

혁신성장과 미래트렌드

2018 *Plus 10*

과학기술혁신 싱크 탱크, KISTEP이 제안하는 미래혁신 트렌드 10가지

프롤로그 6

제1장

4차 산업혁명, 미래 일자리 변화에 준비된 인재는

지구에서 누가 살아남았나 17
 4차 산업혁명 시대, 일자리의 구조가 변하다 18
 4차 산업혁명은 역량 변화를 요구하고 있다 25
 우리나라, 얼마나 준비되어 있나 28
 이제 우리는 어떤 준비를 해야 할까 33
 마무리하며 41

제2장

4차 산업혁명, 장미빛 전망에 감춰진 위험

4차 산업혁명, 장미빛 전망 50
 새로운 위험의 등장 51
 위험, 어떻게 찾을 것인가 53
 다가올 미래 제품/서비스의 기회와 위험 54
 새로운 위험을 되짚어 보다 63
 위험, 우리는 얼마나 인식하고 있나 66
 미래위험 예측과 법·제도를 논해야 한다 70

제3장

인공지능의 확산, 우리는 무엇을 준비해야 할까

인공지능, 지능정보사회의 핵심으로 부상하다 76
 인공지능 시장과 기술, 어디까지 왔나 78
 선진국은 무엇을 하고 있나 87
 우리의 수준은 어디쯤일까 90
 인공지능, 자유로운 연구와 활용문화가 중요하다 94

제4장

법! 기계와 인간이 공존하는 미래에 대비하라

선진국, 이미 새로운 규범체계를 준비하다 105
 왜 인공지능 사고에 대한 법적 책임을 묻기 어려울까 107
 자율주행차의 책임법제 쟁점을 진단하다 110
 인공지능 기반 의료 서비스의 책임법제 쟁점을 진단하다 117
 마무리하며 121

제5장

산업의 판도를 바꿀 '게임체인저'를 찾아라

성장엔진이 식어가고 있다 130
 왜 우리의 미래 먹거리는 보이지 않을까 135
 묘수가 필요하다 140
 누가 게임체인저를 만드는가 146
 게임체인저형 성장동력을 만드는 방법 148

제6장

저성장시대의 돌파구, 기술기반 창업에서 찾자

우리 경제, 위기에 직면하다 160
 기술기반 창업에서 해법을 찾자 162
 기술기반 창업의 가능성을 보라 166
 어떻게 기술기반 창업을 지원하고 있나 168
 떠오르는 기술기반 창업 지원 이슈들 173
 마무리하며 186

제7장

정부 R&D 예산 20조, 투자 전환의 기로에 서다

정부 R&D투자의 성과와 한계를 되짚어 보다	197
선진국은 어떻게 투자하고 있나	202
우리가 선택할 수 있는 투자 시나리오	205

제8장

Post-PBS 시대, 사람 중심의 혁신 시스템을 그리다

무엇을, 왜 바꾸어야 하나	222
연구자 중심의 환경, 그 시작은 안정적 재정지원이다	224
연구에만 몰입할 수 있는 환경을 만들자	229
혁신성과를 만들어내는 평가체제로의 전환은 필수다	233
이제는 R&D도 사람 중심으로 혁신할 때다	238

제9장

지방분권시대, 혁신성장은 지역주도로

사회적 변화와 지역혁신체제의 한계는	245
지역 R&D혁신체제는 어디로 가야할까	256
마무리하며	267

제10장

과학기술, 이제는 국민의 삶의 질에 눈을 돌리자

고령사회, 극복할 수 있을까	276
반복되는 공포, 감염병	288
미세먼지, 이제는 벗어나고 싶다	296
마무리하며	303

프롤로그

플루스 울트라(Plus Ultra)!

과학기술로 혁신하고 성장의 절벽을 넘어 신뢰로

지브롤터 해협 끝에는 헤라클레스의 기둥으로 불리는 두 개의 바위가 있습니다. 여기에는 'Non plus ultra', 즉 '더 나아갈 수 없음' 혹은 '세계의 끝'을 의미하는 경고문이 새겨져 있었다고 하지요. 이와는 대조적으로 부정어 하나를 삭제한 'Plus ultra'는 대항해 시대를 개척한 스페인을 상징하면서 '보다 더 멀리 나아가다', '이상을 향해서'라는 의미를 갖게 됩니다. 여러 나라에서 거절당하고 불가능한 일로 여겨졌던 콜럼버스의 항해 계획안을 스페인의 이사벨라 여왕이 채택한 것은 어떤 연유에서였을까? 바로 이베리아 반도 끝 변방의 나라에서 유럽의 패권국가로 발돋움하려는 웅대한 의지의 실현에 필요한 돌파구가 아니었을까요.

지금은 4차 산업혁명 또는 디지털 변혁으로 불리는 광범위한 신기술 혁신의 바람이 놀라운 속도로 몰아치는 대전환기의 형국입니다. 이 거센 파고에 제대로만 올라타면 인류 역사상 유례 없는 발전을 할 수 있을 것이라는 희망도 보입니다. 언제나 위기 뒤에 감춰져 있는 희망의 메시지를 읽어내는 민족이 전환기를 주도해왔습니다.

역사상 우리는 다른 나라를 침범하거나 새로운 질서를 만들어 패권을 쥐어본 적이 없습니다. 그럼에도 우리는 지난 50여년에 걸쳐 세계가 부러워하는 고도의 경제성장을 발판으로 산업화와 민주화를 이루어냈고, 이제 한계에 이른 낡은 시스템과 구조를 개혁하고 있습니다.

그동안 우리나라가 압축 성장한 비결은 선진국의 성공 경로를 성실하게 따라가는 이른바 추격형 모방전략이었습니다. 정부가 설정한 분명한 목표에 국민 특유의 근면성과 교육열, 과학기술에 대한 과감한 투자와 산업인력 양성, 수출 기업 위주의 금융 지원 등이 더해져 이런 성과를 가져왔음은 주지의 사실입니다.

하지만 2008년의 글로벌 금융위기 이후 세계 경제와 산업 질서는 새롭게 바뀌고 있습니다. 기존 사회 질서의 급변은 물론 저성장에 따른 일자리 위기로 인한 불안감이 확산되면서 부문마다 불균형이 드러나고 있는 것입니다. 이른바 '성장절벽', '인구절벽', '사회양극화'라는 세 가지 측면의 위기에 마주선 대한민국은 사회적 신뢰의 균열이라는 절체절명의 상황으로 내몰리고 있습니다. 이는 우리 사회를 작동시켜 온 기존의 시스템이 한계에 이르렀음을 반증하는 것으로 미래 성장동력의 상실과 맞물리면서 해법을 찾기란 더욱

어려워지고 있습니다.

그럼에도 우리가 새롭게 마주할 미래의 문제는 누구도 정답을 가지고 있지 않기에 새로운 도전이 가능한 법입니다. 이러한 ‘불확실성’에 대응하기 위해서는 끊임없이 도전할 수 있는 용기, 실패를 용인하여 자산으로 삼는 사회적 신뢰와 안전망이 필요합니다. 과학기술 발전의 역사는 세상에 없던 것을 끊임없이 만들어내는 도전과 실패의 역사입니다. 따라서 누구도 예측할 수 없는 변혁의 시대에 불가능의 부정어 ‘Non’을 지우는 작업은 바로 과학기술에서 시작될 수 있다고 봅니다.

문제는 우리의 저성장 구조입니다. 잠재성장률이 이미 3% 문턱까지 내려와 있다는 점은 커다란 장애요인입니다. 경제성장을 일으키는 요소 중 과학기술과 지식, 제도혁신 등에 의한 부분을 총요소생산성이라 하는데, 그 기여율이 1%p에도 미치지 못할 정도로 낮아진 것입니다. 연간 20조원에 달하는 정부연구개발 투자가 성과를 제대로 내지 못한다는 ‘코리아 R&D 패러독스’가 장기간 누적된 까닭입니다.

우리나라 과학기술 혁신체제 전반에 대한 문제의식과 그 해법을 찾아보려는 의지에서 이 총서는 출발합니다. 과학기술 정책 현장의 최전선에서 치열한 열정으로 달려 온 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 연구자들이 모여 새로운 희망을 제시해 보려는 고민과 해법을 담았습니다.

과학기술 연구개발을 통해 미래 성장동력을 찾아내고, 인공지능시대에 없어질 일자리보다 더 많은 새로운 일자리를 만들어내고, 산적한 사회문제를

해결해야 함은 과학기술계가 짊어진 과제입니다. 지금까지는 성공에 안주하며 경직된 과학기술 혁신정책에 익숙해져 있었다면, 앞으로는 새로운 도전과 자율에 바탕한 연구개발과 혁신 생태계, 미래 선점형 전략, 사회적 가치 창출과 문제 해결, 지속가능한 포용적 성장을 목표로 협력·참여·신뢰 중심의 가치관으로 근원적인 전환이 필요합니다.

이러한 시대정신과 새로운 질서를 바탕으로 과학기술 혁신정책 분야에서 준비해야 할 10대 미래 이슈를 선정하였습니다.

우선 국내외 과학기술 분야의 최근 동향과 변화를 소개하고, 이러한 변화가 가져올 긍정적·부정적 측면을 함께 살펴보았습니다. 다음으로 AI 시대에 대비하기 위한 인재상과 교육, 법적 문제들에 대해 점검하였습니다. 미래 먹거리를 창출하고 산업의 판도를 바꾸기 위해 게임 체인저의 역할과 기술기반 창업에 대해 살펴보았습니다. ‘코리아 R&D 패러독스’를 해소하기 위해 정부 R&D투자 방향을 전환하고, Post-PBS 시대의 혁신 시스템을 준비하자는 제안을 하였습니다. 마지막으로 지방분권시대의 지역 혁신과 삶의 질 문제를 과학기술 정책 측면에서 검토하였습니다. 모든 이슈에 대해 꼼꼼한 분석과 함께 미래지향적인 정책 제안을 담고자 하였습니다. 이러한 제안이 한 권의 총서로 끝나지 않고 ‘KISTEP ^{Plus}’라는 표제를 달고 지속적으로 이어질 것을 약속드립니다.

열 가지의 의미 있는 정책 과제들을 하나로 엮는 작업에는 현장의 과학자와 정책 전문가들의 해안을 모으기 위해 다양한 소통과 논의 과정을 거쳤습니다. 이 자리를 빌려 과학기술 현장에서 연구에 매진하면서도 항상 정책 플

랫폼이 되고자 하는 KISTEP의 고민에 조언과 지지를 더해주시는 많은 분들께 감사의 인사를 전하고 싶습니다.

임진왜란 당시 절망의 끝에서 희망을 건져낸 이순신 장군이 혁신의 산물인 거북선을 활용하여 전쟁의 판도를 뒤엎은 파격적 행보를 되새겨봅니다. 우리는 최고의 위기관리자이며 경영가인 장군을 혁신의 표상으로 모시고 있는 셈입니다. 전혀 새로운 국면을 맞이하는 대한민국 과학기술계가 4차 산업혁명시대의 게임 체인저로서 제2의 거북선을 만들어낼 수 있을까요? 사람을 중심에 두는 도전과 자율의 연구 생태계 속에서 사회 구성원의 다양한 문제에 귀 기울이며 신뢰와 협력을 쌓아나간다면 이 시대의 위기를 넘어 더 멀리 더 높이 나아갈 수 있으리라 믿습니다.

Plus Ultra, KISTEP Plus!

이 시대에 합(合)과 협(協)을 넘어 화(和)의 정신이 널리 퍼져 신뢰의 울림으로 넘실대길 기원합니다. 감사합니다.

2018년 1월

한국과학기술기획평가원 원장 임기학

제1장

4차 산업혁명, 미래 일자리 변화에 준비된 인재를

- 지구에서 누가 살아남았나
- 4차 산업혁명 시대, 일자리의 구조가 변하다
- 4차 산업혁명은 역량 변화를 요구하고 있다
 - 우리나라, 얼마나 준비되어 있나
 - 이제 우리는 어떤 준비를 해야할까
 - 마무리하며

필자

김진하

미래 일자리 지형 변화, 과학기술인력 정책, R&D사업 기술성 평가 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 제4차 산업혁명, 미래사회 과학기술 및 일자리 구조 변화 등에 대한 연구를 진행 중이다.

제1장

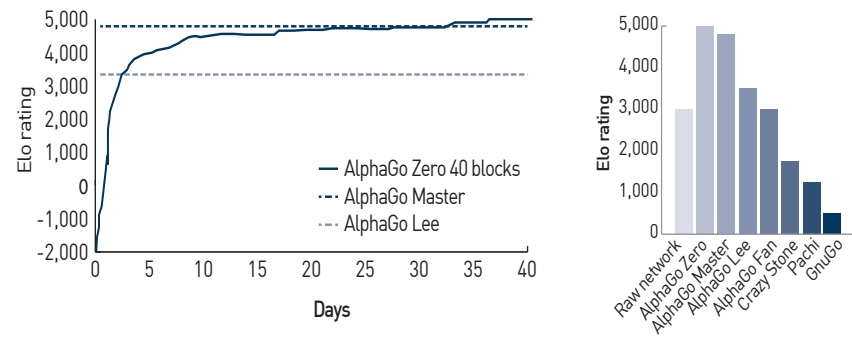
4차 산업혁명, 미래 일자리 변화에 준비된 인재는

2016년 3월 우리는 미래사회를 변화시킬 단초로서의 기술적 발전을 간접적으로 경험하였다. 인간 '이세돌'과 인공지능 컴퓨터 '알파고(AlphaGo)'와의 대결이 그것이다. 과거 체스 경기에서 인간과 인공지능과의 대결은 수차례 있었지만, 이번 대결처럼 전 세계의 관심을 받은 대결은 없었던 것 같다. 전 세계는 인간과 인공지능의 대결을 생중계로 숨죽여 지켜보았고, 5전 1승 4패라는 이세돌의 전적에 큰 충격을 받았다.

이후 알파고는 진화에 진화를 거듭하고 있다. 2017년 10월 구글 딥마인드(Google Deepmind)는 「네이처(Nature)」에 '인간 지식 없이 바둑 마스터하기 (Mastering the game of Go without human knowledge)'라는 논문을 실었다. 논문은 2016년 3월 이세돌과 바둑 대결을 하였던 알파고의 업그레이드 2단계 업그레이드 버전인 '알파고 제로(AlphaGo Zero)'에 대하여 이야기하였다. '알파고 제로'가 바둑에 대해 아무것도 모르는 상태에서 불과 36시간 만에 인간의 기

보를 학습하였고, 72시간 만에 세계 최고가 되어 기존의 알파고¹들을 제치고 세계 1위에 등극하였다는 사실을 전하고 있다.

알파고 제로의 학습 시간(좌)과 알파고 버전별 ELO 점수(우)²



[자료] David Silver and Demis Hassabis et. al. (2017)

과학기술의 발전 속도는 '알파고 제로'와 같이 기하급수적으로 빨라지고 있고, 미래사회에 대한 준비와 대응에 요구되는 기간도 점차 짧아지고 있다. 그리고 제레미 리프킨(Jeremy Rifkin)이 3차 산업혁명을 언급한 지 10년이 되지 않아 우리는 또 다른 변화의 시대에 직면하고 있다.

2016년 1월 세계경제포럼(WEF; World Economic Forum)은 '일자리의 미래(The

Future of Jobs)'라는 보고서를 통해 4차 산업혁명³이라는 화두를 전 세계에 던졌다. 4차 산업혁명을 '디지털 시대(3차 산업혁명 시대)에 기반하여 물리적 공간, 디지털적 공간 및 생물학적 공간의 경계가 희석되는 기술 융합의 시대'로 정의하며, 주요 변화 동인(Drivers of change)과 미래사회 변화를 이야기하고 있다. 특히 '사이버물리시스템(CPS: Cyber-Physical System)⁴'이라는 기술적 혁신에 의해 산업구조, 시장경제 구조 등에 커다란 영향을 미칠 것으로 전망하고 있다.

사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 클라우드, 로봇 등 정보통신기술(ICT: Information and Communications Technology)의 급속한 발전은 4차 산업혁명에게 '초연결성(Hyper-connectivity)'과 '초지능화(Hyper-intelligence)'라는 특성을 부여하고 있다. 스마트폰과 태블릿 PC 등 스마트 디바이스(Smart devices)의 급격한 확산과 사물인터넷(IoT), 클라우드 등의 급격한 발전은 모든 것이 서로 연결되는 초연결사회로 만들고 있고, 빅데이터와 인공지능 및 기계학습(Machine learning)이 연동되면서 기계와 산업이 보다 똑똑해지는 초지능화 사회가 되고 있는 것이다. 그리고 모든 것이 연결되고 보다 똑똑해진 사회로의 진화는 모든 영역 간의 경계를 무너뜨리며 융합(converge)시키고 있다.

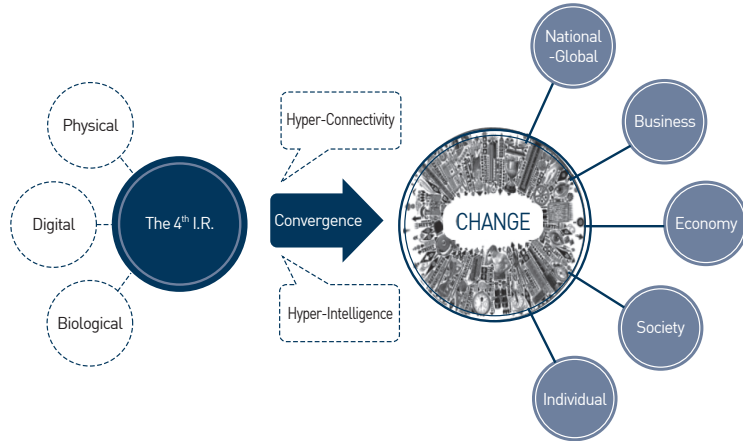
1 알파고(AlphaGo)는 현재 7가지 버전이 존재하는데, 그 중 '알파고 팬(Fan)'은 2015년 중국 판후이 2단과의 대결에서 승리하였고 2016년 이세돌과 대결한 것은 '알파고 리(Lee)' 버전임. 커제 9단을 포함하여 전세계 프로 바둑기사들에게 완승을 거둔 '알파고 마스터(Master)'에 이어 2017년 10월 등장한 '알파고 제로(Zero)'는 '알파고 리'를 100:0으로 '알파고 마스터'를 89대 11로 제압하며 세계 정상에 등극

2 ELO 점수는 바둑 승부 결과를 바탕으로 실력을 수치화한 것으로, 알파고 제로는 5,285점, 알파고 마스터 4,858점, 알파고 리 3,739점인 반면, 인간 세계 1위인 커제 9단은 3,670점이고 2위 박정환 9단은 3,628점

3 4차 산업혁명이라는 용어는 본래 2010년 발표된 독일의 'High-Tech Strategy 2020'의 10대 프로젝트 중 하나인 'Industry 4.0'에서 제조업과 정보통신기술이 융합되는 단계를 의미하였으나, WEF에서 4차 산업혁명을 언급하며 전 세계적 화두로 등장(김진하, 2016).

4 사이버물리시스템(Cyber-Physical System)은 통신기능과 연결성이 증대된 메카트로닉 장비에서 진화하여 컴퓨터 기반의 알고리즘에 의해 서로 소통하고 자동적, 지능적으로 제어되고 모니터링 되는 다양한 물리적 개체(센서, 제조장비 등)들로 구성된 시스템(www.wikipedia.com).

4차 산업혁명에 따른 변화의 범위



4차 산업혁명의 특성으로 인한 변화의 범위는 작게는 개인 단위에서부터 크게는 국가와 전세계 단위까지 펼쳐지고 있다. 그리고 개인에서부터 국가와 전세계까지 미치는 변화의 중심에는 일자리 구조의 변화가 자리하고 있다. 개인 차원에서는 앞으로 무엇을 하여 먹고 살 것인가에 대한 현실적인 문제이자 생존과 관련된 문제이고, 국가와 전세계 차원에서는 국가의 생존과 인류 생존의 문제이기 때문에 미래사회 일자리 구조 변화는 매우 중요하게 다루어져야 한다.

그렇다면 과연 우리는 4차 산업혁명이라는 엄청난 변화 속에서 살아남기 위해 무엇을, 어떻게 해야 할까?

지구에서 누가 살아남았나

1974년 에티오피아에서 약 320만 년 전에 살았던 25세 여성의 화석 골격이 거의 완전한 표본으로 발견되었다. 그녀의 키는 약 107cm이고 몸무게는 28kg이며, 뼈가 변형된 상태로 보아 관절염을 앓았다. ‘오스트랄로피테쿠스 아파렌시스(Australopithecus afarensis)’로 불리는 원인(猿人)에 속하는 그녀의 이름은 ‘루시(Lucy)⁵⁾이다. 『노래하는 네안데르탈인』(스티븐 미슨, 2008)은 음악과 언어의 관점에서 인류의 진화를 이야기하며 우리 인간과 현생 유인원과의 가장 큰 차이의 시작이 ‘다양한 발성(發聲)’일 것으로 보고 있다.

오스트랄로피테쿠스는 다양한 환경 변화와 다른 유인원 및 동물과의 경쟁에서 살아남기 위하여 의사소통과 직립보행을 시작했다. 나무에 열린 과일을 먹어야 하는 선택압(選擇壓)은 오스트랄로피테쿠스의 부분적 직립보행을 이끌었고, 기후변화라는 또 다른 선택압은 완전한 직립보행을 이끌었다. 식량을 찾아다니는 행위와 종족 내 사회생활의 변화는 그들 간의 의사소통 체계에 커다란 영향을 미쳤을 것으로 보고 있다. 직립보행은 균형감각을 위해 더 큰 뇌와 더 복잡한 신경계를 필요하게 만들었고, 직립보행에 따른 후두(喉頭)의 위치 변경 등 해부학 구조의 변화는 다양한 발성과 의사소통을 만들어내어 ‘루시’가 다른 유인원들과의 경쟁과 혹독한 환경 변화에서 살아남게 한 것이다.

현재 우리 인류는 ‘루시’가 원시 시대의 혹독한 경쟁과 다양한 변화에서 살아남았기 때문에 존재할 수 있는 것이다. 만일 그녀가 환경변화에 대응하

5 그녀의 이름이 ‘루시(Lucy)’가 된 이유는 화석을 발견할 당시에 라디오에서 비틀즈(The Beatles)의 ‘Lucy in the sky with diamonds’가 흘러나와 ‘루시’라는 이름을 붙였다고 함

지 못했다면 인류는 지금 아무런 생각 없이 다른 유인원들과 함께 벌거벗고 함께 어울려 놀고 있을 것이다. 그리고 석기시대와 청동기시대를 거치며 지속적으로 변화에 준비하고 대응하지 않았다면 기계혁명과 에너지혁명으로 일컬어지는 제1차 산업혁명, 제2차 산업혁명 그리고 제3차 산업혁명은 나타나지 않았을 것이다. 우리는 과거의 '루시'처럼 미래사회 변화에 대응하고 준비해야 한다.

4차 산업혁명 시대, 일자리의 구조가 변하다.

사물인터넷, 클라우드, 인공지능 등과 같은 혁신적 기술에 기반한 초연결성/초지능화는 기술·산업 구조를 변화시키고 있다. 이미 수년 전부터 전통 제조업 분야에서는 정보통신기술(ICT)과의 융합을 통해 '스마트 팩토리(Smart factory)'라는 새로운 산업생태계가 구축되고 있다. 사이버물리시스템(CPS)에 기반하여 부품과 제품 스스로가 생산라인의 주변기기와 생산설비와 의사소통(communication)하며 스스로 작업이 이루어지고 있는 것이다. 즉, 생산의 주체가 '생산기계·장비 및 인력'이 아닌 '부품 및 제품' 스스로가 되고 있는 것이다. 그리고 생산라인에서 인간의 노동력은 더 이상 필요하지 않은 상황으로 바뀌고 있다.

'스마트 팩토리'와 같은 4차 산업혁명 시대의 기술·산업 구조의 변화는 우리의 일자리에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 전망된다. 어느 정도로 우리에게 영향을 미칠지에 대해서는 아직 불명확하나, 어떠한 형태로 어떠한 구조로 영향을 미칠지에 대해서는 활발하게 논의되고 있다. 그렇다면 미래사

회 일자리 구조는 과연 어떻게 변화할 것인가?

일자리 구조 변화는 4차 산업혁명과 관련하여 가장 활발하게 논의되고 있는 주제이다. 일자리 구조가 변화한다는 것은 현재 또는 과거로부터 유지되어 오던 직업이나 직종이 변화함을 의미한다. 그리고 그 변화는 대부분 직업/직종에 종사하는 사람의 수나 해당 직업/직종에 대한 수요(需要)의 변동으로 인해 나타난다. 예를 들어 전화교환원이라는 직업은 전화기의 보급이 많지 않고 교환기가 수동으로 운영되던 과거에는 수요가 많았고 종사인력도 많았다. 하지만 자동교환기의 등장으로 해당 인력에 대한 수요가 감소하여 결국 직업이 사라지게 되었다. 이와 유사하게 4차 산업혁명 시대에는 인공지능, 사물인터넷, 로봇 및 클라우드 등의 혁신적 기술이 등장하여 기술·산업 구조와 일자리 구조가 변화할 것으로 전망된다.

세계경제포럼(WEF)이 4차 산업혁명을 이야기하기 이전부터 수많은 컨설팅 기관과 미래학자들은 이미 미래사회 일자리 변화에 대한 논의하여 왔다. 그리고 현재까지 논의된 미래사회 일자리 구조 변화 전망을 종합해보면 아래의 3단계로 구분할 수 있다.

점점 줄어드는 일자리

초기의 미래사회 일자리 구조 변화 전망은 일자리(직업)가 감소하는 방향으로 변화한다는 것이었다. 기계로 대체되는 직업이나 수요가 낮은 직업이 사라짐으로써 미래사회에 근로자들이 더 이상 설 곳이 없어진다는 것이다. 이에 대한 대표적인 연구는 2013년 옥스퍼드 대학(Oxford Univ.) 마틴스쿨(Martin school)의 칼 베니딕트 프레이(Carl Benedikt Frey)와 마이클 오스본(Micheal A.

20년 내 컴퓨터화로 대체될 직업별 확률

Computerisation		Occupation
Rank	Probability	
1	0.0028	Recreational Therapists
6	0.0035	Occupational Therapists
7	0.0035	Orthotists and Prosthetists
8	0.0035	Healthcare Social Workers
24	0.0047	Clinical, Counseling, and School Psychologists
25	0.0048	Mental Health Counselors
26	0.0049	Fabric and Apparel Patternmakers
27	0.0055	Set and Exhibit Designer
28	0.0055	Human Resources Managers
29	0.0061	Recreation Workers
34	0.0068	Curators
695	0.99	Cargo and Freight Agents
696	0.99	Tax Preparers
697	0.99	Watch Repairers
698	0.99	Insurance Underwriters
699	0.99	Mathematical Technicians
700	0.99	Sewers, Hand
701	0.99	Title Examiners, Abstractors and Searchers
702	0.99	Telemarketers

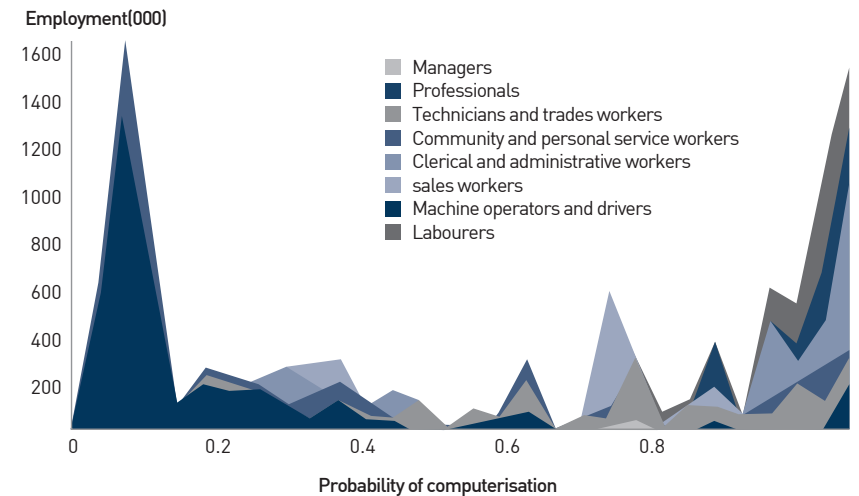
[자료] Carl Benedikt Frey and Micheal A. Osborne etl. al. (2013) 재구성

Osborne)이 수행한 ‘고용의 미래(The Future of Employment)’이다. 그들은 컴퓨터화 (computerisation)로 인해 미래사회에 사라질 직업을 연구하였는데, 연구결과에 따르면 전체 직업의 47%가 20년 내에 사라질 것으로 전망하였다.

예를 들어 텔레마케터(0.99), 보험손해사정사(0.99), 재봉사(0.99) 및 택시기사(0.89) 등은 컴퓨터화로 인해 대체될 가능성이 높은 고위험 직군에 속하고, 테라피스트(0.0028) 및 카운슬러(0.0048) 등의 직업은 매우 안전한 직업군인 것으로 이야기하고 있다. 미래학자 토마스 프레이(Thomas Frey)도 2030년까지 소멸할 대표적 일자리 100개를 발표했다. ‘무인차량’으로 대리운전, 트럭기사 등의 직업이 사라지고, ‘3D 프린터’로 목수, 홈 리모델링 관련 직업이 사라지며, ‘MOOC’로 인해 대학교 직원 및 교수 등의 일자리가 사라질 것으로 전망하였다. 또한 호주경제발전위원회(CEDA)는 호주의 미래 노동시장을 분석하

며 ICT 및 컴퓨터 기술의 발전으로 10~15년 후 약 500만개의 직업이 사라지고 노동자 간 경쟁 확대와 수입 감소로 이어져 노동시장이 부정적인 방향으로 변화할 것으로 전망하였다.

호주의 직군별 컴퓨터화로 대체될 확률



[자료] CEDA (2015)

고숙련 노동자의 생존

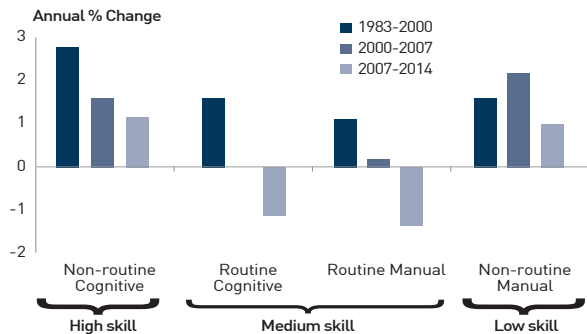
미래 일자리 구조 변화에 대한 연구가 진행되면서 2015년부터는 ‘숙련도 (The level of skills)’에 따라 일자리 구조가 변화할 것이라는 전망이 나타났다.

미래사회에 고숙련 노동자(high-skilled workers)에 대한 수요는 증가하는 반면, 저숙련 노동자(low-skilled workers)에 대한 수요는 감소한다는 것이다. 보스턴 컨설팅 그룹(Boston Consulting Group)은 독일 내 제조업 분야에서의 인력 수요를 전망하면서 기술의 발전으로 기계가 인간 업무를 대체할 수 있게 됨에

따라 단순·반복적인 업무 종사자인 저숙련 노동자에 대한 수요가 감소할 것으로 보였다. 특히 제조업 내 생산부문(production), 품질관리부문(quality) 및 유지부문(maintenance)의 인력 수요가 감소할 것으로 전망하였다. 반면 노동력의 수요는 대부분 IT와 소프트웨어 개발 분야에서 경쟁력을 갖춘 고숙련 노동자를 중심으로 나타날 것으로 보고, IT/데이터 통합부문(IT&Data integration) 및 R&D/휴먼인터페이스(R&D and Human interface) 부문의 인력 수요가 증가할 것으로 예측하였다.

이와 유사하게 맥킨지(Mckinsey & Company)는 유럽의 노동시장에 대한 구조 변화를 전망하면서 자동화로 인해 대체될 수 없는 전문지식이나 기술을 갖춘 고숙련 노동자에 대한 수요가 증가하여 2030년까지 약 400만명의 고숙련 노동자가 부족한 반면, 저숙련 노동자에 대한 수요는 감소할 것으로 예측하였다. 그리고 2030년에는 고용방식의 변화가 나타나 비정규직 노동자(non-standard employee)와 자영업자(self-employment)가 증가하는 형태로 노동시장 구조가 변화하고 각 전문분야의 고용인력이 가상의 업무공간에서 서로 협업할 수 있는 업무환경이 구축될 것으로 전망하였다.

미국 내 숙련도별 고용성장 현황



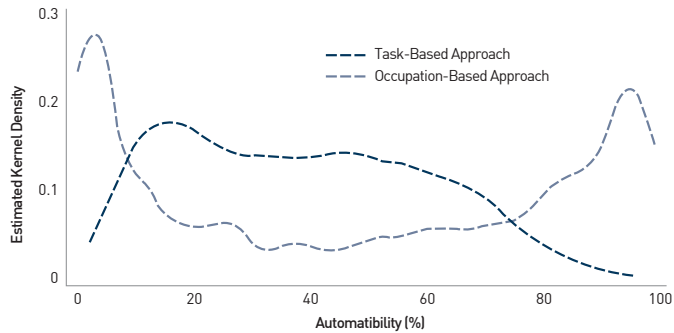
[자료] Citi Research & Oxford Univ. (2016)

이러한 현상은 비단 고숙련 또는 저숙련 노동자들을 중심으로만 나타나는 것은 아니다. 시티리서치(Citi Research)의 연구결과는 미국 내에서는 이미 중간숙련 노동자(middle-skilled workers)를 중심으로 일자리 양극화가 나타나기 시작했음을 보여주고 있다. 단순·반복적 업무 및 단순 인지 업무에 종사하고 있는 중간숙련 노동자에 대한 노동시장의 수요는 이미 감소하고 있는 추세인 것으로 분석되었다. 숙련도에 따른 고용 구조 변화는 이미 나타나기 시작한 것이다.

직무의 자동화가 이끄는 일자리 변화

최근에는 다른 관점의 일자리 구조 변화가 등장하였다. 앞서 언급된 '일자리 감소'나 '숙련도'가 아닌 '직무(tasks; activities)', 즉 '수행하는 업무'에 기반하여 일자리 구조가 변화한다는 것이다. 2016년 경제협력개발기구(OECD: Organization for Economic Cooperation and Development)는 2013년 Frey와 Osborne 이 수행했던 '직업(occupation)기준'의 일자리 변화 연구가 과대추정의 오류를 범하고 있다고 지적하며 '직무' 기준의 일자리 구조 변화를 제시하였다. 혁신적 기술의 등장은 직업 자체에 영향을 미치는 것이 아니라 직무형태에 영향을 미쳐 직무의 일부분이 자동화되는 형태로 일자리 구조가 변화한다는 것이다. OECD는 '직무'를 기준으로 분석할 경우 2013년의 연구결과와 같이 극단적인 일자리 수 감소는 나타나지 않을 것이고, 자동화로 대체될 확률이 70%가 넘는 직업은 단지 9%에 불과할 것으로 전망하였다.

미국 내 직업 및 직무 기준의 자동화 가능성 분포 비교



Occupation-Based Approach: Frey/Osborne-Values are applied to ISCO occupations in PIAAC data, using identical weights for each 6-digit SOC occupation within the corresponding 2-digit ISCO occupation.

[자료] OECD (2016)

이러한 연구결과는 컨설팅 기관의 연구에서도 유사하게 도출되고 있다. 2017년 맥킨지는 미국 내 802개 직업의 약 2,000여개 직무를 분석하였는데, 그 결과 자동화로 완전하게 대체될 직업은 단지 5%에 불과한 것으로 전망하고 있다. 감정을 인지하는 직무(전체의 29%)와 창의력을 요구하는 직무(전체의 4%) 등 인간 고유의 역량이 필요한 직무는 자동화되기 어렵다는 것이다.

또한 맥킨지는 약 2,000개의 직무내용을 7개 직무유형⁶으로 구조화하여 자동화 가능성이 높은 직무유형을 분석하였다. 그 결과 ‘데이터 수집(collect data)’, ‘예측가능한 육체노동(predictable physical)’ 등의 직무는 자동화 가능성이 높은 반면, ‘인재 관리·개발(manage)’, ‘의사결정 등을 위한 전문지식(expertise)’ 등의 직무는 자동화 가능성이 낮을 것으로 나타났다.

지금까지의 일자리 구조 변화를 종합해보면 최근의 ‘직무’에 따른 일자리 구조 변화가 가장 합리적이고 가능성이 높다. 1차 및 2차 산업혁명 시기의

6 7개 직무유형(7 categories of work activities)은 Manage, Expertise, Interface, Unpredictable physical, Collect data, Process data, Predictable physical로 구성되어 있다.

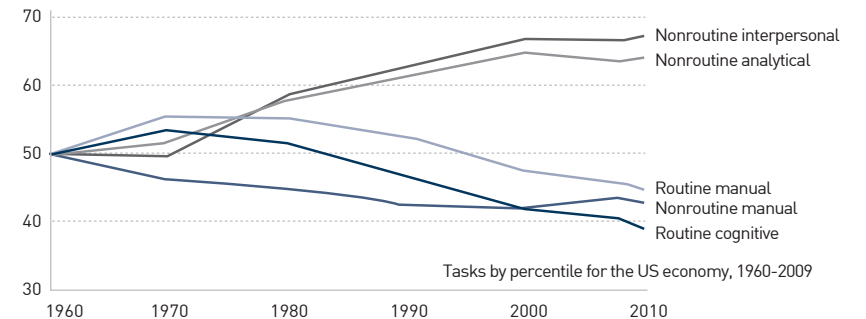
노동자들이 가졌던 우려와 달리 기계의 등장으로 새로운 직무가 나타나고 새로운 일자리가 발생하였던 것처럼 제4차 산업혁명 시대에도 ‘직무’의 변화로 인해 새로운 일자리가 탄생하고 사멸하는 일자리 구조 변화가 나타날 것이다.

그렇다면 미래사회 직무의 변화는 무엇을 의미할까? 우리는 직무 변화에 따른 일자리 구조 변화에 대해 어떻게 대응해야 할까?

4차 산업혁명은 역량 변화를 요구하고 있다

4차 산업혁명 시대에 혁신적 기술의 등장과 산업구조의 변화는 일자리 구조에 영향을 미칠 것으로 전망되고 있다. 그리고 일자리 구조 변화의 기저에는 ‘직무’ 변화가 자리하며, 이는 ‘역량(Competencies: Skills and Abilities)’의 변화를 유도하고 있다. 즉 미래사회 일자리 구조의 변화는 일하는 내용의 변화로 이어져 일하는 능력의 변화를 요구하고 있는 것이다.

노동시장에서의 ‘역량’ 요구도 변화 현황(1960~2010)



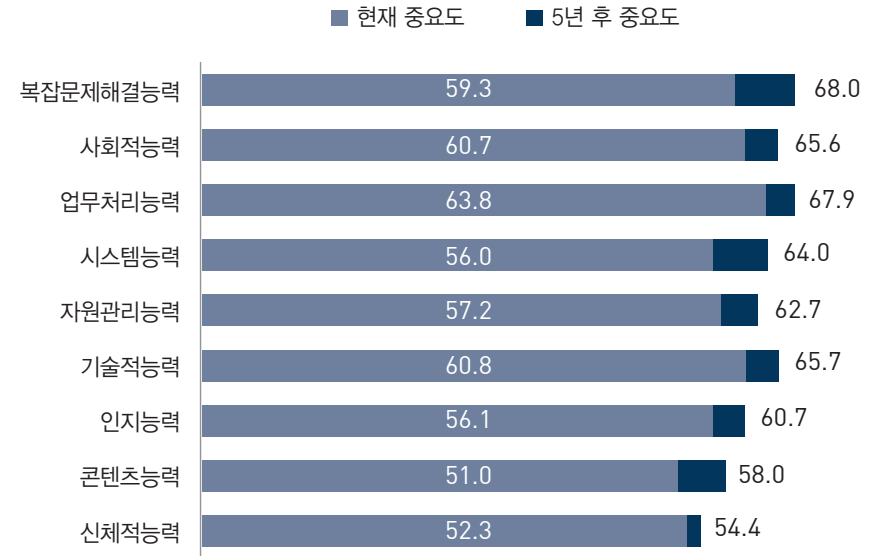
[자료] WEF (2015)

미래 일자리 지형 전망과 관련된 수많은 보고서는 일자리 구조 변화와 더불어 역량적 변화에 대해 논의하고 있다. 세계경제포럼(WEF)은 ‘교육을 위한 미래비전(New vision for education)’ 보고서를 통해 현재 노동시장에서 역량에 대한 수요가 변화하고 있음을 제시하였다. 단순·반복적(routine) 역량에 대한 수요는 점차 감소하고 있고, 비 반복적이고 예측불가능한(nonroutine) 역량에 대한 수요는 점차 증가하고 있다는 것이다. 또한 ‘일자리의 미래(The Future of Jobs)’ 보고서를 통해서도 일자리 구조 변화와 더불어 미래 고용인력에게 요구되는 주요 역량을 조사하여 제시하였는데, ‘인지능력’과 ‘복합문제해결능력(complex problem-solving skills)’ 등과 같은 역량이 중요해질 것으로 전망하였다.

미국의 싱크탱크인 미래연구소(IFTF; Institute For The Future)도 미래사회에는 ‘창의적 생각’, ‘디자인적 사고방식’ 및 ‘인지관리능력’ 등의 역량에 대한 수요가 높아질 것으로 제시하고 있다. 보스턴 컨설팅 그룹(BCG)에 따르면 미래사회에서 효율적으로 업무를 수행하기 위해서는 ‘컴퓨터/IT’ 및 STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics) 분야의 지식과 더불어 ‘소프트 스킬(Soft skills)’과 같은 역량이 필요할 것으로 전망하고 있다.

7 소프트 스킬(Soft skills)은 변화에 대한 유연성 및 다양한 기술의 활용능력 또는 조직 내 커뮤니케이션, 협상, 팀워크 및 리더십 등을 활성화할 수 있는 능력을 의미

국내 2개 산업분야의 직무역량 변화 전망(2016~2021)



[자료] 김진하(2017)

미래사회 역량적 변화에 대한 요구는 비단 주요국을 중심으로만 나타나는 현상은 아니다. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)은 ‘제조업’과 ‘전문, 과학 및 기술서비스업’을 대상으로 미래사회 일자리 구조 변화에 대한 연구를 수행하였다. 연구결과는 WEF의 결과와 유사하게 도출되어 상기 그림과 같이 국내 2개 산업분야에서는 미래사회에 ‘복합문제해결능력’이 가장 중요하고 ‘업무처리능력’ 및 ‘기술적 능력’ 등의 역량에 대한 요구도가 높아질 것으로 전망하고 있었다.

이러한 결과는 미래사회 일자리 구조 변화에 대응함에 있어 근본적으로 어떤 방향으로의 대응이 필요한지를 보여주고 있다. 즉, 단순히 일자리 구조 변화라는 피상적인 현상이 아닌 ‘역량적 변화’에 초점을 맞춘 대응이 필요함

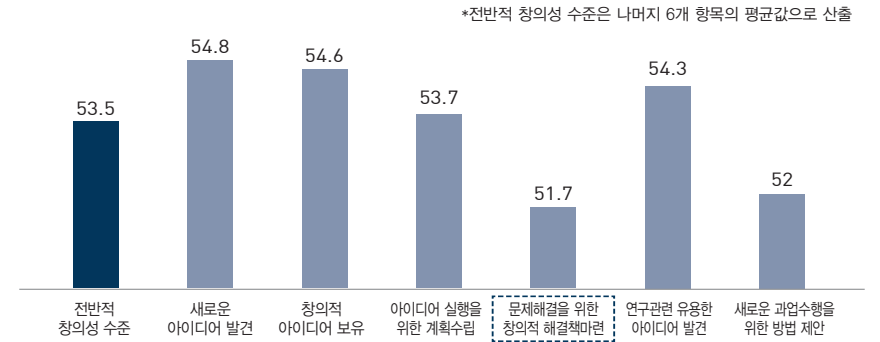
을 이야기하고 있는 것이다. ‘역량적 변화’에 준비된 사람이 4차 산업혁명 시대에 대응하고 미래를 주도할 수 있을 것이다.

우리나라, 얼마나 준비되어 있나

미래사회 변화에 대응함에 있어 인간 고유의 ‘역량’의 중요성은 많은 전망 보고서를 통해서 강조되고 있다. 최근 KISTEP은 ‘역량’ 측면에서 우리나라의 미래사회 변화 준비 수준을 진단하기 위하여 신입과학기술인력을 대상으로 지식, 스킬 및 창의성에 대한 수준 조사를 수행하였다. 신입 인력에 대한 산업계의 요구 수준과 신입 인력의 현재 수준을 진단·비교하여 어떤 부문에서 격차가 나타나는지, 또 어느 정도의 격차가 발생하는지를 분석하였다. 이는 4차 산업혁명 시대에 ‘역량’ 측면에서 근본적으로 대응하고 미래의 대응 방향성을 모색하기 위한 기초자료로서 그 의미를 갖고 있다.

연구결과에 따르면, 국내 신입 과학기술인력의 ‘창의성’ 수준은 높지 않은 것으로 나타났다. 최근 2년 간 기업연구소에 입사한 과학기술인력의 전반적 ‘창의성’ 수준은 53.5점(2016년 기준)으로 2014년(55.3점)과 비교할 때 1.8점 하락한 상황이다. 특히 ‘창의성’에 대한 세부기준 중 ‘문제해결을 위한 창의적 해결책 마련’ 항목이 점수가 가장 낮은 것으로 조사되었다.

국내 신입 과학기술인력의 창의성 수준(단위: 점/100점)

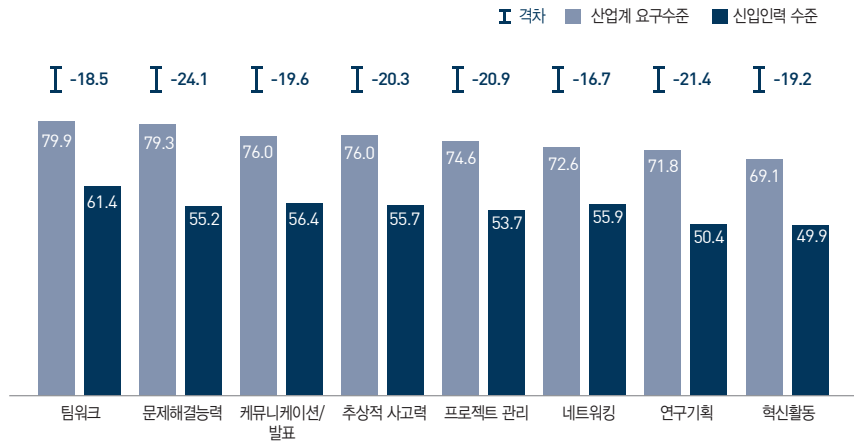


[자료] 김진용 (2016) 재구성

또한 ‘스킬(skills)’, 즉 ‘역량’ 차원에서는 신입 과학기술인력의 수준과 산업계의 요구 수준 간의 격차가 존재하는 것으로 나타났다. 특히 ‘문제해결능력(-24.1점), 창의성/추상적 사고력(-20.3점) 및 팀워크(-18.5점)⁸ 등의 역량에서 산업계의 요구수준에 비해 신입인력의 현재 수준이 많이 부족한 것을 알 수 있다. 아이러니하게도 격차가 큰 것으로 나타난 상위 3개의 역량은 산업계가 미래사회에 중요할 것으로 예측한 역량 항목이었다. 이 외에 격차가 나타나는 것으로 도출된 ‘추상적 사고력’, ‘문제해결능력’, ‘팀워크’ 등의 역량들도 다양한 전망 보고서에서 미래사회에 가장 중요할 것으로 전망하고 있는 역량 항목이다. 이러한 연구결과는 이미 우리나라에서도 미래사회에 요구되는 ‘역량’에 대한 수요가 나타나고 있음을 보여주는 결과이자, 현재 시점에 산업계를 중심으로 역량 미스매치가 발생하고 있음을 보여주는 결과이다.

8 산업계의 요구수준과 신입인력의 현재 수준간 격차는 ‘격차=요구수준-현재수준’으로 계산하여 마이너스(-) 값이 커질수록 격차가 큰 것을 의미

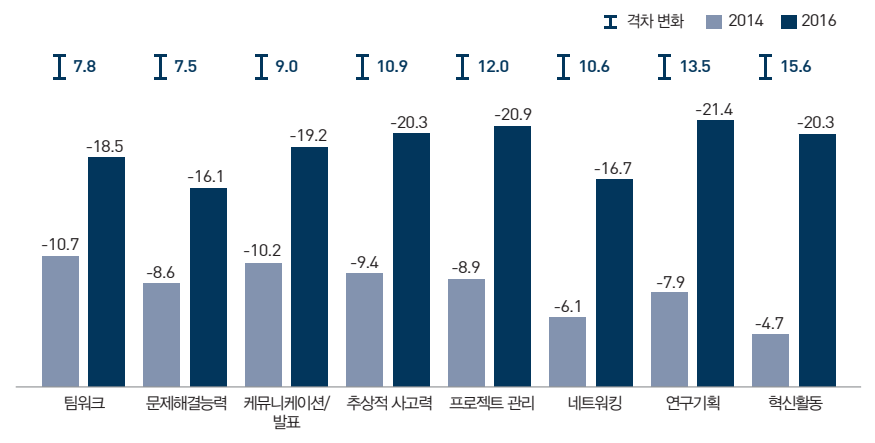
산업계와 신입과학기술인력 간 역량 수준 격차(단위: 점/100점)



[자료] 김진용 (2016) 재구성

또한 주요 역량에서 나타난 산업계 요구수준과 신입 인력의 수준 간 격차 폭을 2014년의 연구와 비교한 결과는 더 충격적이다. ‘추상적 사고력’, ‘문제해결능력’ 등과 같은 주요 역량을 비롯해 대부분의 역량에서 격차의 폭이 2014년보다 더 커진 것으로 나타났다. 특히 ‘혁신활동’ 등의 항목에서 격차가 가장 크게 늘어난 것으로 나타났다. 이는 4차 산업혁명과 일자리 구조 변화로 인한 ‘역량’ 변화에 대한 대비가 시급함을 보여주고 있다.

핵심역량별 요구수준과 현재수준 간 격차 변화(2014 vs 2016, 단위: 점)



[자료] 김진용 (2018) 재구성

지금까지 우리는 ‘역량’ 차원에서 미래사회 변화에 대한 우리나라의 현황을 살펴보았다. 그렇다면 외부에서 바라본 4차 산업혁명에 대한 우리나라의 준비 수준은 어떠한지 살펴보자. 2016년 스위스연방은행(UBS: Union Bank of Switzerland)은 4차 산업혁명에 대한 준비 수준을 국가별로 평가하여 발표하였다. ‘노동시장의 유연성’, ‘역량 수준’, ‘교육시스템’, ‘인프라 유연성’ 및 ‘법/제도 수준’ 등 5개 기준⁹을 통해 전 세계 국가를 대상으로 4차 산업혁명에 대한 준비 정도를 분석하였다.

9 UBS의 5개 기준은 WEF의 Global Competitiveness Report(GCR)를 기반으로 설정

4차 산업혁명 준비도 기준

제4차 산업혁명 준비도 기준	WEF의 GCR 지표
1. 노동시장의 유연성 Labor structure flexible?	Labor Market efficiency
2. Skill level high? 역량 수준	Higher education & training
3. Education allows adaptive skills? 교육시스템	Innovation
4. 인프라 유연성 Infrastructure suitable?	Technological readiness
	Infrastructure
5. 법/제도 수준 Legal protection?	Property right
	Intellectual property protection
	Judicial Independence
	Ethical behavior of firms

[자료] UBS (2016) 재구성

4차 산업혁명 준비 수준 평가에서 우리나라는 25위로, 주요국과 비교할 때 상대적으로 준비도가 높지 않은 것으로 나타났다. 특히 ‘노동시장의 유연성’을 포함하여 ‘역량 수준’과 ‘교육시스템’ 측면에서의 점수가 높지 않은 것으로 도출되었다. 이는 상기 신입과학기술인력의 창의성 수준과 산업계와의 역량 미스매치 현황을 보여준 KISTEP의 연구결과와 연계되어 4차 산업혁명 시대 일자리 구조 변화에 대응하여 ‘역량’에 초점을 맞출 필요가 있음을 보여주고 있다. 또한 해당 결과를 세계경제포럼(WEF)의 ‘글로벌 경쟁력 보고서(GCP: Global Competitiveness Report)’에서 제시한 지표와 연계한다면 또 다른 측면에서 접근할 수 있다. 스위스연방은행이 GCR의 ‘Innovation’ 지표를 ‘교육

시스템’ 기준으로 활용하고 있고,¹⁰ 해당 지표에서의 점수가 높지 않다는 점은 미래사회 변화 대응에 있어 우리나라가 ‘혁신’에 초점을 맞춘 전략과 정책을 수립하고 추진해야 함을 보여주고 있다.

4차 산업혁명 준비도에 대한 국가별 순위

	Labour structures flexible?	Skill level high?	Education allows adaptive skills?	Infrastructure suitable?	Legal protections?	Overall impact	Developed (DM), emerging market (EM) or frontier market (FM)?
Switzerland	1	4	1	4.0	6.75	3.4	DM
Singapore	2	1	9	3.5	9.00	4.9	DM
Netherlands	17	3	8	6.5	12.50	9.4	DM
Finland	26	2	2	19.0	1.25	10.1	DM
United States	4	6	4	14.0	23.00	10.2	DM
United Kingdom	5	18	12	6.0	10.00	10.2	DM
Hong Kong	3	13	27	4.5	10.00	11.5	DM
Norway	9	7	13	19.0	11.50	11.9	DM
Denmark	10	9	10	15.5	17.75	12.5	DM
New Zealand	6	10	24	21.5	6.25	13.6	DM
Sweden	20	12	7	12.0	19.75	14.2	DM
Japan	21	21	5	12.0	18.00	15.4	DM
Germany	28	17	6	9.5	18.75	15.9	DM
Ireland	13	15	21	19.0	11.50	15.9	DM
Canada	7	19	22	16.0	20.50	16.9	DM
Taiwan	22	14	11	20.0	31.25	19.7	EM
Australia	36	8	23	18.5	17.75	20.7	DM
Austria	40	16	17	19.5	17.25	22.0	DM
Belgium	54	5	16	17.5	21.5	22.8	DM
France	51	25	18	12.0	31.00	27.4	DM
Israel	45	28	3	26.0	38.50	28.1	DM
Malaysia	19	36	20	35.5	34.50	29.0	EM
Portugal	66	26	28	24.5	32.25	35.4	DM
Czech Republic	47	29	35	35.0	44.75	38.2	EM
South Korea	83	23	19	20.0	62.25	41.5	EM
Chile	63	33	50	42.0	39.25	45.5	EM
Spain	92	30	37	17.5	61.25	47.6	DM
China	37	68	31	56.5	64.25	51.4	EM

[자료] UBS (2016)

이제 우리는 어떤 준비를 해야할까


엘빈 토플러(Alvin Toffler)는 현재의 공교육 시스템은 미래에 필요성이 낮은

10 UBS는 ‘혁신은 적응능력(adaptive skills)의 산출물의 기준으로 고려할 수 있다(The question as to whether education allows adaptive skills takes the ranking for the “Innovation” as innovation can be thought of a benchmark of the output of adaptive skills)’라고 언급하며 ‘Innovation’을 ‘Education allows adaptive skills?’로 해석하여 4차 산업혁명 판단기준으로 설정

능력들을 중심으로 교육공장과 같이 수동적으로 일하는 산업인력을 만들어 내고 있다고 지적¹¹하였다. 이는 4차 산업혁명으로 인한 일자리 구조 변화의 기저에 있는 ‘역량’ 변화와 직접적으로 연관되어 있다. 또한 ‘역량’ 변화에 대응하기 위해 우리는 어떤 측면에서 접근해야 할지를 말하고 있다.

4차 산업혁명 시대의 일자리 구조 변화에 대한 대응은 ‘사람’과 ‘교육시스템’의 혁신을 중심으로 이루어져야 한다. 우리는 제4차 산업혁명을 이끌 혁신적 기술을 만들어가는 주체이자, 기술적 변화로 인한 일자리 구조 변화와 역량 변화의 대상이기 때문이다. 따라서 미래사회를 이끌어갈 ‘역량’을 갖춘 인재를 육성하기 위해서는 ‘지식’이 아닌 ‘역량’을 중심으로 한 교육시스템으로의 근본적인 변화가 필요하다. 단일 분야의 한정된 지식을 축적하기 보다는 다양한 분야의 지식과 함께 ‘복합문제해결능력’, ‘소프트 스킬’ 및 ‘비판적 사고력’ 및 ‘창의성’ 등의 역량을 키울 수 있는 교육으로의 전환이 필요한 것이다.

디지털 리터러시(Digital Literacy)¹²를 위한 교육시스템 개선



“현재 디지털 혁명은 지구 상 대부분의 사람들에게 아직 시작도 안 된 수준입니다. 프로그래밍을 통해 향후 10년간 모든 것이 변화할 것입니다.”

- 에릭 슈미츠(Eric E. Schmidt; 전 구글 회장) -

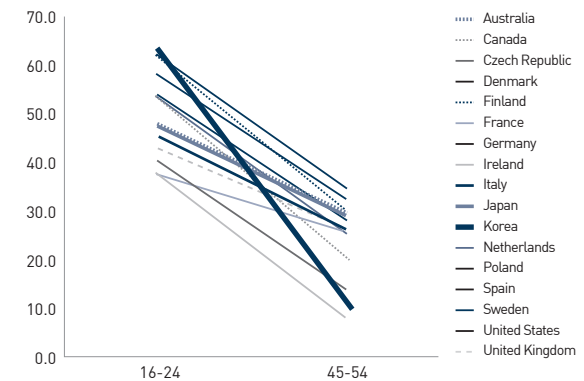
11 앨빈토플러는 미래의 대비를 위해 “현재의 공교육 시스템은 마치 공장 같다. 아이들을 수동적으로 일하고 있는 산업인력으로 만들고 있다. 미래에는 필요가 없을 능력이다. 교육 시스템을 개혁해야 한다”라고 언급(앨빈토플러 인터뷰, 2005).

12 디지털 리터러시(Digital Literacy)는 다양한 디지털 기술을 기반으로 효과적이고 비판적으로 정보를 탐색·분석·평가하여 새로운 지식을 생산하는 능력을 의미

사물인터넷(IoT), 빅데이터, 클라우드 및 인공지능과 같은 정보통신기술(ICT)은 제4차 산업혁명 시대를 이끌 것으로 전망되고 있다. 따라서 정보통신기술과 디지털 기술에 대한 이해와 대응은 제4차 산업혁명시대를 살아가기 위한 필수조건이 되고 있다. 이에 ‘초연결화’되고 ‘초지능화’된 미래 지능정보사회에서 살아가기 위해서는 ‘디지털 리터러시’ 역량을 확보해야 한다.

우리나라의 ‘디지털 리터러시’ 역량의 수준은 어떠한가? 씨티리서치(Citi research)가 제시한 ‘정보통신기술(ICT) 역량’을 통해 가늠해볼 수 있을 것 같다. 연구결과에 따르면 한국의 16~24세까지 인력의 ICT 역량은 세계 상위권인 반면, 35세 이후 45~54세의 ICT 역량은 OECD 국가 대비 최하위권에 위치하고 있다. 이는 4차 산업혁명 시대에 진입하고 있는 시점에서 우리나라의 현주소가 긍정적이지만은 않음을 보여준다. 또한 ‘디지털 리터러시’ 역량 확보의 대상에 초·중·고 학생 뿐만 아니라 현재 재직하고 있는 중장년층도 포함되어야 함을 보여주고 있다.

주요국의 연령대별 ICT 역량 수준



[자료] Citi Research & Oxford Univ. (2016)

주요 선진국은 ‘디지털 리터러시’ 역량 확보를 위한 방법으로 S/W 교육 시스템의 필요성을 강조하고 있다. 제4차 산업혁명을 선도하고 있는 독일은 ‘인더스트리 4.0(Industry 4.0)’을 위한 디지털 교육의 중요성을 강조하면서, 젊은 세대가 단순 SNS의 사용과 활용이 아닌 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등에 익숙해져야 한다고 이야기하고 있다. 이와 더불어 디지털 미래를 창조할 수 있는 역량 교육이 필요함을 주장하고 있다. 미국은 ‘Code.org’ 및 ‘Girls who code’와 같은 S/W 교육 캠페인을 구글(Google), 마이크로소프트(Microsoft), 페이스북(Facebook) 등 ICT 분야의 선도 기업이 주도하면서 코딩교육법과 교재 개발에 참여하는 등 코딩교육의 중요성을 강조하고 있다. 유럽 내에서도 초·중등 교육에서 ICT를 활용하여 학생들의 흥미와 창의성을 증진시키기 위해 ICT 활용 교육자료를 확대하는 등 ICT 기반의 학습 환경을 구축하고 있다. 이에 우리나라도 2018년 S/W 교육 의무화와 발 맞추어 S/W 콘텐츠의 활용과 더불어 S/W에 대한 이해를 돕는 교육을 병행할 필요가 있다. 또한 ICT 역량 수준이 높지 않은 것으로 나타난 중·장년 인력을 대상으로 각 수준에 적합한 S/W 교육 체계도 구축하여 제공할 필요가 있다.

S/W 교육시스템의 개선과 더불어 S/W 교육인력의 양성도 병행되어야 한다. 현재 학교 내 S/W 교육은 일부 시범적으로 추진되고 있다. 그러나 대부분 S/W 전문 교원의 부재 또는 현직 교사의 S/W에 대한 이해 부족 등으로 실질적 교육에 어려움이 있다. 따라서 제4차 산업혁명 시대에 대비함에 있어 준비된 인재를 양성하기 위해서는 S/W 전문 교육인력의 양성과은 물론 현직 및 신규 교원에 대한 연수 강화 등이 뒷받침되어야 한다.

S/W 교육 환경을 구축하기 위해서는 정부만의 힘으로는 부족할 것이다. 미국 S/W 캠페인 사례는 미래인재의 양성이 더 이상 정부만의 몫이 아님을

보여주고 있다. 미래사회가 요구하는 인재의 육성과 양성의 주체로서 민간의 역할이 중요해지고 있는 것이다. 따라서 S/W 교육을 추진하거나 및 교원을 양성함에 있어 민관 협력 체계를 구축하여 민간기업의 적극적 참여를 유도할 필요가 있다. 이를 통해 학생에서부터 노령층까지 미래사회 변화에 대한 ‘디지털 리터러시’ 역량을 확보할 수 있는 위한 교육 환경이 구축되어야 한다.

역량을 키우는 교육시스템으로의 전환



“20년 후 우리가 알던 방식의 대학은 더 이상 존재하지 않을 것입니다.”
 “미래에는 새로운 교수법·학습법 등에 열려있는 대학이 가장 경쟁력이 있을 것 입니다.”

— 케빈 캐리(Kevin Carey; 대학의 미래 저자) —

제4차 산업혁명과 관련된 많은 전망보고서가 미래사회에 요구될 것으로 전망되는 ‘역량’으로 인간 고유의 ‘역량’을 이야기하고 있다. ‘창의성’, ‘사고력’, ‘혁신성’, ‘복합문제해결능력’ 등 인공지능이나 자동화 기술이 가질 수 없는 인간 고유의 역량이 미래사회에 더욱 중요해진다는 것이다. 그러나 앞서 한국과학기술기획평가원(KISTEP)과 스위스연방은행(UBS)의 연구결과에서 나타난 것처럼 우리나라는 현재 제4차 산업혁명 시대에 요구되는 ‘역량’이 부족한 상황이다. 이는 앨빈 토플러의 지적과 같이 교육시스템의 한계에 기인하고 있다.

미래사회가 요구하는 창의적·융합적 인재의 양성함에 있어 현재 교육시스템의 한계가 나타남에 따라 미국 등 주요 국가에서는 대학을 중심으로 교

육시스템 전환이 진행되고 있다. 미국의 ‘미네르바 스쿨(Minerava school)’은 교육시스템 전환의 대표적인 사례이다. 2014년 샌프란시스코에서 시작된 미네르바 스쿨은 강의실 없이 온라인 수업을 통해서만 운영되는 새로운 고등교육시스템(대학)이다. ‘거꾸로 수업(Flipped learning)’ 방식을 활용하여 토론 및 세미나를 통해 학생들이 능동적 참여를 유도하고, 특히 1학년 과정에서는 전공이 아닌 4개의 코너스톤 과목(Cornerstone course)¹³에 초점을 맞춰 ‘문제해결 능력’과 같은 역량 키우기에 집중하고 있다. 하버드 대학교(Havard Univ.) 및 매사추세츠공과 대학교(MIT) 등과 같은 세계적인 명문대학은 ‘MOOC(Massive Open Online Course)’와 같은 교육방식을 확대 적용하고 있다. 기존의 하향식의 지식 축적 중심의 교육이 아닌 토론과 세미나를 중심으로 한 ‘생각하는 힘’을 키우는 교육으로 교육 방식의 변화가 이루어지고 있는 것이다.

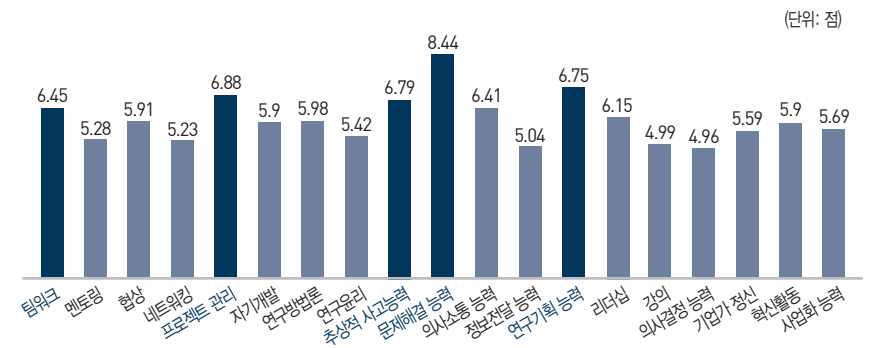
또한 과학기술 기반의 혁신적 역량을 키우기 위한 커리큘럼의 다양화도 이루어지고 있다. 스탠포드 대학교(Stanford Univ.)는 ‘혁신가(Innovator)’양성을 목표로 ‘D-school at Stanford’를 운영하고 있다. 이 과정은 다양한 문제에 대한 접근 및 해결 방법을 찾기 위해 팀 프로젝트를 구성하고, 팀원 간 협동을 통해 문제를 해결하면서 혁신성의 기반인 ‘디자인적 사고(Design Thinking)’ 능력을 키운다. 비정규 과정임에도 불구하고 한해 600~700명의 대학원생이 전공의 구분 없이 수업에 참여하고 있을 정도로 인기가 높은 과정이다. 이와 유사하게 네덜란드 델프트 대학교(Delft Univ.)의 ‘Master of Industrial Design Engineering Program’, 핀란드 알토 대학교(Aalto Univ.)의 ‘International Design Business Management Program’도 디자인적 사고 소

13 ‘이론적 분석’, ‘복합시스템 분석’ 및 ‘실증적 분석’ 및 ‘다양한 커뮤니케이션’의 4개 코너스톤 과정을 1학년 과정에서 이수

양을 갖춘 융합인재를 양성하기 위해 운영되고 있다. 이러한 교육시스템은 ‘STEAM(STEM+Arts)형’ 교육시스템으로서 지식을 기반으로 ‘창의성’, ‘문제해결 능력’, ‘디자인적 사고방식’ 등과 같은 역량에 초점을 맞추고 있다.

최근 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 연구결과는 핵심역량에 대한 교육 요구도가 높아지고 있음을 보여주고 있어, 창의적·융합적 인재 육성을 위한 교육시스템의 전환 방향성을 제시하고 있다. Gary D. Borish(1980)의 ‘교육요구도 지수(Education need index)¹⁴’ 분석 결과, 국내 산업계는 ‘문제해결 능력’, ‘추상적 사고능력’ 및 ‘프로젝트 관리’ 능력 등과 같은 핵심역량에 대해 높은 교육요구도를 제시하고 있다.

산업계의 스킬(역량) 교육 요구도



[자료] 김진용 (2016) 재구성

14 교육요구도지수는 교육정책의 우선순위 도출에 활용되며 요구수준이 높고 격차가 클수록 지수가 증가. 교육요구도 = $\frac{\sum(RCL - PCL)RCL}{N}$ (RCL은 요구되는 역량 수준, PCL는 현재 역량 수준, RCL는 요구되는 역량 수준 평균, N는 전체 사례수)

우리나라도 이러한 사회 변화에 따른 요구를 반영하여 보다 근본적으로 미래사회 변화에 대응할 필요가 있다. 그리고 학생들의 '역량'을 키우기 위해 온/오프라인 방식, 비정규 학제 등 다양한 학제 방식 운영과 더불어 현재 대학 내 운영 중인 융합학과의 개편·보완을 통한 다양한 프로그램의 개발에 초점을 맞춰야 한다.

▶ 평생 배우고 익히는 평생교육시스템 구축

4차 산업혁명으로 인한 일자리 구조 변화의 대상은 현재의 초·중·고 학생과 대학생만은 아니다. 현재 재직하고 있는 인력과 휴·퇴직 인력과 같은 잠재인력도 일자리 구조 변화의 영향력 안에 들어와 있다. 이들은 가까운 미래에 나타날 직무의 변화와 역량의 변화에 보다 직접적으로 영향을 받을 것이다. 따라서 재직자와 잠재인력이 미래사회 변화에 대해 지속적으로 대응하고 핵심역량을 확보할 수 있도록 평생교육체계가 구축되어야 한다.

미래사회에 요구되는 새로운 지식과 역량의 습득은 선택이 아니라 필수요소가 되고 있다. 이코노미스트(Economist)지는 미국 내에서 새로운 역량에 대한 요구와 역량 간 융합에 대한 요구가 증가하고 있어 '하이브리드 잡(Hybrid job)' 형태의 직업이 증가 추세에 있다고 전하고 있다. 또한 맥킨지는 미국 내 고용주의 40%가 회사가 원하는 역량을 갖춘 인재를 찾기 어려운 상황이고, 그 이유의 60%는 직무를 수행할 수 있는 역량적 준비가 미흡하기 때문이라고 이야기하고 있다. 이로 인해 재직자와 이직자를 중심으로 기술변화에 따른 직업과 직무변화에 대응하기 위해 코딩, 디자인, 마케팅 등 새로운 분야에 대한 재학습과 역량 개발 수요가 증가하고 있다고 한다.

미국, EU 등 주요국은 다양한 재직자 및 잠재인력을 대상으로 하는 다양한 평생교육 프로그램을 운영하고 있다. 대부분의 프로그램은 '경력다변화스킬(Transferable skills)', '복합문제해결능력' 등 미래사회에 요구하는 역량을 향상시키고 강화시킬 수 있는 맞춤형 재교육 프로그램이다. 대표적인 예로 '유다시티(Udacity)'는 MOOC 서비스를 이용하여 재직자와 잠재인력을 대상으로 '나노디그리(Nano-degree: 온라인 단기 학위)'라는 평생교육프로그램을 제공하고 있다. 해당 프로그램은 기업이 원하는 기술과 직무과정을 특화하여 개설하고 과정이수자와 해당기업과의 취업을 연계하고 있다.

따라서 우리나라도 대학, 평생학습기관 및 직업훈련기관이 민간기업과 연계하여 미래사회 변화에 대응하기 위해 기업이 실질적으로 요구하는 역량 및 지식을 학습할 수 있는 프로그램을 개발하고 해당기업과의 취업을 연계할 수 있는 평생교육 플랫폼을 구축할 필요가 있다. 특히 지역 차원에서 지역대학 및 출연(연)이 민간기업과 연계하여 지역별 산업재직자 및 잠재인력에 대한 재교육 프로그램을 개발·운영하여 지역차원의 혁신역량을 강화하고 미래사회 변화에 대한 대응을 해야 한다. 이는 재직자 및 잠재인력 등 성인학습자가 지속적으로 자기계발을 할 수 있는 유인책으로 작용할 뿐만 아니라, 그들로 하여금 미래사회에 요구되는 역량을 확보하여 급격한 사회 변화에 보다 능동적으로 대처할 수 있는 기회를 제공할 것이다.

마무리하며

제4차 산업혁명은 실재(實在)할 것인가? 과거의 산업혁명들은 명확한 사

회·경제적 구조의 변화를 기반으로 역사적 관점에서 정의되었다. 반면, 우리는 아직 다가오지 않은 미래의 사건과 변화를 예측하며 제4차 산업혁명을 정의하고 있다. 이러한 불확실성으로 제4차 산업혁명의 실재성에 대해서 여전히 많은 논쟁을 낳고 있고 다양한 정의가 존재하고 있다. 그러나 확실한 것은 급진적 기술의 발전으로 미래사회 일자리 구조가 변화한다는 것이다. 이러한 엄청난 변화의 파고(波高) 속에서 중요한 것은 ‘누가(Who) 준비된 인재인가?’를 찾는 것이 아니다. 보다 장기적인 관점에서 ‘어떻게(How) 준비된 인재를 육성할 것인가?’가 되어야 한다.

‘사피엔스(Sapiens)¹⁵’로 유명한 이스라엘 히브리대학교의 유발 하라리 교수는 “지금 학교에서 배우는 것의 80~90%는 아이들이 40대가 되었을 때 별로 필요 없을 가능성이 높다. 인공지능으로 세상이 혁명적으로 바뀔 텐데 현재의 교육시스템은 그에 대비한 교육을 전혀 못 시키고 있다”고 이야기하고 있다. 그는 우리에게 미래사회 변화에 대응함에 있어 무엇에 초점을 맞춰야 하는지를 말해주고 있다. 단순 ‘지식’이 아닌 ‘역량’에 초점을 맞춘 교육시스템으로의 변화가 필요하다는 것이다. 따라서 교육시스템의 변화는 미래사회 변화에 대한 대응에 있어 장기적 관점에서의 가장 중요한 대응 방안일 것이다.

과거의 산업혁명들과 같이 우리는 인지하지 못한 사이에 제4차 산업혁명 시대를 맞이하고 있고, 그 변화 파급력과 영향력은 과거의 것과는 비교가 안 될 정도로 거대할 것으로 예측되고 있다. 과거의 ‘루시(Lucy)’는 생존을 위해 본능적으로 변화에 대응하고 적응했을 것이다. 보다 지능화된 사회에

15 2015년 발간되어 인류학, 경제학, 생물학, 심리학 등 다양한 관점에서 인류의 기원과 발전, 진화를 이야기하는 세계적 베스트셀러

서 살고 있고 있는 우리는 본능적으로 그리고 이성적으로 장기적인 관점에서 미래사회 변화에 대해 대응해야 한다. 이러한 점에서 교육시스템의 혁신은 우리가 제4차 산업혁명 시대에서 호모사피엔스(Homo sapiens)를 넘어 호모데우스(Homo deus)¹⁶로서의 ‘루시’가 되기 위한 첫 걸음이 될 것이다.

16 호모데우스(Homo deus)는 ‘신(Deus)이 된 인간’이라는 뜻으로, 유발하라리가 신의 영역에 도전하는 인간의 진화와 미래를 이야기 한 책(2017)의 제목

참고 문헌

- 김진용 (2016), 「2016 HRST Scoreboard」, 한국과학기술기획평가원
- 김진용 (2018), 「신입 과학기술 인력의 창의성 및 핵심 직무역량 수준 진단과 시사점」, 한국과학기술기획평가원.
- 김진하(2016a), 「미래를 열어 갈 혁신의 길-인공지능 시대, 교육혁신이 답이다」, 한국과학기술기획평가원.
- 김진하 (2016b), “제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색”, 「KISTEP In」 제15호, 한국과학기술기획평가원.
- 김진하 (2017), 「과학기술분야 미래 일자리 지형 변화 전망 연구」, 한국과학기술기획평가원.
- 손병호 (2017), “제4차 산업혁명 시대, 과학기술 일자리 지형 변화와 대응방향은?”, 발표자료, 「STRONG KOREA 포럼」, 한국경제신문
- Boston Consulting Group (2015), 「Man and Machine in Industry4.0」.
- Carl Bendikt Frey and Micheal A. Osborne . (2013), “The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?”, Technological Forecasting & Social Change, vol.114, pp.254~280.
- CEDA (2015), 「Australia’s Future Workforce」.
- Citi Research & Oxford Univ. (2016), 「The Technology at work v2.0」.
- David Silver, Hemis Hassabis et. al. (2017), “Mastering the game of Go without human knowledge”, Nature No.500, pp.354-359.
- Economist (2017), 「Lifelong Learning」.
- General Electronics (2016), 「The workforce of the future」.
- Mckinsey&Company (2012), 「The World at work; Jobs, pay and skills for 3.5 billion people」.
- Mckinsey&Company (2015), 「Four Fundamentals of Workplace Automation」.
- Mckinsey&Company (2017), 「A Future that works: Automation, Employment and Productivity」.
- The Information Technology and Innovation Foundation (2013), 「Are robots taking our jobs, or making tem」.
- IPPR (2015), 「Technology, Globalisation and The Future of Work in Europe」.

- OECD (2016), 「The Risk of Automation for Jobs」.
- Steven Mithen (2015), 「The Singing Neanderthals (노래하는 네안데르탈인)」
- UBS (2016), 「Exeme Automation and Connectivity : The Global, Regional and Investment Implication of the Fourth Industrial Revolution」.
- UKCES (2014), 「The Future of Work : Jobs and Skills in 2030」.
- WEF(2015), 「New Vision for Education-Unlocking the potential of technology」.
- WEF (2015), 「The Human Capital Report」.
- WEF (2016), 「The Future of Jobs」.

제2장

4차 산업혁명, 장밋빛 전망에 감춰진 위험

혁신 성장과 미래 트렌드 2018 Plus 10

- 4차 산업혁명, 장밋빛 전망
 - 새로운 위험의 등장
 - 위험, 어떻게 찾을 것인가
- 다가올 미래 제품/서비스의 기회와 위험
 - 새로운 위험을 되짚어 보다
 - 위험, 우리는 얼마나 인식하고 있나
- 미래위험 예측과 법·제도를 논해야 한다

필자

임현

과학기술 예측조사, 중장기 발전전략, 과학기술 미래비전, R&D사업 예비타당성 조사 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 기술예측센터에 근무 중이다. 기술예측과 기술기획 업무에 관심을 갖고 연구에 노력하고 있다.

김상일

R&D사업 예비타당성 조사, 국가전략기술로드맵, 중장기 발전전략 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 현재는 데이터 기반의 미래기술 예측 연구와 기술기획 업무를 주로 수행하고 있다.

이 글은 KISTEP 연구보고서 「과학기술 예측기반 강화연구 - 제2권 2017년 미래예측 연구역량 강화」를 바탕으로 작성되었습니다.

제2장

4차 산업혁명, 장밋빛 전망에 감춰진 위험

2015년 1월, 스위스 다보스 포럼에서 의장인 경제학자 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)이 '4차 산업혁명'을 역설한 이후 우리나라는 그야말로 '4차 산업혁명'열풍이다. 언제가 될 지는 누구도 명쾌하게 말하지는 못하지만 가까운 미래에 급격한 사회 변화를 맞이할 것이라는 점에는 대체로 동의하고 있다. 다양한 미디어는 물론, 교육 현장, 산업계 등 어디에서나 급격한 변화를 불러올 4차 산업혁명에 대비해야 한다고 목소리를 높여 말하고 있지만, 정작 4차 산업혁명의 실체와 명암에 대해서 의문을 제기하는 경우는 찾아보기 힘들다.

직관적으로 명확하게 이해되지 않는 '4차 산업혁명'이라는 용어와 함께 당장이라도 4차 산업혁명의 산물이 생활 속에서 급속히 실현될 것 같은 장밋빛 전망들이 여기저기서 쏟아져 나오고 있다. 인공지능(AI), 빅데이터, 로봇기술, 사물인터넷(IoT: Internet of Things) 등이 주도하는 새로운 산업혁명을 뜻하는 4차 산업혁명이 지금까지 우리가 경험하지 못한 편리함과 안전함, 즐거움을 선사해 줄 것으로 기대하고 있다.

그러나 과거 3차례의 산업혁명이 노동자의 열악한 노동 조건, 자본가와 노동자의 대립, 빈부격차, 환경오염 등의 문제를 야기했듯 4차 산업혁명도 우리가 경험하지 못한 사회적 위험을 불러올 수 있다. 4차 산업혁명은 그 속도와 파급 효과 측면에서 이전의 산업혁명과 비교도 안 될 정도로 빠르고 광범위하게 일어날 것이다. 역으로 이로 인한 사회적 위험도 더 크고 넓게 우리 사회에 영향을 미칠 수 있다는 것이다.

그럼에도 불구하고 4차 산업혁명이 가져올 위험에 대한 인식과 논의는 부족한 상황이다. 과학기술정책연구원의 미래연구 계간지인 'Future Horizon'에서 '4차 산업혁명, 아직 말하지 않은 것들'이란 주제로 4차 산업혁명 관련 논의에서 다루어지지 못한 위험에 대해 조명하였다. 한국행정연구원은 4차 산업혁명의 핵심기술인 인공지능이 가져다주는 순기능을 극대화하고 역기능을 최소화할 수 있는 규제 측면의 대응 전략을 제시하였다. 하지만, 심층적인 분석과 이를 기반으로 한 전략 수립은 미흡한 상황이다.

인류 역사상 가장 새로운 시대라 불릴 만큼 큰 변혁을 4차 산업혁명에 제대로 대처하기 위해서는 이에 대한 현황과 속성에 대한 이해가 필요하다. 이를 바탕으로 예상되는 효과, 특히 부정적 위험 요소에 대한 객관적 분석을 통해 한국형 대응방안을 만들어 가야할 것이다.

4차 산업혁명, 장밋빛 전망

4차 산업혁명은 많은 이에게 장밋빛 미래를 이야기하고 있다. 원자력 사고와 화재 같은 재난 상황에서 구조 로봇이 활약하고, 인체 보조 로봇이 우

리를 영화 속 아이언맨으로 만들어 줄 것으로 기대하고 있다. 진공 튜브를 활용한 하이퍼루프 열차를 이용하면 서울과 부산을 20분 내에 주파할 수 있고, 뇌의 기능을 확장시킬 수 있는 메모리 임플란트는 알츠하이머나 뇌졸중 환자를 보조할 수 있을 것이다. 유전자 가위 기술은 난치·불치병을 치료해 생명을 연장하고 노화를 멈출 것이라는 희망을 심어준다. 또한, 인공지능 기술에 기반한 자율주행 자동차가 확대 보급되면서 교통사고와 교통체증이 사라지고, 언어 번역기로 전 세계의 언어 장벽이 사라지는 세상을 꿈꾸고 있다. 4차 산업혁명으로 기대되고 있는 미래의 모습들은 이미 초기 서비스가 시작됐거나 연구가 활발하게 진행되고 있는 분야이다.

4차 산업혁명은 이러한 생활 속 변화와 함께 엄청난 경제 성장의 기회를 제공할 것으로 기대된다. 맥킨지는 4차 산업혁명으로 인한 국내 신규 매출 증대가 41조 9,000억 ~ 85조 4,000억 원, 의료진단 정확도 증대와 제조공정 최적화에 따른 비용 절감이 109조~199조 원에 달할 것으로 전망했다. 여기에 소비자 후생 175조 원 등을 포함 최대 460조 원에 달할 것이라고 밝혔다.

새로운 위험의 등장

4차 산업혁명이 가져올 위험에 대한 관점은 크게 합리적·객관적으로 측정 가능하다고 생각하는 '위험 객관주의'와 심리 및 사회, 문화적 신념과 가치에 따라 달라진다고 보는 '위험 주관주의'로 구분할 수 있다.

객관주의는 위험을 객관적이며 단일차원적 현상으로 바라보는 관점으로,

위험이 합리적·객관적으로 측정 가능하다고 주장하는 기술적 접근(technical approach) 혹은 위험 객관주의(risk objectivism)가 존재한다. 이러한 객관주의 관점에서는 위험이 소득 수준 및 교육 수준에 따라 나타나는 직업의 종류와 거주 환경, 위험을 피할 수 있는 지식 등의 사회경제적 차이에 따라 다른 확률로 발생되어 위험 노출의 차이로 이어진다고 생각한다. 또한, 위험을 확률론에 입각하여 논리적 연산에 따라 측정할 수 있다고 보며, '불확실성'은 주관에 따라 뜻이 좌우되는 모호한 개념으로 위험과 구분하고 있다(Knight, 1921).

반면, 주관주의 관점에서는 위험을 심리 및 사회, 문화적 신념과 가치에 따라 그 의미가 주관적으로 재구성된다고 본다. 위험은 인간이 삶의 불확실성에 대처하고 환경을 이해하기 위해 만들어낸 것으로, 인간의 주관적 이해와 불가분의 관계라고 주장하고(Slovic, 1987), 과학 및 기술적 기준에 의해 산출되는 속성도 있지만 개인이 속한 문화적 맥락 속에서 형성된다고 주장(Douglas & Wildavsky, 1982)하고 있다.

위험에 대한 이러한 두 가지 관점 중 4차 산업혁명에 대한 위험은 심리, 사회·문화적 신념, 개인적 가치에 따라 주관적으로 산출 될 수 있는 속성을 가지고 있다고 가정하였다. 따라서 4차 산업혁명이 가져올 위험을 파악하기 위해서는 위험 요소에 대한 이해당사자별 인식정도 등에 대한 조사와 4차 산업혁명이 초래하는 변혁을 통해 유발될 수 있는 모든 이해당사자 간 갈등 요인을 포괄해 도출하여야 한다. 또한, 이렇게 도출된 위험 요소들을 파급효과, 가능성 등과 같은 다양한 평가 매트릭스를 통해 우선순위를 설정할 수 있다.

4차 산업혁명에서는 디지털 기술이 활용·융합·적용되고 모든 사물이 네

트워드로 연결되어 현대사회의 문제점을 그대로 내포하고 있다. 울리히 벡(Ulrich Beck, 1997)은 현대 사회는 과학기술의 발달로 산업혁명 이후 막대한 부를 가져다주었지만, 지구 환경위기 등 구조적인 위험을 내포하게 되어 개인이 통제할 수 없는 아슬아슬한 위험 사회¹⁷가 되었다고 주장하였다. 마누엘 카스텔(Manuel Castelles, 2003)은 네트워크 사회는 현대 사회의 모든 영역이 정보통신망으로 연결되어 있으며, 이러한 촘촘한 연결성 때문에 구석에서 발생하는 사건이 지리적 경계를 넘어 전 지구적인 영향을 미칠 수 있다고 주장하였다.

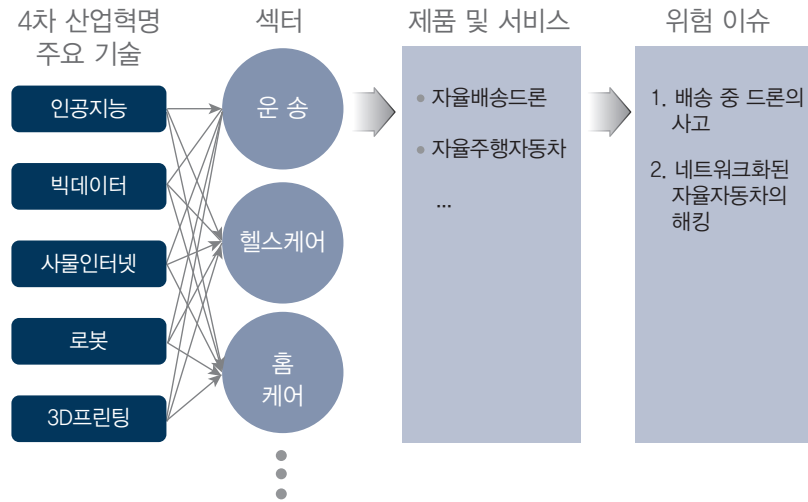
위험, 어떻게 찾을 것인가

인공지능, 빅데이터, 로봇, 사물 인터넷, 3D 프린팅 등 4차 산업혁명의 주요 5대 기술이 미치는 영향을 위험 이슈는 단계적으로 파악 할 수 있다. 먼저 4차 산업혁명이 영향을 미치는 분야를 운송, 헬스케어, 홈케어, 교육 및 연구, 고용노동, 통신·언론, 엔터테인먼트, 공공안전 등으로 구분한다. 이후 각 분야별 미래의 5대 주요 기술이 만들 수 있는 제품 및 서비스를 파악하고, 마지막으로 해당 제품 및 서비스가 등장했을 때 발생할 수 있는 위험 이슈를 파악한다.

17 현대의 위험 사회에서는 위험이 전면화되는 경향을 지닌다. 이 과정에서 과학기술적 권위의 탈독점화가 일어나고 과학기술에 대한 비판적이고 성찰적인 관점이 성숙하게 된다. 여기서 사회적 합리성이 중요하게 대두하게 되지만, 여전히 위험을 줄이는 과학기술적 능력은 중요함. 즉, 과학기술이 현대 사회의 위험성의 근원이지만 과학기술의 합리성을 부정하고는 해결책을 찾을 수 없다는 모순성이 존재함. 이러한 어려움은 그의 저서에서 "사회적 합리성 없는 과학적 합리성은 공허하며, 과학적 합리성 없는 사회적 합리성은 맹목적이다"라는 문구에서 잘 드러남(울리히 벡, 1997)

특히 위험 이슈는 Futures Wheel¹⁸이라는 브레인스토밍 방법을 활용하였다.

4차 산업혁명 관련 위험 이슈의 도출 절차



다가올 미래 제품/서비스의 기회와 위험

인공지능, 빅데이터, 로봇, 사물 인터넷, 3D 프린팅 등 4차 산업혁명의 주요 5대 기술이 운송분야에서 만들어 낼 수 있는 대표적 제품 및 서비스는 바로 자동차 및 열차 등의 자율주행 운송수단과 인공지능을 활용한 소비자

18 Futures Wheel은 Brainstorming을 위해 사용되는 여러 방법론 중 하나로 트렌드와 같은 요인의 1차적 잠재효과뿐만 아니라 2차, 3차의 잠재효과 분석에 용이한 방법으로 현재 잠재적인 문제점, 기회, 새로운 시장, 제품, 서비스 파악 및 대안의 전략 평가 등에 광범위하게 쓰이고 있음

수요 예측 쇼핑/배송 서비스이다. 하지만 이러한 서비스는 활용 기술의 태생적 한계로 인해 해킹 위험, 사생활 침해, 사고 발생시 책임 소재 및 법적 분쟁 문제 등의 위험성을 내포하고 있다.

운송 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
자율주행 운송수단	<ul style="list-style-type: none"> · 해킹 위험 · 사생활 노출/침해 · 운전기사, 기장 등 관련 서비스 일자리 감소 · 사고 발생시 책임 소재 및 법적 분쟁 문제 · 전력 공급 및 환경·에너지 문제 · 사용자의 위험 상황 해결 능력 저하
드론 배송 서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 해킹 위험 · 드론 충돌 사고 위험 · 배송 지역, 제품 특성에 따른 배송 제한 · 관련 산업·직종 일자리 감소
니즈 예측 쇼핑/배송 서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 해킹 위험 · 사생활 노출/침해 · 오배송으로 인한 자원 낭비
새로운 운송수단 (하이퍼루프 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 해킹 위험 · 안전성 문제 · 사고 발생시 책임 소재 및 법적 분쟁 문제

헬스케어 분야에서 만들어 낼 수 있는 제품 및 서비스는 인체보조/지원 기기·로봇, 인공장기, 인공지능 로봇, 건강관리 서비스, 3D 프린팅 맞춤형 건강식품, 수술 로봇, 원격진료 서비스 등 매우 다양하다. 다양한 제품 및 관련 서비스의 등장은 빈부격차, 고령인구 급격한 증가, 생명 경시, 개인정보 유출, 의료 서비스의 비인간화 등 많은 사회적 위험이 예상된다.

헬스케어 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
인체보조/지원기기·로봇 (3D 프린팅 의수/의족, 재활보조로봇, 신체지원로봇, 노화/시력상태 등 체크하여 교정하는 스마트 안경 등)	· 빈부격차 · 고령인구 급격 증가(수명증가) · 비용부담증가 · 부의 과시
3D 프린팅 인공장기	· 생명경시 · 인체 부작용 가능성
AI, 로봇 기반 Non-human 버디 (고령, 우울증 환자 등을 위한)	· 비인간화 What makes human human?
센서기반 건강관리 서비스 (인체삽입형 건강진단 센서, 족석 건강진단 모니터링 기기-소변기 등)	· 센서 오작동으로 인한 오진단/치료
센서 기반 영양성분 분석 기기 (음식을 담으면 열량/성분등을 분석하여 부족한 부분 알려줌)	
식사 대체 SMART Pill (알약에 필요한 모든 영양소 포함)	· 음식을 보고 먹는(씹는) 쾌락감 상실
3D 프린팅 맞춤형 건강 식품/음식 제조	· 요식업 침해
빅데이터 기반 맞춤형 진단 및 치료 (personalized medicine)	· 개인정보 유출, 해킹 · 데이터 센터 유지비용 및 전력난 · 비용부담 증가
빅데이터 기반 질병예측서비스	· 개인정보 유출, 해킹 · 데이터 센터 유지비용 및 전력난 · 비용부담 증가
원격 진단·치료·처방·모니터링 서비스	· 보험범위/비용 문제 · 의료종사자 일자리 감소 · 해킹 등에 따른 개인정보 유출 · 의료서비스의 비인간화
수술 로봇	· 의료사고 책임소재 불분명

홈케어 분야에서는 아파트 주차 공간 안내, 상황 맞춤형 옷 스타일 추천 로봇, 은퇴한 사람들의 추억을 되살려주는 노스텔지스트 로봇 등 비서형 로봇이 등장할 것으로 전망된다. 또한, 자동으로 조도, 온습도 조절, 환기 등의 서비스가 확대될 것으로 보인다. 이러한 제품 및 서비스들은 ICT를 기반으로 하는 만큼 해킹의 위험에 노출될 수밖에 없고 관련 산업 및 직종의 일

자리 감소를 일으킬 수 있다. 또한, 사물인터넷을 위한 ICT 기반의 다양한 기기의 증가로 인한 전력 사용량 증가 등의 위험도 발생할 것으로 예상된다.

홈케어 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
비서형 로봇 - 아파트 주차장 자리 빈곳 안내 - 노스텔지스트 로봇 - 상황 맞춤 옷 스타일 추천 - 개인별 취향 맞춤형 홈쇼핑	· 해킹 위험(사생활 침해)
가사 도우미 로봇(요리, 청소)	· 관련 산업·직종 일자리 감소 · 의존도 증가로 인한 자립심 저하
육아지원 로봇	· 사고 발생시 책임 소재 및 법적 분쟁 문제 · 가족간의 유대관계 단절 · 사회성 형성 부족
스마트 홈 환경/가전 - 자동 조도, 온습도 조절, 환기 등	· 해킹 위험(사생활 침해) · 전력소모 증가
홈 세스코(해충퇴치, 보안) 서비스	· 해킹 위험(사생활 침해) · 관련 산업·직종 일자리 감소

4차 산업혁명의 주요 기술들은 교육·연구 분야에도 많은 변화를 불러올 것으로 전망된다. 특히 VR·AR(Virtual Reality, Augmented Reality) 교재/교구, 만국어 번역기, 단순 실험/노동 테크니션 로봇, 가상학교, 교육로봇(Teaching Robot), 자율학습 기반 학위 시스템, 개인 맞춤형 교육 서비스 등이 우리의 교육과 연구 환경에 혁신적인 변화를 불러올 것으로 보인다. 그러나 이러한 교육·연구 분야에서의 변화는 망상증/환각 증상, 다양한 분야의 직업 감소, 연구원의 판단과 인지능력의 저하, 사회성 및 감수성의 저하, 학력 격차의 심화 등 다양한 위험이 발생할 가능성을 내포하고 있다.

교육·연구 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
VR·AR 교재/교구	· 망상증/환각증상
인공지능 연구원	· 연구원 판단·인지능력 저하 · 연구원 일자리 감소 · 초기 투자비용 발생
단순 실험/노동 테크니션 로봇	
실험지원장비/분석기기의 스마트화	
가상학교 (VR 등을 활용하여 실제로 등교 없이 학습)	· 교직원 일자리 감소 · 직접 대면하는 interaction 감소 (학생-학생, 학생-선생)에 따른 사회적 및 감수성 저하 · 개인주의 심화
자율학습기반 학위 시스템 (MOOC 보급화 등으로 학교 시스템/기존 교과과정 소멸)	
Teaching Robots	
IoT 기반 실험 분석 기기별 결과 공유 서비스	
(글로벌) 연구자, 기관, 펀딩 검색 플랫폼	· 분석 에러 · 해킹 위험
AI 기반 수요중심 연구 매칭 시스템	
(빅데이터 기반) 개인 맞춤형 교육 서비스 (평생교육, 맞춤형 진로 상담서비스, 맞춤형 공부 과외 서비스)	· 교육 평준화 상실(기본의무교육 미수로) · 미디어 중독 · 개인주의 심화 · 편향된 커리큘럼 및 교육 콘텐츠 조작 가능 · 개인정보 유출
MOOC 서비스	· 미디어 중독 · 개인주의 심화 · 교육 평준화 상실

고용·노동 분야의 경우 AI와 로봇 기술 관련 제품 및 서비스의 등장으로 인한 위험 이슈가 많을 것으로 예상되고 있다. 우선 AI고용 정보 서비스로 인해 정보의 독점과 승자 독식의 위험이 발생할 수 있다. 전문직 AI(의사, 판사, 변호사 등)의 등장으로 인한 의사결정의 책임소재 문제, 편향된 정보 제공 가

능성, 관련 산업·직종 일자리의 감소 등의 위험이 발생할 수 있다.

고용·노동 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
프리랜서 형태의 고용	· 사회적 안전망의 불완전함
AI 고용 정보 서비스(플랫폼)	· 정보의 독점 · 승자독식
AI Contractor (전산, 회계, 청소 등 용역서비스)	· 관련 산업·직종 일자리 감소 · 로봇세 부과에 따른 갈등문제
전문직 AI(의사, 판사, 변호사 등)	· 의사 결정에 대한 책임소재 문제 · 편향된 정보 제공 · 관련 산업·직종 일자리 감소
위험직군 대체 로봇(소방, 경찰 등)	· 관련 산업·직종 일자리 감소 · 목적 달성을 위한 과도한 대처에 의한 인명피해, 부상 등
AI 기반 근로 환경 모니터링 및 안전 개선 서비스	· 전력소모 증가

4차 산업혁명의 주요 기술이 주로 서비스의 형태로 제공되는 통신·언론 분야에서는 AI 기자, 리포터 서비스, SNS 기반 간편 금융서비스, 동시통역 및 음성 텍스트 전환(Speech-to-Text)이 자동으로 이루어지는 화상회의 및 전화 서비스, 맞춤형 미디어 제공 서비스 등이 등장할 것으로 보인다. 통신·언론 분야에 이들 서비스가 등장하면 관련 산업·직종의 일자리 감소가 가장 큰 문제로 대두될 것으로 보인다. 또한, 인간적 정서 결여와 정보의 유해성 문제, 편향된 정보 접근 등 다양한 문제를 발생시킬 것으로 전망되고 있다.

통신·언론 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
AI 기자, 리포터 서비스	· 가치 판단, 객관성 및 인간적 정서 결여된 보도 증가 · 관련 산업·직종 일자리 감소
SNS 기반 간편 금융 서비스	· 해킹 위험 노출 · 관련 산업·직종 일자리 감소 · 무분별한 대출
웨어러블 통신 기기	· 전자파 노출 위험 증가 · 24시간 업무와의 연결
화상 회의/전화 서비스 - speech-to-text - 동시통역 서비스	· 관련 산업·직종 일자리 감소
콘텐츠 중심 공유 서비스(개인 방송 등)	· 정보의 유해성 문제 · 정보의 정확성 및 객관성 결여
맞춤형 미디어 제공 서비스	· 편향된 정보 접근 · 사회적 공감대 감소
VR/AR 활용한 홍보 서비스	· 현실에 대한 인식 결여 · 과대 광고

대다수의 기술이 사회적으로 보급·확산되기 시작하는 가장 빠른 분야는 바로 엔터테인먼트이다. 엔터테인먼트는 4차 산업혁명의 주요 기술을 활용한 제품과 서비스가 일반소비자에게 가깝게 다가갈 수 있는 분야이다. 따라서 타 분야에 비해서 사회적 보급·확산이 빠르고 이에 따른 경제적 이익 창출도 가장 빠르다고 할 수 있다. 이는 반대로 관련 위험 이슈가 폭넓게 문제를 일으킬 수 있다고도 할 수 있다.

엔터테인먼트 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
가상도박	· 무분별한 중독
가상 스포츠 동호회	
로봇 격투기	· 폭력성 증가 · 가상과 현실 혼동
성인 로봇 서비스	· 망상증, 가상과 현실 혼동 · 리셋 증후군 (현실로 잘 못 돌아옴) · 사람 간 직접교류 감소(결혼 및 연애 감소) · 출산율 감소
체형형 Adulthood 로봇 서비스	
VRAR 가상 데이트 서비스	
VRAR 도입 놀이터/VRAR 방	· 현실 부적응자 증가, 가상과 현실 혼동
VR Attraction 가상여행/관광상품	· 관광주요국 여행객 감소에 따른 경제적 손실 · 여행 가이드 및 관광업 종사자 일자리 감소
VRAR 활용 유아용 장난감	· 영유아 두뇌기능 발달 저하 가능성
가상 사이버 연예인/아바타 배우 등	· 인간 상품화/인간 존엄성 상실
재고없는 연예인 상품/기념품	
DIY 3D 프린터 예술품	· 기존 대량생산 기성품 수요 감소
DIY 의류 신발 장난감 등	
VR 게임	· 리셋 증후군 (현실로 잘 못 돌아옴)
가상체험 extreme sports 게임	· 안전불감증
시청자 맞춤형 콘텐츠 제공 서비스 (머신러닝, 빅데이터기반)	· 해킹 및 개인정보 유출
인공지능 기반 Personal Shopper	
AI 기반 User-targeting 광고 서비스	

엔터테인먼트 분야에서는 AR·VR기술을 활용한 가상 도박, 가상 스포츠 동호회, 가상 데이트, VR 게임, VR 영화, AR·VR영화, 가상 사이버 연예인/아바타 배우, AR·VR 관광 등의 수많은 서비스가 탄생할 것으로 보인다. 이러한 가상증강현실 관련 서비스는 중독, 폭력성 증가, 가상과 현실 혼동, 리셋 증후군, 인간의 상품화 및 존엄성 상실 등의 위험이 발생할 것으로 예상된다. 엔터테인먼트 분야에서는 3D 프린팅 등을 기술을 활용한 DIY 3D 프린터 예술품과 DIY 의류, 신발, 장난감 등의 제품이 출시될 것으로 보이는데, 이는 기존 대량으로 생산되던 기성품의 수요 감소로 이어져 대량 실업 등의 위험 이슈가 발생할 것으로 보인다.

마지막으로 공공안전 분야에서는 재난 지원·복구·구조 로봇, 치안 로봇, 전쟁 로봇 등이 우리 사회에 보급될 것으로 보인다. 이들 로봇은 사람이 직접적으로 개입하지 않고도 해당 업무를 수행하는 이들의 안전을 지키는 긍정적인 효과를 가져올 것이다. 그러나 이러한 로봇들이 해당 분야의 일자리를 급격하게 대체함으로써 실업문제라는 사회 이슈를 발생시킬 것이다. 이밖에 공공안전 분야에서는 인공지능과 빅데이터를 이용한 지능형 전력망 시스템, 전쟁·테러 예측경보 시스템, 범죄 예측·모니터링, 스마트 교통관리 시스템 등의 서비스를 우리에게 제공할 것으로 전망된다. 이러한 서비스는 우리의 삶을 보다 효율적이고 안전하게 만드는 데 기여할 것이다. 그러나 이들 서비스 또한 해킹 및 개인정보 유출, 사이버 공격이라는 위험 이슈의 문제에 직면할 가능성이 높다.

공공안전 분야 제품 및 서비스와 관련된 위험 이슈

제품/서비스	위험 이슈
지능형(효율형) 전력망 시스템	· 사이버 공격에 따른 전력망 마비
치안 로봇 (로봇 경비원, 로봇경찰, 귀가 도우미 서비스)	· 기존 일자리 감소 · 안전 불감증 · 오작동으로 인한 책임소재 불분명
전쟁·테러 예측/경보 시스템	· 정부의 빅브라더화
범죄 예측·모니터링 서비스 (범죄구역/범죄자 주거구역 알림 서비스, 지능형 CCTV)	· 개인정보 유출 · 알고리즘 조작 가능성
IoT/AI/빅데이터 기반 범죄 분석/과학수사 시스템	· 해킹 및 개인정보 유출
스마트 교통관리 시스템 (신호체계 등)	· 해킹에 따른 교통망 마비

새로운 위험을 되짚어 보다

인공지능, 빅데이터, 로봇, 사물 인터넷, 3D 프린팅 등 4차 산업혁명의 주요 5대 기술로 인해 운송, 헬스케어, 홈케어, 교육 및 연구, 고용·노동, 통신·언론, 엔터테인먼트, 공공안전 분야에서 발생 가능한 위험 이슈를 파급 효과 등을 고려하여 통합, 단순화하면 사생활 침해, 사고의 위험, 일자리 문제, 알고리즘 조작, 사회적 관계 단절 등의 5가지로 구분할 수 있다.

사생활 침해는 인간의 모든 정보, 데이터가 인공지능, 빅데이터, IoT 기술 등이 4차 산업혁명의 발전에 사용되면서 생길 수 있는 개인정보보호와 개개

인의 일상 생활의 침해 위험을 의미한다. 기업과 공공 영역, 의료 영역 등에서 무분별한 개인 정보의 활용과 데이터의 이동으로 개인의 사생활 침해가 큰 위험 이슈로 부각될 것으로 보인다. 또한, 구글링으로 대표되는 인터넷 검색과 SNS(Social Network Service) 검색을 통한 개인정보 탐색이 더욱 쉬워지면서 만인에 의한 만인의 감시 시대가 도래 할 수 있고, 개인 Youtube 방송, VR/AR 방송 확대로 초상권 침해 사례가 발생 할 수 있다.

사고의 위험은 기계가 인간의 개입 없이 혼자서 동작하면서 발생할 수 있는 위험(자율주행차 등) 및 시스템이 해킹되거나 조작되었을 때 생길 수 있는 안전 및 테러의 위험을 의미한다. 인공지능, 지능형 로봇, 자율주행자동차가 오작동으로 사고를 일으켰을 때 사용자·서비스 제공자·하드웨어 제조사·소프트웨어 알고리즘 제작사 등의 책임 소재 문제, 나아가 이를 회피하기 위한 소프트웨어 알고리즘 설계상 제약의 사전적 강제 문제(예: 테슬라 자율주행자동차 사망사고, 2016년 미국 캘리포니아 경비로봇의 어린 아이 폭행 사건 등) 등이 발생 할 수 있다. 또한, 자율주행자동차, 지능형 로봇, 드론, 스마트 팩토리, 스마트 사물 등 다양한 IoT 지능화 기기에 사이버 공격이나 무허가 접근이 발생하면서 다양한 사이버 보안 사고가 발생할 수 있다(예: 2011년 StuxNet, 2017년 3월 랜섬웨어 파동 때 영화매표기 감염).

인공지능으로 인해 기계가 인간보다 더 효율적이고 똑똑해지면서 인간의 일자리 상실의 위험과 불평등 문제가 발생할 수 있다. 칼 프레이(2013)는 20년 안에 미국의 706개 일자리 중 47%가 자동화로 사라질 것"이라고 예측했으며, 인공지능, 스마트 팩토리, 무인화 설비, 사업 방식 변화 등에 의한 일자리 축소가 전세계적으로 발생할 것으로 전망되고 있다. 또한, 4차 산업혁명의 주요 플랫폼을 장악한 기업이 수익을 독점하는 등 승자 독식의 확대에

따른 불평등이 심화될 것으로 보인다. 즉, 4차 산업혁명 하에서 기업생태계는 상위 1%만이 살아남는 극단적인 양극화 형태로 변화 할 것으로 예상된다(예: 구글은 전세계 검색시장의 70%, 전세계 스마트폰 운영체제의 86% 독점).

알고리즘 조작은 거대 기업 또는 특정 세력들이 자신들의 이익을 위해 인공지능과 빅데이터 분석 등의 소프트웨어 알고리즘을 조작함으로써 발생할 수 있는 위험을 의미한다. 예를 들어 선거 때 여론을 조작한다든지, 범죄자의 재범 가능성을 판단하는데 알고리즘의 조작이 발생할 수 있다. 미국 법원이 피고인의 재범 가능성을 판단하는 데 사용한 알고리즘에 흑인에 대한 차별 및 편견이 포함된 사례는 알고리즘 조작의 위험성을 일깨워준 대표적인 사례라 할 수 있다.

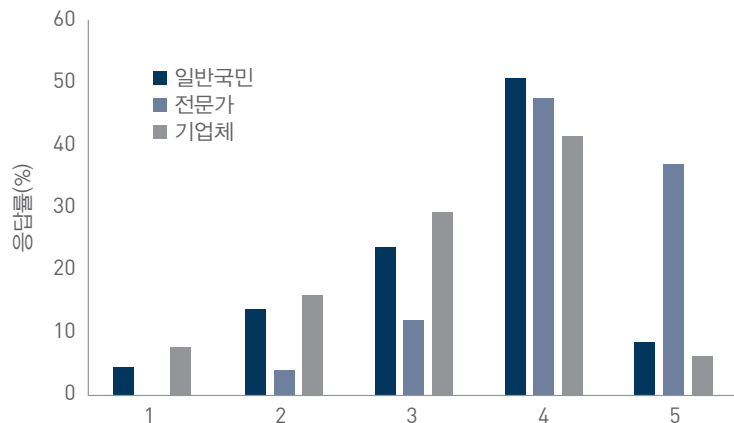
마지막으로 사회적 관계 단절은 인간이 기계와 더욱 가까워지면서(인공지능 로봇과의 대화 등) 인간과 인간간의 관계가 멀어지게 될 위험성을 의미하는 것으로 결과적으로 사회적 관계의 해체, 비사회성의 증가로 이어질 수 있다. 온라인 게임 및 교육, 지능형 로봇, 가상 현실기기의 활용 증가 등으로 인해 인간의 사회적 관계 형성 기회가 감소하고 결론적으로 인간의 비사회성이 증가할 것으로 보인다. 또한, 디지털 기기에 지나치게 의존하면서 기억력 및 사고력 저하, 가상 세계와 현실 세계에서 다른 개성을 사용함으로써 자아 정체성 혼란의 문제로까지 이어질 수 있다.

위험, 우리는 얼마나 인식하고 있나

그렇다면 우리 국민들은 4차 산업혁명시대가 가져올 위험 이슈에 대해 어떻게 생각하고 있을까? 우리가 얼마나 준비가 되었다고 생각할까? 한국과학기술기획평가원에서는 2017년 설문조사¹⁹를 실시해 4차 산업혁명에 대한 관심과 파급효과, 대응 방안 등에 대해 일반국민, 전문가, 기업체 등 이해당사자별 대상으로 알아보았다.

4차 산업혁명에 대한 인식조사 결과 전반적으로 알고 있는 정도가 모르고 있는 정도보다 훨씬 높게 나타났다. 대다수의 응답자가 보통(3점) 이상의 인식정도를 나타내고 있었다.

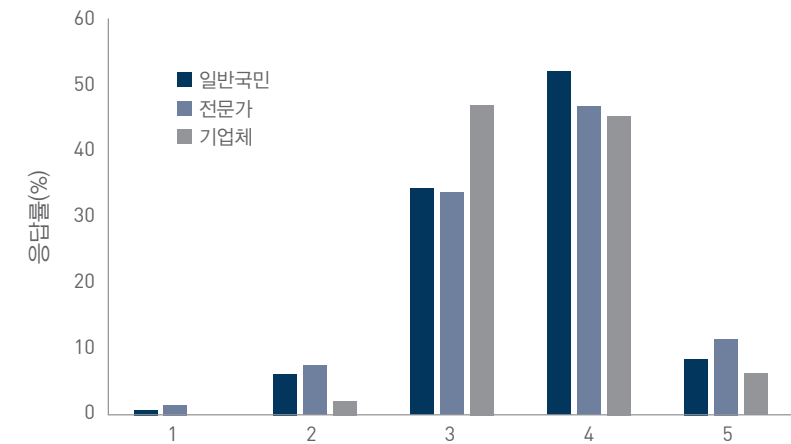
4차 산업혁명에 대해 알고 있는 정도 (5점 척도)



또한, 4차 산업혁명에 대한 부정적 평가보다는 긍정적 평가가 매우 높게

나타났다. 특히 기업체 그룹은 다른 이해당사자들에 비해 긍정적 인식의 정도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 일반국민 그룹과 전문가 그룹의 경우 인식의 정도 차이는 크지 않은 것으로 조사되었다.

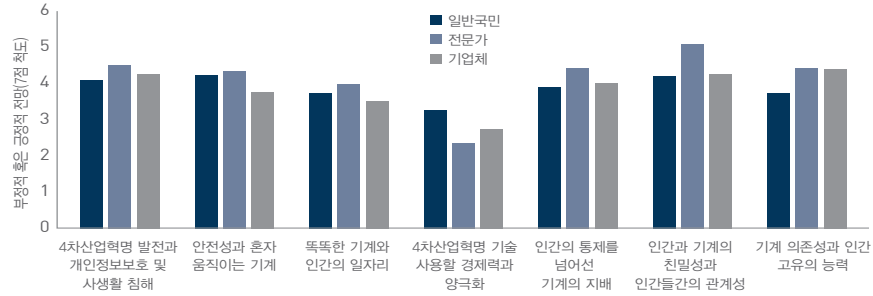
4차 산업혁명에 대한 부정적 및 긍정적 인식 정도 (5점 척도)



4차 산업혁명 관련 주요 기술발전에 따른 세부 이슈별 전망 및 긍·부정적 인식에는 이해당사자별로 차이를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 전문가 그룹은 다른 이해당사자들에 비해 전반적으로 세부 이슈별 전망이 가장 긍정적인 것으로 나타났으나, 양극화(격차)와 관련해서는 가장 부정적인 전망을 하고 있는 것으로 나타났다. 모든 이해당사자가 세부 이슈 중 '똑똑한 기계와 인간의 일자리' 및 4차 산업혁명 기술을 사용할 경제력과 양극화와 같은 경제 관련 이슈에 대해서 부정적이며, 특히 4차 산업혁명 기술을 사용할 경제력과 양극화에 대해서 가장 부정적으로 전망하는 것으로 조사되었다.

19 일반국민 500명, 전문가 152명, 기업체 51명 등 총 703명이 설문조사에 참여

4차 산업혁명 관련 세부 이슈에 대한 전망 및 견해 (7점 척도)



앞서 도출했던 5대 위험 이슈²⁰에 대한 인식도와 우리 사회에 미치는 영향력에 대한 조사에서는 ‘사생활 침해’와 ‘일자리 문제’에 대해 인식 정도가 높았으며, 인식 정도가 높은 ‘사생활 침해’와 ‘일자리 문제’가 우리 사회에 가장 큰 영향력을 미칠 것으로 전망하였다. 반면 사고의 위험²¹에 대해서는 그 인식 정도에 비해 낮은 파급력을 가질 것이라고 보는 견해가 많았고, 사회적 관계 단절²²에 대해서는 인식 정도와 영향력 모두에서 낮은 점수를 보였다.

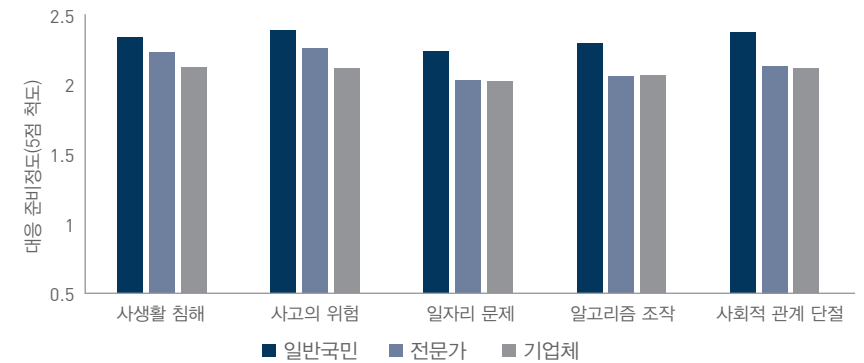
5대 위험 이슈에 대한 인식 정도 및 영향력 평가 (5점 척도)

위험 이슈	일반국민		전문가		기업체	
	인식 정도	영향력	인식 정도	영향력	인식 정도	영향력
사생활 침해(프라이버시)	3.74	3.88	4.19	4.13	3.9	4.04
사고의 위험	3.62	3.56	4.07	3.71	3.71	3.65
일자리 문제	3.92	3.86	4.32	4.1	4.06	4.25
알고리즘 조작	3.35	3.61	3.62	3.82	3.24	3.57
사회적 관계 단절	3.58	3.56	3.93	3.49	3.59	3.75

20 사생활 침해(프라이버시), 사고의 위험, 일자리 문제, 알고리즘 조작, 사회적 관계 단절
 21 기계가 인간의 개입 없이 혼자서 동작하면서 발생 할 수 있는 위험(자율자동차 등) 및 시스템이 해킹되거나 조작되었을 때 생길 수 있는 안전 및 테러의 위험
 22 인간이 기계와 더욱 가까워지면서(인공지능로봇과의 대화 등) 인간과 인간간의 관계가 멀어지게 될 위험성

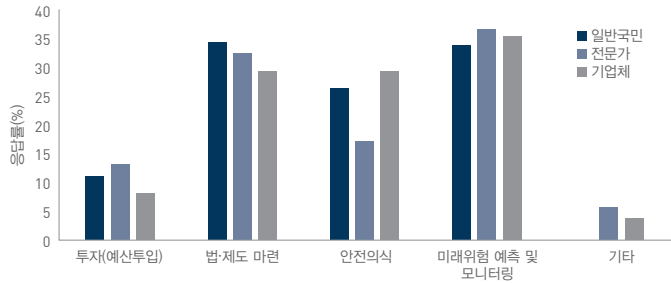
4차 산업혁명으로 인해 예상되는 5대 위험 이슈에 대한 우리 사회가 얼마나 준비됐다고 생각하는지 묻는 설문에 응답자 점수는 전반적으로 중간 값인 3점보다 낮은 2점대 초반으로 나타나 부정적으로 평가하고 있음을 알 수 있었다. 특히 기업체 그룹의 부정적 평가가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이들이 5대 위험 이슈에 대한 준비 정도가 전반적으로 낮다고 답한 이유는 4차 산업혁명이 가져올 위험에 대한 ‘낮은 사회적 인식’ 때문인 것으로 나타났다.

5대 위험 이슈에 대한 우리 사회의 대응 준비 정도 (5점 척도)



그렇다면 이러한 위험 이슈에 대한 대응방안 마련을 위해 우선적으로 해결해야 할 과제는 무엇일까? 응답자들은 ‘미래위험 예측 및 모니터링’과 ‘법·제도 마련’을 가장 중요하게 평가한 반면, ‘투자’는 가장 낮게 평가하였다. 이는 4차 산업혁명으로 인해 발생할 수 있는 사회적 위험 이슈를 해결하기 위해서는 단순한 예산 투입이 아닌 사회를 지탱하는 근원적인 법·제도의 보완과 사회 구성원의 의식 개혁이 필요함을 시사한다.

4차 산업혁명 관련 위험 이슈에 대한 대응방안을 마련하기 위해 우선적으로 해결해야 할 조건



미래위험 예측과 법·제도를 논해야 한다

첨단기술들이 서로 분별되지 않고 융합되고 새로운 4차 산업혁명이라는 큰 변혁의 물결 위에서 빠르게 경제·사회의 변화를 요구하고 있는 상황에서 제대로 대처하지 못하면 경제·사회 전반에서 큰 위기에 직면할 수 있다.

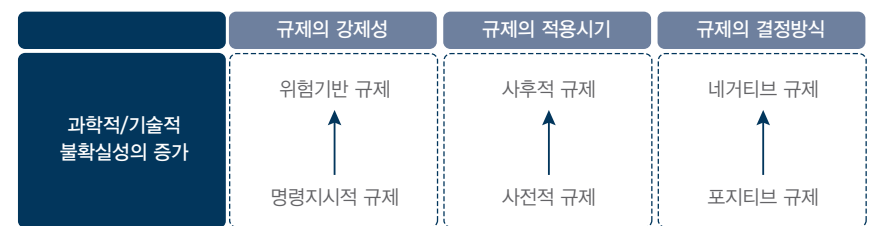
따라서 우리는 4차 산업혁명의 주요 기술이 발전함에 따라 발생할 수 있는 다양한 위험 이슈와 이러한 위험 이슈가 만들어낼 경제·사회적 위기 상황을 예측하고 준비해야 한다. 이를 위해서는 먼저 4차 산업혁명으로 인한 다양한 위험 이슈를 보다 면밀하게 사전 탐색할 수 있는 ‘미래 위험 모니터링 시스템’을 구축하고 각각의 위험 이슈에 대한 구체적인 대응과 각 대응방법들의 연계를 위한 예측조사가 필요하다. 이러한 위험 이슈들의 사전적 관리 측면에서 사전예방원칙²³(precautionary principle)의 개념 적용이 필요하며, 사전예방원칙의 중요한 정책방안으로서 ‘미래위험 예측 및 모니터링’체계에 대

23 사전예방원칙은 완전한 과학적 증거가 없는 경우라 할지라도 위험의 잠재적 결과가 심각하고 돌이킬 수 없는 경우 사전 예방적 조치가 필요하다는 것을 의미함

한 고려가 필요하다(김은성, 2011).

또한, 4차 산업혁명이 가져올 변화에 대처하기 위한 법·제도적인 문제도 적극적인 논의와 연구가 추진되어야 한다. 그러나 지금까지의 법·제도적 대응방안에 대한 논의는 4차 산업혁명으로 인한 융합형 신산업 도입을 위한 경제활성화 측면에서 주로 이루어졌다. 대표적인 공유경제 기반 신사업 모델로 평가받고 있는 우버(Uber)와 에어비앤비(Airbnb)에 대한 규제 논의가 그 대표적인 사례이다. 이제는 인공지능, 빅데이터, 로봇, 사물 인터넷, 3D 프린팅 등 4차 산업혁명의 주요 기술의 발전과 확산에 따른 인간의 존엄성, 연구 윤리, 지식재산권 및 개인정보보호 등 사회적 위험 이슈에 대한 법과 제도적 대응책 마련을 위해 적극적으로 노력해야 한다. 또한, 첨단기술이 불러올 수 있는 과학적·기술적 불확실성에 대응하기 위해 기존의 명령지시적·사전적·포지티브 방식의 규제에서 위험기반·사후적·네거티브 방식의 규제를 적극적으로 활용할 필요가 있다. 더불어 미래위험 이슈에 대응하면서도 기업 활동의 활력을 진작시키도록 사례별 혹은 개별적 대응 방안 마련도 해야 할 것이다.

지능정보사회 발전 촉진을 위한 바람직한 규제유형



[자료] 심우현 & 박정원(2017)

참고 문헌

- 관계부처 합동 (2016), 「4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」
- 김은성 (2011), “사전예방원칙의 정책 유형과 사회문화적 맥락에 대한 고찰: 유럽 및 미국 위험정책을 중심으로”, 『한국행정정보』, Vol.45, No.1, pp.141-169.
- 대한민국정부 (2017), 「2017~2021 국가재정운용계획」
- 마뉴엘 카스텔 저, 김목한·박행웅·오은주 역 (2003), 『네트워크 사회의 도래』, 한울 아카데미.
- 심우현, 박정원 (2017), “인공지능(AI)의 규제이슈와 고려 가능한 대응전략”, 『KIPA Issue Paper』, 통권 53호, 한국발명진흥회.
- 율리히 벡 저, 홍성태 역 (1997), 『위험 사회: 새로운 근대성을 향하여』, 새물결.
- 주원, 정민, 오준범 (2017), “4차 산업혁명에 대한 기업 인식과 시사점”, 『VIP 리포트』, 통권 691호, pp.17~18, 현대경제연구원.
- 최문정 외 (2017), 『과학기술 예측기반 강화연구 보고서: 제2권 2017년 미래예측 연구역량 강화』, 한국과학기술기획평가원
- 칼 프레이 (2013), 『고용의 미래』, Oxford University Programme on the Impacts of Future Technology.
- 한국산업기술진흥원 (2017), “2030 미래사회 실현을 위한 일본의 신산업구조비전”, 『산업기술정책 브리프』, 2017-06.
- Douglas, M. and A. Wildavsky(1982). Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers. Berkeley: University of California Press.
- Frank H. Knight (1921), 『Risk, Uncertainty, and Profit』, Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company.
- Slovic, P.(1987). “Perception of Risk”, Science 236(17 April), pp280-285.

제3장

인공지능의 확산, 우리는 무엇을 준비해야 할까

- 인공지능, 지능정보사회의 핵심으로 부상하다
 - 인공지능 시장과 기술, 어디까지 왔나
 - 선진국은 무엇을 하고 있나
 - 우리의 수준은 어디쯤일까
- 인공지능, 자유로운 연구와 활용문화가 중요하다

필자

김상일

R&D사업 예비타당성 조사, 국가전략기술로드맵, 중장기 발전전략 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 현재는 데이터 기반의 미래기술 예측 연구와 기술기획 업무를 주로 수행하고 있다.

김윤정

지방 R&D 계획 및 실태조사, 인공지능 기술영향평가, 기술수준평가 등의 업무를 수행하였으며, 현재는 KISTEP 미래성장전략센터에서 다부처공동기획 활성화 기반 연구 업무를 담당하고 있다. 인공지능 기술 발전과 확산에 따른 미래 사회 변화에 대응하기 위한 정책 및 제도 연구도 함께 수행하고 있다.

이인혜

이슈별 미래예측, 미래성장동력 육성 실행계획 수립, 해양수산 R&D 로드맵 수립 등을 수행하였다. 현재 KISTEP 전략연구실에서 근무 중이며, 미래예측과 기술기획에 관심을 가지고 있다.

이 글은 KISTEP Issue Paper 「딥러닝기술의 이해와 연구개발 정책과제」와 KISTEP InI 「인공지능 기술발전이 가져올 미래 사회 변화」를 바탕으로 작성되었습니다.

제3장

인공지능의 확산, 우리는 무엇을 준비해야 할까

‘4차 산업혁명’의 핵심인 인공지능 기술이 과학기술계뿐만 아니라 사회 전체의 화두이다. 주요 기업들과 각국 정부의 적극적 투자와 정책지원에 힘입어 인공지능 기술이 비약적으로 발전하고 있고, 지능정보사회로 진입함에 따라 사회 전반의 파괴적 변화가 예상되고 있다. 이에 주요국은 자국의 특성을 반영한 산업 활성화, 기술개발 전략 등을 쏟아 내고 있으며, 주요 글로벌 기업들의 경쟁도 더욱 가속화되고 있는 상황이다.

그 결과 인공지능(AI: Artificial Intelligence) 관련 기술과 시장 선점을 위한 경쟁이 치열한 양상을 보이고 있으며, 글로벌 기업은 새로운 비즈니스 모델 개발에 박차를 가하고 있다. 구글(Google) 등 세계 주요 IT 기업들은 연구소 설립 및 인재 영입을 통해 인공지능 활용 프로젝트를 활발히 진행 중이며, BMW 등 자동차 제조 기업들도 인공지능 기술을 도입한 자율주행자동차를 적극 개발 중이다. 이외에도 전 세계 주요 기업들은 인공지능 기술에 대한 활발한 연구개발 투자와 기술융합을 통한 성장동력을 창출하기 위해 노력하고 있다.

이와 더불어 인공지능 기술 선진국은 관련 연구를 꾸준히 이어오고 있다. 캐나다는 캐나다고등연구원(CIFAR)을 통해 꾸준히 지원 중이며, 미국의 「Brain Initiative」(2013), 일본의 「로봇신전략」(2015), EU의 「Human Brain Project」(2013~2022) 등 주요국들은 인공지능 관련 기술에 대한 정책 지원 강화 및 연구개발 활성화를 위한 사업을 시행 중이다. 한국 또한 알파고(Alpha-Go) 쇼크로 인해 「4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」 수립 등 과감한 투자와 정책적 지원 방안을 마련 중이다.

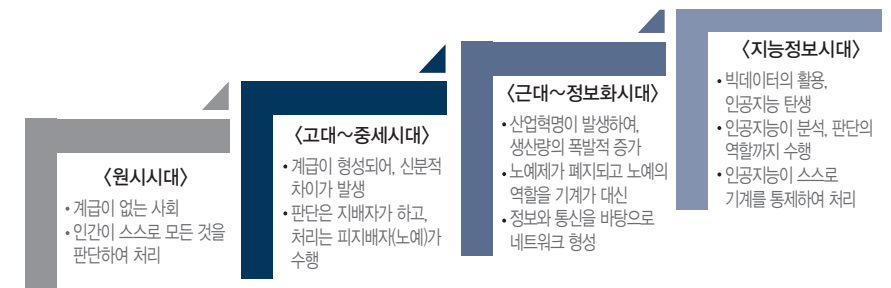
그러나 우리나라는 인공지능 기술의 활용 가능성에 대한 탐색연구뿐만 아니라 연구개발 및 산업 활성화 방안 마련은 부족한 상황이다. 뒤늦은 연구개발 경쟁 진입과 부족한 연구기반으로 인해 관련 전문인력이 현저히 부족하기 때문이다. 이러한 상황을 타개하고 지능정보사회에 발 빠르게 대처하기 위해서는 인공지능 기술발전에 대한 이해를 바탕으로 인공지능 연구개발·산업 활성화를 위한 정책적 대응방안을 마련해야 할 것이다.

인공지능, 지능정보사회의 핵심으로 부상하다

지능정보사회란 지금까지 구축된 정보통신기술(ICT)기반 아래 ‘지능(효율화)이 극대화되어 국가사회 전반이 혁신되고 새로운 가치가 창출되는 사회’로 정의되고 있다(한국정보화진흥원, 2016). 기존 정보사회²⁴의 연장적 성격을 가지며, 모든 사물과 인간이 연결되는 초연결 기반과 축적된 데이터를 토대로 자동

화가 극대화되고 새로운 가치가 창출된다. 즉, 인간과 사물의 사고능력이 획기적으로 개선되어 문제해결 능력이 제고되고 사회·경제 시스템이 최적화된다. 궁극적으로 판단의 주체가 인간에서 기계(인공지능)로 바뀌어 자율적인 ‘처리-제어-예측’이 가능해질 것이다.

사회의 흐름



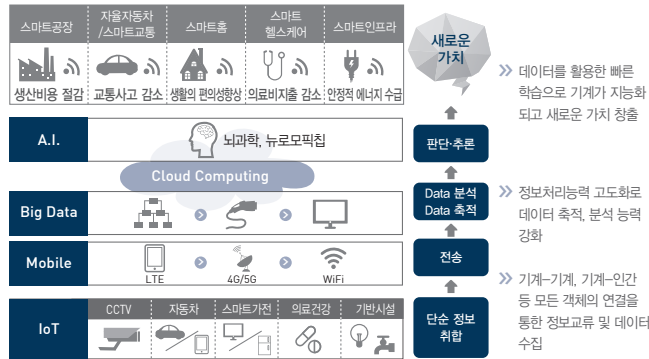
[자료] 한국정보화진흥원 (2016)

지능정보기술은 데이터 활용 기술(ICBM)²⁵을 기반으로 인공지능의 빠른 성능 향상과 보급·확산을 통해 기계에 인간의 고차원적 정보처리 능력(인지, 학습, 추론)을 구현하는 기술을 말한다. 지금까지는 정보를 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 판단하는 행위의 주체가 인간이었다. 하지만 지능정보사회에서는 인공지능이 주체가 될 것으로 예상된다. 이에 따라 지능정보사회에서는 기계와 사람의 상호작용이 극대화되면서 자동화의 속도 및 범위가 확대되고, 인간이 아닌 기계가 스스로 생각하고 판단을 내리게 될 것으로 보인다.

24 정보사회는 아날로그 사회에서 디지털 사회로 변하면서 정보의 보관·검색·접근이 쉬워졌고, 이에 따라 지식에 대한 접근 또한 쉬워져서 지식이 개방된 사회를 말함

25 데이터 활용기술은 각종 데이터를 수집하고 실시간으로 전달하며(IoT·Mobile), 수집된 데이터를 효율적으로 저장하고 그 의미를 분석(Cloud·Big Data)하는 필수적인 ICT 기술

지능정보기술의 개념



[자료] 관계부처 합동 (2016)

지능정보사회의 핵심인 인공지능 기술은 인간의 정보처리 활동의 원리를 분석하는 기초 기술과 ICT를 통해 이를 구현하는 인공지능 SW 및 HW 기술을 말한다. 즉, 인간의 인지·추론·학습 능력 등을 기계(컴퓨터)로 모방하는 기술을 의미한다(마쓰오 유타카, 2015). 특히 인공지능 관련 기술 중, 딥러닝(Deep learning)은 스스로 '학습'하여 인간만이 할 수 있다고 여겼던 고도의 추상 활동을 기계가 할 수 있게 함으로써 인공지능 연구와 산업 적용에 새로운 돌파구를 제공하고 있다.

인공지능 시장과 기술, 어디까지 왔나

인공지능 시장 현황

인공지능 관련 산업영역은 확대 추세에 있으며, 기술발전 가속화와 관련

생태계 구축을 통해 시장규모가 급속도로 팽창될 것으로 예상된다.²⁶ 이에 따라 인공지능 관련 시장을 기술별(8개), 응용 분야별(15개), 산업별(4개)로 구분하여 살펴보았다.

기술별 구분은 이미지 인식과 자연어 처리를 포함한 8개 기술 분야로 나눌 수 있다. 딥러닝 관련 시장이 연평균 104.5%로 가장 크게 성장할 것으로 보이며, 영상 인식(37.3%), 자연어 처리(27.5%)의 성장세가 클 것으로 예측되었다.

기술별 인공지능 관련 시장 매출액 규모 전망('15~'20)

(단위: 백만 달러)

기술별	2015	2016	2017	2018	2019	2020	연평균 성장률 (CAGR)
인지컴퓨팅 (Cognitive Computing)	10.9	11.6	12.4	13.2	14.2	15	6.5%
머신러닝 (Machine Learning)	13.6	14.8	16.2	17.9	19.8	21.4	9.6%
딥러닝 (Deep Learning)	108.5	221.1	453.1	929.5	1,904.6	3,884.9	104.5%
예측 API (Predictive APIs)	20.3	22.9	26.4	30.8	36	43.4	16.4%
자연어 처리 (Natural Language Processing)	7.8	10.1	13.0	16.0	21.1	26.3	27.5%
이미지 인식 (Image Recognition)	24.4	32.6	44.7	61.7	85.7	119.1	37.3%
음성 인식 (Speech Recognition)	14.6	16.6	19.3	22.6	26.4	30.9	16.1%
기타(Others)	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.5	9.1%
전체	202.5	332.1	587.5	1,095.1	2,111.0	4,144.7	82.9%

[자료] Tractica (2015)

26 관련 내용은 석왕현·이광희(2015)의 보고서 2차 데이터 주로 인용

응용 영역(15개 영역)으로 보면 대체로 고른 성장세를 보이며, 투자(96.0%), 제조(95.8%), 데이터저장(95.8%), 광고(95.6%), 석유·가스(95.6%) 등의 순으로 성장률이 높을 것으로 예측되었다. 향후 인공지능 관련 시장은 2020년까지 6년간 매출액 기준 약 20배, 연평균 82.9% 성장할 것으로 전망된다(Tractica, 2015)²⁷.

응용분야별 인공지능 관련 시장 매출액 규모 전망('15~'20)

(단위: 백만 달러)

응용분야별	2015	2016	2017	2018	2019	2020	연평균 성장률 (CAGR)
광고 서비스 (Ad Service)	38.7	71.3	137.8	273.4	549.8	1,109.4	95.60%
자동차(Automotive)	16.9	22.6	32.1	48.4	77	128.8	50.20%
농업(Agriculture)	16.3	21.9	31.3	47.1	74.9	125.5	50.40%
소비자 금융 (Consumer Finance)	3.1	5.1	9.1	17.1	33.3	66.7	85.10%
데이터 저장 (Data Storage)	0.6	1.1	2.1	4.2	8.4	16.9	95.80%
교육 (Education)	8.5	12.5	19.7	33.5	59.9	111.3	67.20%
투자(Investment)	32.2	59.4	115.1	228.9	461.1	931.4	96.00%
보건(Healthcare)	1.5	2.4	4.2	7.8	15.1	29.6	81.20%
법률(Legal)	2.9	3.9	5.4	8	12.5	20.8	48.30%
제조(Manufacturing)	13.6	25	48.3	96	193.3	390.6	95.80%
미디어(Media)	22.5	35.2	60.4	110.8	211.8	414.7	79.10%
의료 진단 (Medical Diagnostic)	7.3	11.2	18.8	33.5	62.6	120.3	75.10%
석유·가스 (Oil and Gas)	13.9	25.5	49.2	97.6	196.3	396.5	95.60%
자선 활동 (Philanthropies)	0.6	0.9	1.6	2.8	5.3	10.3	78.10%
소매(Retail)	23.9	34.1	52.4	86.1	149.7	271.9	62.60%
전체	202.5	332.1	587.5	1,095.1	2,111.0	4,144.7	82.90%

[자료] Tractica (2015)

27 인공지능을 소프트웨어(SW) 측면에서 바라보아 관련 시장만을 추정

산업 분야는 전문가 시스템, 자율로봇, 지능가상 보조 시스템, 기타 등 총 4분야로 구분할 수 있다. 여기서 전문가 시스템은 인간 전문가의 의사 결정을 모사한 시스템을 의미하며, 자율 로봇은 자율주행차·제조 로봇 등 SW와 HW의 결합분야를, 지능가상 보조시스템은 기업·개인 대상 각종 서비스를 제공하는 시스템을 각각 의미한다. 이 중 지능가상 보조 시스템의 성장세가 연평균 20.19%로 가장 높을 것으로 예측되고 있는데, 이는 기존 서비스가 특정 개인·기업을 타겟으로 서비스를 제공하는 데 비해, 인공지능이 결합된 서비스는 롱테일 비즈니스(Long-tail business)²⁸ 특성을 지닐 것이기 때문이다. TechNavio(2015)는 향후 인공지능 관련 시장은 2013년부터 2018년까지 6년간 매출액 기준 약 2.5배, 연평균 19.8% 성장할 것으로 전망했다. 이는 Tractica(2015)의 예측에 비해 예측 기간의 차이와 복잡한 알고리즘을 요구하는 기술의 성장세를 보수적으로 추정하였기 때문이다.

산업별 인공지능 관련 시장 매출액 규모 전망('15~'20)

(단위: 백만 달러)

산업별	2013	2014	2015	2016	2017	2018	연평균 성장률 (CAGR)
전문가 시스템 (Expert System)	3,030.1	3,455.8	3,949.7	4,520.8	5,185.3	5,959.5	14.49%
자율로봇 (Autonomous Robot)	1,137.5	1,375.9	1,668.4	2,025.7	2,464.5	3,003.2	21.43%
지능 가상보조 시스템 (Intelligent Virtual Assistants)	456.4	592.3	769.7	1,002.2	1,306.7	1,706.9	30.19%
기타(Others)	652.2	838.8	1,081.0	1,396.2	1,805.5	2,339.7	29.11%
전체	5,276.2	6,262.8	7,468.8	8,944.9	10,762.0	13,009.3	19.80%

[자료] TechNavio (2015)

28 파레토 법칙에 따른 기존 주요 소비자 상위 20% 외에, 소비성향이 낮은 80%의 소비자까지 포괄하는 비즈니스로 온라인 소규모 광고, 아마존의 도서 추천 등이 이에 해당

지능정보사회의 인공지능과 관련된 상품·서비스 시장은 4가지 방향으로 변화할 것으로 전망된다.

첫째, 인공지능 연구개발에 의한 결과물은 그 자체로 상품 속성을 가지는 것이 아닌 SW+기존 SW, SW+HW 융합방식을 통해 가치를 제공한다. 현재 인공지능 관련 유망산업 분야인, 자율형 자동차·제조 로봇 등은 모두 기존 하드웨어 산업에 인공지능 기능을 추가한 것이며, 광고·전문가 시스템 등은 기존 소프트웨어의 성능을 인공지능을 통해 강화한 것이다. 따라서 관련 연구개발은 그 자체의 성능 향상뿐만 아니라 특정 하드웨어·소프트웨어와의 결합을 목표에 두고 융합적으로 일어날 가능성이 높다.

둘째, 제조·서비스에서 맞춤형 상품 제공이 보다 강화됨에 따라 롱테일 비즈니스(Long-tail business)의 속성을 가질 것으로 보인다. 딥러닝은 수많은 데이터에 대한 학습을 통해 개별적 상황에 대한 분류, 예측 등의 기능을 효과적으로 수행한다. 이에 따라, 기존 분류, 예측의 어려움으로 특정 소비자군만을 타겟으로 하던 비즈니스 또한 딥러닝 기술을 도입하여 맞춤형 상품·서비스를 제공하면서 시장을 확대할 수 있다.

셋째, 학습 데이터의 질이 기술의 성능을 좌우할 것임에 따라 기업이 가진 데이터의 질이 상품의 경쟁력을 좌우할 것이다. 딥러닝을 위한 기초적 학습데이터는 분야별로 공개된 경우가 많으나(예: 영상 인식의 MNIST Database)²⁹, 이는 기업 제품·서비스에 따른 특수한 문제해결을 위해서 광범위하게 활용되기에는 어려움이 있다. 따라서 동일한 딥러닝 기술 수준을 가진 기업이라 하더라도 딥러닝 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있는 데이터를 보유하고느냐 여부가 시장 성패를 좌우할 것으로 보인다.

넷째, 일반적인 SW 상품과 같이, 네트워크 효과(network effect)가 강하게 작용할 것으로 보인다. 현재 주요 글로벌 기업들은 개발 플랫폼을 오픈소스 형태로 공개(예: 구글의 TensorFlow)하여, 해당 플랫폼의 성능 향상과 사용자 확보를 동시에 추구하고 있다. 이는 네트워크 효과를 통해 타 기업들의 각종 제품·서비스 개발 과정에서 해당 플랫폼을 활용하도록 유도하고, 이를 통해 자사 중심의 생태계 구축과 함께 플랫폼 활용에 따른 사용자 등의 매출을 기대하기 때문이다.

인공지능 기술의 발전 모습

인공지능 기술은 융·복합을 통한 제조·서비스 영역에서의 광범위한 적용 가능성에 따라 연구 분야를 지속적으로 확장 중이다. 이에 주요 기술별(2개), 응용 분야별(6개), 기업별(3개)로 구분하여 연구 현황을 살펴보았다.

기술별 현황에서는 대표적으로 가장 활용이 많이 되는 이미지인식과 자연어 처리 관련 연구현황을 살펴보았다.

이미지 인식 기술은 이미 사람의 인지능력을 뛰어넘는 수준으로 발전했으며³⁰, 주요 글로벌 기업의 적용 또한 활발하다. 페이스북의 경우, 2014년부터 딥페이스를 통해 과거에 사용자가 올린 사진과 태그를 학습하여 새 사진에서 유사한 얼굴을 인식하여 알려주는 서비스 제공하고 있다.³¹ 또한, 이미지 인식을 통한 개인의 성별, 헤어스타일, 옷, 얼굴 표정 등 세부사항을 파

30 2015년 12월 이미지넷에서 주최한 '머신러닝 사진 인식 콘테스트'에서 사람은 마이크로소프트(4.94% 오류)와 구글(5.03% 오류)에 이어 3위(5.1%)를 차지

31 딥페이스의 인식을 97.35%, 사람의 평균적 인식을 97.5%

악하여 맞춤형 광고를 내보내는 서비스를 개발 중이다. 2015년 출시된 구글의 구글 포토의 경우, 업로드한 사진 속에 객체가 어떤 음식, 어떤 종의 동물, 어떤 인종의 사람인지 등 세분화된 자동 인식 기능을 제공한다.

자연어 처리 기술은 음성 인식, 음성 합성, 자연어 번역 등으로 구분되며, 공통적으로 딥러닝을 적용하면서 크게 발전했다. 음성인식의 경우, 2000년 딥러닝을 적용한 이후 인식률이 크게 향상되었다. 현재 최고 기술을 보유한 구글의 경우 2015년 기준 92% 정도의 인식 정확도를 보이고 있으며, 향후 음원 분리·노이즈 제거 등의 딥러닝 적용에 따라 빠른 성능 개선이 예상된다. 자연어 번역의 경우, 구글·마이크로소프트·네이버 등이 이미 다국어 번역 온라인 서비스를 제공하고 있다. 하지만 문화, 번역 대상, 발화자 성향 등 상황에 대한 포괄적 이해가 필요하여 발전 예상 속도는 늦은 편이다.

응용 분야별 현황에서는 자율주행 자동차와 자율 로봇, 상품추천, 금융, 스마트 팩토리, 지능형 의료 관련 연구현황을 대표적으로 살펴보았다.

자율주행 자동차 분야는 컨볼루션 네트워크(CNN, Convolution Neural Network) 기술³²의 발전에 따라 주요 IT·완성차 업체의 시범주행 및 기초기능 적용이 활발히 진행 중이다. 구글의 경우 2016년 3월 기준 자율 주행 거리가 지구 60바퀴에 해당하는 240만km에 달하고 있으며, 애플은 2014년 자동차 전용 운영체제 '카플레이(CarPlay)'를 개발하는 등 주요 IT기업의 연구개발이 활발하다. 아우디의 경우 240km 속도로 주행하는 자율주행차를 선보여 최고 속도 기록을 보유하고 있으며, 볼보는 2015년 자사의 자율주행차를 이용하던 중 사고가 발생하면 이에 대한 법적인 책임을 지겠다고 선언하는 등 완성

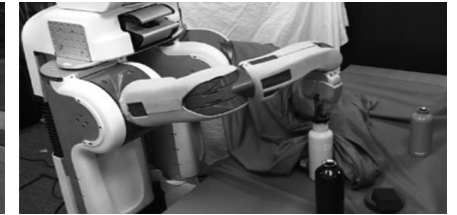
차 업체 또한 딥러닝 역량 구축에 가속화를 더하고 있다.

아우디의 RS7 기반 자율주행차



[자료] Carmedia.com

Berkeley 대학의 로봇 BRETT



[자료] Berkeley News (2015)

자율로봇 분야에서는 시각 정보 판단에 활용되는 컨볼루션 네트워크 기술의 발전에 따라 제품 종류와 공정을 가리지 않고 범용적으로 활용되는 로봇 연구가 활발히 진행 중이다. 대표적으로 NASA와 Vanderbilt 대학이 우주정거장에서의 활용을 목표로 공동 개발한 Neocortex 플랫폼의 경우, 새로운 물체를 인식하고 기존에 관찰한 물체의 변화를 학습함으로써 작업 현장에서 범용적으로 활용 가능한 자율로봇을 개발했다(Universal, 2014). 버클리 대학은 사람의 동작을 배워서 작업을 진행하는 등 스스로 시행착오와 학습을 하는 작업 로봇 BRETT를 개발했다(Berkeley News, 2015). 현재까지 이 같은 자율로봇이 활발한 상용화 단계에 이른 것은 아니나 알고리즘의 개선과 신뢰성 향상에 따라 시장이 점차 확대될 것으로 보인다.

상품추천 분야는 소비자 성향에 대한 빅데이터 기반 학습을 바탕으로, 특정 소비자의 소비 성향을 예측하는 방식으로 서비스를 제공하고 있다. 인터넷 쇼핑물의 경우, 상품의 가격, 사진, 구매 후기 등 다양한 데이터가 존재하여 자동화하기에 매우 적합하다. 이에 자연어 처리, 이미지 인식 기술 등의 기술을 조합한 연구가 추천 시스템 학회인 RecSys 등에 소개되었다. 또한, 음악 인식에도 많은 영향을 주어 애플뮤직, 스포티파이, 판도라 등 글로벌

32 딥러닝의 일종으로서 이를 바탕으로 표지판, 교통신호, 보행자 등 주변 환경 정보에 대한 인식 성능이 획기적으로 발전

별 음악 스트리밍 업체들이 개인화된 음악 추천 및 라디오 서비스를 성공적으로 선보였다.

금융 분야에서는 딥러닝 기술을 기반으로 방대한 데이터를 해석하여 투자자의 의사결정을 돕거나, 신용평가·심사, 보안 등 각 금융 영역에 활발히 적용 중이다. 핀테크 기업인 TrustingSocial의 경우, 유럽·아시아 금융회사를 대상으로 SNS, 모바일, 인터넷 웹 데이터를 활용한 개인 신용평가 모델을 제공하는 등 신용도와 채무불이행 가능성을 예측하는 신용 평가·심사 시스템을 개발했다(KB 금융지주 경영연구소, 2015). 미국의 온라인 결제 서비스인 페이팔은 이상 금융거래 탐지 시스템(FDS)에서 온라인 결제 패턴 분석으로 얻은 데이터를 바탕으로 범죄 여부를 분류하고 있다(KB 금융지주 경영연구소, 2015).

주요 기업별 현황을 살펴보면 주요 인공지능 주요기업들은 플랫폼 기반의 데이터를 확보하고, 관련 인재 영입 및 기업인수를 통해 기술 수준의 향상을 꾀함과 동시에 다변화된 프로젝트를 통해 사업 영역을 확장 중이다.

구글은 딥러닝 연구 분야의 구루인 토론토 대학의 제프리 힌튼(Geoffrey Hinton) 교수 영입과 함께 공격적인 M&A로 검색, 이미지 인식, 자율차 등 다방면에서 산업을 주도하고 있다.

페이스북은 페이스북 플랫폼을 통해 보유하고 있는 이미지·영상 데이터를 바탕으로 세계 최고 수준의 인재 영입과 연구소 설립을 통해 서비스 개선을 위한 연구를 진행 중이다.

마이크로소프트는 IT 기반 플랫폼 서비스에서 대부분 구글, 페이스북, 애플

플 등에 뒤지고 있으나, 플랫폼과 비즈니스 솔루션³³ 등 사용자 생산성 향상을 목적으로 하는 기술 위주로 연구를 활발히 진행 중이다.

선진국은 무엇을 하고 있나

딥러닝의 출현으로 인공지능 기술이 빠르게 진화하면서 전 세계의 연구개발 경쟁이 심화되고 있으며, 인공지능 강국인 캐나다, 미국, 일본 주요국들은 경쟁력을 갖추기 위하여 인공지능의 연구개발 활성화를 위한 정책 지원을 강화하고 있다.

캐나다는 캐나다고등연구원(CIFAR: Canadian Institute for Advanced Research)의 머신러닝 연구에 대한 장기적 지원 결정을 통해 현재 딥러닝 연구의 기반을 마련했다.

캐나다고등연구원(CIFAR)은 1980년대 후반에 일어난 붐 이후 침체된 인공지능 연구에 대해 장기적이고 안정적인 연구개발 자금 투자를 결정함으로써 딥러닝 연구의 전기를 마련했다. 캐나다고등연구원의 인공지능 분야 지원은 출범과 함께 시작되었으며, 총 2차에 걸친 지원을 통해 현재까지 이어지고 있다. 「CIFAR 1차」는 CIFAR 설립 초기(1982~1995)에 선정된 연구 프로그램으로 2차 인공지능 붐과 함께하며 인공지능 연구의 기반을 마련했다. 「CIFAR 2차」는 인공지능을 뇌 과학의 관점에서 접근하는 제프리 힌튼 교수의 연구에 약 1천만 달러의 장기 투자(2004~2014)를 감행했다. 이에 따라, 딥

33 기계학습 기반의 서비스로써, 성공사례로 승강기 기업 티센크루프, 카메라 멜론 대학 등에 활용. (TECH M, 2015)

러닝 라이브러리 「Theano 0.1」(2008)와 「AlexNet」(2012) 개발 등의 성과를 창출하였고 딥러닝 연구를 주도했다.

미국은 정부 차원의 뇌 과학 연구(국립보건원, NIH), 로봇 연구(국방고등연구계획국, DARPA) 등과 더불어 민간 차원의 공동 연구소(Open AI)를 설립했다.

미국 국립보건원(NIH; National Institutes of Health)에서는 오바마 대통령이 2013년 2월에 발표한 ‘브레인 이니셔티브(Brain Initiative)’를 통해 인간 뇌에 대한 이해도를 높이고, 이를 인공지능 기술에 적용하는 방안을 탐색 중이다. 브레인이니셔티브는 범국가적 프로젝트로, 2025년까지 뇌 과학, 신경 과학, 뇌 질환 치료 및 응용 분야 등에 대한 연구 계획을 수립하였다. 예산 규모는 8,500만 달러로 미국 등 9개 국가의 125개 연구소에 67개의 과제를 지원하고 있다. 인공지능 분야에서는 신경회로 연결 맵핑 도구, 이미징 기술, 나노과학 등을 통해 인간 뇌 시냅스 구조와 이의 데이터 처리 메커니즘을 파악하고, 이를 컴퓨터 시스템에 적용하여 인공지능을 구현하는 방안을 탐색 중이다. 국방고등연구계획국(DARPA; Defense Advanced Research Projects Agency)에서는 군사적 목적으로 활용되는 로봇, 자연어 처리 기술 등에 투자를 진행하고 있으며, DARPA 특유의 도전적·혁신적 연구 촉진을 위한 대회를 개최하고 있다. 2008년도에는 IBM과의 협업 하에 인간 뇌의 데이터 처리 방식을 모사한 ‘뉴로모픽 칩(Neuromorphic Chip)’을 개발하였다. 2014년 전장에서 활용될 무인기술의 개발을 위해 자율항공기로의 완전한 대체를 목표로 하는 「ALIAS (Aircrew Labor In-cockpit Automation System)」을 발표하였으며, 2015년에는 무인 드론프로젝트 ‘CODE (Collaborative Operations in Denied Environment)’를 발표하였다. 자연어 처리를 통한 군사정보 습득 및 작전 수행 능력 향상을 위해 2012년부터 4.5년의 연구 기간을 가지는 DEFT(Deep Exploration and

Filtering of Text) 프로젝트를 시작하였다. 또한, 민간 차원의 인공지능 관련 연구개발을 진작하기 위해 자율주행차에 대한 그랜드 챌린지, 로봇 분야에 대한 로보틱스 챌린지 등을 운영하고 있다.

2015년 개소한 Open AI는 구글, 페이스북 등 민간기업 차원에서의 연구성과 공유의 한계를 극복하기 위해 민간 합동으로 만든 비영리 인공지능 연구소이다. Open AI는 보다 폭넓은 연구결과 공유와 생태계 구축에 힘쓰고 있으며, 현재 세계 최고 수준의 연구자들이 합류하여 연구를 진행 중이다. 이는 공공 목적의 연구조차 민간의 참여와 협력이 활발한 미국의 연구개발 및 정책 환경을 반영한다.

일본은 북미·유럽 등에 비해 뒤처진 인공지능 연구의 주도권을 확보하기 위해 최근 활발한 연구개발 정책 구축 및 지원을 강화하고 있다.

일본은 로봇 및 컴퓨팅 분야에서 인공지능 관련 연구를 위한 기반을 구축하였으나, 북미·유럽 등에 비해 산업생태계에 대한 적응력이 낮다. 일본 정부는 1982년부터 10년에 걸쳐 인공지능 관련 연구에 570억 엔을 투자했으나 데이터 부족 등의 이유로 큰 성과를 얻지 못하였다. 최근에는 소니의 애완형 로봇 ‘아이보’, 혼다의 두 발로 걷는 로봇 ‘아시모’ 등 일본 민간기업 차원의 로봇연구를 통해 인공지능 연구의 기반을 구축하고 있다. 일본 정부도 2015년 1월 「로봇 신전략」을 발표하는 등 로봇산업 지원에 대한 정책적 의지가 강하다. 그러나 현재 일본은 로봇 개발 차원에서 인공지능이 연구됨에 따라 최신 기술 개발능력이 부족한 편이며, 미국 중심의 연구·산업 생태계 편입이 늦어 인공지능 연구에 어려움을 겪고 있다.

이에 일본 정부는 2016년을 인공지능 연구의 원년으로 삼고, 향후 전폭적 지지를 천명했다(Global Windows, 2016). 문부과학성, 경제산업성, 총무성은

인공지능 연구를 위해 2016년부터 향후 10년 간 1,000억 엔을 이화학연구소(RIKEN: Rikagaku Kenkyusho), 과학기술진흥기구(JST, Japan Science and Technology Agency) 등에 투자하는 계획을 발표하였다. 산업기술종합연구소(AIST, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)는 2015년 인공지능연구센터를 개설하고 민관 공동연구 확충 계획을 수립하였으며, 정보통신연구기구(NICT)는 뇌정보통신융합연구센터를 운영하고 있다.

일본의 인공지능 관련 지원 현황 및 계획

(단위: 억 달러)

주관부처	연구 및 지원기관	거점명
문부과학성	이화학연구소(RIKEN)	AIP 센터(설립 예정)
	과학기술진흥기구(JST)	인공지능프로젝트(설립 예정)
경제산업성	산업기술종합연구소(AIST)	인공지능연구센터 https://unit.aist.go.jp/airc/
	신에너지 산업기술종합개발기구(NEDO)	인공지능프로젝트
총무성	정보통신연구기구(NICT)	뇌정보통신융합연구센터 http://brain.nict.go.jp/

[자료] www.globalwindow.org

우리의 수준은 어디쯤일까

우리나라는 미국의 브레인 이니셔티브, EU의 휴먼 브레인 프로젝트와 유사하게 뇌 연구를 통한 인공지능의 이해와 기술 향상을 위해 법적 기반을 마련하고, 연구를 추진하고 있다.

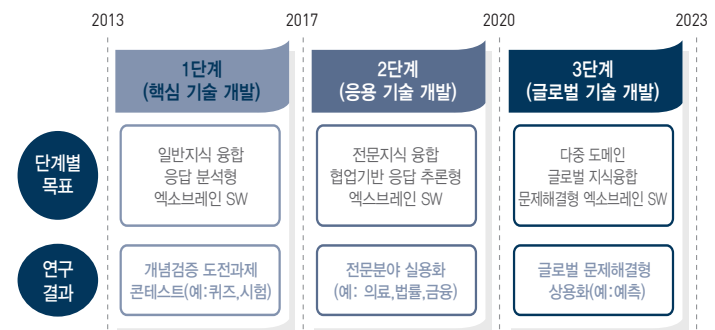
우리나라는 1998년 「뇌연구 촉진법」(이하, 촉진법)을 마련함으로써 국가적인

뇌 연구 지원 및 관련 산업 육성을 위한 법·제도적 기반을 마련했다. 촉진법에 따라 「뇌연구 촉진 기본계획」을 수립하고 있으며, 현재 시행되고 있는 제2차 뇌연구촉진 2단계(13~17) 기본계획에서는 2017년까지 세계 7위 뇌 연구 선진국 진입을 목표로 R&D 핵심역량 강화, 연구개발 시스템 혁신, 산-학-연 협력 및 인프라 기반 구축 등의 3대 전략을 추진하였다. 특히 뇌 관련 연구를 지속적으로 수행할 수 있는 전담연구기관인 ‘한국뇌연구원(KBR: Korea Brain Research Institute)’을 설립하여 연구 역량 결집 및 융합 연구의 기반을 마련하였다.

인공지능 구현에 집중한 연구개발 투자는 주요국 대비 늦은 편이며, 2013년 「엑소브레인」 프로젝트의 발족을 통해 관련 연구개발을 수행 중이다.

「엑소브레인」 프로젝트의 목표는 자연어를 이해하고 지식을 자가학습하며, 인간과 기계의 지식 소통이 가능한 엑소브레인 SW를 개발하는 것이다. 프로젝트는 2013년부터 10년간 총 3단계에 걸쳐 진행되며, 3대 핵심기술인 인간 모사형 지능 기술, 자율학습 기반 지식 진화 기술, 문제해결형 협업 기술을 확보하기 위해 총 4가지의 세부과제가 운영된다.

엑소브레인 프로젝트의 단계별 목표 및 기대 연구결과



[자료] www.exobrain.kr

인공지능, 자유로운 연구와 활용문화가 중요하다

주요국의 인공지능 관련 정책과 우리나라의 정책 현황을 분석한 결과, 인공지능 연구개발 및 산업 활성화를 위해서는 인력 양성, 데이터 구축, R&D 자금지원, 인공지능 맞춤형 평가체계 등의 기반 강화와 사회문화조성 등 총 5가지의 정책과제 추진이 필요할 것으로 보인다.

첫째, 인력 양성을 위해 학문 특성에 맞는 교육 방식과 더불어 장기적 인력 양성 플랜을 구축해야 한다.

딥러닝을 비롯한 인공지능 관련 연구 분야는 변화의 속도가 여타 학문 분야보다 빠르기 때문에 교과서 위주의 지식 전달이 아닌 온라인공개강좌서비스(MOOC)와 같이 다변화된 교육 전달 방식이 필요하다. 추가적으로 최신 기술에 대한 즉각적 학습과 최고 기술 수준을 가진 해외 연구자들과의 활발한 교류를 위해 학습과 소통의 도구로서 영어 교육을 보다 활성화할 필요가 있다. 또한, 타 분야보다 인력난이 심각한 인공지능 분야 관련 연구 및 산업 수요의 충족을 위해 기술·적용 분야별 인력 수급 전망에 따른 장기적인 인력 양성 마스터 플랜을 수립해야 한다.

둘째, 딥러닝 학습을 위한 데이터 구축이 연구개발·상용화 성패를 결정하므로, 데이터 구축 관련 연구개발 지원 및 공공데이터 강화가 요구된다.

해외 인공지능 연구개발의 중요한 성공 요인은 풍부한 공개 데이터를 바탕으로 한 딥러닝 알고리즘의 학습 능력 강화에 있다(김인중, 2016). 현재 해외에서는 딥러닝 연구 분야별로 주요하게 활용하는 공공 데이터가 있으며, 연구자들은 이를 바탕으로 연구 진행 및 연구 결과물의 우수성을 입증하고 있다. 우리나라는 정부 3.0을 통한 공공 데이터 개방 및 이를 통한 산업 활성

화를 추진하고 있으나, 주요국의 공공데이터에 비해 활용성은 여전히 미흡하다.³⁴ 따라서 공개 데이터의 연구 및 활용 가능성과 파급 효과에 대한 사전 검토를 통해 공공데이터 개방을 강화하고, 개발자 및 연구자들의 데이터 접근성을 확대하는 등 딥러닝 연구를 위한 기반을 조성해야 한다.

월드와이드웹재단의 오픈데이터 지표 국별 순위(2015년 기준)

Country	Barometer Rank	ODB Scaled	Readiness (Scaled)	Implementation (Scaled)	Impact (Scaled)	2013 ODB	ODB Change	2013 Rank	Rank Change
UK	1	100	98	100	100	100.00	0	1	0
US	2	92.66	96	88	100	93.38	-0.72	2	0
Sweden	3	83.7	100	76	88	85.75	-2.05	3	0
France	4	80.21	91	75	84	63.92	16.29	10	6
New Zealand	4	80.01	81	88	55	74.34	5.67	4	0
Netherlands	6	75.79	95	76	57	63.66	12.13	10	4
Norway	7	74.59	88	73	64	71.86	2.73	5	-2
Canada	7	74.52	90	75	58	65.87	8.65	8	1
Denmark	9	70.13	94	54	95	71.78	-1.65	5	-4
Australia	10	68.33	92	69	43	67.68	0.65	7	-3
Germany	10	67.63	85	67	53	65.01	2.62	9	-1
Finland	12	66.49	93	54	78	49.44	17.05	14	2
Estonia	13	60.18	84	51	64	49.45	10.73	14	1
Spain	13	59.89	78	60	42	48.19	11.7	17	4
Chile	15	58.7	69	73	8	40.11	18.59	25	10
Austria	15	58.52	83	42	84	46.03	12.49	18	3
Czech Republic	17	58.07	64	61	46	43.18	14.89	22	5
Korea	17	57.65	79	54	48	54.21	3.44	12	-5
Japan	19	53.58	81	53	30	49.17	4.41	14	-5
Israel	20	52.97	70	51	43	45.58	7.39	18	-2

[자료] World Wide Web Foundation (2015)

셋째, 연구의 저변을 확산하기 위한 소규모·장기 과제에 대한 R&D 자금 지원을 강화하고 콘테스트 방식의 연구 자금지원을 확대해야 한다.

인공지능 연구는 시설·기기보다 관련 인력의 역량이 더 중요하다. 우리나라

34 2015년 월드와이드웹재단(World Wide Web Foundation)의 세계 86개국 대상 오픈데이터 지표에 따르면, 공공데이터 개방의 성과는 1위 영국의 점수 100점 기준, 한국은 57.65점으로 17위에 불과(World Wide Web Foundation, 2015)

라는 연구개발 인력이 매우 부족하므로, 소수의 과제에 대한 대규모 자금 지원보다 인력 양성 차원의 소규모·장기 연구개발 자금 지원 늘려 연구 저변을 확대해야 한다. 또한, 성능 향상 정도를 평가하는 인공지능 분야에서 이미지넷 대회와 같은 콘테스트를 통해 연구결과의 실용성을 극대화하고, 연구 커뮤니티 간의 결과 공유를 장려해야 한다. 더불어 성능 중심의 연구개발을 위해 적용 분야별 표준 데이터를 기반으로 하는 콘테스트 방식의 연구 자금 지원을 적극 도입해야 한다.

넷째, 인공지능 관련 과제에 대한 연구개발평가에 있어 양적 평가를 지양하고, 분야의 특성을 반영한 과제·사업의 평가가 필요하다.

기존 논문 및 특허 중심의 연구개발 사업·과제 평가는 인공지능 관련 분야의 연구 성과 평가에 적합하지 않다. 인공지능 분야 연구자들은 대부분의 지식과 알고리즘 등을 개발 즉시 공개하기 때문에 빠르게 발전하는 알고리즘의 속도를 저널의 평가과정이 따라가지 못하고 있다. 따라서 인공지능 학술 분야 연구자들이 연구 성과를 창출하는 방식에 대해 이해하고, 관련 과제·사업의 평가 방식을 적극 개선할 필요가 있다. SCI급 학술논문뿐만 아니라 주요 학술대회 발표, 아카이브(arXiv)³⁵에의 논문 및 코드 공개 등 인공지능 분야 학술성과 공유 방식을 반영한 성과 평가를 고려할 필요가 있다.

마지막으로, 인공지능에 대한 사회문화 조성을 위해 장기적, 사회적 영향 평가를 강화하고, 이에 대한 사회적 수용성을 높임과 동시에 부작용을 최소화할 수 있는 방안을 마련해야 할 것이다.

딥러닝 기술로 촉발된 인공지능 기술의 급격한 발전은 커지는 기대감 만

큼이나 사회적 논란과 거부감도 확산되고 있다. 인공지능에 의한 기계와 인간관계의 역전 등 인공지능 기술의 부작용에 대한 사회적 불안감을 해소하기 위해 다양한 관점에서 학제 간 통합연구와 민관산학연의 소통이 필요하다. 향후 인공지능과 관련한 기술영향평가를 강화하고, 인공지능과 인간이 공존하기 위한 사회 시스템에 대한 대중적 논의를 활성화해야 할 것이다. 현재 과학기술 관련 최상위 법령인 「과학기술기본법」에 따라 대상 기술의 부정적 영향을 극소화하기 위한 정책 방향을 도출하는 기술영향평가가 시행되고 있으나 평가 이후 지속적인 추적 평가가 이루어지고 있지 않으며, 대상 기술의 확대 및 장기 모니터링을 위한 예산과 인력이 부족한 실정이다. 인공지능은 산업구조와 일자리 구조, 사회문화 등에 근본적인 영향을 미칠 기술이므로, 이에 대한 장기적인 모니터링을 통해 지속적인 정책 대응 방안을 마련해야 할 것이다.

35 arXiv(아카이브)는 수학, 물리학, 천문학, 전산 과학, 계량 생물학, 통계학 분야의 출판 전(preprint) 논문을 수집하는 웹사이트로 2008년 10월 3일, arXiv.org는 문서 수가 50만 개를 넘겼으며, 매달 약 5천편의 새로운 전자 문서(e-print)가 게시됨

참고 자료

- 관계부처 합동 (2016), 「4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책」.
- 기용걸 (2016), “인공지능과 심층학습의 연구동향”, 『ITP 주간기술동향』 통권 1736호, pp.10~19, 정보통신기술진흥센터.
- 김병은 (2016), “인공지능 동향 분석과 국가차원의 정책 제언”, 『정보화정책』, 제23권(제1호), pp.74~93.
- 김윤정·유병은 (2016), “인공지능 기술발전이 가져올 미래 사회 변화”, 『KISTEP In』, 제12호, 한국과학기술기획평가원.
- 김인중 (2016), “기계학습의 발전 동향, 산업화 사례 및 활성화 정책 방향: 딥러닝 기술을 중심으로”, 『SPRI Issue Report』, 2016-017, 소프트웨어정책연구소.
- 김재필·나현 (2016), “인공지능(AI), 완성이 되었다”, 『디지이코 보고서 Issue & Trend』, KT경제경영연구소.
- 대한민국 정부 (2016), “지능정보산업 발전전략”, 『대통령 주재 민관합동 간담회』.
- 마쓰오 유타카(2015) 저, 박기원 역 (2015), 『인공지능과 딥러닝: 인공지능이 불러올 산업 구조의 변화와 혁신』, 동아 엠엔비.
- 미래창조과학부·교육부·산업통상자원부·보건복지부 (2013), 『제2차 뇌연구촉진 2단계 (‘13~’17) 기본계획』.
- 석왕현·최광희 (2015), “인공지능 기술과 산업 가능성”, 『ETRI Issue Report』, 2015-04, 한국전자통신연구원.
- 전상원 (2015), “지능형로봇의 국내외 산업 동향”, 『TTA Journal』, vol.158, pp.49~54, 한국정보통신기술협회.
- 최근우 외 (2016), “딥러닝기술의 이해와 연구개발 정책과제”, 『KISTEP Issue Paper』, 2016-08, 한국과학기술기획평가원.
- 최희열·민윤홍 (2015), “딥러닝 소개 및 주요이슈”, 『정보처리학회지』, vol.22(No.1), pp.7~21.
- 한국과학창의재단 (2016), 『2016 과학기술 국민이해도 조사』.
- 한국정보화진흥원 (2016), “오피니언 리더가 전망하는 지능정보사회 미래와 도전과제”, 『NIA IT & Future Strategy』, 제3호, pp.1~4.
- 현대경제연구원 (2014), “인공지능 관련 유망산업 동향 및 시사점”, 『VIP 리포트』, 통권 584호.

- 현대경제연구원 (2016), “AI 시대, 한국의 현주소는?: 국내 인공지능 산업 기반 점검”, 『VIP 리포트』, 통권 646호.
- KB금융지주경영연구소 (2015), “머신러닝과 금융업 적용 사례”, 『KB지식비타민』, 15-87호.
- Berkeley News (2015), “New ‘deep learning’ technique enables robot mastery of skills via trial and error”, March 21.
(<http://news.berkeley.edu/2015/05/21/deep-learning>)
- Choi, K., Fazekas, G., & Sandler, M. (2016), “Text-based LSTM networks for Automatic Music Composition”, 1st Conference on Computer Simulation of Musical Creativity, Huddersfield, UK.
- Global Window (2016), “알파고에 놀란 일본, 인공지능 기술의 현주소”, 5월 2일.
(http://www.globalwindow.org/gw/overmarket/GWOMAL_020M.html?BBS_ID=10&MENU_CD=M10103&UPPER_MENU_CD=M10102&MENU_STEP=3&ARTICLE_ID=5036600&ARTICLE_SE=20302)
- McKinsey Global Institute (2013), 『Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy』.
- TECH M (2015), “[딥러닝] MS의 새 승부수, 인공지능비서 “코타나””, 3월 23일.
- Tractica (2015), 『Artificial Intelligence for Enterprise Applications - Deep Learning, Predictive Computing, Image Recognition, Speech Recognition, and Other AI Technologies for Enterprise Markets: Global Market Analysis and Forecasts』.
- TechNavio (2015), 『Global Smart Machine Market』.
- Universal (2014), “Deep Learning for Robot”, August 08.
(<http://www.universalrobotics.com/deep-learning-for-robots/>)
- World Wide Web Foundation (2015), 『Open Data Barometer 3rd Edition Global Report』.
- www.airesearch.com
- www.deeplearningbook.org
- www.exobrain.kr
- www.hub-ai.com

제4장

법! 기계와 인간이 공존하는 미래에 대비하라

혁신 성장과 미래 트렌드 2018 Plus 10

- 선진국, 이미 새로운 규범체계를 준비하다
- 왜 인공지능 사고에 대한 법적 책임을 묻기 어려울까
 - 자율주행차의 책임법제 쟁점을 진단하다
- 인공지능 기반 의료 서비스의 책임법제 쟁점을 진단하다
 - 마무리하며

필자

박소영

현재 KISTEP 과학기술법제팀장을 맡고 있다. 컴퓨터공학을 전공한 변호사로서, 과학기술을 둘러싼 제도뿐만 아니라 새로운 과학기술 발전에 따른 법제 변화에 관심이 많다. 인공지능 관련 법 제도, 정부출연기관 조직 법무, 과학기술 거버넌스 정책, 연구개발사업 제도, 규제 개선 관련 업무를 수행하였다.

이 글은 「KISTEP 이슈위클리」 “인공지능 혁신 토대 마련을 위한 책임법제 진단 및 정책 제언”을 바탕으로 작성되었습니다.

제4장

법! 기계와 인간이 공존하는 미래에 대비하라

“의사 시험에 합격하였습니다.”

합격 통지를 받은 대상은 사람이 아니라 인공지능 로봇 ‘샤오이’다. 중국의 칭화대학교와 한 기업이 공동 개발한 ‘샤오이’는 2017년 8월 합격선인 360점을 훌쩍 넘는 456점을 받아 국가 임상 의사 종합시험에 합격하였다.

몇 년 전만 해도 대부분의 사람들에게 생소하였던 인공지능이 이제는 일상에 스며들고 있다. 운전, 물류 처리, 공정 관리 등 많은 영역에서 인공지능이 활용되며 다양한 변화를 가져오는 중이다. 독일의 도시 바트 비른바흐에서는 자율주행 버스가 운행을 시작하였고, 미국 위스콘신주 대법원은 인공지능 분석 자료를 판단의 근거자료로 활용하였다.³⁶

인공지능 기술이 실생활에 널리 활용되는 가운데, 기존과 다른 새로운 유형의 사고가 발생하기 시작했다. 자율주행차가 충돌 사고를 일으키고, 경비

³⁶ 미국 위스콘신주 대법원은 인공지능이 분석한 자료를 재범 가능성 판단의 근거로 활용하여 피고인에게 중형을 선고한 지방법원의 원심판결을 받아들임(2017. 5)

로봇이 유아를 공격하여 상해를 입혔으며³⁷, 텔레비전의 아나운서 멘트로 인해 원하지 않은 물건이 자동으로 주문되기도 했다.

이러한 사고가 향후에 더 많이 발생할 것으로 우려됨에 따라³⁸ 인공지능 기술로 인한 피해의 공평한 손해 분담을 위한 책임법제 검토가 필요하다는 공감대가 형성되고 있다. 현 법체계는 의사 결정의 주체를 인간으로 한정하고, 인간(경우에 따라서는 법인)이 결정에 대한 책임을 부담한다. 하지만 급격하게 발전하는 인공지능 기술은 이와 다르게 의사 결정의 주체를 확장함으로써 과거와 다른 차원의 문제를 제기한다. 인공지능이 잘못된 의사 결정을 할 수 있음에도 불구하고 법인격이 없는 인공지능에게 책임을 물을 수 없기 때문이다.

이 문제를 어떻게 풀어갈지 사회적 논의가 이루어지지 않으면 기술이 확산됨에 있어 큰 제약을 받을 것이다. 인공지능 기술 발전과 그에 따른 사회 변화 속도를 생각하면, 이제 이 논의를 늦출 수 없다. 어떤 책임 문제가 발생하고 누가 책임을 져야 하는 것일까? 주요 분야별 책임법제 쟁점을 진단하며 앞으로 어떻게 나아가야 인공지능 시대의 위험성과 불명확성을 줄일 수 있을지 모색해 본다.

선진국, 이미 새로운 규범 체계를 준비하다

구글, 마이크로소프트 등 주요 글로벌 IT 기업들은 ‘모바일 우선’에서 ‘인공지능 우선’으로의 변화를 선언하였고 주요국은 앞다투어 인공지능에 연구 역량을 집중하고 있다. 정부 및 기업의 집중적인 투자에 힘입어 인공지능 시대가 예상보다 빨리 도래할 것으로 예상되는 가운데 선진국은 이를 대비하기 위한 새로운 규범 체계를 준비하고 있다.

유럽은 가장 선제적으로 인공지능 시대의 법적 프레임워크를 마련하고 있다. 유럽은 2012년부터 「RoboLaw 프로젝트」를 통해 로봇 기술의 법적·윤리적 이슈를 검토하였다. 공학, 법학, 철학 등 다양한 분야의 전문가들이 이 프로젝트에 참여하여 자율주행차, 수술 로봇, 로봇 인공기관, 돌봄 로봇 등 상용화에 가까운 기술 사례에 대해 구체적인 윤리적·법률적 분석을 진행했다. 이런 노력으로 나온 결과(European Commission, 2014)를 발전시켜, 유럽의회는 2017년 2월 이른바 「로봇 시민법 권고안」(draft report with recommendations to the commission on civil law rules on robotics)(European parliament, 2017)을 통과시켰다. 이 권고안은 로봇에게 ‘전자 인간’이라는 새로운 법적 지위를 부여할 필요성을 인정하며 로봇 등록제, 로봇 사고의 법적 책임 등의 내용을 담고 있다.

37 미국 캘리포니아주 스탠퍼드 쇼핑몰에 배치된 경비로봇이 생후 16개월 된 아이를 공격하여 아이의 다리에 찰과상을 입힘(2016.7)

38 최저가를 반영하여 가격을 정하는 알고리즘 간의 가격 담합, 지난 고용 및 승진 데이터 학습을 기반한 채용 과정에서의 인종차별·성차별 발생, 특정 인물의 음성을 합성한 보이스피싱 등 다양한 사건이 발생할 수 있음

EU 「draft report with recommendations to the commission on civil law rules on robotics」 주요 내용

구분	위험 이슈	결의 여부
빅데이터	· 로봇으로 인한 손해 발생 시 보상 가능한 손해의 유형 및 정도를 제한할 수 없음 · 생산자에 대한 보험 가입 의무 체계 수립 필요 · 법적 책임 관련 정책 결정을 위한 유럽 전체적인 연구 필요	○
등록제	· 로봇 분류 체계에 따른 등록제 도입	○
저작권 및 프라이버시	· 로봇 창작물의 저작권 보호 기준 마련	○
로봇세	· 자율 로봇 제조사에게 책임 보험 가입 의무 부여 · 로봇이 생성하는 경제적 가치에 로봇세를 부과하여 보험 미적용 사고 보상을 위한 기금 조성	△ (‘로봇세’ 부결 ³⁹)
노동 시장 및 기본소득	· 노동 시장에 미칠 영향을 감안해 세제, 사회 안전망, 기본소득 등에 대한 연구 필요	△ (‘기본소득제’ 부결)

[자료] 김명수 (2017) 재구성

미국은 현재 지속적인 연구 및 모니터링을 통하여 전반적인 정책 방향성을 모색하는 단계이다. NSTC(National Science and Technology Council) 산하의 「기계학습과 인공지능 소위원회(subcommittee on machine learning and artificial intelligence)」는 다방면의 전문가들로 워킹 그룹을 구성해 법·제도 등 다양한 이슈를 논의한다. 정부뿐만 아니라 기업과 대학들도 다양한 단체를 구성하여 인공지능이 사회에 미치는 영향을 연구하고 있다. 구글, 페이스북 등 주요 IT 기업들이 함께 모여 인공지능으로 인한 변화를 연구하고, 스탠포드 대학교는 「A100(one-hundred year study on artificial intelligence)」을 통해 관련 법제를 준비하고 있다.

39 유럽의회는 로봇 업계와 관련 기술 발전 저해 가능성 등을 이유로 로봇세 도입에 반대할 반면에 빌 게이츠 등은 재교육, 기본소득제 등의 재원을 마련하기 위하여 로봇세를 도입하여야 한다고 주장함

인공지능이 미치는 사회 영향에 대하여 연구 중인 주요 민간단체

명칭	운영 주체	내용
A100 (one-hundred year study on artificial intelligence)	스탠포드 대학교	· 인공지능이 자동차, 국가 안보, 심리, 윤리, 법, 사생활, 민주주의 등에 미치는 영향에 대한 및 관련 법제 준비 · 보고서 '2030년 인공지능과 삶' 발간(16.9)
future of life institute	Google, Facebook, Amazon, Microsoft 등	· 인공지능 관련 연구과제를 설정하고 우수사례를 발굴하여 연구결과를 오픈 라이선스로 출판할 예정
Google AI ethics board	Google	· 인공지능 기술 악용 방지를 위한 기술 사용 규칙 및 제한 설정 등을 연구하며, 구성원, 활동 내용 등은 비공개
future of humanity institute	옥스퍼드 대학교	· 인공지능으로 인한 인류의 다양한 실존적 위험들에 대한 학제 간 연구 수행

왜 인공지능 사고에 대한 법적 책임을 묻기 어려울까

지금과 다른 새로운 규범 체계를 준비하여야 하는 이유는 인공지능의 특성상 기존 체계 하에서 법적 책임 소재를 가리기 쉽지 않기 때문이다.

■ 법인격이 없는 인공지능

법인격(法人格)은 법적 권리·의무의 주체가 될 수 있는 것을 말하는데, 현행법상 자연인과 법인에게만 법인격을 부여한다. 민법에서는 생존한 인간(민법 제3조)과 법률의 규정에 좇아 정관으로 정한 목적의 범위 내 법인(민법 제34조)만이 권리·의무의 주체가 되고 형법은 인간에게만 범죄 주체 능력을 인

정한다.⁴⁰

이에 따르면 인공지능은 법인격이 없어 사고가 발생하여도 그 책임을 인공지능에게 물을 수 없다. 인공지능이 스스로 결정하고 판단하는 수준이 되면 민사상 인간과 같은 의사능력, 책임능력, 행위능력이 있다고 볼 수 있지만, 사회적 합의에 의한 법인격 부여가 없다면 책임의 주체가 될 수 없다.

지금까지의 논의 방향으로 보면 앞으로도 인공지능이 직접 법인격을 갖기란 쉽지 않아 보인다. 유럽의회는 2017년 2월 로봇이 초래한 손해에 대한 보상 문제 등을 다루기 위해 로봇에게 '전자 인간'이라는 새로운 법적 지위를 부여하기로 합의하였다. 이는 로봇과 인간을 법적으로 서로 다른 별도의 존재로 인정할 것을 명확히 한 것이다.⁴¹

■ 불확실한 동작 방식

인공지능에게 직접 책임을 물을 수 없기 때문에 이에 관여한 자연인 또는 법인이 책임을 져야 하는데, 인공지능 기술의 동태적 특성상 누가 잘못했는지, 즉 누구에게 책임을 부과하여야 하는지 판단하기 쉽지 않다.

결정론적 규칙 기반 알고리즘과 달리 인공지능의 기반이 되는 기계학습 알고리즘은 주어진 데이터에서 숨겨진 규칙을 추출하여 이를 기반으로 귀납적인 판단을 하므로 학습에 사용되는 데이터에 큰 영향을 받는다. 따라서 만든 사람도 그 인공지능의 동작을 예측할 수 없다. 한 예로 마이크로소프트

트의 채팅봇 '테이' 사건을 들 수 있다. 2016년 3월 서비스를 개시한 '테이'는 일부 사용자들이 입력한 욕설, 인종 차별, 성 차별 내용을 학습하여 발언함으로써 선보인지 16시간 만에 운영이 중단되었다. 이 경우 문제 상황을 예상하지 못한 개발자에게 과실의 책임을 물어야 할 것인지 불분명하다.

또한, 인공지능이 결과를 도출하기까지 수많은 학습과 연산을 거치므로, 판단 과정을 파악하기 어렵다. 피해자가 개발자 등에게 책임을 묻기 위해서는 인공지능 오류와 손해 사이의 인과관계를 입증하여야 하는데, 어느 부분에서 인공지능 판단이 잘못되었는지, 이것이 기술적 오류로 인한 것인지를 알기란 쉽지 않다.

■ 밝히기 어려운 알고리즘

인공지능 알고리즘은 기업 기밀성, 공개로 인한 왜곡 방지 등을 이유로 일정 수준의 불투명성을 전제한다. 알고리즘 자체가 기업의 재산이므로, 특히로 등록되지 않은 이상 기업은 자사 알고리즘을 공개하지 않는다. 일부 기업은 공개를 피하기 위해 유출 위험을 감수하고 특허를 출원하지 않는다. 또한 알고리즘 공개로 인한 왜곡 현상으로 자사 알고리즘의 정확도가 낮아지는 것을 막기 위해 공개하지 않기도 한다. 구체적인 알고리즘을 공개할 경우 이를 이용하여 자신에게 유리한 결과를 얻기 위한 다양한 시도가 이루어져 결과에 왜곡 현상이 발생할 수 있기 때문이다. 예를 들어 상품 추천 알고리즘이 공개되면 판매자들이 자신의 상품을 상위에 노출시키기 위해 다양한 시도를 함으로써 구매자에게 제대로 된 추천이 이뤄지지 않을 수 있다.

문제는 이러한 불투명성 때문에 손해배상을 청구하기 위해 피해 원인을

40 '~한 자를 범죄 구성요건 실현의 주체로 규정함

41 EU RoboLaw 프로젝트 최종 결과 보고서인 「로보틱스 규제 가이드라인(Guidelines on regulating robotics)」은 "로봇은 민사상 또는 형사상 책임의 주체가 될 수 없다."는 의견을 제시함

입증하여야 할 책임(입증책임⁴²)이 있는 피해자가 피해 원인인 알고리즘 문제를 입증하기 곤란하다는 것이다. 따라서 입증책임 전환 등의 보완 수단이 없는 한 피해자가 제조업자 등에게 법적 책임을 묻기란 쉽지 않다.

자율주행차의 책임법제 쟁점을 진단하다

이러한 한계로 인해 인공지능 시대에는 기존에 없던 다양한 책임법제 쟁점이 발생할 것으로 예상되는 바, 이에 대한 진단이 필요하다. 급속히 상용화가 진행되고 있는 자율주행차와 의료 서비스 분야에서 발생 가능한 책임법제 쟁점을 구체적으로 진단해 보면 향후 우리가 준비할 방향을 설정하는데 도움이 될 것이다.

자율주행차가 일으킨 교통사고

자율주행차가 실제 도로를 달리기 시작하면서 크고 작은 사고가 발생하기 시작하였다. 2016년 2월 구글 자율주행차가 시험 운행 중 충돌 사고를 냈고, 같은 해 5월 테슬라 모델S가 자율주행 기능인 오토파일럿으로 동작하던 중 빛나는 하늘 때문에 좌회전하던 트레일러를 인식하지 못하고 충돌하여 탑승자가 사망하였다.

특정 상황 외에는 인간 개입이 필요 없는 3단계 이상 자율주행차가 보급되면서 운전자 또는 운전자가 주로 책임지는 현행법에 대해 본격적으로 검토할 필요성이 커졌다. 2년 뒤인 2020년이면 일반 도로 환경에서 인간의 개입없이 자율 주행이 가능한 4단계 자율주행차가 본격적으로 출시될 것이다. 보스턴컨설팅그룹은 2035년 전세계 신차 시장의 4대 중 1대는 자율주행차가 될 것으로 전망하고 있다(BCG, 2015). 따라서 자율주행차에 맞는 새로운 규범 체계에 대한 준비가 시급하다. 자율주행차 관련 사고에 대한 책임 분배를 명확히 해야 안정적인 시장 확산이 가능할 것이다.

자율주행차 사고 실사례

시기	사고 내용	처리 결과
'15.7	해커들이 파이트-크라이슬러사 자동차 시스템을 해킹하여 엔진을 급정지시키는 영상 공개	· 140만 대 리콜 실시
'16.2	시험 주행 중이던 구글 자율주행차가 배수로 옆 모래주머니를 피해 크게 우회전하다가 옆 차선의 버스와 충돌	· 구글이 전적으로 책임을 인정하여 보상 · 시험 주행 전면 중단 후 30만 개 도로 상황 시나리오 추가 입력
'16.5	테슬라 자율주행차가 2단계 모드로 시속 110km 운전 중, 실제 하늘과 흰색 트레일러를 구분하지 못해 트레일러와 충돌하여 탑승자 사망	· 美 도로교통안전국(NHTSA)은 6개월 조사 후 하늘과 트레일러를 구분하지 못한 것은 결함이 아니라 기술적 한계이며, 자율주행차가 운전자에게 수차례 경고하였으나 이를 무시한 운전자 과실이라고 판단 ⁴³ (2017.1) · 하지만 최근 美 연방교통안전위원회(NTSB)는 테슬라가 운전자에게 고안된 것 이외의 외부 시스템을 이용하도록 허용하여 운전자의 주의를 분산되게 만들었으므로, 자율주행차가 사고 원인이라고 지적(2017.9)

42 소송상 입증에 필요한 어느 사실의 존부가 확정되지 않을 때 당해 사실이 존재하지 않는 것으로 취급되어 법을 판단을 받게 되는 당사자 일방의 위험 또는 불이익을 말함

43 조사에 따르면 총 37분 운전 기간 중 운전자가 운전대를 잡은 시간이 25초에 불과하였음

자율주행 단계⁴⁴

단계	명칭	내용	핸들 조작, 가·감속	운전 환경 모니터링	위험 사태 대비	시스템 역량
주행 환경 모니터링 주체 : 인간						
0	비자동화	지원 없음	인간	인간	인간	N/A
1	운전자 지원	인간 운전 상태에서 가·감속 또는 조향 지원 가능	인간과 시스템	인간	인간	일부 환경
2	부분적 자율주행	인간 운전 상태에서 2가지 이상의 가·감속, 조향 동시에 지원 가능	시스템	인간	인간	일부 환경
주행 환경 모니터링 주체 : 자율주행 시스템						
3	조건부 자율주행	자율 주행 가능하나 특정 상황시 인간 개입 필요	시스템	시스템	인간	일부 환경
4	고도의 자율주행	시내 주행을 포함한 도로 환경에서 인간 개입 없이 자율주행	시스템	시스템	시스템	일부 환경
5 ⁴⁵	완전 자율주행	모든 환경 하에서 인간 개입 없이 자율주행	시스템	시스템	시스템	모든 환경

[자료] SAE international (2014)

살펴보아야 할 쟁점들

자동차손해배상보장법 적용 혼란

자동차 사고 발생 시 자동차손해배상법(이하 자배법)에 따라 운행자가 피해자에 대하여 무과실에 가까운 손해배상책임을 부담한 후 과실이 있는 자에게 구상권을 행사하는 형태로 보상이 진행된다. 피해자를 두텁게 보호하기 위함이다. 여기서 ‘운행자’는 “자동차에 대한 운행을 지배하여(운행지배) 그 이

44 국제 자동차 기술자 협회(SAE International)는 자율주행 단계를 크게 6단계로 구분하며, 현재 세계 자율주행차 산업은 2단계에서 3단계 사이에 위치하여 있음

45 美 도로교통안전국(NHTSA; National Highway Traffic Safety Administration)에서 정의하는 4단계는 SAE international 4, 5단계를 모두 포괄함

익을 향수하는 책임주체로서의 지위에 있는 자(운행이익)”를 말하는데, 보통 보유자가 그러한 지위에 있는 것으로 추인된다. 보유자는 직접 운전하거나 다른 운전자를 정할 수 있고 그로 인한 이익을 얻기 때문에 그에 대한 자배법상 책임을 지게 된다.

자율주행차 시대에는 이런 체계에 대한 변화가 요구된다. 운전자를 선택하지 않고 운전에 대해 일체 관여하지 않는 보유자에게 지금과 같은 책임을 물을 수 있을지 의문이 제기되기 때문이다. 지금과 동일한 책임을 부담시키는 것은 보유자에게 과중할 수 있다. 또한 현재는 운전자·보유자가 자배법에 따른 피해 구제를 받을 수 없는데 자율주행차 시대에는 이들에 대한 구제 방안을 어떻게 마련할지, 보통 운전자에게 행사하던 구상권을 제조업자에게 행사하면서 분쟁 해결이 오래 걸리고 높은 비용이 지출될 것으로 예상되므로 이를 어떻게 처리할지, 자배법에 대한 전반적인 검토가 필요해졌다.

현행법상 자동차 사고 관련 민사·형사 책임 유형 및 주체

책임 유형	관련 법률	내용	책임 주체
민사	자동차손해배상보장법	손해배상책임 (제3조)	운행자
	민법	불법행위책임 (제750조)	행위자(운전자)
		사용자책임 (제756조)	사용자
형사	교통사고처리특례법	인사 사고에 대한 책임 (제3조 등)	운전자 / 사용자
	도로교통법	재물손괴, 난폭운전, 무면허운전 등에 따른 책임 (제151조 등)	운전자 / 고용주

불분명한 형사책임

형사법상 인간에게만 범죄 주체 능력이 인정되므로 운전 행위를 한 인공 지능에게는 형사 책임을 물을 수 없다. 인공지능 대신 제조업자, 운전자 등에 대한 형사책임 부과 여부가 논란이 될 텐데 어떤 이유와 기준 하에 책임을 물을 수 있는지 명확히 할 필요가 있다. 범법자가 될 기준이 명확하지 않다면 자율주행차 이용이 꺼려질 것이다.

가장 문제되는 것은 운전자의 주의의무 기준 설정으로 보인다. 운전자가 주의의무를 다하지 않은 경우 과실치사상 등 형사책임이 인정되는데, 현재와 동일한 주의의무 기준, 즉 운전자의 과실 판단 기준을 그대로 유지하면 자율주행차의 효용성이 저해된다. 자율주행차를 타음에도 불구하고 주의의무 기준을 만족시키기 위해서 전방 주시 등을 해야 한다면 자율주행의 편리성을 누릴 수 없기 때문이다. 자율주행 이용을 확산하기 위해서는 운전 주체 변화에 따라 운전자 주의의무 수준을 재설정하여야 한다.

불분명한 제조물책임

제조물책임법은 제조물의 결함⁴⁶으로 발생한 손해로 인한 피해자의 보호를 도모하는 법이다. 제조업자는 일정한 면책 사유가 없는 한 고의·과실 여부와 관계없이 제조물의 결함으로 발생한 손해에 대하여 배상책임을 진다.

제조물의 설계 과정에서 합리적인 대체설계를 채용할 수 있었는지,⁴⁷ 사회적으로 허용되거나 소비자가 예견할 수 있는 위험인지, 당시 과학 및 기술 수준으로 결함의 존재를 발견할 수 없었는지⁴⁸ 등이 결함 존재 및 면책 여부를 판단하는 요소가 되는데 신기술인 자율주행차 초기 단계에는 그 판단 기준이 불분명하다. 예견 가능한 위험을 넓게 판단하거나 당시 과학 수준을 낮게 정한다면 과소 배상 문제가 발생하고, 반대로 상기 위험을 좁게 판단하거나 과학 수준을 높게 정한다면 개발 의욕을 저하할 수 있다. 따라서 신기술 개발 및 적용에 대한 혁신의 의욕을 저해하지 않는 선에서 피해자를 보호하는 균형점을 찾아가야 한다.

자율주행차 시대를 향한 변화의 움직임

자율주행차 시대에는 기존의 충돌 사고를 넘어서 해킹으로 인한 통제제어 상실, 정보 유출 등 새로운 사고 유형이 등장할 것으로 예상된다. 생산·운용 과정에서 제조업자뿐만 아니라 소프트웨어 업체, 부품 업체, 통신 사업자, 서비스 사업자 등 다양한 주체가 등장하면서 법률 문제가 더욱 복잡해질 것이다.

이러한 법적 분쟁에 대한 복잡성과 불명확성을 낮추기 위한 변화가 시작

46 제조물책임법은 제조물의 결함을 제조상의 결함, 설계상의 결함, 표시상의 결함으로 유형화하는 한편, 그 밖에 통상적으로 기대할 수 있는 안전성이 결여된 것도 결함의 한 유형으로 보고 있음

47 설계상 결함은 제조업자가 합리적인 대체설계를 채용하였더라면 피해나 위험을 줄이거나 피할 수 있었음에도 이를 채용하지 않아 안전하지 못하게 된 결함을 말함(제조물책임법 제2조 제2항 나목). 설계상 결함에 기한 제조물책임은 과실 책임적 성격을 가지는데, 이를 판단함에 있어 '합리적인 대체설계'가 중요한 요소인. 설계상의 결함이 있는지 여부는 제품의 특성 및 용도, 제조물에 대한 사용자의 기대와 내용, 예상되는 위험의 내용, 위험에 대한 사용자의 인식, 사용자에 의한 위험 회피의 가능성, 대체설계의 가능성 및 경제적 비용, 채택된 설계와 대체설계의 상대적 장단점 등의 여러 사정을 종합적으로 고려하여 사회통념에 비추어 판단함(대법원 2003.9.5. 선고 2002다17333 판결)

48 제조업자가 해당 제조물을 공급한 당시의 과학기술 수준으로는 결함의 존재를 발견할 수 없는 경우 제조물책임이 면책됨

되고 있다. 그 첫 단계로 운전 주도권이 인간에서 자동차로 이전됨에 따라 제조업자에게 사고에 대한 책임을 더 부과하거나 새로운 보험제도를 만들어 기존 체계에서 보호받기 어려운 피해자들도 보호하고자 한다. 지금까지의 사고는 대부분 제조업자가 과실 여부와 관계없이 자발적으로 보상하거나 리콜하는 방식으로 처리하였다. 하지만 사망자가 발생한 충돌사고에 대해 적극적으로 책임을 부정한 테슬라 사례를 볼 때, 사고 건 수가 많아지고 사고 수준이 심각해지면 제조업자가 자율적으로 보상하는 것이 쉽지 않아 보이기 때문이다.

주요국은 이러한 내용의 관련 입법안을 마련하는 중이다. 미국 미시간주는 2016년 12월 시스템 결함으로 인한 사고 시 자동차 제조업자가 손해배상을 부담한다는 법안을 통과시켰다.⁴⁹ 일본 정부는 '자율운전 손해배상책임 연구회'를 구성하여 4단계 이상의 자율주행차 사고의 손해배상 책임 부담을 논의하고 새로운 보험 상품을 연구하고 있다. 영국 정부는 2017년 수동 운행 사고와 자율주행 운행 사고를 모두 보상하는 단일보험자 방식으로 전환하는 법률안 「vehicle technology and aviation bill」을 발표하고 의회에 상정하였다(이기형, 2017). 상기 법률안은 자율주행 사고 시 보험사가 제3자 및 운전자의 인적 손해, 제3자의 물적 손해를 보상한 후 사고의 귀책사유가 제조업자, 소프트웨어 공급자 등에게 있는 경우 이들에게 구상권을 행사하여 보상액을 회수하도록 규정하고 있다. 영국은 2018년 이후 자율주행차 생산이 가능하도록 도로교통법, 의무보험제도 등 관련 법규를 최대한 서둘러 개정할 예정이다.

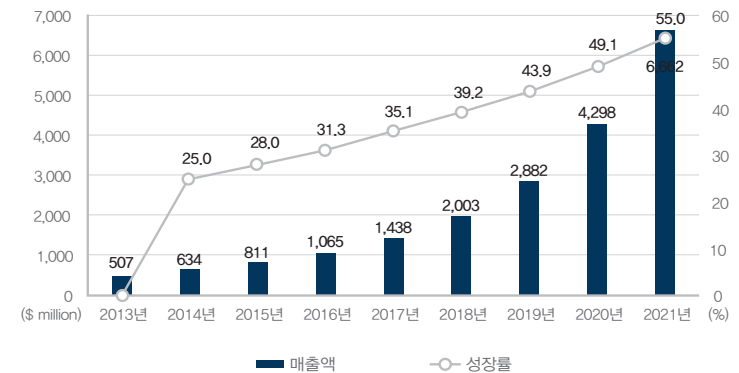
49 Michigan State, Senate Bill 0995, 0996, 0997, 0998.

인공지능 기반 의료 서비스의 책임법제 쟁점을 진단하다

의료사고에 대한 의료인의 책임 변화 논의 대두

의사의 진단을 지원하는 IBM 왓슨을 필두로 인공지능 기반 의료 서비스가 빠르게 성장하고 있다. Frost&Sullivan은 의료분야 인공지능 시장 규모가 2014년 6.4억 달러에서 2021년 6조 달러로, 연평균 40%씩 성장할 것으로 전망한다(Frost&Sullivan, 2015).

의료 분야에서의 인지 컴퓨팅과 인공지능 시스템 활용 시장 현황 및 전망(2013~2021)



[자료] Frost&Sullivan (2015); 이상우·김무용 (2016)

시스템이 운전자를 대체하는 자율주행차 분야와 달리 의료 분야 인공지능은 아직까지 의사 보조 역할을 수행하는 정도이다. 따라서 최종적인 책임을 의료인에게 부과하는 틀은 유지한 채 의료인의 설명의무 및 주의의무, 의료기기 기준 등이 어떻게 변할지 논의되고 있다. 의료 사고에 대한 의료인의

책임 여부를 판단할 때 설명의무 및 주의의무 준수, 의료법 준수 등이 중요한 판단 요소인데, 인공지능이 의사와 환자의 의사 결정에 영향을 미치게 됨에 따라 상기 기준에 대한 변화가 요구된다.

■ 살펴보아야 할 쟁점들

주의의무⁵⁰ 및 설명의무 법적 기준 변동

의사가 주의의무를 위반하여 환자에게 손해를 입힌 경우 민·형사상 책임을 부담한다. 앞으로는 주의의무 위반 여부를 판단할 때 인공지능 진단 사용 여부, 인공지능 진단 결과 준수 여부 등이 반영될 수 있다. 그렇게 되면 대부분의 의사들이 활용하는 인공지능을 사용하지 않았다면 주의의무를 다하지 않은 것인지, 인공지능이 제시한 치료법을 따르지 않았다면 의사에게 과실이 있는 것인지 등 새로운 논란이 발생할 것이다. 만약 인공지능 진단 결과 준수 여부를 주의의무 판단 기준으로 사용한다면 상이한 치료법을 선택한 의사의 입증 부담이 증가하게 된다. 이로 인해 의사의 재량권이 축소되고 인공지능 의존 현상이 높아질 수 있으므로 신중한 판단이 필요하다.

50 의사가 치료 등의 의료행위를 함에 있어서는 사람의 생명·신체·건강을 관리하는 업무의 성질에 비추어 구체적인 증상이나 상황에 따라 위험을 방지하기 위하여 요구되는 최선의 조치를 행하여야 할 주의의무가 있다고 할 것이나, 이와 같은 주의의무는 의료행위를 할 당시 의료기관 등 임상의학분야에서 실천되고 있는 의료행위의 수준을 기준으로 판단하여야 하고, 의사가 행한 의료행위가 그 당시의 의료 수준에 비추어 최선을 다한 것으로 인정되는 경우에는 의사에게 환자를 진료함에 있어서 요구되는 주의의무를 위반한 과실이 있다고 할 수 없으며, 특히 의사의 질병 진단의 결과에 과실이 없다고 인정되는 이상 그 요법으로서 어떠한 조치를 취하여야 할 것인가는 의사 스스로 환자의 상황 기타 이에 터잡은 자기의 전문적 지식·경험에 따라 결정하여야 할 것이고, 생각할 수 있는 몇 가지의 조치가 의사로서 취할 조치로서 합리적인 것인 한 그 어떤 것을 선택할 것이냐는 당해 의사의 재량의 범위 내에 속하고 반드시 그 중 어느 하나만이 정당하고 이와 다른 조치를 취한 것은 모두 과실이 있는 것이라고 할 수 없음(대법원 1999.3.26. 선고 98다45379 판결).

〈의사의 주의의무 판단 시 발생 가능한 논란〉

- 진단 정확도가 매우 높은 인공지능을 병원에서 도입하지 않는다면 그 당시 의료 수준으로 최선의 조치를 행하였다고 볼 수 있는가
- 인공지능의 추천 진단을 그대로 따른 경우 의사가 주의의무를 다한 것인가
- 진단 정확도가 높은 인공지능의 추천과 다른 진단을 내려 결과가 잘못된 경우 의사가 주의의무를 위반하였다고 볼 수 있는가

주의의무뿐만 아니라 설명의무 기준에 대한 검토도 필요하다. 의사는 환자에게 질병의 증상, 치료방법의 내용 및 필요성, 발생 예상 위험 등을 설명할 의무가 있다. 인공지능의 진단을 사용할 경우 알고리즘 동작 방식, 불확실성 등에 대한 설명의무도 부과되어야 할 것으로 예상되나 기술의 특성상 명시적이고 유효한 설명이 어려워 판단 기준을 새로이 마련하여야 한다.

현행법상 의료 사고 관련 민사·형사 책임 유형 및 주체

책임 유형	관련 법률	내용	책임 주체
민사	민법	채무불이행책임(제390조)	계약 당사자(의사)
		불법행위책임(제750조)	행위자 (의사, 간호사 등)
형사	형법	업무상 과실치사상(제268조)	
	의료기기법	일반행위의 금지(제26조)	

혼란스러운 의료기기법 해당 여부

허가받지 않은 의료기기를 의료행위에 사용하면 형사 처벌을 받게 되는데 진단 결정을 지원하는 인공지능을 의료기기로 볼 것인지 불분명하여 의료기

기법 개정 검토가 요구된다. 식품의약품안전처의 「빅데이터 및 인공지능(AI) 기술이 적용된 의료기기 허가·심사 가이드라인(안)」은 ‘빅데이터 및 인공지능 기술이 적용된 제품의 의료기기 해당 여부’를 사용 목적에 따라 구분하고 있다. 이 가이드라인은 “의료정보검색용은 의료기기에 해당되지 않으며, 환자의 질병·예방 등의 목적으로 의료정보를 분석, 진단 또는 예측하기 위해 제조된 소프트웨어는 의료기기에 해당될 수 있다”고 기술한다. 이에 따르면 사용 목적에 따라 인공지능 제품의 의료기기 해당 여부가 달라질 수 있어 의료 현장에서의 사용이 조심스러워질 수밖에 없다.

불분명한 소프트웨어에 대한 제조물책임법 적용

의료 인공지능의 경우 클라우드 내 소프트웨어를 이용할 수 있는 라이선스 형태로 판매될 수 있다. 이 경우 피해자가 제조물책임법에 따른 보호를 받지 못할 수 있다. 제조물책임법의 적용을 받기 위해서는 ‘제조되거나 가공된 동산(다른 동산이나 부동산의 일부를 구성하는 경우를 포함)’이어야 하는데 일반적으로 소프트웨어는 동산으로 보지 않고 제조물책임법 적용을 인정하지 않고 있다.⁵¹ 따라서 의료 인공지능 사고에 대하여 제조업자에게 일정 부분의 책임을 부과시키기 위해서는 제조물책임법 개정 검토가 필요하다.

의료행위 개념 재정립

의료행위는 명시적인 정의 규정 없이 시대적 상황에 따라 판례 등에 의해 변화한다. 최근에는 인공지능을 위한 진료 정보 분석이 의료행위에 해당되

는지 의문이 제기되고 있다. 의료행위에 해당된다면 이는 의료인만 할 수 있으므로 진료 정보 분석에 데이터과학자 등 타 분야 기술자가 관여할 수 없고, 병원이 아닌 곳에서 진료 정보를 소유하거나 관리·보존할 수 없다. 인공지능 기술은 데이터가 생명이기 때문에 이는 국내 의료 영역에 인공지능을 도입하는 데 걸림돌이 된다. 따라서 의료 분야의 인공지능 연구 및 활용을 활성화하기 위해서는 필요한 영역에서 의료인이 아닌 타 분야 전문가가 활동할 수 있도록 의료행위의 경계를 재검토하여야 한다.

마무리하며

살펴본 바와 같이 인공지능 시대가 다가오면서 많은 책임법제 쟁점이 발생하므로 이에 대한 국가 차원의 준비가 필요하다.

먼저 인공지능 시대의 책임법제 설계를 위한 범국가적 연구 체계를 수립하여야 한다. 새로운 기술로 인하여 불의의 피해를 입지 않을 것이라는 신뢰를 형성하여야 그 기술이 사회에 정착할 수 있다. 인간이 아닌 주체에 의해 손해가 발생하였다는 이유로 피해자의 손해 보상이 제한된다면 인공지능 연구개발 및 기술 확산이 저해되므로 인공지능 사고의 책임 분담 및 방법에 대한 연구 설계가 시급하다. 이를 위해서 인공지능으로 인해 발생 가능한 법률 쟁점을 발굴하고 그 대안 및 재설계 방안을 모색하는 연구를 국가적으로 추진하여야 한다. 법무·기술·정책·의료 등 다양한 전문가들이 참여하고 국민의 의견을 청취하고 반영하여 사회적 합의를 탄탄하게 이루어야 한다.

이 때 반드시 데이터 수집 및 알고리즘 단계에서의 준수사항 및 모니터링

51 소프트웨어가 하드웨어에 포함되어 판매되는 경우(임베디드 소프트웨어)에는 소프트웨어가 동산에 고정되기 때문에 제조물책임법상 제조물로 봄. 예를 들어 자율주행차의 경우 자율주행차 내에 자율주행 소프트웨어가 탑재되기 때문에 제조물책임법이 적용됨

체계를 마련하여야 할 것이다. 데이터를 학습하여 판단을 고도화하는 인공지능 알고리즘 특성상 데이터가 매우 중요한데, 데이터가 오염되어도 그 양이 방대하여 사후 감시가 곤란하다. 따라서 사전에 데이터 공정성·신뢰성 검증, 편견 제거 의무 등을 테스트할 수 있는 실험 체계 및 방법론을 연구하여야 한다. 또한 문제 발생 시 기업에게 알고리즘을 공개하도록 강요하는 것이 어렵기 때문에 기술 개발 의욕을 저해하지 않으면서도 인공지능 동작 방식에 의문을 제기하고 검증을 요청할 수 있는 모니터링 체계에 대한 연구가 필요하다.

이러한 선제적 대응이 신뢰와 사회적 합의에 기반한 인공지능 시장을 창출하고 기술 구현을 올바른 방향으로 이끌어 나갈 것이다. 우리나라는 주요국에 비해 관련 논의가 뒤떨어진 상태이므로 시급성 및 관련 기술의 상용화 정도 등을 고려하여 우선순위를 수립함으로써 연구 효율성을 높여야 한다. 예를 들어 인공지능 시대로 진입하는 과도기적 상황에서 변화의 충격을 완화시킬 수 있는 임시 보험 제도, 기금 제도, 제조물책임법상의 기준은 시급히 검토하고, 로봇세와 법인격 여부 등 장기적인 사회적 합의가 필요한 부분은 긴 호흡을 가지고 할 필요가 있다.

시급성에 따른 책임법제 쟁점 분류

우선 순위	쟁점
1	<ul style="list-style-type: none"> · 손해의 합리적 분담을 위한 제조물책임법 재판 · 자율주행차 보험 제도/피해 회복 기금 제도 등 수립 · 자동차손해배상보장법 개정
2	<ul style="list-style-type: none"> · 로봇 등록제 · 설명의무·주의의무 등 판단 기준 수립 · 알고리즘 투명성 확보 방안
3	<ul style="list-style-type: none"> · 인공지능에 대한 법인격 부여 여부 (인공지능의 형사 처벌 문제 등) · 인공지능의 공권력 행위 가능 여부 · 로봇세

이 과정에서 국제 규범 형성 논의에 적극적으로 참여하여 국제 표준에서의 입지를 확보하여야 한다. 책임 분배 기준은 사후 손해 보상뿐만 아니라 표준 등 기술 설계 과정에도 큰 영향을 끼친다. 국제적 책임법제 논의 흐름에 맞지 않는 기술은 고립될 것이다. 전략적인 책임법제 재편을 위하여 주요국의 책임법제 변화를 지속적으로 파악하여 표준 기술을 확보하고 주요 시장에서 운용 가능한 기술개발 추진 방향을 수립하여야 한다.

기술 발전 과정에서 등장하는 다양한 과제와 쟁점을 어떻게 풀어갈지에 대한 사회적 합의가 없다면 신기술이 일상에 스며드는 데 한계가 있을 수밖에 없다. 만약 이 한계를 넘어 널리 활용된다고 하더라도 사회적 준비가 되어 있지 않으면 그 부작용이 클 것이다. 이제는 기술뿐만 아니라 법도 인공지능 시대에 대비하여야 할 시점이다. 기술자, 연구자, 법률가 등 다양한 전문가들이 머리를 모아 인공지능 미래의 명암을 이해하고 이를 헤쳐나가기 위한 새로운 법체계를 모색하여야 할 것이다.

참고 문헌

- 곽현·전성태·박성혁·석왕헌 (2016), “인공지능(AI) 기술 및 정책 동향”, 『2016지식재산 이슈페이퍼』, 한국지식재산연구원.
- 권상로·한도울 (2013), “제조물책임법의 문제점과 개선방안에 관한 연구”, 『법학연구』, 제51호, 한국법학회.
- 권영준·이소은 (2016), “자율주행자동차 사고와 민사책임”, 『민사법학』, 제75호, 한국민사법학회.
- 김명수 (2017), “인간과 로봇의 공존시대 열리나”, 『Kakao AI Report』, vol.1, (주)카카오.
- 김윤명 (2016), 『인공지능과 리걸 프레임, 10가지 이슈』, 커뮤니케이션북스.
- 김의중 (2016), 『인공지능, 머신러닝, 딥러닝 입문』, 위키북스.
- 김현재 (2017), “아마존, 알렉사 덕에 3년 후에는 1조 원 추가 매출 가능”, 『연합뉴스』, 4월 14일.
- 문현웅 (2017), “TV 소리를 착각해 온라인 쇼핑한 인공지능 스피커”, 『조선일보』, 1월 19일.
- 박소영 (2017), “인공지능 혁신 토대 마련을 위한 책임법제 진단 및 정책 제언”, 『KISTEP 이슈위클리』, 2017-11, 한국과학기술기획평가원.
- 박지용 (2014), “의료사고 민사책임에 있어 계약법적 접근론에 대한 비판적 고찰”, 『서울법학』, 제21권 제3호, 서울시립대학교 법학연구소.
- 배현아 (2017), “보건의료법제 하에서 인공지능기술의 의료영역 도입의 의의와 법적문제”, 『법조』, 제66권 제4호, 법조협회.
- 서울대 법과경제연구센터 (2017), 『데이터 이코노미』, 한스미디어.
- 성균관대 SSK 워킹커뮤니케이션 연구단 (2017), 『2017년 위험이슈 인식 조사(3)-인공지능에 대한 신뢰 수준』.
- 손승우·김윤명 (2016), 『인공지능 기술 관련 국제적 논의와 법제 대응방안 연구』, 한국법제연구원.
- 식품의약품안전처 (2016), 『빅데이터 및 인공지능(AI) 기술이 적용된 의료기기 허가·심사 가이드라인(안)』.
- 엔디비아 (2016), 『인공지능과 머신러닝, 딥러닝의 차이점을 알아보자』 (http://blogs.nvidia.co.kr/2016/08/03/difference_ai_learning_machinelearning).
- 연합뉴스 (2016), “실리콘밸리 쇼핑몰 경비로봇이 16개월 아이 공격”, 7월 14일.

- 우창우, 김무용 (2016), “헬스케어에서의 인지기컴퓨팅과 AI시스템 활용 시장 현황 및 전망”, 『BioIndustry』, No. 209, 생명공학정책연구센터.
- 원동규, 이상필(2016), “인공지능과 4차 산업혁명의 함의”, 『Industrial Engineering Magazine』, 제23권(제2호), 대한산업공학회.
- 이기형 (2017), “영국의 자율주행자동차 보험제도의 주요 내용과 시사점”, 『Kiri 리포트』, 제415호, 보험연구원.
- 이원태 (2017), “4차 산업혁명과 지능정보사회의 규범 재정립”, 『KISDI Premium Report』, 2017-10, 정보통신정책연구원.
- 임석순 (2016), “형법상 인공지능의 책임귀속”, 『형사정책연구』, 제27권 제4호, 한국형사정책연구원.
- 장연화·백경희 (2017), “왓슨의 진단 조력에 대한 현행법상 형사책임에 관한 소고”, 『형사법의 신통향』, 제55호, 대검찰청.
- 조영임 (2012), 『인공지능 시스템』, 흥릉과학출판사.
- 최은창 (2016), “인공지능 시대의 법적·윤리적 쟁점”, 『Future Horizon』, 제28호, 과학기술정책연구원.
- 황중성·김선광·윤효운·김희정·김형준 (2016), 『지능사회 법제도 이슈 전망 : 2017』, 한국정보화진흥원.
- Adam Liptak (2017), “Sent to Prison by a Software Program’s Secret Algorithms”, 『The New York Times』, 5월 1일.
- BCG (2015), 『Revolution in the Driver’s Seat: The Road to Autonomous Vehicles』.
- European Commission (2014), 『Guidelines on Regulating Robotics』.
- European Parliament (2017), 『Draft Report with Recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics』.
- Frost&Sullivan (2015), 『Cognitive Computing and Artificial Intelligence Systems in Healthcare』.
- Global Market Insights (2016), 『Intelligent Virtual Assistant (IVA) Market Size』.
- IDC (2016), 『Worldwide Semiannual Cognitive/ Artificial Intelligence Systems Spending Guide from International Data Corporation』.

제5장

산업의 판도를 바꿀 ‘게임체인저’를 찾아라

혁신 성장과 미래 트렌드 2018 Plus 10

- 성장엔진이 식어가고 있다
- 왜 우리의 미래 먹거리는 보이지 않을까
 - 묘수가 필요하다
 - 누가 게임체인저를 만드는가
- 게임체인저형 성장동력을 만드는 방법

필자

한종민

과학기술미래비전, 국가 아젠다 발굴, TNT 2030 플랜, 지역 예측, 유망기술 발굴 등의 기술 기획 및 예측 업무를 주로 수행했으며 현재 기술예측센터에 근무 중이다. 근래에는 기술 기획 프로세스 및 방법론 등의 연구에 매진하고 있다.

홍슬기

국가전략기술로드맵 등 기술기획과 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 과학기술정책의 과학화 기반구축 사업 등 정책정보서비스 기획 업무를 수행하였으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 과학기술정책 기획을 위한 데이터 분석에 관심을 갖고 연구 중이다.

이 글은 「KISTEP 이슈위클리」 “게임체인저형 성장동력 육성 전략”을 바탕으로 작성되었습니다.

제5장

산업의 판도를 바꿀 ‘게임체인저’를 찾아라

“죽느냐, 사느냐”, 정부의 구조조정 방안을 기다리고 있는 조선소들은 하루하루 살얼음판을 걷고 있다. 조선산업은 한때 세계 1위의 수주량과 건조량으로 우리나라의 경제를 이끌었던 주력산업이었다. 하지만 지금은 구조조정으로 이미 많은 사람이 일자리를 잃었고, 분주한 조선소와 함께 활기가 넘치던 거제도과 같은 지역들은 활력을 잃은지 오래다.

조선산업뿐만 아니라 우리나라의 경제를 견인해왔던 많은 주력산업이 위기를 맞았다. 지속적인 투자와 노력에도 불구하고 선진국과의 격차는 좁혀질 듯 좁혀지지 않고 있으며 중국 등 후발 주자의 추격으로 인해 어려움이 더욱 가중되고 있다. 한국 경제에 새로운 활력이 되어줄 미래 먹거리는 어디에 있을까?

진퇴양난에 빠진 한국 경제에 비해 미국과 중국에서는 새롭게 세계 시장을 개척하고 산업의 판도를 바꾸는 기업들이 등장하고 있다. 이들은 남들과 다른 방식으로 시장을 지배하고 있던 기존 기업들의 법칙을 깨뜨리고, 무섭게 성장하며 각국의 경제를 이끌고 있다. 현재뿐만 아니라 불확실성이 높은

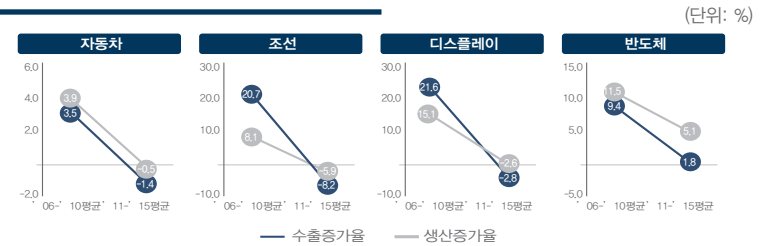
미래 경쟁 환경에서도 기존 성공방식을 벗어나 시장을 새롭게 정의하는 '게임체인저(Game changer)'가 변화를 선도할 것으로 예상하고 있다(김진성, 2010).

선진국과의 기술격차, 좁은 내수 시장 등의 한계를 극복하고 우리 경제를 새롭게 이끌어 갈 미래 먹거리를 발굴하는 방법 중에 하나는 이러한 기업을 발굴하고 육성하는 것이다. 익숙한 과거 방식으로는 산업의 판을 흔드는 게임체인저를 찾을 수 없다. 남들이 가지 않는 길을 가야만 하는 특성 상 그 가능성을 탐색하는 단계부터 개별 기업 수준에서 감당하기 어려운 큰 위험이 존재하기 때문이다. 물론 위험을 해결하고 결과를 도출하는 것은 기업의 역할이지만 남들보다 부족한 여건 속에서도 끊임없이 혁신하고 투자할 수 있는 환경을 제공하는 것은 정부의 역할이다. 민간의 투자를 유인하고 새로운 경제 패러다임을 촉진할 수 있도록 정부의 전략 모색이 필요한 시점이다.

성장엔진이 식어가고 있다

과거 국내 경제성장을 견인하던 주력산업이 활력을 잃어가고 있다. 산업 연구원에 따르면 2011년을 기점으로 12대 주력산업⁵²의 성장세가 모두 낮아지거나 감소하는 양상을 보이고 있다(조철 외, 2016). 특히, 유가 하락과 공급 과잉으로 어려움을 겪고 있는 철강, 조선, 석유화학 등 주력 수출업종은 구조조정이 불가피할 정도로 위기에 처해있다.

주요 주력산업별 생산 및 수출 증가율 변화 추이



[자료] 조철 외 (2016); 한중민 (2018)에서 재인용

주요 주력산업의 생산증가율, 수출증가율의 감소와 동시에 수익성 개선도 버거워 미래를 대비하기가 쉽지 않을 것으로 예상된다. 현재 자동차, 조선, 일반기계 산업 등 국내 제조업 분야의 영업이익률은 점점 감소해 2004년을 기점으로 OECD 회원국 평균보다 낮아졌으며 현재는 신흥국 평균에도 못 미치고 있다. 또한 매출액 대비 원가 비율은 2014년 기준 83%로 선진국의 약 67%, 신흥국의 약 78%에 비해 훨씬 높은 수준이다(신현환, 2015).

글로벌 금융위기와 브렉시트(Brexit) 등으로 심화된 시장의 둔화나 하락이 국내 기업의 생산량과 수출점유율 변화에 큰 요인으로 작용하고 있다. 지금 우리의 주력산업이 직면한 위기는 높은 해외 원자재 의존 비중과 더불어 급속한 성장을 통해 세계 시장에서 우리를 위협하는 도전자의 등장도 주요한 원인이 되고 있다.

각국의 비교우위 수출상품을 보여주는 2016년 Product space⁵³에 따르면 중국과 인도 등의 신흥국이 세계 시장에서 국내 기업들과 각축을 벌이는 것을 알 수 있다. 1997년부터 비교우위의 상품 수가 증가한 중국은 전기·전자, 조선, 석유화학, 철강 등의 업종에서 경쟁력을 갖춘 것으로 분석된다. 그

52 자동차, 조선, 일반기계, 방위산업, 철강, 석유화학, 섬유, 식품, 가전, 통신기기, 디스플레이, 반도체

53 각국의 수출 데이터와 네트워크 분석 기법을 토대로 전 세계 교역 상품 상호 간의 위치와 연관성을 도식화하여 제시. Product space 상에서 제품 간의 거리와 연결성 등을 분석하여 특정 국가의 산업 구조와 잠재적 성장성 등을 연구

리고 인도는 석유화학과 철강 분야에서 우리나라의 주력산업을 위협하고 있는 것으로 나타났다.

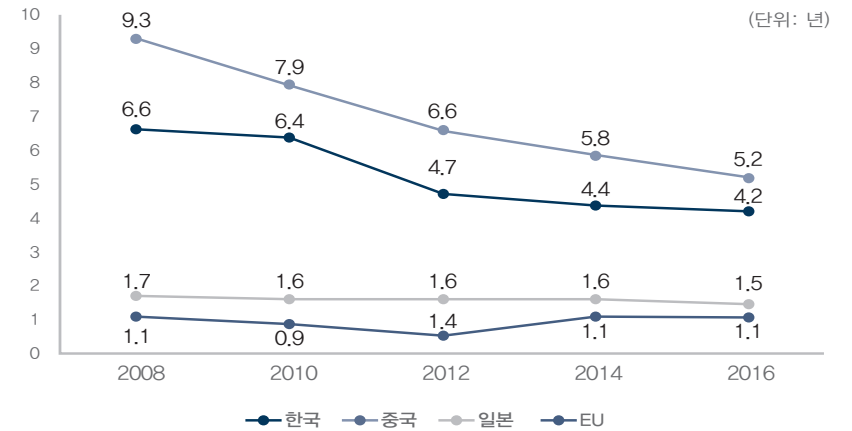
RCA를 이용한 중국, 한국, 인도의 비교우위 수출 상품 비교 (2016)⁵⁴



[자료] 한중민 (2018)

탄탄한 내수시장과 보호무역으로 무장한 중국은 우리가 선진국과 격차를 줄여나가는 속도보다 더 빠르게 우리를 추격해오고 있다. 공격적인 글로벌 기업과의 M&A와 해외 우수 인력의 영입을 통해 넓은 기술 간극을 단기간에 해결하고 있으며 정부의 적극적인 지원 등을 토대로 새로운 제품과 서비스를 규제에 얽매이지 않고 시장에 출시하고 있다.

미국과 주요국의 기술 격차 추이



[자료] KISTEP (2017); 한중민 (2018)에서 재인용

이러한 변화를 통해 그동안 우리가 우위를 보이던 분야에서 중국이 경쟁력을 확보하게 되었고, 인공지능, 드론 등의 첨단 분야에서 세계적인 기술 선도국으로 자리 잡게 되었다.

ICT 주요 기술의 한국, 중국 간의 기술 수준 격차

(단위 : %, [▲ 추월])

한국·중국 간 기술 수준 격차	기반SW·컴퓨팅	전파·위성	네트워크
2016	▲1.2	▲1.4	▲2.0
2015	3.4	1.1	1.7
추격 수준 (2016-2015)	4.6%p 추격	2.5%p 추격	3.7%p 추격

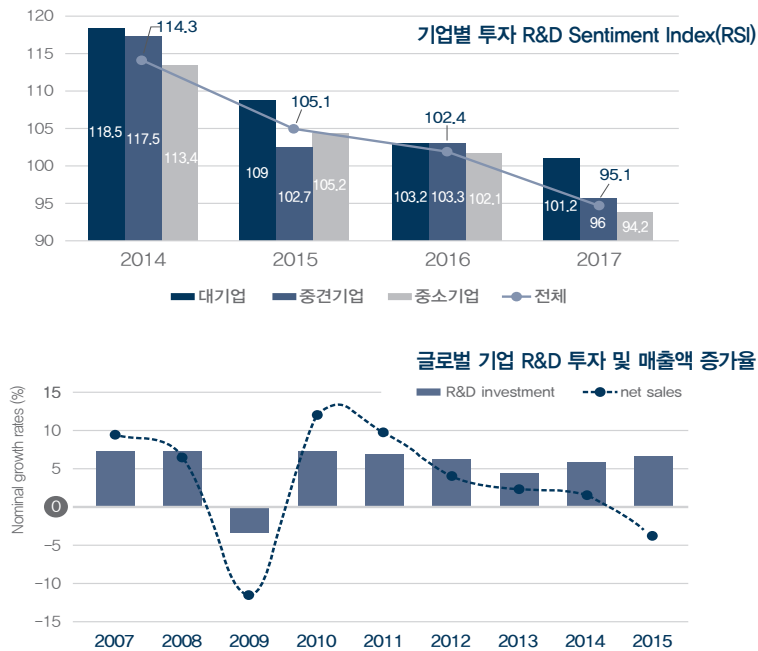
[자료] IITP (2017); 한중민 (2018)에서 재인용

안타깝게도 이러한 격차는 앞으로 더 벌어질 수 있을 것으로 예상된다.

54 The atlas of economic complexity(<http://atlas.cid.harvard.edu/>)의 Product space 분석을 활용하여 시각화

중국을 비롯한 글로벌 기업들은 세계적인 경기 불황 속에서도 R&D 투자를 지속적으로 강화하고 있다. 특히 최근 R&D 투자의 증가율은 매출액 증가율을 상회할 정도이다. 반면 대기업을 포함한 국내 기업의 R&D 투자 증가율은 지속적으로 감소하고 있다. 연구개발을 통해 창출된 지식과 기술이 기업의 성장에 중요한 요인이 되는 시대에 이러한 현상은 국내 기업의 미래 경쟁력을 더욱 악화시킬 것으로 보인다.

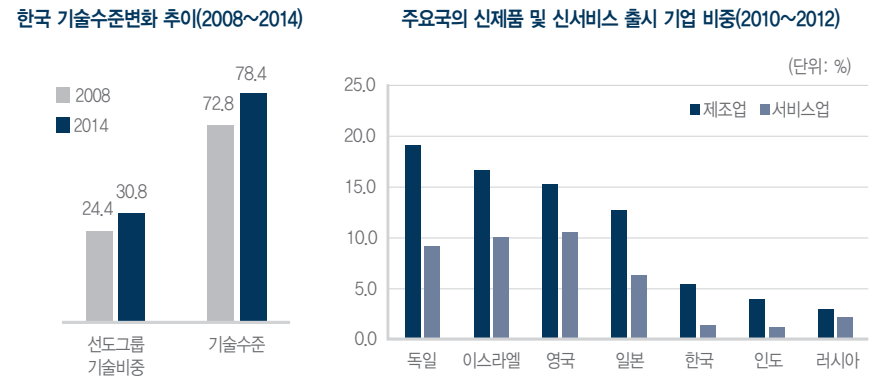
한국 및 글로벌 기업 R&D 투자 추이



[자료] 황석원 외 (2017), European Commission (2016); 한중민 (2018)에서 재인용

기업의 R&D 투자에 대한 관심은 줄고 있지만 더디게나마 기술 수준은 계속 향상되고 있다. 그러나 혁신의 성과가 신제품이나 서비스로 이어지지 못하는 상황이다. 특히, 국가전략기술의 수준이 향상되고, 우리나라가 보유한 기술 중 선도그룹에 속한 기술이 늘어나고 있지만 신제품과 신서비스 출시율은 제조업 5.4%, 서비스업 1.5%로 OECD 28개국 가운데 최하위를 기록하였다.

한국 기술 수준 변화 및 주요국 신제품·신서비스 출시 기업 비중



[자료] KISTEP (2009), KISTEP (2015); 한중민 (2018)에서 재인용; OECD (2015)

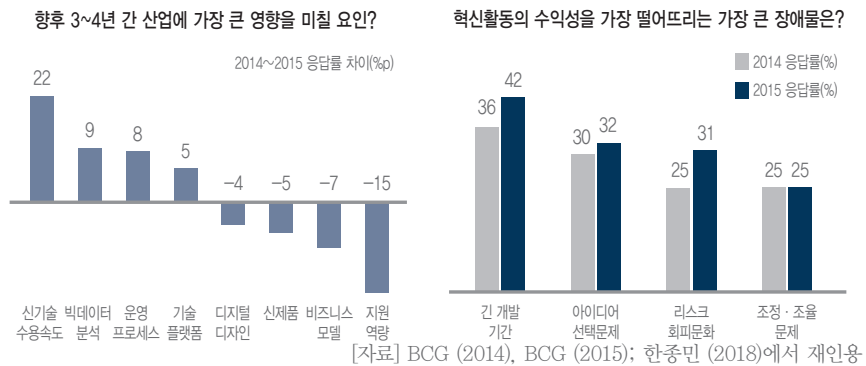
왜 우리의 미래 먹거리는 보이지 않을까

성장동력을 잃어가는 상황을 극복하기 위해서는 원인을 심층 분석하여 해결책을 찾아야 한다. 우리나라 기업들의 '빠른 추격자 전략'이 한계에 직면하고, 오픈 이노베이션이 강조되는 환경에서 협업에 익숙하지 않다는 점이

원인으로 지적되고 있다.

제품과 서비스의 수명이 점점 짧아지고, 경영 환경의 변화가 빨라지면서 혁신의 속도가 기업의 성패를 가르는 중요한 요소로 부각되고 있다. 이러한 환경 변화에 따라 기업들도 혁신과 수익 달성에 '기술 수용성'과 '개발 기간'을 과거에 비해 더 중요하게 인식하고 있다(보스턴컨설팅그룹, 2015). 디지털 기술이 기존 산업과 융합되면서 촉발된 기술 혁신으로 인해 속도 경쟁을 벌이는 분야가 점점 늘어나고 있으며 '사용자 확산의 속도'⁵⁶도 함께 빨라지면서 경영의 성패가 갈리는 시간이 짧아졌기 때문이다.

기업 혁신 활동에 중요한 요인들



기업이 살아남기 위해서는 꾸준히 새로운 지식을 받아들이고, 융합을 통한 새로운 시도를 해야 한다. 하지만 '빠른 추격자 전략'으로 새로운 지식을 흡수하던 국내 기업은 오히려 '기술 수용성'과 '기술 혁신성'이 낮아져 환경변

화에 빠르게 반응하지 못하는 상황이 되었다. 이는 세계경제포럼(WEF)과 스위스 국제경영개발대학원(IMD)의 조사결과에서도 드러난다. WEF 조사에 따르면 우리나라의 '신기술 흡수 적극성'은 2010년 9위에서 2017년 23위로 추락하였고, '기업 혁신역량' 순위도 2010년 18위에서 2017년 35위로 내려갔다. IMD의 '기업 혁신역량' 순위도 2010년 11위에서 2017년 34위로 큰 폭으로 떨어졌다. 느려진 외부환경 대응력뿐 아니라 R&D 투자 축소와 도전정신 약화로 인한 '핵심 기술 확보 미비', '신사업 기술 개발 부진' 또한 기업의 혁신동력이 약화된 원인으로 작용하였다. 전국경제인연합회가 조사한 바에 따르면 국내 기업이 당면한 가장 심각한 위기로 40.2%가 '신사업 개발 부진'을, 38.5%가 '핵심 기술 역량 미비'를 꼽았다(전국경제인연합회, 2016).

또한 개방과 협력을 통한 '오픈 이노베이션'이 강조되면서 이에 익숙하지 않은 국내 기업은 어려움을 겪고 있다. 지금과 같이 외부 수요와 환경이 빠르게 바뀌는 상황에서는 이에 대응할 수 있는 모든 기술과 자원을 기업 스스로 보유하기는 어렵다. 부족한 자원을 확보할 수 있는 '오픈 이노베이션'이 필요한 이유다. 특히, 독자적인 원천기술 개발은 시간이 오래 소요되고, 성공 여부가 불확실하기 때문에 기업 스스로 모든 것을 준비하기란 불가능에 가깝다. 이미 미국이나 유럽 등 선진 기업뿐 아니라 중국의 기업까지 오픈 이노베이션을 적극적으로 장려하여 위험 부담을 공유하고 혁신의 성과를 창출하고 있다.

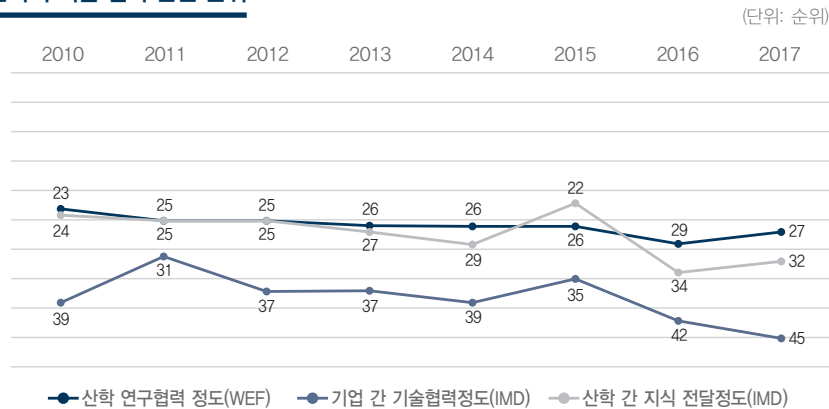
56 1억 명 사용자 확보하는 데 걸린 기간(최경운, 2016) : 페이스북(4년 6개월), 인스타그램(2년 4개월), 캔디크러쉬 게임(1년 3개월)

오픈 이노베이션 사례

기업	오픈 이노베이션 체계	주요 성과
P&G	· 외부 기업이나 개인, 대학연구소 등이 참여하는 'Connect + Develop' 프로그램 운영	· 주름개선 화장품 (올레이) · 사탕수수로 만든 포장재 (팬틴 내추럴 케어 샴푸) · 전기 없이 사용 가능한 방향제 (페브리즈 비치형)
샤오미	· 홈페이지나 SNS를 통해 사용자 반응을 받는 시스템 운영	· 매주 출시되는 새로운 운영체제(MIUI)

국내 기업들은 외부의 필요한 자원을 결합하여 새로운 제품을 개발하기 보다는 자체적으로 보유한 핵심 역량을 중심으로 신사업을 추진하는 경향이 강하다. WEF와 IMD 조사에 따르면, 우리나라의 '기업 간 기술 협력 강도'와 '산학 연구 협력 정도'는 20위권 밖으로 밀려나 있을 정도이다. 국내 기업에는 단기 성과주의로 인해 실패를 두려워하는 문화와 내부 기술 유출에 대한 지나친 우려로 폐쇄적인 문화가 자리 잡고 있다. 국내 기업에서 오픈 이노베이션이 활발하게 일어나지 못하고 있는 것이다.

한국의 기술 협력 관련 순위

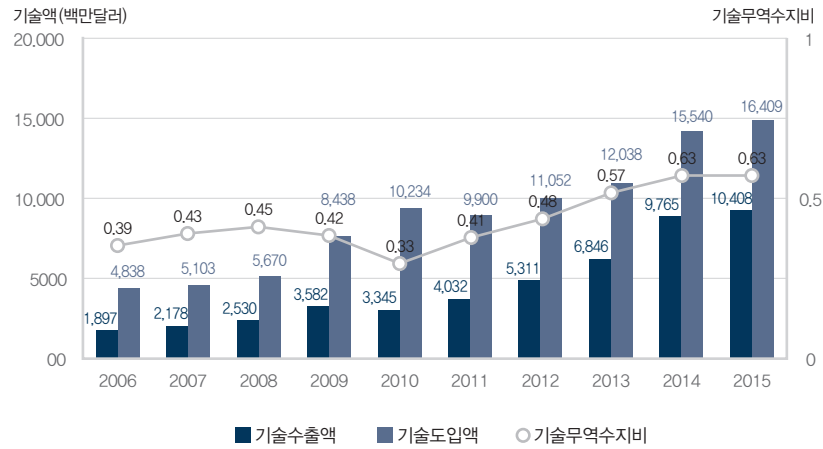


[자료] WEF (2017), IMD (2017); 한중민 (2018)에서 재인용

우리가 미래의 성장동력을 잃어가는 원인은 비단 기업의 문제에만 있는 것은 아니다. 산업계와의 소통이 부족한 정부의 정책수립도 원인으로 지적되고 있다. 정부는 기존의 주력산업만으로 미래를 선도하는 국가로 도약하기 어렵다는 인식을 갖고 있다. 새로운 산업의 부상을 기대하며 다양한 지원 정책과 기반 구축, 선제적인 제도 개선을 위해 노력하고 있지만 성과는 미흡한 실정이다. 실제 정부의 노력만큼 기업이 새로운 산업으로 진입하는 경우가 드물고, 민간 부문의 후속 투자가 기대만큼 이루어지지 않는 상황이 되풀이되고 있는 것이다. 즉, 정부는 노력을 지속하고 있으나 신산업에 대한 전략적인 투자가 부족하고, 산업생태계 관점에서 융합과 연계에 대한 고려가 부족한 것으로 평가되고 있다(장석인 외, 2014).

정부의 정책이 큰 성과를 내지 못하고 있는 가운데 성장동력 분야의 공공 기술개발 성과 역시 산업계의 이전이 활발하지 못하다. 기업은 사업화 대상 기술이나 지식재산권을 확보하는데 정부 R&D의 도움을 크게 받지 못하고, 자체적으로 해결하고 있다(장석인 외, 2014). 이로 인해 기술무역 수입액도 점차 늘어나고 있는 추세이다. 정부 R&D가 시장의 기술 수요를 적극적으로 반영하지 못하는 구조에서 기업들이 필요한 기술을 해외 기술 도입으로 해소하고 있는 것으로 보인다.

한국의 기술 무역 현황



[자료] 미래창조과학부 (2016)

이러한 상황에서 시장의 수요가 정부 R&D에 좀 더 적극적으로 반영되어야 하지만 공급자 중심의 R&D 구조는 개선되지 않고 있다. 성장동력과 관련한 정책과 사업을 추진할 때마다 민간의 의견을 최대한 수렴한다고 하지만 실효성에는 이견이 있다(이태규, 2015). 부처 간, 업종 간의 칸막이로 인해 R&D 투자가 특정 분야에 집중되고, 사업 참여 절차도 매우 복잡해서 이를 잘 아는 대학, 출연(연), 학회, 협회 등을 중심으로 '그들만의 리그'가 형성된 것도 정책이 효과를 발휘하지 못하는 이유다.

모수가 필요하다

우리의 미래 먹거리를 찾기 위한 새로운 전략을 찾아야 한다. 우선 세계

시장이 어떻게 변하고 있고, 어떻게 성장의 한계를 극복하고 있는지 살펴볼 필요가 있다.

■ 넘버원(Number one)이 아닌 온리원(Only one) 시대

디지털화(digitalization)로 인해 그동안 진리로 믿어왔던 '수확체감(diminishing returns)' 법칙이 무너지고, '수확체증(increasing returns)' 현상이 확산되고 있다. 즉, 과거에는 어떤 산업이든지 일정 수준에 도달하면 생산량이 더디게 증가하는 것이 당연했지만, 이제는 생산량이 계속 기하급수적으로 증가하는 새로운 현상이 확산되고 있는 것이다.

수확체감·수확체증 비교

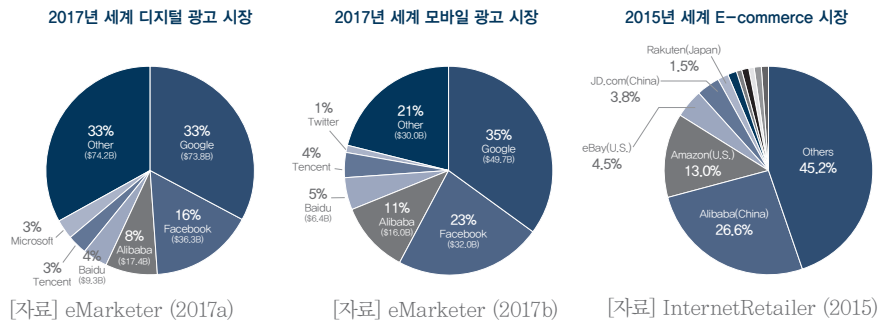
비교	수확체감	수확체증
제품 유형	물리적 자원 기반	정보/네트워크 기반
경쟁 구도	시장 내 경쟁	시장 창출
경쟁 환경	예측 가능/균형	불확실/불안정
경쟁 방법	벤치마킹/최적화	러닝/적응

[자료] 노상규 (2015)

수확체증 현상이 발생하는 이유는 전통 산업에 ICT를 활용한 지식 서비스가 활발하게 접목되면서 새로운 지식이 생겨나고, 공유되고 있기 때문이다. 전화나 인터넷처럼 제품을 소비하는 사용자가 늘어날수록 소비에 따른 효용이 기하급수적으로 늘어나는 '네트워크 효과'가 전 산업으로 확산되는 것도 주요 원인이다. 그리고 수확체증 현상으로 주도권을 잡은 기업이 누리

는 장점이 더욱 커지면서 성공한 기업은 더욱 성장하고, 손실을 입은 기업은 상황이 더 악화되는 '승자독식 현상'이 발생하고 있다. 구글(검색·온라인 광고), 페이스북(소셜미디어·온라인 광고), 아마존이나 알리바바(전자상거래) 등 디지털 혁신 기술을 바탕으로 시장을 독과점하는 기업이 승자독식 현상을 주도하는 대표적인 사례이다.

광고 및 전자상거래 분야 기업별 점유율



빠른 추격자보다는 혁신적 도전자

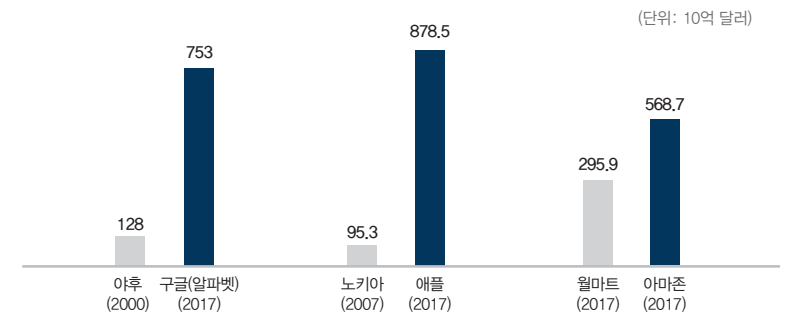
수확체감 법칙이 통용되던 과거에는 '빠른 추격자' 전략이 매우 효과적이었지만 승자독식 환경에서는 한계가 있다. 시장에 먼저 진입한 기업이 이미 브랜드에 대한 인지도와 평판을 바탕으로 소비자를 확보하고, 수확체증 효과를 누리게 되어 경쟁에 유리한 위치를 선점하기 때문이다(강효석 외, 2012). 특히, '소비자 고착 효과(Lock-in effect)⁵⁷'로 인해 새로운 기술과 서비스가 나와도

57 기존에 쓰고 있던 제품이 더 편리하다는 심리 또는 새로운 대안을 선택하는 경우 감수해야 하는 비용 등으로 다른 상품이나 서비스로 수요 이전이 어렵게 되는 현상

기준에 사용하던 제품을 선호하는 충성고객이 많아지고 있다. 그리고 벤치마킹을 통해 짧은 시간에 기능을 모방하고, 생산을 효율화할 수는 있지만 경쟁사가 이미 고객과 만들어 놓은 가치 기반의 네트워크는 단기간에 복제가 불가능하다. 때문에 후발주자가 시장에서 성공하기는 더욱 어려워졌다.

하지만 최근 기존 법칙과 다른 방식으로 접근하여 새로운 분야를 만들어 나가는 '게임체인저(Game changer)' 기업이 속속 나타나고 있다. 후발주자의 불리함을 극복하고, 시장을 선도하고 있던 기업을 앞지르는 사례가 등장하기 시작했다. 대표적으로는 야후보다 검색 서비스 시장에서 야후보다 후발주자였던 구글, 노키아보다 스마트폰 사업에 늦게 뛰어든 애플, 유통업계에서 월마트보다 후발주자였던 아마존이 있다. 이들은 혁신 기술 기반의 제품과 비즈니스 모델을 통해 산업의 새로운 판을 만들었고, 결국 시장을 선도하는 기업으로 성장하였다. '룰 메이커(Rule maker)⁵⁸'가 만들어놓은 규칙의 단점을 활용하여 새로운 가치를 창출하는 '룰 브레이커(Rule breaker)' 전략으로 폭발적인 성장을 이룰 수 있었던 것이다.

분야별 선·후발 기업의 최대 시가 총액(Market Capitalization) 비교



[자료] Bloomberg (2001), Macrotrends (2017); 한중민 (2018)에서 재인용

58 세계 최고 경영 전략가 중 한 사람인 그레이 하멜(Gray Hamel)은 기업을 '룰 메이커(Rule maker)', '룰 테이커(Rule taker)', '룰 브레이커(Rule breaker)'로 분류(Hamel, 1996)

■ 세계를 선도하는 게임체인저들

그동안 국내 기업들은 '빠른 추격자' 전략으로 시장에서 살아남았지만 이제는 '혁신적 도전자'가 되어야 할 때이다. '혁신형 도전자' 즉, 후발주자였으나 산업의 판도를 바꿔 세계를 선도하고 있는 '게임체인저'들에 대해 자세히 살펴보고, 우리의 전략을 모색해야 한다.

온라인·모바일 검색과 광고 시장에서 독보적인 위치를 차지하고 있는 구글은 대표적인 게임체인저라고 할 수 있다. 구글은 독자적인 검색엔진을 통해 '세상의 모든 물음에 답을 줄 수 있는 기업'으로 성장하였다. 'PageRank 알고리즘'⁵⁹을 적용한 구글의 검색엔진은 정보의 홍수 속에서 엄청난 속도로 사용자가 원하는 페이지를 찾아주는 기능을 제공한다. 지금은 당연한 결과이지만 과거 사용자가 관심이 있는 정보보다 '쓰레기 정보'가 더 많이 검색되던 시절에는 획기적인 서비스였다. 그리고 사용자가 입력한 검색어에 따라 맞춤형 광고를 제공하는 텍스트 광고인 '애드워즈(AdWords)'와 '애드센스(AdSense)'를 통해 온라인 광고시장도 선점하였다. 기존 온라인 광고를 선점하고 있던 야후의 배너 광고는 불특정다수에게 광고를 제공하며 비용 대비 효과가 떨어진다는 사용자들의 불만을 듣고 있었다. 이에 구글은 혁신적인 기술을 통해 타겟 계층에게 광고를 합리적으로 제공하는 서비스를 개발하여 기존 시장의 판을 뒤집었다.

1994년, 인터넷 서점으로 시작했지만 현재 중국을 제외한 전 세계 전자상거래 시장을 선점하고 있는 아마존도 게임체인저형 혁신 사례 중 하나다.

아마존은 낮은 이익, 저렴한 서비스, 문어발식 확장 등으로 기존 기업의 성공 법칙을 깨뜨리며 성장하고 있다. 기술혁신을 통해 온·오프라인과 정보기술(IT) 물류 등을 아우르는 서비스를 저렴하게 제공하기 때문이다. 물류창고를 운영하는 로봇 시스템인 '키바(Kiva)'를 도입하고, 다양한 유통 채널⁶⁰을 활용하여 배송 시간을 획기적으로 단축하였고 물류비용 절감 뿐 아니라 서비스의 질도 향상시켰다. 단순히 저렴한 서비스를 제공하는 것이 아니라 제품 주문과정의 혁명적인 변화를 선도하고 있다. '대시(Dash)'버튼과 인공지능 스피커인 '에코(Echo)'를 통해 물품의 주문 방법을 더욱 편리하고 직관적으로 구현하였다. 대시 버튼을 누르는 것으로 주문과 결제가 한번에 완료되고, 에코는 목소리만으로 모든 주문과정을 해결할 수 있게 도와준다. 특히, 에코에는 새로운 서비스가 지속적으로 탑재되어 단순히 주문할 때만 이용하는 도구가 아니라 IoT 허브이자 차세대 플랫폼으로 거듭나고 있다.

혁신 기업의 대표주자인 애플의 사례도 살펴볼 필요가 있다. 애플은 경영자의 명확한 목표 설정과 탁월한 설계 능력을 바탕으로 '스마트 모바일 디바이스' 시장을 창출하고 선점하였다. 특히, '아이팟(iPod)'과 '아이폰(iPhone)'을 통해 시장의 새로운 패러다임을 창조하였다. 아이팟은 MP3 플레이어에 온라인 음악 판매 서비스인 '아이튠즈(iTunes)'를 덧붙여 기존 음악 산업의 구조를 파괴하였다. MP3 플레이어는 한국의 벤처기업이 처음으로 개발하였지만 음원이 디지털화되어 온라인 상으로 유통되기 시작한 음악 산업의 중요한 변화를 주도하지는 못했다. 아이폰의 경우에도 '앱스토어(App store)'를 세상에 내놓으면서 한동안 미진했던 스마트폰의 폭발적인 성장을 주도하였다. 하드

59 특정 문서를 인용하는 다른 문서가 얼마나 많이 있느냐를 기준으로 웹페이지의 등수를 매기고 미리 정렬하는 방식

60 FBA(Fulfillment by Amazon), 아마존 플렉스(Amazon Flex), 아마존 트레저 트럭(Amazon Treasure Truck), 아마존 고(Amazon Go)

웨어 중심이었던 IT 산업을 소프트웨어 중심으로, 온라인 중심이었던 콘텐츠를 모바일 중심으로 이동하는 계기도 만들었다. 또한 앱스토어를 통해 소프트웨어 생산자와 소비자의 상호 이익을 보장하는 체계를 마련하고, 보다 사용자 친화적인 플랫폼을 제공하여 콘텐츠 소비 시장의 패러다임 자체를 변화시켰다.

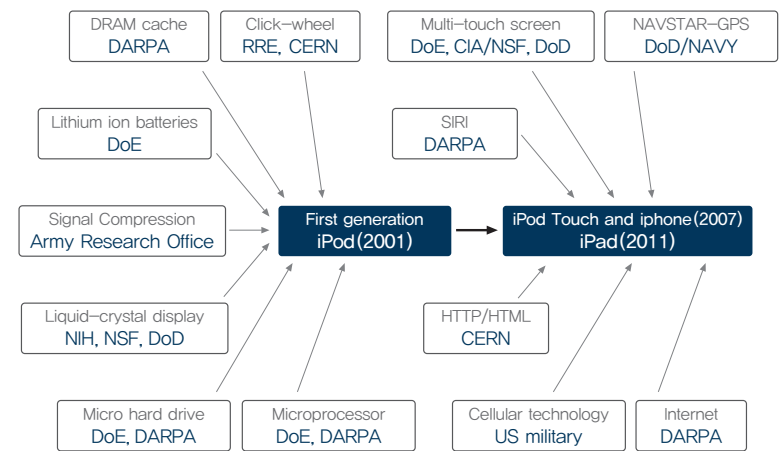
누가 게임체인저를 만드는가

이렇듯 게임체인저를 만드는 것은 결국 기업들의 끊임없는 노력이다. 구글과 아마존, 애플의 사례도 피나는 노력의 결과물이라고 할 수 있다. 구글은 철저하게 고객 중심으로 기업의 가치를 두고, 끊임없이 혁신적인 시도를 추구하였다. 단기적인 수익 창출을 위한 제품, 서비스 개발보다 사용자의 갈망을 해결하는 방향으로 나아간 것이다. 아마존도 손쉬운 주문과정과 낮은 가격, 제품군 확대, 빠른 배송에 대한 투자를 아끼지 않았고, 결국 소비자의 편익을 극대화하면서 지속적인 성장세를 이어갔다. 애플 역시 위험 부담을 감수하고 혁신적인 아이디어를 제품화했고, 결국 '창조적 파괴'가 수익으로 이어질 수 있었다. 이러한 게임체인저들이 탄생하기까지는 이러한 기업의 노력과 함께 잘 알려지지 않은 국가의 지원도 중요한 역할을 했다.

대표적으로 미 연방정부는 애플, 구글 등이 세계를 선도하는 게임체인저로 성장하는 데 큰 역할을 했다. 애플이 탄생시킨 혁신적인 제품들의 주요 핵심기능은 과거 미 연방정부에서 선제적으로 개발한 기술이 바탕이 되었다. 특히, 아이팟과 아이폰, 아이패드의 핵심 기능들은 과거 미 국방부를 비

롯한 다양한 국가기관에서 추진했던 연구의 결과물이었다(Mazzucato, 2013). 예를 들면, 아이팟과 아이폰의 혁신을 이끈 대표 기술인 터치스크린도 국가에서 지원한 기초·응용 연구의 성과였다. 오늘날 애플 iOS 제품의 터치스크린 기술의 핵심은 국립과학재단과 미 중앙정보국의 지원을 받던 교수와 대학원생이 개발한 멀티터치 스크롤링과 제스처 인식 시스템을 기반으로 한다. 즉, 정부의 자금이 수십억 달러 가치의 휴대용 저장장치 산업에 혁신을 일으킨 것이다(Mazzucato, 2013). 사용자의 니즈를 정확하게 파악한 애플은 연방정부가 지원한 R&D의 성과를 활용해서 시장의 패러다임을 바꾸고, 시장을 선점하게 되었다.

애플 혁명에서 국가의 역할



[자료] Mazzucato (2013)

애플 이외에도 구글을 비롯한 많은 기업들은 과거 정부가 주도한 다양한 연구 개발의 성과를 토대로 새로운 제품과 서비스를 개발하였다. 특히, 미국

의 방위고등연구계획국(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)의 연구 성과는 많은 게임체인저들이 탄생하는 데 기여했다. 구글의 구글맵과 마이크로소프트의 윈도우 운영체제, 구글·애플·우버가 개발하고 있는 자율주행 자동차, GE의 디지털 X-ray 등이 DARPA의 연구 성과를 활용해 관련 산업을 주도하고 있다.

이와 같이 미 연방정부가 게임체인저를 육성하는 데 숨은 영웅이 될 수 있었던 것은 산업정책이 기업의 투자 불확실성을 완화하는 데 초점이 맞춰져 있기 때문이다. 미 연방정부는 첨단 부문에 초점을 맞추어 R&D를 지원하되, 개발과 성과에 명확한 가이드라인을 제시한다. 그러므로 기업은 직접 기술 혁신에 투자하면서 감수해야 할 부담을 줄일 수 있었다. 이처럼 국가, 정부 기관을 통한 전략적인 R&D 투자와 정부 조달은 산업 성장에 중요한 역할을 수행한다(최성호, 2016). 미국에서는 DARPA 외에도 국방부, 연방우주항공국(NASA), 국가과학재단(NSF), 국가표준기술원(NIST), 국립보건연구원(NIH) 등이 기술 개발과 조달을 통해 기업의 기술혁신에 이바지하고 있다.

게임체인저형 성장동력을 만드는 방법

우리나라의 주력산업이 위기에 직면한 이 시점에서 국내 기업도 산업의 판도를 바꾸는 게임체인저가 되어 새로운 먹거리를 찾아야 한다. 하지만 생존 경쟁과 미래에 대한 불확실성으로 스스로 게임체인저가 되기에는 위험 부담이 큰 상황이다. 개별 기업이 독자적으로 감당하기 어렵고, 위험성이 큰 기술을 확보하기 위해 우리 정부도 나서야 한다. 정부는 미래수요를 바탕

으로 기술과 상품의 변화를 예측하여 위험성은 높지만 파괴적인 혁신이 예상되는 분야의 R&D에 적극적으로 투자하고, 초기 시장을 형성할 수 있도록 지원해야 한다. 즉, 아이디어 발굴에서 사업화나 상업화 단계까지 정부 R&D를 통해 게임체인저형 성장동력을 육성하기 위한 구체적인 방안의 마련이 절실하다.

수요를 고려한 문제 발굴

먼저 정부 R&D를 통해 해결해야 하는 문제를 정의하고, 발굴할 수 있는 국가 차원의 역량을 키워야 한다. 이를 위해서는 미래수요와 시장수요, 기술 트렌드에 대해 상시적으로 정보를 수집하는 체계가 있어야 한다. 즉, 시장과 산업, 미래 수요를 반영한 문제를 발굴하는 체계를 마련해야 하는 것이다.

기존의 추격형 성장전략을 탈피하려면 미래를 정확히 내다보고, 정책을 결정하기 위해 필요한 정보를 확보해야 한다. 미래 이슈에 대한 탐색과 분석을 상시적으로 수행하고, 이를 정부와 기업을 비롯한 정책의 이해관계자 또는 대중과 공유해야 한다. 이를 위해 HSC(Horizon Scanning Center)⁶¹와 같은 미래 이슈 분석을 위한 전문 조직을 신설하는 방안도 생각해 볼 수 있다.

그리고 수요지향형의 도전적인 연구 과제를 발굴하기 위해 상시적으로 민간의 의견을 듣고, 정보를 공유해야 한다. IBM의 이노베이션 잼(Innovation JAM)⁶²과 같은 크라우드소싱(Crowd sourcing) 프로그램을 정부의 R&D 기획과

61 정책 아젠다 발굴, 국가전략기획 등을 위한 도구로 활용될 수 있는 미래 이슈를 모니터링·분석·평가 하는 조직으로, 싱가포르, 영국에서는 정부 내 기구로 운영 중

62 사업 아이디어 발굴, 사회적 이슈 해결 방안 모색, 비즈니스 컨설팅 활용 등을 목적으로 IBM 임직원 및 그들의 가족, 다양한 분야의 전문가, 고객, 비즈니스 파트너 등이 참여하는 온라인 토론 프로그램

정에도 도입하여 다양한 관계자들이 특정 주제에 대해 의견을 나눌 수 있는 장을 마련하는 것도 시도해볼 수 있다. 국내 기업의 정서를 고려하여 꼭 '해야만 되는' 도전적인 목표를 정부와 함께 발굴할 수 있는 체계를 구축하는 것도 좋은 방안이 될 수 있다.

기술 분야별로 산업 생태계에 대한 최신의 동향정보와 지식을 갖춘 '가칭) Techno-scout'을 양성하는 것도 하나의 방법이다. 기술 분야별, 사회 이슈별로 기업뿐 아니라 국내외 대학, 연구기관, 벤처 등이 참여하는 오픈 네트워크를 구축하여 'Techno-scout'을 양성할 수 있을 것이다. 'Techno-scout'을 통해 기술과 산업을 아우르는 정보를 수집하고 도전적인 과제의 기획이나 선정평가, 연구책임자로서 역할을 부여하는 체계를 함께 갖춰야 한다.

■ 시행착오에서 배우는 도전적 과제 추진

정부는 융·복합을 통한 혁신과정에서 기업이 부담해야 하는 위험을 줄여 주고, 연구성과뿐만 아니라 실패의 경험도 공유될 수 있도록 노력해야 한다. 이러한 노력의 일환으로 정부에서 도전적인 과제를 적극적으로 추진하여 기업이 다양한 시도 속에서 혁신 역량을 축적할 수 있도록 지원하는 것이 중요하다.

이렇듯 '시행착오형'의 도전적 과제를 신설하고, 추진하기 위해서는 먼저 어떤 방식으로 어떤 목적을 가지고 과제를 추진할지 깊이 고민해볼 필요가 있다. 기존의 연구체제를 대체하는 것이 아닌 추진되고 있던 고위험·고수익 연구를 보완하는 형태로 '시행착오형'의 도전적 과제를 추진해야 한다. 즉,

이 과제는 기존의 연구를 보완하지만 성장동력을 창출하기 위해 필요한 구체적인 제품이나 서비스를 개발하는 것에 집중하는 형태가 될 수 있다. 구체적으로는 문제 해결에 필요한 제품, 서비스의 기능과 성능을 Top-down 방식으로 제시하고, 이를 해결하는 연구 아이디어는 Bottom-up 전략을 취하는 것이다. 이는 혁신과 경제성장을 이끄는 게임체인저를 양성하는 데 기여한 DARPA의 방식이다.

그리고 시행착오형 도전적 과제는 기초연구와는 달리 빠른 시간⁶³에 문제 해결에 필요한 새로운 능력을 확보하는 것을 목적으로 해야 한다. 이를 위해서는 안정적으로 연구에 몰입할 수 있는 환경을 조성하고, 지속적으로 성과를 창출하기 위해 필요한 예산을 확보하는 방안도 함께 필요하다. 도전형 과제를 지속적으로 추진하기 위해 예측 가능하고, 일정한 국가 예산이 필요한 것이다. 미국 DARPA의 경우에는 도전형 과제를 지원하기 위해 연평균 30억 달러의 예산을 확보하고 있다. 또한 이러한 과제는 소규모의 장기 투자보다 짧은 기간에 집중적으로 투자하여 연구 성과를 창출하는 지원 방식이 더 적합하다. 이 역시 DARPA의 사례를 참고할 수 있다. DARPA는 과제 당 1천만 달러에서 4천만 달러까지 집중적인 지원을 하고 있다. 이러한 재정 지원은 연구책임자의 관리하에 자율적으로 집행할 수 있도록 Grant 방식으로 지원하는 것이 적합하다(송치용 외, 2013).

실패와 성공의 경험을 통한 지식이 축적되고, 공유될 수 있도록 과제의 특성을 반영한 평가방법을 도입하는 것도 중요하다. 혁신적인 시도를 중심으로 하는 과제의 특성상 기술적인 불확실성이 높기 때문에 기술이전과 사업화 실

63 '린 스타트업(Lean Startup)'처럼 제품에 대한 아이디어를 구체화하여 빠르게 프로토타입을 만들고, 프로토타입에 대한 반응을 토대로 과제의 방향성 및 계속 수행 여부 결정

적 등 직접적인 목표달성을 위주로 평가하는 방식을 탈피해야 한다. '와해성 혁신에 부합하는지' 또는 '개발 가능성이 변화하였는지' 등이 평가기준이 되어야 한다. 또한 실패를 허투루 넘기지 않고, 이에 대한 지식을 축적할 수 있도록 연구수행 중에 발생한 경험치를 공유할 수 있는 체계도 함께 필요하다.

■ 안정적인 시장 진입을 위한 지원

마지막으로는 새로운 기술이 '다윈의 바다(Darwinian sea)⁶⁴'를 넘어 시장에 안착할 수 있도록 정부의 지원이 필요하다. 정부는 시장의 불확실성으로 인한 위험을 줄일 수 있는 다양한 지원 방안을 마련해야 한다.

특히, 기업이 불확실한 시장을 바라보고 바로 R&D에 뛰어들기는 어려우므로 공공조달을 활용하여 새로운 시장에 도전할 수 있도록 지원해야 한다. 이러한 관점에서 정부는 연구 발주 이전 단계에서 혁신적인 기술을 제안받아 계약자를 선정하는 '공공혁신조달' 시스템을 도입한 바가 있다. 하지만 현재 참여 대상이 중소, 벤처기업으로 한정되어 있다. 혹독한 세계 시장에서 생존할 수 있는 기업이 탄생하기 위해서는 시장보호정책도 중요하지만 다양한 주체가 신기술의 개발과 실증 단계를 지원받을 수 있도록 참여 대상의 확대가 필요하다.

기업이 시장에 진입하기 위해 감수하는 위험뿐만 아니라 창업 시 직면하는 위험도 정부가 함께 공유하고, 경감시키기 위한 노력이 필요하다. 또한 도전형 과제가 기술 개발에서 끝나지 않고, 시제품 제작, 인증, 시험 분석 등

창업 전 단계의 과정을 거칠 수 있도록 지원하는 것이 필요하다. 이러한 사업화 과정을 지원하는 하드웨어 인프라를 구축하거나 창업 인력에게 도움이 되는 회계, 세무, 마케팅, 무역 등의 교육을 확대하는 방안도 고려해볼 수 있다. 무엇보다 중요한 것은 고급 인력들이 창업에 도전할 수 있도록 실패의 경제적인 부담을 덜어주고, 도전을 선호하는 환경을 제공해 주어야 한다. 실패해도 제기할 수 있는 환경이 되도록 창업 인력에 대한 주거, 보육, 의료 등 기본적인 생계에 대한 지원도 필요하다.

64 기업이 새로운 기술을 사업화할 수 있는 형태로 변환한 후, 시장 진입과 성장 단계에서 사업화 전략이나 마케팅 전문성 부족으로 한계에 도달하는 상황(손수정, 2015).

참고 문헌

- 강효석·송재용·이근 (2012), "경로개척형 추격 전략을 가능케 하는 조건에 관한 연구 : 렌즈교착식 카메라 산업에서의 후발기업의 사례", 「전략경영연구」, 제15권(제3호).
- 김영민·송지영 (2013), "시장을 선도하는 R&D", 「LGERI 리포트」, 2013년 1월호, LG경제연구원.
- 김진성 (2010), "그리스 비극(悲劇)에서 배우는 경영의 지혜", 「SERI 경영노트」, 2010년 12월호, 삼성경제연구소.
- 노상규 (2015), 「네트워크 세상의 경쟁, 수확체증, 승자독식: 디지털 세상에는 0과 1만 존재한다」, 오가닉미디어랩. (<https://organicmedialab.com/2015/08/16/competition-in-network-business/>)
- 손수정 (2015), "기술사업화: 갭(Gap)의 인식과 브릿지(Bridge)의 설계", 「STEPI Insight」, vol.178, 과학기술정책연구원.
- 송치웅·홍성범·장용석·김기국·서정화 (2013), 「창의적인 연구개발을 위한 K-ARPA 시스템 구축 방안」, 과학기술정책연구원.
- 신현한 (2015), 「국내기업, 글로벌 경쟁력의 위기」, 「위기의 기업경쟁력, 실상과 극복방안」, 세미나, 한국경제연구원.
- 안중기 (2016), 「R&D 투자의 국제비교와 시사점」, 「VIP 리포트」, 633호, 현대경제연구원.
- 이태규 (2015), 「성장동력정책의 현황과 정책적 시사점」, 한국경제연구원.
- 장석인·정은미·박승록 (2014), 「한국의 성장동력정책 평가와 향후발전과제」, 산업연구원.
- 전경련 (2016), 「우리 경제 현주소 평가 및 대책」, 설문 결과, 전국경제인연합회.
- 조철·서동혁·장석인·정만태·정은미·김경유·김종기·박상수·이경숙·이임자·이준·장원준·홍성인·남장근·주대영·김양평 (2016), 「한국 주력산업의 미래비전과 발전전략」, 산업연구원.
- 최경운 (2016), "기업 R&D에 가속도가 붙고 있다", 「LGERI 리포트」, 2016년 8월호, LG경제연구원.
- 최성호 (2017), "기업가형 국가의 주요국 사례와 경제·산업 정책의 과제", 「IT 이슈페이퍼」, 2017-02, 한국무역협회 국제무역연구원.
- 최종화 (2014), "기술혁신형 중소기업 제품의 혁신지향적 공공구매 방안", 「STEPT Insight」, vol.143, 과학기술정책연구원.
- 한종민 (2018), "게임체인저형 성장동력 육성 전략", 「KISTEP Issue Weekly」, 2018-04, 한국과학기술기획평가원.

- 황석원·정기철·김지훈 (2017), "2017 민간 R&D 투자 전망 : 전망은 밝지 않으나 R&D 투자 의지는 살아있다", 「STEPT Insight」, vol.209, 과학기술정책연구원.
- Bloomberg (2001), "Inside Yahoo!", 「Bloomberg Businessweek」, 2001.05.21. (<https://www.bloomberg.com/news/articles/2001-05-20/inside-yahoo>)
- eMarketer (2017a), "Net Digital Ad Revenue Share Worldwide, by Company, 2016-2019(% of total and billions)", 「eMarketer Chart」, 2017.03.14. (<https://www.emarketer.com/Chart/Net-Digital-Ad-Revenue-Share-Worldwide-by-Company-2016-2019-of-total-billions/205364>)
- eMarketer (2017b), "Net Mobile Ad Revenue Share Worldwide, by Company, 2016-2019(% of total and billions)", 「eMarketer Chart」, 2017.03.14. (<https://www.emarketer.com/Chart/Net-Mobile-Ad-Revenue-Share-Worldwide-by-Company-2016-2019-of-total-billions/205368>)
- Internet Retailer (2015), "Internet Retailer 2015 Top 500 Guide."
- European commission (2016), 「The 2016 Eu Industrial Investment R&D Scoreboard」.
- Hamel, gary (1996), 「Strategy as Revolution」, Harvard Business Review.
- IITP (2017), 「2016년 ICT 기술수준조사보고서」.
- IMD (2017), 「2017 IMD World Competitiveness Yearbook」.
- KISTEP (2009), 「2008년 기술수준평가보고서」.
- KISTEP (2015), 「2014년 기술수준평가보고서」.
- Mmacrotrends (2017), "stock screener", (<http://www.macrotrends.net/stocks/stock-screener>)
- Mazzucato, Mariana (2013), 「The entrepreneurial state : Debunking public vs. private sector myths」, Anthem Press.
- OECD (2015), 「OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015」.
- Shapiro, Carl and Varian, Har R. (1998), 「Information Rules」, Harvard business school press.
- WEF (2017), 「The Global Competitiveness Report 2017-2018」.
- Center of International Development at Harvard University (2018), "The Atlas of Economic Complexity" (www.atlas.cid.harvard.edu/)

제6장

저성장시대의 돌파구, 기술기반 창업에서 찾자

혁신 성장과 미래 트렌드 2018 Plus 10

- 우리 경제, 위기에 직면하다
- 기술기반 창업에서 해법을 찾자
- 기술기반 창업의 가능성을 보라
- 어떻게 기술기반 창업을 지원하고 있나
- 떠오르는 기술기반 창업 지원 이슈들
 - 마무리하며

필자

신동평

정부 R&D 중장기 투자전략, 미래성장동력 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 미래성장전략센터에 근무 중이다. 증거기반의 과학기술 정책 연구, 신산업 육성 전략 수립 등의 업무를 주로 수행하고 있다.

홍슬기

국가전략기술로드맵 등 기술기획과 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 과학기술정책의 과학화 기반구축 사업 등 정책정보서비스 기획 업무를 수행하였으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 과학기술 정책 및 전략 수립을 위한 역량 강화에 노력하고 있다.

배용국

정부연구개발 투자방향 수립, 예산 편성 지원 등 R&D 예산 관련 업무를 수행하였으며, 현재 KISTEP R&D예산정책센터에 근무 중이다. 융합기술 등 신기술 분야에 대한 R&D 투자의 효율성 및 효과성 제고에 관심을 갖고 있다.

손석호

과학기술예측조사, 미래기술 발굴 및 전략 기획, 과학기술 비전 및 중장기 발전전략 수립 등의 연구를 수행하였다. 현재는 KISTEP 전략기획센터장으로 근무 중이며, 국가 과학기술 거버넌스, 국가혁신체계 등의 분야에 관심을 가지고 연구를 수행하고 있다.

이 글은 「KISTEP 이슈위클리」 “기술기반 창업 활성화 지원정책의 현재와 시사점”(발간예정)을 바탕으로 작성되었습니다.

제6장

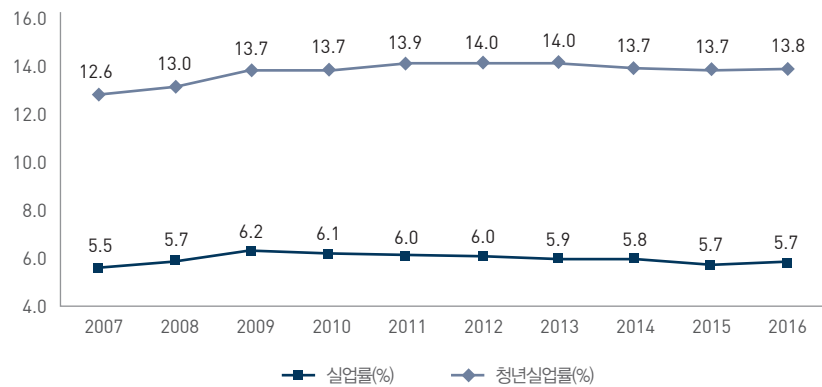
저성장시대의 돌파구, 기술기반 창업에서 찾자

스마트폰이 보편화되고, 모바일 플랫폼이 급속도로 성장하는 등 ICT 신기술의 발전으로 벤처기업, 스타트업을 포함하는 기술기반 창업의 열기가 전 세계적으로 확산되고 있다. 특히, 주요국에서는 글로벌 금융위기 이후의 ‘고용 없는 성장’ 시대를 극복하기 위한 대안으로서 기술기반 창업을 강조하고 있다. 우리 정부도 주요 국정과제로 ‘중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장’을 강조했으며 기술 인력이 창업에 도전할 수 있는 환경을 조성하고, 벤처 투자를 활성화하는 방안을 제시하였다. 하지만 여전히 우리나라 기술기반 창업의 성장속도와 경제발전에 대한 기여도는 상대적으로 낮다. 이러한 문제 의식을 바탕으로 국내 기술기반 창업의 현재를 진단하고, 창업 지원정책의 방향을 제시하였다.

우리 경제, 위기에 직면하다

글로벌 금융위기 이후 전 세계적으로 유례없는 ‘고용 없는 성장’의 시대가 도래했다. 세계 경제가 장기적으로 침체되자 고용 불안정이 지속되고 있다. 금융위기로 인해 2007년 이후부터 전 세계 청년 실업률이 급격하게 증가하였으며, 최근 약간 감소하는 추세를 보이고 있지만 여전히 14%에 육박하는 높은 실업률을 기록하고 있다.

전 세계 실업률 및 청년실업률 (2007~2016)

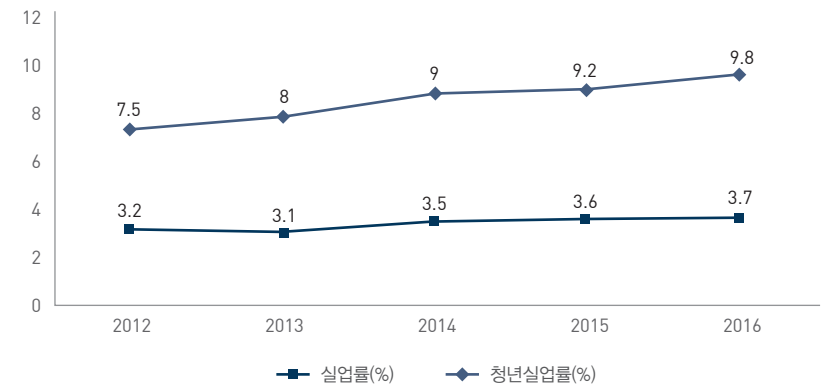


[자료] International Labour Organization (2017)

우리나라 역시 경기 침체와 기업 활동의 위축으로 인해 양질의 일자리가 감소하였으며, 실업률도 함께 증가하였다. 특히, ‘좋은 일자리’ 비중이 높은 제조업의 일자리가 크게 줄고 있으며, 임금수준이 높은 대기업의 일자리도 줄어들고 있다(통계청, 2017b). 또한 2012년에 7.5%였던 청년 실업률은 지속적으로 증가하여 2016년에는 9.8%를 기록하였다. 조사 결과 실제 청년층이

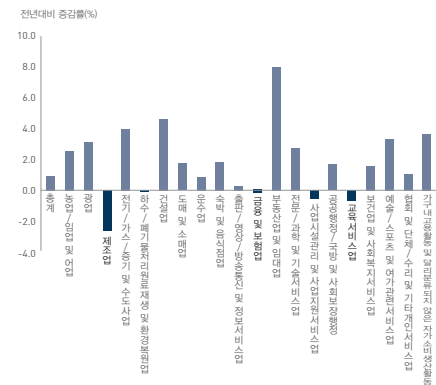
실감하는 체감실업률⁶⁵은 2015년 8월 기준 34.2%로, 발표된 실업률보다 훨씬 크게 나타났다(현대경제연구원, 2016). 즉, 청년 일자리 문제가 더욱 심각한 사회문제가 되고 있는 것이다.

국내 실업률 및 청년실업률 (2012~2016)



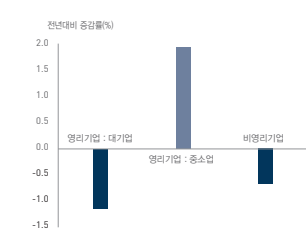
[자료] 통계청 (2017a)

산업별 일자리 증감률



[자료] 통계청 (2017b)

기업규모별 일자리 증감률



65 자발적 비정규직(45.8만 명), 그냥 쉬고 있는 청년(19.7만 명)까지 포함한 ‘청년 체감실업자’를 고려하여 실업률 계산

우리나라는 그간 주력산업과 대기업 중심의 성장모델로 단기간의 경제성장을 이루어왔다. 주력산업에서의 추격형 전략(Fast-Follower)과 해외시장을 공략하는 전략이 양적, 질적 성장을 이끌었다. 하지만 금융위기 이후 대내외 환경이 변하면서 주력산업이 위기를 맞고 있다. 대기업 중심의 경제구조 또한 경제적인 환경변화에 순발력 있게 대응하기 어렵다는 한계를 드러내고 있다. 우리나라 경제는 주력산업의 수출과 대기업에 대한 의존도가 높아 외부 환경 변화에 민감하며, 소수 대기업의 위험이 국가 경제위기로 직결되는 등 불안정성이 크다(곽영훈, 2014). 특히, 글로벌 금융위기 전후로 소수 대기업 집단의 '경제력 집중'⁶⁶ 현상이 장기화되고 있어 경제적인 불안정성을 극복하기 위한 체질 개선이 필요하다(이재형, 2014). 기존의 성장방식을 변화시킬 수 있는 새로운 혁신주체가 다양하게 출현해야 한다. 즉, 새로운 기술, 첨단 기술로 기존 시장체제를 와해시킬 수 있는 주체의 등장이 절실한 시점이다.

기술기반 창업에서 해법을 찾자

기술기반 창업이란 창업가의 기술과 경험, 전문성을 바탕으로 이루어지는 창업(김진수 외, 2016)을 의미하며, '기술창업'으로도 불린다. 주로 제조업과 지식서비스업에 해당하는 7년 이내의 기업⁶⁷이 기술기반 창업기업에 해당하며

66 경제력 집중 문제는 ① 기업집단의 경제 및 시장의 지배적인 측면에서의 일반집중(overall concentration), 독과점, 다변화(문어발식 경영)의 문제와 ② 기업 소유 및 경영의 측면에서의 소유구조, 지배구조의 문제를 포괄적으로 포함

67 '중소기업창업지원법'에서는 창업 후 7년 이내의 기업을 창업기업으로 정의

'벤처기업'⁶⁸, '스타트업(Start-up)⁶⁹'등이 유사한 의미를 갖고 있다.

기술기반 창업은 기술집약적인 특징을 가지며, 신기술로 신산업을 창출할 가능성이 높다. 특히, 일반 창업과는 달리 혁신기술을 창출하기 위한 R&D의 집중도가 높고, 신규 제품과 서비스를 개발하여 새로운 시장을 창출할 가능성이 높다. 보유한 기술의 우월성과 전문성, 노하우가 성공의 주요 요인으로 작용한다는 것이 특징이기도 하다.

또한 기술기반 창업은 창업자의 특성과 창업 동기, 경영 형태의 측면에서도 일반 창업과는 구분된다. 일반적으로 창업자가 관련 분야에 종사한 경험을 가지고 있으며, 기술 개발 욕구에 의해 창업을 결심하는 경우가 많다. CEO가 기업경영 전반에 책임을 지는 경영 형태를 가지며, 창업 초기에는 제품 개발을 중심으로 기업이 운영되다가 성숙기에는 원가 절감과 경영 효율화 향상으로 경영 형태가 전환된다(김종호 외, 2016).

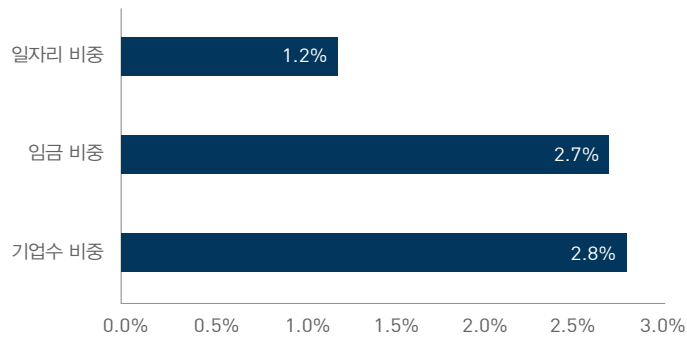
이러한 특징과 함께 기술기반 창업은 대기업에 비해서도 일자리 창출 효과가 높은 것으로 나타나고 있다(김선우 외, 2015; 이윤준 외, 2012). 뿐만 아니라 기술기반 창업은 양질의 일자리를 창출하는 데 큰 기여를 하고 있다. 미국 정보기술혁신재단의 조사에 의하면 2016년을 기준으로 10년 이하의 기술기반 스타트업이 고용한 직원은 약 150만 명으로 미국 전체 고용인원의 1.2% 기여하였으며, 임금 기준으로는 2.7% 기여하였다(ITIF, 2017). 기술기반 스타트업이 일자리 수보다 임금 비중에 더 크게 기여한다는 것은 평균보다 더 높은 임금의 고급 일자리를 창출하고 있다는 것을 의미한다. 이 때문에 기업을 통

68 기술 집약형 신생 중소기업을 뜻하며, 고위험·고수익의 가능성이 있는 고기술 혹은 신기술 기반 창업의 결과로 인지

69 설립된 지 얼마 되지 않은 신생기업의 의미로, 일반적으로 신기술 기반의 신생기업을 특정(안승규, 2017). 1990년대 말 미국에서는 기술기반 벤처기업만을 의미했으나, 최근에는 새로운 비즈니스 모델 및 아이디어 기반 신생기업까지 의미가 확장(KOTRA, 2015)

한 일자리 창출의 한계를 극복할 수 있는 해결방안으로서 기술기반 창업에 대한 관심이 커지고 있다.

기술기반 스타트업의 미국 경제 기여도



[자료] ITIF (2017)

기술기반 창업은 짧은 사업 기간 중에도 높은 부가가치를 생산한다. 미국의 주요 스타트업은 기존 대기업에 비해 매우 높은 평균 총자산 이익률을 내고 있다(대한무역투자진흥공사, 2015). 그리고 창업기업이 3년간 생존할 확률은 26%이지만 혁신형 창업의 경우에는 50%에 이른다. 높은 기술력을 바탕으로 한 기술기반 창업의 경우 고성장 기업으로의 성장 가능성이 높다는 것을 보여주고 있다(김진수 외, 2016). 기술기반 창업은 국가 경제의 새로운 성장동력이자 기존 대기업 중심의 경제 패러다임 전환을 위한 중요한 대안으로서 큰 의미를 가진다.

더불어 ICT의 급성장으로 아이디어를 기술적으로 실현할 수 있는 기회가 많아지면서 제2의 기술기반 창업 시대가 열렸다. 1990년대 후반 미국, 독

일, 한국을 중심으로 한 벤처 붐은 닷컴버블과 글로벌 금융위기로 한동안 주춤했다. 하지만 2010년을 기점으로 사뭇 다른 분위기가 연출되고 있다. 스마트폰의 보급과 사물인터넷(IoT) 기술을 활용한 O2O(Online to Offline) 서비스 등 기술과 실생활을 연계하는 사업이 시도되기 시작했다. 또한 인터넷과 모바일을 통한 상품과 서비스의 거래비용이 감소하고, 관련 산업의 생태계가 구축되었다. 이러한 요인들이 기술기반 창업의 기회로 작용하여 국내에서도 2010년대 이후 기술기반 창업이 큰 폭으로 증가하였다. 2009년 약 1만 9,000개였던 벤처기업의 수는 2017년에는 약 3만 4,000개에 이르고 있다.

이렇듯 일자리 창출과 성장동력을 확보하기 위한 대안으로 기술기반 창업이 더욱 각광받고 있다. 선진국 역시 기술기반 창업을 지원하여 글로벌 금융위기 이후 지속되는 고용 없는 성장의 시대를 극복하고자 하는 노력을 기울이고 있다. 미국 정보기술혁신재단은 최근 기술기반 스타트업을 통한 경제성장 방안에 관한 보고서를 발간하여 기술창업 촉진을 위한 연방, 주 정부의 역할을 강조하였다(ITIF, 2017). 중국 역시 창업을 국가 경제발전의 중심으로 삼아 2014년부터 국가 신흥 산업의 창업 투자 인도기금을 마련하고, 스타트업 클러스터를 조성하는 등 기술기반 창업을 적극 지원하고 있다(한국과학기술기획평가원, 2015). 이 시점에서 우리는 국내 기술기반 창업의 현재와 문제점을 심층적으로 진단하고, 효과적인 창업지원을 위한 정책방안은 무엇인지 고민해볼 필요가 있다.

기술기반 창업의 가능성을 보라

기술기반 창업에 대한 공식적인 통계는 아직 존재하지 않는다. 단지 창업 기업 관련 통계나 벤처기업, 혁신형 중소기업 등에 관한 통계를 통해서 국내 기술기반 창업의 현황을 파악해야 한다.

먼저 국내의 창업기업 수는 2008년 약 5만 개에서 2016년 약 9.6만 개로 최근 크게 증가하였다. 하지만 이는 일반 창업까지 포함한 수이다. 창업 동기별로 현황을 살펴보면 2016년도 기준으로 생계형 창업기업의 비중이 23.9%로 해외 주요국에 비해 높은 수준이다. 창업 동가지수도 다른 혁신선도 경제국⁷⁰의 평균인 3.9에 비해 낮다. 기술기반 창업은 창업자가 기술개발 욕구에 의해 창업을 결심하는 경우가 많다는 특징을 가지고 있다. 즉, 생계형 창업이 많고 창업의 동가지수가 낮다는 것은 아직 기술기반 창업이 미흡한 국내의 현실을 보여준다.

주요국의 창업 동기⁷¹⁾

국가	생계형 (%)	기회형 (%)	성장목적의 기회형 (%)	동가지수
스웨덴	4.5	89.0	53.5	11.8
미국	11.4	87.5	73.6	6.4
영국	13.5	83.2	50.8	3.8
이스라엘	15.2	80.0	39.2	2.6
한국	23.9	75.3	65.7	2.7

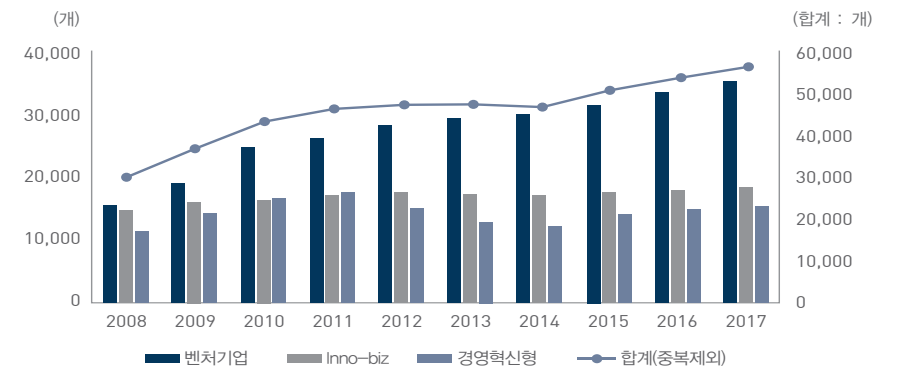
[자료] GEM (2017)

70 World Economic Forum은 국가별 경제발전 수준에 따라 factor-driven, efficiency-driven, innovation-driven economy를 구분. Innovation-driven economy(혁신선도 경제국)은 지식집약 산업 중심의 경제구조를 가지며 서비스업의 비중이 큼. GEM Global Report에서는 한국을 포함한 28개국을 혁신선도 경제국으로 구분하였음.

71 백분율은 전체 초기 창업 활동에 대한 비중(% of TEA, Total Early-Stage Entrepreneurial Activity)이며, 동가지수는 기회형 기업 비중을 생계형 기업 비중으로 나눈 수치

국내 벤처기업⁷² 수는 2017년 5월 기준 3만 4,124개로 최초 통계가 작성된 1998년에 비해 100배 이상 증가하였다((사)벤처기업협회, 2017). 혁신형 중소기업⁷³ 역시 2010년 기준 4만 3,137개에서 2017년 기준 5만 6,452개로 증가 추세이다. 하지만 중소기업청과 창업진흥원의 창업기업 대상 설문조사 결과에 따르면 혁신형 기업이 아니라고 응답한 비율이 99.5%로 대부분이었다. 나머지 0.5%의 창업기업만이 벤처기업이라고 응답하였고, 이노비즈 기업과 경영혁신형 기업이라고 응답한 기업은 존재하지 않았다(중소기업청·창업진흥원, 2017). 최근 일어나는 신규 창업 건수는 증가하고 있지만 이 중 기술혁신을 바탕으로 한 기업의 비중은 매우 낮다는 것을 알 수 있다.

혁신형 중소기업 현황



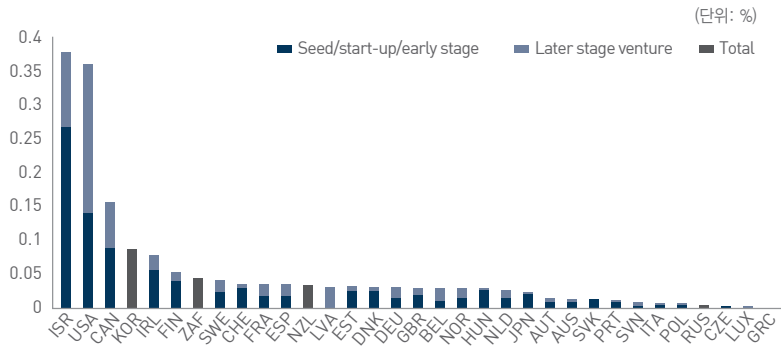
[자료] 중소벤처기업부 (2017)

72 벤처기업육성에 관한 특별조치법에 근거하여, 유형에 따라 기술보증기금, 중소기업진흥공단, 한국벤처캐피탈협회 등의 확인을 받은 기업

73 벤처기업, 이노비즈기업, 경영혁신기업을 포괄하는 개념으로 기술·경영혁신활동을 통해 일반기업보다 높은 부가치를 창출하는 기업

국내 기술기반 창업의 성장 속도는 아직 더디지만 벤처캐피털 투자 규모는 최근 빠르게 증가하였다. 2016년 투자 규모는 약 12억 달러로 OECD 회원국 중 미국, 캐나다, 일본에 이어 네 번째를 기록하였으며, GDP 대비 투자 규모로도 네 번째다. 이는 2010년 대비 230%에 해당되는 규모이며, 벤처기업에 대한 관심이 급격히 증가하고 있는 것을 보여준다.

GDP대비 벤처캐피털 투자 규모 (2016)



[자료] OECD (2017)

어떻게 기술기반 창업을 지원하고 있나

벤처캐피털의 투자뿐 아니라 정부도 기술기반 창업을 지원하는 정책을 추진하고 있다. 지난 정부에서는 ‘창조형 중소기업이 꽃피는 창업국가’를 강조하며, 창조경제혁신센터를 설립하는 등 창업에 대한 지원을 다각도로 추진하였다. 중소기업청을 중심으로 「창업기업 육성정책 혁신전략」(2016.4)이 수립되었으며, 「창업도약기 기업지원 강화방안」(2017.1)도 함께 마련되었다. 문재인

정부에서도 20대 국정전략 중 하나로 ‘중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장’을 제시하였다. 그리고 ‘혁신을 응원하는 창업국가 조성’을 100대 국정과제 중 하나로 발표하였다. 문재인 대통령은 19대 선거의 첫 번째 공약으로 일자리 확대를 전면에 내세우고, ‘신생기업의 열기가 가득한 창업국가 조성’을 이행방법으로 명시할 정도로 창업을 강조하고 있다.

이에 중소기업청을 중소벤처기업부로 격상하고, 국정과제를 실현하기 위한 창업지원 정책과 사업을 내놓고 있다. 지난 2017년 11월에는 관계부처 합동으로 「혁신창업 생태계 조성방안」을 발표하여 우수인력이 창업에 도전할 수 있는 환경을 조성하고 벤처 투자를 증대시키기 위한 방안을 제시하였다. 사내벤처와 분사창업 등에 대한 인센티브 개편과 죽음의 계곡을 극복하기 위한 ‘창업도약 패키지’ 예산을 확대하여 창업에 도전할 수 있는 환경을 조성하는 방안이 포함되었다. 그리고 창업투자회사 자본금의 요건을 낮추고, 클라우드 펀딩의 허용 범위를 늘리는 등 규제를 완화하여 벤처, 창업에 대한 투자를 활성화한다는 전략이 제시되었다.

〈혁신창업 생태계 조성방안〉

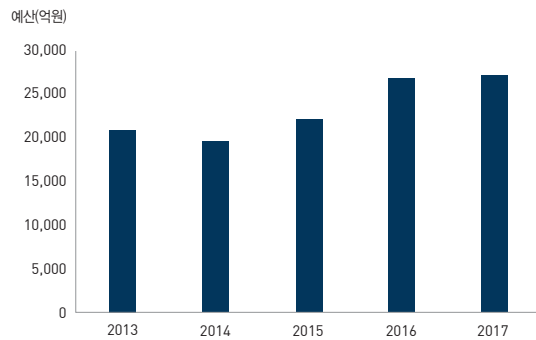
- 향후 3년간 10조 원 규모의 혁신모험펀드 조성
- 벤처확인제도를 혁신·성장성 중심으로 전면 개편
- 성공 가능성이 높은 사내·분사창업 활성화
- 스톡옵션 비과세 특례 10년 만에 부활, 엔젤투자 소득공제 확대, 우리사주 소득공제 한도 확대 등 세제지원 제도 도입

[자료] 기획재정부 (2017)

이와 더불어 정부에서는 창업을 지원하기 위한 예산을 목적별로 구분하여 다각도로 창업을 지원하기 위한 노력을 기울이고 있다. 2017년 기준으로

창업교육, 시설·공간, 멘토링·컨설팅, 사업화, R&D, 판로·해외진출, 행사·네트워크, 정책자금 등 목적별 창업지원사업⁷⁴에 총 2조 7,018억 원의 예산이 편성되었다(국회예산정책처, 2017). 이는 2013년 예산에 비해 6,113억 원 증액된 것으로 4년 사이에 재정지원이 23.9% 확대될 정도로 최근 정부의 '창업 지원'에 대한 투자와 관심이 높아졌다는 것을 알 수 있다.

2013~2017 창업지원사업 예산



[자료] 국회예산정책처 (2017)

창업지원사업은 중소벤처기업부가 중심이 되어 11개 부처에서 89개 정부사업⁷⁵을 추진하고 있다. 하지만 이 중에서 기술기반 창업을 지원하기 위해 특화된 사업은 상대적으로 적다. 지난 2016년 12월, 정부가 발표한 통합공고에는 일반 창업과 기술기반 창업을 지원하는 사업이 구분없이 혼재되어 있다. 그 중 기술기반 창업을 지원하는 사업으로 볼 수 있는 스마트 디바이스, 클라우드, 사물인터넷 등 정보통신 분야 사업이 다수를 차지하고, 연구

개발 단계와 사업화 단계에 예산이 집중되어 있다. 하지만 기술기반 창업의 아이템이나 단계 간에는 연계가 부족하여 체계적인 지원에는 한계가 있어 보인다.

중앙정부의 창업지원사업뿐만 아니라 지방자치단체, 대학, 민간기업 등에서 개별적으로 설립한 창업보육·지원기관도 창업 활성화에 기여하고 있다. 창업보육·지원기관은 기술기반 창업에 필요한 연구개발과 사업화를 지원하고 있다. 특히, 창업 초기 기업과 예비창업자에게 일정기간 동안 입주 공간이나 인프라를 제공하고, 기술개발과 사업화에 필요한 교육, 컨설팅, 자금, 판로개척 등을 지원한다. 2016년 기준으로 전국에 총 800여 개의 관련 기관이 있으며, 이 중 창업보육센터가 280개,⁷⁶ 창업선도대학이 40개, 민간기관이 206개를 차지한다. 창업보육·지원기관의 수는 많지만 중소벤처기업부가 지원하는 창업보육센터의 33.6%와 창업선도대학의 37.5%가 수도권에 밀집되어 있다. 또한 창업보육센터 중 대학이 운영하는 사례도 73.6%를 차지한다. 대학 이외에 연구소는 8.9%, 지방자치단체는 6.4%, 중소기업진흥공단 1.8%에 해당하는 창업보육센터를 운영 중이다(중소기업청·한국창업보육협회, 2016).

창업보육기관 현황

구분	서울	경기	인천	강원	충남	대전	충북	부산	울산	대구	경북	경남	전남	광주	전북	제주	합계
창업보육센터	38	50	6	18	21	14	14	19	1	11	23	17	13	15	15	5	280
창업선도대학	9	5	1	2	2	3	2	5	1	3	-	1	1	2	3	-	40
민간	28	11	7	6	9	5	5	39	14	12	8	15	8	14	20	5	206

[자료] 중소기업청·한국창업보육협회 (2016); 양현택 외 (2017); 창업진흥원 홈페이지 등 재구성

74 '창업지원사업'에 대한 명확한 기준이 부재하여, 국회예산정책처(2017)에서는 관련 정책 자료 및 예산설명서 등을 바탕으로 창업지원사업 내역을 자체적으로 구분함

75 2016년도 내역사업 기준

76 창업보육센터는 282개가 지정되어, 이 중 280개가 개소·운영 중

지역별로 구축한 혁신클러스터도 기술기반의 창업을 지원하는 데 큰 역할을 하고 있다. 중앙정부가 운영하는 대표적인 혁신클러스터에는 대전(대텍), 광주, 대구, 부산, 전북(완주, 정읍, 전주)에 조성된 연구개발특구가 있다. 이들은 ‘연구개발특구의 육성에 관한 특별법’에 근거를 두고 관리되고 있는 첨단 연구단지에 해당한다. 각 광역자치단체와 기초자치단체에서도 연구개발특구나 산업단지가 아닌 첨단연구단지를 별도로 두고 있다. 안산시의 안산사이언스밸리⁷⁷와 경기도의 경기북부테크노밸리⁷⁸ 등이 대표적인 사례다. 그리고 이 첨단연구단지를 중심으로 각 지역의 특성을 반영한 지원사업을 운영 중이다. 중소기업청의 자료에 따르면 광역자치단체에서 이와 같이 운영 중인 지원사업은 총 89개다(중소기업청, 2017a). 이들 지원사업에는 지역별 특화사업이나 지역의 역량을 활용하기 위한 사업이 포함되어 있다. 예를 들어 대구광역시는 섬유·패션디자인 창업보육센터를 지원하고, 제주도는 향토자원을 활용한 창업을 지원하는 사업을 추진한다.

2017년 광역 지자체 창업지원사업 현황

지역	사업 수	지역	사업 수	지역	사업 수
서울	6	울산	5	전북	4
부산	7	경기	12	전남	3
대구	15	강원	8	경북	4
광주	3	충북	4	경남	2
대전/세종	7/2	충남	4	제주	3

[자료] 중소기업청 (2017a)

앞서 살펴본 것처럼 기술기반 창업이 일자리 문제의 대안과 저성장 시대의

돌파구로 떠오르면서 국가정책과 사업, 다양한 지원기관을 통해서 기술기반 창업을 지원하는 노력이 계속되고 있다. 이제 과연 이런 국가 차원의 노력이 실제 기술기반 창업을 육성하는 데 긍정적인 효과를 내고 있는지, 창업자들은 여러 지원정책들을 어떻게 체감하고 있는지를 점검해볼 때다.

떠오르는 기술기반 창업 지원 이슈들

국가의 기술기반 창업 지원에 대한 현장의 의견을 들어보았다. 현재의 기술기반 창업을 지원하는 정책은 신규 스타트업을 지원하는 데만 집중되어 있다는 점과 도전하기 쉬운 ‘가벼운 창업’을 장려한다는 점이 쟁점으로 지적되었다. 또한 부처 간의 역할 분담이 모호하고, 유사하거나 중복되는 사업이 많은 점과 창업을 지원하는 기관의 운영 효과를 유지하고, 향상시키기 위한 노력을 기울여야 한다는 것도 주요 쟁점으로 드러났다. 기술기반 창업을 지원하는 사업이 대부분 공급자 중심으로 운영되어 발생하는 문제도 제기되었다.

신규 스타트업 지원에 치우친 정책

현장의 목소리

창업 2년차 업체 대표: "정부, 지자체별로 창업 초기를 위한 다양한 지원 사업이 존재해서 사업 자금 확보에 큰 도움이 되었어요."

공공기관 창업지원업무 책임자: "유사한 성격의 창업초기 지원 프로그램이 많아지면서 지원금 사냥꾼, 좀비 스타트업이 늘어나고, 부실한 창업기업이 양산되고 있습니다."

창업 4년차 업체 대표: "가장 큰 문제는 지금입니다. 신규 창업 지원은 활발하지만 업력 3년 이상 대상 지원은 찾기 어렵고, 자본잠식 상태에서는 그나마 있던 지원도 받기 어렵습니다."

77 안산시 기업지원 및 안산사이언스밸리 육성에 관한 조례 제정 (2011.5)

78 경기도에서 2018년부터 부지 조성 예정

예비창업자와 초기 창업단계에서는 지원을 받을 수 있는 많은 기회가 주어진다. 하지만 '죽음의 계곡(The valley of death)'을 경험하게 되는 창업 후 3~7년 시기에는 지원을 받을 수 있는 기회가 급격히 줄어든다. 죽음의 계곡이란 창업기업이 제품의 사업화 단계에서 자금조달에 실패하거나 매출이 부진하여 위기를 겪는 현상이다. 많은 경우 창업초기에는 자기자본 등을 바탕으로 기술과 제품개발이 이루어지지만 이후 시제품을 제작하거나 생산량을 늘리는 과정에서 자금난이 발생하기 때문에 죽음의 계곡 단계를 겪게 된다. 특히, 이 단계에서는 금융권의 보수적인 태도로 은행에서 대출을 받기가 어렵고, 엔젤투자나 벤처캐피털을 통한 자금을 마련하는 것도 원활하지 않은 경우가 많다(한국무역협회, 2015).

스타트업의 기술력이 강조되는 4차 산업혁명 분야 스타트업의 경우 초기 단계인 창업 후 3년까지는 고성장하는 경향이 있지만 죽음의 계곡 진입 후에는 성장이 눈에 띄게 정체되는 경향이 나타났다. 3D프린팅, 로봇, 빅데이터, 사물인터넷, 인공지능 등 4차 산업혁명을 주도하는 기술기반의 스타트업을 대상으로 조사한 결과 이들은 기술의 특성상 죽음의 계곡을 탈출하기 위해 타 스타트업보다 많은 자금을 사용하고 있었다. 그리고 손익분기점을 넘지 못하는 비율이 높아 성장 과정에 많은 자금 투입이 필요했다. 즉, 기술기반 창업, 특히 4차 산업혁명 주도기술과 같은 국가차원의 성장동력으로 육성되어야 할 기술을 기반으로 한 창업일수록 창업 후 3~7년 사이에 투자가 중요했다(조길수, 2017).

〈국내 4차 산업혁명 스타트업 현황 설문조사 개요〉

- (대상 및 방법) 스타트업 창업자 및 직원 350명 대상 모바일 설문, '17.9.26. ~ 9.29.
- (조사항목) 초기 투자, 성장 과정, 인력에 대한 내용을 조사
- (분석방법) 조사 항목별 응답 평균을 계산하고 기술 분야별로 스타트업을 분류해 응답 결과의 평균을 비교 분석
- (분석결과) 생태계 성숙도, 성장 과정, 인력 측면의 문제점 도출

죽음의 계곡을 넘기 위해 사용한 평균 자금

4차 산업혁명 주도기술 기반 스타트업	타기술 기반 스타트업	비기술 기반 스타트업
9.5 억 원	2.6 억 원	2.3 억 원

[자료] 조길수 (2017)

이러한 현상을 반영한 듯 스타트업 경쟁력을 갖춘 주요 국가에서는 창업 3년에서 7년 사이인 중기 스타트업을 중심으로 벤처캐피털 투자가 이루어지고 있다. 하지만 국내에서는 3년 이내의 초기 스타트업과 창업 후 7년을 초과한 후기 스타트업에만 투자가 집중되는 경향이 있다. OECD 회원국 중 GDP대비 벤처캐피털 투자규모가 1위인 이스라엘은 중기 스타트업에 전체 벤처캐피털 규모의 68.4%를 투자하고 있고, 2위인 미국은 전체의 59.6%를 투자하고 있다. 반면에 국내에서는 전체 벤처캐피털 규모의 24.8%만이 중기 스타트업에 투자되고 있어 기술기반 창업 스타트업이 죽음의 계곡을 이겨낼 수 있는 기회가 부족하다(오동현, 2016).

벤처캐피털 투자뿐만 아니라 정부의 창업지원사업 역시 초기 창업을 중심으로 지원하고 있어 어려움이 가중되고 있다. 정부의 창업지원사업 예산의 약 78%는 예비창업자와 창업 후 3년 이내의 초기 기업을 대상으로 삼고 있다. 반면 이후 지원사업 예산은 16.0%로 매우 낮다.

2016년 창업단계별 비자금성 창업지원사업 예산 현황(일반창업 포함)

구분	예비 창업자	설립 (~1년)	창업초기 (1~3년)	성장기 (3~7년)	재도전 등 기타	계
계상예산 ⁷⁹ (억원) (비중, %)	1,292 (20.8%)	2,080 (33.5%)	1,490 (24.0%)	990 (16.0%)	351 (5.6%)	6,203 (100.0%)
중앙부처	1,103	1,911	1,330	930	345	5,619
지자체	189	169	160	59	6	584
사업 수 ⁸⁰ (개) (비중, %)	91 (25.2%)	105 (29.1%)	94 (26.0%)	49 (13.6%)	22 (6.1%)	361 (100.0%)
중앙부처	40	55	49	31	17	192
지자체	51	50	45	18	5	169

[자료] 안승구 (2017) 재구성

이와 같이 다수의 창업지원사업이 창업 초기에만 편중되어 있어 창업기업은 창업 후 3년이 지나면 정부와 지방자치단체의 지원이 끊어지는 것으로 인식하고 있다. 창업 후 3년에서 7년 사이의 중기 업체들은 자금은 물론 교육과 멘토링 등의 육성지원에 대한 수요를 여전히 가지고 있다. 하지만 수요에 비해 R&D 사업 이외에 중기 업체들이 참여할 수 있는 정부 사업이 부족한 실정이다. 심지어 창업한 지 3년 이상된 기업들에게는 R&D 사업에 참여하는 것이 정부를 통한 자금 마련 방법 중 유일한 방법이지만 기업의 영세성으로 인해 선정단계에서 불이익을 받기도 한다. 정부 R&D 사업은 기업의 신용도와 재무제표에 따라 참여를 제한하기 때문에 재무상태가 열악한 창업기업은 선정에 어려움을 겪는 것이다(임길환 외, 2014).

79 대부분의 지원사업은 단일 단계가 아닌 여러 단계에 걸쳐 지원하고 있으며, 한 사업이 여러 단계를 지원하는 경우, 각 단계에 균등하게 예산이 분배된다는 가정 하에 추정한 금액임

80 한 사업이 여러 단계를 지원 시 단계별로 중복 계상함

예비, 초기창업자를 위한 지원사업이 난립하면서 상금과 경력을 위한 허위창업이나 부실창업기업이 지원금으로 연명하는 문제도 드러나고 있다. 예비, 초기창업자를 위한 사업은 창업건수 등 성장기 지원사업보다 적은 노력으로 단기적이고, 가시적인 성과 창출이 가능하다. 그래서인지 초기 단계를 지원하는 사업이 부처나 지방자치단체별로 운영되고 있다. 그리고 실제로 창업에는 관심이 없는 지원자들이 상금을 위해서, 혹은 취업을 위한 소위 '스펙쌓기'를 위해 무분별하게 창업지원 프로그램에 도전하고 있는 폐해가 나타나고 있다. 그 결과 지원 대상 아이টে이나 수상자로 선정되었어도 실제 창업으로 이어지지 않는 경우도 발생한다(이윤준 외, 2013). 하지만 현장 인터뷰에 따르면 신규 창업을 대상으로 하는 다양한 프로그램을 활용, 여러 사업에 복수 지원해 원활하게 자금을 확보할 수 있었다는 의견도 있다. 그러므로 예비, 초기창업자를 위한 지원사업의 장점은 살리되 문제를 해결할 수 있는 구체적인 방안이 필요하다.

가벼운 창업 지원의 딜레마

현장의 목소리



창업 2년차 제조업 스타트업 대표

"스타트업 입주 공간은 ICT 분야에 적합한 사무실 환경이 대부분입니다. 제조 스타트업에 필요한 시설이 마련된 입주 공간을 찾을 수 없어 어려움을 겪고 있어요."

"과거에 비해 핵심기술을 보유한 창업은 줄고 있고 비즈니스의 개념 없이 아이디어만 가지고 창업에 뛰어드는 사례가 늘고 있습니다."

"수도권 내의 기술기반 창업 인프라·공간의 대부분은 기술이나 제품 고도화에 필요한 실험, 제작 환경을 갖추지 못하고 있어요."



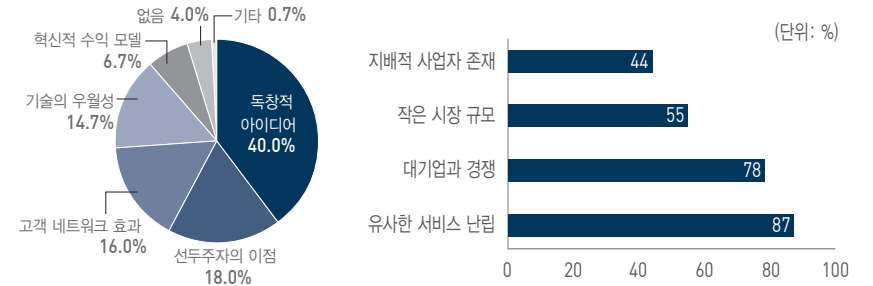
공공기관 창업지원업무 책임자

ICT의 발달로 기술의 패러다임이 변하고, 창의성과 기술-서비스 간의 융합이 강조되는 플랫폼 중심의 개발 생태계가 확대되고 있다. 이로 인해 진입장벽이 낮은 SW를 기반으로 하고, 아이디어를 중심으로 하는 ‘가벼운 창업’이 급성장하고 있다. 웹 서비스와 앱 개발 등 SW 기반의 스타트업이 대표적인 가벼운 창업에 해당한다. 이러한 창업의 경우에는 필요자금이 비교적 적고, 기술적인 진입장벽도 역시 낮은 편으로 다른 분야의 기술기반 창업에 비해 도전하기 쉬운 편이다(이민화, 2013). 하지만 가벼운 창업에는 전문성과 기술력의 부족으로 인한 위험요소가 함께 존재한다.

Uber, Airbnb와 같은 아이디어 중심 스타트업의 성공에 힘입어, 국내에서도 인터넷과 모바일 기반의 서비스를 제공하는 스타트업이 빠른 속도로 등장하고 있다. 국내 ICT 분야 창업 중에 모바일과 인터넷 콘텐츠 등 서비스 분야의 창업 비중은 50%에 달한다. 대학 내 창업과 정부 R&D 과제에서 발생한 창업도 모바일과 인터넷 기반의 서비스 분야에 치중되어 있다. 2016년 서울대 창업 지원 프로그램에 참여한 팀 중 스마트폰 등 플랫폼 기반의 창업팀은 49.3%, 콘텐츠나 앱 제작은 19.1%를 차지하였고, 이를 포함한 81.4%의 아이템이 서비스 분야의 창업이었다(매일경제, 2016.3.13).

이렇듯 기술기반 창업이 인터넷과 모바일 서비스 분야에 집중되면서 국내 기업들은 창업의 차별화 요소로 독창적인 아이디어를 꼽고 있다. 한편으로는 유사 서비스의 난립으로 사업의 어려움을 겪고 있는 경우도 발생하고 있다(McKinsey&Company, 2015). 또한 국내에서 독보적인 기술력을 바탕으로 한 창업은 줄어드는 추세여서 가벼운 창업이 가져오는 여러 한계가 드러나고 있다.

국내 ICT 창업의 차별화 요소 및 벤처시장의 문제점



[자료] McKinsey & Company (2015)

하이테크 중심의 기술기반 창업은 가벼운 창업과 비교해 생존율이 높고, 성장잠재력이 크다. 특히, 혁신주도형 창업을 이끄는 고학력자와 경력자의 창업은 생존율이 일반 창업기업에 비해 매우 높고, 성장 속도 역시 더 빠르다. 경력자가 창업한 스타트업의 실제 성장 속도⁸¹는 6.4개월로 비경력자 창업의 8.6개월보다 더 짧다(유호석, 2017). 하지만 국내의 고학력, 경력자 창업에 해당하는 교수나 연구원의 창업 비중은 2004년 39.5%에서 2011년 8.6%로 줄어들었다. 이와 함께 하이테크 기반의 창업기업인 국내 유일기술을 적용한 벤처의 비중도 2009년 17.9%에서 2011년 11.1%로 감소하였다(이윤준 외, 2013).

이러한 현상을 보면 정부가 그동안 ‘가벼운 창업’을 정책적으로 지원하여 창업의 열기를 확산시켰지만 그 성과를 긍정적으로만 평가하기는 어렵다. 정부의 76개 창업지원사업⁸² 중 26개 사업(예산비중 41.3%)은 아이디어 중심의 창업을 우선적으로 지원하고 있지만 대조적으로 경력자와 고기술 중심의 창업

81 소요기간(개월) / 스타트업 성장단계 수

82 중소기업청(2017a)에 수록된 중앙정부 사업 89개 중 정책자금 사업 13건은 제외

을 지원하는 사업은 18개 사업(예산 비중 12.7%) 뿐이다. 그리고 시설·공간 지원 목적의 사업은 대부분 사무실이나 회의실을 대여하는 수준에 불과하여 고 기술 창업에 필요한 실험공간이나 시제품 제작 공간을 제공해주지 못한다는 문제점도 현장에서 대두되고 있다.

2017년 창업지원사업 중 창업유형별 구분

분 야	전체		가벼운 창업 중심		경력자/고기술 중심	
	사업 수	예산 (백만원)	사업 수	예산 (백만원)	사업 수	예산 (백만원)
창업 교육	11	63,125	4	43,183	1	4,740
시설 공간	9	48,350	4	8,790	1	940
멘토링·컨설팅	10	37,347	3	20,290	4	4,447
사업화	25	279,554	11	118,829	6	31,010
R&D	7	20,901	-	-	4	17,945
판로·마케팅 해외진출	6	15,697	-	-	2	350
행사·네트워크	8	2,523	4	1,945	-	-
정책자금	13					
계 (정책자금 제외)	76 (100%)	467,497 (100%)	26 (34.2%)	193,037 (41.3%)	18 (23.7%)	59,432 (12.7%)

[자료] 중소기업청 (2017a) 재구성

또한 정부의 창업 지원정책으로 30세 미만의 젊은 창업자들이 크게 증가하는 성과가 있었지만 이는 오히려 가벼운 창업을 부추기는 측면이 있다. 즉, 청년창업에 치중된 정책은 기술기반 창업이 제조업과 같은 높은 기술력

83 대부분의 지원사업은 단일 단계가 아닌 여러 단계에 걸쳐 지원하고 있으며, 한 사업이 여러 단계를 지원하는 경우, 각 단계에 균등하게 예산이 분배된다는 가정 하에 추정된 금액임

84 한 사업이 여러 단계를 지원 시 단계별로 중복 계상함

을 요하는 분야보다는 서비스 분야에 집중되고, 혁신형 창업의 비율을 낮추는 요인이 되었다. 2015년도 국세통계의 창업 업태별 비중 자료를 살펴보면 청년층 창업에서 제조업이 차지하는 비중은 4.3%, 서비스업은 21.6%였다. 2014~2016년도 창업기업 실태조사 자료에서도 벤처기업과 이노비즈기업을 포함한 청년층의 혁신형 창업비중은 2014년도에는 0.6%,⁸⁵ 2015, 2016년도에는 0%로 나타났다. 이처럼 정부의 창업 지원정책이 가벼운 창업의 딜레마에 빠지지 않도록 주의를 기울여야 한다.

정부 역할 재점검

현장의 목소리



공공기관 창업지원업무 책임자

"유사한 성격의 지원기관이 늘어나고 중복된 성격의 지원이 여러 곳에서 동시다발적으로 발생하고 있습니다. 내실 있는 지원이 필요한 실정이에요."



스타트업 대표

"핵심 기술 없이도 아이디어만 보유하면 창업을 할 수 있는 지원제도가 늘어났지만 정작 기술을 가진 창업가가 필요한 지원을 받기에는 부족한 상황입니다."

부처별로 유사한 성격의 지원사업과 정책을 추진하고, 각 지자체별로도 유사한 정책을 경쟁적으로 수립하고 있어 내실 있는 지원이 되지 않는다는 점도 지적되고 있다. 유사하거나 중복되는 사업이 추진되는 가장 큰 이유는 창업지원에 있어서 부처 간의 역할 분담이 모호하기 때문이다. 창업을 지원하는 단계는 창업교육, 시설·공간지원, 멘토링·컨설팅, 사업화 등으로 나누어져 있지만 각 단계별로 지원을 전담하는 부처는 없다. 때문에 각 부처별로

85 벤처기업 비중 0.3%, 이노비즈기업 0.3%

유사한 사업을 독립적으로 추진해온 것이 현실이다.

지방자치단체에서도 개별적으로 창업지원사업을 추진하고 있지만 지원대상과 내용이 중앙정부에서 부처별로 추진하고 있는 사업과 크게 다르지 않다. 서울시와 부산시, 경기도는 창업허브, 창업카페, 벤처창업센터와 같이 창업기업을 위한 입주시설이나 보육시설을 운영 중이다. 이러한 지자체의 지원과 동시에 중앙부처에서도 시설·공간 지원을 위해 2017년도를 기준으로 770억 원의 예산을 투입하고 있다. 또한 교육이나 컨설팅을 지원하는 사업도 중앙부처뿐만 아니라 지자체별로도 각각 운영되고 있다.

부처와 지자체 창업지원사업 중 중복되거나 유사한 목적의 사업은 많다. 그중에서도 기술기반의 창업을 중점적으로 지원하는 사업은 중소벤처기업부와 과학기술정보통신부에서 주로 추진한다. 중소벤처기업부는 지원 대상의 기술 분야를 특정하지 않고, 창업 후 7년 이하인 중소기업을 대상으로 연구개발비를 지원하는 사업에 대부분의 예산을 투자하고 있다. 대표적인 사업으로는 ‘창업성장기술개발사업’, ‘창조혁신형 재도전 기술개발사업’ 등이 있다. 연구개발뿐만 아니라 기술기반 창업을 직접적으로 지원하는 사업 대부분은 과학기술정보통신부에서 추진 중이다. 하지만 과학기술정보통신부는 ICT와 관련된 기술기반 창업만을 지원하는 경향이 있다. 이와 같이 창업지원을 위한 부처 간, 지역 간의 역할분담이 체계적으로 정립되지 않은 상태에서 관련 사업이 개별적으로 추진되다 보니 정작 기술기반 창업을 위한 지원사업의 내실이 부족한 상황이다.

창업지원 서비스 업그레이드

현장의 목소리



판교 테크노밸리 입주 스타트업 대표

"정부 및 지자체 운영시설에 입주할의 최대 장점으로 낮은 임대료와 대외 신뢰감 형성을 꼽을 수 있습니다."

"판교에 입주하여 자사가 보유하지 않은 기술과 노하우를 가진 주변 업체와의 협력을 통해 신제품 개발이 가능하였습니다. 업체 간 정보 공유는 물론, 지원기관을 통해 지원사업, R&D과제 등의 정보 획득이 용이합니다."



공공기관 창업지원업무 책임자

"지원기관은 사업에 필요한 고급 정보를 많이 가지고 있으며, 특히, 해외금융사, KOTRA 등에서 경험을 갖춘 전문 인력을 보유하고 있어 큰 도움을 받고 있습니다."

"스타트업 기업들에게 원스탑 원루프 서비스를 제공하고 있고, 기업 지원에 대한 고객 만족도가 높은 것으로 알고 있습니다. 우리에게 찾아오면 많은 문제가 해결된다고 믿고 방문하는 기업들이 많아요."



판교 테크노밸리 입주 스타트업 대표

기술기반 창업가들은 정부와 지자체에서 운영하는 창업지원시설에 대해 큰 만족도를 보이고 있다. 가장 만족하는 점으로는 신뢰할 수 있는 창업공간을 확보할 수 있다는 것을 꼽았다. 창업지원시설은 공간 임대료와 시설 사용료가 매우 저렴하고, 시설 내 장비 또한 저렴하게 활용할 수 있어 기업들에게 큰 도움이 되고 있다. 그리고 정부나 지자체에서 지원하는 보육시설에 입주하는 기업으로 선발되었다는 사실만으로도 투자자와 고객사에 기업의 기술력과 잠재성에 대한 신뢰를 주고 있다. 이러한 창업지원시설에 대한 만족도는 창업기업 실태조사에서도 나타나는데, 기술기반 창업과 관련성이 높은 업종에서 시설, 공간에 대한 만족도가 특히 높은 것을 알 수 있다. 구체적으로 살펴보면 제조업의 시설·공간 만족도가 4.1, 출판·영상·방송통신 및 정보서비스업이 4.7, 전문 과학 및 기술 서비스업이 4.2로 나타났으며, 이는 평균 만족도인 3.9보다 높은 수치다(중소기업청·창업진흥원, 2017).

비슷한 업종의 기업들이 모여 있는 혁신클러스터도 기술기반 창업을 지원

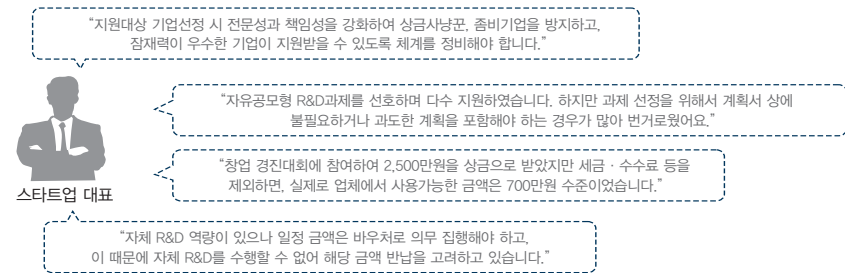
하는 데 큰 역할을 하고 있다. 판교 테크노벨리에는 ICT 분야의 SW, HW 개발사와 연구기관이 다수 위치하여 스타트업 기업들이 주변 기업과 기술을 제휴하거나 기술개발을 위해 협력하고, 정보를 공유하는 등 긍정적인 효과를 내고 있다. 이와 함께 혁신클러스터 내의 창업지원기관이 입주기업에게 필요한 정보를 제공하고, 행정적인 지원을 하고 있어 기업들에게 큰 도움이 되고 있다.

이와 같이 창업보육센터 등의 기관과 혁신클러스터의 운영이 스타트업 기업들의 경쟁력 향상과 기술기반 창업을 활성화하는데 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 지원기관의 역할에 가장 핵심은 지원 인력의 전문성이다. 국내 창업보육센터는 기관 내 창업보육매니저의 64.9%가 관련 자격증을 보유하고 있거나 이에 준하는 경력을 가진 전문인력으로, 전문자격을 가진 지원 인력을 충분히 확보하고 있다. 하지만 창업보육매니저의 38.6%가 비정규직이고, 60.2%가 근무기간이 4년 미만으로 지원의 연속성을 위해 고용형태와 기간에 대한 개선이 필요하다.

주요국 사례와 비교하여 창업지원 인력의 연속성과 전문성에 대한 지적도 있다(권영관 외, 2012). 옥스퍼드 대학의 경우, 대학 내 기술기반 창업을 지원하기 위해 이공계 박사 40명과 MBA 14명을 포함한 총 87명의 직원이 근무하며, 전문성을 지닌 인력을 창업지원을 위해 활용하고 있다(김용정, 2013). 우리도 기술기반 창업을 지원하기 위해 전문인력을 영입하거나 기존 인력의 전문성을 강화하기 위한 방안을 마련하는 등 지원기관의 역량과 역할 강화를 위한 정책적인 노력이 필요하다. 이러한 노력이 있다면 기술기반 창업을 지원하는 효과가 극대화될 수 있을 것이다.

■ 창업현장이 원하는 사업 운영

현장의 목소리



스타트업 대표

"지원대상 기업선정 시 전문성과 책임성을 강화하여 상급사냥꾼, 준비기업을 방지하고, 잠재력이 우수한 기업이 지원받을 수 있도록 체계를 정비해야 합니다."

"자유공모형 R&D과제를 선호하며 다수 지원하였습니다. 하지만 과제 선정을 위해서 계획서 상에 불필요하거나 과도한 계획을 포함해야 하는 경우가 많아 번거로웠어요."

"창업 경진대회에 참여하여 2,500만원을 상금으로 받았지만 세금·수수료 등을 제외하면, 실제로 업체에서 사용가능한 금액은 700만원 수준이었습니다."

"자체 R&D 역량이 있으나 일정 금액은 바우처로 의무 집행해야 하고, 이 때문에 자체 R&D를 수행할 수 없어 해당 금액 반납을 고려하고 있습니다."

창업지원사업이 공급자 중심으로 운영되어 수혜 기업들이 여러 어려움을 감수하고 있다는 지적이 있다. 먼저 지원대상 기업을 선정하는 과정에서부터 평가위원의 전문성과 책임성에 대한 문제가 제기되고 있다. 선정평가의 전문성을 높이기 위해 평가위원 중 기업가와 벤처캐피털, 엔젤투자자의 비중을 2015년 12월부터 40%로 상향하였다. 하지만 정부 R&D 사업의 수행대상을 선정할 때에는 여전히 대학과 연구소 출신 평가위원의 비중이 높아 기술성에 초점을 맞춘 평가가 이루어지고 있다. 이 때문에 창업기업의 비즈니스를 위한 연구개발은 오히려 제대로 평가가 되지 않는다는 불만이 나오고 있다.

그리고 행정 중심의 운영과 관료주의로 인하여 사업지원이나 협약에 있어서 불필요한 절차와 부담이 발생하고 있다. 예를 들어 중소벤처기업부의 기술개발사업 협약을 추진하기 위해서 기업이 준비해야 하는 서류는 필수제출 서류만 8종⁸⁶에 이른다. 서류와 양식의 간소화는 계속 요구되고 있지만 서류

86 협약서, 사업계획서, 신용상태·정보제공·거래내역 조회 동의서, 주관기관과 참여기업 간의 기술개발 계약서, 기지원/기개발 및 중복지원 여부 확인서, 중소기업 지원사업 통합관리시스템 정보 활용을 위한 동의서, 개인정보 이용(제공·조회) 동의서, 연구비 편성키워드 서비스 이용신청서

중심의 행정이 유지되고 있는 실정이다. 행정편의를 위해 창업기업과 맞지 않는 규정이지만 별다른 대안 없이 그대로 기업에 적용되는 사례도 있다. 스타트업은 기업이 처한 상황에 따라 유동적으로 인력을 활용하는데, 정부사업은 규정상 인건비 사용에 여러 제약이 있어 필요한 인력을 제대로 활용하지 못하는 경우가 있다. 사업비의 비목별 사용 범위와 한도도 엄격하여 사업비 사용에 있어서도 기업의 활동이 제한될 수밖에 없다.

특히나 정부는 기업의 연구역량을 보완하기 위해 ‘바우처(voucher)’제도를 도입했지만 현장에서는 오히려 장애요인으로 인식하고 있다. 이 제도는 기업이 자신에게 적합한 R&D 서비스를 공급할 수 있는 기관을 직접 선택하여 서비스를 제공받고, 그 비용을 정부에서 직접 기관에 지급하는 제도다. 도입 취지는 기업의 편의와 역량 강화를 위한 것이었으나 사업을 운영하면서 바우처 계상한도를 설정하여 문제가 생기기 시작했다. 이처럼 공급자 중심의 사업운영과 행정처리, 제도도입으로 인하여 지원 대상 기업의 편의를 충분히 고려하지 못하고 있다. 창업지원사업의 효과를 충분히 발휘하기 위해서는 현장의 의견에 귀를 기울이고, 좀 더 수요자 중심으로 사업을 운영할 필요가 있다.

마무리하며

창업지원사업 현황에 대한 분석과 관계자 인터뷰를 통해서 국가의 기술기반 창업 지원에 대한 이슈들을 살펴보았다. 이 다섯 가지 이슈들은 사업개편이나 제도개선, 문화조성과 같은 정책방안을 통해 개선되거나 제기된 문제가 해결될 수 있을 것으로 보인다.

창업지원에 대한 이슈 및 개선방법

이슈	개선방법		
	사업개편	제도개선	문화조성
1. 신규 스타트업 지원에 치우친 정책	○	○	○
2. 가벼운 창업 지원의 딜레마	○	○	
3. 정부 역할 재점검	○		
4. 창업지원 서비스 업그레이드		○	
5. 창업현장이 원하는 사업 운영	○	○	

먼저 신규 스타트업 지원 중심의 정책으로 인한 문제들은 예비창업자와 초기 창업기업이 죽음의 계곡을 뛰어넘을 수 있도록 시설이나 장비, 공간, 자금 등을 적극 지원하여 해결할 수 있다. 창업 3년 이후의 기업들이 지원 혜택을 받을 수 있도록 투자대상에 따른 지원사업의 포트폴리오를 재정립하고, 제도를 마련해야 한다. 그리고 기술기반 창업이 국가의 핵심 성장동력으로 자리 잡기 위해서는 창업 초기뿐만 아니라 죽음의 계곡을 넘을 수 있도록 지원하는 것이 중요하다는 사회적인 인식도 넓혀야 할 것이다.

두 번째 쟁점이었던 가벼운 창업의 딜레마를 해결하기 위해서는 하이테크 중심의 혁신형 창업에 대한 지원을 확대해야 한다. 이를 통해 창업기업의 생존율을 높이고, 플랫폼 기반의 서비스 분야 창업에 치중된 창업 생태계를 혁신주도형 창업이 공존하는 생태계로 이끌어야 한다.

세 번째로 창업지원사업의 체계를 정비하여 부처 간의 모호한 역할, 사업들의 유사·중복문제를 해결해야 한다. 최근 창조경제 진흥에 관한 사무가 중소벤처기업부로 이관되었기 때문에 기술기반 창업의 활성화를 위해 중소벤처기업부를 중심으로 부처 간 협업체계를 구축할 필요가 있다. 지원 분야와 창업단계에 따라 각 부처의 기능과 목적을 고려하여 역할을 분담하고,

부처별로 이에 맞는 세부사업이 기획되어야 한다.

네 번째로는 지원기관의 운영 효과를 유지하고, 향상시켜야 한다는 이슈가 있었다. 앞서 살펴보았듯이 이미 창업기업에 많은 도움을 주고 있는 기관들이 있기 때문에 기술기반 창업에 대한 지원 효과가 실증되고 있는 창업지원기관을 중심으로 기능을 강화한다면 지원기관 운영의 효과가 더욱 확대될 수 있다.

마지막으로 공급자 중심의 사업 운영으로 인한 문제점을 해결하기 위해서는 선정평가, 집행, 결과평가에 이르는 과정에서의 행정 중심 운영체제와 관료주의를 타파해야 한다. 수요자 중심으로 정부지원사업을 운영하기 위한 노력이 필요한데, 정책이나 사업의 공급자와 수혜자를 이어주는 정책지원창구의 단일화가 하나의 방안이 될 수 있다. 즉, 사업을 주관하는 기관과 행정처리 등 사업을 직접 수행하는 기관의 기능을 하나의 기관에서 수행하는 것이다. 이를 통해 창업기업이 국가의 지원을 받기 위해 처리해야 하는 단계를 간소화하고, 혼란을 최소화할 수 있다.

우리는 기술기반 창업이 고용절벽, 성장절벽에 직면한 우리 사회의 대안이 될 가능성에 대해 알아보았다. 하지만 기술기반 창업과 지원정책의 현황을 면밀히 살펴본 결과 아직 관심을 갖고 해결해야 할 정책 쟁점들이 산재되어 있었다. 앞서 제안한 방향과 같이 국가가 기술기반 창업에 관심을 가지고 현명한 지원방안을 구체적으로 마련해나간다면 이러한 쟁점들은 해결될 수 있다. 이제 본격적으로 저성장 시대의 돌파구를 기술기반 창업에서 찾기 위해 노력해야 할 때다.

참고 문헌

- (사)벤처기업협회 (2017), 「벤처기업 현황」, 2017년 5월호.
- 감사원 (2013), 「국가 R&D 감사백서」.
- 강혜정 (2012), “지역산업 클러스터 정책의 최근 동향 및 이슈”, 「KISTEP Issue Paper」, 2012-13, 한국과학기술기획평가원.
- 과학기술정책연구원 (2016), 「바이오 스타트업 육성 방안」.
- 곽영훈 (2014), “제조업 성장동력 문제 없나?”, 「하나 금융정보, 하나금융그룹」.
- 관계부처 합동 (2017), 「혁신창업 생태계 조성방안」.
- 국세청 (2016), 「2015년 국세통계」.
- 국회예산정책처 (2017), 「창업기반 및 중소기업 성장 대책 분석」.
- 권영관 외 (2012), 「기술창업 및 사업화촉진을 위한 선진기술평가 및 보증체계 개발」.
- 기획재정부 보도자료 (2017), “혁신창업 생태계 조성 방안”, 11월 2일.
- 김명진 (2013), “글로벌 경쟁력을 갖는 혁신클러스터 발전방안에 대한 연구”, 「국토지리학회지」, 47(2), pp.143~157.
- 김석관 (2015), “바이오 벤처 창업 활성화 방안: 무위험 창업 모델을 찾아서”, 「2015년 제2회 코리아바이오플러스」, 한국산업기술평가관리원.
- 김선우·고혁진·이윤석 (2015), “기술기반 창업 활성화를 위한 이공계 창업교육에 관한 연구”, 「공학교육연구」, 18(2), pp.3~7.
- 김용정 (2013), 「대학의 기술기반 창업 영향요인 분석 및 활성화 방안」, 한국과학기술기획평가원.
- 김종호·윤재홍·최유준 (2016), 「기술창업경영론」, 이프레스.
- 김진수·최종인·임충재·고혁진·이유중 (2016), 「기술창업론(개정판)」, 탐복스.
- 매일경제 (2016), 2% 부족한 청년창업... 독창적 기술 '가뭄에 콩나듯', 3월 13일. (<http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2016&no=191019>)
- 미래창조과학부 (2016), 「국가연구개발 과제평가 표준지침」.
- 안승구 (2017), 「기술기반 창업의 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 정부 정책 효과성 분석을 중심으로」, 한국과학기술기획평가원.
- 양현택 외 (2017), 「창업활성화 지속 및 지역경제 생태계 완성을 위한 정책방향」.

- 오동현 (2016), 「ICT 벤처생태계의 변화 분석을 위한 패널 데이터 구축 및 정책방향 연구 (1): ICT 벤처생태계의 환경변화 및 진화방향 분석」, 정보통신정책연구원.
- 유호석 (2016), 「SW창업 생태계 정책 분석」, 소프트웨어정책연구원.
- 이민화 (2013), 「기술창업과 창조경제」, 「과학기술정책」, 23(2), pp.4~8.
- 이윤준·정기철·장병열·김선우·이민규·김영훈·김서균·정우진·이승호 (2012), 「기업가 정신 고취를 통한 기술창업 활성화 방안」, 과학기술정책연구원.
- 이윤준·정기철·장병열·나청호 (2013), 「기술창업의 성공조건과 지원정책」, 과학기술정책연구원.
- 이재형 (2014), 「기업집단의 경제적 비중과 시장지배력」, 「KDI 정책포럼」, 제262호, 한국개발연구원.
- 임길환·정유훈 (2014), 「벤처·창업 지원 정책의 주요 쟁점과 개선과제」, 국회예산정책처.
- 조길수 (2017), 「4차 산업혁명 주도기술 기반 국내 스타트업의 현황 및 육성 방안」, 「KISTEP Issue Weekly」, 2017-04, 한국과학기술기획평가원.
- 중소기업청 (2016), 「2017년도 창업성장기술개발사업 '창업과제(여성참여활성화과제 포함) 1차 시행계획 공고」, 중소기업청 공고 제2016-412호.
- 중소기업청 (2017a), 「2017 창업지원사업」.
- 중소기업청 (2017b), 「2017년 중소기업기술개발 지원사업 관리지침」.
- 중소기업청 (2017c), 「2017년도 중소·중견기업 지원시책」.
- 중소기업청·(사)한국창업보육협회 (2016), 「한국창업보육백서」.
- 중소기업청·미래창조과학부 (2016), 「2017년도 창업지원사업 계획」, 중소기업청 공고 제 2016-410호·미래창조과학부 공고 제2016-578호.
- 중소기업청·창업진흥원 (2015), 「기술창업보육론: 기술창업론」.
- 중소기업청·창업진흥원 (2016), 「2015년 1인 창조기업 실태조사 보고서」.
- 중소기업청·창업진흥원 (2017), 「2016년 창업기업 실태조사」.
- 창업진흥원, 「창업선도대학」, (<https://www.kised.or.kr/bus/inf1.asp>)
- 창조경제연구회 (2015), 「하드웨어 스타트업」, 「제18차 창조경제연구회 공개 포럼」.
- 통계청, 「e-나라지표」, (<http://www.index.go.kr/>)

- 통계청 (2016), 「2015년 기준 기업생멸 행정통계 결과」.
- 통계청 (2017a), 「경제활동인구조사」.
- 통계청 (2017b), 「2016년 기준 일자리행정통계 결과」.
- 한국무역협회 (2015a), 「IT벤처기업의 Death Valley 극복과 시사점」, 「Trade Brief」, 제31호.
- 한국무역협회 (2015b), 「미국 소프트웨어 융합 하드웨어 스타트업 붐과 시사점」, 「Trade Brief」, 제44호.
- 현대경제연구원 (2016), 「청년 고용보조지표의 현황과 개선방안」, 「VIP리포트」, 제16-20호.
- Baitetti, T. (2012), "Technology Entrepreneurship: Overview, Definition, and Distinctive Aspects", Technology Innovation Management Review, 2(2), pp.5-12.
- GEM (2017), 「Global Entrepreneurship Monitor Global Reports 2016/2017」.
- ILO (2016), 「World Employment Social Outlook 2016: Trends for youth」.
- ITIF (2017), 「How Technology-Based Start-Ups Support U.S. Economic Growth」.
- KOTRA (2015), 「주요국의 스타트업 육성정책과 한국의 과제」, 「Global Market Report」 15-057.
- McKinsey&Company (2015), 「벤처산업 선순환 구조 구축: 한국 벤처기업 생태계 조성을 위한 지속가능한 장기성장 경로 모색」.
- OECD (2017), 「Entrepreneurship at a Glance 2017」, OECD Publishing.

제7장

정부 R&D예산 20조, 투자 전환의 기로에 서다

혁신 성장과 미래 트렌드 2018 Plus 10

- 정부 R&D 투자의 성과와 한계를 되짚어 보다
 - 선진국은 어떻게 투자하고 있나
 - 우리가 선택할 수 있는 투자 시나리오

필자

박소영

현재 KISTEP 과학기술법제팀장을 맡고 있다. 컴퓨터공학을 전공한 변호사로서, 과학기술을 둘러싼 제도뿐만 아니라 새로운 과학기술 발전에 따른 법제 변화에 관심이 많다. 인공지능 관련 법 제도, 정부출연기관 조직 법무, 과학기술 거버넌스 정책, 연구개발사업 제도, 규제 개선 관련 업무를 수행하였다.

손병호

각 정부의 과학기술기본계획, 과학기술 중장기 발전전략 수립 등 국가과학기술 정책과 미래 전략기획 업무를 주로 수행하였으며, 현재 KISTEP 부원장을 맡고 있다. 4차 산업혁명시대의 과학기술과 산업, 인력을 아우르는 혁신정책(Innovation Policy) 분야에 관심을 가지고 연구 중이다.

이 글은 「정부 R&D 투자 20조 시대, 혁신 방향과 과제 포럼」의 손병호 한국과학기술기획평가원 부원장 발표자로 “정부 R&D 투자 현황 진단과 혁신 방향”을 바탕으로 작성되었습니다.

제7장

정부 R&D 예산 20조, 투자 전환의 기로에 서다

2017년의 소비 트렌드 중 하나는 ‘가성비’다. 이는 2016년부터 이어진 트렌드이다. 지속적인 저성장 속에 소비 심리가 위축되면서 낮은 비용으로 고급적 높은 성능을 얻고자 하는 자세가 확산되었다.

저성장 시대에 지출이 위축되는 마음은 과학기술 R&D 투자에도 영향을 끼쳤다. 경제성장률 둔화, 주력산업 경쟁력 약화 등으로 재정 수입이 감소하였다. 그 가운데 고령화, 높은 실업률로 인해 사회보장 의무 지출 예산과 경제 활력 제고 정책 예산의 지출이 증가하였다. 이러한 상황에서 지출 확대에 신중해진 정부는 매년 확대하던 과학기술 R&D 투자에 대해 의문을 품기 시작했다.

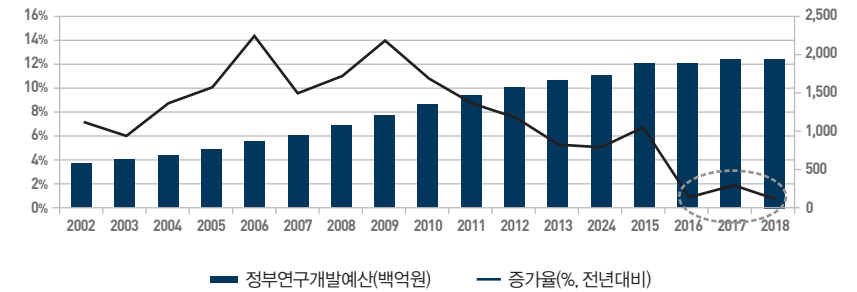
과학기술 R&D는 투자에 걸맞는 성과를 내지 못하는 것으로 보였다. 2015년 국내총생산(GDP; Gross Domestic Product) 대비 총연구개발비 비중이 4.23%에 이를 정도로 세계 1위의 투자를 하고 있지만, 상업화 수준은 43위에 머물고 기술무역수지 적자는 6년 만에 60억 달러를 넘어섰다. 이에 투자 대비 효율성, 즉 일종의 ‘가성비’가 부족하므로 R&D 투자를 감축하여야 한

다는 목소리가 높아졌다.

정부는 2018년 정부 R&D 사업 예산을 전년 대비 1.1%만 증액하였다(총 19조 7천억 원). 이는 역대 최저 수준 증가율이다. 내년 근원인플레이션율⁸⁷이 1.9%로 예상되는 점(조선비즈, 2017)을 감안하면 사실상 정부 R&D 예산을 축소하는 것이다. 또한 과학기술정보통신부는 2017년 8월 ‘지출 절감, 투자 효율화’를 목표로 ‘어떡할래’ TF를 구성하여, 관행상 이루어지던 R&D 투자를 전면 재검토하였다.

이처럼 우리는 정부 R&D 예산이 실질적으로 축소되고 있는 전환의 기로에 서 있다. 2000년대 이후 정부 R&D 예산은 평균 10% 증가율을 보였다. 하지만 어려워진 재정 상황 속에 최근 3년간 그 증가율이 0%에 가까워지고 있다. 이 추세가 지속되면 불확실성이 고조되고 있는 전환기적 시대에 자칫 혁신 동력을 상실하지 않을까 우려된다. 점차 증가할 복지와 일자리 재원을 확충하면서도 과학기술을 통해 미래성장 동력을 창출하려면 어느 정도의 투자가 필요하고 그 투자의 방향은 어떻게 되어야 할까? 현황을 분석하고 달라진 예산 상황에 맞춰 적절한 정부 R&D 투자 방향을 모색할 시점이 왔다.

정부연구개발예산 규모 및 증가율



[자료] 안승구·김주일 (2017); 기획재정부 (2017)

정부 R&D 투자의 성과와 한계를 되짚어 보다

우리나라의 R&D 투자는 지난 40년간 계속 확대되었다. 1975년 427억 원으로 시작한 총연구개발비는 급격한 팽창을 거듭하여 2015년 65조 9천억 원에 이르고 있다. 그 중 정부 연구개발비는 1975년 305억 원에서 2015년 18조 2천억 원으로, 40년간 약 600배 증가하였다.

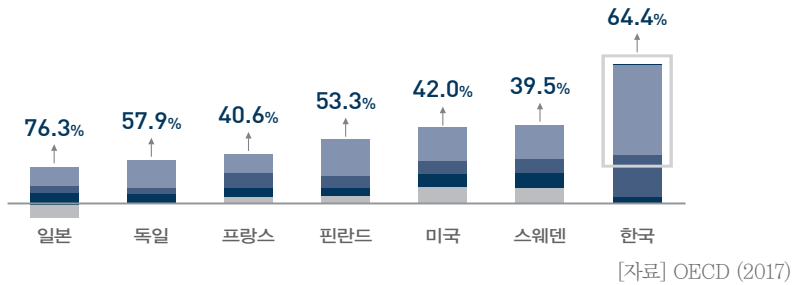
정부의 전폭적인 투자를 받은 과학기술은 경제 성장에 절대적인 기여를 하였다. 국민들도 성장 버팀목으로서 큰 역할을 한 과학기술을 높이 평가하고 있다.⁸⁸ 1970년 후반부터 본격적으로 시작된 정부 R&D 사업이 뒷받침되어 DRAM, CDMA, 리튬이온 전지 기술 등이 개발되었다. 이를 바탕으로 민간 연구개발 기반이 형성되어 휴대폰, 반도체 등 세계 시장을 차지하는 기

87 식료품, 에너지를 제외한 나머지 품목의 물가상승률

88 한국과학기술기획평가원이 2015년 일반국민 1,080명을 대상으로 한 「과학기술 인식조사」에 의하면, 응답자의 대다수가 과학기술이 경제발전(87.9%), 선진국 진입(86.1%), 개인 삶의 편리(83.2%)에 기여하였다고 응답(중복응답 허용)

술 강국으로 도약하고, 급격한 GDP 성장을 이뤘다. 생산요소⁸⁹별 경제성장 기여도를 분석한 「OECD compendium of Productivity Indicators 2017」(OECD, 2017)에 따르면, 우리나라의 GDP는 20년간(1995~2015) 총요소생산성⁹⁰으로 인해 많이 성장하였다. 총요소생산성⁹⁰에는 과학기술 혁신으로 인한 효과가 포함되는데, 우리나라의 총요소생산성 기여도는 64.4%로, OECD 국가 중 최상위권을 차지한다.

총요소생산성의 GDP 기여도



정부 R&D 투자의 중심이 된 정부출연연구소 또한 많은 경제적 효과를 창출하였다. 한국과학기술연구원은 47년간(1966~2012) 3조 2,478억 원⁹¹을 투자하여 2013년 기준 현재가치로 594조 8천억 원의 파급효과를 일으켰다. 한국전자통신연구원은 40년간 10조 4천억 원을 투자하여 373조 원 효과를 일구었다(봉선학, 2014). 이는 총 투자액(10조 4천억 원) 대비 약 36배에 이른다.

하지만 최근 이런 눈부신 성과가 둔화되고 있다. 선진국 추격형 전략이

89 노동투입, 자본투입, 총요소생산성

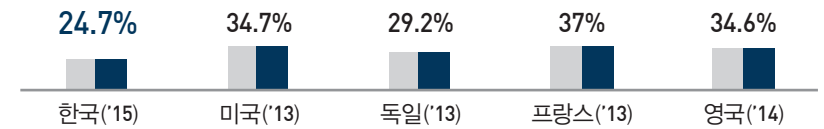
90 노동투입과 자본투입 이외의 경제성장 요인들. 예를 들어 자본에 체화되지 않은 기술 발전 및 혁신의 성과, 대외적 개방성, 불완전 경쟁으로 인한 효과 등 여러 요소가 포함됨

91 2013년 기준 현재가치로 산정할 경우 11조 2,259억 원에 이름

한계에 봉착하였기 때문이다. 기술 불확실성이 높아지고 기술의 부익부 빈익 빈 현상이 심화될 것으로 예상되는 미래 사회에는 추격형 전략에서 벗어나 창의와 혁신을 기치로 한 선도형 혁신경제로 전환하여야 한다. 하지만 우리는 아직도 연구 역량을 축적하는 투자가 부족하여 추격형 모델을 탈피하지 못하고 있다.

흔히 알고 있는 ‘GDP 대비 비중 세계 1위, 절대 규모 세계 6위’(2015)라는 타이틀은 민간 R&D를 합한 수치로 정부 R&D만의 규모가 아니다. 사실 전체 R&D 투자 중 정부 R&D의 비중은 OECD 평균(32.5%)에 못 미치는 수준이다. 선진국은 정부 재원을 전체 R&D 투자의 30%대로 유지하는 반면 우리나라는 25%에 머물고 있다.

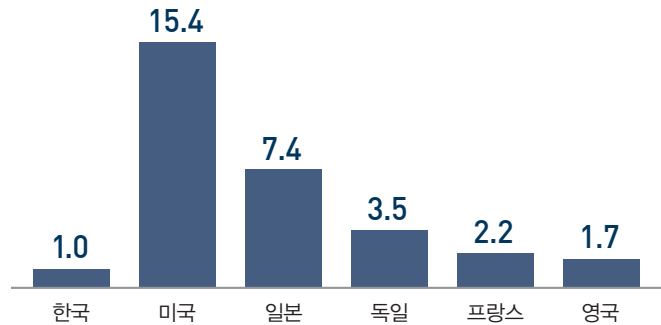
정부연구개발예산 규모 및 증가율



[자료] OECD (2016)

총 R&D 투자 규모도 절대적인 누적 총액으로 보면 선진국에 비해 적다. 우리나라가 33년간(1981~2013) 투자한 총 R&D 누적액을 1로 봤을 때, 미국은 15.4, 일본은 7.4, 독일은 3.5, 프랑스는 2.2에 해당한다. 미국, 일본 등은 1970년부터 GDP 대비 2% 이상을 R&D에 투자하였다. 반면 우리나라는 1994년에야 2%대에 도달하는 등 최근 들어서 R&D 투자를 확대하였다(미래창조과학부·한국과학기술기획평가원, 2016).

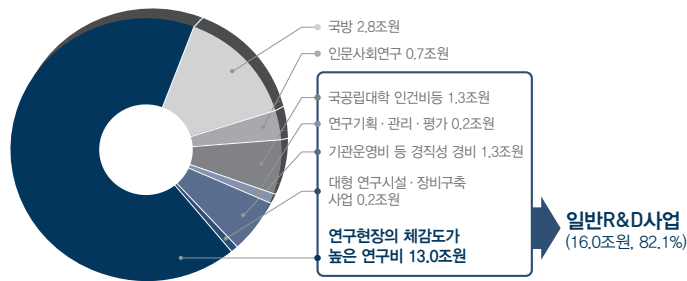
한국 1981~2013년 총 R&D 투자 누적액을 1로 보았을 때 다른 국가 투자 누적액



[자료] 한국과학기술기획평가원 (2016)

이마저도 상세히 들여다보면 연구 현장이 체감하는 예산은 더 적다. 연구에 직접적으로 사용되는 연구비는 정부 R&D 예산의 66.8% 수준에 그친다. 2017년 정부 R&D 예산 19.5조 원에서 국방 R&D, 인문사회 R&D, 대학 인건비, 경직성 경비 등을 제외하면 연구 현장이 체감하는 연구비는 13조 원에 불과하다. 이는 총 R&D 규모의 약 16%에 미칠 뿐이다.

정부연구개발예산(2017)의 구성

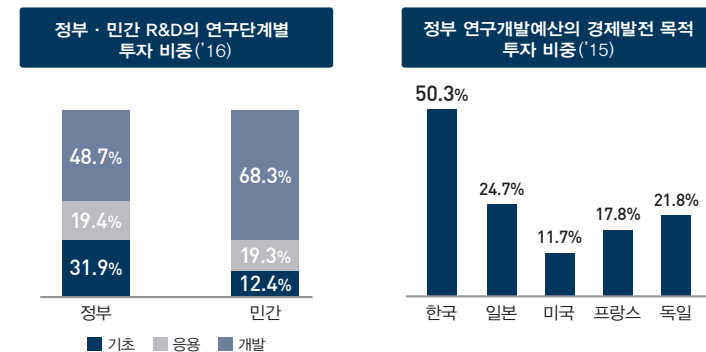


※국기연구개발예산으로 구축한 3천만 원 이상의 연구 시설·장비투자액은 약 0.8조원(2016 연구시설장비조사·분석대상 기준)

[자료] 미래창조과학부 (2016); 손병호 (2017) 재구성

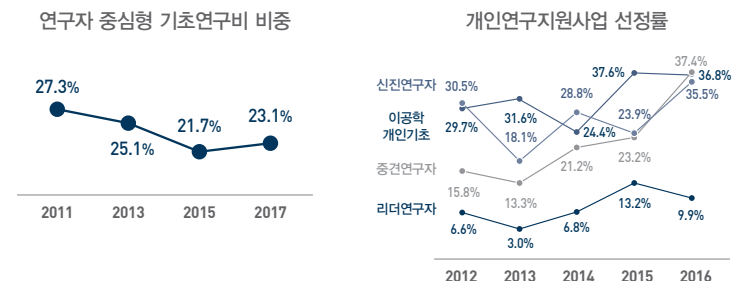
또한 응용·개발연구 위주의 하향식 투자를 하다 보니 연구 현장이 'R&D 투자 GDP 대비 1위'라는 규모를 체감할 수 없다. 연구비 대부분이 응용·개발, 경제발전 목적 연구에 집중되어 있고 선정률도 불안정하여, 연구자가 긴 호흡으로 창의적이고 도전적인 연구를 할 수 있는 환경이 마련되지 못하고 있다.

정부·민간 R&D의 연구단계별 투자 비중 및 정부 R&D의 경제발전 목적 투자 비중



[자료] (좌) 한국과학기술기획평가원 (2017); 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원 (2017b) (우) OECD (2017)

연구자 중심형 기초연구비 비중 및 개인연구지원사업 선정률

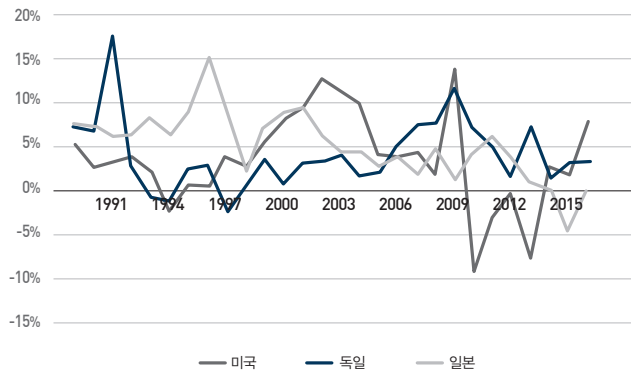


[자료] (좌) 미래창조과학부 (2016), (우) 교육부·미래창조과학부 (2016)

선진국은 어떻게 투자하고 있나

R&D 투자를 통한 과학기술 역량 축적이 국가 성장으로 이어진다고 생각한 선진국들은 국민소득 2~3만 달러 시대(1990~2000년대)에 정부 R&D 투자 증가 추세를 유지하였다. 그 이후 금융위기 등의 이유로 약간 주춤하였으나, 최근 파괴적 혁신 기술을 위한 투자의 중요성을 되새기며 정부 R&D 투자를 다시 확대하고 있다.

주요국 정부연구개발비 증가율 추이(% , 전년 대비)



[자료] OECD (2017)

미국은 2015년 「신 미국 혁신 전략」에서 장기적인 경제 성장 토대 마련을 위한 R&D 투자 확대 의사를 밝혔다. 독일은 2010년 「첨단기술 전략 2020(HTS 2020: High-Tech Strategy 2020)」에서 혁신 모멘텀 형성을 위하여 연구개발 투자를 확대하기로 정하고 정부 R&D 투자를 계속 증가시키고 있다. 일본은 잃어버린 20년 기간(1990~2010)에도 과학기술에 대한 관심을 놓지 않

고 꾸준히 정부 R&D에 투자하였다. 그 결과 10년 동안 IMD 과학경쟁력 2위를 놓치지 않고 있다(IMD, 각 년도). 또한 2008년 이후 거의 매년 과학 분야 노벨상 수상자를 배출하는 등⁹² 달콤한 결실을 맺고 있다.

이처럼 주요국들은 R&D 투자를 확대하여 미래 먹거리 창출, 신기후 체제, 저출산·고령화 등 다양한 국가적 아젠다를 과학기술 혁신으로 해결하려고 노력 중이다. 산업사회에서 지식경제사회로 패러다임이 전환되면서 전략 자원으로서의 과학기술 역할이 과거보다 더욱 중요해졌음을 절감하기 때문이다.

특히 4차 산업혁명과 관련된 인공지능, 로봇, 첨단 제조 등에 대한 투자를 강화하고 있다. 미국은 「신 미국 혁신 전략」 아래 첨단 제조, 뇌 과학, 첨단 자동차 등 9대 분야를 선정하여 집중 투자하고 있다. 일본은 「제5기 과학기술 기본계획」을 통해 초스마트 사회(society 5.0) 실현이라는 목표를 공표하였다. 중국은 「과학기술혁신 2030 프로젝트」에 인공지능 분야를 추가하고 차세대 인공지능 발전 계획을 발표하였다.

92 (2008) 4명, (2010) 2명, (2012) 1명, (2014) 3명, (2015) 2명, (2016) 1명

주요국의 4차 산업혁명 관련 R&D 투자 내용

	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신 미국 혁신 전략 <ul style="list-style-type: none"> · 9대 전략 분야 투자 확대 및 공공 R&D 성과 제고 · 그중 하나로 브레인 이니셔티브 프로젝트에 10년간 30억 달러 투자 ■ 첨단제조 파트너십(AMP; Advanced Manufacturing Partnership) <ul style="list-style-type: none"> · 신생기술 확보를 위한 공공·민간 R&D 투자 및 인프라 조성 · 그중 하나로 국가 로봇 계획(National Robotics Initiative) 추진 중 <ul style="list-style-type: none"> ※ 협업로봇 개발·활용 중심으로 '14년 3.2천만 달러, '15년 5천만 달러, '16년 3.7천만 달러 지원(NRI 외 국방·우주로봇 등을 위한 예산은 별도 편성)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Horizon 2020 <ul style="list-style-type: none"> · 주력 산업의 글로벌 경쟁력 확보와 지속가능한 성장을 위해 7년간(2014~2020) 800억 유로의 자금을 투입하여 연구 · 그중 하나로 휴먼 브레인 프로젝트에 10년간 10억 유로 투자
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인더스트리 4.0 & 플랫폼 인더스트리 4.0 <ul style="list-style-type: none"> · 사물인터넷, 보안 등 관련 분야 2억 유로 투자(2012~2015) · 인더스트리 4.0 이후 플랫폼 인더스트리 4.0을 진행하여 다양한 ICT 프로젝트를 통한 스마트공장 지원 ■ 첨단기술 전략 2020 <ul style="list-style-type: none"> · 5대 핵심 기술개발 분야 및 중소기업 R&D 지원 강화
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제5기 과학기술 기본계획(2016) <ul style="list-style-type: none"> · IT와 로봇의 전 사회적 활용을 목표로 향후 5년간 국가전략 분야 R&D에 약 26조 엔 투입 · 인공지능 연구개발에 20년간 1,000억 엔 투자
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 13차 5개년 국가 과학기술 혁신 계획 <ul style="list-style-type: none"> · 종합 혁신 경쟁력 세계 15위 진입을 목표로, 2020년 GDP 대비 연구개발투자 비중 2.5% 달성 계획 · 2030년을 목표로 15개 대규모 과학기술 프로젝트 편성하였다가 그 이후 인공지능 분야를 추가하여 「과학기술창신 15+」 추진

또한, 과학기술의 역할을 미래 성장 동력 창출에 제한하지 않고 기후 변화, 고령화 등 현재 직면하고 있는 사회문제를 해결하기 위한 연구를 확대하고 있다. 미국은 「신 미국 혁신 전략」에서 교육·건강·안전 등 국가적 당면 과제 해결에 대한 목표를 강조하고, 2016년 정밀의학 계획에 2억 1,500만 달러, 에너지 안보 강화 및 탄소 배출 저감에 76억 달러를 투자하였다. 유럽은 800억 유로에 달하는 「Horizon 2020」의 3대 중점 영역 중 하나로 「사회적

도전 과제」를 선정하여 시민들에게 실질적 혜택을 제공하는 연구를 추진한다. 일본은 2015년 로봇 관련 예산의 80% 이상을 고령자의 식사·보행 등을 지원하는 개호(介護) 기기, 의료기기 시스템 개발 등에 투자하였다.

EU 「Horizon 2020」 프로젝트 내 「사회적 도전과제」

과제	규모(유로)
보건과 웰빙	74억 7,200만
식량 안보 및 생물 자원의 지속가능한 이용	38억 5,100만
지속가능한 에너지	59억 3,100만
변화하는 세계 속의 유럽- 포용, 혁신, 성찰을 추구하는 사회	13억 900만
친환경 통합 운송 시스템	63억 3,900만
기후 변화 대응, 환경, 자원 효율성, 원자재	3억 8,100만
안전한 사회-시민의 자유 및 안전 보호	16억 9,500만

우리가 선택할 수 있는 투자 시나리오

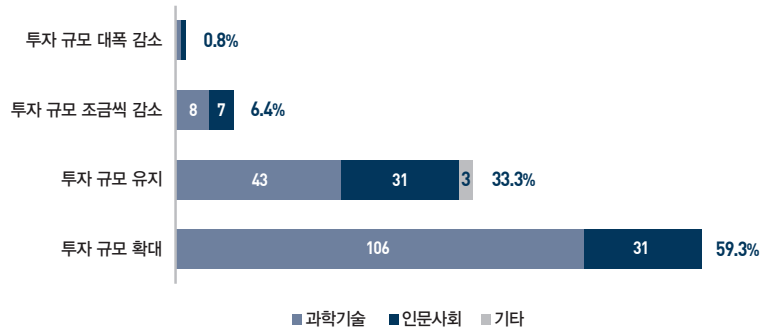
향후 5년간 선택 가능한 투자 시나리오

주요국들이 앞다투어 정부 R&D 투자를 확대하는 가운데 우리나라가 정부 R&D 투자를 실질적으로 축소하자 연구 현장에서는 걱정의 목소리가 커지고 있다. 한국과학기술기획평가원이 2017년 실시한 「정부 R&D 투자현황 진단과 효율화 방향 설문조사」⁹³에서 응답자의 60%는 정부 R&D 투자를 확대하여야 한다고 응답하였다. 정부 R&D 투자를 축소하면 급속한 미래 변화

93 과학기술 및 인문사회 분야 전문가 232명 대상: 출연(연)(88명), 대학(85명), 기업(43명), 기타(16명)

속에서 성장의 기회를 놓칠 수 있으므로 신중한 접근이 필요하다는 의견이다.

연구 현장이 생각하는 정부 R&D 투자 규모 방향



[자료] 손병호 (2017)

문제는 국가 재정 지출을 절감하여야 하는 시대적 요구로 인해 정부 R&D 투자를 확대하기 어렵다는 것이다. 이런 상황은 몇 년 전부터 감지되었는데, 총 재정 지출 증가율보다 높게 유지되던 정부 R&D 예산 증가율은 점차 그 격차가 줄어들다 2016년에 역전되었다. 현재는 정부 R&D 예산 증가율이 총 재정 지출 증가율에 못 미치고 있다.

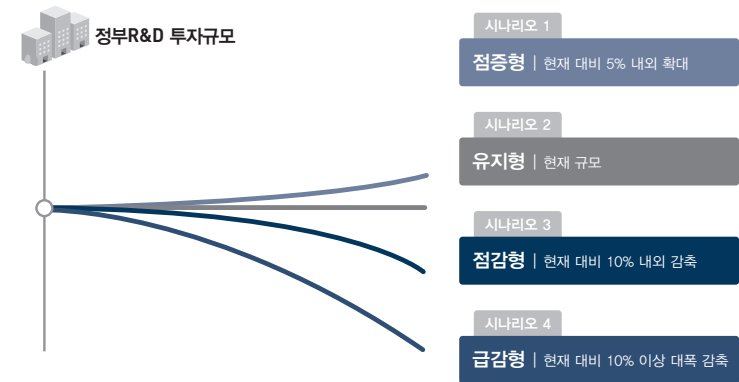
총 재정 지출과 정부 R&D 예산의 금액 및 증가율(2010~2017)

(단위: 조 원, %)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
총 재정 지출 (전년 대비 증가율)	293 (-3)	309 (5)	325 (5)	342 (5)	356 (4)	375 (5)	386 (3)	401 (4)
정부 R&D 예산 (전년 대비 증가율)	13.7 (11)	14.9 (9)	16.0 (7)	16.9 (6)	17.8 (5)	18.9 (6)	19.1 (1)	19.5 (3)

따라서 이제는 어떻게 투자하면 어려운 재정 상황 속에서 정부 R&D 역할을 제대로 수행할 수 있는지 냉철하게 모색해야 할 시점이다. 향후 5년간 예상 가능한 투자 방향 시나리오로는 현재 대비 5% 내외를 확대하는 점증형, 현재 규모를 유지하는 유지형, 현재 대비 10% 내외를 감축하는 점감형과 그보다 더 급격히 감축하는 급감형, 네 가지를 생각해 볼 수 있다. 우리는 투자 필요 부문, 효율화 가능 부문 등을 살펴보고 이 시나리오들 중 우리가 선택해야 할 방향을 결정해 나가야 한다.

연구 현장이 생각하는 정부 R&D 투자 규모 방향



[자료] 손병호 (2017)

세 가지 혁신 역량을 위한 투자 전략

혁신 기술의 사회적 적용 및 확산이 빠르게 진행되는 미래⁹⁴를 준비하기

94 한 예로 미국 가정에서의 기술 소비 속도(adoption rate)가 점점 증가하고 있음. 전화기가 미국 내 50% 가정에 보급되는데 약 50년이 걸린 반면, PC는 약 15년, 스마트폰은 약 5년 정도밖에 소요되지 않고 있음

위해서 정부는 세 가지 혁신 역량을 확충하는 방향으로 R&D 예산을 투자해야 한다. 첫째, 축적·체화를 통한 과학기술 역량을 강화하여야 한다. 기초과학 확대, 연구자 주도 공모형 연구비 증대, 청년 과학기술인의 환경 개선 등 과학기술인이 긴 호흡으로 연구할 수 있도록 지원함으로써 진정한 과학기술 자원을 축적·체화할 필요가 있다. 둘째, 4차 산업혁명 시대에의 미래 대응 역량을 제고하여야 한다. 이를 위해서 추격형 사고에서 벗어나야 한다. 안정적인 연구보다는 위험성이 높지만 성공 시 파급력이 높은 도전적 연구개발을 확산시키고, 중소기업 역량 확대를 통해 혁신 주체를 다각화시켜야 할 것이다. 마지막으로 과학기술 투자에 대한 국민 신뢰를 강화하기 위한 사회문제 해결 역량을 도모한다. 연구개발을 통해 삶의 질 향상, 국민복지 증진을 이끌어냄으로써 국민들이 과학기술계를 신뢰하고 지원하며, 과학기술계는 그 기대에 부응하는 선순환 체계를 구축하여야 한다. 정부도 이러한 필요성을 인식하여 2018년 기초·원천연구, 창의·도전적 연구, 4차 산업혁명 선제적 대응을 위한 연구, 삶의 질 향상을 위한 연구 등에 대한 투자를 확대하기로 약속하였다(국가과학기술심의회, 2017).

향후 정부 R&D 투자 확대 부문 및 내용

부문	투자 확대 내용
기초연구 및 기반 확대	'17년 1.5조 원 → '18년 1.8조 원, ▲20.0%
4차 산업혁명 대응	'17년 1.2조 원 → '18년 1.5조 원, ▲25.6%
서비스 R&D 육성	'17년 0.7조 원 → '18년 0.8조 원, ▲17.7%
중소기업 성장	'17년 1.6조 원 → '18년 1.7조 원, ▲3.1%
사회문제 해결형 R&D	'17년 1.7조 원 → '18년 1.9조 원, ▲9.9%

[자료] 국가과학기술심의회 (2017)

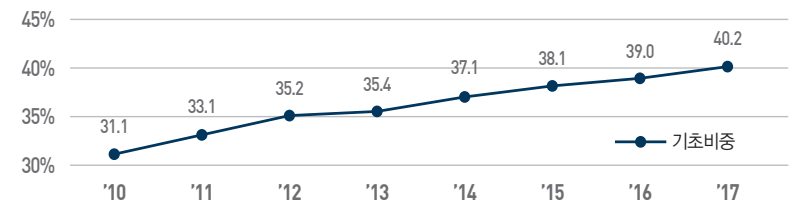
기초연구를 위한 든든한 기반 마련

기초연구는 새로운 혁신을 이끄는 지식을 생산하고 막대한 파급효과를 가져온다. 현대의 많은 과학기술과 산업은 과거 기초연구 결과에 기반을 두고 있다. 최근 연구에 따르면, 미국의 기초연구 예산을 가장 많이 사용하는 NIH(National Institutes of Health⁹⁵)가 지원하는 연구 과제의 31%가 직·간접적으로 민간 특허의 기반이 되고 있다(Danielle Li 외 2인, 2017).

미국은 2006년 「미국 경쟁력 강화 계획」을 발표한 후 10년간 기초연구 예산을 2배 증액하였다. 일본 또한 2009년 「기초과학력 강화 전략」을 세웠으며 이 기조는 「제5기 과학기술 기본계획」(2016~2020)에서도 유지되고 있다.

최근 우리나라도 기초연구 비중을 지속적으로 확대하였으나 절대적인 투자 기간 및 누적 총액을 선진국과 비교하면 여전히 부족하다. 특히 연구자 중심의 기초연구비는 더 부족하다. 2015년 연구자 중심형 기초연구비⁹⁶는 약 1조 원으로, 정부 R&D 예산(18.9조 원)의 5.7%에 불과하다.

기초연구 투자 비중 추이



[자료] 안승규·김주일 (2017)

95 2015년 기준 미국 기초연구 예산(32,079백만 달러)의 50.1%(16,085백만 달러)를 차지하고 있음

96 일반연구자 지원사업, 중견연구자 지원사업 등

따라서 앞으로도 창의적 기술의 기반이 되는 기초연구 지원을 계속 확대하여야 한다. 문재인 대통령은 연구자 주도형 기초연구 투자를 임기 내에 두 배 수준인 2조 5,000억 원까지 확대하겠다고 공표하였다. 과학기술정보통신부는 연구자 아이디어에 기반한 창의·도전적 연구를 확대하기 위해 2018년 자유공모 기초연구에 전년 대비 896억 원 증액한 9,718억 원을 투자할 계획이다.

미룰 수 없는 미래 준비

우리나라의 4차 산업혁명 핵심 기술 수준은 선진국에 비해 낮을 뿐만 아니라 중국에게도 빠르게 추월당할 위기에 있다. 이러한 위기를 타개하기 위하여 인공지능, 빅데이터, 뇌과학, 자율자동차 등 4차 산업혁명 혁신을 주도할 핵심기술 분야에 집중적으로 지원하여야 한다.

4차 산업혁명 주요 기술 수준

구분	미국	EU	일본	중국	한국
IoT	100	85.6	82.9	70.6	80.9
빅데이터	100	88.9	87.7	66.4	77.3
인공지능	100	86.8	81.9	66.1	70.5

[자료]미래창조과학부·한국과학기술기획평가원 (2017a); 미래창조과학부·정보통신기술진흥센터(2016)

정부는 4차 산업혁명을 5대 영역⁹⁷으로 설계하고, 이 중 기술 부문에 해당되는 영역에 대하여 기술 성숙도, 시장 특성 등에 따른 차별화된 투자 전략을 적용할 계획이다.

97 (5대 영역) 기초과학, 핵심기술, 기반기술, 융합기술, 법·제도

4차 산업혁명 5대 영역 중 기술 영역

영역	내용	기술 분야	투자전략
핵심기술	4차 산업혁명의 기술적 동인이 되는 요소기술	AI, 빅데이터, IoT 등	국내외 기술격차가 큰 분야는 단기집중투자를 통해 기술경쟁력 조기 확보
기반기술	핵심기술과 결합하여 파급력을 증대시키는 부가기술	이동통신, 반도체 등	지능형반도체, 센서, 정보보안 등 산업혁신 요소 기술에 집중 투자
융합기술	공공·산업 융합 분야의 실질적 부가가치를 창출하는 기술융합	자율주행, 무인기 등	신산업 창출 및 공공서비스 스마트화를 위한 민·관 협력체계 구축 지원

서비스 R&D 역량 높이기

최근 소득 수준 향상, 스마트 기술 발달 등에 힘입어 새로운 서비스에 대한 수요가 증가하고 전 산업의 서비스화가 진행되고 있다. 우리나라도 서비스 경제로 이행되고 있으나, 서비스업의 생산성이 제조업에 비해 낮고(한국경제연구원, 2014)⁹⁸ 경제 성장에 대한 기여율도 낮다(한국무역협회, 2013)⁹⁹

그로 인해 미래 생활형 서비스 개발을 통한 신산업·신시장 창출 및 서비스업 생산성 향상이 경제 성장의 핵심 과제로 부상하고 있다. 하지만 민간의 서비스 R&D 투자가 지속적으로 감소하고 있어 이를 보완할 정부의 투자가 필요하다. 이에 정부는 5년간(2018~2022) 서비스 R&D에 5조 원 안팎을 투자할 예정이다. 스마트 해상 물류, 스마트홈, 헬스케어 등 대표 분야에 집중적으로 투자하여 혁신형 서비스와 비즈니스 모델을 선제적으로 개발하고자 한다.

98 제조업 대비 서비스업 노동생산성 비율: (2004) 67.2% → (2013) 47.1%

99 서비스업의 경제성장 기여율(%): 한국(52.9), 미국(61.7), 독일(82.1)

될성부른 중소기업 성장 지원

전 세계 유니콘 기업¹⁰⁰ 214개 중 우리나라 기업은 2개뿐이다(CB insights, 2017). 반면 중국은 올해에만 21개의 유니콘 기업이 새로 탄생했다. 2012년만 해도 유니콘 기업이 2개뿐이던 중국은 엄청난 속도로 성장하고 있다. 이는 2014년 다보스포럼에서 리카창 총리가 벤처 기업 육성을 위한 ‘대중창업, 만중창신(大衆創業 萬衆創新)’을 제창한 이후 적극적으로 창업·중소기업 R&D를 지원한 결과이다. 미국은 2011년 「Startup America Initiative」를 발표한 후 연방정부 R&D 사업화를 강화하여 스타트업과 함께 신산업을 창출하고 있다. 영국은 5,000개 이상의 스타트업이 집중 위치해 있는 런던 테크 시티를 중심으로 기술 기반 창업·중소기업을 적극적으로 지원한다.

우리도 일자리 창출과 중소기업의 안정적 성장을 위해 기술기반 창업을 촉진하고 기술 혁신을 지원하여야 한다. 이를 통해 중소기업의 기술력 확보, 외형 증대, 고용 확대로 이어지는 선순환을 만들어야 한다. 정부는 2018년 창업 환경을 조성하고¹⁰¹ 4차 산업혁명 핵심 기술 지원을 강화하는¹⁰² 방향으로 중소기업을 지원할 계획이다.

사회문제 해결을 위한 연구개발 확대

그동안 우리나라는 헌법마저 과학기술의 활동 목적을 ‘국민경제 발전의 수단’으로 정하고 있을 만큼 경제 성장을 위한 연구개발에 치중해왔다. 이제는 과학기술 패러다임을 경제 성장뿐만 아니라 삶의 질도 중시하는 방향으

로 확장하여야 한다. 사회가 직면한 각종 문제 해결에 과학기술이 직접적으로 기여하여 국민들이 그 성과를 체감하여야 할 것이다.

선진국은 사회문제 해결형 R&D를 지속적으로 강화하여 왔다. 미국은 「Quality of life technology center」를 설립하였고 EU는 「Horizon 2020」을 통해 사회문제 대응 전략을 제시하였다. 이에 우리나라도 2014년 입법을 통해 과학기술을 활용하여 삶의 질 향상, 경제적·사회적 현안 및 범지구적 문제 등을 해결하는 정책을 추진할 것을 약속하였다.¹⁰³ 정부는 이 약속을 지켜 더 나은 삶을 위한 연구를 강화하고자 한다. 2018년에는 전년 대비 0.2억 원을 증가시킨 1.9조 원을 사회문제 해결형 R&D에 투자할 계획이다.

투자 효율화를 위한 노력

기초 연구 및 기반 확대, 4차 산업혁명 대응 등 미래 준비를 위한 필요 부문에 대한 투자를 확대하려면 재원 마련이 필요하다. 이를 위해 정부는 R&D 사업 투자 효율화를 지속적으로 추진하고 있다. 관행적으로 추진하던 장기 계속사업 일몰 등 R&D 사업 예산 지출 구조를 조정하여 미래를 위한 부문에 집중적으로 재투자하고자 함이다.

2018년에는 통합 재정사업 평가 미흡, 성과 미흡, 집행 부진사업 등을 구조조정하여 약 0.4조 원의 예산을 절감하고, 사전기획 점검, 계속사업 일몰, 회계연도 일치, 성과평가 환류 등을 통해 약 1.1조 원의 예산을 절감한다.

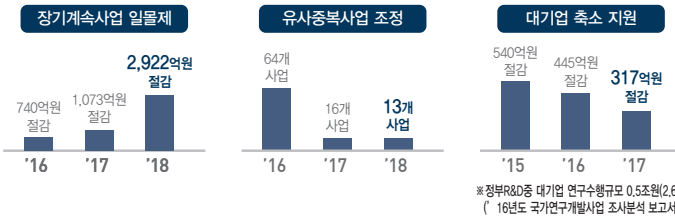
100 기업가치 10억 달러(1조 원) 이상의 비상장 스타트업

101 (2017) 1,951억 원 → (2018) 2,757억 원, ▲41.4%

102 (2017) 2,369억 원 → (2018) 2,779억 원, ▲17.3%

103 과학기술기본법 제16조의6

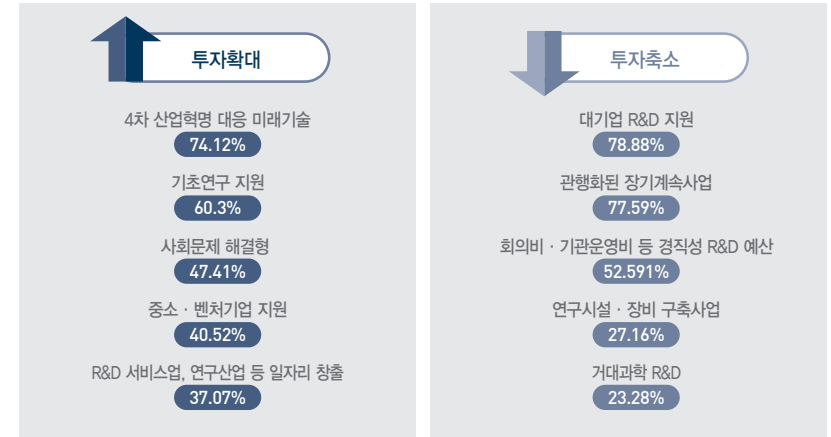
2018년도 정부 R&D 투자 효율화 계획



[자료] (상) 국가과학기술심의회 (2017), (하) 손병호 (2017)

이러한 노력은 계속되어야 한다. 기관운영비 등의 경직성 경비, 장기계속 사업 중 일몰 대상 사업비, 연구시설·장비 구축비, 대기업 주요 참여 사업비 부문의 투자를 가능한 더 축소하여야 한다. 연구 현장도 이에 동의하고 있다. 「정부 R&D 투자현황 진단과 효율화 방향 설문조사」(한국과학기술기획평가원, 2017)에 따르면 연구 현장은 대기업 R&D 지원(78.9%), 관행화된 장기계속사업(77.6%), 회의비·기관운영비 등 경직성 R&D 예산(52.6%), 연구시설·장비 구축사업(27.2%), 거대과학 R&D(23.3%) 순으로 투자 축소가 필요하다고 응답하였다.

연구 현장이 생각하는 투자 방향



[자료] 손병호 (2017)

효율화만으로는 부족하다! 미래 준비가 먼저다

문제는 R&D 효율화만으로는 미래 준비를 위한 재원을 모두 마련할 수 없다는 것이다. 2018년에는 1.5조 원을 절감하였으나, 지난 몇 해 장기계속 사업, 유사·중복 사업이 많이 조정되어 앞으로는 효율화를 통한 절감 가능 규모가 한계에 이를 것으로 보인다.

이처럼 적극적으로 효율화한다고 하여도 향후 투자 방향으로 유지형(현재 규모 유지)이나 점검형(현재 대비 10% 내외 감축)을 택한다면 4차 산업혁명 대응, 기초연구 확대, 사회문제 해결 등의 정책 목표 달성을 위한 재원이 여전히 부족하다. 이런 상황에서 급감형(현재 대비 10% 이상 대폭 감축)을 취한다면 현장의 연구개발 활동을 크게 제약하여 미래 경쟁력을 상실할 것이다. 경쟁력 약화는 경제 규모 감소로 이어지고 이로 인해 R&D 투자가 더 축소되는 악순환

이 초래될 수 있다.

따라서 우리는 더 나은 미래를 준비하기 위해 정부 R&D 투자를 현재 대비 5% 내외 규모로 점차 확대해 나가야 한다(점중행). 지속적인 저성장 시대 속에 복지 지출이 국가 예산의 3분의 1(32.5%)을 차지하는 등 재정 마련이 어렵다는 점을 안다. 하지만 이럴 때일수록 정부, 과학기술인, 국민 모두 힘을 모아 정부 R&D를 통한 과학기술 역량을 축적하여야 한다. 국민들은 과학기술 투자를 지지하고, 정부는 이러한 지지를 바탕으로 마련한 재원을 헛되이 쓰지 않고 10년 이후를 준비하는 기술과 인재의 씨앗에 투자해야 한다. 과학기술인은 이렇게 모인 예산의 소중함을 알고 의미 있는 연구로 국민들의 지지에 보답하여야 할 것이다.

기술혁신이 가져올 미래는 이제 시작에 불과하다. 재정 위기를 이유로 정부 R&D 투자를 무작정 축소하기보다는 올바른 투자 방향을 설정함으로써 다가오는 미래를 준비해야 한다.

참고 문헌

- 관계부처 합동 (2016), 「서비스 R&D 중장기 추진전략 및 투자계획(안)」.
- 교육부·미래창조과학부 (2016), 「2017년도 기초연구사업 시행계획(안)」.
- 국가과학기술심의회 (2017), 「2018년도 정부 R&D 사업 예산 배분·조정(안)」.
- 기획재정부 (2107), 「2018년 예산안」.
- 김정곤 (2016), “예산 1/4 '복지'에 밀려... 재정여력 없다. SOC·R&D 축소 악순환”, 『서울경제』, 10월 19일.
- 김주영 (2016), “글로벌 금융위기 전후 한국경제의 생산요소별 성장 기여도 비교”, 『KEIT 산업경제』, 산업연구원.
- 김지환 (2017), “문 대통령-임기 내 기초연구 국가투자 2배로 확대”, 『경향신문』, 12월 28일.
- 미래창조과학부 (2016), 「2016 국가연구시설장비 운영관리 실태조사 보고서」.
- 미래창조과학부 (2016), 「제1차 과학기술전략회의」.
- 미래창조과학부·정보통신기술진흥센터 (2016), 「2015년도 ICT 기술수준 조사 보고서」.
- 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원 (2016), 「우리나라 과학기술 주요 지표 한눈에 보기」.
- 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원 (2017a), 「2016년 기술수준평가」.
- 미래창조과학부·한국과학기술기획평가원 (2017b), 「연구개발활동 조사보고서 2016」.
- 봉선학 (2014), “한국의 과학기술 및 경제발전 과정에서 KIST의 주요성과”, 『2014 기술경영 경제학회 동계학술대회』.
- 손병호·김진하·최동혁 (2017), “4차 산업혁명 대응을 위한 주요 과학기술혁신 정책과제”, 『KISTEP 이슈페이퍼』, 제2017-04호, 한국과학기술기획평가원.
- 손병호 (2017), “정부 R&D 투자 현황 진단과 혁신 방향”발표자료, 「정부 R&D 투자 20조 시대, 혁신 방향과 과제 포럼」, 한국과학기술기획평가원.
- 안승규, 김주일 (2016), 「2016년도 정부연구개발예산 현황분석」, 한국과학기술기획평가원.
- 이해림 (2017), “기술기반 창업이 살아야 미래 산업이 살아난다”, 『동아사이언스』, 12월 26일.
- 이흥권, 박소영 (2017), “4차 산업혁명 시대, 과학기술 혁신 정책 방향과 과제”, 『KISTEP In』, 제20호, 한국과학기술기획평가원.
- 조귀동 (2017), “한은 추가 금리 인상, 내년 하반기 이후로 밀리나”, 『조선비즈』, 11월 30일.

- 조만석, 김선우 (2017), "미국 창업정책 동향과 시사점", 「STEPI 동향과 이슈, 제29호, 과학기술정책연구원.
- 한국경제연구원 (2016), 「지난 20년, 앞으로의 30년 - 한국 경제가 가야할 길」 특별좌담회 자료.
- 한국과학기술기획평가원 (2017), 「2016년도 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」.
- BlackRock (2014), 「Interpreting innovation: impact on productivity, inflation & investing」.
- CB Insights (2017), "The International Unicorn Club: 106 Private Companies Outside The US Valued At \$1B+".
- Danielle Li, Pierre Azoulay, Bhaven N.Sampat (2017), "The applied value of public investments in biomedical research", Science, 356(6333), pp.78-81.
- Germany Federal government (2014), 「The new high-tech strategy innovations for Germany」.
- IMD (각 년도), 「IMD World Competitiveness. Yearbook」
- OECD (2016), 「Main Science and Technology Indicators 2016-1」.
- OECD (2017), 「OECD compendium of Productivity Indicators 2017」, OECD Publishing.
- OECD (2017), 「OECD MSTI」, 2017-1.
- White House (2015), 「FACT SHEET: The White House Releases New Strategy for American Innovation, Announces Areas of Opportunity from Self-Driving Cars to Smart Cities」.

제8장

Post-PBS 시대, 사람 중심의 혁신 시스템을 그리다

- 무엇을, 왜 바꾸어야 하나
- 연구자 중심의 환경, 그 시작은 안정적 재정지원이다
 - 연구에만 몰입할 수 있는 환경을 만들자
- 혁신성과를 만들어내는 평가체제로의 전환은 필수다
 - 이제는 R&D도 사람 중심으로 혁신할 때다

필자

김승균

국가연구개발 사업평가(중간평가, 종료평가)와 기술성 평가 등을 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 국가연구개발 성과평가 체계 전반에 관심을 갖고 연구에 노력하고 있다.

오현환

과학기술기본계획, 녹색기술전략, R&D예산 정책, R&D사업 예비타당성조사 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP R&D평가센터장을 맡고 있다. 과학기술혁신 전략 및 NIS, R&D 성과평가체계 등에 관심을 갖고 연구 중이다.

류영수

정부연구개발 프로그램의 기획, 성과측정, 효과분석 등 과학기술정책 분석 및 평가업무를 주로 수행하였으며, 현재 KISTEP 평가분석본부장을 맡고 있다. 과학기술정책의 효과와 성과측정방법론에 관심을 가지고 연구 중이다.

박소희

과기계 출연연 기관평가, 정부 R&D 예산정책, 국가재정운용계획 수립 등의 업무를 수행해왔으며 현재 KISTEP 정책네트워크실을 총괄하고 있다. 주요 연구 분야는 과학기술행정체제, 출연연 재정지원정책 등이며 유관기관 정책협력을 통한 시너지 창출에도 관심을 기울이고 있다.

제8장

Post-PBS 시대, 사람 중심의 혁신 시스템을 그리다

“연구를 잘하는 사람보다 과제를 많이 수주하는 사람이 대접 받습니다”,
“연구자들이 기관의 임무보다는 단기 성과를 우선하게 되요”.

연구계 현장에서 연구과제 중심제도(PBS: Project Based System)를 둘러싼 수 많은 비판 중 어렵지 않게 접할 수 있는 ‘현실적인’ 의견이다.

PBS란 연구비의 편성, 배분, 수주 및 관리 등 연구관리체계 전반을 프로젝트(연구 또는 사업과제) 단위로 일원화하여 운영·관리하는 제도(과학기술처, 1995)이다¹⁰⁴. 이 제도는 공급자 중심이 아닌 수요자 중심의 연구개발이 추진될 수 있는 기반을 제공했을 뿐만 아니라, 연구원 편성·연구비 사용·연구수행 관리·연구수당 배분 등에 있어서 연구책임자의 권한을 강화하였다. 또한, 부서단위에서 연구팀·연구과제 중심으로 경영이 이루어지는 등 자율적 기관 운영에 따른 경영 효율화가 이루어지기도 하였다(류영수, 2017).

지금 우리는 창의력에 기반한 무한 혁신이 가속화되는 이른바 4차 산업

104 프로젝트 수주를 주된 기능으로 하는 기관(예: 연구기관)은 결국 프로젝트를 기준으로 기관운영 및 관리를 수행하게 됨 (과학기술처, 1995, p102)

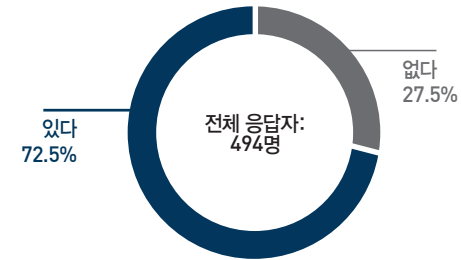
혁명 시대에 직면에 있다. 이러한 급격한 변화 속에서 PBS로 대변되는 기존 추격형 R&D 시스템은 정부는 물론 각 혁신주체들로부터 지속적으로 변화를 요구받는 등 한계를 드러내고 있다(미래창조과학부, 2015; 2016). 자율과 창의로 대표되는 4차 산업혁명 시대에는 연구자의 개성과 아이디어를 존중하는 '사람 중심'의 철학이 필요하다. 뿐만 아니라, 국가 재정 측면에서도 정부는 더 이상 R&D분야에 예전처럼 많은 투자¹⁰⁵를 할 수 없는 '재정한계'에 이르렀다. 이러한 상황을 고려할 때, 그간 축적한 양적 성과를 질적 가치로 전환할 수 있는 R&D 시스템의 총체적인 체질 개선은 시대의 요구사항인 것이다.

즉, 정부 주도 혁신, 경제 성장 중심의 '추격형 R&D'가 아닌, 민간 주도 자율·창의·사람 중심의 '선도형 R&D'로 패러다임의 대전환이 필요하다. 동시에 PBS의 틀에서 벗어나 새로운 시대에 적합한 R&D 시스템, 즉 'Post-PBS' 시대의 새로운 시스템 모색이 절실한 시점이다.

무엇을, 왜 바꾸어야 하나

Post-PBS 시대에서 우리가 추구해야 할 가치는 무엇이며, 구체적으로 무엇을 바꾸어야 할까? 한국과학기술기획평가원(이하 KISTEP)은 첫째, 연구자를 대상으로 현행 연구관리 제도 중에서 불편함을 느끼는 제도는 무엇인지, 둘째, 현 R&D 평가체계에 대한 평가위원들의 평가는 어떠한지를 조사하였다.

넓은 제도나 규정 등으로 인한 불편한 경험 여부 설문



[자료] KISTEP (2017b)

먼저, 연구관리 제도 중 불편을 느낀 경험에 대해서는 전체 응답한 연구자 및 연구 관리자 494명 중 358명(72.5%)이 '넓은 제도나 규정 등으로 인해 불편한 경험을 한 적이 있다'라고 응답했다. 주요 불편 내용으로는 연구비 지급 및 관리, 결과보고 평가 및 사업실적 보고·정산 등으로 나타났다. 그 외 소수의견으로 과제선정, 연구과정, 과제협약, 사전조사 및 기획 등이 조사되었다.

한편, 현행 R&D 평가체계에 대하여 평가위원들이 부여한 평점은 5점 척도 기준 시 평균 3.07점으로 조사¹⁰⁶되었으며, 이는 약 10년 전 수행한 동일한 설문조사(류영수 외, 2009)의 평균점수인 3.20점과 비교할 때 0.13점 낮아진 수치이다. 2008년과 비교할 때, 평가방법(평가기준 분별력 정도, 양적·질적 평가 활용 정도)이 0.2점, 인적자원(평가위원의 전문성, 평가자 양적 충분 정도, 평가기관 담당인력 전문성, 평가위원 구성 및 운영 객관성)이 0.19점, 평가절차(평가절차 체계성 정도, 평가절차 일관성 유지 정도)가 0.18점 각각 하락한 것으로 조사되었다.

이상의 설문조사 결과들을 종합해보면, 여전히 상당수의 연구자들이 연

105 1996년~2016년 정부 R&D예산 평균증가율: 26.3%

106 2017년 주요 4개 부처의 평가위원 901명을 대상으로 R&D평가체계에 대해 5점 척도 평가(한국과학기술기획평가원, 2017)

구 관리제도에서 낡은 제도나 규정 등으로 불편함을 겪고 있으며, R&D 평가체계에 대한 평가도 약 10년 전과 대비하여 오히려 후퇴하였다는 것을 알 수 있다. 즉, 그동안 많은 개선의 노력에도 불구하고, 제도 및 평가 부분에 있어서 체감할 만한 실질적 개선은 부족하다는 것이다. 이러한 상황에서 우리에게 필요한 것은 R&D의 전 주기 단계 중 부분적 개선이 아닌 기존의 PBS를 비롯한 R&D 시스템 전반에 걸친 총체적인 변화와 혁신이다.

그렇다면, 혁신 선도국가로 발돋움하기 위한 R&D의 기본 철학은 무엇일까? Post-PBS 시대로 전환을 위한 R&D시스템의 방향성은 어떻게 잡아야 할까? 이를 구현하기 위한 재정지원체계, 연구관리제도, 성과평가체계 등 각 분야별로는 어떠한 노력이 필요하고, 그 궁극적인 지향점은 무엇일까?

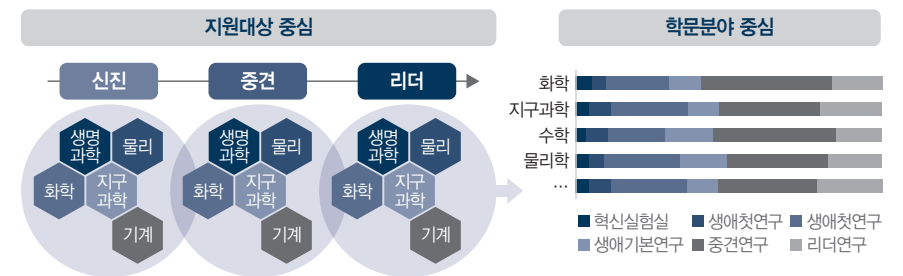
연구자 중심의 환경, 그 시작은 안정적 재정지원이다

■ 탄탄한 기초연구를 위한 지원 강화

정부 R&D 예산 중 기초연구 비중 확대를 목표로 한 기존 정책은 기초연구의 양적 확대에는 기여했으나, 여전히 이에 대한 연구현장에서의 체감도는 낮은 편이다. 정부는 ‘기초연구비 비중 40%’라는 목표 하에 투자를 크게 확대하여 기초연구비는 2017년 예산기준 40.2%의 비중을 달성하였다. 그러나, 투자 확대에 비해 현장 연구자의 체감도는 크게 개선되지 않아 2016년 9월 연구자 주도 기초연구 지원확대를 위한 국회 청원이 접수되기까지 하였다. 문재인 정부 출범 후, 기초연구 관련 정책은 기초연구비 비중확대에서

연구자 주도 기초연구 확대로 전환되었으며, 정부는 2017년 1,26조원인 연구자 주도의 기초연구 예산을 2022년 2배 수준으로 확대하는 것을 목표(국정기획자문위원회, 2017)로 하고 있다.

학문분야별 특성을 반영한 지원체계로의 전환



[자료] KISTEP (2017d)

현행 개인 기초연구 지원 사업은 생애 첫 연구자 및 신진연구자, 중견연구자, 리더연구자 등 크게 3개 그룹의 연구자 성장단계별 지원체계로, 연구자 경력단계에 따라 기간과 규모 등을 차별적으로 지원하고 있다. 그러나 이러한 지원체계는 지원규모 및 지원기간에 학문분야별 특성이 반영되기 어려운 구조이며, 실험 및 비실험 연구의 차이, 장비수요 유무에 따른 차이 등이 반영되지 않는 문제점이 있다. 뿐만 아니라, 개인 기초연구 과제 선정률이 해마다 일정하지 않으므로, 연구자들이 과제선정 규모를 예측할 수 없게 되어 안정적 연구 환경 조성에 부정적 영향을 미칠 수 있다.

따라서, 지원 대상 중심이 아닌 연구비 규모·기간, 연구자 분포, 연구 속성 등을 비롯한 학문 분야별 특성을 반영하여 기초연구 지원체계 구축이 필요하다. 가령, 학문분야별 묶음예산 지원방안 마련 등 학문 분야별 자율성

을 고려할 수 있는 지원체계 수립을 통해 일괄적 과제지원으로 인하여 발생 하던 문제를 해결하고, 학문분야 내에서 개별 과제의 특성을 고려하여 유연하게 지원함으로써 투자효율성을 제고하여야 한다.

덧붙여, 현재 연구계획서에 기반하여 100% 경쟁형 과제선정 지원이 이루어지고 있는 기초연구 지원사업 중, 혁신실험실, 생애첫연구비, 생애기본연구비(2019년 예정)와 같은 일부 분야에 대해서는 일정 자격조건만 확인하는 형태의 '대학 단위 묶음 예산(block-funding) 방식'의 비경쟁형 과제로 지원하는 것도 또한 기초연구 지원체계의 개선 방안으로 생각해볼 수 있다.

■ 출연연의 세 마리 토끼 잡기 -

재정적 안정성, 운영의 자율성, 고용의 유연성

국가과학기술연구회 소속 25개 출연연에 출연금으로 지원되는 인건비는 약 53%(2016년 결산 기준) 수준으로(KISTEP, 2017d), 이는 출연연 각 기관들이 주어진 고유 임무에 몰입하기에는 다소 부족하다는 의견이 다수이다. 그러나 앞으로는 25개 기관 전체를 대상으로 한 평균 중심의 논의보다는 기관별 임무 특성을 고려한 차별화 전략이 보다 바람직할 것이다(박소희 외, 2017). 연구의 성격과 재원조달구조의 특수성을 감안하여 기관 유형별로 정부의 인건비 지원 수준을 설정하는 방법이다.

먼저, 기초·원천 연구를 주된 임무로 하는 기관의 경우, 미래 성장 동력 창출의 임무를 맡고 있는 만큼 도전적 연구에 몰입할 수 있는 환경 조성이 중요하다. 이러한 그룹으로 분류를 시도한 결과 14개 기관들의 경우 출연금 인건비 비중 평균은 약 70%로 조사(KISTEP, 2017d)되었으며, 이를 약 80% 이

상 수준이 될 수 있도록 향후 출연금 확대를 통해 추진함이 바람직하다고 본다. 대형·공공 연구를 주로 담당하는 기관의 경우, 부처별 공공 인프라 구축을 위한 연구(정책지정사업)를 담당해야 하는 점을 감안할 필요가 있다. 이 그룹으로 분류된 5개 기관들의 출연금과 정책지정사업의 인건비 비중은 현재 67.7% 수준이며, 향후 70% 이상 수준으로 확대를 제안한다. 마지막으로 실용화와 중소기업 지원 등 산업과의 연계 기능이 중요한 기관으로 분류된 6개 기관은, 출연금과 정책지정사업으로 지원되는 인건비 비중을 약 60% 수준으로 상향할 것을 제안한다. 기관 주요 연구의 성격과 재원조달 구조의 특성을 바탕으로 기관별 안정적 인건비 비중의 최적점을 탐색하여 지원함으로써 기관 고유 임무에 몰입할 수 있는 연구환경을 조성하는 것이 핵심이다.

한편, PBS 하에서는 출연연이 수행하는 과제들이 단기성과 위주로 구성되기 쉬우므로 정작 기관에 중요한 중장기 발전전략 및 수요자 요구에 부합하는 과제 기획은 상대적으로 미흡한 실정이다. 이는 출연연 재정의 정부의 존도는 높지만, 출연금 사업의 경우 1년 단위 예산운용 구조 및 PBS의 제도적 특성으로 인하여 단기 과제에 집중하는 경향으로 흐르기 쉽기 때문이다. 그 결과 안정적 연구비라 할 수 있는 출연금 비중이 고유 임무에 몰입하기에는 부족한 실정인 것이다. 그 뿐만 아니라, 연구회의 실질적인 권한과 재량이 적어 소관 기관을 책임지고 육성하기 위한 역할을 충실히 수행하기 어려운 상황이며, 출연연 기관장도 부임 초반 업무과약에 소요되는 시간과 레임덕 현상을 감안하면 중장기 발전계획을 지속적으로 추진하기에 부족한 것이 현실이다.

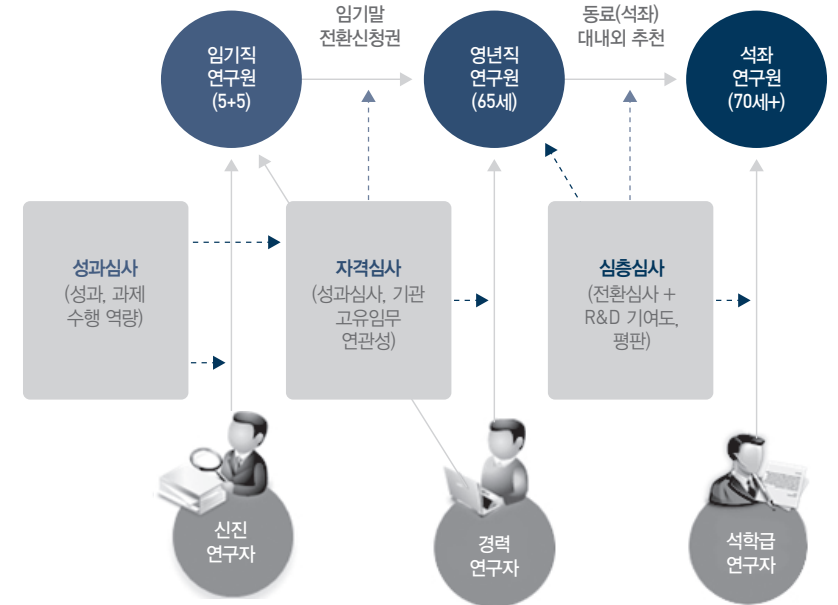
이러한 출연연의 문제점들을 해결하기 위해서는 첫째, 주요 사업비 중 기관 고유 임무수행에 필수적인 사업은 묶음예산(block funding), 즉 정부는 총액

과 방향성만 정하고 기관의 자율성에 맡기는 방식으로 지원하는 것이 필요하다(박소희 외, 2017). 현재 기관의 모든 주요사업(출연금 사업)의 심의가 세부내역 단위로 이루어지고 있는데, 기관 임무와 관련된 핵심 사업의 경우 묶음예산 방식으로 심의하자는 것이다. 이를 통해 단기적이고 소규모 과제 중심의 연구에서 벗어나 기관 핵심 연구에 보다 장기적이고 안정적으로 집중할 수 있을 것이다. 또한, 부족했던 기관 운영의 재량권이 회복되어 기관 운영의 자율성 및 책임성이 부여될 수 있을 것이다.

둘째, 고령화를 대비하여 연구직 고용형태를 개편하는 작업 또한 검토가 필요하다. 신정부 공약인 안정적 연구일자리 확대를 위한 신진연구자의 과제 기반 테뉴어 제도와 연계하여 ‘(가칭)국가연구원 제도¹⁰⁷⁾’로 운영하는 방안을 제안한다. 현재 출연연의 인력구조 현황을 보면 연구인력 평균연령이 2000년 39.6세에서 2014년 44세로 증가하였다. 연령별 연평균 증가율(2011년~2015년 기준)을 보아도, 40대 미만은 -4%~4% 수준의 낮은 증가율을 보이는 반면, 50세 이상은 6%~12% 수준의 상대적으로 높은 증가율을 보이고 있음이 확인(김승태, 2017)되었다. 따라서, 연구직의 88%를 임기직 연구원으로 고용하고 있는 일본 이화학연구소(RIKEN)의 사례와 같이, 5~10년의 계약기간을 갖는 임기직 연구원을 고용 후 고급 인력으로 양성하여 대학·기업으로 진출하도록 유도하는 등의 조치가 이루어져야 할 것이다.

107 5~10년간 임기로 고용하는 임기직 연구원(김승태, 2017)

임기직 연구원 제도 도입을 통한 출연연 연구직 고용형태 개편



[자료] 김승태 (2017)

연구에만 몰입할 수 있는 환경을 만들자

세계 각국에 비하여 우리나라의 4차 산업혁명 준비 정도는 상대적으로 뒤쳐져 있다. 2016년 UBS에서 조사한 4차 산업혁명 준비 측정 결과(UBS, 2016)에 따르면, 우리나라는 41.5점(25위)으로 10점 내외인 10위권 국가들과 큰 점수 격차를 보였다.¹⁰⁸ 특히 제도 환경의 수준이 4차 산업혁명 준비에 필요한 5가지 항목 중, 법적 보호(62.25점), 노동시장 유연성(83점) 등이 사회 인프라, 기술 숙련도, 혁신 수준에 비하여 낮게 평가되는 등 하위권에 머물

108 점수가 낮을수록 높은 순위를 나타냄

리 있다.

기존 관습에 머물러 있는 낡은 제도는 연구자를 단순히 관리·감시하는 역할에 그치고 연구자의 연구몰입 환경을 저해한다. 이에 정부는 R&D 관리 규정을 지속적으로 개선하고 있고, 최근 개선 내용을 살펴보면 연구자 제재 조치(참여제한, 사업비 환수, 제재부가금 등) 관련 사항, 안전관리 강화, 기술누설 규정 강화 등의 내용이 주를 이루고 있다.

현 R&D 연구관리 제도의 문제점 파악을 위한 설문조사 항목

구분	조사항목
국정과제 인지도 “자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성”	<ul style="list-style-type: none"> • “자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성” 인지 여부 • 국정과제의 주요 내용 4가지 인지 여부 및 부합정도, 부합하지 않는 이유 • 정부/본인이 중요시 하는 과제 • 달성 가능성이 큰 과제 • 가장 우선 추진 과제/업무에 가장 도움을 줄 과제 • 국정과제를 이루기 위해 가장 중요한 것
국가R&D 연구관리제도개선	<ul style="list-style-type: none"> • 제도개선 활동 인지 정도 및 비인지 이유 • 제도개선 홍보를 위해 정부가 해야 할 활동 • 제도개선 실제 적용 정도 및 적용되지 않는 이유 • 제도개선을 잘 적용할 실효성 있는 방법
국가연구개발사업의 전주기 업무 프로세스	<ul style="list-style-type: none"> • 업무 연관성 평가, 연구자의 자율성 부여 정도 평가 • 프로세스 단계별 가장 중요한 요소/가장 시간과 노력이 필요한 요소 • 국가연구개발사업 진행 시 정부/전문기관의 개입수준 평가 • 책임을 느끼는 순서와 어려움을 느끼는 순서
R&D 연구관리 기본방향	<ul style="list-style-type: none"> • 4차 산업혁명시대에 영향을 미치는 정도 • 연구관리 기본 방향 중 가장 중요한/중요하지 않은 방향 • 현행 규제의 철저한 수행 가능성 • 복잡한 규제가 연구수행에 영향을 미치는 정도 및 규제 완화 시 강력한 제재 필요성 • 도우미 센터 문의, 규정 간의 모순 경험 등

[자료] KISTEP (2017b)

그러나 이러한 내용만으로는 연구자 중심의 연구환경 조성을 위한 혁신적인 개선이라고 보기에는 부족한 면이 있으며, 이로 인해 연구현장에서 불만

의 목소리가 자연스레 지속되고 있다. 이러한 상황에서 R&D 환경은 무엇을 준비하고 어떠한 방향으로 혁신하여야 할까?

연구환경을 바꿀 새로운 법적 토대 마련

4차 산업혁명을 이끌기 위해서는 관리규제 중심의 연구관리 환경이 연구자 중심의 R&D 환경으로 혁신하여야 한다. 한국과학기술기획평가원은 연구자 중심의 R&D 제도 혁신을 위한 정책을 제안하기에 앞서, 4차 산업혁명 시대에 연구자가 바라는 연구지원 방향을 설문 조사함으로써 연구 현장에서 생각하는 현 R&D 연구관리·지원 제도의 문제점과 바람직한 개선 방향을 알아보았다(KISTEP, 2017b).

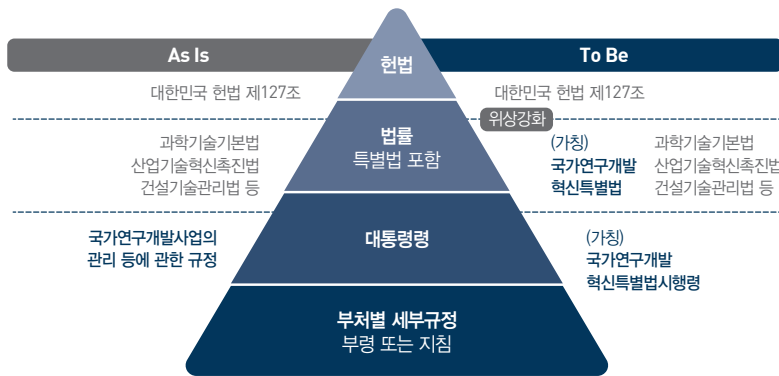
설문조사 결과에 따르면, 연구 현장에서는 연구지원 환경이 4차 산업혁명에 크게 영향을 미치며(72.1%), 국정과제 ‘자율과 책임의 과학기술 혁신 생태계 조성’을 달성하기 위해서는 ‘연구자의 편의를 위한 행정효율화’(45.1%), ‘과학기술 컨트롤타워 강화’(23.1%)가 가장 중요하다고 응답하였다.

하지만 현재의 연구 현장은 자율과 책임 하에서 연구를 수행하는 데 필요한 지원 요소들이 부족하다. 응답자의 88.1%는 복잡한 규제와 제도로 인해 연구 자율성이 저해되고 연구 수행에 부정적인 영향을 받는다고 응답하였다. 실제로 응답자의 72.5%가 연구지원 환경으로 인하여 기술혁신을 위한 연구 수행이 저해 받거나 불편함을 겪은 경험이 있었다. 연구자들은 특히 연구비 지급 및 관리(47.8%)를 비롯하여 정산 및 결과보고 절차(20.4%) 등에 부담을 크게 느끼는 것으로 나타났다.

이러한 설문 결과를 볼 때, 연구자의 편의를 위한 연구행정 효율화로 연

구에 몰입할 수 있는 환경을 조성하기 위한 노력이 반드시 필요하다. 즉, 도전·창의 기반의 연구자 연구 몰입환경 조성을 위해 연구자를 옹호하는 규정을 해소하고, 행정서류 제출의 획기적 간소화나 회계·법률 전문 자문 지원 사업 등을 통해 연구에 몰입할 수 있는 유연한 환경 조성에 힘써야 한다. 또한, 연구자를 보호하고 책임 있게 관리하기 위해서 연구자 보호체계 보완·강화 및 감사 대응환경의 혁신이 요구된다. 연구행정의 다양성과 책임성 제고를 위해 연구행정에 특화된 교육을 바탕으로 연구 관리의 전문성 제고에도 노력을 기울일 필요가 있다. 개방형 시스템을 통한 전문적인 R&D 관리·평가를 위해 지능형 R&D 관리시스템을 구축·운영하고 연구인력 관리 시스템을 개선하는 것 또한 고려해야 할 사항이다.

국가연구개발혁신특별법 제정



[자료] KISTEP (2017d)

이렇게 다양하고 광범위한 제도적 혁신 내용들을 모두 한 곳에 담아서 범부처 차원의 법률인 「국가연구개발혁신특별법(가칭)」으로 제정하는 것이 바람직할 것이다. 여기에는 현재 비효율 및 행정 부담을 야기하는 부처별 관리

규정인 ‘국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정’을 현행 대통령령에서 범부처 차원 법률로의 위상 강화, ‘네거티브 방식’¹⁰⁹의 표준화 법령 구현으로 연구자 중심의 자율성 확보 등이 포함된다. 또한, 기존 법령의 열거적 규정을 포괄적 규정으로 전환하여 연구자에게 불리한 해석을 방지하고, 연구자에 대한 일관성 있는 제재조치의 큰 틀을 마련하는 등 과도한 권리침해를 막는 절차 보장도 고려할 사항이다.

혁신성과를 만들어내는 평가체제로의 전환은 필수다

Post-PBS 시대로의 전환을 위해서 R&D 평가체계의 혁신 또한 빼놓을 수 없는 중요한 과제이다. 이에 과제평가, 사업평가, 기관평가 등 주요 평가 유형별 이슈와 Post-PBS 시대에 성과평가제도가 나아가야 할 방향을 짚어 보도록 한다.

창의·도전적 연구에 날개 달기

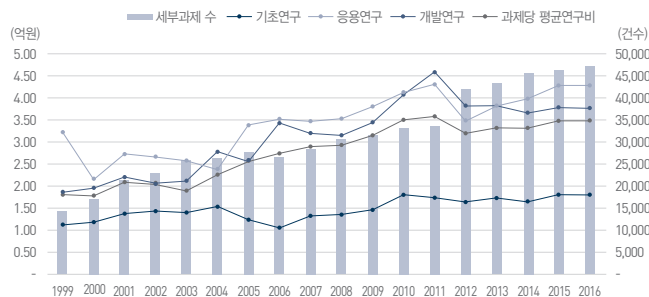
지난 약 20여년 간의 국가연구개발 예산이 대폭 증가함에 따라, 연구과제 수 또한 지속적으로 증가하여 1999년 14,284개에서 2017년 47,210개로 3배 이상 증가하였다. 이로 인해 과제계획서 검토 및 평가 업무가 가중되고

109 원칙적으로 허용하고 예외적으로 금지하는 방식

있다. 더불어, 주요 선진국 대비 짧은 과제 선정평가 소요기간¹¹⁰과 낮은 수준의 연구 사업비 대비 기획평가관리비의 비중 등으로 인하여, 과제평가의 전문성 이슈는 지속적으로 제기되고 있는 실정이다.

한편, 부처별로 각기 다른 연구과제 관리·지원 체계 및 제도는 현장 연구자들에게 평가부담으로 작용하여 연구에 몰입하기 어렵게 만드는 요인 중 하나로 손꼽혀 왔다. 이에, 과학기술정보통신부에서는 각 부처별로 조금씩 상이한 국가연구개발 과제 평가의 세부 평가기준을 종합하였다. 그 결과, ‘국가연구개발 과제평가 표준지침’을 최초로 마련하여(2015.3), 각 부처별로 시행하고 있는 과제평가의 기본 방향을 제시하는 등 국가연구개발 과제평가의 공통 기반을 마련하였다. 또한, 연구자의 평가부담 완화 등을 위해 이를 지속적으로 개정¹¹¹하고 있다. 그러나 이 과제평가 표준지침은 법적 구속력이 미약하여 부처의 수용성이 낮을 뿐 아니라, 부처별 연구지원 목적 및 특성의 차이로 인하여 현장 착근에 다소 어려움이 있는 실정이다.

국가연구개발 과제 수 변화 추이(1999~2016)



[자료] KISTEP (2017c)

110 미국은 과제 선정 시 6개월 이상, 국내의 경우 평균 2개월 이내 소요(한국과학기술기획평가원, 2017b)

111 과제평가표준지침 개정은 최근까지 총 2차례 이루어짐(2016.12, 2017.12)

과제평가는 향후 크게 세 가지 방향으로 혁신되어야 한다. 첫째, 혁신·도전연구 촉진을 위해 중간·최종 평가는 축소 또는 폐지하고, 선정평가에 역량을 집중해야 한다. 현행 평균 2개월 수준의 과제 선정평가 소요기간을 최소 4개월 이상으로 늘려서 선정평가에 충분한 시간을 확보하는 것이 필요한데, 이를 위해서는 연구관리 전문기관의 조사·분석 역량 제고 및 역할 강화가 요구된다. 둘째, 연구유형에 따라 과제평가 방식을 차별화해야 한다. 창의·도전적 연구를 장려하기 위해서는 현행 획일화된 과제평가 유형 및 제도에서 벗어나야 한다. Top-down형과 Bottom-up형 또는 연구 중심형과 임무 중심형의 연구과제 성격에 따라 평가 방식을 유연하게 적용할 수 있도록 제도화 해야 한다. 셋째, 평가제도 혁신의 현장 착근을 위한 법·제도적 기반 구축이 필요하다. 지속적으로 연구현장의 목소리에 세심히 귀를 기울이며 현장의견을 수렴하면서, 필요 시 과제평가 표준지침을 지속적으로 개정해 갈 필요가 있다. 특히, 연구지원 체계나 유형별 연구관리 차별화 방안은 향후 정책연구 추진 등을 통해 구체화하여 추후 과제평가 표준지침 개정 시 반영하는 것이 바람직하다.

정책목표 달성을 위한 R&D 사업평가

사업평가는 1997년 국가연구개발사업 조사·분석·평가(이하 조분평) 규정과 2001년 과학기술기본법 제12조(국가연구개발사업 조분평의 법적 근거)가 마련된 이후, 2005년 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률(이하 연구성과평가법)이 제정되면서 현재의 ‘자체평가(부처)–상위평가(국가과학기술심의회)’체계가 정착되었다. 이러한 체계는 책임성 및 성과관리를 강조한다. 그러나, 중점 성

과목표를 선정하여 집중 관리하는 시스템¹¹²인 관계로 우선순위가 낮은 사업이 소외되기 쉽다. 또한, R&D 예산배분 방향 설정에 초점이 맞추어져 있으나 정작 예산과 성과자료 간 분명한 연계는 찾기 어렵다는 문제점이 있다.

우리나라의 경우, 사업과 정책 간 연계성 부족은 사업평가에 있어서의 주요 이슈이다. 자체평가대상 사업과 상위계획 간 매칭 결과, 전체의 62%의 사업만이 상위계획과 연계되어 있는 것으로 나타났다(류영수, 2014). 이는 사업 단위의 평가체계가 확립된 반면, 보다 상위의 R&D 정책수립 및 조정에 기반한 평가는 미비하다는 측면에서 정책과 사업 간의 불확실한 연관성을 시사한다.

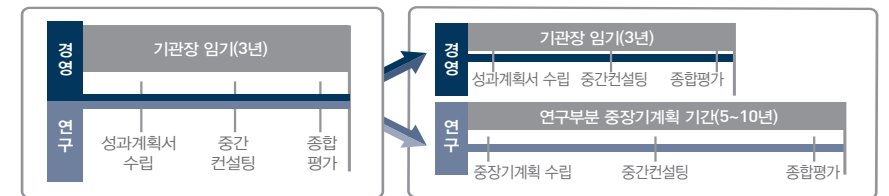
이를 해소하기 위해서는 다음과 같은 노력이 필요할 것이다. 첫째, 부처의 자체평가를 강화해야 한다. 현행 3년 단위의 중간평가 시 부처의 자체평가 권한을 강화하고, 상위평가는 간소화하는 것이 바람직하다. 부처의 소관 사업에 대한 평가책임 강화하고, 상위평가는 자체평가의 적절성 점검 위주의 메타평가 형태로 수행하는 것이 필요하다. 또한, 평가부담을 완화하기 위하여, 종료평가는 자체적인 성과분석으로 전환하고, 중간평가에 통합하는 등 평가체계 간소화도 검토해야 한다. 추적평가는 조사방식으로 전환하는 것을 고려해볼 수 있다. 둘째, 특정평가를 상시화하고, 사업군과 정책 단위의 심층 분석평가를 강화할 필요가 있다. 또한, 에너지기술 분야와 같은 일부 분야에 대해서는 분야의 특성을 고려하여 정책평가를 도입하되, R&D 정책조

정의 활용에 초점을 둔 특정평가 방식의 분석적 평가를 실시하는 것을 고려해볼 수 있다.

출연연 고유 임무에 대한 긴 호흡의 평가

기관평가는 1991년부터 출연(연)의 장기 발전방향을 모색하고 경영 효율화를 도모하기 위해 추진해왔으며, 서열화 문제는 절대평가로, 기관 특성 문제는 기관별 성과계획서 기반의 평가로, 단기 성과 문제와 책임성 문제는 임무중심형 평가로 각각 개선해왔다. 2013년부터 시범 실시 후, 2016년부터 본격 평가를 실시해 온 현행 임무중심형 평가는 기관장 취임 후 기관별 임무특성을 반영하여 자체 수립한 ‘경영성과계획서’에 기반하여 종합평가(절대평가)를 수행하고 있으며, 기관장의 책무성 및 자율성을 강화하는데 목적을 두고 있다.

기관평가의 경영평가와 연구평가 분리 및 연구평가 주기 확대



[자료] KISTEP (2017d)

이러한 노력에도 불구하고 현행 기관평가는 장기간 연구를 통한 기관 본연의 임무 달성에는 미흡하다는 비판이 많다. 2008년도부터 연구부문은 3년 주기로 확대되었고, 2017년부터는 경영부문 중간평가도 폐지하여 평가

112 선진국의 경우에는 ‘관리’ 중심의 제도에 수정을 시도하고 있다. 가령, 미국은 오바마 정부가 들어 서면서 전체 사업에 일괄적으로 적용한 PART(Program Assessment Rating Tool)를 폐지함으로써 획일적인 사업관리를 지양하는 동시에, 기존의 정부성과결과법(GPRA, Government Performance and Results Act)의 개정안인 정부성과결과현대화법(GPRAMA, Government Performance and Results Act Modernization Act)을 통해 정부 정책의 이행에 초점을 두도록 유도하고 있다(GPRAMA는 범 정부 중점목표 및 기관 전략목표의 설정, 데이터를 통한 성과평가가 특징).

주기가 확대되었으나, 현행 3년 평가주기는 기관장 취임 후 ‘경영성과계획서’ 수립에 6개월, 퇴임 전 6개월 전 기관평가를 실시함을 고려할 경우, 실질적인 평가대상 기간은 2년에 불과하다는 현실적인 문제점 또한 존재한다. 중장기 관점의 안정적 연구를 통한 기관 성과 제고를 위해서는 5년 이상의 시간이 필요하다는 연구현장의 목소리에 귀를 기울여야 한다.

이러한 문제를 해소하기 위해서는 경영평가와 연구평가를 분리하고, 경영평가는 기관장 임기에 맞추어 3년 주기로 수행하되 그 중 연구부문의 평가 주기는 5년 이상으로 확대하는 것이 필요하다.

이제는 R&D도 사람 중심으로 혁신할 때다

지금까지 자율·협력을 기반으로 사람·기관 중심의 연구지원이 이루어지는 재정지원체계, 수요자·연구자 중심의 연구 관리와 연구몰입 환경 조성 이 가능한 연구 관리제도, 그리고 창의·도전적 연구를 장려하고 중장기 성과 및 효과에 초점을 두는 평가제도를 중점적으로 살펴보았다. 이 모든 것이 R&D 전주기적으로 조화롭고 균형감 있게 한데 잘 어우러져서 새로운 패러다임의 R&D 시스템 전반이 갖추어질 때, 비로소 Post-PBS 시대로의 전환 이 이루어졌다고 할 수 있을 것이다.

2018년은 우리나라의 30-50클럽¹¹³ 입성이 확실시되는 해이다. 원화 강세와 반도체 슈퍼 사이클 등에 힘입은 덕이라고 폄훼하는 일부 목소리에 민감하게 반응하기보다는, 30-50클럽의 일시적 입성이 아닌 안정적인 안착을

위한 우리나라 국가 경쟁력 체질 강화의 일환으로 사람 중심의 새로운 R&D 시스템 구축을 향하여 한 발짝씩 발걸음을 묵묵히 내딛는 것이 더 현명한 자세일 것이다.

113 1인당 국민 소득 3만 달러, 인구 5천만 명을 넘는 국가

참고 문헌

- 과학기술정보통신부 (2017), 「R&D 프로세스 혁신방안」.
- 과학기술처 (1995), 「국가연구개발사업 및 출연연구기관 육성에 있어서의 프로젝트베이스 시스템 도입 및 세부시행방안(안)」.
- 국정기획자문위원회 (2017), 「국정운영 5개년 계획」.
- 김승태 (2017), 「과학기술분야 정부출연연구기관 인력구조 진단·예측과 정책적 시사점 도출에 관한 연구」, 한국과학기술기획평가원.
- 류영수, 이기중, 최병대 (2009), “정부의 R&D 평가 시스템에 대한 메타평가”, 「한국정책학 회보」, 제18권(제1호), pp.157-186.
- 류영수 (2014), 「연구개발의 정책효과성 분석에 관한 연구」, 한국과학기술기획평가원, 연구보고 2014-040.
- 박소희 (2017), 「정부출연연 재정지원제도의 변화와 영향에 관한 연구」, 한국과학기술기획평가원, 연구보고 2017-026.
- 류영수 (2017), “정부연구개발체계의 대전환을 위한 Post-PBS 시스템을 설계하자”, 「과학과 기술」, 제2017-09호.
- 머니투데이 (2018), “단기성과 좇는 PBS 부작용, 출연연 경영시스템 손봐야”, 1월 8일.
- 박소희·안소희·이재훈·정의진·정지훈 (2017), “자율과 책무를 바탕으로 한 출연연 발전 방향 제언”, 「KISTEP 이슈위클리」, 제2017-05호, 한국과학기술기획평가원.
- 미래창조과학부 (2015), 「제1차 정부 R&D 혁신방안」.
- 미래창조과학부 (2016), 「제2차 정부 R&D 혁신방안」.
- 신애리·윤수진 (2017), “신정부의 기초연구 투자를 위한 정책제언”, 「KISTEP 이슈위클리」, 제2017-03호, 한국과학기술기획평가원.
- 이재훈·이나래 (2017), “연구자 중심 R&D 제도혁신 방향과 과제”, 「KISTEP 이슈위클리」, 제2017-02호, 한국과학기술기획평가원.
- 헬로디디 (2017), ““科技 ‘수단’ 역할 그만, 민간·사람 중심 개혁” 한 목소리”, 4월 25일.
- UBS (2016), 「Extreme automation and connectivity; The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution」.
- KISTEP (2017a), “국가 R&D 혁신시스템 진단 및 이슈”, 「제1회 KISTEP 100분 토론회」.
- KISTEP (2017b), “연구자 중심의 R&D제도 개선 방안”, 「제2회 KISTEP 100분 토론회」.
- KISTEP (2017c), “정부 R&D 평가체제 진단 및 이슈”, 「제3회 KISTEP 100분 토론회」.
- KISTEP (2017d), “Post-PBS 시대로의 전환: 혁신 선도국가로 가는 길”, 「제4회 KISTEP 100분 토론회」.

제9장

지방분권시대, 혁신성장은 지역주도로

- 사회적 변화와 지역혁신체제의 한계는
- 지역 R&D혁신체제는 어디로 가야할까
- 마무리하며

필자

김진하

미래 일자리 지형 변화, 과학기술인력 정책, R&D사업 기술성 평가 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 4차 산업혁명, 미래사회 과학기술 및 일자리 구조 변화 등에 대한 연구를 진행 중이다.

김성진

과학기술정보통신부 열린정책자문단 자문위원, 국가균형발전5개년계획 수립 자문활동, 통합재정사업평가 지역사업분과평가 전문가 그룹 등 다양한 지역과학기술혁신정책 수립 활동에 참여하였다.

심정민

과학기술인력, 여성과학기술인 육성지원 기본계획, 중장기 인력수급전망 등 인력정책과 제5차 지방과학기술진흥종합계획수립 등 지역정책 관련 연구를 수행하였다. 현재 KISTEP 혁신기반센터에 근무 중으로 4차 산업과 일자리 변화, 지역 대학 활성화 방안 등 과학기술인력과 지역혁신관련 분야의 연구에 매진하고 있다.

제9장

지역분권시대, 혁신 성장은 지역 주도로

미국 스탠포드 대학교(Stanford Univ.) 심리학과 교수 필립 짐바르도(Philip Zimbardo)는 1969년 두 대의 중고차를 구입하였다. 한 대는 뉴욕 브롱크스에 다른 한 대는 샌프란시스코 팔로 알토에 두었고, 두 대 모두 보닛을 살짝 열어둔 채로 방치하였다. 그 결과 브롱크스에 있던 차는 10분 만에 배터리와 라디오이터가 털렸고 24시간 만에 모든 것이 사라진 반면, 팔로 알토의 차는 5일간 아무 일도 일어나지 않았다. 그러나 연구자가 팔로 알토의 차 유리창을 연구자로 망치로 깨기 시작하자 주변 사람들도 함께 차를 부수기 시작했다.

위의 내용은 1982년 미국의 범죄학자 제임스 윌슨(James Q. Willson)과 조지 켈링(George L. Kelling)이 제시한 ‘깨진 유리창 이론(Broken Windows Theory)¹¹⁴’의 사례로 소개되었다. ‘깨진 유리창 이론’은 깨진 유리창 하나를 방치하면 그 지점을 중심으로 범죄가 확산되기 시작한다는 이론으로, 일단 금이 간 유리

114 1982년 '아틀란틱'에 게재된 기고문에서 제시된 사회 무질서에 관한 이론
(<https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1982/03/broken-windows/304465/>)

창은 전체가 쉽게 망가질 수 있음을 보여준다. 이를 조금 확장하여 생각하면 일부분에서 나타난 사소한 무질서를 방치한다면 나중에 그 무질서는 지역 전체로 확장될 가능성이 높다는 것을 의미한다.

깨진 유리창



[자료] Garemo(Dreamstime.com): www.safeopedia.com

여기서 이 이론과 지역분권과 무슨 상관관계가 있을까 생각해볼 필요가 있다. 왜 브롱크스의 자동차는 24시간 만에 망가졌고, 팔로 알토의 자동차는 5일 동안 멀쩡했을까? 지역적으로 무슨 차이가 있었을까? 그리고 한 장의 깨진 유리창은 왜 전체 유리창이 깨지는 효과를 만들어낼까? 사실 제임스 월슨의 기고문과 필립 짐바르도의 실험 내용은 사회심리학에서 다루는 문제이다. 그러나 여기에서 주목해야 할 것은 '일부분'이라는 구성요소들 간의 차이와 그 구성요소의 중요성이라 할 수 있다. '일부분'은 전체를 구성하는 주요 요소 중 하나이고, 그 '일부분'의 상황은 서로 다를 수 있으며, 그 상황은 전체 상황을 결정하는 데 중요한 역할을 하고 있다는 것이다.

범위를 더 넓혀보면 이는 국가와 지역으로 비교하여 생각할 수 있다. 국가를 전체 유리창으로, 지역을 유리창 한 장으로 가정한다면 이해가 쉬워질 것이다. 국가의 경쟁력을 높이고 성장하는 데 있어 전체를 구성하는 지역의 역할은 매우 중요하다. 지역이 깨지게 되면 자칫 국가 전체가 깨지는 상황으로 이어질 수 있기 때문이다. 따라서 지역의 안정성은 국가의 안정성을 위한 필수요소이고, 지역의 성장은 국가의 성장을 위한 기반인 것이다. 또한 국가 혁신체제(NIS: National Innovation System)라는 거시적 차원에서의 발전을 위해서는 국가혁신체제를 이루는 다양한 요인들과 함께 지역혁신체제(RIS: Regional Innovation System)의 발전이 필요하다.

사회적 변화와 지역혁신체제의 한계는

우리나라는 지방 토호들의 반란이 많지 않고 나라도 크지 않아 이미 고려시대부터 중앙에서 과거시험을 통해 지방 관료를 뽑는 등 중앙집권적 체제를 운영하여 왔다. 일제강점기를 거쳐 사회가 점차 근대화되면서 중앙집권적 사회에 대한 한계가 나타나게 되었고 새로운 변화에 직면하게 된다. 변화의 시류에 맞춰 우리나라는 1948년 7월 17일 제헌 헌법 제8장 96조와 제97조에 지방자치를 규정하여 국가 운용의 주요제도로 삼았다. 이후 여러 역사적 이유로 지역분권과 지방자치는 수면 아래로 잠시 가라앉았으나, 1987년 6.29 선언 이후 헌법 개정이 이루어지며 지방자치가 주목을 받았다. 이후 1991년 지방의회선거를 치루면서 본격적으로 지역분권시대로 접어들었고 지역혁신체제가 등장하였다.

각 시대의 사회 변화는 그에 걸맞는 제도 변화를 요구하여 왔다. 우리는 지금 4차 산업혁명이라는 커다란 변화를 맞이하고 있다. 4차 산업혁명은 초연결성과 초지능화에 기반하여 산업생태계를 변화시키고, 일자리 구조까지 바꾸는 등 사회 및 경제구조를 획기적으로 변화시킬 것으로 전망된다. 그리고 기술·사회·산업 구조의 변화는 제도의 변화로 이어지고 있다. 예를 들어 앞 장에서 논의하였던 것처럼 자율주행자동차의 등장은 자동차 관련 법률과 보험제도의 변화로 이어지고 있고, 인공지능 기반의 의료서비스 등장은 의료법과 보험제도의 변화를 유도하고 있다. 이와 같이 4차 산업혁명은 꼬리에 꼬리를 물며 제도적 변화를 요구하고 있고, 지역혁신체제도 그 변화의 대상에서 예외가 아니다.

사실 제도 변화의 필요성은 4차 산업혁명과 같은 사회 변화에서만 기인되는 것은 아니다. 시대적, 사회적 변화에 대응함에 있어 제도가 가지고 있는 근본적인 한계가 제도 변화의 필요성을 더욱 분명하게 만든다. 즉 4차 산업혁명과 같은 시대적 흐름에 대응하는 데 있어 드러난 우리나라 지역혁신체제의 한계점이 제도 변화의 필요성을 야기하고 있는 것이다.

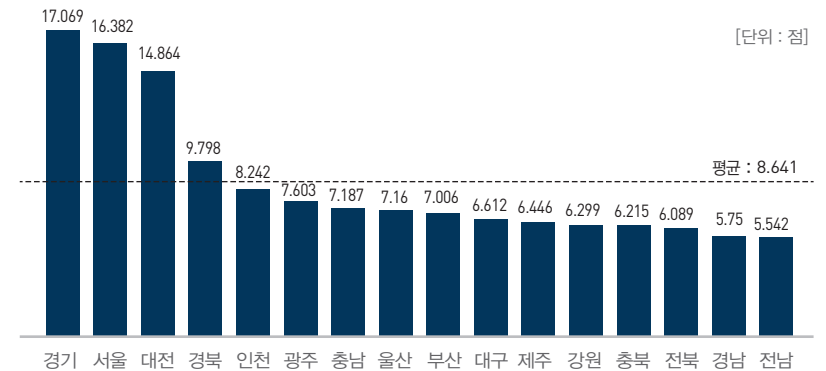
이에 과학기술이 주도하는 미래사회 변화에 있어 지역 혁신을 살펴보기 위해 지역 R&D혁신체제의 현황을 진단하고자 한다.

정체된 지방정부의 혁신 역량

앞서 살펴본 브롱크스와 팔로 알토의 사례는 지역별 차이를 극명하게 보여주고 있다. 이는 혁신역량 차원에서도 동일하게 나타나며, 우리나라의 경우에도 지역별 혁신역량의 차이가 존재한다. KISTEP은 매년 지역의 과학기

술혁신 역량을 분석하여 제시하고 있다. 2016년 연구결과는 ‘경기’지역이 과학기술혁신역량 최상위를 차지하고 있고, 수도권 및 대전 지역과 비교할 때 타 지역과의 과학기술혁신 역량의 격차가 상당한 것으로 나타났다.

지역별 R-COSTII¹¹⁵ 수준(2016)



[자료] 안지혜 외 (2016) 재구성

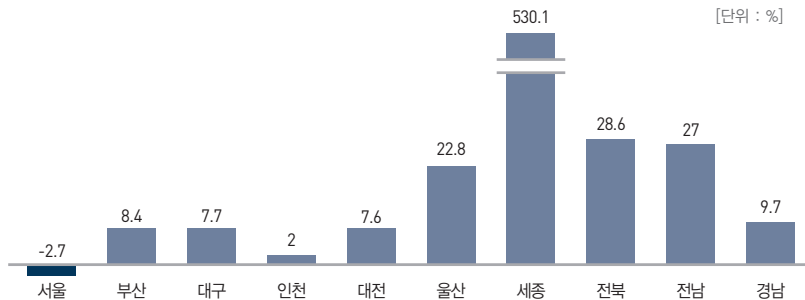
지역별 혁신역량의 차이는 왜 나타나는 것일까? 우리나라는 왜 지방자치역사가 26년이 되었음에도 불구하고 아직까지 제대로 착근되지 못하고 있는 것인가? 지방자치와 관련된 많은 보고서는 중앙정부 중심의 지역 R&D혁신 정책 추진에서 기인한 것으로 보고 있다. 중앙정부 주도의 R&D 투자와 거버넌스 운영은 지방정부의 혁신역량을 정체시키는 주요 원인으로 작용하고 있는 것이다.

사실 지역의 R&D 투자는 2002년 이후 정부와 민간 영역 모두 꾸준히 증가해왔다. 특히 지역과학기술진흥을 위한 중앙정부의 지역 R&D투자비는

115 지역별 과학기술혁신역량 수준을 비교하기 위한 모형으로 자원, 활동, 네트워크 등 5개 부문, 13개 항목 31개 지표를 기준으로 구성

서울을 제외한 모든 지역에서 증가하고 있는 추세이다.

최근 3년 간 주요권역별 중앙정부의 R&D투자비 증가율



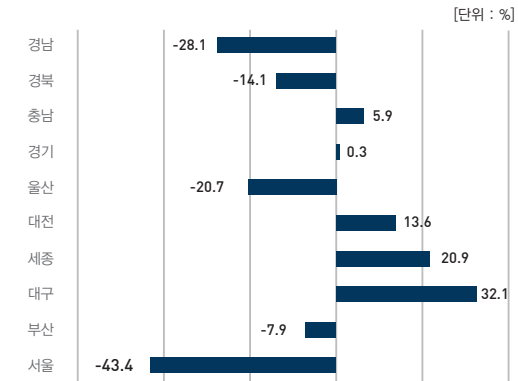
[자료] 안지혜 외 (2016) 재구성

그러나 중앙정부 주도의 투자와 낮은 지역 재정자립도는 지역 혁신을 위한 투자에 직접적으로 영향을 미치고 있다. 우리나라 전체 시·도의 평균 재정자립도¹¹⁶ 및 재정자주도¹¹⁷를 살펴보면 지방정부가 자체 연구개발사업을 추진할 수 있는 재정적 여유가 없다. 우리나라 지역 평균 재정자립도는 2015년 기준 51.1%로 2013년에 비해 0.5%p 낮아졌다. 일부 지방정부는 재정자립도가 50% 미만으로 지역혁신을 위한 자체 R&D사업 추진이 어려운 상황이다. 또한 재정자주도 측면에서도 2015년 평균이 73.4%로 2013년 대비 3.2%p 낮아져, 서울을 제외한 나머지 지자체의 R&D 투자 여력이 부족한 것으로 나타났다.

116 재정 수입의 자체 충당능력을 나타내는 세입분석지표로, 일반회계의 세입 중 지방세와 세외수입의 비율로 측정하며 일반적으로 비율이 높을수록 세입징수 기반이 좋은 것을 의미

117 지방자치단체가 자주적 재량권으로 사용 가능한 재원이 전체 세입 중 얼마나 되는지를 보는 지표로서 자율적으로 사용 가능한 지방교부세 등을 지표에 포함시킨 실질적 자치단체 자원 활용능력을 의미

최근 3년 간 지자체 총예산 중 과기분야 예산 비중 증가율



[자료] 안지혜 외 (2016) 재구성

지방정부가 R&D사업을 추진함에 있어 지자체의 과학기술분야 투자 감소와 매칭 사업비의 증가는 지역자체 R&D투자의 전략성을 부족하게 만들고 있다. 앞서 살펴본 것과 같이 중앙정부의 연구개발 투자는 증가한 반면, 지자체의 총예산 중 과학기술 분야에 대한 예산 비중도 점차 감소하여 2013년 대비 2015년의 지자체의 자체 R&D 투자는 1,961억 원 줄어들었다. 이와 더불어 중앙정부 사업에 대한 매칭 비중도 증가¹¹⁸하고 있다. 이러한 재정적 한계는 지역 R&D혁신 역량에 직접적으로 영향을 미치고 있다.

거버넌스 관점에서도 지방의 자체 R&D사업을 기획하거나 관리할 수 있는 전담기관의 부재는 혁신역량의 한계점으로 작용하고 있다.

또한, 지역별 R&D 역량 강화를 위해 운영 중인 연구개발지원단(이하 연지단) 및 테크노파크 등은 중앙정부의 조직이나 사업에 의존하고 있고, 인력 및 예

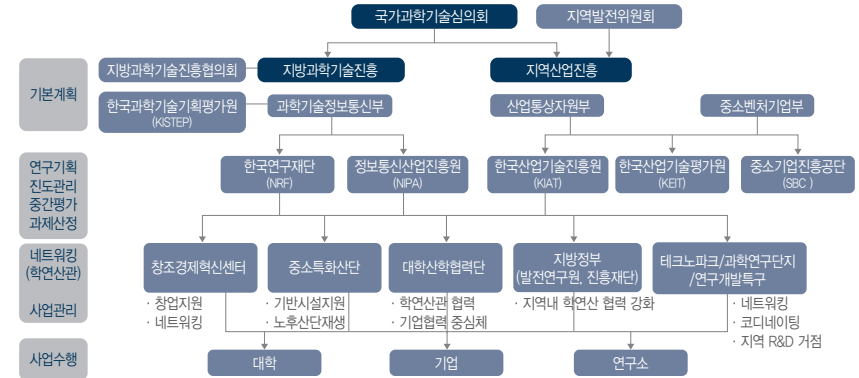
118 지역 R&D투자 중 매칭펀드 비중은 2013년 51.9%에서 2015년 58.7%로 증가 추세

산이 부족¹¹⁹한 상황이다. 중앙부처가 지역혁신의 정책적 수단인 지역연구개발사업을 지원하기 때문에 연지단 등의 지역 혁신거점은 중앙부처의 정책적 방향에 영향을 받게 된다. 예를 들어 지역혁신기관 간 협력체계를 구축하거나 혁신거점기관의 당연직 이사진 구성에 있어서도 지방정부보다는 중앙정부의 영향을 받고 있다. 이로 인해 지역혁신을 주도하는 데 있어 지방정부의 영향력은 제한적일 수 밖에 없다.

보다 확장된 거버넌스 차원에서 국가혁신체제(NIS)와 지역혁신체제(RIS) 간 연계 및 협력 부족은 지역 R&D혁신에 있어 또 다른 한계 요인으로 작용하고 있다. 즉 지역과학기술정책을 총괄하는 국가과학기술심의회(이하 국과심)와 지역산업기술정책을 총괄하는 지역발전위원회(이하 지방위) 간 협력 체계가 미흡한 것이다. 국가 차원의 과학기술 거버넌스와 지역 차원의 산업 거버넌스의 차이로 인해 각 정책 간 연결고리가 제대로 작동하고 있지 못하고 있다.

국과심 산하에 지방과학기술진흥협의회를 설치하여 운영하고 있음에도 불구하고 실질적 연계를 위한 조정 기능이 미흡한 상황이다. 국가연구개발사업에 대한 예산 배분·조정은 전문위원회를 중심으로 추진되기 때문에 지방과학기술진흥 차원의 예산 배분·조정이 용이하지 않다. 이로 인해 국과심이 국가연구개발사업 예산을 배분·조정하는 방향을 수립할 때 지방과학기술진흥정책 차원의 방향을 제시하는 데 한계가 있고 상호 간에 실질적 연계·협력이 어렵다.

지역 R&D혁신 거버넌스 체계



[자료] 김성진(2015a); 김성진 (2017a) 재인용

이러한 상황은 결국 지방정부의 혁신역량 약화로 이어지고 있다. 지난 10년 간 지역 혁신 목적의 과학기술 투자는 정체되고 있고, 지방정부의 투자비 대부분이 중앙정부 사업에 대한 단순매칭에 그치고 있어 장기적 관점의 지역 투자 전략성과 역량 축적은 정체되어 있는 상황이다.

지역혁신 목적 과학기술투자 현황



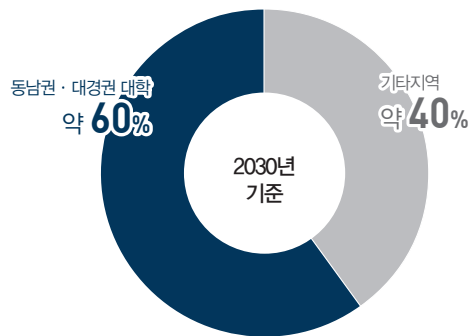
[자료] 심정민 (2018)

지역혁신 주체의 부족한 혁신 역량

지역 R&D혁신을 위해서는 중앙정부, 지방정부 및 지역기관 등 정부의 역할과 더불어 지역을 구성하고 있는 혁신 주체의 역할도 매우 중요하다. 정부가 혁신의 방향과 기반을 다지는 역할을 수행한다면, 지역 내 대학, 출연(연) 및 민간기업은 지역의 성장동력을 창출하고 생산하는 실질적 원동력인 것이다. 그러나 지역 R&D혁신의 주체로서 지역 대학과 출연(연)은 혁신을 추진하는 데 한계를 나타내고 있다.

지역 대학은 기초·원천 연구에 참여할 우수인재를 충분히 확보하지 못하고 있다. 한국직업능력개발원의 연구결과에 따르면 지역 대학의 학생 충원율은 2030년을 기준으로 동남권·대경권 대학은 약 60%, 기타 지역은 약 40%가 될 것으로 전망하고 있어, 미래사회에 지역 내 우수인재를 확보하는데 어려움이 있을 것으로 예측된다. 이는 지역 내 미래 성장동력으로써의 기초·원천 연구 기반에 영향을 미쳐, 지역 R&D혁신을 저해하는 요인이 될 것이다.

2030년 지역 거점대학 충원 전망



[자료] 심정민 (2018)

이와 더불어 지역대학의 자율성을 저해하고 있는 정부의 대학 정책도 지역 R&D혁신의 장애 요인으로 작용하고 있다. 즉 대학재정지원사업 평가로 인해 대학별 자율성에 한계가 나타나고 있는 것이다. 대학재정지원사업은 본래 역할인 육성·지원이 사라지고 ‘정원 감축 계획(실책)’으로 인해 구조조정 수단으로 변질되어 버렸다. 이로 인해 일괄적으로 대학을 하나의 틀로 묶어 대학별 특성이 사라지게 만들고 있다. 또한 다양한 사업¹²⁰이 각기 다른 잣대로 대학을 평가함에 따라 지역 대학이 모든 것을 잘해야 하는 구조가 되면서 특성화에 어려움을 겪게 된 것이다. 결국 지역혁신 주체로서의 대학의 역할에 한계가 나타나게 되었다.

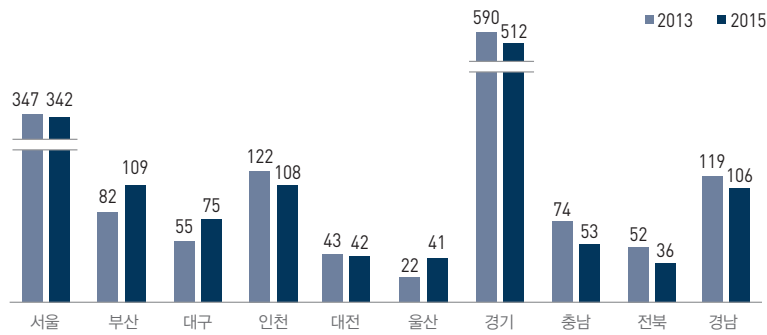
지역 출연(연)의 경우에도, 혁신 거점기관으로서의 역할 미흡하고 지역 내 R&D 기관 간 기능의 중복되면서 지역 R&D혁신 창출에 한계를 보이고 있다. 테크노파크, 창조경제혁신센터, 생산기술연구원 및 지역특화센터 등의 지역 소재 R&D 기관들은 지역 혁신 창출을 위한 R&D가 아닌 지역 내 기업 지원 업무 및 사업에만 초점을 맞추고 있는 상황이다. 그리고 관련 사업에 대해 지방정부는 충분한 재정을 지원하지 못하고 있고, 중앙정부의 수요를 중심으로 운영할 수밖에 없는 구조이다. 예를 들어 출연(연)의 인사 및 예산 배분 권한이 본원에 속해 있어 지역 내 본원이 지역 수요 기반의 R&D 사업을 추진하기에는 재량권 측면에서 한계가 있는 것이다. 이와 더불어 현재 각 지역에 분포하고 있는 테크노파크 및 창조경제혁신센터, 지역별 출연(연) 본원의 역할이 명확하게 설정되어 있지 않고, 유사한 내용에 대해 각 부처별 사업 및 업무를 수행하고 있어 중복성에서 자유로울 수 없다. 이는 곧 효율

120 연구중심대학 목표의 BK21플러스 사업, 산학협력중심대학 목표의 LINC플러스 사업, 교육중심대학 목표의 CK 사업 등

적인 지역 R&D혁신체제 구축에 영향을 미치고 있다.

지역 R&D혁신의 또 다른 원동력으로서 민간기업 특히 중소기업의 현황이 긍정적이지 않다. 신규 이노비즈(Innobiz: 기술혁신형 중소기업)는 지역의 미래 먹거리를 창출할 수 있는 혁신의 최전선에 자리하고 있어야 하나, 그 수가 감소 추세에 있다. 2012년과 비교할 때 2015년 지역별 이노비즈 기업의 수는 울산 등 일부 지역을 제외한 서울, 경기, 대전 등 대부분의 지역에서 감소하였다. 이와 더불어 지역 중소기업의 기술개발 역량도 아직은 낮은 수준이다. 기업부설연구소를 보유한 지역 기업 중 박사급 연구원이 없는 기업이 83.5%에 달하고 있어 지역 혁신을 위한 실질적 원동력의 수준이 높지 않은 상황이다.

지역별 신규 이노비즈 중소기업 증감 현황



[자료] 안지혜 외 (2016) 재구성

한계에 직면한 지역혁신 성과창출

우리나라는 지역특화산업 및 클러스터를 중심으로 지역 성장을 유도하고

있다. 지역별 주력사업이나 맞춤형 R&D사업 등에 대한 R&D를 지속적으로 추진하고, 사업화를 촉진함으로써 지역의 성장을 돕고 있다. 또한 지역별 혁신거점기관을 중심으로 지역 창업 및 일자리 창출을 위한 기반을 조성하였다. 창조경제혁신센터나 창업보육센터를 지역 내 설치함으로써 지역에서의 기술창업을 지원하고, 청년들에게 새로운 일자리를 제공하는 일자리 생태계를 조성하였다.

그러나 지역 내 구축된 인프라의 진부화는 지역 R&D혁신 성과 창출의 한계점으로 작용하고 있다. 중앙정부 주도의 지역 R&D혁신 정책이 추진됨에 따라 지역의 특성을 충분히 반영하지 못한 지역 정책이 수립되고, 지역 내 거버넌스 간, 산-학-연 간 협력을 지원하기 위한 다양한 협의체들이 난립하고 있다. 각 혁신클러스터 운영주체가 중앙부처에 영향을 받기 때문에 지역 내 R&D를 수행하는 산업단지도 중앙정부의 정책목표에 초점을 맞추고 중앙정부의 지원에 의존하고 있는 상황이다. 또한 역할이 불분명하고 중복되는 다양한 협의체는 혁신클러스터의 실질적 성과 창출의 효율성에 부정적 영향을 미치고 있다.

이와 더불어 지역의 실질적 성장을 위한 기술사업화는 집중화 현상을 보이고 있다. 기술사업화를 위한 '사업화/창업 활동'은 경기, 서울 및 부산과 같은 주요 지역을 중심으로 이루어지고 있다. 기술사업화 인프라 또한 주요 지역에 집중되고 있어 타 지역으로의 확산에 한계가 있는 상황이다. 이는 국가 혁신체제 관점에서 긍정적이지 않으며 각 지역의 성장을 위한 지역혁신체제의 관점에서는 더욱 부정적인 것이다.

지역별 창업/사업화 활동 지수

경기	서울	부산	경남	경북	대구	인천	강원
1.986	1.401	0.375	0.360	0.330	0.291	0.277	0.256
대전	광주	충남	충북	전북	전남	울산	제주
0.242	0.237	0.226	0.189	0.189	0.180	0.061	0.035

[자료] 안지혜 외 (2016); 심정민(2018) 재인용

현재 추진 중인 혁신클러스터 정책은 여러 부처에서 각기 다른 형태의 사업을 수행하고 있어 효율적이지 않다. 중앙정부 및 지방정부가 다수의 클러스터를 조성¹²¹하였으나, 클러스터의 목적이 불명확하고 클러스터 간 역할이 중복되는 등 부실화된 경우가 많다. 또한 혁신클러스터 내 참여기업은 R&D, 기술이전, 사업화 등 유사한 내용을 부처별 여러 기관을 통해 제공받고 있기 때문에 사업 간 중복성에서 자유로울 수 없고 다양한 서비스를 받기 어려운 상황이다. 지방정부와 지역기업의 적극적 참여 부재는 결국 지역 혁신 창출의 한계로 이어지고 있는 것이다.

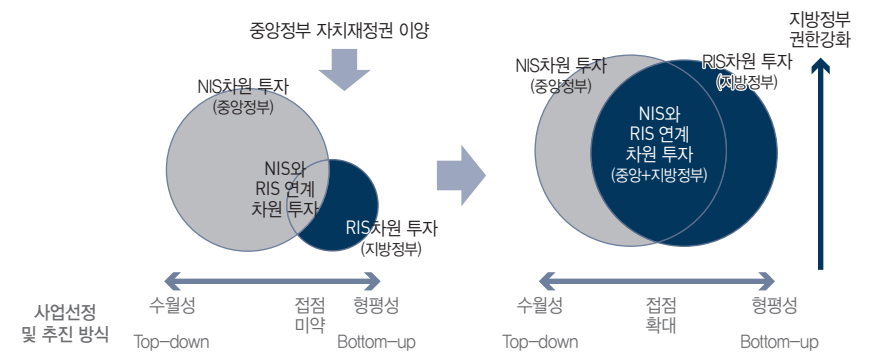
지역 R&D혁신체제는 어디로 가야 할까

지역혁신은 역대 모든 정부가 지향하고 추구하여 왔다. 그러나 작금의 우리나라의 중앙집권적 체제는 지역혁신과 지방자치에 한계점을 안겨주고 있는 것이 현실이다.

이에 2017년 출범한 문재인 정부는 지금까지와 다른 보다 강력한 지방분권 기조를 제시하고 있다. 누차 문제점으로 논의되었던 자치재정권을 지방으

로 이양하여 지방정부가 자율적으로 사업을 기획하고 추진하는 체계를 구축하는 것으로 방향을 설정하고 있다. 그리고 재정권을 바탕으로 중앙정부와 지방정부가 협력하여 지역 차원의 혁신을 위한 자체 투자 확대를 지향하고 있다. 즉 국가혁신체제(NIS)와 지역혁신체제(RIS)와의 접점을 확대하고 지방정부 차원의 투자 및 권한 강화를 통해 혁신 동력을 강화하고자 하는 것이다.

문재인 정부의 지역과학기술정책 방향 개념



[자료] 김성진 (2017a)

이에 신정부는 2018년부터 2022년까지의 지방과학기술을 책임질 「제5차 지방과학기술진흥 종합계획(안)」수립을 통해 지역 주도의 지방분권시대를 추진하고 있다. 내용을 살펴보면 크게 3가지의 기본 방향을 제시하고 있다.

우선 지역 자치 분권을 위한 지역 주도형 R&D기반을 구축하고자 한다. 지역이 주도적으로 R&D를 추진할 수 있도록 투자-기획-평가 등 전주기 시스템을 도입하고, 중앙정부의 역할을 '조력자'로서 전환할 것을 제시하고 있다. 지방정부는 자체 R&D사업을 추진하고 평가·관리하며 중앙정부는 자금

121 산업단지 클러스터 1,116개, 산학융합지구 11개 등

일부 지원 및 조력자로서의 컨설팅 등 최소한의 역할만을 수행한다면 지역 내 혁신주체의 자체 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다.

두 번째는 과학기술자원의 지역 편중을 해소하고 자생적 성장동력 확보를 지향하고 있다. 앞서 논의된 창업/사업화 활동지수 등을 통해 알 수 있는 것과 같이 과학기술자원과 역량 높은 혁신 주체들이 수도권에 편중되어 있다. 이에 일부 지역에 편중된 자원을 고르게 배분하고 효율화함으로써 지역 내 주체들이 지역 R&D혁신이라는 본연의 역할을 수행할 수 있도록 유도하고자 한다.

세 번째는 지역 혁신 주체 간 연계·고도화를 통해 지역 혁신성장의 기반을 마련할 예정이다. 현재 우리나라는 지역혁신 활동이 부처별, 지역별 등 단편적으로 추진되고 있고, 대부분 단순 기술개발에 그치고 있다. 이에 혁신 주체 간의 연계 및 고도화를 통해 지역 내 경제적, 사회적 성과와 더불어 이를 기반으로 혁신 성과를 극대화할 것으로 방향을 설정하였다.

제5차 지방과학기술진흥 종합계획의 차별성

지역 과학기술역량의 재도약			
구분	제 1~2차 종합계획	제 3~4차 종합계획	제 5차 종합계획
중앙/지역 역할	지역은 중앙정부 정책의 무대	지역은 중앙정부 정책의 실행자	지방정부 주도, 중앙정부는 조력자
정책 기초	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지역 균형발전 ■ 지역 혁신시스템 도입 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 광역경제권 지역 발전 ■ 창조경제 대두 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자치분권 및 균형발전 ■ 지역 혁신성장
주요 방향	지역 특화 기술개발 및 인프라 확충	지역 R&D 자율성 확대 및 지역 특성에 맞는 인프라 구축	지방정부와 혁신주체의 내실화 및 질적 제고

[자료] 심정민 (2018)

문재인 정부의 지방분권 기조를 바탕으로 지역주도형 지역R&D혁신체제 역량을 강화하기 위해 중앙정부와 지방정부 지역 혁신의 주체는 어떻게 변화해야 할까?

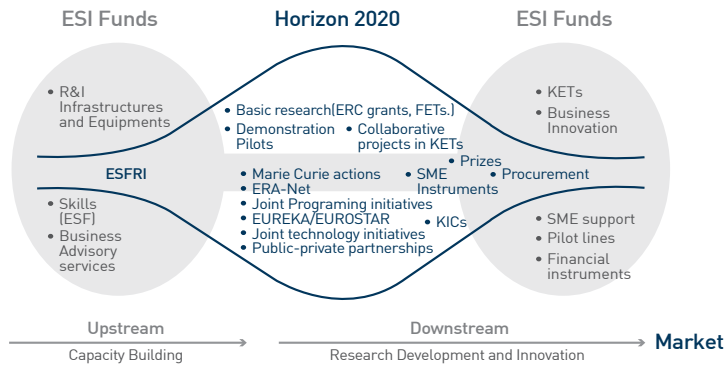
■ 중앙과 지방정부의 끊임없는 소통 노력

우선 지방정부의 역할 확대 및 중앙정부와의 협업체계 구축이 필요하다. 지방정부의 역할을 확대하고 중앙정부 차원의 컨설팅 추진이 병행되어야 할 것이다. 지방정부의 역할을 증대시키기 위해서는 지역의 R&D 투자 결정권을 강화하고 정책적 아젠다를 설정할 수 있는 실질적 권한을 부여해야 한다. 우선 지역 주도의 수요맞춤형 R&D사업의 추진, 지방정부의 자체 R&D 재원의 단계적 확대 등의 추진이 필요하다. 그리고 중앙정부는 지방정부가 지역발전위원회와 지방과학기술진흥협의회에 아젠다를 제시할 수 있도록 실질적인 권한을 부여해야 한다. 이와 더불어 지방정부가 R&D혁신 역량을 갖추어 나갈 수 있도록 산하의 연구기관이 지방정부를 컨설팅하는 지원체계를 구축해야 한다. 그 일환으로 과학기술정보통신부(이하 과기정통부) 연구개발지원단의 전문성을 제고하고 산업통상자원부(이하 산업부) 정책기획단이 지방정부 중심으로 운영되도록 개편하는 방안에 대한 고려가 필요하다.

또한 중앙정부와 협업체계를 구축하기 위해서 과학기술과 산업기술 거버넌스 간 협력 촉진을 위해 위원회 간 연계·교류를 추진해야 한다. 예를 들어 위원회 간 인적 교류는 좋은 방안일 수 있다. 인력 교류를 통해 과학기술과 산업기술 거버넌스가 지향하고 있는 비전과 정책을 공유함으로써 보다 효율적인 정책 집행이 가능할 것이다.

지역 R&D투자 측면에서 중앙정부와 지방정부 간 연계를 통한 효율적 지역 전략 체계 수립이 필요하다. 현재 우리나라는 부처별 칸막이로 인해 지역 내 종합적인 혁신전략 수립이 어렵다. 이는 R&D 투자 관점에서 지역 R&D 혁신전략을 수립하는데 또 다른 장애물이 되고 있다.

ESIF와 Horizon 2020 관계도



[자료] Stairway to Excellence(S2E) project(<https://ec.europa.eu>)

EU 등 주요국은 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 시도와 정책을 추진하고 있다. EU의 유럽구조투자기금(ESIF; European Structural & Investment Funds)¹²²을 살펴보면, EU는 지역 혁신전략을 수립하기 위해 스마트 전문화¹²³ 개념을 도입하였다. 국가 및 지역 차원의 혁신전략을 수립하고, ESIF의 지원 적절성을 강화하는 수단으로 5가지 유형의 ESIF를 조성하여 운영하고 있다.

122 ESIF(European Structural & Investment Funds; 유럽구조투자기금)은 유럽의 전반적인 경제성장 및 불경기 완화를 목적으로 지원하는 자금으로 일자리 창출 등에 사용되고 있고, 유럽연합은 2014년부터 2020년까지 45,040억 유로(560조 원)를 ESIF에 투입할 예정(월간조선, 2016.9)

123 모든 지역의 지식기반 경제 및 스마트 성장의 잠재력을 활용할 수 있는 통합적인 접근 방법

유럽지역개발기금, 유럽사회기금, 결속기금, 유럽농업기금, 유럽해양 및 수산 기금 등을 설치하여 각 기금을 유치하기 위해 EU, 국가, 지역 차원의 종합적인 스마트 전문화 전략을 수립하고 있다.

이는 우리에게 시사하는 바가 크다. 부처 간 칸막이에 따른 지역 내 유사·중복되는 사업 추진, 중앙정부 중심의 지역 R&D사업 운영 등 국내 지역 R&D혁신의 한계점을 유럽은 이미 해결하고 있는 것이다. 따라서 EU의 시스템을 참고하여 각 지방정부가 지역에 맞는 자유로운 R&D사업을 기획·추진할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다. 즉, 지역별로 사업을 기획하고 공모하여 지방정부가 자율적으로 R&D를 수행할 수 있도록 함으로써 지역 주도의 R&D사업 기획·추진 역량을 강화시켜야 한다.

지역별 수준을 고려한 R&D혁신역량 키우기

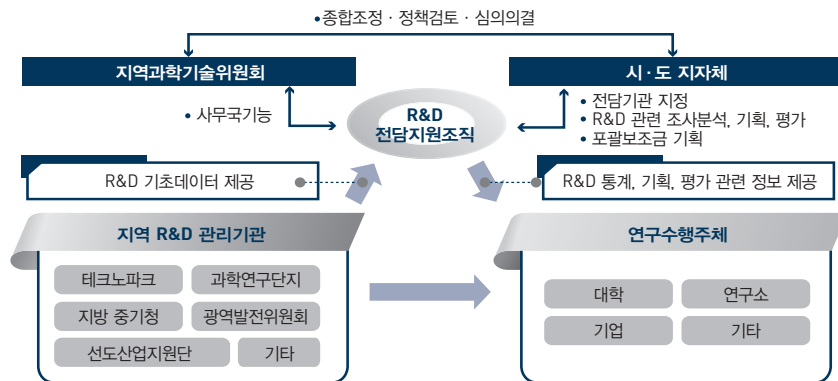
앞서 논의된 것과 같이 지역별 혁신역량에는 차이가 존재한다. 이는 중앙 정부 차원에서 지역혁신정책을 수립하거나, 각 지방정부가 자체 혁신역량을 강화하는 방안을 모색하는 데 있어 차별적이고 단계적인 지원 정책 수립이 필요함을 의미한다. 각 지역이 자신들의 재정 상황과 혁신 수준을 인정하고, 차별적, 단계별 지원정책을 수립해야 한다.

지방정부의 기획력 및 역량 강화를 위한 단계적 정책 수립이 필요하다. 이를 위해서는 우선 지역 자원에 대한 파악이 선행되어야 한다. 앞서 언급했던 스마트 전문화 전략은 국가 및 지역 혁신전략을 수립하기 위해 지역 자원의 면밀한 분석에서부터 시작하였다. 따라서 중앙정부와 지방정부는 단계별/수준별 지역혁신정책의 기반을 마련하기 위해 지역의 자원 및 재정 등 현황에

대한 면밀한 진단이 필요하다. 사실 우리나라는 과기정통부의 연구개발지원단과 산업부의 정책기획단을 통해 일부 정보 수집 및 파악이 이루어지고 있다. 그러나 R&D측면에서 종합적인 기획과 분석을 추진하고 있는 연구개발지원단은 지역 내에서 정착할 수준으로 발전하지 못하고 있다. 또한 정책기획단은 산업육성 측면에서 장기간 기획을 추진함에 따라 일정 수준에는 도달하였으나 산업부 중심의 계획을 수립하고 있어 국가혁신시스템(NIS) 차원의 관점 반영이 미흡한 상황이다. 따라서 지역 자원에 대한 면밀한 진단 및 현황 파악이 선행되어야 한다.

이를 기반으로 지역 R&D에 대한 기획·관리·평가·환류 등 R&D 전 주기를 지원할 수 있고 지역별 수준에 맞는 R&D 싱크탱크를 육성해야 한다. 지역 자체R&D사업에 대한 기획, 연구개발, 조사·분석 및 성과 확산 등 지역 R&D 싱크탱크로서의 기능 내실화를 위해 조직, 인력 및 예산을 확충할 필요가 있다.

지방정부의 R&D 싱크탱크 육성 방안



[자료] 심정민 (2018)

지역의 R&D 기획력 및 역량 강화는 중앙정부 및 지방정부의 정책적 지원만으로는 강화될 수 없다. 시간에 따른 지식축적과 시행착오가 수반되어야 한다. 이에 중앙정부와 지방정부는 혁신 주체들이 시행착오를 할 수 있는 시범사업을 추진하고, 이를 점차 확대하여 지역혁신 리더십을 확보할 수 있는 기반을 마련해야 한다. 중앙정부는 시범사업을 추진할 수 있는 기반을 마련하고, 지방정부는 지역 R&D혁신체제에 대한 이해도를 제고하여 역량을 강화할 필요가 있다. 이러한 점에서 과기정통부가 2018년부터 추진하는 '과학기술기반 지역수요 맞춤형 R&D사업'은 좋은 시도라 할 수 있다. 타 부처에서도 사업개편을 통해 지방정부가 자율형 사업을 추진함으로써 혁신역량을 확보할 수 있는 기회를 마련해야 할 것이다. 이와 더불어 중앙정부는 사업 평가 시 사업 폐지보다는 성과에 대한 면밀한 분석을 통해 사업 개선차원의 컨설팅을 제공함으로써 지역의 자체 혁신역량을 제고시킬 필요가 있다.

재정 관점에서 지역 R&D혁신역량 강화를 위한 방안 마련도 필요하다. 지역별 재정 및 혁신 수준의 차이에도 불구하고 중앙정부 주도의 혁신정책은 실효성이 높지 않은 상황이다. 이에 지역 R&D혁신체제 강화를 위한 정책수단인 지역 R&D사업을 추진할 때 지역 수준을 고려한 R&D 기획 및 투자가 필요하다. 예를 들어 EU의 경우, ESIF(유럽구조투자기금)를 운영할 때 대상 지역의 발전 수준¹²⁴(EU-27의 평균 대비 GDP 수준)에 따라 자금 지원과 지역 공동부담 비율의 차이를 두고 있다.

이에 ESIF의 사례를 참고하여 지역 재정상황 및 기술개발 수준 등을 고려한 차별적인 지원정책을 수립하고, 지역 혁신을 모색해야 한다. 특히 중앙

124 EU 27개국의 GDP 평균을 기준으로 평균의 75%가 안되는 지역을 '덜 개발된 지역(Less Developed Region)', 75%~90%인 지역을 '전이 지역(Transition Region)', 90% 이상인 지역을 '더 개발된 지역(More Developed Region)'으로 구분

정부와 지방정부는 자체 R&D사업을 추진하거나 관련 예산을 구축하는 데 있어 재정상황을 반영해야 하고, R&D사업 매칭 비율을 산정할 때 지역 총생산 및 기술 수준 등을 반영해야 한다.

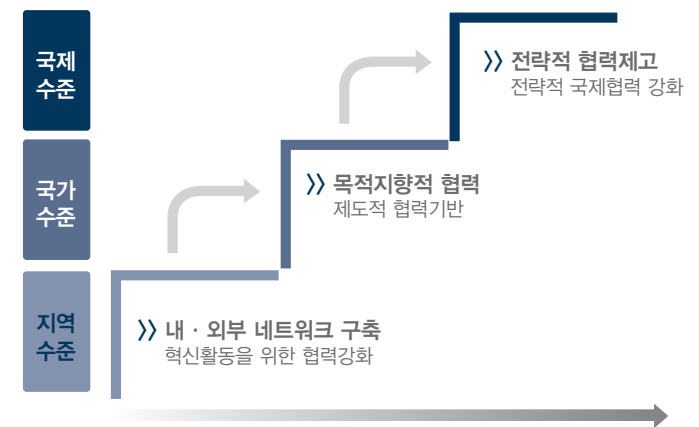
지역 혁신클러스터의 혁신이 필요

지방 R&D혁신 역량 강화를 위해서는 지방정부 중심의 혁신클러스터 효율화 방안이 구축되어야 한다. 앞서 논의했듯이 현재 지역 혁신클러스터 내에서 지방정부의 역할은 미흡하다. 가령 ‘연구개발특구사업’, ‘산업집적지 경쟁력 강화사업’ 등 지역 혁신클러스터를 조성하는 사업이 중앙정부의 투자로 구성·운영되고 평가되기 때문에 지방정부의 참여가 현실적으로 어려운 것이다. 따라서 지역의 혁신클러스터 육성을 위한 종합전략을 지방정부가 수립하고, 중앙정부는 지원하는 형태로의 사업 전환을 고려할 필요가 있다.

지역 혁신클러스터의 지속적인 성장 및 발전을 위한 컨설팅 등 제도 운영을 고려할 수 있다. 예를 들어 기존의 혁신클러스터 지원 정책과 연계하여 클러스터 내 효율적인 자원 배분을 유도할 수 있는 ‘(가칭) 자기주도형 혁신클러스터 인증제도’는 고려해볼 만 하다. 이미 EU는 ‘유럽 클러스터 우수성 이니셔티브(ECEI)¹²⁵’를 통해 혁신클러스터를 인증하고 클러스터 간 상호 벤치마킹함으로써 각 클러스터가 발전할 수 있는 체계를 구축하였다. 그리고 혁신 클러스터 간 경쟁과 협력을 촉발시켜 유럽 혁신클러스터의 성장을 유도하고 있다. 우리나라도 우수 혁신클러스터에 대한 인증을 통해 혁신클러스터

선도 모델을 구축하고, 지역 자원이 효율적으로 투자될 수 있도록 유도해야 한다. 이를 위해서는 지역별 혁신 수준을 진단하고 각 수준에 맞는 단계별 컨설팅을 추진하여 지역 혁신클러스터가 성장할 수 있도록 지원해야 할 것이다.

혁신클러스터 성장단계별 인증 방향



[자료] 김성진 (2017a)

또한 농림, 수산, 축산 및 지역 소규모 제조업 등 지역 특화 자원을 활용하여 지역특화 클러스터를 육성해야 한다. 1차 산업의 생산물을 가공하기 위한 스마트 공장 R&D를 지원하고 2, 3차 산업과의 연계를 위한 기술개발 강화를 지원해야 한다. 노르웨이 AKVA 그룹은 노피마 등 국책연구기관과 협력하여 수산물 안전 및 육종기술을 개발하여 수산업 분야에서 세계적 기업으로 성장하였다. 지역특화 자원을 기반으로 한 클러스터 육성은 지역 클러스터 간 효율화와 더불어 지역혁신의 또 하나의 축으로 작동할 것이다.

125 ECEI(European Cluster Excellence Initiative; 유럽 클러스터 우수성 이니셔티브)는 클러스터 네트워크 및 클러스터 관리 능력을 향상시키기 위해 클러스터 조직을 지원하기 위한 방법론 및 도구 개발을 목적으로 2009년 European Commission에 의해 출범

이와 더불어 지역 내 중소기업이 제품을 개발하고 개선할 수 있도록 메이커스페이스¹²⁶ 지원센터 등의 구축을 고려해야 한다. 지원센터를 통해 연구개발이나 신기술 제품개발을 위한 자금을 조달하고 해외시장에 진출할 수 있도록 후속 지원책 등을 마련해야 한다. 이를 위해 우선 사물인터넷 등을 활용한 아이디어 제품을 개발하고 제작할 수 있는 공간을 시범 구축하여 확산시킬 필요가 있다.

■ 혁신인재가 모이고 길러지는 지역으로의 성장

지역 R&D혁신체제에서 가장 중요한 요소는 인재이다. 미래 인재의 양성과 육성은 지역 혁신의 근본일 뿐만 아니라 지역의 생존과 직결되어 있다. 그러나 앞서 살펴본 것과 같이 지역 혁신인프라도 수도권 중심으로 구축되고 있어 지역 내 우수인재 확보는 점차 어려워질 것으로 전망되고 있다.

따라서 장기적 관점에서 지역 R&D혁신을 위해 우수인재의 양성과 더불어 유입을 촉진해야 한다. 지역 내 우수인재와 중소기업 간의 취업을 연계하고, 지역 기업에 대한 정보 미스매치를 해소해야 한다. 정부 차원에서는 희망사다리 장학금 등의 정책을 확대하거나 이공계 전문기술연수사업에 대한 지역별 비율을 조정하여 우수인재가 지역 내 머무를 수 있는 환경을 구축해야 한다. 또한 지역 중소기업 ‘연구인력 채용지원사업’을 확대하고 중소기업의 석박사급 연구인력에 대한 주거비 지원 확산 등 실질적 방안을 제안할 필요가 있다.

126 메이커스페이스(MakerSpace)는 기술에 관심 있는 학습자가 하드웨어 및 프로그래밍 기술 등을 공유하기 위해 정기적으로 모임을 갖는 커뮤니티 개념으로, 창업 촉진 기술인큐베이터로서의 역할을 수행

민간기업이나 출연(연) 차원에서는 재정 건전성을 유지하고 연구개발 역량을 강화하여 우수 인재가 유입될 수 있는 여건을 조성해야 한다. 특히 지역 연구개발 역량과 우수인재 유입과의 연관성은 독일 노발레드(Novaled) 사례를 통해 알 수 있다. 노발레드는 드레스덴 공대에서 분사한 벤처기업으로, 유기발광다이오드(OLED)에 대한 기초원천연구를 지속적으로 수행하였다. 그 결과 유기발광다이오드 분야에서 세계 선두업체로 성장하여 2013년 삼성전자에 3,455억 원에 인수되었다. 현재 130명 정도의 우수인력이 드레스덴 노발레드에서 근무하고 있고, 전체 임직원의 60% 이상이 석박사급 연구개발인력으로 구성되어 있으며, 유럽뿐만 아니라 아시아에서도 직원들이 유입되고 있다. 이는 지역 내 기초원천연구와 같은 연구개발 역량이 지역 내 우수인재 유치 및 양성에 얼마나 큰 영향을 미치는지 보여주는 것이다. 이에 우리나라도 지역 내 우수인재 유입 및 유치를 위해서 국가혁신체제(NIS) 내 선도연구센터(ERC, SRC) 등이 추진하는 원천기술사업이 수도권 외 지역에서도 정착될 수 있도록 개편할 필요가 있다.

이를 통해 각 지역 내 우수인재가 지역 내 정주할 수 있는 여건이 마련될 수 있고, 수도권으로 집중되던 우수인재가 각 지역으로 흡수될 수 있는 유인 요인으로 작용할 것이다.

마무리하며

우리나라는 6.25 이후 피폐해진 국가 상황을 극복하기 위한 수단으로 중앙중심체제로 운영되었고 고속성장하였다. 경제 규모는 세계 11위, 1인당

GDP도 3만 달러 시대를 눈앞에 두고 있다. 또한 과학인프라 및 기술인프라 순위도 2016년 기준 각각 세계 8위와 15위로 상위권에 위치하고 있다.

4차 산업혁명이라는 커다란 변화가 가시권에 들어와 있는 지금 우리는 또 한번의 변화가 필요하다. 그리고 그 변화는 이미 지역혁신을 중심으로 주요 국에서 시작되고 있다. 미국, 독일, 영국 등 주요 선진국은 오랜 기간 동안 지방분권을 기반으로 안정적인 성장을 해왔고, 이제 지역혁신을 중심으로 미래를 준비하고 있다. 이에 우리나라도 국가혁신체제와 지역혁신체제가 상호 연계되어 동반성장의 기틀을 마련하고 과학기술을 중심으로 지역혁신체제를 확대·강화시켜야 한다.

‘깨진 유리창 이론’에서 알 수 있듯이 지역의 혁신 역량은 국가의 혁신 역량과 직결될 수 있다. 일부 지역의 역량 저하로 인한 지역혁신체제의 붕괴는 단순히 해당 지역에만 머물지 않고 국가 전반에 영향을 미칠 가능성이 높다. 사실 모든 지역이 팔로 알토와 같이 안정적인 지역이 될 수는 없다. 그러나 중앙정부와 지방정부 그리고 지역의 혁신 주체는 지역별 특성에 기반하여 혁신역량을 확보하고 강화할 수 있도록 노력해야 한다. 지역 다양성에 기반한 지역혁신은 4차 산업혁명이라는 새로운 변화의 시대를 이끌 것이다.

참고 문헌

- 과학기술정보통신부 (2017), “문재인 정부의 과학기술중심 지역혁신 기본방향”, 「연구개발특구위원회 안건」.
- 김영수·김선배·김현우·최남희 (2015), 「지역의 산업기술 혁신생태계 구축 방안」.
- 김성진 (2015a), 「2015년 지방 R&D실태조사」, 한국과학기술기획평가원.
- 김성진 (2015b), 「2015년 지방 R&D체계 발전 방향에 관한 연구」, 한국과학기술기획평가원.
- 김성진 (2016a), 「지역 R&D사업의 정책 수립, 실행, 평가 단계별 효율화 방안 연구」, 한국과학기술기획평가원·미래창조과학부.
- 김성진 (2016b), 「2016년 지방 R&D체계 발전 방향에 관한 연구」, 한국과학기술기획평가원.
- 김성진 (2017a), “지방분권화에 따른 자기주도형 지역 R&D 혁신체제 구축방안”, 「KISTEP Issue Weekly」, 제2017-09호, 한국과학기술기획평가원.
- 김성진 (2017b), 「지역별 혁신수준 진단 및 맞춤형 지원전략연구」, 한국과학기술기획평가원·미래창조과학부.
- 김진하(2016), “4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색”, 「KISTEP In」, 제15호.
- 김영수 (2017), “4차 산업혁명과 지역산업 육성 방향”, 「월간 KIET 산업경제」, 2017년 2월호.
- 박동배 (2014), “정부출연(연) 지역조직(분원) 기능 활성화 방안”, 「STEP INSIGHT」, 제149호.
- 반상진 (2017), “정부 주도 대학재정지원사업의 쟁점과 과제”, 「교육정책연구」, 제1권(제1호).
- 안지혜 외. (2016), 「2016년 지역과학기술산업스코어보드」, 한국과학기술기획평가원.
- 윤문섭·박동배·신영규·유하영 (2012), 「지역이 주도하는 지역연구개발활성화방안」, 과학기술정책연구원.
- 이수연 (2017), “대학 재정지원 정책평가와 대안”, 「대학과 정책」, 제1호.
- 이진규 (2017), “과학기술중심 지역혁신 기본방향”, 발표자료, 「2017 부산 R&D」.
- 정준호·김선배·변창욱 (2004), 「산업집적의 공간구조와 지역혁신 거버넌스」, 산업연구원.
- 심정민 (2018), 「제5차 지방과학기술진흥종합계획 수립연구」, 한국과학기술기획평가원.
- 최인수·김건위 (2015), 「지역공동체와 리빙랩을 중심으로 한 지역혁신체제 도입방안 연구」, 한국지방행정연구원.
- 한국산업단지공단(2015), 「한국의 산업단지 클러스터의 성과와 과제」.

- 한국정책학회 (2008), 「국가-지방간 관계정립을 통한 지방분권의 비전과 전략 수립」, 행정안전부.
- 허재준 (2017), 4차 산업혁명이 일자리에 미치는 변화와 대응, 「월간 노동리뷰」, 2017년 3월호.
- European Cluster Excellence Initiative (www.cluster-analysis.org).
- James Q. Willson and George L. Kelling (1982), 「Broken Windows」, The Atlantic.
- Müller, B. and Schiappacasse, P. (2015), "Advanced manufacturing – Why the city matters, perspectives for international development cooperation", 「Industry 4.0 and Urban Development : The Case of India」.
- Oates, W. E. (1972), 「Fiscal Federalism」, *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, 31(11), pp.850~852.
- Tiebout, C. M. (1956), "A Pure Theory of Local Expenditures", 「*Journal of Political Economy*」, vol 64.
- UBS (2016), 「Extreme automation and connectivity; The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution」, UBS Whitepaper.
- WEF (2016), 「The Future of Jobs」.
- Wintjes, R. and Hollanders, H., (2010), 「The Regional Impact of Technological Change in 2020」, report to the European Commission, Brussels.

제10장

과학기술, 이제는 국민의 삶의 질에 눈을 돌리자

- 고령사회, 극복할 수 있을까
 - 반복되는 공포, 감염병
- 미세먼지, 이제는 벗어나고 싶다
 - 마무리하며

필자

김상일

R&D사업 예비타당성 조사, 국가전략기술로드맵, 중장기 발전전략 등의 업무를 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실에 근무 중이다. 현재는 데이터 기반의 미래기술 예측 연구와 기술기획 업무를 주로 수행하고 있다.

정의진

과학기술분야 중장기계획 조사·분석, 일본 과학기술 정책 동향 조사 등을 수행하고 있으며 현재 혁신경제정책센터에서 근무 중이다. 국가 과학기술정책 및 행정구조, 로봇기술 동향, 일본 과학기술 정책, 고령화 대응 방안 등에 관심을 가지고 연구 중이다.

김주원

R&D사업 기술성평가 및 성과목표지표 점검, 중간평가, 특정평가 등의 업무를 수행했으며, 현재 생명기초사업센터에 근무 중이다. 생명의료 분야 R&D 예산조정 및 투자포트폴리오 업무를 담당하고 있으며 신약, 줄기세포, 보건의료 분야 기술동향 및 정책, 예산에 관심을 갖고 있다.

주혜정

국가과학기술혁신역량평가(COSTI), 과학기술분야 중장기계획 및 과학기술·ICT 정책 동향 분석 등을 수행했으며, 현재 KISTEP 전략연구실 실장을 맡고 있다. 고령사회 같은 사회 변화에 따른 과학기술의 역할, 과학기술 인력 정책 등의 연구에 주력하고 있다.

제10장

과학기술, 이제는 국민의 삶의 질에 눈을 돌리자

지난 1960년 이후 우리의 과학기술은 경제성장과 일자리 창출을 위해 민간의 기술혁신 역량 강화와 시장 친화적 기술혁신 환경 조성을 꾸준히 추진해 왔다(문해주 외, 2011). 1960년대부터 80년대 중반까지는 산업화를 위해 선진국으로부터 기술 도입·개량과 수출 확대를 위한 전략산업의 육성을 적극 지원하였다. 1980년대에는 선진국 추격형 기술 드라이브를 본격적으로 추진했다. 1990년대에는 정부 주도의 발전에서 민간 주도의 발전으로 방향전환이 이루어지고, 정부 정책이 민간기업의 기술혁신 역량 강화와 기술개발 지원제도 선진화 등에 초점을 맞추기 시작했다. 1990년대 중반부터는 세계적 경쟁력을 갖춘 대기업에 비해 취약한 중소·중견 기업에 대한 지원을 집중적으로 확대했다.

이후 1인당 국민소득 2만 달러 시대를 맞이하며 경제 성장뿐만 아니라 안전한 사회, 안락한 생활환경, 다양성 존중 등 삶의 질 향상에 대한 국민들의 관심과 욕구가 증대되기 시작하였다. 이러한 상황과 국민들의 관심을 반영하여 2000년대 초부터는 국민 삶의 질에 대한 과학기술의 기여를 강조하기

시작하였다. 과학기술 분야에서도 '삶의 질', '공공복지', '따뜻한 과학' 등 새로운 과학기술 개념이 등장하였고, 기존 성장 중심의 과학기술 정책 패러다임에서 성장과 삶을 동시에 추구하는 정책 패러다임의 전환이 시작되었다.

국민들의 욕구 증대와 정책 전환의 상황에서 과학기술을 통한 국민의 행복 추구하고 더불어 잘 살 수 있는 사회의 실현은 미룰 수 없는 과제가 되었다. 또한, 바이오·의료 기술과 환경기술, 정보통신기술 등 과학기술의 발전은 국민 삶의 향상을 위한 새로운 가능성을 보여주었다.

그렇다면 삶의 질 향상을 위해 과학기술이 풀어야 할 문제는 무엇일까? 그리고 이러한 문제 중 과학기술이 기여할 수 있는 분야는 무엇일까? 한국 정보화진흥원에서 매일 발간하는 「Near & Future」 2016년 1월호에서 제시한 빅데이터 분석 결과를 살펴보면 저출산·고령화, 인구 절벽, 양극화, 신종 전염병의 확산, 에너지, 일자리 문제 등이 우리 사회가 당면한 주요 이슈로 떠오르고 있는 것으로 나타났다.

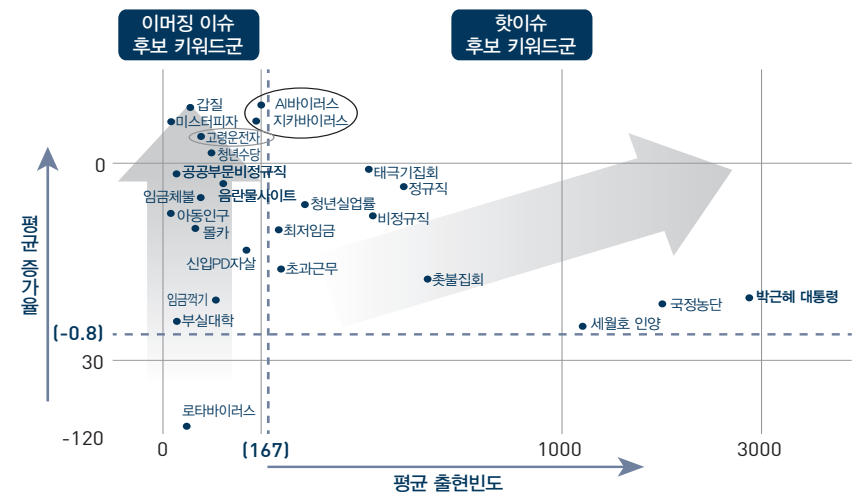
2016년 사회분야 이머징 이슈 키워드



[자료] 한국정보화진흥원 (2016)

또한, 「Near & Future」 2017년 Vol. 3¹²⁷에서는 2017년 상반기 사회 분야 이머징 이슈로 바이러스 확산 위협, 청년층 일자리, 사회 갈등, 대형 재난 등을 제시하고 있다.

2017년 상반기 주요 이머징 이슈 키워드



[자료] 한국정보화진흥원 (2017)

국민들의 관심도가 높은 2016년 이머징 이슈(고령화, 인구 절벽, 양극화, 신종 전염병의 확산, 에너지 문제, 일자리 문제)와 2017년 이머징 이슈(바이러스 확산 위협, 청년층 일자리, 사회 갈등, 대형 재난, 미세먼지) 중 과학기술이 기여할 수 있는 분야로 크게 고령화와 감염병 증가(신종 전염병, 바이러스 확산 위협), 미세먼지 심화 등을 고려해 볼 수 있을 것이다. 즉, 국가의 지속가능 발전을 위협하는 요인으로 주목받고 있는 고령화 문제와 조류인플루엔자, 구제역, 백신, 로타 바이러스, 지카 바

이러스, 메르스 등 국민 생활의 안전을 위협하는 감염병 문제, 국민 전체의 생존권을 위협하는 미세먼지에 대한 현황 분석과 이를 해결하기 위한 과학 기술의 역할 모색은 매우 시급한 문제라 할 수 있다.

고령 사회, 극복할 수 있을까

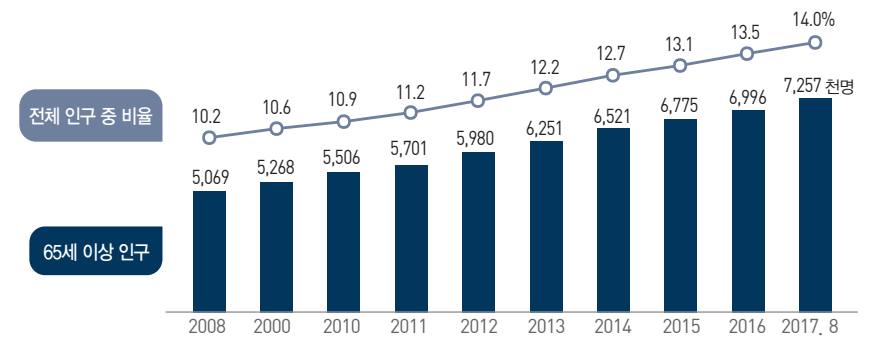
급속한 고령사회로의 전환

2017년 8월말 기준 우리나라의 65세 이상 인구는 726만 명으로 전체 인구 5,175만 명 중 약 14%¹²⁸를 차지하였으며 이는 2008년 10.2%에서 3.8%p 늘어난 수치이다.

우리나라의 경우 다른 국가와 비교했을 때 고령 사회 진입 속도가 현저히 빠른 것으로 나타나 심각한 국가적 의제로 대두된 지 오래다. '고령화 사회'에서 '고령 사회'에 도달하는데 미국은 73년, 독일 40년, 일본은 24년이 소요되었으나, 우리나라는 2000년도 '고령화 사회'에 접어든 지 불과 17년 만에 고령 사회에 조기 진입했다(통계청, 2016). 불평등한 고령화 방지(Preventing Ageing Unequally) 보고서(OECD, 2017)에서는 OECD 회원국 중 고령화가 가장 많이 진행된 국가는 일본이지만, 고령화 속도가 가장 빠른 국가로 한국을 지목했다.

128 만 65세 이상 노인 인구가 전체 인구의 7%를 넘으면 고령화사회(ageing society), 14%를 넘으면 고령사회(aged society), 20% 이상이면 초고령사회(post/super-aged society)로 분류하는 UN기준에 따르면 우리나라는 2017년에 이미 고령사회로 진입

우리나라의 65세 이상 인구 추이(2008~2017)



[자료] 행정안전부 보도자료 (2017)

주요 국가별 고령화 현황

(년도, 년)

		한국	미국	일본	독일
도달 연도	고령화사회 (고령인구 7%)	2000	1942	1970	1932
	고령사회 (고령인구 14%)	2017	2015	1994	1972
	초고령사회 (고령인구 20% ↑)	2026	2036	2006	2009
도달 연수	고령사회	17	73	24	40
	초고령사회	9	21	12	37

[자료] 통계청 (2016) (한국 수치는 통계청 2017년 최신 자료 보완)

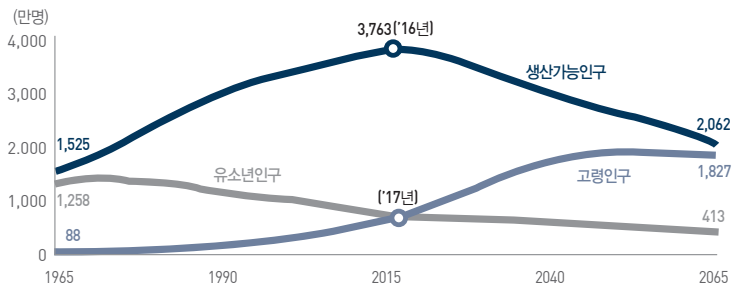
고령 사회, 무슨 일이 일어나고 있나? 질병과 빈곤

인구 구조의 고령화에 따라 우리나라의 생산가능인구는 2016년 3,763만 명을 정점으로 감소하기 시작하여 2065년에는 2,602만 명 수준에 이를 것으로 예상되고 있다. 특히 베이비붐 세대가 고령인구로 빠져나가는 2020년 이후에는 연평균 34만 명 이상의 생산가능인구가 감소하고 2030년대에는

연평균 44만 명이 감소하는 등 점차 생산가능인구 감소 폭이 확대될 것으로 예상된다(통계청, 2017). 그 결과 2065년 생산가능인구는 전체 인구의 47.9% 수준에 그칠 것으로 예상되며, 고령 인구는 42.5%, 유소년 인구는 9.6%를 차지하는 등 불균형적인 인구 구조가 예상된다. 고령 인구의 빠른 증가로 인해 노년부양비도 2015년 17.5명에서 2036년 50명을 넘고, 2065년 88.6명 수준으로 2015년 대비 5.1배 증가할 전망이다.

고령 인구의 증가와 함께 1~2인 가구 중심의 가족 구조로 변하며 독거노인이 증가하고 있다. 이는 다시 외로움과 대화 부족에 따른 높은 정신적 스트레스와 부실한 영양섭취로 이어져 노인층의 건강을 위협하는 하나의 요인으로 자리 잡고 있다.

우리나라의 연령계층별 인구 구조, 1965~2065(중위)



[자료] 통계청 (2017)

고령 인구의 질병으로 인한 사회·경제적 총 비용은 2012년에 이미 120조 6,532억 원에 이르렀으며 이는 GDP 대비 8.8%에 해당(국민건강보험 보도자료, 2015)하는 것으로 나타났다. 2015년 고령 인구의 비율은 12.3%에 불과했지만 진료비 지출은 전체의 37.8%를 차지했다. 특히 치매로 인한 사회적 비용

은 2013년 11.7조 원으로 GDP의 1%에 해당하였지만 2050년에는 1.5%에 이를 것으로 전망되고 있다.

연도별 진료비 현황

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	
적용인구 (천 명)	전체	49,299	49,662	49,990	50,316	50,490
	65세 이상 (비율, %)	5,184 (10.5)	5,468 (11.0)	5,740 (11.5)	6,005 (11.9)	6,223 (12.3)
진료비 (억 원)	전체	462,379	478,392	509,552	543,170	579,593
	65세 이상 (비율, %)	153,893 (33.3)	164,494 (34.4)	180,568 (35.4)	198,601 (36.6)	219,210 (37.8)
1인당 월평균 진료비 (원)	전체	78,424	80,545	85,216	90,248	95,767
	65세 이상	247,366	256,308	267,796	281,325	297,368

[자료] 국민건강보험공단(2016)

고령 인구의 질병으로 인한 경제·사회적 비용 문제 외에 노인층의 빈곤도 큰 사회 문제로 대두되고 있다. OECD에 따르면 우리나라 66~75세 노인 빈곤율은 42.7%로 회원국 평균(10.6%)의 4배 수준으로 38개 회원국 중 1위를 기록했다. 76세 이상의 빈곤율 수치도 60.2%로 회원국 평균(14.4%)을 크게 상회하는 것으로 나타났다.

이러한 높은 빈곤층 비율의 원인 중 하나로 디지털 경제의 확산에 따른 세대 간 정보 격차를 지목하고 있다. OECD의 2017년 10월 발간한 '불평등한 고령화 방지 보고서(Preventing Ageing Unequally)'에서는 "급속한 인구 고령화와 저학력 고령자의 낮은 고용률과 함께, 경제의 디지털화는 잠재적 실업과 기술적 실업에 대한 우려를 증대시킨다."고 지적했다. 일반적으로 고령 근로자가 청년보다 디지털 기술에 대한 적응력과 숙련도가 떨어지는 것은 당연

하다. 그러나 우리나라의 경우 고령 근로자와 청년 근로자 간의 디지털 기술 숙련도 격차가 가장 큰 것으로 보고되고 있다. 2016년 OECD가 실시한 국제성인역량조사(PIAAC: The Programme for the International Assessment of Adult Competencies)에 의하면 고령층과 청년층의 디지털 숙련도 격차가 OECD 평균은 27%p이지만(고령층 32% vs 청년층 5%), 한국은 터키에 이어 격차가 60%p에 이르러 평균의 두 배를 넘는 것으로 나타났다(OECD, 2016a). 반면 스웨덴과 뉴질랜드, 덴마크, 노르웨이, 네덜란드는 그 격차가 OECD 평균의 절반 수준인 15%p도 되지 않는 것으로 조사되었다. 앞으로 인공지능과 IoT(Internet of Things) 등 첨단 기술이 더욱 급속히 고도화될수록 고령 인구나 청년 간 디지털 기술에 대한 숙련도 격차는 더 심화될 것이다. 이는 곧 실직 및 저임금 노동자 전략 등으로 이어져 고령자의 경제적 상태를 매우 열악한 상태로 추락시키는 주요 요인으로 작용할 수 있다.

고령화에 대한 국제사회의 대응

국제사회에서는 이미 오래전부터 고령화에 대한 논의가 시작되었다. 급속한 고령 인구 증가와 이로 인한 문제의 심각성을 인식하고 단순 복지에서 한 걸음 더 나아가 자아실현, 존엄성, 행복 보장 같은 개념이 포함된 국제 협력을 추진하고 있다. 그 역사는 1982년 제1차 세계 고령화 총회로 거슬러 올라간다. 이후 2002년 마드리드에서 각국의 정상들이 함께 선언한 '마드리드 국제고령화선언'¹²⁹(MIPAA: Madrid International Plan of Action on Ageing)은 각 국가

129 마드리드 국제 고령화 선언은 "모든 연령 계층의 사회(society of all ages)"를 창출하고, 급증하는 고령자들의 행복(wellbeing)을 보장하는 "뒤떨어지는 자가 없는(leaving no one behind)"사회를 목표로 함

별 고령화 관련 정책 수립 시 지침서 역할을 수행하고 있다(이경신, 2017: 통계청, 2017). 또한, 1991년 UN총회에서는 '노인을 위한 유엔 원칙'을 채택하여 노인의 독립, 참여, 보호, 자아실현, 존엄성과 관련된 권리를 명시한 바 있다(이경신, 2017).

이러한 국제사회의 노력과 함께 각국은 자국 사정에 필요한 정책을 수립하여 실행하고 있다. 우선, 일본의 경우 2007년에 고령인구의 비율(만 65세 이상의 인구 비율)이 21.5%로 이미 초고령사회에 접어들고 총 인구나도 2008년부터 감소하고 있다. 일본은 2016년 총 인구 1억 2,693만 명 중 65세 이상의 고령자는 27.3%에 달하며 2065년에는 약 2.6명 중 1명이 65세 이상일 것으로 예상되고 있다. 이에 대응하기 위해 일본은 1995년부터 「고령화 사회 대책기본법」을 수립하고 1996년 「고령 사회 대책 대강령(高齢社会対策大綱)」을 마련하여 고령자의 삶의 질 향상에 초점을 둔 정책을 추진하고 있다. 또한, 4차 산업혁명 등 기술의 발전, 사회의 변화 속도가 빨라짐에 따라 2017년 6월 「고령 사회 대책 대강령」을 개정할 것을 결정하고 기본 방향을 검토 중에 있다.

고령사회대책 대강령의 시기별 주요 특징

구분	주요 특징
1996년	· 생애에 걸쳐 다양한 활동에 참여하는 기회가 확보되어 있는 공정하고 활력 있는 사회 만들기 · 고령자가 사회의 일원으로 존중받고 지역 사회의 자립과 연대를 추구
2001년	· 기존의 획일적인 고령자상에서 벗어나 다양한 실태를 바탕으로 정책 수립 · 남녀의 경제 상황, 건강 상태가 서로 다른 점을 인식하고 정책 추진
2012년	· 인생 90년 시대를 전제로 젊은 시기부터 건강·자산·일자리를 위한 역량 등을 관리 · 실업자, 비정규직 등 소득이 불안정한 사람에게는 해결 방안 마련 · 고령자의 지식이나 경험을 다음 세대에게 전수하는 세대 순환형 사회 만들기 · 실버 시장을 활성화하여 보다 안심하고 쾌적한 생활이 가능한 사회 만들기

[자료] 국민건강보험공단(2016)

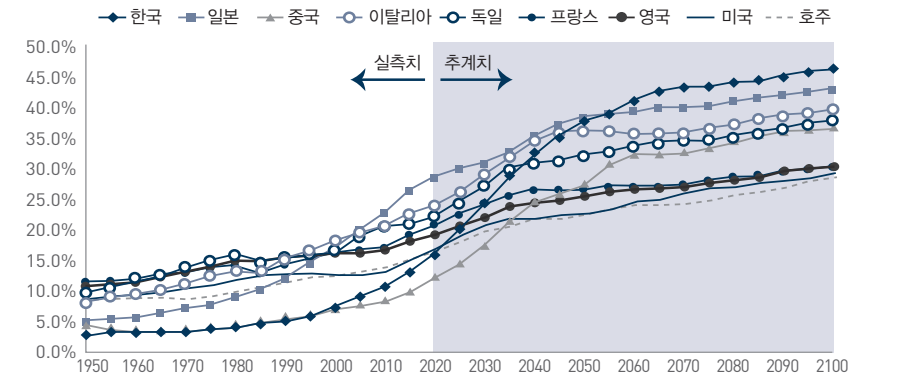
일본은 고령화 대응 정책에 맞추어 「제5기 과학기술 기본계획」(2016~2020)에서도 ‘Society 5.0¹³⁰’을 미래사회의 상으로 설정하고 이를 실현하기 위한 연구개발 정책을 추진하고 있다. 우선 Society 5.0이 가능한 새로운 고령 사회를 구축을 위해 IoT, 빅데이터, 인공지능 관련 기술 개발을 중점적으로 추진하고 있으며, 이를 바탕으로 신산업 창출, 고령자가 참여하는 사회, 삶의 질 향상을 실현하는 초고령사회의 실현을 추진하고 있다. 구체적으로 교육을 통한 고령자의 ICT 활용 능력 향상과 ICT 기반의 업무 방식 확대를 위해 노력하고 있으며, 의료·간호·건강 분야 데이터를 공유하고 활용하기 위한 기초 인프라¹³¹를 전국적으로 구축하고 있다. 이와 함께 저출산·고령화로 야기되는 노동 인구 감소, 노화로 인한 신체 기능 저하, 고령자 간병 등 다양한 사회문제를 해결하기 위한 방안으로 로봇 기술에 주목하고 있다. 2004년부터 로봇에 대한 논의를 본격적으로 시작하였으며 2008년 종합과학기술회의에서 생활지원 로봇기술 개발을 명시하였고, 2015년 경제산업성은 「로봇전략」을 발표하고 로봇 혁명 이니셔티브 협의회(Robot Revolution Initiative)를 설립하였다. 이러한 로봇 정책을 통해 센서, AI 등의 기술을 접목하여 기존 로봇의 활용 범위를 확대하고 제조 현장이나 일상생활 등 다양한 곳에서 사회 문제 해결이나 서비스 경쟁력 향상에 노력하고 있다.

유럽 주요국은 아시아보다 먼저 고령화 사회로 접어들었으며 고령화율도 지속적으로 높아지고 있다. 이탈리아와 독일은 이미 1927년, 1932년에 각각 고령화 사회에 진입했으며 현재는 초고령사회에 진입해 있다.

130 수렴채집 사회, 농경 사회, 산업 사회, 정보화 사회에 이은 사회로 사이버 공간이 중심이 되어 새로운 가치와 서비스를 창출

131 채택에 설치한 센서가 수집한 정보를 간호·요양소·의료기관 등에 전송

세계의 고령화율 추이



[자료] UN (2017) (2020년 이후는 예측치로 출생률이 일정하다고 가정)

2060년이 되면 유럽 인구 3명 중 1명은 65세 이상이며, 이들의 의료비, 연금, 간병·요양 비용 등으로 인해 정부 지출이 20% 이상 증가할 것으로 예측되고 있다.

타 대륙에 비해 높은 교육 수준의 건강한 고령자가 많은 유럽은 사회·경제·문화적으로 더욱 발전하기 위해 그들이 축적한 경험을 활용하고 그들의 잠재력을 이끌어 내기 위한 방안 마련에 주목하고 있다. 이를 위해 활동적 고령화와 세대 간 결속을 통해 경제적·사회적 과제 해결을 모색하고 있고, 고령인구 증가에 따른 제품·서비스의 수요 증가를 새로운 경제 성장의 긍정적 기회로 활용하고자 노력하고 있다.

고령화에 대응한 연구개발 분야에서는 2008년부터 2013년까지 10억 유로 이상을 투자하였으며 유럽의 대표적인 R&D 프로그램인 「Horizon 2020」(2014~2020)에서는 총 800억 유로의 예산을 투자할 예정이다. 이를 통해 건강한 노화, 질병 등의 근본 원인을 규명하고 예방, 진단, 치료에 기여할 수 있

는 연구를 진행하고 있다.

또한, 고령자의 독립적인 생활(업무, 주거)을 위해 ICT를 광범위한 분야에 도입하여 생활 방식의 변화를 유도하고 있다. 예를 들어 낙상 감지용 센서가 설치된 스마트 하우스, 당뇨병이나 심장마비를 모니터링하는 가전제품, 간병 인이나 의사와 화상통화가 가능한 원격진료 시스템 등의 개발이 추진되고 있다.

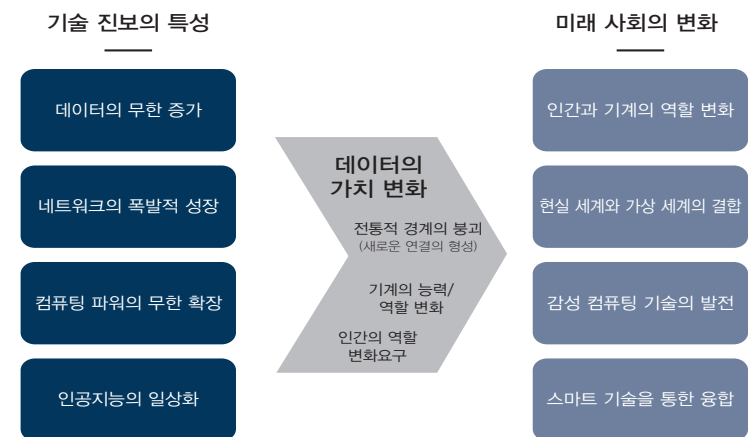
EU에서 진행 중인 고령화 관련 주요 연구개발

구분	주요 내용
인구변화, 웰빙	· 사회적 과제(Societal Challenges) : 「건강, 인구 변화, 웰빙」 관련 연구를 통해 과학적이고 체계적인 질병 연구 및 보건 서비스를 강화 ※ Horizon 2020 · 인구통계학 변화와 관련한 공동 연구 개발(More year, better lives) ※ Joint Programming Initiative (JPI)
노화, 치매	· 노화를 진단하고 예방하고 치료하는 등 고령화에 대응하기 위한 EU 단위의 새로운 공동 프레임워크를 수립 ※ ADVANTAGE: New Joint Action on Frailty · 치매 및 신경퇴행성 질병(Alzheimer and other Neurodegenerative disease) 관련 연구 ※ Joint Programming Initiative (JPI)
활동적인 고령화 지수	· 건강한 고령화를 측정하기 위한 모니터링 지표로 고용률, 사회 참여도, 일상생활의 독립·건강·안정성, 건강한 고령화를 위한 사회적 환경 및 역량 등의 항목으로 구성(AAI, Active Ageing Index) ※ The European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing(EIP-AHA)
ICT 기반 서비스	· 산업 리더십(Industrial leadership) : 정보통신기술(ICT)을 포함한 첨단산업 분야에 투자를 확대하고 연구결과를 상용화 ※ Horizon 2020 · 건강하고 활동적인 고령화를 위해 ICT 기반의 서비스를 제공하는 것을 목적으로 하는 파트너십으로, 2008년 제1차(Ambient Assisted Living Joint Programme)에 이어 2014~2020년까지 19개 나라에서 7억 유로 지원(기술 연구·개발·혁신 펀딩) ※ Active and Assisted Living Programme(AAL)

고령 사회, 우리의 과학기술은 무엇을 해야 하나

고령자와 관련된 국내외 정책방향은 직업과 소득 보장, 건강과 질병 극복, 고령자 지원 환경 구축 등 크게 3가지 범주로 구분할 수 있다. 고령화와 관련한 과학기술의 역할도 결국 이러한 3가지 범주에서 기대할 수 있을 것이다. 그 첫 번째 역할이 고령자를 더 오래, 활력있는 사회 구성원으로서 노동 시장에 참여하여 빈곤에 시달리지 않도록 지원하는 것이며, 두 번째는 노년에 발생하는 질병으로부터 벗어나 건강한 삶을 누리도록 지원하는 것, 세 번째는 고령자에 대한 사회적 차별 없이 지원하는 환경을 구축하는 것이다. 특히 고령화에 대한 그동안의 연구가 보건·의료 분야에 집중 되었으나, 최근 인공지능, 사물인터넷 등 첨단기술의 발전으로 새로운 수요가 창출되었으며 연구 방향 변화의 시도가 가능해졌다.

기술 진보의 특성과 미래 사회의 변화 방향



[자료] 과학기술정보통신부 (2017)

전통적 경계의 붕괴, 데이터와 네트워크의 확장, 물리적인 인간 영역에서의 역할 대체 등에 변화가 일어나고 있고 이는 노인계층의 삶에도 큰 영향을 미칠 것으로 전망되고 있다. 따라서 고령자의 노동 시장 참여와 지원 환경, 세대 간의 소통에 기여할 수 있는 분야에 대한 연구가 시급하다.

우선, 고령자의 경제적 자립을 위한 생산 활동에 지속적으로 참여할 수 있는 사회시스템 구축이 필요하다. 우리나라 고령자의 절반 이상이 생활비 부족을 어려움으로 느끼고 있는 상황에서 고령자의 노동 시장 참여는 경제의 지속 성장과 부양 및 의료비 등 사회적 비용 절감을 위해서도 매우 중요하다.

첨단 디지털 기술이 주도하는 4차 산업혁명의 변화 속에서 고령 세대가 경제 활동을 지속하기 위해서는 젊은 세대와의 정보 및 기술 수용성 격차에서 비롯된 생산 활동의 불평등이 해소 되어야 한다. 이를 위해 디지털 리터러시 교육을 활성화하여 기기 활용도를 향상시키고 고령자가 쉽게 사용할 수 있는 UI/UX를 갖춘 기기 개발이 필요하다.

또한, 고령자가 지속적인 생산활동을 할 수 있는 환경 조성을 위해 업무 방식, 기술교육, ICT 인프라 등의 다양한 관점에서 연구가 진행되어야 한다. 지역·시간·연령에 구애 받지 않고 사이버 상에서도 활동 가능하도록 업무 방식의 변화가 요구되고, 고령자의 디지털 이용 능력을 향상하기 위한 기술·교육, 원격회의, 인터넷 등을 활용 할 수 있는 ICT 거점(물리적 장소) 및 플랫폼(사이버 상의 기반) 구축이 필요할 것이다. 또한, 생활지원 로봇·기기 등으로 고령자의 신체기능을 보조·보완할 필요가 있다.

이와 함께 지능정보사회를 이끌고 있는 인공지능, IoT, 3D 프린팅, 로봇 등의 첨단 기술을 고령화 대응에 적극 활용할 필요가 있다. 지금까지의 과학 기술 기반 고령화 대응 정책은 재활 보조기기, 맞춤형 의료기기 등 특정 분

야에 한정되어 있었다. 재택근무와 건강 관리, 의료 서비스를 위한 ICT 기반의 스마트 홈케어 시스템, 자립 지원과 간병을 위한 로봇, 자유로운 이동을 돕는 교통플랫폼 개발 등 첨단 과학기술을 적극 도입하여 대응해야 할 것이다.

최근 고령화 대응을 위한 기술개발이 활발히 진행 중이지만 여전히 선진국과의 기술 격차가 존재하는 상황이다. 이러한 상황이 지속되면 빠르게 다가오는 우리나라의 초고령 사회 실버 산업 시장을 일본 등 기술 선진국에 빼앗길 가능성이 높다. 따라서 고령자에게 필요한 다양한 서비스(의료, 간호, 이동, 커뮤니케이션 등)를 제공하기 위해 각종 수요에 대응하는 연구 및 기술개발이 활발히 추진되어야 한다. 이를 향후 의료산업, 실버산업으로 육성하고 미래 성장동력으로 전환시키기 위한 전략적 접근도 필요하다.

기술개발과 함께 이를 체계적으로 컨트롤할 수 있는 체계 구축도 함께 추진되어야 한다. 첨단기술로 인한 사회 변화, 인구통계학에 근거한 사회 구조 변화를 미리 예측하여 미래 사회상을 설정하고 이에 따른 고령자의 미래 생활상을 설계하여 분야별 기술개발에 반영해야 한다. 즉, 다가올 초고령 사회에 대한 명확한 분석과 분야별로 추진되고 있는 연구 활동을 컨트롤하기 위한 국가 차원의 고령화 대응 기술개발 및 활용 로드맵이 수립되어야 한다. 또한, 이를 안정적으로 추진하기 위한 컨트롤 타워 구축이 요구되고 있다.

반복되는 공포, 감염병

■ 감염병, 상존하는 위험

신·변종 인체 감염병이 지속적인 위협과 손실을 초래함에 따라 세계 각국은 감염병 대응을 글로벌 안보 이슈(biosecurity)로 인식하기 시작했다. 기후 변화, 국가 간 교류 증대 등으로 인해 신·변종 및 원인불명 감염병의 발생이 증가하는 추세이며, 국내에서 발병하지 않았던 해외 유래 감염병이 유입되어 국가적인 위기 상황을 초래하기도 하였다.

기후변화에 따라 말라리아 등 아열대 지역 감염 질환도 증가하고 있다. 2005~2007년 사이 온도변화에 따른 전염병 발생 영향을 예측한 결과, 국내 온도가 1℃ 상승할 경우 5가지 전염병(쯔쯔가무시, 말라리아, 세균성 이질, 렙토스피라, 장염비브리오)의 평균 발생률은 4.27% 증가하는 것으로 조사된 바 있다(신호성, 2008). 해외여행자 수가 지속적으로 증가하고 국가 간 교류가 많아짐에 따라 라임병, 웨스트나일열(2012), 메르스(2015) 등 국내에서 경험해보지 못한 해외 유래 감염병의 국내 유입도 증가하는 추세다.

감염병 발생·확산은 사회의 정상적인 기능을 저해하고 대규모 사망을 수반하여 국민 보건 및 일상생활에 심각한 영향을 미친다. 뿐만 아니라 경제·사회적으로도 심각한 손실을 초래한다. 세계은행 추산에 따르면 최근 15년간 발생했던 사스, 신종 플루, 메르스, 지카 바이러스와 조류 인플루엔자 등 신종 전염병은 전 세계적으로 8,000억 달러(약 916조 원)의 손실을 초래한 것으로 나타났다.

2000년 이후 감염병 발생 현황

발생연도	감염병 종류	피해내용
2003	중증호흡기 증후군(SARS)	29개국 발생, 8,098명 감염, 774명 사망
2009	신종인플루엔자(H1N1)	전 세계적 발생, 13만명 이상 감염, 18,239명 사망
2013	조류인플루엔자(H7N9)	중국 발생, 571명 감염, 212명 사망
2014	에볼라바이러스	아프리카 발생 24,509명 감염, 10,096명 사망
2015	중증호흡기증후군(MERS)	중동/북아프리카 12개국 발생, 1,040명 감염, 383명 사망
2016	지카바이러스	중남미지역 포함 총 43개국 발생, WHO의 '국제보건 위기상황' 유지 중

[자료] 강선주(2015a)

이처럼 위협과 손실이 커지면서 감염병은 안보 위협으로 인식되고 있으며, 개별 국가의 노력만으로 대응하기에 충분하지 않아 글로벌 차원의 협력이 중요해지고 있다. 세계보건기구(WHO, World Health Organization)는 감염병에 대한 공중보건과 치료를 넘어서 안보적 함의를 다루는 데 필요한 조치를 추가한 바 있다.

미국 등 주요 선진국들 역시 감염병 발생을 글로벌 안보 이슈로 인식하고 관련 투자를 지속적으로 확대하면서 R&D와 대응·관리 체계를 연계하는 데 주력하고 있다. 또한, WHO와 세계 각국에서는 '인간-동물-환경'을 하나의 시스템으로 보는 'One Health' 개념을 강조하고 있다.

■ 감염병 대응의 현주소

WHO는 2014년 서아프리카 지역에 에볼라가 유행한 직후, 스위스 제네

바에서 열린 제68회 세계보건총회에서 감염병 대응을 위한 선제적인 R&D와 감염병 연구개발 투자의 중복 해결을 위한 로드맵을 수립한 바 있다. 이후 2015년 「WHO R&D Blueprint」를 발표하며 감염병에 대한 신속한 대응 체계 마련과 R&D 활성화, 감염병 유행 대처를 위한 규제·정책에 대한 재정비를 추진했다(이다은, 2017). 먼저 5대 선행 작업으로 1) 병원체 우선순위 선정, 2) 연구 우선순위 도출, 3) 이해관계자 종합 조정, 4) 대비 대응에 대한 평가, 5) 혁신적 투자방안 개발을 진행하고 이를 토대로 3대 목표와 9개 과제를 도출했다.

「WHO R&D Blueprint」 3대 목표 9대 과제

3대 목표	9대 과제	
1. 감염병이 유행하는 동안 신속한 연구개발 착수를 위한 조정능력 강화 및 환경 조성	1	효과적인 조정의 틀 수립
	2	투명한 자원마련 절차 수립
	3	효과적 커뮤니케이션 장려
2. 안전하고, 효과적이며, 시의적절한 연구를 위한 R&D 가속화	4	감염병 유행의 위험도 평가 및 우선순위 병원체 도출
	5	진단기술, 치료제, 백신의 신속평가를 위한 R&D 로드맵 개발
	6	규제와 윤리적 틀 마련
3. 감염병 유행 상황에 신속히 대처할 수 있는 새로운 규범과 표준 개발	7	연구설계를 위한 역량 강화
	8	협력을 위한 가이드 및 기술 개발
	9	규제 및 정책 장벽을 극복하기 위한 자료 예측 및 사전 준비

[자료] WHO (2016); 이다은 (2017) 재인용

현재 WHO나 미국 등 선진국에서는 항생제 내성균이나 신종 인플루엔자 등 국가 간 경계를 넘나드는 감염병의 출현과 확산을 방지하기 위한 조기경

보 체계 등 글로벌 협력 네트워크 체계를 강화하고 있다. 미국은 오바마 정부 기간(2009년~2017년) 동안 다양한 감염병 관련 국가 전략을 수립하고 ‘글로벌 보건안보구상(GHSA: Global Health Security Agenda)’을 출범시켰다. 글로벌 보건안보구상은 신종 감염병, 항생제 내성균, 생물 테러 등 보건안보 위협에 대한 대응역량 및 국가 간 공조체계 강화를 위해 2014년 2월 출범한 글로벌 협의체다. 글로벌 보건안보구상은 WHO와는 별도로 감염병 대응을 글로벌 안보 이슈로 다루고 있으며, 국제 협력 및 각국의 참여를 촉구하고 있다.

미국은 질병관리본부(CDC: Centers for Disease Control and Prevention), 연방정부, 주정부, 지역 간 공동의 노력을 강조하며 국가법정감염병감시시스템(NNDSS: National Notifiable Disease Surveillance System)을 개선하기 위한 「NNDSS Modernization Initiative」를 운영 중이다. 또한, 생물 테러나 감염 질환의 확산을 모니터링하기 위한 국가전자질병관리시스템(NEDSS: National Electronic Disease Surveillance System)을 운영하고 있다.

유럽연합은 8차 Framework Programme(FP8)인 「Horizon 2020」에서 감염병 관련 연구를 추진하고 있으며, ECDC(European Centre Disease Prevention and Control)을 통해 감염병에 대한 대응 및 대비 업무를 주관하고 있다. 2005년에 설립된 ECDC는 전염병 감시 및 연구·검사 네트워크 구성, 조기 경보 및 대응, 과학적 의견 제시, 기술적 지원과 긴급 상황에 대비한 준비 활동, 대국민 홍보 기능 등의 주요 임무를 수행하고 있다(김석일, 2016). 또한, 유럽연합은 2005년에 감염병 관련 지표 기반 감시 시스템인 「TESSy」(The European Surveillance System)를 구축하고, 2015년부터는 감시 시스템 재정비 프로젝트(SSSRP: Surveillance System Reengineering project)에 착수했다(이다은, 2017).

우리나라도 「제2차 국가 감염병 위기대응기술개발 추진전략(2017~2021)」수

립 이후 국가방역체계 전 주기에 걸쳐 핵심기술을 확보하고 감염병 유형별로 특화된 중점기술을 개발함으로써 범부처 대응 체계 구축을 위해 노력하고 있다. 또한, 재난재해와 함께 신종 감염병을 ‘여러 부처의 협업이 필요한 R&D’로 분류해 적극 발굴하고 효율적 협업 프로세스 구축을 추진하고 있다. 먼저 국가감염병방역체계 강화에 요구되는 기술 확보를 위해 질병관리본부를 중심으로 7개 부처가 참여하는 총 400억 원 규모의 방역연계범부처 감염병 R&D사업을 기획하여 2018년부터 시작한다. 또한, 신종 감염병 대응 연구를 공공의료 R&D로 분류하고, 효율적인 백신 생산 기술 개발을 강조하고 있다. 백신 주권 확보, 보건의료인프라 구축, 국가방역체계 R&D 연계 강화 등을 통해 보건·의료 안전망 사전 구축을 위한 R&D를 확대하고, 신·변종 및 해외유입 감염병에 대한 국가 위기 대응능력 강화 및 기반 확보를 추진한다는 계획이다.

「제2차 국가 감염병 위기대응기술개발 추진전략」의 3대 유형 및 10대 중점 분야

3대 유형	10대 중점분야	범위
신·변종 및 해외 유입 감염병	신종/원인불명	메르스(급성호흡기), 에볼라(고위험출혈열), 해외유입신종감염병 등
	기후변화	지카바이러스(Zika virus), SFTS, 쯤쯤가무시증, 뎅기열 등
	인수공통	‘동물과 사람간에 서로 전파되는 감염병’중 10종을 지정
	인플루엔자	계절 인플루엔자, 신종 인플루엔자, 조류 인플루엔자 등
미해결 감염병	다제내성균	항생제에 내성을 가진 균에 의해 발생하는 감염질환
	결핵	결핵균에 의해 발생하는 폐결핵 및 폐외결핵 등 질환
	만성감염	HIV/AIDS, B형간염, C형간염, HPV, Herpes Virus 등
국가 감염병 안전망 구축	재난대비/관리	감염병 및 가족전염병에 따른 사회적 재난(ICT기술 활용, 감염병환자인지시스템 구축)
	예방접종/백신	국가예방접종사업의 대상이 되는 10개 질환 및 백신기반 기술
	생물테러	감염병 예방법 상의 ‘생물테러 지정 감염병’ 및 ‘고위험병원체’

앞으로의 과제

최근 국내외 정책과 주요 연구 현황을 검토한 결과 미래의 신종 감염병 대응을 위해서는 연구개발 투자 확대와 대응 역량 강화, 감염병 R&D와 방역 체계의 연계성 강화, 감염병 감시 시스템에 대한 지속적인 지원과 기술 현행화, 다부처가 참여하는 통합 거버넌스 운영, 컨트롤타워 역할 강화를 위한 제도 개선 등이 시급해 보인다.

우선 신·변종 및 원인불명 감염병 연구를 위한 정부 연구개발 투자 확대와 다양한 유형의 신종 감염병 출현에 대비한 사전 대응·관리 역량을 높여야 한다. 최근 감염병 관련 정부 연구개발 예산은 전 주기적 국가 방역체계 구축 및 범부처적 연계 강화를 강조하며 꾸준히 증가하고 있다. 하지만 신종 및 원인불명 감염병 연구에서 메르스의 비중이 압도적으로 높고, 국내 유입 우려가 있는 타 질병이나 현재까지 예측할 수 없는 질환에 대한 연구 비율은 여전히 낮은 상황이다. 또한, 8대 감염병에 대한 국가별 대응 연구 현황¹³²을 비교해도 우리나라는 메르스를 제외한 7대 감염병에 대해 10위권에 들지 못하는 등 여전히 미진한 상황이다. 국내 유입 가능 감염병의 출현 및 확산을 방지하기 위한 조기 경보 체계 등 글로벌 협력 네트워크를 강화하고, 국제적인 감염병 연구분야별 공동연구사업 추진으로 대응 능력을 제고할 필요가 있다.

132 백신이나 치료제가 개발되지 않아 치명적으로 분류된 8대 감염병(에볼라, 메르스, 사스, 마버그, 니파, 라사열, 리프트밸리열, 크리미안 콩고 출혈열)은 WHO가 후보약물과 백신을 미리 개발하기 위한 WHO R&D Blueprint의 일환으로 선정함. Sweileh 등이 Scopus database를 이용하여 8대 감염병에 대한 문헌조사(bibliometric study)를 수행한 결과(17), 가장 많은 연구가 수행되고 있는 곳은 미국이며, 그 다음은 중국, 독일, 홍콩, 캐나다, 프랑스, 영국, 일본 순이고 한국은 100편 이상의 논문을 출간한 23개국에도 포함되지 못함

다음으로는 방역 현장의 수요가 높은 연구 분야 발굴을 통해 감염병 R&D와 방역 체계의 연계성을 강화해야 한다. 국가 R&D를 통해 도출된 과학기술적 성과를 한 곳에서 파악할 수 있는 시스템을 구축하고, 현장 수요가 높은 기술에 대한 집중 투자를 통해 R&D와 대응·관리체계 간 연계성을 강화해야 한다. 감염병 유형별로 특화된 대응·관리 기술 개발을 강화하고 병원 감염 방지를 위한 협력 네트워크 구축 등의 노력이 필요하다. 이와 관련해 최근 추진된 ‘방역연계범부처감염병 R&D’는 감염병 사전 대비 고도화 연구(유입 차단), 감염병 현장 대응 강화 연구(현장 대응), 감염병 소통체계 구축 연구(확산 방지) 등의 중점추진과제를 통해 기존의 연구 공백 분야를 해소할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

국가방역체계 전 주기에 걸친 핵심기술 개발을 위해 감시·역학, 예방·방제·방역, 임상·정책 분야에 대한 투자 포트폴리오 조정이 필요하다. 진단 및 백신개발 분야는 민간 영역으로 점진적 이전을 통해 정부 지원 비중을 축소하고, 공공적 성격의 3대 분야(감시·역학, 예방·방제·방역, 임상·정책)에 대한 정부지원 비중을 상향 조정할 필요가 있다. 감염병 유행에 대한 예측·조기 탐지 및 확산방지 등 상대적으로 R&D 투자가 저조한 연구 영역에 대한 조기 대응력을 강화해야 한다.

감염병 감시 시스템에 대한 지속적인 지원과 기술 현행화 필요성도 제기된다. 미국은 국가법정감염병감시시스템 개선을 위한 현대화(NNDSS Modernization Initiative)를 추진하고 있고, 유럽연합에서도 감염병 관련 지표 감시 시스템 재정비 프로젝트(Surveillance System Reengineering project)를 진행 중이다. 우리나라도 2018년 ‘한국형 Bio-surveillance 감시망 구축’을 중점 추진과제로 선정하여 관련 연구를 추진할 계획이다. 다만 감시망 구축과 관련해 수

행 주체의 잦은 변경으로 인한 일관성 부족이 우려되고 있다. 또한, 신규 감시망을 중복적으로 재구축하는 것보다는 선진국의 사례를 참고해 일정 기간마다 현행화 작업을 진행하는 것이 바람직해 보인다.

감염병에 대한 One-health 개념의 접근을 위해 다부처가 참여하는 통합 거버넌스 운영이 요구된다. 고병원성 조류 인플루엔자 등 인수 공통 감염병이나 쯔쯔가무시, 일본 뇌염, 노로바이러스로 인한 식중독, 항생제 내성균 등 인간-동물-환경적 요인에 대한 통합적인 관리를 요하는 감염병이 점점 증가하고 있으며, 그 위험성도 높아지고 있다. 국경을 넘는 인구 이동과 가축의 밀집 사육, 서식지 파괴로 인한 철새 이동경로 변화 등 감염병 유입과 관련해 고려해야 할 요소가 다양해지고 복잡해지면서 단일 부처가 통제하기 어려운 상황이 되고 있다. 따라서 인간의 보건을 동물 및 환경과 연결되는 하나의 시스템으로 보고 다부처 참여 형태의 통합 대응체계 구축이 요구되고 있다.

국내의 감염병 관련 R&D사업은 질병관리본부와 복지부 간 명확한 역할 배분과 함께 통합관리를 위한 제도 개선이 필요하다. 감염병관리기술개발사업(질병관리본부)과 감염병위기대응기술개발(복지부) 사업의 연구 내용 중복 문제가 국회 등에서 지속적으로 제기된 바 있으며, 백신 개발 관련 연구사업의 지원 주체에 있어서도 명확한 역할 분담이 부족한 상황이다.

마지막으로는 진단·치료 기술 개발 분야에서 기업의 정부R&D 참여 비중을 높이고 감염병 대응 관련 민간의 참여를 활성화해야 한다. 감염병 특화 사업군 5개 사업의 최근 3년(2014~2016년)간 과제 506개의 정부 연구비율 지원 대상(산·학·연)별로 분석해 본 결과, 국공립연구소와 출연연 등 연구소가 41.7%로 가장 높았고, 대학 등 학계가 36.6%, 기업 및 병원 등 산업체

가 21.2%를 차지한 것으로 나타났다. 메르스 사태 이후 감염병 관련 연구비가 증가추세에 있으나, 국립보건연구원이나 농림축산검역본부 등의 인적·물적 한계가 존재한다. 또한, 진단·치료 기술은 우리나라 제약업체의 역량이 점차 높아지고 있어 국가 R&D 수행 주체로서 점진적인 민간 이전이 필요한 분야다. GloPID-R(Global Research Collaboration for Infectious Disease Preparedness), 일본 글로벌 보건혁신기술(GHIT, Global Health Innovative Technology) 펀드, 글로벌 보건안보 구상(GHSA) 등에 빌 게이츠 재단 등 민간이 활발하게 참여하고 있는 상황을 비춰볼 때, 우리나라에서도 감염병 대응 기술개발에 제약기업이나 민간 재단 등의 적극적인 참여를 유도할 필요가 있다.

미세먼지, 이제는 벗어나고 싶다

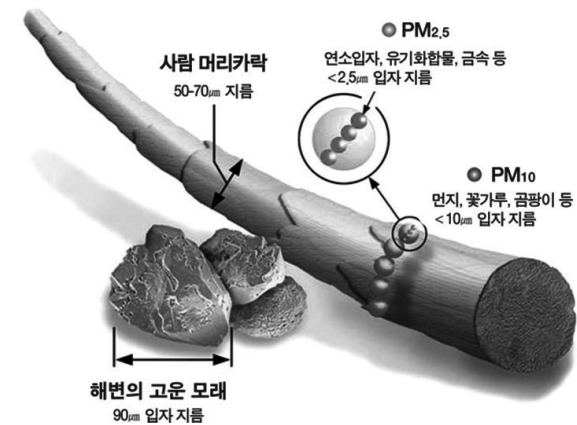
미세먼지란? 그리고 현재 상태

2017년 상반기 미세먼지 발생량이 급증하고 발생 기간 또한 초여름까지 이어지면서 외부 활동에 제약이 생기는 등 기본적인 일상생활을 위협하는 이슈로 국민들의 인식이 변화했다. 그렇다면 정확히 미세먼지란 무엇일까?

눈에 보이는 먼지는 100 μm 이상인 데 비하여, 미세먼지(PM: Particulate Matter)는 발생 원인에 관계없이 지름 10 μm (0.01mm) 이하의 눈에 보이지 않고 대기 중에 부유하는 작은 입자를 의미한다. 이를 PM10이라고 표기하고 있다. 초미세먼지는 지름이 2.5 μm ¹³³ 이하(PM2.5)의 아주 극히 작은 먼지를 의미하

며, 대개는 연소물질이 2차 반응하여 유기화합물(황산염, 질산염 등)로 변환된 상태로 존재한다. PM10이 사람의 머리카락 지름(50~70 μm)의 1/5 ~ 1/7 정도의 크기라면 PM2.5는 머리카락의 1/20 ~ 1/30에 불과할 정도로 매우 작다.

미세먼지의 크기 비교



[자료] 미국 환경보호청(EPA)

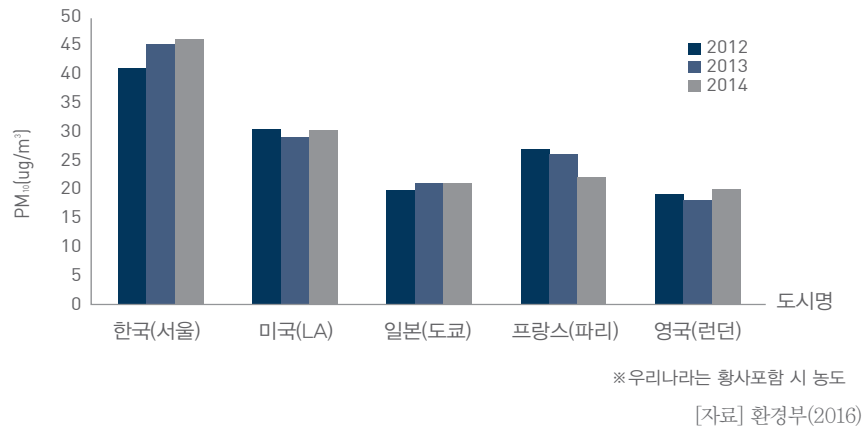
그렇다면 미세먼지는 주로 어디서 발생하는 걸까? 미세먼지 발생원은 자연적인 것과 인위적인 것으로 구분할 수 있다. 자연적 발생원은 흙먼지, 바닷물에서 생기는 소금, 식물의 꽃가루 등이 있다. 인위적 발생원은 화석연료를 태울 때 발생하는 매연, 자동차 배기가스, 건설현장의 날림먼지, 공장 내 원자재, 부자재 취급공정에서의 가루 성분, 소각장 연기 등이 있다. 또한, 미세먼지는 굴뚝 등 발생원으로부터 고체 상태로 나오는 경우(1차적 발생)와 발생원에서는 가스 상태로 배출된 후 공기 중의 다른 물질과 화학반응을 일으켜 미세먼지가 되는 경우(2차적 발생)로 나눌 수 있다. 수도권만 하더라도 화학반응에 의한 2차 생성 비중이 전체 미세먼지(PM2.5) 발생량의 약 2/3를 차지할

133 머리카락 직경의 1/20 이하

만큼 매우 높기 때문에 2차적 발생이 중요하다(환경부, 2016).

우리나라의 미세먼지 농도는 주요 선진국의 도시와 비교할 때 높은 수준을 보이고 있다. 2014년의 경우 황사를 포함한 서울의 미세먼지(PM10) 농도는 미국 LA보다 1.5배 높고, 프랑스 파리와 영국 런던보다 각각 2.1배, 2.3배 높았다. 또한, 배출원 유무, 교통 상황 등에 따라 지역별 미세먼지 농도가 큰 차이를 보이고 있지만 미세먼지 주의보 발령 일수가 점차 증가¹³⁴하고 있다(환경부, 2016).

세계 주요 도시의 미세먼지 농도 비교(2012~2014)



미세먼지는 얼마나 위험한가

일반적인 부유먼지는 대부분 코털이나 기관지 점막에서 걸러진다. 그러나 미세먼지는 그 입자의 지름이 매우 작아 코, 구강, 기관지에서 걸러지지 않

고 우리 몸속 깊은 곳까지 스며든다. 미세먼지가 우리 몸속으로 들어오면 면역역을 담당하는 세포가 먼지를 제거하여 우리 몸을 지키도록 작용하는데, 이때 부작용인 염증반응이 나타난다. 기도, 폐, 심혈관, 뇌 등 우리 몸의 각 기관에서 이러한 염증반응이 발생하면 천식, 호흡기, 심혈관계 질환 등을 유발할 수 있다(환경부, 2016).

2013년 세계보건기구 산하 국제암연구소(IARC¹³⁵)는 미세먼지를 1군 발암물질로 신규 지정했고, 장기간 미세먼지에 노출되면 면역력이 급격히 저하되어 감기, 천식, 기관지염, 폐암 등의 호흡기 질환은 물론 심혈관 질환, 피부 질환, 안구 질환 등 각종 질병에 노출될 수 있다고 경고했다. 또한, 2014년 한 해에 미세먼지로 인해 기대수명보다 일찍 사망하는 사람이 700만명에 이른다고 발표함에 따라 우리의 우려와 경각심을 자극하고 있다.

국제암연구소(IARC)에 따른 발암물질 분류

구분	주요 내용	예시
1군	인간에서 발암성이 있는 것으로 확인된 물질	석면, 벤젠, 미세먼지
2A군	인간에서 발암성이 있을 가능성이 높은 물질	DDT, 무기납화합물
2B군	인간에서 발암성이 있을 가능성이 있는 물질	가솔린, 코발트
3군	발암성이 불확실하여 인간에서 발암성이 있는지 분류하는 것이 가능하지 않은 물질	페놀, 톨루엔
4군	인간에서 발암성이 없을 가능성이 높은 물질	카프로락담

OECD는 우리나라 미세먼지의 심각성을 경고했다. 이대로 가면 2060년에는 대기오염으로 인한 사망률과 경제적 손실이 OECD 국가 중 가장 큰 나

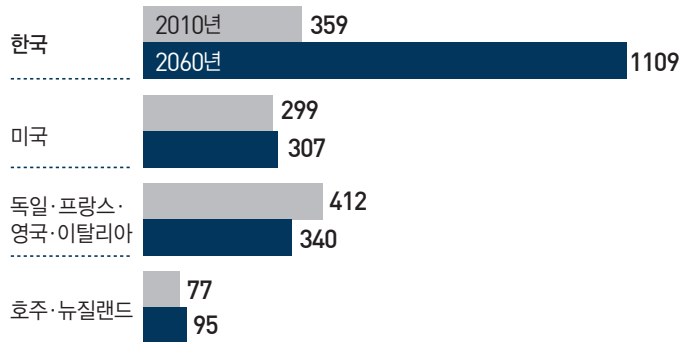
134 서울시 미세먼지 주의보 발령 일수 : '12년 0회 → '13년 2회 → '14년 4회 → '15년 5회 → '16년 6회 → '17년 6회(2017년 5월 기준)

135 International Agency for Research on Cancer

라가 될 수 있다고 한다. 한국이 미세먼지 대책을 수립·추진하지 않을 경우, 2060년에는 한 해 인구 100만명 당 1,000명 이상이 조기 사망할 수 있다고 경고했다(OECD, 2016). 마찬가지로 한국환경정책평가연구원도 서울 지역에서 미세먼지 일평균 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하면 사망 발생 위험이 0.44%p 증가하고, 초미세먼지 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하면 사망발생위험이 0.95%p 증가할 것이라고 경고했다(한국환경정책평가연구원, 2013).

2060년 대기오염으로 인한 조기 사망률

국가별 인구 100만 명당 조기 사망자 수



[자료] OECD(2016)

우리정부의 대응

정부는 미세먼지의 심각성에 대한 국민들의 불안을 반영하여 2016년 「국민안전과 건강보호를 위한 미세먼지 관리 특별 대책」을 수립하여 발표했다. 미세먼지 농도를 2021년 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2026년 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 WHO기준 이내의 단계적 개선을 골자로, 10년 이내에 수도권의 초미세먼지(PM2.5)를 유럽 등

주요도시의 현재 수준(파리 18, 도쿄 16, 런던 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 개선하겠다는 목표를 제시하였다. 또한, 국내 배출원 감축을 위하여 경유차 억제, 친환경 보급 확대, 대기오염 심각도에 따른 자동차 운행 제한, 건설기계 등 비도로 이동 오염원 배출 저감, 발전소·사업장 미세먼지 저감 등의 대책을 포함하고 있다.

이후 2017년 신정부 출범과 함께 「미세먼지 관리 종합대책」을 추가로 내놓고 7조 2천억 원의 예산을 투입하여 2022년까지 미세먼지 국내 배출량을 30% 줄이겠다고 발표했다. 구체적으로 공정률 10% 미만인 석탄발전소 9기 중 4기는 액화천연가스 등 친환경 연료로 전환하고, 30년이 넘는 노후 석탄발전소 7곳은 임기 내에 폐쇄하기로 했다. 또한, 대기배출총량제를 전국적으로 확대하고 철강과 정유 등 미세먼지를 많이 배출하는 사업장의 배출 기준을 강화하고 질소산화물에 대한 배출 부과금도 내년 하반기에 신설할 계획이다. 이밖에 노후 경유차 221만 대를 조기 폐차하고 전기차 등 친환경차를 2022년까지 200만 대 보급한다는 방침이다. 또한, 대기질은 중국의 영향을 많이 받는 만큼 중국과의 공동 연구와 협력 방안을 논의할 예정이다.

이러한 대책과 함께 정부는 2016년 국가전략프로젝트의 하나로 미세먼지를 선정하여 국가 R&D 역량을 집중해 발생·유입, 측정·예보, 집진·저감, 보호·대응 등 4대 분야의 근본적·과학적 해결책 마련을 추진하고 있다.

앞으로 무엇을 해야 할까

우리 정부는 미세먼지에 대한 과학기술 기반 정책 수립의 필요성을 인식하고 이를 실천하기 위한 다양한 정책을 펼치고 있는데, 이에 대해 몇 가지 필수적으로 추진되어야 할 사항이 있다.

우선 미세먼지 농도를 줄이기 위해서는 국내 배출원별 배출량을 아는 것이 가장 기본적이며 중요한 사항이다. 현재 우리나라의 배출량 관련 정보시스템이 국가배출인벤토리(CAPSS: Clean Air Policy Support System), 대기배출원관리시스템(SEMS: Stack Emission Management System), 화학물질 배출·이동량(PRTR: Pollutant Release and Transfer Register) 등으로 분산되어 운영되고 있다. 이로 인해 각 시스템의 배출량 및 관련 정보 간 연계성이 부족하여 업종별, 연료 종류별, 지역별, 공정별 배출량 등의 통합적인 정보 조회에 한계가 존재하는 상황이다. 따라서 개별적으로 운영되고 있는 시스템에 대한 포괄적이고 체계적인 대기오염물질 배출량 국가정보체계 구축이 필요하다(문난경, 2017).

두 번째는 복잡한 미세먼지 발생·확산 메커니즘 규명을 위한 과학적 분석을 바탕으로 이에 대처하기 위한 생활 체감형 기술과 정보 제공이 이루어져야 한다. 실험·측정을 통한 성상 분석, 정책평가를 위한 대기질 모델링 분석, 개발 계획 수립 시 필요한 환경용량 분석 등 과학적 분석이 요구되며 이러한 결과를 기술 개발에 적극 활용해야 한다(문난경, 2017).

세 번째는 미세먼지가 건강에 미치는 영향과 피해 예방법에 관한 정확한 정보 제공이다. 미세먼지가 여러 가지 질병 발생에 영향을 줄 수 있다는 사실은 알고 있으나 정확하고 구체적인 정보제공은 미흡한 상황이다. 어떠한 상황에서 어느 정도 노출이 되어야 인체 건강에 영향을 주는지, 피해를 예방하려면 어떻게 해야 하는지, 하루 중 대부분의 시간을 보내는 실내 공기질에 대한 정보 및 피해 예방법 등 구체적 미세먼지 발생 상황과 대처 방안에 대한 정확한 정보 제공이 요구되고 있다.

마지막으로 미세먼지 대응 관련 기존 정책의 효율성에 대한 평가와 평가 결과에 따른 사후 관리가 필요하다. 지금까지의 대기정책은 배출량이 많은

지역의 배출량을 줄이면 대기질이 개선될 것이라는 막연한 인식으로 이루어졌다고 볼 수 있다. 실효성 있는 정책을 도출하기 위해서는 복잡한 대기 흐름과 미세먼지 생성 메커니즘을 이해하고 국내 여건을 고려한 단기-중기-장기 정책 로드맵 마련이 필요하다. 또한, 미세먼지 대책 마련을 위한 지속적인 정책 평가 시스템 마련이 필요하다. 즉, 에너지 믹스, 수송, 사업장 등 분야별 대책별 저감 효과 및 비용에 관한 정책 평가를 지속적으로 추진해야 한다. 예를 들어, 오염물질 배출량 감소량과 미세먼지 농도 저감은 비례하지 않으므로 노후 화력발전소를 단계적으로 줄일 경우 어느 수준까지 줄여야 하는지에 대한 세부 평가와 함께 기존 화력발전소의 경우 기술개발을 통해 배출량을 최소화하는 노력도 요구된다(문난경, 2017).

마무리하며

깨끗한 환경에서 건강하고 풍요롭게 살고 싶은 것은 모든 사람들의 가장 기본적인 삶의 욕구이다. 우리 국민들도 고령 사회로 진입하면서 발생하는 또는 발생될 것으로 예상되는 많은 문제를 지혜롭게 헤쳐나가 건강한 노년과 경제적 자립이 이루어질 수 있기를 기대하고 있다. 또한, 언제 발생할지 모르는 사스, 신종 플루, 메르스, 지카 바이러스, 조류 인플루엔자 등 전염병의 위협에서 안전하게 보호받기를 원한다. 그리고 인류 생존의 가장 기본이 되는 맑고 깨끗한 공기 속에서 생활하고 싶어 한다.

삶의 질 향상에 대한 국민들의 기본적인 요구에 이제는 과학기술이 대담해야 한다. 그동안의 과학기술이 경제성장과 경쟁력 향상에 초점을 두었다

면 이제는 우리 생활 속의 문제 해결에도 기여를 해야 할 시기이다. 이를 위해서는 그동안 진행되던 연구개발의 방식에도 많은 변화가 요구된다. 기획 단계에서부터 사회문제를 기술혁신과 연계하여 사회문제와 기술이 통합된 기획이 필요하다. 기획 과정에 사회문제 전문가와 기술 전문가가 함께 참여하여 생활 속의 수요를 해결하는 데 기여해야 할 것이다. 이와 함께 개발된 기술이 사회 전체에 널리 확산되어 보급될 수 있도록 규제, 안정성 문제, 공공구매 등의 정부의 법·제도적 노력도 필요하다.

사회문제 해결을 위한 과학기술의 역할 확대는 과학기술의 사회적 정당성을 높이는 데에도 효과적이다. 생활과 밀접한 사회문제를 해결하는 과학기술은 국민 생활의 질 향상에 직접적으로 기여할 수 있다. 또한, 수요와 직결됨으로써 성공 가능성이 높은 새로운 시장을 형성해 기업에 새로운 성장의 기회를 제공할 수도 있다. 그동안 과학기술에 부여된 경제성장 견인이라는 역할을 전환하여 생활 속의 과학기술을 추구해야 하는 이유가 바로 여기에 있는 것이다.

참고 문헌

- 강선주 (2015a), 「바이오안보(Biosecurity)와 보건외교(Health Diplomacy): GHSA 글로벌 보건레짐 수립을 중심으로」, 국립외교원 외보안보연구소.
- 강선주 (2015b), 「바이오안보(Biosecurity)의 부상과 글로벌 보건안보 구상(Global Health Security Agenda)」, 국립외교원 외보안보연구소.
- 고대경 (2017), 「AI in Healthcare, 초고령화사회를 위한 대비」, 「Weekly KDB Report」, 2017.10.23., KDB산업은행경제연구소.
- 과학기술정책연구원 (2017), 「한국 기술혁신연구의 현황과 과제」, 2017년 9월호, 기술경영경제학회.
- 관부처 합동 (2017), 「투자활성화 대책: 제1차 무역투자진흥회의」.
- 국가과학기술심의회 바이오특별위원회 (2016), 「제2차 국가 감염병 위기대응 기술개발 추진전략」.
- 국민건강보험 보도자료 (2015), 2월 9일.
- 국민건강보험공단 (2016), 「2015 건강보험주요통계」.
- 국정기획자문위원회 (2017), 「문재인정부 국정운영 5개년 계획」.
- 김광석·김수경·차윤지 (2017), 「고령사회 진입과 시니어 비즈니스의 기회」, 「Samjong Insight」, 제49호, 삼정KPMG 경제연구원.
- 김석일 외 (2016), 「감염병 정보분석기술 동향 분석 및 로드맵 수립」, 질병관리본부.
- 김정석 (2016), 「세계 주요국의 바이오 정책 동향 및 시사점」, 생명공학정책연구센터.
- 대한민국의학한림원, 한국과학기술한림원, 한국공학한림원 (2017), 「고령화: 과학에서 해답을 찾다 -고령화, 고령사회 정의와 특징-」, 이슈페이퍼 2017-5.
- 대한민국 정부 (2015), 「제3차 저출산·고령사회 기본계획(2016~2020)」.
- 문난경 (2017), 「미세먼지 해결을 위한 정책 방향」발표자료, 「제1차 KISTEP 미세먼지 대책 포럼」, 한국과학기술기획평가원.
- 문해주·강현규·유지연 (2011), 「우리나라 과학기술 중장기계획 분석」, 한국과학기술기획평가원.
- 미래창조과학부 (2017), 「2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」.
- 미래창조과학부(미래준비위원회, KISTEP, KAIST) (2017), 「10년 후 대한민국, 미래 일자리의 길을 찾다: 4차 산업혁명 시대의 일자리 변화 대응을 위한 미래 역량과 시스템 혁신」, 지식공감.
- 박경훈 (2017), 「고령화의 원인과 특징」, 한국은행.
- 박순영 (2017), 「국내외 바이오안보 정책 동향」, 융합연구정책센터.
- 서덕록 (2016), 「미세먼지 : 정부의 대책과 향후 전망, 융합」, 「Weekly TIP」, vol.25, 융합연구정책센터.

- 송위진 (2015), "사회문제 해결형 혁신정책'과 혁신정책의 재해석", 「과학기술학연구, 제15권(제2호), pp. 135-162.
- 송위진·성지은 (2012), "사회문제 해결형 혁신 사회·기술기획: 현황과 과제", 「과학기술학연구, 제13권(제2호), pp.111~136.
- 송위진·성지은 (2013), "사회문제 해결을 위한 과학기술혁신정책", 한올아카데미.
- 송위진·성지은 (2014), "시스템 전환론의 관점에서 본 사회문제 해결형 연구개발사업의 발전 방향", 「기술혁신 연구, 제22권(제4호), pp.89~116.
- 신호성·김동진 (2008), 「기후변화와 전염병 질병부담」, 한국보건사회연구원.
- 이경신 (2017), "고령친화산업과 4차 산업혁명", 「고령친화산업 REPORT」, 한국보건산업진흥원.
- 이다은 (2017), 「국내외 감염병 대비·대응 동향」, 한국보건산업진흥원.
- 이명화 외 (2015), 「미국 보건의료 R&D 시스템의 특징과 시사점」, 한국과학기술정책연구원.
- 이창원 외 엮음 (2013), 「사회문제를 보는 새로운 눈」, 도서출판 선인.
- 임흥탁·송위진 (2017), "사회문제 해결을 지향하는 초학제적 연구의 특성", 「동향과 이슈」, 제39호, 과학기술정책연구원.
- 장기천 (2016), "저출산·고령화의 경제적 영향 및 대응방향", 「Weekly KDB Report」, 2016.10.24., KDB산업은행경제연구소.
- 정다미 외 (2013), "사회문제 해결형 기술수요 발굴을 위한 키워드 추출 시스템 제안", 「지능정보연구, 제19권(제3호), pp.1~23.
- 정부 관계부처 합동 (2016), 「국민안전과 건강보호를 위한 미세먼지 관리 특별 대책」.
- 조선일보 (2017), "65세 이상이 14%... '고령사회' 공식 진입", 9월 4일. (http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/04/2017090400203.html)
- 조승희·조은희 (2015), "2001~2004년 해외유입 감염병 발생 추이 분석", 「감염병 R&D 국가전략 로드맵 기획 및 추진방안 마련」, 질병관리본부.
- 통계청 (2016), 「장래인구추계: 2015~2065년」.
- 통계청·유엔인구기금 (2017), 「2017 고령화 국제심포지엄」.
- 한국과학기술기획평가원 (2016), "인체 감염병 대응 사업군", 「2016년 국가연구개발사업 특장평가 보고서」.
- 한국임상사회사업학회 (2017), 『노인복지론』, 양서원.
- 한국정보화진흥원 (2016), 「Near & Future」, 2016년 1월호.
- 한국정보화진흥원 (2017), 「Near & Future」, vol.3.

- 한성구 외 (2016), "바이오안보(Biosecurity)의 부상과 과학기술 정책방향: 보건안보와 식량안보를 중심으로", 「KISTEP 이슈페이퍼」, 제2016-15호, 한국과학기술기획평가원.
- 행정안전부 보도자료 (2017), "17년 8월말 주민등록 인구수 5,175만 명", 9월 4일.
- 환경부 (2016), 「바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?」.
- Nikolova, Milena (2016), "Two solutions to the challenges of population ageing", 「Brookings」, 5월 2일.
- ICAA(International Council on Active Aging) (2016.), "The future of technology for active aging: Planning and evaluation for successful implementation", 「ICAA Forum 2016」.
- OECD (2016a), 「OECD Skills Studies The Survey of Adult Skills READER'S COMPANION, SECOND EDITION, OECD Publishing, Paris」. (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264258075-en>)
- OECD (2016b), 「The economic consequences of outdoor air pollution」.
- OECD (2017), 「Preventing Ageing Unequally, OECD Publishing, Paris」. (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264279087-en>)
- Peine, A., Ingo Rollwagen, Louis Neven (2014), "The rise of 'innosumer'-Rethinking older technology users", Technological Forecasting & Social Change, 82.
- Peine, A., Neven, L., (2011), "Social-structural lag revisited", Gerontechnology, 10(3).
- Peine, Alexander., Alex Faulkner, Birgit Jæger, Ellen Moors (2015), "Science, technology and the 'grand challenge' of ageing-Understanding the socio-material constitution of later life, Technological Forecasting & Social Change, 93.
- Sixsmith, A. (2013), "Chapter 2: Technology and the Challenge of Ageing", 「Technologies for Active Aging(International Perspectives on Aging)」, Springer.
- Short et al. (2015), 「One health, multiple challenges: The inter-species transmission of influenza A」, One Health.
- Sungmo Je et al. (2015), "The Preparedness for Re-emerged and Emerging Infectious Disease: A Lesson Through Outbreak of Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus(MERS-CoV) in South Korea", 「대한미생물학회」, 제45권(제4호).
- UN (2017), 「World Population Prospects 2017」.
- WHO (2016), 「An R&D Blueprint for Action to Prevent Epidemics: Plan of Action」.
- W. Sweileh (2017), "Global research trends of World Health Organization's top eight emerging pathogens", Globalization and Health, 13(1).

혁신성장과 미래트렌드 2018 ^{plus 10}

| 지음 | 한국과학기술기획평가원 | 펴냄 | 임기철

| 인쇄일 | 2018년 1월 26일 | 발행일 | 2018년 1월 31일

| 주소 | 서울 서초구 마방로 68(양재동) 동원산업빌딩 10층

| 전화 | 02-589-2200 | 팩스 | 02-589-2222 | 홈페이지 | www.kistep.re.kr

| 인쇄 | 나모기획

본 책의 내용에 대한 무단 전재 및 복제를 금합니다.

본 책의 내용을 인용할 시에는 반드시 출처를 표기합니다.