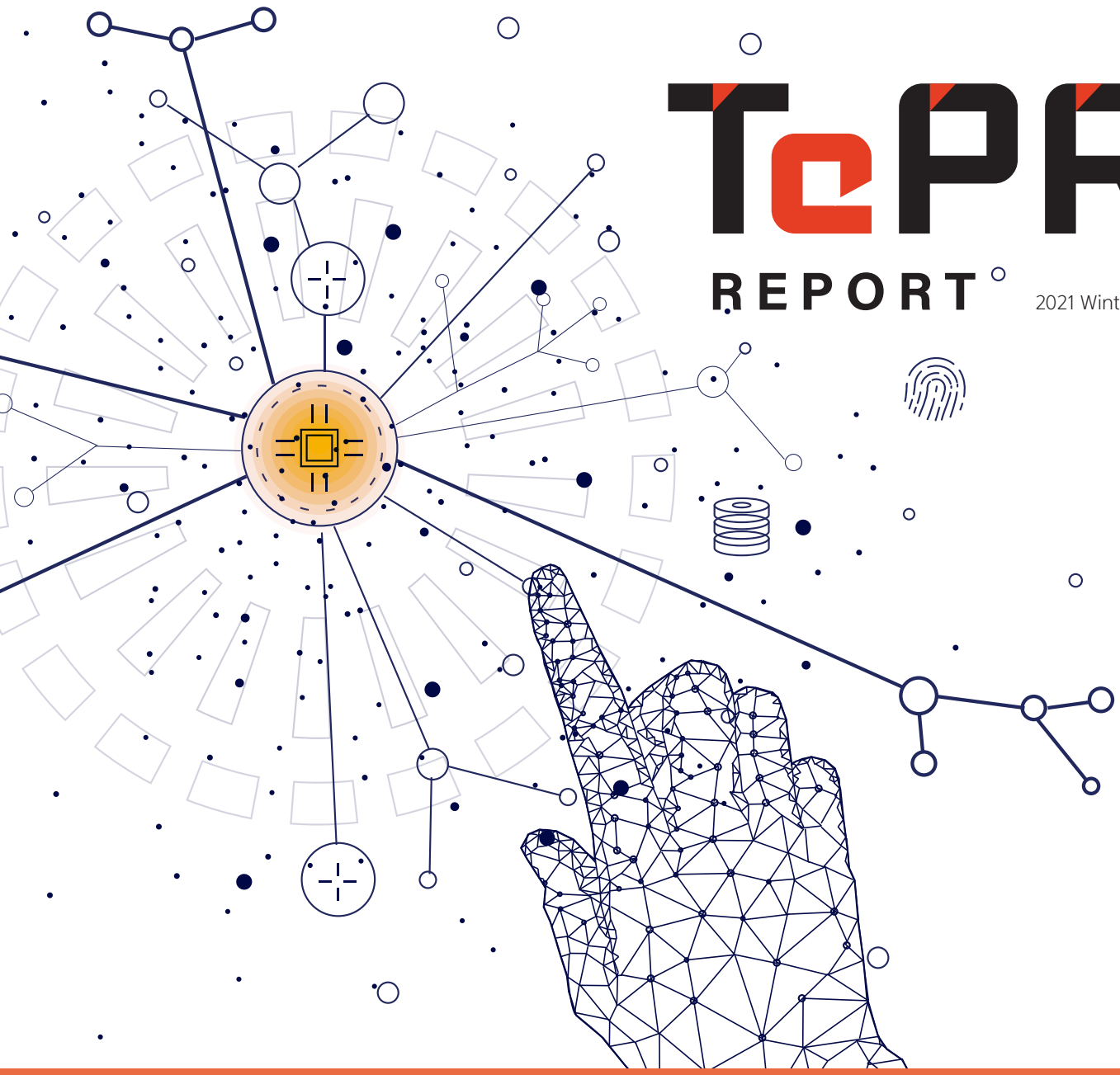


TePRI REPORT

2021 Winter _vol.119

Zoom IN 데이터 경제와 데이터 기본법

人sight 이원욱 국회의원·과학기술정보방송통신위원회 위원장 | 염성수 KIST 기후환경연구소 소장

Atheneum 어떤 방법을 통해 연구할 것인가?

ROUND table 디지털 기반 연구소로의 혁신을 향한 도전

Impact NOTE 미래 감염병에 대응하는 차세대 백신 주권 확보

New's PAPER 해외경험이 있는 연구자가 창업을 더 많이 할까? 외 2건

Innopedia 노벨과학상에 관한 사소한 사실들

POPscicle 기계가 보는 야구 심판 – 기술이 현실의 방향성을 자아낼 때

LAW&science 과학기술기본법 혁신도전형 국가연구개발사업의 본격 시행에 대한 기대와 입법적 숙제

hiS&Tory 충전의 시대: 삶으로부터 소외될 위험성

Hello! WORLD 노벨상의 나라, 스웨덴의 연구 방향과 환경 외 1건

POLICY focus 제26차 기후변화협약 당사국 총회(COP26) 주요 결과 및 의의 외 2건

KIST
Korea Institute of Science and Technology

TePRI REPORT

2021 Winter _vol.119

기술정책연구소
Technology Policy Research Institute

2021 Winter _**vol.119**

人sight

Zoom **IN**

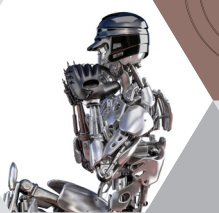
Atheneum

ROUND table

New's **PAPER**

Impact **NOTE**

Innopedia



POPscicle

LAW&science

hi**S&T**ory

Hello! **WORLD**

POLICY focus

CONTENTS

04 Zoom **IN**
데이터 경제와 데이터 기본법

06 **人**sight
이원욱 국회의원·과학기술정보방송통신위원회 위원장
염성수 KIST 기후환경연구소 소장

17 **Atheneum**
어떤 방법을 통해 연구할 것인가?

25 **ROUND** table
디지털 기반 연구소로의 혁신을 향한 도전

31 Impact **NOTE**
미래 감염병에 대응하는 차세대 백신 주권 확보

37 New's **PAPER**
해외경험이 있는 연구자가 창업을 더 많이 할까? 외 2건

45 **Innopedia**
노벨과학상에 관한 사소한 사실들

47 **POP**scicle
기계가 보는 야구 심판 – 기술이 현실의 방향성을 자아낼 때

49 **LAW&**science
과학기술기본법 혁신도전형 국가연구개발사업의 본격 시행에 대한 기대와 입법적 숙제

51 hi**S&T**ory
충전의 시대: 삶으로부터 소외될 위험성

54 Hello! **WORLD**
노벨상의 나라, 스웨덴의 연구 방향과 환경 외 1건

63 **POLICY** focus
제26차 기후변화협약 당사국 총회(COP26) 주요 결과 및 의의 외 2건

데이터 경제와 데이터 기본법

박 성 욱 한밭대학교 교수, supark@hanbat.ac.kr

'데이터 산업 진흥 및 이용 촉진에 관한 기본 법률(데이터 기본법)'이 2021년 9월 28일 국회 본회의를 통과해 2022년 4월부터 시행된다. 전 세계가 4차 산업혁명의 원유인 데이터 가치에 대해 적극적인 관심을 집중하는 시점에, 우리나라는 세계 최초로 데이터 기본법을 제정하면서 데이터 경제 선도를 위한 발걸음을 내딛었다.

데이터 기본법은 데이터 산업 진흥 기본계획 수립, 국무총리 소속 국가데이터정책위원회의 설치, 데이터 생산과 결합 촉진 등을 위한 시책 마련, 데이터 가치평가 체계 마련, 데이터 유통과 거래 체계 구축, 데이터 품질관리 등의 내용을 담고 있다.

해당 법안은 지난 12월 조승래 의원이 대표 발의하였으며, 발의 취지에 대해 3가지 이유를 들었다. 첫째, 우리나라도 데이터 경제로의 전환에 빠르게 대응하기 위해 디지털 뉴딜 정책을 범국가적 프로젝트로 추진 중에 있다. 대표적인 "데이터 댐"을 중심으로 데이터를 생산·수집·가공하고 5세대 이동통신(5G) 및 인공지능(AI)과 융합·활용하는 다양한 정책을 추진하고 있으나, 이를 체계적으로 추진하기 위한 법적 근거가 부족한 상황이다. 둘째, 현재 「공공데이터의 제공. 및 이용 활성화에 관한 법률」 및 「데이터 기반행정 활성화에 관한 법률」 등 공공부문의 데이터를 규율하는 법적 근거는 있으나, 민간데이터의 경제·사회적 생산, 거래 및 활용 등을 위한 기본 법제는 부재한 상황이다. 마지막으로, 민간데이터의 가치와 중요성을 재인식하고 기업들의 불확실성을 제거하는 한편, 세계 각국의 데이터 산업 경제상황을 감안한 우리나라의 데이터 산업 육성 의지를 대외적으로 표명하기 위한 데이터 진흥 기본법안이 필요한 시기라고 판단된다.

앞으로 데이터가 시장 경제에서 교환수단으로서 역할과 수요자와 공급자 사이에서의 매개 역할을 담당하기 위해서는 정보를 경제적 재화로 정의할 필요성이 있다. Daniel Moody & Peter Walsh의 "Measuring The Value Of Information: An Asset Valuation Approach"는 데이터를 경제적 재화로 정의하기 위한 7가지 특성을 제안했다. 첫째, 데이터는 가치의 손실없이 무한하게 공유할 수 있다. 둘째, 사용에 따라 가치가 하락하는 많은 자산들과 달리 사용할수록 가치가 상승한다. 셋째, 데이터는 쉽게 달라진다. 넷째, 데이터의 가치는 정확성에 따라 증가한다. 다섯째, 다른 데이터와 결합하면 가치가 증가한다. 여섯째, 무조건 많다고 나은 것은 아니다. 마지막으로, 데이터는 절대 고갈되지 않는다.

데이터의 특성을 반영하여 이제는 무형자산인 데이터에 대한 가치평가에 대해서도 관심을 가져야 할 것이다. 데이터 기본 법안 제3장 데이터 이용 활성화 14조에 가치평가 지원 등에 대한 내용이 포함되어 있다. 하지만 아직 구체적인 데이터 가치평가 가이드는 설명되어 있지 않다. 싱가포르 정보통신 개발청(IMDA)와 개인정보보호위원회(PPDC)가 2019년 발간한 데이터 가치평가 가이드에서는 전통적인 자산평가모델을 적용하여 시장 접근법, 원가 접근법, 소득 접근법을 적용한 결과를 종합하여 데이터의 최종적인 가치를 평가할 수 있다고 설명하고 있다. 우리나라에서도 한국데이터베이스진흥원에서 '데이터베이스 가격 산정 가이드라인'을 2016년도에 제시한 바 있으나, 데이터 기본법의 시행 등의 이슈를 고려해 조속히 보다 명확하고 통용할 수 있는 가이드 라인을 제시해야 할 것이다. 이는 데이터 경제 활성화를 위한 밑거름이 될 것이다.

2019년 하버드 비즈니스 리뷰에서 대한민국을 데이터 경제를 선도하는 국가 5위로 꼽았다. 이제 데이터 기본법을 바탕으로 데이터로부터 다양한 경제적 가치를 창출하고. 데이터 산업 발전의 기반을 조성하여 코로나19로 어려움을 겪고 있는 국민 생활의 향상과 국민경제 발전에 이바지할 수 있는 토대가 되길 바란다. KST

‘과학기술 강국으로의 여정을 국회와’

이원욱 국회의원·과학기술정보방송통신위원회 위원장

탄소중립, 플랫폼 경제 등 국회 과학기술정보방송통신위원회가
고민해야 할 사항들이 그 어느 때보다도 많은 요즘,
TePRI 人sight에서는 이원욱 위원장님을 모시고 국회와 정부,
그리고 과학기술계의 역할에 대해 이야기를 나누었습니다.

김 종 주 미래전략팀 책임연구원, jongjoo@kist.re.kr
송 창 현 미래전략팀 연구원, ch.song@kist.re.kr

Q 국회 과학기술정보방송통신위원회(이하 과방위) 위원장직을 맡으신 지 어느새 1년의 시간이 흘렀습니다. 그간의 소회를 여쭤보고 싶습니다.

지금 우리나라를 비롯하여 전 세계는 기후변화 및 에너지 이슈에서 대전환기에 놓여 있습니다. 탄소중립은 이 대전환기를 겪는 우리가 경쟁력을 갖출 수 있도록 하는 하나의 수단으로서의 목표인 셈이죠. 학계와 산업계가 탄소중립을 적극적으로 추진하기 위해서는, 국회 역시 늦지 않게 제 역할을 해주어야 합니다.

그런데 아시다시피 과방위에는 과학기술위원회와 정보위원회 외에도 방송통신위원회가 포함되어 있습니다. 방송통신위원회는 주로 언론을 둘러싼 논쟁들로 첨예하게 대립하는 경우가 많아, 지금까지 법안 통과가 가장 어려운 위원회 중 하나였습니다. 다행히 제가 과방위원장을 맡은 이후로는 여야 의원님들의 적극적인 협조에 힘입어 주요 법안들을 대부분 통과시킬 수 있었습니다. 이 자리를 빌어 국가적으로 시급하게 중요한 사안들을 진행할 수 있도록 도와주신 여야 의원님들께 감사의 말씀을 드립니다.

Q 위원장님께서 국회의원으로서, 또 과방위원회 위원장으로서 수행했던 의정활동 중 가장 보람을 느끼셨거나 인상 깊었던 경험이 있다면 무엇인지 궁금합니다.

앞서도 말씀드렸듯이 요즘에는 기후변화와 깨끗한 에너지, 탄소중립 등의 이슈에 대해서는 국회와 정치권은 물론이고 온 국민들께서 중요한 문제라고 인식하고 있습니다. 그러나 불과 10여 년 전만 하더라도 지금과 같은 분위기는 아니었습니다. 제가 처음 국회의원이 되었던 2012년, 19대 국회 때도 기후변화 위기를 경제성장의 동력으로 활용하고자 녹색성장위원회(2009년 출범) 등 '저탄소 녹색성장'이 추진된 바 있습니다. 내용적으로는 지금의 탄소중립과 유사합니다. 하지만 그 이후 석탄화력 발전이 확대되는 등 저탄소 목표를 사실상 달성하지 못하고 끝나 아쉬움이 남았었습니다.

저는 그때부터 줄곧 에너지 이슈에 관심을 가져왔습니다. 우리는 에너지를 쓰지 않고서는 일상을 영위할 수가 없습니다. 문제는 이 에너지를 어떻게 하면 가장 '착한' 방법으로 얻을 수 있을까입니다. 이런 문제의식에서 시작하여, 초선의원 때부터 에너지와 관련된 교양도서들을 꾸준히 출간해왔습니다(「신재생에너지 백과사전」, 「미래에너지 백과사전」, 「수소에너지 백과사전」).

특히 수소 기술에 대해서는 제가 초선의원때부터 의제화하려고 부단히 노력했습니다. 그런데 그때만 하더라도 에너지 분야 중 수소에 대한 관심이 정말 적었던 터라, 정부에 아무리 이야기를 해도 요지부동이었습니다. 그래서 재선에 성공하자마자 저는 수소 관련 법안을 마련하기 위해 국회 내 스터디그룹을 구성했습니다. 약 1년여에 걸친 노력 끝에 2018년 4월, 수소경제사회 구축 및 산업육성 등을 골자로 하는 '수소

경제법(이하 수소법)'을 대표 발의할 수 있었습니다. 이 법이 이후 국회를 통과하면서 범정부 차원의 2050 탄소중립 추진계획과 시기적으로 발맞춰 나갈 수 있게 되어 굉장히 뿌듯한 기억으로 남아 있습니다.

Q 말씀하신 수소법은 수소경제 육성을 법안에 담은 시도로서는 전 세계 최초라고 들었습니다. 올해 5월에 대표 발의하신 개정안에서는 재생에너지 기반의 청정수소 생산·보급을 활성화하기 위한 구체적인 제도 도입 등이 인상적이었습니다. 우리나라에서 수소경제 활성화를 위해 가장 시급한 사안은 무엇일지 궁금합니다.

수소경제의 활성화를 논의할 때, 크게 수소의 생산과 보관, 이동, 그리고 활용까지 4가지 요인을 살펴봅니다. 가장 마지막 단계인 활용에서는 이미 우리 기업들의 활약이 대단합니다. 현대자동차의 수소차 넥소(NEXO)는 세계에서 가장 많이 팔리고 있고, 수소연료전지는 경량화·대용량화 덕분에 드론 등 차세대 모빌리티에도 적용되고 있는 상황입니다. 수소의 보관과 이동도 기술적으로는 이제 상당히 올라온 것 같습니다. 기존에 지속적으로 제기되던 안전 문제도 기술력의 발전으로 상당 부분 해결되었다고 들었습니다.

그런데 의외로 아직까지 가장 어려운 것이 바로 생산 단계입니다. 재생에너지를 통해 깨끗한 수소, 즉 그린수소를 생산하는 것은 경제성 측면에서 여전히 갈 길이 많이 남아 있습니다. 이 문제를 해결할 수 있는 것은 결국 과학기술이죠. 획기적인 기술의 개발은 수소의 생산 단가를 크게 낮출 수 있고, 이는 곧 수소 관련 산업 전체의 지형도를 바꾸게 될 것입니다.

지금까지 에너지 강국들은 에너지를 '소유'한 국가들이었습니다. 미국과 중동, 그리고 에너지 채굴권을 가진 국가에 우리가 익히 아는 거대 에너지 기업들이 있는 이유죠. 그런데 기후변화의 시대에서는 이런 판도도 바뀌지 않을까 기대해봅니다. 이제는 에너지를 '생산'하는 국가들도 충분히

“선진국으로서 인류 전체의 과학기술 의제를 선도해야”

에너지 강국으로 진입할 수 있게 되었습니다. 우수한 기술력을 가지고 있다면, 더이상 에너지의 생산 지역은 자국 본토 안에 한정되지 않습니다. 태양광이 세고 바람이 세게 부는 지역에서 생산한 에너지를, 수소 형태로 전환하여 가져올 수 있기 때문입니다.

이 역시 에너지를 수입하는 것이 아니냐고 되물을 수 있습니다. 하지만 기존처럼 채굴한 화석연료를 그대로 수입하는 것보다는 생산할 수 있는 지역을 다양화할 수 있다는 점에서 에너지 의존도를 낮출 수 있는 좋은 방안입니다. 국제 원유 가격이 조금만 상승해도 많은 국민들께서 괴로워하십니다. 수소경제 활성화 및 탄소중립 이행을 통해 우리도 에너지 자립국으로의 꿈에 한 발짝 더 다가가길 기대해봅니다.

Q 여전히 현재진행형인 COVID-19를 비롯하여 과학기술 없이는 대응이 불가능한 사회·경제적문제들이 나날이 늘어나고 있고, 이에 따라 과방위의 역할이 더욱 더 중요해질 것으로 전망됩니다. 현 21대 국회와 내년 대선에서 보다 더 주목해야 할 과학기술계 이슈는 무엇이라고 생각하시나요?

가장 우선적으로는, 우리도 이제 선진국으로서 인류 전체의 과학기술 의제를 선도해야 한다는 점입니다. 지난 7월, 유엔무역개발회의(UNCTAD)는 한국을 세계 최초로 개발도상국 그룹에서 선진국 그룹으로 국가 지위를 변경시켰습니다. 단순히 선진국이 되었다고 좋아할 게 아니라, 이제는 그만큼 선진국으로서 의무와 역할을 다해야 한다는 점을 명심해야 합니다. 과학기술 역시 예외가 아니겠지요. 대한민국 헌법에서는 아직 과학기술의 역할을 국가 발전에 국한하고 있습니다. 이제는 우리나라를 넘어 전 인류의 문제를 해결하고 지식의 지평을 넓히는 것이 과학기술의 목표가 되어야 할 것입니다.

그런 점에서 앞서 반복하여 말씀드렸던 기후변화 및 에너지 관련 이슈는 여전히 가장 중요한 과학기술 의제일 것입니다. 어떻게 하면 탄소를 적게 (혹은 없이) 배출하는 깨끗한 에너지를 생산할 것인지, 또 사회 전 분야에서 에너지 이용 효율을 최대한 끌어올릴 수 있을 것인지 등은 과학기술을 비롯하여 우리 사회 전체가 가장 주목해야 할 이슈가 아닐까 싶습니다.

또 다른 것으로는 안전 문제를 언급하고 싶습니다. 기후변화가 전 인류의 존폐를 결정한다면, 안전은 사람들의 일상을 좌우하는 문제입니다. 우리 주변에는 너무 많은 위험들이 도사리고 있습니다. 주거, 교통 및 산업현장 등에서 안전을 소홀히 하여 희생되는 분들이 여전히 너무 많습니다. 우리나라가 이제 경제적인 수준에서는 선진국이 되었다고 하지만, 이런 일상에서의 삶의 질 측면에서는 갈 길이 멀다 생각합니다. 자연재해와 산업재해 등 막대한 피해를 야기하는 안전 문제 해결에 과학기술이 적극적으로 나서야 하고, 이를 위해 정부와 국회, 기업 등이 발 벗고 나서야 합니다.

조금 결이 다른 이야기처럼 들리겠지만, 위에서 언급한 과학기술이 제 역할을 해주기 위해서는, 과학기술인들이 자부심을 가지고 일할 수 있는 환경을 조성하는 것이 선행되어야 한다고 봅니다. 빈대 잡으려다 초가삼간을 태운다는 옛말이 있습니다. 지난 세월을 돌이켜보면, 과학기술계에서도 크고 작은 문제들이 있었던 건 사실입니다. 하지만 과학기술인 전체를 옭아매는 각종 규제 및 복잡한 거버넌스(governance)가, 자발성과 창의성이 전부인 과학기술인들의 열정을 식게 만드는 것을 너무 많이 목격했습니다. 국가와 사회가 본인의 역할과 성과를 인정해준다는 자부심을 가질 수 있도록, 기본적으로 이들을 신뢰하는 연구 환경을 조성하는 것이 필요합니다.

Q 최근 국내외 대형 플랫폼 기업들과 관련하여 이들의 서비스 제공 과정에서의 문제점* 등에 대해 과방위에서 자주 다루고 있습니다. 이러한 문제들은 결국 독과점으로 수렴하는 플랫폼 사업자의 권한을 어디까지 인정할 것이냐의 문제로 귀결되는 것 같습니다. 위원장님께서는 플랫폼 기업들이 공정한 시장 질서를 해치지 않으면서도 사회 전체에 혁신을 가져다주려면 어떠한 기본 원칙이 있어야 한다고 생각하시는지 궁금합니다.

** 가령, 구글(Google)의 경우 앱마켓 내 결제방식, 글로벌 OTT인 넷플릭스(Netflix)의 경우 국내 망사용료 문제, 네이버(Naver)나 카카오(Kakao)와 같은 포털에서의 뉴스 편집 권한 등이 대표적*

가히 플랫폼 기업들의 전성시대입니다. 이들 기업이 제공하는 제품과 서비스는 특정 국가를 넘어 전 세계인의 삶을 크게 바꾸고 있습니다. 그런데 이들이 기존 산업과는 다른 속성을 지녔고 파급효과 역시 남다르다고 하더라도, 가장 기본적인 원칙은 지켜져야 합니다. 일반적으로 원칙을 지키지 않는 기업들은 규제당국으로부터 제재를 받게 되는데, 이 플랫폼 기업들에게는 동일한 원칙을 요구하기 어려울 때가 많습니다. 새롭게 등장한 산업들이다보니 기존의 법·제도가 미치지 못하는 영역들도 불가피하게 생기고, 또 그런 틈을 기업들이 영리하게 파고들기 때문입니다.

게다가 플랫폼 기업들은 대개 자신의 사업 분야에서 독과점적 지위를 갖는 경우가 많습니다. 이들이 자사의 혁신적인 기술과 서비스를 이용하여 독과점 혜택을 누리는 것이 정당한가에 대해서는 논란의 여지가 많습니다. 그러나 공정한 시장 질서를 유지하기 위해서는 가급적 독점을 제재해야 한다는 것이 이미 1900년대 초반 경제대공황을 전후로 미국에서 입증된 바 있습니다. 고인 물은 반드시 썩게 되듯 독점 기업은 해당 산업과 사회 전체의 효용을 분명 떨어뜨리기 때문입니다. 미국 연방거래위원회(FTC) 리나 칸 위원장이 아마존(Amazon)의 예를 들며 플랫폼 기업의 전횡을 막기 위한 새로운 규제 프레임을 요구하고 있는 것도 이러한 맥락일 겁니다.

가장 바람직하게는 플랫폼 기업들이 자발적으로 시장 질서를 준수하며 사업 활동을 하는 것인데, 이런 일이 벌어지기를 기다리고 있을 수만은 없습니다. 최근 전 세계 136개국이 합의한 '디지털세'도 넓게 보면 이러한 인식에 기반하고 있습니다. 기울어진 운동장을 다시 원래대로 평평한 곳으로 돌려놓는 것, 그것이 우리 국회와 정부가 해야 할 일이라고 생각합니다.

Q 과방위 홈페이지를 들어가보니 정말 수많은 이슈들에 대한 일정들로 가득차 있는 것을 보고 놀랐습니다. 이렇게 활발한 활동을 하고 있음에도 불구하고 국민들의 관심이 정치적인 가십(gossip) 거리에만 향하고 있는 것 같아 과학기술계 종사자로서 안타까움을 느낍니다. 앞으로 과학기술 관련 정치적 의사결정들에 대해 국민들이 진지하게 관심을 기울일 수 있으려면 정부와 과학기술계가 어떤 노력을 기울여야 할지에 대해 한 말씀을 부탁드리고자 합니다.

정말 아쉬운 문제입니다. 국회에서도 그렇고 과학기술계에서도 그렇고, 묵묵히 자신의 맡은 바 임무를 다하는 대부분의 사람보다 더 자극적이고 시끄럽게 이야기하는 사람이 주목받고 있습니다. 그리고 정치적 이슈에 대해서는 너무하다 싶을 정도로 사회가 분열되어 있습니다. 우리 사회는 과거 1945년 일제로부터 해방된 직후, 신탁통치를 둘러싸고 아주 극심한 이념적 혼란을 겪은 바 있는데요. 지금 한국 사회의 좌우 이념 대립이

그때 이상이라는 말이 있습니다. 이런 혼란의 시기에는 진실보다는 믿고 싶은 이야기들에 귀를 기울이게 되죠. 그러다보니 정치가 다시 또 국민들의 마음 속에서 점점 멀어지고 있습니다.

비단 이념적 대립만이 문제가 아닙니다. 코로나19 이후 가속화되고 있는 소득 양극화, 세대 간 갈등, 지방의 소멸, 저출생 고령화 등 한국 사회가 해결해야 될 과제들이 너무도 많습니다. 과학기술이 이런 모든 사회문제를 해결할 수는 없겠지만, 적어도 해결의 실마리를 제공할 수는 없는지 검토하는 것이 필요하다고 생각합니다. 가령, 인공지능 기술을 이용하여 거짓된 정보가 무분별하게 퍼지는 것을 막는 것도 국민통합 관점에서 굉장히 중요한 일이 될 수 있습니다. 우리 사회가 공통적으로 겪고 있는 문제들을 어떻게 하면 해결할 수 있을지를 진심으로 고민하는 것, 그것이 시작이지 않을까 싶습니다.

Q 마지막으로, 과학기술 최전선에서 노력하고 있는 KIST 및 연구자들에게 응원과 당부의 말씀을 부탁드립니다.

우리나라가 오늘날 과학기술 강국으로 발돋움하기까지 KIST를 비롯하여 과학기술 출연(연)의 연구자분들께서 아주 지대한 공헌을 해왔습니다. KIST는 특히 맏형으로서 그 이후 생겨난 여러 전문연구소들과 함께 국가 과학기술을 선두에서 이끌어 온 기관입니다. 한동안은 과학기술의 분야가 세분화되고 전문화되면서 특정 분야에서의 좁고 깊은 연구가 필요했었습니다만, 이제는 완전한 융복합 연구의 시기가 도래했습니다. 우리나라 과학기술 출연(연) 중에서 이런 다학제적 융복합 연구를 수행할 수 있는 최적의 기관은 KIST일 것이라 자신합니다.

KIST와 연구자분들께서는 지금까지 누적된 경험과 역량을 십분 발휘하여 그 누구도 생각하지 못한 과학기술 혁신을 이뤄내주길 바랍니다. 또, 과학기술계의 거버넌스 체계 수립 측면에서도 선도적으로 창의적인 방안을 고민해주셨으면 좋겠습니다. 항상 응원하겠습니다. KIST

주요약력

이 원 욱 국회의원·과학기술정보방송통신위원회 위원장

- ▲ 제19·20·21대 국회의원 (화성시 을)
- ▲ 現 과학기술정보방송통신위원회 위원장
- ▲ 現 더불어민주당 선대위 조직본부장
- ▲ 現 노무현재단 기획위원
- ▲ 前 더불어민주당 전략기획위원장
- ▲ 고려대학교 법과대학 졸업

‘기후 위기에 대응하는 KIST의 새로운 도전’

염성수 KIST 기후환경연구소 소장

대기과학 분야의 전문가이신 염성수 소장님께서는
지난 9월부터 KIST 기후환경연구소의 연구 부문을 이끌고 계십니다.
소장님을 모시고 우리나라 기후환경 R&D를 주도할
연구소의 비전과 발전 방향에 대해 이야기를 나누었습니다.

김 종 주 미래전략팀 책임연구원, jongjoo@kist.re.kr
구 병 석 미래전략팀 연구원, koobs@kist.re.kr

Q KIST에 합류하신 지 어느덧 100일이 지나고 있습니다. 다시 한번 축하드리며, 그간의 소회를 여쭙고 싶습니다.

무엇보다도 무거운 책임감을 느끼고 있습니다. 짧은 기간이었지만, 차근차근 연구소의 분위기를 파악하며 앞으로 계획한 일들을 어떻게 잘 추진할 수 있을지 고민하고 있습니다. 다행히도 기후환경 분야의 필요성에 대해 원장님을 포함한 연구소의 많은 분으로부터 공감대를 확인하고 있습니다. 앞으로도 기관 차원의 지원이 많이 이루어질 것이라 기대하고 있고요, 여기에 힘입어 연구소 구성원들과 함께 기후환경연구소의 새로운 도전을 펼쳐나가고 싶다는 의욕도 큽니다.

잘 아시다시피, 저는 현재 학교와 연구소를 겸직하고 있습니다. 아직까지는 일주일에 하루 또는 이틀 밖에 연구소 출근을 못 하고 있습니다. 다행히 내년에는 제가 연구년을 가지게 되어 연구소 일에 더욱 집중할 계획입니다. 학교에서는 각 단과대학 또는 학과마다 워낙 성격이 다르고 교수님들도 주로 개인적으로 자신의 전문 영역에서 연구를 수행하고 있는 반면에, KIST는 기관 전체가 하나의 공동체로서 유기적으로 움직이고 있다는 인상을 받습니다. 다양한 분야의 연구자들이 하나의 목표를 향해서 매진하고 있다는 분위기를 느끼고 있습니다.

또한 KIST에 계신 연구자 한 분 한 분의 역량과 열정이 대단하시다는 것도 깨닫고 있습니다. 대학과 달리 국가연구기관으로서 해볼 수 있는 도전적인 아이디어, 새로운 시도들이 곳곳에 보입니다. 김진영 소장님을 비롯한 훌륭한 연구자분들과 함께 국가연구기관으로서 새로운 패러다임을 만들어가는데 꼭 도움이 되고 싶습니다.

Q 오랜 기간 대학에 재직하시며 구름관측 및 수치모형과 관련한 연구에 매진하셨습니다. 그동안 수행하신 연구에 대해 간략한 소개 부탁드립니다.

구름에 대한 연구는 크게 이론적인 연구와 실험적인 연구, 두 영역으로 나누어 생각할 수 있는데 그동안 저는 두 가지 모두에 관심을 가지고 연구를 수행했습니다. 먼저 이론적인 연구라고 하면, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 구름의 생성과 성장 원리를 이해하는 것입니다. 구름을 만드는 가장 중요한 요소 중 하나는 대기 중에 떠돌아다니는 작은 입자들, 즉 에어로졸입니다. 이것이 구름의 씨앗 또는 핵 역할을 하게 되고요, 대기 중의 에어로졸 분포에 따라 구름이 어떻게 발달하는지 시뮬레이션 모델로 분석합니다. 대기의 흐름도 구름 모형의 중요한 변수입니다. 예를 들어, 상승류의 세기에 따라 공기의 상대습도가 달라지고 어느 순간 수증기가 모여 물방울이 될 수 있는 조건을 만들어내는데, 이런 과정을 모델 안에서 구현해 볼 수 있습니다. 이러한 이론적 기반 외에도 실험적으로는 에어로졸 분포와 구름의 성질을 직접 측정해보는 연구도 합니다. 지상에서 할 수도 있고, 아니면 직접 비행기를 타고 구름 속을 통과하면서 측정할 수도 있습니다. 그런 정보를 통해 에어로졸의 분포가 구름의 미세물리적인 성질, 복사적인 성질, 광학적인 성질에 미치는 영향을 파악할 수 있는 것입니다.

제가 개인적으로 가장 관심을 갖는 분야는 구름 입자가 강수 입자로 성장하여 비가 되어 땅에 떨어지기까지의 과정을 분석하는 것입니다. 즉, 구름의 생애라고 할 수 있겠습니다. 미국 플로리다 같은 곳에 가면 땅이 굉장히 평평한데요, 오후에 바닷가에 나가면 뜨거워진 공기가 급격히

상승해서 구름이 생기는 것을 직접 볼 수 있습니다. 놀랍게도, 실제 관측을 해보면 구름이 생성된 지 겨우 30분 만에 비가 내릴 때가 있습니다. 그만큼 구름 입자가 빨리 성장해서 빗방울이 될 만큼 크기가 커졌다는 것인데요, 이 과정을 단열적인 성장 이론을 바탕으로 시뮬레이션을 해보면 몇 시간이 필요하다는 결과를 얻게 됩니다. 실제 자연현상과 이론 사이에 큰 차이가 있다는 것인데, 이와 관련된 연구에 특히 관심을 갖고 있습니다.

Q 기후변화 대응은 이제 글로벌 사회의 최대 이슈로 자리 잡았습니다. 과학기술계의 역할이 그 어느 때보다 중요한 지금, 앞으로 기후환경연구소가 수행하게 될 임무가 무엇인지 궁금합니다. 또한 역점을 두어 추진할 연구에 대해 설명을 부탁드립니다.

먼저 우리의 임무는 기후변화 이후 지구의 환경을 이해하고 적응해 나가기 위한 신기술에 도전하는 것입니다. 그 출발점은 기후변화의 원인이 무엇이며, 어떤 요소가 어느 정도의 영향력을 미치는지 정확히 파악하는 것이 되겠습니다. 왜냐하면 기후변화에 대한 이해가 선행되어야만 비로소 그것에 대응할 수 있는 최적의 기술 해결책을 내놓을 수 있기 때문입니다. 전 세계 많은 연구자들이 기후변화의 방향과 수준을 예측하기 위해 많은 모형을 만들어 분석하고 있습니다. 하지만 놀랍게도, 그 결과는 서로 상당한 차이를 보이고 있습니다. 예측하기 어려운, 불확실한 요소들이 너무 많기 때문인데요, 그 중에서도 가장 불확실성이 큰 변수 중 하나가 바로 구름입니다.

다양한 인간 활동으로 대기오염이 일어나는데, 이것은 에어로졸 분포에 영향을 미칩니다. 그리고 에어로졸의 분포는 구름의 생성과 성장 과정에 영향을 미치게 되는데, 여전히 많은 부분이 미지의 영역으로 남아있습니다. 또한 구름에는 양면성이 존재합니다. 높은 구름은 지표에서 방출하는 적외선을 가두어 지구 온도를 높일 수도 있는 반면, 우주로부터 오는 태양에너지를 반사하여 지구를 식히기도 합니다. 이처럼 복잡한 구름 현상을 제대로 파악해야만 기후변화 예측의 정확성을 획기적으로 높일 수 있게 됩니다. 그러나 구름에 대한 정보 외에도 기후변화를 이해하는데 수많은 기반 기술이 필요합니다. 예를 들어 항공기와 드론, 나아가 전 지구적인 위성 시스템을 이용한 정교한 측정 기술이 있겠습니다. 관측과 실험, 이론과 시뮬레이션 등 다양한 학문적 영역이 기후변화를 이해하는 기반이 된다는 것을 명심해야 합니다.

우리 연구소의 또 다른 중점 영역으로는 앞서 말씀드린 인공강수 분야를 들 수 있습니다. 인공강수는 우리나라의 수자원 문제를 해결할 수 있다는 관점에서 매우 중요한 기술이며, 기관 차원에서도 상당한 관심과 의지를 가지고 있습니다. 우리나라는 계절에 따라, 지역에 따라 강수패턴이 변화무쌍한 편입니다. 최근 들어 폭우와 가뭄이 더욱 극심해지는 것 같은데요, 문제는 기후변화로 인해 이러한 강수 패턴의 변화가 더욱 예기치 않게 발생할 수 있다는 것입니다. 실용화 단계에 이르기까지 매우 먼 길이 되리라 예상되지만, 국가연구기관으로서 이 분야를 선도해나가고 그 기반을 다져야 한다는 점에서 우리 연구소는 앞으로 중요한 역할을 담당하게 될 것입니다. 특히 구름입자의 성장 원리를 이해하는 것과 같이 기초과학적인 측면을 넘어 다양한 기술 확보도 동시에 병행되어야 합니다. 예를 들어 인공비의 씨앗이 될 신소재, 또는 강수입자의 성장을 억제하는 새로운 물질을 개발할 수도 있고 그것을 살포할 수 있는 시스템도 필요하겠습니다. 결코 쉽지 않은 도전이 될 것입니다. 그러나 KIST가 글로벌 이슈에 앞장서서 담대한 도전에 뛰어들었다는 것만으로도 저는 큰 의미가 있다고 생각합니다.

Q 국가 기후환경 연구를 선도할 기관으로서 현재 KIST가 지닌 강점은 무엇입니까? 또한 보완이 필요한 부분이 있다면 무엇인지 여쭙고 싶습니다.

기후환경 연구는 다양한 요소 학문과 기반 기술이 필요하다고 앞서 말씀드렸는데요, 이것이 바로 KIST의 강점과 직결됩니다. 잘 알려져 있듯이 KIST는 소재, 계산과학 등 다양한 분야에서 높은 역량을 축적해왔습니다. 이러한 다학제 역량은 인공강수 등 복잡한 '기상 조절' 솔루션을 개발하는 데 있어 큰 시너지가 될 수 있습니다. 앞서 설명드린 인공강수의 예를 조금 더 깊이 설명하면, 강수입자의 씨앗이 될 소재가 중요하다고 말씀드렸습니다. 현재까지는 요오드화은(AgI)이 널리 사용되고 있는 소재인데요, 효율성이나 환경 오염에 대한 우려 등 아직 개선의 여지가 많이 남아있습니다. 최근에는 흡습성이 좋은 소금(NaCl) 입자에 티타늄을 코팅하여 완전히 새로운 소재를 개발하는 등 전 세계적으로 관련 연구가 활발히 진행되고 있습니다. 또한 강수 원리를 이해하고 강수 기술을 개선하는 데 있어 계산과학 분석과 시뮬레이션 역량도 큰 도움이 됩니다.

KIST가 갖는 또 다른 강점은 풍부한 인프라입니다. 연구를 진행하다 보면 다양한 측정, 분석 장비가 필요한데 상당 부분 이를 원내에서 해결할 수 있다는 것은 연구자에게 매우 편리한 이점입니다. 게다가 인프라의 접근성이 좋다는 것은 단순히 시간을 지체하지 않는 것 이상의 효과가 있는데요, 바로 인프라를 중심으로 타 분야 연구자와의 교류, 커뮤니케이션도 함께 높아질 수 있다는 것입니다. 팀 단위 연구를 하는 우리 구성원들에게 결코 무시할 수 없는 강점입니다.

한편, 기후환경을 연구하는 조직으로서 보다 완전한 진용을 갖추려면 기후에 특화된 전문인력이 지금보다 더욱 충원될 필요가 있겠습니다. 현재 연구소에는 수처리, 오염물질 제어 등 환경 분야에 정통하신 연구자분들이 많이 계십니다. 앞서 말씀드린 대로, 기후변화를 다양한 접근에서 이해하기 위해서는 기후라는 큰 테두리 안에서 각 요소 학문별로 전문가가 필요합니다. 이 점에 주안을 두어 앞으로 훌륭한 인재들을 모셔오도록 노력할 것입니다. 즉, 기후와 환경을 아우르며 우리의 거대한 임무를 완수할 수 있도록 연구소의 인적 구성을 다변화할 계획입니다.

Q 기후환경연구소는 KIST 최초로 연구부서와 정책부서가 하나로 결합된 조직형태를 갖추고 있습니다. 두 부서간 어떠한 시너지를 이룰 것으로 기대하십니까?

모든 정책이 마찬가지이겠지만, 특히 기후 분야는 정확한 과학적 근거를 토대로 객관적이며 일관성 있게 국가 정책이 수립되어야 합니다. 기후변화의 불확실성은 매우 높고, 그에 따라 우리의 대응책도 크게 달라질 수 있기 때문입니다. 따라서 정책을 포함한 외부 환경을 모니터링하고, 그것을 즉각적으로 기술에 반영할 수 있는 체계가 필요합니다. 반대로 연구를 통해 얻은 최신의 과학적 사실, 기술적 해법이 정책에 즉각적으로 반영될 수 있다면 기후변화 대응의 효율성을 높이고 바람직한 방향으로 사회를 전환하는데 한시라도 빨리 노력할 수 있습니다. 과학적, 객관적인 근거가 부족한 상태에서 정책을 수립하게 되면 그것이 아무리 좋은 취지에서 시작되었을지라도 종종 잘못된 결과를 초래한다는 사실을 잊지 말아야 합니다. 즉 정책부서와 연구부서의 결합은 기후 대응의 효율성과 확산력을 동시에 높이기 위한 조직 형태로 이해할 수 있겠습니다. 앞으로도 기후 분야에서 정책과 연구의 커뮤니케이션은 더욱 공고하고 긴밀해질 것입니다.

Q 다른 연구소 또는 정부 기관과의 협업은 기후환경 연구의 중요한 요소라고 생각됩니다. 앞으로 어떤 영역에서 협업이 확대될 것으로 기대하십니까?

가장 먼저 국립기상과학원을 우리의 핵심 파트너로 꼽을 수 있겠습니다. 국립기상과학원은 우리나라에서 유일하게 기초연구 차원에서 인공강수를 직접 연구하고 있고, 다양한 관측기술과 기후예측 모델을 다루고 있습니다. 기상 항공기를 포함하여 장비 활용 측면에서 특히 협업 가능성이 높은데요, 무엇보다도 인공구름을 만들 수 있는 구름챔버가 곧 완공을 앞두고 있습니다. 본격적으로 챔버가 작동하기 시작하면 우리 KIST 연구진과 함께 폭넓은 협력 연구가 전개될 것입니다. 우리 KIST도 자체적으로 인공 챔버를 구축할 계획을 세웠는데, 이것이 내년부터 제가 집중적으로 추진할 사업 중 하나입니다. 챔버의 작동 원리나, 형태, 크기 등 고려할 부분이 많이 있는데요, 국립기상과학원과의 협력 경험은 단지 공동으로 장비를 활용하는 측면을 넘어 KIST 연구에 적합한 챔버를 설계

하는 데 도움이 될 것입니다.

기상과학원과 KIST는 정부의 지원을 받는 공공기관으로서 연구 중복성의 문제를 극복해야 합니다. 중복성을 피해가면서 우리는 KIST의 강점을 살릴 수 있는 방식에 집중하면서 서로 상호 보완적인 관계로 발전하도록 협력이 이루어져야 하겠습니다. 앞서 말씀드린 인공강수 소재 개발이 KIST의 강점이라면, 그러한 소재 성능 테스트에 특화하여 챔버를 구축하는 것이 하나의 전략이 될 수 있습니다.

한편, 기후변화의 한 축이 대기와 구름이라면, 다른 중요한 한 축으로는 바다가 있습니다. 해류는 지구를 순환하며 이산화탄소와 복사에너지가 끊임없이 흡수·방출하고 기후 조절의 중요한 역할을 합니다. 따라서 한국해양과학기술원을 비롯하여 바다를 연구하는 다양한 기관들이 앞으로 기후변화를 이해하는데 있어 우리의 핵심 파트너가 될 것이고, 또한 기후변화 대응을 위한 수자원 활용의 차원에서 수자원 관련 연구에 정통하신 KIST 연구자분들과 많은 협업 요소가 있을 것입니다.

앞으로 인공강수를 포함하여 더 넓은 의미의 기상 조절을 연구하다 보면, 다양한 기술 플랫폼이 필요하게 될 것입니다. 안개소산 기술을 예로 들면, 드론이 안개가 낀 지역 위를 안전하게 날아다니며 안개 입자를 비로 만들어 내리게 하는 플랫폼을 생각할 수 있습니다. 교통안전을 위해 꼭 필요한 기술인데요, 처음부터 모든 기술을 개발하는 것이 아니라 한국항공우주연구원과 같은 연구기관 또는 기업의 대규모 드론 플랫폼을 차용해서 기상 조절에 특화된 시스템으로 개발하는 등 중요한 협력 관계가 구축될 것입니다.

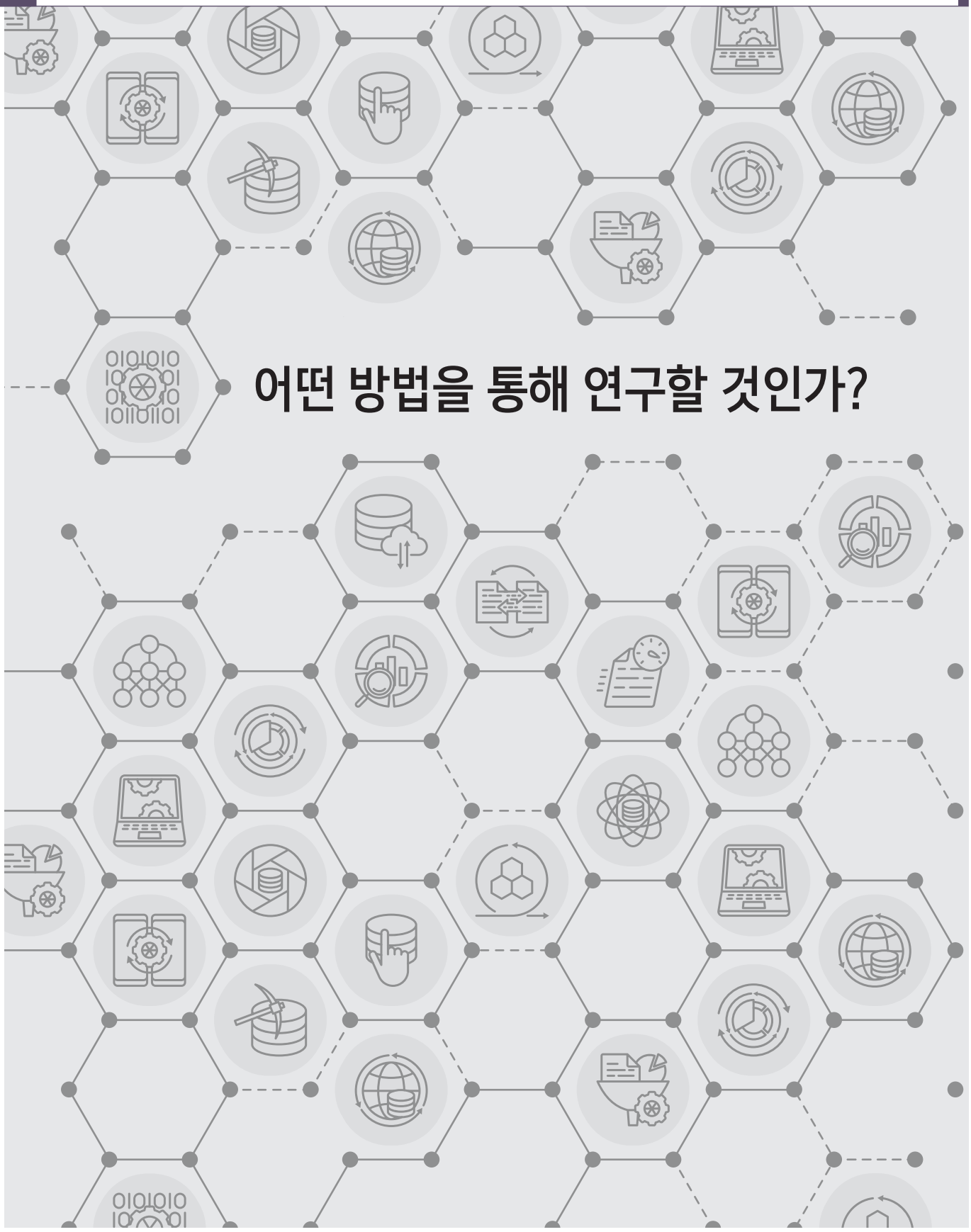
Q 마지막으로 연구소 및 KIST 구성원들께 응원과 당부의 한 말씀 부탁드립니다.

저는 KIST가 한국을 대표하는 베스트 연구기관이라고 자부합니다. 최근 팬데믹 상황으로 연구자분들을 자주 뵐 기회를 갖지는 못했습니다만, KIST를 알아갈수록 연구자 개개인이 정말 훌륭한 능력을 가지고 있음을 깨닫고 있습니다. 훌륭한 인재풀과 뛰어난 인프라, 그리고 공동의 목표를 향해 나아가는 분위기. 이 모든 것에서 KIST는 연구를 위한 환경이 잘 조성되었다고 생각합니다. 당부의 말씀이라면, 지금처럼 연구자 한 분 한 분께서 각자 맡으신 역할과 소임을 다 하여 주셨으면 합니다. 국가에 기여할 수 있는 훌륭한 성과 많이 내시길 응원하고 싶습니다. KIST

주요약력

염 성 수 소장

▲ 現 연세대 대기과학과 정교수
▲ 前 美 Yale Univ., Desert Research Institute 박사후연구원
▲ 前 기상청 국립기상연구소 기상연구사
▲ 연세대학교 천문기상학과 학사·석사, Univ. of Nevada, Reno 박사



어떤 방법을 통해 연구할 것인가?

1. 과학적인 미래 기술 예측을 위한 여정 : 미래 유망기술(Emerging technology)을 예측하는 방법론에 대하여

허 요 섭 한국과학기술정보연구원 선임연구원, josheph87@kisti.re.kr

공공성이 더 우선시 되는 과학기술의 연구개발은 민간 시장에 온전히 맡기기에는 상당한 위험이 따른다. 소위 시장실패(market failure) 현상을 발생시키기 때문이다. 이로 인해 과거부터 공공 과학기술분야의 연구개발은 정부가 직접 개입하여 자원 투입과 분배를 담당하고 위험을 부담하는 것이 필요하다는 것이 정설로 받아들여지고 있다(Arrow, 1962; Nelson, 1959). 그러나 정부가 공공 연구개발사업에 대한 기획과 실행을 책임진다고 해서 항상 바람직한 결과만을 도출해 내는 것은 아니다. 정부의 적극적 개입은 항상 본래 의도한 결과를 가져오지 못하거나, 심지어 공공의 이익에 반해 상황을 악화시키는 정부실패(government failure)의 위험성을 담지하고 있다(Coase, 1964). 또한 과학기술혁신 시스템 내부에는 혁신인프라 부족, 혁신 주체 및 이해당사자 간 상호작용 실패, 기술 친화적이지 않은 기술관련 제도 등과 같은 시스템 실패(system failure)의 요인들이 자리 잡고 있다(Smith, 2000; Woolthuis et al., 2005). 따라서 사업수행 주체로서의 정부는 체계적이고 공정한 제도와 정책의 토대 위에서 공공 연구개발사업을 수행해야 하는 당위성을 가진다(이철주, 2018).

정부는 다양한 과학기술정책 수단(S&T policy instrument)을 동원하여 공공 연구개발사업을 관리, 조정 및 촉진하는 기능을 한다. 이러한 수단 중, 지속적으로 정부가 관심을 기울이는 분야 중 하나가 미래 유망기술을 도출하는 과정인 '기술 예측(technology forecasting)'이다. 이는 '국가는 미래에 어떤 기술에 우선적으로, 얼마만큼의 연구비를 투입할 것인가?'라는 문제 인식에서 출발한다.

기술 예측을 통한 문제인지 및 의제 설정에 대한 연구는 그 중요성에 비해 연구가 쉽지 않은 측면이 있고, 특히 미래에 유망할 것으로 예상되는 기술을 도출하는 기능은 수요 및 중요성에 비해, 지금까지는 전문가의 경험이나 직관에 의존해왔던 것이 사실이다. 이에 따라 미래 유망기술(혹은 부상기술, emerging technology)[1]을 예측하고 발굴하는 것에 대해, 이제는 좀 더 체계적이고 과학적인 접근이 필요한 시점이라고 볼 수 있다. 또한 과학적인 접근법에 따른 유망기술 도출은 연구개발 정책 분석의 근본 영역을 강화하여, 점차 경직되어 가는 국가연구개발 자금의 투자 효율성을 제고할 수 있을 것으로 보인다.

현재 우리는 고도의 디지털화와 네트워크화를 통해 빅데이터 시대를 맞이하여 유용한 대규모 데이터를 수집 및 활용할 수 있고, 이를 분석할 수 있는 분석 도구가 개발되면서 의사결정의 효율성을 높여가는 지능화의 시대를 살고 있다. 또한 이러한 패러다임의 변화에 발맞춰 정책분야에서도 빅데이터 및 빅데이터 분석 도구들에 대한 활용 가능성을 타진하고 있다. 실제로, 미래 유망기술을 도출함에 있어, 증거기반의 과학적인 방법론을 활용한 연구들이 태동하는 것이 목격되고 있는 요즘이다. 이에 본고에서는 미래 유망기술에 대해 보다 깊이있게 파악해보고, 유망기술을 예측하는 과학적 방법론에 대하여 정리하고자 한다.

1) 유망기술을 'promising technology'의 개념으로 접근한다면 과학적으로 분석하는 것이 거의 불가능에 가깝다. '유망하다(promising)'라는 개념은 미래에 반드시 좋은 가치를 가져다준다는 의미를 내포하고 있는 가치지향적 개념으로, 주관성이 개입될 여지가 크며, 기준도 세우기 어렵기 때문이다. 본고에서 사용하는 유망기술은 'emerging technology'라는 학계에서 전반적으로 통용되는 용어를 사용한다. 이 용어는 기술의 신규성이 강조된 개념으로 가치판단을 제거한 상태로 과학적 분석이 가능하다고 볼 수 있다. 다만 우리나라에서는 부상기술, 신흥기술 등의 용어보다는 '유망기술'이란 용어가 익숙하게 쓰이므로 유망기술이라 표기하였다.

유망기술 예측의 중요성

오늘날 우리는 이전에는 경험할 수 없었던 놀라운 변화를 목도하며 살아가고 있다. 그중에서도 과학기술의 발전은 언제나 변화의 첨단에 자리잡고 있으며 정치, 경제, 사회, 문화 전반뿐만 아니라 개개인의 삶에도 커다란 영향을 미치고 있다. 이러한 가운데 개별 국가는 지속적인 성장과 번영을 위해 과학기술에 대한 역량 강화에 국가적인 역량을 쏟아붓고 있다. 한 국가의 과학기술 발전 정도에 따라 그 국가의 명운이 좌우된다고 해도 과언이 아니기 때문이다.

이러한 차원에서 정부는 향후 국가의 발전 및 사회 전반에 영향을 미칠 만한 새로운 기술을 지속적으로 발굴해야 하고, 그러한 기술들이 사회에 미칠 영향을 사전에 예측하는 것에 힘써야 하며, 동시에 예측된 유망기술의 출현에 대응할 수 있도록 일관된 혁신 정책을 수립할 필요가 있다(Beck, 1992). 결국 미래 유망기술 탐색 및 분석은 오늘날의 모든 관련 조직 및 이해당사자들의 전략이나 계획을 수립하는데 가장 중요한 시작점이 되며, 국가 연구개발 투자의 우선순위를 정하는데 결정적 정보를 제공한다는 궁극적 가치를 제공한다고 할 수 있다(Keenan, 2003; Hill and Rothaermel, 2003).

유망기술은 과학기술정책이나 공공 연구개발정책, 국가과학기술 혁신체계 등을 연구하는 학계 및 현장에서는 핵심적인 주제로 다루어져 왔었고, 이러한 관심은 꾸준히 증가해왔다(Cozzen et al., 2010; Rotolo, Hicks and Martin, 2015). 그러나 이러한 관심은 과학기술발전에 따른 복잡성과 불확실성의 증가로 인해 유망기술에 관련한 의사결정이 어려워지는 것을 반증한다고 추론할 수도 있을 것이다.

미래 유망기술 예측 방법론

(1) 델파이 기법(Delphi method)

유망기술을 예측하는 데에는 델파이 기법이 현재까지도 매우 인기 있는 방법론으로 사용되고 있다(Dransfeld, Pemberton, and Jacobs, 2000). 1950년대 Rand Corporation에서 Dalkey and Helmer(1963)가 주도해서 개발한 델파이 기법은, 특정 주제 영역에 대해 전문가들이 제공한 실질적 지식을 취합하는 방법이다. 델파이 기법은 여러 전문가의 다양한 의견들을 취합하여 기술 예측을 수행할 수 있다는 점이 최고의 장점이다(Hsu and Sandford, 2010). 또한 델파이 프로세스를 반복함에 따라, 연구자와 전문가 그룹이 결과의 정확성을 향상시킬 수도 있다. 그 외에도 익명성으로 인해 표현의 자유가 보장되고, 온라인을 통해 실시된다면 지역적 한계성이 없다는 부차적인 장점도 존재할 것이다(Avella, 2016).

그러나 반복적인 프로세스로 인해 기술 예측을 총괄하는 관리자의 작업량이 많이 늘어나고, 정합적인 데이터의 확보를 위해서는 상당한 시간이 요구된다(Cunliffe, 2002). 또한 장기간의 연구수행에 따라 연구 행정 비용의 증가 문제도 발생하게 된다(Bowles, 1999). 이외에도 델파이 기법을 통해 유망기술을 도출할 경우, 주요하게 발생하기 쉬운 문제점으로는 (1) 전문가 그룹 내 가장 독선적인(opinionated) 구성원의 제안만이 고려되거나, (2) 관심 사안 또는 논쟁 요인에만 초점을 맞추거나, (3) 익명성에 따라 생산된 결과물의 신뢰 수준에 문제가 발생하거나, (4) 합의에 따라 최선의 선택이 희석되어 보통 또는 최악의 방안이 대표 결과물로 선정되는 의미를 가진 '최소공통분모(lowest common denominator)'가 도출될 수 있다는 점 등이 있다(Hanafin, 2004). 실제로 각 국가에서는 국가 차원에서 유망기술을 모으기 위해 산업-학계-연구소를 대상으로 향후 국가에서 투자해야 할 유망기술 수요조사를 수행하는 경우가 많다. 이때 특정 기술 영역의 전문가 집단의 영향력이 존재할 수 있다는 것 역시 델파이 기법의 큰 단점으로 작용할 수 있다(Grossmann, 2012; Metz, 2013).

(2) 과학계량학적 분석기법(Scientometric methodology)

정보 기술 및 공학의 발전으로 미래 연구 분야에서 다양하고 새로운 정보분석 도구들이 나타났고, 그중 과학적 생산성을 측정하고 과학-기술 네트워크(science-technology network)를 규명할 수 있는 계량서지학(bibliometrics) 또는 과학계량학(scientometrics)이 1990년대 초반부터 각광을 받기 시작하였다(Hood and Wilson, 2001; de Miranda Santo et al., 2006). 그 이후, 1990년대 후반부터 시작되어 2000년대에 들어서는 본격적으로 논문 및 특허를 활용한 유망기술 도출 방법이 제안되기 시작하였다(Karki, 1997; Watts, Porter and Newman, 1998; Meyer, 2001; Daim et al. 2006; Kim, Suh and Park, 2008). 이러한 발전은 계량분석에 필요한 체계화된 데이터베이스(Scopus,

Web of Science, PubMed 등)이 존재하기 때문에 가속화될 수 있었다(Falagas et al., 2008; Das, 2015).

과학계량분석을 통해 국가별 논문 수, 저자별 인용 빈도, 저자 수, 특허 수, 특허 인용 빈도 등을 활용하여 과학기술 활동을 정량화할 수 있으며, 공동 저자 수, 과학 논문과 특허 간의 상관관계, 동시 인용 빈도, 단어의 동시 출현 등을 통해 과학기술 생태계를 살펴볼 수 있으며, 연구 동향 시각화를 통해 특정 과학기술 분야의 구조와 진화를 모니터링할 수 있는 장점이 있다(정우성·양현재. 2013).

과학계량학이 등장하면서, 유망기술을 보다 과학적으로 분석한 자료를 통해 예측할 수 있게 되었고, 이는 과거 델파이 기법의 결과물인 전문가의 의견을 보완하거나 대체할 수 있는 방법으로 활용되었다. 또한 과학계량학적 분석을 통해 기존에 지식의 한계나 선입견에 의해 인지하지 못했던 새로운 사실을 발견하는 것이 가능해졌다(Porter and Detampel, 1995; Zhang et al, 2013).

그러나 과학계량분석을 통해 유망기술을 도출하는 과정에는 실무적인 차원에서 큰 단점이 존재한다. 과학계량분석을 위해서는 전문가의 유망기술 분야별 핵심어(keyword)를 기반으로 논문 및 특허 검색식(search terms)이 작성된다. 이에 대하여 많은 연구자들(Kucharavy and DeGui, 2008; Arora et al. 2013; Moro et al. 2018; Agarwal, 2018)이 전문가에 의한 핵심어 문제를 해결하기 다양한 방법을 연구를 진행하는 것으로 미루어 보았을 때, 계량학적 접근법 역시 전문가의 편향성 문제를 근본적으로 내포하고 있다. 예를 들어 2010년 노벨 물리학상의 대상이던 그래핀(graphene)은 나노기술영역에서 유망기술을 도출하기 위한 초기 연구의 검색식에서는 누락되었다(Arora et al. 2013).
일부 연구자들(Porter and Detampel, 1995)은 과학계량분석 기법의 한계를 다음과 같이 지적했다. (1) 기술적 발전에 관련된 활동이 최적 시기에 논문 및 특허에 포함되지 않을 수 있으며, (2) 모든 연구개발 활동이 논문이나 특허로 나타나지 않는다. 또한, (3) 출판물의 빈도 추세가 그 내용의 질적인 부분을 대변하지 않으며, (4) 출판물의 분류와 색인에 관한 완벽한 시스템이 존재하지 않는다는 것이 대표적인 계량분석 기법의 한계라고 할 수 있다. 특히, (1)은 계량 분석의 근본 데이터인 논문이나 특허가 '후향적(retrospective)' 속성을 가지고 있음을 의미하고 있다(Rotolo, Hicks and Martin, 2015).

앞으로의 미래 유망기술 예측 방법론은?

(1) 어떤 데이터를 쓸 것인가?

앞서 살펴본 유망기술 도출 방법들에 대한 문헌 검토를 통해 데이터 측면에서 델파이 기법과 과학계량분석은 각각 데이터 수집의 편향성과 데이터(논문, 특허) 자체의 후향적 속성이라는 문제점을 내재하고 있는 것을 알 수 있었다. 유망기술이 태동하는 초기 단계에는 관련 기술에 대한 불확실성으로 인해 연구자 그룹이 형성되어 있지 않아 논문이나 특허가 나타날 가능성이 매우 낮을 가능성이 크다. 즉, 논문과 특허는 중간 혹은 최종성과물에 대한 지표로서의 의미가 더 강하기 때문에, 결국 논문 및 특허를 분석의 대상으로 삼을 경우에는 그 결과가 후향적인 관점(retrospective)을 반영할 가능성이 농후하다.

논문과 특허 데이터에 대한 대안으로, 최근 공공 연구개발 과제정보를 활용하여 과학적 생산성을 규명하거나(Rosenbloom et al., 2015), 조직의 연구역량 제고 및 인재 확보 예측에 적용(Rosenbloom and Ginther, 2017)하는 연구들이 점차 등장하고 있다. Klavans and Boyack (2017)은 연구논문 데이터베이스인 SCOPUS와 미국의 공공 연구개발 과제정보를 매칭시켜 유망기술 영역과 연구 주제를 도출하는 연구를 수행하였다.

우리나라의 경우 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)[2]에서 국가연구개발 과제정보를 수집할 수 있다. 해외 공공 연구개발 데이터의 경우 대중에게 전체적으로 오픈하여 서비스하는 몇몇 포털들이 존재한다. 그중 대표적인 것이 미국의 Federal Reporter[3]이다. Federal Reporter는 연방 연구개발 투자의 영향을 평가하는데 필요한 데이터 및 도구 저장소를 만들 목적으로 연방 정부에 의해 구축된 미국 연방 전역에서 수행된

2) 국가과학기술지식정보서비스(https://www.ntis.go.kr/ThMain.do)
3) 미국 Federal Reporter(https://federalreporter.nih.gov/)

연구개발 데이터베이스이다. 이 데이터베이스는 미국 과학기술정책청(OSTP: the Office of Science and Technology Policy)의 후원하에 미 국립 보건원(NIH: the National Institutes of Health)과 NSF, 미 농무부 및 환경부가 운영 자금을 제공하고 있다. 유럽연합(EU) 역시 EU 차원에서 수행하는 연구개발과제 및 성과물에 대한 정보를 제공하는 서비스로서 CORDIS(Community Research and Development Information Service)[4]를 운영하고 있다. CORDIS는 지역 사회 연구 및 개발 정보 서비스로, EU 위원회가 지원하는 모든 주요 연구 프로젝트와 그 결과에 대한 정보를 가장 폭넓게 보급하는 주요 공공 데이터베이스이자 동시에 포털이다.

(2) 어떤 방법론을 사용할 것인가?

최근 Tensorflow나 Pytorch와 같이 기계학습(machine learning), 딥러닝(deep learning)을 직접 활용할 수 있는 인공지능 라이브러리들이 등장하고 보편적으로 보급되면서 미래 유망기술을 예측하는 데에도 이러한 인공지능에 기반한 방법론을 활용하는 연구들이 등장하기 시작했다.

기계학습을 활용하면 강력한 수학적 알고리즘(algorithm)을 바탕으로 많은 데이터를 한꺼번에 처리할 수 있고, 비구조화(unstructured)된 원시 데이터를 가공하지 않거나, 가공을 최소화한 상태에서 분석할 수 있으므로 분석자의 주관이 최소한으로 개입되어 객관성을 최대한으로 끌어올릴 수 있다는 장점이 있다.

주요하게는 논문, 특허, 연구개발과제 정보 등의 데이터를 인공지능 기반의 자연어 처리(NLP, Natural Language Processing)를 통해 벡터화(vectorization)하고, 미래 유망성에 대한 모델에 걸맞은 키워드나 과제, 연구 주제를 도출하는 연구 방법론이 가장 일반적이다. 인공지능 방법론을 활용한 주요 연구들은 다음과 같다. Lee et al.(2021) 의 연구에서는 딥러닝 알고리즘을 활용하여 논문의 메타정보(인용정보, 초록, 논문 출판 지역 등)을 통해 연구 분야의 미래 성장 가능성을 예측하였다. Zhou et al.(2020)은 데이터 증강(data augmentation)과 지도학습(supervised learning)을 통해 융합 유망기술을 파악하는 방법론을 제시하는 연구를 수행하였다. Gui and Xu(2021)의 연구에서는 논문 데이터를 기반으로 딥러닝 모델의 일종인 LSTM 모델을 통해 텍스트를 분석해서 로봇 분야에서의 기술 예측을 수행하기도 했다.

미래 유망기술 예측은 과학적으로 진화한다

우리가 살고 싶은 이상적인 미래의 세상은 단지 기다리는 것을 이루어지는 것이 아니다. 다가올 미래를 더 잘 인식하고, 보다 나은 접근법을 찾는 자가 쟁취할 수 있다. 이것은 정부, 기업, 조직 및 사람들이 미래의 변화에 대해 더 잘 이해할 필요가 있음을 의미한다. 왜냐하면 필연적으로 우리는 모두 현재와 현저하게 다른 미래의 세상에 살면서 일하게 될 것이기 때문이다.

사람들이 변화를 더 잘 이해할 때, 자신의 미래의 삶에 있어서 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 기회를 더 많이 갖게 된다. 미래를 예측하는 방법은 기본적으로 진취적이고 창의적인 사고를 통해, 미래에 변화에 대해 신속하고 탄력적으로 접근하는 시각을 가져야 한다. 경쟁적인 미래 사회에서 개개인을 비롯한 사회 전체와 국가가 생존하고 번영하기 위해서는 끊임없이 새로운 기술을 찾을 수 있는 지능형 도구를 개발하는 일에 매진해야 한다.

국가의 미래 성장을 좌우하는 국가연구개발사업에 있어 연구개발 기획은 그 정책적인 중요성이 매우 크다. 그럼에도 불구하고 현재까지 우리나라는 많은 연구가 연구개발 효율성과 생산성을 높이기 위해서 기획 단계의 강화를 이야기를 했음에도 불구하고 연구개발 기획에 있어 특별한 탈출구를 찾지 못한 것이 사실이다. 데이터 기반(data-evidence) 및 데이터 주도(data- driven)의 연구개발 기획은 다른 것을 다 차치하고서라도 보다 체계적이고 신속하게 의사결정할 수 있는 도구로서 방법론의 가치가 충분하다 할 수 있다. 그런 의미에서 과학적인 미래 유망기술 예측은 국가연구개발 기획의 효율화에 큰 영향을 줄 수 있을 것이다. 앞으로 미래 유망기술 예측 방법은 더욱 더 과학적으로 진화할 것임에 틀림 없다. KISTI

4) EU CORDIS(https://cordis.europa.eu/projects)

2. 성공적인 융합연구를 위해 필요한 조건

박 지 은 미래전략팀 연구원, jepark@kist.re.kr

오는 2022년부터 과학기술정보통신부가 'STEAM 융합연구 지원사업'을 다시 지원한다. STEAM은 '과학(Science), 기술(Techno-logy), 공학(Engineering), 기초 교양(Liberal Arts), 수학(Mathematics)'의 약자로, 지원사업의 대상이 되는 주요 융합연구 분야를 가리킨다. 이 지원사업은 2011년 처음 시작되었다가 2017년 종료한 뒤 최근 융합 R&D 중요성이 부각되면서 재개되었다.

융합연구가 다시 강조되고 있다. 제4차 산업혁명 시대의 등장을 처음 주장한 클라우드 슈밥은 "이제 개별적 기술의 발전이 아닌 융합을 통해 새로운 가치창출이 이루어질 것"이라 언급하며 다양한 학문과 기술, 전문 영역 간의 융합만이 진정한 혁신으로 이어질 것이라 조언했다. 우리 사회의 다층적이고 복잡한 경제·사회 문제를 해결하기 위해서는 단일 기관 혹은 한 분야의 독립적인 연구만으로는 새로운 혁신을 창출하기 어려워진 것이 사실이다. 이에 따라 다양한 학문분야 간의 융합연구 또는 서로 다른 기관 간의 융합연구의 필요성이 대두된 것이다. 본고에서는 최근 더욱 주목받고 있는 융합연구의 개념과 관련 정책의 발전 과정을 살펴보고, 성공적인 융합연구가 되기 위해 어떠한 노력이 필요한지 고민해본다.

융합연구의 개념과 발전 과정

융합연구는 다양한 분야의 전문가들이 하나의 공동목표를 수립하고 해결하기 위해 여러 연구 활동을 융합하여 새로운 기술·산업·서비스·가치 등을 창출해 나가는 과정이라 할 수 있다(김한성, 2019). 융합연구의 개념은 융합의 정도에 따라 다학제(Multidisciplinary) 연구, 학제간(Interdisciplinary) 연구, 초학문적(Transdisciplinary) 연구로 나뉠 수 있다. '다학제 연구'란 서로 다른 학문적 배경을 가진 둘 이상의 연구자들이 각각의 학문적 배경과 역량, 전문지식 등에 따라 각자의 연구주제를 지정하고 연구자들은 서로 각자의 공간에서 독립적으로 연구를 수행해 전체 연구결과 중 일부분만을 기여하는 형태의 융합연구이다. 다학제 연구보다 한 단계 더 발전된 형태인 '학제간 연구'는 서로 다른 학문적 배경을 가진 연구자들이 복잡다양한 연구문제의 해결에 공동의 동기를 갖고 연구팀을 구성하여 밀접한 상호작용을 하며 각자의 개념과 이론, 연구방법, 데이터 수집 등에 대한 통합적 관점에서 접근해 새로운 융합지식을 창출하는 연구를 말한다. 그리고 가장 고차원의 융합연구에 해당하는 '초학문적 연구'는 복잡다양한 현상에 관해 새로운 개념적 틀을 생산하는 연구로, 학제간 연구보다도 연구의 비전과 범위, 활동 등이 더욱 확장된 변형적 개념의 연구이다(심영대·조근태, 2020, 조지혁 외, 2018).

연구개발(R&D) 측면에 포커스를 맞춘 '융합연구개발(R&D)'은 융합을 통해 성과를 새로운 가치로 연결하고 확산하기 위해 R&D 全과정에 걸쳐 이루어지는 행동을 일컫는다. '과학기술기본법'에 융합연구개발은 "신기술 상호간, 신기술 학문·문화·예술 및 산업 간의 융합"으로 명시되어 있으며, 여러 분야의 연구주체가 공동의 목표를 해결하기 위해 기존에 시도되지 않은 다양한 연구활동을 수행하는 것을 목표로 한다.

국내 융합연구 정책방향의 흐름

우리나라는 2000년대 중반부터 융합연구개발에 주목하기 시작해 2007년 '국가융합기술발전 기본방침'을 마련해 新기술간 융합을 중심으로 융합기술을 정의하고, 부처·연구수행주체·분야 간 연계 및 협력 강화를 위해 가이드라인을 제시했다. 이후 2009년, 제 1차 '국가융합기술발전 기본계획('09~'13)'을 수립하여 융합정책의 기틀을 마련했고, 이후 창의·도전형 융합연구를 지원하는 제2차 '융합기술 발전전략('14~'18)'을 수립했다. 2차 발전전략을 통해 학제 간 융합연구가 성장하고 문제해결을 위한 다양한 융합의 범위와 영역이 확대되었다는 성과가 있었지만 혁신·도전적 융합연구를 위한 제도와 인프라가 미비하다는 한계가 지적되었다. 이에 따라 제3차 '융합연구개발 활성화 기본계획('18~'27)'을 10년 주기의 장기 기본 계획으로 수립하여 도전·혁신적인 융합연구의 활성화 추진을 시작했다.

국내 출연(연) 또한 융합연구를 본격화했다. 급격한 기술환경 변화 대응과 국가경쟁력 강화를 위해서는 출연(연)의 협력과 융합이 필수라는 공감대를 기반으로 국가과학기술연구회(NST)는 다양한 출연연 융합연구사업을 지원해오고 있다. 그 중에서도 2015년부터 시행중인 '개방형 온사이트(on-site) 융합연구' 사업은 참여연구진을 한 공간에서 공동으로 연구하도록 지원한 사업으로, 출연(연)의 축적된 기술역량을 최대한으로 결집시킨 새로운 시도로 주목을 받기도 했다.

융합연구에 영향을 미치는 요인들

융합연구의 수행과 성과에 영향을 미치는 요인은 개인 특성(성별, 연령 등), 연구환경 요인(연구경력, 학위국가, 연구분야 등), 연구자 요인(융합에 대한 관심도, 외부협력에 대한 태도 등), 연구팀 요인(리더십요인, 융합에 대한 인식정도 등), 지원기관 요인(사업계획, 연구비, 성과관리) 등으로 매우 다양하게 나타난다(노영희 외, 2018). 배형준(2014)의 연구에서는 인구통계학적 특징(성별 등), 연구 분야, 소속 조직의 특성 등을 포함한 총 17개 독립변수를 분석한 결과, 연구 분야, 연구협력자 수, 소속 학과의 융합지향성과 같은 연구환경 및 조직 특성이 융합연구 수행에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 참여연구자들이 직접 모여서 연구하는 집체형과 각자 연구자가 소속된 기관에서 연구하여 결과물을 모으는 모듈형으로 나눠 분석했을 때, 집체형이 협업수단 및 협업대상 별 활용정도가 더 높으며, 공유하는 내용 또한 더 많은 것으로 나타난다. 즉, 연구회의 온사이트(on-site)사업과 같이 한 공간에 물리적으로 모여서 하는 융합연구가 협업수준이 더 높다는 결과인 것이다.

연구집단을 이루는 연구자들 전공의 균형성 또한 융합연구에 영향을 미친다. 얼마나 전공이 다양한지(다종성) 혹은 서로 이질적인지(이질성)는 중요하지 않으나, 연구집단의 전공 중 한 분야에 너무 소수의 연구자가 참여하면 충분히 융합연구 성과를 창출하지 못 한다는 분석이 존재한다. 즉, 전공분야의 다수·소수 관계보다는 전공분야별 참여연구원의 대등한 규모의 관계 및 수평적인 협력관계 유지가 중요하다(이봉재, 2014).

한편, 융합연구를 위한 협업을 저해하는 요인으로는 복잡한 규정 혹은 행정적 제약과 충돌, 한정된 예산 및 자원, 제한된 연구자의 권한 등이 있다. 융합연구 수행에 있어 전공의 지나친 상이함 또한 상당한 학습의 시간과 기회비용이 수반되기 때문에 융합연구의 저해요인으로 작용하기도 한다. 연구자 개인 차원에서는 협력파트너의 기회주의적 행태, 파트너의 전문지식 부족, 핵심기술정보 누설의 가능성이 융합연구 추진을 꺼리게 하는 요인으로 지적된 바 있다(최호철·윤석진·박시훈, 2015; Jarillo, 1993; Flowers, 2007).

성공적인 융합연구가 더 많이 탄생하려면

모든 융합연구가 성공적인 결과를 창출할 수는 없다. 그러나 한 가지 분명한 사실은 복잡한 국가·사회적 난제들 중에는 융합연구만이 해결해 낼 수 있는 문제들이 있다는 것이다. 그렇다면, 성공적인 융합연구를 위해서는 어떤 노력이 필요할까?

첫째로, 연구집단의 원활한 소통과 협력 촉진을 위한 코디네이터(Coordi-nator)가 좋은 방법이 될 수 있다. 이는 연구책임자와는 다른 역할로, 전공이 상이한 연구자들간의 의견을 조율하고 커뮤니케이션을 명확히 하기 위한 것이다. 전공에 따라 문제 접근 방법이 다를 뿐만 아니라 경우에 따라서는 용어에 대한 개념과 정의 또한 완전히 다른 경우가 있다(최종화 외, 2017). 따라서 코디네이터를 연구팀에 지정하여 참여진의 연구 분야에 따라 다르게 해석될 수 있는 부분을 확인하는 등 소통의 문제를 세심하게 살피고 해결한다면 보다 효율적이고 효과적인 융합연구가 될 수 있을 것이다.

둘째로, 소속기관이 다른 연구자들로 구성된 융합연구집단의 경우 행정 및 성과 관리 측면에서 문제가 없어야 한다. 출연(연)의 경우 더욱 그렇다. 기관별로 다른 인건비 기준, 외부과제 참여규정, 상이한 파견규정, 인사평가의 문제 등 행정적인 어려움이 해결되지 않으면 기관차원에서 융합연구를 적극적으로 추진하는 데 한계가 있다. 따라서 출연연 연구자간 과제기반 교류 활성화를 위해서는 연구행정체계와 성과관리를 통합적으로 운영하는 등의 새로운 방안이 필요하다(최종화, 2017).

마지막으로, 융합연구의 성과 측정 측면에서도 개선이 필요하다. 현재 융합연구는 일반연구와 동일하게 논문, 특허 등 정량 지표로 성과를 측정한다. 그러나 융합은 본질적으로 비정형적 혁신 프로세스를 기반으로 하여, 혁신 투입요소가 매우 다양하고 암묵적 지식 또한 중요한 역할을 하기 때문에 정량지표만으로는 정확한 성과 측정에 한계가 있다. 또한, 최종 목표 달성에는 실패하더라도 과정으로서의 다학제적 협업이 융합의 중요한 가치인데 이 점 또한 정량 성과에 반영되지 않는다는 점에서 큰 한계가 있는 것이다.

우리는 격변의 시대, 초불확실성의 시대에 살고 있다. 인류를 위협하는 기후위기와 탄소중립, 끝나지 않는 코로나19 팬데믹, 격화되는 기술패권경쟁 등 한 치 앞을 내다보기 어려운 상황에서도 우리 사회는 문제의 해결책을 찾고 전략을 세워야 한다. 그리고 그 답을 찾는 가장 빠른 길은 성공적인 융합연구에 있을 수 있다. 하지만 성공적인 융합연구는 연구자에게 더 많은 노력과 시간을 필요로 한다. 융합연구는 오랜 시간 서로를 이해하는 지식 수렴의 프로세스가 기반이 되어야 하기 때문이다. 창의적 융합이 일상이 되는 연구현장을 만들기 위해서는 정부와 연구기관, 그리고 연구자들의 노력과 의지가 필요하다.KST

참고문헌

- Baksansky, O. E.(2014). Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond the Borders of Convergent Technologies. Philosophy and Culture, (7), 1061-1068.
- Flowers (2007). Organizational capabilities and technology acquisition: why firms know less than they buy. Industrial and Corporate Change, 16(3), 317-346.
- Jarillo, J.C (1993). Strategic Networks: Creating the Borderless Organization. Oxford, Butterworth-Heinemann.
- STEPI(2021). 제439회 과학기술정책연구원(STEPI) 과학기술정책포럼 발표자료.
- 김한성 (2019). PEST-SWOT-AHP 방법론을 활용한 융합연구 활성화 방안에 관한 연구 – ICT 융합연구를 중심으로-. 융합연구리뷰, 11(5), 1-28.
- 노영희·이광희·정대근 (2018). 인문사회기반 융합연구 성과 영향요인 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 18(6), 667-678.
- 박일수·김병근(2012). 산·연 협력 공동연구개발과제의 성과 결정요인에 관한 연구, 기술혁신학회지.
- 박종복(2016). 중소기업 융합활동의 성과에 미치는 영향요인에 관한 탐색연구. 한국정보기술학회, 14(2), 167-175.
- 심영대·조근태 (2020). 네트워크분석을 활용한 다학제 분야의 융합연구 동향 분석. 기술혁신학회지, 23(3), 505-528.
- 이광호 외(2013). 융합연구사업 실태조사와 연구개발 특성 분석. 과학기술정책연구원.
- 이광호 외(2013). 융합연구사업의 실태조사와 연구개발 특성분석. 과학기술정책연구원.
- 이봉재·박주형·이희상(2016). 연구집단 특성이 융합연구 성과에 미치는 영향에 관한 실증연구: 선도연구센터 지원사업 중심으로.
- 조지혁·강병삼·최호철·김영준(2018). 정부출연연구원의 융합연구 효율성에 관한 연구: 연구회 융합연구사업 중심으로. 한국정책과학학회보, 22(2), 1-24.
- 최호철·윤석진·박시훈 (2015). 출연(연) 간 융합연구 활성화를 위한 정책적 방향 – 국가과학기술연구회 융합연구단 사업 기획사례를 중심으로. 한국기술혁신학회 2015년도 추계학술대회 논문집.

디지털 기반 연구소로의 혁신을 향한 도전

함 주 영 미래전략팀 선임연구원, jyham@kist.re.kr

KIST 디지털 트랜스포메이션 TF팀

(왼쪽부터)
최상수 기술지원센터장(연구데이터 분과), **한상수** 계산과학센터장(스마트랩 분과), **김낙균** 특성분석센터장(연구지원분과), **최연호** 정보경영실 데이터정보팀장(간사)

4차 산업혁명으로 시작된 디지털 전환(Digital Transformation)의 영향력이 경제 전반을 넘어서 정치·사회·문화 등 전 분야로 확장되고 있다. 전 세계적으로 데이터, 네트워크, 인공지능(AI) 등의 핵심 인프라 구축을 확장하고, 디지털 정책을 주요 어젠다로 설정하는 등 디지털 전환이 국가생존을 위한 필수 전략으로 자리잡고 있다. 최근 KIST에서도 디지털 트랜스포메이션 TF팀을 구성하여 연구소 특성을 반영한 근본적 변화를 위해 정책적 지원과 제도적 기반을 마련하는 등 디지털 전환에 속도가 붙고 있다. 이번 호에서는 성공적인 디지털 전환을 위해 연구, 행정 부문에서 추진하고 있는 혁신을 향한 도전 과정을 들여다보고자 한다.

1 최근 KIST에서는 연구개발 패러다임 선진화의 일환으로 디지털 트랜스포메이션 TF팀을 구성하여 디지털 기반 연구소 환경 구축에 적극적인 방안을 마련하고 있습니다. 본격적인 논의에 앞서 TF팀의 간단한 소개와 그동안의 추진 경과에 대해서 간단히 설명 부탁드립니다.

최연호 : 디지털 트랜스포메이션 TF팀은 크게 연구·연구지원 부문과 행정부문 두 축으로 구성하여 운영하고 있습니다. 연구·연구지원 부문은 연구데이터 수집 및 활용, 연구지원 시스템 고도화, 스마트랩 구축이라는 3가지 측면에서 연구 패러다임의 전환을 모색하고 있습니다. 각 연구부서에서 생성된 데이터를 수집하는 플랫폼을 구축하고, 여기에 인공지능(AI)과 빅데이터 기술을 적용하여 미래 연구개발 수요에 대응할 수 있는 기반을 마련하고 있는 것이지요. 행정부문에서는 디지털 기반의 업무환경을 구축하기 위하여 구매, 재무 등의 직군에 로봇 프로세스 자동화 기술(RPA)을 도입하여 반복적이고 정형화된 업무를 자동화하려고 하고 있습니다. 이 외에도, 업무 협업 솔루션 툴, 데이터 공유 플랫폼 등을 도입하여 시범 운영하는 등 효율적인 업무환경 개선을 위해 노력하고 있습니다.

최 상 수 기술지원센터장(연구데이터 분과)

최상수 : 최연호 팀장님께서 말씀해주신 것처럼, 결국 큰 틀에서 보면 저희 TF팀은 연구/행정 분야에 있어서 업무 '효율화'와 '선진화'를 목표로 추진하고 있다고 보시면 되겠습니다. 저희의 역할은 연구소 특성에 기반한 디지털 전환을 추구함에 있어서 원내 수요와 추진 방향을 점검하고, 연구부문과 행정부문이 잘 융합할 수 있도록 가교역할을 하는 것이라 생각합니다. 앞으로 매월 정기적인 실무협의를 거쳐 분기 혹은 반기별로 성과를 점검하고 협업을 진행할 계획입니다.

제가 속해 있는 기술지원센터에서는 새로운 연구개발 패러다임에 맞는 연구지원 환경을 구축하는 업무를 맡아 진행하고 있습니다. 연구장비 및 데이터 관리시스템, 예약 시스템 등의 효율적인 방안을 설계·기획하여 연구진의 연구 몰입도를 향상시키고 우수한 연수 성과 창출에 도움을 주고자 합니다. 특히, 연구자 친화적인 전자연구노트, KIRI(KIST R&D Informatics) Note를 올해 하반기에 ver1.2에서 1.3으로 업데이트 하였고, 사용자 관점에서의 편의성이 한층 고려된 ver2.0 개발을 진행하고 있었습니다. 고도화 작업을 매년 추진하고는 있지만 더 빠른 속도로 진화하는 디지털 기술과 연구자의 수요를 매번 수용하기가 어렵긴 합니다. 최대한 지속적으로 개발자와 수요자간에 파트너쉽을 발휘하면서 혁신해 나갈 계획입니다.

한상수 : 저는 연구·연구지원 부문 중에서도 스마트랩 분과를 담당하고 있습니다. '미래의 4차 산업혁명형 연구실은 과연 어떤 모습일까' 하는 관점에서 소재 분야에 미래의 연구실을 꾸며보는 것이 목표입니다. 저희는 크게 2가지 일을 추진하고 있는데, 첫째로 계산과학 기반의 시뮬레이션 플랫폼을 구축하여 KIST 원내 연구진분들께 제공하는 것입니다. 실제로 연구를 하다 보면 실험만으로 설명하기 어렵거나 데이터 해석이 불가능한 상황에 부딪치게 됩니다. 따라서 계산과학에 대한 수요가 원 내에서도 점점 많아지고 있는데요. 연구자라면 누구나 계산과학을 쉽게 활용하여 실험으로 불가능했던 영역을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 예측하고 체계적으로 연구할 수 있도록 하는 것이 저희의 목표입니다. 계산과학자 없이도 연구자가 스스로 플랫폼 상에서 클릭 하나만으로 분석할 수 있는 연구 환경을 제공하는 것이지요.

두 번째는 시간적·공간적 제약을 받지 않고 연구할 수 있는 환경을 구축하는 일입니다. 연구진이 연구실 실험장비 앞에서 밤낮으로 수많은 시행착오(trial and error)를 겪으며 새로운 소재를 연구하는 게 아닌, AI가

결합된 로봇에게 이를 한번 맡겨보려고 합니다. 지금까지의 컴퓨터는 연구진이 입력한 조건 안에서만 계산을 했다면, AI 로봇은 계산능력뿐 아니라 다음 스텝의 공정까지 예측을 할 수 있을 겁니다. 실험 횟수를 획기적으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라 우리가 수행할 연구를 로봇이 대신해 줄 수 있기 때문에 연구진은 다양한 공간에서 다른 연구에 몰입할 수 있게 됩니다. 결국 AI 로봇이 신소재를 개발하는 미래를 만드는 것이 저희 센터가 그리고 있는 청사진입니다.

김낙균 : 저희 특성분석센터에서는 분석 차원에서 생성된 연구 데이터를 체계적으로 수집하여, 연구자들이 언제든지 활용할 수 있도록 유지·관리하는 기능을 담당합니다. 수집된 데이터는 표준화된 형태의 메타데이터로 구축하고 AI가 학습할 수 있도록 준비합니다. '다음의 연구 방향은 무엇이 될 수 있을까'를 AI가 제시해주게 될 날을 기대해볼 수 있지 않을까요.

앞서 말씀해주신 3가지 분야 모두 연구하는 과정에서 생산되는 방대한 양의 데이터를 잘 구축하여 언제든지 연구진들이 활용할 수 있도록 유지·관리하는 것이 매우 중요합니다. TF팀에서는 디지털 전환의 성공적인 안착과 실행을 위해 각 단계별 디지털 성숙도를 진단하고 추진전략을 정비해 나갈 예정입니다. 정보통신팀, 기술지원센터 그리고 계산과학센터에 계신 실무자분들과 협업하여 중요한 역할을 해 나아가겠습니다.

2 디지털 기반의 연구환경 구축과 연구행정 개선이 어떠한 의의를 지니고 있는지 궁금합니다. 앞서 설명해 주신 목표를 실현하기 위해서 각 분야에서 극복해야 할 도전 과제가 있다면 무엇인가요?

최연호 : 전 세계적으로 많은 기업들이 디지털 전환을 가속화하고 있고, 디지털 선도 기업과 후발 기업간의 성장률 또한 많은 차이를 보이고 있습니다. 저희는 다소 늦은 바가 있습니다만 이제는 선택이 아니고 필수라는 생각이 듭니다. 앞으로는 원격근무 등 온라인 환경에서 더 활발하게 일하는 방식으로 바뀌어 나갈텐데요. 많은 직원들이 서로 다른 공간에서 소통하며 일할 것이고, 상당 시간이 소요되는 반복적이고 정형화된 일들은 로봇(컴퓨터)이 대신하여 우리는 좀 더 가치 있는 일에 몰입하는 환경이 오지 않을까 싶습니다. 또한, 다양한 업무들이 RPA를 통해 자동화되면서 칸막이 없는 조직 형태로의 변화를 상상해 볼 수 있습니다. 업무에 따라 직원들이 유동적으로 이동하는 유연한 조직 말이죠. 하지만, 걸림돌이 없는 것은 아닙니다. 디지털 전환을 위해서는 디지털 환경을 제공해줄 수 있는 시스템과 제도가 우선적으로 구축되어야 하고, 이를 수용할 수 있는 조직문화 또한 변화되어야 합니다.

김 낙 균 특성분석센터장(연구지원분과)

김낙균 : 체계적인 자료 관리를 통해 업무 효율이 향상되고, 빅데이터 기반의 연구지원을 통해 그동안 우리가 상상하지 못한 새로운 연구 방향을 제시함으로써 질 높은 연구가 가능하게 되겠지요. 하지만 앞서 최연호 팀장님께서 말씀해주신 것처럼 새로운 시스템을 구축하고 정착하기까지는 극복해야 할 과제가 많습니다. 먼저, ICT 업무를 총괄하고 있는 정보통신팀을 비롯하여 인프라를 확충하고 디지털 기술을 접목하기 위한 전문인력 확보가 가장 필요합니다. 실무진분들이 밤샘 작업을 진행한다 하더라도 플랫폼을 구축하고 디지털 시스템으로 전환하기까지 상당한 시간이 소요될 것으로 예상됩니다. 또한, 조직문화 측면에서도 디지털 기반의 새로운 환경 변화를 유연하게 수용하기 위한 자세가 중요한데요. 저희도 직원들이 새로운 업무(연구)방식에 빠르게 익숙해질 수 있도록 지속적으로 교육 프로그램을 제공할 계획입니다. 이 외에도, 연구데이터 수집 시 정보의 보안성 문제 또한 극복해야 할 난제 중 하나로

볼 수 있습니다.

한상수 : 네. 데이터 공유라는 것이 연구 측면에서 봤을 때 보안(security) 이슈와도 직결되는 부분이 있어 극복하기가 쉽지 않을 것 같다는 생각이 듭니다. 디지털 전환을 위해 많은 데이터가 축적되면 불필요한 실험은 하지 않아도 될 뿐 아니라 기존에 알지 못했던 새로운 지식이 창출될 수 있어 연구 수월성 측면에서 많은 강점을 지니고 있습니다. 하지만 만약 내가 힘들게 연구해서 생산된 데이터가 어느 누군가에게는 자유롭게 노출될 수 있는 환경에 놓인다고 한다면, 연구자 입장에서도 달갑지만은 않은 상황이 초래될 수 있습니다. 지금 정부에서 추진하고 있는 국가 소재 연구데이터 센터나 국가 R&D 과제 보고서 DB에 유의미한 데이터들이 수집되어야 하는데, 그렇지 않은 경우가 많아 아예 처음부터 데이터를 체계적으로 만들 수 있는 플랫폼을 구축하자는 이야기 또한 나오고 있습니다.

김낙균 : 맞습니다. 지금은 비록 실패한 데이터라고 하더라도 나중에 좋은 논문으로 활용될 수 있으니까요. 과연 연구자들이 데이터를 어느 범위까지 공유할 수 있을 것인가, 하는 게 중요한 사항인 것 같습니다. 논문에 게재된 데이터는 공개·수집되어도 괜찮지만, 전자노트에 작성한 디테일한 내용이 수집될 경우에는 여러 연구자의 동의를 얻어야할 것 같습니다.

최상수 : 연구자들이 생각하기에 데이터 보안의 경중에 따라 크리티컬한 부분은 원 차원에서 관리하고, 그렇지 않고 공개되어도 무관한 데이터들은 KISTI와 같은 국가가 관리하고 있는 데이터 서버에 제공해도 되지 않을까 싶습니다. 별도의 MOU를 통해 보안에 각별히 유의해달라는 주문도 할 수 있지 않을까요.

3 현재 연구현장에서는 시뮬레이션을 활용한 계산과학 기반 연구가 널리 수행되고 있습니다. 디지털(데이터) 기반 R&D는 기존 계산과학 기반 연구와 어떠한 차이점이 있는지 궁금합니다. 타겟팅하고 있는 연구 분야는 무엇이며, 인공지능과 빅데이터를 활용하면 연구범위를 얼만큼 확장할 수 있을까요?

최상수 : 계산과학 연구는 실험 결과만으로 미래를 예측하기 어려운 경우 시뮬레이션을 통해 실험값에 대한 오차를 줄이는 데 활용되고 있습니다. 데이터 기반 연구는 이보다 광범위한 개념으로 정형/비정형 데이터를 DB화하여 유기적으로 연결하고 효율적으로 관리하여, 빅데이터를 기반으로 원하는 결과를 빠르게 얻는 데 중점을 두고 있습니다. 저희 분과에서는 원 내에서 많이 활용하는 분석 장비를 대상으로 자동 수집기를 통해 데이터를 표준화하고, 기계학습으로 물성을 예측하고 설계하는 데 중점을 둘 예정입니다. 또한, 전자연구노트에 기술적인 협업 툴을 연결하여 연구효율을 극대화하고 실험 지식을 축적하여 연구 방식에 있어 한 단계 발전된 환경을 제공할 수 있도록 할 예정입니다. AI와 빅데이터를 활용하면 기존 연구 방식과 대비하여 수십배는 확장될 수 있을 것이라 생각됩니다.

한 상 수 계산과학센터장(스마트랩분과)

한상수 : 소재 분야에 국한해서 계산과학 연구와 디지털(데이터) 기반 연구의 차이점을 설명드리면, 계산과학은 기존에 알려진 물리적 법칙에

따라서 컴퓨터 시뮬레이션을 돌리고 이를 통해 특성을 예측하게 됩니다. 하지만 AI는 데이터 간의 상관관계만을 보고 판단하기 때문에 앞서 이야기한 물리적인 법칙을 필요로 하지 않습니다. 많은 데이터들이 수집되어 새로운 지식이 창출되게 되면 계산과학이 그동안 수행하지 못했던 한계를 AI가 뛰어넘을 수 있는 것이지요. 하나의 예로, 연구자가 원하는 물성의 새로운 소재를 AI가 알아서 찾아줄 뿐만 아니라 그 신소재를 합성하는 공정과정까지 누구보다도 빠르게 알려줄 수 있을 겁니다. 그동안 계산과학을 통해 알지 못했던 영역까지 들여다 보는 것, 궁극적으로 우리가 가야만 하는 길이지요.

4 순수과학·공학 연구자는 앞으로 인공지능·데이터 분야의 전문가와의 협업도 굉장히 중요할 것 같습니다. 데이터 플랫폼을 사용하는 연구자의 입장에서 미리 준비를 해둬야 할 점이 있다면 무엇일까요?

최상수 : AI/데이터 분야의 전문가와 협업을 위해서는, 활용 가능한 데이터를 기록하고 의미 있는 메타데이터로 구축하는 것이 중요하다고 생각합니다. 또한 연구자 개인의 연구영역 도메인 지식(domain knowledge)을 기반으로 협업 시 필요로 하는 아웃풋 이미지(output image)를 잘 표현한다면 AI·데이터 분석가들과 잘 융합되어 성공적으로 협업할 수 있지 않을까 생각됩니다.

5 최근 코로나19로 업무형태가 비대면 원격근무로 변화하면서 디지털 환경 구축에 많은 이목이 집중되고 있습니다. 기존 업무환경의 자동화를 넘어 어떠한 청사진을 그릴 수 있을까요?

최연호 : 지금까지 저희 팀에서 수행한 전산화 업무란 아날로그 형태의 정보를 디지털로 전환하는 것이었습니다. 예전에는 충분히 효과적이었지만 이미 많은 영역에서 전산화가 되어있기 때문에 앞으로는 ICT 기술을 접목한 스마트한 방법을 이끌어내는 데에 중점을 두고 있습니다.

최 연 호 정보경영실 데이터정보팀장(간사)

비대면 협업툴(두레이), 업무자동화(RPA), 데이터 공유 플랫폼(데이터마트)과 같이 외부에서 성공하고 검증된 시스템을 도입하고 있으며, 현재 추진하고 있는 행정부문의 디지털 전환 컨설팅 이후에는 조직문화 형태 개선, 스마트한 공간설계 등 다양한 분야에서 디지털 전환이 추진될 것으로 기대하고 있습니다.

최상수 : 연구진들이 연구 외적인 행정업무 부담에서 벗어날 수 있는 환경이 되었으면 좋겠습니다. 교육이수 현황 알림을 예로 들면, 각 카테고리별로 이수해야할 과목 수와 예정된 교육과정을 스마트하게 알려주면 좋겠습니다. 또한, 원무회의나 보고자료 등를 작성할 때에도 실무자들이 별도로 취합하거나 정리하기 보다는, 텍스트를 입력하면 자동으로 포맷이 구성되어 출력될 수 있도록 해주면 훨씬 스마트하게 업무방식이 변화되지 않을까 합니다.

한상수 : 저는 또 다른 한편으로는 이런 생각도 해보았습니다. 인사 조직에서 데이터가 많이 쌓이게 되면 채용 시 지원서만 보더라도 지원한 분의 퍼포먼스를 충분히 예측할 수 있지 않을까. 기업체에서도 충분히 활용될 수 있는 분야지요. 최근에는 논문의 초록만 업로드하면 게재될 수 있는 저널의 Impact Factor(IF)를 알려주는 시스템을 만들고 있는 것으로 알고 있습니다. 우리 KIST에도 이런 시스템이 있다면 논문 메뉴스크립트를 작성한 이후 어느 정도 수준의 저널에 투고할 수 있는지, 어떤 부분을 보완하면 더 높은 IF의 저널에 게재될 수 있는지를 가이드

해주는 세상이 오지 않을까요.

김낙균 : 데이터만 주고도 논문화 될 수 있는 세상이 오면 좋겠습니다 (웃음).

6 KIST가 디지털 기반의 연구소로 한걸음 도약하기 위해 TF팀의 임무가 막중한 것 같습니다. 여기 모이신 분들의 협력 또한 중요할 것 같은데요. 앞으로 어떻게 협력하시면서 추진하실 계획이신지, 또 마지막으로 하고 싶으신 말씀 있으시면 부탁드립니다.

김낙균 : 네. 무엇보다도 성공적인 디지털 전환을 위해서는 개발자들과 정보통신팀과의 협력이 무엇보다 중요하다고 생각합니다. 연구부문의 디지털 전환 또한 계산과학센터 중심으로 이루어지고 있는데, 다른 연구부서에서의 수요조사를 기반으로 연구 분야를 확장하고 방법론을 다양화할 필요가 있다고 봅니다. 타 부서간 서로 협의하고 결정해야 할 사항들이 시스템으로 자동화된다면 업무 효율성이 극대화될 것 같습니다.

최상수 : 저희는 디지털 트랜스포메이션 추진위원회를 통하여 월 1회 정도 연구/행정 부문 간 실무자 업무협의를 진행할 예정입니다. 계획대로라면 내년 상반기에는 소·본부 워크샵에서도 같이 논의할 예정이니 앞으로 지켜봐 주시면 좋겠습니다. 마지막으로 KIST가 연구/행정 부문에서도 선도적으로 앞장서서 타 기관에 모범이 되는 한국형 R&D 디지털 전환 선진화 모델이 될 수 있기를 바랍니다.

최연호 : 네. 현재 계획상에는 정기적으로 연구부문과 행정부문은 실무협의를 하고, 외부 인사가 포함된 추진위원회에서 반기(혹은 분기) KIST 디지털 전환 점검회의가 계획되어 있습니다. 서로 성공사례를 공유하고 필요한 사항들은 같이 논의하며 진행할 계획입니다.

한상수 : 요즘 많은 출연(연)에서 디지털 기반 연구환경 구축에 많은 관심을 갖고 있습니다만, 저희처럼 연구와 행정 부문이 같이 협력하여 추진하는 곳은 아직 없는 것 같습니다. 시간이 조금 걸리더라도 정말 잘 구축이 되어서 한국형 디지털 기반 연구소의 선도적 모델이 만들어졌으면 좋겠습니다.

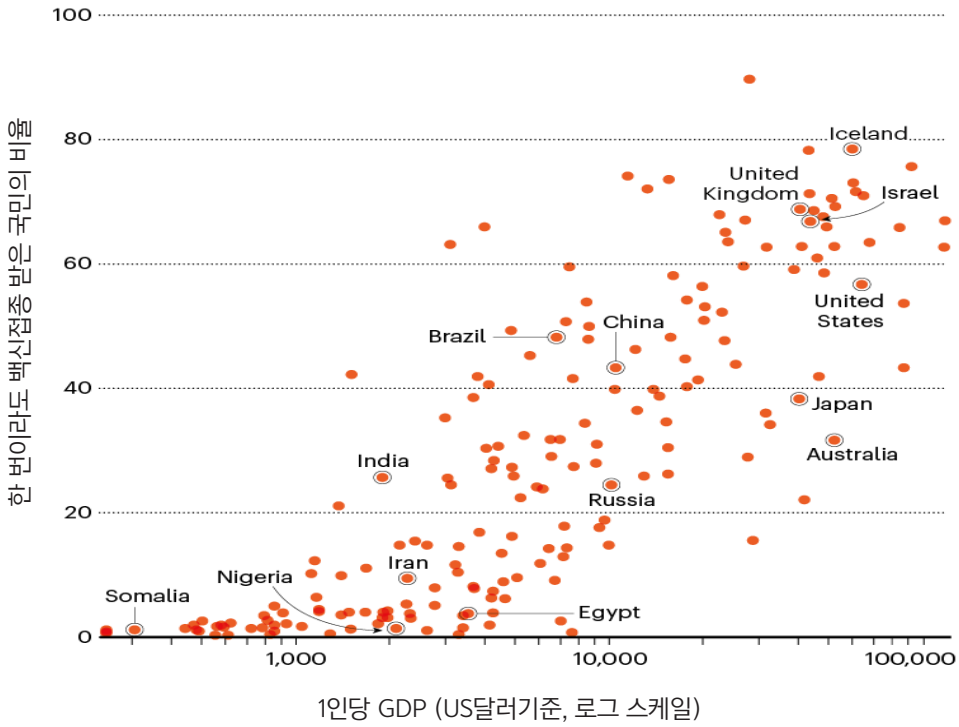
미래 감염병에 대응하는 차세대 백신 주권 확보

정 학 숙 테라그노시스연구센터 책임연구원, hschung@kist.re.kr
박 규 홍 정책기획팀 선임연구원, kyuhong.park@kist.re.kr

2019년 12월 코로나19 바이러스 출현으로 발생한 팬데믹은 전 세계적으로 2억 7천만명이 넘는 확진자와 530만명이 넘는 사망자를 남겼으며 아시아개발은행은 2020년 5월 이미 코로나19로 인한 세계 경제손실 규모가 1경원에 달할 것으로 분석하였다. 지난 2년간 모든 것을 코로나19가 집어삼켰다고 해도 가히 과언이 아니다. 전 인류는 코로나19 팬데믹 극복을 위해 기존의 전통적 방법뿐만 아니라 mRNA 기반 기술을 활용한 신규 백신 상용화를 단기간에 성공하는 등 백신 개발을 위해 모든 역량을 집중하였다. 화이자는 2020년 11월 백신 출시를 앞두고 자사 건물에 'Science will win'이라는 구호를 내걸었으며, 현재 개발된 백신은 아직 치료제의 개발이 지지부진한 시점에 팬데믹에 대응할 가장 유의미한 수단으로 여겨진다.

현재 각국의 기업에서 다양한 종류들의 백신들이 개발되어 활용되고 있으나 범지구적인 시선으로 보았을 때는 앞으로도 갈 길이 멀어보인다. 특히 코로나19의 장기화로 인한 새로운 변이 바이러스 등장, 백신 효능 기간 만료, 이에 따른 부스터샷 수요 등으로 전세계적으로 백신의 부족 현상과 수급 불균형이 나타나고 있다. 이 중 전 세계적 백신 수급 불균형은 국가의 경제력과 큰 상관관계가 있음을 쉽게 통계로 확인할 수 있다. 통계에 따르면 현재 주요 20개국이 89%의 코로나19 백신을 독점하고 있고 이러한 경향은 잇따른 변이 발생으로 인한 기존 백신 무용화와 부스터샷 수요로 인하여 더욱 심화될 것으로 전문가들은 예측하고 있다. 최근 맹위를 떨치고 있는 오미크론이 처음 발견된 곳인 보츠나와와 남아공의 백신 접종률이 20% 안팎인 점을 감안하였을 때 WHO는 낮은 접종률이 바이러스의 변이에도 영향을 미쳤을 것이라고 지적하고 있다. 바이러

| 그림 1. 전세계 백신 수급 불균형 |



출처 : Nature (2021.6)
주 : 1인당 GDP 기준 상위국은 국민의 50% 이상, 중상위국은 30%, 중하위국은 14%, 하위국은 1% 가량만이 백신을 한 차례 이상 접종받음

스의 확산뿐만이 아니라 선진국의 백신 독점은 결국 세계 경제에도 영향을 미친다. WHO는 백신 불평등이 지속될 경우, 경제적 손실이 6,200조원에 이를 것이라고 경고하기도 하였다.

우리나라 또한 안심할 수만 있는 상황은 아니다. 2021년 상반기에는 백신 제조국의 자국 우선주의로 인하여 선진국인 우리나라마저도 화이자·모더나 등의 백신 수급에 어려움이 있었다. 현재는 백신 수급이 안정적인 상황이지만 변이 발생 등 외부적 요인으로 인하여 언제 또 백신 대란이 발생할지는 예측하기 어렵다. 우리나라는 2009년 신종플루 유행 시 이미 백신 확보의 중요성을 확인하고 백신주권의 중요성을 인식했으나 여전히 신변종 감염병 대응기술력은 세계 최고 수준에 비해 최대 5년가량 뒤져있는 상황이다. 그 어느 때보다 백신에 대한 수요가 넘쳐나는 이 시점에 코로나19에 관련한 국내 기술로 개발된 백신이 상용화되지 못한 점은 못내 아쉬운 상황이다.

이처럼 백신의 국산화는 국민의 건강과 국가의 사회·경제적 안정에 직결화된 문제이다. 그렇다면 백신은 어떤 기술로 이루어져 있고 최근의 세계적·우리 기술의 발전 동향은 어느 수준일까?

감염병과의 투쟁의 최전선을 담당하는 백신기술

인류 최초의 백신은 200여 년 동안 수억 명의 목숨을 앗아간 천연두를 종식시킨 1796년 에드워드 제너의 종두법에서 시작되었다. 백신의 어원 또한 이 천연두 백신에서 나왔는데, 인간에게 천연두(smallpox) 바이러스와 같은 과에 속하는 소천연두(cowpox)를 앓은 소에게 추출되는 우두균을 주사하면 질병 없이 천연두에 대한 면역력이 부여된다. 이에 파스퇴르는 암소를 뜻하는 라틴어 Vacca에서 기인하여 백신(Vaccination)이라는 명칭을 지었다. 파스퇴르는 이후 탄저병, 광견병 백신을 개발하였으며 인류는 꾸준한 연구를 통해 20세기 초반의 백일해, 디프테리아, 파상풍 백신 20세기 중반의 소아마비와 홍역 백신의 개발 등 많은 어린

이와 인류를 치명적인 감염병으로부터 구해내었다.
백신의 기본 원리는 가공 또는 약화된 병원체를 인체에 주입하는 것이다. 이를 통해 바이러스를 간접적으로 경험한 인체는 이에 대한 면역을 생성하고 실제 병원체가 향후 들어왔을 때 백신으로 쌓은 경험을 활용하여 이를 퇴치한다.

우리 몸의 면역 시스템을 살펴보면 크게 선천면역과 후천면역으로 나뉜다. 병원균이 갖는 분자패턴을 인식하여 활성화하는 물리적 방어체계인 피부, 점막, 상피세포 등이 활약하는 선천면역이 있고 병원체에 대한 항체를 만들어 제거하는 후천면역이 있다. 감염된 세포에 대응하는 T세포와 B세포는 감염원이 제거된 후에도 일부 남아서 재감염에 대비하는데 백신은 이 후천면역의 면역학적 기억을 활용한다.

백신을 활용하기 위해서는 두 가지 조건을 만족해야 한다. 먼저 투입하는 병원체에 대한 병을 일으키지 말아야 한다. 면역을 형성하기 위한 경험을 제공하는 백신이 해당 병의 원인이 돼서는 안 되기 때문이다. 또한 병원체를 중화하고 억제하는 항체가 형질세포에서 생성되도록 해야 하며 병원체에 대한 공격을 맡는 T세포의 활성화 또한 유도되어야 한다. 위의 천연두 백신 또한 천연두 바이러스와 유사한 소천연두 바이러스는 인간에게 큰 질병을 일으키지 않기에 소천연두를 경험하고 퇴치해본 경험을 통해 천연두에 대한 면역을 획득한 것이다.

이 두 조건을 만족하기 위해 지금까지는 전통적으로 병원체를 약화(생백신) 및 비활성화(사백신)하는 방식을 사용했다. 생백신은 통상 소량으로 면역유도가 가능하며 지속기간이 길어 추가접종 기간이 짧은 장점이 있으며 사백신은 병원체를 활용하지 않기에 안정성이 높지만 지속기간이 짧아 여러차례 접종이 필요하다. 결핵, 수두, 홍역, 소아마비 등에 활용되는 생백신과 사백신을 통상 1세대 백신으로 분류한다. 사백신 기반의 코로나19 백신으로는 중국의 시노백이 있다.

병원체의 일부분을 이용하거나(아단위) 독소를 불활성화한(톡소이드) 백신 등은 2세대 백신으로 분류 된다. 아단위 백신은 재조합 단백질 백신이라고도 하는데 B형간염, 자궁경부암 등 오랜기간 사용해온 검증된 플랫폼이자 국내 기업들이 주로 집중하고 있는 백신 플랫폼이다. 살아있는 바이러스를 공정상에서 처리하지 않기에 안전성이 높지만 상대적으로 낮은 면역반응을 보여 면역증강제와 같은 보조제의 투여가 필요하여 면역증가제 관련 기술이 필요하다. 노바벡스가 대표적인 아단위 코로나19 백신으로 WHO와 유럽에서 승인되어 곧 사용될 예정이다.

3세대 백신으로는 유전자 혹은 항원을 숙주의 표적 조직에 전달해주는 살아있는 재조합 바이러스를 활용한 바이러스벡터 백신과 항원에 해당하는 정보를 담고 있는 유전물질을 전달하는 DNA백신, mRNA백신 등이 있다. 우리에게 익숙한 아스트라제네카(AstraZeneca)와 얀센(Janssen)에서 내놓은 백신이 바이러스벡터 백신이고, 화이자(Pfizer)와 모더나(Moderna)에서 출시한 백신이 대표적인 mRNA 백신이다. 최근 급부상하고 있는 mRNA 백신에 대해서는 좀 더 자세히 알아보도록 하자.

가장 주목을 받고 있는 mRNA 백신

이번 코로나19 관련 백신과 의학기술 중 가장 주목을 받았던 기술은 mRNA 백신이다. mRNA가 무엇인지 뜯어보면 RNA는 DNA와 함께 생명의 가장 대표적인 유전물질이다. DNA는 생명의 유전정보를 담고 있고 필요한 유전정보를 RNA에 전달할 수 있는데 이 '전사'과정을 통해 RNA가 합성된다. 그리고 RNA는 전달된 유전정보를 가지고 단백질을 생산하는데 번역 과정 거치게 되고 DNA가 단백질로 생산되는 과정을 센트럴 도그마(central dogma)라고 한다. 센트럴 도그마는 이름 그대로 중심 원리라고 번역할 수 있는데 이름과 같이 유전정보가 생체 내에서 어떻게 전달되는지를 분자 수준에서 밝힌 분자생물학의 가장 중요한 이론 중 하나이며 이때 유전정보를 전달하는 역할을 하는 RNA를 mRNA (messenger RNA)라고 부른다. mRNA는 쉽게 말하면 유전정보를 가지고 있는 설계도라고 생각할 수 있는데 이 특성을 의료 분야에서 활용하기 위하여 지금껏 오랜 노력이 있어왔다.

먼저 mRNA의 생산을 위한 인공적인 합성기술이 부재하였지만 1980년대 DNA의 양을 늘리는 유전자증폭기술이 개발되며 mRNA 합성이

가능하게 되었다. 합성은 성공했지만 다음 단계가 문제였다. mRNA의 주입 시 전달 효율이 낮았으며 동물 실험에서 면역반응이 심각하게 일어나는 부작용이 있어 의료품으로의 개발이 좌절되는 듯 싶었다. 하지만 2000년대 RNA를 보호하고 세포 안으로 들어갈 수 있게 도와주는 약물 전달시스템인 지질나노입자가 개발되며 문제가 해결되었다. 그리고 2005년 드디어 그간 초기부터 꾸준히 mRNA를 연구해왔던 커털린 커리코(Karikó Katalin)가 드루 와이즈만(Drew Weissman)과 함께 면역반응에서 자유로운 변형 mRNA를 활용하여 동물실험을 통해 효능을 확인하였다. 바야흐로 mRNA의 시대를 열 단초가 제공된 것이다. 이 변형 RNA를 활용한 백신과 치료제를 개발하기 위해 데릭 로시(Derrick Rossi)가 설립한 기업이 모더나이며 2010년 설립된 모더나 기업명의 유래 또한 modified RNA에서 왔다.

mRNA 백신은 기존 백신과 다르게 항원을 직접 주입하는 것이 아닌 체내에서 항원 단백질을 만들 수 있는 mRNA를 주입하는 원리로 개발되었다. mRNA는 앞서 설명한 바와 같이 설계도 역할을 하기 때문에 세포로 주입되어 코로나 바이러스의 특성인 스파이크 단백질을 체내에서 생산하고, 생산된 스파이크 단백질이 항체형성을 유도하는 항원의 역할을 수행하는 것이다.

mRNA백신은 직접적인 감염원을 다루지 않아도 되기에 안전성이 높으며 비슷한 원리인 DNA백신에 비해 체내에서 빠르게 분해되어 부작용의 우려 또한 상대적으로 적은 편이다. mRNA 백신의 또다른 장점은 대응하고자 하는 바이러스의 염기서열을 확보하면 쉽게 합성이 가능하기 때문에 새로운 감염원이나 변이에 대한 백신 개발에 빠르게 착수할 수 있다는 점이다. 코로나19 백신의 경우 모더나는 유전자 정보 공개 후 25일 만에 1상 임상시험에 필요한 백신을 만들었는데 이는 타 백신에 비해 압도적인 생산 속도이다. 초기 개발을 위해 필요한 시간과 비용이 적다는 것은 변이나 대상 환자가 적은 병에 대한 대응이 용이하다는 것이기에 향후 의학시장에 미칠 영향력은 어마어마하다고 할 수 있다. 다만 코로나 백신 이전에는 RNA 백신이 상용화된 적이 없는 짧은 역사를 지닌 점은 앞으로도 꾸준한 연구가 진행되어야 함을 말해 준다.

새롭게 떠오르는 신무기 비강 백신

최근 예일대에서는 비강(코)로 투여하는 백신이 코로나19변이에 효과가 있다는 동물실험 연구결과를 발표하였다. 해당 백신은 주사 방식에 비해 코로나19를 포함한 다양한 호흡기 바이러스에 더 효과적인 면역력을 제공할 것으로 기대된다. 백신의 접종 경로(비강, 설하, 경구, 근육 등)에 따라 면역반응이 유도되는 조직이 달라지는데 감염원에 적합한 접종 경로를 선택하는 것은 감염 예방에 더 효과적인 선택지가 될 수 있다.

주사형 백신과 같은 근육투여 백신은 전신면역반응을 유발하는데 한정되는 반면에 점막백신의 경우 전신면역반응 외 초기 감염이 집중적으로 일어나는 부위에 대한 점막면역반응 또한 유도가 가능하기 때문에 더 효과적이다. 이번 코로나19의 경우 백신 접종률이 높은 나라 또한 확진자수가 높게 유지되고 있는데 상기도를 통한 바이러스의 전파력이 그 원인으로 추정되고 있다. 비강 백신의 경우 추가적으로 호흡기에서 강한 면역 반응을 유도할 수 있으며 상기도 감염을 예방하여 바이러스의 체외 배출 또한 감소시킬 수 있다. 이처럼 비강백신은 일반적으로 폐감염 예방에 한정적인 효과를 가진 근육백신에 비해 코로나19와 독감백신 등 호흡기 관련 질병에 대한 예방과 동시에 전파를 막는데 효과적이다.

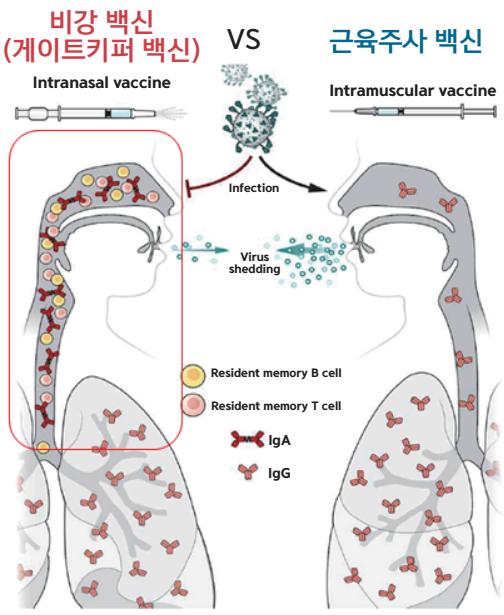
또한 같은 점막 백신 중 하나인 경구 백신에 비해서도 더 적은 항원으로 면역반응을 일으킬 수 있어 부작용 측면에서도 상대적인 강점이 있다. 더불어, 주사 방식을 사용하지 않아 바늘에 대한 두려움이 있는 환자에게도 활용이 가능하며 투여 방법 또한 쉽기 때문에 의료시스템의 부담을 완화하는데 기여할 수 있다. 이러한 병원체 감염과 전파경로에 대한 방어막을 구축하는 감염경로 맞춤형 백신에 대한 연구의 중요성이 주목받고 있으며 KIST 또한 비강형 백신 개발계획을 발표하기도 하였다.

KIST의 백신 관련 연구

코로나19 이후에 다가올 수 있는 미상의 Disease X에 대응하는 백신 개발을 위한 연구가 국내에 활발히 진행되고 있다. KIST 역시 단백질

재조합 백신, mRNA백신, 감염경로 평가 시스템 관련 다양한 원천기술들을 보유하고 있다.

| 그림 2. 비강백신과 근육주사 백신 |

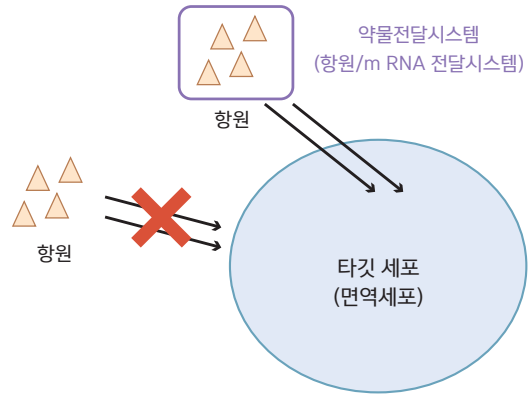


출처: Science, Scent of a vaccine, 2021.7.23.

(1) 약물 전달시스템

필요한 만큼의 약물(항원이나 mRNA)을 원하는 표적(세포)에 효율적으로 전달하는 것과 부작용을 최소화 할 수 있는 제형을 설계하여 백신의 효능을 최적화 하는 가장 중요한 관련 기술 중 하나는 바로 약물전달시스템(DDS, drug delivery system)이다. 앞서 소개한 mRNA 관련 의약품의 상용화에 결정적인 역할을 한 지질나노입자가 이 기술의 대표적인 결과물이다. 기존 백신에 가장 많이 활용되었던 살아있는 균이나 바이러스의 경우 자체적 전달시스템을 가지고 있지만 병을 발생시킬 수 있는 단점이 있다. 반면 mRNA나 단백질 기반 항원은 안전하지만 약물전달시스템에 탑재되어야만 효과적으로 타깃 세포로 전달되어 기능 수행이 가능하다. KIST는 다양한 소재 기반 약물전달 기술을 확보하고 있으며 대표적으로 의료용 고분자, 고분자 나노입자 전달기술, 표적항암물질 전달 기술, 고효율 핵산 전달체 개발 및 대량 생산 기술 등을 보유하고 있다.

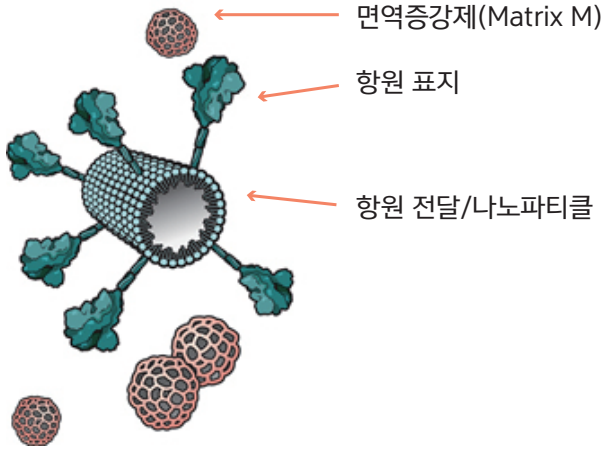
| 그림 3. 약물 전달시스템 작용 원리 |



(2) 면역증강제

면역증강제는 백신에 대한 효과적인 면역반응을 유도하기 위해 항원과 혼합하여 사용하는 물질이다. 이상적인 면역 증강제의 특성은 적은 항원양으로도 충분한 항체반응을 유도할 수 있게 한다. 또한 백신효과를 증가시켜 주기에 추가접종의 필요성을 감소시켜 준다. 공급자 측면에서는 항원양의 감소로도 백신이 작동 가능하기에 생산량을 늘려 효율적인 백신 공급이 가능하게 하며 면역증강제는 추가적으로 백신의 반응성 확장에도 기여할 수 있기에 독감과 같은 케이스에서 범용백신을 개발하는데도 중요한 역할을 하고 있다. 최근 WHO와 유럽에서 승인된 노바벡스와 같은 재조합 단백질 백신의 효과를 높이기 위해서는 면역증강제 기술이 필수적인데 해당 기술은 GSK나 노바티스(Novartis)와 같은 글로벌 기업만이 소수 보유하고 있다. 코로나19백신 개발에 사용되고 있는 대표적 면역증강제로는 노바백스의 Matrix-MTM (QS-21)이나 GSK의 AS03, AS01B (MPL+QS21)등이 있는데 해당 면역증강제는 자연추출물 기반의 면역증강제로 대량생산의 한계와 생산 가격, 품질 관리의 어려움 문제를 가지고 있다. KIST의 경우 쉽게 대량생산이 가능하여 생산 단가를 획기적으로 줄인 면역증강제 (EcML) 관련 기술을 보유하고 있으며 이는 국내 백신 업체인 유바이로직스 개발에 활용되고 있기도 하다.

| 그림 4. 노바백스 코로나 재조합 백신 모식도 |



출처 : Science (2020)

(3) 인간면역계모사 Human Ex-vivo 효능/독성 평가시스템

비임상단계에서 활용되는 동물모델의 경우 감염경로별 면역체계 접근성이 인간과 다르기 때문에 인체감염을 모사하는 것이 어렵다. 그렇기에 동물모델을 기반으로 할 경우 이는 임상시험 실패의 원인이 되기도 한다. 임상시험 실패확률을 낮추고 이로 인한 시간과 비용을 절감하기 위해서는 인간면역계를 모사한 새로운 검증 시스템이 필요하다. 최근 해당 이슈를 극복할 수 있는 대안으로 병원체 유입경로와 면역체계가 모사된 인간세포 기반 Ex-vivo 모델이 떠오르고 있다. 다만 이를 구현하기 위해서는 인간면역세포 배양기술, 면역세포 제어기술과 인체 장기 모사칩 제작을 위한 유체역학, 구조체 패턴 기술이 필요하다. KIST는 소진 T세포 유도 ex-vivo 플랫폼 확립 관련 원천기술을 보유하고 있으며 혈관 장기칩 모델 및 코로나19 환자 혈장을 이용한 임상적 증상 구현에 성공하기도 하였다.

국내 백신 연구의 필요성과 기대성과

지금도 시시각각 코로나19의 다양한 변이가 출현하고 전 세계적으로 빠르게 확산되고 있기에 국민 건강에 대한 위협과 천문학적 경제·사회적 피해가 심화되고 있다. 또한 신규 감염병 출현의 발생 주기는 점점 더 짧아지는 반면에 국내 원천기술의 개발은 아직도 부족한 상황이다.

신·변종 감염병에 대응할 수 있는 차세대 백신의 원천기술 확보는 지금도 성장하고 있는 시장을 선도할 수 있는 강력한 무기가 될 것이다. 다만 백신관련 원천기술 개발은 매우 도전적이며 장기간의 연구개발이 필수적이다. 이를 위한 일관적이고 지속적인 지원을 가능하게 할 정부 주도의 투자가 반드시 필요하다. 특히 백신 원천기술의 경우 국민의 건강안보와 직결되는 분야이기 때문에 정부 차원의 지원 및 관리가 필요하다. 또한 백신 원천 기술은 각 기관이 혼자 이루어 낼 수 있는 분야가 아니다. 정부출연연구소와 대학 그리고 대형병원들과의 협력을 통해 성공적인 임상설계 및 수행을 목표로 해야 할 것이다. 백신의 아버지 파스퇴르는 프랑스와 프러시아와의 전쟁 때 "과학에는 국경이 없지만 과학자에게는 조국이 있다"는 유명한 말을 남겼다. 미래의 팬데믹 상황에서는 심화되는 자국 우선주의와 반복되는 백신 불평등 현상 앞에서 국내 원천기술로 국민의 건강안보를 지켜내는 새로운 미래를 기대해 본다. KIST

참고문헌

- Park, H. H., Kim, H., Lee, H. S., Seo, E. U., Kim, J. E., Lee, J. H., ... & Lee, W. (2021). PEGylated nanoparticle albumin-bound steroidal ginsenoside derivatives ameliorate SARS-CoV-2-mediated hyper-inflammatory responses. Biomaterials, 273, 120827.
- Lund, F. E., & Randall, T. D. (2021). Scent of a vaccine. Science, 373(6553), 397-399.
- 연합뉴스(2021.11.19.), 부작용 적은 '단백질 백신' 주목.. 핵심은 '면역증강제'
- MoneyS(2021.12.11.), 백신 불평등, '아프리카 발원' 오미크론 불러왔다
- Nature news(2021.08.06.) COVID Vaccine inequity, species swaps-the week in infographics
- Science news(2020.11.09.) Will a small, long-shot US company end up producing the best coronavirus vaccine
- BRIC View 동향리포트 백신면역증강제의 개발 동향 (2018-T03)
- IBS 코로나 사이언스: 팬데믹에서 엔데믹으로(2021)
- KIAT GT Insight 미국의 COVID-19 백신 기술개발 동향 및 전망 보고서 (2021-GT-DC-002)
- KISTEP 기술동향브리프 백신플랫폼 기술 (2021-08)

해외경험이 있는 연구자가 창업을 더 많이 할까?

Uhlbach, W. H., Tartari, V., & Kongsted, H. C. (2022). Beyond scientific excellence: International mobility and the entrepreneurial activities of academic scientists. *Research Policy*, 51(1), 104401.

박 지 은 미래전략팀 연구원, jepark@kist.re.kr

연구의 배경

대학 교수나 연구원의 창업은 이제 아주 흔한 일이다. 실제로 국내 많은 선도대학들이 대학 내 창업을 혁신 방안으로 주장하며 교수의 창업 활동을 장려해 왔고, 정부 정책 또한 연구창업을 강조하고 있다. 같은 맥락에서 과학기술정보통신부는 올해부터 5년간 대학과 출연(연)의 연구 성과를 기반으로 창업을 희망하는 연구자를 지원하는 '실험실창업 지원사업'을 운영 중이다. 기존 문헌들을 살펴보면 연구창업 관련 연구가 상당수 수행되었지만, 연구자가 본업인 연구를 지속하면서 창업에 도전하게 하는 동기, 혹은 그러한 연구자들의 특징에 대한 연구는 아직 많지 않다. 대학에서는 '교수창업'으로, 출연(연)에서는 '기술창업'으로 주로 불리는 이 창업을 본 연구의 연구진들은 '연구자의 해외 경험(International mobility)'과 연계한 시각에서 바라보았다.

연구의 주요 내용과 정리

본 연구는 '연구창업(academic entrepreneurship)'에 관한 것으로 국내에서만 쭉 연구활동을 이어온 연구자(Stayer)와 해외 연구 생활을 오래 하다 다시 고국으로 돌아온 연구자(Returnee), 그리고 외국인 출신의 연구자(Immigrant) 이 세 개의 서로 다른 그룹이 연구창업의 성과 측면에서 차이가 있는지, 어떤 요인이 차이를 만드는지에 대하여 탐구했다.

조사는 세계에서 가장 활발한 창업생태계를 가진 나라 중 하나인 덴마크를 배경으로 했다. 덴마크는 창업과 투자에 있어서는 외국인과 내국인을 차별하지 않는 것으로 잘 알려진 국가다. 좋은 기업이라면 국적 상관없이 환영한다는 문화가 정부의 정책과 제도에 반영되어 있다.

본 연구는 기존문헌 분석을 통해 연구터전의 이동(migration)과 창업 간의 유의미한 관계를 기반으로 가설을 세웠다. 기존 연구들을 기반으로 해외로의 이주를 선택하는 사람이 그렇지 않은 사람보다 혁신과 모험을 지향하는 성향이 강하고 사회 네트워킹에 적극적이라는 점을 확인하고, 이러한 성향이 창업으로 이어질 가능성이 더 높다고 판단했다. 실제로 일부 연구들은 해외 이동 경험이 많은 연구자가 기업가 활동을 할 확률이 높다고 주장하기도 한다. 이와 같은 문헌검토를 통해 연구진은 두 가지 가설을 제시한다.

가설1. 해외연구 경험이 있는 연구자(Returnee)가 경험이 없는 연구자(Stayer)보다 연구기반 창업에 참여할 가능성이 더 클 것이다.

가설2. 외국인 연구자(Immigrant)가 해외경험이 있는 연구자(Returnee)보다 연구기반 창업에 참여할 가능성이 더 작을 것이다.

연구진은 연구터전 이주 경험 이전에 했던 창업 경험, 성별, 개인성향(위험 수용성향, 개방성, 예민함, 성실성, 외향성), 연구 분야, 연구의 상업화에 대한 연구자의 평소 태도, 창업에 대한 연구자의 외적/내적 동기, 연구자의 연구 성과 수준(productivity) 또한 함께 측정했다.

연구 결과, 해외연구 경험이 있는 연구자 그룹(Returnee)이 다른 두 그룹(Stayer, Immigrant)보다, 연구 분야 면에서는 엔지니어링에서, 개인 성향 측면에서는 개방적이고 성실한 성향이, 내적동기가 강하고 연구 상업화에 우호적인 태도를 가진 연구자가 연구기반 창업에 참여할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 해외연구 경험이 있는 연구자가 경험이 없는 연구자보다 1.6~1.9배가량 창업할 가능성이 더 높았고, 세 그룹 중에서는 외국인 연구자 그룹이 가장 창업 활동을 할 가능성이 낮은 그룹인 것으로 나타났다. 이는 인구통계학적 요소와 개인성향의 특성을 배제한 분석에서도 마찬가지였다. 외국인 연구자 그룹의 창업활동은 주로 첨단기술(high-tech) 분야에 집중되어 있는 것 또한 확인할 수 있었다.

연구의 시사점

본 연구는 해외에서 연구 경험을 쌓고 돌아온 연구자가 그렇지 않은 연구자와 외국인인 연구자보다 연구창업을 할 가능성이 더 높다는 흥미로운 연구 결과를 제시한다. 그러나 본 연구가 수행된 국가적 배경이 덴마크라는 점은 연구 결과를 다른 나라에 그대로 적용하기에는 큰 한계점으로 작용한다. 덴마크는 북유럽 국가 중에서도 가장 개방된 시장, 기업하기 좋은 환경, 활성화된 창업생태계를 보유하고 있다. 상대적으로 기업활동에 있어 언어나 사회적 자본, 관료주의와 같은 허들 요소로부터 자유로운 편이다. 꽌시(關係, 로컬 네트워크와 같은 사회적 자본)의 영향력이 큰 중국이나 창업의 벽이 높고 규제가 복잡한 국가를 대상으로 같은 연구를 진행한다면 상이한 연구결과가 도출될 지도 모르는 일이다.

본 연구는 외국인 연구자의 창업에 대한 시사점 또한 제공한다. 덴마크와 멀지 않은 곳에 위치한 작은 국가인 에스토니아는 파격적인 창업 규제 혁신으로 우수한 외국인력을 대거 유치하고 창업을 이끌어냈다. 과학기술강국인 우리나라에는 뛰어난 외국인 연구자와 유학생이 많다. 재외동포나 유학생들의 창업 수요 또한 증가 추세인 점 또한 고려하면 외국 국적의 인재들을 국내 창업생태계에 유입시킬 수 있는 정책 개선이 필요할 것으로 보인다. 개방적인 비자제도와 내국인과 동일한 수준의 창업지원제도, 지역 커뮤니티와의 교류 촉진과 안정적인 정착을 위한 지원 등을 고려해 보아야 할 것이다. KSJ

2

정부 R&D 투자와 혁신 창출 : 촉진과 확산 효과

L. Fleming, H. Greene, G. Li, M. Marx, D. Yao (2019). Government-funded research increasingly fuels innovation. *Science*, 364, 1139-1142

함 주 영 미래전략팀 선임연구원 jyham@kist.re.kr

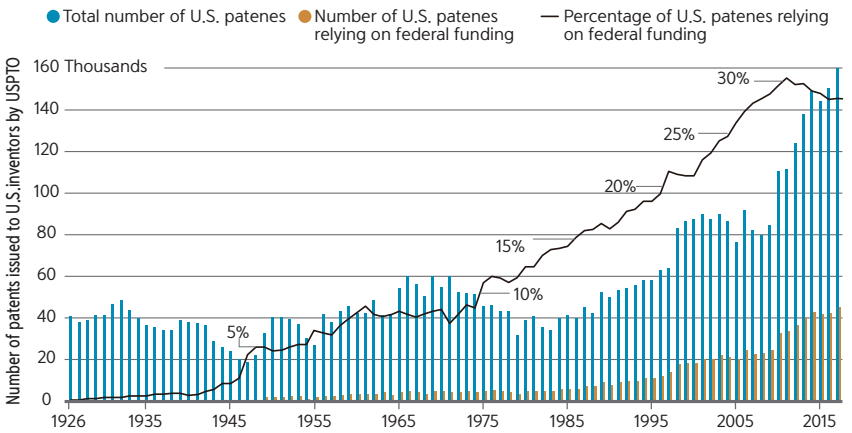
연구의 배경

정부와 민간의 적극적인 과학기술 투자와 R&D 활동으로 기술 혁신이 발생하며, 정부와 민간의 R&D 활동이 상호보완적 효과를 갖고 있음은 기술정책 분야에서 익히 알려진 사실이다. 본 연구에서는 지난 수 세기간 미국 연방 정부의 지원으로 창출된 특허의 서지정보학 분석을 중심으로 공공 R&D가 혁신 활동에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 혁신은 특허뿐 아니라 여러 메커니즘과 상호작용에 의해 촉발되는 복합적인 현상이지만, 연구 결과에 따르면 정부 R&D 투자가 과학 지식의 창출뿐 아니라 민간 부문의 혁신 활동과 창업을 촉진하여, 결과적으로 일자리 창출과 산업경쟁력 향상에 기여하는 것으로 나타났다.

분석결과

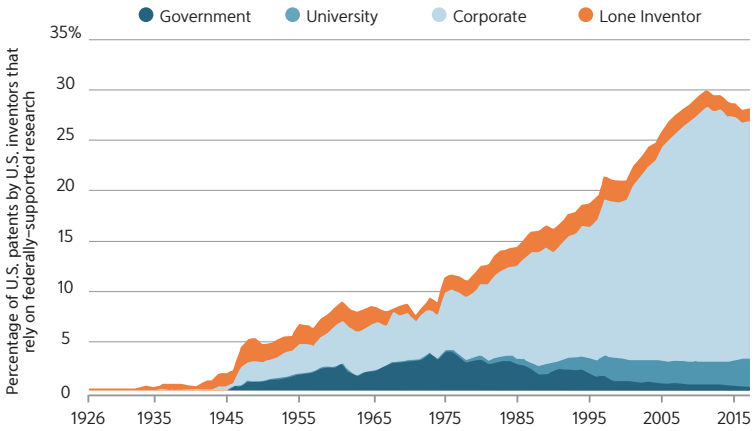
1926년 이후 미국 특허 등록 추이를 살펴보면, 정부 R&D에 의해 발생된 특허의 비중은 2011년에 최고 30%에 달하는 것으로 나타났다. 특허의 절대적인 양만 비교해보았을 때도 2008년 22,647건에서 2014년 45,220건으로 2배 이상 증가했음을 알 수 있다.(그림 1)

|그림 1. 미국 특허 중 정부 R&D로 창출된 특허 비중 |



또한, 정부 지원을 받으면서 창출된 특허 현황을 출원 주체에 따라 살펴보면, 기업 특허 비중이 1970년대 이후 급격히 상승한 것을 알 수 있다.(그림2) 이는 보건복지부의 R&D 예산 증가 및 바이오·의료 분야 연구 증가, 그리고 이로 인한 관련 기술 분야 확장에 기인한 것으로 유추할 수 있다. 특히, 1976년부터 2016년까지 벤처기업에서 출원 후 등록한 특허 121,765건 중 34.6%가 정부 지원에 의해 창출되었다. 이는 벤처·스타트업의 경우 부족한 연구개발 투자 재원 등을 확보하기 위해 정부 R&D에 의존하는 정도가 높은 것으로 해석될 수 있다.

| 그림 2. 정부 R&D로 창출된 출원 주체별 특허 현황 |



정부 R&D로 창출된 논문과 특허의 인용도 또한 증가하는 추세를 보였다. 후속 특허가 선행 기술(특허)을 얼마나 활용했는지를 알아볼 수 있는 지표, 인용 횟수로 특허의 영향력을 측정할 수 있는데, 일례로, 예술 분야의 특허 인용 평균 비율이 2003년 15.8%에서 2017년 9.9%로 떨어진 반면, 정부 R&D로 지원된 과학 논문 인용은 2004년 6.9%에서 2017년 10.7%로 최고치에 도달했다. 이처럼, 과학기술 분야에서 선행 연구에 대한 인용 증가는 혁신 생태계 내의 지식 흐름이 활성화되고 있음과 동시에 공공 R&D가 민간의 지식 창출을 촉진하는 효과가 있음을 시사한다.

연구의 시사점

본 연구는 지난 세기 동안 미국에서 발생한 특허의 추이를 살펴봄으로써 정부가 지원하는 연구가 혁신에 미치는 영향력을 객관적 수치를 통해 보여준다는 점에서 의의를 갖는다. 앞서 분석결과에서 살펴본 바와 같이 정부 R&D는 기업의 특허 창출을 활성화하는데 중요한 역할을 하고 있으며, 특히 벤처·스타트업의 경우 그 효과가 더 크게 나타났다. 정부 R&D 투자는 하나의 기업뿐 아니라 산업 전반에 걸쳐 다수의 기업들에게 파급효과를 미침으로써 마중물 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 기업 유형과 기술 분야의 특성을 고려한 R&D 투자 효과 분석이 산업경쟁력 강화를 위한 국가 R&D 정책 수립에 기여할 수 있음을 보여주는 사례이다. KIST

3 생애 초기 연구 활동의 각인 효과 : NIH 연구훈련 프로그램에 참여한 "Yellow Berets" 의대생 사례 분석

Azoulay, P., Greenblatt, W. H., & Heggeness, M. L. (2021). Long term effects from early exposure to research: Evidence from the NIH "Yellow Berets". *Research Policy*, 50(9).

구 병 석 미래전략팀 연구원, koobs@kist.re.kr

연구의 배경

사회가 배출해 낼 수 있는 연구자의 공급량은 미래 과학기술 발전 속도와 직결된다. 따라서 '우수한 연구자를 어떻게 길러내는가'에 대한 질문은 과학기술정책의 핵심 이슈로 남아있다. 연구 활동이란 본질적으로 최초의 발견 또는 최초의 개발을 향한 치열한 경쟁이며, 결과에 대한 불확실성이 매우 큰 영역이다. 이러한 위험을 감수하고서라도 많은 연구자들은 평생에 걸쳐 지식의 최전선에 기꺼이 뛰어들고 있다. 적절한 경제적·사회적 보상체계, 그리고 제도와 문화가 뒷받침된다면 사회의 더 많은 인재들이 이러한 고위험 영역에 뛰어들 수 있을 것이다.

이러한 외부 환경 요소는 한 사람의 내적 경험에 영향을 미치며 연구 활동의 방아쇠로 작용할 수 있다. 특히 생애 초반 연구 활동에 노출된 경험은 연구자로서 진로를 선택하는 결정적인 계기가 되기도 하며 본격적으로 연구를 시작한 이후에도 커리어 초반의 경험과 아이디어는 향후 경력에 지대한 영향을 미친다. 즉, 생애 초기의 연구 활동은 평생에 걸친 '각인 효과(imprint effect)'를 일으키는데, 이는 연구 궤적이 확고히 굳어지기 전 젊은 연구자 특유의 유연성과 창의성 덕분이다.

만약 '각인 효과'가 실재한다면, 그에 따른 정책적 시사점은 매우 크다. 우수 연구자의 공급을 늘리기 위해, 젊은 학생 또는 연구자 육성에 지원을 집중해야 함을 뜻하기 때문이다. 진로를 고민하고 있는 젊은 세대에게 더 많은 연구 참여 기회를 제공하거나 신진 연구자에게 도전성과 창의성을 발휘할 수 있는 환경을 보장한다면 '각인 효과'에 기반한 효과적인 연구자 육성 정책이 될 수 있다.

본 논문은 1970년대 美 국립보건원(NIH)에서 도입한 ATP(the Associate Training Program) 연구훈련 프로그램을 분석함으로써 이러한 '각인 효과'의 존재를 실증적으로 밝히고 있다. 베트남 전쟁 시기에 운영된 이 프로그램은 미국 의과대학 졸업생을 대상으로 매릴랜드 소재 NIH 캠퍼스에서 2-3년 동안 실험실 연구에 참여할 기회를 제공한다. 당시 모든 남성에게 병역 의무가 있었던 미국에서 ATP 참여자들은 군필자로 인정받을 수 있었다. 이들은 전설적인 美 특수부대인 '그린베레(Green Berets)'와 비교하며 스스로를 '옐로베레(Yellow Berets)'라는 별명으로 희화화한 것으로 유명하다. 프로그램 인기가 절정이던 1971년에는 졸업을 앞둔 의대 졸업생의 약 80%가 지원한 것으로 알려져 있다.

졸업 후 의과대학 학생의 일반적인 진로는 오랜 기간 수련의, 전공의 과정을 거치며 쌓은 의학 지식을 실제 임상 현장에 (환자들을 대상으로) 적용하는 것이다. 그 중 일부가 실험실 연구 활동에도 뛰어든다면 장기적으로 의학의 최전선을 확장하는 데 크게 도움이 될 것이다. 그러나 일반적인 임상의의 길을 걷는 대신 연구자로서 위험하고 불확실한 진로를 선택하는 것은 젊은 학생들에게 적지 않은 부담이 된다. ATP 프로그램은 의대생들이 이러한 '연구형' 진로를 선택하도록 장려하는 하나의 제도적 인센티브라고 볼 수 있다.

오늘날 ATP 프로그램은 성공적이라는 평가를 받고 있다. 옐로베레 출신의 많은 의대생들이 훗날 뛰어난 연구자로 성장하게 되는데, 그 중에는 기초의학 최고 권위자로 인정받는 32명의 하워드휴즈 의학연구소 연구책임자(HHMI Investigator)와 7명의 노벨상 수상자도 있다. 콜레스테롤 신진대사 과정을 밝힌 공로로 1985년 노벨생리학상을 받은 J. L. Goldstein과 M. S. Brown은 ATP에 합류할 당시 전공의 수련을 이제 막 마친 젊은 의사였다. NIH에서 실험실 문턱을 처음으로 밟아본 이들은 프로그램 종료 후에도 함께 연구를 계속하며 첨단 의학의 최전선에서 일생을 보내게 된다.

분석과정과 결과

본 논문은 "옐로베레" 출신 의사(의과학자)들의 평생에 걸친 커리어 경로 및 연구실적 데이터를 분석하여 ATP 프로그램의 '각인 효과'를 검증한다. "엘로벨레" 출신을 분석 대상으로 삼은 것은 세 가지 측면에서 적절하다. 첫째로 의대생들은 연구 경험이 거의 전무한 상태이지만 본인 의지에 따라 연구자로서 진로를 선택할 만큼 충분한 지적 역량을 갖춘 독특한 집단이다. 둘째로, ATP 참여자들은 연구 활동에 대한 훈련을 비교적 단기간(2~3년) 동안 집중적으로 받는다. 즉, ATP 프로그램은 연구자로서 '각인'이 될만한 젊은 집단에게 실제로 강렬한 경험을 '주입'해보는 하나의 사회적 실험인 것이다. 마지막으로 프로그램이 처음 시행된 지 50여년이 지났기 때문에 연구자의 평생에 걸친 각인 효과를 추적하는 데도 적합하다.

분석을 위해 1965~1975년간 ATP에 참여한 의대 졸업생 3,075명을 대상으로 방대한 자료가 수집되었다. NIH 기록과 미국의사협회 자료를 중심으로 샘플 대상이 되는 연구자를 추출하였고 그들의 연구실적을 PubMed, Web of Science 등 다양한 데이터베이스에서 취합하였다. ATP 참여에 의한 효과를 정확히 측정하기 위해 프로그램에 1차 전형까지 합격했으나 최종적으로 선발되지 못한 의사 집단을 비교군으로 설정했다.

한편, 정확한 통계분석을 위해 성향점수매칭 방법론을 활용한다. ATP에 참여한 연구자 집단(처치군, Treatment group)과 최종 탈락한 의사집단(대조군, Control group)의 연구실적을 단순 비교하는 것으로는 ATP 참여에 의한 효과(처치효과, Treatment effect)를 정확히 측정할 수 없다. 그 이유는 처치군과 대조군이 무작위로 정해지지 않고, 미래에 연구성과가 좋을 것으로 기대되는 의대생들이 프로그램에 최종 합격할 가능성, 즉 처치군에 포함될 확률이 높기 때문이다. 이러한 상황에서는 평생에 걸친 연구실적 향상이 ATP 훈련에 의한 것인지, 아니면 그와 무관하게 연구자 개인의 기본 역량에 의한 것인지 인과관계를 파악하기 어렵다. '성향점수매칭' 방법론은 처치군과 대조군을 단순 비교하지 않고, 대조군 중에서 처치군의 특성과 가장 비슷한 (처치 성향점수가 가장 높은) '가상의 대조군(Counterfactuals)'을 별도로 구성하여 매칭을

통해 비교하게 된다. 프로그램 지원 당시 의대생의 논문 작성 경험, 출신 대학 등 다양한 변수가 프로그램 합격 확률(처치 성향점수)에 영향을 미친다는 것을 먼저 확인한 뒤, 이 변수들을 기준으로 처치군과 유사한 가상의 대조군을 구성했다.

표 1은 옐로베레들의 커리어 선택과 연구실적에 대해 ATP 참여에 의한 효과를 계산한 결과다. 연구자로서 커리어를 시작하거나 마감할 확률, 커리어 기간 전체 논문 게재 및 인용 실적, NIH 과제 수주 금액 등 다양한 지표 상에서 ATP 프로그램은 옐로베레의 연구 인생에 막대한 영향을 남겼음을 알 수 있다. (예를 들어 9번 지표의 결과 해석은 다음과 같다 : 옐로베레가 만약 ATP에 참여하지 않았다면 전체 커리어 기간 동안 평균적으로 88.4% 더 적은 논문 인용을 받게 된다). 다음 두 가지 결과가 특히 흥미롭다. 첫째로 논문 게재 증가 효과는 우수한 등급의 저널에서 더욱 크게 나타나고 있다(4~8번 지표). 즉, ATP로 인해 옐로베레들은 수월성 연구에 더욱 집중하는 경향을 보이고 있다. 둘째로 연구의 양적 성과뿐만 아니라 연구 분야의 질적 변화도 확인되었다. ATP로 인해 옐로베레들은 일반적인 임상 분야보다 기초의학/과학, 중개연구(Translational research), 임상시험(Clinical trial) 관련 연구에 더욱 집중하는 경향을 보이고 있다(12~15번 지표). 이들이 단순한 임상의가 아닌 '의과학자'로서 성장했음을 알 수 있다.

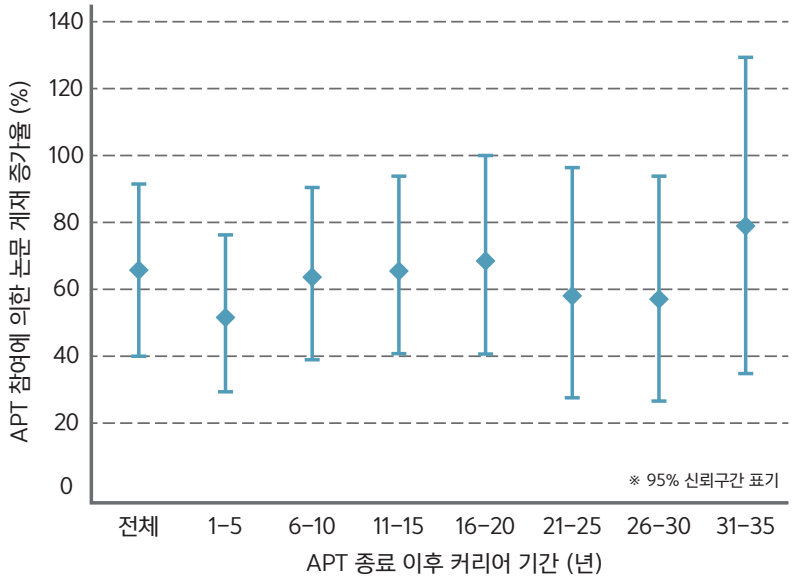
| 표 1. ATP 프로그램이 옐로베레에게 미친 다양한 각인 효과 |

지표			ATP 참여에 의한 효과 (처치군에 대한 평균처치효과)
커리어 선택	1. 연구자로서 커리어를 시작할 확률		+15.3%**
	2. 연구자로서 커리어를 마감할 확률		+17.5%**
연구 실적	3. 커리어 기간 전체 논문 게재 수		+63.8%**
		4. 분야 상위 50% 저널	+73.5%**
		5. 분야 상위 25% 저널	+77.1%**
		6. 분야 상위 5% 저널	+88.4%**
		7. 분야 상위 1% 저널	+117.6%**
		8. 분야 상위 0.1% 저널	+119.5%**
	9. 커리어 기간 전체 논문 인용 수		+88.4%**
	10. NIH Grant 수주 과제 금액		+80.7%*
연구 분야 (논문 게재 숫자)	11. 기초의학/과학		+118.4%**
	12. 중개연구 관련		+57.0%**
	13. 임상 시험 관련		+67.4%**
	14. 기타 일반 임상		+13.2%

** : 통계적 유의수준 1%, * : 통계적 유의수준 5%

한편, 그림 1은 ATP의 각인 효과가 프로그램 종료 직후 단기간에 그치지 않고 옐로베레의 일생에 걸쳐 장기간 지속됨을 보여준다. 가로축은 ATP 종료 이후 5년 단위로 나눈 커리어 기간을, 세로축은 ATP 참여로 인한 논문 게재 증가율을 나타낸다. 흥미롭게도 논문 증가 효과는 시간이 지날수록 줄어들지 않고 수십년간 안정적으로 유지되는 결과를 보여준다. 즉, 연구 활동의 왕성함이 평생에 걸쳐 '각인'되었음을 알 수 있다.

| 그림 1. 커리어 기간별 ATP 참여 효과 (논문 게재 증가율) |

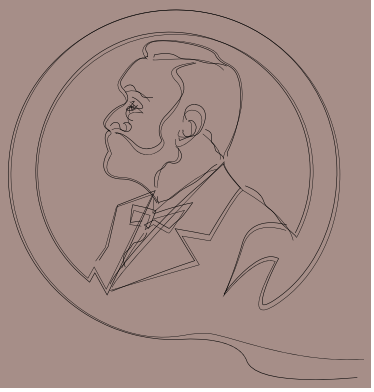


연구의 시사점

각인이라는 개념은 외부 환경의 영향을 받은 어떤 개인 또는 집단이 그러한 영향력을 스스로 내재화하여 미래에도 유사한 행동 양식을 따르는 현상을 일컫는다. 옐로베레 의대생들은 ATP 훈련을 통해 실험실에서 이루어지는 행동 양식과 규범, 연구자로서 가치관을 체득했고 평생 의사로서 임상 현장을 누비는 와중에도 연구자의 삶을 병행했다. 사회학 연구에 따르면, 각인 효과는 주변에 같은 경험을 공유하고 있는 동료가 있을 때 더욱 오래, 더욱 강력히 지속된다. 이는 앞서 소개한 Goldstein과 Brown의 일화에서도 확인할 수 있다. '각인효과'와 '동료효과'의 결합은 우수 연구자로의 성장에 강력한 원동력이 되는 것이다.

본 논문에서 확인한 각인 효과는 생애 초기 연구 활동에 대한 경험, 그리고 그것을 함께 나눌 수 있는 동료 집단의 중요성을 일깨운다. 선도형 연구, 도전적 연구에 대한 수요가 그 어느 때보다 높은 지금, 이를 수행할 수 있는 젊은 신진 연구자에게 어떠한 제도와 문화, 보상체계가 긍정적인 각인 효과를 부여할 수 있을지 깊은 고민이 필요하다. 중개연구 방식은 현재 상당히 보편화되었으나, 과거에는 매우 생소했던 연구방법론이었다. 겁없는 젊은 옐로베레들을 중심으로 美 의학계는 미지의 영역을 개척하는 데 성공, 중개연구는 오늘날 바이오·의료 산업의 핵심 개념으로 자리 잡았다. 최초를 향한 치열한 경쟁, 담대한 도전을 감내할 수 있도록 신진 연구자에 대한 충분한 지원을 제도화하고, 이러한 경험을 공유할 수 있는 커뮤니티를 조성한다면 우리도 새로운 '옐로베레'의 등장을 기대할 수 있을 것이다. KSP

노벨과학상에 관한 사소한 사실들



송 창 현 미래전략팀 연구원, ch.song@kist.re.kr

매해 10월 초가 되면 전 세계인의 이목은 노벨과학상이 발표되는 스웨덴 스톡홀름에 집중된다. 올해도 과학기술을 통해 인류 문명을 발전시킨 연구자들에게 노벨과학상 수상의 영예가 돌아갔다. 노벨화학상은 비대칭 유기촉매반응 분야를 개척한 독일 막스플랑크 연구소의 베냐민 리스트(Benjamin List)와 미국 프린스턴대학교의 데이비드 맥밀런(David MacMillan)이 수상하였고, 노벨생리의학상은 온도와 촉각에 관여하는 수용체를 발견한 미국 캘리포니아대학교의 데이비드 줄리어스(David Julius)와 미국 스크립스연구소의 아뎀 파타푸티언(Ardem Patapoutian)에게 주어졌다. 노벨물리학상의 경우, 기후변화를 설명할 수 있는 분석모델을 최초로 제시한 이탈리아 로마 사피엔자대학교의 조르조 파리시(Giorgio Parisi), 미국 프린스턴대학교의 마나베 슈쿠로(Syukuro Manabe), 독일 막스플랑크 연구소의 클라우스 하셀만(Klaus Hasselmann)이 공동 수상하였다.

수많은 과학자들의 평생에 걸친 연구 활동 동기이자 일생의 목표이기도 한 노벨과학상은, 그 나라의 과학기술 수준을 대표하는 척도로도 간주된다. GDP 대비 연구개발비 투자 비중이 세계에서 가장 높은 우리나라에서 매번 수상자를 배출하지 못했다며 자성의 목소리가 나오는 것도, 이 상을 국가의 위상과 연결 짓는 우리의 인식과 무관하지 않을 것이다. 그러나 한 가지 분명한 사실은, 우리나라의 과학기술도 이제 세계적 수준에 도달했다는 점이다. 특히 산업 기술 영역에서는 주요 기업들이 글로벌 시장을 이끌고 있을 정도로 그 수준이 매우 높다. 상대적으로 기초과학 부문의 역량이 부족하다는 지적이 있지만, 자연과학 분야의 주요 저널들을 기준으로 저자의 기여도를 측정하는 Nature Index 지표에 따르면 우리나라는 세계 8위에 해당할 정도로 활발히 연구를 수행하고 있다. 그렇기 때문에 노벨과학상 수상에 있어 국가의 과학기술 역량은 충분조건에 불과하다. 그 누구도 내딛지 못한 영역을 개척하는 선구자적 연구를 수행하는 것, 이것이 노벨과학상의 제1 조건이다.

연구의 우수성보다는 최초성

노벨과학상의 수상 기준 등에 관한 정보는 50년이 지나 공개 가능하도록 되어 있어 선정 결과의 타당성에 관해 당장 논하기는 어렵다. 일반적으로는 연구 주제의 독창성과 기술·사회적 파급성 등의 요인이 주요한 영향을 미친다고 알려져 있고, 선정 결과에 대해서는 받았어야 할 사람이 못 받았다고 아쉬워하긴 해도, 받는 사람이 받을만 하다는 데에는 대체로 수긍하는 분위기다.

올해 노벨과학상을 수상한 연구자들은, 연구의 질적 수준은 물론 연구 성과의 양적 측면에서도 대단한 업적을 남겼다. 논문의 수나 인용 횟수, 그리고 h-인덱스(h-index) 등으로 나타나는 영향력 등이 매우 높다. 하지만 이처럼 정량화되어 나타나는 수치들이 노벨과학상의 직접적인 선정 이유가 되지는 않는다. 역대 수상자들의 논문 수나 피인용 수, h-인덱스보다 더 높은 수치를 가진 연구자들도 많다. 이러한 지표는 연구자와 주요 연구 성과의 우수성을 단편적으로 보여줄 뿐이다.

| 표 1. 2021년 노벨과학상 수상자들의 연구 성과 지표 |

노벨과학상 수상자		H-index	논문 수*	인용 횟수
노벨화학상	Benjamin List	96	240	41,933
	David MacMillan	110	171	53,408
노벨 생리의학상	David Julius	75	198	58,857
	Ardem Patapoutian	75	102	34,996
노벨 물리학상	Giorgio Parisi	126	570	91,981
	Syukuro Manabe	85	133	37,234
	Klaus Hasselmann	49	140	12,694

* 인용 횟수 10 이상인 논문 기준

오히려 이들은 각자의 분야에서 개척자(pioneer)의 역할을 한 공로를 높이 인정받았다. 높은 피인용 수와 h-인덱스, 그리고 학자로서의 명망은 이에 뒤따르는 결과물이다. 우리나라가 노벨과학상을 진정으로 바란다면, 연구자들에게 더 우수한 저널과 높은 피인용 수를 요구할 것이 아니라 미개척 분야에 도전하는 연구를 장려해야 한다. 우수한 연구는 최초인 연구를 수행하면서 부수적으로 달성할 수 있는 목표지만, 우수한 성과만을 추구하다 보면 최초인 연구를 수행할 수 없다. 수상자들은 대체로 30대 후반에 시작하여 50대 초반에 완성한 연구를 가지고 노벨과학상을 수상한다고 알려져 있다. 독립된 학자로서 본격적인 연구를 시작할 때 구상한 아이디어가 노벨과학상으로 이어진다는 것인데, 각종 가시적 성과를 내기 위해 고군분투해야 하는 우리 과학기술계 실정을 생각하지 않을 수 없다.

수상자보다는 수상자가 나올 수 있는 환경

노벨과학상의 트렌드는 계속해서 변화한다. 수상이 시작된 1901년부터 반세기가 넘는 시기까지는 유럽의 독무대였지만 이후 미국 국적의 연구자들이 주류를 차지했고 최근 들어서는 일본 등의 국가에서도 수상자가 지속적으로 배출되고 있다. 수상자들의 국적이 보다 다양해지면서 우리나라를 비롯하여 노벨과학상과 인연이 없던 국가들도 기대감을 키우고 있다. 우리나라 역시 노벨과학상에 근접했다는 평가를 받는 학자들이 최근 들어 하나둘씩 등장하고 있다.

그런데 우리가 진정으로 원해야 하는 것은 사실 노벨과학상 수상자가 아니라, 수상자가 나올 수 있는 환경을 갖추는 것이다. 노벨과학상의 공식 기록에서는 편의상 출생지를 표기하지만, 실제로 수상자들 가운데는 이민 등을 통해 중간에 국적이 바뀐 경우도 더러 있고, 복수국적을 가진 경우도 있다. 또한 노벨과학상 수상에 결정적인 역할을 한 연구가 수행된 곳이, 태어나고 자란 곳 혹은 학위까지 마친 곳과 다른 경우도 많다. 금년 노벨물리학상 수상자인 마나베 슈쿠로 역시 일본에서 태어나 도쿄대학교에서 박사과정까지 마쳤으나, 이후 미국으로 건너가 연구활동을 수행하면서 그때의 연구 성과로 수상하게 되었다. 우리나라에서 태어나고 자랐지만, 해외의 연구소에서 줄곧 연구한 연구자가 노벨과학상을 받는다면, 이는 진정한 우리의 성과일까?

물론 1명의 선구자가 미치는 영향은 지대하다. 스포츠의 사례에서도 볼 수 있듯이 불모지나 다름없는 환경에서 혜성처럼 등장한 천재는 해당 분야의 판도를 완전히 바꾸어 놓는다. 우리도 할 수 있다는 자신감을 심어줄 뿐 아니라, 선구자를 보고 꿈을 키운 후속 세대에서 그를 능가하는 영웅이 탄생할 수 있다. 그래서 우리나라 출신의 노벨과학상 수상자가 최초로 등장하는 것은 분명 의미 있는 일이다. 하지만 보다 중요한 것은 노벨과학상 수상자급의 연구자들이 끊임없이 배출될 수 있는 환경이 조성되는 것이다. 노벨과학상에 대한 우리의 관심이 수상자 배출의 여부에만 집중될 것이 아니라, 언제 수상자가 나와도 이상하지 않을 만큼 과학기술의 저변을 두텁게 만드는 것에 초점을 맞춰야 한다.

수단이 아닌 목적으로서의 과학기술

노벨과학상이 반드시 국가 과학기술의 최우선 목표일 필요는 없다. 지금까지 우리나라는 오랜 투자가 필요한 기초과학 대신 빠르게 뒤따라 잡을 수 있는 응용기술 중심으로 국가적 역량을 집중해왔고, 이는 많은 개발도상국들의 벤치마킹 대상이 될 정도로 성공적이었다. 수단으로서 과학기술의 쓰임새를 중시한다면, 지금까지의 전략도 결코 나쁘지 않다.

하지만 우리나라도 이제는 UN에서 분류하는 선진국 대열에 동참하게 되었다. 더이상 선두그룹을 뒤쫓아가는 후발국이 아니라, 후발국들에게 방향을 제시할 수 있는 개척자가 되어야 한다는 의미다. 경제 규모 대비 압도적인 R&D 투자에 안심할 것이 아니라, 인류 지식의 진보를 위해 올바른 투자가 이뤄지고 있는지 점검할 시기다. 우리 사회에 과학기술 그 자체를 목적으로 하는 분위기가 자리 잡지 못한다면, R&D 투자를 아무리 늘려도 노벨과학상은 다른 나라 이야기로 남을 공산이 크다.

노벨과학상은 도달해야 할 종착지가 아니라, 과학기술 선진국으로 향하는 여정 중 스쳐 지나가는 멋진 풍경과도 같다. 언제가 될지 모르는 노벨과학상 수상 여부에 집착하는 대신 우리 과학기술계가 노벨과학상 수상자를 배출할 준비가 되어 있는지를 곰곰이 생각해볼 때다. KJT

참고문헌

- BBC (2021.10.8.) “Nobel prizes: Why are they so important?”
- Duesberg, P. (1990) Antecedents of a Nobel prize. Nature, 343, 302.
- 서울경제 (2021.10.9.) “재미있는 노벨상의 세계... 과학상은 독창성·파급력·네트워크가 좌우”
- 한국연구재단 (2019.10) 노벨과학상 종합분석 보고서: 수상 현황과 트렌드를 중심으로.

기계가 보는 야구 심판 – 기술이 현실의 방향성을 자아낼 때

박 기 태 한화 이글스 전략팀 데이터분석 파트, kitae_park@hanwha.com

"신은 주사위 놀이를 하지 않는다." 양자역학을 두고 알버트 아인슈타인이 한 이 말은, 이따금 내게는 어떤 일이든 정해진 답이 있을 것이라 기대하는 사람의 심리를 묘사한 말처럼 들리기도 한다. 어떤 사건에는 반드시 명백한 원인과 결과가 있을 것이라 기대하는 인간의 속내는 스포츠 경기를 지켜보는 이들의 반응에도 잘 드러난다. 심판이 내리는 판정 하나하나에 촉각을 곤두세우고, 자신이 원하는 결과가 나오지 않으면 탄식을 자아내는 관중, 시청자, 팬들의 모습을 누구나 한번쯤은 본 적이 있을 것이다.

스포츠 경기에서 가장 중요한 전제 중 하나는 경쟁이 공정한 잣대 위에서 열린다는 것이다. 잘못된 판정은 승패의 향방을 뒤틀어 놓고, 치열한 경쟁이 유발하는 흥미를 떨어트린다. 그러나 인간이 자아내는 무대를 인간의 눈으로 평가하는 이상, 정해진 규칙에 어긋나는 판단은 필연적으로 발생한다. 이에 불완전한 사람의 눈을 대신해 쉼없이 경기를 바라보는 기계를 통해 보다 정확한 판정을 내리자는 목소리가 나오고 있다.

기계를 활용한 판정은 이미 몇몇 스포츠 종목에서 큰 거부감 없이 받아들여지고 있다. 대다수는 초고속 카메라가 촬영한 영상을 재생해 쟁점이 되는 순간을 다시 확인하는 방식으로 이루어진다. 영상에 의존하기 때문에 비디오 판독이라 불리기도 한다. 테니스에서는 선수가 요청하는 경우 공이 코트의 경계선 밖으로 나갔는지 아닌지 여부를 카메라를 통해 자동으로 판정한다. 축구의 비디오 판독은 VAR(Video Assistant Referee)이라고 불리며 선수의 반칙 여부 등을 판단하는데 쓰이고 있다.

야구에도 비디오 판독이 존재한다. 공을 잡거나 놓친 것 같은 간단한 동작부터 시작해 다양한 플레이가 비디오 판독의 대상이 된다. 최근에는 더 과감한 시도가 이뤄지고 있다. 스트라이크와 볼 판정을 사람이 아닌 기계의 손에 맡기려는 것이다. 야구에서 투수가 던진 공은 포수에게 0.4초에서 0.5초 남짓한 짧은 시간 안에 도착한다. 타자가 방망이를 휘두르지 않았을 때 공이 규칙에서 정해진 영역 안을 통과하면 스트라이크가 되고, 벗어나면 볼이 된다. 심판은 말 그대로 눈 깜빡할 사이에 날아오는 공이 스트라이크인지 볼인지 정확하게 판단해야 한다. 한

경기에 많게는 100번이 넘게 이런 판단을 내려야 한다.

스트라이크 판정은 심심찮게 팬들 사이에서 시시비비가 붙는 대상이 된다. 고속도로 위를 달리는 차보다 빠르게 날아오는 자그마한 물체가 가로세로 50cm 남짓한 작은 사각 평면 위를 통과했는지 사람의 눈으로 정확하게 판단하기란 여간 쉬운 일이 아니다. 여하튼 90%에 조금 못 미치는 것으로 알려진 인간 심판의 정확성은 언제나 팬들의 날 선 비판을 피해갈 수 없다.

이런 비판을 불식시키기 위해 미국 메이저리그는 2019년부터 기계를 통한 스트라이크 판정의 자동화를 시도하고 있다. 실제 도입 여부는 결정되지 않았지만, 우리나라에선 2군이란 용어에 더 가까운 마이너리그 등에서 실전에서 자동 판정을 활용하기 위한 테스트에 들어갔다. 물론 모든 인간 심판이 사라진 것은 아니다. 아직은 자동화되지 않은, 사람의 판단이 필요한 다른 영역이 남아있기 때문이다. 실제 경기에서 스트라이크 판정은 인간 심판이 착용한 이어피스에 기계 판정 결과를 들려주고, 그 내용을 심판이 직접 외치는 식으로 이뤄진다.

이렇게 자동화된 판정에는 지금까지 몇 가지 난관이 존재하고 있다. 기계가 판독한 결과를 사람에게 전달하는데 걸리는 지연 시간, 이따금 발생하는 시스템 불능 현상도 있지만, 어쩌면 가장 큰 문제는 판정 기준 그 자체의 변화, 그리고 그에 따라 지금까지 사람들이 알아왔던 스포츠 자체가 바뀔 수 있다는 사실일 지도 모른다.

미국 마이너리그 테스트에서 나온 피드백 중 하나는 기존 스트라이크 존과 기계가 판정한 존이 다르게 느껴진다는 것이었다. 타자 눈에는 낮은 높이로 들어와 칠 수 없는 볼이라고 생각했지만 기계는 스트라이크로 판정하는 사례가 종종 나왔다. 헌데 대개는 알고 보니 기계가 주어진 규칙에 따라서 올바르게 판정한 것이었고, 그동안 선수가 익숙해져 있던 존의 형태가 규칙에서 벗어난 것이었다.

이에 대한 의견은 두 가지로 나뉘었다. 하나는 야구 규칙에 따랐을 뿐인 기계의 판정을 따라야 한다는 것이었고, 다른 하나는 기계에 적용되는 룰을 있는 그대로의 현실에 맞게 재조정해야 한다는 것이었다. 후자는 억지를 부리는 것처럼 보일 수도 있겠으나, 현실이 지금까지 그래왔다면 굳이 규칙을 현실과 어긋나게 제정해야 할 이유가 있느냐는 질문을 생각해보면 일견 타당한 생각이 될 수 있다.

자동 판정에 따른 변화는 스트라이크 존 경계선에서도 볼 수 있다. 본래 사람이 판정하는 존은 스트라이크 영역과 볼 영역으로 칼같이 나뉘지 않는다. 대신 영역의 경계선에 스트라이크 또는 볼이 될 확률 분포가 존재하는 것에 가깝다. 이런 미묘한 영역 안과 밖에 공을 번갈아 던지다 보면, 심판도 사람인지라 계속 미묘하게 볼이 되는 공을 스트라이크라고 착각할 때가 늘어난다. 이런 식으로 심판의 눈을 속이는 것도 엄연히 야구의 전통적인 전술 중 하나였다. 그러나 기계가 보는 세상에는 스트라이크 확률 분포가 아닌, 스트라이크와 볼을 구분하는 단 하나의 경계선 좌표만이 존재한다. 그런 세상에선 예전처럼 주사위 확률에 '장난'을 치는 영악한 전략은 나올 수 없다.

확률 분포에서 '이분법적' 존으로의 변화는 경기 전략에도 영향을 미칠 수 있다. 심판들이 인정할 일은 없겠지만, 현실에서는 야구에 존재하는 직구와 변화구 종류에 따라서 스트라이크 확률 분포가 달라진다. 스트라이크 판정을 잘 받는 코스와 그렇지 않은 코스도 존재한다. 이에 따라서 특정 변화구를 잘 쓰는 투수는 더 유리하게 경기를 풀어나갈 수 있다는 이점을 갖는다. 이런 이점, 그리고 반대의 경우 갖는 손해는 자동 판정이 도입되는 순간 무의미해질 수 있다. 유불리의 변화는 선수의 가치에도 영향을 미칠 수 있다. 그동안 정상에 섰던 선수가 그냥 좀 하는 수준의 선수가 될 수도 있다.

지금까지 열거한 이야기들은 다소 극적인 방향으로 구성한 사례들이다. 그렇지만 가능성이 전혀 없는 이야기는 아니다. 공정성을 생각한다면 기계를 활용한 판정 도입이 백 번 옳은 선택이 될 것이다. 하지만 그 기술이 실현됐을 때 어떤 모습으로 현실이 달라지게 될지 잘 고려해야만 의도하지 않은 방향으로의 변화를 미연에 방지할 수 있을 것이다. 비단 스포츠에 국한된 이야기만은 아니다. KST

과학기술기본법 혁신도전형 국가연구개발사업의 본격 시행에 대한 기대와 입법적 숙제[1)]

최 지 선 Law & Science 대표변호사, lawnscience.jschoi@gmail.com

국가 과학기술 경쟁력 제고를 위하여 단기적으로 성과에 중점을 둔 연구개발보다 단기적 성과를 기대하기는 어렵지만 성공하였을 경우 그 기술적·경제적 파급효과가 파격적인 (일명)혁신도전형 국가연구개발사업을 추진하고자 하는 논의가 있었다. 혁신도전형 국가연구개발사업은 연구주제의 도전성과 혁신성과 함께 그러한 연구주제를 효과적으로 추진할 수 있도록 연구개발을 수행하는 방식 역시 기존의 국가연구개발사업의 틀을 벗어나 경쟁을 통한 중복 연구와 포상금 지급 등 연구자의 연구의욕을 고취시키고 연구의 효율성을 높이는 것에 방점을 찍었다.

정부는 혁신도전형 국가연구개발사업을 2007년부터 추진하였으나 구체적인 정책으로 도입한 것은 2011년 이명박정부 시절로 볼 수 있다. 이명박정부는 지식경제부를 중심으로 기술적 난제 연구개발 포상금제도(2011.06)를 시범적으로 도입하였다. 이후 박근혜정부는 이를 발전시켜 미래창조과학부를 중심으로 경쟁형R&D 추진가이드라인(2014. 3)을 마련하였다. 박근혜정부의 가이드라인은 동일 연구주제에 대하여 복수의 연구기관이 경쟁적으로 연구를 수행하고 결과에 따라 연구 지속·탈락 또는 연구비를 차등 지원할 수 있도록 설계하였다. 당시의 가이드라인은 경쟁이나 상호보완이 필요한 경우 예외적인 중복사업을 허용한 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제7조를 근거로 동일 연구주제에 여러 연구기관이 참여할 수 있도록 하였다. 그러나 혁신도전형 국가연구개발사업은 기존의 국가연구개발사업 전반의 관리체계를 정한 관련 법령의 예외 조문 등을 활용함을 전제로 추진되었기 때문에 중앙행정기관의 장은 이러한 예외적 유형의 사업을 추진하는데 소극적일 수밖에 없었다.

이러한 문제를 해소하고자 문재인정부는 2020년 혁신도전형 국가연구개발사업의 추진을 활성화하기 위하여 과학기술정보통신부 훈령으로 「혁신도전 프로젝트 운영규정」을 제정하였다. 하지만 「혁신도전 프로젝트 운영규정」은 법적 구속력이 없는 행정규칙으로서 적극적인 관련 국가연구개발사업 추진에 한계가 있다는 평가가 있었고 이는 본격적인 입법화의 요구로 이어졌다. 이에 국회는 2020. 12. 22. 「과학기술기본법」개정(2021. 6. 23. 시행)으로 도전적 연구개발의 촉진을 위한 제15조의2(도전적연구개발의촉진)를 신설하였다.

「과학기술기본법」제15조의2(도전적 연구개발의 촉진)는 정부의 도전적 연구개발을 적극적으로 촉진·지원할 의무 및 도전적 연구개발 문화를 활성화하기 위한 시책을 수립·시행할 의무를 규정하였다. 또한 도전적 연구개발을 촉진하기 위하여 동일한 연구주제에 대해 복수의 연구기관 또는 연구자가 경쟁하는 방식으로 국가연구개발사업을 추진할 수 있다는 점, 연구개발비를 사전에 지급하지 아니하고 도전적 연구개발 목표를 공모하여 성과평가 결과가 우수한 연구기관 또는 연구자에게 예산의 범위에서 연구개발비 또는 포상금을 지급하는 방식으로 국가연구개발사업을 추진할 수 있다는 점, 수년에 걸친 계속적 연구에 대한 연구비

1) 이하 혁신도전형연구개발사업 추진에 있어 현행 「국가연구개발혁신법」의 한계에 관한 상세 의견은 최지선 외, 과학기술혁신 종합조정의 쟁점과 입법방향, 국회입법조사처, 2021, 130-132면, 138-144면의 내용을 중심으로 정리하였음을 밝혀둔다.

지급의 절차 등을 규정하였다.

그리고 올해 2021. 9. 24.「과학기술기본법」제15조의2를 구체화한 동 법 시행령 제24조의2 내지 제24조의5가 신설되었다. 동 시행령은 '혁신도전형연구개발사업'이란 국가연구개발사업 중 도전적 연구개발을 적극적으로 촉진 · 지원하고 도전적 연구개발 문화를 활성화하기 위하여 필요한 연구개발사업으로 구체적으로 정의하였으며(「과학기술기본법 시행령」제24조의2 제1항), 그 유형을 다음의 경쟁형 연구방식의 사업, 포상형 연구방식의 사업, 그리고 중장기 혁신도전형방식의 사업으로 구분하였다:

① 경쟁형 연구방식 혁신도전형 연구개발사업: 도전적 연구개발을 촉진하기 위하여 동일한 연구주제에 대해 복수의 연구기관 또는 연구자가 경쟁하는 방식의 국가연구개발사업(과학기술기본법 제15조의2 제3항, 동 법 시행령 제24조의3 제1항)

② 포상형 연구방식 혁신도전형 연구개발사업: 정부가 연구개발비를 사전에 지급하지 아니하고 도전적 연구개발 목표를 공모하여 성과평가 결과가 우수한 연구기관 또는 연구자에게 예산의 범위에서 연구개발비 또는 포상금을 지급하는 방식의 국가연구개발사업(과학기술기본법 제15조의2 제4항, 동 법 시행령 제24조의4 제1항)

③ 중장기 혁신도전형 연구개발사업: 혁신도전형연구개발사업 중 예비타당성조사 대상사업으로 선정된 사업으로서 사업타당성이 인정되어 소요경비 전부 또는 일부를 계속비로 편성하게 된 연구개발사업(과학기술기본법 제15조의2 제5항, 동 법 시행령 제24조의5 제1항)

「과학기술기본법」제15조의2 및 동 법 시행령 제24조의2 내지 제24조의5는 기존의 국가연구개발사업의 관리체계의 틀을 벗어난 파격적인 방식의 연구개발을 가능하게 하는 법적 근거를가 마련하였다는 점에서 의의와 기대가 크다.

그러나 다른 한편 우려도 있다. 우리나라 과학기술법제의 모법이라고 할 수 있는「과학기술기본법」및 동 법 시행령에 ① 경쟁형 연구방식 혁신도전형 연구개발사업, ② 포상형 연구방식 혁신도전형 연구개발사업, ③ 중장기 혁신도전형 연구개발사업을 본격적으로 추진할 수 있는 법적 근거는 마련되었으나, 이들의 연구개발사업 추진 방식은 국가연구개발사업의 전체 관리체계의 틀을 벗어나는 측면이 있기 때문이다. 우리나라 국가연구개발사업에 관한 전주기 관리체계는「국가연구개발혁신법」은 다른 법률에 우선 적용되는 특별법의 성격을 지니므로 비록「과학기술기본법」및 동 법 시행령에 혁신도전형 연구개발사업의 추진 근거가 마련되었다고 하더라도「국가연구개발혁신법」에 의해 현실적으로 추진이 어려운 것은 아닌지에 대한 우려가 있다.

결론부터 말하자면,「국가연구개발혁신법」하에서 혁신도전형연구개발사업을 추진하는 것은 가능하다. 그러나 현실적으로 혁신도전형 연구개발사업의 당초의 취지에 따라 기존 연구개발사업과는 현저히 차별적이고 도전적인 국가연구개발사업을 전면적으로 추진하기에는 현실적 한계가 있다(최지선, 2021: 138-144면).

예를 들면, 경쟁형연구방식 추진의 경우, 다른 연구개발과제와의 차별성을 평가요소에 포함하여야 하므로 동일 주제의 과제를 여러 기관이 동시에 수행하는 것은 원칙적으로는 어렵지만(「국가연구개발혁신법」제10조 제2항 제5호 및 동 법 시행령 제12조 제2항 제1호). 해당 국가연구개발사업의 목적·성격을 고려하여 다른 연구개발과제와의 차별성을 평가하지 않을 수 있는 예외 조항이 있으므로(「국가연구개발혁신법」제10조 제2항 단서) 이를 근거로 중복사업의 선정이 가능하다. 하지만 포상형연구방식 추진의 경우, 연구개발비의 사후적 지급(「국가연구개발혁신법」제13조 제2항), 성과가 불량한 연구개발과제에 대한 연구비 미지급 또는 일부 지급은 가능할 수 있지만(「국가연구개발혁신법」제12조 제3항), 성과가 우수한 연구개발과제에 대한 소요연구개발비를 상당히 초과하는 추가적인 자금(일명 "포상금")을 "연구개발비"로서 지급하는 것은 현행 기획재정부의 예산 편성지침 및 관련 규정에 비추어 현실적으로 어렵다. 포상금을 지급하더라도 국가연구개발예산이 아닌 기금 등 다른 방식의 예산을 활용하거나 기존의 연구수당을 확대 편성하는 등의 방안을 고려할 수밖에 없는 이유이다.

바야흐로,「국가연구개발혁신법」이 범부처 국가연구개발사업의 총괄규범으로서의 의의를 지니면서도 국가 과학기술경쟁력을 극대화하기 위한 창의적·혁신적 사업 기획에 기여하도록 그 개정 방안에 대하여 본격적으로 고민할 시점이다. KSJ

충전의 시대: 삶으로부터 소외될 위험성

전 대 호 유미과학문화재단 이사, daehojohn@hanmail.net

1 겨우 일박이일 여행을 떠날 때도 충전기를 챙기는 것은 오늘날 필수사항에 가깝다. 스마트폰을 충전해야 하고, 블루투스 이어폰을 충전해야 하며, 때로는 노트북도 충전해야 하기 때문이다. 젊은이들이 주요 고객인 카페에는 곳곳에 충전용 소켓(socket)이 있다. 얼마 전까지만 해도 전지를 사용하는 가전제품은 출력이 약해서 한계가 있었는데, 어느새 가전제품과는 비교할 수 없는 출력의 전기자동차까지 등장하여 빠르게 점유율을 높여가는 중이다. 19세기에 범선들이 여전히 활약하고 있었음에도 미래는 증기선에 있음을 다들 알았듯이, 지금은 내연기관 자동차를 밀어내는 전기자동차가 미래의 선봉임을 누구나 인정한다.

바야흐로 충전의 시대다. 기계들은 과거처럼 화석연료를 삼키고 내부에서 태워서 힘을 내는 대신에 순수한 힘 그 자체라고 할 만한 전기를 빨아들여 담아두었다가 필요할 때 꺼내서 곧장 사용한다. 과거의 기계가 음식을 먹고 소화하여 힘을 내는 동물과 비슷했다면, 이 시대를 이끄는 충전식 기계는 포도당 정맥주사를 맞는 회복기 환자나 실험동물을 닮았다.

무릇 기술이 그렇듯이, 충전 기술도 우리의 필요에 종사하는 수단의 지위에 고분고분 머무르지 않을 것이다. 기술은 우리의 삶 속으로 스며들어 아무도 예상치 못한 기술문화를 이루고 결국엔 우리가 품은 인간상과 각자의 자화상을 중대하게 변화시킨다. 충전의 시대를 마냥 환영하거나 직감만으로 배척할 것이 아니라 찬찬히 곱씹으면서 우리 자신의 생각을 돌아봐야 할 이유가 거기에 있다.

<생각이란 무엇인가>를 쓴 독일 철학자 마르쿠스 가브리엘(Markus Gabriel)은 책의 제사(題詞)로 시인 두어스 그륀바인(Durs Grünbein)의 알쏭달쏭한 문장을 인용했다. "기술, 그 작고 거대한 오류는 우리를 우리 자신으로부터 떼어놓는 무(無)다." 짐작하건대 기술에 대한 찬사라기보다 비판이며, 한편으로 기술을 하찮은 것으로 격하하면서도 다른 한편으로 중대한 문제로 인정하는 듯하다. "우리를 우리 자신으로부터 떼어놓는다"라는 표현에서는 많은 이들이 지적해온 자기소외를 연상하지 않을 수 없다. 아마도 시인은 기술이 일으키는 우리의 자기소외를 심각한 문제로 지적함과 동시에 그 문제가 신기루처럼 허망하다며 씁쓸하게 웃는 듯하다. 아무튼, 우리가 배워야 할 것은 기술에 대한 인문학적

숙고, 철학적 성찰이다. 기술의 발전이 전례 없이 급격한 지금, 특히 우리 사회의 건강을 위해 가장 필요한 영양소 하나는 그런 철학적 성찰일 성싶다.

기술에 대한 환영은 우리 사회에서 압도적인 대세다. 우리의 왕성한 신기술 채택에 놀라고 있는 사람은 필자 말고도 많을 것이다. 우리의 전통이라던 유교적 보수주의는 흔적조차 없다. 적어도 기술에 대한 개방성, 특히 디지털 기술에 대한 친화성에서는 우리 사회가 세계에서 둘째가라면 서러울 만큼 급진적인 듯하다.

넓게 보면, 새로움을 열렬히 추구하는 우리의 성향과 관련이 있을 것이다. 새로움은 우리 사회에서 생사가 걸린 진화적 장점이다. 적어도 많은 이들이 그렇다고 믿는다. 그래서 종종 요란하고 피상적인 새로움이 주목받고 납득하기 어려운 대세와 지나친 쏠림이 지배하곤 한다. 그렇기 때문에 더더욱 기술에 대한 비판과 새로움에 대한 역사적 숙고가 필요하다. 최소한의 균형을 잡아, 질주하는 우리 사회가 넘어지지 않도록 돕기 위해서다.

2

인류 최초의 전지는 1800년에 발명된 볼타전지(Voltaic cell)다. 그때까지 인류가 다뤄본 전기는 머물러 있는 전기 곧 정전기뿐이었다. 볼타전지 덕분에 우리는 흐르는 전기 곧 전류를 처음으로 경험했다. 그로부터 몇 달 지나지 않아 물의 전기분해라는 획기적인 성과가 나왔고, 곧이어 험프리 데이비(Humphry Davy)를 비롯한 화학자들이 이런저런 물질을 전기분해함으로써 새로운 원소를 여럿 발견했다.

그렇게 처음에 전지는 사람들의 일상생활을 돕는 기술적 장치라기보다 화학 연구 장비에 가까웠다. 데이비의 후임자인 마이클 패러데이(Michael Faraday)가 실험실을 방문한 어느 고위 관료로부터 '이 모든 연구가 무슨 쓸모가 있느냐'는 질문을 받고 "언젠가 여기에서 세금을 거둘 수 있을지도 모릅니다"라고 답했다는 일화가 있기는 하지만, 실제로 전기가 인류의 삶을 바꿔놓기 시작한 것은 그로부터 반세기 정도가 흐른 1880년경부터였다. 에디슨(Thomas Alva Edison)이 백열전구를 발명한 것이 1879년, 미국에서 최초의 상업발전소가 세워진 것이 1882년이다.

볼타전지는 재충전할 수 없는 일차전지였다. 금속판을 포개어 쌓는 간단한 방법으로 제작하여 한동안 사용하고 성능이 다하면 폐기해야 했다. 반면에 오늘날 충전 문화를 지탱하는 전지는 이차전지, 곧 재충전이 가능한 전지다. 물론 수명이 무한하지는 않지만, 이 충전의 시대를 주도하는 이차전지들은 몇 번이고 다시 충전해서 새것처럼 사용할 수 있다.

재충전 불가능성과 가능성이라는 근본적인 차이에 대한 논의는 잠시 뒤로 미루자. 우선 눈여겨볼 것은 1800년경에 사람들이 품었던 전기에 대한 생각이 흥미롭게도 현재의 충전 문화와 썩 잘 맞아떨어진다는 점이다. 무슨 말이냐면, 그 시절에 사람들은 전기를 물질과 구별되는 일종의 "기운"(<장하석의 과학, 철학을 만나다>에서 장하석이 사용한 표현)으로 여겼다. 기운이 물질에 깃들면, 물질은 그 기운이 주는 속성들을 갖게 된다. 거꾸로 기운이 물질에서 빠져나가면, 물질은 그 속성들을 잃게 된다.

그렇게 물질에 깃들 수도 있고 빠져나갈 수도 있는 기운이 여럿 존재했다. 전기 외에 플로지스톤(phlogiston), 칼로릭(caloric) 등이 그런 기운(당시의 화학 용어로는 "요소principle")이었다. 예컨대 플로지스톤이 물질에 깃들면, 그 물질은 금속처럼 광택이 나고 불에 잘 타게 된다. 칼로릭이 깃들면 물질이 뜨거워지고 빠져나가면 차가워진다.

하지만 물질과 기운의 차이와 상호작용을 중시하던 오랜 전통은 오로지 물질들끼리의 결합과 분해만으로 자연을 설명하는 (라부아지에(Antoine-Laurent de Lavoisier) 등이 주도한) 새로운 경향에 밀려 차츰 화학의 변방으로 밀려나고 끝내 맥이 끊겼다. 현재 전기소 (effluvium), 플로지스톤, 칼로릭 등은 과학사에서만 다뤄진다. 진지한 과학은 물질 혹은 에너지만으로 우주를 설명한다. 과학은 그밖에 다른 이질적 요소를 인정하지 않는다. 서로 동등한 물질들의 상호작용이 존재할 따름이다. 과거에 사람들이 몸에 깃든다고 믿었던 영혼이 사라졌듯이, 이 물질에 깃들던 기운들도 사라졌다.

그러나 과학자의 엄밀한 잣대를 잠시 내려놓고 일반인의 눈으로 이 충전의 시대를 둘러보면, 기운이 물질에 깃든다는 옛날 생각이 매우 적절하다는 느낌을 피하기 어렵다. 충전이란 무엇인가? 그 자체로는 쓸모없는 물질 덩어리에 전기 기운을 불어넣어 원활히 작동하는 기계로 살려내는 작업이 아닌가!

좀 더 고급스럽게 에너지 공급이라고 표현해도 좋겠는데, 일차전지를 통한 에너지 공급까지만 해도 기운을 불어넣는 일이라고 하기에는 약간 어폐가 있었다. 그 에너지 공급은 딱딱하고 길쭉하고 묵직한 배터리를 끼워 넣는 방식으로, 즉 새로운 물질을 들여옴으로써 이루어지니까 말이다. 반면에 이제 모두의 일상이 된 스마트폰 충전은 그야말로 기운을 불어넣는 작업이다. 당신이 카페 테이블의 소켓에 충전기를 연결하면, 전력망에 충만하던 기운이 소켓으로 흘러나와 충전기를 거쳐 스마트폰에 깃든다. 보이지도 않고 만져지지도 않는 기운. 우리 일반인에게 전기는 그 자체로는 한낱 물질 덩어리인 스마트폰에 깃들어 마침내 스마트폰을 스마트하게 만드는 필수적인 기운, 그야말로 영혼이다.

1800년경 화학에서 물질과 기운의 이분법이 쇠퇴하고 동등한 물질끼리의상호작용을자연의원리로보는이른바"합성주의(compositionism)"가 득세한 것은 어쩌면 정치적 평등주의와도 관련이 있을지 모른다. 각각의 물질에 고유한 속성들이 내재하는 것이 아니라 어떤 외래의 기운이 깃듦으로써 비로소 물질이 속성들을 갖게 된다는 생각은 평등주의에 반할 수 있다. 개별 물질을 사실상 기운에 종속시키는 면이 있으니까 말이다. 정치적 함의가 있건 없건, 19세기 화학은 그렇게 개별 물질을 비독립적 존재로 격하하는 기운들을 몰아냈다. 그러나 참으로 흥미롭게도 21세기의 기술문화는 전기라는 만능의 기운을 되살리는 듯하다. 우리 주위의 많은 기술적 장치는 비독립적이다. 충전해야만 제구실을 하므로 전력망에 의존한다.

충전으로 작동하는 기계들은 점점 더 많아질 것으로 보인다. 바꿔 말해 기계들은 더 심하게 전력망에 의존하게 될 것이며, 따라서 그 기계들을 사용하는 우리도 개별자로서의 독립성을 더 많이 잃게 될 것이다. 우리가 더 자유롭기 위해 개발한 충전식 장치들이 도리어 우리를 시스템과 연결망에 더 많이 의존하게 만든다. 충전의 시대는 연결망 의존의 시대이기도 하다. 필자는 이 기술문화적 흐름이 우리 삶에 속속들이 파고들어 정치적 평등주의를 위협하고 심지어 삶의 근본적 불가역성을 은폐하는 수준에까지 이를 수도 있다는 우려를 품는다. 물론 기우이기를 바란다.

3 앞서 뒤로 미뤘던 재충전의 불가능성과 가능성에 대한 논의를 이어가자. 핵심은 온갖 장치들의 재충전 가능성이 우리에게 넌지시 암시하는 보편적 가역성(可逆性)이다. 스마트폰은 거의 매일 재충전으로(또 업데이트로) 팔팔하게 활력을 되찾는다. 물론 스마트폰도 여느 기계와 마찬가지로 마모되어 언젠가 수명이 다하지만, 많은 이들은 그보다 훨씬 더 전에 스마트폰을 교체하므로, 우리 중 다수가 경험하는 스마트폰의 삶은 끝없는 되살아남의 반복이다. 다른 충전식 장치들도 마찬가지다.

21세기의 기계들은 독립성을 잃고 전력망에 의존하는 대가로 신비로운 가역성을 획득했다. 그 기계들은 재충전될 수 있으므로 젊음을 되찾을 수 있다. 충전은 시간을 되돌리는 마법이다. 이차전지가 21세기를 대표할 만큼 매력적인 기술이라면, 그 매력의 상당 부분은 이 마법에서 나오지 싶다. 되돌릴 수 없는 시간만큼 야속하고 절대적인 것이 우리의 삶에 또 있겠는가? 충전 기술은 그 숙명적인 시간의 불가역성을 깨트릴 가능성을 암시하거나 그 불가역성을 상당히 성공적으로 은폐한다. 그러니 어찌 매력적이지 않겠는가.

박식한 역사학자 유발 하라리(Yuval Noah Harari)는 <호모 데우스>(Homo Deus)라는 도발적인 제목의 저서에서 과학기술의 발달 덕분에 인간이 신의 경지에 오를 가능성을 전망한다. 그러나 그 어떤 것도 폐해 없이 오직 혜택만 가져다줄 수는 없다. 과학기술도 마찬가지다. 21세기에 들어서 적용 범위를 대폭 확장 중인 충전 기술은 우리의 연결망 의존성을 높이고, 삶까지 포함해서 무엇이든지 되돌릴 수 있다는 착각을 유도하여, 모든 각자의 단 한 번뿐인 삶의 절실함을 희석할 위험이 있다. 바꿔 말해 광범위한 충전 기술은 삶으로부터의 소외를 부추길 위험이 있다. 그러나 천하가 다 알듯이 우리 각자는 결국 한 마리 동물이다. 이것은 이 찬란한 충전의 시대에도 변함없는 진실이다. KSJ

노벨상의 나라, 스웨덴의 연구 방향과 환경

문 선 우 스웨덴 KTH왕립공대, 박사과정, sunwoo@kth.se

1. 노벨상의 나라, 과학 강국 스웨덴

노벨상은 1901년부터 120년 동안 물리학, 화학, 생리학 등 6개 분야에 각각 가장 큰 기여를 한 사람에게 수상해 오면서 세계 최고의 권위를 자랑하고 있다. 수상자 발표는 매년 과학자들뿐 아니라 모든 사람들에게 관심을 받으며, 수상자들은 전 세계를 돌며 강연을 하곤 한다. 그 높은 권위 덕에 노벨상을 받기 위한 연구 혹은 연구 지원 제도들이 마련되기까지 한다. 노벨상 수상자는 스웨덴 왕립과학한림원(이하 왕립과학원)을 통해 결정된다. 전 세계 분야별 전문가들의 추천을 받은 후 후보자를 압축하고, 선정위원회가 최종 후보를 압축하면, 투표를 통해 최종 결정된다.

노벨상의 호스트(host)인 스웨덴은 오랜 과학 강국이다. 1903년부터 2015년까지 17명의 과학분야 노벨상 수상자(물리4명, 화학5명, 생리의학 8명)를 배출했다. 대표적인 예로 재료 분석에서 널리 사용되는 물질분석 방법인 X-선 광전자 분광학(XPS)[1]과, 현재까지 유일한 플라즈마 물리 분야 노벨상이자 천체 물리, 핵융합 연구 등의 중요 이론인 자기 유체 역학(1970년, Hannes Alfvén) 등도 스웨덴의 노벨상 수상자들에 의해 시작되었다. 과학 강국의 면모는 지금까지도 계속 이어지고 있다. GDP 대비 R&D 투자 비율은 EU에서 가장 높은 수준인 3.2% 이며, 2021년 기준 글로벌 혁신 지수는 2위(스위스 1위, 한국 5위)[2], 유럽 혁신 지수는 1위[3]에 위치해 있다.

스웨덴 연구협의회(Vetenskapsrådet, 이하 VR)[4]에서는 노벨상을 선정하는 스웨덴 왕립과학원 회원들이 스웨덴의 과학기술 연구 방향성에 대해 고민하고, 과학기술 정책분야에서 자문 활동을 수행한다. 본고에서는 VR에서 발표한 "미래의 연구 시스템을 위한 선택 – 지식, 우수성, 윤리" 보고서[5](이하, 연구 시스템 보고서)를 통해, 스웨덴의 연구 시스템을 살펴볼 예정이다. 또 스웨덴의 대표 공과대학 중 하나인 스웨덴 KTH왕립공대에서 수행한 설문조사[6] 내용을 정리함으로써, 스웨덴의 연구 환경에 대해서도 소개하고자 한다.

1) 부자(父子) 과학자가 각각 1924년 물리학상 (Karl Manne Siegbahn), 1981년 물리학상 (Kai Siegbahn) 수상
2) 세계지식재산권기구(WIPO)의 글로벌 혁신 지수(Global Innovation Index)
3) 유럽연합(EU)의 유럽 혁신 지수(European Innovation Scoreboard)
4) VR은 한국의 연구재단과 유사하게 연구비를 집행하는 기관이며, 2019년 기준 46억 스웨덴크로나 (한화 약 6,000억원)의 예산을 1,029개의 프로젝트에 집행했다.
5) https://www.vr.se/english/analysis/reports/our-reports/2019-12-13-future-choices-for-the-swedish-research-system.html
6) https://www.kth.se/2.251/2.14290/aphys/internal/work-environment/the-employee-survey-2018-medarbetarundersokning-2018-1.655873

2. 스웨덴의 연구 시스템

연구 시스템 보고서는 2015년 연구협의회가 발간한 미래 연구 시스템의 방향에 대한 또 다른 보고서에 기반하고 있다. 2015년 보고서는 1990년부터 2014년까지의 스웨덴 연구 정책에 대해 리뷰하였고, 이를 기반으로 새로운 방향성 제시의 필요성이 제기되어 다방면의 논의 끝에 2019년 연구 시스템 보고서를 발간하였다. 이를 통해 3가지 기본목표(지식, 우수성, 윤리)와 12가지 세부전략을 제시하고 있다. 12가지 세부 전략 중 연구 방향성 및 연구 환경과 관계된 8가지 이슈를 요약하였다.

연구 방향성 ① 연구자가 발의한 연구, 비목적성 연구 추구

정부 정책 이니셔티브에 기반한 연구들이 아닌 연구자가 직접 아이디어를 제시하거나 지식 탐구를 위한 기초 과학 연구에 대한 투자 비중을 늘린다는 내용이다. 한 예로 2017-2019년, 3년간 정부 정책과 무관한 기후 변화 연구들이 10억 SEK (약 1,300억원)의 예산을 받았으며, 초기 단계의 항생물질 내성 연구들도 지원받고 있다. 이와 같은 연구들은 장기적인 연구의 기초가 될 뿐 아니라, 우수한(highly cited) 연구의 기반을 마련할 수 있다고 보고 있다. 이 전략을 뒷받침 하기 위해 정부 R&D 예산에서 연구자 중심 연구를 위한 예산을 별도로 편성하고, 연구 기반시설을 확충하며, 연구 평가 방식 역시 제고하여, 관련 내용들이 함께 세부 전략으로 반영되었다.

연구 방향성 ② 전략적 연구 이니셔티브 조성

연구자 중심의 연구를 보완하기 위해 정부 또는 프로그램 차원의 이니셔티브가 필요하며, 특히 사회적 문제를 해결하기 위한 이니셔티브들이 이에 해당한다고 볼 수 있다. 이를 위해 스웨덴은 전략적 연구 분야(Strategiska forskningsområden), 전문 연구 이니셔티브(Särskilda forskningssatsningar), 혁신 연구 분야(Strategiska innovationsområden) 등의 프로그램을 운영하고 있다. 뿐만 아니라 EU 연구 예산인 HORIZON 2020과 UN의 지속가능개발 아젠다 등을 해결하는 전략적 연구들과의 연계를 위해서도 전략적 연구 이니셔티브 조성은 중요한 과제이고, 이를 위한 연구 영역을 선정하는 과학적인 방법의 필요성도 제기되었다. 별도의 위원회 구성을 통해 이니셔티브 조성을 계획하고 있다.

연구 방향성 ③ 연구 평가 및 우수성 검증 방안 마련

연구의 우수성을 확보하기 위한 하나의 방편으로 연구 평가 프레임을 제고하는 방안이 제기되었다. 이를 위해 스웨덴 고등교육청(UKÄ)과 스웨덴 고등교육협회(SUHF)는 연구 평가 프레임워크를 개발하고 있다. 특히 동료 평가(peer-review)가 중심이 되는 기존의 평가방식이 다양한 분야에서의 접근을 통해 종합적으로 평가하는 것에 한계가 있어 새로운 프레임워크는 이를 해결할 목적을 가지고 있고, 또 한가지 중요하게 제고되는 부분은 동료 평가를 통해 프로젝트 시행 전 단계에서 연구의 우수성을 강화할 수 있다는 부분이다. 특히 외부 또는 EU 예산의 경우, 다른 국가의 기관들과도 경쟁해야 하기 때문에 그 필요성이 더욱 제기되고 있다.

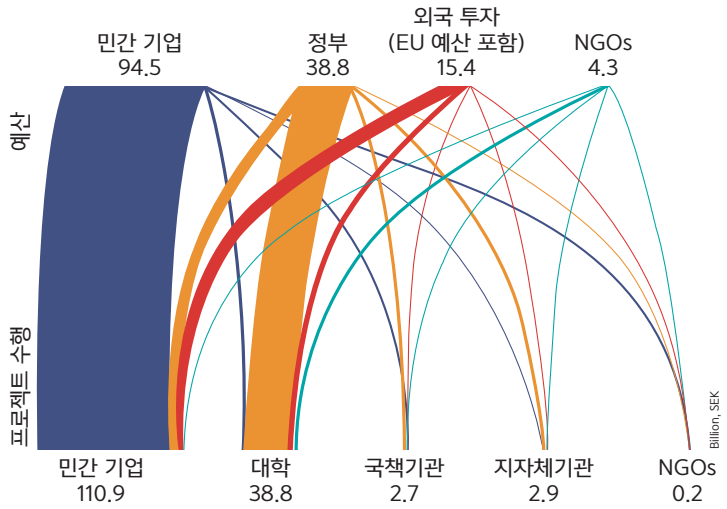
연구 방향성 ④ 국제화

2016년 기준 스웨덴의 연구 논문 중 68%가 국제 공동연구(저자 중 한 명 이상이 다른 나라 소속)로 발간되었다. 하지만 여전히 EU뿐 아니라 전세계 연구의 주축이 되는 연구들은 대부분 스웨덴과 관계없는 국가에서 이뤄지고 있기에, 스웨덴 역시 중추적인 역할을 하기 위해 전략적 이니셔티브 활용을 통해 강점 분야를 육성하고, 해당 분야가 EU 및 국제 협력 프로그램들, 가령 유럽 연구 영역 (European Research Area, 이하 ERA) 등에서 중추적인 역할을 할 수 있도록 하는 방안 마련이 제기되고 있다. 스웨덴의 연구 환경 강화, 인프라 확충, 연구자 경력경로 보장 등도 우수한 연구 인력 유치로 국제적 연구를 가능토록 하는 전략들이다.

연구 환경 ① 정부 직접 지원 예산과 외부 예산 분배 구분

스웨덴의 R&D 예산은 다른 주요국들과 대동소이하나 주목할 만한 점들이 있다. 스웨덴은 교육 중심 대학과 연구 중심 대학으로 구분되는데, 연구 중심 대학의 예산 지원에 대해서는 우수한 연구를 위한 투자에 중점을 두고, 교육 중심 대학에는 교육과 관련된 예산 지원에 중점을 둔다. 정부 직접 지원 예산의 비중이 높기 때문에 해당 영역에 맞게 지원이 가능하다. 하지만, 교육과 연구를 병행하는데 어려움을 겪는 교수들이 많아 교육과 연구의 균형 및 유연성을 보장하기 위한 전략을 마련하고 있다. 또한 비영리 기관, 즉 재단을 통한 예산 투자가 많다. 대표적인 예시가 발렌베리(Wallenberg) 재단이며, 우수한 연구들은 경쟁을 통해 선발되어 재단의 지원을 받기도 한다. 발렌베리 재단의

| 그림 1. 스웨덴 연구개발 예산 출처와 프로젝트 수행 기관(단위: 십억 스웨덴크로나)[7] |



연구 지원은 2020년 기준 총 24억 SEK(한화 3,150억원) 정도이다. 이러한 재단 및 외부(EU) 프로그램들을 통해 우수한 연구들이 지원받을 수 있도록 하는 환경을 조성하고자 한다.

연구 환경 ② 연구 기반시설 확충

대규모 예산이 필요한 연구 기반시설 건립도 요구되고 있다. 세계 최고 수준의 인프라는 최고 수준의 연구자들이 모이게 하고, 그에 걸맞는 결과들을 만들어 낼 수 있기 때문에 장기적인 연구 역량 강화를 위해서는 필수적인 부분이다. 스웨덴의 대표적인 대규모 투자 설비는 MAX IV사례가 있다. 스웨덴 룬트에 소재한 차세대 가속기 설비로 한국의 포항 가속기와 같은 3 GeV의 에너지까지 만들 수 있는 가속기이며, 관련된 연구 논문들이 매년 110편 이상 출간되고 있다. 그 외에도 슈퍼컴퓨터 시스템 SNIC(Swedish National Infrastructure for Computing)과 의료 데이터를 다양한 설비에서 접근하여 분석할 수 있게 하여 맞춤형 정밀 의학이 가능하도록 하는 RUT (Register Utiliser Tool) 등이 연구 인프라로 정부 지원의 지원을 받고 있다.

연구 환경 ③ 연구 환경 조성

연구협의회는 보고서를 통해 연구 환경이란 연구 아이디어와 비전을 공유하고, 공통의 목표 아래 연구를 수행하는 단위라고 정의하며, 물리적인 하나의 조직이 아니라 다양하게 조직될 수 있는 그룹을 형성하기 위해 연구 문화, 리더십, 협업 네트워크, 예산 집행 구조 등을 제고하는 방안을 마련했다. 한 예로 앞서 설명한 RUT 인프라는 저명한 연구자들과 국제 공동연구를 가능하도록 만들었고, 이를 통해 우수한 역량을 가진 연구 환경을 조성할 수 있게 되었다는 평가를 하고 있다. 또한 연구 지속성을 위해 우수한 연구 그룹들이 대학 교육과의 연계를 통해 연구 후발 주자들을 육성하여 장기적인 연구가 가능하도록 하는 것에도 초점을 두고 있다.

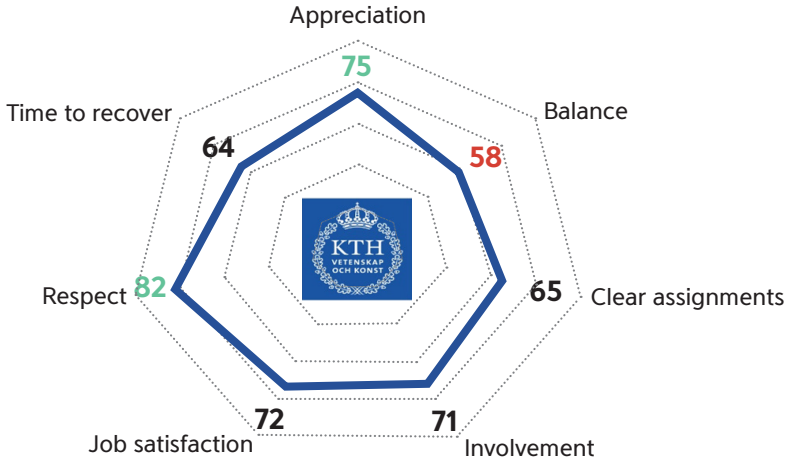
연구 환경 ④ 연구자 경력경로 보장

연구개발과 관련된 일자리에 박사학위가 필요한 (연구자 또는 포닥 등의 직위) 비율이 2001년 17%에서 2017년 27%로 증가하였다. 하지만 비정규직 고용 형태도 증가하면서 젊은 연구자들이 장기적, 안정적으로 연구에 투자할 수 있는 시간이나 공간이 마련되는데 한계를 느끼고 있다. 때문에 스위스, 덴마크, 네덜란드 등으로 이직하는 경우가 증가하고 있고, 특히 경력 초기에 겪는 어려움들을 위해 지원 제도가 마련될 필요성이 제기되고 있다. 이를 해결하기 위해 추가적인 초기 연구자 포지션 신설과 인센티브 제도 등을 마련하고 있다.

이 외에도 자연과학이나 공학 등의 특정 분야에서의 남성 편중 현상 해소, 나노·유전자·인공지능 등 새로 발생한 분야에 대한 연구 윤리와 부정행위 방지를 위한 윤리 강화, 복잡성 증가로 접근이 어려워진 연구 결과물들에 대한 개방형 접근(open access) 지원, 민주주의 사회에서 요구

7) 스웨덴 연구협회 연구 시스템 현황 https://www.vr.se/english/analysis/swedish-research-in-figures.html

| 그림 2. 스웨덴 왕립공대 (KTH) 교직원 및 박사과정 설문결과 중 일부 항목 |



되는 과학에 기반한 지식의 대중화를 위한 커뮤니케이션 전략 마련 등의 이슈들이 나머지 4개 세부 전략을 구성하고 있다.

추가적으로 스웨덴의 전반적인 연구 환경을 소개하기 위해 스웨덴 KTH 왕립공대에서 수행한 설문조사 내용을 참고하였다. 스웨덴의 다른 직장과 달리 연구소 및 대학은 워라벨이 잘 지켜지지 않는다는 점에서 한국과 유사한 부분이 있다. 반대로 주목할 만한 차이점은 서로의 업무에 대해 감사 표현이 빈번하다는 것과, 교수나 학생이, 혹은 경력에 상관없이 의견을 존중받을 수 있다는 것에 대한 인식이 높다는 점이다. 실제로 박사과정 학생들은 직원으로 계약하며, 독립적인 연구자로 인식되고 있다. 이는 장기적으로 연구자들의 경력 보장과 연구자 중심의 연구 시스템과 연결되어 독창적이고, 우수한 연구가 가능하게 하는 연구 환경임을 엿볼 수 있다. 그 외에 프로젝트 참여도나 직무 명확도, 만족도 등은 학교 자체적으로 적정 수준에 있는 것으로 파악하고 있다. 참고로 KTH는 전반적인 수준은 전세계 100위권으로 평가되지만, 건축 및 전자공학 분야는 20위 안쪽으로 평가(QS 기준)되며, 이러한 명성과 연구 환경을 기반으로 전세계 주요 연구자들과의 공동연구 및 국제 학생들의 유입이 많고, 에릭슨(Ericsson), ABB 등 관련 분야 대기업과의 공동연구 및 발렌베리 재단의 장학금 프로그램들이 많아 우수한 연구 및 연구자들이 지속적으로 배출되고 있다.

3. 맺음말

한국의 연구개발과 그 정책은 세계 최고 수준이지만, 다른 국가들과의 비교를 통해 계속해서 보완, 발전해 가야 한다. 특히 노벨상의 권위가 과학의 연구 방향성을 제시하는 하나의 항목처럼 여겨지기도 하며, 노벨상을 선정하고 수상하는 스웨덴 과학원과의 교류를 강조하는 경우들도 있다. 그런 의미에서 과학계에서 긴 역사와 최고 권위의 상을 수여하는 스웨덴의 연구 시스템 정책을 연구 시스템 보고서를 통해 간략히 돌아보았다. 연구 방향성과 관련해서는 연구자 중심의 연구 및 기초과학에 대한 중요성을 강조하였고, 사회적 문제나 EU, UN등에서 다루는 국제 공동 아젠다에 대비에 있어서는 전략적 이니셔티브의 조성, 우수한 성과 창출에 맞춘 평가 시스템과 국제화 전략 등에 초점을 두고 있었다. 또한 이를 뒷받침하는 연구 환경 조성을 위해, 정부가 직접 지원 예산의 활용도를 제고하고, 세계적인 수준의 연구를 진행할 수 있는 인프라 확충을 고려한다. 더불어, 공동 연구 활성화를 위한 온오프라인 네트워크 형성 및 장기적인 연구 시스템 강화를 위한 초기 연구자들의 인센티브 등도 논의되었다. 전반적으로 국내 연구 정책 및 방향성과 유사한 부분들도 있지만, 실제 연구에 참여하는 입장에서 가장 큰 차이는 연구 문화와 환경에 있었다. 국내에서 이미 지속적으로 연구자들, 특히 대학원 포함 초기 연구자들의 연구 환경(처우, 안전망, 권리 보장 등)이 열악하다고 인식되고 있는 상황에서 구체적인 비교를 통한 연구 환경 개선이 필요할 것으로 보인다.[8] KST

8) 한국 정책브리핑, 과학기술분야 대학 연구인력의 권익강화 및 연구여건 개선방안 https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156283599

호네부토 방침(骨太の方針)과 중의원 총선거 공약을 통해 바라본 포스트코로나 시대 일본 정부의 혁신 정책

엄 원 섭 기타큐슈시립대학 영미학과 조교수, eum@kitakyu-u.ac.jp

지난 10월의 마지막 날, 일본 중의원 총선거가 열렸다. 집권 여당의 총재가 곧 일본의 내각총리대신이기에, 일본의 중의원 선거의 결과에 따라 집권 여당과 향후 일본 정부의 정책의 방향성이 결정되는 중요한 선거라고 볼 수 있다. 코로나19 대처에 집중하던 기존 스가 총리가 9월에 물러났고, 후임 총리가 된 기시다 후미오 총리는 정책의 일관성을 위해 현 여당인 자민당의 지지를 호소했다. 한편, 입헌민주당, 국민민주당, 일본공산당 등 5개 야당은 대부분 지역구에서의 단일화를 통해 정권교체를 목표로 삼았고, 공고했던 자민당의 단독 과반 의석 확보를 저지하려고 노력했다.

여러 언론에서 자민당의 단독 과반이 흔들릴 것으로 예상한 것에 반해, 이번 중의원 총선거에서 현 여당인 자민당은 의석수가 다소 감소했음에도 불구하고 단독 과반을 확보했고, 오히려 제1야당인 입헌민주당의 의석수가 109석에서 96석으로 감소했다. 높아지는 백신 접종률과 함께 여당 지지율이 회복되고 있던 차에, 어려운 경제 상황 하에서는 새 정부를 통한 급격한 변화 대신 안정적인 기존 정책 유지가 빠른 경제 회복으로 이어질 것이라는 점을 강조한 자민당의 전략이 맞아떨어진 결과라고 볼 수 있다. 이 결과로 자민당의 뉴딜정책 이니셔티브는 다시금 탄력을 받게 되었고, 신임 기시다 총리 또한 적극적인 재원 투입을 통해 포스트코로나 시대의 경제 부흥과 혁신역량 강화를 약속하였다. 11월 26일의 보정예산안에 따르면 일본 정부는 22.1조엔의 추가 국채발행을 통해, 역대 최고인 31.6조엔의 경제대책을 펼칠 것임을 알렸다. 주요 대책과 세부 사항, 그리고 지출 규모는 이하 표 1과 같다.

본고에서는 2021년 6월 내각부의 "경제재정 운영과 개혁의 기본방침 2021(이하 호네부토 방침)"[1]을 통해 일본 정부의 혁신 정책 방향성을 살펴보고, 자민당의 중의원 총선거 공약을 바탕으로 추후 도입될 것으로 예상되는 주요 혁신 정책의 키워드를 더하여, 가까운 미래 일본 산업이 도달하고자 하는 목표에 대해 살펴보고자 한다.

1) 내각부. (2021). 経済財政運営と改革の基本方針2021について. https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2021/2021_basicpolicies_ja.pdf

| 표 1. 2021년도 보정 예산안의 주요 사업[2] |

주요 경제 대책	세부 사항	지출 규모
코로나19 확대 방지	지자체 코로나 대책 재원 임시 교부금	6.8조엔
	의료 체제 강화 및 백신 접종 촉진	2조엔
	매출 감소의 사업자에게 최대 250만엔 지급	2.8조엔
	주민세 비과세 세대에 현금 10만엔 지급	1.4조엔
	생계 곤란 학생에게 긴급 지원금 10만엔 지급	675억엔
	가솔린 가격 상승 억제	893억엔
사회경제활동의 재개	Go To Travel 재개	1.3조엔
	백신, 치료제의 국내 개발	7355억엔
“새로운 자본주의” 추진	18세이하 10만엔 지급	1.9조엔
	마이넘버카드 발급에 최대 2만엔 상당 지급	1.8조엔
	간호, 개호, 보육, 유아교육 분야 지원	2600억엔
	첨단 반도체 생산 기반 정비 (TSMC 협력 사업)	6170억엔
방재, 국토 강인화 추진	국토 강인화 5개년 가속화 대책	1.3조엔
	국제정세 대응 활동 경비	7354억엔

1. 혁신 정책 관점에서 바라본 호네부토 방침

타 국가들과 마찬가지로, 일본 또한 경제 정상화를 위한 적극적인 정책을 펼쳐왔다. 2020년 3차에 걸친 추경예산 및 예비비 활용을 비롯해 코로나19로 인한 영향으로부터 국민 생활과 경제 회복을 위한 노력을 기울여 왔다. 한편, 디지털 기술을 활용한 유연한 근로 방식과 다양한 비즈니스 모델의 도입, 도쿄 등 수도권 집중 현상의 해소 등 코로나19를 계기로 삼는 변화 또한 감지되고 있다. 경직적인 일본 경제가 전환을 실현할 수 있는 원동력이, 코로나 19라는 예상치 못한 변수가 될 수도 있는 것이다. 이를 위해 2021년 일본 정부는 향후 일본의 경제정책, 예산안 등의 토대가 되는 경제재정운영과 개혁의 기본방침, 즉 ‘호네부토 방침(骨太の方針)’을 제시하였다. 여기에는 1) 탄소 중립화, 2) 디지털 개혁 등 혁신지향적인 목표를 내세우고 민간 투자와 혁신을 장려하며, 일본의 고질적인 과제인 3) 지방 경제 활성화와 4) 저출산 대책 등이 포함된다.[3]

그린(Green) 사회로의 전환

일본은2050년 탄소 중립을 목표로, 2030년도의 온실가스 배출 감소 목표를 2013년도 대비 46% 감소라는 새로운 목표로 세웠다. 이를 실현하기 위해 ① 탈탄소 성장 정책 추진, ② 재생 가능 에너지의 주력 전원화 ③ 탈탄소를 위한 재원을 공적 부문이 선도하여 확보하는 세 가지 방안을 제시하였다.

이 과정에서 산업구조 또는 경제사회의 전환을 불러일으켜 장기적 성장을 도모하는 녹색성장전략을 위한 모든 정책, 예를 들어 해상풍력, 수소, 축전지 등 중점 분야의 연구개발, 설비투자를 추진하기로 했다. 구체적으로는 그린 이노베이션 기금[4]에 의한 야심적인 이노베이션에 도전하는 기업에 대한 10년간의 지속적 지원, 탄소 중립을 위한 투자촉진세제의 활용 등 기업의 탈탄소 투자를 지원하는 동시에 신기술 친화적인 규제개

2) 시사통신. (2021). 今年度歳出１４２兆円に膨張 １８歳以下に１０万円一国債残高､初の１０００兆円超. https://www.jiji.com/jc/article?k=2021112600857&g=eco
3) 김규판. (2021). 일본의 2021년도 경제·재정 정책방향과 시사점. 세계경제 포커스 Vol. 4. No. 36. 대외경제정책연구원.
4) 총 2조엔 규모로 설치. 구체적으로는 축전지, 해상풍력, 차세대 태양전지, 수소, 탄소 재활용 등을 대상으로 그린 성장 전략의 실행 계획과 연동. 세부사항은 경제산업성 (2021)의 “그린이노베이션 기금사업의 기본방침” 참조. https://www.meti.go.jp/press/2020/03/20210312003/20210312003-1.pdf

혁과 국제표준화에 대응한다. 이를 위해 그린본드 등의 거래가 활발하게 이루어지는 그린국제금융센터 수립, 탈탄소가 어려운 산업을 위한 트랜지션 파이낸스(Transition Finance)을 추진할 예정이다. 아울러 "지역 탈탄소 로드맵"에 따라 지방자치단체 및 국가적 대응을 추진하여 2030년까지 탈탄소 선행지역을 최소100개소 창출하고, 전국적으로 확장하려 하고 있다.

정부와 사회의 디지털화 (Digital Transformation, DX)

포스트코로나 시대를 맞이하는 일본 정부의 큰 고민 중 하나는 낮은 디지털 기술전환율이다. 재택근무를 장려하였지만 전자 결재가 익숙하지 않은 사람들, 인감을 필요로 하는 문화 때문에 소위 말하는 비대면, 페이퍼리스(paperless) 사회로의 전환이 쉽게 이루어지지 않았다. 이러한 문화를 바탕으로 행정 서비스 또한 디지털 전환이 늦춰졌으며, 팩스 기반의 집계로 인해 코로나19 확진자의 집계가 늦어지고 지원금 지급 전자 시스템 구축에 애를 먹기도 했다. 이에 정·재계에서 디지털화를 요구하는 목소리가 커지게 되었고, 일본 정부는 디지털 시대의 민관 인프라를 향후 5년간 완성하는 목표를 세웠다.

이 계획에서 가장 중요한 역할을 맡고 있는 조직은 바로 디지털청이다. 새롭게 설치된 디지털청(庁)이 중심이 되어, 디지털 정부(Digital Govern-ment)의 확립과, 민간의 디지털 전환을 촉진하는 기반을 정비하여 더욱 많은 사람들이 디지털 기술 활용에 익숙한 사회를 구축할 계획이다. 디지털청은 각 부처에의 권고를 할 수 있는 권리가 있고, 각 부처 또는 민간에서 유수의 인재를 소집해, 정부 각 조직의 디지털화 과정을 종합적으로 관리한다. 또한 각 부처는 국가 공무원 채용 과정에서 디지털 부문의 채용을 적극적으로 늘리고, 디지털청이 이끄는 직원 연수에 참여하게 된다. 디지털청은 정부의 데이터 전략에 발맞추어 정책 과제에 대응하는 데이터를 발굴하고, 그 데이터를 활용하고 공유할 수 있는 데이터 시스템을 설계하여, 정비된 데이터를 최대한 활용하고자 한다. 또한 디지털청은 지방자치단체 보유 데이터를 포함한 행정 데이터 제공 시스템을 구축하여, 행정기관 간의 정보 연계를 추진하며, 의료·간호, 교육, 인프라, 방재와 관련한 데이터를 정비한다. 민간부문의 협력을 통해서는 IT도입 지원을 통해 디지털화를 추진하는 기업에 지원금을 지급하거나, 경리 및 행정사무 업무의 디지털화를 추진하여, 경리 사무 작업에서 기장 수기 입력을 줄이는 등 디지털화를 통한 효율성 증진을 도모하게 된다.

아울러, 일본 정부는 2022년도 말까지 대부분의 국민에게 마이넘버카드를 보급하는 목표를 발표하였다. 마이넘버란 외국인을 포함한 국민 개개인에게 부여된 개인 고유 번호, 즉 우리나라의 주민등록번호 또는 외국인등록번호에 해당하는 체계이다. 일본 정부는 2020년 코로나19 긴급 지원금 지급 시 마이넘버가 없는 국민이 많아 지원금 신청 데이터를 디지털화하는 데 많은 시간이 걸린 이후 보급 캠페인을 펼치고 있지만, 마이넘버카드의 보급률은 아직 40%에 불과하다[5]. 이에 일본 정부는 마이넘버카드 신규 발급 시 최대 2만엔을 지원해주는 등 보급 캠페인을 확대하고, 마이 넘버 카드의 건강 보험증, 운전 면허증과의 일체화 등을 통해 활용 폭을 확대하며, 스마트폰에의 탑재 등 사용 편리성을 높이는 대책을 준비하고 있다.

지방 창생

지역발전은 일본이 지속적으로 고민해 온 문제점으로, 도쿄 등 수도권에 인구 집중화가 일어나는 한편 지방 주요 도시들은 인구 감소와 기업 감소를 심각하게 겪고 있는 상황이다. 하지만 코로나19로 인해 많은 기업들이 인구가 밀집되어 감염 위험이 높은 수도권을 벗어나 다시 지방 이전에 관심을 갖게 되었고, 원격 근무의 확대로 지방 거주를 장려할 수 있는 여건이 생기게 되었다. 이에 내각부 산하 지방창생추진사무국은 지방으로의 인구 이동을 촉진하고, 지역 경제를 활성화하는 목표를 구체화했다.

지난 6월 발표된 "마을·사람·일 창생기본방침 2021 (まち·ひと·しごと創生基本方針 2021)"[6]을 살펴보면, 지방 창생을 휴먼, 디지털, 그린의

5) NHK. (2021). 総務相 マイナンバーカード交付枚数5000万枚超 普及率向上を.
https://www3.nhk.or.jp/news/html/20211119/k10013354061000.html
6) 내각부 지방창생추진사무국. (2021). まち·ひと·しごと創生基本方針 2021.
https://www.chisou.go.jp/sousei/info/pdf/r03-6-18-kihonhousin2021hontai.pdf

세 가지 관점으로 접근하고 있다. 각각 지방으로의 인구 이동 흐름을 만들고 인재를 지원하며, 스마트시티를 추진하여 2025년까지 100개 스마트시티를 구축하는 등 지방 창생의 여건을 디지털화를 통해 지원하며, 지방이 이끄는 탈탄소사회의 실현 등 세 가지 목표를 내세우고 있다. 이 중 인재 지원을 위한 구체적인 정책 예시를 몇 가지 살펴보자면, 지방의 중소기업 등에의 취업, 사업 승계, 창업 등의 지원을 통해 도시 인재가 지방에 이주하고 정착할 수 있도록 지원하기 위해 지역 부흥 협력 대학 등의 내실화 등이 있다. 또한, 원격 근무 활용을 통해 "전직 없는 이주"를 실현하기 위해, 원격 사무실의 정비 및 이용 촉진을 주목해볼 만하다.

저출산 극복

마지막으로, 일본 정부는 저출산을 극복하기 위해 아이를 낳아 기르기 쉬운 사회를 목표로 삼고 있다. 저출산 사회 대책 대강[7]에 근거해, 결혼, 임신, 출산, 육아를 위한 정책을 추진하여, 젊은 세대가 희망하는 아이의 평균 숫자, 즉 희망 출산율이 1.80이 되는 목표를 세우고 있다. 아울러 디지털 교육의 확대를 위해 디지털 교과서 도입, 1인 1단말 사용을 통해 개별 맞춤형 교육을 제공하는 등, 코로나 시기뿐만 아닌 포스트코로나 시기의 디지털 교육을 대비해 나가고 있다.

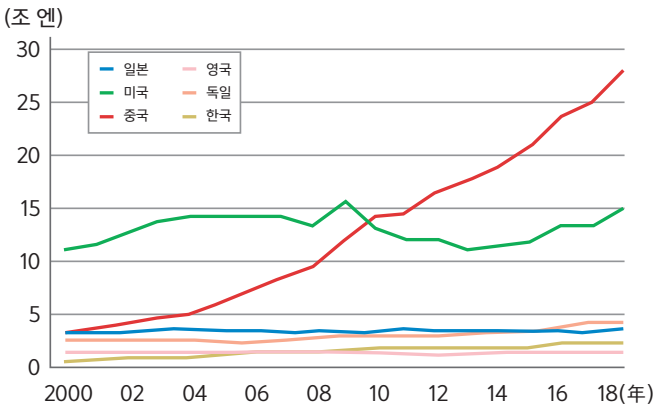
2. 자민당 주요 혁신 정책 공약

상기 네 가지 과제는 10월 중의원 총선거 자민당 주요 공약에서도 동일하게 강조된 바 있어, 향후 기시다 정권 하에서 그린 이노베이션 기금, 디지털화 추진 등 관련 정책이 지속적으로 추진될 것으로 예상된다. 앞선 네 가지 과제에서는 언급되지 않았으나, 이번 중의원 선거에서 자민당의 주요 공약이었던 두 가지 혁신 정책을 소개하고자 한다.

10조엔 규모의 대학 펀드 구축

대학 운영비 교부금 등이 포함되는 일본의 과학기술 예산은 20년 가까이 제자리걸음을 하고 있으며, 같은 기간 약 1.3배 증가한 미국과 7배 증가한 중국은 물론, 한국에도 급격히 추격당하고 있다. 예산 규모의 정체는 연구력의 저하로 이어지고 있다는 지적이 많으며, 실제로 논문의 피인용 횟수도 2000년대 이후 꾸준히 저하되고 있는 것을 확인할 수 있다. 연구개발의 큰 축인 박사 취득자의 숫자 또한 서서히 감소하고 있는데, 이는 박사 취득 후 취업이 어려운 문제, 높은 학위과정의 학비 등 여러 문제점에서 기인하고 있다.

| 그림 1. 주요 국가들의 과학기술 예산 (2000-2018)[8] |



이에 일본 정부는 미국의 유수 대학들이 큰 규모의 예산 운용을 통해, 이익을 연구개발비 또는 연구자의 처우 개선 등에 활용하는 점을 참고하였다. 하버드 대학의 경우 2018년에 펀드 운용 이익이 2조원에 달해 전체 대학 수입의 약 3분의 1을 차지하는 등 이미 펀드 운용을 통해 연구 환경을 개선하고 있다. 이에 일본 정부는 국립연구개발법인 과학기술진흥기구 (JST)에 펀드를 설치하고, 정부출자 5천억엔과 재정융자자금 4조엔, 총 4조 5천억엔의 초기 투자 자금을 마련하였다. 펀드의 규모는 10조엔 규모로 확대될 예정이고, 기한은 50년으로 설정해 두었다.[9]

7) 내각부. (2020). 少子化社会対策大綱 ~新しい令和の時代にふさわしい少子化対策へ~.
https://www8.cao.go.jp/shoushi/shoushika/law/pdf/r020529/shoushika_taikou.pdf
8) NHK. (2021). "10兆円"大学ファンドの船出 日本の大学衰退を救えるか.
https://www3.nhk.or.jp/news/html/20210805/k10013182741000.html
9) 문부과학성. (2020). 大学ファンドの創設について.
https://www.mext.go.jp/content/20210304-mxt_gakkikan-000013198_03.pdf

본 펀드의 운용은 2021-2025년 사이의 중장기 과제인 제6차 과학기술 기본계획기간에서 일본 정부가 중점을 두고 있는 신진 연구자 지원 프로그램에 큰 도움이 될 것으로 예상된다. 이미 일본 정부는 2020년 발표한 "연구력강화, 젊은 연구자 지원 종합 패키지"[10] 등을 통해 신진 연구자의 생활비 지원 등을 통한 처우 개선, 이공계 박사학위 취득자 채용인원 증가 등 커리어 경로 지원을 통해, 신진 연구자에게 집중적으로 지원할 것을 약속한 바 있다. 학령 인구가 꾸준히 감소하고 있어 대학원 진학 학생 숫자도 점점 줄어들고 있는 일본이기에, 잇따라 나오는 신진 연구자 지원책이 연구 인력 양성에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

서플라이 체인(supply chain) 안정화와 리쇼어링(reshoring) 지원

자민당 총재 선거에서 지지율을 끌어올린 다카이치 사나에 자민당 정조회장은 "대규모 재해나 감염증의 발생 등 급변하는 상황 하에서, 생활·의료·위생·산업에 필요한 물자의 국내 생산·조달을 위해, 생산 협력 기업에의 설비 투자 지원, 연구 개발·생산 거점의 국내 회귀를 촉진하는 세금 재정 지원"을 약속한 바 있다.[11] 코로나19 초기 대부분의 일본 기업의 마스크 생산 현장이 중국에 자리하고 있어 큰 어려움을 겪었던 일본이기에, 주요 산업들의 서플라이 체인을 다원화하고, 국내 생산 역량을 확보해야 한다는 경각심을 갖게 되었던 것이다.

이미 일본 경제산업성은 "서플라이 체인 대책을 위한 국내 투자 촉진 사업비 보조금"과 "해외 공급망 다원화 등 지원 사업"등을 통해, 특정 국가에 의존도가 높은 제품 또는 소재에 대해서는 ASEAN 국가로 진출하여 공급처를 다양하게 구축할 수 있도록, 설비 도입 및 사업 타당성 조사 등을 보조하고 있다. 또한 특정 국가에 의존도가 높은 산업의 생산 거점의 리쇼어링 비용을 보조하며 (중소기업의 경우 3분의 2, 대기업은 2분의 1), 의료 품목에 대해서는 더욱 높은 보조금을 제공하고 있다.[12]

이렇게 돌아오는 기업들의 공장은 주로 지방에 설치되기 때문에, 제조업의 국내 리턴은 궁극적으로는 일본 정부의 주요 과제인 지방 창생을 촉진하는 효과도 있을 것으로 기대된다.[13]

3. 맺음말

스가 전 총리 하의 일본 정부가 추진해왔던 일련의 정책들과, 기시다 현 총리 하의 자민당이 공약을 내세운 경제정책은 혁신의 중요성을 공통적으로 강조하고 있다. 그린 에너지의 확대, 사회의 디지털화 등 신기술 발전과 밀접하게 연관이 있는 분야가 아니더라도, 지역 균형 발전과 저출산에 대한 해결책 또한 전반적인 일본 사회의 디지털화로부터 이어지는 정책이라고 해석할 수 있다. 일본이 현재 마주하고 있는 과제들인 지방 발전, 친환경 사회로의 전환, 인구 감소 등은 일본만이 아닌, 한국을 포함한 많은 국가들이 고심하는 문제이다. 물론 일본 정부가 내놓은 해결책들은 본질적인 일본의 체질 개선과 밀접하게 맞닿아있는 정책들이기 때문에 그 결과는 중장기적으로 해석되어야 하겠지만, 정책 도입 과정에 있어서 다양한 일본 정부 부처의 정책이 일관성을 띠는 정책 정합성(Policy Coherence)은 한국의 혁신 정책에도 유익한 시사점을 제공할 수 있을 것이다. KIET

10) 내각부. (2020). 研究力強化·若手研究者支援総合パッケージ.
https://www8.cao.go.jp/cstp/package/wakate/wakatepackage.pdf
11) 다카이치 사나에. (2021). ②「危機管理投資」で安全で強靭な国を創る。
https://www.sanae.gr.jp/column_detail1345.html
12) 내각부. (2020).「新型コロナウイルス感染症緊急経済対策」の変更について.
https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2020/0427/shiryo_01.pdf
13) JETRO. (2021). 政府主導で製造業の抜本改革と国際競争力強化を推進.
https://www.jetro.go.jp/invest/attractive_sectors/manufacturing/government_initiatives.html

제26차 기후변화협약 당사국 총회(COP26) 주요 결과 및 의의

박 연 수 고려대학교 에너지환경대학원 박사과정, ysoo@kist.re.kr

6년간의 협상 끝에 파리협정 세부이행규칙 완성

지난 11월 영국 글래스고에서 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)가 개최되었다. 이번 회의에는 197개 당사국 정부대표단을 포함하여 산업계, 시민단체, 연구기관 등에서 4만 여명이 참석하며 뜨거운 관심을 보였다. 이번 총회는 지난 6년간 타결되지 못했던 파리협정 세무이행규칙이 합의에 이르렀다는 의의가 있다. Policy focus 이번 호에서는 COP26의 주요결과를 살펴보고, 총회의 의의와 앞으로의 전망은 무엇인지에 대해 다루고자 한다.

제26차 기후변화협약 당사국 총회(COP26) 주요 내용

① 글래스고 기후합의(Glasgow Climate Pact) 선언

이번 제26차 당사국 총회에서는 글래스고 기후합의(Glasgow Climate Pact)를 대표 결정문으로 선언하고, 적응재원, 감축, 협력 등 분야에서 각국의 행동을 촉구하였다. 첫째, 적응재원 분야에서는 선진국에서 개도국이 기후변화 적응에 필요한 재정 지원을 2025년까지 2019년 대비 최소 두 배 확대할 것을 요구하였다. 또한, 다자개발은행, 금융기구 및 민간의 기후재원을 동원할 것을 장려하였다. 둘째, 감축 분야에서는 탄소저감장치가 없는 석탄발전소는 2030년까지 단계적으로 감축하고 화석연료 보조금도 단계적으로 폐지할 것을 촉구하였다. 마지막으로, 협력 분야에서는 당사국 총회 개최국에서 「청년기후포럼」을 연례 개최하는 것으로 합의하였는데, 이는 문재인 대통령이 11월 1일 COP26 기조연설에서 제안한 내용이 반영된 것이었다.

② 협정 제6조(국제탄소시장) 지침 채택

이번 당사국총회의 최대 성과 중 하나는 지난 6년간 치열한 협상을 진행했던 '파리협정 제6조' 국제 탄소시장 지침에 대해 합의를 이루었다는 것이다. 그간 총회에서는 탄소시장 지침 중에서도 제6.2조 탄소시장 상응조정과 관련된 지침이 타결되지 못하였다. 상응조정이란, 감축실적을 배출권으로 발행하여 판매한 국가는 자국의 온실가스 배출량에 판매량 만큼을 증가시켜 국가 배출량을 조정한다는 개념이다. 본 총회에서 가장 큰 쟁점이었던 국제 감축실적의 상응조정 방법은 미국 등이 제안한 중재안이 당사국들의 동의를 얻어 합의도출에 성공하였다. 이로써 글로벌 탄소배출권 시장이 활성화될 것이라는 기대감도 생겼다.

③ 투명성보고서 2024년부터 격년 제출

이번 총회에 또 다른 핵심쟁점 중 하나인 투명성과 관련된 의제로 격년 투명성보고서(Biennial Transparency Report)를 모든 당사국이 '24년부터 작성·제출하기로 하였다. 협상 초기에는 보고서의 구조와 이를 검토하기 위한 전문가 교육과정 개발 등에 대한 합의가 이루어졌다.

△온실가스 배출 및 흡수량 △국가감축목표(NDC) 이행·달성 경과 △지원(재원·기술·역량 배양) 제공 등 3대 분야 보고를 위한 공통 양식에 대해서는 막바지까지 선진국과 개도국간에 이견 차이를 좁히지 못하다가 개도국에 대해서 유연성을 폭넓게 허용하는 방안이 수용되어 최종 합의가 이루어졌다.

④ 기후변화 적응 방안 구체화

적응과 관련된 구체적인 논의도 진행되었다. 기후변화협약 부속기구(SBSTA, SBI) 주관 하에 전지구적 기후변화 적응을 평가하기 위한 글로벌적응목표(Global Goal of Adaptation, GGA)[1] 에 대한 방법론, 지표 등을 개발하는 작업을 향후 2년간 진행하기로 결정하였다. 아울러, 기후변화 감축 및 적응 관련 기술개발을 촉진하는 재원을 신설하는 데 선진국과 개도국이 동의하였으며, 별도의 논의 기구(Glasgow Dialogue)를 설치하여 2024년 6월까지 결론을 내리기로 했다.

⑤ 기후재원 목표 수립

기후재원 논의에서는 선진국들이 약속한 장기재원 조성 목표 달성이 지연되는 것에 대해 개도국들의 강한 비판이 이어졌다. 이에 선진국들은 2025년으로 연장된 해당 목표액[2]을 달성하기 위해 지속적으로 노력하기로 하였다. 또한, 선진국은 적응분야 지원을 2025년까지 최소 2배로 늘려 개도국의 기후변화 대응 지원 시 감축과 적응 간에 균형을 확보하기로 하였다. 이외에도 당사국들은 2025년 이후의 신규 재원 조성에 관한 논의를 개시하여, 2024년에 동 목표액을 확정하고 이를 위한 기술전문가 회의 및 고위급 장관회의를 2022년부터 2024년까지 연간 개최하는 것에 합의하였다.

※ OECD 측정 기후재원 규모(억불): ('16) 586 → ('17) 712 → ('18) 789 → ('19) 796

⑥ 국가감축목표(NDC) 공통이행기간 합의

일부 개도국들이 강하게 반대하던 국가감축목표(NDC) 공통 이행기간은 미국과 중국이 5년의 이행기간 설정에 합의함으로써 협상 돌파구를 마련하였고, 모든 당사국이 동일하게 5년 주기의 국가감축목표 이행기간을 설정하도록 독려하기로 하였다.

※ 2025년에 '35년 국가 감축목표', 2030년에 '40년 국가 감축목표'를 제출, 이후 매5년 마다 차기 '국가 감축목표 제출'

⑦ 기후변화 대응 기술지원 방안 논의

기술지원 의제 중 기후기술센터네트워크(CTCN)[3]의 재정 부족 해결 방안에 대해서는 선진국-개도국 간 이견이 가장 컸으며, 특히 기술-재정 메커니즘을 연계하는 방안은 합의되지 못하고 22년 6월 부속기구 회의에서 다시 논의하기로 하였다. 그 외에 기후기술센터 네트워크 이사회 구성 신규 규칙, 기후기술센터네트워크 운영기구(UNEP) 운영 기간 연장 등은 합의되었다. 이와 관련하여 우리나라는 기후기술센터네트워크(CTCN) 대한민국 협력연락사무소 설립·운영을 위해 향후 5년간 100억 원을 공여한다는 계획을 발표했다.

COP26의 의의와 전망

여전히 이번 COP26은 2015년 파리협약 이후 기후변화 대응에 있어서 가장 중요한 성과를 냈다는 평가를 받는다. 뉴욕타임스(NYT)는 "모든 국가가 지금 당장 이전보다 훨씬 더 많은 조처를 해야 한다는 분명한 합의를 수립했다"며 "또 국가가 달성하거나 그러지 못한 진전에 대한 책임을 물을 수 있는 투명성 규칙을 세웠다"고 설명했다. 이렇게 가까스로 조약이 마련됐지만, 갈 길은 멀다. 이번 협정에 따라 각국 정부는 2030년까지 탄소 배출량을 줄이기 위한 수정된 계획안을 내년 말까지 제시해야 한다. 선진국의 경우 2025년까지 빈곤국에 대한 지원을 2019년 대비 두 배로 늘려야 하는 만큼 관련 예산 확보도 필요해졌다. 다만, 올해 총회로 인해 "온실가스를 감축해야 한다." 명분은 이제 거스를 수 없게 되었으며, 전 세계가 기후변화 대응에 적극적으로 동참할 것으로 기대된다. KIET

1) 기후변화 적응역량 강화, 기후회복 탄력성 제고, 기후변화 취약성 완화
2) 선진국은 개도국 지원을 위한 재원 조성을 위해 '20년까지 매년 1천억 불을 조성하는 것에 합의(COP16)하고 이를 '25년까지 연장(COP21)한다.
3) 개도국의 기후변화대응을 기술적으로 지원하기 위해 설립된 국제기구

플랫폼 발전이 이끌 데이터 기반 R&D의 미래

이 정 민 미래전략팀 인턴, jungmin@kist.re.kr

데이터 기반 R&D(data-driven R&D)는 최근 과학기술계에서 그 어떤 화두보다 중요한 주제로 부상했지만, 구체적 방법론과 적용 사례를 찾기 어려웠던 것이 사실이다. 하지만 세계 각국이 데이터 산업 경쟁력 확보에 사활을 걸고 있는 만큼 국내에서도 과학기술 R&D의 새로운 패러다임이 자리잡으려는 변화가 움트고 있다.

11월 2일 개최된 서울 S&T 포럼에서는 '포스트 코로나 시대를 대비하기 위한 연구 패러다임 전환'이라는 주제로 데이터 중심 R&D 정책, 데이터 중심 연구를 위한 스마트랩 환경 구축, 대규모 텍스트 마이닝을 통한 과학 지식 추출에 대한 발표 및 패널 토론이 진행되었다. 본고는 포럼 내용의 재구성을 통해 데이터 기반 R&D의 가능성과 활용전략을 살펴보고자 한다.

데이터 기반 연구의 부상

데이터 기반 연구는 왜 중요할까? 포럼의 발표를 맡은 한국과학기술연구원(이하 KIST) 계산과학연구센터 이광렬 책임연구원은 전통적 연구 방식인 가설기반 연구의 문제점을 꼬집으며 그 답을 제시했다. 우리 사회를 바꿔놓은 다수의 혁신, 또는 솔루션들이 고정관념의 탈피로부터 시작되지만, 가설기반 연구는 '가설'이라는 틀에 갇혀 연구 성과가 제약되기 쉽다. 그에 반해 데이터 기반 연구는 객관적 데이터를 관망함으로써 상상하지 못한 새로운 발견을 이뤄낼 가능성이 크다. 즉, 가설기반 인과관계 연구에서 데이터 기반 상관관계 연구로의 변화가 성과창출의 새로운 전기가 될 수 있다. 물론 이는 비단 연구에 한정된 이야기는 아니다. 과학기술정책, 연구행정에 있어서도 전략적 의사결정 근거로서 정확한 데이터의 역할이 강조되는 추세이다.

원활한 데이터 기반 연구의 전제조건으로 ① 충분하고 ② 활용 가능한 형태의 데이터가 꼽힌다. 이광렬 박사는 이러한 조건이 충족되지 못하는 이유로 아날로그 방식의 연구·행정문화를 지적했다. 연구데이터의 관리 주체가 개인 혹은 소속 연구실인 경우가 다반사이며 관리수단은 단순 저장장치에 한정되는 것이 현실이다. 이는 핵심 데이터의 정형화 및 클라우드화를 방해하는 주요 요인이 된다. 따라서, 데이터 기반 연구가 실질적으로 가치를 지니기 위해서는 두 가지 과제가 선결되어야 한다. 하나는 연구자들이 스스로 데이터를 올리고 관리·활용할 수 있는 연구 플랫폼 환경 구축, 두 번째는 각 기관 데이터베이스에 흩어져 있는 데이터들을 표준화하여 활용 가능한 형태로 통합하는 것이다.

스마트랩 환경 구축, 현황과 과제

이광렬 박사는 첫 번째 문제해결의 구체적 사례로 2019년 도입 후 정착 중인 KIST의 KiRI 시스템을 소개하며 앞으로 풀어나가야 할 과제와 이슈들을 덧붙였다. KiRI 시스템은 크게 세 영역으로 이뤄진다. 첫째는 연구자, 학생들이 연구활동 내역을 적어 R&D 데이터를 수집하는 'KiRI 노트', 둘째는 KiRI 노트에 축적된 데이터들을 머신러닝하여 새로운 가치를 창출할 수 있는 'KiRI 플랫폼', 마지막은 R&D 데이터 저장고인 'KiRI 데이터 뱅크'이다. KIST에서는 시스템 완비 후 꾸준히 연구자 몰입 환경을 위한 사용자 중심 UI 개선 작업이 한창이다.

그러나 플랫폼 구축이 곧 스마트 연구환경의 완성을 뜻하진 않는다. 스마트랩의 핵심은 연구자들이 연구 일상을 유지하며 기록을 남기고 AI가 딥러닝 기술을 통해 연구 데이터를 이해·활용하여 새로운 가치를 창출하는 것에 있다. 현재 KIST의 KiRI 시스템은 재료·소재분야에 맞춰

개발되어 아직 다양한 분야의 연구노트를 포괄하지 못하고 있다. 그렇기에 다분야로의 시스템 확장, 연구노트의 데이터 변환 및 추출을 위한 머신러닝·자연어처리 기술 적용 등이 해결해야 할 과제로 남아있다. 한편, 스마트랩 환경 구축에는 플랫폼 자체의 발전에 덧붙여 이미 각자 연구노트를 쓰는데 익숙해진 연구자들의 문화를 바꾸는 일도 수반되어야 한다. 장기적으로 연구자들이 플랫폼에 자신의 연구분야에 대한 데이터를 입력하고, 또 타인의 데이터를 활용하기 위해서는 플랫폼과 친숙해지는 일이 무엇보다 중요하다. 사용자 편의성이 높은 스마트랩 환경은 활발한 지식 공유와 함께 융합연구를 위한 협업 공간으로 기능할 때 비로소 안착되었다고 볼 수 있다. 더불어 스마트랩은 미래 연구 동향을 파악하고 연구효율성을 높이는데도 큰 도움이 될 수 있다. 일례로 연구 제안서 및 데이터를 분석하는 것만으로도 제안서의 활용도와 성공률을 파악할 수 있기에 중장기적인 연구전략 설계를 가능케 한다.

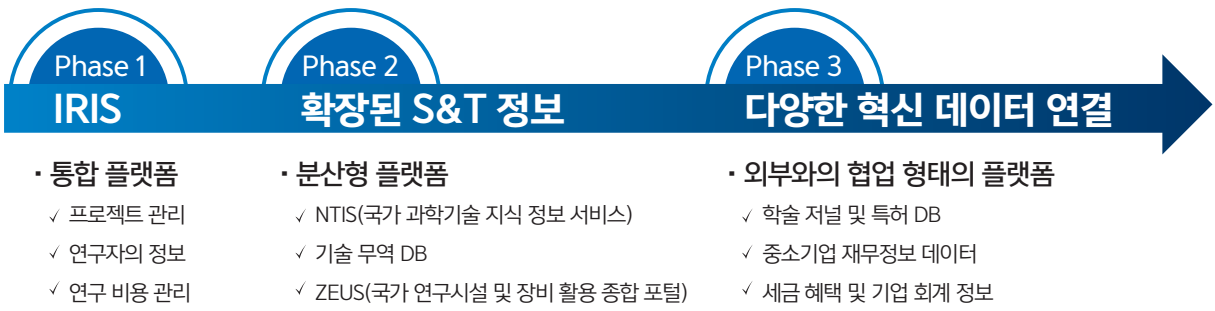
연구 데이터 플랫폼 발전 전망

포럼에서는 데이터의 표준화 및 통합과 관련해 내년 공식 출범 예정인 '범부처 통합 연구 지원 시스템(이하 IRIS)'이 대안으로 제시되었다. IRIS의 구축은 부처별로 상이한 연구관리 규정·지침을 표준화하고 연구지원시스템을 통합·정비하기 위해 시작되었다. 이는 향후 연구자들의 행정부담을 최소화하고 기관의 R&D 사업 역량 강화 및 관리기능 개선에 도움 될 것으로 기대되고 있다.

해당 주제의 발표를 맡은 과학기술정책연구원(이하 STEPI)의 황성원 선임연구위원은 IRIS를 포함한 우리나라의 데이터 플랫폼이 나아가야 할 로드맵을 <그림 1>과 같이 제시했다. 현재 1단계에 해당하는 IRIS는 과학기술 R&D 정보 및 데이터의 통합과 지식 공급자(연구자·연구기관), 플랫폼 관리자가 활용할 수 있도록 하는데 방점이 찍혀 있다. 하지만 2단계는 과학기술 전 분야를 망라하는 데이터를 분산형 플랫폼에 통합시킴을 목표로 한다. 2단계 플랫폼은 증거기반 정책 수립의 판단 근거로 활용, 본격적으로 과학기술 의사결정을 지원한다. 더불어 정책 수립가, 데이터 분석가가 사용자 그룹에 추가되어 새로운 가치 및 혁신을 창출하는 영역이 생겨날 것이다. 최종적으로 STEPI는 더 넓은 범위의 데이터를 통합, 외부와 협업할 수 있는 플랫폼으로 발전되어야 함을 강조했다. 확대된 플랫폼은 수많은 데이터들을 활용 가능한 형태로 만들어 과학자뿐만 아니라 AI가 스스로 학습·응용하여 국가 혁신 체계(National Innovation System) 발전에 날개를 달아줄 것으로 전망된다. 이 플랫폼은 지식 수요자(개인·정부·기업)가 사용자 그룹에 포함되어 기술거래 및 혁신 조달의 매개체 역할을 주도한다.

데이터의 활용 가능성이 무궁무진하게 넓어지며 새로운 기회와 도전이 주어지고 있다. 그리고 가까운 미래 데이터 기반 의사결정은 연구자뿐만 아니라 정책전문가들에게도 필수적인 역량이 될 것이다. 2021년 서울 S&T 포럼에서의 사례 발표와 논의가 우리나라의 데이터 기반 R&D 역량 강화에 중요한 메시지를 던지는 계기가 되었기를 기대한다. 데이터 기반 연구가 앞으로 어떤 행보를 보일지 눈여겨볼 필요가 있겠다. KSI

| 그림 1. 데이터 플랫폼 발전 방향 |



참고문헌

· 2021 서울 S&T 포럼 중계방송, https://www.youtube.com/watch?v =68FaJTglw-0
· 과학기술정책연구원(2020.12). 데이터 기반 연구개발 관리 혁신 방안.

기초연구사업 예산과 중점 추진방향의 변화

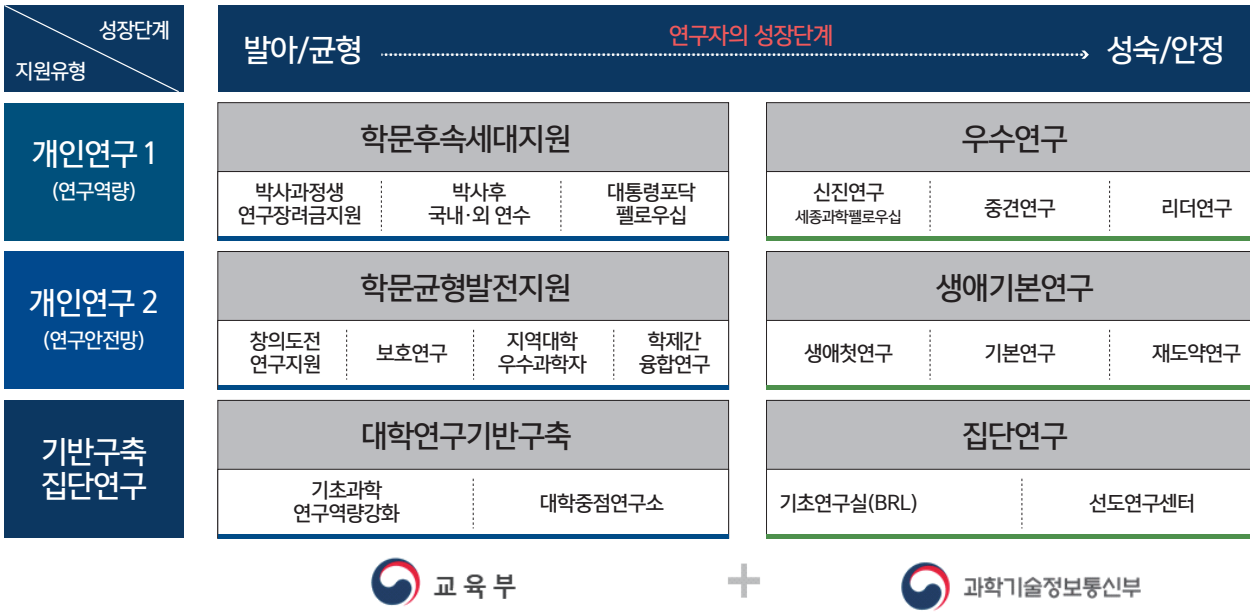
이 지 은 정책기획팀 인턴, jelee@kist.re.kr

지난 12월 3일, 과학기술정보통신부의 총 18조 5,737억원 규모「2022년도 예산 및 기금운용계획」이 국회 본회의 의결을 거쳐 최종 확정되었다. 이는 '21년의 17조 5,154억원보다 1조 583억원(6.0%) 증액된 규모이다. '22년도 과기정통부의 5대 중점 투자분야는 ① 디지털 뉴딜 ② 기초·원천 및 첨단전략기술 ③ 3대 신산업(바이오헬스·미래차·시스템반도체) 육성 ④ 인재양성 ⑤ 포용사회 실현인데, 이중 기초·원천 및 첨단전략기술 R&D 예산은 '21년 대비 9.1% 증가한 7.56조원으로, 그 증가 폭이 과기정통부 전체 예산 증가율 6.0%를 상회한다. 기초연구사업 지원 예산은 과기정통부와 교육부를 포함해서 2.55조원으로 확정되었다. 과기정통부는 연구자들이 창의적이고 도전적인 연구에 매진하도록 지원함으로써 혁신적인 연구성과가 도출될 수 있기를 기대하고 있다. 본고에서는「제4차 기초연구진흥종합계획('18~'22)」을 바탕으로 지난 5년 동안의 기초연구사업의 예산 및 중점 추진방향의 변화를 살펴보고자 한다.

기초연구란 기초과학 또는 기초과학과 공학·의학·농학 등과의 융합을 통해 새로운 이론과 지식 등을 창출하는 연구 활동을 말한다. 이는 새로운 지식 창출과 창의적 인력 양성을 통해 국가 경쟁력의 원천인 과학적 기초를 제공하며 장기간에 걸쳐 다양한 분야에서 응용될 수 있다. 정부의 기초연구사업은 연구자들이 창의적이고 도전적인 기초연구 주제, 연구기간, 연구비를 자유롭게 제안하고, 평가를 통해 지원받을 수 있도록 하는 자유공모형 사업이다. 과기정통부는 수월성 중심의 전주기적 우수 연구과제를 지원하며 교육부는 인력양성 및 기반을 지원한다. 과기정통부는 '17년 이후 국정과제로 자유공모형 기초연구사업에 대한 지원을 꾸준히 확대해왔는데, '22년 예산이 교육부 기초연구사업을 포함하여 총 2.55조원으로 확정됨에 따라「제4차 기초연구진흥종합계획('18~'22)」에서 투자목표로 제시되었던 "'17년 1.26조원 대비 기초연구비 2배 확대"를 넘어섰다.

먼저 '18년에 의결한 문재인 정부「제4차 기초연구진흥종합계획('18~'22)」의 기초연구에 대한 5년간 중·장기적 추진내용을 살펴보면 다음과 같다. 투자목표는 연구자 주도 기초연구비 확대이며, 성과목표는 세계적 수준의 기초분야 연구성과 창출, 미래 과학기술계를 이끌 차세대 R&D 인력 양성, 기초연구 성과로부터 미래 사회 대비 씨앗 발굴(기초연구 성과로부터 후속연구 및 사업화 연계)이다. 투자목표를 위한 추진과제는 ① 연구자 주도 기초연구 지원 확대, ② 연구자 수요를 반영한 지원 개편, ③ 정부 R&D 기초단계 연구지원 강화, ④ 기초연구 종합 조정체계 개선이다. 더 구체적으로는 첫째, 연구자 주도 기초연구 지원 확대는 연구자들이 실질적으로 체감할 수 있도록 연구자 주도 자유공모 기초연구사업 지원 확대를 계획했다. 앞서 언급한 "'17년 대비 '22년까지 예산 2배 확대"를 목표로 삼았다. 둘째, 연구자 수요를 반영하여 우수한 연구 역량을 갖춘 연구자가 초기부터 생애 전주기동안 연구성과를 창출할 수 있도록 수월성 중심의 연구지원을 강화하도록 개편 방향을 세웠다. 셋째, 정부 R&D 기초단계 연구 지원 강화를 위해 정부 연구개발사업 내 기초연구 지원 강화와 투자 확대, 연구 수행방식 개선을 과제로 삼았다. 넷째, 기초연구 종합 조정체계를 강화 및 개선하고자 기초연구진흥협의회를 구성

| 그림 1. 과기정통부 및 교육부 기초연구지원프로그램 현황 |



하고, 기초연구 주요 현안에 대한 연구현장의 의견을 수렴하기 위해 소통을 강화하고자 했다.

'18년 이후 과기정통부와 교육부가 함께 추진해 오고 있는 기초연구사업의 체계를 보면, 먼저 과기정통부는 개인의 연구역량 및 연구안전망 지원을 위한 우수연구 및 생애기본연구 사업과 집단연구 지원을 위한 기초연구실(BRL) 및 선도연구센터 사업으로 구성되어 있다. 교육부의 경우 개인연구 지원은 학문후속세대지원 및 학문균형발전지원, 집단연구 지원은 대학연구기반구축 사업으로 구성되어 있다.

기초연구사업 예산 및 추진방향 변화('18~'22)

과기정통부의 기초연구사업 예산은 지난 5년간의 큰 폭의 증가추세를 지속해 왔으며, '22년 예산 총액은 2조원을 초과하였다. 기초연구사업 예산을 교육부와 비교해 보면, 먼저 과기정통부와 교육부 전체 기초연구사업 예산은 '17년 1.26조원, '18년 1.42조원, '19년 1.71조원, '20년 2.03조원, '21년 2.34조원, '22년 2.55조원으로 크게 증가하였다. 그 중 교육부의 경우 등락을 거듭하면서 '22년에는 '20년에 이어 오히려 감소한 반면 과기정통부의 기초연구사업 예산은 '22년의 경우 증가율이 종전에 비해 낮아지기는 했으나, 전체적으로 큰 폭의 증가 추세를 유지하고 있다.

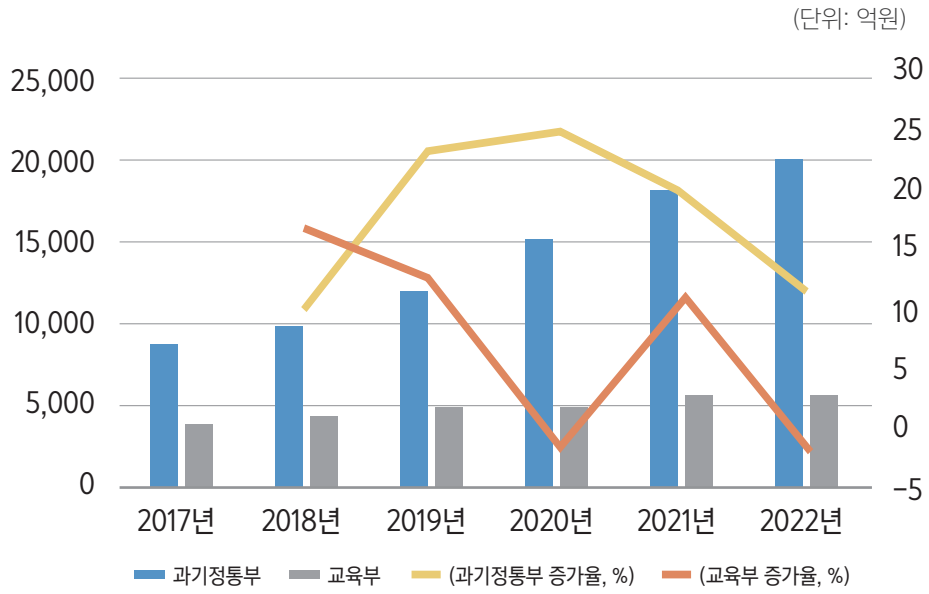
이중 과기정통부의 개인 연구 및 집단 연구에 대한 예산지원 추이를 보면 양 부문이 대체로 비슷한 추세로 증가해왔다. 개인연구와 집단연구 중에서는 개인연구 프로그램의 예산 규모가 훨씬 크며, 그에 따라 증가액 규모도 크다. 개인연구의 경우 '19~21년중 증가규모가 크게 확대되었으며, '22년의 경우에는 '21년에 비해 증가율이 낮아졌다. 집단연구의 경우 '20년에 큰 폭 증가하였으며 '22년은 '21년보다 증가폭이 확대되었다. 개인연구 및 집단연구 예산규모는 기간중 '18년을 제외하면 4.4배로 비슷한 비율을 유지하고 있다.

지난 5년의 추진내용 및 2022년의 추진방향

앞서 제시한 기초연구사업의 목표와 중점 추진과제를 바탕으로 지난 5년 동안의 주요 추진내용 및 2022년 추진방향을 요약해보면 다음과 같다.

'18년에는 공모 횟수를 연 2회로 확대하여 연구자 참여기회를 확대하고

| 그림 2. 과기정통부 및 교육부 기초연구사업 예산 추이 |



신진 연구자의 연구환경 조성을 지원했다. '19년에는 우수연구 지원을 강화하면서 연구 의지와 역량을 갖춘 연구자의 안정적인 연구수행과 단절 방지를 위한 생애기본연구와 지역전략분야 육성을 위한 집단연구를 신설했다. '20년에는 기초연구사업 분야별 지원체계 구축을 위해 수학분야를 시범 운영했다. '21년에는 학문분야별 특성과 수요를 반영한 분야별 지원체계로의 전환을 위해 적용 분야를 확대하고, 우수 박사후 연구원 및 비전임교원 지원프로그램인 세종과학펠로우십을 신설하였다.

아울러, 「제4차 기초연구진흥종합계획('18~'22)」을 마무리할 '22년 과기정통부 기초연구사업의 중점 추진방향은 다음과 같다. ① 젊은 연구자에 대한 지원을 확대해 안정적인 초기 연구 환경을 조성한다. ② 기술변화, 사회문제 대응 등을 위한 학제 간 공동연구 지원을 강화한다. ③ 학문분야별 특성을 반영한 기초연구지원을 전 분야로 확대한다. ④ 현장 의견을 반영한 제도개선을 통해 연구자 중심 연구 환경을 조성한다.

| 표 1. 과학기술정보통신부 기초연구사업 예산 추이 |

(단위: 억원)

	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
개인연구(A)	7,139	7,730	9,796	12,208	14,770	16,283
(증가율, %)		(8.3)	(26.7)	(24.6)	(21.0)	(10.2)
집단연구(B)	1,683	1,989	2,210	2,789	3,137	3,731
(증가율, %)		(18.2)	(11.1)	(26.2)	(12.5)	(18.9)
배율(A/B)	4.1	3.9	4.4	4.4	4.7	4.4

이러한 과거 5년간의 기초연구사업 추진 성과에 대해서는 긍정적인 평가가 다수인 가운데, 일부 개선 과제도 제시되고 있다. '20년의 과학기술정책연구원「기초연구사업 확대의 영향 진단과 정책 방향」에 따르면 기초연구사업의 꾸준한 규모 확대와 함께 신진 연구자 지원, 생애기본연구비 지원 등 젊은 연구자에 대한 지원 강화, 학문 균형 발전 성과와 안정적인 지원 체계 구축 등에 대한 연구 현장의 긍정적인 평가가 이어지고 있다. 반면, 사업 규모 확대와 지원이 증가한 만큼 과제 신청 역시 급증함에 따라, 과제 선정률의 증가는 미미하여 연구자들의 체감효과가 크지 않다는 지적도 있었다. 이는 보다 안정적인 연구환경을 구축하기 위해서는 각 사업의 과제 선정률도 증가시킬 필요가 있다는 점을 시사한다.

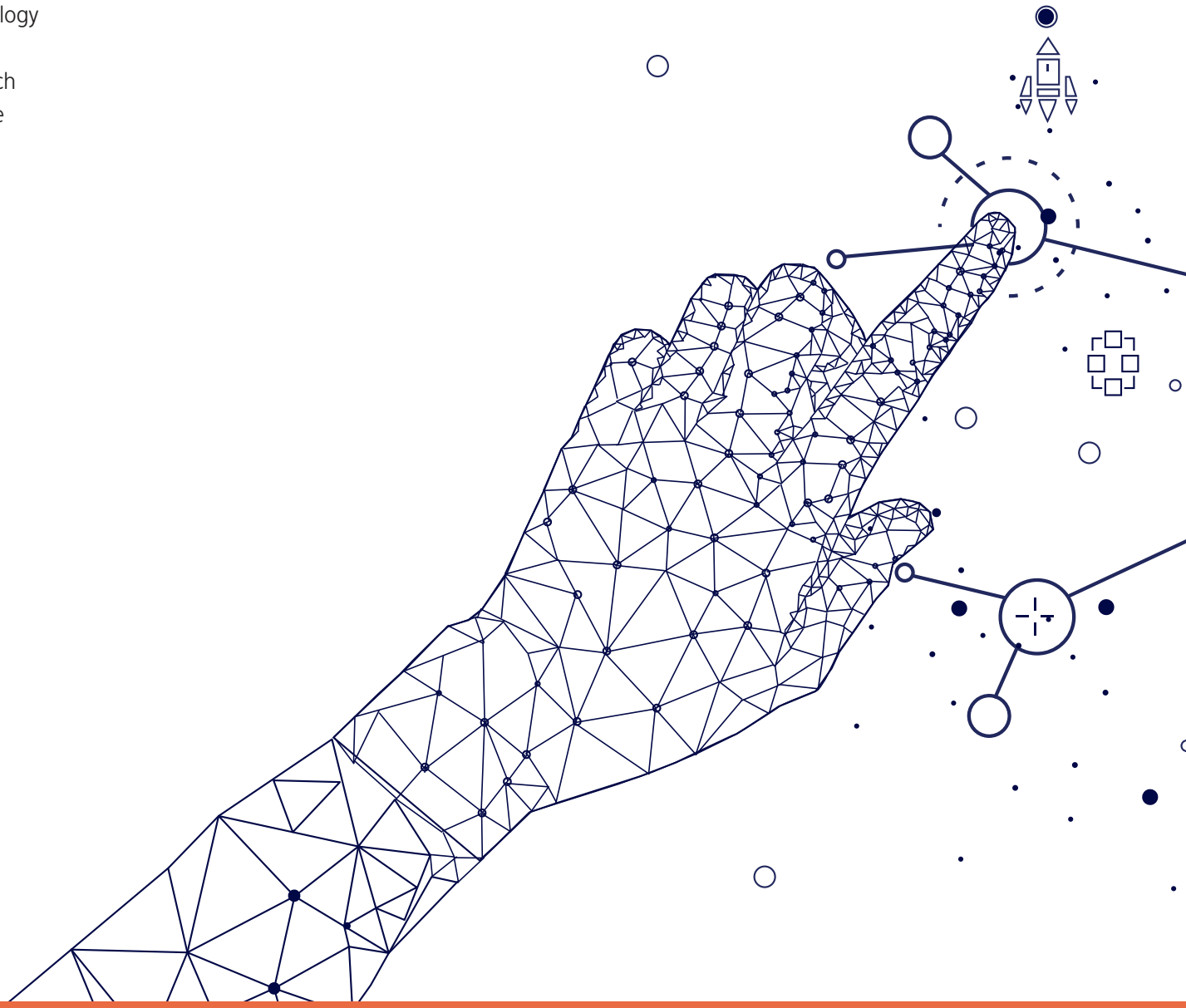
시사점

기초연구사업은 젊은 연구자가 다양한 분야에서 미래 주역으로 성장할 수 있는 여건을 마련해주므로 연구자들에게 매우 중요하다. 정부는 앞으로도 계속 기초연구에 장기적 관점에서 꾸준히 투자 지원하고, 도전적이고 자유로운 기초연구 분위기를 조성하는 역할을 충실히 수행해야 할 것이다. 지난 5년 동안 기초연구사업의 성과도 크지만, 앞으로도 지원의 확대 및 보완이 계속 필요하다. 일례로 기초연구사업 확대의 직접적인 효과로 박사인력 배출이 증가하고 있는 점은 매우 고무적이지만 신진 박사인력 노동시장은 여전히 열악한 상황에 있다는 점을 들 수 있다. 앞으로의 기초연구진흥종합계획에서는 젊은 연구자의 발굴과 성장뿐만 아니라 그 이후에 대한 정책적 분석과 대응 방안도 함께 고려한다면 사업성과를 보다 실질적으로 높일 수 있을 것이다. KSI

참고문헌

- 과학기술정보통신부 및 관계부처 합동 (2018),「제4차 기초연구진흥종합계획('18~'22)」
- 과학기술정보통신부 (2017), 2018년 기초연구사업 시행계획
- 과학기술정보통신부 (2018), 2019년 기초연구사업 시행계획
- 과학기술정보통신부 (2019), 2020년 기초연구사업 시행계획
- 과학기술정보통신부 (2020), 2021년 기초연구사업 시행계획
- 과학기술정보통신부 (2021), "22년 기초연구사업, 이렇게 달라집니다". 보도자료, 2021.12.3.
- 과학기술정책연구원 (2020),「기초연구사업 확대의 영향 진단과 정책 방향」
- 과학기술정보통신부 (2021), "2022년도 과기정통부 예산 18.6조원으로 확정", 보도자료, 2021.12.3.
- 과학기술정보통신부 (2021), "2022년도 과기정통부 주요사업별 소개자료", 보도자료, 2021.12.1.

Technology
Policy
Research
Institute



기술정책연구소

Technology Policy Research Institute

발행 한국과학기술연구원 기술정책연구소 **연락처** TEL 02_958_6040