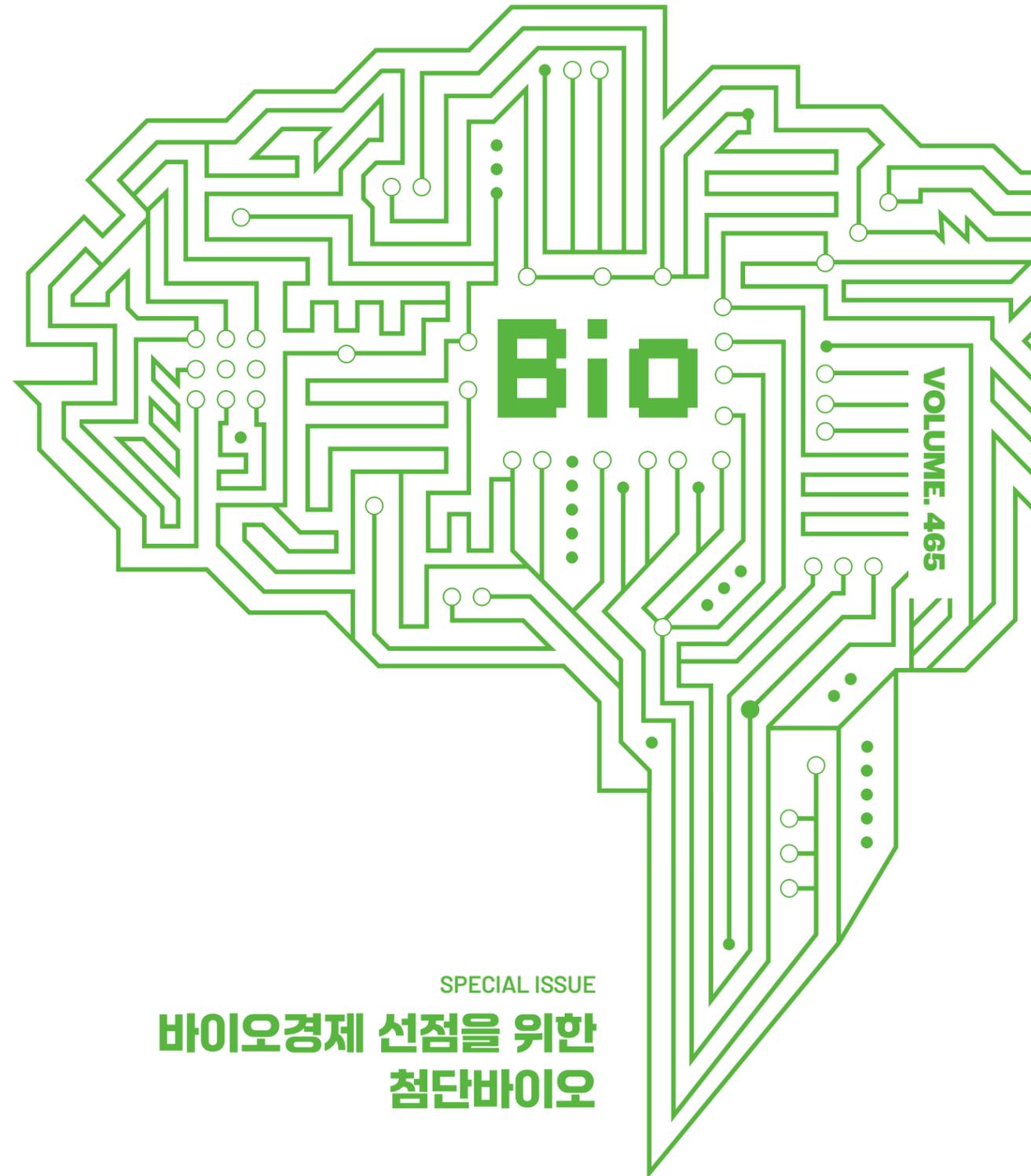


K-Tech의 미래를 여는 최고의 혁신 플랫폼 koita

대한민국 기업이 힘차게 뛸 수 있도록
기업의 기술혁신을 지원하고
지속 가능한 성장 환경을 만들어갑니다.



2024 5+6



SPECIAL ISSUE
바이오경제 선점을 위한
첨단바이오

선행기술조사 · 특허동향분석 패키지 서비스

정부R&D과제 수행 시, R&D 기획 시 특정기술 분야에 대한 중복성, 유사성, 기술적 차별성 등을 선행기술조사 보고서를 통해서 확인해 보세요

그리고 하나 더!

관련 기술분야에 대한 특허동향, 선도기업, 핵심 연구자, 키워드 등을 포함한 특허동향분석(정량분석)보고서를 동시에 빠르게 받아보실 수 있습니다

KIPRO의 선행기술조사

신청기술과 기존의 유사도를 비교하며 주요 선행기술이 반영된 선행기술조사를 글로벌 특허대상으로 빠르고 정확하게 분석함으로써, 신뢰도 높은 선행기술조사 보고서 제공

요약, 청구항 상세설명 등 포함, 5개국(한국, 미국, 중국, 일본, 유럽, 국제) 특허대상 조사

KOITA의 특허동향분석

신청기업의 기술분야에 대한 특허동향(출원, 등록 등), 키워드 분석(급상승 키워드, 신규 키워드 등), 기술관련 선도기업분석, 핵심 연구자 등이 포함된 정량분석 보고서 제공

5개국 IP 데이터, 300만 개 특허 보유기업, 4,000만 명 핵심 연구자 등 AI 기반 특허 빅데이터 활용

서비스 주요내용

선행기술조사 유형 (택 1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 정부 R&D 과제용 - 정부 R&D 과제 신청 수행 시 선행특허 관련성 검토, 중복성, 기술적 차별성 등 확인 2. R&D 기획용 - R&D 기획 시 특정기술분야, 연구테마와 관련된 선행특허, 주변기술정보 등 조사
특허동향분석	관련기술대상 2개 이내 분석(산기협 특허 분석 서비스)
보고서 분량	50p 내외
소요기간 (근무일 기준)	10일 이내
금액 (VAT 별도)	50만원 (산기협 회원사), 70만원 (산기협 비회원사)

신청 및 서비스 절차

서비스 신청

- 신청서(요약서) 작성
- 온라인신청

사전 상담

- 요약서 문의 및 보완
- 요청사항 파악 등

보고서 작성

- 선행기술조사(KIPRO)
- 특허동향분석(KOITA)

보고서 확인

- 근무일 기준 10일

- 서비스 신청은 산기협 홈페이지 > 회원사지원 > 정보마당 > 특허분석 서비스 > 선행기술 및 분석 서비스를 통해 신청하실 수 있습니다.
- 서비스 신청 전, 첨부된 신청서(기술요약서) 작성하여 온라인 신청 시 첨부해 주시기 바랍니다.
- 신청서는 작성 가능한 부분만 기재하셔도 되며, 신청 후 사전상담을 통해 기술분야 파악 및 보완해 드릴 예정입니다.
- 사전 상담은 결제 이후 진행 되며, 사전상담 이후 신청(결제) 취소가 불가하오니 참고하여 주시기 바랍니다.
- 서비스 소요기간은 사전 상담 후 기술조사 범위에 따라 일부 연장될 수 있습니다.



근심 없는 노후

여유로운 생활

과학기술인공제회가 함께 합니다



안전하고 확실하게 운용 가능한 과학기술인연금

높은 금리
원리금보장형상품 기준
연 5.15%

세액공제
회원부담금 납부액의
900만 원까지 세액공제

운용 선택
원리금 보장상품 및
실적배당형 상품 중 선택 가능
(복수 선택 가능)

적립은 높게, 세금은 낮게 내는 적립형공제급여

높은 금리
연복리 5.05%
(변동금리)

저율과세
0~4% 내외

높은 가입금액
5구좌~200구좌
(5구좌(5만원) 단위)

* 회원지급률 금리는 변동 금리이며, 매년 조정될 수 있습니다

Contents

Special Issue

바이오경제 선점을 위한 첨단바이오

08

Special Issue Intro

바이오경제를 이끌 첨단바이오

12

Special Issue 01

합성생물학과 바이오산업의 미래

16

Special Issue 02

희귀·난치질환 극복을 위한 유전자치료

20

Special Issue 03

포스트 코로나 시대의 백신·치료제 등 대응 기술 개발 방향

24

Special Issue 04

첨단 바이오 데이터 기술의 혁신과 미래

28

Special Issue 05

건강수명 연장을 위한 항노화 연구의 현재와 미래

Innovation

32

글로벌 R&D

NIS 관점에서의 R&D 국제협력 현황 및 시사점

36

지속가능기술 Trend

K-텍소노미, 녹색금융이 선택한 지속가능한 기후기술의 기준

39

지속가능기술 Case

기업과 금융기관들의 텍소노미 적용·활용 현황

42

기술혁신 성공사례

10⁹분의 1 기술 진입장벽을 뚫은 열차의 두뇌

'KTCS-2 열차 제어시스템' 개발

Strategy

48

특별기고

AI 시대, 다시 써야 할 기술경영 교과서

52

특허활용

인공지능(AI) 분야의 특허 창출 전략

56

기술경영

효율적 연구개발을 위한 R&D 기법

60

이달의 명강연

제72회 산기협 조찬세미나

기업의 Gen AI 활용방안

Technology

62

신기술(NET)인증 기술

64

신제품(NEP)인증 제품

66

대한민국 엔지니어상

3, 4월 수상자

68

IR52 장영실상

2024년 수상제품(9주~16주)

Culture

70

R&D 나침반

농사짓고 자율 차 달리고 우주 터미널 세우고...

'신석기~산업혁명~SF 미래' 공존하게 될 '달'

73

혁신의 발견

사기인 줄 알았더니... 100년 후의 최신 이론?

77

복카페

혁신의 목격자들

VOL. 465
MAY · JUNE
2024

「기술과혁신」에 실린 글의 내용은 한국산업기술진흥협회의 공식 의견과 다를 수 있습니다.
또한 게재된 글과 사진은 허가 없이 무단으로 사용할 수 없습니다.

News

78

현장스케치 01

제2차 R&D 미소공감 R&D 주요 산업 분야 기업 간담회

79

현장스케치 02

2023년 최우수상 및 제103차 IR52 장영실상 시상식

80

기업부설연구소 총괄현황

82

koita News

기술과혁신
Webzine



스마트폰이나 태블릿 PC 등의
QR코드 인식 애플리케이션으로
QR코드를 스캔하시면
「기술과혁신」을
웹진으로 보실 수 있습니다.



Bio economy

SPECIAL ISSUE

글로벌 첨단바이오 시장 규모가 2021년 기준 2조 달러에서 2035년에는 4조 달러 (한화 약 5,200조 원)까지 확대된다. 첨단바이오 산업은 다른 산업의 혁신과 경쟁력을 이끌고 기후변화, 식량부족, 감염병과 같이 인류가 직면한 공동의 난제도 해결할 수 있는 산업이다.

이번 호에서는 우리나라가 그간 다져온 바이오 역량에 더하여 첨단바이오 시대를 이끄는 퍼스트 무버로 도약하는 방법을 5가지 분야(합성생물학, 유전자치료, 감염병 백신·치료, 디지털 헬스 데이터, 노화 연구)를 통해 살펴본다.

바이오경제 선점을 위한 첨단바이오

08

바이오경제를 이끌
첨단바이오

12

합성생물학과
바이오산업의 미래

16

희귀·난치질환 극복을
위한 유전자치료

20

포스트 코로나 시대의
백신·치료제 등
대응 기술 개발 방향

24

첨단 바이오
데이터 기술의
혁신과 미래

28

건강수명 연장을 위한
항노화 연구의
현재와 미래

바이오경제를 이끌 첨단바이오



글. 권석운
한국생명공학연구원
부원장

서울대학교에서 생물학 박사학위를 받았다. 한국생명공학연구원에서 재직 중이며, KRIBB 스쿨(UST) 대표교수를 맡고 있다. 생명공학기술 개발 및 유전체 해독에 관한 연구를 수행하고 있으며, 개발된 기술의 사업화에 관심이 많아 기업기술가치평가사 자격증을 취득하였다.



덴마크 기업 노보 노디스크(Novo Nordisk)가 개발한 비만치료제 위고비(Wegovy)는 '기적의 약이 덴마크 경제에 기적을 가져다주었다'라는 평가를 받고 있다. 또한 사이언스는 위고비를 포함한 '글루카곤 유사 펩타이드(GLP-1)'를 기반으로 하는 비만치료제를 '2023년 올해의 성과(2023 Breakthrough of The Year)'로 선정하였다.⁰¹ 이처럼 첨단바이오를 기반으로 하는 제품은 막대한 경제적 효과를 나타내며 바이오경제를 선도할 수도 있다.

생명공학 기술

우리나라에서 생명공학은 1984년 시행된 유전공학육성법이 1995년 생명공학육성법으로 변경·시행되면서, 정부의 육성 및 지원의 법적 근거가 마련되었다. 특히 2020년에는 기술 발전과 사회적·환경적 변화를 반영하고 생명공학의 전 주기적 연구지원과 사업화 역량 강화, 혁신적인 연구 환경 조성 등 국가 미래 신성장동력인 생명공학의 체계적인 육성을 위한 법적 근거를 마련하였다. 다만 합성생물학, 마이크로바이옴 등 새롭게 대두되는 생명공학 분야의 유망기술에 대한 지원 근거가 미비하나, 최근 국회에 발의된 생명공학육성법 개정안이 이러한 부족함을 보완할 것으로 보인다. 법률은 국가 혁신을 이끌어내는 강력한 수단이지만, 한 번에 완벽하게 완성되는 것은 아니다. 산업계, 학계, 연구계에서 나오는 현장 의견을 기반으로 지속적인 개선이 필요하다. 이러한 접근방식을 통해 건강하고 지속가능한 바이오산업 생태계가 구축될 것이며, 이는 결국 바이오산업이 국가의 기간 산업으로 자리 잡을 수 있는 튼튼한 기반을 마련해줄 것으로 기대된다.

한편 생명공학(Biotechnology, BT)이라는 용어는 헝가리 과학자 Karl Ereky가 1919년에 출간한 저서(Biotechnologie der Fleisch-, Fett-, und Milcherzeugung im Landwirtschaftlichen Grossbetriebe: für Naturwissenschaftlich Gebildete Landwirte Verfasst(대규모 농장에서 육류, 지방 및 우유 생산의 생명공학))에서 유래되었다(Fari and Kralovanszky, 2006⁰²). 우리나라의 생명공학 기술은 기반 기술로서 타 분야와 접목되고 있다. 디지털 기술 등과 융합하여 신기술과 신산업을

01 <https://www.science.org/content/article/breakthrough-of-the-year-2023>
02 Fari MG, Kralovanszky UP (2006) The founding father of biotechnology: Karoly (Karl) Ereky. Int J Hort Sci 12: 9-12



그림 1
12대 국가전략기술

창출하고, 코로나 팬데믹 상황에서의와 같이 사회 문제의 해결에 기여한다고 평가되고 있다. 생명공학 분야 연구개발에는 정부도 활발하게 투자하여, 2020년에는 정부 투자 금액이 4조 원 이상에 달했다. 이를 통하여 우리나라는 기반 기술의 발전과 혁신성장의 발판을 마련했다. 생명공학 기술을 바탕으로 하는 바이오산업의 생산 규모가 크게 증가한 것으로 분석되고 있으며, 바이오·제약기업의 기술수출 규모 확대도 확인되었다. 동시에 바이오 분야의 인력양성 확대와 더불어 관련 분야의 특허 및 논문도 증대된 것으로 조사되고 있다.

생명공학 기술은 최근 맥킨지&컴퍼니의 보고서(바이오 혁명, <https://www.mckinsey.com/>)에서도 언급되었듯이, 다양한 산업 분야(보건, 농업, 식료품, 소비재·서비스, 소재·에너지 등)에 적용되고 있다. 향후 인류의 미래에 막대한 영향력을 미칠 것으로 전망된다. 생명공학은 다양한 산업 분야(레드, 그린, 화이트)에 활용되고 있으며, 다양한 대상 생물체(미생물, 동물, 식물, 인체 등)에 적용하여 인류가 당면한 문제

(기후변화, 식량, 환경, 에너지 등)의 완화 및 해결에 기여하는 과학이다. 또한 바이오 기술은 디지털 및 정보 기술과 융합하여 생산과 소비는 물론 사회의 변화를 일으켜 바이오경제(Bioeconomy) 시대에 이를 것으로 언급되고 있다.

국가전략기술로써의 첨단바이오

최근 정부는 「국가전략기술 육성방안」을 통해 기술패권 경쟁 시대에 경제 안보에 기여할 국가 차원의 전략기술을 육성하기 위한 전략을 수립한 바 있다(그림 1). 국가전략기술은 기술패권 구도를 고려하여 경제·외교·안보적으로 전략적 가치를 종합하고, 산업경쟁력·공급망 등 경제 안보상 국익을 좌우할 수 있는 기술, 급격한 시장 성장, 경제·사회 패러다임을 바꿀 미래 혁신 기술, 국가안보로의 활용성이 높고 국가 간 수출통제로 자립이 필요한 기술을 중심으로 '국가전략기술'이 선정되었다. 선정된 국가전략기술은 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」의 제정·

시행(2023년 9월)을 통해 국가적으로 추진되게 되었다. 각 국가전략기술의 세부 중점분야는 관계부처의 실무협의 및 기술 분야별 전문가 그룹을 통해 집중적으로 검토하고, 글로벌 신산업경쟁력 및 공급망 내 높은 중요성, 신산업 파급효과 및 외교·안보적 가치, 임무 지향적 기술개발 및 5~10년 내 성과 창출 가능성을 원칙으로 선정되었다.

12대 국가전략기술 중 첨단바이오 분야에는 4가지의 중점기술(합성생물학, 유전자·세포치료, 감염병 백신·치료, 디지털 헬스 데이터 분석·활용)이 포함되어 있다. 이 4가지 중점기술은 미래 도전 및 안보와 직결되는 기술로, 경제성장에 이바지할 수 있으며 생명공학 기술이 적용될 수 있는 분야다.

합성생물학은 공학적 관점에서 생물학을 해석하고 설계하여 공학 생물학이라고도 하며, 생명체의 구성 요소와 시스템을 설계하고 제작하는 기술이다. **감염병 백신·치료 분야**는 신변종 감염병 등 미래에 발생할 수 있는 팬데믹에 대응하기 위한 백신·치료제의 개발과 감염병의 진단 및 예측과 관련된 기술을 포함한다. **유전자·세포치료 분야**는 질병의 질환 극복을 위해 유전자 및 세포를 기반으로 하는 치료 기술을 개발하고 제조·생산하는 영역이다. **디지털헬스 데이터 분석·활용**은 유전체 정보를 포함한 다중 오믹스 데이터, 환자의 임상 정보 등 바이오 데이터를 수집하고 통합·분석하여, 사회 구성원의 건강관리와 질환의 전주기 관리에 활용하는 분야다. 더불어 **노화 관련 연구**는 우리나라의 급격한 고령화가 예상되기에 사회적으로 중요성이 강조되고 있는 분야다. 이는 체계적이고 과학적인 연구를 바탕으로 건강한 사회를 구현하는 데 기여할 수 있고 첨단바이오 연구개발 성과가 적용될 수 있는 연구 분야다.

첨단바이오 분야 고도화를 위한 바이오 규제 선진화

바이오 분야의 규제 관련 이슈는 연구개발 및 산업화 과정에서 지속적으로 언급되는 실정이다. 따라서

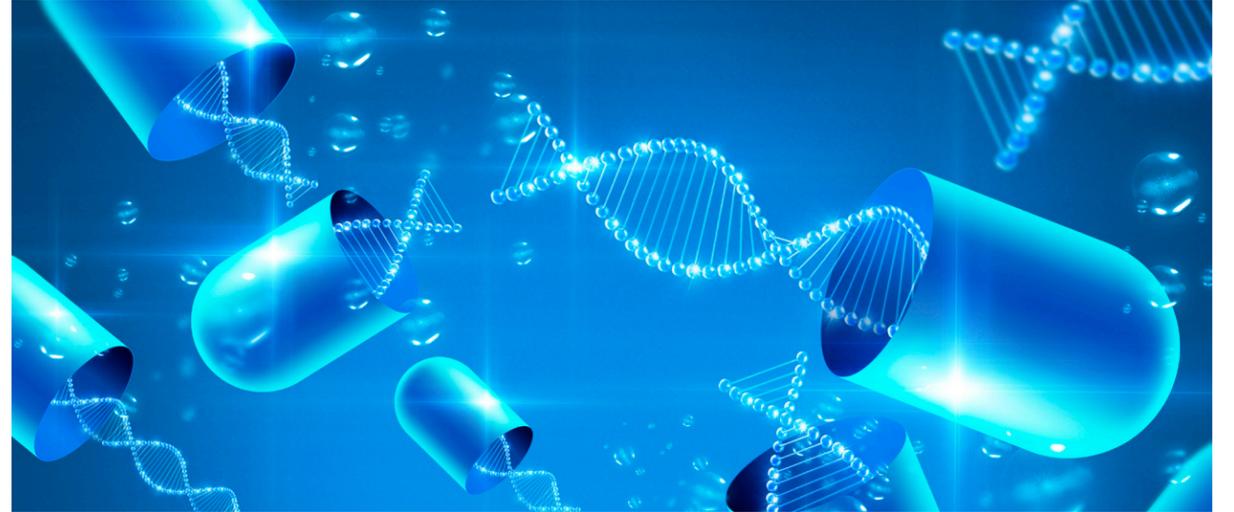
바이오산업의 발전을 위해 관련 규제의 합리화 및 선진화가 필요하다. 바이오 분야의 규제는 변화하는 환경과 기술 발전을 반영하지 못하여, 문제의 심각성 및 개선의 시급성이 높은 것으로 조사되었다.⁰³ 글로벌 기준과 차이가 있는 국내의 규제도 개선되어야 할 분야로 조사되었다.

정부에서는 국무총리를 단장으로 하는 규제혁신추진단⁰⁴을 구성하고, 기업활동이나 경제활동에 대해 과도하거나 불합리한 규제를 발굴하고 검토하여 개선하기 위해 노력하고 있다. 2022년 8월 출범 이후 다양한 개선 사례가 제시되고 있는데, 바이오 분야의 경우 디지털 헬스케어 관련(2023년 2월) 및 신의료 기술평가 제도(2023년 12월)에서 개선이 있었다(규제혁신추진단 홈페이지 참고). 또한 정부는 2023년 2월에 '바이오헬스 신산업 규제혁신 방안'을 관계부처 합동으로 제시하였다. 기술 발전 및 시장 성장 대응과 선제적 규제개선을 방향으로 하여, 현장 불편 해소를 위한 6대 핵심기술(혁신적 의료기기, 혁신·필수 의약품, 디지털 헬스케어, 첨단재생의료/첨단바이오의약품, 유전자 검사, 뇌-기계 인터페이스 등)과 관련된 규제개선을 위해 지속적으로 노력할 것이라고 발표했다. 2020년 9월에 설립된 첨단바이오의약품 규제과학센터⁰⁵에서는 첨단바이오의약품의 전주기적 안전관리 체계 구축을 통해 장기 추적조사 및 첨단바이오의약품 종합정보/기술을 지원하고 있다. 2022년 1월에는 국민 보건 향상과 바이오헬스 산업의 발전을 위해 재단법인 한국규제과학센터가 설립되어 규제과학 인재 양성, 허가심사 인력 역량 강화, 규제과학 연구 및 정책지원 등을 추진하고 있다.⁰⁶

03 바이오 최선진국을 지향하는 대한민국에 대한 통찰과 전망. 2024. 임정빈 (한국연구재단 정책연구-2022-76)

04 국무총리 규제혁신추진단 (<https://foryou.better.go.kr/base/main/view>)

05 첨단바이오의약품 규제과학센터 (<https://tfu.mfds.go.kr/main.do>)



첨단바이오 분야 산업을 위한 인재 육성

첨단바이오 분야에 전문성을 가진 인재를 확보하기 위해 다양한 정책적 지원과 교육 프로그램이 시행되고 있다. 또한 바이오와 디지털이 융합되는 새로운 분야의 산업이 확대될 것으로 예상되며, 이에 대응하기 위한 우수 인력을 확보하는 것이 글로벌 경쟁력 확보의 핵심 이슈가 될 것으로 예상된다. 산업현장에 필요한 인재를 양성하기 위한 대학의 바이오 분야 계약학과는 2023년 기준 약 40개가 설치되어 있는 것으로 파악된다. 최근 교육부는 계약학과 운영 기준을 개선하고 계약정원제⁰⁷를 도입하여, 산업 수요에 필요한 인력의 양성을 추진하고 있다. 계약학과의 설치요건(설치권역, 수업 운영 방식 등)을 완화하였으며, 계약정원제의 경우 계약학과의 설치 없이 기업 맞춤형 교육이 가능하게 해 필요 우수 인력의 수급 방안으로 고려된다. 또한 국내 바이오 생산시설이 증대되면서 생산 인력의 증대도 필요해졌는데, 이를 해결하기 위한

06 한국규제과학센터 (<http://k-rsc.or.kr/main.php>)

07 교육부, 보도자료 (첨단분야 계약학과, 문턱 확 낮춘다, 23년 5월 24일)

08 K-NIBRT 사업단 바이오공정인력양성센터 (<http://knibr.com/main/main.php>)

GMP 수준의 한국형 NIBRT(K-NIBRT⁰⁸) 사업이 보건복지부와 산업통상자원부 등의 지원으로 운영되고 있다.

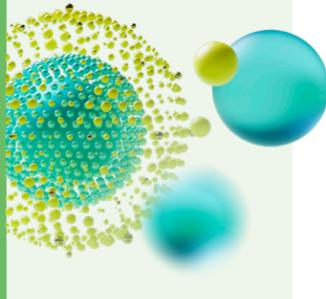
전 세계적으로 기술혁신 경쟁과 경제동맹의 개념이 기술 동맹으로 진화하고 있다. 전 세계적 기술패권을 확보하기 위한 경쟁이 심화하고 있는 것이다. **기술 주권을 확보하기 위한 미국, 일본 및 중국 등 전 세계적 기술패권의 경쟁이 심화하는 상황에서, 국가전략기술 중 첨단바이오 분야는 국민의 건강안보와 국가의 산업경쟁력을 강화하기 위해 중요한 분야다. 첨단바이오 분야의 산·학·연·병 융합 및 기술 분야의 융합을 통해 기술패권 시대에 승리할 수 있는 전략이 필요한 시기다.** 반도체의 뒤를 이을 차세대 성장 동력으로서 첨단바이오의 중요성이 강조되고 있으며, 인공지능(AI)의 적용을 통한 첨단바이오 분야의 경쟁력 강화가 요구된다. 정부·대학·연구기관·병원·산업체 등의 협력을 다각적으로 모색할 현시점에서, 첨단바이오 분야의 4개 세부 분야(합성생물학, 감염병 백신·치료 분야, 유전자·세포치료 분야, 디지털헬스 데이터 분석·활용)와 더불어 노화 과학에 관한 전문가의 의견을 듣고자 한다. **기술혁신**

합성생물학과 바이오산업의 미래



글. 김선원
경상국립대학교
응용생명과학부 교수

한국과학기술원(KAIST)에서 생물공학 박사 학위를 취득했다. 경상국립대학교 응용생명과학부 교수로 재직 중이며, 항노화 바이오 소재 세포공장 지역혁신연구센터 센터장을 맡고 있다. 주요 연구 분야는 합성생물학 기반의 세포공장 개발과 마이크로바이옴 등이다.



바이오산업 혁신 동력 합성생물학

합성생물학은 생명과학과 공학의 교차점에 위치하며, 생명체의 유전 정보를 설계하고 조작함으로써 새로운 기능을 부여하는 기술이다. 이는 바이오산업의 혁신 동력으로 작용하며 특히 제약, 에너지, 화학, 농업 등 다양한 분야에서 적용 가능성이 무궁무진하다(그림 1).

기업들은 이러한 기술을 활용하여 제품 개발과 서비스 제공에 경쟁력을 확보할 수 있다. 예를 들어, 합성생물학은 유전자 조작을 통해 특정 세포가 특정

<ForbesKorea - 202206호, 2022.05. / 맥킨지 글로벌 인스티튜트>

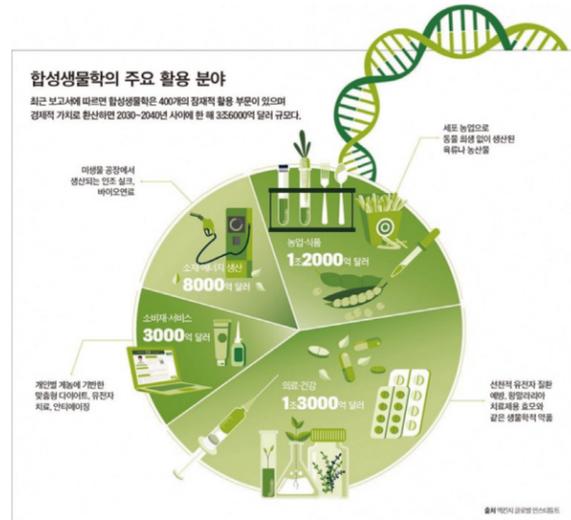


그림 1 합성생물학의 주요 활용 분야

화학 물질을 생산하도록 설계할 수 있다. 이를 통해 기업들은 효율적인 방식으로 제품을 생산할 수 있으며, 이는 기업의 경쟁력을 높이는 데 기여한다. 또한, 합성생물학은 기존의 생산 과정을 개선하거나 새로운 생산 과정을 개발하는 데에도 사용될 수 있다. 합성생물학의 세계 시장 규모는 2022년 기준 114억 달러에서 연평균 25.6%의 가파른 시장 성장률을 기록하여, 2027년까지 357억 달러에 이를 것으로 전망된다(표 1).

화이트바이오 산업 사례

화이트바이오 산업은 화학 산업을 대체하거나 보완하는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 합성생물학은 세포를 공장처럼 사용하여 화학 물질을 생산하는데 사용될 수 있다. 이는 화학 산업의 환경 문제를 해결하고, 지속가능한 방식으로 화학 물질을 생산하는데 도움이 될 수 있다. 이를 통해 기업들은 화학 물질을 생산하는 데 필요한 원료를 줄이거나, 화학 물질의 생산 과정에서 발생하는 환경오염을 줄일 수 있다.

<Markets & Markets, Synthetic Biology - Global forecast to 2027, 2023.01.>

(단위: 백만 달러)

구분	시장규모 현황 및 전망						CAGR(%)
	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	
북미	5,210	6,402	8,116	10,264	12,796	16,054	25.2
유럽	3,359	4,149	5,288	6,723	8,427	10,629	25.9
아시아/태평양	2,255	2,811	3,614	4,635	5,859	7,453	27.0
라틴아메리카	434	521	644	794	965	1,178	22.1
중동/아프리카	173	200	238	282	326	378	17.0
계	11,432	14,084	17,900	22,698	28,372	35,692	25.6

표 1 합성생물학 시장의 지역별 세계 시장 현황 및 전망(2022-2027)

또한, 합성생물학은 기존의 화학 물질을 대체할 수 있는 새로운 화학 물질을 개발하는 데도 사용될 수 있다.

화이트바이오 합성생물학 사례 기업으로는 제노마티카(Genomata)가 있다. 제노마티카는 다양한 화학 물질의 효율적인 생산을 위해 고성능 미생물 균주를 설계하고 엔지니어링한다. 이 기업은 다양한 산업 분야에서 널리 사용되는 화학 물질에 대한 바이오 기반 대체품 개발에 주력한다. 제품 포트폴리오에는 바이오 기반 나일론 전구체, 아디프산(폴리머의 빌딩 블록), 1, 3-프로판디올(바이오 플라스틱 및 화장품에 사용)이 있다(그림 2). 이 기업의 바이오 기반 화학 물질은 석유 유래 제품에 대해 지속가능하고 비용 경쟁력 있는 대안을 제공하며, 다양한 산업 부문의 환경 발자국을 크게 줄일 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

그린바이오 산업 사례

그린바이오 산업은 농업과 식품 산업에 바이오기술을 적용하는 것을 포함한다. 합성생물학은 작물의 생산성을 증대하고 병충해를 방지하며, 농작물의 영양가를 높이는 데 사용될 수 있다. 이는 농업의 지속가능성을

향상하고, 안정적인 식량 생산 문제를 해결하는 데 도움이 된다. 예를 들어, 합성생물학은 유전자 조작을 통해 작물의 생산성을 높일 수 있다. 농작물이 특정 해충을 방어하도록 개량해서 농약 사용을 줄이고, 농업에서의 환경 문제를 해결하는 데 도움이 될 수 있다.

그린바이오 합성생물학 사례 기업으로는 지속가능한 농업을 선도하는 피벗바이오(Pivot Bio)가 있다(그림 3a). 기존의 질소비료는 식물 성장에 필수적이지만 환경오염과 온실가스 배출을 유발한다. 피벗바이오는 공기 중의 질소를 고정해서 작물에 질소 영양분을 공급하는 미생물을 개발했다. 이 미생물은 옥수수 식물과 공생 관계를 맺고 공기 중의 질소를 자연적으로 고정하여 작물이 사용할 수 있도록 한다. 이 미생물 비료는 Y-프로테오박테리움(KV137)을 기반으로 하는 최초의 옥수수용 생물학적 비료다. Y-프로테오박테리움은 옥수수 뿌리와 결합하고 질소를 고정하는 데 필요한 유전자를 갖고 있다. 이 미생물 비료는 화학비료와 달리 지하수에 질소를 침출시키지 않고 강력한 온실가스인 이산화질소(NO₂)를 대기로 방출하지 않으므로 환경친화적이다. 이는 농부들이 합성 비료에 대한 의존도를 최소화하면서 최적의 작물 수확량을 달성할 수 있도록 지원한다.

또한, 합성생물학은 식품 산업에서도 중요한 역할

<http://www.genomatica.com>



그림 2
제노마티카의 바이오 기반 석유화학 대체 제품들

<https://www.pivotbio.com/> <https://impossiblefoods.com/>



그림 3
피벗바이오의 미생물 비료^㉔와 임파서블푸드의 대체육 제품^㉕

을 한다. 기능성 물질 생산 유전자의 설계 및 도입을 통해 식품의 영양가를 향상하거나, 식품의 보존성을 높이는 데 사용될 수 있다. 이는 식품의 품질을 향상시키고, 식품 손실을 줄이는 데 도움이 된다.

합성생물학 식품기업인 임파서블푸드(Impossible Foods)는 기존 육류 제품과 경쟁할 수 있는 맛있고 지속가능한 식물성 육류 대체품의 제조를 목표로 한다. 또한 온실가스 배출, 삼림 벌채, 물 사용 등으로 환경에 미치는 우려가 커지고 있는 축산업의 문제를 해결하고자 한다. 임파서블푸드는 유전자 변형 대두 레그헤모글로빈에서 헤ム을 추출하여 육류의 감각적 경험을 모방한 식물성 대체육을 만든다. 대표 제품인 임파서블버거는 식물성 패티로 소고기의 맛, 그리고 식감과 매우 흡사하다(그림 3^㉕). 임파서블버거는 쇠고기 패티 생산에 비해 토양 96%, 온실가스 89%를 저감하는 효과가 있다. 현재 임파서블 푸드 제품은 전 세계적으로 3만 개의 레스토랑과 1만 5,000개 이상의 식료품점에서 유통되고 있다.

레드바이오 산업 사례

레드바이오 산업은 의료와 건강 관련 산업을 포함하며, 합성생물학은 이 분야에 많은 가능성을 제공한다. 예를 들어, 합성생물학은 유전자 조작을 통해 특정 질병을 치료하거나 예방하는 데 사용될 수 있다. 유전자

치료는 합성생물학의 한 분야로, 이는 유전자의 결함을 수정하거나 새로운 유전자를 도입하여 질병을 치료하는 것이다. 또한 합성생물학은 특정 병원체의 유전자를 조작하여 면역 시스템이 이를 인식하고 반응할 수 있도록 하는 백신을 개발하는 데 사용될 수 있다. 합성생물학은 레드바이오 산업의 미래를 크게 바꿀 수 있는 기술로 개인 맞춤형 효과적인 치료법을 제공하여 환자의 삶의 질을 향상하는 데 기여한다.

모더나(Moderna)는 mRNA 치료제의 강자이고 코로나19 백신으로 유명해졌다. 모더나는 전염병, 희귀 유전질환, 암을 포함한 다양한 질병에 대해 새롭고 효과적인 mRNA 기반 치료법을 개발하고 있다(그림 4^㉔). 이 기업은 mRNA 치료제를 설계하고 제조하는 데 합성생물학 기반의 고유한 플랫폼을 활용한다.

아미리스(Amyris)는 합성생물학 기술로 의약품 원료물질의 경제적 대량생산의 길을 개척했다. 항말라리아 치료제를 생산하는 효모를 이용한 미생물 세포 공장을 개발한 것이다. 세계 인구의 절반은 말라리아 위험에 노출되어 있지만, 항말라리아 약물인 클로로퀸에 대한 내성이 지난 2000년대 초에 보고되면서 새로운 치료법이 필요해졌다. 이에 대해 세계보건기구(WHO)는 식물에서 추출한 약물인 아르테미시닌(artemisinin)과 다른 항말라리아제를 병용해야 한다고 선언했다. 이렇게 항말라리아제를 병용함으로써



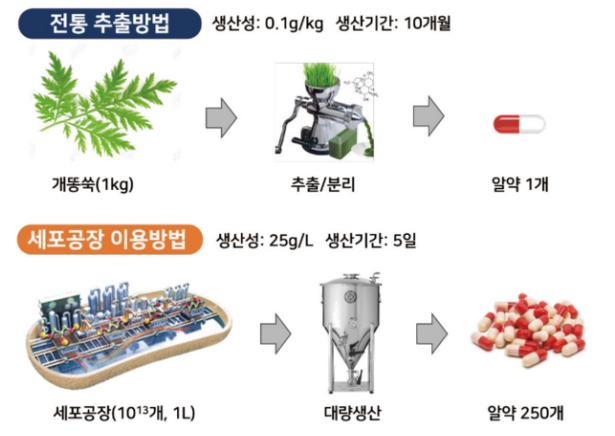
그림 4
모더나의 코로나19 백신^㉔과 아미리스의 아르테미시닌 생산^㉕

써 매년 약 2억 명(대부분 어린이)이 걸리는 이 질병의 사망률이 25% 이상 감소했다. 하지만 아르테미시닌은 개똥쑥에서 추출하는데, 수확하기까지 반년 정도가 걸려 공급에 한계가 있었다. 따라서 대안을 찾던 캘리포니아대 버클리(UC Berkeley)의 제이 키슬링 교수(Prof. Jay Keasling)는 합성생물학을 이용해 효모의 대사경로를 유전적으로 변형했다. 이를 통해 아르테미시닌을 생산하는 기술을 개발하고, 합성생물학 분야를 선도하는 기업인 아미리스(Amyris)를 창업했다(그림 4^㉕). 다국적 제약회사 사노피(Sanofi)는 아미리스와 키슬링 교수가 개발한 기술의 라이선스를 구매하고, 2014년부터 연간 50~60톤의 아르테미시닌 의약품 원료를 생산하고 있다. 이는 연간 아르테미시닌 수요의 1/3에 해당하며, 최대 1억 2,500만 명의 생명을 구할 수 있는 양이다.

도전과제와 미래 전망

합성생물학은 바이오산업의 미래를 형성하는 데 중요한 역할을 하지만, 여전히 극복해야 할 도전과제가 있다. 이러한 도전과제 중 하나는 규제 환경이다. 인공 생명체를 설계 및 제작하는 합성생물학의 발전은 새로

(REUTER, 2020.10.31.)



운 윤리적, 사회적, 환경적 문제를 제기할 수 있기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 적절한 규제 체계가 필요하다. 합성생물학이 악의적으로 사용되면 바이러스를 재생성하거나 박테리아를 조작하여 인류의 생명을 위협하는 생물무기 개발에 이용될 수 있다.

또한, 합성생물학의 성공은 교육과 훈련, 그리고 공공의 이해와 지지에 크게 의존한다. 합성생물학은 바이오산업의 미래를 크게 바꿀 수 있는 기술이다. 이 기술을 통해 우리는 지속 가능하고 효율적이며, 경제적으로 효과적인 방식으로 제품과 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 가능성을 실현하기 위해서는 기업, 정부, 학계, 그리고 사회 전체가 함께 노력해야 한다. **기술혁신**

희귀·난치질환 극복을 위한 유전자치료



글. 김용삼
(주)진코어 대표

유전자기위 기술 전문가로, 서울대학교에서 학위 후 미국 프레드허친슨 암연구소의 연구원으로 일했다. 현재 한국생명공학연구원에서 책임연구원으로 재직 중이며, 동시에 (주)진코어의 대표직을 맡아 유전자 편집 치료제 개발에 주력하고 있다.



DNA-mRNA-단백질의 축이 무너지면 질병이 되고, 이를 수복하는 처치 과정이 치료에 해당한다. 기존의 치료법이 단백질을 대상으로 하는 합성신약, 항체, 재조합 단백질 중심이었다면, 최근에는 siRNA, ASO 기반의 핵산 치료제를 거쳐 유전자치료 시대로 변화의 움직임이 일어나고 있다. 이는 기존에 치료법이 없던 희귀질환이나 암과 같은 난치질환에 대해 탁월한 효과를 보이면서 차세대 혁신 신약으로 자리매김하고 있다. 이를 몇몇 승인 사례를 통해 접하고 있으며, 향후 유전자치료제가 미충족 의료를 채워줄 주요 치료 모달리티가 될 것으로 전망된다. 이에 각 유전자치료 주요 모달리티의 특징과 동향에 대해 짚어 보고자 한다(표 1 참조).

유전자치료의 정의와 기술적 분류

「생명윤리 및 안전에 관한 법률」 2조에서 ‘유전자치료란 질병의 예방 또는 치료를 목적으로 인체 내에서 유전적 변이를 일으키거나, 유전물질 또는 유전물질이 도입된 세포를 인체로 전달하는 일련의 행위를 말한다’라고 정의하고 있다. 이를 기반으로 유전자치료는 기술적으로 세 분야로 구분된다. 바로 (1)기능적 유전자를 전달하여 결여된 유전자 기능을 수복하는 유전자 전달 치료제(Gene Delivery Therapy) (2)인체 내에서 유전적 변이를 일으키는 기술인 유전자 편집 치료제(Gene Editing Therapy) (3)다양한 방식으로 유전자의 변형을 꾀한 세포를 인체에 주입하는 방식의 유전자 세포 치료제(Gene-modified Cell Therapy)의 세 분야다.

다만, 최근 상업화에 성공을 거둔 겸상적혈구 빈혈증 및 지중해성 빈혈증의 치료제인 ‘카스게비(Casgevy)’의 경우와 같이 구분이 모호한 치료제의 영역이 있다. 우선 카스게비는 유전자기위 기술이 적용되었기 때문에 최초의 유전자 편집 치료제로 여겨진다. 동시에, 인체 ‘내’에서 유전적 변이를 일으키지 않고 인체 ‘외’에서 유전자 변형이 가해진 조혈모세포를 인체에 전달하여 치료하므로 유전자세포 치료제로 분류되기도 한다. 규제적 관점에서는 유전자 편집 치료제로서 요구되는 사항을 충족할 의무도 지게 된다.

유전자치료가 갖는 다른 치료법과의 차별성

대부분의 희귀질환에 대한 치료제는 부재한 가운데, 소수의 열성 유전질환에서 유전자의 기능 상실을 단백질 보충을 통해 치료한 사례가 있다. 혈우병 치료를 위한 혈액응고인자나 고셔병 치료제인 세레자임(Cerezyme)이 그 예다. 이들은 별도의 전달체가 필요하지 않거나 당엔지니어링(Glycan Engineering) 기법만으로도 세포 내 전달이 가능했다. 하지만 단백질 제제는 좋지 못한 약동학적 성질로

(2024년 4월 기준 ClinicalTrials.gov에 등록, 임상 진행 중인 시험 수)

치료 모달리티	치료 원리	요소 기술	주요 대상 질환	주요 제품	임상 건수
유전자 전달 치료	가능적으로 정상 유전자를 특정 조직의 세포 내로 전달하여 결여된 유전자 기능을 수복	• 전달체(AAV) 엔지니어링 • 프로모터 개발 기술 • 페이로드 제작 기술	• 유전질환 • 퇴행성 질환	• Zolgensma (Novartis) • Luxturna (Spark Tx) • Hemgenix (CSL Behring) • Vyjuvek (Krystal Bio)	527
유전자 편집 치료	유전자기위 도구를 세포 내로 전달하여 특정 유전자의 교정 또는 편집을 유도	• 유전자기위 기술 • 전달체 기술(바이러스, 비바이러스성 전달체) • 오프타겟 측정 및 저감 • RNA 엔지니어링	• 유전질환 • 감염성 질환 • 암	• Casgevy (Vertex Tx)	72
유전자 세포 치료	세포의 유전자 변형을 가하고 변형된 세포를 생체 내에 주입하여 세포 고유 기능의 강화 및 추가를 유도	• CAR 엔지니어링 기술 • 유전자 편집 기술 • 세포배양 기술	• 암(혈액암에서 고품암으로 확대 모색) • 퇴행성 질환 • 자가면역질환 확대 모색	• Kymriah (Novartis) • Yescarta (Gilead) • Abecma (BMS) • Carvykti (J&J)	690 (CAR-T) 39 (CAR-NK) 1 (CAR-Mac)

표 1
유전자치료제 주요 모달리티 특징 및 동향

빈번한 주사가 필요하고, 정맥주사만으로는 세포 내로 전달이 어렵다. 그 후 개발된 siRNA나 ASO 기반 핵산 치료제의 치료적 접근은 지질 나노입자(Lipid Nanoparticle; LNP)의 개발을 통해 가능해졌다. 하지만 주로 간 전달에 국한된다는 점, 지속적인 투여가 이루어져야 한다는 점, 그리고 반복 투여에 기인한 높은 가격 및 안전성의 문제가 주요한 이슈로 대두되었다.

이에 대한 ‘대안 치료’로서 유전자치료제의 시대가 도래하고 있다. 다른 치료법에 비해 유전자치료제가 갖는 장점들을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 단회 투여로 거의 영구적인 치료 효과를 거둘 수 있다. 둘째, AAV(Adeno-Associated Virus; 아데노연관바이러스)와 같은 효율적인 전달체를 통해 다양한 조직으로 치료 영역이 확대되었다. 셋째, 근본적으로 개인맞춤형 치료에 기반을 두고 있어 전달체가 갖는 독성 외에는 그 자체로 커다란 독성이 유발되지 않는다. 마지막으로, 유전자치료제가 표적 하는 질환 자체가 대부분 희귀질환이므로 신속심사나 희귀의약품 지정 등을 통한 개발·허가 기간 단축 등 개발자들에게 유인책이 존재한다.

유전자치료제 개발 동향

1) 유전자 전달 치료제

유전자 전달 치료법은 초기에 시도되었던 아데노바이러스와 레트로바이러스의 안전성 문제로 1990년 이후 암흑기를 맞았다. 그러나 AAV라는 비교적 안전하고 효과적인 전달체를 채택하여 부활하게 된다. AAV는 아데노바이러스처럼 심각한 면역반응을 일으키지도 않고, 레트로바이러스처럼 자신의 유전 물질을 염색체에 삽입시키는 비율도 매우 낮아 그간의 안전성 우려로부터 자유로웠다. 또한 전달효율이 높고 폭넓은 조직으로 유전자 전달이 가능하다는 장점 또한 지니고 있다.

유전자 전달 치료법은 AAV를 이용한 최초의 치료제인 글리베라(Glybera)를 필두로, 럭스터나(Luxturna)와 졸겐스마(Zolgensma)의 잇단 성공으로 주요 치료법으로 자리매김하고 있다. B형 혈우병 치료제인 헴제닉스(Hemgenix), A형 혈우병 치료제인 록타비안(Roctavian), DMD 치료제인 엘레디비스(Elevidys)는 모두 AAV 전달 기반의 유전자 보충 치료제다. 현재 AAV 기반 유전자 전달 치료 물질의 임상 건수가 500건 이상임을 고려할 때, 향후 시장에 소개될 치료제는 급격히 늘어날 것이다.

하지만 AAV에도 몇 가지 문제점이 있다. 바로 고농도 투여로 인한 간독성과 국소적인 염증반응이다. 특히 AAV에 대해 획득면역을 가진 사람들도 있어, 면역반응의 위험성, 환자 수의 제한, 반복적 투여의 제한 등 문제들이 드러났다. 또한 AAV는 다양한 조직으로의 전달은 가능하지만, 특정 조직으로의 선택적 전달에는 한계가 있다. 이러한 의학적 문제를 극복하고 AAV 기반의 유전자치료제의 성공을 높이기 위해 다양한 바이오테크 회사들이 AAV의 캡시드를 엔지니어링하여 제한점들을 극복해 나가고 있다.

2) 유전자 편집 치료제

ZFN 기술과 TALEN 기술은 사실상 상업화에 실패하였지만, 크리스퍼(CRISPR) 기술의 비약적 발전과 이로 인한 상업화의 성공으로 향후 유전자 편집 치료제의 부흥이 기대된다. 최초의 치료제인 ‘Casgevy’는 헤모글로빈의 beta-globin 유전자의 이상으로 생겨나는 겸상적혈구 빈혈증과 지중해성 빈혈증의 치료제로 승인받았다. 카스게비는 감마글로빈의 억제유전자인 BCL11A의 인핸서 영역을 제거함으로써 감마글로빈의 발현을 증가시켜, 결핍된 베타글로빈을 대체하는 독특한 기전의 치료 방식을 활용한다. 기전은 약간 상이하지만, BCL11A의 발현량을 줄임으로써 감마글로빈의 발현을 늘린다는 점에서 같은 작용기전을 갖는 경쟁약물이 Editas, Beam Therapeutics 등에 의해 개발되고 있다.

카스게비처럼 ex vivo(생체 외) 치료제는 결국 면역세포나 조혈모세포를 표적으로 하기에 다양한 희귀질환의 치료제로 적용하기에는 한계가 있다. 즉 in vivo(생체 내) 치료 영역에 많은 희귀 유전질환이 존재한다. 아직 승인된 사례가 없지만 Intellia Therapeutics의 ATTR 치료제인 NTLA-2001이 가장 긍정적인 임상 결과를 보여주고 있다. 임상시험에서 환자의 혈액 내 TTR 단백질의 혈중농도가 획기적으로 감소했다. 단회 투여로 영구적인 치료 효과를 거둘 것으로 기대돼, RNA 기반 경쟁 약물에 비해

환자의 편의성 및 효과성에서 우월하다. 이는 향후 2~3년 이내에 FDA 승인을 받게 될 것으로 기대되는 최초의 in vivo 유전자 편집 치료제다. 단일염기 교정, 프라임 에디팅(Prime Editing), CRISPRa/i와 같이 DNA를 절단하지 않고 편집하는 기술들도 임상에 도전하고 있다. 또한 AAV 전달을 위해 소형화된 유전자기위 기술로 다양한 in vivo 유전자 편집 치료를 개발하려는 움직임도 주요한 축이다.

3) 유전자 세포 치료제

유전자 세포 치료제가 두각을 나타내고 있는 분야는 단연 CAR-T 치료제(Chimeric Antigen Receptor T cell Therapy) 분야다. 이 치료법은 환자로부터 T 세포를 추출한 후 암표적 항원 인식 부위와 막통과 부위, 신호전달 부위로 구성된 CAR 유전자를 도입하여 혈액암 치료에 탁월한 효과를 보인다. 노바티스의 킴리아(Kymriah), 카이트/길리아드의 예스카타(Yescarta), 셀젠/BMS의 아벡마(Abecma) 등이 혈액암 기반의 치료제로 상업화에 성공하였다.

CAR-T 치료제의 탁월한 암 살상 효과 이면에는 사이토카인 방출 증후군과 최근 불거진 발암 가능성과 같이 안전성의 이슈가 존재한다. 따라서 향후 관련 규제와 허들이 강화될 수 있다. 또한 자가유래 T 세포를 이용해야 하므로 고도의 생산시설, 높은 약가 비용, 환자의 불편 등과 관련된 제한점이 있다. 아직 치료 대상이 혈액암에 머물러있다는 한계도 있다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 대안으로 동종 유래 세포 기반의 CAR-NK(Natural Killer) 치료제가 부상하고 있다. 현재 혈액암에 국한된 질환을 고형암으로 확대하려는 쪽이 가장 큰 동력을 보이는 분야다.

면역세포에 주입되는 CAR의 엔지니어링도 하나의 치료제 개발 축이다. 최근 개발된 3, 4세대 CAR를 적용한 차세대 CAR-T 치료제가 임상에서 어떠한 차별성을 가지게 될지는 주요한 관심사 중의 하나다. CAR-T 치료제의 가장 큰 제약사항은 자가유래 기반의 T세포를 이용한다는 점이다. 이 때문에 비용이 많이

소요되고 대량생산이 제한되며, 환자가 불편을 느끼게 된다. 이를 극복하고자 면역 거부에 관여하는 MHC 유전자나 TCR 유전자를 유전자기위로 제거한 동종 CAR-T 치료제의 개발이 대안으로 떠오르고 있다. CAR-T가 혈액암에서 큰 치료적 성공을 보았듯, CAR 기반의 면역세포 치료제가 다양한 희귀암을 치료하려는 움직임 또한 유효해 보인다.

유전자치료 산업화에서의 도전과제

최근 유전자 전달체 개발이 다각도에서 시도되고 있어 향후 유전자치료제 시장은 긍정적인 전망이다. AAV 엔지니어링뿐만 아니라 아데노바이러스, 헤르페스바이러스 등을 이용한 치료적 접근이 시도되고 있고, Virus-like Particle(VLP) 기반의 전달체 또한 주목받고 있다. 최근 렌티바이러스 기반의 Skysona와 Zynteglo가 ex vivo 방식의 치료제로 승인을 받은 일은 고무적이라 하겠다. 다만 안전성의 우려가 여전히 제기되고 있다. 비바이러스성 전달체 영역에서는 LNP의 개량을 통해 간 외에 다양한 조직으로의 전달이 시도되고 있다. 유사 폴리머 기반 전달체들도 각각의 전달 효율성 및 안전성 확보를 노리고 있다. 엑소솜과 같은 생체물질 기반의 전달체도 꾸준히 시도되고 있어 성공 사례가 나오면 유전자치료의 지형에 영향을 줄 수 있을 것이다.

유전자 전달 치료제는 특정 유전질환 환자의 많은 수를 커버할 수 있지만, 치료 효과가 영구적이지 않다. 유전자 편집 치료제는 영구적일 수 있으나 유전 환자의 일부만을 치료 대상으로 하는 한계가 존재한다. 모든 유전질환 환자를 대상으로 하면서도 영구적인 치료를 할 수 있는 기술인 ‘유전자 삽입(gene integration) 기술’의 개발이 기대되는 이유다. 현재 우수 저널에 몇몇 기술이 소개되어 연구 단계에 있다. 낮은 효율과 비표적 삽입으로 인한 안전성의 문제가 해결된다면 희귀질환의 새로운 국면이 펼쳐질 수 있을 것이다.

유전자치료제는 승인 후에도 장기추적을 요한다. AAV 유전자 보충 치료제의 경우에도 최근 AAV 페이로드의 염색체 삽입 가능성이 보고되고 있어 장기추적에 대한 필요성이 높아지고 있다. 유전자 편집 치료의 경우는 최소 15년의 추적관찰을 규정하고 있다. 임상 과정에서 탁월한 효과를 보였던 유전자치료제의 장기추적 결과 안전성이 담보된다면, 유전자치료제는 향후 보다 다양한 치료 영역으로 확대될 것이다.

희귀의약품은 날이 갈수록 최고가 경쟁을 하고 있다. 이러한 약값 부담을 어떻게 해소할 것인지가 향후 희귀의약품의 저변화에 중요한 열쇠가 될 것으로 보인다. 개발자에게 충분한 유인책이 되면서 환자에게도 지불 가능(Affordable)한 치료법이 될 수 있도록 기술적, 제도적 발전이 뒤따라야 할 것이다.

유전자치료 산업의 전망과 전략

제약시장의 무게중심이 기존의 합성신약 중심에서 바이오의약품으로 옮겨지고, 바이오의약품도 재조합 단백질과 항체를 거쳐 첨단바이오의약품으로 패러다임이 변하고 있다. 전체 의약품의 연간 성장률은 3~6%에 그치지만, 유전자치료제 시장의 연평균 성장률은 2030년까지 40%에 육박할 것으로 예상된다. 즉, 향후 치료제 산업을 유전자치료제가 견인하게 될 것이라 해도 과언이 아니다.

이 중심에는 유전자 전달 치료제, 유전자 편집 치료제, 유전자 세포 치료제가 있다. 유전자치료제는 기존의 약물들과 달리 다양한 기술들의 접목이 필요하다. 따라서 유전자치료 산업을 선점하기 위해서는 국가적 차원에서 다학제적 연구를 수행하고, 이를 위한 오픈 이노베이션 시스템과 산업 생태계를 구축하도록 노력해야 한다. 유전자치료제에 대한 충분한 경험치가 축적된다면 현재 희귀 난치질환에 적용되고 있는 적응증의 한계를 넘어 대사질환 및 다양한 퇴행성 질환, 노화의 영역까지 치료의 범위가 확대될 것으로 기대된다. **기술혁신**

포스트 코로나 시대의 백신·치료제 등 대응 기술 개발 방향



글. 홍기중
가천대학교 의과대학 교수
신변중감염병 국가 mRNA
백신사업단 단장

텍사스공대(Texas Tech Univ.)에서 분자생물학 박사학위를 취득했다. 질병관리본부(現 질병관리청) 보건연구관, 한국파스퇴르 연구소 연구기획센터장, 인터파 크바이옴연구소장 등을 거쳐 현재 가천대학교 의과대학 미생물학교실 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 감염병 팬데믹 대응 조기감시시스템, mRNA백신과 같은 차세대 백신 기술 등이다.



신변중 감염병의 위협

코로나19 대유행으로, 지난 몇 년 동안 우리나라를 포함한 전 세계는 상상하지도 못했던 위기와 고난을 지나왔다. 2009년 신종플루, 2015년 메르스 등 과거의 팬데믹과 비교가 되지 않을 만큼 엄청난 사회·경제적 위기를 수반하며, 감염병의 위협이 얼마나 심각할 수 있는지를 알게 되었다. 또한 효과적인

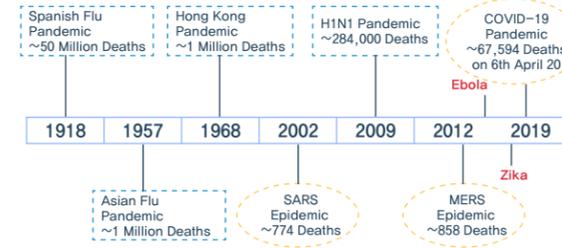
대응 시스템을 토대로 하는 강력한 보건 안보의 구축이 얼마나 중요한지도 다시 한번 깨닫는 계기가 되었다.

감염병 팬데믹은 인류의 역사와 함께한 재난이다. 역사책에 나오는 역병부터 21세기의 코로나19에 이르기까지 다양한 감염병이 창궐했고, 감염병 팬데믹은 수많은 희생과 세상의 혼란을 초래하는 대재앙이 되곤 했다. 잘 모르던 새로운 바이러스 등 신종 병원체나 인플루엔자와 같은 기존 병원체의 변종이 전파되고 병증의 새로운 양상을 일으키는 바람에, 대유행 전에는 관심도 없던 백신과 치료제가 갑자기 필요해지고, 없으면 난리가 나는 일이 반복되었다. 유전자, 단백질 등을 이용한 분자 진단 기술은 상당히 잘 발달해, 이제는 진단도 못 하고 무엇인지도 모르는 병원체에 감염되는 일은 드물어졌다. 그러나 백신이나 치료제 없이는 여전히, 퍼져가는 감염병에 속수무책으로 당하기 쉽다.

최근의 팬데믹은 수십 년 전에 비해 전혀 다른 양상으로 변화하고 있다. 대표적으로 발생 주기가 급격히 짧아지고 있으며, 전파 속도가 매우 빨라지고 전파 범위도 광활해지고 있다. 개선된 위생이나 의료기술만으로는 대응이 어려운 위험 요인이 수시로 발생하고 있는 것이다. 지역 간의 인구 이동이 지속해서 증가하고 교통이 발달해 이동 범위가 확장되고 속도가 붙으며, 현대인의 생활상은 오지의 병원체에 부지불식간 노출될 수 있게 되었다. 더불어 도시화한 현대사회와 집약적인 축산환경은 놀랍도록 위태로운 환경을 만들어 왔다. 새롭게 침입한 바이러스 등이 더욱 쉽게 전파될 수 있는 면역력이 낮고 밀집된 전파 대상을 제공하기 때문이다. 이러한 이유로, 조만간 다시 찾아올 팬데믹의 대비는 무엇보다 중요한 미래 전략일 수밖에 없다.

팬데믹 대응을 위한 미충족 의료 요구

기나긴 코로나19 팬데믹을 겪으며 우리는 현대의



WHO Blueprint priority disease*	Fatality rate	Recent outbreaks	Diagnostic need (red: critical, yellow: important, green: unaddressed)*	Situation overview*
CCHF	10%–40%	Pakistan, 2010. ¹⁸		<ul style="list-style-type: none"> No established reference test. Very limited availability of commercial assays, with very low usage and limited performance data. No WHO prequalified diagnostic test.
Filoviruses (Ebola and Marburg)	24%–90%	West Africa, 2013–2016 and DRC, 2017 and 2018 (Ebola); ¹⁹ Uganda and Kenya, 2017 (Marburg). ²⁰		<ul style="list-style-type: none"> Recent high-profile outbreaks resulted in international focus and funding, which has enabled the development and introduction of critical diagnostics. Additional work is needed to improve current diagnostics, develop POC tests and ensure reliable availability. Additional work is also needed to ensure regulatory approval beyond WHO EURL.
Lassa fever	1–15%	Annual recurring outbreaks in West Africa. ²¹		<ul style="list-style-type: none"> No WHO-approved diagnostics and limited commercially available tests, none of which are easily deployable in the settings needed.
MERS-Cov	~35%	Saudi Arabia, 2013–2018; South Korea, 2015. ²²		<ul style="list-style-type: none"> Limited availability of validated assays, restricted to highly complex tests. Lack of POC diagnostics.
SARS	~10%	Global, 2003. ²³		<ul style="list-style-type: none"> Recent high-profile outbreaks resulted in international focus and funding, which has enabled the development and introduction of critical diagnostics. Additional work is needed to improve current diagnostics, develop POC tests and ensure reliable availability.
Nipah and henipaviral diseases	~30%	Bangladesh, 2004. ²⁴ India, 2018. ²⁵		<ul style="list-style-type: none"> No WHO-approved diagnostics and limited commercially available tests, none of which are easily deployable in the settings needed.
Rift Valley fever	<1%	Republic of Niger, 2016. ²⁶		<ul style="list-style-type: none"> No WHO-approved diagnostics and limited commercially available tests, none of which are easily deployable in the settings needed.
Zika virus disease	Not fatal ²⁷	South and North America, 2015–2016. ²⁸		<ul style="list-style-type: none"> Recent high-profile outbreaks resulted in international focus and funding, which has enabled the development and introduction of critical diagnostics. Additional work is needed to improve current diagnostics, develop POC tests and ensure reliable availability. Additional work is needed to ensure regulatory approval beyond WHO EURL. Need for diagnostic platforms that can rapidly adapt and support diagnostics for unknown pathogens.
Disease X				

그림 1 20세기 이후의 팬데믹 발생 현황과 미래의 팬데믹 유발 가능 바이러스들

의료기술과 시스템을 발전시켜 왔지만, 이는 여전히 매우 부족하다는 것을 다시 한번 인지하게 되었다. 심지어 백신이나 치료제는 기술적, 산업적으로 심각하게 부족하여 팬데믹의 위협을 안전하게 감당해 낼 가능성이 크지 않다는 것이 드러났다.

예방용 백신은 감염병 대응에 가장 효과적이고 유용한 수단으로 인식되어, 새로운 백신이 꾸준히 개발되었다. 그러나 전통적 개발 방식은 5년 이상의 긴 시간을 필요로 하므로 팬데믹 당시 새로운 병원체에 대한 즉각적 대응은 불가능했다. 이러한 이유로 위험한 병원체들을 예측하고, 쓰지 않을 수도 있는 백신들을 미리미리 개발·비축하는 전략이 유일한 대책으로 추진되었다.

그런데 코로나19 백신은 mRNA 등 핵산 기반 신기술로 300여 일 만에 개발되어 대유행 도중에 감염병 전파를 막아내는 결과를 보였다. 이로써 앞으로의 백신은 “Just in Time, Just in Case(필요한 시기, 필요한 경우에 즉각 대응)”의 전략으로 개발하고자 하는 수요가 생겨났다.

치료제의 상황은 더욱 복잡하고 어려웠다. 개발되었던 수많은 항바이러스제나 항생제는 팬데믹 상황에서 확실한 효능을 보이지 못하였고, 효과 좋은 신규 치료제의 개발만을 기다리는 상황이 반복되었다. 2009년 신종플루 때 개발되어 사용 중인 치료제나 코로나19에 맞춰 개발된 치료제도 팬데믹의 양상을 명확하게 바꾸기는 어려웠다. 약효 재창출(Drug Repositioning) 기술 등의 가능성이 과거보다 강조되었지만, 여전히 치료제의 개발은 전략 수립도 쉽지 않고 실제 효능을 기대할 수 있는 약제의 확보도 어렵다.

코로나19 팬데믹 동안 효율적인 대응 시스템 및 기술이 발전하여, 진단 기술은 상대적으로 꽤 구축된 편이다. 그러나 1일 수백만 명 이상의 초대규모 진단 수요가 발생하는 경우, 검사실 정도로 정확히 진단하거나 그 결과를 중앙통제기관에서 취합해 관리할 수 있는 수준에는 도달하지 못했다. 이러한 취약점 등은 여전히 해결해야 할 부분이다.

한편으로, 팬데믹 위협으로부터 상시적 사회 안전을 유지해 주는 조기 감시 차단 기술과 방역생태계 구축 등의 총체적 방역 기술은 여전히 멀지만 한 꿈인 것 같지만, 팬데믹을 지날 때마다 그 관심과 수요는 증대되고 있다.

신규 백신 기술 개발 동향

팬데믹 대응을 위한 도구로써 백신 개발은, 코로나19로 인해 획기적인 패러다임의 변화를 맞았다. 벡터나 mRNA 등 새로운 기술은 1년 미만의 단기간에 신속하게 백신을 생산, 공급하여 팬데믹의 종결에

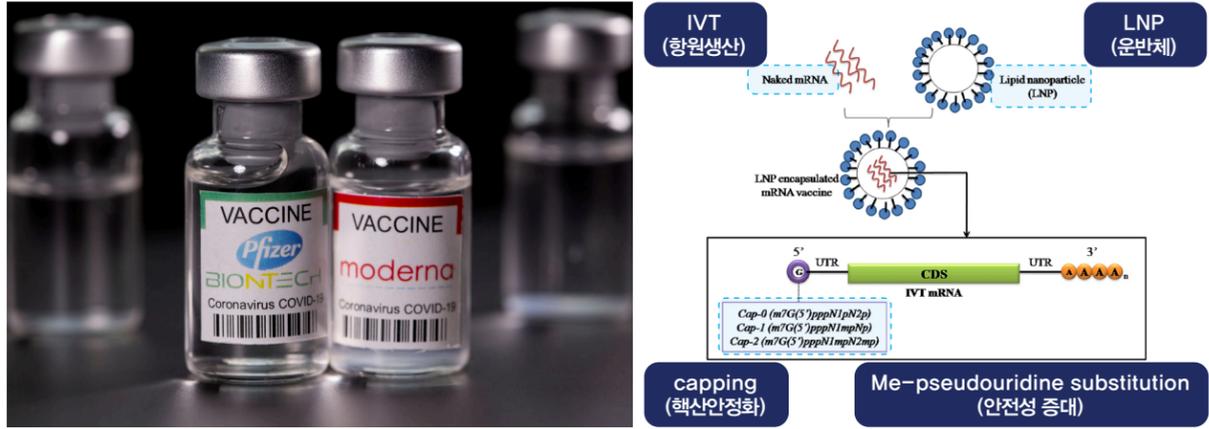


그림 2 Pfizer · Moderna의 코로나 백신(좌)과 mRNA 백신 기술의 구성(우)

기여하였다. 또한 심각하게 발생하고 있는 변이주에 대해서도 효과적인 대응 수단으로서 가능성을 보였다.

mRNA 백신은 개발의 신속성과 대량 생산능력을 기반으로, ‘장기간 개발과 사전 비축이 필요’했던 백신 공급의 전통적 패러다임을 ‘대유행 기간 중 즉시 사용이 가능한 신속 생산’의 새로운 방향으로 전환했다. 이러한 변화로 인하여, 최근 WHO나 CEPI 등 국제기구와 미국, 유럽, 일본 등 기술 선진국 정부 기관에서는 ‘100일 이내 백신 개발·생산(100 days Mission)’이나 ‘광속 프로젝트(Operation Warp Speed)’라는 새로운 전략을 백신 연구개발의 새로운 목표로 추진하기 시작하였다. mRNA 백신 개발의 이러한 양상은 대표적 장점인 신속성 외에도 단순한 생산 공정과 장비, 맞춤형 항암제 등 향후 시장의 무한한 가능성에 기반한다. 이에 더하여 보건·안보적, 경제 산업적 장점이 mRNA 기술의 비약적인 발전을 뒷받침하고 있다.

새롭게 개발되고 있는 백신 기술은 mRNA 백신 외에도 국내 SK바이오사이언스가 코로나19 백신으로 선보였던 자가조립 합성항원 기술이 있다. 또한 글로벌 기업 Johnson&Johnson, AstraZeneca를 비롯하여 국내기업 셀리드에서 선보였던 벡터 백신 기술 등이 있는데, 대부분 신속성과 즉시 사용성을 목표로

연구개발을 추진하고 있다.

한편으로는 mRNA 백신의 핵심기술 중 하나로 항원 전달체(LNP: Lipid Nano-Particle)의 중요성이 높게 평가되고 있다. 나노물질 등을 이용한 신규 전달체의 개발 수요가 과거에 비해 훨씬 다양하게 발전하고 있다.

미래의 백신 등 팬데믹 대응 기술 방향

백신은 다음 팬데믹을 대비하는 과정에서 더욱더 핵심적이고 실질적인 수단으로서 주목받을 것이다. “100일 이내 백신 생산”이라는 전략이 팬데믹 발생 초기부터 위기 대응의 주된 전략으로 고려될 것이며, 최대한 빠른 백신의 공급을 당연히 고대하게 될 것이다.

이와 같은 백신의 신속한 생산과 공급을 위해서는, 기술과 공정의 특성상 mRNA 백신이 중심이 될 것이다. mRNA 백신은 접종 횟수 이슈와 이로 인한 변이주 대응의 문제가 있지만, 상황에 따라서 신속 생산이 가능한 벡터 백신도 대안이 될 수 있다. 감염병 팬데믹 초기에 성공적인 예방 접종으로 엔데믹 상황에 이르더라도, 지속적인 백신 접종의 수요는 남아 있을 것이다. 따라서 신속 대응용 mRNA 백신 접종



그림 3 미국 정부의 Operation Warp Speed 프로젝트와 CEPI가 제시한 100일 대응 전략(100 Days Mission)



그림 4 추진되고 있는 소규모 이동형 생산 유닛(Pfizer-BioNTech)

이후에 일상적 예방 접종도 담당할 수 있도록, 안전성이 가장 우수한 재조합 단백질 항원 백신(합성항원 백신)의 수요도 장기적 관점에서 고려해야 한다. mRNA 백신의 또 다른 연구개발 방향은 동시다발적인 개별지역 생산방식이다. 팬데믹 발생 시 다양한 규모의 국가별, 지역별 수요에 개별적으로 대응하여 신속하게 백신을 생산할 수 있도록, WHO 등 국제기구들은 이동형 소규모 생산 유닛을 이용한 현지 생산 시스템을 구상하고 있다. 관련 기술을 보유한 Moderna 사나 Pfizer사 등 mRNA 백신 관련 글로벌 기업들은 이미 이러한 생산방식에 필요한 이동형 캐비닛 모듈을 개발하고 있다. 기업의 입장에서는 팬데믹뿐만 아니라 mRNA 백신의 미래 시장이 될 항암백신, 치료제 등의 맞춤형 인하우스 생산을 위해서도 이 기술이 반드시 필요하다. 따라서 소규모 이동형 생산

유닛 기술과 시장을 선점하기 위해 경쟁하고 있다. 그 외에도 치료제를 신속하게 개발하기 위해 인공지능 기반 초고속 대규모 후보 약물 효능평가 시스템을 구축하고 있다. 또 현재 사용 중인 신속진단키트의 정밀성을 검사실 수준인 정확도 95% 이상으로 발전시키고, 이를 네트워크화하여 개인이 현장에서 검사하더라도 그 결과를 중앙 통제 부서에서 실시간 모니터링 및 대응에 반영할 수 있도록 노력하고 있다. 이러한 기술은 코로나19를 지나면서 우리가 발견한 시급한 수요다. 100일 이내 백신 생산, 인공지능 기반 치료제의 신속 개발, 네트워크 기반 정밀 검사용 신속진단키트의 개발, 이러한 기술들에 더하여 조기 감시·대응이 가능한 방역생태계가 구축되면 더 이상 팬데믹을 걱정하지 않아도 될 날이 올 것이다. **기술·혁신**

첨단 바이오 데이터 기술의 혁신과 미래



글. 김태형
테라젠바이오
유전체 사업본부 본부장

부산대학교에서 생명정보학 석사 학위를 취득했다. 한국생명공학연구원을 거쳐 현재 테라젠바이오 유전체 사업본부 본부장(상무)으로 재직 중이다. 2008년에 최초로 한국인 게놈지도를 발표했으며, 주요 연구 분야는 정밀 의료 및 유전체 신사업 개발이다.



첨단 바이오 정보학의 최신동향과 미래 기술

첨단 바이오 정보학 분야는 생명과학, 유전학, 분자생물학 등과 같은 전통적인 생명과학 분야와 정보 기술(IT), 인공지능(AI), 데이터 과학 등의 첨단 정보 기술이 융합된 분야다. 이 분야는 복잡한 생명현상을 이해하고 질병을 조기에 진단하며, 새로운 신약을 개발하는 데 중요한 역할을 한다.

최근 정부는 AI, 첨단 바이오, 양자 분야를 국가의

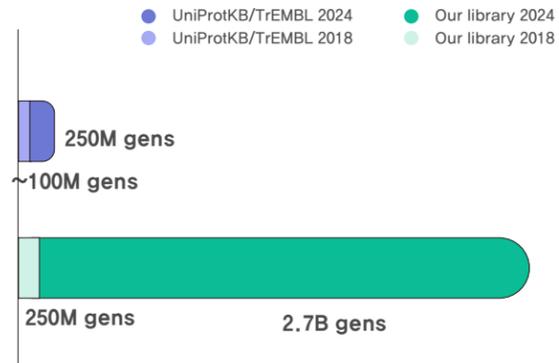


그림 1 Ginkgo Bioworks가 확보한 27억 개의 신규 단백질 서열 자산

3대 첨단 분야로 선정하고, 이들 분야에 대한 연구개발 예산을 집중적으로 투입하기로 했다. 이는 첨단 바이오가 우리나라의 미래 먹거리 산업으로 성장할 것이라는 기대를 반영한 조치다.

첨단 바이오 분야에서 '바이오 파운드리'가 점점 더 중요해지고 있으며, 이는 데이터 과학과 인공지능(AI)의 토대 위에서 발전하고 있다. 바이오 파운드리는 생물학 실험의 설계와 제작을 자동화하여 대량의 생물학적 실험을 신속하게 수행함으로써 신약 개발, 유전자 편집, 합성생물학 등의 분야에서 혁신적인 발전을 이끌고 있다. 이러한 진보는 거대한 생명과학 데이터의 분석에 근거하며, AI와 데이터 과학은 이 과정에서 중심적인 역할을 한다. 기계 학습과 딥러닝 기술을 활용하여 유전자 변이, 단백질 구조, 질병 관련 패턴 등을 정확히 식별하고 분석함으로써, 바이오 파운드리 내에서의 연구 및 개발 과정은 더욱 효율적이고 목표 지향적으로 진행될 수 있다.

세계적인 바이오 파운드리 회사인 Ginkgo Bioworks는 머크, 바이오젠, 화이자와 같은 글로벌 제약사를 대상으로 매년 수백만 달러에 달하는 다양한 파트너십을 체결하고, 매년 수천억 원의 매출 성과를 내고 있다. 이러한 파트너십은 Ginkgo Bioworks가 첨단 바이오 정보학 기술을 접목했다는 강점이 있어 가능했다. 즉, 대규모의 생물학적 및

유전학적 데이터를 수집하고 분석하여 단백질의 기능, 유전자의 역할, 미생물의 특성 등을 알아낸 것이다. 또한 AI와 기계 학습 알고리즘 등 방대한 데이터를 통해 패턴을 식별하고 생물학적 관계를 정확하게 예측하여, 신규 생물학적 설계의 가능성을 찾아냈다(그림 1). 더 나아가 대규모 실험을 효율적으로 자동화·최적화하기 위한 설계에서, 실험의 성공 확률을 높이고 비용을 줄이기 위해 AI를 핵심적인 도구로 활용했다. 이외에도 생물학적 경로를 최적화하기 위해 유전자 변형 및 RNA/단백질 설계, 생산 공정을 모니터링하고 수율을 최적화했다. 또한 비용을 줄이기 위해 생산 공정을 최적화하고 잠재적인 약물 표적을 발굴하였으며, 약물 후보 물질을 스크리닝해 임상 시험 전 단계에서 약물의 효능과 안전성을 예측하는데 효율성을 높였다.

이러한 첨단 바이오 정보학은 바이오 파운드리 기업인 Ginkgo Bioworks의 운명을 가르는 키가 되었다. 이 혁신적인 데이터 기반 과학의 활용 여부가 결정짓는 것은 단순히 미래의 연구 방향만이 아니다. 바로 생명공학 연구와 산업 전체의 새로운 패러다임을 책정하고 있다. 이는 바이오 파운드리 기업에 막중한 도전과 혁신을 주도할 무한한 기회를 동시에 제공한다.

가상 임상시험: 데이터 분석으로 임상시험의 미래를 재구성

가상 임상시험은 최근 몇 년간 첨단 바이오 분야에서 주목받고 있는 혁신적인 접근 방식이다. 기존 임상시험은 실제 환자를 대상으로 하여 막대한 자금과 시간이 들어갔다. 그러나 가상 임상시험은 인공지능, 데이터 분석, 컴퓨터 모델링을 활용하여 임상시험의 효율성과 정확성을 크게 향상했다. 또한 실제 환자를 대상으로 한 임상시험에는 여러 윤리적 문제와 환자의 안전성 문제가 수반되므로, 이러한 문제를 해결하기 위해 가상 임상시험이 등장하게 되었다.

가상 임상시험은 컴퓨터 모델과 시뮬레이션을 활용하여 임상시험을 가상으로 수행하는 기술이다. 이 과정에서 환자의 생리학적, 유전학적 정보를 바탕으로 한 상세한 컴퓨터 모델이 구축된다. 이 모델은 실제 인간의 반응을 모방하므로 특정 약물이나 치료법의 효과 및 안전성을 예측할 수 있다. 가상 임상시험의 핵심은 AI와 빅 데이터 분석 기술의 발전에 기반한다. AI 알고리즘은 대규모 의료 데이터를 분석하여 질병의 진행과 약물 반응에 대한 정밀한 예측 모델을 생성할 수 있다. 이는 임상시험 설계의 정확성을 높이고, 실제 환자를 대상으로 한 시험의 수를 줄일 가능성을 열어준다. 전통적인 임상시험 방법에 비해 가상 임상시험은 더 빠르고 비용 효율적이며, 더 넓은 범위의 데이터를 기반으로 안전성과 효과성을 검증할 수 있다. 이를 통해 신약 개발 과정이 가속화될 뿐만 아니라, 개인 맞춤형 의약품 개발에도 크게 기여할 것으로 예상된다. 현 정부는 첨단 바이오, 특히 가상 임상시험 분야의 연구와 개발에 크게 기대하고 있다. 이러한 가상 임상시험 기술의 발전을 가속화하기 위한 지원은, 우리나라가 첨단 바이오산업의 글로벌 리더로 자리매김하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

대규모 바이오 데이터 분석을 통한 질병 조기 발견 기술의 혁신

다양한 생물학적 데이터 소스(유전체, 전사체, 단백질체, 대사체 등)와 복잡한 생명 정보를 포함한 대규모 데이터의 통합 분석을 통해, 각 개인의 생물학적 특성과 질병 발생 위험 사이의 상관관계를 파악하고자 하는 시도가 있어 왔다.

이를 영국과 미국이 빨리 준비하고 있는데, UK Biobank는 영국의 거주민 50만 명 이상의 의료기록, 유전정보, 생활 습관 데이터를 포괄적으로 수집하여 관리한다(그림 2). 이 기관은 질병의 원인 파악과 더불어 새로운 진단법 및 치료제의 발견, 건강한



그림 2
UK Biobank의 50만 명 영국인의 샘플, 유전자 및 건강 데이터 뱅킹 시스템

노화를 위한 기술 개발을 지원하고 있다. 특히, 유전체 데이터와 결합된 생활 습관 및 환경 데이터를 분석하여, 특정 질병의 위험 요소를 파악하고 이를 조기에 발견할 수 있는 바이오 마커를 개발하고 있다. Genomic England는 10만 명의 NHS 환자들의 전장 유전체 시퀀스 데이터를 확보하고 분석하여, 유전자 변이와 연관된 희귀 질환 및 암에 대해 연구를 진행 중이다. ‘100,000 게놈 프로젝트’는 개인 맞춤형 의학의 기반 마련과 질병에 대한 보다 정밀한 이해를 목적으로 한다. 이를 통해 진단 방법을 개선하고, 여기에 적합한 더 효과적인 치료 전략을 개발하고자 한다.

미국의 All of Us 연구 프로그램은 다양한 인종, 연령, 라이프스타일, 다양한 환경을 대표하는 100만 명 이상의 참여자로부터 헬스 데이터, 유전체 정보, 생물학적 샘플 등을 수집한다. 이를 활용하여 개인별 질병 위험 요인을 파악하고, 예방 및 치료 전략을 맞춤형하는 연구를 진행 중이다.

이 세 기관은 모두 대규모 데이터셋의 통합과 분석을 통해, 질병의 조기 발견 및 예방을 위한 연구에 필수적인 역할을 수행하고 있다. 또한 이들 기관은 빅데이터와 AI 기술의 활용을 통해 질병 예측 모델을 개선하고, 실제 임상 응용에서 정확성과 효율성을 높이는 방안을 지속적으로 혁신하고 있다. 이 분야의 지속적인 혁신을 위해 영국과 미국은 대규모 투자를 진행하고 있으며, 그들의 기술과 서비스는 전 세계적으로 다양한 연구 파트너와 글로벌 진단·제약회사들과 협력하여 질병 조기 발견 및 치료 분야에서 혁신을 주도하고 있다.

앞서 말한 UK Biobank, Genomic England, All of Us 프로그램과 같이, 대규모 바이오 데이터를 통한 질병 조기 발견 기술의 혁신을 추구하는 글로벌 트렌드는 한국에도 적용된다. 뒤늦게 시작했지만 우리나라는 국가 바이오 빅데이터 프로젝트를 통해 이를 진행할 예정이다. 이러한 연구들은 바이오 메디컬 데이터의 통합, 분석 및 응용에 중요한 기반이 된다. 특히 한국은 유전학적, 의료적 데이터를 국가적 차원에서 체계적으로 수집하고, 이를 활용하여 맞춤형 의료 솔루션과 질병의 조기 진단 전략을 개발하고자 한다. 한국의 국가 바이오 빅데이터 프로젝트는 생명공학 및 의료 연구 분야의 미래를 선도하기 위한 도약을 마련하고 있다. 이는 개인의 건강 관리를 향상시키고 의료 시스템의 전반적인 효율성을 높이는 데 중대한 역할을 할 것이다. 이와 같은 국내외 연구 기관들의 노력으로, 의료 연구 혁신 및 질병의 조기 발견과 효율적인 관리를 가능하게 하는 의학 분야의 새로운 패러다임이 예상된다.

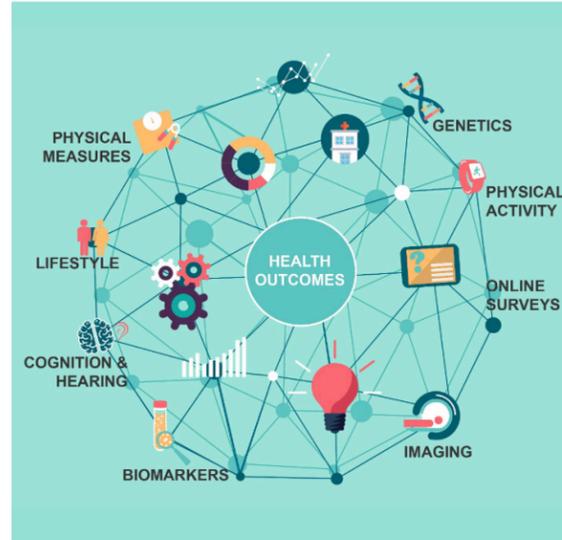


그림 3
UK Biobank의 임상 정보 및 유전정보 등, 50만 명 인체 유래 데이터 쇼케이스

클라우드 기반 바이오 데이터 관리 및 통합 시스템의 발전

앞서 언급한 Ginkgo Bioworks는 본인들의 바이오 파운드리 플랫폼을 구축하기 위해 구글 클라우드와 파트너십을 맺고, 2024년 현재까지 약 3,000억 원 이상을 투자했다. 그만큼 클라우드 기반 AI 모델의 개발과 데이터 분석을 중요한 구성 요소로 채택하고 있다고 볼 수 있다. 클라우드 컴퓨팅은 대규모의 유전학적 실험 데이터를 처리하고, 이를 기반으로 생명공학 솔루션 및 서비스를 신속하게 제공하고 있다.

영국과 미국의 주요 대규모 바이오 데이터 활용 프로젝트인 UK Biobank, All of Us 또한 다양한 생물학적 및 의료 데이터를 수집하고, 이들을 전 세계 연구자들에게 제공하기 위해 클라우드 기반 인프라를 활용한다. 이를 통해 연구자들은 데이터에 액세스하고 이를 분석할 수 있으며, 데이터의 통합성이 유지되고 연구의 효율성이 극대화된다. UK Biobank의 경우, 클라우드 인프라 회사인 AWS와 생명 정보 및 유전체학 연구를 위한 클라우드 기반 플랫폼인

DNAexus와 협력한다. 이를 통해 클라우드 기반의 고성능 컴퓨팅 환경을 전 세계 연구자들에게 제공하여 복잡한 유전체 데이터를 처리한다. 또한 민감한 유전체 및 의료 데이터를 안전하게 관리할 수 있는 연구 활용 체계를 구축하였다(그림 3). All of Us 또한 참가자로부터 수집한 방대한 건강 데이터를 클라우드에 저장하고 관리한다. 이 데이터는 보안이 유지된 환경에서 허락된 미국 및 전 세계 연구자들이 접근할 수 있도록 만들어져 있다. 이는 개인 맞춤형 의료 솔루션 연구를 위한 전 세계의 가장 중요한 바이오 데이터 자원으로 활용되고 있고, 시간이 지날수록 그 중요성이 더욱더 커질 것으로 예상된다.

이들 기업과 프로젝트들은 클라우드 컴퓨팅의 잠재력을 잘 활용했다. 생명과학 연구의 방대한 데이터를 보다 효율적으로 관리하고, 전 세계 연구자들이 쉽게 접근하고 공유할 수 있는 시스템을 발전시켜 왔다. 이와 같이 클라우드 기반의 바이오 데이터 관리 및 통합 시스템은 바이오 분야 연구의 속도를 높일 뿐만 아니라 협업을 강화하고 있다. 또한 혁신적인 의료/건강 솔루션 및 서비스를 시장에 더 빠르게 내놓을 수 있는 기반을 마련해주고 있다. **기술혁신**

건강수명 연장을 위한 항노화 연구의 현재와 미래



글. 권은수
한국생명공학연구원
노화융합연구단 단장

서울대 생명과학부에서 박사학위를 취득했다. 미국 매사추세츠 주립대 의대에서 박사후연구원을 거쳐 현재 한국생명공학연구원 노화융합연구단 단장으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 노화 분자 기전 및 노인성 질환 극복 연구 등이다.



우리나라는 세계에서 가장 빠르게 늙어가고 있다. 2023년 보건 통계 자료에 의하면, 우리나라 국민의 기대수명은 83.6세로 OECD 국가 평균을 웃돈다. 더불어 2024년 합계출산율은 0.68을 기록할 전망이다. 65세 이상인 노인 인구의 비율이 20% 이상이면 초고령사회로 분류하는데, 우리나라는 이렇듯 급격한 저출산·고령화로 2025년에 초고령사회에 진입할 것으로 예상된다. 또한 인구 고령화에 따른 노인성 만성

질환의 유병률 증가로 인해, 우리나라의 노인 의료비는 2022년 약 45.8조를 기록하여 전체 의료비의 43% 수준을 차지하고 있다. 노인 의료비는 국가 재정에 부담을 주어 국제 경쟁력을 낮출 것이고, 노년기 삶의 질 저하 문제도 심각하게 대두될 것이다. 고령화는 비단 우리나라만의 문제가 아니다. 2018년에는 인류역사상 처음으로 65세 이상 노인 인구의 비율이 5세 미만의 영유아 비율을 초과하였다.

그렇다면 노화란 거스를 수 없는 자연현상으로 우리가 대처할 수 있는 수단이 없는 것일까? 지난 10여년간 노화 연구의 역사, 아니 인류의 역사를 바꿀 수 있는 항노화 기술 개발이 진행되었다. 선진국에서는 항노화 기업들이 수조의 투자를 받고 있다(표 1). 이제 태동하는 항노화 연구 분야야말로, 우리나라가 fast follower가 아닌 first mover로 변모할 수 있는 분야다. 이에 항노화 연구의 최전선에서 이루어지는 연구를 소개함으로써 국내 항노화 연구의 지원과 발전에 도움이 되고자 한다.

노화는 진단, 치료가 가능한 질병

초기 노화 연구는 생명현상에 관한 호기심에서 시작되었다. 그러나 현재는 실험실 수준에서 노화를 지연하고, 심지어 역전하는 연구 결과들도 보고되고 있다. 치매, 골다공증, 근감소증과 같은 노인성 질환들은 한때 나이가 들면 당연하다고 생각되어, 질병으로 다루지 않았다. 하지만 현재는 국제보건기구(WHO), 미국, 유럽 등에서 선제적으로 질병 코드를 받게 되었다. 또 이를 진단·치료하는 기술 및 물질들이 개발된 과정을 고려할 때, 머지않아 노화 자체를 다양한 노인성 질환의 선행 질환으로 인식하고 이를 진단·치료하는 것이 가능한 시대가 올 것이다.

모든 노인성 질환의 선행 질환인 노화를 진단, 예방, 치료하는 것은 다가오는 초고령사회의 문제를 해결할 수 있는 근본적인 해결책이다. 이에 따라 창출되는 항노화 산업의 경제적 가치도 막대할 것이다.

〈항노화 스타트업(https://www.medicalstartups.org/top/aging)〉

회사명	국가	Funding(2022년)	개발 전략
Altos Labs	USA	\$3B	세포 리프로그래밍 기반의 역노화 치료 기술 개발, 노화 진단 전문가 영입
Samumed	USA	\$658M	소분자 기반 노화인자 타겟 후보물질을 발굴 및 퇴행성 질환 치료제 개발
Human Longevity	USA	\$300M	게놈, 표현형 및 임상 데이터에 대한 세계 최대 규모의 big data
Celularity	USA	\$290M	줄기세포 기반으로 치료제 개발
BlueRock Therapeutics	Canada	\$225M	유도만능줄기세포를 이용한 재생의학 세포치료제 개발
Unity Biotechnology	USA	\$208.3M	노화세포제거 기술 개발
Juvenescence	UK	\$162.3M	AI 기반 노화 방지, 수명 연장과 관련된 신약 개발
resTORbio	USA	\$65M	노화인자 (TOR) 기반 약물을 개발
Alkahest	USA	\$50M	혈액내 노화인자 기반 노화 질환 치료제 개발
Life Biosciences	USA	\$50M	자체 AI 플랫폼 개발하여 노화 관련 증상에 대한 독자적인 치료법과 기술을 개발
Calico	USA	\$1.5B	노화의 비밀을 알아내 인간 수명연장을 목표로 R&D 추진
Neuraly	USA	\$36M	신경 퇴행성 장애 및 노화제거 위한 치료제 개발
Elysium Health	USA	\$28.2M	건강수명 연장을 위한 건강 보조제 개발
Nuritas	Ireland	€ 23.9M	인공 지능과 유전체학을 결합하여 건강수명을 위한 천연 생체 활성 펩타이드 개발

표 1
대표적인 항노화 스타트업

최근 노화 동물 모델에서 건강수명을 연장할 수 있음이 밝혀졌다. 임상 연구를 수행 중인 항노화 기술은 그림 1의 세 가지에 이른다. 혈액에서 발굴한 역노화 물질, 식이 제한 모사 전략, 노화 세포 제거가 바로 그것이다.

Alkahest - 혈액내 역노화 단백질을 이용한 치매 임상

‘Drink from me and live forever’라는 카피를 들어보았는가? 이는 1994년에 개봉한 ‘뱀파이어와의 인터뷰’라는 영화의 광고문구다. 피를 마시며 영생한다는 드라큘라의 미신처럼, 정말로 젊은 피속에 노화를 억제하는 인자가 있을 것인가? 흥미롭게도 젊은 마우스와 노화 마우스의 혈관을 연결해 혈액을 공유하는 개체결합(parabiosis) 시, 노화 마우스의 근육과 간, 심장 세포가 회복된다는 결과가 2005년 Nature 지에 보고되었다. 이후 많은 연구를 통해 혈액 내의 노화를 조절하는 단백질과 핵산, 대사물질

등이 밝혀졌다. 관련 분야를 선도해 나가고 있는 Stanford 대학의 Tony Wyss-Coray 교수는 자신의 연구 결과를 바탕으로 Alkahest 항노화벤처를 설립하였다. 그는 혈장 기반 제약 분야의 세계적 다국적 기업인 Grifols와 함께, 2017년과 2019년에 젊은 혈액의 분획을 이용하여 알츠하이머 치매 임상을 수행하였다. 6개월간 진행된 임상의 결과, 위약군 대비 인지기능의 저하가 억제되는 효과를 보았다. 현재는 다양한 임상 파이프라인으로 노화를 억제하는 연구·개발을 진행하고 있다.

Unity Biotechnology, MAYO clinic - 노화 세포 제거

‘Targeting a Root Cause’. Unity Biotechnology를 검색하면 첫 줄에 나오는 문구다. 근본 원인을 타겟팅한다, 참으로 멋진 문구가 아닐 수 없다. 질병의 근본 원인은 노화, 더 구체적으로는 노화 세포라는 믿음이

〈Mahmoudi et al. Nat Cell Biol(2019)〉

	혈액인자 Blood factors (parabiosis and blood factors)	소식효과 약물 Metabolic manipulation (diet regimens and dietary restriction mimetics)	노화세포 제거 Ablation of senescent cells (genetic ablation or senolytic drugs)	리프로그래밍 Cellular reprogramming (partial reprogramming)
Rejuvenation (WT mice)				
Lifespan extension	WT	Median lifespan NT Maximum lifespan NT	Median lifespan ✓ Maximum lifespan ✓	Median lifespan NT Maximum lifespan NT
	Premature ageing models	Median lifespan NT Maximum lifespan NT	Median lifespan ✓ Maximum lifespan ✓ Model: <i>Lmna</i> ^{-/-} progeroid mice	Median lifespan ✓ Maximum lifespan ✓ Model: <i>BubR1</i> progeroid mice
Mode of action	Blood factors	Inhibition of mTOR pathways Blood factors? Autophagy?	Elimination of senescent cells	Epigenomic remodelling?
	임상 	임상 	임상 	동물모델

그림 1 대표적인 항노화 전략

반영된 문구다. 그렇다면 노화 세포란 무엇인가?

1961년 사람의 세포를 꺼내 dish에서 키우면, 일정 횟수 이상 분열 후 증식을 멈춘다는 사실 (Hayflick 제한)이 알려졌다. 이렇듯 다양한 원인으로 분열이 멈추고, 이후 일정 시간이 지난 세포를 노화 세포(senescent cell)라 부른다. 노화가 진행되면 우리의 몸에도 노화 세포가 축적되는 것으로 알려졌다. 그러니 노화 세포의 축적이 개체 수준에서 노화의 원인이지 않을까? 이를 선택적으로 제거하면 노화를 되돌릴 수 있지 않을까?

2011년 노화 세포를 특이적으로 제거할 수 있는 형질전환 마우스를 만들자 놀라운 일이 일어났다. 백내장을 포함한 퇴행성 질환의 발생이 늦춰지거나 나타나지 않았던 것이다. 또한 형질전환 마우스는 더 높은 나이까지 운동 능력을 유지할 수 있었고 수명도 늘어났다.

Unity Biotechnology에서는 노화 세포를 특이적으로 제거하는 약물을 개발하여, 퇴행성 관절염이나 당뇨병 망막질환을 대상으로 임상을 진행하고 있다. 또한 미국의 MAYO Clinic에서는 노화 세포 제거 약물 (dasatinib, quercetin)을 이용하여 당뇨병 신장 질환 환자를 대상으로 임상 적용 가능성 등을 연구하고 있다. 현재는 질환 특이적, 장기 특이적 특정 노화 세포를 타깃으로 하는 기술, 노화 세포 표면 단백질을 인지해 노화 세포를 제거하는 기술, CAR-T 기술을 이용한 노화 세포 제거 면역 치료제 등이 활발히 연구되고 있다.

Altos Labs - 역노화 리프로그래밍

‘벤자민 버튼의 시간은 거꾸로 간다’라는 영화를 재미

〈Liam Drew, 2022, Nature Outlook Ageing〉



Turning back time : Can biological ageing be slowed, and can epigenetic clocks measure it?

그림 2 생체 노화 시계를 되돌려라

있게 보셨는지 모르겠다. 이는 노화된 상태로 태어났지만, 시간이 지나며 오히려 생체나이가 젊어지는 주인공의 일생을 담은 영화다. 개봉한 당시인 2008년에는 영화적 상상력이 지나치고 개연성이 전혀 없는 이야기라고 생각했다. 그러나 나이는 되돌릴 수는 없지만, 생체나이를 되돌리는 것은 가능하지 않을까?

오랫동안 생체나이는 되돌릴 수 없다고 생각되었지만, 실제로 가능하다는 일례가 있다. 우리 몸의 줄기 세포는 특정 조건에서 근육세포, 피부세포, 간세포 등으로 분화한다. 그리고 이미 분화가 끝난 세포를 줄기 세포로 다시 되돌리는 것은 불가능하다고 믿어져 왔다. 2006년 일본의 Yamanaka 교수팀이 유도만능 줄기세포를 만들기 전까지는 말이다. Yamanaka 연구팀은 세포의 분화를 되돌리는 4개의 전사조절인자 (Yamanaka 인자)를 발견해 2012년 노벨상을 받았다. 노화 연구자의 입장에서는 ‘이를 이용하면 개체의 노화를 되돌리는 것이 가능하지 않을까?’라는 질문이 떠오를 수 있다. 실제 2016년 Salk 연구소의 Belmonte 연구팀은 Yamanaka 인자를 이용해 개체 수준에서 역노화가 가능하다는 연구 결과를 보고하였다. 아마존 창업자인 제프 베이조스가 투자한 것으로 유명한 항노화 스타트업인 Altos Labs는 Yamanaka, Belmonte박사 등을 리쿠르트하여 세포

리프로그래밍을 이용한 역노화 기술을 개발하고 있다.

생체나이 진단 - Aging Clock

평소에 새로운 기술에 관심이 있는 독자라면, 유전자 서열 분석을 통해 본인의 조상이나 암 위험도 등 건강 관련 정보 서비스를 하는 23andMe에 대해 들어본 적이 있을 것이다. 그렇다면 혹시 본인의 후성 유전체를 기반으로 하여 생체나이를 측정해 주는 Human DNAge Service를 제공하는 회사에 관해서도 들어보았는가? 현재 해외에서는 myDNAge, Elysium Health 등의 회사에서 생체나이를 진단해 주는 분자 진단 서비스를 제공하고 있다.

본인의 생체나이가 호기심 차원에서 궁금하기는 해도, 이게 실생활에서 중요한지 의문이 있을 것이다. 하지만 생각해 보자. 당뇨병의 경우 혈당 수치에 따라 정상, 위험군, 고위험군 환자 등으로 구분되고, 이에 맞추어 치료가 진행된다. 진단이 모든 질병 관리의 시작인 것이다. 그렇다면 노화의 경우에는 어떨까? 올바른 진단법이 없다면, 내가 care의 대상인지, cure의 대상인지를 어떻게 판단할 것인가? 치료를 받았을 때 효과가 있는지 없는지를 어떻게 판단할 것인가? 이렇듯 노화를 치료하고자 하는 연구와 함께, 노화를 진단하는 기술은 대단히 중요하다. 2013년을 전후로, 후성 유전체를 기반으로 한 생체나이의 진단이 가능하다고 보고된 후 많은 연구자와 기업이 이에 관심을 가져 연구·개발을 수행하고 있다.

이처럼 미래에는 과학적 근거를 가진 생체나이를 정기적으로 검사하고, 본인의 노화 속도에 기반하여 건강 노화, 정상 노화, 노화 고위험군, 노화 질병 상태로 분류할 수 있을 것이다. 이후에는 그 정도에 따라 노화 치료법, 노화 예방법, 건강관리 등의 차별적인 항노화 토탈 서비스를 적용하고, 이를 통해 건강하게 노년의 삶을 누릴 수 있으리라 예측해 본다.

기술·혁신

NIS 관점에서의 R&D 국제협력 현황 및 시사점



글. 권오성
한국공학대학교 경영학부 조교수

한국과학기술원(KAIST)에서 수리과학 학사, 기술경영학 박사 학위를 취득하였다. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)과 산업연구원(KIET)을 거쳐 현재 한국공학대학교 경영학부 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 기술경영 및 정책, 혁신 전략, 데이터 사이언스 등이다.

우리나라는 지속적인 첨단 기술경쟁력 확보를 위해, 연구개발에 대한 투자를 강화해 왔다. OECD 통계(그림 1)에 따르면, 우리나라는 지난 10년간(2012~2021년) GDP 대비 정부 R&D 투자 비중의 측면에서 4~5% 수준을 꾸준히 유지해 왔다. 이는 전 세계 주요 국가 중에서 최근 5%를 돌파한 이스라엘에 이은 2위 규모다. 또한 3% 수준을 유지하고 있는 대만, 미국, 일본 등 주요 선진국들과 비교할 때도 상당히 높은 수치다. 해당 시점 이후 우리나라는 2023년까지 정부 예산의 약 4.9%를 R&D에 배정하고 있었으나, 2024년에는 R&D 예산의 삭감으로 인해 4.0% 수준까지 그 비중이 축소되었다.

그에 반해, 과학기술 분야의 국제협력 관련 예산은 2023년 5,075억 원에서 2024년 약 1.5조 원 규모로 세 배가량 크게 증가하였다.⁰¹ 이에 따라 2023년 1.6% 수준이었던 국제협력 R&D 비중은 2024년에는 약 5.7%까지 증가할 것으로 추정된다. 국제협력이 R&D에서 차지하는 비중이 더욱 커진 만큼, 국제협력

R&D 예산 활용의 전략성이 매우 중요해졌다. 따라서 본 고에서는 국제협력 R&D에서 필수적으로 고려해야 할 요소들과 그 사례를 살펴보고, 국가혁신체계(NIS, National Innovation System)의 관점에서 국내에 수립할 수 있는 전략을 탐색해 보고자 한다.

유엔무역개발회의(UNCTAD, United Nations Conference on Trade and Development)는 전 세계 과학기술 혁신 활동의 상호연결성이 빠르게 증가하고 있으며, 이는 국가별 과학기술 정책 및 전략을 긴급히 재점검하게 한다고 명시하였다. NIS는 국가의 혁신 역량을 결정하는 요소들을 파악하고 구조화하는 데 기여하였다. 그러나 오늘날의 NIS는 글로벌 관점에서의 혁신 상호작용까지 다루기에는 충분하지 않은 것으로 평가된다.

UNCTAD는 국제협력에 관한 핵심 요소로 전략적 계획(Strategic Planning), 혁신 선행 조건(STI Prerequisites), R&D 활동, 기술 혁신 등 네 가지를 선정하였다. 그림 2는 해당 개념이 포함된 NIS를 나타낸 것이다. 이에 따르면, 먼저 정부는 과학기술에 관하여 구체적이고 달성 가능한 목표를 설정하여 프레임워크, 정책, 가이드라인, 표준, 규제 등의 도구를 포함하는 전략적 계획을 수립한다. 또한 국제적인 파트너십을 통해 글로벌 과학기술·혁신 동향을 살펴보고, 국가의 강점·약점을 명확히 파악하여야 한다. 연구개발 주체의 경우에는 해외 공동 연구를 통해 과학·기술적 지식을 공유한다. 혁신 및 생산의 주체는 무역과 가치 사슬(Value Chain) 등으로 연결되어 기술과 사업적 지식을 학습한다.

2023년 11월, 국내 정부는 「세계를 선도하는 글로벌 R&D 추진 전략(안)」을 발표하였다. 동 전략은 글로벌 R&D의 개념을 과학기술 분야 공동 연구 및 인적 교류, 해외 진출 지원, ODA, 국제협력 기반 조성,

01 과학기술정보통신부의 「세계를 선도하는 글로벌 R&D 추진 전략(안)」 수치 및 「기술과혁신」 11/12월호의 「국제협력R&D 투자 현황과 전략적 추진을 위한 제언」 전망 수치를 참고

글로벌 R&D는 해외의 첨단기술 동향 및 한국 기업과의 협력 현황 등을 소개합니다.

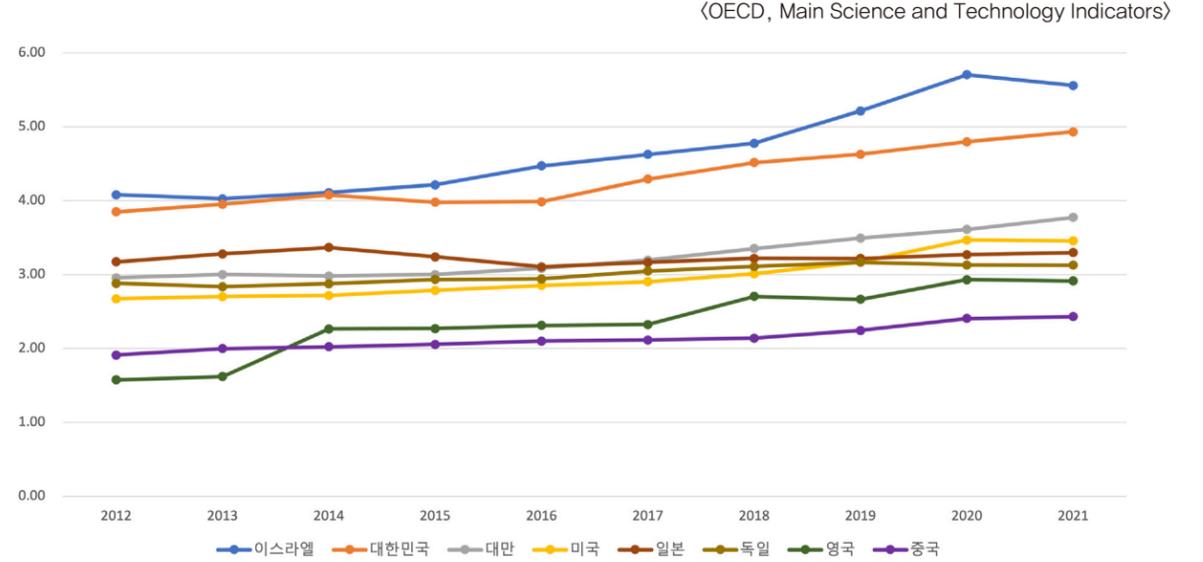


그림 1 GDP 대비 정부 R&D 투자 비중

실증 및 표준화 등으로 정의하고 있다. 또한 기본적으로는 경제 및 안보 동맹을 중심으로 국가 간 협력을 구성하되, 민감한 사항일수록 소다자·양자 위주로 협력하는 것으로 보고 있다. 그림 3은 현시점에서 기술에 대한 글로벌 협력 관계를 나타낸 것이다.

한국, 미국 등 14개국이 참여하는 '인도-태평양 경제 프레임워크(IPEF, Indo-Pacific Economic Framework)'는 크게 무역, 공급망, 청정경제, 공정경제 등 네 가지 pillar로 구성되어 있다. 기술 패권 경쟁의 시대에 기술과 경제·안보는 분리될 수 없기에, 여기에는 다양한 분야의 기술 협력이 포함되어 있다. 특히 2024년 3월에는 IPEF 장관회의를 통해 에너지 안보 및 탈탄소 분야의 기술 협력에 관해 구체적인 사항들을 합의하였다.

우주 기술 분야에는 미국을 중심으로 한 '아르테미스 계획(Artemis Program)'과 중국·러시아 중심의 '국제 달 연구기지(ILRS, International Lunar Research Station)' 계획이 있다. 아르테미스 계획은 유인 달 착륙 및 글로벌 달 탐사 등 우주 기술에 대한 국제협력을 명시하고 있으며, 2024년 2월 가입한

우루과이를 포함해 총 36개국이 참여하고 있다. ILRS의 경우 중국과 러시아를 포함하여 총 8개국이 참여하고 있으며, 2036년부터 본격적인 달 연구 및 탐사를 목표로 한다.

또한 국가들은 대륙 혹은 지역공동체 단위로 국제적인 혁신 어젠다를 설정하기도 한다. 예를 들어, 아세안(ASEAN) 국가들은 과학기술혁신장관회의(AMMSTI, ASEAN Ministerial Meeting on Science, Technology and Innovation)를 통해 10년 단위의 '과학기술·혁신에 관한 행동 계획(APASTI, ASEAN Plan of Action on Science, Technology and Innovation)'을 수립한다. 가장 최근의 계획은 2016~2025년으로, 동 계획을 통해 아세안 과학기술 위원회에 속한 다양한 소위원회에 혁신 활동 및 자원 활용에 관한 다양한 지침을 제공한다. 이와 유사하게 아시아태평양경제협력체(APEC, Asia-Pacific Economic Cooperation)는 '과학기술·혁신을 위한 정책 파트너십(PPSTI, Policy Partnership for Science, Technology and Innovation)'을 통해 정책 조정 및 과학기술 협력을 촉진한다. 아프리카

〈UNCTAD(2023), 'Global Cooperation in Science, Technology and Innovation for Development'〉

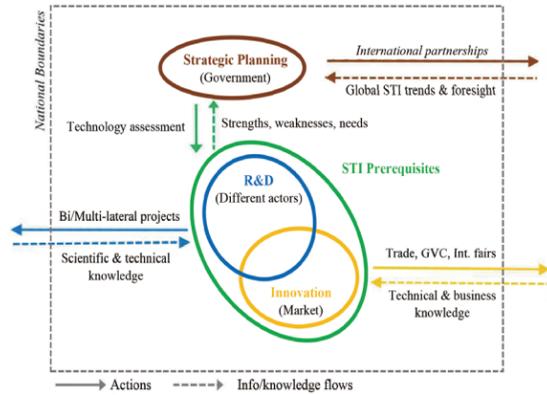


그림 2
국제협력 및 핵심 요소 개념이 포함된 NIS 개요

연합 역시 '아프리카 혁신 전략 2024(STISA-2024; Science, Tehcnology and Innovation Strategy for Africa 2024)'를 통해 연합의 비전 달성에 필요한 6가지 우선순위를 설정하였다. EU의 호라이즌 유럽(Horizon Europe)과 같이 전 분야에서의 연구 개발 협력 프로그램을 운영하기도 한다. EU는 동 프로그램을 통해 협력 국가들을 대상으로 유럽 내 연구 그룹에서 연구할 기회를 제공하거나, 유럽 컨소시엄 내에서 공동 연구를 수행할 수 있도록 하였다.

위와 같은 다자간 협력 프로그램과는 달리, 민감 기술의 경우 파트너 숫자를 상당히 제한한다. 미국·일본·인도·호주가 참여하는 안보 협의체 쿼드(Quad)는 트럼프 행정부 시절 본격적으로 결성되었다. 이후 실무급 및 외무장관 회담을 거쳐 바이든 행정부에서는 정상급 회담으로 격상되었으며, 기후변화와 우주, 디지털 경제 등 첨단기술 협력을 수행한다. 또한 미국과 인도는 2023년 양자간 '핵심·신흥 기술 이니셔티브(iCET, initiative on Critical and Emerging Technologies)'를 출범하며 방위산업 및 첨단기술 협력에 중점을 두었다. **우리나라의 경우 한·미·일 핵심 기술 공동 연구 및 한·미 차세대 핵심·신흥 기술 대화(CET)를 통해 반도체, 배터리, 바이오, 양자 등**

〈'세계를 선도하는 글로벌 R&D 추진 전략(안)〉

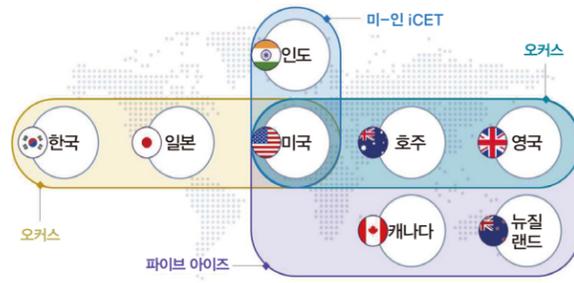


그림 3
전략적 기술 동맹 현황

주요 안보 이슈에 관한 핵심 기술 협력을 구상하고 있다.

NIS 및 글로벌 R&D 동향 관점에서 볼 때, 시사점은 다음과 같이 요약할 수 있다. 우선 다수의 연구 보고서 및 매체에서 분석하는 바와 같이, 국제협력 R&D에 대한 범정부적 거버넌스를 구축하여 전략적 계획을 수립해야 한다. 국제협력을 기준으로 한 NIS 구조를 고려할 때, 글로벌 R&D의 중심이 되는 거버넌스는 연구개발 주체들과 소통하고 국제적인 파트너십을 체결하는 것을 선행해야 한다. 동 거버넌스는 정책 목표에 따라 국제·지역공동체·다자·양자 간 협약, 산업·경제적 연계 방안 등을 고려할 수 있다. 이후 부처의 분야별 전략이나 대학·기업 등 연구개발 주체의 방향성이 정리될 것이다.

이에 더하여, 거버넌스의 소위원회회를 구성하여 기술 수준별로 협력 방안을 다르게 설정하는 전략을 고려할 수 있다. UNCTAD가 지적하듯 국제적인 과학 기술 어젠다는 결국 선진국의 관점으로 수립할 수밖에 없는데, 이는 선진국들의 뛰어난 기술 및 관리 역량과 광범위한 네트워크에 기인한다. 12대 전략기술 내에서도 분야별로 기술 수준이 매우 다른 것을 고려할 때, 정부는 기술 격차를 명확히 파악하고 이에 대한 분야별 민간 지원 정책을 수립할 필요가 있다.

대학과 기업은 이러한 국제협력 프로그램을 통해 연구개발 역량을 강화하고, 이를 해외 판로를 확장하는 계기로 삼을 수 있을 것이다. **기술·혁신**

연구노트 작성, R&D 프로젝트 관리 고민을 스마트하게 해결해 드립니다

산기협은 플랫폼 운영기관인 더존비즈온과 협력하여, 클라우드 기반의 디지털서비스를 제공하고 있습니다. 플랫폼을 활용하여 효율적인 R&D를 수행할 수 있도록, 최적의 업무환경을 제공하고 있으니 많은 활용 바랍니다.



서비스 소개

<https://cloud.koita.or.kr>

전자연구노트*	R&D PMS	특허전문 번역(IP 키킵)	플랫폼이 제공하는 무료서비스**
간편한 노트작성 연구과제관리 시점인증(위변조 방지) 등	R&D 수행 관리 R&D 산출물 관리 R&D 예산관리 등	저렴한 비용으로 더 빠르고 정확하게 특허문서 번역	실시간 협업 메신저 원거리 화상회의 메일, 웹스토리지 등

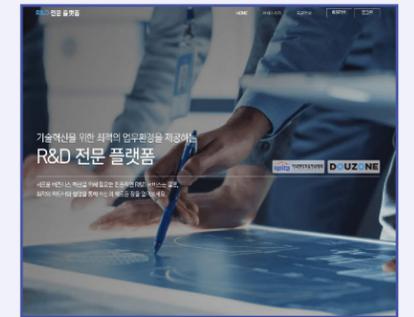
* 기업 연구소 R&D 세액공제를 위해 연구 진행 결과를 관리가 중요하며, 이를 효과적으로 뒷받침하는 연구노트 작성이 필요합니다.
** 플랫폼에 가입하시면 협업 메신저 등 다양한 무료 서비스를 받을 수 있습니다.

이용방법

- 가입절차
 - R&D 전문 플랫폼 접속 : <https://cloud.koita.or.kr>
 - 플랫폼 신규가입, 최초 가입한 사용자에게 관리자 권한 부여(이후 변경 가능)
 - 기업관리자가 [직원초대하기] 메뉴에서 직원(연구원)에게 초청메일 발송
 - 초청장을 받은 직원은 안내에 따라 플랫폼 이용자로 회원가입

■ 더존비즈온의 클라우드 기반 R&D서비스는 안전합니다!

- 클라우드 컴퓨팅서비스 보안요건 충족, 최적의 데이터 안전관리와 보안환경 제공



이용요금

■ 월이용료(PMS, 전자연구노트)

(부가세 별도)

구분	산기협 회원사(할인)	비회원사
기본료 + 사용자(1인)	30,000원 + 15,000원/인	30,000원 + 20,000원/인

[예시] 연구원 3명 이용 시 월 이용료 : 산기협 회원사인 경우 30,000원(기본료) + (15,000원 × 3명) = 75,000원
※ 해외특허 전문번역 서비스는 별도 문의주시면 상세한 안내 드립니다.

■ 특별할인 프로모션

- **최초 신규 가입시 1개월 동안 무료로 사용할 수 있습니다. (인원 제한 없음)**
※ 1개월 무료 서비스가 종료되면 결제 후 이용 가능합니다. (무료기간 후 자동결제되지 않습니다.)
- 산기협 회원사인 경우, 사용자 ID 당 25% (20,000원 → 15,000원) 할인해 드립니다.



(회원사 가입, 서비스 이용)

문의처 / 회원지원팀

☎ 02.3460.9048

✉ psb03@koita.or.kr



K-택소노미, 녹색금융이 선택한 지속가능한 기후기술의 기준



클. 임대응
BNZ파트너스 대표이사

에딘버러대학교에서 환경지속가능성학 석사 학위를 취득했다. 에코프론티어 상무이사, 지속가능금융센터 대표이사를 거쳐 현재 에코엔파트너스 대표파트너, 유엔환경계획 금융이니셔티브(UNEP FI) 한국 대표 겸 아세안 자문관으로 활동 중이다. 주요 관심 분야는 녹색금융, 탄소중립, 기후테크 등이다.

한국은행에 따르면 지난 20년간 약 40억 명이 기후 재해의 영향을 받았고, 50만 명이 넘는 사망자가 발생했다. 이로 인한 경제적 피해는 무려 3,400조 원에 달한다고 한다. 이렇게 우리나라의 중앙은행도 기후변화가 우리 삶의 문제일 뿐만 아니라, 글로벌 환경규제로 인해 수출이 크게 제약될 수 있다는 점을 강조하고 있다. 동시에 기후변화는 우리에게 새로운 성장과 발전의 기회도 제공하고 있다고 지적한다. 그야말로 지금은 기후 위기의 시대다.

기후변화를 막는 탄소중립을 위해 필요한 것은 무엇일까? 여러 가지가 있겠지만, 그중에서도 '정책, 기술, 자본, 참여'의 네 가지를 꼽을 수 있다. 우선은 기존의 화석연료 중심의 경제·산업 체제를 바꿀 수 있는 담대한 정책적 전환이 필요하다. 정책적 방향이 결정됐으면 에너지, 수송, 도시는 물론 산업과 의식주 전반에 걸쳐 이러한 정책을 현실화시켜

줄 수 있는 혁신적인 기후기술이 필요하다. 또한 혁신 기술이 사회 전반에 적용될 수 있도록 대규모 자본 투자가 필요하다. 이 과정에 많은 사람이 함께 참여하고 협력해야만 탄소중립의 목표가 실현될 수 있을 것이다.

특히 기술 관점에서는 혁신적이고 지속가능한 기후기술을 개발하고 보급해야 하는 절실한 상황임에도 불구하고, 자금의 상황은 녹록치 않다. 거시경제의 악화 속에 정부의 세수가 줄면서 국가 R&D 예산의 마련과 집행에도 어려움을 겪고 있기 때문이다. 그러나 우리 사회와 전 지구촌을 공포로 몰아넣고 있는 기후변화의 문제는 비단 R&D 예산을 확보해야 하는 정부만의 문제가 아니다. 기후변화로 인해 1차로 피해를 받는 대상은 가계, 기업 등 실물경제이지만, 이로 인한 경제적 피해는 고스란히 2차로 금융기관에 전가될 수밖에 없기 때문이다.

바로 이러한 논리에서 '녹색금융'이 등장했다. 우리나라에서도 지난 3월 19일 금융위원회가 '기후위기 대응을 위한 금융지원 확대 방안'을 발표하면서, 녹색금융의 전 세계적 흐름에 당연히 동참하게 되었다. 이에 따르면 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 저탄소 공정 전환, 재생에너지 확대, 기후 신산업 지원의 조치가 필요하다. 이를 위해 정부는 (1)2030년까지 녹색자금 420조 원 공급, (2)미래에너지펀드 9조 원 조성, (3)기후기술펀드 3조 원 등 9조 원 규모의 펀드를 조성할 계획이다(그림 1 참조).

특히 정부는 2030년까지 보증기관(신용보증기금, 기술보증기금) 및 정책은행(KDB산업은행, IBK기업은행, 한국수출입은행)의 연평균 녹색자금 공급량을 5개년 평균(매년 36조 원) 대비 67% 확대하기로 했다. 또한 2030년으로 갈수록 수요가 더욱 증가할 것으로 예상되어 연도별 공급량도 조절하기로 했다. 이에 따라 2024년 48.6조 원에서 2030년 74.4조 원까지 단계별로 공급량을 늘려나갈 계획이다. 또한 정부는 2030년까지 신재생에너지 발전 증설에 약 188조 원이 필요하며, 이 중 금융 수요는 약 160조 원으로

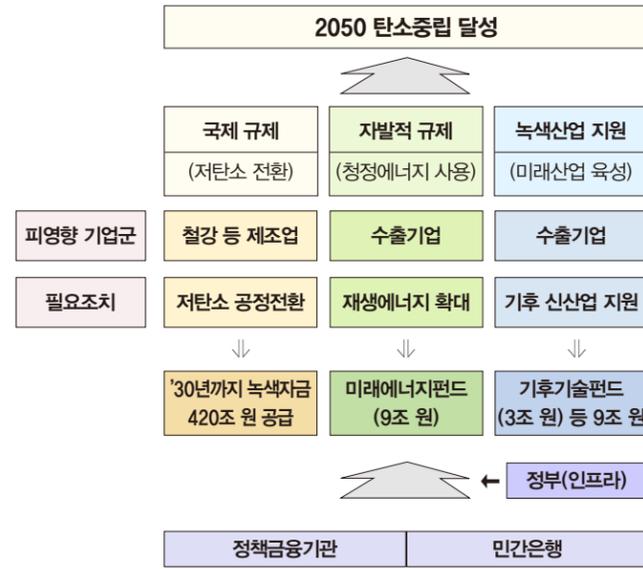
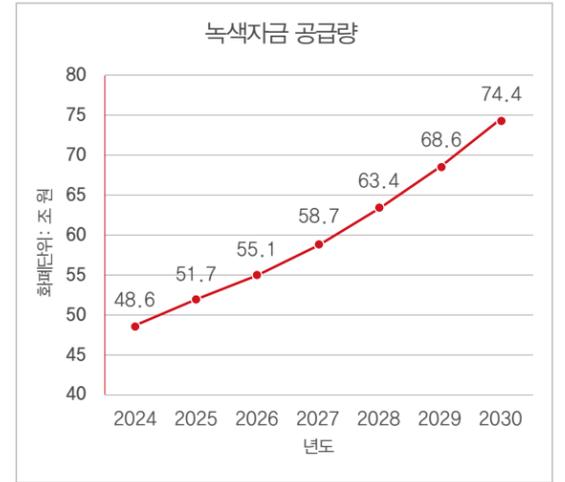


그림 1
기후 위기 대응을 위한 금융지원 확대 방안



(금융위원회, 2024.3.19.)

추정하고 있다. 이러한 자금을 조달하기 위해 후순위 대출과 지분투자를 합친 약 54조 원 규모의 모험자본을 공급함으로써, 민간은행들의 선순위 대출(약 106조 원)과 사업주들의 지분투자(약 28조 원)를 끌어낼 수 있으리라 기대하고 있다. 이를 통해 정부는 2030년까지 약 8,597만 톤의 온실가스를 줄여, 2030년 국가 온실가스 감축목표 29,100만 톤 대비 약 29.5% 감축에 기여할 수 있을 것이다.

그렇다면 녹색금융이 적용하고 있는 '기준'은 과연 무엇일까? 그것이 바로 한국형 녹색분류체계, 즉 'K-택소노미'다. 택소노미(Taxonomy)란 원래 '분류학'이란 뜻인데, 녹색금융 지원을 위해 녹색경제활동을 분류해 놓았다고 해서 '녹색분류체계'라고 부른다.

'택소노미'는 유럽연합이 2008년 1월에 '지속가능금융 실행계획(SFAP: Sustainable Finance Action Plan)'을 발표하면서 제시되었다. 기존 녹색금융에 적용했던 '글로벌 녹색 채권 원칙(Global Green Bond Principles)'은 녹색 경제활동의 '목록'을 제시했다. 그러나 녹색에너지라고 할 수 있는 태양광과

관련된 활동일지라도, 과도하게 자연을 훼손하거나 인권침해, 중대재해 발생, 뇌물공여 등 사회적 문제를 야기해서는 안 될 것이었다. 따라서 정부는 물론 기업과 금융기관 입장에서 녹색 경제활동을 '목록'이 아닌 '원칙 기반'으로 정의할 필요가 생겼다. 그리고 이를 구현한 것이 바로 '택소노미'인 것이다.

유럽연합은 2022년 초에 기후변화 완화 및 적응 관련 녹색 경제활동을 발표했다. 이어 2023년 11월, 물과 해양자원, 자원순환, 오염 예방·관리, 생물다양성과 생태계 관련된 녹색 경제활동을 발표했다. 또한 사회적 효익이 있는 경제활동도 개발하고 있다. 현재 전 세계적으로 우리나라를 비롯해 중국, 러시아, 아세안 국가, 몽골, 브라질 등 20여 개 국가에서 자국 상황에 맞는 택소노미를 개발하고 있다. 국제표준화기구(ISO: International Standardization Organization)와 세계은행과 같은 기구들에서는 국가마다 법·정책 체계와 수준, 기술개발 및 상용화 수준, 환경의 기준에 대한 인지·인식 수준에 차이가 있으므로 자국 상황에 맞는 택소노미를 개발하도록

기업과 금융기관들의 택소노미 적용·활용 현황



글. 임대웅
BNZ파트너스 대표이사

에딘버러대학교에서 환경지속가능성학 석사 학위를 취득했다. 에코프론티어 상무이사, 지속가능금융센터 대표이사를 거쳐 현재 에코엔파트너스 대표파트너, 유엔환경계획 금융이니셔티브(UNEP FI) 한국 대표 겸 아세안 자문관으로 활동 중이다. 주요 관심 분야는 녹색금융, 탄소중립, 기후테크 등이다.

택소노미를 녹색금융에 연결하는 핵심 기제는 공시(Disclosure)다. 이 분야를 선도하고 있는 유럽연합은 「EU 택소노미 위임 법률(EU Taxonomy Delegated Act)」, 기업 지속가능성 보고 지침(CSRD, Corporate Sustainability Reporting Directive)과 지속가능 금융 보고 규제(SFDR, Sustainable Finance Disclosure Regulation)의 공시 체계를 의무화했다.

EU 택소노미 위임법률은 기업이 택소노미에 따른 매출액, 자본 지출(CAPEX, Capital Expenditures), 운영 지출(OPEX, Operating Expenditures)의 연도별 규모와 비중을 공시하도록 하고 있다. 금융기관들은 택소노미에 따른 금융서비스의 연도별 규모와 비중을 공시하도록 하고 있다. CSRD는 기업에 단계별 ESG 공시 의무를 부과하고 있는데, 그 기준으로 유럽 지속가능성 보고 기준(ESRS, European Sustainability Reporting Standards)을 따르도록

하고 있다. 이때 ESRS의 환경 관련 공시 기준 역시 택소노미에 따라 기후변화 완화·적응, 오염 방지, 물·해양자원, 생물다양성·생태계, 자원사용·순환 경제로 구성되어 있다. 이를 통해 알 수 있는 것은, 유럽의 경우 기업들의 공시 노력에 대한 보상 체계를 명확히 하고 있다는 점이다. 이는 택소노미를 통해 녹색금융 지원 체계를 만들어 놓고 지속가능성 공시를 하도록 유도함으로써 가능했다.

유럽의 기업들은 2022년부터 자신들의 경제활동이 택소노미가 다루고 있는 경제활동의 대상에 해당하는지(Eligible)를 공시하고, 2023년부터는 대상 경제활동이 택소노미의 기준을 충족하는지(Aligned)를 공시해야 한다. 이때, 관련 경제활동이 택소노미의 대상이면서 기준을 충족하면(Eligible and aligned) ‘녹색 경제활동’이 된다. 택소노미의 대상이지만 기준을 충족하지 못한다면(Eligible but not aligned) ‘갈색 경제활동’이 된다. 또한 대상 경제활동이 택소노미의 대상이 되지 않으면(Non eligible) 녹색이나 갈색의 기준에 ‘가치중립적인 경제활동’이 된다. 이렇게 경제활동들을 구분한 후에 각각에 대한 매출액, 자본지출, 운영지출의 비중을 산정하여 공시한다. 이로써 한 기업의 전체 비즈니스 포트폴리오를 택소노미에 따라 표현하여 공시하게 된다. 이를 위해 유럽연합은 택소노미 공시 KPI 템플릿을 제공한다.

이에 따라 유럽의 기업들은 택소노미 공시를 본격적으로 시작했다. 표 1은 메르세데스 벤츠와 폭스바겐의 택소노미 공시 사례를 보여준다. 이를 통해 알 수 있는 것은 두 회사의 녹색 경제활동의 현재 규모(매출액)와 미래 녹색 경제활동에 대한 투자(자본지출, 운영지출) 규모다. 또한 두 회사의 갈색 경제활동에 대한 현재와 미래도 한눈에 볼 수 있다. 이 정보를 통해 투자자나 이해관계자들은 어떤 기업이 더 녹색 경제활동 비중이 높은지, 또는 갈색 경제활동 비중이 더 높은지도 파악할 수 있다.

유럽의 금융기관들은 2023년부터 자신들의 금융 서비스에 대해 택소노미 대상(Eligible)과 비대상

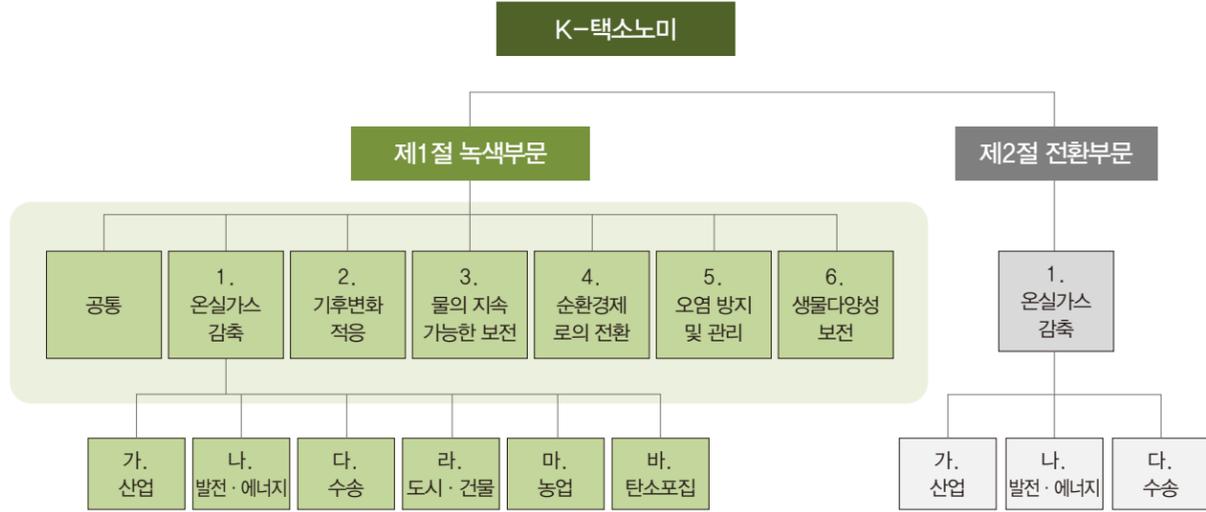


그림 2
K-택소노미의 구성 체계

유도하고 있다.

우리나라는 2020년부터 K-택소노미 가이드라인 개발을 시작했으며, 2021년 12월에 1차 가이드라인을 발표하였다. 2022년 12월에는 산업, 에너지, 수송 등 여러 분야에 걸친 74개 녹색 경제활동의 기준을 담은 개정안을 발표했다. K-택소노미는 「환경기술 및 환경산업 지원법」상 환경부 장관이 산업통상자원부 장관, 금융위원회 위원장과 협의하여 개발하도록 하고 있다.

K-택소노미는 기후변화 완화와 적응, 물, 순환 경제, 오염 방지, 생물다양성의 6대 환경목표를 가지고 있다. 이 중 하나 이상의 목표에 기여해야 하며(활동기준, 인정기준), 그 과정에서 나머지 환경목표에 심각한 환경피해를 입히지 않아야 한다(배제기준). 또한 인권, 안전, 뇌물 등 최소한의 사회적 기준(보호 기준)을 모두 충족할 때, 택소노미에 적합한 녹색 경제활동으로 판단된다. K-택소노미는 녹색부문과 한시적인 녹색으로 간주하는 전환부문으로 구성되어 있다. 녹색부문은 공통 활동과 6대 환경목표로 구성되어 있고, 전환부문은 온실가스 감축 관련 1개의 환경목표로 구성되어 있다.

기후변화나 환경 관련 기술 개발 및 혁신에서도 K-택소노미를 적극적으로 고려할 필요가 있다. 특히 개발된 기술의 상용화나 스케일업을 위해 추가 투자와 파이낸싱 지원을 받는 과정에서, 금융기관들로부터 K-택소노미 기준에 따른 적합성 여부를 검토 받게 될 것이기에 기술 개발과 혁신의 단계에서부터 K-택소노미를 고려해야 한다. 특히 K-택소노미의 대상이 되는데, 이 기준을 충족하지 못하면 소위 ‘갈색 경제활동’으로 분류된다. 이 경우 투자자나 금융기관들로부터 외면받을 수 있다. 반면 K-택소노미의 기준을 충족하는 경우, 혁신 기술의 상용화 과정에서 더 많은 투자와 금융지원을 더 유리한 조건에 받을 수 있으리라 기대된다. **기술혁신**



구분	매출액	자본지출	운영지출
①녹색 경제활동 비중 (전기차, 수소차, 재생에너지 등)	10%	22%	35%
②갈색 경제활동 비중 (휘발유, 경유 자동차 등)	88%	78%	65%
③가치중립적 경제활동 비중	2%	0%	0%



구분	매출액	자본지출	운영지출
①녹색 경제활동 비중 (전기차, 수소차, 재생에너지 등)	8.5%	26.2%	42.7%
②갈색 경제활동 비중 (휘발유, 경유 자동차 등)	82.6%	73.0%	56.1%
③가치중립적 경제활동 비중	7.9%	0.8%	1.1%

표 1 유럽 자동차 회사들의 택소노미 공시 사례(2022년 기준)

(Non-eligible) 비중에 관한 정보를 공시하고 있다. 2024년부터는 택소노미 대상 금융서비스에 대해 기준을 충족(Aligned)하고 있는지 그 여부를 의무적으로 공시해야 한다. 이 과정을 통해 녹색(eligible and aligned) 금융서비스와 갈색(Eligible but not aligned) 금융서비스의 규모 및 비중을 공시할 수 있다. 이때 금융기관들은 자신들의 주식·채권 투자, 여신, 프로젝트파이낸싱, 보험인수 등 금융서비스가 어떤 경제활동(기술, 기업, 프로젝트)에 제공되었는지를 기준으로 녹색과 갈색을 판별한다. 금융기관들은 이들의 택소노미에 따른 녹색 경제활동 비중을 중심으로 녹색 금융서비스 여부를 결정하게 된다.

이때 녹색 경제활동 비중은 매출액 기준과 자본지출 기준의 두 가지를 모두 산정하여 공시해야 한다. 따라서 현재 녹색 경제활동의 매출액 비중이 높으면 녹색 금융서비스를 더 잘 제공할 수 있다. 그러나 현재 녹색 경제활동에 따른 매출액 비중이 작더라도, 미래를 위해 녹색 경제활동에 대한 자본지출의 규모와 비중을 높이면 그 역시 녹색 금융서비스를 활용할 수 있게 된다.

우리나라는 아직 명시적인 K-택소노미 공시 기준이

없다. 그러나 정부는 녹색채권, 녹색여신, 녹색보증, 녹색자산유동화증권 등에 K-택소노미를 적용하고 있다. 또한 K-택소노미를 충족하는 금융 상품·서비스에 대해 채권발행, 이차보전, 보증, 평가 등을 직·간접적으로 지원하고 있다. 이에 따라 일부 기업들을 중심으로 자발적인 K-택소노미 공시가 시작되고 있다. 조만간 K-택소노미 공시의 제도화에 관한 논의가 더욱 활발해질 것으로 전망된다.

민간 기업들의 대응 속도도 빨라지고 있다. SK텔레콤은 2023년 8월에 우리나라 최초로 K-택소노미에 따라 별도 보고서 발간했다. 경제활동의 기준은 K-택소노미를 적용했고 매출, 자본지출, 운영지출은 EU 택소노미의 기준을 적용했다.

SK텔레콤의 녹색 경제활동에는 ICT 기반 에너지 관리 솔루션 개발 및 시스템 구축·운영, 재생에너지 생산(태양광 등), 온실가스 핵심기술 소재·부품·장비 제조, 무공해 운송 수단 도입, 무공해 운송 인프라 구축·운영, 폐기물 재활용이 있다. 반면 갈색 경제활동에는 온실가스 감축설비 구축·운영, 재생에너지 생산(바이오매스), 기후변화 적응 관련 교육·문화·예술을 제시하고 있다. 이는 관련 경제

K-Taxonomy 구분	매출		CapEx		OpEx	
	금액(백만원)	비율	금액(백만원)	비율	금액(백만원)	비율
K-Taxonomy aligned 경제활동	32,566	0.262%	6,160	0.239%	22,773.5	7.768%
ICT 기반 에너지 관리 솔루션 개발 및 시스템 구축·운영	32,456	0.261%	230	0.009%	18,805	6.414%
재생에너지 생산: 태양광 등	-	-	5,930	0.230%	8	0.003%
온실가스 핵심기술 소부장 제조	-	-	-	-	1,808	0.617%
무공해 운송수단 도입	-	-	-	-	243.6	0.083%
무공해 운송 인프라 구축·운영	-	-	-	-	288.9	0.099%
폐기물 재활용	110	0.001%	-	-	1,620	0.552%
K-Taxonomy non-aligned 경제활동	-	0%	12,519	0.484%	2,197.5	0.749%
온실가스 감축 설비 구축·운영	-	-	10,419	0.403%	1,719.5	0.586%
재생에너지 생산: 바이오매스	-	-	2,100	0.081%	458	0.156%
기후변화 적응 관련 교육·문화·예술	-	-	-	-	20	0.007%
합 계	32,566	0.262%	18,679	0.723%	24,971	8.517%
K-Taxonomy non-eligible 경제활동	12,382,022	99.738%	2,564,990	99.277%	268,222	91.483%
총 계	12,414,588	100%	2,583,669	100%	293,193	100%

표 2 SK텔레콤의 K-택소노미 공시 사례(2022년 기준)

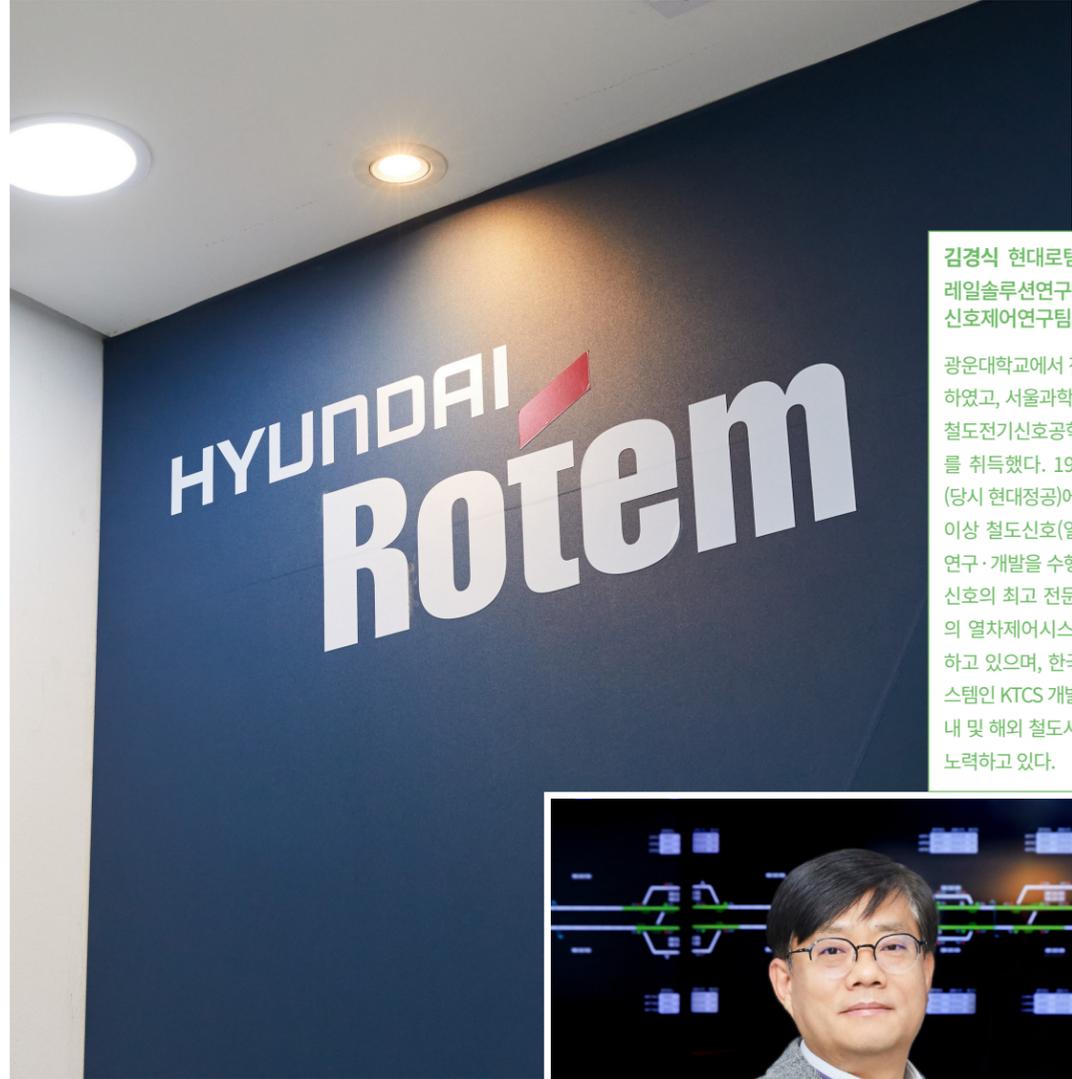
금융기관	주요 내용
KDB산업은행	산업대전환 지원 상품으로 K-택소노미를 활용한 3개의 대출 상품을 보유 1) KDB 탄소프레드: 온실가스 및 에너지 감축 관련 설비투자, 저탄소생태계 육성과 관련된 K-택소노미상 녹색경제 활동 2) 친환경 사회 조성 자금: 친환경 사회 조성과 관련된 K-택소노미상 녹색경제활동 3) 에너지전환 자금: 에너지 전환과 관련된 K-택소노미상 녹색경제 활동
KB국민은행	녹색정책금융 활성화 이차보전 협약 대출: 온실가스 감축을 위한 사업장 공정·산업 전환에 필요한 자금을 낮은 금리로 대출. 대출한도는 최소 30억 원 이상으로 사업장 전환 비용 중 온실가스·에너지 감축설비 자금이 20% 이상 차지할 경우 총 소요 자금의 100%까지 지원
신한은행	녹색정책금융 활성화 대출: 온실가스 저감설비 도입 등 기업이 탄소중립 이행 관련 사업에 대한 자금지원을 신청 시 대출과 이차 일부를 지원하는 금융지원 사업
기술보증기금	6개 시중은행(국민·기업·NH농협·신한·우리·하나)과 K-택소노미 연계 녹색금융 지원에 대한 협약을 맺어 보증 지원 중, 2024년 2월에 수소연료전지 핵심부품 제조기업 '해스'를 K-택소노미 연계 보증료 지원 1호 기업으로 지원했으며, 보증비율 85%~95% 상향, 5년간 보증료 0.4%p 감면, 2년간 협약은행의 보증료 0.7%p 지원을 제공
신용보증기금	중소기업들의 녹색 전환을 지원하기 위해 G-ABS(녹색자산유동화증권) 발행

표 3 K-택소노미 기반 금융 상품·서비스 사례

활동에 K-택소노미의 기준 충족을 위해 필요한 온실가스 감축 비중과 배출량 산정, 관련 인증을 취득하지 않았기 때문에 보수적으로 갈색 경제활동으로 분류한 것이다.

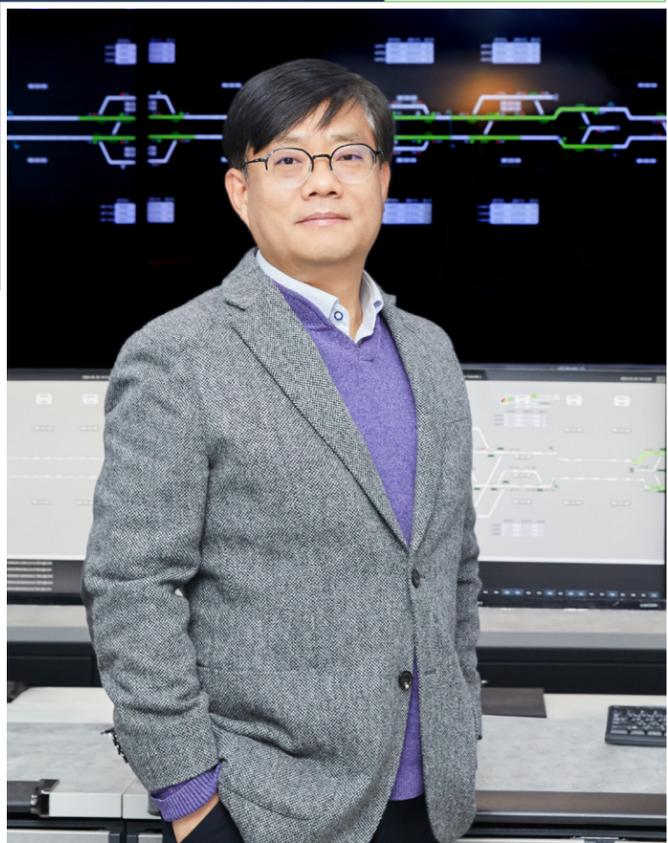
이 외에도 NH농협금융그룹, 삼성생명 등은 2022년부터 K-택소노미에 따른 녹색금융 및 투자 성과를 공시하고 있고, 신한금융그룹, KB금융그룹, 하나은행, 우리은행도 택소노미를 도입하고 있다. 또한

KDB산업은행, IBK기업은행, 한국수출입은행, 기술보증기금 등 정책금융기관들도 K-택소노미를 도입하고 있다. 한편 금융감독원은 금융기관의 K-택소노미 평가 지원 시스템을 개발·보급하고 있어 앞으로 K-택소노미는 금융권을 중심으로 급속히 확산되고, 이와 관련하여 녹색금융 서비스를 활용하고자 하는 기업들의 자발적인 K-택소노미 공시도 확산될 것으로 기대된다. **기술혁신**



김경식 현대로템(주)
레일솔루션연구소
신호제어연구팀 팀장

광운대학교에서 전기공학을 전공하였고, 서울과학기술대학교에서 철도전기신호공학 석사(2021년)를 취득했다. 1996년 현대로템(당시 현대정공)에 입사하여 27년 이상 철도신호(열차제어시스템) 연구·개발을 수행하고 있는 철도신호의 최고 전문가다. 현대로템의 열차제어시스템 개발을 총괄하고 있으며, 한국형 열차제어시스템인 KTCS 개발을 완료하여 국내 및 해외 철도시장 진출을 위해 노력하고 있다.



10⁻⁹분의 1 기술 진입장벽을 뚫은 열차의 두뇌 'KTCS-2 열차 제어시스템' 개발

현대로템(주)

KTX 선로 변 도로에서 운전하다 보면, 몇 배나 빠른 속도로 멀어져가는 고속열차를 심심치 않게 볼 수 있다. 멋진 외관의 열차가 참 빠리도 달린다는 생각은 해봤지만, 열차가 어떠한 방식으로 움직이는지까지는 미처 생각해 보지 못했다. 열차의 운행은 생각보다 매우 복잡하다. 열차 자체의 운행을 제어해야 할 뿐만 아니라, 같은 선로를 공유하는 다른 열차와의 간격도 제어해야 하기 때문이다. 이는 안전 문제 및 수송 효율과도 직결된다. 지난 수십 년간 국내 기술은 전 분야에서 비약적인 발전을 이루었다. 철도 차량 분야도 예외는 아니다. 국내 수요를 위한 차량 생산은 물론이고, 해외에도 수출하는 세계적인 기술력을 갖춘 분야다. 그러나 아직 한 가지는 국산화하지 못했는데, 이것이 바로 열차의 두뇌에 해당하는 '열차 제어시스템'이다. 철도 관련 기술이 오래전부터 발전한 유럽의 표준이 매우 높은 기술 진입장벽을 이루어, 국내에서는 개발을 엄두조차 내기 어려웠기 때문이다. 현대로템(주)은 수십 년간 수입에 의존해 오던 열차 제어시스템을 6년에 걸쳐 국내 기술로 개발하는 데 성공하였다. 그리고 다시 오랜 시험 기간을 거쳐 상용화를 목전에 두고 있다. 현대로템의 기술 개발은 규모가 크고 소요 기간이 길며, 여러 기관과 협력사가 참여한 대형 프로젝트를 성공시킨 사례로써 그 의미가 크다. 기술 개발에 성공한 'KTCS-2 열차 제어시스템'은 2023년 52주 차 장영실상을 수상하였다. 현대로템의 열차 제어시스템 개발 성공이 지니는 의미와 그 과정을 함께 살펴본다.

글. 이장욱 컨설턴트(씨앤아이컨설팅)

프로젝트 규모와 3가지 장벽

현대로템의 '열차 제어시스템' 기술혁신을 이해하기는 쉽지 않다. 단순하게 제어시스템이 무슨 역할을 하고 어떠한 가치를 가지지만 이해하면 되는 것이 아니기 때문이다. 이해를 위해서 먼저 이를 멀리서 바라보고, 다시 좁혀서 개발 과정과 기술의 가치를 이해할 수 있도록 접근하겠다.

먼저, 프로젝트 규모를 참여 기관과 기업, 투입 인원, 개발 기간의 관점으로 요약해 보자. 과제의 주관은 국토교통부 산하기관인 국가철도공단이고 개발 책임의 주체는 현대로템이다. 개발된 열차 제어시스템의 시험을 주관하는 기관은 우리에게 친숙한 한국철도공사 코레일이다. 철도는 국가의 매우 중요한 기반 시설로, 엄격한 통제와 보안 그리고 안전이 요구된다. 따라서 열차 제어시스템의 개발과 시험의 난이도는 상상으로만 이해할 수 있을 정도다.

개발 책임의 주체인 현대로템은 개발을 다시 4개의 핵심 협력사와 분담하여 진행하였다. 현대로템에서 프로젝트에 참여한 인원은 과제 책임자인 김경식 팀장을 비롯하여

하드웨어, 소프트웨어 개발 담당 인원을 포함해 6년 동안 20여 명이다. 협력사를 포함하면 개발에 참여한 인원이 100명에 가깝다. 시험을 주관했던 코레일이나 과제 전체의 주관기관인 국가철도공단의 관계자까지 포함하면 그 인원이 얼마나 될지, 프로젝트의 전체 규모를 단면에서라도 이해할 수 있다.

현대로템은 2012년 열차 제어시스템의 개발에 착수했고, 2018년에 개발을 완료했다. 개발에만 6년이 소요된 것이다. 다시 2020년 12월 한국철도공사 시범사업을 통해 운행 시험에 착수했고, 2022년 4월에 이르러서야 국토교통부의 영업 운행 사용 승인을 획득했다. 승인 이후 실제로 상용화하기 위해서는 고객으로부터 열차 차량에 대한 구매 발주를 받아야 하고, 차량을 제작하고 난 이후에야 비로소 열차 제어시스템을 탑재할 수 있다. 2024년 현재 상용화가 진행 중이므로 빠르면 올해 연말부터 국산 KTCS-2 열차 제어시스템이 탑재된 열차를 타볼 수 있을 것이다. 이를 위해 무려 12년의 기간이 필요했다.

'KTCS-2 열차 제어시스템'이라는 하나의 결과물을 만들어 내기 위해 6년의 개발 과정이 있었다. 그리고 이러한

하나의 대형 프로젝트는 부품, 모듈, 단위 시스템, 소프트웨어를 개발하기 위해 크고 작은 프로젝트로 다시 구분된다. 또한 100명이 넘는 개발 인원이 함께 일하기 위해서는 프로젝트가 업무 단위로 잘게 쪼개져야만 실제 업무 진행이 가능하다. 여기에 긴 개발 기간 중 부분별 진척 여부, 목표 수준 도달 여부에 따라 어느 하나라도 지연되거나 미달 되면, 전체 과정을 변경해야 한다. 대형 프로젝트는 생명체와 같이 유기적으로 연결되어 있기 때문이다.

한 가지를 더 덧붙이자면, 기술혁신 과정은 우리가 늘 해왔던 일을 쪼개서 업무를 분배하는 것과는 성격이 전혀 다르다. 기술혁신 과정은 한 번도 해본 적이 없는 일에 어떻게 접근해야 할지, 원하는 결과가 나올지 아닌지도 모른 채, 가르침 받을 사람 없이 스스로 답을 찾아가는 창조적 과정이다.

이제 이 프로젝트가 넘어야 할 3가지 장벽에 대해 알아보겠다. 첫 번째 장벽은 유럽 표준사양이다. ETCS(European Train Control System)는 철도 역사가 가장 오래된 유럽에서, 철도망의 통합을 목적으로 유럽 철도 열차 제어 시스템을 표준화한 신호 규격이다. 이를 전 세계 49개국에서 채택하여 운영 중이기에 ETCS는 사실상의 세계 기준이다. 이 표준을 만족시켜야만 세계시장 진출을 꿈꾸어 볼 수 있다. 유럽 표준이란 장벽 위에는 국내 정책 및 표준의 준수와 고객사들의 요구사항이라는 추가적인 높이가 더 얹어져 있다. 이러한 개념적인 설명만으로는 장벽의 높이가 잘 상상되지 않을 것이다. 일례를 들자면, 유럽 표준사양을 A4 용지로 인쇄하면 수 천장 분량이 나온다. 이 중 개발에 필요한 핵심 내용만 추려내도 1천여 페이지에 달한다.

두 번째 장벽은 시험과 인증의 장벽이다. 개발 과정에서 수없이 이루어지는 내부적인 시험은 논외로 하더라도, 상용화를 위해서는 반드시 넘어야 할 시험과 인증이 있다. 운행 호환성 성능 검증 시험은 유럽 공인 시험소에서 진행되며, 선로 변 신호를 수신하는 BTM(Balise Transmission Module) 서버 장치에 대해 속도 500km/h 조건에서 1,000여 개의 평가 항목을 9개월간 한 번에 통과해야 하는 도전이다. 또한 개발한 열차 제어시스템은 국제 안전성 최고 등급인 SIL4(Safety Integrated Level 4)

인증 받았다. 이는 시스템으로 인한 사망사고가 일어날 확률이 10⁹인 수준으로, 쉽게 생각해서 백만 년에 1번 사고가 일어날까 말까 하는 확률이다. 유럽 표준사양의 충족을 성벽을 넘는 것에 비유한다면, 시험과 인증의 통과를 성벽을 넘어 해자를 건너는 것에 비유할 수 있겠다.

세 번째 장벽은 경쟁사와 경쟁제품이다. 전술한 성벽과 해자를 넘을 수 있는 기업은 세계적으로 몇 되지 않는다. 경쟁사는 이미 성벽과 해자를 넘어 숲을 이루고 있기에, 시장의 새로운 진입자인 현대로템은 경쟁사와 경쟁제품이라는 또 다른 장벽을 맞닥뜨릴 수밖에 없다. 다시 말해 경쟁자들을 뛰어넘는 경쟁력을 갖추지 못하면, 후발 주자로서 무기 없이 맨몸으로 성벽을 넘은 것과 마찬가지다. 현대로템의 열차 제어시스템은 4세대 이동통신 방식 철도 전용 무선망(LTE-R)을 적용하여, 기존 제품과 비교해



(좌측부터) 김경식 팀장, 강성원 책임연구원

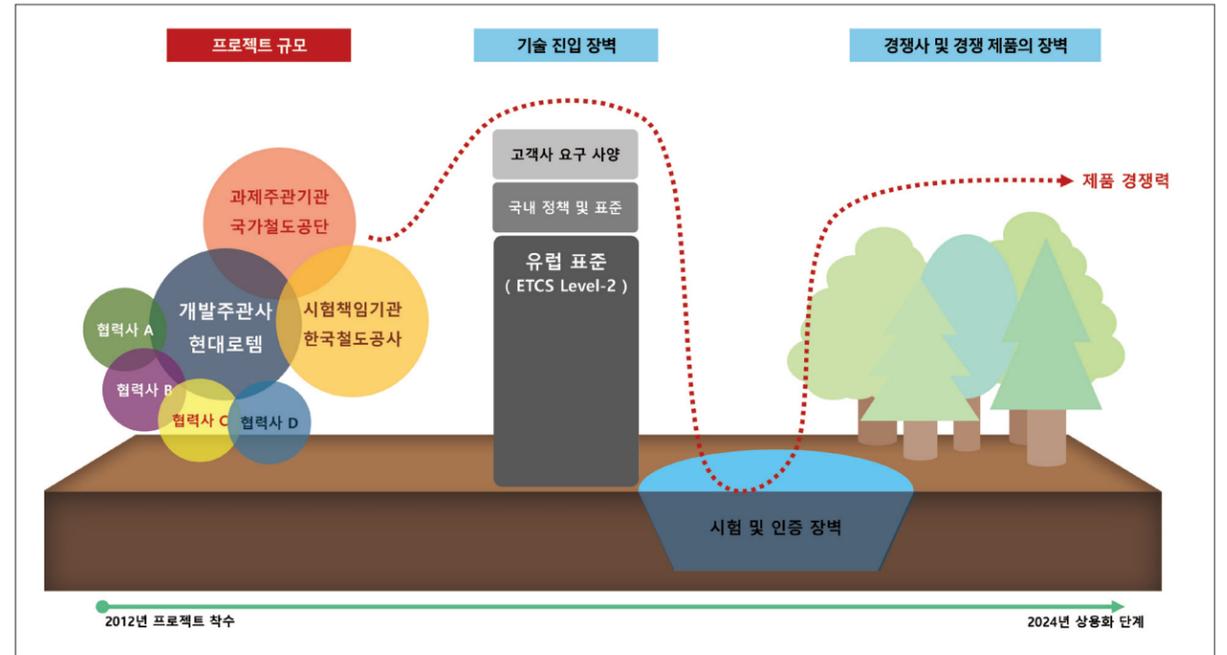


그림 1 열차 제어시스템 개발 프로젝트의 규모와 3가지 장벽의 개념도

2배 빠른 속도로 데이터 전송이 가능하다. 또한 자체 개발한 속도/거리 연산 로직을 적용하여, 경쟁제품 대비 속도 및 거리 연산 오차를 50%가량 감소시켰다. 이는 현재 국내에서 사용하는 제어시스템에 비해 열차 운행 간격을 최대 23%까지 좁힐 수 있는 성능 향상을 의미한다. 쉽게 말해 10대의 열차만 운행이 가능하던 시간에 현대로템의 열차 제어시스템을 적용하면, 최대 12대의 열차를 안전하게 운행해 수송 효율을 높일 수 있다는 의미다. 현대로템은 여기에 소프트웨어 및 하드웨어를 국산화하여 수입 경쟁제품 대비 25%의 가격 경쟁력까지 갖추었다.

열차 제어시스템 개발의 의의

열차 제어시스템은 열차 차량에 장착된 제어시스템과 지상에서 운영되는 제어시스템의 2가지로 구분된다. 현대로템에서 개발한 제어시스템은 차량에 장착되는 시스템으로 주제어 컴퓨터, 속도 거리 연산장치, 차지상 통신장치, 지상 발리스 수신장치, 화면 현시장치, 정보 기록장치

및 센서와 안테나 등 다수의 모듈이 조합되어 있다. 각각의 장치들이 모두 개발의 대상이며, 조합했을 때 제 기능을 수행해야 전체 기능을 수행하는 하나의 제어시스템이 완성된다.

열차 제어시스템은 중요한 기능을 중심으로 단순화하더라도 △차량 자체의 위치나 속도 파악 △추진 및 제동 △선로에 설치된 발리스로부터의 신호 수신 △지상의 제어시스템과 신호 송·수신 △운전자에게 필요한 정보의 화면 현시 △정보의 기록과 같은 다양한 기능으로 구분된다. 사람에게 비유하자면, 외부 상황이나 지시를 인지하고 내 몸의 상태와 위치 등을 파악하며 운동을 제어하는 ‘두뇌-감각기관’과 같은 역할이다.

여러 장치의 조합인 제어시스템은 기능적 관점에서도 그 난이도를 짐작할 수 있다. 조합된 시스템은 유럽 표준에 정의된 1,841개의 시험 케이스와 93개의 시험 시나리오를 통해 시스템 사양과 성능 및 호환성을 검증받아야 한다. 이 성능은 시속 500km로 달리는 상황에서도 유지되어야 한다. 그런데 이미 언급한 바와 같이 제어시스템은

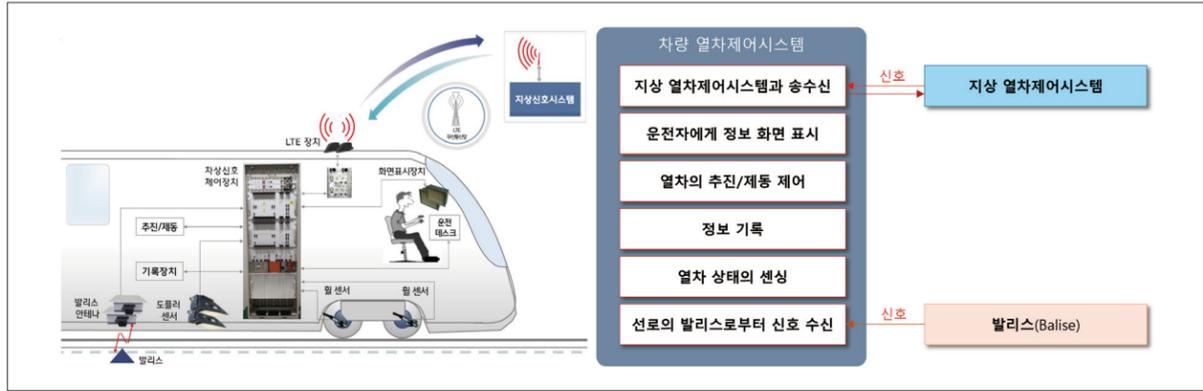


그림 2
차량 열차 제어시스템의 기능

여러 기능이 유기적으로 연결되어 작동하는 시스템이므로, 어느 한 부분에 오류가 발생하면 ‘분석→설계 수정→전체 시험’의 케이스를 무한 반복하여야 한다. 시스템을 만드는 것보다 더 고통스러운 검증에 검증을 거쳐야만, 표준과 인증이라는 장벽을 넘어설 수 있는 것이다. 현대로템은 2년 이상 수만 번의 시험을 거치며 모든 검증을 완료하였고, 드디어 품질에 자신감을 가지게 되었다.

이렇게 해외의 기술 이전도 없고 국내에 참고할 만한 선례도 없는 상황에서, 현대로템이 기술혁신을 이룰 수 있었던 중요 포인트는 다음의 2가지와 같다. 첫째 포인트는, 수천 페이지의 유럽 표준을 이해하려 노력하는 그 과정에 있었다. 이 방대한 내용은 한 사람의 머릿속에 담기 힘든 분량이며, 설사 담았다 하더라도 혼자서 모든 개발을 완료하기는 어렵다. 이에 여러 엔지니어가 분량을 나누어 담당 분야에 대한 이해도를 높여 나갔고, 이는 다시 끊임없는 공유의 과정을 거치게 되었다. 유럽 표준과 같이 글로 작성된 내용은 사람에 따라 다르게 이해될 수 있으며, 넓은 분야의 내용은 서로 연결하여 이해하기도 어렵다. 회사 내부와 협력사의 엔지니어, 그리고 관계 기관의 많은 사람이 개발에 참여했다는 점을 상기에 보면 이것이 얼마나 어려운 과정이었는지 짐작할 수 있다.

두 번째 포인트는, 표준 만족을 넘어서 차별화까지 고민하는 과정에 있었다. 개발한 제어시스템이 국내외 표준을 만족하는 것은 시장에 뛰어들 수 있는 자격증을 획득한

것에 지나지 않았다. 이는 글로벌 후발 주자가 이제 겨우 시장의 문을 열었다는 의미다. 따라서 현대로템은 경쟁제품을 넘어선 무언가가 있어야만 고객의 마음을 움직일 수 있었다. 이에 신호제어연구팀 김경식 팀장을 비롯한 모든 개발진은 치열하게 차별화를 고민했고, 다음과 같은 결과물을 얻을 수 있었다. 철도 전용 4세대 이동통신 무선망(LTE-R)을 세계 최초로 적용하여 경쟁제품의 통신방식에 비해 2배 빠른 데이터 전송, 자체 개발한 연산 로직을 활용하여 경쟁제품 대비 속도 및 거리 연산 오차 50% 감소, 경쟁제품 대비 가혹한 환경조건인 -40°C부터 85°C까지 운용 가능한 부품의 개발 및 적용, 기술 국산화로 25% 우수한 가격 경쟁력 등이다. 즉, 고속열차가 더 안전하면서도 촘촘하게 운행될 수 있도록 데이터 전송 속도를 높이고 연산 오차를 줄여 효율성을 끌어올렸다.

우리나라는 지금까지 열차 제어시스템을 전량 해외 수입에 의존해 왔다. 열차 차량의 제조 기술은 세계적인 수준이지만, 열차의 두뇌를 만들 기술은 없었기 때문이다. 현대로템의 제어시스템 기술 개발은 국토교통부의 국가연구개발 과제에 참여하며 시작되었고, 기술 개발 이후에는 한국철도공사의 시범사업으로 시험 운영을 통한 검증을 진행했다. 2023년부터는 한국철도공사가 발주한 고속차량에 제어시스템의 적용을 진행하고 있다. 2024년에는 디젤 전기 기관차와 GTX 전동차량에까지 적용할 예정이며 뉴질랜드, 모로코 등 해외 진출도 목표로 하고 있다.

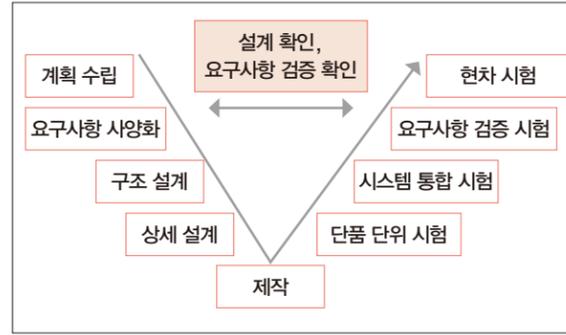


그림 3
V-모델에 따른 열차 제어시스템 개발 과정의 요약

기술혁신 성공의 요인

현대로템 프로젝트의 규모는 크고, 표준의 벽은 높고, 기간은 길다. 그런데도 기술혁신에 성공할 수 있었던 요인은 무엇일까? 가장 중요한 요인은 프로젝트가 중단되지 않고 끝까지 진행되었다는 점이다. 즉 국가가 주도하고 민간기업이 투자 및 개발하며 공기기업이 시험을 책임지는, 3인 4각 경기와 같이 어려운 일을 이렇게 오랜 기간 중단없이 일관되게 추진했다는 점이 하나의 기술혁신 성공 요인이었다. 많은 돈과 인력이 투입되지만 기술 확보 및 사업성은 불투명한 상태에서, 민간기업이 12년이라는 세월을 기술 개발에 투자한다는 것은 쉽지 않은 결정이다. 덕분에 국내 철도 역사 120여 년 만에 우리 기술로 열차의 차량부터 이에 탑재할 두뇌까지 모두를 만들 수 있게 되었다.

두 번째 성공 요인으로는 기본에 충실했던 것을 꼽을 수 있다. 김경식 팀장의 말을 빌리면, 현대로템은 소프트웨어 개발의 V 모델에 따라 각 단계를 충실히 수행하였다고 한다. 모델이 있다는 것은 최적이자 최선인 길이 이미 지도처럼 존재한다는 뜻이다. 그림 3은 V 모델을 간략하게 표현한 것이다. 개발을 아는 사람이라면 각 단계의 의미를 모두 알고 있겠지만, 아는 것과 이를 실천하는 것, 그리고 기본을 착실하게 지키는 것은 다른 문제다. 돌다리도 두드려 보고 건너야 한다는 속담이 있듯이, 복잡하고 어려운 실태를 풀어야 하는 개발 업무는 지루하더라도 기본을 충실히 수행해야 한다. **기술혁신**

MINI INTERVIEW

Q KTCS-2 열차 제어시스템 개발 과정 중 가장 기억에 남는 과정은?

A 제어시스템이 개발된 이후 가장 중요한 것은 현장 시험이었습니다. 제어시스템을 열차에 탑재해 실제 구간을 운행하면서 문제는 없는지, 고객 요구사항은 만족시키고 있는지 시험하는 것입니다. 시험 운행은 탑승객이 없는 상태에서, 열차 운행구간과 시간을 배정받아서만 가능합니다. 승객 없이 빈 열차를 운행하면 비용이 많이 발생하기 때문에, 철도공사의 적극적인 협조 없이는 아예 시험 자체가 불가능했을 것입니다. 제어시스템은 2년여에 걸쳐 여러 차종에 탑재하여, 시험 운행만 2~300회 진행했습니다. 시험 중 가장 기억에 남는 과정은 추운 겨울 심야에 서울-여수 간 시험 운행을 했던 일입니다. 비좁은 KTX 기관실에서 추위와 소음에 시달리며 쪼그려 앉아 시험 운행을 했던 기억이 납니다. 기관실은 난방이 되지 않아 옷을 두세 겹 껴입어야 했고, 소음도 커서 난청을 방지하기 위한 귀마개가 필수였습니다. 서로의 말소리로 잘 알아듣지 못하는 상황에서 몇 시간 동안이고 시험 운영을 진행했습니다. 지금도 현장 시험 과정이 가장 기억에 남는다고 우리끼리 이야기하곤 합니다.

Q 대형 프로젝트의 개발 책임자로서 운영 노하우는?

A 처음 이 프로젝트의 책임자가 되었을 때, 과연 이 프로젝트가 성공할 수 있을까?하는 의문과 부담감이 컸습니다. 우선 유럽 표준의 내용이 방대했기 때문에 이를 이해하는 과정부터가 쉽지 않았습니다. 따라서 각 기술 분야마다 2~3명의 연구원을 배정해 이를 함께 분석하고, 크로스-체크를 하도록 했습니다. 연구원마다 해석이 다를 수도 있었고, 전체적인 이해를 위해서는 연관된 분야도 함께 알아야 했기에 자주 모여 회의했습니다. 협력사나 관계 기관과도 긴밀하게 소통해야만 일을 진척시킬 수 있었기에, 정말 수없이 많은 회의를 진행했습니다. 이렇게 회의를 많이 열어 지식을 공유하고 문제를 함께 해결해 나간 것이 저의 노하우입니다. 기술 이전 없이 스스로 모든 걸 알아나가야 하는 부분이 가장 어려웠지만, 돌아보면 흔치 않은 개발 경험을 쌓았고, 이 경험을 함께한 개발진이 이제 국내에도 존재한다는 큰 자산을 얻었습니다.

AI 시대, 다시 써야 할 기술경영 교과서



글. 안현실 서울대학교 객원교수

서울대학교에서 경제 학사, KAIST에서 경영과학 석박사를 취득했다. 한국경제신문의 AI경제연구소장 겸 논설-전문위원을 거쳐, 현재 서울대학교 공학전문대학원에서 기술경영/산업정책 트랙을 담당하고 있다. 한국공학한림원 기술경영정책분과위원장과 바른과학기술사회 실현을 위한 국민연합(과실연) 상임대표도 맡고 있다.

무엇이 대(大)전환인가

연속성(Continuity)과 불연속성(Discontinuity), 그 차이는 간단하다. 연속성의 시대에는 지금까지 걸어온 길을 따라가는 ‘경로 의존성(Path Dependency)’이 통할 수 있다. 불연속성의 시대에는 그 길을 그대로 따라가다가는 절벽에 떨어지고 만다. 새로운 길을 개척해야 살 수 있다. 이른바 VUCA[변동성(Volatility), 불확실성(Uncertainty), 복잡성(Complexity), 모호성(Ambiguity)]라는 축약어가 이 시대를 상징적으로 말해준다. 특히 우리가 주목해야 할 것은 ‘복잡성(Complexity)’이다. 복잡함에 숨어있는 질서나 패턴을 발견하는 것이 복잡성 개념의 핵심이다. 누가 먼저 새로운 질서를 맞추고 적용할 것인가? 여기서 생(生)과 사(死)가 갈릴 것은 두 말할 필요도 없다. 대전환이 소전환과 다른 것은, 한마디로 개인이든 기업이든 국가든 소전환과는 비교할 수 없을 정도로 ‘많이’ 사라진다는 점이다. 그렇다면

대전환에서 누가 살아남을까? 답은 명확하다. 생존의 기회를 잡으려면 ‘변종(Variant)’이 많이 나올수록 좋다. 변종은 곧 ‘돌연변이(Mutation)’다. 지금은 ‘비상식’이지만 미래의 ‘상식’을 향한 시도가 많이 일어날수록 유리한, 곧 ‘다양성(Diversity)’이 생존의 키(Key)라는 얘기다.

‘비상식’이 ‘상식’이 되는 AI 게임 체인지

인공지능(AI, Artificial Intelligence)이 대전환을 이끄는 핵심 동력이라는 데는 더 이상 이견이 없다. AI가 가져올 미래에 대해 갖가지 시나리오가 난무하지만, 한 가지 분명한 것은 인간이 어떻게 대응하느냐가 가장 중요한 변수라는 점이다. 18세기 ‘자본주의’가 등장할 때도 그랬지만, ‘창조적 파괴’나(낙관론), ‘파괴적 창조’나(비관론) 하는 논쟁은 늘 창조적 파괴의 승리로 끝났다. AI도 마찬가지다. 창조적 파괴가 될지, 파괴적 창고가 될지는 인간에게 달렸다. 인류의 역사는 말해준다. 거대한 게임 체인지가 일어날 때마다 그 흐름을 받아들이는 자는 역사의 승자였고, 거역하는 자는 역사의 패자였다. AI가 눈부시게 진화하고 있다. 비전(Vision) 등 분석형 AI는 이미 시장조사기관 가트너의 하이프 사이클상 ‘생산성의 언덕’을 넘어 수익을 창출하고 있다. 분석형 AI의 뒤를 이어 등장한 초거대·생성형 AI는 새로운 ‘기대의 정점’에 올라선 형국이다. 기대와 현실의 가장 큰 간극(Gap)에 섰다는 것은 지금부터가 진검승부라는 점, 그리고 기대와 현실의 간극을 먼저 줄이는 쪽이 승자가 될 것이라는 점을 예고한다. 여기서 주목할 것은 이 시기가 역풍(Headwinds)도 가장 강하게 분다는 점이다. 초거대·생성형 AI를 둘러싸고 제기되는 갖가지 ‘리스크’가 그것이다. 다시 우리는 본질적 질문 앞에 서야 한다. 혁신이냐? 역풍이냐? 이 선택지에서 우리는 어느 쪽에 베풀 것인가? AI 학자들이 말하는 GPT(Generative Pre-trained Transformer)가 경제학자들이 말하는

GPT(General Purpose Technology)가 된다면, 그것은 곧 새로운 경제, 새로운 산업의 시대, 곧 새로운 산업혁명이다. 혁명은 ‘부(富)의 이동’이다. 부를 창출하는 개인, 기업, 산업, 국가가 달라진다. 한마디로 세상이 통째로 뒤집힌다. 기존의 모든 것을 의심해야 할 AI 시대다. 왜냐하면 ‘상식’이 ‘비상식’이 되고, ‘비상식’이 ‘상식’이 될 수 있기 때문이다. 지금 일본에서 ‘당신이 알고 있는 상식 중 99%는 다 거짓말’이라는 책이 잘 팔리고 있는 것은 결코 우연이 아니다. ‘게임 체인지’는 다르게 표현하면 ‘비상식’을 ‘상식’으로 바꾸어 놓는 것이다. AI 게임 체인지의 임팩트(Impact)는 역사상 가장 클 것이라는 전망이다.

AI가 바꾸는 기술경영 교과서

AI를 상징하는 GPT는 우리가 알고 있는 종래의 기술경영 이론을 뒤엎고 있다. 아니, 기술경영 교과서를 완전히 새로 써야 할 판이다. 사례를 통해 몇 가지 가설적 추론을 제기해 본다.

1) ‘생산성의 역설’이냐, 측정의 한계냐

당장 AI 시대의 생산성이나 성장 측정부터 도전에 직면했다. 지금의 생산성, 성장 회계는 20세기 초 산업화 시대에나 통용되는 것이다. AI 등 디지털 투자를 하는데도 기대하는 생산성이 나타나지 않는다는 이른바 ‘생산성 역설(Productivity)’은 규제 등 구조적 장벽(Hurdle) 탓도 있지만, 측정의 한계도 있다. 이런 주장은 AI 시대에 맞는 생산성, 성장 지표를 개발하면 기업 경영, 국가 경제의 성과 비교가 상당히 달라질 것이라는 가설로 이어진다.

2) 기술혁신이냐, 기술확산이냐

기술과 사회의 상호작용에서 중요한 변수는 ‘기술 수용성’이다. 주목할 것은 발명 및 발견의 상업화로 정의되는 기술혁신은 미국이 주도하고 있지만, 새로운

산업, 새로운 시장으로 이어지는 기술확산은 중국이 주도하는 양상이 뚜렷하다는 것이다. 중국 14억 인구의 AI 신뢰도(AI-friendly Attitude Index)는 세계 최고 수준이다(영국 미디어 Tortoise 비교). 미국은 중국의 기술확산을 ‘디지털 레닌주의’라고 비판하지만, 게임 체인지는 발명 그 자체가 아니라 결국 확산으로 완성된다. 미·중 충돌이 상당히 오래갈 것이라는 전망이 가능한 대목이다.

3) ‘R&D’에서 ‘Fast R&D’로

전통적인 R&D 개념이 통째로 흔들리고 있다. R&D 앞에 Fast(빠른)가 붙은 ‘Fast R&D’가 AI로 가능해지면서 경쟁 양상이 완전히 바뀌고 있다. R&D에 ‘속도(Speed)’가 중요한 변수가 된 것이다. 누가 시간 변수에서 앞서가느냐가 승패를 가를 공산이 크다.

4) 혁신 주체의 다변화·민주화

산·학·연이라는 도식화된 혁신 주체는 AI 시대에 맞지 않는다. 챗GPT의 오픈AI는 기업 펀드를 받은 민간비영리재단(Private Non-profit) 소속이다. 언제든 스타트업으로 둔갑할 수 있는 개인 개발자는 그 자체로 중요한 혁신 주체다. 이른바 ‘빅테크’는 ‘빅자본’이라고 할 정도로 기술 투자의 큰 손으로 부상했다. 크게 보면 기업이 주도하는 AI 시대다. 이제 산·학·연은 고전적인 협력의 한 형태일 뿐이다. AI 시대 떠오르는 혁신 주체로 개인과 민간비영리재단을 주목할 필요가 있다.

5) 혁신 형태와 패턴의 교체

AI는 제품혁신인가? 공정혁신인가? 경계가 사라지고 있다. 어쩌면 앞으로는 제품혁신, 공정혁신이 아니라 데이터 혁신, 알고리즘 혁신, 대화형 혁신, 생성형 혁신이 지배할 것이다. 플랫폼 혁신도 AI 에이전트(AI Agent) 혁신으로 대체될 가능성이 크다. 또한 혁신이라고 하면 그동안 ‘생산자 혁신’이 주류

였지만, 모든 분야에서 AI로 무장한 ‘사용자 혁신’ 바람이 거세게 불어닥칠 것이다.

6) AI 시대 표준전쟁, 다극화 가능성

‘표준전쟁’은 이론적으로는 ‘승자독식(Winner-takes-all)’이 가능하다. 하지만 AI는 정부 규제 가능성과 함께, 국가 안보를 고려하는 각국의 국익 계산 변수가 작용하여 승자독식 이론이 현실이 되기는 어렵다. 특히 미·중 충돌은 글로벌 표준이 어느 일방으로 흐를 가능성을 차단하고 있다. 여기에 초거대·생성형 AI를 놓고 폐쇄형(Closed) 진영(오픈 AI)과 개방형(Open Source) 진영(메타)이 대립하고, 구글이 양다리를 걸치고 있는 양상도 중대 변수다. 후발국과 후발주자 입장에서는 이러한 대립과 충돌이 계속되는 것이 유리한 측면이 있다. AI와 다양성 측면에서 새로운 혁신 공간이 열릴 수 있기 때문이다.

7) ‘Try Many, Fail Fast’

‘퍼스트 무버(First Mover)’가 많이 나오는 사회는 불확실성을 견어내는 데 유리하다. 누군가는 ‘많은 시도, 빠른 실패(Try Many, Fail Fast)’를 해줘야 하는데, 이 역할을 하는 게 바로 스타트업이다. 빅테크가 주도하는 AI 시대로 보이지만, AI 혁신 생태계에서 진짜 중요한 플레이어는 죽음을 불사하고 기꺼이 퍼스트 무버로 나서 도전하는 스타트업들이다. 대기업은 그 특성상 ‘많은 시도, 빠른 실패’가 어렵다. 한편, ‘많은 시도, 빠른 실패’를 위해 더없이 좋은 무대는 시장이다. 스타트업은 시장 진입의 자유도가 높은 나라로 몰릴 것이다.

8) 새로운 Collabo 등장

단독(Solo)이나, 손잡기(Collabo)나, 손잡기를 한다면 무엇이 최적인가. 전략적 동맹(Strategic Alliances), 조인트벤처, 라이선싱-인, 라이선싱-아웃, 공동연구 컨소시엄 등 기존의 손잡기 유형은

저마다 장단점이 있다. AI 시대에 주목할 손잡기 유형은 MS와 오픈AI의 케이스로, 빅테크와 비영리재단 스타트업 간의 딜(Deal)이다. MS는 밖에서 펀드를 투자하여, 사내 기술개발 실패 리스크를 분산하는 동시에 최초로 시장에 진입하는 테스트 리스크도 피해 갈 수 있었다. 그리고 기술이 시장에서 어느 정도 검증된 후에야, MS는 이를 자사 비즈니스 모델에 전사적으로 채택하는 전략을 선보였다. 오픈AI는 오픈 AI대로 자금 조달 리스크 없이 우수한 인재를 마음껏 끌어모아 베풀 수 있었다.

9) 생성형 AI와 저작권

생성형 AI를 기존의 저작권 제도에 따라 재단할 것인가? 아니면, 기존 저작권을 생성형 AI의 흐름에 맞게 개혁할 것인가? AI가 촉발한 이 문제에 대한 선택이 요구되고 있다. 생성형 AI의 활용을 막을 수 없다면, 저작권의 ‘시장 차별화(Market Segmentation)’가 현명한 선택일 것이다. 문제는 누가 이 제도개혁의 총대를 맏 것인가이다.

10) ‘창조성’은 인간만의 영역인가?

‘창조성(Creativity)’에는 세 가지 영역이 있다. ‘전에 없던 결합 창조(Combinatorial Creation Like Never Before)’, ‘탐색을 통한 창조(Exploratory Creation by Expanding Search Space)’, ‘새로운 개념 창조(Conceptual Creation by Opening a New Definition Space)’가 그것이다(Margaret Voden). AI가 인간의 전유물로 여겨지던 창조성 중, 앞의 두 가지 유형에서 우위를 보이고 있다. 창조성을 위한 AI와 인간의 새로운 분업과 협력이 요구된다.

11) 초거대·생성형 AI 이후 ‘넥스트 R&D’

초거대·생성형 AI 모델은 ‘할루시네이션(주어진 데이터 또는 맥락에 근거하지 않은 잘못된 정보나 허위 정보를 생성하는 것)’ 등 극복할 문제점을 안고 있다.

여러 가지 보완책이 동원되고 있지만 그런 차원을 넘는 연구가 필요하다는 주장이 많다. 모델 구조나 학습 방법 등 근본적 대안 연구가 그것이다. 글로벌 에디션가 진행되고 있을 ‘넥스트 R&D’를 기다리고 있는가? 아니면 직접 도전할 생각이 있는가?

12) Local이냐, Global이냐

AI와 다양성 이슈는 중요하다. 각국에서 말하는 AI 주권 니즈도 변수다. 결국 승부는 로컬이냐 글로벌이냐의 이분법이 아니라, ‘로컬을 위한 글로벌(Global for Local)’, ‘글로벌을 위한 로컬(Local for Global)’에서 누가 시장을 선점하느냐가 될 것이다. 또한 AI는 언어장벽을 급격히 붕괴시키고 있다. 국가 간, 문화 간 콘텐츠 융합이 새로운 차원의 글로벌화, 로컬화를 이끌 것이다. AI 시대 모든 기업은 콘텐츠 기업이 된다.

13) 규제개혁이냐, 기업의 ‘내부 규범’이냐

규제개혁은 어느 나라에서나 시간이 걸린다. 그러나 AI 시대는 변화의 속도가 너무 빠르다. 시간이 걸리는 규제개혁 대신 앞을 향해 달려가는 기업들의 ‘내부 규범(Internal Norm)’을 촉진하는 것은 어떠한가? 승자 기업의 내부 규범을 미래의 규제 바로미터로 삼는다면, 기술과 제도 간 공진화의 시차는 훨씬 줄어들 것이다. 그러나 이게 가능해지려면 전제 조건이 있다. 바로 그 사회의 기업 신뢰도가 높아야 한다.

14) 기술 장벽이냐, 자본 장벽이냐

초거대·생성형 AI 모델의 내부 개발자들은 하나 같이 ‘규모의 법칙(Scaling Laws)’을 강조한다. 규모의 법칙은 ‘기술의 문제’이기도 하지만 동시에 ‘자본의 문제’이기도 하다. 만약 후자에서 희비가 엇갈린다면 후발주자의 진입장벽은 더욱 높아질 것이다. 금융은 미국과 중국이 절대적 우위를 갖고 있다.

15) 성능이냐, 비용이냐

AI 성능 경쟁이 뜨겁다. 그러나 진화는 결코 한 쪽 방향으로만 진행되지 않는다. 비용(에너지)이라는 또 다른 진화의 축이 있다. 인간이 사족보행에서 이족보행으로 진화한 데에는 더 적은 에너지로 더 멀리 나가 먹이를 구하려는 니즈를 빼놓을 수 없다. AI에 소요되는 엄청난 계산과 이에 따른 에너지 문제는 AI 반도체 경쟁을 뜨겁게 달구고 있다. AI가 필요로 하는 에너지를 탄소중립, 재생에너지로 조달할 수 있느냐도 AI 시대 기술경쟁의 중대 과제다.

선택지는 무엇인가?: ‘도주론(逃走論)의 기술경쟁’

대전환이 일어나면 가진 것이 많을수록 불리하다. 쉽게 버리지 못하기 때문이다. 개인도 그렇지만 기업도, 국가도 망하는 이유가 단점보다 장점 때문이라는 분석도 있다. 이러한 분석이 의미심장하게 와닿는 시기도 바로 대전환 때다. 늘 지켜줄 것으로 믿어 의심치 않는 이른바 ‘핵심 역량(Core Competency)’이 자신을 스스로 죽이는 ‘핵심 경직성(Core Rigidity)’으로 둔갑하는 것은 한순간이다. 결론은 분명하다. 지금 있는 자리에 그대로 있으면 개인도 기업도 국가도 사라진다. 사라지고 싶지 않다면 선택지는 단 하나다. 일본의 아사다 아키라의 ‘도주론’이 그 답을 제시하고 있다. 지금 있는 자리에서 일어나 당장 도망가야 한다. 도망치는 것은, 비겁한 사람이 아니라 용기 있는 사람만이 택할 수 있는 선택지라는 말이 의미심장하다. 여기서 도망의 진짜 의미는 변화를 위한 대(大)이동이다. 다른 말로 하면 AI로 무장하는 대이동이다. **기술혁신**

인공지능(AI) 분야의 특허 창출 전략



글. 황성필 변리사

만성국제특허법률사무소의 변리사이면서, 한양대학교 언론정보대학의 겸임교수다. 현재 파일러, 클레온, 작가컴퍼니, 센슈얼모먼트, 레퍼리 등 시리즈 A 이상의 투자를 받은 콘텐츠-테크 중심의 스타트업을 컨설팅하고 있다. 지식재산권 업무를 비롯하여 스타트업을 위한 투자 유치, 인큐베이션, 글로벌 엑셀러레이션 업무를 담당하고 있다.

인공지능은 매우 오래된 개념이다. 1950년대부터 본격적인 연구가 시작되었고, 1980년대에는 인공지능 분야에 많은 투자가 진행되었다. 이때 실용적인 시스템들도 개발되었으나 많은 한계에 직면했기에, 이른바 암흑기라고도 불린다. 물론 상용화는 2000년대에 들어와 머신러닝을 뛰어넘을 수 있는 인간의 뇌를 모방한 신경망 네트워크 구조인 딥러닝 알고리즘이 본격적으로 알려지며 가능해졌다.

현재 인공지능은 우리 삶에 없어서는 안 될 존재가 되었다. 이에 따라 최근에는 인공지능과 관련된 특허 출원도 급증하고 있다. 인공지능에 관한 기술은 대부분이 딥러닝을 기반으로 하고, 이미 공개된 오픈소스를 이용한다. 우리는 '특허'란 신규하고 진보된 기술에만 부여되는 것으로 알고 있다. 그런데 인공지능은 블랙박스 영역의 설명할 수 없는 딥러닝 또는 공개된 기술에 기인하는데, 어떻게 인공지능 관련 특허가 창출될 수 있는 것일까. 결론적으로, 인공지능은 활용되는 기술에 불과하고 특허에는 기존의 기술과 차별화

되는 독창성(진보성)이 필요하다. 본 글에서는 인공지능 분야의 특허 창출에 관하여 서술한다.

오픈에이아이(OpenAI)가 챗지피티(ChatGPT)를 공개한 지 1년이 지났다. 필자의 경험에 따르면, ChatGPT의 우수한 능력 때문인지 ChatGPT를 활용한 기술을 특허로 확보하고자 하는 기업이 상당수 늘어나고 있다. 국제적인 동향은 어떠한가? **그림 1**은 특허청에서 보도한 초거대 인공지능 특허출원의 동향을 나타낸다. ChatGPT의 공개와는 시기적 차이가 있지만, 최근 10년 동안에, 특히 최근 5년 동안에 미국과 중국, 그리고 한국에서 가파른 성장을 볼 수 있다.

ChatGPT를 활용한 기술은 특허 등록을 받을 수 있을까?

답은 단정하기 어렵다. 경우에 따라 다르기 때문이다. 다만, 기업에서 특허를 창출하기 위하여 작성하는 발명 제안서(기술 개요서)를 분석해 보면, 대략 예상해 볼 수는 있다. 그 방법은 간단하다. 기업에서 제안한 전체 기술에서 ChatGPT가 차지하는 비중을 가늠해 보는 것이다. 여기서 비중은 몇 %와 같은 구체적인 수치를 의미하는 것은 아니다. **기술은 창작적 기술 요소와 공지적 기술 요소의 적절한 조합이라고 표현할 수 있다. 창작적 기술 요소가 충분해야 특허를 등록할 수 있다. ChatGPT는 공지적 기술 요소에 해당한다. 따라서 나머지 기술 요소에서 창작적 기술 요소를 살펴봐야 한다. 나머지 기술 요소도 단순히 ChatGPT를 활용하기 위한 수준이라면, 실질적으로 공지적 기술 요소에 해당하여 특허를 등록하기 어렵다.** 이를 조금 더 명확하게 이해하기 위해서는 특허성에 대한 이해가 필요하다.

특허성

특허성에는 2가지가 있다. 첫째는 신규성이고, 둘째는 진보성이다. 특허 등록을 위해서는 신규성과

특허활용은 기업의 IP-R&D 전략 수립을 돕기 위해 특허 분석을 통한 산업 기술 트렌드, 시장·제품 전망 등의 분석 정보를 제공하고 있습니다.

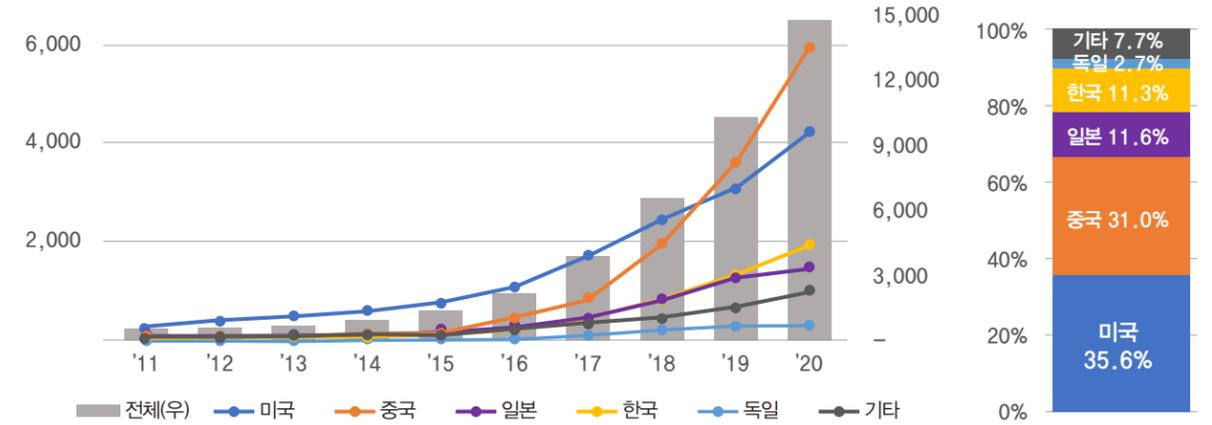


그림 1

초거대 인공지능 특허출원(국적별) 동향

진보성 모두 인정받아야 한다. 신규성은 특허 출원한 발명이 선행기술과 차이점이 있어 특허 출원한 발명을 새로운 발명으로 볼 수 있다면 인정된다. 진보성은 특허 출원한 발명이 선행기술로부터 쉽게 발명될 수 없다면 인정된다.

특허 출원한 발명이 선행기술과 차이점이 있더라도 특허를 등록하지 못하는 이유는 진보성에 있다. 진보성은 인정받기가 쉽지 않은데, 그 이유로 크게 2가지가 있다. 첫째, 진보성은 '통상의 기술자'의 입장에서 판단하기 때문이다. 통상의 기술자는 특허 출원한 발명이 속하는 기술 분야의 '전문가'라 할 수 있다. 쉽게 발명할 수 있느냐 없느냐를 엔지니어의 관점에서 판단하기 때문에 특정 기술 요소에 특허성이 있다고 생각했지만 그 특허성을 충분히 입증하지 못한다면, 해당 기술 요소는 통상의 기술자가 선행기술로부터 단순히 설계를 변경하여 도출할 수 있는 사항 정도로 취급된다. 둘째, 진보성은 2개 이상의 선행기술을 조합하여 판단된다. 인공지능에 관한 특허라면, 인공지능 관련 논문이 선행기술로서 제시될 수 있다. 최근 인공지능 관련 논문들이 무수히 공개되고 있으므로 논문의 동향을 파악하는 것도 중요하다.

인공지능 발명의 분류

인공지능에 관한 발명은, 필자의 경험상, 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫째, 비즈니스 모델을 큰 숲으로 하고 인공지능 모델을 작은 숲으로 하는 발명이다(Top-down 방식). 둘째, 인공지능 모델을 큰 숲으로 하는 발명이다. 이의 예로서 **그림 2**를 들 수 있다. **그림 2**는 ChatGPT의 근원이라 할 수 있는 구글의 트랜스포머 구조다. 단, 두 번째 유형의 발명이 트랜스포머와 같은 대단한 모델이어야 하는 것은 아니다. 전자와 후자의 차이는 인공지능 모델이 전체 발명에서 차지하는 비중이다. 전자의 발명이 후자의 발명을 모두 포함하는 경우가 있을 수 있다. 이러한 경우는 제외한다.

특허성의 관점에서, 전자의 발명과 후자의 발명 중 어떤 것이 유리할까?

이 역시 단정할 수 없다. 전자의 발명이 독특한 비즈니스 모델에 관한 발명이고, 독특함을 발명의 구성으로써 잘 표현-발명의 독특한 구성을 명확하게 구체화하고 깊이감 있게 표현-할 수 있다면, 작은 숲인

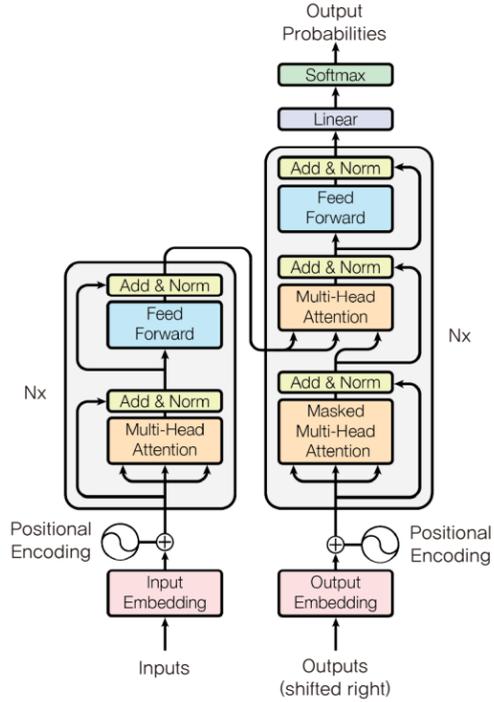


그림 2 구글의 트랜스포머 구조

인공지능 모델의 특허성과 관계없이 특허성을 인정받을 수 있기 때문이다. 한편 전자의 비즈니스 모델과 유사한 비즈니스 모델이 존재한다면, 작은 숲인 인공지능 모델에 특허성이 있어야 한다. 후자의 발명도 특허성을 인정받기 어려운 경우가 있다. 이미 잘 알려진 인공지능 모델을 단순히 활용하기 위한 수준인 경우다.

인공지능 발명의 특허출원 방향

기업 담당자로부터 공유받은 발명 제안서가 전자의 발명으로 작성되었다면, 필자는 후자의 발명으로 특허 출원할 것을 제안할 것이다. 필자의 경험에 비추어 보면 유사한 비즈니스 모델은 언제든지 존재하기 마련이고, 진보성 판단의 원칙에 따라 2개 이상의 비즈니스 모델(각각 선행기술)을 조합하여 하나의 비즈니스 모델을 도출하는 것도 얼마든지 가능하기

때문이다. 다만 필자의 제안에 따르면, 한 가지 경우에 문제가 있을 수 있다. 후자의 발명으로 특허 출원하기 위해서는 인공지능 모델에 독특함이 있어야 하는데, 그 독특함이 준비되지 않은 경우다.

독특함은 꾸준한 연구를 통해 준비할 것

그럼 어떻게 해야 할까? 답은 생각보다 간단하지만 쉽지는 않을 것이다. 꾸준한 연구를 통해 자신만의 독특함을 준비해야 한다. 그렇다면, 누가 무엇을 연구할 것인가? 개발자는 먼저 논문을 연구해야 한다. 자사 기술이 속하는 기술 분야에서 인공지능이 어떠한 아이디어를 통해 어떻게 연구·개발되고 있는지 꾸준히 연구할 필요가 있다. 필자는 개발자에게 논문 외에도 선행특허를 연구할 것을 추천한다. 선행특허의 연구는 선행특허의 주된 아이디어 또는 인공지능 모델의 작동 방법을 확인하는 것에 그치는 것이 아니다. 이러한 확인은 기본적인, 이에 더해 선행특허가 가질 수 있는 한계점을 예상해 보고 그 해결 방안을 고민해 보아야 한다. 다만 중소기업이나 스타트업이 연구에만 시간을 쏟을 수 없는 환경임을 고려할 때, 이는 현실적으로 쉽지 않다. 단, 한계점의 예상과 그 해결방안에 관한 고민은 기업에 현실적인 도움이 될 것이고, 이것이 곧 기업의 핵심 역량이 되리라는 것을 명심해야 한다.

그림 3은 인공지능 발명의 개요도인데, 이를 참조하면 ‘학습 모델 정의 영역’과 ‘물리적 구현 영역’을 파악할 수 있다. 특허출원은 기술적 아이디어만으로도 진행할 수 있으므로, 특허출원 시에 ‘물리적 구현 영역’의 예인 실험 데이터를 반드시 제출해야 하는 것은 아니다. 하지만 실험 데이터는 독특함을 입증하기 위한 증거 자료에 해당하기 때문에 특허출원 시에 실험 데이터를 함께 제출하는 것이 바람직하다. 실험 데이터는 소위 비교 예에 해당하는 기준선(Baseline)과 특허 출원한 인공지능 모델의 정량적 실험 데이터와 정성적 실험 데이터를 말한다.

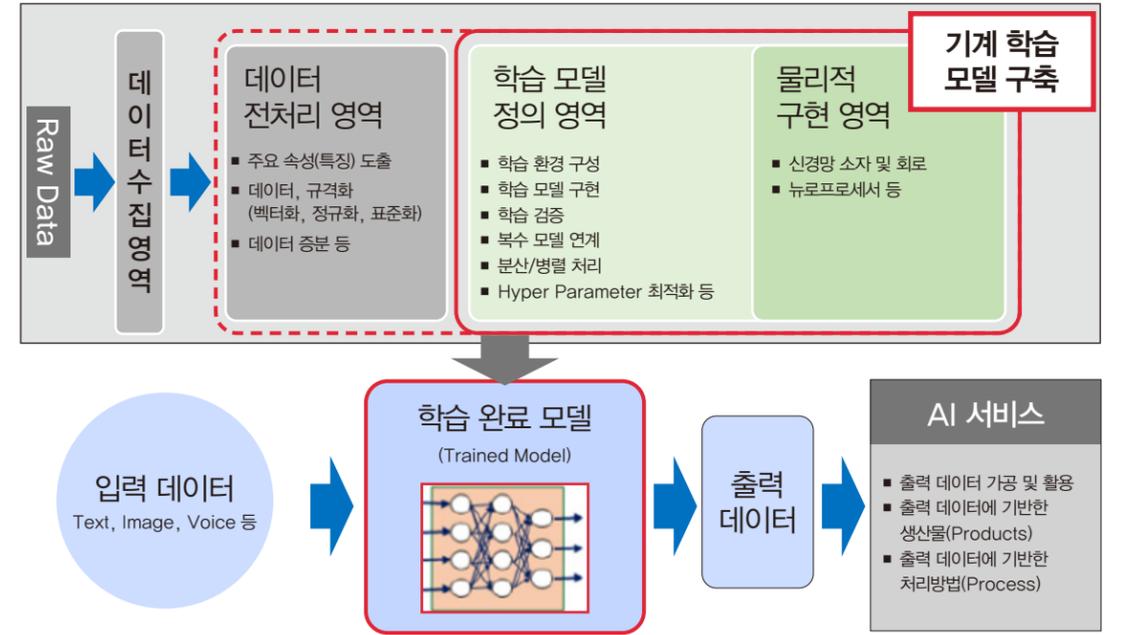


그림 3 인공지능 발명 개요도

선행특허의 검색과 조사는 변리사가 담당하는 것이 바람직하다. 변리사가 전문적으로 수행하는 영역이기도 하지만, 기업의 입장에서는 ‘시간 절약’을 염두에 두어야 하기 때문이다. 일례로, 선행특허를 검색하기 위한 검색식을 설계하는 데에도 상당한 시간이 소요된다. 어떠한 용어를 어떠한 필드(특허 문헌의 목차 정도로 생각해도 좋다)에서 검색하는지에 따라 검색 결과가 다르기 때문이다. 추가로, 변리사는 개발자가 참고한 논문을 분석하여 개발자와 논의하며, 특허성의 도출에 관한 의견을 제안하는 역할을 해야 한다. 필자의 제안에 따라 전자의 발명을 후자의 발명으로 특허 출원하더라도, 비즈니스 모델의 특허 청구항을 작성하는 데에는 하등의 문제가 없다. 예를 들어, 청구항 1을 ‘X를 위한 인공지능 모델’로 작성하였다면 청구항 2는 ‘청구항 1의 인공지능 모델을 포함하는 X를 위한 시스템’으로 작성할 수 있다 (Bottom-up 방식). 청구항 1의 인공지능 모델에 특허성을 인정받으면 청구항 2의 특허성도 인정된다.

즉, 인공지능 모델에 특허성을 인정받아 연계된 비즈니스 모델에 특허성을 인정받는 방식으로 특허 등록을 시도할 수 있다.

‘꾸준한 연구를 통해 독특함을 준비하는 것’은 이상적인 명제다. 실천이 필요하지만, 그 실천을 하기가 참 쉽지 않다. 하지만 누군가는 이를 실천하여 특허를 등록하고 있다. 많은 기업이 인공지능을 도입한 비즈니스 모델을 발표하며 자신들 기술의 우월함과 독창성을 강조한다. 그러나 간단히만 살펴본다 해도, 이는 대부분 공개된 인공지능의 알고리즘에 기대고 있거나 이미 존재하는 비즈니스 모델(BM) 특허의 카테고리에 속하는 경우가 많다. 따라서 독창적인 기술이 있다는 회사와 업무를 진행할 경우 그들의 특허 청구항을 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 딥테크 인공지능 회사들에 투자할 기회가 생긴다면, 우리는 과연 어떠한 회사에 투자할 것인가. 특허를 보면 그 회사를 볼 수 있을 것이다. **기술·혁신**

효율적 연구개발을 위한 R&D 기법



글. 김종민 한기람경영혁신연구소 대표

서울대학교에서 공업화학 박사학위를 취득했다. 삼성종합기술원 연구혁신팀에서 연구방법론을 정립하고 전파했으며, 2008년부터 한기람경영혁신연구소를 설립하여 다수의 기업 및 공공립 연구소 등을 대상으로 교육과 컨설팅을 수행하고 있다. 주요 연구 분야는 연구혁신, R&D 방법론과 제약·바이오 분야 QbD(Quality by Design, 설계 기반 품질 고도화) 등이다.

모든 기업은 생존과 성장을 위해 연구개발에 아낌없이 투자하고 있다. 이러한 투자가 바라는 성과로 이어지기 위해서는, 올바른 R&D 전략의 수립과 효율적이고 효과적인 R&D 실행이 필수적일 것이다. 결국 무엇을 할 것인가와 어떻게 할 것인가의 문제라고 볼 수 있는데, 여기서는 R&D를 어떻게 잘할 것인가에 관해 다뤄보고자 한다. 워라벨을 중시하는 시대로 진화하면서 ‘불이 꺼지지 않는 연구소’와 같은 R&D 문화는 더 이상 찾아보기 어려워졌다. 여기에 훨씬 더 치열해진 경쟁에서 살아남기 위해서는, R&D의 효율성 확보가 무엇보다 중요한 당면과제가 되었다.

이미 많은 기업의 연구소들은 소위 말하는 ‘연구방법론’이라는 도구를 활용해 ‘스마트’하게 연구개발을 수행하고 있다. 이러한 도구들은 연구개발의 방향성을 더 명확하게 해 주고, 연구개발을 합리적이고 효율적으로 수행하도록 도와준다. 이로써 조금 더 빨리, 적은 비용으로 R&D에 성공하도록 도와주는 것이다.

과거에 경쟁이 그다지 치열하지 않고 기술의 발전 속도가 느릴 때는, 그저 수많은 시행착오를 열심히 반복하다 보면 성공할 기회가 있었다. 그러나 이제 그러한 방식으로 성공할 확률은 매우 낮아졌다. 따라서 이 글에서는 R&D 혁신을 추진했거나 추진하고 있는 기업들이 채택해 활용하고 있는, 연구방법론 중 대표적인 기법들을 몇 가지 소개해 보고자 한다.

1. 품질기능전개 [QFD(Quality Function Deployment)]

QFD는 1960년대 일본 미쓰비시사의 고베 조선소에서 개발된 방법론이다. 고객의 요구사항을 조사·분석하여 제품의 ‘핵심 품질특성’을 설정하고, 이것을 다시 각 ‘기능 부품의 품질’과 ‘핵심 공정변수’로 연결해 체계적으로 연관관계를 파악해 나가는 도구다. 이는 제품 개발의 전 과정에 고객의 요구를 반영해, 개발의 중심을 명확히 잡아준다. 또한 각 개발단계 중 어느 단계에 자원을 더 투입하여야 할지를 쉽게 파악하도록 도와준다. 제품 개발이 실패하는 원인 중 많은 경우가, 고객의 요구를 제대로 이해하지 못하고 이를 개발 방향 설정에 반영하지 못한 경우라는 조사 결과도 있다. 이를 고려할 때, QFD는 고객의 요구가 불명확하거나 어느 특성을 중점으로 개발의 방향성을 잡아야 할지 잘 모르는 상황에 상당히 유용한 도구라고 볼 수 있다.

2. TRIZ(트리즈)

TRIZ(트리즈)는 러시아어 ‘창의적 문제해결을 위한 이론(Theory of Inventive Problem Solving)’의 약어다. 구소련의 겐리히 알츠슐러(Genrich Saulovich Altshuller, 1924~1988)에 의해 개발되었다. TRIZ는 현재 전 세계의 주요 기업에서 아이디어 생성기법과 문제해결 기법으로 활용되면서, 많은 기술자에게 검증받은 연구개발 도구다. 겐리히 알츠

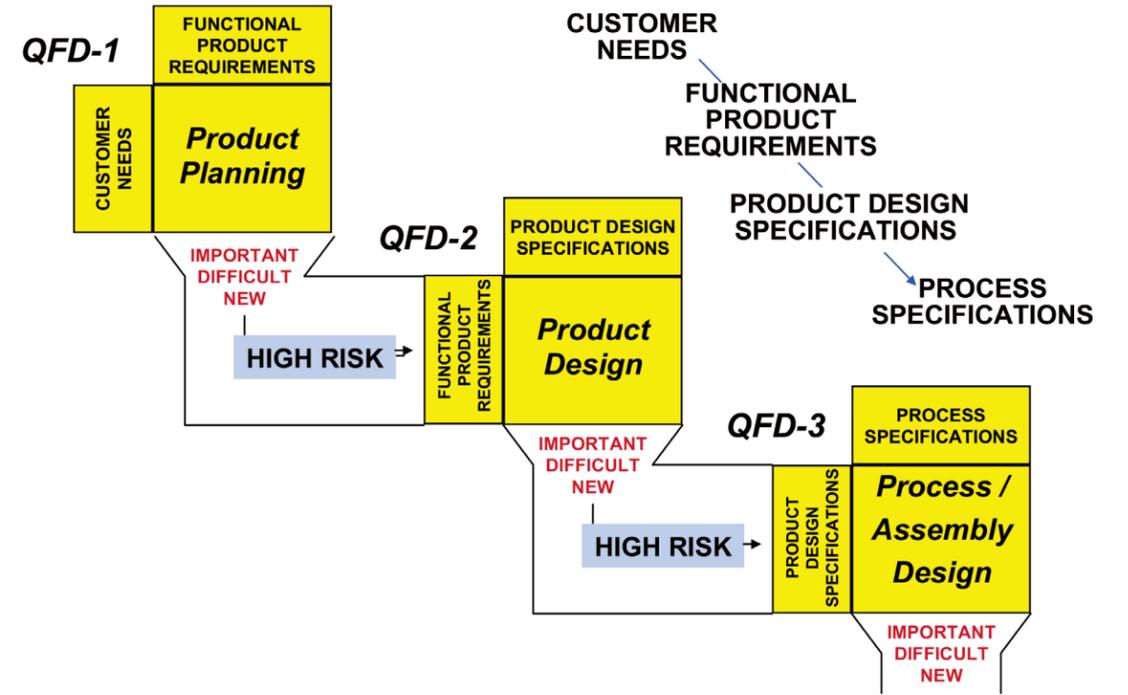


그림 1
품질기능전개(QFD)의 도식

술러는 수많은 특허를 분석하고 이를 발명의 수준에 따라 분류한 결과, 공통적인 원리가 반복 적용되는 걸 발견하였다. 곧 그 이면에 숨겨져 있는 발명 원리들을 연구하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 기술의 진화 유형은 산업과 과학의 경계를 뛰어 넘어 반복된다.
- 문제와 그 해결안은 산업과 과학의 경계를 뛰어 넘어 반복된다.
- 혁신은 다른 분야의 과학 효과를 이용하여 일어난다.

그가 조사한 특허 중 2%만이 진정한 의미의 창조적인 발명이었고, 98%는 이미 알려진 아이디어와 개념을 활용한 결과였다. 따라서 그는 천재가 아닌 보통 사람도, 창의적인 방법론을 익힘으로써 얼마든지 훌륭한 아이디어를 낼 수 있음을 보여주었다. TRIZ의 경우 시스템/문제 분석과 아이디어 도출 과정에 강점이 있기에, 창조적인 아이디어가 요구되는 모든 과제에

적용될 수 있다. 특히 과제 기획이나 초기 과제 수행과 같이 올바른 방향성을 설정하는 단계에 가장 효과적이다.

3. 실험계획법[DoE(Design of Experiments)]

연구개발 과정에서 창의적인 아이디어가 중요한 만큼, 설계나 공정 조건의 최적화도 매우 중요하다. 그런데 설계나 공정 내에는 수많은 인자가 존재한다. 따라서 이들 중 어느 것이 성능이나 기능에 중요한 영향을 미치는지, 그리고 이들의 조건 조합이 어떻게 되었을 때 가장 최선의 결과가 나오는지 파악하기는 매우 어렵다. 특히 복잡한 시스템일수록 인자가 많아지고 이들의 조합은 엄청난 수가 되는데, 이 조합을 모두 실험해 볼 수는 없는 일이다. 실험 계획법은 이와 같은 상황에서 적은 수의 인자 조합만을 실험해 보고, 실험하지 않은 조합들의 결과는

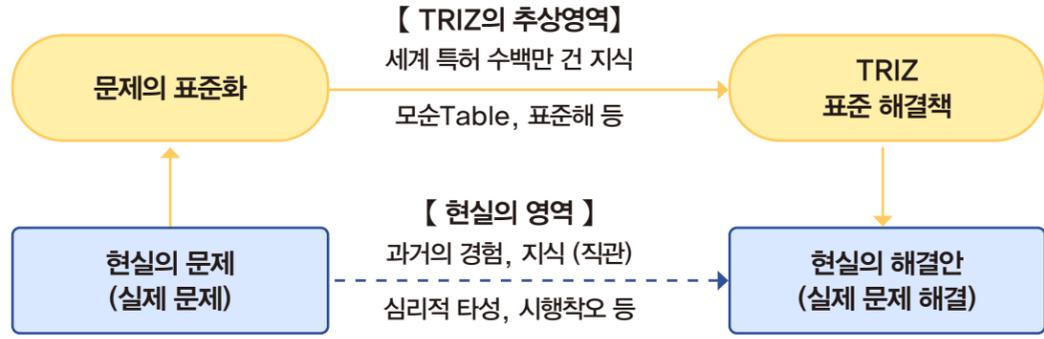


그림 2 트리즈(TRIZ)의 흐름도

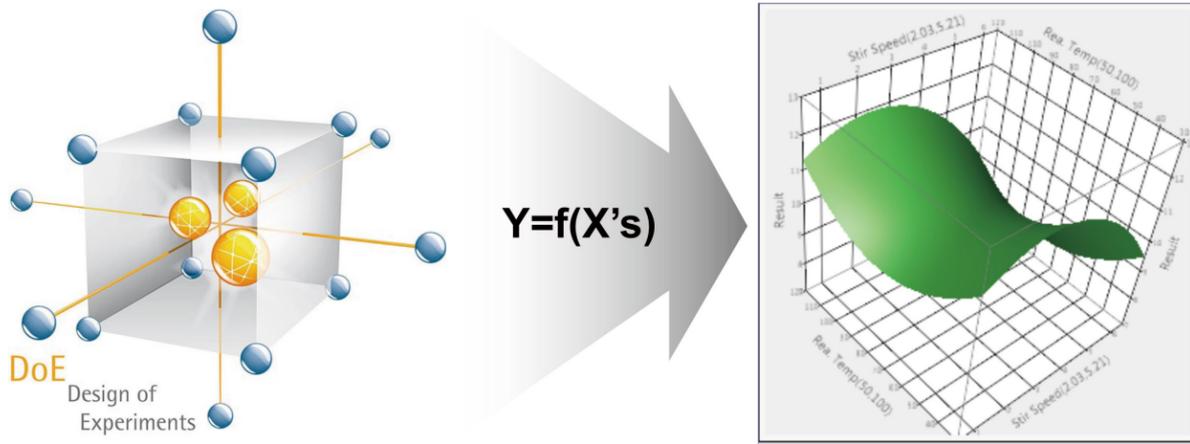


그림 3 실험계획법(DoE)의 예

통계적 예측을 통해 보다 쉽게 최적의 조건 조합을 찾도록 도와준다.

예를 들어, 제품의 성능에 영향을 미칠 수 있는 공정 인자가 7개라고 하자. 인자별 높은 것과 낮은 것 2가지 조건에 대해서만 실험한다고 해도, $2^7=128$ 가지의 조건 조합이 나온다. 그러나 실험계획법을 활용한다면 128가지의 1/8인 16가지의 실험만 수행해도 나머지 조합의 결과를 예측할 수 있다.

전통적인 부분요인설계, 완전요인설계, 반응표면설계뿐만 아니라 최근에 개발된 최적 설계나 확정선별 설계 등을 통해, 더 적은 실험으로 핵심 인자를 파악하고

최적의 조건을 도출할 수 있다. 이렇듯 실험계획법을 활용하면 개발에 필요한 실험의 수를 획기적으로 줄이고, 개발 기간과 비용을 크게 단축할 수 있다.

이 외에도 많은 연구방법론 도구가 존재하나, 여기에서는 지면 관계상 가장 핵심적인 연구방법론 3가지만 우선 소개하였다. 연구개발을 수행할 때 효율성과 효과성을 높일 수 있는 도구들을 잘 활용하여, 연구개발의 성과를 극대화할 수 있기를 기대한다.

기술혁신

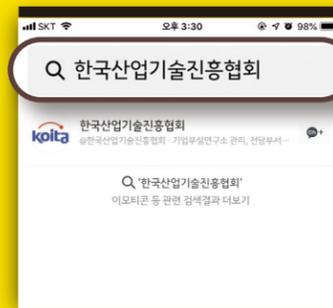
기업R&D 전문 카카오톡 채널

기업R&D에 관련된 핵심 정보만 선별해서 보내드립니다.
한국산업기술진흥협회 카카오톡 채널을 추가하고
우리 회사에 꼭 필요한 R&D 소식 받아보세요!

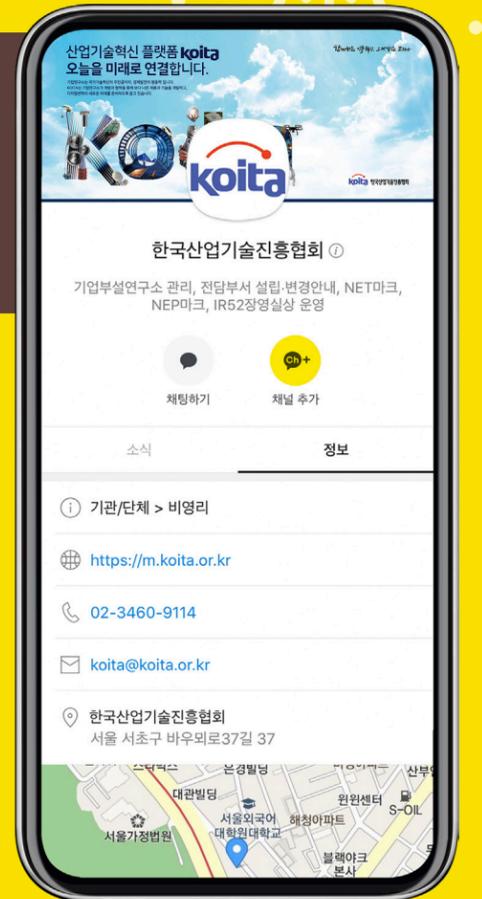
- 조세지원, 자금지원, 인력지원 등 정부지원사업 정보
- 디지털 전환, 글로벌 트렌드, 특허 등 최신 정보
- 기술기획, 사업계획서 작성 등 연구소 운영 필수사항 정보

추가방법

01 카톡 상단 검색창에 한국산업기술진흥협회 검색



02 한국산업기술진흥협회 [채널추가] 클릭



제72회 산기협 조찬세미나

기업의 Gen AI
활용방안

지난 3월 14일, 엘타워 그랜드홀에서 제72회 조찬세미나가 열렸다. 이번 세미나에서는 권영준 삼성SDS 부사장이 연사로 나서 생성형 AI 산업 생태계에 대한 이해를 높이고, 이를 어떻게 기업에 도입해야 하는지 그 방법과 전략에 관해 전했다.



연사. 권영준 삼성SDS 부사장

스탠퍼드대학에서 전기전자공학 석사 과정을 마치고 하버드대학에서 컴퓨터공학 박사를 취득했다. 퀄컴(Qualcomm) SW Engineering Manager, MIT 링컨 연구소 Staff Scientist를 거쳐, 현재 삼성SDS 연구소장으로 재직 중이다.

생성형 AI를 마주한 기업의 기대와 고민

PC나 태블릿, 스마트폰 등 인터넷과 연결되는 디바이스만 있다면, 누구든 생성형 AI를 접할 수 있는 시대가 왔다. 사람들이 가장 익숙하게 접하고 있는 생성형 AI는 ChatGPT다. 글로벌 IT 기업들도 생성형 AI 서비스를 새롭게 선보이고 있다. 구글에서는 바드(Bard)를, 마이크로소프트에서는 오픈소스처럼 활용할 수 있는 리서치 사이트인 오르카2(Orca2)를 선보였다. 메타는 자체 LLM이 가능한 수준의 코드가 있는 라마를 선보였는데, 이는 오픈소스 아키텍처를 갖추어 영향력이 크다. ChatGPT로 대표되는 오픈AI는 여전히 강자의 자리를 지키고 있다.

하지만 이는 생성형 AI의 일부일 뿐이다. 대형언어모델(Large Language Model, LLM), 기업 데이터, 미세조정(Fine-tuning), 프롬프트 엔지니어링(Prompt Engineering), 클라우드(Cloud), GPU(Graphics Processing Unit), 보안(Security) 등 겹으로 드러나지 않는 다양한 분야에서 생성형 AI를 활용하고 있다.

가장 중요한 것은 보안이다. 성능이 좋더라도 내부 정책 때문에 ChatGPT를 그대로 사용할 수는 없다. 데이터를 업로드하는 순간 생성형 AI의 학습 자료가 되기 때문이다. 이를 방지하려면 제한된 디바이스 내에서만 생성형AI를 활용하는 한편, 추가적으로 데이터를 암호화해야 한다.

기업들은 ‘생산성 제고’, ‘고객 서비스 향상’, ‘비용 절감’, 신규 사업 확장’ 등을 이유로 생성형 AI에 대한 기대를 갖고 있다. 생성형 AI를 적용한 워크플로우(workflows) 자동화로 단순 반복적인 작업에 소요되는 시간과 비용을 감축하고, 생성형 AI와 사내 시스템을 안전하게 연계하여 고객 서비스 적용과 함께 기업 데이터 활용을 확대하고자 한다.

기업을 위한 생성형 AI 도입 전략

많은 기업이 생성형 AI 서비스를 개발하고, 이를 비즈니스에 적용하기를 바란다. 하지만 현실적으로 기업 내에 AI/데이터 전문 인력을 확보하기란 쉽지 않다. 기존 구성원들의 관련 역량 개발도 어렵다. 생성형 AI 확대에 직면한 기업들은 ‘보안’, ‘정확도’, ‘비용’ 측면에 대한 고민이 깊다. 보안은 가장 큰 고민이다. 기업 내부의 고객 정보 등 민감한 데이터가 외부로 누출되는 것에 대한 우려, 그리고 악의적인 사용자로부터 데이터의 왜곡이나 무단 접근 등에 대한 걱정이 깊다. 부정확하거나 편향된 답변 생성에 대한 우려는 물론 LLM 사용료 및 인프라 리소스 비용에 대한 부담도 있다.

만약 생성형 AI 도입을 진지하게 고려하고 있다면, 기업 내부에 이와 관련한 TF를 조직해야 한다. 그리고 각 회사에 적합하도록 생성형 AI에 맞추어 차별화된 활용 사례를 만들어 가는 과정이 필요하다.

생성형 AI 도입 단계를 살펴보면,まずは 기술동향 분석이나 활용사례 검토 등 사전 검증이 시행되어야 한다. 그리고 본격적인 활용 사례 발굴이 진행되어야 한다. 각종 사례를 연구하고 요구사항을 분석하며, 활용 사례에 대한 모델링 및 개발 등을 수행하는 ‘활용사례 정의’는 본격적인 첫걸음에 해당한다. 다음으로는 생성형 AI에 대한 적합성 검토가 이루어져야 한다. 생성형 AI 교육 및 관련 업무 수행을 기반으로 ROI 등을 측정해야 한다. 그리고 다음 단계에서 솔루션/서비스별 벤치마킹을 포함한 생성형 AI 구현 계획을 수립한다. 이와 같은 생성형 AI 내부 준비도 평가를 마친 후에는 각 기업에 적합한 LLM 혹은 AI 서비스 플랫폼을 선정하고, 수집/전처리를 포함한 데이터 확보, 기업 내부 데이터 활용도에 따른 플랫폼/포털 구축을 진행한다.

생성형 AI 도입 방식 결정에 필요한 참고사항

이달의 명강연은 한국산업기술진흥협회에서 진행한 강연 중 우수강연을 선별해 소개합니다.



각 기업은 기업 데이터의 LLM 활용 목적과 범위, 보안 요구수준에 따라 생성형 AI 도입 방식을 결정할 수 있다. 자체 용도로 활용하는 내부 프라이빗 LLM을 구성해 기업 데이터의 외부 유출을 최소화할 수도 있고, 오픈AI나 제미니AI 등 외부 LLM 플랫폼을 통해 기업 데이터를 활용할 수도 있다. 다만 이 경우 LLM 제공업체에 전적으로 데이터를 의존하게 된다. 가장 강력한 대안은 외부 LLM과 연계한 하이브리드(Hybrid)형이라 할 수 있다.

각 기업의 사업 영역에 특화된 데이터를 활용해 특정 업무에 최적화된 LLM을 학습하려면, 미세조정 단계를 거쳐야 한다. 나아가 RAG(Retrieval-Augmented Generation)를 통해 응답의 신뢰성을 높인다. 이는 단어나 문장을 수학적인 벡터로 처리하고, 유사도 검색을 통해 검색을 더 쉽게 만드는 과정이다.

기업의 핵심 비즈니스를 생성형 AI와 통합하기 위해서는 기업 특화 데이터를 활용한 AI 모델 학습과 최적화가 필요하다. 각종 지침과 질문, 맥락을 활용하는 프롬프트 엔지니어링은 훈련기간이 없고 비용도 저렴하다. 하지만 전문성이 낮다는 한계가 있다. 가장 높은 수준의 전문성을 확보하려면 사전 학습 모델(Pre-trained Model)을 활용해야 한다. 다만 이 경우 더 긴 훈련기간과 더 높은 훈련비용이 필요하다. 삼성 SDS에서도 생성형 AI를 통해 기업의 업무생산성을 향상시키는 Hyperautomation 혁신을 진행 중이다. 이를 바탕으로 업무 효율화, 비용 절감 등은 물론 코드 품질 향상과 개발 생산성 증대 등 다양한 연계 사례를 확인할 수 있었다. **기술혁신**

신기술 NET 인증 기술

신기술(NET, New Excellent Technology)인증은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 운영하는 인증 제도로써 개발된 신기술의 상용화와 기술거래를 촉진하고자 도입되었다. 기업 및 연구기관, 대학 등에서 개발한 신기술을 조기 발굴하는 데 기여하고 있다.

- 신청자격: 신기술 인증을 받고자 하는 기업, 대학, 연구기관의 대표(장)
- 신청안내
 - 신청기간: 연 3회
 - 신청방법: 온라인 접수(<https://www.netmark.or.kr>)
 - 문의: 인증심사팀 02-3460-9023~9026

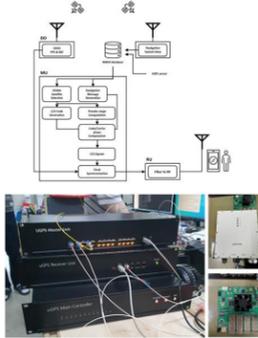


위성 시각 정보를 활용한 실내 GNSS 신호 생성 기술

회사명	(주)아이디씨티
주생산물	uGPS
인증기간	2023. 12. 13 ~ 2025. 12. 12
분야	정보통신

본 기술은 터널이나 실내(지하공간)와 같이 GPS 신호 음영지역에서 발생하는 실내측위 문제를 극복하고 인공위성과 동일한 GPS 신호를 발생시켜주는 신호발신장치 시스템이다. 외부와 실내 사이에서 끊임없이 연속적인 신호를 제공하고, 일반적인 GPS 수신기에서도 범용적으로 사용 가능한 기술이다.

- ① 원자시계, 세슘시계의 물리적 시각동기화 장비의 기능을 SDR(Software Defined Radio)를 통해 기능 구현 가능
- ② 발신기 신호 중첩시 시각 동기화(Time Sync) 기술을 적용하여 연속측위 가능

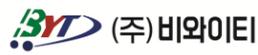
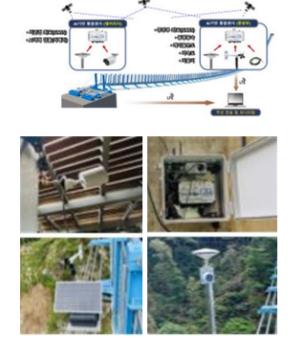


(공동)케이블 보도교 모니터링을 위한 다중센서와 AI 위험경보 시스템 기술

회사명	(주)케이블브릿지 / (주)에이치이에스 콘설턴트 / (주)이노온
주생산물	보행현수교 / 소프트웨어 IoT센서
인증기간	2023. 12. 13 ~ 2025. 12. 12
분야	건설환경

본 기술은 가속도계, 경사계, 데이터로거 및 GNSS 수신기가 포함된 AI 기반 통합센서와 GNSS 안테나, 온도계, 풍향풍속계의 통합 시스템이다. 각각의 센서에서 계속되는 데이터를 통합센서에서 일괄 수집 후 무선 LTE를 통하여 서버로 전송하는 케이블 보도교 특화 동적거동 모니터링이 가능하다.

- ① 단순화된 구조로 설치가 간편하고 데이터 안전성 우수
- ② 각각의 센서 간 Time Sync가 일치하는 시간 동기화된 데이터 수집 가능
- ③ 별도의 데이터 후처리 과정이 필요 없어 데이터 분석 용이

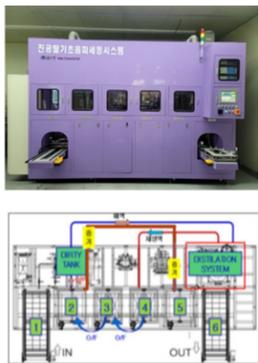


고재생물의 진공 탈기 초음파 세정 시스템 기술

회사명	(주)BYT
주생산물	진공초음파 메탈 클리닝시스템
인증기간	2023. 12. 13 ~ 2025. 12. 12
분야	기계소재

본 기술은 금속 가공품 제작과정(특히 이차전지 캔 가공)에서 사용되는 압연, 드로잉, 절삭, 타발공정에서 사용되는 유분 효과적인 진공탈기 초음파 정밀 클리닝 시스템 제작 기술이다. 또한 클리닝시 사용되는 탄화수소계 세정제의 탄소 배출을 최소화하기 위해 고순도 재생 및 재이용 효율을 향상시켰다.

- ① HCFC, HFC 같은 불소계와 TCE, MC 같은 염소계 세정제의 대체 가능
- ② 오염물질 제거율과 폐세정제 재생율을 극대화하여 재사용하므로 온실가스 배출 최소화

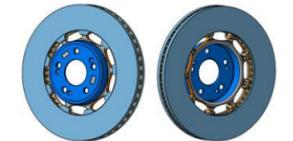


(공동)550MPa급 친환경·경량형 고강도 주철 하이브리드 브레이크 디스크 제조 기술

회사명	서한이노배터리(주) / 현대성우캐스팅(주) / 현대자동차(주)
주생산물	자동차 부품 (Halfshaft, Axle) / 브레이크 디스크, 플라이 휠 / 자동차
인증기간	2023. 12. 13 ~ 2025. 12. 12
분야	기계소재

본 기술은 기존 디스크(주철 디스크 & 알루미늄 하이브리드 디스크) 대비 중량 절감 및 제조 원가 절감형 디스크 최적화 설계 및 제작 기술이다. 또한 이종 재질(회주철-FC, 구상흑연주철-FCD)을 결합을 통한 하이브리드 디스크 제조가 가능하다.

- ① 디스크 제동 성능/품질을 위해 제동부는 기존 회주철(Gray Cast Iron) 재질을 유지 및 회주철 대비 고강도 소재인 구상흑연주철(Ductile Cast Iron) 재질을 적용하여 구조적인 박육화를 통한 디스크 제품 경량화

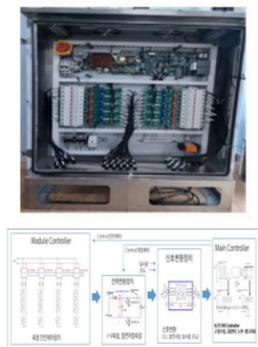


고장 조기검출을 통해 사고예방이 가능한 건물일체형 태양광시스템의 효율적 유지 보수 기술

회사명	(주)에스케이솔라에너지
주생산물	태양광 모듈
인증기간	2023. 12. 13 ~ 2025. 12. 12
분야	원자력

본 기술은 건물형 태양광 시스템의 정지 없이 누전 및 절연 파괴 검출이 가능한 스캐닝 기술이다. 건물형 태양광 어레이 중 고장이 발생한 스트링을 개별 차단하며, 개별 고장 점검이 어려운 건물일체형 태양광 특성을 고려하여 개별 모듈별 고장 검출이 가능하다.

- ① 절연 파괴 및 누전 스트링의 사전 차단을 통해 화재, 감전 등의 안전사고 예방 가능
- ② 개별 모듈 고장 검출 기능을 통해 현장 유지비용 절감 가능

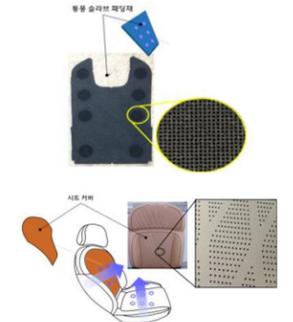


(공동)VOC 발생 저감을 위한 자동차 시트용 친환경 통풍 슬래브 패딩재 제조 기술

회사명	현대트랜시스(주) / (주)폼웍스 / (주)무진케미칼
주생산물	자동차 시트, 파워트레인 / 연질폴리우레탄폼 / 자동차용 신소재 의자제조업
인증기간	2023. 12. 13 ~ 2025. 12. 12
분야	기계소재

본 기술은 인체에 유해한 난연제를 사용하지 않고, 난연성이 향상된 친환경 원료를 제조할 수 있다. 통기성 확보 목적의 패딩재 조직 셀(Cell) 파괴를 화학적 공정(산소와 수소 불꽃 연소 폭발)이 아닌 물리적으로 직접 파괴 후 타공하는 친환경 패딩재 제조가 가능하다.

- ① TDI 통풍 폼과 동등 수준의 통풍 성능 497 L/min 확보
- ② VOC/냄새/담가 저감 및 난연제 미첨가 자체 난연성 확보로 친환경성 향상



신제품 NEP 인증 제품

신제품(NEP, New Excellent Product)인증은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 운영하는 인증 제도로서 국내에서 최초로 개발된 기술 또는 이에 준하는 대체기술을 적용한 제품을 인증하여 제품의 초기 판로를 지원하고 기술개발을 촉진하고자 도입되었다. NEP 인증마크를 부여받은 제품에 대하여 자금지원, 의무구매, 신용보증 등 각종 지원제도의 혜택을 제공하고 있다.

- 신청자격: 신제품 인증을 받고자 하는 중소기업, 중견 및 대기업의 대표
- 신청안내
 - 신청기간: 연 3회
 - 신청방법: 온라인 접수(<https://www.nepmark.or.kr>)
 - 문의: 인증심사팀 02-3460-9185~8



BY THE M

멜라노픽 조도 최적화를 위한 스펙트럼 변환 광학필름 적용구조 모듈을 적용한 LED 등기구

회사명	(주)바이더엠
주생상품	LED등기구, LED램프
인증기간	2023년 5월 17일 ~ 2026년 5월 16일
분야	전기-전자

본 제품은 QD 나노소재로 필름 및 사출제품의 광학부재 소재화 기술을 통해 조명의 사용 장소에 따라서 적합한 광의 파장과 세기를 조절할 수 있는 광요소 제어기가 가능하다. 광 스펙트럼 변환과 색온도 변화 및 연색성이 향상되었고, 유해한 파장은 강도를 줄이고 이로운 파장은 강도를 높이는 스펙트럼이 구성됐다.

- ① 조명의 시각적요소 외에 비시각적요소 성능 개선
- ② 직접조명방식은 Ra85.1 → Ra91.8로 7.89%, 간접조명방식은 Ra81.5 → Ra91.4로 12.15%로 향상



[직접 방식 조명]



[간접 방식 조명]

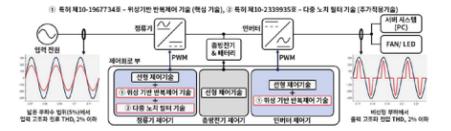


회사명	성신전기공업(주)
주생상품	무정전전원장치(UPS)
인증기간	2023년 5월 17일 ~ 2026년 5월 16일
분야	전기-전자

위상기반 주파수 적응형 고조파 저감 기술을 적용한 무정전전원장치(75kVA 이하)

본 제품은 무정전전원장치의 출력전압 THD를 2% 이하로 저감하는 위상기반 반복제어기술이다. 입력 혹은 비상전원의 주파수가 변동하여도 입력전류 THD를 2% 이하로 유지 및 제어하는 다중노치필터 기반의 입력전류 고조파 저감이 가능하다.

- ① 비선형 부하 조건에서도 입력전류 및 출력전압 THD를 2% 이하로 유지
- ② 메모리제어를 통해 전원의 위상을 실시간으로 추정하여 반복제어기의 오차 저장 시점과 동작 주기 조절

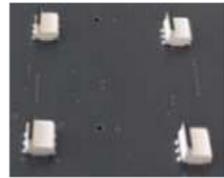


지향각이 조절된 LED PKG와 스넬의 법칙이 적용된 LENS를 활용한 에너지 절감형 전광판

회사명	(주)엘앤디테크
주생상품	LED 전광판, LED 모듈, LED
인증기간	2023년 5월 17일 ~ 2026년 5월 16일
분야	전기-전자

LED 모듈장치를 이용한 LED 전광판으로 에너지 절감을 극대화한 발광 기술을 사용했다. PKG와 빛 반사판을 융합시킨 입체 구조 LED소자를 통해 불필요한 빛 방출을 제어하고, 하프돔 형태 LENS를 통해 상부광을 차단해 눈부심 문제를 해결했다.

- ① PKG 양산 시 0.05mm의 이격거리를 형성하여 wire 돌출 및 휘도편차, 지향각 불균형 등의 문제 개선
- ② 50m 거리에서 광도달량 측정 시 원거리에서의 효과 보유
- ③ 기존 제품 대비 소비전력은 약 46.1% 절감, 휘도는 약 16.5% 향상



회사명	(주)솔지
주생상품	산업용 여과기
인증기간	2023년 5월 17일 ~ 2026년 5월 16일
분야	기계-소재

건조 질소를 이용한 회전 디스크형 수분 제거 정유기

본 제품은 다공성 멤브레인 필터를 이용해 선택적 투과에 의한 건조 질소 퍼징 시스템을 통해 건조 질소를 생성한다. 윤활유와 건조 질소의 접촉면적을 넓혀 수분제거 효율을 극대화했고, 고점도 오일을 포함한 모든 종류 오일에 적용 가능하며, 3가지 형태(자유, 유화, 용해)의 모든 수분을 제거 가능하다.

- ① 수분 제거 및 진공에 의한 첨가제 소실 및 가열로 인한 오일 열적열화를 예방
- ② 터빈유의 잔류 수분 함량 50ppm 이하로 점도가 높은 오일의 수분 제거



duoPIX-ray

자동화 검사를 위한 비정질 실리콘 고해상도 동영상 엑스레이 디텍터

회사명	(주)듀오픽스레이 (舊, (주)바이오센스텍)
주생상품	엑스레이 디텍터 (산업용-의료용)
인증기간	2023년 5월 17일 ~ 2026년 5월 16일
분야	전기-전자

본 제품은 3세대 엑스레이 영상센서와 이를 최적으로 구동하고 디지털 영상화하는 구동회로-하드웨어-소프트웨어 기술로, 제로 수준의 Dark 값을 유지하고 높은 감도의 영상 구현이 가능하다. 또한 "Fill The Max"라는 고개구율 영상센서 설계 기술과 공정기술을 적용하여 기존 대비 더 높은 포도다이크로드 유효면적을 구현했다.

- ① 73μm 픽셀 크기임에도 초당 50 프레임의 초고속 동영상 엑스레이 영상
- ② 3세대 TFT 영상센서를 기반으로 기존 디텍터 대비 높은 감도-해상도를 확보

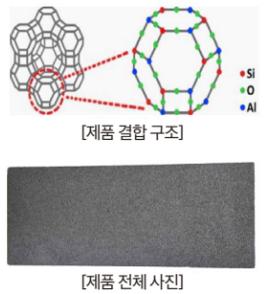


회사명	부림산기(주)
주생상품	무기물 발포유리 내외장재
인증기간	2023년 5월 17일 ~ 2026년 5월 16일
분야	건설-환경

건식발포 기술이 적용된 건축 외장재용 대면적 발포유리 보드(1,200X600X30mm 이하)

본 제품은 성형몰드 내 용융 발포유리의 최적 유동성 및 발포 안정성을 고려한 성형몰드 설계기술 확보를 통해 대면적 발포유리 보드 상업화 제조가 가능하다. 발포 공법 개선(습식발포 → 건식발포)에 따른 양산화 기술을 실현했다.

- ① 무기소재의 특성을 활용한 불연 건축자재로 화재에 안전하며, 유리섬유와는 다른 고형의 형태로 처짐 현상이 없음
- ② 전기 사용 대비 연료 비용을 2~30% 절감 가능하고 900℃ 이하로 저온 소결 공정이 가능





대한민국 엔지니어상

대한민국 엔지니어상은 산업현장에서 기술혁신을 통하여 국가경쟁력 및 기업의 발전에 크게 기여한 우수 엔지니어를 발굴·포상하는 상입니다.

신청 방법

- **신청대상:** 기업의 엔지니어로서 최근 3년 이내의 공적이 우수한 자
- **포상내용:** 과학기술정보통신부장관상 및 트로피, 상금 500만 원
- **추천서 접수 기간 및 방법:** 연 2회, 온라인 접수(http://www.koita.or.kr/month_eng/)
- **문의:** 시상운영팀 02-3460-9193

March

메가와트(MW)급 직류전원 공급시스템 개발



이덕수
HD현대일렉트릭(주)
책임연구원

이덕수 HD현대일렉트릭(주) 책임연구원은 전력설비 제조분야 전문가로서 메가와트(MW)급 직류전원 공급시스템의 개발 및 국내 직류배전* 기술을 고도화하고 국내외 사업 진출에 기여한 공로를 인정받았다.

이덕수 책임연구원은 전력시스템 분야에서 20년 이상 연구개발 활동을 지속해 온 전력계통 엔지니어다. 지능형 전력망, 직류배전 시스템 분야에서 총 17건의 특허 출원과 40여 건의 연구개발 과제를 수행했다.

직류배전 관련 규격, 기준 및 표준화, 직류전기 공급약관이 제정되어 있지 않은 상황에서 메가와트(MW)급 빌딩용 직류전원 공급시스템의 전체 구성을 설계했다. 전력 변환 장치 및 반도체 차단기 등의 핵심 전장품도 개발했다. 이로써 직류 시스템의 보호 협조 체계 구축 등의 연구 개발과 직류전원 공급 시스템 설치, 사용 전 검사 및 성능 검증 등의 과정을 통해 순수 독자기술로 상용빌딩 직류전원 공급 상용화에 성공했다. 이는 HD한국조선해양, 한국전력공사 및 한국전기연구원과의 협력을 통해 이뤄낸 대한민국 전력 산업에서 매우 중요한 성과다. 직류전원 공급을 통해 연간 10% 이상의 전력에너지 및 38톤의 온실가스 배출을 절감할 수 있다. 또한 직류배전망의 확대 보급을 위한 장기 실증운영 데이터를 확보하고 제도 수립을 위한 기반을 구축했다.

현재 이덕수 책임은 전력용변압기, 고압차단기, 중저압 차단기 등 전력기기 신뢰성 향상을 위한 기반기술을 개발하고 있다. 신재생 에너지원의 보급을 확대하기 위해 적극적으로 연구개발에 집중하고 있다.

March

국제 표준 규격 (CEN/XFS*)에 부합하는 금융자동화기기 플랫폼 개발



이현석
(주)에이텍에이피
수석연구원

이현석 (주)에이텍에이피 수석연구원은 자동화 솔루션 IT 분야 전문가로서 국제 표준 규격(CEN/XFS*)에 부합하는 금융자동화기기 플랫폼을 개발하는 등 금융권의 디지털 전환 가속화에 기여한 공로를 인정받았다.

이현석 수석연구원은 1999년 12월 LG전자에 입사하여 현재 에이텍에이피에 이르기까지 약 23년간 금융 단말기 및 자동화 장비에 대한 소프트웨어 개발업무를 수행하였고, 다수의 신규 제품을 성공적으로 출시하였다. 2000년대 초반까지 대일 의존도 100%였던 지폐 환류 기술을 독자 개발하고 상용화하는 과정에서, 소프트웨어 개발자로서 기술적 독립성을 확보했다. 이를 통해 대일 무역 역조를 개선했으며 각국으로 제품을 수출해 국가의 위상을 높이는 데에도 기여했다.

또한 2010년 국제표준규격(CEN/XFS)에 부합하는 금융자동화기기 플랫폼을 개발하여, 국제시장에 적합한 해외 전용 제품을 개발하고 수출했다.

2016년 부산은행을 시작으로 우체국, 기업은행, 농협은행의 스마트ATM을 개발하였다. 또한, ATM의 기본업무인 현금 거래에 국한되지 않고, 생체 바이오 인증, 화상 상담 기능과 고도화된 음성인식, 인공지능 기술 등을 기반으로 계좌 개설과 카드 및 통장의 발급 등 창구에서만 수행되었던 각종 은행 업무를 자동화하여 4차 산업혁명 시대의 디지털 점포를 선도할 수 있는 스마트 ATM 제품 상용화에 기여하였다. 앞으로도 금융뿐만 아니라 자동화가 필요한 다양한 분야에서 차별화된 기술개발을 위해 지속적으로 노력할 예정이다.

* CEN/XFS : 유럽 표준화위원회가 제정한 표준

April

MRAM 및 eMRAM의 생산 및 에너지 효율 개선



한신희
삼성전자(주)
수석연구원

한신희 삼성전자(주) 수석연구원은 비휘발성 메모리* 공정 분야 전문가로서 차세대 메모리로 주목받는 MRAM** 및 eMRAM***의 생산 및 에너지 효율 개선 등 반도체 산업 기술혁신에 기여한 공로를 인정받았다.

한신희 수석연구원은 차세대 메모리 반도체 분야에서 16년 이상 연구 개발 활동을 지속해 온 엔지니어다. 삼성전자 입사 후 미래를 선도하는 차세대 개발에 공헌하여 실제 제품 양산까지 성공했으며, 세계 유수 학회에서 28건의 논문 및 학회 실적과 20여 개의 특허를 보유하고 있다. 주력해 연구한 비휘발성 메모리인 MRAM(자기 저항 메모리)의 개발과 상용화는 파운드리**** 분야에서 매우 중요한 성과다. 기존의 대표적인 비휘발성 내장형 메모리의 경우 28nm(나노미터) 이하 미세 공정에서는 구현이 어려워 향후 대체 기술 개발이 필요하다. 현재 자율 주행, 전기 자동차, 소프트웨어 제어 고도화 등으로 자동차 시장에서 고성능 반도체와 비휘발성 메모리 수요가 증가하고 있어, 향후 자동차용 반도체의 중요 기술로 자리할 것이다.

* 비휘발성 메모리: 전원이 꺼진 상태에서 저장된 데이터를 계속 유지해 대기 전력을 소모하지 않으며 데이터 기록 시 필요한 동작 전압도 낮아 전력 효율이 우수한 메모리

** MRAM(Magnetic Random Access Memory, 자기 저항 메모리): 자기 저항을 이용하여 만든 비휘발성 고체 메모리로 DRAM 수준으로 속도가 빠르다는 특성을 가짐

*** eMRAM(내장형 MRAM): 내장형 자기 저항 메모리

**** 파운드리(foundry): 외부에서 제품 설계를 넘겨받아 반도체를 생산하는 일

April

LNG 운반선용 초저온(영하 196도) 버터플라이밸브 개발



박용대
피케이밸브앤
엔지니어링(주)
수석연구원

박용대 피케이밸브앤엔지니어링(주) 수석연구원은 종합밸브 제조 분야 전문가로서 고부가가치 LNG 운반선용 초저온(영하 196도) 버터플라이밸브*를 개발·국산화에 기여한 공로를 인정받았다.

박용대 수석연구원은 종합밸브 제조 분야 전문가로서 주로 특수 목적용 밸브를 연구개발하고 있다. 특히 LNG 운반선용 초저온(영하 196도) 버터플라이밸브를 개발하며 국내 조선업의 경쟁력 향상에 크게 공헌한 엔지니어로 평가받고 있다.

지난 2017년까지 국내 3대 대형조선소는 유럽으로부터 초저온용 버터플라이밸브를 전량 수입하여 LNG 운반선 건조 작업을 진행했다. 이후 2018년에 피케이밸브앤엔지니어링이 초저온용 버터플라이밸브를 개발함으로써 수입 대체가 가능하게 되었고, 현재는 시장점유율이 80%까지 확대되어 2023년 기준 누적 약 1,700억 원의 수입대체 효과를 달성하였다.

초저온 버터플라이밸브를 개발하면서 100bar 이상의 고압 조건에서도 사용할 수 있는 기술 등 관련된 특허를 2건 등록했다. 이는 박용대 수석연구원과 피케이밸브앤엔지니어링만의 독자 기술이며, 차세대 버터플라이밸브의 기술적 도약을 위한 기틀이 될 것으로 보인다.

박용대 수석연구원은 최근 LNG를 연료로 사용하는 엔진에 필요한 가스밸브유닛도 개발했으며, 메탄올과 암모니아용 엔진에 필요한 연료공급장치 개발에 매진하고 있다.

* 버터플라이밸브(butterfly valve): 밸브 관내 원판 중심선을 축으로 원판이 회전함에 따라 개폐가 이루어지는 밸브



IR52 장영실상 (9주~16주)

9주 삼성디스플레이(주), (주)원익IPS, (주)필옵틱스

대형 오엘이디(OLED) 진공 레이저 드릴 (Laser Drill) 장비



삼성디스플레이 명승호, 김장규 수석연구원, 원익IPS 김선혁 연구위원, 필옵틱스 최정수 수석이 개발한 진공 레이저 드릴 장비이다. 전면 발광방식 OLED는 패널면적이 증가하면 IR Drop으로 인해 휘도불균일이 나타났다. 해당 장비는 이를 방지하기 위해 IR Drop 현상을 완화하는 설비다. 중대형 OLED 패널의 휘도균일도를 높이고, 구동전압을 저감시키는 기능을 가졌다.

11주 롯데케미칼(주), 현대자동차(주)

폐생수통을 재활용한 친환경 자동차 내장 부품



롯데케미칼 정희훈 책임연구원, 이유진 대리, 현대자동차 이한기, 박주성 책임연구원이 개발한 자동차 부품은 폐생수통을 기계적 재활용 공정을 거쳐 생산한 폐플라스틱이 적용된 친환경 내장 부품이다. 해당 제품은 폐기물 소각과 매립비용 절감 및 탄소 저감 효과가 우수하다. 폐플라스틱의 기계적 물성 저하를 극복한 고내열, 고충격, Low VOCs 소재로 자동차 내장 부품 신뢰성 기준을 모두 만족할 수 있는 소재이다.

10주 (주)프로티나

베네피(VenEffi) - 개인별 항암제 투여 효과 예측을 위한 단백질 복합체 분석 솔루션



이홍원 CTO, 최병산 CRO, 홍샘 선임연구원이 개발한 단백질 복합체 분석 솔루션 베네피는 단일분자 이미징의 검출능력과 머신러닝 기반의 진단 알고리즘으로 급성골수성백혈병 환자의 표적항암제 vendexta의 반응성을 사전에 예측하는 첨단 의료기술이다. ELISA 기술 대비 최대 100배 이상, 글로벌 경쟁 기술 대비 최대 2배 높은 민감도를 제공하여 소량의 임상 검체를 정량적으로 분석하는데 탁월하다.

12주 엘지전자(주)

엘지(LG)휘센 오브제컬렉션 아트콜



정지찬, 이동규, 최석호, 정유현 책임연구원이 개발한 인테리어 에어콘은 국내 최초로 27인치 LCD 화면 '커버스크린'을 탑재했다. 액자나 예술 작품 같은 인테리어 오브제 역할을 하며, 취향에 따라 다양한 커버 스크린을 선택할 수 있다. 또한 저소음 터보팬을 통해 3방향 공간 전체 냉방, 간접바람으로 차별화된 냉방성능을 제공하고 자동·셀프 청정관리로 에어컨을 더욱 위생적으로 관리가 가능하다.

신청방법

- 신청대상: 국내에서 개발된 신제품 중에서 접수 마감일 기준 최초 판매일이 5년을 경과하지 않은 제품
- 신청방법: 온라인 신청(<http://www.ir52.com/>)
- 문의: 시상운영팀 02-3460-9189

13주 (주)디알텍

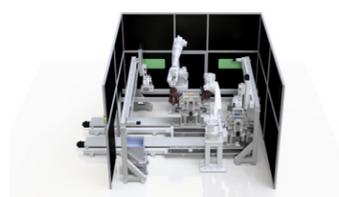
배관 용접부 방사선 검사를 위한 벤티블(Bendable) 디지털 디텍터



문범진 전무이사, 김형식 수석연구원, 길용철 선임연구원, 양대연 책임연구원이 세계 최초로 개발한 더블 디지털 디텍터는 배관 용접부의 품질 검사를 위한 방사선 센서이다. 배관 용접부를 투과한 방사선 신호를 수집하여 용접부 내/외부 구조를 디지털 영상으로 제공하고 용접 시 발생할 수 있는 결함(기공, 결절 등)을 검출한다. 또한 PC 모니터를 통해 실시간으로 확인하며 검사 대상물의 품질을 즉시 판단할 수 있다.

15주 현대자동차(주), 기아(주)

전기차 배터리 사전위치결정 듀얼 용접 시스템



기아 오준동 상무, 현대자동차 이영석, 배준혁 책임매니저, 박종민 매니저가 개발한 듀얼 용접 시스템은 전기차 시대에 대응해 현대차그룹에서 독자 개발한 용접 시스템이다. 모든 타입의 배터리에 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 사전 위치결정을 통해 물류 시간을 제로화하는 솔루션은 타제품 및 타 산업에도 적용이 가능하다. 자동 화재 배출이 가능하여 생산 손실이 최소화되며 유독 가스나 화상 등으로 인한 2차 피해 예방이 가능하다.

14주 (주)서흥

저분자콜라겐펩타이드에스에이치(SH) 기반한 이너뷰티 건강기능식품



박근덕 연구소장, 김경석 수석연구원, 박소정 책임연구원이 개발한 이너뷰티 제품은 식품의약품안전처로부터 '피부 보습에 도움을 줌, 자외선에 의한 피부손상으로부터 피부건강을 유지하는데 도움을 줄 수 있음'의 기능성을 인정받은 저분자콜라겐 펩타이드SH를 주원료로 사용했다. 시험관 및 동물시험을 통해 여러 과학적 메커니즘을 규명했고 인체적용시험 결과, 피부 건강 관련 10가지 항목에서 대조군 대비 유의적 개선을 보였다.

16주 (주)메디컬에이아이

좌심실수축기능부전을 선별하는 심전도 분석 AI 소프트웨어(에티아 엘브이에스디(AiTiALVSD))



권준명 CTO, 한운, 조용연, 이민성 그룹장이 개발한 심전도 분석 AI 소프트웨어는 환자로부터 측정된 심전도를 인공지능 기술로 분석해 심부전의 일종인 좌심실수축기능부전(Left Ventricular Systolic Dysfunction, LVSD)을 진단 보조하는 의료기기 제품이다. 해당 제품을 통해 조기 진단이 어려운 심부전 환자의 골든타임을 놓치지 않는 데 기여할 것으로 예상된다.

농사짓고 자율 차 달리고 우주 터미널 세우고... '신석기~산업혁명 ~SF 미래' 공존하게 될 '달'

글. 안경애 디지털타임스 ICT과학부장

ICT와 과학기술 분야를 20년 이상 현장에서 취재해 왔으며, 현재 디지털타임스 ICT과학부장을 맡고 있다. 과학기술, 소프트웨어, 인공지능, 클라우드, 바이오 등 기술개발과 산업현장을 들여다보고 있다.



<NASA>

달 주변을 타원궤도로 돌게 될 루나 게이트웨이 상상도

앞으로 수년에서 수십 년 안에 인류가 가장 놀라운 도전을 하는 공간은 어디일까. 바로 달이다. 흥미로운 것은, 지구에서 인류가 신석기부터 21세기까지 쌓아온 모든 경험과 지식을 달에서 압축적으로 풀어낼 것이란 점이다. 물을 찾고 식량을 자급자족하기 위해 농사를 지으며, 에너지를 얻기 위해 자원을 발굴하고 안전한 거주 공간과 산업시설 마련하는 것부터, 로켓을 날리고 우주 터미널을 가동하고 더 먼 행성으로 탐사를 떠나는 등 최소 수십 세기에 걸쳐 일어날 법한 일들이 달에선 불과 수십 년 안에 벌어질 전망이다.

수십 세기 이어온 문명 변화, 수십 년 내 개척에 도전한다

2030년, 황량한 달 표면을 마치 영화에 등장할 것만 같은 탐사 차량이 달린다. 그에 앞서 2026년에는 달에서 농사를 짓는다. 1972년 아폴로 17호 이후 50년 만에 다시 달을

밟은 사람들은, 최초의 '달 농사꾼'이 될 예정이다. '지구 밖에서의 삶'을 준비하는 인류는 첫 실전 테스트의 장이 될 달에서의 생활을 차근차근 준비하고 있다. 이는 달에서 시작해 심우주로 인류의 정착지를 넓히는 것을 목표로 하는, 미 항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration) 주도의 국제 공동 프로젝트 '아르테미스'의 일환이다. 프로젝트가 성공적으로 진행되면 2030년대에는 달을 중간 기지로 해서 화성으로 향하는 도전을 시작한다. 갈수록 황폐해질 것으로 보이는 지구를 대신할 또 하나의 문명 거점을 개척하는 '21세기의 신대륙 찾기'다.

최초의 '달 농사꾼' 2년 후 등장한다

지난 3월, NASA는 2026년 아르테미스 3호 미션에서 우주비행사들이 달 남극 지역에 설치할 과학실험 장치 3개를 발표했다. 화성까지 내다보고, 달에서 사람이 상주하는 기지를 건설하기 위한 준비 작업의 일환이었다.

그중 눈길을 끄는 것은 '농작물에 대한 달 영향 측정기(LEAF, Lunar Effects on Agricultural Flora)'다. 이는 달 환경에서 어떻게 작물이 자라는지를 연구하기 위한 장치다. 이를 활용해 우주 방사선에 노출되고 중력이 지구의 6분의 1에 불과한 달에서, 어떻게 식물이 광합성하고 성장하는지, 스트레스 반응은 어떠한지를 관찰하는 최초의 실험이 이뤄진다.

LEAF 기기의 중요성은 달에서의 식량 자급자족 가능성을 확인해 준다는 데 있다. 지구에서 일일이 식량을 보내지 않아도 된다면 우주탐사의 부담이 훨씬 적어진다. NASA뿐 아니라 유럽우주국(ESA, European Space Agency)도 달에서 수경재배 등을 통해 작물을 키우는 연구를 수행하고 있다. 중국사회과학원도 지구보다 중력이 훨씬 약한 우주정거장에서 벼를 키우는 실험을 했다. 2019년에는 달 뒷면에 착륙한 탐사선인 '창어(嫦娥) 4호'에서 목화씨를 발아시키기도 했다.

'달에 숨겨진 물을 찾아라'

2년 후 NASA가 달로 보낼 나머지 두 가지 실험 장치는, 달 환경 모니터링 스테이션(LEMS, Lunar Environment Monitoring Station)과 달 유전체 분석기(LDA, Lunar Dielectric Analyser)다. 달 유전체 분석기는 전기장을 이용해, 달 표면에 존재할 것으로 보이는 얼음을 찾는 기기다. 얼음을 찾으면 물을 얻을 수 있다. 이는 식수와 농사용 물, 그리고 로켓의 산화제 등으로 이용된다. 과학자들은 아르테미스 3호가 착륙할 달 남극에, 지형 특징 때문에 365일 해가 들지 않는 '영구음영 지역'이 있을 것으로 본다. 여기에 물이 얼음 상태로 보존되어 있을 가능성이 크다.

LEMS는 달의 지진파를 추적하는 일종의 지진계다. 이 장치를 통해 달의 지각과 맨틀의 구조를 분석하게 된다. 이 세 가지 장치는 달에 이어 향후 화성 탐사에 나설 때도 유용하게 쓰일 가능성이 높다.

이 장치들을 달에 가져가는 것 외에도, 2026년의 아르테미스 3호 미션은 여러모로 역사적인 도전이 될 전망이다. 아르테미스 3호는 1972년 12월 아폴로 17호 이후 50여

<ESA>



그림 1

미래에 구축될 달 기지의 모습

년 만에 처음으로 인류를 달 표면에 내려놓게 된다. 달에 내리는 4명의 우주비행사 중에는 사상 처음으로 여성과 유색인종이 포함되어 있다.

아르테미스 3호 우주비행사들은 달 궤도를 도는 우주정거장 '루나 게이트웨이'와 '스타십 HLS'를 만난다. 루나 게이트웨이는 우주선이 달에 가기 전 머무는 정거장 역할을 한다. 달과 화성 탐사 임무를 위한 집결지인 동시에 출발지인 것이다. 우주 승무원을 위한 거주지로 필요한 장비와 자원도 제공한다.

여기에는 전력, 통신, 궤도 유지를 위한 추력을 제공하는 전력·추진 모듈, 보급품·장비 보관 공간, 주거 모듈(HALO, Habitation and Logistics Outpost), 승무원 추가 생활공간, 과학연구 국제협력력이 이루어지는 국제 주거 모듈(I-HAB, International Habitation) 등이 갖춰진다.

아르테미스 3호를 타고 달로 날아간 우주비행사들은 오리온 우주선을 타고 루나 게이트웨이에 가서, 먼저 와 있는 스타십 HLS와 도킹할 예정이다. 지구에서 로켓에 실려 날아온 오리온 우주선이 도킹하면, 우주인들은 달 착륙선인 스타십 HLS로 옮겨 타는 것이다. 스타십 HLS로 갈아탄 뒤에는 달의 남극에 내린다. 이후 여기에서 미세중력 환경을 실험하고, 달 환경에 관해 연구하는 등 많은 일이 이루어진다. 임무를 마치고 나서는 다시 스타십 HLS로 루나 게이트웨이로 돌아온 후, 오리온 우주선으로

〈ESA〉



그림 2
달 주변에 설치될 루나 게이트웨이의 핵심 구성품인 주거 모듈 HALO

움겨 타 지구로 귀환하게 된다.

루나 게이트웨이의 주거 모듈인 HALO는 작년 10월 이탈리아 토리노에서 용접을 끝내고 언론에 공개됐다. 이 모듈은 루나 게이트웨이를 형성하는 첫 번째 구성 요소다.

달에서 달리고, 달에서 살고

2028년 예정된 아르테미스 4차 임무에서는 통신, 발전, 방사선 차폐 등을 갖추는 달 기지 건설을 본격적으로 시작한다. 이후 2030년에는 달 기지 주변에서 차가 달릴 예정이다. 아르테미스 5차 임무와 맞물려서는 달에 달 탐사 차(LTV, Lunar Terrane Vehicle)가 투입된다. 최근 NASA는 달 표면을 돌아다니며 탐사에 쓰일 LTV의 제작사 후보 기업 3곳을 선정해 발표했다. 후보 기업은 인튜이티브 머신스, 루나 아웃포스트, 아스트로랩이다. 이들은 앞으로 1년 동안 NASA의 요구 사항을 충족하는 시스템을 개발하게 된다. 이후 NASA는 성능과 안전성을 검증해 한 곳을 선정하고, 계약을 맺을 계획이다. 계약기간은 2039년까지다.

이들이 개발하는 차량은 극한의 우주 환경을 견딜 수 있어야 한다. 달은 중력이 지구의 6분의 1 정도이고, 온도가 영하 170도에서 영상 120도를 오간다. 여기에서 강력한 방사선을 견디며 모래땅 위를 주행해야 한다. 최고 시속 15km로 달리고, 한 번에 8시간 정도는 주행할 수 있어야

〈NASA〉



그림 3
달 탐사 차량의 주요 구성

한다. 차량에는 전력 관리를 비롯해 자율주행, 통신, 내비게이션 등 첨단기술이 적용된다. 우주비행사가 달에 없을 때는 원격으로 작동된다.

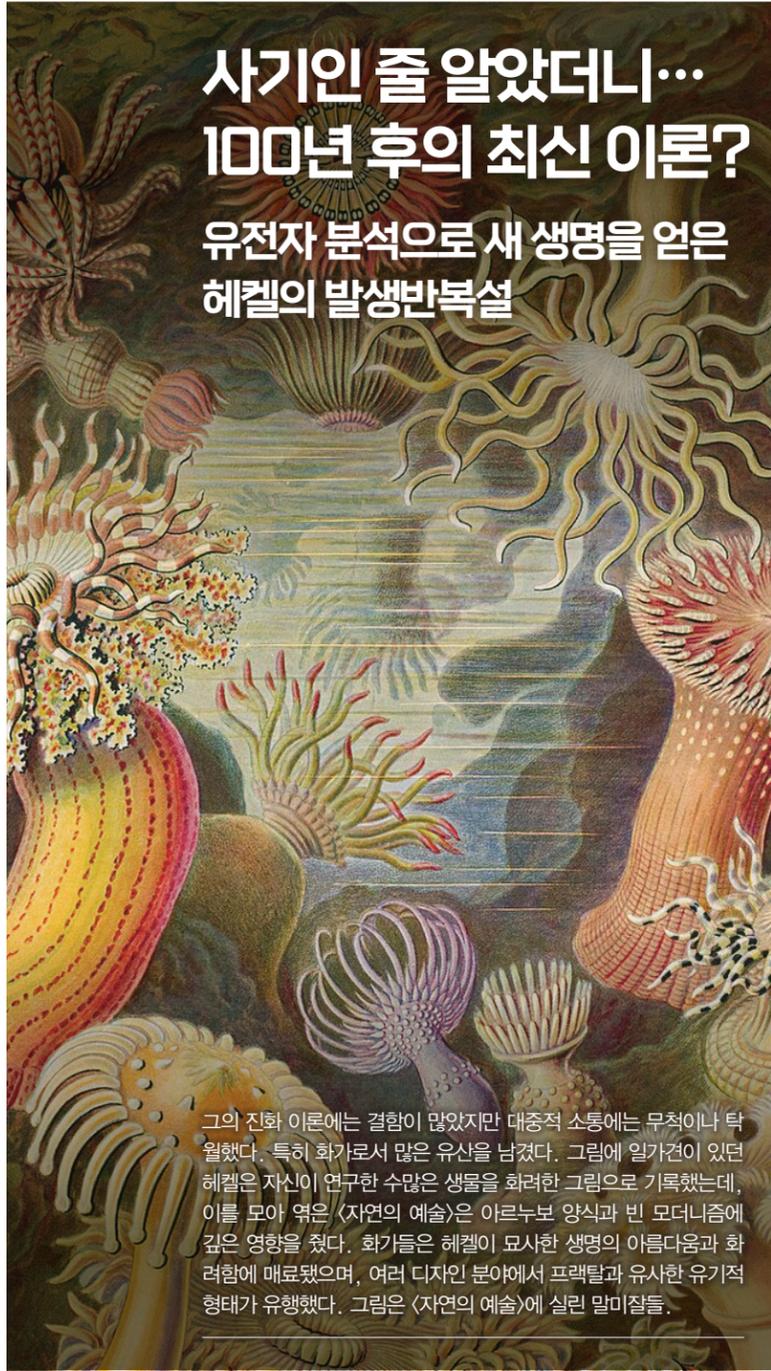
바네사 와이치 NASA 존슨우주센터 소장은 “이 차량은 달 표면을 탐사하고 과학 임무를 수행하는 우주비행사의 능력을 크게 향상하는 동시에, 임무를 위한 과학 플랫폼의 역할도 할 것”이라고 말했다.

선정된 기업은 차량 공급이 아닌 모빌리티 서비스를 제공하는 형태로 계약을 맺는다. NASA에 필요한 서비스를 제공하지 않는 시간에는 자체적인 상업적 활동을 할 수 있다는 의미다. 그 누구도 해보지 못한 ‘문 모빌리티 서비스’가 등장할 것으로 기대된다. 이 가능성을 보고 3개 기업 외에도 보잉, 미쉐린, 록히드마틴, 제너럴모터스(GM), 굿이어, 액시엄 스페이스, 오디세이 스페이스 리서치 등 우주부터 항공기, 자동차, 타이어, 방산 기업들이 총집결했다.

달 다음은 화성으로 간다

물과 식량, 탈것을 확보하고 우주기지를 지어 우주 건축까지 정복하면, 다음 목표는 일반인도 달에 사는 ‘달 정착’이다. NASA는 일반인도 살 수 있는 주거단지를 2040년까지 달에 건설한다는 계획을 세웠다. 이후에는 달을 거점으로 해서 화성으로 가는 ‘문투마스(Moon to Mars)’ 미션에 도전한다. **기술·혁신**

사기인 줄 알았더니... 100년 후의 최신 이론? 유전자 분석으로 새 생명을 얻은 헤켈의 발생반복설



그의 진화 이론에는 결함이 많았지만 대중적 소통에는 무척이나 탁월했다. 특히 화가로서 많은 유산을 남겼다. 그림에 일가견이 있던 헤켈은 자신이 연구한 수많은 생물을 화려한 그림으로 기록했는데, 이를 모아 엮은 <자연의 예술>은 아르누보 양식과 빈 모더니즘에 깊은 영향을 줬다. 화가들은 헤켈이 묘사한 생명의 아름다움과 화려함에 매료됐으며, 여러 디자인 분야에서 프랙탈과 유사한 유기적 형태가 유행했다. 그림은 <자연의 예술>에 실린 말미잘들.

글. 김택원 과학칼럼니스트

서울대학교에서 과학사를 전공하고 동아시아학의 기자, 편집자로 활동했다. 현재는 동아시아학에서 독립한 동아에스앤씨에서 정부 출연 연구기관 및 과학 관련 공공기관의 홍보 커뮤니케이션 업무를 지휘하며, 다양한 매체에 과학 기술 관련 글을 기고하고 있다.

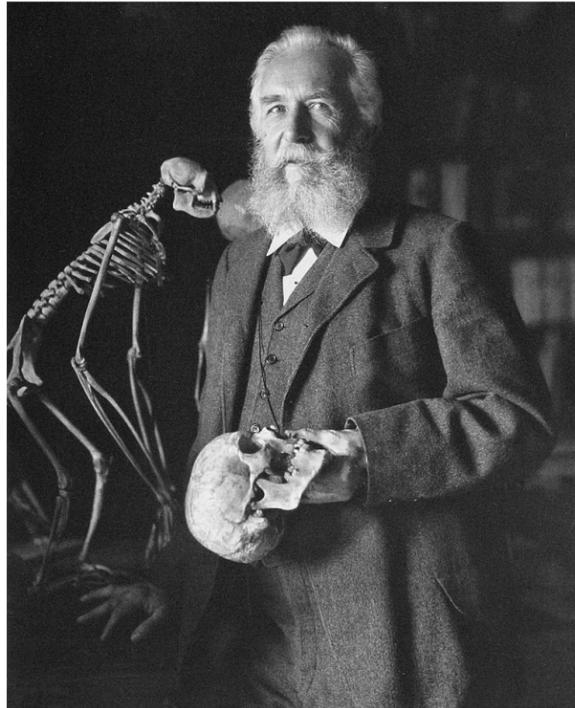
20세기 초, 과학계가 인간계놈프로젝트로 들쭉이는 동안 생물학의 한 구석에서는 조용하지만 거대한 변화가 일어나고 있었다. 이 변화는 바로 진화생물학과 발생생물학을 한데 묶은 ‘진화발생생물학’이었다. 일명 이보디보(Evo-Devo)라고도 불리는 이 신생 분야는 물과 기름처럼 여겨진 두 분야를 하나로 통합하려는 시도였다. 진화와 발생은 20세기 내내 별개의 분야처럼 여겨졌으며 거의 독립적으로 발전했다. 그런데 1984년 초파리에서 ‘호메오박스(Homeobox)’라는 유전자가 발견되면서 발생과 진화의 관계가 재조명 받기 시작했다. 호메오박스는 발생 과정을 조절하는 여러 유전자들이 공유하는 DNA 염기서열이다. 호메오박스는 여러 생물종의 발생 과정에서 비슷한 역할을 수행하는데, 이는 발생과정에 진화의 흔적이 남아있음을 뜻한다. 최신 유전자 분석 기술이 개체의 발생과 생명의 진화를 하나로 연결한 것이다.

놀랍게도 100년도 더 전인 진화학의 태동기에 에른스트 헤켈(Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834~1919)은 진화발생생물학을 정확하게 예견한 바 있다. 더 놀라운 점은 헤켈의 예견이 실은 ‘과학적 사기’에 가까웠다는 점이다.

“진화는 형태의 변화다”

20세기에 학창시절을 보낸 사람이라면 중고등학교 생물 교과서의 진화 단원에 실린 ‘개체 발생은 계통 발생을 반복한다’는 문구와 어류부터 사람까지, 여러 척추동물이 배아에서 발생하는 과정을 비교한 그림을 기억할 것이다. 교과서에서는 이 그림에 묘사된 척추동물의 발달 초기 형태가 비슷하다는 점을 진화의 근거 중 하나로 제시한다. 이 익숙한 그림이 바로 과학계의 대표적인 ‘사기’로 비난 받는 헤켈의 작품이다.

헤켈은 수많은 종을 발견하고 생물의 계통도를 작성해서 생태학과 분류학의 기초를 쌓았다. 그는 과학부터 의학, 예술, 철학까지 관심사가 넓었으며 과학자로서 직관도 대단히 뛰어났다. 근거가 빈약하다는 이유로 과학자 사회에서도 진화가 이론으로 받아들여지지 못하던 시절,

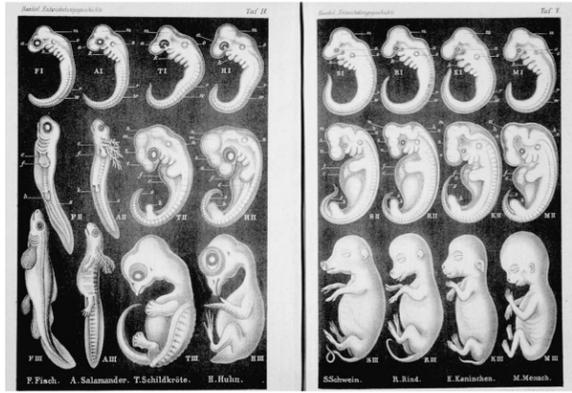


1906년 촬영된 말년의 헤켈. 그는 생물학자로서 분류학과 생태학, 진화학, 발생학에 걸쳐 수많은 업적을 남겼지만 정직하지 못한 행동으로 비판을 받기도 했다.

단세포생물인 깃편모충이 다세포생물의 조상임을 간파했을 정도였다.

깃편모충은 바다나 강, 호수의 표층에서 생활하는 단세포생물로 길게 뻗어 나온 편모로 헤엄치며 박테리아와 같은 원핵생물을 잡아먹는다. 이들은 혼자 생활하다가 먹이를 발견하면 분열을 일으켜 군집을 형성한다. 헤켈은 이 군집이 척추동물 발생 초기에 나타나는 ‘배엽’ 구조와 유사하다는 점을 간파하고 오늘날 척추동물의 직계 조상이 깃편모충이라고 확신했다. 헤켈의 통찰은 훗날 DNA 분석을 통해 사실로 판명됐다.

헤켈이 훌륭한 생물학자기는 했지만, 19세기 독일어권의 지식세계가 그러했듯 관심이 특정한 분야에 국한되지는 않았다. 그는 단일한 통합적인 이론으로 자연을 설명하고 싶어했다. 이처럼 과학자보다 사상가로서 야심이 있던 헤켈에게 가장 중요했던 것은 진화 자체보다 ‘변화하는 형태’였다.

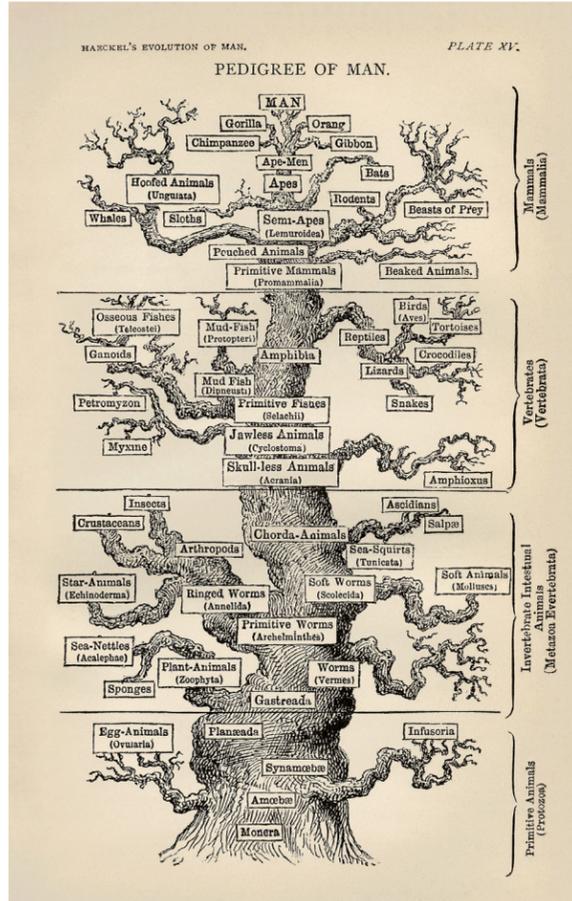


헤켈이 1874년 발표한 <인류학>에 실린 포유류의 발달과정을 비교한 그림. 왼쪽부터 물고기, 도롱뇽, 거북이, 병아리, 돼지, 소, 토끼, 인간의 배아 발달 과정을 나타냈다. 이 그림은 세계 곳곳에서 진화의 증거로 교과서에 수록됐으나 조작된 그림이라는 비판을 받고 교육과정에서 퇴출됐다. 그러나 이러한 조작에는 분명한 이유와 목적이 있었다.

다윈 이전의 진화와 ‘생명의 나무’

흔한 오해와 달리 다윈이 종의 기원을 발표하기 이전에도 ‘생명이 변화한다’는 생각은 유럽의 학계에서 중요한 논쟁거리였다. 당장 다윈의 학설과 대립한 것으로 나오는 라마르크(Jean-Baptiste Lamarck, 1744~1829)가 진화의 개념을 제시한 시기가 바로 <동물 철학(Philosophie Zoologique)>을 발간한 1809년이다. 라마르크는 생물이 단순한 것에서 복잡한 것으로 시간에 따라 변화하며, 이러한 변화의 원인이 ‘생물이 지닌 내적 경향성’이라고 주장했다. 기린의 예를 들자면 기린이 높은 가지의 나뭇잎을 먹기 위해 목을 길게 하려는 내적 동기를 강하게 지녔기에 목이 길어졌다는 식이다.

따라서 19세기 후반기의 학자인 헤켈에게 다윈의 진화 이론은 상상도 못할 만큼 천지개벽할 이야기는 아니었다. 이미 1820년부터 많은 사람들이 배아를 관찰하며 여러 생물의 발생과정을 기록하고 있었고, 일부는 오랜 개념인 ‘생명의 나무’를 참고하여 나무 모양처럼 가지를 치는 생물의 발전 단계가 자연의 특별한 위계를 따르는 것은 아닌가 하는 의견을 내기도 했다. 다만 이는 시간에 따른 변화가 아니라 위계에 따른 변화라는 점에서 진화와는 개념이 약간 달랐다. 자연계에 존재하는 생물들을 복잡한



헤켈이 1879년 집필한 <인간의 진화>에 실린 ‘생명의 나무’. 뿌리 쪽의 공통 조상으로부터 인간이 위치한 꼭대기까지 자연계의 수많은 생물들이 갈라져 나오는 모습을 묘사했다. 헤켈을 비롯한 낭만주의적인 목적론에 경도된 다윈주의자에게 나무는 단순한 비유가 아니다. 가장 아래의 ‘하등한’ 생물부터 꼭대기의 ‘고등한’ 인간에 이르는 생명의 위계를 표현한 개념이었다.

정도에 따라 분류했을 때, 생명이 탄생하는 동안 그보다 하등한 종의 단계를 거쳐간다는 뜻이다.

다윈의 이론을 만나 완성한 ‘빅 히스토리’

헤켈은 생물에 대한 당대의 논의를 하나로 통합하여 큰 그림을 그리고자 했다. 그리고 그가 주목한 요소가 바로 ‘형태’였다. 기능에 따라 형태가 달라지고, 복잡한 형태는 기능이 얼마나 고도화 됐는지 보여준다. 따라서 형태의 복잡성은 곧 그 생물이 자연계의 위계에서 어느 위치에

있는지를 나타낸다. 일찍부터 여러 동물의 형태에 관심을 기울인 헤켈은 탁월한 그림 실력을 바탕으로 다양한 생물 종의 스케치와 해부도를 풍부하게 남겼다. 그가 1904년 남긴 대중서인 <자연의 예술(Kunstformen der Natur)>이 과학교양서였음에도 화집으로서 당대 미술계에 큰 영향을 미쳤을 정도다.

생물의 형태를 바탕으로 자연의 체계를 보여주겠다는 헤켈에게 다윈의 <종의 기원>은 중요한 실마리였다. <종의 기원>은 생물의 형태가 다양하게 변화한다는 점을 넘어서, 이러한 변화가 시간에 따라 어떻게 일어나는지 구체적인 메커니즘을 제시했다. 물론 정적 다윈은 진화라는 표현 자체를 싫어할 정도로 특정 종이 더 발달했다거나 등급이나 단계를 두는 생각을 경계했지만, 헤켈은 이를 무시하고 다윈의 진화 이론을 자신의 형태학에 접목해서 새롭게 종합했다. 그 결과 탄생한 것은 다윈의 원본과는 사뭇 다른 계몽주의적인 발전 개념과 라마르크의 용불용설, 괴테의 자연철학 전통이 뒤섞인 독일식 다윈주의였다. 기나긴 생명의 역사를 방대한 자연의 위계와 통합해 자연의 ‘빅 히스토리’를 완성했다고 확신하자 헤켈은 망설이지 않았다. 그는 <종의 기원>이 발표된 지 불과 2년 만에 <일반 형태학(Generelle Morphologie der Organismen)>을 저술한 데 이어 1864년 <자연과학사(Natürliche Schöpfungsgeschichte)>, 1874년 <인류학(Anthropogenie)>을 차례로 내놓았다. 헤켈은 이 책에 풍부한 삽화를 곁들여 학술서가 아닌 대중서로 발표했다.

이 중 가장 큰 논란을 불러온 책이 문제의 계통발생도가 실린 <인류학>이다. 헤켈은 진화에 대한 자신의 아이디어를 적극적으로 전달하고자 직접 삽화를 추가했다. 그 과정에서 자신의 이론을 뒷받침하도록 의도적으로 편집된 삽화를 대거 추가했다. 당대의 학자들이 보기에 헤켈의 저서와 삽화가 지나치다고 생각했는지 빌헬름 히스(Wilhelm His, 1831~1904)와 같은 학자를 비롯한 해부학자들은 헤켈을 강도 높게 비판했다. 급기야 해부학 교수 5명의 고발로 헤켈이 사기 혐의로 기소됐으나 법원은 일부 그림에 대한 혐의만 인정했다. 이후에도 평이한

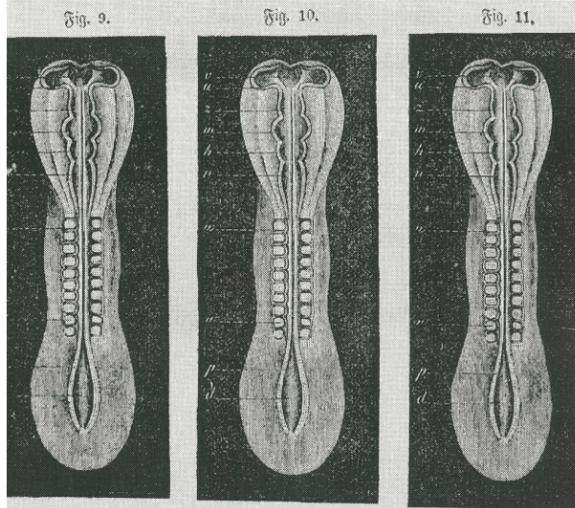


Fig. 9. Embryo des Smudes. Fig. 10. Embryo des Huhne. Fig. 11. Embryo der Schildkröte. Alle drei Embryonen sind genau aus demselben Entwicklungsstadium genommen, in dem jedoch die fünf Hirnbläschen angelegt sind. Die Buchstaben bedeuten in allen drei Figuren dasselbe: v Vorderhirn, z Zwischenhirn, m Mittelhirn, h Hinterhirn, n Nachhirn, p Rückenmark, a Augenbläschen, u Urwirbel, d Rückenstrang oder Chorda.

헤켈이 자신의 저서에 수록한 그림. 왼쪽부터 각각 개, 닭, 거북이의 배아 초기 단계의 단면을 묘사했다. 헤켈은 이 그림을 폰 베어의 '서로 다른 종이라도 발생 초기 단계에는 형태가 구분할 수 없을 정도로 유사하다'는 주장에 대한 증거로 제시했다. 그러나 이 그림은 계통발생도와 함께 의도적으로 조작된 그림이라는 의혹이 있다.

서술과 이해하기 쉽고 아름다운 그림에 힘입어 헤켈의 저작이 대중적인 명성을 얻었음은 물론이다.

다만 오해하지 말아야 할 점은 그가 자신의 신념과 다른 관찰결과를 외면했다는 뜻은 아니라는 점이다. 비교해부학 교수로서 헤켈은 척추동물의 발생 과정이 자신의 그림보다는 훨씬 복잡하고 단선적이지 않다는 사실을 논문에서 분명히 언급했다. 그러나 대중 강연자이자 작가로서 책을 펴낼 때는 다른 모습을 보였다. 의도적인 왜곡에 대한 비판은 피할 수 없었지만 굳이 헤켈의 편을 들자면, 계통발생도는 학술문서보다는 홍보 포스터에 더 가까웠던 셈이다.

20세기의 몰락, 21세기의 재평가

진화와 발생학을 결합한 헤켈의 체계는 독일어 문화권에서 확고하게 자리잡았다. 그 영향으로 독일에서 발생학은

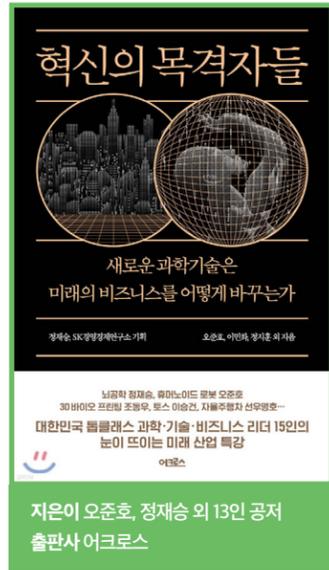
인간 이성의 위대한 발전을 입증하는 상징적 학문으로 여겨지는 한편, 정치적으로도 중요한 위치를 차지한다. 인간을 정점에 둔 분명한 위계라는 개념이 우생학의 관점과 결합하여 당대에 만연한 인종주의의 과학적 기반으로 여겨진 것이다. 헤켈이 반유대주의자는 아니었지만 '하위 인종은 멸종할 것'이라는 의견을 공공연히 피력할 만큼 극단적 독일 민족주의자였다.

이 때문에 한때 헤켈이 나치즘의 이론적 근거를 제공한 것은 아닌가 하는 의혹도 있었다. 다만 현재 확인된 바에 따르면 부당한 편견에 가깝다. 진화생물학은 충분한 시간이 주어지면 종 사이의 경계를 넘어 변화할 수 있음을 전제하므로 인종 사이의 넘어설 수 없는 간극과 단절을 강조한 나치즘과는 양립이 불가능하기 때문이다. 실제로 나치는 1935년 헤켈의 저서를 금서로 지정했으며 하인츠 브뤼허(Heinz Brücher, 1915~1991)와 같은 일부를 제외하고는 나치 관료 대부분이 헤켈을 거부했다.

반면 전후 과학을 주도한 미국에서 발생학은 그다지 인기 없는 주제였다. 모건(Thomas Hunt Morgan, 1866~1945)이 유전자를 발견한 이래, 생물학의 중심축이 유전학으로 옮겨갔기 때문이다. 유전학과 비교하면 발생학은 낡고 심심한 분야였다. 게다가 화학의 발전으로 유전학을 분자적 수준에서 설명할 수 있게 되자 진화학을 포함한 생물학 전체가 유전자 개념을 중심으로 통합되기에 이르렀다. 한 세기 전 헤켈이 구상했던 생명과학의 통합이 발생학이 아닌, 유전학을 구심점으로 이루어진 것이다. 헤켈의 이론이 교과서에서 명맥을 유지하기는 했지만 20세기 후반 헤켈이 저지른 '사기'가 재발견되자 얼마 남지 않은 자리마저 빼앗기고 불명예스럽게 물러나야만 했다.

진화 이론과 생명과학의 흐름을 돌이켜보면 최근의 진화발생생물학은 진화 이론과 발생학을 통합하려는 헤켈의 기획으로 되돌아온 것이나 마찬가지다. 헤켈이 <종의 기원>을 어느 정도는 의도적으로 오독했음에도 다윈은 시종일관 헤켈과 동료들을 지지했다. 발생학이 진화의 핵심이라는 공감대가 있었기 때문이다. 헤켈의 이론은 부도덕한 사기의 전형으로 남았지만 그의 이론은 먼 길을 돌아 다시 생명과학의 최전선으로 돌아온 셈이다. **기술혁신**

혁신의 목격자들



'미래의 비즈니스를 선점하려면 오늘의 과학 기술에 주목하라' 인공지능, 뇌공학, 자율주행차, 블록체인, 휴머노이드 로봇까지. 다가올 10년, 대한민국 최고의 전문가들이 그리는 미래 산업의 지형도를 만나다.

카리스트 정재승 박사가 기획하고, 대한민국 톱클래스 과학, 기술, 비즈니스 리더 15인이 공저로 참여한 미래산업 특강 모음집. 우리 삶과 산업의 지형도를 완전히 바꾸어놓을 혁신 기술에 관한 대한민국 최고 전문가들의 분석과 전망을 담은 책이다. 인공지능, 증강현실, 바이오 테크놀로지, 핀테크, 로봇틱스, 블록체인 등을 주제로 각 분야 최고의 석학들과 비즈니스 리더들이 한자리에 모여 기술이 가져올 변화를 논의한 지난 5년간의 포럼 결과를 책으로 묶어냈다. 휴머노이드 로봇과 인간은 어떻게 공생할 수 있을까? 뇌공학 기술은 우리 삶을 어떻게 바꾸어 놓을까? 인공지능과 가상비서가 내 일자리를 대체할까? 과학·공학 기술의 최전선에서 지금껏 볼 수 없던 상품과 서비스의 탄생을, 일상생활과 정치, 경제, 사회 전반에 생겨나는 변화를 한 발 앞서 내다본 '혁신의 목격자들'이 그 질문에 답한다. 미래 산업의 지형도가 한눈에 들어오는 아주 특별한 과학기술 강의가 펼쳐진다. **기술혁신**

NEW BOOKS



대전환기, 한국의 미래를 만드는 세 가지 힘

지은이 권광영
출판사 클라우드나인

지난 160년의 근현대사가 가르쳐준 교훈과 다가올 미래. 대전환기 한국의 미래를 만드는 세 가지 힘으로, '병렬파워', '코어심벌', '혁신생태계'를 이야기한다. 서울대학교와 성균관대학교 경영전문대학원을 졸업하고, 삼성인력개발원과 삼성생명에서 SSP코치로 인재교육, 리더 코칭, 변화관리, 프로세스 혁신활동을 담당했던 저자는 향후 10년이 우리나라의 미래를 결정할 가장 중요한 시기라고 말한다. 유례없는 변화와 뿌리째 뒤트는 불확실성 속에서 우리는 무엇을 어떻게 준비해야 할까? 깊이 있는 통찰을 위해 지금 맞이하고 있는 '대전환기의 전사(前史)'로서 근대혁명을 되돌아볼 때라고 강조한다.



ESG 경영혁신 글로벌 초일류기업에서 배워라!

지은이 최남수
출판사 새빛

'ESG 경영' 국내 최고 전문가 최남수 교수가 제시하는 ESG 경영 혁신 사례 연구서. 경영혁신을 통해 기업가치를 끌어올린 오스테드, 네스테, 마이크로소프트, 유니레버, 코카콜라, 베스트바이, 소프트뱅크 그룹 등 7개 글로벌 초일류 기업의 ESG 경영사례를 국내 기업의 역할 모델로 제시하고 있다. 저자가 주목한 7개 글로벌 초일류 기업은 대표적인 ESG 등급평가 기관인 MSCI로부터 최상위 평가(AAA 또는 AA)를 받은 기업들이다. 저자는 "국내 기업은 이 책을 통해 ESG 경영을 성공적으로 실행하고 있는 모범기업으로부터 한 수 배우는 기회를 가질 수 있다"고 조언한다.

01

제2차 R&D 미소공감 『R&D 주요 산업 분야 기업 간담회』

과학기술정보통신부(장관 이종호, 이하 ‘과기정통부’) 류광준 과학기술혁신본부장은 3월 19일(화), 한국산업기술진흥협회에서 주요 산업 분야 기업인들과 만나 2025년도 국가연구개발 투자 방향에 관해 설명하고 현장 의견을 청취하였다.

‘R&D 미소공감’은 ‘미래를 위해 R&D 현장과 소통하여, 공감할 수 있는 정책을 만들어 가겠다.’라는 의미를

담은 과학기술혁신본부의 현장 방문 브랜드이다. 이번에 개최된 ‘제2차 R&D 미소공감’은 정부가 지난 3월 15일 수립한 「2025년도 국가연구개발 투자 방향 및 기준」에 대한 기업인들의 의견을 듣고, 이를 향후 2025년도 예산 배분·조정 과정에 반영하기 위해 마련되었다.

이날 참석자들은 기업연구개발 과정에서의 애로 사항과 함께, 국가연구개발 수행을 위한 정부와 기업의 역할과 책무에 관해 다양한 의견을 제시하였다.

류광준 과학기술혁신본부장은 “기술 패권 경쟁 심화 등 당면한 도전과제들을 해결해 나가기 위해 정부와 민간의 협력이 무엇보다 중요한 시점이다.”라고 강조하였다. 또한 민간이 하기 어려운 모험자본으로서 정부 연구개발의 역할과 책무를 상기시키며, “혁신역량을 보유한 스타트업들이 글로벌 시장에서 경쟁할 수 있도록 지원하고, 혁신역량이 필요한 중소기업은 자생력을 갖출 수 있도록 투자해 나갈 계획이다.”라고 밝혔다. **기술·혁신**



02

2023년 최우수상 및 제03차 IR52 장영실상 시상식

한국산업기술진흥협회(이하 산기협)와 매일경제신문사가 주관하고 과학기술정보통신부(이하 과기정통부)가 주최하는 IR52 장영실상의 2024년도 첫 시상식이 지난 4월 11일 매경미디어센터에서 개최되었다.

IR52 장영실상은 기업 연구원들이 기술 개발에 매진할 수 있도록 촉매제 역할을 해왔다. 이번 시상식에서는 2023년도 최우수상 및 2024년도 제1주부터 제17주까지의 제품상과 기술혁신상을 시상하였다.

시상식에는 이종호 과기정통부 장관과 매경미디어그룹 장대환 회장, 류석현 심사위원장, 산기협 구자균 회장 등 주요 인사들이 참석하여 자리를 빛냈다.

2023년 대통령상은 엘지전자의 ‘LG 인공지능 UP가전 세탁기’가 수상하였고, 국무총리상은 현대자동차의 ‘수소연료전지 대형트럭’, 에이치케이이노엔의 ‘차세대 위산분비차단제 케이크캡정’이 각각 수상하였다.

또한 메가젠임플란트의 ‘블루다이아몬드’가 2024년 제1주 제품상을 수상하는 등 모두 17개의 제품이 장관상을 수상하였다.

우수한 연구조직을 시상하는 기술혁신상은 에이비엘바이오와 삼성전자의 2개 사가 수상하였다.

이종호 과기정통부 장관은 축사를 통해 “세계 최초, 세계 최고를 지향하는 기술혁신과 제품생산에 계속해서 매진해 주시고 R&D 정책에도 많은 관심을 가져주시 바란다.”라며, “현장 연구자들이 실패에 대한 위험 부담 없이 마음껏 시도하고 성과를 낼 수 있는 생태계를 조성하겠다.”라고 말했다.

장대환 매경미디어그룹 회장은 “과거에는 대기업만 기술개발 연구소를 갖고 있었는데, 지금은 중견·중소기업 할 것 없이 기술개발 연구소를 가지고 있을 만큼 기술개발을 중시하는 문화가 확산됐다.”라며, “여러분이 기술 패권 경쟁 시대에서도 살아남을 수 있는 대한민국의 주춧돌”이라고 강조했다.

산기협 구자균 회장은 인사말을 통해 “주요국들의 보호무역주의 강화 등 큰 변화가 세계 경제를 뒤흔들 것으로 전망된다. 글로벌 시장에서 우리 기업의 지위를 지키려면 기술개발인의 역할이 가장 중요하다.”라고 말했다. 이어 “산기협은 기술개발인들이 연구에 전념할 수 있는 환경을 조성해 대한민국의 미래를 지원하겠다.”라고 덧붙였다. **기술·혁신**



기업부설연구소 총괄현황 - 2024년 2월 말 현재

개관 (단위: 개소, 명)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024.2
연구소 수	39,313	40,399	40,750	42,155	44,068	44,811	44,086	44,569
중견기업	592	762	1,000	1,244	1,437	1,519	1,613	1,621
중소기업	37,696	38,734	38,887	40,140	41,888	42,525	41,717	42,189
연구원 수	329,938	335,882	337,420	359,975	383,682	398,666	410,515	412,503
중견기업	19,107	27,436	34,140	42,593	47,618	50,505	55,268	55,437
중소기업	190,686	193,724	192,420	199,891	209,421	214,642	213,031	214,285

학위별 연구원 (단위: 명)

구분	박사	석사	학사	전문학사	기타	총계
연구원 수	30,096	104,434	239,356	29,415	9,202	412,503
중견기업	2,586	17,421	34,247	970	213	55,437
중소기업	11,126	40,608	125,585	28,248	8,718	214,285

지역별 (단위: 개소, 명)

구분	수도권				중부권						제주
	서울	인천	경기	소계	대전	세종	충남	충북	강원	소계	
연구소 수	13,394	2,004	14,128	29,526	1,745	235	1,430	1,250	518	5,178	182
중견기업	354	74	603	1,031	26	8	102	90	13	239	1
중소기업	12,858	1,901	13,268	28,027	1,669	215	1,288	1,129	500	4,801	180
연구원 수	104,909	15,537	186,198	306,644	19,180	2,035	13,079	9,471	2,566	46,331	669
중견기업	10,705	2,448	26,939	40,092	894	180	2,147	2,043	230	5,494	10
중소기업	70,516	8,496	71,165	150,177	9,913	1,088	6,195	5,221	2,171	24,588	648

구분	영남권					호남권					해외(기타)	총계
	부산	울산	대구	경남	경북	소계	광주	전남	전북	소계		
연구소 수	1,776	594	1,349	1,914	1,492	7,125	767	808	977	2,552	6	44,569
중견기업	43	39	41	88	74	285	19	21	22	62	3	1,621
중소기업	1,722	533	1,298	1,784	1,385	6,722	746	773	939	2,458	1	42,189
연구원 수	8,695	4,710	7,286	15,628	10,481	46,800	3,629	3,494	4,786	11,909	150	412,503
중견기업	1,042	680	1,128	4,144	1,476	8,470	472	215	583	1,270	101	55,437
중소기업	7,408	2,265	5,683	7,813	5,983	29,152	3,077	2,923	3,715	9,715	5	214,285

형태별 (단위: 개소)

구분	건물전체	독립공간	분리구역	총계
연구소 수	486	33,751	10,332	44,569
중견기업	80	1,537	4	1,621
중소기업	284	31,577	10,328	42,189

면적별 (단위: 개소)

구분	50㎡ 이하	50~100㎡	100~500㎡	500~1,000㎡	1,000~3,000㎡	3,000㎡ 초과	총계
연구소 수	25,005	7,495	9,469	1,254	890	456	44,569
중견기업	71	146	631	315	316	142	1,621
중소기업	24,927	7,326	8,671	845	379	41	42,189

연구원 규모별 (단위: 개소)

구분	2~4인	5~9인	10~49인	50~300인	301인 이상	총계
연구소 수	27,002	12,760	4,057	644	106	44,569
중견기업	0	593	765	248	15	1,621
중소기업	27,002	12,166	2,855	166	0	42,189

과학기술 분야 (단위: 개소, 명)

구분	건설	금속	기계	생명과학	섬유	소재
연구소 수	1,335	2,066	8,421	294	343	930
중견기업	45	124	427	3	13	39
중소기업	1,261	1,901	7,832	288	322	874
연구원 수	6,382	11,842	84,817	1,282	1,758	5,502
중견기업	473	1,842	17,107	24	328	766
중소기업	4,707	7,348	40,019	1,213	1,239	3,552

구분	식품	전기·전자	화학	환경	산업디자인	기타	총계
연구소 수	1,312	7,493	3,441	269	2,340	3,765	32,009
중견기업	67	280	294	8	61	85	1,446
중소기업	1,211	7,033	3,035	253	2,259	3,609	29,878
연구원 수	8,631	134,645	38,529	1,595	12,653	26,774	334,410
중견기업	1,731	11,227	10,348	126	1,271	1,863	47,106
중소기업	4,905	39,381	19,338	979	9,061	18,457	150,199

서비스 분야 (단위: 개소, 명)

구분	교육서비스	금융 및 보험	도매 및 소매	보건 및 사회복지서비스	부동산 및 임대	사업시설관리 및 사업지원서비스	숙박 및 음식점
연구소 수	237	27	771	68	16	199	24
중견기업	2	0	11	0	0	6	1
중소기업	235	24	758	68	15	190	22
연구원 수	952	346	3,394	372	93	957	181
중견기업	32	0	214	0	0	63	74
중소기업	920	145	3,156	372	83	758	77

구분	예술, 스포츠 및 여가관련서비스	운수	전문, 과학 및 기술서비스	출판, 영상, 방송 통신 및 정보서비스	하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원	기타	총계
연구소 수	98	66	3,215	7,773	25	41	12,560
중견기업	0	2	36	117	0	0	175
중소기업	98	60	3,164	7,611	25	41	12,311
연구원 수	340	428	15,249	55,541	112	128	78,093
중견기업	0	23	745	7,180	0	0	8,331
중소기업	340	276	13,981	43,738	112	128	64,086

주: "연구원"은 연구전담요원을 가리킴(연구보조원과 관리직원은 제외함)





1 2023년 우수연구개발 혁신제품 지정 인증서 수여식

2024년 2월 26일(월) 2023년 우수연구개발 혁신제품 지정 인증서 수여식을 (주)토모큐브에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 이은정 사원(02-3460-9020)



2 아부다비 첨단기술연구위원회(ATRC) 대표단 내방

2024년 2월 28일(수) 아부다비 첨단기술연구위원회(ATRC) 대표단 내방을 산기협회관 명예의 전당에서 진행했다.

문의: 인재개발서비스팀 공성민 과장(02-3460-9137)



3 2024년 제1회 산기협 DT 위원회

2024년 3월 14일(목) 2024년 제1회 산기협 DT 위원회를 산기협회관 명예의 전당에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 홍성철 차장(02-3460-9162)



4 제2차 R&D 미소공감 'R&D 주요 산업 분야 기업 간담회'

2024년 3월 19일(화) 제2차 R&D 미소공감 『R&D 주요 산업 분야 기업 간담회』를 산기협회관 명예의 전당에서 진행했다.

문의: 정책기획팀 선철균 대리(02-3460-9074)



5 2024년 제26차 신기술기업협의회 정기총회

2024년 3월 20일(수) 2024년 제26차 신기술기업협의회 정기총회를 더블트리 바이 힐튼 서울 판교에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 윤형석 과장(02-3460-9192)



6 2024년 제1회 산기협 정책위원회

2024년 3월 22일(금) 2024년 제1회 산기협 정책위원회를 엘타워 오페라홀에서 진행했다.

문의: 기획홍보팀 이승현 대리(02-3460-9052)



7 2024년 제1회 Koita 솔루션데이

2024년 3월 25일(월) 2024년 제1회 Koita 솔루션데이를 산기협회관 대회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 김민호 주임(02-3460-9164)



9 제11회 CEO클럽 정기모임 및 2024년 정기총회

2024년 3월 28일(목) 제11회 CEO클럽 정기모임 및 2024년 정기총회를 에이치엘사이언스 강당에서 진행했다.

문의: 회원지원팀 장영주 부장(02-3460-9042)



8 제16회 디지털혁신포럼

2024년 3월 28일(목) 제16회 디지털혁신포럼을 온라인(Zoom)을 통해 개최했다.

문의: 미래혁신지원팀 홍성철 차장(02-3460-9162)



10 민간R&D협의체 CCUS분과 제1차 전문위원회

2024년 4월 8일(월) 민간R&D협의체 CCUS분과 제1차 전문위원회를 산기협회관 중회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 이덕성 부장(02-3460-9166)



11 민간R&D협의체 SMR분과 제1차 전문위원회

2024년 4월 9일(화) 민간R&D협의체 SMR분과 제1차 전문위원회를 산기협회관 중회의실에서 진행했다.

문의: 정책기획팀 선철균 대리, 최유정 주임(02-3460-9074/9151)



12 2023년 최우수상 및 제103차 IR52 장영실상 시상식

2024년 4월 11일(목) 2023년 최우수상 및 제103차 「IR52 장영실상」 시상식을 매경미디어센터 대강당에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 서희경 차장(02-3460-9191)

제휴할인 서비스



산기협은 회원사 편의를 위한 다양한 제휴할인 서비스를 발굴, 제공하고 있습니다.



특허·노무
특허·노무 수입료 할인



시험·인증
시험·인증 수수료 할인



공인인증서
기업범용인증서 할인



호텔·콘도
객실요금 할인



국제특송
EMS, 소화물 이용료 할인

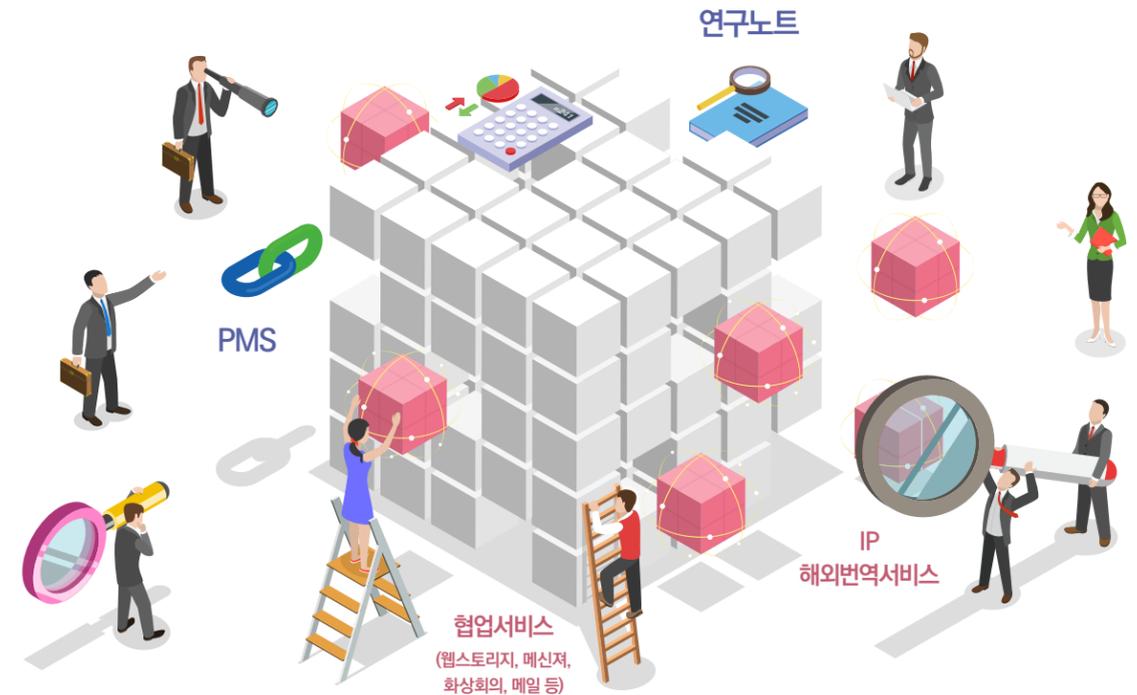


금융·경영
금융서비스 및 경영자문

서비스 제공업체

미래에셋증권	ANGEL 6+	LSELECTRIC	RSUPPORT	한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory
한국화학융합시험연구원 Korea Testing & Research Institute	시험연구원	한국조선해양기자재연구원	한국건설생활환경시험연구원 Korea Conformity Laboratories	Koptri
한국분석시험연구원 Korea Analysis Test Researcher	KOMAS	TRADE Sign	NICE평가정보 NICE	우정사업본부
CJ 대안통운	DHL	FedEx Express	Successful Business Trip Partner	AIR BUSAN
금호리조트	SEA CLOUD HOTEL	MAINA OCEAN RESORT	KOLON HOTEL Gyeongju	한국항공우주공사
HOTEL POCO	Hilton Garden Inn Seoul Campus	대웅경영개발원 Daewoong Management Development Institute	중앙대학교병원 CHUNG-ANG UNIVERSITY HOSPITAL	대한국립의학연구소 KOREA MEDICAL INSTITUTE
대한민국 No.1 롯데렌터카	HYUNDAI EZWEL	PROLANGS Professional Language Solution Provider	ICGLOBAL 이사생활모임	TOMWIN
특허법인 린	ASIANA IP & LAW OFFICE	특허법인 세원 Patent Law Firm	정 국제특허법률사무소	브릿지(BRIDGE) 국제특허법률사무소
특허법인 釜慶	RSM	태평양노무법인대전지사	Labor Law & HR Consulting Firm 노무법인 강산	더원노무법인
Labor Law Corporation 제일인사노무법인	(株) 에일 앤 일링가드	HANSOL SUPPLY (주)한솔서플라이	제휴할인 문의 02-3460-9046	

클라우드 기반 R&D 전문 플랫폼 서비스



프로젝트관리(PMS), 전자연구노트는 물론 스마트한 R&D 수행을 위해 다양한 서비스를 제공합니다.
신규가입 후 1개월 무료로 사용할 수 있습니다.

<https://cloud.koita.or.kr>
지금 사용해 보세요



문의처 | 한국산업기술진흥협회 회원지원팀
TEL 02-3460-9048, 9041 | E-mail psb03@koita.or.kr

한국산업기술진흥협회
<https://cloud.koita.or.kr>

YouTube에서 「기술과 혁신」을 만나보세요!

유튜브 접속 경로 : 유튜브 사이트에서 '한국산업기술진흥협회' 검색 → 산기협TV 접속 → 격월간지 기술과혁신 코너 클릭



가속화되는 초고령화 사회, 솔루션이 필요하다
김진우 교수(연세대학교)



2023 시니어 비즈니스의 현주소와 방향
장준표 대표(포퍼런스)



기업 관점 인력 양성의 필요성
엄미정 선임연구원(STEPI)



국내 유학 외국인 인재 활용의 필요성
류석현 협력처장(UST)



전 세계 양자과학기술 패권 전쟁 우리의 전략은
한상욱 단장(KIST)



미래 경쟁력 강화를 위한 양자컴퓨팅 활용 전략과 비전
김동호 상무(포스코홀딩스)



K-battery 산업의 현재와 미래
엄승욱 단장(한국전기연구원)



중대형 배터리 팩 산업의 현재와 미래전망
손승현 상무(한화에어로스페이스)



셀트리온의 집펜트라 개발 과정과 의의
권기성 수석부사장(셀트리온)



엔데믹과 배달 플랫폼의 미래
송재하CTO(우아한형제들)



AI 특이점 시대는 오는가
김상윤 교수(중앙대학교)



인공지능(AI)을 활용한 물류·유통 산업의 혁신
우지환 연구소장(CJ올리브네트웍스)

**원스톱
중소기업 기술상담
SOS1379**



국번없이 1379
www.sos1379.go.kr

기업 성장을 위한 기술고민 해결, 혼자서는 못해도 함께하면 방법이 있습니다.
기술고민이 있다면, **국번없이 1379** 로 전화주세요!



전문가
현장자문 지원



후속 기술애로
지원사업



기술애로
상담회



전문 기술상담 및
기술정보 제공



기업공감 원스톱지원센터

SOS1379 기업공감원스톱지원센터는 100여개 지원기관의 전문인력 및 연구·시험장비 등을 활용하여 중소기업의 기술문제 해결을 지원합니다.