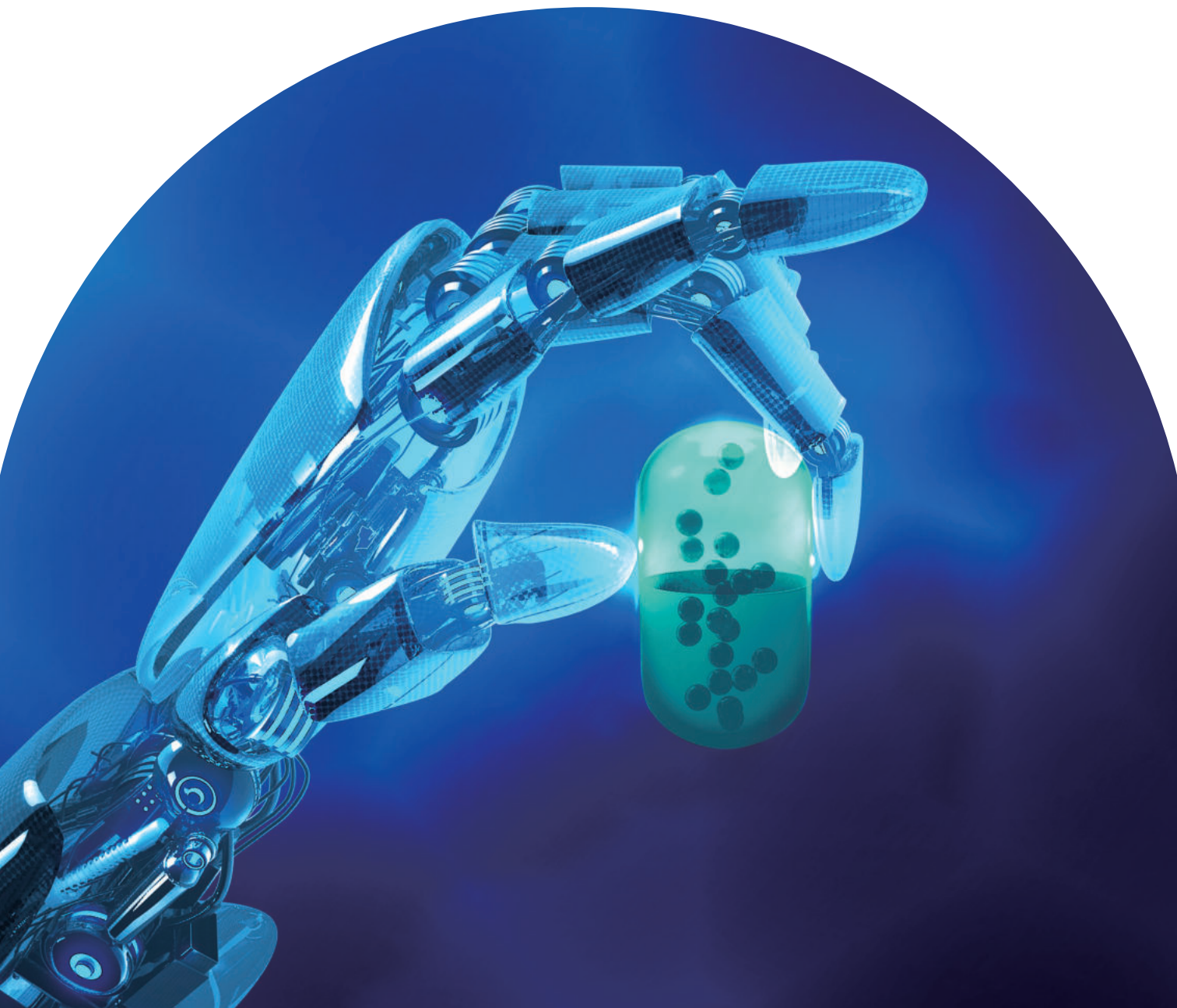


Tech Focus

Mar. 2025

Vol. 17



Focus Story
> Flow

인류 난제 불치병,
AI에게 맡겨라!

Changing Tomorrow
> Best Practice

치과 투명교정 핵심 기술력으로
세계시장 정조준한다

Changing Tomorrow
> Alchemist Diary

현실과 가상의 경계를 허무는
홀로그래픽 3D 디스플레이 기술

R&Dism
> 슬기로운 기술 생활

질병 치료의 열쇠,
단백질 구조의 비밀



<테크 포커스>
웹진 보기
매월 10일 오픈

Tech Focus

Mar. 2025

<테크 포커스> 웹진에서 3월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr

Vol. 17



Focus Story

2

Infographic

IT's Hot, AI 의료 혁명 시대!

4

History

의료용 인공지능의 역사

8

Film&Tech

영화 속 의료용 인공지능

10

Flow

인류 난제 불치병, AI에게 맡겨라!

16

Fall in Tech

AI 신약 개발의 패러다임은 바뀌고 있는가?

22

Keitoon

지속가능한 고령사회를 위한 기술, 에이징테크

Changing Tomorrow

24

Best Practice

덴티스

치과 투명교정 핵심 기술력으로 세계시장 정조준한다

28

R&D Project

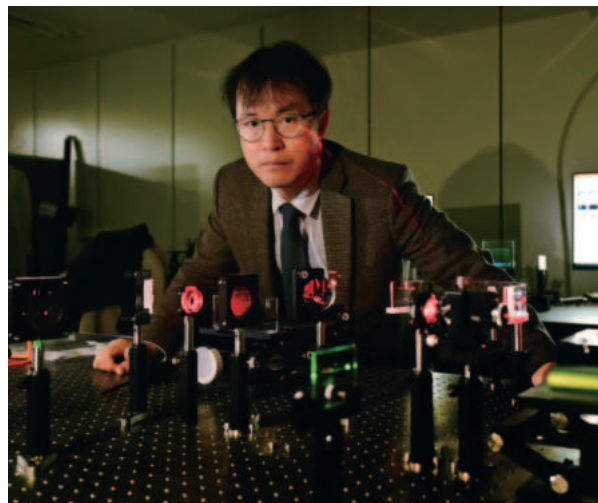
(주)플라리스쓰리디

실용적인 기술로 배송 로봇 대중화 시대 연다

32

Alchemist Diary

현실과 가상의 경계를 허무는 홀로그래픽 3D 디스플레이 기술



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2025년 3월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상자원부 편집 및 제작 한국경제매거진(주)(02-360-4816) 인쇄 (주)영남프린텍(053-964-1700) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8332) 잡지등록 대구등, 라00026
 본지에 게재된 모든 기사의 저작권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.
 필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.



R&Dism

50

슬기로운 기술 생활

질병 치료의 열쇠, 단백질 구조의 비밀

56

공학자의 시선

박강순 기초과학연구원 지하실험연구단 정선 예미랩 센터장

지하에서 우주를 꿈꾸다

60

잡 인사이드

이남규 단국대학교 의생명과학부 교수

의생명과학, 질병 정복 앞당기는 의료 혁신

—

64

Notice

독자 퀴즈

36

R&D Sense

#메타버스 Metaverse

39

R&D Policy

미래 기술 선점을 위한 장기적인 전략

One More Tech

42

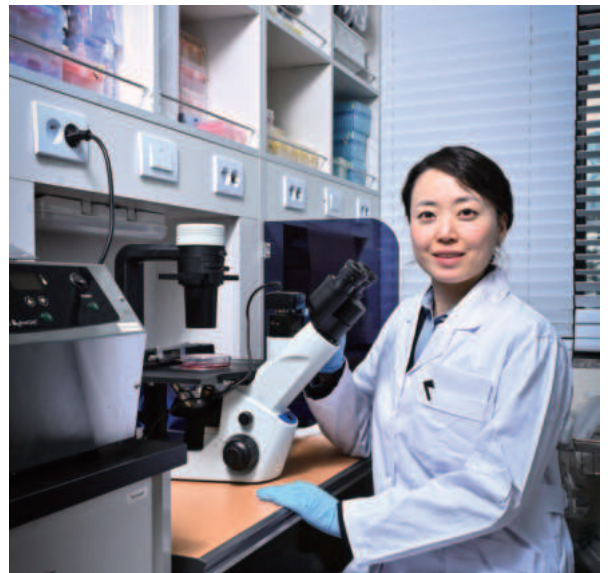
Tech for Earth

페트를 새롭게

46

키워드 산책

우주의 본질에서 컴퓨터 혁명까지, 양자역학의 여정

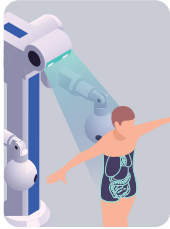


인간 수명 150세 시대, 열쇠는 인공지능^A에 있다. 글로벌 시장조사업체인 프레지던스 리서치^{Precedence Research}는 2034년 AI 의료 및 헬스케어 시장 규모를 6138억 달러(한화 약 893조 원)로 예측했다. 올해 전망치인 370억 달러의 20배에 달하는 규모다.

IT's Hot, AI 의료 혁명 시대!

POINT 1 주요 키워드

1_ AI 의료 진단



CT, MRI, X-ray 등 의료 영상 데이터를 분석해 질병을 조기에 진단하고, 판독 속도와 정확도를 높인다.

2_ AI 신약 개발



AI를 활용해 신약 후보물질을 발굴하고 맞춤형 치료법을 개발한다. 연구 기간과 비용을 획기적으로 절감할 수 있다.

3_ AI 의료 로봇



크게 수술, 재활, 간호 등의 영역으로 구분하며 전 영역에 걸쳐 정확도, 효율성, 자동화율 등을 향상한다.

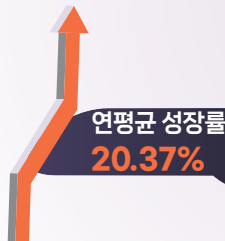
KEYWORD 1

AI 의료 진단

① 시장 규모

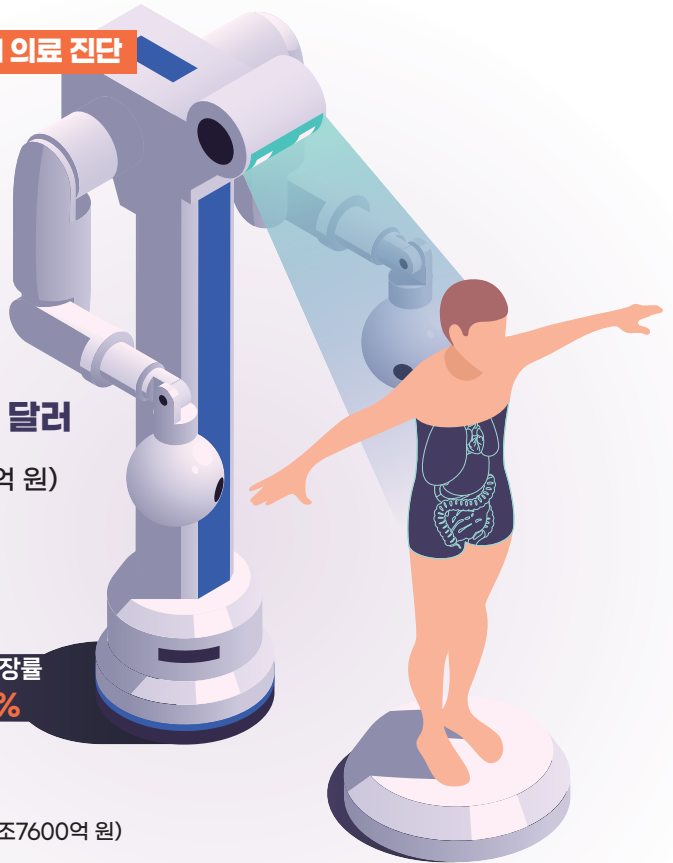
103억 달러
(약 14조9700억 원)

2034년



19억 달러(약 2조7600억 원)

2025년



② 주요 기술



자료: 프레지던스 리서치

딥러닝 기반 의료 영상 판독
암, 폐 질환, 심혈관 질환 등 조기 진단 가능

AI 영상 복원 및 노이즈 제거
저선량^① CT에서도 선명한 이미지 확보

실시간 분석 및 원격 판독
원격진료 및 응급진료에서 활용

① 저선량 CT: 기존 CT보다 방사선 노출을 줄여 정밀하게 검사하는 영상 촬영 기법

KEYWORD 2

AI 신약 개발



① 시장 규모

19억 달러
(약 2조7600억 원)
2023년

연평균 성장률

29.6%

194억 달러
(약 28조1900억 원)

2032년



② 주요 기술

신약 후보물질
탐색

개발 기간
3~5년 단축

유전체 데이터 분석을
통한 정밀의료

환자 맞춤형
치료 가능

임상시험 최적화 및
성공률 향상

임상 데이터 분석 및
실험 설계 지원

자료: 글로벌 마켓 인사이트

KEYWORD 3

AI 의료 로봇



① 시장 규모

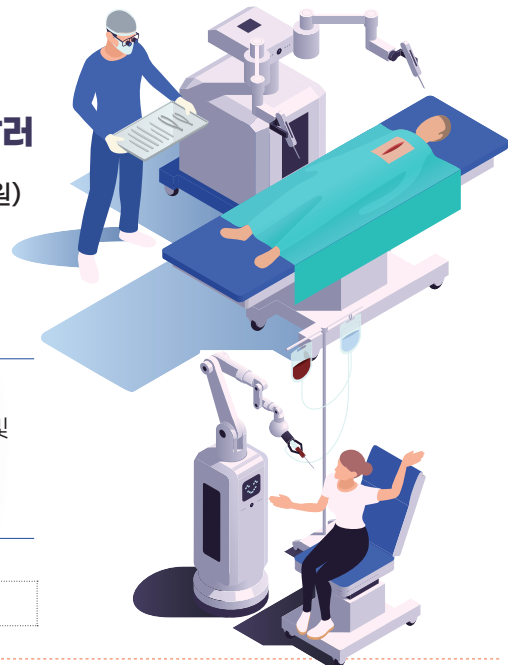
76억 달러
(약 11조400억 원)
2025년

연평균 성장률

16.3%

406억 달러
(약 58조9900억 원)

2037년



② 주요 기술

외과 수술 로봇

로봇 팔 등을 통해
정밀하고 최소 침습적^②
수술 지원

재활 치료 로봇

뇌졸중 및 척수 손상 등
환자 맞춤형 재활 치료
가속화

간호 및 진단 로봇

병원 내 업무 자동화 및
의료진 부담 경감

자료: 리서치 네스터

② 침습적: 세균과 같은 미생물이나 검사용 장비의 일부가 체내 조직 안으로 들어가는 것

POINT 2 'JP모건 헬스케어 콘퍼런스 2025'

의료·제약 신기술과 비즈니스 동향
논의하는 세계 최대 제약·바이오 행사

2025.1.13.~1.16.

미국 샌프란시스코

531개 기업 참가



1_ 핵심 키워드

AI

비만치료제

트럼프 2기

중국 혁신

2_ AI 테크기업과 제약·헬스케어 기업 간 파트너십 확대

엔비디아

의료생명과학 분야
신규 파트너십 소개

“의료·헬스케어 분야 AI 생태계가 엔비디아의
전체 산업 중 가장 빠르게 성장!”

김벌리 파월(엔비디아 헬스케어 부문 부사장)

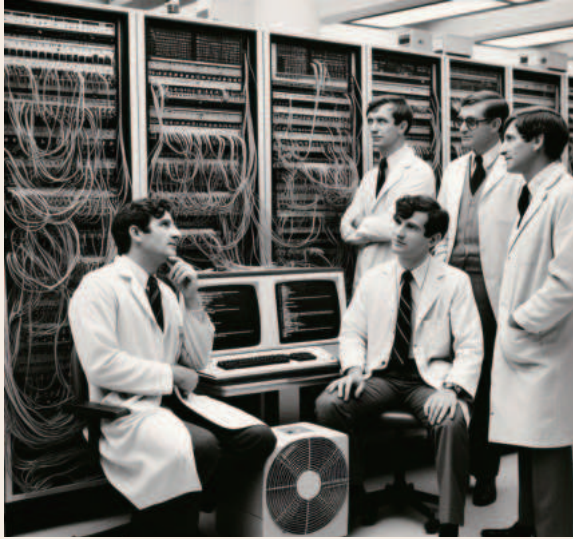
자료: KOTRA

의료용 인공지능의 역사

옛말에 한 생명이 천하보다 중하다고 했다. 의료는 소중한 생명을 다루기에 그만큼 신속 정확한 판단을 요구한다.

인공지능^{AI}의 주된 개발 목적 중 하나가 인간의 중요한 의사 결정에 도움을 주는 것이므로, 의료 분야 역시 AI의 쓰임새가 매우 크다. 의료에 쓰이는 AI, 어떤 과정을 거쳐 발전해왔을까?

글 이동훈 과학 칼럼니스트



1970년 미국 스탠퍼드 대학에서 최초의 의료용 AI MYCIN이 개발되었다.

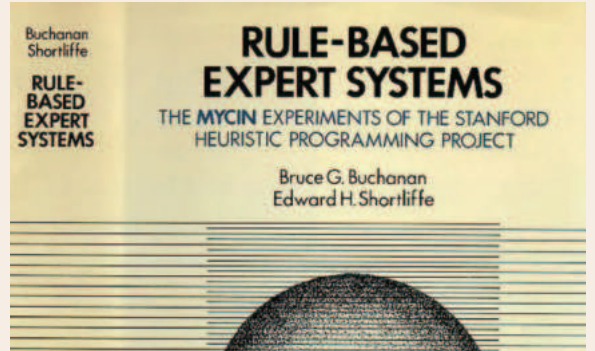
왜 의료용 AI인가?

무엇보다 의료용 AI의 장점과 필요성부터 따지는 것이 순서에 맞을 것이다. 우선 의료용 AI는 인간보다 질병을 더욱 빠르고 정확하게 조기 진단할 수 있다. 환자의 데이터를 분석해 미묘한 초기 증세를 파악할 수 있다. 또한 방대한 데이터를 분석해 환자 개인에게 최적화된 진료를 제공할 수 있다. 의료 자동화와 업무 흐름 합리화를 통해 진료의 효율과 생산성도 증대시킬 수 있으며 원격의료와 가상 도우미, 높은 진료 접근성으로 환자의 편의와 복지를 증대시킬 수 있다. 뿐만 아니라 조기 발견과 신약 개발을 활성화해 의료 비용을 줄일 수 있다. 데이터 분석과 임상실험, 맞춤형 의료의 효율 증대는 의학 연구를 가속화할 것이다. 의료 격차 해소에도 일조할 수 있다.

AI가 본격적으로 연구되기 시작한 것은 1950년대부터다. 이때부터 AI 의료 분야에 대한 활용 역시 모색되었다.

최초의 의료용 AI, MYCIN

MYCIN은 의료용 AI에 대해 논할 때 가장 먼저 거론되는 AI다. 1970년대 미국 스탠퍼드 대학에서 개발한 MYCIN은 특정 감염병에 대한 치료 방식을 의사에게 추천하기 위해 만들어진 규칙 기반 후방 추론 전문가 시스템이었다. 더 구체적으로



1984년 뷰캐넌과 쇼트리프가 저술한 MYCIN 실험에 관한 책 <규칙 기반 전문가 시스템>

말하면 균혈증, 뇌수막염 등을 일으키는 박테리아를 식별해내고, 그에 맞는 항생제와 환자의 체중에 따른 투여량 등을 정확히 처방하기 위한 제품이었다. 여담이지만 MYCIN은 어떤 대단한 뜻을 지닌 이름은 아니었고, 항생제 이름 뒤에 붙는 접미사 mycin(마이신)에서 따온 것이다. 브루스 G. 뷰캐넌, 스타니 N. 코헨 등의 지도를 받은 스탠퍼드 대학 박사과정 학생 에드워드 쇼트리프가 리스프 언어^①를 사용해 제작했다.

MYCIN이 속한 전문가 시스템은 AI의 새로운 진화 과정을 상징하는 것이었다. 과거의 AI가 논리적 추론을 통해 결론에 도달해 일반적인 문제를 해결하는 데 주안점을 두었다면,

① 리스프 언어^{USP}: 프로그래밍 언어의 한 계열로 오랜 역사와 괄호를 사용하는 문법으로 유명하다.



전문가 시스템은 문자 그대로 특정 분야의 전문 지식, 특히 경험을 통해 얻은 지식을 응용해 문제를 올바르게 해결하는 데 초점을 맞췄다. 전문가 시스템은 전문가들 사이에서 통용되는 규칙과 올바른 관행, 판단 규정, 타당한 논리적 추론 등에 의거한 과정을 통해 결론을 도출해야 한다. 또한 결론의 타당성 역시 높아야 한다. 그렇지 않을 경우 전문가들의 신뢰를 얻을 수 없기 때문이다.

MYCIN은 이 부분에서 매우 양호한 성적을 보여주었다. 제작자들의 발표에 따르면, 스탠퍼드 대학 외부의 의학 전문가들이 판정한 결과, MYCIN이 제시한 처방의 타당성은 스탠퍼드 감염병 교수들의 처방만큼이나 높았다. MYCIN은 또한 처방 과정을 인간에게 알리고 납득시킬 수 있었다. 그러나 제작자들의 바람과 달리, MYCIN은 의료 현장에서 임상실험을 거치거나, 의료 실무에 투입된 적은 없었다.

그것은 MYCIN의 높은 성능과 별개로, 의료 실무자들이 그 처방을 좀체 수용하려 들지 않았기 때문이었다. 의료는 사람의 생명을 다루는 문제다. 잘못될 경우 누군가는 법률적 책임을 져야 한다. 그러면 MYCIN의 처방에 대해 최종 책임은 누가 질 것인가? 그리고 MYCIN의 처방이 과연 인간 의사의 처방에 대해 가격대성능비가 우수하다고 할 수 있는지도 중요한 논쟁거리였다. 시가 내린 결론의 책임 소재와 가성비, 이 두 가지



인공신경망 층을 연속적으로 쌓아 자율학습시키는 딥러닝을 통해 AI 연구의 르네상스가 열렸다.

문제는 MYCIN이 세상에 나온 지 50여 년이 지난 현재까지도 AI 업계의 가장 큰 미해결 과제다.

그 외에도 문제는 또 있었다. ‘작업 흐름 통합’, 즉 AI를 실무자들의 일상 활동에 자연스럽게 통합시키는 것이 큰 문제였다. 당시 기술로는 컴퓨팅 능력과 알고리즘의 정밀성이 모자랐고, MYCIN의 데이터베이스를 의료 현장과 학계의 지식 발전에 맞춰 최신화하기 어려웠다는 것도 중요한 문제였다.

이렇게 MYCIN은 의료 실무에 투입되지 못한 채 실험 단계에서 사라졌지만, 그래도 그 가능성, 그리고 후대의 시가 극복해야 할 문제점을 명확히 제시했다는 의의는 분명하다.

인공신경망과 딥러닝: 인간을 모델 삼아 더욱 똑똑해진 AI

앞서도 말했듯이 초기의 AI는 임상에 본격적으로 사용하기에는 한계가 분명했다. 기술의 가장 훌륭한 모델은 자연이라고 했던가? AI 연구자들 역시 자연 지능, 즉 인간의 지능을 모델 삼아 이러한 한계를 극복하고자 했다. 그중에서도 특히 주력한 것은, AI에 인간처럼 스스로 학습할 수 있는 능력, 즉 기계학습 능력을 부여하고자 한 것이었다. 그렇게 하지 않고 일일이 인간이 데이터를 입력하다 보면 도저히 최신화할 수 없다. 인공신경망과 그에서 파생된 딥러닝은 이러한 문제를 타개하기 위한 방법론 중 가장 널리 알려진 것이다.

인공신경망이란 그 이름에서도 유추할 수 있듯이, 인간 두뇌의 뉴런(신경세포) 연결 상태를 전자적으로 재현한 것이다. 인간 두뇌에는 100억 개의 뉴런이 있다. 이 뉴런들은 신경전달물질을 통해 주위의 다른 뉴런들과 신호를 주고받는다. 하나의 뉴런이 다른 뉴런들로부터 전달받은 신호에 반응, 세포막이 역치전위에 도달하면 다른 뉴런들에게도 일정한 크기의 신호를 전달하는 방식이다. 이러한 뉴런 간의 연결이 활성화되어 있는 두뇌일수록 머리가 좋고 학습 능력이 뛰어나다. 인공신경망은 이러한 구조를 그대로 재현, 이미지 인식 등 그동안 AI가 하기 어려웠던 임무를 더욱 잘 수행하고자 했다. 뉴런 대신 노드^②를 사용하고, 이 노드는 입력층, 은닉층, 출력층으로

구성되어 있다. 노드가 다른 노드로부터 입력층에서 신호를 받으면, 미리 부여된 가중치와 계산 후 주어진 활성화 함수를 거쳐 은닉층으로 전파되고, 같은 방식으로 그다음 층으로 전해질 신호를 계산, 출력층에서 해당하는 결과를 다른 노드로 내보내는 것이다.

이러한 인공지능망 층을 연속적으로 아주 많이 쌓아 기계를 ‘자율학습’시키는 것이 딥러닝이다. 딥러닝은 분류에 사용할 데이터를 가져다주기만 하면 스스로 학습할 수 있으므로 학습 효율과 정확도가 매우 우수하다. 두 차례의 AI 빙하기 이후 찾아온 AI 연구 르네상스기에 개발된 오늘날의 여러 AI가 기존과 격을 달리하는 성능을 보인 것도 바로 이 때문이다. 덕분에 AI는 의료뿐 아니라 영상, 사진, LLM, 자율주행자동차 등 다양한 분야에 더욱 널리, 그것도 실용적으로 쓰일 수 있게 되었다.

의료용 로봇: AI에 물리력 부여

오늘날의 AI는 회로와 디스플레이 안에서만 머물러 있지 않는다. 물리력을 가지고 외부 세계로 나와 움직이기도 한다. 이렇게 물리력을 지닌 AI를 우리는 로봇이라고 부른다.

의료용 로봇에도 여러 가지가 있다. 그중에서도 가장 먼저 떠오르는 것은 수술 로봇이다. 로봇은 인간과 달리 피로를 모르고, 정밀한 동작도 편차 없이 무한 반복 수행할 수 있다. 따라서 매우 높은 정밀도를 요하는 수술에 적합하다. 원격조종 할 수도 있어 원격의료에도 쓸모가 높다. 사상 최초로 로봇을 사용한 수술이 실시된 것은 무려 40여 년 전인 지난 1983년이었다. 같은해 3월 12일 캐나다 밴쿠버에서 수술용 로봇 아스로봇^{Arthrobot}이 조종자의 음성 명령에 따라 환자의 다리를 정렬시키는 데 성공한 것이다. 또한 1985년에는 유니메이션 퓨마 560 로봇이 환자의 두뇌 조직 검사에 투입되었다. 1992년에 첫 등장한 수술용 로봇 로보닥^{Robodoc}은 2008년, 로봇으로서는 최초로 미 FDA 승인을 얻기도 했다. 이후에도 이습, 제우스, 다빈치 등의 유명한 수술용 로봇이 만들어졌다.

② 노드^{node}: 컴퓨터 과학에 쓰이는 기초적인 단위로 대형 네트워크에서는 장치나 데이터 지점을 의미한다.



유니메이션 퓨마 560

의료용 AI의 그림자

의료용 AI에는 장점만큼 사실 많은 문제점도 존재한다.

가장 큰 문제는 개인정보 보안이다. 건강 정보는 개인정보 중에서도 가장 엄중하게 취급되어야 한다. 그런데 의료용 인공지능은 그 건강 정보를, 그것도 엄청나게 많이 가지고 있다. 누군가 악용한다면 큰 피해가 발생할 수 있다.

알고리즘의 편향도 큰 문제다. AI의 학습은 과거의 데이터를 가지고 이루어질 수밖에 없다. 데이터 자체, 또는 그 데이터를 취급하는 사람의 편향에 따라 AI의 학습 내용도 편향성을 띠 수 있다. 그렇게 되면 특정 환자에 대한 부정확하고 부적절한 진료와 치료라는 위험이 발생할 수도 있는 것이다.

그 외에도 아직은 높은 설치 및 운용 비용, 알고리즘 자체가 갖는 난해함과 불투명성, 너무 빠른 기술적 발전에 비해 제자리걸음을 하고 있는 관련 제도, 환자와 신뢰에 기반한 인간관계를 쌓기 어려운 점 역시 문제점으로 꼽힌다. 생명이라는 가장 고귀한 가치를 맡기려면 반드시 짚고 넘어가야 하는 부분이 아닐 수 없다.



이동훈 과학 칼럼니스트

<월간 항공> 기자, <파퓰러사이언스> 외신 기자 역임. 현재 과학·인문·국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사> 등의 과학 서적을 번역했다.

미생물의 존재조차 몰랐던 중세인이 오늘날 첨단 의료 현장을 본다면 어떤 느낌을 받을까? 그것을 알고자 한다면 SF영화 속에 묘사된 미래 의료 기술을 보라. 인공지능^{AI}과 네트워크, 로봇이 합심해 인간의 건강을 지키는 미래. 그 미래는 오늘도 꾸준히 다가오고 있다.

글 이경원 과학 칼럼니스트

영화 속 의료용 인공지능

영화
〈애프터 어스〉

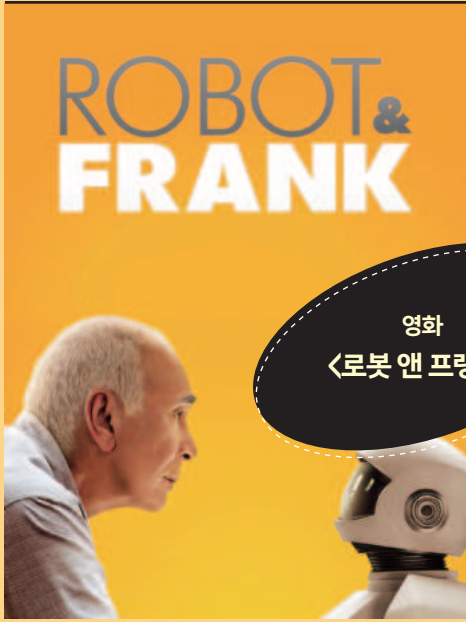
M. 나이트 샤말란 감독, 윌 스미스와 제이든 스미스 부자^{父子}가 의기투합해 만든 SF영화다. 극 중 부상을 당해 움직이지 못하던 사이퍼 레이저(윌 스미스 분)는 집에서 멀리 떨어진 곳에서 활동하는 아들 키타이 레이저(제이든 스미스 분)의 건강 상태를 실시간으로 체크한다. 키타이가 독충에 물리자 바로 그 사실을 알고 대처법을 알려주기도 한다. 의사가 먼 곳에 있는 환자의 상태를 알아내고 실시간으로 대응하는 원격의료의 모습이 영화 속에서 멋지게 구현되고 있는 것이다.

물론 현대에도 이미 이러한 원격의료는 존재한다. 병원에 가야 하지만 거동이 불편하다든지, 무의촌에 산다든지 하는 환자들도 안심하고 일상생활을 영위할 수 있게 해주면서, 또한 위험을 조기에 발견해 쉽게 치료할 수 있도록 하기 위함이다. 환자의 주요 생리적 매개변수를 측정하는 ‘센서’, 센서가 획득한 데이터를 저장해 의료 서비스 공급업자의 중앙 저장장치로 전송해주는 ‘로컬 저장장치’, 센서, 로컬 저장장치, 진단 프로그램, 의료 서비스 공급업자들이 생산한 데이터를 저장하는 ‘중앙 저장장치’, 획득한 데이터에 따라 처방을 제시하거나 경보를 울리는 ‘진단 프로그램’의 4가지 구성 요소를 통해 원격医료를 구현한다. 이 중 진단 프로그램이 바로 의료용 AI에 해당되는 부분이다. 2008년



<애프터 어스> 포스터

영국 정부가 실시한 조사에 따르면 원격医료를 통해 사망률 45% 감소, 입원 기간 14% 감소, 의료 비용 8% 감소 등 공중보건상 많은 긍정적 효과를 얻었다고 한다.



▶ 로봇 앤 프랭크 포스터

영화
<로봇 앤 프랭크>

은퇴한 늙은 도둑 프랭크 웰드(프랭크 란젤라 분)에게 아들이 선물로 노인 도우미 로봇(피터 사즈가드 분)을 주면서 생기는 사건을 다룬 SF영화다.

영화 속 로봇은 지금 봐도 꽤 잘 만들었다. 프랭크가 더욱 건강한 생활을 누릴 수 있도록 식사 등에 다양한 조언을 해줄 수 있고, 또 물리력을 발휘해 프랭크를 도울 수도 있다. 훌륭한 시가 탑재되어 있지 않으면 안 되는 설정이다. 고령화가 가속화되어 노인들을 돌볼 사람이 모자라는 요즘, ‘저런 거 있으면 부모님 하나 사드리고 싶다’ 하는 생각이 절로 든다. 하지만 프랭크는 그 모든 것을 쓸데없는 오지랖으로 여기고 마땅치 않아 한다. 노인 등 소외계층이 겪는 기술 장벽의 단면을 느낄 수 있는 부분이다. 과연 그런 문제를 어떻게 해결할 수 있을까, 하는 의문도 던져준다.

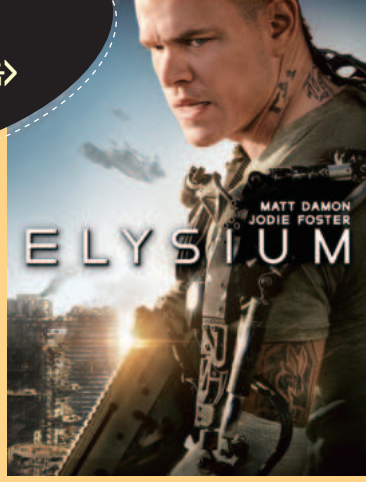
한편 이 로봇은 새로운 것을 배우는 능력이 매우 뛰어나다. 로봇이 어려운 문제를 쉽게 푸는 모습을 본 프랭크는 나쁜 생각을 품게 된다. 이 로봇을 데리고 인생 최후의 한탕을 저지르기로 마음먹은 것이다. 영락없이 기술을 악용하려는 인간의 모습이다!

양극화가 지독하게 진행된 서기 22세기의 디스토피아를 다룬다. 극소수 부자들은 우주 식민지 엘리시움에서 최첨단 의료 혜택을 누리면서 건강하게 살고, 대부분의 가난한 사람들은 지구에 남아 형편없는 의료 서비스를 받는다. 지구에 사는 가난한 주인공 맥스(맷 데이먼 분)가 근무 중 산업재해를 당한다. 적절한 치료를 받지 않으면 5일 내에 죽게 되지만 진통제 5일치만 처방받는다. 그런 그에게 밀항 업자 스파이더(와그너 모라 분)는 엘리시움의 설계자 존 칼라일(윌리엄 피츠너 분)을 납치해 오면 엘리시움에 보내주겠다고 제안하는데...

영화 속 상당수 기술은 이미 현재에도 쓰이고 있거나, 가까운 미래에 실용화가 예정되어 있다. 극 중에서 인간을 돕는 도우미 로봇, 맥스가 착용하고 다니는 외골격, 안면 인식 기술, 빅데이터 기술, 유전자 신분증 기술 등은 현재도 볼 수 있다.

한술 더 떠서 엘리시움의 AI 치료 기계는 환자를 스캔하기만 해도 바로 증상을 진단해주고, 수류탄 파편으로 박살이 난

영화
<엘리시움>



▶ 엘리시움 포스터

안면 조직을 순식간에 재생한다거나, 백혈병을 곧바로 치료하는 등 엄청난 능력을 발휘한다. 황당하기까지 한 영화의 설정은 재산 규모에 따라 평균수명까지도 변하는 현재의 건강 불평등 문제에 대한 풍자다. 그뿐만 아니라 기술 적응력과 접근성에 따라 건강 불평등 문제가 생길 수도 있다는 것을 시사한다.

기술은 결코 그 자체만으로 장밋빛 미래를 보장해주지 않는다. 기술의 과실을 공정하게 나눌 수 있는 지혜가 필요하다.

인류 난제 불치병,
AI에게 맡겨라!



10년 후인 2034년 AI 의료 시장 규모는 23배 성장한
6138억 1000만 달러까지 늘어날 것으로 예상된다.



지난 1월, 미국 샌프란시스코에서 열린 ‘JP모건 헬스케어 콘퍼런스^{JPMHC}’는 인공지능^{AI}이 의료 분야의 패러다임을 변화시키고 있음을 보여주는 자리였다. 지난해까지만 해도 JPMHC의 주요 의제가 AI를 의료산업에 어떻게 활용할 것인가에 집중되었다면, 올해는 AI가 불치병 치료 등 인류의 난제를 어떻게 해결해주는지에 대한 방법론에 초점이 맞춰졌기 때문이다.

글 김준래 과학 칼럼니스트



AI 의료 시장의 성장

AI를 활용한 글로벌 의료 시장이 매년 가파른 성장세를 보이고 있다. 시장조사 및 예측 전문 기관인 프레지던스 리서치^{Precedence Research}에 따르면, 2024년 글로벌 의료 분야 AI 시장 규모는 266억9000만 달러(약 39조 원)인 것으로 나타났다. 이는 전년 대비 38.5% 증가한 수치로 의료 시장에서는 상당히 높은 증가율이다.

2024년 시장 규모도 예상을 뛰어넘는 수치지만, 더욱 놀라운 사실은 10년 후인 2034년에는 시장 규모가 23배나 성장해 6138억1000만 달러까지 늘어날 것으로 예상된다.

이 같은 성장세는 AI가 의료산업 발전에 얼마나 많은 영향을 미칠 것인지를 보여주는 데이터로, 많은 의료 기업이 AI를 적극 도입하고 있으며, AI 없이는 신약 개발이나 의료 서비스 제공이 불가능할 정도로 AI가 필수적 요소가 되어가고 있다.

국내에서도 AI 기반의 의료 기술에 대한 투자가 활발히 이루어지고 있다. 보건복지부의 자료에 따르면, 지난 5년간 국내 의료 AI 관련 연구개발 투자액은 총 2조2000억 원에 달하며, 매년 약 33%씩 증가하고 있는 것으로 드러났다.



의료산업에 활용되는 AI의 핵심 키워드

JPMHC 행사에서도 파악되었듯이 현재 첨단 의료산업을 이끌고 있는 AI의 핵심 키워드는 ‘신약 개발’과 ‘의료 진단’, 그리고 ‘의료 로봇의 활용’이다.

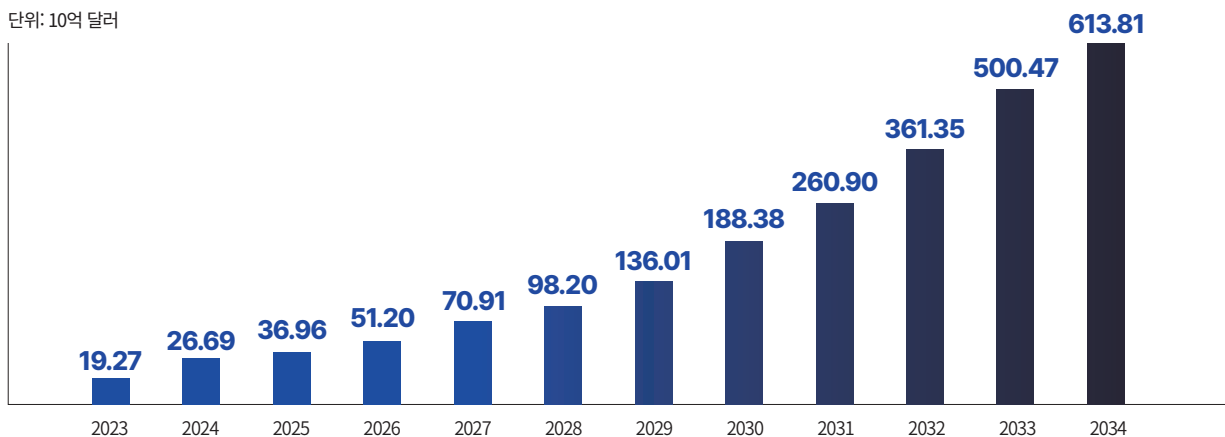
▶ 신약 개발

신약 개발은 기본적으로 10년이 넘는 오랜 개발 기간과 천문학적 비용이 투입되어야 하는 고난도 프로젝트다. 하지만 AI 기술의 발전으로 신약 후보물질을 빠르고 정확하게 찾아냄으로써 이 개발 과정이 획기적으로 줄어들고 있다.

실제로 지난해 AI 기반의 신약 개발 플랫폼들은 연구 기간을 대폭 단축하고 성공 확률은 기대 이상으로 높인 것으로 파악됐다. 예를 들어 엔비디아^{NVIDIA}는 자체 AI 신약 개발 플랫폼인 ‘바이오니모^{BioNeMO}’를 통해 신약 개발 과정을 혁신적으로 개선하고 있다. 이 플랫폼은 유전자 관련 데이터를 학습한 AI를 활용해 신약 개발 속도를 혁신적으로 앞당기고 있다. 또한 인실리코 메디신^{Insilico Medicine}이 구축한 AI 플랫폼도 프로젝트를 가동한 지 불과 18개월 만에 간경화 치료제 후보물질 개발이라는 놀라운 성과를 거두었다. 구글 딥마인드^{Google DeepMind}의 알파폴드^{AlphaFold} 같은 AI 플랫폼 역시 단백질 구조를 예측하는 데 있어 일대 혁명을 일으켰는데, 이는 신약 개발의 초기 단계를 획기적으로 가속화한 대표적 사례로 꼽힌다.

2023~2034년 AI를 활용한 헬스케어 시장 규모

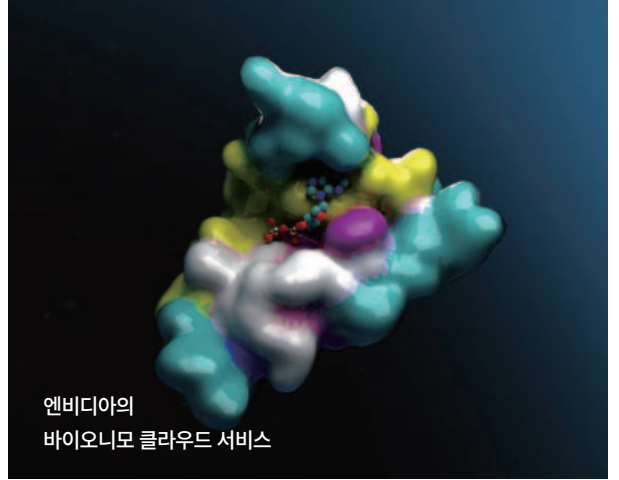
단위: 10억 달러



자료: 프레지던스 리서치^{Precedence Research}



엔비디아는 자체 AI 신약 개발 플랫폼 바이오니모를 통해 신약 개발 과정을 혁신적으로 개선하고 있다.



엔비디아의 바이오니모 클라우드 서비스

최근에는 여기서 한발 더 나아가, AI 플랫폼이 다중 치료용 단백질을 설계하는 단계로까지 발전하고 있다. 생성형 AI가 단백질의 3D 모델을 만들면, 추론과 논증에 특화된 AI가 단백질 간의 결합을 최적의 조건으로 구성하는 방식이다. 이는 기존의 복잡하고 시간이 오래 걸리던 단백질 기반 치료제 개발 과정을 획기적으로 개선한 것이다.

▸ 의료 진단

의료 진단 분야에서는 이미 AI가 의사의 능력을 넘어서는

성과를 보이고 있다. 특히 암 진단 같은 복잡한 의료 영역에서 AI의 정확성은 경이로울 정도라는 것이 전문가들의 의견이다.

미국 스탠퍼드 의과대학의 연구에 따르면, AI 기반 의료 영상 분석 시스템은 유방암, 폐암, 피부암 등의 진단에서 인간 병리학자보다 더 높은 정확도를 보인 것으로 밝혀졌다. 특히 초기 단계 암 진단에서 AI의 성능은 더욱 두드러졌다.

이처럼 AI는 의료 진단 분야에서도 큰 변화를 일으키고 있는데,



지난 1월 미국 샌프란시스코에서 열린 'JP모건 헬스케어 콘퍼런스'는 AI가 의료 분야의 패러다임을 변화시키고 있음을 보여주는 자리였다.

그중에서도 딥러닝 기술을 활용한 이미지 분석은 암과 심장병, 그리고 신장병 등 다양한 질병의 조기 발견에 큰 도움을 주고 있다. 진료 과정에서 확보한 의료 영상을 분석해 질병의 조기 진단을 돕고 있으며, 의료진의 업무를 지원하고 의사의 판단을 보조하는 데 활용되고 있는 것이다.

예를 들어, 구글 딥마인드는 신약 개발 외에도 안과 질환을 진단하는 AI 시스템을 통해 임상시험에서 높은 정확도를 보인 바 있다. 이 시스템은 전문의의 진단 결과와 비교해 유사한 정확도를 보여주었으며, 조기에 질병을 발견해 치료 시기를 앞당기는 데 기여하고 있다.

이 외에도 AI 기반의 자연어처리^{NLP} 기술은 복잡한 의료 기록을 읽고 중요한 내용만 뽑아 요약해주는 역할을 함으로써 의사나 간호사들이 빠르고 쉽게 정보를 확인할 수 있도록 만들고, 음성인식 기술도 환자와 의료진이 더 잘 소통하도록 돕는 데 기여하고 있다.

특히 최근 개발된 대규모 언어 모델은 환자의 상태를 정리하고 중요한 정보를 분석하는 데 유용하게 활용되고 있는데, 이를 통해 의사는 더 빠르고 정확하게 진단을 내릴 수 있고, 환자별 맞춤형 치료법까지 제안할 수 있는 수준으로 발전했다.

▶ 의료용 로봇의 발전

AI 기반의 의료용 로봇을 대표하는 모델은 수술용 로봇이다. 수술용 로봇은 수술 중 합병증 발생률을 감소시키고, 수술 시간을 단축하며, 환자의 회복 시간을 줄이는 데 기여하고 있다.

예를 들어, 로봇 수술 시스템 선구자이자 최소 침습 치료의 글로벌 기업인 인튜이티브 서지컬^{Intuitive Surgical}의 연구에 따르면

개복 수술 대비 로봇 수술 합병증 발생률

44% 낮음

복강경 수술 대비 로봇 수술 합병증 발생률

10% 낮음



자료: 인튜이티브 서지컬^{Intuitive Surgical}

로봇 수술은 개복 수술 대비 44% 낮은 합병증 발생률을 보였으며, 복강경 수술 대비 10% 낮은 수치를 기록한 것으로 파악됐다.

또한 AI 기반의 로봇 수술은 수술 시간을 대폭 단축시키고 있다. 수술 로봇은 정밀도가 높아 의사가 수술 과정에서 효율적으로 작업할 수 있도록 돕는 역할을 하는데, 이로 인해 수술 절차가 간소화되면서 결과적으로 수술 시간이 줄어드는 효과를 가져오고 있다.

이 외에도 수술용 로봇을 활용하면 환자의 회복 시간도 단축할 수 있다. 로봇 수술이 최소 침습적 접근 방식을 사용하므로 출혈과 감염의 위험을 줄이고, 환자의 회복 속도를 높이는 데 기여하는 덕분이다. 실제로 로봇 수술을 받은 환자는 전통적 수술 방법에 비해 회복 기간이 짧아진다는 것이 의료 현장의 의견이다.

한편 수술용 로봇의 경우에서도 알 수 있듯이 의료용 로봇의 발전은 의료 분야의 노동력 부족 문제를 해결할 수 있는 방안으로도 주목받고 있다. 수술뿐만 아니라 재활이나 간병, 또는 위생 관리 등 다양한 의료 서비스 영역에서 활용될 수 있는데, 예를 들면 일본 소프트뱅크^{SoftBank}의 페퍼^{Pepper} 로봇이



소프트뱅크 페퍼

대표적이다. 페퍼 로봇은 환자의 상태를 모니터링하고, 필요한 시기에 간호사를 호출하는 등 기존 간병인의 역할을 수행함으로써 절대적으로 부족한 간병인을 대체할 것으로 기대를 모으고 있다.

— 의료의 미래를 열 AI, 그러나 보완점은?

AI는 의료 분야에서 무한한 가능성을 보여주고 있지만, AI가 의료 현장에 완전히 자리 잡기 위해서는 해결해야 할 과제도 많은 것이 사실이다. 데이터 보안과 알고리즘의 편향성, 그리고 윤리적인 문제 등이 대표적인 예다.

▶ 데이터 보안

개인 의료 정보의 보안은 매우 중요하다. AI가 의료 데이터를 분석하기 위해서는 방대한 양의 데이터가 필요하지만, 이 과정에서 개인정보가 유출될 위험이 존재한다. 따라서 강력한 보안 시스템을 구축하고, 개인정보보호에 대한 인식을 높이는 노력이 필요하다.

▶ 알고리즘의 편향성

AI는 학습 데이터에 의존하기 때문에 학습 데이터에 편향이 존재하면 알고리즘 또한 편향될 수 있다. 이는 특정 인종이나 성별에 대한 차별을 발생시킬 수도 있으므로, AI 알고리즘의 공정성을 확보하기 위한 노력이 필요하다.

▶ 윤리적 문제

AI가 의료 결정에 중요한 역할을 하게 되면서, AI의 책임 소재에 대한 논란이 발생할 수 있다. 또한 AI의 발전이 인간의 존엄성을 훼손할 수 있다는 우려도 제기된다. 따라서 AI 개발과 활용에 윤리적 기준을 마련하고, 사회적 합의를 도출하는 것이 중요하다.

그동안 AI를 활용한 의료 기술은 눈부신 발전을 거듭해왔다. 하지만 AI가 이룬 의료 분야의 성과는 시작에 불과하며, 미래에는 더욱 놀라운 발전이 기대된다. 앞으로 AI는 의료산업의 패러다임을 지속적으로 변화시키며 질병의 조기 진단, 맞춤형 치료, 예방의학 등 다양한 영역에서 혁신을 이끌 것으로 보인다.

JP모건 헬스케어 콘퍼런스 JPMHC

지난 1월 미국 샌프란시스코에서 세계 최대 제약 바이오산업 행사인 2025 JP모건 헬스케어 콘퍼런스가 열렸다. JPMHC의 작년 행사가 AI를 헬스케어 분야에 적용하겠다는 선언적 의미가 컸다면, 올해는 AI를 불치병 등 인류가 풀지 못한 난제를 해결할 수 있는 해결책으로 전면에 내세웠다.

이날 김벌리 파월 엔비디아 헬스케어 부문 부사장은 “가속 컴퓨팅과 바이오 데이터로 무장한 AI는 헬스케어를 최대 기술 산업으로 바꾸고 있다며 아이큐비아, 일루미나, 마요클리닉, 아크인스티튜트 등 4개 업체 및 기관과 대대적인 파트너십을 맺었다”고 발표했다. 또한 엔비디아는 이날 자체 AI 신약 개발 플랫폼 ‘바이오니모’에 단백질 디자인 툴을 추가했다고 밝혔다.

AI 기반 신약 개발사 템퍼스는 “헬스케어 업계에선 AI를 이해하지 못하면 살아남을 수 없다”며 “AI로 100% 정확한 진단을 받을 수 있는 시대가 오고 있는 만큼 오늘날의 진단은 어쩌면 어리석은 것일지도 모른다”고 말했다. 2025 JPMHC는 바이오·의료산업에 있어 AI 혁명의 진정한 예고편이었다.



김준래 과학 칼럼니스트

연세대 공대 졸업, 서강대 대학원에서 과학커뮤니케이션 과정을 수료했다. 현재 과학기술 분야에서 객원 기자로 활동하며 다양한 과학기술 전문매체에 기고하고 있다. 저서로는 <역발상의 과학>, <미래를 읽다, 과학이슈> 시리즈에는 공동 저자로 참여했다.

AI 신약 개발의 패러다임은 바뀌고 있는가?



지난해 노벨 화학상은 단백질 설계 예측 연구에 기여한 AI 모델 알파폴드를 개발한 연구진이 수상했다. 단백질 구조의 비밀을 밝혀 신약 개발과 질병 퇴치에 크게 기여할 수 있을 것이라는 평가를 받았다. AI를 이용한 신약 개발은 AI 의료 기술에서도 가장 주목받는 분야다. 엔비디아는 신약 단백질 설계 플랫폼을 제공한다고 밝혀 업계를 놀라게 하기도 했다. AI를 이용한 신약 개발의 글로벌 트렌드와 국내 기술 동향에 대해 알아본다.

글 황재성 한국제약바이오협회 AI신약융합연구원^{CAID} 책임연구원

AI 신약 개발의 패러다임이 바뀌고 있다는 주제로 원고를 쓰기 위해 챗GPT, 제미나이, 퍼플렉시티 등 몇 가지 대규모 언어 모델^{LLM}을 통해 아래와 같은 질문을 해보았다. “AI 신약 개발 패러다임 변화라는 검색어로 가장 오래된 기사를 찾아줘.” 요즘은 질문을 잘해야 한다는 프롬프트 엔지니어링이 뜨고 있지만 위와 같이 아주 단순하게 물어보았다. 해당 주제가 비교적 최근에 부상했기 때문인지 시기를 특정하기 다소 어렵다는 대답으로 시작해 2023년 8월 18일 발행한 ‘AI 신약 개발 준비하는 제약바이오... 산업 패러다임 변화 시작되나’라는 기사가 가장 오래되었다는 답변과 2019년 7월 18일에 발행된 ‘글로벌 시장 신약 개발 패러다임이 바뀌고 있다’ 기사가 5년 7개월 전에 작성되었다는 대답 등 상반된 답변이 생성되었다. 개인적으로 검색 사이트의 기사 검색을 통해 ‘AI 신약 개발 패러다임 변화’를 추가 검색해보았다. 2016년 3월 9일의 사설 ‘산업 패러다임 바꿀 AI 혁명 시작됐다’라는 기사를 살펴보니 AI는 의료산업의 기존 패러다임을 바꿀 파급력을 가졌다는 내용부터 세계 AI 산업은 아직 절대 강자가 없는 상황이라 우리의 전략에 따라 AI 산업에서 얼마든지 기회를 만들 수 있다며 다행스럽다고 한 기사를 찾을 수 있었다. 어떤 시기를 AI 신약 개발의 패러다임이 바뀔 때로 생각할지는 본 기사를 읽어본 후 독자들께서 판단하기를 바란다.

신약 개발 시장의 변화

요즘은 일반인도 AI 기술에 많은 관심을 가지고 있다. 최근 중국에서 무료로 공개된 딥시크^{DeepSeek}의 기술적인 주요 핵심 내용을 파악하고 있는가 하면, 다양한 LLM 중 하나 정도는 금금증을 해결하기 위해 활용하고 있을 만큼 일상에서 AI를



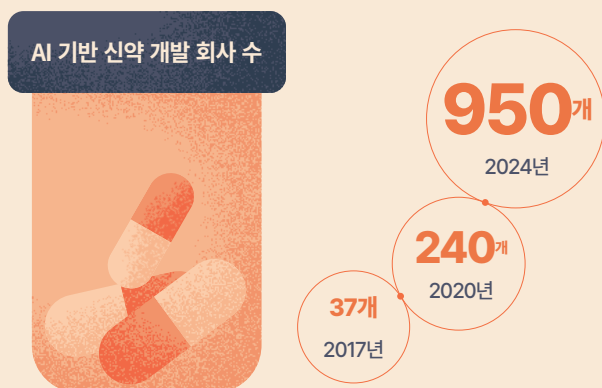
AI라는 용어를 처음 사용한 다트머스 대학의 존 매카시 교수

경험하고 있다. 사실 이러한 AI의 개념은 1943년 인공신경망에 대한 기초이론이라는 논문으로부터 시작되었고, 1956년 미국 다트머스 대학에 있던 존 매카시 교수가 개최한 다트머스 회의를 통해 처음으로 AI라는 용어가 사용되었다. AI의 빙하기를 지나고 컴퓨팅 파워의 증가와 알고리즘의 발전으로 일반인에게 AI의 파괴력을 보여주어 큰 관심을 이끌어낸 것은 2016년 3월 9일부터 15일까지 치러졌던 천재 기사 ‘썬돌’ 이세돌 9단과 구글 딥마인드의 AI ‘알파고’의 대국에서부터일 것이다. 위에서 언급한 AI로 신약 개발 분야의 패러다임이 바뀔 것이라는 사실이 바로 저 대국 시기에 작성된 것으로, 8년이 지난 지금 신약 개발 분야에서 어떤 변화가 있었는지 알아보려고 한다.

AI의 강점은 거대한 데이터를 분석하거나 복잡한 데이터를 처리하고 정보를 예측하여 판단하는 패턴 인식 작업에 있기에 언어, 이미지, 영상 처리 및 생성에 많이 사용되고 있었고, 2012년 알렉스넷^{ALEXNET}이라는 이미지 분석 알고리즘이 공개됨과 동시에 AI 신약 개발 분야의 기업도 하나둘 생기기 시작했다. AI 신약 개발의 초기를 이끌었던 대표적인 기업으로는 2012년 창업한 아톰와이즈^{Atomwise}, 엑사이언티아^{Exscientia}, 엠셀레라^{AbCellera}, 플랫폼아이언 헬스^{Flatiron}

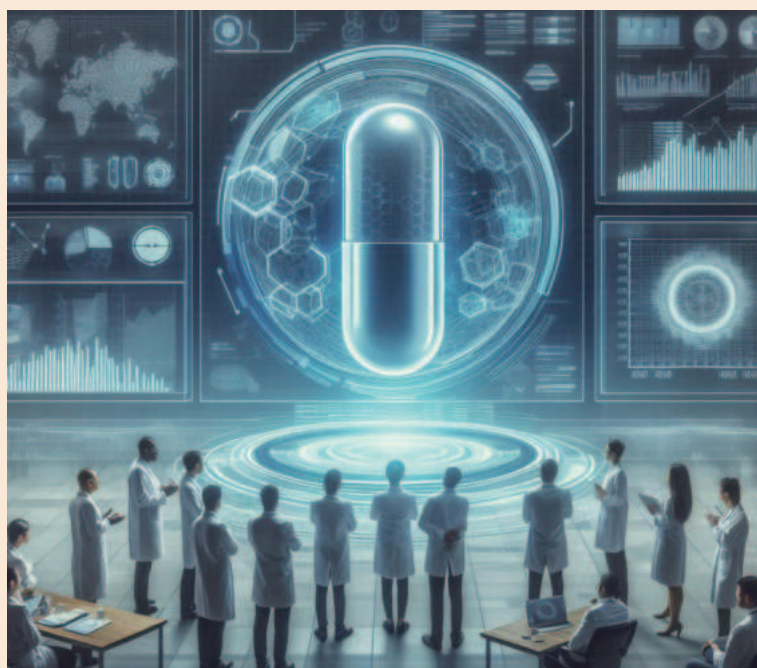
Health, 2013년 창업한 베네볼렌트 에이아이^{BenevolentAI}, 씨클리카^{Cyclica}, 리커전^{Recursion}, 자이머젠^{Zymergen}, 2014년의 인실리코 메디슨^{Insilico Medicine}, 2015년의 크리스탈 파이^{XtalPi} 등이 미국, 중국, 유럽 등에서 생겨났다. 국내에서도 이세돌-알파고 대국 이전에 신테카바이오(2009년), 루닛(2013년), 스탠다임(2015년), 온코크로스(2015년) 등이 AI 신약 개발에 기치를 내걸고 창업되었다. 2016년 이후부터는 신규 타깃 발굴, 후보군 탐색 및 새로운 물질 생성, 물질의 성질 최적화, 새로운 치료법이나 약물 전달 방법 개발, 임상시험 예측 등의 다양한 신약 개발 분야의 AI 활용 바이오벤처들이

생기기 시작했다. 2017년 약 37개의 회사에서 2020년 240여 개로 10배 가까이 늘어났고, 2021년 300개, 2022년 700개, 2023년 800개, 그리고 2024년에는 950여 개의 AI 신약 개발 관련 회사들이 딥 파마 인텔리전스^{DEEP PHARMA INTELLIGENCE}라는 영국의 제약·바이오 전문투자 조사업체에 의해 보고되었다. 이러한 AI 신약 개발 분야의 활용은 기존 제약바이오 메이저 업체들도 지속적으로 관심을 가지고 있어 20대 제약사의 경우 수천억 원의 비용을 들여 최소 10개 이상의 업체들과 AI 신약 개발 공동연구를 진행하고 있다. 화이자의 디지털혁신센터, 아스트라제네카의 데이터사이언스&AI센터, 사노피의 AI신약개발가속센터 등은 독자적 연구시설을 설립해 수백 명에서 많게는 1000명 이상의 AI 관련 연구원을 채용하고 있다.

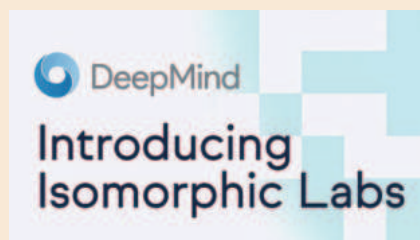


자료: 딥 파마 인텔리전스^{DEEP PHARMA INTELLIGENCE}

2017년부터 지금까지 신약 개발 회사 수가 폭발적으로 증가했다.



xaira





최초의 AI 신약 개발 타이틀 누가 가질 것인가?

2024년 단백질 구조 예측과 디자인의 혁신적인 발견으로 노벨 화학상을 공동 수상한 워싱턴대학의 데이비드 베이커^{David Baker} 교수가 창업한 제어라^{Xaira}는 시리즈A라는 초기 투자 라운드로 약 1조4000억 원(10억 달러)의 투자금을 유치했으며, 다른 공동 수상자인 구글 딥마인드의 데미스 하사비스^{Demis Hassabis}가 이끄는 아이소모픽 랩스^{Isomorphic Labs}의 경우에도 구글의 전폭적인 지원을 받으며 지난 2024년에 노바티스^{Novartis}와 12.4억 달러, 일라이릴리^{Eli Lilly}와 17.5억 달러의 연속 빅딜을 이루어내면서 AI 신약 개발 업계의 관심을 주도하고 있다. 필자가 속해 있는 한국제약바이오협회 AI신약융합연구원에서 40여 개 AI 신약 개발 회사로 이루어진 AI 신약 개발 협의회를 통해 조사한 결과에 따르면, 국내에서 100억 원 이상의 투자금을 유치한 회사는 15곳 정도이며, 900억 원이 가장 많은 투자를 받은 회사로 파악되고 있어 세계적인 투자 추세와는 큰 격차를 보이고 있다.

이러한 투자자들의 기대와 노벨상 수상 등으로 커지고 있는 AI 신약 개발의 성과는 하나의 신약이 탄생하는데 10~15년이

걸리고 최소 수조 원의 비용이 들어가는 일반 제약업계의 신약 개발기간과 비용을 줄인 것이다. 10년 이상이 소요되는 연구 기간을 1년으로 줄인 모더나와 화이자의 mRNA 백신 개발을 AI 기술이 적용된 최초의 신약으로 소개하는 경우도 있다. 하지만 코로나19 팬데믹 기간에는 정부와 규제 기관의 전폭적인 지원이 이루어진 특수한 경우로 필자는 아직 AI 기술을 적용해 발매된 사례는 보고되지 않은 것으로 생각한다. 2024년 바이오파마 트렌드^{Biopharma Trend}에서 발간한 보고서에 따르면 약 8개 정도의 AI 신약 개발 회사가 임상1상 이상의 임상시험을 진행하고 있으며, 리커전 파마슈티컬스^{Recursion Pharmaceuticals}가 엑센시아^{Exscientia}를 흡수 합병하면서 현재 10여 개의 다양한 임상 파이프라인을 보유하고 있다. 최근 국제



모더나와 화이자의 mRNA 백신 개발을 AI 기술이 적용된 최초의 신약으로 소개하는 경우도 있지만 코로나19 팬데믹 기간에 정부의 전폭적인 지지를 받은 특수한 경우로 볼 수 있다.

국내 AI 신약 개발 업체 개발 내용



온코크로스

약물 재창출 기반 AI 신약 개발 기술을 활용한 근감소증 치료제 후보물질 'OC514' 임상2상 준비 중

파로스아이바이오

AI를 통해 도출한 급성골수성백혈병^{AML} 치료제 후보물질 'PHI-101' 임상1상 시험 중

닥터노아바이오텍

AI 기반 바이오마커 발굴 및 복합제 예측 모델을 활용한 루게릭 치료제 'NDC-011' 해외 임상1상 진행 중

실제적인 개발비용 감소에 대해서 알아볼 수 있을 것이다.

뇌졸중 콘퍼런스에서 REC-994에 대한 뇌해면체기형^{Cerebral Cavernous Malformation, CCM} 환자의 뇌와 뇌간 병변의 부피가 감소하는 유망한 임상2상 결과를 발표했다. 올해 보고서에 소개된 8개의 AI 신약 개발 회사 중에서 최초로 임상3상에 진입하는 사례가 나타날 것으로 보이며 아마도 그 약물이 AI 신약 개발의 최초 발매 타이틀을 얻을 것으로 예상된다.

세계적인 투자금 규모와 비교해 적은 투자금으로 유지되고 있는 국내 AI 신약 개발 업체들도 현재 임상1상을 진행하거나 완료해 조만간 임상2상에 진입하는 성과를 보일 것으로 예상된다. 약물 재창출 기반 AI 신약 개발 기술을 활용한 근감소증 치료제 후보물질 'OC514' 임상1상을 완료하고 2상을 준비 중인 온코크로스, AI를 통해 도출한 급성골수성백혈병^{AML} 치료제 후보물질 'PHI-101' 임상1상을 시험 중인 파로스아이바이오, AI 기반 바이오마커 발굴 및 복합제 예측 모델을 활용한 루게릭 치료제 'NDC-011' 해외 임상1상을 진행 중인 닥터노아바이오텍 등이 대표적이다. 이러한 회사들 중 모든 임상을 통과하여 발매되는 약물이 나와야만

패러다임 변화를 위한 전략

AI 신약 개발 분야에 관심이 있는 필자는 거의 매일 쏟아지는 AI 신약 개발의 장밋빛 미래에 대해 접하고 있다. AI 신약 개발이 대두된 2012~2016년, 10여 년의 시간이 지났음에도 아직 최초의 AI 신약이라는 타이틀을 가진 약물이 발매되지는 않았다. 그럼에도 AI 신약 개발은 업계의 패러다임을 바꾼 것인가? 아니면 바꿀 것인가? 그렇다면 그 시기는 언제인가?

이 질문에 대한 확답은 현재 가능하지 않을 것 같다. 다만 AI에 의한 신약 개발의 혁신은 알파고와 알파폴드, 챗GPT, 딥시크 쇼크처럼 한번에 밀려올 것이다. 패러다임의

변화는 지속적으로 진행되고 있으며, 이에 따라 더욱 투자를 확대하고 지속적인 관심을 가져야 할 것으로 보인다. 이를 위해 필자는 세 가지 정도를 제안해본다.

첫째, AI의 핵심 능력은 방대한 데이터로부터 추론하는 것이고, 신약 개발에서 가장 중요한 요소는 데이터이다. 이를 위해 신약 개발과 관련된 많은 양의 고품질 데이터를 확보하기 위한 자율주행실험실^{Self-Driving Lab, SDL} 구축이나 공동연구, 협력이 가능한 네트워크를 시급히 구축하는 것이 필요하다.

둘째, 코로나19 팬데믹 시기에서도 알 수 있듯이 실제 인체에서 검증하는 임상시험 기간을 줄여야만 실제적인 개발기간의 단축이 가능하다. 따라서 식약처와 같은 규제 기관에서 AI 기술 전문가 확보, 기술 검증 부서 설립과 함께 규제 기관에서 보유하고 있는 방대한 전임상시험 결과, 성공적인 임상시험과 실패한 임상시험에 대한 결과 등을 AI 신약 개발에 활용 가능하도록 데이터베이스를 구축해야 한다.

셋째, 제약바이오 연구원들도 이제는 먼 이야기가 아니라 지속적으로 AI 기술에 관심을 가지고 변화에 대응해야 할 것으로 생각한다.



이러한 AI 신약 개발에 대한 정부 차원의 변화와 일반 연구원들의 관심이 지속되어야만, LLM 모델에서 작성해 준 아래와 같은 AI 신약 개발의 패러다임 전환으로 다가갈 수 있는 지름길이 될 것이다.

“이제 신약 개발은 더 이상 수십 년이 걸리는 과정이 아니다. AI가 후보물질을 찾아내고, 로봇이 실험을 수행하는 시대가 도래했다.”

“인공지능이 신약 개발의 패러다임을 바꾸고 있다. 기존 방식으로 10년이 걸리던 신약 후보 발굴이 AI를 통해 단 몇 개월 만에 가능해졌다.”

“전통적인 신약 개발이 ‘느리고 비싼’ 방식이었다면, AI 기반 신약 개발은 ‘빠르고 효율적인’ 방식으로 변화하고 있다.”

“화합물 하나하나를 실험하던 연구자들은 이제 AI의 도움을 받아 수십억 개의 후보물질을 단숨에 분석할 수 있게 되었다.”

“신약 개발의 혁신이 시작됐다. AI가 데이터를 분석하고, 생성형 AI가 새로운 약물을 디자인하며, 로봇 실험실이 이를 검증하는 시대가 열리고 있다.”



황재성 한국제약바이오협회 AI신약융합연구원^{CAID} 책임연구원

제약바이오산업 현장에서 24년간 연구하며 수많은 실패 사례를 통하여 신약 개발의 어려움을 경험했다. 2016년 해외 라이선싱 아웃의 성공 케이스를 가지고 있으며, 최근에는 AI 신약 개발 정책 연구 및 제약사의 AI 신약 개발 도입 등을 제안하고 있다. 국내 컴퓨터 활용 신약 개발 분야의 오랜 경험자 중 하나인 디지털 분자구조 디자이너^{Digital Molecular Designer}다.

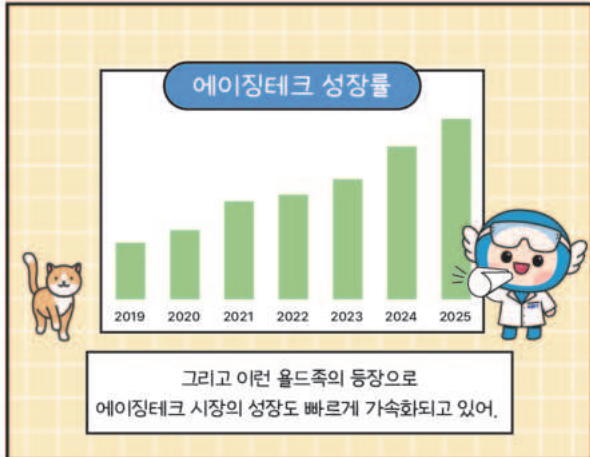
지속가능한 고령사회를 위한 기술,



에이징테크



만화 다츠디자인 현아



미국의 마이티 헬스는 개인 맞춤형 운동과 영양 플랜을 설계하고, 웨어러블 기기를 통해 사용자의 데이터를 실시간 분석하는 프로그램을 선보이기도 했어.

미국의 카디모는 심박수와 호흡 패턴을 지속적으로 모니터링하다 이상 징후를 조기에 감지해 사용자와 보호자에게 알림을 제공하는 긴급 상황 대응 기술도 개발했어.

이스라엘의 인튜이션 로보틱스는 AI 기반의 로봇 동반자를 개발했어, 일상에서 정서적 지지를 제공하고, 가족과 커뮤니티와 연결을 도우면서 노인의 사회적 고립을 예방할 수 있지.

국내 기업도 있어, 위로보틱스는 웨어러블 로봇 뒀을 활용해 고령자와 만성질환자의 보행을 지원하고 안전한 이동을 돕는 기술을 제공하고 있어.

글로벌 에이징테크 시장은 연평균 23%의 성장률을 보이며, 2025년에는 약 3조2000억 달러에 이를 거래.

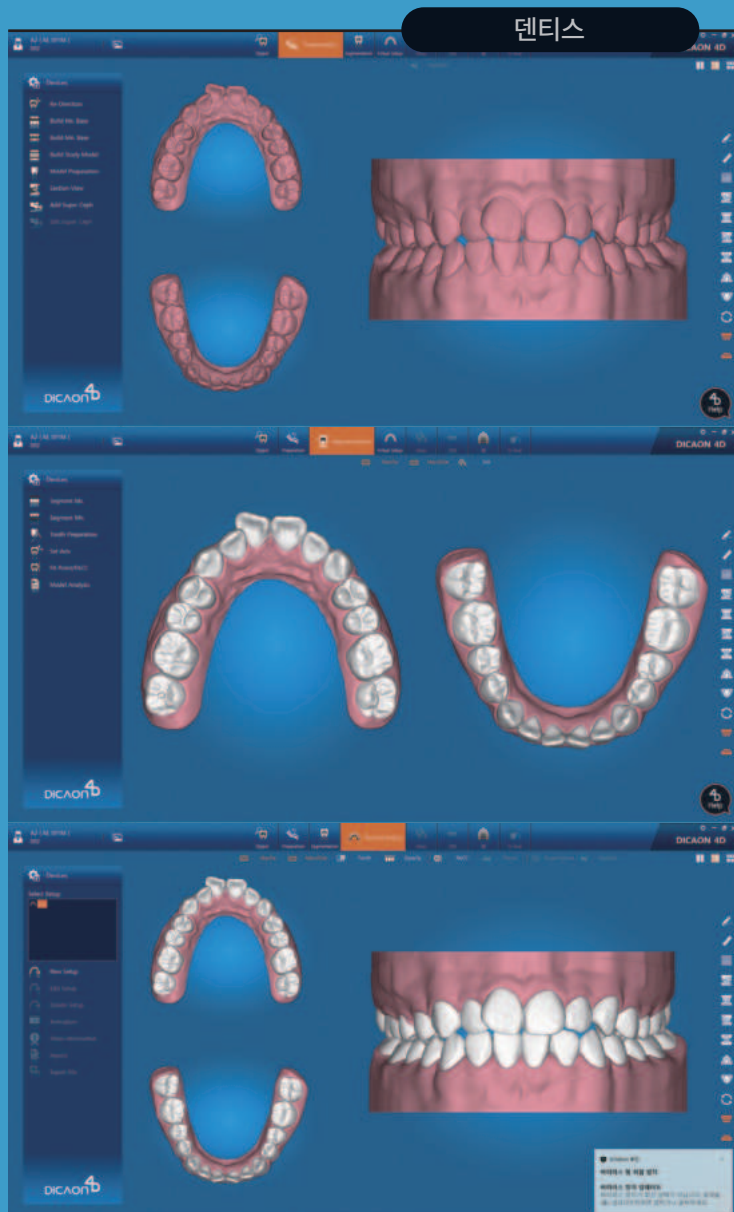
한국도 고령화가 가속화되면서, 에이징테크의 역할이 점점 더 커질 것 같아. 나도 울드족이 되기 위해서 열심히 관리해야지. 에이징테크 공부하러 가야겠다!

치과 투명교정 핵심 기술력으로 세계시장 정조준한다

“기존 치과 투명교정 치료는 시간이 오래 걸리고, 해외 기업의 소프트웨어와 재료에 의존해야 했지만 이제 국내에서도 진단부터 치료계획, 교정기 제작까지 한번에 해결할 수 있습니다.”

치과 의료기기 및 임플란트 전문기업 덴티스가 국내 최초로 ‘AI 기반 환자맞춤형 1Day 치과 투명교정치료 플랫폼’을 개발했다. 교정치료 진단부터 치료 계획 수립, 교정장치 제작에 이르기까지 핵심 기술력을 확보해 글로벌 경쟁력을 갖췄다는 평가를 받고 있다.

글 김광균 사진 이승재



연구과제명	AI 기반 환자맞춤형 1-Day 치과 투명교정치료 플랫폼 개발
제품명(적용 제품)	패키지(DICAON, ZENITH), 서비스(SERAFIN)
개발기간(정부과제 수행기간)	2019.6~2023.12(4년 7개월)
총정부출연금	26억 원
개발 기관	덴티스
참여 연구진	서정희 연구원 외 56명

외산 주도 투명교정 시장에 도전장

치아교정은 단순히 외형적인 개선을 넘어 저작 기능과 구강 건강을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 하지만 철사와 브래킷을 이용하는 전통적인 교정 방식은 외관상 눈에 잘 띄고 통증을 유발한다는 점에서 만족감이 낮은 편이다. 반면 이러한 단점을 보완하기 위해 개발된 투명교정장치는 투명 플라스틱 틀을 사용하기 때문에 눈에 잘 띄지 않고 통증도 적어 선호도가 높다.

현재 투명교정 치료 시장은 ‘인비절라인^{Invisalign}’을 개발한 미국 기업 얼라인 테크놀로지^{Align Technology}가 주도하고 있다. 인비절라인은 치과에서 보낸 환자의 영상 진단 데이터를 토대로 얼라인테크놀로지서 치료계획을 제시하고, 치과의사의 승인을 거쳐 투명교정장치를 제작해 치과에 전달해주는 치료 시스템이다. 대부분의 치과가 인비절라인에 의존하다 보니 비용과 시간이 많이 소요되며, 치과의사의 의도대로 교정 계획을 조정하기 어려운 측면이 있었다. 덴탈 의료기기 기업 덴티스는 2016년부터 치과교정용 소프트웨어 개발에 나서면서 투명교정치료 분야에도 관심을 갖기 시작했다.

덴티스가 투명교정 관련 기술개발에 본격적으로 나서게 된 배경에는 2018년 역대 최대 규모의 의료소송으로 이슈가 된 치아 투명교정치료 부작용 피해 사례가 있다. 서울의 한 치과에서 투명교정치료의 효과를 부풀려 홍보하고 환자들을 모집해 교정비를 편취한 혐의로 화제가 된 사안이다. 덴티스는 투명교정치료를 둘러싼 현실적인 문제 해결을 위해 환자를 정확히 진단하고 치료계획을 수립할 수 있는 기술은 물론 투명교정장치 제작에 필요한 기술 확보에 발 빠르게 나섰다.

진단 및 치료계획·교정기 제작까지 한번에

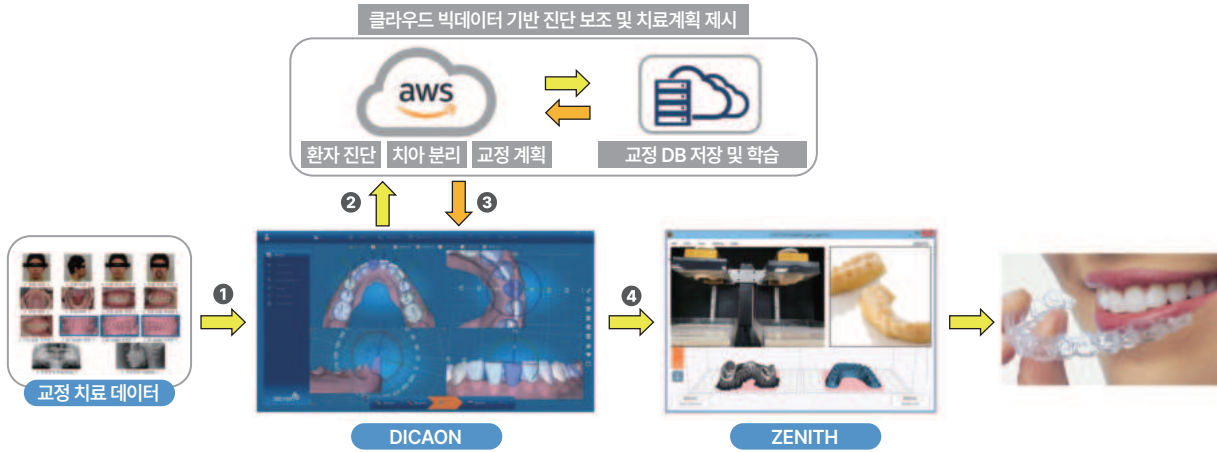
덴티스가 수행한 ‘AI 기반 환자맞춤형 1Day 치과 투명교정치료 플랫폼 개발’ 과제는 2019년 6월부터 2023년 12월까지 약 4년 7개월에 걸쳐 진행됐다. 투명교정 환자 진단과 치료계획 수립, 치료 전후 예측, 투명교정장치 디자인 등의 기능이 포함된 투명교정 전용 소프트웨어와 투명교정장치 출력을 위한 3D 프린터 기술 및 소재 개발이 과제의 최종 목표였다.

덴티스가 개발한 치과교정 소프트웨어는 기존 방식과 확연한 차별점을 갖는다. 기존에는 진단과 치료계획 수립, 투명교정장치 디자인을 수행할 때 각각의 소프트웨어를 이용해야 했지만 본 과제를 통해 개발한 소프트웨어를 이용하면 하나의 제품만으로 모든 기능을 수행할 수 있다. 또 AI를 활용해 진단과 치료계획 수립 절차를 간소화하고 투명교정장치 디자인까지 자동으로 수행할 수 있다는 점이 특징이다. AI를 통해 진단 결과와 치료계획을 제시하기 때문에 의사는 환자의 데이터를 보고 진단을 내리는 시간을 대폭 줄일 수 있다.

AI 기술을 활용하는 만큼 과제를 수행하는 동안 다수의 환자 데이터를 확보하는 일이 관건이었다. 한 명의 환자에 대한 치과교정 진단과 치료계획 수립이 동시에 이뤄져야 하기 때문에 의료 영상과 교정치료 이력으로 구성된 데이터 세트를 다수 확보하는 것이 매우 중요했다. 그래야만 AI가 이를 충분히 학습해 진단과 치료계획의 정확도를 높일 수 있기 때문이다. 다수의 환자 데이터 세트를 확보하고 빅데이터 개발 환경을 구축하는 과정에서 경북대학교 치과병원 교정과와 가천대학교의 도움이 컸다. 또 의료 데이터의 경우 개인정보보호가 무엇보다 중요하다는 판단에 따라 데이터 수집 시 모든 데이터를 익명화하는 데 중점을 뒀으며, 서버에서도 개인정보가 포함되지 않은 데이터를 수집해 AI 개발에 적용하도록 했다.

3D 프린팅 기술 측면에서도 고도화된 기술력이 돋보인다. 기존 프린터 장비로는 하나의 소재만으로 출력할 수 있었으나 덴티스는 치과 모델 소재와

AI 기반 투명교정 치료 플랫폼



투명교정장치 소재를 각각 동시에 출력할 수 있는 프린팅 기술을 개발했다. 또 기존 시트 소재와 동등한 수준의 성능을 갖춘 투명교정 전용 출력 소재를 개발함으로써 복잡한 장비 없이 3D 프린터와 소재만으로 손쉽게 교정기 제작이 가능해졌다. 이러한 기술 덕분에 치료계획 검토와 투명교정장치의 검수에 소요되는 시간을 대폭 줄일 수 있게 됐다.

신속한 사업화로 시장 공략 박차

덴티스는 2020년 투명교정 소프트웨어 개발 전문기업 디오코와 투명교정 솔루션 전문기업 티에네스를 자회사로 편입하면서 본격적인 사업화에 나섰다. 이들 기업의 축적된 노하우를 바탕으로 2021년 투명교정치료 서비스 ‘세라핀’을 출시했으며, 2022년 국내 최초로 투명교정 자동화 공정을 구축했다.

한국형 투명교정 대표 브랜드로 평가받는 세라핀은 환자 데이터를 바탕으로 독자 개발한 셋업 소프트웨어와 진단 뷰를 통해 진단과 치료 계획 수립을 수행할 수 있도록 구현한 플랫폼으로 유럽 CE(유럽통합규격인증마크)와 미국 FDA(식품의약국) 인증을 모두 획득했다. 이와 함께 자체 개발한 투명교정장치 제작 시트 소재 ‘메시트^{MESHTEET}’에 대해서도 FDA 인증과 일본 특허를 취득함으로써 품질과 원가경쟁력을 모두 갖추게 됐다. 세라핀은 지난해 기준 국내 투명교정 시장 점유율 19%를 기록하면서 인비절라인의 뒤를 이어 시장 점유율 확대에 기여하고 있다.

덴티스는 본 과제를 통해 개발한 투명교정 플랫폼에 대한 장기 추시 의료기기 임상시험도 준비 중이다. 임상시험을 통해 투명교정치료 효과를

확인하게 되면 국내뿐 아니라 글로벌 시장에서도 괄목할 만한 성과를 낼 수 있을 것으로 기대를 모으고 있다.

투명교정 시장 주도권 확보 위한 기반 마련

덴티스가 수행한 과제는 ‘2024년 산업통상자원부 R&D 대표 10선’에 선정됐다. 투명교정치료를 위한 정확한 진단과 치료계획 수립, 안정적이고 성공률 높은 치료를 가능하게 한 핵심 기술력을 인정받은 것이다.

“아직은 투명교정치료 시장을 외산이 주도하고 있지만 이번 과제를 계기로 국산 솔루션이 주도권을 잡을 수 있는 기틀을 다졌다고 생각합니다. 덴티스뿐 아니라 치과교정 분야의 제품을 개발하는 다수의 기업과 이를 연구하는 치과대학 및 의공학 연구기관이 지속적으로 노력하면 투명교정치료 시장 역시 국내 기업이 주도할 수 있을 것이라 확신합니다.”

산업통상자원부 R&D 대표 10선에 선정된 이유를 무엇이라고 생각하나.

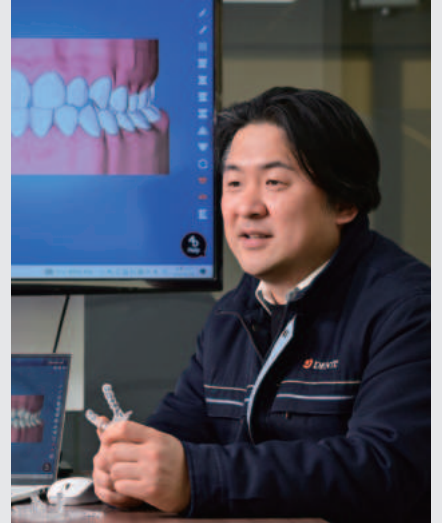
치아교정을 고려하는 분들이 많고 투명교정에 대한 관심도가 높기 때문이지 않을까 생각한다. 대표적인 투명교정치료 솔루션인 인비절라인에 대한 금전적 부담이 큰 상황에서 투명교정치료 기술의 국산화와 사업화를 통해 합리적인 비용으로 투명교정치료가 가능해졌다는 점을 높게 평가받은 것 같다.

정부 R&D 지원사업의 장점은?

기업 입장에서 R&D 자금 지원을 통해 기술개발에 필요한 초기 투자를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그만큼의 비용을 더 나은 기술과 제품 개발에 투자할 수 있고, 시장에서 기술적 우위와 경쟁력을 확보할 수 있다는 점에서 매우 큰 도움이 된다고 생각한다.

향후 지원이 필요한 부분은?

의료기기의 경우 기술개발이 완료됐다고 해서 바로 상용화가 이뤄지지 않는다. 식품의약품안전처의 인허가를 받아야만 판매할 수 있다. 특수 질환 및 치료에 사용되는 의료기기가라면 건강보험과도 연계돼야 성공적인 사업화가 가능하다. 의료기기 기술의 상용화를 위한 추가적인 지원이 뒷받침된다면 보다 안정적이고 성공적인 사업화에 이를 수 있지 않을까 싶다.



향후 목표는 무엇인가?

주력사업인 치과 임플란트의 기술 수준을 더욱 발전시키는 한편 치과 치료 및 수술 전반에 사용되는 의료기와 소프트웨어 등의 개발을 추진해나갈 방침이다. 치과뿐 아니라 모든 의료 분야에서 의사와 환자 모두를 만족시킬 수 있는 의료기기를 개발해 국민의 구강보건 증진과 삶의 질 향상에 기여하는 것이 회사의 목표다.

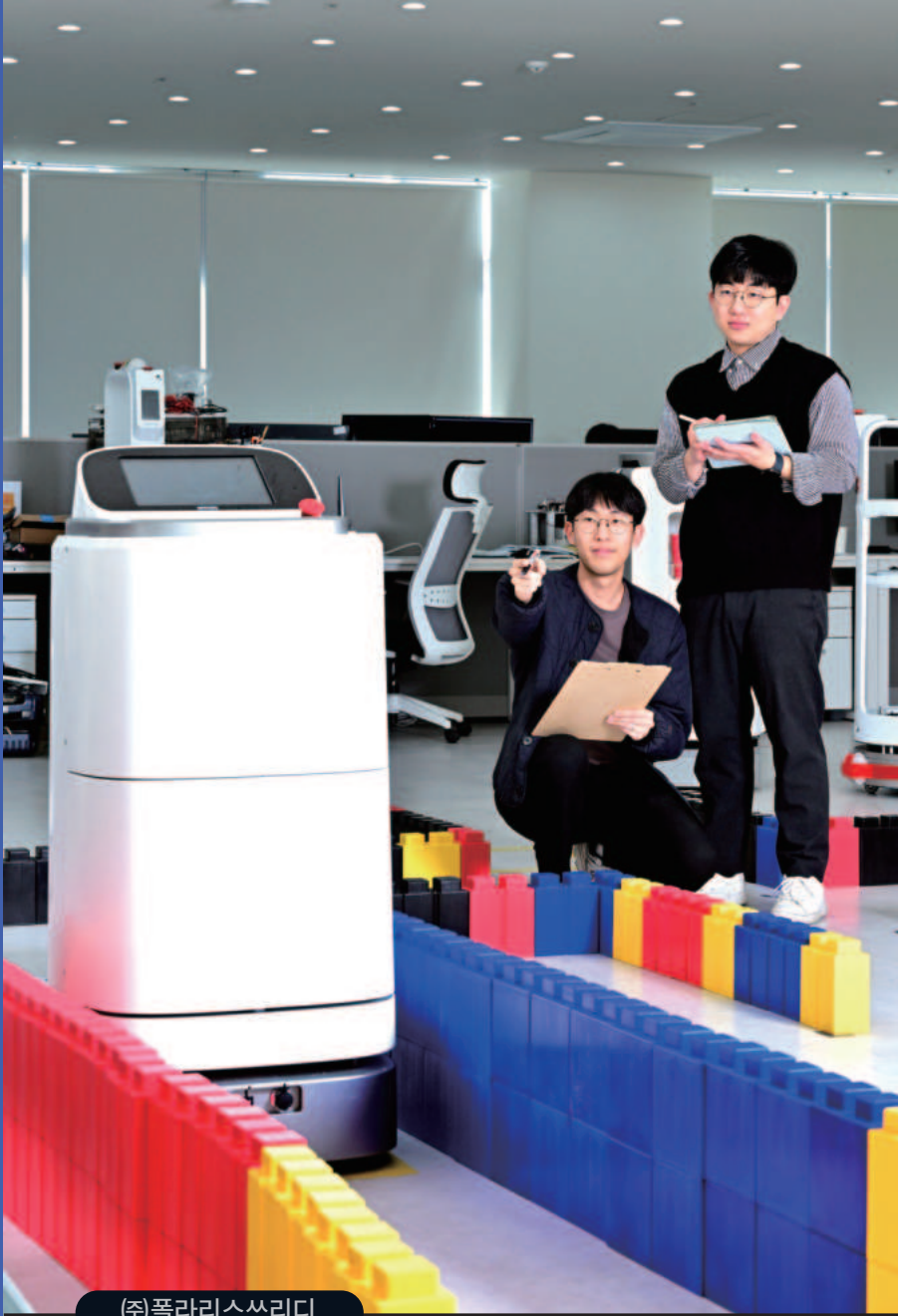


덴티스는?

치과 임플란트를 비롯해 치과 및 수술실에서 사용되는 다양한 의료기기를 개발·생산하는 치과 의료기기 전문기업이다. 임플란트 외에 LED 수술등, 치과용 3D 프린터 등 의료기기 전반에 걸쳐 사업 다각화를 꾀하며, 덴탈-메디컬 솔루션 기업으로 거듭나고 있다.

기술의 발달은 두 방향으로 나뉜다. 혁신 그 자체를 위한 발전, 그리고 시장의 요구를 반영하는 실용주의로. (주)폴라리스쓰리디는 후자를 택했다. 일반 사용자가 쉽게 접근하고 활용할 수 있는 기술을 쌓는 것으로.

글 김아름 사진 김기남



(주)폴라리스쓰리디

실용적인 기술로 배송 로봇 대중화 시대 연다

다층 건물 내 맞춤형 식음료 배송 서비스를 위한 AI 기반 상황 인식
및 셀프 밸런싱 선반을 갖춘 지능형 딜리버리 로봇

연구과제명	다층 건물 내 맞춤형 식음료 배송 서비스를 위한 AI 기반 상황 인식 및 셀프 밸런싱 선반을 갖춘 지능형 딜리버리 로봇
제품명(적용 제품)	AI 딜리버리 로봇 이리온
개발기간(정부과제 수행기간)	2022.4.~2024.12.
총 정부출연금	16억5500만 원
개발 기관	(주)플라리스쓰리디
참여 연구진	이학준 외

치열한 경쟁 환경, 서빙 로봇은 지금

2023년 한국로봇산업협회가 제출한 ‘국내의 서빙 로봇 시장 현황’에 따르면, 2022년 국내에 보급된 서빙 로봇 3133대 가운데 53.4%가 중국산이었다. 그 이유는 명확했다. 저렴한 가격이다. 서빙 로봇 시장은 노동력 부족과 인건비 절감이라는 사회적 이슈와 함께 나날이 커지고 있다. 산업통상자원부와 한국산업기술기획평가원이 우수한 기술을 보유하고 있는 국내 중소 로봇 기업의 R&D를 지원하는 것도 그 연장선에 있다.

“서비스 로봇 기술은 상향 평준화되었고, 경쟁은 치열합니다. 소비자들의 선택을 받기 위해선 경제적 부담을 낮추는 것이 중요해졌습니다. (주)플라리스쓰리디는 최적화 및 센서 처리 등 여러 핵심 기술을 자체 개발·사용함으로써 제품의 가격 경쟁력을 높이는 데 주력하고 있습니다.”

R&D를 책임지는 연구소장 이학준 이사가 입을 열었다. (주)플라리스쓰리디는 지난해 11월 열린 ‘2024 로보월드’에서 이노베이션 데이 대상을 수상한



혁신 기업이다. 2022년에는 국내 최초의 자율주행 서빙 로봇 ‘이리온’을 출시한 바 있다. 이리온에 탑재된 AI 기반 로봇 제어 플랫폼 케플러^{Kepler}는 (주)플라리스쓰리디가 자체 개발한 것으로, 모빌리티가 스스로 주변 환경을 인식하고 판단하는 등 주행에 필요한 여러 기술을 통합한 시스템이다. 이리온 시리즈는 현재 서빙, 배송, 물류 등 다양한 현장에 도입되어 있고, 국내에서는 삼성전자의 환경 안전 기준을 통과한 유일한 물류 로봇으로 손꼽힌다.

문제는 시장성이다. 좋은 기술을 가진 기업이라도, 시장에서 살아남는 것이 최우선 과제일 터.

“시장에서 애용되는 서비스 로봇 대부분은 제한된 환경과 고객을 대상으로 합니다. 결국 시장을 키우기 위해선 보다 많은 사람과 만나게 하고, 그들에게 만족스러운 경험을 제공해야 하죠. 저희는 그 첫 번째 방법으로 ‘완전 무인 커피 배송 서비스’를 제공하는 로봇을 개발한 겁니다.”

서빙 로봇 그 이상의 딜리버리 로봇

(주)플라리스쓰리디는 단층에서 이동하는 서빙 로봇에서 한발 나아가 다층 건물을 이동하는 딜리버리(배송) 로봇을 선택했다. 외부 환경에 오래 노출되는 만큼 식음료의 위생을 꼼꼼히 따져야 한다. 이에 밀폐형 트레이를 설치하고 이동 중 식음료가 쓸리거나 쏟아지지 않도록 스스로 선반의 기울기를 조절하는 기술을 더했다. 바닥 단차나 파임 등으로 전해지는 진동을 흡수하는 등 주행 안정성을 높이는 구동 서스펜션

및 엘리베이터 승하차 기술을 추가했다. 배달 중 발생할 수 있는 분실 문제도 간과하지 않았다. 물건을 주고받는 사람 간 공유하는 비밀번호를 입력해야 밀폐 트레이가 개방된다. 이 이사는 이를 새로운 ‘딜리버리 플랫폼’이라 명명했다.

“커피는 시작을 위한 아이템입니다. 서빙 로봇에서 시작한 만큼 여러 음식을 담은 트레이를 배달할 수도 있고, 병원에서는 의약품을 안전하게 이동시키는 것도 가능할 테죠. 결국 중요한 것은 물품을 안전하게 이동시킬 수 있는 이 시스템이니까요.”

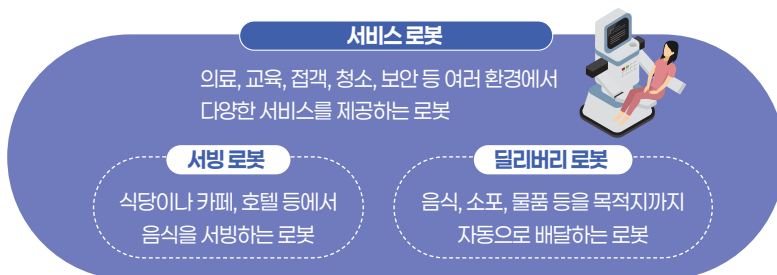
또 하나 중요한 포인트는 ‘AI 기반 주행 기술’에 있다. 이리온은 정해진 길대로 움직이지 않는다. 스스로 주변 상황을 인식하고 판단한다. 이는 인간과 같은 통로를 공유하는 로봇에게 필수적이다. 사람은 로봇처럼 이동하지 않는다. 늘 불확실성이 존재하며 이 때문에 사람 사이에서 부딪히는 경우도 잦다. 이리온에 도입된 휴먼 세이프티 기술은 밀집도가 높은 공간에서 속도를 늦추거나 아예 경로를 변경하며 원활히 이동하도록 고안되었다.

현재 (주)폴라리스리디는 바리스타 머신 기업과의 협업을 통해 QR코드로 간편하게 주문하고 제조된 음료를 고객이 있는 장소로 배달해주는 딜리버리 시스템을 구축했다. 건물 어느 공간에서든 주문과 픽업이 가능하다. 이는 지난 로보월드 행사에서 최초 공개되어, 국내 대형 호텔 등과 납품을 협의 중이다.

모두가 활용하는 공유 로봇 시대로!

(주)폴라리스리디의 다음 목표는 공유 딜리버리 로봇이다. 길거리에서 쉽게 마주할 수 있는 공유 킥보드나 자전거처럼 누구나 쉽게 활용할 수 있는 공유 플랫폼을 구축하는 것이다. 이를 위한 첫 번째 발걸음은 산기평과 함께 땀다. 2023년 4월부터 2025년 12월까지 수행하는 ‘다층 건물 간 라스트 마일 딜리버리를 위한 클라우드 에지 AI 융합형 실내외 딜리버리 로봇 개발’ 과제가 그 시작.

비슷하지만 조금 다른 서비스 로봇



(주)폴라리스리디는 단층에서 이동하는 서빙 로봇에서 한발 더 나아가 다층 건물로 이동하는 딜리버리(배송) 로봇을 개발했다.

“아주 가까운 거리부터 조금씩 넓혀, 당장 활용할 수 있는 기술이 저희 방침입니다. 라스트 마일 딜리버리 로봇은 바로 옆 건물에 있는 카페, 식당에서 음식을 배달시켜 가져오도록 하는 기술이에요. 그저 문을 하나 여닫는 것 같아도 건물 내부와 외부, 그리고 또 다른 건물을 연결하는 건 꽤 까다로운 작업이죠. 여기에 자율주행자동차에 쓰는 공간 학습 기능을 더하고, 각각의 데이터를 함께 학습하는 클라우드 AI 기술을 만든다는 것이 큰 그림입니다.”

이 소장은 ‘사람을 위한 똑똑한 로봇’을 만들고 싶다고 말했다. 그에겐 초격차 기술만큼 초근접 기술이 가치 있게 느껴졌다. 나와 이웃을 위한 로봇, 우리 모두의 일상을 변화시키는 편리한 로봇. (주)폴라리스리디의 서빙 로봇이 만들어갈 로봇 서비스 시대가 궁금하다.

3년여 간의 과제가 마무리되었다.**소감을 전한다면?**

가장 먼저, 기회를 주셨다는 것에 감사한 마음이다. 쥬플라리스쓰리디는 2018년 자동차용 자율주행 시스템 개발을 목표로 설립되었다. 이를 로봇 분야에 적용하는 데 많은 고민과 걱정이 있었다. 제한된 자원 때문에



새로운 기술을 개발하는 데 고충이 큰 중소기업으로서는 정부 지원이 결정적인 역할을 한다. R&D 지원이 없었다면 지금 같은 성과를 내기 힘들었을지도 모른다. 좁게는 우리 기업의 성장을, 넓게는 국내 자율주행 서빙 로봇 기술의 발전에 보탬이 되었다.

산업부 R&D 과제 지원의 장점이라면?

이익을 창출해야 하는 기업으로서 사업화에 초점을 맞춘 과제를 수행하면 실제 기업의 운영에도 도움을 얻는다. 기술이 실제 사업에 활용되어 매출로 이어지는 구조를 만드는 데 효과적이다.

R&D의 방향을 정할 때, 판단 기준이 있다면?

외부 환경에 영향을 받기 때문에 한 가지로 정의하기 어렵다. 지금 상황에서 중요한 기준이라면 양방향 소통이 가능한 서비스 로봇 기술이라고 본다. 사람과 로봇이 의견을 주고받는다든 단순한 개념을 넘어, 각자 필요한 상황에 도움을 청하는 등 보다 효율적인 임무 수행을 위한 적극적인 소통이 가능하길 바란다.

로봇 중에서도 서비스 로봇은 우리 삶에 더 밀접하게 연관되는 것 같다.

로봇 산업은 강점과 우려가 명확한 분야라고 생각한다. 나 역시 많은 생각을 하지만, 개발자로서 로봇을 대할 때는 단 한 가지 기준으로 평가한다. 인간의 삶을 더 편리하게 만드는 도구로써 말이다. 기술이 발전함에 따라 고민해볼 문제가 많겠지만, 결국 우리 삶의 질을 더 높이는 방향으로 정리되지 않을까 기대한다.

(주)플라리스쓰리디는?

‘1인 1로봇’ 시대를 꿈꾸는 MaaS^{Mobility-as-a-Service} 기업. 로봇을 모빌리티로 활용하는 라스트 마일 · 라스트 인치 배송 시스템을 구축하고 있다. 2022년 3월 국내 최초의 자율주행 서빙 로봇 이리온을 출시한 이후 탄탄한 기술, 합리적인 가격을 강점으로 여러 음식점, 호텔, 물류창고 등에 제품을 납품 중이다.

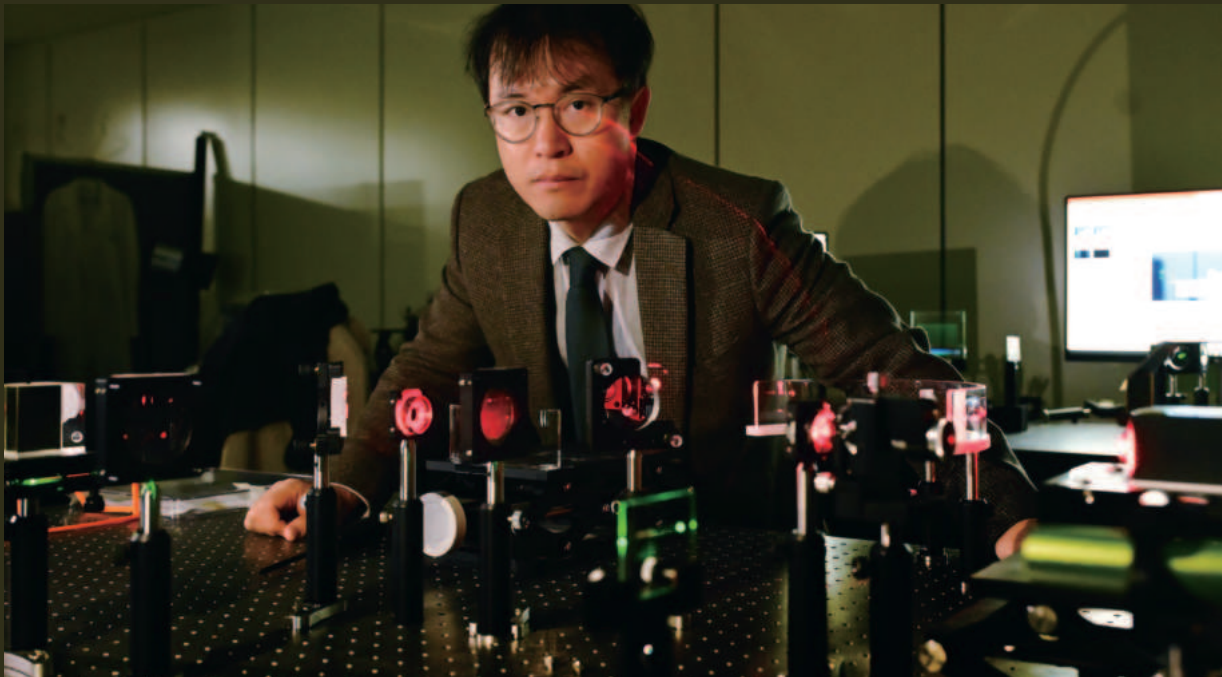


알키미스트 프로젝트 테마의 하나인 '초실감 메타버스 시각화' 연구는 현실 세계와 가상 세계의 경계를 허무는 새로운 차세대 디스플레이 기술개발에 목표를 두고 있다. 홀로그램 증강현실^{AR} 디스플레이 기술을 통해 기존 AR 기기의 기술적 한계를 근본적으로 혁신하려는 국내 연구진의 도전에 관심이 쏠리고 있다. 글 김광균 사진 김기남

METAVVERSE

현실과 가상의 경계를 허무는 홀로그래픽 3D 디스플레이 기술

산업기술 알키미스트 프로젝트 '초실감 메타버스 시각화'



AR 디스플레이 기술, 퍼스트 무버 전략 절실

모바일용 AR 게임 ‘포켓몬고’는 2016년 출시 이후 전 세계적으로 선풍적인 인기를 끌며 AR 기술의 대중화를 이뤘다. 스마트폰 카메라로 주변을 비추며 화면에 나타나는 포켓몬을 잡는 방식으로 오랜 기간 인기를 누렸다. AR은 스마트폰, 태블릿 PC, 스마트 글라스 등 다양한 하드웨어의 발전과 더불어 위치기반서비스, 게임, 교육용 콘텐츠 등으로 활용 범위가 점차 확대되는 추세다.

AR은 현실 세계와 완전히 다른 디지털 세계에서 새로운 경험을 하게 해주는 가상현실^{VR}과 달리 현실의 이미지나 배경에 3차원의 가상 이미지를 겹쳐서 보여주는 기술이다. 보다 실감나고 몰입도 높은 콘텐츠를 즐기기 위해 AR 글라스 등 AR 기기를 활용하기도 한다. 특히 안경 형태의 기기를 사용하면 이미지가 훨씬 크고 가깝게 보이기 때문에 사용자가 AR 영상과 상호작용하기에도 유리한 측면이 있다.

AR 디스플레이 기술은 전 세계적으로 각광받는 미래 원천기술로 선진국을 중심으로 과감한 투자가 이뤄지고 있다. 반면 우리나라의 AR 기술은 초기 단계에 머물러 있다. 그렇기에 국제 경쟁력을 갖춘



연구진은 홀로그램 3D 디스플레이 기술과 적응시각전환기술을 사용해 자연스러운 고화질 3D AR을 구현하는 것을 목표로 삼았다.

산업생태계 촉진을 위해 창의적이고 혁신적인 기술개발이 절실한 시점이라 할 수 있다.

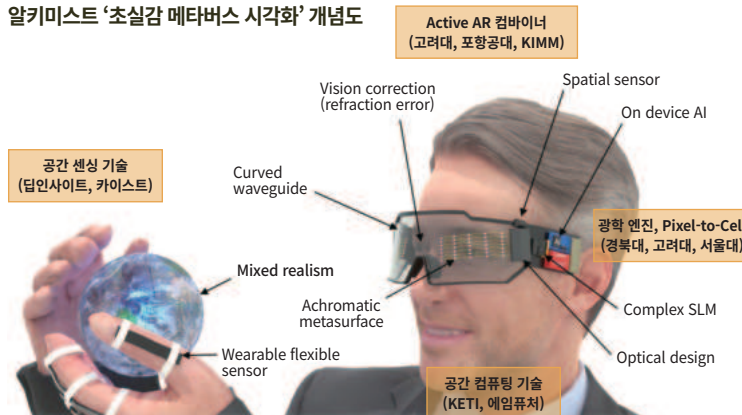
김휘 고려대학교 세종캠퍼스 전자 및 정보공학과 교수는 평소 우리나라의 과학기술 R&D 전략이 ‘패스트 팔로어^{fast follower}’에서 ‘퍼스트 무버^{first mover}’로 전환할 필요가 있다는 문제의식을 갖고 있는 학자로 ‘알키미스트 프로젝트’와 같은 도전 혁신형 R&D 사업이 추진된다는 소식에 환호했다. 김 교수는 알키미스트 프로젝트 공고를 본 뒤 초실감 메타버스 시각화 연구를 목표로 소재와 소자 개발에 능통한 정준호 한국기계연구원 책임연구원을 비롯해 여러 연구자들과 팀을 조직했다.

자연스러운 고화질 3D AR 구현이 목표

AR 기술은 실제 존재하는 사물이나 환경에 가상의 정보를 이질감 없이 덧대어 보여주는 데 목표를 두고 있다. 3D 공간에서 디지털 정보와 상호작용할 수 있게 해주는 공간 컴퓨팅 기술과 AR 디스플레이 기술을 통해 융합현실주의적 경험이 가능해지는 것이다. 하지만 기존의 AR 기기는 기술력의 한계로 사용자가 시각적 피로감과 몰입감 부족을 느끼게 된다는 점이 문제로 지적돼왔다.

연구진은 이를 해결하기 위한 핵심 기술이 바로 AR 글라스 기술이라고 봤다. 이 같은 판단으로 홀로그램 3D 디스플레이 기술과 적응시각전환기술을 사용해 자연스러운 고화질 3D AR을 구현하는 것을 목표로 삼았다. 공간상 특정한 평면에서 가상 정보를 구현하려면 사용자의 초점에 따라 피로감이나 어지러움 없이 홀로그래픽 AR 디스플레이를 구현할 수 있어야 한다. 연구진은 사용자의 초점에 따라 가상 정보를 자연스럽게 구현할 수 있도록 공간상 빛의 분포를 제어할 수 있는

알키미스트 ‘초실감 메타버스 시각화’ 개념도



광변조 기술과 홀로그램 계산 방법을 활용하는 접근 방식을 취했다. 이러한 기술 연구에는 광학, 나노공정 기술, 인공지능 기술, 첨단 센싱 기술 등이 모두 필요한 만큼 주관 기관인 고려대 세종캠퍼스 외에 이들 분야에 고도의 전문성을 지닌 9개 기관(서울대·포항공대·한국과학기술원·경북대·한국기계연구원·한국전자기술연구원·주에임퓨처·주딤인사이트 등의 연구기관과 멤버십 기업인 삼성디스플레이)이 프로젝트에 참여하고 있다.

연구진은 '초경계 무한메타버스를 위한 융합현실주의적 적응시각전환기술' 개발을 목표로 1~2단계의 선행 연구를 마쳤으며, 2024년부터 2028년까지 5년간 3단계 연구수행을 통해 요소별 핵심 기술이 결합된 종합적인 기술 플랫폼을 구축할 계획이다.

연구진은 3단계 과제의 시작점이라 할 수 있는 1차 연도 연구를 수행했을 뿐이지만 이미 상당한 성과를 냈다. 공간상에 3차원 AR 이미지를 만들어낼 수 있는 홀로그램 패턴을 설계하는 '홀로그램 생성 기술'에 대해 차별화된 기술력을 갖췄으며, 이를 실제로 공간에 구현하기 위해 공간 광파를 제어하는 '복소 공간 광변조 기술'에 대한 원천적인 아이디어와 특허를 보유하고 있다. 또한 대면적 도파로(빛을 내부 전반사 통해 전파하는 광학 구조체)를 통해 초소형 폼팩터를 갖는 '초소형 폼팩터 홀로그램 글라스 기술' 개발에 필요한

고려대학교 세종캠퍼스 전자 및 정보공학과는?

인공지능, 사물인터넷, 바이오·헬스 전자, 나노전자의 4대 세부전공을 중심으로 우수한 공학인재를 양성하고 있다. BK21사업을 지속적으로 수행하고 있으며 석박사 졸업자는 국내 유수의 기업 및 정부출연연구소, 학계로 진출하고 있다.

Who?

김휘 교수(고려대학교),
한준구 교수(경북대학교),
박남규 교수(서울대학교),
박인규 교수(한국과학기술원),
노준석 교수(포항공과대학교),
정준호 박사(한국기계연구원),
김영민 박사(한국전자기술연구원),
곽재화 CTO(에임퓨처),
오은송 대표(딤인사이트)

...

How long?

2022년 4월~2028년 12월
(6년 8개월)

...

What research?

인간의 시각인지 한계를
없애는 융합현실주의적
적응시각전환기술 개발

...

What is the role of KEIT?

총 192억 원의 연구 지원금을
통해 적응시각전환기술과 AR
글라스 시제품 개발 지원

전산 시뮬레이션 툴인 자체 물리엔진도 확보했다.

연구단·기업 간 협업으로

기술 사업화 가속화 기대

멤버십 기업과의 협업도 프로젝트 수행에 긍정적으로 작용하고 있다. 3단계 1차 연도 과제 시작 시점부터 삼성디스플레이와 더불어 AI 반도체용 신경망처리장치^{NPU} 설계자산 개발사인 에임퓨처, AI 기반 3D 카메라 솔루션 개발사 딤인사이트가 멤버십 기업으로 참여했다. 이들 기업과 워크숍 등을 통해 주기적으로 기술개발 현황과 방향성에 대한 의견을 공유하고 있다. 멤버십 기업뿐만 아니라 프로젝트에 관심이 있는 기업들도 함께 참여해 연구에 깊이를 더하고 있다. 연구개발 단계부터 기업들과 의견을 주고받으며 제품을 양산할 때 발생할 수 있는 문제점이나 시장의 요구사항을 반영함으로써 기술의 사업화 과정을 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

연구진은 4대 핵심 기술 영역에서 3극 특허(미국·유럽·일본 특허청에 동시 출원 및 등록된 특허)를 비롯해 주요 핵심 원천기술을 선점하고, 이를 한데 결합한 기술 플랫폼을 구축할 계획이다. 핵심 기술을 통합해 넓은 시야각의 홀로그래픽 3D 영상을 구현할 수 있는 AR 글라스를 개발하는 것이 궁극적인 목표다. 이러한 기술이 현실화될 경우 현실과 가상의 경계가 허물어지는 융합 현실 환경이 구현될 수 있다.

연구자의 다이어리

창의적 혁신 이끄는 연구 환경 조성에 힘쓰다



현재 수행 중인 과제의 테마는 전 세계 글로벌 테크기업들이 선도적으로 기술개발에 나서고 있는 영역입니다. 그만큼 경쟁이 치열하고 변화와 발전의 속도가 빠르다는 점에서 부담이 되는 것도 사실입니다. 기술을 선도하려면 상황에 맞게 목표를 조정할 수 있어야 하며, 공동의 목표를 위해 연구 참여자들이 창의적인 아이디어를 나눌 수 있어야 합니다. 공동의 해결 과제를 정하고 이를 조직화하는 것은 상당히 어려운 과정이지만 이를 1년 차에 잘 해내지 않았나 싶습니다. 참여 연구자들이 각자 도전적인 주제를 연구하고, 이를 하나의 큰 선도 기술로 융합하기 위해 노력했던 일들이 가장 기억에 남습니다. 참여 기관들을 찾아가 순수하게 연구 주제와 문제를 놓고 토의하는 과정에서 개인적으로 크게 성장하고 있음을 실감하고 있습니다.



알카미스트 '초경계 무한메타버스를 위한 융합현실주의적 적용시각전환기술' 워크숍

이날의 성과

- 참여 연구자들과 창의적인 아이디어를 공유하며 요소기술들을 융합하기 위한 노력 지속

다음 단계

- 핵심 기술 프레임 구체화
- 전체 시스템 구조의 요소 파트별 성능 적합성 분석

미래 전망

- 원거리에서 실시간으로 3차원 영상을 주고받을 수 있는 홀로그래픽 통신 구현
- 3차원 AR이 결합된 메타버스 환경 구축을 통해 새로운 시장 창출

현재로서는 도파로 홀로그래픽 3D 이미지 전달 광학계 실험과 모델링이 완전히 확립되지 않았기에 많은 허들이 존재합니다. 이와 관련해 연구자들과 특히 많은 논의를 하고 있습니다.

석·박사 과정의 젊은 연구자의 경우 문제 해결을 위해 다양한 시도를 하다가 끝내 풀리지 않으면 방향을 잃고 힘들어하는 경우가 많은데, 문제를 공유하고 함께 대화를 나누다 보면 어느 순간 허들을 넘어가는 새로운 방법을 떠올리게 됩니다. 저보다는 학생 연구자들로부터 새로운 아이디어가 나올 때 더 큰 보람을 느끼는 편인데요. 그런 경우 참여 연구자들이 스스로 성취하고자 하는 동기가 더 커지기 마련이고, 이후 연구도 훨씬 수월하게 진행되곤 합니다.

김휘
고려대 세종캠퍼스 전자 및 정보공학과 교수

서울대학교 전기·컴퓨터공학부에서 학사, 석사 및 박사학위를 취득했다. 삼성전자의 책임연구원을 거쳐, 2010년부터 고려대학교 세종캠퍼스 전자 및 정보공학과 교수로 재직 중이며, 광학 메타물질, 계산 전자기학, 홀로그래피 및 회절 광학 분야에서 연구를 수행하고 있다. 2017년 대한민국공학한림원^{NAEK}이 선정한 '2025 대한민국 100대 기술 및 주역'에서 홀로그램 기술 분야의 젊은 리더로 선정되었다.

R&D 사전

메타버스 Metaverse

메타버스^{Metaverse}는 가상과 현실이 융합된 디지털 세계를 의미한다. ‘초월’을 뜻하는 ‘메타^{Meta}’와 ‘우주’를 뜻하는 ‘유니버스^{Universe}’의 합성어로, 물리적 제약 없이 사람들이 소통하고 경제활동을 할 수 있는 3차원 가상공간을 지칭한다.



메타버스는 단순한 가상현실을 넘어 사회, 경제, 문화 전반에 걸쳐 활용되고 있으며, 5G, 인공지능^{AI}, 블록체인 등의 기술 발전과 함께 빠르게 성장하고 있다. 현재 교육, 산업, 의료 등 다양한 분야에서 메타버스를 적용한 사례가 늘어나고 있으며, 미래 사회의 핵심 기술로 자리 잡고 있다.

적용 사례

#로블록스^{Roblox}

로블록스는 사용자가 직접 게임을 만들고 다른 사용자와 공유하며 즐길 수 있는 메타버스 게임 플랫폼이다. 가상공간에서 창작과 소통이 이뤄지며, 자체 경제 시스템을 통해 수익화 기회도 제공한다.



#제페토^{ZEPETO}

네이버의 자회사인 스노우가 개발한 메타버스 플랫폼으로, 아바타를 활용해 가상공간에서 친구들과 교류할 수 있다. 사용자들은 가상 아이템을 제작하고 판매할 수도 있어, 디지털 경제활동이 활발히 이뤄지고 있다.



#호라이즌 월드^{Horizon Worlds}

메타가 개발한 가상현실 기반의 소셜 플랫폼으로, 사용자들이 VR 기기를 통해 가상공간에서 회의, 게임, 공연 등의 다양한 활동을 할 수 있도록 지원한다.



유사 개념

#가상현실^{VR, Virtual Reality}

가상현실은 사용자가 컴퓨터로 생성된 3D 환경에 몰입할 수 있도록 하는 기술이다. 메타버스는 VR을 포함하지만, VR은 메타버스의 일부 기능에 해당한다.

#증강현실^{AR, Augmented Reality}

증강현실은 현실 공간에 2D 혹은 3D로 구현된 가상 정보를 겹쳐 보이게 하며 상호작용할 수 있는 환경으로 증강현실 게임 ‘포켓몬고’가 대표적이다. 메타버스와 달리 완전한 가상공간을 형성하지 않고 현실을 확장하는 방식이다.

#확장현실^{XR, eXtended Reality}

증강현실^{AR}, 혼합현실^{MR}을 포함하는 개념으로, 현실과 가상이 결합된 다양한 기술을 포괄한다. 메타버스는 XR 기술을 기반으로 더욱 몰입감 있는 경험을 제공한다.

심화 개념

#디지털트윈^{Digital Twin}

디지털트윈은 현실 세계의 사물이나 공간을 가상 환경에 동일하게 구현하는 기술이다. 가상공간 속에서 디지털트윈을 이용해 현실에서 발생할 수 있는 상황을 시뮬레이션하며 결과를 예측할 수 있다.

#블록체인 경제

메타버스 내에서 거래되는 디지털 자산, NFT(대체불가토큰), 가상화폐 등을 포함하는 경제 시스템이다. 메타버스 내에서 신뢰할 수 있는 거래 환경을 조성하는 데 중요한 요소로 작용한다.

#디지털 아이덴티티

메타버스에서 사용자를 대표하는 개인의 정체성, 디지털 자아를 나타낸다. 가상의 존재인 아바타를 통해 자신만의 자아를 선택하고 표현할 수 있다.



**성장하는
국가경제의 내일,**

**오늘의 KEIT가
만들어갑니다**



산업통상자원부

KEIT

한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology



산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끽니다.



KEIT!

성공한 여성 공학인을 만나다 1편
넥스트바이오메디컬 이은혜 CTO



평범한 공대 학생이 전 세계에서 사용하는 의학 제품을 개발하고, 회사를 상장한 CTO가 됐다고?
오늘 만나볼 성공한 여성 공학인은 바로
(주)넥스트바이오메디컬 이은혜 CTO인데요! 성공한
여성 공학인이 되기까지 어떤 우여곡절을 극복하고
지금 이 자리까지 왔을까요? 당사자가 직접 알려주는
인생 스토리를 함께 들어보겠습니다!



KEIT!

성공한 여성 공학인을 만나다 2편
경북대학교 유지영 부교수



오늘 만나볼 여성 공학인은 화학공학을 전공하고, 컴퓨터
부품회사를 창업해 연구소장으로 근무하다가 이제는
교수로 이차전지를 연구하고 있는 경북대 유지영 부교수
입니다! 그 시절 흔하지 않던 여성 공학인으로 살아오면서
겪은 여러 가지 에피소드와 느낀 다양한 감정을 솔직하게
이야기하고, 같은 길을 가는 후배들에게 따뜻한 격려를
보내주었는데요. 지금 같이 들어보시죠!



미래 기술 선점을 위한 장기적인 전략

글 김리안 <한국경제신문> 기자

국내

기술패권 시대 정부, R&D에 역대급 지원 나선다



“기술의 발전은 멈추지 않는다. 그리고 그 변화의 속도를 따라잡는 기업과 국가만이 미래를 주도할 것이다.”

세계경제는 기술력과 혁신을 중심으로 재편되고 있다. 글로벌 기업들은 애플 인공지능^{AI}, 반도체, 이차전지, 바이오, 디지털 전환, 친환경 산업 등 미래 먹거리를 선점하기 위한 경쟁을 벌이고 있다. 국가 간 기술패권 경쟁도 격화되는 가운데, 대한민국이 미래 산업의 주도권을 확보하기 위해서는 선제적이고 과감한 연구개발^{R&D} 투자가 필수적이다.

이에 따라 산업통상자원부는 2025년도 산업기술혁신사업 통합 시행 계획을 공고하고, 2025년에 지원할 산업·에너지 분야 R&D 사업의 지원 내용·대상·절차·일정 등을 공개했다. 올해 산업부는 R&D에 역대 최대 규모인 총 5조7000억 원을 지원한다. 이번 시행 계획에 공고된 사업은 융자 방식으로 지원하는 사업(1200억 원)을 제외한 218개 사업이며 총 5조6000억 원 규모다.

분야별로는 반도체·이차전지·디스플레이·바이오·미래차·차세대 로봇 등 6대 첨단전략산업에 1581억 원(14.4%) 증가한 1조2565억 원, 경제 안보를 위한 공급망 안정화 초격차 기술에 838억 원(4.8%) 증가한 1조8158억 원, AI·디지털·친환경 전환에 1188억 원(21.9%) 증가한 6602억 원, 우수 인력 양성에 297억 원(12.9%) 증가한 2591억 원을 지원한다.

내년도 신규 과제는 약 1400여 개 총 8700억 원 규모다. 이 중 70% 이상을 초격차 프로젝트에 투자한다. 산업부는 올해부터 투자의 전략성을 높이기 위해 11개 산업 분야별 달성해야 할 임무와 45개 프로젝트를 선정해 세부 투자 로드맵을 수립하고, 이에 포함된 사업과 과제에 우선 투자하고 있다.

신규 과제는 올 상반기 중 85%를 선정할 계획이며, 올해 1월부터 과제를 공고해 오는 4월부터 연구 수행 기관과 협약을 체결한다. 바이오·로봇·자동차·조선해양 등 일부 사업은 현장 수요를 반영해 2회에 걸쳐 공고할 계획이다. 아울러 4500여 개 계속 과제에 대해서도 진도 점검, 단계 평가 등 중간 점검 절차와 필요한 경우 기술개발 목표, 방향 등을 조정하는 협약 변경 절차를 신속하게 진행할 예정이다.



산업부는 2025년 반도체 포함 6대 첨단전략산업, 초격차 기술 등에 역대 최대 규모인 5조7000억 원을 지원한다.

한·이스라엘, 첨단 산업 협력 가속화 글로벌 R&D 협력 늘린다



기술 혁신의 속도가 빠른 현대사회에서는 단독 연구보다 국제 협력이 더욱 중요한 시대가 되었다. 개별 국가가 모든 기술을 독자적으로 개발하는 것은 한계가 있으며, 특히 인공지능^{AI}, 반도체, 바이오, 자율주행과 같은 첨단 기술 분야에서는 국가 간 협력이 필수적이다. 각국이 보유한 강점을 결합하고 연구개발^{R&D} 비용과 시간을 줄이며 보다 혁신적인 결과를 창출하기 위해서다.

산업통상자원부도 이러한 글로벌 협력의 중요성을 인식하고, 이스라엘 혁신과학기술부와 첨단 기술 공동 R&D 정책 방향을 논의했다. 최근 화상으로 열린 ‘한·이스라엘 산업기술연구재단’ 이사회에서 양국 대표는 올해 추진할 △인공지능^{AI} △양자암호통신 △반도체 △자율주행 △바이오 분야 협력 과제를 점검하고, 양측이 이를 차질 없이 진행해 나가기로 합의했다.

양국은 2001년 협력재단을 설립한 이후 매년 총 800만 달러를 공동 투자해 공동 R&D 지원 및 기술 세미나 개최 등을 통해 산학 협력을 지속 추진하고 있다. 현재 16개의 공동 R&D 프로젝트를 진행 중이며, 올해 새롭게 약 7개의 공동 R&D 과제가 추가될 예정이다.

산업부는 이스라엘이 △사이버보안 △AI △반도체 등 첨단 산업 분야에서 강력한 스타트업 생태계와 기술 인재풀을 보유하고 있어 세계적 제조 기반을 갖춘 한국과의 협력이 큰 시너지 효과를 낼 것으로 기대하고 있다. 산업부는 이에 앞서 일본 측과도 정부 혁신 정책, 연구개발 투자 방향, 민간 R&D 투자 지원 방안 등 양국 관심사를 논의하고 도널드 트럼프



미국 신^新정부와의 기술 협력에 관한 의견을 교환했다.

정부는 이와 더불어 2025년도 ‘산업기술국제협력사업 통합 시행 계획’을 공고하고 글로벌 기술 협력에 본격 착수한다. 기술력을 보유한 해외 기관과의 공동 R&D를 통해 국내에서 보유하지 않은 첨단 기술을 신속하게 도입하고, 기술개발에 걸리는 시간과 비용을 절감할 것으로 기대된다. 올해 사업 규모는 전년(1658억 원) 대비 25.9% 증가한 2088억 원이다.

글로벌 산업기술협력센터 사업은 첨단 산업 분야에서 세계 최고 연구 역량을 보유한 해외 연구 기관과 협력 거점을 구축하고, 한국 기업과의 중장기·중대형 공동 연구개발을 추진해 차세대 원천기술을 확보하는 데 초점을 맞춘다.

EU AI법, 이달부터 단계적 시행 기업 “준비 시간 부족”



인공지능^{AI} 표준 설정을 놓고 세계 각국이 치열한 신경전을 벌이고 있다. 자국 기업에 유리한 고지를 선점하려는 것이다. 유럽연합^{EU}은 AI 안전성을 위한다는 명목으로 작년 3월 세계 최초 표준 가이드라인 법제화에 나섰다.

이 법의 핵심은 AI 기술을 활용 범위에 따라 크게 네 단계의 위험도로 나눠 규제하는 것이다. 법 위반 시 해당 기업에 3500만 유로(약 518억 원) 또는 글로벌 매출의 7% 중 더 높은 금액의 벌금을 매길 수 있다. 그러나 AI 기업 및 시민단체들은 이법 시행이 불과 2주 앞으로 다가왔음에도 구체적인 가이드라인이 발표되지 않아 대응 시간이 부족하다고 지적하고 있다.

EU 인공지능법^{AI Act}은 가장 높은 위험도로 분류되는 AI 시스템(‘허용 불가한 위험’)에 대해 올해 2월부터 적용된다.

‘허용 불가한 위험’으로 지정된 AI 시스템은 민주주의 가치에 위배되거나 인간 기본권에 명백한 위협이 되는 경우로, 여기에는 △사회적 평점 시스템 △실시간 원격 생체 인식 △개인별 범죄 예측 프로그램 △불특정 다수를 대상으로 한 안면 인식 등이 포함된다.

그러나 EU 집행위는 법령의 구체적 해석이 담긴 가이드라인을 아직 공개하지 않은 상태다. 당초 2025년 초 예정이었던 가이드라인 발표가 지연되면서, 산업계와 시민단체 모두 법 시행 준비 시간이 부족하다고 우려를 표하고 있다. EU 집행위의 이해당사자 협의가 늦어졌기 때문이다. 지난해 12월 EU 집행위는 이해관계자들과 이법 금지 조항 및 AI 시스템의 정의에 대해 논의했지만, 산업계에서는 협의 개시 시점이 늦어 피드백을 제공할 시간이 충분하지 않았다고 주장하고 있다.



페트병 새롭게

클 구현화 환경 <ESG> 기자

롯데칠성음료는 아이시스를 중심으로 수용성 접착제 사용, 무라벨 제품 출시, 재생 플라스틱 활용 등 지속가능한 성장을 위한 활동을 전개해왔다. 특히 초경량 아이시스 등을 발굴하며 페트병을 경량화하는 데 다양한 노력을 기울이고 있다.

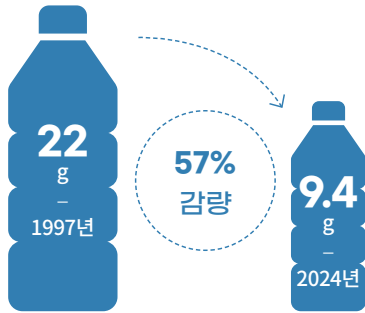
질소 충전 방식은 국내외에서 탄산음료, 주스, 커피, 과자 등 식품을 보호하기 위해 일반적으로 사용되며, 이미 미국·이탈리아·베트남·태국 등 해외에서는 생수 제품에도 적용돼 판매되고 있다. 그러나 국내에는 먹는물관리법 내 질소 주입에 관한 규정이 없어 개발에 난항을 겪었다.

롯데칠성음료는 직영 물인 칠성물과 쿠팡 등 온라인 채널에서만 구매할 수 있던 '초경량 아이시스'를 1월부터 대형마트 등 오프라인 일반 채널까지 확대해 판매한다. 초경량 아이시스는 롯데칠성음료가 지난해 10월 국내 최초로 먹는 샘물에 질소 충전 기술을 적용해

국내 최초로 먹는 샘물에 질소 충전 기술을 적용한 '초경량 아이시스' 제품



질소 충전 기술 적용 이후 중량 변화
(500ml 기준)



용기 중량(500ml 기준)을 기존 11.6g에서 9.4g까지 획기적으로 낮춘 제품이다. 1997년 출시 당시인 22g과 비교하면 57% 낮은 수치다.

질소 충전 생수 도입

초경량 아이시스는 제품 내부에 충전한 액체 질소가 기체로 바뀌며 형성한 내부 압력으로 패키지 안정성을 유지하고, 손쉽게 구겨지기 때문에 재활용 시 편의성도 함께 높아 손쉽게 분리배출할 수 있다. 이에 따라 초경량 아이시스는 한정된 판매 채널에도 불구하고 출시 80일 만에 누적 134만 병의 판매고를 기록하며 친환경 가치소비를 중시하는 소비자에게 좋은 반응을 얻고 있다.

롯데칠성음료는 전통적 경량화 방식의 한계를 극복하기 위해 해외 사례를 분석하고 질소 충전 기술이 핵심이라고 판단, 환경부에 질소 충전 생수 도입을 제안했다. 환경부 소속 기관인 국립환경과학원은 2021년 6개월간 실온 보관, 냉장 보관, 실외 보관, 고온 보관 등 보관 방법별 수질 변화를 모니터링하며 안정성을 검토한 결과 수질에 영향이 없음을 확인했다. 2021년 8월 롯데칠성음료와 환경부는 질소 충전 먹는 샘물 시범 사업을 추진하며 연구개발을 본격화했다.



초경량 아이시스는 액체 질소가 기체로 바뀌며 형성한 내부 압력으로 패키지 안정성을 유지하고, 손쉽게 구겨져 재활용 시 편의성을 높였다.

개발 과정에서는 특히 가벼우면서 견고한 패키지 제작이 관건이었다. 일반적으로 들고 마시는 높이(1.4m)의 자유 낙하를 통한 측면 및 바닥 파손도, 냉동 후 해동 시 용기 변형, 유통 및 운송, 적재 등 다양한 실험으로 패키지 안정성을 검증했다.

처음 적용하는 질소 충전 방식인 만큼 액체 질소 주입량에 따른 패키지 변화를 일일이 확인하기도 했다. 질소압에 의한 용기 변형을 방지하기 위해 그물망 형태의 디자인을 적용하고, 바닥면은 꽃잎처럼 중앙으로 모아지는 구조로 제품 내구성을 강화했다.

현재 질소 충전 기술은 초경량 아이시스 500ml 제품에 적용되고 있다. 롯데칠성음료는 올해 아이시스 8.0 제품까지 질소 충전 기술 적용을 확대해 생수 시장에서 플라스틱 절감과 지속가능한 친환경 기술 도입을 활성화해 나가겠다는 계획이다.

롯데칠성음료 관계자는 “무라벨 생수 아이시스 ECO가 생수업계를 넘어 산업계 전반의 무라벨 트렌드를 선도했듯이 질소 충전 기술이 높아진 소비자의 가치소비 의식에 부응하며 친환경 기술 혁신을 촉진할 것으로 기대한다”고 말했다



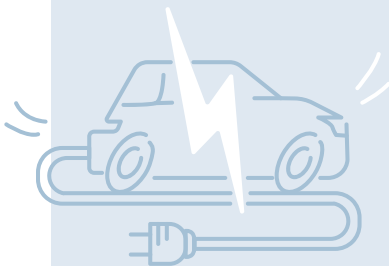
세단 최초 전기화 기술 도입한 BMW코리아

BMW코리아가 BMW M 하이 퍼포먼스 세단 최초로 전기화 기술을 도입해 향상된 주행 성능을 제공하는 고성능 세단 'BMW 뉴 M5'를 국내에 공식 출시한다.

7세대 완전 변경 모델로 진화한 BMW 뉴 M5는 M 트윈 파워 터보 V8 4.4L 가솔린엔진과 5세대 BMW eDrive 기술을 조합한 M 하이브리드 시스템이 적용됐다.

BMW 뉴 M5는 M 하이브리드 시스템을 통해 높은 친환경성도 확보했다. 복합 연비는 종전보다 리터당 4.4km 증가한 12.0km/L(엔진+전기모터)이며, 18.6kWh(net) 용량의 고전압 배터리를 탑재해 1회 충전으로 전기모터로만 61km를 주행할 수 있고, 시속 140km까지 가속할 수 있다.

최대출력은 727마력, 최대토크는 101.9kg·m로, 이전 세대 모델보다 성능이 크게 향상됐다는 평가를 받는다. 제로백(차량 정지 상태에서 시속 100km까지 가속하는 시간)은 3.5초다.





미세플라스틱 걱정 없앤 티백 선보인 자몽

커피 & 티 전문 기업 자몽이 '아워티 오렌지 자몽 블랙티 제로'를 출시한다.

'아워티 오렌지 자몽 블랙티'는 말린 오렌지 슬라이스와 싹새래한 자몽 과즙, 우바 홍차 풍미가 어우러진 제품으로, 아워티 과일티 라인업 중 가장 사랑받는 베스트셀러 제품이다.

이번에 출시하는 '아워티 오렌지 자몽 블랙티 제로'를 포함해 아워티 티백은 미생물에 의해 100% 생분해되는 친환경 소재인 폴리락트산^{PLA, Poly Lactic Acid}으로 제작해 미세플라스틱 검출에 대한 걱정 없이 즐길 수 있다.

아워티는 과일의 싱그러움과 차잎의 진한 풍미를 느낄 수 있는 자몽의 대표 티 브랜드다. 아워티 과일티는 국내 최초로 티백에 원물 건조 과일을 동봉한 과일 블렌딩 티로, 티 마스터가 차와 과즙, 건조 과일을 최적의 비율로 블렌딩해 자연의 싱그러움을 그대로 즐길 수 있다.



비건 베개와 이불 선보인 시몬스 N32

시몬스의 멀티 브랜드인 하이엔드 비건 매트리스 브랜드 N32가 비건 베개와 이불을 새롭게 출시한다.

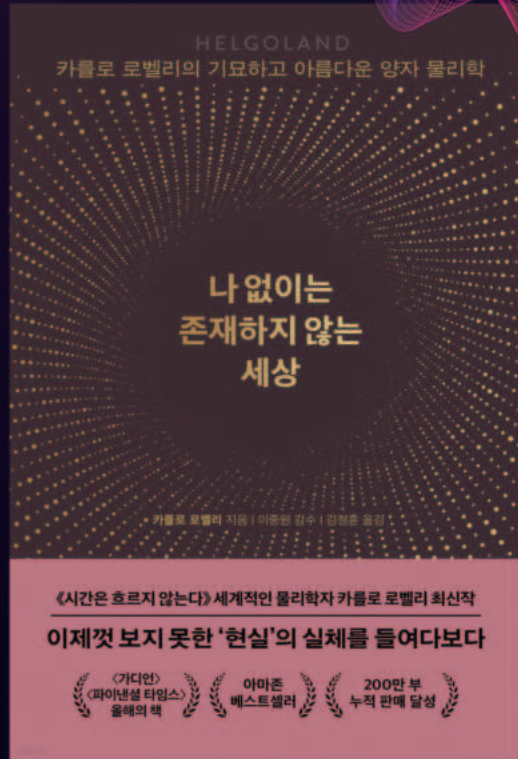
이번에 선보이는 'N32 아이슬란드 씨셀 화이버 베개'와 'N32 아이슬란드 씨셀 화이버 듀벳'에는 아이슬란드 씨셀 소재가 적용됐다. 씨셀 소재는 아이슬란드 청정 지역의 유기농 해조류와 식이섬유인 셀룰로오스를 함유한 비건 소재로 생분해가 가능해 자연으로 환원된다. 두 제품의 겉감은 60수 면 원단을 바이오 워싱 처리해 부드러운 촉감을 극대화한다.

두 제품 모두 비건표준인증원으로부터 비건 인증을 획득했다. 비건표준인증원은 원료 선택부터 제품 개발·제조·생산 전 단계에서 동물성 원료 및 동물 유래 성분을 사용하지 않고, 동물실험을 하지 않는 등 엄격한 기준을 통과한 제품에 인증 마크를 부여한다.

양자역학은 현대 물리학에서 가장 혁명적이면서도 논쟁적인 이론이다. 동시에 직관적으로 이해하기 어려운 개념이기도 하다. 리처드 파인만은 “아무도 양자역학을 이해하지 못한다”고 말했지만, 반도체, 레이저, 컴퓨터 등 현대 과학기술의 근간을 이루고 있다. 직관을 거스르지만 결코 틀리는 법이 없는 이 놀라운 이론을 함께 들여다보자.

글 우아영 과학 칼럼니스트, <평행세계의 그대에게> 저자

우주의 본질에서 컴퓨터 혁명까지, 양자역학의 여정



<나 없이는 존재하지 않는 세상>

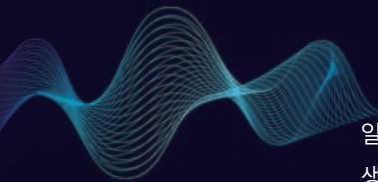
카를로 로벨리 지음 / 김정훈 옮김 / 쌤앤파커스 펴냄

인류가 엿본 자연의 가장 아찔한 비밀

양자역학은 태생부터 달랐다. 우리가 ‘고전역학’이라고 부르는 물리학은 점진적으로 발전해왔다. 기존 개념을 유지하면서 더 정교한 수학적 모델이 추가됐다. 그러나 19세기 후반부터 기존 물리학으로 설명할 수 없는 실험 결과가 쌓이면서 과학자들은 익숙했던 개념을 포기해야만 했고, 양자역학이 탄생했다. 실험이 기존 패러다임을 무너뜨린 것이다.

당시 과학자들은 어떤 감정을 느꼈을까. 우리가 믿고 있던 세계가 흔들린다는 혼돈과 충격, 그러나 동시에 새로운 시대가 열릴 것이라는 흥분이 공존하지 않았을까. 이 모든 감정을, 세계적인 이론 물리학자 카를로 로벨리는 이렇게 표현한다.

“나는 종종 궁금했습니다. 인류가 엿본 자연의 가장 아찔한 비밀 중 하나에 처음으로 눈을 뜨고 난 후, 북해의 바람이 부는 척박한 헬골란트섬에서 바다가 내려다보이는 바위에 올라 거친 파도를 바라보며



일출을 기다리던 젊은 하이젠베르크는 무엇을 생각하고 무엇을 느꼈을까.”

이 책은 1925년 스물세 살의 베르너 하이젠베르크가 기존 물리학의 한계를 깨고 양자역학을 탄생시킨 순간을 출발점으로 삼아, 이후 양자역학이 어떻게 발전하고 어떤 논쟁을 불러일으켰는지를 따라간다.

사실 우리도 양자역학을 처음 접할 때 비슷한 혼란을 경험한다. 뉴턴역학에서는 모든 것이 명확한 인과관계에 따라 결정된다고 배웠는데, 양자역학에서는 입자가 동시에 여러 상태에 있을 수 있고, 관측하면 상태가 변한다는 개념이 등장한다. 받아들이기 쉽지 않다. 이 책의 저자조차 양자역학을 이해하기가 왜 그렇게 어려운지를 설명하고 있는 것일지도 모른다.

“우리가 보는 세계는 거친 파도가 일렁이는 바다를 달에서 바라본 모습과 같습니다. 푸른 구슬의 매끈한 표면처럼 보이는 것이죠.”

세계적인 이론 물리학자가 들려주는 논쟁의 최전선

양자역학은 여전히 베일에 싸여 있다. 양자역학을 발전시킨 과학자들이 노벨상을 휩쓸고 수많은 혁신적 기술이 탄생했지만, 그 본질에 대한 논쟁은 끝나지 않았다. 양자역학의 기초를 확립하는 데 큰 영향을 미친 닐스 보어는 이렇게 말했다.

“양자 세계는 존재하지 않는다. 양자에 대한 추상적인 설명만이 있을 뿐이다. 물리학의 임무가 자연이 어떠한지 기술하는 것이라고 생각하는 것은 잘못이다. 물리학은 자연에 대해 우리가 무엇을 말할 수 있는지를 다룰 뿐이다.”

예컨대, 그 유명한 슈뢰딩거의 고양이 는 정말로 깨어 있으면서 동시에 잠들어 있는 걸까? (원래 사고실험에서는 고양이가 죽는 설정이지만, 카를로 로벨리는 고양이의 생사를 논하는 것을 원치 않았다.) 도대체 이 이론이 실제 세계에 대해 제시하는 그림은 무엇일까?

이 책에서는 숨은 변수 이론, 다세계 해석, 물리적 붕괴 이론 등 다양한 ‘양자역학의 해석’을 다룬다. 하지만 저자인 카를로 로벨리는 자신이 연구하는 ‘관계론적 해석’에 더 많은 지면을 할애하며, 다른 해석의 문제점을 비판한다. 특정 해석이 편중되어 있다는 느낌을 받을 수도 있지만, 오히려 이것이야말로 과학자가 쓴 책의 묘미다. 한 학자의 관점을 통해 지금 벌어지고 있는 토론을 생생하게 체험할 수 있다.

양자역학을 온전히 이해하기는 어렵다. 하지만 학계 최전선의 논쟁을 통해 과학이 이미 확정된 사실들의 집합이 아니라 기존의 질서를 다시 묻고 때로는 뒤엎으면서 더 나은 설명을 찾아가는 과정이라는, 어쩌면 가장 중요한 사실을 깨달을 수 있다.

#코펜하겐해석

#양자역학

#관계론적해석



R1

R2

Mar. 2025

<빛의 양자컴퓨터>

후루사와 아키라 지음 / 채은미 옮김 / 동아시아 펴냄

양자컴퓨터 기술은 춘추전국시대

엔비디아의 CEO 젠슨 황은 최근 양자컴퓨터 상용화 시기에 대해 “매우 유용한 양자컴퓨터를 시장에 내놓는데 15~30년이 걸릴 수 있다”고 언급했다. 그러나 디웨이브 퀀텀의 CEO 앨런 바라츠는 “양자컴퓨터 상용화는 30년 후도, 20년 후도, 15년 후도 아닌 바로 지금”이라며, 정면으로 반박했다. 양자컴퓨팅 기술 수준과 상용화 가능성에 대한 관점이 크게 엇갈리고 있음을 단적으로 보여준 사건이었다.

양자컴퓨터는 기존 컴퓨터의 한계를 뛰어넘는 잠재력을 지니고 있다. 속도가 비약적으로 빨라질 뿐만 아니라, 무엇보다 매우 적은 에너지로 계산을 할 수 있다. 현재 양자컴퓨터는 초전도 물질, 극저온 물질, 이온, 빛 등 다양한 플랫폼에서 연구가 진행 중인데, 이 책에서는 저자가 연구하는 빛 양자컴퓨터를 중점적으로 다룬다. 극저온에서만 작동해야 하는 다른 플랫폼과 달리 상온에서 작동시킬 수 있는 빛만이 궁극적으로 상용 양자컴퓨터를 만들 수 있다고 저자가 믿기 때문이라고.

과연 우리는 어떤 양자컴퓨터를 가장 먼저 만나게 될까? 이 책을 시작으로 다양한 양자컴퓨터를 비교해보는 것도 즐거운 여정이 될 것이다.

#양자컴퓨팅

#광양자컴퓨터



<무한한 가능성의 우주들>

로라 머시니-호턴 지음 / 박초월 옮김 / 동녘사이언스 펴냄

다중우주의 비밀을 양자역학으로 파헤치다

이제, 양자물리학이 뒤바뀐 우주론으로 시선을 돌려보자. 현대 이론물리학계는 ‘단일우주론’과 ‘다중우주론’으로 양분돼 있다. 세계적인 이론 물리학자 로라 머시니-호턴 교수는 여러 우주론을 철저히 검토한 끝에 단일우주론으로는 우주의 기원을 온전히 설명할 수 없다는 결론에 도달했다. 결국 연구 방향을 다중우주론으로 전환했다.

새로운 이론적 돌파구를 찾은 계기는 2000년대 끈이론의 발전이다. 양자이론의 기묘한 세계를 밝히려는 끈이론은 양자가 11차원의 끈으로 이루어져 있으며, 이 끈이 진동해 다양한 입자가 만들어진다고 설명한다. 우주 초기 물질은 매우 작은 상태였기에 양자역학을 적용해야 한다. 2004년 끈이론 연구자들은 빅뱅을 일으킬 수 있는 무수한 개수의 ‘위치 에너지 집합’을 발견했다. 머시니-호턴은 이 발견을 다중우주론과 연결했고, 그 결과 ‘양자 경관 다중우주론’이 탄생했다.

많은 비평가들은 다중우주 개념이 너무 사변적이라고 말하지만, 저자는 양자 경관 다중우주론이 실제로 검증 가능하다고 주장한다. 그중 하나가 다른 우주와의 양자 얽힘이 남긴 흔적(거대 거시공동)인데, 플랑크 위성의 데이터 분석을 통해 실제로 이런 구조가 발견됐다.

마치 지구가 우주의 중심이라고 믿었던 시절이 지나고 태양이 중심임을 받아들였듯, 이제 우리는 우주 역시 더 이상 중심이 아닐 수도 있음을 인정해야 할지도 모른다.

#다중우주

#멀티버스

$$\hat{H} = \sum_{n=1}^N \frac{\hat{p}_n^2}{2m_n} + V(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

1.4

유튜브 찾아볼까?



한국과학기술한림원
채은미 고려대 교수

<https://www.youtube.com/watch?v=H6Xmc-DUPak>

2022년 노벨 물리학상: 양자역학의 초석을 쌓다

2022년 노벨 물리학상은 양자 얽힘을 이용한 양자통신 및 양자컴퓨팅 실험과 관련이 깊어 미래 양자 기술의 발전 가능성을 더욱 높였다는 평가를 받았다. 채은미 고려대 물리학과 교수의 해설을 통해 수상자들의 업적을 간결하게 만날 수 있다. 채은미 교수는 분자 큐비트를 이용한 양자컴퓨터를 연구하는 과학자로, 그의 다른 강연을 찾아보는 것도 추천한다.

#노벨물리학상

#알랭아스페

#신경세포

세바시 강연
김은아 코넬대학교 물리학과 교수

<https://www.youtube.com/watch?v=VIY7KIDjeEY>

나를 설레게 하는 전자 사회의 헌법 제1조: 양자역학

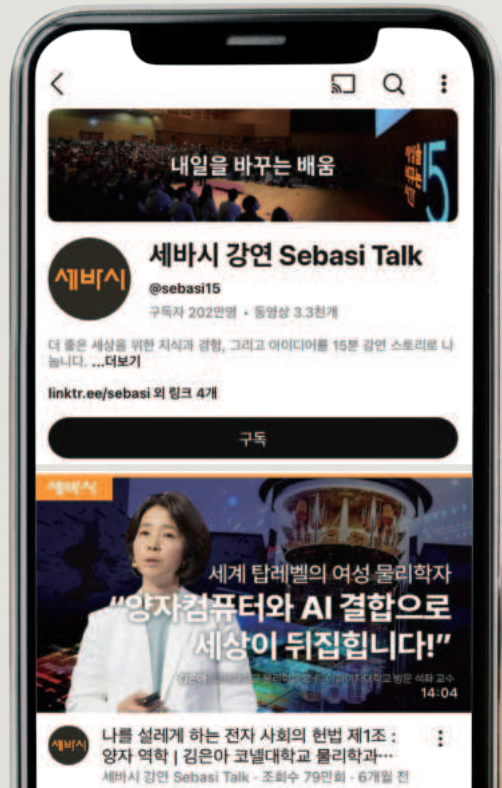
가장 최신 기술의 트렌드를 볼 차례다. 김은아 미국 코넬대 물리학과 교수가 구글 연구팀과 함께 양자컴퓨터 연구의 난제 중 하나를 어떻게 돌파했는지 소개한다. 최근 급격히 발전한 대규모 언어 모델^{LLM}과 깊이 연관돼 있는데, 이를 통해 김은아 교수는 양자 하드웨어, 인공지능, 정보과학, 응용수학 등 다양한 분야 연구자들이 협업하는 것이 중요하다고 강조한다.

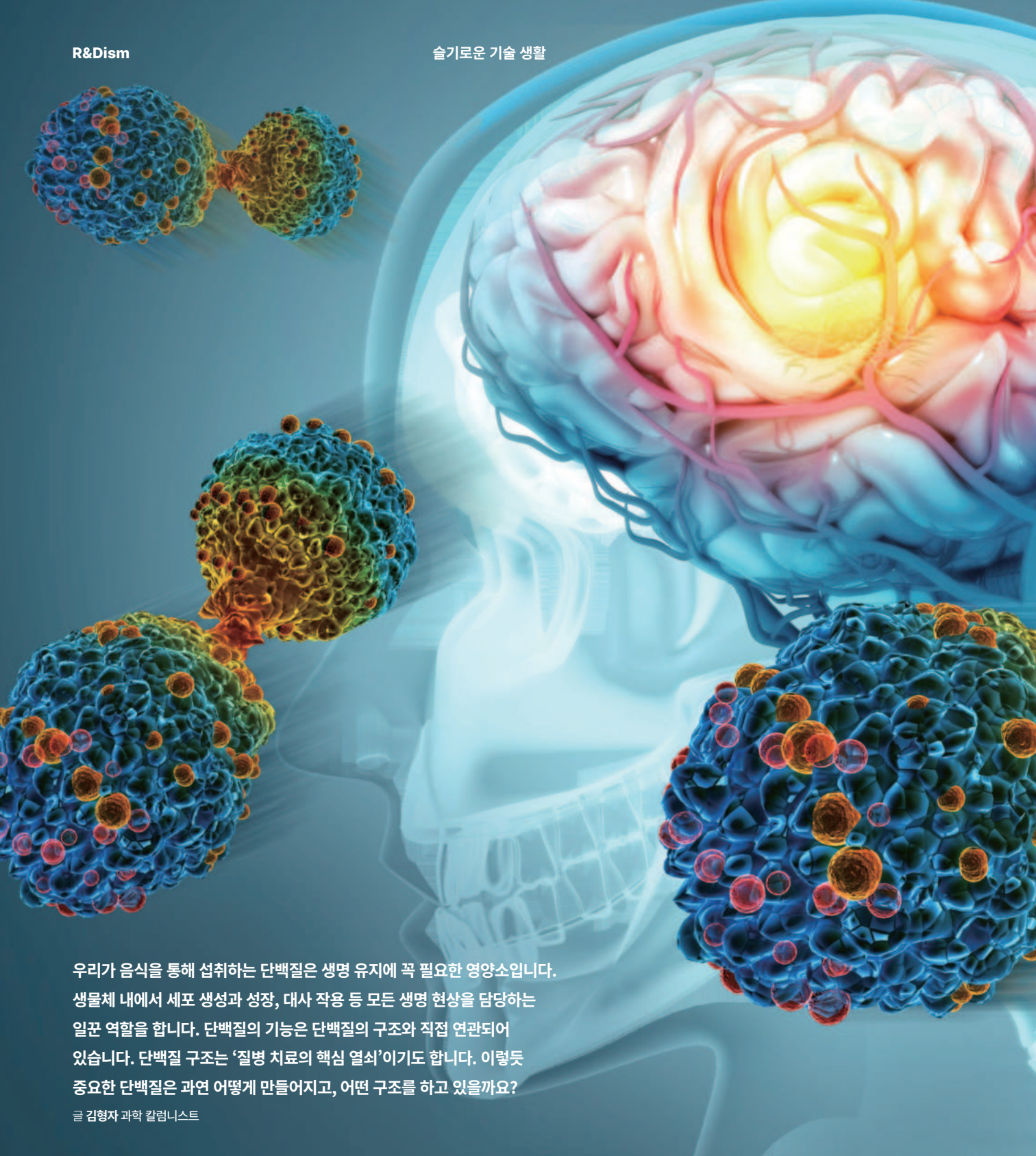
#양자컴퓨터

#구글

#LLM

#AI



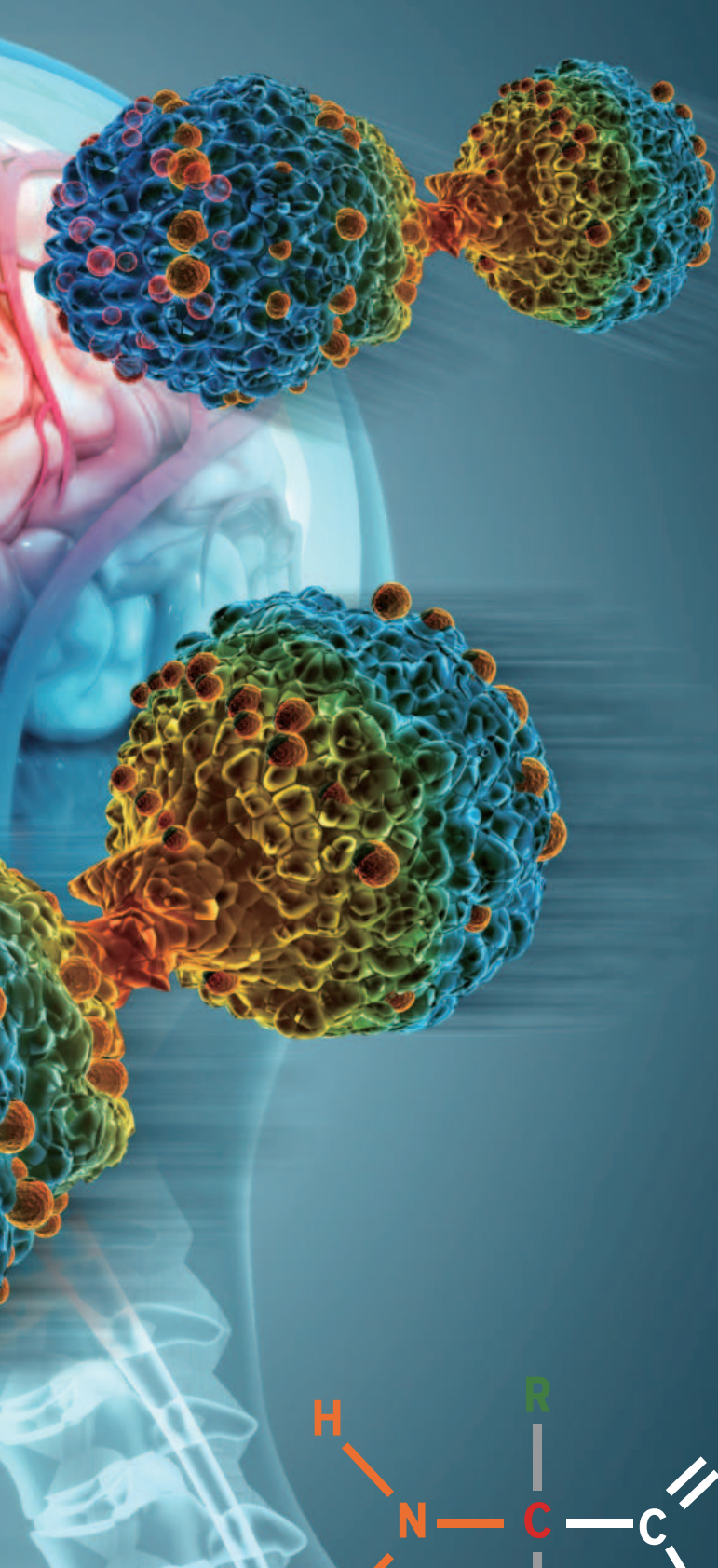


우리가 음식을 통해 섭취하는 단백질은 생명 유지에 꼭 필요한 영양소입니다.

생물체 내에서 세포 생성과 성장, 대사 작용 등 모든 생명 현상을 담당하는 일꾼 역할을 합니다. 단백질의 기능은 단백질의 구조와 직접 연관되어 있습니다. 단백질 구조는 ‘질병 치료의 핵심 열쇠’이기도 합니다. 이렇듯 중요한 단백질은 과연 어떻게 만들어지고, 어떤 구조를 하고 있을까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트

질병 치료의 열쇠, 단백질 구조의 비밀



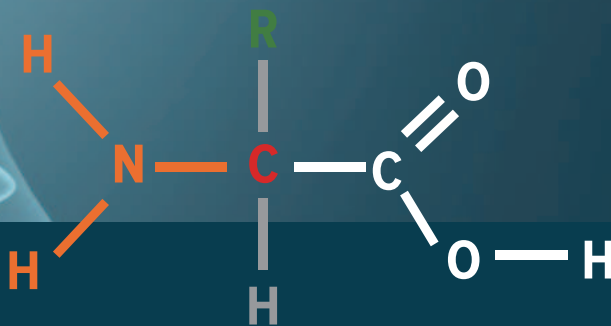
DNA가 RNA를 거쳐 단백질 만들어내

단백질은 생물체를 구성하는 구성 성분이자 세포 안에서 벌어지는 거의 모든 생명 반응에 관여하는 기본단위입니다. 우리 몸의 근육과 피부, 손톱, 발톱, 머리카락 등이 모두 단백질로 이뤄져 있고, 성장호르몬·성호르몬의 주요 성분 또한 단백질입니다. 또 혈액 속의 적혈구·백혈구, 세균·바이러스 등에 맞서 싸우는 면역에 중요한 항체도 단백질입니다.

단백질, 지방, 탄수화물은 3대 영양소입니다. 그중에서도 단백질은 으뜸으로 꼽을 만합니다. 단백질의 영어명 프로틴^{protein}은 ‘첫 번째의, 가장 중요한’을 뜻하는 그리스어 프로테이오스^{protēios}에서 유래했습니다. 그만큼 단백질이 중요하다는 의미입니다.

그렇다면 단백질은 어떻게 만들어질까요. 1953년 미국의 분자생물학자 제임스 왓슨과 영국의 생물학자 프란시스 크릭이 DNA의 이중나선 구조를 밝힌 이후 과학자들은 생명 현상에서 유전자가 ‘있다’는 사실 못지않게 유전자가 ‘기능한다’는 점에 더욱 주목했습니다.

여기서 기능한다는 의미는 단백질을 만든다는 뜻입니다. 이를 ‘유전자 발현’이라 합니다. 유전자는 유전 형질을 규정하는 인자이고, 유전자의 본체는 DNA입니다. 따라서 DNA는 유전정보의 창고입니다.



제임스 왓슨(왼쪽), 프란시스 크릭(오른쪽)

즉 유전자는 세포 내에서 어떤 단백질을 만들 것인가에 대한 정보를 갖고 있을 뿐, 세포의 기능을 실제로 좌우하는 것은 유전자로부터 만들어지는 단백질인 것입니다.

1958년 크릭은 DNA의 유전정보가 단백질로 전달된다는 ‘센트럴 도그마^{central dogma}’라는 가설을 내놓았습니다. 이는 DNA가 생존에 필요한 여러 단백질을 합성할 때 RNA(리보핵산)라는 중간단계를 거쳐 단백질을 만들고, 그 과정에서 DNA의 유전정보가 RNA를 거쳐 단백질에 담긴다는 이론입니다.

이후 많은 과학자들이 이 가설을 실험적으로 증명하기 위해 도전했습니다. 그 결과 8년 뒤인 1966년 미국의 로버트 홀리와 마셜 니런버그, 고빈드 코라나가 아데닌(A)-구아닌(G)-티민(T)-시토신(C)이 수없이 나열된 DNA의 염기서열을 알아내는 데 성공했습니다. DNA에서 전달된 RNA의 유전정보는 ‘AGC’처럼 3개의 염기가 모여서 하나의 특정 아미노산을 만들어내는 방식으로 발현되고, 단백질을 구성하는 아미노산은 모두 20가지가 존재한다는 사실을 밝혔습니다. 이 20가지의 아미노산이 실에 꿰 구슬처럼 수백에서 수천 개 연결돼 단백질이 됩니다. 이 같은 공로로 세 사람은 1968년 노벨 생리의학상을 수상했습니다.

아미노산이 단백질을 구성하는 밑바탕

단백질은 탄소, 수소, 산소, 질소 분자로 구성되어 있습니다. 그리고 세포라는 화학 공장에서 이 분자들이 모여 글리신·히스티딘 등 아미노산을 구성하고, 20가지의 아미노산이 다양하게 조합된 한 줄짜리 단백질을 탄생시킵니다.

아미노산은 중심이 되는 탄소 원자에 아미노기^{-NH₂}, 카르복실기^{-COOH}, 특정한 곁사슬(R기)로 결합되어 있습니다. 이를 ‘펩티드 결합’이라고 부릅니다. 이때 2개 이상의 아미노산이 연결된 것을 ‘펩티드’, 약 10개 이상의 아미노산이 연결된 것은 ‘폴리펩티드’라 합니다. 이 폴리펩티드가 둘 또는 그 이상 모여서 하나의 집합체를 형성하고 있는 것이 바로 단백질입니다. 단백질의 화학식은 $\text{NH}_2\text{CHR}_n\text{COOH}_n$ 입니다.

단백질은 생김새가 중요합니다. 단백질의



입체 구조가 곧 단백질의 기능을 결정짓기 때문입니다. 인체의 단백질은 10만 개 정도 되는데 기능이 천차만별입니다. 개개인의 성격과 체질이 다른 것도 실은 각 개인이 가지는 단백질의 차이에 있습니다. 이는 아미노산의 배열 순서에 따라 결정되고, 이 순서는 각 개인이 그의 조상으로부터 받은 유전자에 이미 기록되어 있습니다. 단백질은 유전자 정보로부터 만들어지기 때문에 유전자 정보를 바꾸는 돌연변이는 단백질 구조를 바꾸기도 합니다. 그에 따라 기능도 함께 바뀔 수 있습니다.

단백질의 중요한 기능 중 하나는 ‘효소 기능’입니다. 효소는 화학 반응의 속도를 조절해주는 물질로, 단백질로 만들어집니다. 사람을 포함한 동물이나 식물의 생존에 필요한 수많은 복잡한 생화학 반응이 모두 효소에 의해 진행됩니다.

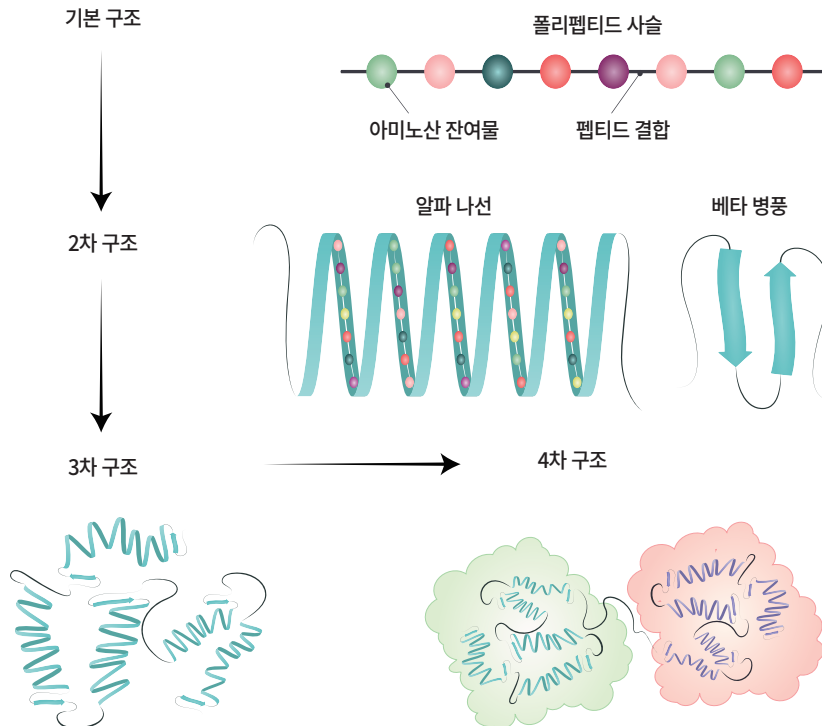
우리가 단백질을 음식으로 섭취하면, 단백질은 효소에 의해 먼저 아미노산으로 분해됩니다. 이 아미노산이 인체 세포에서 새로운 단백질을 만드는 데 사용됩니다. 효소 덕분에 음식을 소화시킬 수 있고, 포도당을 아미노산으로 바꾸기도 합니다. 인체 세포 내에 효소가 없으면 이런 반응들이 너무 느리게 진행돼 우리 몸에 여러 이상 증세가 나타나 건강을 악화시킵니다.

반세기 난제, 3차원 구조의 ‘단백질 접힘’

이처럼 다양한 기능을 가진 단백질은 아미노산이 다양한 순서로 고리를 이루며 연결되면서 형성됩니다. 이 과정에서 아미노산 사슬이 가장 안정한 상태를 찾을 때까지 복잡하게 얽히고 꼬여 3차원의 입체 구조가 형성됩니다. 이를 ‘단백질 접힘’이라고 합니다.

단백질의 입체 구조를 알아내는 것은 과학자들의 가장 근본적인 숙제 중 하나입니다. 주어진 아미노산 서열로 만들 수 있는 단백질의 구조를 알아내야 체내에서 이 단백질이 어떤 기능을 하는지 알 수 있고, 생체 내 상호작용이 밝혀져야 단백질의 이상으로 생기는 알츠하이머치매나 파킨슨병 같은 난치성질환의 원인을 찾거나 치료 방법을 개발할 수 있습니다.

단백질 구조



단백질은 보통 생체 내에서 다른 단백질과 상호작용하면서 그 기능을 발휘합니다. 따라서 특정 단백질의 상호작용을 방해할 수도 있습니다. 이때 단백질 간 상호작용을 조절하는, 분자량이 매우 적은 소분자의 작용이 중요합니다. 이들 작용을 조절할 수 있는 능력은 질병 치료에 있어 강력한 도구가 될 수 있습니다. 질병의 원인인 표적 단백질 표면에 소분자가 잘 결합하느냐에 따라 질병 치료에 대한 약의 효능이 결정되기 때문입니다.

단백질의 구조는 긴 사슬의 아미노산 분자들이 서로 상호작용하는 방식, 주변 환경 조건에 따라 접히는 모양이 달라집니다. 수많은 변수가 관여하는 셈입니다. 따라서 아미노산 하나하나가 어떻게 접혀서 단백질이 만들어지는지 밝혀내기는 엄청 힘듭니다.

예를 들어 세포막 위에 존재하는 막단백질의 경우 막에서 분리되면 구조가 변하기 때문에 실험을 통해 그 구조를 확인하는 작업이 까다롭습니다. 또 이론적으로 만들 수 있는 무수한 단백질의 구조를 일일이 실험으로 확인하는 방법도 한계가 있습니다.

과학자들이 해독한 단백질 구조 1%에 불과

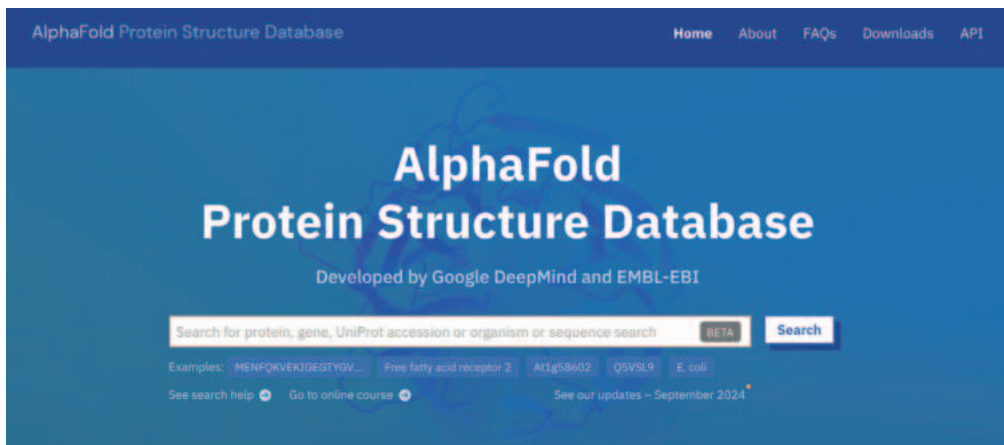
현재 과학자들은 새 질병 치료법 개발을 위해 단백질과 소분자 사이의 상호작용을 분석하려고 연구 중입니다. 하지만 소분자에 결합하는 단백질조차 가려내기 어려워 이들 작용을 분석하는 건 인류의 50년 넘는 난제였습니다. 또 단백질과 단백질이 넓고 얇은 결합 면으로 이뤄져 상호작용하기 때문에 소분자는 강하게 결합하지 못해 소분자를 이용한 약물 개발이 쉽지 않은 실정입니다.

그동안 과학자들은 X선이나 핵자기공명, 극저온 전자현미경 등의 장비를 활용해 단백질의 3차원 구조를 해독해왔습니다. 지구상에서 존재가 확인된 단백질은 2억 개 이상입니다. 하지만 이 같은 방법으로 세계 과학자들이 밝혀낸 단백질 구조는 지금까지 약 1%에 불과합니다. 이러한 속도로 2억 개의 단백질 구조를 확인하려면 기약 없는 시간을 보내야 할 상황입니다.

사람이 직접 해독하는 방식은 정확한 결과를 낼 수 있다는 장점이 있습니다. 반면 비용이 많이 들고 시간도 오래 걸린다는 게 단점입니다. 어떤 단백질의 구조는 10년이 넘게 걸려도 실마리를 잡지 못하기도 합니다. 컴퓨터 시뮬레이션으로 구조를 예측하는 방법도 시도됐지만 계산 시간이 길었고, 시뮬레이션에 필요한 에너지 함수가 부정확해 정확도도 떨어졌습니다.

AI, 신약 개발 새 지평 열어

최근 인공지능^{AI}이 이러한 판도를 확 바꿔놓았습니다. 구글 딥마인드의 알파폴드1(2018년 개발)과 알파폴드2(2020년 개발)가 순식간에 2억 개 이상의 단백질 구조를 예측한 것입니다.



구글 딥마인드는 2024년 단백질을 설계하는 AI ‘알파 프로테오’를 후속으로 공개했다.

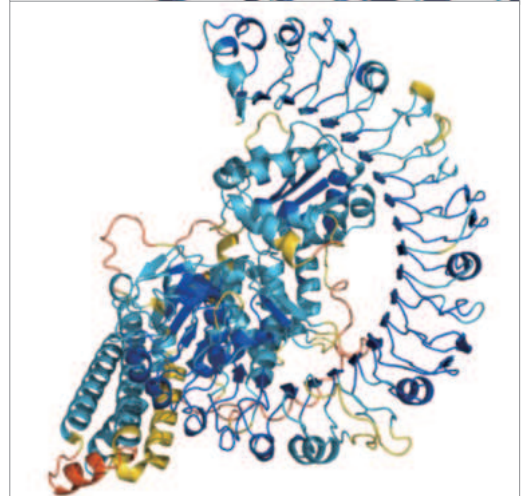
지구상 거의 모든 동물, 식물, 박테리아 등에서 발견된 단백질 구조인 셈입니다. 지난해에는 ‘알파폴드3’로 단백질의 결합 구조까지 정확히 예측해냈습니다.

전 세계의 내로라하는 생물학 석학들이 단백질 구조 하나를 파악하는 데는 수개월에서 수년이 걸립니다. 반면 알파폴드 시리즈는 50년 넘게 난제였던 ‘단백질 접힘 문제’를 풀어내는 데 몇 분에서 몇 시간밖에 걸리지 않고 해결한 것입니다. 아미노산 서열은 유전자 정보로부터 추정할 수 있습니다. 따라서 AI에게 유전자나 아미노산 서열 같은 정보를 주면 그로부터 단백질 구조를 예측할 수 있습니다.

구글 딥마인드는 또 2024년 단백질을 설계하는 AI ‘알파 프로테오’를 후속으로 공개했습니다. 이 AI는 자연에서 발견한 적 없는 새로운 단백질을 설계하는 ‘생성 모델’입니다. 엔비디아의 ‘바이오니모’, 메타의 ‘ESM 폴드’, 지난해 노벨 화학상 수상자인 데이비드 베이커 교수팀의 ‘로제타폴드’도 단백질을 설계하는 AI입니다. 이들 AI는 텍스트로 단백질의 모양과 크기, 기능과 같은 속성을 입력하면 이에 적합한 새로운 단백질 디자인을 생성해냅니다.

단백질 생성 AI의 쓰임새는 무궁무진합니다. 신약 개발뿐 아니라 인류의 당면 문제까지 해결하는 일이 가능합니다. 어떤 과학자는 플라스틱을 분해하는 효소를 개발해 환경문제를 해결할 수 있고, 어떤 과학자는 기후 친화적 시멘트를 생산해 탄소중립에 도움을

노벨 화학상을 수상한 데이비드 베이커 미국 워싱턴대 교수가 단백질 구조를 들고 설명하고 있다.



2억 개 이상의 단백질 구조를 예측한 구글 딥마인드의 알파폴드

줄 수 있습니다. 이러한 활용성을 통해 AI가 지구온난화를 비롯해 인류의 희귀 난치병 정복에 결정적 역할을 하길 기대합니다.



김형자 과학 칼럼니스트

청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며, 현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다. 저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책> 등이 있다.

우리가 사는 지구는 매 순간 우주에서 날아오는 수많은 입자로 가득 차 있다. 특히 뮤온^{Muon}이라는 입자는 눈에 보이지 않지만, 대기권에서 생겨나 지표에 끊임없이 쏟아지고 있다. 이 뮤온은 과학자들이 희미한 신호를 포착하려고 할 때 방해가 되는 입자다. 마치 조용한 곳에서 속삭임을 듣고 싶는데 주변에서 계속 큰 소음이 들리는 것과 같다. 그래서 과학자들은 깊은 땅속으로 내려간다. 땅이 두꺼운 방패막이가 되어 우주에서 날아오는 뮤온을 막아주기 때문이다.

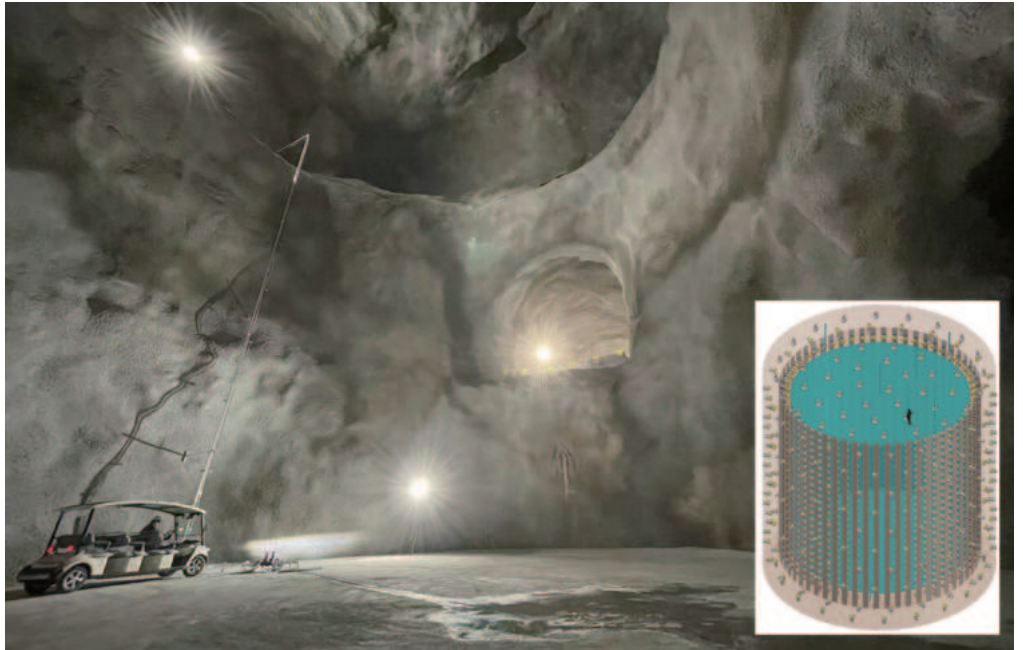
예미랩^{Yemilab}은 정선군 신동읍의 예미산 지하 1000m의 깊은 곳에 위치하기 때문에 뮤온의 투과율이 수십만

분의 일로 줄어든다. 덕분에 밝혀지지 않은 우주 입자의 희미한 흔적을 포착하기 위한 최적의 장소다. 세계적으로도 같은 목적의 깊은 지하 실험시설들이 많이 있는데, 그중 이탈리아의 그랑사소^{LNGS}, 캐나다의 스노우랩^{SNOLAB}, 미국의 샌포드 지하실험시설^{SURF} 그리고 일본의 가미오칸데^{Kamiokande} 등이 규모 면에서 대표적이다. 이들 연구시설은 땅속 깊이 자리해 우주 입자의 미세한 흔적을 찾는 데 앞장서고 있으며, 이 과정에서 노벨상 수상자도 4명이나 배출되었다. 이제 우리나라의 예미랩 시설과 그 안에서 어떤 모험적인 실험이 진행되는지 소개하려고 한다.

글 박강순 기초과학연구원 지하실험연구단 정선 예미랩 센터장

지하에서 ○○○○○ 우주를 ○○○○○ 꿈꾸다

지하 1,000m에 조성된 예미랩에서 가장 큰 규모의 실험공간인 LSC홀. 직경과 높이가 각각 20미터, 28미터의 원통 형태로, 6,000톤의 액체섬광물질 수용이 가능하다. 액자그림은 LSC홀에 구축될 차세대 검출기의 개념도. 검게 표현된 것이 사람의 크기로 검출기의 규모를 알 수 있다.



암흑물질은 무엇일까?

→ 보이지 않는 우주의 퍼즐

우리 눈에 보이는 모든 물질 즉, 별, 행성, 은하 등은 원자가 모여 이루어진 물체다. 이들 원자가 질량의 기준으로, 우주에서 차지하는 비중은 전체의 약 5%에도 채 미치지 못한다. 나머지 95%가 넘는 물질은 암흑물질과 암흑에너지로 메워져 있다고 추측된다. 암흑물질은 물질의 형태라고 예상되지만 직접 볼 수도, 만질 수도 없어서 그 존재를 가늠하기조차 어렵다. 암흑에너지 역시 에너지의 형태로 존재한다고 예상하나 구체적인 증거가 어렵다. 이와같이 존재의 증거를 찾기가 극히 어려워 각각의 이름을 암흑^{Dark}이라고 붙였다.

예미랩에서는 물질의 형태라 예상되는 암흑물질 탐색 연구가 진행되고 있다. 암흑물질은 질량 기준으로 우주의 약 45%를 차지하는 주요 구성 물질이다. 암흑물질은 전기적으로 중성이며, 오직 중력에 의해서만 물질들과 상호작용하기 때문에 그 존재를 직접 검출하는 것은 어렵다. 그러나 은하의 공전운동, 중력렌즈 현상 등에서 나타나는 이상 징후들은 우주에 대량의 암흑물질이 존재한다는 강력한 암시를 주고 있기에, 과학자들은 탐색을 멈추지 않는다.

윌프^{WIMP}는 1980년대부터 암흑물질의 후보로 주목받기 시작했다.

윌프라는 이름은 ‘약하게 상호작용하는 무거운 입자^{Weakly Interacting Massive Particle}’라는 뜻에서 지어졌다. 그 이름대로 물질 간 상호작용이 아주 약하기 때문에 그 존재를 선뜻 드러내지 않는다. 하지만 긍정적으로 생각해 보면 약하게라도 중력에 의한 상호작용을 할 수 있기 때문에 희박하게나마 보통 물질과 충돌이 있을 것으로 예상할 수 있다. 희박한 충돌 확률이 있더라도 통계적으로 가능성을 검토하며, 현재 전 세계의 많은 실험그룹들이 각국의 지하에서 정밀하고도 독창적인 검출기를 제작해 실험을 진행하며 고군분투하고 있다. 굳이 지하에서의



양양 COSINE-100 차폐체 내부의 NaI(Tl) 검출기 사진. 현재는 정선 예미랩으로 이전하여 추가된 검출기와 함께 암흑물질을 기다리고 있다.

실험을 고집하는 이유는 희박한 신호가 뮤온 등의 우주선 신호에 묻히는 것을 피하기 위함이다. 미국의 LUX-ZEPLIN, 중국의 PandaX, 이탈리아의 XENONnT 등 여러 실험실이 깊은 지하에서 워프 검출을 놓고 치열하게 경쟁하고 있다. 우리나라에서도 2003년부터 서울대 김선기 교수의 연구그룹이 양양지하실험실에서 독자적인 기술과 노하우로 KIMS라는 이름으로 실험을 진행해 왔다. 2013년부터는 기초과학연구원 지하실험연구단(단장 김영덕)에서 이어받아 실험명을 COSINE-100이라 하고 암흑물질 관측을 이어갔다. 암흑물질이 검출기 핵과 충돌하여 되튀는 에너지가 포착될 때까지 지켜보고 있다. NaI(Tl)(탈륨이 도핑된 소듐아이오다이드) 결정은 기본적으로 에너지를 전달받으면 빛을 방출하는 섬광체 검출기다. 특히 낮은 에너지 영역에서도 비교적 강한 신호를 내기 때문에 약한 신호를 포착해야 하는 암흑물질 탐색 실험에 적합하다. 실험을 위해서는 고순도의 NaI(Tl)결정을 제작하는 것이 관건이다. S/N(신호 대비 배경신호(노이즈)) 값을 높여야 하기 때문이다. 실험그룹의 무수한 노력으로 COSINE-100 실험의 검출기는 수 keV의 에너지를 검출하는 수준까지 가능하다. 암흑물질의 질량을 몰라서 극히 낮은 수준의 에너지 영역까지 염두에 두어야 하는 조건이 필수이기 때문에 얼마나 낮은 에너지까지 검출할 수 있느냐가 세계적인 실험들의 경쟁 사안이다. 이 방면에서 COSINE실험은 세계 최고의 클래스에 있다고 말할 수 있다.

양양의 COSINE-100 실험은 지난 2023년 말에 정선 예미랩으로 이전하면서 개선을 거듭하였고, COSINE-100U라는 이름으로, 여전히 암흑물질을 타깃으로 후속 실험이 지속되고 있다.

중성미자와 마요라나 입자란 무엇일까?

→유형 입자의 비밀

빅뱅 초기에는 물질과 반물질이 반씩 생성되었다는 것이 학계의 정설이다. 그런데 물질과 반물질이 반반이면 오늘날의 우주는 지금과 같지 않을 것이며, 또한 인류도 존재하지 않을 것이다. 왜냐하면 물질과 반물질이 충돌하면 각 물질들은 소멸하고 대신 빛으로 바뀌기 때문이다. 그렇다면 현재의 우주를 상상해 볼 수 있다. 아마도 빛으로 가득찬 우주일 것이다. 하지만 우리가 살아가고 있는 우주는 그렇지 않다. 반짝이는 수많은 별들과 행성, 태양계 그리고 지구, 지구에 살고있는 인류와 생명체들이 존재한다. 그 이유는 무엇일까? 우주의 진화 과정 중 반물질은

사라지고 물질이 지배하는 이유는 무엇일까? 이 궁금증의 답을 얻기 위해 많은 과학자들은 중성미자가 마요라나^{Majorana} 입자인지 디랙^{Dirac} 입자인지 가려내어 힌트를 구하려고 한다.

우주에는 빛 다음으로 많은 입자가 바로 중성미자다. 하지만 중성미자는 전기적으로 중성인데다 매우 작고 가벼운 특징 때문에 거의 모든 물질을 그냥 통과해 버린다. 그래서 ‘유령 입자’라는 별명이 붙었다. 과학자들은 중성미자가 ‘마요라나 입자’일지도 모른다고 생각한다. 마요라나 입자는 스스로 물질이면서 반물질인 입자다. 현재까지 우리가 아는 모든 물질은 디랙 입자다. 디랙 입자는 물질과 반물질로 엄격히 나뉘어 존재한다. 반면에 마요라나 입자는 디랙 입자와 대립하는 입자라 볼 수 있다. 1937년 이탈리아 물리학자 에토레 마요라나^{Ettore Majorana}가 처음 제시하였다. 그리곤 사라졌다. 마요라나 입자도 아직까지 발견되지 않았다.

독일 GERDA, 이탈리아 CUORE, 미국 EXO-200 같은 실험들이 이 현상을 찾고 있다. 우리나라 예미랩의 AMoRE-II 실험도 같은 목적으로 검출기 설치가 한창이다. AMoRE-II 실험을 간략히 살펴보자면, 10mK(영하 272.99°C)의 극저온 진공 탱크 안에 몰리브덴 동위원소¹⁰⁰Mo기반의 CaMoO₄ 결정을 주요 검출물질로 하는 검출기를 위치시키고 몰리브덴 동위원소에서 중성미자 없이 이중베타붕괴 하는 순간을 포착한다.

한 번의 베타붕괴에는 필수적으로 중성미자 한 개가 튀어나온다.

$$n \Leftrightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$$

여기서 n은 중성자, p⁺는 양성자, e⁻는 전자, $\bar{\nu}_e$ 는 반중성미자를 각각 가리킨다.

그럼 두 베타붕괴가 동시에 일어나는 현상도 있지 않을까? 이런 현상을 이중베타붕괴라고 한다. 이중베타붕괴 과정에서는 당연히 두 개의 중성미자가 발생 되어야 하지만 중성미자가 없는 경우도 가정 해 볼 수 있다. 이런 현상을 ‘중성미자 없는 이중베타 붕괴’라고 한다. 즉, 중성미자가

소멸되고 두 개의 전자만 나올 것이다. 이 때 그 전자들의 에너지 스펙트럼을 분석해 보면 중성미자가 마요라나 입자인지 판별할 수 있다. AMoRE-II 실험에서 사용하는 ^{100}Mo 동위원소는 Q-value(붕괴과정에서 방출되거나 흡수되는 에너지)가 다른원소에 비해 상대적으로 크고(두 전자의 에너지 합이 Q-value가 되는데 ^{100}Mo 의 Q값은 약 3MeV로 세계 다른 실험들의 동위원소보다 크다) 극저온(10~20mK)에서 에너지 분해능이 뛰어나기 때문에 실험데이터의 분석에 유리하다. AMoRE-II 실험은 매우 까다로운 실험환경과 장치가 필요한 모험적인 실험이지만 잘 정형화된 확실한 결과를 얻을 수 있는 실험이다. 세계적인 실험들 중 가장 선명한 결과를 얻으리라 기대한다.

에미랩 - 지하실험의 놀이터

정선 에미랩은 단순한 지하공간이 아니라, 첨단 과학시설로 봐야 한다. 총 3,000m²에 달하는 실험공간을 인위적으로 방사능 청정구역을 만들었기 때문이다. 자연방사능을 줄이기 위해 많은 노력을 기울였다. 부지를 선택할 당시부터, 방사능이 많은 특정 암반을 피하기 위해 전국의 지질을 조사하여 현재의 위치를 선택했다. 터널 조성에서도 방사능을 유발하는 동위원소가 적은 골재와 페인트를 선별하여 사용했다. 먼지를 최소화하기 위해 현행 광산의 악조건에서도 필터를 최적화하여 100클래스(1평방피트 당 10마이크로 크기의 먼지가 100개 이하)의 청정한 특별공간도 갖추고 있다. 실험공간의 모든 곳은 지상의 신축 빌딩 사무실의 먼지 농도인 50만 클래스보다 낮은 20만 클래스로 유지되고 있다. 기본적으로 1,000m 지하의 공기는 지상보다 방사성 동위원소인 라돈^{Rn} 농도가 약 100배 더 높다. 라돈은 WHO에서 규정한 1급 발암물질이다. 작업자들의 안전을 위해 이 수치를 낮추어야 했고, 결국 지상의 신선한 공기를 끌어와 지하에 공급한다. 실험에서도 라돈은 골칫거리다. 라돈이 붕괴하면서 감마선을 내기 때문이다. 감마선은 검출기에 흔적을 남겨 데이터를 오염시킨다. 실험을 위해 특수 제작된 라돈제거장치를 운영하여, 필요로 하는 실험실에 라돈농도가 제로에 가까운 공기를 공급한다. 열을 발생시키는 실험장비를 위해 수냉시설도 지원한다. 전반적으로 지상보다 깨끗한 환경을 1,000m 지하에서 구현하였다.

연구자들의 안전 보장은 필수적이다. 밀폐된 지하 공간에서



지하 1,000m 에미랩에 갖춰진 대피소. 40인이 3일 동안 외부의 지원없이 생존할 수 있는 시설을 갖추었다. 평상시에는 휴게실로 사용된다.

발생할 수 있는 만일의 사고에 대비하여 40명이 동시에 대피할 수 있으며 외부 지원 없이도 최대 3일간 생존할 수 있는 대피소가 마련되어 있다. 산소와, 비상식량, 화장실, 독자적인 비상전력 그리고 내부 공기오염을 방지하는 필터가 내장되어 있다.

왜 이런 연구가 중요한가?

암흑물질과 중성미자 연구는 우주의 감춰진 본질을 이해하려는 인류의 도전이다. 이 연구들이 성공하면 우리는 우주의 시작, 별과 은하의 탄생, 물질과 반물질의 비밀을 밝혀낼 수 있다. 실패하더라도 과정에서 얻은 데이터와 경험은 미래 연구의 밑거름이 될 것임은 분명하다. 우리나라는 아직 과학분야 노벨상 수상자가 없지만, 정선 에미랩에서 세계를 놀라게 할 발견이 나올 것이라 기대한다. 깊은 땅속에서 우주를 꿈꾸는 과학자들의 집념이 언젠가 인류의 새로운 지식을 여는 열쇠가 되기를 기대해 본다. 더 나아가 이런 기초과학 연구는 언젠가 우리가 상상하지 못했던 기술 발전과 인류의 삶의 질 향상으로 이어질 수도 있다고 믿는다. 과학의 작은 발견이 미래의 의료, 에너지, 우주탐사 등 우리의 생활 전반에 걸쳐 큰 변화를 일으킬 수 있다는 확신 때문이다.



박강순 기초과학연구원 지하실험연구단 정선 에미랩 센터장
 성균관대 물리학과에서 입자물리학실험으로 박사학위를 받았다. 학위 후 2006년부터 현재까지 RENO 검출기 구축, SBL 검출기 제작, 양양지하실험시설 구축, 암흑물질(COSINE-100) 차폐체 제작, AMoRE-I 차폐체 제작, 에미랩 구축운영 등을 수행해 왔다.

의생명과학, 질병 정복 앞당기는 의료 혁신

이남규 단국대학교 의생명과학부 교수

의생명과학은 의학과 생명과학을 비롯한 다양한 학문과 융합 연구를 통해 미래 의료 혁신을 도모하는 학문이다. 다양한 질병의 기전을 연구하며 치료법 연구, 정밀의료, 바이오메디컬 공학 등 다양한 분야로 영향력을 넓혀가고 있다. 암 대사 연구를 통해 혁신적인 치료 전략을 개발하는 데 전념하고 있는 단국대학교 이남규 의생명과학부 교수를 만났다.

글 김광균 사진 서범세

의생명과학자는 주로 어떤 연구를 하는지 궁금합니다.

의생명과학자는 의학과 생명과학이 융합된 영역을 연구하며, 다양한 학문 분야와 결합해 폭넓은 연구를 수행합니다. 특정 생명현상만을 단독으로 연구하기보다는 암, 신경퇴행성질환, 감염병, 면역질환과 같은 다양한 질병의 기전을 연구합니다. 질병을 조기에 진단할 수 있는 바이오마커^①를 발굴하고 개인 맞춤형 치료를 연구하는 등 정밀의료 분야에도 기여합니다. 더 나아가 바이오센서 개발, 의료 영상 분석 기술과 같은 바이오메디컬 공학 분야도 의생명과학에 포함됩니다.

교수님의 연구 분야와 주요 프로젝트에 대한 소개 부탁드립니다.

세포대사생화학 연구에 초점을 맞춰 세포 내에서 이뤄지는 다양한 대사 경로와 대사체의 기능을 주로 연구합니다. 기존에 최종 산물을 만들기 위한 중간단계로만 여겼던 중간대사물의 비정형적 역할을 탐구하는 데 중점을

① 바이오마커: 단백질이나 DNA, RAN(리보핵산), 대사 물질 등을 이용해 몸 안의 변화를 알아낼 수 있는 지표

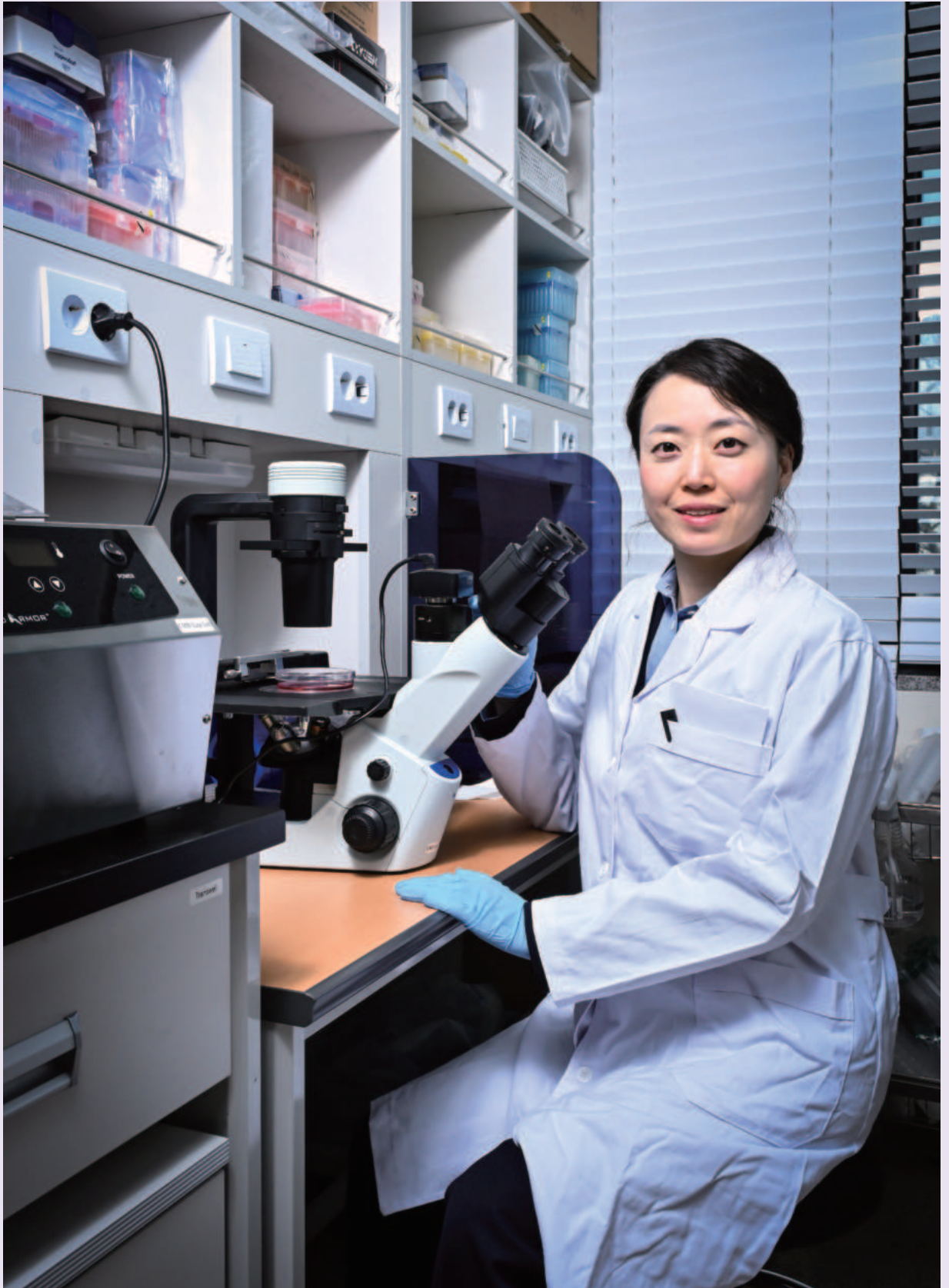
두고 있습니다. 현재 가장 집중하고 있는 연구 분야는 셀레늄 대사와 비타민 B₁₂ 대사입니다. 특히 간암, 유방암, 혈액암 등 특정 암에서 이러한 대사 경로가 활성화된다는 사실을 확인했는데 암세포가 왜 이러한 경로를 활성화하는지, 정상 세포와의 대사적 차이를 이용해 새로운 암 치료 전략을 개발할 수 있는지를 연구 중입니다.

포항공과대학교에서 생명과학 박사학위 취득 후 매사추세츠대학교 의과대학에서 박사후 연구원으로 활동하셨습니다. 이러한 경로를 선택한 계기나 이유가 무엇인가요?

박사과정 중 특정 단백질이 암에 어떤 역할을 하는지 규명하는 연구를 진행했습니다. 당시 암 연구 분야에서는 대사적 관점에서 암을 바라보는 연구가 활발해지는 추세였고, 기존에 알려지지 않던 암세포의 특이적 대사 경로에 대한 연구가 본격적으로 이뤄지고 있었습니다. 암 대사 연구에 관심을 갖게 되면서 임상 샘플을 보다 쉽게 확보할 수 있는 의과대학에서 연구를 수행하고 싶다는 생각이 커졌습니다. 제가 하는 연구가 치료제 개발로 이어지려면 대학교수나 연구소 선임연구원의 길을 가야 한다는 생각에 박사후 연구원 과정을 선택하게 됐습니다.

생명과학을 전공했는데 그중에서도 의생명과학 분야에 관심을 갖게 된 특별한 이유가 있을까요?

암은 정상 세포와 다른 대사적 특징을 가지고 있습니다. 정상 세포와 차별화된 암의 특이적 대사 경로를 찾아내고, 해당 경로가 암세포 생존에 필수적이라는 점을





지난해 셀레늄의 항산화 효과에 대한 새로운 작용기전을 밝혀낸 이남규 교수는 앞으로 실험실 학생들이 독립적인 과학자로 성장할 수 있도록 다양한 기회를 제공하고 싶다고 말한다.

규명할 수 있다면 이를 차단해 암세포를 선택적으로 사멸시키는 전략을 개발할 수 있습니다. 이러한 연구 방향에서 저는 암 대사 연구에 관심을 갖게 됐습니다. 그중에서도 셀레늄 대사에 주목한 이유는 셀레늄이 대사를 거치면서 생성하는 ‘셀레노화수소^{H₂Se}’가 세포 내에서 셀레노 단백질 형성에 필요한 셀레노시스테인이라는 아미노산을 만들지만, 특수 상황에서는 독성을 가질 수 있다는 점 때문이었습니다. 실제로 산업 현장에서 셀레늄 수소는 독성가스로 알려져 있지만, 세포 내에서는 이것이 특정 대사 효소에 의해 처리되면서 안전한 농도로 유지됩니다. 그렇기 때문에 이 효소를 저해하면 셀레노화수소가 축적되면서 암세포에 선택적으로 독성을 나타내는 현상이 생깁니다. 이러한 과정이 매우 흥미로웠고, 이를 계기로 셀레늄 대사의 새로운 기능과 치료적 활용 가능성을 더욱 깊이 연구하게 됐습니다.

지난해 셀레늄의 항산화 효과에 대한 새로운 작용기전을 밝혀내셨는데요. 해당 연구의 주요 성과와 의의에 대해 설명 부탁드립니다.

셀레늄은 항산화제 역할, 갑상선호르몬 조절, 정자 발달 조절 등의 기능을 수행하는 필수영양소로 알려져 있습니다. 셀레늄의 주요 기능은 셀레노단백질 합성에 기인한다는 것이 정설이었습니다. 하지만 이번 연구에서는 이러한 기존의 개념을 확장해 셀레늄이 반드시 셀레노단백질 합성을 통해서만 세포를 보호하는 것이 아니라는 새로운 기전을 제시했습니다. 즉 셀레늄의

중간대사물인 셀레노화수소가 항산화물질인 코엔자임 Q를 환원시켜 세포를 보호할 수 있다는 것인데요. 셀레늄이 단순히 셀레노단백질 합성을 위한 필수영양소에 그치는 게 아니라 셀레늄의 중간대사물이 직접적인 세포 보호와 조절 기능을 수행할 수 있음을 시사합니다.

그렇다면 향후 현상의 의료 활동과 치료에는 어떤 영향을 미치게 될까요?

저희 연구는 셀레늄 대사체가 페롭토시스라는 새로운 타입의 세포 사멸을 조절하는 기전을 규명함으로써 기존 셀레늄 생물학 패러다임을 확장하는 중요한 발견으로 평가받고 있습니다. 의료 및 치료적 측면에서 본다면 페롭토시스가 동반되는 퇴행성 뇌질환, 간질환, 뇌졸중 등 다양한 질환에서 안전한 농도의 셀레늄을 활용한 치료 전략이 적용될 가능성이 있습니다.

의생명과학 기술이 우리의 일상과 산업에 어떤 영향을 미치고, 실제 어떤 식으로 적용되고 있는지 궁금합니다.

—

의생명과학 기술은 의료, 제약, 바이오산업뿐만 아니라 우리의 일상에도 깊은 영향을 미치고 있습니다. 유전체 분석 기술을 활용한 정밀의료가 발전하면서 개인 맞춤형 치료가 가능해지고 있으며, 유전자 편집 기술을 이용한 유전자 치료와 면역세포 치료제를 희귀 유전병과 암 치료에 이미 적용하고 있습니다. 또 재생의학과 조직공학의 발전으로 줄기세포 기반 치료와 인공 장기 프린팅 기술이 연구되고 있고, 디지털 헬스케어 분야에서 AI를 활용한 의료 영상 판독, 신약 개발, 환자 데이터 분석이 활발히 이뤄지고 있습니다. 코로나19 팬데믹 이후 급격히 발전한 mRNA(메신저 리보핵산) 백신 기술은 감염병뿐만 아니라 암 치료 백신 개발에도 활용되고 있습니다. 이처럼 의생명과학 기술의 발전은 의료의 패러다임을 변화시키고 있으며, 앞으로도 더욱 정밀하고 효과적인 치료법 개발과 건강한 삶을 위한 혁신이 지속될 것으로 기대됩니다.

의생명과학자가 되려면 어떤 자질과 역량을 갖춰야 할까요? 의생명과학자를 꿈꾸는 학생들에게 한 말씀 부탁드립니다.

—

의생명과학은 끊임없이 변화하는 학문이기 때문에 기존 지식을 습득하는 것뿐 아니라 늘 새로운 질문을 던지고 실험을 통해 답을 찾아가는 과정을 즐길 줄 알아야 합니다. 실험 결과를 분석하고 해석하는 과정에서 단순한 데이터 해석을 넘어 새로운 가설을 제시하고 기존의 패러다임을 확장할 수 있는 창의적인 접근 방식도 요구됩니다. 항상 새로운 기술과 방법을 배우고 적용할 줄 아는 유연성도 중요하고요. 소통 능력과 협업 정신도 필수입니다. 의생명과학 연구는 다양한 분야의 연구자들과 협업해 진행되는 만큼 원활한 소통으로 연구 아이디어를 공유하며 시너지를 창출할 수 있는 능력이 요구됩니다. 실패를 두려워하지 말고 작은 발견에도 기쁨을 느끼며 끊임없이



셀레늄 항산화 효과에 대한 새로운 작용기전 규명

논문명 '셀레늄: 세포 보호의 새로운 이해와 페롭토시스 억제 메커니즘의 발견'

주요 내용 셀레늄 유래 대사체가 셀레노단백질 합성을 위한 전구체 역할을 넘어 독립적으로 항산화 기능을 수행할 수 있다는 새로운 기전 제시

의의 셀레늄 대사체가 페롭토시스라는 새로운 타입의 세포 사멸을 조절하는 기전 규명. 페롭토시스와 관련된 다양한 질병(퇴행성 뇌질환, 뇌졸중, 간질환 등) 치료에 셀레늄의 활용 가능성 제시

이남규 교수는 누구

포항공과대학교에서 생명과학 박사학위를 취득하고 매사추세츠 의과대학에서 박사후 연구원을 지냈다. 박사과정을 거치는 동안 자연스럽게 암 대사 연구에 관심을 갖게 됐으며, 자신의 연구가 치료제 개발까지 이어지길 희망한다. 의생명과학자로서 암세포가 셀레늄을 활용하는 방식과 대사 조절을 통한 새로운 치료 전략을 탐색하는 데 집중하고 있다. 궁극적으로 암 대사와 셀레늄 생물학을 접목한 연구를 통해 새로운 치료 표적을 발굴하고, 대사 조절을 기반으로 혁신적인 항암 전략을 개발하는 데 전념하고 있다.

질문하고 도전하는 자세를 갖춘다면 미래의 의생명과학자로서 중요한 역할을 할 수 있을 것이라 생각합니다.

개인적인 도전 과제나 향후 목표가 있다면 말씀해주세요.

—

단기적인 목표는 한국연구재단의 지원을 받는 우수신진글로벌 과제와 기초연구실 과제를 성공적으로 수행하는 것입니다. 이 과정에서 단국대학교 학생들이 연구자로서 탄탄하게 성장할 수 있도록 돕고 싶습니다. 연구자로서 목표는 국내뿐만 아니라 국제적으로도 의미 있는 성과를 내는 실험실을 만들어 나가는 것입니다.

제 4 기 **똑똑하게 소통하고 리뷰하는 독자단**



한국산업기술기획평가원^{KEIT}이 매월 발간하는
산업기술 전문지 <테크 포커스>를 함께 만들어갈 똑소리단 4기를 모집합니다.

접수 기간 **2025.3.4.(화)~3.21.(금)**

- 지원 자격** 산업기술에 관심 있는 대한민국 누구나
- 지원 방법** 신청링크 접속하여, 지원자 정보 입력 및 신청
- 모집 일정**
 - 서류 접수 및 검토
 - 최종 합격자 발표(개별 안내, 3/24)
- 활동 기간** 2025.4.~11.(8개월)
- 활동 내용**
 - <테크 포커스> 기획·제작 참여(월 1회)
 - <테크 포커스> 리뷰 작성(월 1회)
 - 특별 기획 콘텐츠 제작 참여 (100% 온라인 활동)

- 똑소리단 혜택**
 - 매월 <테크 포커스> 오프라인 발송
 - 우수 활동가 도서 구매 지원 및 최종 우수 활동가 5인 포상
 - 최종 활동 증명서 발급

문의사항 techfocus@keit.re.kr

똑소리단 4기 신청
바로가기



독자 퀴즈의 정답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의 상품을 보내드립니다.
퀴즈 답변과 휴대폰 번호를 grintjssu@hankyung.com으로 보내주세요.

독자 선물은 교환, 환불이 불가합니다.
전화번호 누락, 오류 등으로 인한 반송 시
재발송하지 않습니다.



○○ 개발은 기본적으로 10년이 넘는 오랜 개발
기간과 천문학적 비용이 투입되어야 하는 고난도
프로젝트다. 하지만 AI 기술의 발전으로
○○ 후보물질을 빠르고 정확하게 찾아냄으로써
이 개발 과정이 획기적으로 줄어들고 있다.

Tech Focus

산업통상자원부 산하 R&D 전문기관
한국산업기술기획평가원이 발행하는 국내외 산업기술의
모든 것을 담은 전문지 <테크 포커스>



<테크 포커스> 웹진(techfocus.kr)에서 신간호와
함께 과월호도 모두 만나보세요!

<테크 포커스> 웹진 보기 매월 10일 오픈





**보이는 것 부러
보이지 않는 것 까지**

**초격차 산업기술 R&D
초협력으로 이뤄집니다**



산업통상자원부



한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

9 1773027 217003



ISSN 3022-7178