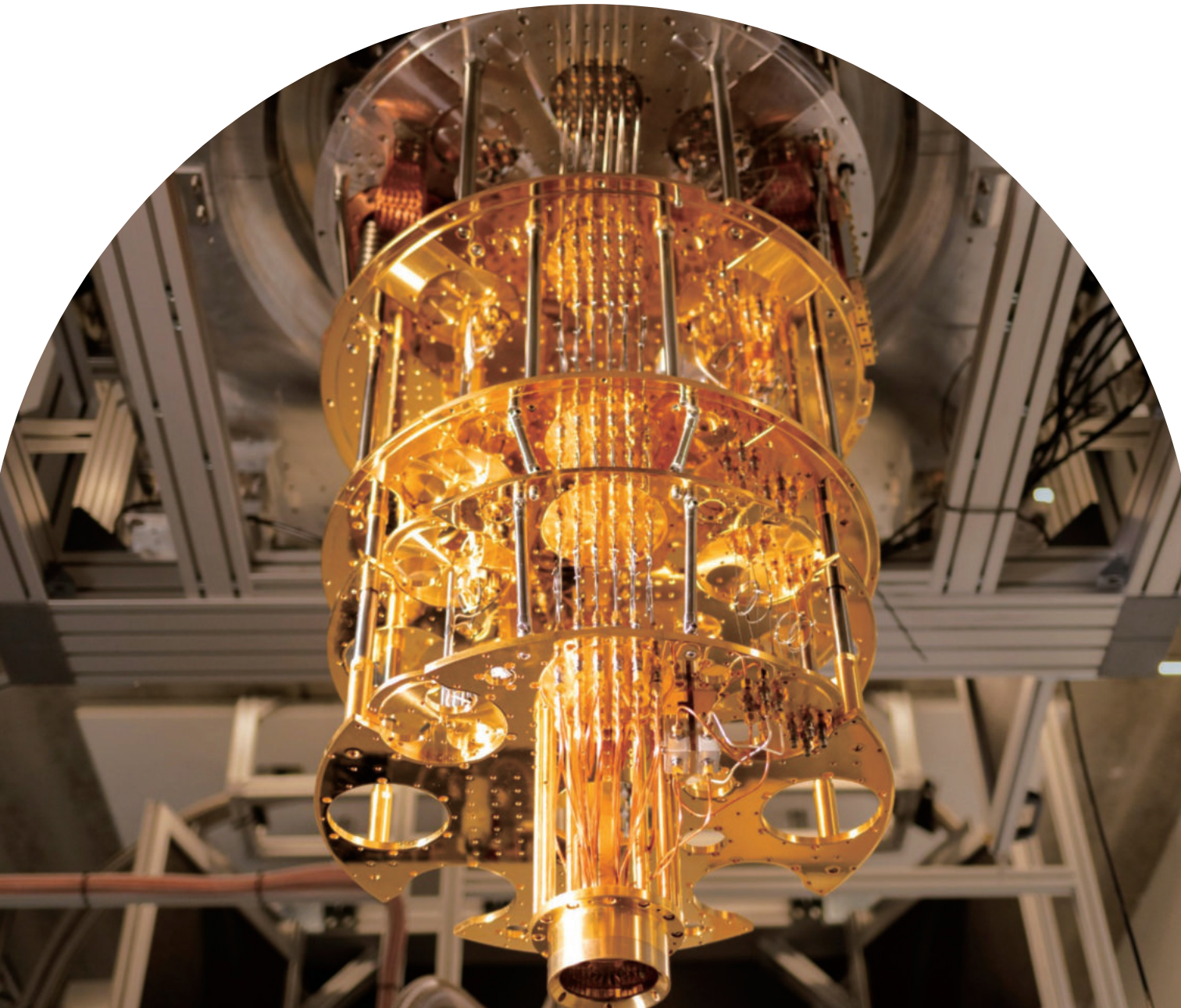


Tech Focus

Apr. 2025

Vol. 18



Focus Story > Flow

양자기술의 문을 여는
5가지 질문

Changing Tomorrow > Best Practice

더 긴 주행, 더 안전한 충전,
글로벌 리딩 전해액 기술의 탄생

Changing Tomorrow > Alchemist Diary

생각만 해도 말이 나온다?
초연결사회를 만들 초능력 기술의 탄생!

R&Dism > 슬기로운 기술 생활

자기부상열차에서 양자컴까지
꿈의 물질 초전도체 인류의 삶 바꾼다



<테크 포커스>
웹진 보기
매월 10일 오픈

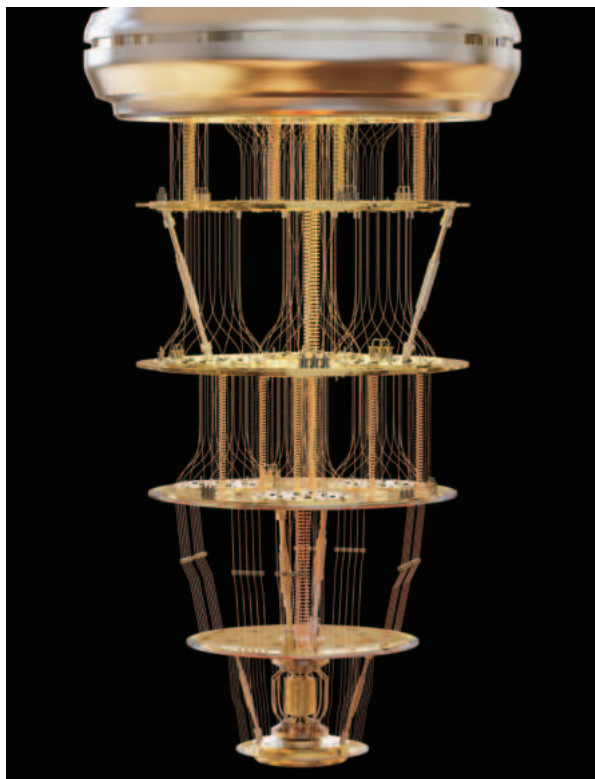
Tech Focus

Apr. 2025

Vol. 18

*표지 이미지는 마이크로소프트^{MS}가 개발한 양자컴퓨터 내
극저온유지장치 모습

<테크 포커스> 웹진에서 4월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr



Focus Story

2

Infographic

IT's Hot, 양자역학은!

4

History

양자역학의 역사

10

Film&Tech

영화 속 양자역학

12

Flow

양자기술의 문을 여는 5가지 질문

18

Fall in Tech

초정밀·고효율·고보안: 제조업을 혁신하는 양자기술

22

Keitoon

일상 속 양자기술

Changing Tomorrow

24

Best Practice

(주)엔켐

더 긴 주행, 더 안전한 충전, 글로벌 리딩 전해액 기술의 탄생

28

R&D Project

(주)삼화

K-뷰티 히든카드 'K-패키지'

친환경 기술로 또 한 번 트렌드 이끈다

32

Alchemist Diary

생각만 해도 말이 나온다? 초연결사회를 만들 초능력 기술의 탄생!



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2025년 4월 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 대구동, 라00026

본지에 게재된 모든 기사의 판권은 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.



36

R&D Sense

#이차전지

39

R&D Policy

개발자가 개발하고 혁신자가 혁신할 수 있도록

One More Tech

42

Tech for Earth

지구를 사랑하는 물티슈

46

키워드 산책

다시 태어나지 않고도 수학을 좋아할 수 있다면

R&Dism

50

슬기로운 기술 생활

자기부상열차에서 양자컴까지
꿈의 물질 초전도체 인류의 삶 바꾼다

56

공학자의 시선

김재우 한국과학기술연구원 전자파솔루션융합연구단 책임연구원
협업을 통한 시너지로 연구의 경계를 확장하다

60

잡 인사이드

신태호 랩엠제로(주) 대표

소재 중심 디자인으로 지속 가능한 미래를 꿈꾼다

—

64

Notice

독자 퀴즈

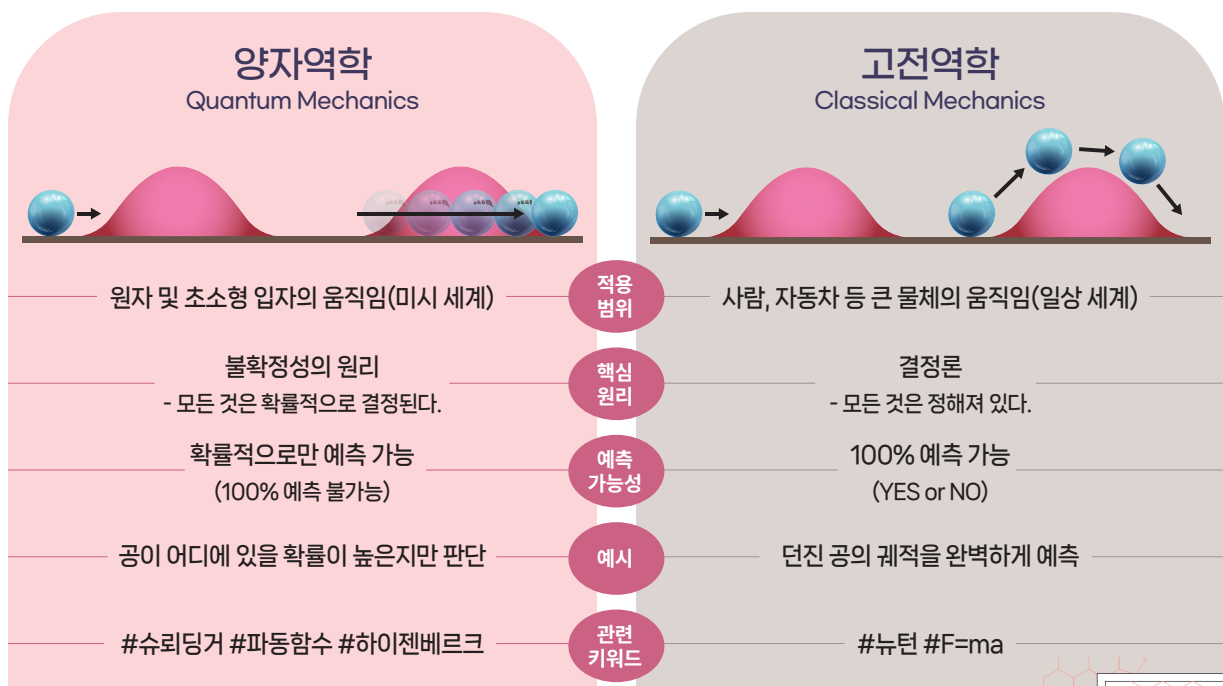


SF소설, 영화에서나 다루던 ‘양자^{Quantum}의 세계’가 현실 속에 구현되고 있다. 하지만 마냥 흥미롭지만은 않다. 양자역학의 개념이 너무 어렵기 때문이다. 천재 물리학자 리처드 파인만조차 “양자역학을 완벽히 이해하는 사람은 아무도 없다”고 하지 않았던가. 그래서 준비했다. 양자역학, 양자기술. 이것만 알아두자.

IT's Hot,

양자역학은!

POINT 1 양자역학 vs 고전역학



POINT 2 불확정성의 양자역학이 주목받는 이유

① 양자 오류 정정^{QEC} 등 양자 시스템 제어 기술의 발전

② 양자 얽힘^{Entanglement} 및 중첩^{Superposition} 등 입자 파동성의 감점

③ 양자 터널링 효과^Q 등 특정 분야에서 양자역학적 효과의 활용

④ 주요 활용 분야

양자컴퓨터 기존 슈퍼컴퓨터를 넘어서는 빠른 연산 속도

양자암호 절대 해킹할 수 없는 보안 시스템

반도체 및 나노기술 원자 수준의 반도체 기술을 보완

양자센서 및 측정 기술 초정밀 측정 및 탐사 가능

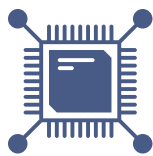
초전도체 및 에너지 혁신 특정 조건에서 저항 없이 전기가 흐르는 양자역학적 효과로 손실 없는 전력 송전



- ① 양자 오류 정정^{Quantum Error Correction}: 양자컴퓨터의 핵심 기술 중 하나로, 양자 시스템의 취약성을 극복하고 안정적인 계산을 가능하게 한다.
- ② 양자 얽힘: 2개의 입자가 하나의 짝처럼 연결되는 상태. 한 입자의 상태가 바뀌면 다른 입자도 즉시 영향을 받는다. 거리에 영향을 받지 않는다.
- ③ 양자 중첩: 하나의 입자가 여러 상태로 동시에 존재하는 현상. 양자컴퓨터는 기본 단위인 큐비트^{Qubit}에 0과 1을 동시에 가질 수 있다.
- ④ 양자 터널링 효과: 전자의 에너지가 부족해도 벽을 넘어가는 현상으로 낸드플래시메모리 제조에 활용된다.

POINT 3 글로벌 양자기술 트렌드

전체 시장 규모



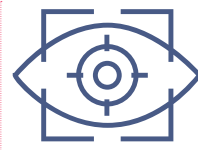
양자컴퓨팅

큐비트^{Qubit}를 이용한 정보 처리. 양자 중첩, 얽힘 등의 현상을 활용해 기존 컴퓨터로 해결하기 어려운 문제를 효율적으로 처리함



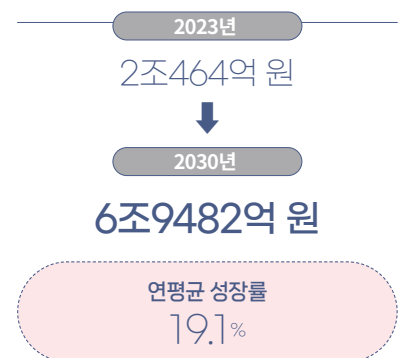
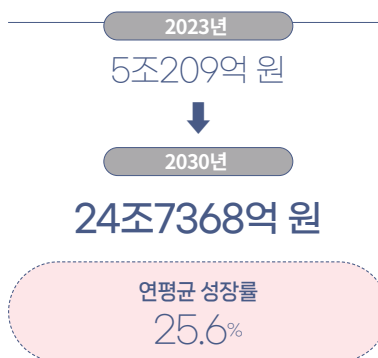
양자통신

빛의 양자 현상을 이용해 정보를 전송하는 기술. 양자 상태의 빛에 정보를 실어 보내 도청이 불가능한 안전한 통신을 가능하게 함



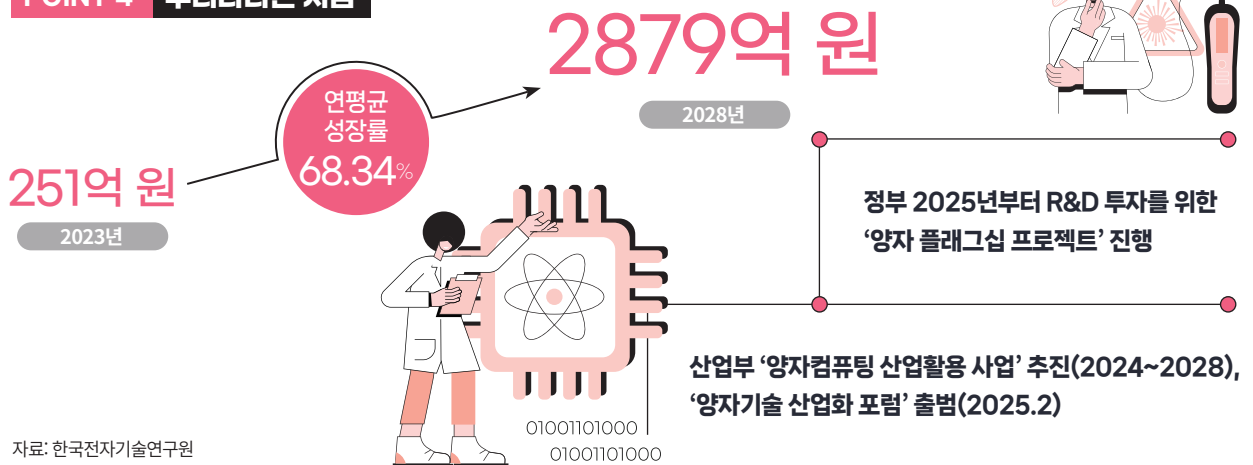
양자 센싱

양자 특성을 활용해 센서의 정밀도나 민감도를 극대화하는 기술로, 기존 센서의 한계를 극복하며 초정밀 측정이 가능해짐



자료: 정보통신기획평가원

POINT 4 우리나라는 지금



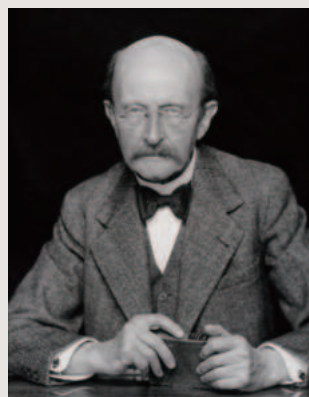
자료: 한국전자기술연구원

양자역학의 역사

양자역학. 이름만 들어도 골치 아픈 사람도 많을 것이다. 그러나 양자역학은 고전물리학을 대체하는 현대물리학의 기초이자 동시에 21세기 현대문명의 기반을 닦은 학문이기도 하다. 대중에게 널리 알려진 양자컴퓨터도 양자역학 없이는 성립할 수 없다. 양자역학이 걸어온 역사를 살펴보자.

글 이동훈 과학 칼럼니스트

양자역학은 매우 어려운 학문이지만 현대물리학의 필수 분야다. 그 이유는 양자역학의 이름을 들여다보면 알 수 있다. 양자(量子, Quantum)는 더 이상 나눌 수 없는 에너지의 최소 단위다. 열도, 시간도, 공간도 양자라는 단위로 설명될 수 있다. 이는 고전물리학에서 가장 작은 단위로 여겨지던 원자보다 더욱 작은 단위로, 원자 역시 이러한 양자들의 모임이다. 이러한 양자들 간의 관계와 원자의 구조를 다루는 학문이 바로 양자역학인 것이다. 아무리 큰 건물도 작은 벽돌 하나하나를 쌓아서 이루어지기 마련이다. 그 벽돌들이 제대로 만들어지지 않으면 건물을 지을 수 없다. 이와 마찬가지로 가장 작은 물리적 독립체인 양자에 대한 이해가 없었기 때문에 고전물리학은 한계에 부딪혔다. 양자에 대한 이해가 생기고 나서야 드디어 고전물리학을 뛰어넘는 현대물리학이 성립했다. 그리고 현대물리학은 오늘날 우리가 누리는 모든 첨단 기술 문명의 근간을 이룬다. 그 때문에 양자역학 없이는 21세기 현대문명도 없다. 지금부터 양자역학 역사의 여러 기념비적인 순간들을 살펴본다.



양자 가설을 제창한 막스 플랑크

Step. 1

막스 플랑크의 양자 가설

막스 플랑크 (1858~1947)는 독일의 물리학자다. 그는 흑체복사를 연구했다. 흑체복사 문제는 19세기 물리학자들에게

풀리지 않는 숙제였다. ‘흑체’란 외부에서 오는 빛을 모두 흡수하고 반사하지 않는 물질을 말한다. 이러한 흑체에서 빛이 나오는 현상이 흑체복사다. 흑체는 빛을 반사하지 않으므로 흑체에서 나오는 빛은 스스로 내는 빛뿐이다.

19세기 과학자들은 흑체가 내는 빛의 파장과 세기가



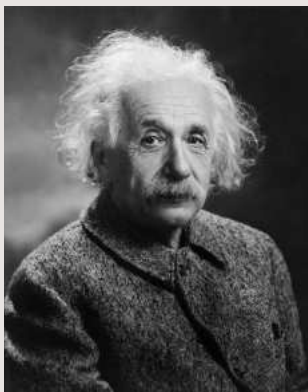
흑체복사의 사례인 빛을 내뿜는 용암

온도에 따라 변하는 이유를 설명하려고 시도했다. 하지만 고전물리학은 이 문제를 해결하지 못했다. 빌헬름 빈은 실험을 통해 빈의 법칙을 제시했다. 이 법칙은 흑체에서 나오는 전자기파의 진동수가 높을 때는 잘 들어맞았지만 낮은 진동수에서는 잘 맞지 않았다. 반면 레일리과 진스가 전자기파의 이론을 이용해 분석한 레일리-진스 법칙은 진동수가 큰 전자기파에서는 전혀 맞지 않았다. 플랑크는 전자기파의 에너지가 양자화되어 있다는 가설인 양자 가설을 레일리-진스 법칙에 적용, 흑체복사 문제를 성공적으로 설명했다. 즉, 에너지는 임의의 작은 양으로 주고받을 수 있는 것이 아니라 일정한 크기의 덩어리 형태로만 주고받을 수 있다는 것이다. 이것을 식을 이용하여 나타내면 진동수가 ν 인 전자기파의 에너지는 $h\nu$ 라는 에너지 덩어리로만 방출할 수 있다는 것이다. h 는 플랑크 상수로 $6.6 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{sec}$ 이다. 플랑크 상수는 미시 세계를 지배하는 가장 근본적인 자연의 상수이다. 플랑크는 이 이론으로 1918년 노벨물리학상을 받았다. 또한 그는 양자 물리학의 시조가 되었다.

Step.2

알베르트 아인슈타인의 광전 효과

알베르트 아인슈타인(1879~ 1955). 과학기술에 관심이 없어도 그의 이름을 들어보지 못한 사람은 아마 없을 것이다. 그의 업적으로 가장 유명한 것은 상대성이론이다. 하지만 1921년 그에게 노벨물리학상을 안겨준 것은 광전 효과 연구였다. 광전 효과는 금속에 빛을 쏘이면 전자가 튀어나오는 현상이다. 이때 전자가 가지고 있는 최대



광전 효과로 노벨상을 받은 아인슈타인

에너지는 금속에 쏘인 빛의 세기와는 전혀 관련이 없고, 파장과 반비례, 진동수와 비례 관계에 있다. 전자에 전달되는 에너지가 빛의 세기에 비례할 것으로 여기던 고전물리학에서는 이를 설명할 수 없었다. 아인슈타인은 1905년



빛을 이용하는 광섬유를 통해 전기 신호를 빛으로 변환해 정보를 전달하는 광통신은 광전 효과를 기반으로 발전한 기술 사례 중 하나다.

이를 설명하는 논문을 발표했다. 그는 막스 플랑크의 양자 가설을 빛에 적용한 광양자 가설을 주장했다. 빛이 어떤 최소한의 에너지 덩어리로 분절돼 있으며 그 최소한의 에너지는 빛의 진동수에 정비례한다는 것이다. 즉, 빛은 파동일 뿐 아니라 입자성도 갖고 있다는 말이다.

그의 이러한 연구는 물질과 빛에 대한 고전물리학의 통념을 크게 바꾸어놓았다. 또한 광전 효과 분석을 통한 플랑크 상수 측정에 기여했다.

Step.3

닐스 보어의 원자 모형

과거에는 원자가 세상에서 제일 작은 입자로 알려져 있었다. 그러나 영국 물리학자 어니스트 러더퍼드는 더 작은 입자인 원자핵을 발견했다. 1911년 그는 음전하를 띠는 전자가 이 원자핵 주위를 회전하는 형태의 원자 모형을 주장했다. 하지만 이 모형에는 문제가 있었다. 전자가 원자핵 주위를 회전하는 데도 에너지가 필요한데, 회전운동으로 에너지를 잃은 전자는 양전하를 띠는 원자핵에 끌려가 원자핵에 충돌하고 말 것이기 때문이다.

1913년 네덜란드 물리학자 닐스 보어 (1885~1962)는 이



원자 모형을 발전시킨 닐스 보어

문제를 해결하기 위해 새로운 가설을 세웠다. 원자에는 전자가 회전하는 궤도가 양파처럼 여러 겹 있다는 것이다. 전자가 다른 궤도로 넘어가려면 일정한 에너지의 변화가 필요하다. 예를 들어 전자가 원자핵과 가까운 궤도에서 먼 궤도로 넘어가려면 일정한 에너지를 흡수해야 한다. 이로써 고전물리학과 러더퍼드 원자 모형에서 설명하지 못했던 전자의 에너지 상태를 알아내어 양자역학의 기반을 다지게 되었다.

Step.4

물질의 이중성 발견

앞서 빛은 입자성과 파동성을 동시에 갖는다는 점을 지적했다. 이어 1924년 루이 드 브로이(1892~1987)는 물질도 파동의 성질을 가진다는 물질파 가설을 제시하여 물질의 이중성 개념을 확립했다.

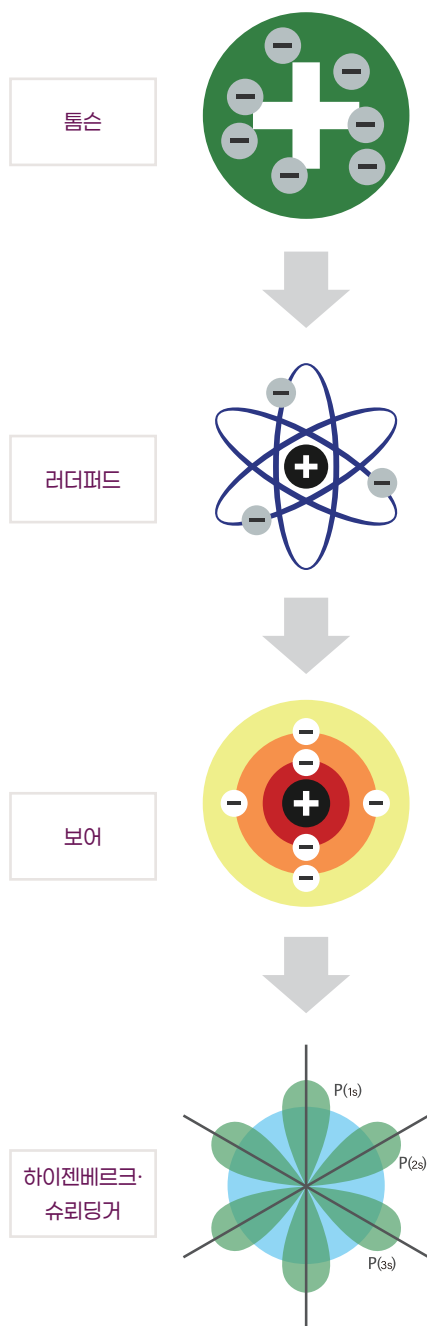
드 브로이는 물질, 조금 더 정확히 말하면 물질을 구성하는



물질의 이중성을 알아낸 루이 드 브로이

원자 속 전자에 입자성과 파동성이 동시에 있다고 생각했다. 그는 아인슈타인의 특수상대성이론 중 에너지=질량 공식 ($E=mc^2$)과 광양자 가설, 플랑크의 에너지 양자 가설에서 영감을 얻었다. 물질의 질량이 곧

20세기 원자 모형의 진화



에너지이고, 파동에도 에너지가 있으므로 에너지를 중심으로 이들의 관계식을 결합해 질량이 파동적 성질을 갖고 있다는 새로운 결론을 도출했다. 즉, 입자라고만 생각되었던 전자의 움직임이 파동의 특성을 보일 수 있음을 수학적으로 유도했고 이것을 물질파라고 부른다.

드 브로이는 물질파의 움직임은 다른 종류의 파동과 동일하다고 보았으며 전자의 궤도가 전자 파동의 정상파로부터 자연적으로 도출된다고 보았다.

또한, 물질파는 전자의 궤도가 시작과 끝이 이어져 있는 정상파의 형태라고 설명했다. 이 과정을 통해 파동에서 보강간섭^❶이 발생하며, 전자가 원자핵으로 추락하지 않고 계속 정상궤도를 유지할 수 있다는 것이다. 반대로 파동이 정수배의 파장 조건을 갖추지 못하면 상쇄간섭^❷ 때문에 소멸하게 되는데, 이럴 경우 전자가 존재하지 않는 궤도가 된다. 따라서 전자의 궤도가 띄엄띄엄 있는 이유가 물질파의 보강간섭을 일으키는 정상파만이 존재하기 때문이라는 설명이 가능해졌고, 보어의 양자 조건은 더 이상 모호한 가설이 아닌 현실이 되었다.

- ❶ 보강간섭: 서로 다른 파장이 만나 중첩의 원리로 더해지는 현상
- ❷ 상쇄간섭: 파동이 서로 상쇄되면서 진폭이 줄어드는 것

Step.5

1920년대: 양자역학의 수학적 기반 다져

1925년 독일의 물리학자 베르너 하이젠베르크(1901~1976)는 닐스 보어의 영향을 받아 원자 이하의 미시 세계에서 뉴턴 역학을 대체하는 새로운 역학 체계를

구상해냈다. 그는 하나의 에너지 상태에서 다른 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 세기를 구해냈으며, 그 과정에서 에너지도 보존됨을 확인했다. 이 역학 체계를 행렬역학으로 부른다. 그는 이 공로를 인정받아 1932년 노벨물리학상을 수상했다.



양자역학의 수학적 기반을 다진 베르너 하이젠베르크

1926년 오스트리아 물리학자 에르빈 슈뢰딩거(1887~1961)는 양자역학적 관점에서 물질의 상태를 나타내는 슈뢰딩거 방정식을 발표했다. 슈뢰딩거 방정식은 물리학자에게 대단히 익숙한 미분방정식의 형태를 띠고 있으며 전체적으로는 어떤 물리계의 총에너지를 기술한다. 이 방정식의 풀이에 해당하는 함수를 파동함수라고 부른다. 지금은 양자역학의 문제를 풀 때 대부분 슈뢰딩거 방정식을 이용한다. 슈뢰딩거 방정식을 중심으로 양자역학을 기술하는 방식을 파동역학이라 부른다. 슈뢰딩거는 이 공로로 영국 물리학자 폴 디랙(1902~1984)과 함께 1933년 노벨물리학상을 공동 수상했다.

슈뢰딩거 방정식

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V \right) \psi$$

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V \right) \psi$$

양자 얽힘 현상을 입증하여 2022년
노벨물리학상을 받은 아스페, 클라우저,
차일링거



Step. 6

양자 얽힘과 양자컴퓨터

양자역학을 활용한 전자통신 기술을 가능하게 해주는 원리 중 대표적인 것이 양자 얽힘이다. 2개 이상의 양자 입자가 서로 밀접하게 연결되어 있어, 한 입자의 상태가 결정되면 다른 입자의 상태도 즉시 결정되는 현상이다. 이러한 연결은 입자 간의 물리적 거리에 관계없이 유지된다. 이를 활용하면 한쪽의 입자 정보를 확인하면 동시에 다른 입자에 정보가 전송되는 양자통신이 가능해진다. 하지만 이는 ‘빛보다 빠른 정보는 없다’는 상대성이론과 모순된다. 그 때문에 물리학자들은 정보를 빠르게 전달하는 ‘숨은 변수’라는 개념을 추가해 설명하려 했다. 그러나 1964년 영국의 물리학자 존 스튜어트 벨(1928~1990)은 양자역학 기본 원리만으로도 이를 설명할 수 있다고 보고 벨 부등식을 고안했다. 이 부등식은 숨은 변수가 있으면 만족되지만, 위배될 경우 양자 얽힘을 기존 양자역학만으로도 설명 가능하다는 것이다. 이러한 벨 부등식 위배는 알랭 아스페, 존 F. 클라우저, 안톤 차일링거에 의해 증명되었다.

클라우저는 벨의 이론을 발전시켜 실제 실험을 고안함으로써 처음으로 벨 부등식을 위배하는 현상이 현실에서 가능함을 확인했다. 그러나 클라우저의 실험에도 몇 가지 허점이 존재했는데, 아스페는 얽힌 상태의 광자를 실험해 이 허점을 채움으로써 벨 부등식 위배를 완전히 밝혀냈다. 차일링거는 여기에 더해 이론과 실험으로 증명된 양자 얽힘 현상을 실제 보여주는 양자 순간 이동 현상을 시연해 처음으로

양자통신 실험에 성공했다. 양자 정보를 조작하고 전송하는 방법까지 완성한 것이다. 이 세 사람은 이 공로로 2022년 노벨물리학상을 받았다.

요즘 유명해진 양자컴퓨터는 다름 아니라, 이러한 양자역학적 원리를 통해 정보를 처리하는 계산 장치다. 가장 작은 에너지 단위인 양자를 통해 그야말로 빛보다 빠른 속도로 정보를 전달하므로 기존 컴퓨터에 비해 훨씬 밀도 높고 신속한 정보 처리가 가능하다. 반도체 대신 원자를 기억소자로 사용하고, 0과 1만 존재했던 비트 대신, 0과 1의 중첩 상태를 인정하는 큐비트(양자 비트)를 기본 정보 단위로 사용하는 양자컴퓨터는 기존 슈퍼컴퓨터에 비해 무려 30조 배의 계산 속도를 자랑한다. 양자컴퓨터는 특히 의학, 로봇공학, 인공지능, 보안, 물류, 금융 분야에서 혁신을 몰고 올 것으로 예견된다.

양자역학은 어렵다. 그러나 이 세상은 모두 양자로 이루어져 있다. 따라서 양자를 완전히 이해한다면 세계도 정복할 수 있을 것이다. 그러니 자원은 국토도 인구도 모두 작은 한국이, 강대국과 대등하게 겨루려면 양자역학 연구 분야에 더 많은 관심과 애정을 기울여야 한다.



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.

의심의 여지 없이 양자역학은 이해하기 어려운 학문이다.
그럼에도 세상의 모든 것은 양자로 이루어진 것 역시
사실이다. 영화 중에도 양자역학을 다루는 작품이 은근히
존재한다. 과연 어떤 모습으로 묘사될까?

글 이경원 과학 칼럼니스트

영화 속 양자역학

〈오펜하이머〉 핵분열의 무기화



<오펜하이머> 포스터

원자력의 이용 역시 양자역학 덕분에 가능했다. 양자역학을
통해 원자도 작은 입자인 원자핵과 전자로 이루어져 있음을
알게 되었다. 이 원자핵이 중성자와 충돌하면 분열되며,

그 과정에서 매우 큰 에너지가 나온다는 사실도
알게 되었다. 이를 핵분열이라고 부른다. 최초의
핵분열이 발견된 것은 1938년, 독일의 카이저
빌헬름 협회에서였다. 그리고 1년 후 인류 최대의
비극인 제2차 세계대전이 벌어졌다.

이는 당대의 과학 강국들 사이에 핵 개발 경쟁을
부추겼다. 핵분열에서 생기는 엄청난 에너지를
가장 먼저 무기로 사용할 수 있는 나라가 제2차
세계대전의 승리자가 될 것이 분명했기 때문이다.

핵 개발에 뛰어든 나라 중에는 미국도 있었다. 특히
독일을 항복시키고 일본과 최종 결전을 준비하던
미국은, 재래식 전력으로는 막대한 인명 손실이
불가피하다는 결론을 얻었다. 그리고 1945년
7월 16일, 미국은 드디어 인류 최초의 핵실험에
성공했다. 더 이상의 인명 손실 없이 이 전쟁을
마무리하려면 핵무기를 쓸 수밖에 없게 되었다.

이 영화는 당시 로스 알라모스 연구소장을 맡아
미국의 핵 개발 프로젝트인 맨해튼 계획의 연구
총책임을 맡았던 실존 인물 줄리어스 로버트

오펜하이머(킬리언 머피 분)의 삶을 다룬다. 과학자로서의
성취와 조국에 대한 충성 의무, 그리고 기존의 어떤 무기보다
막대한 파괴력을 지닌 살인 무기를 만들었다는 양심의 가책
사이에서 방황했던 그의 모습이 적나라하게 그려진다.



〈백 투 더 퓨처〉 시간 여행

시간 여행

개봉한 지 40년이 된, 시간 여행을 주제로 한 고전영화다. 주인공은 에메트 브라운 박사(크리스토퍼 로이드 분)가 개발한 타임머신 기능을 갖춘 자동차 ‘드로리안’을 타고

과거와 미래를 오가며 시간 여행을 한다.

양자역학은 시간 여행의 가능성에 대해 뭐라고 말할까? 이론상으로는 가능하다. 미래로의 시간 여행은 광속, 혹은 그에 수렴하는 속도로 운동하는 우주선을 타면 가능하다. 우리가 지금 보는 100광년 떨어진 별빛은, 실은 100년 전인 1925년에 생성된 것이라는 점을 생각해보자. 그 별빛이 2025년의 지구에 도착했지만, 별빛 자체는 나이를 먹지 않았다. 광속 우주선을 타고 이동해도 똑같은 효과를 볼 수 있다.

과거로의 시간 여행 역시 이론상으로는 가능하다. 1935년 아인슈타인과 네이션 로젠은 일반 상대성이론에 기반해 웜홀의 존재를 예언했다. 웜홀은 우주의 휘어진 시공간 속 두 지점 사이를 사실상 빛보다 빨리 이동할 수 있는 지름길이다. 물론 이는 모두 이론일 뿐이다. 아직 우리에게는 광속 우주선도, 웜홀도, 웜홀 입구를 조작할 기술도 없기 때문이다.

영화 <천사와 악마>에는 반물질 폭탄이 나온다. 반물질이란 보통의 물질을 구성하는 입자의 반대 성격을 지닌 반양성자, 반중성자, 양전자로 구성된 물질을 말한다. 반물질의 존재를 알아낸 것은 영국 과학자 폴 디랙이다. 그는 전자의 에너지를 설명하기 위해 1928년 디랙방정식을 창안했다. 그런데 이 방정식에 따르면 전자의 에너지값에는 양도 음도 있었다. 음에너지값을 지닌 전자가 바로 양전자, 즉 반물질이다. 양전자는 1932년 미국 과학자 칼 데이비드 앤더슨이 발견했다. 이후 입자가속기 실험에서도 2개의 양자를 광속으로 충돌시키자 반물질이 생성되었다.

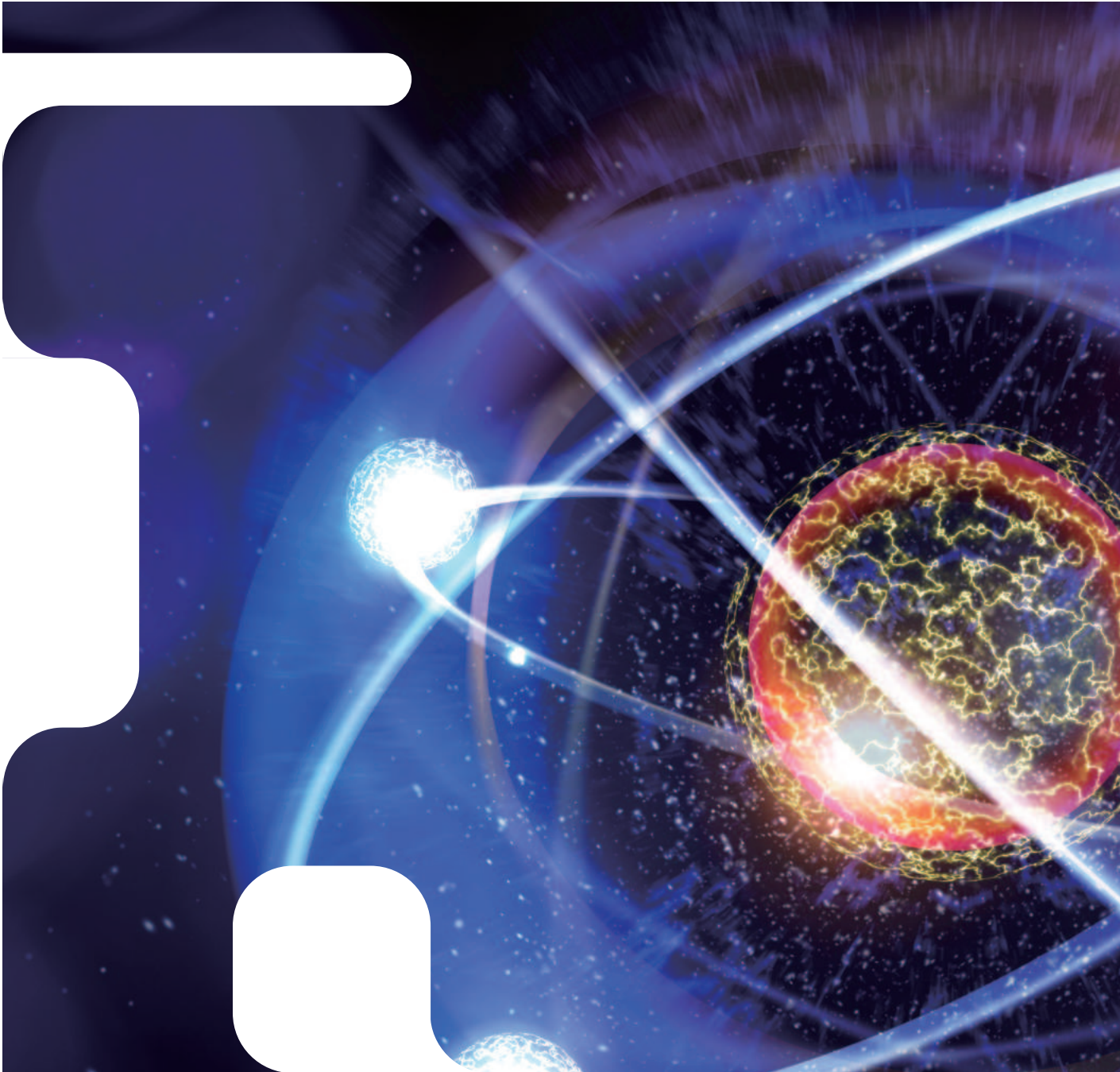
다만, 영화 내용 중에는 현실과 다른 부분도 많다. 반물질은 만들기도 보관하기도 어렵다. 현재 반물질을 생산할 방법은 입자가속기뿐이다. 이 경우 그램당 제조 비용은 2025년 기준 약 93조 달러로 추산된다. 그리고 이제까지 인공적으로 만들어진 반물질을 다 합쳐도 몇 나노그램 정도다. 그 때문에 영화에서처럼 0.25g의 반물질을 만드는 데는 수억 년이 걸릴 판이다.

〈천사와 악마〉 반물질 폭탄

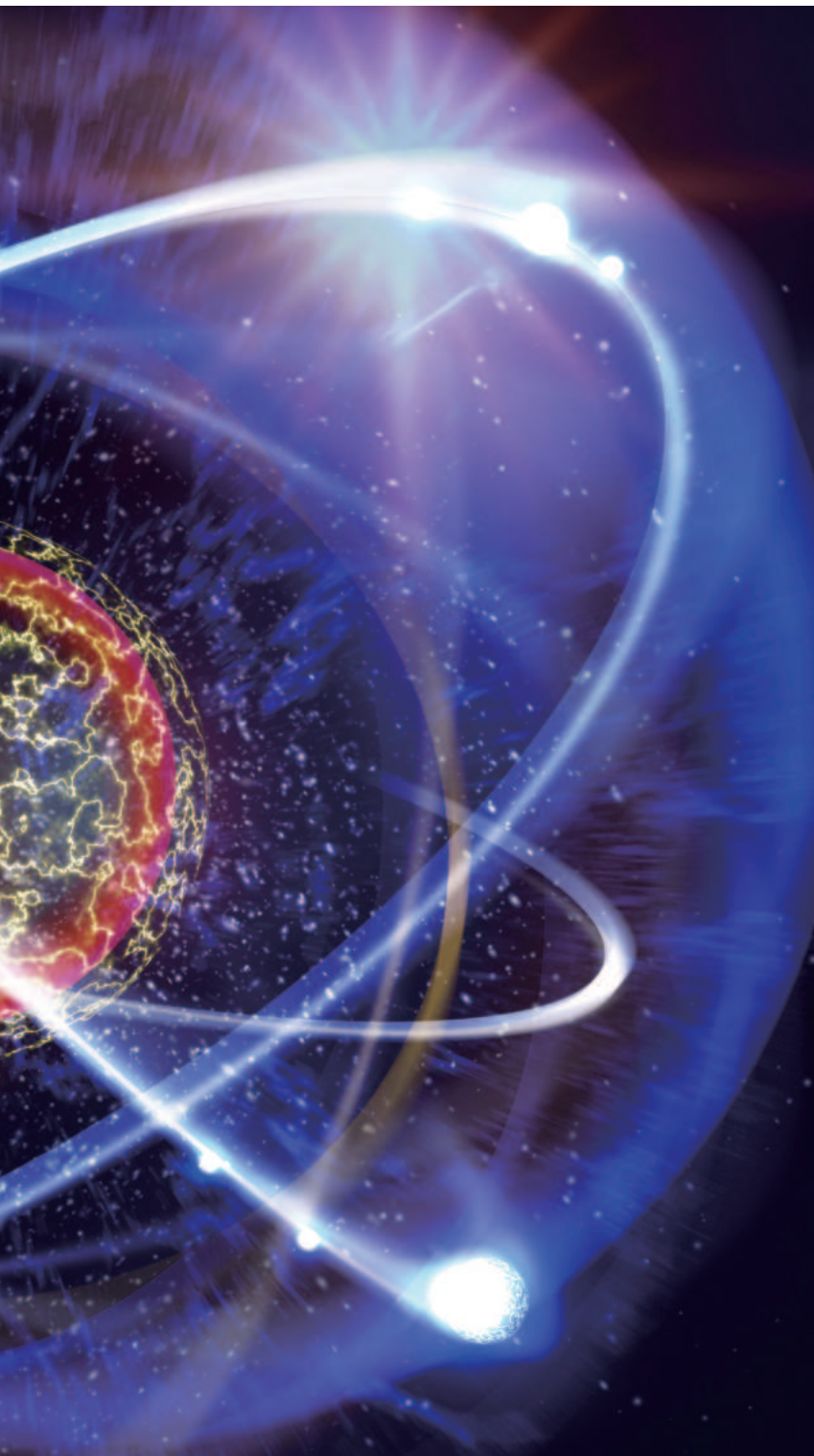
천사와 악마 폭탄



이렇게 만들어진 반물질도 물질과 접촉하면 바로 쌍소멸을 일으키기 때문에 자기장을 이용해 진공 속에 띄워놓아야 보관이 가능하다. 하지만 반원자는 전하가 없으므로 이런 방식으로 보관이 불가능하다. 양전자와 반양성자를 별도 저장했다가 필요시 꺼내서 합성, 반원자를 만드는 수 말고는 없다.



양자기술의 문을 여는 5가지 질문



양자기술은 왜 우리에게 필요하며 양자기술이
해결하려고 하는 구체적인 문제는 무엇인가?
양자기술로 세상은 어떻게 달라질까? 무엇보다
양자역학이란 도대체 무엇인가? 양자기술의
기초 지식을 다질 수 있는 다섯 가지 질문을 통해
양자기술에 대한 이해의 폭을 넓혀보자.

글 최태영 이화여자대학교 물리학과 교수

양자기술은 물리학의 양자역학에 기반한 물리법칙과 다양한 공학 분야가 결합해 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센싱 등을 개발하고 활용하고자 하는 최신 기술이다. 양자기술을 제대로 알기 위해서는 우선 양자역학의 기본 개념을 이해할 필요가 있다.



양자역학이란 무엇인가?

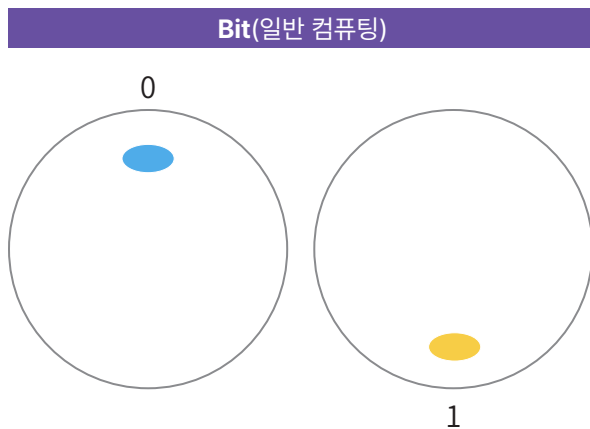
: 여기에 있을 확률은 얼마일 것이다

양자역학은 우리가 일상에서 경험하는 거시적인 세계를 다루는 물리법칙과는 다른 방식으로 세상이 작동하는 원리를 설명하는 물리학 분야다. 예를 들어 일반적인 물리학에서는 물체를 위로 던지면 중력에 의해 떨어지며, 해당 물체의 시간에 따른 위치는 뉴턴의 법칙을 활용해 정확하게 예측할 수 있다. 이는 태양 주위를 도는 행성들에서도 같은 방식으로 적용된다. 따라서 언제, 어느 위치에 행성이 있을지 정확히 예측할 수 있다. 여기에서 ‘측정’이란 행위는 물체나 행성에 빛을 쏘아주거나 방출 또는 반사된 빛을 관측함으로써 해당 물체의 시간에 따른 위치 등의 정보를 파악하는 것으로, 양자의 세계에서는

이러한 방식으로 물체의 위치를 파악하는 것이 매우 어렵다. 예를 들면 원자, 전자와 같이 매우 가볍고, 작은 입자들의 경우 그 위치를 파악하기 위해 빛을 쏘이면 너무나 가볍기 때문에 빛을 받자마자 빛과 상호작용에 의해 해당 입자들이 원래 위치에서 벗어나버린다. 즉, 입자들이 정확히 어떤 시간에 어느 위치에 있었는지 파악할 수 없고, 대신 ‘여기에 있을 확률이 얼마일 것’이라는 방식으로 표현할 수밖에 없다. 이렇게 되면 물체를 한 곳에 고정되어 있는 ‘입자’라고 표현하기보다 여기저기 분포되어 있는 ‘파동’이라고 다루는 것이 좀 더 정확한 묘사가 된다.

즉, 양자 물체는 측정하기 전에는 어디에 있는지 모르는, 확률적으로만 아는 파동의 형태로 묘사되고, 측정이라는 행위를 하면 해당 입자가 원래 위치를 벗어나 어디에든지 ‘검출’되기 때문에 하나의 입자처럼 결정된다. ‘컵’이 하나의 양자 물체라고 가정해보자. 그렇다면 우리가 컵을 보기(측정하기) 전에는 컵은 책상 위의 각각 왼쪽, 오른쪽, 또는 왼쪽, 오른쪽 동시에 확률적으로 존재할 수 있다. 이때, 우리가 컵을 보게(측정하게) 되면 측정 행위와 동시에 컵의 위치가 왼쪽 또는 오른쪽으로 결정된다. 만약 100번을 반복해서 측정했을 때 컵이 왼쪽에 50번, 오른쪽에 50번 나타나면 ‘컵은 측정되기 전에는 파동으로써 왼쪽과 오른쪽에 동시에 겹쳐져 있었구나’라고



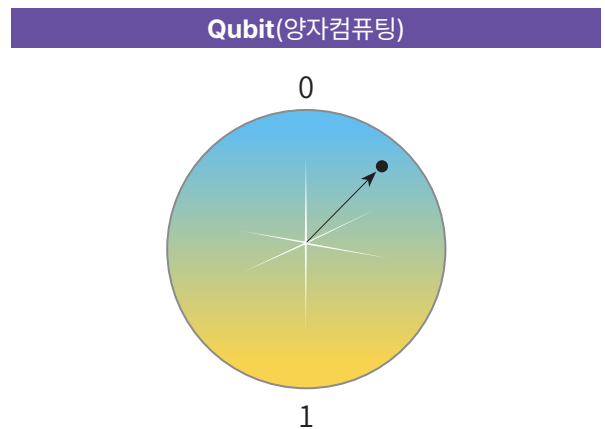


가정할 수 있다. 이렇게 일반적인 물리학과는 아주 다른 물리 현상을 수식화, 정량화, 이론화한 물리학의 분야가 바로 양자역학이다.

양자역학의 핵심은 무엇인가? : 양자 중첩과 양자 얽힘

그렇다면 양자역학에서 가장 핵심이 되는 건 무엇일까? 바로 양자 중첩과 양자 얽힘이다. 우선, 양자 중첩부터 살펴보자. 위에서 언급한 것과 같이 우리가 측정하기 전, 컵이 왼쪽과 오른쪽에 동시에 겹쳐 존재했던 상태가 바로 양자 중첩이다. 물리적인 방법을 이용해 핵의 궤도를 돌고 있는 전자에 레이저와 같은 빛을 정밀하게 제어해 가해주면, 위의 컵의 예시와 마찬가지로 전자의 양자 상태가 왼쪽, 오른쪽 동시에 겹쳐 존재하는 양자 중첩의 상태를 만들 수 있다.

이때, 양자기술에서는 이러한 양자 상태를 디지털 정보에 대응시킬 수 있다. 예를 들어 전자가 각각 왼쪽, 오른쪽에 있을 때를 0, 1의 상태로 일대일 대응시킬 수 있다. 우리가 흔히 0과 1에 대응되는 양자 상태를 양자정보의 기본단위로 정의하며, 이를 큐비트라고 부른다. 위와 동일한 방식으로 물리적인 방법을 이용해 여러 전자의 양자 상태를 동시에 다량의 양자 중첩 상태로 만들 수 있다고 가정하면 첫 번째 전자가 0, 1이 중첩된 상태, 두 번째 전자가 0, 1이 중첩된 상태 등을 모두 고려할 수 있고, 결론적으로 00..., 01..., 10..., 11... 등의 모든 가능한 상태가 동시에 겹쳐져 중첩된 상태로 존재하게 된다.



고전물리학에 따르는 디지털 정보의 경우에는 한 번에 00... 또는 01... 또는 10... 또는 11... 중에서 하나의 상태만 존재할 수 있는데 양자기술에서는 양자 중첩에 의해 모든 가능한 상태를 초기에 준비할 수 있다. 따라서 양자기술을 사용하면 초기에 하나의 정보만을 시작으로 연속적으로 직렬 처리하는 고전적인 연산에 비해 한 번에 모든 정보를 동시에 병렬로 처리할 수 있게 된다.

다음으로 양자역학에서 가장 중요한 현상인 양자 얽힘이 있다. 양자 중첩은 하나의 양자 물체(예를 들어, 전자)에서 정의된 0과 1의 상태를 겹치게 하는 방법이지만, 양자 얽힘은 2개의 양자 물체에서 정의된 각각의 0과 1의 상태를 서로 겹치게 하는 방법이다. 이 경우 2개의 양자 물체의 양자 상태(정보)가 얽히고, 하나의 양자 물체의 양자 상태를 측정하자마자 다른 양자 물체의 양자 상태도 빛의 속도의 한계와 상관없이 동시에 결정된다. 예를 들어 2개의 양자 물체를 물리적인 방법을 사용해 얽힘 상태로 만들었다고 하고, 두 양자 물체를 서로 아주 먼 거리로 떨어뜨려 놓았다고 가정하자. 그런 뒤 첫 번째 물체의 양자 상태를 측정하면 바로 그 순간 빛의 속도와 무관하게 멀리 떨어진 두 번째 물체의 양자 상태가 즉시 첫 번째 물체의 양자 상태와 동일하게 결정되어버린다. 즉, 한 물체의 양자 상태를 알면 다른 물체의 양자 상태도 알 수 있다는 놀라운 특성이 있으며, 원칙적으로는 빛의 속도를 뛰어넘는 양자 전송이 가능하게 되는 것이다. 양자 중첩과 양자 얽힘, 이 두 가지가 바로 양자역학의 핵심이며, 많은 수의 큐비트를 대상으로 고신뢰도의 상태에서 두 핵심 요소를

양자기술이 구현되면 신물질 개발, 초전도 물질 탐색, 새로운 약물 개발 및 치료법 발견 과정이 획기적으로 빨라질 것이다.



수행할 수 있다면 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센싱 등의 양자기술을 구현할 수 있다.

양자기술이 해결하려는 구체적인 문제는? : 양자컴퓨팅과 데이터 보안 분야

양자역학의 핵심적인 개념을 활용하면 양자기술은 우리가 직면한 다양하고 복잡한 문제를 효율적으로 해결할 수 있다. 양자컴퓨터는 현재의 슈퍼컴퓨터로도 해결하기 어려운 복잡한 계산 문제를 양자 중첩과 양자 얽힘을 사용해 단기간에 해결할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 즉, 현재의 암호 해독 방식이나 물리학, 화학, 생물학, 재료공학, 약학 등의 연구에서 엄청난 계산량을 요구하는 문제를 단기간에 해결할 수 있다. 양자통신은 양자 얽힘을 활용하기 때문에 누군가 해킹을 시도하면(즉, 양자통신 도중 중간에서 누군가 측정하게

되면), 전송받는 사람이 전달받고 있는 양자 상태가 바로 결정돼버리기 때문에 해커는 원래 전송하고자 하는 양자통신 내용이 무엇인지 알 수 없고, 전송받는 사람은 본인이 해킹을 당하고 있다는 것을 바로 알 수 있다. 따라서 도청을 방지할 수 있는 절대적으로 안전한 통신 방식으로 주목받고 있다.

양자기술 상용화의 가장 큰 걸림돌은 무엇인가? : 기술적·물리적 분리화와 안정화

양자기술 상용화에 가장 큰 걸림돌은 무엇일까? 양자 물체는 측정하기 전에는 파동성을 띠며, 측정하면 하나의 상태로 결정된다. 여기서 ‘측정’이라는 개념은 주위와의 ‘극도로 약하고 미세한’ 상호작용까지 포함하는 것으로, 미세한 전기장, 자기장, 빛이 양자 시스템에 새어 들어가면 바로 양자 물체의 파동성이 파괴된다. 즉, 양자 물체에서 정의된

큐비트는 파동성을 유지하기 위해 외부 환경과 극도로 ‘잘’ 분리되도록 유지되어야 하고, 이러한 큐비트에서 작은 오류가 발생하더라도 이를 능동적으로 ‘잘’ 수정하는 기술이 개발되어야 한다. 따라서 양자기술 상용화에 어려운 점은 대규모의 큐비트를 외부 환경으로부터 기술적, 물리적으로 분리화·안정화시키는 것과 외부 환경과의 상호작용으로부터 어쩔 수 없이 발생하는 양자 오류를 정정하는 데 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전 세계 유수의 산학연이 많은 인력과 자원을 투입해 연구를 수행하고 있으며, 최근 들어 많은 성과가 나오고 있다. 물론 대규모 큐비트를 활용한 양자기술의 상용화에는 오랜 시간이 걸릴 수도 있다.

양자기술로 세상은 어떻게 달라질까? : 신물질 개발, 정보보호, 스마트시티

이러한 대규모 큐비트를 활용한 양자기술이 구현된다면 세상은 어떻게 달라질까? 우선, 정보 보안으로 개인, 단체, 정부의 정보보호가 향상될 것이며, 양자컴퓨터를 활용해 신재생에너지를 위한 신물질 개발, 초전도 물질 탐색, 새로운 약물 개발 및 치료법 등을 발견하는 과정이 획기적으로 빨라질 수도 있다. 또 양자센서를 활용해 보다 정확한 데이터 분석으로 더 안전한 자율주행, 편리한 스마트시티 등 일상생활에서 많은 혁신이 일어날 것이다. 그뿐만 아니라 경제, 날씨 예측 등 다변수 문제를 좀 더 빠르게 처리할 수 있는 가능성도 열려 있다. 더 나아가 AI 기술과의 접목이 가져올 수 있는 발전 가능성은 더욱 크다고 할 수 있다. 양자기술의 구현은 우리의 일상생활과 산업, 사회 전반에 혁신적인 변화를 가져올 것이다. 현재 우리나라도 여러 산학연이

양자 물체에서 정의된 큐비트는 파동성을 유지하기 위해 전기장, 자기장, 빛 등의 외부 환경과 반드시 잘 분리되어야 한다.



양자기술 개발과 관련된 연구에 힘쓰고 있으며, 양자기술의 상용화에 필요한 다양한 기술개발과 지원이 이루어지고 있다. 비록 상용화까지는 시간이 걸릴 수 있지만, 양자기술의 발전 가능성은 매우 크며 이를 위한 연구와 투자가 지속적으로 이루어져야 한다.



최태영 이화여자대학교 물리학과 교수

서울대학교 물리학과를 졸업했고, 미국 오하이오주립대학교에서 물리학 박사학위를 받았다. 미국 메릴랜드대학교 박사후 연구원, 미국 IBM 알마덴^{Almaden} 연구소 박사후 연구원을 지냈다. 현재 이화여대 물리학과 교수로 재직 중이며 권위 있는 국제 학술지를 포함, 총 30여 편의 논문을 발표했고, 50편 이상의 국제 학회 발표를 했다. 현재는 이온 포획 기반의 양자컴퓨팅 시스템 제작 및 연구를 수행하고 있다.

초정밀 고효율 고보안

: 제조업을 혁신하는 양자기술



양자재료학은 전통적인 재료 연구에서 어려웠던 새로운 물질의 구조와 특성을 예측하고 설계하는 데 도움을 준다.

제조업은 전통적으로 기계, 전자, 화학 등의 물리적 요소에 의존해 발전해왔다. 그러나 최근 들어 디지털 전환과 함께 인공지능^{AI}, 사물인터넷^{IoT}, 빅데이터 등 첨단 기술이 제조업 혁신을 주도하고 있다. 이제 여기에 또 하나의 혁신적 기술이 더해지고 있다. 바로 양자기술이다. 양자컴퓨팅, 양자센서, 양자재료학, 양자통신 등 다양한 양자기술이 제조업의 효율성을 극대화하고 새로운 패러다임을 제시할 것으로 기대된다.

글 손석균 경희대학교 물리학과 부교수

양자컴퓨팅을 활용한 생산 공정 최적화

제조업에서 생산 공정의 최적화는 비용 절감과 생산성 향상의 핵심 요소다. 기존의 고전적 컴퓨팅 방식은 최적화 문제를 해결하는 데 많은 시간이 소요되며, 특히 변수와 제약 조건이 많을수록 계산량이 기하급수적으로 증가한다. 하지만 양자컴퓨팅은 이러한 문제를 해결하는 데 강력한 도구가 될 수 있다. 양자컴퓨터는 중첩^{Superposition}과 얽힘^{Entanglement} 등의 원리를 활용해 초고속 연산을 수행할 수 있다. 이를 통해 제조업에서의 조립 공정 스케줄링, 물류 최적화, 에너지 효율 개선 등의 문제를 보다 빠르고 정확하게 해결할 수 있다. 예를 들어, 자동차 제조 공장에서 부품 조달 및 조립 공정을 최적화하는 문제를 양자컴퓨터로 해결하면 기존 방식보다 훨씬 적은 시간 내에 최적의 솔루션을 도출할 수 있을 것으로 기대한다. 현재 양자컴퓨팅 기술개발 사업을 통해

제조업에서 활용 가능한 양자컴퓨팅 최적화 기술을 연구하고 있다. 특히, 양자컴퓨터를 활용한 물류 최적화 및 공정 스케줄링 관련 연구를 진행 중이며, 이를 통해 제조업의 효율성을 극대화할 방안을 모색하고 있다. 양자컴퓨터 기반 최적화 알고리즘이 더욱 정교해진다면, 제조업체는 실시간으로 공정 최적화를 수행하고 예상치 못한 생산 변수에 유연하게 대응할 수 있을 것이다.

양자센서를 활용한 초정밀 제조 기술

제조업에서는 극한의 정밀도를 요구하는 분야가 많다. 반도체 제조, 나노기술, 바이오 제조 등에서는 나노미터^{nm} 단위의 오차도 제품 품질에 치명적인 영향을 미친다. 기존의 센서는 열, 전자기파 등의 외부 요인에 영향을 받아 한계가 존재하지만, 양자센서는 양자 얽힘과 중첩을 활용해 기존 기술보다 월등히 높은 정밀도를 제공할 수 있다. 예를 들어, 양자센서는 원자 단위의 변화를 감지할 수 있어 반도체 웨이퍼의 결함을 기존보다 더 정밀하게 검사할 수

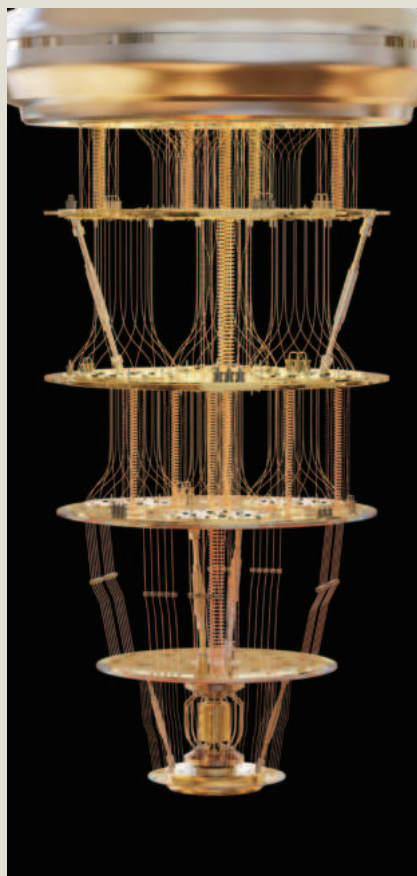
있다. 그뿐만 아니라 양자 기반 자기장 센서를 활용하면 배터리나 전자부품 내부의 미세한 결함을 실시간으로 탐지할 수도 있다. 이는 품질관리를 더욱 정교하게 만들고, 불량률을 낮춰 생산 비용 절감 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대한다. 최근 국내 반도체 및 정밀 제조업에서 양자센서 도입을 위한 연구개발 과제가 추진 중이다. 이러한 연구가 상용화될 경우, 제조업의 품질관리 방식이 획기적으로 변화할 것으로 기대된다. 또한, 초고감도 양자센서를 활용한 환경 모니터링 기술이 개발되면 제조 현장에서 발생하는 미세한 온도 변화나 화학적 반응을 실시간으로 감지해 생산 공정의 안전성을 크게 향상시킬 수 있다.

양자재료학을 활용한 신소재 개발

새로운 소재의 개발은 제조업 혁신의 핵심 요소 중 하나다. 초경량, 초고강도, 초전도 소재 등의 개발은 항공우주, 자동차, 전자 산업 등에 혁신을 가져온다. 양자재료학은 전통적인 재료 연구에서 어려웠던 새로운 물질의 구조와 특성을 예측하고 설계하는 데 도움을 줄 수 있다. 양자역학적 시뮬레이션을 활용하면 기존 컴퓨터로는 계산이 어려웠던 원자 및 전자의 상호작용을 정확하게 분석할 수 있다. 이를 통해 더 강하고 가벼운 합금, 효율적인 배터리 소재, 차세대 반도체 물질 등을 설계할 수 있다. 실제로, 양자컴퓨팅을 활용한 리튬이온 배터리의 전해질 물질 최적화 연구가 진행되고 있으며, 향후 전기차 및 에너지저장장치의 성능을 획기적으로 향상시킬 것으로 기대된다. 차세대 배터리와 반도체 소재 개발을 위한 양자기술 연구는 제조업에서의 신소재 개발



양자암호 기반 네트워크를 활용한 보안 위협 차단은 제조기업의 경쟁력을 보호하는 중요한 요소가 될 것이다.



속도를 높인다. 미래 디스플레이 기술을 위한 새로운 양자점^{Quantum Dot} 소재 개발 역시 활발히 이루어지고 있으며, 이를 통해 차세대 디스플레이의 색 재현성과 에너지 효율이 더욱 향상될 것으로 전망된다.

양자통신을 통한 제조 데이터 보안 강화

스마트팩토리, IoT 기반 자동화 공정, 클라우드 기반의 제조 데이터 분석 등이 활성화되면서 사이버보안의 중요성이 더욱 커지고 있다. 양자통신은 기존의 암호화 기술이 해킹될 위험이 있는 반면, 양자암호 기술을 활용하면 이론적으로 도청이 불가능한 안전한 통신을 구현할 수 있다. 양자키 분배^{QKD, Quantum Key Distribution}

기술을 활용하면 제조업에서 사용되는 중요 데이터를 안전하게 보호할 수 있다. 예를 들어, 글로벌 공급망에서 데이터가 전송될 때 중간에서 탈취될 위험이 있는데, 양자암호 기반 네트워크를 활용하면 이러한 보안 위협을 원천 차단할 수 있다. 이는 제조기업의 경쟁력을 보호하는 중요한 요소가 될 것이다. 국내 여러 기관에서 양자통신 기술을 제조업 데이터 보호에 적용하는 연구를 지원하거나 개발을 추진 중에 있다. 미래의 양자인터넷 기술이 상용화된다면 공장 간 데이터 교환이 더욱 안전하고 빠르게 이루어질 것이며, 글로벌 제조업 네트워크의 보안이 획기적으로 향상될 것이다.

양자기술, 제조업의 미래를 연다

양자기술은 아직 초기 단계지만, 제조업에서의 적용 가능성은 무궁무진하다. 양자컴퓨팅을 통한 생산 공정 최적화, 양자센서를 이용한 초정밀 제조, 양자재료학을 활용한 신소재 개발, 양자통신을 통한 보안 강화 등 다양한 분야에서 혁신적 변화를 가져올 것이다. 이제 중요한 것은 우리의 선택이다. 양자기술을 적극적으로 연구하고 도입하는 기업과 국가만이 제조업의

미래를 선도할 수 있다. 반대로 변화를 주저하거나 기존 방식에 안주한다면 글로벌 경쟁에서 도태될 위험이 크다. 양자기술이 물고 올 변화는 거스를 수 없는 흐름이다. 이를 위기로 만들 것인가, 아니면 새로운 기회로 삼을 것인가는 결국 우리의 결정에 달려 있다. 지금이야말로 과감한 도전과 투자가 필요한 때다.



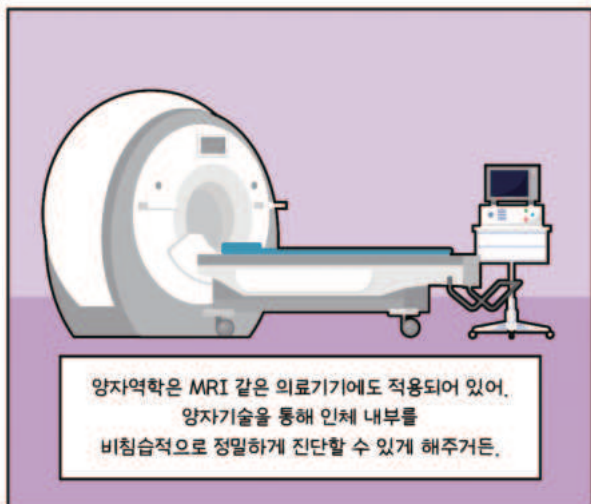
손석균 교수

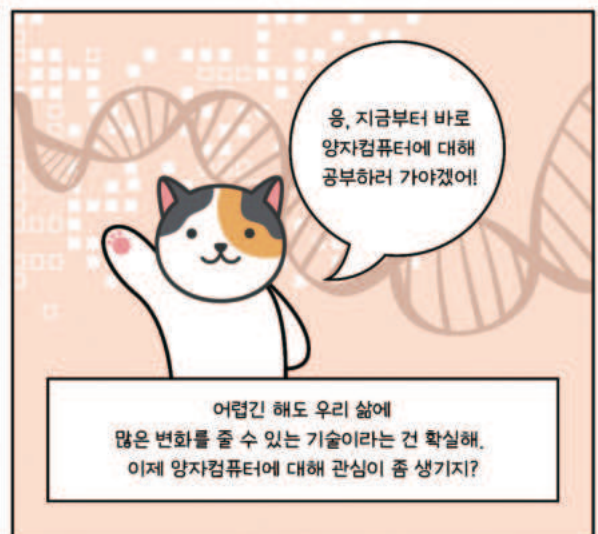
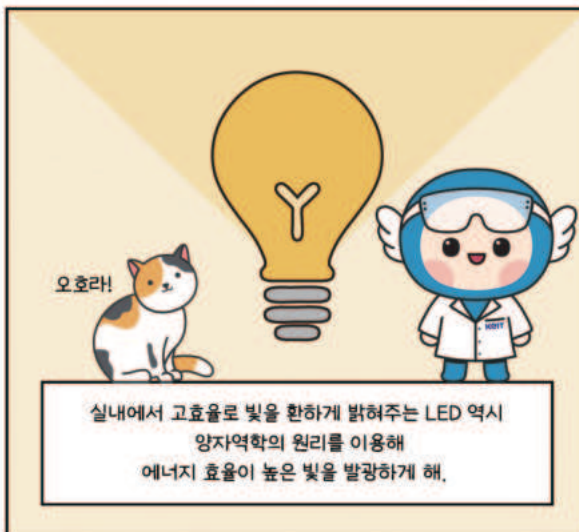
경희대학교 물리학과 부교수(경희대학교 양자물질 글로벌 연구센터의 연구부센터장과 서울특별시가 주관하는 서울퀀텀플랫폼의 양자 교육 PM 역임 중)로, 양자기술 및 이차원 소재 기반 소자 연구를 수행하고 있다. 특히, 하이브리드 양자 시스템 및 신규 양자 물질 플랫폼의 활용 가능성을 탐색하며 연구와 교육에 힘쓰고 있다.



일상 속 양자기술

만화 다츠디자인 현아





더 긴 주행, 더 안전한 충전 글로벌 리딩 전해액 기술의 탄생

전기차 주행거리 연장을 위한 고에너지밀도(>300Wh/kg)
리튬이차전지용 전해액 상용화 기술 개발

(주)엔켐



이차전지 구성 요소인 전해액은 우리 몸을 이루는 혈액과 닮은 점이 많다. 혈관을 타고 흐르며 산소와 영양소를 전달하는 혈액처럼, 전해액은 배터리 내부에서 리튬이온을 옮기며 전기에너지를 전한다. 혈액이 깨끗해야 몸이 건강하듯, 전해액 품질이 배터리의 수명을 결정한다.

글 김아름 사진 서범세

연구과제명	전기차 주행거리 연장을 위한 고에너지밀도(>300Wh/kg) 리튬이차전지용 전해액 상용화 기술 개발
제품명(적용 제품)	리튬이차전지용 전해액
개발기간(정부과제 수행기간)	2016.7~2020.12(54개월)
총 정부출연금	40억9600만 원
개발 기관	(주)엔켐
참여 연구진	오정강, 김봉환, 정지선, 임덕화, 박시목, 김학용, 정태교

전기차 안전, 전해액의 품질이 좌우

“일반적으로 전해액은 가연성이 높습니다. 배터리 내부 결함으로 발생한 화재가 대형 사고로 커지는 것이 전해액 때문이죠. 따라서 배터리의 안전성을 확보하기 위해서라도 전해액의 품질을 끌어올려야 합니다.”

국내 1위, 전 세계 3위 규모의 전해액 전문기업 엔켐 오정강 대표는 제품 개발의 최우선 목표 중 하나로 ‘안전’을 꼽았다. 물론 리튬이온 배터리의 화재 이슈는 전해액만의 문제가 아니다. 하지만 전해액 고유의 특성이 우려를 키우는 것은 사실이기에, 선도기업으로서 예의 주시할 수밖에 없다.

오 대표가 “기술, 그리고 기술!”을 강조하며 연구개발^{R&D}에 전력을 다하는 것도 그 때문이다. 그 노력이 모여 오늘의 엔켐을 만들었고, 지난 ‘2024년 산업통상자원부 R&D 대표 10선’에도 이름을 올렸다. 엔켐은 ‘전기차 주행거리 연장을 위한 고에너지밀도(>300Wh/kg) 리튬이차전지 전해액 상용화 기술 개발’ 과제로, 세계 최초의 2세대 전기차용 전해액 사업화에 성공했다.

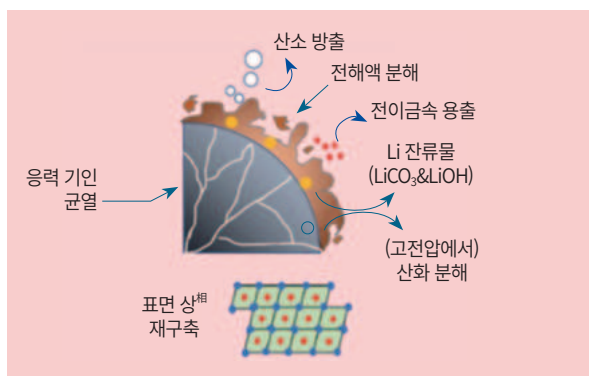
이차전지 시장의 KEY를 만든

KEIT 과제

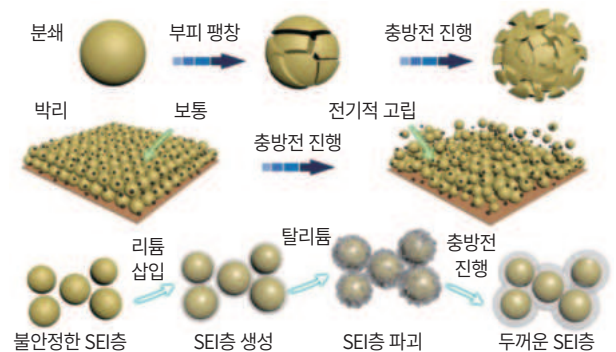
엔켐은 2010년 중반 무렵 본 과제를 처음 기획했다. 당시 상용화된 전기차의 1회 충전 주행거리는 200~400km 수준으로, 장거리 주행에 대해 아쉬움을 토로하는 목소리가 컸다. 지금과 비교해보면 전기차 충전 인프라 또한 부족했기에, 업계는 1회 충전 거리를 늘리는 기술개발에 몰두해야 했다. 엔켐은 1회 충전으로 600km 이상을 달릴 수 있는 고성능 전기차 배터리를 목표로 잡았다. 이를 실현하기 위해서는 무엇보다 전해액의 성능을 끌어올리는 것이 중요했고, 연구팀은 전지의 수명, 출력, 안전 및 안정성 등 다양한 성능을 동시에 만족하는 전해액과 기능성 첨가제 개발에 주력했다.

에너지 밀도를 높이면서 동시에 안전성을 확보하는 과정은 매우 어려웠다. 실험과 분석은 수도 없이 반복되었고 이론과 실제 결과를 비교·검증하는 일은 일상이 되었다. 실마리를 찾지 못해 답답함을 토로하기 일쑤였다. 그러던 어느 날, ‘첨가제’가 다르게 다가왔다. 첨가제는 전해액의

고니켈 & 고전압용 전해액



규소 및 규소산화물 음극용 전해액



*SEI: 고체 전해질 경계면

성능을 개선하기 위해 쓰이는 소량의 재료. ‘여기에 답이 있지 않을까?’ 하는 기대감이 생겼다.

연구팀은 전해액의 주요 성분 중 하나인 카보네이트 용매^①와 불소를 포함한 불화 카보네이트^②를 기반으로 특수 첨가제를 개발했다. 새로운 첨가제는 리튬이온의 이동을 보다 활발하도록 도왔고 충전 효율도 높였다. 기존보다 높은 전압에서도 안정적으로 성능을 유지할 수 있도록 했다. 그뿐만 아니다. 고온에서 발생하는 가스의 양을 감소시켰고 배터리 자체의 불순물도 줄였다. 전체적으로 안전성이 높아진 것이다. 이는 결과적으로 같은 크기의 배터리에 더 많은 에너지를 저장시키도록 만들었다.

“R&D 과정에서 당초 목표로 잡았던 첨가제 개발 외에도 전에 생각하지 못했던 비불소계 첨가제의 필요성도 발견하게 되었습니다. 다양한 첨가제를 조합해보고, 이를 평가하기 위한 여러 분석 기술을 쌓으며 전반적으로 전해액의 성능을 혁신적으로 끌어올리는 방향을 새로이 정립하게 된 것이지요.”

해당 과제는 지난 2020년 12월 31일 성공리에 종료되었다. 본 기술로 개발된 전해액은 국내 리튬이온 이차전지 전해액 시장에서 높은 점유율을 차지하고 있다. 지금까지 약 570억 원의 국내외 매출 실적을 달성했으며, 3년에 걸쳐 48명의 직접 고용 창출 효과를 냈다. 향후 리튬이온 이차전지 시장이 확대되면, 본 과제의 효과 또한 더욱 커질 것이란 기대다.

또 한 번의 도약, 다시 없을 눈부신 성장 위해

전기차 시장은 기술 보급과 대중화 사이에서 ‘캐즘^{Chasm}’ 상태에 머물고 있다. 하지만 그리 걱정할 필요는 없다. 이미 흐름은 정해졌고 더 큰 도약을 위해 잠시 숨을 고르고 있다는 것을, 우리는 알고 있다. 엔켐 또한 다음 성장기를 미리



엔켐 미국 조지아 법인 전경

- ① 카보네이트 용매: 탄소와 산소가 붙어 있는 분자의 화합물. 리튬이온이 잘 움직이도록 도와주는 역할을 한다.
- ② 불화 카보네이트: 카보네이트 용매의 일부 수소^h를 불소^f로 바꾼 화합물. 배터리가 더 오래 가도록, 뜨겁거나 높은 전압에서도 안정적으로 작동하도록 돕는다.

준비하고 있다. 2026년까지 연간 100만 톤, 2030년까지 180만 톤의 전해액 생산 능력을 확보할 계획이다. 북미를 중심으로 폭발적으로 성장할 전기차 배터리, ESS^{Energy Storage System} 시장에 적극 대응할 방침이다.

오 대표는 “좋은 전해액이란 결국 가장 많은 고객이 찾는 제품이며, 이를 위해서는 품질과 가격 경쟁력이 기본이 되어야 한다”라며 R&D에 더욱 주력할 것이라 말했다. 이어 “기본이 탄탄하면 고객 맞춤형 제품을 만드는 것 또한 쉬워진다”라고 강조하며 엔켐의 다음 전략을 설명했다.

이와 함께 ‘가격 경쟁력’에 대한 생각도 언급했다. 원가 절감을 위해 이차전지 전해액의 핵심 원재료인 ‘리튬염’의 자체 생산을 추진 중이라고. 이는 중국에서 수입하는 원재료의 공급 안정성을 높인다는 점에서도 필수적이라 불린다.

오 대표는 글로벌 시장을 선도하는 기업, 세계 시장 1위의 전해액 기업을 꿈꾼다. 물론 가능한 일이다. 다만 이를 위해서는 국민의 응원이 필요하다. 이차전지, 전기차 산업은 기술 혁신을 넘어 우리 경제의 미래 성장, 지속가능성을 결정짓는 핵심이 되었다. 무한경쟁 시대에서 우리의 위치를 공고히 할 수 있도록, 기술을 향한 지원이 꾸준히 이어져야 할 터이다.



2024년 산업통상자원부 R&D 대표 10선에 선정될 수 있었던 이유는 무엇이라 생각하는가?

하나의 이유로 단정 지을 수는 없겠지만, 무엇보다 전기차의 주행거리를 연장하는 시대적 과제를 해결했다는 공로를 인정받은 것으로 생각한다. 이는 기존 전해액의 한계를 뛰어넘는 획기적인 기술이 결정적인 역할을 한 것이 틀림없기 때문이다. 이는 친환경 전기차의 확산이라는 시대적 요구를 충족시키며, 동시에 우리 기술이 시장을 선도할 수 있다는 자신감과 가능성을 증명하는 것이기도 했다.

안전하고 출력 높은 전기차, 오래 탈 수 있는 전기차를 만드는 데 엔켐이 큰 역할을 한 것은 틀림없다.

산업부와 KEIT를 통해 지원받은 R&D 사업이 꽤 많은 편이다. 그만큼 산업부·KEIT 과제에 대한 애정이 클 것 같다.

기술 기업에게 없어서는 안 될 기관이고 지원사업이다. 산업부나 KEIT의 지원 덕분에 더 많은 실험이 가능했다. 재정적인 지원은 말할 나위 없고, 그 외에 산학연 협력을 통해 다양한 파트너십 구축, 네트워크를 확장할 수 있다는 점도 중요하다. 이런 과정이 있어야만 다양한 기업들과 협력할 수 있고, 기술을 이전하거나 받는 가능성이 만들어진다. 여러 연구팀의 연구 성과들이 상용화되거나 산업 현장에 즉시 적용하는 기회도 생겨난다. 우리는 틈틈이 산업부나 KEIT가 주관하는 여러 세미나에 참여한다. 다른 연구자들과 교류하며 최신 기술의 동향을 익히고 우수한 연구 인력을 소개, 양성하는 도움을 얻기도 한다.

기존 R&D 지원사업 외에 더 요청하고 싶은 부분이 있다면?

우리의 욕심일 수도 있다. 하지만 국가의 경제를 일정 부분 책임지는 핵심 산업에 종사하고 있다 보니, 글로벌 경쟁에서의 전폭적인 지원이 필요한 것도 사실이다. 이를 위해서는 개별 기업이나 과제를 위한 지원보다 산업군 전체를 아우르는 메가프로젝트가 필요하다. 어쩌면 이런 프로젝트를 통해 우리 중소기업이 세계 시장으로 진출하는 계기를 얻을 수도 있다. 개별 기업과 전체 산업, 각각에 필요한 지원이 조금 더 다양해지면 좋겠다는 생각이다.



(주)엔켐은?

전기차, 전자기기, 에너지저장장치^{ESS} 등 리튬이온 배터리의 성능을 좌우하는 핵심 소재 '전해액'을 개발 및 공급한다. 개발부터 양산까지 모든 공정을 자체적으로 관리해 품질과 경쟁력을 확보하고 있다. High Ni, Si 음극, Mid Ni 및 고전압, 저비용, LFP 등 다양한 배터리 요구 사항에 최적화된 전해액 개발에 집중하고 있다.



(주)삼화

K-뷰티 히든카드 ‘K-패키지’ 친환경 기술로 또 한 번 트렌드 이끈다

자원순환성 향상을 위한 환경 배려 화장품
패키징 디자인 기술 고도화 및 상용화 제품 개발

K-뷰티의 글로벌 성공을 이끈 혁신적인 제품 중 하나는 2008년 국내에서 처음 출시된 ‘에어쿠션’이다. 뛰어난 휴대성과 편리함으로 호평받은 에어쿠션의 또 다른 장점은 리필 가능성. 전체 케이스를 재구매할 필요 없이, 내용물만 새것으로 갈아 끼울 수 있도록 한 덕분에 비용은 물론 플라스틱 사용량까지 줄였다. 이 ‘리필’ 카테고리를 처음 도입한 기업이 바로 (주)삼화다.

글 김아름 사진 김기남

연구과제명	자원순환성 향상을 위한 환경배려 화장품 패키징 디자인 기술 고도화 및 상용화 제품 개발
제품명(적용 제품)	친환경 리필형 에어리스 화장품 패키징
개발기간(정부과제 수행기간)	2021.4~2023.12(33개월)
총 정부출연금	13억5980만 원
개발 기관	(주)삼화
참여 연구진	강호상, 정하늘, 세종 아이콘(주) 김덕용, (재)한국건설생활환경시험연구원 유상규

“악마는 디테일에 있다”는 관용구처럼 아주 사소한 차이가 전체를 정의하는 경우가 많습니다. 특히 명품 시장이 그렇죠. 우리 삼화도 그 사소함의 가치를 중요하게 생각합니다. 글로벌 럭셔리 화장품 브랜드들이 우리와 일하고 싶어 하는 이유도 거기에 있고요.”

패키징 혁신이 필요한 이유

화장품 패키징에서 자원순환이 중요한 화두로 떠오르고 있다. 특히, EU를 중심으로 관련 규제가 강화되면서 기업들은 친환경 패키지 개발에 박차를 가하고 있다. 하지만 현실적으로 화장품 용기에는 다양한 플라스틱 소재가 혼합되어 있어 재활용이 쉽지 않다.

김준배 대표는 “자원순환을 고려했을 때 가장 이상적인 소재는 PET^①”라고 강조했다. PET는 생수병 및 음료수병으로 사용되는 대표적인 재활용 플라스틱. 만약 화장품 용기를 100% PET로 제작할 수 있다면 자원순환에 어려움이 없을 것이다. 문제는 다양한 요소를 모두 고려해야 한다는 것이다.



외부 자극으로부터 제품 본연의 상태를 보호하고 사용자가 편리하게 사용할 수 있어야 하며, 브랜드 고유의 ‘추구미’를 충족해야 한다. 결국 이 모두를 만족하기 위해 여러 소재를 섞게 된다. 이에 삼화는 차선책으로 ‘단일 소재 PP^②’와 ‘단일 소재 ABS^③’ 패키징을 개발하고 있으며, 이를 통해 분리배출이 쉬운 시스템을 구축한다는 방침이다.

스테인리스 스프링 대신

플라스틱 스프링

삼화는 2021년 4월부터 2023년 12월까지, 총 2년 9개월간 한국산업기술기획평가원^{KEIT} 과제를 수행하며, ‘친환경 리필형 에어리스 화장품 패키징’을 개발했다. 이 패키지의 핵심 기술 중 하나가 ‘एको 펌프’^{*}. 보다 직관적으로 설명하자면 플라스틱 스프링에 가깝다.

보통 손가락에 힘을 실어 누르는 ‘펌핑 제품’에는 스테인리스 스프링이 사용된다. 높은 강도와 우수한 탄성 덕분에 반복적인 펌핑 동작에도 변형이나 손상이 적기 때문인데, 문제는 용기를 버릴 때 이 스테인리스 스프링을 꺼내기가 어렵다는 데 있다. 결국, 일반

- ① PET(폴리에틸렌 테레프탈레이트): 생수병, 음료수병, 식품 포장 용기로 사용되며 재활용이 용이해 친환경적인 소재로 꼽히지만 높은 온도에서 변형이 쉽다는 단점이 있다.
- ② PP(폴리프로필렌): 전자레인지 사용이 가능할 만큼 내열성이 높지만, 산소 및 수분 차단성이 낮아 장기 보관 용도로는 아쉬움이 있다.
- ③ ABS(아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌): 전자제품이나 자동차 부품 등에 활용되는 소재로 가공이 용이하고 다양한 색상이나 마감을 할 수 있다.

^{*}PP나 ABS를 단일 소재로 만들 경우, 혼합 소재와 비교해 재활용성이 높아진다.

쓰레기로 분리해 소각한다. 삼화는 이를 플라스틱 소재로 대체해, 재활용이 가능하도록 했다.

R&D본부 이경창 상무는 “펌핑 용기는 평균적으로 1000~2000번 사용되지만 우리는 1만 번까지 견딜 수 있는 제품을 개발하고자 했다”라며 이를 위해 ‘새로운 소재’와 ‘새로운 형태’ 개발에 힘을 쏟았다고 설명했다. 적당한 탄성을 지닌 플라스틱 소재를 개발하는 일은 소재 전문 기업과의 협업으로 실마리를 얻었지만, 최적화된 형태를 디자인하는 일은 순전히 삼화 연구진의 몫이었다. 동글동글 스프링 모양부터 지그재그 아코디언 등 수많은 스케치가 시제품으로, 실험과 그 결과로 사라지며 1년이 지났다. 그러던 어느 날, 우리나라 전통 활에서 영감을 얻은 디자인이 탄생했고 꼭 타악기 장구를 닮은 형태로 완성되었다. 이를 기반으로 개발된 에코 펌프는 2023년 상용화에 성공했고, 환경부로부터 재활용 우수 등급을 획득하며 다양한 제품에 도입되는 중이다.

초기 시장 반응은 예상보다 미온적이었다. 당장 규제로 압박을 받는 상황이 아니었기에, 업계 도입 상황을 지켜보자는 평이 대다수였던 것. 다행히 이런 분위기는 그리 오래 이어지지 않았다. 유럽을 중심으로 친환경 패키징에 대한 인식이 빠르게 변화하면서, 이제는 많은 브랜드가 삼화의 패키징을 활용해 친환경 마케팅을 적극적으로 펼치고 있다.

럭셔리한 삶을 만드는 가치

“Cre-Art.” 삼화 R&D본부의 가치를 상징하는 단어다. 창의적이라는 뜻의 영단어 Creative와 예술이라는 의미의 Art를 합친 말이다. 우리 삶의 종합 예술을 만드는 기술이 그들의 연구 분야라고. 글로벌 최고의 패키징 기술이 삼화에서 탄생하는 방증이라 할 수 있다.

그럼에도 친환경이라는 트렌드와 럭셔리 브랜드의 고급스러움을 동시에 충족하는 데 어려움은 있을 터. 기자의 질문에 김준배 대표가 현답^{賢答}을 이었다.

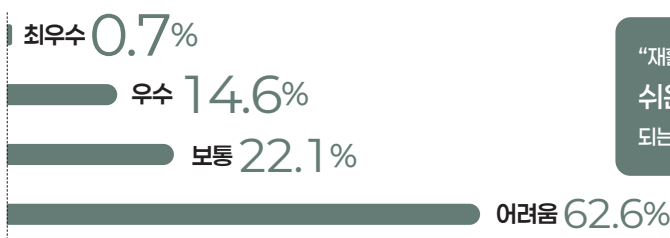


삼화에서 개발한 에코 펌프는 2023년 상용화에 성공했고 환경부로부터 재활용 우수 등급을 획득했다.

“럭셔리 본질은 따라올 수 없는 가치에 있습니다. 어렵지만 기어이 해내는 것이죠. 그런 면에서 친환경 가치를 실현하는 것이, 이제 럭셔리 브랜드가 갖춰야 할 기본 아니겠습니까.”

현명한 소비자는 제품의 성분을 살핀다. 그리고 좋은 원료를 선택한다. 다음 스텝은 포장재다. 좋은 성분의 제품이 더 건강하고 안전한 용기에 담길길 바란다. 느리지만 확실하게, 소비자는 변화한다. 삼화의 도전을 응원할 수밖에 없는 이유다.

화장품 용기의 재활용 등급 실태(2023년 기준)



자료: 한국소비자원

“재활용 등급을 높이기 위해서는 ‘분리배출이 쉬운’ 디자인을 도입하거나 분리하지 않고 버려도 되는 ‘단일 소재’ 사용이 중요!”





글로벌 브랜드들이 삼화를 선택하는 이유는?

K-뷰티는 단순한 유행이 아니라, 품질과 혁신을 바탕으로 글로벌 시장에서 신뢰받고 있다. 비비크림, 에어쿠션 등 K-뷰티가 선도한 제품들은 텍스처뿐만 아니라 독창적인 패키징 디자인으로도 주목받았다. 이러한 트렌드 속에서 삼화는 최고의 패키징 기술을 제공하며 글로벌 브랜드와 협업을 이어가고 있다.

친환경 패키징의 측면에서 플라스틱이 가지는 이점이 있다면?

대표적인 비교 소재가 있다면 유리일 것이다. 기술적인 면에서는 유리 재활용이 훨씬 쉽다. 하지만 그 과정에서 배출되는 탄소의 양을 고려한다면 이야기가 달라진다. 종류에 따라 차이는 있지만 보통 플라스틱은 100~300°C 범위에서 녹는다. 반면 유리는 1400°C 이상이 되어야 한다. 높은 열을 내기 위해서는 더 많은 에너지가 필요하다.

단순히 무엇이 좋고 나쁘다고 단정 지을 수 없는 이유다. 삼화의 모태는 삼화플라스틱이다. 오랜 기간 쌓아온 소재 노하우를 바탕으로 플라스틱의 단점을 보완하는 기술을 개발하는 것이 훨씬 이득이다. 물론 향후 더 좋은 소재가 발견된다면 그것이 무엇이든 적극 활용하겠지만 말이다.

지난 1월, 친환경 용기로 세계포장기구^{WPO}의 월드 스타 어워즈 본상을 수상했다.

이 수상의 의미는?

월드 스타 어워즈는 국제 패키징 관련 행사 가운데 가장 공신력이 높은 시상식이다. 카테고리별로 1~2개 제품만 수상할 수 있어, 매년 수많은 대기업이 눈독을 들이기도 한다. 삼화는 2년 연속 본상을 수상하며 친환경 패키징 기술을 세계적으로 인정받았다. R&D에 대한 지속적인 투자와 연구진의 노력이 이러한 성과로 이어졌다고 생각한다.

앞으로의 계획은?

삼화를 패키징 업계의 ‘엔비디아’로 만들 계획이다. 부수적인 요소가 아니라 산업의 핵심 기술을 선도하는 기업으로 성장하고자 한다. 지속 가능한 소재의 연구를 강화하고, 고기능 친환경 패키징 기술개발을 지속해 글로벌 시장을 선도하겠다.

(주)삼화는?

글로벌 화장품 용기 시장에서 지속적인 연구개발과 품질 혁신을 바탕으로 경쟁력 있는 패키징을 개발하고 있다. 기능성과 디자인을 모두 고려한 혁신적인 용기를 제작하면서, 대량 생산 시스템도 최적화해서 다양한 고객사의 니즈에 맞춘 솔루션을 제공한다. 국내외 200여 개 이상의 고객사와 협력하고 있으며, 신규 인디 브랜드의 성장을 지원한다.

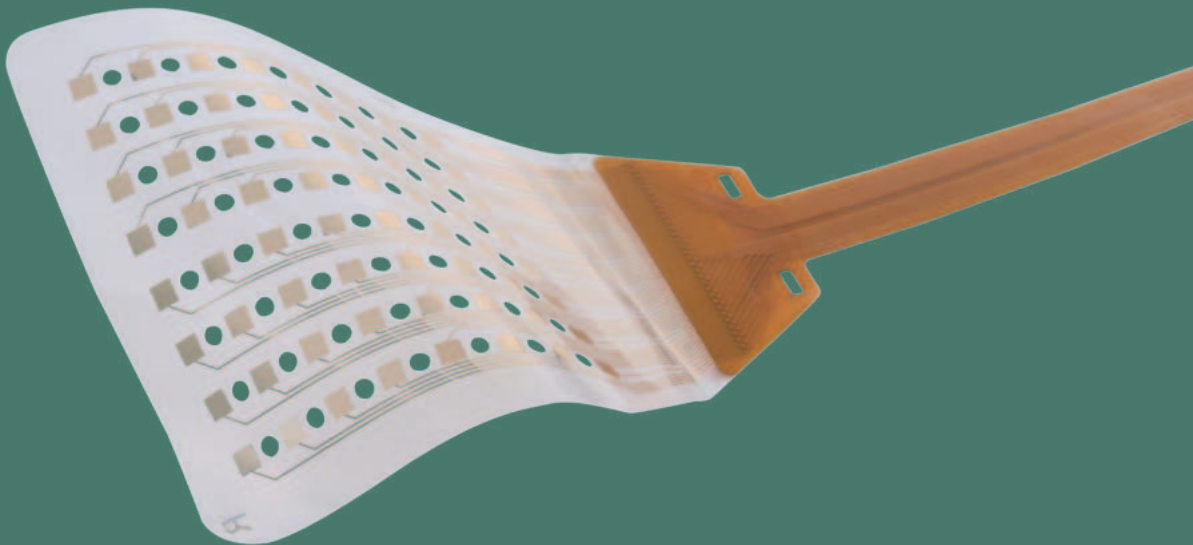


일론 머스크의 신경기술 기업 뉴럴링크^{Neuralink}와 비견되는 연구소가 있다. 한국의 서울대학교의학연구원
정천기 교수의 알키미스트 프로젝트팀. 이들은 뇌 신호를 활용한 쌍방향 신경 인터페이스를 개발하는
‘Brain to X’ 과제를 수행 중이다. 글 김아름 사진 이승재

BRAIN TO X

생각만 해도 말이 나온다? 초연결사회를 만들 초능력 기술의 탄생!

음성 의사소통을 위한 완전이식형 폐회로 Brain to X 개발

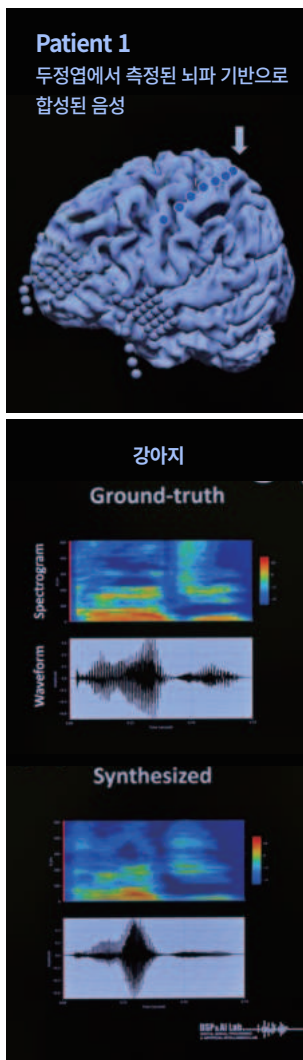


언어는 뇌 발달과 존재의 궁극적인 이유

우리는 뇌에 대해 얼마나 알고 있을까. 인류는 수천 년간 인간의 뇌를 연구해왔다. 하지만 궁금증은 여전하다. 체중의 2%밖에 차지하지 않는 뇌는 체내 에너지의 20%를 소비하는, 가장 복잡한 생물학적 구조임이 틀림없다. 신경외과 분야의 세계 최고 권위자 중 한 명인 정천기 교수가 뇌에 관해 설명했다.

“뇌 전체를 대표하는 기능 중에서 가장 중요한 한 가지는 ‘언어’입니다. 보통 뇌의 좌측 전두엽과 측두엽에서 언어 기능을 담당한다고 알려졌지만, 실제 뇌가 작용하는 것을 보면 우반구의 역할이 상당하지요. 원활한 의사소통을 위해선 뇌 전체를 다 써야 한다는 말입니다. 인간이 다른 동물보다 크고 촘촘하게 발달한 뇌를 가지고 있는 것 또한 우리가 언어를 쓰기 때문입니다.”

세계적으로 뇌와 컴퓨터를 연결하는 브레인-컴퓨터 인터페이스^{BCI, Brain-Computer Interface} 연구가 활발해진 지금, 그가 해당 과제의 최종 목표로 ‘말소리를 통한 원활한 의사소통’을 꼽은 것 역시 그 생각의 일환이다. 지금껏 인간의 운동 기능, 사고 기능 향상에 이바지한 BCI 연구는 많았지만, 타인과 원활한 의사소통을 가능하게 하는 수준으로 발달한 언어 기능에 관한 연구는 드문 편. 정 교수 또한 수십 년간 기본적인 인간의 기능과 뇌신경 활동



간의 관계를 연구한 끝에 뇌의 궁극적인 기능 ‘언어’에 도전하게 되었다.

사람과 사람을 잇는 인터페이스 기술

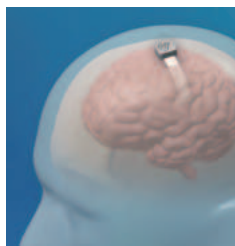
본 과제의 최종 목표는 사고나 질병으로 말을 하거나 듣는 기능을 상실한 사람에게 타인과 대화할 수 있도록 하는 것이다. 자기 생각을 음성으로 표현하고, 타인의 말을 실시간으로 이해할 수 있도록 말이다. 연구팀은 5살 어린아이가 구현할 수 있는 문장 단위의 소통 수준까지 고도화할 계획이다. 이를 위해서는 인터페이스 기술이 핵심이다. 인터페이스란 서로 다른 두 시스템, 그러니까 사용자와 기계 간의 상호작용을 가능하게 하는 기술이다. 달리 말하면 서로를 이어주는 다리 역할의 기술인데, 이것이 있어야 정보를 주고 명령을 실행할 수 있다.

“인터페이스 기술을 통해 뇌의 전기적 신호를 말소리로 바꾸고, 다른 사람들의 말소리를 다시 전기신호로 뇌에 전달할 수 있게 됩니다.”

물론 실제 사람이 목소리를 내서 말을 전하는 것은 아니다. 뇌의 신호를 받은 외부 기기가 이를 음성으로 변환해 전달하게 된다. 그런데, 왜 하필 말소리일까.

“기술은 사람을 위해 발전해야 합니다. 특히 신체의 불편을 겪고 있는 사람에게 도움이 되는 것이 가장 가치 있지요. 장애는 저마다의 불편을 수반하지만, 제가 생각할 때 가장 힘들고 외로운 장애는 말을 하고 듣는 데 어려움이 있는 것 같아요.”

외국인들 사이에 외국어를 하지 못하는 한국인이 홀로 있다면 어떨까. 번역기로 소통은 할 수 있겠지만, 스스럼없이 웃고 떠드는 무리 가운데서 고립감을 느낄 터.



정 교수팀은 주사기를 통해 뇌에 전극을 삽입하는 방법을 택하고 있으며 대뇌피질 겉면에 부착해 상대적으로 안전하다.

수화로 의견을 전하는 청각장애인의 불편 또한 다르지 않다는 말이다.

실패를 위한 과제, 실패를 통해 발전하는 기술

정 교수 연구팀의 과제는 ‘쌍방향 의사소통 기술’을 연구한다는 데 남다른 의미가 있다. 현재 ‘나’의 의사를 전하는 기술은 비교적 많은 곳에서 연구되고 있고, 정 교수팀 또한 관련 기술의 특허를 준비하고 있다. 반면 타인의 말소리를 뇌로 전달하는 연구는 극악의 난이도로 꼽힌다. 정 교수 역시 꾸준한 실패를 통해 정답으로 가는 실마리를 찾고 있다. 답보 상태의 연구에도 불구하고 매일 연구실에서 밤을 지새우는 까닭은 ‘폐회로^{Closed-loop} 제어 시스템’을 완성하기 위해서다.

폐회로 제어 시스템을 단순화해서 쉽게 설명하면 ‘검증 시스템’이라고 할 수 있다. 뇌 신호는 매우 복잡하고 불안정하므로 특정 단어나 문장을 정확하게 해석하는 데 어려움이 크다. 그 때문에 사용자가 의도한 문장과 출력한 문장의 의미가 같은지 검증하는 절차가 필요하다. 이에 폐회로 제어 시스템을 통해 출력한 합성된 음성을 사용자에게 전달해 자신의 의도와 같은지, 다른지를 확인하는 것이다. 이로써 의사소통의 오류를 줄이고 원활한 대화를 이어나갈 수 있다.

초연결사회를 위한 원천기술의 탄생까지
그렇다면 어떤 방법으로 뇌에 전기적

Who?

책임연구원인 정천기 교수를
중심으로 서울대, 연세대, 강원대,
인천대, (주)지브레인, 한양대학교,
가톨릭관동대학교, 울산과학기술원
등 8개 기관 연구원들이 참여

...

How long?

2022년 4월부터
2026년 12월까지
총 57개월

...

What research?

뇌의 전기신호를 음성으로 변환,
타인의 말소리를 뇌 전기신호로
변환하는 ‘텔레파시’ 소통
인터페이스를 구축

...

What is the role of KEIT?

5년여 간 총 200억 원의 연구비를
지원. 뇌와 컴퓨터를 연결하는
‘BCI 분야’ 세계 최고의 원천기술
확보를 응원

신호를 가하고, 뇌의 신호를 읽어낼 것인가. 뇌에 전극을 가하는 과정에서 위험성은 없는지도 짚어봐야 할 문제, 이에 관해 물었다. 정 교수는 “기술의 이익이 월등하다면!”이라고 답했다.

“스마트폰을 예로 들어보죠. 전자파 문제는 차치하더라도 눈이나 관절에 끼치는 영향이 상당합니다. 하지만 우리는 스마트폰을 놓지 않아요. 왜일까요? 비교하기 힘들 만큼 편하니까요.”

평생 사람을 살리는 일을 해온 그였다. 뇌의 신호를 읽는 전극 장치 개발에도 안전성에 중점을 두었다.

임상시험을 진행 중인 다른 연구에서는 두개골을 여는 시술을 통해 전극을 삽입한다. 뇌 속에 위치해 신호를 읽는 기능은 뛰어나지만, 부작용 문제에서 벗어날 수 없다. 반면 정 교수팀은 주사기를 통해 전극을 삽입하는 방법을 택했다. 시술을 위해 두개골을 열 필요가 없으며, 대뇌피질 겉면에 부착하기 때문에 상대적으로 안전하다. 뇌의 겉면에 동전 크기의 전극을 붙이는 개념이다. 현재 개발된 BCI 인터페이스 전극 가운데 가장 위험도가 낮고, 추후 제거에도 용이하다.

“인터페이스 기술이 중요한 이유가 여기에 있어요. 원천기술을 잘 구축한 후에는 무엇이든 연결할 수 있거든요. 향후 어떤 기기와의 연결할 수 있고, 반대로 뇌의 여러 기능을 향상하는 데도 쓰일 수 있을 거라고 봅니다.”

**서울대학교의학연구원
신경과학연구소는?**

인류가 탐험해야 할 마지막 미지의 영역인 ‘뇌’에 대해 연구하고 있다. 신경계의 작동 원리와 뇌질환의 기전을 밝혀내고자 다양한 기초 연구 및 임상 연구를 진행하고 있다.

연구자의 다이어리

인터페이스 기술의 초격차 ‘그래핀’에서 찾았다

① 그래핀: 탄소 동소체 중 하나로 현재 각광받고 있는 신소재 중 하나이다.

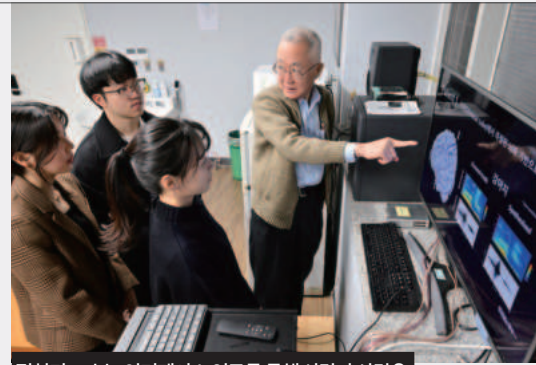


우리 연구팀은 인터페이스 전극 개발기술에서 타의 추종을 불허합니다. 여기에는 함께 연구 중인 연세대학교 안종현 교수의 공이 절대적이었는데, 지금도 그날의 감동이 여전합니다.

1단계 연구를 진행하던 2021년이었습니다. 그래핀^{Graphene}으로 전극을 만들자는 계획은 있었지만, 실제 프로토타입을 본 건 그날이 처음이었어요. 안 교수가 뿌듯한 얼굴을 하고 연구실 문을 열었고, 제 눈앞에 시제품을 꺼내놓았습니다.

‘이거면 되겠다!’

그제까지 세워둔 모든 가설과 이론이 실제로 가능할 것이란 강한 확신이 드는 순간이었습니다. 그래핀은 아주 얇은 단층 구조를 가집니다. 전도성도 탁월하지요. 기존의 모든 소재와 비교해도 그 성능이 압도적입니다. 안 교수 역시 한참을 고생했을 겁니다. 그리고 해냈지요.



정천기 교수는 인터페이스 연구를 통해 사람과 사람을 이어주고 있다.

Now ☒	Next ☒	Future ☒
· 생각한(바의도)를 말소리로 변환(디코딩)하는 상상 발화^{imaginary speech} 기술 관련 특허출원 중 · 세계 최고의 인터페이스 전극(하드웨어) 개발 기술 확보, 식약처 허가 진행 중	· 타인의 말소리를 전기신호로 전환하는 인코딩 기술 및 폐회로 제어 시스템 개발 중 · 인터페이스 전극에 그래핀 적용해 고효율 기기로 고도화	· 청각·언어 기능에 장애가 있는 사람이 일반인과 다름없이 전화 및 대면 소통을 할 수 있을 것으로 기대 · 뇌신경 감지 및 분석 기술을 바탕으로 음악이나 영화를 뇌에 직접 입력하고, 기억 및 개념을 직접 입력하는 학습 기능 등에도 가능성을 제시

그 감동과 별개로 현실은 차가웠습니다. 식약처에서 승인을 받지 못했거든요. 당시만 해도 체내에 그래핀을 삽입한 사례가 세계적으로 없었으니, 식약처의 판단도 이해 못 할 부분은 아니었어요. 저희는 고민 끝에 그래핀 대신 금나노 기술을 바탕으로 다시 전극을 개발했고, 지금은 승인을 기다리고 있습니다. 추후 그래핀을 품목에 추가할 계획입니다.

비록 세계 최초의 그래핀 전극이라는 타이틀은 놓치고 말았지만, 결국에는 우리의 목표를 실현할 수 있을 거라고 믿고 있습니다.

정천기 교수
서울대학교의학연구원 신경과학연구소 인간뇌기능연구실 책임연구원

서울대학교병원 신경외과 전문의로 척추종양, 뇌전증 분야 수술·연구 권위자로 꼽힌다.

R&D 사전

#이차전지

이차전지는 충전해서 재사용 가능한 전지를 말한다. 외부 전기에너지를 화학에너지 형태로 바꾸어 저장해 두었다가 필요할 때 전기를 만들어내는 장치로 흔히 배터리라고도 불린다.



사물 배터리 시대가 도래하면서 이차전지가 핵심 뿌리산업으로 성장 중이다. 전자기기, 전기자동차 산업 분야를 넘어 전 분야에서 배터리가 필수적으로 사용됨에 따라 국가 차원에서도 이차전지 기술개발에 주력하고 있다. 우리나라 역시 지난해 대비 이차전지 정책금융을 30% 늘리는 등 경쟁력 강화에 힘쓰고 있다.

적용 사례

#LG에너지솔루션 이차전지, 테슬라 전기차 탑재

LG에너지솔루션의 원통형 배터리(이차전지)는 현재 테슬라EV, 로보택시, 옵티머스 휴머노이드 로봇에 탑재되고 있다. 차세대 원통형 배터리인 46시리즈는 내년 상반기 미국 애리조나 공장에서 양산 예정이다.



#새만금, 포항, 울산, 청주 이차전지 특화단지 지정

정부는 지난 2023년 7월 이차전지 특화단지로서 새만금, 포항, 울산, 청주 4곳을 지정했다. 단지별로 이차전지 전주기 생태계를 형성해 밸류체인 강화를 계획 중이다.



#정부, 50조 원 규모의 첨단전략산업기금 신설

정부는 지난 3월 5일 산업경쟁력관계장관회의에서 50조 원 규모의 첨단전략산업기금을 신설하는 방안을 확정했다. 산업은행, 시중은행과 협력해 이차전지를 포함한 첨단전략산업 전반에 5년간 100조 원 이상의 자금 조성을 유도하고 기업 지원에 적극 나설 예정이다.



유사 개념

#일차전지 Primary Cell

화학에너지를 저장하고 있다가 필요할 때 전기로 변환해 직류 전력을 생산하는 장치. 한 번 사용하면 충전 불가능하다. 건전지나 알카라인전지가 이에 해당한다.

#리튬이온전지 Lithium-ion Battery

상용화된 이차전지 중 에너지 밀도, 가격, 안정성 면에서 가장 높은 평가를 받는 배터리. 리튬이온이 음극에서 양극, 양극에서 음극으로 이동하면서 방전 및 충전 과정이 일어난다.

#에너지저장장치 ESS, Energy Storage System

에너지를 저장하는 시스템을 말한다. 저장 방식에 따라 크게 물리, 화학, 열로 분류하며, 이차전지는 화학에 해당한다.

심화 개념

#전고체 배터리 Solid-state Battery

전해질의 형태가 고체인 이차전지. 액체 전해질을 활용한 기존 이차전지보다 안정성이 향상되고 높은 에너지밀도를 구현할 수 있다. 하지만 낮은 이온전도성 때문에 현재 연구개발 단계에 있다.

#반고체 배터리 Semi Solid-state Battery

젤 형태의 전해질을 활용한 이차전지. 액체 전해질을 쓰는 기존 리튬이온배터리와 차세대 전고체 배터리의 중간 형태로, 징검다리 역할에 해당하는 기술이다.

#기억 효과 Lazy Battery Effect

방전이 충분하지 않은 상태에서 재충전하면 전지의 실제 용량이 줄어드는 효과를 말한다. 니켈 계열 이차전지에서 나타나며, 기억 효과가 없는 리튬이온전지가 개발되면서 문제가 해결됐다.



**성장하는
국가경제의 내일,**

**오늘의 KEIT가
만들어갑니다**



산업통상자원부

KEIT

한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끕니다.



KEIT!

2025년, 주목해야 할 10가지



2025년 KEIT는 어떤 사업들을 추진할까요?

산업기술 R&D를 통해 첨단전략산업의 초격차를 확보하고,
신시장 선점 및 견고한 공급망 생태계 구축을 위한
KEIT의 10가지 계획을 함께 만나보겠습니다!

- #2025년 KEIT 사업예산 #첨단산업 초격차 혁신 기술 확보 지원
- #주력 산업의 신부가가치 창출 촉진 #제조 신사업 육성과 혁신기반 강화
- #소부장 공급망 내재화 기술혁신 촉진 #튼튼한 공급망 산업 생태계 구축
- #탄소중립기술의 시장 선점 촉진 #도전적·개방적 R&D 운영 #디지털 기획평가시스템의 AI 기능 탑재 #기업 혁신 성장 지원 서비스 확대

개발자가 개발하고 혁신자가 혁신할 수 있도록

글 김리안 <한국경제신문> 기자

국내

정부, 경제 성장 지속 견인하는 R&D 지원 체계 개선한다



국가의 경제 성장에서 연구개발^{R&D}의 중요성은 2018년 노벨경제학상 수상자인 폴 로머 뉴욕대 교수에 의해 입증됐다. 기존에 통설로 여겼던 신고전학파의 성장 모형은 기술변화를 외생변수로 뒀다. 자본과 노동의 투입만으로 경제가 성장할 수 있다는 주장에서다.

그러나 이는 현대 사회에서 성장의 지속성에 대한 설명에는 한계를 보였다. 자본과 노동의 투입만으로 빠르게 성장하던 경제는 일정 수준에 이르면 성장이 현저히 느려지며 정체된다. 이때 경제의 지속적인 성장을 이끄는 변수가 기술이다. 폴 로머 교수는 기술변화를 내생변수로 두고 기술변화에 의해 경제의 지속 성장이 가능함을 증명했다.

산업통상자원부가 연구자의 행정부담을 완화하고 개방·혁신에 부합하는 연구개발을 추진하기 위해 나섰다. 산업기술혁신사업 공통운영요령, 기술개발 평가관리지침, 연구자육성 촉진을 위한 특별요령 등 3개 규정에 걸쳐 23건을 개정·고시하고 올해부터 이를 적용한다. 이를 위해 지난해 대학, 연구소, 기업 등 연구 현장의 애로사항을 폭넓게 수렴하고 최근 기술 환경 변화도 반영해 이번 개정안을 마련했다.

주요 개정 내용에 따르면 연구자의 원활한 R&D 수행을 지원하기 위해 신뢰성을 인정받은 기관의 자체 정산을 확대한다. 과기부의 연구 지원 체계 평가 결과 80점 이상을



받아 자체 연구 관리 시스템의 신뢰성을 인정받은 대학 등이 대상이다.

대학의 100만 원 이하의 연구재료비는 증빙을 면제키로 했다. 반복적·공통적 제출 자료는 간소화하고 연구비 카드 외 법인·개인 카드 사용이 불가피한 경우에는 사용을 인정한다. 학생 연구원의 연구 참여 자율성도 확대한다.

또한 개방·혁신에 부합하고, 빠르게 변화하는 기술 환경에 맞춰 연구기획 시 사전분석 절차를 줄인다. 동시수행 과제 수 제한을 완화해 표준화 R&D 및 국제 협력 과제를 장려한다. 해외기관의 연구비 수령에 편의성을 높이고, 연구자의 육아휴직 기간 중 퇴직급여충당금을 새로 지원한다. 기술료를 성실히 납부하는 기업에 인센티브 부여 등의 근거도 마련했다.

“남들이 앞서 나갈 때 규제에만 몰두” EU의 반성문



“다른 국가는 인공지능^{AI} 기술개발에 전진할 때 유럽연합^{EU}은 규제 프레임의 주도권을 쥐는 데 집중했다.”

미국 최대 AI 개발사인 오픈AI의 샘 올트먼 최고경영자^{CEO}가 최근 프랑스 파리에서 열린 AI 국제 정상회의 참석에 앞서 프랑스 일간지 <르몽드>에 기고문을 올렸다. 그는 마리오 드라기 전 유럽중앙은행^{ECB} 총재가 지난해 발표한 ‘EU 경쟁력의 미래’ 보고서를 언급하며 EU의 뒤처짐을 비판했다.

EU는 세계 최초로 포괄적 AI 규제법을 만들어 내년 8월 전면 시행을 앞두고 있다. 올트먼은 “AI 규제법 시행을 위해 노력하는 유럽 규제 당국은 남들이 전진하는 상황에서 자신들의 결정이 미래 기회에 어떤 결과를 초래할지 생각해볼 필요가 있다”며 “성장과 일자리, 발전을 원한다면 혁신가가 혁신하고, 개발자가 개발할 수 있도록 허용해야 한다”고 지적했다.

그가 EU를 비판하며 언급한 일명 ‘드라기 보고서’는 EU의 경제 성장이 둔화되는 등 ‘실존적 위험’에 직면했다는 내용의 보고서다. 미국과는 AI 등 첨단 정보기술^{IT}에서, 중국과는

배터리 등 청정기술 분야에서 밀리고 있는 만큼 시급히 산업 전략을 탈바꿈해야 한다는 제언이 담겼다. 드라기 전 총재는 이를 위해 제2차 세계대전 직후 ‘마셜 플랜’을 뛰어넘는 경제 부흥 전략을 펼쳐야 한다고 주장했다.

보고서는 EU가 미국, 중국과 경쟁하기 위해서는 연간 최대 8000억 유로(약 1188조 원)의 신규 투자가 뒷받침돼야 한다고 분석했다. 현재 EU 국내총생산^{GDP}의 4.7%에 달하는 규모다. 제2차 세계대전 이후 미국의 유럽 재건 원조 계획인 마셜 플랜은 당시 유럽 경제 규모의 약 2%였다. 로이터통신은 “이번 보고서는 전쟁 후 폐허가 됐을 때보다 2배 이상 공격적 투자가 필요하다고 주장한 것”이라고 전했다.

최근 미·중 갈등으로 더욱 심각해지는 보호무역주의에 관한 지적도 담겼다. 보고서는 “개방 무역 시대가 저물고 있다”며 대응 필요성을 언급했다. 구체적으로 “탈탄소화와 경쟁력 관련 공동 계획을 추진할 때는 공정한 글로벌 경쟁 환경과 역외에서 국가 지원을 받는 업체와의 경쟁을 상쇄하기 위해 방어적 무역 조치가 수반돼야 한다”고 했다. 역외 기업이 유럽 기업만큼 엄격한 규제를 받지 않고 오히려 국가적 지원을 받고 있다는 점을 지적한 것이다.

글로벌 수요가 급증한 반도체와 관련해서는 새로운 ‘EU 반도체 전략’ 수립도 주문했다. EU 예산을 통한 반도체 부문 공동 지원, 신규 사업 패스트트랙 승인을 비롯해 역내 공동·민간 입찰 사업 촉진을 위한 ‘EU 반도체 인증 제도’ 신설 등이 제안됐다. 드라기 전 총재는 “유럽의 경쟁력 쇠락을 막으려면 개혁이 급진적으로 이뤄져야 한다”며 “복잡한 EU의 의사결정 구조를 개혁하고 집단적 힘을 발휘해야 한다”고 강조했다.

트럼프의 관세전쟁에 설비투자 줄이는 기업들



“미국 대통령으로서 나는 언제나 미국을 우선할 것이다. 마찬가지로 여러분도 각국의 지도자로서 여러분의 나라를 항상, 그리고 반드시 우선해야 한다.”

도널드 트럼프 미국 대통령이 1기 집권 시절인 2017년 유엔에서 펼친 연설의 일부다. 미국 우선주의와 보호무역주의를 신봉하는 그의 생각을 보여주는 발언이다.

한국이 미국에서 벌어지는 관세전쟁의 사정권에 들어갈 가능성이 커졌다. 도널드 트럼프 미국 대통령은 3월 4일 첫 의회 연설에서 한국을 콕 집어 “대미 평균 관세가 미국의 네 배”라며 “우리가 군사적으로, 또 다른 방식으로 도움을 많이 주는데도 이런 일이 일어나고 있다”고 말했다.

트럼프 대통령은 미국을 상대로 관세를 이용한 국가로 EU, 중국, 브라질, 인도, 멕시코, 캐나다를 언급한 뒤 “셀 수 없이 많은 다른 국가가 우리보다 훨씬 높은 관세를 부과한다”며 “우방도 적국도 이렇게 하고 있다”고 주장했다. 이어

“4월 2일 상호관세를 개시하겠다”고 했다. 그는 취임 이후 캐나다와 멕시코 등 우방국 수입품에 대해 25%를 물리겠다고 밝히는 등 줄곧 관세를 전방위 무기로 활용하고 있다.

그는 “한국의 대미 평균 관세가 네 배나 높다”고 말했지만, 구체적인 근거는 밝히지 않았다. 미국무역대표부^{USTR}가 지난 3월 3일 세계무역기구^{WTO}에 통보된 최혜국 대우 국가^{MFN}의 세율을 집계한 보고서를 냈는데, 이 자료에 지난해 기준 한국의 MFN 세율이 13.4%, 미국은 3.3%로 기재된 것이 트럼프 대통령의 ‘네 배’ 주장의 근거일 가능성이 있다. 하지만 이는 자유무역협정^{FTA}을 체결하지 않은 나라에 대한 것이다. 한국과 미국은 FTA를 체결했고 지난해 대미 수입품의 실효관세율은 0.79% 수준이었다. 트럼프 대통령이 틀린 주장을 한 것이다.

그러나 그는 상호관세 외에도 자동차, 반도체 등 품목별 관세, 비관세 장벽 등을 계속 언급하며 세계를 관세전쟁으로 몰아넣고 있다. 트럼프 행정부의 반도체 관세 압박에 직면한 대만 반도체 기업 TSMC는 1000억 달러(약 145조 원) 규모 미국 현지 추가 투자 계획을 발표했다. 이는 한국 반도체 기업에 악영향이 되고 있다. 메모리 반도체 시장을 과점한 삼성전자와 SK하이닉스 등도 투자 압력을 받을 수 있어서다.

전임 조 바이든 행정부 당시 반도체지원법(칩스법)에 따라 약속받은 7조 원 규모 미국 정부 보조금도 안심할 수 없다는 분석도 나온다. 하워드 러트닉 미 상무장관은 TSMC 투자에 대해 “보조금이 아니라 관세 정책이 통한 것”이라고 강조했다. 외신에 따르면 러트닉 장관이 이미 지급이 약속된 보조금 등을 정부가 다시 회수할 법적 권한이 있는지 조사하고 있는 것으로 알려졌다.





깨끗한나라는 지난 대교 어린이 미술대회에서 특별상을 수상한 ‘내가 더 사랑해 지구야’ 작품을 제품 패키지 디자인으로 구현했다.

지구를 사랑하는 물티슈

화장실용 물티슈는 화장지와 비데만으로는 충분히 만족감을 느끼지 못한다는 소비자 조사를 바탕으로 탄생한 제품이다. 유한킴벌리는 소비자 위생 건강을 증진하고, 세분화된 소비자 니즈를 충족하기 위해 마이비데 라인업을 선보이고 있다. 특히 아직 스스로 뒤처리가 익숙지 않은 아이들의 배변 독립 필수품으로 인기를 얻고 있다.

재생 플라스틱 적용, 스티커 제거

유한킴벌리 신제품 ‘크리넥스 마이비데 퓨어’는 기저귀 사용 후 뒤처리가 필요하거나 배변 훈련을 준비하는 0~4세 영유아는 물론 피부가 민감한 성인도 사용할 수 있도록 개발했다. 독일 더마테스트사의 피부 자극 테스트 엑셀런트 등급을 획득한 저자극 플라스틱 프리 물티슈로, 정제수를 제외하고 꼭 필요한 단 3가지 전성분만 담았다. 또 더 깨끗하게 피부를 닦아낼 수 있도록 정밀 정수 시스템을 통해 9단계로 여과된 99% 정제수를 사용한다.

크리넥스 마이비데 전 제품은 사용 후 번기에 내릴 수 있도록 일반 물티슈와 다른

특수 공법을 적용했다. 적정 사용량은 한 번에 1~2장으로, 번기에 내리면 하수관과 하수펌프를 통과하며 수압 등에 의해 원단 조직 강도가 약해지고, 점차 해리된 후 하수처리 공정에서 미생물에 의해 생분해된다. 미국과 유럽에서 통용되는 국제부직포협회의 7단계 번기 내림 적합성 평가를 통과한 제품이다.

신제품 크리넥스 마이비데 퓨어에는 제품의 환경성을 높이고, 지구환경에 미치는 부하를 줄이기 위한 노력까지 담았다. 재생 플라스틱을 제품 포장재에 30%, 캡에 80% 적용해 신규 플라스틱 사용량을 최소화하고자 했다. 또 소비자가 사용 후 캡만 분리해 간편하게 배출할 수 있도록 별도 스티커를 부착하지 않았다.

깨끗한나라, 10단계 정제수 적용

물티슈 업계에서 저플라스틱과 재활용 플라스틱 사용이 점차 늘고 있다.

깨끗한나라는 ‘보숨이 꼬마피카소 물티슈 에디션’ 2종을 선보인다. 2024년 8월에 열린 제3회 대교 어린이 미술대회에서 ‘지구를 사랑하는 마음’이라는 주제로 깨끗한나라 보숨이 특별상을 수상한 ‘내가 더 사랑해 지구야’ 작품을 패키지 디자인으로 구현했다.

당선작에 그려진 지구의 웃는 모습과 고래, 벌, 토끼, 여우, 북극곰, 코알라 등 주인공을 밝은 계열의 배경에 담았다. 지구를 생각하는 아이들의 마음을 담아 물티슈 캡의 50%를 재활용 가능한 재생 플라스틱으로 처리했으며, 먹는 물만큼 깨끗한 10단계 정제수를 적용했다.

유한킴벌리는
재생 플라스틱을
제품 포장재에
30%, 캡에
80% 적용해
신규 플라스틱
사용량을
최소화했다.

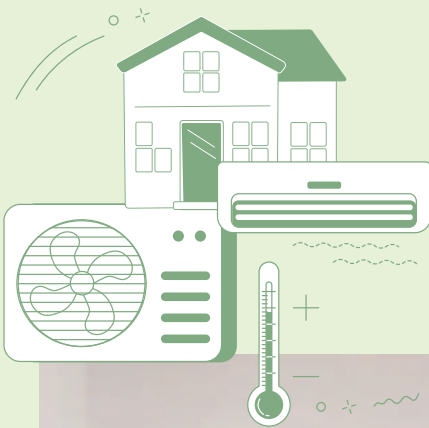




히트펌프 기술 적용한 LG전자의 사계절 에어컨

LG전자는 제품 한 대로 냉방과 제습, 온풍까지 한 번에 이용할 수 있는 '히센 뷰 사계절 에어컨'을 출시했다. 이 신제품은 스탠드형 올인원 에어컨으로, LG표 핵심 부품인 듀얼 인버터 컴프레서로 냉매를 압축·순환해 따뜻한 바람을 만드는 고효율 히트펌프 기술을 적용했다. 전기로 열풍을 만드는 기존 히터 방식보다 전기로 부담이 덜하다.

환절기뿐 아니라 바깥 기온이 영하 10°C 이하로 떨어져도 온풍이 가능하다. 따뜻한 바람의 세기는 총 5단계의 일반 온풍과 파워 온풍으로 세밀하게 조절한다. 'AI 스마트케어' 기술을 바탕으로 사용자가 바람의 세기나 방향을 조절하지 않아도 LG 씽큐 앱에서 에어컨과 가구 위치를 설정하면 AI가 공간을 분석해 사람 방향으로 바람을 내보낸다.





재활용 소재 사용한 일렉트로룩스의 공기청정기

스웨덴 종합 가전 기업 일렉트로룩스가 '원스트림^{OneStream}' 기술을 적용해 넓은 공간을 빠르고 깨끗하게 정화하는 '얼티밋홀 900 360도 공기청정기(EP93-75WBA)'를 출시한다. 원스트림이란 오염된 공기와 정화된 공기가 섞이는 것을 차단하는 일렉트로룩스만의 공기 정화 시스템이다. 5단계 필터 시스템과 360도 다이내믹 루버를 통해 94.2m²(약 28.5평)의 실내 공간에 깨끗한 공기만을 전달한다.

실용성과 심미성을 동시에 잡은 스칸디나비아 디자인 역시 매력 포인트다. 재활용 소재를 최대 74.45% 활용해 내구성을 향상한 것은 물론, 지속 가능한 라이프스타일을 추구하는 소비자의 니즈를 충족시킨다.



컴팩트·고효율·저탄소 슈나이더 일렉트릭의 무정전전원장치 갤럭시 VXL

슈나이더 일렉트릭이 초대형 데이터센터와 클라우드 기반의 대형 상업시설에 적합한 차세대 무정전전원장치^{UPS} '갤럭시 VXL^{Galaxy VXL}'을 출시했다. 갤럭시 VXL은 500~1250kW(400V) 용량을 지원하는 3상 무정전전원장치다.

해당 제품은 컴팩트한 사이즈로 기존 갤럭시 V 시리즈 UPS 대비 설치 공간을 50~70% 개선했다. 에너지 효율성을 극대화하면서도 가용성과 운영 효율성, 핵심 부하 보호 기능을 강화해 총소유비용^{TCO}을 최소화할 수 있다.

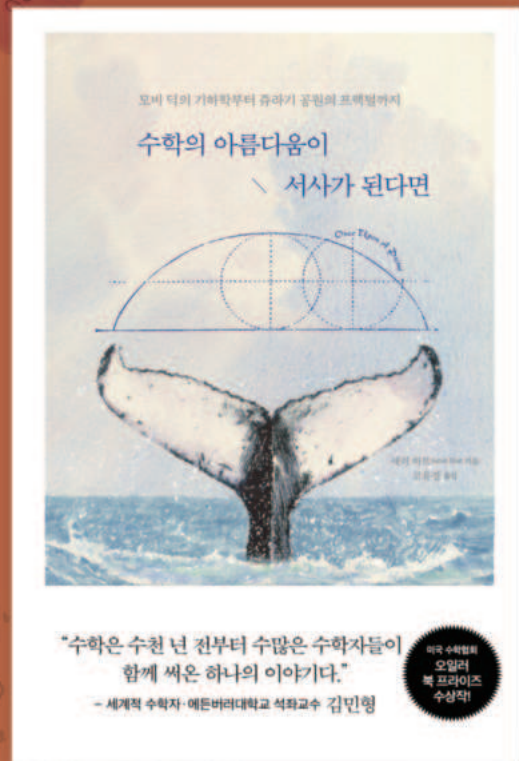
또한 갤럭시 VXL은 이중 변환 모드에서는 최대 97.5%, 특허받은 고효율 모드인 이컨버전^{eConversion}에서는 최대 99% 효율을 달성해 업계 최고 전력 보호 기능을 제공한다. 에너지 절감을 통해 3년 안에 초기 투자 비용을 회수할 수 있으며, UPS 시스템의 탄소배출량도 절반 수준으로 저감했다. 또 리튬이온 배터리와 스마트 전력 테스트 모드^{SPoT}로 전기 사용량을 절감할 수 있다.



흔히 수학을 어려운 공식과 계산의 연속으로 기억한다. 그러나 사실 수학은 세상을 이해하는 또 다른 언어이자 논리적 사고를 키우는 도구다. 특히 우리가 일상에서 접하는 많은 현상과 심지어 문학 작품을 수학으로 설명할 수 있다는 사실을 깨닫게 되면, 수학은 그저 학교에서 배우는 과목이 아니라 흥미로운 탐구 대상이 될 수 있다.

글 우아영 과학 칼럼니스트, <평행세계의 그대에게> 저자

다시 태어나지 않고도 수학을 좋아할 수 있다면



<수학의 아름다움이 서사가 된다면>

새러 하트 지음 / 고유경 옮김 / 미래의창 펴냄

우주는 패턴으로 가득하다. 나뭇잎의 배열, 벌집의 육각형 구조, 행성들의 공전 궤도, 파동처럼 퍼져나가는 물결까지. 인류는 이를 수학의 법칙으로 설명한다. 뉴턴의 고전역학은 물체의 운동을, 맥스웰 방정식은 전자기장을, 아인슈타인의 상대성이론은 중력의 본질을 밝힌다. 수학은 우주의 근본 원리를 이해하는 강력한 도구로, 사물들이 어떻게 배열되고 상호작용하는지 해석한다. 즉 수학은 ‘우주의 언어’다.

문학과 수학, 두 언어의 경계를 넘다

우리는 종종 잊지만, 인간도 우주의 일부다. 그러한 인간이 만들어낸 문학 또한 예외가 아니다. 따라서

문학 속에도 수학적 구조가 자연스레 스며든다.

<수학의 아름다움이 서사가 된다면>은 바로 이러한 수학과 문학의 접점을 탐구하는 책이다. 저자 새러 하트는 현재 영국에서 가장 오래된 수학 교수직인 그레섬 기하학 교수이자, 동시에 영문학을 사랑하는 독자다. 그는 문학을 단순히 언어 예술만이 아니라 수학적 원리와 논리가 담긴 구조적 산물로 본다. 그에 따르면 ‘수학과 문학은 불가분하게 그리고 근본적으로 연결되어 있을 뿐만 아니라 이 연결고리들을 이해하면 두 분야에서 누릴 수 있는 즐거움이 한층 풍성해질 수 있다.’ 그는 우리가 미처

인식하지 못한 문학 속 수학적 요소를 발견하도록 돕는다.

저자는 문학을 집에 비유한다. 먼저 집의 하중을 지탱하는 기둥과 토대. 소설의 구조와 시의 운율 체계 속에 숨어 있는 수학적 구조다. 프랑스의 문학 운동 단체 올리포^{OuLiPo}(잠재 문학 작업실 정도로 해석할 수 있다)는 이를 극대화한 대표적 사례다. 조르주 페렉과 이탈리아 칼비노 같은 작가들은 특정한 수학적 규칙을 설정하고 그 안에서 창작했다. 예를 들어 알파벳 e를 전혀 사용하지 않거나 혹은 모음으로 e만 사용해 소설을 완성하고, 등비수열 법칙에 따라 각 장의 분량을 고정하는 식이다. 이들은 이러한 형태적 제약이 오히려 창조성을 자극한다고 믿었다.

“그노몬 같은 고래의 지느러미”

토대를 세웠다면 이제 집을 꾸미는 장식과 벽지, 카펫을 볼 차례다. 바로 작품에 숨어 있는 수학적 은유다. 많은 작가들이 숫자의 상징적 의미를 활용해 글에 묘미와 깊이를 더했다. 대표적인 예가 하트 교수가 이 책을 쓰게 된 계기인 멜빌의 <모비 딕>이다. 화자인 이슈메일은 고래의 지느러미를 해시계의 ‘그노몬(해시계에 그림자를 드리우는 바늘 부분)’에 비유한다.

“그노몬 같은 지느러미가 일어나 주름진 해수면에 그림자를 드리우면, 지느러미를 둥글게 둘러싼 바닷물이 우아한 물결 모양의 시간 눈금이 새겨진 해시계와 비슷해 보일 수 있다.”

이슈메일, 즉 멜빌은 기하학자의 눈을 가졌던 것이다. 이 외에도 톨스토이의 <전쟁과 평화>, 제임스 조이스의 <율리시스>, 조너선 스위프트의 <걸리버 여행기> 등에 풍부한 수학적 은유가 숨어 있다. 이토록 유명한 작품들이, 놀랍게도 완전히 다른 시각으로 다가온다.

또한 노골적으로 수학적인 주제를 사용하고 때로는 수학자들이 등장인물로 나서는 소설을 통해 수학이 어떻게 이야기의 일부가 되는지 살펴본다. 정사각형이 주인공으로 등장하는 독창적인 수학 소설 <플랫랜드: 다차원의 로맨스>를 비롯해 흥미로운 사례를 소개한다.

위대한 문학과 수학이 주는 미적 경험

“좋은 글과 마찬가지로 좋은 수학에도 구조, 리듬, 패턴이 담겨 있다. 위대한 소설이나 완벽한 소네트를 읽을 때 느끼는 감정, 즉 모든 구성 요소가 조화롭고 완벽하게 어우러진 아름다운 작품에 감탄하는 것은 수학자가 아름다운 증명을 읽을 때 느끼는 경험과 같다.”

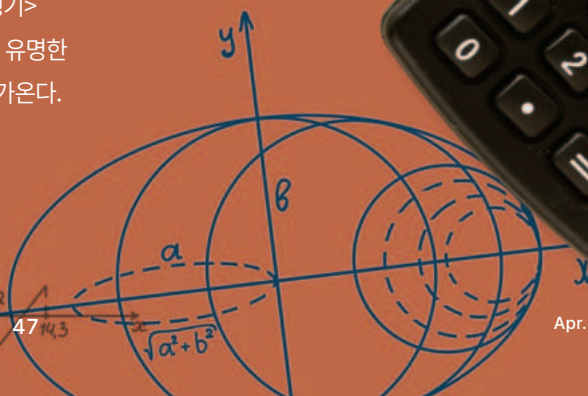
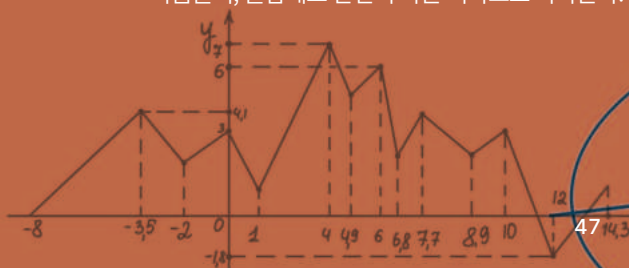
하트 교수는 문학과 수학이 얼마나 유사한 미적 경험을 제공하는지 강조한다. 문학과 수학을 별개로 여겼던 독자라면, 이 책을 통해 수학의 논리적 아름다움과 문학의 감성적 깊이가 어떻게 어우러질 수 있는지 새로운 통찰을 얻게 될 것이다.

어쩌면 이 책을 읽는 데에는 수학에 대한 거부감보다 영문학 작품에 대한 낯섦이 외려 더 큰 장애물일지도 모르겠다. 이에 대한 마음만 활짝 연다면 대단히 신선한 지적 경험을 할 수 있을 것이다. 하트 교수가 서두에서 “이 책을 읽고 나면, 단언컨대, 곧 더 큰 책장을 마련해야 할 것”이라고 했는데, 과연 그 말이 맞았다. 소개된 작품들로 장바구니가 가득 찼다.

#수학과문학

#모비딕

#기하학



<수학이 일상에서 이렇게 쓸모 있을 줄이야>—

클라라 그리마 지음 / 배유선 옮김 / 하이픈 펴냄

50가지 엉뚱한 이야기로 만나는 일상 속

수학 이야기

스페인 세비야대학교 수학과 교수이자, 스페인 최고의 수학 커뮤니케이터로 불리는 클라라 그리마 교수가 수학의 재미를 널리 알리기 위해 쓴 책이다.

이 여정은 두 아들과 나눈 유쾌한 대화에서 비롯됐다. 티셔츠에 그려진 ‘파이’ 기호에 관심을 보이는 아이들에게 ‘무한대’라는 개념을 설명하자, 아이들은 이렇게 반응했다고 한다. “아, 그럼 피자를 ‘파이’자”라고 불러야겠네! 동그랗잖아요.” “무한대라는 건 수학자들이 대충 설명하고 쉬려고 만든 거구나.” 그 순간, 그리마 교수는 수학을 더 쉽게 더 많은 사람들에게 알리고 싶다는 열정을 품었다. 그렇게 ‘마티와 매스어드벤처’라는 블로그가 탄생했고, 이 책으로까지 연결됐다.

그리마 교수는 단언한다. “수학이 재미있는 건 수학이 원래 재미있기 때문”이라고. 수학은 탄탄하고 경이로운 놀이이자, 세상을 설명하는 언어이며, 논리를 정교하게 판단하는 도구이자, 우리가 사는 우주를 이해하는 방법이라고 말이다. 그렇기에 수학을 배우고 즐긴다는 건, 세상을 바라보는 방식을 확장하는 일이다. 내가 품을 수 있는 세상을 넓히는 일인데, 재미없을 리가!

#일상속수학

#쉽게배우는수학

#스페인수학자

<수학 개념 사전> —

사와 고지 지음 / 히로사키 료타로 그림 / 송경원 옮김 / 동양북스 펴냄

눈이 즐거운 수학

완전히 개념에만 집중한 책이다. ‘양수’, ‘사각형’, ‘제곱근’, ‘백분율’, ‘행렬’ 등 하나의 개념이 하나의 소제목을 이루고, 각 개념을 한두 쪽에 걸쳐 명확하게 설명한다. 여기에 더해 개념을 직관적으로 보여주는 강렬한 일러스트를 곁들였다. 단순하면서도 다채로운 색감의 그림들은 보는 재미를 더해준다. 어떤 건 엽서처럼 예뻐서 놀라고, 어떤 건 추상적인 수학적 개념을 이렇게 시각화할 수 있구나 싶어 놀란다. 과학 일러스트로 유명한 잡지 <뉴턴>을 보유한 일본답다.

학교에서 10년 넘게 수학을 배우지만 정작 지수함수가 무엇이고 기하학이 무엇인지 설명하기 어려운데, 이 책을 읽고 나면 ‘아, 그때 배운 지수함수가 이런 뜻이었구나!’ 하는 유레카의 순간을 경험하게 된다. 노이즈캔슬링을 이용한 몰입의 순간이 삼각함수에서 온다는 사실이나, 횡단보도를 대각선으로 건너면 위험한 수학적 이유 등 실생활과 연결된 예시도 가득하다.

이 책은 수학을 어려워했던 이들에게는 신선한 경험을, 수학을 좋아했던 이들에게는 색다른 즐거움을 선사할 것이다. 이제라도 수학과 화해하고 취미로 즐겨보려는 어른들에게 좋은 책이자, 이제 막 수학을 배우기 시작한 자녀와 함께 보면 더 좋은 책이다.

#개념속속

#일러스트수학

#취미수학

유튜브 찾아볼까?



▶ YOU QUIZ ON THE BLOCK EP.268

암 치료 시기부터 예상 수명 계산까지! 수학으로 생명을 구하는 카이스트 교수

2017년 노벨생리의학상은 생체시계의 비밀을 밝힌 과학자들에게 돌아갔다. 하지만 이들조차 풀지 못한 60년 된 난제가 있었다. ‘생체시계는 왜 온도의 영향을 받지 않는가?’ 이 난제를 카이스트 수리과학과 김재경 교수가 수학적 예측과 실험을 통해 해결했다. 김 교수는 지난해 수면과 생체리듬, 팬데믹, 신약 개발 등 수리생물학의 세계를 탐구하는 <수학이 생명의 언어라면>이라는 책도 출간했는데, <유 퀴즈 온 더 블럭>에서 이 흥미로운 수리생물학 연구를 친근하고 쉽게 풀어냈다.

#수리생물학

#김재경

#생체시계

#난제



미적분 차이나는 클라스 231회 JTBC 220227 방송

겉내지 말아요~ ‘움직이는 세상’을 다룬 최초의 수학

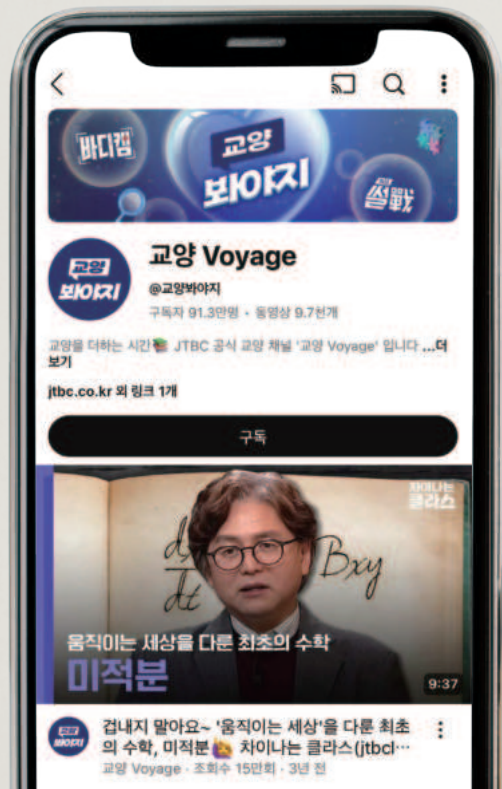
미적분은 세상을 이해하고 미래를 예측하는 강력한 도구다. 수학자 박형주 교수가 ‘움직이는 세상을 다루는 미적분’에 대해 이야기한다. 뉴턴과 라이프니츠의 미적분 발명 논란부터, 먹이사슬에 따른 개체 수 변화, 코로나19 확진자 예측 등 실생활에 활용되는 미적분의 사례까지, 누구나 이해하기 쉽게 풀어냈다.

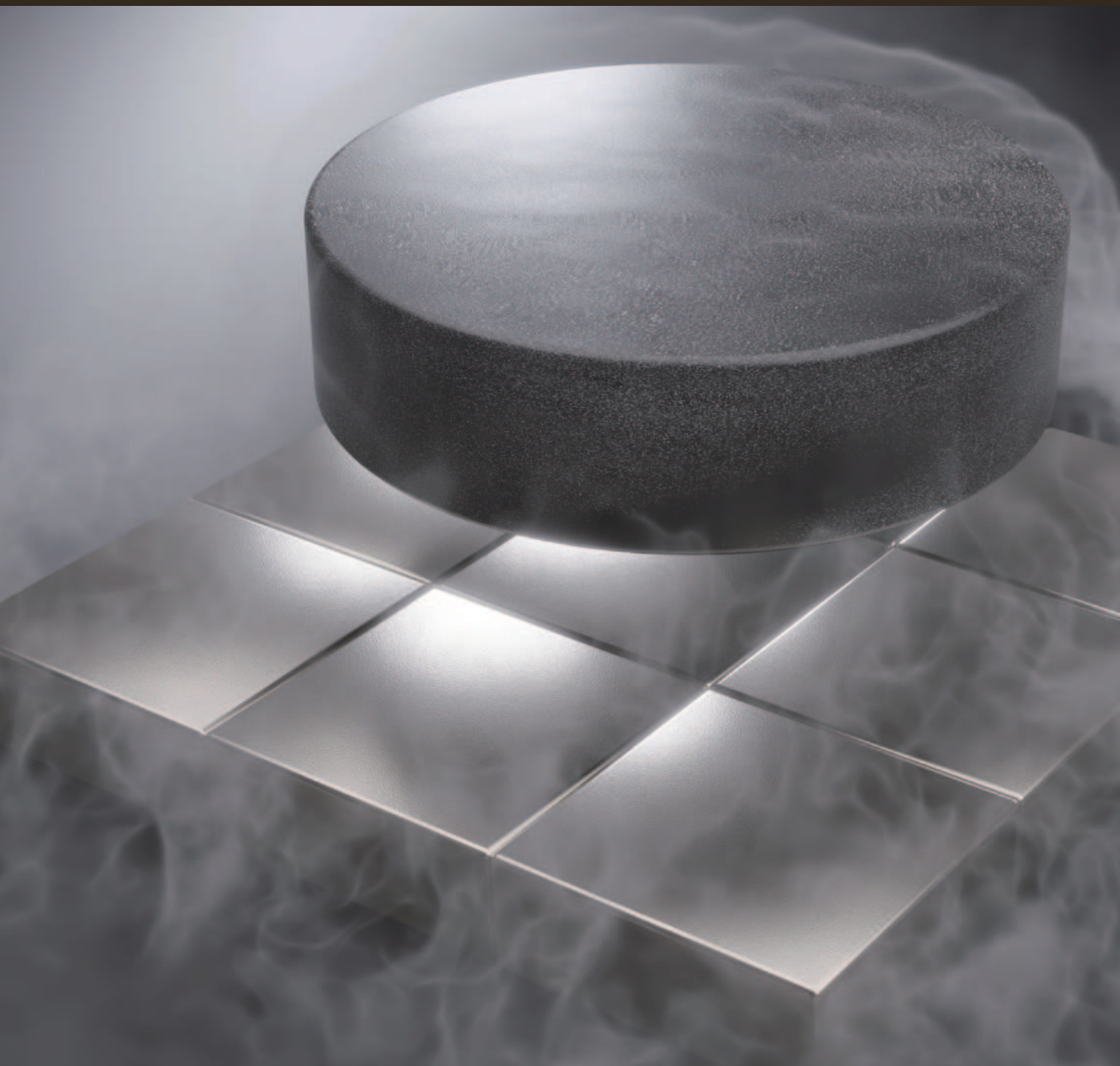
#미적분

#뉴턴

#라이프니츠

#예측





자기부상열차에서 양자컴까지 꿈의 물질 초전도체 인류의 삶 바꾼다



전 세계적으로 양자를 활용한 컴퓨터의
기술개발 경쟁이 치열합니다. 양자역학에서
가장 주목받는 ‘양자컴퓨터’에 꼭 필요한
물체가 초전도체입니다. 초전도체의 쓰임새는
매우 다양합니다. 어떤 분야에서 어떻게
활용되고 있고, 초전도체가 변화시킬 미래의
세상은 어떤 모습인지 살펴보겠습니다.

글 김형자 과학 칼럼니스트

초전도체, 전기저항 사라지고 마이스너 효과 발생

초전도 현상이란 특정한 온도에서 물체의
전기저항이 사라지는 것을 말합니다.
이렇게 전기저항이 완전히 사라진 물질을
초전도체라고 합니다. 초전도체는 두 가지
특성을 가지고 있습니다. 그 하나가 이처럼
전기저항이 아예 없다는 것입니다.

세상에 존재하는 모든 물질에는 전류의
흐름을 방해하는 전기저항이 존재합니다.
열이나 전기를 잘 전달하는 물체인 도체도
전기저항이 있습니다. 우리가 전선을 통해
전기를 흐르게 하면 약간의 전기저항이 있기
때문에 전기에너지가 조금씩 열로 변해
사라집니다.

그러나 초전도체는 전기저항이 ‘영’⁰입니다.
전기저항이 0이 된다는 것은 전기에너지가
이동 중 손실되지 않는다는 뜻입니다. 즉
전기회로에서 전력 손실이 생기지 않고,
저항에 의한 열이 발생하지 않아 에너지가
낭비되지 않는다는 것입니다.

초전도체는 1911년 처음 발견됐습니다.
네덜란드의 물리학자 카메를링 오네스<sup>Kamerlingh
Onnes</sup>가 액체 헬륨을 이용해 절대온도 4.2K
(-268.8°C)의 극저온 상태에서 놀랍게도
수은의 전기저항이 0이 되는 현상을
발견했습니다. 이때 전기저항이 없어지는
온도를 ‘임계온도’라고 합니다. 오네스는 기체
헬륨을 압축해 절대온도 4.2K의 액체 헬륨을
만들어냈습니다. 절대온도 0K(절대영도)는
-273.15°C입니다.

초전도체의 또 다른 특성은 ‘마이스너
효과’입니다. 초전도 현상이 나타나면 물체가
자석 위에 동등 떠오르는 신기한 현상이
나타납니다. 초전도체가 내부의 자기장을



자기부상열차는 초전도체의 특성을 이용한 대표적인 사례다.

밀어내는 성질(반자성^{反磁性})을 갖고 있기 때문입니다. 이 같은 자기 반발을 마이스너 효과라고 합니다.

초전도체 위에 자석을 놓으면 초전도체의 내부 자기장이 세지면서 외부 자기장과 상쇄되는 방향, 즉 자석을 밀어내는 방향으로 자기장을 형성합니다. 이때 저항이 없으므로 내부에서 발생한 자기장이 외부의 자기장과 반발하는 반자성 특성이 사라지지 않아 자기장이 자석을 계속 밀어냅니다. 그 때문에 초전도체와 자석을 가까이 두면 자석이 공중에 뜨게 됩니다.

예를 들어 놀이터의 놀이기구가 자석으로 만들어져 있고 바닥이 초전도체로 되어 있다면 놀이기구가 공중에 둥둥 떠서 움직일 수 있습니다. 또 전자석으로 된 물체가 떠 있는 상태에서 수평력을 가하면 마찰력이 작용하지 않아 적은 에너지로도 엄청난 속도로 이동하는 자기부상열차가 가능해집니다. 마이스너 효과는 1933년 독일의



독일의 물리학자
발터 마이스너

물리학자 발터 마이스너^{Walther Meissner}와 로베르트 오센펠트^{Robert Ochsenfeld}에 의해 발견됐습니다.

100년 넘게 찾고 있는 상온 초전도체
문제는 전기저항이 0이고 마이스너 효과를 보인다는 엄청난 특성을 지녔음에도 초전도 현상이 극저온에서만 이뤄져 실제로 활용하는

데 어려움이 많다는 점입니다. 즉 임계온도가 극저온인 점이 최대 장벽입니다. 임계온도에 도달하려면 값비싼 액체 헬륨이나 액체 질소 등으로 냉각해야 하기 때문에 비용 부담이 매우 큼니다.

지금까지 초전도체의 두 특성은 주로 극저온(-268.8°C, -196°C)에서 관측이 가능했습니다. 액체 질소를 이용하면 -196°C까지 온도를 낮출 수 있습니다. 액체 질소가 공기로 바뀌면서 주위의 온도를 빼앗아가기 때문입니다. -196°C까지 온도가 내려가면 빗처럼 움직이던 전자가 자전거를 타듯 천천히 움직입니다. 액체 헬륨(-268.8°C)을 이용하면 가격이 질소보다 30배나 비쌉니다. 임계온도가 낮을수록 냉각 비용이 많이 듭니다.

이런 이유로 오네스가 초전도 현상을 발견한 이후 많은 물리학자가 100년 넘도록 상온에서 초전도 현상을 보이는 물질을 개발하려는 연구를 지속해왔습니다. 상온 초전도체는 273K, 즉 섭씨 0도 이상에서 초전도 현상을 보이는 물질을 말합니다. 상온 초전도체 개발은 곧 과학계의 숙원이었습니다. 하지만 기술이 너무 어려워 구현이 불가능하다고 생각하는 물리학자들도 있었습니다. 그만큼 상온에서 존재하는 초전도체 발견은 물리학의 난제 중 하나였습니다.

마침내 깬 ‘상온 초전도체’ 벽...

결론은 실패

초전도체 연구는 21세기에 들어서면서 더 진전되었습니다. 2015년 독일 막스플랑크연구소 과학자들은 대기압(1기압)보다 150만 배 강한 압력으로 황화수소를 압축해 -70°C에서 초전도 현상을 구현했습니다. 2019년엔 미국 조지워싱턴대 연구팀이 란타넘¹⁴이라는 원소와 수소를 합성한 란타넘 수소화화물을 통해 200만 기압으로 -23°C에서 초전도 현상을 구현했습니다.

이후 2020년 국제 학술지 <네이처>에 미국 로체스터대의 랑가 디아스 교수가 이끄는 연구팀이 상온인 15°C에서 전기저항이 0이 되는 초전도성을 구현했다는 소식이 전해져 세계의 물리학계가 떠들썩했습니다. 연구팀은 희토류 대신 흔하게 구할 수 있는 수소와 탄소, 황을 광화학적으로 합성해 탄소질 황화수소물을 만든 다음 이 물질을 15°C에서 다이아몬드 모루 사이에 넣고 대기압 267만 배에 이르는 높은 압력을 가해 초전도성을 구현했다고 발표했습니다.

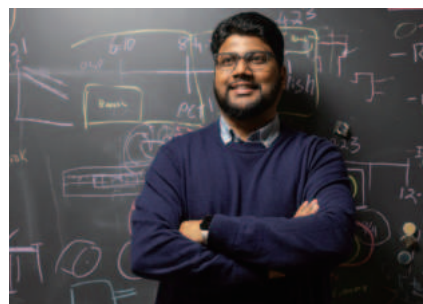
수소는 지구에 존재하는 모든 원소 중 가장 가볍고, 진동에너지가

상대적으로 커서 전자 사이를 묶어주는 힘이 강합니다. 상온 초전도체에는 가볍고 결합이 강한 재료가 필요한데 수소는 이 조건을 만족시키는 이상적인 재료라는 게 디아스 교수의 설명입니다.

디아스 교수팀의 논문 발표 이후 과학계는 본격적인 상온 초전도체 시대가 열릴 거라고 기대했습니다. 이 성과는 그해 <사이언스>지의 10대 과학 성과에도 선정됐습니다. 하지만 2022년 <네이처>는 디아스 교수가 실험 자료를 임의로 수정한 의혹이 있다며 논문을 철회했습니다.

디아스 교수는 2023년 3월 새로운 초전도체를 찾았다며 <네이처>에 다시 논문을 발표했습니다. 희토류 원소인 루테튬¹⁴과 수소, 질소를 넣어 ‘루테튬 수소화물’을 만들고, 이를 상온인 20.5°C에서 대기압 2만 배 압력으로 압착해 3일간 200°C의 고온으로 구웠더니, 전기저항이 0으로 떨어지는 것을 측정했다는 내용입니다. 이전보다 압력은 낮추고 온도는 높인 것입니다.

하지만 당시 논문 저자 11명 중 디아스 교수를 포함해 로체스터대 연구진 3명을 제외한 8명이 <네이처>에 논문 철회를 요청했습니다. “재료의 와 실험 측정 데이터, 분석 방법 등이



초전도체 발견을 주장했던 미국 로체스터대학교의 랑가 디아스 교수

정확하지 않다”며 “이런 문제가 논문의 진실성을 훼손한다”고 밝힌 것입니다. 이에 <네이처>는 2023년 11월 논문을 철회했습니다.

한편 2023년 7월, 국내 쿼텀에너지연구소가 논문 사전 공개 사이트인 ‘아카이브^{arXiv}’에 상압 조건의 127°C 이하 온도에서 초전도성을 갖는 납 기반 물질 ‘LK-99’를 개발했다고 발표했습니다. 하지만 LK-99는 제조 과정에서 생긴 황화구리 등 불순물로 인한 것이며 초전도체가 아니라고 결론이 났습니다. 거의 같은 시기에 한국과 미국에서 초전도체 실체가 없는 것으로 드러난 것입니다.

물론 상온 초전도체가 개발되었다고 해서 곧바로 상용화할 수 있는 것은 아닙니다. 상온에 도달했더라도 압력을 줄여나가는 일이 필요합니다. 지금까지의 상온 초전도체 연구 결과들을 보면 모두 초고압에서 이뤄졌습니다. 압력이 높으면 초전도체의 크기가 작아져 구조를 파악하기 힘듭니다. 따라서 우리가 생활하는 보통 온도(상온)와 압력(대기압)에서 초전도 현상을 보이는 물질을 찾는 게 관건입니다. 그 단계까지 가는 길은 여전히 멀어 보입니다.

상온·상압 초전도체 실현되면 기술 응용 엄청나

만약 일상의 환경인 상온·상압에서 작동하는 초전도체가 구현된다면 과연 어떤 세상이 펼쳐질까요. 많은 분야에서 기술적 혁신이 일어나 우리의 삶 또한 혁신적으로 바뀔 것입니다.

MRI 장치에 쓰이는 극저온 초전도체를 상온 초전도체로 대체하면 비용과 필요한 설비를 크게 줄일 수 있다.

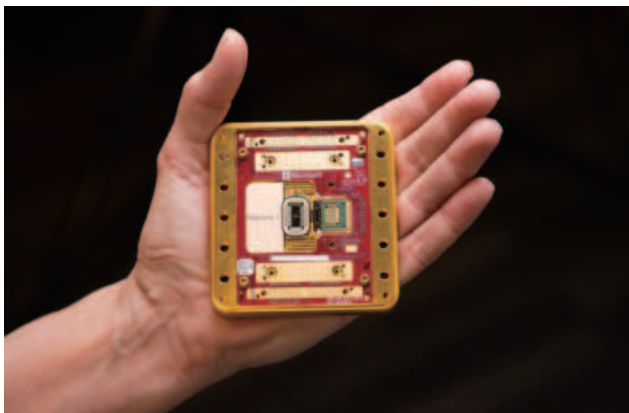


상온·상압의 초전도 물질은 구리 다발이 모여 있는 구리선보다 얇은 초전도선 하나에 훨씬 많은 전류를 흘려보낼 수 있습니다. 따라서 전기기기를 아주 작게 만들어 성능을 극도로 끌어올 수 있습니다. 즉 초전도체 응용의 키워드는 소형화와 높은 성능에 맞춰져 있습니다.

그 첫째가 의료 분야에서 대표적으로 꼽히는 자기공명영상^{MRI} 장치입니다. MRI로 인체 내부를 촬영할 수 있는 것은 초전도선 덕분에 전자석에서 전류가 저항 없이 흘러 강력한 자기장을 만들 수 있기 때문입니다. 이 MRI 장치에 쓰이는 극저온 초전도체를 상온 초전도체로 대체하면 비용과 필요한 설비를 크게 줄일 수 있습니다.

자기부상열차와 같은 새로운 교통수단 시대도 열립니다. 현재의 자기부상열차는 레일에 전자석, 열차 바닥에 초전도 코일이 들어 있습니다. 초전도 코일을 통해 강한 자기장을 얻어 레일과 열차 바닥이 서로 밀어내거나 끌어당기는 현상을 이용한 것인데, 에너지의 대부분을 열차를 부양시키는 데 쓰고 있어서 비효율적입니다. 하지만 초전도체로 직접 레일을 만들면 마찰과 소음이 거의 없으면서 연료 효율이 높은 자기부상열차 제작이 가능합니다.

상온·상압의 초전도체는 디지털 전기기기의 효율성도 획기적으로 향상시킬 것입니다. 휴대폰으로 오래 통화를 하다 보면 열이 많이 납니다. 노트북, 텔레비전, 비디오 등 열을 낼 필요가 없는 가전제품에서도 상당한 열이 발생합니다. 이는 전기에너지의 일부가 열에너지로 전환됨을 의미합니다. 따라서 디지털 전기기기의 재료를 열 손실 없이 전류가 흐르는 초전도체로 대체하면 이런 문제가 말끔히 해결됩니다. 이 밖에도 핵융합



지난 2월 마이크로소프트는 양자 오류와 집적도 한계 등을 해결한 양자컴퓨터 칩 '마요라나1'을 개발했다.

장치, 초전도 모터, 초전도 발전기, 로켓, 반도체 등 초전도 기술의 활용은 무궁무진합니다.

초전도체 소자로 양자컴퓨터 상용화 성큼

최근에는 초고속 컴퓨터인 양자컴퓨터를 만드는 데에 초전도체가 필수로 이용되고 있습니다. 실제로 구글이나 IBM 같은 글로벌 테크기업들이 초전도체를 이용해 양자컴퓨터를 만들고 있다고 밝혔습니다. 또 지난 2월 19일 마이크로소프트^{MS}는 자체 개발한 '토포컨덕터(위상초전도체)'라는 물질을 통해 양자 오류와 집적도 한계 등을 해결한 양자컴퓨터 칩 '마요라나1^{Majorana1}'을 개발했다고 밝혔습니다. 온도·자기장 등 외부 환경 변화에 극히 민감해 오류가 잦고 보정이 어려웠던 기존 칩의 단점을 위상초전도체라는 새로운 물질로 해결함으로써 안정적인 양자 연산이 가능해 양자컴퓨터 시대를 앞당길 것이라는 게 MS 측의 설명입니다.

양자컴퓨터는 기존의 슈퍼컴퓨터가 푸는 데 10억 년이 걸리는 소인수분해문제를 단 몇 초 만에 풀 수 있는 차원이 다른 컴퓨터입니다. 양자컴퓨터를 구현하는 기술은 초전도, 이온트랩, 중성원자 등을 활용하는 방식이 있습니다. 이 가운데 초전도 양자컴퓨터는 현시점에서 기술적으로 가장 앞서 있는 양자컴퓨터로 평가받습니다.

현재의 디지털컴퓨터는 '01'을 표현할 때 0과 1이라는 2개의 비트를 사용합니다. 0과 1의 두 가지 형태로 한 번에 하나의 계산을 수행하는 반면 양자컴퓨터의 기본 정보단위인 큐비트는 0과 1 중 어느 한쪽이

아니라 2개의 상태(01)가 동시에 존재하는 양자역학의 독특한 중첩 현상을 이용하여 정보로 처리합니다.

예를 들어 큐비트 2개는 00, 01, 10, 11 등 4개 값을 동시에 가질 수 있습니다. 큐비트가 표시할 수 있는 정보량이 3개면 8개(2의 3제곱), 4개면 16개(2의 4제곱)의 상태를 동시에 갖습니다. n개의 큐비트는 2의 n제곱만큼 가능하게 되므로, 입력 정보량의 연산 능력이 기존의 디지털컴퓨터와 비교할 수 없을 만큼 빨라집니다.

양자컴퓨터는 큐비트 수를 많이 구현할수록 계산 속도가 빨라집니다. 결국 양자컴퓨터를 제대로 구현하기 위한 핵심은 큐비트의 품질을 높여 오류를 최소화하는 것입니다. 이때 전기회로로 초전도체를 쓰면 큐비트의 안정성이 올라갑니다. 아직 세상에 제대로 완성된 형태의 양자컴퓨터는 등장하지 않았습니니다. 지금의 발전 속도로 봐서 머지않아 등장하지 않을까요?

인류가 꿈의 물질이라고 불리는 상온·상압 초전도체를 언제쯤 언제 될지는 아무도 확실하게 예측할 수 없습니다. 그렇지만 초전도체 연구자들은 그 목표를 위해 여전히 벽돌을 한 장씩 쌓고 있습니다. 그 벽돌 한 장이 한 장의 위치를 뛰어넘어 새로운 건물이 될 수 있는 날이 곧 다가오길 기대합니다.



김형자 과학 칼럼니스트

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

협업을 통한 시너지로 연구의 경계를 확장하다

글 김재우 한국과학기술연구원 전자파솔루션융합연구단 책임연구원

고분자 및 복합 소재는 현대 과학과 기술 발전을 이끄는 핵심 소재로, 다양한 산업 분야에서 널리 활용되고 있다. 고분자는 분자량이 큰 유기물로 이루어진 소재로 가벼우면서도 유연하고 뛰어난 기계적, 열적, 화학적 특성을 지니고 있다. 이 때문에 플라스틱, 고무, 섬유, 코팅제 등 다양한 형태로 사용되며, 최근에는 기능성 고분자와 스마트 소재 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

복합 소재는 두 가지 이상의 물질을 결합해 단일 소재보다 더 향상된 성능을 발휘하는 다기능성 재료다. 탄소섬유 강화 복합 소재, 유리섬유 강화 복합 소재, 나노 복합 소재 등이 대표적인 예다. 이런 복합 소재는 경량성과 강도를 동시에 갖추고 있어 항공우주, 자동차, 전자 소재, 바이오메디컬 분야 등에서 중요한 역할을 한다. 최근에는 나노 소재와의 융합을 통해 고분자 복합 소재의 성능을 극대화하는 연구가 활발하며, 친환경성과 지속가능성을 고려한 소재 개발도 중요한 연구 분야로 자리 잡고 있다.

연구 협업을 통한 통합 시너지 효과

연구 생활을 이어가면서, 연구는 더 이상 개별적인 탐구만으로 획기적인 발전을 이루기 어려운 시대에 접어들었다는 것을 실감하고 있다. 특히 고분자, 나노 필러 및 복합 소재 같은 다학제적 연구 분야에서는 다양한 전문성을 결합해 더 혁신적인 결과를 도출하는 것이 중요하다. 나는 연구 협업을 통해 개별 연구자들의 지식과 기술이 유기적으로 결합될 때, 단순한 합 이상의 시너지 효과를 창출할 수 있다고 믿고 있다.

20년 동안 연구하면서 단순히 협력자를 찾는 것보다 각자의 강점이 조화를 이루도록 협업 구조를 설계하는 것이 중요하다는 걸 깨닫고 있다. 예를 들어, 고분자 복합 소재 연구에서는 소재의 합성과 물성 분석, 응용 분야에 따라 다양한 전문 지식이 필요하다. 이때, 소재 합성 전문가, 이론적 분석을 담당하는 연구자, 실용화 가능성을 평가하는 엔지니어가 협력하면 훨씬 더 의미 있는 연구 결과를 얻을 수 있다.

또한 협업은 연구 방향을 명확히 하고, 새로운 시각을 받아들이는 데 도움이 된다. 서로 다른 배경을 가진 연구자들이 함께 문제를 해결하는 과정에서 예상치 못한 혁신적인

아이디어가 나오며, 이를 통해 연구의 깊이와 폭이 확장될 수 있다. 연구 협업은 단순한 업무 분담이 아니라 연구의 통합적 발전을 위한 필수 과정이라 할 수 있다.

보관 안전성을 대폭 향상한 잠재성 경화제

일액형 에폭시^①는 경화제와 수지를 혼합해 사용하는 방식으로, 혼합 비율 오류나 작업 시간 제한, 경화 불균일성 등의 문제가 자주 발생한다. 또 혼합 후 즉시 사용해야 하며, 잔여량이 낭비되는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 경화제와 수지가 사전에 혼합된 일액형 에폭시^②가 주목받고 있다. 일액형 에폭시는 사전 혼합된 상태로 제공되어 사용이 간편하고, 혼합 과정 없이 작업 시간을 단축하며 품질의 일관성을 보장할 수 있다. 특히 잠재성 경화제를 활용하면 특정 조건(열, 자외선 등)에서만 경화를 시작하도록 제어할 수 있어 보관 안정성을 대폭 향상시킬 수 있다. 하지만 기존 일액형 에폭시는 상온(25°C 이하)에서만 안정성을 유지해 고온에서 보관이 어렵고 화재에 취약한 한계가 있다.

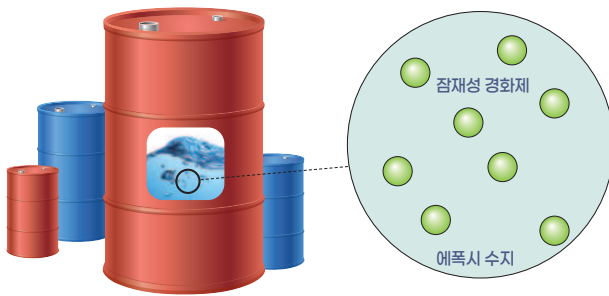
내 연구팀은 성균관대학교 구종민 교수팀과 공동 연구를 통해 이러한 한계를 극복한 ‘에폭시/맥신 일액형 솔루션’을 개발했고, 연구 성과는 국제 학술지 <어드밴스드 메테리얼>^{Advanced Materials}에 게재되었다. 이 솔루션은 에폭시 수지, 고분자 이미다졸 기반 잠재성 경화제 입자, 그리고 이차원 나노 소재인 맥신으로 구성된 혁신적 소재다. 특히,



일액형 에폭시용 잠재성 경화제 합성 사진

- ① 경화제와 수지를 별도로 혼합하여 사용하는 에폭시로, 혼합 후 일정 시간 내에 경화가 시작됨
- ② 경화제와 수지가 이미 혼합된 형태로 제공되어 별도의 혼합 없이 바로 사용 가능하고, 잠재성 경화제가 필요함

일액형 에폭시와 잠재성 경화제의 필요성



빠른 경화
(특정 조건에서)

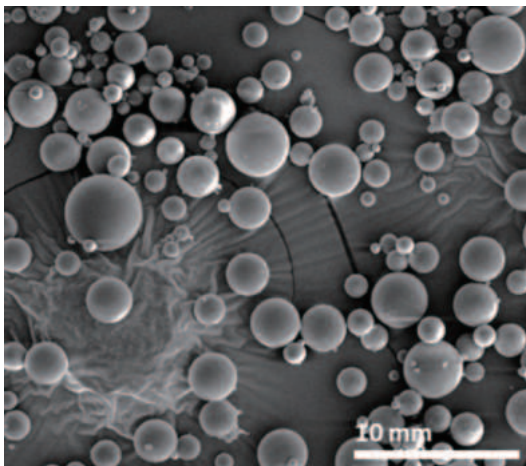


보관 안정성
(20~40°C에서)

**일액형 에폭시를 위해선
잠재성 경화제 개발이 필수적**

공동 연구개발을 통해 물리적·화학적으로 반응성이 억제된 잠재성 경화제를 도입해 60°C의 높은 온도에서도 180일 이상 안정성을 유지할 수 있는 기술이 성공적으로 개발되었다. 기존 제품이 25°C에서 약 40일간 안정성을 유지했던 것과 비교하면 큰 발전이다. 또한 맥신 나노 소재는 기존보다 난연성을 한층 강화하며, 전기전도성과 열적 안정성을 크게 향상시켰다.

난연 성능에서도 주목할 만한 성과를 냈다. 새로운 솔루션은 기존 대비 한계농도지수^{LOI}를 12% 증가시키고, 최대열방출량^{PHRR}을 85% 감소시켜 난연 등급 최고 수준인 V0 등급을 획득했다. 이를 통해 화재에 취약했던 기존 제품의 문제를 획기적으로 개선할 수 있었다. 기계적 물성에서도 인장강도 46%, 충격강도 158%의 성능 향상을 달성하며 안정성과 내구성을 모두 갖춘 소재가 되었다. 두 연구팀은 향후에도 맥신의 높은 전기전도성을 활용해 전자파 차폐 성능과 줄 히팅 특성을 갖춘 복합 소재 개발에도 박차를 가할 예정이다.



합성된 구형 잠재성 경화제의 전계방출주사 전자현미경 이미지

최고 수준의 기계적 물성 달성한 100%

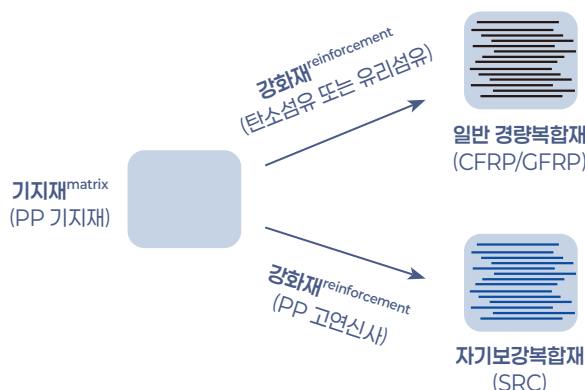
자기강화복합재료

도심형 항공 모빌리티^{UAM}와 같은 미래 이동 수단이 현실화되기 위해서는 연료 효율성을 높이면서 탄소 배출은 줄여야 하는데, 이를 위해서는 우수한 물성을 띠면서 재활용도 가능한 새로운 소재 개발이 반드시 필요하다. 자기강화복합재료^{SRC, Self-Reinforced Composite}는 가격이 저렴하고, 경량성이 뛰어난 뿐만 아니라 강화재와 기지재^⑤가 동일한 성분으로 구성되어 폐기 및 재활용 측면에서 이점이 있다. 이 때문에 항공기 등에 사용되는 탄소섬유강화복합재료^{Carbon Fiber-Reinforced Composite}를 대체할 차세대 복합재료로 주목받고 있다.

나는 한양대학교 김성훈 교수, 전북대학교 김성륜 교수와 함께 폴리프로필렌^{PP, Polypropylene} 고분자 한 종류만을 사용한 100% 자기강화복합재료를 개발하는 데 성공했다. 지금까지는 자기강화복합재료의 제조공정에서 유동성 및 함침성^⑥을 향상시키기 위해 강화재 혹은 기지재에 화학적으로 다른 성분을 혼합해왔기 때문에 물성과 재활용 가능성 모두 떨어지는 문제가 있었다. 공동 연구팀은 4축 압출 공정^⑦을 통해 폴리프로필렌 매트릭스의 사슬 구조를 조절해 용융점, 유동성 및 함침성을 제어하는 데 성공했다.

- ③ 연소에 필요한 공기 중 산소 농도를 의미함. 높을수록 난연성이 우수함
- ④ 소재가 연소할 때 순간적으로 나타내는 열의 총방출량을 나타내고, 낮을수록 난연성이 우수함
- ⑤ 기지재^{matrix}: 혼합 비율에 따라 구성 비율이 상대적으로 가장 높은 재료
- ⑥ 함침성^{impregnation}: 물질이나 기체 등이 다른 물질로 흡수되거나, 침투되거나, 묻혀서 그 안에 흡수되는 것
- ⑦ 4축 압출 공정: 금속, 플라스틱, 나일론 등의 원료를 사용해 3차원 형상의 복잡한 구조물을 만드는 제조 공정으로, 3축 압출과 달리 회전축이 추가되어 길이, 너비, 높이와 함께 회전축도 제어할 수 있음

자기강화복합재료^{SRC}란? 기지재와 강화재가 동일한 강화 복합 소재



SRC의 장점(vs. CFRP/GFRP)

- 동종의 강화재와 기지재 사용으로 생산성 및 재활용 용이
- 원가절감으로 인한 가격 경쟁력
- 저온 충격성 향상

자기강화복합재료 개발은 기능적, 경제적, 환경적 측면을 모두 만족하는 소재 기술

개발된 자기강화복합재료는 접착강도, 인장강도 및 충격 저항성이 기존 연구 결과 대비 각각 333%, 228%, 2700% 향상된 최고 수준의 기계적 물성을 달성했다. 소형 드론의 프레임 소재로 해당 재료를 적용했을 때 기존 탄소섬유강화복합재료 대비 52% 가볍고, 비행시간은 27% 증가해 차세대 모빌리티 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

끊임없는 배움과 새로운 영역으로의 진출

나는 연구자가 끊임없는 배움을 통해 스스로를 확장하고, 기존의 한계를 넘어서는 때 비로소 의미 있는 성장을 이룰 수 있다고 믿는다. 연구를 하다 보면 익숙한 영역에서 안정적인 성과를 내는 것이 중요하다고 생각될 때가 많지만, 나는 오히려 새로운 분야의 도전을 통해 더 깊이 있는 연구를 수행할 수 있다고 믿는다. 지금까지 고분자 및 복합 소재를 연구하면서도, 여기에 스마트 기능을 더할 방법을 고민하고, 새로운 개념의 재료를 탐색하는 과정에서 항상 새로운 배움의 필요성을 절감해왔다.

특히 최근 연구하고 있는 스피로피란 기반의 비트리머 소재는 내가 기존에 다루던 복합 소재와는 다른 특성이 있지만, 이러한 도전이 오히려 연구의 폭을 넓히는

계기가 되었다. 한 분야에서 쌓아온 지식을 바탕으로 새로운 시스템을 탐색하고, 서로 다른 개념을 융합하는 과정에서 예상치 못한 시너지가 발생하는 것을 경험하며, 연구에서의 배움은 끝이 없다는 사실을 다시금 깨닫고 있다.

앞으로도 나는 특정 연구 분야에 안주하지 않고, 지속적으로 새로운 영역에 도전하며 연구의 경계를 확장할 것이다. 이를 위해 다양한 학문과 기술을 융합하는 데 주저하지 않고, 적극적인 협업과 학습을 통해 한층 발전된 연구를 수행할 것이다. 연구자로서의 성장과 더불어, 이러한 도전이 결국 더 의미 있는 과학적 발견으로 이어질 것이라 굳게 믿고 있다.



김재우 한국과학기술연구원 전자파솔루션융합연구단 책임연구원

서울대학교에서 학사 및 석사 학위를 취득한 후, 퍼듀대학교 화학공학과에서 박사학위를 받고 코넬대학교에서 박사후 연구원 과정을 수행했다. 현재 한국과학기술연구원 전자파솔루션융합연구단 책임연구원으로 재직 중이다. 지난 20여 년간 고분자 합성, 구조-물성 상관관계, 접착성 강화재, 자기강화복합재, 극한 환경 대응 소재 등 다양한 소재 분야에서 연구를 수행하며 전문가로 성장해왔다.

소재 중심 디자인으로 지속 가능한 미래를 꿈꾼다

신태호 랩엠제로(주) 대표

물질이 미래를 만든다. 철의 발견은 인류 역사의 분수령이 되었고, 플라스틱은 고작 100년 만에 인류 생활을 완전히 바꿔버렸다. 신태호 랩엠제로(주) 대표는 소재에 깃든 가능성을 보고 디자이너 생활을 정리하고 회사를 창업했다.

현재는 신소재 ‘그래핀’을 통해 지속 가능한 미래를 꿈꾸고 있다. 그가 디자인하는 미래는 어떤 모습일까. 신태호 대표를 만나본다.

글 김승호 사진 이승재

랩엠제로는 어떤 회사인가요?

랩엠제로는 소재를 연구하고, 그 소재를 기반으로 제품을 만드는 기업입니다. 크게 소재 연구개발과 제품 서비스 두 가지 파트로 나뉘어 있어요. 현재 연구하는 그래핀이라는 소재는 잠재성이 크고 응용 범위가 넓어서 다양한 제품으로 개발 중입니다.

랩엠제로가 추구하는 소재 중심 디자인이 궁금합니다.

소재를 먼저 연구해서 가능성을 발견하고 실생활과 연결하는 방식입니다. 목표를 먼저 생각한다기보다 소재 연구의 결과물을 토대로 제품을 만드는 거예요. 일반적으로는 제품을 기획하고 디자인과 소재를 선택하잖아요. 저희는 순서가 바뀐 거죠.

예를 들어, 저희가 연구개발한 소재 중에는 항균성이 뛰어난 그래핀 복합 소재가 있습니다. 이를 활용해 공기 살균 제품을 만들면 좋겠다는 아이디어에서 제품을 개발하게 되었죠. 앞으로도 이러한 방식으로 제품군을 지속적으로 확장해나갈 계획입니다.

소재 중심의 디자인을 추구하게 된 특별한 계기가 있나요?

2011년에 한국디자인진흥원에서 진행하는 차세대 디자인 리더 프로젝트에 참여한 적이 있어요. 소재 연구부터 전시까지 도움을 받을 수 있었는데, 당시 저는 한지로 의자를 만들어서 ‘100% 디자인 런던’ 박람회에 참가했어요. 그게 저에게는 전환점이 되었습니다. 왜냐하면 그전까지 소재 선택은 디자인 과정 마지막 부분의 일이라고 생각했어요. 그런데 다른 방식으로 제품을 디자인하고 만들어본 거죠.

옛날에 ‘지갑’이라고 한지로 만든 갑옷이 있었대요. 전통 문헌에서 그것을 발견하고 활용해보아야겠다고 생각했죠. 한지 장인분들과 함께 여러 실험을 통해 결국 사람이 앉을 수 있는 강도의 의자를 완성했어요. 실험에 성공해서 박람회 전시도 한 거고요.

‘소재와 디자인을 통해 미래를 제시한다’는 슬로건으로 회사를 소개하고 있는데요. 그 미래는 어떤 모습일까요?

지속 가능한 미래입니다. 여러 해석이 있을 수 있는데, 제가 생각하는 지속가능성은 현상 유지가 아니라 끊임없는 움직임을 통해 변화를 만드는 거예요. 회사 내부에서도 “우리 미래상은 지속 가능하면서 진보하는 미래다”라고 비전을 공유하고 있어요. 바다를 멀리서 보면 수평선으로 보이는데 가까이서 보면 끊임없이 파도가 치잖아요. 그 안에서 순환하고 움직이고 변화하고 있어요. 그게 저희가 생각하는 미래고 그 목표를 위해서 제품으로 서비스하는 거예요.



사실, 소재에 관심을 가지다 보면 자연스럽게 친환경과 연결될 수밖에 없다고 생각합니다. 결국 소재가 근간이잖아요. 이 소재를 통해 선순환되어야 한다고 생각해요. 쓰고 버리는 것에서 끝나지 않고 그다음까지 연결돼야 할 것 같아요.

랩엠제로는 원천 소재인 ‘산화 그래핀’을 활용해 제품을 생산하는 점이 특징적인데요. 많은 소재 중에 그래핀을 선택한 이유가 궁금합니다.

제가 디자이너 생활을 정리하고 영국의 대학원에 진학했어요. 아무래도 한국보다 유럽에서 소재 연구가 더 활발하게 이루어지기 때문이죠. 저는 왕립예술대학에서 공부했는데, 이 학교는 디자인과 기술을 융합해 사업으로 연계하는 프로젝트가 매우 활발한 곳입니다.

그렇게 영국에서 공부하다가 황기병 박사를 만났어요. UCL에서 박사 과정을 마친 친구인데, 그 친구가 그래핀 기술을 소개해줬어요. 그래핀과 이산화타이타늄이라는 소재의 결합 기술이었고 저는 그걸 가지고 졸업 논문 작업을 진행한 거죠. 그 인연이 이어져 함께 한국에 돌아와 사업 아이템을 개발한 겁니다. 그 친구는 현재 우리 회사의 CTO를 맡고 있어요.

현재 랩엠제로가 주력 연구하는 그래핀 복합 소재는 무엇이고, 어떤 제품으로 활용하고 있나요?

그래핀은 그대로 쓸 수 있는 게 아니라 복합 소재로 써야 해요. 현재 저희도 굉장히 다양한 물질로 복합 소재를 연구개발하고 있어요. 저희뿐만 아니라 다른 그래핀 회사들도 마찬가지일 겁니다. 어떤 물질과 어떻게 혼합해서 어떻게 변형할 것인가. 여기에 대해서는 각자 고유 기술을 가지고 있는 거죠.

어쨌든 그래핀을 활용하려면 기능화해야 해요. 저희는 항균성을 중점으로 보고 있어요. 그래핀은 강도도 높고 열전도성, 전기전도성도 좋아요. 그래핀 개발 회사들은 주로 전도성 기능 쪽을

그래핀 그래핀은 탄소 원자가 벌집 모양의 육각형 형태로 연결돼 2차원의 평면 구조를 이루는 물질이다. 매우 얇고 투명하며 화학적 안전성과 전기전도성이 뛰어나다. 특히 신축성이 좋아서 늘이거나 접어도 전기전도성을 잃지 않기 때문에 차세대 신소재로 각광받고 있다.

산화 그래핀 그래핀 표면에 산화를 일으켜 만든 물질이다. 탄소 결합 사이에 산소가 끼어들어 그래핀에 산소가 붙어 있는 형태를 말한다. 그래핀과 달리 물에 잘 녹고 생분해가 가능한 특징이 있다.



신 대표가 이끄는 랩엠제로는 그래핀 복합 소재를 이용해 항균성을 잘 살릴 수 있는 생활용품 위주로 제품을 만들고 있다.

연구개발하죠. 저희는 오히려 항균성을 중점으로 개발해서, 이 기능을 잘 살릴 수 있는 생활용품 위주로 제품을 만들고 있어요.

랩엠제로 그래핀 생산기술의 차별점은 무엇인가요?

최적화 공정입니다. 그래핀은 생산하기 까다로운 소재예요. 공정이 까다롭다 보니 시장이 확 열렸다고 말하기 어려운 단계고요. 현재 개화 단계라고 보고 있어요. 그러니까 그래핀 품질을 균일하게 유지하면서 생산할 수 있는냐가 관건이에요. 저희는 최적화 공정을 통해 원하는 품질까지 생산할 수 있어요.

그래핀이 수천, 수만 층이 쌓여 있는 게 흑연인데요. 그걸 1~5레이어의 나노 단위로 분리하는 게 기술의 핵심이에요. 수십 층, 수백 층까지는 분리가 쉬운데 나노 단위 분리는 까다로워요. 분리할 때 산화 과정을 거치는데, 온도 조절, 산화제 등 공정 레시피가 복잡해요.

R&D에서 상용화까지의 길이 쉽지 않지만, 랩엠제로는 소재 연구개발부터 제품 생산까지 전 단계에 관여하고 있어요. 특별한 이유가 있나요?

실현화가 더 수월합니다. 제품 개발 리소스를 가지고 있기 때문에 실증 작업이 더 쉬운 편이에요. 보통 산업용 소재는 실제 적용까지 많은 단계를 거쳐야 합니다. 계속 연구개발만 하다가 회사가 성장하지 못할 수 있는데, 전 단계를 담당하면 여러 단계를 밀접하게 진행할 수 있죠.

그렇게 되면 역으로 여러 산업에 더 쉽게 활용할 수도 있어요. 검증된 소재는 오히려 적용하기 더 쉽거든요. 예를 들어 우리 조명 제품을 보고 대기업 1차 벤더사에서 연락이 올 수도 있고, 실제로 그런 성과도 나오고 있고요.

신소재 기술 분야 창업을 꿈꾸는 이들이 갖춰야 할 소양과 자질이 있다면 무엇일까요?

계속 시도하는 자세가 필요할 것 같아요. 특히 소재 분야는 한 번의 시도로 성과가 나는 게 굉장히 어렵다고 생각해요. 다양하게 시도하고 조절하며 방향성을 잡아야 하는 거라서요. 그래서 저는 요즘 최적화라는 단어를 좋아해요. 한정된 자원이라 실패도 한정된 실패일 테니까요. 어떻게 하면 더 나은 성공을 위한 실패가 될 수 있을까 고민하고 있습니다. R&D에서는

신태호 대표는 누구

대기업 디자이너로 5년 정도 일하다가 소재에 갖든 가능성을 보고 영국 유학길에 올랐다. 영국 왕립예술대학에서 석사 과정을 밟으며 '소재로 미래를 제시한다'는 생각이 확고해졌다. 영국에서 황기병 박사와 소재를 공동연구했으며, 함께 한국으로 돌아와 랩엠제로를 설립했다. 현재 친환경 브랜드 이미지 구축과 소재 연구개발에 힘쓰고 있다.

자유로운 사고가 필수적인 것 같아요. 예를 들어, A를 활용해 B를 만들고 싶다고 할 때, R&D의 핵심은 단순히 가장 빠른 길을 찾는 것이 아니라는 생각이 들어요. B에 도달하는 방법은 하나가 아니라 여러 가지가 있을 수 있으니까요. 그런 다양한 가능성을 탐색하는 것이야말로 R&D의 본질인 것 같습니다.

마지막으로 신 대표님과 랩엠제로의 향후 목표를 말씀해주세요.

제 목표는 랩엠제로가 창의성과 최적화 사이의 밸런스를 맞추면서 지속 가능한 기업으로 성장하는 겁니다. 그리고 랩엠제로의 목표는 소재를 통해 미래를 먼저 제시하고, 주위 사람이 함께 갈 수 있는 길을 만드는 거예요. 어떻게 보면 사회를 변화시키고자 하는 기업 정신이고, 혹은 개혁 의지일 수도 있겠죠.

2025년도 산업기술진흥 유공 및 대한민국 기술대상 포상계획 공고

산업기술의 중요성에 대한 국민적 공감대를 형성하고 산업기술인의 사기 진작과 위상 제고를 위해 우수한 혁신 기술 개발과 실용화에 공이 큰 기술인과 기업(기관)을 대상으로 포상을 실시하고자 하오니, 해당하는 기업(기관) 또는 개인께서는 신청해주시기 바랍니다.

포상 개요

산업기술진흥 유공 산업기술의 중요성에 대한 국민적 공감대 형성과 우리 기술의 우수성 홍보를 위해 산업기술진흥과 신기술 실용화 부문 유공자 포상

대한민국 기술대상 기술 성과가 뛰어나고 국내 산업에 미치는 파급 효과가 큰 우수 기술을 개발한 기업, 연구소, 대학 등에 대한 정부 시상

포상 규모

2025년 정부포상(시상) 규모-훈격은 행정안전부와 협의를 통해 확정

산업기술진흥 유공 산업기술진흥부문(기술개발 및 혁신성과) 23점, 신기술 실용화 부문(실용화 및 판로지원) 49점, 총 72점

대한민국 기술대상 대통령상 2점, 국무총리상 4점, 산업통상자원부장관상 10점 등 총 16점

신청 자격

산업기술진흥 유공

· 산업기술진흥부문(기술개발): 산업부 중점 투자 R&D 분야 관련 신규 기술 개발에 공이 큰 자

· 산업기술진흥부문(혁신성과): 개발이 종료된 기술혁신 효과 및 사업화 성과 창출에 기여한 자

* (기본자격) 수급기간 최소 5년 이상(장관표창은 3년 이상), 소속기업(기관)/관련 기관(학회·협회) 등의 추천을 받은 자

** 기타 상세 자격은 공고문 참조

· 신기술 실용화 부문(실용화): 신기술제품인증을 통해 신기술제품개발 및 사업화 및 실용화 기여자(대표, 임직원 등)

· 신기술 실용화 부문(판로지원): 신기술제품인증 기업 중 신기술 제품개발, 사업화 및 실용화 기여 기업

대한민국 기술대상

기술적 성과가 뛰어나고 국내 산업에 파급효과가 큰 우수 신기술, 제품을 개발한 기업, 연구소, 대학 등

신청 방법

신청 서류: 신청양식은 관련 기관 홈페이지 등에서 내려받아 작성

산업기술진흥 유공, 대한민국 기술대상

산업통상자원부(<http://motie.go.kr>), 한국산업기술기획평가원(<https://www.keit.re.kr>) 홈페이지

신기술실용화 유공

국가기술표준원(www.kats.go.kr), 한국신제품인증협회(www.knep.or.kr), 한국산업기술진흥협회(www.koita.or.kr), 한국자원순환산업진흥협회(www.ripa.or.kr) 홈페이지

정부포상업무지침(2024.1.1. 시행)

대한민국 상훈(www.sanghun.go.kr) 홈페이지

제출 서류: ①신청서 ②동의서 ③추천서 ④수상이력서 ⑤공적조서 ⑥기타 증빙자료(사업자등록증 사본, 회계감사 보고서, 기타 증빙서류)

* 서식은 공고문 별첨 확인

** 한국산업기술기획평가원으로 신청하는 산업기술진흥 유공의

‘산업기술진흥부문’과 ‘대한민국 기술대상’은 온라인 접수만 가능(우편 불가)

신청 기간, 신청 자격, 평가기준 등 자세한 공고 내용은 산업통상자원부, 한국산업기술기획평가원 홈페이지를 통해 공고문을 반드시 확인하시기 바랍니다.

독자 퀴즈의 정답을 맞춰주세요!

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

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

20명 증정

퀴즈 정답자
모바일 쿠폰 교환권



○○○○은 우리가 일상에서 경험하는 거시적 세계를 다루는 물리법칙과는 다른 방식으로 세상이 작동하는 원리를 설명하는 물리학 분야다. 예를 들어 일반적인 물리학에서는 물체를 위로 던지면 중력에 의해 떨어지며, 해당 물체의 시간에 따른 위치는 뉴턴의 법칙을 활용해 정확하게 예측할 수 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 773022 718000
ISSN 3022-7186

