

# Tech Focus

Jan. 2025

Vol. 15



## Focus Story > Flow

미래가 더 주목되는  
스마트센서

## Changing Tomorrow > Best Practice

원자현미경 선두 주자,  
나노 세계를 혁신하다

## One More Tech > Tech for 어스

편의점에서 화장실을  
판다고?

## R&Dism > 슬기로운 기술 생활

일상에서 탄소중립 실천하는  
기후테크



<테크 포커스>  
웹진 보기  
매월 10일 오픈

# Tech Focus

Jan. 2025

<테크 포커스> 웹진에서 1월호 기사를 확인하세요! [techfocus.kr](http://techfocus.kr)

Vol. 15



## Focus Story

2

### Infographic

IT's Hot, 스마트센서는 지금!

4

### History

키워드로 보는 센서의 간략한 발전사

8

### Film&Tech

영상 속 첨단 센서들

10

### Flow

미래가 더 주목되는 스마트센서

16

### Fall in tech

지능형 시스템으로 진화하는 스마트센서

22

### Keitoon

일상 속 스마트센서

## Changing Tomorrow

24

### Best Practice

파크시스템스㈜

원자현미경 선두 주자, 나노 세계를 혁신하다

28

### R&D Project

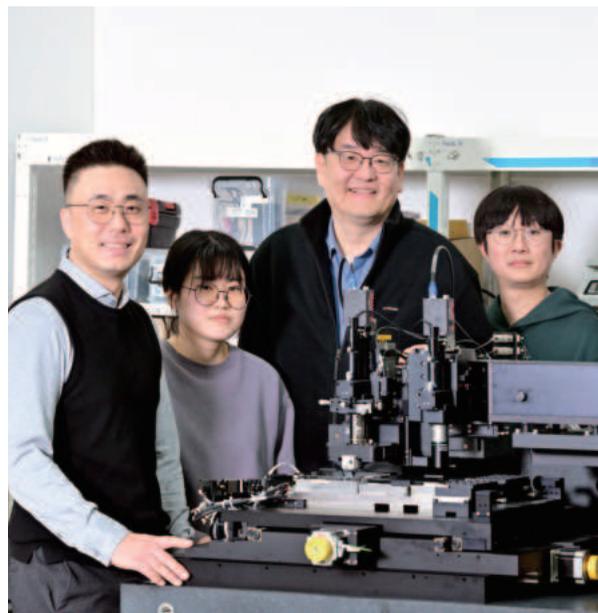
㈜두크

더욱 안전하고 믿을 수 있는 소방펌프

32

### Alchemist Diary

AI 기반 초임계 소재 개발로  
미래 모빌리티 시장 선점 나선다



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2025년 1월 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(053-718-8567) 잡지등록 대구동, 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

48

슬기로운 기술 생활

일상에서 탄소중립 실천하는 기후테크

54

공학자의 시선

뇌공학이 바꿀 인류의 미래

58

잡 인사이드

황선희 큐렉소(주) 재활로봇팀 책임연구원

의료용 로봇이 만드는 편리한 의료서비스 환경

-

62

톡소리단 활동 소감

64

Notice

독자 퀴즈

36

R&D Sense

#초임계 소재

37

R&D Policy

더 나은 미래를 위한 R&D

## One More Tech

40

Tech for 어스

편의점에서 화장실을 판다고?

44

키워드 산책

미지의 세계, 우주



스마트센서가 디지털 대전환 시대를 맞아 전 산업 분야에 걸쳐 막강한 영향력을 미치고 있다. SoC<sup>System on Chip</sup>

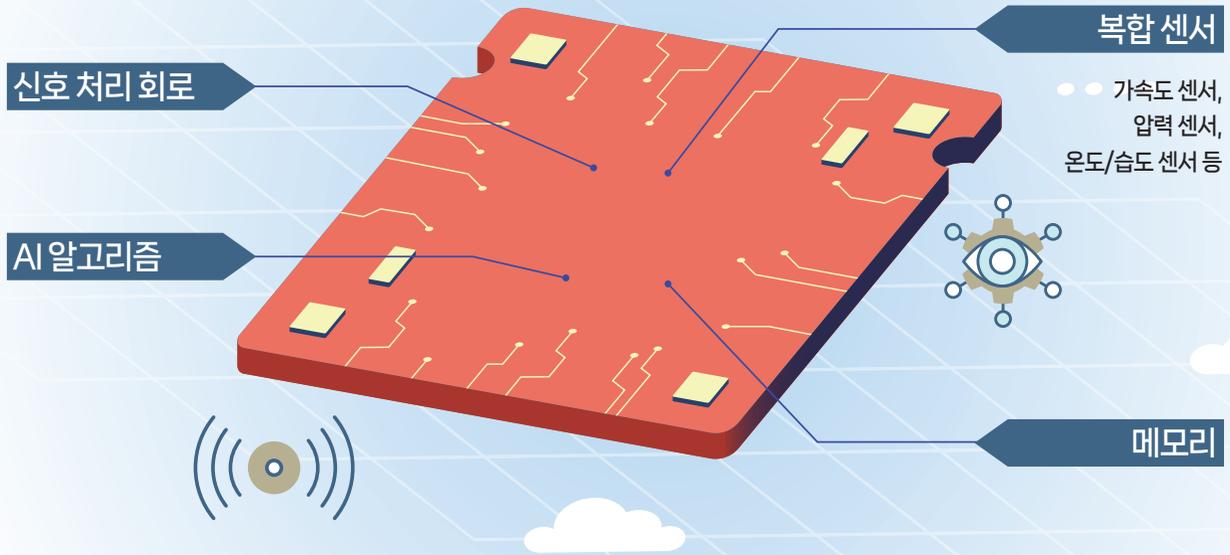
기술을 접목해 데이터 처리, 저장, 자가 진단, 통신 등의 기능을 수행함으로써 대상을 감지하고 반응하게끔 한다는 점에서 사물인터넷<sup>IoT</sup>의 핵심 요소로 자리 잡고 있다.

# IT's Hot, 스마트센서는 지금!

## 스마트센서 칩의 구성 요소

**신호 처리 회로** 압력, 온도 등의 감지 요소가 발생하면 전기적 신호를 생성하거나 변화시킨다. 이렇게 생성된 전기적 신호는 센서 내부의 신호 처리 회로에 의해 처리된다. 이 회로는 일반적으로 노이즈를 제거하고 신호를 필터링해 정확한 감지를 보장한다.

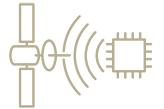
**복합 센서** 자율주행 자동차, 로봇, 무인항공기, 스마트폰 등 다양한 사물에 탑재되는 스마트센서는 크기가 작을수록 유리하다. 이에 따라 센서의 크기는 점점 작아지고 있으며, 다수의 센서 기능을 하나로 통합한 융복합 센서 기술로 진화하는 추세다.



**시알고리즘** 스마트센서는 센싱 기능과 더불어 통신, 데이터 처리 및 인공지능 기능까지 갖췄다. 상황 인식, 분석, 추론이 가능한 인공지능 알고리즘이 추가되어 센서에서 생성되는 데이터를 실시간으로 처리 및 즉각 현장에 반영할 수 있다. 이러한 지능형 알고리즘을 탑재한 스마트센서 기술은 스마트기기, 스마트홈, 스마트카, 스마트팩토리, 스마트시티 등의 다양한 스마트 IT 융합 플랫폼에 적용돼 4차산업혁명 시대의 지능형 IoT 및 AI 서비스 구현을 가능하게 하는 핵심 기술이 된다.

**메모리** 메모리 반도체는 데이터의 저장과 기억을 담당한다. 각자 위치에서 감지된 주변 사물 및 여러 상황들이 메모리 반도체로 정보를 전달한다.

자료: 한국전자통신연구원

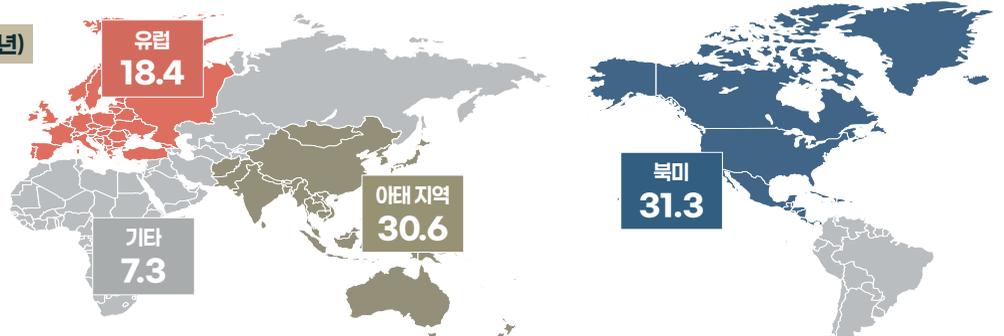


## 스마트센서 시장 전망

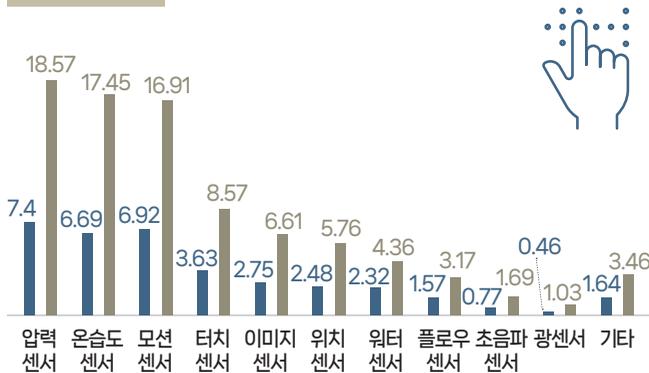
세계 및 국내  
단위: 십억 달러, %



지역별 전망치(2025년)  
단위: 십억 달러

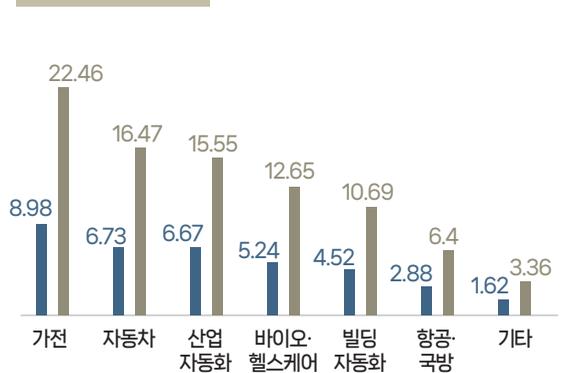


타입별(글로벌) 2020 — 2025 — 단위: 십억 달러



자료:마켓앤마켓

산업 분야별(글로벌) 2020 — 2025 — 단위: 십억 달러



## 스마트센서 관련 주요 기업 현황

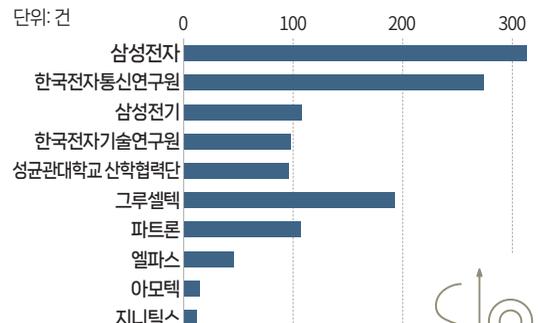
미국 | 퀄컴, 아날로그 디바이시스, 텍사스 인스트루먼트, 인벤센스, 허니웰, 시냅틱스 등

유럽 | 보쉬, ST 마이크로 일렉트로닉스, 인피니온 테크놀로지스, TE커넥티비티 등

일본 | 소니, 티디케이 등

자료: 한국전자정보통신산업진흥회

## 스마트센서 기술의 국내 주요 특허 출원인



자료: 나이스디앤비

# 키워드로 보는

## 센서의 간략한 발전사

기계가 세계를 인식하고 그에 맞춰 반응하기 위해  
반드시 필요한 것이 센서<sup>Sensor</sup>다.

인공지능<sup>AI</sup> 시대를 맞아 그 중요성이 더욱  
커지고 있는 센서는 의외로 오래전부터 존재해왔다.  
현대 센서 문명의 주춧돌을 놓은 것들은  
과연 무엇일까?

글 이동훈 과학 칼럼니스트

수은을 이용한 온도계 덕분에 인류는 정확한 온도 측정이 가능해졌다.

센서는 외부의 물리적 현상을 감지해 출력 신호로 바꾸는 기기다. 즉 빛, 무게, 속도, 온도, 압력 등의 현상을 감지해 사람 또는 기계가 객관적으로 알아볼 수 있게 보여주는 것이다. 센서는 인공적인 것만 있는 게 아니다. 사람을 포함한 모든 생물의 몸에도 있다. 흔히 말하는 오감(시각·미각·후각·촉각·청각)이 바로 그것이다. 생물의 감각기관은 객관적 수치로 측정값을 출력할 수 없다. 그러나 생물들은 이러한 감각기관을 사용해 외부의 상황을 신경 신호로 바꿔 인지하고 그에 맞게 대응할 수 있다.

*Keyword 1.*

**해시계**

해시계야말로 가장 원시적인 인공 센서 중 하나라고 할 수 있다. 알다시피 해시계는 빛과 그림자를 이용해 시간을 알려주는 도구다. 시각이 적힌 판 그리고 지구 자전축과 평행한 각도로 세워진 시곗바늘로 이뤄져 있다. 햇빛에 의해 시곗바늘이 시각판에 그림자를 드리우면, 그 그림자의 끝이 가리키는 위치를 보고 시각을 알 수 있는 원리다. 물론 같은 자리의 하늘에서도 태양이 지나가는 길은 매일 조금씩 바뀐다. 하루 중 태양이 떠 있는 시간도 매일이 다르고, 일출 시간과 일몰 시각도 그렇다. 그 때문에 정밀한 해시계를 만들려면 상당한 수준의 지구과학 및 천문학에 대한 지식 축적이 선행돼야 한다.



해시계는 인류 최초의 인공 센서였다. 우리나라의 해시계 양부일구.

현재까지 알려진 가장 오래된 해시계는 기원전 1500년경 고대 이집트 및 바빌로니아에서 사용된 것이다. 이후 16세기 유럽에서 기계식 시계가 발명될 때까지 해시계는 무려 3000년 이상을 시계 업계의 표준으로 군림했다. 즉 그 시간 동안 인류는 최초의 시간 센서인 해시계에 의존해 시간 정보를 감지하고 공유하며 효율적 공동생활을 유지할 수 있었던 것이다.

*Keyword 2.*

**수은 온도계**

인간의 생활에 매우 큰 영향을 주는 요소 중 하나가 기온이다. 당장 기온에 따라 인간은 옷차림과 냉난방을 달리해야 한다. 하지만 이 기온을 어떻게 정확히 재느냐는 인간이 풀지 못한 오랜 숙제였다. 인류는 온도에 따라서 여러 가지 물질의 물성이 변하는 것을 발견, 이를 온도 계측에 활용하려고 했다. 그러다가 서기 17세기 들어 수은에 주목하기 시작했다. 수은은 어는점 -38.83°C, 끓는점 356.73°C인 금속이다. 즉 상온에서는 언제나 액체 상태다. 게다가 팽창률이 크며, 온도가 변해도 팽창률이 거의 일정하다. 당대의 연구자들은 이러한 수은의 특성에 주목했다. 수은의 부피 변화를 통해 온도를 나타내는 온도계를 구상한 것이다.

여러 시행착오를 거쳐 18세기인 1717년 폴란드 출신 연구자 다니엘 가브리엘 파렌하이트가 수은을 사용한 온도계의 상용화에 성공했다. 이 온도계는 그 이전까지 사용하던 알코올 기반 온도계에 비해 성능이 우수해 상업적으로 큰 성공을 거뒀다. 파렌하이트가 창안한 화씨 온도 단위(물이 어는점을 32°F, 끓는점을 212°F로 설정)도 이 온도계와 함께 유럽 각지에 전파됐다. 물론 현재는 화씨 단위보다는 1742년 스웨덴의 안데르스 셀시우스가 창안한 섭씨 단위(물이 어는점을 0°C, 끓는점을 100°C로 설정)가 국제적으로 더 많이 쓰이고 있다.

수은 온도계는 안전 문제가 있다. 인체에 유해한 중금속인 수은을 사용하고, 외장은 잘 깨지는 데다 날카로운 파편을 발생시키는 유리다. 그 때문에 요즘은 예전만큼 널리 사용되지는 않는다. 그러나 수은주(水銀柱)라는 말을 기온을 가리키는 또 다른 표현으로 자리 잡게 할 정도로 한때 절대적 위치를 차지했다.



수는 사용 기압계. 기압계 덕택에 기압과 고도의 정확한 측정이 가능해졌다.

*Keyword 3.*

**공기의 압력과 고도까지 읽는 기압계**

요즘은 기압계가 시계와 휴대폰 속에도 들어가 있다. 이 기압계의 탄생에도 수은이 큰 영향을 미쳤다. 기압의 존재를 발견하고, 그것을 재는 기압계를 최초로 발명한 사람으로 이탈리아의 에반젤리스타 토리첼리를 꼽는다. 정확한 연도에 대해서는 논란이 있지만, 1640~1644년 사이의 어느 시점인 것은 분명하다.

토리첼리가 기압계를 만들게 된 계기는 1630년 지오바니 바티스타 발리아니의 실험이었다. 발리아니는 사이펀<sup>①</sup>을 사용해 높이 21m의 언덕 저편으로 물을 보내려 했다. 하지만 사이펀 속의 물은 원래 들어 있던 용기에 비해 높이 10.3m까지만 올라가지 않았다. 기압의 존재를 몰랐던 당대인들은 이것이 사이펀 속 진공의 장력 한계 때문이라고 해석했다. 하지만 자연 속에 순수한 진공이 존재하기 어렵다고 생각한 토리첼리는 이를 공기가 일정한 무게로 용기 수면을 눌렀기 때문이라고 해석했다. 그리고 이것을 증명하기 위해 물보다 밀도가 14배 높은 액체인 수은을 물

대신 사용해 실험했다. 그러자 사이펀 속 수은의 높이가 10.3m의 14분의 1인 76cm가 됐다.

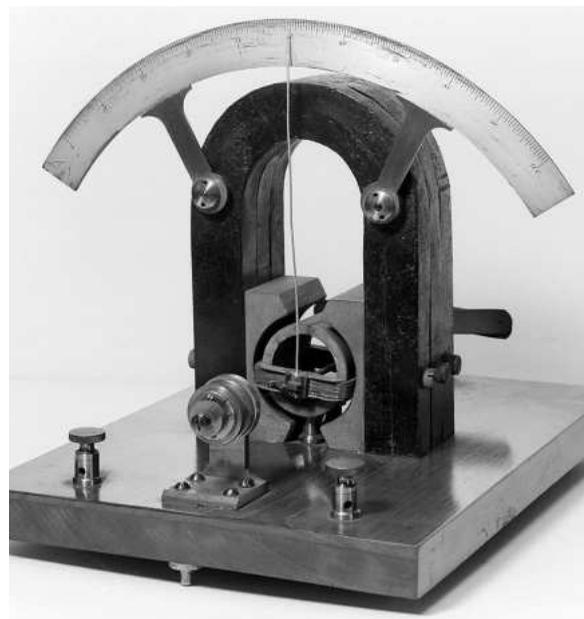
훗날 블레즈 파스칼이 이러한 수은 사이펀을 들고 공기가 희박한 고고도로 올라가자, 사이펀 속 수은의 높이도 낮아지는 것을 발견했다. 사이펀 용기 수면 위에 작용하는 공기의 무게가 줄어들었기 때문이었다. 이로써 기압의 존재와 그것을 계측할 수 있는 방법이 발견됐다. 또한 이를 응용해 고도의 측정도 가능해졌다.

① 사이펀<sup>Siphon</sup>: 한 다리는 길고 한 다리는 짧은 'U'자 모양의 굽은 관. 대기의 압력을 이용해 높은 곳에 있는 액체를 낮은 곳으로 옮기는 데 쓴다.

*Keyword 4.*

**전류의 크기와 방향을 측정하는 검류계**

현대는 전기전자 문명이라고 해도 과언이 아니다. 그만큼 수많은 전기전자 기기가 사용되고 있다. 이들 제품에 흐르는 전류의 크기와 방향을 정확하게 측정하는 센서가 바로 검류계<sup>Galvanometer</sup>다. 이러한 원리를 발견한 사람은 덴마크의 학자 한스 크리스티안 외르스테드다. 그는 1820년 자기 나침반을 전류가 흐르는 전선 근처에 가져다 대면 바늘이



초창기의 검류계.

이상한 방향으로 돌아가는 현상을 발견했다. 전류가 흐를 때면 자기장이 생성되는데, 이것이 자기 나침반의 바늘 방향에 영향을 준 것이다. 프랑스의 학자 앙드레 마리 앙페르가 이 현상을 수학적으로 설명해냈다. 그리고 전류의 세기와 방향을 나타내는 기기인 검류계의 이름을 이탈리아의 학자 루이지 갈바니의 이름을 따 갈바노미터로 명명했다. 갈바니는 죽은 개구리의 다리도 전류를 통하게 하면 움직인다는 것을 발견한 학자다.

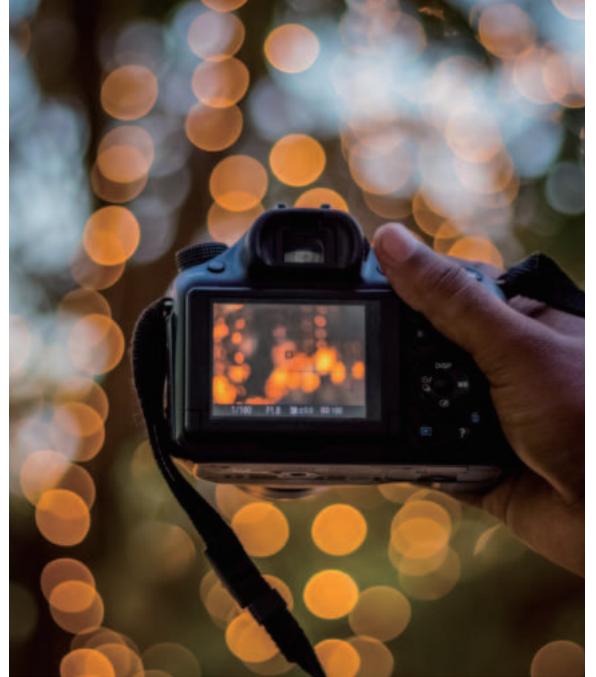
검류계는 전기전자 계통에서 쓰이지 않는 곳이 드물 정도다. 특히 19세기에 건설되기 시작해 세계를 하나로 이어준 통신용 해저 케이블은 검류계가 없다면 제대로 건설하는 것이 아예 불가능하다. 전기전자 분야 외에서도 활약해 인간의 심장과 뇌 등에 흐르는 생체전류를 측정, 그 전기적 활동을 밝혀내기도 했다.

*Keyword 5.*

**센서계의 반도체 혁명, MOSFET**

그 외에도 중요한 센서들이 정말 많다. 그중 전자 시대의 센서를 논하면서 모스펫<sup>MOSFET</sup> 기반 센서를 빼놓을 수 없다. MOSFET은 금속 산화막 반도체 전계 효과 트랜지스터를 의미하는 Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor의 약자다. 1955년부터 1960년 사이에 벨 연구소에서 발명됐다. MOSFET은 문자 그대로 반도체의 기초라고 할 수 있다. 흐르는 전류를 조절하는 반도체 소자이기 때문이다. 이 현상을 이용해 검체 속 전하를 띤 입자 농도를 측정할 수 있다. 또 생물학적·화학적·물리적·환경적 등 다양한 매개변수의 측정에 응용할 수 있다. 특히 금속 대신 이온 감지막, 전해액 등을 사용하는 ISFET(이온 감지 전계 효과 트랜지스터) 기반 센서의 경우 DNA, 혈중 생체 표지자, 항체, 혈당, 산도 등 다양한 생체 의학 목적의 측정에 사용된다. 센서의 초소형화, 전자화, 정확성 향상 등에 큰 역할을 한 것이 MOSFET인 셈이다.

그 밖에도 MOSFET 기술 기반 센서는 많은 곳에 쓰인다. 빛을 감지해 이를 전하로 변화시켜 화상 이미지를 만들어내는 CCD<sup>Charge-Coupled Device</sup>(전하 결합 소자)와 CMOS<sup>Complementary Metal-Oxide Semiconductor</sup> 능동 화소 소자 등의 이미지 센서가 대표적이다. 오늘날 우리의 휴대폰에도 들어 있는 디지털카메라는 이러한



반도체 기술이 센서에 접목되면서 센서의 역사에 큰 혁신이 찾아왔다. 디지털카메라도 반도체 기술의 발전으로 태어난 이미지 센서가 없었으면 불가능했다.

이미지 센서가 없으면 존립할 수 없다. MOS<sup>Metal-Oxide Semiconductor</sup> 기술을 이용한 각종 관측용 센서 역시 심 없는 관찰과 대응이 필요한 분야인 방법, 농업, 교통, 기상관측 등에 유용하게 쓰인다.

이 외에도 우리 주변에는 많은 센서가 있다. 일상 속에서 센서가 하는 일은 정말 많다. 휴대폰 속의 가속도계 덕분에 매일의 운동량을 알 수 있고, IC칩 센서 덕분에 교통카드와 신용카드를 사용할 수 있다. 버스 정거장에 앉아서 원하는 버스가 언제 올지 알게 되는 것도 버스의 센서가 위치 정보를 보내오기 때문이다. 지문 인식 등 생체 정보 인식 센서로 확실한 방법 및 보안 효과도 얻을 수 있다. 오늘날도 묵묵히 제자리에서 수고하며 인간의 또 다른 오감이 되어주는 첨단 센서들. 그 센서들의 존재와 고마움의 무게를 한번쯤 생각해보면 어떨까.



**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.

첨단 기술에 힘입어 인간의 감각을 확장시켜주는 센서들. 어느새 그 센서들은 영상매체의 스토리에서도 중요한 역할을 하는 경우가 많아졌다. 비록 엔딩 롤에 이름은 나오지 않는 무명의 영웅들이지만 말이다. 은막 속 세상을 위기에서 구해낸 센서들 중 일부를 만나보자. 글 이경원 과학 칼럼니스트

## 영상 속 첨단 센서들

영화  
〈블루 썬더〉



BLUE THUNDER

영화 〈블루 썬더〉 포스터.

1983년 개봉한 고전 헬리콥터 액션 영화다. 영화 속 주역 헬리콥터인 블루 썬더는 단순히 싸움만 잘하는 것이 아니다. 다양한 첨단 센서도 가지고 있다. 놀랍게도 해당 기술은 이미 영화 개봉 시점에 존재하고 있던 것들이었다.

블루 썬더에 탑재된 기관총은 조종사의 시선 변화를 감지, 그에 맞춰 자동으로 총구를 조준한다. 이는 당시 최신에 공격 헬리콥터였던 AH-64 아파치에 이미 사용되고 있던 기술이었다. AH-64는 통합형 헬멧 및 시현 조준 체계<sup>IHADSS</sup>, Integrated Helmet And Display Sight System를 사용했다. 조종사의 시선에 맞춰 표적을 획득 및 지정해 30mm 기관포를 사격할 수 있었다. 생각할수록 정말 직관적인 시스템이 아닐 수 없다.

그 외에도 블루 썬더는 100배 줌과 열영상 야간 투시 능력, 고감도 마이크까지 가진 TV 카메라를 장착하고 있다. 이 카메라로 촬영한 영상과 소리를 탑재한 비디오테이프에 저장할 수도 있다. 영화의 주인공들은 이 기능을 이용해 미국 정부 내 일부 급진파들의 쿠데타 시도를 사전에 적발해내고, 이를 언론에 알려 참사를 예방한다.

이것도 실존하는 기술일까? 얼마 전 벌어졌던 이라크 전쟁이나 아프가니스탄 전쟁 등에서 미군 항공기들이 야간에 촬영한 동영상들만 봐도 확연히 알 수 있을 것이다. 아무리 잘 숨은 적병이어도 그 체온을 열영상으로 보고 조준해 탄을 날리는 동영상들 말이다.

영화  
**<미션 임파서블>**

약 30년 전인 1996년 브라이언 드 팔마 감독은 톰 크루즈, 장 르노 등의 주연배우를 앞세워 과거 유명했던 미국 TV 드라마 <미션 임파서블>의 후속작 격인 스파이 영화 <미션 임파서블>을 내놓았다. 그 후 현재까지 꾸준히 작품이 나오는 장수 시리즈가 됐다.



영화 <미션 임파서블>에서 바닥의 하중 센서를 건드리지 않기 위해 줄에 매달린 이단 헌트.

<미션 임파서블>을 상징적으로 보여주는 장면이라면, 역시 영화 중반에 주인공 이단 헌트(톰 크루즈 분)가 CIA 본부 컴퓨터실에 침투해 자료를 훔쳐내오는 모습일 것이다. 첩보 영화에서 흔히 볼 수 있듯이 이런 곳에는 그에 걸맞은 보안설비가 있게 마련이다. 이 영화에서는 컴퓨터실 방바닥에 무려 하중 센서가 설치돼 있다. 사람이 없을 때 바닥에 물 한 방울이라도 떨어지면 경보가 울린다. 이 하중 센서를 건드리지 않기 위해 이단 헌트는 컴퓨터실 천장과 자기 몸

사이에 로프를 연결, 천장에 매달린 상태로 침투해 자료를 획득한다. 이 장면을 본 많은 관객들이 손에 땀을 쥐었다.

이런 지극히 민감한 보안 시스템이 과연 현실성이 있을까? 제작이 불가능하지는 않겠지만, 실제로 만들었다가는 걸핏하면 오경보가 나서 여러 사람을 피곤하게 할지도 모르겠다. 물 한 방울의 무게가 0.03~0.05g 정도에 불과하다는 점을 감안한다면 말이다.

게임  
**<레인보우 식스>**



게임 <레인보우 식스> 포스터. 심박 센서를 잘 사용하면 승률이 높아진다.

1990년대 말 출현해 선풍적인 인기를 끌었고, 현재까지도 꾸준히 후속편이 나오는 게임 프랜차이즈 <레인보우 식스>. 원작은 미국의 유명한 군사 소설가 톰 클랜시의 1998년작 동명 소설이다. 이 시리즈에는 재미있는 장비가 나온다. 바로 심박 센서(Heartbeat Sensor)다. 은폐물 뒤에 숨은 적의 심장박동을 탐지해 플레이어에게 적의 위치를 정확히

보여준다. 이 정보를 토대로 공격하면 된다.

엄청나게 대단해 보이지만은 한데, 과연 이런 비슷한 장비가 실제로 있을까? 소설과 게임이 나오기 불과 몇 년 전인 1995년 삼풍백화점 붕괴 사고 때 구조작전 지원에 나선 주한미군은 STOLS(System To Locate Survivors(생존자 위치 파악 체계))라는 장비를 가져왔다. 이 장비는 건물 잔해에 깔린 사람의 말소리나 움직이는 소리 등을 탐지할 수 있었다.

그로부터 오랜 세월이 지난 현재, 기술은 더욱 발전했다. 지난 2019년 미 육군은 제트슨(Jetson)이라는 장비를 선보였다. 이 장비는 레이저를 이용해 200m 이내에 있는 사람의 심박을 감지해내고, 그 패턴을 통해 상대의 신원까지 유추할 수 있는 성능을 지니고 있다. 비슷한 시기 미국 본토안부부는 NASA 제트추진 연구소와의 합동 연구개발을 통해 파인더(FINDER) 장비를 만들었다. 이 장비는 극초단파 레이더로 최대 9m 두께의 건물 잔해 속에 있는 사람의 숨소리와 심박음을 탐지해 정확한 위치를 파악할 수 있다.



# 미래가 더 주목되는 스마트센서

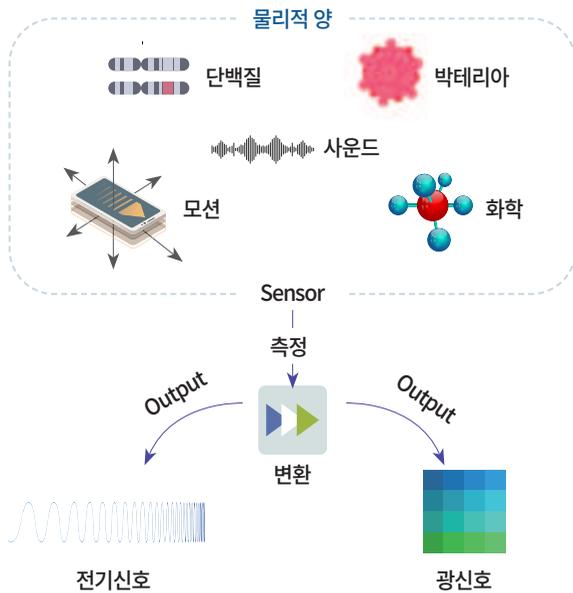
글 박효덕 한국센서산업협회 회장

## (((●)))\_\_ 차세대 지능형 센서가 온다

현재 우리는 '스마트'라는 접두어가 붙은 여러 제품 혹은 서비스, 기술들 속에 살아가고 있다. 예를 들어 휴대폰, 자동차, 홈, 병원, 공장 등 많은 용어에 '스마트'를 붙여 아무런 거부감 없이 사용한 지 오래전이다. '똑똑한', '영리한', '맵시 좋은'의 뜻을 가진 '스마트'는 결국 우리 삶 속에서 각각의 요구에 얼마나 적절하게 또는 편리하게 대응하느냐에 따라 그 의미가 명확해질 것이다.

그렇다면 우리의 요구는 어디에서 시작되는 걸까. 그것은 '인간의 오감(五感)', 즉 시각·청각·촉각·미각·후각에서 비롯된다. 스마트폰, 스마트(자율주행)카, 스마트홈, 스마트병원, 스마트공장 등의 산업에 적용되는 기술에서 알 수 있듯이 가장 중요하고 없어서는 안 될 핵심은 바로 '센서'다. 그 센서들이 적용되는 분야에서 인간의 오감 만족을 위해 현실과 디지털 세상의 융합이 이뤄져 비로소 스마트화가 완성되는 것이다. 그 속에서 역할을 하는 센서가 바로 '스마트센서'다. 이는 물리, 화학 및 바이오 등의 정보를 감지 및 취득해 관측자나 시스템에서 읽을 수 있는 신호로 변환하는 정보 소자나 장치를 뜻한다.

### 센서의 동작 원리

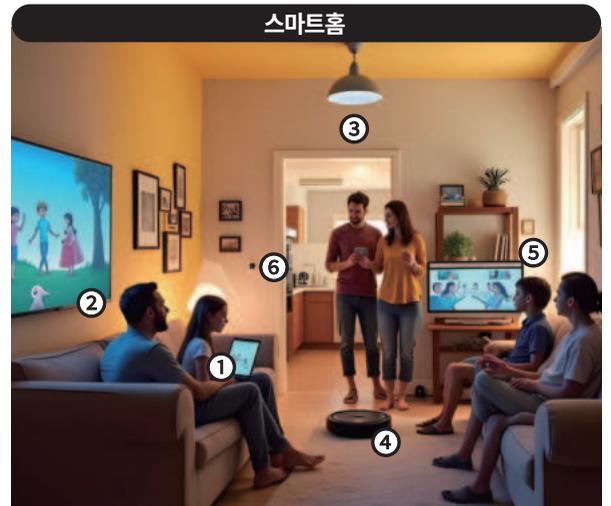


자료: Sensor Technologies

### 생활 속의 센서



- |              |                      |
|--------------|----------------------|
| 1. 의료용 센서    | 4. 차세대 지능형 센서        |
| 2. 에너지 환경 센서 | 5. 위치 기반 센서          |
| 3. 자동차용 센서   | 6. 건설, 국방, 의료용 로봇 센서 |



- |             |           |
|-------------|-----------|
| 1. 터치 센서    | 4. 초음파 센서 |
| 2. 동작 인식 센서 | 5. 영상 센서  |
| 3. 적외선 센서   | 6. 온도 센서  |

이러한 센서들이 모바일 기기의 사용자 환경, 자동차의 전자 및 장비, 병원 등 여러 곳에서 적용돼 제품 기능을 향상시키거나 새로운 서비스를 만들 수 있다. 각각의 환경에서 요구되는 데이터의 처리, 의사 결정, 통신 기능 등이 결합해 자동 보정, 상황 판단, 네트워킹 등이 가능한 차세대 지능형 센서, 즉 스마트센서가 미래의 중심에 설 것으로 보인다.

## ☞ 일상에서 만나는 스마트센서

### 모바일 및 스마트 기기

모바일 등 스마트 기기가 대중적으로 보급되고 이제는 우리 생활의 일부분이 된 현재, 다양한 IT 기기가 연이어 출시되고 있다. 모바일 및 스마트 기기에 사용되는 센서의 수요는 그 활용 범위가 넓어지는 한편, 고성능, 융·복합화되는 추세다. 현재 모바일용으로 사용하는 가장 대표적 센서는 카메라 센서, 빛을 감지해 화면의 밝기를 자동 조정해주는 밝기 센서, 물체의 거리를 감지하는 근접 센서, 가속도 및 중력을 측정하는 자이로 및 가속도 센서 등이 있으며, 최근 새로운 기능이 추가됨에 따라 사용하는 센서도 늘어날 것으로 예상된다. 모바일 및 스마트 기기 속 대표적인 센서의 종류 및 역할을 살펴보면 다음과 같다.

#### 1 가속 센서 Acceleration

Sensor는 움직이는

속도의 변화나 충격 등 힘의 세기를 감지하는 센서로, 가로(X), 세로(Y), 앞·뒤(Z)로 좌표를 만들고

이 좌표의 움직이는 속도를 측정할 때 사용하는 모션 센서 중 하나다. 주로 움직이는 대상을 측정하며 러닝 및 라이딩의 기록용 애플리케이션에 쓰인다.



#### 2 자이로 센서 Gyro

Sensor는 가속 센서와 함께

대표적인 모션 센서다. 움직이는 방향을 측정할 때 사용하며, 레이싱게임 등에서 기기의 기울임에 따라 진행 방향이 바뀌어 실감 나게 게임을 즐길 수 있다.



#### 3 근접 센서 Proximity

Sensor는 물리적 접촉 없이

사물에 가까이 있는지 없는지를 감지, 여러 가지 활용을 가능하게 해주는 센서다. 스마트폰 통화 시 불필요한 터치를 방지하기 위해 화면을 끄는 등 절전 효과를 얻을 수 있다.



#### 4 RGB 센서 RGB Sensor는 RGB,

즉 빨강<sup>RED</sup>, 초록<sup>GREEN</sup>, 파랑<sup>BLUE</sup>

세 종류의 광원에 대해 주변 빛의 밝기에 따라 화면의 색을 자동 보정해주는 센서다.

노란색 빛이 있는 곳에서 스마트 기기를 사용할 때 노란색을 낮추고 초록색과 파란색을 더 밝게 해 자연스러운 색을 구현토록 한다.



#### 5 밝기 센서 Light Sensor는

주변 빛의 밝기를 감지해

디스플레이의 밝기를

자동으로 조절하는 센서로

조도 센서라고도 한다. 화면을

보는 동안 눈의 피로를 줄이고 가독성을 높여주는 역할을 한다.



#### 6 지문 인식 센서 Fingerprint

Recognition Sensor는 문자 그대로

사람 각각의 지문 패턴을

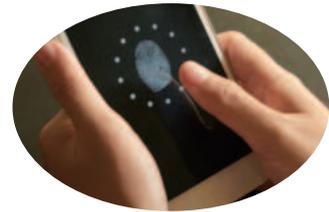
감지해 읽을 수 있는 센서다.

지문의 구조상 선 모양으로

나타나는 '용선'과 그 사이에 파인 부분인 '골'의 패턴을 읽어내는

기능을 한다. 다양한 애플리케이션의 보안 및 인증 수단으로

사용된다.



#### 7 지자기 센서 Geo-magnetic

Sensor는 지자기라고 하는

지구 표면 및 그 주위에 있는

자기장을 감지해 방위 정보를

알 수 있는 센서다. 관련

애플리케이션을 이용해 방위를 정확하게 측정할 수 있으며, GPS와 조합해 위치 기반 서비스를 구현하는 데 사용된다.



이러한 센서들은 융합, 결합, 퓨전을 통해 우리가 원하는 새로운 기능에 적합한 센서로 지능화된다. 인간의 오감을 대신하는 스마트폰 적용 센서들에 대해 스마트폰 대표 기업들의 지능형 기술 적용이 증가하는 추세다. 이전 스마트폰에 사용되던 센서는 10여 개 수준에 불과했지만, 향후 더 많은 센서는 물론 다양한 기능이 탑재된 센서가 사용될 것으로 보인다.

### 스마트(자율주행)카

자율주행차는 인공지능, 센서, 통신 등 ICT(정보통신기술) 첨단 기술의 집약체로 자동차가 운행 환경을 감지하고 경로 등에 필요한 데이터를 스스로 결정해 주행하는 차를 의미한다. 자율주행차의 운행은 사람이 운전할 때의 사고 흐름과 동일한 '인식, 판단, 제어'로 이뤄진다. 이 과정에서 센서가 인지하고 상황 판단에 따라 제어해 목적지까지 이동할 수 있게 하는 역할을 한다. 자율주행차에 적용되는 센서는 일반 차량에 적용되는 센서 외에 자율주행차 스스로의 위치를 인식하기 위한 센서와 주행 환경에 존재하는 다양한 물체를 인식하기 위한 센서로 구성된다. 위치 인식을 위해 관성측정장치<sup>IMU</sup>, 위성항법시스템<sup>GPS</sup>, 카메라, 라이다 등이 사용되고, 물체 인식을 위해서는 카메라, 라이다, 레이더 등이 사용된다.

그중 대표적인 자율주행 차량용 센서인 라이다 센서는 빛을 발사해 물체에 반사되어 돌아오는 시간을 계산해 거리를 측정하며, 이러한 정보를 수집하는 기능을 수행한다. 차량 주변 환경에 대해 가상공간에서 현실의 물체를 묘사하거나 모습을 만들어내 자율주행차를 둘러싼 범위 내의 장애물을 탐지할 수 있다. 또 레이더 센서는 송신기를 통해 발사된 전파가 물체에 반사돼 수신기로 돌아오는 과정에서 물체의 위치, 방향, 속도 등을 식별, 사전에 사고를 대비할 수 있다.

향후 자율주행차는 하나의 스마트 기기가 되어 운행 중 수집한 데이터를 실시간 통신으로 제공하고 처리하는 서비스 플랫폼으로 발전할 것으로 전망된다. 현재 자율주행차에는 초음파, 라이다, 레이더, 노면 감지 등을 위한 센서 시스템을 적용하고 있다. 사고 예방·회피·경감 등의 안전 기술은 개별 시스템 수준을 넘어 향후 뇌파 등을 이용한 생체 정보 인식, 운전자 행동 예측, 운전자·탑승자 상태 인식 및 인증 등 적응형 사용자 인터페이스 기술 등과 결합해 운전자 편의 및 안전도를 향상시킬 것으로 예상된다.



미래 자율주행차의 모습.



## 바이오 및 헬스케어(의료 & 건강)

코로나19 바이러스의 유행과 빠른 고령화사회 진입 등 시대가 변화함에 따라 의료 분야는 기존의 단순 질병 치료나 예방 관리를 넘어 개인 맞춤형 의료 및 실시간 환자 관리 등 개인과 환자 중심의 서비스를 제공하는 산업으로 빠르게 성장하고 있다. 바이오 및 헬스케어는 생명공학, 의약학 지식에 기초해 인체에 사용되는 제품을 개발하거나 생체 진단 서비스를 제공하는 기술 분야다. 최근에는 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷<sup>IoT</sup> 등 ICT 융합기술을 적용한 스마트센서 기술이 사용자 맞춤형 의료서비스에 활발히 응용되고 있다. 여기에 사용되는 센서로 가속도, 온도, 음향, 광, 심전도, 맥박, 혈당 센서 등이 있다. 이를 통해 몸 상태에 대한 정보를 수집하고 분석해 사용자에게 전문가 수준의 정밀한 의료 정보를 실시간으로 제공한다. 또 병원에 입원하거나 외래진료가 필요 없이 실시간 정보를 수집하고 장시간 관찰할 수 있는 부착 또는 착용하는 웨어러블 형태의 스마트센서 기술이 개발되고 있다. 이를 통해 병원이나

## 웨어러블 형태의 기기 종류와 이에 적용된 스마트센서를 통한 수집 가능 정보



## 스마트센서 기술이 적용된 미래의 모습



의료센터에서 실시간으로 원거리에 있는 환자와 의사가 정보(환자의 상태·분석, 의사의 진료 등)를 공유해 처방을 내릴 수 있다.

우리의 건강과 관련된 여러 기능이 있는 바이오센서는 생체 신호를 감지하고 측정하는 데 사용되는 혁신적 기술 중 하나로, 화학적 원리를 기반으로 다양한 응용 분야에서 활용되고 있다. 이 기술은 생물학적 물질의 특이적 상호작용과 전기화학적 변화로 생체 정보를 감지해 의학 분야는 물론 환경 변화 감지, 식품 안전 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 한다.

**☞ 생활을 더욱 편리하고 효율적으로 만드는 기술**

미래에는 내 손안에서 모든 것을 할 수 있게 될 것이다. 우리의 일상을 편리하고 효율적으로 만들어주는 역할을 하는 기술의 주된 요소는 IoT와 센서 기술이다. 모든 사물에 인터넷이 연결돼 정보를 주고받고, 이를 통해 스마트한 기능을 수행하는 IoT 기술 그리고 감지 대상, 감지 방법, 구현 기술, 적용 분야 등의 기준에 따라 기능을 달리하는 스마트센서 기술이 적용되면 어떤 일상이 펼쳐질까. 우리가 생활하는 도시 곳곳에서, 집에서 그리고 공장이나 농장에서의 미래의 모습을 상상할 수 있다.

- ① **스마트시티:** 교통량을 실시간으로 모니터링해 교통신호를 조절하고, 교통체증을 줄이는 데 도움을 준다. 또 주차 공간을 실시간으로 안내하는 시스템, 대기오염 및 수질, 재난 감지 및 경보 시스템 등 도시 환경 모니터링 등에 이용된다.
- ② **스마트홈:** 스마트폰 앱을 통해 집 안의 조명을 제어하고, 자동으로 조명의 밝기를 조절하거나, 일정 시간에 맞춰 켜고 끌 수 있다.
- ③ **스마트헬스:** 웨어러블 디바이스를 통해 건강관리, 원격 진료, 환자 모니터링 등이 가능하다.
- ④ **스마트공장:** 제품 생산 공정 모니터링, 유지보수 예측, 공장 전력 제어, 신재생에너지 관리 등에 이용된다.
- ⑤ **스마트농업:** 작물, 생육 환경 모니터링, 자동 급수·급비 시스템 등이 가능하다.

우리가 원하는 많은 애플리케이션이 한층 더 빠른 인터넷과 연결되고 내 몸에 부착하거나 입을 수 있는 여러 장치로

**센서산업 미래 방향 모색하는 ‘센서 기업 협업체 포럼’ 개최**

대구경북과학기술원<sup>DKIST</sup> 센소리움연구소가 2024년 11월 14일 ‘센서 기업 협업체 포럼’을 개최했다. 이 포럼은 대한민국 센서산업의 미래를 논의하고, 관련 기업 간 협력 방안을 모색하기 위해 마련됐다.

행사는 센서 기술의 산업적 중요성과 미래 전망에 대한 기초 강연 후 주요 센서 기업들의 연구개발 및 사업 활동 소개로 이어졌다. 현장의 애로 사항과 해결 방안을 논의하는 시간도 가졌다. 또 한국산업기술기획평가원<sup>KETIP</sup> 임기택 PD가 센서산업 최신 기술 동향과 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전략을 발표했다. 아울러 교류회를 통해 지속가능한 센서 생태계 구축을 위한 협력 방안을 논의하며 네트워크를 형성했다. 이번 포럼을 통해 센서산업 발전 방향과 협력의 중요성을 확인했다는 평가다.

한편 DGIST는 센서산업의 발전을 목표로 2022년 1월 센소리움연구소를 설립하고, 국내 최초 8인치 MEMS FAB<sup>D-FAB</sup> 구축 등 첨단 생태계 조성에 노력하고 있다.

지능적 연결고리가 만들어지면, 그 안에서 중요한 역할을 하는 스마트센서는 더욱 첨단화될 것이다. 온도, 가스, 초음파, 레이더, 라이다, 위치, 모션, 영상 센서 등 각각의 센서들이 사물과 주위 환경으로부터 정보를 수집·적용하는 분야에서 점점 지능적이고 고차원적 정보를 얻게 될 미래가 기대된다.



**박효덕 한국센서산업협회 회장**

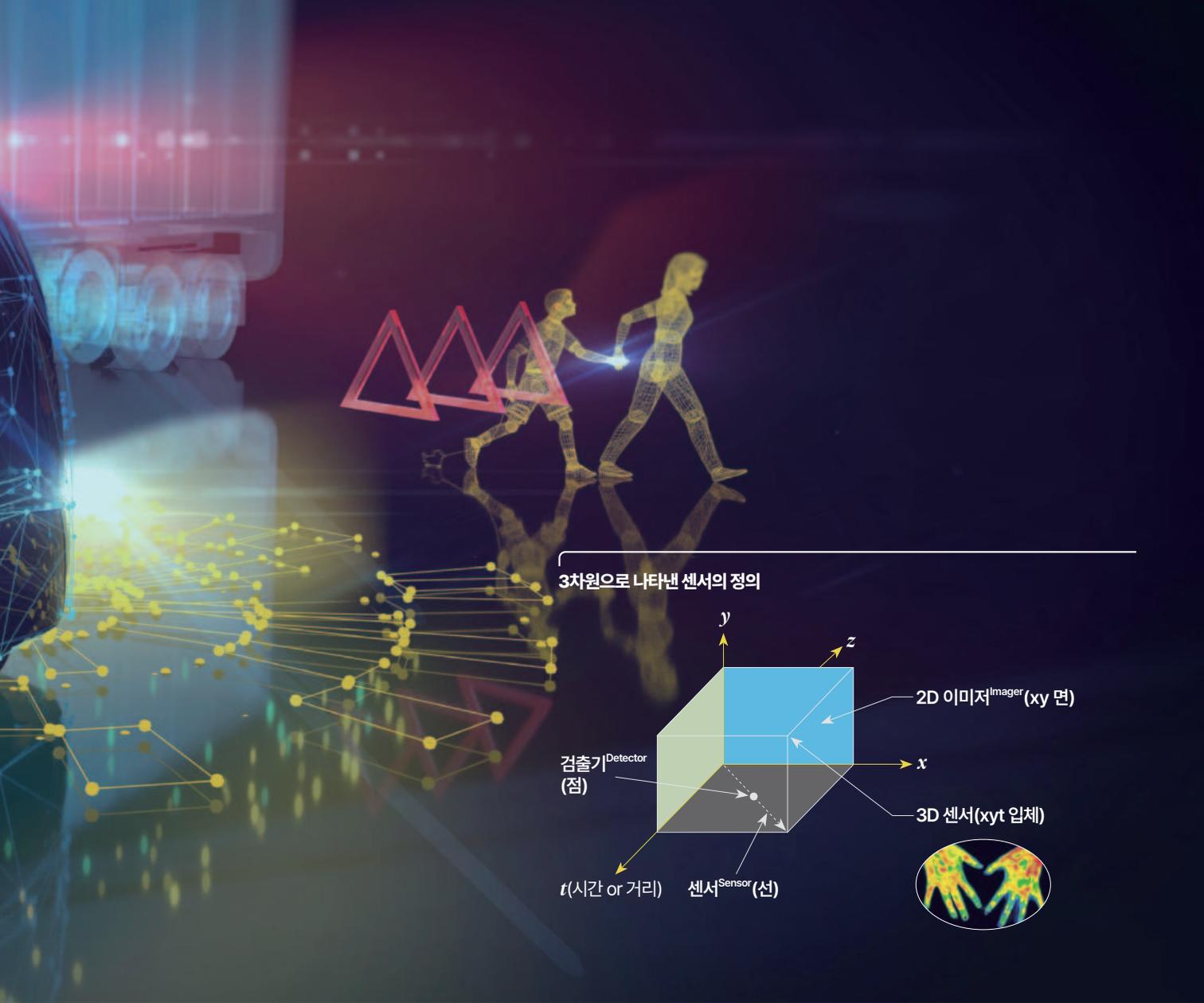
현재 (주)셀큐스 부사장, 국가과학기술연구회 융합연구위원회 부위원장으로 재직하며 우리나라 센서 분야 산업계의 발전을 위해 노력하고 있다. 멤스기술연구조합 이사장, 한국전자기술연구원 본부장·신사업개발그룹장·연구위원, (주)동국이노텍 대표이사, 구미전자정보기술원 원장 등을 역임했다.

# 지능형 시스템으로 진화하는 스마트센서

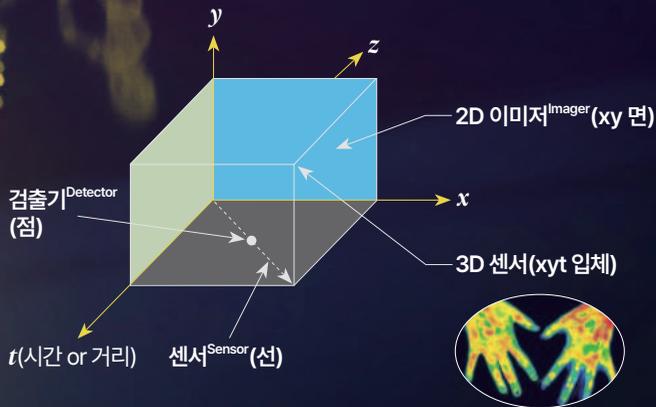
인공지능<sup>A</sup>과 5G 기술의 도입으로 디지털 혁신이 빨라지고 있다. 산업 현장에서는 인력 채용의 어려움으로 로봇이 도입된 지 수십 년이 흘렀고, 자율차와 가정용 로봇 청소기는 이제 우리 실생활에서 쉽게 볼 수 있다. 이 세상의 모든 전자 기기들은 센서로부터 수집된 정보로 움직이고 판단한다. 센서 없이 디지털 전환은 애당초 불가능하다. 이뿐만이 아니다. 우주항공, 국방 등 사람이 직접 운영하기 어려운 극한 환경에서 사용되는 시스템들은 거의 반도체와 센서로 작동된다. 단순히 물리량을 감지하던 과거의 센서와 달리, 오늘날의 스마트센서는 데이터 수집·처리·분석까지 가능한 지능형 시스템으로 진화하고 있다. 이러한 진화는 산업 전반에 혁신적 변화를 가져오고 있으며, 미래 기술 발전의 핵심 동력이 되고 있다. 글 김희연 한국센서학회 회장

## 당분간 지속될 성장모멘텀

스마트센서는 기존의 센서 기능에 데이터처리와 판단 능력을 더한 고도화된 시스템이다. 전통적인 관점에서 센서는 차원에 따라 검출기(0차원), 센서(1차원), 이미지(2차원)로 구분할 수 있다. 검출기는 측정 대상의 존재 여부만을 확인하는 장치로, 출입문의 적외선감지기가 대표적이다. 센서는 물리량의 선형적 변화를 전기적 신호로 변환하며, 이미지는 2차원 영상 정보를 제공한다. 최근에는 시공간에서 물체의 형상과 거리까지 측정하는 3차원 센서가 등장해 자율주행차나 로봇에 필수적인 TOF<sup>Time of Flight</sup> 센서 등이 상용화되고 있다.



### 3차원으로 나타낸 센서의 정의



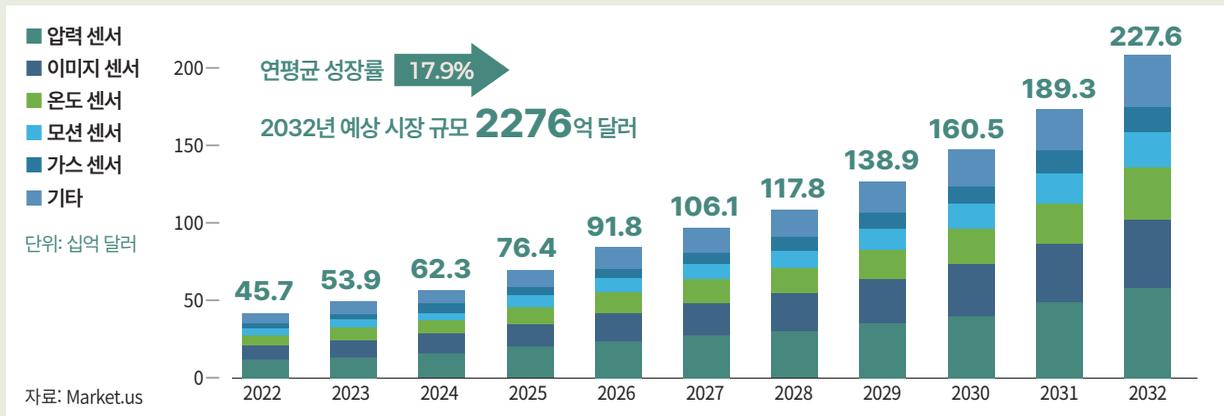
스마트센서 시장은 빠르게 성장하고 있다. 글로벌 시장조사기관의 분석에 따르면 전 세계 스마트센서 시장은 2022년 약 457억 달러 규모에서 2032년까지 연평균 18%가량 성장해 약 2276억 달러 규모에 이를 것으로 전망된다.

주목할 만한 사업화 성공 사례로는 보쉬<sup>Bosch</sup>의 ‘BME688’ 환경 센서를 들 수 있다. 이 센서는 AI 프로세서를 내장해 온도·습도·압력·가스를 동시에 측정하면서 에지 AI<sup>①</sup> 기능을 통해 실시간 데이터 분석이 가능하다. 2021년 출시 이후 스마트홈과 산업용 사물인터넷<sup>IoT</sup> 분야에서 큰 성공을 거두며, 현재 연간 1000만 개 이상 판매되고 있다.

이러한 스마트센서의 진화는 산업 전반에 혁신을 가져오고 있다. 특히 자율주행, 스마트팩토리, 의료 기기 분야에서는 고도화된 센서 시스템의 도입이 필수적이며, 이에 따라 관련 시장은 더욱 확대될 전망이다. 최근에는 메타버스와 확장현실<sup>XR</sup> 기기용 고성능 센서의 수요도 증가하고 있어, 스마트센서 시장의 성장모멘텀은 당분간 지속될 것으로 예상된다.

① 에지 AI: AI를 에지 컴퓨팅과 결합 사용해 물리적 위치나 그 근처에서 데이터를 수집할 수 있도록 하는 것

## 스마트센서 글로벌 시장 규모 추세



## 기술 키워드는 융합, AI, 고성능

### 반도체 공정 기술의 융합

반도체 공정 기술과 센서의 융합은 스마트센서 혁신의 핵심 동력이 되고 있다. 순수하게 MEMS<sup>②</sup> 기술을 적용한 센서는 전체 센서 시장의 약 40~60%를 점유하는 것으로 추정하고 있다. 특히 CMOS<sup>Complementary Metal-Oxide Semiconductor</sup> 공정과 MEMS 기술의 결합은 센서의 소형화, 저전력화, 대량 생산을 가능하게 해 시장 성공 요인의 하나로 주목받고 있다.

대표적 혁신 사례로 인벤센스<sup>InvenSense</sup>사의 ‘Nasiri Process’를 들 수 있다. 이는 CMOS 공정을 활용해 관성 센서를 대량 생산한 혁신적 기술이다. 인벤센스는 이 공정을 활용해 TSMC와의 협력을 통한 대량 생산 체제를 구축해 센서 가격을 크게 낮추는 데 성공했으며, 이는 모바일 기기의 대중화에도 기여했다. 특히 닌텐도 Wii<sup>③</sup> 게임기에 채택돼 전 세계적으로 1억 대 이상 판매하는 성과를 달성했다. 현재는 스마트폰 모션 센서 시장의 40% 이상을 점유하고 있다.

ST마이크로일렉트로닉스의 사례도 주목할 만하다.

자체 개발한 MEMS 공정을 통해 자동차용 고성능 관성측정장치<sup>IMU</sup>의 양산화에 성공했다. 특히 자율주행차에 필요한 고신뢰성 센서 시장을 선점, 현재 자동차용 IMU 시장의 50% 이상을 점유하고 있다.

### 온센서 AI 기술

온디바이스<sup>On-device</sup> AI는 스마트폰이나 IoT 기기와 같은 단말기

내부에서 AI 처리를 수행하는 방식이다. 디바이스의 메인 프로세서나 전용 AI 칩<sup>NPU</sup>을 활용해 센서로부터 받은 데이터를 처리한다. 여러 센서의 데이터를 종합적으로 분석할 수 있다는 장점이 있지만, 센서에서 프로세서로의 데이터 전송 과정에서 지연 시간이 발생하고 전력 소비가 증가하는 단점이 있다. 반면 온센서<sup>On-sensor</sup> AI는 센서 자체에 AI 프로세서를 내장해 데이터를 획득하는 즉시 처리 방식이다. 소니의 ‘IMX500’ 이미지 센서가 대표적인 예로, 센서 내에서 객체 인식 등의 AI 처리를 수행한다. 데이터 전송 없이 즉각적인 처리가 가능해 지연 시간이 최소화되고 전력효율이 높다는 장점이 있다.

구분	온디바이스 AI	온센서 AI
AI 수행 기능	스마트 기기 내 모든 AI 기능을 제어	특정 AI 기능을 설정·수행
특징	스마트 기기 자체에서 AI 기능 수행 / 인터넷 연결 불필요 / 데이터 처리 속도 빠름	이미지 센서에 AI 칩 결합 / 전력 소비 감소 / 보안 강화
대표 기업	삼성전자, 애플, 퀄컴	소니, 삼성전자

센서의 지능화는 AI 기술과의 결합을 통해 가속화되고 있다. 센서에 AI 기능을 직접 통합하는 온디바이스 AI 또는 온센서 AI의 개발은 데이터 처리 방식의 혁신을 가져오고 있다. 인텔의 ‘Loihi 2’ 뉴로모픽 칩은 기존 CPU 대비 1000분의 1 전력으로 센서 데이터를 처리할 수 있다. 특히 시각·청각 센서 데이터의 실시간 처리에 최적화돼 있어 로봇이나 자율주행 차량에 적용된다. 전력 소비는 센서당 1mW 미만을 달성했다.

퀄컴은 ‘Sensing Hub’ 플랫폼을 통해 다중 센서의 통합 제어와 AI 처리를 구현했다. 최신 ‘QSH7’ 시리즈는 초당 100TOPS<sup>②</sup>의 연산 능력을 보유하면서도, 평균 전력 소비는 0.5W 수준에 불과하다. 현재 스마트폰과 웨어러블 기기를 중심으로 연간 2억 개 이상 출하되고 있다.

**극한 환경용 차세대 고성능 센서**

우주항공, 국방 분야를 중심으로 차세대 고성능 센서 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히 극한 환경에서도 안정적으로 작동하는 고신뢰성 센서의 수요가 증가하고 있다. 레이시온<sup>Raytheon</sup>은 군사용 AESA<sup>Active Electronically Scanned Array</sup> 레이더의 핵심 센서 기술을 개발했다. 질화갈륨<sup>GaN</sup> 기반의 RF 센서<sup>④</sup>는 기존 대비 탐지 거리를 2배 이상 늘렸으며, -55°C에서 125°C까지의 극한 환경에서도 안정적으로 작동한다. 현재 F-35 전투기에 탑재해 운용되고 있다. NASA의 제임스 웹 우주 망원경에 사용된 적외선 센서는 극저온(-266°C)에서 작동하는 첨단 기술의 집약체다. 특히 수은 카드뮴 텔루라이드<sup>HgCdTe</sup> 소재를 사용한 센서는 단일 광자까지 감지할 수 있는 초고감도를 실현했다. 양자 센서 기술도 새로운 돌파구로 주목받고 있다. IBM은 질소-공공 중심<sup>NV Center</sup>을 이용한 양자 자기장 센서를 개발 중이다. 이 기술은 기존 자기장 센서보다 1000배 이상 민감하며, 뇌 활동 측정이나 지하자원 탐사에 혁신을 가져올 것으로 기대된다.



한국과학기술연구원<sup>KIST</sup> 양자정보연구단에서 연구진이 양자 센싱 분야의 광학 셋업을 들여다보고 있다. 양자 센서는 고전 센서로는 측정할 수 없는 값을 측정하거나 측정 정밀도를 높일 수 있어 실시간으로 변화하는 사물의 위치, 온도, 시간 등 다양한 물리량을 높은 정밀도로 측정할 수 있고 고감도 센서에 의한 데이터 정밀 측정이 가능해 4차산업혁명에서 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

**우리나라 나노센서 성능평가 기술, 국제표준으로 제정**

우리나라가 국제표준화기구<sup>ISO</sup>에 제안한 ‘나노센서 검출 성능 기술’이 국제표준으로 제정됐다. 이 표준은 2019년 11월부터 약 4년에 걸친 논의와 검증 과정을 거쳐 2022년 12월 제정된 것으로, 선진국이 주도하는 나노기술 분야에서 한국이 개발한 나노센서 관련 첫 국제표준이라는 데 의의가 있다.

나노센서는 기존 센서에 나노물질을 이용해 성능을 향상시킨 센서 또는 나노물질과 나노전자소자를 결합시켜 만든 새로운 개념의 센서를 말하며, 기존 센서에 비해 높은 감도를 가진다. 그동안 센서의 검출 성능 평가는 민감도와 특이도를 활용했다. 하지만 이것만으로는 초미세 크기까지 검출 가능한 나노센서의 성능을 제대로 평가하기에는 한계가 있어 국제표준 개발이 추진됐다.

이 제정 표준은 우리나라 연구진이 개발한 검출 성능 평가 기준(검출신호비율<sup>Detection Signal Ratio</sup>)을 새롭게 정의한 것이 핵심이다. 이 기준 적용 시 나노센서와 일반 센서의 차별화된 성능을 제대로 평가, 비교할 수 있게 되어 국내외 센서 시장에서 나노센서 보급 확대와 신제품 개발을 촉진할 것으로 보인다.

반도체 공정과의 융합, AI 기술의 통합, 고성능화는 앞으로도 센서 기술 발전의 핵심축이 될 것으로 전망된다. 특히 소형화와 저전력화를 동시에 달성하면서 성능은 지속적으로 향상시키는 것이 주요 과제가 될 것이다. 이러한 기술 혁신은 자율주행, 로봇, 우주항공, 국방 등 첨단 전략 산업 발전의 핵심 동력이 될 것으로 예상된다.

- ② MEMS<sup>Micro-Electro-Mechanical Systems</sup>· 미세전자기계 시스템. 나노기술을 이용해 제작되는 매우 작은 기계를 의미한다.
- ③ TOPS: 연산 수행 속도 단위로, 컴퓨터의 성능을 측정하는 단위 중 하나다. 1TOPS는 1초에 1조 번 연산이 가능하다는 뜻이다. 일반적으로 슈퍼컴퓨터의 성능을 나타내는 데 사용된다.
- ④ RF 센서: 특정 주파수의 전파를 송신한 후 해당 신호의 반사를 감지해 거리에 따른 주파수를 검출하는 방식. 라디오 주파수를 사용하기 때문에 벽과 같은 물체를 뚫고 송수신이 가능하다.

## 분야별 주요 응용 분야

### 자율주행 차량

테슬라<sup>Tesla</sup>는 자율주행 센서 시스템에서 독자적인 접근법으로 주목받고 있다. 대부분의 경쟁사들이 라이다를 포함한 다중 센서 시스템을 채택하는 것과 달리, 테슬라는 8대의 카메라와 12개의 초음파 센서, 전방 레이더를 조합한 ‘Tesla Vision’ 시스템을 개발했다. 자체 개발한 AI 칩 ‘FSD<sup>Full Self-Driving</sup>’는 초당 144조 회의 연산이 가능하며, 2023년 기준 전 세계 400만 대 이상의 테슬라 차량에 탑재돼 있다. 테슬라의 카메라 기반 시스템은 250m 거리에서 물체를 감지할 수 있으며, AI 기반의 실시간 이미지 처리를 통해 도로 상황을 정확하게 인식한다. 특히 신경망<sup>neural network</sup> 학습을 통해 시스템의 성능이 지속적으로 향상되는 것이 특징이다. 현재 테슬라는 자율주행차 시장에서 45%의 점유율을 보유하고 있다.

### 웨어러블 기기

애플<sup>Apple</sup>은 웨어러블 헬스케어 센서 분야에서 독보적 위치를 차지하고 있다. 애플워치 시리즈 9에 탑재된 S9 칩은 광학 심박 센서, 전기 심장 센서<sup>ECG</sup>, 혈중산소포화도 센서, 체온 센서를 통합 제어한다. 특히 최신 광학 심박 센서는 초당 1000회 이상의 측정이 가능하며, 심방세동 감지 정확도는 98.5%에 달한다. 애플은 2022년 기준 스마트워치 시장의 34.1%를 점유하고 있으며, 웨어러블 헬스케어 데이터 플랫폼 시장에서도 선도적 위치를 유지하고 있다. 최근에는 혈당 측정 센서 개발에도 박차를 가하고 있으며, 2025년까지 비침습 혈당 측정 기능을 탑재할 계획이다.

### 로봇산업

테슬라의 휴머노이드 로봇 ‘Optimus Gen 3’는 로봇 센서 기술의 최신 동향을 보여준다. Optimus는 시각·청각·촉각 센서를 통합적으로 활용해 인간과 유사한 방식으로 환경을 인식하고 상호작용한다. 손 부분에는 11~12개의 자유도를 가진 센서 시스템이 탑재돼 있다. 각 손가락에는 압력 및 힘 센서가 내장돼 있어 인간의 손에 근접한 수준의 그립력을 정밀하게 제어할 수 있다. 제한적이지만 촉각 피드백이 가능하며, 반응 시간은 수십 밀리초 수준을 달성했다. 사람이 던진 테니스공을 자연스럽게 받아낼 뿐만 아니라 시각 센서 시스템은 8K 해상도의 카메라와 깊이 센서를 결합해 3D 환경 인식이 가능하다. 감정 인식 정확도는 60~80% 수준에 도달했다.

테슬라는 2025년까지 90% 이상의 감정 인식 정확도를 목표로 하고 있다.

### 스마트팩토리

지멘스<sup>Siemens</sup>는 산업용 스마트센서 시장을 선도하고 있다. 특히 ‘SIMATIC IPC Edge’ 시스템은 산업 현장의 다양한 센서 데이터를 실시간으로 수집하고 분석해 생산 효율을 최적화한다. 이 시스템은 현재 전 세계 2만 개 이상의 공장에 도입돼 있으며, 평균 15% 이상의 생산성 향상 효과를 보이고 있다. 지멘스의 최신 AI 기반 진동 센서 시스템은 99.9%의 정확도로 설비 이상을 감지할 수 있으며, 예측 정비를 통해 설비 다운타임(비가동 시간)을 70% 이상 감소시켰다. 현재 산업용 IoT 센서 시장에서 35%의 점유율을 보유하고 있다.

테슬라의 휴머노이드 로봇  
‘Optimus Gen 2’.



## 지속 성장을 위해 풀어야 할 과제들

스마트센서산업은 4차산업혁명의 핵심 동력으로 지속적인 성장이 예상되지만, 동시에 여러 과제에 직면해 있다. 미·중 무역분쟁, 국지전쟁과 신냉전 시대의 도래로 글로벌 공급망이 붕괴됨에 따라 각국은 기술개발 및 독자적 공급망 확보에 사활을 걸고 있다.

### 정책적 측면

각국 정부는 센서산업의 전략적 중요성을 인식하고 적극적인 지원 정책을 펼치고 있다. 미국은 2022년 ‘반도체·과학법<sup>CHIPS and Science Act</sup>’을 통해 반도체와 센서산업에 520억 달러 규모의 투자를 결정했으며, 특히 국방용 고성능 센서 개발에 100억 달러



제4회 스마트공장구축 및 생산자동화전<sup>SMATEC 2022</sup>에 국내외 180개 업체가 참가해 스마트제조, 디지털가공, 로보틱스, 스마트센서 등 주요 기반 기술을 선보였다. 관람객들이 협동로봇을 이용한 공장자동화를 살펴보고 있다.

이상을 배정했다. 한국은 2021년 국가전략기술에 차세대 센서를 포함시켰으며, 2030년까지 2조 원 규모의 투자를 계획하고 있다. 그러나 현재 한국의 센서산업은 전체 반도체산업의 0.1%에 불과한 실정이며, 대부분의 고성능 센서를 수입에 의존하고 있어 기술 자립화가 시급한 과제로 대두되고 있다.

#### 기술적 측면

고성능 센서의 신뢰성 확보가 핵심 과제다. 특히 자율주행차나 의료 기기와 같이 인간의 생명과 직결되는 분야에서는 고도의 신뢰성이 요구된다. 또한 우주항공이나 군사용 센서는 극한 환경에서도 안정적인 작동이 보장돼야 한다. 전력 소비 문제도 중요한 과제다. AI 기능이 통합된 스마트센서의 경우 연산 처리에 필요한 전력 소비가 크게 증가하는 문제가 있다. 특히 배터리로 작동하는 IoT 기기나 웨어러블 기기에서는 저전력 설계가 필수적이다.

#### 산업적 측면

글로벌 공급망 재편에 따른 대응도 시급하다. 미·중 기술 패권 경쟁이 심화되면서 핵심 센서의 공급망 다변화와 기술 보호가 중요해지고 있다. 특히 우주항공, 국방 분야의 고성능 센서는 전략물자로 분류돼 수출 통제가 강화되는 추세다. 이러한 도전

과제들을 극복하기 위해서는 산학연 협력을 통한 연구개발 강화, 전문 인력 양성, 제도적 지원이 필요하다. 특히 한국의 경우 반도체 강국의 경험을 바탕으로 센서산업에서도 글로벌 경쟁력을 확보하는 것이 시급히 요구된다.

스마트센서는 4차산업혁명의 핵심 요소이자 미래 산업의 성장 동력이다. AI와의 결합을 통한 지능화, 반도체 공정을 통한 소형화와 대량 생산화는 앞으로도 주요 트렌드가 될 것이다. 우주항공, 국방 분야의 차세대 고성능 센서 기술은 국가안보와 직접적으로 연계돼 있다. 국내 기업들도 이러한 흐름에 맞춰 기술개발과 투자를 확대하고 있으나, 아직 글로벌 시장에서의 입지는 미미한 수준이다. 정부의 적극적인 지원 정책과 기업들의 과감한 투자가 결합된다면, 한국의 센서산업도 메모리 반도체처럼 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.



김희연 한국센서학회 회장

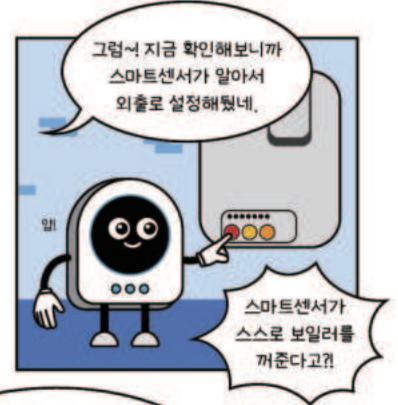
국가과학기술자문회의 전문위원, 나노종합기술원 책임연구원으로 활동 중이다. 삼성전기 수석연구원과 국방과학연구소 선임연구원을 역임했다.



# 일상 속 스마트센서

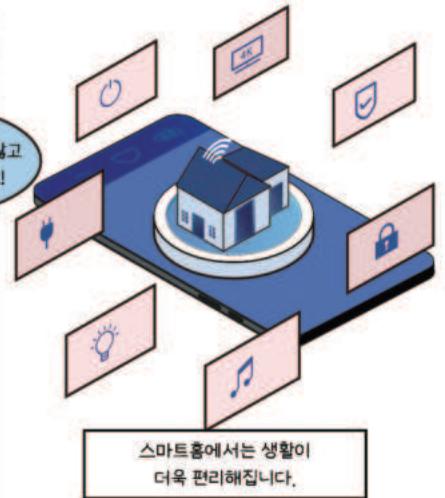
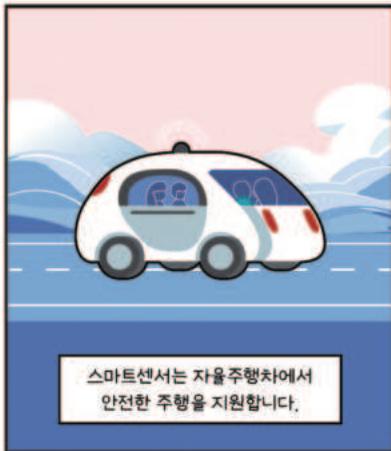
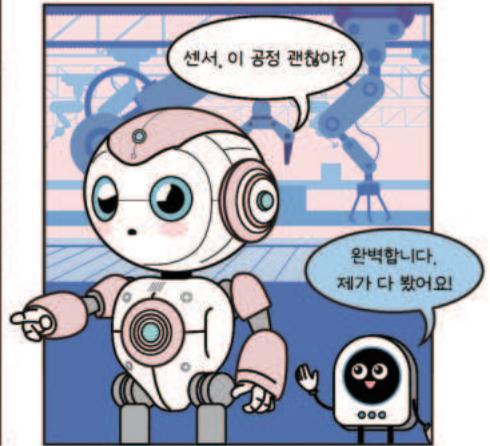


다츠디자인 현아



**스마트 센서의 네 가지 주요 기능**

- 측정** measurement  
물리적 신호를 감지하여 측정
- 구성** configuration  
센서가 정렬, 또는 설치 오류를 감지할 수 있도록 구성
- 검증** verification  
감독 장비 및 회로 사용해 센서 동작을 지속적으로 검증
- 통신** communication  
마이크로프로세서 또는 마이크로컨트롤러와 통신

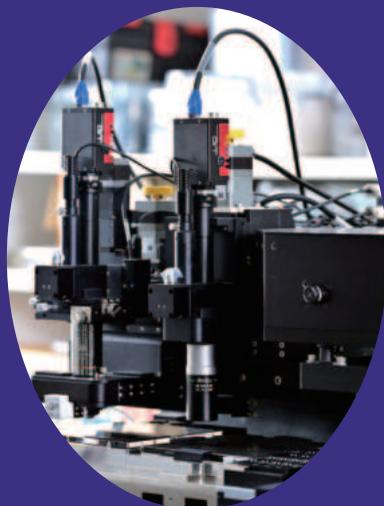


# 원자현미경 선두 주자, 나노 세계를 혁신하다

작은 물체를 관찰할 때 가장 먼저 떠오르는 장면은 현미경 접안렌즈에 눈을 가까이 대는 모습이다. 하지만 관측 대상의 크기가 극단적으로 작아진다면, 익히 알려진 광학현미경으로는 한계에 봉착해 원자현미경과 같은 나노계측장비가 필요해진다.

1nm(나노미터)는 1m의 10억분의 1에 해당하며, 이는 지구와 사과의 크기 차이와 비슷한 수준이기 때문이다. 원자현미경 분야 세계 1위 점유율을 자랑하는 파크시스템스㈜는 다양한 연구용, 산업용 원자현미경을 제작해 판매하고 있다.

글 김규성 사진 김기남



파크시스템스(주)



연구과제명	EUV Mask 결함 자동 계측 및 분석 기반의 AFM 자동 리페어 시스템 개발
제품명(적용 제품)	NX-Mask
개발기간(정부과제 수행기간)	2022.4-2025.12(45개월)
총 정부출연금	27억9196만 원
개발 기관	파크시스템스주
참여 연구진	안병운 소장 외 26명

### 현미경의 진화, 보는 것을 넘어 측정하는 것으로

일반적인 현미경과 나노 단위를 측정하는 원자현미경의 가장 큰 차이는 무엇일까? 바로 ‘보는 것’과 ‘측정하는 것’의 차이다. 1세대 현미경인 광학현미경은 볼록렌즈를 이용해 물체를 확대하는 방식으로 작동하므로 세포보다 작은 물체를 관찰하기 어렵다. 이를 극복하기 위해 과학자들은 세포보다 더 작은 물체를 관찰할 수 있는 새로운 도구를 연구했고, 1960년대에 2세대 현미경인 전자현미경을 개발했다.

1985년에 등장한 3세대 원자현미경은 촉각적인 원리를 활용해 시료의 표면을 탐침으로 스캔하며 얻은 반응을 통해 물체를 관찰하는 방식이다. 아주 미세한 단위에서 모든 물체는 마치 자석과 같이 밀거나 당기는 상호작용을 보이는데, 원자현미경은 탐침을 물체에 수십 나노미터 거리까지 접근시켜 이 상호작용에 의한 캔틸레버<sup>cantilever</sup>(탐침 막대)의 변화를 레이저로 계측하는 방식이다. 시료의 조건을 따지지 않는다는 점과 물리적 성질, 전기적 성질, 자기적 성질 등 대부분의 물리적 현상을 관찰할 수 있다는 장점을 갖는다. 특히 원자 지름의 수십 분의 1에 해당하는 0.01nm까지 측정이 가능하고 뛰어난 분해능<sup>①</sup>을 자랑해 연구뿐 아니라 산업 현장에서도 측정 및 조작 장비로 폭넓게 활용되고 있다.

### 원자현미경의 진화, 반도체 공정의 필수 장비가 되다

파크시스템스는 원자현미경 개발 이후 30여 년간 관련 기술을 꾸준히 발전시키며 다양한 제품을 출시해왔다. 연구용 장비를 대표하는 NX-Series를 통해 나노기술 연구 전반에 활용할 수 있는 장비를 공급해왔으며, 최근에는 AI와 로보틱스 기술을 접목한 신제품도 선보였다. 2014년 첫 산업용 장비를 반도체 생산 라인에 공급한 이래 반도체 생산 공정용 장비와 분석용 장비를 세계적인 반도체 기업들에 납품하고 있다. 안병운 시스템연구소장(이하 소장)은 제품 개발에 대한 꾸준한 투자를 통해 경쟁력을 키울 수 있었다고 말한다.

“파크시스템스의 직원 중 31%가 연구개발 업무에 집중하고 있습니다. 연구소는

① 분해능: 계측기가 측정 대상을 구분하는 능력. 예를 들어 사진의 해상도가 높을수록 사진 속 인물을 구분하기 용이하다.

선행 기술을 담당하는 선행개발연구소, 컨트롤러와 소프트웨어를 설계하는 디지털연구소 그리고 최종 제품을 개발하는 시스템연구소로 구성되는데요. 소속된 인원만 120여 명에 달해 연구개발에 상당한 비중을 두고 있습니다. 연평균 25%에 달하는 매출 성장률을 기록할 수 있었던 것도 이러한 기술력을 바탕으로 글로벌 시장에서 선두 위치를 확보했기 때문입니다.”

반도체 공정이 나노 수준의 초미세 공정으로 진입하면서 원자현미경에 대한 수요는 폭발적으로 늘어났다. 공정 과정을 관측하는 장비가 필수적이었으나 기존의 광학현미경이나 전자현미경은 반도체 공정에 적합하지 않은 한계가 있었기 때문이다. 원자현미경은 반도체의 미세 패턴 생성 공정뿐 아니라 정상적인 작동 여부를 확인하는 데까지 다양한 쓰임새를 보이고 있다.

안 소장을 비롯한 연구진은 산업적 변화에 발 빠르게 대응하며 반도체 공정에서 원자현미경의 활용 방안을 찾아냈다. 그 결과 KEIT의 R&D 사업인 ‘EUV Mask 결함 자동 계측 및 분석 기반의 AFM 자동 리페어 시스템 개발’ 과제를 성공적으로 완수하며 다시 한번 기술력을 입증했다.

### 원자현미경 활용한

#### 자동 리페어 시스템 개발

반도체 제조에서 가장 중요한 공정 중 하나는 ‘포토리소그래피 공정<sup>Photolithography</sup> (포토 공정)’으로, 극자외선<sup>EUV</sup> 광원을 이용해 웨이퍼 위에 반도체 회로 패턴을 형성하는 과정이다. 이 공정은

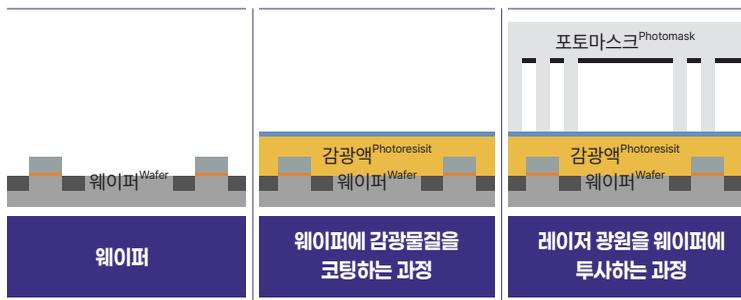
감광물질이 도포된 웨이퍼에 EUV 광원을 투사하고, 포토마스크에 설계된 회로 패턴을 통해 빛이 투과될 부분을 지정한 뒤, 빛에 노출된 감광물질이 화학적으로 반응해 제거되는 방식으로 진행된다. 이러한 반복 작업을 통해 반도체의 적층 구조가 형성된다.

문제는 포토마스크에 결함이 생길 시 그 결함이 그대로 웨이퍼에 전사되어 불량 반도체 칩을 대량으로 양산할 수 있다는 점이다. 안 소장은 이러한 결함이 반도체 생산업체의 매출에 중대한 영향을 미칠 수 있음을 강조했다.

“포토마스크의 교체 주기는 긴 편입니다. 그 때문에 결함이 생길 경우 수백이 아닌 수만 개 단위의 웨이퍼에서 불량이 발생할 수 있죠. 이번 R&D로 개발한 자동 리페어 시스템은 문제가 생긴 부분의 형상을 정확히 측정하고, 직접 해결할 수 있는 기술입니다. 원자현미경으로 결함 위치를 자동 측정된 뒤, 장비에 장착된 팁을 사용해 숙련된 작업자가 리페어 작업을 수행하는데요. 예를 들어 결함이 미세한 먼지라면 그 성분을 분석하고 적절한 제거 방법을 논의한 뒤 직접 조치하는 방식입니다. 이는 반도체 제조사의 원가 절감과 생산성 향상에 크게 기여합니다.”

EUV 마스크 개발 이전에는 심자외선<sup>DUV</sup> 마스크가 사용됐다. DUV 마스크는 이전 세대의 반도체 공정에서 주로 사용되던 도구로, 비교적 큰 회로를 만드는 데 적합했다. 해당 공정에서는 특수 용액을 사용하는 습식 클리닝 방식으로 결함을 제거할 수 있었으나, 30nm 이하의 초미세 공정이 도입되면서 더 이상 이 방법을 활용할 수 없게 됐다. 30nm는 사람 머리카락 굵기의 약 3000분의 1에 해당하는

### 반도체의 포토리소그래피 공정



극자외선 <sup>EUV, Extreme Ultra Violet</sup>	웨이퍼 <sup>Wafer</sup>	감광물질	포토마스크 <sup>Photomask</sup>
파장 대역이 짧은(10~100nm) 전자기파로, 짧은 파장을 사용할수록 더 세밀한 패턴을 형성할 수 있음	반도체 칩을 제조하기 위한 얇은 원판으로, 반도체 회로 형성의 토대가 되는 핵심 재료	빛을 조사하면 화학적 변화를 일으키는 광광성 고분자 물질	회로 설계 패턴이 정의된 마스크로, 웨이퍼에 패턴을 전사하는 데 사용

매우 작은 크기로, 해당 수준의 초미세공정에서는 기존 방법으로 결함을 처리하기가 어려워진 것. 새로운 기술이 필요하게 된 이유도 바로 여기에 있다. 시스템연구소의 R&D 성과는 이러한 공정상의 문제를 해결하며 매출 증가로 직결됐다. 관련 기술을 집약한 제품인 NX-Mask는 주요 고객들로부터 뜨거운 반응을 얻어, 2024년 매출의 10% 이상을 신규 제품군에서 발생시키는 데 기여했다. 삼성전자, TSMC, 인텔 등 글로벌 파운드리 기업들이 미세 공정 투자를 늘리고 있는 점 또한 마스크 리페어 시스템의 미래 전망을 더욱 밝게 하고 있다.

안 소장은 자동 리페어 시스템의 완전한 자동화를 목표로 하고 있다고 말했다.

“현재 반도체 공정에서 자동 리페어 시스템의 자동화 수준은 약 70%에 머물러 있습니다. 물론 높은 수치이지만, 전 공정 자동화를 목표로 연구개발을 지속하고 있습니다. 현재 EUV 마스크를 활용한 공정의 비중은 10~15% 수준이지만 점차 늘어날 것입니다. 이에 따라 결함 발생 건수도 기하급수적으로 늘어날 것이기 때문에 자동화 비용을 더욱 높이는 것이 시스템 성공의 핵심이라고 생각합니다. 앞으로 인력 활용 비중을 줄이고 자동화를 강화해나갈 계획입니다.”

30년 넘게 한 분야에 매진해온 시간은 파크시스템스의 기술력을 더욱 깊이 있게 만들었고, 끊임없는 혁신과 경쟁력 강화를 가능하게 했다. 이러한 성과는 오늘날 나노계측 분야의 기준을 제시하는 선도 기업으로 자리 잡는 원동력이 됐다.



### 산업통상자원부의 R&D 대표 10선에 선정됐다.

산업통상자원부 R&D 대표 10선에 선정되고, 2023년 나노기술연구협의회가 선정한 10대 나노기술에 포함되는 등 파크시스템스 연구진 모두가 노력한 결과물이 큰 성과를 거둬 매우 기쁘다. 연구원들이 고생하며 최선을 다하는 모습을 지켜봐온 입장에서, 이번 성과가 그 노력이 헛되지 않았음을 보여줄 수 있었던 기회라고 생각한다.

### 정부 R&D 과제 선발 시 장점은?

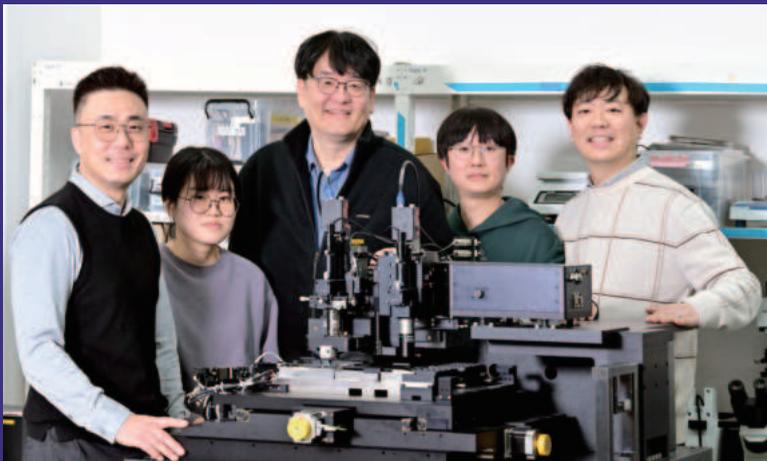
저희는 현재도 여러 정부 과제를 수행하고 있다. 가장 큰 장점은 적은 리스크로 다양한 시도를 할 수 있다는 점이다. 예를 들어 하나의 목표를 위해 세 가지 방법을 시도한다고 할 때, 한 가지 방법만 성공하고 나머지 두 가지는 실패할 가능성이 있다. 하지만 정부 R&D 과제에서는 산학연과의 협업이 가능하기 때문에 실패에 대한 두려움이 크게 줄어든다.

### 가파른 성장세의 원동력은 무엇인가?

저희 시스템연구소의 가장 큰 강점은 유연한 조직 구성이다. 연구소는 3개의 팀으로 나뉘어 있지만, 매년 목표에 따라 단일 연구소로 통합되거나, 필요에 따라 2개 또는 4개 팀으로 나뉘기도 한다. 이러한 조직적 유연함은 공통된 목표를 향해 효율적으로 움직이게 한다. 또한 직책이나 팀 구성에 구애받지 않고 모두가 동등한 연구원으로서 자유롭게 역할을 맡는 문화 덕분에 팀의 재편성이 좌천으로 인식되지 않는다. 이런 유연함이 목표를 향한 집중력을 유지하게 만드는 원동력이 됐다고 생각한다.

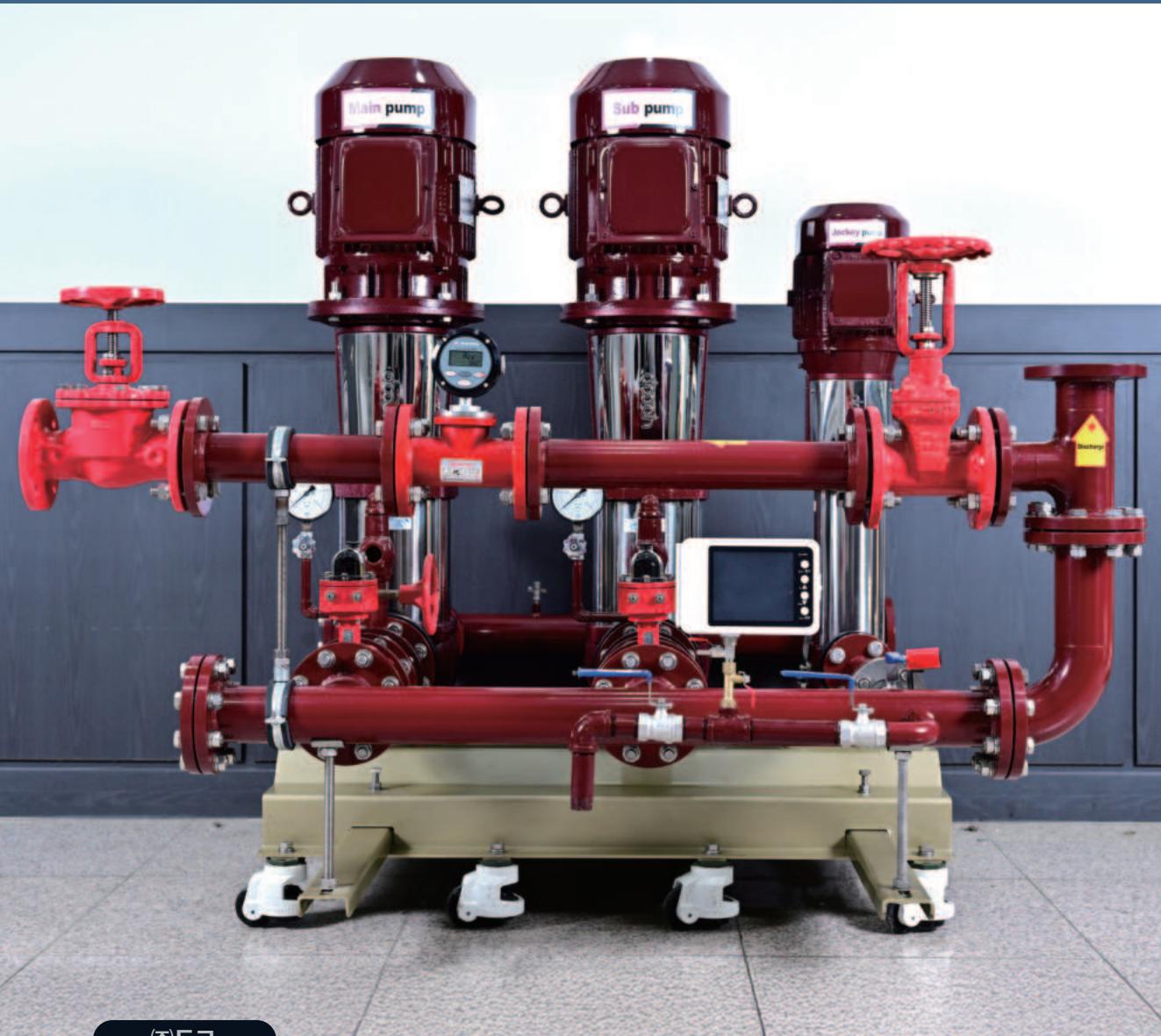
### 향후 목표가 궁금하다.

지금까지 파크시스템스는 원자현미경 전문 기업으로 성장해왔다. 하지만 산업 구조의 변화와 새로운 기술의 등장에 맞춰 원자현미경 기술을 넘어서 다양한 나노계측기술을 확보하고자 한다. 이를 통해 나노계측 전문 기업으로 도약하는 것이 우리의 중장기적인 목표다.



### 파크시스템스(주)

원자현미경으로 대표되는 파크시스템스는 나노 단위 현미경 제조와 계측 솔루션을 글로벌 대상으로 공급하는 기술벤처기업이다. 출시하는 제품마다 가장 정확한 원자현미경으로 평가받으며 업계를 선도하는 기업으로 성장했으며, 2020년에는 <포브스> 선정 '아시아 200대 중소기업' Forbes Asia's 200 Best Under A Billion에 오르기도 했다. 파크시스템스는 정밀 제품을 제조하는 데 최적의 솔루션을 만들어나갈 계획이다.



(주)두크

## 더욱 안전하고 믿을 수 있는 소방펌프

‘소방펌프는 평상시에는 작동하지 않으며, 주철로 만든 펌프는 관리에 소홀할 시 녹이 스다.’ 두 개의 특성이 합쳐져 화재 사고가 발생했음에도 스프링클러나 소화전 설비가 제 성능을 발휘하지 못해 큰 피해를 입은 사례가 많았다. (주)두크는 KEIT와의 협업을 통해 소방펌프의 고장 여부를 진단하고 감시하는 시스템을 상용화했다.

글 김규성 사진 김기남

연구과제명	50kW급 입형 다단 스마트 소방펌프 시스템 개발
제품명(적용 제품)	소방펌프 패키지 시스템
개발기간(정부과제 수행기간)	2020.4~2022.12(33개월)
총정부출연금	30억 원
개발 기관	(주)두크
참여 연구진	(주)두크 내 기업 부설 연구소

### 소방펌프, 긴급 상황에서 꼭 필요한 건 신뢰성

펌프는 액체나 기체를 한쪽으로 흡입해 반대쪽으로 내보내는 장치다. 일반적인 펌프는 항상 물이나 기체를 나르며 운용되지만, 소방펌프는 평상시 대기 상태로 유지된다. 문제는 화재나 사고가 발생하지 않는 한 작동 여부를 확인하기 어렵다는 점이다. 두크 기업 부설 연구소의 윤인식 연구소장(이하 소장)은 두 펌프의 실제 운용 방식이 매우 다르다고 강조했다.

“인천 청라동 아파트 화재, 김포시 요양병원 화재 등 2020년대 들어서도 소방펌프의 작동 불능으로 사고가 계속해서 발생하고 있습니다. 소방펌프는 긴급 상황에서 반드시 작동해야 하므로 운전 안전성이 무엇보다 중요합니다. 하지만 많은 소방펌프가 건물에서 접근성이 떨어지는 지하실이나 기계실 같은 열악한 환경에 설치되다 보니 녹이 슬어 방치되는 경우가 빈번합니다.”

소방펌프의 작동 불능 상태를 체크하는 시스템을 개발하기 이전에, 연구진은 고장이 나지 않는 소방펌프를 만드는 것이 급선무라고 판단했다. 기존 소방펌프의 주요 고장 원인은 저가 주철로 제작된 펌프 내부의 회전체가 달라붙어 작동하지 않는 고착 현상이었다. 이에 연구진은 오랜 시간 작동하지 않아도 고착되지 않도록 내식성 재료를 활용한 대용량 소방용 입형 다단펌프<sup>①</sup> 제작에 착수했다.

“당시만 해도 작은 용량의 펌프를 개발한 경험은 있었지만 대용량 입형 다단펌프는 처음 도전하는 분야였습니다. 데이터가 부족했고 직접 실험을 진행할 여건도 되지 않아 대용량 펌프의 구조 내구성을 확보하는 데 어려움을 겪는 상황이었죠. 다행히도 과제 수행 과정에서 한국전자기술연구원과 협업해 유체의 압력분포, 펌프 회전 부품의 응력과 진동 해석 등 신뢰도 높은 데이터를 확보할 수 있었습니다.”

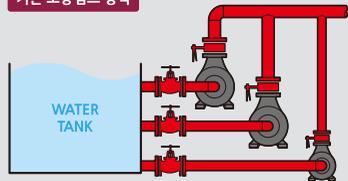
3년여 간의 연구 끝에 연구소는 부식과 고착이 발생하지 않는 스테인리스 재질의 대용량 소방용 입형 다단펌프를 개발하는 데 성공했다. 실린더, 축, 임펠러, 디퓨저

① 입형 다단펌프: 입형은 위아래로 서 있는 구조를 의미하고, 다단은 펌프의 내부 구조가 여러 단으로 나뉘어 있음을 뜻한다.

등 펌프를 구성하는 주요 부품 대부분을 스테인리스로 제작해 내구성을 확보했으며, 기존 대형 구조가 아닌 입형 구조를 채택해 설치 공간을 80% 이상 절감할 수 있었다. 개발된 펌프는 스프링클러나 소방 시스템뿐만 아니라 급수 및 가압 설비, 세척 시스템, 보일러 급수 시스템 등 다양한 분야에 적용할 수 있어 산업용 펌프 시장에서 큰 주목을 받았다.

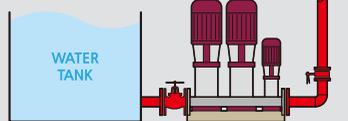
### 기존 소방펌프 방식과 소방 패키지 방식 차이

**기존 소방펌프 방식**



주펌프, 예비펌프, 충압펌프가 분리되어 있는 구조

**두크 OSC 기반 소방 패키지 방식**



주펌프, 예비펌프, 충압펌프가 하나의 시스템으로 구성되어 간편한 구조

**주펌프**  
화재 발생 시 운전되는 주펌프

**예비펌프**  
정전 시 비상전원장치로 운전되는 펌프

**충압펌프**  
배관 내 압력 저하 시 압력을 보충해주는 펌프

## OSC 소방펌프 패키지 시스템으로 혁신을 제시하다

대용량 소방용 입형 다단펌프의 개발에 성공한 후, 연구진은 소방펌프의 패키지 시스템 개발이라는 새로운 과제에 돌입했다. 기존의 소방펌프는 주펌프, 예비펌프, 충압펌프로 구성되는데, 각 펌프가 분리돼 있어 개별 배관 작업을 진행해야 했다. 이런 복잡한 배관 설비로 인해 시공 기간이 길어지고 설치 과정이 비효율적이라는 문제가 지속적으로 제기됐다. 이에 연구진은 모든 펌프를 하나의 시스템으로 통합하는 패키지 방식의 소방펌프 시스템을 구상했다. 그러나 개발 과정은 결코 순탄하지 않았다. 윤 소장은 수많은 시행착오 끝에 패키지 시스템을 완성할 수 있었다고 회고했다.

“소방펌프는 소방법에 따른 엄격한 규정을 준수해야 했고, 기존에 없던 새로운 형태의 시스템을 개발하다 보니 난관이 많았습니다. 처음 개발한 제품이 한국소방감리협회 검수를 통과하지 못해 여러 차례 수정과 보완을 거쳤고, 한국소방감리협회의 조언을 바탕으로 국내 최초로 소방펌프 패키지 시스템을 개발하게 됐습니다.”

특히 패키지 시스템은 OSC 공법<sup>2</sup>을 기반으로 해 더욱 경쟁력을 높였다. 기존의 소방펌프는 설치 과정에서 현장에 근로자가 투입되어 모든 공사를 진행하는 방식이었다. 하지만 기능직 인력이 점차 고령화되고 저숙련 근로자가 늘어나면서 전반적인 품질이 낮아지고 공사 기간이 늘어나는 등 부작용이 잇따랐다. 두크는 이러한 문제를 해결하기 위해 OSC 공법을 도입했다. 전문 인력이 지정된 공장에서 제품을 사전 제작함으로써 공정의 안정성과 품질을 동시에 확보했다. 이를 통해 현장 설치 시간을 단축하고, 기존 방식에서 발생했던 시공 품질 문제를 혁신적으로 개선할 수 있었다.

### 기존 소방펌프와 두크 소방 패키지 시스템 비교

항목	OSC 기반 소방 패키지 시스템	기존 소방펌프	비교
공사기간	당일 설치 가능	10일 이상 소요	9일 이상 단축
공사비용	2인 1일 작업 단순 볼팅 작업	4인 10일 작업 현장 배관 작업	평균 1000만 원 감축(안전관리 인원 인건비는 별도)
폐기물	폐기물 없음	폐자재, 용접 부산물 등	폐기물 40% → 5%로 감소
안전사고	위험 공정 없음	용접, 절단 등 고위험 공정	안전사고 발생 확률 낮음
공간활용	협소한 공간 설치 가능	넓은 설치 공간 필요	50% 이상 감소

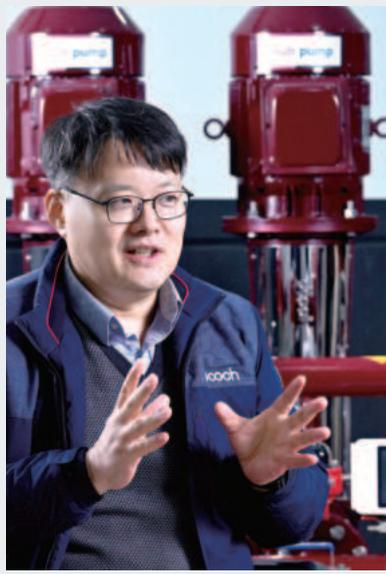
<sup>2</sup> OSC 공법: 탈현장생산시스템(Off-Side-Construction)은 건축물의 부재, 부품, 설비 등을 공장에서 사전에 제작하고 현장으로 운반해 조립 및 설치하는 건축 방식

## R&D 통한 기술개발, 기업 성공으로 이어져

2022년 12월 두크는 KEIT와 수행한 ‘50kW급 입형 다단 스마트 소방펌프 시스템 개발’ 과제를 성공적으로 마무리하고 ‘통합 성능시험 배관형 소방펌프 패키지 시스템’의 상용화 단계에 돌입했다. 같은 해 중소벤처기업부의 성능 인증을 획득했고, 2023년에는 조달청에서 우수 제품 인증을 받아 공공시장에도 진출했다. 대용량 소방용 입형 다단펌프를 중심으로 한 소방펌프 패키지 시스템은 2021년 36억 원의 매출을 시작으로, 2024년에는 약 150억 원의 매출을 달성하며 성장세를 이어가고 있다.

“KEIT와 R&D 과제를 성공적으로 완수한 점이 매우 뿌듯합니다. 무엇보다 KEIT는 R&D 전문 기관으로, 중소기업이 개발 과정에서 무엇이 필요한지 정확히 파악하고 있었습니다. 덕분에 스테인리스 펌프 기술을 비롯해 관련 기술을 개발할 수 있었고, 참여 기관의 노하우를 공유받아 공공 인증까지 완료할 수 있었습니다. 이러한 협력 덕분에 사업화를 통해 혁신적인 성장을 이룰 수 있었습니다.”

두크는 소방펌프 패키지 시스템의 성공에 안주하지 않고 인공지능<sup>AI</sup>과 사물인터넷<sup>IoT</sup> 기술을 활용한 통합 관제 시스템 개발에 돌입했다. 윤 소장이 꿈꾸는 시스템이 구축되면 아파트, 빌딩 등 각종 건물의 급수 시스템이 더욱 사용자 친화적으로 진화할 것이다. 펌프 기술의 혁신을 이끌며 시장의 새로운 패러다임을 제시하는 두크의 내일이 기대된다.



**R&D 수행 과정에서 가장 좋았던 점은?**

녹이 슬지 않는 스테인리스를 활용한 펌프를 만들겠다는 생각은 누구나 할 수 있다. 그런데 대형 스테인리스 펌프가 어느 정도의 강도를 어느 만큼 견딜 수 있는지 측정하는 것은 무수한 실험을 통해 증명되어야 하는 것이기에 쉽게 도전할 수 없었다. 하지만 한국전자기술연구원을 비롯한 6개 기관과 2개의 업체에서 시뮬레이션을 통해 분석 자료를 제공해주었기에 제품 개발까지

성공할 수 있었다고 생각한다. 이러한 협력은 공공기관과의 R&D가 아니면 중소기업 단독으로 추진하기에 무척 어렵기에 가장 좋았던 점으로 꼽고 싶다.

**반면 R&D 과제를 진행하며 아쉬웠던 점은?**

여러 기관, 업체에 더해 대학까지 합류하게 되면 한 몸처럼 움직이기는 아무래도 쉽지 않다. 우리가 생각하는 점과 상대 협력체의 생각이 다를 경우 조정하는 과정과 시간이 필요했다. 이런 부분을 생각해보면 빠른 속도로 결과물을 내기보다 시간적 여유를 갖고 접근하는 자세가 필요하다고 본다.

**공공기관 R&D 과제를 진행하며 바라는 점이 있다면?**

다행히 이번 과제는 성공적으로 완수했지만, 모든 과제에서 성공을 거둘 수는 없다. 제품 개발에 성공하더라도 상용화나 사업화에 실패하는 경우도 적지 않다. 그러나 그 개발의 결과물이 무의미하지 않고, 이런 사례가 쌓여서 더 좋은 결과를 만들어낸다고 생각한다. 그래서 중소기업에 대한 R&D 지원이 꾸준히 이어지길 희망한다.

**향후 목표는 무엇인가?**

국내 대기업에서 근무하다 2007년에 두크의 연구소에 합류했다. 당시 연구소 직원은 총 3명에 불과했는데, 현재는 7명까지 늘어나 개발 부분에 많은 투자가 이어지고 있다. 당시 매출액은 90억 원가량이었었는데 2024년 기준 500억 원 이상까지 늘어났으니 연구소장으로서 회사의 성장에 보탬이 된 것이 보람이다. 현재 국내 펌프 업체 중에서는 순위권에 꼽히지만, 향후에는 이를 넘어 한국 내 펌프 매출에 있어서 해외 업체도 넘어서는 모습을 보여드리고 싶다.



**(주)두크**

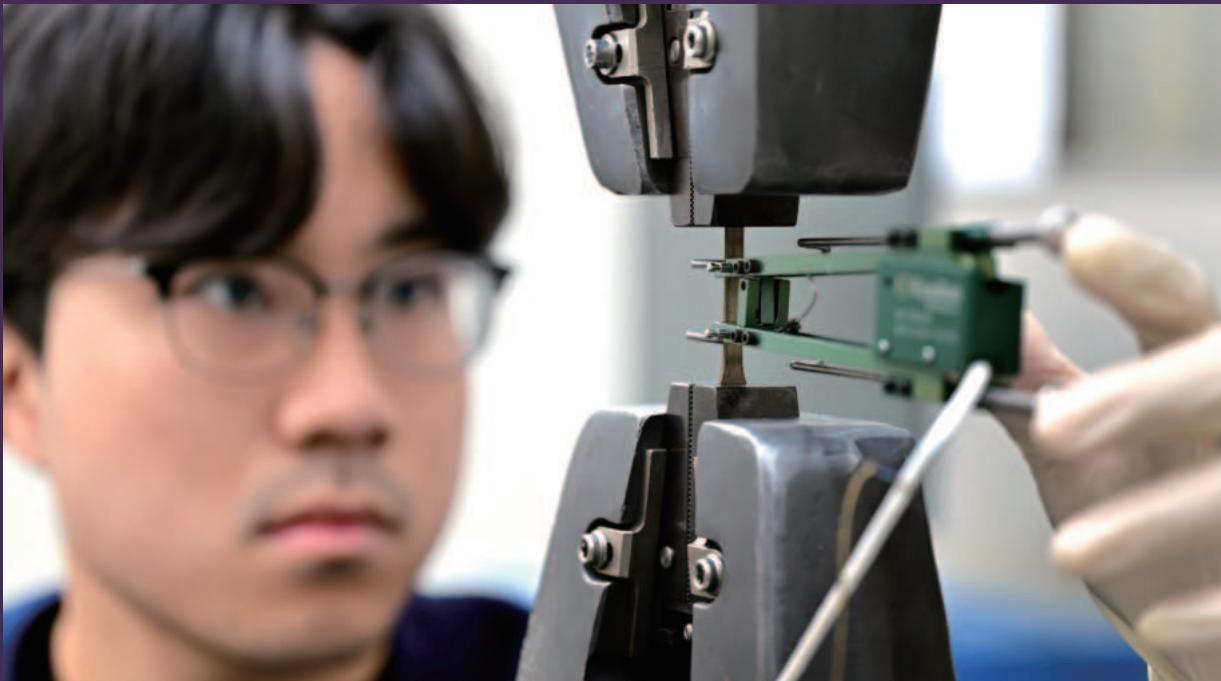
산업 현장이나 건물에서 사용되는 여러 종류의 펌프를 제작해 판매한다. 주요 제품군으로 주방 또는 화장실에서 사용되는 급수펌프, 소방 시설에 소방용수를 공급하는 소방펌프 그리고 건물에 냉난방용 용수를 순환시키는 순환펌프 등이 있다. 두크는 펌프를 비롯해 펌프를 제어하는 제어기에 대한 자체 기술력을 확보한 국내 유일의 업체이며, 급수용 전자제어펌프 솔루션을 제공하는 전문 기업이다.

차체용 철강 소재와 배터리용 전고체 소재가 미래 모빌리티 시대를 이끌어갈 핵심 소재로 주목받고 있다. 이러한 핵심 소재 기술을 공략하면 미래 모빌리티 시장 주도권을 쥌 수 있다는 전망이 나오는 가운데, 국내 연구진이 기존 소재보다 물성을 훨씬 뛰어넘는 초임계 소재 개발에 매진하고 있어 기대감을 낳고 있다. 글 김광균 사진 김기남

# ALCHEMIST

## AI 기반 초임계 소재 개발로 미래 모빌리티 시장 선점 나선다

산업기술 알키미스트 프로젝트 ‘AI 기반 초임계 소재 연구’



## 미래 자동차 시장 성장 이끌

### 핵심 소재 주목

많은 신소재 중에서도 초고온 혹은 초극저온 상태와 같은 극한 환경에서 파괴되지 않고 견딜 수 있는 물성을 지닌 소재를 초임계 소재라 한다. 현재의 기술적 한계를 뛰어넘는 소재를 개발한다는 것은 그만큼 어렵기도 하지만, 연구의 최신성을 확보하고자 하는 연구자의 로망이라 할 수 있다.

많은 산업 분야에서 소재 연구가 쉽 없이 일어나고 있지만, 그중에서도 활발하게 소재 연구가 진행되고 있는 분야는 자동차산업이다. 미래 차 중심으로 전환하는 자동차 시장에서 미래 모빌리티에 사용될 소재, 특히 극한 환경에 적용할 수 있는 금속 소재 연구가 주목받는 것은 당연한 일이다. 연세대학교 신소재공학과 이영국 교수가 알키미스트 프로젝트 연구의 하나로 'AI 기반 초임계 소재 연구'를 이끌며 자동차 차체용 철강 소재와 배터리용 전고체 소재 개발에 매진하고 있는 것도 이 같은 시장 흐름에 주목했기 때문이다.

이 교수는 산업통상자원부가 주관하는 '산업기술 알키미스트 프로젝트'를 처음 접했을 당시 혁신적이고 도전적인 과제의 성격에 매료됐다. 기존 과제들이 가까운 장래에 상용화하는 것을 염두에 두고 기존의 문제점을 어느 정도 개선하는 수준에 그친다면, 알키미스트 프로젝트는 좀 더 장기적인 관점에서 신시장 창출과 기술 주도권 확보를 목표로 한다는 점에서 연구자의 도전 정신을 자극했다. 무엇보다 '알키미스트<sup>Alchemist</sup>(연금술사)'라는 프로젝트명만 보더라도 '금속쟁이'로서 반드시 참여해야만 하는 과제라는 것이 이 교수의 판단이었다.



기계로 철강을 잡아당겨 강도를 확인하는 인장 실험.



'AI 기반 초임계 소재 연구'를 이끌고 있는 이영국 연세대학교 신소재공학과 교수가 초임계 소재로 만든 제품을 들고 설명하고 있다.

## 초고강도강·초이온전도체의

### AI 기반 초임계 소재 개발

알키미스트 프로젝트는 개념연구(6배수)-선행연구(3배수)-본연구(1배수)의 3단계 경쟁형 R&D 방식을 취하고 있다. 경쟁을 통해 1·2단계를 모두 통과해야 최종적으로 본연구를 수행할 수 있는 자격이 주어진다. 이 교수 연구팀은 1단계에서 다양한 산업 분야에 쓰일 7개의 초임계 소재를 선정해 연구를 진행한 뒤 4개 소재로 추려 2단계 연구를 진행했다. 그리고 본연구 단계에서 최종적으로 선택한 2개는 자동차 차체용 철강 및 배터리용 전고체 소재로, 모두 미래 자동차와 관련된 것이었다. 전기차, 수소차 등 미래 차의 경쟁력을 가르는 요소 중 하나는 경량화다. 차량의 무게를 줄여야 연비가 좋아지기 때문이다. 현재 자동차 무게의 70~80%를 철강재가 차지하고 있는 만큼 무게를 줄이는 것이 중요하다. 그러려면 강판의 무게를 줄이되 안전을 위해 강도를 높여야 한다. 현재 자동차에 적용되는 철강재 가운데 가장 높은 강도는 1.8GPa(기가파스칼) 수준이다. 연구팀은 이를 훨씬 상회하는 2.4GPa급의 인장 강도를 지닌 소재 개발을 목표로 하고 있다.

초고강도강을 상용화하려면 단순히 강도만 높이는 것이 아니라 다양한 물성을 동시에 확보해야 하기에 개발이 쉽지 않다. 일반적으로 철강 소재는 강도가 높아지면 수소취성(금속이 수소를 흡수해 부서지는 현상) 저항성, 용접성, 성형성이 감소한다. 특히 철강은 강도가 높아질수록 수소취성이 더 잘 일어나므로 극미량의 수소가 들어가더라도 쉽게 깨지고 만다. 따라서 수소취성이 일어나지 않는 고강도강을 만드는 것이 연구팀의 핵심 과제라 할 수 있다.

배터리용 전고체 소재 개발도 난제이긴 마찬가지다. 전고체전지는 양극과 음극

사이에서 이온을 전달하는 전해질을 기존 가연성의 액체에서 화재나 폭발의 위험성이 낮은 고체로 대체한 것으로, 장시간 높은 이온전도도(이온에 의해 전하가 운반되는 전기전도)를 유지하면서 수분 안정성을 갖는 초이온전도체 개발이 관건이다. 이에 연구팀은 높은 이온전도도를 가질 뿐 아니라 장시간 이용해도 높은 이온전도도를 유지할 수 있고, 수분의 영향에도 성능이 저하되지 않는 우수한 전고체전지 소재 개발에 주력하고 있다.

연구팀은 연구의 정확성을 높이고 두 가지 핵심 소재의 개발기간을 획기적으로 단축하기 위해 AI 기술을 도입하고자 했다. 소재의 설계·제조·분석 및 평가 단계를 통합적으로 예측할 수 있는 새로운 개념의 '통합 AI 플랫폼'을 구축하고 이를 활용함으로써 개발기간을 단축한다는 구상이다. 다만 AI 플랫폼 구축에도 시간이 걸리는 만큼 경험 기반의 연구와 AI 기반 연구를 병행하면서 성과를 끌어올릴 계획이다.

### 멤버십 기업 참여로 R&D 시너지 기대

과제 시행 후 2년이 지난 지금, 연구팀은 이미 상당한 성과를 올렸다. 초고강도강의 경우 현재 여러 물성을 만족하는 강도 기준으로 2.2GPa 수준까지 도달한 상태이며, 초이온전도체

### 참여 연구진은?

성공적인 프로젝트 수행을 위해 초고장력강과 초이온전도체 관련 국내 최고 수준의 전문가들로 연구단을 구성했다. 주관기관인 연세대를 비롯해 국민대, 경상국립대, 동의대, 세종대, 순천대, 포항공대, 포항공기속기연구소, 한국생산기술연구원, 한국자동차연구원 등 9개 연구기관과 포스코, 현대제철, 삼성SDI, 에코프로비엠 등이 멤버십 기업으로 참여하고 있다. AI 전문가와 실험 및 물성 평가 전문가도 함께 참여해 과제를 수행하고 있다.

## Who?

이영국 교수(연세대),  
조기섭·설재복 교수(국민대),  
박영도 교수(동의대),  
손기선·명승택 교수(세종대),  
표명호 교수(한국에너지공대),  
이동화 교수(포항공대),  
최윤일 박사(한국생산기술연구원),  
김동욱 박사(한국자동차연구원),  
안도천 박사(포항공기속기연구소)

...

## How long?

2020년 9월~2026년 12월  
(6년 4개월)

...

## What research?

통합 AI 플랫폼을 구축하고,  
이를 활용한 미래 모빌리티용  
초임계 소재 개발

...

## What is the role of KEIT?

과제를 진행하는 동안  
총 206억 원의 연구 지원금을  
통해 시제품 개발을 목표로 한  
소재 연구와 AI 플랫폼 개발을  
뒷받침

또한 액체 전해질 수준의 높은 이온전도도를 이끌어내고자 했던 1차 목표를 달성했다. 또한 과제를 진행하는 동안 38편의 국제 논문과 18건의 특허출원 및 등록을 완료했다. 이 과정에서 세계 최초로 초고강도 페라이트계 경량 철강 소재를 개발해 미국·유럽·일본에 특허출원 및 등록을 완료했으며, 멤버십 기업과의 협업을 통해 상용화를 위한 '파일럿 스케일(중간 시험)' 평가도 진행하고 있다. 다중 물성을 충족하는 최적의 예측 모델을 도출해내는 AI 플랫폼 기술도 특허출원 중이다.

국내 유수의 기업들을 멤버십 기업으로 유치해 협업 체계를 이룬 점도 커다란 성과다. 현재 포스코, 현대자동차, 현대제철, 삼성SDI, 에코프로비엠 5개사가 멤버십 기업으로 참여 중이다. 멤버십 기업들은 연구개발 단계부터 연구팀의 소재 개발에 관심을 갖고 상용화와 제품 양산에 필요한 정보와 피드백을 제공하며 기술의 사업화 과정을 단축하는 데 기여하고 있다.

연구팀의 목표는 추후 초임계 소재 개발과 함께 관련 기업들에 기술을 이전하는 것이다. 기술 이전을 받은 기업들이 우수한 미래 차를 양산함으로써 미래 모빌리티 시장을 선도하게 될 것이라 기대감이 크다.

# 연구자의 다이어리

알키미스트 프로젝트만의 특징을 꼽는다면 우리 연구진 외에 멤버십 기업들이 참여해 함께 협력한다는 점입니다. 현재 철강 소재 연구 분야에는 현대자동차, 현대제철, 포스코가, 전고체 소재 연구 쪽에는 삼성SDI, 에코프로비엠이 자진해 참여해주고 있습니다. 우리 연구팀은 국내 유수의 대기업들과 호흡을 맞추고 있고, 다른 팀들에 비해 상용화에 가장 근접해 있다는 점에서 관심과 기대가 집중되고 있는 상황입니다.



연구팀은 연구의 정확성을 높이고 개발기간을 획기적으로 단축하기 위해 AI 기반 연구와 경험 기반의 연구를 병행하면서 성과를 끌어올리고자 한다.

## 기업들과의 파트너십으로 상용화 가능성 키우다

### Now

- '2023 대한민국 산업기술 R&D 대전' 알키미스트 어워드에서 '베스트 멤버십상(산업통상자원부 장관 표창)' 수상
- AI 기반 초임계 소재 연구 성과와 더불어 5개 멤버십 기업과의 활발한 협력 공로 인정받음

### Next

- 다중 물성을 만족시키기 위한 소재 연구 지속
- 다양한 소재 개발에 활용이 용이한 통합 AI 플랫폼 구축

### Future

- 초임계 소재의 물성 향상으로 미래 모빌리티 시장 경쟁력 확보
- 국내 기업들이 시장의 혁신을 주도하는 퍼스트 무버로 도약 기대



그런 가운데 2023년 연말 서울 코엑스에서 열린 '대한민국 산업기술 R&D 대전' 알키미스트 어워드에서 '베스트 멤버십상(산업통상자원부 장관 표창)'을 수상했습니다. R&D 대전 기간 중 알키미스트 프로젝트를 소개하기 위한 취지로 알키미스트관이 마련돼 전시를 하기도 했고요. 알키미스트 과제를 수행하는 여러 팀 중에서도 특히 우리 연구팀이 멤버십 기업들과의 파트너십이 가장 우수하다는 평가를 받았습니다. 과제 수행 중 우수한 연구 성과를 냈을 뿐 아니라 9개 연구기관 및 5개 멤버십 기업과의 활발한 협력에 대한 공로를 인정받은 것이죠. 알키미스트 프로젝트라는 큰 과제 덕분에 각 분야 전문가를 설득해 연구진을 꾸렸고, 이에 더해 굵직굵직한 기업들과 협업을 하고 있다는 점에서 연구자의 한 사람으로서 매우 귀중한 경험을 하고 있다고 생각합니다.

### 이영국 연세대학교 신소재공학과 교수

알키미스트 프로젝트 연구의 하나로 'AI 기반 초임계 소재 연구'를 이끌며 자동차 차체용 철강 소재와 배터리용 전고체 소재 개발에 매진하고 있다.

R&D 사전

# #초임계 소재

초임계 소재는 극한 환경에서도 견딜 수 있는 물성을 지닌 소재를 말한다. 일반적인 소재가 견딜 수 없는 매우 높은 온도나 압력과 같은 극한 조건을 극복하기 위해 만들어진다.



기존 소재보다 성능이 뛰어난 신소재를 개발한다고 해보자. 이때 이론상 물성의 임계치인 70%를 뛰어넘는 소재를 개발한다면 이를 초임계 소재로 분류하는 것이다. 이러한 물질을 개발하려면 수많은 시행착오를 거쳐야 하며, 개발기간도 10~20년에 이른다. 하지만 인공지능<sup>A</sup> 기술을 활용하면 시행착오를 줄여, 짧은 기간 내에 산업이 필요로 하는 초임계 소재 개발이 가능하다.

## 적용 사례

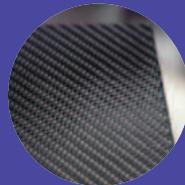
### #초임계 CO<sub>2</sub> 발전 시스템

기존 증기 발전에서 활용하던 증기 대신 초임계 상태의 CO<sub>2</sub>를 작동유체로 활용해 터빈을 회전시켜 발전하는 방식이다. 증기 발전의 시스템보다 더 적은 에너지로 고압 조건을 만들 수 있고, 마찰손실을 줄여 에너지 효율을 높일 수 있다.



### #탄소섬유 업사이클링 기술

초임계 상태의 물을 첨가해 탄소섬유강화플라스틱<sup>CFRP</sup> 소재를 재활용하는 기술이다. 업사이클링된 탄소섬유는 기존 재활용 탄소섬유보다 우수한 전기 전도성을 띠며, 전기차의 배터리 전극재로 재활용할 수 있다.



### #첨단 방산 소재

국방 R&D 부문에서 초임계 소재를 적용하면 레이다, 인공위성 등 첨단 무기체계 성능을 한 차원 높일 수 있을 뿐 아니라 소재-부품-장비 분야를 중심으로 국내 방위산업 전반의 기술 경쟁력 강화에도 기여할 것으로 예상된다.



## 유사

### #신소재 Advanced Materials

기존 소재를 변형하거나 보완함으로써 고도의 기능과 구조 특성을 실현한 소재를 말한다. 즉 지금까지 없던 혁신적인 특성과 성능을 지닌 소재를 의미한다.

### #나노 소재 Nanomaterials

나노미터 크기의 입자로 구성된 소재로, 특정한 크기와 구조로 인해 독특한 물성을 지닌다. 물질이 나노 스케일로 줄어들면 큰 스케일에서 관측된 특성과 현저하게 다른 고유의 특성을 갖게 된다.

### #복합 소재 Composite Materials

두 가지 또는 그 이상의 소재를 결합시켜 특정 목적을 위해 만들어진 재료를 의미한다. 물리적·화학적으로 각각의 소재가 원래의 상을 유지하면서 그보다 우수한 성능을 갖도록 한 재료를 말한다.

## 반대

### #기존 소재

상온 및 상압에서 일반적인 물리적 상태를 유지하는 소재다.

### #기초 소재

원재료에 가까운 상태이거나 단순한 물성을 지닌 소재로, 광범위한 산업 분야에서 생산 활동의 기반이 된다.

### #취성 재료

힘을 받을 때 큰 소성<sup>①</sup> 변형 없이 부서지면서 파괴되는 재료를 말한다.

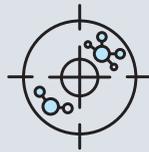
① 소성: 고체가 외부에서 탄성한계 이상의 힘을 받아 형태가 바뀐 뒤 그 힘이 없어져도 본래의 모양으로 돌아가지 않는 성질

# 더 나은 미래를 위한 R&D

글 이슬기 <한국경제신문> 기자

해외

## 매년 늘어나는 암 발병률... 부작용 적은 면역치료제 각광



우리 몸은 어떻게 바이러스를 방어해낼 수 있을까. 그 비결은 면역 시스템에 있다. 우리 몸은 바이러스가 한 번 침입하면 이 정보를 기억해놓고 방어 시스템을 구축한다. 면역을 강화해서 바이러스 세포를 죽이는 것이다. 문제는 외부의 문제가 아닌 내 몸에서 알 수 없는 이유로 세포에 이상이 생겼을 때다. 대표적인 게 암이나 백혈병이다. 암세포는 신체의 정상세포에 이상이 생겨 발생한 것으로, 우리의 면역 체계가 이를 ‘이물질’로 인식하지 못한다. 암세포를 우리 몸이 알아서 죽이지 못하게 되는 셈이다. 이 때문에 그간 의료계에서는 암 치료를 위해 표적치료제를 썼다. 표적치료제란 특정 암세포를 표적으로 생각하고 그것만 집중 공격하는 치료제다. 문제는 표적치료제는 부작용도 있고 내성도 생기기 쉽다는 점이다. 항암 치료 중 탈모 증상이 생기는 부작용이 대표적이다.

이 같은 부작용을 최소화하기 위한 치료법으로 최근 면역치료제가 각광받고 있다. 면역치료제는 우리 몸의 면역세포를 활성화해 암세포를 공격하도록 도와주는 약이다. 일종의 지원군에게 힘을 낼 수 있게끔 만드는 약이라고 볼 수 있다. 치료 효과를 높이기 위해 대부분 표적치료제와 면역치료제를 함께 쓰는 추세다. 면역치료제가 면역세포를 활성화하는 작용을 하지만, 사람에 따라서는 효과가 전혀 나타나지 않는 경우도 있기 때문이다. 면역치료제는 자가면역 및 염증성 질환, 혈액학, 신경학 등



GC녹십자가 면역글로불린 주사제 ‘알리글로’로 세계 최대 의약품 시장인 미국에 진출했다.

다양한 분야에 사용되지만 특히 치료가 어려운 암 치료 분야에 가장 많이 활용되고 있다. 그런데 세계보건기구<sup>WHO</sup>에 따르면 2050년 전 세계 신규 암 환자 발생 건수는 2022년 대비 77%나 증가할 것으로 전망되고 있다. WHO는 2050년 암 사망자는 1800만 명 수준으로, 2012년의 2배가량 될 것으로 전망했다. 고령화 외에도 담배, 술, 비만 등이 영향을 미치기 때문이다. 면역항암제는 3세대 항암제로 불리며 각광받고 있다. 특히 약 투여를 중단해도 면역체계가 기억 능력을 통해 장기간 효과를 지속시킬 수 있다는 것도 장점이다.

이에 따라 글로벌 면역치료제 시장도 함께 성장할 것으로 전망된다. 한국바이오협회에 따르면 2023년 2559억 달러를 기록한 글로벌 면역치료제 시장은 2029년에 5806억 달러 규모를 기록할 것으로 예상된다. 향후 6년간 연평균 15.3% 성장한다는 것이다. 2023년 암 면역치료제 시장은 1019억 달러였는데, 연간 15.4% 성장하며 2029년에는 2323억 달러 규모가 될 것으로 추산된다. 면역치료제 시장은 국민의 공중보건에 영향을 미치는 만큼 각국 정부의 관심도 크다. 그뿐만 아니라 가장 대표적인 미래 먹거리로 꼽히고 있어 각국 정부가 R&D 예산 등을 통해 적극적으로 지원하고 있기도 하다. 실제 중국은 항암 면역치료제인 ‘CAR-T’ 임상시험 수에서 2017년 6월 이후 미국을 추월하는 등 무섭게 성장하고 있다.

## 에너지혁신 벤처기업 한데 모여 투자 방향 논해... C-Tech 포럼 개최



최근 전 세계에서 가장 큰 관심을 받는 분야 중 하나가 인공지능<sup>A</sup>이다. 이와 더불어 함께 주목받고 있는 분야가 있다면 바로 에너지다. 안정적인 전력공급이 있어야만 AI 시장을 성장시킬 수 있기 때문이다. 러시아-우크라이나 전쟁 이후 에너지 확보에 대한 각국의 수요가 높아진 것도 또 다른 배경이다.

국내 에너지혁신 벤처기업이 주요 투자자를 대상으로 비즈니스 모델을 소개하고 투자 유치 기회를 얻는 행사가 한국에서 열렸다. 2024년 11월 13일 서울 FKI타워에서 개최된 ‘제4회 에너지혁신 벤처 C-Tech 포럼’이 그것이다. 전 세계 수요에 맞게 에너지 신시장을 창출할 수 있는 기술을 개발하고, 정부가 이를 뒷받침하는 행사다. 산업통상자원부가 주최하며 한국에너지기술평가원과 한국에너지중소혁신기업협회가 공동 주관했다.

이승재 한국에너지기술평가원 원장은 이날 본 행사에 앞선 개회식에서 “최근 지정학적 분쟁, 기후 변화, 4차산업혁명 확산에 따른 전력 수요 증가 등 세계 에너지 환경이 급변하고 있다”면서 “기후 기술을 향한 관심이 높아지는 만큼 에너지혁신 벤처는 신시장을 창출할 ‘게임체인저’로 떠올랐다”고 말했다. 그러면서 “기후·에너지 분야는 긴 투자 기간과 많은 자본이 필요하지만, 해외에선 이미 적극적으로 투자하는 추세”라며 “에너지기술평가원도 투자 연계형 R&D 신설, 에너지혁신 벤처 전문 펀드 조성 등 에너지 경쟁력 확보를 위해 최선을 다하겠다”고 밝혔다.

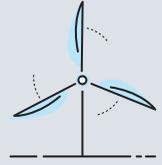
이날 행사에서는 미래 에너지 R&D 투자 방향에 대한 기초 발표가 이뤄졌고, 이후 기후테크 에너지 민간 벤처캐피탈<sup>VC</sup> 투자 동향 및 실적에 대한 발표가 이어졌다. 또 에너지혁신 벤처 유망 기업의 사례에 대한 발표도 이뤄졌다.

한편 이날 에너지 신산업 생태계 조성 및 활성화에 기여한 유공자에게 산업부 장관 표창이 수여됐다. △함일한 에이치에너지 대표이사 △강인철 플러그링크 대표이사 △김용규 미래기준연구소 센터장 △방경식 한국벤처캐피탈협회 팀장 △백승엽 브이젠 대표이사 △조정래 한국에너지기술평가원 책임연구원이 영예를 안았다.



에너지혁신 벤처 신성장을 위한 투자 및 협력 기회를 모색하기 위해 ‘제4회 에너지혁신 벤처 C-Tech 포럼’이 열렸다.

## ‘탄소중립 달성과 에너지 안정성 달성하자’ 제5차 에너지기술개발계획 공개



산업통상자원부가 2024년 11월 22일 ‘제5차 에너지기술 개발계획’을 공개했다. 에너지기술개발계획은 에너지법 제11조에 근거해 향후 10년간의 에너지기술개발 비전, 목표, 운영 및 투자 방향을 제시한다. 에너지기술개발 계획안은 5년마다 수립해야 한다. 산업부는 계획 수립을 위해 6개 분과 70여 명의 전문가로 구성된 분과위원회를 20차례 개최하면서 현장 목소리를 수렴해왔다.

이번 계획에서는 2024년부터 2033년까지 10년 동안 탄소중립 달성과 에너지 안정성 달성을 위해 무탄소에너지 생태계를 조성하겠다는 게 주요 목표다. 우리나라는 2030년 국가 온실가스 감축목표<sup>NDC</sup>를 달성하기 위해 화석연료를 줄이고 무탄소연료의 사용을 늘려야 하는 과제를 안고 있다.

산업부는 이를 위해 4대 전략과 14대 과제를 구체적으로 제시했다. 4대 전략은 ‘무탄소에너지 확대를 위한 기술 경쟁력 강화’, ‘유연하고 안정적인 에너지망 구축’, ‘에너지 사용의 고효율·청정화’ 그리고 ‘R&D 혁신 생태계 조성’이다. 각각의 전략에서 제시된 세부 과제도 있다. ‘무탄소에너지 확대를 위한 기술 경쟁력 강화’ 전략에서는 ‘원전 활용 확대를 위한 기술 혁신’, ‘재생에너지의 질서 있는 확대를 견인할 기술개발’, ‘대규모 청정 수소의 경제성 확보를 위한 전주기 기술 혁신’ 그리고 ‘화석연료 기반 에너지 공급 시스템의 무탄소화 촉진’ 등이다.

먼저 무탄소에너지 확대를 위한 기술 경쟁력 강화 방안으로는 2033년까지 i-SMR 건설 인허가, 청정 수소 생산 시스템 대형화로 100MW(메가와트) 실증을 마칠 계획이다.



현재 26.1% 수준인 초고효율 탠덤 태양전지 효율은 35%로, 2023년 30% 수준인 해상풍력단지 이용률은 50%로 끌어올린다는 목표다. 유연하고 안정적인 에너지망 구축을 위해서는 송전 손실을 줄이기 위한 초고압직류송전<sup>HVDC</sup>을 GW(기가와트)급으로 실증을 완료하고, 리튬계 전지 기반 에너지저장장치<sup>ESS</sup>의 안전성을 강화해 내구성 20년, 누적 100GWh를 달성할 계획이다.

산업부는 “무탄소에너지 사용이 확대됨에 따라 경제적 파급 효과가 59조 원에 달할 것으로 전망한다”며 “2033년 에너지 기술 자립화율은 현재 80.6%에서 90%까지 높아질 것으로 기대한다”고 밝혔다.

산업부는 공청회를 통해 수렴된 의견을 반영, 국가과학기술자문회의 심의·의결을 거쳐 ‘제5차 에너지기술개발계획’을 확정한다.



## 편의점에서 화장실을 판다고?

글 이미경 <환경ESG> 기자

가치소비를 지향하는 최근 트렌드를 반영해 편의점에서 각종 친환경 상품을 꾸준히 선보이고 있다. 생활 속 친환경 소비문화 정착을 위해 다양한 정책을 도입하는 한편, 이색 친환경 상품으로 고객의 관심을 높이고 있어 눈길을 끈다. 물이 필요 없는 ‘생태 화장실’과 빗물을 재활용할 수 있는 ‘빗물 저장탱크’가 대표적이다.

### 물 대신 톱밥 등 이용한 친환경 뒷간

최근 장년층은 물론 MZ세대 사이에서 전원생활을 꿈꾸거나 주말농장을 운영하는 사람들이 증가하고 있다. 농막에 수세식 화장실을 설치하려면 수도시설과 정화조 설치를 위한 공간을

확보하고, 지하체에 별도의 신고 절차를 밟아야 하는 등 번거로움이 있다. 반면 생태 화장실은 가로 1.2m, 세로 1.35m의 공간만 있으면 어디든 설치 가능하다. 물 대신 톱밥이나 부엽토 등으로 뒤처리해 냄새를 잡고 청결을 유지한다. 또 분뇨는 발효돼 퇴비로 사용할 수 있어 자원절약과 자원 재생이 동시에 이뤄지는 친환경 ‘뒷간’이 된다.

사회적기업이자 친환경 브랜드인 ‘스페이스 SEON: [仙]’(이하 스페이스 선)과 손잡은 CU가 선보이고 있는 다양한 친환경 상품 가운데 눈길을 끄는 제품 중 하나가 물을 사용하지 않는 생태 화장실이다. 이색 친환경 상품 목록 중에는 빗물을 재활용할 수 있도록 만든 ‘빗물 저장탱크’도 포함돼 있다.

이 제품들은 커머스 앱 ‘포켓CU’의 홈배송 메뉴에 있는 생필품 위주의 친환경 상품 목록에서 확인할 수 있다. CU가 판매 중인 생태 화장실은 250만 원 상당의 이동형 제품으로, 스페이스 선이 직접 만들었다.

### 빗물 저장탱크부터 친환경 비누까지

310만 원 정도에 설치가 가능한 빗물 저장탱크를 사용하면 빗물을 모아 농업용수, 조경용수, 청소용수, 초기 산불진화용수 등 다용도로 재활용할 수 있다. 빗물 저장탱크를 이용하면 수도물 사용 비용을 아낄 수 있고, 생태 순환을 눈으로 지켜볼 수 있다. 교육적 목적을 겸해 어린이집, 유치원, 초등학교 등에서 꾸준히 구매 문의가 이어지고 있다.

이 밖에도 CU는 스페이스 선의 다양한 친환경 생활용품을 판매한다. ‘촌스러운’이라는 브랜드를 단 세탁, 주방,

속옷 비누가 대표적이다. 이 상품들은 코코넛오일로 만든 순 비누로 형광 증백제, 석유계 계면활성제, 인공색소 등 불필요한 화학 성분을 덜어낸 것으로 알려졌다. EM 발효액을 함유한 것도 특징이다. EM은 강력한 항산화물질을 생성해 각종 바이러스에 대항할 수 있는 유용한 미생물군으로, 피부 면역력을 높이는 한편 세탁 시 수질오염을 막을 수 있다. 이 상품들은 환경보호를 위해 테이프 없는 친환경 날개 박스를 사용하고 친환경 종이로 포장해 재활용 분리배출이 용이하다.

### 탄소배출 저감 위한 다양한 행보 눈길

CU를 운영하는 BGF리테일은 환경부의 녹색 매장으로 인증받은 그린 스토어를 업계에 선보이며 최적의 친환경 설비 솔루션을 테스트하고 있다. 물류 활동 전반에 발생하는 탄소배출 저감을 위해 2020년에는 물류센터 옥상에 태양광 모듈 2400개를 건설해 재생에너지를 생산하고 있으며, 2022년에는 LED 투광등 1000여 개 외 친환경을 위한 설비와 집기를 추가로 설치했다.

상품에도 친환경 패키지를 적극 도입하고 있다. 샌드위치와 김밥 등 포장 용기를 생분해성 수지<sup>PLA</sup> 소재로 만들어 플라스틱을 연간 약 195톤 감축했고, 2021년부터 무<sup>PLA</sup>라벨 PB 생수를 제공해 매년 필름 약 35톤을 절감하고 있다. 이 외에도 폐기물 관리, 친환경 캠페인 시행, 일회용품 미사용 문화 정착 등을 위해 적극 노력하고 있다.



CU의 이색 친환경 상품. 하단 왼쪽부터 순서대로 스페이스 선 촌스러운 세탁비누, 생태 화장실, 빗물 저장탱크.



## 화제의 ESG 제품



기존 제품 대비 탄소 발생량을 20% 감축한 친환경 포장의 컵 커피. 잉크 사용량을 94% 절감하고, 플라스틱 뚜껑과 빨대를 제거해 1개당 플라스틱 사용량 3.2g을 줄였다.

### 플라스틱 포장재 줄인 컵 커피

지구를 위해 친환경 포장은 물론 건강을 위해 당 함량까지 줄인 컵 커피가 나왔다. 매일유업은 플라스틱 포장재를 줄인 컵 커피 ‘마이카페라떼 그린 클래식 라떼’, ‘헤이즐넛 라떼’ 2종을 출시했다.

신제품은 기존 제품 대비 탄소 발생량을 20% 줄였다. 자연환경을 위해 깔끔한 디자인을 적용해 잉크 사용량을 기존 제품 대비 94% 절감하고, 플라스틱 뚜껑과 빨대를 제거해 1개당 플라스틱 사용량 3.2g을 줄였다. 정부의 ‘녹색 인증’을 받은 포장재를 사용했을 뿐만 아니라 소비자의 건강까지 고려해 기존 제품 대비 당 함량을 45% 낮췄다.

매일유업 관계자는 “이번에 출시한 마이카페라떼 그린 클래식 라떼와 헤이즐넛 라떼는 매일유업의 ‘매일 묻고, 매일 답하다’라는 기업 철학이 깃든 제품으로 고객의 건강은 물론 지구환경에 도움이 되도록 고민한 끝에 선보인 결과물”이라며 “당 함량을 줄인 더 깔끔한 라떼 맛, 언제 어디서나 마실 수 있는 실은 보관의 편리성 그리고 지구까지 생각한 친환경 포장재 등 평소 컵 커피를 즐겨 마시는 고객의 만족감을 높이는 제품”이라고 강조했다.

### 그린 등급 원료로 만든 물티슈

미국 비영리 환경단체인 EWG가 인증한 그린 등급 원료로 만들고, 살균 보존제 성분(CMIT, MIT) 등 식품의약품안전처 고시 알레르기 유발 성분을 비롯한 53가지 유해 물질에 대해 불검출 판정을 받은 한솔제지의 ‘고래를 구하는 물티슈 시그니처’가 출시됐다. 기존 ‘고래를 구하는 물티슈’의 내부 원료를 전체적으로 새롭게 업그레이드한 제품으로, 물티슈에 포함되는 정제수는 기존 7단계에서 11단계로 세분화된 정수 과정을 거쳤고, KCFI부임상연구센터에서 실시한 민감성 피부 인체 적용 테스트에서 무자극 판정을 받아 안심하고 사용할 수 있다. 거친 사막 환경을 이겨낼 정도의 ‘수분 저장고’로 알려진 블루아가베잎 추출물과 케이프알로에잎 추출물을 함유했다. 강력한 이중 보습 효과로 연약한 아기 피부를 보호하는 데 도움이 된다.

이 제품은 유아용품부터 세제, 샴푸, 치약 등 다양한 생활용품의 유해 성분 정보를 확인할 수 있는 ‘맘가이드’ 앱에서 영유아 및 임산부 주의 성분이 함유되지 않아 A등급 제품으로 인정받았다. 맘가이드 앱은 EWG 등급뿐 아니라 우리나라 식약처 및 환경부, US EPA, 캐나다 환경부, 유럽연합, 국제향료협회, 국제암연구소 등 국내외에서 공신력 있는 10여 기관의 기준을 토대로 제품을 평가했다.



EWG가 인증한 그린 등급 원료로 만들고, 살균 보존제 성분(CMIT, MIT) 등 53가지 유해 물질에 대해 불검출 판정을 받은 물티슈.



## 페플라스틱으로 제작한 셋톱박스 케이스

자사 페플라스틱을 재활용한 KT 셋톱박스 '지니 S'가 'E-순환 우수 제품' 친환경 인증을 받았다. 국내 유일 폐전기 전자제품 회수 및 재활용 전문 기관 'E-순환 거버넌스'에서 주관하는 자원순환 우수 제품 인증이다. 회사는 페플라스틱을 분류·세척한 뒤 재가공해 셋톱박스 케이스를 만들었다. 이번 인증은 2027년 8월 27일까지 유지된다. 이 외에도 KT는 매년 300만 대의 임대 단말을 친환경으로 생산할 계획이다. 2030년까지 2000만 대 이상 생산해 전체 임대 단말의 75%를 재활용 단말로 대체할 예정이다.

이원준 KT 상무는 “ESG 경영의 일환으로 친환경 단말 생산을 위한 리사이클링 체계 구축을 위해 노력했다”며 “그룹에서 발생하는 300톤의 플라스틱을 재활용하는 선순환 시스템을 통해 안정적 단말 공급과 환경보호를 모두 달성할 것”이라고 전했다.



페플라스틱을 분류·세척한 뒤 재가공해 만든 셋톱박스 케이스. 국내 유일 폐전기 전자제품 회수 및 재활용 전문 기관 'E-순환 거버넌스'에서 주관하는 자원순환 우수 제품 인증을 받았다.



솜모를 다한 침구류를 수거 후 100% 순면만 분리한 고품질 재생 원사를 추출해 제작한 친환경 베딩 제품.

## 재생 원사 활용한 침구류

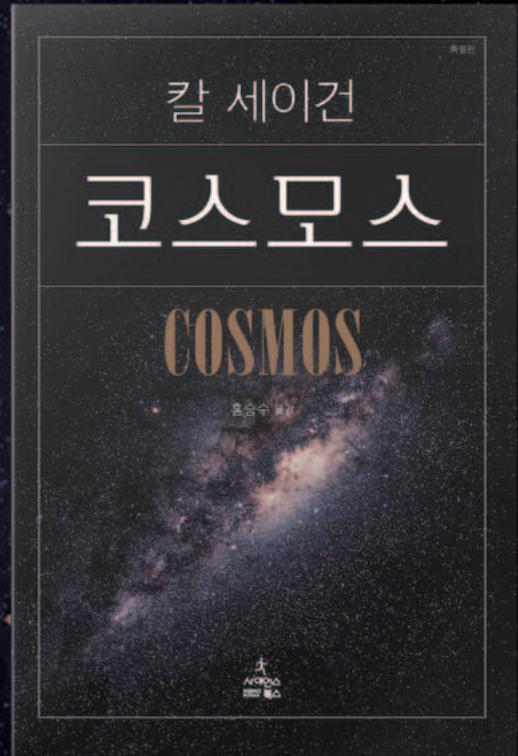
폐섬유 업사이클링 스타트업 제클린이 BYN블랙야크그룹의 친환경 어번 아웃도어 브랜드 '나우', 제주 중문에 위치한 관광 휴양단지 '야크마을'과 함께 재생 원사를 활용한 침구류 제품을 출시했다.

친환경 베딩 제품은 고용노동부의 '지역 혁신 프로젝트' 공모 사업으로 제주특별자치도와 제주관광공사가 추진하는 '제주관광 프리미엄 프로젝트' 선정을 계기로 제클린의 친환경 면화 재생 플랫폼 '리피트(REFeat)'를 활용해 개발됐다. 야크마을이 단지 내 숙박 시설에서 솜모를 다한 침구류를 제공하고, 제클린은 이를 수거 후 세탁·위생 관리를 거쳐 절단·파쇄해 100% 순면만 분리한 고품질 재생 원사를 추출했다. 이어 나우의 지속가능한 제품 생산 기술과 디자인을 접목해 제작한 패브릭으로 새로운 친환경 베딩 제품을 완성할 수 있었다. 야크마을은 이 침구류를 세팅한 에코룸을 상시 운영할 계획이며, 체크인 시 고객에게 프로젝트를 설명한 후 제주의 자원 선순환과 제로 웨이스트 가치 실천을 위한 동참을 적극 알릴 예정이다.

# 미지의 세계, 우주

아득히 멀게만 느껴지던 우주가 우리에게 점점 가까이 다가오고 있다. 그럴수록 우주에 대한 궁금증은 더욱 커지게 마련. 우주는 어떻게 탄생했고, 은하계는 어떤 모습으로 진화하는 것일까. 또 인간은 우주로 나아가기 위해 어떤 도전을 이어가고, 탐사와 개발을 계획하고 있을까. 신비롭고 무한한 미지의 세계를 만나보자.

글 최우리 한겨레신문 기자, <지구를 쓰다가> 저자



## <코스모스>

칼 세이건 지음 / 홍승수 옮김 / 사이언스북스 펴냄

### 우주와 인간의 관계

창백한 푸른 점<sup>Pale Blue Dot</sup>, 우주 속 지구를 가리키는 이 단어는 보이저1호가 우주에서 찍은 지구를 뜻한다. 그 점과 같은 지구 속 인간은 영원하고 무한한 시공간인 우주 속에 파묻힌 점보다도 더 작은 티끌 같은 존재일 수 있다. 모든 인간의 이야기는 우주적 관점에서 보면 '지극히 하찮고 자질구레'하다. 이 푸른 점을 보금자리 삼아 살아가는 우리는 매우 자주 우주를 잊고 지내지만, 우주를 떠올리면 압도되는 무언가에 이끌려 또 삶을 영위해 갈 의미를 찾게 된다.

코스모스는 우주의 질서를 뜻하는 그리스어다. 카오스에 대응되는 개념이기도 하다. 코스모스라는

단어는 만물이 서로 깊이 연관되어 있다는 개념을 내포하고 있다. 우주가 얼마나 미묘하고 복잡하게 만들어지고 돌아가는지 알 수 없는 인간의 겸손함과 경외심이 이 단어 하나에 담겨 있다고 저자 칼 세이건은 말한다.

1980년 출간된 이 책은 철학·천문학·생물학·물리학 등 다양한 학문의 총집합과 같은 고전 중의 고전이다. 천문학자이자 과학 커뮤니케이터인 칼 세이건은 우주와 인간의 관계를 문학적 언어로 서술한다. 많은 도서 비평가들은 이 책에 대해 서문만 읽어도 웅장하고 따뜻해지는 감정이 들 것이라고 평가한다. 그 이유는 냉철한 과학 용어 속에 인간과 생명에 대한 애정이

문어나기 때문일 것이다. ‘가슴 시리도록 아름다운’, ‘유일한 생명의 보금자리’인 지구에 대한 소중함을 책 곳곳에서 강조하며 ‘인류야말로 우주가 내놓은 가장 눈부신 변환의 결과물’이라고 밝힌다. 그런 독창성 때문인지 2021년 출간 40년을 기념해 조사한 결과, 도서 판매량은 1000만 부, 다큐멘터리 등 관련 작품 시청자 수는 7억 명에 이른다.

총 13장으로 구성된 이 책은 코페르니쿠스, 갈릴레오와 같은 선구자들의 업적부터 금성과 화성, 지구의 대기를 비교하고 우주 탐사에 나선 인간의 도전을 해석한다. 별이 태어나고 사라지는 전 과정을 소개하며 별이 빛나는 의미를 탐구한다. 또 우주를 둘러싼 인류의 미래와 책임, 핵에너지에 대한 우려도 전한다. 어떤 장을 읽어도, 여러 번 읽어도 재미있고 그때마다 의미를 다시 새길 수 있는 책이다.

#### 별이 보고 싶어지는 시간

과학책이지만 어렵게 느껴지지 않는 이유는 인류가 역사 속에서 우주를 어떻게 이해해왔는지를 설명하고 있기 때문이다. 태양과 별의 천체 운동에 관심이 깊었던 과거의 인류가 만든 작품들, 캄보디아의 앙코르와트 사원, 영국의 스톤헨지 유적, 이집트의 아부심벨, 멕시코의 치첸이트사, 북아메리카의 대평원 같은 곳을 그리다 보면 과거와 현재의 만남이 자연스럽게 이뤄지는 식이다. 꼬리가 있는 별, 혜성 중 가장 유명한 할리혜성이 76년마다 돌아온다는 사실, 또 원래 행성으로 성장하려던 것들이 이웃의 거대한 행성인 목성의 인력으로 서로 밀고 당기다 결합하지 못하고 그냥 작은 돌덩이로 남아 있는 영역을 의미하는 소행성대의 기원도 쉽게 설명하고 있다.

실체를 파악할 수 없는 사람을 가리키는 ‘화성인’이라는 표현의 유래도 짚어낸다. 지구에서 그 표면을 관찰할 수 있는 가장 가까운 행성인 화성은 얼음으로 뒤덮인 지역이나 붉은 지표면, 24시간의 하루까지 지구와 가장 닮은 행성이다. 이 때문에 ‘지구인들의 희망과 두려움을 투사할 수 있는 신화의 공간’이 화성이지만, 여전히 미지의 행성이기도 하다. 특히 물이 부족해 인간이 거주할 수 없을 것이라는 관측이 많지만, 칼 세이건과 같은 천문학자들은 화성에서 새로운 생명을 만날 미래를 꿈꾸는 듯하다. 그가 화성의 지평선을 처음 본 순간 자신의 벅차오른 감정을 그대로 소개하는 모습에서는 묘한 동질감을 느낄 수 있다. ‘물, 칼슘, 각종 유기 분자들로 이뤄진 하나의 커다란 덩어리’인 인간은 모두 각각의 우주가 된다.

책을 다 본 뒤에는 별이 보고 싶어질 수 있다. 마침 별 보기 좋은 계절 겨울이다. 대기가 건조해 하늘이 유리처럼 맑은 날이 많고, 밤이 길어 별을 더 오래 볼 수 있기 때문이다. 지구에서의 삶이 하찮고 시시하고 자질구레하게 느껴진다면 더욱더 우주를 떠올리면 좋다. 조금 떨어져서 바라보면 작은 소중함들이 다시 눈에 들어올 것이다. 태양과 달처럼 별도 항상 동쪽에서 떠서 서쪽으로 진다. 관측자의 머리 위를 지나는 별이 뜨고 지는 데 하루밤이 걸린다. 그런 일관성에 위로를 받는 삶도 좋지 않을까. 우주가 주는 신비함은 점과 같이 작디작은 우주 속 지구에서의 모든 생명의 경이로움과 닿아 있기 때문이다.

칼 세이건은 자신의 또 다른 책 <창백한 푸른 점>에서 “서로를 좀 더 소중히 대할 것, 우리가 아는 유일한 고향인 창백한 푸른 점을 지켜나가는 것. 내게는 그것이 우리의 유일한 책임처럼 느껴진다”고 말했다.

#지구

#별

#할리혜성

#화성

## <리프트오프>

에릭 버거 지음 / 정현창 옮김 / 서성현 감수 / 초사흘달 펴냄

### 스페이스X의 사활을 건 도전

광활한 우주를 새로운 먹거리로 생각하며 뛰어드는 기업들을 보며 제국주의 국가들의 식민지 건립 시기를 떠올리는 이들이 많다. 그중 대표적 기업이 일론 머스크의 '스페이스X'일 것이다. 스페이스X는 지금 자신들이 쏜 로켓을 다시 제자리로 돌려놓는 신기한 기술을 선보이고 있지만, 이들의 시작은 실패에서 출발했다. 그리고 실패에서 교훈을 얻어 지금의 자리에 올랐다.

이 책은 우주에 호기심을 가졌던 일론 머스크가 로켓 공학 모임에 나타나 로켓 시험장 앞에서 추위에 떨며 엔지니어들을 만난 시절의 이야기에서 시작한다. 2005년 12월 스페이스X가 발사대에 로켓을 세우기까지 자유롭게 기술 회의를 진행하고 게임을 하며 기존 관행을 깬 조직문화 덕분에 스페이스X가 새로운 길을 열게 됐다고 짚는다.

그러나 이면을 들여다보면 결국 끊임없는 도전이 중요했다. 놀라움의 시작으로 꼽히는 2015년 미국 플로리다주 케이프커내버럴 공군기지에 새로 마련한 발사대에 1단 로켓을 안전하게 착륙시킨 배경은 대서양 자동 무인 선박에 1단 로켓을 착륙시키는 실험을 무수히 수행한 덕분이었다. 경쟁사들은 스페이스X의 생각을 비웃었지만 이제 중국, 러시아, 일본, 유럽의 로켓 회사들이 재사용 로켓을 개발하기 위해 노력 중이다.

#일론 머스크

#스페이스X

#로켓

#재사용

## <우리는 다시 달에 간다>

최기혁·김대영·김방엽·김연규·신재성·이종원·이주희·정서영 지음 / MID 펴냄

### 한국형 발사체는 달에 닿을 수 있을까

세계와 한국의 우주 탐험 역사와 미래가 궁금하다면 이 책을 읽어보자. 최기혁 한국항공우주연구원 위성연구소 책임연구원 등 8명의 과학자가 인류의 우주 탐험 욕망과 성공, 실패, 도전을 정리했다.

우주에 대한 관심은 냉전시대의 체제 갈등과 정치적 이유 등에서 출발했다. 국가 간 자존심 대결에서도 큰 목적은 연구와 탐사에 있었다. 그러나 새로운 국가 안보, 저궤도 군집 위성통신 등 우주산업의 대두로 미래 핵심 기술개발을 통한 미래 우주 자원의 선점을 둘러싼 경쟁이 더욱 심화되고 있는 추세다.

한국도 2022년 누리호 발사 성공 이후 우주에 대한 국민적 관심이 커졌다. 5년마다 국가우주개발 계획도 수립하고 있다. 2022년 12월 발표된 국가우주개발은 4차 계획으로 '2045년 우주경제 글로벌 강국 실현'이라는 전략적 목표를 이미 제시해두고 있다. 우주개발로 이익을 얻을 수 있는 산업의 참여가 늘어나는 것도 현재의 특징이다. 2032년 무게 1.8톤 규모의 달 착륙선을 차세대 한국형 발사체로 발사한다는 계획이 잡혀 있다. 한국인이 달에 가는 미래는 이뤄질 수 있을까.

#한국항공우주연구원

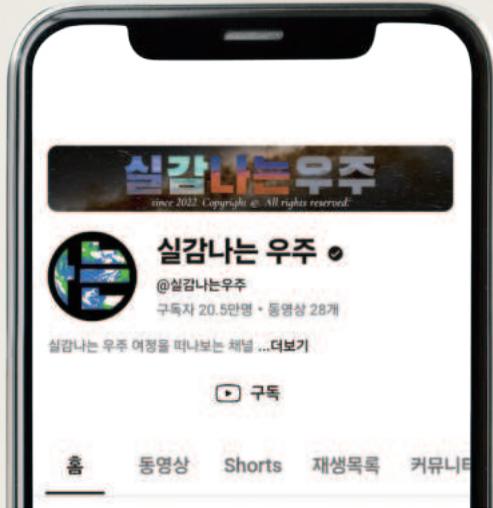
#우주산업

#누리호

#우주개발



## 유튜브 찾아볼까?



### 실감나는 우주

[www.youtube.com/@실감나는우주](http://www.youtube.com/@실감나는우주)

**우주를 경험하고 싶다면** ▶ 책 <코스모스>보다 더욱 직접적으로 우주에 대한 강의가 필요하다면, 실감나는 우주 유튜브 채널을 추천한다. 20여만 명이 구독하고 있는 이 채널은 예스러운 내레이션과 자막 폰트로 복고적이지만, 그래서인지 지루하지 않다. 화려한 우주 영상, 별이 쏟아지는 은하수를 바라보는 것만으로도 시간이 아주 잘 흘러간다. 우리가 궁금해하는 질문을 하나씩 골라 이에 응답하는 형식의 영상 콘텐츠를 주로 제작하고 있다. 특히 이 채널의 강점은 영상을 통해 우주 공간을 체험할 수 있는 경험을 제공한다는 것이다. 우주 시뮬레이션 프로그램을 이용한 영상을 활용하기 때문에 오락적 요소가 강하면서, 내레이션에 많은 정보와 지식도 담겨 있다. 일부 구독자들은 “내셔널지오그래픽을 능가하는 고퀄리티 영상에 감탄했다”며 “행복하다”는 댓글을 남기기도 했다. 마음이 복잡하고 우울할 때 찾아가볼 것을 추천한다.

#우주 영상

#우주 시뮬레이션 프로그램

#은하수

### NASA

[www.youtube.com/@NASA](http://www.youtube.com/@NASA)

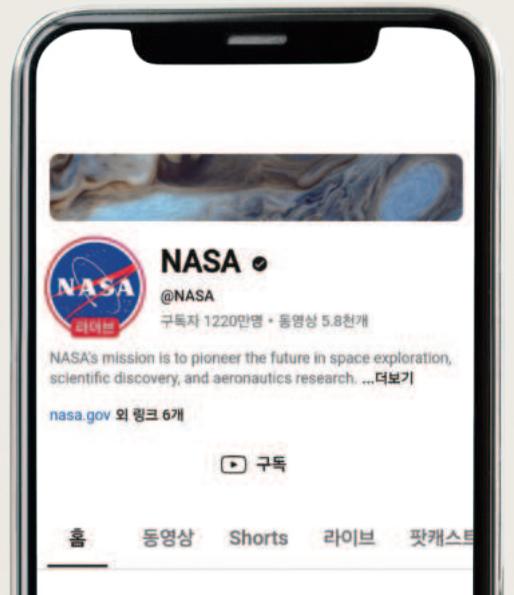
**나사 소식을 더욱 빠르게** ▶ 우주 관련 정보가 가장 많은 기관인 미국 항공 우주국 나사는 미국의 국가기관으로, 우주 계획과 항공 관련 연구를 진행하고 있다. 나사도 유튜브 채널이 있다. 1220만 명이 구독 중인 이 유튜브 채널에서 확인할 수 있는 차별된 강점은 국제 우주정거장의 생생한 현장을 볼 수 있다는 것이다. 현재 우주선에 탑승 중인 나사 연구원이 무엇을 하고 있는지 엿보는 재미가 있다. 또 425km 상공에서 지구 궤도를 돌고 있는 우주인에게 언제 손을 흔들고 인사해야 하는지 질문할 수 있다. 아울러 우주여행의 최신 뉴스와 각종 정보를 고화질 화면으로 볼 수 있는 것도 장점이다. 2024년의 우주 관련 뉴스를 모은 2분 49초짜리 클립은 언론의 기능도 충족하고 있다. 나사 소식을 아는 것은 세계 우주개발 흐름을 이해하는 데 매우 큰 도움이 된다. 나사 채널에는 예상치 못한 즐거움이 있다. 최근에 올라온 로켓 엔진 점화 장면과 벽난로를 합성한 8시간짜리 영상은 불명 용도다. 윗트 있게 “식구들과 함께 따뜻한 연말연시를 보내세요”라는 멘트도 추가돼 있다.

#국제 우주정거장

#나사 연구원

#우주여행

#우주인



인류는 지금 기후 위기 시대에 살고 있습니다. 이제 ‘지구온난화’ 시대가 아닌 ‘끓는 지구’ 시대가 시작됐다고 해도 과언이 아닙니다. 이렇듯 뜨거워지는 지구 문제의 해결책으로 ‘기후테크’가 떠오르고 있습니다. 기후테크는 무엇이고, 우리 사회에서 어떻게 발전하고 있을까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트

## 일상에서 탄소중립 실천하는 기후테크

### 끓는 지구를 구할 기술, 기후테크란?

세계기상기구<sup>WMO</sup>는 ‘2024년 전 지구 기후 현황 보고서’를 통해 2024년 1~9월의 전 지구 평균 온도가 산업화 이전(1850~1900년) 대비 1.54(±0.13)°C 올랐다고 발표했습니다. 역대 가장 뜨거운 해로 기록될 듯합니다. 이는 2015년 파리기후변화협약에서 국제적으로 약속한 1.5°C 상승을 막아야 한다는 최종 방어선이 무너질 수 있다는 것을 의미합니다.

대기 중 이산화탄소 농도 또한 계속 상승 중입니다. WMO의 발표에 따르면, 대기 중 이산화탄소 농도는 산업화 이전 약 278ppm에서 2023년 420ppm으로 51%가량 증가했습니다. 이대로 계속 방치한다면 500~550ppm으로 증가할 것으로 예상됩니다. 좀처럼 줄지 않는 온실가스 농도를 낮추기 위해 지구촌에서는 기후테크 산업이 급부상하고 있습니다.



기후테크<sup>Climate Tech</sup>는 기후<sup>Climate</sup>와 테크<sup>Technology</sup>의 합성어입니다. 온실가스 배출 감소와 기후변화에 대응하기 위한 모든 범위의 기술을 말합니다. 기후테크는 크게 클린테크, 카본테크, 에코테크, 푸드테크, 지오테크로 나뉩니다. 여기에는 태양광, 풍력 등의 신재생에너지부터 재활용 기술, 잔반 다이어트, 친환경 소재 자동차 기술까지 다양한 산업이 포함됩니다. 탄소중립 실현을 위해 온실가스 감축의 핵심 동력으로 떠오른 기후테크에는 구체적으로 어떤 기술들이 있는지 살펴볼까요?



## 오염 발생 줄이는 깨끗한 환경 기술 ‘클린테크’

최근 쓰레기 대란, 미세먼지 등 환경문제에 대한 경각심이 높아지며 클린테크<sup>Clean Tech</sup>의 중요성이 급부상 중입니다. 클린테크란 물질과 에너지를 절약하고, 대기·수질 오염을 원천적으로 없애거나 줄이는 기술입니다.

그렇다면 주목할 만한 클린테크에는 어떤 것이 있을까요? 지구온난화를 해결할 태양광·풍력·수력 같은 재생에너지는 물론 수소차·전기차와 같은 친환경 자동차, 에너지저장장치<sup>ESS</sup>, 가상발전소, 분산형 에너지 시스템 등이 있습니다. 그리고 폐기물 가공을 통해 다른 제품을 생산하고, 쓰레기 매립지에서 나오는 메탄가스로 전기를 생산하는 기술이 해당됩니다.

화석에너지를 재생에너지로 대체하려는 움직임은 한국에서도 활발합니다. 전라남도 해남군에는 친환경 미래도시 ‘솔라시도’를 조성 중입니다. ‘태양<sup>Solar</sup>과 바다<sup>Sea</sup>가 조화롭게 어울려 여유로운 삶이 만들어지는 도시’로 자연을 그대로 살린 도시라는 의미입니다. 사용 에너지 전체를 재생에너지로 공급하는 전용 산업단지입니다.

한편 무공해 자동차의 미래는 배터리에 저장한 전기를 꺼내 쓰는 전기차와 수소를 전기로 바꿔 쓰는 수소차가 담당할 것으로 보입니다. 전기차는 배터리에 저장된 전기에너지만으로 달리는 차입니다. 수소차는 수소연료탱크에 보관된 ‘수소’와 공기 공급 시스템을 통해 들어온 ‘산소’를 결합한 화학반응으로 전기를 생산하는 방식입니다. 배기가스 대신 물만 배출합니다.

현대자동차를 비롯해 일본의 토요타, 독일 BMW 등은 트럭과 버스, SUV 등 다양한 종류의 수소차를 내놨습니다. 친환경차 하면 주로 전기차를 떠올리지만 사실 이보다 먼저 주목받은 것은 수소차입니다. 특히 무거운 배터리가 없어서 버스나 화물차 같은 대형 상용차 분야에서 자리매김할 것이란 기대가 큼니다.

## 탄소 포집에서 자원으로까지 활용하는 ‘카본테크’

이산화탄소와 관련된 카본테크<sup>Carbon Tech</sup>도 기후테크의 중요한 기술입니다. 카본테크는 대기 중으로 배출되는 탄소량을 줄이거나 다양한 산업의 원료로 탄소를 재사용하는 데 집중하는 기술입니다. 탄소 포집·활용·저장<sup>CCUS</sup> 기술이 대표적입니다. CCUS는 대기 중에 배출되는 이산화탄소를 포집해 압축·수송

과정을 거쳐 땅속이나 해양에 저장하거나, 포집한 탄소를 필요한 곳에 활용하는 기술입니다.

공기 성분 중 이산화탄소가 차지하는 비율은 0.004%에 불과합니다. 하지만 서로 다른 3개 이상의 원자로 구성된 이산화탄소<sup>CO<sub>2</sub></sup>는 적외선을 붙잡는 능력이 있어 온난화를 일으킵니다. 이산화탄소는 지구 전체 온실가스 배출량의 76%를 차지합니다. 더구나 대기 중에 최대 200년까지 머뭅니다. 이 때문에 세계는 대기의 이산화탄소를 회수하는 기술을 개발 중입니다.

탄소 포집 기술 중 으뜸은 DAC<sup>Direct Air Capture</sup> 기술입니다. DAC는 재생에너지원(지열·태양열)으로 구동되는 장치를 이용해 공기 속 이산화탄소를 직접 포집해서 없애는 기술입니다. 세계에서 DAC 분야의 대표적 전문 기업인 스위스의 클라임웍스는 2024년 5월 아이슬란드에 세계 최대 DAC 시설인 매머드<sup>Mammoth</sup>를 설립해 가동을 시작했습니다. 현재 케냐와 미국에서도 DAC 시설을 건설하고 있습니다.

DAC의 원리는 간단합니다. 매머드의 경우 864대의 거대한 팬(송풍기)을 돌려 주변의 공기를 빨아들이고, ‘아민’ 성분의 흡착제를 바른 필터로 공기 속 이산화탄소를 걸러냅니다. 염기성 아민은 산성인 이산화탄소 분자와 매우 잘 반응하기 때문에 이산화탄소만을 효과적으로 포집합니다. 그 뒤 지열(태양열)을 이용, 100°C까지 가열해 이산화탄소를 농축합니다. 이산화탄소가 걸러진 공기는 대기 중으로 방출됩니다.



테라블록이 개발한 보도블록.

포집·농축된 이산화탄소는 새로운 부가가치를 만들어내는 데 재활용됩니다. 광물화 기술을 활용해 탄소를 탄산칼슘으로 전환한 후 콘크리트 등의 친환경 건축자재의 원료로 사용합니다. 화학 기술을 통해 경질탄산칼슘<sup>PCC</sup>으로 전환, 제지 생산 공정의 도포제 등으로도 씁니다. 또 탄산음료나 합성 항공유(연료)와 같은 새로운 제품을 만드는 데도 씁니다.

캐나다 기업 카본큐어는 콘크리트 재료인 시멘트, 모래, 물 등을 혼합할 때 액체 상태의 이산화탄소를 주입하는 기술을 적용해 저탄소 콘크리트를 만들었습니다. 시멘트 사용량을 줄이면서 탄소 배출량과 시멘트 사용에 드는 비용까지 줄이는 핵심 공법을 세계 최초로 상용화한 것입니다. 이러한 쓰임새는 대기 중 이산화탄소 농도를 영구적으로 낮추는 방법입니다.

한편 활용이 어려운 이산화탄소는 800m 지하 현무암질 지층에 안전하게 주입(저장)합니다. 국제에너지기구<sup>IEA</sup>는 2050년을 기점으로 CCUS 기술이 철강산업 탄소 배출량의 25%, 시멘트산업 탄소 배출량의 63%를 저감하는 데 기여할 것으로 전망했습니다.

### 재활용 통해 자원순환 초점 맞춘 ‘에코테크’

에코테크<sup>Eco Tech</sup>는 환경보호를 위해 자원순환과 저탄소 원료,

친환경 제품 개발에 초점을 둔 기술입니다. 특히 일상에서 직접 변화를 체감할 수 있는 기술입니다. 이를테면 천연 소재를 활용한 펄프 용기, 폐기물에서 재생한 섬유로 만든 의류 제품, 인공지능<sup>AI</sup> 기술을 활용한 폐플라스틱 재활용 시스템 등이 해당됩니다.

그럼 먼저 폐플라스틱의 재활용 과정을 살펴볼까요? 국내 스타트업 테라블록은 AI 로봇으로 폐플라스틱을 선별합니다. 그런 다음 해중합<sup>解重合</sup> 기술을 통해 폐플라스틱을 화학 분해한 후 원료 단계로 되돌려서 고순도 재생 TPA(테레프탈산), EG(에틸렌글리콜)로 제조해 재활용합니다. 해중합 기술은 고분자 중합체인 플라스틱 제품을 화학적 방법으로 분해해 합성 이전의 원료로 다시 완벽하게 되돌리는 기술입니다.

이렇게 하면 플라스틱을 아예 처음 만드는 것처럼 반복해 사용할 수 있고, 기계적 재활용이 불가능해 어쩔 수 없이 소각·매립하던 폐플라스틱도 재활용이 가능합니다. 기존의 폐기물 처리 방식인 소각·매립은 탄소중립 실현의 답이 될 수 없습니다.

한편 디지털 기술로 폐기물을 줄일 수 있는 방법을 찾은 기업도 있습니다. 폐기물 업계의 우버로 불리는 미국 스타트업 루비콘입니다. 루비콘은 전 세계의 일반 기업, 정부기관, 관공서 등에 저렴한 폐기물·재활용 솔루션을 제공하는 기업입니다. 택시 한 대 없이 자동차산업을 뒤흔든 우버처럼 트럭 한 대, 매립지 한 곳도 없이 폐기물·재활용 소프트웨어만을 제공해 폐기물에서 경제적 가치를 찾을 수 있도록 지원합니다.



기아는 네덜란드 비영리단체 ‘오션클리닝<sup>The Ocean Cleanup</sup>’과의 협업을 통해 해양 폐플라스틱을 활용한 자동차용품인 EV3 전용 한정판 트렁크 라이너(매트)를 선보였다. 세계 최초로 태평양 거대 쓰레기 지대에서 추출한 해양 폐플라스틱으로 만든 EV3 전용 한정판 트렁크 라이너.

예를 들어 루비콘은 AI, 머신러닝(기계학습), 사물인터넷<sup>IoT</sup> 기술을 활용해 수거·운반 업체에 언제 폐기물을 수거하면 좋을지, 최적 이동 경로는 어떻게 되는지를 알려주며 비용 감축을 돕습니다. 소비자에게는 배출한 쓰레기 중 얼마나 많은 양이 매립되는지 안내하기도 합니다. 더 나아가 폐기물 배출자와 폐기물이 필요한 기업을 연결해주기도 합니다.

최근에는 건물을 지을 때 친환경 건축 자재를 사용하는 것도 에코테크의 하나로 여깁니다. 하지만 실제로 지구촌의 폐기물 재활용 비율은 20% 이내에 불과합니다. 따라서 재활용 비율을 높일 에코테크의 개발이 더욱 필요한 상황입니다.

### 대체식품으로 인류 먹거리 책임질 ‘푸드테크’

새로운 먹거리로 인류의 생존을 책임질 푸드테크<sup>Food Tech</sup>도 주목받는 기후테크로 떠오르고 있습니다. 푸드테크는 식품을 생산·소비하는 과정 그리고 작물을 재배하는 과정에서 탄소 감축을 추진하는 기술입니다. 농업·어업·축산업 분야에서의 탄소 저감을 위한 수직농업과 대체식품이 대표적입니다. 최근에는 AI, IoT, 정보통신 기술<sup>ICT</sup>과의 결합으로 새로운 식재료를 발굴하고, 해조류로 삼푸를 개발하는 등 쓰임새가 더욱 확장되고 있습니다.



신세계푸드가 대체육 '베리미트'로 만든 샌드위치, 샐러드를 비롯해 대체식품을 활용해 만든 메뉴를 선보인 2022년 팝업스토어 '더베리' 매장.

농업 분야에서는 스마트팜인 수직농업이 손꼽히는 푸드테크입니다. 수직농업은 식물을 수직으로 여러 층을 쌓아 재배하는 농법으로, 생육 환경(햇빛, 온습도 등)을 인공적으로 제어해 날씨나 계절 변화에 상관없이 많은 양의 작물을 생산할 수 있는 기술입니다. LED와 재생에너지를 이용해 건물 안에서 농작물을 재배하는 친환경 농법입니다.

대체식품 개발도 푸드테크의 하나입니다. 대체식품은 동물성 원료 대신 식물성 원료로 기존의 육류·해산물·유제품 등 단백질 식품의 맛을 구현한 제품입니다. 지금과 같은 육류 소비의 축산업은 전체 온실가스 배출량의 18%를 차지하는 데다 토양·수질 오염, 물 부족, 동물 윤리 등 환경에 미치는 악영향이 상당합니다. 대체식품 중에서도 가장 주목받는 시장은 대체육입니다. 대체육은 실제 가축을 키우고 도축해서 생산하는 육류가 아닌, 식물에서 추출한 단백질을 사용하거나

아예 단백질 세포를 배양해 만든 인공 육류입니다. 미국에서 가장 핫한 푸드테크 기업 비온드미트는 콩이나 호박 같은 식물성 원재료를 이용해 만든 햄버거용 패티를 공급하고 있습니다. 이 패티는 겉모양뿐 아니라 맛과 질감까지 실제 고기와 비슷합니다.

동물성 식품을 대체하는 배양육도 인기입니다. 배양육은 소, 닭 등의 가축에서 추출한 줄기세포를 외부의 배양액으로 길러내 실제 고기의 근육이나 지방, 혈관, 섬유조직 등을 구현한 제품으로, 맛과 영양 성분이 실제 고기와 유사합니다. '실�헬에서 키운 고기'로 불리는 배양육은 식물성 대체육과 달리 '진짜 고기'라는 점이 특징입니다.

잔반(먹고 남은 음식) 처리로 인한 막대한 양의 탄소 배출을 줄이는 데 일익을 담당하는 기업도 있습니다. 한국의 푸드테크 기업 누비랩이 그 주인공입니다. 누비랩은 단체 급식소에서 AI 푸드 스캐너로 식전과 식후 식판의 음식량을 측정해 어떤 음식을 얼마나 섭취했는지 데이터화해 분석합니다. 이를 기반으로 음식물 수요를 예측한 식단을 짜도록 해 버려지는 음식물을 줄이는 데 도움을 주고 있습니다.

바다의 골칫거리인 해조류 광생이모자반을 이용해 친환경 샴푸바를 만든 사례도 있습니다. 광생이모자반은 양식 시설물에

앵커 어패류를 폐사시키고, 선박이 조업할 때 스크루에 감겨 엔진을 고장 내는 등 큰 피해를 입힙니다. 반면 갯생이모자반에는 후코이단과 폴리페놀이 풍부합니다. 후코이단은 분자 내 친수성이 강한 '항산기'를 함유해 보습력이 뛰어나고, 폴리페놀은 항산화 효능이 있어 피부의 노화를 예방하는 효과가 있습니다. 글로벌 대학 연합단체 '인액터스' 소속 스타트업 팀인 토버스<sup>TOWBUS</sup>는 이 점을 포착해 갯생이모자반을 삼푸바의 주원료로 탈바꿈시켰습니다. 이처럼 우리 일상에서 친환경성을 강조하는 다양한 기술이 탄소 배출 저감에 기여하고 있습니다.

### 기후 위험 관리 위해 정보 활용하는 '지오테크'

기후테크 분야 중 가장 최근에 등장한 기술은 지오테크<sup>Geo Tech</sup>입니다. 지오테크는 기후 위험 요인을 관리하는 기상 예측 기술입니다. 중대한 기후 재난을 탄소 관측, 모니터링 및 기상정보를 활용해 예측합니다.

국제연합 '기후 트레이스<sup>Climate Trace</sup>'는 초소형 인공위성 시스템, AI 및 머신러닝 기반의 소프트웨어를 활용해 온실가스 배출량을 추적·측정하고 있습니다. 기후 트레이스는 수십 개의 비영리 연구기관이 참여하는 모임으로, 이들은 발전소·철강 등 20개 산업 분야를 망라하는 전 세계 온실가스 배출량을 실시간으로 추적합니다. 그리고 전 세계에서 탄소 배출량이 가장 많은 7만2000개의 발전소, 정유소, 공항, 항구 등의 순위를 매긴 다음 세계지도로 시각화한 결과를 무료로 웹사이트에 공개하고 있습니다.

또 무료로 세계의 주요 오염원을 다른 오염원과 비교할 수 있게 했습니다. 지금은 온실가스 오염이 어디서 발생하는지 실시간으로 측정하는 기술까지 개발하고 있다고 합니다. 이러한 지오테크를 활용하면 탄소 배출량에 대한 측정·수집·분석·예측이 가능해지기 때문에 탄소 배출을 효율적으로 관리할 수 있습니다.

이제 지구 환경을 책임질 기후테크는 인류의 지속가능한 삶을 위해 선택이 아닌 필수 기술입니다. 2050년 탄소중립의 목표를 달성하려면 기후테크 관련 기술이 계속 더 많이 등장해야 할 것입니다. 향후 기후테크가 만들어낼 깨끗한 지구의 모습이 기대됩니다.



전라남도 해남군 솔라시도 태양광 발전소. 축구장 190개 크기의 규모로, 98MW의 발전 용량을 갖췄다.



김형자 과학 칼럼니스트

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



뇌공학이  
→ 바꿀  
인류의 미래

글 임창환 한양대학교 바이오메디컬공학과 교수

## 실험실에서 뇌를 만든다고?

‘뇌공학’이라는 용어는 우리나라에서만 즐겨 쓰는 용어다. 2010년대 중반 우리 정부에서 뇌과학 분야를 분류할 때 뇌의학, 뇌신경생물, 뇌인지, 뇌공학의 네 분야로 나누면서 처음 만들어졌다. 지금은 대학에 ‘뇌공학’과 여럿 생겼을 정도로 널리 쓰이는 용어가 됐다. 그런데 좀 더 자세히 들여다보면 뇌공학은 우리가 보통 ‘공학’이라는 말을 붙이는 다른 분야들과는 성격이 달라 보인다. ‘공학(工學)’은 ‘무언가를 만드는 학문’이라는 뜻을 지니고 있다. 기계공학은 ‘기계를 만드는 학문’, 전기공학은 ‘전기를 만드는 학문’이다. 생명공학만 하더라도 실험실에서 유사 기관을 만들어내는 수준에 이르렀으니 ‘공학’이라는 말을 붙이기에 부족하지 않다. 그런데 ‘뇌공학’에 포함된 ‘뇌’는 모든 고등 생명체가 하나씩 가지고 있는, 수백만 년의 진화를 통해 완성된 신체 기관이다. 더구나 그 복잡도는 상상을 초월하는 것이어서 아직 인류는 뇌에 대해 거의 모르고 있다고 봐도 무방하다. 그런 뇌를 만들어내는 학문이라니? 하지만 놀랍게도 뇌공학자들의 궁극의 목표는 ‘실험실에서 뇌를 만들어내는 것’이다.

뇌공학은 크게 뇌를 읽어내는 기술, 뇌를 조절하는 기술, 뇌를 모방하는 기술로 분류할 수 있다. 각 주제별로 현재 어떤 뇌공학 기술이 개발되고 있는지에 대해 구체적 사례 위주로 살펴본다.

## 뇌를 읽어내는 기술

의학 기술의 발전으로 한국인의 기대수명은 2023년 기준 83.5세에 이르렀고, ‘백세시대’라는 표현은 이미 일상 용어로 자리 잡았다. 그러나 고령화의 진전과 함께 노화로 인한 뇌질환의 유병률도 급격히 증가하고 있으며, 이는 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 특히 알츠하이머치매는 가장 큰 도전 과제로 꼽힌다. 알츠하이머치매가 발병하면 뇌에서는 아밀로이드베타단백질이 축적되고, 뇌가 점차 위축되는 변화가 관찰된다. 문제는 이러한 변화가 뇌 영상에서 명확히 드러날 정도라면 이미 치매가 상당히 진행된 상태일 가능성이 높다는 점이다. 이를 해결하기 위해 뇌공학자들은 최신 영상 분석 기술과 인공지능을 활용해 초기 치매 환자의 뇌 영상에서 미세한 변화를 찾아내거나, 뇌파 및 기능적 자기공명영상<sup>fMRI</sup> 신호로부터 치매의 단서를 탐지하려는 노력을 이어가고 있다. 이 분야에서 국내 뇌공학 기업들은 세계적으로 기술력을 인정받고 있으며,

치매치료제 시장의 확대로 글로벌 무대에서의 활약이 기대되고 있다.

치매 진단이 뇌공학의 주요 연구 분야로 자리 잡고 있지만, 최근 뇌공학 분야에서 가장 주목받고 있는 주제는 단연 ‘뇌-컴퓨터 인터페이스<sup>BCI, Brain-Computer Interface</sup>’다. 2017년 3월 테슬라의 CEO 일론 머스크는 자신의 다섯 번째 회사인 ‘뉴럴링크<sup>Neuralink</sup>’의 설립을 발표했다. 이름에서 드러나듯, 뉴럴링크는 뇌(뉴런)와 무언가를 연결하는 기술개발을 목표로 한다. 머스크는 뉴럴링크의 초기 목표로 뇌와 컴퓨터를 연결하는 BCI 기술개발을 제시했으며, 이를 인공지능과의 연결로 확장한 뒤 궁극적으로 인간의 뇌와 뇌를 연결하는 기술을 구현하겠다는 포부를 밝혔다. 실제로 2024년 공개한 뉴럴링크의 첫 제품은 뇌 사이의 통신을 뜻하는 ‘텔레파시<sup>Telepathy</sup>’라는 이름으로 발표됐다.

그러나 뇌공학 기술을 보유하지 않은 머스크가 막대한 자본력을 기반으로 BCI 분야에 진출한 것을 두고 연구자들 사이에서 우려와 비판이 제기됐다. 특히 뇌와 인공지능의 연결 혹은 뇌와 뇌의 연결은 현재의 기술 수준으로는 실현 불가능한 목표에 가까워 대중에게 잘못된 인식을 심어줄 수 있다는 지적이 많았다. 그럼에도 뉴럴링크는 비판에 흔들리지 않고, 2019년부터 매년 놀라운 속도로 새로운 기술과 성과를 발표하며 BCI 분야에 획기적 변화를 불러오고 있다.

기존의 딱딱한 바늘 형태 전극을 사용해 뇌 신호를 측정하던 방식은 뇌척수액 속에서 떠 있는 뇌에 반복적으로 상처를 내는 문제가 있었다. 뉴럴링크는 이를 해결하기 위해 바늘 대신 머리카락보다 훨씬 가는 실에 전극을 코팅한 ‘신경실<sup>neural thread</sup>’을 뇌 표면에 삽입하는 방식을 도입했다. 이 과정은 흔히 ‘바느질’ 또는 ‘모내기’에 비유되기도 하는데, 뉴럴링크는 이 수술을 위한 로봇도 개발했다. 뇌 표면에 삽입된 신경실은 신호 측정을 위한 ‘브레인 칩’인 ‘더-링크<sup>The Link</sup>’와 연결된다. 더-링크 시스템은 두개골에 삽입되는데, 수술이 끝나고 머리카락이 자라면 밖에서 볼 때는 내부에 이 칩이 삽입됐는지 여부를 전혀 알아챌 수 없다. 이 브레인 칩에는 신호 측정용 칩뿐만 아니라 몸 밖으로 측정 신호를 무선으로 전송할 수 있는 통신 칩 그리고 전원을 공급하기 위한 충전식 배터리가 내장돼 있다. 일론 머스크는 이 모든 수술 과정이 부분마취 상태에서 진행되며, 수술 시간은 1시간 이내가 될 것이라고 발표했다. 심지어 이 수술을

라식수술에 비유하기도 했다. 코로나19가 한창이던 2021년에는 원숭이의 뇌에 더-링크를 삽입하고 원숭이가 생각만으로 간단한 게임을 하는 데 성공했다. 이어 2023년에는 미국 FDA로부터 인체 임상시험 허가를 받았고, 2024년 1월에는 사지마비 환자인 29세 놀런 아르보의 뇌에 더-링크 시스템을 성공적으로 삽입했다. 두 달 뒤, 아르보가 생각만으로 마우스 커서를 움직여 체스 게임을 즐기는 동영상도 공개되며 큰 주목을 받았다. 최근 뉴럴링크는 두 번째 환자의 뇌에 더-링크 시스템을 성공적으로 이식한 데 이어, 시각장애인의 대뇌 시각피질에 뉴럴링크를 삽입해 시각을 회복시키는 프로젝트를 시작했다고 밝혔다. 이는 뇌공학 기술이 실질적인 의료 혁신으로 이어질 가능성을 보여주는 또 하나의 사례로 평가받고 있다.

뉴럴링크의 유명세에 가려져 있기는 하지만 미국, 유럽, 중국 등에서는 싱크론<sup>Synchron</sup>, 프리시전 뉴로사이언스<sup>Precision Neuroscience</sup>, 클리나텍<sup>Clinatec</sup>, 네오-BCI<sup>NEO-BCI</sup> 등의 경쟁사가 다수 설립됐다. 이미 인체 대상 실험을 성공적으로 수행하고 있는 회사도 여럿이다. 국내에서는 해외보다 다소 출발이 늦기는 했지만, 현재 관련 회사가 론칭을 준비하고 있는 것으로 알려져 있다. 국내 BCI 분야는 뇌에 브레인 칩을 삽입하는 ‘침습형<sup>invasive</sup> BCI’ 방식보다는 머리 밖에서 뇌파를 측정하는 ‘비침습형<sup>non-invasive</sup> BCI’ 연구가 주로 이뤄져 왔는데, 많지 않은 투자에도 불구하고 세계적 수준의 연구 성과가 꾸준히 발표되고 있다.

## 뇌를 조절하는 기술

인간의 뇌는 다양한 외부 자극에 반응한다. 전통적으로는 약한 전류를 흘리거나 강한 자기장 펄스<sup>1</sup>를 이용해 뇌를 조절하는



일본 머스크와 뉴럴링크의 수술로봇.

방식이 연구돼왔다. 그러나 최근에는 빛과 소리(특히 초음파)를 활용한 뇌 자극 기술도 활발히 개발되고 있다. 이러한 뇌 조절 기술은 특정 뇌 영역의 활동을 자유롭게 조절할 수 있어 다양한 뇌질환 치료에 중요한 역할을 한다. 대표적인 뇌 조절 기술로는 경두개자극<sup>TMS</sup>이 있다. 이 기술은 머리 바깥에서 자기장을 가해 특정 뇌 부위의 활동성을 높이거나 낮추는 것이 가능하다. 예를 들어 우울증이나 조울증 환자는 좌뇌와 우뇌의 활동성 불균형이 자주 나타나는데, 우뇌의 활동이 과도하게 증가된 경우 자기장 자극을 통해 우뇌의 활동성을 낮춤으로써 증상을 완화할 수 있다. 반면 뇌졸중 환자의 병변 부위에 자기장 자극을 가해 활동성을 높여주면 손상된 기능 회복에 도움이 되기도 한다. 이러한 기술은 약물 복용이나 주사와 같은 신체적 투입 없이도 약물과 유사한 효과를 발휘한다는 점에서 ‘전자약<sup>electroceuticals</sup>’이라는 용어로 불린다. 이는 약물 치료의 대안으로 주목받으며 뇌질환 치료의 새로운 가능성을 열고 있다.

전자약 기술은 뇌의 특정 부위 활동을 조절할 수 있기 때문에 다양한 인지 기능의 향상에도 활용될 수 있다. 20분가량의 전기 자극만으로 작업 기억력, 수학 계산 능력, 직관력, 판단력, 집중력 등 고차원 인지 기능이 일시적으로 향상된다는 연구 결과가 꾸준히 보고되고 있다. 전자약 기술은 운동선수들의 경기력 향상에도 적용되고 있다. 예를 들어 미국 스키점프 선수를 대상으로 한 연구에서는 뇌에 전기 자극을 가한 결과, 신체 균형 능력과 집중력이 향상돼 점프 비거리가 늘어났다는 결과를 얻었다. 엘리트 사이클 선수들을 대상으로 한 연구에서는 동일한 거리를 달렸을 때 전기 자극을 받은 선수들이 피로감을 덜 느꼈다는 보고가 있었다. 최근에는 비침습적 방식으로 뇌의 깊은 부위를 정밀하게 자극하는 기술이나 웨어러블 기기 형태로 가정에서 쉽게 사용할 수 있는 뇌 자극 전자약이 개발되고 있다. 특히 우울증 등 정신질환 치료제의 경우 상대적으로 부작용 위험이 낮은 전자약이 더욱 주목받고 있다.

그런가 하면 뇌 내에 삽입하는 전자약도 있다. 이미 40년 이상의 역사를 가진 뇌심부자극술<sup>DBS</sup> 장치가 대표적 사례다. 뇌심부자극술은 긴 바늘 형태의 전극을 뇌의 깊은 부위에 찔러 넣어 전기 자극을 가하는 방식으로 파킨슨병이나 중증 우울증 등의 치료에 효과적이다. 뉴럴링크의 시스템도 추후에는

<sup>1</sup> 펄스<sup>pulse</sup>: 매우 짧은 시간 동안에 큰 진폭을 내는 전압이나 전류 또는 파동



경도개자기자극 시술 장면.

전자약으로 활용될 가능성이 높을 것으로 예상된다. 최근에는 뇌 신호를 읽어 뇌의 상태를 알아낸 뒤 적절한 뇌 자극을 가하는 스마트한 전자약도 개발되고 있는데, 이러한 기술을 페루프<sup>closed-loop</sup> 전자약이라고 한다. 향후에는 먹는 약 대신 다양한 전자약을 처방받아 뇌질환을 치료하는 일이 일상화될 것으로 보인다.

### 뇌를 모방하는 기술

인공지능 기술이 빠르게 발전하고 있지만, 여전히 인간 뇌의 효율적인 정보처리 능력에는 미치지 못한다. 인간은 단 한 장의 사진만으로도 사물의 특징을 빠르고 정확하게 인식하는 이른바 '원샷 러닝<sup>one-shot learning</sup>' 능력을 가지고 있다. 하지만 최첨단 인공지능조차 학습을 위해서는 여전히 방대한 양의 데이터를 필요로 한다. 이처럼 인간 뇌의 놀라운 능력을 모방한 인공지능이 개발된다면, 극도로 효율적인 에너지 사용과 함께 뛰어난 성능을 발휘할 수 있을 것으로 예상된다.

아직은 간단한 뇌의 작동 원리만을 모방해 인공지능을 구현하는 수준임에도, 기존의 수학적 원리를 이용해 구현한 인공지능보다 높은 성능을 보여주는 사례가 많다. 우리 뇌의 효율성을 극명하게 보여주는 대표적 예로 '작은 세상 네트워크<sup>small-world network</sup>'라는 특성이 있다. 이는 가까이 있는 신경세포들은 직접 연결되지만, 멀리 떨어져 자주 교류하지 않는 신경세포들은 허브 뉴런<sup>hub neuron</sup>이라는 매개체를 통해 간접적으로 연결되는 구조를 말한다. 이 네트워크는 에너지 효율을 극대화하는데 가장 효과적인 방식으로 알려져 있다. 2019년 미국 UC 샌디에이고 연구팀은 인간 뇌의 작은 세상 네트워크를 모방해 '스몰월드넷<sup>SWNNet</sup>'이라는 새로운 딥러닝 구조를 제안했다. 연구에

따르면, 이 구조를 활용하면 기존 딥러닝 방법보다 최대 2.1배 더 효율적으로 정보를 처리할 수 있다고 한다.

그런가 하면 우리 뇌는 사물을 인식할 때 두 가지 경로로 나눠 정보를 처리한다. 하나는 사물이 무엇인지를 파악하는 경로이고, 다른 하나는 사물이 어디에 있는지를 파악하는 경로다. 이 중 사물이 어디에 있는지를 파악하는 경로가 더 빠르게 작동한다. 이는 다가오는 물체가 무엇인지 판단하기 전에 먼저 피하는 것이 생존에 유리했기 때문에 뇌가 이러한 방식으로 진화한 덕분이다. 2021년 중국 상하이교통대 연구팀은 이 특성을 모방한 컴퓨터 비전 알고리즘 '패스트슬로우넷<sup>FastSlowNet</sup>'을 개발했다. 이 알고리즘은 기존 알고리즘과 유사한 인식 성능을 유지하면서도 에너지 소모를 10분의 1로 줄이는 데 성공했다.

이상에서 살펴본 바와 같이 뇌공학은 인간의 뇌를 읽고, 조절하고, 모방하는 첨단 공학 기술을 연구하고 개발하는 분야다. 뇌공학은 아직 정복하지 못한 다양한 뇌질환을 진단하고 치료하며 장애로 고통받는 이들에게 새로운 소통의 방식을 제공해줄 것으로 기대된다. 뇌공학이 만들어갈 미래에 더 큰 관심과 지원이 필요한 이유다.



#### 임창환 한양대학교 바이오메디컬공학과 교수

한양대학교 뇌공학연구센터장을 역임하고 있다. 국내 대표적인 뇌공학자로 공학 문화 확산에도 관심이 많아 <뉴럴링크>, <뇌를 바꾼 공학, 공학을 바꾼 뇌> 등 다수의 공학 교양서를 집필했다.

# 의료용 로봇이 만드는 편리한 의료서비스 환경

## 황선희 큐렉소(주) 재활로봇팀 책임연구원

수술실에서 정밀한 손길을 더하는 수술보조로봇, 환자를 돌보는 간호로봇, 신체 회복을 돕는 재활로봇까지. 첨단 기술과 결합한 의료용 로봇은 의료 환경의 혁신을 이끌며 다양한 분야로 그 영역을 확대하고 있다. 로봇 기술과 의료적 지식을 융합해 의료형 로봇의 개발과 연구에 매진하는 큐렉소의 황선희 책임연구원을 만났다.

글 김규성 사진 김기남

### 큐렉소가 어떤 회사인지 소개해주세요.

큐렉소는 2017년부터 의료용 로봇 연구개발을 추진해온 전문 기업으로, 보행 재활로봇 ‘모닝워크<sup>Morning Walk</sup>’, 인공관절 수술로봇 ‘큐비스 조인트<sup>CUVIS-joint</sup>’, 척추 수술로봇 ‘큐비스 스파인<sup>CUVIS-spine</sup>’ 등을 개발했습니다. 의료용 로봇은 빠르게 발전해나가는 분야로, 많은 기업이 수익보다는 투자 유치에 집중하는 상황인데요. 큐렉소는 재활, 정형외과 로봇 분야에서 독보적인 기술력을 바탕으로 흑자 전환에 성공하며 꾸준히 경쟁력을 강화하고 있습니다.

### 의료용 로봇산업이 성장하고 기술 혁신이 이어지는 이유는 무엇인가요?

의료용 로봇이 의료 현장에 도입된 지 30여 년이 넘는 현재, 그동안 축적된 임상적 효과가 입증되면서 의료용 로봇에 대한 수요가 꾸준히 늘어나고 있습니다. 특히 보행 재활로봇은 과거 환자 한 명의 보행 재활치료를 위해 2~3인 이상의 물리치료사들이 투입돼야 했던 재활 환경을 획기적으로 개선했습니다.

기존의 보행 재활치료에서는 물리치료사가 환자의 보행 동작을 돕기 위해

다리를 들어 올리고 내리는 반복적인 움직임을 수행해야 했지만, 이제는 한 대의 로봇이 그 역할을 대신해줄 수 있습니다. 치료사는 환자의 움직임에 더 집중해 피드백을 제공할 수 있고, 환자는 개인의 상태에 알맞은 훈련을 수행하며 빠르게 회복될 수 있습니다. 그뿐만 아니라 재활로봇에 탑재된 다양한 센서는 환자가 발판을 밟는 강도와 보행 자세를 측정해 의료진과 환자에게 데이터를 시각적으로 제공합니다. 이를 통해 개선점을 제시하고 데이터를 축적함으로써 치료의 질을 높여줍니다.

이처럼 의료용 로봇은 의료진 본연의 역할을 돕는 유용한 도구로 자리 잡았으며, 앞으로도 활용도가 점차 높아질 것으로 기대됩니다.

### 재활로봇팀에서 담당하는 업무는 무엇인가요?

로봇을 이용해 걸음이 불편한 환자들이 다시 일상으로 돌아갈 수 있도록 돕는 보행 재활로봇의 연구와 개발을 담당하고 있습니다. 구체적으로 의료용 로봇 연구소는 큐렉소의 ‘연구개발-제조-판매’ 라인업 중 연구개발을 전담하는데요. 현재 연구소는 수술로봇팀, 재활로봇팀, 수술로봇App팀, RA팀(의료기기 인증 담당), 연구지원팀 등으로 구성돼 운영 중입니다.

제가 소속된 재활로봇팀은 대표적인 보행 재활로봇인 모닝워크를 개발했으며, 지금까지 70대 이상의 제품을 병원과 재활원 등에 공급해 환자들이 이용할 수 있도록 했습니다. 더불어 꾸준한 성능 개선 작업을 통해 환자들이 더욱 편리하고 효과적으로 이용할 수 있는 재활로봇을 만들어가고 있습니다.



**보행 재활로봇 모닝워크<sup>Morning Walk</sup> S200**

제품 크기: 2470(길이)×1590(너비)×1445(높이)mm

최대 환자 체중: 200kg

탑승 가능 신장: 90~200cm

안장 높이 조절 범위: 45~95cm

보행 최대 속도: 2.31km/h

- 특징**
- 뇌졸중, 척수손상, 파킨슨병, 외상성 뇌손상 등 다양한 환자군의 보행 재활훈련 활용
  - 착석형 체중지지부 통해 중증 환자 탑승 가능
  - 간편한 안전 장비 착용으로 3분 내 훈련 시작 가능
  - 가상현실<sup>VR</sup> 콘텐츠 도입해 환자 흥미도 증가



의료용 로봇은 가장 따스한 로봇이어야 한다. 황선희 책임연구원은 설계기술이나 프로그래밍 능력에 앞서 생명을 구한다는 사명감이 중요하다고 강조한다.

### 보행 재활로봇은 어떻게 개발하고 제작되나요? 또 그 과정에서 어떤 어려움이 있었나요?

모닝워크와 같은 보행 재활로봇은 로봇 기술을 활용하지만, 기본적으로는 의료기기로 분류되기 때문에 의료기기 설계와 개발 절차를 준수해 제작합니다. 특히 의료기기의 특성상 다른 공산품으로 다루지는 로봇보다 더 엄격한 시험 기준을 적용받게 되는데요. 의료기기는 그 사용 목적과 사용 시 인체에 미치는 잠재적 위해성의 정도에 따라 1~4등급으로 나뉘며, 모닝워크는 3등급 의료기기에 해당합니다. 이는 1, 2등급의 의료기기보다 더 엄격한 허가 및 심사 절차를 요구합니다.

모닝워크 또한 출시를 앞두고 임상시험을 통해 효과와 안정성을 검증받아야 했는데요. 다행히도 모닝워크의 경우 유사한 기기들과의 비교 검증을 수행했고, 인허가 관련 연구팀원들과 긴밀한 협업으로 안전성을 입증받을 수 있었습니다. 기관의 요구사항을 충족하기 위한 문서화 작업과 검증 작업이 어려웠지만, 이러한 과정을 통해 더욱 안전하고 신뢰할 수 있는 제품을 출시할 수 있었습니다.

### 의료용 재활로봇 개발 과정

자료 수집 과정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 의사, 물리치료사 등 의료진 의견 수렴(20인 이상)</li> <li>· 기존 치료 방식과 재활 의료기기 데이터 조사</li> <li>· 로봇 필요 기능 조사</li> </ul>
제품 개발 과정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기구적 구조와 메커니즘 설계</li> <li>· 주요 부품 사양 선정</li> <li>· 시제품(PoC) 제작 후 검증</li> </ul>
의료기기 허가 과정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 의료기기 EMC<sup>Electro Magnetic Compatibility</sup>(전자파적합성) 검사</li> <li>· 의료기기 안전성 검사</li> <li>· 식약처 등 유관 기관 인허가</li> </ul>

### 연구원님이 개발을 주도한 기능은 무엇인가요?

모닝워크 초기 모델의 경우 환자가 발판을 누르는 힘의 강도만 표시했습니다. 제가 개발팀에 합류한 뒤 발바닥의 어느 부분에 압력이 집중되는지 표시되면 좋겠다고 생각했는데요. 연구진과 개발을 진행한 결과, 보행 과정에서 발바닥의 앞뒤와 좌우 중 어느 부분에 압력이 많이 분포되는지 눈으로 보며 확인할 수 있게 됐습니다. 환자는 정상적인 발걸음의 압력 분포와 자신의 분포도를 비교하며 어떻게 보행 활동을 개선해야 할지 스스로 판단할 수 있습니다.

### 개발 단계에서 의도하지 않았던 성과도 있었을 것 같습니다.

보행 재활로봇의 주요 구분 요소 중 하나는 환자를 고정하는 방식입니다. 대부분의

재활로봇은 환자를 낙상으로부터 보호하기 위해 ‘하네스’를 사용하는데, 하네스는 로프를 이용해 환자의 몸을 지탱하는 장비입니다. 하지만 모닝워크는 하네스가 아닌 안장 방식을 채택해 환자의 체중을 발판과 안장에 분산시킵니다.

안장 방식은 환자가 매달려서 발만 움직이는 하네스 방식에 비해 신체에 더 많은 감각적 자극을 주며, 균형감각을 개선하는 데 효과가 큰 것으로 입증됐습니다. 또한 하네스나 외피형 골격을 착용하는 기존의 재활로봇보다 준비 시간이 짧아서 운동 준비까지 약 3분밖에 걸리지 않아 환자의 선호도가 매우 높습니다.

### 의료용 로봇 전문가가 되기 위해서는 어떤 준비가 필요할까요?

의료용 로봇 분야는 여러 학문 분야가 융합돼 있습니다. 저는 의료공학을 전공해 개발팀에 합류했지만, 실제 현장에서는 로봇, 기계, 전기 및 전자, 컴퓨터공학, 소프트웨어 등 다양한 방면에서 수학한 엔지니어들과 함께 일하고 있습니다. 또 의료기기 인허가 관련 지식을 갖춘 인원들도 필수적으로 필요합니다.

## 황선희 책임연구원은 누구

미래에 대한 고민으로 머릿속이 가득했던 청소년기, 아픈 사람을 돕고 싶다는 꿈과 물리·수학에 재능이 있다는 적성을 고려해 의료공학과에 지원했다. 학업 과정에서 의료 분야와 함께 전기·전자·기계 분야를 배우며 자연스럽게 의료용 로봇에 관심을 갖게 됐다. 이후 석사와 박사 과정을 거치며 목표지향적인 자신에게는 연구직이 꼭 알맞다고 확신했다. 2019년 큐릭소에 입사한 뒤 책임연구원으로서 재활로봇 개발과 연구에 매진하고 있다.

개발팀에서 요구되는 자질을 꼽는다면 로봇공학과 의학이 어우러져 업무에 활용되기 때문에 공학자나 개발자라고 할지라도 기본적인 의학 지식이 필요합니다. 로봇의 기획부터 개발 후 피드백을 받는 과정에서도 끊임없이 의료진과 소통해야 하므로 의학 용어나 의료 관련 지식이 꼭 필요하다고 생각합니다.

### 연구 활동 중 가장 기억에 남는 경험은 무엇이었나요?

사회생활을 처음 시작할 무렵, 삼성의료원에서 근무하며 보행 보조로봇을 유전성 말초신경병 환자에게 적용하고 효과를 검증하는 임상시험 연구를 진행했습니다. 100명이 넘는 환자와 연구를 수행하면서, 감사를 표하던 환자와 보호자의 모습이 기억에 남아 연구를 수행하는 데 큰 동기가 됐습니다. 그즈음부터 직접 환자와 장애인을 위한 기기를 개발해야겠다는 목표를 갖게 됐습니다. 혁신 기술이 적용되는 분야이기에 설계기술이나 프로그래밍 등의 능력이 필요하지만 생명을 구한다는 사명감이 무엇보다 중요하다고 생각합니다.

### 마지막으로 향후 목표를 말씀해주세요.

우선 저와 팀, 회사의 목표는 모닝워크가 국내를 넘어 세계로 뻗어나가는 것입니다. 또 전 세계에 보행 장애를 겪는 환자들이 의료용 재활로봇의 발전으로 쉽게 치료받는 데 일조하길 바랍니다. 그 과정에서 더 공부하고 연구해 재활로봇 분야의 스페셜리스트가 되는 것이 꿈입니다. ‘황선희는 의료용 재활로봇 분야의 대표적인 연구자’라는 평가를 받을 수 있을 때까지 노력하겠습니다.

# 똑소리단 3기 활동 소감

## 똑똑하게 소통하고 리뷰하는 <테크 포커스> 독자단

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어왔습니다. 그동안 <테크 포커스>를 함께 만들어온 똑소리단 3기가 활동을 마무리하며 소감을 전했습니다.



“ 제 아이디어가 실제로 잡지에 반영되는 것을 보며 제작에 도움이 된다는 것을 확인할 수 있어 뿌듯했습니다. 또한 <테크 포커스>를 만들어가면서 여러 산업군에 대한 지식과 미래 기술을 알 수 있었습니다. 똑소리단 활동은 제게 통찰력을 길러준 소중한 시간이었습니다.

“ 똑소리단 4기부터 오프라인 발대식을 진행한다면 좀 더 소속감도 높이고, 활동가들끼리 소통할 수 있어 좋을 것 같습니다.

“ 똑소리단 활동을 하면서 신기술 동향을 우선적으로 접할 수 있어 관련 정보 습득에 유익했습니다. 이러한 정보를 활용해 경영지도사로서 중소기업 컨설팅이나 공공기관 평가위원 활동에도 실질적인 도움을 많이 받았습니다.

“ <테크 포커스>가 웹진인 만큼 'R&D Policy' 칼럼에서 해당 내용의 정부 정책 누리집 혹은 발표 자료 등을 볼 수 있도록 연동해주면 어떨까요? 그러면 기사의 원 내용을 좀 더 상세히 볼 수 있을 것 같습니다.

“ 매월 <테크 포커스>를 통해 똑소리단으로 활동하는 많은 분들의 생각과 이야기, 활동에 대한 소회와 느낀 점을 공유할 수 있는 지면을 별도로 만들면 좋겠습니다.



“ 일반 대중이 접하기에는 어려운 용어나 내용들이 있어 손쉽게 다가가기 힘든 부분이 있었던 것 같습니다.

“

휴대폰으로 장문의 글을 쓰는 게 쉽지 않았습니다. 심도 있는 독자 참여 활동을 위해 별도의 사이트 운영을 제안드립니다.

“

3기 활동으로 다양하고 알찬 최신 기술 관련 내용을 접할 수 있어 행복했습니다. 기회를 주신다면 지속적으로 활동에 참여하고 싶습니다. 목소리단 운영진의 발품과 노력의 결과라 생각하며 감사의 인사를 드립니다. 수고 많이 하셨습니다.

“

개인적으로 바쁜 업무에도 애정을 가지고 입으며 아주 재미있게 활동했습니다. 제 의견이 잡지에 실리고, 또 그에 대해 고민했던 과정을 돌이켜보면 '정말 잘 반영해주셨구나' 하는 생각이 듭니다. 다시 목소리단으로 활동할 기회가 생긴다면 기쁜 마음으로 참여하겠습니다.

“

새로운 분야에 대한 정보를 습득하고 생소한 분야에도 관심을 갖게 된 유익한 활동이었습니다.



“

매번 목소리단 활동을 마무리할 때마다 아쉽다는 생각이 들었고, 그것이 기부터 3기까지 활동을 이어온 원동력이라고 생각합니다. <테크 포커스>의 디자인도 바뀌고 내용도 탄실해진 만큼 더욱 의미 있는 활동이었습니다. 기회가 된다면 4기 활동도 계속 하고 싶습니다. 담당자님과 목소리단 3기 모든 분들, 수고 많으셨습니다.

“

잡지를 보고 지인들에게 많이 알리곤 했는데오, 주변 사람들과 공유하는 활동이 있다면 홍보에도 많은 도움이 될 것 같습니다.



“

매월 '잡 인사이드'에 나오는 분들 또는 R&D 종사자분들을 모시고 온오프라인 강연회를 진행하면 어떨까요? <테크 포커스>와의 연계성도 높이고, 관심 있는 일반 대중에게 잡지 홍보도 될 것 같습니다.

“

<테크 포커스>가 좀 더 쉬운 용어와 알찬 내용으로 꾸며졌으면 합니다.

“

많은 것을 배웠고, 산기명의 역할에 대해서도 잘 알게 됐습니다. 앞으로도 꾸준히 참여하며 더 많은 지식을 쌓고 싶습니다.

## 2025년도 산업기술혁신사업 통합 시행계획 공고

산업기술생태계 활성화 및 글로벌 경쟁력 강화를 위하여 제8차 산업기술혁신계획에 의거 산업통상자원부가 추진하고 있는 산업기술혁신사업의 2025년도 사업별 지원계획을 다음과 같이 공고합니다.

산업기술혁신사업은 산업기술혁신촉진법 제11조에 따른 산업기술개발사업, 제15조 제2항에 따른 개발기술사업화촉진사업, 제19조에 따른 산업기술기반조성사업, 제27조에 따른 국제산업기술협력사업, 그 밖에 산업기술혁신을 촉진하기 위하여 정부 및 기술혁신주체(기업, 대학 및 연구기관 등) 등이 참여하여 추진하는 사업을 말함

<b>2025년도 산업기술혁신사업 시행계획 공고 안내 자료</b>	2025년도 산업기술혁신사업의 주요 사업 내용을 정리한 사업 안내 자료를 2024년 12월 23일부터 산업통상자원부 홈페이지에서 다운받으실 수 있습니다.
<b>산업통상자원부 사업 공고 게시판 바로가기</b>	 산업통상자원부(www.motie.go.kr)
<b>안내 자료 주요 내용</b>	2025년도 산업기술혁신사업 통합 시행계획 상세 안내 자료(공고 사업의 세부 사항) 등

### 독자 퀴즈의 정답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의 상품을 보내드립니다.  
 퀴즈 답변과 휴대폰 번호를 [grintjssu@hankyung.com](mailto:grintjssu@hankyung.com)으로 보내주세요.

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



이 세상의 모든 전자 기기들은 ○○로부터 수집된 정보로 움직이고 판단한다. ○○ 없이 디지털 전환은 애당초 불가능하다. 이뿐만이 아니다. 우주항공, 국방 등 사람이 직접 운영하기 어려운 극한 환경에서 사용되는 시스템들은 거의 반도체와 ○○로 작동된다. 오늘날에는 데이터 수집·처리·분석까지 가능한 지능형 시스템으로 진화하고 있는데, 이러한 진화는 산업 전반에 혁신적 변화를 가져오고 있다.

# 산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끕니다.



## [알지RD] 트위니 사람을 따라다니며 물건을 나르는 로봇?



어떠한 장치도 없이 알아서 사람을 따라다니는 물류 로봇을 개발한 기업이 있습니다. KEIT의 지원으로 '대상추종로봇'을 개발한 대전 소재의 '트위니'라는 기업입니다. 물건을 나르는 수고는 덜고 자유로운 양손으로 창의적인 활동에 집중할 수 있게 도와주는 산업계의 반려 로봇 '따르고'와 '나르고'를 영상으로 만나보세요.



## [해시테크-①] 로보스텍 양식장을 관리하는 수중 로봇이 있다고?



양식장 그물 클리닝, 폐사어 채집, 찢어진 그물 보수까지...! 이 모든 작업을 수행할 수 있는 수중 로봇이 있다고 해서 직접 찾아가봤습니다. 로보스텍의 기술과 KEIT의 R&D 지원을 통해 만들어진 양식장 관리 로봇 'ROVONET'과 그 능력을 영상으로 확인해보세요.





**보이는 것 부러  
보이지 않는 것 까지**

**초격차 산업기술 R&D  
초협력으로 이뤄집니다**



산업통상자원부



한국산업기술기획평가원  
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

