

# Tech Focus

Nov. 2025

Vol. 25



## Focus Story > Story◎

AI 팩토리 : 스마트팩토리를 넘어  
AI가 생산을 지휘한다

## Changing Tomorrow > R&D Project◎

안전벨트와 시트 프레임을 하나로,  
자율주행 시대를 이끄는 좌석 혁신

## Changing Tomorrow > R&D Project◎

초경량·고강도 유리  
미래 친환경 패키징의 해답을 찾다

## R&Dism > 슬기로운 기술 생활

새로운 블루오션 '햅틱 기술',  
디지털 촉감 시대를 열다



<테크 포커스>  
웹진 보기  
매월 10일 오픈

# Tech Focus

Nov. 2025

<테크 포커스> 웹진에서 11월호 기사를 확인하세요! [techfocus.kr](http://techfocus.kr)

Vol. 25



20

Story③

한국 물류산업의 재도약, 물류 시가 답이다

26

Keitoon

M.AX 대전환 현장을 방문한 케박사

## Changing Tomorrow

28

R&D Project①

광명산업(주)

안전벨트와 시트 프레임을 하나로, 자율주행 시대를 이끄는 좌석 혁신

32

R&D Project②

(주)금비

초경량·고강도 유리 미래 친환경 패키징의 해답을 찾다

36

R&D Sense

#경량화 지수

2

Anniversary

<테크 포커스> 2주년 기념 독자 Talk

## Focus Story

6

Infographic

IT's HOT, M.AX!

8

Story①

AI 팩토리: 스마트팩토리를 넘어 AI가 생산을 지휘한다

14

Story②

AI 제조 서비스: 제품을 넘어 서비스로 나아가는  
제조업 비즈니스 모델의 혁신



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2025년 11월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국공학한림원  
주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상부 편집 및 제작 (주)한경매거진앤북(02-360-4816)  
인쇄 (사)한국적수장애인협회디지털사업단(053-965-7277) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8332) 잡지등록 대구동, 라00026  
본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.  
필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.



37

R&D Policy

산업 AI 대전환의 시작

40

Tech Q&A

똑소리 나는 일상 속 과학 이야기

## One More Tech

42

Tech for Earth

‘아이오닉 포레스트’ 환경·기술·브랜드를 잇다

46

키워드 산책

‘살아남는 소재’가 되기 위한 조건

## R&Dism

50

슬기로운 기술 생활

새로운 블루오션 ‘햅틱 기술’ 디지털 촉감 시대를 열다

54

공학자의 시선

이상준 포항공대 기계공학과 교수

자연에서 답을 찾다: Global Challenge 문제해결을 위한

생체모방기술 개발

58

잡 인사이드

정승현 한국건설기술연구원 건축연구본부 스마트도시센터 센터장

사람답게 사는 도시를 만드는 일

—

62

Review

똑소리단 리뷰

63

Notice

독자 퀴즈





# <테크 포커스> 2주년 기념 독자 TALK

<테크 포커스>가 독자 여러분과 함께한 지 2년이 되었습니다.  
그동안 기술의 속도는 더욱 빨라졌고 다변화됐으며, <테크 포커스>는 이 흐름 속에  
든든한 서포터인 독자들과 함께 기술의 맥을 짚어왔습니다. 다양한 분야 독자들의  
생생한 목소리를 담아 2주년의 의미를 되새겨보았습니다.





## 김유진



대학에서 신소재공학을 전공하며, 특히 2차원<sup>2D</sup> 반도체 소재의 공정 및 도핑 연구에 관심을 두고 있습니다. 저는 학생이라 최신 기술 트렌드를 빠르게 파악하는 데 <테크 포커스>를 활용하고 있습니다. 덕분에 연구뿐 아니라 산업 전반의 흐름을 함께 이해할 수 있어 시야를 넓히는 데 큰 도움이 되고 있습니다.

<테크 포커스>는 저에게 기술 트렌드를 한눈에 정리해주는 멘토 같은 존재입니다. 앞으로도 지금처럼 깊이 있으면서도 읽기 쉬운 콘텐츠로 독자들에게 영감을 주는 매체로 남아주길 바랍니다. <테크 포커스> 개편 2주년, 진심으로 축하드립니다.



## 박용철



ICT/SW, 가상 융합 디지털 콘텐츠 진흥기관에서 창업 및 기업 지원을 하고 있습니다. AI(생성, 일반, 슈퍼), 양자컴퓨터, 바이오, 기후변화, 우주항공, 가상 융합, 디지털 콘텐츠 등 IT 관련 최신 동향에 관심이 많습니다. 개인적으로 오프라인 우편물을 좋아합니다. 현재와 같이 디지털화되어 있는 시대에 아이러니하게 우편물이 한 번이라도 더 관심 가질 수 있고 정독할 수도 있어 오히려 유용하게 이용되는 것 같습니다.

<테크 포커스>는 이슈와 기술 흐름을 파악할 수 있는 길잡이입니다. 2주년 축하드립니다. 앞으로도 좋은 콘텐츠 부탁드립니다. 감사합니다.



## 류창흔



(주)포스코에서 36년간 근무 후 정년퇴직하고 인생 2막을 보람 있게 보내고자 현재 경영지도사로서 공공기관 평가위원으로 활동하고 있습니다. 저는 공공기관 평가위원이면서 컨설턴트로서 기사 전체를 꼼꼼히 읽는 정독형 독서를 합니다. 신기술이 중소기업에 어떻게 도움을 줄까 하는 컨설턴트 관점 독서 팀입니다.

똑소리단 2기(2024.1.6)부터 참여해온 저에게 <테크 포커스>는 매월 신기술을 알려주는 메신저 역할을 하고 있습니다. 개편 2주년을 진심으로 축하드리며 지속 성장 발전하시길 기원합니다.



## 손승희



정책사업 기획을 맡고 있으며 기술경영 공부를 하고 있습니다. 기술경영이 현재도 미래에도 중요한 부분이다 보니 다양한 기술과 사업화에 관심이 있습니다. 저는 <테크 포커스>를 읽고 분야별 기술의 변화와 연구개발 정도를 파악하고 관련 기사 및 기업들을 조사하여 상용화 및 산업화 수준을 보고 있습니다.

<테크 포커스>는 저에게 초등학교 선생님이었습니다. 잘 모르고 미숙한 분야들도 알기 쉬운 콘텐츠로 설명해주어 새로운 걸 배울 수 있었습니다.



## 문준아



저는 과학기술정책을 연구하고 있습니다. 최근 과학기술정책위원회 부활 등 국가 체계 및 조직관리에 관심을 가지고 있습니다. 학업을 병행하는 연구원이라 통근 시간에 주요 기사를 선택 집중하는 타입입니다. 특히 정책 이슈는 제가 스크랩하는 주요 내용입니다.

<테크 포커스>의 2주년 진심으로 축하드립니다! <테크 포커스>는 제게 유익한 정보로 매달 찾아오는 친절한 리포터입니다. 2년째 활동 중인데 매년 감사드려요. 앞으로도 파이팅^^

## 윤예은



저는 광고 실행사에서 영상 디자이너로 근무하고 있습니다. 다양한 브랜드의 캠페인 영상과 광고 콘텐츠를 제작하고 있습니다. <테크 포커스>에서 광고산업 전반에 영향을 줄 수 있는 AI, 데이터 기반 마케팅, 인터랙티브 콘텐츠 관련 이슈를 중심으로 읽으며, '앞으로 어떤 방식으로 영상이 발전할 수 있을까' 고민해보는 데 참고하고 있습니다.

저에게 <테크 포커스>는 빠르게 변하는 기술 트렌드를 부담 없이 따라갈 수 있게 도와주는 길잡이 같은 존재였습니다. 개편 2주년 축하드립니다.



## 장민정



예술 분야를 공부하고 있습니다. 인공지능 산업의 발전으로 인한 콘텐츠 시장의 변화에 관심이 있습니다. 매달 배송 오는 <테크 포커스> 잡지를 스크랩해 최신 기술 동향을 파악합니다. 특히 관심 있는 분야인 인공지능 중심으로 스크랩해서 기억하도록 노력합니다.

<테크 포커스>는 기술에 대해 문외한이던 저에게 쉽고 정확하게 지식을 알려준 고마운 잡지입니다. <테크 포커스>가 2주년을 넘어 20주년까지 비상하도록 꾸준히 응원하겠습니다.





## 박진규



심리학을 전공한 직장인으로 회사의 전반적인 이슈나 아이디어를 확인하고 확산하는 업무를 합니다. 매번 모든 페이지를 다 읽는 건 아니지만 관련 사항이 궁금해지면 꺼내서 읽어볼 수 있기에 늘 회사에 모아두고 점심시간 또는 퇴근 후 읽어봅니다.

<테크 포커스>는 산업기술의 중요한 마일스톤이자 이정표입니다. 2주년은 전문적인 기술 담론을 재미있고 흥미롭게 풀어내며 전문가와 독자 사이의 간극을 좁혀온 성과를 돌아보는 순간입니다. 2주년을 진심으로 축하드리고, 앞으로도 계속 기술과 사람, 그리고 산업을 잇는 든든한 브리지(다리)가 되어주시길 바랍니다. 필진과 담당하시는 분들 모두 너무 감사드립니다.

## 정일성



민간연구소 연구원으로 근무하고 있습니다. 인공지능과 국가 안보의 연계, 역량 강화를 위한 미래 정책 구상에 관심 있습니다. 저는 <테크 포커스>를 받자마자 처음부터 끝까지 줄을 쳐가며 정독합니다. 다음 호를 받아보기까지 반복 정독을 하면서 관련 서적들도 구매해서 읽어봅니다. 요약 카드를 만들어보기도 합니다.

<테크 포커스>는 연구 방향과 목적이 막막할 때 건전한 나침반 역할을 해주었습니다. 발전 기술의 핵심, 추동 요인과 범위를 알려주고, 다음 영역으로의 지식 확장을 위해 안내받는 즐거움이 항상 있습니다.

## 조재현

초내열합금 단조품을 개발하는 기업 부설 연구소에서 근무하고 있습니다. <테크 포커스>는 주말에 아이와 독서 시간에 읽고 있으며, 앞표지와 목차만 봐도 최신 트렌드를 알 수 있어 좋습니다. 지금과 같이 최신 트렌드 소개와 추가적인 기획기사를 심도 있게 다뤄줬으면 좋겠습니다.



제 책장 한 곳을 채우고 있는 <테크 포커스>. 차곡차곡 지식도 쌓이는 것 같아 표지만 봐도 기분이 좋습니다. 개편 2주년 축하드리며 항상 응원합니다!

<테크 포커스>는 지난 2년간 독자 여러분의 신뢰와 사랑 덕분에 쉼 없이 달려올 수 있었습니다. 앞으로도 독자들이 빠르게 변화하는 기술의 흐름을 부담 없이 따라갈 수 있도록, 지식의 집약이자 나침반으로서 제 역할을 다하겠습니다. <테크 포커스> 개편 2주년을 진심으로 축하해주신 모든 독자분께 감사드립니다. 지금처럼 변함없는 관심과 응원 부탁드립니다.

세계 최고의 제조기업을 보유하고 있는 우리나라. 하지만 글로벌 경쟁력을 갖춘 AI 기업과 협력체계는 미약하다. 정부는 우리 제조업의 구조적 위기를 정면 돌파하기 위해 제조 AX 얼라이언스를 출범했다.

우리만의 민·관 제조 AX 연합을 자세하게 알아보자.

# IT'S HOT, M.AX

## \* M.AX란?

M.AX<sup>Manufacturing AI Transformation</sup>은 산업통상부가 2025년부터 추진 중인 정부 주도 제조 혁신 프로젝트다. 산업 전반의 디지털·지속 가능 전환을 가속화하는 것이 목표다. 급변하는 글로벌 공급망과 기술 패러다임 변화 속에서 한국 제조업의 경쟁력을 한 단계 끌어올리기 위해 출범했다.

### 1 왜 지금 M.AX인가?

“앞으로 ‘5년’, 골든타임  
대한민국의 미래가 달렸다”



#### 제조업 경쟁력 강화 필요

글로벌 경쟁력 갖춘  
AI 기업 양성



#### 디지털 전환과 글로벌 경쟁 심화

미국 ‘규제 샌드박스+리쇼어링’  
중국 ‘AI+산업’  
일본 ‘소사이어티 5.0’

### 2 M.AX 얼라이언스 :

산업계+SI가 손잡다

민관 협력 체계 구축

1000여 개 기업,

연구기관, 학계 참여

➔ 2030년 제조 AX 최강국 목표

정부 지원 방안

2025년 AI 예산안

5167억 원

2026년 AI 예산안

1조 1347억 원

AI 모델 및 제품 개발 등  
공동 기술개발사업

국민성장펀드 등  
대규모 자금 확보 지원

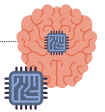
실증 공간, 가상 시뮬레이션 환경,  
테스트 베드 지원





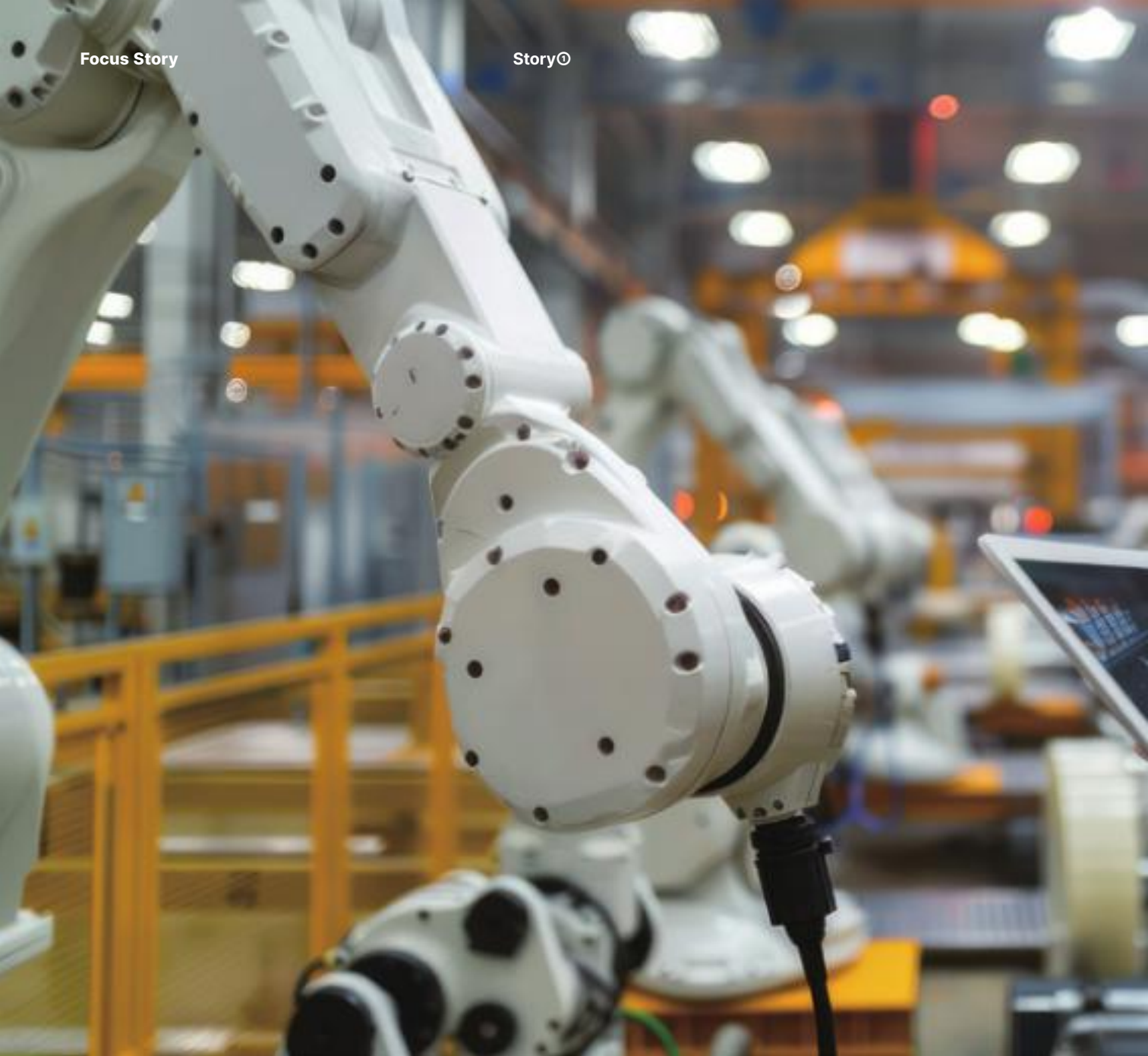


## 제조 AX 얼라이언스



| 분야       | 활동 목표 및 참여기업                                                                                           | 분야     | 활동 목표 및 참여기업                                                                                              |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AI 팩토리   | <b>목표</b> '30년 AI팩토리 500개 보급, 제조특화 AI개발<br><b>기업</b> LG전자, 현대차, 포스코, 대한항공, SK에너지, LG넥스원 등              | 자율운항선박 | <b>목표</b> '30년 세계 최초 완전자율운항선박 기술 확보<br><b>기업</b> 조선3사, 마린웍스, 아비커스, 씨드로닉스 등                                |
| AI 제조서비스 | <b>목표</b> '30년 제조업 AI 활용률 70% 달성, 제조·로봇·가전 등 AI 표준 개발<br><b>기업</b> LS일렉트릭, 현대오트모에버, 아이디어노랩, 한국디자인연구소 등 | AI 가전  | <b>목표</b> '30년 글로벌 시장 1위를 달성할 가전 제품 10개 개발 및 확산<br><b>기업</b> 삼성, LG, 코웨이, 쿠쿠, 쿠첸, 세라젬, 노타시 등              |
| AI 유통·물류 | <b>목표</b> '28년 유통·물류 지능화매장 테스트베드 구축 및 확산<br><b>기업</b> 이마트, 롯데마트, 현대백화점, GS리테일, 쿠팡, KT, 네이버 등           | AI 방산  | <b>목표</b> '30년 임무를 자율수행하는 AI 기반 드론 개발 및 양산체계 구축<br><b>기업</b> LG넥스원, KAI, 대한항공, 비거라지, 한국전자기술연구원 등          |
| 자율주행차    | <b>목표</b> '28년 SDV플랫폼 공급, '30년 E2E 자율주행 기술 양산<br><b>기업</b> 현대차, HL만도, 현대모비스, LG전자 등                    | AI 바이오 | <b>목표</b> '29년 의약품 설계·제조 공정에 특화된 AI 모델 개발<br><b>기업</b> 삼성바이오로직스, 대웅제약, 경동제약, 마이크로디지탈 등                    |
| 휴머노이드    | <b>목표</b> '29년 휴머노이드 양산 돌입(1,000대/년 이상)<br><b>기업</b> LG전자, 삼성전자, 두산로보틱스, 레인보우로보틱스, 에이로봇 등              | AI 반도체 | <b>목표</b> '30년 업종별 온디바이스 AI반도체 상용 수준 시제품 개발<br><b>기업</b> 현대차, LG전자, 두산로보틱스, 대동, KAI 등 앵커기업 및 삼성전자(파운드리) 등 |





# AI 팩토리 : 스마트팩토리를 넘어 AI가 생산을 지휘한다

산업통상부는 지난 9월 제조 AX 얼라이언스를 출범했다. 10개 분과 체계 중 AI 팩토리는 스마트팩토리를 뛰어넘는 제조업의 새로운 혁신으로 불린다. 공정·품질·설비 데이터를 AI가 실시간으로 학습하고 최적화해 생산효율과 품질을 극대화하는 사례와, AI 팩토리가 한국 제조업의 새로운 돌파구가 되기 위한 방향을 제안한다.

글 안성원 소프트웨어정책연구소 실장



현장의 관리자이며, 알고리즘은 도구에 불과하다. 즉 스마트팩토리는 정보화를 통한 효율화 단계이지, 생산의 자율 최적화 단계까지는 도달하지 못했다.

한편 최근 주목받고 있는 AI 신개념인 피지컬 AI<sup>Physical AI</sup>, AI 에이전트<sup>AI Agent</sup> 등은 AI 팩토리를 실현할 수 있는 연관 기술로 대두되고 있다. 피지컬 AI는 우리가 살고 있는 현실 물리 세계에 AI를 탑재 및 활용하는 것을 일컫는다. 대표적인 사례로 휴머노이드, 로봇, 자율주행차, 스마트 드론 등이 해당된다. AI 에이전트는 간단한 명령만으로 스스로 상황을 판단하고 최적의 결과를 도출하는 자율적이고 목표지향적인 AI다.

AI 팩토리는 제조공정상에 AI를 융합하는 피지컬 AI이자, 여러 AI 에이전트들이 상호 협력하는 거대한 멀티에이전트<sup>Multi-Agent</sup> 시스템이다. 그 예로 공정을 최적화하는 에이전트, 설비에 대한 예지보전 에이전트, 품질을 검사하는 에이전트, 물류 및 재고관리 에이전트 같은 개별 자율형 에이전트들을 집합적으로 운영하여 공장 전체를 하나의 지능적 시스템으로 만드는 것을 의미한다.

### 스마트팩토리를 넘어서는 AI 팩토리

AI 팩토리는 기존 스마트팩토리<sup>Smart Factory</sup>를 뛰어넘는 혁신으로 기대되고 있다. 지난 10여 년간 제조업 혁신의 키워드로 자리 잡은 스마트팩토리는 IoT 센서, 자동화 설비, 데이터 기반 관리 시스템을 통해 생산효율을 끌어올렸다. 공정 데이터를 모니터링하고, 설비 상태를 예측하며, 품질관리를 체계화하는 방식은 분명 제조 현장의 패러다임을 바꿨다. 그러나 여전히 스마트팩토리는 사람의 개입을 전제로 하는 보조적 시스템에 머무르는 경우가 많다. 설비 데이터를 수집하더라도 이를 분석하고 활용하는 주체는 결국

### AI 팩토리, 현실이 된다.

앞서 설명한 AI 팩토리의 가능한 시나리오는 다음과 같다. AI 팩토리를 구성하고 있는 다양한 에이전트들이 각자의 영역에서 맡은 역할을 수행해낸다. 공정 최적화 에이전트는 자동으로 공정상의 데이터를 수집하고 분석해 제품의 불량 발생 확률을 예측한다. 설비관리 에이전트는 지속적으로 설비 상태를 모니터링하여



이상 징후가 발견되면 설비 중지 및 에러 해결을 위한 리부트나 가능한 영역에서의 수리 같은 선제적 조치를 취한다. 물류 및 재고관리 에이전트는 수요·공급(납품)·재고 데이터를 통합하여 생산계획을 세우고 생산량을 자동으로 조절한다. 품질관리 에이전트는 생산된 제품을 이미지 및 투과 같은 비전 검사, 물리적 검사 등 다양한 방식으로 검사하고, 불량품을 자동으로 선별해 폐기 또는 재활용하는 절차를 자율적으로 수행한다. 이 밖에도 여러 에이전트들이 공장 내부의 온·습도 같은 환경 조절, 안정적 전력 배분, 보안 감시 등을 24시간 내내 자율적으로 관리한다.

이처럼 AI 팩토리에서는 사람이 데이터를 해석하고 지시하는 단계가 사라지고, AI가 곧 생산 감독자 역할을 수행한다. 이는 단순한 효율성 향상에 그치는 것이 아니라, 품질과 생산성을 동시에 극대화하는 새로운 제조 패러다임을 야기한다. 결과적으로 제조 경쟁력 제고로 이어진다. 이 때문에 글로벌 제조 선진국에서는 AI 팩토리 도입을 본격적으로 시도하고 있다.

LG전자 창원 스마트팩토리는 설비 데이터 기반의 예지보전 및 품질검사를 수행하는 시스템을 갖추고 있다. 설비의 진동·온도·전류 등의 센서 데이터를 AI가 실시간으로 학습해 이상 징후를

조기에 탐지하고 조치를 권고하거나 실행함으로써, 생산 라인이 멈추는 시간을 줄이고 있다. 또한 외관검사나 용접 불량 등은 고속카메라와 이미지 분석 AI를 통해 실시간 검사를 수행하고, 생산 라인상에서 즉시 보정을 유도하는 방식을 활용하고 있다. 이는 AI가 설비 상태를 모니터링하고 품질 편차를 식별하는 기능을 수행하는 대표적인 사례로, 사람 대신 AI가 관찰자 겸 판단자 역할을 수행하는 초기 버전이라 볼 수 있다.

독일의 지멘스<sup>Siemens</sup>는 자사의 전자부품 생산 라인인 암베르크<sup>Amberg</sup> 공장에 마인드스피어<sup>MindSphere</sup>라는 IoT 플랫폼을 도입하고, 설비 및 공정 데이터를 클라우드로 전송하여 AI 분석을 수행하고 있다. 이 공장은 전반적으로 자동화 수준이 높으며, AI 분석을 통해 불량률을 10만분의 1 수준(0.001%)까지 낮추는



AI를 적용한 LG전자 창원 스마트팩토리. 설비 데이터를 기반으로 품질검사를 수행하며, 고속카메라와 이미지 분석 AI로 외관검사를 실시한다.



독일 지멘스 암베르크 공장. IoT 플랫폼 ‘마인드 스피어’와 AI 분석을 통해 불량률을 10만분의 1 수준까지 낮추며 전체 공정 최적화를 이룬 AI 팩토리의 모범 사례.

성과를 보였다. 또한 설비 가동시간, 전력 사용량, 온도 및 압력 변화 등 다양한 데이터를 SI가 통합적으로 분석해 생산계획 조정, 유지보수 예측 등에 활용하는 구조를 갖추고 있다. 이는 SI가 단순 보조를 넘어 전체 공정 흐름을 보면서 최적화를 제안하는 방향으로 나아간 것을 보여주는 모범적인 사례다.

미국의 테슬라<sup>Tesla</sup>는 생산 라인에서 컴퓨터 비전 AI를 활용해 조립 품질 검수, 외관검사, 부품 간 정렬 감지 등에 적용하고 있다. 또한 공장 내 에너지 시스템, 냉난방 및 설비 운영에서 AI 기반 제어를 통해 에너지 효율을 높이고 비용을 절감한다. 자사 제품과 연동하는 전략도 추진하고 있는데, 다음과 같다. 먼저 테슬라는 자사의 전기차량 각각에 대한 디지털트윈 인스턴스<sup>DTI</sup>를 운용하여, 주행 및 운영 데이터를 실시간으로 모니터링하고 분석한다. 이 시스템은 배터리 상태, 온도 변화, 센서 데이터, 주행 조건 등을 반영하여 차량의 성능 및 내구성에 관한 예측을 수행한다. 이렇게 쌓인 데이터를 다시 테슬라의 중앙 서버 및 AI 인프라에서 분석하고, 향후 차량

설계 개선, 유지보수 예측, 소프트웨어 업데이트 전략 등에 활용한다. 또한 이를 공장과 연동하여 차량 수명주기에 입각한 생산·운영·유지보수 등에 활용도 시도하고 있다.

테슬라는 자사의 휴머노이드 로봇인 옵티머스<sup>Optimus</sup>를 생산 라인에 도입하는 계획도 함께 추진 중이다. 인간-로봇 협업 환경에서 조립공정을 수행하는 등 공장 자동화와 AI 제어의 융합 가능성을 실험하고 있다.

### 국내 AI 팩토리 안착을 위한 해결 과제와 정책적 지원 방안

앞서 살펴본 예시와 같은 AI 팩토리가



AI 기반의 생산 및 운영 전략을 추진하는 데슬라. 차량에 '디지털트윈'을 운용하여 데이터를 연동하고, 향후 차량 설계 개선, 유지보수 등에 활용한다.

거대 제조기업만의 전유물은 아니다. 최근에는 클라우드 기반 AI 분석 플랫폼이 등장하며 중소 제조업체도 구독형 서비스 형태로 AI 팩토리의 일부 기능을 도입할 수 있게 되었다. 대표적으로 GE의 프리딕스<sup>Predix</sup>가 있다. 프리딕스는 산업용 IoT 데이터를 수집하고 분석하는 클라우드 기반의 서비스다. 공장 내의 센서 데이터를 통합하여 생산을 위한 AI 시스템을 구축하고 운영할 수 있는 환경을 제공한다.

프리딕스는 중소기업도 접근 가능한 클라우드 기반 모듈 중심의 구조를 제공하므로 예지보전, 설비 분석, 병목 예측과 같은 AI 팩토리 기능의 일부를 구독 방식으로 활용할 수 있다는 가능성을 보여주었다. 그러나 이러한 외산 클라우드 기반 플랫폼은 초저지연 실시간 제어, 극한 조건 대응, 보안 및 연결 안정성 측면에서 제약이 따를 수 있다. 따라서 일부 핵심 제어는 에지나 로컬 처리와 병행하는 설계전략이 중요하다. 또한 외산 플랫폼에 의존함으로써 겪을 수 있는 비용 문제, 빠른 대응이 어려운 문제, 맞춤형 최적화 문제 등도 여전히 상존한다.

결국 국내 제조업 경쟁력을 확보하고 AI 팩토리 생태계를 건설하게 하기 위해서는 국산 AI 팩토리 플랫폼의 개발 및 제공, 기업별 자체

데이터를 활용한 AI 시스템 구축이 필요하다.

그러나 이를 위해서는 해결해야 할 과제들이 산재해 있다. 우선 중소기업 현장은 센서가 충분히 설치되어 있지 않거나 데이터가 표준화되지 않아 AI 학습이 어렵다. 또한 AI 팩토리를 구축하기 위해 필요한 고성능 서버, 데이터 인프라, 전문 인력은 중소기업이 감당하기 어려운 수준인 경우가 많다. 전문 인력 부족도 큰 해결 과제다.

데이터 과학자, AI 엔지니어를 내부에서 확보하기 힘들어 외부 컨설팅에 의존해야 하는데, 이 또한 비용 부담으로 이어진다. 변화에 대한 저항도 있다. 현장 작업자와 관리자는 AI 의사결정에 대한 신뢰 부족, 기존 방식에 대한 관성 때문에 도입을 주저하기도 한다. 이러한 장벽은 단순히



기술적 문제가 아니라, 산업구조와 경영환경 전반의 문제와 얽혀 있다.

AI 팩토리가 한국 제조업의 새로운 돌파구가 되려면, 대기업뿐 아니라 중소기업의 진입장벽을 낮추는 정책적 지원이 필요하다. 주요 정책적 지원 방향을 정리해보면 다음과 같다.

**첫째**는 데이터 인프라 구축 지원이다. AI 팩토리의 근간이 되는 데이터를 확보하기 위해서는 센서 설치, 데이터 표준화, 공정 데이터 수집을 위한 공용 플랫폼 마련이 필요하다.

**둘째**는 AI 팩토리 공용 클라우드 플랫폼을 개발하여 지원하는 것이다. 중소기업이 개별 구축 대신 구독형으로 국산 AI 팩토리를 이용할 수 있도록 정부·민간 협력 플랫폼 개발 및 구축이 필요하다. 국산 모델의 이점은 가격경쟁력, 빠른 대처 능력, 자사 데이터의 외국 유출 가능성 차단, 보안성 등 다양하다.

**셋째**로 전문 인력 양성 및 현장 파견 지원도 필요하다. AI 제조 혁신 인력풀을 구성하면 중소기업 현장에 단기·중기 파견 지원이 가능하다. 특히 산업 분야의 도메인 지식을 보유한 융합형 AI 인재의 양성뿐 아니라, AI 인력과 산업 전문가가 협력하는 형태의 컨소시엄 구성도 고려할 수 있다.

**넷째**로 리스크 완화형 금융 지원도 필요하다. 중소기업이 AI 팩토리 도입을 위한 초기 투자 비용을 낮출 수 있도록 정책금융, 보조금, 세제 혜택 확대 등을 추진하여 각 산업 분야별로 경쟁력 있는 AI 팩토리 시스템을 갖출 수 있도록 지원해야 한다.

**마지막으로** 레퍼런스 모델 확산이 중요하다. 중소기업 AI 팩토리 성공 사례를 발굴하여 훌륭한 참조 모델이 되도록 하고, 현장의 신뢰와 수용성을 높이는 것 역시 중요하다.

### 미래의 제조업, AI 융합에 달려다

공장은 이제 ‘사람이 조정하는 기계 집합체’가 아니라, 스스로 학습하고 최적화하는 ‘자율 지능형 생산 시스템’으로 진화하고 있다. 우리나라의 제조업, 특히 중소 제조업이 이런 변화의 흐름에 올라타지 못한다면 글로벌 경쟁에서 뒤처질 위험이 크다. 반면 정부의 전략적 지원과 민간의 과감한 도전이 결합된다면, AI 팩토리는 한국 제조업의 새로운 성장 엔진이 될 수 있다. 지금이 바로 ‘스마트팩토리를 넘어 AI

팩토리로’ 적극 나아가야 할 시점이다.

마침 우리 정부는 M.AX<sup>Manufacturing AX</sup>(제조 AI 대전환) 전략을 추진 중이며, 지난 9월 M.AX 얼라이언스를 공식 출범했다. 10개 분과로 구성된 M.AX 얼라이언스는 2030년까지 AI 팩토리 500개 보급, 산업 AI 활용률 70% 달성 등을 목표로 삼고 있다. 글로벌 경쟁에서는 미국이 민간 중심으로 주도권을 쥐고 있으며, 중국이 정부 중심 사업 추진으로 AI 전환을 가속화하고 있다.

반면 우리나라는 제조업의 강점을 살리되, 산업융합 AI 역량이 상대적으로 약한 점을 보완하기 위해 민간 협력 중심의 전략체계를 채택하고 있다. M.AX 전략은 우리나라의 제조업을 AI 기반의 차세대 체제로 전환하고, 이를 위해 산업계 전반을 아우르는 민간 협력체계와 전략적 지원 구조를 갖추고자 하는 거시적인 프로젝트다.

우리는 지금 혼란스러운 글로벌 정세와 도전에 맞닥뜨리고 있다. 한편으론 다시 제조 강국으로 재도약할 수 있는 기회의 변곡점을 지나고 있다. 정부와 민간이 협력해 우리 사회·경제 전반의 혁신을 이끌 뿌리산업의 AI 융합과 고도화 실현이 절실한 때다.



안성원 소프트웨어정책연구소 실장

고려대학교에서 컴퓨터공학 학·석·박사학위를 취득했다. 2015년부터 과학기술정보통신부 산하 싱크탱크인 소프트웨어정책연구소<sup>SPRI</sup>에서 AI 기술 동향 분석 및 정책·전략을 연구하고 있다.

제조업은 더 이상 제품 판매에만 머무르지 않는다. 데이터와 인공지능을 기반으로 제품이 서비스 플랫폼이 되고, 경험 자체가 상품으로 전환되는 새로운 패러다임이 열리고 있다. 글로벌 기업들은 이미 이러한 흐름을 주도하면서 고객 데이터와 맞춤형 서비스를 통해 새로운 가치를 창출하고 있으며, 한국 제조업 역시 AI와 데이터 전략을 통한 서비스 전환이 시급한 과제다.



## AI 제조 서비스

## 제품을 넘어 서비스로 나아가는 제조업 비즈니스 모델의 혁신

글 김지은 한양대학교 기술경영학과 교수







2025 CES에서 LG이노텍 부스에 전시된 미래 모빌리티 솔루션.

## 제품 중심 제조의 종말, ‘데이터 기반 서비스’를 통한 비즈니스 가속화

올해 미국 라스베이거스 CES(소비자 가전 전시회)에서 가장 주목받은 ‘모빌리티’관은 전통적인 제조업의 패러다임 전환을 상징적으로 보여주었다. 레거시 자동차 회사 대신 아마존·퀄컴 같은 빅테크 기업들이 두각을 나타낸 것은, 이제 차량이 단순한 이동 수단이 아니라 데이터와 연결성을 중심으로 한 미래 생활 플랫폼으로 재정의되고 있음을 의미한다.

아마존은 자율주행 기술을 차량 판매 플랫폼이 아닌 데이터 활용 기반의 미래 생활 플랫폼 서비스로 접근하고 있으며, 퀄컴은 단순 하드웨어 제조를 넘어 차량의 데이터 플랫폼으로서 클라우드 연결성을 강조했다. 국내 기업 중에서는 LG이노텍이 기존 스마트폰 카메라 중심의 사업에서 벗어나 자율주행 핵심인 비전 센싱 시스템으로 무장하고, 줄음 감지 및 서리 제거 시스템 등 차량 안전 솔루션을 통해 미래 자동차의 ‘눈과 귀’가 되는 AI 모빌리티 서비스를 제공하며 혁신을 주도하고 있다.

이처럼 전 세계적으로 디지털 전환<sup>DT</sup>과 인공지능<sup>AI</sup>이 산업 지형을 근본적으로 바꾸는 가운데, 제조업은 물리적인 ‘제품 공정’을 넘어 설계·디자인, 공급망 관리, 표준 등 제조공정과 연계된 서비스 라이프사이클 주기 전반의 실시간 데이터<sup>Operational Data</sup>를 수집하고, 이를 AI/머신러닝으로 분석·예측해 개인화, 예방적 유지보수, 성능 최적화와 같은 지속 가능한 ‘서비스 중심’ 산업으로의 전환이 시급한 상황이다.

우리나라는 세계 최고 수준의 제조 역량을 보유하고 있지만, 글로벌 경쟁력을 갖춘 AI 기업과의 협력은 여전히 미약하다. AI 모델 개발에 필수적인 제조 데이터 역시 개별 기업 차원에서만

관리되는 한계가 있다. 올해 9월에 발표한 제조 AX 얼라이언스(이하 M.AX 얼라이언스)는 이러한 시대적 요구를 반영해 제조산업 전반에 혁신 동력을 불어넣고자 한다.

## AI 및 데이터 가치 중심의 두 가지 제조 서비스 혁신 방향

제조 서비스화의 흐름은 크게 두 가지 방향으로 전개되며, 제조업체의 가치사슬을 확장하고 있다.

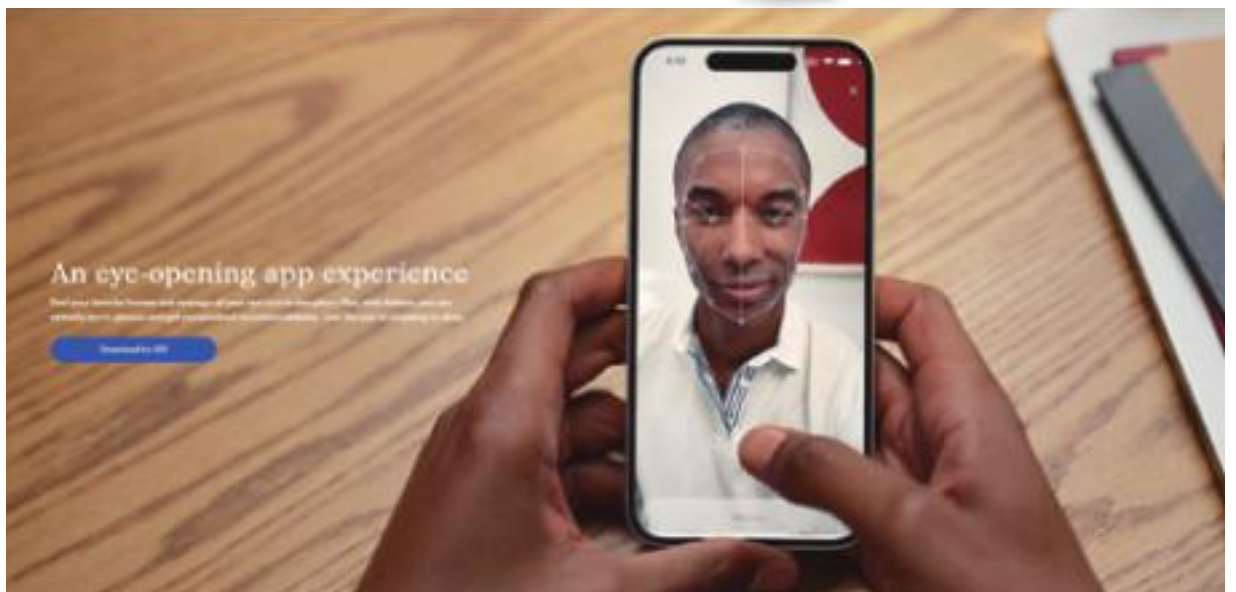
### 제품의 서비스 플랫폼화

‘제품의 서비스 플랫폼화’는 물리적 제품을 통해 고객의 데이터를 지속적으로 수집, 분석, 관리함으로써 서비스를 확장하는 모델을 의미한다.

지금으로부터 10년 전 구글과 애플을 제치고 세계에서 가장 혁신적인 기업 1위로 꼽혔던 온라인 안경회사 와비파커<sup>Warby Parker</sup>는 ‘Home Try-on’ 서비스를 통해 단순한 유통 혁신을 넘어, 데이터 기반의 비즈니스 모델을 구축하며 안경산업의 패러다임을 근본적으로 변화시켰다.

그렇다면 안경 유통회사가 어떻게 ‘미국 최대 안과 데이터’를 확보할 수 있었을까? 와비파커는 고객이 안경을 구매하는 데 필수적인 ‘유효 시력 처방전’ 확보 과정을 모바일 환경으로 전환했다. 핵심은 스마트폰 앱을 활용한 ‘자가 시력검사 체크<sup>Prescription Check</sup>’ 서비스로, 고객은 집에서 기기에 구매받지 않고 시력검사를 수행하고, 해당 검사 데이터는 실시간 와비파커의 서버로 전송된다. 이 데이터는 AI 알고리즘에 의해 1차 분석되고, 제휴한 지역 안과 의사들의 원격 최종 검토를 거쳐 처방전이 갱신된다. 이 과정에서 와비파커는 단순 안경 판매자가 아닌, 미국 전역의 방대한 고객 시력 변화 및 안과 건강 기록을 통합하는 데이터 플랫폼 사업자로 변화할 수 있었던 것이다.

와비파커는 ‘자가 시력검사 체크’ 서비스를 통해 고객의 시력 데이터를 확보하고, 이를 기반으로 시력 관리 헬스케어 서비스를 제공하는 데이터 플랫폼 사업자로 변신했다.



안경이라는 물리적 제품은 이제 최종재가 아니라 고객의 건강 데이터를 획득하고 ‘시력 관리’라는 헬스케어 서비스를 제공하는 데이터 수집 장치로 기능하며, 일회성 구매가 아닌 지속적인 데이터 흐름과 반복 수익을 창출한다.

### 경험의 제품화<sup>1</sup> Experience-as-a-Product

‘경험의 제품화’는 제품을 플랫폼으로 전환한 와비파커와 달리, 무형의 지식과 경험을 독자적인 유료 상품이나 서비스로 만들어 수익화하는 역방향 혁신이다.

국내 스타트업인 스마트 POS 개발 업체 넥스트페이먼트<sup>NEXTPAYMENT</sup>는 스마트 상점 데이터 기반 B2B SaaS<sup>①</sup> 솔루션 기업으로 성장하며, 이제 하드웨어 판매를 핵심 수익원으로 두지 않는다. 스마트 POS는 고객 데이터를 수집하는 핵심 플랫폼으로, 주문자의 성별·나이, 방문자 동선, 공간 사용 분석 데이터와 결제 정보까지 통합 분석해 매장 운영 효율을 높이는 데이터 인사이트를 창출한다. 확보된 이 방대한 데이터를

정부의 공공데이터와 연계함으로써 소상공인을 위한 금융, 세무, 식자재 유통 플랫폼으로까지 연동 범위를 넓힐 수 있다. 이로써 스마트 POS라는 제품은 경영 컨설팅에 준하는 지식 서비스를 판매하는 통로가 되며, 제조업의 역할이 ‘판매자’에서 ‘솔루션 파트너’로 확장된 혁신 모델을 제시하고 있다.

① SaaS<sup>Software as a Service</sup> : 소프트웨어 기반 서비스의 약자로, 클라우드 컴퓨팅 서비스의 핵심 모델 중 하나다. SaaS는 사용자가 소프트웨어를 직접 구매해 설치하는 방식이 아닌, 인터넷을 통해 원격으로 접속해 사용하는 소프트웨어 제공 방식이다.



넥스트페이먼트는 단순 하드웨어 판매를 넘어, 스마트 상점 데이터를 분석해 경영 컨설팅급 지식 서비스를 판매하는 혁신 모델을 제시하고 있다.





## AI 제조 서비스 전환을 위한

### 4가지 핵심 전략 질문

#### 1 데이터 활용 목표 Performance Maximization

서비스 비즈니스가 핵심 제품에서 생성되는 실시간 데이터 스트림과 AI 분석을 활용해 제품 성능, 효율성, 고객 운영 환경의 예측 및 선제적 대응 능력을 어떻게 향상할 수 있는가?

#### 2 가치사슬 확장 및 회복 탄력성 Value Chain Resilience

제품 수명주기 전반(설계-생산-운영)에서 서비스가 데이터 기반의 새로운 가치사슬을 어떻게 구축하여 기존 약점(예: 데이터 안전 및 프라이버시)과 외부 환경 변화(예: ESG와 지속가능성 이슈)를 상쇄하고 회복탄력성을 확보할 수 있는가?

#### 3 개인화된 성과 창출 Hyper-Personalization

AI 분석을 통해 기존 제품 판매로는 불가능했던 차별화된 경험을 어떻게 제공하고, 수익화할 수 있을까?

#### 4 신규 플랫폼 진입 Future Growth Platform

확보된 데이터 자산과 AI 기술을 기반으로 성장하는 자율주행, AI 바이오, 휴머노이드 등 미래 고성장 비즈니스 분야에 어떻게 교두보를 마련하고, 시장 내 플랫폼 지위를 확보할 수 있는가?

## 한국 제조업의 AI 서비스 전환 전략:

### 데이터 기반의 목표 설정과 과제

제조기업이 AI 기반 서비스로 성공적인 전환을 이루기 위해서는 막연한 서비스가 아닌, 인공지능과 데이터 전략에 기반한 목적형 비즈니스 모델을 수립해야 한다. 이를 위해 기업은 네 가지 핵심 전략 질문에 주목해야 할 때다. 이 질문에 대한 답을 찾는 것이 대한민국 제조업이 새로운 'AI 제조 서비스' 시대를 선도할 혁신의 첫걸음이 될 것이다.



김지은 한양대학교 기술경영학과 교수

한양대학교 기술경영학과 교수로, 제조 서비스의 융합(Servitization) 데이터 기반 제품 혁신 및 융복합 IP 애널리틱스 연구를 활발하게 진행하고 있다. 또한 한국서비스디자인학과 및 한국지식재산연구원 등 다수의 공공 위원회 활동을 통해 국내 산업의 혁신 정책 수립에 기여하고 있다.







M.AX의 주요 분야에 AI 팩토리, AI 제조 서비스와 함께 AI 유통·물류가 포함된다. 유통·물류산업은 제조 서비스와 밀접하게 연관되면서 AI를 활용한 성과가 가장 기대되는 산업 중 하나이기 때문이다. 이 글에서는 유통·물류산업에서 활약하고 있는 AI의 역할을 알아보고, AI가 주도할 유통·물류산업의 미래 발전 방향을 조망해보고자 한다.

글 박건수 서울대학교 산업공학과 교수

## 한국 물류산업의 재도약, 물류 AI가 답이다





포드자동차의 전면 및 로고. 사소한 부품인 로고마크 하나가 거대한 자동차 제조사의 생산 중단 사태를 초래할 수 있음을 보여준다.

## 공급망 위험을 관리하는 AI

2022년 미국의 대표적인 자동차 제조사 포드자동차는 제조를 마친 자동차들을 판매하지 못하는 예상치 못한 사태를 맞았다. 자동차 앞쪽 그릴에 부착되는 포드 로고마크를 생산하는 제작업체가 환경오염을 일으켜 생산 중지 명령을 받아 로고마크를 조립할 수 없었기 때문이다. 포드는 로고마크를 제조해줄 대체 기업을 급히 찾았으나 급속으로 된 로고를 단시간에 제조할 수 없었기 때문에 결국 생산 중단 사태를 겪게 된 것이다.

이처럼 제조기업에서 수많은 부품이 모여 하나의 완성품을 조립하는 과정에는 수많은 부품 수급의 위험이 도사리고 있다. 문제는 이러한 부품들의 수급 어려움에 대비하기 위해 부품 재고를 보유하려면 엄청난 재고비용이 발생한다는 것이다. 따라서 최근에는 이런 의사결정에 인공지능 기법을 적용해 적절한 비축량을 계산하는 재고 최적화 기법이 연구되고 있다.

이러한 기법은 알고리즘을 통해 어떤 품목을 얼마나 비축할 때 나올 수 있는 결과에 대한 데이터를 입력한 후 스스로 적절한 양과 품목을 찾도록 학습시키며, AI 기법인 강화학습을 주로 사용해 각종 위험 및

불확실성에 대비하는 최적의 재고량을 찾는다. 필자의 연구실에서도 다양한 기업 환경에서 AI 강화학습 기법을 활용해 재고 최적화를 달성하는 알고리즘들을 개발하고 있다.

## AI 기반 수요예측으로 효율적인 재고관리

매번 겨울이 오면 추운 날씨에 대비해 두꺼운 옷을 찾기 마련이다. 의류산업에서는 겨울이 오면 따뜻하게 입을 수 있는 패딩을 전시하고 판매한다. 겨울 날씨가 추우면 추울수록 패딩 수요는 늘어난다. 하지만 따뜻한 겨울이 지속되면 패딩 수요는 급감하고, 많은 패딩이 재고로 남아 큰 폭의 세일이 시작된다. 이처럼 겨울 기온은 패딩 의류의 수요에 막대한 영향을 미친다.



겨울 날씨는 방한 의류 수요에 막대한 영향을 미친다. 효율적인 재고관리를 위해서 날씨와 수요예측이 중요하다.

하지만 우리가 겨울에 만나는 패딩은 겨울 시즌이 시작되기 한참 전에 미리 생산된다. 패딩 안에 들어가는 보온재는 새의 솜털과 깃털이 많이 쓰이는데, 털이 자라는 데 긴 시간이 걸리기 때문이다. 따라서 의류회사는 겨울이 시작되기 3~6개월 전에 미리 생산량을 결정해야 한다.

신선식품을 판매하는 전자상거래 유통기업들도 비슷한 문제를 겪고 있다. 고객이 얼마나 제품을 원하는지 수요량을 모르는 상태로 해산물이나 과일·채소 같은 신선식품을 미리 구비하고 있어야 하기 때문이다. 이에 따라 온라인 상거래 기업들도 적극적으로 데이터를 학습해 고객이 필요한 제품들을 미리 준비해나가고 있다.

제조업에서도 적절한 재고관리를 위한 수요예측은 중요하며, 반도체같이 제품의 생산 규모나 가치가 큰 산업일수록 단 몇 퍼센트의 재고 감축만으로도 막대한 비용 절감을 기대할 수 있다. 수요예측 분야는 AI 기법 중 비교적 널리 활용되면서 코딩을 위한 라이브러리 등이 잘 갖춰진 편이기 때문에 필자의 경험상 산학 협력 과제로도 성과가 좋은 편이다. 특히 시를 처음 적용해보는

기업에서 추진하기 좋은 분야로 추천할 수 있다.

### 물류 운반 로봇 운영 기법

물류 창고에서는 다양한 제품을 빠른 시간에 저장해야 할 뿐만 아니라, 이들 상품을 고객의 주문에 따라 신속하게 담아서 전달해야 한다. 이를 위해 물류 창고의 상품 운반은 보통 AGV<sup>Automated Guided Vehicle</sup>로 불리는 운반 로봇을 통한 자동화로 상품의 저장과 운송 속도를 높이려 하고 있다.

미국 아마존은 자사 창고에서 이미 50만 대 이상의 물류 로봇을 운행 중이며, 국내에서도 쿠팡 같은 온라인 상거래 플랫폼이 최근 물류 로봇을 도입한 자동화된 물류 창고를 구축하고 있다.

하지만 수백·수천 대의 물류 로봇들이 서로 간섭이나 정체 없이 원활하게 상품을 옮길 수 있도록 제어하는 것은 쉽지 않다.

특정한 경우에 동작하는 단순한 규칙 기반의 제어로는 방대한 수의 로봇을 효율적으로 운영하는 것이 거의 불가능하기 때문에, 최근에는 인공지능 기반의 강화학습 알고리즘을 사용해 물류 로봇을 제어하는 방법이 다양한 스타트업 기업들을 통해 시도되고 있다.<sup>❶</sup> 특히 피지컬 AI 기술이 확산되면서 물류 창고의 물리적인 상태를 가상으로 구현해 물류 로봇의 운영을 시험해보는 움직임도 나타나고 있다. 이런 기술은 M.AX 얼라이언스의 AI 팩토리 구축에도 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

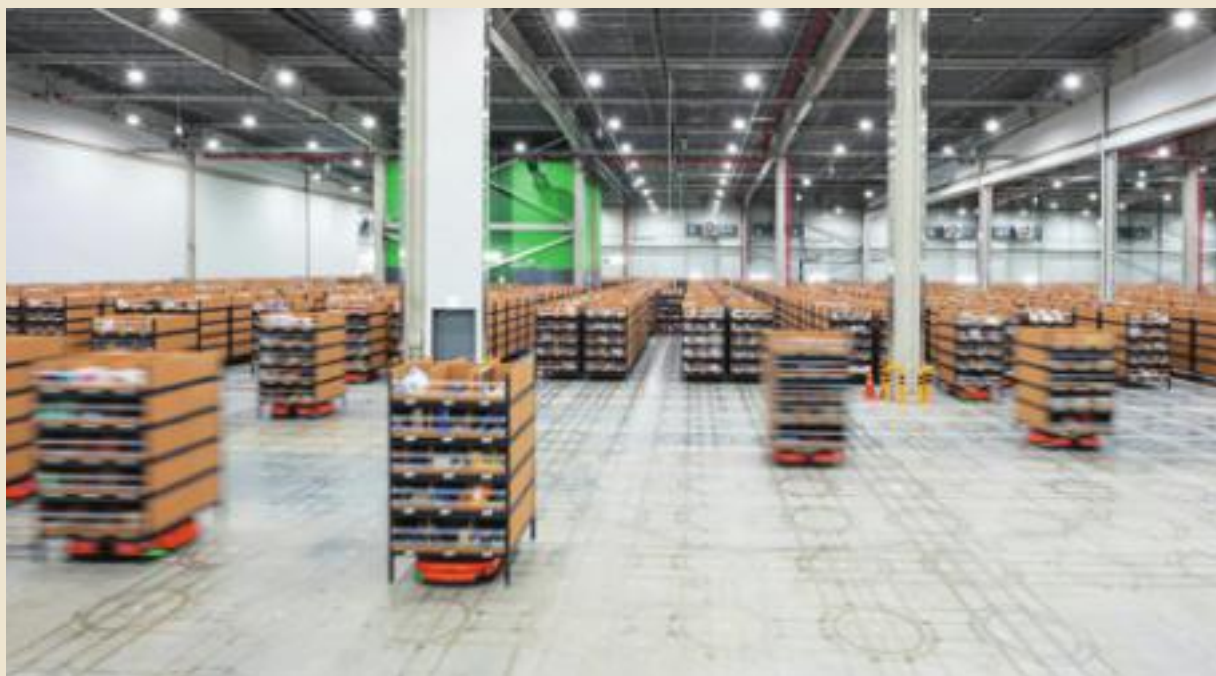
### 물류 휴머노이드 로봇 개발

M.AX 얼라이언스에서 다루는 로봇 기법 중 하나로 물류산업에서 활용 가능한 휴머노이드 로봇 개발 사업이 있다. 이 사업은 특정 상품이나 물품을 운송하거나 물류 창고 안에서 다양한 상품이 담긴 선반을 움직이는 데 특화된 운송용 AGV 형태가 아니라, 인간의 손·팔과 닮은 형태의 인간형 로봇을 개발하는 것이 특징이다. 인간의 손과 같은 섬세한 감각과 움직임을 가진 휴머노이드형 로봇이 개발된다면, 물류 창고 안에서 인간의 수작업으로 이루어지는 각종 상품의 포장 같은 고된 작업의 자동화가 가능해질 것으로 기대된다. 그럼 물류 창고 안에서

상품의 운송뿐 아니라 적재·하역·포장 등 자동화가 더딘 부분을 보완하여 무인 물류 창고 등의 새로운 물류 운송 거점이 탄생할 수 있다.

이런 로봇의 섬세한 제어는 최근 활발히 개발되고 있는 AI 기반의 로봇 파운데이션 모델을 통해 구현될 것이다. 로봇 파운데이션 모델은 로봇이 다양한 작업을 수행하는 데 필요한 학습을 할 수 있도록 하는 범용 AI 소프트웨어로, M.AX 얼라이언스의 AI 제조에서 유용하게 활용될 뿐 아니라 물류산업에서도 새로운 형태의 휴머노이드형 로봇을 개발하는 데 필수적인 역할을 할 것으로 기대된다. 이를 통해 아직 자동화가 더딘 배송 트럭의 운전이나 고객의 집 앞으로 최종 배송하는 업무가 자동화되면 효율성이 더욱 높아질 것이다.

❶ 박건수, <물류와 AI>, 커뮤니케이션북스, 2025.



구판 물류센터에서 AGV(운반 로봇)가 선반을 운반하고 있다.





첨단 로봇 기술을 활용한 물류 자동화 시연 모습. AI 기반 로봇 기술은 물류 창고의 적재·하역·포장 등 고된 작업의 자동화를 가속화할 것으로 기대된다.

### 물류 AI의 미래 발전 방향

물류산업에서는 수많은 제품이 다양한 장소를 거쳐 각기 다른 위치의 고객에게 전달되고 있다. 따라서 제품과 이동 수단, 고객에 대한 수많은 데이터가 축적될 수 있다. 그동안 이런 데이터는 양도 너무 방대하고 범위도 넓어서 분석이 쉽지 않았다. 또한 물류산업의 데이터는 각 개별 기업이 나눠서 가지고 있기 때문에 하나의 큰 데이터로 공유되기 어려웠다. 그러나 이제 AI 기술의 발달에 힘입어 방대한 데이터가 합쳐지고, 개별 기업의 다양한 상황에 적용 가능한 범용 AI 모형의 필요성이 커지고 있다.

이런 맥락에서 M.AX 얼라이언스 전략 회의 AI 팩토리 분야의 공동 의장인 고영명 포스텍 교수도 “현재 세계적으로 다양한 제조업에 적용 가능한 범용 AI 모델은 아직 개발되지 않은 상황이며, 우리 산업의 고품질 데이터를 활용하면 세계 최고 AI 모델의 개발이 가능하다”고 강조했다.

물류산업의 주요 문제인 공급망 관리, 재고관리 같은 주요 의사결정에 범용적으로 활용할 수 있는 AI 모델이 더욱 중요해지는 시점이다. 필자의

연구실에서도 AI 기반의 범용 재고 최적화 알고리즘을 개발 중이다. 완성된 기법은 다양한 규모의 제조 및 물류기업의 상황에 범용적으로 적용해 물류 및 재고비용 절감에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

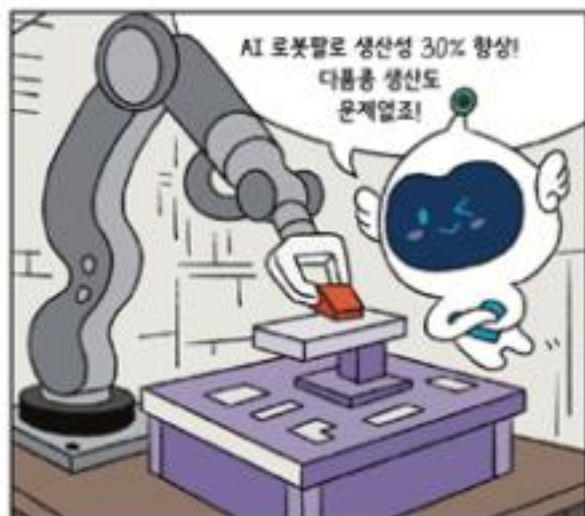
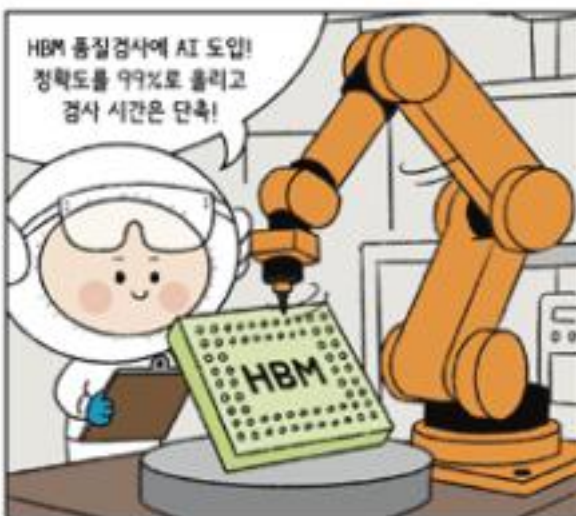


**박건수 서울대학교 산업공학과 교수**

서울대학교 산업공학과 교수로 재직 중이며, 서울대학교 AI연구원 산하 물류 AI 선도·혁신센터장을 맡고 있다. 주요 연구 분야는 물류 및 공급망 AI 응용, 재고 최적화 등이며, 한국생산관리학회 부회장, 한국경영과학회 이사, 한국SCM학회 공동 편집위원장 등을 역임했다.

# M.AX 대전환 현장을 방문한 케박사

만화 다즈디자인 현아











광명산업(주)

## 안전벨트와 시트 프레임을 하나로, 자율주행 시대를 이끄는 좌석 혁신

자동차의 개념이 단순한 이동 수단에 머무르지 않고 생활공간으로 확장되고 있다. 자율주행 기술이 본격화되면서 자동차는 주행 중에도 탑승자들과 마주 보고 대화하거나 쉴 수 있는 공간으로 진화 중이다. 이 변화의 중심에는 ‘시트<sup>Seat</sup>’가 있다. 자동차 부품 제조기업 광명산업은 이러한 변화에 발맞춰 고강도·경량화를 동시에 달성한 로테이션 시트 프레임 기술을 선보이며 자율주행차 시대를 위한 좌석 혁신을 이끌고 있다.

글 김광균 사진 김기남

|                  |                                                         |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| 연구과제명            | 자율주행자동차에 적용 가능한 지능형 로테이션 시트 개발                          |
| 제품명(적용 제품)       | 시트 벨트 일체형 경량 로테이션 시트 프레임                                |
| 개발기간(정부 과제 수행기간) | 2019년 4월 1일 ~ 2023년 12월 31일                             |
| 총 정부출연금          | 93억 700만 원                                              |
| 개발기관             | 나라엠앤디, 다스, 경북테크노파크, 대구기계부품연구원, 부산대학교 산학협력단, 서강대학교 산학협력단 |
| 참여 연구진           | 이국희, 강민호, 박수현, 주한엽                                      |

### 자율주행 시대에 걸맞은 새로운 좌석 구조

자율주행 기술이 발전하면서 차량 내부는 탑승자가 항상 정면을 향해 앉아 있는 형태가 아닌, 자유롭게 대화하거나 휴식하는 형태로 변화하고 있다. 이러한 변화는 필연적으로 새로운 형태의 좌석 안전 기술을 요구한다. 기존 차량의 안전벨트는 차체 측면 기둥(B필러)에 고정돼 있어 탑승자의 움직임이 제한된 상황을 전제로 차량 구조가 설계됐다. 하지만 자율주행 시대에는 좌석이 회전하거나 이동할 수 있는 로테이션 구조가 기본이 되는 만큼 기존 벨트 구조로는 탑승자의 안전을 보장하기 어렵다.

이러한 문제의식에서 출발한 것이 바로 시트 벨트 일체형<sup>BIS, Belt In Seat</sup> 구조다. 이는 벨트를 차체가 아닌 시트에 직접 고정함으로써 탑승자의 방향이 바뀌더라도 충돌 시 몸의 움직임을 정확히 제어할 수 있다는 점이 특징이다. 최근 북미, 유럽, 일본 등 자동차 선진국을 중심으로 강화되고 있는 충돌 테스트에서도 기존 일반 벨트 구조 차량보다 BIS 적용 차량이 보다 높은 안전 성능을 입증하는 사례가 확인되고 있다.

다만 BIS 프레임은 기존 시트 벨트 구조보다 200% 이상 높은 구조 강도를 요구한다. 기존 차량은 벨트가 초고강도 B필러에 고정돼 있어 시트 자체에 큰 하중이 걸리지 않지만 BIS 구조는 충돌 하중이 시트 프레임에 집중되기 때문이다. 따라서 안전성을 확보하는 동시에 경량화를 달성하는 것이 자율주행 시대를 앞당기는 당면 과제라 할 수 있다.

광명산업은 1985년 설립 이후 차량용 시트 프레임을 비롯해 금형, 지그, 용접 설비 등을 생산·공급해온 자동차 부품 전문 기업으로, 자율주행 시대에 부합하는 새로운 좌석 안전 구조 개발에 주목했다. 광명산업은 BIS 구조가 자율주행차의 필수 요건이라 판단하고 충돌 하중을 견딜 수 있는 고강성·경량화 시트 프레임 구조 개발에 착수했다. 2019년 4월부터 2023년 12월까지 ‘시트 벨트 일체형 경량 로테이션 시트 프레임 기술 개발’ 과제를 수행했으며, 4차 연도와 5차 연도에 해당하는 2단계 과제의 주관 기관으로 참여해 BIS 시트 백프레임 설계기술과 제조기술 확보에



자율주행 시대를 위한 좌석 혁신을 이끄는 광명산업의 시트 프레임 기술. 안전성과 경량화를 동시에 잡은 시트 벨트 일체형<sup>BIS</sup> 로테이션 시트 프레임 시제품들이 전시된 모습이다.



초고장력강과 복합소재를 활용해 고강성의 가벼운 시트 프레임 구조를 구현했다.

주력했다. 자율주행 시대의 안전성과 효율성을 동시에 만족시키는 좌석 프레임 제조를 향한 도전이었다.

### 고강성·경량화 모두 충족한 BIS 프레임 설계기술

과제의 핵심은 고강성의 가벼운 시트 프레임 구조를 구현하는 것이었다. 초고장력강과 복합소재를 활용해 기존 스틸 프레임 대비 무게를 약 20% 줄이면서도 동일한 강성을 확보하는 것이 관건이었다.

1.2GPa(기가파스칼)급 초고장력강 적용을 위한 금형 제작에도 공을 들였다. 광명산업은 높은 강도와 강성이 요구되는 BIS 프레임을 만들기 위해 백사이드 멤버, 어퍼 크로스 멤버, 쿠션 사이드 멤버 등 시트 프레임의 핵심 부품에 1.2GPa급 초고장력강을 적용했다. 하지만 초고장력강은 강도가 높아 스프링백<sup>①</sup> 현상이 심해 제작이 까다롭다는 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해 수십 차례의 성형 해석과 시뮬레이션을 반복하며 프레스와 롤 포밍<sup>②</sup>을 병행할 수 있는 금형 구조를 설계했다.

또한 열 변형을 최소화하기 위해 고강성 용접지그를 개발하고, 조립 공차와 용접 순서를 최적화해 반복 정밀도<sup>③</sup>를 높였다. 하중이 큰 구간에는 초고강도 스틸을, 상대적으로 하중이 작은 백프레임 상부에는 경량 복합소재를 적용해 무게를 줄였다. 이러한 하이브리드 설계를 통해 기존 시트 프레임 대비 충돌 성능 200% 향상, 약 25% 경량화라는 성과를 달성했다.

성과를 도출하기까지 과정은 결코 순탄치 않았다. 특히 1.2GPa급 강판 적용 과정에서 발생한 스프링백 현상은 예상을 뛰어넘는 수준이었다. 이에

- ① 스프링백 현상 : 금속 소재 가공 후 원래 형태로 되돌아가는 현상
- ② 롤 포밍 : 롤 금형을 활용한 성형 공법
- ③ 반복 정밀도 : 같은 조건에서 동일한 양을 여러 번 측정한 결과의 일관성과 근접 정도

여러 참여 기관들과 긴밀한 협업을 통해 성형 해석, 설계·공정 개선에 집중함으로써 문제를 해결했다.

### 차량 혁신의 핵심 모듈로 진화한 시트 프레임 기술

이번 과제의 성과는 시트 프레임의 강성 확보나 경량화에 그치지 않는다. 차량의 좌석이 고정된 구조물이 아니라 움직임과 형태가 자유로운 핵심 모듈로 진화하는 흐름을 반영했다는 점에서 의미가 크다. 광명산업은 이번 연구를 통해 좌석의 회전·이동·틸팅 등 다양한 메커니즘을 구현할 수 있는 기술을 확보했다. 시트 구조 개발을 넘어 좌석에서 발생하는 미세한 진동과 작동 소음을 저감할 수 있는 기술도 최적화했다. 이로써 차량 내부의 안락함과 정숙성을 한층 향상하는 계기를 마련했다.

현재 광명산업은 개발된 BIS 프레임 기술의 추가적인 신뢰성 확보와 시장 진입을 위한 준비에 한창이다. 정적 하중, 충돌, 내구 등 실차 수준의 시험을 통해 내구성과 안전성을 검증하는 한편, 주요 완성차 및 시트 모듈 기업을 대상으로 기술 브리핑과 시제품 전시를 병행하고 있다. 특히 자율주행차용 스위블 시트 프레임 기술로 업계의 주목을 받으면서 상용화 논의도 구체화되고 있다.

광명산업이 개발한 BIS 프레임 기술은 향후 자율주행차와 고급차 시장을 중심으로 빠르게 확산될 전망이다. 국내 최초의 자율주행차용 BIS 로테이션 프레임 상용화 기업을 목표로 시장 선점을 준비 중인 광명산업의 다음 행보에 관심이 쏠리고 있다.



### 과제 수행 과정에서 가장 어려웠던 점은 무엇이며, 이를 어떻게 극복했나?

BIS 시트는 구조적으로 충돌 시 충격 하중이 모두 시트로 집중되는 특성을 갖고 있다. 고강도 설계가 제대로 적용되지 않으면 탑승자의 안전을 보장하기 어렵다. 실제로 기존 BIS 제품군들도 일반 시트 프레임보다 200% 이상 높은 비틀림·굽힘 강도를 확보하기 위해 경량화보다 안전 확보에 초점을 맞추는 경우가 많았다. 따라서 단순히 강도를 높이는 데 그치지 않고, 안전성과 경량화를 동시에 달성하고자 했다. 이를 위해 메커니즘, 성형, 용접 관련 특허 기술을 보유한 기업들과 소재 분야 전문가 간의 협업 네트워크를 구축해 문제를 해결했다.

### 이번 정부 과제로 얻은 가장 큰 기술적 성취는 무엇인가?

자율주행 시대를 대비한 선제적 시트 메커니즘 기술을 확보했다는 점이다. 자율주행차가 상용화되면 자동차는 이동 수단을 넘어 휴식, 회의, 취침, 엔터테인먼트 등이 가능한 생활공간으로 변화하게 된다. 이때 좌석은 고정된 구조물이 아니라 움직임과 형태가 자유로운 핵심 모듈로 바뀐다. 이러한 미래



변화에 대응하기 위해 좌석의 회전·이동·틸팅 등 다양한 메커니즘을 선제적으로 연구 개발했다.

### BIS 기술은 소재에 따라 다양한 차종에 적용할 수 있을 텐데, 어떤 차종이나 시장을 우선 타깃으로 삼고 있나?

자율주행 레벨3 이상 차량이나 고급 전동화 모델을 중심으로 우선 적용할 계획이다. 지난해에 공개한 콘셉트카 제네시스 네오론의 스위블 시트처럼 승객 편의성과 프리미엄 이미지를 동시에 갖춘 차종이 주요 타깃이다. 장기적으로는 고급 세단뿐 아니라 PBV(목적 기반 모빌리티)와 로보택시 등 다양한 자율주행 플랫폼으로 확대 적용이 가능할 것으로 보고 있다.



### 광명산업(주)은?

광명산업은 시트 프레임을 비롯해 금형, 지그, 용접 설비 등을 생산·공급하는 자동차 부품 전문 기업이다. 설립 이후 40여 년간 글로벌 완성차 업체 및 시트 전문 기업들과 협력하며 자동차 산업의 근간을 이루는 좌석 구조와 생산기술 분야에서 기술력과 노하우를 축적해왔다. ‘최고의 자리, 광명이 만듭니다’라는 회사 미션에 걸맞게 자동차를 넘어 항공기, 선박 등 다양한 산업으로 사업 영역을 확장하고 있다.



(주)금비

플라스틱 폐기물이 불러온 해양오염과 미세플라스틱 확산은 인류가 직면한 심각한 환경 위기 중 하나다. 친환경 대안으로 주목받는 유리병은 재활용성과 안전성에서 장점이 크지만, 무겁고 깨지기 쉽다는 한계가 있다. 이런 난제를 풀기 위해 금비는 기존 공정을 혁신적으로 개선해 초경량·고강도 유리 제조기술을 개발했다. 얇지만 더 강한 유리병, 이것은 단순한 포장재를 넘어 친환경 패키징의 새로운 표준을 제시하는 도전이자 해답이다.

글 김선녀 사진 이승재

## 초경량·고강도 유리 미래 친환경 패키징의 해답을 찾다

플라스틱을 대체하고 탄소를 줄이는  
지속 가능 패키징 혁신

|                  |                                                                                                                                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구과제명            | 미세플라스틱 저감을 위한 초경량·고강도 유리 제조기술 개발                                                                                               |
| 제품명(적용 제품)       | 경량지수 0.7 미만 일회용 유리용기 <sup>NRB</sup> , Non Returnable Bottle<br>6종 및 경량지수 1 미만 회수용 유리용기 <sup>RB</sup> , Returnable Bottle<br>5종 |
| 개발기간(정부 과제 수행기간) | 2020년 4월 1일 ~ 2023년 12월 31일                                                                                                    |
| 총 정부출연금          | 22억 2100만 원                                                                                                                    |
| 개발기관             | (주)금비 온양공장(주관), 한국세라믹기술원, 한서대학교,<br>국순당(수요)                                                                                    |
| 참여연구진            | 김대기, 박재원, 고성근, 김용제, 박희노, 위은택, 이영찬,<br>장필순, 정민진, 정세권, 조윤행, 김재학, 황정하                                                             |

### 경량화의 핵심, NNPB 기술

유리병 경량화의 핵심으로 꼽히는 NNPB<sup>Narrow Neck Press & Blow</sup> 기술은 병의 목 부분을 좁게 설계하고, 성형 과정에서 두께를 균일하게 분포시켜 기존보다 훨씬 얇고 가벼운 유리병을 만들어내는 방식이다. 이 공정은 단순히 병의 무게를 줄이는 데 그치지 않고, 원료 사용량과 연료 소모를 동시에 줄여 탄소 배출까지 줄일 수 있다는 점에서 전 세계 유리 업계가 주목하는 표준으로 자리 잡아가고 있다.

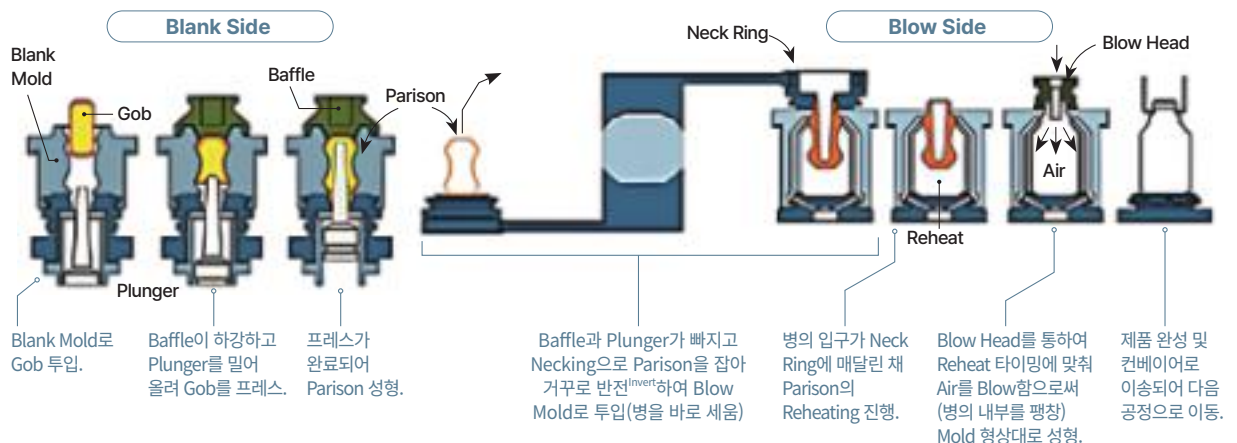
이미 유럽과 일본에서는 경량 유리병이 정책적 지원을 받으며 상용화가 활발히 이루어지고 있다. 경량 유리병은 친환경 포장재일 뿐 아니라 물류 효율성, 소비자 편의성, 브랜드의 지속가능성 전략을 상징하는 수단으로 자리매김했다. 그러나 금비가 프로젝트를 시작할 당시 국내 상황은 이와 달랐다. 표면 강화 기술 부족, 생산공정의 제약, 시장 내 호환성 문제 등으로 경량화 시도가 지체되었고, ‘얇은 병은 약하다’는 소비자 인식도 여전히 남아 있었다.

금비는 이런 현실 속에서 일찍이 NNPB 기술을 도입해 자체적으로 연구와 실증을 진행해왔다. 순산소·연료<sup>Oxy-fuel</sup> 연소 시스템과 자동화 성형 최적화, 나아가 화학 강화<sup>Ion-exchange</sup> 공정 응용까지 접목하며 ESG 친화적 생산 체계를 확립해갔다. 금비는 병, 플라스틱, 캡, 케이스까지 아우르는 통합 패키징 솔루션 기업으로, 특히 주류·식음료·화장품 업계를 중심으로 전략적 파트너 역할을 수행하고 있다.

NNPB 및 화학 강화 공정을 통해 개발한  
경량 탄산수 병(330ml, 152g)과  
소주병(360ml, 161g).



### NNPB<sup>Narrow Neck Press & Blow</sup> 방법에 의한 패리슨 및 병의 성형 공정







NNPB 공정이 진행되는 금비 생산 라인의 모습. 병의 무게를 줄이고 강도를 높이는 혁신적인 기술은 원료 및 연료 소모를 줄여 친환경 패키징의 새로운 표준을 제시한다.

## 무게는 줄이고 강도는 지킨다

유리는 본래 무겁고 깨지기 쉽다는 태생적 약점을 가지고 있다. 이런 한계를 극복하기 위해 금비는 ‘초경량·고강도 유리’라는 새로운 해법을 제시했다. 문제는 두께를 줄이면 파손 위험이 커진다는 점이었다. 유리병은 두께 분포가 불균일할수록 특정 지점에서 쉽게 깨지기 때문에, 단순히 원료를 줄이는 방식으로서는 불가능했다. 금비는 이에 대응해 유리 원료의 온도, Gob(유리물) 중량, 성형 압력과 타이밍을 정밀하게 제어해 두께가 고르게 분포되도록 하는 공정 최적화 기술을 도입했다. 이를 통해 병 전체의 균일한 강도를 확보할 수 있었고, 경량화로 인한 소비자 불안도 상당 부분 해소할 수 있었다.

여기에 그치지 않고 스마트폰 커버글라스에 쓰이는 화학 강화 기술을 병유리에 적용하는 도전에 나섰다. 기존 선진국 업체들은 유기물·산화물 코팅 등 표면 처리 방식으로 강화 효과를 추구했지만, 이는 비용과 생산성 측면에서 한계가 있었다. 반면 금비는 분사<sup>Spraying</sup> 방식 자동화 화학 강화 공정을 세계 최초로 개발해, 대량생산 라인에 적용 가능한 해법을 제시했다. 병을 용융염에 담가야 했던 기존 방식 대신, 컨베이어 라인에서 연속적으로 표면 강화를 적용할 수 있어 비용과 효율을 모두 잡을 수 있었다. 결과적으로 금비는 단순한 경량화가 아니라, 대량 상용화 가능한 친환경 솔루션을 통해 국제 경쟁력을 확보할 수 있는 기반을 마련했다.

## 얇고 강한 병, 산업을 바꾼다

금비는 이번 연구를 통해 경량지수 0.69 이하의 초경량 병 개발에 성공하며, 일본 도요 글라스<sup>Toyo Glass</sup> 등 글로벌 선도 기업과의 기술격차를 90% 수준까지 단축했다. 시제품은 기존 대비 두께가 28% 얇아졌음에도 충격·내압·압축 강도에서 모두 기준치를 충족했고, 실제 음료 충전 시험에서도 안정적으로 합격점을 받았다. 이는 유리병이 플라스틱을 대체하는 확실한 대안이 될 수 있음을 시장에 보여준 사례로도 평가된다.

이 성과가 가져올 산업적 파급 효과는 상당하다. 병 무게를 줄이면 원료 사용량과 에너지 소모를 20% 이상 절감할 수 있고, 이는 연간 수천 톤의 탄소 배출 감축으로 이어진다. 또한 경량 병은 운송 효율을 높여 물류비 절감 효과를 가져오며, 글로벌 ESG 경영 기준에도 부합한다.

차별성은 명확하다. 기존 생산공정을 크게 바꾸지 않으면서 경량화·고강도·재활용성을 동시에 달성했다는 점이다. 이는 플라스틱 대체재로서 유리가 가지는 친환경 가치를 극대화하면서도, 기업 입장에서는 비용과 효율을 함께 잡을 수 있는 솔루션이 된다. 앞으로 금비는 스마트팩토리 기반의 유리 생산 라인 고도화, 아시아·유럽 고급 음료·화장품 시장 진출 등 전략적 확장을 계획하고 있다. 또한 기술적 성과를 넘어 사회적 인식 전환을 이끌고 국내외 규제 변화에 선제적으로 대응함으로써, ‘얇고 가볍지만 더 강한 병’을 글로벌 친환경 패키징의 새로운 표준으로 정착시키고자 한다.

### 과제를 진행하면서 가장 어려운 부분은 무엇이었나?

아무것도 없는 상황에서 정말 많은 시행착오를 겪어야 했다. 과제 기간은 4년이었지만 실제로는 10년에 걸쳐 진행된 장기 프로젝트였다. 독일과 일본의 선진 기업에서는 이미 보유한 기술이었지만 기술을 가르쳐줄 리는 만무했고, 제휴사를 방문했을 때 개인적인 질문 등을 통해 자료들을 모으고 직접 부딪치면서 모든 기술을 섭렵해야 했다. 기술 완성 후에 일본 제휴사 쪽 사람들을 초청해 우리 기술을 선보였는데, 그들 역시 우리의 발전에 상당히 놀라워했다.

### ‘가벼운 병은 쉽게 깨질 것’이라는 인식을 어떻게 바꿨나?

초기에는 육안 검사가 대부분이었지만, 자동 검사 장비의 신뢰도가 낮아 오히려 우려를 키우기도 했다. 이를 개선하기 위해 고신뢰도의 자동 검사 시스템을 최초로 도입했고, 나아가 무인 검사 체계까지 확대했다. 그 결과 기계가 사람보다 더 정밀하게 품질을 보증한다는 신뢰를 전달할 수 있었다. 덕분에 수출용 주류 제품에 경량 유리병을 사용하게 되었다.



### 연구를 진행하면서 가장 보람된 점은?

기획 초기에 목표로 했던 경량 수준을 정말로 달성할 줄 몰랐다. 어려운 부분이 생길 때마다 대책을 마련하고 테스트하며 지속적으로 노력했다. 모든 팀원이 하나의 목표를 위해 열정을 가지고 달려준 덕분이다. 과제를 마친 것도 좋았지만 우수 R&D로 평가받아 큰 보람을 느꼈다. 현재 탄소중립 과제와 관련해 여러 기업과 컨소시엄으로 새로운 프로젝트를 진행 중이다. 산업통상부 프로젝트가 다른 도전을 이어가는 데 큰 원동력이 된 것 같다.



### (주)금비는?

유리병과 포장재 산업을 대표하는 국내 기업으로, 병·플라스틱·캡·케이스를 아우르는 통합 패키징 솔루션을 제공하고 있다. 주류·식음료·화장품 등 다양한 산업에서 전략적 파트너로 활동하며, 자체 생산능력과 맞춤형 디자인 대응력을 갖춘 것이 강점이다. 특히 ESG 친화적 공정 운영과 지속적인 기술혁신을 통해 지속 가능한 패키징 시대를 선도하는 기업으로 자리매김하고 있다.

R&amp;D 사전

# #경량화 지수 Lightness Index

경량화 지수는 특정 용기나 제품의 경량화 정도를 판단하기 위해 사용하는 지표다. 주로 포장재의 무게를 줄이는 정도를 평가하기 위해 사용된다. 예를 들어 유리병의 경우 병의 질량과 최대 수용량의 비율을 계산하여 산출할 수 있다.



주로 포장재 산업에서 재료 효율성과 친환경성을 측정하는 핵심 지표로 활용된다. 일본에서는 경량화 지수를 유리병의 친환경적인 면을 평가하는 척도로 삼고 있다.

## 적용 사례

### #유리병 포장재의 경량화 등급제

일본은 '일본 유리병 재활용 촉진 협의회'를 중심으로 유리병 경량화 지수를 이용해 유리병 친환경성을 평가하고 있다. 유리병의 경량화 지수 L값이 0.7 이하면 초경량 병, 1.0 이하는 경량 병, 1.4 이하는 표준 병, 1.4 초과는 중량 병으로 판단하고 있다.



### #음료 업계, 플라스틱 용기에 꾸준히 경량화 기술 적용

음료 업계는 경량화 기술로 꾸준히 플라스틱 사용량을 줄이고 있다. 환경보존과 자원 저감이 목표다. 2025년 4월 롯데칠성음료는 용기 경량화 기술을 도입해 지난해에만 약 1220톤의 플라스틱 사용량 감축 성과를 거뒀다고 밝혔다.



### #경량화 기술로 화장품 유리 용기 급증

최근 플라스틱 규제 강화와 ESG 경영으로 화장품 업체가 유리 용기 비중을 높이고 있다. 플라스틱 소재보다 무겁다는 단점을 가졌던 유리 용기가 최근 경량화되면서 적극 활용되고 있는 것이다. 한 증권사는 화장품 유리 용기 기업 에스엠씨지의 올해 영업이익이 102억 원에 이를 것으로 전망했다. 이는 2024년보다 130% 늘어난 규모다.



## 유사 개념

### #비강도

재료의 밀도 대비 인장 강도의 비율이다. 경량화 지수가 '단위 용량당 무게'를 측정한다면, 비강도는 '단위 무게당 강도'를 측정한다. 비강도가 높을수록 더 가볍기 때문에, 경량화와 내구성 향상에 중요한 지표다.

### #비탄성률

인장 탄성률을 밀도로 나눈 지표다. 가볍고 늘어나기 어려운 성질의 척도다. 비탄성률이 높은 재료는 가볍지만 강성이 뛰어나 항공우주 분야 등에 광범위하게 사용된다.

### #모스 경도

굽힘 경도의 한 종류로, 재료 굽힘에 대한 저항력을 1부터 10까지 상대적인 척도로 나타내는 지표다. 일반적인 유리는 약 5.5 정도로, 굽힘에 취약한 편이다.

## 심화 개념

### #LCA Life Cycle Assessment (전 과정 평가)

제품의 전 생애주기 동안 환경에 미치는 영향을 종합 측정하는 평가 방법이다. 제품 경량화로 LCA 지표를 효과적으로 개선할 수 있다.

### #비결정성 고체

결정성 고체의 핵심적인 특징인 입자 배열의 규칙성과 반복성이 없는 물질이다. 결정성의 질서가 무너져 입자들 사이 거리와 인력이 일정하지 않은 특징을 가진다.

### #초경량 유리

화학적 강화 처리를 통해 기존 유리보다 훨씬 얇고 가벼우면서도 높은 내충격성 및 강도를 유지하도록 개발된 유리 소재다. 최신 디스플레이, 첨단 건축 분야 등에 활용된다.



# 산업 AI 대전환의 시작

글 김리안 <한국경제신문> 기자

## 국내1

### 정부 'M.AX' 전략 본격화



산업통상부가 역대장관들을 초청해 향후 산업정책 방향을 논의한 자리에서 김정관 장관은 '진짜 성장을 향한 3대 전략'의 첫 번째 축으로 'M.AX 얼라이언스<sup>Manufacturing AX Alliance</sup>'를 제시하며 제조업 대전환의 포문을 열었다.

10월 1일 한국프레스센터에서 열린 '산업통상부 역대장관 초청 간담회'에는 이봉서 전 상공부 장관을 비롯해 역대 산업부 전·현직 장관 13명이 참석했다. 산업통상부로 새롭게 출발한 부처의 비전과 역할, 그리고 급변하는 글로벌 통상 환경 속 산업정책의 방향을 모색하기 위해 마련된 자리였다.

김정관 장관은 “글로벌 무역 질서의 급변과 생산성 하락, 기술격차 축소 등 복합 위기에 대응하기 위해 제조, 통상, 지역의 3대 전략으로 성장 동력을 되살리겠다”고 밝혔다. 이 가운데 가장 먼저 언급한 핵심이 바로 'M.AX 얼라이언스'의 본격화다. 김 장관은 “제조업 생산성을 한 단계 끌어올리기 위해 AI 팩토리 선도 모델을 개발·보급하고, 로봇·드론 등

임바디드<sup>Embodied</sup> AI를 집중 지원하겠다”고 강조했다. M.AX 얼라이언스는 9월 10일 출범한 범산업 협력체로, 제조 현장에 AI를 결합해 산업 전반의 효율성과 경쟁력을 높이는 것이 목표다.

이어 그는 산업과 통상의 유기적 결합을 통한 국익 수호, 지역 균형성장을 위한 '5극3특' 엔진 육성 등을 추가 전략으로 제시하며, 산업 전환기의 중심축으로 'AI와 제조의 융합'을 재차 강조했다. 이날 참석한 전직 장관들은 “글로벌 기술 패권 경쟁 속에서 산업통상부의 역할이 막중하다”며 “AX 전환, 첨단산업 육성, 공급망 안정 등 경쟁력 강화를 속도감 있게 추진해야 한다”고 입을 모았다.

김정관 장관은 “역대장관님들의 조언을 바탕으로 산업통상부가 대한민국 산업의 성장 엔진이자 통상의 내비게이션이 되겠다”며 “M.AX를 통해 제조 혁신의 주도권을 다시 확보하겠다”고 밝혔다.



10월 1일 한국프레스센터에서 열린 '산업통상부 역대장관 초청 간담회'. 역대장관들은 글로벌 기술 패권 경쟁 속에서 AI 전환과 첨단산업 육성 등 산업통상부의 역할에 대해 심도 있는 의견을 나누었다.

## AI 반도체와 팩토리가 이끄는 대한민국 제조 혁신



산업통상부가 9월 30일과 10월 1일 이틀간 연이어 AI 반도체 얼라이언스 전략회의와 AI 팩토리 M.AX 얼라이언스 전략회의를 개최하며, 대한민국 제조혁신의 양대 축을 본격적으로 가동했다. 이번 연속 회의를 통해 정부와 기업은 반도체에서 공장까지, AI 전환<sup>AI Transformation</sup>의 전방위 전략을 공유하고 미래 청사진을 제시했다.

9월 30일 성남 글로벌융합센터에서 열린 AI 반도체 전략회의에서는 ‘온디바이스 AI 반도체’ 10종 개발 착수가 공식화됐다. 산업부는 2026년부터 2030년까지 약 1조 원을 투입해 수요기업·팹리스·파운드리 간 협의체를 운영, 자율차·스마트가전·휴머노이드 등 주요 산업 분야에 최적화된 칩을 개발하겠다고 밝혔다. 이를 통해 AI 연산을 클라우드에만 의존하지 않고 현장에서 처리할 수 있는 기반을 마련, 차세대 산업 경쟁력을 확보하는 것이 목표다. 이날 회의에는 국내 팹리스 기업, 대기업 수요처, 파운드리 관계자 등이 대거 참석해 생태계 강화 방안을 논의했다.

이어 10월 1일에는 서울에서 AI 팩토리 M.AX 얼라이언스 전략회의가 열렸다. 삼성전자, 현대자동차, LG에너지솔루션, HD현대중공업 등 국내 대표 제조기업들이 한자리에 모여 2030년까지 500개 이상의 AI 팩토리 확산이라는 목표를 공유했다. 산업부는 이번 사업을 통해 공정 생산성과 품질을 획기적으로 높이는 동시에 제조 비용 절감과 탄소 배출 감축을 핵심 과제로 제시했다. 나아가 ‘2030 제조 AI 최강국’이라는 국가 비전을 공식화하며, 제조 현장의 AI 전환을 더 이상 선택이 아닌 필수 과제로 못 박았다.

올해부터 제조 현장에는 휴머노이드 로봇이 본격 투입된다. 레인보우로보틱스, 에이로봇, 로브로스, 홀리데이로보틱스

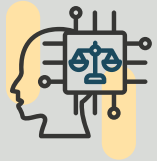
등 국내 기업들이 삼성디스플레이, SK에너지, LG전자, HD현대미포조선과 손잡고 조립·용접·물류 등 복잡한 공정을 실증 중이다. 특히 인력 부족이 심한 조선업 등에서 휴머노이드의 활용 가능성이 주목된다. 정부는 2027년까지 100여 건의 실증을 통해 제조 데이터를 확보하고, AI-로봇 융합 기술을 고도화해 2028년부터 양산체제로 전환한다는 계획이다.

산업부는 업종별 특화 AI 모델과 가상공장을 구축해 완전 자율형 AI 팩토리로 진화시키겠다는 비전을 내놴. 디지털 트윈과 제조 데이터를 결합해 설비 고장·공정 변경을 사전 시뮬레이션하고 이를 실제 공장에 연동하는 스마트 제조 생태계를 조성하는 것이 목표다. 김경관 산업부 장관은 “AI 팩토리 얼라이언스가 한국 제조업을 세계 최상위로 끌어올릴 도전의 중심이 될 것”이라고 강조했다.



AI 팩토리 M.AX 얼라이언스 전략 회의에서 김경관 산업통상부 장관이 인사말을 하고 있다.

## EU의 새로운 AI 질서



우르줄라 폰 데어 라이엔 유럽연합 집행위원장. EU는 산업 경쟁력 회복을 위한 대규모 AI 우선 전략을 추진하고 있다.

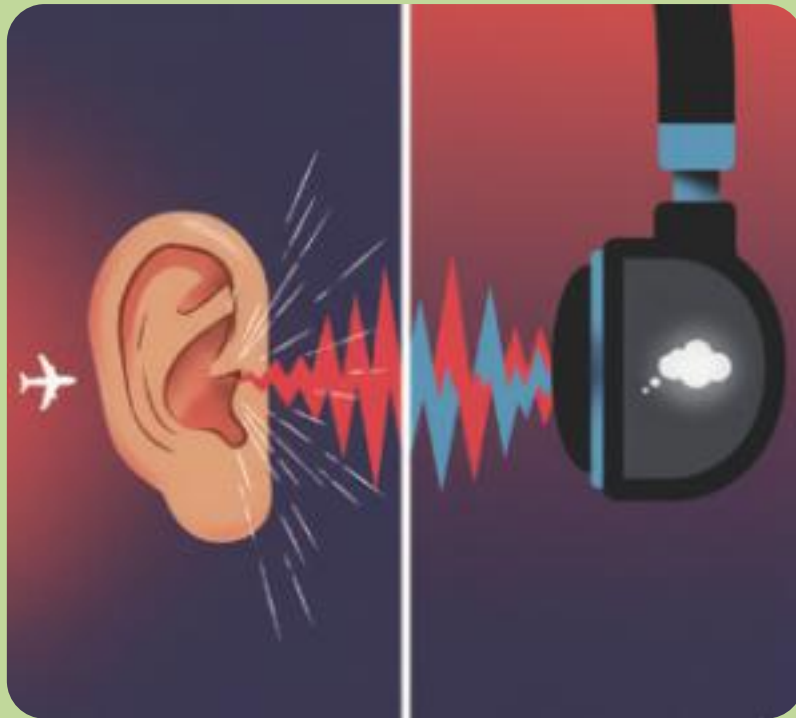
전 세계가 인공지능<sup>AI</sup> 경쟁에 속도를 높이는 가운데, 유럽연합<sup>EU</sup>이 자국 중심의 AI 생태계를 구축하겠다는 강한 의지를 드러냈다. 미국과 중국이 초거대 AI 모델 경쟁을 주도하는 상황에서, 유럽은 기술 주권을 지키고 산업 경쟁력을 회복하기 위한 ‘AI 우선 전략’<sup>AI Priority Strategy</sup>을 공식화했다. 이번 전략은 단순한 기술 개발을 넘어 유럽의 과학 연구, 산업 인프라, 데이터 생태계를 AI 중심으로 전환하는 대규모 프로젝트로 평가된다.

EU 집행위원회는 최근 ‘Apply AI’와 ‘AI in Science’라는 두 가지 핵심 전략을 발표했다. Apply AI는 제조, 헬스케어, 농식품, 국방, 통신 등 주요 산업 전반에 AI를 적용해 생산성을 높이고 혁신을 가속화하는 것이 목표다. AI in Science는 유럽을 AI 기반 과학 연구의 허브로 만들겠다는 계획으로, 연구 자금 확대, 슈퍼컴퓨팅 인프라 강화, 인재 유치 프로그램 등이 포함된다. 두 전략을 통해 EU는 기술 주권 확보뿐 아니라 윤리와 투명성을 중시하는 ‘유럽식 AI 표준’을 세계에 확산하겠다는 구상이다.

우르줄라 폰 데어 라이엔 EU 집행위원장은 “AI의 미래는 유럽에서 만들어져야 한다”며 ‘AI 우선 사고방식’<sup>Adopt-first Mindset</sup>의 필요성을 강조했다. EU는 중소기업과 스타트업이 쉽게 AI를 도입할 수 있도록 ‘AI 체험센터’를 설립하고, 산업계와 연구기관을 연결하는 ‘Apply AI 얼라이언스’를 출범시켰다. 약 10억 유로 규모의 투자가 이뤄질 예정이며, 이는 AI 반도체, 제조 로봇, 에너지 관리, 의료 데이터 등 다양한 분야로 확산될 전망이다.

EU는 여기에 더해 데이터 연합<sup>Data Union Strategy</sup>을 준비하고 있다. 이는 회원국 간 산업 데이터 공유를 촉진해 고품질의 AI 학습 데이터를 확보하려는 움직임이다. 궁극적으로 유럽은 ‘AI Act(인공지능법)’를 통해 윤리적이고 신뢰할 수 있는 AI 생태계를 제도적으로 보호하고, 글로벌 시장에서 미국과 중국에 맞서는 제3의 축으로 자리 잡겠다는 전략이다. 이번 행보는 유럽이 기술규제의 대륙에서 ‘AI 혁신의 대륙’으로 변신을 시도하는 분기점으로 평가된다.





우리가 일상에서 무심코 경험하는 현상 뒤에는 신기한 과학 원리가 숨어 있습니다. 똑소리난 여러분이 보내주신 질문 속 흥미로운 과학의 세계로 여러분을 초대합니다.

글 과학 커뮤니케이터 이종원 교수

과학은 즐겁게,  
세상은 새롭게

똑소리 나는  
일상 속  
과학 이야기

### Q. 노이즈캔슬링의 원리는 무엇인가요?

노이즈캔슬링, 소리로 소리를 지운다고? 노이즈캔슬링은 마법처럼 보이지만, 사실 물리학의 ‘상쇄 간섭’ 원리를 활용한 기술입니다. 핵심은 간단합니다. 들어오는 소음과 정반대 파형의 소리를 만들어 부딪히게 하면, 두 소리가 서로를 지워버리는 거죠. 파도를 떠올려보세요. 두 파도가 정확히 반대 방향에서 만나면 물결이 평평해지는 것처럼, 소리 파동도 마찬가지입니다. 헤드폰의 마이크가 외부 소음(예: 비행기 엔진 소리)을 감지하면, 내부 스피커가 그 소음과 정반대 위상을 가진 ‘안타-사운드’를 0.001초 만에 만들어냅니다. ‘원래 소음 + 안타-사운드 = 침묵’이 되는 원리입니다. 결국 노이즈캔슬링은 소리의 특성을 역이용한 똑똑한 기술이라 할 수 있습니다.

### Q. 냉장고 문을 자주 열면 전기세가 올라가는 이유는 무엇인가요?

냉장고 문을 열 때마다 전기세가 올라가는 이유는 ‘온도 회복 작업’ 때문입니다. 냉장고는 내부를 4°C로 유지하는데, 문을 열면 차가운 공기는 아래로 쏟아져 나가고 실內的 따뜻한 공기가 밀려 들어옵니다. 그러면 냉장고는 다시 온도를 낮추기 위해 압축기를 풀가동해야 하죠. 이 과정에서 전기를 평소보다 훨씬 많이 소비합니다. 예를 들어 여름날 ‘뭐 먹을까?’ 하며 냉장고 문 앞에서 3분간 고민해본 적 있나요? 그 3분이면 냉장고 내부 온도가 10°C 가까이 올라갑니다. 특히 여름철 30°C 실온에서는 온도 차이가 더 커서 따뜻한 공기가 폭포처럼 쏟아져 들어가죠. 더 재밌는 사실은 냉장고가 비어 있을수록 전기를 더 먹는다는 것입니다. 음식과 음료수는 일종의 ‘보냉제’ 역할을 해서, 문을 열어도 온도를 유지하는 데 도움을 줍니다. 반대로 텅 빈 냉장고는 문을 열 때마다 내부 공기가 완전히 교체되죠. 그래서 자주 먹는 음식을 앞쪽에 배치하거나, 문에 있는 좁은 수납칸(도어 포켓)을 이용하는 게 좋습니다. 여러분의 작은 습관이 전기세를 줄일 수 있습니다.

### Q. 왜 추운 날씨에 스마트폰 배터리가 빨리 닳을까요?

스마트폰 배터리가 추운 날씨에 빨리 닳는 건 화학반응 속도가 느려지기 때문입니다. 리튬이온 배터리는 내부에서 리튬이온이 양극과 음극 사이를 이동하며 전기를 만드는데, 온도가 낮아지면 이온의 움직임이 둔해집니다. 겨울철

아침에는 몸이 굳어서 움직이기 힘든 것처럼, 배터리 속 화학반응도 느려지는 거죠. 그 결과 같은 작업을 하는 데 더 많은 에너지를 소모하게 됩니다. 그래서 주머니 안쪽 깊숙이 넣어 체온으로 따뜻하게 유지하거나, 보조배터리도 함께 품고 다니면 효과적입니다.

## Q. 인공지능 스피커는 사람의 목소리를 어떻게 알아들을까요?

인공지능 스피커가 사람의 목소리를 알아듣는 과정은 크게 3단계로 이뤄집니다. 먼저 마이크가 소리를 감지하면, 음성을 디지털 신호로 변환합니다. 그다음 음성인식 AI 모델이 이 신호를 분석해 어떤 단어인지 파악하죠. 마지막으로 자연어 처리

기술이 문장의 의미를 이해하고 적절한 답변을 생성합니다. 핵심은 AI가 수백만 개의 음성 데이터를 학습했다는 점입니다. 사람마다 목소리 톤, 억양, 발음이 다르지만, AI는 패턴을 학습해서 ‘안녕’이라는 단어가 여러 방식으로 발음돼도 같은 의미로 인식합니다. 마치 우리가 친구의 목소리를 알아듣듯, AI도 음성의 특징을 구분하는 거죠. 또한 최근 스피커들은 빔포밍 기술을 사용합니다. 여러 개의 마이크가 소리가 들어오는 방향을 파악해서, TV 소리나 에어컨 소음은 걸러내고 사람 목소리만 집중해서 들읍니다. 그래서 시끄러운 환경에서도 “날씨 알려줘”라는 명령을 정확히 알아듣는 것입니다. 결국 음성인식은 방대한 학습 데이터와 실시간 신호 처리 기술의 결합이라 할 수 있습니다.

## Q. 스마트워치의 심박수와 산소포화도 측정은 어떤 기술을 이용해 작동하나요?

스마트워치의 심박수와 산소포화도 측정은 광혈류측정법(PPG, Photoplethysmography)이라는 기술을 사용합니다. 원리는 간단합니다. 손목 피부 아래로 녹색 LED 빛을 쏘면, 혈액 속 헤모글로빈이 이 빛을 흡수합니다. 심장이 뛸 때마다 혈관에 혈액이 흐르는 양이 달라지는데, 혈액량이 많아지면 더 많은 빛이 흡수되고 적어지면 덜 흡수되죠. 스마트워치 뒷면의 센서가 반사되어 돌아오는 빛의 양을 측정해서 심박수를 계산합니다. 산소포화도는 여기서 한 단계 더 나아갑니다. 적색광과 적외선 LED를 함께 사용하는데, 산소를 많이 머금은 혈액과 그렇지 않은 혈액은 이 두 빛을 흡수하는 정도가 다릅니다. 센서가 두 파장의 빛 흡수 비율을 분석해서 혈중 산소포화도를 백분율로 계산하죠. 손목에 스마트워치를 꼭 차야 하는 이유도 바로 이 때문입니다. 빛이 피부에 밀착되어야 정확한 측정이 가능하거든요.



과학 커뮤니케이터 이종원 교수

계명대학교 건축학과 교수로 재직 중이며, 건축 및 도시를 전공한 연구자이자 과학 커뮤니케이터로도 활동하고 있다. 공공기관 및 정부 출연 연구원 등 다양한 분야에서의 특별한 경험을 바탕으로, 과학과 건축 이야기를 쉽고 재미있게 대중에게 전달한다. 현재 방송, 강연, 기고 등을 통해 과학 지식 대중화에 기여하고 있다.

# ‘아이오닉 포레스트’

## 환경·기술·브랜드를 잇다

글 이승균 환경 <ESG> 기자

현대차 ‘아이오닉 포레스트’ 프로젝트에 활용되는 ‘아이오닉 5’와 ‘아이오닉 9’ 특장 차량 및 드론. 접근성 낮은 산림 복원 등에 기술이 활용된다.

현대차 ‘아이오닉 포레스트’는 전기차 기술, 글로벌 브랜드, 환경 복원을 하나로 엮은 공유가치 창출<sup>CSV</sup> 프로젝트다.

2016년 매립지 숲 조성으로 출발해 13개국에 100만 그루 식재를 달성했고, 드론·데이터 기반 복원과 글로벌 캠페인으로 진화하고 있다.

2016년 한국 사회 최대의 환경 현안은 미세먼지였다. 건강과 직결되는 문제였지만 대책은 더뎠고, 기업의

사회공헌 활동도 기부·봉사 중심에서 크게 벗어나지 못하던 시기였다. 현대차는 이 상황에 주목했다. 전동화 라인업 ‘아이오닉’ 출시와 맞물려 매립지 황무지를 숲으로 복원해 미세먼지 줄이는 프로젝트를 기획했다. 그렇게 탄생한 것이 ‘아이오닉 포레스트’다.

아이오닉 포레스트는 전기차와 숲이라는 두 요소를 연결했다. 전기차는 주행 과정에서 온실가스를 배출하지 않아 ‘감축’ 효과를 내고, 숲은 대기 중 탄소를 흡수해 ‘상쇄’ 기능을 한다. 남정현 현대차 지속가능기획팀장은 “아이오닉 라인업이 감축 역할을 한다면 포레스트는 상쇄 기능을 수행한다”며 “두 영역이 결합해 브랜드와 환경·사회공헌이 시너지를 내는 구조를 만들었다”고 설명했다.







베트남 메콩강 삼각주 맹그로브 숲에 나무를 심는 모습.  
아이오닉 포레스트는 각 지역 고유의 환경문제  
해결을 위해 맞춤형 프로젝트를 진행한다.

① 시드 볼 : 토양·점토·유기질·씨앗을 섞어 작은 구  
형태로 만든 식재 도구.

무배출·저소음·저진동 특성은 환경영향을  
최소화한다.

둘째, 브랜드 아이덴티티와의 결합이다.  
아이오닉은 현대차 전동화 전략의 핵심  
브랜드다. ‘깨끗한 공기와 미래 세대의  
공존’이라는 철학을 숲 조성으로 연결해  
브랜드와 공유가치 창출 활동 간에  
메시지를 일관되게 유지했다.

셋째, 지속가능성이다. 단발성 성과로  
끝나지 않도록 국가기관·국제기구·  
NGO와 협력해 복원지를 보전지역으로  
지정·관리했다. 이를 통해 개발로 인한  
훼손을 막고, 장기적 생태계 복원을  
가능하게 했다.

2025년 7월 기준 13개국에서 아이오닉  
포레스트가 운영되고 있으며, 누적  
식재량은 100만 그루를 돌파했다.  
현대차는 이를 단순한 수치가 아니라  
국제 생물다양성 증진에 기여할 수 있는  
자산으로 본다. 체코 등 일부 지역에서는  
생물다양성 지표를 모니터링하는 등 질적  
성과 분석도 진행 중이다.

## 양묘장 조성해 생물다양성 보전 나서

첫 무대는 인천 수도권 매립지  
개발지구였다. 2016년부터 2020년까지  
대기 정화 수종 2만 2000여 그루를  
식재하고, 임직원과 시민 자원봉사자가  
함께 숲을 가꿨다. 현장을 찾은  
임직원들은 맨땅에 나무를 심으며  
프로젝트의 상징성을 체감했다. 시간이  
흐른 뒤 매립지는 울창한 숲으로 변했고,  
현대차가 진정성 있게 프로젝트를  
장기적으로 이어갈 때 어떤 변화가  
일어날지 보여주는 사례가 됐다.

이후 아이오닉 포레스트는 시대와  
지역이 직면한 환경문제에 맞춰  
진화했다. 2022년에는 강원도 홍천에  
멸종위기종 구상나무 양묘장을 조성해  
생물다양성 보전에 나섰다. 2025년에는  
한국수목원정원관리원과 협력해 울진  
산불 피해지 복원을 시작했다. 산불로  
훼손된 지역은 접근성이 떨어져 복구가  
어려웠지만, 전기차 특장 차량과 드론을  
활용해 작업 효율을 높였다.

해외 사업장에서도 지역 고유의 환경문제  
해결을 중심에 두었다. 브라질에서는  
혼농임업 방식을 적용해 산림 파괴를  
막았고, 베트남 메콩강 삼각주에서는  
새우 양식으로 훼손된 맹그로브 숲을  
복원하며 지역 농가 지원을 병행했다.  
체코와 튀르키예 생산 거점 인근에서도  
산림 복원 프로젝트를 추진했다. “각  
국가마다 안고 있는 환경·사회 이슈를  
분석해 맞춤형 프로젝트로 설계하는 것이  
특징”이라고 남 팀장이 설명했다.

## 13개국에서 운영, 누적 식재 100만 그루 돌파

아이오닉 포레스트의 차별화 요소는  
3가지로 압축된다. 첫째, 현대차의 기술  
역량을 접목했다. 전기차 ‘아이오닉 5’와  
‘아이오닉 9’를 개조해 산림관리 전용  
차량으로 활용하고, ‘아이오닉 드론  
스테이션’을 구축해 접근하기 어려운  
지역에 시드 볼<sup>Seed Ball</sup>을 투하하는  
복원 방식을 연구한다. 전기차 특유의





## 화제의 ESG 제품

남 팀장은 “숫자보다 중요한 건 생태계 복원과 지역사회 상생이라는 본질적 가치”라며 “각국 사업장에서 사명감을 갖고 프로젝트를 주도하는 문화가 자리 잡았다”고 강조했다.

### 드론 등 활용해

#### 산불 피해 복원에도 참여

아이오닉 포레스트의 접근법은 국제적으로도 주목받는 ‘자연 기반 해법’ 흐름과 맞닿아 있다. 유엔환경계획<sup>UNEP</sup>과 기후변화에 관한 정부 간 협의체<sup>IPCC</sup>는 기후변화 완화와 적응을 위해 생태계 복원·보호를 결합한 솔루션을 확대할 것을 권고한다. 사실 국내에서 시작한 프로젝트를 글로벌로 확산하는 과정은 쉽지 않았다. 각국의 법 제도, 환경 여건, 문화가 달라 설득과 조율이 필수였다. 남 팀장은 “각 사업장을 하나의 비전 아래 묶는 커뮤니케이션이 가장 큰 과제였지만, 이를 극복하며 현대차의 대표 CSV 프로젝트로 자리 잡았다”고 전했다.

올 하반기에는 울진 산불 피해지에 ‘아이오닉 드론 스테이션’을 처음 투입하기로 했다. 접근하기 어려운 지역에 시드 볼을 투하해 복원을 가속화하는 실험이다. 국내에서 효과성이 입증되면 해외 확장도 고려하기로 했다. 남 팀장은 “프로젝트를 시대 유행에 따라 사라지는 캠페인이 아니라 장기적 유산으로 만드는 것이 목표”라고 했다. 그는 또 “모빌리티 기술이 발전할수록 숲 복원 솔루션도 정교해질 것”이라며 “기후변화 대응, 생물다양성 보전, 지역사회 상생이라는 철학을 중심으로 캠페인을 지속적으로 진화시킬 것”이라고 덧붙였다.

### 삼화페인트공업, ‘아이릭스’ 제품에

#### 생분해 페인트 용기 적용

삼화페인트공업은 생분해 특성을 갖춘 페인트 용기를 개발해 프리미엄 수성페인트에 적용했다. 삼화페인트는 이번 용기 개발을 위해 지난해 1월 SKC의 생분해 소재 사업 투자사 SK리비오, 용기 제조 전문회사 피앤비와 업무협약을 맺고 공동 연구개발을 해왔다. 이 용기는 생분해 소재인 PBAT와 천연 석회석을 결합해 제작했다. PBAT는 분해 촉진제를 첨가해 분해하는 산화 생분해 방식과 달리, 미생물·열·수분 등 자연적 요소에 의해 분해가 진행된다. 퇴비화 조건에서 6개월 이내 90% 이상 분해돼 자연으로 돌아간다. 생분해 페인트 용기는 프리미엄 수성페인트 ‘아이릭스 10L’에 우선 적용됐다. 아이릭스 시리즈는 아이 키우는 공간에서도 안심할 수 있다는 콘셉트를 지닌 제품이다. 친환경성과 고품질 가치를 담은 페인트로, 국내 대표 친환경 인증인 환경표지인증을 획득한 친환경 페인트다. 용기에는 ‘핑크 그린<sup>Think Green</sup>’이라는 슬로건을 적용했다.





### LG전자, 시스템에어컨에 탄소 배출 저감 공법 적용

LG전자가 시스템에어컨 제조에 친환경 공법을 적용해 탄소 배출 저감에 앞장선다. LG전자의 ESG 비전인 '모두의 더 나은 삶(Better Life for All)' 실천의 일환이다. LG전자는 글로벌 시험 인증기관 TUV 라인란드로부터 상업용 4방향 시스템에어컨 1대당 이산화탄소 배출량을 14.85kg 줄였다는 인증을 받았다. LG전자는 질소가스를 주입해 내부에 기포를 생성하는 '물리 발포 성형' 방식을 시스템에어컨 제조에 처음 도입했다. 이 공법을 적용하기 위해 플라스틱 재질도 이산화탄소 배출량이 적은 폴리프로필렌 소재로 변경했다. 이를 통해 LG전자가 검증받은 시스템에어컨 제조 공법과 소재를 사용하면 플라스틱 사용량 약 270톤, 이산화탄소 배출량 4400톤 이상 감축할 수 있을 것으로 예상된다. 이는 축구장 580여 개 면적의 30년생 소나무 숲이 1년간 흡수하는 이산화탄소량과 맞먹는다. LG전자는 지난 6월부터 이 공법을 적용한 상업용 4방향 시스템에어컨을 생산하고 있다.



### 쿠쿠, 환경표지인증 '에코웨이일 음식물처리기' 6세대 제품 출시

가전 전문 기업 쿠쿠가 '에코웨이일 음식물처리기' 6세대 제품을 내놓았다. 쿠쿠의 에코웨이일 음식물처리기 라인업은 환경부 산하 한국환경산업기술원이 부여하는 '환경표지인증'을 받은 친환경 제품이다. ▲에코웨이일 미생물 음식물처리기 ▲건조분쇄형 강력건조통 모델 ▲6세대 모델이 모두 환경표지인증을 받았다. 환경표지인증은 제품 전 과정에서 환경오염 저감과 자원절약 가능성을 공식적으로 인증하는 제도다. 쿠쿠 에코웨이일은 에너지 절약, 지역 환경오염 감소, 소음 저감 등에서 우수성을 인정받았다. 환경표지인증을 받은 제품은 지자체 음식물처리기 보조금 지원 대상에 포함돼, 지역별 기준에 따라 구매 금액의 최대 80%까지 지원받을 수 있다. 더불어 전자파 적합 인증과 KC 안전 인증을 확보해 안전성 등 눈에 보이지 않는 상품성까지 경쟁력을 두루 강화했다.





# ‘살아남는 소재’가 되기 위한 조건



눈에 잘 띄진 않지만 작은 물질 하나가 세상을 완전히 바꿀 수 있다. 전기차 배터리의 효율을 높이고, 환경을 보호하는 친환경 플라스틱을 만들어내며, 한때 상상 속 기술이던 투명 망토를 현실로 만든다. 신소재를 ‘미래를 여는 열쇠’라고 부르는 이유다. 놀라운 변화를 이끄는 다양한 신소재 관련 책을 소개한다.

글 **우아영** 과학 칼럼니스트, 〈평행 세계의 그대에게〉 저자

## 〈쓸모의 과학, 신소재〉

조용수 지음 / 교보문고 펴냄

우리는 참 다양하고 많은 물건에 둘러싸여 살아간다. 지금 이 글을 쓰는 노트북부터 일하느라 앉아 있는 책상과 의자, 곁에 놓여 있는 화분, 음악이 흘러나오는 스피커, 메시지가 들어오는 휴대폰, 머리 위에서 빛을 내뿜고 있는 조명까지. 일일이 열거하기 어려울 정도다. 이 많은 물건을 이루는 기본 단위, 즉 ‘소재’로 시선을 옮겨보면 어떨까. 우리가 얼마나 다양한 소재의 혜택 속에서 살아가는지 어렵듯이 알 수 있다.

## 신소재공학 = 재료과학 + 재료공학

‘학문적으로’ 신소재공학 분야는 재료과학과 재료공학이 공존한다. 재료과학은 소재를 구성하는 원자나 분자의 특성을 이해하고, 그로부터 현상을 규명하는 분야다. 재료공학은 응용하고자 하는 특성을 분석하고, 이를 구현하기 위한 실제 공정을 연구하는 분야다.

<쓸모의 과학, 신소재>는 전자 세라믹스 분야 권위자인 조용수 연세대 신소재공학과 교수가 쓴 책인데, ‘학문적’이라는 단어가 많이 등장한다. 수식 없이 쉽게 풀어 쓴 대중서를 지향했지만 신소재공학이라는 학문의 본질을 깊이 있게 다룬다는 뜻이다.

다소 어렵게 느껴질 수도 있지만, 오히려 그렇기에 신소재의 상식 수준을 벗어난 신기한 특성에만 주목하는 흥미 위주의 다른 콘텐츠와는 차별된다. 재료과학과 재료공학은 특히 비과학자가 직관적으로 이해하기 어려워서인지 대중서가 거의 없다시피 한데, 이 두 가지 학문을 동시에 접할 수 있는 보기 드문 교양서적이다. 신소재 연구의 근본 원리를 차근차근 이해할 수 있다.

## 살아남은 소재들의 조건

책은 크게 세 장으로 이뤄져 있다. 1장 ‘소재 이해의 시작’에서는 소재란 무엇인지, 지금껏 인류가 선택하고 활용해온 소재는 어떤 특성을 갖는지, 인류 역사를 이끈 과거 신소재는 어떤 것들이 있는지 소개한다.

저자는 지금껏 활용해온 소재를 ‘살아남은 소재들’이라고 칭하는데, 절묘한 표현이다. 실험실에서 엄청나게 뛰어난 성능을 냈지만 일상생활에 쓰이지 못하고 사라진 사례가 많기 때문이다. ‘살아남은’ 소재가 되려면 몇 가지 까다로운 조건을 통과해야 한다. 이를테면 원료가 되는 물질을 쉽게 얻을 수 있어야 하고, 여러 의미로 강인해야 한다.

2장 ‘주변의 소재 이야기’는 좀 더 본격적이다. 원자 간 결합 원리와 고체에서 물질이 이동하는 원리, 전자가 위치하는 곳과 에너지 밴드 등 소재 특성과 관련한 기초학문을 설명한다. 그리고 이를 바탕으로 세라믹과 금속, 폴리머, 한계를 뛰어넘는 최근의 복합 재료와 반도체, 나노 소재, 탄소 소재 등의 특성과 원리를 설명한다.

놀라운 점은 우리 주위에서 사용되는 모든 소재의 구성 물질이 천연에 존재하는 겨우 94개의 다른 원소들의 조합으로 이뤄져 있다는 것이다. 가능한 조합을 단순 계산하면 아주 많겠지만 실제로 지구상에서 안정적으로 존재할 수 있는 화합물은 그 조건이 까다로운 데다, 더욱이 경제적으로 생산 가능하고 어딘가에 쓸모가 있어야 ‘살아남은’ 소재가 될 수 있다. 요컨대 우리가 지금 쓰고 있는 소재들은 인류의 까다로운 검정 기준을 통과한 결과물이다.

## 소재의 한계가 곧 기능의 한계

3장 ‘반응하는 소재의 세계’에서는 훨씬 역동적인 이야기가 펼쳐진다. 전기와 열, 힘에 반응하는 소재, 자석이 되거나 빛을 이용하는 소재들의 원리를 두루 알 수 있다. 소재가 기여하는 에너지 산업과 미래 소재로의 진화 조건까지 개괄적으로 살펴볼 수 있다.

어쩌면 우리가 원하는 모든 새로운 기능은 소재 개발로만 해결 가능할지도 모른다. 소재의 한계가 곧 부품의 한계이고, 완제품의 한계이자 기능의 한계이기 때문이다. 예컨대 더 가볍고 충격에 잘 버티는 노트북, 더 오래 지속되는 배터리 등은 신소재 개발과 선택에 따라 거듭 개선되고 있는 기능이다. 그것이 바로 공학자들이 원천 소재 개발에 매진하는 이유다.

#신소재공학

#재료과학

#재료공학

#살아남은\_소재들

## <세계사를 바꾼 12가지 신소재>

사토 겐타로 지음 / 송은애 옮김 / 북라이프 펴냄

### 시대가 원하는 재료가 등장한 순간들

<세계사를 바꾼 10가지 약>이란 베스트셀러로 잘 알려진 일본의 과학 전문 칼럼니스트 사토 겐타로의 후속작이다. 이 책에서는 금, 도자기, 콜라겐, 철, 종이, 탄산칼슘, 비단, 고무, 자석, 알루미늄, 플라스틱, 실리콘 등 인류 문명에 큰 영향을 미친 대표적인 물질 12가지가 각각 어떻게 발견됐는지, 어떻게 세계를 연결하고 바꾸었는지를 꿰뚫는다. 전작과 마찬가지로 해박한 역사적·과학적 지식을 긴밀하게 연결한 스토리텔링이 돋보인다.

저자는 “문명이 한 단계 위로 나아가려면 다양한 요인이 필요한데 훌륭한 신소재는 다른 요인보다 출현하기가 극히 어렵기에, 시대가 원하는 재료의 등장이 바로 세상에 커다란 변화를 일으키기 위한 결정타”라고 말한다.

#세계사

#신소재

#스토리텔링



## <양자화학>

정완상 지음 / 성림원복스 펴냄

### 고대 연금술에서 폴링의 양자화학까지

신소재와 신약 등을 개발하려면 화학물의 구조와 화학반응을 이해해야 한다. 이때 필요한 것이 바로 양자역학의 원리를 이용해 원자나 분자의 성질을 설명하는 화학의 한 분야, 바로 ‘양자화학’이다. 1931년 미국 화학자 라이너스 폴링이 양자역학 원리로 메테인의 화학결합을 설명하는 첫 논문을 발표하면서 양자화학이 창시됐다. 이 공로로 그는 1954년 노벨화학상을 수상했다.

이 책은 ‘노벨상 수상자들의 오리지널 논문으로 배우는 과학’ 시리즈 중 한 권으로, 정완상 국립경상대 기초과학부 교수가 폴링의 논문을 쉽게 풀어냈다. 신소재 개발과 관련한 기초적인 원리가 궁금하다면 이 책을 펼쳐보자.

#라이너스폴링

#양자화학

#메테인





## 유튜브 찾아볼까?



화학하악

### ▶ [2025 노벨화학상] 금속 유기 골격체 간단 해설

올해 노벨화학상은 새로운 분자구조인 ‘금속 유기 골격체(MOF, MetalOrganic Framework)’를 개발한 과학자 3명에게 수여됐다. MOF는 금속이온과 ‘유기 리간드(금속이온과 결합해 복합체를 형성하는 유기 분자)’가 결합해서 만들어진 다공성 물질로, 이산화탄소 포집에 활용할 수 있어 기후 위기 대응을 위한 핵심 기술로 불린다. 화학자 장홍제 교수의 채널에서 MOF의 기본 개념을 배울 수 있다.

#노벨화학상

#MOF

#장홍제



보다 BODA

### MIT 박사가 알려주는 캡틴 아메리카 방패 만드는 방법

김현우 한양대 신소재공학부 교수의 짧지만 알찬 신소재 강의. 강도가 세고 전도성이 뛰어난 그래핀, 전기저항이 0이 되는 초전도체, 그리고 마블 세계관 속 상상의 금속인 비브라늄의 후보 물질까지, 여러 신소재에 대한 기본 내용을 소개한다. 마주 앉아 대화를 나누듯 편안하게 소개하는 영상이지만, 깊이 있는 과학적 내용까지 함축적으로 녹아 있다.

#비브라늄

#그래핀

#김현우



## 새로운 블루오션 ‘햅틱 기술’, 디지털 촉감 시대를 열다



손가락 하나로 화면을 ‘톡톡’ 두드리면 원하는 기능이 ‘척척’ 실행되는 터치스크린 형태의 휴대전화. 휴대전화를 터치했을 때 우리는 진동을 느낍니다. 또 휴대전화는 하루에도 수십 번 울리며 알림 소식을 전합니다. 이러한 진동과 울림 뒤에 숨겨진 기술, 바로 햅틱입니다. 과연 햅틱 기술이 무엇이고, 어디에 어떻게 쓰이는지 알아보까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트

### 햅틱 기술이란 무엇인가

햅틱<sup>Haptic</sup>은 2006년 2월 미국 경제 전문지 <포브스<sup>Forbes</sup>>가 인류 미래 삶의 모습을 변화시킬 10가지 기술 중 하나로 선정하면서 세간의 관심을 모으기 시작했습니다. 당시 <포브스>는 햅틱 기술이 일상생활 속 대부분의 전자기기에 적용될 것으로 예측했습니다. 햅틱이란 말은 그리스어의 ‘만지는’를 뜻하는 형용사

‘Haptesthai’에서 유래한 영어 단어로 ‘촉각의’라는 의미를 담고 있습니다. 즉 햅틱은 촉각을 이용해 정보를 전달하는 기술입니다. 마우스, 키보드, 터치스크린 같은 각종 디지털 기기를 만지거나 다룰 때 실제로 특정한 물체를 만지는 듯한 촉감을 느끼게 하는 것입니다. 이를테면 문자메시지가 왔을 때의 짧은 진동이라든지, 가상현실<sup>VR</sup> 게임을 하면서 총을 쏘았을 때 느끼는 떨림 등이 바로 햅틱 기술에 해당합니다.

햅틱은 감각의 종류에 따라 크게 두 가지 ‘촉감 재현 기술’로 나뉩니다. 근육과 관절에 물리적 힘을 전달하는 ‘역감 재현<sup>Force Feedback</sup>’(운동감각

재현)'과, 피부에 질감·진동·압력·온도 등을 전달하는 '진동 촉감 재현'<sup>Vibrotactile Feedback</sup> 기술이 그것입니다.

역감 재현은 화면의 움직임에 따라 몸이 움직임을 느낄 수 있도록 합니다. 예를 들어 가상현실의 총 게임에서 총을 쏘았을 때 반동이 느껴지는 것과 같습니다. 진동 촉감 재현은 손끝에 실제 대상을 만지는 것 같은 촉감을 느끼게 합니다. 이를테면 의사들이 가상의 환자를 대상으로 시술을 연습할 때 실제처럼 느껴지는 촉감입니다. 4DX 영화관에서 영화를 볼 때 의자가 움직이고, 충격을 받는 장면이 나오면 떨리고, 피부에 바람이나 물이 뿌려지고, 작은 핀으로 등을 두드리는 것은 역감과 진동 촉감을 모두 재현한 방식입니다.

햅틱은 촉각을 통해 사용자와 기기 간의 상호작용을 극대화하는 것이 목적입니다. 가상현실·증강현실<sup>AR</sup>·확장현실<sup>XR</sup>·메타버스 등이 햅틱 기술과 결합될 경우 콘텐츠 사용자의 몰입도를 크게 높일 수 있습니다.

### 디지털 촉감을 창조한 햅틱의 진화

그렇다면 햅틱 기술은 어떻게 시작되었을까요? 그 처음은 1960년대 로봇의 원격조종을 위한 공학에서 시작됐습니다. 우주공간 같은 위험한 곳에 로봇을 보내 사람이 원격으로 조종하자는 생각을 한 겁니다. 먼 거리의 로봇을 조종하여 물체를 만지게 할 때 그 촉감을 사람도 느껴야 제대로 된 조종을 할 수 있습니다. 이것이 햅틱 기술을 개발한 동기입니다.

최초의 햅틱 기술이 적용된 사례는 전화입니다. 1973년 미국 발명가 토머스 새너<sup>Thomas D. Shannon</sup>이 최초로 '촉각 전화' 관련 특허를 취득했고, 1975년 벨 전화연구소의 마이클 놀<sup>Michael Noll</sup>이 촉각 통신 시스템을 발명했습니다. 그리고 1989년 윌리엄스일렉트로닉스<sup>Williams Electronics</sup>에서 진동으로 반응하는 햅틱 기능의 핀볼 게임기 '어스셰이커<sup>Earthshaker</sup>'를 선보였습니다. 이를 기점으로 1990년대엔 콘솔 게임 제조사들이 햅틱 기술을 사용한 게임기들을 대량 생산해내기 시작했습니다.

이후 햅틱 기술은 비디오 게임, 로봇틱스, 소비자 가전 등 다양한 분야로 영역을 넓혀갔습니다. 2000년대 중반 들어서는 휴대전화 터치스크린에 적용되며 대중에게도 친숙한 기술로 자리 잡았습니다. 지금이야 흔한 기술이지만, 햅틱 기술이 적용된 휴대전화가 처음 등장했을 때만 해도 대중에게 큰 반향을 일으켰습니다. 차갑게만

느껴지던 디지털 기기에서 아날로그적 감성을 느낄 수 있게 되었기 때문입니다.

햅틱 기술의 핵심은 진동입니다.

스마트폰에서 주사위 놀이나 윷놀이를 할 때나, 공이 튀는 느낌을 구현해 실감 나는 탁구를 즐길 수 있는 것도 진동 패턴을 만들어놓은 덕분입니다. 진동은 진폭과 주파수, 전달 시간 등을 바꿔가며 다양한 촉감 유형을 만들어냅니다.

햅틱 기술이 적용되지 않은 과거의 맛있는 터치스크린은 진동이 없어 기기를 만지고 다루는 느낌이 없었습니다. 그래서 손가락이 크거나 기기 사용에 익숙지 않은 사람들이 사용할 땐 실수나 오작동이 잦았던 게 사실입니다. 하지만 햅틱 기술이 적용되면서 디지털 기기 사용자에게 현실감과 생동감을 느끼게 하는 한편, 오작동 비율이 줄고 동작 효율도 높아졌습니다. 현재의 햅틱 기술은 사용자와 기기 간의 소통 방식을 근본적으로 바꾸고 있습니다.



햅틱 기능 핀볼 게임기 '어스셰이커'.



## 햅틱 구현의 핵심은 센서와 액추에이터

햅틱 기술은 다양한 '촉각 수집 센서<sup>Sensor</sup>'와 촉각 재현 '액추에이터<sup>Actuator</sup>(구동장치)'를 사용하여 구현합니다. 센서는 사용자의 움직임이나 터치 감지를 통해 정보를 수집합니다. 예를 들어 스마트폰의 터치스크린은 사용자가 화면을 누르는 압력을 감지할 수 있습니다. 액추에이터는 센서가 수집한 정보를 바탕으로 진동·압력·움직임 등의 기계적 자극을 생성하여 사용자가 촉각적으로 느낄 수 있도록 합니다.

이를 다시 종합하면 특정 물체가 센서에 닿으면 물체를 만질 때 발생하는 압력과 진동을 전기신호로 변환하고, 이 전기신호를 진동 액추에이터로 전송하는 것이 햅틱의 원리입니다. 이후 액추에이터는 전기적 에너지로 원하는 동작을 작동시키므로 촉감을 전달할 수 있습니다. 이를테면 스마트폰의 터치스크린을 누르면 그 밑에 달린 진동 모터가 작동하고, 이때 발생한 진동 자극의 촉감이 누른 손가락 피부를 통해 사용자에게 전달되는 방식입니다.

이러한 원리를 통해 사용자는 화면에서의 클릭이나 드래그 같은 행동을 물리적으로 느낄 수 있습니다. 햅틱 기술에서 주로 손으로 느끼는 감각을 다루는 이유는, 보통 외부 세계를 촉각적으로 탐색할 때 손을 먼저 사용하기 때문입니다.

## 타인의 촉각을 멀리서 느끼게 하는

### 텔레햅틱

거듭되는 햅틱 기술의 진화는 아예 접촉하지 않고도 마치 접촉한 듯 가상 감각을 느끼게 하는 원격의 햅틱을 발전시켰습니다. 바로 '텔레햅틱'입니다. 텔레햅틱<sup>Telehaptics</sup>은 촉각을 원격으로 전송하고 재현하는 기술로, 멀리 떨어져 있음을 뜻하는 텔레<sup>Tele</sup>와 햅틱<sup>Haptic</sup>을 합친 말입니다. 직접 만졌을 때 느껴지는 촉감이 아니라 떨어져 있어도 느끼는 촉감에 초점을 맞춘 기술입니다. 어떤 특정 물체를 만졌을 때의 촉감을 멀리 떨어진 다른 사람의 손가락으로 전송하는 것인데, 원격 작업의 특성상 양방향으로 촉각 정보를 주고받는 경우가 많습니다.

한국에서 텔레햅틱을 구현한 주인공은 한국전자통신연구원<sup>ETRI</sup>입니다. ETRI 연구진은 피부 부착형 텔레햅틱 기술을 이용해 15m 떨어진 거리에서도 금속이나 플라스틱, 고무 등의 질감과 촉감을 손가락으로 느끼는 기술을 개발해 세상을 놀라게 했습니다.

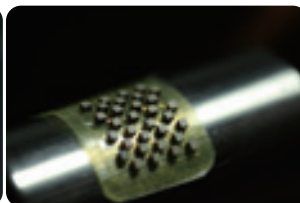
## ETRI의 텔레햅틱 기술



ETRI 텔레햅틱 기술에 활용되는 압전 센서.



ETRI 텔레햅틱 기술을 통해 촉각 정보를 수집하는 모습.



ETRI 텔레햅틱 기술에 활용되는 압전 액추에이터.



ETRI 텔레햅틱 기술에 활용되는 압전 액추에이터(좌)와 압전 센서(우).



ETRI 텔레햅틱 기술에 활용되는 압전 센서.



ETRI 텔레햅틱 기술에 활용되는 압전 액추에이터.



ETRI 텔레햅틱 기술을 통해 촉각 정보를 수집하는 모습.



ETRI 텔레햅틱 기술을 통해 촉각 정보를 수집하는 모습.

스티커처럼 손가락 끝 피부에 텔레햅틱 장치를 부착한 후 실험실에서 블루투스 통신을 이용해 촉감을 전달한 결과 15m 거리에서 얻은 촉감 신호와 재현한 촉감 신호가 97% 일치했다고 합니다. 데이터 신호 전달 과정에서도 지연이 거의 없어 실시간으로 감각을 느낄 수 있습니다. 연구진은 또 ETRI라는 글자를 모스 부호로 전달해 원격으로 메시지를 보내는 데도 성공했습니다.

ETRI의 텔레햅틱 기술을 활용하면 원격에서 면과 폴리에스테르, 스판덱스 같은 서로 다른 직물의 재질을 구별할 수 있습니다. 또 볼록하게 튀어나온 글자 표면을 만지거나 플라스틱 막대가 손끝을 굴러갈 때 나타나는 느낌도 원격으로 재현할 수 있습니다.

텔레햅틱 기술은 가상현실을 이용한 스포츠과학과 특히 ‘궁합’이 잘 맞을 것으로 보입니다. 예를 들어 단거리 달리기 등 스포츠 동작을 가상현실에서 재현할 경우 선수는 땅바닥의 감각까지 기기를 통해 전달받을 수 있어 더욱 실감 나는 스포츠 동작을 취할 수 있습니다. 이 기술이 응용되는 미래에는 박물관에서 직원이 특정 유물을 손으로 만지면 주변에 모인 관람객들이 동시에 자신의 손가락 끝에서 그 생생한 촉감을 느끼는 경험도 기대할 수 있을 것입니다.

### 다양한 분야에 무궁무진 활용

물론 햅틱 기술은 아직 완벽하지 않습니다. 하지만 지금 연구가 활발하게 이뤄지고 있는 만큼 실제 촉감과의 차이를 점점 줄여갈 것입니다. 이미 메타와 애플, 삼성전자를 비롯한 세계적 빅테크 기업들의 햅틱 기술 및 관련 장치 개발 경쟁이 치열합니다. 글로벌 시장조사 기관 ‘리서치앤드마켓’에 따르면, 햅틱이 적용될 가장 큰 시장인 세계의 메타버스 시장 규모는 2030년 9366억 달러(약 1300조 원)에 달할 전망입니다.

현재 햅틱 기술은 게임기와 터치스크린뿐 아니라 자동차와 로봇, 의료 등 다양한 분야에 접목되어 디지털 기기에 생동감을 불어넣고 있습니다. 최근 자동차에는 헤드업 디스플레이<sup>Head-Up Display</sup>가 많이 활용되고 있습니다. 하지만 여전히 운전자는 내비게이션 기기, 오디오, 에어컨 등을 조작하는 경우가 많습니다. 이 때문에 운전 중 시선을 분산시켜 안전 운행에 지장을 받습니다. 햅틱 기술은 차량의 이러한 여러 기능을 안전하게 조작할 수 있도록 도와줍니다.

예를 들어 스티어링 휠에 장착된 햅틱 피드백 시스템은 에어컨, 오디오,

모바일 기기, 내비게이션, 창문 같은 조작 대상을 촉각 느낌만으로 버튼 위치를 파악해 누를 수 있습니다. 휠 위에서 엄지손가락만으로 딱딱하고 무른 정도를 달리하는 촉각 버튼을 감지해 조정하기 때문에 운전자가 주행 중 주의력을 분산시키지 않고 안전 운전이 가능합니다.

의료 분야에서의 햅틱 기술은 수술 시뮬레이터 같은 훈련 기기를 이용해 의사들이 실제 수술을 하기 전에 다양한 상황을 연습할 수 있도록 도와줍니다. 이를 통해 의사의 손 떨림 같은 문제가 보완돼 실제 수술을 할 때 더 정확하고 안전하게 진행할 수 있습니다. 시신이나 동물을 이용해 수술을 연습해야 하는 필요성도 줄어듭니다.

햅틱 기술은 온라인 쇼핑에도 적용할 수 있습니다. 인터넷에서 옷을 살 때 사진을 아무리 봐도 이게 어떤 재질인지 분명하게 알지 못합니다. 이럴 때 판매자가 옷을 구매하려는 사람에게 촉감 신호를 보내줄 수 있다면, 집에 있는 촉감 재현 장치로 재질을 직접 느낄 수 있습니다.

이처럼 햅틱 기술은 머지않은 미래에 우리 생활 곳곳에 적용될 것입니다. 그러면 더욱 생생한 감각으로 기계와 사람이 소통하는 실감 나는 세상을 즐길 수 있을 것입니다. 계속되는 햅틱 기술의 발전으로 촉감을 넘어 오감을 느끼는 햅틱의 디지털 시대가 열릴길 기대해봅니다.



김형자 과학 칼럼니스트

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

## 자연에서 답을 찾다 : Global Challenge 문제해결을 위한 생체모방기술 개발

❶ 생체유동현상 : 혈액·영양분 등 생체 물질이 몸 안에서 원활하게 순환하고 흐르면서 생명 활동을 유지하는 과정.

❷ 생체모방기술 : 자연에 존재하는 생물체의 다양한 구조와 기능을 모방해 물건이나 물질로 이용하는 기술.

식물, 곤충, 동물 같은 생명체들은 수억 년의 진화 과정을 거치며 구조와 기능을 발달시켜 최적화된 생존 전략을 갖추고 있다. 이상준 포항공대 교수 연구팀은 자연의 비밀, 특히 생명체 내외부에서 일어나는 미지의 생체유동현상<sup>❶</sup>을 자세히 분석하고, 이에 대한 상세한 이해를 바탕으로 학제 간 융합 연구를 통해 여러 창의적이고 혁신적인 생체모방기술<sup>❷</sup>을 개발했다. 연구팀은 개발한 생체모방기술을 활용해 인류가 직면한 글로벌 문제<sup>Global Issues</sup>인 물 부족, 에너지 및 환경문제를 해결하기 위해 노력하고 있다.

글 이상준 포항공대 기계공학과 교수



## 생체모방형 저항 감소 기술 개발과

### 글로벌 에너지 문제 해결에 기여

연구팀은 해조류나 해양 동물의 표피 점액층에 있는 입구가 좁고 오목한 형상의 점액 저장공간에서 영감을 받아, 미세 공동 Cavity을 가진 생체모방형 윤활유 주입 표면인 MIS<sup>③</sup> Marine-creature Inspired Surface 기술을 개발했다. MIS 표면의 미세 공동은 가혹한 해양환경에서 윤활유가 빠져나가지 못하도록 막아, 표면에 형성된 미끄러운 윤활층을 지속적으로 유지했다. 이 MIS 표면은 대형 선박의 운항 속도에 해당하는 13m/s(25knot)의 고속 유동 조건에서 매끈한 알루미늄 표면에 비해 마찰저항계수를 최대 39%까지 저감시켰다. 또한 대면적의 곡면에 MIS 기술을 적용하기 위해 스프레이 분사 방식의 sMIS 기술을 개발하고 최적화했으며, 선박과 해양 운송체에 활용하기 위한 후속 연구를 추진하고 있다.

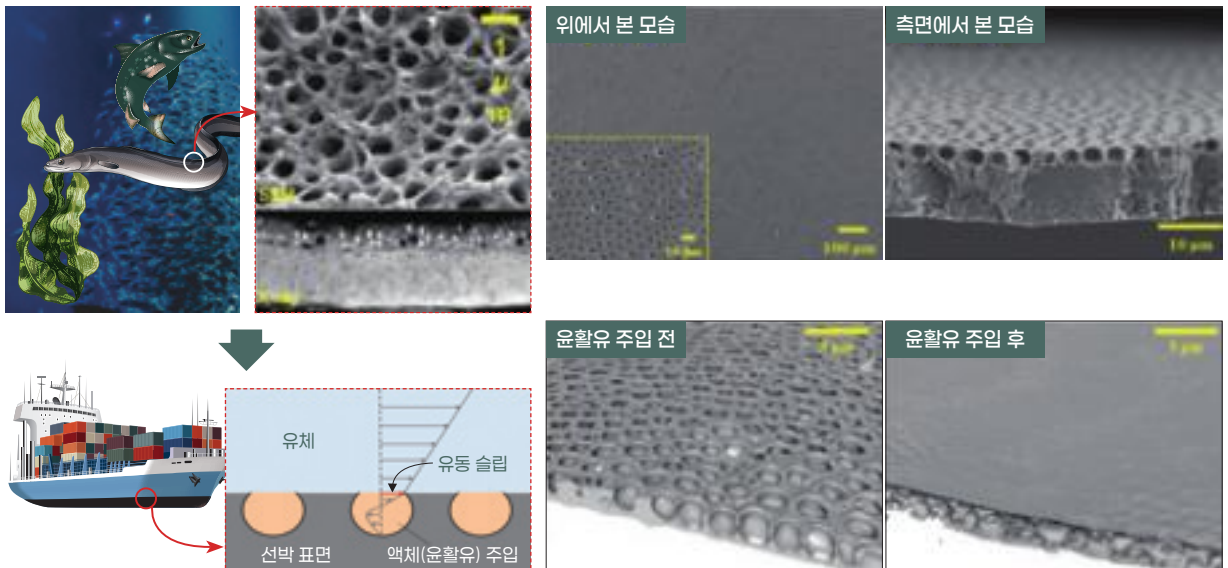
또한 해양 생명체가 가진 미끄러운 점액층의 주요 구성 성분인 지방산 아마이드 Fatty-acid Amide에서 영감을 받아, 이를 모사한 생체모방형 올레오젤 표면 기술을 개발했다. 올레오젤 표면은 탁월한 방오 Anti-fouling<sup>④</sup> 성능과 우수한 저마찰 특성을 가지고 있다. 고속 유동 조건에서 대부분의 기존 저마찰 표면이 마찰 저감 효과를 잃어버리는 데 비해 올레오젤 표면은 마찰저항을 14% 이상 줄였으며, 실제 해양환경에 4개월간 노출한 결과 해양 유기물들이 전혀 부착하지 않음을 확인했다. 최근에는 다공성 탄소 나노

구체<sup>Nanospheres</sup> 혹은 PDMS 브러시<sup>⑤</sup>를 표면에 추가적으로 부착해 올레오젤의 저마찰 성능을 강화했다.

초소수성<sup>⑥</sup> 표면의 공기층 불안정성 문제를 해결하기 위해 바닷가에 서식하는 조류인 가마우지의 깃털과 공기층 유지 성능이 우수한 수생식물의 형태학적 구조를 모사한 초소수성 표면 기술을 개발했다. 생체모방형 미세 격벽 구조를 가진 이 표면은 기존 초소수성 표면에 비해 공기층을 6.5배 이상 안정적으로 유지했다.

- ③ MIS : 해양 생명체의 점액 분비 구조를 자연 모사한 표면. 윤활유가 함유된 구형의 공동을 갖는다.
- ④ 방오 : 표면에 오염물이 달라붙지 못하게 하는 것.
- ⑤ PDMS 브러시 : PDMS(폴리디메틸실록산) 기판 위에 만들어진 고분자 브러시 코팅으로, 한쪽 끝이 공유 결합된 고분자 사슬들이 뿔뿔한 브러시처럼 밀집해 있는 형태를 말한다.
- ⑥ 초소수성 : 물과 잘 섞이지 않는 성질인 소수성이 극대화된 현상.

## 해양 생체모방형 윤활유 주입 MIS 표면 기술

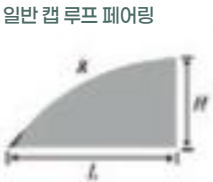


## 생체모방형 화물차 항력 저감 기술

(a) 바다사자 머리 모양



(b) 일반 캡 루프 페어링



(c) 생체모방형 캡 루프 페어링



(d) 고도화된 생체모방형 캡 루프 페어링



그리고 가오리 가슴 지느러미의 물결 모양 구조를 모사해 제작한 생체모방형 방오 표면은 소용돌이 흐름을 생성시켜 표면 부근에 위치한 해양 유기물의 부착을 억제했다. 이 밖에 폴리머 내부에 함침시킨 윤활유를 지속적으로 분비하는 LEP<sup>Long-chain Entangled PDMS</sup> 젤 기술을 개발해 실제 해역에서 실증시험을 수행한 결과, 생물오손<sup>Biofouling</sup>이 심한 여름철에도 따개비 같은 해양 유기물이 전혀 부착되지 않았으며, 방빙<sup>Anti-icing</sup> 성능도 매우 우수함을 확인했다.

또한 화물차의 연료 소비와 이산화탄소 배출을 효과적으로 줄일 수 있는 생체모방형 에너지 절약 기술을 개발했다. 예로 바다사자 머리 모양을 자연 모사한 3차원 형상의 CRF<sup>Cap Roof Fairing</sup><sup>⑦</sup>, 갭<sup>Gap</sup> 페어링 등과 같은 항력 저감용 유동 제어 기술을 개발해 화물차의 연비를 크게 향상시켰다. 개발한 생체모방기술들을 실제 화물차에 적용해 성능시험을 수행한 결과, 13.4%의 연비 저감 효과를 공인받았다.

⑦ 생물오손 : 물에 잠긴 인공적인 표면에 해양 미생물, 식물, 동물이 달라붙어 성장하는 현상.

⑧ CRF=Cap Roof Fairing : 주로 대형 트럭이나 버스 같은 차량의 공기역학 효율을 높이기 위해 지붕에 장착하는 장치.

개발한 공기저항 감소 기술들을 적용하면 화물차 1대당 연간 550만 원 정도의 연료비를 절약할 수 있다.

## 글로벌 물 부족 문제를 해결하기 위한 생체모방형 해수담수화 기술 개발

현재 10억 명 이상이 물 부족으로 고통받고 있으며, 머지않아 인류 절반이 물 부족에 시달릴 것이라는 경고도 나오고 있다. 이러한 상황에서 바닷물을 담수로 바꾸는 해수담수화 기술은 지속 가능한 물 공급을 위한 핵심 솔루션으로 주목받고 있다. 그런데 역삼투압법이나 막 증류법<sup>⑨</sup> 같은 기존의 담수화 기술은 막대한 에너지 소비와 막 오염 문제로 어려움을 겪고 있다. 연구팀은 염생식물인 맹그로브 뿌리가 가진 해수 염분의 필터링 원리를 규명하여 염분 제거 기작을 밝히고, 이를 모사한 생체모방형 멤브레인 기술을 개발했다. 그리고 양이온에 대한 흡착력이 높은 갈조류<sup>Brown Algae</sup>의 주성분인 알긴산 화합물을 금속 유기 골격체<sup>MOF, Metal-organic Framework</sup>에 합성하여 해수를 담수화하는 흡착식 담수화 기술도 개발했다.

연구팀은 탄화된<sup>Carbonized</sup> 식물이 태양광을 이용해 광열<sup>Photothermal</sup> 증발하는 현상에서 영감을 얻어 대나무, 발사<sup>Balsa</sup>나무, 규조토, 에어로겔, 하이드로겔, PDMS 및 폐기물 등 여러 다공성 탄소 물질을 활용해 다양한 광열증발기술<sup>⑩</sup>을 개발하고, 이에 기반한 태양광 기반의 계면증발식<sup>ISSG, Interfacial Solar-based Steam Generation</sup> 담수화 기술<sup>⑪</sup>들을 개발했다. 개발한 ISSG 해수담수화 기술은 높은 광열 변환 효율과 함께 세계 최고 수준의 담수화 성능을 가진 것으로 나타났다. 또한 담수

효율을 높이기 위해 증발기 내부의 물 수송 성능 개선과 함께 응축 성능을 극대화하고, 증발 과정에서 석출된 소금의 축적을 억제하는 기술을 확보했다. 개발한 해수담수화 기술들을 활용해 콤팩트한 소형 담수화 장치를 개발했으며, 일부 기술을 관련 산업체로 기술이전했다.

## 글로벌 환경문제 해결을 위한 생체모방형

### 미세먼지 제거 기술 개발

연구팀은 스킨답서스나 틸란드시아 같은 공기정화식물이 기공을 통해 분출한 증기가 주변의 상대습도를 높이고 미세먼지를 침강시키는 원리를 밝혔는데, 이는 비가 오면 미세먼지가 줄어드는 현상과 유사하다. 이러한 현상에 기반하여 증산작용이 왕성한 공기정화식물 잎이 가진 미세먼지 제거 메커니즘을 규명하고, 생체모방형 습윤 기반의 미세먼지 제거 기술을 개발했다. 또한 환경 생물학적 지표로도 사용되고 있는 착생식물인 틸란드시아는 특이한 구조를 가진 잎사귀를 통해 공기 중의 수분과 미립자들을 흡수하는데, 이러한 미립자 포집 기능을 자연 모사하여 흡착식 미세먼지 제거 기술을 개발했다. 이 기술은 공기 중 수분을 물로 회수하는 기술로도 활용할 수 있다.

태양광 기반의 계면증발기술이나 미세 구멍을 가진 기판을 부착한 초음파 가습기로 수 마이크로미터<sup>㎞</sup> 크기의 미세 액적<sup>㉓</sup>을 생성하여 1시간에 초미세먼지(PM2.5)를 90% 이상 제거하는 효과적인 초미세먼지 제거 기술을 개발했다. 이 정도의 초미세먼지 제거 성능은 기존의 초미세먼지 제거 기술로는 달성하기 어렵다. 또한 미세 액적의 크기가 작을수록 초미세먼지 제거 효과가 증가함을 밝혔다.

결론적으로 연구팀은 수억 년에 걸친 진화를 통해 구조와 기능을 최적화한 생명체가 가진 생존 전략에 주목, 이를 생체모방형 공학적 기술로 활용해 인류가 직면한 글로벌 문제해결에 일익을 담당하고 있다.

⑨ 막 증류법 : 소수성 다공성 분리막이라는 특수한 막을 이용해, 온도 차이에 의한 증기압 차이를 구동력으로 하여 물질을 분리하는 기술.

⑩ 광열증발기술 : 태양광과 같은 빛에너지를 열에너지로 직접 바뀌서 물을 증발시키는 차세대 물 정화 기술.

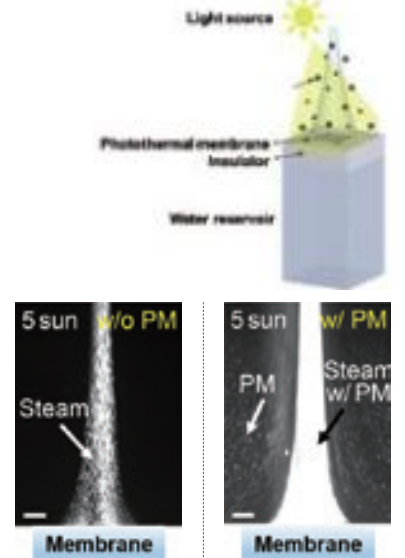
⑪ 계면증발식 담수화 기술 : 광열 증발을 활용한 방식으로, 태양광을 ‘물 표면(계면)’에만 집중시켜 초고효율로 물을 증발시키는 것이 핵심 원리다.

⑫ 미세 액적 : 마이크로미터<sup>㎞</sup> 크기 범위의 매우 작은 액체 방울을 말한다. 작은 크기 때문에 일반적인 상태의 액체와는 다른 독특한 물리·화학적 특성을 지녀 첨단 과학기술 분야에서 다양하게 활용된다.



틸란드시아는 공기 중 수분과 미립자를 흡수하는 특이한 잎사귀 구조를 가졌다.

### ISSG 기술로 생성한 미세 액적을 이용한 미세먼지 제거 기술



광열 막<sup>PM</sup>이 없을 때는 햇빛(5 sun)을 쬘어도 ‘Steam’ 화살표가 가리키는 것처럼 증기 발생량이 상대적으로 적음.

광열 막에 동일한 햇빛 조건(5 sun)에서 ‘Steam w/ PM’ 화살표가 가리키는 것처럼 훨씬 강력하고 많은 양의 수증기<sup>Steam</sup>가 발생.



### 이상준 포항공대 기계공학과 교수

포항공과대학교 기계공학과 교수이자 생체유체연구단 단장으로 재직 중이다. 생체 유동, 미세 유동 현상 등을 해석하여 효과적인 유동 제어 기법을 연구하고 있다. 과학기술 1급 훈장 창조장을 수훈하는 등 연구 성과를 국내외적으로 인정받았다.





정승현 한국건설기술연구원 건축연구본부  
스마트도시센터 센터장

# 사람답게 사는 도시를 만드는 일

한국형 스마트시티 연구를 이끄는 한국건설기술연구원  
스마트도시센터 정승현 박사는 도시를 ‘살아 있는 유기체’로  
이해하는 인문학적 접근과 첨단기술의 균형이 중요하다고  
강조한다. ‘제왕의 학문’ 도시공학에 호기심을 느낀 고등학생에서  
출발해 지금은 스마트시티를 설계하는 정승현 센터장을 만나 그가  
꿈꾸는 이상적인 도시에 대해 물었다.

글 김선녀 사진 김기남

한국건설기술연구원에서 스마트시티 연구를 시작하게 된  
계기와, 현재 맡고 있는 역할을 소개해주세요.

고등학교 때 학과 탐방을 갔는데 ‘도시공학은 제왕의 학문’이라는  
말을 듣고, 굉장히 매력적이라고 생각했어요. 내 계획에 따라 그곳에  
사는 사람들의 일상이 바뀐다는 사실이 놀라웠죠. 학사 때부터  
도시공학을 공부했고, 도시계획으로 박사학위를 받았습니다.  
스마트시티에서 도시문제를 해결하기 위한 여러 기술과 서비스를  
적용할 때 도시계획의 역할이 매우 큼니다. 자연스럽게 스마트시티  
연구를 맡게 되었고, 현재는 건설기술연구원에서 스마트시티 분야를  
총괄하는 스마트도시센터장을 맡고 있습니다.

데이터 기반 도시설계라는 분야가 생소합니다. ‘도시를  
데이터로 설계한다’는 것은 구체적으로 어떤 일인가요?

도시를 계획하고 설계하는 일은 사람의 활동을 제어하고 조절하는  
것이라고 생각합니다. 이곳에서 몇 명 정도 살게 할 것인지, 그만큼의  
인구를 위해 어떤 시설이 필요한지, 직장과 주거지의 이동은 어떻게  
할 것인지 등 다양한 도시 활동을 예측하고, 이를 바탕으로 도시를  
만들어가는 것입니다. 그 과정에서 물론 데이터가 중요한 역할을  
하죠.

도시계획 초기 단계에서 빅데이터는 어떤  
방식으로 적용되나요?

도시 활동에 대한 자료는 빅데이터로 많이  
구축되어 있습니다. 예를 들어 통신사에서  
통신기지국을 기반으로 주변의 스마트폰  
단말기 접속 대수를 활용해 유동 인구를  
예측한 데이터를 구축하고 있습니다. 도시는  
정적인 공간이 아니라, 사람과 물자가  
이동하는 동적인 특성을 가지고 있습니다.  
이것을 파악하고 또 예측할 수 있다면 적절한  
토지 이용 규모와 시설 계획이 가능합니다.  
실제로 최근 상업시설의 미분양 사례를 들  
수 있어요. 정확한 예측을 통해 적정 규모의  
상업시설이 공급될 수 있다면 이러한 사태를  
미연에 방지할 수 있죠.

최근 도시 데이터를 확보하는 주요 경로와  
활용 방식에는 어떤 것들이 있나요?

과거보다 도시 데이터를 얻을 수 있는  
경로가 훨씬 다양해졌습니다. 정부는 데이터  
포털을 통해 공공데이터를 개방하고 있으며,  
서울시를 비롯한 주요 지자체는 방대한  
도시 정보를 체계적으로 수집·관리하고  
새로운 데이터도 지속적으로 발굴하고  
있습니다. 통신사나 카드사 등 민간기업들도  
각자의 업무 특성에 맞는 데이터를 생산해  
판매하거나 영업활동에 활용하고 있습니다.

디지털트윈이나 AI 모델링 같은 기술이  
도시설계 과정에서 어떻게 쓰이고, 실제로  
문제해결에 어떤 변화를 만들어냈는지  
알려주세요.

디지털트윈은 실제와 같은 환경을 모사하고  
이를 연동하는 쌍둥이 현실을 만드는

것입니다. 만약 도시가 디지털트윈으로 구축된다면 도시 관리와 운영을 위한 의사결정을 수립하는 데 큰 도움이 될 것입니다. 단순히 실험실에서 구현할 수 있는 수준이 아닌, 도시에 살고 있는 개개인의 복잡한 활동 알고리즘에 기반한 행태를 모사하는 것이 필요합니다. 이 과정에서 AI 모델링은 출퇴근 패턴, 특정 장소에서 사람들 집중, 대기질과 도시 열섬 같은 환경 이슈 분석 등에서 큰 역할을 할 수 있습니다.

### 연구 과정에서 예상치 못했던 기술적·조직적 도전 과제는 무엇이었고, 이를 어떻게 극복하셨나요?

AI 자체가 도전입니다. 스마트시티는 도시문제 해결을 목적으로 합니다. 그리고 해결 방안으로 이전과는 차별화되는 AI 같은 첨단기술이 큰 역할을 하고 있어요. 문제는 기술의 변화 속도가 너무 빠르다는 것입니다. 도시에 모이는 데이터에 집중하는 사이에 AI 기술 발전이 너무 빠르게 진행되었습니다. 학습 중심에서 거대 언어 모델의 활용으로 전환되었고, 에이전틱 AI를 거쳐 이제는 피지컬 AI로까지 확대되고 있죠. 그럴 때마다 연구 중인 과제의 내용을 새롭게 구성하고

바꾸는 과정이 필요했습니다. 실제로 1950년대부터 2000년대까지 도시계획의 변화는 크지 않았거든요. 그 긴 시간보다 근래 몇 년의 변화가 훨씬 더 드라마틱합니다.

### 기술보다 사람이 중심이 되는 도시란 어떤 모습이라고 생각하시나요?

스마트시티는 우리가 오래전부터 추구해온 도시의 이상향과 같습니다. 인류가 도시를 만든 이유는 생산성을 높이고 외부 위협으로부터 안전을 확보하는 등, 사람이 살아가는 공간을 더 나은 형태로 만들기 위해서였습니다. 스마트시티 역시 마찬가지입니다. 기술은 그 목적을 이루기 위한 수단일 뿐이며, 최종 목표는 도시문제를 해결하고 사람 중심의 더 나은 공간을 만들어가는 데 있습니다. 기술이 목적이 되고



“기술은 그 목적을 이루기 위한 수단일 뿐이며, 최종 목표는 도시문제를 해결하고 사람 중심의 더 나은 공간을 만들어가는 데 있습니다.”



## 정승현 센터장은 누구

정승현 박사는 한국건설기술연구원 스마트도시센터에서 도시와 환경을 주제로 연구하고 있다. 주요 관심 분야는 탄소중립도시, 인공지능을 활용한 도시계획, 그리고 이를 담는 그릇인 스마트도시의 정책과 기술이다. 탄소중립도시계획연구단장을 맡아 국내 최초로 전국 단위 탄소공간지도를 구축하여 지자체의 탄소중립 전략 수립을 지원했으며, 과학기술연합대학원대학교<sup>UST</sup>에서 도시융합공학 전공 교수를 겸직하고 있다. 연구와 정책을 연결하는 실용적 도시계획을 지향하며, 미국·독일의 연구기관과 국제 공동연구를 통해 데이터 기반의 탄소중립 도시 모델을 개발하고 있다.

도시가 그에 종속되는 순간, 본래의 의미가 전도되는 것입니다.

### 한국형 스마트시티, 즉 ‘K-스마트시티’의 한국성(K)은 어떤 철학이나 기술로 정의할 수 있을까요?

속도가 아닐까요. <케이팝 데몬 헌터스>에서 보듯 가장 한국적인 콘텐츠가 세계적인 흐름을 주도하는 것처럼, K-스마트시티도 한국의 빠른 도시성장 스토리에 우리가 겪은 문제와 해결 방안이 집약되었다고 생각합니다. 이러한 경험을 현재 인도네시아, 베트남같이 우리와 비슷한 문화를 배경으로 성장과정을 겪고 있는 국가 및 도시들과 나누고 있습니다.

### 한국형 스마트시티를 설계할 때, 기술과 속도 중심의 접근과 함께 도시를 유기체처럼 이해하는 인문학적 사고를 병행해야 하는 이유는 무엇인가요?

당연히 인문학적 사고가 필요합니다. 도시는 기계가 아닌 유기체와 같습니다. 마치 살아 있는 생명체처럼 도시가 작동하죠. 이러한 생명체를 다룰 때 단순한 기계적인 사고는 지양해야 한다고 생각해요. 나라마다 스마트시티에 대한 가치와 철학도 조금씩 다릅니다. 미국은

교통망을 중시하고, 유럽은 탄소중립을 최우선으로 하죠. 도시문제 해결은 어떤 것을 보는가에 대한 고민이 중요한 것 같아요.

### 스마트시티 분야를 꿈꾸는 청년이나 연구 지망생들에게 필요한 역량이나 추천하고 싶은 경험이 있다면 무엇인가요?

도시를 이해하려면 역사와 인문학적 사고가 매우 중요합니다. 도시의 역사는 성공과 실패의 기록으로 가득하며, 여기서 배울 점이 많습니다. 예를 들어 성경의 바벨탑 이야기처럼, 과거의 도시설계와 사회적 맥락을 이해하면 현재의 도시문제를 분석하고 해결하는 데 큰 도움이 됩니다. 결국 스마트시티를 설계하는 일은 철학적 사고와 연결되기 때문에, 역사와 인문학 공부 경험이 큰 자산이 됩니다.

### 마지막으로, 센터장님이 그리는 10년 후 한국의 스마트시티는 어떤 모습일까요?

제가 꿈꾸는 스마트시티는 사람 냄새가 느껴지는 도시입니다. 걸어서 출근하고, 자전거 타고 이동할 수 있으며, 일과 생활이 가까운 곳에서 이루어지는 도시죠. 사람들 간의 잦은 만남과 소통이 자연스럽게 이루어지고, 거리 곳곳에서 관찰과 교류가 일어나는 공간이 되었으면 합니다. 제인 제이콥스라는 도시 운동가가 말한 것처럼 창밖에서 뛰어노는 아이들을 이웃이 지켜보고, 사람들이 서로를 살피며 참여하는 공동체적 분위기가 살아 있는 도시가 되는 거죠. 상업과 여가, 일상이 자연스럽게 섞인 공간이 만들어지고, 지방분권이 실현되어 다양한 지역에서 이런 도시 모델이 가능해질길 바랍니다.

## <테크 포커스>의 든든한 서포터

# 똑\*소리단



### 똑똑하게 소 통하고 리 뷰하는 <테크 포커스> 독자 단

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. <테크 포커스>를 함께 만들어가는 똑소리단의 10월호 리뷰를 확인해보세요!

#### 박재완

이번 호의 키워드는 '휴머노이드'. 글로벌 휴머노이드의 미래 국가 경쟁력 부분에서 가장 주목받고 있는 것이 휴머노이드 로봇인 듯합니다. 특히 이런 휴머노이드 로봇의 상용화 경쟁을 위한 K-휴머노이드 생존 전략을 제시해주어 유익했습니다. 관련된 내용의 Keitoon, 법과 윤리, R&Dism의 슬기로운 기술 생활 등 휴머노이드와 관련된 알찬 내용 덕에 피상적으로 알고 있던 휴머노이드에 대한 이해를 높일 수 있었습니다.

#### 서정수

재생에너지나 배터리 인프라의 확대를 위해 꼭 필요한 희토류를 폐모터와 폐자석에서 회수하고 재활용하는 기술을 개발한 성림첨단산업(주)의 연구개발 소개를 인상 깊게 읽었습니다. 희토류는 추출할 때 환경오염이 심해 접근이 어려운 산업이고, 전 세계 상당량을 생산하는 중국이 이를 무기화하고 있어 에너지 전환 등 기후 위기 대응 시 걱정되는 분야였는데, 이를 해결하고 자립할 수 있는 기술이 국내에서 개발되어 무척 감사한 마음이 들었습니다.

#### 김현

레오나르도 다빈치의 초기 오토마타 구상부터 인공지능 기반의 최신 휴머노이드까지, 시대별 기술 발전의 흐름을 한눈에 파악할 수 있도록 깔끔하게 정리되어 있네요. 특히 아시모, 휴보와 같은 상징적인 로봇들의 탄생 비화와 기술적 의의를 명확히 짚어주어 휴머노이드 공학에 대해 좀 더 알게 되었습니다. 단순히 연대기를 나열하는 것을 넘어, 과거의 기술적 한계가 현재의 동적 균형 제어 및 AI 혁신으로 어떻게 이어졌는지 이해할 수 있도록 명확한 맥락을 짚어주신 것 같아요.

#### 심형훈

전기차와 풍력 산업의 핵심인 희토류 영구자석 기술 확보, 그리고 복강경 수술의 한계를 뛰어넘을 정교한 의료 기술 개발 사례는 국가경쟁력과 국민 삶의 질 향상에 기여할 잠재력이 인상적이었습니다. 그러나 원료 수급의 불안정성과 기술 구현의 높은 난도라는 지속적인 과제를 안고 있어, 성공적인 결실을 맺기 위해서는 정부와 기업의 장기적인 지원이 필수적이라는 생각이 들었습니다.

#### 강정미

휴머노이드 분야별 주요 기업을 나눠서 알려주어 좋았습니다. 휴보라는 로봇은 처음 봤는데 DARPA 로봇틱스 챌린지에서 우승해 세계적으로 주목받았으며, 재난 구조 로봇으로 아주 유용해 보입니다. 상용되어 재난 상황에서 많은 이의 목숨을 구할 수 있으면 좋겠습니다. 그리고 '똑소리 나는 일상 속 과학 이야기'를 읽으며 평소에 생각했던 내용인데 대신 질문해줘서 감사하다는 생각이 들었네요. 흥미로운 질문이 많았고 답변 또한 명쾌하면서 재밌었습니다.

### 전준규

액추에이터와 감속기에 대한 세밀한 설명으로 모터의 토크를 높여주는 원리를 쉽게 이해할 수 있어 좋았습니다. 하지만 도입부의 휴머노이드에 대한 정의 설명 등은 중복된 느낌이 들었으며, 말미에도 휴머노이드 모델의 일반적 발전사를 이야기하여 액추에이터와 감속기의 깊은 정보를 원했던 독자의 기대와는 다른 방향의 글이라 아쉬웠습니다.

### 김영길

65세 이상 인구가 17%에서 2054년 33%로 늘어나고 노동시장의 구조적으로 변화하면서 휴머노이드 로봇의 역할이 커지겠지만, 어디까지 이를 허용할 것인지가 관건으로 보입니다. 현재도 실업자가 많은데, 로봇이 상당 부분 인간을 대체하여 실업자가 증가한다면 산업의 이익이 인간의 노동권을 상당히 침범하지 않을까 우려됩니다. 또한 기술적 미성숙, 비용, 안전성 문제, 윤리적·법적 책임도 지적되고 있는데, 최근 자율주행차량이 심심치 않게 사고 나는 것을 보면 인간과 로봇의 경계를 엄격하게 구분하기보다 조화와 융합이 필요해 보입니다.

### 정일성

“로봇은 다학문 분야”라고 정순웅 실장님이 말씀하셨습니다. 다니엘라 루스 역시 “사회과학 분야와 정책 및 소통 전문가”들도 로봇 기술 논의에 참여할 것을 주장합니다. 서원상 부장님이 말씀하신 “다양하고 이질적인 분야에 대한 관심”에서 “융합하는 능력”이 생긴다는 조언도 좋았습니다. 기획기사와 관련 연구자들을 깊이 이해하고 소통하기 위해서는 편향 없는 관심과 꾸준한 공부의 필요함을 알려주시는 말씀으로 이해했습니다. 잘 실천해보고자 합니다.

### 김유진

이번 10월 호에서는 글로벌 휴머노이드 로봇 경쟁 속에서 각국의 전략 비교를 통해, 휴머노이드 산업이 경제 - 사회구조 전반의 변화를 이끄는 새로운 전쟁터임을 실감할 수 있었습니다! 특히 인상 깊었던 부분은 ‘K-휴머노이드 연합’에 대한 분석이었습니다. 한국은 속도나 양산력보다는 지능·데이터·표준화 역량을 결합한 전략적 접근을 택하고 있다는 점이 눈에 띄었습니다. 단순히 따라가는 기술이 아니라, 지능형 로봇 생태계 구축을 통해 새로운 리더십을 창출하려는 의지가 돋보인다는 점에서요! 이러한 전략은 한국 사회의 구조적 문제를 해결할 실질적 방안으로 이어질 수 있다는 점에서도 의미가 크다고 봅니다.

### 김형우

이번 ‘공학자의 사선’ 기사는 내용과 구성 모두 훌륭합니다. 사진이 풍부하고, 각주를 통해 독자가 잘 모를 부분도 쉽게 이해할 수 있도록 배려한 점이 좋았습니다. 특히 “기술은 문제를 해결하는 도구일 뿐 아니라, 사회 패러다임을 바꾸는 철학이 되어야 한다”는 문장이 깊이 인상에 남습니다.

### 독자 퀴즈의 정답을 맞춰주세요!

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

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

20명 증정

퀴즈 정답자  
모바일 쿠키 교환권



단순한 디지털 기술 도입을 넘어 기업과 산업의 구조, 운영 방식을 인공지능 중심으로 재설계하는 근본적인 혁신의 물결이 다가오고 있다. 바로 인공지능 전환을 의미하는 ○○다. AI를 통해 업무 자동화와 지능화를 이루고, 데이터 기반의 최적화된 의사결정을 통해 산업의 새로운 가치를 창출하는 이 시대적 변화는, 윤리적 책임과 규제 마련의 필요성 등 수많은 과제를 동시에 안고 있다.



산업의 내일을 읽고  
기업의 오늘을 이끕니다.



테크 포커스 2주년 이벤트

# 케박사를 찾아주세요!

이벤트 기간 | 2025년 11월 10일 ~ 12월 9일

테크 포커스 웹진 속에 숨어 있는 케박사를 찾아주세요!

웹진(techfocus.kr)에 접속하여 곳곳에 숨어 있는 케박사를 찾은 후,  
메인 페이지의 우측 이벤트 참여를 통해 케박사의 숨은 위치를 선택해주세요.  
참여자 중 200분을 선정하여 커피 교환권을 선물로 드립니다.



<테크 포커스> 웹진 바로가기

# Tech Focus

산업통상부 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 이뤄갑니다**



**산업통상부**



**한국산업기술기획평가원**  
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

9 773022 717003  
ISSN 3022-7178

