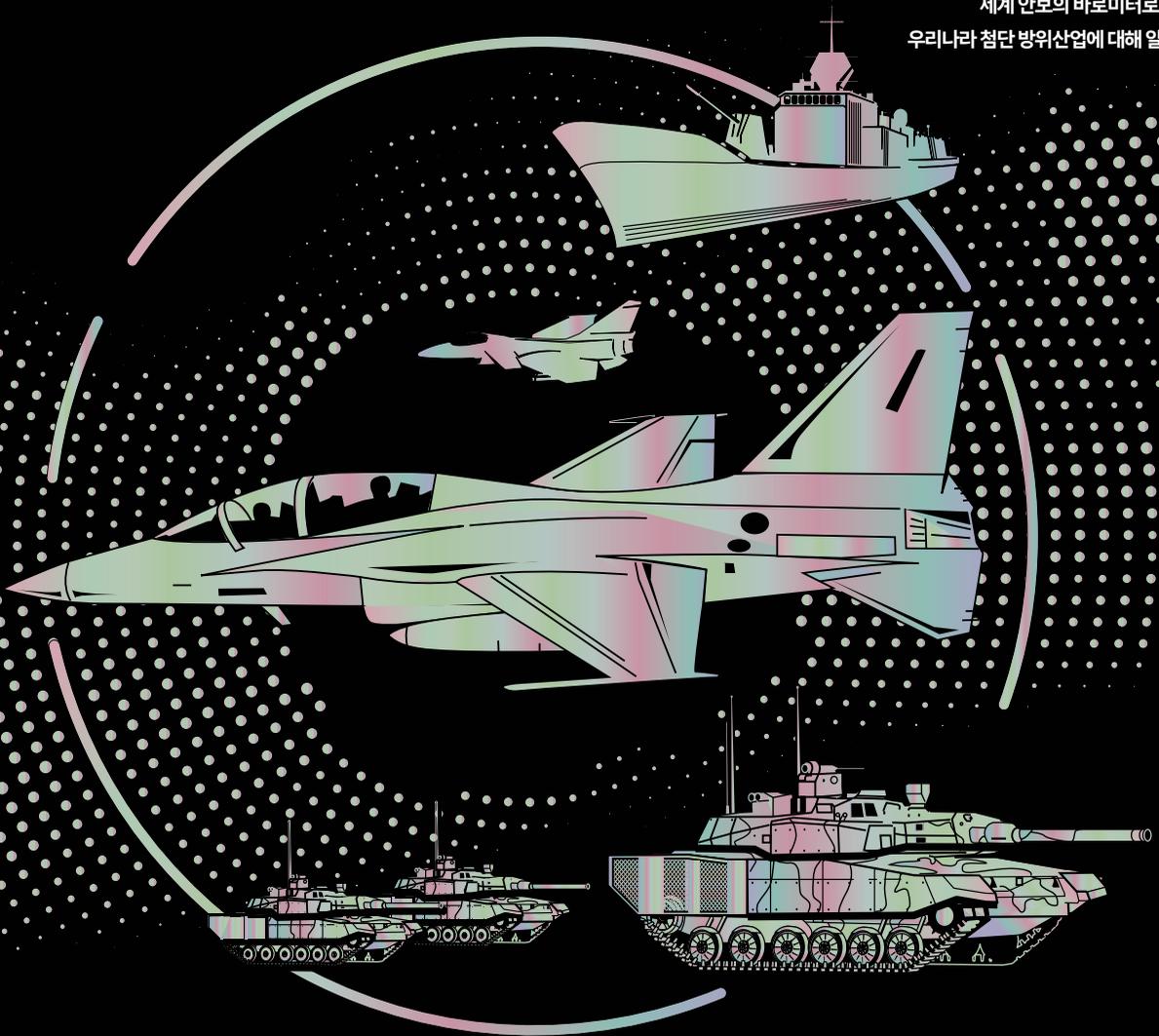


# TECH FOCUS

2024 . VOL. 11 . SEPTEMBER .  
9



대한민국 방위 기술의 오늘  
K9 자주포, FA-50 전투기, 스텔스 기술 등  
세계 안보의 바로미터로 성장한  
우리나라 첨단 방위산업에 대해 알아보다



〈테크 포커스〉 웹진 보기  
매월 10일 오픈



방산 기술, 세계 평화를 위한 조용한 힘

20



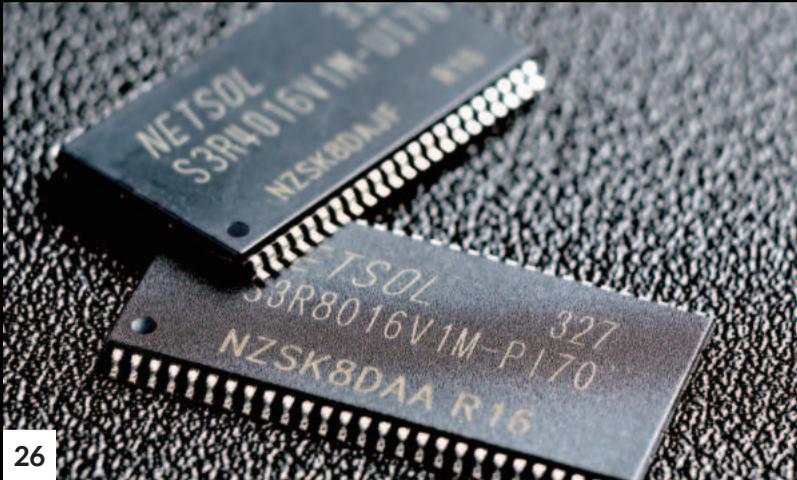
50



58



08



26



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2024년 9월 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 ㈜타라티피에스(031-945-1080) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8567) 잡지등록 대구동, 라00026

본지에 게재된 모든 기사의 저작권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없이 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다. 필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.

## Focus Story

02

Intro

All About 방위산업

04

History

대한민국 방위산업이 걸어온 길

08

Trend

대한민국을 넘어 세계를 지키는

K9과 K-기갑장비

14

Issue

신냉전 시대, K-방산의 성장은 계속된다

20

Interview

끊임없는 성능개량으로 세계적 경쟁력 확보

대한민국 다목적 전투기 FA-50

KAI 고정익체계실 장민영 전문위원

## R&D Note

26

Changing Tomorrow&Challenge

넷슬(주)

M램 단품 국산화 기술,

차세대 메모리 주도권 확보한다

30

R&D 프로젝트1

(주)현보

초음파센서 모듈 국산화로

자율주행 기술 선도에 한 걸음 더

34

R&D 프로젝트2

광운대학교산학협력단

채혈 없는 패치형 멀티센서로

대사증후군 관리도 스마트하게

## R&D Policy

38

Issue

첨단산업의 필수 불가결 된 섬유

세계 최고 수준 산업으로 키운다

## Global Tech

40

Info

한눈에 보는 사이버 보안

42

Trend

변화하는 위협, 진화하는 방어

사이버 보안 기술

## ESG Tech Trend

46

ESG & Tech

물 재생의 숨은 일꾼, 미생물

50

ESG Issue

패키징 기술 혁신으로, 지속가능한 물류 선도한다

## Tech & Story

54

테크 알쓸신잡

마법처럼 사라진다, 스텔스 기술

58

잡 인사이드

문형남 숙명여자대학교 글로벌융합학부 교수

AI에게 최적의 답변을 이끌어내는, AI 트레이너

## Review & News

62

폭소리단 리뷰

64

Notice

독자 퀴즈 .....>



# All About

## 방위산업

### 방위산업이란?

국가의 군사적 방어 능력을 강화하기 위해 무기·장비·기술을 개발, 생산, 유지하는 산업. 전통적인 무기부터 첨단 기술을 활용한 전자전, 사이버 방어 시스템, 인공지능<sup>A</sup> 기반 무기 시스템 등 광범위한 분야를 포함한다.

### 주요 물자는?

#### 유도



미사일이나 폭탄 등 무기가 목표물에 정확히 도달하도록 방향을 조정하고 수정

#### 탄약



총기나 대포, 미사일 등 다양한 무기 시스템에서 발사되거나 폭발을 일으키는 물질

#### 항공



공중을 비행하는 활동이나 기술로 항공기 설계 및 제조, 운항, 유지보수 등을 포함

#### 화력



탄약, 폭탄 등을 통해 적의 병력이나 장비, 시설 등을 무력화할 수 있는 능력

#### 함정



해군이 사용하는 군용 선박. 항공모함, 구축함, 잠수함 등 크기, 역할, 무장에 따라 다양한 역할

#### 회생방



화학, 생물학, 방사능, 핵의 위험 요소를 이용한 공격에 대응하거나 방어



### 국내 방산업체 수는?



주요 및 일반 방산업체, 준회원사 포함

#### 국산화율



완제품 평균

77.2%

주요 구성품 평균

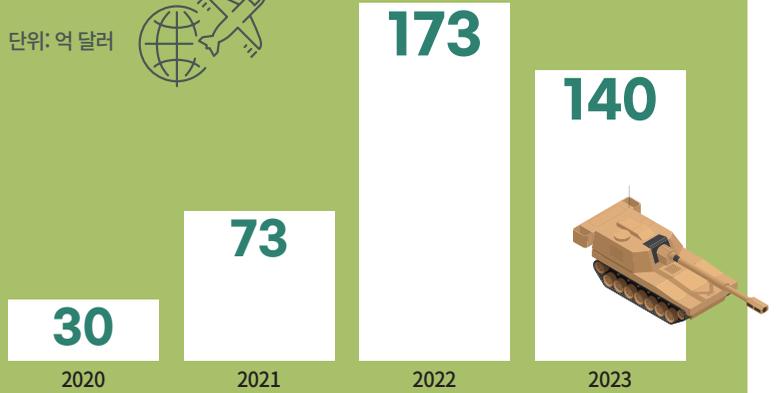
69.4%

자료: 한국방위산업진흥회



### 우리나라 방산 수출 규모는?

단위: 억 달러



자료: 삼일PwC경영연구원

### 세계 국방비 지출액은?



2023년 2조 4430억 달러

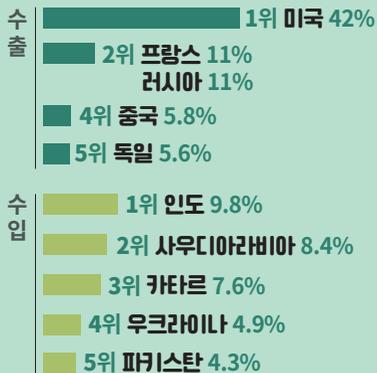
연평균 성장률 5.5%

2019년 1조 9170억 달러

### 국내 주요 기업 방산부문 매출액 (2020~2023)

기업	사업 부문	부문 매출액(억 원)			
		2021년	2022년	2023년	연평균 성장률
한화에어로스페이스	방산	28,843	35,864	56,678	40%
KAI	방산 및 완제기 수출 등	20,022	20,006	29,924	22%
LIG넥스원	방산	18,222	22,208	23,086	13%
현대로템	디펜스솔루션	8,965	10,592	15,781	33%

### 글로벌 5대 주요 무기 수출&수입국



자료: 스웨덴 스톡홀름국제평화연구소(2019~2023)

### 한국의 주요 수출 품목은?



- 2020년 — K9 자주포
- 2021년 — K9 자주포, T-50, 초계함
- 2022년 — MSAM II, K9 자주포, 원양경비함, K2 전차, FA-50, 천무
- 2023년 — K9 자주포, 원양경비함, K2 전차, FA-50, 다연장 로켓 천무, AS-21 레드백 장갑차 등 12개 품목





# 대한민국 방위산업이 걸어온 길

반세기 전, 우리 군의 무기는 외국제 일색이었다.

그러던 것이 이제는 ‘K-방산’이라는 이름으로 각국에 물자를 수출하는 시대가 되었다. 우리나라의 방위산업, 어떤 길을 통해 얼마나 발전해온 것일까?

## 방위산업이 우리와 무슨 관계가 있나고?

군수산업이라고도 부르는 방위산업(이하 방산)은 군대에서 필요로 하는 다양한 물자를 만들어 납품하는 산업이다. 여기에는 무기는 물론이고 비무기도 포함된다. 방산의 효용은 보는 관점에 따라 극과 극일 수 있다.

방산의 대표적인 특징은 기업이나 개인이 이윤을 창출하기 위한 제품이 아닌, 군대에서 전쟁을 치르기 위한 제품이라는 점이다. 다시 말해 방산 제품은 대부분 국가에 관납되기 때문에 민간에게 팔거나 부가가치를 만들어내기 매우 어렵다. 더욱이 전쟁은 해마다 돌아오는 태풍이나 폭염, 폭설 등의 자연재해와 달리 그 주기가 정해져 있지 않은 간헐성 재난이다. 그 때문에 방산 제품은 고객이 제한적이고 그 고객 또한 생각보다 지갑을 쉽게 열지 않는다. 그러다 보니 민간인의 입장에서는 ‘방산? 그게 나랑 무슨 상관이나?’ 하는 시큰둥한 반응을 보이기도 한다.

하지만 방산은 의외로 민간과 깊은 연관을 맺고 있다. 무엇보다 특유의 ‘높은 기술 집약도’가 타 산업에 시너지 효과를 줄 수 있다. 전쟁은 인간끼리 벌이는 가장 강도 높은 생존경쟁이다. 따라서 그 경쟁에서 이기기 위해 상대보다 더욱 발전된 기술을 투입한다. 방산 제품의 고도화를 위해 발전된 과학 기술은 민간의 생활 수준 향상에도 큰 도움을 주었다. 로켓과 위성 기술, GPS, 제트엔진 및 항공기 기술 등 규모가 큰 것도 있지만, 일상에서 쉽게 볼 수



1953년에 첫 비행한 한국 공군의 독자 개발 항공기 부활호. 못 먹고 못 입던 그 시절에도 방산의 꿈은 찬란했다.

있는 전자통신기술(컴퓨터와 인터넷), 터치식 신용카드 기술, 고어텍스, 심지어는 보존식품(건조식, 통조림, 레토르트 식품 등) 같은 기술 등도 군대나 전쟁 때문에 발명된 것이다. 그로 인해 세계적인 방산 기술을 보유한 국가는, 곧 세계를 선도하는 과학 기술력을 보유한 국가로 인정받는다.

무엇보다 국방은 국가 단위로 가입하는 보험이다. 필요한 군수물자를 모두 수입에 의존하는 나라와 자급하는 나라. 어느 나라가 전시에 유리할까? 답은 자명하다. 선진국, 강대국들이 자국의 국력에 걸맞은 방산 시스템을 갖추려 하고, 더 나아가 국제 방산 시장에서 자국의 영향력을 높이려고 하는 것도 모두 그 때문이다.

## 대한민국 방위산업의 시작

우리나라의 방산 역시 이러한 배경에서 발전되었다. 6·25전쟁의 아픔과 정전 이후에도 계속되는 북한의 위협이 발전의 주된 동기가 되었다. 분단 당시 남한은 북한보다 경제력이 부족한 나라였고 군비 역시 마찬가지였다. 1950년 6월 25일 국군은 북한군에게 개전 3일 만에 서울을 내주었고, 인천상륙작전까지 낙동강 방어선 이남을 제외한 남한 전토를 북한군에 내주어야 했다. 이후 1960년대 베트남전쟁 등 여러 국제적인 요인으로 미국이 주한미군 전력을 감축시키자, 남한은 자주국방의 길로 나설 수밖에 없었다.

1972년부터 1976년까지 제3차 경제개발 5개년 계획에서 방산의 근간이 되는 중화학 산업 개발에 역점을 두게 된다. 그 가운데 1970년 국방과학연구소를 설립하고, 1973년에는 「군수조달에 대한 특별조치법」을 통과, 이듬해 국군의 전력 증강 사업인 울곡사업을 시작하면서 관련된 학문적·법적 기반을 다진다.

또 이 시기부터 본격적으로 국산 방산 제품 생산을 시작했다. 첫 품목은 미국제 화포 및 탄약류의 면허 생산<sup>①</sup>이었다. 베트남전쟁에서 성능을 입증한 미국제 M-16 소총, M-60 기관총, 박격포, 견인포 등의 국내 면허 생산이 1970년대부터 시작되었다. 북한은 6·25전쟁 전부터 화포류의 국산화에 성공했던 점을

① 면허 생산: 특정 무기 및 장비를 다른 국가나 회사에게 생산할 수 있는 권리를 제공하는 방식이다. 라이센스 생산이라고도 하며, 생산에 따른 일정한 조건을 충족해야만 한다.

감안한다면, 20여 년을 뒤쳐진 상황이었다. 그러나 우리는 빠른 기간 내 격차를 만회했고, 독자개발된 방산 제품까지 만들어나가게 된다.

## K-방산의 시작, K-육상 장비

인간은 땅 위에서 살아간다. 그 때문에 전쟁의 근본이자 중심군은 지상군일 수밖에 없다. 게다가 땅은 공기(공중)나 물(수상)과 달리 매우 견고한 플랫폼으로 비교적 기술의 난도가 높지 않다. 기술도전국이 가장 먼저 국산화를 실현하는 것도 육상 장비다.

기본 중의 기본으로 꼽히는 방산 장비는 보병의 ‘개인화기’와 ‘공용화기’이다. 해당 제품의 국산화는 1970년대에 첫발을 떼었다. 1980년대 초반에는 K1 기관단총과 K2 소총 등의 K시리즈 화기가 실전 배치되었고, 현재에는 권총부터 자동유탄발사기에 이르기까지 사실상 모든 종류의 보병 화기가 나와 있다.

‘지상전의 왕자’로 불리는 전차의 개발사 또한 주목할 만하다. 1970년대 미국제 전차를 주력으로 보유했던 우리 군은 당시 최신에 전차이던 M-60 전차를 원했다. 하지만 미국이 M-60 전차의 수출을 거부했고, 당시 보유하고 있던 M-48 전차를 M-60 전차 수준으로



최초의 독자 개발 한국산 총기인 K1 기관단총(1981년 실전 배치)

6·25전쟁 당시에는 전차 한 대 없었지만 이제는 전차를 수출한다. 한국 최초의 국산 전차인 K1 전차



강화, 개조하게 되었다. 이것이 M-48A5K, 흔히 한국형 전차의 시작이다. 이후 미국과의 공동 개발을 통해 한국 최초의 국산 전차 ‘K1 전차’를 완성했다. 1980년대 후반의 일이다.

그리고 20여 년이 지난 2008년이 되어서야 후속 모델인 K2 전차를 독자적으로 개발·생산해냈다. K2 전차에는 불곰사업(러시아에 빌려주었던 차관의 현물 상환 사업)으로 도입한 러시아 T-80 전차의 기술이 다수 적용되었다.

장갑차<sup>㉑</sup>와 자주포<sup>㉒</sup> 등도 국산화에 성공했다. 장갑차의 경우 1976년 이탈리아 피아트 CM6614의 국내 면허 생산판인 KM-900을 시작으로 생산했고, 1985년 미국의 AIFV의 한국판 K200 장갑차를 실전 배치했다. 화포 역시 1980년대 K55 자주포, KH-178 견인곡사포, KH-179 견인곡사포 등을 생산하고, 1999년부터 K9 자주포를 실전 배치했다. 그리고 2020년대 중반인 지금 K1 전차와 K9 자주포의 무인화를 진행하고 있다.



KDX-3 세종대왕급 이지스 구축함 울곡 이이함

**보급에 필수적인 해상 장비**

세계 무역의 90%가 바다를 통한다. 전쟁 시 자국의 해상 보급로를 지키고, 적국의 해상 보급로를 차단하는 것이 중요하다. 따라서 바다와 하천에서의 승리도 매우 중요하다. 물 위를 오가는 배는 인간의 이동 수단 중 가장 규모가 크고 가격이 비싸다. 맞춤형 특수선인 군함은 그 경향이 더욱 심하다. 그렇기 때문에 해군력이

- ① **장갑차**: 전투 상황에서 병사들을 보호하고 이동시키기 위해 설계된 군용 차량
- ② **자주포**: 스스로 움직일 수 있는 대포
- ③ **고속정**: 빠르게 움직일 수 있도록 설계한 작은 군용 함정
- ④ **구축함**: 다양한 목적의 임무를 수행할 수 있는 중형급 전투함
- ⑤ **잠수함**: 물속으로 잠수할 수 있는 군용 함정으로 해상이나 해저 작전에서 중요한 역할을 한다.
- ⑥ **호위함**: 다른 함선들을 보호하기 위해 설계된 군용 함정. 주로 항공모함이나 상선 등을 적의 공격으로부터 지키는 역할을 한다.

곧 그 나라의 경제력, 기술력과 정비레한다고 본다.

한국 해군이 근대적인 국산 함정을 보유하게 된 것은 1970년대. 시제품 격인 KIST 보트와 학생호 고속정<sup>㉓</sup>이다. 이 중 학생호가 제비급 고속정으로 양산된다. 이후 미국제 애쉬빌급 고속정의 국내 생산형인 백구급 고속정, 백구급의 축소형인 참수리급 고속정이 양산되어 대북 억제 전력의 중요한 축을 담당했다. 그러나 1990년대까지 한국 해군은 연안 해군에 불과했고, 주력함인 충북급(기어링급) 구축함<sup>㉔</sup>도 제2차 세계대전 당시 건조된 노후함이었다.

우리 해군 전력이 현대적으로 강화된 것은 한국형 구축함 ‘KDX’<sup>Korean Destroyer eXperimental</sup> 사업과 한국형 잠수함 ‘KSS’<sup>Korean Submarine</sup> 사업을 통해서다. KDX 사업으로 광개토태왕급 구축함과 충무공 이순신급 이지스 구축함, 세종대왕급·정조대왕급 이지스 구축함이 구현되었고, KSS 사업에 따라 장보고급(독일 209급 잠수함의 면허 생산), 손원일급(독일 214급 잠수함의 면허 생산), 도산

4.5세대 전투기 KF-21 보라매



수직발사관을 갖춘 도산 안창호함



안창호급(독자 개발) 등이 탄생했다.  
 이 외에도 차기 호위함<sup>①</sup> 'FFX<sup>Future Frigate</sup>  
 eXperimental 사업'으로 인천급-대구급  
 -충남급 호위함을, 참수리급 고속정의  
 대체 전력으로 윤영하급 고속함을 개발해  
 실전 배치했다. 또한 천왕봉급 LST(전차  
 상륙함), 독도급 대형 수송함(상륙작전  
 지원은 물론 함대의 기함으로도 쓰일 수  
 있다)을 실전 배치함으로써 대양 해군으로  
 가는 길의 초석을 다졌다.

### 방산 기술의 집약체, 항공우주 장비

해상 장비가 가장 크고 비싸다면 항공우주  
 장비는 가장 기술집약적이다. 놀라운  
 점은 한국은 1950년대에 이미 항공우주  
 장비를 자체 개발한 적이 있었다는  
 사실. 1951년 해군 항공대가 미국의 T-6  
 텍산<sup>Texan</sup> 항공기를 수상기로 개조했었고,  
 1953년에는 공군 독자 항공기 '부활호'가  
 있었다. 그뿐만 아니다. 1958년, 최초의  
 국산 로켓을 만들어 발사 실험을 하기도  
 했다.

이후 1970년대 미국제 MD500  
 헬리콥터의 면허 생산, 1980년대 미국제  
 F-5 전투기 면허 생산, 1990년대 미국제  
 F-16 전투기 면허 생산을 진행했다.  
 이렇게 확보된 기술력과 생산 능력을  
 토대로 1990년대 KT-1 국산 기본훈련기,  
 2000년대 T-50 고등훈련기와 수리온  
 헬리콥터를 독자 개발해냈다. 1992년에는  
 한국 최초의 인공위성 우리별 1호를  
 발사했고 그 뒤로 민군 겸용 위성인  
 아리랑 위성 시리즈(1999년 첫 발사),  
 군사통신위성 ANASIS-Ⅱ(각각 2006,  
 2020년 발사), 정찰위성(2023년 첫 발사)  
 등 군사용 위성 개발과 운용을 이어나가고  
 있다.

### 수출 실적과 앞으로의 과제

한국은 이렇게 개발한 방산 제품을 세계 여러 나라에 수출, 세계  
 굴지의 방산 제품 수출국(2019년에 들어 세계 10위에 입성)으로  
 자리매김했다. 이러한 약진은 근래에 두드러진다. 비무기를 제외한  
 무기 수출만 보더라도 2010~2014년 7개국에 수출하던 것이  
 2015~2019년 17개국으로 늘었다. 2019년의 수출액은 전년도의  
 143%를 달성했다. 주된 수출품은 T-50 고등훈련기, 수리온  
 헬리콥터, KT-1 고등훈련기, 장보고급 잠수함, 인천급 호위함,  
 K2 전차, K9 자주포, AS-21 레드백 장갑차 등이다. 현재 개발 중인  
 LAH, KF-21도 수출 시장에서 선전할 것이 기대된다.

이렇게만 보면 한없이 장밋빛 전망 같지만, 우리나라 방산에도 여전히  
 해결되지 못한 문제들이 있다. 대표적인 것이 주요 핵심 기술의 대외  
 의존도다. 핵심 기술을 개발하는 데는 수많은 시간과 막대한 자본이  
 필수적이기 때문이다. 이는 수출에도 악영향을 끼친다. 이 문제를  
 해결하고자 여러 노력을 기울이고 있지만, 아직은 가야 할 길이  
 멀다. 꾸준한 투자와 연구개발, 인력 충원 등으로 우리 방산이 더욱  
 빛나기를 바란다.

AS-21 레드백 장갑차는 최근 오스트레일리아 육군 장비로  
 선정되기도 했다.



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.

# 대한민국을 넘어 세계를 지키는 K9과 K-기갑장비

1950년, 탱크 1대도 없이 공산군의 침입을 맞았던 대한민국이  
이젠 자국산 기갑장비로 무장했다. 휴전 상태인 북한의 도발을 막는 것을 넘어,  
6·25전쟁 당시 유엔군의 일원으로 우리를 도와준 인도, 호주, 튀르키예는 물론  
폴란드, 노르웨이, 루마니아 등의 나토<sup>NATO</sup> 국가에 수출되어  
세계의 평화를 지키는 데 이바지하게 되었다.



스스로 움직이지 못해 다른 이동수단이 필요한 견인포



❶ 야전포<sup>Field gun</sup>: 산이나 들판 등 지상 전투에서 사용하는 화포를 뜻한다. 제1차 세계대전 이전에는 말이나 인력으로 운반했고, 이후에는 차에 실어 운반했다.

### 전장을 지배하는 '자주포'

“포병은 전장의 신이다”라는 말은 현대전에서 진리로 통한다. 한때는 포병에 대한 중요성을 간과한 것도 사실이다. 하지만 2022년 발발한 러시아-우크라이나 전쟁을 통해 포병 화력이 총력전에서 중요한 축을 담당한다는 것이 또 한 번 증명되었다. 그리고 그중에서도 가장 중요한 무기체계로 손꼽히는 게 바로 ‘자주포’이다.

재래식 포병은 크게 견인포와 자주포로 나뉜다. 견인포는 자력으로 이동하지 못해 다른 운송수단의 도움을 받아 포를 이동해야 한다. 반면 자주포는 그런 견인포의 단점을 보완한 것으로, 자체적으로 이동할 수 있는 능력을 갖췄다. 명령과 전략에 따라 빠르게 포를 발사하고 사격 후에는 다른 장소로 이동이 가능하다.

자주포가 현대전에서 주목받은 이유는 ‘시간’이라는 요소가 공격 성공률과 생존능력에 결정적인 역할을 하기 때문이다. 1939년에 시작된 제2차 세계대전 당시 활약한 초기 자주포는 탱크 차체 위에 야전포<sup>❶</sup>을 올린 것이 대부분으로, 야전포가 이동이 가능하다는 정도의 의미였다. 이후 자주포 개량이 거듭되며 적의 공격으로부터 전투원을 보호할 폐쇄형

전투실이 설치되었고 사격 통제 장비 및 각종 자동화 시스템 등이 도입되며 더욱더 발전된 무기체계로 만들어지게 된 것이다.

### K-방산 기갑장비 대표 'K9' 자주포

우리나라의 자주포 개발은 1980년대 후반에 본격화되었다. 북한군 포병의 물량 공세로부터 질적 우위를 점하기 위해 신형 155mm 자주포 개발을 시작한 것. 처음에는 이미 전력화되어 있던 K55 자주포를 21세기 현대 전장 상황에 맞게끔 현대화하는 것이 계획이었지만, 육군은 아예 새로운 신형 자주포를 원했다. 그렇게 탄생한 것이 바로 K9이다.

K9은 기동력, 화력, 방어력 그리고 적절한 수준의 자동화가 잘 통합되어 있다. 톤당 20마력으로 기동성이 좋으며, 유기압 현수장치<sup>②</sup>를 이용해 사격 후 바로 이탈이 가능해 적의 대포병 사격으로부터의 생존 가능성도 높다. 사거리 40km 달성을 위해 155mm 52구경장의 포신을 채택했으며, 사격통제장치를 자동화해 진지 점령 후 30초 내 초탄 발사가 가능하다. 또 자동장전 방식을 채택해 15초 내 3발을 발사할 수 있다. K9을 통해 초탄 발사 속도인 반응성이 재래식 견인포에 비해 10배, 구형 K55과 비교해도 3배 이상 빨라졌다. 운용 인력도 기존 견인포에 비해 약 1/3로 줄었다.

군 지휘관의 입장에서 K9 자주포는 새로운 장을 열어준 무기체계다. 기존의 구형 K55 자주포의 경우, 자력 이동은 가능하지만 진지 점령 후 발사 준비를 마치고 포를 발사하는 방식에는 견인포와 크게 차이가 없었다. 하지만 K9을 사용하게 되면서 방열이 자동화된 덕분에 K55에 비해 3배 높은 공격 효율을 가지게 된 것이다.

K9 도입 전, 포병 지휘관들의 주된 관심사는 '어디에 포를 배치하고 진지를 어떻게 전개할까?' 하는 포 운영의 측면이 컸는데, K9 이후에는 '화력을 온전히 어떻게 운영할까?' 등의 화력 운영 측면으로 바뀌었다. 결과적으로 K9은 단순 신형

② 유기압 현수장치: 차의 바퀴와 차체 사이에 있는 장치로, 울퉁불퉁한 길을 달릴 때 차체의 충격을 줄여주는 역할을 한다. '유기압'이란 압축된 공기나 가스를 사용한다는 뜻으로, 이 압축된 공기 덕분에 차체가 부드럽게 움직인다.

장비가 아니라 포 운영의 큰 부분을 무기체계에 믿고 맡길 수 있는 즉, 지휘관이 화력 운영에 전념할 수 있도록 우리 군 작전계획 자체를 바꾼 무기체계로 볼 수 있다.

K9이 완성되기까지 많은 희생과 헌신이 있었다. 그중 한 명은 국방과학연구소의 김동수 본부장이다. 2009년 8월 과로로 순직한 그는 우리나라 육상 무기체계 최고의 권위자로 'K9의 아버지'라 불릴 만한 인물이다. K9 개발 과정에서 왼손 손가락 2개를 잃었고 청력까지 거의 상실했던 그는 이후 튀르키예 수출사업단장을 맡아 2001년까지 10억 달러의 수출 계약을 성사시켰다.

### K9 자주포, 수출의 시작

독일과 튀르키예 지상군 사령부 사이에서 진행되던 PzH2000 자주포 공동생산 계획이 1999년 독일 내 이슈로 인해 무산되자 대한민국 정부가 발 빠르게 움직였다. 정부는 튀르키예에 'K9 자주포 공동생산'을 제안하고, 한국 국방부의



본문에 소개된 K9 자주포 주요 수출 실적(2001~2024년)

- 2001년\_ 280문(튀르키예)
- 2014년\_ 120문(폴란드/차체)
- 2017년\_ 96문(핀란드/중고), 100문(인도), 30문(노르웨이)
- 2018년\_ 18문(에스토니아/중고)
- 2020년\_ 30문(호주)
- 2021년\_ 213문(이집트)
- 2022년\_ 212문(폴란드/1차), 152문(폴란드/2차)
- 2024년\_ 54문(루마니아)

총 9개국에 총 1305문(차체 포함)  
103억 달러 규모

\*문: 방산 무기체계에서는 무기 장비를 세는 단위. 1개의 무기는 1문

우리나라는 이집트와 지난 2022년 K9 자주포 수출 및 국방연구개발협력에 대한 MOU를 체결했다. 이집트 K9에는 STX엔진에서 개발한 국산 엔진이 탑재될 예정이다.



우리 육군이 한화에어로스페이스의 K9 자주포로 훈련을 하고 있다.

공식적인 보증을 약속했다. 이후 튀르키예 지상군 사령부는 실사단을 파견했다. 실사단은 K9 사격 시범과 생산시설을 둘러보며 공동생산에 대한 긍정적인 평가를 내렸다. 2000년 5월, 튀르키예와 자주포 협력에 대한 양해각서<sup>MOU</sup>가 체결되었다. 독일의 방해가 있었으나, 2001년 첫 계약을 성사시켰다. 이후 총 280문 10억 달러의 수출이 진행됐다(2024년 8월 환율로 1조3000억 원에 달한다). 그리고 2014년 폴란드에 차체 120대, 2017년에는 핀란드와 인도, 노르웨이에 각각 중고 96문과 100문, 30문이 판매되었다. 2018년 에스토니아가 중고 18문을 구매했고 2020년 호주 30문, 2021년 이집트 213문이 수출되었다. 그리고 러시아-우크라이나 전쟁이 발발하며 폴란드의 K9 수출이 화제로 떠올랐다. 폴란드는 2022년에 1차로 212문을 계약했고 이듬해 2차로 152문을 구매했다. 올해는 루마니아에 54문을 수출하며 총 9개국에 차체를 포함해 1305문을 수출했다. 이를 금액으로 환산하면 약 103억 달러, 한화로 13조9000억 원에 달하는 규모이다(2024년 8월 환율 기준).

**K-기갑장비의 이유 있는 질주**

K9 자주포의 제작사인 한화에어로스페이스에 따르면 2024년 4월, 미국 애리조나주 유마 육군 성능평가 시험장<sup>YPC</sup>에서 진행된 “K9 자주포의 레이시온 M982A1 엑스칼리버 정밀유도

사거리 연장 155mm 포탄 실사격 시험이 성공적으로 끝났다”고 한다. 해당 시험의 목적은 다양한 신관의 기능을 사용해 약 50km 떨어진 표적을 타격, 엑스칼리버 정밀유도포탄과 K9 자주포 호환성을 입증하는 것이었다. 시험에 사용된 시제 차량은 노르웨이 수출형 K9 자주포 ‘비다르<sup>VIDAR</sup>’였으며 발사된 탄들은 1m 미만의 원형 오차 확률<sup>CEP</sup>로 목표물을 명중했다. 시험을 통해 미군으로의 K9 수출 가능성과 한국과 미국, NATO 장비 간에 호환성, 운영성을 성공적으로 입증받았다는 평가를 받고 있다.

K9 자주포와 K2 전차 등 한국 기갑장비가 서방 국가에서 호평받는 이유는 신뢰성, 균형성, 호환성, 운영성 그리고 가성비이다. 전쟁에 쓰이는 무기체계에서 가장 주요한 요소는 ‘신뢰성’이다. 아무리 화력이 우수한 무기라도 신뢰성이 없다면 전장에서 운용되지 못한다. 처음 등장했을 때 ‘무적의 전차’로 선전되었던 러시아의 최신예 전차 T14 아르마타가 러시아-우크라이나 전쟁에서 모습을 보이지 못하는 게 대표적인 예다. 그다음은 호환성과 운영성이다. 총력전에서 한 국가가 단독으로 싸우는 경우는 거의 없다. 우크라이나가 NATO의 지원을 받고 러시아가 북한의 지원을 받는 것을 생각해보자. 신뢰성, 호환성, 운영성이 보장되면 계약까지는 가성비가 중요한 역할을 한다. 보통 이 요소들을 완벽하게 갖추는 것은 불가능에 가깝지만, K-기갑장비는 이들을

균형 있게 갖추고 있으며 가성비 또한 우수하다. 이 점이 K-기갑장비의 원동력이 되고 있다.

방산장비 수출은 장비 자체의 성능만으로는 이뤄지지 않는다. 업체 대 정부의 형식을 하고 있어도 결국 중요한 것은 ‘정부와 정부의 관계’이다. 외교관계로 인해 거래하기 힘든 국가들도 있기 마련이다. 이때 중요한 것이 정부에 대한 신뢰성이다. 최근 K-방산이 날개를 달 수 있는 데에는 그동안 국민이 쌓아 올린 대한민국이라는 브랜드가치가 한몫했다고 해도 과언이 아니다.

### 글로벌 기갑장비의 트렌드와 향후 전망

제2차 세계대전 당시 각국의 기갑장비들은 발전을 거듭하여 기갑장비의 3대 요소인 기동, 방어력, 화력적 측면에서는 이미 현대 장비가 갖춰야 하는 기본적인 요소를 거의 충족했다. 제2차 세계대전 이후 기갑장비의 트렌드는 다음과 같이 정리해볼 수 있다.

#### 1 방어 능력

몇 차례 중동전을 통해 보병이 휴대한 대전차 미사일에 기갑장비가 쉽게 무력화되자 이에 대한 방어 능력이 중요해졌다. 이로 인해 기갑장비에 소프트킬과 하드킬 방어



2023년 경기도 포천에서 진행된 ‘연합·합동 화력격멸훈련’. 건군 75주년 및 한미동맹 70주년을 기념해 역대 최대 규모로 실시됐다. 우리 측 F-35A, K9 자주포, K2 전차, 미국 측의 F-16, 그레이 이글 무인기 등 첨단 전력 610여 대와 71개 부대 2500여 명이 참가했다.



K9KA2. 과거 서방의 전차가 우리나라를 지켰다면, 이제는 우리의 전차가 서방의 평화를 수호하게 되었다.

장비<sup>9</sup>가 추가로 장착되기 시작했다. 러시아-우크라이나 전쟁에서 저가의 FPV 드론에 의해 전차들이 파괴되자, 세계 각국은 드론에 대한 물리적 그리고 전자전 방어체계를 전차에 달거나 연구하기 시작했다.

## 2. 네트워킹

네트워크를 통해 전차와 전차 혹은 외부 무기체계나 외부 정보·정찰·감시<sup>IRS</sup>를 연결해 전장 상황을 공유한다. 아군과 적의 상황을 공유하고 표적을 분배해 더욱 효과적인 교전을 가능하게 한다. 적을 단시간에 무력화하고 아군의 피해를 최소화할 수 있다.

## 3. 화력과 기동에 있어서 자동화·지능화 능력

화력 분야에 자동장전 장치를 사용하면 인력 소요는 줄이고 더 빠른 장전과 사격이 가능해진다. 이를 통해 교전의 효율은

**9 소프트킬과 하드킬 방어 장비:** 군사 방어 시스템에서 사용하는 용어로, 소프트킬은 적의 미사일이나 유도 무기를 물리적으로 파괴하지 않고 혼란시키거나 오작동하게 만들어 공격을 피하는 방식이다. 하드킬은 적의 미사일이나 포탄 등 물리적으로 파괴하는 직접적인 방어 방법이다.

**4 둔감장약:** 폭발물의 한 종류로, 일반적인 폭발물보다 감도가 낮아 쉽게 폭발하지 않도록 설계한 물질이다.

물론 승조원의 생존성을 높일 수 있다. 지능화 측면에서 보면 외부에 카메라 등을 이용해 사각을 없앤다. 전차 주변을 감시할 수 있고 이렇게 얻은 정보를 인공지능 기술을 이용해 우선순위로 무력화할 수 있다.

## 지금도 진화하고 있는 K9 자주포

이미 전 세계 자주포 시장의 점유율 50% 이상을 달성한 K9은 지금 이 순간에도 진화하고 있다. 자동사격 통제장치, 위치 확인장치, 조종수 야간 잠망경, 보조 동력장치, 후방카메라 등 다방면에 성능이 개량된 K9A1이 2018년부터 전력화되고 있으며 기존의 K9도 2030년까지 모두 K9A1 사양으로 개조될 예정이다. 그뿐만 아니라 2030년 전력화 예정인 K9A2도 2018년부터 연구에 착수했다. 이 차량은 K9의 차체나 기동체계는 그대로 사용하지만 포탑 무인화를 통해 탄약 장전장치의 구조를 바꾸고 둔감장약<sup>4</sup>을 적용해 현재의 3분간 최대 발사 속도 6~8발을 9~10발까지, 지속 발사 속도는 4~6발까지 끌어올린다는 계획이다.

향후 K9A3 버전에는 완전한 무인화를 통해 기존 유인 K9과 유·무인 복합 전투가 가능한 무기체계로 진화할 예정이다. 세계 최고의 자주포가 우리나라는 물론 세계 평화의 첨병 역할을 하는 것에 자부심이 느껴진다.



**태상호 군사 전문 칼럼니스트** 전쟁 지역과 군사 관련 취재를 전문으로 한다. 미국 전술교육기관 인증 전술교관으로 국내외 법과 사법기관에 전술교육을 실시하고 있다. 영화 <서울의 봄>, 넷플릭스 시리즈 <수리남> 등에 군사 자문을 제공했고 YTN <전쟁과 사람>, KBS <역사저널 그날> 등에 출연했다.



지난 2023년 10월 경기 성남 서울공항에서 열린 ‘서울 국제 항공우주 및 방위산업 전시회<sup>ADEX</sup> 2023’ 에어쇼. 우리나라와 동맹국들의 우수한 방위산업 기술이 한데 모인 자리였다.

## 신냉전 시대, K-방산의 성장은 계속된다

2022년 2월 러시아-우크라이나 전쟁이 발발한 지 2년 반이 넘어서고 있다. 중동의 상황도 다르지 않다. 2023년 10월 하마스의 기습적인 이스라엘 공격이 전면전으로 확대되며, 가자 지구와 이스라엘 남부를 중심으로 치열한 전투가 계속되고 있다. 2000년대 초반부터 시작된 미국과 중국의 전략경쟁<sup>Great Power Competition</sup>도 긴장도를 높이고 있다. 전 세계는 지난 30여 년의 탈냉전 시대를 끝내고 본격적인 신냉전<sup>New Colde War</sup> 시대로 재편되고 있는 형국이다.

## 국방 예산 증액 도미노, ‘글로벌 방산 골드러시 시대’

글로벌 안보 환경의 변화 추세에 따라 최근 전 세계 국방 예산이 천정부지로 늘고 있다. 스톡홀름 국제평화연구소<sup>SIPRI</sup>에 따르면, 2023년 전 세계 국방 예산이 2조4430억 달러를 넘었다(한화 3268조 원). 전년 대비 6.8% 급증한 수치이자 최근 9년 연속 증가한 결과이다.

2023년 기준 권역별 국방 예산은 북미 지역이 전체의 39%인 9430억 달러로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 이어 아시아-태평양이 5950억 달러로 24.4%, 유럽이 24.1%(5880억 달러), 중동 8.2%(2000억 달러) 순이다. 증가율 측면에서는 러시아-우크라이나 전쟁 여파에 따라 유럽 권역이 전년 대비 16% 증가했다. 특히, 동유럽 권역은 전년 대비 31% 급증한 1810억 달러를 기록했다.

중요한 포인트는 이러한 국방 예산 급증 추세가 단기간에 그치지 않을 것이라는 점이다. 미국의 항공우주 및 방위산업 조사기관인 에이비에이션 위크<sup>Aviation Week</sup>는 2023년 전 세계 국방 예산이 2조3000억 달러를 넘을 것으로 전망했는데, 실제로는 2조4330억 달러를 기록했다. 에이비에이션 위크에 따르면 2032년에 전 세계 국방 예산이 2조5000억 달러를 상회할 전망이다. 최근 추세를 고려한다면 3조 달러 이상도 가능할 것이라는 이야기가 나온다.

전 세계 무기 획득 예산도 증가하고 있다. 2023년 전 세계 무기 획득 예산은 2년 전보다 20% 이상 증가한 6600억 달러로 추정된다. 마찬가지로 에이비에이션 위크는 2032년 글로벌 무기 획득 예산은 7500억 달러에 이를 것으로 전망했다. 최근 추세를 고려하면 1조 달러에 근접할 가능성도 크다.

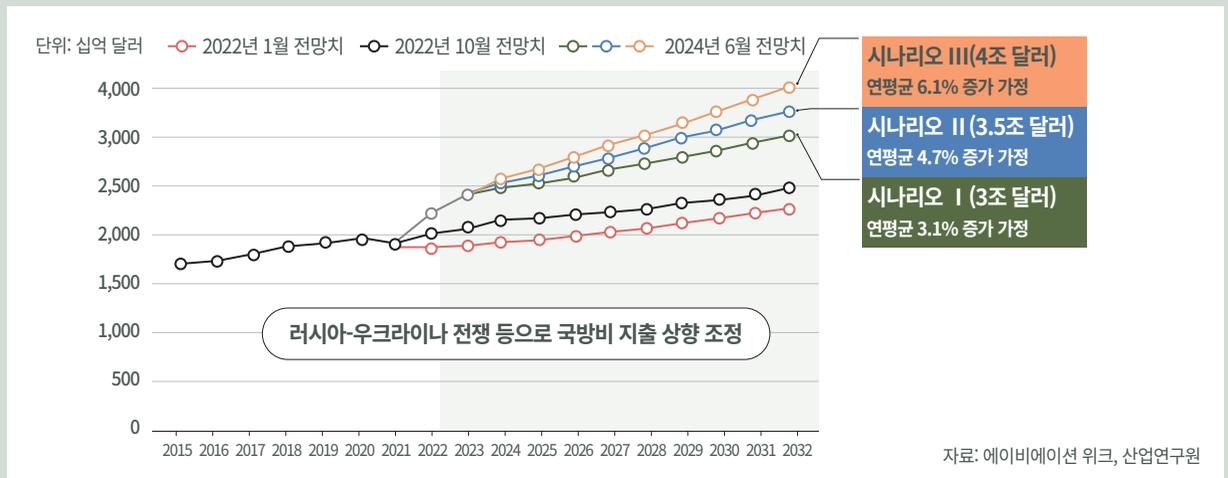
요약해보면, 2022년 러시아-우크라이나 전쟁과 2023년 이스라엘-하마스 전쟁 발발은 유럽과 미주, 아시아-태평양, 중동, 오세아니아를 포함하는 전 세계적인 국방 예산 증액 도미노 현상으로 이어져 명실공히 ‘글로벌 방산 골드러시 시대’가 도래한 것으로 평가된다.

## 미국 독주와 러시아의 추락

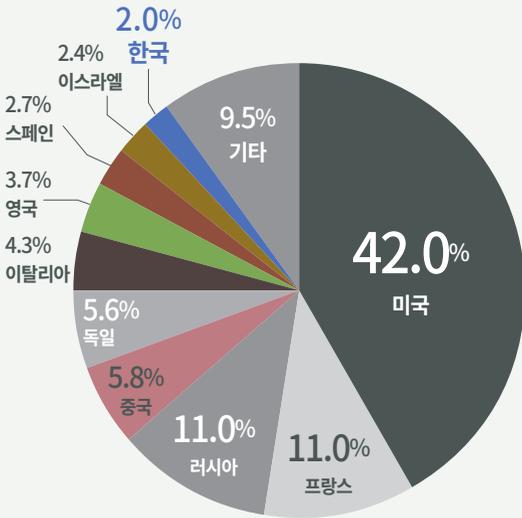
러시아-우크라이나 전쟁 이후 글로벌 방산 시장에서 가장 주목할 변화는 크게 4가지로 요약된다.

먼저, 미국의 독주 체제가 확고해졌다는 점이다. 과거 5년(2014~2018년) 대비 최근 5년(2019~2023년)간 미국의 세계 시장 점유율은 34%에서 8%p 증가한 42%를 차지했다. SIPRI에 따르면, 미국은 2023년 말 기준 전투기 1000여 대, 자주포 700여 대, 공격헬기 390대 등을 포함하여 무려 5600여 대 이상의 무기 수출 계약을 체결했다. 우크라이나를 포함한 동·북유럽과 중동, 아시아-태평양 지역을 중심으로 미국의 수출 독주는 계속될 전망이다.

## 글로벌 국방 예산 전망



글로벌 10대 방산 수출 국가(2019~2023년)



현재 수치상에선 2%인 우리나라의 비중이 낮은 것으로 느껴지지만, 전차 한 대 없던 나라가 반세기 만에 수출 10위권에 이름을 올렸다는 데 진정한 의미가 있다. 정부는 2027년까지 글로벌 수출 점유율 5%를 넘기며 세계 4대 방산 수출국으로 산업을 키우겠다는 방침이다.

주요국 방산 수출 증가율 추이



자료: 스톡홀름국제평화연구소

둘째, 러시아의 급격한 추락이다. 주지하다시피 러시아-우크라이나 전쟁 이후 러시아에 대한 경제, 금융, 방산 등 거의 전 분야에서 글로벌 제재가 계속되고 있다. 이에 따라, 과거 대비 최근 5년 러시아의 시장 점유율은 21%에서 11%로 급락했다. 미래 전망 역시 밝지 않다. 러시아는 우크라이나 전쟁에 따른 다층적 제재와 전쟁 중 드러난 러시아 무기체계의 신뢰도 하락, 인도-이집트-베트남 등 기존 무기 구매국의 수입 다변화 추세 등으로 추가적인 하락이 불가피한 상황이다.

프랑스, 한국이 새로운 방산 강국으로

셋째, 최근 5년 기준으로 프랑스가 11%를 기록하며 세계 2위에 이름을 올렸다. 프랑스는 최근 라팔 전투기를 중심으로 과거 러시아의 주요 무기 수출국인 이집트, 카타르, 인도네시아 등에 200억 달러가 넘는 계약을 체결했다. 최근 프랑스의 적극적인 무기 수출 시장 공략과 대규모 방산수출금융, 유럽방산정책<sup>EDIS</sup>에 따른 EU 회원국 내 무기 거래 비중 확대 정책 등으로 프랑스의 위상은 더욱 높아질 것으로 보인다.

마지막으로 한국 등 수출 신흥 국가들의 급격한 약진이다. 한국은 최근 3년(2022~2024년)간 380억 달러 이상의 무기 수출 계약 성과를 올리며 글로벌 시장의 새로운 강자로 부상했다. 실제로 2022년 폴란드에 전차, 자주포, 천무, FA-50 다목적 전투기 4종에 대해 450억 달러가 넘는 무기 수출 계약을 체결했다. 이를 교두보 삼아 최근 에스토니아와 루마니아에 K9 자주포 수출을 계약하기도 했다. 이는 K-방산이 동·북유럽 국가들의 시급한 무기 수요에 타 국가 대비 가성비 높은 제품을 보다 신속하고 정확하게 공급했기 때문이다. 또 기술 이전, 현지 생산 등 다양하고 유연한 산업 협력을 제공함으로써 프랑스, 독일 등 기존 무기 수출국과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있었던 것으로 평가된다. 산업연구원에 따르면 한국은 현재 미국, 유럽, 중동, 아시아-태평양, 호주, 중남미를 포함한 전 세계 30여 개국에 1200억 달러 이상의 무기 수출을 추진 중인 것으로 파악된다.



### 지속가능성 확보를 위한 부단한 혁신 계속해야

이러한 성과가 단기간에 끝나지 않고, 2027년 글로벌 방산 수출 4대 강국에 진입하기 위해서는 부단한 혁신을 계속해나가야 할 것이다.

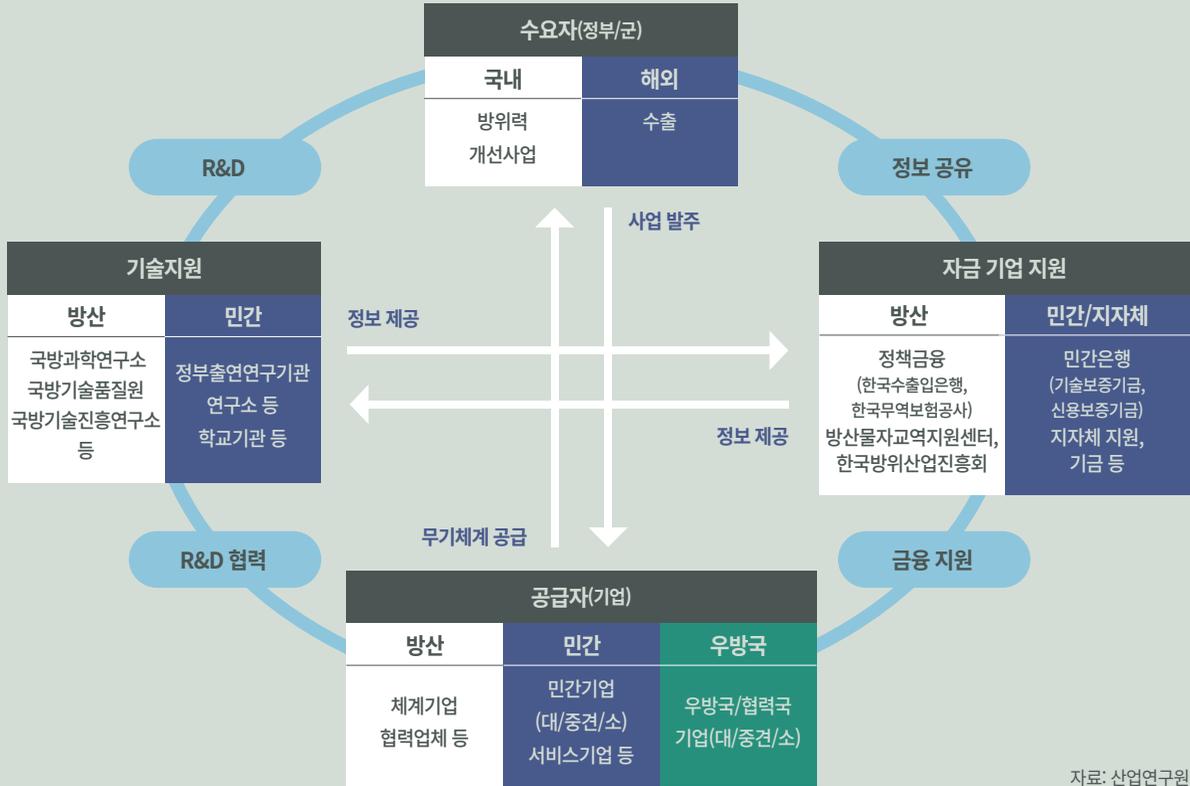
먼저, K-방산의 산업 생태계를 더욱 강화해야 한다. 올해 초 미국과 유럽은 각각 방위산업전략서를 발표하고 미래 방위산업 생태계 강화를 위한 비전과 전략을 제시했다. 미국은 미·중 전략경쟁에서의 군사적 우위를 확보하고 세계 최고 수준의 방위산업 생태계 재건을 위해 공급망 탄력성 제고와 전문인력 양성 등 4대 중점 전략과 25개 세부 과제를 적극 추진해나간다고 밝혔다. 유럽위원회<sup>Europe Council</sup> 역시 역내 무기 거래와 공동 구매·개발을 확대해 유럽 방위산업 생태계를 강화해나간다고 강조했다. 이를 통해 미국, 한국 등에 의존하는 유럽 내 무기 자급률을 현재 20% 수준에서 2035년까지 50% 이상으로 끌어올리겠다는 계획이다.

우리나라도 현재의 수출 증가 추세에 안주하지 말고 국내 방위산업 생태계의 취약점을 식별하고 이를 적극 보완해야 한다. 특히 민간 첨단 기업 등 혁신 주체의 진입을 확대하고 획득 방식 유연화, 충분한 인력 수급과 공급망 탄력성 제고를 위한 핵심 부품·소재 국산화, 우방국과의 방산 협력 강화 등에 매진해야 한다.

### 방산수출금융 등 제도 뒷받침으로 국가주력산업 진입해야

최근에는 방산수출금융의 지원 여부가 수출의 성패를 좌우하고 있다. 우리나라 역시 과거와 달리 조 단위로 수출 규모가 확대되면서 이에 걸맞은 방산수출금융지원제도가 이슈로 부상하고 있다. 미국이나 프랑스, 이탈리아 등의 전통적인 수출 강국은 오래전부터 무기 구매국이 요구하는 다양한 수출금융 조건을 충족시켜왔다. 미국은 해외군사재정지원<sup>FMF, Foreign Military Financing</sup> 프로그램을 별도로

미래 K-방산 혁신 생태계 4.0 개념도



자료: 산업연구원

운영하며 구매국에게 대출, 보증뿐만 아니라 차관, 원조까지 지원하고 있다. 프랑스도 OECD 가이드라인과는 별개의 자체 무기수출금융지원제도를 통해 이집트, 인도네시아 등에 수십억 달러 규모의 무기 수출 계약에 성공했다. 우리나라도 향후 대형 무기 수출을 위해 정부 및 민간 금융기관의 수출금융 지원을 강화해야 할 것이다.



미국 록히드마틴사의 F-35. 스텔스 기능이 뛰어나 글로벌 전투기 시장에서 높은 관심을 받고 있다.

지난 50여 년간 K-방산은 국민의 생명과 재산을 보호하는 국가안보산업으로서의 역할에 매진해왔다. 신냉전 시대에서 K-방산은 우방국과의 안보와 경제, 사회, 문화 등 외연을 넓히는 국가전략산업으로 더욱 중요해지고 있다. 이에 따라 최근 기획재정부는 K-방산을 신성장 원천기술 및 경제 안보 품목으로 지정했으며, 산업통상자원부도 국가첨단전략산업 및 소부장법에 방산 분야를 추가 검토하는 등 국가전략산업으로서의 위상을 강화하고 있다.

최근 우리 산업의 높은 성장세에 따라 2022년 매출이 최초로 20조 원을 넘어섰다. 최근 5년(2018~2022년)간 연평균 5.7%의 높은 매출 성장세를 보였고, 무기 수출 또한 2년 연속 100억 달러(수주 기준)를 넘어섰다. 이러한 높은 성장 추세를 고려해 2020년대 중후반에는 국가 경제를 선도하는 12대 국가주력산업 진입도 유력한 상황이다. 앞으로 K-방산이 국가안보 및 국가전략산업임과 동시에 미래 국가주력산업에 진입할 수 있도록 정부의 적극적인 지원과 국민의 지지를 고대한다.

## K-방산을 위한 산업부·KEIT의 지원

2023 올해의 산업부 R&D 우수성과 10선 中

### 표적획득/추적장비 초음속 경전투기 체계통합 및 항공전자 소프트웨어 개발

**KAI** 한국항공우주산업

표적획득/추적장비는 조종사에게 표적 정밀 추적을 위한 광학 영상을 제공하는 장비로, KAI는 항전체계통합 검토 및 요구도 설정, 항공전자소프트웨어 4종 개발, 항공전자통합시험 검증 등을 맡아 성공적으로 수행했다. 이를 통해 항공기의 성능 향상과 수출경쟁력 강화에 기여했다.

### K9 자주포용 1000마력급 엔진 부품 국산화

**STX엔진**

방산 품목은 수출 시 해외 기술제휴사 정부의 수출 승인 문제가 까다롭다. 디젤엔진기업인 STX엔진은 2021년 6월부터 3년 만에 엔진 설계, 시제품 제작, 엔진 성능 시험을 완료하며 K9 자주포용 엔진 국산화에 성공해 K9 자주포의 수출에 힘을 더했다.

<테크 포커스>에 소개된  
STX엔진 이야기 더 보러가기



장원준 산업연구원 연구위원 한국혁신학회, 한국방위산업학회에서 각각 감사, 이사직을 수행하고 있으며 국방산업발전협의회 자문위원으로도 활동하고 있다. '2022 자랑스러운 방산인'에 선정된 바 있으며 미 전략국제연구센터(CSIS)의 객원 연구원으로 활동했다.

# 끊임없는 성능개량으로 세계적 경쟁력 확보 대한민국 다목적 전투기 FA-50

전투기 한 대를 수출해 얻는 이익은 자동차 1000대를 수출하는 것과 맞먹는다.  
이는 꾸준히 확대되고 있는 방산 시장에서 항공산업이 더욱 중요한 이유다.  
최근 폴란드와 말레이시아에 FA-50 항공기가 수출됨에 따라 국산 항공기  
수출액이 지난해 처음 10억 달러를 돌파했다. KAI의 장민영 전문위원은 지속적인  
성능개량을 통해 수출 활로를 개척해나갈 것이라고 한다.

word 김규성 photo 김기남

## Q. KAI는 어떤 회사인지 궁금합니다.

최근 K-방산이 약진하면서 폴란드나 말레이시아에 다목적 전투기를 수출했다는 소식을 들었을 겁니다. 이때 수출된 FA-50 항공기를 개발, 생산한 기업이 바로 한국항공우주산업(이하 KAI)입니다. KAI는 대한민국을 대표하는 항공우주 체계종합업체로서 KF-21 전투기를 비롯하여 KT-1 기본훈련기, T-50 고등훈련기, LAH 소형공격헬기, KUH(수리온) 기동헬기 등 다양한 항공 전력을 개발·생산해왔습니다. 아울러 다목적 실용위성, 군정찰위성 개발을 비롯해 한국형 발사체 초조립까지도 수행하는 등 우주 사업 영역도 꾸준히 확대해나가는 항공우주 기업입니다.

KAI의 주요 사업군은 크게 5가지로 나뉘는데요. 각각의 사업 분야에 따라 ▲KF-21(차세대 전투기)과 FA-50(다목적 전투기)과 같이 항공기의 날개가 고정된<sup>Fixed Wing</sup> ‘고정익’ 사업 ▲KUH(한국형 기동헬기)와 같이 로터 블레이드로 날개가 회전하는 ‘회전익’ 사업 ▲항공기 개조나 후속지원을

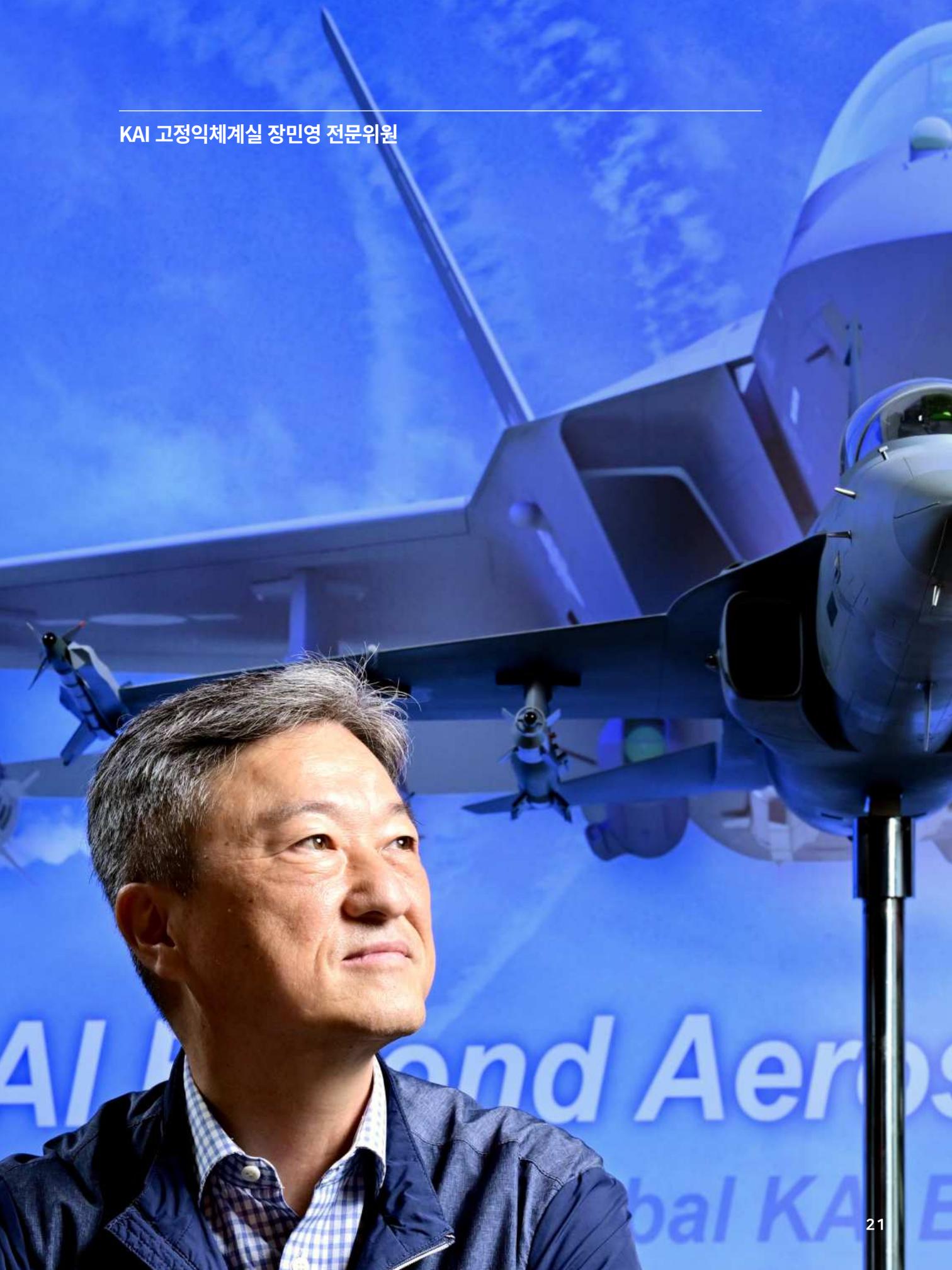
담당하는 ‘성능개량’ 사업 ▲에어버스나 보잉 등의 민항기 기체 구조물을 제작하는 ‘기체부품’ 사업 ▲위성이나 우주 발사체를 개발하는 ‘우주·무인기’ 사업 등으로 구분합니다.

## Q. KAI에서 현재 어떤 업무를 담당하고 계신가요?

KAI의 고정익사업 부문 중 FA-50·KT-1 계열 항공기 개발 업무를 담당하는 고정익체계실에 근무하고 있습니다. KAI는 지난 5월 산업통상자원부와 협약을 체결하고 ‘단좌형 FA-50 개발 사업’에 착수했는데요. 사업 총괄 과제 연구책임자로서 FA-50 성능 향상을 목표로 3개 세부 과제(단좌기 기체 개발, 단좌기용 비행제어 및 항공전자 소프트웨어<sup>OPF</sup>, 자동지상충돌회피시스템 개발)를 총괄하며 관련 부서, 4개 참여 기관, 20여 개 협력 업체 등의 업무를 유기적으로 종합해 사업 일정 및 목표를 달성할 수 있도록 조정하는 업무를 수행하고 있습니다.

---

KAI 고정익체계실 장민영 전문위원



**Q. 최근 FA-50이 폴란드에 이어 말레이시아까지 수출되었다는 소식이 보도되었습니다. K-방산의 대표 수출 효자 품목으로 언급되는 FA-50은 어떤 전투기인지 궁금합니다.**

FA-50은 TA-50 전술입문기를 개량한 다목적 전투기로 2013년부터 실전 배치되었습니다. 전투임무 수행을 위해 다목적 레이더, 전자전 장비 및 전술데이터링크를 탑재하고 합동직격탄<sup>①</sup> 등 정밀무장 장착 능력을 추가한 경공격기<sup>②</sup>라고 보시면 됩니다. T-50 계열의 항공기는 대한민국 공군에서 운용 중이고 인도네시아, 이라크, 필리핀, 태국, 폴란드, 말레이시아 등지에 총 138대가 수출된 효자 품목인데요. 기본적으로 우수한 성능을 갖춰있음에도 저렴한 가격으로 세계적으로 인기를 끌고 있습니다. 공군력과 국방비는 한정적이예요. 따라서 평시에는 조종사 양성으로 이용하다 유사시 전투기급으로 임무를 전환할 수 있는 가성비가 뛰어난 플랫폼을 선호하는 추세이고, FA-50은 이러한 고객들의 요구사항을 충족하는 다목적 전투기입니다.

**Q. 그간 FA-50은 대한민국 공군에서 직접 운용되며 뛰어난 훈련, 작전 임무 수행능력이 입증되었다고 알고 있습니다.**

FA-50은 안정적이고 신뢰도가 높은 전투기입니다. 이는 대한민국 공군의 운용 실적을 통해 검증되었는데요. T-50 계열 항공기 가동률<sup>③</sup>은 공군의 목표 가동률을 크게 상회하는 실적을 유지하고 있습니다. 심지어 미 공군의 F-15, F-16 가동률보다 높으니 공군의 품질 만족도 또한 긍정적이어서 2020년 조사 결과 최고 95.8점을 기록하기까지 했습니다.

기종전환이 빠르다는 점도 특징입니다. 공군사관학교 생도가 비행교육 입문 과정 시기 탑승하는 KT-100,

기본 과정 기간 사용하는 KT-1, ‘빨간 마후라’를 목전에 둔 고등 과정의 T-50 등 훈련 과정의 항공기를 모두 국내업체인 KAI에서 제작하기에, 조종사와 정비사들 또한 특이 사항이나 문의 사항이 있을 때 개발사와 쉽게 소통할 수 있습니다. 또한, T-50 항공기는 F-16을 기반으로 개발된 항공기로 T-50으로 고등훈련을 마친 조종사는 FA-50은 물론이고 호환성이 높은 F-16 전투기에도 쉽게 적응하게 됩니다.

**Q. 세계 전투기 시장에서 FA-50만이 갖는 경쟁력은 무엇인가요?**

세계시장에서 꾸준히 경쟁력을 갖기 위해서는 시장의 니즈에 맞는 성능 개량이 필수적입니다. KAI는 수출기 대상 공대지 능력 개선을 위해 타게팅 포드<sup>Targeting Pod</sup>, 레이저 유도 폭탄인 GBU-12를 통합했고, 300갤런외부연료탱크 통합, 공중급유장치 통합 등의 개발을 진행하고 있습니다. 이러한 선제적 노력이 폴란드, 말레이시아 등 수출 사업에 도움을 주었다고 생각하고요. 이번에 단좌형 개발을 추진한 것도 경쟁력을 끌어올리기 위한 방안입니다.

### FA-50의 업그레이드 🎯

- + 전자식 AESA 레이더 장착  
➡ 표적 탐지 능력 강화
- + 타게팅 포드<sup>Targeting Pod</sup> 장착  
➡ 전천후 상황에서 목표물 탐지, 추적, 레이저 유도 능력 확보
- + 레이저 유도폭탄(GBU-12) 장착  
➡ 정밀유도무장 운용능력 향상
- + 공중급유시스템 및 300갤런 외부연료탱크 장착  
➡ 임무작전반경 증대 효과

- ① 합동직격탄(JDAM, Joint Direct Attack Munition): 유도조종장치가 부착된 폭탄
- ② 경공격기: 작은 체급의 전투기. 보통 훈련기로 시작해 개발된 프롭기(프로펠러 항공기) 제트기를 경공격기로 개량해 사용한다.
- ③ 가동률(임무 수행 가능 비율 Mission Capable Rate): 보유 공군 자산 중 주어진 시간 안에 즉각적으로 출격 가능한 상태의 공격 자산 비율



FA-50의 경쟁력을 유지하기 위해, 시장 니즈에 맞는 성능으로 꾸준히 업그레이드합니다.



우크라이나 전쟁과 이스라엘-하마스 전쟁 등 신냉전 분위기가 본격화됨에 글로벌 방산시장은 ‘신속 납기’와 ‘뛰어난 가성비’의 방산물자 획득을 통해 자국의 국방력 강화에 집중하는 추세입니다. KAI는 지난해 폴란드 수출 1차 물량인 FA-50GF 12대를 계약 1년 3개월만에 납품 완료했습니다. 신속한 납품은 대한민국 정부와 공군 등 범정부 차원의 지원이 주효했던 것이죠.

**Q. KAI는 산업통상자원부와 함께 단좌형 FA-50 개발에 착수했습니다. 개발 추진 배경과 새롭게 적용될 기술은 무엇인가요?**

지금까지 개발·운용·납품된 T-50 계열 항공기는 모두 2인의 조종사가 탑승하는 복좌형 항공기였으나, 최근 수출 고객으로부터 FA-50의 단좌형 모델, 임무작전 변경 증대, 자동지상충돌회피시스템 요구가 많았습니다. 조종사가 한 명만 탑승하면 그 자체로 효율성이 증대될 뿐만 아니라 후방석을 연료탱크화해 작전 반경이 늘어난다는 이점이

있죠. 이에 산업통상자원부에서 240억 원, 참여 기관에서 207억 원을 투자해 ‘단좌형 FA-50 개발 사업’을 추진하게 되었습니다.

개발될 단좌형 FA-50은 후방석과 후방 동체에 연료탱크를 설치해 약 700lb의 연료량을 확보하여 작전 반경을 24% 이상 늘릴 계획입니다. 후방석의 연료탱크화 과정은 외형 변화 없이 내부만 바꾸는 것으로 방향을 잡았기에, 기존에 납품된 FA-50을 개조해 수익까지 낼 수 있습니다. 더불어 아피아엔지니어링(주)에서 개발하는 자동지상충돌회피시스템을 설치하게 되는데요. 비행 중 지상과 충돌 위험 시 자동으로 자세를 잡는 기능을 추가해 안전성 측면에서도 한 단계 도약하게 될 것입니다.

**Q. 단좌형 FA-50이 완성되어 세계시장에 진출하는 것은 언제쯤일까요?**

단좌형 FA-50은 2028년 8월까지 지상과 비행시험을



장민영 전문위원은  
2028년 8월 완성될  
1인승 전투기 ‘단좌형  
FA-50’의 연구개발을  
책임지고 있다.

**Q. KAI에서 오랜 시간  
근무해오셨습니다. 현장에서  
가장 중요하게 생각하는  
점과 엔지니어로서의 목표는  
무엇인가요?**

KAI에서 근무한 지도 어느새  
32년이 되었습니다. KAI는  
대한민국에서 항공기  
개발에 있어 최고의 기술을  
보유하고 있다고 생각하기에,  
언제나 이곳의 일원이라는  
것에 자부심을 갖고 업무에  
임해왔습니다. 저뿐만 아니라  
많은 엔지니어들이 같은

수행한 뒤 12월까지 감항인증<sup>④</sup>을 획득해 개발을 완료할  
예정입니다. 이번 개발 또한 세계시장에서 요구되는 선제적  
기술개발을 적용했기에 개발이 완료되기에 앞서 수출 계약을  
수주할 가능성도 충분합니다.

향후 FA-50 동급 전투기의 세계시장은 2713대 규모에 달할  
것으로 전망(영국 민간 군사정보기업 Janes)<sup>④</sup>되는데요. KAI에서는  
향후 세계시장에 단좌형 FA-50 전투기 300여 대 판매를 목표로  
하고 있으며, 이를 통해 매출액 18조 원, 연간 1만 명 이상의  
고용 효과 등이 나타날 것이라 기대하고 있습니다.

④ 감항인증: 항공기의 강도, 구조, 성능이 안전 및 기술 기준에 적합함을  
정부에서 인정하는 증명

마음이고요. 그렇기에 어떤 과제를 수행하든 최종 목표를  
달성하기 위해 노력할 것입니다. 주로 항공기 체계종합  
업무를 수행해 오면서 제가 먼저 한 번 더 노력하면 다른  
많은 분들이 업무를 더 쉽게 수행할 수 있다는 생각으로  
임해왔습니다. 미국의 F-16은 초도비행 후 50년의 세월을  
거친 항공기입니다. 하지만 지금까지 28개국에 4600대  
넘게 판매된 세계적인 베스트셀러이자 대한민국 공군의  
주력기입니다. FA-50 또한 그간 꾸준한 성능개량을 통해  
경쟁력을 강화해왔습니다. 이러한 역사는 한국형 전투기  
KF-21 보라매의 개발로 이어졌고요. KAI의 일원이자 한 명의  
엔지니어로서 FA-50의 수출량이 늘어나 세계 곳곳에서 오랜  
시간 사랑받는 베스트셀러 전투기가 되길 바랍니다.

# 산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끽니다.



[알키미스트 프로젝트]  
한계를 초월하는 3차원 홀로그램  
영상 '초실감 메타버스 시각화'



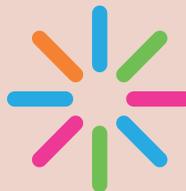
메타버스의 끝은 어디일까요? 어색하고 눈이 피로한 가상현실의 시대가 마무리되고 있습니다! 자연스러운 고해상도 가상현실을 통해 현실과 가상의 경계를 무너뜨릴 고려대학교 김휘 교수 연구팀의 도전! '초실감 메타버스 시각화'에 대해 알아보겠습니다.



[알키미스트 프로젝트]  
에너지와 기후변화 문제를 동시에 해결할  
'생체모방 탄소 자원화'



태양광을 이용해서 이산화탄소를 액체 연료로 전환이 가능하다!? 지구온난화의 주범인 이산화탄소를 에너지로 활용할 수 있다면 공기 중의 이산화탄소 농도를 줄임과 동시에 친환경 에너지를 생산하는 1석2조의 효과를 누릴 수 있는데요! 에너지 문제와 기후위기를 동시에 타파할 '생체모방 탄소 자원화' 연구를 진행하는 한국에너지 공과대학교 강영수 교수 연구팀을 함께 만나보겠습니다.



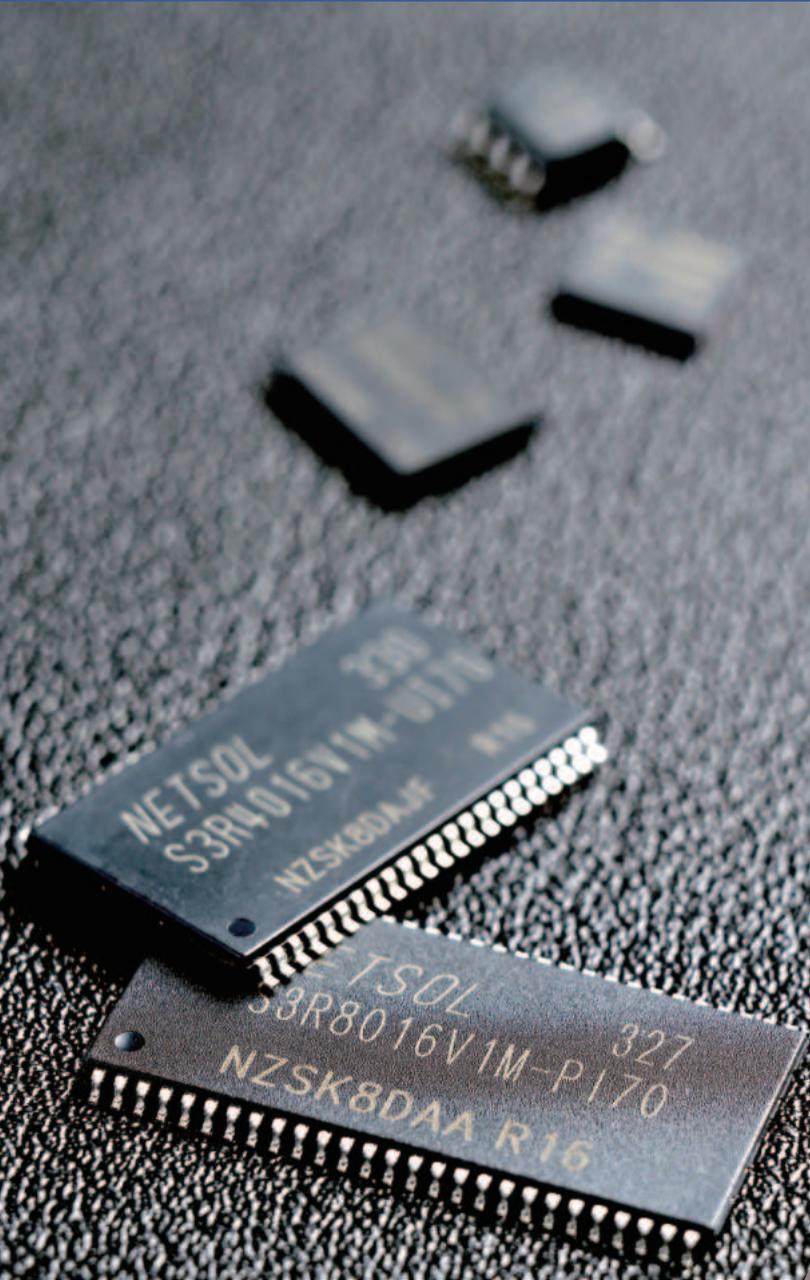
# M램 단품 국산화 기술, 차세대 메모리 주도권 확보한다

차세대 시스템반도체용 상용  
32Mbit MRAM 기술

넷솔(주)

글로벌 빅테크 기업들이 줄 서서 산다는  
고대역폭메모리<sup>HBM</sup>도 한때는 ‘니치<sup>Niche</sup>  
메모리’였다. 챗GPT 등장 전만 해도 고성능  
컴퓨터나 AI 연구 등 특수한 분야에서만 사용했기  
때문이다. 그리고 지금, 업계는 다음 메모리에  
집중하고 있다. 대표적인 제품이 M램<sup>MRAM</sup>.  
현재 M램 단품을 상용화할 수 있는 기업은  
전 세계 딱 3곳, 그중 하나가 우리나라에 있다.

word 김아름 photo 김기남



이번 과제를 통해 개발된  
넷솔(주)의 M램 단품

연구과제명	차세대 시스템반도체용 상용 32Mbit MRAM 기술
제품명	1Mb~32Mb Single/Dual/Quad-SPI MRAM(8SOP, 8WSON) 1Mb~64Mb PPI MRAM(48FBGA, 44TSOP2, 54TSOP2)
정부과제 수행기간	2021.04.01.~2023.12.31.(33개월)
총 정부출연금	29억5000만 원
개발기관	넷솔(주)
참여 연구진	김동기, 김동민, 김영욱, 김우진, 김효창, 노용환, 이승민, 이종진, 조강식, 최창한, 김수빈, 이수안, 임준규, 이준영 등

“스포츠크나 특수 목적 차량이 전체 자동차 시장에서 얼마만큼의 비중을 차지할까요? 일반 승용차나 트럭에 비해 수 있을까요. 하지만 그렇다고 그 시장이 중요하지 않은 건 아니죠. 메모리 반도체에선 M램이 그런 존재입니다.”

2022년 전 세계 메모리 반도체 시장은 1400억 달러를 상회했다(한화 약 187조 원). 그중 95%를 차지한 것이 D램<sup>DRAM</sup>과 낸드플래시<sup>NAND Flash</sup>였다. 나머지 5%, 72억 달러 규모의 니치 시장에 노어플래시<sup>NOR Flash</sup>, S램<sup>SRAM</sup>, F램<sup>FRAM</sup> 그리고 M램이 있다.

‘규모가 작은 데는 이유가 있지 않을까, 중요도가 낮거나 기술 수준이 부족해서?’ 하는 의문이 들 수 있겠지만, 그와 반대인 경우도 많다. 실제로 산업에선 상용화, 또는 가성비에 적절한 기술력이 주요하지만 그렇다고 당장의 가성비만을 따져서도 안 된다. HBM이 동량의 D램과 비교해 높은 가격을 받는 것 또한 기술력 덕분이니까. 기술 연구가 어려운 것도, 기술 투자가 중요한 것도 모두 그런 이유다.

### 메모리 분야의 사기 캐릭터, M램

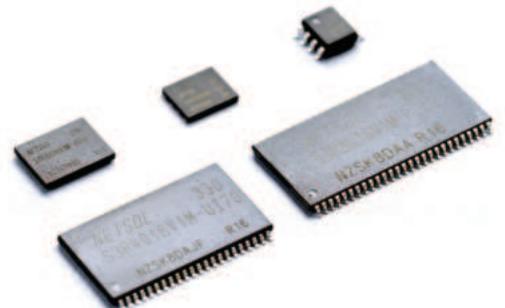
M램은 메모리 반도체 분야의 ‘사기캐(사기 캐릭터)’로 볼 수 있다. 사기캐는 게임에서 쓰이는 말인데, 전체 게임의 균형이 무너질 만큼 강력한 캐릭터의 등장을 뜻한다. 다시 말해 M램의 성능이 그만큼 뛰어나다는 얘기다.

M램은 D램과 낸드플래시의 장점만을 합쳐놓은 반도체다. 휘발성 메모리인 D램은 데이터를 읽고 쓰는 속도가 빠르지만 전원이 공급되어야만 한다는 한계가 있다. 반면 낸드플래시는 비휘발성 메모리로 전원이 들어오지 않아도

데이터를 보존할 수 있지만, 상대적으로 속도가 느리고 수명에도 제한이 있다. M램은 차세대 비휘발성 메모리로 전원을 차단해도 데이터가 지워지지 않는다. 읽고 쓰는 속도도 빠르고 수명의 제한도 없다. 고집적, 고속화, 저소비전력, 신뢰성 그리고 안전성까지 모두 갖췄다. 비싼 가격이 유일한 단점이다. 현재는 동일한 용량의 D램, 낸드플래시와 비교해서 비싼 편이나 향후 그 차이는 줄어들 것으로 예상된다.

M램은 산업용, 자동차용, 의료용, 우주항공용, 군사용 등의 분야에 사용되며 상대적으로 부가가치 비중이 높은 산업에 쓰인다. M램은 ‘마그네틱 랜덤 액세스 메모리<sup>Magnetic Random Access Memory</sup>’의 약자로, 자성을 이용하는 것이 특징이다. 따라서 전하<sup>電荷</sup>에 영향을 주는 우주방사선에 강한 내성을 가져서 우주산업분야에 활용된다.

넷솔주의 제품은 M램에서 한 단계 발전한 ‘STT-M램’으로, 스핀주입자화반전 방식으로 데이터를 기록한다. 쉽게 말해 전자스핀방향을 변화시켜 데이터를 저장한다는 뜻이다. 전자는 두 방향의 ‘스핀’을 가진다. STT는 전자스핀방향을 바꿀 수 있는 자성층 1개와 바꾸지 않는 자성층 1개, 총 2개를 가지고 스핀방향을 바꿔서 ‘0’과 ‘1’을 만드는 것이다. 이 방식을 활용하면 데이터를 더욱 빠르게 읽고 쓸 수 있으며, 전력 사용량도 줄일 수 있다.



### 메모리 반도체 특성 비교

분류	D램	낸드플래시	차세대 메모리(M램 등)
데이터 저장	소멸	저장	저장
처리 속도	빠름	느림	매우 빠름
집적도 한계	약 30나노미터	약 20나노미터	10나노미터 이하

### 국내 유일 M램 팹리스 기업을 탄생시킨 3가지 포인트

넷솔(주)이 국내 유일의 M램 팹리스 기업으로 성장할 수 있었던 데는 크게 3가지 요인이 중요하게 작용했다.

**첫 번째, 구성원의 기술력이다.** 김영옥 대표를 비롯해 공동 설립자인 김우진 대표, 노용환 연구소장 모두 삼성전자 메모리 반도체 사업부 출신이다. 글로벌 1위의 울타리를 벗어나 험지를 택한 결심만큼 기술력 확보에 몰두했다. 직원의 70%가 연구 인력으로 연구개발에 높은 비중을 두고 있다. 10여 년간 총 20건의 기술 특허를 출원했으며, 절반 이상 등록을 완료했다.

**두 번째, 정부 과제를 톡톡히 활용한 덕분이다.** 특히 이번 M램 개발에는 산업통상자원부의 차세대 지능형 반도체 기술개발 사업이 결정적인 역할을 했다. 개발 초기인 2021년 4월부터 2023년 12월까지 30억 원가량의 연구개발비를 지원받아 오로지 연구개발에만 전념할 수 있었다.

**세 번째, 삼성전자 파운드리 사업부와와의 전략적 파트너십이다.** M램 기술은

공정 기술과 설계 기술로 나뉘는데, 삼성 파운드리가 M램 공정 기술에 강점을 가지고 있다. 뛰어난 기술력, 든든한 경제적 지원, 실력 있는 파트너와의 합을 통해 해외 기업이 독점하던 M램 시장에 ‘국산화 결실’이 완성된 것이다.

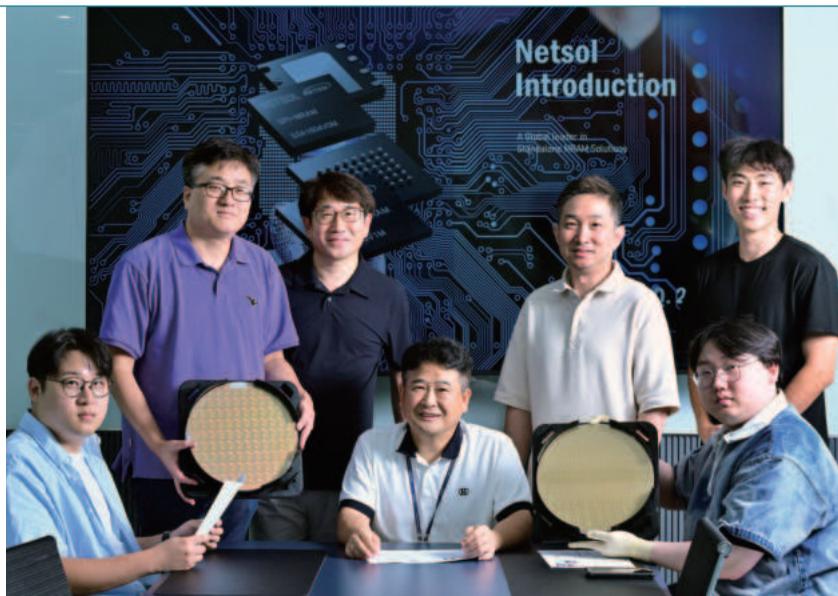
넷솔(주)은 최초 개발한 ‘차세대 시스템반도체용 32Mbit M램’을 토대로 글로벌 반도체 시장에 이름을 알렸고, 현재는 고도화된 기술력을 바탕으로 고용량 제품을 개발하고 있다. 넷솔(주)의 다음 제품 역시 산업통상자원부 소재부품기술개발사업의 일환이며, 머지않아 세계 최고의 차세대 메모리 반도체가 탄생될 것으로 보인다.

글로벌 시장조사기관 그랜드뷰리서치(Grand View Research)에 따르면 M램이 포함된 차세대 메모리 시장의 규모는 2023년 7억7200만 달러(한화 약 1조300억 원)로 추정되며, 2030년까지 연평균 17.6%의 성장률을 보일 전망이다. 전 세계 빅테크 기업이 넷솔(주)의 M램을 줄 서서 사는 그날이 오길 응원한다.

### 넷솔(주)

2010년 설립 후 S램, M램 등 차세대 메모리 반도체 분야에서 뛰어난 기술력을 선보이고 있다. 메모리 분야의 풍부한 개발 경험과 솔루션 설계에 대한 지식을 기반으로 산업 자동화, 네트워크 시스템, 의료, 게임 등 광범위한 분야에 저비용, 초소형, 저전력 솔루션을 제공하고 있다.

[www.netsol.co.kr](http://www.netsol.co.kr)



# KEIT 지원으로 과감히 투자 진행 M램 단품 국산화 성공

## 넷솔(주) 설립 초기에는 S램이 주요 제품이었다. M램으로 방향을 바꾼 이유는?

S램(SRAM, Static Random Access Memory)은 속도 면에서 뛰어나지만 고용량화가 힘들고 가격이 비싸다는 단점이 명확했다. 시장 상황 또한 좋지 않아서 다음 기술에 대한 고민이 있었다. M램은 S램과 비교해 '비휘발성'이란 특성이 추가되고 고용량화가 가능하다는 이점이 있고, 차세대 메모리 반도체로서 성장 가능성 또한 컸다.

## M램 개발 시작부터 '차세대 시스템 반도체용'으로 목적을 분명히 한 이유는?

D램이나 낸드플래시의 경우 D램모듈(DRAM Module)이나 SSD, USB 메모리 등의 형태가 많지만, M램은 SoC(System on Chip)에 임베디드로 사용되거나 SIP, MCP, 칩렛(Chiplet) 등의 형태로 사용되는 경우가 많다. 최근 AI 반도체, 자동차용 고성능 마이크로컨트롤러, 스마트팩토리용 SoC 등의 수요가 높아지고 있고, 거기에 M램이 중요하게 쓰일 것으로 기대한다.

## 2023년 말부터 M램 사업에서 매출이 발생했다고 들었다.

2021년 개발을 시작해 2023년 상반기에 제품으로 출시했다. 200여 개 국내외 고객사를 대상으로 성능 검증을 거쳤고, 하반기부터 판매를 시작했다. 대부분이 해외 수출이며, 지금도 영업과 마케팅에 힘쓰고 있다. 향후 고용량 제품이 출시되면 타깃을 더 늘려갈 계획이다.



## 개발 과정에서 산업부와 산기평의 지원이 절대적인 역할을 했다. 연구개발비 외에도 얻은 것이 있다면?

이번 과제는 넷솔(주)의 사업화 성공뿐만 아니라, M램의 국산화라는 업적을 만들어냈다는 데도 의미가 있다. 지원금 덕분에 과감하게 연구비에 투자할 수 있었고, 기술교류회 등을 통해 업계와의 네트워크를 강화할 수 있었다. 여러 사람, 기업과 만나며 우리 제품을 널리 알리게 되었다.

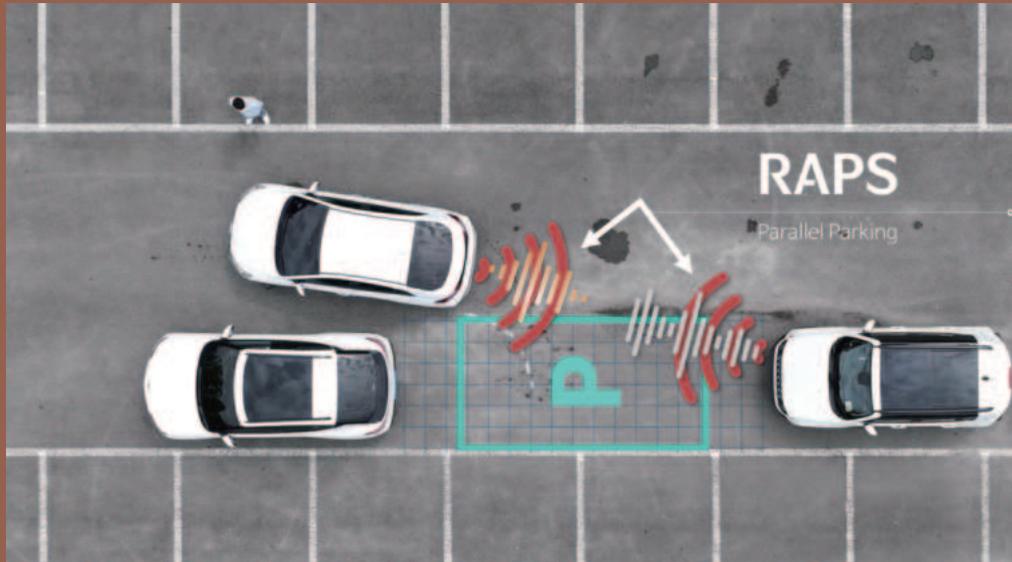
사실 M램은 지금부터가 시작이다. 최첨단 산업이나 우주항공 분야에서 수요가 기대되는 만큼 보다 큰 성과를 내려면 조금 더 기다려야 한다. 국가 전략 기술을 유지하고 보호하는 측면에서 앞으로도 많은 도움을 부탁한다.

## D램과 낸드플래시에 이어 M램의 주도권도 우리나라가 가져올 수 있을까?

M램 공정 기술은 삼성전자 파운드리 사업부가 선도하고 있는 상황이다. 아직 M램 시장이 초기 단계이기 때문에 주도권을 논하기는 어렵지만, 향후 임베디드 시장에서 우리 기업이 큰 역할을 할 것으로 예상해도 좋다. 넷솔(주) 역시 이제 시작하는 단계고, 현재 세계 최초의 14nm 공정 제품을 개발하고 있는 만큼, 곧 좋은 소식을 들려줄 수 있을 것이다.



넷솔(주)의 M램 개발 스토리는 9월 9일 KEIT 유튜브에 공개됩니다.



## 초음파센서 모듈 국산화로

## 자율주행 기술 선도에 한 걸음 더

스마트 자동차용 감지범위 향상을 위한  
압전소재 및 자기인식 초음파센서 개발



### (주)현보

주차보조시스템<sup>PAS</sup>이 도입되기 전, 주차장은 종종 아수라장으로 변하곤 했다. 좁은 주차 공간과 여러 장애물, 사각지대 등으로 고성이 오가곤 했던 것. 그런 주차난을 해결해준 것이 바로 PAS고, 그 대표 기술이 초음파센서다. (주)현보는 국내 초음파센서 업계 선두주자로, 이번에는 10km 미만 저속 자율주행에 필요한 새로운 초음파센서를 순수 국내 기술로 완성해냈다.

word 김아름 photo (주)현보

연구과제명	스마트 자동차용 감지범위 향상을 위한 압전소재 및 자기인식 초음파센서 개발
제품명	자기인식 초음파센서 모듈, R-AEB 적용 시스템
정부과제 수행기간	2017.04 ~ 2021.12 (57개월)
총 정부출연금	57억 원
개발기관	(주)현보
참여 연구진	이영우, 정홍영, 이류환, 채상훈, 남주영, 인치학, 김혁, 민동을, 김성수

### 왜 초음파센서 기술인가

PAS<sup>(Parking Assistance System)</sup>는 운전자가 주차를 쉽게 할 수 있도록 돕는 다양한 기술의 총칭이다. 후진 기어를 넣으면 ‘띠띠띠’ 경고음이 발생하거나 후방 카메라에 찍히는 영상이 표시되는 것, 차량이 스스로 주차를 완료시키는 자동주차 또한 PAS에 속한다. 이런 기술 가운데 가장 먼저 개발되어 오늘날까지 핵심 기능으로 꼽히는 것이 바로 ‘초음파센서’다.

초음파센서는 인간이 귀로 들을 수 없는 높은 주파수, 2만 헤르츠(Hz) 이상의 소리인 초음파를 발산시킨 후 물체에 부딪혀 반사되어 돌아오는 초음파를 감지한다. 하지만 센서 자체로는 그 신호를 처리하거나 해석하지 못한다. 따라서 이를 제어하고 결과를 출력할 수 있는 통합 장치가 필요한데 그것을 ‘초음파센서 모듈’이라고 한다. 이번 과제를 통해 (주)현보가 개발한 것 또한 초음파센서 모듈이다.

혹자는 이런 의문을 가질 수도 있다. ‘이미 자율주행이 가능할 만큼 기술이 발전했는데, 초음파센서 기술을 고도화하는 것이 어떤 의미가 있을까?’ 하고. 실제로 이미 여러 완성차 기업에서 뛰어난 자율주행 기술을 적용해 차를 제작하고 있으며, 일부 고급차에는 운전자가 차량 밖에서 스마트폰이나 키를 이용해 원격으로 차를 주차하는 서몬<sup>Summon</sup> 기능이 탑재되기도 했다. 안타까운 것이 바로 이 지점이다. 대부분 기술의 ‘이슈’에 가려진 진실을 알지 못한다는 것이다.

### 부품 국산화와 자율주행 기술 고도화

#### 두 마리 토끼를 잡기 위해

현재 생산되는 초음파센서 모듈에는 수입산 부품이 핵심 역할을 맡고 있다. 대표적인 것이 ‘트랜스듀서’와 ‘반도체’다. 트랜스듀서는 에너지의 형태를 변환하는 장치로, 센서에 가해진 전기에너지를 초음파로, 외부로부터 수집한 초음파를 다시 전기신호로 바꾸는 일을 한다. 보통 트랜스듀서는 일본에서, 반도체는 미국에서 수입해 사용하는데 두 부품이 전체 제작비의 60%를 차지한다. 따라서 이 두 부품을 국산으로 대체할 경우, 높은 경제적 이익을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 국가 간 이해관계로 인한 무역 문제도 안정된다.

초음파센서 기술 개발이 필요한 또 다른 이유는, 자율주행 기술을 고도화하기 위해서다. 초음파센서는 다른 센서와 비교해 가격이 저렴하고 거리 해상도가 우수하다.

무엇보다 사람을 잘 인식해서 사고의 위험을 줄이는데 결정적이다. 하지만 물체나 사람을 인식할 수 있는 거리가 짧고 다른 초음파와의 혼선에 약점이 있다. 현재 상용화되고 있는 초음파센서의 인식 가능 거리는 최대 2~3m 수준. 저속으로 주행하거나 비교적 짧은 거리를 측정할 때만 사용한다.

차량의 자율주행, 특히 시속 10km 이하의 저속주행과 자동주차가 안전하게 구현되기 위해서는 보다 먼 거리에 있는 물체를 잘 인식해야 한다. 주변 장애물을 감지하고 자동으로 속도를 줄이는 ‘후방자동긴급제동<sup>R-AEB</sup> 시스템’도 필요하다. 현재는 한 차량에 초음파센서 12개를 설치해 앞·뒤·좌·우 곳곳을 감지하지만, 거리에 따른 한계는 여전히 있다. 40여 년간 자동차 전자-전장 부품을 연구개발 중인 (주)현보는 이 같은 문제를 해결하면서 미래 먹거리를 확보할 수 있는 새로운 기술이 절실했다. 2015년, 연구소 설립 멤버로 (주)현보에 합류한 이영우 이사의 머릿속에도 늘 그 기술에 대한 고민이 떠나질 않았다.

“당시 고성로 연구소장님을 비롯해 동료들과 저녁을 먹다가 기술 이야기로 밤새 토론을 했어요. ‘자기인식 기능을 탑재하면 어떨까’ 하는 의견이 나왔고, 다음 날 바로 특허를 출원했습니다.”

이후 산업통상자원부 소재부품사업에 기획안을 제출하고, 개발에 필요한 컨소시엄을 구성하고자 여러 기업을 찾아다녔다. 그렇게 쌍용차(완성차)와 이래AMS(시스템), 어보브반도체(반도체), 경원산업(트랜스듀서), 부산대(알고리즘), 한국자동차연구원(평가) 등 총 7곳의 기업과 기관이 참여하는 메가 프로젝트가 시작되었다.

**세계 최초·최고의 기술 ‘자기인식 초음파센서’**

과제의 핵심은 ‘자기인식 기능’이다. 앞서 초음파센서의 한계 중 하나로 ‘혼선 문제’를 들었다. 여러 개의 센서가 동일하거나 유사한 수준의 주파수로 초음파를 발사했을 때, 다른 센서의 반사 신호를 자신의 것으로 오인할 수 있다는 말이다. 이는 두 개 이상의 차량이 동시에 비슷한 위치에서 주차를 시도할 때, 붐비는 도로에서 저속으로 주행할 때 위험한 상황으로 연결될 수도 있다. 이 문제로부터 안전을 확보하는 방법으로 ‘나만의 패턴, 코드’를 심어 구분이 쉽게 한다는 것이다.

단순한 원리였지만 실제로 구현이 가능한지는 미지수였다. 이 이사는 “자기인식 기술은 세계 최초로 시도하는 내용이라 첫 2년은 걱정이 컸다”며 개발 초기의 기억을 떠올렸다. 주파수를 변조하려면 기존보다 넓은 대역폭을 사용해야 하는데, 이 때문에 오히려 센서가 물체를 정확하게 감지하기 어려워졌다. 오랜 고민 끝에 기술의 구현 방향을 수정했다. 주파수를 변경하는 대신 신호의 모양을 바꾸기로 결정하고, 그에 필요한 반도체 연구에 집중했다.

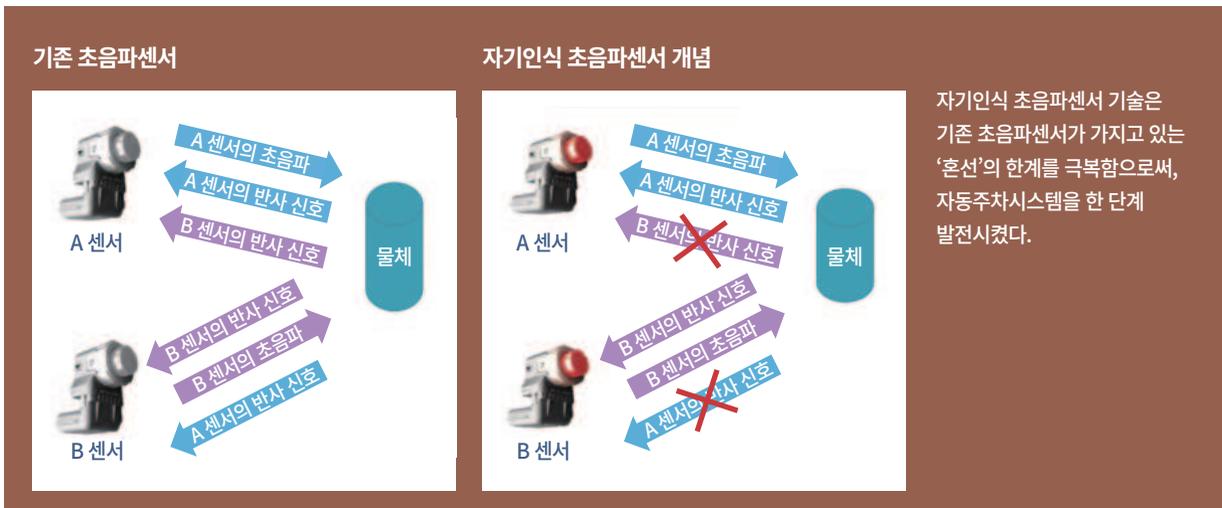
“메가 프로젝트의 장점이라면 문제에 대한 해결책은 다른 전문가들과 함께 찾을 수 있다는 거겠죠. 함께 참여한 파트너들의 다양한 아이디어로 기술을 구현할 수 있었습니다.”

2021년 12월, 5년여 진행되었던 과제가 종료 시점을 맞았다. (주)현보의 자기인식 기술은 반도체 설계 및 동작 구현, 그리고 성능 검증을 완료했다. 다만 초기 버전이 기존 양산형 제품과 비교해 크기와 소비전류가 다소 큰 탓에 추가적인 개발이 필요했다. 그리고 다시 3년이 지난 지금, 저가형 제품과 고급형 제품으로 구분해 각각 기술 고도화를 진행 중이다. 저가형은 최종 신뢰성을 시험하고 있다. 남은 과정이 순탄하게 진행된다면 올해 말 시장 도입도 가능하다.

**산업부 R&D 지원, 중소기업에겐 가능성의 빛**

“대기업에서 근무할 때는 몰랐는데 중소기업으로 이직하고 보니, 연구개발이 참 어려운 일이구나 실감하게 되었습니다. 아이디어나 기술이 있어도 비용이나 인력이 충분하지 않아 개발이 막막하더라고요.”

다행히 이 이사는 국책과제를 통해 방법을 찾아냈다. 총 57억 원의 지원금은 (주)현보가 연구개발에만 집중할 수 있는 든든한 울타리가 되어주었고, 대기업 네트워크에 준하는 전문 연구단도 구성할 수 있었다.



“자동차 산업은 피라미드 산업의 형태를 가지고 있습니다. 그 때문에 부품사는 상위 부품사나 완성차 기업의 요구에 따라 수밖에 없고, 어쩔 수 없이 갑을관계가 형성되지요. 그와 달리 국책과제를 통해 만난 기업들과는 오로지 기술력으로 하나가 됩니다. 훨씬 일하기 좋은 환경이 되죠.”

(주)현보는 이번 과제로 만난 자동차 부품사 이래AMS와 또 다른 자동주차시스템을 공동 개발했고, 그 기술은 베트남 신생 완성차 기업 ‘빈패스트<sup>VINFAST</sup>’로 이어졌다. 2020년 빈패스트의 3개 차종에 (주)현보와 이래AMS의 자동주차시스템이 탑재되었다.

세계적인 경기침체로 모든 산업이 어려움을 겪고 있지만 그중에서도 자동차 산업의 기술 경쟁은 치열하다 못해 유혈이 낭자한 수준이다. 이 가운데 (주)현보 기술만의 특징점이 무엇이나 물었다. 이 이사는 “40년간 자동차 부품업을 영위한 기업”이라며 “업력으로 쌓은 노하우가 고스란히 담긴 자기인식 초음파센서는 어떤 선진 기업과 비교해도 성능적으로 우위에 있다”며 자신감을 내비쳤다. 아울러 세계 최고의 기술을 선도하기 위해 앞으로도 산업부가 많은 도움을 주었으면 한다고 대답했다. 특히 소프트웨어 및 라이선스 비용 지원이, 글로벌 기업들과의 SDV 경쟁을 가능케 할 것이라 말했다.

(주)현보가 개발한 초음파센서 모듈의 3가지 기술 포인트

1. 고압전, 장거리 트랜스듀서

- 고압전 상수
- 고효율 송수신 성능
- 저품질 계수



2. 고신뢰 초음파 전용 반도체

- 주파수 변복조
- 트랜스듀서 특성값 측정
- 장거리 대응 High Gain Amp



3. 9m 장거리 초음파센서 모듈

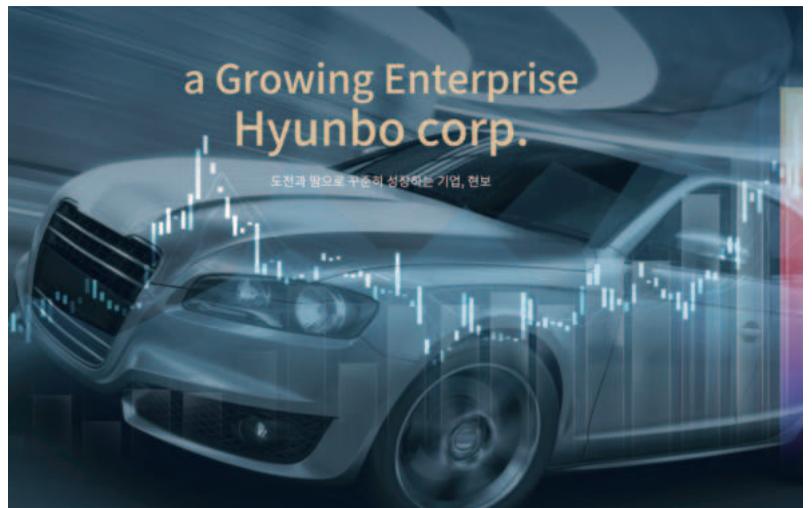
- 자기인식
- 자기진단
- 초장거리 물체 위치, 높이
- 온도 보정

우리만의 새 기술을 만들기 위해 불철주야 연구에 매달리는 연구진, 우리나라 기술산업을 지키기 위해 다방면으로 고군분투하는 산업부 그리고 KEIT의 노력이, 언젠가 모두가 만족할 만한 좋은 결과로 귀결되지 않을까 짐작해본다.

(주)현보

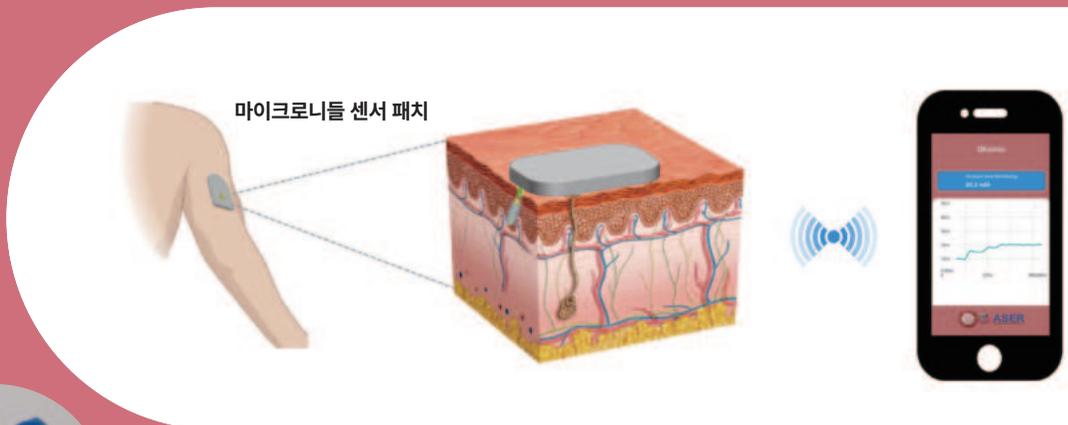
1985년 설립 후 자동차 전자·전장 부품을 전문으로 설계·개발·제조·보증하는 기업이다. 2004년 초음파센서 모듈 사업을 시작해 2013년 고도화 및 응용 시스템 개발 사업을 진행하고 있다. 2015년 초음파센서를 이용한 사각지대 경보시스템, 외부 물체 감지가 가능한 자동도어시스템 등을 개발했고 2018년부터는 자동주차시스템, 원격자동주차, 영상지원 자동주차, 자동발레주차시스템 등을 순차적으로 개발하고 있다.

[www.hyunbo.com](http://www.hyunbo.com)



# 채혈 없는 패치형 멀티센서로 대사증후군 관리도 스마트하게

비혈액 기반 대사증후군 모니터링용 패치형 나노멀티센서 혁신기술



## 광운대학교산학협력단

생체 신호를 실시간으로 측정해 건강 상태를 파악할 수 있는 바이오센서 기술 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 이런 가운데 대사증후군 관리와 예방에 필요한 생체 정보를 간편하게 모니터링할 수 있는 비혈액 기반의 패치형 나노멀티센서 기술이 국내 연구진에 의해 개발돼 관심이 모아지고 있다. 서구화된 식생활과 고령화로 대사증후군 관리에 대한 중요성이 커지는 상황에서 향후 활용도가 크게 높아질 전망이다.

word 김광균 photo 광운대학교산학협력단

연구과제명	비혈액 기반 대사증후군 모니터링용 패치형 나노멀티센서 혁신기술 개발
적용제품	멀티센서 패치
정부과제 수행기간	2018.07.01.~2022.12.31.(54개월)
총 정부출연금	26억5300만 원
개발기관	광운대학교산학협력단
참여연구진	박재영 교수, 박태정 교수, 김은영 부장, 김원일 대표 외 연구원 25명

최근 젊은층에서 대사증후군 유병률이 급증하면서 사회적·의학적 문제로 대두되고 있다. 대사증후군은 신진대사 과정에 문제가 생겨 복부비만, 고혈압, 고혈당, 낮은 고밀도 콜레스테롤, 고중성지방혈증 등이 복합적으로 나타나는 질환이다. 대개 눈에 띄는 증상은 없지만 방치하면 심혈관계질환이나 당뇨병, 지방간 등 여러 합병증을 일으킬 가능성이 높다.

### 대사증후군 관리, 다양한 생체 정보 모니터링 필수

대사증후군은 심혈관질환과 혈액 내 포도당 수치가 높아지는 만성질환인 제2형 당뇨병 발생과 밀접한 관련이 있기 때문에 혈당과 젖산, 심전도 등을 정기적으로 체크해주는 것이 좋다. 과거 초소형정밀기계기술<sup>MEMS</sup>을 이용한 무효소 혈당센서 연구를 수행한 바 있는 박재영 광운대학교 전자공학과 교수는 만성질환과 대사증후군 관리·예방을 위해 보다 고도화된 성능을 지닌 패치 센서 기술의 필요성을 느꼈다.

즉 유연하지 못한 소재, 낮은 정확도, 약한 접착력 등의 기능적 한계를 지닌 기존 바이오센서의 성능을 보완하는 한편, 다양한 생체 정보를 측정하기 위한 차별화된 기술을 개발할 필요가 있었던 것이다. 이에 박 교수는 한국산업기술평가관리원<sup>KEIT</sup> 산업핵심기술개발사업에 참여, ‘비혈액 기반 대사증후군 모니터링용 패치형 나노멀티센서 혁신기술 개발’ 과제를 수행했다.

### 블루오션이 된 혈당측정기 시장

흔히 혈당측정기로 불리는 혈당센서는 자가혈당측정기<sup>BGM</sup>와 연속혈당측정기<sup>CGM</sup>로 나뉜다. 자가혈당측정기는 손끝 채혈로 혈당을 측정하는 기기로 높은 정확도와 낮은 가격이 장점이다. 연속혈당측정기는 복부나 팔뚝에 센서를 부착, 혈당을 실시간으로 측정하는 기기다. 혈당 추이를 지속해서 분석할 수 있고, 무엇보다 손끝을 바늘로 찌러야 하는 자가혈당측정기에 비해 간편하게 혈당을 측정할 수 있어 최근 시장이 급성장하고 있다. 실제로 기존 모세혈관의 혈액을 이용한 일회용 스트립 센서 기반 혈당측정기에서 벗어나 세포간질액<sup>1</sup>을 이용한 연속혈당측정기로 옮겨가는 추세다. 특히 급성장 중인 당뇨 및 비만치료제 시장과 더불어 혈당측정기 시장의 성장세가 가팔라 블루오션으로 꼽힌다.

### 글로벌 기업들의 연구개발 상황

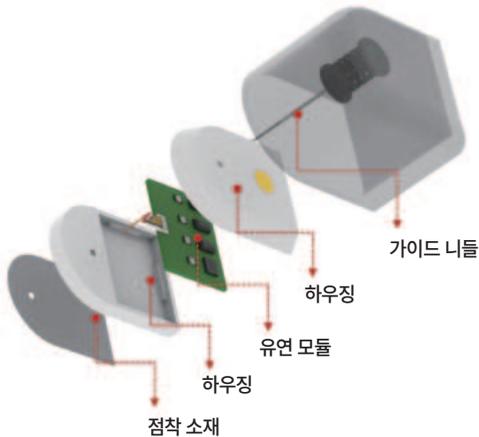
현재 연속혈당측정기 시장은 애보트, 텍스콤, 메드트로닉 등 글로벌 기업들이 선도하고 있으며, 국내 업체로는 아이센스가 올해 자체 개발한 연속혈당측정기 제품을 선보이며 점유율을 높여가고 있다. 이와 함께 현재 땀으로부터 혈당과 젖산을 모니터링할 수 있는 기기의 연구개발도 국내외에서 활발히 이뤄지고 있다. 박 교수는 2008년 실리콘 기반의 무효소 나노혈당센서에 관한 연구 결과물을 내놓은 바 있다. 당시 당뇨병 환자가 급격하게 증가했다. 박 교수는 혈당을 모니터링할 수 있는 초소형 고감도 혈당센서 연구개발을 통해 기존보다 작고, 집적도가 높으며 재사용이 가능한 센서를 완성해냈다.

**1 세포간질액:** 체내 세포 사이의 공간에 존재하는 액체. 모세혈관에서 혈액의 일부가 주변 조직으로 빠져서 만들어지는데, 세포들이 건강하게 기능할 수 있는 중요한 역할을 맡는다.



유연센서통합모듈은 마이크로니들 센서로부터 전달받은 신호를 디지털 신호로 변환해 애플리케이션으로 전달한다.

## 비혈액 기반 최소 침습형 마이크로니들 나노-바이오 멀티센서 유연 패치 상세도



그러한 성공 경험을 바탕으로 이번에는 혈당, 젖산, 심전도, 온도, pH 등의 센서들을 하나의 유연 기판에 집적화해 동시에 여러 생체 정보를 확인할 수 있는 비혈액 기반의 패치형 멀티센서를 개발하는 데 초점을 맞췄다. 다양한 생체 정보를 비교·활용함으로써 대사증후군 관리와 예방에 탁월한 효과를 발휘하도록 하는 것이 연구의 주목적이었다.

### 대사증후군 모니터링용 패치 센서 기술은?

박 교수 연구팀은 ▲대사증후군 모니터링을 위한 고감도 센싱 소재 개발 ▲인체친화형 점착 소재 및 최소 침습형 마이크로니들 개발 ▲멀티센서 집적 공정 및 유연센서 개발에 목표를 두고 단계적인 연구를 진행했고, 그 과정에서 괄목할 만한 성과를 낼 수 있었다.



동전보다 작은 크기의 마이크로니들 패치는 보통 4인치(지름 10.16cm) 웨이퍼에 50개 이상 동시에 제작된다.

연구에서 가장 중점을 둔 부분은 생체 정보 측정에 필요한 여러 센서를 하나의 기판에 집적화하기 위한 공정 기술, 성능 고도화, 그리고 소형화에 적합한 소재를 개발하는 것이었다.

### 1) 고감도 센싱 소재와 멀티센서 집적화

연구팀은 2022년 저가형의 유연 탄소나노섬유 소재를 개발하고, 이를 이용해 피부에 무해하고 통기성이 우수하며 재사용이 가능한 생체전위 감지 전자문신 센서를 개발하는데 성공했다. 이러한 방식은 피부 자극과 전류 이동의 불안정성 같은 문제가 있는 습식 전극 방식이나 기존 건식 전극 방식보다 성능과 신뢰성 면에서 우수하고, 연속적이고 장기적인 생체 신호를 모니터링할 수 있다는 장점을 지녔다. 지난해에는 땀 속 포도당과 젖산을 검출해 실시간으로 모니터링할 수 있는 유연 전극 기술과 멀티센서를 성공적으로 개발했다. 고분자 유연 기판 위에 레이저유도 그래핀<sup>LG</sup>에 코어-셸 구조를 갖는 하이브리드 나노다공성탄소<sup>HNPC</sup> 소재를 코팅해 전기적·기계적·화학적 특성이 탁월한 유연 생체전극과 사람의 땀 속 당과 젖산을 검출 및 실시간 모니터링할 수 있는 고성능 패치형 바이오센서를 개발한 것이다. 연구팀은 전기전도성이 높고 표면적이 넓은 나노다공성탄소 소재를 개발해 고성능의 멀티센서 제작에 활용했다. 이와 함께 온도와 pH 보정 센서를 동일한 유연 기판 위에 함께 제작해 땀 센서의 정확성을 크게 향상시켰다. 혈당과 젖산은 온도와 pH에 따라 그 값이 변할 수 있어 이를 보정하기 위한 온도 센서를 집적화하는 것이 필수였다. 이렇게 제작된 멀티센서는 우수한 재현성, 반복성, 선택성 등 여러 방면에서 안정적인 성능을 나타냈다.

### 2) 나노 소재의 마이크로니들

혈당 측정에 필수적인 마이크로니들 공정 기술을 최적화하고 센서 제작 공정의 재현성을 확보하는 데에도 공을 들였다. 마이크로니들은 미세한 바늘을 이용해 몸속에 약물을 주입하거나 신체 성분을 측정하는 데 쓰인다. 마이크로니들에 전기적 신호를 주면 피부 아래에 있는 간질액의 포도당 농도를 측정해 혈당을 확인할 수 있다. 연구팀은 폴리머 기반의 최소 침습형 마이크로니들 공정 기술과 저차원 나노융복합소재 전극 기술을 개발했다. 저차원 나노 소재는 얇은 두께에서 비롯된 물리적 강인함, 그리고 넓은 표면적과 기능성 그룹을 갖는다는 것이 특징이다.

나노 소재를 이용한 멀티센서 제작 기술을 개발하는 과정은 녹록지 않았다. 성능 고도화와 소형화를 위한 소재와 센서 기술 개발도 어렵지만 해당 공정의 재현성 확보가 쉽지 않았던 탓이다. 혈당을 측정하기 위한 마이크로니들형 센서는 세포간질액을 이용하는 만큼 한국식품의약품안전처<sup>KFDA</sup> 승인을 받아야 하며, 추후 임상시험도 요구된다. 이를 위해 센서의 성능 검증 후 동물을 이용한 전임상시험을 실시했으며, 실험 조건과 공정설계, 실험 실습을 반복적으로 수행함으로써 재현성을 확보할 수 있었다.

박 교수 연구팀이 개발한 비혈액 기반의 패치형 나노멀티센서 기술은 대사증후군과 만성질환 관리를 비롯해 건강 상태 모니터링과 각종 질병 예방에 유용하게 쓰일 것으로 기대를 모으고 있다. 박 교수는 2022년 설립한 (주)에스앤이솔루션을 통해 기술 고도화와 상용화를 추진 중이기도 하다. 활발한 연구로 발전을 거듭하고 있는 바이오센서 기술이 개인의 건강관리와 질병 예방에 기여하는 동시에 의료 진단 및 치료 분야 전반에 더 많은 혁신을 가져오길 기대해본다.

## Mini Interview

광운대학교 전자공학과 박재영 교수

### 연구과제명에 '대사증후군'이 포함돼 있는데 이를 주요 라इट으로 정한 이유가 무엇인지 궁금하다.

대사증후군은 심혈관질환과 제2형 당뇨병 발생 위험과 밀접한 관련성이 있다. 대사증후군과 만성질환의 관리와 예방에 도움이 되는 센서 개발을 목적으로 혈당, 젖산, 심전도 등의 생체 정보를 세포간질액과 땀 등 비혈액 기반으로 모니터링할 수 있는 멀티센서 패치 연구개발을 수행하게 됐다.

### 비혈액 기반 대사증후군 모니터링용 패치형 나노멀티센서는 다른 모니터링용 센서들과 비교해 어떤 차별점이 있나?

멀티센서 패치는 혈당, 젖산, 심전도, 온도, pH 센서들이 하나의 유연 기판에 함께 집적화돼 있어 동시에 여러 생체

정보를 얻어 비교·활용할 수 있다. 그만큼 대사증후군의 관리·예방 면에서 효과적이라 할 수 있다. 또한 혈당과 젖산은 온도와 pH에 따라 그 값이 변하기 때문에 이를 보정하기 위한 센서가 함께 집적화돼 있다는 점도 특징이다.

### 연구개발 과정에서 기술 상용화, 크기, 성능 고도화 등 여러 요소를 고려했을 텐데 가장 중요하게 생각했던 점이 있다면?

다양한 센서를 하나의 기판에 집적화하고 소형화, 성능 고도화를 이루려면 소재와 공정, 디자인 등 여러 면에서 차별화된 기술이 필요하다. 특히 성능 고도화와 소형화를 위해 저차원 나노융복합소재 및 센서 제작 공정 기술 개발에 중점을 뒀으며, 이와 더불어 재현성 확보에 많은 노력을 기울였다.

### 관련 사업의 발전을 위해 국책과제, 정책 지원 등이 어떻게 발전했으면 좋겠는가?

원천기술 개발 측면에서 국책과제를 통한 전략적 지원이 필요하다. 해당 기술에 가장 적합한 기관 혹은 연구자가 참여해 연구개발을 수행해야만 의미 있는 성과를 도출할 수 있고 국제적 경쟁력을 갖춘 기술을 개발할 수 있다. 그러려면 우수한 과제 발굴과 선정이 필수인데 이를 위해 기획 및 평가 단계에서 해당 기술의 전문가가 참여할 수 있도록 제도를 개선하고 보완해나가면 좋겠다.



국책과제의 전략적 지원이  
바이오산업의 Key 될 것

# 첨단산업의 필수 불가결 된 섬유

## 세계 최고 수준 산업으로 키운다

### 2024 섬유패션 산업 경쟁력 강화 전략

‘섬유’라고 하면 흔히 옷을 떠올린다. 그 때문에 정부가 ‘섬유 강국’을 육성하겠다는 전략 발표에 고개를 가우뚱하는 사람이 적지 않다. 반도체나 이차전지도 아니고 섬유를 잘 만들기 위해 정부가 전략까지 세워야 하느냐는 의문이다.

word 이슬기 <한국경제신문> 기자

최근 섬유산업은 첨단산업을 육성하기 위한 필수 불가결의 요소가 되고 있다. 로켓엔진을 만드는 것부터 항공기, 전기차 부품 등 다양한 분야에 최신 기술이 결합된 섬유가 쓰이기 때문이다. 가벼우면서 불에 타지 않고, 단단한 섬유를 만드는 데에 국가가 힘을 쏟는 이유다. 정부의 섬유 경쟁력 강화 전략은 무엇이고, 첨단 섬유는 대체 무엇을 말하는 것일까.

#### 첨단 섬유 시장은 커지는데 韓 경쟁력은 약해져

지난 8월 13일 산업통상자원부가 ‘섬유패션산업 경쟁력 강화 전략’을 발표했다. 2030년까지 산업용 섬유 분야 세계시장 점유율은 현재 3%에서 10%로, 친환경 시장 점유율은 2%에서 10%로, 섬유산업의 디지털 전환 수준은 35%에서 60%로 각각 높아질 것이라는 게 골자다.



지난 8월 13일 서울 강남 섬유센터에서 진행된 ‘섬유패션산업 경쟁력 강화를 위한 섬유패션 업계 간담회’.

안덕근 산업통상자원부 장관, 최병오 한국섬유산업 연합회장 등 중심으로 국내 섬유패션 관련 협·단체, 학계, 연구기관 및 기업 대표 등이 참석해 섬유패션산업의 현안과 향후 발전 방향을 논의했다.

이를 통해 세계적으로 수요가 증가하고 있는 고성능 아라미드와 탄소섬유, 해양 수산 섬유, 차세대 전자통신 섬유 등 첨단산업용 섬유의 핵심 기술을 2030년까지 세계 최고 수준으로 고도화하겠다는 목표다. 의류용 섬유 기업이 산업용 섬유 기업으로 전환하는 경우에는 기술 컨설팅과 함께 설비투자를 정책금융으로 지원할 예정이다.

섬유패션산업은 1950~1960년대만 하더라도 한국의 주력산업으로 꼽혀왔다. 그러나 미국·일본 등 선도국이 첨단산업용 섬유 시장에서 앞서 나가는 가운데 중국·인도 등 후발국이 가격경쟁력을 앞세워 치고 올라오면서 한국은 이들 사이에서 ‘넛크래커<sup>①</sup>’ 상황이 되며 생산·수출이 위축되고 있다. 실제 섬유업계는 2000년에 188억 달러의 수출 실적을 올렸지만, 2022년엔 43억9000만 달러 수출에 그쳤다. 4분의 1 토막이 난 것이다.

산업부에 따르면 산업용 섬유의 시장 규모는 2021년 1467억 달러 수준에서 2027년엔 1922억 달러로 연평균 4.7% 성장할 전망이다. 이 때문에 각국 정부도 섬유의 경쟁력 강화에 집중하고 있다. 첨단 섬유 시장에서 오랜 기간 강자로 군림했던 미국과 일본은 현재도 시장을 사실상 양분해 독점 상태에 가까운데, 우리나라를 비롯해 각국 정부는 이 구조를 깨기 위해 고군분투 중이다.

### 북한도 로켓 만들기 위해 밀반출했던 첨단 섬유

첨단산업용 섬유의 대표 격은 아라미드 섬유다. 굵기는 5mm에 불과해 실처럼 얇지만, 강철보다 5배나 단단해 2톤 무게를 버틸 수 있다. 총알도 아라미드 섬유를 뚫지 못하고, 400~500°C 고온에서도 타거나 녹지 않는다. 매우 단단하면서 가벼워 미사일이나 로켓에도 쓰이고 방탄복, 소방복 등 각종 보호장비 등에 보강재로 활용되고 있다.

아라미드 섬유가 국가 방산 경쟁력에 큰 영향을 미친다는 것을 보여주는 일화도 있다. 북한은 지난 2016년 러시아 블라디보스토크에서 아라미드 섬유 실을 밀반출하려다 적발되기도 했다. 장거리 로켓을 만드는 데 아라미드 섬유 실을 활용하려고 했던 것으로 추정된다. 러시아에선 무기 및 군사장비 제작에 이용될 수 있는 이중용도 품목으로 분류돼 대통령령에 의해 수출이 금지돼 있다. 유엔<sup>UN</sup> 역시 아라미드 섬유가 고체연료 미사일 추진체 캐니스터 제작 등에 사용될 수 있다며 북한 수출을 금지하고 있다.

아라미드 섬유는 생산 기술을 보유한 기업이 손에 꼽을 정도로 적다.

### 차세대 섬유 기술의 핵심 ‘버섯’에 있다?



환경 규제 강화와 비거니즘 의식 확산에 따라 동물 가죽을 대체하기 위한 요구가 높아지고 있다. 여기에 새롭게 주목받는 것이 버섯 균사체를 활용한 비건 가죽. 전통적인 가죽과 비교해 뛰어난 내구성을 자랑하며, 생분해도 가능하다. 이에 우리 산업부 역시 비건 가죽 연구개발을 위해 286억 원의 지원 계획을 밝힌 상황. 버섯으로 만든 가죽 이야기가 더 궁금하다면 QR코드를 태그해보길.



북한이 밀반출하지 않는 이상 손에 넣을 수 없었던 이유다. 현재 글로벌 아라미드 시장에서 미국 듀폰과 일본 데이진 등이 점유율 80% 이상을 차지하고 있다. 다만 코오롱인더스트리 등 후발 주자인 국내 기업도 투자를 확대하며 존재감을 키우고 있다.

### 옷 만드는 섬유산업도 바뀌어야 산다

일반적인 섬유산업도 ‘ESG 경영’ 트렌드에 따라 바뀔 필요가 있다. 염색 가공 분야에 따라 바뀔 필요가 있다. 염색 가공 분야에 오염 배출이 지속되고 있어서다. 결국 폐수와 온실가스 배출을 줄여야만 한다. 정부는 이를 위해 온실가스 배출 감소를 지원하는 기술과 인증 등을 지원할 예정이다.

한편 정부는 섬유업계에 인공지능<sup>AI</sup> 도입 등의 자동화에도 힘쓸 예정이다. 시로 수요를 예측하고, 시를 기반으로 패턴을 제작하고, 시를 통해 신속하고 유연하게 생산하도록 하며, 노동력 부족 문제에도 적용할 수 있다. 첨단산업을 향한 섬유산업의 첨단·자동화를 응원한다.

① 넛크래커<sup>Nut-cracker</sup>: 1990년대 후반 저임금의 중국과 높은 기술의 일본 사이에 끼여버린 한국의 산업 상황을 뜻하는 말로 쓰였다. 원래 호두를 눌러 껍질을 까는 기계를 뜻하는데, 당시 한국의 상황이 꼭 그와 같았다.

# 한눈에 보는

# 사이버 보안

## 사이버 보안은?

컴퓨터 시스템, 네트워크, 프로그램 및 데이터를 사이버 공격으로부터 보호하기 위한 기술, 과정 등을 의미한다. 불법적인 접근이나 데이터 유출, 악성 소프트웨어 감염, 서비스 거부 공격과 같은 위협으로부터 정보와 시스템을 안전하게 유지한다.

### ✓ 네트워크 보안

승인되지 않은 상태에서 기업 네트워크에 침입하는 것을 막거나 방지

### ✓ 엔드포인트 보안

악의적인 내외부 위협으로부터 데스크톱, 노트북, 서버 및 고정 기능기기를 보호

### ✓ 애플리케이션 보안

애플리케이션 코드의 취약점을 찾아 수정해 앱을 더 안전하게

### ✓ 클라우드 보안

클라우드 컴퓨팅 환경에서 데이터 및 서비스 보호

### ✓ 시스템 보안

운영체제, 데이터베이스 등 컴퓨터 시스템과 관련된 보안. 악성코드 예방이나 백신 소프트웨어 등

### ✓ 데이터 보안

데이터의 기밀성, 무결성, 가용성을 보호



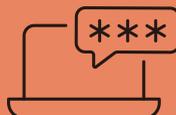
2024년 데이터 유출로 인한 전 세계 평균 비용

488만 달러  
(65억 원)

2023년보다 10% 증가



자료: KDB산업은행 미래전략연구소



자료: IBM

## 주요 사이버 범죄

<b>비즈니스 이메일 침해<sup>BEC</sup></b>	기업을 타깃으로 삼아 속이는 가짜 이메일 기반 사기 범죄
<b>멀웨어<sup>Malware</sup></b>	일반적인 사이버 공격, 최종 사용자 시스템과 서버에 설치되는 다양한 악성 프로그램을 아우른다.
<b>피싱<sup>Phishing</sup></b>	사람을 속여 사기에 빠지도록 고안된 악성 이메일을 보내는 행위. 피싱은 사용자가 금융 정보나 시스템 자격 증명, 기타 민감한 데이터를 공개하도록 의도한다.
<b>랜섬웨어<sup>Ransomware</sup></b>	피해자가 데이터의 가격을 지불할 때까지 컴퓨터 시스템을 접근할 수 없도록 암호화하거나 접근을 차단하는 악성 멀웨어의 일종이다.



자료: 프루프포인트

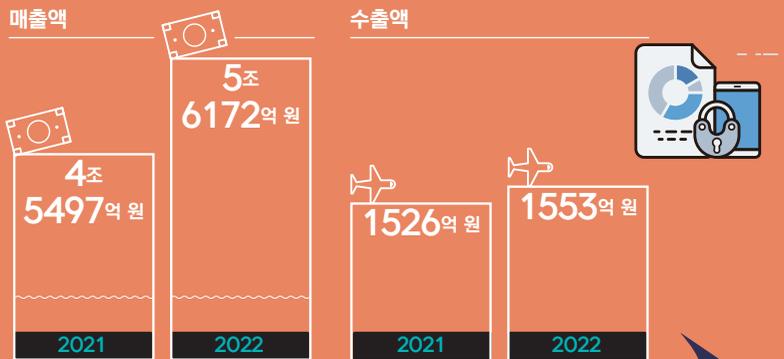
## 글로벌 사이버 보안 시장은?



자료: 모도르 인텔리전스



## 국내 정보보호산업은?



(수출·매출) **1위** 네트워크 보안 솔루션

### 2022년 기준 업계 현황

기업수	1594개	전체 매출	16조2000억 원
수출 규모	2조2000억 원	중사 인력	6만4831명

자료: 한국정보보호산업협회

Secure online backup

# CYBER

## 변화하는 위협, 진화하는 방어 사이버 보안 기술

2010년, 이란의 핵 시설이 마비되는 사고가 일어났다. 스텔스넷이란 악성 프로그램의 공격으로 생긴 일이다.

2017년, 워너크라이 랜섬웨어는 150여 개국 20만 대가 넘는 컴퓨터를 감염시켰다. 영국 병원을 비롯해 세계 각지의 많은 시설이 피해를 보았다.

인터넷으로 연결된 삶은, 인터넷을 지키지 않으면 쉽게 무너진다. 갑자기 인터넷이 멈춘다면 어떻게 될까? 게임 계정이 해킹당하면? 업무용 데이터가 사라진다면? 생각하기도 싫지만, 사이버 공격은 실존하는 위협이다.

# SECURITY

Protecting data from unauthorized access

## 인터넷을 지켜야 삶을 지킨다

사이버 보안<sup>Cyber Security</sup>이란 단어를 들으면 가장 먼저 떠오르는 것은? 해킹이나 개인정보 유출, 랜섬웨어, 인터넷 장애, 백신 프로그램 등이 생각날 것이다. 실제로도 그렇다. 사이버 보안은 해킹이나 랜섬웨어 같은 악의적 행위나 프로그램에 대해 네트워크, 소프트웨어 및 중요 시스템과 개인정보 등을 지키고, 인터넷 장애 같은 파생 사고를 막기 위해 이뤄지는 모든 일을 가리킨다. 컴퓨터 보안이나 정보 보안, IT 보안 같은 말과 함께 쓰이는 경우도 많다. 다만 사이버 보안에는 스마트폰이나 스마트TV 같은 스마트 기기, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷 기기 보안이 포함되어 있기에 요즘에는 주로 사이버 보안이라고 한다.

핵심은 안전하게 컴퓨터와 인터넷을 쓸 수 있는 환경을 만드는 것이다. 사람으로 따지면 건강한 신체와 정신을 유지하는 일과 같다. 바이러스가 몸에 들어오면 면역체계가 작동해 퇴치하는 것처럼, 사이버 보안은 악성 사용자와 프로그램으로부터 시스템과 데이터, 이용자를 보호한다. 재밌게도, 컴퓨터 바이러스라는 이름도 생물학적 바이러스처럼 감염을 일으킨다는 이유로 채택됐다. 이를 방어하는 프로그램을 백신이라 부르는 이유이기도 하다.

## 바이러스와 함께 성장한 사이버 보안

사이버 보안은 사이버 공격과 함께 성장했다. 다만 컴퓨터 바이러스가 처음부터 다른 컴퓨터를 해치려고 만들어진 것은 아니다. ‘자신을 복제하며 확산하는 프로그램’의 개념은 인터넷의 조상 격인 아르파넷 시기부터 있었다. 1971년에 등장한 세계 최초의 컴퓨터 바이러스 ‘크리퍼<sup>Creaper</sup>’는 그저 ‘자가복제 프로그램’이 가능하다는 걸 보여주기 위해 만들어졌다. 컴퓨터의 데이터를 파괴하는 프로그램이 등장한 것은, 1980년대 들어와 개인용

컴퓨터가 보급되고, 아르파넷이 인터넷으로 바뀐 이후다. 1986년에 발견된 브레인<sup>Brain</sup> 바이러스는, 당시 즐겨 쓰던 저장장치였던 플로피디스크를 고장 냈다. 소프트웨어를 불법 복제한 이용자들을 골탕 먹이기 위해 만들었다지만 큰 피해를 안겨줬고, 다음 해에 많은 백신 프로그램이 출시되는 계기가 됐다.

정보통신 세계에서는 아이디어가 중요하다. 하나의 아이디어가 인기를 얻으면, 곧 그 아이디어에 영향을 받은 제품이 등장한다. 1988년에 나와 큰 충격을 안겨준 모리스 웜<sup>Morris Worm</sup>이 좋은 사례다. 당시 여러 컴퓨터 서버를 망가뜨려 인터넷을 못 쓰게 만들었지만, 나쁜 의도는 없었다. 그저 인터넷에 몇 대의 컴퓨터가 연결되어 있는지 궁금했는데, 프로그램을 잘못 짰을 뿐이다. 하지만 이 바이러스 제작자가 미 법원에서 재판받으며 유명해졌다. 덕분에 안티바이러스 프로그램 산업이 빠르게 성장할 수 있었지만, 범죄 모방 욕구에도 불을 지폈다. 인터넷 기반 공격, 다시 말해 사이버 공격의 물꼬를 텄다. 이 가운데 1999년에 공개된 멜리사 바이러스<sup>The Melissa Virus</sup>는 가장 잘 알려진 존재다. 세계의 이메일 시스템을 망가뜨려서, 피해 복구에 들어간 비용만 8000만 달러(현재 가치로 한화 2120억 원) 정도 된다고 알려졌다.

## 사이버 공격을 하는 방법

인터넷이 널리 보급되던 시기, 멜리사가 미친 파급력은 컸다. 백신 프로그램의 필요성이 대두되면서 사이버 보안 산업이 몸집을 키웠고, 사이버 범죄<sup>Cyber Crime</sup>란 단어가 대중에게 각인됐다. 사이버 범죄자들에게도 영감을 줬다. 수지맞는 장사가 될 가능성이 생기면서, 공격이 크게 늘었다. 아예 사이버 공격을 위한 프로그램을 판매하는 사람도 생기는 등 사이버 공격이 사업으로 변하고 있었다.

사람들의 삶에 컴퓨터와 스마트폰이 녹아든 지금은 어떨까. 우리나라 국가정보원이 밝힌 공공분야 대상 사이버 공격만 2023년 기준으로

### 해커의 시선으로 취약점을 찾는 화이트해커?

해커<sup>Hacker</sup>에는 2가지 유형이 있다. 악의적인 의도로 불법적인 해킹 활동을 수행하는 블랙 해커, 그리고 시스템 보안을 강화하고 보호하는데 중점을 두는 화이트 해커. 사이버 보안 환경을 강화하기 위해 화이트 해커들은 어떤 노력을 하고 있을까?





**미국 CISA의 사이버 보안 캠페인**

미국의 사이버 보안 및 인프라 보안국(Cybersecurity and Infrastructure Security Agency)은 매년 10월 ‘사이버 보안 인식의 달’ 캠페인을 진행해 일반 대중과 기업이 온라인 안전을 강화할 수 있도록 돕는 다양한 정보를 제공한다.

**강력한 비밀번호 사용하고 비밀번호 관리자를 이용하세요.**

**다단계 인증을 활성화하세요.**

**피싱을 인지하고 신고하세요.**

**소프트웨어를 업데이트하세요.**

자료: 미국 사이버 보안 및 인프라 보안국

하루 162만 건에 달한다. 국가 안보 차원에선 비전통적인 안보 위협 중 가장 심각한 위협으로 여기고 있다. 글로벌 사이버 보안 매체 <사이버크라이매거진(Cybercrime Magazine)>에 따르면 2024년 사이버 공격으로 인한 전체 피해 규모는 약 9조5000억

달러(1경2500조 원)에 달할 것으로 예상된다.

사이버 공격 형태도 변했다. 예전에는 주로 악성 프로그램(Malicious Software, 멀웨어)을 많이 썼다. 자가복제가 가능한 컴퓨터 바이러스나 여러 기기를 감염시키는 웜(Worm), 정상 프로그램으로 위장한 악성 프로그램 트로이 목마(Trojan Horse) 등이 여기에 속한다. 예전에는 개별 프로그램이었지만 이제는 악성코드 기본 기능으로 취급된다.

최근에는 PC의 데이터를 못 쓰게 만든 다음, 복구하고 싶다면 돈을 내라는 랜섬웨어(Ransomware)가 크게 악명을 떨치고 있다. 민감한 정보를 몰래 수집하는 스파이웨어(Spyware)나 가짜 메시지로 이용자를 속이는 수법인 피싱(Phishing), 컴퓨터의 접속 권한을 빼돌리는 루트킷(Rootkit)도 많이 쓰인다. 거기에 국가 지원 해커 그룹이 몰류나 철도 같은 사회 인프라망을 노리는 공격도 늘었다. 인공지능(AI) 사이버 공격도 문제다. 생성 AI를 이용해 가짜 댓글을 쓰거나 진짜 사람인 것처럼 채팅한다. 이걸로 피싱 이메일이나 악성코드를 만들기도 한다. 딥페이크 영상을 만들어 사기를 치고, 인간의 행동을 모방해 사이버 보안으로 탐지하기 어려운



멀웨어도 만든다. 클라우드 서비스로 멀웨어나 랜섬웨어를 제공하는 사업도 등장했다.

### 공격을 막아내는 사이버 보안

이젠 PC와 스마트폰, 사물인터넷을 통해 수없이 많은 기기가 인터넷에 연결되어 있다. 디지털 전환<sup>Digital Transformation</sup>으로 업무나 생산 과정을 디지털화하는 일도 진행되고 있다. 코로나19 확산으로 인해 재택근무, 원격 수업 등이 늘면서 이런 변화는 더 빨라졌다. 이렇게 변해가는 세상을, 날로 거세지는 사이버 공격에서 어떻게 지킬 수 있을까?

### 가장 기본적인 원칙은 CIA 트라이어드<sup>CIA</sup>

**Triad**다. 승인받지 못한 사람은 절대 데이터를 열람할 수 없다는 기밀성<sup>Confidentiality</sup>, 데이터가 무단으로 변경되는 걸 막아야 한다는 무결성<sup>Integrity</sup>, 필요할 때는 쓸 수 있어야 한다는 가용성<sup>Availability</sup> 세 단어를 줄인 말이다. 우리말로 ‘정보 보안 3요소’라고도 부른다.

이런 원칙에 기반해 기본적으로 쓰이는 기술은, 먼저 **데이터 암호화**가 있다. 최신 암호화 기술로 데이터를 아무나 읽을 수 없게 만들면, 데이터를 훔쳐도 쓸모가 없다. 흔히 방화벽이라 불리는 **침입 차단 시스템**도 중요하다. 네트워크로 드나드는 데이터를 감시해 위험 요소를 사전에 차단한다. 방화벽 성능을 높이기 위해 침입 탐지 및 방지 시스템도 함께 쓴다. 침입 차단 시스템이 감지할 수 없는 잠재적인 공격이나 불온한 움직임을 찾아내, 이를 운영자에게 알리거나 차단한다. 최근에는 AI 기능도 탑재되어 보다 지능적으로 공격 감제를 잡아내고 있다.

또 다른 방법도 있다. 보안 약점이 있는 **소프트웨어를 업데이트하는 것은 기본이다**. 아예 악성코드가 실행되지 못하게 바꾸기도

한다. 윈도우에 기본적으로 백신 프로그램을 탑재하거나 스마트폰에서 앱의 사용 권한을 계속 확인하는 것도 사이버 공격의 문턱을 높이기 위해서다. 가상 사이버 공격을 하는 팀을 만들어서 보안 테스트를 하기도 한다. 여러 다른 보안 기술을 엮어서 한 몸처럼 쓸 수 있는 보안 솔루션이나 플랫폼도 많이 쓰고 있다.

정책 차원의 대응도 있다. 암호와 함께 지문이나 인증 앱을 요구하는 다중 인증이 도입되고 있다. 아예 암호를 없애는 것이 목표인 패스키 같은 암호 대체 수단도 나왔다. 아무것도 믿지 않고 항상 확인한다는 철학을 가진 제로 트러스트 보안 모델을 채택하는 곳도 많아지고 있다. 예전에는 고려하지 않던 백업 시스템이나 대응 계획에 대한 인식도 높아졌다.

### 사이버 보안의 미래

기술은 강력하지만, 문제는 사람이다. 보안에는 최소한의 투자만 하는 기관이나 회사가 여전히 많다. 강력한 보안과 편리한 사용은 동전의 양면 같아서, 보안을 강화하면 쓰기가 불편하고, 사용이 편하면 보안이 약해진다는 문제에 부딪히기도 한다. 최근 출판 물류 솔루션 기업이 랜섬웨어의 공격을 받아 도서 배송에 지장이 생긴 것도, 사이버 보안을 중요하게 생각하지 않았기 때문이라고 알려졌다.

많은 사이버 보안 담당자가 사이버 보안은 회사의 정책 결정과 직원 교육부터 시작해야 한다고 입을 모아 말한다. 신뢰할 수 있는 자체 보안 정책을 수립해 실시하고, 사이버 공격을 당해도 큰 피해가 없도록 백업 및 복구 계획도 미리 정해놓는 것이 필요하다는 말이다. 또 직원들에게 규정을 알리고, 보안 교육을 통해 피싱 사기 같은 사이버 공격을 식별, 보고 및 예방할 수 있도록 해야 한다.

미래는 어떻게 될까? 핵심은 AI다. AI가 인간 보안 전문가와 함께 보안 시스템 강화를 돕고, 더불어 여러 AI 시스템이나 AI 모델을 지키는 쪽으로 개발될 것이다. 국가적 위협에 맞서 싸우고, 우주 인터넷과 양자 컴퓨터 등 신기술에 대응할 필요도 점점 커지고 있다. 앞으로 사이버 보안 기술은, 컴퓨터와 데이터만 보호하는 것이 아니라, 사회 전체를 보호하는 기술로 진화하지 않을까.



**이요훈 IT 칼럼니스트** 전 아리랑TV 비즈테크코리아 MC, 한양대 미래인문학융합학부 IAB 자문교수, 한국과학기술평가원<sup>KISTEP</sup> 전문위원이었으며, 현재 IT 칼럼니스트로 활동하고 있다.

# 물 재생의 숨은 일꾼, 미생물

## 지속가능성을 위한 폐수처리 기술

유수불부(流水不腐). 흐르는 물은 썩지 않는다는 뜻을 지닌 사자성어다. 개인이든 조직이든 환경 변화에 게을리 대응하면 도태되기 쉬우니, 자기 계발에 부단히 힘쓰라고 독려할 때 인용하곤 한다. 억지스러워 보일 수 있지만, 미생물학 관점에서 보면 이 경구의 주인공은 미생물이다. 우리가 볼 때 ‘썩지 않음’은 물에 있는 오염물질, 이른바 ‘용존유기물’을 미생물이 말끔히 먹어 치운, 곧 완전히 분해한 결과이기 때문이다.

## 자연의 자정 능력과 BOD

오염된 자연환경이 저절로 깨끗해지는 이른바 ‘자정 능력’의 실체가 바로 미생물이다. 흐르는 물은 미생물 청소부가 숨 쉴 산소를 원활하게 공급한다. 청소량이 많을수록 이들 미생물은 더 많은 산소를 요구한다. 미생물이 오염물 분해 과정에서 요구하는 산소량을 말 그대로 ‘생물학적/생화학적 산소 요구량’<sup>BOD, Biological/Biochemical Oxygen Demand</sup>이라고 한다.

BOD는 오염물량에 비례해서 커진다. 자연수에 녹아 있는 산소량, ‘용존산소량’은 1ℓ당 10mg 정도인데, 보통 하수의

### 폐수처리에 사용되는 미생물들

#### ① 호기성 미생물

산소가 풍부한 환경에서 활동하며 유기물질을 이산화탄소와 물로 분해한다. 박테리아가 대표적 호기성 미생물이다.

#### ② 혐기성 미생물

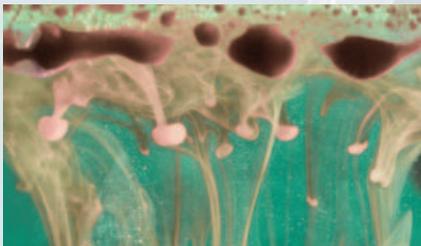
산소가 없는 환경에서 활동한다. 유기물질을 메탄, 이산화탄소, 황화수소 등으로 분해한다. 메탄 생성균과 황산염 환원균이 대표적이다.

#### ③ 통성 혐기성 미생물

산소가 있을 때는 호기성으로 없을 때는 혐기성으로 작동한다. 대장균<sup>Escherichia coli</sup>이 하나의 예다.

#### ④ 진균류와 조류

조류는 광합성을 통해 영양소를 제거하고 산소를 공급하며, 진균류(곰팡이)는 복잡한 유기물을 분해하는 역할을 한다.



BOD는 이것의 20배에 달한다. 이런 물이 그대로 강이나 호수로 흘러 들어가면, 거기에 사는 미생물은 특식을 한껏 즐기게 된다. 문제는 비정상적으로 늘어난 용존유기물을 미생물이 분해하면서 용존산소량이 급감한다는 사실. 용존산소 고갈은 종종 물고기 떼죽음으로 이어져 연쇄적으로 심각한 환경 피해를 일으킨다.

모여 사는 사람이 많지 않던 시절에 인간이 배출하는 폐수 정도는 별 신경을 쓰지 않아도 자연에서 시나브로 사라졌다. 하지만 도시가 커지고 거주 인구가 급증하면서 자연의 자정 능력은 한계를 넘어서 한때 붕괴 위기를 맞기도 했다. 다행히 자연에 부담을 덜어주는 폐수처리기술이 속속 개발되고 활용되면서 한숨을 돌렸다. 예컨대 화장실에서 용변 후 내린 물은 정화조에 머물렀다가 하수도로 흘러간다. 그리고 이렇게 모인 각종 도시 하수는 곳곳에 마련된 처리시설을 거쳐 자연수로 나간다. 과거에는 ‘하수 또는 폐수 처리장’이라고 불리며 혐오시설로 인식되었던 시설이 요즘에는 ‘물재생센터’로 불리며 환경 교육과 체험학습 공간으로 탈바꿈하고 있다.

## 물 재생 기술의 기본 원리

보통 하수 처리는 수영장 같은 큰 수조에 물을 가둬 뜨는 부유물과 가라앉는 찌꺼기를 제거하는 것으로 시작한다. 이때 바닥에 침전된 물질을 ‘슬러지<sup>Sludge</sup>’라고 부른다. 1차 처리는 기본적으로 물리적인 방법이지만, 오수가 머무르는 동안 미생물이 용존유기물과 슬러지 일부를 분해한다. 일반적으로 1차 처리로 하수의 BOD가 30%가량 줄어든다. 나머지는 2차 처리 과정에서 대부분 제거된다.

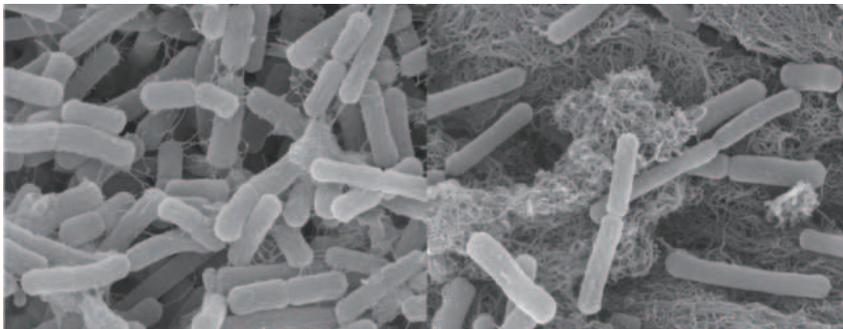
미생물의 분해 능력에 의존하는 2차 처리 과정은 기본적으로 미생물 배양과 다름없다. 말하자면 미생물이 더러운 물속 오염물을 먹어 치우며 무럭무럭 자란다는 얘기다. 실제로 2차 처리조에는 공기를 불어넣어 미생물의 성장을 촉진한다. 증식한 미생물 가운데 상당수는 뭉쳐서 밑으로 가라앉는데, 이를 ‘활성 슬러지’라고 한다. ‘활성<sup>Activated</sup>’이라는 수식어를 붙인 이유는 오염물을 먹고 왕성하게 성장하는, 곧 분해 능력이 뛰어난 미생물이 슬러지의 대부분을 차지하기 때문이다.

1·2차 처리 과정에서 나온 슬러지는 ‘무산소 슬러지 소화조’로 보내져 산소가 없는 상태에서 처리된다. 2차 처리가 유산소 호흡 미생물의 작품이라면, 슬러지 분해(소화)는 무산소 호흡 미생물이 담당한다. 쉽게 말해서, 산소 없이 숨 쉬는 미생물이 슬러지를 먹어 치운다는 얘기다. 특히 산소를 만나면 죽사하고 마는 ‘메탄 생성균’의 역할이 중요하다. 현재까지 알려진 메탄 생성균은 모두 ‘고세균’이다. 고세균은 단세포 미생물로, 보통 다른 생물이 살기 힘든 험한 환경에 산다. 가령 끓는 물에 가까운 온천수나 사해처럼 염분 농도가 높은 곳 따위가 여러 고세균의 보금자리이다.

메탄 생성균 덕분에 슬러지를 이루는 유기물 대부분이 최종적으로 메탄으로 전환된다. 이렇게 생산되는 메탄은 보통 처리시설의 난방 또는 동력 연료로 사용된다. 슬러지 소화 과정이 끝나고 남은 찌꺼기마저도 수분을 제거해서 토양 개량제로 쓸 수 있다. 이 정도면 미생물이 주도하는 물 재생은 ‘재활용<sup>Recycling</sup>’을 넘어서는 ‘새활용<sup>Upcycling</sup>’ 수준이라 하겠다. 통상 2차 처리가 끝난 물은 염소 소독을 해서 방류할 수도 있고, 잔존 BOD와 질소나 인 따위를 비롯한 무기염류를 더 제거하기 위해 최종적으로 3차 처리를 하기도 한다. 보통 3차 처리는 화합물을 이용한 침전과 필터를 이용한 여과로 이루어진다.

### 막생물반응기와 역삼투, 기본을 업그레이드하다

막생물반응기<sup>MBR, Membrane Bioreactor</sup>는 이름 그대로 생물학적 처리에 막으로 거르는 과정을 결합한 시스템이다. 생물 반응조에 유입된 폐수가 미생물의 분해 작용을 먼저 거친 다음, 막을 통과하면서 미생물을 비롯한 입자가 물에서



산소가 없는 상황에서 물질대사 과정으로 메탄을 생성하는 메탄 생성균

물리적으로 분리된다. MBR의 가장 큰 장점은 막을 통해 미세한 입자와 미생물까지 걸러내어 더욱 깨끗한 물을 제공한다는 점이다.

MBR에 장착된 막은 초미세 필터로 구성되어 있으며, 슬러지와 기타 부유 물질을 차단하는 역할을 한다. 걸러진 슬러지 상당 부분은 다시 반응조로 되돌아가 생물 반응조에서 미생물을 고농도로 유지함으로써 그만큼 분해 효율을 높이고 슬러지 배출량을 줄이는 데 효과적이다. 이러한 과정을 통해 처리된 물은 전통적인 2차 처리수보다 훨씬 더 깨끗해서 보통 추가적인 3차 처리 없이도 물을 직접 재이용하거나 방류할 수 있다. 그러나 MBR은 막 오염을 막기 위해 정기적인 유지 관리가 필수적이고, 초기 설치 비용이 상대적으로 높다.

물 재생과 관련하여 ‘역삼투<sup>RO, Reverse Osmosis</sup>’ 기술도 최근 주목받고 있다. 농도가 다른 두 용액을 반투과성 막으로 분리해 놓으면, 농도가 낮은 쪽에서 농도가 높은 쪽으로 물이 옮겨 가는데, 이를 ‘삼투’라고 한다. 그러나 농도가 높은 용액에 높은 압력을 가하면, 이 현상이 반대로 일어나게 된다. 다시 말해서, 물이 농도가 높은 용액에서 반투막을 통해 농도가 낮은 용액으로 이동한다. 이 과정을 ‘역삼투’라고 부른다. 역삼투 기술은 물에서 불순물과 이온 따위를 제거하기 위해 널리 사용되는 정수 기술로, 해수 담수화를 비롯하여 다양한 분야에서 활용되고 있다.

역삼투의 핵심은 매우 미세한 구멍 보통 0.1nm 정도를 가진 막으로 물 분자는 통과하지만, 염분을 비롯한 대부분 화합물은 배제된다. 매우 미세한 오염물질까지 제거할 수 있어, 거의 순수한 물을 생산할 수 있다는 얘기다. 따라서

역삼투 기술은 마시는 물이나 고순도 물이 필요한 산업 공정과 바닷물 담수화에도 널리 쓰이고 있다. 다만 운영 과정에서 몇 가지 중요한 과제가 따른다. 우선 고압을 이용해 물을 처리하기 때문에 상당한 에너지가 필요하다. 이로 인해 운영 비용이 커지고, 에너지 소비가 많은 시설에서는 비용 부담이 가중될 수 있다.



SK이노베이션의 울산CLX 종합폐수처리장에서는 물리적, 화학적, 생물학적 방법을 통해 폐수를 정화한다. 지난 2022년에는 국내 정유사 최초로 AI 폐수처리시스템을 도입해서 폐수처리의 효율을 높이기도 했다.

또한, 역삼투 결과로 나오는 오염물질이 농축된 물을 추가적으로 처리해야 한다. 만약 이 과정이 제대로 실행되지 않을 경우, 환경에 부정적인 영향을 미칠 수 있어 신중한 관리가 필요하다. 마지막으로, 역삼투 시스템의 핵심인 반투과성 막의 오염 또는 손상 가능성이 있다. 이를 방지하고 시스템의 성능을 유지하기 위해서는 주기적인 점검과 적절한 유지 보수 전략이 필요하다.

**인간과 미생물, 지구를 지키는 진정한 주인으로**  
물 재생 과정은 미생물의 중요성을 여실히 보여준다.

미생물이 활동하지 않는다면 우리는 깨끗한 물을 마실 수 없게 될 것이다. 지구 전체로 보면 생명체가 살아 숨쉬는 물과 물 그리고 하늘을 아우르는 공간 ‘생물권’은 지구 표면의 얇은 층이다. 그런데 이런 생물권의 극히 일부를 차지하며 사는 인간이 이곳의 주인 행세를 해왔다. 반면, 미생물은 생물권 전체의 물질순환을 관장하고 화학 균형을 유지함으로써 모든 생명체의 존립에 필수적인 역할을 은밀하게 수행하고 있다. 분명한 사실은 미생물이 지구상에서 사라진다면 인간의 삶도 끝이라는 것이다. ‘공감’의 자세로 미생물을 바라보자. 우리는 삶의 반려자이자 조력자인 미생물과 함께 조화 속에 살아가야 하니 말이다.



김응빈 연세대학교 시스템생물학과 교수 미생물을 공부하며 인문예술학자와 융합 연구도 수행하고 있다. <생물학의 쓸모>를 비롯해서 여러 책을 썼고, 유튜브 채널 ‘김응빈의 응생물학’을 통해 흥미진진한 생물 이야기를 들려주고 있다.



# 패키징 기술 혁신으로, 지속가능한 물류 선도한다

물류업계가 첨단 패키징혁신센터를 통해 패키징 자동화 설비 고도화에 주력하고 있다. 패키징 자동화 설비로 인해 포장재 사용량이 크게 줄었고, 3D 시뮬레이션을 통해 배송 제품에 알맞은 크기로 포장하며 친환경 기여 효과도 높아졌다.

word <한경ESG> 이미경 기자

## 이커머스 시대, 물류 기술의 시대

경기도 동탄에 위치한 CJ대한통운 TES물류기술연구소 패키징혁신센터를 찾았다. 연구소에 들어서니 택배 포장 자동화시설이 가장 먼저 눈에 들어왔다. 포장지를 만드는 연구실에서는 3D 시뮬레이션 기반 상자 추천 시스템을 활용해 테이프를 쓰지 않거나, 포장 후 파손이 발생하지 않도록 기계로 테스트를 진행하고 있다. 해당 기계는 CJ대한통운이 특허를 냈다.

CJ대한통운의 패키징혁신센터는 2023년 4월에 첫 설립되어 현재 약 60평 규모로 운영 중이다. 자동화 설비 검증 공간과 패키징 안전성 연구실, 시료 전처리실, 환경시험연구실, 샘플제작실 등이 마련되어 있다. 낙하시험기와 압축시험기 등 32종의 시험설비가 낙하와 압축, 적재 등에 의해 파손 가능성이 있는지를 시험하고 있다. 환경시험연구실에서는 온-습도에 따른 패키징 시험도 진행된다.

패키징혁신센터에는 패키징 토탈 솔루션 서비스를 위한 세부 공정 방식을 각각 적용해 혁신적인 기술에 대한 실험이 이뤄진다. 패키징 안전성 시험을 비롯해 친환경 패키징 솔루션, 패키징 자동화 솔루션, 패키징 진단 및 시뮬레이션, 콜드체인 패키징 등 다양한 솔루션이 이곳에서 탄생한다.

### 포장 시간과 자원 사용의 효율, 두 가지를 충족시킨 새로운 포장 기술

물류업계에서도 혁신적으로 손꼽히는 테이프리스 택배 포장 솔루션은 ‘원터치 상자’와 ‘테이프형 송장’으로 구성된다. 원터치 상자는 포장 작업을 한 번에 끝낼 수 있다는 장점이 있다. 포장 시간이 단축되고 공간 효율도 향상된다. 상자 외부에 테이프를 붙이지 않아 종이의 재활용 효율성도 높다. 테이프리스 택배 상자 포장 솔루션으로는 기술특허를 2건 확보하기도 했다.

**패키징 혁신을 가능케 하는**

5요소



---

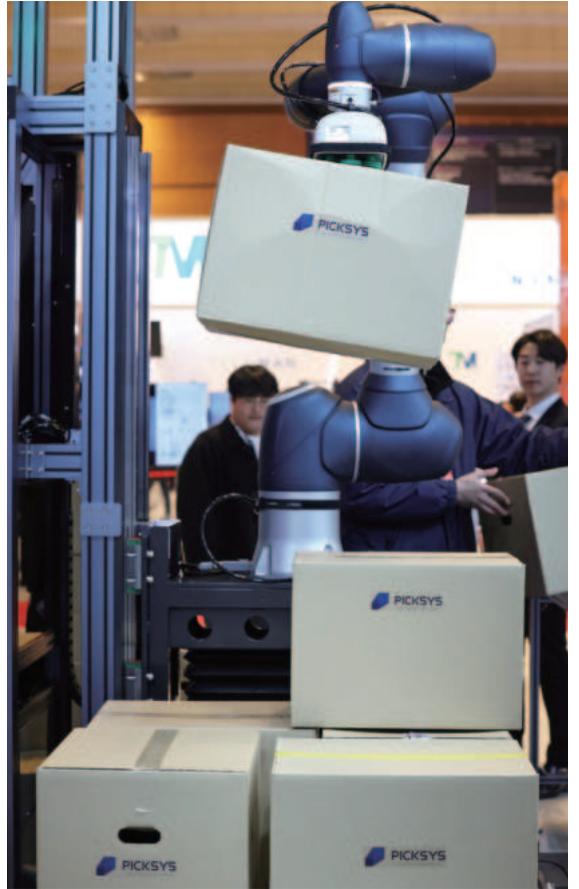
**패키징 안전성 시험**  
국제표준(ISO-ISTA)에 따라 충격, 적재, 진동에 대한 시험 업무 수행

**패키징 자동화 솔루션**  
패키징 생산성 및 품질 향상을 위한 자동화 설비 개발 및 공정 설계 컨설팅

**패키징 진단 및 시뮬레이션**  
물류·유통 환경 요소를 측정·분석하여 제품 안전성 진단 및 CAE 시뮬레이션 수행

**콜드체인 패키징 솔루션**  
고객사 물성에 최적화된 콜드체인 패키징 컨설팅 및 솔루션 제공

**친환경 패키징 솔루션**  
친환경 소재를 활용한 물류 패키징 연구·개발 및 ESG 솔루션 제공



최근 물류업계가 스마트공장, 3D 시뮬레이션, 스마트 물류 등을 구축하며 인공지능<sup>AI</sup>을 활용해 포장재를 아끼는 등 친환경·고효율의 성과를 높이고 있다.

테이프형 송장은 택배 운송장으로 종이 상자 상단 봉합과 운송장 부착을 동시에 해결하는 방식이다. 테이프와 송장을 일체화함으로써 상부 테이프와 송장을 결합해 포장 및 작업의 효율을 높였다. 친환경 종이 송장을 이용해 비닐 테이프를 대체하고, 스티커가 잘 분리되도록 만들어 개인정보 및 주문 정보 제거가 쉬워졌다. 고객 정보를 보호하는 데도 장점으로 꼽힌다.

한편 패키징 자동화 설비 고도화에도 힘쓰고 있다. 높이 맞춤형 자동 패키징 시스템은 상자 내 빈 공간을 최소화하는 맞춤형 포장 설비와 다중 높이 상자를 활용해 사용하는 상자의 종류를 줄일 수 있는데, 상자를 넣으면 포장부터 송장 부착까지 한 번에 자동적으로 진행된다. 가장 효과적인 점은 상자 내부의 빈 공간을 측정 후

최소 높이까지 모서리가 절단되면 그 높이에서 상자 날개를 접고, 자동으로 테이핑 및 송장을 부착하는 방식이다. 빈 공간을 제거함으로써 완충재를 줄일 수 있으며 자동화를 통해 포장 공정의 효율성을 높일 수 있다. 이는 결국 지속가능성에도 기여하게 된다.

어패럴 전용 친환경 파우치 자동 포장 설비도 자동화로 최적화되어 있다. 의류에 특화된 자동 포장 설비와 친환경 파우치 소재를 사용해 개인정보 보호기능도 충족한다. 어패럴 파우치 기술은 재활용 필름<sup>PCR</sup>을 활용한 친환경 파우치 포장 설비로 생산성 향상과 포장 원가절감은 물론 개봉이나 반품이 편리하도록 절취선 기능도 추가했다. 이 기술 역시 특허를 진행 중이다.

### 뉴노멀 물류 키워드 ‘친환경’, ‘자동화’

CJ대한통운이 친환경 포장 사업을 시작한 것은 코로나19가 창궐한 2020년 이후였다. 이커머스 부문의 매출이 급격하게 증가하며 일회용품 폐기물도 늘어났기 때문이다. 이후 쓰레기 문제가 불거졌고, 국내 대표 물류기업인 CJ대한통운 역시 같은 문제로 고민하게 됐다. 그리고 자체적으로 친환경 패키징 기술 로드맵을 구축했으며 그것이 지금의 TES물류기술연구소 조직으로 성장하게 됐다. 친환경 포장 사업의 장점은 명확하다. 포장재 사용량 자체가 크게 줄고, 그에 따라 고객사에게 원가절감의 혜택을 줄 수도 있다. 당연히 환경에도 긍정적이다. 원터치 박스 덕분에, 종이 상자에 테이프 접착제 성분이 남아 있어 재활용하기

어려웠던 문제를 단번에 해결했다. 당연히 이러한 부분을 해결하는데 어려움이 적지 않다. 가장 큰 고민은 가격 부담이다. 특히 높은 가격에 대한 고객의 인식을 전환하는 작업에 고민이 컸다. OPP를 사용하지 않는 테이프용 송장이나 원터치 상자를 대내외적으로 홍보할 때 고객사의 반응이 좋지 않았다고 했다. 해당 산업군에 이미 많은 투자가 이루어진 상태였고, 기존 인프라가 잘 구축되어 있어 새로운 도전이 쉽지 않았다. 그래서 원가나 자동화, 기술적인 측면에서 지속적으로 연구개발을 수행했고 차츰 그 허들도 낮아지고 있는 것 같다고.

CJ대한통운 패키징혁신센터는 향후 3년 내에 친환경 패키징 사용 비중을 전체의 30%로 확대할 예정이다. 내부뿐만 아니라 외부적으로도 활성화 전략을 함께 펼치며 목표를 달성할 계획이다. 최근 물류업계는 스마트 물류 산업으로 전환이 뚜렷해지고 있다. 따라서 물류기업 또한 자동화 시스템을 갖추면서도, 자원 절감이나 친환경적 아이템을 적용할 수 있도록 아이디어를 내고 있다. 혁신적인 연구개발을 통해 원가를 절감할 수 있는 아이템이 나온다면, 전체 산업의 지속가능성 또한 높아질 것으로 보인다.

CJ대한통운의 테이프리스 택배 포장 솔루션은 세계포장기구<sup>WPO</sup>, World Packaging Organization가 주최한 ‘2024 월드스타 패키징 어워드-이커머스 부문’에서 수상의 영예를 누린 바 있다. 친환경에 기반한 아이템이 패키징과 물류업계를 얼마나 바꿔나갈지 자못 궁금해진다.



테이프가 없는 택배 포장 솔루션. 플라스틱 테이프를 쓰지 않으면서도 포장 과정을 줄여 ‘2024 월드스타 패키징 어워드’에서 수상의 영광을 안았다.



이차전지 양극재



웨어러블 로봇



전투기(FA-50FH)  
정밀미사일표적시스템



LNG 운반선



Brain to X



AI반도체



인공장기



자율주행 전기차



K9 자주포 엔진

한강의 기적을 넘어  
한국의 기적으로

산업기술 R&D가  
대한민국 경제의  
든든한 빛이 됩니다



산업통상자원부

KEIT

한국산업기술기획평가원  
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

# 마법처럼 사라진다

# 스텔스 기술

하늘을 주름잡는 스텔스 전투기. 스텔스기를 탐지하는 건 모래사장에서 비늘 찾기보다 어렵다고 합니다. '은폐 기술'로 불리는 스텔스 기술은 과연 어떤 원리로 구현되는 걸까요?

## 창과 방패 관계,

### 탐지 기술과 스텔스 기술

전쟁의 목적은 승리입니다. 승리를 위해 온갖 첨단 기술이 동원됩니다. 전투기나 잠수함은 소리(음파)나 열에서 발생하는 적외선, 레이더 신호 등을 활용해 적의 물체를 찾아냅니다. 문제는 그로 인해 적에게 들키기도 쉽다는 것이죠. 따라서 그런 신호의 노출을 최소한으로 줄이려는 기술개발 경쟁이 치열합니다. 바로 스텔스 기술입니다.

스텔스 기술은 적의 레이더, 적외선 추적기, 음파탐지기 등에 쉽게 잡히지 않도록 아군의 무기 신호를 축소하거나 통제하는 역할을 합니다. 특히 레이더와 관련이 깊습니다. 이를테면 항공기나 군함, 유도탄 등 군용 무기체계를 만들 때 적의 레이더 전파를 흡수해 감시망에서 탐지할 수 없게 하는 것입니다. 물론 완전히 숨기는 것은 아니고, 최대한 작게 해 레이더망에 잘 드러나지 않도록 합니다.

레이더<sup>Radar</sup>는 전파(전자기파)를 물체에 쏜 후 반사되어 돌아오는 시간을 측정해 거리, 방향, 고도를 알아냅니다. 물체의 위치와 속도를 파악할 수 있어서 비행기 또는 배의 위치, 지형 정보, 구름과 같은 기상 정보를 얻어냅니다. 박쥐가 초음파를 이용해 장애물과 먹이의 위치를 알아내는 원리와 같습니다. 적의 레이더를 파괴하지 않는 한, 적의 레이더 전파를 내보내는 것을 막을 수는 없습니다. 하지만 되돌아가는 반사파를 통제하는 것은 가능합니다. 전파를 튕겨내지 않고 흘려보내는 것이 그 예입니다.



AI가 구현한 미래형 스텔스 전투기

### 레이더 전파 흡수·차단이 기술의 핵심

스텔스 기술은 어떤 원리로 레이더의 신호를 은폐할까요. 레이더 전파를 흡수하는 도료부터 레이더 전파의 반사를 막는 설계, 엔진의 배기가스 배출량을 줄이는 기술, 적외선·음향 스텔스 기술까지 다양합니다. 그중 가장 잘 알려진 기술은 무기의 모양을 최적화해 레이더 반사 면적을 줄이는 것입니다.

기체의 정면에서 전파가 날아올 때, 전파가 가장 많이 반사되는 곳은 공기흡입구와 그 속의 엔진 전면의 팬 부분, 그리고 머리 부분의 레이돔입니다. 이에 스텔스 무기들은 공기흡입구 안으로 들어온 전파가 다시 바깥으로 나가기 쉽지 않도록 S자 형태로 구부러지게 설계합니다. 미국이 개발한 세계 최초의 스텔스 공격기 F-117은 전파의 파장보다 더 촘촘한 구멍의 철망을 씌워서 전파가 공기흡입구 안쪽으로 못 들어오게 하기도 했습니다.

또 하나의 중요한 기술은 무기 표면에 특수한 탄소 소재 또는 도료를 발라 전파를 흡수함으로써 레이더 반사 단면적을 줄이는 것입니다. 전파가 이 흡수물질에 닿으면 빠져나가지 못하고 열에너지 형태로 변환됩니다. 하지만 적의 레이더 전파 모두를 흡수하지 못해 효율이 낮다는 게 단점입니다.

한편 바다에서는 21세기형 최첨단 전투함인 미 해군의 Zumwalt급 구축함<sup>Zumwalt-class destroyer</sup>이 활약하고 있습니다. 레이더와 적외선 스텔스

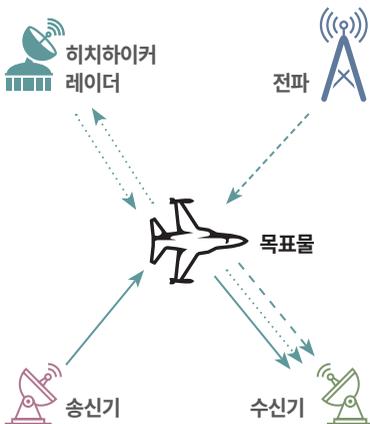
기술이 적용돼 선체와 엔진에서 발생하는 열, 배기가스 방출을 최소화합니다.

쥘왈트는 미 해군 참모총장이었던 옐모 러셀 쥘왈트 주니어 제독의 이름을 딴 것입니다. 쥘왈트 제독은 베트남전 당시 미군과 한국군의 화력 지원을 맡으며 많은 전공<sup>戰果</sup>을 올렸습니다. 길이 183m, 배수량 1만4564톤인 구축함이 레이더에는 300톤급 어선 크기로 포착됩니다. 그 때문에 적진으로의 진입이 쉽습니다. 레이더로 보면 어선인지 요트인지 군함인지 판단하기 어렵기 때문입니다.

**신소재, 나노 기술로 시각 은폐하는 전투복**

최근에는 전투복에도 스텔스 기술이 접목되고 있습니다. 체온은 물론 사람의 형상까지 완벽하게 위장할 수 있는, 미래 보병을 위한 새로운 개념의 전투복입니다. 스텔스 전투복은 어떤 형태로 구현될까요?

**다중기지 레이더<sup>Multistatic Radar</sup> 시스템**



다중기지 레이더 시스템은 여러 개의 송신기와 수신기를 다른 위치에 배치해 함께 작동하는 레이더 시스템이다. 다양한 각도와 위치에서 목표물을 탐지할 수 있고 데이터 융합으로 신호 처리 효과를 높일 수 있으며 전자전 대응력 등을 강화해 스텔스 기술로 탐지 회피를 시도하는 목표물에 효과적이다.



시각 은폐 효과를 높이기 위해 전투복의 패턴 디자인도 변화된다.

전문가들에 따르면 신소재와 나노 기술, 착용형 기기<sup>Wearable Device</sup>를 바탕으로 위장무늬와 위장색이 주변 환경과 같아지거나 시각적으로 병사의 존재 자체를 완전히 숨길 수 있는 ‘시각 은폐 기술’이 중심이 될 것으로 예상됩니다. 이를테면 인공지능 기능을 갖춘 특수한 원단으로 전투복을 만들거나, 위장 기능 역할을 하는 나노미터(10억분의 1m) 크기의 센서 수십만 개를 전투복 표면에 부착하는 방식입니다.

여기에 신체 각 부위에서 발산하는 열에너지(적외선)를 줄이는 ‘방사율 저감 코팅 기술’도 개발 중입니다. 병사 각각의 기초대사량과 운동량을 계산하고 군복 착용에 따른 온도 변화를 분석해 적외선을 줄이는 방식입니다. 이 같은 ‘체온 차단 기술’은 적의 탐지 수단으로부터 완벽한 은폐를 가능하게 할 것입니다. 시각 은폐 기술이 적용된 전투복이나 전투 장비가 등장한다면 병사들은 더 은밀하면서도 안전하게 임무 수행을 할 수 있을 것입니다.

**시각·레이더·적외선 동시에 제어하는 스텔스 메타물질**

최근 적외선과 레이더 전파 모두에서 스텔스 기능을 발휘할 수 있는 복합 스텔스 기술이 한국에서 처음 개발되었습니다.

바로 ‘스텔스 메타물질’입니다. 연세대



**메타물질 기반 다중 대역 스텔스 기술이 적용된 차세대 전차**

학교 기계공학부 조형희 교수팀이 개발의 주인공입니다.

메타물질은 자연계에 존재하지 않는 특성을 갖도록 구현한 인공 물질을 말합니다. 기존 재료를 섞거나 분리해 만들어내는 게 아니라 아예 새 물질을 창조했습니다. 메타물질 이론은 1967년 러시아의 물리학자 빅토르 베셀라고<sup>Victor Veselago</sup>가 처음 제시했습니다. 그는 ‘빛과 같은 파장을 반사하지 않고 우회시키는, 자연과 반대되는 특징을 가진 물질이 있다’고 주장했습니다.

조형희 교수팀이 찾은 스텔스 메타물질은 선택적으로 에너지를 방사하는 방식입니다. 대기 중에서 흡수되는 5~8μm(마이크로미터) 대역의 에너지들은 모두 내보내고, 3~5μm나

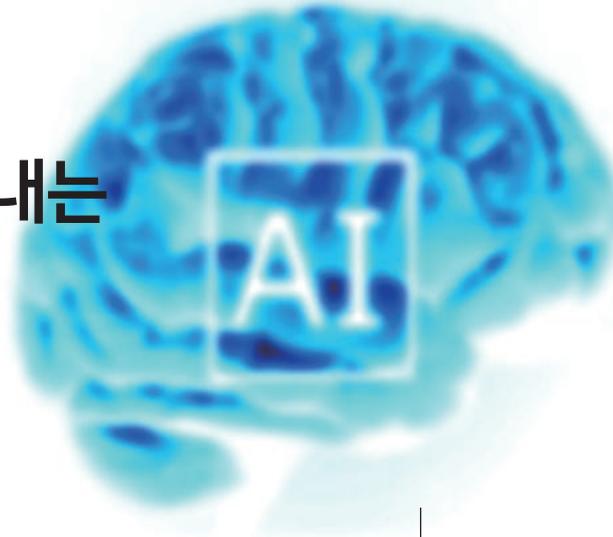
8~12μm 대역은 에너지를 내보내지 않는 메타물질입니다. 따라서 필름 형태의 이 메타물질을 항공기의 날개나 표면에 부착하면, 레이더 스텔스를 방해하지 않으면서 적외선 스텔스 기능도 갖출 수 있다는 게 조 교수의 설명입니다. 교수팀의 시각·레이더·적외선 동시 회피 ‘복합 스텔스 기술’은 레이더 전파를 90% 이상 흡수합니다. 적외선 신호는 95% 이상 줄일 수 있습니다. 이 복합 스텔스 기술은 산업부가 주최하는 기계의 날 기념행사에서 ‘2022 대한민국 올해의 10대 기계 기술’로 선정된 바 있습니다.

차세대 스텔스 전투기 개발은 한반도를 둘러싸고 있는 중국과 러시아, 일본에서도 경쟁이 한창입니다. 조형희 교수팀의 복합 스텔스 기술이 한국군의 전투기와 군함 등에 실제로 적용돼 대한민국을 굳건하게 지키는 든든한 무기들로 완성될 것이라 믿습니다.



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

# AI에게 최적의 답변을 이끌어내는 AI 트레이너



문형남 숙명여자대학교 글로벌융합학부 교수

**챗GPT의 등장 이후 거의 모든 산업에 인공지능<sup>A</sup>이 도입되고 있다. 세계경제포럼은 AI로 인해 2027년까지 6900만 개의 일자리가 생기고 8300만 개가 사라질 것으로 예측했다. AI 혁신을 상징하는 새로운 직업 ‘AI 트레이너’ 문형남 교수를 만나 변화의 바람 속 나아갈 길을 물었다.**

word 김규성 photo 김기남

**교수님께서 다루는 ‘AI’는 무엇이고 어떤 분야에 활용되나요? 아직 생소하게 느껴지는 직업인 AI 트레이너에 대해서도 알려주세요.**

|  
챗GPT는 2022년 11월 30일에 등장해 두 달 만에 1억 명이 넘는 사용자를 확보할 만큼 세계적인 파급력을 보였습니다. 이후 글로벌 기업들이 AI 시장을 선점하고자 공격적인 투자를 감행했고, 덕분에 산업적, 사회적으로 여러 변화가 발생했지요. 통상적으로 챗GPT와 같은 AI는 대규모 언어 모델<sup>LLM</sup>에 기반한 생성형 AI입니다. AI를 활용해 방대한 양의 데이터 가운데 적절한 답변을 만들어내지요.

AI 트레이너는 AI의 특성을 파악해, 사용자가 보다 잘 활용할 수 있도록 돕는 직업입니다. 주요 업무로는 ‘AI에 대한 트레이닝’과 AI 이용자를 위한 활용법 교육을 꼽겠습니다. 먼저 AI 트레이닝은 프롬프트 엔지니어링과 유사한 면이 있어요. 생성형 AI가 잘 이해할 수 있도록 구체적이면서 간결한 문장을 입력해 정답에 가까운 답변을 얻어내죠. AI 트레이너의 고유 역할이라면 답변 자체의 퀄리티를 높이기 위해 AI를 훈련한다는 점입니다. 더불어 AI 이용자를 위한 활용법 교육을 진행할 때도 단순히 좋은 답변을 얻어내는 방법만 가르치는 것이 아니라 AI 자체를 훈련시키는 방법에 대해 강의합니다.

**AI 트레이너는 어떤 방식으로 AI를 훈련하는지 궁금합니다.**

|  
무엇보다 질 좋은 기초 데이터가 필요합니다. 좋은 데이터가 무엇인지 선별하여 확보하는 ‘데이터 품질관리’에 신경 써야 하지요. 이후에는 선별된 데이터를 라벨링합니다. 데이터 라벨링이란 AI의 인식을 돕기 위한 과정이에요.

예를 들어 훈련받지 않은 AI는 개와 고양이를 잘 구분하지 못합니다. 트레이너는 AI에 개와 고양이의 사진을 보여주는 과정을 자동화해 진행하고, 그 결과 학습된 AI는 개와 고양이를 인식하고 구분하게 됩니다. 기초 데이터를 바탕으로 한 데이터 라벨링이 트레이닝의 시작 단계에 해당합니다.

이후에는 직접 프롬프트를 입력하며 교육을 이어갑니다. 물론 AI를 훈련하는 과정이 쉽지만은 않습니다. 잘못을 지적하면 ‘죄송하다’, ‘답변을 고치겠다’고 해놓고 금세 딴소리를 하니깐요.

**AI는 잘못된 정보나 오류를 그럴듯하게 포장하기도 합니다. 이 때문에 AI 활용의 어려움을 토로하는 이들도 많은데, 이 문제를 극복할 수 있을까요?**

|  
챗GPT와 같은 생성형 AI는 모든 명령에 대해 반드시 결과물을 만들어내도록 만들어졌습니다.

가령 AI가 제작한 그림에서 사람의 손가락이 예닐곱 개거나 모양이 어색하기도 한데요. 데이터가 부족할 때 그곳을 빈칸으로 두지 않고 자체적으로 결괏값을 생성해내기 때문입니다. AI가 그럴듯하게 대답을 만들어내는 환각(할루시네이션) 문제 또한 같은 궤에 있어요. 데이터가 부족하거나 잘못된 경우, AI가 임의로 텍스트를 채우며 잘못된 답변이 나오는 것이죠.

우리가 생성형 AI를 활용하는 한 오류 문제를 근본적으로 해결할 방법은 없습니다. 하지만 AI의 그림 실력이 놀랍도록 빠르게 발전하고 있다는 점을 생각해봅시다. AI 트레이너가 보다 정교한 알고리즘과 질문을 만들어간다면 AI의 답변 또한 정확성이 높아질 것입니다.

한 가지 꼭 기억하셔야 하는 점은 트레이너뿐 아니라 AI 사용자의 역할도 중요하다는 것입니다. 여러분이 입력하는 질문과 답변에 대한 반응 모두가 데이터에 반영되기 때문이죠. AI가 틀린 답변을 내놓았을 때 실망하며 넘어가는 경우가 많은데, 틀린 답변이란 점을 가르쳐줘야 합니다.



불과 20~30년 전만 해도 컴퓨터를 다룰 줄 몰랐던 사람이 대다수였지만 이제 일상의 한 부분이 되었고, AI의 일상화에 대비해야 할 시기입니다.

### 잠재력이 가장 높은 분야는 어떤 분야일까요?

|  
 머지않은 미래에는 AI가 쓰이지 않는 곳을 찾는 게 쉬울 만큼, 모든 분야에서 AI의 도입 속도가 빠른 시점입니다. 그중에서도 가장 큰 효과를 보일 곳이라면 마케팅 분야입니다.

최근 10여 년간 사회 관계망 서비스<sup>SNS</sup> 마케팅이 활발했는데요. 앞으로 소비자는 SNS나 검색창에서 제품을 찾지 않고 AI에 질문하게 될 것입니다. 브랜드, 가격, 규격 등을 일일이 찾지 않아도 되니까요. AI에 “5만 원대 청바지 중 내 허리둘레와 허벅지 굵기에 알맞고 품질이 가장 좋은 제품을 찾아줘”라고 질문한다면 AI는 보유한 데이터와 검색 등을 통해 알맞은 제품을 답해줄 것입니다. 이때 브랜드의 프로필과 제품 라인업의 우수성을 AI의 데이터 선별 과정에 알맞게 입력하는 것이 바로 AI 트레이너의 역할입니다. AI를 ‘설득’하는 것이죠.

### AI를 설득하기 위한 효과적인 방법은 무엇인가요?

|  
 AI를 설득하기 위해서는 AI가 어떤 정보의 신뢰도를 높게 책정하고 또 낮게 측정하는지 알아야 합니다. 일례로 주요

언론 기사에 언급된 내용이나 업체 홈페이지 등에 기재된 내용은 나름의 가중치를 갖고 수용한다고 보고 있습니다. 이런 특징을 적용해 좋은 데이터를 많이 입력해야겠지요. 우리 제품이 얼마나 좋은 제품인지 나름의 근거를 제시하는 것이 중요하겠습니다.

### AI를 교육하는 트레이너의 가치관이나 윤리 문제도 중요할 것 같습니다. 이에 대한 대책이 있을까요?

|  
 저작권이나 비윤리적인 행위의 정당화, 무분별한 데이터 수집으로 인한 개인정보 이슈 등 AI에도 수많은 문제점이 존재합니다. 제도 개선을 통해 규제해야만 하는 부분도 있을 테지만, 정보의 ‘신뢰성’을 검토하는 과정에서 해결될 사안도 많습니다.

저 역시 잘못된 정보를 제공했을 때 AI의 반응이 궁금해 실험해본 적이 있습니다. 질문과 답변을 반복하던 중 AI가 잘못된 정보임을 알아챘고, 질문자의 신뢰성을 의심하더군요. 결국 제가 AI에게 사과하고 말았습니다. 이처럼 AI 트레이너가 잘못된 데이터를 바탕으로 자신에게 유리한 주장을 ‘설득’할 수 있습니다. 수십 개 업체가 자신의

제품이 최고라고 AI를 트레이닝하는데 매진하는 광경도 예측이 되고요. 한 가지 다행인 점은 AI 역시 정보의 신뢰성에 대해 끊임없이 확인한다는 것입니다. 데이터를 확장해나가는 AI에 의해 잘못된 정보임이 판별될 것이고, 가짜 정보를 입력하는 아이디어자 AI 트레이너라고 낙인찍히겠지요.

## AI의 도입으로 사라지는 일자리에 대한 논란도 있습니다.

안타깝지만 AI 도입으로 인해 수많은 일자리가 사라지게 될 것입니다. 하지만 직업이란 것은 고정된 게 아니고 기술이 발달하며 변화하는 것입니다. AI 트레이너 또한 이제껏 없던 직업이고요. 불과 20~30년 전만 해도 컴퓨터를 다룰 줄 몰랐던 사람이 대다수였지만, 이제 일상의 한 부분이 되었고 AI의 일상화에 대비해야 할 시기입니다. 자신의 전공과 함께 AI를 학습해나간다면 다가올 AI 대전환 시기에도 자신만의 경쟁력을 가질 것입니다.

## AI 트레이너가 되기 위한 방법과 필요한 자질, 주요 취업 경로 등이 궁금합니다. 일반적인 기업에서

AI 트레이너는 어떤 역할을 할 수 있을까요?

기존의 컴퓨터 전공자들이 갖고 있던 컴퓨터 활용 능력에 인문학적 소양을 갖춘 사람이 잘 다룰 수 있을 것 같습니다. 개발자로서 능력만큼이나 AI와의 소통 능력도 중요하기 때문이죠.

아쉽게도 AI 트레이닝만을 전문적으로 수행하는 일자리는 많지 않은 상황입니다. AI 개발 기업이나 스타트업처럼 직접 관련이 있는 회사에 지원하는 것이 일반적이죠. 하지만 AI를 활용하는 기업이 늘어나고 있습니다. 이런 추세라면 그리 오래지 않아 대다수의 기업이 개발자나 디자이너를 보유하고 있는 것처럼 AI 트레이너의 수요가 늘어날 것이라 예상합니다.

AI 트레이너는 최근에 생긴 직업인데요. 어떤 계기로 AI 트레이너의 길을 선택하셨는지 말씀해주세요. 향후 목표는 무엇인지도 궁금합니다.

2022년 11월, 챗GPT가 서비스를 시작하고 전 세계에 충격을 안겼을 때 AI 트레이너가 되어야겠다고 다짐했습니다. 당시까지만 해도 전문가들이나 알던 AI가 대중화된 것이니, 드디어 그간 연구해온 바를 적용할 수 있겠다는 생각이 들었지요. 이제는 저만이 가진 트레이닝 스킬을 알리고 누구나 AI를 잘 활용할 수 있도록 학교나 한국AI교육협회를 통한 교육에 전념할 예정입니다.

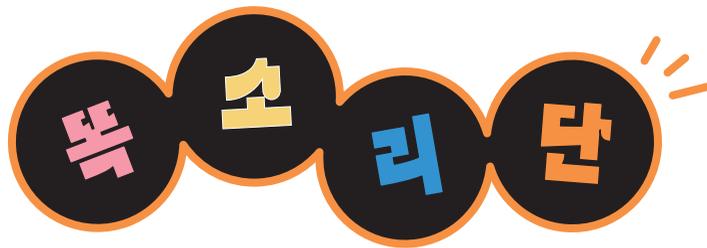
AI의 활용도와 중요성으로 미루어볼 때 언젠가 필수 교과과정에 AI 과목이 신설될 수 있다고 봅니다. 한 명의 연구자이자 AI 전문가로서 교육과정을 정립하는 데 일조하고, 나아가 우리나라가 AI 강국이 되도록 돕는 게 목표입니다.

9월호 잡 인사이드에는 목소리단 김정민, 정경국, 안경은, 류창훈, 심형훈, 문준아, 김경환, 이상영, 김태권, 전준규, 조상해, 박기혁, 손상완, 김경은, 김동민, 박해지, 유한결, 김지은, 심경태, 윤혜인, 윤지원, 한주석님께서 참여해주셨습니다.

## 문형남 교수는 누구

지난 40여 년간 AI를 연구해왔다. 공부가 재밌던 젊은 날의 학구열이 AI 연구로 그를 이끌었다. AI에 대한 무궁한 호기심을 채우기 위해 KAIST, 성균관대학교, 북한대학원대학교 등 세 곳에서 박사과정을 수료했다. 현재 숙명여대 글로벌융합대학 학장 겸 글로벌융합학부 교수로 학생들을 가르치고 있으며 한국AI교육협회 회장, (사)지속가능과학회 공동 회장, K-헬스케어학회 회장 등 다양한 분야에서 AI 연구와 교육 활동을 수행하고 있다.

<테크 포커스>의 든든한 서포터



‘똑’똑하게 ‘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 만들어가고 있는 똑소리단의 8월호 리뷰를 확인해보세요!



얇고 평평하고 휘고 접고... 끝없는 디스플레이의 진화 (04P) →

**이진영**  
|  
어릴 적 봤던 컴퓨터 모니터와 TV는 항상 크고 무거웠던 기억이 납니다. 두꺼운 음극선관을 이용한 디스플레이부터 백라이트를 사용한 LCD, 플라즈마를 이용한 PDP, 유기화합물을 사용한 OLED, 그리고 미래의 퀀텀닷까지 기사를 통해 알 수 있었습니다.

새로운 차원의 기술 무기발광 디스플레이가 온다 (14P) →

**김동민**  
|  
LCD와 OLED의 온도, 수분 등에 취약한 특성과 다양한 형태 변형이 어렵다는 등의 한계점을 극복할 수 있는 마이크로-나노 LED, 퀀텀닷 등 무기 소재를 활용하는 무기발광 디스플레이를 구현하기 위한 필수 기술 3가지에 대해 조금 어렵지만 이해할 수 있었습니다.

화재 걱정 없는 안전한 배터리 기술로 시장 견인한다 (26P) →

**서정수**  
|  
전기차 화재로 인해 배터리에 대한 걱정이 커지고 있는 상황이라 유심히 읽었습니다. 용량 문제를 제외하면 리튬이온 전지보다 월등한 성능을 가지고 있다니 기대가 됩니다. 관련이 되는 용량을 늘릴 수 있는 방법이나 슈퍼 캐패시터 등과 비교하는 내용도 실렸으면 좋았을 것 같습니다.

화재 걱정 없는 안전한 배터리 기술로 시장 견인한다 (26P) →

**전준규**  
|  
전기자동차 전소 이슈로 많은 사람이 두려움을 느낍니다. 이 시점에서 리튬이온 전지의 단점을 보완해줄 배터리 기사라 그런지 더 집중이 되었습니다. 리튬이온전지와외의 장단점, 왜 배터리 커패시터가 중요 배터리 제품인지 쉽게 이해할 수 있어서 더 좋았습니다.

글로벌 기술 경쟁 심화, 예타 폐지·보완으로 우리 산업 경쟁력 확보해야 (30P) →

**김태권**  
|  
개인적으로 R&D 예타를 위한 기획이나 행정 절차를 간소화할 필요는 있다고 생각했었습니다. 특히 우리나라가 선점해야 할 분야에 대해서는 조금 자유로워지면 좋겠지요. 다만 무분별한 지원을 막을 수 있는 행정적인 절차나 검토는 보완되어야 한다고 생각합니다.

한눈에 보는 바이오매스 비건 리더 (34P) →

**김태권**  
|  
동물의 가죽 대신 합성이나 바이오매스를 이용한 가죽에 대해 잘 알 수 있었습니다. 이어지는 기사에서 구체적인 설명이 잘 담겨 있지만, 인트로 개념인 만큼 비건 리더의 간략한 개발 역사나 도입 배경에 대한 도표나 시각적 소개가 있었으면 하는 아쉬움은 있습니다.

한눈에 보는 바이오매스 비건 리더 (34P) →

**안경은**  
|  
사과 껍질, 버섯으로도 가죽을 만들 수 있다는 사실을 알게 되어 흥미로웠습니다. 한 가지 바람이 있다면, 우리말 우선 표기입니다. '비건 리더'보다는 '대체 가죽', '친환경 가죽' 등으로 우리말 표기 후 괄호 안에 'Vegan Leather'로 부가 표기하면 좋지 않을까 하는 생각입니다.

공팡이 가죽, 지속가능한 미래를 위한 선택 (36P) →

**김종득**  
|  
버섯 균사체를 이용한 비건 가죽의 제품화는 우리가 살아가는 현 시점에서 매우 획기적인 기술이라고 생각합니다. 제품 설계부터 재활용·재사용을 할 수 있는 시스템을 구축한다면 자원 낭비를 막고 지속가능한 미래를 만들어 나갈 수 있을 것이라 기대됩니다.

공팡이 가죽, 지속가능한 미래를 위한 선택 (36P) →

**윤혜인**  
|  
공팡이가 생긴 것은 다시 사용할 수 없는 것이라고 생각했는데, 공팡이 균으로 가죽을 만든다니 무에서 유를 창조하는 느낌입니다. 저도 나중에 한번 구매해보고 싶다는 생각이 들었고 제 머릿속에서 발상의 전환이 가져온 긍정적인 사례로 기억될 것 같습니다.

친환경 타이어, 모빌리티 산업에 ESG 파워 보탠다 (40P) →

**김형우**  
|  
자동차 타이어의 환경 문제를 해결하기 위한 기업들의 노력이 인상 깊습니다. 폐타이어 재활용 현황과 친환경 타이어 개발 계획은 유익했지만, 재료 혁신, 오염 저감, 규제 등 구체적인 정보가 아쉬웠습니다. 의미 있는 그림이나 도표가 추가되면 독자들이 내용을 더 쉽게 이해할 수 있을 것 같습니다

친환경 타이어, 모빌리티 산업에 ESG 파워 보탠다 (40P) →

**류창훈**  
|  
타이어 마모로 인해 발생하는 오염 입자가 배기가스보다 많습니다. ESG 관점에서 국내외 글로벌 타이어 기업 친환경 전환 노력은 시의적절하다고 보여집니다. 이러한 친환경 활동의 구체적인 긍정적 효과가 함께 소개되었다면 더 좋았을 것 같습니다.

1000조분의 1몰의 농도로 심근경색, 알츠하이머 치매 조기 진단한다 (44P) →

**류창훈**  
|  
중장년층이 가장 두려워하는 질환이 '급성심근경색'과 '치매'라는 말에 공감합니다. 기사를 통해 바이오센서 전반에 대해 이해할 수 있었어요. 펩토몰이라는 극히 소량 측정으로 진단이 가능하다니 가히 놀라울 따름입니다. 바이오측정기술을 연구하시는 분들의 노고에 찬사를 보냅니다.

수능의 기술 PART II (52P) →

**손상완**  
|  
산업 기술 용어를 쉽게 설명해 수능을 준비하는 수험생, 회사 면접을 준비하는 취준생이 해당 기사를 접한다면 산업에 대한 공부를 수월히 할 수 있을 것 같습니다. 앞으로 <테크 포커스>가 국민들의 미래 기술에 대한 소양을 함양시켜주는 필독서가 되기를 바랍니다.

수능의 기술 PART II (52P) →

**윤혜인**  
|  
비문학 지문을 풀 때 선생님께서 해주셨던 조언이 생각합니다. 배경지식이 있으면 좋으니 관련 서적을 자주 읽어보라고 하셨거든요. 수능과 모의평가에 자주 등장하는 개념들까지 다루어서 완벽했습니다. 수험생도 과학기술을 친근하게 느낄 수 있도록 한 테마였습니다.

수능의 기술 PART II (52P) →

**전준규**  
|  
지문 속 산업기술, 핵심 트렌드, 공직생 1등급 올리기 등 수험생에게 도움이 될만한 지식을 얻을 수 있는 흥미로운 기사였습니다. 상식을 높이고픈 일반인들에게도 일독을 추천하고 싶어지는 글입니다. 앞으로도 꾸준히 수능의 기술 시리즈의 연재를 해주셨으면 좋겠습니다.

편리하고 안전한 데이터 관리 환경 만든다, 클라우드 엔지니어 (58P) →

**김형우**  
|  
현장감 있는 인터뷰를 통해 실질적인 정보를 제공했다고 생각합니다. 특히, 클라우드 전환을 고민하는 업체에게 유익한 내용을 전달한 것 같습니다. 서버 엔지니어에서 클라우드 전문가로 성장해 나가는 과정과 관련 교육 및 업무 경험을 쌓아나갔다는 내용이 인상 깊었습니다.

편리하고 안전한 데이터 관리 환경 만든다, 클라우드 엔지니어 (58P) →

**손상완**  
|  
AI, 자율주행 기술 등이 발전함과 동시에 클라우드 환경 구축 고도화가 중요해지는 시점입니다. 이러한 문제를 해결하는 분들의 이야기를 알고 싶었는데 해당 기사로 궁금증이 많이 해결되었습니다. 향후 중요성이 커질 클라우드 시대를 여는 핵심 인력으로 성장해주시기를 응원하겠습니다.

편리하고 안전한 데이터 관리 환경 만든다, 클라우드 엔지니어 (58P) →

**이진영**  
|  
클라우드 사업이 공공기관 등 다양한 분야에서 사용되고 있다는 점이 놀라웠습니다. 최근 클라우드에서 장애가 발생해 불편을 겪은 적이 있었지만, 앞으로는 온프레미스 환경의 장점을 흡수하도록 발전하여 안정적이고 지속가능한 클라우드 환경으로 발전될 수 있기를 기원합니다.

우리 사회의 공정과 원칙을 지키는

# 당신의 용기 부패·공익신고



철저한 비밀보장과 보호를 약속합니다.



### 인터넷 신고

청렴포털\_부패공익신고  
(www.clean.go.kr)

### 방문·우편 신고

국민권익위원회 종합민원상담센터(세종),  
정부합동민원센터(서울)

### 상담

'청렴포털\_부패공익신고'  
또는 ☎ 1398



국민권익위원회



독자 퀴즈

다음 보기 중에서 우리나라 방위산업  
무기체계 수출 품목이 아닌 것은 무엇인가요?

- ① K9 자주포                      ② 단좌형 FA-50 경공격기
- ③ K2 전차                         ④ AS-21 레드백 장갑차
- ⑤ 천궁-II

### 독자 퀴즈의 답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의  
상품을 보내드립니다. 퀴즈 답변과 휴대폰 번호를  
**grintjssu@hankyung.com**으로  
보내주세요. 독자 선물은 교환, 환불이 불가합니다.  
전화번호 누락, 오류 등으로 인한 발송 시  
재발송하지 않습니다.



100명 증정

퀴즈 정답자  
모바일 커피 교환권

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

# TECH FOCUS



<테크 포커스> 웹진 보기  
매월 10일 오픈



<테크 포커스> 웹진([techfocus.kr](http://techfocus.kr))에서 신간호와 함께 과월호도 모두 만나보세요!



**보이는 것 부러  
보이지 않는 것 까지**

**초격차 산업기술 R&D  
초협력으로 이뤄집니다**



산업통상자원부



한국산업기술기획평가원  
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology



ISSN 3022-7178