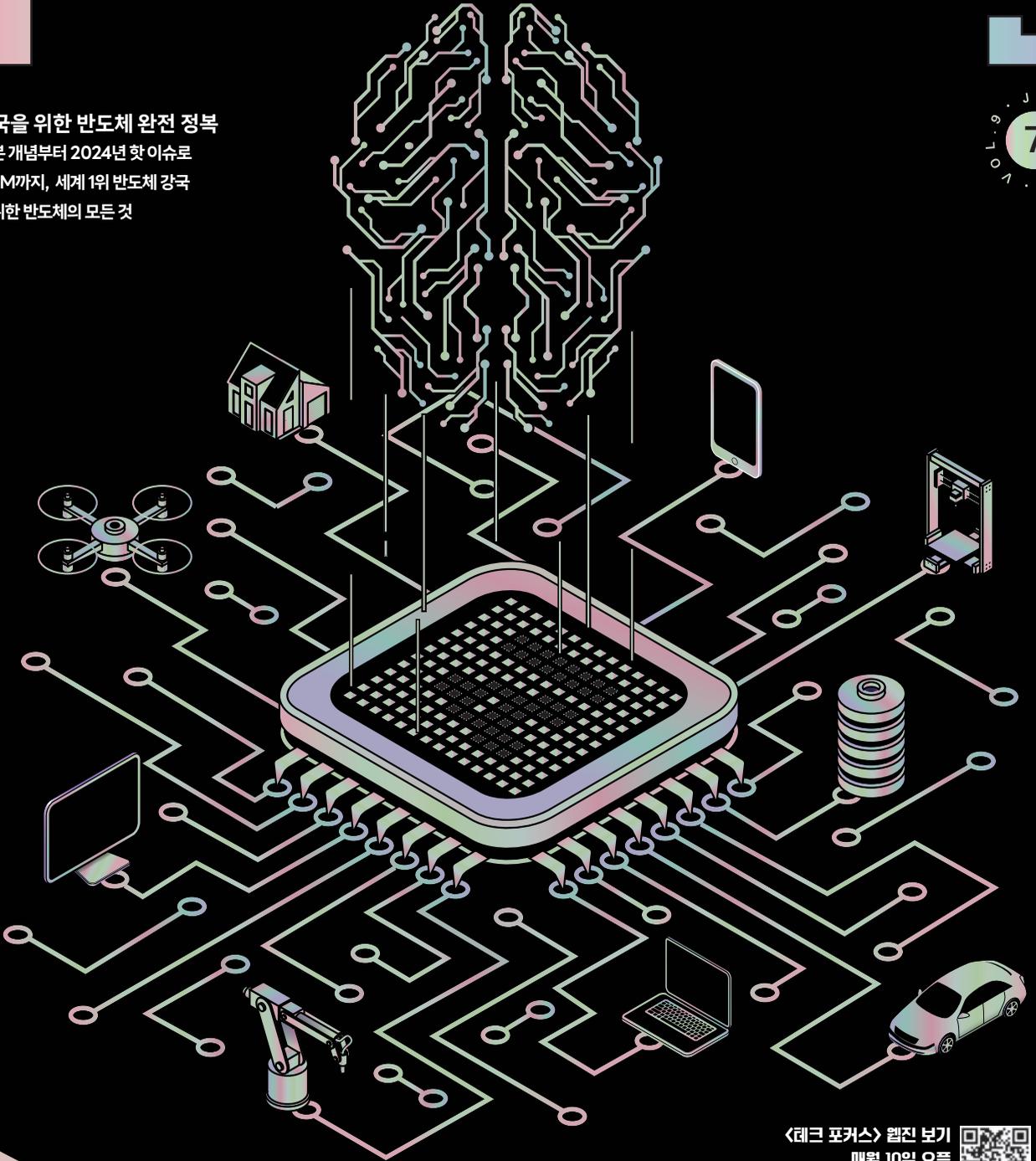


TECH FOCUS

IT 선진국을 위한 반도체 완전 정복
반도체 기본 개념부터 2024년 핫 이슈로
떠오른 HBM까지, 세계 1위 반도체 강국
국민들을 위한 반도체의 모든 것

JULY 2024
6.10
7
10.4

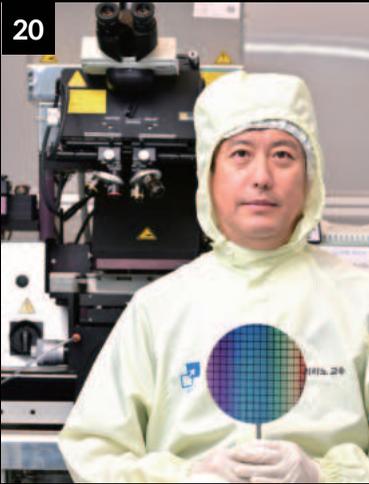


<테크 포커스> 웹진 보기
매월 10일 오픈



AI 시대의 반도체, 글로벌 1위 신화는 계속된다

20



08

42



58



30



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2024년 7월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전운중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상자원부 편집 및 제작 한국경제매거진㈜(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 기사의 무단 전재, 복사를 금합니다.

Focus Story

02

Intro

All About 반도체

04

History

반도체는 어떻게 산업의 쌀이 되었나?

08

Trend

반도체 제대로 읽어드립니다

메모리부터 시스템까지

14

Issue

인공지능 시대의 반도체

GPU와 HBM, 단순함이 만들어낸 복잡함

20

Interview

컴퓨팅 발전의 흐름 보면 반도체 산업이 보인다

[인하대학교 신소재공학과 최리노 교수](#)

Changing Tomorrow

26

Challenge

덴기열부터 코로나19까지, 감염성 질환 더 빠르게 진단한다

[쥬젠바디](#)

Global Focus

30

Issue

100인의 산·학·연 기술전문가들이 한자리에 모인 이유

KEIT 산업기술 그랜드포럼 출범식

Global Tech

32

Info

한눈에 보는 데이터센터

34

Trend

AI 시대의 핵심 인프라, 하이퍼스케일 데이터센터

New Tech

38

올해의 산업혁신기술상

[비에이치아이\(주\)](#)

복합화력발전소 가치 높이는 친환경 기술의 발견

42

R&D 프로젝트

[세보모빌리티](#)

혁신 기술의 대중화, 초소형 전기차 운전자의

편의와 안전 확보하다

ESG Tech Trend

46

ESG & Tech

이산화탄소를 흡수하는 콘크리트 숲이 온다

50

ESG Issue

전고체 배터리 전기차 2027년에 볼 수 있다

Tech & Story

54

테크 알쓸신잡

반도체 산업의 히든 챔피언 소·부·장

58

잡 인사이드

[김상옥 한국생명공학연구원](#)

[국가생명연구지원정보센터 선임연구원](#)

DNA 분석과 활용으로 인간의 삶을 바꾸다, 생명정보분석가

Review & News

62

톡소리단 리뷰

64

Notice

독자 퀴즈→



All About

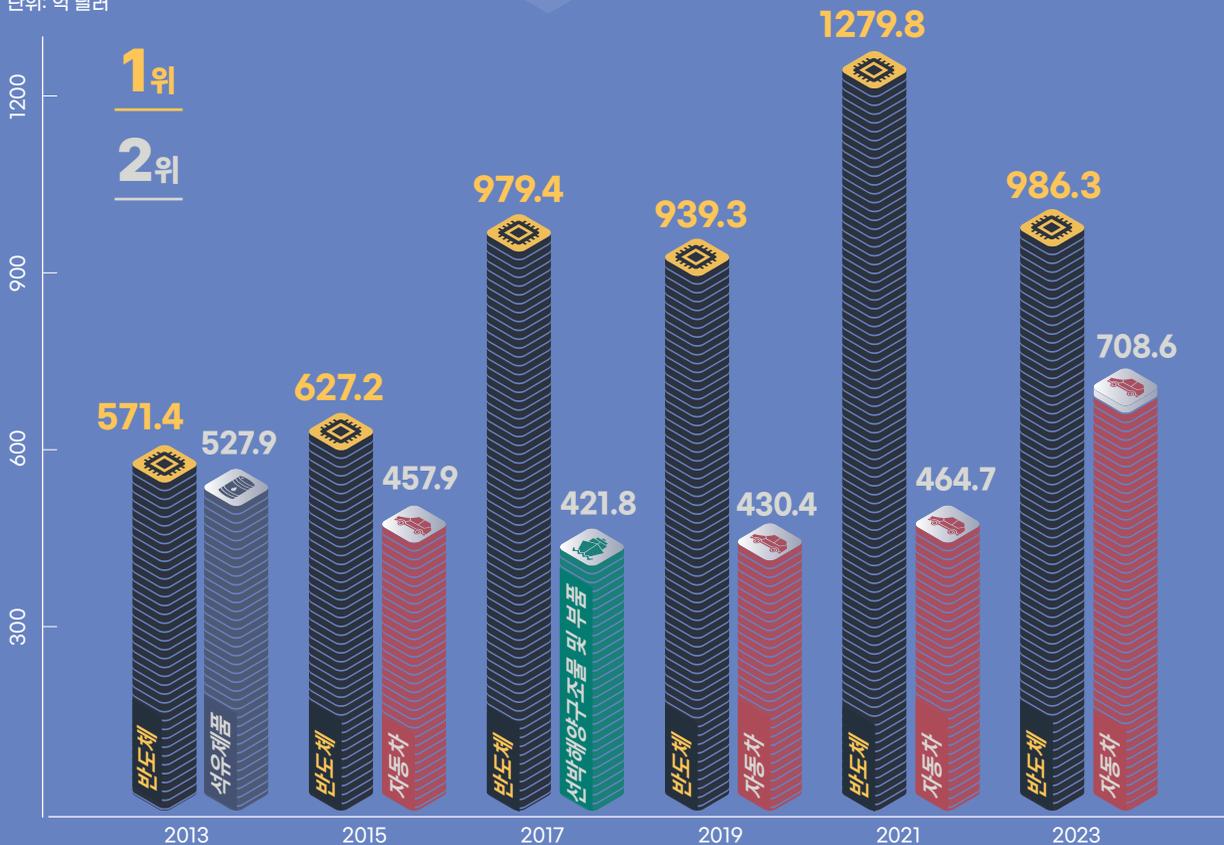
반도체



우리나라 10대 수출 품목 가운데

10년간 1위 기록

단위: 억 달러



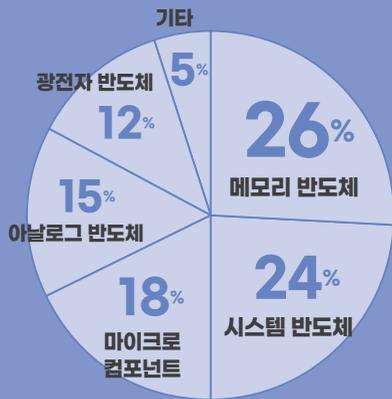
자료: 통계청

반도체가 꼭 필요한 기기들



스마트폰, 컴퓨터, 자동차, 드론, 로봇, 스마트 가전(냉장고, TV, 세탁기), 의료기기 등

2023년 반도체별 시장점유율



자료: Grand View Research

반도체의 종류와 글로벌 강자

1 시스템 반도체

컴퓨터 및 스마트폰의 중앙처리장치(마이크로 프로세서, CPU), 스마트폰과 태블릿 등의 앱 실행을 담당하는 애플리케이션 프로세서(모바일 AP), 게임과 인공지능 등에 쓰이는 그래픽처리장치^{GPU} 등

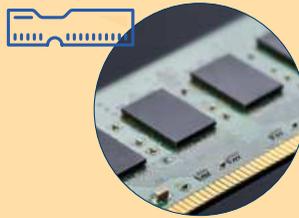
인텔, 퀄컴, 애플, 엔비디아 등



2 메모리 반도체

휘발성 메모리를 저장하는 DRAM, 비휘발성 메모리 장치인 NAND 플래시 메모리, 고성능 컴퓨팅과 인공지능 등에 쓰이는 HBM 등

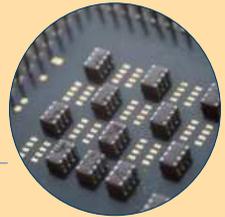
삼성전자, SK하이닉스, 마이크론 등



3 기타 반도체

전력을 공급하고 관리하는 아날로그 반도체, 아날로그 신호와 디지털 신호를 변환하는 혼합 신호 반도체, 무선통신 및 WIFI 통신에 필요한 통신 반도체, 이미지 센서와 조명 등에 쓰이는 광전자 반도체 등

LX세미콘, 텍사스 인스트루먼트, 퀄컴, 브로드컴, 삼성전자, 소니, 온세미 등



각국 정부의 반도체 지원 계획

530억 달러(약 73조 원) 규모 반도체법 도입. 자국 중심으로 산업 재편 구상

금융 지원 포함 총 26조 원 규모 반도체 산업 종합 지원 프로그램 발표

3440억 위안(약 65조 원) 규모의 역대 최대 반도체 투자기금 조성

유럽판 반도체법 시행. 2030년까지 시장 점유율 2배 확대 목표(10%→20%)

민간 부문 통합해 2030년까지 총 642억 달러 규모 투자 계획(약 88조 원)



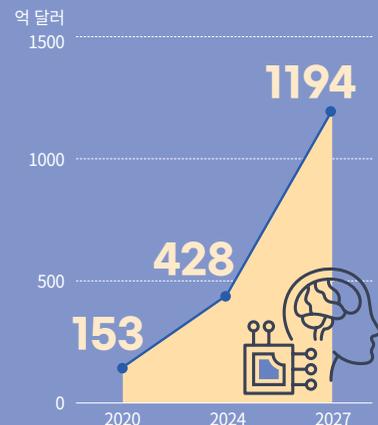
자료: 한국무역협회

글로벌 반도체 산업 매출 전망



자료: The Wall Street Journal

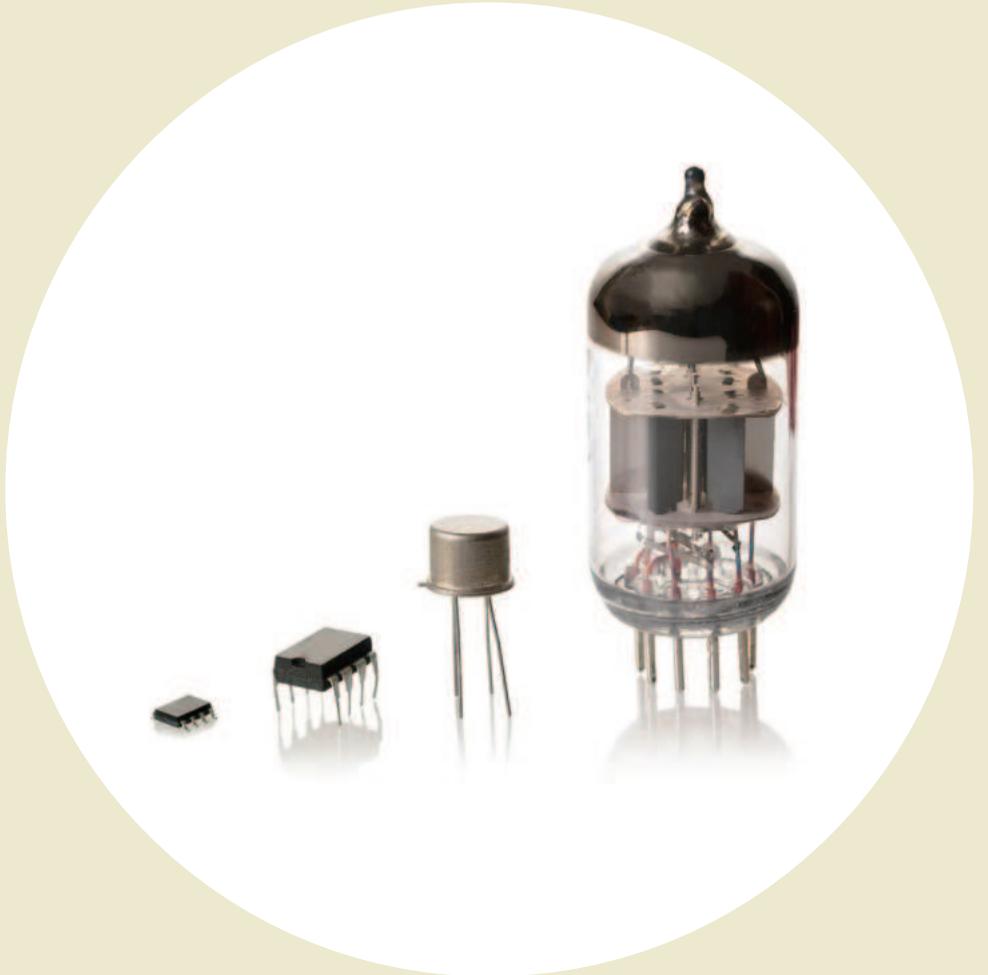
글로벌 AI 반도체 시장 규모 전망



자료: 한국반도체산업협회, Gartner

1874년 독일의 한 물리학자가 만든 최초의 반도체 다이오드를 시작으로, 반도체는 오늘날 산업의 필수 요소로 자리 잡았다. 초기 연구와 발견, 트랜지스터의 발명, 집적회로의 발전 등으로 이어진 반도체의 역사와 원리를 알아보자.

반도체는 어떻게 산업의 쌀이 되었나?



반도체를 산업의 쌀로 표현한 것은 결코 과한 표현이 아니다. 오늘날 우리가 사용하는 모든 전자기기에 빠짐없이 들어가는 것이 바로 반도체다. 그리고 반도체의 성능 자체가 그 전자기기의 성능이라고 봐도 무방할 정도다.

전기가 흐르는 물질을 ‘도체’, 흐르지 않는 물질은 ‘부도체’라고 한다. 반도체는 도체나 부도체가 아니다. 조건에 따라 전도성^①이 변한다.

① 열이나 전기가 물체 속을 이동하는 성질을 말한다.

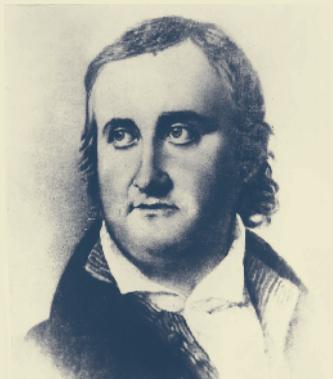
낮은 온도에서는 전기가 잘 통하지 않다가 온도가 높아짐에 따라 전기가 잘 통하게 된다. 이를 이용해 전도성을 조절하는 것이 반도체의 가장 중요한 기능이다. 반도체에 의해 전기가 흐르지 않으면 0을, 흐르면 1을 표현할 수 있다. 이 역할을 담당하는 스위치를 트랜지스터라고 부른다. 트랜지스터 1개의 저장용량은 1비트^{bit}이고, 8비트는 1바이트^{byte}다. 바이트는 반도체에 정보를 저장하는 최소 단위. 컴퓨터 구성품의 메모리 용량이나 파일의 용량을 지칭할 때 쓰는 킬로바이트(1천), 메가바이트(100만), 기가바이트(10억), 테라바이트(1조) 등이 바이트 크기라고 보면 된다. 반도체로 전자의 흐름을 자유롭게 조절하는 동시에 전자에 정보를 담아 전달하고 저장할 수 있게 되었다.

19세기부터 시작된 반도체 연구

반도체는 21세기 첨단 기술의 상징으로 꼽히지만, 이에 대한 연구는 이미 19세기부터 진행되었다. 앞서 언급했듯 반도체는 외부 조건, 즉 온도에 따라 전도성이 바뀐다. 이 사실을 처음 발견한 이는 독일의 물리학자 토마스 제벡^{Thomas Seebeck}이다. 1821년 그는 두 가지 다른 금속 등을 이어 붙인 회로에서 온도 차이가 생길 때 전압이 발생하는 현상을 발견했고, 자신의 이름을 따 이것을 ‘제벡 효과’라고 이름 붙였다. 즉 열전도율이 다른 두 가지 금속을 폐회로로 연결하고, 연결한 두 지점에 각각 다른 온도를 주면 에너지를 공급하는 힘이 발생하여 전류가 흐르는 것이었다. 외부 조건으로 전도성이 변하는 물질, 즉 반도체의 단서를 처음으로 알아낸 발견 중 하나였다.

1833년, 영국의 과학자 마이클 패러데이^{Michael Faraday}도 비슷한 발견을 해냈다. 황화은^{Ag₂S} 결정의 온도를 높이면 전도성이 높아진다는 것이다.

반도체 원리인 제벡 효과를 발견한 독일의 토마스 제벡



세계 최초의 반도체 다이오드를 만든 독일의 카를 페르디난트 브라운

현대 반도체의 발전에 결정적인 역할을 한 것은 1874년 독일의 전기공학자이자 물리학자인 카를 페르디난트 브라운^{Karl Ferdinand Braun}이다. 그는 황화납에 금속 핀을 접촉시킴으로써 전류를 한 방향으로 흐르게 하는 성질을 발견했다. 이를 이용해 제작한 점 접촉 다이오드가 세계 최초의 반도체 다이오드로 꼽힌다. 브라운의 역할은 거기에서 멈추지 않았다. 1897년, 음극에서 방출된 전자빔을 형광 화면에 투사해 이미지를 만드는 브라운관을 발명했다. 이 브라운관이 정보를 표시하는 전자 정보 디스플레이의 시초로, 20여 년 전까지 컴퓨터 모니터와 텔레비전 등 다양한 디스플레이에 사용되었다. 요즘과 같은 평면형 디스플레이가 나오기 전, 부피가 큰 상자형 디스플레이에는 모두 브라운관이 들어갔다고 보면 된다.

1904년, 영국의 공학자 존 플레밍^{John Fleming}이 다이오드의 일종인 진공관을 발명했다. 진공 유리관에 음극과 양극 두 전극을 설치하고, 그 전극 사이로 전기가 흐르도록 했다. 아주 미약한 신호로 큰 에너지를 제어할 수 있도록 만든 것이다. 이후 진공관은 장거리 전화선의 신호 증폭, ‘에니악^{ENIAC}’ 등 초기 컴퓨터의 연산회로, 오디오 등 다양한 전자기에 쓰이게 된다. 그러나 진공관에는 단점도 많았다. 유리로 되어 있으므로 깨지기 쉬웠고 열이 많이 나기 때문에 냉각 장치로 식혀주어야 했다. 무엇보다도 너무나 비효율적이었다. 덩치와 사용 에너지에 비해 정보 처리 능력과 수명은 별로였다.

20세기 초중반을 풍미했던 원시적 다이오드인 진공관. 21세기인 요즘도 전자레인지나 클래식 오디오 앰프, X선 기기 등 많은 곳에 쓰이고 있다.



반도체의 스위치, 트랜지스터 발명

진공관의 단점을 해결하기 위해 발명된 기기가 트랜지스터다. 진공상태에 열을 가해 전도성을 조절하는 대신, 반도체 성질을 갖춘 금속을 가열해 더욱 작은 에너지로 같은 효과를 얻는다는 개념이다.

트랜지스터는 일반적으로 이미터^{Emitter}, 베이스^{Base}, 컬렉터^{Collector}라고 부르는 3개의 단자(발)를 가지고 있다. 각 단자는 다른 이름처럼 저마다의 역할이 다르다.

이미터는 전기를 주는 역할을 하고, 베이스는 이미터로 들어온 전기를 넘겨줄지 말지를 결정한다. 베이스가 전기를 넘겨주겠다고 결정하면 이미터의 전기가 다음 단자로 넘어가지만, 반대로 전기를 넘기지 않겠다고 결정할 경우, 더 이상 전기는 흐르지 않는다. 베이스의 결정에 따라 흐르게 된 전기가 이동하는 곳이 컬렉터다. 이미터와 베이스를 통과해온 전기는 컬렉터에서 모인다. 컬렉터는 전기를 가지고 있다가 다른 부품이나 기계로 해당 전기를 보내는 역할을 한다. 결국 베이스에 얼마만큼의 전기를 가하느냐에 따라 전기를 흐르게 하거나 멈추게 하는 것이다. 이것이 트랜지스터의 스위치 작용이며, 전류의 흐름을 '0'과 '1' 이진수로 표현한다.

트랜지스터는 증폭 작용도 지니고 있다. 베이스 전류를 변화시키면 입력된 작은 신호(전류)를 큰 신호로 바꾸어 출력할 수 있는 것이다. 이는 대부분의 마이크, 스피커 사용에 필요 불가결한 기능이다.

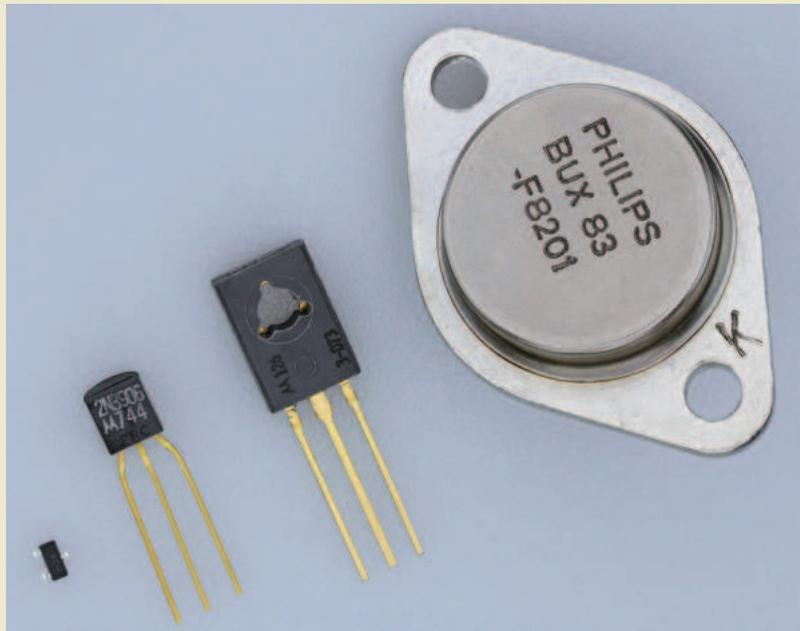
최초의 트랜지스터는 1947년 미국 벨 연구소 소속 연구자 월터 하우스러 브래튼^{Walter Houser Brattain}, 존 바딘^{John Bardeen}, 윌리엄 쇼클리^{William Shockley} 세 사람이 발명했다. 이 트랜지스터는 게르마늄을 사용해 전도율을 변환했다.

이후 1941년 미국 과학자 러셀 올^{Russell Ohl}이 당시 신소재였던 실리콘을 트랜지스터에 사용했다. 실리콘은 반도체의 재료로 쓰이기에 적합한 점이 많았다. 우선 실리콘은 지구에서 두 번째로 풍부한 원소이기 때문에 대량으로 사용하기에 경제적 이점이 크다. 또 반도체에서 전자가 이동하는데 필요한 에너지 또한 크지 않다. 높은 온도에서 안정적으로 작동하며, 특정 불순물을 추가함에 따라 전기적 특성을 쉽게 조절할 수 있다는 장점이 있다. 그 때문에 현재까지 반도체 부품의 주된 소재로 사용되고 있다.

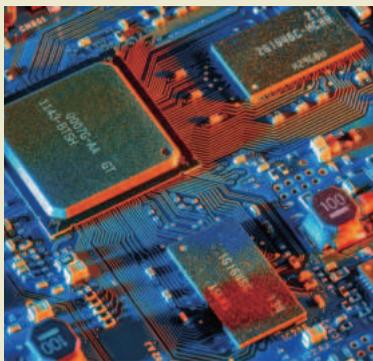
최초의 실리콘 트랜지스터 반도체는 1954년 벨 연구소에서 만들었다. 이 연구소에서는 같은 해 최초의 트랜지스터 컴퓨터 '트래딕'도 만든다. 이 컴퓨터의 처리 속도는 과거 에니악과 비슷했지만 크기는 1/300에 불과했다. 이는 트랜지스터의 높은 효율과 작은 크기를 보여주는 핵심적인 사건이 되었다.

최신 반도체의 탄생과 발전 방향

1958년 텍사스 인스트루먼트사의 잭 킬비가 세계 최초로 반도체 집적회로^{IC, Integrated Circuit}를 개발했다. 하나의 기판 위에 트랜지스터, 콘덴서, 다이오드, 저항 등 2개



진공관의 뒤를 이은 새로운 반도체 소자인 트랜지스터. 에너지 및 공간 효율성을 크게 끌어올렸다.



오늘날 반도체 하면 사람들이 바로 떠올리는 이미지가 되어버린 실리콘 반도체 집적회로. 세계 각국은 이것의 성능을 높이고 판로를 늘리기 위해 지금도 치열한 경쟁 중이다.

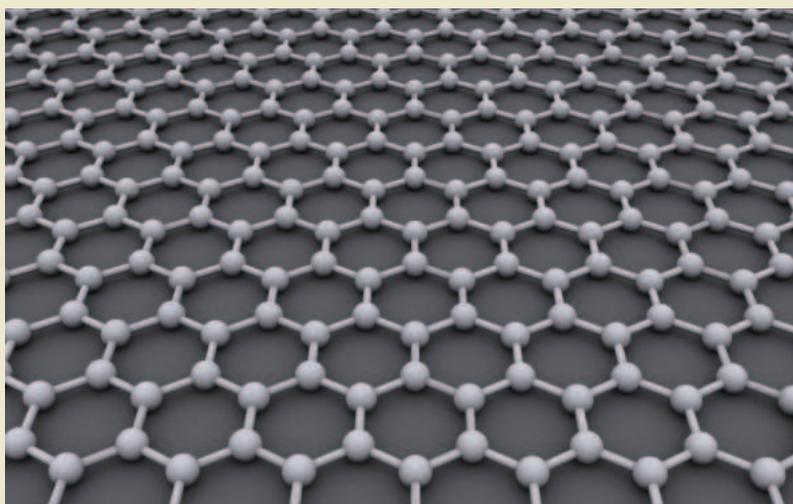
이상의 다양한 회로 소자를 서로 연결하여 일정한 기능을 갖게 만든 것이다. 집적회로는 오늘날 일반인에게 가장 익숙한 반도체의 모습이기도 하다. 컴퓨터에 들어가는 ROM(판독전용기억장치), RAM(등속호출기억장치)은 물론, 메모리카드와 신용카드에 사용되는 FRAM(강유전성기억장치) 등이 모두 집적회로다. 트랜지스터가 진공관을 대체하며 전자제품의 크기를 줄였다면, 집적회로는 트랜지스터를 서로 연결하는 전선을 없애며 전자 장비의 크기를 더욱 획기적으로 줄이고 성능을 크게 향상시켰다.

이후 1965년 당시 페어차일드의 연구원이던 고든 무어는 집적회로의 성능이 2개월마다 2배가 된다는 ‘무어의 법칙’을 발표했다. 이후 반도체 기술은 그 말대로 엄청난 발전을 거듭했다. 21세기가 1/4 가까이 지난 지금은 ‘무어의 법칙’이 예전만큼 잘 통하지 않는 구석도 생겨났다. 100nm 이하의 미세 공정으로 진행하면서

비용이 크게 증가했고 여러 가지 물리적 장벽에 부딪혀 공정 미세화가 힘들어졌기 때문이다.

오늘날 반도체는 다른 방향으로 꾸준히 진화하고 있다. 기계학습용 시스템 반도체 등 ‘인공지능용 반도체’, 더욱 전도성이 우수하고 얇은 소재인 ‘그래핀 반도체’ 등이 연구되고 있다. 장차 다가올 4차산업혁명의 주요 기술인 로봇, 네트워크, 인공지능, 3D프린터는 반도체 없이 작동이 불가능하기에 반도체 기술의 중요성은 더욱 커질 것이다. 현재 세계 제1의 경제대국인 미국과 그 자리를 노리고 있는 중국 역시 세계 반도체 시장의 패권을 놓고 ‘반도체 전쟁’이라고 불릴 만큼 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

반도체는 우리나라의 산업과도 밀접한 관계를 맺고 있다. 지난 1970년대 외국계 자본에 의한 조립생산에서 출발한 우리나라의 반도체 산업은 점차 개별 소자 생산, 일괄 공정 생산체제, 생산체제 고도화 시도 등의 단계를 거치면서 세계적인 반도체 대국으로까지 성장했다. 중국, 대만에 이어 3번째로 큰 반도체 제조시설을 갖추고 있으며, 세계 반도체 전체 생산량의 약 17.9%를 차지하고 있다. 우리나라의 수출액 중 무려 20% 이상을 반도체가 차지하고 있는 등 우리 경제와 산업에서도 반도체는 매우 큰 몫을 차지하고 있다. 치열한 세계 반도체 전쟁에서도 우리나라가 계속 선전하기를 응원한다.



결국 반도체의 발전에서도 소재공학이 큰 몫을 했다는 점을 감안하면, 미래에는 그래핀(사진) 반도체나 바이오 반도체 등 실리콘을 대체하는 신소재 반도체가 나올지도 모른다.



이동훈 과학 칼럼니스트 <월간 항공> 기자, <파플러사이언스> 외신 기자 역임. 현재 과학/인문/국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사>, <미래의 전쟁>, <위대한 파리>, <오퍼레이션 페이퍼클립> 등의 과학 서적을 번역했다.

국가통계포털에 따르면, 2023년 우리나라 수출 품목 1위는 반도체였다. 세계 10위권의 경제대국에서 가장 많이 만들고 파는 제품, 반도체. 그래서인지 요즘에는 어디를 가든 반도체에 대한 이슈가 끊이지 않는데, 정작 반도체에 대해 제대로 이해하고 있는 사람을 만나기란 쉽지 않다.

반도체 제대로 읽어드립니다

메모리부터
시스템까지

반도체란 무엇인가

조금 과장해 TV만 틀면 반도체 이야기가 쏟아져 나오는데, 정작 반도체가 무엇인지 잘 모르는 이들이 많다. 반도체를 이해하기 위해선 먼저 ‘도체’와 ‘부도체’를 알아야 한다. 이 둘은 전기의 흐름을 어떻게 다루는지에 따라 구분한다. 도체는 전기가 아주 잘 흐르는 물질이다. 구리나 금 등의 금속이 대표적인 도체로, 전선이나 전자기기 회로에 사용된다. 부도체는 도체의 반대 개념이다. 전기가 거의 흐르지 않는다. 고무나 유리 같은 물질이 대표적이다. 과거 전구를 갈 때 고무장갑을 껴던 것이 그 때문이다. 부도체는 전기를 차단하기 때문에 전기가 통하면 안 되는 곳에 사용한다. 도체와 부도체, 그 중간적인 역할을 하는 것이

바로 반도체다. 반도체는 전기를 흐르게 하기도 하고, 흐르지 않게도 한다. 반도체에 쓰이는 실리콘은 전기가 흐르는 양을 조절할 수 있다. 이런 반도체의 특징을 살려 개발한 것이 트랜지스터^{Transistor}다. 트랜지스터는 모든 반도체의 기본 빌딩 블록이다. 벽돌을 쌓아 벽을 만들 듯, 트랜지스터를 활용해 시스템 반도체와 메모리 반도체를 만든다. 트랜지스터는 스위치 역할을 한다. 스위치를 누르면 전류가 흐르고, 누르지 않으면 전류가 흐르지 않는다. TV 리모컨을 생각해보자. 리모컨 내부에는 작은 반도체 칩이 있다. 이 칩은 버튼을 누를 때 전기신호를 만들어내고, 그 신호를 TV로 보낸다. TV는 그 신호를 받아 채널을 바꾸거나 볼륨을 조절한다. 이처럼 반도체 칩을 통해 우리는 다양한 전자기기를 편리하게 사용할 수 있다.





실리콘 웨이퍼 위에 제작된 반도체가 층층이 쌓여 있다.

명령을 담당하는 시스템 반도체

리모컨용 반도체에는 트랜지스터가 많이 들어가지 않지만 스마트폰이나 태블릿 등에서 앱을 실행하는 AP(Application Processor) 칩에는 수백억 개의 트랜지스터가 들어간다.

이 두뇌 같은 칩을 ‘시스템 반도체’라고 한다. 스마트폰을 터치할 때 화면을 보여주고, 특정 앱을 누르면 해당 앱을 실행시키며, 메시지를 보내기 위해 글자를 입력할 때 그 텍스트들을 보내는 역할을 한다.

시스템 반도체 덕분에 우리는 작은 스마트폰으로 전화를 걸고 인터넷을 하고 음악을 듣는다. 2007년, 애플의 아이폰이 처음 출시되었을 때에는 머리카락 두께의 1/1000 크기의 트랜지스터가 수천만 개 들어갔으나, 최근 출시된 아이폰15에는 그보다 수십 배 작은 크기의 트랜지스터가 수백억 개 사용됐다. 트랜지스터가 많아지면 더 많은 일을 동시에 처리할 수 있다. 그래서 새로 나온 스마트폰이 기존 제품보다 더욱 똑똑해지는 것이다.

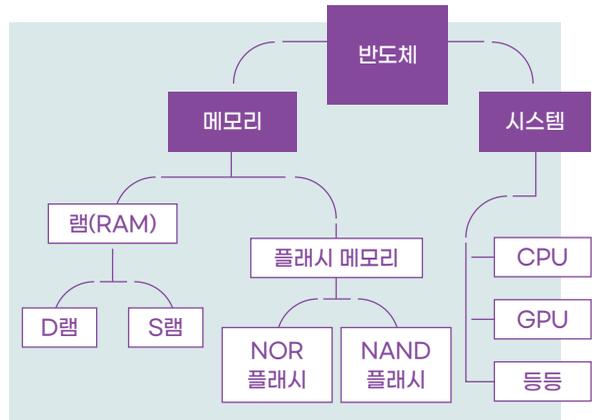
기억을 담당하는 메모리 반도체

이렇게 똑똑한 시스템 반도체도 이것이 없으면 제대로 작동할 수가 없다. 바로 기억을 담당하는 ‘메모리 반도체’다. 단기 기억이 없다면, 메신저로 장문의 메시지를 쓰는 중

앞의 내용이 사라져버린다. 또 장기 기억이 없다면 사진첩 속 사진들은 배터리 소진과 함께 지워져 버린다. 따라서 단기 기억을 담당하는 메모리 반도체 ‘DRAM(디램)’과 장기 기억을 담당하는 ‘NAND(낸드)’가 필수적이다.

장기 기억을 담당하는 낸드와 단기 기억을 담당하는 디램이 메모리 반도체 산업의 핵심이며, SK하이닉스와 삼성전자가 전 세계 메모리 반도체 산업을 선도하고 있다. 우리나라가 반도체 강국으로 불리는 이유 또한 메모리 반도체 덕분이다.

반도체의 종류



반도체의 종류는 다양하지만 본문 및 해당 그래프에는 일부, 필수적으로 알아야 하는 것들만 설명했다.

디램은 트랜지스터 스위치와 작은 전류를 저장하는 커패시터^{Capacitor}로 구성된다. 스위치를 누르면 전류가 흐르고, 그 전류는 커패시터라는 작은 통에 담긴다. 이 통에 전류를 보관하고 있으면 디지털 세계의 언어인 '1'이 되고, 보관하지 않으면 '0'이 된다. 작은 구멍이 있어 전류가 새어나가기 때문에 주기적으로 전류를 보충해줘야 하는데 이 기능을 '셀프 리프레시'^{Self Refresh}이라고 한다. 하지만 전원이 꺼지면 전류가 다 새어나가고 보충도 할 수 없다. 그래서 단기 기억을 담당한다.

반면 낸드는 특수 개발된 트랜지스터 스위치로 구성된다. 스위치 안에 반영구적으로 전류를 저장하는 공간이 있고, 강한 전류로 스위치를 누르면 그 안에 전류가 갇히게 된다. 이 공간을 '플로팅 게이트'^{Floating Gate}라고 부른다. 이곳은 전원이 꺼져도 값이 유지된다.

반도체는 어떤 과정으로 만들어지는가

반도체를 만드는 과정은 크게 설계, 생산, 포장이라는 3단계로 나뉜다. 메모리 반도체는 보통 한 회사에서 모든 과정을 다 진행하며, 이를 종합 반도체 회사^{IDM, Integrated Device Manufacturer}라고 부른다. 반면 시스템 반도체는 각 과정을 다른 회사가 하는 경우가 많다.

시스템 반도체 분야에서 설계만 하는 회사를 '팹리스'^{Fabless}라고 하고, 생산을 담당하는 회사를 '파운드리'^{Foundry}, 조립과 테스트·포장을 담당하는 회사를 'OSAT'^{Outsourced Semiconductor Assembly and Test} 기업으로 분류한다.

팹리스는 반도체를 직접 제조하지 않고 설계만 한다. 예를 들어, 엔비디아^{Nvidia}는 그래픽처리장치^{GPU}를 설계하고 실제 제조는 TSMC와 같은 파운드리 업체에 맡긴다. 마찬가지로 애플은 아이폰, 아이패드 등에 들어가는 A시리즈, M시리즈 등의 고성능 프로세서를 설계하지만, 제조는 TSMC가 맡는다.

TSMC는 대표적인 파운드리 기업이다. 팹리스 회사로부터 설계 도면을 받아 직접 반도체를 만든다. 반도체 제조 공장은 매우 복잡하고 비용이 많이 들기 때문에, 많은 팹리스 회사들이 직접 공장을 운영하지 않고 파운드리 업체에 제조를 맡긴다. 국내에선 삼성전자가 파운드리 기업으로 분류된다.

반도체 제조 공정

	설계	웨이퍼 생산	패키징, 테스트	판매, 유통
종합 반도체 기업(IDM)	→	→	→	→
팹리스 (설계기업)	→			→
파운드리 (생산기업)		→	→	
OSAT(포장 & 테스트 기업)			→	

이렇게 팹리스와 파운드리가 협력해 반도체를 설계하고 제조한 후, OSAT 회사로 보내 포장과 테스트를 진행한다. 그 결과물이 작은 반도체 칩 형태로 만들어져 우리가 사용하는 전자기기 안에 들어가게 되는 것이다.

반도체 생산의 두 공정, 전공정과 후공정

반도체 생산은 다시 '전공정'과 '후공정'으로 나뉜다. 전공정^{Front-end Process}은 반도체 웨이퍼¹ 위에 다양한 회로 패턴을 형성하는 과정이다. 이는 반도체의 성능과 품질을 결정짓는 중요한 단계로, 먼지 하나 없는 깨끗한 장소^{Clean Room}에서 이뤄진다.

다음은 전공정을 다시 세부적으로 나눈 과정이며 웨이퍼 위에 수행한다.

산화	포토	식각
CMP	이온주입	증착
위 6개 공정을 통해 트랜지스터 제조 후 연결(금속 배선)		

이 과정 중에서 가장 시간이 많이 들고 비용이 높은 단계는 '포토' 공정이다. 더 작은 트랜지스터를 만들기 위해 아주 짧은

¹ 피자를 만들 때 토핑을 올리기 전, 도우와 비슷한 개념. 실리콘, 갈륨 아세나이드 등으로 만든 기둥을 적당한 두께로 얇게 썬 원판이다. 대부분 모래에서 추출한 규소(실리콘)로 만든다.

파장의 빛을 사용해야만 한다. 이 중 미세 기술은 네덜란드 장비기업 ASML이 거의 독점하고 있다. ASML의 EUV^{Extreme Ultraviolet} 기술은 7나노미터 이하의 작은 공정에서 생산성을 높이기 위해 필수적으로 사용된다.

후공정은 반도체를 만드는 마지막 단계로, 세부 과정은 다음과 같다.

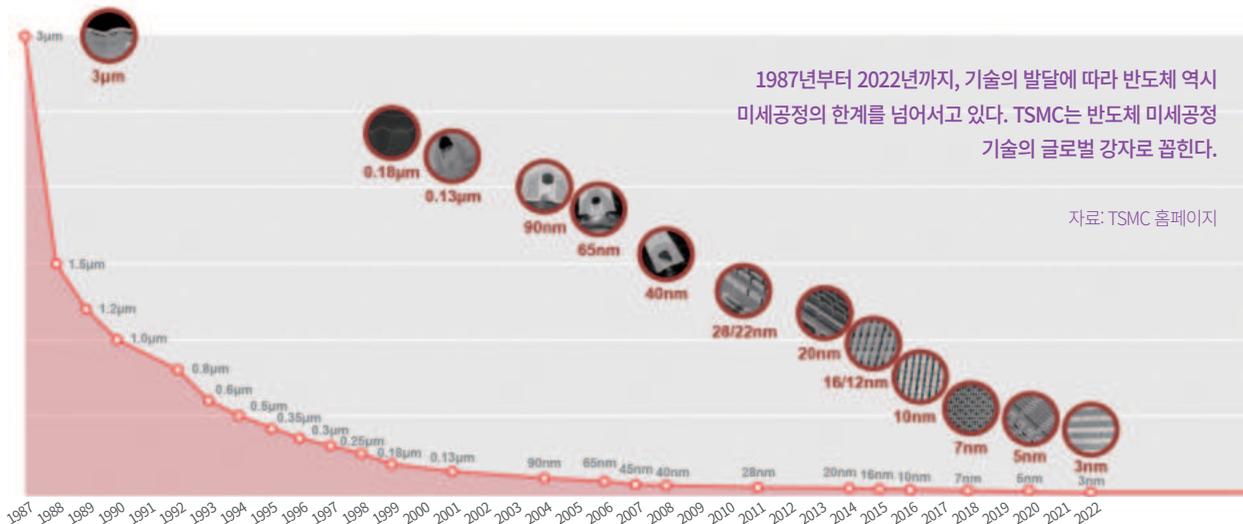
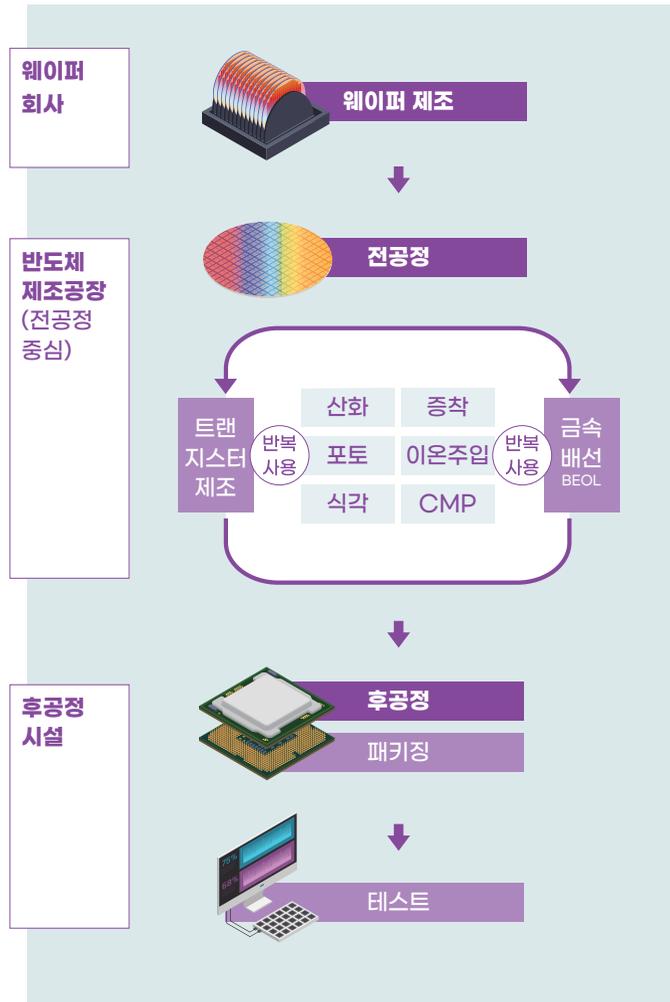


② 패키징이라는 어원에서 알 수 있듯, 반도체를 포장하는 기술로 이해하면 쉽다. 반도체 자체를 보호하기도 하고, 단일 반도체로 구현하기 어려운 기술을 첨단 패키징을 통해 극복하기도 한다.

웨이퍼 테스트 후 작은 칩을 떼어내 조립 후 최종 패키지 테스트를 한다. 후공정은 반도체 제품의 성능과 신뢰성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 대만의 ASE, 미국의 앰코테크놀로지^{Amkor Technology} 등이 뛰어난 성과를 내고 있다. 특히 패키징과 테스트는 만들어진 반도체의 이상 여부를 최종적으로 확인한다는 점에서 중요하다.

최근 후공정의 중요성이 날로 높아지고 있다.

반도체 공정 개념도



1987년부터 2022년까지, 기술의 발달에 따라 반도체 역시 미세공정의 한계를 넘어서고 있다. TSMC는 반도체 미세공정 기술의 글로벌 강자로 꼽힌다.

자료: TSMC 홈페이지

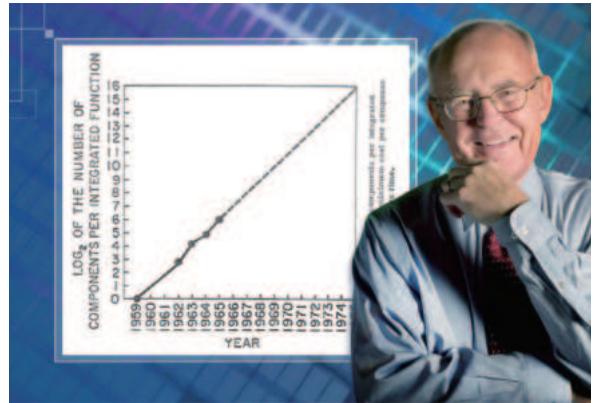
여기에는 두 가지 이유가 있다. 첫째, 트랜지스터를 더 작게 만드는 데 한계가 생겼다. 따라서 이제는 여러 개의 칩을 함께 포장하고 연결하는 방식으로 그 한계를 극복해나가고 있다. 둘째, 하나의 칩만으로 우리가 원하는 성능을 구현하기가 어려워졌다. 대부분의 사람들은 현재 스마트폰 기기를 100% 활용하지 못한다. 하지만 우리는 다음 제품이 더 좋아지길 기대한다. 당연히 제품의 성능은 높아져야만 하고, 이를 위해선 여러 개의 칩을 하나로 포장할 수밖에 없다. 고대역폭 메모리인 HBM^{High Bandwidth Memory}과 그래픽처리장치 GPU^{Graphic Processing Unit}를 이용한 AI 반도체가 그 예가 된다.

PC, 모바일, 데이터센터 시대의 반도체

반도체 산업은 PC에서 시작해 모바일로 옮겨갔고, 지금은 데이터센터를 중심으로 변화하고 있다. PC 시대는 인텔 CPU가 주요했으며 모바일 시대가 되며 암^{ARM} 홀딩스[®] 기반의 저전력 프로세서가 주도하게 되었다. 특히 모바일에는 작고 전력 소모가 적으면서도 성능이 높은 반도체가 필요해졌다.

이제 AI와 빅데이터 처리가 중요해지면서 데이터센터 중심의 컴퓨팅 시대가 되었다. 데이터센터에서는 많은 데이터를 빠르게 처리해야 하므로 고성능 GPU와 CPU가 필요하다. 엔비디아의 젠슨 황은 GPU 기반의 병렬 처리 기술로 AI, 특히 딥러닝 분야에서 큰 성과를 이뤄냈다. 이런 AI 기반 컴퓨팅을 지원하기 위해서 반도체는 또 다른 기술을 필요로 하고 있다. 그 열쇠가 바로 패키징에 있다.

무어의 법칙이 한계에 다다랐지만, 다양한 첨단 패키징 기술로 지금도 반도체 산업은 나날이 발전 중이다. 그리고 그 덕분에 우리는 똑똑하고 빠른 전자기기를 사용하고 있다. 앞으로도 반도체 기술은 끊임없이 발전하며 보다 효율적이고 강력한 시스템을 만들어낼 것이다. 그리고 그것은 우리의 삶을 보다 편리하고 풍요롭게 만들어줄 것이라 믿는다.



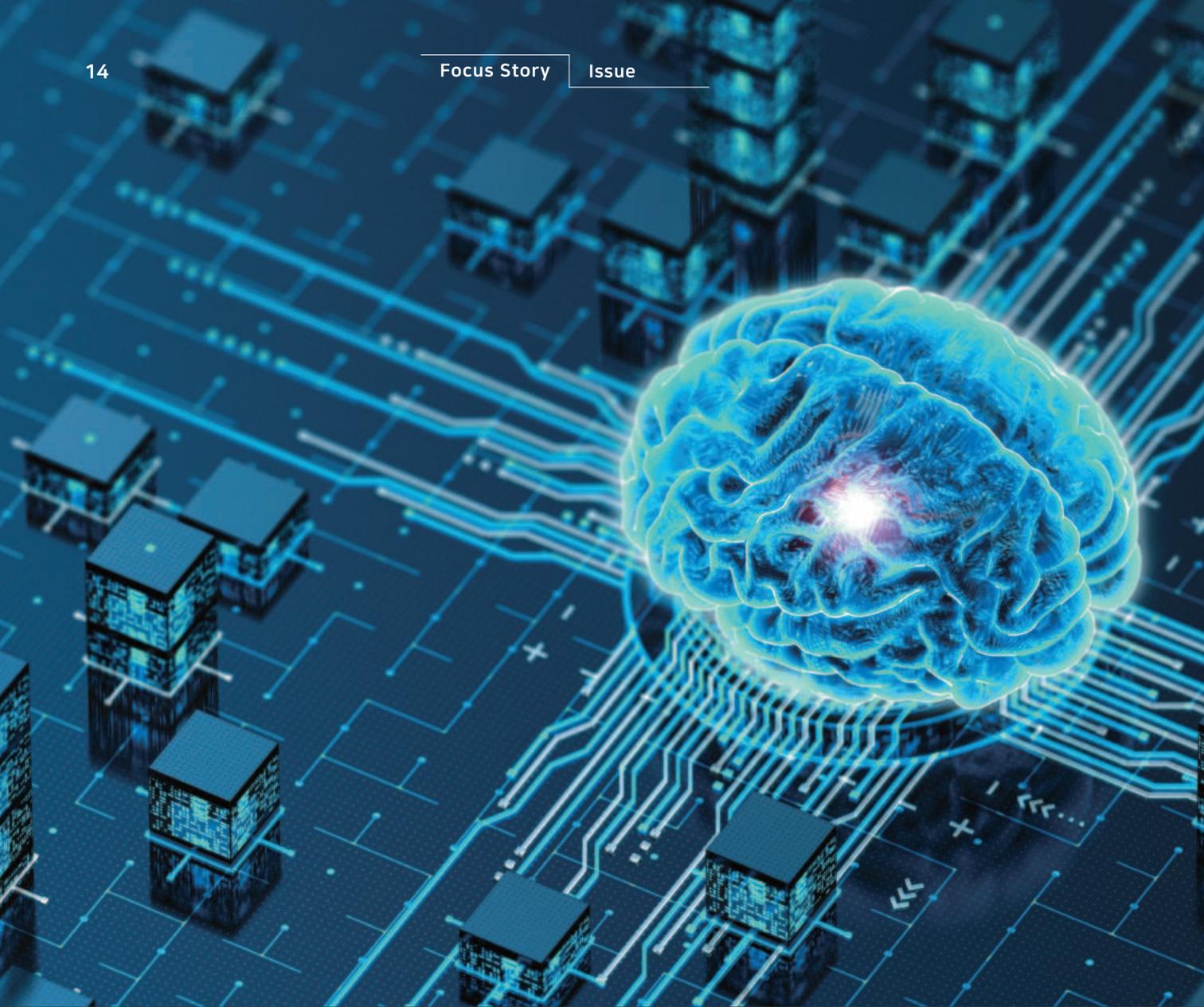
반도체에서 빠지지 않는 '무어의 법칙(Moore's law)'

인텔의 공동 창립자 고든 무어^{Gorden Moore}가 1965년에 제안한 개념으로, 반도체 집적회로의 트랜지스터 수가 24개월마다 2배로 증가한다는 법칙이다. 무어의 법칙은 오랜 기간 동안 반도체 기술 발전의 지침으로 받아들여졌다. 하지만 최근 들어 제조 비용 증가와 물리적 한계로 인해 그 속도를 유지하기 어려워졌다. 대신, 새로운 패키징 기술과 혁신적인 설계 방식을 통해 지속적으로 발전하고 있으며, 무어의 법칙은 여전히 반도체 기술 발전의 상징적인 의미를 가지고 있다.

③ 영국의 반도체 설계기업. 저전력 CPU 설계로 유명하다.



최정운 SK하이닉스 TL^{Technical Leader} 광운대에서 컴퓨터공학을 전공했으며 주요 관심 분야는 HW/SW Co-simulation을 통한 하드웨어 최적화로 관련 EDA Tool 개발 과정에서 SSD Architecture를 위한 스위칭 방법 특허를 등록한 바 있다. 현재 SK하이닉스에서 SoC 설계를 하고 있으며 PCIe 파트를 담당하고 있다.



인공지능 시대의 반도체

GPU와 HBM, 단순함이 만들어낸 복잡함

2022년 말, 챗GPT가 출시되자 전 세계 IT산업은 흥분의 도가니에 빠졌다. 이 분위기는 반도체 시장으로도 빠르게 퍼졌다. 처음에는 인공지능^{AI} 필수 반도체인 GPU를 만드는 엔비디아^{NVIDIA}에게 수혜가 쏟아졌고 이후 한국으로 이어졌다. 엔비디아가 필요로 하는 고대역폭 메모리^{HBM, High-Bandwidth Memory}는 한국 기업들이 생산하는 제품이었던 때문이다. 반도체 불황이라는 뉴스는 1년 만에 사라졌고, 지난 수십 년 반도체 일인자 자리를 지켜왔던 인텔^{Intel}의 이름도 듣기 힘들게 되었다. 대체 무슨 일이 일어난 것일까?



반도체에 대해 제대로 알아야 하는 이유

우리는 반도체를 ‘현대사회의 핵심부품’, ‘21세기 석유’ 등으로 비유했다. 이는 반도체의 중요성을 설명하는데는 적절하지만 지금처럼 기술적 혁신이 일어났을 때 각 반도체의 위상이 어떻게 바뀌는지를 알기는 어렵다. AI 혁명으로 반도체가 매우 중요하다는 것은 독자분들도 알고 있을 것이다. 하지만 인텔의 CPU에서 엔비디아의 GPU로 핵심 반도체가 달라진 이유를 알고 있는가? 이를 모르고 그냥 넘어간다면, 다음 혁신을 놓치게 될지도 모른다.

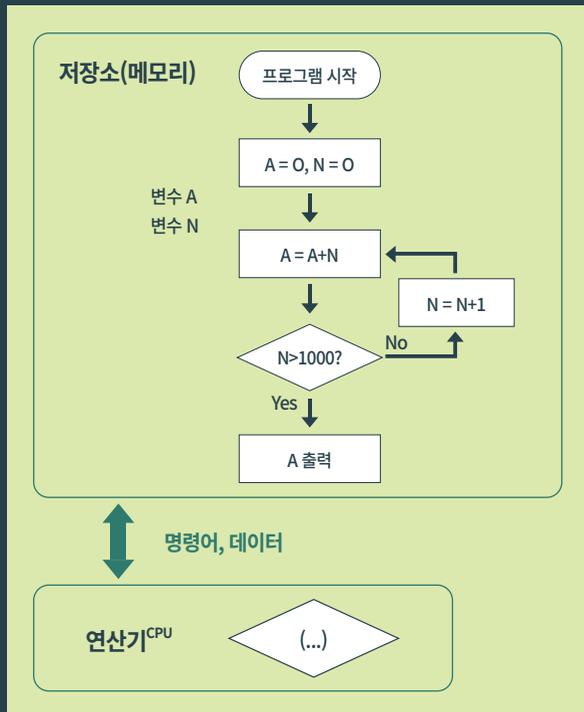
사실 우리가 원하는 것은 반도체가 아니다. 컴퓨터 프로그램이다. 컴퓨터 프로그램은 우리 삶을 풍요롭게 만들었다. 마이크로소프트 ^{Microsoft}의 엑셀은 수백만 개의 거래 내역이 담긴 회계장부를 몇 초 만에 계산할 수 있게 해주었고, 스마트폰의 지도 앱은 어디에 있어도 내 위치를 정확히 파악하고 최선의 경로를 선택할 수 있게 해주었다. 이는 과거 무한한 권력을 누리던 황제들도 경험하지 못한 혁신이다. 챗GPT와 같은 대화형 AI 역시 같은 맥락이다. 과거에는 안 되던 것이 AI라는 새로운 프로그램에 의해 가능해지고 있다. 만약 AI가 다른 방식으로 운영된다면, 반도체는 없어도 상관없을 것이다.

GPU를 만드는 엔비디아와 CPU를 만드는 인텔에 대한 관심도 변화(검색량)

오픈AI의 챗GPT에 엔비디아의 AI칩이 사용됐다.

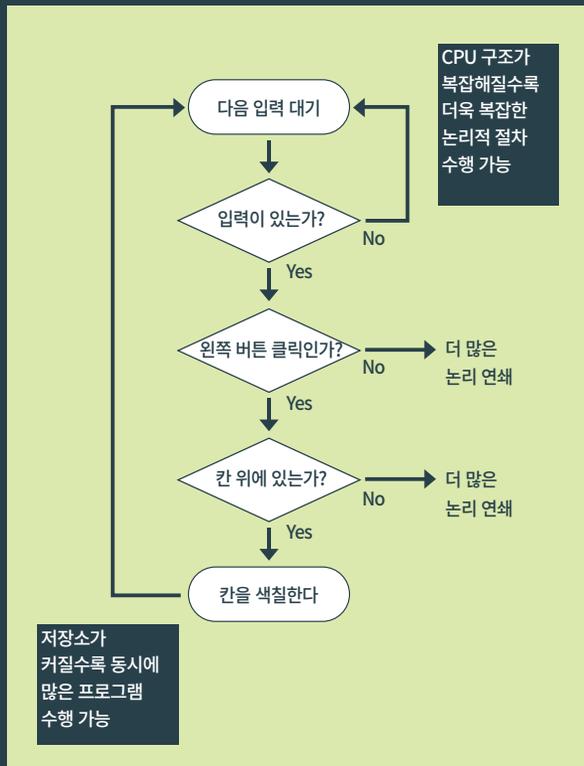


폰 노이만이 밝힌 컴퓨터의 가동 구조



수학자이자 물리학자인 폰 노이만을 중심으로 한 연구팀이 1945년에 제안한 구조. 최초로 CPU와 메모리, 프로그램 구조를 설명했다.

연산장치 CPU를 중심으로 구동되는 프로그램 구조



컴퓨터와 반도체의 관계

이제 알아봐야 할 것은 프로그램과 반도체와의 관계이다. 이를 설명하기 전, 컴퓨터의 구조를 간단히 알 필요가 있다. 컴퓨터 학자들은 컴퓨터가 '저장소'와 '연산기'로 구성되어야 한다고 생각했다. 저장소에 우리가 원하는 프로그램과 프로그램 수행 시 참고해야 할 데이터를 저장하고, 연산기가 프로그램과 참고 데이터를 읽어오는 방식으로 구성해야 한다는 것이다. 예를 들어 필자가 이 원고를 쓸 때 사용한 워드 프로그램으로 설명해보겠다. 워드 프로그램 자체와 문서에 사용한 이미지 등은 저장소에 존재한다. 이때 필자가 프로그램을 실행하고 해당 이미지를 불러온다. 그러면 연산기가 프로그램의 일부와 이미지를 저장소에서 가져와 작업을 수행하는 것이다.

컴퓨터 제조사들은 반도체로 만들어진 연산기와 메모리를 도입하였다. 반도체 기술을 사용하면 2년마다 2배씩 연산기와 저장소의 성능을 높일 수 있으니 더욱 빠른 컴퓨터를 만들 수 있기 때문이다. 가끔 뉴스에서 보이는 CPU와 GPU가 반도체로 만들어진 대표적 연산기이고, 메모리가 바로 반도체 기술로 만든 저장소이다. 컴퓨터가 계속 발전하며 더 최신의 반도체를 사용하고 다른 장치들이 추가되었지만, 이 기본적인 구조는 지금까지도 계속 유지되고 있다.

반도체 기업들은 매해 더 나은 반도체를 개발하며 컴퓨터 프로그램의 구동 속도를 높였다. 초기 프로그램은 엑셀, 워드 등의 사무 프로그램으로 논리적 절차가 복잡하기는 하나, 별도의 결함만 없다면 인간이 따라갈 수 없는 정확도와 빠른 속도로 다량의 작업을 수행했다. 당시 연산기의 최강자는 인텔이었다. 인텔은 IBM에 CPU라는 연산 반도체를 공급하며 세계 최고의 반도체 회사로 성장했다. 인텔은 반도체 기술을 이용해, 복잡한 논리 연쇄를 더 빠르게 수행할 수 있는 CPU를 지속적으로 개발하였다. 이때 삼성전자와 SK하이닉스 등 국내 메모리 반도체 기업들은 프로그램 요구에 맞춰 단순하지만 값싸고 용량이 큰 메모리를 제조했다.

인공지능과 GPU

하지만 위와 같은 순서도 구조의 프로그램으로 할 수 없는 일들도 존재했다. 사람의 얼굴이나 사물 등을 구별하는 일이 대표적이다. 인간은 '척 보면 딱' 하고 사람이나 사물을 구분한다.

이를 논리적으로 설명하기는 어렵다. 따라서 기존 컴퓨터 프로그램으로는 이런 일을 해낼 수가 없다. CPU가 아무리 복잡하고 빨라진들, 만드는 방법 자체를 모르니 말이다. 그리고 1960년대 ‘인간의 뇌세포 구조’에서 아이디어를 차용한 연구자들이 나타났다. AI 분야에서 ‘인공신경망’을 연구한 사람들이다.

인간의 뇌는 복잡하지만, 뇌를 구성하는 뇌세포들은 단순하다. 입력 신호가 있고, 입력값이 특정 수준을 넘으면 연결되어 있는 다른 뇌세포에게 신호를 전달한다. 이런 단순 구조를



미국 캘리포니아 엔비디아 본사. AI 칩 인기와 함께 MS와 애플을 제치고 시가총액 1위에 오르는 등 2024년 가장 주목받는 기업이 되었다.

층층이 쌓으면 지능이 발현되는 것이다. 하지만 개념과 달리 실제 연구에는 속도가 나지 않았다. 프로그램 자체를 뇌세포와 비슷하게 만들 수는 있었지만, 정답을 말하게 하려면(=학습) 인공 뇌세포를 어떻게 연결하고 조절해야 하는지 몰랐기 때문이다. 또 당시 반도체 기술로는 수억 개는 고사하고 수만 개 수준의 인공 뉴런도 구동시키기 힘들었다. 기존에 사용하던 연산기 CPU는 복잡하고 논리적 처리는 잘했지만, 대규모의 연산을 단순 반복 처리하는 데 적합한 칩은 아니었기 때문이다. 위 두 문제 중 학습 방법 문제는 1987년 제프리 힌턴 박사에 의해 해결되었고, 연산 능력 문제는 2007년 GPU가 인공지능에 적극적으로 사용되기 시작하며 해결되었다.

GPU는 Graphic Processing Unit의 약자로, 당초 그래픽을 처리하기 위해 개발된 반도체였다. 1980년대 사람들은 컴퓨터의 잠재력을 알게 되었고, 그래픽 작업 역시 컴퓨터로 처리하려는 욕구가 높아졌다. 하지만 CPU로는 그래픽을 처리하기가 어려웠다. 이에 따라 그래픽만을 전문적으로 처리하기 위한 새로운 반도체 ‘VGA(GPU)’가 등장하게 된 것이다. 이후 CPU와 GPU가 각각 프로그램과 그래픽을 나눠 처리하는 분업이 시작됐다.

GPU 시장에도 경쟁이 일어났고, 결국 NVIDIA가 GPU 시장을 장악하게 된다. 시장을 장악한 NVIDIA는 GPU 그래픽

NVLink Switch Chip

- 50B Transistors in TSMC 4NP
- 72-Ports Dual 200 Gb/sec SerDes
- 4 NVLinks at 1.8TB/sec
- 7.2TB/sec Full-Duplex Bandwidth
- SHARP In-Network Compute - 3.6 TFLOPS FP8

지난 3월 엔비디아의 CEO 젠슨 황이 발표한 NVLink Switch. 최대 576개의 완전히 연결된 GPU를 지원할 수 있는 최초의 랙 수준 스위치 칩이다.

미국 반도체 기업 AMD는 지난 2023년 6월, AI 학습에 필수적인 반도체 그래픽처리장치^{GPU} 신모형을 공개하며 엔비디아에 도전장을 내밀었다. 사진 속 인물은 리사 수 AMD 최고경영자



이외의 작업도 할 수 있게 하기 위해 다양한 지원을 하였고, 이 덕분에 캐나다의 AI 연구원들이 GPU를 사용해볼 수 있게 되었다.

GPU의 효과는 극적이었다. 세계적인 AI 석학 앤드류 응^{Andrew Ng} 박사는 CPU를 사용하던 2007년에는 100만개의 신경망 연결을 구동할 수 있었으나, GPU 사용 후 1년 만에 1000만 개의 연결을 구동할 수 있다고 말했다. 이후 인공지능 기술은 엔비디아의 GPU를 중심으로 개발되었다. 그리고 2012년, 알렉스넷^{AlexNet}이라는 인공지능 기반 시가 사물 인식 대회에서 압도적인 정확도로 경쟁 알고리즘을 물리치게 된다. 이 사실을 알게 된 구글 등 글로벌 대형 IT 기업들이 AI에 투자를 시작했다. 이로 인해 인공지능의 시대가 열렸고, 핵심 반도체인 GPU의 수요도 늘었다. GPU의 저장소라고 할 수 있는 GDDR 메모리¹ 역시 판매가 늘었다.

챗GPT는 이 흐름에 더욱 강력한 기폭제 역할을 했다. 알렉스넷과 같은 기존 인공지능도 용량이 상당히 컸는데, 챗GPT는 알렉스넷보다 3000배 이상 거대하다. 프로그램의 크기가 3000배나 커지며, 메모리의 부담 또한 커지게 되었다. 요구하는 용량이 기존의 반도체 미세화 기술에 기대서는 감당이 되지 않는 수준. 현존하는 제품 중 가장 성능이 좋고 용량이 높은 HBM의 수요가 폭등하게 된 것이다.

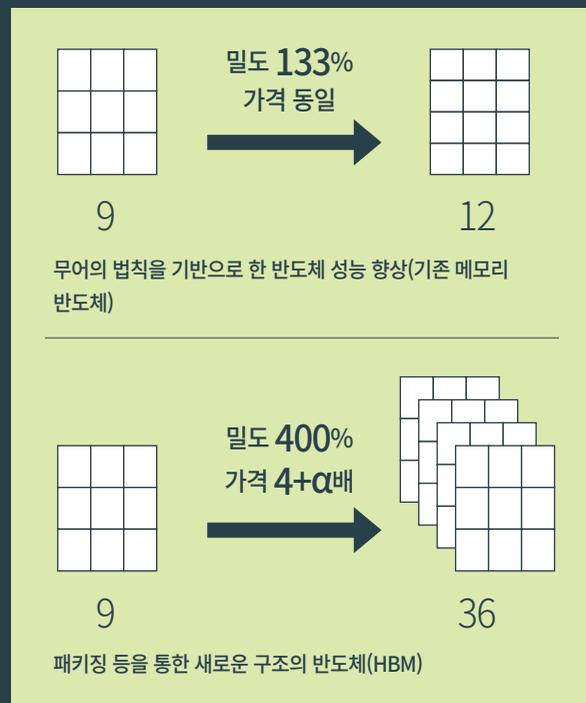
¹ Graphics Double Data Rate 메모리 반도체. 디램의 일종으로 엔비디아가 AI시장을 점령하기 전까지 대세로 주목받았던 고속 메모리 반도체다.

AI를 제대로 구동시키는 유일한 메모리 ‘HBM’

HBM은 현재 시가 원하는 용량과 성능을 제공할 수 있는 유일한 메모리다. 앞서 살펴보았듯, 연산기는 저장소에서 프로그램의 일부를 가져와 연산하는 방식으로 동작한다. 프로그램의 크기가 커졌다면, 프로그램이 저장된 저장소의 크기도 커져야 할 뿐만 아니라 저장소의 입구도 넓어져야 한다. 용량이 적다면 프로그램 자체가 탑재되지 않을 것이고, 입구가 좁다면 연산기에 프로그램과 데이터 전달이 제대로 되지 않아 속도가 느려질 것이다. 메모리 회사들은 메모리의 용량과 성능을 높이기 위해, 완성된 단일 메모리 칩을 수직으로 적층하는 방식을 도입했다.

기존 메모리는 가공된 칩 1개가 단일 제품이었다면, HBM은 4~12개를 위로 쌓은 것이 단일 제품이 되는 것이다. 당연히 칩의 용량 또한 4~12배 증가하게 된다. 물론 단순히 칩을 쌓기만 해서 성능까지 좋아지지는 않는다. 적층된 칩에 일종의 데이터 엘리베이터까지 설치하게 된다. 이에 기존에는 메모리 제품 8개를 연결해야 얻을 수 있던 용량과 속도를 하나의 제품으로 얻을 수 있게 된 것이다. 가격 역시 용량과 성능에 비례해 높아졌다.

기존 메모리 반도체와 HBM의 구조 비교



AI가 뒤바꾼 산업 지도

인공신경망 기반의 AI 기술이 반도체 시장에 미친 영향은 어마어마하다. 연산 반도체의 주도권을 엔비디아가 인텔로부터 탈환함과 동시에, 기존 회사들이 뚝기 힘든 엔비디아 중심의 AI 소프트웨어 생태계가 생겨났다. 이미 엔비디아 반도체에 맞춘 생태계가 존재하므로, 경쟁사들은 단순 성능만으로는 엔비디아 칩의 점유율을 뺏기 힘들어졌다. 반면 메모리 반도체의 경우, AI의 높은 부가가치 덕분에 기존 원가경쟁에서 벗어나 수익성을 실현할 수 있게 되었다.

제조 가치 사슬의 변화는 예기치 못한 문제와 고민거리 또한 야기한다. 2021년 바이든 행정부는 미국의 반도체 제조 점유율 하락을 우려한 바 있는데, 여기에 GPU 이슈가 있다. GPU는 대만 TSMC에서 위탁생산하기 때문이다. 따라서 CPU 수요를 GPU가 차지하면, 대만의 반도체 점유율이 더욱 높아지게 된다.



AI 칩 수요 폭증 이후 HBM 공급 부족 현상을 겪고 있다. 사진은 서울에서 열린 KOREA INVESTMENT WEEK 2023에서 AI 트렌드와 HBM 전망에 대해 발표하고 있는 박명수 SK하이닉스 DRAM 마케팅 부서장



엔비디아에 납품되고 있는 SK하이닉스의 HBM3E 제품. SK하이닉스는 3월부터 세계 최초로 AI용 메모리 신제품 HBM3E 양산에 성공했다.

후공정의 중요성 또한 커지고 있다. AI를 구동하기 위해선 최대한 많은 연산 회로를 쌓아야 할 뿐만 아니라, 고속·고용량의 메모리를 GPU에 매우 가깝게 배치해야 한다. HBM을 만드는 기술, GPU에 HBM을 연결하는 과정 등은 모두 후공정에 해당한다. 지금까지 연산기와 저장소를 잘 만드는 게 중요했다면 이전 그 둘 사이의 도로까지 신경 써야 하게 된 것이다.

우리는 하나의 신기술이 전 세계 산업과 안보에 얼마나 큰 파장을 일으킬 수 있는지 알고 있다. 특히 IT 분야는 미국, 중국 등 기술 선진국이 국가의 명운을 걸고 투자하는 산업이다. 따라서 '인공지능^{AI} = GPU+HBM'이라는 단순 암기식을 외우고 넘어간다면, 이후에 나타날 제2의 AI 혁명을 놓치게 될지도 모른다. AI 이론의 등장과 혁명의 과정에서 활약한 수많은 반도체 회사들을 잘 지켜봐야 한다. 새로운 기술혁신이 일어날 때 그 의의를 빠르게 파악하고 어떻게 파트너가 될 수 있는지 고민해야 한다.



정인성 IT 작가 반도체 회사에서 소프트웨어를 개발하다, 이후 백엔드 개발자가 되었다. <반도체 제국의 미래>를 집필하며 작가를 겸하게 되었고, 이후 <AI 혁명의 미래>를 집필하였다. 현재 칼럼을 기고하며, 반도체 분야 강연을 하고 있다.

‘연간 수출액 7000억 달러’ 시대에 진입할 것으로 보이는 2024년. 이 중 반도체 수출액은 1300억 달러를 넘어설 것으로 예견된다. 전체 수출 규모의 20%를 차지하는 중요성과 달리, 반도체에 대한 일반인의 이해도는 ‘중요한 첨단 산업’ 수준에 그치는 상황이다. 이에 반도체를 알리고자 여러 유튜브 채널에 출연하고, 입문서를 집필하는 등 많은 노력을 기울이는 연구자가 있다. 최리노 인하대학교 신소재공학과 교수와의 대화를 통해 차세대 반도체 기술과 반도체 산업 전반의 흐름을 살펴보았다.

word 김규성 photo 김기남

컴퓨팅 발전의 흐름 보면 반도체 산업이 보인다

Q. 교수님께서서는 그간 반도체 기술 연구에 매진함과 동시에 대중에게 반도체를 쉽게 알리고자 애써오셨습니다. 주요 연구와 현재 집중하고 있는 분야가 궁금합니다.

지난 20여 년간 CMOS^① 반도체소자 분야를 연구해 왔습니다. 최근에는 인하대학교 공과대학 내 ‘3D나노융합 소자연구센터’를 운영하며 차세대 반도체 기술을 위한 연구에 집중하고 있습니다.

연구 외적으로는 큰 틀에서 반도체 산업의 지도를 그려나가고 있습니다. 연구자 간에도 반도체를 바라보는 시각, 지향점이 다르기에 산업 전반의 체계를 세워 누구나 이해할 수 있도록 도우려는데요. 쉬운 일은 아니지만, 반도체 산업에 대한 궁금증을 해소한다는 점에서 동기부여가 됩니다.

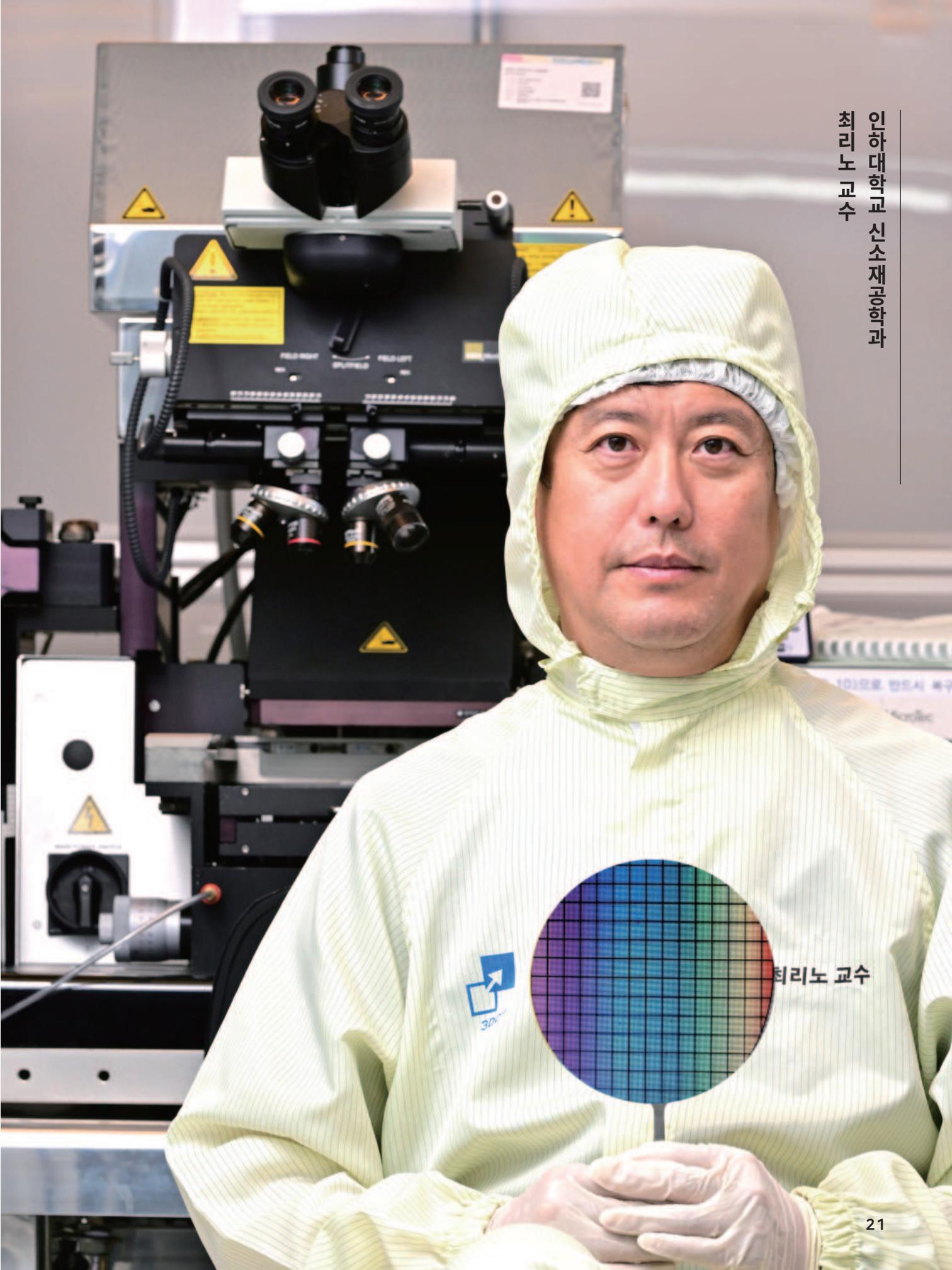
Q. 반도체 산업은 AI의 도입, 패키징 기술 등으로 혁신과 성장을 거듭하고 있습니다. 국내외 산업 동향은 어떤가요?

기존의 컴퓨터는 폰 노이만 구조^②로 제작되고 있는데요. 해당 과정에서는 반도체 소자 미세화를 통해 빠른 속도와 높은 집적도를 모두 달성했습니다. 이를 통해 컴퓨팅 속도는 10년에 1000배씩 늘어났죠. 하지만 단위 소자의 크기가 점점 분자 크기에 가까워지면서 미세공정은 한계에 도달했습니다. 분자 사이즈 이하로는 더 작아질 수 없을뿐더러 그 근처만 가더라도 개발비용이 크게 들어 경제성이 떨어지죠.

이러한 한계를 극복하기 위해 나온 방안 중 하나가 AI의 활용입니다. 숫자를 계산하는 것은 폰 노이만 구조가 훌륭하지만, 개와 고양이를 구분하는 인지나 바둑을 두며 다음 수를 어디에 둘지 판단하는 등의 영역에서는 AI가 훨씬 뛰어나죠. 다만 AI를 활용하기 위해서는 개와 고양이를

① CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor): 금속 산화물 반도체로 구성된 트랜지스터, 현재 로직 소자를 만드는 가장 보편적인 반도체 기술

② 폰 노이만 구조(Von Neumann architecture): 폰 노이만이 제시한 주기억장치, 중앙처리 장치, 입출력장치의 전형적인 3단계 구조로 이루어진 프로그램 내장형 컴퓨터 구조



최리노 교수



최리노 교수가 쓴 반도체 입문서, <최리노의 한 권으로 끝내는 반도체 이야기>

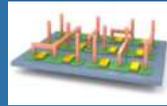
반복적으로 보여주는 학습 과정이 선행되어야 하는데 ‘이를 인공신경망을 구성한다’고 정의합니다. 이 인공신경망 형성을 위해 필요한 병렬연산을 감당할 수 있도록 기존의 반도체와 차별화되는 첨단 패키징 기술 등이 차세대 기술로 떠오르게 되었습니다.

주목해야 할 또 하나의 이슈는 세계 각국에서 반도체 생산 시설을 갖추고자 한다는 점입니다. 코로나19 팬데믹 이후 반도체 공급에 차질이 생기면서 자동차 생산 공장이 문을 닫는 등 크고 작은 사건이 이어졌습니다. 이에 미국, 유럽, 일본 등 선진국은 모두 반도체 생산 공장을 짓기 위해 혈안이 되었습니다. 다행히 한국은 생산 설비를 다 갖추고 있다는 강점이 있습니다.

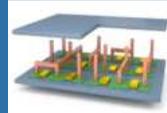
Q. 교수님께서 평소 ‘반도체는 국가안보 자산이자 우리 경제의 근간’이라 표현하시는데요. 미국, 대만 등과 비교했을 때 우리나라가 뛰어난, 혹은 보완해야 할 분야는 무엇인가요?

우리나라의 반도체 산업은 데이터와 소프트웨어를 저장하는 메모리 반도체 분야에서 세계 시장의 절반 이상을 점유하며 업계를 선도하고 있습니다. 하지만 AI 시대가 도래하면서 첨단 패키징 기술이 더 중요해졌습니다. 이중집적이라고 표현하는 첨단 패키징 기술은 파운드리 산업의 영역이 넓어지면서 더욱 주목받고 있는데요. 파운드리가 이제는 단순히 칩을 생산하는 것을 넘어, 다양한 제품에 맞는 시스템 해법을 제공하는 데까지

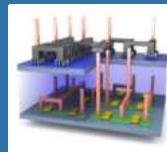
③ 차세대 M3D 반도체란?



① 기판 위에 소자를 만들고 금속을 배선하는 기존 반도체 제작 단계



② 반도체 위에 반도체 액티브 층을 만들 수 있도록 하는 반도체 Active층 제작



③ 반도체 Active층 위에 새롭게 소자를 만들어 여러 층의 소자를 보유한 M3D 차세대 반도체

도달했습니다. 반도체 제품의 최종 사양을 만족하는 종합적인 시스템을 만들어주는 것이죠. 이러한 시장 변화는 대만 TSMC에서 주도하고 있으며, 차세대 반도체 제작에 있어 중요한 시장을 선점하고 있다고 볼 수 있습니다. 삼성전자를 비롯한 국내 기업들도 파운드리 분야의 경쟁력을 키우기 위해 투자와 노력을 기울이는 상황이지만 경쟁 전망이 밝다고 보기 쉽지 않은 상황입니다.

Q. 정부 지원 사업을 통해 차세대 반도체 기술개발에 힘쓰고 계신다고요.

3D나노융합소자연구센터는 지난 2022년 정부의 ‘대학중점 연구소’, ‘기초과학 연구역량강화-핵심연구지원센터’ 사업에 선정되어 9년간 약 120억 원을 지원받게 되었습니다.

인하대학교의 반도체 연구 역량을 인정받아 차세대 반도체 연구에 매진할 기회를 얻은 것인데요. 현재는 ‘M3D[®]’라고 불리는 모놀리식^{Monolithic} 3D 소자를 연구하고 있습니다.

이는 다음 세대의 반도체에 활용될 잠재력 높은 기술인데요. M3D가 완성된다면 만들어진 소자 위에 다시 소자를 만들어가는 방식이기에 효율성이 더 높다고 하겠습니다.

Q. 최근 반도체 산업에 세계적으로 막대한 규모의 투자가 이어지고 있습니다. 우리나라 역시 산업부 주도하에 ‘AI-반도체 이니셔티브’를 논의하고, 민관 협력 인재를

육성하기 위한 반도체 아카데미를 설립하는 등 투자를 아끼지 않고 있는데요. 이에 대한 교수님의 생각은 어떠신지요?

전 세계적으로 많은 투자가 진행되고 있지만, 결국 과업을 수행해나갈 사람이 있어야 하기에 가장 중요한 부분은 ‘인력’이라 하겠습니다. 특히 AI의 중요성이 나날이 높아지면서 반도체와 AI 분야 모두를 이해하면서 일할 수 있는 융합형 인재가 필요한데요. 교육 현장에서 느끼는 바는 이를 가르칠 사람이 몹시 부족하다는 점입니다. AI와 반도체 모두에 특화된 인력은 대부분 미국에서 높은 연봉을 받으며 생활하고 있기에, 이런 고급 인력이 우리나라에 정착하고 반도체 산업 발전과 교육에 나서도록 만들 방안이 필요한 상황입니다. 다음으로 국내 AI 및 반도체 전문가들이 긴밀하게 협업할 수 있도록 이들이 연결될 수 있는 학술적 모임, 교육, 세미나 등을 활발하게 운영한다면 인재 육성에 도움이 될 것으로 생각합니다.

Q. 향후 반도체 기술이 어떻게 발전해나갈지에 대한 그 방향성이 궁금합니다.

반도체 기술은 컴퓨팅 발전에 따라 맞춤형으로 따라갈 것입니다. 기존의 컴퓨터는 CMOS 기술로 통칭되는 반도체 집적 소자 기술로 구현돼 있는데요. 향후 이런 구조 자체를 벗어나 ‘비욘드^{beyond} CMOS’라 불리는 차세대 컴퓨터가 곳곳에서 사용될 것으로 보입니다. 대표적으로는 인간의 두뇌를 모사한 뉴로모픽 컴퓨팅^{Neuromorphic Computing}, 양자역학적 현상을 활용해 자료를 처리하는 양자 컴퓨팅^{Quantum Computing} 등을 들 수 있습니다. 이 중 어떤 특정 방식이 주도권을 갖는다고기보다 필요에 따라 각자의 영역에서 함께 쓰이는 형태가 될 것으로 보입니다.

Q. 인하대를 비롯해 교육계에서는 반도체 인재 육성을 위해 시스템을 마련했고, 또 어떤



AI의 중요성이 높아지면서 반도체와 AI 분야를 모두 이해하는 융합형 인재가 필요합니다.

교육 방식을 추구하고 있는지요?

앞서 언급했듯이 반도체 업계에서는 융합형 인재를 원하고 있습니다. 인하대에서는 ‘반도체 전공 트랙 사업’을 운영하고 있습니다. 참여하는 학생들은 융합전공을 통한 이론 교육, 3D나노융합소자연구센터에서 진행되는 실습 교육, 산·학·연 컨소시엄을 통한 현장실습과 멘토링을 받아 산업 맞춤형 인재로 거듭나는데요. ‘소자 및 소재·공정·장비 트랙’과 ‘집적회로 및 시스템 설계 트랙’을 병행해서 통합형 인력을 양성하는 게 목표입니다.

더불어 학생 스스로 치열하게 고민하고 배워야 한다는 점을 항상 강조하고 있습니다. 소자, 회로 등에 대한 이해가 바탕이 되기에 반도체와 관련된 수업을 다양하게 수강하고, 이를 넘어 AI 분야까지 공부하도록 유도하고 있습니다.

Q. 반도체 산업을 보다 쉽게 알리고자 입문서 출간, 언론 인터뷰, 유튜브 촬영 등 다방면에서 활동하고 계십니다.

반도체에 대해 누구나 꼭 알고 있어야 할 점은 무엇일까요?

제가 반도체 산업 전반을 알리는 활동을 이어가는 이유는 반도체를 통해 그 너머의 더 큰 세계를 이해하길 바라는 마음 때문입니다. 반도체의 가치가 없다는 이야기가 아니라, 반도체는 부품에 불과하며 더 나은 컴퓨터를 만들기 위해 발전한다는 말입니다. 가령 일상에서 활용하는 자동차, 스마트폰, 스마트워치 등 컴퓨팅에 요구되는 분야가 늘어나면서 반도체에 대한 수요도 급격히 늘어나 공급 부족 사태까지 벌어졌습니다. 또 모두에게 충격을 준 시의 등장은 컴퓨팅 발전 방향을 바꾸어놓았고, 반도체 또한 시를 활용해 맞춰나가고 있습니다.

그렇기에 진로를 고민하는 학생, 대학생, 또 일반인에게도 향후 컴퓨팅 시스템의 전환 방향과 시장 동향을 살피는 자세가 필요하다고 생각합니다. 반도체라는 첨단 산업을 상징하는 단어에서 벗어나 컴퓨팅의 발전을 분석한다면 무엇을 배워야 하고 준비해야 할지 알 수 있을 것입니다.



“소자 미세화에 큰 부분을 의지하고 있던 컴퓨팅 성능의 향상을 이제는 어떤 방법으로 발전시켜야 하는지에 대한 고민이 커지고 있다. 이와 같이 반도체 소자는 단순한 공업 제품이 아니고 현재 인류의 발전의 한 축을 담당하고 있다.”
 <최리노의 한 권으로 끝내는 반도체 이야기>

산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끰니다.



한국산업기술기획평가원
유튜브 채널



2023년 올해의 산업기술혁신상 수상 기술 소개 ⑤



비에이치아이(주)

국내 화력발전소들은 미세먼지 감축을 위해 더욱 강화된 배출가스 기준을 따라야 하는데 이때 '열교환기'를 통해 유해 성분인 황이 제거됩니다. 다만, 현재 널리 사용되는 기존 열교환기는 잦은 부식으로 설비 유지 비용이 많이 발생합니다. 비에이치아이(주)는 이 열교환기의 내구성을 높여 수명을 4배 이상 향상시켰는데, 이 기술로 절감되는 발전소 운영 유지비가 연평균 75억 원가량이라고 합니다.

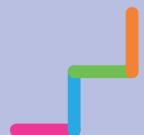


2023년 올해의 산업기술혁신상 수상 기술 소개 ⑥



(주)에코전력

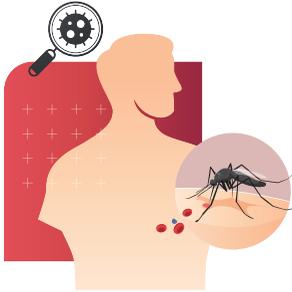
발전량이 일정하지 않은 신재생에너지는 안정적인 에너지 공급을 위해 저장장치가 중요합니다. 다만, 과열에 취약하다는 점에 있어 고온 사막지역에서는 도입을 기피하는데, 국내 기업인 (주)에코전력이 중동 국가의 기후에 특화된 에너지저장시스템^{ESS}을 개발하고 안전성을 증명했습니다. 해외에서 먼저 인정받은 국내 기술, 영상을 통해 확인해보세요!



열대지방 중증 Dengue 열 바이오마커와 현장진단용 기기 개발

(주)젠바디

덴기열부터 코로나19까지, 감염성 질환 더 빠르게 진단한다



제33회 파리올림픽을 한 달 앞둔 프랑스에 ‘덴기열 주의보’가 발령됐다. 덴기열은 덴기바이러스로 발생하는 급성발열성 감염병으로, 주로 덴기바이러스에 감염된 모기에 물려 전파된다. 덴기바이러스를 전파하는 흰줄숲모기는 과거 동남아시아 지역에 서식했으나, 최근 프랑스를 비롯한 유럽 국가들로 퍼지고 있다. 덴기열은 특별한 증상이 없고 보통 일주일만 지나면 호전되지만, 중증 감염자의 경우 사망률이 5%까지 높아진다. 무엇보다 빠른 진단과 대처가 중요하다.

word 김아름 photo (주)젠바디



KEIT의 기업 R&D 지원을 통해 탄생한 덴기열 진단 키트 3종.
FIA Dengue IgG/IgM , FIA CD163,
FIA Ferritin 시제품

연구 과제명	중증 Dengue 열 바이오마커와 현장진단용 기기 개발을 통한 Dengue 열 감염 관제 시스템 및 글로벌협업연구센터 구축
제품명	FIA Dengue IgG/IgM , FIA Ferritin, FIA CD163, Confiscope F40
정부과제 수행기간	2020.05.01. ~ 2024.12.31
총 정부출연금	22억4400만 원
개발기관	(주)젠바디
참여연구진	문정대(연구책임자), 하양화(실무책임자) 외 17명

중증 Dengue 열 진단 기기가 필요한 이유

Dengue 열은 증상에 따라 일반적인 Dengue 열과 ‘Dengue 출혈열’, ‘Dengue 쇼크증후군’으로 구분한다. Dengue 열은 3~14일의 잠복기를 거친 후 증상이 발현되며, 3~5일간 발열, 두통, 근육통, 관절통 등을 동반한다. 성인의 경우 소장이나 대장의 출혈, 림프절이 부어오르는 종창 등의 증상을 보이기도 하지만 사망률은 낮은 편이다. Dengue 열은 별도의 치료법이 없어 대개 걸어서 드러난 증상에 따라 대응하는 대증치료를 진행한다. 보통은 열이 떨어지면서 증상이 호전되는데 문제는 중증도가 높을 때다. 발열 후 환자의 상태가 급속히 악화되며 이때 적절한 치료를 받지 않으면 생명에 위협이 된다.

Dengue 열 감염 빈도가 높은 동남아시아 지역에서는 환자에게서 발열, 기침 등의 증상이 보일 때 가장 먼저 Dengue 열 검사를 진행한다. 하지만 검사 대부분이 일반적인 Dengue 열을 확인하는 데 그친다. **중증 Dengue 열 질환을 진단할 방법 자체가 없기 때문이다.** 대부분 전문의의 경험과 사례, 개인적인 판단 등에 의존한다. 당연히 오진율이 높을 수밖에 없고, 중증 Dengue 열 환자를 치료할 골든타임을 놓치는 상황도 잦다.



용어 설명

Dengue 출혈열

발열과 함께 피부와 잇몸, 장기 내부 등에 출혈이 생기거나 월경이 과다하게 배출되는 상태를 말한다. Dengue 열에서 진행된 질환으로 치사율이 높다.

Dengue 쇼크증후군

Dengue 출혈열 증상과 함께 혈압이 떨어지는 상태로 치사율이 높다.

항원

체내에 들어와 병을 일으킬 수 있는 물질. 주로 세균, 바이러스, 독소 등으로 우리 몸의 면역체계가 거부반응을 일으킨다.

항체

항원을 찾아 중화시키거나 제거하기 위해 체내 면역체계에서 만들어낸 단백질이다.

바이오마커

몸속 세포나 혈관, 단백질, DNA 등을 이용해 몸 안의 변화를 알아내는 지표로, 질병의 진행 상태를 파악하는 데 도움이 된다.



Dengue 바이러스를 옮기는 흰줄숲모기. 우리나라에서는 전투 모기, 아디다스 모기라고도 부른다.

중증 Dengue 열을 정확하게 판단하는 진단키트

체외 진단 분야 전문기업인 (주)젠바디는 지난 2020년부터 산업통상자원부의 지원을 받아 ‘중증 Dengue 열 바이오마커와 현장진단용 기기 개발을 통한 Dengue 열 감염 관제 시스템 및 글로벌협업연구센터 구축’ 과제를 진행해왔다. 해당 과제의 핵심은 Dengue 열의 원인 물질인 항원, 항체를 빠르게 개발하고 이 기술을 활용해 신속 면역 진단키트 제품을 만드는 것이다. 특히 혈액을 통해 중증도가 높은 Dengue 출혈열과 Dengue 쇼크증후군을 통해 진단하는 것이 요지였다.



덴기열 진단키트 연구 기술을 바탕으로 제작된 코로나19 진단 키트. 국내에서 2번째로 허가를 획득해 전 세계로 수출되었다.

(주)젠바디는 먼저 덴기열 항체에 특이하게 반응하는 항원을 만들어냈고 이후 sCD163과 페리틴^{Ferritin} 등 2가지 바이오마커에 반응하는 항체를 제작해냈다. 이를 통해 덴기열 의심 환자의 감염 여부를 판단하는 ‘일반 덴기열 진단키트’와 중증 덴기열 유무를 확인하는 ‘바이오마커 신속 진단키트’를 개발했다. 다시 말해 ‘일반 진단키트’와 ‘바이오마커 신속 진단키트’를 순차적으로 사용해 환자의 덴기열 감염 여부와 중증도를 구분하는 것이다.

또 진단키트의 정확성을 높이기 위해 특수 ‘형광나노입자’를 적용했고, 이를 확인하기 위한 별도의 형광분석기도 개발했다. 골드나노입자를 사용하는 기존 키트는 혈액을 떨어뜨린 후 육안으로 감염 여부를 확인할 수 있지만, 수치값에 오차 범위가 넓다는 한계가 있었다. 이에 (주)젠바디는 환자의 감염 여부를 보다 정확히 파악하고자 형광나노입자를 적용한 것이다. 감염 여부를 분석하기 위한 형광분석기는 언제 어디서나 편리하게 사용할 수 있도록 1kg 내외의 크기로 제작했으며 결과값을 와이파이, 블루투스, USB 등으로 주고받기 쉽도록 고안했다.

진단키트와 분석기를 통해 수집한 자료는 별도의 데이터베이스로 분류해 덴기열 감염 관제 시스템에서 보관한다. 이는 덴기열을 비롯한 다양한 감염성 질환을 연구하고 극복하는 데 쓰일 예정이다.

덴기열 진단 연구, 코로나19 엔데믹에 기여하다

(주)젠바디 연구진의 노력은 누구도 예상치 못한 상황에서 일거양득의 성과를 만들어냈다. 바로 ‘COVID-19 진단키트’였다. 본 과정은 2020년 코로나19의 확산과 함께 시작됐고, 덴기열을 진단하기 위한 기술(항원, 항체를 빠르게 개발하는 기술)이 코로나19를 진단하는 키트로 발전하게 된 것이다. ‘COVID-19 Ag’, ‘COVID-19 Ag HomeTest’, ‘Influenza/COVID-19 Ag

Triple’ 등 총 3가지 제품이 국내외 시장에 판매되었고, (주)젠바디는 창사 이래 최대 매출액(1500억 원대)을 기록하기도 했다. 그뿐만 아니다. 해당 과정을 진행하는 과정에서 총 5건의 특허가 출원되었고 그중 1건이 지난해 최종 등록됐다. 연구와 제품 개발, 제작 과정에서 75명의 신규 직원도 채용했다.

현재 (주)젠바디는 중증 덴기열 진단 제품 3종의 시제품을 제작한 상태로, 해외 협력 기관인 말레이시아 열대감염병연구교육센터^{TIDREC}와 함께 현지 임상을 진행하고 있다. 말레이시아 내 3곳의 병원에서 일반 덴기열 검체, 중증 덴기열 검체, 일반 검체 등을 수집하고, 일반 덴기열과 중증 덴기열 환자의 임상적 차이를 확인하고 있다. 임상이 끝나는 즉시 말레이시아 인허가를 접수하고 의료 현장에 도입할 예정이다.

(주)젠바디가 참여한 R&D 과정은 산업통상자원부의 우수기업연구소육성사업으로, 국내 기업과 해외 연구기관의 공동 연구를 지원하는 사업이다. 문정대 연구소장은 “중증 덴기열 과정을 수행하기 위해서는 중증 덴기열 국제 특허가 있어야 하는데, 이를 가지고 있는 말라야대학교 연구진과 함께 연구를 수행함으로써 검체 수집에 이점이 컸다”며 “기업과 해외 연구기관이 함께 연구를 진행하며 성과와 신뢰성 모두를 높일 수 있어 좋았다”고 말했다. 국내 기업들이 필요한 연구를 수행할 수 있도록 지원하는 과정이 계속 이어지기를 바라는 목소리였다.

덴기열 진단 기술,

더 많은 인류 구하는 기술로

덴기열 환자가 많은 지역은 동남아시아와 남미 등의 열대 지역이다. 2014년 약 25만 명에 이르던 환자가 코로나19 직전인 2019년에는

약 88만 명으로 빠르게 증가했다. 기후변화에 따라 2025년에는 약 120만 명으로 증가할 것이라는 예측도 나왔다. 우리나라도 예외는 아니다. 2017년 8월 국내 최초로 Dengue 환자 발생, 제주도를 비롯한 국내에서도 Dengue 모기와 유충이 발견되고 있다.

(주)젠바디는 모기를 매개로 하는 여러 감염질환을 빠르게 진단할 수 있는 인프라를 점차 확대해나갈 계획이다. 현재 (주)젠바디가 생산할 수 있는 진단키트는 연간 약 9600만 번의 검사를 진행할 수 있는 수준. 원료부터 제품 개발과 생산, 판매 등 전체 프로세스를 아우르고 있는 만큼 향후 유행 가능성이

혈액을 떨어뜨린 스트립의 결과를 분석해 감염 여부를 파악하는 형광분석기 Confiscope F40



높은 다양한 질환에 빠르게 대처하기 위한 연구를 이어가고 있다.

최근에는 당뇨, 빈혈 등 장기 진행성 질환 환자들을 위한 진단 제품도 선보이고 있다. 당뇨 환자가 직접 자신의 혈당을 측정할 수 있는 ‘ConfiGlu G1’, 당화혈색소^{HbA1c} 및 신장 질환과 염증을 측정하는 ‘ConfiCare M1’, 몸속 헤모글로빈 수치를 빠르게 측정하는 ‘Hemonitor H1’ 등이 출시를 앞두고 있다.

교통과 IT 기술의 발달은 경제 성장 및 세계화 측면에서 결정적인 역할을 했다. 하지만 한편으로는 감염병에 취약한 환경을 만들어내는 요소로 작용하고 있다. 이를 가장 잘 보여준 것이 지난 코로나19 팬데믹이었다. 안타까운 말이지만, 앞으로도 감염병은 끊임없이 등장할 것이다. 따라서 무엇보다 예방과 초기 진단이 중요하다. 체외 진단키트의 강자로 성장 중인 (주)젠바디가 인류를 위한 또 하나의 보호막을 만들어주길 기대한다.

인간과 세계의 건강을 추구하는 (주)젠바디

(주)젠바디는 2012년 10월 단국대학교 창업보육센터에서 체외 진단 분야의 선두 주자를 목표로 설립되었다. 2014년 7월 연구소를 출범하며 진단키트의 효율적인 개발 및 생물 소재와 관련해 집중적인 연구를 진행하고 있다. Dengue, 말라리아, 지카, 치쿤구니야와 같은 열대 모기 매개 감염성 질환에 특화되어 있으며 호흡기 질환, 성 매개 질환, 마약류 검사 등 다양한 진단키트 제품 라인을 구축하고 있다. 2016년, 세계 최초로 지카바이러스 신속 진단키트를 개발했으며 2019년 COVID-19 진단 항원을 자체 개발하고 신속 진단키트를 만들어 국내 2번째로 허가를 획득, 전 세계에 수출하는 성과를 이뤄냈다.

www.genbody.co.kr



“함께 모이는 것이 시작이고, 함께 있는 것이 진전이며, 함께 일하는 것이 성공이다.” 미국 자동차회사 포드의 창립자이자 공학기술자인 헨리 포드^{Henry Ford}의 말이다. 협력을 강조한 그의 말은 100여 년이 지난 오늘날의 산업 현장에도 정수로 꼽힌다. 한국산업기술기획평가원이 산업기술 R&D 토론의 장을 연 것도 같은 맥락이다. 산업계와 학계, 연구기관들이 함께 머리를 맞댈 때 보다 효과 높은 R&D 전략을 만들어낼 수 있기 때문이다.

word 김아름

KEIT 산업기술 그랜드포럼 출범을 위해 R&D 전문가들이 한자리에 모였다.



100인의 산·학·연 기술전문가들이 한자리에 모인 이유

KEIT 산업기술 그랜드포럼 출범식

지난 6월 24일, 서울 엘타워에서 ‘KEIT 산업기술 그랜드포럼’ 출범식이 개최됐다. KEIT 산업기술 그랜드포럼은 산업기술 R&D 현장에 있는 기업가, 연구자, 그 외 관계자들의 의견을 직접 듣고, 토론 내용을 정부 R&D 전략에 반영하기 위해 마련된 자리다. 본 포럼은 7월부터 11월까지, 총 5개월간 분과별 토론회로 진행되며 12월 그랜드포럼 연차대회를

통해 결과를 공유할 예정이다. 이날 열린 출범식은 산·학·연 관계자들이 함께 모이는 최초의 자리이자 향후 진행될 분과별 포럼을 준비하는 시간이었다.

산업기술 R&D 관계자 100명 한자리 출범식에는 산업통상자원부를 비롯해 한국과학기술원과 대한전자공학회 등

주요 공학회와 연구소, 대학 산학협력단, 기업 등 국내 산·학·연을 대표하는 전문가 100여 명이 참석했다. 행사를 주최한 한국산업기술기획평가원^{KEIT} 전윤종 원장은 “국내 산·학·연 각계각층의 목소리를 폭넓고 종합적으로 수렴해 파급력 있는 성과 창출을 위한 산업기술 R&D 지원 방향을 모색하겠다”라고 환영의 인사와 함께 포럼의 목적을 설명했다.

이어 산업통상자원부 산업기반실 오승철 실장이 축하 인사를 전했다. 오 실장은 “반도체, 이차전지, 디스플레이, 조선 등 우리 주력산업이 경쟁력 우위를 유지하기 위해서는 선도형 R&D로 빠르게 전환해야 한다”며 “정책의 수혜자이자 R&D 수행자인 산·학·연 상호간의 소통과 피드백이 중요한 만큼, 본 포럼이 산업기술 R&D의 혁신과 도약을 위한 출발점으로서 앞으로 나아가야 할 방향을 전망하기를 바란다”라고 말했다.

기조강연을 맡은 한국과학기술원^{KAIST} 이광형 총장은 ‘21세기의 도전과 대한민국의 전략’이라는 주제로 우리나라 산업기술과 R&D의 발전사, 성과 그리고 앞으로 나아가야 할 방향에 대해 의견을 피력했다. 이후 LG AI연구원 임우형 상무가 ‘AI 주도 혁신, 산업의 미래를 조망하다’는 주제 아래 최근 글로벌 산업 현장에 불고 있는 AI 열풍 현상을 설명했다. 마지막 발표는 서울대학교 안현실 객원교수가 진행했다. 그는 ‘미래를 준비하는 선도·도전형 R&D 전략을 위하여’라는 주제로 이야기를 이어나갔다. 모두 산업기술 R&D 혁신을 위한 새로운 관점과 전문가로서의 책임감, 그리고 자부심을 부여하는 시간이었다.



따로 또 함께, 하나의 목표를 위해
출범식은 분과별로 마련된 10개의 라운드테이블에서 이뤄졌다.
▲전략기획 ▲기업성장 ▲자율제조 ▲모빌리티 ▲방위산업 ▲반도체 ▲배터리 ▲공급망산업 ▲바이오 ▲표준 등 현재 우리나라를 대표하는 산업들로, 후발주자들과의 기술 격차 유지를 위한 R&D가 중요한 분야이기도 했다. 테이블마다 산업계, 학계, 연구기관 등 해당 분야 전문가가 자리를 지켰고 KEIT 또한 향후 분과 활동계획과 결과물 도출을 위해 함께 머리를 맞댔다.

전략기획 분과와 기업성장 분과는 1개 분과처럼 함께 활동하며 산재되어 있는 여러 글로벌 이슈로부터 우리 R&D 기관들을 보호하고 성장시키는 공동의 목표를 해결해갈 계획이다. 그 외 분과는 각 산업 및 기술별로 시급한 R&D 전략에 대해 이야기를 나눌 방침. 미·중 기술패권 시대에 대응하기 위한 R&D 방향 또한 모색하게 된다.

전 원장은 “그간의 단편적이고 분절적인 연구자 소통 체계에서 벗어나 연구 현장과 지속적이고 체계적으로 소통·협력하며 연구자 지원을 강화하는데 ‘KEIT 산업기술 그랜드 포럼’이 구심점 역할을 할 것”이라며



기조강연을 맡은 KAIST 이광형 총장

“민간의 창의적인 아이디어를 산업기술 R&D 추진 과정에 적극 반영해 파급력 있는 성과를 창출할 것”이라는 포부를 밝혔다.

1972년 미국의 기상학자 에드워드 로젠츠는 ‘브라질에서의 한 나비의 날갯짓이 텍사스에 돌풍을 일으킬 수 있는가?’ 강연을 진행했다. 초기 조건의 미세한 차이가 전혀 예기치 못한 결과를 나타낸다는 현상을 설명한 것. 이후 ‘나비효과’라는 말이 등장했다.

2024년 KEIT 산업기술 그랜드포럼은 이 작은 차이를 만들기 위해 100여 명의 산·학·연 관계자를 모았다. 아주 작은 나비의 날갯짓이 만들어낸 파급 효과를 믿는다. 동아시아의 작은 나라, 대한민국의 작은 노력이 글로벌 산업 경쟁에서 놀라운 결과로 커지길 응원하며.

주제 발표의 첫 강연자 LG AI연구원 임우형 상무(왼쪽)

한눈에 보는

데이터 센터

데이터센터(Data center)란?

많은 양의 디지털 자료(Data)를 저장하고 관리하는 건물이나 시설을 말하며, 서버 호텔(Server hotel)이라고도 부른다. 인터넷에 있는 모든 정보가 모여 있는 거대한 컴퓨터 방이라고 생각하면 쉽다.

최근 인터넷 사용량이 증가하고 시의 인기가 높아지며 일반 데이터센터보다 규모가 큰 하이퍼스케일 데이터센터가 등장하고 있다.



1. 웹사이트·앱 운영

우리가 사용하는 대부분의 웹사이트와 앱은 데이터센터에 있는 서버를 통해 작동한다.



2. 데이터 저장

사진, 동영상, 문서 등의 파일을 저장하고, 원본이 손상될 경우를 대비해 백업해둔다.



3. 클라우드 서비스 제공

구글 드라이브, 애플 아이클라우드, 네이버 MYBOX 등 클라우드 서비스를 제공한다.

글로벌
데이터센터
시장
성장기



2차 호황

2022년 이후

생성형 AI 산업



1차 호황

2015년

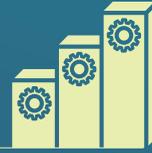
클라우드 산업



글로벌 현황 및 시장 규모 전망(2023년 기준)

데이터센터

약 **8000**개 존재



미국 — **2701**개

독일 — **487**개

영국 — **456**개

중국 — **443**개

캐나다 — **328**개

하이퍼스케일 데이터센터

992개

2023년

3645억 달러
(약 503조 원)

연평균
성장률
6.56%

2031년

6059억 **6000**만 달러
(약 836조 원)

자료: TechJury, SKYQUEST, Synergy Research Group

데이터센터 기네스



① 최초의 하이퍼스케일 센터

2006년 미국 오리건주 구글 '에너지 캠퍼스'

② 세계 최대의 시설

중국 내몽골의 차이나텔레콤^{China telecom}
축구 경기장 165개 규모

③ 글로벌 3대 기업

아마존 웹서비스^{AWS}, 마이크로소프트 Azure,
구글 클라우드 플랫폼^{GCP}

④ 국내 최대 센터

네이버데이터센터 각 세종, 축구 경기장 41개 규모

자료: IBM

시가 필요로 하는 데이터센터는?



하이퍼스케일
데이터센터
수요 증가



2026년까지
연평균 성장률
16% 기대

자료: CBRE, 삼성증권



AI 시대의 핵심 인프라, 하이퍼스케일 데이터센터

정보통신 기술이 시대를 바꾸는 힘이라면, 데이터는 그 힘을 뒷받침하는 연료다. 데이터라는 연료가 끊임없이 흐르는 디지털 시대의 한복판에 이곳이 존재한다. 빅데이터에 기반한 클라우드 서비스도, 최근 인기 높은 생성 AI도 이곳이 없으면 존재할 수 없다. 최소 10만 대의 서버를 수용할 수 있는 초대형 데이터센터, 인공지능 시대 핵심 인프라, 하이퍼스케일 데이터센터다.

데이터센터가 멈추면 세상이 멈춘다

지난 2021년 3월, 프랑스 동부 스트라스부르에 있는 OVH 데이터센터에서 화재가 발생했다. 5층 규모 데이터센터 4개 동 중 1개 동을 모두 불태운 이 화재로, 프랑스 정부 및 현대 미술관 퐁피두센터, 게임 러스트의 유럽 서버, 암호화폐거래소 코인하우스 등 1만6000여 개의 기업이 피해를 보았다. 2022년 10월 발생한 SK C&C 데이터센터 화재 사건을 기억하는 사람도 많다. 카카오톡을 비롯해 관련 서비스를 아예 쓸 수 없었던, 거의 모든 국민이 불편함을 겪은 당혹스러운



사건이었다. 사업 목적으로 카카오 서비스를 활용했던 가게까지 타격을 입었다. 데이터센터가 우리 사회에 얼마나 중요한 존재인지를 확실히 알게 된 때다.

1990년대 처음 인터넷 붐이 일 때만 해도, 세상이 이 정도로 바뀌리라 생각하진 않았다. 데이터센터란 무엇인가? 그저 수많은 컴퓨터와 네트워크 장비, 저장장치가 들어가 있는 시설이다. 수많은 웹서비스가 이 시설을 기반으로 운영되지만, 웹서비스 불통이 단전이나 단수와 같은 취급을 받게 될 거라고 누가 상상이나 했을까.

처음부터 이랬던 것은 아니다. 컴퓨터 룸이라고 불린 초기 데이터센터는, 그때 만들어진 컴퓨터가 엄청나게 컸기 때문에 어쩔 수 없이 태어났다. 예를 들어 최초의 컴퓨터 중 하나인 에니악^{ENIAC} 같은 경우 무게만 30톤, 크기는 30×1×2m, 소비 전력은 150kW에 달했기에, 따로 공간을 만들어 관리해야 했다. 이후 컴퓨터가 책장 크기의 미니컴퓨터, 가방 크기의 마이크로컴퓨터^{PC}로 작아지면서 사무실이나 건물 일부에 들어간 컴퓨터실은, 1990년대 후반 인터넷 시대에 접어들면서 변화를 맞이하게 된다. 점점 관리해야 할 컴퓨터가 많아지면서 일반 사무실에 놓고 쓰는 게 어려워졌고, 컴퓨터만 설치할 수 있는 건물을 지어 빌려주기 시작했다. 지금 생각하는 데이터센터가 이때 태어났다.

1998년, 구글이 처음 데이터센터에 입주했을 때 설치한 PC는 몇 대였을까? 고작 30대다. 구글이 검색의 대명사가 된 2016년에는 30대의 컴퓨터가 약 250만 대로 늘어났다. 이 많은 컴퓨터를 수용하려면 어쩔 수 없이 데이터센터도 커져야 한다. 하이퍼스케일 데이터센터는 그래서 태어났다. 말 그대로 초거대 센터를 의미한다.

전에는 서버 5000대 정도를 수용할 수 있는 곳을 가리키다가, 요즘엔 축구장 3개 정도 되는 총면적 2만2500㎡ 정도 크기에 서버 10만 대 이상, 전력량 20MW 이상을 지원하는 데이터센터를 지칭한다. 보통 MS나 아마존, 구글 같은 대형 클라우드 사업자들이 운영하는 곳이 여기에 해당한다.

일반 센터와 하이퍼스케일 센터의 기술 차이

하이퍼스케일은 확장성이 좋다. 최근 주목받는 생성형 AI처럼 갑자기 엄청나게 많은 컴퓨터 자원이 필요한 상황이 와도 대처할 수 있다. 하이퍼스케일 데이터센터는 레고처럼 서버 컴퓨터를 추가할 수 있는 모듈식으로 시스템을 구성하기 때문에 이런 수요 변화에 맞춰 확장할 수 있다.

자동화 역시 일반 센터보다 하이퍼스케일 데이터센터가 더 잘하는 분야다. 소프트웨어는 최신 상태를 유지해야 한다. 이런 업데이트를 일일이 사람이 한다면 수십만 대의 컴퓨터를 관리할 수 없다. 따라서 자동화 프로그램을 통해 해결한다. 자동 복구 기능을 갖춘 모니터링 프로그램도 있다.

더 뛰어난 냉각 시스템도 갖추고 있다. 컴퓨터 시스템은 더 많은 전력을 쓸수록 더 많은 열을 발산하는데, 식혀주지 않으면 고장이 나기 쉽다. 효과적으로 열을 내리기 위해, 액체가 담겨 있는 부품을 컴퓨터 부품에 직접 닿게 하는 수랭식 냉각 시스템을 주로 쓴다. 아예 컴퓨터를 액체에 담가 냉각하는 액침 냉각 방식도 도입될 예정이다.

그 밖에도 다른 최신 기술이 모두 녹아 들어 있다. 빠르고 안정적으로 많은 데이터를 처리하기 위해 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN, Software Defined Network)이나 고속 상호 연결 같은 고급 네트워킹 기술 등도 지원한다.

자동화가 잘된 시스템에 뛰어난 전기 관리 능력, 냉각 능력 등을 합치니 일반 데이터센터보다 에너지도 더 아껴 쓴다. 중요한



지난 2022년 10월에 발생한 경기 성남시 분당구 SK C&C 판교캠퍼스 카카오 데이터센터 화재로 인해 카카오톡을 비롯한 관련 서비스 모두가 일시 정지되었다. 사진은 화재 현장 감식을 위해 소방-경찰 관계자들이 센터 내부로 이동하고 있는 모습

데이터 처리 시설이니 강한 온-오프라인 보안 시스템도 갖추고 있다. 서로 다른 지역에 있는 데이터센터에 자료를 백업하고, 장애가 발생하면 백업 시스템으로 연결해 서비스 중단 없이, 안전하게 복구할 수도 있다.

하이퍼스케일 데이터센터를 계속 짓는 이유

인터넷 산업을 지탱하는 하이퍼스케일 데이터센터, 그렇지만 만드는 것은 쉽지 않다. 자연재해, 전기 공급 등 장소를 고를 때 따져야 할 요소도 많고, 법적 규제를 받거나 지역사회의 반대에 부딪히기도 한다. 그런데도 하이퍼스케일 데이터센터가 늘어나는 건, 세상이 점점 더 많은 데이터를 처리할 수 있는 컴퓨터 시스템을 요구해서다.

실제로 미국의 시장 조사 기업, 시너지 리서치 그룹 Synergy Research Group에서 발표한 보고서를 보면, 하이퍼스케일 데이터센터는 2023년 말 1000개를 돌파했다. 2018년 말 기준으로 430여 개가 있었으니, 지난 5년 사이에 500개가 넘는 하이퍼스케일 데이터센터가 건설됐다는 말이다.

이런 흐름을 이끈 것은 코로나19다. 비대면 생활 환경이 중요해지면서 인터넷 수요가 폭증했다. 보통은 이렇게 확 늘었다가 잠잠해지는 편인데, 이번엔 수요가 줄지 않고 계속 늘었다. 생성형 AI 때문이다. 생성형 AI는 훈련과 사용에 초대형 데이터를 이용하기에, 어마어마한 컴퓨터 자원이 필요하다.

예를 들어 챗GPT3의 경우, 원본 학습 데이터 크기는 45TB에 달한다. 챗GPT3를 사용할 때 AI가 대답에 이용하는 파라미터의 수만 약 1750억 개다. 이를 가동하는 컴퓨터 시스템은 엔비디아의 HGX A100 서버 3600여 대다. 총 2만8900여 개의 GPU를 쓰고 있으며, 하루 사용료가 약 70만 달러(한화 약 9억6000만원)에 달한다고 알려졌다.

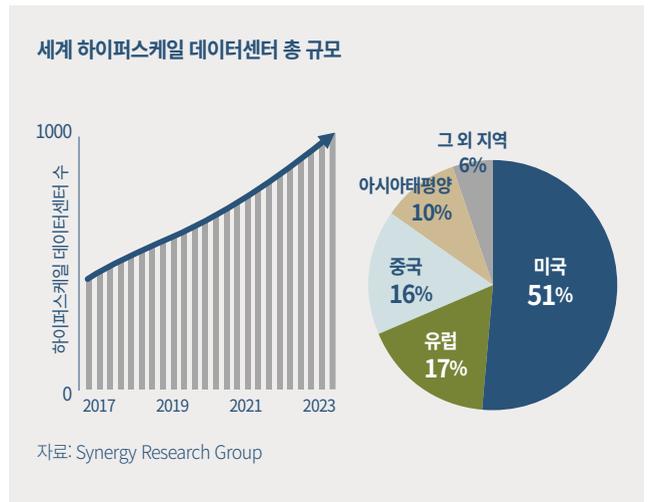
하이퍼스케일 데이터센터의 미래와 고민거리

시너지 리서치 그룹은 앞으로 4년 안에 하이퍼스케일 데이터센터가 2배로 늘 거라고 예상했다. 실제로 올해 들어 메타에서는 미국에 8억 달러짜리 데이터센터 3개를 짓는다고 했다. 구글은 신규 데이터센터에 20억 달러, 데이터센터 확장에 10억 달러를 쓴다고 발표했다. MS는 독일과 일본, 스페인에 각각 34억, 29억, 21억 달러를 들여 데이터센터를 지을 예정이다. 아마존은 올해 100억 달러, 향후 15년간 1500억 달러 투자 계획이 있다는 보도도 있었다.

문제는 다시 에너지와 인공지능이다. 글로벌 컨설팅업체 맥킨지^{Mckinsey}에 따르면, 미국 데이터센터의 전력 소비량은 2022년 17GW에서 2030년 35GW로 증가할 것으로 예상했다. 한국 표준형 원전 용량이 1GW니, 원전 17기에서 35기가 최대 생산할 수 있는 전기를 쓰는 셈이다. 이 가운데 하이퍼스케일 데이터센터가 차지하는 비중은 약 20%이며, 점점 더 커질 전망이다.

국제에너지기구^{IEA}에서 추산한 데이터센터 전력 소비량은 최대 340TWh다(2022년 기준). 많은 개선이 있었지만, 그래도 세계 전력 수요의 1~1.3%를 차지한다고 했다. 앞으로 AI에 관한 연구가 계속되고, 그에 따라 하이퍼스케일 데이터센터가 늘어나면 전력 소비량도 늘 수밖에 없다. 테슬라 CEO 일론 머스크가 2025년이 되면 전기가 부족할 것이라 말했던 이유다.

기후위기로 인해 세계가 재생에너지 전환을 촉구하는 시점에서, 하이퍼스케일 데이터센터는 엄청나게 많은 전기를 요구한다. 덕분에 미국 일부 지역에선 이미 전기료가 올라가기 시작했다. 이 문제를 해결하기 위해 많은 궁리를 하고 있지만, 결코 풀기 쉬운 문제가 아니다. 과연 인류는 어떤 선택을 하게 될까?



이요훈 IT 칼럼니스트 전 아리랑TV 비즈테크코리아 MC, 한양대 미래인문학융합학부 IAB 자문교수, 한국과학기술평가원^{KISTEP} 전문위원이었으며, 현재 IT 칼럼니스트로 활동하고 있다.

복합화력발전소 가치 높이는 친환경 기술의 발견

폐열 재활용하는
열교환기 수명을 증대하는
코팅 기술 개발 및 사업화



올해의 산업혁신기술상
비에이치아이(주)

석탄이나 원자력을 활용해 전력을 생산하는 과정에서 고온의 폐열이 발생한다. 특히 화력발전소의 열효율은 40% 수준으로, 이는 총 발생 열 가운데 40%만 전력 생산에 쓰이고 나머지는 버려진다는 의미다. 60%의 폐열 중 40%는 설비에서, 20%는 배출가스에서 발생한다. 이 버려지는 열에너지를 회수해 다른 용도로 활용하는 설비는 발전소의 경제성을 높이고 환경오염을 줄일 수 있는 키^{KEY}가 된다. 비에이치아이(주)는 정부지원사업을 통해 폐열을 회수하는 열교환기 튜브에 고 내부식성의 유약을 개발하고 코팅하는데 성공, 국내외 시장을 공략하고 있다.

word 김규성 photo 김기남

사업명	산업집적지경쟁력강화사업	
연구과제명	화공용 열교환기 적용 내식성 향상 및 스케일 저감을 위한 튜브 내측 법랑 코팅 기술 개발	
개발기간	2018.06. ~ 2019.12.(18개월)	
총 정부출연금	1억7100만 원	비에이치아이(주)의 혁신 기술 동영상으로 보기
참여 연구진	이종욱 차장, 장계환 소장, 김현수 차장, 손형락 과장, 김기욱 과장, 김민규 대리, 신상우 대리, 이종찬 사원	

HOW TO ▶

비에이치아이(주)가 법랑 코팅 기술을 개발하기 이전, HRSG 핀 튜브와 같은 형태가 복잡하고 긴 제품에 법랑 유약을 코팅한 사례는 전무했다. 복잡한 형상에 균일한 품질을 낼 방법이 없었기 때문. 이에 연구진은 수많은 법랑 유약을 소성 조건(온도, 시간)에 따라 제작하여 HRSG 튜브 적용성을 실험하였고, 그 결과 도포 균일성, 내식성, 접착력이 우수한 최적의 유약을 개발할 수 있었다.

폐열 회수 열교환기 코팅해 부식 환경 견디게 하다

산업용 폐열 회수 열교환기의 일종인 ‘HRSG^{Heat Recovery Steam Generator}’는 가스터빈에서 배출되는 고온의 배기가스 열을 회수한 후 물을 데워 증기를 만드는 장비다. 만들어진 증기는 배관을 통해 스팀터빈으로 이동한다. 증기의 높은 압력은 스팀터빈의 날개를 회전시킨다. 그 운동에너지로 전기를 생산한다. 이때 광물로 만든 유약(법랑 유약)을 전열관 핀 튜브에 코팅하여 염산, 황산 등의 부식 환경을 견딜 수 있도록 보강한다.

교체 수명 4배, 내부식성 1만4000배 달성한 제품

발전 과정에서 생성되는 고온의 배기가스를 그대로 배출할 경우 환경오염과 에너지 손실이 크기 때문에 많은 발전 플랜트 설비에 열교환기를 사용한다. 그러나 폐열 회수 열교환기는 가동되는 환경에 따라 부식성 물질에 지속적으로 노출되기 때문에 전열관의 손상이 빠르게 진행된다. 부식 환경에 따라 약 1년도 되지 않아 설비의 교체가 필요하고 많은 시간과 비용이 소요된다. 이에 비에이치아이(주)는 부식에 강한 법랑 코팅 기술을 개발했다. 10m 이상의 전열관 핀 튜브에 법랑 유약을

균일하게 도포해 현장에 적용한 뒤 우수한 내부식 성능을 확인했다. 비에이치아이(주) 제품 사용 시 해외 제품 대비 교체 수명이 4배 이상 증가했고, 유지비 또한 450억 원가량 절감할 수 있었다.

기술연구소 소속으로 연구개발 과정을 총괄한 이종욱 차장은 “당사가 개발한 법랑 코팅의 황산 내부식성은 해외 제품 대비 약 1만4000배, 황산·염산의 복합내부식성은 약 1만3000배의 우수한 성능을 보인다”며 기술에 대한 자신감을 드러냈다.

경쟁사 제품 대비 비교우위

비교항목	경쟁 해외사	비에이치아이(주)	비고
제품 수명	1.5년 (실적 기준)	6년 이상 (부식속도 기준)	황산 부식 속도 (mg/cm ² /hr): 당사 제품 0.0009↔ 해외 S 제품 13
6년 동안 유지 보수 비용	450억 (3회 전량교체)	없음	제작 및 설치만 고려 150억
가격 경쟁력	원가 (45만 원/ton)	원가 (58만5000원/ton)	원가는 30% 비싸지만 6년간 교체 비용 비교 시 총 비용의 1/4 수준 (수명 4배)

부식 발생으로 인한 튜브 등 장비 손상에 의한 긴급 운전정지 비용은 포함시키지 않았음.(영흥화력 호기당 운전정지에 따른 손실 비용: 8억 원/일)





법랑 코팅을 준비 중인 HRSG.
코팅 전에는 일반 철강(쇠) 색이었다가
코팅 후에 파란색을 띠게 된다.

신기술 개발, 정부출연금의 517배에 달하는 매출로!

비에이치아이(주)가 개발한 법랑 코팅 기술은 2019년 개발 이후 2023년 상반기까지 약 881억 원의 매출을 달성했는데 이는 R&D 사업에 투입된 정부출연금 1억7100만 원의 517배에 달하는 큰 성과다. 무엇보다 개발 제품이 신규 제품적용에 보수적인 발전소 현장에 바로 적용되었다는 점에서 주목할 만하다. 사업 확대에 따라 채용한 누적 인원은 2022년까지 47명에 달한다. 정부의 환경규제가 강화되면서 향후 폐열 회수

열교환기의 보수·개선이 계속될 것이기에 지속적인 수익 창출이 가능한 모델인 점도 큰 강점이다.

우수한 성능은 해외로까지 입소문이 났다. 국내 실적을 바탕으로 협력 파트너사 KC코트렐을 통해 2021년 대만 전력청 소속 타이중 Taichung 화력발전소 5~10호기의 환경설비 사업을 수주해 152억 원의 수출을 달성하기도 했다.

복합화력발전소 전환 시기 맞춰 제품 공급할 것

정부는 탄소중립 기조에 맞춰 석탄화력발전소를 줄이고 액화천연가스 LNG 복합화력발전으로 대체하는 계획을 추진하고 있다. 법랑 코팅 기술은 복합화력발전소에서도 필수적이다. 내부 전열관의 부식 문제가 발생하기 때문이다. 그뿐만 아니다. 제9차 전력수급기본계획에 따라 기존 석탄화력발전기 60기 중 30년 이상 지나 노후화된 30기를 2034년 내로 폐쇄해야 하기에 교체 작업과 함께 비에이치아이(주)의 법랑 코팅 기술도 빛을 발할 전망이다.

이 차장은 “복합화력발전소는 온실가스 배출량이 석탄화력발전소에 비해 43.5% 적어 석탄발전소를 대체할 현실적인 대안이라 할 수 있다”면서 “환경오염 감소와 원가 절감이라는 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있는 우수한 기술을 통해 ESG 경영에 일조하겠다”고 포부를 밝혔다.

비에이치아이(주)의 법랑 코팅 기술이 적용된 폐열 회수 열교환기가 전 세계의 발전 및 에너지 플랜트에 설치되어 탄소중립에 한발 더 다가설 수 있게 되길 바란다.



왼쪽부터 김민규 대리,
이종욱 차장, 우종인 대표, 장계환 소장,
신상우 대리



해당 기술 개발을 시작하게 된 계기는 무엇인지?

폐열 회수 열교환기의 유약 코팅 기술 개발에 뛰어들어 지 어느덧 10여 년이 흘렀다. 물론 10년 전에도 지구온난화 문제는 큰 이슈였다. 내부적으로 수차례 논의하며 우리도 시대적 조류에 부응하는 제품을 개발해야 한다는 데 뜻을 모았다. 현재까지 결과와 향후 예측되는 탄소 정책을 감안할 때 매우 성공적인 기술 개발과 상용화 과정이었다고 자평한다.

기술 개발 과정에서 가장 중요하게 생각한 목표점은?

제품 신뢰성을 높이기 위한 품질 향상과 가격경쟁력을 최우선적으로 고려했다. HRSG 생산과 코팅 과정을 자동화했고 생산성을 높여 가격경쟁력을 확보할 수 있었다. 더불어 비에이치아이(주)는 절반 이상의 직원이 설계와 개발 관련 인력이다. 이들은 현장과 소통하며 문제점이

무엇인지 파악하고 해당 부분을 개선할 기술이 무엇인지 끊임없이 고민하고 있다. 더 나은 제품과 기술을 개발하고자 하는 도전이 우리의 목표이자 지향점이다.

향후 강화될 환경규제에 발맞춰 새로운 정부 과제나 기술 개발 계획이 있는지?

법랑 코팅은 내부식성, 내마모성, 고온 안정성 등에서 우수한 효과를 보인다. 이에 따라 부식이 잘 발생하는 발전 플랜트, 화공 플랜트, 해수 담수 플랜트 등의 분야에 적용할 수 있을 것으로 보인다. 부식을 줄이면 설비 효율을 높일 수 있고 유지비도 절약된다. 한편으로 새로운 분야에 진출할 신기술 개발을 진행하고 있다. 그린수소 생산 관련 정부 과제를 통해 그린수소 생산 시설인 ‘알칼라인 수전해 스택 개발’을 진행하고 있으며, 암모니아를 고온에서 분해해 수소를 생산하는 ‘암모니아 열분해 크래킹 과제’를 수행하고 있다. 많은 응원과 격려 부탁한다.

비에이치아이(주)

1998년에 설립되어 현재 화력발전, 복합화력발전, 원자력발전, 신재생에너지 등 다양한 발전 분야의 설비 및 제철 설비 제작을 주력으로 한다. 전체 임직원 중 설계 인력 비율이 50%를 넘어설 정도로 기술 개발과 미래 변화 대응 방안을 중시하며, 탄소중립과 신재생에너지 분야별 개발팀에서 신기술 개발에 매진하고 있다. 더불어 오랜 업력을 기반으로 한 강력한 네트워크를 통해 생산 제품의 글로벌 시장을 선점하기 위해 국내외 모든 시장을 공략하고 있다.

www.bhi.co.kr



마이클 베이 감독의 영화 <트랜스포머>에 등장하는 범블비는 인간보다 뛰어난 지능과 힘을 가진 외계 생명체 오토봇으로, 평소에는 노란 스포츠카의 외관을 하고 주인공을 태운다. 그리고 주인공이 위험에 처했거나 잘못된 결정을 내릴 때, 자신의 판단대로 운전자를 보호한다. 능동형 자동차가 추구하는 가치 또한 그와 다르지 않다. 운전자의 행동, 상태, 주변 환경 등을 감지하고 이에 반응하는 모빌리티다. 쉐보모빌리티는 고급 자동차에서나 구현 가능한 혁신적인 기술을 초소형 전기자동차에 적용했다.

word 김아름 photo 쉐보모빌리티

혁신 기술의 대중화, 초소형 전기차 운전자의 편의와 안전 확보하다

능동형 자동차 카핏 모듈 감성디자인 및 제품 개발



쉐보모빌리티

연구과제명	능동형 자동차 각핏 모듈 감성디자인 및 제품 개발
제품명	CEVO-C SE
정부과제 수행기간	2020.04.01. ~ 2022.12.31.(33개월)
총 정부출연금	13억7230만 원
개발기관	씨보모빌리티
참여 연구진	서은아, 박세훈,곽성복, 이재용, 이동주, 정창현, 이영석, 이예쁜, 권명상

자동차, 운전자와 소통하다

2023년 국가연구개발사업 우수성과 100선에 선정된 한국산업기술기획평가원^{KETI}의 ‘능동형 자동차 각핏 모듈 감성디자인 및 제품 개발’ 사업. 과제 이름만으로는 이해가 어려웠기에, 총괄책임자인 서은아 팀장에게 자세한 설명을 부탁했다.

“능동형 자동차는 운전자와 소통하는 차량의 개념입니다. 운전자의 상태를 감지하고, 차량을 제어해 운전을 보다 편하고 안전하게 돕지요. 저희는 기존 초소형 전기차에 능동형 시스템을 도입하고, 추가로 웨어러블 기기를 통해 수집한 운전자의 상태까지 반영해 운전을 돕는 기술을 연구했습니다. 각핏 모듈은 자동차의 주행 정보나 엔터테인먼트 시스템 등을 확인·작동시킬 수 있는 내부 인터페이스라고 생각하면 쉽습니다. 운전자에게 아주 중요한 요소인 만큼 사용하기

쉬우며 보기에도 좋은 디자인을 구현하는 것까지가 최종 목표였습니다.”

씨보모빌리티는 초소형 전기자동차를 제조하는 기업이다. 본 과제는 씨보모빌리티의 기존 초소형 전기차에 능동형 시스템과 운전자-차량의 상호작용, 감성적인 디자인을 함께 결합하기 위한 것이었다.

이쯤에서 ‘운전자와 차가 어떻게 상호작용을 할 수 있는가’에 대한 궁금증이 생겼다. 서 팀장이 언급한 ‘웨어러블 기기’와 ‘각핏 모듈’이 그 답이었다. 둘 모두 차량이 운전자에게 집중한다는 점은 동일했으나, 의도에 차이가 있다. 먼저 웨어러블 기기부터 살펴보자.

씨보모빌리티의 웨어러블 기기는 스마트워치 형태로 만들어졌다. 운전자의 손목에서 심장박동을 수집해 운전자가 졸리는지 혹은 흥분된 상태인지를 파악한다. 이상 징후가 발견되면 차량 내부 조명을 변경해 알린다. 운전자의 상태를 경고하는 것이다.

반면 각핏 모듈은 운전자가 직접 차량의 상태를 확인하고 조작해 본인이 원하는 대로 명령을 내리는 부분이다. 이에 보다 직관적이고 편리하게 인터페이스를 구성하는 것은 물론, 운전자의 취향을 고려해 세련된 디자인을 적용했다. 내부의 디자인을 향상시켜 운전자의 만족도를 높이고 운전에 더 집중할 수 있도록 개선한 것이다.

능동형 각핏 모듈의 디자인 개선 이미지. 운전자에게 보다 나은 편의성을 제공하기 위한 고민의 결과물이다.





박세훈 책임연구원이 손목에 웨어러블 기기를 착용하고, 능동형 자동차 콕핏 모듈과의 상호작용을 테스트하는 중이다.

초소형 전기자동차의 새로운 지평을 열다

초소형 전기자동차는 일반적인 세단이나 SUV 차량과 달리 탑승 인원과 속도에 제한이 있다. 따라서 세보모빌리티를 포함한 여러 기업은 제한 범위 내에서 심플한 디자인을 적용하고 기본 기능에 충실한 제품을 만들어왔다. 하지만 최근 모빌리티 산업이 빠르게 성장함에 따라 차량 전장화 기술이 진보했고 소비자의 요구 또한 높아졌다. 다행인 점은 모빌리티 시장이 확대되며 디지털 기술을 적용하는 비용이 저렴해졌다는 것이다. 이에 세보모빌리티는 운전자의 안전과 운전 편의성을 극대화한 기술과 그에 맞는 감성디자인을 구현함으로써 초소형 전기자동차의 새로운 지평을 열고자 한 것이다.

세보모빌리티는 본 연구과제의 주관사로 덕양산업, 한국자동차연구원 등과 함께 연구를 진행해왔다. 충분한 커뮤니케이션을 통해 능동형 자동차 콕핏 모듈에 대한 요구사항을 분석하고,



인간과 자동차 사이의 상호작용, 감성디자인, 심리학 등의 다양한 분야를 접목했다. 특히 차량 내외부와 인포테인먼트 UI, 조명 색상 등 전반적인 디자인을 지휘했으며 3D 모델링, 초소형 전기차 설계 및 웨어러블 기기를 이용한 능동형 제어시스템 개발에 주력했다. 덕양산업은 친환경 소재를 개발해 제품 제작에 참여했고, 차량 주행 정보와 웨어러블 기기의 원활한 작동에 필요한 통신 기능 업무를 맡았다. 한국자동차연구원은 운전자와 자동차 사이의 상호작용에 대한 가이드라인을 제공했고, 실제 기능에 대한 실험 및 검증을 담당했다. 그렇게 총 33개월의 연구개발 기간을 거쳐 최종 양산이 가능한 기술이 탄생했다.

R&D 통해 얻은 기술과 경험으로 글로벌 시장 노크

안타까운 점은 현재 전기자동차 시장이 캐즘^{Chasm} 단계에 진입했다는 사실이다. 캐즘 이론이란 제품이 아무리 훌륭해도 일반인이 사용하기까지 버텨야 하는 침체기를 뜻한다. 본래 지질학에서 비롯된 단어로, 지층이 이동하며 생긴 골이 깊고 넓어 건너기 힘든 현상이다.

실제로 글로벌 전기자동차 시장 성장세가 주춤하고 있다. 그보다 시장이 좁은 우리 내수는 설명할 필요도 없는 상황. 글로벌 완성차 기업도 고개를 내젓는 지금, 중소기업이 주요 플레이어인 초소형 전기차 시장 또한 좋을 리 없다.

하나 분명한 것은 자동차 시장의 흐름이 내연기관에서 전기차로 바뀌었다는 것이다. 세보모빌리티는 협소한 국내시장의 한계를 극복하고자 신형시장을 중심으로 해외 진출을 추진하고 있으며, 조금씩 그 성과를 보이고 있다. 소비자의 니즈를 반영한 R&D 역시 적극 진행하며 새로운 성장 동력을 마련하는 중이다.

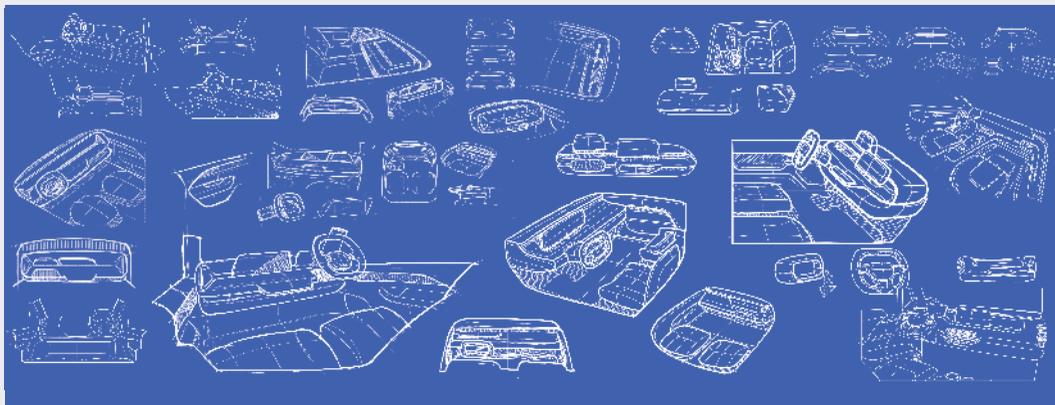
능동형 자동차 콕핏 모듈 감성디자인 및 제품 개발에 참여한 세보모빌리티와 공동연구한 덕양산업, 한국자동차연구원 연구진들

KEIT의 지원을 통해 진행한 본 연구 역시 세보모빌리티의 성장에 큰 디딤돌이 되었다. 개발된 기술과 제품으로 디자인 등록과 기술 특허를 완료했으며, 각핏 모듈 디자인은 국내 최고 권위의 디자인어워드 ‘GOOD DESIGN KOREA’에서 우수산업디자인상품에 선정되는 영광을 안았다. 세보모빌리티는 이번 과제를 통해 얻은 기술과 경험을 바탕으로 향후 보다 발전한 제품을 개발해나갈 계획이다.

서은아 팀장은 “미래의 자동차는 운전보다 탑승의 관점에서 휴식, 업무, 연결성, 그리고 즐거움을 경험하는 복합 문화

공간으로 인식될 것”이라며 “환경친화적이고 지속가능한 솔루션 등을 통해 새로운 시대에 걸맞은 혁신적인 자동차들이 늘어날 것”이라고 전망했다.

디자인PM인 서 팀장은 발달된 기술을 더 멋지게 선보일 수 있는 혁신적인 디자인으로 더 많은 사용자를 행복하게 하고 싶다는 각오를 표현했다. 10년 뒤, 20년 뒤의 도로는 지금과 어떤 것이 다를까. 자율주행과 도심항공 모빌리티 사이사이 운전자들의 개성이 표현된 여러 모빌리티가 움직이며 우리 삶을 더 풍성하게 해주길 기대해본다.



각핏 모듈 디자인 개선을 위한 러프 스케치들

초소형 전기자동차 국내 1위 기업, 세보모빌리티



2017년 카메라 모듈 전문기업 캄시스 산하의 전기차사업부로 출발한 후 2021년 물적분할을 통해 지금의 세보모빌리티가 출범했다. 2019년 10월, 초소형 자동차에 관한 국토교통부 및 환경부의 인증 기능을 국내 최초로 통과한 2인승 초소형 전기자동차인 ‘CEVO-C’를 출시했고, 2021년 국산 배터리를 장착한 ‘CEVO-C SE’를 공개했다. 출시 직후부터 안전 및 편의성에서 높은 평가를 받으며 2023년까지 4년 연속 국내 초소형 전기차 시장점유율 1위를 기록했다. 자체 개발을 통한 지적소유권을 보유하고 있으며 배터리 관리 시스템, 배터리팩 온도 조절 시스템, 회생제동 시스템 등 전기차 핵심 기술 분야에 대한 연구를 꾸준히 진행하고 있다.

www.cevo.co.kr



콘크리트는 지구상에서 물 다음으로 가장 많이 소비되는 산업 재료로 꼽힌다. 건물, 도로, 다리 등 사회를 구성하는 기본 인프라 어디에나 콘크리트가 쓰이기 때문이다. 문제는 이 콘크리트가 배출하는 이산화탄소의 양이다. 콘크리트는 전체 온실가스의 5%를 차지할 만큼 많은 양의 이산화탄소를 배출하고 있어 이를 개선하기 위한 움직임이 많다.

이산화탄소를 흡수하는 콘크리트 숲이 온다

콘크리트는 전통적인 재료다?

콘크리트 건물, 콘크리트 도시. 콘크리트라고 하면 삭막한 느낌이 든다. 무언가 자연스럽지 못하고 비인간적인 기분도 풍긴다. 그런데 우리는 콘크리트가 무엇인지 정확히 알고서 그렇게 생각하는 걸까. 콘크리트와 시멘트는 어떻게 다른지 알고 있을까? 비슷하지만 제대로 알지 못하는 그 차이부터 정확히 구분해야 한다.

콘크리트와 시멘트 모두 석회석에서 출발한다. 시멘트는 석회석을 주재료로 하는 회색의 가루 물질이다. 여기에 모래와 자갈, 돌 등을 섞어 물과 함께 반죽해 굳히면 돌처럼 단단한 덩어리가 되는데, 이것을 콘크리트라고 한다. 다시 말해 시멘트는 콘크리트를 만드는 재료 중 하나고, 시멘트로 만들 수 있는 가장 유용한 물건이 콘크리트다.

얼핏 생각하면 시멘트를 건축에 사용한 것은 현대 과학 기술이 발달한 후의 일 같지만 사실은 그렇지 않다. 덕수궁 돌담길 같은 조선시대 건물을 유심히 보면 이와 비슷한 재질을 발견할 수 있다. 벽돌과 벽돌 사이에 발라놓은, 흰색과 회색 그 어디쯤 가까운 물질. 그것이 지금의 콘크리트와 비슷한 물질이다. 현대의 것과 비교해 성능은 떨어지지만 기본 원리나 성분은 동일하다.

조선시대에는 이런 재질을 가지고 건물을 짓는 작업을 ‘회칠한다’고 표현했다. 특히 조선 중기부터 무덤을 만든 후 단단히 봉인하는데 회칠 작업이 자주 활용됐다.

고고학자인 서울대학교 권오영 교수의 말에 따르면, 삼국시대의 백제에서도 콘크리트와 유사한 재질을 대량 활용했던 것으로 보인다. 이렇게 보면 시멘트와 콘크리트는 전통적인 건축 재료이자 한국적인 재료라고 부를 수 있다. 지하자원이 별로 없는 한국에선 시멘트의 주재료인 석회석이 풍부했다. 그러므로 삼국시대

조선시대든, 오늘날 대한민국이든 우리는 시멘트와 콘크리트를 사용할 수밖에 없는 조건을 가진 셈이다.

콘크리트가 건물의 주재료로 등장한 것은 19세기 유럽에서 ‘포틀랜드 시멘트’라고 부르는 고품질의 시멘트를 개발되면서부터다. 질 좋은 시멘트를 대량으로 생산하는 기술이 개발되며 시멘트 사용이 늘어났다. 지금 우리가 쓰는 시멘트 역시 포틀랜드 시멘트다. 이를 통해 초고층 건물, 거대한 다리, 항구, 공항, 발전소 등과 같은 대형 시설을 안전하게 만들어낼 수 있게 되었다. 한국 역시 연 5000만 톤에 달하는 포틀랜드 시멘트 생산국이 되었고 전국 가구 절반 이상이 콘크리트로 만든 아파트에서 사는 나라가 되었다.

콘크리트는 나쁘고, 목재가 좋다?

최근 세계 선진국 중 많은 나라가 앞다투어 콘크리트에 제약을 가해야 한다고 주장하고 있다. 이들은 콘크리트를 나쁜 물질로 매도한다. 그러면서 한편으로 목재, 즉 나무를 더 적극적으로 활용해야 한다는 의견을 내세운다. 물론 나무로 만든 건물은 콘크리트 건물에 비해 자연 친화적인 느낌을 준다. 그러나 나무로 건물을 만들기 위해서는 숲에서 잘 자란 나무를 잘라내야 한다. 목재 사용량이 늘수록 산은 헐벗고, 숲은 파괴되며 동식물은 터전을 잃게 된다.

게다가 콘크리트 건물은 밀집해서 높게 짓기에 좋지만, 목재 건물은 이것이 어렵다. 반대로 생각하면 나무로 건물을

글로벌 콘크리트 사용량과
CO₂ 저장 기술에 따른
이론적 저감 예상량

연간 300억 톤
전체 온실가스의 5% 차지



2050년까지
0.1~1.4Gt CO₂ 격리 예상

자료: 한국건설기술연구원, Nature Communications

① Carbon Capture Utilization and Storage.
산업 공정 및 연료 연소 과정에서 배출되는
이산화탄소를 포집, 저장, 활용하는 친환경 산업
기술이다.



지면 층수를 높이기 어려워 그만큼 더 넓은 공간을 갈아엎어야 한다는 뜻이 된다. 우리나라 수도권에는 2000만 인구가 밀집해 있다. 그 가구들이 모두 나무로 지은 단독주택에서 산다고 생각해보자. 산과 들판에 온통 집이 지어져 있어 자연이 보존된 공간이 남아나지 않을 것이다.

콘크리트 대신 목재에 주목하는 이유는 기후변화를 해결하기 위해서다. 시멘트를 만드는 과정에서 이산화탄소가 많이 발생하기 때문이다. 시멘트를 만들기 위해서는 석회석과 기타 원료를 가열하는 클링커링^{Clinkering}이라는 과정을 거쳐야 한다. 이는 조선시대 회칠 재료를 만들 때나 포틀랜드 시멘트를 만들 때나 비슷한 필수 과정이다. 결국 시멘트를 만들기 위해서는 이산화탄소를 발생시켜야만 하는 것이다.

시멘트 생산 공정에서 재료를 굽는 시설을 소성로 또는 킬른이라고 부르는데 보통 킬른의 온도는 낮게 1200°C, 높게는 2000°C까지 올라간다. 우리가 고기를 숯불에 익힐 때 온도가 200~300°C이니, 시멘트 공장 소성로 정도의 높은 온도를 유지하려면 대단히 많은 연료가 필요하겠다. 이에 따라 이산화탄소의 양도 늘어난다. 한편 시멘트를 만드는 데는 유연탄이라는 석탄을 연료로 많이 쓰는데, 러시아-우크라이나 전쟁 이후 유연탄값이 많이 올랐다. 유연탄을 생산하는 러시아와의 교류가 줄었기 때문이다. 당연히 시멘트값이 오르고 건물 공사비와 집값까지 영향을 미쳤다.

시멘트를 만드는 과정에서 이산화탄소가 발생하는 또 다른 이유도 있다. 석회석을 이루는 주요 물질은 탄산칼슘^{CaCO₃}이다. 이 탄산칼슘을 반죽하기 쉽게 만들었다가 다시 잘 굳는 물질로 만들려면 별도의 화학반응이 필요하다. 보통 산화칼슘^{CaO}이나 그와 유사한 재질로 바꾸는데, 두 이름에서부터 뭔가 빠진 느낌이 있다. 바로 ‘탄’이다. 탄소가 빠진 것. 시멘트를 만드는 화학반응 때문에 이산화탄소가 발생하게 되는 것이다.

게다가 시멘트를 만들기 위해 석회석을 캐는 작업, 석회석을 익혀 다시 가루로 부수는 작업 등 단계마다 힘이 센 기계들을 사용해야 한다. 기계를 가동하는 데 쓰는 연료와 배출되는 이산화탄소의 양도 적지 않다.

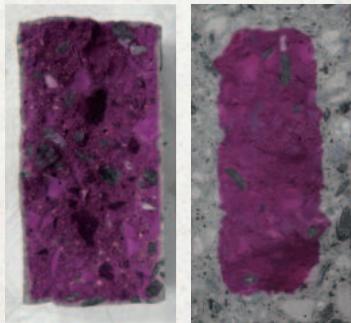


이산화탄소 흡수하는

콘크리트 가공 기술의 등장

우리나라를 포함해 시멘트, 콘크리트의 생산과 사용이 많은 국가, 기업들이 관련 투자와 연구개발을 진행 중이다. 당연히 새로운 기술이 늘어나고 있다. 대표적인 기술이 콘크리트로 이산화탄소를 흡수하는 것이다. 넓게 보면 CCUS, 즉 탄소 포집·활용 기술의 일종으로 ‘CCU Concrete 기술’로 부르기도 한다.

콘크리트를 오랫동안 공기 중에 노출시켜 사용하면 공기 속의 이산화탄소가 서서히 반응을 일으키며 내부의 시멘트 성분 속으로 파고든다. 이것을 ‘콘크리트의 탄산화’라고 부른다.



CO₂ 양생 기술을 적용하지 않은 콘크리트(왼쪽)와 해당 기술을 적용한 콘크리트(오른쪽).

콘크리트의 pH를 이용한 방법으로 보라색으로 변색되지 않으면 콘크리트가 CO₂를 흡수한 것으로(탄산화) 판단한다.

자료: 한국건설기술연구원

화학적으로 보면 시멘트를 만드는 과정에서 빠져나간 탄소 성분이 시간의 흐름과 함께 되돌아오는 과정이라고 볼 수 있다. 예전에는 이를 두고 콘크리트가 낡았다고 여겼는데, 기후변화로 인해 이를 뒤집어 생각해 보는 여지가 생긴 셈이다. 여차피 콘크리트는 이산화탄소를 빨아들인다. 그렇다면 이것을 더 적극적으로 활용해보자는 이들이 늘어나게 된 것이다. 국제에너지기구^{IEA} 또한 이산화탄소를 가장 안정적으로 저장할 수 있는 매체로 콘크리트를 꼽은 바 있다.

최근에는 이산화탄소를 빨아들인 콘크리트가 도리어 더 튼튼해지게끔 만드는 기술도 개발됐다. 미국의 기업가 일론 머스크가 주최하는 ‘엑스프라이즈 탄소 제거 프로젝트’가 있다. 현재 진행 중인 프로젝트는 2021년부터 4년간 진행되는데, 이보다 앞선 프로젝트에서 2000만 달러(약 224억 원)의 상금을 획득한 기업이 바로 이산화탄소 흡수 콘크리트를 개발한 ‘카본큐어^{CarbonCure}’다. 캐나다 기업인 카본큐어는 공기 중 포집한 이산화탄소를 콘크리트 제조 과정에 주입해 이산화탄소를 가두는 것은 물론 콘크리트의 강도를 높이는 기술을 개발했다. 그와 함께 미국 UCLA의 카본빌트^{CarbonBuilt} 팀이 미 서부 와이오밍 트랙에서 우승을 거두었는데, 이들 역시 시멘트 제작 공정에서 배출된 이산화탄소를 콘크리트에 주입한 기술을 선보였다.

국내에서는 올해 한국건설기술연구원에서 나노버블, 아주 작은 크기의 공기 방울을 이용해 콘크리트에 이산화탄소를 주입시키는 기술을 발표했다. 이 또한 콘크리트에 이산화탄소를 저장하는 것은 물론 콘크리트의 압축강도와 내구성을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 이들이 시멘트 생산 기업 및 장비 기업들과 협력해 설비에 대한 연구개발을 강화한다면 머지않아 이산화탄소를 적게 배출하고, 나아가 이산화탄소를 줄이는 콘크리트 건물을 만들지 모른다.

산림청은 2030년까지 국가 온실가스 감축 목표량인 이산화탄소 2억9100만 톤의 11%에 해당하는 3200만 톤의 탄소 감축량을 국내외 산림 부문에서 확보하겠다는 계획을 밝혔다. 건강한 산림을 조성하고 도심 숲을 조성하며, 목조건축을 중심으로 국산 목재 등을 이용하겠다는 방침이다. 나무는 광합성을 통해 이산화탄소를 흡수하는 생명체이기에, 고개가 끄덕여지는 이야기다. 그와 함께 CCU 콘크리트 기술이 실현된다면, 도시 곳곳에 커다란 콘크리트 건물이 이산화탄소를 빨아들여 기후변화에 맞서 싸우게 될 것이다. 그때는 콘크리트 빌딩 숲이라는 말이 삭막하게 느껴지지 않을지도 모른다. 우리 빌딩 숲이 진짜 숲처럼 환경을 지키게 될 테니 말이다.



곽재식 소설가·송실사이버대 환경안전공학과 교수 2006년 단편소설 <토끼의 아리아>가 MBC에서 영상화되면서 작가로 활동하기 시작했다. 여러 분야의 책을 꾸준히 집필하고 있으며, 공학박사로 송실사이버대 환경안전공학과 교수로도 일하고 있다.

꿈의 배터리로 불리는 전고체 배터리가 시장 진출을 선언했다. 그 주인공으로 손꼽히는 우리나라 대표 배터리 기업. 이들이 발표한 상용화 일정은 2027년이다. 전고체 배터리는 안정적이고 밀도가 높아 주행거리 1000km 이상 전기차도 가능해질 것으로 예상된다.

word <한국경제> 고윤상 기자



전고체 배터리 전기차 2027년에 볼 수 있다

이건희 전 삼성 회장은 항상 신사업에 대해 2가지 질문을 했다고 한다. “1등 할 수 있느냐?”, “뭘 도와주면 되느냐?” 이 질문이 오늘의 삼성그룹 문화를 만들었다고 해도 과언이 아니다. 메모리 반도체 삼성전자, 바이오 CMO 분야의 삼성바이오로직스 모두 각 분야 1위가 됐다.

삼성SDI는 삼성에서 배터리 분야를 맡고 있다. 후발주자였다. 중국의 닝더스다이(CATL), 한국의 LG에너지솔루션·SK온 등 경쟁자들 사이에서 1등은 어렵다는 게 중론이었다. 글로벌 트렌드를 따라가는 정도에 그치는 것 아니냐는 의구심도 있었다. 배터리 산업은 막대한 투자를 필요로 하는데, 삼성은 반도체에 집중투자해야 해 추가 여력이 없다는 시각도 나왔다. 하지만 지난 3월에 열린 국내 최대 배터리 전시회 ‘2024 인터배터리’에서 삼성SDI가 내놓은 포부는 시장의 반응을 흔들기 시작했다. 다른 배터리 회사들이 쉽게 상용화하지 못할 것으로 보고 있는 전고체 배터리 분야에서 괄목할 만한 계획표를, 그것도 업계 예상보다 더 빠른 날짜를 들고 나왔기 때문이다. “우리는 아직 1위의 꿈을 갖고 있다”라는 포효에 삼성SDI를 보는 시선이 달라졌다.

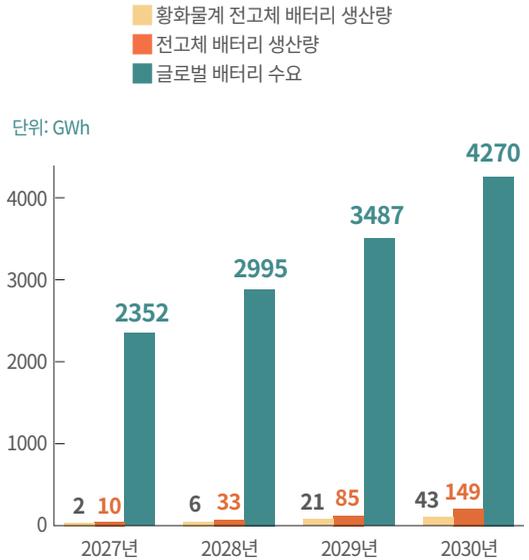
효율 높고 안전한 전고체 배터리

이차전지는 대부분 리튬이온전지를 쓴다. 전지는 전자의 이동으로 생기는 에너지를 전기에너지로 만드는 장치다.



지난 3월 서울 코엑스에서 열린 ‘2024 인터배터리’. 삼성SDI 부스에 자사 배터리를 활용한 배터리팩 콘셉트 모델이 전시됐다.

전고체 배터리 시장 전망



자료: 업계, 한화투자증권

전자를 내보내고 싶어 하는 물질은 양극, 전자를 얻고 싶어 하는 물질은 음극에 놓는다. 각각 양극재, 음극재가 된다. 물이 높은 곳에서 아래로 흐르며 위치에너지를 쓰는 것처럼 전자도 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며 전기에너지를 발생시킨다. 리튬은 알칼리성 금속으로 전자를 쉽게 내놓는다. 양극에서 전자가 음극으로 가면 방전, 음극에서 전자가 양극으로 돌아가면 충전이 된다. 그 통로가 전해질이다. 그동안 배터리의 전해질은 액체였다. 액체는 불안하기 때문에 분리막과 냉각 등을 위한 공간이 필요하다.

하지만 고체는 안정적이고 밀도가 높다. 가연성의 액체 전해질이 사라지면 고체 전해질 자체가 분리막 역할을 하고 온도에도 덜 민감해진다. 공간이 생긴 만큼 에너지밀도는 높아진다. 전고체 배터리는 더 용량이 많고, 추운 겨울에도 효율이 떨어지지 않는다고 알려진 이유다. 상용화만 된다면 주행거리 1000km 이상 가는 전기차가 나올 수 있다고 전문가들은 설명한다.

전고체 배터리의 장점



우수한 안전성

온도 변화에 따른 증발이나 외부 충격에 따른 누액 위험 없음

높은 출력

충전 및 방전이 고체 내 리튬이온 확산으로 즉각 반영

높은 에너지밀도

냉각 및 안전 주자재 줄일 수 있어 배터리의 에너지밀도 향상

외부 온도와 상관없는 안정적 성능

액체 전해질을 사용하지 않아 한겨울 등 저온에서 높은 이온 전도도 가능

자료: 포스코, 한화투자증권

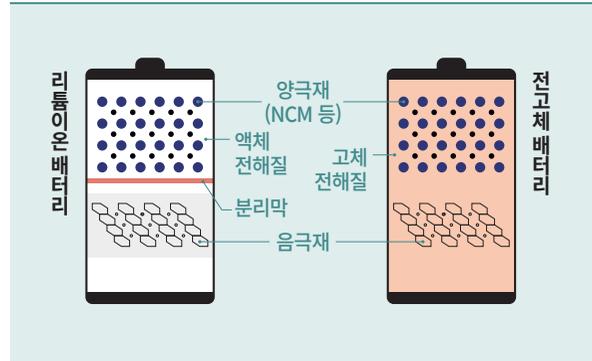
전고체 배터리 상용화의 난제들

몇 가지 난제가 있다. 전기차 수요 자체에 대한 우려다. 유럽은 전기차 수요가 둔화하고, 메르세데스-벤츠 등이 내연기관을 더 생산하겠다는 계획을 내놓으면서 전기차 시장을 얼어붙게



전자자동차에 대한 관심이 높아지며 국내 배터리 기업의 부스에도 많은 사람들의 발길이 이어졌다.

리튬이온 배터리와 전고체 배터리의 구조



했다. 미국도 고금리 영향으로 전기차 수요가 둔화했다. 업계에서는 이 같은 둔화가 가격 하락 등을 통한 시장 확대기 전에 나타나는 전형적 현상이라고 보고 있다.

두 번째는 전고체 배터리 자체 문제다. 전고체는 전해질이 고체가 되기에 저항을 많이 받을 수밖에 없다. 해결해야 할 기술적 난제가 많다. 전고체 배터리 내부에 생기는 덴드라이트(일종의 돌기) 문제가 대표적이다. 상용화하더라도 가격경쟁력이 떨어진다. 5배 이상 비쌀 것이란 전망도 나온다. 규모의 경제가 일어나지 않는 영역이라 그렇다.

세 번째는 전고체 배터리 자체의 수요와 생산 능력이다. 2030년 기준 글로벌 배터리 수요는 약 4270GWh로 업계는 예상하고 있다. 전고체 전지 생산량은 149GWh에 불과하다.

극히 일부 전기차 모델에만 적용 가능하다. 양산이 시작되더라도 생산량을 늘리기 위해선 막대한 투자가 필요하다. 전고체 배터리가 아무리 뛰어나도 기존 공정에 대한 투자를 줄이거나 중단할 정도에 이를 것인가 하는 의구심이 들 수밖에 없다.

글로벌 전자자동차에 대한 수요가 둔화된 가운데, 한편에서는 전자자동차의 성장 자체에 대한 우려도 나오는 상황이다. 이에 전고체 배터리의 역할이 더 중요해졌다. 과연 전고체 배터리는 전자자동차 시장에 새로운 바람을 불어넣을 수 있을까 귀추가 주목된다.



성장하는
국가경제의 내일,

오늘의 KEIT가
만들어갑니다



산업통상자원부



한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology



반도체 산업의 히든 챔피언

소·부·장

소부장은 소재와 부품, 장비를 줄여 부르는 말로
지금 세계는 반도체 공급망의 핵심인 소부장 패권을 둘러싼 경쟁이
치열합니다. 그렇다면 글로벌 소부장 강자에는 어떤 기업들이
있고, 또 국내 소부장 기업의 현실은 어떤지 살펴볼까요.

반도체 각 공정마다 쓰이는 소부장

불과 50년 전만 해도 초등학교 교실을 가득 채울 정도로 거대했던 컴퓨터는 이제 노트북 크기로 줄었습니다. 휴대전화에서 음악과 영화를 재생하기도 하고, ‘입는 컴퓨터’ 연구도 활발합니다. 모두 반도체 칩(메모리 소자)의 크기를 줄인 기술 덕분입니다.

반도체 제조 공정은 ‘전공정’과 ‘후공정’으로 나뉩니다. 전공정은 웨이퍼 위에 회로를 새겨 칩을 완성하는 공정 일체를 말하고, 후공정은 칩을 분리해 패키징하고 최종 검사하는 것을 의미합니다. 공정 과정마다 소부장이 쓰입니다. 소부장은 반도체를 만드는 데 기초가 되는 필수 요소로, 반도체의 성능·품질·제조 효율성 등을 좌우합니다. 한국이 명실상부한 반도체 강국의 위상을 이어가려면 반도체 생산뿐 아니라 소부장에서도 경쟁력을 갖춰야 합니다.

하지만 반도체 제조 자원이 부족한 한국은 소부장의 해외 의존도가 높습니다. 한국무역협회에 따르면 2022년 말 기준 한국 반도체 소부장 자립화율은 30%대입니다. 여기서 소재만 떼어놓고 보면 국산화율이 50% 수준으로 높지만, 장비의 경우엔 20%에 불과합니다.

네덜란드의 ‘ASML’이라는 기업은 대표적인 전공정 장비 회사입니다. ASML과 같이 세계를 호령할 수 있는 글로벌 소부장 기업이 탄생하려면 ‘소부장 히든카드’가 있어야 합니다. 이에 대통령실은 국내 반도체 특화단지에 입주할 소부장 중소기업에 보조금을 제공하는 것을 검토하고 있습니다.



2023년 12월 네덜란드를 방문한 윤석열 대통령이 벨트호벤 소재 ASML 본사에서 빌럼 알렉산더르 네덜란드 국왕과 함께 클린룸을 둘러봤다. 당시 삼성전자와 ASML은 차세대 반도체 제조 기술 R&D센터 설립을 위한 MOU를 체결했다.

반도체 미세화 공정 늘어나 핵심 소재 속속 국산화

소재의 국산화가 이뤄지지 않으면 제대로 된 실리를 추구하기가 어렵습니다. 희토류 부자인 중국이 진작부터 저가 공세로 소재 시장에서 입지를 확대한 것에는 이런 계산이 깔려 있습니다. 소재는 개발부터 상용화까지 수십 년이 걸립니다. 공급처에 문제가 생기거나 임의로 가격을 변동해도 완벽한 대체재를 찾기 힘듭니다. 모든 소재는 광물·원유와 같은 천연자원이나 고무와 같은 생물자원을 가공해서 생산하기 때문입니다.

반도체 소재 중 60%가 전공정에 사용됩니다. 웨이퍼^{Wafer}, 가스^{Gas}, 포토 레지스트^{Photo Resist}, 블랭크 마스크^{Blank Mask} 등이 전공정에 쓰이는 재료입니다. 이 소재들은 반도체의 집적률을 높이고, 소비 전력을 줄이는 데 핵심 역할을 합니다. 10여 단계를 거치는 후공정에는 리드 프레임^{Lead Frame}과 패키지 기판^{Package Substrate}, 본딩 와이어^{Bonding Wire} 같은 재료가 사용됩니다.

반도체의 틀, 웨이퍼의 국산화

전공정 재료인 웨이퍼는 일본의 신에츠화학^{Shin-Etsu Chemical}과 삼코^{SUMCO}, 대만의 글로벌웨이퍼스^{GlobalWafers}, 독일의 실트로닉^{Siltronic AG}이 세계 시장의 88%를 점유하고 있습니다. 국내에서는 SK실트론이 유일하게 실리콘 웨이퍼를 제조하고 있습니다. SK실트론은 2021년 미국 듀폰의 실리콘카바이드 웨이퍼 사업부를 인수하여

입지를 다진 웨이퍼 전문기업입니다.
현재 300mm(12인치)와 200mm(8인치)
웨이퍼를 생산 중입니다. 300mm 웨이퍼
시장점유율은 세계 3위입니다.

노광, 식각 공정 재료도 국내 생산!

‘노광’과 ‘식각’ 공정의 재료에도 국산화가
이뤄지고 있습니다. 노광 공정은 반도체
웨이퍼에 빛을 이용해 패턴을 그려 넣는
작업입니다. 식각 공정은 회로 패턴을
제외한 다른 나머지 부분을 제거하는

반도체 소부장
특화단지 지원
계획

-----1

전력반도체(부산) 8000억 원:

8인치 고성능 화합물(SiC) 전력반도체
제조·패키지 센터, 전력반도체기술원 설립.
2030년까지 SiC 소자 2% → 10%,
전력모듈 2% → 15%

-----2

반도체 장비(경기 안성) 9000억 원:

국내 반도체 장비 경쟁력 제고.
2030년까지 소재 3% → 20%,
부품 10% → 30%, 장비 15% → 40%

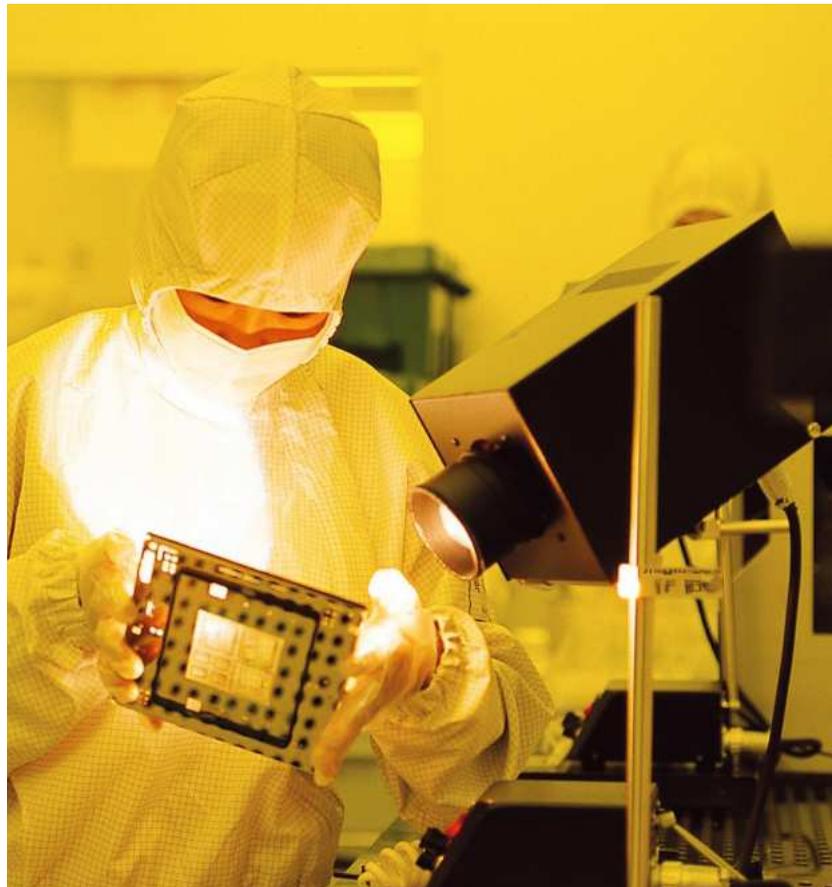
2024년 반도체
소부장 기술개발
1500억 원 지원

차세대지능형반도체, PIM인공지능반도체,
화합물 전력반도체 고도화, 소재부품 기술개발,
차세대반도체장비원천기술, 나노소재 등

자료: 산업통상자원부

공정을 말합니다. 식각 공정용 소재로는 가스가 대표적으로, 다양한
종류가 사용됩니다. 일본의 주력 가스는 불화수소로, 쇼와덴코^{Showa}
^{Denko}의 불화수소는 세계 시장점유율 1위입니다. 국내에서는 2020년
6월 SK스페셜티가 고순도 기체 불화수소 국산화에 성공했습니다.
솔브레인은 액체 불화수소를 양산 중이며, 지난해 기체 불화수소
국산화율을 70%까지 끌어올렸습니다.

삼성전자는 ‘제논^{Xe} 가스’ 국산화를 추진하고 있습니다. 제논은
공기 중에 약 0.000009%의 극미량이 포함된 희귀 가스로, 식각
공정에 주로 쓰입니다. 제논 1m³를 생산하려면 성인 50만 명의 하루
호흡량에 달하는 약 1000만m³의 공기가 필요합니다. 이 때문에 대형
공기분리장치를 보유한 제철소 등에서 주로 생산합니다. 삼성전자는
2022년 10월 포스코와 ‘반도체용 제논 가스 사업 협력’을 위한
양해각서를 체결하고, 포스코의 기존 설비를 활용해 전량 수입에
의존하던 제논을 올해부터 공급받고 있습니다. SK하이닉스는 2022년
10월 국내 업계 최초로 ‘네온^{Ne} 가스’ 국산화에 성공했습니다. 네온은
노광 공정에 사용되는 엑시머레이저 가스의 주재료입니다. 반도체용



가스 제조기업 TEMCO와 포스코의 설비를 활용해 네온을 생산할 수 있는 기술을 개발했습니다. 올해 네온 전량을 국산품으로 대체할 예정입니다.

반도체의 숨겨진 성장은 부품에도 있다

반도체 제조 공정에 필요한 부품 또한 많습니다. 복잡한 기계 장치도 단순한 부품을 조합해서 만듭니다. 특히 반도체 부품은 높은 부하 공정을 견뎌야 하기에 텅스텐, 알루미늄, 몰리브덴 등의 특수 재료를 씁니다. 정밀도를 높이기 위해 용접이 아닌 직접 가공을 선택하는 것 또한 특징입니다.

일본 기업은 부품 분야에서도 시장점유율이 높습니다. 특히 반도체 제조 장치에 사용하는 전자밸브, 드라이 펌프, 매스플로우 컨트롤러(질량 유량 제어기) 등 가스 계열 부품이 강점입니다. 호리바제작소^{HORIBA}, 에바라제작소^{EBARA}의 제품이 활약하고 있습니다. 독일의 칼 자이스^{Carl Zeiss}는 렌즈 제작으로 유명합니다. 극자외선^{EUV} 노광 공정에 쓰이는 부품 ‘반사거울’을 세계 노광 장비 1위 기업인 ASML에 독점 공급하고 있습니다. 세계 최고의 밸브·펌프 제조업체인 독일의 KSB도 반도체 부품 기업으로 꼽힙니다.

국내에서는 반도체 공정 부품 전문업체 ‘아스플로^{ASFLUO}’가 고정정 강관을 국내 최초로 국산화해 공급 중입니다. 강관은 초고순도 공정 가스를 반도체

① (주)아스플로: 반도체 공정 가스 공급에 필요한 정밀 부품을 국내 최초로 국산화한 기업. 2023년 국가연구개발사업 우수 성과를 기록한 바 있다. <테크 포커스> 3월호에 아스플로의 반도체 부품 생산 기술이 소개된 바 있다.



장비에 이동하는 데 사용하는 부품입니다. 아스플로는 배관과 특수 가스 라인을 제조하는 기업으로 밸브, 필터 등도 국산화했습니다.

핵심 공정용 장비는 외산 비중 커

그렇다면 반도체 장비의 상황은 어떨까요. 세계 반도체 장비 시장은 ASML, 미국의 램리서치^{Lam Research}, 어플라이드 머티어리얼즈^{Applied Materials}, 도쿄일렉트론^{Tokyo Electron}이 79.5%를 차지하고 있습니다. 이 가운데 세계 최대 장비 기업은 어플라이드 머티어리얼즈로, 반도체 공정의 증착 분야에서 업계 1위입니다. 증착 장비는 웨이퍼 위에 분자나 원자 단위 물질을 입혀 전기적인 특성을 갖게 하는 기계입니다. 램리서치는 식각 장비 분야 점유율이 압도적이며, 증착·세정 장비 부문에서도 두각을 보입니다. 두 기업이 세계 증착 시장을 주도한다고 해도 과언이 아닙니다.

국내의 반도체 장비 역시 외산 비중이 크지만, 그 가운데 두각을 나타내는 국내 기업이 있습니다. 대형 장비 기업 ‘원익IPS’로, 화학증착장비^{PECVD} 기술력이 뛰어납니다. PECVD는 플라즈마를 이용해 특정 소재를 웨이퍼에 입히는 역할을 합니다. 여러 층을 겹쳐 쌓아도 균일한 박막을 구현하는 것이 특징입니다. 또 다른 장비 기업 ‘테스’ 역시 플라즈마 화학기상증착장비^{CVD}와 건식 식각 장비인 가스페이즈에칭^{GPE}, 세정 설비 분야에서 경쟁력을 높이고 있습니다.

소부장은 오랜 기간 축적한 기술력이 필요한 산업입니다. 따라서 모든 소부장을 짧은 시간에 국산화할 수는 없습니다. 시간을 두고 하나하나 확대해 나갈 때 한국의 소부장 위상은 높아질 것입니다. 향후 우리만의 뛰어난 소부장이 탄생하길 기대합니다.



김형자 과학 칼럼니스트 청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며, 현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다. 저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책>, <지구 마지막 1분> 등이 있다.

디지털 바이오 시대가 도래했다. 유전자 연구는 18세기 자연관찰 방식에서 출발하여 눈에 보이지 않는 미생물을 연구했던 19세기를 지나, 2000년 초 인간유전체프로젝트^{HGP}, Human Genome Project로 인간유전체 해독을 완료하면서 르네상스를 맞이했다. 이때 막이 오른 생명정보학은 데이터 생산 기술의 발달과 디지털 전환으로 인해 바이오 빅데이터 시대를 열고 의학계를 비롯하여 다양한 분야의 연구 패러다임을 바꿔나가고 있다.

word 김규성 photo 김기남

생명정보학은 학생들을 비롯한 일반인에게 조금 낯선 학문인데요. 생명정보학의 최신 동향과 산업에 적용된 사례를 구체적으로 설명해주세요.

생명정보학은 생명현상에 관련된 다양한 데이터를 분석하는 분야로, 방대한 양의 ‘데이터’를 자유자재로 다뤄 원하는 ‘정보’를 만들어내는 과정이라 할 수 있습니다. 특히 생물의 유전정보와 생명 활동에서 발생하는 반응 결과를 데이터화해 해석하는 일을 주로 수행하는데요. 이를 통해 우리는 특정 돌연변이에 의해 몸속 신호 경로가 어떻게 변하는지, 왜 질병에 걸리는지, 어떤 약이 효과적일지 등을 알 수 있습니다. 또 생명체가 어떻게 진화해왔는지 종별 분화 과정이나 생명체의 특성을 분석할 수도 있죠. 가령 앵무새가 사람의 말을 따라 할 수 있는 유전자를 확인하거나, 시장에서 파는 소고기의 종이 무엇인지 확인하는 일도 유전자 검사를 통해 가능해졌습니다. 오늘날에는 DTC^{Direct-To-Consumer} 검사를 통해 침이나 혈액 등 샘플 시료를 택배로 보내고 앱으로 결과를 조회할 수 있을 정도로 유전자 정보를 쉽게 얻을 수 있습니다.

생명정보분석가가 가장 활발하게 활동하는 분야 혹은 과업은 무엇인지 궁금합니다.

생명정보분석가를 일상에서 자주 만나지는 못하겠지만 대학, 연구원, 기업(제약, 분석), 병원(의생명정보)처럼 다양한 장소에서 빅데이터를 분석해 생명현상을 탐구하는 일을 하고

있습니다. 특히 보건 및 의료 분야에서 활약하고 있는데요. 1971년 미국 정부가 ‘암과의 전쟁^{War on Cancer}’을 선포한 후 전 세계 연구자들은 암에 대한 생물학적 이해를 높이고자 꾸준히 노력해왔으며, 최근에는 코로나19와 같은 감염병을 분석하는 등의 대응을 해왔습니다. 더불어 유전정보를 분석해 진화의 이해, 항노화 인자 발굴, 희귀질환 진단, 신약 개발 등을 하려는 시도도 이어지고 있습니다.

생명정보나 유전자 등을 분석하여 돌연변이를 찾거나 자유롭게 재조합할 수 있게 된다면 미래 사회의 풍경은 어떻게 바뀌게 될까요?

미래 사회는 이미 가까이 와 있습니다. 한국생명공학연구원에서 2024년 바이오 미래유망기술 10개를 선정하여 소개했어요. ▲차세대 롱리드 시퀀싱 ▲DNA 나노모터 ▲인간-기계 상호작용 제어기술 ▲마이크로바이옴 표적 항암백신 ▲신경질환 치료 전자약 ▲면역펩티도믹스 ▲기후변화 대응 디지털 육종 ▲AI 기반 자율재배 스마트팜 ▲바코드 미생물 기술 ▲데이터 기반 친환경 농약 합성기술 등이 있습니다. 대부분 생명 정보의 분석과 활용을 통해 실현될 기술들이죠. 앞으로는 생명 정보 기술로 눈에 보이지 않는 미생물이나 유전자를 활용하는 일이 보건 분야 외 환경 및 전 산업 분야로 확대될 것입니다.

생명정보분석가를 꿈꾸는 학생들에게 필요한 조언을 한마디해주세요.

학생의 경우 진로의 방향성이 중요할 텐데요. 아이들은 흔히 어른을 모방하려 하고, 진로를 정할 때 자신이 가진 지식 안에서 상상하기 때문에, 관심이 가는 분야가 있다면 꾸준히 업데이트되는 이슈를 찾아보는 과정이 필요합니다. 이를 통해 자신의 진로가 구체화되는 것을 느낄 수 있을 것입니다.

생명정보를 다루기로 결심했다면, 생물학적 질문을 데이터 처리로 풀어가야 하기에 컴퓨터 프로그래밍과 친해져야 합니다. 요즘에는 주피터 노트북이나 구글 코랩 등에서 코딩 블록을 실행하는 버튼만 누르면 결과를 볼 수 있는데요.

편리한 시스템을 이용하기보다 간단한 코드라도 직접 타이핑해보고 이해하는 방식을 추천합니다. 프로그래밍은 ‘언어’라고 하죠. 언어를 학습할 때 중요한 요령은 많이 읽고, 쓰고, 말하는 것입니다. 프로그래밍 역시 코드를 많이 읽고, 쳐보고, 내가 원하는 코드를 짜보는 연습을 많이 할수록 잘할 수 있게 되죠.

생명정보분석가로서 갖추어야 할 필수적인 역량이 있다면요?

모든 과학 연구는 내 가설에 대한 논리를 입증하는 과정입니다. 생명정보분석가는 크게 두 분야의 역량을 갖추어야 합니다. 가설을 세우고 데이터 구성을 디자인하는 단계에서는 생물학에 대한 지식이 필요하고, 이를 어떻게 구현할지 접근 방식을 설계할 때 알고리즘과 자료구조에 대한 이해가 필요합니다. 이처럼 전산학적인 사고와 생물학적인 지식을 잘 접목해야 할뿐더러 유의미한 결과를 도출하기 위해 통계적으로도 탄탄한 논리를 세워야 완성됩니다.

현재 생명정보분석을 통해 얻어낸 정보와 결과물을 활용했을 때, 가장 높은 수준의 관심을 받는 분야나 기술은 무엇인가요?

아무래도 우리의 건강과 밀접한 헬스케어 분야죠. 특히 레드 바이오(의료, 보건) 분야에서 많이 활용되고 있습니다. 요즘에는 유익균과 유해균을 구분하는 마이크로바이옴 연구, 유전자 서열을 직접 편집하거나 인공장기 등을 활용하는 합성생물학 분야가 주목받고 있습니다. 이 외에 그린 바이오(식량, 자원) 분야에서도 많은 생명정보분석가가 활약하고 있습니다.

생명공학이 발달하면서 생기는 문제는 무엇이고, 이를 어떻게 대처하고자 하는지 알려주세요.

생명정보 연구 초창기만 해도 개인의 유전정보를 손쉽게 얻을 수 없었기 때문에 관련 데이터를 공개하고 공유하는 것을

당연하게 생각했었습니다. 마치 1990년대 공중전화 부스의 전화번호부에 이름과 전화번호가 적혀 있었던 것처럼요. 반면 오늘날에는 유전정보를 해독하는 기술이 발달하고 보유량이 늘어나면서 휴대폰 번호처럼 개인을 식별할 수 있는 정보라는 인식이 생겨났습니다. 따라서 개인의 유전정보나 임상정보를 활용한 연구에 대한 규제, 절차 등이 정비되는 추세입니다. 연구 현장도 사회적 합의를 통해 규칙과 질서를 만드는 과정에 있다고 생각합니다. 저희 연구원 또한 유전정보 활용 시 이에 대한 동의서를 받고 있으며, 보안 네트워크 정비나 개인 식별을 어렵게 변환하는 방법도 개발하고 있습니다.

인공지능^A, 차세대 반도체 활용 등 신기술과 연계해 성장 전망이 궁금합니다.

데이터를 분류하거나 예측하는 일은 생명정보학에서 다양한 방식으로 꾸준히 해왔던 일들인데요. 시가 발달하면서 훨씬 많은 양의 데이터를 손쉽게 처리할 수 있게 되었습니다. 또 반도체 기술의 발달로 전산 컴퓨팅 자원이 고도화되며 전연 업무를 낼 수 없었던 접근 방식의 시도가 가능해졌습니다. 예를 들어 한 번에 처리할 수 없었던 대량의 데이터를 메모리에 올린다거나 연산 시간을 획기적으로 단축시킨다든지요(ex. 몇 개월 ⇨ 수 분). 이러한 기술의 발달을 통해 다양한 연구에 박차를 가할 수 있게 되었습니다. 다시 말해 할 수 있는 일들이 늘어난다고 생각하시면 됩니다.

지난 2004년 인간의 유전체를 완전히 해독한 뒤 20여 년이 흘렀는데요. 전 세계적으로 수백만 명의 유전체 서열이 분석 완료됐고, 우리나라도 100만 명 분석을 목표로 나아가고 있습니다. 그간 생명정보학이 유전체에 대한 데이터를 쌓는데 주력해왔다면, 향후에는 이 데이터를 활용해 유의미한 결과를 도출하는 방향으로 성장할 것이라 생각합니다.

생명정보분석가가 된 계기와 과정이 궁금합니다. 그리고 직업적으로 추구하는 방향 혹은 목표는 무엇인가요?

저는 생물학을 연구하며 쌓이는 방대한 데이터를 더 효율적으로 다루고 싶었습니다. 그리고 실험보다



생명정보분석가는
전산학적인 사고와
생물학적인 지식을
잘 접목해야 하고,
통계적으로도 탄탄한
논리를 세우는 역량이
필요합니다.

프로그래밍이 더 재밌었어요. 남들이 어려워하는 것을 즐겁게 할 수 있는 일을 찾는 것이 '적성'이라고 한다면 운 좋게도 잘 찾았던 것 같습니다. 지금은 아이들도 코딩을 배우고 있지만, 제가 학생일 때만 해도 그 자체를 어렵게 받아들이는 사람들이 많았으니까요. 물론 저 역시 진로를 처음부터 한 가지 방향으로 정했던 것은 아닙니다. 남들이 어려워하는 것을 즐기는 적성을 생명과학과에서 프로그래밍을 배우면서 발견했고, 사람들에게 말하는 것을 좋아하는 적성을 강의하며 발전시켜 나가고 있습니다. 앞으로 생명정보학과 생명정보분석가에 대해 쉽고 재밌게 소개하고 싶습니다.

이와 함께 정부출연연구소에서만 할 수 있는 과업을 수행하며 한국생명공학연구원에 소속된 '연구자 김상옥'을 만들어가려 합니다. 예를 들면 국가 차원의 연구에 참여하거나 국내 연구 인프라를 확충하는 일들을 통해서요. 그 과정을 통해 개인적인 역량 또한 많이 발전해 나갈 것이라 기대하고 있고, 다른 연구자들에게 환원하여 중국에는 국내 연구 역량을 확대해나가고 싶다는 목표를 갖고 있습니다.

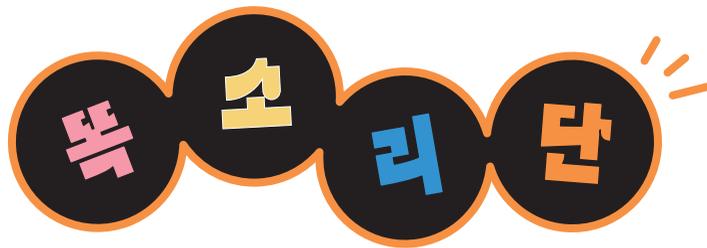
7월호 장인사이드에는

톡소리단 김경탁, 김동찬, 김태권, 김형우, 류승연 류창훈, 손상완, 윤혜인, 임주왕, 전주규, 정연화, 조상래님께서 참여해주셨습니다.

김상옥 선임연구원은 누구

고등학교 시기 로봇 동아리에서 로봇을 개발하고, 위셋^{WISSET} 프로그램을 통해 대학원생들과 시각장애인을 위한 장갑을 개발했다. 이화여대 분자생명과학부에 진학하게 되었을 때 "왜 컴퓨터가 아닌 생물학이야?"란 질문이 쇄도한 것은 당연한 일이었다. 하지만 분자생물학과 생명정보학을 공부하는 내내 그의 프로그래밍 능력은 큰 도움이 되었고, 차세대염기서열분석^{NGS, Next Generation Sequencing} 기술을 빠르게 습득해 성과를 쌓았다. 한국생명공학연구원 국가생명연구자원정보센터에 재직된 뒤로는 국가 바이오 빅데이터 구축 시범사업을 수행하며 대용량 유전체 데이터 분석 자동화 및 데이터 생산 및 기초분석 관리 등을 도맡았다. 현재는 국가 바이오 데이터스테이션 구축 사업을 수행하고 있으며, 4월에는 그간의 성과를 통해 과학기술정보통신부 장관상을 수상하였다. 하반기에는 과학기술연합대학원대학교^{UST} 교단에 서서 생명정보학 인재들을 양성하는 일에도 힘쓸 예정이다.

<테크 포커스>의 든든한 서포터



‘톡’톡하게 ‘소’통하고 ‘리’뷰하는 <테크 포커스> 독자 ‘단’

톡소리단은 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 톡소리단의 6월호 리뷰를 확인해보세요!



질병을 넘어선 인류 (4P) →

박기혁

시대에 따라 의학적 정복을 이룬 인간의 능력이 경이롭다는 것을 새삼 느낍니다. 앞으로는 무병장수의 시대를 넘어 그 이상의 시대도 올 것 같아 기대감이 크지만 그에 따른 문제들이 걱정되기도 합니다. 일반인도 의학의 세계에 대해 잘 알 수 있는 좋은 기사였습니다.

바이오횰약품의 시대가 온다 (8P) →

김정민

특히 ‘바이오횰약품 미래 선도하는 세포치료제와 유전자치료제’ 부분이 흥미로웠습니다. 유전자 치료를 통해 항암 시장을 이끌 새로운 의약품이 출시될 날이 머지않은 것 같습니다. 규제의 허들을 극복하고, 안전하고 효과적인 바이오 신약이 많이 개발되길 기대합니다.

바이오횰약품의 시대가 온다 (8P) →

윤혜인

비슷해 보이지만 헛갈릴 수 있는 의약품, 바이오횰약품, 합성약품의 차이를 알기 쉽게 설명해주어 흥미로웠습니다. 코로나19 팬데믹 때 사용된 mRNA 백신에 대해 제대로 알 수 있었습니다. 질환의 근본적인 치료를 가능하게 하는 바이오횰약품의 발전을 기대합니다.

불가능을 가능으로, DNA 편집해 난치병 극복한다 (14P) →

김경탁

난치병으로 10년 이상 약을 복용 중인 입장이라 그런지 매우 관심이 가는 기사였습니다. DNA 편집 기술은 난치병으로 고생하는 환우들에게 한 줄기 희망의 빛입니다. 비윤리적이라는 이유로 규제하기 보다 발전할 수 있는 법적 기틀을 마련해야 할 시기가 아닌가 하는 생각이 듭니다.

불가능을 가능으로, DNA 편집해 난치병 극복한다 (14P) →

김륜한

비전공자에게는 다소 어려웠지만 크리스퍼 케이스9 유전자가위와 프라임 편집기의 그림을 통해 어느 정도 그 차이를 이해할 수 있었습니다. 오직 자연만이 할 수 있었던 유전자 교정을 인간의 역량으로 할 수 있는 시대가 왔더니, 윤리적 연구를 위한 노력도 필요하겠습니다.

불가능을 가능으로, DNA 편집해 난치병 극복한다 (14P) →

서정수

평소에 궁금하던 내용이라 큰 도움이 되었습니다. 유전자 편집 기술이 3세대로 발전한 것, 모든 생명체가 면역을 위해 이런 기능을 한다는 것은 처음 알았습니다. 아직은 해당 기술의 정보가 부족해 제한된 범위 내에서만 활용할 수 있었지만, 막연히 SF 영화에서만 꿈꾸던 미래에 한발 더 다가선 기분입니다.

불가능을 가능으로, DNA 편집해 난치병 극복한다 (14P) →

전길송

상식 수준에서 알고 있던 유전자가위 기술에 대한 기사가 매우 유익했습니다. 사실 쉽지 않았고, 해당 기사 역시 한 번에 이해가 되지는 않았지만, 최대한 넓은 범위를 아우르며 설명을 해주어서 이해가 가능했습니다. 오히려 이런 주제를 접할 수 있어서 너무 좋았습니다.

불가능을 가능으로, DNA 편집해 난치병 극복한다 (14P) →

전준규

크리스퍼 기술의 작동 원리와 1·2세대 유전자가위 기술을 비교하여 이해를 돕고, 윤리적 논쟁, 향후 방향성까지 언급한 기사가 꽤 흥미로웠습니다. 생물학의 발전 속에서 인문학과 예술의 필요성을 강조하여 미래에 대한 시각을 제시하고, 기술·윤리·철학을 균형 있게 다룬 점이 인상적이었습니다.

불가능을 가능으로, DNA 편집해 난치병 극복한다 (14P)→

조상래
|
난치병 극복이 가능해지는 세계로 나아간다는 점이 흥미로웠습니다. 하지만 윤리적 관점을 무시한 채 과학 기술의 발전만을 생각해서는 안 될 것입니다. 인간의 존엄성을 지키고 생명과학의 밝은 미래를 위해 윤리, 철학적인 부분까지 균형 있게 발전해야 한다는 생각에 동의합니다.

생명의 시간을 거꾸로 돌리는 ‘역노화’ 시대 온다 (20P)→

김태권
|
진피 세포 회복에 결정적인 역할을 하는 PDK1을 발견해 세포 노화 과정을 역전하는 계기를 만드신 교수님의 연구 결과가 돋보였습니다. 대학과 기업이 공동연구를 통해 나온 결과가 산업에 쓰일 수 있다는 것이 인상 깊습니다. 어서 좋은 상품으로 일상에서 만나기를 기대합니다.

생명의 시간을 거꾸로 돌리는 ‘역노화’ 시대 온다 (20P)→

김형우
|
역노화라니!! 제목부터 관심을 끌었습니다. 평소 해당 분야에 관심이 크지 않아 기본 지식이 부족하지만 인터뷰 내용만으로 역노화 개념을 잘 이해할 수 있도록 정리해 주신 것 같습니다. 아모레퍼시픽과의 협력은 산학협동의 좋은 사례였습니다. 새로운 기술과 산학의 노력을 엿볼 수 있어 좋았습니다.

생명의 시간을 거꾸로 돌리는 ‘역노화’ 시대 온다 (20P)→

조재현
|
건강은 모든 사람들의 공통 희망일 것입니다. 기사 내용 중에서도 안티에이징을 넘는 리버스에이징(역노화)의 국내 개발은 신선한 충격이었습니다. 임상시험을 거쳐 기능성 화장품에 활용할 수 있을 정도로 발전했다고 하니 상용화되면 꼭 써보고 싶습니다. 내부 장기에에도 적용될 수 있게 응원합니다!

디자인으로 로봇의 활용성과 편의성 높인다 (26P)→

김륜한
|
최근 주목받는 분야인 협동로봇, 그리고 그중 가장 주목받는 기업인 레인보우로보틱스 이야기라 반가웠습니다. 마지막 문구가 제 마음에 와닿았습니다. “나와 다른 분야를 공부하고 다른 삶을 경험해온 사람들과 협업하는 경험을 쌓아보길.”

AI 자율제조 통해 생산 공정 혁신한다 (30P)→

류창훈
|
AI 자율제조 전략 1.0을 보며 자동차부품 제조기업 대표인 동창과의 대화가 떠올랐습니다. 동창은 중소기업을 운영하는데 인력 확보와 관리에 어려움이 커 공장자동화를 추진했다고 했습니다. 이제는 기업 생존을 위해서 공장자동화는 필수적이므로 적극적인 대응이 필요하다고 봅니다.

내 몸속에 로봇이? 마이크로 의료로봇의 세계 (34P)→

김형우
|
캡슐 내시경으로 위 검사를 편하게 할 수 있다는 뉴스를 본 적이 있습니다. 내시경이 불편한 이예진 호소식이라고 생각했는데, 우리나라가 마이크로 의료로봇 선도 국가라 가능한 일이었네요. 의료 분야 특성상 안정성과 유효성 임증이 중요하다는 점이 인상적입니다.

배양육, 인류 식량문제의 대안 기술로 성장하다 (42P)→

김태권
|
실제로 배양육 R&D 과정을 수행하고 있는 사례를 만나게 되어 반갑습니다. 학교를 중심으로 (주)스페이스에프, 대상(주), 롯데정밀화학(주)이 참여한다니 추후 상용화될 수 있다는 희망을 가지게 되었습니다. 앞으로 식탁에서 배양육을 만날 수 있기를 기대하겠습니다.

인공 나뭇잎이 만드는 청정에너지 (46P)→

류창훈
|
광합성은 학생 시절에 들었던 용어입니다. 이 원리를 바탕으로 청정 수소를 만들기 위한 연구들이 매우 흥미로웠습니다. 위대한 자연의 법칙에서 원리를 찾아 문제를 해결하는 것이야말로 자연보호의 지름길이라는 사실을 다시 한번 되새기는 계기가 된 것 같습니다.

글로벌 기술격차를 유지하는 방법 ‘ESG’ (50P)→

손상완
|
철강, 조선, 배터리 등 중국의 성장은 세계 산업시스템의 근간을 흔들 수 있다는 우려가 있습니다. 우리 경쟁력을 지키는 방법이 ‘ESG’라는 것을 이번 호를 통해 알게 되었습니다. 미국과 EU 등이 ESG 기준을 엄격히 적용한다면 친환경 생산을 하는 우리나라의 산업에 도움이 된다는 것이 인상적이었습니다.

제네릭과 바이오시밀러, 복제약의 세계 (54P)→

김태권
|
미국에서는 특허나 보험제도의 복잡성 때문에 우리 바이오시밀러가 돋보이지 않지만, 유럽에서는 국내 출시 제품의 점유율이 높은 것으로 알고 있습니다. 기회가 된다면 제약산업의 특이한 특허전략인 ‘에버그리닝 특허전략’에 대해 다루었으면 합니다.

SI와 로봇자동화의 시대를 이끌어갈, 자동화 엔지니어 (58P)→

조재현
|
저희 회사 일부 공정에 협동로봇을 활용한 자동화를 구축하며 ‘자동화 엔지니어’에 관심을 가지게 되었습니다. 단순 반복, 힘든 공정을 로봇과 협업하며 새로운 가능성을 여는 업무 방식이 늘어날 것으로 예상합니다. 자동화 추세에 따라 자동화 엔지니어는 유망한 직종으로 선호될 것 같습니다.

정부지원금 부정수급 집중신고기간

2024. 5. 1. ~ 7. 31.

신고방법 청렴포털, 방문접수, 우편

상담안내 국번없이 **110**번, **1398**번

국민권익위원회
공공재정환수관리과

신고자 보호

- 신분보장** 신고 등을 이유로 신고자와 협조자에게 신분상 징계·해고 등 불이익 처분 불가
- 불이익 처분을 받거나 받을 우려가 있을 때는 원상회복 등 조치 요구 가능
- 비밀보장** 누구든지 신고자와 협조자의 동의 없이 인적사항이나 신고자와 협조자임을 미루어 알 수 있는 사실 공개 불가
- 신변보호** 신고 등을 이유로 신고자와 협조자, 친족 또는 동거인의 신변에 불안이 있는 경우 신변보호조치 요청 가능
- 책임감면** 직무상 비밀 준수 의무 면제 및 신고 등과 관련된 신고자와 협조자의 형벌 및 징계 감경 또는 면제 가능

부정청구의 유형

- 허위 청구** 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 정부지원금을 청구할 자격이 없는데도 정부지원금을 청구하는 행위
- 과다 청구** 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 받아야 할 정부지원금보다 과다하게 청구하는 행위
- 목적 외 사용** 법령·자치법규나 기준에서 정한 절차에 따르지 아니하고 정해진 목적이나 용도와 달리 정부지원금을 사용하는 행위
- 오지급** 그 밖에 정부지원금이 잘못 지급된 경우

신고 대상

정부지원금(법령 또는 자치법규에 따라 공공재정에서 제공되는 보조금·보상금·출연금이나 그 밖에 상당한 반대급부 없이 제공되는 금품 등)을 부정 청구한 경우

신고자 보상

- 보상** 신고로 인해 직접적인 공공기관 수입의 회복·증대 또는 비용의 절감을 가져온 경우 보상금 지급(최대 30억)
- 포상** 신고로 직접적인 수입 회복 등이 없더라도 공익증진에 기여한 경우 포상금 지급(최대 5억)



반도체

반도체는 크게 명령을 내리는 시스템 반도체와 기억을 맡는 ○○○ 반도체로 구분한다. AI 반도체 열풍에 따라 수요가 폭증한 HBM 역시 이 반도체의 일종으로 우리나라가 글로벌 시장점유율 1위를 기록하고 있다.

다음 ○○○에 들어갈 단어를 적어주세요!

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



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)에서 신간호와 함께 과월호도 모두 만나보세요!



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



한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology



9 173022 717003
ISSN 3022-7178