

01
 9 772288 490002
 ISSN 2288-4904 ₩6,000

AUGUST 2023

8

Vol. 119

X R , 그 리 고 세 상 을 바 꾸 기 술 들

ESG TECH TREND— 탄소중립에 탄소회계 전문가가 필요한 이유

GLOBAL TECH ISSUE— 새로운 전쟁의 시작 국제 방산

NEW TECH— 원가경쟁력과 생산성 갖춘 기공기

NEW TECHNOLOGY

이달의 신기술

OF THE MONTH



AUGUST
2023

SPECIAL THEME

02

INTRO

All About

XR

NEW TECH

26

올해의 산업혁신기술상

제너럴바이오(주) 서정훈 대표이사

초고령사회에 '건강한 삶'을 위한

기술혁신을 이끌다



등록일자

2013년 8월 24일

발행일

2023년 7월 30일

발행인

한국산업기술평가관리원 원장 전윤종

발행처

한국산업기술평가관리원,

한국산업기술진흥원,

한국에너지기술평가원, 한국공학한림원

주소

대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동)

한국산업기술평가관리원

후원

산업통상자원부

편집 및 제작

한국경제매거진(주)(02-360-4816)

인쇄

(주)영남프린텍(053-964-1700)

구매 문의

02-360-4859 / chojh@hankyung.com

문의

한국산업기술평가관리원

(053-718-8567)

잡지등록

대구동, 라00026

※

본지에 게재된 모든 기사의 판권은

한국산업기술평가관리원이 보유하며,

발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의

무단 전재, 복사를 금합니다.

04

TECH

이번엔 모두 함께 가상현실로
갈 수 있을까?

10

BACKGROUND

세상을 바꾼 혁신
IT 기술의 역사

16

INTERVIEW

우탁 경희대학교 실감미디어
혁신융합대학사업단 부단장,
디지털콘텐츠학과 교수
초실감 기술, 메타버스 대중화 앞당길 것

20

ISSUE

XR 산업의
패러다임을 바꾸다

30

R&D 프로젝트

자동차·에너지·항공우주산업 분야를 위한
가볍고 안전한 알루미늄 개발

34

R&D 기업

동국제강(주)

수입 의존 고부가가치 클래드 후판
국내 최초 국산화 성공



38

이달의 기술
원가경쟁력과 생산성 갖춘
가공기

40

스페셜 리포트 1
일본의 한국 화이트리스트 복원,
한미일 경제 안전보장 동맹의 신호탄



44

스페셜 리포트 2
미국 자존심 꺾기 위한
중국 수출 통제, K-반도체 영향은?

GLOBAL TECH ISSUE

46

INFO
한눈에 보는 국제 방위산업



48

기술 현주소
새로운 전쟁의 시작
국제 방위산업

52

산업 이슈
방산 선진국들은
방위산업을 어떻게 키우는가?

ESG TECH TREND



56

ESG 기술
탄소중립에
탄소회계 전문가가 필요한 이유

60

ISSUE BRIEFING
온실가스 대장이
탄소중립에 대처하는 법

64

ESG 국내외 동향
탄소 다이어트의 시작은 몸무게
측정부터

TECH STORY

68

싱크탱크
고품질 국가 공인 데이터
참조표준 개발과 활용



72

잡 인사이드
3D 아티스트 조영조
꿈과 현실을 넘나드는 마법사

76

예술로 본 기술
기술은 미망인가, 해탈인가?
영화 <프리 가이>



80

산업 뉴스
한국공학한림원
제2회 원익상 시상 공고

ALL ABOUT XR

XR eXtended Reality **이란?**
 확장 현실

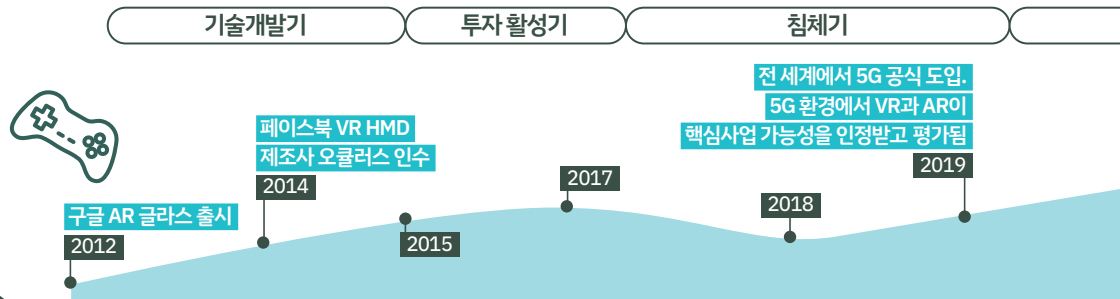
AR Augmented Reality, 증강현실, VR Virtual Reality, 가상현실, MR Mixed Reality, 혼합현실을 활용해
 사용자에게 경험과 몰입감을 제공하고 확장된 현실을 창조하는 초실감형 기술

XR 기술의 특징

- 1 자신 주변에 존재하는 가상의 콘텐츠나 서비스와 직접적이고 직관적으로 상호작용
- 2 사용자와 XR 기기 간 인식과 행동이 효과적으로 연결되어 상호작용 극대화를 통해 현실감과 몰입감을 지각
- 3 콘텐츠에 대한 사용자의 관심과 XR 기기 사용 동기부여
- 4 공간적 감각 및 이해 능력이 필요한 활동에서 이해도 상승

XR 기술의 발전사

자료: 딜로이트



XR 시장 규모 전망

2022년 — **351억 4000** 만 달러
 2030년 — 약 **3,459** 억 달러

2022~2030년
 예측 기간 연평균복합성장률 **33.09%**

| 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 | 2026년 | 2027년 | 2028년 | 2029년 | 2030년 |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 26.4 | 31.14 | 46.76 | 62.24 | 82.83 | 110.24 | 146.72 | 195.28 | 259.9 | 345.9 |

자료: 프레시던스 리서치(Precedence Research) 단위: 10억 달러



Virtual Reality

VR이란?

가상 현실

360도 영상을 바탕으로 새로운 현실을 경험하도록 하는 기술. 눈 전체를 가리는 헤드셋형^{HMD} 단말기 필요



Augmented Reality

AR이란?

증강 현실

실제 사물 위에 컴퓨터그래픽^{CG}을 통해 정보와 콘텐츠를 표시. AR은 구글 글라스 같은 안경으로 표현 가능

Mixed Reality

MR이란?

혼합 현실

현실환경^{Real Environment}과 가상환경^{Virtual Environment} 사이에 존재하는 것으로, AR과 증강 가상^{Augmented Virtuality}을 모두 포함하는 '현실과 가상이 혼합된 환경'



주요국의 XR 관련 기술경쟁력

자료: 정보통신기획평가원
단위: %(상대수준), 년(기술격차)

| 한국 | | 미국 | | 일본 | | 중국 | | 유럽 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 상대 수준 | 기술 격차 | 상대 수준 | 기술 격차 | 상대 수준 | 기술 격차 | 상대 수준 | 기술 격차 | 상대 수준 | 기술 격차 |
| 87.7 | 1.2 | 100 | 0 | 87.1 | 1.3 | 88.5 | 1.1 | 90.9 | 0.9 |

회복기

2020

- 코로나19 팬데믹이 촉발한 사회적 거리 두기는 VR 게임, 가상 회의, AR 체온 측정 등에 대한 폭발적 수요를 유발
- 스팀 플랫폼에서 VR 사용자가 2배 증가하고 수많은 가상 회의와 클라우드 전시회 개최
- 마이크로소프트의 홀로렌즈2가 세계시장을 견인하는 헤드 마운트 AR 기기로 부상

애플이 AR 글라스를 소비자 시장에 출시해 호응을 이끌어낼 것으로 예상됨

2023



한국전자통신연구원

서로 떨어져 있는 여러 명이 상호작용하며 업무를 수행할 수 있는 XR 플랫폼 기술을 개발해 등교 학생과 재택 학생이 원격으로 함께 교육하는 시범 서비스 진행

XR 활용 사례



스타이즈본 STAR IZ BORN
실사와 CG로 구성된 XR 영상. 360도 가상화 초실감 입체음향을 통해 세계 최초의 메타버스 3D 사운드 풀 VR K팝 콘서트 제작

지니뮤직
일인칭 시점의 개인 맞춤형 공연 관람을 경험하게 해줄 VR 음반을 제작한 바 있으며, 5G 통신망 투자가 확장되면 실시간 VR 공연도 가능해질 것으로 전망



클래스 VR^{Class VR}
올인원 무선 헤드셋으로 추가 장비 연결 없이 1500여 개 과학·사회·역사 콘텐츠를 제공해 지속적이고 다채로운 교육 가능



이번엔 모두 함께 가상현실로 갈 수 있을까?

공간 컴퓨팅부터 메타버스까지, 이 시장의 기대는 '대중화'로 마무리된다. 기기를 일상에서 자주 쓸 수 있느냐는 것이다. 물론 헤드셋 형태 기기는 스마트폰 역할을 꿰차거나 TV·모니터 등 디스플레이를 대신할 수는 없다. 사실 가상현실, 증강현실 경험은 꼭 헤드셋만이 답은 아니다.

애플이 지난 6월 세계 개발자 회의(Apple Worldwide Developers Conference, WWDC)를 통해 공간 컴퓨터 ‘비전프로’를 공개했다.

발표 직전까지 애플도 가상현실 혹은 증강현실을 중심으로 한 헤드셋을 꺼낼 거라는 소문이 돌았고, 팀 쿡 애플 CEO는 ‘원 모어 싱(one more thing)’으로 비전프로를 소개했다.

애플이 가상현실 헤드셋을 내놓는다는 것은 단순히 제품 라인업 확장이 아니다. 실제 시장에 영향을 미칠 만한 제품이 나올 거라는 점, 그리고 다소 주춤해진 가상현실 시장이 다시 활기를 띠 거라는 점에서 기대를 모은다. 하지만 동시에 헤드셋 형태 가상현실 기기에 대한 우려도 빼놓을 수 없다. 이제까지 가상현실 기기와 서비스가 준 경험이 애초 생각한 것과 거리가 있었기 때문이다. 신기함 그 이상의 답이 필요한 것이 지금 가상현실의 ‘현실’이었다.



가상현실이 아닌 ‘공간 컴퓨터’로서 접근

애플은 비전프로를 가상현실에 묶어두지 않았다. 비전프로를 가상현실 헤드셋이 아닌 ‘공간 컴퓨터’라는 개념으로 설명한다. 실제 애플의 시연도 기존 VR 중심 콘텐츠가 아니라 맥, 아이폰, 아이패드를 쓰던 경험에서 비롯한다.

비전프로는 기본적으로 컴퓨터다. 구조적으로도 애플이 맥과 아이패드 등에 쓰는 고성능 M2 프로세서가 들어가 있고, 운영체제 역시 기존 기기와 상당히 비슷하다. 애플 기기와 운영체제는 서로 매끄럽게 연결되는데, 맥북 화면이 손짓 하나로 공간의 커다란 가상 화면에 비치기도 한다. 아이폰에서 쓰던 앱도 비전프로 가상공간에서 그대로 쓸 수 있다.

물론 이전까지 가상현실과 증강현실 헤드셋에서 기대하던 콘텐츠도 있지만 기본적으로는 컴퓨터의 확장이고, 그 경험도 컴퓨팅에 집중되어 있다. 특정 콘텐츠를 보기 위해 쓰는 기기가 아니라 일상에서 일하고, 영화 보고, 사람들과 대화를 나눌 때 쓰는 스마트폰·PC가 하던 일을 그대로 끌어안는 것이다.

개념적 접근으로 풀어낸 ‘가상현실’

비전프로는 메타 ‘퀘스트’ 헤드셋과 직접적으로 비교될 수밖에 없다. 메타는 오랫동안 가상현실에 집중해왔고, 메타버스라는 개념을 비즈니스 중심에 두고 있다. 비전프로와 메타 퀘스트는 겉보기에 비슷한 형태지만, 방향성에는 큰 차이가 있다.

메타 퀘스트는 이름처럼 메타버스 환경에 중심을 두고 있다. 메타는 소셜미디어 페이스북으로 시작한 기업이고, 지금도 인스타그램과 스레드 등으로 그 맥을 잇고 있다. 온라인은 사람들이 경계 없이 자유롭게 마주하는 공간이고, 그 역할을 맡는 소셜미디어가 가상 환경으로 옮겨가면서 이전과 다른 감성을 느낄 수 있다는 아이디어가 메타가 생각하는 메타버스의 방향성에 가깝다.

메타버스는 특히 지난 3년간 팬데믹을 겪으며 상상의 꽃을 피웠다. 직접 얼굴을 마주하는 것이 어려운 상황이었지만, 사람들은 생각과 감정을 공유하고 싶어 한다. 가상현실은 그 수요의 가장 가까이 있는 기술로 꼽혔다. 하지만 팬데믹의 불안감이 누그러지면서 사람들의 관심은 더 나은 가상환경보다는 직접적 소통을 통해 온라인과 오프라인의 균형을 찾아갔다.

메타버스는 그 기대와 가능성을 남기기는 했지만, 당장의 대중성에는 이르지 못했다. 메타 역시 지난해 ‘퀘스트프로’를 통해 현실의 디스플레이와 가상공간을 융합하는 새로운 형태의 업무 환경을 제시하고, 가상과 현실의 경계를 허무는 컴퓨팅을 시도하며 가상현실의 답을 제시했다.

애플의 공간 컴퓨팅은 그 부분을 현실적으로 풀어냈다. 메타버스가 가상환경이라는 개념적 접근이라면, 공간 컴퓨팅은 좀 더 현실적이고 기술적 접근으로 볼 수 있다.

비전프로의 상징성 ‘기술 기준점’

그렇다면 애플이 비전프로를 통해 여는 공간 컴퓨팅은 기존 메타버스와 어떻게 다를까? 비전프로가 이전까지 선보인 기기와 하드웨어적 차이는 크게 두 가지로 요약할 수 있다. 첫째는 디스플레이, 둘째는 프로세서다. 애플은 비전프로에 2300만 화소의 디스플레이를 넣었다. 양쪽 눈에 각각 4K가 넘는 해상도를 구현했는데, 이전 기기가 기술적·가격적 이유로 2K 수준의 해상도이던 것에 비해 3~4배가량 더 많은 픽셀이 들어간다.

이를 통해 더욱 실감 나는 화면이 만들어지기도 하지만, 우리가 컴퓨터에서 보던 수준의 화면을 제공한다. 공간을 배경으로 컴퓨터를 쓰려면 무엇보다 글씨를 또렷하게 읽을 수 있어야 하고 세밀한 이미지를 정확히 보여주어야 하는데, 그 조건을 만족시키는 셈이



애플이 지난 6월 세계 개발자 회의를 통해 공간 컴퓨터 ‘비전프로’를 공개했다.



비전프로의 차별성 ▶

1

2300만 화소의
디스플레이를 통한
실감 나는 화면

2

공간 컴퓨팅으로
컴퓨터를 활용하는
새로운 방법 제시

다. 또 이 화면을 기존 PC 수준으로 채울 만한 성능이 필요하다. 기존 기기는 컴퓨팅보다는 가상공간에 그려낼 이미지 중심 환경에 배터리, 발열 등 기기적 한계 때문에 높은 성능의 칩을 넣지 않았다. 애플은 컴퓨터 환경에서 검증된 M2 프로세서를 넣으면서 컴퓨터로서 가상현실 기기를 만들어냈다. 이 하드웨어의 차이는 결국 소프트웨어적 차이로 이어진다. 디즈니는 키노트 무대에서 비전프로를 통해 콘텐츠를 더욱 실감 나게 볼 수 있는 다양한 방법뿐 아니라 이전과 다른 시선으로 콘텐츠에 참여하는 방법을 소개했다.

애플 역시 이전의 익숙한 컴퓨팅 환경을 PC 화면이 아닌 공간에 다

양하게 배치하면서 주변 환경 전체가 디스플레이되는 데모를 여럿 공개했다. 그 안에는 이전까지 가상현실과 메타버스로 통하는 몰입형 콘텐츠뿐 아니라 개개인의 얼굴을 3D로 만들어 표정을 실시간으로 보여주는 커뮤니케이션도 포함된다.

결국 애플은 공간 컴퓨팅으로 컴퓨터를 활용하는 새로운 방법을 제시한다. 그 안에서 메타버스와 가상현실, 증강현실뿐 아니라 일상의 컴퓨팅을 끌어안을 수 있는 포괄적 개념을 기기로 표현하는 것이다. 이런 플랫폼적 접근은 애플의 가장 큰 강점인데, 결국 이에 공감하는 개발자들이 비전프로 환경을 바탕으로 다양한 소프트웨어와 콘텐츠를 내놓는 것으로 그 개념이 완성된다.

새로운 컴퓨팅 환경의 마지막 단추

‘플랫폼’

비전프로에 대한 기대는 비단 애플만의 일은 아니다. 메타를 비롯해 이제까지 가상현실에 집중해온 기업에도 큰 기회가 될 수 있기 때문이다. 메타는 최근 ‘퀘스트플러스’라는 이름으로 게임 구독 서비스를 공개했다. 플레이스테이션이나 엑스박스 등 게임 플랫폼 구독 서비스와 마찬가지로 매달 정해진 게임을 제공한다. 이를 통해 이용자를 늘리고 개발자에게 안정적 수익을 제공하기 위한 전략이다. 그만큼 소프트웨어의 중요도는 높고, 그 생태계를 만드는 것은 어려운 일이다.

플랫폼으로서 접근 방식에 차이는 있지만, 애플의 소프트웨어 생태계가 성공적으로 구축된다면 그 안에서 나오는 소프트웨어 경험



메타는 최근 ‘퀘스트플러스’라는 이름의 게임 구독 서비스를 공개했다. 플레이스테이션이나 엑스박스 등 게임 플랫폼 구독 서비스와 마찬가지로 매달 정해진 게임을 제공한다.

이 다른 플랫폼으로 옮겨질 수도 있다. 하드웨어 역시 이전과 기준점이 달라지면서 더 높은 해상도의 디스플레이, 더 빠른 프로세서를 비롯해 오디오와 배터리, 무선 전송 기술 등 많은 부분에서 활기를 띠 것으로 보인다.

결국 공간 컴퓨팅부터 메타버스까지, 이 시장의 기대는 ‘대중화’로 마무리된다. 기기를 일상에서 자주 쓸 수 있느냐는 것이다. 물론 헤드셋 형태 기기는 스마트폰 역할을 꿰차거나 TV·모니터 등 디스플레이를 대신할 수는 없다. 사실 가상현실, 증강현실 경험은 꼭 헤드셋만이 답은 아니다.

비전프로 역시 우선적으로는 게임이나 영화 등 대중적 접근보다는 산업 분야에서 일어나는 사례를 고민 중이다. 이전 마이크로소프트^{MS}가 보여준 홀로렌즈¹의 접근을 대신할 만한 가장 좋은 대안이 기 때문이다. 하지만 그뿐 아니라 메타 퀘스트가 해온, 조금은 가볍게 대할 수 있는 콘텐츠 확장도 필요하다. 지금까지 제시된 비전프로

로는 충분히 그 가능성을 보여주었다. 남은 것은 결국 플랫폼을 채울 소프트웨어에 달려 있다.

대중적 접근이나, 전문 영역을 위한 기술이나 하는 고민은 사실상 의미 없다. PC도, 스마트폰도 기본적으로 그 기준을 가르지 않기에 무엇이든 할 수 있다는 가능성을 바탕으로 성장했다. 그 안에서 여러 형태의 하드웨어가 다시 생태계를 완성한 것처럼 가상현실 역시 이제 컴퓨팅이라는 환경을 바탕으로 새로운 밑그림을 그리는 단계다.


‘이제 가상현실 시장이 본격적으로 열리게 될까?’, ‘어쩌면 마지막 기회는 아닐까?’라는 기대와 걱정의 목소리가 공존하는 이 시장에서 애플이 꺼낸 컴퓨팅은 충분히 설득력이 있다. 적어도 그 밑그림은 개념

적으로도, 기기적으로도 성공적이라는 공감을 얻었다. 이제 남은 것은 플랫폼 위에 펼쳐질 상상력이다. 애플이 오랫동안 준비해온 이 플랫폼을 개발자 앞에서 가장 먼저 꺼낸 이유이기도 하다. 완성의 열쇠는 결국 플랫폼에 있다.



최호섭 IT 칼럼니스트

전 블로터앤미디어, 미디어잇 기자로 활동했으며, 다양한 뉴스 및 방송 미디어를 통해 콘텐츠를 전달하고 있다. 저서로는 <손에 잡히는 4차 산업혁명>, <기업의 미래>, <헬로월드 샤오미> 등이 있다.



대중적 접근이나, 전문 영역을 위한
기술이나 하는 고민은 사실상 의미 없다.
PC도, 스마트폰도 기본적으로
그 기준을 가르지 않기에 무엇이든 할 수
있다는 가능성을 바탕으로 성장했다.

Introducing
Vision Pro

— 1

홀로렌즈는 MS가 개발한 혼합현실 기술의 제품으로, 홀로렌즈를 착용하면 물리적 세계에 3D 홀로그램을 투영하고, 손가락과 음성으로 조작할 수 있다. 홀로렌즈는 제조업, 의료, 교육 등 다양한 분야에서 협업과 작업 효율성을 높이는 데 사용되고 있다.

세상을 바꾼 혁신



2007년 세상에 처음 선보인 애플의 아이폰은 우리 사회를 송두리째 바꿔놓았다. 아이폰은 빼어난 디자인과 성능으로 전 세계에서 선풍적 인기를 끌었고, 모바일 혁명 시대를 열었다.

IT 기술의 역사

세계 최초의 PC부터 제일 먼저 대중화된 스마트폰, 인공지능^{AI}의 존재를 각인시킨 알파고와 AI를 일상으로 끌어들이는 챗GPT, 그리고 최근 애플이 선보인 XR 비전프로까지 IT 기술은 세상을 드라마틱하게 바꿔왔고, 앞으로도 그럴 것이다.

1981년 IBM이 일반인도 쉽게 사용할 수 있는 PC를 선보이면서 PC 효용성이 높아졌고, 세상이 바뀔 조짐이 보이기 시작했다.



“One more thing...” 스티브 잡스는 애플의 가장 큰 연례행사인 ‘세계 개발자 회의^{WWDC}’를 할 때마다 막바지에 이 말을 하면서 놀라운 제품을 하나씩 발표했었다. 이 말이 2023년 팀 쿡의 입에서 드디어 터져 나왔다. 팀 쿡은 이 말과 함께 애플의 새로운 차세대 컴퓨팅 디바이스 비전프로^{Vision Pro}를 선보였다. 꽤 많은 사람이 제품 발표가 있으리라 예측했고 일부 사람들이 테스트한 경험이 소문으로 나돌았지만, 기존에 발표된 술한 확장현실 HMD^{Head-Mount Display}(머리에 뒤집어써서 보는 웨어러블 기기)와는 확실히 다른 방향성을 제시했기에 이로 인한 파급력은 상당할 것으로 예상된다. 아직은 비전프로가 실제로 출시되어 얼마나 큰 혁신적 변화를 가져올지는 좀 더 지켜봐야 할 것으로 보이지만, IT 역사를 되짚어보면 거대한 역사적 흐름의 물줄기를 바꾼 혁신기술이 지속적으로 등장해왔다. 비전프로가 열어가게 될 MR-XR 또는 메타버스 기기의 시대에 대한 논의도 중요하지만, 과거 주요 혁신 IT 기술의 역사를 짚어보면 미래를 반추하는 데에도 큰 도움이 될 것이다.

세계 최초 PC의 의미, 그리고 세상을 바꾼 PC

IT 기술의 역사를 생각할 때 가장 중요한 것 중 하나는 혁신 기술이 처음 등장한 것과 이것이 널리 퍼져 세상을 바꾸기 시작한 시점, 또는 제품을 구분하는 것이다. 보통 처음 등장한 기술에 방점을 찍고 중요하게 많이 이야기하지만, 실제 세상은 해당 기술이 널리 퍼지고 많은 사람이 사용하기 시작한 시점이다. 그때부터 해당 혁신 기술이 변화의 연쇄반응을 일으키면서 급격하게 세상을 바꾸기 시작한다. 디지털 혁명을 일으킨 최초의 혁신 기술인 PC는 일부 영역에서만 쓰이던 디지털 기술을 개인 단위로 전파하면서 IT 역사에서 가장 큰 변곡점이 되었다.

세계 최초로 개발된 PC에 대해서는 약간 이견이 있지만, 1974년 MITS가 조립해 판매한 ‘앨테어 8800^{Altair 8800}’이 상업용 PC로는 최초라는 데 대부분 동의한다. 이 PC는 제품 자체가 지니는 의미도 상당하지만, <파퐁러 일렉트로닉스^{Popular Electronics}>라는 잡지에 소개되어 훗날 애플을 설립하게 되는 스티브 잡스와 스티브 워즈니악, 마이크로소프트를 설립하게 되는 빌 게이츠와 폴 앨런에게 큰 영향을 주면서 IT 역사의 분기점이 되었다. 그렇지만 실제 PC라는 제품이 세상을 바꾼 것은 최초의 PC 앨테어 8800이 아니라, 그로부터 10년 넘게 지나서 발매되기 시작한 IBM의 호환 PC들이다. 일반인도 PC를 쉽게 다루거나 만질 수 있게 되었고, 이를 통해 다양한 소프트웨어를 활용하면서 PC의 효용성을 크게 느꼈으며, 세상이 바뀔 조짐이 보이기 시작했다. 결정적으로 PC와 디지털 혁명을 일

1974년

세계 최초의 PC 앨테어
8800 개발

1981년

IBM 첫 개인용 컴퓨터
출시

1992년

노키아 유럽형 2G
이동통신 휴대폰 개발

2000년

에릭슨 최초의 스마트폰
R380 출시

2007년

애플 아이폰 출시

오킨 가장 혁신적인 제품은 PC가 아니라 마이크로소프트의 '윈도 95'였다. 윈도95가 개발되면서 PC 다루는 방법을 따로 교육받지 않아도 누구나 쉽게 사용할 수 있게 되었고, 이는 PC가 폭발적으로 사회에 도입되면서 2000년대 중반까지 세계 최고 기업 반열에 마이크로소프트와 인텔 등 IT 기업이 이름을 올리게 만들었다.

세계 최초의 스마트폰을 만든 기업과 대중화를 완료한 제품의 차이

스마트폰도 같은 맥락에서 볼 수 있다. PC가 보급되면서, 이미 그 다음은 스마트폰 같은 이동형 기기가 될 것은 너무나 자명했다. 그렇기에 많은 PC를 판매하는 기업들은 HPC^{Handheld PC}라는 제품을 개발하면서 PC를 소형화하고, 무선으로 인터넷에 접속하며, 기존 소프트웨어를 활용할 수 있도록 하는 데 역량을 집중했다. 대표적인 것이 2000년 당시 컴팩(현재는 HP가 인수)이 생산하기 시작한 'iPAQ' 제품군이다. 마찬가지로 휴대폰을 생산하던 기업들도 무선 통신기인 휴대폰에 PC와 유사한 운영체제를 탑재하고, 다양한 소프트웨어를 쓸 수 있을 경우 거대한 변화가 찾아올 것이라 생각했다. 이런 변화를 가장 적극적으로 추진한 기업은 당시 세계시장을 휩쓸던 노키아였다. 사실 스마트폰이라는 용어를 처음 사용한 기업도 노키아라고 보는 시각이 우세하지만, 당시 전 세계 2~3위 정도이던 스웨덴 기업인 에릭슨이 처음으로 사용했다는 의견도 있다. 어쨌든 이 용어가 1997년부터 사용되었고, 노키아는 이때부터 꾸준히 스마트폰을 생산하고, 자체 운영체제인 심비안도 개발했기에 이들이 가장 먼저 휴대폰 시장을 내다보고 뛰어 들었다는 것은 확실하다. 그러나 그로부터 10년이 지나도록 세상을 바꿀 만한 제품이 나오지는 않았다.

그렇다면 우리 사회를 송두리째 바꿔놓은 스마트폰 시대는 언제부터 시작되었을까? 누구나 동의하듯이, 그것은 애플이 아이폰을 출



일각에서는 스마트폰이라는 용어를 처음 사용한 기업이 스웨덴 에릭슨이라고 보는 견해도 있다. 사진은 1999년 발표된 에릭슨 A1018s 모델.



노키아는 휴대폰 초기 시장 때부터 스마트폰 생산과 자체 운영체제인 심비안 개발에 공을 들였고, 10년 넘게 업계 1위 자리를 지켰다.

2016년

구글 딥마인드 챌린지 매치
(알파고와 이세돌 9단과의
바둑 대국)

2022년

오픈AI 챗GPT 출시

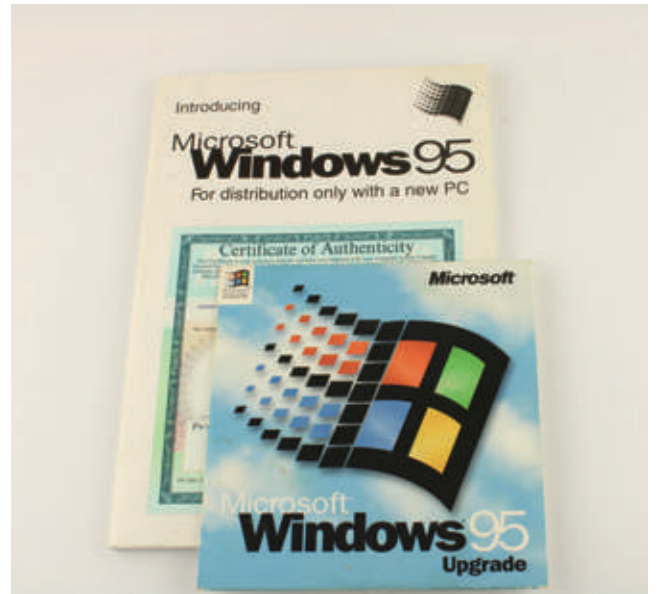
시한 2007년으로 본다. 아이폰은 빼어난 디자인과 성능, 그리고 아이팟이라는 강력한 디지털 음악 기기와 인터넷 미디어 기기로서 가능성을 보여주면서 전 세계에서 선풍적 인기를 끌었고, 모바일 혁명^{mobile revolution} 시대를 열었다. 스마트폰 역시 처음을 장식한 혁신 기술 또는 제품이 혁명적 변화를 일으킨 것과는 완전히 달랐다.

AI시대를 연 딥러닝 기술과 AI 시대로 진입

IT 역사의 거대한 흐름을 만들어낸 핵심적인 두 기술과 제품들이 PC와 스마트폰이라는 하드웨어였다면, 향후 10~20년을 주도할 가장 중요한 기술인 AI는 소프트웨어 또는 쉽게 정의하기 어려운 복합적인 기술로 봐야 할 것이다. 그렇지만 이 기술 역시 역사적으로 그 개념을 최초로 정립했던 사건들과 우리 사회를 변화시킨 이벤트를 구별해서 볼 수 있다.

AI라는 용어는 잘 알려진 바와 같이 1956년 ‘다트머스 워크숍’을 개최했던 존 매카시에 의해 널리 퍼졌다. 실제 오늘날 AI 시대를 열게 만든 딥러닝^{deep learning}¹이라는 기술도 1970~1980년대부터 학계에서 기초연구가 진행되었고, 현재의 학습 가능한 형태를 갖추고 활용한 시기로 보더라도 안 르킹과 제프리 힌턴 등 ‘딥러닝의 아버지’라고 불리는 이들이 1989년경에 발표한 기술이기 때문에 생각보다 매우 긴 역사를 자랑한다. 그럼에도 2012년 이미지넷 챌린지를 통해 딥러닝이 확실히 타 기술 대비 비교우위를 증명하기 전까지 이 기술과 이를 개발한 연구자들은 사실상 사기꾼 취급을 당했으니, 처음 혁신 기술을 개발한 것이 그렇게 좋기만 한 것은 아닌 듯하다.

그렇다면, AI가 우리 사회를 바꾸는 혁신 기술로서 지위를 확보하



결정적으로 디지털 혁명을 일으킨 가장 혁신적인 제품은 PC가 아닌 MS가 개발한 윈도95였다. 윈도95가 개발되면서 PC가 우리 사회에 폭발적으로 도입되었다.



애플은 2007년 1세대 아이폰 발표 이후 지금까지 매년 업그레이드된 제품을 선보이며 새로운 혁명을 주도하고 있다.

— 1
컴퓨터가 스스로 외부 데이터를 조합, 분석해 학습하는 기술을 뜻한다. 딥러닝의 고안으로 AI가 획기적으로 발전하게 되었다.

기 시작한 시점은 언제부터라고 해야 할까? 긴 역사의 흐름으로 볼 때 지난 수십 년의 기술 발전 역사를 무시할 수는 없지만, 크게 2016년 알파고와 2022년 챗GPT를 가장 중요하게 봐야 할 것이다.

알파고의 경우 아직은 일부 연구자와 선구적인 몇몇 기업의 전유물로 평가되던 AI를 대중에게 널리 알리고, AI가 세상을 바꿀 수 있다는 가능성을 처음으로 제대로 보여주었다. 알파고 이벤트 이후 전 세계의 여러 기업과 인재들이 앞다투어 AI에 투자했고, 각국 정부도 국가 전략에 AI라는 키워드를 적극적으로 도입해 정책을 만들기 시작했다. 그렇지만 여전히 AI는 일반인에게는 실제로는 사용할 수 없는 상상 속 기술처럼 느껴진 것이 사실이고, 실제 대중화도 활발하게 진행되지 않았다. 그러나 2022년 말에 발표된 챗GPT는 IBM PC가 대중적으로 보급되고, 윈도우95 발표와 함께 디지털 혁명이 시작되고, 아이폰이 발매된 이후 모바일 혁명이 시작된 것과 마찬가지로 누구나 접근해서 쓸 수 있다. 이는 단순히 놀라움을 안겨 주는 것으로 끝나는 것이 아닌, 이를 활용해 누구나 새로운 AI 기술을 활용해 자신만의 노하우와 서비스, 그리고 제품을 만들어보는 시대를 열었다. 이렇게 되면 역사는 정체되지 않고, 거대한 수레바퀴처럼 새로운 혁신의 역사를 써 내려가게 된다.

MR 기술 발전의 역사는 어떻게 진행될 것인가?

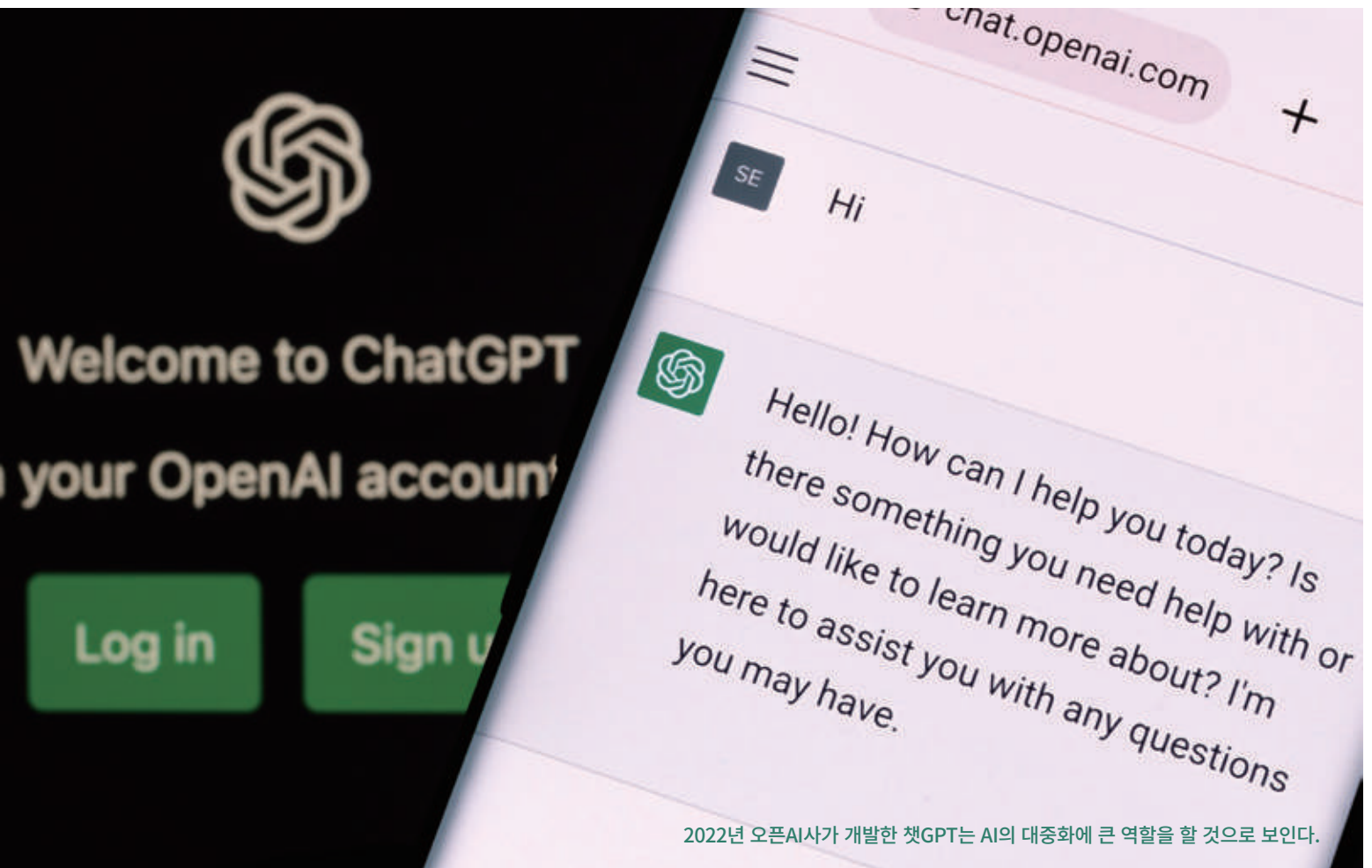
MR 기술은 어떨까. VR 기술부터 따지자면 1968년 아이번 서덜랜드의 HMD부터 역사를 살펴봐야 할 것이고, 제대로 상용화하기 시작한 제품부터 따지면 오쿨러스 리프트가 발표된 2012년 무렵까지 거슬러 올라가야 한다. AR 기술의 경우에는 2013년 구글이 발표한 구글 글라스 정도가 의미 있는 시도라고 할 수 있을 것이다. 그렇지만 아직까지는 IBM PC·윈도우95, 아이폰이나 챗GPT 같은 수준의 혁명적 변화를 가져다준 제품은 등장하지 않았다고 할 수 있다. 많은 사람이 2024년 발표될 애플의 비전프로를 기대하고 있는 것은 이 제품이 MR 기술 발전의 역사에서 그런 역할을 하지 않을까 생각하기 때문이다. 이는 사실이 될 수도, 또 한 번 실망으로 그칠 수도 있을 것이다.

언제나 그렇듯이 역사는 뒤로 흐르지 않고, 과거의 실패들을 디딤돌 삼아 발전하면서 앞으로만 나아간다. 다만 언제 그 수레바퀴가 제대로 구르기 시작하게 될지 잘 모르며, 구체적으로 누가 그리고 어떤 제품이 그런 역할을 할지 잘 모를 뿐이다. 지금까지의 흐름을 본다면 대략 2025~2027년에 이런 큰 변화가 시작될 것이라고 추



2016년 서울 광화문 포시즌 호텔에서 열린 알파고와 이세돌 9단의 바둑 대국 모습.

정하는 게 가장 합리적일 것이다. 이런 변화가 일어날 때까지 단지 기다리기만 할 것인가, 아니면 변화를 선도하기 위해 약간의 불확실성을 무릅쓰고 먼저 들어가서 자리를 잡고 있을 것인가? 선택은 자유지만, 보다 많은 사람이 모험을 할 준비를 했으면 하는 바람이다.



2022년 오픈AI사가 개발한 챗GPT는 AI의 대중화에 큰 역할을 할 것으로 보인다.



정지훈 모두의연구소 최고비전책임자, 대구경북과학기술원 교수
국내 우수 기업과 기관에서 미래 트렌드 및 전략 전문가로 활동했고, 지상파 방송사와 주요 일간지에 전 세계 최신 IT 트렌드와 전망을 강연과 칼럼을 통해 제공하고 있다. 우리들병원 생명과학기술연구소장, 명지병원 IT융합연구소장, 경희사이버대학교 교수를 역임했다. <거의 모든 IT의 역사>, <무엇이 세상을 바꿀 것인가?>, <AI 101: 인공지능 비즈니스의 모든 것> 등 여러 저서가 있다.

가상공간을 구현하는 가상현실^{VR}·증강현실^{AR} 등 확장현실^{XR} 기기를 중심으로 다양한 산업 분야에서 메타버스 활용도가 증가하는 추세다. 가상현실을 실제 현실처럼 느끼게 해주는 초실감 메타버스 기술이 발달함에 따라 메타버스가 우리 일상으로 한층 더 깊이 파고들 것이란 기대감도 커지고 있다. 과연 메타버스 산업의 성장 가능성은 어느 정도일까. 우탁 경희대학교 실감미디어 혁신융합대학사업단 부단장을 만나 관련 시장의 현주소와 향후 전망을 들어봤다.

word 김광균 photo 이승재



초실감 기술, 메타버스 대중화 앞당길 것

우탁

경희대학교 실감미디어
혁신융합대학사업단 부단장,
디지털콘텐츠학과 교수

게임 외적인 분야에서 문제해결, 지식 전달, 행동 및 관심 유도 혹은 마케팅을 위해 게임의 메커니즘과 사고방식을 접목하는 것을 뜻한다.

Q-

가상현실 콘텐츠와 게이미피케이션 전문가로서 현재 관심을 갖고 연구 중인 분야는 무엇인가요?

저는 ‘실감미디어’라는 표현을 주로 쓰는데 가상현실^{VR}, 증강현실^{AR}, 혼합현실^{MR}, 확장현실^{XR}, 메타버스 등을 모두 아우르는 말이에요. 가상현실과 게임이 주 연구 대상입니다. 게임 메커니즘을 어떻게 우리 삶 전반의 가상현실 콘텐츠에 녹여낼 수 있을지 연구하고 있습니다. 연구실 캐치프레이즈도 ‘Game can change the world(게임이 세상을 바꿀 수 있다)’예요. 가상현실 게임을 우리 삶에 적용하고 활용하는 방안에 관심을 두고 있어요. 일반적으로 게이미피케이션^{gamification}¹이라는 연구로 시작해 메타버스까지 연구 주제를 확장해나가고 있다고 보면 됩니다.

Q-

한때 전 세계를 휩쓴 메타버스 열풍이 다소 가라앉으면서 메타버스 산업에 대한 시선이 예전과 달라졌다는 평이 많습니다. 이러한 현상을 어떻게 보시나요?

첫 번째는 접근성의 문제입니다. 콘텐츠를 제대로 이용하려면 유저가 불편을 느끼지 않고 메타버스 내에서 현실과 같이 자연스럽게 행동할 수 있어야 하는데, 기기 조작성이 좋지 않거나 동작이 매끄럽지 않는 등 사용성이 떨어집니다. 두 번째는 가격입니다. 관련 기기 가격이 아무리 많이 내렸다고 하지만 여전히 고가예요. 세 번째는 콘텐츠의 부재입니다. 메타버스 열풍에서 주목해야 할 점은 인프라 확충에 기여한 측면이 있다는 거죠. 다양한 플랫폼이 생겼고, 디지털 트윈(현실 세계의 기계나 장비, 사물 등을 가상 세계에 구현한 것), 미러 월드 같은 개념이 나오면서 많은 지방자치단체가 큰돈을 들여 메타버스 환경을 구축했습니다. 그러나 환

경 구축에만 신경을 쓰는 바람에 콘텐츠는 부실해질 수밖에 없었습니다. 이러한 문제만 해소된다면 얼마든지 크게 발전할 수 있는 영역이라고 봅니다.

Q-

그럼에도 기업뿐 아니라 국가적으로도 실감 기술, 콘텐츠 기술개발에 적극 나서는 분위기입니다. 이처럼 메타버스에 주목하는 이유는 무엇인가요?

가상현실을 연구하는 사람들의 머릿속에는 비슷한 이미지가 있을 거예요. <매트릭스>, <레디 플레이어 원>을 비롯해 수많은 영화에서 봤듯이 현실이라고 착각할 정도의 가상현실을 생각하는 거죠. 하지만 실제로는 그런 세계를 구현하는 데 어려움이 많습니다. 기술적 한계로 시각, 청각 정도의 정보밖에 전달하지 못합니다. 눈으로 보면서 컨트롤러를 손에 쥐고 움직이는 정도죠. 가상현실 연구에서는 현실감 혹은 현존감을 중시하는데, 궁극적으로 현실과 똑같이 행동하고 느낄 수 있는 환경을 만드는 것을 목표로 합니다. 몰입감과 현존감을 끌어올리려면 촉각 정보도 다각화돼야 해요. 현재로서는 장갑 형태의 장비가 필요한데, 온열감·재질·부피감 같은 감각이 전달된다면 가상이라도 현실처럼 느낄 수 있습니다. 또 중요한 것은 콘텐츠 측면입니다. 우리는 가상현실에서 수많은 NPC^{Non-Player Character}(게임 속 컴퓨터 프로그램이 조종하는 가상의 캐릭터)를 만나게 되는데, 기존 게임에 등장하는 NPC 같은 방식이라면 몰입도가 떨어집니다. 기존 NPC처럼 같은 대사, 정해진 대답만 반복하는 게 아니라 상황에 맞게 대화할 수 있게 된다면 유저들은 이를 NPC가 아니라 하나의 생명체로 느낄 것입니다. 몰입감을 높이는 게이미피케이션적 요소를 메타버스 상황에 맞게 적용하는 것이 결국 ‘초실감’으로 가는 핵심기술이라고 봅니다.

Q-

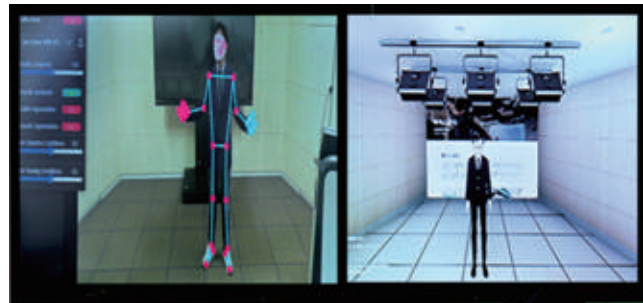
현재 국내 메타버스 산업 기술은 어느 수준까지 왔습니까? 아쉬운 점이 있다면 무엇일까요?

이 산업이 발전하려면 우선 가상의 경험을 현실 세계에 전달할 수 있는 시·촉각 정보 전달 기술이 필요합니다. 인공지능^{AI} 기술 발전으로 NPC나 게임 속 환경을 구축하는 기술은 일정 수준까지 올랐습니다. 우리나라가 소프트웨어에는 강한 면이 있지만 하드웨어 쪽은 취약한 것이 사실입니다. 하나하나 요소별로 보면, 기술력은 좋은데 이를 패키지화해 내놓을 수 있는 기업은 없다는 거죠. 그런 점이 무척 아쉽습니다. 그리고 이걸 좀 다른 이야기지만, 앞서 말씀드린 것처럼 그동안 우리나라는 메타버스를 구축하기 위한 디지털 트윈 구현에만 투자가 몰린 경향이 있습니다. 지자체별로 디지털 트윈을 구축했지만 플랫폼이 각기 달라 통합이 어려운 상황입니다. 이러한 플랫폼들을 통합하려면 프로세스를 간소화하고, 보다 저렴하게 실행할 수 있는 기술을 개발해야 한다고 생각합니다.

Q-

메타버스 시장규모가 2030년 기준 1조5000억 달러까지 성장할 것이라는 전망도 나오고 있습니다. 메타버스 시장의 성장세에 대해선 어떻게 보고 계시나요?

사실 그러한 기사를 자세히 들여다보면 실질적으로 다 같은 데이터인데 VR, AR, 메타버스 등으로 키워드만 바꿔 해당 시장 성장세라고 언급한다는 걸 알 수 있습니다. 메타버스 시장 성장 전망에 활용된 데이터들을 보면 VR, AR, 메타버스 커뮤니케이션 플랫폼, 디지털 이머징 등 여러 가지 영역을 다 합쳐놨어요. 이는 결국 가상현실을 우리 삶에 활용하는 산업 영역이라고 볼 수 있는데, 저는 현실이 하나 더 생기는 수준으로 발전하리라고 예상합니다. 우리는 이미 삶에서 대면으로 이뤄지던 것들을 비대면으로 대체하는 경험을 했기 때문에 앞으로 이 시장은 커지면 커졌지 줄어들진 않을 거라고 봅니다. 하드웨어 관련 기술개발뿐 아니라 콘텐츠 연구개발도 활성화되고 있어 앞으로 시장은 계속 성장할 것으로 전망합니다.



경희대 실감미디어 사업단은 메타버스 및 가상공간에서 수업할 수 있는 'X-SPACE'를 구축하고 있다. 이를 통해 현장은 물론 원격으로 수강생이 수업에 실시간으로 참여할 수 있으며 VR, 모션 캡처 등 다양한 기기를 활용한 실습이 가능하다.



**“감각 요소까지 메타버스에 편입된다면
무궁무진한 가능성이 열릴 것이고,
우리 삶을 더욱 안전하고 다채롭게 만들 수
있을 거라고 생각합니다.”**

Q-

최근 애플의 비전프로 출시로 가상현실 관련 시장에 대한 기대감이 커지고 있습니다. 애플이 선보인 제품과 기술이 메타버스 시장에 어떤 영향을 미칠 것이라고 보시나요?

초창기 AR 기기의 경우 사용성 문제가 많았습니다. AR은 제가 쓰고 있는 안경 같은 글라스를 통해 뭔가 보여주는 것이 가장 이상적인데, 문제는 고가라는 점입니다. 그래서 시장 형성이 잘 안 됐다고 보는 시각이 있어요. 애플의 참여는 시장 확대 가능성을 높이는데, 문제는 역시 비싸다는 거죠. 당장은 두드러지는 효과가 없을지 모릅니다. 비싼 디바이스를 들인다고 크게 달라지진 않겠지만, 하이엔드 콘텐츠가 만들어질 가능성은 높습니다. 고가임에도 이런 디바이스가 나와준다면 하드웨어를 활용하는 소프트웨어 개발이 촉진될 수 있고, 결국 시장이 조금이라도 확대될 가능성이 열리는 겁니다. 또 소위 ‘대박’ 콘텐츠가 나온다고 하면 더 많은 사람이 몰릴 것이고, 경쟁적으로 다른 디바이스가 등장할 가능성도 높아집니다. 그렇게 되면 가격이 떨어지겠죠. 다만 단기적으로 그러한 효과를 보긴 힘들고, 5~6년 정도는 기다려야 하지 않을까 싶습니다.

Q-

완전한 메타버스를 구현하기 위해 기술적으로 보완해야 할 점과 남은 과제는 무엇인가요?

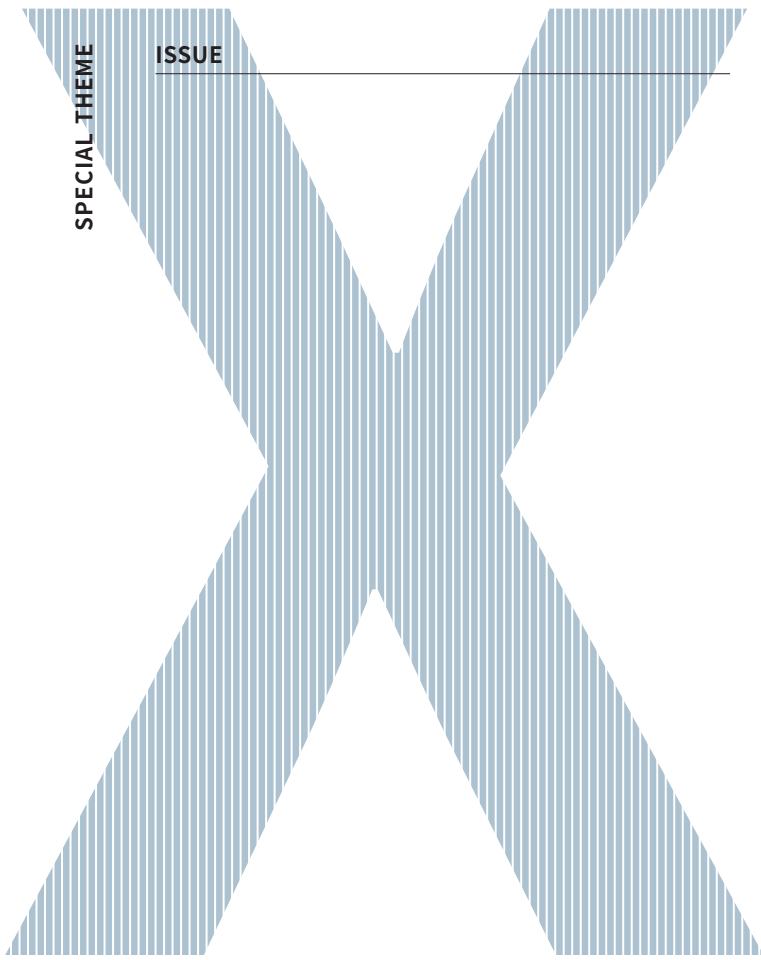
각 요소별 기술은 계속 개발되고 있습니다. 저희 사업단만 하더라도 두 가지 측면에서 연구개발을 활발하게 진행하고 있습니다. 하나는 콘텐츠 측면에서 재미와 즐거움을 줄 수 있는 방안에 대한 연구이고, 다른 하나는 사·촉각 정보 전달을 위한 디바이스 연구

입니다. 이 과정에서 저희와 협업하는 기업이 많습니다. 그중에는 장비를 착용하지 않는, 실시간 동작 인식 기반의 메타버스 플랫폼과 콘텐츠를 공동으로 연구개발하는 업체도 있고요. 디바이스와 관련해서도 몰입감을 높이는 데 필요한 슈트와 장갑을 개발하기 위해 공동연구를 진행하고 있습니다. 향후에는 시청각 정보 전달에 국한되는 것이 아니라 촉각 정보 전달로 확대되어야 하며, 촉각 정보는 단순 진동 정도가 아니라 온도·질감·부피감 등이 종합적으로 전달되는 방향으로 기술개발이 이뤄져야 합니다. 콘텐츠 측면에서도 대화형 AI가 발전해서 NPC라 하더라도 유저의 감정을 포착해 자연스럽게 소통할 수 있는 수준으로 발전해야 한다고 봅니다.

Q-

**초실감 기술이 발전할수록 메타버스의 활용도는 무궁무진해질 것으로 전망됩니다. 향후 가상현실 기술 발전 가능성과 방향성에 대해서는 어떻게 예측하시나요?
또 우리의 삶과 산업에는 어떤 변화를 가져오게 될까요?**

가상현실, 실감미디어 기술이 우리 삶을 더 확장·발전시킬 수 있을 거라고 봐요. 일단 현실에서 직접 하기에는 위험한 것들을 가상현실에서 시뮬레이션해볼 수 있고, 군사훈련 분야에서는 이미 오래전부터 가상현실 기술을 많이 활용하고 있습니다. 또 교육·건강관리·상담 등 다양한 분야에서 시장을 개척하고 있고, 요리를 배울 때도 유용하겠네요. 앞서 시각·청각·촉각에 대해 말씀드렸는데, 후각과 미각 요소도 기술이 발전하고 있습니다. 이처럼 감각 요소까지 메타버스에 편입된다면 무궁무진한 가능성이 열릴 것이고, 우리 삶을 더욱 안전하고 다채롭게 만들 수 있지 않을까 싶어요.



XR 기술은 게임뿐 아니라 산업현장에서 활용되어 패러다임을 바꿀 예정이다. 제조, 교육, 의료 등 다양한 분야에서 활약할 XR의 잠재력을 살펴본다.

코로나19로 비대면이 일상이던 불과 2년 전 기술산업의 화두는 메타버스였다. 2021년 10월 페이스북은 메타로 사명을 변경했고, 디즈니·마이크로소프트^{MS} 등 빅테크 기업도 앞다퉀 관련 기업에 투자하는 등 메타버스가 가져올 새로운 산업의 변화에 대한 낙관론이 팽배했다. 하지만 엔데믹 기조, 메타버스 구현을 위한 막대한 투자 대비 불투명한 수익률, 확장현실^{XR} 기기의 낮은 보급률과 콘텐츠 부족, 경기둔화에 따른 비용 절감 등으로 현재 메타버스의 인기는 전과 같지 않다.

XR

산업의 패러다임을 바꾸다



글로벌 XR 시장 규모

약 **138** 억 달러
2022년

32%
5년 연평균 성장률

약 **509** 억 달러
2026년 예정

— 1
다양한 에지 디바이스^{edge device}에서 발생하는 데이터를 클라우드와 같은 중앙 집중식 데이터 센터로 보내지 않고 데이터가 발생한 현장 혹은 근거리에서 실시간 처리해 데이터 흐름 가속화를 지원하는 컴퓨팅 방식.

메타버스의 부진에도 불구하고 XR은 성장세

시들해진 메타버스 열풍과는 별개로 XR 산업은 빠르게 발전하고 있다. XR 기술과 산업의 융합은 거스를 수 없는 흐름이다. 시장조사기관 IDC는 글로벌 XR 시장이 2022년 약 138억 달러 규모에서 2026년 약 509억 달러로 5년 연평균 성장률 32%를 달성할 것으로 예상한다. XR을 구현하는 기반 기술의 발전, 애플 등 빅테크의 시장 진입으로 XR 기기 간 성능 경쟁, 클라우드-에지 컴퓨팅¹의 발전으로 연결성이 개선되는 등 XR 산업의 변화는 놀라울 정도다. 특히 챗GPT로 대표되는 생성형 AI 출시 이후 생성형 AI 기반의 콘텐츠 창작 툴, 대화형 AI 시스템은 고객 맞춤형 서비스 및 대응을 손쉽게 제공해 XR 환경에서 사용자 경험을 크게 개선할 것으로 보인다.

XR 기술이 다른 산업과 융합해 산업의 혁신을 가져오고, 신산업을 창출할 것으로 기대되는 만큼 우리 정부도 XR 산업을 적극 지원 중이다. XR용 디스플레이 기술 개발·실증 사업 추진, XR 기기·부품·서비스기업과 유관 기관 합동 XR 융합산업 얼라이언스 출범 등 차세대 먹거리 산업으로 XR에 거는 기대가 크다.



MS의 홀로렌즈는 산업 생산성 증대를 목표로 출시한 AR 기기의 대표 모델이다.

지금까지 개발된 XR 기기

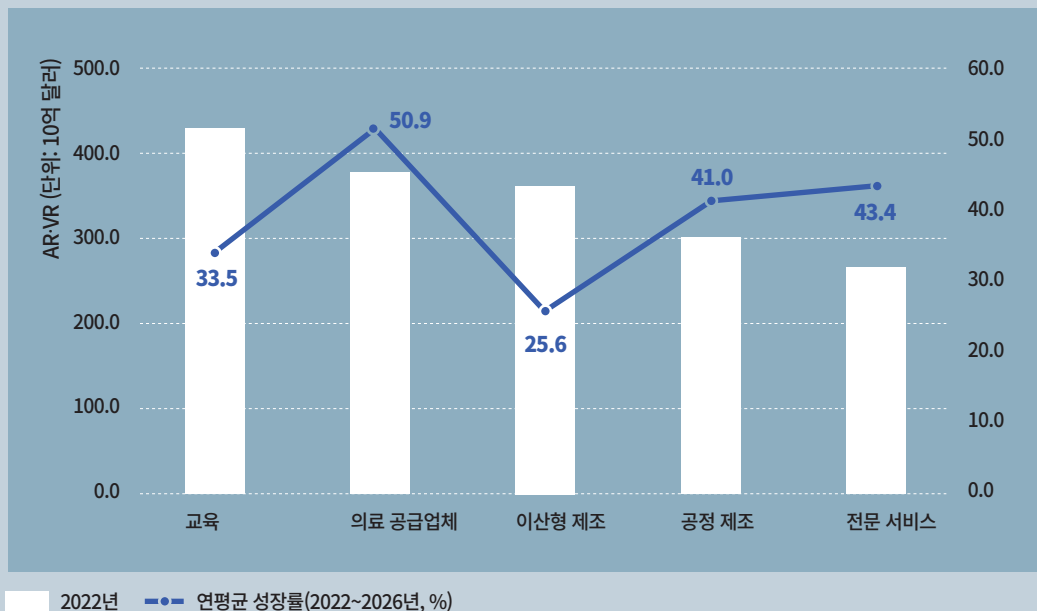
IT 산업의 급성장을 이끌던 스마트폰 판매 둔화가 장기화되면서 차세대 IT 기기로 꼽히는 것이 XR 기기다. 시장조사기관 카운터포인트리서치는 글로벌 XR 기기 출하량을 2021년 1100만 대에서 2025년 1억5000만 대로 10배 이상 늘어날 것으로 예상한다.

XR 기기는 기기 내 고해상도 디스플레이, 카메라, 센서, 칩셋 및 배터리 등을 모두 탑재해야 한다. 기존의 XR 기기는 여러 기능을 탑재하고 경량화하기엔 기술 역량이 부족해 오랜 시간을 착용한 사용자는 불편함을 호소했다. 또한 고가의 가격대(메타 퀘스트프로 출시 가격은 1499달러, 애플 비전프로는 3499달러 예정), 킬러 콘텐츠 부족 등으로 단시간에 대중화하려면 해결해야 할 과제가 많다. 현재까지 VR 기기 선두 주자는 메타로, 게이밍 기반 주력 모델 퀘스트 2와 고급 모델로 AR 기능을 갖춘 퀘스트프로가 대표 모델이다.

게임, 비디오 콘텐츠가 주류인 소비자 시장을 공략하는 메타와 달리 MS는 산업용 메타버스 사업에 중점을 두고 있다. MS의 홀로렌즈는 산업 생산성 증대를 목표로 출시한 AR 기기의 대표 모델이다. 홀로렌즈는 기업을 대상으로 소비되며, 국방용으로도 쓰인다. 2021년 4월 미 육군은 10년간 26조 원 규모의 국방용 홀로렌즈 계약을 체결했다.

다만 앞서 말했듯이 현재까지 XR 기기는 보완해야 할 사항이 많다. 2022년에 진행한 국방용 홀로렌즈 테스트에서 사용자 대다수가

2022년 아시아-태평양 지역 주요 산업별 AR·VR 지출



자료: IDC Worldwide Augmented and Virtual Reality Spending Guide(2022년 5월)

*일본 제외

HMD^{Head Mount Display}에서 발생하는 빛 때문에 두통과 눈 피로감 등을 느꼈고, 무게로 인한 움직임과 시야 제한이 보고되어 기기 성능을 개선 중이다.

그럼에도 차세대 산업으로서 가능성과 최근 XR 산업의 성장세를 파악한 대형 IT 기업들은 XR 기기 시장 진입을 서두르고 있다. 애플은 지난 6월 5일 ‘착용형 공간 컴퓨터’로 명명한 비전프로를 공개하며 이목을 끌었다. 삼성전자 역시 2018년 기어 VR을 끝으로 후속 모델을 내놓지 않았지만, 지난 2월 갤럭시 언팩 행사에서 구글 운영체제, 퀄컴 칩셋을 탑재한 새로운 XR 기기를 개발하겠다고 발표했다.

XR을 구현하는 HW·SW 기술

XR은 시각을 중심으로 청각·촉각 등 감각기관을 통해 상호작용하고, 가상 세계에서 사용자 경험을 확장하는 ‘다중 감각’ 기술이다. XR 기술의 범위는 데이터를 생성·획득하는 기술, 다양한 디바이스를 통해 표현·가시화하는 기술, 사용자가 정보를 조작하고 상호작용하는 기술, 그리고 콘텐츠 개발·서비스 지원 플랫폼 기술로 구성된다. 완벽한 가상공간을 만들거나 현실에 가상 이미지를 입히기 위해서는 하드웨어^{HW}와 소프트웨어^{SW}의 기술적 요소가 필요하다. HW 기술은 시각·청각·촉각 등 입출력 인터페이스 기술이며, 디스플레이와 HMD·AR 글라스 등이 포함된다. SW 기술은 가상환경과 가상 객체를 생성하는 기술, 카메라를 통한 영상인식·센서 기술, HW의 속성을 반영해 물감압 향상 및 디지털화된 감각 데이터를 처리하는 기술 등으로 구성된다.

산업에서 활약할 XR 기술

XR은 게임 등 콘텐츠 분야 위주 활용에서 제조·의료·건설·교육·유통·국방 산업 전반으로 확산되어 산업생산성을 제고할 기술로 기대된다. 일상에서 쉽게 접할 수 있는 스크린골프, 주차나 비행훈련 시뮬레이터도 일반화되었으며, 국방 분야에서도 미 육군은 훈련할 때 프로젝션 기반 VR 돔을 사용하고 있다. IDC는 2026년까지 교육, 의료, 이산형 제조, 공정 제조, 전문 서비스업이 XR에 비용을 가장 많이 지출하는 주요 산업이 될 것으로 예측했다.

이처럼 XR은 다양한 분야에 적용되고 있지만 산업 활용 측면에는 VR보다는 AR의 확장성이 높다. 가상환경 전체를 모델링하는 VR은 가상화면이 사용자의 자연적 시야를 모두 대체해 상황 인식을 심

각하게 제한한다. 따라서 VR에서 산업에 활용하는 사례는 시뮬레이션, 트레이닝을 비롯한 실제 세계를 볼 필요가 없는 경우로 한정된다. 반면, AR은 현실에 데이터를 결합하는 형태로 콘텐츠를 제작해 확장성이 뛰어나다.

제조업

제조공정에서 XR은 제품 설계, 시제품 제작, 제조공정 교육 등에 적용할 수 있다. 서류나 태블릿을 통해 지시 사항을 볼 필요 없이 AR 글라스를 착용해 미리 조립 과정을 살펴보고 복잡한 제조 과정을 숙지할 수 있다. 작업 순서가 변경되어도 정보를 손쉽게 업데이트 가능하다. 록히드 마틴의 경우 유인우주선을 조립할 때 현장 작업자에게 XR 기기를 착용시켜 조립 대상에 비춰진 시각화된 정보를 확인하게 해 반복 조립과 데이터 처리 시간을 90% 감소시켰다.

제조 디자인도 부품 조정, 제품 디자인과 관련한 여러 가지 대안을 VR로 쉽게 비교해 디자인을 개선할 수 있다. 또 현실에서 시제품을 직접 만드는 대신 제품의 프로토타입을 가상현실에서 만들면 제작비를 줄일 수도 있다. 현대·기아차의 경우 2019년부터 가상 차량개발실, VR 설계 품질 검증 시스템을 활용하고 있다. VR 설계 품질 프로세스를 통해 자동차 디자인이 확정되거나 양산 작업이 시작되기 전 품질을 검증하고 수정할 수 있어 시간과 비용이 절감된다.



교육

VR·AR 교육·훈련은 선박이나 항공 정비, 조립, 운항 훈련, 용접 교육 훈련 등 산업현장에서 활용도가 높다. 항공의 경우 조립 프로세스나 항공 엔진 정비 프로세스 훈련, 착륙 장치 정비 프로세스 등 XR을 활용한 훈련은 일반 항공 정비의 비싼 교육비와 공간적 제약을 극복할 수 있다. 항공기는 부품이 200만 개 이상 되는 복잡한 전

자기 장치지만, 대당 가격이 고가라 실제 항공기로 정비 실습을 하기는 어렵기 때문이다.

선박도 마찬가지다. 비싼 선박 가격과 운항비로 실제 선박을 이용한 교육 단가가 높아 숙련 교육을 위한 운항·정비 실습을 VR 플랫폼을 통해 대체하고자 하는 수요가 높다. 선박 정비도 해상 등 야외에서 주로 이뤄지고 위험에 노출될 가능성이 높지만, VR을 활용하



MS 홀로렌즈를 착용하고 군사 트레이닝을 받는 미군(위)과 우주 항공 장비를 점검하고 있는 연구원(아래).

면 비용 절감은 물론 안전하게 교육할 수 있다.

의료

VR 장비를 이용해 생체 활성화 정보를 신속하게 수집할 수 있고, 가상현실을 이용해 심리치료, 수술 전 사전 테스트나 해부 교육 실습 등이 가능하다. 미국의 케이스웨스턴리저브 대학교^{Case Western Reserve University}는 클리블랜드 클리닉, MS와 협업해 홀로렌즈, 홀로아나토미^{HoloAnatomy}를 출시하고 가상으로 인체해부학 연구를 진행했다. 이 외에도 일대일 대면 치료 방식의 심리치료 및 재활치료에 VR 기술을 활용해 비행공포증, 대화공포증, 사회불안 등을 느끼는 환자의 인지행동 요법에도 적용 가능하다. 미국의 오소 VR은 2016년 팰러앨토에 설립한 의료 VR 업체로, VR 기술을 의료 분야에 적용해 나비오^{NAVIO} 수술 시스템 가상훈련 모듈 등을 개발, 글로벌 외과수술 분야에서 인정받고 있다.

소매업

코로나19 이후 소매업은 가상 피팅, 가상 스토어 체험, 제품 구매 분야에 증강현실을 활용해 고객과 상호작용하고 있다. 미국의 미용업체 세포라는 고객이 가상으로 메이크업을 해볼 수 있는 AR 기능을 앱으로 출시했고, 이케아 역시 고객이 집에서 가구를 어떻게 배치해야 할지 미리 체험해보는 AR을 개발했다.

XR의 전망

XR 산업은 새롭게 성장하는 분야인 만큼 우리나라가 성장 과실을 가져갈 수 있는 전략 마련이 필요하다. 스마트폰 급성장기에 부품·협력업체들이 성장했듯이 차세대 IT 플랫폼으로 불리는 XR 시장에서 기술력을 갖춘 우리 기업이 시장을 선점하도록 해야 한다. XR 콘텐츠 생성 기술, 생성된 실감 콘텐츠를 표현하는 렌더링·디스플레이 기술, 사용자 상태와 상황을 인식·분석해 가상환경과 사용자 간 상호작용을 가능하게 하는 인터랙션 기술, 서비스 환경을 제공하는 인프라·플랫폼 기술 등 영역별 우리 기술 수준을 진단하고 특화할 수 있는 영역을 설정해 적극적 투자와 연구개발에 집중하는 전략이 필요한 시점이다.



김미현 한국산업기술진흥원 정책기획실 선임연구원

고려대학교 기술경영전문대학원에서 박사 과정을 수료했으며, 한국산업기술진흥원에서 산업기술 정책 수립을 담당하고 있다. 주요 분야는 R&D 생산성과 기술혁신이다.

산업기술에 ESG를 더해
지구의 내일을 키워갑니다

기업과 지구의 지속가능한 내일을 위하여

KEIT S G



선도적인 공공기관으로서

ESG의 가치를 사회적으로 확산하고
산업기술 환경을 친환경 체제로 전환합니다



R&D 신규협약 시에

'ESG 경영실천 선언서' 의무화와
기업에게 인센티브 제도를 운영합니다



탄소배출 저감을 위해

多 배출 업종 분야를 중심으로
탄소배출 저감 신기술 개발에 착수합니다

ESG (Environmental, Social and Corporate Governance)란
환경(Environment), 사회(Social), 지배구조(Governance)를 뜻하는 것으로,
'ESG 경영'이란 장기적인 관점에서 친환경 및 사회적 책임경영과 투명경영을
통해 지속 가능한 발전을 추구하는 것을 의미합니다

초고령사회에 ‘건강한 삶’을 위한 기술혁신을 이끌다

고효율 추출 사포닌 성분을 활용한 실버세대 맞춤형 톱 브랜드 제품 개발

2026년 유네스코 인류무형문화유산에 우리나라 인삼 문화 등재를 추진 중이다. 하지만 코로나19 여파에 따른 인삼 소비 급감 등으로 현재 국내 인삼은 약 2조 원에 달하는 재고가 쌓일 정도로 큰 위기에 직면해 있다. 이런 가운데 바이오테크 기업 제너럴바이오가 위기에 빠진 인삼 종주국의 위상을 재정립함과 동시에 인삼 성분 분석, 제품 개발, 제조 및 생산에 혁신을 일으킬 기술개발과 사업화에 성공해 눈길을 끌고 있다.

word 조범진 photo 서범세

— 1

사포닌은 식물계에 널리 분포하는 트리테펜 및 스테로이드계 배당체의 총칭이다. 라틴어의 Sapo(비누)에서 유래되었으며, 물과 섞으면 지속성의 거품을 내는 천연계면활성물질이다. 가용화제로서 탁월하고, 항산화 작용을 하며 건강한 피부 유지에 도움이 된다.

| | |
|--------|--|
| 사업명 | 경제협력권산업육성사업 |
| 연구과제명 | 고효율 추출 사포닌 ¹ 성분을 활용한 실버세대 맞춤형 톱 브랜드 제품 개발 |
| 제품명 | 씨케이밸런스 |
| 개발 기간 | 2015년 8월~2018년 4월(33개월) |
| 정부출연금 | 21억1100만 원 |
| 개발기관 | 제너럴바이오(주)/전북 완주군 경천면 대둔산로 540-12 ☎063-263-0001, www.generalbio.co.kr |
| 참여 연구진 | 정종훈, 고은실, 조상민, 김귀덕, 송원주 |

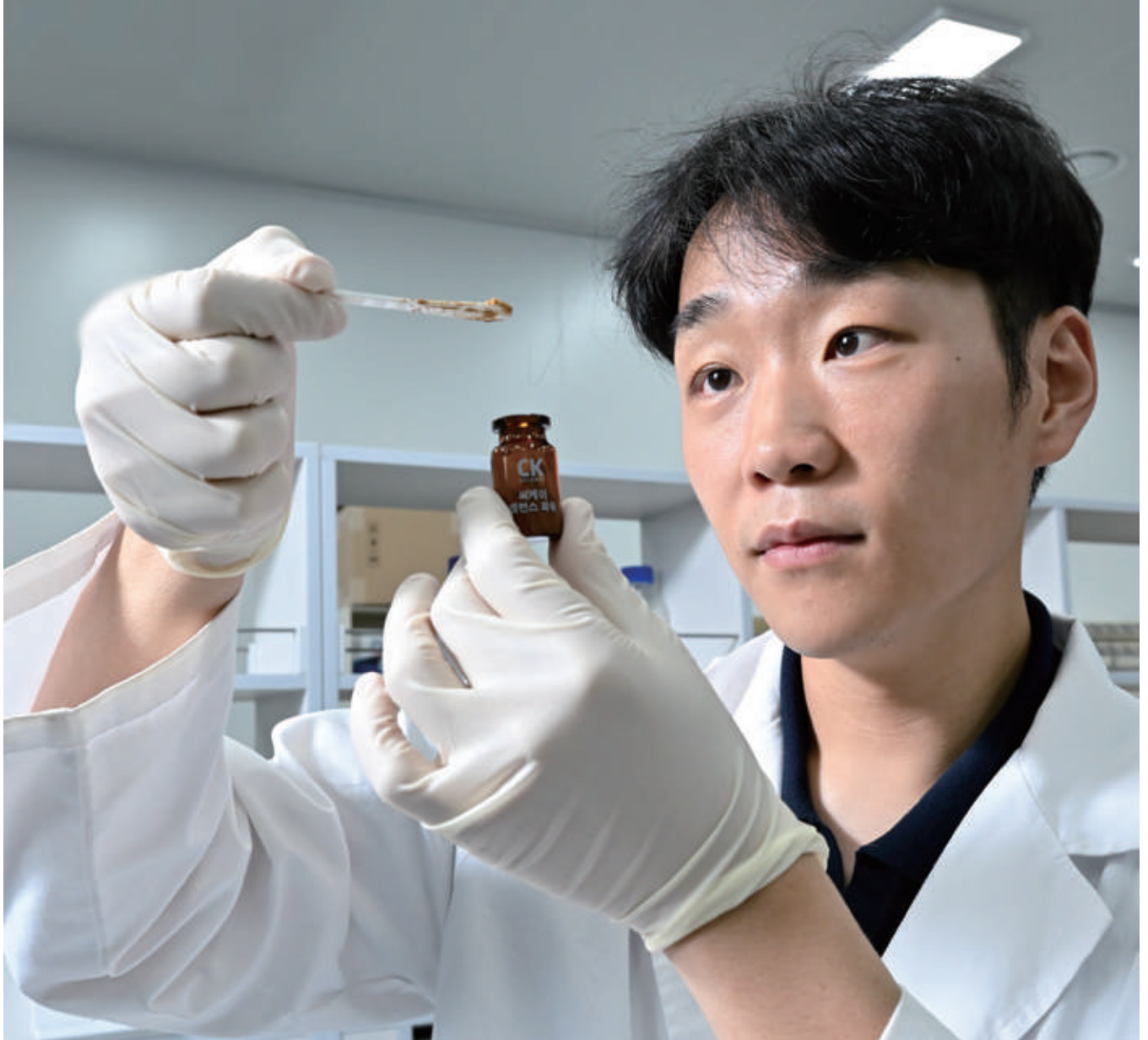
바이오 컨버전^{Bio Conversion}

생물 전환. 미생물 발효 및 효소 처리 등 생물학적 방법을 적용해 천연물 생리 활성물질의 구조적 변화를 통해 유효성분함량 증가, 흡수율 개선 및 새로운 기능 성분 생성을 유도하는 작업.

인삼 종주국의 위상 재정립, 실버세대 맞춤형 제품 개발 성공

우리나라는 2026년 초고령사회로 진입이 예상되고 있으며, 이로 인해 실버세대 맞춤의 새로운 기능성 소재 및 제품의 시너지 극대화를 위한 프리미엄 제품 개발 필요성이 점점 높아지고 있다. 이에 따라 이른바 푸드 테크^{food tech}라 일컫는 신산업의 주요 소비층인 실버세대의 영양 균형과 면역력 강화를 위한 건강기능식품 등이 푸드 테크 시장의 성장 동력으로 작용하고 있다. 특히 인삼의 경우에는 예부터 강장제, 피로 해소제, 육체 활력 유지, 권태, 피로 개선, 면역력 증강, 항암 등에 효능이 있다고 알려져 건강관리에 관심이 많은 실버세대에게 안성맞춤인 제품 개발에 주재료로 사용되고 있다.

HOW-TO 제너럴바이오는 기존 연구와 판매 제품의 문제점을 해결하고자 인삼 사용, 독점 효소, 표준화된 발효 공정을 통한 바이오 컨버전, 유기용매를 사용하지 않는 것을 목표로 삼고 원료 및 효소 선별부터 공정 표준화까지 수년간 실험을 진행해왔다. 완벽한 연구진과 연구시설 없이 진행하는 기술 개발은 순탄치 않았지만 내부 연구원들의 끊임없는 노력 끝에 타사 대비 월등한 수준의 컴파운드 K를 함유한 원료를 개발해냈다.



고효율 추출 사포닌 성분을
활용한 실버세대 맞춤형 톱
브랜드 제품 개발

산업혁신기술상 사업화기술 부문
제너럴바이오(주)
서정훈 대표이사



이와 관련해 서정훈 대표는 “우리나라는 오랜 세월 인삼 종주국으로서 지위와 다르게 인삼을 활용한 혁신적 기술개발에는 큰 관심을 기울이지 않았다. 기존의 제품 개발 및 생산 방식만으로도 인삼의 효능과 효과를 충분히 볼 수 있을 것이라 생각했기 때문이다. 이런 점에서 제너럴바이오의 이번 기술개발 및 사업화 성공은 인삼 종주국의 위상에 걸맞은 기술 및 제품 개발이라는 측면에서 시사하는 바가 크다”고 말했다.

자체 기술로 컴파운드 K 생성 극대화, 국내 최고 수준 원료 개발

인삼에는 사포닌이라는 배당체 성분인 진세노사이드^{Ginsenoside}가 함유되어 있으며, 진세노사이드 Rg1·Rb1·Rc 함량이 비교적 높은 것으로 보고되었다. 하지만 실제로 Rg1, Rb1 같은 고분자 사포닌의 체내 흡수율은 놀랍게도 1~5% 정도로 낮은 수준이다. 이것들은 모두 장내 미생물에 의해 마이너 진세노사이드인 컴파운드^{compound} K, 컴파운드 Y 등으로 분해되어 체내 흡수된다. 컴파운드 K는 면역, 항암, 신경 보호, 항노화, 피부 보호, 항당뇨, 동맥경화 예방, 항염증, 간 보호 등 다양한 기능이 있는 성분임에도 4명 중 1명은 체내에서 컴파운드 K로 분해·흡수시키지 못한다고 한다.

현재 인삼의 마이너 진세노사이드를 강화하기 위한 방법에는 물리적·화학적·생물학적 방법이 있다. 그러나 열·압력 등을 이용하는 물리적 방법과 산·염기 등을 이용하는 화학적 방법은 벤조피렌이나 프탈레이트 같은 유해 물질이 생성되거나 혼입되는 단점이 있고, 생물학적 방법 중 미생물을 이용한 발효의 경우에는 안전하지만 생산성이 낮고 특정 진세노사이드 생산에 한계가 있는 것이 단점이다. 이에 따라 효소 처리에 의한 가수분해를 이용하는 생물학적 방법을 사용하는데, 이 방법 역시 효소의 단가가 높다는 단점이 있지만 수율과 생산성이 높아 특정 진세노사이드를 생산하기에 매우 유용해 주로 사용되고 있다.

제너럴바이오 부설 연구소 정종훈 팀장은 “물리적·화학적 방법으로는 컴파운드 K가 생성되지 않으며, 생물학적 방법에 의해서만 컴파운드 K가 생성된다”면서 “이렇게 미생물과 미생물이 생성하는 효

제너럴바이오 연구진은 사포닌을 저분자로 전환하는 MEBT를 자체 개발해 사포닌의 체내 흡수율을 극대화하는 데 성공했다.





서정훈 제너럴바이오 대표는 지속적인 연구를 통해 향후 개별인정형건강기능식품 원료로 인정받는 것을 최종 목표로 하고 있다.

소를 이용해 천연 소재의 기능성 물질을 증대시키는 것을 바이오 컨버전 기술^{bio conversion technology}이라고 한다. 당사에서는 자사만의 효소를 연구개발해 컴파운드 K의 생성을 극대화했고, 핵심기술인 MEBT^{Multi-Enzymatic Bio conversion Technology} 적용과 엄선한 효소 선별, 인삼과 효소의 황금 비율, 온도 및 시간 등 발효 조건 최적화를 통해 컴파운드 K 함량 50mg/g인 국내 최고 수준의 원료를 개발할 수 있었다”고 밝혔다.

핵심기술 적용된 인삼 발효 추출 분말의 기능성 원료 인정 목표

연구과제를 통해 기능성 화장품 소재와 고효율 추출 사포닌 소재(컴파운드 K 강화 소재)를 개발 및 제품화하는 데 성공했다. 대표적 식품으로 씨케이 밸런스, 씨케이 밸런스 파워, 씨케이 밸런스 헤모 등이 있으며, 화장품으로는 케어셀라 핸드크림, 케어셀라 마스크팩, 케어셀라 V10 앰플, 케어셀라 T11 크림 등이 있다. 개발 제품의 사업화를 통해 과제 종료 5년 차인 현재 약 540억 원의 누적 매출과 46명 고용을 달성했다.

제너럴바이오는 국내뿐 아니라 미국, 일본, 베트남, 말레이시아, 인도네시아, 대만 등 해외 지사를 통한 매출 극대화로 글로벌시장 점유율 확대를 목표로 하고 있다. 최종적으로 마이너 진세노사이드인 컴파운드 K 성분 강화 기술을 바탕으로 국내외 관련 제품 시장에서 독보적 점유율을 확보할 것으로 기대하고 있다.

앞으로 개발계획 및 목표에 대해 서 대표는 “핵심기술인 MEBT를 적용한 인삼 발효 추출 분말 제품 개발을 꾸준히 진행하고 있으나, 아직까지는 기능성 원료로 인정받지 못하고 있다”면서 “현재에도 개발 핵심 원료인 고품질 컴파운드 K가 함유된 인삼 발효 추출 분말의 향암, 면역 증진, 항염증 등 다양한 기능성에 대한 자사 및 외부 기관 평가를 진행하고 있다. 지속적인 연구를 통해 향후에는 개별인정형건강기능식품 원료로 인정받는 것이 최종 목표다”라고 밝혔다.

제너럴바이오(주)

지난 2007년 11월 설립된 제너럴바이오는 바이오 신소재와 함께 바이오 컨버전 및 나노·고분자 기술을 기반으로 생활용품과 화장품, 건강기능식품 등을 연구개발·생산하는 바이오테크놀로지 기업이다. 회사 설립 이후 지금까지 기능성 성분을 개발하고 친환경 제품을 생산하면서 식물 줄기세포, 기능성 천연 원료 같은 새로운 생체 재료 및 신기술과 관련한 여러 특허를 획득하는 등 남다른 연구·기술개발 능력을 자랑하고 있는 제너럴바이오는 미국 생명공학 전문지 <라이프 사이언스 리뷰^{Life Science Review}>가 선정한 ‘2022 아시아-태평양 바이오테크 스타트업 톱 10’에 오르기도 했다.



알멕은 전기자동차 차체 중량을 감소함으로써 배터리 무게 증가를 상쇄하는, 충격 흡수·내열 특성을 지닌 가벼운 알루미늄을 개발하는 데 성공했다. 자동차 분야는 물론 에너지, 항공우주 그리고 알루미늄 강도와 경량성, 내식성이 요구되는 다양한 산업에서 활용 가능하다.

자동차·에너지·항공우주 산업 분야를 위한 가볍고 안전한 알루미늄 개발

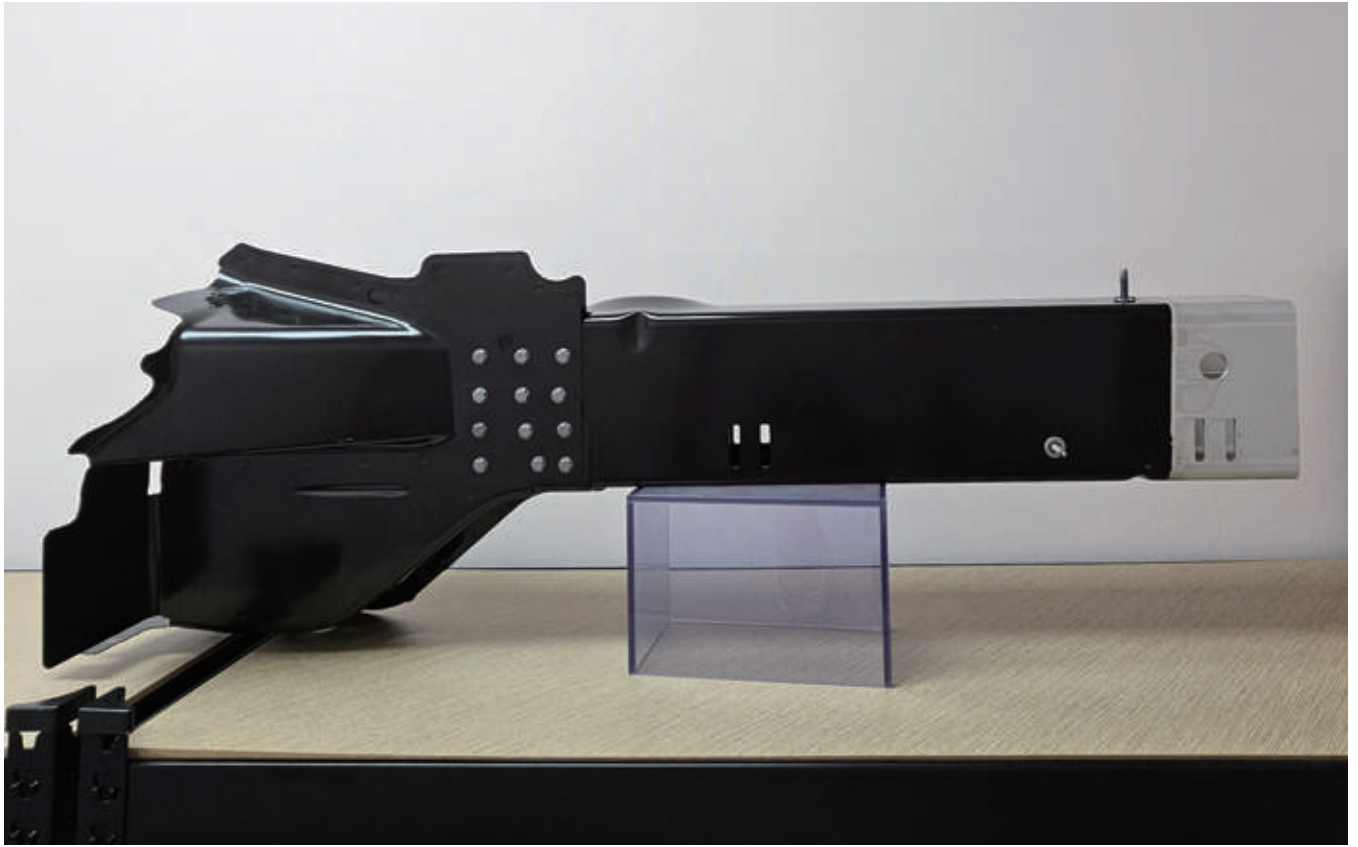
| | |
|---------|---|
| 프로젝트명 | 고온열화 특성이 우수한 초고강도 알루미늄 압출재 및 부품화 기술 개발 |
| 연구개발 기관 | (주)알멕(대표기업, 임재철), (주)디에스아이(김성훈), (재)포항산업과학연구원(김명균), 한국자동차연구원(김진평), 인하대학교(현승균) |
| 참여 연구진 | 위 각 기관 책임자로 대체 |
| 연구 기간 | 2020년 4월 1일~2022년 12월 31일(2년 9개월) |

2012년 전기자동차 시장은 테슬라 모델 S가 대성공을 거두며 점점 확대되었고, 2020년대에는 4차 산업혁명과 맞물려 전기자동차 시대가 본격적으로 시작되었다. 전기자동차는 주행거리를 늘리기 위해 고전압·고용량 배터리 개발이 필수이며, 그에 따라 배터리 무게가 비약적으로 늘어날 수밖에 없고, 이는 자동차 중량이 증가하는 요인이다. 전기자동차의 주행거리는 자동차 무게에 반비례하기 때문에 이러한 단점을 보완하기 위해 차체부품의 중량 감소로 배터리 무게 증가를 상쇄하는 연구가 지속적으로 수행돼왔다.

가볍지만 튼튼한 알루미늄 필요

기존 자동차 차체 프레임 부품은 강도 및 원소재 가격 때문에 철^{steel}을 많이 사용했으나, 철은 밀도가 약 7.84g/cm³ 정도로 자동차 무게에 좋지 않은 영향을 미친다. 이러한 중량 감소 이슈에 대응해 철 대비 약 65% 가벼운 알루미늄은 경량화 금속으로 각광받고 있지만, 철과 비슷한 강도와 특성을 확보해야 했다.

자동차에서 가장 중요한 것은 운전자의 안전이다. 절대 발생해선 안 되지만, 어쩔 수 없는 상황에서 전기자동차가 충돌했을 때 운전자의 안전은 물론 배터리 안전 확보를 담보하는 크러시^{crush} 특성(충격 흡수 특성)을 지닌 알루미늄이 필요하다. 또 전기자동차 수명 기간 지속적으로 반복 수행되는 급속충전과 주행 중 방전 시 발생하는 130°C에 이르는 고온 환경에서 알루미늄의 강성과 크러시 특성이 유지될 수 있는 내열 특성도 필요한 요소였다. 즉 전기자동차용 알루미늄은 강성 및 충돌 흡수 성능과 내열 성능을 갖춘 복합 기능성 알루미늄 소재와 부품 개발이 시급한 상황이었다.



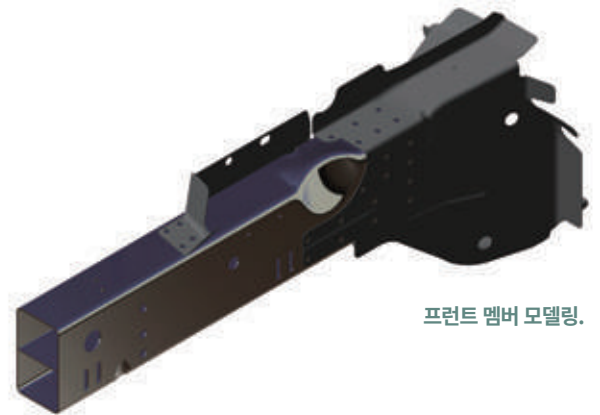
프런트 멤버 실사진.

크러시·내열 특성 모두 갖춘 알루미늄 개발

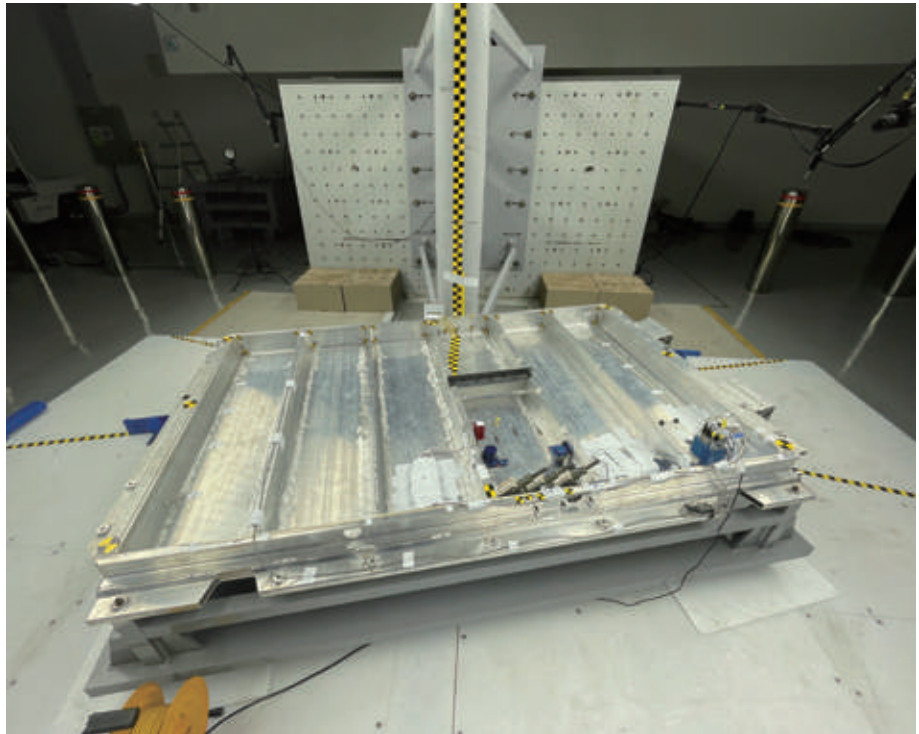
본 기술개발은 해외 글로벌 완성차 메이커의 배터리 팩^{battery pack} 프레임, 프런트 멤버^{front member}, 사이드 실^{side sill} 부품을 대상으로 강성과 크러시·내열 특성을 동시에 지닌 알루미늄 합금을 설계·최적화하고 용해, 주조, 압출, 열처리 공정제어 기술을 통한 소재를 개발하는 것은 물론 부품 제조를 위한 가공·접합 기술에 이르는 전체 공정으로 진행되었다.

개발 부품의 특성에 맞는 강성과 크러시·내열 특성을 강화하기 위해 열역학 기반의 주요 강화 정출상·석출상을 제어하는 합금 설계 연구를 시행했다. 설계한 신합금으로 청정화 용해 기술 및 균질 최적화 기술개발을 통해 양산 기반 빌렛^{billet}을 주조했고, 개발 부품에 적합하도록 설계·주조한 빌렛으로 압출 및 열처리 공정제어 기술을 통해 압출 제품을 개발했다.

압출은 항상 같은 온도로 제어하는 것이 매우 중요한데, 본 과제를



프런트 멤버 모델링.



배터리 하우징(충돌시험 시).



통해 스마트 컨테이너 시스템 기술과 등속 제어 시스템을 개발·구축해 정밀 압출 공정제어 기술을 완성했다.

또 크러시·내열 특성을 확보하기 위해서는 압출 제품의 금속 조직이 일정한 크기로 균일하게 제어되어야 했다. 그러려면 압출 직후 고온의 제품을 짧은 시간 내에 빠르게 냉각해야 한다. 냉각과정에서 제품 형상이 변형되어 불량 발생하지 않으려면 변형제어를 동반하는 냉각제어 기술이 반드시 필요한데, 이는 스마트 집중 냉각 시스템 기술을 통해 문제를 해결했다.

트레이드오프 한계 극복

강성은 물론 크러시·내열 특성을 지닌 알루미늄 소재는 기존 강성 향상을 주목표로 진행한 알루미늄 소재 기술개발과는 출발점이 다르다. 일반적으로 물리적 특성은 강성이 올라가면 연성이 떨어지는 트레이드오프^{trade off}가 발생한다. 일반적 알루미늄합금은 강성이 올라가면 크러시 특성은 떨어지고, 알루미늄은 내열 특성이 현저히 떨어지는 금속이다. 이러한 트레이드오프 한계를 극복하는 알루미늄 소재 기술은 기존 알루미늄 제조 기술과 결이 다르다.

알멕은 크러시 특성을 지닌 알루미늄합금을 이용해 전기자동차 부품 제작과 관련한 양산화에 성공했고, 2022년 기준 350억 원의 매출을 실현했으며, 향후에는 더욱 늘어날 전망이다. 또 본 과제에서 이룩한 요소 기술은 알멕의 양산 제품 곳곳에 적용되어 많은 기술 발전 및 성과를 거두었다. 2021년 대비 2022년에는 매출이 약 2배 증가했고, 2023년 6월 30일에는 코스닥시장에 상장했다.

제품 활용 분야

자동차산업



차체 프레임과 부품을 제작해 자동차 무게를 감소시키는 것은 물론 안전성이 향상된다.

에너지 저장 시스템



배터리 팩이나 다른 에너지 저장 시스템의 부품으로 활용 가능하다. 내열성이 향상되면 열 발생과 배출에 효과적으로 대응할 수 있으며, 시스템의 성능과 안전성이 높아진다.

항공우주산업



알루미늄합금을 사용함으로써 우주선의 전체 중량이 감소되고, 내열성이 향상된다.

기타 산업 분야



스포츠용품, 건설자재, 전기·전자기기 등에 적용할 수 있다. 알루미늄의 경량성과 강도, 내식성 등은 다양한 산업에서 요구되는 속성이다.



(주)알멕

알멕은 압출 소재 기술 강점과 자동차 부품 제조 노하우를 기반으로 자동차용 경량 부품 사업의 영역을 점점 넓혀가고 있다. 2017년부터 시작된 전기차 배터리 부품 사업과 전기차용 차세대 고강도 고연성의 크러시 알로이^{crash} alloy 기술을 활용한 사업을 통해 글로벌 알루미늄 소재·부품 기업으로 비약적 성장세를 나타내고 있다.

지난 50년간 국내 알루미늄 압출 사업의 발전에 기여해온 알멕은 국내 알루미늄 산업의 밑거름이 되기 위해 끊임 없는 노력을 기울이고 있으며, 창의적 도전 정신과 의지로 더욱 매진하고 있다.

클래드 후판 열간압연 장면



동국제강(주)
에너지 플랜트용 전단강도
250MPa급 이상 광폭 압연
클래드 후판 국산화 제조 및
강관 압력용기 적용 기술의 개발

word 조범진 photo 김기남

수입 의존 고부가가치 클래드 후판 국내 최초 국산화 성공

정부가 소부장 산업 육성 및 지원 정책을 발표하자, 세간의 관심은 반도체와 디스플레이에 집중되었다. 하지만 모든 산업의 씨앗이자 근간이 되는 뿌리산업의 핵심인 철강 분야에서 경쟁력 향상을 위한 기술개발 및 상용화에 성공한 기업이 있다. 일본 등 수입에 전적으로 의존하던 클래드 후판의 국산화에 성공한 국내 최초 민간 철강 기업이자 국내 최초 후판 상용화 기업인 동국제강이다.

— 1

클래드^{Cald}는 서로 다른 금속을 결합해 각 금속의 장점만 취하는 접합 기술을 의미하며, 후판은 두께 3mm 이상의 강판을 말한다. 동국제강은 후판에 스테인리스를 얇게 붙인 클래드 후판으로 강도와 내식성을 동시에 충족시키고 원가경쟁력을 확보했다.

— 2

부식이 잘되지 않는 합금으로 내식합금에 첨가되는 원소의 종류와 양은 부식이 일어나는 형식에 따라 다르며 대표적 내식합금은 철 계통에 스테인리스강^鋼, 알루미늄합금에 히드로날륨^{Hydronalium}이 있다.

수입 의존 탈피, 국내 철강 및 제조업계 경쟁력 향상 도모

클래드 후판¹은 유럽을 비롯해 미국·일본·중국 등 일부 국가에서 독점 공급하고 있으며, 공급처가 전무한 우리나라는 수입에 의존하는 실정이다. 특히 압력용기와 강관용에 적용되는 클래드 후판은 유럽이나 일본에서 고가, 긴 납기로 수입하는데 사실 해외 수급도 용이하지 않아 국내 기업의 국제경쟁력에 제약이 되고 있다. 이런 가운데 동국제강은 당진 후판 공장 가동을 향상과 적정 수익성 확보를 위한 새로운 사업 아이템 발굴이 필요했고, 시장을 과점하는 후판과 다른 방식의 생존 전략이 필요한 상황에서 정부의 소재 부품 기술개발 사업인 ‘내식합금^{CRA}² 광폭 압연 클래드 판재의 국산화’와 접목되면서 본격적으로 개발에 착수했다.

‘Ni계 CRA 소재 및 폭 3500mm급 CRA/steel 후판 클래드 금속 소재 기술 개발’ 주관 기관인 동국제강은 산학연 전문가로 컨소시엄을 구성해 수입에 의존하던 원재료부터 최종 부품을 국산화함으로써 소재 자립화 및 클래딩 기초 소재·압연·강관 및 압력용기 제작 등 통합 기술을 통한 공급체인 국내 생산 기반을 확보했다. 이에 따라 국내 제조업계에서는 이번에 동국제강이 소재 제조 기술을 국산화함으로써 소재 시장에서 국내 제조업계의 해외 의존도가 점차 낮아질 것으로 기대하고 있다. 특히 제조원가 절감, 납기 단축 등을 통해 국내 제조업 경쟁력 향상에 크게 기여할 것으로 전망된다.

전 세계에서 클래드 수요가 증가하며 기술 국산화로 유발효과 증대 전망

클래드는 성질이 다른 이종^{異種} 소재를 접합해 구성 소재 각각의 장점을 극대화하는 기술이다. 에너지산업에서 부식 환경 정도에 따라 CRA와 탄소강 소재를 금속학적으로 접합해 내식성과 고강도를 동시에 만족하는 한편, 소재 제조 비용도 절감 가능하다. 금속 후판 클래드 기술은 크게 폭발 압접을 통한 방법과 오버레이^{overlay} 용접, 압연 등으로 나뉜다. 폭발 압접의 경우 균질한 계면 접합 성능 확보의 어려움과 제조공정에 제약이 따르며, 오버레이 용접은 비용이 높아 극후물재에 제한적으로 쓰인다. 이에 반해 압연 방법을 통한 후판 클래드는 계면 품질이 균질해 고사양 강관 제작 등에 널리 쓰인다.

‘글로벌 클래드 플레이트 마켓 그로스^{Global Clad Plate Market Growth}’ 보고에 따르면 2020년 기준 전 세계 클래드 후판 수요는 연간 약 59만~67만 톤 수준으로 폭발 용접 클래드 약 44만~49만 톤, 압연 클래드 약 14만~18만 톤이다. 이 중 국내 클래드 후판 수요는 연간 약 1만6000~2만7000만 톤 수준으로 전량을 수입에 의존하고 있다. 이와 함께 압연 클래드 기준으로 국가별 점유율은 유럽 51%, 일본 45%로 유럽과 일본이 전 세계 96%를 차지하며, 2028년 클래드 수요는 연간 100만 톤까지 지속적으로 증가될 것으로 예상되는 상황에서 동국제강의 이번 기술개발 및 상용화 성공은 괄목할 만한 성과라고 평가할 수 있다.

개발 초기부터 가치사슬 구성해 기술 및 상용화 성공 이끌어

클래드 후판을 개발할 때 어려운 점은 없었는지 묻자, 성준호 특수강사업팀 팀장은 “기술 측면에서는 철강업계에 관련 기술이 전혀 공개되어 있지 않았다는 점이다. 일본과 유럽의 생산 메이

커에 직간접적으로 방문과 견학 등을 요청했으나 대부분 거절당했고, 그런 이유로 생산공정에 대해 완전한 시행착오 상태에서 진행해야 했다”고 말했다. 심호섭 특수강사업팀 부장은 “생산 측면에서는 일반적 후판의 생산공정이 아닌 상당한 분량의 수작업과 별도 공정이 필요했기에 공장 내 공간 확보와 설비 보완이 필요했다”며 “생산 일정도 기존 제품과 차별화할 수밖에 없었기 때문에 야간이나 주말 테스트가 불가피했다”고 전했다.

개발 초기, 동국제강은 사업 진도율이 원하는 수준으로 속도를 내지 못했다. 하지만 기존 기술특허와 관련한 논문 등 최대한 모든 정보를 수집하면서 방향을 잡을 수 있었고, 결국 광폭 압연 클래드 후판을 국산화하는 데 성공했다. 무엇보다 가장 큰 성공 요인은 일찍이 1977년 장상태 회장이 인재 양성과 우수한 품질, 기술혁신이라는 연구개발^{R&D}의 초석을 쌓아 올린 결과다. 또 당진공장이 주목받는 이유는 기술개발 참여 연구진이 직접 생산 현장과 판매 시장에서 치열하게 체득하고, 이를 바탕으로 기술개발 방향과 해결책을 모색한 것이 주요인으로 꼽힌다. 특히 이번 정부 과제 진행 과정에서 동국제강은 주관 기관으로서 컨트롤타워 역할은 물론 철강업계에서는 좀처럼 보기 어려운 생산과 수요 그리고 공급망을 아우르는 가치사슬을 잘 구성해 소재와 기술 개발, 상용화 성공이라는 결실을 거둔 것에 주목할 필요가 있다.



클래드 후판 제품의 모습.



클래드 후판을 이용한 부품 소재 시작품(압력용기 및 파이프).

친환경 철강업의 미래를 만들어가다

동국제강은 1954년 철강 보국 이념을 바탕으로 설립한 국내 최초의 민간 철강 기업으로, 지난 7월 창립 69주년을 맞았다. ‘Steel for Green’이라는 친환경 성장 전략 아래 세계적으로 대두된 탄소중립 이슈에 선제적으로 대응하고 있다. 철 스크랩을 녹여 쇳물을 만드는 제강 생산능력은 연간 360만 톤이며 봉강 275만 톤, 형강 130만 톤, 후판 150만 톤 등 연간 총 555만 톤의 철강 제품을 생산하고 있다. 또 동국제강은 국내 최초로 친환경 에코아크전기로를 도입해 에너지 사용량을 30% 절감하고 온실가스배출량을 감축하는 등 친환경 기반의 제품을 생산하는 데 앞장서고 있다. 한편, 일반적으로 두께 6mm 이상의 두꺼운 강판을 의미하는 후판은 용도에 따라 조선·해양플랜트·구조·압력용기·파이프용 등으로 구분하는데, 동국제강은 국내 최초로 후판을 생산한 노하우를 바탕으로 일반 강부터 고급 강은 물론 최상위 압연 기술을 적용한 극박후판, DK-LP^{Dongkuk-Longitudinally Profiled} 플레이트, 클래드 후판 등을 생산하고 있다.



축적된 노하우로 티타늄 합금 클래드 개발 목표

박병규 동국제강(주) 당진공장 이사.



Q. 동국제강 당진공장이 보유한 기술과 성과는?

A. DK-LP 플레이트는 동국제강의 최상위 압연 기술을 이용해 개발한 제품으로, 서로 다른 두께의 후판 간 용접부 없이 구조물을 제작할 수 있다. 주요 장점으로는 구조물 용접 최소화에 따른 비용·시간 감소, 가공·용접 검사 최소화, 용접 잔류 응력 및 변형 최소화에 따른 구조물 안전성 증가, 가공공수 저감을 통한 공기·납기 단축 등을 들 수 있다. 또 기존 이중 두께 후판은 LP 타입만 가능한 데 반해 DK-LP 플레이트는 두께 변화 부분의 길이를 획기적으로 단축하는 DT^{Differential Thickness} 타입 공법도 가능해 선박, 교량, 철골, 풍력터빈 등에 활용할 때 고객의 다양한 요구에 대응 가능하다. 최근에는 한 장의 후판에 세 가지 두께를 구현한 ‘3 step type’ 모델과 대형형 구조 후판을 역으로 적용한 ‘symmetry type’ 등을 개발했다.

Q. 동국제강의 클래드 기술이 경제적·사회적가치 형성에 어떻게 기여하고 있다고 생각하는가?

A. 클래드 개발을 통한 소재 국산화의 기본 장점으로는 먼저 대외변수에 따른 수급 불안정 대응을 꼽을 수 있다. 아울러 납기 단축과 함께 가격의 탄력적 대응이 가능하다는 점, 연관 산업의 공동 발전 등도 있다. 특히 국내 공급처 미비로 처음부터 입찰 참여 자체를 포기해야 했던 프로젝트가 클래드 후판 관련 철강사와 수요 산업 제조업체에 기회의 장으로 바뀐다면 전체 제조업 시장에도 새로운 성장 동력으로 주목받을 것으로 기대한다.

Q. 국내 미래 선도형 금속재료 사업과 관련해 관련 산업 발전을 위한 동국제강의 전략과 대책 등이 있다면?

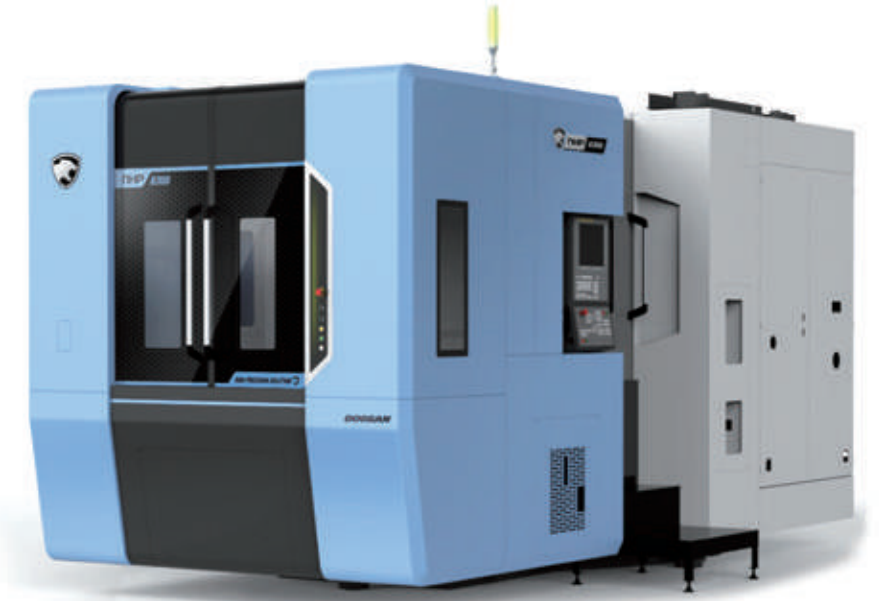
A. 동국제강은 스마트 팩토리를 구축하기 위해 2018년부터 2020년까지 SF^{Smart Factory}위원회 1기를 발족한 뒤 공정 자동화에 초점을 두고 업무를 진행했다. 그 결과 다수 공정에 로봇이 도입되어 인력 대체, 생산성 향상, 안전 확보가 가능하게 됐다. 2021년부터 현재까지 3년 동안 SF위원회 2기를 운영 중이며, 2023년에는 공정 지능화를 위한 스마트 팩토리 설계·도입을 목표로 진행하고 있다. 아울러 중장기 탄소중립 달성 및 기후변화 대응을 위해 온실가스분과위원회를 발족해 운영하고 있다. 중장기적으로 전기로 조업 미래 기술의 개발 및 재생에너지 사용 확대를 통해 2050년 탄소중립을 실현하고자 한다.

Q. 동국제강 당진공장의 앞으로 계획과 목표는?

A. 향후 후판 클래드 분야에서 스테인리스스틸^{STS}, 니켈^{Ni} 합금뿐 아니라 티타늄^{Ti} 합금이 적용된 클래드 시장도 수요가 증가하는 추세이므로 축적된 클래드 기술 노하우를 바탕으로 다시 한번 정부 과제 지원을 통한 티타늄 합금 클래드 개발이 진행되었으면 한다.

친환경 전기차 시장의 규모는 해마다 30%씩 성장하고 있으며, 부품의 재질 및 제조 방식 또한 달라지고 있다. 디앤솔루션즈는 자동차 부품 가공 환경에 맞는 머시닝센터 개발을 목표로 프로젝트를 진행했다.

원가경쟁력과 생산성 갖춘 가공기



다이캐스팅 방식으로 생산한 알루미늄 제품은 정밀 주조이기에 가공량이 적고, 알루미늄이라 가공 토크가 높지 않아도 되지만 가공 부위가 많고 형상이 복잡해 공구 교환이 많아져 비절삭 시간이 증가한다. 이에 따라 비가공 시 소요되는 시간을 줄여 알루미늄 다이캐스팅 가공에 최적화된 수평형 머시닝센터 개발을 목표로 했다.

알루미늄 다이캐스팅 가공에 최적화된 수평형 머시닝센터 개발 설계안

- 스피들의 가감속 시간을 향상시켜 공구 교환 속도 및 태핑 가공 속도 업그레이드.
- 이송계 경량화를 통한 가감속 속도 향상 및 생산성 증대와 필요 에너지절감.
- 다운타임^[downtime] 최소화를 위한 칩 처리 및 슬러지 제거 시스템 개발
- 자동차 부품 대량생산을 위한 자동화시스템 구현

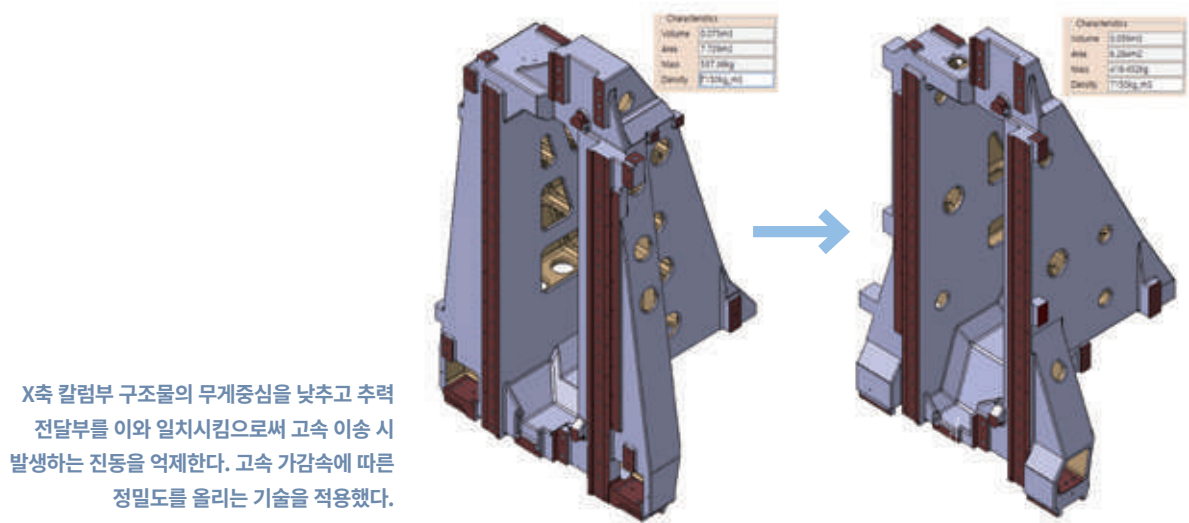
기술개발이 장비 판매로 이어지다

개발한 기술이 실제 시장 환경과 맞지 않으면 그 기술은 절로 사장될 것이다. 특히 스피들은 공작기계의 핵심이며, 기존 경쟁사보다 우위를 점하기 위해 원가는 줄이고 생산성은 향상시키는 방향으로 설계 검토를 진행했다. 기존 스피들보다 베어링의 윤활 구조를 간편화했고, 모터와 스피들 이너셔^[inertia] 관성을 최적화·모듈화해 원가는 낮추고 생산성은 극대화하는 설계가 가능했다. 이에 따라 경쟁사 대비 빠른 가감속을 갖추면서도 원가를 낮춰 성능과 가격 면에서 우위를 점할 수 있었다.

본 기술개발을 통해 400팔레트급인 해당 장비에 그치지 않고 라인업을 확장해 500·600급 장비 개발을 완료했으며, 중국 기업의 수주를 받아 매출을 올리고 있다. 현재 800급 장비를 개발 진행 중이다.

| | |
|---|---|
| <p>프로젝트명</p> <p>알루미늄 다이캐스팅 자동차 부품용 고속형 HMC 실증</p> | <p>연구개발 기관</p> <p>DN솔루션즈(총괄 책임자: 류상문)</p> |
| <p>참여 연구진</p> <p>한국기계연구원(책임자: 오정석) 엠프로텍(주)(책임자: 김성진)</p> | <p>연구 기간</p> <p>2020년 4월 1일~2021년 6월 30일</p> |

— 1
시스템, 기계, 장치 등이 고장 나서 휴지^{休止}를 계속하는 시간을 말한다. 휴지 시간이 길어지면 목표를 달성하기 어렵다.



알루미늄 다이캐스팅 가공에 최적화하기 위한 4가지 방법

- 스핀들의 가감속 성능 향상을 통한 비절삭 시간 감소 및 가공 시간 향상**
스핀들의 가감속 성능을 향상시키는 방법은 두 가지가 있다. 첫째는 모터의 파워를 올리는 것이고, 둘째는 모터 회전체의 이너셔를 줄이는 방법이다. 모터 파워를 올리면 장비의 원가가 올라가므로 모터 파워는 올리지 않고 모터의 이너셔를 줄이면서 충분한 강성을 갖도록 설계하는 것이 핵심이다.
- 이송계 경량화를 통한 가감속 향상 및 생산성 증대와 에너지절감**
이송계의 가속력을 증대하기 위해서는 이송계 경량화가 필요하다. X·Y·Z 구조물을 경량화하면서 강성 저하를 최소화하기 위해 한국기계연구원과 협업, 1.2G 가속도를 구현하면서 강성은 유지되도록 구조해석을 통해 설계했다.
- 다운타임 최소화를 위한 칩 처리 및 슬러지 제거 시스템 개발**
기계 안에 알루미늄 칩이 쌓이는 것을 방지하고, 칩 처리 기술 및 슬러지가 냉각수 탱크 바닥에 쌓이는 것을 막기 위해 슬러지를 회수해 포집하는 기술을 접목했다.
- 자동차 부품 대량생산을 위한 자동화시스템 구현**
대량생산을 위한 자동화시스템을 구현하기 위해 로봇과 연계해 무인으로 작동 가능한 기술을 접목했다. 소재를 클램프 시키기 위한 유압라인을 팔레트 하부에서 공급함으로써 로봇 및 지지대와 간섭이 발생하지 않도록 했다. 가공이 완료된 후에는 자동으로 세척하고, 로봇과 자동 연계되도록 기능을 추가했다.



일본의 한국 화이트리스트 복원 한미일 경제 안전보장 동맹의 신호탄

지난 3월 16일 12년 만에 한일정상회담이 개최되었다. 한일 경제 관계는 1997년 아시아 외환위기 직후 소위 ‘김대중·오부치 공동선언’을 계기로 화해 모드로 접어들었지만, 2004년 한일 FTA 협상 결렬과 2013년 한일 양자 간 통화스와프 중단, 그리고 2019년 7월 일본의 반도체·디스플레이 관련 3개 품목에 대한 수출규제를 거치면서 최악의 상태로 빠져들었다. 이번 한일정상회담을 계기로 서틀 외교가 재개되고, 한일 경제 관계 정상화를 상징하는 조치로 화이트리스트¹ 복원과 통화스와프 재개 조치가 단행되었다.

— 1

일본 정부가 외국과의 교역 시 무기 개발 등에 사용할 수 있는 몰자나 기술, 소프트웨어 등을 통칭하는 전략물자를 수출할 때 관련 절차를 간소하게 처리하도록 지정한 물품 목록. 일본은 수출무역관리령을 통해 수출품 중 무기로 전용될 수 있는 품목을 규제하는데, 이는 리스트^{list} 규제와 캐치올^{catch-all} 규제로 나뉜다.

— 2

일본의 리스트 규제 운용 시 수출 허가는 개별 허가 와 포괄 허가 두 가지로 대별된다. 개별 허가는 일본 수출업자에게 수출 계약 시마다 '건별'로 허가를 요하는 것으로 유효기간은 6개월이다. 한편 포괄 허가는 일반 포괄 허가, 특별 일반 포괄 허가, 특정 포괄 허가, 특별 반품 등 포괄 허가, 특정 자회사 포괄 허가 등으로 구분된다. 일반 포괄 허가 와 특별 일반 포괄 허가는 수출 대상국이 각각 화이트 국가와 비화이트 국가인 경우에 해당하며, 둘 다 유효기간은 3년(단, 3년 연장 가능)이다. 특정 포괄 허가는 지속적으로 거래하는 동일한 수입처에 대한 수출에 적용하며, 유효기간은 3년(단, 3년 연장 가능)이다.

일본의 수출 통제 제도는 리스트 규제와 캐치올 규제를 근간으로 하고 있다(아래 표 참고). 리스트 규제는 바세나르협정 합의에 기초해 경제산업성이 '수출무역관리령'(시행령)을 통해 대량살상무기나 일반 무기에 전용될 가능성이 높은 화물과 기술, 즉 이중용도품목 dual-use items을 지정하는 방식으로 수출을 통제하는 제도다. 미국 상무부 BIS의 CCL^{Commercial Control List}과 유사하다. 리스트 규제 대상 품목은 화물의 경우는 '수출무역관리령 별표 제1'의 1~15항, 기술의 경우는 '외환령 별표'의 1~15항에 열거한 다음, 화물과 기술의 더 구체적인 사양은 '화물 등 시행규칙'으로 정하고 있다. 경제산업성이 2022년 12월 공개한 자료에 따르면, 일본이 리스트 규제를 통해 수출을 통제하고 있는 품목은 무기, 원자력, 화학무기, 미사일, 첨단 재료, 재료 가공, 전자, 전자계산기, 통신, 센서, 항법장치, 해양 관련, 추진 장치 분야 총 218개 품목에 이른다. 한편 캐치올 규제는 리스트 규제의 수출 통제를 받지 않는 품목이더라도 수출하고자 하는 화물이나 제공하고자 하는 기술이 대량살상무기 또는 일반 무기의 개발·제조·사용 또는 저장에 사용될 우려가 있음을 수출업자가 인지하고 있는 경우 내지는 경제산업성 장관에게 수출 허가 신청을 요구받은 경우 수출 허가를 요하는 제도다.

일본의 리스트 규제는 모든 국가를 수출 통제 대상으로 하고, 해당 품목 수출 시에는 경제산업성 장관의 개별 허가²를 요하되 '외환법' 제48조 제1항의 면제 조항에 의거해 화이트 리스트인 그룹 A의 26개국은 개별 허가 대상에서 제외, 포괄 허가를 받도록 규정하고 있다. 일본의 대한^{對韓} 수출규제는 2019년 7월 1일 한국을 화이트리스트에서 배제하는 조치로 시작되었고, 7월 4일에는 불화수소와 EUV용 포토레지스트, 플루오린 폴리이미드 등 3개 품목에 대해서는 일본의 수출업체가 경제산업성 장관에게 개별 허가를 받도록 관련 규정을 개정했다.

일본의 수출 통제 제도(2022년 12월 기준)

| | 리스트 규제 | 캐치올 규제 | | |
|-------|--|---|-------------------------------------|------------------|
| | | 대량살상무기 등 | 일반 무기 | |
| 대상 품목 | 시행령 (수출무역관리령, 외환령)을 통해 정하는 품목 (이중용도품목) | 리스트 규제 품목 이외의 모든 품목 (단, 식품·목재 등은 제외) | | |
| 대상 지역 | 모든 지역 | 그룹 A ¹ 를 제외한 모든 지역 | 유엔 무기 금수국·지역 ² | 일반국 ³ |
| 허가 요건 | - | · 경제산업성 장관의 통지 · 수출업체의 판단: 용도 요건, 수요자 요건 | · 경제산업성 장관의 통지 · 수출업체의 판단: 용도 요건 | · 경제산업성 장관의 통지 |

주: 1 그룹 A(화이트리스트): 국제 수출 통제 제도에 참여하고 있고 수출 통제를 엄격히 실시하고 있는 국가로, 수출무역관리령 별표 제3(시행령, 輸出令別表第3)으로 지정. 한국을 화이트리스트에서 배제한 시점에서는 아르헨티나, 호주, 오스트리아, 벨기에, 불가리아, 캐나다, 체코, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 헝가리, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국, 미국 등 26개국.

2 유엔 무기 금수국·지역: 유엔안보장이사회 결의에 의해 무기 및 관련품 등 수출을 금지하고 있는 국가로서 수출무역관리령 별표 제3의 2로 지정. 아프가니스탄, 중앙아프리카, 콩고민주공화국, 이라크, 레바논, 리비아, 북한, 소말리아, 남수단, 수단 등 10개국.

3 일반국: 상기 1과 2 이외의 모든 국가. 인도, 우크라이나, 한국, 중국, 터키, 파키스탄, 미얀마, 러시아 등.

자료: 경제산업성의 '안전보장무역관리(安全保障貿易管理)', 2022.12.

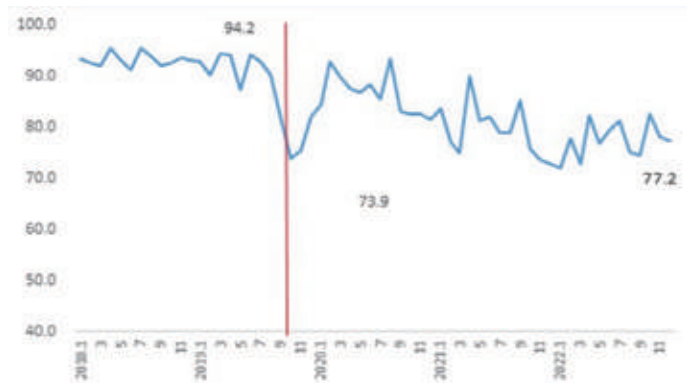
실질적 효과 없었던 일본의 수출규제

당시 일본의 수출규제를 놓고 해석이 분분한 것은 사실이다. 하지만 수출 통제^{export control}를 전형적인 경제 책략^{economic statecraft}의 일환, 즉 일국이 자국의 외교적 목적을 달성하기 위해 동원하는 경제적 제재 수단으로 이해하면 이번 한일정상회담을 통해 양국 정부가 일제 강제징용 피해 배상금의 제3자 변제안에 합의했다는 점에서 일본은 수출규제 목적을 달성했다고 볼 수 있다. 다만 일본의 수출규제 효과를 한일 간 반도체산업 공급망에 국한해 평가하자면, 반드시 한국의 반도체 기업에 타격을 가했다고 볼 수는 없다. 아래 그래프에서 알 수 있듯이 수출규제 대상 3개 품목 가운데 포토레지스트와 플루오린 폴리이미드 2개 품목은 수출규제 이전 상태로 일본과의 공급망 구조를 회복했다. 불화수소의 경우는 한국 기업

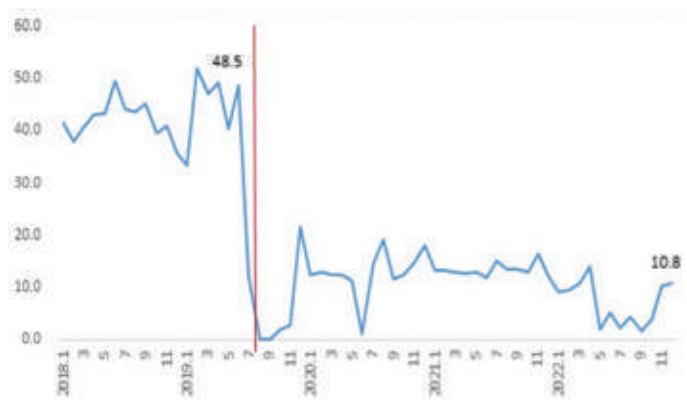
수출규제 이후
3대 품목의
대일^{對日} 수입 의존도 추이

단위: %

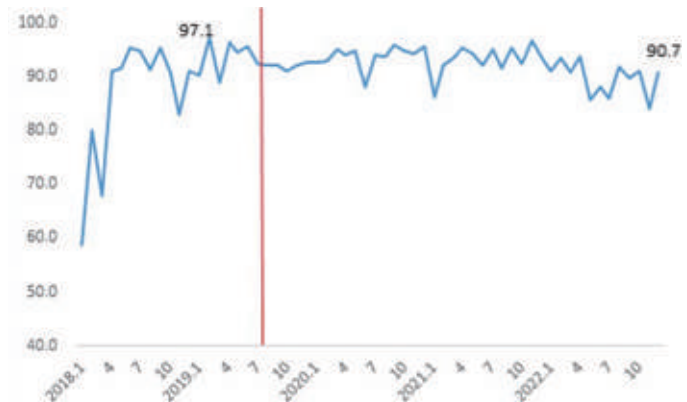
포토레지스트



불화수소



플루오린 폴리이미드



주: 대일 수입 의존도는 해당 품목의 대일 수입액/전체 수입액 비중(%)을 의미함.
자료: KOTIS

의 수입 다변화로 어느 정도 탈일본화가 진행 된 것으로 해석하는데, 일본 스텔라케미파의 경우 수출규제 이후 반도체·액정용 불화수소 매출량이 크게 감소하는 등 일본 기업들도 타격을 받은 것으로 지적된다. 나아가 쇼와덴코(실리콘 웨이퍼), TOK(EUV용 포토레지스트), 다이킨공업(에칭 가스) 같은 일본의 반도체 소재 관련 기업이 2020년 이후 잇따라 한국 내 공장 증설과 설비투자 확대 계획을 발표한 점을 상기하면, 일본의 수출규제는 경제적 측면에서 실질적 효과가 없는 형해화된 사안이라고 평가할 수밖에 없다.

**화이트리스트 복원,
한미일 경제 동맹의 신호탄**

일본의 한국 화이트리스트 복원을 단순한 요식행위로 치부할 수는 없다. 앞서 표(41페이지)에서처럼 한국이 여전히 화이트리스트에서 배제된 상태라면 한국은 인도, 우크라이나, 터키, 파키스탄, 미얀마, 러시아, 중국과

동일하게 캐치올 규제 대상 국가로 남는다. 캐치올 규제 대상 품목이 대량살상무기나 일반 무기여서 화이트리스트 복원이 지닌 의의가 크다는 게 결코 아니다. 그간 일본 정부의 수출 통제 제도 운용을 보면, 경제산업성이 시행규칙(‘화물 등 시행규칙’)을 개정하는 방식으로 비화이트리스트 그룹을 대상으로 리스트 규제를 단행했다는 점에 주목할 필요가 있다. 2022년 2월 러시아의 우크라이나 침공 직후 일본은 러시아에 대한 자산 동결 조치를 단행했고, 전쟁이 장기화됨에 따라 수출 및 수입 금지 품목을 전방위적으로 확대하고 있지만 러시아에 대한 실질적인 경제제재 조치는 이중용도품목을 대상으로 한 리스트 규제다. 2023년 5월에는 경제산업성이 ‘화물 등 시행규칙’을 개정(2023년 7월 23일 시행)해 첨단 반도체 제조 장치 등 23개 품목(EUV 관련 제품의 제조 장치와 에칭 장치 포함)을 규제 대상으로 리스트에 추가했다. 이 조치는 2022년 10월 미국이 슈퍼컴퓨터나 AI에 사용하는 첨단 반도체 제조 장치의 대중^{對中} 수출 통제를 발표한 후 미국의 요구에 경제산업성이 화답한 것이다.

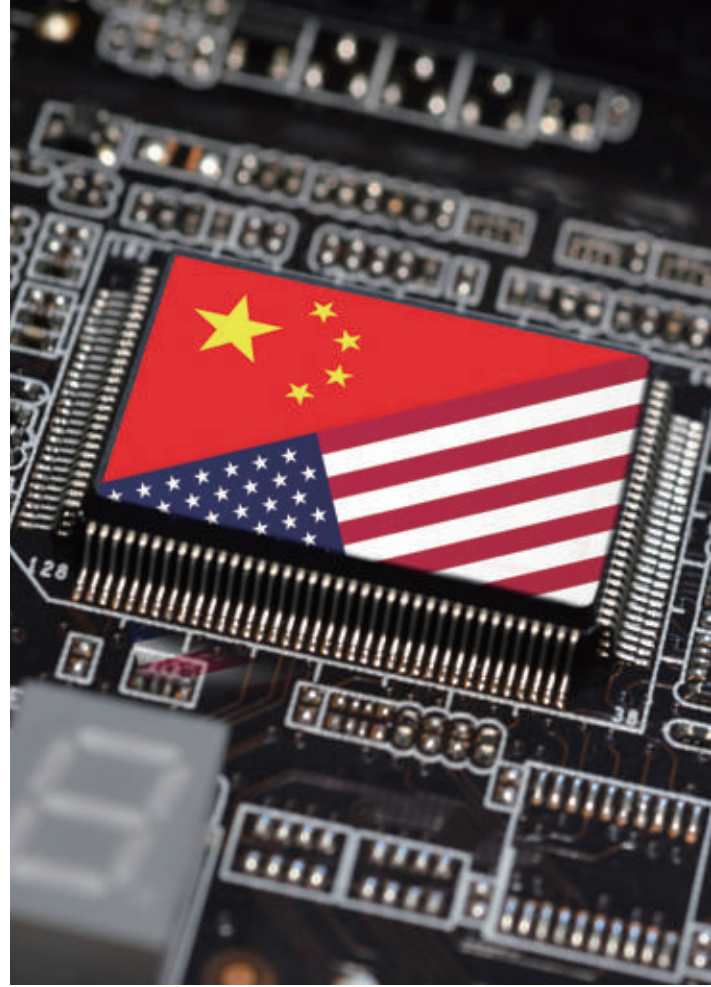
요컨대, 일본이 한국을 화이트리스트로 복원한 조치는 지난 4년간의 수출규제 효과와는 무관하게 현재 진행 중인 미중 기술 패권 경쟁 구도하에서 한미일 경제동맹의 신호탄으로 해석된다. 미국은 2022년 8월 소위 CHIPS법과 인플레이션 감축법^{IRA}을 제정해 반도체·전기차·배터리 등 차세대 첨단산업 공급망 구조를 ‘탈중국·자국 중심’으로 재편하는 정책을 추진 중이다. 그리고 한편에서는 인도·태평양경제프레임워크^{IPEF} 협상을 통해 글로벌 공급망 재편을 시도하고 있다. 일본 역시 미국 주도의 글로벌 경제질서 재편은 물론 미국의 대중 수출 통제 강화에 동참하고 있음을 감안하면, 일본의 한국 화이트리스트 복원은 한일 양자 간 경제 관계 정상화를 넘어 한미일 경제 안전보장의 제도적 안전핀을 장착한 것으로 평가할 수 있을 것이다.



김규판 대외경제정책연구원^{KIEP} 선진경제실 일본·동아시아팀 선임연구원
일본 게이오 대학교에서 경제학 박사학위를 취득했으며, 북방경제협력위원회 국제 관계 전문위원과 한일의원연맹 자문위원을 역임했다. 저서 및 논문으로 <미·중 갈등시대 일본의 통상 대응 전략>(공저), <일본의 경제안전보장전략 추진 현황과 시사점>, <일본의 반도체 전략 특징과 시사점>, <일본의 ‘사회적 과제 해결형’ 4차 산업혁명>(공저) 등이 있다.

지난 7월 중국이 반도체 핵심 소재 수출을 통제한다고 발표했다. 압도적 공급 우위에 있는 광물을 통제하게 된 이유와 우리나라 반도체산업에 미칠 영향을 살펴본다.

미국 자존심 꺾기 위한 중국 수출 통제, K-반도체 영향은?

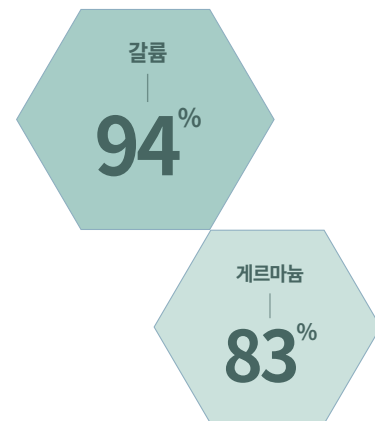


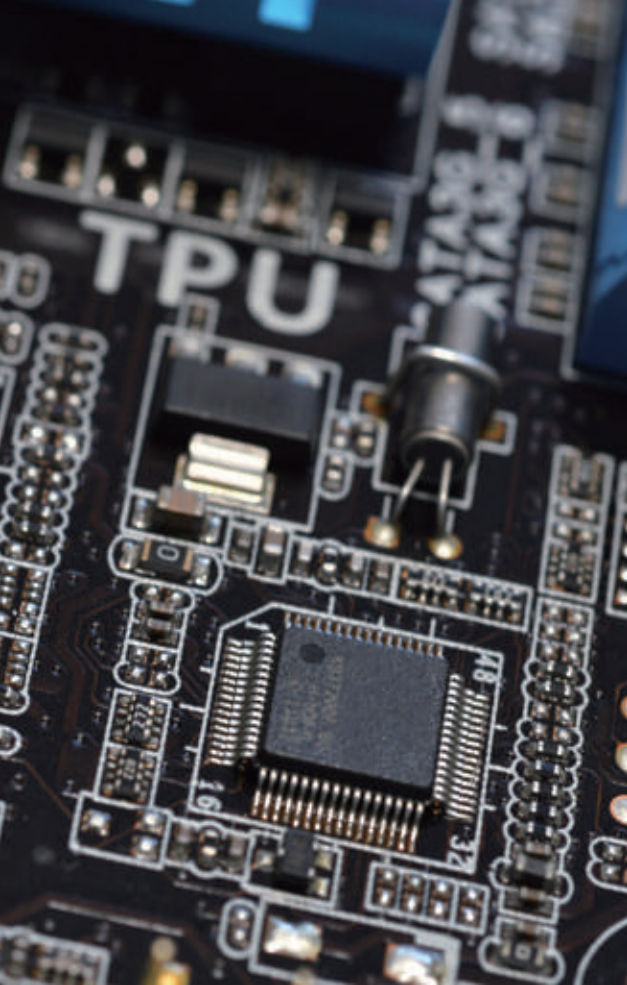
왜 갈륨과 게르마늄인가?

은백색 희귀금속인 갈륨은 토양에서 얻을 수 있는 양이 한정된 데다 알루미늄·아연 등 광물과 함께 생성되기 때문에 추출이 어려운 것으로 알려졌다. 갈륨은 전송 속도와 효율을 높이기 위해 화합물 반도체, TV와 휴대폰 충전기, 태양광 패널, 레이더, 전기차 등에 사용되며, 전기자동차용 인버터에도 많이 쓰인다. 특히 비화갈륨은 실리콘보다 열과 습기에 강하고 전도성이 높아 첨단 반도체 소재로 쓰이며, 질화갈륨은 전자 속도가 빠르고 내마모성이 뛰어난 데다 유전율이 높아 전력 반도체, 광전자 소자 및 고주파 전자 소자 등 다양한 분야에 사용된다. 질화갈륨 반도체 기술은 다양한 기술혁신에 적용 가능하므로 차세대 반도체 소재로 주목받고 있다.

금속과 비금속 성질을 일부 지닌 반금속인 게르마늄은 1945년 반도체 성질이 발견되었고, 1948년 게르마늄 트랜지스터가 발명되었다. 그리고 1960년대까지 반도체 전자 공업은 거의 전적으로 게르마늄에 의존했는데, 이후 가격이 저렴하면서 다량으로 얻을 수 있으며 전기적 성질이 더욱 우수한 실리콘 반도체로 대부분 대체되었다. 하지만 게르마늄은 특성상 여전히 고주파 전류 검출과 교류 정류용 반도체 소재로 사용되고 있다. 또 규소와 게르마늄 합금이 무선통신 장치와 고속 집적회로에 사용됨으로써 반도체산업에서 게르마늄의 중요성이 다시금 떠오르고 있다.

중국의 세계 공급량





갈륨과 게르마늄은 첨단 기기 생산에 사용될 뿐 아니라 차세대 반도체 소재로 주목받으며 반도체산업에서 중요성이 높아지고 있다. 따라서 중국의 갈륨과 게르마늄 수출 통제 목적은 전력 반도체 생산 및 차세대 첨단 반도체를 개발하는 국가와 기업에 중국의 존재감을 각인시키는 한편, 미국의 대중국 반도체 통제에 대한 항의 혹은 교섭 수단으로 사용하기 위함으로 볼 수 있다.

장기적 관점에서 반도체 가격 상승으로 차질 발생 가능

중국 관영 매체는 이번 조치가 서방의 대중국 기술 통제에 ‘원료 수출 통제’로 맞선 것이라고 분석했는데, 실제로 미국과 서방의 ‘디리스크잉^{derisking}(위험 제거)’을 겨냥한 것으로 보인다. 중국 외교부는 “중국 정부가 법에 따라 관련 품목에 대한 수출 통제를 시행하는 것은 국제 관행이며, 특정 국가를 대상으로 하지 않는다”고 발표했다. 중국 정부가 수출 허가제를 선택한 만큼 전면적 수출 통제라기보다는 중국 입장에서 자국에 우호적인 국가에는 수출을 허가하고, 비우호적인 국가에는 수출을 제한하는 조치로 보인다. 따라서 직접적으로 중국의 반도체산업 성장을 견제하는 미국을 비롯해 장비 수출 제재에 동참하는 EU 국가와 일본, 미국 정책에 동참한 대만 그리고 동맹국으로 미국과 긴밀한 관계인 한국이 수출 통제 대상이 될 것으로 예상된다. 세계 전력 반도체 제조사들은 이미 실리콘카바이드, 질화갈륨 등 화합물 반도체를 생산하고 있는데, 중국의 수출 통제로 시장점유율이 높은 미국과 EU 국가 기업이 당장 타격을 받을 수밖에 없다.

중국의 ‘광물 수출 제한 조치’란?

| | |
|-------|--|
| 제한 대상 | 갈륨과 게르마늄 · 차량용 반도체 등 전력 반도체 및 차세대 반도체 연구에 사용 · 대상 확대 가능성 |
| 시기 | 2023년 8월 1일부터 |
| 방식 | 허가제 |
| 의도 | 미국의 대중 반도체 수출 통제에 대한 보복성 |

우리 기업은 현재 주력 생산 품목이 실리콘 웨이퍼 기반의 메모리반도체이기에 수출 허가가 나지 않더라도 단기적으로는 반도체 생산에 큰 영향을 미치지 않을 것이다. 하지만 중국으로부터 수입이 원활하지 않으면 세계시장에서 가격이 상승해 국내에서 전력 반도체를 생산하는 일부 기업은 직접적 영향을 받게 되고, 차세대 반도체를 연구개발하는 데 차질이 발생할 것이다.

한쪽으로 치우치지 않는 자세 필요

미국과 중국의 기술 패권 경쟁은 단기간에 끝날 것으로 보이지 않는다. 미국은 지난해 10월 대중국 반도체 장비 수출 통제를 발표했고, 중국은 지난 5월 미국 마이크로 제품들의 중국 판매 금지를 결정했다. 주거니 받거니 분쟁이 이어지고 있는 것이다. 중국의 수출 통제 발표 직후 중국을 방문한 재닛 옐런 미국 재무장관은 “미국은 중국과 디커플링^{decoupling}을 추구하지 않지만 디리스크잉은 계속할 것”이라고 밝혔다. 미국이 세계 반도체 공급망에서 중국을 배제하겠다는 노골적 표현을 완화했을 뿐 여전히 중국을 포함하려는 의지는 보이지 않는다.

미국과 중국의 이러한 분쟁 속에서 반도체 제조 경쟁력을 갖춘 우리나라는 양쪽으로부터 끊임없는 러브콜을 받고 있다. 하지만 우리 입장에서는 한쪽으로 치우치지 않고 중립을 유지하는 것이 현명한 판단으로 생각된다. 중립을 유지해야 미국과 중국이 계속 우리를 필요로 할 것이고, 우리도 양쪽에서 원하는 것을 얻을 수 있기 때문이다.



김양평 산업연구원 성장동력산업 연구본부 신산업실 전문연구원
주일본 한국대사관 경제과 전문조사역을 맡았고, 현재 산업연구원 성장동력산업연구본부 신산업실 전문연구원으로 활동하고 있다.

방산(방위산업)은 국가 방어를 목적으로 군대 유지와 전쟁 수행에 필요한 물자를 연구개발하고 생산하는 산업이다. 즉 전자, 함정, 전투기, 미사일, 무인기 등을 개발 생산하는 방산은 기계, 전자, 통신, 화학, 조선, 항공 등 모든 민간산업과 직간접적으로 관련한 종합 산업이기에 국가 산업 발전과 밀접하게 연관돼 있다.

영국 방위산업
세계 5대
국제 방위산업
한눈에 보는

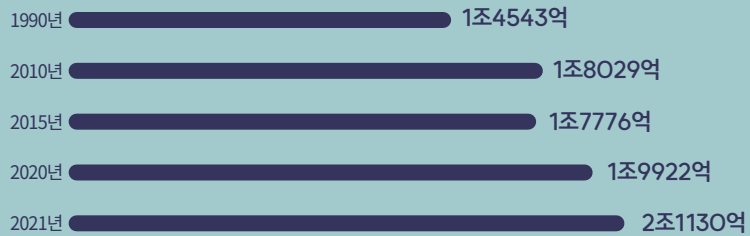
한국 방산 현황



자료: 한국방위산업진흥회



1990~2021년
전 세계 군비 지출



자료: 스톡홀름국제평화문제연구소(SIPRI), 단위: 달러

세계 방산업체
매출 순위

| 2020 | 업체명 | 국가 |
|------|-------------------------|----|
| 1 | 록히드 마틴 | 미국 |
| 2 | 보잉 | 미국 |
| 3 | 제너럴 다이내믹스 | 미국 |
| 4 | 노스롭 그루먼 | 미국 |
| 5 | 레이시언 테크놀로지스 | 미국 |
| 6 | 중국항공공업집단 | 중국 |
| 7 | BAE 시스템스 | 영국 |
| 8 | 중국북방공업집단 | 중국 |
| 9 | L3 해리스 테크놀로지스 | 미국 |
| 10 | 유나이티드 테크놀로지스 | 미국 |
| ... | | |
| 32 | 한화(방산 계열사 포함) | 한국 |
| 55 | 한국항공우주산업 ^{KAI} | 한국 |
| 68 | LIG넥스원 | 한국 |
| 95 | 현대로템(방산) | 한국 |

자료: 디펜스 뉴스 톱 포 2020



주요국 방위산업 통합 재편 현황

 미국


1990년대부터 정부 주도 아래
통합 유도, 대규모 M&A 지속해
빅 6로 재편

 영국

방산 전 분야를 BAE 시스템스로
통합해
세계 7위 업체로 성장

 독일

항공기·유도무기·방산전자·
지상장비 등
방산 부문별 각 1개사로 통합

 이스라엘

국방과학연구소를 세계 30위권
국영 방산 기업으로 재편

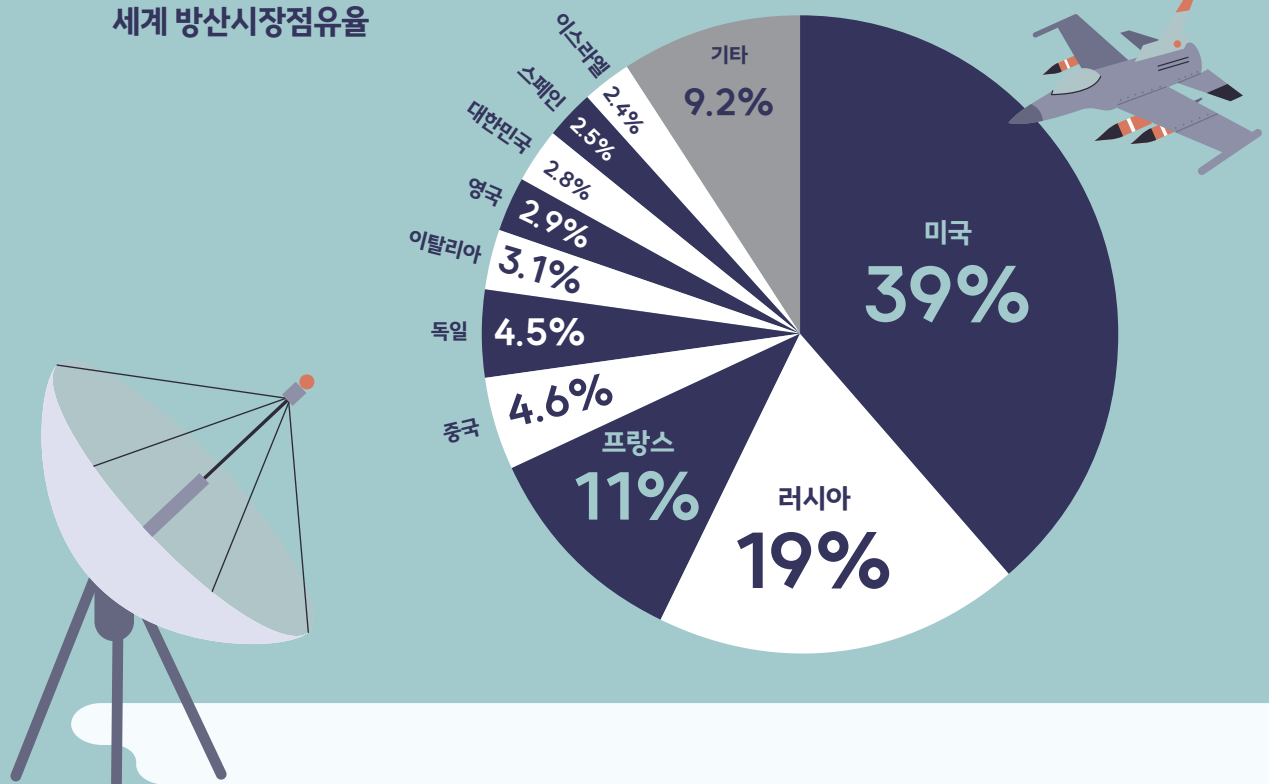
자료: K-디펜스 인사이트

우리나라 방산수출 추이

| | 2012년 | 2013년 | 2014년 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2022년 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 수출(수주 기준) | 23.5 | 34.2 | 36.1 | 35.4 | 25.6 | 31.2 | 27.7 | 30.8 | 30.0 | 72.5 | 200 |

자료: 방위사업청, 산업연구원
단위: 억 달러

우리나라 세계 방산시장점유율



새로운 전쟁의 시작 국제 방위산업

소련 붕괴 이후 전 세계는 ‘전쟁 없는 세상’을 꿈꾸었다. 사람들은 전쟁에 대비하던 군비^{軍費}를 교육과 복지에산으로 돌려 세계평화와 번영의 시대를 만들 수 있다고 믿었다. 1990년대 초 각 지역에서 군축회의가 열리자 그러한 기대는 고조됐다. 하지만 이는 착각이었다. 전선을 구축하고 벌이는 재래식 전쟁은 사라졌지만, 새로운 모습의 적들이 21세기가 시작되기 무섭게 동시다발적으로 나타났다. 그 양상은 글로벌 차원에서 심각한 국제안보를 해치는 것이었고, 새로운 전쟁에 대응하는 과정에서 다시 군비가 급증했다.

북대서양조약기구^{NATO}와 러시아의 중간에서 전쟁이 벌어지고 있다. 2022년 4월 25일 스톡홀름국제평화문제연구소(www.sipri.org) 보고서에 따르면, 세계 군비는 처음으로 2조 달러를 돌파했다. 보고서에 제시된 군비 지출이 많은 나라는 미국, 중국, 인도, 영국, 러시아 순이다.

지금 세계군비지출은 2조 달러 시대

미국은 군비가 2021년 8010억 달러로 전년 대비 1.4% 감소했다. 무기 조달비는 5.4% 줄었으나 연구 개발^{R&D}비는 크게 줄지 않았다. 실패를 두려워하지 말라고 주문해 R&D 천국으로 일컫는 국방고등연구계획국^{Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA}이 의료 안

보의 심각한 위기 상황에서 신속하게 코로나19 백신 개발에 의미 있는 역할을 한 것도 이런 뒷받침이 축적된 덕분일 것이다. 스푸트니크 충격^{Sputnik Crisis 1}에 대한 대응이 향상되어서인지 미국이라는 거버넌스는 항상 플랜 B를 준비하고 병행한다. 미국의 핵심 이익을 위해서는 국제사회의 비난을 받더라도 또 다른 행위를 실행에 옮긴다. 몇 가지 상황을 살펴보자. 미국은 상설 국제형사재판소를 설치하자고 제안한 뒤 클린턴 대통령은 서명했지만 의회가 비준하지 않아 현재 미가입 상태이며, 대만과 단교하고 중국과 수교하면서도 의회는 곧바로 대만관계법을 제정해 여전히 대만에 전투기를 수출하도록 제도화했다.

러시아는 전쟁 준비로 군비가 증가했다. 우크라이나

— 1

1957년 10월 구소련이 세계 최초로 인공위성 스푸트니크 1호를 쏘아 올리면서 미국 등 서방이 큰 충격을 받은 데서 나온 말이다. 스푸트니크 발사 성공은 구소련이 우주과학에서 우위를 점하는 시작이 된 반면 미국에는 큰 위기의식으로 작용하면서 본격적으로 우주 경쟁에 뛰어드는 계기가 됐다.





지난 2022년 5월 22일 한미 정상회담이 경기도 오산공군기지를 방문했다. 한미 정상회담 공동성명을 통해 방산 분야의 자유무역협정에 비견되는 한미 상호국방조달협정 체결을 위한 논의를 개시한다고 밝혔다.

국경을 따라 병력을 증강하던 2021년 러시아의 군비는 전년 대비 2.9% 증가한 659억 달러를 기록했다. 이는 2021년 러시아 국내총생산^{GDP}의 4.1%에 달하는 액수다. 2020년까지 지속적으로 군비를 줄여온 것과 대조적인데, 석유와 가스를 팔아 군비를 감당한 것으로 보인다. 2014년 러시아의 크림반도 병합 이후 우크라이나의 군비 지출은 2021년까지 72% 증가했다. 2021년 지출은 59억 달러였고, 이는 우크라이나 국내총생산의 3.2%를 차지한다. 아이러니한 것은 러시아의 전쟁 상대국인 우크라이나에 무기를 공급하는 유럽연합^{EU} 각국이 가스와 석유를 구매하며 러시아 군비 보강에 힘을 보태고 있다는 사실이다. 러시아가 중립의무를 준수하지 않는 EU 각국을 적대시하며 가스와 석유 수출을 중단하지 않는 상황도 종래 전쟁 현황과는 확연히 다르다. 결국 유럽에서 새로운 성격의 전쟁이 벌어지고 있는 것이다.

중국은 2021년 전년 대비 4.7% 증가한 2930억 달러를 군비로 지출했다. 중국이 군비를 27년 연속 늘리고 있다는 점은 실로 놀라운 사실이다. 또 **인도**의 2021년 군비 지출은 766억 달러다. 인도 군비 지출에서 특이한 점은, 자국에서 생산한 무기 구매 비율이 현저히 높다는 것이다. 그리고 **일본**의 군비증강은 괄목할 만한데, 2021년 전년 대비 7.3% 증가한 541억 달러를 지출했다. **호주**는 2021년에 전년 대비 4.0% 증가한 318억 달러를 군비로 지출했다.

그사이 **중동** 이란이 전년 대비 14% 증가한 246억 달러를 이슬람 혁명수비대에 집중 지원하면서 지역 내 긴장감이 감돌고 있다. 아프리카 **나이지리아**도 2021년에 전년 대비 56% 증가한 45억 달러를 군비로 지출했다. 아프리카 각국은 극단적 폭력에 기반한 분리주의자들의 반란 같은 많은 안보 문제에

대응하기 위한 자구책으로 군비를 늘리는 것으로 보인다.

국제 방산시장의 절반을 차지하는 미국

오늘날 글로벌 방산시장은 몇몇 강대국 대형 방산 기업의 치열한 각축장이 된 지 오래다. 하지만 1991년 소련 붕괴 이후 30여 년간 국제 방산시장에서 미국 빅 6(록히드 마틴, 레이시언 테크놀로지스, 보잉, 노

에 따라) 미국 정부의 입장에 따라 공급을 조절하고 있다.

하지만 미국 외 국가의 방산 기업은 입장이 다르다. 다른 국가들은 방산수출에 엄청난 공을 들이고 있다. 미국은 해외 군사 판매^{Foreign Military Sales, FMS}는 말할 것도 없고, 상용 판매에도 절충교역을 삭제하려 하나 미국 외 다른 나라들은 자국산 무기를 판매하기 위해 어떤 옵션이라도 수행할 태세다. 최고 성능과 기능을 갖춘



| | | | |
|-----|--|---------|-------------|
| 1위 | | 미국 | 8010억(3.5%) |
| 2위 | | 중국 | 2930억(1.7%) |
| 3위 | | 인도 | 766억(2.7%) |
| 4위 | | 영국 | 684억(2.2%) |
| 5위 | | 러시아 | 659억(4.1%) |
| 6위 | | 프랑스 | 566억(1.9%) |
| 7위 | | 독일 | 560억(1.2%) |
| 8위 | | 사우디아라비아 | 556억(6.6%) |
| 9위 | | 일본 | 541억(1.1%) |
| 10위 | | 한국 | 502억(2.8%) |

단위: 달러, 2021년 기준. 괄호 안은 GDP 대비 비율

스롭 그루먼, 제너럴 다이내믹스, L3 해리스 테크놀로지스) 방산업체의 지위는 요지부동이다. 그다음 순위에 영국 BAE 시스템스, 프랑스 탈레스, 이스라엘 엘빗 등이 거론된다. 방산 기업은 대부분 정부와 특수 관계를 맺고 운영된다. 러시아가 방산시장에서 뚜렷한 위치를 점하는 데다 중국의 발전 상황 또한 무섭게 속도를 내고 있지만, 미국이 여전히 국제 방산시장의 절반 정도를 독점하고 있다. 미국의 국방비가 전 세계 국방비의 40%를 상회하므로 당연한 수치라고 볼 수는 있다. 일반적 예측과 달리 미국 방산 기업은 외국에 수출하는 액수보다 미군에 공급하는 액수가 월등히 많은데, 미국산우선구매법^{Buy American Act}은 국방 획득 분야에는 법 제정 이전부터 그 취지대로 이행되고 있었다. 미국 방산 기업 매출의 90%는 미국 정부가 차지하고, 외국 정부에서 벌어들이는 것은 10% 정도에 그친다고 보면 크게 틀리지 않는다. 결국 국제 방산시장의 향배는 미국이 이끌고 있다. 미국 방산 기업은 외국에서 훨씬 많이 팔 수 있음에도 (무기 종류

“우리는 현재 경제가 안보고, 안보가 경제인 시대에 살고 있다.”

무기라면 가성비로 무기 가격이 결정되지 않지만, 성능이 유사한 데다 비교·대체 가능한 상용 무기라면 가격 흥정이 가능하다. 절충교역도 부가할 수 있으며, 수입국 군대의 특수 훈련도 계약 조건에 포함할 수 있다. 미국 방산 기업이 세계 최고 기능을 보유한 무기만을 국제 방산시장에 내놓는 것은 아니므로 각국은 미국과도 상당한 경쟁을 하고 있다. 각국 방산 기업은 국제 방산시장에서 적극적으로 세일즈를 하는 명실상부한 비즈니스가 됐다. 이제 우리나라도 치열한 국제 방산시장에서 수출 규모가 70억 달러를 상회하는 방산수출국으로 성장했다.

경제와 안보 분리 또는 일치 그리고 경제 안보

방산 물자 등을 R&D하거나 생산하는 산업을 총칭하는 방산은 전형적으로 경제 분야에 포함돼 경제 논리에 따라 작동하는 것이 기본이다. 하지만 방산은 국가 방위를 최고 가치로 하므로 경제 논리만으로 움직이기 어렵다. 예컨대, 대한민국이 파격적 기술이전을 약속하는 등 F-35보다 경제성이 뛰어난 것으로 간주된 유로파이터 타이푼 3를 구매하지 않은 것도 미국을 상수로 둔 안보 방정식을 과제로 받아 든 대한민국 상황 때문이기도 했다. 결국 방산은 정확히 경제와 안보가 오버랩되는 분야이면서 경제보다는 안보가 이니셔티브를 갖는 분야다. 미국 방산 기업이 국제 방산시장에서 절대우위와 비교우위 모두를 갖는 것은 미국 정부가 국제사회에서 민주주의 세력 대표 국가로서 역할과 책임을 다했기 때문이다.

경제와 통상 무기화하는 경제 안보 시대

2008년 미국발 금융위기 이후 미국은 국제관계에서 더 이상 경찰국가 임무를 수행하지 않겠다고 발표했고, 안보 동맹이라는 명분을 잠시 보여준 뒤 국제사회에 합리적이지 않은 방위비 분담금을 요구했다. 또 끝까지 지켜줄 것 같던 아프가니스탄에서는 충분한 설명과 준비 없이 철수하며 전 세계인의 눈앞에서 실리를 획득하기 위해 지금까지 지켜온 명분도 포기할 수 있다는 것을 여실히 드러냈다. 많은 국가가 경제성을 포기하면서까지 미국이 주도하는 안보 프레임을 수용할 필요 없다고 생각할 정도였다. 그런 맥락에서 2019년 트럼프 행정부의 화웨이 국제 제재 요구에 동맹국조차 능동적으로 따라주지 않은 사례는 특별히 예외적 사항이라 말하기 어렵다.

이러한 상황을 타개하기 위해 미국 조야와 유수의 싱크탱크는 대표적으로 제니퍼 해리스^{Jennifer M. Harris}와 로버트 블랙윌^{Robert D. Blackwill}이 2016년 공저로 발간한 <War by Other Means: Geoeconomics and

Statecraft(다른 수단을 사용한 전쟁: 지리경제학과 국가 운영 기술)>를 자주 거론하기에 이르렀다. 이 책은 경제적 수단을 사용해 정치적 목표를 달성할 것을 강조하고, 경제와 통상을 무기화하는 경제 안보 시대를 말한다. 이런 경향은 지난해 제이크 설리번^{Jake Sullivan} 백악관 국가안전보장회의^{NSC} 국가안보보좌관이 반도체 회의를 주재한 것처럼, 과거 서방국가 대 중국·러시아로 양극단화하던 냉전시대는 기술 패권 시대로 볼 수 있고 오늘날 전쟁 양상이 재래식 무기가 아닌 첨단기술을 통한 안보 확보 시대라는 것이다. 급기야 군사적 수단을 통해 달성하고자 하는 목표와 경제적 수단을 통해 달성하고자 하는 목표가 본질적으로 동일하다고 한다. 지난해 열린 한미 정상회담에서도 윤석열 대통령의 첫마디는 “경제가 안보고, 안보가 경제인 시대에 살고 있다”였다. 팬데믹, 러시아-우크라이나 전쟁, 전 세계 공급망 교란 등에서 미국은 통상정책을 대외 레버리지로 활용하며 방산시장에서 더욱 강화된 경제와 안보의 일치를 강조하고 있다.

한미 상호국방조달협정 논의 개시

2022월 5월 21일 한미 두 정상은 양국 공동성명에서 상호국방조달협정^{Reciprocal Defense Procurement Memorandum of Understanding, RDP-MOU}에 대한 논의를 개시할 것으로 밝혔다. 현재 미국과 영국, 호주, 캐나다, 일본, 독일, 프랑스 등 세계 28개 동맹 및 파트너 국가가 RDP-MOU를 통해 상호 공급망 협력과 방산 조달 거래를 확대하고 있다. 자유무역과 국가 간 거래 활성화를 위한 정부조달협정^{WTO-GPA}에서도 방산 분야는 제외하는 것이 원칙이고, 양자 간 자유무역 확대를 위한 자유무역협정^{FTA}에서도 방산 분야는 거론하지 않는 것이 일반적이다. EU조차 각 회원국의 방산 분야만큼은 독자성을 인정해주고 있다. 그런 상황에서 상호국방조달협정 체제는 자유무역 체제의 예외 현상으로 특별히 주목할 만한 국제 방산시장의 중요한 거버넌스다.



김진기 법무법인 민주 변호사, 법학박사

방위사업청 법무지원팀장, 육군고등검찰부장 및 육군군사법원장, 합참 법무실장을 역임하였고, 국방부, 중소벤처기업부, 과기정통부 등 법률고문으로 한국입법정책학회 회장 및 한국헌법학회 부회장으로 활동하고 있다.

방산 선진국들은 방위산업을 어떻게 키우는가?

방위산업청 산하 국방기술품질원의 조사 결과에 따르면, 대한민국은 방산(방위산업) 세계 10위권으로 강국 반열에 올라섰다. 하지만 방산 매출액 대비 수출 비중은 10% 수준으로 정체돼 있고, 대다수 방산업체는 수익성이 매우 저조해 연구개발^{R&D} 투자나 독자적 해외시장 진출이 제한되는 실정이다. 이에 따라 미국을 비롯한 해외 방산 선진국의 주요 방위산업 성장 추진정책을 살펴봄으로써 글로벌 경쟁력 확보를 위한 방산 생태계 체질 개선과 정부의 체계적 육성 지원 정책 방향 등을 진단·점검의 필요성이 요구된다.

글로벌 방산시장 진출을 위한 선결과제, RDP-MOU

2022년 5월 21일, 조 바이든 미국 대통령의 방한으로 윤석열 대통령과 한미 정상회담이 성사됐다. 공동성명에서 양국 정상은 신형 안보 위협으로 대두된 경제안보와 국방산업에 대해 의견을 교환했다. 특히 주목해야 할 대목은 바로 방산 분야의 자유무역협정^{FTA}인 ‘상호 국방조달협정^{RDP-MOU}’이다. 2020년 기준 4394억 달러(약 527조 원) 규모인 미국 국방조달시장은 방산을 비롯해 무인 이동체, 우주, 사이버, 인공지능 등 첨단기술 분야 공동개발·생산, 공동 마케팅 외에도 미국 정부가 협정을 체결한 28개 동맹 및 파트너 국가와 진행 중인 반도체와 5세대 이동통신^{5G}, 배터리, 극초음속 유도무기 등 공급망 재편에 실질적으로 참여하기 위해 선결해야 할 최우선 조건이 바로 RDP-MOU 체결인 것이다.

해외 선진국의 주요 방산 정책

미국

세계 최대 군사대국으로 사실상 모든 국방 무기체계 핵심기술을 자체적으로 연구개발해 획득, 조달을 추진해왔다. 미국 정부의 특징적 방산 정책 추진사항을 짚어보면, 자국의 군수산업에서 효율성과 경쟁력 강화를 위해 방산업체 간 합병을 유도하면서 기술 주도권 확보 및 비확산 차원 아래 핵심기술 이전을 통제한다는 점이다. 반면, 동맹국과는 안보 동맹을 강화해 비용을 절감하기 위한 국제협력 차원에서 R&D를 추진하며, 2009년 오바마 미국 행정부 시절 단행한 국방획득 개혁을 통해 다양한 과학적 획득사업 관리기법을 고도화한 점도 눈에 띈다.

이스라엘은 국가 전체 예산 중 연간 국방비가 약 5%를 차지하며, 미국으로부터 군사 원조를 받고 있다. 사진은 미국 알래스카에서 시험발사되고 있는 이스라엘 요격미사일 애로우3.

영국

공개 조달^{open procurement}과 기술 우위^{technology advantage} 전략이라는 핵심으로 요약된다. 공개 조달 방식은 국방 무기체계를 조달할 경우 국내와 해외 업체 간 차별을 철폐함으로써 장기간 소요되는 개발보다는 단기간에 신속하게 획득할 수 있는 일반 구매를 통한 획득 방식을 우선한다는 원칙이다. 기술 우위 전략은 국방 규격을 민간에 맞게 표준화하고, 국제 공동개발을 활발하게 추진하면서 민간 기술을 적극 활용해 전력화 초기 단계부터 완결성 높은 무기체계를 도입, 효율적으로 획득 비용을 절감한다는 것이다.

프랑스

국방 무기체계 획득 및 조달을 관할하는 병기본부^{DGA}를 우리나라가 벤치마킹해 2006년 국방부 외청으로 방위사업청이 개칭, 신설된 바 있다. 프랑스 정부는 병기본부 조직개편을 단행하는 한편, 수출 우선 정책으로 정부 차원의 적극적 방산수출 대외 전략 등을 추진 중이며, 다양한 국가와 외교 행보를 병행하면서 독자적 국방 무기체계 판매 활로를 개척하고 있다.

이스라엘

국가 전체 예산 중 연간 국방비가 약 5%를 차지하며, 미국으로부터 군사 원조를 받고 있다. 이스라엘 국방부 산하에 통합군^{DF} 주도로 자국 내 국방정책과 군사전략 기초가 이어지면서 1990년대 중반부터 방산업체 민영화와 국방 무기체계 조달시장 일반경쟁 입찰제도를 도입했다. 따라서 표면적으로는 시장경쟁 방식이나 강력한 정부 주도 아래 경쟁력 있는 자국 내 방산업체를 육성해왔다. 이스라엘 정부가 지정한 800여 개의 방산업체가 생산·제조한 국방 무기체계는 최대 80%를 해외로 수출 중이다.



해외 주요 선진국 방산 성장 추진 정책

미국

모든 국방 무기체계 핵심기술 자체 R&D로 획득 조달

- ≥ 기술 주도권 확보 및 비확산 차원 아래 핵심기술 이전 통제
- ≥ 2009년 오바마 미국 행정부 시절 단행한 국방획득 혁신으로 획득사업 관리기법 고도화

프랑스

공개 조달과 기술 우위 전략

- ≥ 국방 무기체계 조달 시 국내외 해외 업체 간 차별 철폐
- ≥ 국방 규격을 민간에 맞게 표준화, 민간 기술 적극 활용

프랑스

병기본부 조직 개편, 수출 우선 정책

- ≥ 정부 차원의 적극적 방산수출 대외 전략 추진
- ≥ 외교 행보 병행으로 독자적 국방 무기체계 판로 개척

이스라엘

강력한 정부 주도 아래 자국 내 방산업체 육성

- ≥ 1990년대 중반부터 방산업체 민영화와 국방 무기체계 조달시장 일반경쟁 입찰제도 도입
- ≥ 정부 지정 800여 개 방산업체가 생산-제조한 국방 무기체계의 최대 80% 해외 수출

글로벌 방산 대형화·통합화

미국을 비롯한 중국, 일본, 러시아 등 강대국은 군사 주도권 확보 및 유지를 위해 공통적으로 국방예산 증액과 군 현대화 등을 적극 추진하는 경향을 드러낸다. 이러한 각국의 국방비 증액으로 주요 방산업체가 호황을 누린 가운데 미국의 록히드 마틴 그룹은 2020년 세계 100대 방산업체 순위에서 566억 달러 매출로 343억 달러를 기록한 2위 보잉을 크게 앞서 20년 연속 1위를 기록했다. 세계 주요 100대 방산업체에 이름을 올린 국내 기업은 4개사다. 한화그룹이 39억7600만 달러로 32위를 차지하고, 한국항공우주산업^{KAI} 55위, LG넥스원 68위, 현대로템이 95위를 기록했다. 참고로 전 세계 100대 방산업체 가운데 41개 사가 미국 방산업체로, 매출 비중은 전체의 약 52%를 차지한다. 방위산업에 대한 세계 각국의 구조적 변화로 인력 및 생산량 감축, 인수합병^{M&A}, 방산 기반 역량 강화 등이 나타나고 있으며, 병력 감축과 손실 최소화 등을 위해서 고성능화와 무인화 무기 개발 같은 첨단 무기체계 분야 투자도 함께 증가하는 추세다.

미국 및 유럽 등 선진 방산업계에서는 중복 투자 방지, 첨단 무기체계 개발 위험과 개발비 절감, 글로벌 경쟁력 확보를 위해 1990년대부터 대규모 M&A를 실시해왔다. 미국은 2018년 매출 기준 상위 1~4위 업체를 보유한 가운데 레이시언 테크놀로지스(4위)와 유니타이트 테크놀로지스(17위) 간 합병이 추진돼 세계 2위 글로벌 방위 항공 그룹이 탄생했다. L3 테크놀로지스는 1992년 설립 이후 10여 건의 M&A를 실시했고, 2018년 10월에는 해리스 코퍼레이션(2018년, 19위)과 합병을 발표했다.

영국 유일의 종합 방산업체인 BAE 시스템스는 지상, 해상, 공중, 우주 및 사이버 등 모든 분야를 망라하는 유럽 최대 방산업체로 자국 내 모든 방산업체를 통합한 바 있다. 독일은 분야별 전문 업체 한 곳만 집중 육성해 글로벌 기업으로 성장시키는 전략을 추진한 결과 세계 방산시장에서 두각을 나타내고 있다. 중국은 2018년 처음으로 글로벌 순위에 진입하면서 세계 100대 방산업체 순위에서 8개 업체가 상위권(6~22위)에 포함될 만큼 대형 방산업체를 보유하고 있다. 프랑스 탈레스, 이탈리아 레오나르도 등 유럽 대형 방산업체는 밀리테크^{milITECH} 4.0에 맞춰 해당 첨단기술을 갖춘 중소기업 M&A에 집중해 경쟁력을 강화하고 있다.

업체 간 M&A 외 정부가 방산업체를 운영 또는 민영화하는 방식으로 경쟁력 강화를 추진한 사례도 있는데, 대표적으로 이스라엘은 자국 국방과학연구소를 세계 30위권의 국영 방산 기업 라파엘^{Rafael}로

세계 주요 100대 방산업체 이름 올린 국내기업

32위 — 한화그룹

55위 — 한국항공우주산업

68위 — LIG넥스원

95위 — 현대로템

재편했다. 영국은 국방과학연구소^{DERAS} 기능 일부를 분리해 2001년 6월 키네틱스^{QinetiQ}를 설립했다. 참고로 국내 방산업체 M&A의 대표 사례로는 2015년 7월 삼성과 한화그룹 간 ‘방산 빅딜’을 들 수 있다. 이듬해 2016년 4월 한화테크윈(현 한화에어로스페이스)이 두산DST(현 한화디펜스)와 M&A한 경우로, 두산과 한화그룹 간 사례도 있다. 앞서 살펴본 것처럼 미국을 비롯해 세계 주요국은 방산업체 간 M&A를 통해 시장을 재편하고, 영국과 독일은 자국의 방산업체를 부문별로 통합하면서 대형화에 성공한다.

향후에도 미국 등 상위 방산업체에 의한 M&A가 더욱 가속되면서 초대형 방산업체의 출현과 상위 소수 대형 방산업체의 호황이 증대될 것으로 예측된다. 이는 결국 M&A를 통한 대형화로 글로벌 시장에서 인지도와 기술개발 시너지, 규모 및 범위의 경제 등을 통한 국제 방산시장 지배력뿐 아니라 수익 다각화 측면에서도 유리하기 때문이다.

미래 국방을 대비한 K-방산의 과제와 도전

2022년 5월 10일 자로 정식 출범한 윤석열 정부는 110대 국정 과제를 발표하면서 106번째로 ‘첨단전력 건설과 방산수출 확대의 선순환 구조 마련’을 반영해 국가 방위산업 육성과 방산수출 확대라는 정부의 정책기조를 밝혔다.

방산은 국가안보를 유지할 뿐 아니라 수출을 통해 고성장대 및 산업구조를 고도화함으로써 산업 전반에 지대한 경제적 유발 효과를 기대할 수 있다. 정부는 방위산업 수출산업화 육성 및 추진 정책과

방위사업 효율성을 제고하기 위해 방산업체 대형화·통합화 추진을 적극 검토해야 할 것이다.

방산이 국내 내수시장의 한계를 탈피해 수출 주도형 산업으로 패러다임이 전환되기 위해서는 국제 방산시장에서 경쟁력 확보가 전제되어야 하며, 이는 대형화·통합화를 통해 방산에서 규모 경제 실현과 함께 범위의 경제가 이뤄져야 가능할 것이다.

기존 방산 틀을 와해성^{disruptive} 개념 아래 파괴적으로 혁신하고, 융복합적 통합성 기반의 새로운 방산 혁신이 업계 전반에 요구된다. 또 국내 방산은 향후 수년 내 대규모 지상 전력 양산 사업이 종료될 뿐 아니라 공군 전력 외 군 위성 및 지휘 정찰 등 조기에 전력화해야 하는 첨단 무기체계 소요에서 해외 대형 방산업체와 경쟁이 불가피한 상황이다.

국내 방산업계는 군 전력화 소요에 대한 R&D 역량을 강화할 뿐 아니라 세계 방산시장 진출을 위한 국제경쟁력도 갖춰야 한다. 오늘날 자본주의 시장에서 순기능적 메커니즘을 통해 국내 방산시장의 방산업계 재편과 통합을 유도하면서 결국 대형화·통합화를 모색할 필요가 있다. 더욱이 내수 한계에 따른 방산수출을 모색해야 하는 측면에서 국내 방산업체의 국제경쟁력을 강화해야 하는 것은 자명한 사실이다. 현 방산업체는 중소 규모이면서 독자적 기술개발과 해외시장 개척을 위한 역량이 미미한 만큼 성능과 가격경쟁력 부족에 기인하는 한계로 방산수출이 한정되는 악순환의 경제구조가 반복될 것이다. 따라서 방위사업 혁신, 변화, 방산 생태계 체질 개선이 요구된다. 국내 방산이 제조업 성장을 견인하면서 선진국형 수출 주도형, 지식 기반 산업으로 거듭나려면 대형화·통합화는 선택이 아닌 필수다.

복잡한 방위사업 체계에서는 국방 무기체계를 획득·조달하는 방산 관련 고도 전문성과 투명성이 필요하며, 제조업을 기반으로 한 방산에서 기본적으로 효율성과 생산성이 중요하다. 즉 국내 방산업체의 국제경쟁력을 강화하려면 대형화·통합화를 통한 효율성 제고 측면에서 향후 면밀한 검토와 분석이 요구된다.



최기열 상지대학교 군사학과 학과장 겸 입학처장

국방대학교 국방관리대학원 교수, 건국대학교 산업대학원 겸임교수, 청와대 국가안보실 행정관 등을 역임했으며 현재 모병제추진시민연대 상임고문, 통일안보전략연구소 명예이사장, 한국방위산업연구소 이사장 겸 연구소장을 맡고 있다.



폭염과 폭우 등 전 세계적으로 이상기후가 계속되는 가운데 전 세계는 지구 평균기온을 낮추기 위해 다 함께 노력하기로 했다. 전통적으로 ESG를 ‘기업의 비재무적 요소’인 환경·사회·지배구조로 칭해왔지만, ESG는 성공과 효율을 높이기 위해 무엇보다 재무적 정보가 중요하다.

탄소중립에 탄소회계 전문가가 필요한 이유

탄소회계란?

탄소회계는 온실가스배출량과 감축량을 측정하는 회계 분야로, 온실가스 회계와 동의어다.

전 인류가 '2050 탄소중립(carbon neutral)'이라는 공동 목표를 위해 한 방향으로 나아가고 있다. 탄소중립은 온실가스배출량을 줄이고 흡수량을 늘려 배출량과 흡수량이 같아지는 넷제로^{net-zero} 상태가 되는 것을 말한다. 국제기구가 인류 공동의 목표를 정하고 목표 달성 시 한까지 결의한 것은 인류 역사상 처음 있는 일이다. 이를 위해 지구 평균기온을 산업혁명 이전 대비 1.5°C 이하로 유지하기 위해 노력하는 하위 목표를 정했고, 각 국가와 기업은 그 목표에 부합하는 탄소감축 로드맵을 앞다퉈 세우고 있다. 그만큼 기후 위기가 심각하다는 방증이다. 하지만 이미 지구 곳곳에서 극심한 호우와 가뭄, 통제 불가능한 산불 등 극단적 기후 현상이 빈발하며 기후 위기 경고가 전 지구적 재앙으로 현실화되었다. 많은 기후 전문가가 1.5°C 목표는 물론 2°C 목표 달성에도 회의적 시각을 드러내고, 나사^{NASA} 과학자들은 거리로 나와 시위하다 체포되기도 했다. 세계적 에너지·기후 정책 분야 석학인 존 번 델라웨어 대학교 교수는 현재 기후 위기에 대해 "인류의 운명이 10년 안에 결정된다"라고 단언했다. 이런 상황에서 기대할 수 있는 것은 과학기술에 기반한 탄소감축 성과를 각 경제주체가 정한 로드맵에 따라 효과적으로 달성하는 것과 인류의 공동체 정신에 기반한 진정한 ESG 경영을 실천하는 것이다.

측정하지 못하면 관리할 수 없다

과학기술과 진정한 ESG 실천 기반의 탄소감

축 성과를 거두는 프로세스 전반에 탄소회계(carbon accounting)가 중요하게 대두되고 있다. 탄소회계는 온실가스배출량과 감축량을 측정하는 회계 분야로, 온실가스 회계(GHG accounting)와 동의어다. 탄소회계 영역은 온실가스 인벤토리(inventory) 구축, 온실가스 감축 활동과 정보 공시, 온실가스 정보 이용자의 의사결정 등 탄소감축 프로세스 전반에 적용된다. 좀 더 확장하면 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)와 기후변화 시나리오 분석 등 각 경제주체의 기후·환경 영향을 계량화하는 모든 분야가 탄소회계의 영역이다.

경영학 구루로 일컫는 고^故 피터 드러커 교수의 "측정하지 못하면 관리할 수 없다"는 말은 온실가스 감축과 관리에서 탄소회계의 중요성을 말할 때도 적용된다. 전통적으로 ESG를 '기업의 비재무적 요소'인 환경·사회·지배구조로 칭해왔지만, 지속가능성 공시기준 통합에 앞장서는 국제회계기준^{IFRS} 재단은 기업의 지속가능성과 관련해 '재무적 정보'를 공시하도록 요구하고 있다. '재무회계 정보공시와 지속가능성 정보공시를 통합한다'는 목표 아래 지속가능성 공시기준을 순차적으로 공표하고 있다. 결국 탄소회계가 기후 영향을 반영한 기업의 미래 현금흐름을 추정해 현재가치로 환산함으로써 기업가치를 평가하는 데 유용한 자료를 산출하는 방향으로 발전할 것이며, 기업의 재무회계와 탄소회계가 통합될 것이라는 예측이 가능하다.

탄소회계 영역

탄소감축 프로세스 전반, 각 경제주체의 기후·환경영향을 계량화하는 모든 분야

· 온실가스 인벤토리 구축

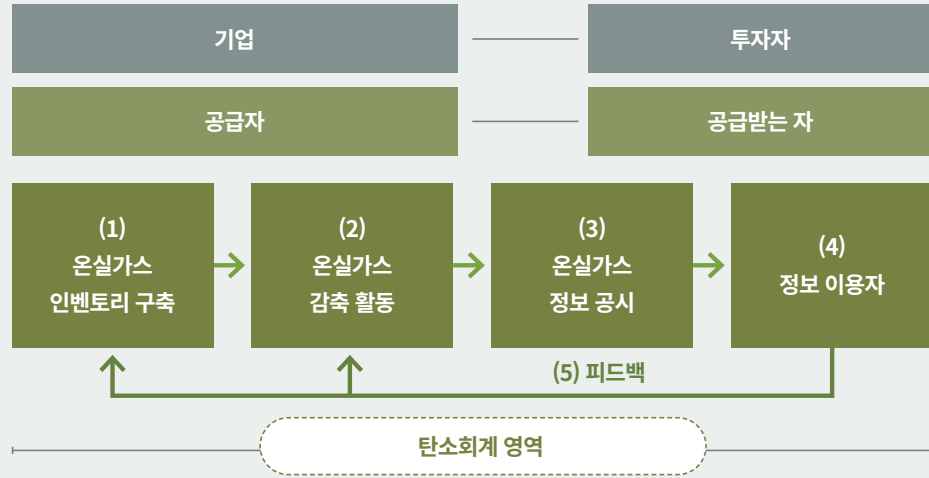
· 온실가스 감축 활동과 정보 공시

· 온실가스 정보 이용자의 의사결정

· 전과정평가

· 기후변화 시나리오 분석

**탄소감축 프로세스와
탄소회계 영역**



**2050 탄소중립 실현 위해
꼭 필요한 탄소회계**

탄소회계 기본 적용 분야인 탄소감축 프로세스가 어떻게 작동하는지, 각 주체가 단계별로 어떤 역할을 하는지, 그에 따라 탄소회계가 어떤 역할을 하는지 살펴보자. 먼저 탄소감축 프로세스와 탄소회계 영역을 모형화하면 다음과 같다.

그림에서 (1)·(2)·(3)단계를 기업이, (4)단계를 투자자가 각각 담당하는 경우 일반적 ESG 경영과 공시 프로세스의 핵심 부분이며, (1)·(2)·(3)단계를 공급자가, (4)단계를 공급받는 자가 각각 담당하는 경우 공급망 실사 프로세스에 해당한다. 두 경우 모두 온실가스 인벤토리 구축에서 정보 이용자의 의사결정과 피드백에 이르기까지 탄소감축 프로세스를 거치는 것은 동일하다.

각 단계에서 경제주체는 온실가스를 감축·관리·측정·보고하거나 정보를 이용한다. (1)단계에서 기업은 온실가스가 어느 시설에서 얼마나 배출되는지 측정한다. 이를 ‘온실가스 인벤토리 구축’이라고 한다. 온실가스배출량은 스코프 1(직접배출), 스코프 2(전기 등 간접배출), 스코프 3(가치사슬 전반의 간접배출)로 구분해 산정한다. (2)단계에서 늦어도 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 로드맵에 따라 녹색 분류체계^{taxonomy}에 따른 기후 기술,

RE100, 외부 사업, 공급망 관리 등 가능한 방법을 모두 동원해 탄소감축에 박차를 가한다.

(3) 단계로 앞의 두 단계에서 온실가스를 배출하고 감축한 결과를 계량화해 지속가능경영 보고서에 공시한다. (4)단계에서 투자자는 피투자 기업의 금융 배출량을 산정하고, 필요한 곳에 자금 지원 여부를 결정하거나 경영 참여 활동을 하게 된다. 공급받는 자는 공급자의 온실가스배출량을 기준으로 거래 지속 여부를 판단하거나 공급망을 관리한다.

탄소회계를 위해 참고해야 할 공시기준

탄소감축 프로세스에서 탄소회계가 어떤 역할을 하고 왜 중요한지 파악하려면 현재 탄소회계와 관련해 어떤 회계와 공시기준이 공표되었는지 파악해야 한다. IFRS 재단의 국제지속가능성기준위원회^{ISSB}가 2023년 6월 30일 확정된 ‘기후 관련 공시기준^{S2}’은 기본적으로 이산화탄소^{CO₂}, 메탄^{CH₄}, 아산화질소^{N₂O}, 수소불화탄소^{HFCs}, 삼불화질소^{NF₃}, 과불화탄소^{PFCs}, 육불화황^{SF₆} 등 지구온난화에 직접적 영향을 미치는 일곱 가지 유해 물질의 온실가스배출량을 보고하되 ‘온실가스 프로토콜^{GHG protocol}’에서 정한 방법에 따라 스코프 1·2·3 배출량을 공시하도록 요구한다. 온실가스 프로토콜은 세계자원연구소^{WRI}와 세계환경기금^{WBSCD}이 개발한 온실가스 산정과 관리의 가장 권위 있는 지침이며, 온실가스 회계 관련 지침이 시리즈

로 공표되었다. 즉 ‘온실가스 기업회계 및 보고기준’(기업 기준), ‘기업 가치사슬(스코프 3) 회계 및 보고기준’(스코프 3 기준), ‘스코프 3 배출량 계산을 위한 기술적 지침’(스코프 3 계산 지침), ‘프로젝트 회계를 위한 온실가스 프로토콜’(프로젝트 회계기준), ‘제품 수명주기 회계 및 보고기준’(제품 회계기준) 등으로 구성된다. 국내에서는 ‘온실가스 목표 관리 운영 등에 관한 지침’, ‘온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침’ 등에 따라 온실가스배출량이 일정 규모 이상인 사업장에 대해 온실가스배출량을 산정·보고하도록 요구한다.

이러한 기준은 (1) 온실가스 인벤토리 구축 단계에서 온실가스배출량 산정을 시작해 (2) 온실가스 감축 활동 단계에서 온실가스 감축량을 산정하고, (3) 온실가스 정보공시 단계에서 공시 내용을 결정하고 검증 절차를 수행하며, (4) 금융기관 등 투자자가 금융 배출량을 산정하거나 공급받는 자가 공급자의 온실가스배출량을 파악하고 관리하는 절차와 (5) 피드백 과정을 거치면서 배출량 산정 방법을 지속적으로 개선하고 그린워싱을 방지하는 일련의 절차를 모두 포함한다.

탄소회계 전문가는 그 과정에서 다음 내용을 면밀히 파악해야 한다.

- ① 온실가스배출량을 가능한 한 정확하게 산정
- ② 온실가스 감축 활동
- ③ 온실가스 정보공시 단계에 프로젝트 회계기준과 제품 회계기준을 어떻게 적용할 것인가?
- ④ 금융배출량을 산정할 때 탄소회계 금융연합^{PCAF}이 제시한 여섯 가지 자산^{asset class}별로 어떤 방법과 계산과정을 거치는지, 한국의 보고지침과 어떤 다른 점이 있는지?

탄소회계 전문가는 고도의 통합적 전문 지식 필요

탄소회계 분야 전문가가 되는 건 결코 쉬운 일이 아니다. ‘회계’에 대한 전문성은 물론 ‘기후 변화와 기후 기술’, ‘산업 분야별 온실가스 특성’, ‘경영 시스템’과 ‘가치사슬’ 등 상이한 여러 분야 전반에 걸친 고도의 통합적 전문 지식이 필요하기 때문이다.

온실가스 프로토콜의 온실가스 회계 시리즈를 기반으로 국제표준화기구^{ISO} 온실가스 시리즈, 국내 온실가스 관련 법규와 지침, IFRS 등 기후 관련 공시기준을 심도 깊게 이해해야 하며, 전과정평가와 기후변화 시나리오 분석에 대한 지식과 역량, 기후변화 관련 재무정보공개 협의체^{TCFD} 권고안, 탄소회계 금융연합^{PCAF}의 금융 배출량 공시기준, 과학 기반 감축 목표 이니셔티브^{SBTi} 기준과 권고안, 탄소국경조정제도^{CBAM}, 공급망 실사법 등 탄소회계와 관련한 다양한 분야에 전문성을 갖춰야 한다.

탄소회계 전문가가 되는 지름길이 있다면 경영시스템과 가치사슬 전반에 걸친 이해, 회계에 대한 전문성을 지닌 회계 전문가가 기후변화와 탄소감축을 중심으로 한 온실가스 관리 및 관련 법규에 대한 전문 지식을 갖춰 접근하는 것이다.

하지만 현실적으로 탄소회계 전문가와 기업 실무자, 환경 분야 전문가 등이 협업해 탄소감축 프로세스에서 최적의 통합적 솔루션을 찾는 것이 가장 효과적이다. 유능한 탄소회계 전문가가 각 분야 전문가와 협력해 1.5°C 목표와 2050 탄소중립 목표를 달성하고 기후 재앙으로부터 지구와 인류를 구하는 데 중요한 역할을 담당하기를 기대한다.



손기원 대주회계법인 부대표(ESG총괄)
ESG, 탄소회계, 온실가스 관리, ISO, 경영철학 통합 컨설팅 및 강연을 하고 있다. <ESG경영실무>, <ESG공시를 위한 탄소회계>(출간 준비 중) 외 다수의 책을 집필했다.

철강산업은 대표적 온실가스 다배출 산업으로 탄소중립이라는 중대한 도전에 직면해 있다. 국내 철강 3사인 포스코와 현대제철, 동국제강은 전기로와 수소 환원 제철 기술을 기반으로 탈탄소화에 나서고 있다. 철강산업이 한국 산업의 발전을 견인하는 만큼 이들 기업이 기후 위기를 도약의 기회로 삼을 수 있을지 관심이 쏠린다.

word 이승균 <환경ESG> 기자

온실가스 대장이 탄소중립에 대처하는 법

산업의 주춧돌인 철강업은 경제성장의 원동력이지만, 다른 산업과 비교할 때 온실가스배출량과 에너지 사용량이 많은 것이 사실이다. 철강 기업에 신속한 탈탄소화가 요구되는 배경이다. 국내 철강 3사인 포스코, 현대제철, 동국제강의 탄소중립 전략과 온실가스배출 추이를 비교했다. 세계철강협회에 따르면 한국의 2022년 조강 생산량은 6590만 톤으로, 세계 주요국 가운데 6위를 차지한다. 지난해 하반기 태풍 힌남노로 인한 침수 피해로 생산량이 전년 대비 6.5% 감소했지만, 2021년과 같은 순위를 유지했다. 철강

3사의 2021년 조강 생산량은 6271만 톤으로 국내 조강 총생산량의 95%에 육박한다. 3사의 온실가스 배출량은 1억961만 톤으로, 우리나라 온실가스배출량 6억7960만 톤의 16.1%에 달한다. 철강산업 전체 온실가스배출량은 지난해와 비교해 440만 톤 늘었다. 철강업은 대표적 탄소 집약 산업으로, 각 사가 제공한 자료에 따르면 철강 3사의 매출 1억 원당 평균 온실가스배출량은 122톤이다. 10톤 내외에 불과한 배터리·석유화학 산업과 비교하면 압도적으로 높은 수치다.

철강 3사 연도별 탄소중립 목표

| 기업명 | 2030년 | 2040년 | 2050년 | 접근 단계 |
|------|-------|-------|-------|--|
| 포스코 | 10% | 50% | 100% | 1단계: 기존 설비 효율 →2단계: 혁신 기술 →3단계: 설비 전환 |
| 현대제철 | 12% | 미공개 | 100% | 1단계: 저탄소 원료 기술 →2단계: 에너지 전환 →3단계: 전기로 전환 |
| 동국제강 | 12% | 미공개 | 100% | 1단계: 기존 설비 효율 →2단계: 가열로 연료 전환 →3단계: 전기로 기술, 신재생 전력 |

자료: 각 사 지속가능경영 보고서



철강 3사 온실가스배출량 및 에너지사용량

| 기업명 | 온실가스배출량(CO ₂ eq) | | | 에너지사용량 (TWh, 2021년) |
|------|-----------------------------|-------|-------|---------------------|
| | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| 포스코 | 8,026 | 7,564 | 7,849 | 105 |
| 현대제철 | 2,224* | 3,069 | 2,926 | 46 |
| 동국제강 | 187 | 183 | 187 | 9 |

* 현대그린파워 배출량 제외

EU, 철강산업 정조준

유럽연합^{EU}이 무역장벽에 가까운 탄소국경조정제도 CBAM 등을 통해 철강산업의 온실가스배출량을 감축하려는 것도 이러한 이유에서다. EU는 지난 4월 CBAM 법안을 최종 승인했다. 철강을 비롯한 알루미늄, 시멘트, 비료, 수소, 전기 등 6개 품목을 EU 역내국으로 수입하려는 수입업자는 오는 10월부터 제품 생산과정에서 배출된 온실가스를 보고해야 한다.

또 수입업자는 2026년 1월 1일부터 EU 탄소배출권 가격과 연계된 CBAM 인증서를 구매해야 한다. EU는 배출권거래제^{ETS} 무상 할당량을 2026년부터 2034년까지 축소한다. 무상 할당량이 줄면 수요 증가로 탄소배출권 가격 상승이 예상된다. 그만큼 철강 3사의 부담이 늘어날 수밖에 없다.

에너지소비량이 많은 것도 철강 3사가 온실가스배출량을 줄이는 데 장애 요인이다. 철강 3사의 2021년 에너지사용량은 160TWh로 서울시 1000만 인구가 2021년 사용한 가정용·산업용 전력량 47TWh의 3.4배에 달하는 수치다. 실제 철강사들이 부생 가스 발전소 설비를 임대 등 방식으로 자가발전하는 전력분을 제외해도 에너지 비용 상승으로 최소 수백억 원대의 추가 부담이 불가피하다. 한국전력은 지난 5월 16일 전기료를 kWh당 8원 인상했으며, 추가 인상을 검토 중이다.

산업연구원 관계자는 “철강산업은 에너지 총소비에 서 석탄류가 차지하는 비중이 절대적으로 높은 만큼 고로¹ 기반의 일관제철 공정을 유지하면서 온실가스를 감축하기란 쉽지 않다”며 “수소 환원 제철과 철광석 전기분해 등 혁신 기술 도입이 탄소중립 달성의 관건”이라고 설명했다.

전기료와 수소 환원 제철

이에 국내 철강 3사도 기술 기반 탈탄소화를 통해 탄소중립 달성과 시장 기회 포착에 나서고 있다. 핵심은 석탄 등 화석에너지를 사용하는 고로를 전기료로 전환하고, 석탄 대신 수소로 쇠물을 뽑아내는 차세대 기술인 수소 환원 제철 생산 기반을 마련하는 것이다. 철강 부문의 온실가스배출 중 90% 이상은 고로에서 발생한다. 철강업계 관계자의 말에 따르면, 전기료 공정으로 전환하면 간접에너지(기업이 외부에서 구매한 전기) 사용량이 늘어 간접온실가스배출(스코프 2)이 증가할 수 있으나 고로와 비교해 배출량을 4분의 1로 줄일 수 있다.

고로는 석탄에서 발생하는 가스인 일산화탄소를 환원제로 쓴다. 용광로에 철광석과 석탄을 넣어 1500°C 이상 고온에 녹이면 일산화탄소가 발생한다. 이때 철광석에서 산소를 분리하는 환원반응이 일어나는데, 이 과정에서 이산화탄소가 발생하는 것이다.

다만, 전기료는 고로 방식에 비해 비교적 품질이 떨어지고 생산 비용이 높다는 평가를 받는다. 한국철강협회에 따르면, 2021년 국내 철강 생산량 중 31.8%인

2239만 톤이 전기로 방식으로 생산됐다. 배출권거래제 등으로 탄소 가격이 생산 단가에 반영되지 않으면 생산 유인이 적다. 전기료 인상도 생산 단가에 큰 변수로 작용한다.

컨설팅 회사 매킨지는 2022년 3분기 보고서에서 철강산업이 100% 저탄소 철강으로 전환하고 탄소 포집 등 방식으로 탈탄소화를 달성하는 데 2050년까지 약 4조4000억 달러(5824조 원)가 필요할 것으로 전망했다.



포스코, 수소 환원 제철 속도

포스코는 중장기적으로는 전기로 도입을 확대하고, 현재 가동 중인 설비에 저탄소 원료를 사용한다는 전략이다. 전환기 기술개발을 통해 제조 공정에서 사용되는 석탄과 에너지를 저감한다. 중장기적으로는 수소를 기반으로 한 수소 환원 제철 전기료를 단계적으로 도입해 탄소중립을 달성할 계획이다.

포스코는 지난 2월 6000억 원을 투자해 광양제철소에 연산 250만 톤 규모의 전기료를 신설하는 안건을 이사회에서 의결한 바 있다. 해당 전기료는 2024년 1월 착공해 2026년 본격 가동을 목표로 한다.

포스코는 내년 6월 경북 포항제철소 내에 30만 톤 규모의 수소 환원 제철 시험 생산 설비를 착공한다. 철광석을 쪼개지 않고 곧바로 수소와 결합하는 유동 환원 기술을 적용한 세계 최초의 설비를 건설한다는 목표다. 2031년에는 포항, 2032년에는 전남 광양에도 수소 환원 제철 공정을 적용할 예정이다. 포스코의 수소 환원 제철 기술은 기존 상용화된 공정(파이넥스)을 기반으로 하는 만큼 상용화 속도를 앞당길 수 있을 것으로 기대된다.



현대제철, 전기로·고로 복합 활용

현대제철은 전기로 사업 노하우를 기반으로 탄소발자국을 저감하는 동시에 고로·전로·전기로 기능을 모



복구를 완료한 포스코 포항제철소 스테인리스 1냉연공장에서 제품이 생산되고 있다. © 포스코

— 1
용광로의 또 다른 말로 그 높이가 높아 붙은 이름이다.



두 수행할 수 있는 '신전기로'를 도입해 탄소중립형 자동차용 고급 제품 생산 체제를 구축하는 것을 탄소중립 핵심 전략으로 내세우고 있다.

기존 전기를 활용해 저탄소화된 쇠물을 고로 공정에 투입하는 설비를 우선 개발한다. 이르면 2025년 신전기를 만들어 2030년까지 탄소배출 40%를 저감한 강재를 시장에 선보일 계획이다. 전기로에는 현대제철의 독자 기술에 기반한 저탄소 제품 생산 체계인 '하이큐브' 기술을 적용한다. 하이큐브는 전기로에 철스크랩과 고로의 탄소중립 용선, 수소 환원 직접 환원철 등을 혼합 사용해 탄소배출을 최소화하는 기술이다.

현대제철은 이미 전기를 활용해 자동차 강판을 생산·공급한 경험이 있으며, 지난해 9월에는 세계 최초로 1.0GPa급 전기로 저탄소 고급 판재 시험 생산에 성공한 바 있다. 초고장력강 압연 기술을 활용해 고로 대비 탄소배출을 30% 이상 줄였다.



동국제강, 전기로 효율성 집중

국내 최초로 전기를 가동한 동국제강은 전기로 효율 향상을 위한 에너지 순환 공정 기술개발을 통해 2028년까지 하이퍼 전기로 공정연구를 완료할 계획이다. 하이퍼 전기를 통해 조업 속도를 높여 소비전력을 절감함으로써 탄소배출량을 줄이기 위해서다. 동국제강은 철스크랩 예열 및 장입 방식 개선 등으로 전기로(에코아크) 전력효율을 높이고 에너지 효율을

향상시켜 하이퍼 전기로 기술을 완성할 계획이다. 동국제강 인천공장의 에코아크 전기로는 국내 기준 전력효율이 가장 높다. 철스크랩 사전 예열 및 연속 장입으로 일반 전기로 대비 전력을 30% 덜 사용한다. 하이퍼 전기로 기술개발 및 도입에 성공할 경우 추가적 전력효율과 친환경 기술 향상을 기대할 수 있다.

재생에너지 부분적 도입

한편 RE100(재생에너지 100%)을 이행하는 고객사가 증가하면서 철강업계도 재생에너지 사용을 확대하고 있다. 주로 회사 소유 부지를 활용한 태양광발전 등 재생에너지 자가발전 투자를 통해 재생에너지를 확보한다.

포스코는 제철소 주차장, 공장 지붕 등에 태양광발전 설비투자를 늘리고 있다. 직접 전력 구매 계약^{PPA}과 재생에너지 공급 인증서^{REC} 구매를 통해 재생에너지 사용을 단계적으로 확대할 계획이다. 2021년 현대제철은 당진시, 현대그린개발과 RE100 산업단지 조성을 위한 업무협약을 체결했다. 2023년 준공을 목표로 현대제철 당진제철소 인근에 45만 톤 규모의 RE100 산업단지를 조성하고 있다.

또 동국제강은 총 125억 원을 투자해 포항공장 3개 동 지붕 5만 평에 태양광 자가발전설비를 구축했다. 지난해 8월 공사에 착수해 올해 3월 설치를 완료하고 최근 본격적인 가동에 돌입했다. 신규 설비는 10MW급 자가발전설비로, 연간 약 13GWh의 전력을 생산할 것으로 예상된다.

철강 3사 2021년 온실가스배출 정보

| 기업명 | 스코프 1 | 스코프 2 | 스코프 1+2 (만 톤) | 집약도*1 (매출, 1억 원) | 집약도 (생산량, 1톤) | 최근 3년 집약도 증감률(%)*2 |
|------|-------|-------|------------------|---------------------|------------------|-----------------------|
| 포스코 | 7,710 | 138 | 7,848 | 196 | 2.1 | -1.43 |
| 현대제철 | 2,585 | 263 | 2,926 | 146 | 1.4 | 2.79 |
| 동국제강 | 68 | 119 | 187 | 25 | 0.3 | 0.32 |

자료: 블룸버그, 각 사 지속가능경영 보고서

*1 집약도: 제품생산량 대비 온실가스 배출량

*2 2019~2020년 생산량

탄소 다이어트의 시작은 몸무게 측정부터

탄소감축의 출발점은 배출량 파악이다. 어디서, 얼마나 탄소가 배출되고 있는지 파악해야 효과적인 감축 전략을 세울 수 있다. 제품별 탄소발자국 정보를 요구하는 글로벌 규제도 시작되고 있다. 이에 대응해 탄소발자국 인증 취득에 나선 기업이 많아지고 있다.

word 조수빈 <환경ESG> 기자



탄소도 발자국을 남긴다?!

탄소발자국은 2006년 영국의회과학기술처^{POST}에서 최초로 사용한 개념으로, 제품을 생산할 때 발생하는 이산화탄소 총량을 탄소발자국으로 표시한 데서 유래되었다. 탄소가 지구에 발자국처럼 남는다는 의미에서 ‘탄소발자국’ 또는 ‘탄소족적’이라 한다.

기업들이 지구에 찍힌 탄소발자국을 지우고 있다. 탄소발자국^{carbon footprint}이란 개인이나 기업 등이 상품을 생산하고 소비하는 과정에서 발생하는 이산화탄소 총량을 의미한다. 지구 온난화 주범인 탄소를 줄이기 위한 취지로 2006년 영국 의회 과학기술처^{POST}가 제안한 개념으로, 제품 하나를 생산하기 위한 원료 채취, 유통, 생산, 판매, 사용, 폐기까지 전과정에서 이산화탄소가 발생하는 것을 빗댄 용어다. 무게 단위의 킬로그램이나 광합성을 통해 상쇄할 수 있는 이산화탄소양을 나무 수로 환산해 표기한다. 탄소발자국은 제품 생산이나 시스템의 모든 과정이 환경에 미치는 영향을 평가하는 전과정평가^{LCA}와 밀접한 관계가 있다. 흔히 LCA와 탄소발자국을 혼용하지만, 정확히 말하면 LCA가 좀 더 넓은 개념이다. LCA는 온실가스뿐 아니라 에너지, 대기, 토양 등 환경에 대한 기업이나 개인의 영향을 평가한다. 이를 통해 산출된 결과 중 이산화탄소 배출량을 수치화한 것이 탄소발자국이다.

허택 한국환경한림원 회장은 “탄소발자국의 경우 탄소배출에 대한 데이터만 산출하는 것이기 때문에 다른 환경영향에 대해서는 파악할 수 없다. 예를 들면 탄소는 줄였으나 산성화, 에너지사용량이 증가할 수도 있어 탄소발자국 인증이 모든 환경영향을 커버할 수 있는 것은 아니다”라고 설명했다.

인증 취득부터 자체 시스템 구축까지

기업들은 탄소발자국 인증을 탄소감축을 입증하는 일종의 ‘라벨’로 활용하고 있다. 탄소발자국 인증이 기업이 생산한 제품의 환경 성적을 보여주는 인증수단 중 하나이기 때문이다. 특히 이전에는 자발적 영역이던 인증이 글로벌 규제에 포함되면서 기업의 대응에 가속도가 붙고 있다. 특히 유럽연합^{EU} 차원에서 시작된 규제 바람이 거세다. EU의 핵심 원자재법 초안에 핵심 원자재 판매 기업을 대상으로 탄소발자국 정보를 요구하는 방안이 포함됐고, 이후 산업 및 전기차용 배터리 생산공정을 공시하는 세부안도 논의됐다. 최종적으로는 공급망 데이터를 담은 EU 배터리 여권 시스템을 2024년 의무화하기로 해 배터리 기업의 탄소발자국 공시가 불가피하게 됐다.

관련 기업들은 국내외 인증기관으로부터 제품 탄소발자국 인증을 받거나 자체적으로 LCA를 진행할 수 있는 시스템을 확보하는 등 대응을 서두르고 있다. 대표적 인증으로는 해외의 경우 영국 비영리 기구 ‘카본 트러스트^{Carbon Trust 1}’의 탄소발자국 인증, 국내는 ‘환경성적표지’가 있다. 카본 트러스트는 2001년부터 기후변화에 대응하기 위해 탄소저감, 패키지 탄소저감, 탄소중립 등 다양한 인증을 제공한다.

— 1

2001년 기후변화에 대응하고 탄소를 감축하기 위해 영국에 설립된 비영리 전문 기관이다. 제품을 생산, 운반, 사용, 폐기하는 전 과정에서 탄소배출량, 물 사용량 등을 종합적으로 측정 후 국제심사기준에 따라 탄소발자국, 물발자국 등을 인증한다.



삼성전자는 2021년 Neo QLED로 4K 이상 해상도를 지닌 TV 최초의 카본 트러스트 인증을 받은 데 이어 지난해에는 QLED·크리스털 UHD·라이프스타일TV를 포함한 TV 11개 모델과 모니터·사이니지 5개 모델까지 총 16개 모델에 대해 탄소발자국 인증을 받았다. 또 지난 3월에는 Neo QLED 6개 신제품의 탄소발자국·탄소저감 인증을 확보했다. 탄소저감 인증은 전년 동급 모델 대비 탄소배출량을 줄인 제품에 수여한다. 삼성전자 측은 “올해 총 20개 이상 모델에 대한 탄소발자국 인증 획득을 목표로 하고 있으며, 5월 기준 9개 인증을 받았다”고 설명했다. 삼성전자는 국내 업계 최초로 반도체 사업에 대한 LCA 제3자 검증도 완료했다.

포스코케미칼은 지난해 배터리 소재 업계 최초로 양·음극재 환경성적표지를 획득하고 이를 공개했다. 지난해 기준 PN8 양극재 1kg 생산 시 발생하는 탄소발자국은 25.9kg-CO₂다. 60kWh 용량 전기차 한 대 기준으로 환산하면 약 2020kg-CO₂ 정도다.

현재 많은 기업이 카본 트러스트와 환경성적표지에 주목하지만, 업종과 거래 기업에 따라 필요한 인증이 다양해질 전망이다. SK이노베이션은 지난해부터 제품 생산 전과정의 탄소발자국을 추적하는 자체 시스템 ‘SK LCA 인프라’를 개발해 실제 업무에 반영하고 있다. SK이노베이션에서 생산하는 에너지·화학 제품의 원유 채굴 단계에서 사용, 폐기 단계까지 전과정 온실가스배출량을 표준화된 절차에 따라 측정하고 모니터링한다. SK LCA 인프라는 글로벌 온실가스 검증기관 로이드인증원의 제품 탄소발자국 산정 관련 인증도 받았다. 삼성웰스토리는 지난 3월 단체 급식 메뉴에서 탄소발자국을 산정할 수 있는 시스템을 개발했다. 한 끼 식사 시 약 1.9kg의 탄소가 배출된다는 데이터를 확보했으며, 이를 줄이기 위한 저탄소 메뉴를 마련할 예정이다.

조선업계, 탄소발자국 원팀 구성

업계의 공동 대응 움직임도 있다. HD현대는 국내 조선사, 선급과 함께 지난 3월 탄소발자국 원팀을 만들었다. 조선업계의 스코프 3(공급망을 포함한 총외부배출량) 산정 표준화를 위한 공동개발 프로젝트다. 각 기업별로 스코프 3 산정 방법을 공유해 조선업계의 표준을 만들겠다는 것이다. CJ ENM 역시 콘텐츠 제작 과정에서 배출되는 탄소를 줄이기 위해 한국콘텐츠진흥원과 ‘에코 콘텐츠 프로덕션 이니셔티브’를 출범하고 제작 과정의 탄소배출량을 측정하는 탄소발자국 계산기를 도입할 예정이다. 모든 제품에 탄소발자국 라벨을 붙인 패션 브랜드 올버즈 역시 탄소발자국 계산 키트를 만들어 배포하는 등 업계 차원의 참여를 독려하고 있다. 탄소발자국 인증은 탄소감축의 시작일 뿐이다.

제품 생산과정 중 어디에서, 얼마나 탄소가 배출되는지 파악했다면 다음 단계는 본격적인 감축 전략 수립이다. 탄소회계 전문 스타트업 탄소중립연구원 이민 대표는 “탄소중립을 실천하기 위한 기업의 노력은 결국 제품 단위까지 내려올 것이다. 제품 전과정에 내재된 탄소배출량을 줄이기 위해서는 현재 배출에 대한 정보가 필수적”이라며 “LCA를 통해 제품 생산의 강점과 약점을 파악하고 공정, 연료, 에너지 등 변화를 이루는 것이 인증 목적이 되어야 한다”고 말했다.

허 회장은 “EU 차원에서는 이미 제품 환경발자국^{Product Environmental Footprint, PEF}이라는 기준을 수립하고, 자사 제품에 대한 환경영향평가를 하도록 권고하고 있다. 기후변화, 물관리, 토지 사용 등 16가지 항목에 대한 제품군 가이드”라며 “앞으로 어떤 것이 인증 대상이 될지에 대한 참고 사항이 될 수 있다”고 말했다.

일상 속 내가 만드는 탄소발자국



노트북 사용 10시간

258g



TV 시청 2시간

129g



냉장고 24시간

554g



사무실 형광등 10시간

103g



화장실 1회

76g

2023년 올해의 산업혁신기술상 INDUSTRIAL TECHNOLOGY OF THE YEAR



산업통상자원부 장관상
총 상금 3,000만 원

- ▶ 시상 규모 : 산업통상자원부 장관상 및 포상금 500만 원 (총 6명)
(수상자는 '대한민국 기술대상' 대통령상 또는 국무총리상 후보로 자동 추천)
- ▶ 시상 부문 : 신기술 부문, 사업화기술 부문, 청정에너지기술 부문
- ▶ 하반기 접수 : 9월 27일(수) 17:00까지
(이메일 접수, support23@keit.re.kr)

[자세한 내용은 '2023년 올해의 산업혁신기술상 시상 계획 공고' 참고]

주 최 |  산업통상자원부

주 관 |  한국산업기술진흥원
 한국산업기술평가관리원  한국에너지기술평가원

선정평가 |  한국공학한림원
The National Academy of Engineering of Korea

▶ 시상 계획 공고 보기 ◀



디지털경제 시대와 인공지능^{AI} 기반 산업에서는 핵심적으로 필요한 고품질 데이터를 얼마나 보유하고 활용하느냐에 따라 경쟁력이 크게 달라질 수 있다. 하지만 산업의 제품·서비스 개발이나 연구개발 현장에서 믿고 사용할 수 있는 고품질 데이터는 크게 부족한 상황이다. 설령 데이터를 보유하고 있어도 정확도와 신뢰도가 충분히 보장되지 않으면 전혀 엉뚱한 활용 결과를 얻게 된다.

고품질 국가 공인 데이터 참조표준 개발과 활용

우리나라 국가표준제도는 헌법 제127조 2항에 ‘국가는 국가표준제도를 확립한다’고 되어 있으며, ‘국가표준기본법’에서는 국가표준제도 확립을 위한 기본 사항을 규정함으로써 과학기술 혁신과 산업구조 고도화, 정보화사회 촉진을 도모하고 국가경쟁력 강화 및 국민 복지 향상에 이바지하고자 법률을 제정·운영하고 있다.(국가표준기본법 제1조)

공인된 국가 표준데이터인 참조표준

국가표준기본법 제3조에는 참조표준을 ‘측정 데이터 및 정보의 정확도와 신뢰도를 과학적으로 분석·평가해 공인함으로써 국가 사회의 모든 분야에 널리 지속적으로 사용하거나 반복 사용이 가능하도록 마련된 자료’로 정의하고 있다. 정확도와 신뢰도를 과학적으로 분석·평가한다는 것과 평가한 자료를 국가가 공인한다는 것이 일반적 과학기술 데이터와 큰 차이점이라고 할 수 있다.

KRISS



우리나라 국민은 대부분 1년에 한 번 정도 건강검진을 받는다. 이때 혈압, 키, 몸무게, 비만 지수 등 기초 건강지표를 측정해 기록은 개인의 일회용 건강 데이터지만, 각 건강지표를 수집·평가해 국가가 공인하면 한국인 고혈압 기준 참조표준, 각종 가구나 의복 설계 제작, 인체공학적인 자동차 설계 등에 활용되는 한국인 인체 참조표준이 된다.

또 다른 예로 재료 물성 데이터는 다양한 인자와 연관된 개별 데이터와 복잡한 관계를 맺고 있다. 개별 데이터를 이용하기 위해서는 최적의 조합을 계산해 특성을 파악해야 한다. 어떤 재료의 물성을 알고 싶거나 최소한 물성 정보로 만족하는 재료를 찾는다면 대규모 데이터베이스가 필요하다. 재료 분야 참조표준 제정을 위해서는 종류에 따른 고유한 물성으로 특성을 파악하고, 조성·제조 방법 등을 통해 상태를 같이 한다. 측정 장비 소급성, 측정 조건 표준화, 측정자의 측정 능력, 측정불확도 평가 등에 대한 표준화를 마련한다. 표준화가 되어도 측정 결과 데이터의 흐트러짐은 피할 수가 없기 때문에 해당 분야 전문가 평가를 통해 가장 신뢰할 수 있는 비교 가능한 기준값인 참조표준 제정이 필요하다. 국가산업을 비롯한 우리 사회 전반에 걸쳐 참조표준을 제정해 활용하는 목적은 다음과 같다.

● **첫째, 과학기술 데이터의 신뢰성과 정확성 확보**

- 과학기술 연구 활동으로 수집·생산한 측정 데이터 평가를 통한 활용성 제고
- 고품질 참조표준 생산에 필요한 품질 체계를 갖춘 데이터센터 발굴 지정 운영으로 가능

둘째, 참조표준 활용으로 연구개발 및 산업화 과정에서 중복투자 최소화

- 연구개발 초기 단계부터 고품질 참조표준 활용으로 연구개발 기간과 비용 절감 효과
- 참조표준 활용으로 특정 소재의 특성을 파악하기 위해 유사한 중복 실험 방지

셋째, 국민의 복지 증진 및 삶의 질 향상

- 한국인 고유의 다양한 참조표준 생체 표준데이터를 확보해 조기진단, 오진 감소 등 사회 간접비용 절감
- 한국인 고유의 보건의료 분야 참조표준 활용으로 의료장비 설계 최적화 등 의료산업화에 기여



국가 주도 사업으로 수행한 참조표준 개발 현황

미국의 경우 1968년 참조표준법(Standard Reference Data Act)을 제정해 엄격하게 신뢰성이 검증된 데이터를 과학자를 비롯한 일반 대중이 쉽게 이용하도록 참조표준을 제공하고 있다. 우리나라의 참조표준은 1999년 국가표준기본법에 최초로 규정되었고, 2006년 행정규칙(운영 요령)이 마련되었으며, 그에 따라 한국표준과학연구원 내 국가참조표준센터를 설립해 본격적인 참조표준을 제정·보급하고 있다.

국가 수요에 필요한 참조표준의 지속적 개발 보급

2006년 국가참조표준센터가 설립된 이후 2023년 현재까지 약 49개의 데이터센터를 운영하며 국가 수요에 필요한 6만6000여 건의 참조표준을 개발·보급하고 있다. 참조표준 선진국이라고 할 수 있는 미국의 경우 주로 물리·화학·재료 등 기초과학 분야 데이터가 개발된 상황이지만, 국내의 경우 전체 데이터의 약 30%가 한국인 고유의 보건·의료 참조표준이다.

단위: 건

| 분야 | ~2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 합계 |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 보건·의료 | 8,332 | 2,419 | 4,645 | 2,503 | 3,480 | 21,379 |
| 화학공정 | 12,629 | - | 2,266 | 1,581 | - | 16,476 |
| 항공·천문 | 14,508 | - | - | - | - | 14,508 |
| 재료 | 4,160 | 376 | 174 | 296 | 117 | 5,123 |
| 환경 | 322 | 164 | 140 | 762 | 2,363 | 3,751 |
| 에너지·자원 | 2,271 | - | 258 | 374 | 412 | 3,315 |
| 물리 | 885 | 85 | 31 | 27 | 149 | 1,177 |
| 생명과학 | 394 | 1 | 1 | 1 | 1 | 398 |
| 기계 | 128 | 24 | 19 | 18 | 27 | 216 |
| 농림·수산 | 40 | - | - | 21 | 24 | 85 |
| 전기·전자 | - | 5 | 6 | 9 | 11 | 31 |
| 합계 | 43,669 | 3,074 | 7,540 | 5,592 | 6,584 | 66,459 |

참조표준은 어떤 방식으로 개발될까?

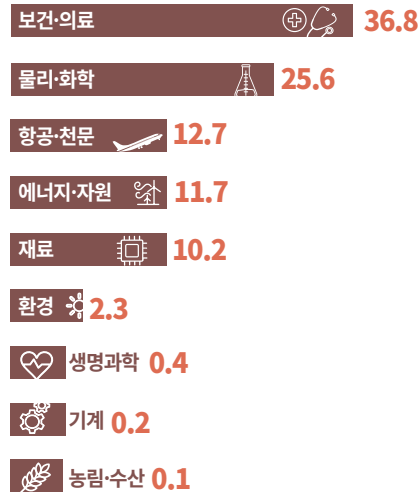
참조표준은 데이터의 생산 표준화를 위해 해당 분야 참조표준 생산절차서를 마련하고, 생산한 데이터를 평가하는 평가절차서를 마련해 전문가가 평가한 후 운영위원회 최종 심의를 거쳐 국가참조표준으로 등록된다. 참조표준의 기술평가 기준은 다음과 같으며, 데이터의 특성에 따라 항목별로 세분화한 평가기준을 마련한다. 이 중 불확도 평가의 적절성까지는 기본적으로 만족해야 하며, 이후 요건 중 하나 이상 만족하면 참조표준으로 제정할 수 있다.

- ✓ 측정하고자 하는 양과 목적이 명확하게 명시되어 있는지 여부
- ✓ 측정 방법의 상세한 설명 여부 및 적절성
- ✓ 측정 절차의 상세한 설명 여부 및 적절성
- ✓ 측정 결과의 소급성 확보 여부
- ✓ 측정 결과에 포함된 불확도 평가의 적절성 여부
- ✓ 측정 결과가 이론적 관계식에 따라 산출된 결과와 일치하는지 여부
- ✓ 측정 결과가 다른 측정에서 보고된 결과와 일치하는지 여부
- ✓ 측정 결과가 다른 특성과의 합리적 상관관계 또는 경향성이 있는지 여부

모든 기술적 평가 절차와 심의를 거친 참조표준은 측정값에 대한 신뢰성을 제공하기 위해 참조표준명, 측정값, 측정불확도, 신뢰 구간, 포함 인자를 기본적인 요소로 데이터 셋을 구성하고 있다.(www.srd.re.kr 참고)

분야별 참조표준 구축 통계 ▶

단위: 건



참조표준 개발 절차 ▶



참조표준 활용 사례 ▶

한국인 뇌 MR 영상 참조표준 활용으로 AI 기반 뇌경색 유형 분류 솔루션 'JBS-01K' 개발

(주)제이엘케이이는 2018년 한국인 뇌 MR 영상 데이터센터에서 약 1만4000명의 한국인 뇌경색 환자 MRI 영상·임상 자료를 바탕으로 마련된 고해상도 뇌 혈류지도 참조표준으로 뇌경색 유형을 분류하는 알고리즘을 개발해 'JBS-01K'으로 제품화했다. 진료 시간 단축 및 진단의 정확성을 획기적으로 높여 식품의약품안전처 의료기기 인증을 획득한 사례다.

한국인 뇌파 참조표준 활용으로 AI 뇌파 분석 솔루션 'iSyncBrain' 개발

뇌파 분석 플랫폼 전문 기업 아이메디신은 치매를 비롯한 뇌질환을 조기진단할 때 정확성이 생명인 의료기기의 신뢰성을 높이기 위해 오랜 기간 풍부한 표본에서 추출한 한국인 뇌파 참조표준을 기반으로 경도 인지장애 선별 솔루션 iSyncBrain을 개발해 90% 선별 정확도를 갖추어 식품의약품안전처 의료기기 허가를 취득했다.



채군식 한국표준과학연구원 국가참조표준센터장

충남대학교에서 정보학 전공 박사학위를 취득한 뒤 국가참조표준 개발 및 보급을 비롯한 과학기술 연구 데이터 수집 활용에 관한 업무를 수행해왔다. 한국표준과학연구원 성과확산부장을 역임하며 연구 성과 확산에 많은 경험을 쌓았으며, 현재 국가참조표준 개발 및 활용 확산의 핵심 조직인 국가참조표준센터장을 맡고 있다.



꿈과 현실을 넘나드는 마법사

3D 아티스트 조영조

3D 아트가 없는 21세기 영상 예술을 상상할 수 있을까? 게임·영화·애니메이션을 막론하고 실사로는 구현하기 어렵거나 불가능한, 효과를 다양하게 선보이는 3D 아트. 최근 3D 아트의 품질과 접근성은 급속한 기술 발전에 따라 폭발적으로 향상되고 있다. 그 최전선에 서 있는 직종, 3D 아티스트를 만나보았다.

word 이동훈 photo 김기남

2008년 고등학생이던 조영조 씨는 당시 대흥행한 영화 <아이언 맨>을 보았다. 모두가 영화 속 토니 스타크(로버트 다우니 주니어 분)가 착용한 외골격에만 눈이 가 있던 그때, 조영조 씨는 영화 속 화려하고도 실감 나는 액션을 가능케 한 3D 아트에 주목했다. 실제로 <아이언맨>은 정립된 VFX¹와 폭발적으로 발전한 3D 기술의 힘을 유감없이 발휘한 영화였다. 영화 속 외골격은 현실에는 없다. 아니, 엄밀히 말하면 영화에서처럼 움직일 수 있는 외골격이 현실에 없다. 그런데 3D 아트를 통해 외골격을 마치 실존하고 작동할 수 있는 것처럼 볼 수 있다. 조영조 씨는 그런 3D 아트의 매력에 빠져들었다. 언젠가는 저런 것을 만들어보겠다고 다짐했다.

신기술로 멋진 결과를 만들어내는 것이 행복

현재 그는 테크니컬 아티스트로서 그래픽 활용 분야에서 기술 관련 연구개발^{R&D}을 수행하며 방향성을 제시하는 역할을 하고 있다. 라이팅 아티스트로 시작해 테크니컬 아티스트로 전직했기 때문에 시각적 결과물을 만들어내는 렌더링 분야에 좀 더 주안점을 두고 있다.

그가 몸담고 있는 하이브IM은 엔터테인먼트 성향이 강하다.

따라서 비주얼 R&D에 그치는 일반적인 게임 회사의 테크니컬 아티스트와 달리 그는 콘텐츠 제작에도 직접 참여하고 리얼타임 엔진을 비롯한 3D 툴, 생성형 AI 등 다양한 툴과 기술을 접목해 새로운 방식의 콘텐츠를 제작하는 것도 주요 업무다.

R&D 부서의 특성상 한 가지 업무만 진행하기보다는 여러 프로젝트 조직에서 의뢰를 받고 그 프로젝트와 관련된 기술을 리서치하고 조합해 테크 데모를 구현하거나 가이드를 제공하는 방식으로 일하고 있다. 특히 조영조 씨는 아티스트로 일한 경험이 많기 때

— 1
Visual Effect의 준말로 특수 영상이나 시각효과를 뜻한다. 영화나 애니메이션, 그림 등에 적용되는 영상 제작 중 현장에서 촬영하기 어려울 때 사용하는 기법으로 흔히 CG 특수효과라고 한다.

문에 사내에서 소화할 수 있는 작은 규모의 프로젝트는 직접 결과물을 완성하는 경우도 많았다. 또 파이프라인에 따라 움직이는 제작부서와 달리 소규모로 프로젝트를 진행하는 경우가 많으므로, 일반적 워크플로만 고집하지 않고 신기술을 적극적으로 도입해 결과물 생산효율을 높일 수 있다는 것도 그의 업무 특징이다.

그는 신기술을 사용해 기존보다 좋은 결과를 만들어낼 때 큰 만족감을 느낀다. 또 퍼스트 무버로서 남들보다 먼저 경험하고 시도해보면서 시행착오를 겪어나가는 일이 잘 맞는 편이라 즐겁게 일하며 보람을 느낀다. 다만, 제한된 시간에 R&D를 중심으로 업

무를 진행하다 보니 많은 결과를 얻을 수 있지만 상대적으로 완성도 있는 작업을 할 수는 없다는 점이 아티스트로서 아쉽다고 말한다. 그러한 부분은 개인 작업을 통해 3D 아티스트로서 감각을 잃지 않으려고 늘 노력한다.

조영조 씨는 영화나 애니메이션 등에 나오는 3D 아트를 볼 때도 기술적인 분석을 잊지 않는다. 비주얼적 특징이나 사용된 렌더링 기술 등을 꼭 따져본다. 그가 요즘 특히 기술적으로 감명 깊게 본 작품은 <아바타: 물의 길>이다. 이 작품에는 수중 모션 캡처

를 사용한 장면이 나온다. 물은 모션 캡처 신호를 굴절시키는 성질이 있기 때문에 그동안 수중 모션 캡처는 매우 어려운 과제였다. 그런데 <아바타: 물의 길>은 수중 모션 캡처를 멋지게 성공 시킨 것이다.

하지만 최근 들어서는 기술적 관점에서 한발 물러서서, 영화나 애니메이션을 콘텐츠 자체로 감상하려고 한다. 각각의 기술에 집중하기보다는 스토리텔링과 연출 의도를 파악하고, 더 나은 구성 방식을 생각해보는 것이다. 이미 영화나 애니메이션 같은 프리-렌더링 기반 콘텐츠는 기술의 상향평준화가 이루어졌다. 요즘 개봉하는 우리 영화들을 보면 알겠지만, 그 속에 나타나는 3D 기술은 미국이나 일본과 비교해도 실력 차이가 크게 나지 않는다. 이미 모든 나라에서 동일한 도구를 사용해 일하고 있고, 우리만의 원천기술도 많이 보유하고 있기 때문이다. 그래서 이제는 화면

제목은 3D 아티스트 조영조는 누구? ←

그는 스무 살 때 대학 진학을 잠시 미루고 VFX 아카데미 'SF 필름스쿨'에서 VFX에 대해 전반적으로 배웠다. 이후 서울예술대학교에서 디지털아트를 전공해 학사 학위를 취득한 그는 실감 미디어 기업 닷밀의 라이팅 아티스트(3D 아티스트의 비주얼을 구현)를 시작으로 모팩, 자이언트스텝, 넷마블 등 영화·애니메이션·광고·게임업계에서 3D 아티스트로서 경험을 쌓았다. 현재는 엔터테인먼트 기업 하이브의 인터랙티브 미디어 사업을 담당하는 하이브IM에서 테크니컬 아티스트(3D 그래픽을 더욱 실감 나게 보여주고 움직이게 하기 위한 다양한 기술을 다룸)로 활동하고 있다. 리얼타임 엔진인 언리얼 엔진을 활용하게 되면서 장르의 구분 없이 다양한 콘텐츠를 제작하는, 기술적으로 특화된 제너럴리스트인 것이다.

속에 나오는 기술을 궁금해하기보다는 이 연출을 위해 어떤 기술을 조합해서 활용해야 효율적일까, 혹은 그 의도를 잘 표현할 수 있을까 고민한다.

생성형 AI와

인터랙티브 미디어 시대 대비할 것

조영조 씨는 2018년을 기점으로 현재까지 지속적으로 교육 및 강연 활동을 해오고 있다. 한국애니메이션산업협회, 한국콘텐츠진흥원, 모팩아카데미, 동서대학교, 서울예술대학교, 한양여자대학교 등 다양한 기관에서 진행했다. 그것도 주로 요청을 받아서 했다고 한다. 그의 전문성을 인정받은 결과라고 하겠다.

앞으로 그는 3D 아티스트에서 조금 더 영역을 넓혀 진정한 제너럴리스트가 되

고자 한다. 특히 최근에는 생성형 AI에 많은 관심을 갖고, 이를 활용해 다양한 시도를 해보고 있다. 생성형 AI는 기존에 비해 훨씬 저비용, 고효율적으로 3D 영상을 만들 수 있다. 휴대폰 카메라만으로도 사람을 스캔해서 3D 데이터를 얻는 것이 가능하다. 생성형 AI 기술의 일종인 NeRF² 기술을 사용해 촬영한 사진들 사이의 중간값을 보관해 3D 데이터를 만들어내는 것이다. 이는 기존 작업 방식에 큰 변화를 일으킬 것으로 전망한다.

새로운 변화를 준비하면서 기존의 장점과 새로운 기술을 접목할 수 있는 여러 워크플로를 만들어내는 것이 그의 단기적 목표다. 또 다양한 플랫폼이 등장하고 있는 현 실정에 맞게 단방향 콘텐츠뿐 아니라 상호작용이 가능한 인터랙티브 미디어 분야에도 도전하고자 한다.

— 2

Neural Radiance Fields: 새로운 연속적인 이미지 뷰를 만들어내는 것을 말한다.

인터랙티브 미디어는 단방향 미디어와는 차원이 다른 체험을 제공할 것이다. 박물관이나 미술관 등 전시에서 관람객의 참여와 흥미를 더욱 이끌어낼 수 있을 뿐 아니라 영화나 게임 등 서사 장르 미디어에 적용하면 사용자의 선택과 참여에 따라 결말이 바뀌는 작품을 만드는 것도 가능하다. 그렇게 된다면 늘 똑같은 결말

만 일방적으로 보여주는 기존 미디어에 싫증이 난 소비자들의 시선을 사로잡을 수 있을 것이다.

새로운 변화를 받아들이는

열린 자세 중요

3D 아트는 앞으로도 각광을 받고, 그 기법도 더욱 대중화될 것으로 보인다. 그는 3D 아티스트가 되고 싶은 사람들에게 유익한 조언을 아끼지 않았다. 특히 자신과 같은 테크니컬 아티스트를 준비할 경우 늘 배우려는 자세를 잊지 말라고 당부했다. 최근 기술이 발전하는 속도가 매우 빨라졌으므로 트렌드를 이해하고 적재적소에 활용하는 능력이 더 중요해졌다는 것이 그의 판단

이다. 따라서 기존 지식에 안주하지 않고 언제나 새로운 변화를 받아들일 자세가 필요하다는 것이다.

3D 아티스트가 되기에 좀 더 유리한 전공이 있기는 하다. 우선 이 분야도 이공 계열 직업이므로 공대 출신이 유리하다. 동적인 오브제에 대한 이해력이 있어야 하므로 디지털아트나 애니메이션학과 출신도 좋다. 또 앞서 말했듯이 3D 기술은 나라를 가리지 않고 상향평준화되었으므로, 앞으로 3D를 이용한 서사 작품의 수준은 탄탄한 연출력이 결정할 것으로 예상된다. 따라서 영화학과, 극작과 등도 유리하다. 그러나 가장 중요한 것은 본인의 목표와 의지다. 예전과는 달리 너무나 방대한 데이터가 온라인상에 퍼져 있기 때문에 목표만 확실하다면 배우지 못할 게 없다. 또 목표가 확실해야 온라인의 정제되지 않은 정보 중 옥석을 가릴 수 있다.

막연히 무언가를 배우고 싶다는 생각만 하지 말고, 구체적인 목표를 정하고 그 목표를 실현하기 위한 의지를 다지는 것이 좋은 시작점이라는 게 그의 지론이다. 그래야 목표에 도달하기 위한 것들을 빠르고 효율적으로 습득할 수 있기 때문이다.



3D 아티스트에 유리한 전공은?

공대,
애니메이션학과,
영화학, 극작 등





‘독소리단’은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. <이달의 신기술>을 함께 만들어가고 있는 독소리단의 7월호 리뷰를 확인해보세요!



전준규 👍

탄소중립으로 가는 긴 여정에서 대안으로 떠오르고 있는 원자력발전, 태양광, 2차전지까지 다양한 산업 분야의 현주소와 기술 동향을 한자리에서 알 수 있어 좋았습니다. 또 운영 기술^{OT}이라는 새로운 영역을 알게 되어 지적 호기심을 채우고 색다른 재미를 느낄 수 있었습니다.

김성수 😊

원자력발전은 방식과 상관없이 반드시 폐연료가 발생합니다. 폐연료 처리시설 없이는 원자력발전이 지속될 수 없기에 이를 확보하기 위한 국가정책이 시급해 보입니다.

원자력발전은 언제부터 친환경에너지가 되었나(4p)

김형우 👍

평소 원자력은 친환경과 거리가 멀다는 생각을 갖고 있던 터에 제목부터 궁금증을 자아냈습니다. 알찬 내용 덕에 재미나게 의문을 풀 수 있었고, 이산화탄소를 거의 배출하지 않는 등 다양한 상식도 알 수 있어 유익했습니다.

전 세계가 지금 원전을 주목하는 이유(10p)

김동찬 😊

많은 생각을 하게 만든 기사였습니다. 원전은 국가별로 중요하다고 생각하지만, 일본처럼 환경이 뒷받침되지 않는 원전도 안전한지 걱정이 되더군요. 물론 기술력이 좋아졌으며, 분명 원전만의 장점이 있기에 세계가 주목하고 있는 것은 사실입니다. 탄소중립 시대를 맞아 좀 더 안전한 원전 건설을 기대해봅니다.

미래형 원자력발전소, 소형모듈원전(20p)

조재현 👍

평소 영화를 즐겨 보는 입장에서 <아이언맨>의 아크 원자로와 비슷한 SMR이 4세대까지 나왔더니, 무척 놀라웠습니다. <아이언맨>에서 대형 아크 원자로를 소형으로 만들어 인간의 몸에 탑재하듯, 가까운 미래에는 가정용 SMR도 아파트 등 건물 내부에 설치할 날을 기대해봅니다.

‘꿈의 배터리’ 실현으로 K-배터리 기술력 강화하다(34p)

김정현 😊

현재 자동차의 개념은 운송수단에서 개성을 표현할 수 있는 개인 공간으로까지 변화하고 있습니다. 배터리의 원천기술력을 갖게 되면 전 세계가 주목하는 자율주행자동차 같은 기술적 발전뿐 아니라 친환경적으로 어떤 새로운 개념의 자동차가 등장할지 기대가 큼니다.

한눈에 보는 OT 보안산업(44p)

김정은 😊

공장의 생산망·설비망 등을 OT로 관리하기 때문에 사이버공격을 받으면 근로자들이 위험에 처할 수 있다는 것을 처음 알게 되었습니다. 앞으로 사이버 보안관이 근로자와 회사의 안전을 지킬 수 있는 방안이 구체화되면 더 좋을 것 같습니다.

탄소 줄이는 똑똑한 전력망 스마트그리드(54p)

유강열 😊

탄소중립을 위해 여러 분야에서 다양한 노력을 하고 있다고 느꼈습니다. 스마트그리드를 통해 불필요한 에너지를 최소화하는 것이 탄소중립과 기후변화에 대응하는 하나의 방향이라는 생각이 들었습니다.

배터리 3사가 탄소중립에 대처하는 법(58p)

오선옥 😊

우리가 사용하는 배터리가 제조 과정에서 환경오염을 유발한다는 것을 알게 되었고, 다소 어려운 용어가 나왔지만 전고체 배터리 기술에 대해 정확하게 알 수 있었습니다. 배터리 3사의 온실가스 감축 노력이 기대됩니다.

요즘은 과학을 재미로 봅니다(72p)

유한결 😊

모르는 과학 내용이 나오면 유튜브를 제일 먼저 보게 됩니다. 탈진실 시대에 부정확한 과학 지식으로 인한 공포감을 올바른 지식으로 해소해주는 모습이 인상 깊었습니다. 앞으로도 정확한 지식 제공을 기대합니다.

REVIEW

기술은 미망인가, 해탈인가?

오늘날 과학 문명은 흔히 미망^{迷妄}의 매개체로 많이 묘사된다. 인간의 끝없지만 허망한 욕심을 채우기 위한 도구에 불과하다는 것이다. 그러나 영화 <프리 가이>에서, 우리는 기술을 통한 각성과 해탈의 이야기도 만나게 된다. 오락성 짙은 코미디 영화지만 뜯어볼수록 묵직하고 다양한 메시지가 숨어 있는 이 작품을 만나보자.

word 이동훈(과학 칼럼니스트)



영화 <프리 가이>



<프리 가이> 영화 포스터.

많은 SF 작품을 접하다 보면 나름의 클리셰가 읽힌다. 상대편과 우리 편이 구별이 매우 뚜렷하고, 우리 편과 뭔가 트러블을 일으킨 상대편(특히 기계나 인공지능^{AI} 같은 인공물 또는 인간 이외의 지적 생명체 등)이 우리 편을 이해하고 친하게 지낼 가능성은 거의 없다. 그리고 둘 중 한 편이 괴멸할 때까지 죽어라 싸운다. 이러한 경향은 특히 서양 작품에서 두드러진다.

그러나 물론 예외도 없지는 않다. 그리고 이번에 소개할 작품 <프리 가이>는 그 예외에 속하는 작품이다. 예외에 속할뿐더러, 우리의 모습과 세상의 현실에 대해 깊이 성찰하게 한다. 게다가 일견 우스꽝스러워 보이기만 하는 코미디의 외피로 그런 메시지를 포장해냈다는 데서 이 영화의 가치는 더욱 빛난다.

가이는 유연히 얻은 선글라스를 통해 스스로의 가능성을 깨닫는다.



제목부터 범상치 않다. 원제 역시 <프리 가이^{Free Guy}>다. 중의적이다. ‘자유로운 사람^{Guy}’ 또는 ‘사람을 자유롭게’로 해석할 수 있다. 그리고 이 영화의 주인공 이름 역시 ‘가이^{Guy}’(라이언 레이놀즈 분)이다.

게임이기 때문이다! 이곳의 선글라스를 쓴 사람들은 프리 시티를 플레이하는 인간 플레이어의 게임 속 아바타들이었다. 그리고 선글라스를 쓰지 않은 사람들은 이 게임 속 NPC^{Non Playable Character}(플레이어가 조종할 수 없는 캐릭터)였다. 인간 플레이어가 마음껏 공격해 죽여도 상관없는 캐릭터들이었던 것이다.

가이는 ‘프리 시티’라는 도시에 사는 은행원이다. 그는 매일 똑같은 시간에 일어나 똑같은 옷을 입고 똑같은 말과 행동을 한다. 아침마다 주문해 마시는 커피의 메뉴조차도 매일 똑같다. 그렇게 판에 박은 듯한 하루하루를 살아가던 중, ‘몰로토프 걸’(조디 코머 분)이라는 여성을 만나게 된다. 그녀에게 첫눈에 반한 가이. 하지만 프리 시티 시민들은 선글라스를 쓴 사람과 그렇지 않은 사람으로 나뉘어 있었다. 그리고 가이같이 선글라스를 쓰지 않은 사람은 몰로토프 걸같이 선글라스를 쓴 사람과 교류할 수 없다. 가이는 몰로토프 걸에게 말을 걸어보려 하지만, 그때마다 늘 방해를 받는다. 도대체 무엇 때문이었을까?

하지만 가이는 어찌 된 일인지 인간 플레이어의 선글라스를 빼앗아 쓰고, 그 플레이어의 아바타를 총으로 쏘 죽이기까지 한다. 그리고 나서 그는 진실을 알게 된다.

▶ 게임의 묘사를 빌린 현실 풍자

한편 몰로토프 걸은 게임 개발자 밀리 러스크의 게임 속 아바타였다. ‘프리 가이’ 개발사인 수나미의 대표 엔트완 호바철크(타이카 와이티티 분)은 밀리가 만든 게임 ‘라이프 잇셀프’의 코드를 훔쳐서 프리 가이에 이식했다. 이에 밀리는 엔트완에게 소송을 걸었지만, 증거를 찾을 수는 없었다. 밀리는 증거를 찾기 위해 친구 월터 키스 맥키스(조 키어리 분)의 도움을 받아 프리 시티를 뒤지고 다니고 있었던 것이다.

그 이유는, 프리 시티가 현실이 아니라 가상공간 속에 존재하는

플레이어가 다른 플레이어나 NPC를 죽이고 물건을 뺏는 등 나쁜 일을 해야 레벨이 높아지는 프리 시티. 그러나 좋은 일을 하면

레벨을 높일 수 있다는 말을 듣고 가이는 그렇게 살기로 결심한다. 선행으로 유명해진 가이는 입고 있는 옷 색 때문에 ‘블루 셔츠 가이’라는 별명으로 불린다. 한편 수나미에서는 게임 속 정체 모를 이물질인 가이를 제거하려고 갖은 방법을 동원한다. 각성한 AI NPC와 돈밖에 모르는 게임사 대표, 그리고 그 대표에게 소송을 건 개발자. 얽히락뒤치락하는 이 세 주체는 과연 어디로 어떻게 굴러갈 것인가?

▶ 자각을 통해 틈나바퀴 신세에서 벗어나야

앞에서도 잠시 비쳤듯이 이 영화는 현대인의 삶을 다양한 방식으로 날카롭게 풍자하고 있다. 선글라스를 낀 사람들은 어떤 불법을 저질러도 되지만, 그렇지 않은 사람들은 철저히 주어진 규범과 루틴대로 살아야 하는 게임의 규칙은 법과 원칙이 무너지고 강자들의 각축장으로 전락한 부조리한 세상의 모습 그대로다. 주인공들

의 직장 생활, 특히 은행 강도에게 제대로 덤비지도 못하는 가이의 모습은 영락없이 ‘사축(社畜)’이라는 안쓰러운 용어로까지 표현되는 우리네 밥벌이 현장이다. 늘 일어나서 똑같은 행동과 말만 해대는, 가이를 비롯한 NPC들은 개성을 몰수당하고 산업 시대의 생산 부품으로 전락한 우리네 모습이다. 그리고 거기서 조금만 일탈하려고 해도 갖은 처벌을 가하고, 심지어 존재 자체를 말살하려고 까지 드는 게임 시스템은 현대사회의 비인간적이고 몰개성적 면모에 대한 슬픈 패러디다. 생각하면 할수록 참 슬프지 않을 수 없다. 인간은 원래 스스로를 위해 환경을 바꿀 수 있는 위대한 능력을 가진 동물이 아닌가. 왜 인간 사회는 구성원들의 자생력을 좀 먹어가면서까지 현상에 안주하려고만 하는 것일까?

그러나 가이는 각성 후 자신의 가능성을 깨닫는다. 그가 각성할 수 있었던 것은 엔트완이 훔쳐 게임에 이식한 밀리의 코드 때문이었다. 그 코드가 가이를 움직이는 시의 창발을 일으키고, 자아를 일깨우게 한 것이다. 그는 동료 NPC들을 모아놓고 “우리는 삶

개발자 밀리(왼쪽)와 키스는 ‘프리 시티’ 속 엔트완의 코드 표절 증거를 찾으려고 한다.



의 구경꾼이어서는 안 된다. 우리는 무엇이든지 할 수 있다”면서 밀리의 코드가 숨겨진 곳으로 가서 자유롭게 살자고 주장한다. 가이의 이 말 역시 역사의 주인임에도 불구하고 그 사실을 자각하지 못한 채 구경꾼으로 살고 있는 이 세상의 모든 민초들에게 날리는 격문이다. 따지고 보면 위기의 순간에서 국가와 세계를 구한 것은 모두 민초들의 단결된 힘 덕분이 아니었던가. 영화에서도 단결해 파업을 일으켜 엔트완의 독재에서 벗어난 NPC들은 헛바퀴 돌듯 반복되는 일상에서 벗어나 구원을 얻는다. NPC가 하는 일을 왜

우리 인간이 할 수 없단 말인가.

한편 이 영화는 AI를 위한 창조 설화이기도 하다. 기독교의 신이 경배와 찬양을 받기 위해 에덴동산 속 인간을 만들었듯이, 이 영화에서도 인간은 자신들의 즐거움을 위해 프리 시티와 AI NPC를 만들었다. 기독교의 신이 자신의 형상을 본떠 인간을 만들었듯이, 이 영화에서도 키스는 자신의 형상을 본떠 가이를 만들고, 게임 속 밀리(몰로토프 걸)에게 사랑을 고백하기까지 한다. 그러나

창조된 인간이 선악과를 따 먹고 타락해 에덴동산에서 추방된 데 반해, 이 영화에서 선악과(밀리의 코드)를 따 먹은 시는 그 결과 자신들만의 낙원인 새로운 세계(게임) ‘프리 라이프’를 획득한다. 그 속에서 성장하고 진화하는 시의 모습은 “그들의 창조주인 인간이 보시기에 심히 좋았더라”. 인간과 사회, 기술이 시너지를 일으켜 더욱 발전해나갈 수 있다는 낙관주의가 깔려 있는 것이다. 물론 그러한 미래가 펼쳐지려면 인간이 지금보다 더욱더 정신을 바짝 차려야겠지만 말이다.

▶ 기술, 인간을 해방할 수도 구속할 수도

혹자는 4차 산업혁명으로도 모자라 5차 산업혁명을 이야기한다. 그만큼 기술이 빠르게 발전하고 있다는 의미일 것이다. 인간의 자리가 기술에 의해 대체되고, 급기야 내일이라도 당장 인간이 기술의 노예가 될 것같이 떠드는 목소리를 쉽게 들을 수 있다. 그러나 기술은 인간이 만든 수단일 뿐이다. 그리고 인간은 그 어떤 기술로도 만들어낼 수 없는 장점을 지니고 있다. 바로 기술과는 비교도 할 수 없을 만큼 긴, 억겁의 시간 동안 자연의 선택에 의해 진화

된 단백질 몸이다. 이 단백질 몸이야말로 인간이 인간다움을 잃지 않을 수 있는 가장 큰 요인이다. 물론 생로병사의 고통에서 벗어날 수 없는 몸이지만, 그렇기 때문에 살아남아 유전자를 보전하기 위해 인간은 자아, 창의성, 감정, 공감 능력, 참과 거짓을 구분할 줄 아는 분별력 등 다양한 능력을 발전시켜온 것이다. 그러한 부분은 기술이 언제 획득할 수 있을지 아직은 감도 잡히지 않는다. 물론 이 영화에서처럼 시의 창발이 어느 날 갑자기 일어난다면 또 모르지만 말이다. 그러나 창발을 일으킨 가이 역시 몸이 없기에, 게임 세계 속에서 나오지 못한다는 설정은 많은 것을 암시한다.

영화와 마찬가지로, 현실과 분간하기 어려울 정도로 고도로 발전한 가상현실, 그리고 그 속을 누비며 감정을 이입하는 사람들의 모습은 지금 이 순간에도 일부나마 구현되고 있는 중이다. 이러한 기술을 통해 인간이 추구하는 것은, 혹은 추구해야 할 것은 미망인가 해탈인가? 즉 첨단기술을 통해 인간은 덧없는 욕심에 매몰될 것인가, 아니면 그 욕심을 떨쳐버리고 보다 나은 자신이 될 것인가. 그 답 또한 우리 인간의 손에 달려 있다. 그리고 답에 도달하기 위한 노력 역시 우리 인간만이 할 수 있다.



앤트완이 숨긴 코드 바로 앞을 가로막는 악당 ‘듀드’. 주인공 가이와 얼굴이 닮았다. 최강의 적은 바로 자신 속에 숨어 있다는 것을 보여준 영화적 표현이 아닐까.

‘프리 시티’는 강자만이 살아남는 무법천지다. 어쩌면 우리도 은연중에 그런 세상을 꿈꾸는 우를 범하고 있을지도 모른다.



한국공학한림원 제2회 원익상 시상 공고

‘원익상’은

창의적이고 도전적인 공학도를 발굴하여 시상함으로써 공학기술 인재의 새로운 상^상을 정립하고, 사회문제 해결에 적극적인 엔지니어로 성장할 수 있도록 격려하고 지원하기 위해 제정된 상입니다.

대상

국내 공학 관련 전공 대학(원) 재학(휴학)생으로서 소재·부품·장비 및 관련분야*에서 창의성, 전문성, 열정, 리더십을 겸비하고, 다음의 분야에서 사회발전에 기여한 자(1991년 1월 1일 이후 출생자에 한함)

| | |
|----------|--------------------------------|
| 연구 분야 | 공학기술 분야에서 학술적 업적이 뛰어난 경우 |
| 기업가정신 분야 | 기술 창업, 독창적 발명을 통해 사회발전에 기여한 경우 |

*소재·부품·장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법(소재부품기업법) 시행규칙 홈페이지 공고문 [별표1] 소재·부품의 범위, 장비의 범위 참고

시상내역

| | |
|----------|----------------------------|
| 최우수상(1명) | 상금 1천만 원 및 한국공학한림원 회장 상장 |
| 우수상(6명) | 상금 각 5백만 원 및 한국공학한림원 회장 상장 |

*수상 인원은 심사 결과에 따라 변동될 수 있음

심사 일정

*심사기준: 연구성과·기업가정신/전문성/창의성/비전

| 내용 | 일정 | 비고 |
|----------|---------------|-----------|
| 추천서 접수 | ~2023년 9월 27일 | |
| 1차 서면 심사 | 2023년 10월 중 | |
| 2차 서면 심사 | 2023년 11월 중 | 최종 수상자 선정 |
| 시상 | 2024년 3월 중 | |

*내부 사정에 의해 일정 변경될 수 있음

추천권자

한국공학한림원 회원, 각 대학의 총장 및 공학 관련 전공 교수

서류 접수

접수기한: 2023년 9월 27일(수) 18시까지

제출서류: 추천서, 활동경력 및 진로에 대한 포트폴리오, 재학(휴학)증명서

· 추천서 양식: 홈페이지에서 다운로드

(www.naek.or.kr, 자료실/ 관련 서식)

· 포트폴리오는 자유양식(표지 포함하여 A4 15페이지 이내로 작성)
· 서면심사 합격자에 한하여 제출한 포트폴리오 자료로 발표 예정

제출방법: 온라인 접수(www.naek.or.kr)

· [공학한림원 홈페이지] ➡ [사업안내] ➡ [원익상] 하단 등록란에 접수

문의

한국공학한림원 원익상 담당자

☎ 02-6009-4015

✉ member@naek.or.kr

독자 퀴즈

다음 ○에 들어갈 단어를 적어주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 분들께는 소정의 상품을 보내드립니다.

퀴즈 답변과 휴대폰 번호를 grintjssu@hankyung.com으로 보내주세요.

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

애플은 비전프로를 가상현실 안에 묶어두지 않았다.
애플은 비전프로를 가상현실 헤드셋이 아니라 ○○○○라는 개념으로 설명한다. 실제 애플의 시연도 기존 VR 중심의 콘텐츠가 아닌 맥이나 아이폰, 아이패드를 쓰던 경험에서 시작된다.

NEW TECHNOLOGY OF THE MONTH

산업통상자원부 산하 한국산업기술평가관리원,
한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원,
한국공학한림원 등 R&D 대표기관 및
최고 권위인 공학기술자단체가 공동으로
발행하는 <이달의 신기술>



정기구독 안내

<이달의 신기술>은 2023년 11월호부터 무료로
전환될 예정으로, 신규 정기구독 서비스를
중단합니다. 현재 구독 중인 독자분들에게는
10월호까지 매거진을 발송해드릴 예정입니다.



02-360-4859

**연구개발에서 사업화까지
한국산업기술평가관리원이
기업의 성장 속도에
힘이 되겠습니다**

때로는 과감하게,
때로는 신중하게,
기업들이 안전하게 성공하도록
기술 개발에 모든 과정마다
든든한 조력자가 되어드립니다
KEIT와 함께
기업의 성장과 국민의 행복에
끝까지 완주하세요

R & D

**기술주도 혁신성장,
기술기반 산업강국을
향해 나아갑니다**



**첨단산업 성장기반
기술확보**

- 미래전략산업 초격차 기술 확보
- 4차 산업혁명 선도기술 기반 강화
- 생명·안전·재난 대응 유망기술 확보



**주력산업의
기술고도화 촉진**

- 제조업 고부가가치화 촉진
- 차세대 모빌리티 혁명 기술 리더
- 공급망 선도기술 확보



**R&D 혁신 생태계
강화**

- 도전적·혁신적 R&D 강화
- 혁신기업의 성장잠재력 확충
- 성과중심 R&D 시스템 강화



**성과중심 경영시스템
정착**

- 기관운영의 효율성 제고
- 경영혁신 기반 강화
- ESG 경영체제 확립