

TECH FOCUS

2023
12
DECEMBER
Vol. 2

글로벌 공급망을 뒤바꾼 7가지 사건

실크로드부터 현재까지 전 세계의 밸류체인을 가능하게 한
기술적 배경과 공급망을 뒤튼 사건들을 살펴본다



〈테크 포커스〉 웹진 보기
매월 10일 오픈



격변하는 글로벌 공급망, 우리에게겐 기회



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2023년 12월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상자원부 편집 및 제작 한국경제매거진(주)(02-360-4816) 인쇄 (주)타라티피에스(031-945-1080) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8567) 잡지등록 대구동, 라00026

본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.

Focus Story

02

Intro

All About 글로벌 공급망

04

History

글로벌 공급망을 뒤바꾼 7가지 사건

10

산업 이슈① 반도체와 공급망

글로벌 반도체 공급망 재편

우리에겐 기회다

16

Interview

오준석 숙명여대 경영학부 교수

공급망 재편 속 투자하이브로서 역할 해야

20

산업 이슈② 배터리 핵심 원자재 공급망

배터리 최대의 미션: 리튬을 확보하라

Global Focus

26

R&D Policy

APEC 한미 R&D 국제 협력

첨단기술 국제 협력 본격화

Global Tech

28

Info

한눈에 보는 광물 이야기

30

Trend

광물이 무기가 되는 시대

New Tech

34

올해의 산업혁신기술상

한국원자력연구원 권태순 책임연구원

K-원자력의 우수한 기술력과 위상을 다시 세운다

38

R&D 프로젝트

(주)넥스트앤바이오

정밀한 체장 조직 모델로 신약 개발에 한 발 더 다가간다

42

R&D 기업

(주)오픈잇

관광산업 활성화를 위한 AR 스마트 안경 기반

개인 공유 모빌리티 서비스

ESG Tech Trend

46

ESG & Tech

혁신 기술과 친환경의 즐거운 만남

50

ESG Issue

모두를 위한 디자인

Tech & Story

54

테크 알쓸신잡

리튬이온 배터리, 소재가 궁금해!

58

잡 인사이드

고려대학교 박진호 교수

첨단기술로 역사에 새 생명을!

Review & News

62

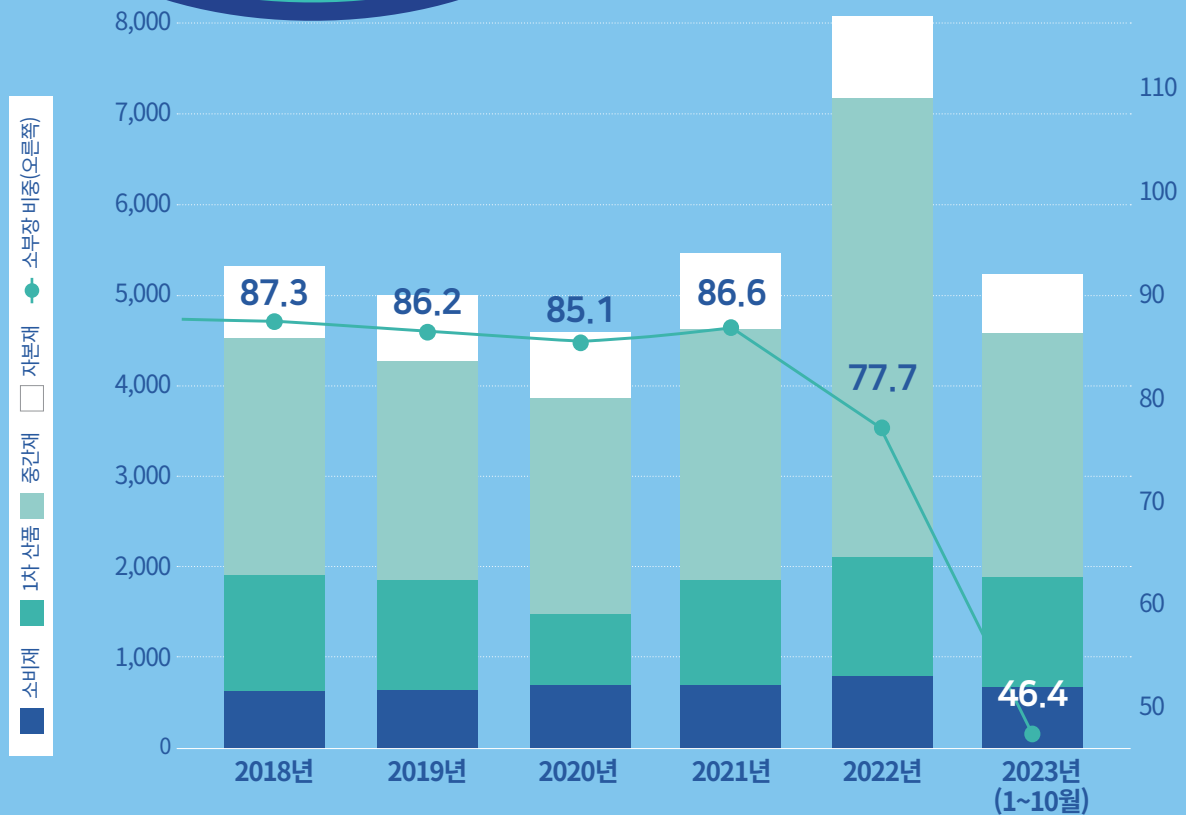
톡소리단 리뷰

64

News

ALL ABOUT ◆◆

◆◆ 글로벌 공급망

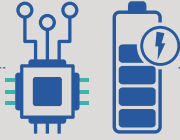
국내 수입품
가공단계별 규모

*2023년은 1~10월 누적 수입액 기준

*소부장 비중은 전체 수입액에서 1차 상품, 중간재, 자본재의 수입액이 차지하는 비중을 의미하며, 기타는 분석에서 제외

자료: 한국무역협회

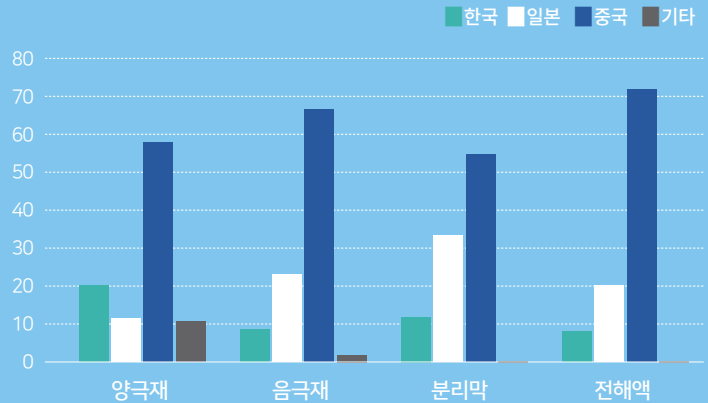
글로벌 산업정책을 좌우하는 반도체와 이차전지



주요국의 산업정책은 핵심 산업으로 부상하고 있는 반도체, 전기차용 이차전지 등에 집중돼 있다.



이차전지 4대 소재 글로벌 시장점유율

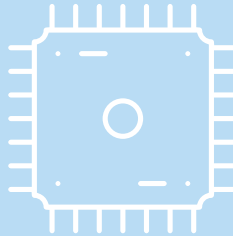


자료: SNE리서치

주요국 공급망 재편 정책과 중국의 대응

주요국의 공급망 정책은 크게

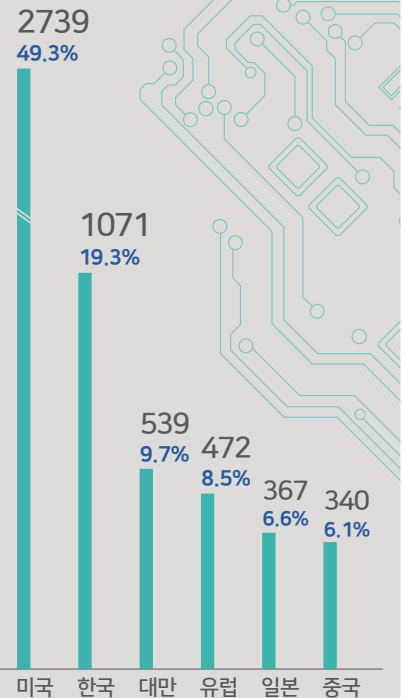
- ① 전략산업 내재화
- ② 자국 첨단기술의 중국 유출 제한
- ③ 노동 및 환경 이슈화 등 세 가지로 압축된다.



구분	미국	EU 및 기타 동맹국	중국의 대응
전략산업 내재화	자국 우선주의 및 중국 배제 조치	·EU: 디리스킹 ·일본: 반도체산업 재부흥 ·호주: 핵심 광물 강국 도약	·독자적 공급망 구축 ·규제 회피 방안 모색 ·경제적 고립 탈피
자국 첨단기술 중국 유출 제한	전례 없는 고강도 수출 통제 ·통제 범위 대폭 확대 ·FDPR 통한 역외적용 강화 ·엄격한 집행 예고	네덜란드·일본: 미국의 독려에 수출 통제 동참 결정	·미 동맹국 불참 유도 ·미 마이크론 구매 금지 및 갈륨·게르마늄 수출 통제 ·기술·산업·국산화에 사할
노동·환경 이슈화	인권·노동: 공급망의 탈강제노동 추진 환경: 탄소배출의 외주화 제재		·강제노동 실사 ·'간첩행위' 간주 ·환경 의제 수용

자료: 한국무역협회

세계 반도체산업 매출 및 국가별 비중



단위: 달러

자료: 디지털타임즈리서치

대륙 간 무역의 역사는 지중해와 중국을 잇는 실크로드가 생긴 3000년 전까지 거슬러 올라가지만 글로벌 공급망이 될 조건을 갖추지는 못했다.

철저한 국제 분업 체제를 통해 전례 없는 저비용 고효율을 가능케 한 글로벌 공급망. 산업혁명 이후 인류가 쌓아온 기술의 성과다. 그러나 글로벌 공급망은 21세기 들어 각종 외부적 문제의 온상이자 연결 통로가 되는 부작용을 초래하고 있다. 현재까지의 공급망 변화를 되짚어본다.

word 이동훈(과학 칼럼니스트)



글로벌 공급망을 뒤바꾼 7가지 사건

글로벌 공급망^{Global Supply Chains}이란 무엇인가? 간략하게 말하면 세계 각국의 기업들이 분업해 제품을 기획하고 원자재 및 부품을 조달, 가공, 생산해 최종 고객에게 전달할 수 있는 구조다. 정보, 자원, 완제품 등을 전 세계 어디든 신속 정확히 유통시킬 수 있어야 성립한다. 글로벌 가치사슬^{Global Value Chains}, 글로벌 생산망^{Global Production Networks}이라고도 하는데, 이는 결국 같은 것을 가리킨다.

글로벌 공급망의 사례를 들어보자. 독일에서만 나는 어떤 자원이 있는데, 한국 기업이 이 자원을 독일에서 수입해서 자사의 중국 공장에서 제품 생산에 투입하고, 이렇게 생산된 완제품을 한국 시장의 고객들에게 판매한다면 이 정도로도

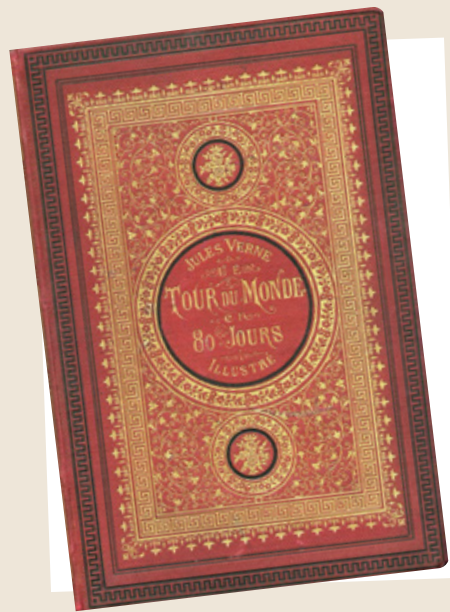
이미 글로벌 공급망의 훌륭한 작동 사례라고 할 수 있다. 그리고 오늘날 이러한 글로벌 공급망을 통해 생산·유통되는 제품은 엄청나게 많다.

글로벌 공급망은 왜 필요한가? 기업은 글로벌 공급망을 통해 지구상의 특정한 곳에서만 구할 수 있는 자원과 제품을 최저가로 수입해서, 해당 제품이 없는 곳에 신속히 판매할 수 있다. 다양한 협력 업체들과 일하면서 사업적 인사이트를 얻을 수 있고, 세계 어디에서건 고객을 확보할 수 있다. 즉, 글로벌 공급망은 기업이 전 세계를 무대로 활동할 수 있게 해 효율과 이익을 극대화해준다. 지금부터 이러한 글로벌 공급망의 변화에 큰 영향을 준 여러 기술과 사건을 알아보자.

Silk Road

글로벌 공급망의 탄생을 가능하게 한 기술적 성숙

21세기 현대인은 글로벌 공급망을 통해 재화와 용역을 거래하는 데 너무나 익숙하다. 글로벌 공급망이라는 용어를 꺼내는 것이 새삼스러울 정도다. 하지만 20세기 이전에는 사실상 글로벌 공급망이 없었다. 물론 대륙 간 무역의 역사는 지중해와 중국을 잇는 실크로드가 생긴 3000년 전까지도 거슬러 올라간다. 하지만 당시의 원시적인 교통수단과 통신수단은 요즘과 같은 인원과 물자, 데이터의 신속 정확한 대량 소통을 보장해줄 수준이 아니었다. 당시 사람들은 6400km에 달하는 실크로드를 인력과 동물의 힘에 의존해서 가야 했다. 하루에 25km씩 걸어간다고 쳐도 편도로만 256일이 걸린다. 그 때문에 전근대의 공급망은 도저히 글로벌이 될 수 없었고, 당대의 부족한 교통과 통신수단으로 감당 가능한 지역 공급망으로 만족할 수밖에 없었다.

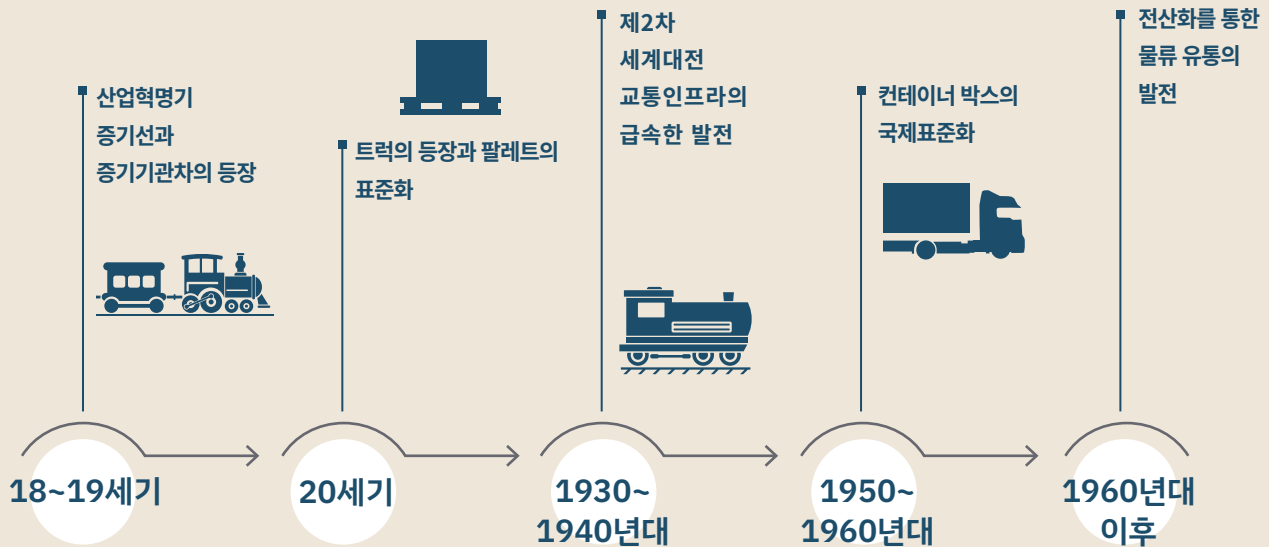


1872년에 발표된 쥘 베른의 모험 소설 <80일간의 세계일주>는 당대의 급속한 교통 및 통신기술로 인해 초보적이거나 글로벌 공급망이 형성되기 시작했음을 알리는 작품이다.





글로벌 공급망을 위한 기술적 발전



글로벌 공급망의 시초는 역시 18~19세기 산업혁명기다. 이 시기 인류가 기계력(증기기관)을 본격적으로 이용할 수 있게 되면서 인력과 자연력보다 훨씬 빠른 교통수단(증기선과 증기기관차)도 등장했다. 그리고 유선전선과 전화가 발명되면서 통신선만 깔려 있다면 세계 어디든 이론상 실시간으로 통신도 가능해졌다.

1872년에 발표된 질 베른의 모험 소설 <80일간의 세계일주>는 단순히 재미있기만 한 작품이 아니다. 당대의 급속한 교통 및 통신기술로 인해, 초보적이거나 글로벌 공급망이 형성되기 시작했음을 알리는 작품이다. 인원과 물자를 지구 반대편까지 40일 내로 보낼 수 있는 세상이 된 것이다.

하지만 40일은 당대의 사업적 관점에서도 너무 긴 시간이었다. 세상에는 40일을 못 버티는 물건과 고객이 의외로 많다. 때문에 19세기까지도 글로벌 공급망의 도래는 아직 먼 미래의 일이었다.

본격적인 글로벌 공급망의 형성

20세기 직전인 19세기 말 인류는 또 다른 중대한 교통기술의 혁신을 경험하는데, 바로 내연기관의 발명, 그리고 그 내연기관으로 달리는 자동차의 발명이었다. 증기기관차는 비용이 많이 드는 인프라인 철도가 있어야 달릴 수 있다. 그러나 자동차는 인프라가 없는 길이라도 어느 정도는 주파가 가능하다. 때문에 육상운송의 최말단을 담당할 수 있다. 이 자동차 중에서 화물의 대량 수송에 특화된 자동차, 즉 트럭(화물차)의 관련 기술도 크게 발전한다. 그중에서도 1898년 미국의 발명가 알렉산더 윈튼은 현대적인 세미 트럭^{semi truck}(운전자와 엔진, 구동장치가 달린 트랙터와 짐을 싣는 세미 트레일러를 분리 운용 가능한 트럭)을 처음으로 발명, 육상운송에 혁신을 몰고 왔다. 가솔린엔진에 비해 더욱 효율이 우수한 디젤엔진도 1920년대 중반부터 트럭용 엔진으로 보급되기 시작, 육상운송의 비용을 낮추는 데 기여했다. 트럭에 짐을 나를 때 반드시 등장하는 감초인 지게차, 그리고 그 지게차가 물건을 내릴 때 사용하는

팔레트의 표준화도 1920년대부터 이루어졌다. 이는 대형 물류 창고의 건설과 운용을 가능하게 했다. 지게차가 팔레트를 통해 제품을 수직으로 쌓을 수 있게 되어, 제품 저장 및 취급 효율을 높였기 때문이다. 20세기 초에 발명된 동력항공기의 발전도 글로벌 공급망 형성에 큰 역할을 했다.

1930년대와 1940년대 전 세계를 휩쓴 인류 역사상 최대의 전쟁, 즉 제2차 세계대전도 글로벌 공급망의 성장에는 매우 긍정적으로 작용했다. 워낙 엄청난 규모로 벌어진 전쟁이니만큼, 이 전쟁의 주요 참전국은 전쟁에서 이기기 위해 다른 대륙에 대량의 병력과 물자를 신속하게 보낼 수 있어야 했다. 이 때문에 도로, 철도, 항만, 공항 등의 교통 인프라, 그리고 그 인프라를 달리는 교통수단은 단시간 내에 양과 질 면에서 엄청난 성장과 국제표준화를 강요당했다.

또 이 전쟁을 전후해서 글로벌 공급망의 성장을 촉진시킨, 작지만 큰 한 가지 기술적 변화도 있었다. 바로 컨테이너 박스의 국제표준화다. 컨테이너 박스는 차량에도 선박에도

항공기에도 모두 탑재되는 물자 수송의 기본단위다. 따라서 이것을 국제표준화하면 그만큼 화물 운송의 규격화와 효율화 정도를 높일 수 있다. 컨테이너 박스 규격의 국제표준화는 1930년대부터 시도되어 1960년대에 완료된다. 흔히 1960년대부터 글로벌 공급망이 본격 가동되었다는 말을 많이 하는데, 그 배경에는 이렇게 오랜 세월을 걸친 관련 기술과 인프라의 성숙이 있었던 것이다.

1960년대, 세계화와 글로벌 공급망의 본격화

한국인 대부분은 ‘세계화’라는 말에서 1990년대와 당시의 김영삼 대통령을 떠올린다. 그러나 사실 진정한 세계화는 그 30년 전인 1960년대부터 무섭게 시작되고 있었다. 1960년대가 어떤 시대인가. 제2차 세계대전의 전후 복구가 완료되고, 전범국인 독일과 일본까지 국제 무대로 본격 복귀했으며, 유럽 국가의 식민지들이 대량으로 독립해 나가던 시대다. 당연히 세계 각국 간의 교류는 그 어느 때보다 활발해질 수밖에 없었다. 앞서 살펴보았듯이 기술적 인프라도 이미 충분했다. 우리나라 역시 근대화와 수출 주도형 경제정책이 시작되면서 글로벌 공급망에 편승할 수밖에 없었다.

글로벌 공급망은 이 시대 이후로도 계속 기술적 발전을 거듭한다. 1960년대부터 현재까지의 주된 기술적 화두는 다름 아닌 전산화였다. 이 시대부터 컴퓨터는 기업에서도 사용할 수 있을 만큼 성능이 향상되었고 가격도 감당할 수준이 되었다. 당연히 기업들은 재고관리와 예측, 유통에 컴퓨터를 적극 활용하기 시작한다. 이는 글로벌 공급망을 통한 물류 유통을 더욱 효율적이고 합리적으로 변모시켰다. 1967년에는 IBM이 최초의 전산 재고관리 및 예측 시스템을 개발했다. 1975년에는 실시간 전산 재고관리 시스템이 나왔다. 1980년대에는 개인용 컴퓨터를 통한 공급망 전체 관리도 가능해진다. MIT가 개발한 사물인터넷의 호시, RFID(무선 주파수 인식) 태그는 제품의 위치추적을 매우 쉽게 할 수 있게 해주었다. 인공지능과 로봇 등 제4차 산업혁명 기술도 글로벌 공급망의 발전을 돕고 있다.

전후 국제관계의 변화도 글로벌 공급망에 큰 영향을 미쳤다. 전후 우리나라와 일본, 대만, 싱가포르, 홍콩 등의 아시아

——— ◦ 세미 트럭의 등장, 컨테이너 표준화 등의 기술적 성숙기를 거쳐 20세기부터 글로벌 공급망을 위한 환경이 갖춰졌다.





코로나19, 러시아-우크라이나 전쟁 등 예상치 못했던 자연재해나 국가 간 갈등으로 글로벌 공급망이 타격을 입고, 그 영향이 전 세계적으로 확산된다.

국가들은 자본주의 진영의 주요 생산기지이자 수출 국가로 급부상했다. 이들 국가들이 대량으로 원재료를 수입하고, 완제품을 수출할 수 있던 것은 글로벌 공급망이 없었으면 불가능했다. 그리고 1970년대 말에는 중국이 개혁·개방을 시작했고, 1990년대에는 소련이 붕괴하면서 구공산권 국가와 자본주의 국가 간의 교역도 매우 활발해졌다. 1995년에는 세계무역기구^{WTO}가 설립되었고, 2001년에는 중국이 여기에 가입함으로써 글로벌 공급망은 전성기를 맞았다.

21세기에 부각된 글로벌 공급망과 세계의 위기

그러나 2000년대 후반에 들어서면서, 계속 성장하던 글로벌 공급망에도 적신호가 나타나기 시작한다. 국제관계에서 생겨난 그 적신호들 역시 아이러니하게도 글로벌 공급망을 통해 전 세계로 빠르게 전파되었다.

가장 처음 짚어볼 사건은 2008년의 글로벌 경제위기다.

2007년의 서브프라임모기지사태로 촉발된 글로벌 경제위기는, 자본주의의 구조적 취약점이라는 그 메커니즘 면에서 1929년 세계경제 대공황과 비슷했다. 다만 2008년의 미국은 1929년에 비해 경제적 체급과 세계경제에 미치는 영향이 더욱 커져 있었고, 그 영향은 강력한 글로벌 공급망을 통해 전파되었다. 따라서 미국 경제의 위기는 전 세계에 더욱 큰 악영향을 불러왔다. 돈이 덜 돌게 되자 글로벌 무역량도 급감하게 된다.

그리고 소련의 붕괴 이후 수십 년간 계속되었던 미국 단일 패권 체제가 도전받고 있다는 점도 글로벌 공급망의 발전에는 악영향이다. 가장 큰 도전자는 다름 아닌 중국이다.

글로벌 공급망의 위기를 블리얼오킨

7 대 사건

1. **2008년
글로벌 경제위기**



2. **미국과 중국의
패권 전쟁**



3. **러시아-
우크라이나 전쟁**



4. **코로나19**



5. **중국 탄소중립의
나비효과**



6. **수에즈운하
에버그린호
좌초 사고**



7. **이스라엘-
팔레스타인 전쟁**



개혁·개방으로 세계의 신흥 생산기지로 급부상한 중국은 높아진 경제력을 바탕으로 군사력과 과학력 발전에까지 투자, 미국과도 대결이 가능한 초강대국 자리를 노리게 되었다. 미국이 중국을 견제하고 계속 세계 패권국의 자리를 유지하려면, 글로벌 공급망을 통한 중국과의 협력과 공생관계를 줄여나가야 한다. 미국이 설계한 첨단 제품의 중국 내 제조도 그만두어야 한다. 미국의 첨단기술이 유출될 수 있으니 말이다.

세계가 다극 체제로 바뀌고, 미국 등 특정 국가의 패권적 권력이 덜 미치면 각 지역별로 패권을 노리는 나라들이 고개를 들기 마련이다. 지난해 발발한 러시아-우크라이나 전쟁, 올해 발발한 이스라엘-팔레스타인 전쟁은 그 대표적인 사례라 할 수 있다. 문제는 앞서도 말했듯이 세계경제가 과거에 비해 견고한 글로벌 공급망으로 연결되어 있다 보니, 이러한 외부 효과가 주는 후폭풍도 그만큼 커지고 복잡해졌다는 것이다. 이들 전쟁의 당사국들은 글로벌 공급망을 통해 전 세계에 주요 자원(연료, 식량 등)을 공급하던 나라나, 그 이웃 나라들이었다. 이 나라들이 전쟁에 돌입하자 전 세계인이 해당 자원을 공급받기 어려워졌다.

외부 효과에는 전쟁만 있는 것이 아니다. 각종 자연재해(극한 기후, 지진, 해일 등), 전염병(코로나19, 조류독감 등), 의도치 않은 사건 사고(2021년 수에즈운하 에버그린호 좌초 사고 등) 등도 있다. 글로벌 공급망이 없던 과거에는 이러한 외부적 요인이 세계적 파급력을 갖기 어려웠다. 그러나 이제는 얘기가 다르다.

글로벌 공급망에도 변화의 바람이 불고 있다. 글로벌 공급망의 기존 지상 목표가 ‘저비용 고효율’이었다면, 이제는 ‘안정과 신뢰’로 바뀌고 있다. 가장 큰 특징은 탈중국화다. 기존 글로벌 공급망은 ‘세계의 공장’ 중국 한 나라 중심으로 구축되어 있었다. 그러나 이제는 국가 간 갈등 등 각종 외부 효과에 대비해 부품 조달, 제품 생산 등을 다변화하지 않으면 안 된다. 즉, 어떤 상황에도 융통성 있고 유연하게 대처할 수 있는 능력이 장차 글로벌 공급망에서 중시될 것이다. 물론 그러기에는 각국 간의 분업이 너무 확실하게 이루어져온 것 같기는 하지만 말이다. 결국 답은 칼 세이건 박사의 말처럼 “국가가 아닌 인류 전체에 대한 충성”뿐인가?

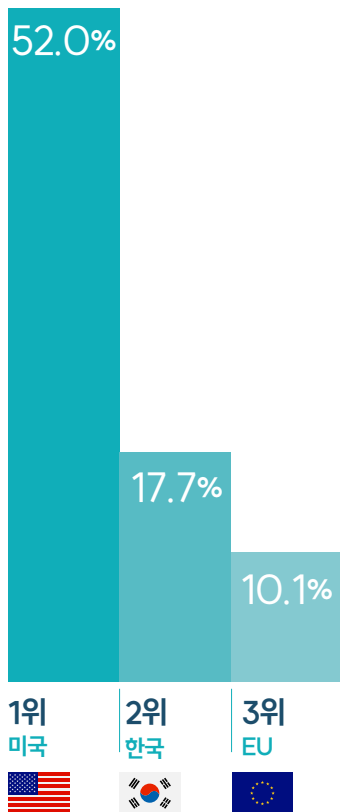


1983년 삼성전자가 본격적으로 첨단 공정의
제품을 개발하기 시작했다. 사진은 삼성전자
평택캠퍼스 웨이퍼 자동운반장비.

글로벌 반도체 공급망 재편 우리에게겐 기회다

글로벌 반도체 공급망은 1960년대 후반 우리나라의 후공정에서부터 시작됐다. 탄탄하다고 믿었던 공급망은 최근 몇 년간 다양한 이유로 보기 좋게 무너졌다. 반도체 강국인 우리에게는 반성의 기회이자 새로운 전환점이 될 수 있다.

세계 반도체 시장 점유율



자료: 옴디아(2022년 기준)

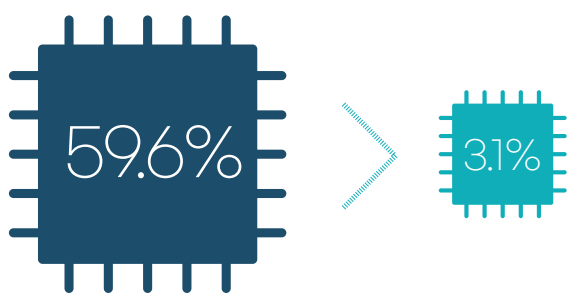
우리나라는 반도체 강국이다. 반도체는 과거부터 지금까지 첨단기술이 적용된 제품으로 선진국만 만들 수 있는 전유물 중 하나다. 그 반도체 시장에서 우리나라가 10년간 2위 자리를 유지하고 있으니 이는 충분히 자랑할 만하고 자긍심을 가져도 충분할 터이다. 하지만 우리의 현실을 냉정하게 직시해야 할 필요도 있다. 그 이유를 살펴보자.

첫 번째 — 1위와 격차가 크다

리서치 기업 옴디아^{Omdia}에 따르면 지난 2022년 기준 미국의 세계 반도체 시장 점유율은 52.0%인 데 반해, 한국은 17.7%이고 3위인 EU는 10.1%다. 우리의 세계시장 점유율은 1위인 미국과 30% 이상 차이가 나는데 뒤따라오는 EU와는 채 10%도 되지 않는다. 수치만 놓고 본다면 2위는 맞지만, 1위를 따라잡는 것이 불가능해 영원히 2위에만 머무를 수도 있다. 오히려 3위와 가까워 우리가 추월하기보다 추월당하는 것이 더 빠를 수도 있다.

두 번째 — 우리나라 반도체 수출경쟁력은 메모리 반도체에만 있다

지난해 기준 세계 메모리 반도체 시장에서 우리나라가 차지하는 비중은 59.6%로 매우 높게 나타났지만, 그 이외의 반도체 분야에서는 3.1%에 불과하다. 우리의 경쟁력이 메모리 반도체에만 과도하게 치중되어 있음을 알 수 있다. 우리나라는 본격적으로 웨이퍼 가공을 시작한 1980년대 중반부터 정부와 기업이 메모리 반도체를 집중적으로 육성해왔다. 특히 1998년 IMF 외환위기 이후 우리나라 반도체 기업들은 대규모 구조조정을 했고 그 과정에서 대기업들이 메모리 반도체에 집중 투자하는 구조가 고착화되었다.



우리나라의 전 세계 메모리 반도체 비중 vs. 이외의 반도체 분야 비중

메모리 반도체는 규격이 정해진 표준품에 가깝고 소품종 대량 생산 방식으로 제조기업이 미리 제품을 생산하고 수요기업이 필요에 따라 구매하고 있다. 따라서 가격 결정권이 제조기업보다 수요기업에 있으며, 제조기업은 항상 일정 수준의 재고를 보유해야 한다. 또한 PC, 스마트폰, 데이터센터 등 주요 수요산업의 경기가 좋아서 수요기업이 지속해서 구매하면 제조기업의 수익도 안정적이지만, 그렇지 않을 경우 출하가 줄고 재고도 쌓이게 되어 단가가 하락한다. 수요가 줄고 단가가 하락하면 메모리 반도체 제조기업은 수

익 악화로 적자가 발생한다. 지난해 하반기부터 세계 반도체 시장의 불황으로 지금 우리 기업들이 겪고 있는 현실이다. 이렇게 메모리 반도체가 경기변동에 민감하다 보니 메모리 반도체에만 집중할 것이 아니라 시스템 반도체 비중을 높여야 한다.

세 번째 — 제조 장비와 소재의 해외 의존도가 여전히 높다

우리나라가 반도체산업을 처음으로 접한 것은 1960년대 중반으로 거슬러 올라간다. 미국의 반도체 제조기업인 코미 코퍼레이션이 구미에 반도체 패키징(후공정) 목적의 합작 회사를 설립한 것이 최초의 반도체 설비를 도입한 계기다. 이후 순수 국내 기업인 아남 전자가 1960년대 말 후공정 사업에 진출하는 등 반도체산업이 뿌리를 내리기 시작했지만, 첨단기술이 필요하고 공정이 복잡하며 부가가치가 높은 웨이퍼 가공(전 공정)은 여전히 우리 기업이 진입하기 어려운 영역이었다. 그런데 1974년에 삼성전자가 국내 최초로 반도체를 생산했던 한국반도체를 인수해 웨이퍼 가공을 시작했고 1983년 본격적으로 첨단 공정의 제품을 개발하기 시작했다.

당시 한국의 전기·전자 산업의 기술력은 선진국에 한참 미치지 못했고 특히 반도체 제조는 무에서 유를 창조하는 수준의 기술 격차가 있었다. 하지만 다행히도 반도체 제조업은 대표적인 장비 산업으로 고가의 첨단장비가 있으면 제품 개발까지는 일단 가능성이 있었다. 우리나라 반도체산업이 대기업 중심으로 성장한 이유이기도 하다.

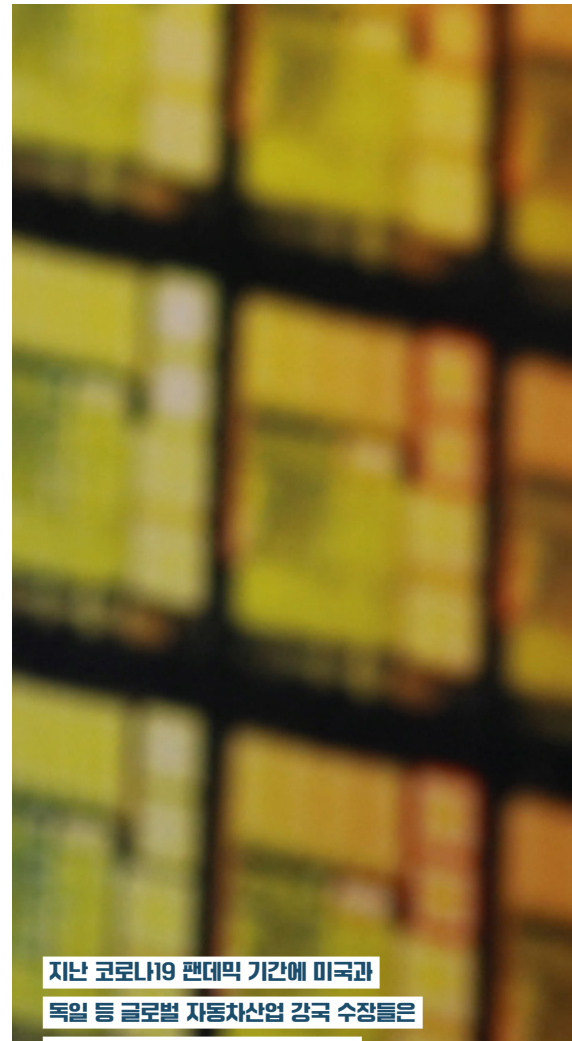
반도체 제조 장비 사업이 가장 발달한 나라는 당연히 반도체를 개발하고 원천기술을 보유한 미국이었고 지금도 변함이 없다. 그리고 1970년대부터 세계시장에서 두각을 나타내기 시작한 일본의 전기·전자 기업들은 자사에 필요한 반도체를 직접 만들기 시작했는데 도시바, NEC, 소니, 마쓰시타 등 다수의 기업이 참여하다 보니 각 기업의 필요에 따라 제조 장비와 소재 분야도 함께 발전하게 되었다.

우리 반도체 기업들은 직접 제조 장비와 소재를 개발할 필요 없이 이미 개발된 미국과 일본의 제조 장비와 소재를 도입해서 반도체 제조를 시작했고 지금까지 협력관계를 유지하며 발달할 수 있었다. 하지만 이러한 우리나라 반도체산업 발전 과정이 최근 화두로 떠오른 반도체 공급망 문제에서 우리의 발목을 잡고 있다.

국제 정치적 이슈로 떠오른

반도체 경제

반도체 공급망이 최근 주목받기 시작한 것은 지난 코로나19 팬데믹 기간에 발생한 글로벌 반도체 부족 현상 때문이다. 미국과 독일 등 글로벌 자동차산업 강국들이 자동차 제조에 차질이 발생하자 각국의 수장들이 최대 차량용 반도체 제조사인 TSMC를 직접 찾아가 제품 생산을 늘려달라고 하는 놀라운 일이 벌어졌다. TSMC가 이러한 긴급 요청에



지난 코로나19 팬데믹 기간에 미국과

독일 등 글로벌 자동차산업 강국 수장들은

TSMC를 직접 찾아가 제품 생산을

늘려달라고 요청했고

반도체 생산이 증가하면서 글로벌

반도체 부족 현상으로 이어졌다.

TSMC는 세계 파운드리 점유율 60%를 차지하는 대만의 파운드리 기업이다. 2022년 760억 달러의 매출에 340억 달러의 순이익을 올렸으며 가장 정밀한 반도체 제조 공정을 개발하고 있다. 주요 고객은 애플, 퀄컴, 엔비디아 등이다.



대응해 차량용 반도체 생산을 늘리자 이번에는 다른 시스템 반도체가 부족해졌고 글로벌 반도체 부족 현상으로까지 확대되었다.

이 사태를 겪은 후 선진국들은 앞다투어 반도체산업 육성 정책을 발표했는데 대부분 역내 생산시설을 확충하겠다는 내용을 포함하고 있다. 그리고 그 과정에서 글로벌 반도체 공급망이 도마 위에 오른 것이다. 코로나19로 인해 반도체 부족 현상이 벌어지기 전까지 글로벌 반도체 공급망은 매우 탄탄한 것으로 여겨지고 있었다.

대만 TSMC의 등장

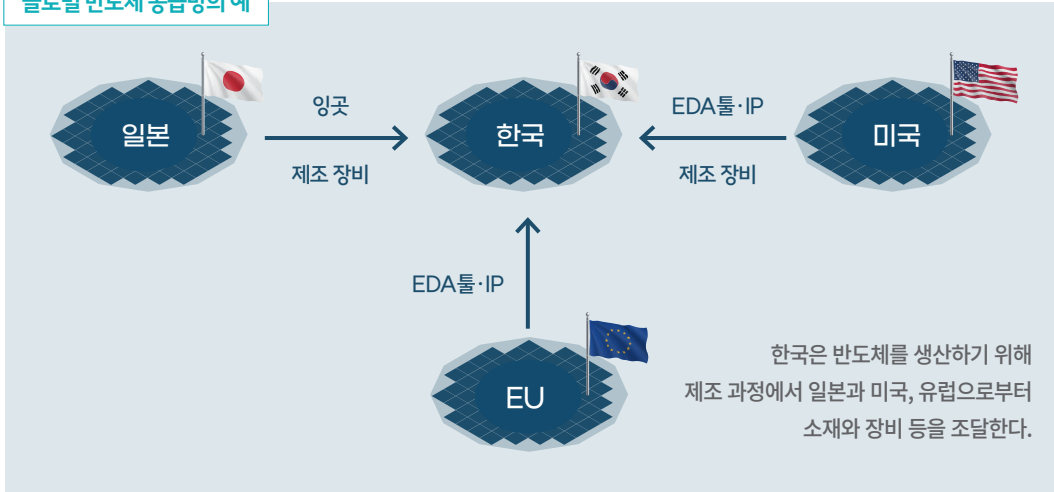
지난 1960년대 우리나라에서 후공정을 시작한 것이 사실상 글로벌 반도체 공급망 형성의 초기에 해당한다. 미국 기업들이 제조 공정 중 부가가치가 낮은 후공정을 아시아 지역으로 이전하기 시작했기 때문이다. 이후 1970년대 미국의 실리콘밸리를 중심으로 반도체 설계만을 하는 팹리스가 발달하기 시작했는데 그 기업들이 설계한 반도체를 생산해주는 기업은 한정적이었다. 설계한 반도체를 생산만 해주는 기업의 필요성이 높아지는 시점에서 등장한 것이 대만의 TSMC이다. 대만의 TSMC는 우리나라가 메모리 반도체를 본격적으로 생산하기 시작한 시점과 비슷한 시기인 1987년에 설립되었는데 대만 역시 우리와 마찬가지로 후공정 경험은 있었으나 제조 장비와 소재 등 후방산업이 발달하지 못한 상태로 파운드리 사업을 시작해 제조 장비와 소재는 미국과 일본 등에 의존해야 했다.

글로벌 반도체 공급망의 세계

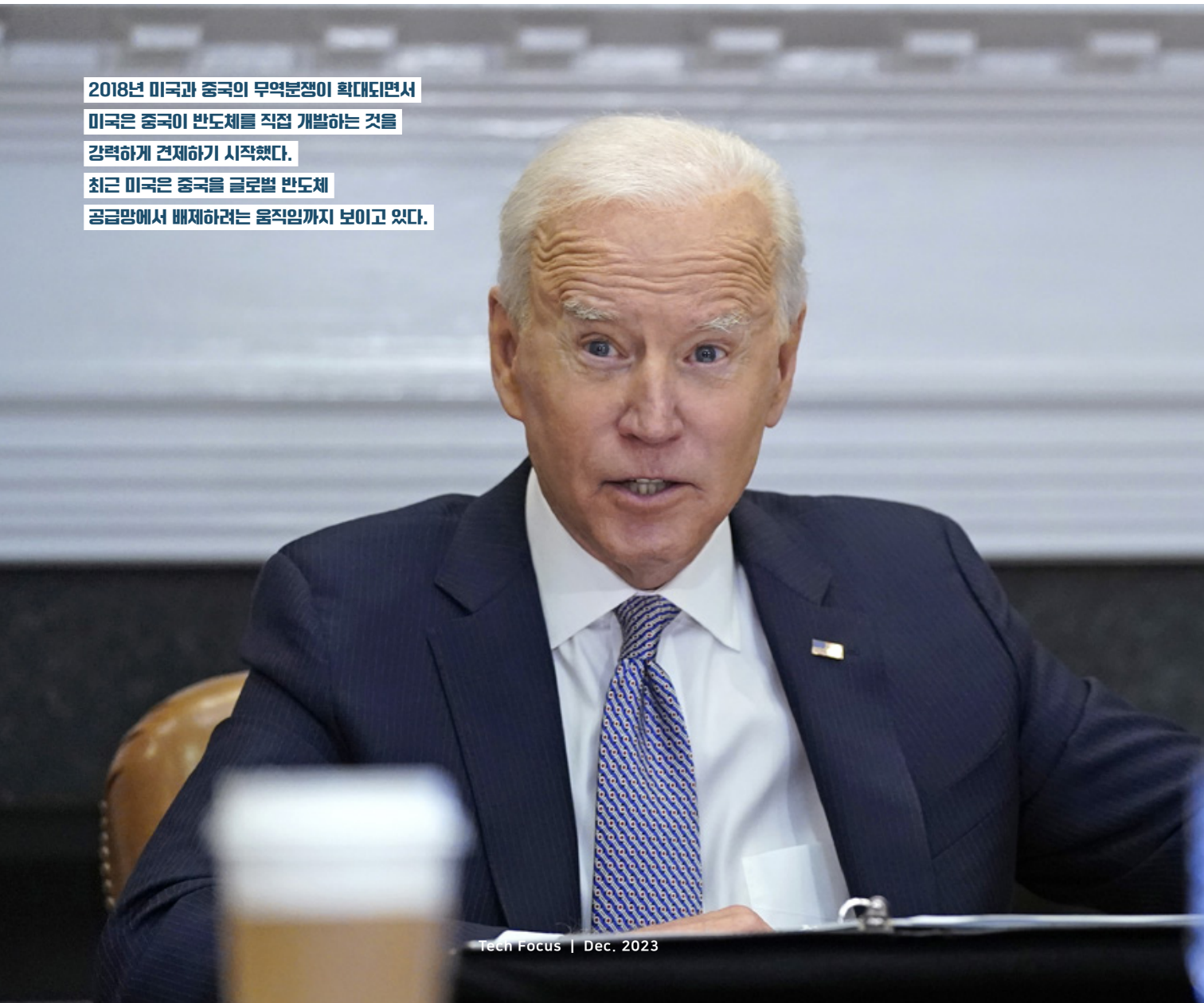
- ① 금속 또는 합금을 한번 녹인 다음 주형^{레퍼}에 흘려 넣어 굳힌 것이다.
- ② 반도체 칩에 삽입되어 특정한 기능을 수행하는 블록을 말한다.

글로벌 반도체 공급망은 어떻게 이루어져 있을까? 반도체의 핵심이자 기본 소재인 웨이퍼의 전 단계인 잉곳^{Ingot}은 일본에서 생산되어 한국과 대만으로 이동하고 한국과 대만 기업은 미국과 일본의 제조 장비로 잉곳을 절단해 반도체를 만들기 위한 웨이퍼를 준비한다. 한국은 메모리 반도체를 만들었기 때문에 설계부터 제조까지 모든 단계를 직접 수행했으나, 설계에 필요한 반도체 설계 자동화^{EDA} 툴과 IP²는 미국과 유럽 기업으로부터 조달했다. 그리고 제조 단계에서는 다시 미국과 일본의 제조 장비와 소재를 이용하고 있었다.

글로벌 반도체 공급망의 예



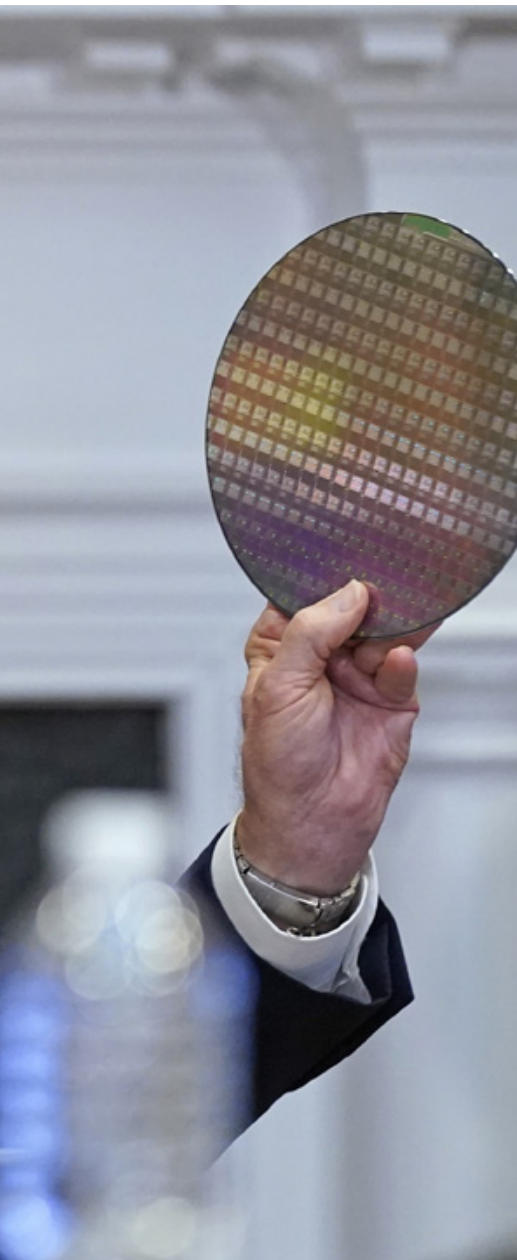
2018년 미국과 중국의 무역분쟁이 확대되면서
 미국은 중국이 반도체를 직접 개발하는 것을
 강력하게 견제하기 시작했다.
 최근 미국은 중국을 글로벌 반도체
 공급망에서 배제하려는 움직임까지 보이고 있다.



반도체 공급망 관련
주요 사건



1. 미국의 반도체 지원법^{CHIPS Act} 제정
2. 일본의 대한민국 반도체 핵심 소재 수출규제 강화 조치
3. 코로나19 팬데믹으로 인한 반도체 부족 현상



대만의 파운드리 기업은 미국 기업으로부터 설계 도면을 받아서 미국과 일본의 제조 장비와 소재를 이용해 생산했고, 후공정은 인건비가 저렴한 중국과 주변 아시아 국가에서 수행했다. 이렇게 반도체는 한 국가나 지역에 생산이 집중되는 것이 아니라 다수의 국가가 각자 핵심 역량을 발휘해 이동하면서 생산되었고 이렇게 글로벌 반도체 공급망이 형성되었다.

필연적이었던 반도체 공급망의 재편

글로벌 반도체 공급망에 균열이 가기 시작한 것은 사실 코로나19가 발생하기 직전부터다. 2018년 미국과 중국의 무역분쟁이 확대되면서 미국은 중국이 반도체를 직접 개발하는 것을 강력하게 견제하기 시작했다. 최근 미국은 중국을 글로벌 반도체 공급망에서 배제하려는 움직임까지 보이고 있다.

다음은 2019년 일본의 우리나라에 대한 반도체 핵심 소재 수출규제 강화 조치다. 효율성과 경제성을 추구하며 오랜 기간에 걸쳐 형성되어온 공급망이 정치 논리에 의해 한순간에 무너질 수 있다는 위험성을 보여준 상징적인 사건이었다. 그리고 이어 전혀 예상치도 못한 코로나19 팬데믹으로 인해 발생한 반도체 부족 현상은 글로벌 반도체 공급망의 재편 움직임을 가속화했다.

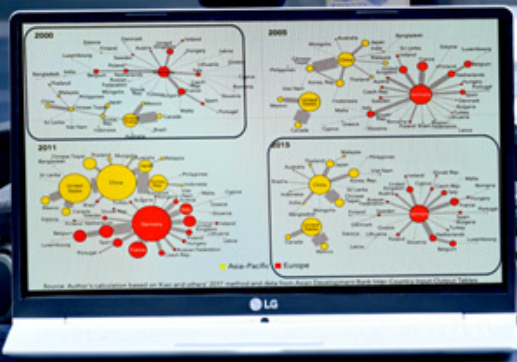
우리나라는 지금까지 글로벌 반도체 공급망에서 제조 장비와 소재의 최대 수요국이며서 메모리 반도체의 최대 공급 국가 역할을 하고 있다. 하지만 기존의 공급망이 재편되면 우리의 경쟁력이 힘을 잃어 일본이 반도체 제조업 강국에서 후방산업 중심으로 변한 것처럼 다른 분야에서 두각을 나타낼 수도 있고, 아니면 아예 사라질 수도 있을 것이다.

따라서 우리가 반도체 강국으로 계속 살아남기 위해서는 반도체 공급망이 재편되는 이 상황을 기회로 만드는 전략을 수립해야 할 필요가 있다. 글로벌 반도체 공급망이 탄탄한 시기에는 오히려 변화를 추구하기가 쉽지 않았다. 기존의 질서가 흔들릴 때 내부에서 큰 변화가 발생하는 것과 같이 글로벌 반도체 공급망 재편은 우리나라가 세계 반도체 시장에서 점유율을 높이고 진정한 반도체 강국으로 도약할 수 있는 기회가 될 것이다.



김양평 산업연구원 성장동력산업연구본부 신산업실 전문연구원 전 주 일본 한국대사관 경제과 전문조사역을 역임했으며, 현재 산업연구원 성장동력산업연구본부 신산업실 전문연구원으로 재직 중이다.

오준석 숙명여대 경영학부 교수



지속가능한 공급망은 존재할까. 최근 몇 년간 국제 정세가 급변하고 글로벌 공급망 위기가 심화되면서 수출 기업들의 피해가 가중되고 있는 형국이다. 공급망 혼란이 장기화·상시화되는 흐름 속에서 많은 기업이 위기를 타개하기 위해 다양한 방안을 모색하고 있다. 국내 기업과 우리 정부는 공급망 위기 대응과 시장 경쟁력 강화를 위해 어떤 전략을 모색해야 할지 오준석 숙명여대 경영학부 교수를 만나 해법을 들어봤다.

word 김광균 photo 김기남

공급망 재편 속 투자하이프^o로서 역할 해야

① 하이브는 '벌집'이라는 뜻으로 기업을 유지하는 데 그치는 게 아니라 생태계를 만들어줘야 한다는 의미로 인터뷰어가 만든 표현이다.

Q 최근 몇 년간 글로벌 환경과 국제 정세가 급변하면서 공급망 관리가 국제 문제와 기업전략에서 매우 중요한 이슈로 부각되고 있습니다. 현재 글로벌 무역통상 환경 변화의 흐름을 어떻게 보고 있는지, 글로벌 공급망 위기 요인은 무엇이라고 생각하시는지 궁금합니다.

무역통상 환경 변화의 흐름은 크게 두 가지로 볼 수 있습니다. 첫 번째는 기본적으로 통상 분쟁이 생기면 당사국끼리 해결하라는 양자주의가 원칙이었으나 세계무역기구^{WTO} 출범과 함께 분쟁해결절차가 구체화되면서 다자주의로 전환했습니다. 당사자가 아닌 국제기구가 나서서 조정이나 중재, 나아가 결정을 하는 방식으로 변화한 것입니다. 두 번째는 통상 리더십을 누가 가져갈 것인지 하는 문제인데 앞으로 경제패권 경쟁이 지속될 가능성이 높은 상황입니다. 지금까지 절대 강자인 미국과 중국 중심으로 갈라진 글로벌 공급망 체제에 놓여 있었지만 이제 다자주의 체제, 지역 리더십을 발휘하는 기능이 필요해지면서 글로벌 공급망 체제에서 지역 공급망 체제로 변화한 것이죠. 그런 점에서 현재 지역 중심의 공급망 순환 체계가 완성되는 전환기에 놓여 있다고 볼 수 있습니다.

Q 글로벌 공급망 위기가 심화되면서 기업들의 피해도 가중되고 있습니다. 공급망 위기로 기업들이 겪는 주된 어려움은 무엇이며, 특히 수출 기업들이 가장 우려하는 공급망 문제는 무엇인가요?

가장 큰 문제는 무역 시장 전체가 위축된다는 점입니다. 미·중 경쟁이 심화되면서 양국이 관세율을 서로 올리고 있습니다. 그렇게 되면 WTO 최혜국대우 원칙에 따라 전반적으로 기본 관세율이 올라간다는 점에서 기업들이 직접적인 피해를 입게 됩니다. 두 번째는 그동안 공급망 단절을 겪어보지 못했으나 코로나 19 이후 특히 중국의 공세적인 조치로 공급망 단절을 겪다 보니 기업들이 안전재고를 높여야 하는 부담이 생겼다는 점입니다. 생산공정이 멈추면 연관 기업들에게도 동시에 영향을 미치기 때문에 안전재고 확보율을 높여야 하며, 이는 결국 비용 증가로 이어집니다. 세 번째는 결국 이러한 공급망 재편의 과정에서 인수합병^{M&A}이나 신설 투자 등의 요구가 등장하게 됩니다. 이로 인해 기업들의 생산시설이나 지분권에 변화가 예견되고 있습니다. 그 과정에서 기업의 경영지배권에 대한 위협이 가해지고, 그에 대한 자본 방어적인 조치를 취해야 한다는 점이 기업들이 당면한 과제라 할 수 있겠습니다. 이러한 이유로 수출 기업들에게 무역 시장 규모 축소는 상당히 큰 어려움으로 다가올 수밖에 없습니다.

Q 세계 주요국이 자국에 유리한 방향으로 글로벌 공급망을 재편하기 위한 정책을 경쟁적으로 펴고 있습니다. 이런 환경에서 우리가 주목해야 할 주요국의 정책 및 전략은 무엇인가요?

글로벌 공급망에서 지역 공급망으로 재편되면서 세계열강이 각

축을 벌이고 있죠. 미국은 중국을 배제한 동맹국 간의 공급망을 구축하자는 전략을 취하고 있고, 중국은 자국 중심의 공급망에서 미국을 견어내자는 거미 전략^{去美戰略}을 취하고 있습니다. 또한 유럽의 경우 특수한 물자의 공급이 단절될 때 겪는 어려움이 크기 때문에 ‘단일시장 긴급조치^{SMEI, Single Market Emergency Instrument}’를 통해 필수 상품과 서비스의 공급망 안정화를 도모하고 있습니다. 우리나라로서 미국과 중국 모두 중요한 교역 파트너인 만큼 전략적 스탠스를 고민할 수밖에 없는 어려운 상황입니다.

Q 글로벌 공급망 재편 흐름은 특히 첨단산업을 중심으로 산업 구조의 새로운 변화와 대응을 요구하고 있고, ESG 관련 규제도 강화되는 추세인데요. 이러한 통상 환경의 변화가 기업활동에 어떤 영향을 미칠 것이라고 보시나요?

우리 정부는 현재 15개 국가첨단산업단지 조성계획을 통해 미래지향적인 산업을 유치하려 하고 있습니다. 하지만 ESG(환경·사회·지배구조)는 이러한 환경 변화보다 훨씬 넓은 범위에서 산업에 영향을 줍니다. ESG는 단순히 시장 차원의 규범뿐 아니라 여러 노동환경이나 인권 등의 측면에서 책임 있는 투자를 강조하고 있죠. 지금까지 최종 생산품에 대한 규제가 대부분이었다면 이제 여러 공정에서 탄소배출량이라든지 노동 조건 등과 관련된 국제규범을 준수해야 하기 때문에 규제의 폭이 넓어지게 됩니다. 그렇다면 공정이 어떤 식으로 구성돼 있고 그 과정에서 관련 규범을 잘 지켰다고 하는 점을 기업이 입증해야 하는데 문제는 공정과 관련된 여러 기업 비밀이 누출될 가능성이 높다는 점입니다. 이로 인해 기업들의 데이터보호 문제가 중요한 과제로 떠올랐는데 이는 세계 주요국이 데이터 주권 확보를 위해 상당한 노력을 기울이고 있는 이유이기도 합니다.

Q 글로벌 공급망 위기가 소부장 산업에 특히 위협적인 이유는 무엇인가요? 글로벌 공급망 재편 흐름 속에서 우리의 소부장 산업 경쟁력을 강화해야 하는 이유는 무엇이라고 보시나요?

우리나라 소부장 기업은 두 가지 유형으로 나뉩니다. 하나는 대기업이 생산기지를 해외로 이전할 때 동반 진출한 협력 업체들이고, 또 하나는 시장 수요에 맞는 제품을 생산하기 위해 독립적

으로 해외에 진출한 기업들입니다. 후자의 경우 아시아 시장에 진출한 기업들이 많습니다. 문제는 대부분 중국을 중심으로 공급망이 구성돼 있는데 중국을 배제한 상태로 공급망을 재편해야 하는 상황이다 보니 여러 가지 어려움이 생기게 됩니다. 중국의 영향력 아래 있는 공급망 체제에서 생산된 제품은 미국 등의 선진 시장으로 나가지 못하는 상황이 되거든요. 따라서 기업들 입장에선 이미 투자를 다 해놓았는데 규모를 축소하거나 철수해야 하는 기로에 직면하게 됐고요. 그런 측면에서 우리 정부가 경쟁력 있는 소부장 기업들에 대한 리쇼어링(해외 진출 기업의 국내 복귀)을 좀 더 적극적으로 고려해야 할 때가 아닌가 싶습니다.

Q 공급망 불확실성 속에서 글로벌 기업들이 대안으로 한국, 일본, 아세안에 주목하는 상황입니다. 교수님도 글로벌 소부장 업체들의 탈중국 움직임이 한국에 큰 기회요인이라고 언급하신 바 있는데요. 어떤 점에서 우리에게 기회가 된다고 보시나요?

한국은 글로벌 소부장 업체들의 탈중국 흐름을 반드시 잡아야 합니다. 문제는 대부분의 제조기업들이 취하는 전략이 ‘차이나 플러스원(China+1, 중국 리스크에 대응하기 위해 인도, 인도네시아 등 중국 이외 국가로 투자를 늘리는 전략)’이라는 점입니다. 즉 중국에서 완전히 나오는 것이 아니라 시설 일부를 중국에 남겨놓고 인접 국가로 생산시설의 중심점을 옮기는 전략인 것이죠. 기업들이 한국에 온다 하더라도 그 매력도가 충분치 않으면 언제든 나갈 수 있다는 이야기입니다. 기업들이 국내에 들어올 때, 해외 직접투자를 할 시점부터 추후 나가게 될 것을 염두에 두고 재무전략을 수립하는 경우가 있기 때문에 이를 눈여겨보아야 하지 않을까 싶습니다.

Q 불안정한 국제 정세 속에서 안전하고 지속가능한 공급망을 구축하려면 어떤 대응이 필요할까요?

공급망 재편 과정에서 중국과 인접하면서 도 탈한 자본을 받을 수 있는 절대적인 경쟁자는 한국과 일본이라 할 수 있습니다. 한국은 일본에 대해 공급망 재편 과정에서 우위를 확보해야 하

는데 가장 중요한 것은 현지화 환경입니다. 대부분 투자 기업들은 일본에 대해 상당히 만족하고 있습니다. 안정적인 규제 환경이 일본의 강점인데 문제는 공급망의 폐쇄성입니다. 일본에 진출한 다국적 기업들은 일본의 공급망에서 일부로서 역할을 하기보다 그 안에 녹아들고 싶어 하지만 상대적으로 그런 기회가 적다고 지적합니다. 반면 한국은 외국계 기업이 들어오면 지역사회에 동화되기 쉽습니다. 특히 지방의 경우 외국 기업들을 수용하는 분위기가 있어 강점이라 할 수 있죠. 또 하나의 과제는 공급망 재편이 재편으로만 끝나선 안 되고 한국 경쟁력에 도움이 되는 방향으로 나아가야 한다는 것입니다. 앞서 말씀드린 국가첨단산업단지 조성이 중요한 이유가 여기에 있습니다. 그동안 전

자·자동차·기계류·화학·철강·선박 등 주요 6대 산업이 우리나라를 먹여살려왔지만 앞으로는 산업 지형이 바뀔 것이기 때문에 새로운 산업생태계를 창출하는 기회로 삼아야 되겠고요. 단지 리쇼어링하는 기업과 외국계 기업들을 유치하는 허브에 그치는 것이 아니라 그 안에서 새로운 생태계를 형성하는 투자하이브 ^{hive}로서 역할을 하는 것이 중요합니다. 또한 장기적으로 디지털 플랫폼 기반의 통상 인프라를 구축해 디지털 공급망 시대에 대비해야 합니다. 현재 코트라^{KOTRA}가 보유한 무역투자24, 해드림, 트라이빅 등 무역 플랫폼과 같은 디지털 인프라 구축에 대해 좀 더 선제적인 투자와 지원이 뒷받침돼야 한다고 생각합니다.



오준석 교수는 리쇼어링하는 기업과 외국계 기업들을 유치하는 허브에 그치는 것이 아니라 그 안에서 새로운 생태계를 형성하는 투자하이브로서 역할을 하는 것이 중요하다고 강조한다.



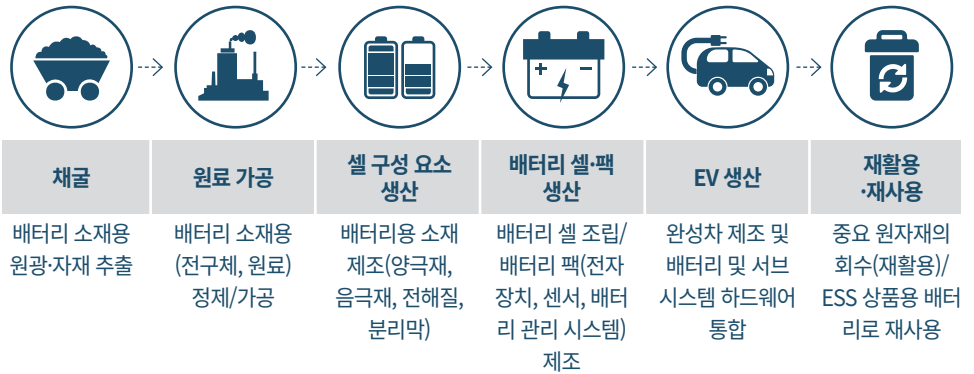


배터리 최대의 미션: 리튬을 확보하라

전기차 수요 증가와 함께 비약적으로 성장한 이차전지 시장에서 한국은 현재 중국에 이어 2위 자리를 차지하고 있다. 전기차 배터리의 핵심 소재 중 하나인 양극재에서 우수한 기술력으로 경쟁력을 갖췄지만 보완해야 할 공급망 문제도 많다.



전기차 배터리 공급망 흐름도



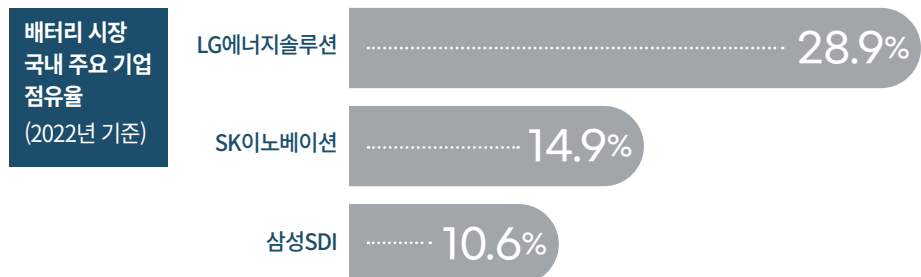
자료: IEA(2022) 자료 편집

전기차 배터리 공급망은 ‘원자재 채굴·가공→소재 생산→배터리 생산→전기차 생산→재활용’ 단계로 구분되며, 한·중·일 3국은 배터리 공급망 각 단계에서 주도권 경합 중이다. 한국은 전기차 배터리와 양극재에서 두각을 나타내면서 반도체와 함께 향후 우리나라의 미래 먹거리로 주목받고 있다.

전기차 등장으로 폭발적으로 성장한 이차전지 시장

전기차 수요 증가에 힘입어 핵심 부품인 이차전지 시장은 비약적으로 성장했다. 2021년 전기차 배터리 시장은 한·중·일 6개 사가 세계시장의 87%를 석권했다. 특히 한국은 우수한 품질과 공격적인 설비 증설로 중국에 이어 배터리 시장점유율 세계 2위로 부상했다. 중국의 배터리 시장은 자국 우선주의 정책(자국산 배터리 장착 전기차에 보조금 추가 지급, 귀차오(애국소비 등))으로 중국 기업이 장악하고 있다. 중국 시장 제1의 시 2022년 기준 LG에너지솔루션이 28.9%, SK이노베이션이 14.9%, 삼성SDI 10.6%를 차지한 것으로 집계됐다.

한국은 4대 소재(양극재, 음극재, 전해질, 분리막) 중 양극재에서 경쟁력을 갖췄다. 양극재는 배터리 핵심 소재로 원가 비중이 가장 높고(52%), 시장규모도 크며(61%) 세계 각국이 본격 배터리 증설에 나서면서 양극재 기업도 가파르게 성장 중이다. 2030년 양극재 시장은 2020년 대비 7.3배 증가(연평균 24% 증가)해 가장 큰 소재 시장으로 부상할 전망이다. 양극재 시장은 한·중·일이 시장을 주도하는 가운데 한국은 2위 자리를 놓고 일본과 경합 중이다.





↑
사진은 충북 청주 오창 LG에너지솔루션 배터리 공장에서 제품을 검수하고 있는 직원들 모습.

한국의 배터리 공급망 성적표

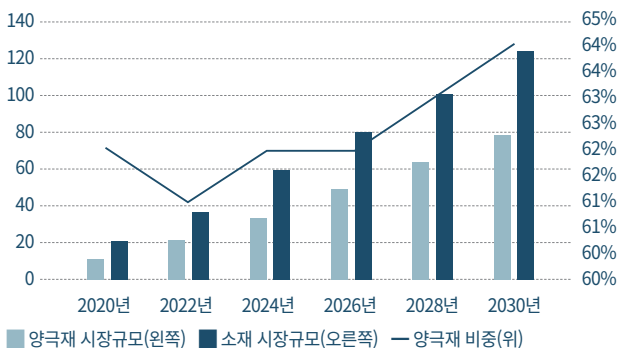
한국의 배터리 공급망은 시장점유율, 기술력, 생산, 품질 측면에서는 우수하지만 소재·원자재 경쟁력은 미흡한 것으로 평가된다. 한국은 원자재 수입의존도가 높고 가공 역량도 미흡해 중국과 일본 대비 경쟁력이 낮다. 2022년 양극재 시장에서 한국 점유율은 28%에 달했으나, 양극재 생산에 필요한 전구체와 리튬(수산화리튬)은 대부분 중국에 의존해 수익성이 높지 않다. 전구체는 니켈, 코발트, 망간 등 원재료를 조합한 화합물로 전구체에 리튬을 배합하면 양극재가 최종적으로 생산된다. 전구체와 리튬의 경우 양극재 재료비의 80% 이상을 차지하며, 양극재 생산 이윤의 70%가 중국에 귀속되는 것으로 업계는 추산하고 있다. 특히 한국은

리튬을 전량 수입에 의존하고 있어 가격 변동과 수급 불안 등 대외 여건에 취약하다. 우리나라는 전체 리튬 수입의 95%를 중국(64%), 칠레(31%)에 의존하고 있다. 중국에서 수산화리튬을 수입하고, 칠레에서는 탄산리튬을 주로 수입하는 구조다. 2020년부터 대중국 수입이 칠레를 앞서고 있어 향후 중국 수입이 더 늘어날 전망이다. 대중국 리튬 수입은 연평균 68% 증가했으며 대중국 리튬 수입의 91%가 수산화리튬이다. 국내에서 하이니켈 배터리(코발트 사용량을 줄이고 에너지 밀도를 높이기 위해 니켈 함량을 높은 배터리를 지칭) 생산이 확대되고 있어 향후 대중국 수산화리튬 의존 구조가 더 심화될 것으로 예상된다. 리튬은 가격 변동성이 높아 중국 의존도를 낮춰야 하며 이를 위해서는 수산화리튬 정제 산업 및 해외 자원 개발 투자를 확대해 조달 체계를 강화할 필요가 있다.

한국·일본의 대중국 리튬 수입 비교

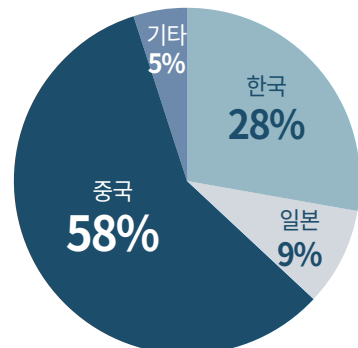
한국과 일본은 중국의 주요 리튬 수출 대상국이나, 일본에 비해 한국의 대중국 리튬 의존도가 높은 것으로 나타났다. 2021년 기준 중국의 전체 리튬 수출 중 한국이 54%인 반면 일본은 30%에 불과하

소재 시장 내 양극재 차지 비중



단위: 십억 달러 자료: IBK투자증권(2022)

한·중·일 양극재 시장 점유율



자료: SNER리서치(2022년)

다. 일본의 대중 리튬 의존도는 50%대에 머물러 있으나, 한국은 2017년 이후 꾸준히 상승해 올해는 64%에 달한다. 이는 삼원계 배터리를 생산하는 한국의 대중국 수산화리튬 의존도가 84%에 달하는 데 기인한다. 일본은 리튬 수입품목 다양화, 수입선 다변화에 주력해 리튬 수입이 안정적이다. 수입품목도 수산화리튬(41%), 탄산리튬(46%), 스포듀민(12%) 등으로 다양하다. 2022년 기준 일본은 리튬 수입의 44%를 중국 이외 국가에서 수입해 수입선도 다변화하고 있다.



우리 기업의 배터리 원자재 및 중간재의 대중국 의존도는 여전히 매우 높은 편이다. 사진은 중국 푸젠성 닝더에 있는 중국 배터리 업체인 CATL 공장의 모습.

대중국 배터리 원자재 의존 문제

현재 한국은 리튬 이외의 여타 배터리 핵심 원자재 및 중간재도 중국에 크게 의존하고 있다. 중국이 황산니켈을 수출하지 않아 니켈 의존도는 낮지만 2022년 기준 흑연, 코발트 의존도는 90%에 달한다. 망간의 경우 지난 3년간 의존도가 99%에 달했으나, 2022년 벨기에 수입이 늘면서 30%로 저하됐다. 또한 니켈, 코발트, 망간의 배합으로 제조된 전구체^{NCM} 의존도가 98%에 달해, 우리 기업의 배터리 원자재 및 중간재의 대중국 의존도는 여전히 매우 높은 편이다. 2022년 기준 전구체는 국내 수요의 98%를 수입에 의존했다. 중국에 의존하는 배터리

원자재 공급망은 한국 배터리 생태계의 심각한 위협 요인으로, 공급선을 다변화하지 않을 경우 중국 발 리스크에 취약해질 수 있다. 중국의 기후변화나 양국 간 정치적 갈등이 불거질 경우 리튬 수입에 차질이 발생할 우려가 있다. 최근 가뭄과 정전으로 리튬 채굴-정제 공급망의 20% 이상을 담당하는 쓰촨성 공장이 폐쇄되면서 리튬 가격이 급등한 바 있다. 2010년 중국이 정치적 이슈(센카쿠 열도 갈등)로 분쟁 시 희토류를 전략적으로 이용했던 전례에 비추어 중국이 우리나라와 정치-경제적 갈등이 생길 경우 배터리 원자재 수출을 통제할 수 있다. 배터리 공급망 내재화 및 원자재 환경기준이 강화되면서 중국산 원자재를 사용하는 배터리가 국제시장에서 외면받을 가능성이 상존한다.

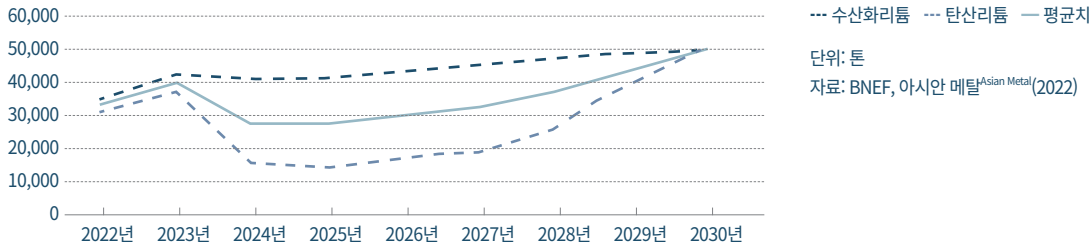
특히 리튬의 경우 배터리 양극재 원가에서 차지하는 비중이 매우 높고 수요 폭증으로 가격이 급등(배터리 원자재 인플레이션)해 국내 기업의 어려움이 가중되고 있다. 리튬 가격 급등으로 리튬이 양극재 원가에서 차지하는 비중이 60~70%에 달하며 최근 여타 광물은 가격이 하락세를 보이고 있으나 리튬은 상승세를 지속 중이다. 수요 증가로 가격 상승이 일시적 현상이 아닌 뉴노멀이 될 것이라는 시각이 우세하다.

배터리 원자재, 원료 총수입 대비 중국 의존도



*2022년 1~7월 기준
*전구체(NCM 전구체, 흑연(천연흑연, 인조흑연), 리튬(탄산, 수산화, 산화리튬), 코발트(수산화코발트, 산화코발트), 망간(황산망간), 니켈(황산니켈, 니켈메트, 수산화니켈)
자료: KSTAT, 전지협회

리튬 가격 전망



리튬 확보 위한 전략 반드시 필요

리튬은 이차전지 배터리에 사용되며, 차세대 배터리에 양극재, 음극재 핵심 광물로 투입되는 핵심 원자재로 수급과 가격 변동이 심하다. 전 세계 리튬의 65%가 중국에서 제련되고, 한국은 리튬 64%를 중국에서 수입해 경쟁국인 일본에 비해 중국 의존도가 높은 편이다. 일본의 경우 대중국 리튬 의존도가 50%인 반면, 한국은 대중국 의존도가 지속적으로 상승해 60%에 달한다. 특히 수산화리튬은 국내 기업이 주로 생산하는 니켈과 배합이 용이해 하이니켈 삼원계 배터리에 많이 쓰이면서 대중국 수입 의존도가 84%에 육박한다.

최근 리튬 생산에서 발생하는 환경파괴, 원산지 문제, 자원 국유화 등의 이슈가 배터리산업에 영향을 주고 있으나 제련시설이나 보유 광상이 부족한 실정이다. 리튬은 채굴 및 제련 과정에서 다량의 온실가스 배출, 환경오염, 지역사회와의 갈등, ESG 미충족 등 많은 문제점이 있어 향후 ESG 기준에 부합하는 리튬을 조달하는 것이 공급망 관리의 핵심이 될 전망이다. 지난 8월 미국은 인플레이션감축법^{IRA}을 발효해 미국 혹은 미국과 FTA를 맺은 국가에서 원자재를 수급한 경우에만 보조금 지급 대상에 포함한다. 아울러 리튬 국유화로 통제권을 높이려는 시도가 남미 리튬 삼각지대 및 멕시코에서 검토되고 있어 자원 수급에 어려움이 커질 수 있다. 편중된 리튬 공급망을 보유한 한국은 리튬 제반 이슈 관리에 취약하다. 2021년 블룸버그가 배터리 공급망을 보유한 30개국의 경쟁력을 평가한 결과 한국은 10위로 기록되었다. 원자재 수급, 환경 분야에서 낮은 점수를 부여(18위, 19위)하며 한국의 원자재 수급 불안과 배터리산업의 고탄소배출 구조를 지적했다. 향후 특정국 원자재 의존이 해소되지 않고 환경기준을 준수하지 않을 경우 한국의 배터리 공급망 경쟁력은 더 악화될 우려가 있다.

국내 기업이 리튬을 확보하기 위해서는 ▲지분투자 ▲오프테이크 ▲광상 개발 ▲추출 기술 개발 및 제련시설 구축 등이 필요하지만 기업 차원에서는 한계가 있다. 배터리 공급망 생태계 조성을 위해 민간이 협력해 ▲해외 광상 개발 투자 활성화 ▲자원외교 복원 ▲리튬 제련산업 육성 ▲중국 이외 공급선 발굴이 필요하다.



강내영 한국무역협회 동향분석실 수석연구원·계량경제학 박사

2014년부터 현재까지 한국무역협회 국제무역통상연구원 동향분석실 수석연구원으로 다양한 연구를 하고 있다. 주요 연구로는 제조업의 미래 II, 제조업의 서비스화 사례와 우리 기업의 혁신 전략, 글로벌 공급망의 뉴노멀과 우리의 대응, 5대 신성장 산업의 수출경쟁력 및 경제 기여 진단 등이 있다.

산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끕니다

KEIT는 알고 있습니다

하나의 기술을 완성하기까지

얼마나 많은 땀을 흘리고 있는 지를 -

KEIT도 뛰겠습니다

하나하나 최선을 다해 키워온 기술을

세상에 마음껏 펼쳐보일 수 있도록 -

모든 기업이 더 많은 기회를 얻고

R&D 영역을 넓힐 수 있도록

KEIT가 든든한 디딤돌이 되겠습니다



정부가 미국에서 열린 아시아태평양경제협력체^{APEC} 개최를 계기로 미국과의 첨단산업 분야 연구개발 협력 강화에 나섰다. 미국 우수 대학 및 연구소와 협력관계를 본격적으로 구축해 산업기술 연구개발^{R&D} 국제화에 박차를 가하겠다는 목표다. 방문규 산업통상자원부 장관은 지난 11월 17일 미국 스탠퍼드 대학을 방문해 리처드 셸러 총장과 바이오, 로봇 분야 교수진을 만나 이 같은 의지를 표명했다. 구체적으로 어떤 방안이 논의됐는지 알아보자.

word 이슬기 <한국경제신문> 기자

APEC 한미 R&D 국제 협력 첨단기술 국제 협력 본격화

APEC 개최로 미국을 방문한 윤석열 대통령은 “세계 최우수 연구자들과 글로벌 연구 협력 기회를 확대하고, 해외 연구자가 대한민국 정부의 R&D에 참여할 수 없었던 제한도 없애고 있다”고 밝혔다. 사진은 지난 11월 17일 미국 스탠퍼드 대학교 한일 정상 좌담회에 참석한 윤 대통령의 모습.



내년 국제 공동연구개발 지원 규모

60% 늘린다

지난 11월 17일 방문규 산업통상자원부 장관 이 스탠퍼드 대학을 방문해 발표한 내용 중 가장 눈에 띄는 부분은 국제 공동 R&D에 대한 지원 규모를 올해 대비 60% 늘린다는 내용이다. 현재 약 3000억 원 규모인데, 5000억 원에 가까운 수준으로 늘리겠다는 것으로 그만큼 해외 연구자들과 함께 하는 R&D에 힘을 쏟겠다는 이야기다. 뿐만 아니라 방 장관은 한국의 산업기술 R&D를 해외 연구자에게 모두 개방하는 한편, 세계 최고의 대학과 연구소에 ‘세계 산업기술 협력센터’를 구축해 우리 기업의 국제 공동 R&D를 체계적으로 지원하겠다고 밝혔다.

윤석열 대통령 역시 지난 11월 15일 APEC 정상회의의 참석차 미국을 방문하면서 샌프란시스코 시내의 한 호텔에서 ‘글로벌 과학기술 디지털 협력 강화를 위한 재미 한인 미래세대와의 대화’에서 “우리 정부는 미래세대 연구자들이 세계 최고를 지향하는 혁신적인 연구에 실패 걱정 없이 도전할 수 있도록 연구개발^{R&D} 정책을 바꿔나가는 중”이라며 “특히 세계 최우수 연구자들과 글로벌 연구 협력 기회를 크게 확대하고, 해외 연구자가 대한민국 정부의 R&D에 참여할 수 없었던 제한도 없애고 있다”고 밝혔다.

사실 이러한 방침은 이미 지난 8월에 제시된 바 있다. 장영진 산업부 1차관이 당시 미국 실리콘밸리에 위치한 팔로알토에서 ‘한미 산업기술 R&D 설명회’를 개최하고 “첨단기술 국제 협력을 본격화하겠다”고 천명한 바 있기 때문이다. 해외 연구자들도 주관 기관이 될 수 있도록 하는 등 국내 연구자와 동등하게 R&D에 참여할 수 있도록 바꿔나간다고 밝혔던 만큼, APEC 개최를 계기로 후속 조치가 이뤄지고 있다고 볼 수 있다.

왜 R&D에 국제 협력이 중요한가?

현재 우리나라의 연구자 네트워크인 ‘글로벌 협력 기술 지원단^{K-TAG}’에는 22개국 601명이 포함돼 있다. 이 중 미국이 349명, 유럽 100명, 캐나다 73명 등이다. 그런데 올해 진행 중인 국제 공동 R&D 예산 3000억 원 가운데 해외 연구자에게 배정된 연구비는



KEIT는 지난 11월 16일 미국의 매스로보틱스, 암빅^{AMBIC}, 솔리드파워 등과 MOU를 체결했다.

10%밖에 되지 않는다고 한다. 그만큼 현재 이뤄지고 있는 R&D 사업이 국내 중심이라는 점을 알 수 있다.

R&D는 가능한 많은 아이디어를 모아 다양한 논의를 거친 뒤, 가장 적절한 방안을 채택했을 때 성공할 가능성이 높을 것이다. 현재 우리나라의 R&D는 국내 위주 프로젝트가 많아 국제적이고 다양한 관점의 연구가 부족한 상황이다. 따라서 해외 연구자들과의 적극적인 협력을 통해 연구의 풀^{pool}을 확대하고, 각계 전문가들이 모두 모이는 미국과의 R&D 협력을 확대해 더 좋은 성과를 얻을 수 있을 것이라고 기대하고 있다.

구체적으로 어떻게 진행되나?

한국산업기술기획평가원^{KEIT}은 지난 11월 16일 한국과 미국의 기업인 및 연구자 120여 명이 참석한 가운데 미국의 매스로보틱스, 암빅^{AMBIC}, 솔리드파워 등과 바이오, 이차전지, 로봇 등 첨단산업 분야의 기술 협력을 위한 업무협약^{MOU}을 체결했다. 미국의 최첨단 바이오 제조센터인 암빅과는 첨단 바이오산업을, 미국 솔리드파워와는 차세대 전지 공동 개발을 위한 기술 수요 제안과 공동 R&D 과제 발굴을, 매스로보틱스와는 로봇 분야의 공동 기술개발을 모색하겠다는 방침이다.

앞으로 정부는 반도체, AI 등 다양한 첨단기술 분야에 있어 한미 R&D 협력을 통해 성과를 모색할 예정이다. 이를 위해 앞으로도 양국 간 청년 인력 교류의 확대, 공동 R&D 추진 확대 등 다양한 방식이 거론될 것으로 예상된다. 지난 4월 한미정상회담에서 양국 정상이 합의했듯, 한미 양국은 각 2023명의 이공계 청년 간의 교류를 위해 총 6000만 달러 이상 투자하기로 한 바 있다. 이를 통해 우리 이공계 학생들도 유수의 대학에서 전문지식과 경험을 쌓을 수 있을 것으로 기대된다.

한눈에 보는

광물 이야기

탄소중립을 위한 전기·수소 경제로

에너지를 전환할 때는 반드시 배터리,

신재생에너지, 수소기술 관련 ‘핵심

광물’이 필요하다. 핵심 광물은 산업에

필수적이지만 단시일 내 대체제를

찾기 어렵고 자원이 편재되어 있어

공급 문제가 존재한다. 탄소중립과 지속

가능한 에너지 시대에 필수적인 6대 핵심

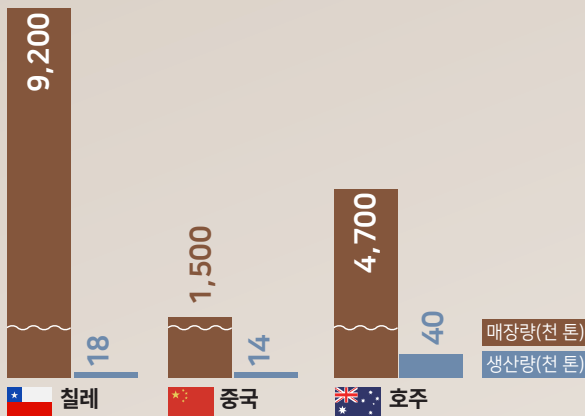
광물의 현재와 미래를 살펴본다.

리튬^{Li}

전기자동차와 신재생에너지를 활용하기 위한 ESS 산업 발전의 핵심 원료

- 21세기에 들어서면서 이차전지의 원료로 주목받고 있으며, 국내 이차전지 시장이 확대되면서 연간 4% 이상의 수요 증가
- 중국, 유럽, 일본, 한국, 북미 순으로 리튬 수요가 많으며, 향후 아시아를 중심으로 이차전지 분야의 수요량이 증가할 것으로 전망

리튬 주요 매장국

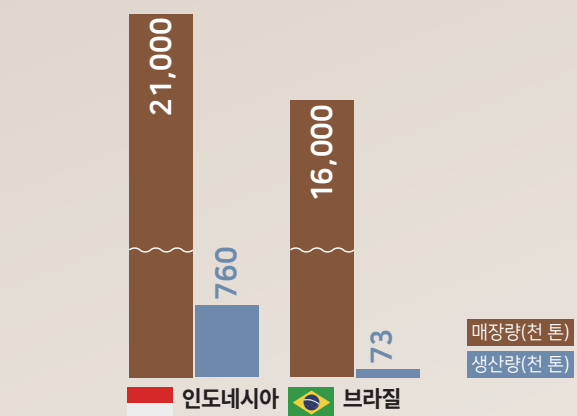


니켈^{Ni}

배터리, 연료전지, 태양광 지지대, 해양구조물 등에 사용되며 신재생에너지와 친환경 자동차에 필수

- 비교적 여러 나라에 매장되어 있지만 현재 보고되고 있는 국내 니켈광 매장량은 없으며, 개발 광산 역시 없음
- 세계 경기회복과 전기차 배터리의 신규 산업 확대에 따라 2023년부터 니켈 소비가 공급을 추월할 것으로 예상

니켈 주요 매장국

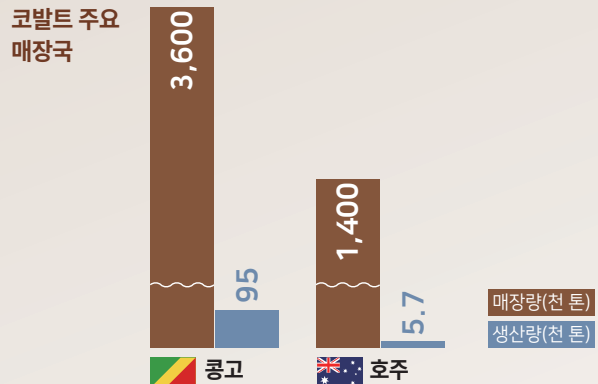


코발트^{Co}

배터리 원료로 꼭 필요한 핵심 광물이자 공급 리스크가 큰 광종

- 현재 기술 수준에서 코발트는 리튬이온배터리 양극재의 필수 금속이며, 향후 전기차와 ESS 보급 증가에 따라 상당한 수요 증가 예상
- 국내 전기차 말소 등록 차량이 늘어 우리나라에 수천억 원 이상의 시장 형성 전망

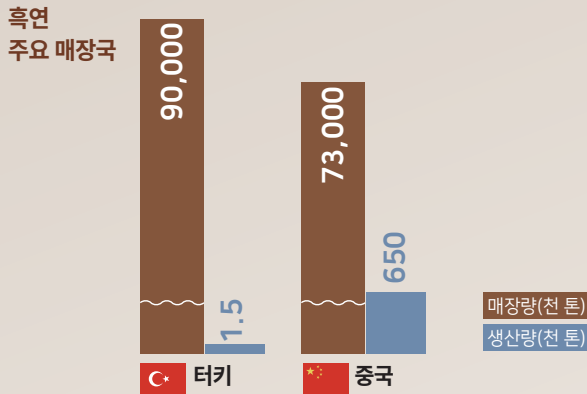
코발트 주요 매장국



흑연 Graphite

배터리 음극재 생산에서 높은 부가가치를 창출하는 핵심 원료

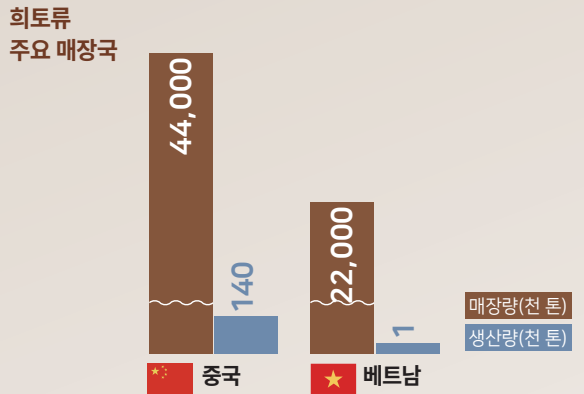
- 코로나19 팬데믹으로 관련 산업 생산성이 낮아지며 2020년 국제 흑연의 수요는 2019년 대비 12% 급감한 649.4kt으로 산정
- 국내 일부 지역에서 천연 흑연 부존과 과거 생산 이력이 확인됐으나 정확한 국내 광량 산정과 효율적인 개발을 위한 체계적인 연구 필요



희토류 REEs

영구자석, 촉매, 합금, 레이저 등 다양한 첨단산업 분야에 주로 활용

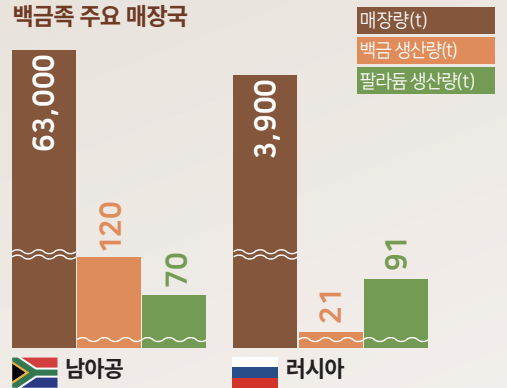
- 중국에 부존량과 생산량, 그리고 상품성 금속 생산량이 집중되어 있어 자원 무기화에 대한 우려가 가장 큰 금속
- 국내 희토류 수입량과 수출액은 원재료와 소재·부품 모두 지난 5년간 꾸준한 증가 추세



백금족 PGMs

자동차, 화학, 전기·전자 산업과 수소 생산·사용 분야 산업의 필수 핵심 금속

- 루테튬, 로듐, 팔라듐, 오스뮴, 이리듐, 백금 등 6개의 원소를 통틀어 지칭
- 연료전지 자동차 세계 선도 업체를 보유하고 있는 우리나라의 산업적·정책적 관점에서 공급망 확보 및 관리가 필수
- 채광·선광 과정에서 탄소배출량이 매우 높아 탄소배출 저감, 그리고 장기적으로 탄소중립 실현이 최대 현안 이슈



자료: 한국지질자원연구원 *그래프는 모두 2021년 기준



◆ 핵심 광물이란?

핵심 광물이란 단어 뜻 그대로 산업에 핵심적 역할을 하는 광물이지만, 최근 세계적으로 널리 사용되는 핵심 광물 Critical Minerals 혹은 핵심 원자재 Critical Raw Materials 는 경제·국방에 필수적이면서 자국 내에서 조달이 불가능하거나 수급 위험이 있는 광물 및 원자재를 의미하는 것으로 '조달에 대한 안정성'이 추가된 개념이다. 각 국가별로 주요 산업에 일부 차이가 있어 국가마다 지정된 핵심 광물 리스트도 조금씩 다르다. 주요국들은 정기적으로 산업의 중요성, 자원의 희소성, 공급 안정성 등을 평가해 핵심 광물 리스트를 재정비하고 있으며, 2023년 기준 우리나라는 33종, 미국은 50종, 유럽은 34종이 핵심 광물로 지정되었다.

핵심 광물은 산업에 필수적이지만 다양한 공급 리스크가 존재한다. 핵심 광물 공급망 위기의 원인과 각국의 핵심 광물 확보 전략에 대해 알아본다.

광물이 무기가 되는 시대

핵심 광물의 중요성과 공급망 위기

2050년 탄소중립 목표달성을 위한 친환경에너지 전환, 첨단산업 발전이 가속화되며 광물의 수요가 급격히 늘어나고 있다. 친환경에너지 설비 중 하나인 해상풍력발전기에는 약 15톤의 광물이 사용되고, 최근 빠른 성장세를 보이고 있는 전기차는 광물 사용량이 내연기관차 대비 6배에 달한다. 또한 기존 화석연료를 기반으로 산업발전을 추구하던 개발도상국의 경제발전, 휴대폰, 컴퓨터 등 첨단제품의 사용증가도 광물 수요증가의 주 원인으로 작용하고 있다. OECD는 금속 집약적 산업

확대와 신흥국·개발도상국의 경제발전 등으로 인한 세계 원자재 수요가 2011년 790억 톤에서 2060년 1670억 톤으로 두 배 이상 늘어날 것으로 전망하고 있다.

핵심 광물 주요 활용처

자료: GAO(2022)

태양광	배터리	풍력터빈	방위산업	항공기
게르마늄, 인듐, 텔루륨, 비소	코발트, 흑연, 리튬, 망간	알루미늄, 희토류	크로뮴, 갈륨, 스칸듐	니오븀, 탄탈럼, 바나듐

문제는 공급이다. 광물에 대한 수요는 급증하는 반면 공급의 속도는 더디기만 하다. 광산 개발은 탐사부터 채굴까지 평균 15~20년이 소요되며 실제 양산에 성공할 확률은 매우 희박하다. 미 기술광물연구소의 희토류 개발 프로젝트 조사 결과에 따르면 2011년 진행 중이었던 275개의 프로젝트 중 2021년 생산에 진입한 프로젝트는 4개로, 성공률은 1.5%에 불과했다. 또 광산 개발로 인한 환경파괴 문제가 널리 알려져 많은 신규 광산 프로젝트가 지역사회와 마찰을 빚거나 중단되는 경우가 늘어나고 있다.

세계 원자재 수요

790억 톤
(2011년)



1,670억 톤
(2060년 예상)

자료: OECD

가속화되고 있는 자원 보유국의 자원 전략화도 공급 위기를 높이고 있다. 수많은 자원 보유국은 가치가 높은 자원을 활용해 자국의 이익을 창출하고 선진국의 제조 기술에 대한 자국 이전을 추진하고 있다. 2022년 멕시코의 리튬산업 국유화 법안 통과 및 국영 리튬 회사 설립, 인도네시아의 2022~2023년 보크사이트, 구리 원광의 수출 중단이 대표 사례라고 할 수 있다. 세계의 주요 원자재 공급국 중 하나인 중국의 광물 수출 통제도 이러한 맥락에서 해석될 수 있다. 중국은 매년 희토류의 채굴 및 제련 총량을 고시해 생산을 통제하고, 각종 광물에 대한 수출 제한을 통해 세계 광물 시장에 영향을 미치고 있다. OECD에 따르면 2022년 기준 세계적으로 60건 이상의 원자재 수출 통제가 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

미국 미국의 핵심 광물 확보 전략

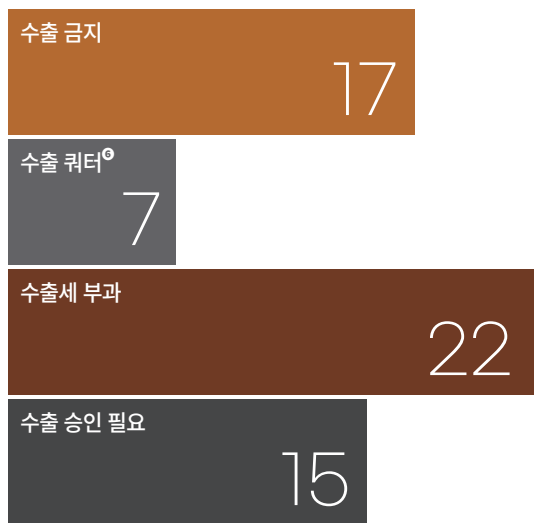
핵심 광물의 중요성이 높아지고 공급에 대한 위기감이 가중되며 미국, EU 등 주요국에서는 일찍부터 광물 확보를 위한 정책을 추진해오고 있다. 미국의 핵심 광물 확보 노력은 지난 2010년 말부터 본격적으로 시작되었는데, 오바마 정부는 2010년 10월 핵심-전략 광물 공급망 소위원회를 설치, 부처 간 역할을 조정하면서 미국 광물 정책의 기반을 마련했다. 이후 미국은 트럼프 행정부를 거쳐 바이든에 이르기까지 여러 차례의 핵심 광물 확보 전략을 발표해왔다. 미국의 핵심 광물 확보 전략은 크게 자국 생산 역량 강화 및 우방국 중심의 글로벌 공급사슬 구축으로 이루어져 있다. 미국은 인프라 투자 및 일자리법^①을 통해 지질 자원국에 5.1억 달러를 배정해 자원탐사와 DB 구축, 광물 관련 실증시설 건설을 추진 중이며 동 법에 근거해 에너지부는 5년간 배터리, 친환경에너지 설비 등 미래산업용 핵심 광물에 70억 달러 이상을 지원하고 있다. 한편, 중국 등 단일 국가에 대한 높은 의존도를 낮추기 위한 우방국과의 협력 강화를 위해 퀴드^{QUAD}^②, 광물안보파트너십^{MSP}^③, 인도태평양 경제 프레임워크^{IPEF}^④ 등 다자간 협의체를 구축하고 광물 수급 문제에 공동 대응하고 있다.

EU EU의 핵심 광물 확보 전략

EU의 광물 확보 전략도 미국과 크게 다르지 않다. EU는 우선 역내 생산 확대를 위해 회원국의 역량을 집중시키고 있다. 2012년 원자재 유럽혁신파트너십, 2014년 유럽혁신기술위 핵심광물위원회, 2017년 유럽배터리연합, 2020년 유럽원자재연합 등은 이를 위해 출범한 대표적인 범유럽 협의체들이다. 각 기구의 회원 구성과 역할은 조금씩 다르지만, 이들 기구는 핵심 광물의 채굴에서 재활용에 이르는 전 가치사슬에서의 공급망 강화라는 공통의 목적을 가지고 있다. 또한 범유럽 공공기금인 호라이즌 유럽^⑤, IPCEI^⑥를 통해 광물 가치사슬과 관련한 수많은 연구 및 혁신 프로젝트를 진행하고 있다. EU 광물 확보 전략의 또 다른 하나는 해외 국가와의 네트워크 확대다. 광물의 특성상 부존 자원의 한계로 특정국에서의 수입이 불가피한 점을 감안, EU는 국제협력체 활용 및 자원 보유국과의 네트워크 강화에 힘쓰고 있다. WTO, G7, OECD 등 국제협력체 및 양-다자간 협정에 대한 적극적 참여와 아프리카, 라틴아메리카 등 자원 보유국과 파트너십을 체결해 상호협력 기반을 마련하는 것이 그 예다.



세계 원자재 수출 통제 종류 및 현황



단위: 건
자료: OECD

계 61



핵심 광물의 중요성이 높아지고 공급에 대한 위기감이 가중되면서 미국, EU 등 주요국에서는 광물 확보를 위한 다양한 정책을 추진해오고 있다.

우리나라의 광물 확보 전략

핵심 광물 확보를 위한 경쟁이 격화되며, 우리나라도 광물 공급 안정화를 위해 노력하고 있다. 우리나라는 지난 2000년대부터 해외자원개발계획, 광업기본계획 등을 통해 광물의 수급상황분석, 공급안정화 방안 등을 추진해왔으나 동 전략은 5~10년 주기로 이루어져 빠르게 변화하는 상황에서의 즉각적인 대응이 어렵다는 문제가 있었다. 이를 위해 정부는 지난 2022년 12월 ‘핵심 광물 확보전략’을 발표하며 국내 광물 전략을 재정비했다. 이번에 발표된 전략에서는 그동안 명확하지 않았던 우리나라의 핵심 광물을 33종으로 지정했을 뿐 아니라 특히 경제적으로 중요성이 높고 수급에 어려움이 있는 10종을 ‘전략 광물’로 별도 선정했다. 또한 핵심 광물 비축 확대, 조기 경보 시스템 구축, 인력 양성 등 세부 추진 과제를 제시했다. 해외 국가와의 협력 확대도 적극적으로 추진하고 있다. 한국은 미국, EU 등이 참여한 핵심광물안보협약체, 인도-태평양 경제 프레임워크^{IPF} 공급망 분야 등 다자간 협의체에 적극 참여하고 있으며 호주, 베트남 등 자원 보유국과 교류를 통해 중장기적 차원의 광물 확보에도 노력하고 있다.

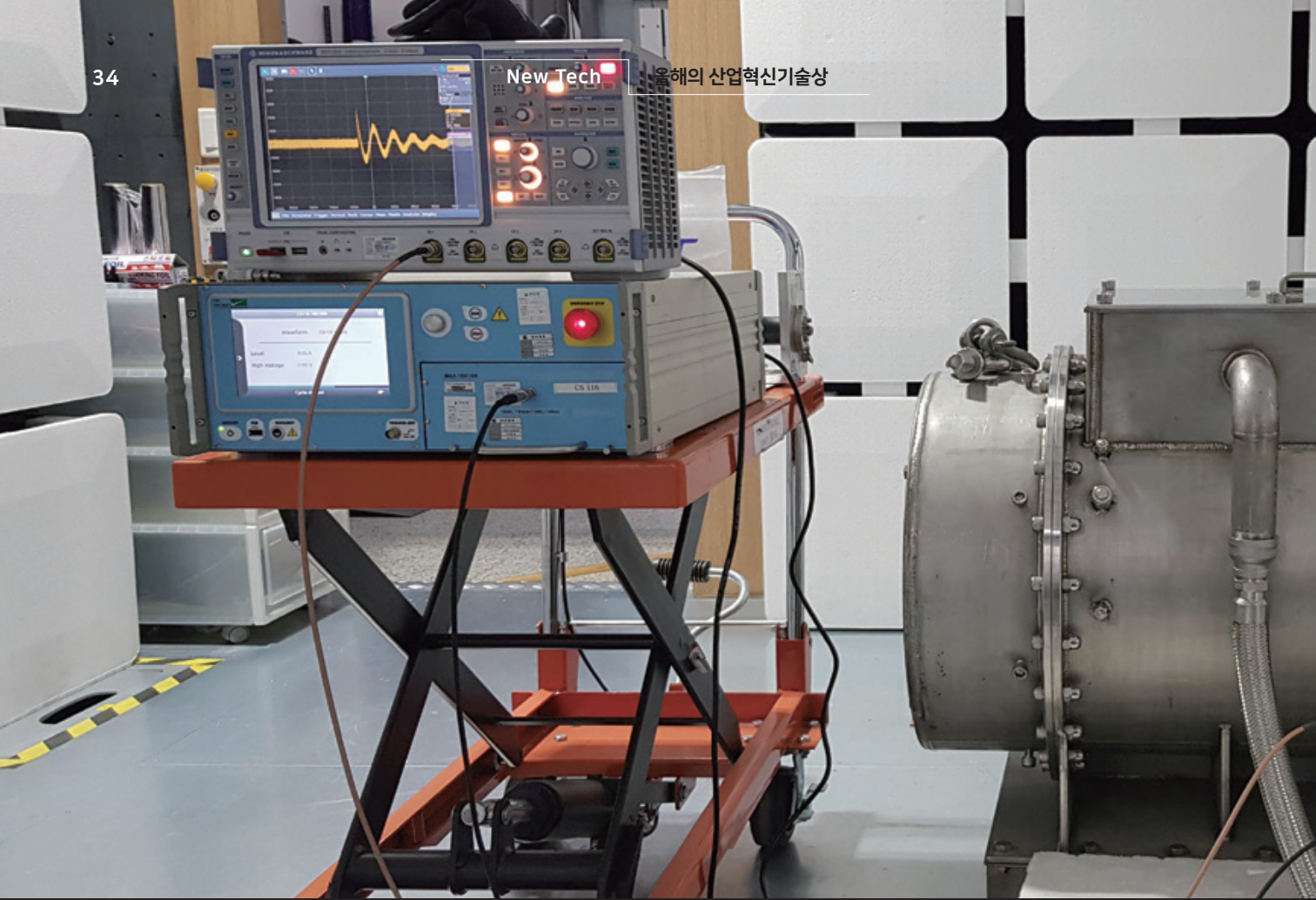
핵심 광물 확보, 중장기적 방안 마련해야

핵심 광물의 안정적인 확보는 이제 선택의 문제가 아닌 국가의 지속 가능한 경제성장과 안보에 직결되는 중요한 과제다. 광물을 둘러싼 세계의 경쟁이 치열해지고 있는 상황에서, 장기적인 관점에서 세밀한 광물 확보 전략이 절실하다. 이를 위해서는 정부에서 발표한 핵심 광물 확보 전략의 세부 시행 사항을 서둘러 이행해야 할 뿐만 아니라 국내 광물 가치사슬별 생태계가 발전할 수 있도록 현황을 살펴 기업에 필요한 지원 정책을 적극적으로 추진해야 한다. 또한 광물자원이 부족한 우리나라의 문제를 해결하기 위해, 핵심 광물의 재활용 프로세스를 정비해 자원의 순환성을 높이고 저감대체 관련 연구 투자를 대폭 늘려 근본적 해결 방안 모색에도 힘써야 할 것으로 보인다.



박기현 연구위원 한국무역협회 국제무역통상연구원 공급망분석팀
 회토류를 포함한 핵심 광물 분야를 주로 연구하고 있으며 주요 연구로는 <우리나라와 주요국의 핵심 광물 확보 전략과 시사점>, <회토류 영구자석의 공급망 현황과 시사점-네오디뮴영구자석을 중심으로> 등이 있다. 소부장 공급망센터에서 발간하는 <글로벌 공급망 인사이트> 발간인으로도 참여 중이다.

- ① Infrastructure Investment and Jobs Act
- ② 미국·일본·호주·인도 4개국 안보협약체
- ③ MSP, Minerals Security Partnership. 참여 국가는 한국과 미국을 비롯해 EU, 캐나다, 일본, 영국, 핀란드, 프랑스, 호주, 스웨덴, 이탈리아 등 13개국이다.
- ④ 호라이즌 유럽^{Horizon Europe}: 유럽의 대표 연구 혁신 프로그램
- ⑤ 공동 관심 분야 중요 프로젝트(IPCEI, Important Project of Common European Interest): 경쟁 왜곡 우려로 EU 국가 내 산업 보조금 지급은 원칙적으로 금지되나, EU의 미래 핵심 산업으로 간주되어 IPCEI 대상으로 선정 시 보조금 지원을 예외적으로 허용
- ⑥ 트럼프 행정부 때인 2018년 미국은 수입 철강재에 25%의 추가 관세를 부과했다. 우리나라는 협상 끝에 추가 관세를 면제받는 대신 2015~2017년 평균 수출량의 70%(약 270만t)로 수출이 제한되는 수출 쿼터제를 적용받았다.



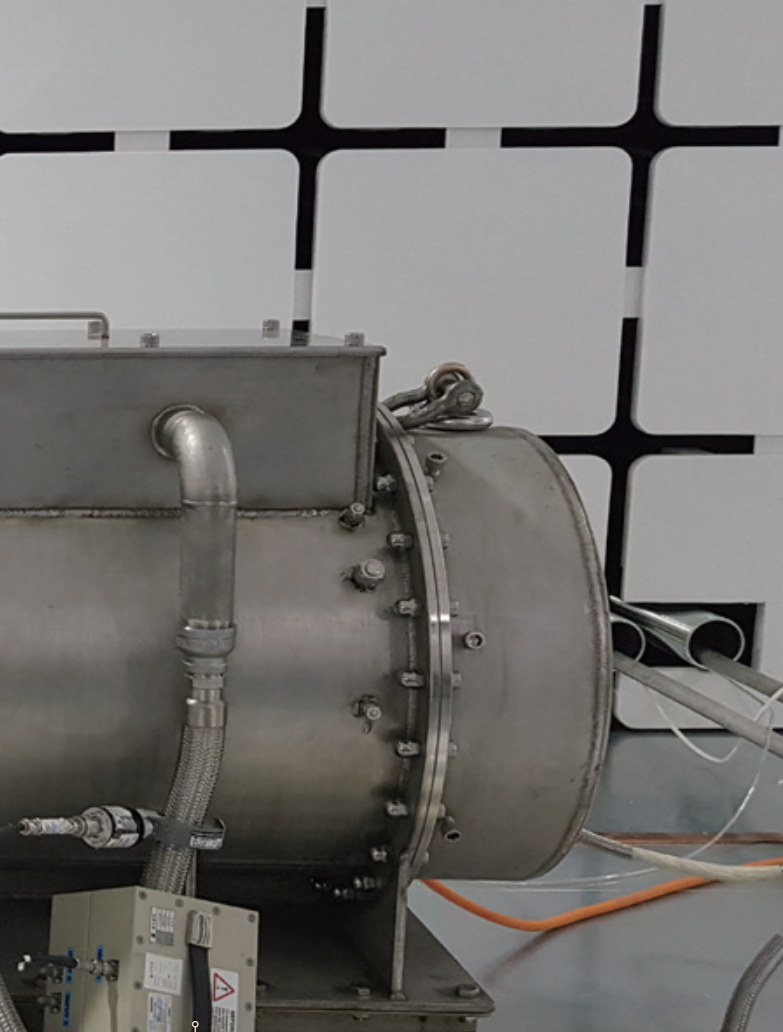
K-원자력의 우수한 기술력과 위상을 다시 세운다

원자력발전소에서는 1차 배관, 펌프, 밸브, 노즐 등에서 냉각재^① 누설의 위험이 있기 때문에 실시간으로 누설을 감지할 수 있는 장치가 필요하며 이는 원전의 안전과 직결되는 매우 중요한 요소다. 이에 따라 여러 형태의 냉각재 누설을 감지하기 위한 기술이 사용되고 있지만 소량 누설의 경우 발생 직후부터 짧은 시간 내에 누설을 즉시 감지하기 어렵다. 이런 가운데 한국원자력연구원 권태순 책임연구원이 원자로계통 냉각수 소량 누설 감지 시스템 개발에 성공, K-원자력의 우수한 기술력과 위상을 전 세계에 더욱 공고히 할 것으로 기대된다.

word 조범진 photo 한국원자력연구원 제공

**0.5gpm 미만의 원자로냉각재계통
미확인 누설 실시간 감시시스템 개발**

올해의 산업혁신기술상 신기술 부문
한국원자력연구원 권태순 책임연구원



한국원자력연구원이 개발에 성공한 ‘0.5gpm 미만의 원자로냉각재계통 미확인 누설 실시간 감시시스템’은 세계적 수준의 원자로계통 냉각수 소량 누설 감지 기술이자 최고 수준의 원전 안전 예방 기술이다.

◆ 용어 설명

① 냉각재

원자로의 냉각에 사용되는 재료다. 냉각재가 상실되면 원자로가 담긴 압력용기의 내부 온도가 급격히 올라가면서 핵연료봉인 노심이 녹아버리거나 파괴되는 사고가 일어난다. 체르노빌 사고가 대표적인 냉각재 상실 사고다. 냉각수는 냉각재 중 하나.

② gpm

분당 갤런(gallons per minute)의 줄임말. 일정 시간 동안 시스템을 통해 흐르는 액체의 양을 나타내기 위해 유량계에서 사용되는 측정 단위로 미국식 분당 유량 단위이며, 참고로 한국은 lpm(liter per minute)을 사용한다.

**원자로계통 냉각수 소량 누설 감지 기술 성공,
원전 사고 예방**

원자로계통의 냉각수 소량 누설 감지 기술은 대형 냉각수 누출 사고 이전의 초기 징후 단계에서 누출을 조기에 감지해 원자력발전소(이하 원전)의 심각한 사고를 미연에 방지하는 원전 안전 예방 기술이다.

국내 원전의 대다수는 순환 냉각수로 물(경수)을 150기압에서 약 320°C로 가열시켜 사용하는 가압경수로형(경수로) 원전이다. 가압경수로형 원전은 원자로 용기와 연결 배관에 균열이 발생하면 그 틈새로 고온·고압의 냉각수가 누출된다. 이를 조기에 감지하지 못하면 균열의 크기가 점점 커져서 심각한 대형 냉각수 누출 사고로 이어질 수 있다.

원자로계통의 냉각수 소량 누설 감지 기술은 배관의 완전 파단(부재가 양단으로 절단되는 것) 사고 이전에 균열 부위 냉각수 소량 누설을 감지하면 원전을 안전하게 정지시킬 수 있는 충분한 시간적 여유를 운전원에게 줄 수 있으므로 원전의 안전에 매우 중요한 기술이다.

이와 관련해 권태순 책임연구원은 “대형 경수로의 냉각수 체적제어계통은 소량 누설에 따른 수위 변화량이 너무 작게 나타나므로 이를 즉시 감지하기가 매우 어렵다. 반대로 소량누설도 감지할 수 있게 수조나 체적제어계통을 작게 설계하면 원자로계통의 작은 열수력적 변화에도 체적제어신호가 너무 민감하게 반응해 오류신호가 잦기 때문에 원전 운영상 바람직하지 않다”면서 “원자로계통의 작은 균열의 소량 냉각수 누설 문제를 해결하려면 0.01gpm²급 누설을 감지할 수 있어야 하는데, 이러한 시스템은 기술적으로 구현하기 쉽지 않다. 기존의 대형 격납건물 체적 단위의 습도 변화나 수조 수위 변화로는 소량 냉각수 누출 감지가 거의 불가능하며, 이에 따라 소량 누설을 즉시 감지할 수 있는 직접적이고 혁신적인 누설 감지 기술이 요구된다”고 말했다.

이런 점에서 한국원자력연구원이 개발에 성공한 ‘0.5gpm 미만의 원자로냉각재계통 미확인 누설 실시간 감시시스템’은 세계적 수준의 원자로계통 냉각수 소량 누설 감지 기술이자 최고 수준의 원전 안전 예방 기술이라 평가할 수 있다.

부압에 의한 흡입 방식 적용, 세계적 수준 기술력 실증

원자로계통 냉각수 소량 누설 감지 기술은 3가지 핵심 센서를 이용해 누설을 감지하는 방식이며, 센서 기술보다 더 중요한 것은 누출된 냉각수 습분 공기를 포집하는 기술이다. 고온·고압의 냉각수가 격납건물로 퍼져 나가기 전에 포집해야만 비로소 센서가 감지할 수 있기 때문이다.

권 책임연구원은 “포집기는 300°C 이상의 고온에도 견디고 고방사선 환경에서도 사용 가능하며 냉각수 누출로 발생하는 고습도의 습분 공기를 포집 튜브 루프^{Loop} 내부로 유도할 수 있는 열유체 성능과 구조를 가져야만 한다”며, “포집기는 다공질 스테인리스 스틸^{SUS316}을 고온에서 성형해 공기가 통과할 수 있는 미세 구멍이 무수히 많은 다공질^{Porous} 형태로 만든다. 마치 모래를 형틀에 넣고 고온에서 구워낸 형상과 비슷하다”고 설명했다.

더불어 그는 “포집 튜브 루프 내부를 대기압력보다 낮은 압력(음의 부압)으로 만들면 포집기 내외부에 압력 차이가 발생하고 포집기 밖의 습분 공기가 포집기 내부로 침투해 튜브 루프 내부로 들어오는데, 이를 누설수 습분 공기 포집이라 한다”고 설명했다. 이는 입으로 빨대를 빨면 빨대 내부에 음의 부압이 발생해 입안으로 음료가 들어오는 원리와 같다. 이렇게 보다 직접적으로 누

사업명	원자력핵심기술사업
연구과제명	0.5gpm 미만의 원자로냉각재계통 미확인 누설 실시간 감시시스템 개발
개발 기간	2018.5.~2023.9.(65개월)
정부출연금	8,877백만 원
주관기관	한국원자력연구원
참여 연구기관	한국전자통신연구원, 미래와도전, 엘솔텍, 조선대학교, 한양대학교

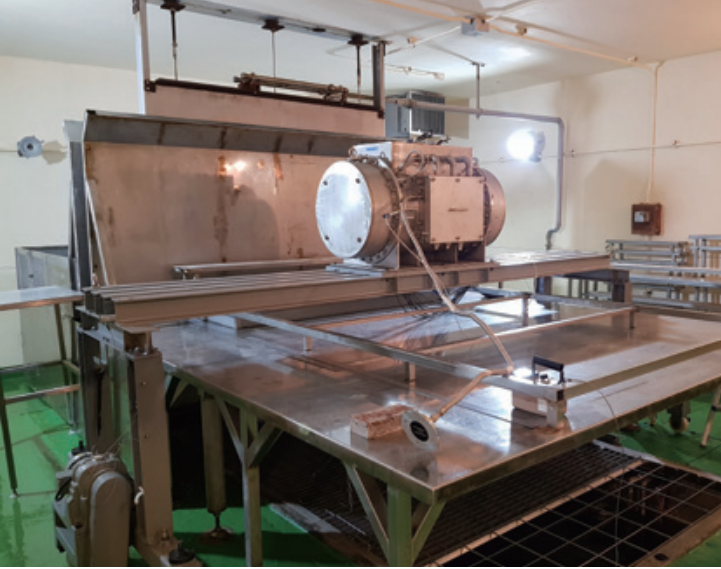
설을 포집해 계측하면 대용량 격납건물의 습도 변화를 뛰어넘는 현격히 증가된 습도 신호를 얻을 수 있게 되는 것이다.

이 밖에도 원전에 적용 가능하도록 내진시험, 전자파시험, 온도·습도 환경시험 등을 실시했다. 누설 감지 시스템의 최종 성능시험은 원전 냉각수 모의 고온·고압 조건에서 0.007gpm까지 누

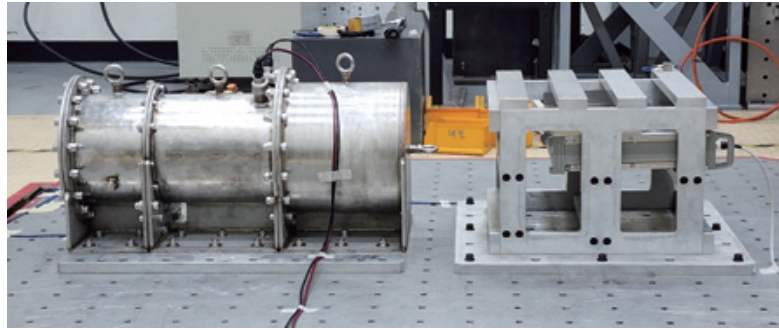


누설수 습분 공기 포집을 통해 누설을 계측하면 대용량 격납건물의 습도 변화를 뛰어넘는 신호를 얻을 수 있다.





원전에 적용 가능하도록 내진시험, 전자파시험, 온도 및 습도 환경시험 등을 실시해 세계적 수준의 기술을 실증했다.



◆ 누설수 습분 공기 포집이란?

포집 튜브 루프 내부를 대기압력보다 낮은 압력(음의 부압)으로 만들면 포집기 내외부에 압력 차이가 발생하고 포집기 밖의 습분 공기가 포집기 내부로 침투해 튜브 루프 내부로 들어오는 것을 말한다. 입으로 빨대를 빨면 빨대 내부에 음의 부압이 발생해 입안으로 음료가 들어오는 원리와 같다.

설 감지 성능시험을 통과했고, 흡입 시간 약 3~5초를 적용해 계측이 어려운 포집기 위치 조건에 대한 시험 결과 누설 감지 신호의 민감성과 반복성을 확인함으로써 세계적 수준의 원자로계통 냉각수 소량 누설 감지 기술을 실증한 것으로 알려졌다.

원전 안전성 강화 추세, 전 세계 원전 시장 분점 기대

현재 개발에 성공한 본 기술과 유사한 소량 누설 감지 기술을 보유한 나라는 프랑스가 유일하다. 프랑스는 포집기를 자연 노출 방식의 분자 확산에 의한 누설수 습분 공기 포집 기술을 적용하는데, 이 방식은 포집 시간이 길어 본 개발 기술보다 누설 감지 시간이 훨씬 지연될 뿐만 아니라 개방된 자유 공간에서는 운용이 불가능한 한계를 가지고 있다.

이에 반해 부압에 의한 흡입 방식을 적용한 한국원자력연구원의 기술은 보다 적극적으로 누설수 습분 공기를 포집 튜브 루프로 빨아들여 감지하기 때문에 프랑스의 분자 확산 방식보다 포집 시간이 훨씬 단축되고 자유 개방 공간의 습분 공기도 포집이 가능해 포집 성능이 뛰어나다. 따라서 적용에 제한이 없는 장점이 있다.

그 결과 앞으로의 시장 전망 또한 매우 밝다. 권 책임연구원은 친환경 재생에너지와 함께 원자력 발전도 매우 중요하다고 강조했다. 그는 “최근에 개발 중인 소형모듈형원자로^{SMR}를 포함해 원전의 안전성 강화가 중요한 화두로 대두되었다. 이에 따라 원전의 안전성 강화 추세 및 계속 운전 원전의 증가 추세에 따라 본 누설 감지 기술의 활용성이 증가할 것으로 예상되며, 원전 적용 기술을 조기에 상업화한다면 전 세계 원전 시장을 크게 분점할 수 있을 것으로 예측된다”고 밝혔다.

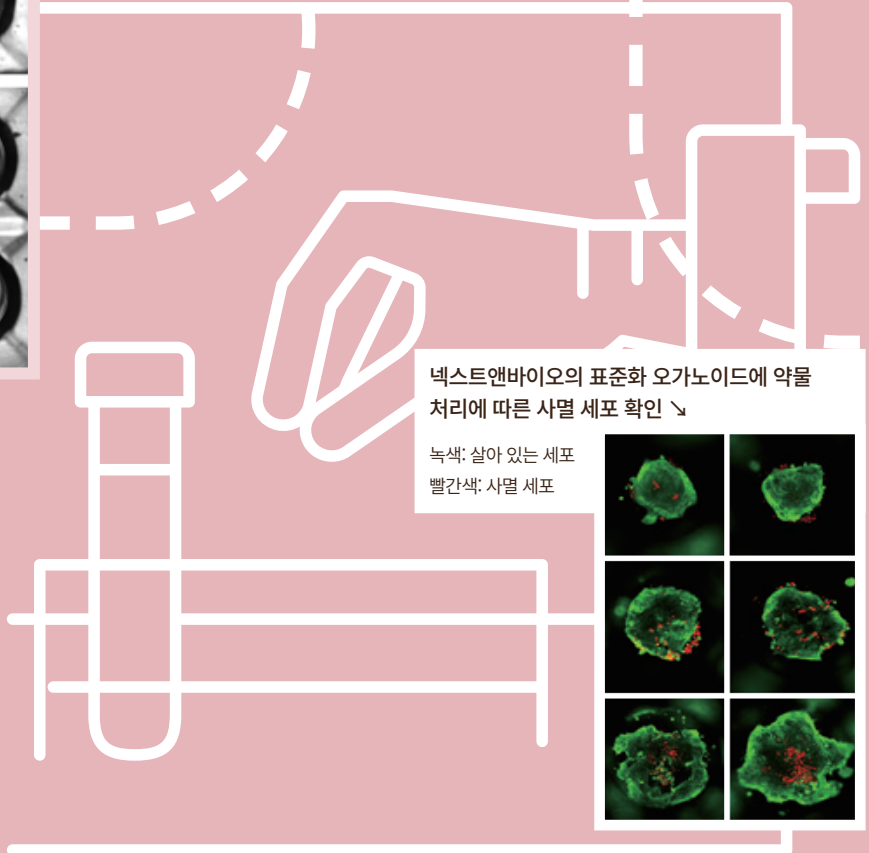
개발에 성공한 이번 기술은 신규 또는 가동 원전 특히 국내외 다수의 계속 운전 원전의 안전성 강화 기술로 적합하다. 또한, 누설 감지 시스템의 구성도 습도 감지, 베타선 감지, 물 감지 기술의 다중복합형 구성뿐만 아니라 각각 단독 구성까지 가능해 적용 모델을 다양화할 수 있다. 습도센서에 적용된 기술은 비접촉 센서기술로도 응용 가능하다. 특히, 포집기는 위험한 고독성 물질을 다루는 산업현장의 독성 가스 또는 독성 액체류 및 수소 충전 시설의 누설 감지 등 일반 산업용으로도 활용할 수 있어 신시장 창출에도 기여할 것으로 기대된다.

한국원자력연구원

한국원자력연구원은 1959년에 설립되어 약 1700여 명의 연구진이 국내 원자력 관련 종합 연구를 수행하는 연구기관이다. 방사선의 이용 연구뿐만 아니라 가압경수로, 스마트^{SMART, System-integrated Modular Advanced Reactor} 일체형 원자로 및 혁신형 원자로의 핵심 기반 원천기술을 개발하고 있으며, 원자력 국제공동연구를 주관하는 등 원전 관련 R&D 부문에서 세계적 수준의 역량을 보유한 것으로 평가받고 있다.

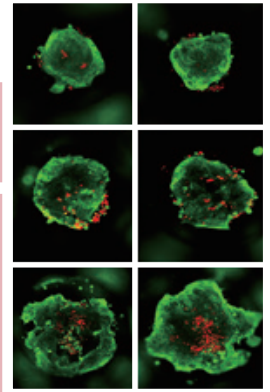


↳ 넥스트엔바이오
플레이트를 이용한
오가노이드 배양 모습.



넥스트엔바이오의 표준화 오가노이드에 약물
처리에 따른 사멸 세포 확인 ↳

녹색: 살아 있는 세포
빨간색: 사멸 세포



(주)넥스트엔바이오는 최근 각광받는 차세대 체외배양 플랫폼인 오가노이드
및 조직칩 기술을 이용해 난치성 질환인 췌장암으로 발전 가능성이 있는
췌장 염증을 보다 정밀하게 모사하고, 발생 기전 및 약물 유효성 평가를
수행하는 데 활용 가능한 인비트로 휴머니즈드 ^{In-vitro humanized} 플랫폼 개발
연구에 매진하고 있다.

정밀한 췌장 조직 모델로
신약 개발에 한 발 더 다가간다

사업명	3D생체조직칩 기반 신약개발 플랫폼 구축사업
프로젝트명	취장질환 모델을 위한 고효율 3D 오가노이드온어칩(Organoid-on-a-chip) 시스템의 개발
연구개발지원	산업통상자원부
참여연구기관	(주)넥스트앤바이오, 가톨릭대학교
연구기간	2020.4.1~2023.12.31

미니 장기라고도 불리는 줄기세포를 이용한 오가노이드는 실제 인체 내 조직의 구조와 분자 생리학적 배경을 정밀하게 반영하는 차세대 체외배양 모델로 제약, 바이오를 포함한 다양한 분야에서 효과적으로 활용되고 있다. 하지만 현재까지 오가노이드의 대량 생산 및 표준화 기술은 전무하며 조직을 구성하는 미세환경 성분이 부족해 제한적인 연구만 수행할 수 있었다. 본 연구팀은 ‘마이크로웰 및 랩온어칩 기술’을 이용해 미세환경 요소가 보다 정밀하게 조절된 표준화된 취장 조직 모사 모델 제작 기술을 확립했다.

◆ 용어 설명

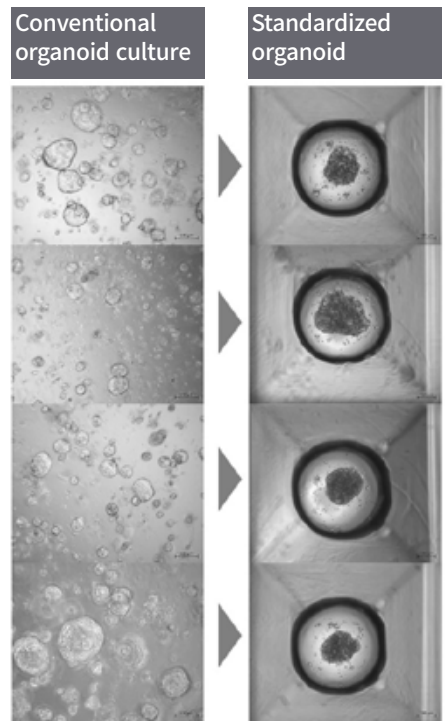
오가노이드(Organoid)
줄기세포를 3차원적으로 배양하거나 재조합해 만든 장기 유사체로, ‘미니 장기’, ‘유사 장기’라고도 한다.

랩온어칩(Lab-on-a-Chip) (조직칩)
손톱만 한 크기의 칩 하나로 실험실에서 할 수 있는 연구를 수행할 수 있도록 만든 장치로 바이오칩의 일종이다.

칩 속의 실험실, 랩온어칩 기술

넥스트앤바이오는 환자 조직에서 획득한 줄기세포 및 기질세포에 표준화된 오가노이드 및 랩온어칩 기술을 적용해 취장질환 모델을 제작했다. 오가노이드는 줄기세포로부터 해당 장기를 구성하는 다양한 세포 종류와 조직 구조를 구현하는 기술로 환자 개개인의 유전적·표현형적 배경을 그대로 모사함으로써 환자 맞춤형 모델 제작이 가능하다. 랩온어칩은 반도체, 나노, 생명공학기술 등이 집적된 작은 크기의 칩을 통해 보다 다양하고, 효율적으

일반 배양 대비
넥스트앤바이오
기술을 이용한
오가노이드
표준화 정도
비교 사진.



로 연구할 수 있는 기술이다. 랩온어칩은 다양한 연구에 활용되고 있으며, 본 연구팀은 미세환경 요소(혈관세포 등의 기질세포, 콜라겐, 피브린 등의 섬유아세포 및 세포외기질)가 포함된 취장질환 모델을 구축하는 데 이 기술을 접목했다.

표준화되고 정밀하게 조절된 취장 조직 모델

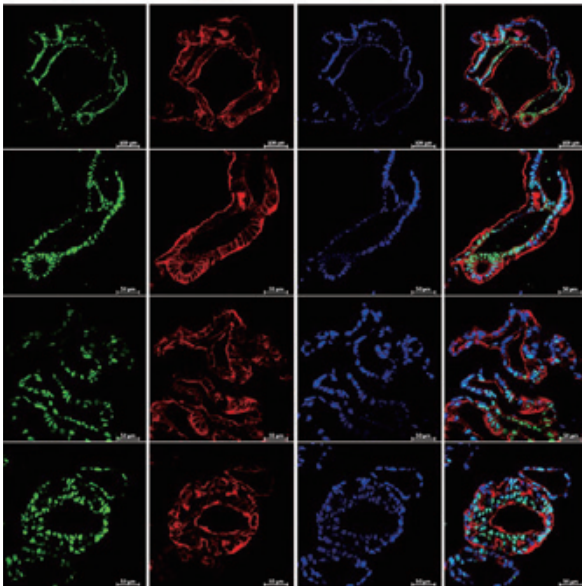
본 연구팀이 마이크로 크기의 플랫폼을 이용해 대량의 표준화된 취장 오가노이드를 제작함으로써 보다 신뢰성 높고 효율적인 취장질환 약물 평가가 가능해졌다. 또한 랩온어칩 플랫폼을 통해 현재까지의 오가노이드 기술에서 구현하기 어려웠던 미세환경 요소와의 접목을 정밀하게 조절함으로써 실제 인체 내 장기와 보다 더 유사한 모델을 만들 수 있다.

기존 랩온어칩 기반 세포배양 플랫폼의 경우 대학 연구실 수준에서 제작되거나 일부 업체에서 이를 대량 생산해 판매하는 정도였다. 그러나 본 연구과제에서는 랩온어칩의 대량 제작을 넘어 이를 이용한 고수율의 약물 효능 평가 플랫폼을 구축함으로써 기존의 자동 배양 장치 및 대용량 분석 장비들과의 호환성이 중요한 요소 중 하나였다.


이에 기존 반도체 공정 및 실리콘 재질^{PDMS, polydimethylsiloxane}을 통해 제작하던 방식에서 금형 제작을 통한 플라스틱 사출로 저비용-대량 생산 라인을 확보했다. 또한 기존 장비에서 통용되는 규격에 맞춰 조직칩을 설계-제작함으로써 사용 편의성을 높였다. 랩온어칩의 구매 및 사용에 있어 사용자들이 느끼는 가장 불편한 부분이 높은 가격과 사용이 어렵다는 점인데 이를 해결한 것이다.

본 프로젝트를 통해 표준화 오가노이드 생산을 위한 플레이트 개발 및 약물 유효성 평가법을 개발 완료 했으며, 본 성과를 토대로 의뢰기기 개발 및 인증 획득과 더불어 지난 2023년 8월 해당 기술을 기반으로 혁신형 의료 기술 등재를 완료했다. 더불어 오가노이드를 제작해 10억 원의 매출을 기록했다.

오가노이드 및 3차원 배양체에 대한 고해상도 이미지 분석 사진

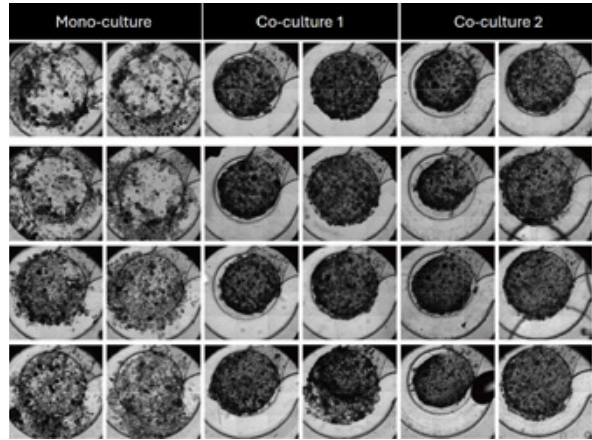


고효율 3D 오가노이드온어칩 시스템의 5가지 특징



- 1 높은 신뢰성의 효율적인 약물 평가
- 2 실제 인체 내 장기와 보다 더 유사한 모델 제작
- 3 기존의 분석 장비들과의 높은 호환성
- 4 금형 제작 통한 플라스틱 사출로 저비용-대량 생산 라인 확보
- 5 기존 장비에서 통용되는 규격에 맞는 조직칩 설계로 사용 편의성 증대

칩을 이용한 공배양 이미지

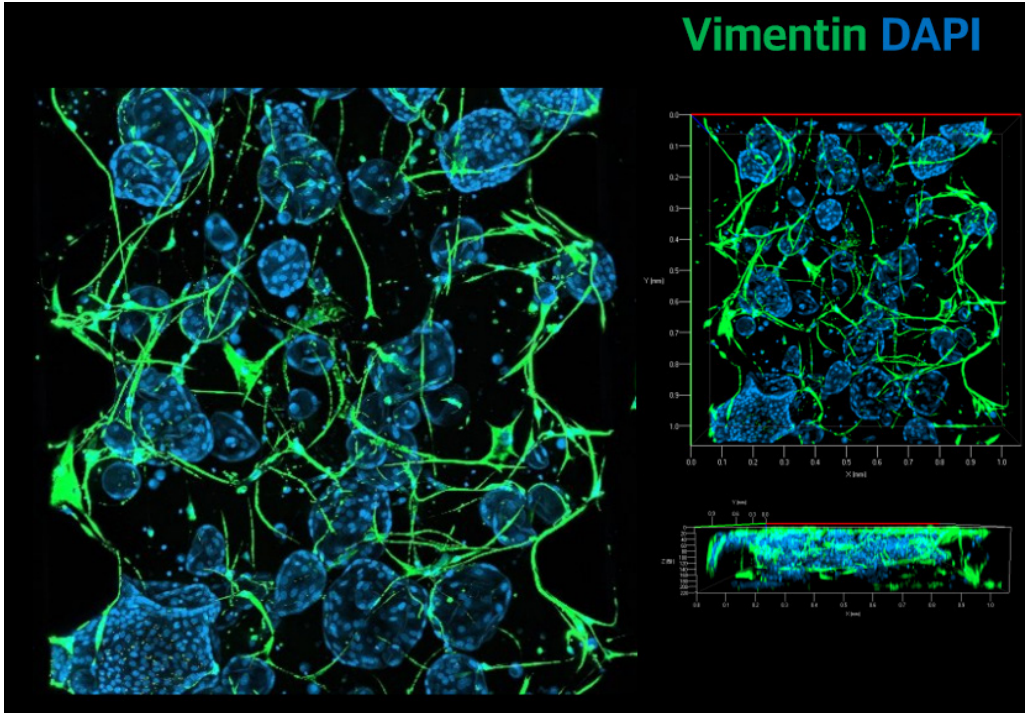


활용 분야

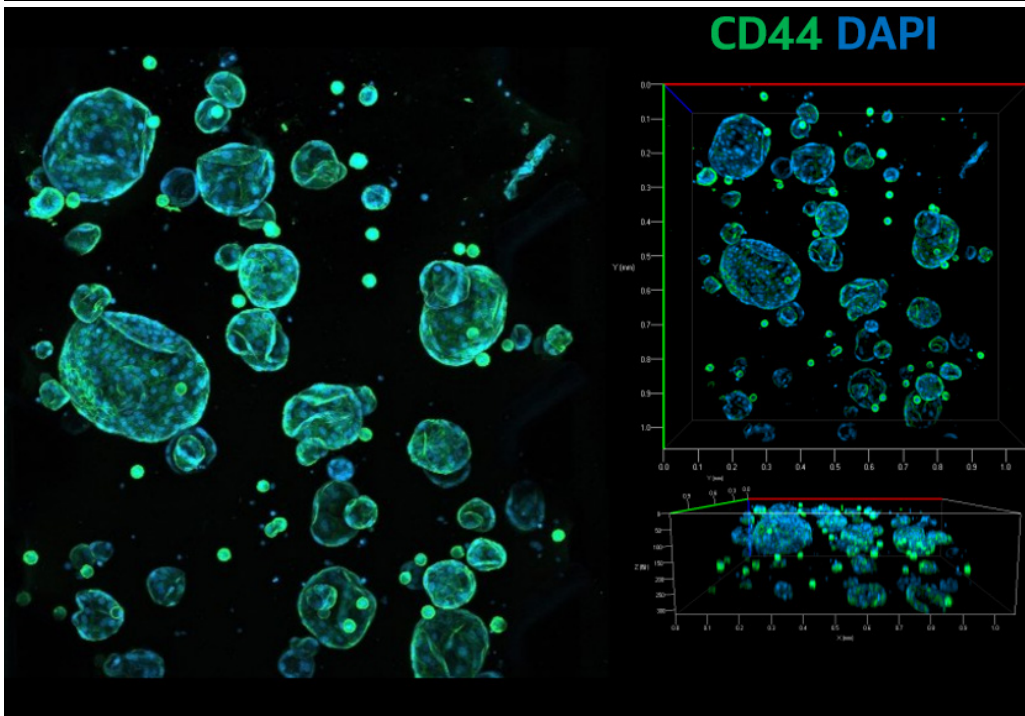
1 표준화 오가노이드 기반 약물 평가 플랫폼으로 활용 가능

2 랩온어칩 기반 고도화된 체장질환 모델 기술을 더해 비임상연구에서의 동물실험 대체 모델로 활용 가능





췌장 장기모사체와
Fibroblast 공배양



췌장 장기모사체
단독 배양

(주)넥스트앤바이오

넥스트앤바이오는 3차원 세포배양 기술 기반의 인비트로 휴머니즈드 모델^{In-vitro humanized model}을 구축해 환자 맞춤형 정밀 의료를 실현하는 데 앞장서고 있다. 환자 맞춤 오가노이드를 기반으로 다양한 차세대 정밀 의료 플랫폼을 제시해 환자는 ‘맞춤형’ 치료를, 제약사는 ‘저비용-고효율’의 약물 개발 솔루션을 제공해 미충족 수요^{Unmet Needs}가 높은 암질환, 퇴행성 뇌질환 치료 생태계의 새로운 패러다임을 제시하고자 한다.

2012년 구글 글래스의 등장은 영화 속 상상이 현실로 이루어지는 역사적인 일이었다. 그러나 화려한 등장과 달리 구글 글래스는 2015년 돌연 판매가 중단되었고, 이는 들불처럼 타올랐던 스마트 안경 시장에 찬물을 끼얹었다. 그러나 지난해 구글이 연례 개발자 회의에서 증강현실^{AR} 기반 스마트 글래스를 새롭게 공개하면서 다시금 증강현실 스마트 안경에 대한 세간의 관심이 집중되고 있다. 이 가운데 모바일 IT 융합 서비스 전문개발기업인 오픈잇의 연구개발 행보가 최근 화제가 되고 있어 그 이유를 알아보았다.

word 조범진 photo 이승재

빅데이터와 증강현실 활용한
스마트 모빌리티 서비스 개발
(주)오픈잇



AR 스마트 안경

순수 국내 기술로 개발된 동공보다 작은
거울(핀미러)을 반사체로 이용해 영상을 투영하는
초경량화 단안식 고글형 AR 스마트 안경이다.



TB-02

오픈잇에서 자체 제작한 관광 특화 전기자전거로
통신 및 센싱 기술을 적용했으며 반려견 및 여행
캐리어 장착이 가능하다.

관광산업 활성화를 위한
AR 스마트 안경 기반
개인 공유 모빌리티 서비스

오픈잇의 '관광산업 활성화를 위한 AR 스마트 안경 기반 개인 공유 모빌리티 서비스' 핵심 기술



- ① 물리적 공간인 모빌리티센터를 기반으로 모빌리티를 임대·반납
→ 지역 상생과 공공성, ESG를 위한 관광교통 시스템으로 설계
- ② 지역별 특화된 관광상품과 연계해 사용자에게 색다른 경험 제공
- ③ 위치기반서비스 기술을 이용한 사용자 리워드 정책



오픈잇이 제공하는 관광 서비스 모바일 구동 화면.

⇨⇨⇨ **지자체 지역 경제와 국내 관광산업 활성화 기여 기대**

구글 글래스가 출시 3년 만에 시장에서 외면받으며 결국 판매가 중단되었다. 그 원인으로 비싼 가격과 개인정보보호 및 안전문제 등이 거론되었으나 사실 기술적으로도 부족한 부분이 있었다. 특히 배터리 무게를 줄여야 하는 문제가 핵심이었다. 게다가 너무 많은 콘텐츠와 정보를 제공하려는 욕심이 오히려 부실한 정보 서비스라는 결과를 낳은 것도 커다란 요인으로 지적되고 있다.

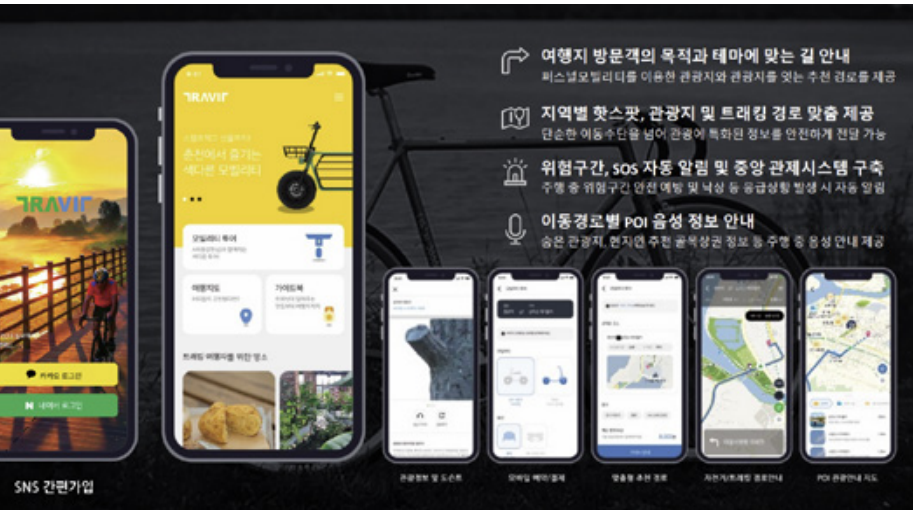
그런 점에서 오픈잇의 '관광산업 활성화를 위한 AR 스마트 안경 기반 개인 공유 모빌리티 서비스'는 구글 글래스가 간과한 '선택과 집중'의 성공적인 예를 보여준다고 할 수 있다. 오픈잇이 선보인 증강현실 스마트 안경 기반 개인 공유 모빌리티 서비스는 지방자치단체의 지역 경제 활성화를 위한 관광산업을 중점적으로 선택해 집중한 것이 이목을 끈다. 승용차가 아닌 열차나 고속버스 등을 이용해 관광지를 방문하는 관광객에게 가장 불편한 것이 있다면 그건 관광지 내에서의 이동이다. 이에 따라 많은 지방자치단체가 공유 전동자전거 등을 설치·운영하고 있지만 관광지를 찾아가기 위해서는 스마트폰의 내비게이션을 활용해야 하는 탓에 전방 주시 태만에 따른 안전사고 등의 우려가 컸다.

이런 가운데 오픈잇이 개발에 성공한 증강현실 스마트 안경 기반 개인 공유 모빌리티 서비스는 안전사고를 예방함과 동시에 스마트 안경을 통해 양질의 관광 정보 서비스를 제공함으로써 지역 경제 활성화는 물론 국내 관광산업 활성화에도 기여할 것으로 기대되고 있다.

⇨⇨⇨ **관광산업과 IoT 기술 융합, 신개념 관광 서비스 제공**

'관광산업 활성화를 위한 AR 스마트 안경 기반 개인 공유 모빌리티 서비스'는 산업통상자원부의 지식서비스산업 핵심 기술 개발사업으로, 2020년부터 3년간 진행되었다. 산업과 소프트웨어를 융합해 상용화할 수 있는 차별성, 전문성 및 사용자가 실감할 수 있는 신규 서비스 모델이 필요한 상황이었다. 오픈잇은 2013년부터 자체 운영해온 국내 1위 자전거 내비게이션 '오픈라이더'의 170만 사용자와 7년간 서비스 운영을 통해 축적한 주행 데이터, 길 안내 기술, 장치제어 기술을 이용해 관광산업과 AR 기술을 융합해 당시 코로나19 사태로 위축된 국내 관광산업과 지역 경제를 활성화할 수 있는 핵심 서비스를 제공하고자 해당 기술을 개발했다.

김승희 오픈잇 사업본부 부장은 "오픈잇은 시장에서의 경쟁력과 상용화 성공 및 안정화를 위해 기존 공급자 중심의 관광 플랫폼들과는 달리 지자체 및 공공기관과 함께 만들고 운영하는 서비스 모델을 구축해 기업의 이윤보다는 사용자가 실감할 수 있고 다양한 요구를 수용할 수 있는 사용자 중심의 관광 플랫폼으로서 R&D 단계에서부터 상용화를 염두에 둔 개발 노력이 가장 큰 특징이자 경쟁력이다"라고 밝혔다.



한편, 해당 과제에서 주목할 핵심 기술로는 ‘공유 모빌리티 서비스 시스템 구축 및 기능 개발’을 들 수 있다. 오픈잇 조은미 매니저는 “이미 공유 모빌리티는 국내 다양한 공유 킥보드와 단기 렌터카 시장을 통해 익숙한 산업이자 기술”이라며 “해당 시스템은 먼저 물리적 공간인 모빌리티센터를 기반으로 모빌리티를 임대·반납하는 구조로, 지역 소상공인이나 청년 창업자를 통해 각 센터를 운영하도록 해 지역 상생과 공공성, ESG를 위한 관광교통 시스템으로 설계했다”고 설명했다.



더불어 조 매니저는 “지역별 특화된 관광상품과 연계해 사용자에게 색다른 경험을 줄 수 있는 AR 스마트 안경을 적용하고 위치기반서비스 기술을 이용한 사용자 리워드 정책을 제공할 것이다. 관광객에게 직접적인 편의와 혜택을 제공해 여행이란 시간을 ‘소비’해 취하는 것이라는 시각에서 탈피해 ‘시간을 얻는 여행’이라는 새로운 관점

오픈잇의 시스템은 모빌리티센터를 기반으로 지역 상생과 공공성, ESG를 위한 관광교통 시스템으로 설계했다.

을 IoT 기술을 이용해 서비스로 실현했다”고 덧붙였다.

➡➡➡ 누구나의 ‘위치’에 오픈잇만의 ‘공간’을 더하다

이 외에도 오픈잇은 모바일 헬스케어 분야와 IoT 기반 통합 관제 서비스 분야에서 다양한 연구개발 및 서비스 개발에도 두각을 나타내고 있다. 현재 카이스트와 ‘감정노동자의 정신 건강 위험 예측 및 관리를 위한 휴먼 디지털 트윈 기술’ 개발을 통해 카이스트의 핵심 딥러닝 엔진을 적용해 모바일과 IoT에서 수집된 대상자의 활동 및 환경정보를 기반으로 스트레스 상태와 지수를 파악하고 해결 솔루션을 제공하는 기술을 개발하고 있다. 이를 기존 오픈잇 300만 사용자의 글로벌 만성질환관리 서비스 ‘혈압다이러리’와 관광 서비스 ‘트래빗’의 정신 건강관리를 통한 힐링 여행 테마에 추가하고 있다.

또한 IoT 기반 통합 관제 서비스 분야에서는 생체·위치정보를 이용한 대인 관제 서비스로 전문화해 치매 노인의 ‘배회감지장치’, 어린이집 ‘안심등하원서비스’, 범죄자 보호감독을 위한 ‘전자팔찌 관제 서비스’ 등 다양한 분야에서 핵심 기술을 활용하고 있다.



특히, 오픈잇의 대인 관계 서비스와 솔루션은 단순한 GPS 위치 관계 기술력에 그치지 않고 사용자의 '위치'가 아닌 사용자가 위치한 '공간'에 성격과 캐릭터를 부여해 사용자의 안전 및 위험 감지는 물론 이동 및 생활 패턴을 데이터화해 각 분야에 맞는 시나리오와 스토리텔링이 가능하다는 점에서 업계에서 큰 인정을 받고 있다.



디지털 전환 시대 선도하는 모바일 IT 융합 서비스 전문 개발 기업

오픈잇은 2006년 6월 당시 국내 대형 이동통신사 IT 프로젝트를 수행하던 서른 살 전후 청년들이 의기투합해 만든 회사다. 한국에도 아이폰을 비롯한 모바일 서비스가 처음 알려지기 시작한 무렵, 무선통신의 망 개방 환경의 변화와 모바일 플랫폼의 발전 가능성을 내다보고 모바일 기술과 기존 산업을 융합한 새로운 서비스 모델을 만들어보고자 패기로 설립한 모바일 IT 융합 서비스 전문 개발 기업이다. 현재 50여 명의 직원이 서울 성동구와 강원도 춘천시에서 모바일, 빅데이터, 위치기반서비스^{LBS}, IoT 등 자사 핵심 기술 분야를 다양한 산업 서비스와 접목하기 위해 노력하고 있다.

Mini Interview

김승희 (주)오픈잇 사업본부 부장



오픈잇의 R&D 전략과 역량은 무엇인가?

오픈잇은 지난 18년간 수백 건의 상용 IT 서비스 개발 프로젝트를 수행했으며, 관제 서비스와 헬스케어 분야에서 20건이 넘는 연구과제를 진행했다. 이를 통해 현재 30여 건의 지적재산권을 확보해 자체 서비스를 상용화하기 위한 핵심 기술의 개발 및 운영 역량을 다져왔다. 오픈잇의 R&D 전략은 사업화 역량과 R&D 역량 두 가지를 동시에 갖춰 시장의 변화와 사용자 트렌드에 맞는 서비스를 발굴해나가는 것이다. 사용자에게 가장 가까운 기술을 구현해 낸다는 의지를 담아 모든 연구과제는 상용화를 목표로 한다는 원칙을 고수하고 있다. 더불어 해당 서비스의 핵심 기술과 지적재산권 확보를 위한 R&D를 지속적으로 수행하는 선순환 사이클을 이어가고 있다.

해당 과제 수행으로 예상하는 사회적 파급효과는?

우리 회사는 안정적인 서비스와 지속 확장 가능한 플랫폼을 제공하고, 다양한 모빌리티와 증강현실^{AR} 및 혼합현실^{MR} 기술을 적용해 단계적인 지역 확장을 통해 지역 고용창출과 친환경 정책을 달성한다는 목표다. 뿐만 아니라 사용자의 이동, 예약, 참여 등 실질적인 관광 데이터를 수집해 정책 수립 및 안전관리, 마케팅 등 다양한 활용이 가능하다. 또한 최근 코로나19 사태 이후 급격히 늘어난 해외 관광객의 니즈에 맞춘 새로운 관광 형태를 제공함으로써 국내 관광산업과 지역 경제 활성화에 기여하고 나아가 국내에 안착된 서비스 모델을 한국인이 자주 찾는 해외 관광지에 순차적으로 적용함으로써 글로벌 관광 서비스 모델 수출이라는 쾌거를 달성할 수 있다고 생각한다.

앞으로의 계획 및 목표는?

오픈잇은 R&D에서 멈추지 않고 사업화를 위해 올해 관광 서비스 '트래빗'을 개발했다. SW융합클러스터 2.0 사업과 광역 연계 기술 사업화 참여해 전용 전자사전기/ 모빌리티 센터 개발, DRT(수요응답)버스에 관광택시 연계, 지역 행사/ 축제 운영을 진행했다. 오는 2024년 봄부터는 강원특별자치도 춘천시를 대상으로 관광 모빌리티 상용 서비스가 첫 시작될 예정이다. 내년 봄 춘천시에서 새롭게 시작할 관광 모빌리티 서비스를 직접 이용하고 새로운 관광 패러다임을 체험해보시기 바라며, 많은 관심과 아낌없는 격려를 부탁드린다.

2024년 봄, 새로운 관광 패러다임이 시작된다

혁신 기술과 친환경의 즐거움 만남

인공지능^{AI}과 정보기술^{IT}은 사회와 산업현장 곳곳에서 비효율을 줄이고 생산성을 높여주지만 작동 과정에서 엄청난 전기와 에너지를 소비한다. 혁신과 ESG(환경·사회·지배구조) 경영에 필수적 도구인 AI의 그린^{Green}화가 중요한 이유다.



네이버는 데이터센터의 에너지 소모를 줄이기 위해 센터 내부 온도를 20°C 이상으로 유지한다.

사진은 네이버의 첫 번째 자체 데이터센터 '각 춘천'의 남관 서버실 모습.

디지털 기술은 인류 문명의 종속 기간을 연장할까 아니면 단축할까?

국내외 기술 기업들은 성능은 우수하면서 에너지를 덜 쓰는 AI 반도체와 서버, 불필요한 학습을 줄이고 알고리즘의 효율성을 높인 알고리즘 같은 그린 AI 구현에 많은 노력을 기울이고 있다. 데이터센터 운영에 드는 에너지를 친환경화하는 데 그치지 않고 데이터센터를 바닷속에 담그고 서버를 특수한 기름에 빠뜨리는 것 같은 실험도 서슴지 않는다. 그린 AI는 마이크로소프트, 구글 같은 글로벌 빅테크들이 주도하지만 국내 IT 기업들도 변화에 진심이다. DX(디지털전환)와 ESG를 양축으로 하는 ‘트윈 트랜지션^{Twin Transition}’은 글로벌을 관통하는 혁신 키워드가 되었다.



CO₂ 인터넷 사용 시 탄소배출량

이메일 1건 → 1g

인터넷 검색 1건 → 0.2g

스트리밍 영상
1시간 시청

자동차 1km 주행 시
탄소 발생량

자료: 시프트 프로젝트

AI가 진화할수록 지구는 힘들다

AI의 전성비와 비용 이슈는 생성형 AI 붐을 일으킨 오픈AI의 챗GPT 등으로 부각되기 시작했다. 오픈AI는 챗GPT 서비스를 위해 연간 수천억 원 규모의 돈을 쓰는 것으로 알려져 있다. 챗GPT 개발에 든 비용만 약 2조 원에 달하고, 그중 장비 비용만 8000억 원 가까운 것으로 전해졌다. AI를 운영하려면 GPU(그래픽처리장치), NPU(신경망처리장치) 같은 반도체뿐 아니라 데이터센터 운영, 전기 조달 등에 막대한 비용이 든다. 챗GPT의 하루 운영 비용은 9억 원, 연간 약 3300억 원에 달한다. 여기에다 AI 학습·추론에 필수적인 엔비디아의 GPU는 사고 싶어도 바로 살 수 없는 ‘귀한 몸’이다. AI에 필요한 데이터 확보와 훈련 비용도 갈수록 늘어날 전망이다.

문제는 AI의 성능이 높아지고 쓰임새가 많아질수록 더 많은 에너지를 쓰고 더 많은 탄소를 뿜어낸다는 점이다. 오픈AI가 공개한 GPT-3, GPT-4 같은 고성능 AI는 기존 AI 모델보다 더 많은 데이터를 학습하고 그 결과 더 많은 탄소를 유발한다. 오픈AI가 2020년 6월 공개한 GPT-3는 학습 과정에서 기존 GPT-2 모델보다 100배 많은 컴퓨팅 자원을 사용했다. GPT-4는 당연히 더 많은 데이터를 학습하고 더 많은 에너지를 쓴다. 오픈AI는 최근 GPT-5 출시 계획도 시사했다.

AI에 쓰이는 자원, 매년 3~4배 증가한다

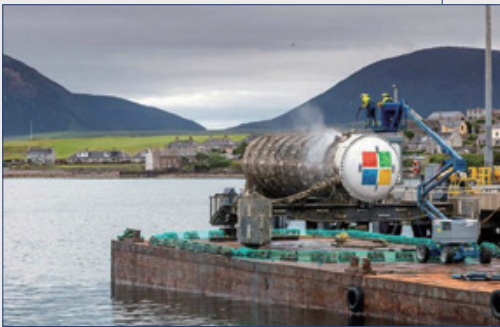
무심코 하는 클릭 한 번과 이메일 한 건도 다 에너지이고 탄소다. 이메일을 한 번 보내는 데 1g, 인터넷 검색 한 번에 약 0.2g의 이산화탄소가 배출되고, 스트리밍 영상을 1시간 동안 보면 자동차가 1km를 달릴 때와 비슷한 탄소가 발생하는 것으로 알려져 있다. AI가 쓰는 에너지와 내뿜는 탄소배출량은 이와 비교되지 않을 정도로 막대하다. 전문가에 따르면 기술 진화가 거듭됨에 따라 AI에 사용되는 자원은 매년 3~4배씩 증가할 전망이다. AI가 생산하는 데이터 양이 인간이 생산하는 것보다 더 많아질 것으로 전망되는 2030년 이후에는 AI가 지구환경에 재앙

을 가져올 수 있다는 경고도 나온다.

국제에너지기구^{IEA}는 2022년 9월 발표한 보고서에서 데이터센터가 전 세계 전력 수요의 약 1%를 소비하며, 세계 이산화탄소배출량의 0.3%를 차지한다고 분석했다. 프랑스의 비영리 기후변화 연구기구인 더 쉬프트 프로젝트는 데이터센터가 전 세계 탄소배출량의 2.5~3.7%에 달한다고 분석 결과를 내놨다. 이는 항공산업의 2.4%, 한국이 배출하는 양 2%보다 높은 수치다.

AI·IT 작동 방식 바꾸는 기업들

ESG와 탈탄소라는 숙제가 주어진 기업들은 이 문제를 심각하게 받아들이기 시작했다. 자본과 기술을 모두 가진 글로벌 빅테크들은 반도체를 직접 설계하고 친환경에너지 기술과 혁신적 건축 기술, 차세대 AI 기술을 직접 개발하며 AI와 IT의 작동 방식을 바꾸는 시도를 하고 있다. 핵심은 AI의 브레인이자 심장인 데이터센터를 구성하는 반도체와 소프트웨어를 전면 바꾸는 것이다.



마이크로소프트는 데이터센터의 온도와 습도 유지를 위한 전력 소모를 막기 위해 해저에 데이터센터를 구축했다. 사진은 운송 시험을 위해 잠수를 준비 중인 나틱 프로젝트 데이터센터.

데이터센터의
전력 수요량

=

전 세계 전력 수요의 1%

=

전 세계
이산화탄소
배출량의 0.3%

자료: IEA

마이크로소프트^{MS}는 2018년부터 2년간 해저에 데이터센터를 구축하는 ‘나틱 프로젝트’를 진행했다. 데이터센터는 서버 가동뿐 아니라 온도와 습도를 일정하게 유지하기 위해 엄청난 전기를 쓰는데, 차가운 바닷속에 담가서 열을 식히겠다는 것이다. 이 시도를 통해 해저 데이터센터가 지상보다 더 안정적이고 효율적이라는 사실을 확인했다. MS의 목표는 탄소중립에서 한 발 나아가 2030년까지 탄소 네거티브를 실현하겠다는 것이다. 배출한 탄소보다 많은 양을 제거·상쇄해 결과적으로 탄소를 마이너스로 만들겠다는 의미다. MS는 지난해부터 ‘행성 컴퓨터’라는 개념으로 자사뿐 아니라 전 지구적 기후 동향을 파악하는 활동도 펼치고 있다.

메타는 북극에서 약 100km 떨어진 스웨덴 룰레오에 데이터센터를 운영하고 있다. 삼성SDS와 네이버는 데이터센터의 에너지 소모를 줄이기 위해 센터 내부 온도를 20°C 이상으로 유지한다. 구글은 2030년까지 클라우드 사업 탄소제로화를 선언했다. 이를 위해 대형 배터리와 원자력 기술, 그린수소, 탄소 포획 기술 등 차세대 기술을 적극 도입한다는 계획이다. 이미 데이터센터 운영에 필요한 전체 전력은 태양광과 풍력 전력 생산자와 구매 계약을 맺어 쓰고 있다. 데이터센터 백업 전력은 배터리와 청정에너지로 전환하고 있다. 또 구글 클라우드를 이용하는 기업 고객은 탄소배출이 낮은 지역을 선택할 수 있도록 했다.

아마존은 미국, 캐나다, 영국 등에서 직접 풍력과 태양광 사업을 하고 있다. 아마존이 진행하고 있는 재생에너지 프로젝트는 200건이 넘는다. 이를 통해 생산된 전력은 사무실부터 유통 매장, 아마존 웹 서비스 데이터센터에 공급한다. 2025년까지 사업 활동에 필요한 전력을 100% 재생에너지로 조달하겠다는 목표인데, 이는 기존 목표였던 2030년보다 5년 앞당긴 것이다. 전기차 스타트업 리비안을 비롯해 CCS(탄소 포집·저장) 기술, 재생에너지 등 저탄소 경제에 도움이 되는 스타트업에 대한 투자를 이어가고 있다.

기업 경영 전반에 걸쳐 2020년 탄소중립을 이룬 애플은 오는 2030년까지 사업, 공급망, 제품 라이프사이클 전체로 이를 확장한다. 제조 협

력사들을 포함해 아이폰, 아이패드 등 모든 애플 기기가 기후변화에 미치는 영향을 제로화한다는 목표다. 최근 출시한 ‘애플워치9’은 애플의 첫 100% 탄소중립 제품이기도 하다. 애플, 구글, 마이크로소프트, 테슬라 등이 자체 반도체를 개발하는 것도 친환경화 노력과 맞닿아 있다. 반도체의 전력 소모를 최대한 낮추고 자사 제품·인프라와 최적화해 탄소배출을 줄이려는 시도다.

에너지 덜 쓰는 AI 반도체

AI의 기술구조를 바꿔서 친환경적 기술로 만드는 시도도 이어지고 있다. 하드웨어로는 AI 반도체, 소프트웨어는 AI 알고리즘의 친환경화가 대표적이다. 구글, MS, 엔비디아 등 빅테크뿐 아니라 국내 기업들의 AI 반도체 상용화 움직임도 활발하다.

SK텔레콤의 AI 반도체 자회사 사피온은 최근 데이터센터용 AI 반도체(NPU) ‘X330’을 공개했다. NPU는 차세대 AI 반도체로, 딥러닝 같은

저탄소 경제를 위한 빅테크 기업들의 노력

 Microsoft 마이크로소프트 해저에 데이터센터 구축하는 ‘나틱 프로젝트’ 진행	
 Meta 메타 북극에서 100km 떨어진 스웨덴 룰레오에 데이터센터 운영	 삼성SDS + 네이버 센터 내부 온도 20°C 이상으로 유지
 amazon 아마존 미국, 캐나다, 영국 등에서 풍력과 태양광 사업 진행	

AI 작업에 최적화된 반도체다. 현재 AI용으로 주로 쓰이는 GPU에 비해 전력을 덜 소모하면서 투입 대비 성능은 더 우수하다. NPU는 앞으로 AI 산업에서 GPU를 대체할 것으로 전망된다.



사피온의 데이터센터용 AI 반도체 NPU X330

X330은 사피온이 2020년 내놓은 국내 첫 데이터센터용 AI 반도체 ‘X220’에 비해 성능은 4배, 전력 효율은 2배 높다. 올해 나온 엔비디아 동급 GPU보다 연산 성능이 약 2배, 전력 효율은 1.3배 높다. 사피온뿐 아니라 퓨리오사AI, 리벨리온, 딥엑스 같은 국내 기업들이 NPU를 경쟁적으로 개발하며 엔비디아의 입지에 도전하고 있다. SKT, KT, 네이버, 카카오 등이 이들 반도체의 고객이다. 퓨리오사AI는 카카오톡프라이즈, 리벨리온은 KT와 협력하고 있다.

20와트의 낮은 에너지로 복잡한 사고 활동을 하면서 병목현상 없이 연산, 저장, 학습을 효과적으로 처리하는 뇌를 모방한 반도체도 개발되고 있다. 연구자들과 기업들은 뇌 구조를 모방해서 전력을 적게 쓰면서 AI 작업을 할 수 있는 뉴로모픽 반도체에 주목하고 있다.

AI·소프트웨어도 ‘그린’이 대세

MIT 공과대학은 탄소배출을 덜 하는 딥러닝 신경망 연구와 알고리즘을 고안해 GPU 사용 시간과 전력 소비를 크게 줄이는 길을 보여줬다. MIT 공과대학 연구팀이 사용하는 IBM의 슈퍼컴퓨터는 초당 2000조 번의 계산이 가능하지만 탄소배출은 기존보다 1000분의 1 수준으로까지 줄인 친환경 슈퍼컴퓨터다.

AI를 개발할 때 알고리즘 설계부터 에너지 효율을 염두에 두거나, 꼭 학습에 필요한 컴퓨팅 리소스만 쓰도록 하는 시도도 활발하다. 효율적인 데이터 학습과 매개 변수 수집, 불필요한 학습 줄이기, 에너지 효율적인 하드웨어 사용 등으로 탄소배출을 줄일 수 있다. AI 학습을 클라우드에서 하면서 재생에너지를 사용해 탄소배출을 낮추는 것도 가능하다. 미국의 앨런AI인스티튜트는 2019년 발표한 논문에서 ‘그린 AI’의 개념을 제시했다. 레드 AI와 대비되는 환경친화적 AI를 의미한다.



안경애 <디지털타임스> 편집국 ICT과학부 부장 ICT와 과학기술 분야를 20년 이상 현장에서 취재하고 현재 <디지털타임스> ICT과학부 부장을 맡고 있다. 과학기술, 소프트웨어, 인공지능, 클라우드, 바이오 등 기술개발과 산업현장을 담당하고 있다.

유니버설 디자인은 고객의 사용 편의를 증대하는 것은 물론 유효 소비자 계층을 확대할 수 있어 가전기업의 중요한 ESG 경영 이슈로 떠오르고 있다.

word 최예린 <한국경제신문> 기자

모두를 위한 디자인

“시력을 잃어가면서 평소 좋아하던 축구 경기를 못 봐 너무 아쉬웠어요. 그런데 삼성전자의 릴루미노 모드를 켜니 TV 화면 속 움직이는 축구공까지 잘 보이네요.”

저시력 시각장애인도 TV를 볼 수 있도록 돕는 삼성전자의 ‘릴루미노 모드’ 임상시험에 나선 한 참가자의 소감이다. 릴루미노 모드는 이미지 가장자리를 강조해 명암, 색, 선명도 등 화질을 더 강하게 표현하는 기술이다. 눈이 전혀 보이지 않는 시각장애인을 제외한 1~6급 시각장애인이 TV를 더 명확히 볼 수 있도록 돕는다.

삼성전자와 LG전자 등 국내 기업은 가전제품의 접근성을 높이기 위해 총력을 기울이고 있다. 장애인, 고령자, 어린이 등 모든 사람이 장벽 없이 편리하게 가전을 사용할 수 있는 제품을 개발하는 데 연구개발^{R&D} 자원을 집중하는 분위기다. 흔히 모든 사람을 위한 디자인, 즉 유니버설 디자인으로 불린다.

삼성전자는 저시력 시각장애인의 TV 시청에 주목했다. 역설적으로 이들이 TV를 보는 시간이 굉장히 길기 때문이다. 주변 환

경이 잘 보이지 않는 시각장애인에게 TV 시청은 집 안에서 안전하게 즐길 수 있는 대표적 여가 활동으로 꼽힌다. 릴루미노 모드 기술은 올해 2023년형 네오 QLED TV에 처음 적용돼 시중에서 판매되고 있다. 사내벤처가 개발한 기술로, 2017년 처음 공개할 때는 안경 형태의 웨어러블 기기였다. 이후 본격적인 개발 과정을 거치며 TV 모드 중 하나로 들어갔다. 삼성서울병원과 협력해 67명의 시각장애인을 대상으로 임상시험을 거쳐 세상에 나왔다.

LED 버튼 위에 점자 스티커

LG전자는 음성인식 제품을 내놓고 있다. 시각장애인, 고령자, 어린이, 손을 자유롭게 쓸 수 없는 고객 등 버튼을 누르기 어려운 사용자에게 도움이 되는 기능이다. LG퓨리케어 오브제컬렉션 정수기는 국내 최초로 음성인식 기능을 도입했다. 버튼을 조작하지 않고 말만으로도 원하는 용량의 물을 받을 수 있다. 에어컨, 로봇청소기, 냉장고 등 다른 제품에도 음성인식 기술이 적용되고 있다. 특 튀어나온 버튼이 없어지며 생긴 불편함도 보완했다. 최근 디자인 유행에 따라 대부분 가전제품은 양각 처리 없이 발광다이오드^{LED} 터치 형식의 버튼만 배치한다. 시각장애인

은 버튼의 위치나 기능을 알기 어렵다. 정수기에서 냉수와 온수 버튼을 제대로 구분하지 못하면 안전사고가 발생할 수 있다. LG 전자는 지난해부터 모든 가전에 부착해 쓸 수 있는 공용 점자 스티커를 무상 배포하고 있다. 전원, 동작 및 정지, 와이파이 등 10 가지 아이콘과 점자로 구성돼 있다. 청력이 약한 사람을 위해선 TV 스피커와 블루투스 기기에 음향을 동시 출력하는 ‘TV 소리 함께 듣기 기능’을 추가했다. 청력이 떨어진 고령자가 TV 소리를 키우면 함께 TV를 보는 가족이나 주변 이웃이 불편을 느끼는 문제를 해결하기 위해서다. LG전자는 TV 스피커와 블루투스 헤드셋 등에 음향을 동시 출력할 수 있게 했다. LG전자는 제품뿐 아니라 서비스 측면에서도 고객 접근성을 높이기 위해 노력하고 있다. 올해 들어 발달장애인 등 느린 학습자나 저학년 초등학교 생에게 가전제품 사용법과 원리를 재미있게 설명해주는 <쉬운 글 도서>를 펴낸 것이 대표적이다. 앞서 지난 4월 20일 장애인 의날에는 발달장애 아동이 자주 사용하는 제품인 냉장고를 소재로 한 도서를 무료로 배포했다. 고객들이 긍정적 반응을 보이자, 7월에는 <쉬운 글 도서> 에어컨 편도 신청받아 나누어주었다. LG전자 관계자는 “올바른 가전제품 사용법을 교육하는 ‘가전학교 프로젝트’를 추진하고, 더욱 다양한 제품군을 소재로 계속 <쉬운 글 도서>를 펴낼 예정”이라고 설명했다. 가전제품 설

모두가 편리한 가전제품 생활을 위한 기술들

삼성전자 릴루미노

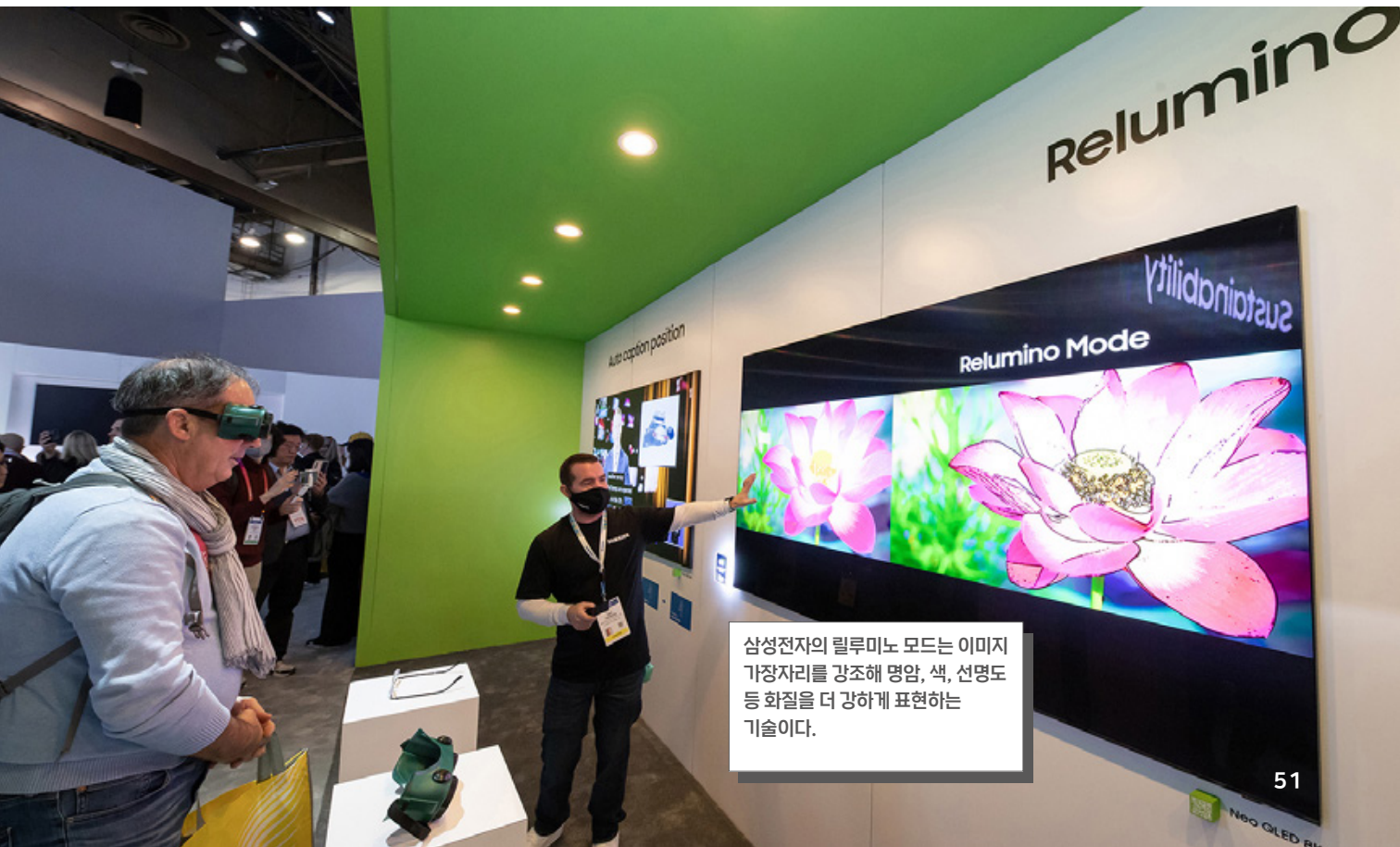
~~ 저시력 시각장애인을 위한 TV로 이미지 가장자리를 강조해 명암, 색, 선명도 등 화질을 강하게 표현

LG퓨리케어 오브제컬렉션 정수기

~~ 음성인식 기능으로 버튼 조작 없이 말만으로 물 공급 가능
~~ 공용 점자 스티커 무상 배포

모두를 위한 키오스크

~~ 낮은 자세 모드, 저시력자 모드 개발
~~ 디지털 휴먼 수어 서비스 도입



삼성전자의 릴루미노 모드는 이미지 가장자리를 강조해 명암, 색, 선명도 등 화질을 더 강하게 표현하는 기술이다.



LG전자는 지난해부터 모든 가전에 부착해 쓸 수 있는 공용 점자 스티커를 무상 배포하고 있다. 전원, 동작 및 정지, 와이파이 등 10가지 아이콘과 점자로 구성돼 있다.

치와 조작을 위한 매뉴얼도 보다 다양한 형태로 배포 중이다. 기존의 작은 글씨로 된 매뉴얼을 보기 어려운 장애인과 노인층을 위해 지난해 공식 유튜브 채널에서 퓨리케어정수기, 에어로타워, 트롬세탁기, 틱운과 틱운미니, 휘센 타워에어컨 등 8개 제품 사용법을 쉽게 알려주는 영상을 공개했다. 이 영상에는 수어 해설도 추가해 청각장애인의 접근성을 높였다. 매뉴얼을 눈으로 읽기 어려운 고객을 위해서는 음성으로 읽어준다. 음성 매뉴얼은 서울시 소비자 정보마당 스마트앱을 통해 이용할 수 있다. 음성 매뉴얼의 지시에 따라 사용자는 직접 제품을 만지며 문을 여는 방향, 위치 등을 손쉽게 연상할 수 있다. 지난해 기준 LG전자 세탁기, 건조기, 타워에어컨 등 15개 제품군에서 음성 매뉴얼을 제공한다.

전문 수어 상담사, 제품 문의 응대

보통 가전 수리 상담은 전화 음성으로 이뤄지는데, LG전자는 2021년 10월부터 제품 지식을 갖춘 전문 수어 상담사가 장

인 고객의 제품 관련 문의를 화상으로 응대하는 서비스를 내놓았다. 올해부터 이를 확대해 오프라인의 LG전자 베스트샵에서 제품을 구매할 때 고객과 가전 매니저 중간에서 수어 통역사가 통역을 진행하는 서비스도 제공한다. ESG 경영의 일환으로 시작된 이 서비스는 지난해 1000건에 가까운 상담 건수를 기록했다. 키오스크로 인한 걸림돌도 없었다. 휠체어를 탄 고객은 키오스크 높이가 너무 높아서, 시각장애인은 키오스크 화면이 보이지 않아 주문이 어려운 경우를 고려한 것이다. LG전자가 새로 선보인 키오스크는 키가 작거나 휠체어에 탑승한 고객을 위해 주요 메뉴를 화면 아래쪽에 배치한 ‘낮은 자세 모드’, 시각장애인을 위한 ‘저시력자 모드’를 비롯해 빛을 전혀 인식하지 못하는 전맹 고객을 위해 촉각 키패드와 ‘음성 메뉴 안내 모드’를 제공한다. 최근 전국 130여 개 서비스센터에 설치된 고객 접수용 키오스크에는 청각장애인을 위한 디지털 휴먼 수어 서비스도 도입했다. 고객들은 화면 하단 수어 버튼으로 디지털 휴먼의 수어 안내를 받게 된다. 수어뿐 아니라 문자, 음성 서비스도 제공한다.

광산지역이 다시 살아납니다

광산지역의 지속가능한 발전 KOMIR가 함께합니다



● 청정한 국토복원

- 광산피해 관리
및 폐광산 복구

● 지역 광산지원

- 현대화·안전시설
및 운영자금 융자

● 대체산업 육성

- 도시재생 뉴딜사업
- 기업·투자 유치
- 출자회사



한국광해광업공단

Korea Mine Rehabilitation and Mineral Resources Corp.

리튬이온 배터리 소재가 궁금해!

전지는 한 번 쓰면 버리는 일차전지와 다시 충전해 쓸 수 있는 이차전지로 나뉩니다. 현재 가장 많이 쓰이는 이차전지는 리튬이온전지죠. 리튬은 특정 조건이 되면 전자를 내놓고 이온이 됩니다. 이 전자가 전선을 타고 흐르는 것이 전기죠. 따라서 배터리를 이용해 전기를 사용하는 건 리튬에서 전자를 떼내 전선에 흐르게 한다는 말입니다. 반대로 충전한다는 것은 리튬이온에 전자를 넣어주는 일입니다. 어려운 듯 쉬운 이차전지에 대해 알아봅시다.

방전 과정에서 전지 내부의 상황을 살펴보면 음극의 리튬이 전자를 내놓고 이온이 된 뒤 양극으로 이동합니다. 양극에선 리튬이온과 전자를 붙잡아 저장합니다. 양극과 음극이 바로 붙어 있으면 일이 편하겠지만 그래선 양극과 음극의 물질 사이에 급격한 화학반응이 일어나서 폭발합니다. 따라서 이 둘 사이에는 만남을 방지하는 분리막이 이를 차단하고 있습니다. 하지만 리튬이온은 오고 가야 하니 그를 가능하게 해주는 전해액이 양극과 음극 사이 공간을 채우고 있습니다. 결국 리튬이온 이차전지는 양극과 음극, 전해액 그리고 분리막 네 가지로 구성되는 거지요.

| 1. 양극과 음극을 나눠주는 분리막

분리막은 폴리에틸렌이나 폴리프로필렌을 이용해 만드는데 그 제조 방법에 따라 습식과 건식으로 나뉩니다. 습식은 폴리에틸



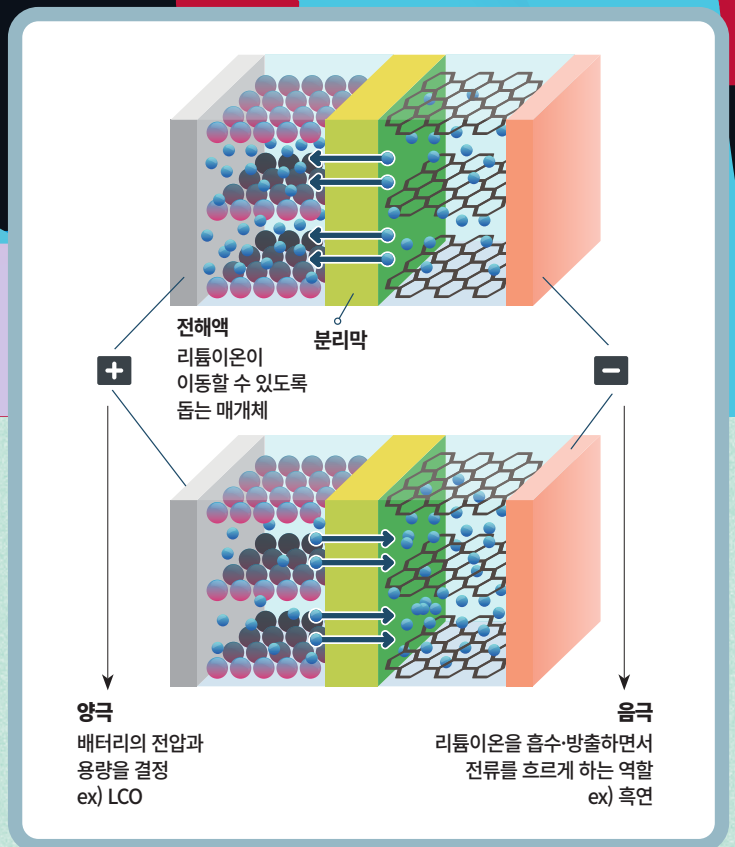
3

Li

Lithium

6,94

렌을 사용하며 주로 휴대폰이나 노트북 등에 들어 갑니다. 건식은 폴리에틸렌이나 폴리프로필렌 둘 다 사용하며 습식에 비해 초기 투자 비용이 적고 유해물질이 나오지 않지만 제조 기술 난이도가 상당히 높습니다. 주로 전기자동차용으로 쓰이죠. 분리막의 기본 소재는 폴리에틸렌과 폴리프로필렌이지만 분리막의 바깥에는 세라믹코팅을 통해 안정성을 높입니다.



| 2. 리튬이온의 이동을 도와주는 전해액^{Electrolyte}

전해액은 전해질과 용매 그리고 첨가제로 구성됩니다. 전해질은 리튬이온이 이동하는 것을 도와주는 역할을 하는데 리튬을 중심으로 한 화합물이 쓰입니다. 육플루오르화인산리튬^{LiPF₆}이 가장

많이 사용됩니다. 하지만 전기자동차용 전해질에는 추가로 F 전해질이라 부르는 리튬비스아마이드^{LiFSI}, D 전해질이라 부르는 리튬이플루오르보레이트^{LiDFOB}, B 전해질이라 부르는 리튬비스보레이트^{LiBOB}, P 전해질이라 부르는 리튬이플루오르화인산^{LiPO₂F₂} 등도 첨가되지요.

F전해질은 출력을 높이고 부식을 방지함으로써 전기 수명을 늘리고 저온에서 방전되는 걸 막아줍니다. P전해질은 전기 수명을 길게 하고 출력을 높이면서 충전 시간을 줄여주고 고온에서 안정적으로 작동하도록 돕습니다. D전해질의 경우 충전 시간을 줄여주면서 높은 온도에서 안정성을 가지도록 하며 B전해질은 상온과 낮은 온도에서 출력을 높여주면서 순간 출력량을 늘리는 효과가 있습니다.

용매의 점도가 높아 끈적거리면 리튬이온이 잘 이동할 수 없으니 점도가 낮은 물질을 이용해야 하죠. 하지만 또 용매는 리튬이온이 전해질에 잘 녹아들도록 도와주는 역할을 하는데 이를 위해선 유전율^{Permittivity}이 높아야 합니다. 그런데 대부분의 물질은 점도가 높을수록 유전율이 높습니다. 그래서 실제로 쓰이는 용매는 유전율과 점도가 높은 물질과 둘 다 낮은 물질을 혼합해서 사용합니다. 주로 에틸렌 카보네이트와 프로필렌 카보네이트가 쓰이죠.

| 3. 리튬이온이 전자와 만나 리튬이 되는 곳, 양극

양극은 크게 집전체(양극판)와 합제로 구성됩니다. 앞서 이야기

한 것처럼 양극에선 리튬이온이 전자와 만나 리튬이 되는 과정이 핵심입니다. 이때 전자가 이동하는 통로면서 합제를 지탱하는 역할을 하는 것이 집전체입니다. 집전체로는 알루미늄을 아주 얇게 만든 알루미늄박이 사용됩니다.

합제는 양극재(양극활물질, 이차 활물질), 도전재 그리고 바인더로 구성됩니다. 활물질은 리튬을 중심으로 구성된 물질로 충전할 때는 리튬이온과 전자를 내놓고, 방전할 때는 리튬이온과 전자를 붙잡는 역할을 합니다. 도전재는 활물질이 내놓은 전자를 집전체로 전달하는 역할을 하죠. 바인더는 활물질과 도전재가 집전체에 잘 붙어 있도록 잡아주는 역할을 합니다.

활물질은 배터리 전체 가격의 약 40%를 차지합니다. 가장 비싼 물질이죠. 또한 배터리 용량과 수명 및 안정성을 결정하는 핵심 요소입니다. 이 활물질은 리튬만으로 구성되진 않습니다. 구성 성분에 따라 여러 종류로 나누는데 보통 리튬코발트산화물 배터리, 리튬코발트산화물에 니켈과 망간이 결합된 NCM 배터리, 코발트 대신 철을 사용하는 LFP 배터리, 역시 마찬가지로 코발트를 사용하지 않는 LMO 배터리 등이 있습니다.



리튬 배터리는 대표적인 이차전지로 스마트폰을 비롯해 휴대기기, 전기차 등 다양한 곳에 사용되고 있다.

결국 리튬이온 배터리 활물질의 핵심 소재는 리튬과 코발트, 니켈, 망간 등인데요. 그중에서 니켈 함량을 높이는 것이 요사이 리튬이온 배터리 연구의 핵심 중 하나입니다. 니켈 함량이 높을수록 에너지 밀도가 높아져 작은 부피에 더 많은 전기를 저장할 수 있기 때문이죠. 하지만 니켈 함량이 높을수록 안정성이 떨어지는 문제가 있어 이를 극복하는 것이 관건입니다.

또 하나, 코발트 함량을 줄이는 것 또한 주요 과제로 떠오르고 있습니다. 이는 지정학적 문제와 가격경쟁력, 그리고 인권 문제가 복합적으로 얽혀 있기 때문입니다. 우선 전체 코발트 매장량의 60%가 콩고에 집중되어 있는데 채굴 과정에서 아동노동 등의 문제가 불거지고 있지요. 또 이 코발트를 정제해서 판매하는 과정에서 중국의 점유율이 50%에 가깝기 때문에 공급 불안정성 문제가 걸립니다. 게다가 코발트 매장량이 많지 않다 보니 계속 가격이 오르는 것 또한 문제가 되지요.

도전재로는 기존에는 카본블랙을 주로 사용했습니다. 그런데 최근 카본나노튜브^{CNT}를 도전재로 사용하는 경향이 늘고 있습니다. 카본나노튜브의 경우 강도도 높고, 전기 전도도도 뛰어나 카본블랙에 비해 20% 정도만 넣어도 충분한 효과를 낼 수 있기 때문입니다. 그만큼 남는 공간에 양극재를 더 넣으면 에너지 밀도를 높일 수 있는 거죠.

배터리를 만들 때 활물질과 도전재가 섞인 작은 입자들을 양극 집전체인 알루미늄박 위에 얇게 발라주는데(도포라고 합니다) 이때 이 알갱이들이 잘 붙어 있도록 잡아주는 역할을 하는 것이 바인더입니다. 크게 폴리비닐리덴플루오라이드^{PVdF}와 스티렌부타디엔고무^{SBR}, 카르복시메틸셀룰로오스^{CMC} 계열로 나뉩니다. 이 중에 PVdF는 비수계 바인더로 실 모양으로 입자들을 감싸고 SBR/CMC는 작은 점 모양으로 접촉면을 만듭니다. SBR/CMC 계열은 제작 시 용매로 물을 사용하기 때문에 오염물질이 덜 나오므로 친환경적입니다. 최근 이러한 방향으로 연구개발이 이루어지는 이유입니다.

| 4. 충전시간을 결정하는 음극

음극의 핵심은 충전할 때 리튬이온을 얼마나 빨리 잘 받아내느냐는 것입니다. 이에 따라 충전 시간이 결정되지요. 현재 전기자동차 문제 중 가장 빨리 해결하고 싶은 것이 긴 충전 시간이니 이에 대한 대책을 세우는 것이 음극 관련 소재 개발의 핵심이라 볼 수 있습니다. 음극도 양극처럼 음극재(음극활물질)와 도전재, 바인더가 섞인 합제와 음극판으로 이루어집니다. 도전재와 바인더는 양극과 같은 물질을 씹니다. 그러나 음극판은 양극판과 달리 구리를 씹니다. 이때 구리 두께가 얇을수록 음극활물질을 많이 넣을 수 있기 때문에 배터리 용량을 높이는 데 도움을 줍니다. 그래서 4~6마이크로미터 두께의 아주 얇은 박 형태로 만들어 씹니다.

음극재로는 주로 흑연을 씹니다. 흑연은 순수한 탄소로만 이루어진 물질로 정육각형 모양의 판이 여러 겹 쌓인 층상구조입니다. 리튬이온이 그 사이사이에 저장되죠. 지금 이 흑연 대신 실리콘을 쓰려는 연구가 한창입니다. 용량이 4배 이상 늘어나기 때문이죠. 하지만 실리콘의 경우 리튬이온이 들어왔다 나갈 때 부피 변화가 큰 것이 문제입니다. 현재는 흑연에 실리콘을 소량 첨가하는 정도로 사용하고 있습니다. 사실 도전재로 탄소나노튜브를 쓰려는 이유도 음극재로 실리콘을 사용하는 데 도움이 되기 때문이기도 합니다.

리튬이온 배터리 하나마다 리튬, 망간, 니켈, 코발트, 알루미늄, 구리 같은 금속과 탄소나노튜브, 흑연, 실리콘 등의 비금속물질 그리고 다양한 무기화합물과 유기화합물을 물리적, 화학적 성질을 고려해서 적절하게 사용하는 모습을 보면 마치 종합예술과도 같다는 느낌이 드는 건 저 혼자만의 생각일까요?



박재웅 과학 작가·사단법인 변화를 꿈꾸는 과학기술인 네트워크 지구에너지위원회 부위원장 <우리의 미래를 결정할 과학 4.0>, <지구를 선택한 사람들> 외 과학과 관련한 다수의 저서를 집필했다.

디지털
문화유산
전문가

고려대학교 박진호 교수

첨단기술로 역사에 새 생명을!

존재하는 모든 물체는 언젠가는 망가지고 부서져 사라지기 마련이다. 유감스럽게도 이는 인류가 만든 문화유산도 마찬가지다. 그러나 첨단 디지털 기술을 사용해 문화유산을 복원하고, 현존하는 문화유산을 보전에 영생을 부여하는 이들도 있다. 이런 이들을 우리는 디지털 문화유산 전문가라고 부른다.

word 이동훈 photo 김기남

※ 박진호 교수는 누구?

대한민국 제1세대 디지털 문화유산 전문가인 박진호 교수는 한양대학교 문화인류학과와 동국대학교 대학원 미술사학과를 거쳐 문학박사 학위를 취득하고 KAIST 문화기술대학원 선임연구원, GIST 한국문화기술연구소 선임연구원, 서울대 융합기술연구원 연구원 등으로 업무를 수행하며 다양한 경험을 쌓았다.

그가 이 분야를 업으로 삼게 된 것은 역사를 좋아하는 이라면 누구나 갖고 있는 과거에 대한 관심 때문이었다. 인간은 시공간의 제약을 받으며 살 수밖에 없는 존재다. 특히 내가 산 적이 없는 과거는 역사책으로만 접할 수 있었다. 하지만 첨단기술을 통해 더욱 생생한 과거를 체험할 수 있다면 어떨까? 그래서 그는 1999년 황룡사 9층 목탑의 디지털 복원 참여를 시작으로, 현재까지 20여 년간 이 일을 해오고 있다.

문화유산 디지털 복원이 왜 필요한가?

지난 5월, 영국 기업 마젤란사는 수심 3800m 해저에 있는 타이타닉호 잔해의 1:1 크기 디지털 트윈을 제작했다고 발표해 화제가 되었다. 타이타닉호는 1912년 완공되어 같은 해 첫 항해에서 빙산에 충돌해 침몰한 비운의 영국 여객선이다. 당대 세계 최강국이던 영국의 최첨단 조선 기술이 총집약된 배였음에도, 너무나 드라마틱한 운명을 맞았다. 그 때문에 침몰 이후 100여 년이 지난 현재까지도 세계 각국 연구자들이 그 침몰 경위를 연구하고 있다.

그러나 가장 유력한 연구 자료인 타이타닉호 잔해는 각종 심해 생물에 의해 무서운 속도로 부식이 진행되고 있다. 일부 전문가들의 추정에 따르면, 2060년이 되기 전에 타이타닉호 잔해는 부식에 의해 완전 붕괴될 것이라고 한다. 그렇다고 그 깊은 바닷속에 있는 잔해에 매일 사람이 들어가서 관찰하기도 현실적으로 어려운 노릇이다. 때문에 마젤란사는 연구자들의 편의를 위해 3D 스캔과 사진 촬영을 통해 타이타닉호 잔해를 정밀 재현한 디지털 트윈을 만들어냈다.

이 사례는 문화유산 디지털 복원의 필요성과 사용 기술, 그리

고 그 성과를 압축적으로 보여주고 있다. 앞서도 잠깐 언급했지만 어떤 물체건 간에 자연환경에 노출되면 풍화작용을 피할 수 없다. 이는 인류의 지혜가 담긴 문화유산도 마찬가지다. 일부러 부수지 않아도 언젠가는 다 부서지고 분해되어 자연으로 돌아가는 것이 모든 인공물의 숙명이다. 문화유산 디지털 복원은 인류의 귀중한 문화유산을 이러한 숙명에서 견져내는 작업이다. 디지털 트윈이라는 형식을 통해 사라지거나 손상된 문화유산은 원상복구하고, 건재한 문화유산은 복제해 반영구적으로 보존하는 것이다.

물론 그 외의 다른 효과도 있다. 무엇보다 디지털로 재현된 문화유산은 시공간의 제약을 초월해 전시될 수 있다. 해저에 남아 있는 타이타닉호도 디지털로 재현하면, 세계 수십 개국 도시에 동시에 전시할 수 있다. 또한 현존하는 문화유산이 파괴되어도, 사전에 디지털로 재현한 것이 있다면 복원작업의 수고를 덜 수 있다. 예를 들어 지난 2008년 화재로 타버린 송례문의 복원에는 2002년 제작되었던 디지털 트윈이 결정적인 역할을 했다.

디지털 트윈이란?



현실세계의 기계나 장비, 사물 등을 컴퓨터 속 가상세계에 구현한 것을 말한다. 디지털 트윈 기술을 활용하면 가상세계에서 장비, 시스템 등의 상태를 모니터링하고 유지·보수 시점을 파악해 개선할 수 있다. 가동 중 발생할 수 있는 다양한 상황을 예측해 안전을 검증하거나 돌발 사고를 예방해 사고 위험을 줄일 수 있으며 시제품 제작에 들어가는 비용과 시간을 절감할 수 있다.

과거에 생명을 불어넣는 작업

최근 박 교수는 디지털로 구현된 과거를 단순히 보는 데서만 만족하지 않고, 거기에 생명을 불어넣어 현대인과 소통하게끔 하고자 한다. 디지털 휴먼과 XR 버스 등의 기술을 통해서다. 이러한 결심을 한 계기는 그가 지난 2012년 수행한 ‘백제인 얼굴 복원 연구’였다. 부여 능안골 고분군에서 지난 1996년 발굴된 백제 여인의 두개골을 가지고, 미술해부학을 전공

… 박진호 교수는 디지털로 구현된 과거를 단순히 보는 데서 만족하지 않고, 거기에 생명을 불어넣어 현대인과 소통할 수 있기를 바란다.



한 조용진 박사와 함께 디지털 기술을 이용, 생전의 얼굴을 복원했다. 그는 이 과정에서 디지털 휴먼의 가능성을 엿보았다. 여기에 오늘날 고도로 발전된 AI 기술을 적용한다면, 현대인과 서로 대화를 나눌 수 있는 인터랙티브형 백제인 디지털 휴먼을 만들 수 있다. 챗GPT로 대표되는 생성형 AI를 적용해 당대인의 지식과 눈높이의 범위 내에서 현대인과 대화를 나눌 수 있다. 또한 한국어뿐 아니라 다양한 나라의 언어로도 듣고 말할 수 있다. 실제로 내년부터 그는 몽골의 ‘칭기즈칸 국립박물관’에 이러한 기능을 갖춘 칭기즈칸의 디지털 휴먼을 만들 생각이다.

디지털 기술을 이용한 ‘역사와의 대화’는 역사 인물에 그치지 않는다. 그는 도시 전체를 살아 숨 쉬는 과거로 구현할 생각

이다. 다음 아닌 XR 버스^{bus}를 통해서다.

XR 버스는 그 이름에서도 알 수 있듯이, XR^{Extended Reality}(확장 현실) 기술이 적용된 자동차다. 이미 수원에서는 1795년 정조대왕의 능행차 ‘을묘원행’을 체험할 수 있는 ‘XR 버스 1795행’을 운행 중이다. 이 버스의 차창은 XR 기술을 적용해 오늘날의 풍경에 1795년의 가상현실을 입혀 보여준다. 이러한 기술은 모든 유적지에 적용될 수 있다. 차량이 몽촌토성터를 주행할 때면 차창을 통해 디지털로 재현된 과거의 몽촌토성을 보여줄 수 있다. 심지어 문무대왕 수중릉 등 접근하기 힘든 곳도 아주 실감나게 보여줄 수 있다. 버스가 달리면 XR 차창 밖에는 디지털로 재현된 바다가 나오면서, 마치 버스가 바닷

물 속으로 다이빙하는 것 같은 모습이 펼쳐지는 것이다. 그리고 이어서 물속에 잠겨 있던 수중릉(역시 디지털로 재현된)이 탑승객들 앞에 나타난다. 이런 식으로 도시를 돌면서 지금은 사라진 문화유산을 XR로 탑승객들에게 보여준다.

이는 현재 진행되고 있는 자율주행자동차와도 잘 어울린다. 자율주행자동차는 인간을 운전의 고통에서 해방시켰다. 그러면 인간은 차 안에서 엔터테인먼트도 즐길 수 있다. XR 버스는 차내에서 즐길 수 있는 훌륭한 엔터테인먼트 수단 중 하나가 될 것이다. 박진호 교수는 그 엔터테인먼트를 역사와 결합시키고자 한다.

21세기 인류의 침병이 되고자 한다면!

여기서 더욱 발전하면 박물관에서 본격적인 ‘역사 시뮬레이터’를 체험해볼 수도 있을 것이다. XR 기술로 역사의 한복판에 뛰어드는 것이다. 안창남의 비행기 조종석을 재현한 시뮬레이터를 타고, 일제강점기 우리나라의 풍경을 조감한다든가, 조선 시대 한양의 골목 구석구석을 누비면서 당대 사람들(의 디지털 휴먼)과 대화하는 등의 전시 체험이 가능해진다. 우리는 박물관이라는 말에서 두터운 유리 진열장으로 중무장한 유물들이 미동도 하지 않은 채로 전시만되어 있는 곳을 흔히 떠올린다. 그러나 문화유산 디지털 복원 기술을 통해 박물관은 드디어 우리가 오감으로 체험하고, 대화할 수 있는, 살아 있는 역사를 전시하는 곳으로 바뀔 수 있다. 이것이 비단 박물관뿐이라. 우리 삶의 모든 장소가 그런 잠재력을 갖게 될 수 있다.

한편 박진호 교수는 내년부터 속초 시립박물관의 발해역사관에 발해의 수도 상경용천부도 디지털로 재현하고 싶어 한다. 동원대학교 이병건 실내건축학 교수(발해 건축 전문가)와의 협업을 통해서다. 발해는 중국과 남북한 모두의 역사에서 외면당한 나라다. 그러나 발해는 거란과 중국(당나라), 고구려의 문화가 만나는 길목에 있어, 당대 가장 융합적이고 화려한 문화를 자랑했다. 그러한

발해를 디지털로 재건해보고 싶은 것이 박진호 교수의 소망이다.

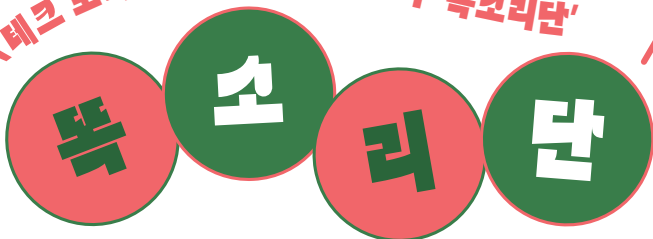
앞서도 말했듯이 문화유산 디지털 복원은 지극히 통섭적인 작업이다. 이공학, 인문학, 예술학을 공부한 인재가 모두 필요하다. 또한 우리나라는 뛰어난 IT 기술 덕분에 외국 문화유산의 디지털 복원 시장에서도 두각을 나타내고 있다. 중동과 아프리카, 동남아시아 등지에서도 도움을 요청하고 있다. 과거 찬란한 문화를 꽃피웠지만 현재는 그 문화를 유지하거나 재현할 능력이 없는 빈국들이 대부분이다. 이것이야말로 진정 21세기 첨단기술 시대에 어울리는 K-컬처이자 인류인 것이다. 책갈피 속의 활자로만 잠들어 있던 역사를 살아 숨 쉬는 역사로 재생시키고, 전 세계에 한국 문화의 힘을 떨치고자 한다면, 디지털 문화유산 전문가의 길로 뛰어들라!

12월호 장 인사이드에 김경은, 김정은, 김정현, 김형우, 류승연, 박병철, 백지연, 오선욱, 유강영, 이유정, 정다현, 전유정, 전주규, 조재현 님이 참여해주셨습니다.

... 박진호 교수는 XR 기술을 통해 역사의 한복판으로 뛰어드는 체험을 가능하게 하고자 한다.



<테크 포커스>의 든든한 서포터 '톡소리단'



'톡'톡하게 '소'통하고 '리'뷰하는 <테크 포커스> 독자 '단'

지난 5월부터 10월까지 활동한 <이달의 신기술> 독자 참여단 '톡소리단' 1기의 열정적인 활동 결과를 소개합니다.



1. 톡소리단 1기 구성

톡소리단 1기
총 **132명**

톡소리단 1기 활동가 구성

구분	R&D 과제수행자	대학생·취업준비생	고등학생	학부모 등 기타
인원(비율)	51명(39%)	31명(23%)	3명(2%)	47명(36%)
총 활동가 수	132명			
활동가 연령	10대	3명 2%		
	20~30대	63명 48%		
	40~50대	53명 40%		
	60대 이상	13명 10%		

2. 온라인 활동(2023. 5. 19~10. 31)

표지 선정

매월 3가지 내외의 표지 디자인 중 투표를 통해 선정

- 차월호 표지 디자인 선정 투표

총 **308명**(월평균 **51명**) 참여

출석 체크

댓글을 통한 출석 인증으로 활동 리마인드

(매주 수요일 오후 2시)

- 활동 기간 중 총 **1,212회** 출석(주평균 **53명**)

100자 리뷰

콘텐츠 및 잡지 전반에 대한 리뷰 → 차월호 잡지에 게시

활동 기간 중
총 **252개** 리뷰
(월평균 **42개**) 접수



TECH FOCUS



개선점·아이디어

댓글을 통해 잡지 개선점 및
콘텐츠 아이디어 수렴



47건의 의견 중
실제 콘텐츠 아이디어 및
개선 반영 건수
33건(70%)

인터뷰 질문

산업기술 관련 직업인 인터뷰 질문지 구성에 직접 참여
- 총 **40**건의 질문 제안, 11월호 '빅데이터 전문가'
인터뷰지 구성

3. 우수·최우수 활동가

참여 정도를 고려해 월별·기수별로 선정

이달의 우수 활동가

활동 참여 점수 고득점자 **10**인 선정

총 **60**명의 우수 활동가 선정·상품 및 종이 잡지 전달



2024년 한-중 에너지국제공동연구사업 신규 지원 대상 과제 공고

사업 내용

한-중국 간 에너지 국제공동연구를 통해 양국의 에너지기술 경쟁력을 제고하고 에너지 신시장 창출에 기여

사업 내용

(한-중 공동펀딩 R&D) 정부 간 협력 합의를 기반으로 국내 기관이 중국 기관과 컨소시엄을 구성하고 해당국과 공동 승인한 과제를 대상으로 자국 기관에 자금 지원

※국내 기관은 한국에너지기술평가원^{KETEP}에, 중국 기관은 중국과학기술부^{MOST}, Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China^{에서} 안내하는 접수처로 각각의

접수 마감 시한 전에 동일 과제를 신청해야 접수가 인정됨
※한국 또는 중국 한쪽에만 과제를 신청할 경우 사전 제외되므로 한국과 중국 양쪽 모두 각각의 마감 시한에 맞춰 접수 완료 요망

구분	글로벌 시장개척 국제공동연구
과제 유형	혁신 제품형
공모 방식	자유공모(분야 지정)
협력 국가	중국
공모 분야	◦ 재생에너지(수소·연료전지 포함) ◦ 스마트그리드 ◦ 에너지효율향상 ◦ 에너지수요관리 ◦ 에너지저장시스템 ^{ESS}
공모 내용	◦ 정부지원연구개발비 규모: 과제당 총 15억 원 내외 (24년 2.5억 내외) *국내 컨소시엄 연구개발기관지원금에 해당 ◦ 수행 기간: 36개월 이내 ◦ 주관연구개발기관: 기업 *국내 중소·중견기업 참여 필수 ◦ 중국 기관 참여 필수 *해당국의 기업, 대학, 연구기관 등 ◦ 기술료: 징수
지원 과제 수	1개 이내
과제 유형	혁신 제품형

신청 자격

주관연구개발기관 및 공동연구개발기관

신청 방법

계획서 및 첨부 서류 온라인 일괄 접수

* 오프라인 서류 제출 불필요

공고 기간

2023.11.15.(수)~2024.1.4.(목) 18시까지

* 중국 측은 공고 기간이 상이함으로 중국 측 공고 기간에 맞추어 접수 필수

신청 기간

2023.11.15.(수)~2024.1.4.(목) 18:00까지

*전산등록과 동시에 첨부 서류를 온라인으로 접수

*접수 마감 시간 엄수 요망

양식교부 및 안내

범부처통합연구지원시스템(www.iris.go.kr)

한국에너지기술평가원 홈페이지(www.ketep.re.kr) 정책과 소식(사업공고)

문의처

상세 내용 및 관련 양식은

범부처통합연구지원시스템(www.iris.go.kr)

한국에너지기술평가원 홈페이지(www.ketep.re.kr) 참조

과제 접수 및 평가 관련 문의

국가	소속	담당자	온라인 접수 및 문의	기타 문의
한국	한국에너지 기술평가 연구원	국제협력실 김다정 책임연구원 02-3469-8433 raingreen85@ketep.re.kr	IRIS 고객센터 1877-2041	R&D자율성트랙 사무국 053-718-8360/ 8319
중국	과학기술부 ^{MOST}		공고 접수 및 문의	
			https://service.most.gov.cn/kjh_tztg_all/20231031/5425.html 참고	

독자 퀴즈

기업은 ○○○○을 통해 지구상의 특정한 곳에서만 구할 수 있는 자원과 제품을 최저가로 수입해서, 해당 제품이 없는 곳에 신속히 판매할 수 있다.

← 다음 ○○○○에 들어갈 단어를 적어주세요!

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



<이달의 신기술>의 새로운 시작

TECH FOCUS

이달의 신기술이 한층 업그레이드된
<테크 포커스>라는 이름으로
독자 여러분을 찾아갑니다!

<테크 포커스> 웹진 보기
매월 10일 오픈



<테크 포커스>의 감상 포인트

4 가지!

유료 구매는 그만,
언제 어디서든
무료로 볼 수 있는
웹진으로~

독자와 함께
파헤쳐 보는
직업 탐구 인터뷰
'잡 인사이드'

산업기술의 역사부터
쓸모있는 잡다한
지식까지 쉽고
재미있게~

나도 산업기술
전문가! 국내외
최신 산업기술
동향 정보까지!

산업기술이 궁금한
고등학생

산업기술 진로가 궁금한
학부모&교사

전공과 관련한 산업기술 정보가
필요한 대학생

산업기술에 흥미를 가진
누구나!



산업기술에 ESG를 더해
지구의 내일을 키워갑니다

기업과 지구의 지속가능한 내일을 위하여

KEIT ESG



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

KEIT

한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology