

9 772288 490002
ISSN 2288-4904 ₩6,000

JUNE 2023

6

Vol. 117

SECURITY

ESG TECH TREND... 지속 가능한 건물을 만드는 방법

GLOBAL TECH ISSUE... K-배터리의 미래

NEW TECH... 탄소중립으로 나아가기 위한 필수 불가결한 기술

디지털 닥터 시대를 맞이하다

디지털헬스케어

NEW TECHNOLOGY

이달의 신기술

of THE MONTH



**JUNE
2023**

SPECIAL THEME

02

INTRO

All About Digital Health Care

NEW TECH

26

올해의 산업혁신기술상

대선조선(주) 이수근 대표

국내 건조 연안 여객선

경쟁력 강화의 전환점을 마련하다



등록일자

2013년 8월 24일

발행일

2023년 5월 30일

발행인

한국산업기술평가관리원 원장 전윤종

발행처

한국산업기술평가관리원,

한국산업기술진흥원,

한국에너지기술평가원, 한국공학한림원

주소

대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동)

한국산업기술평가관리원

후원

산업통상자원부

편집 및 제작

한국경제매거진(02-360-4859)

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 보유하고,

발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의

무단 전재, 복사를 금합니다.

04

BACKGROUND

디지털 닥터 시대를

맞이하다

10

INDUSTRY

디지털치료제가 온다

16

INTERVIEW

정태명 히포티앤씨 대표

디지털헬스케어,

우리 삶 전반의 변화 이끌 것

20

ISSUE

디지털 치료에도

겨울이 온 것인가?

30

R&D 프로젝트

정우산기(주)

탄소중립으로 나아가기 위한

필수 불가결한 기술

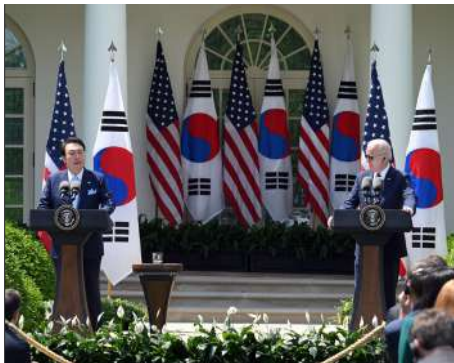


34

R&D 연구단

탄소중립 실현 위한 바이오매스 기반

화이트바이오산업 육성 첫발



38

스페셜 리포트
미래산업 분야 협력으로
한미 기술 동맹 강화

42

INFO
한눈에 보는 이차전지 시장

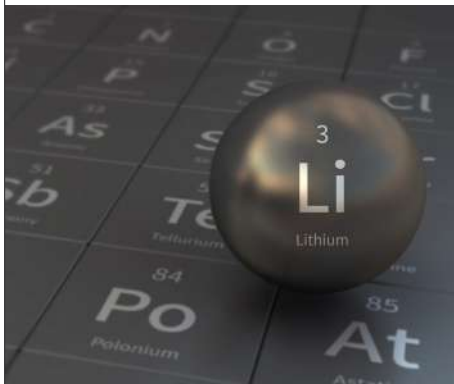
GLOBAL TECH ISSUE

44

산업 배경
차세대 이차전지 개발이
왜 중요해졌을까?

48

산업 이슈
K-배터리의
미래를 좌우할 요인들



ESG TECH TREND

52

ESG 기술
지속 가능한 건물을 만드는 방법

56

ISSUE BRIEFING
스코프 3 감축 돕는
다섯 가지 혁신적 제품

60

ESG 국내외 동향
생물다양성이 기업 변화 이끄는
다섯 가지 이유



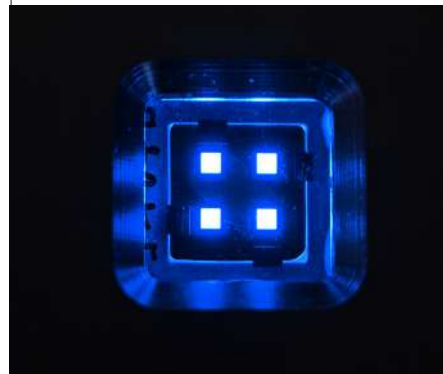
TECH STORY

64

싱크탱크
과학기술 혁신 글로벌 전략을
선도하는 프런티어

68

프런티어
성균관대학교 이경형
OLED 소자의 내구성을 높여라!



70

잡 인사이드
법무법인 화우 김도형 전문위원
융합적으로 사고하는
환경 전문가

74

예술로 본 기술
1960년대에 예측한
디지털헬스케어와 나노기술

78

산업 뉴스
2023년 보증용
기술평가비용지원사업 공고

ALL ABOUT Digital Health Care

디지털헬스케어란?



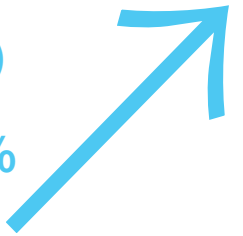
의료와 정보통신 기술^{ICT}을 융합한
맞춤형 의료·건강관리 서비스(산업)

디지털
헬스케어
시장규모

2027년

5088 억
달러(예상)

연평균 **18.8** %



디지털헬스케어

5 대 키워드

헬스 데이터 이동

AI 분석 확대

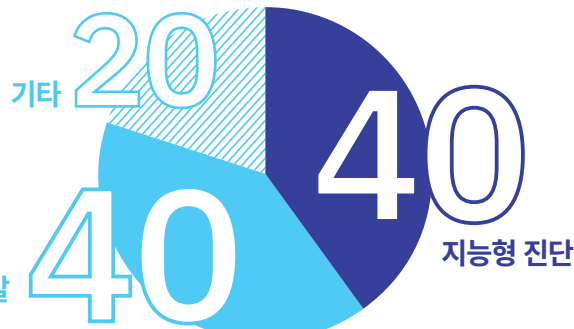
혁신과 융합을 위한 파트너십 증가

노후 필수 도구로 정착

데이터 분산화 이슈 부상



신약 개발

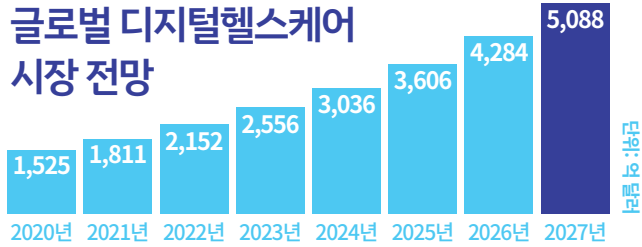


AI 헬스케어
지능형 진단 시장
전망

단위: %
자료: TM 캐피탈



글로벌 디지털헬스케어 시장 전망



자료: 글로벌 인더스트리 애널리스트



헬스 데이터의 이동

수면 상태 진단

버추얼 케어

하이브리드 케어

자가 진단

CES 2023 디지털헬스케어 세미나 주제

스포츠테크

디지털 트윈

스마트홈

만성질환 관리

스마트시티

68

억 달러
투자

미국 빅테크
기업 5개 사 → 헬스케어 분야
18개월간

‘디지털헬스케어’

CES 2023 혁신상 수상 최대 분야

500

여개
의료기술 기업 및 제품 전시



디지털치료제 시장 전망

2025년
약 7조6000억 원 시장규모
(약 69억 달러)

2020년
21

2025년

69

단위: 억 달러



도시가 생겨나고 위생에 대한 개념이 바뀌면서 사람들은 삶에서 건강을 우선순위에 두기 시작했다. 디지털헬스케어는 그러한 산업 발전 속에서 자연스럽게 대두되었다. 여기에 지난 3년간 지구를 들썩이게 한 코로나19는 디지털헬스케어 발전에 불을 붙였다. 디지털헬스케어란 무엇이며, 관련 기술이 어디까지 발달했는지 살펴보자.

디지털 닥터 시대를 맞이하다



평균수명의
변화



1970년

평균

62.8^세

2019년

평균

83.3^세

지난 2013년, 배우 앤젤리나 졸리가 유방 절제 수술을 받았다. DNA 검사를 통해 유방암에 걸릴 가능성이 높다는 걸 알게 됐고, 암을 예방하기 위해 선택한 일이었다. 이때만 해도 유전자 검사는 무척 비싸서 아무나 받을 수 없었다. 역시 유명 배우는 다르다고 생각했는데, 얼마 전 친구들과 모인 단독방에서 무료 유전자 검사 이야기가 화제가 되는 걸 보고 놀랐다. 멀리 있던 미래가, 이만큼 가까이 다가와 있었다.

디지털헬스케어의 주목받는 이유

디지털헬스케어는 정보통신 기술을 활용하는 헬스케어 기술이나 서비스를 가리킨다. 헬스케어는 단순히 건강관리를 뜻하기도 하지만, 질병을 예방·진단·치료하고 병에 걸리지 않는 건강한 삶을 지원하는 시스템 또는 서비스라는 의미도 있다. 아프면 병원 가서 치료받는 시스템에서 한 걸음 더 나아가 아프지 않기 위해 노력하자고 함께 다짐하는 모습이랄까.

아프지 않고 행복하게 살고 싶은 거야 너무 당연하지 않냐고 생각할 수도 있지만, 예전에는 그러지 못했다. ‘옛날 어린이들은 호환, 마마, 전쟁 등이 가장 무서운 재앙이었으나’라는 공익 광고 문구에서 알 수 있듯이, 인류는 근대 이전까지 마마(천연두) 같은 전염병에 취약한 존재였다. 간단히 말해 오래 살지 못했다. 위생 관념이 희박하고, 병을 예방하기 위한 지식이나 인프라도 미약했던 탓이다.

미리 관리해서 건강하게 사는 세상

위생적인 삶을 살기 위해 새로운 정책을 시행하고 도시를 개조한 것은 19세기부터다. 이때 헬스케어라는 개념이 처음 대두됐다. 국가 차원에서 보건위생을 강화하고, 전염병을 퇴치하기 위해 노력했기 때문이다. 야생동물은 사라지고 전쟁도 줄어들면서 좀 더 위생적인 사회가 되자 그다음으로 신경 쓴 것이 질병을 퇴치하는 일이었다. 의학이 발전하면서 많은 질병의 원인이 밝혀지고 치료법도 개발됐다.

도시가 깨끗해지고 많은 병을 치료하게 되면서 평균수명이 늘어났다. 실제로 1970년 평균 62.8세에 불과하던 한국인의 기대수명(예상 수명)이 2019년엔 평균 83.3세가 됐을 정도다. 늙으면 아픈 게 큰 걱정이다. 개인이나 국가나 돈을 많이 쓰게 된다. 생활 습관을 개선하면 만성질환에 덜 걸린다는 연구 결과도 많이 나왔다. 그리고 미리미리 관리해서 건강하게 사는 세상을 만들자는 생각을 하기에 이르렀다. 이때부터 디지털헬스케어가 주목받았다.

디지털헬스케어, 어디까지 왔을까?

디지털헬스케어가 주목받은 이유는 단순하다. 그걸 할 수 있었기 때문이다. 초기에는 병원 전산화 작업으로 시작했다. 의무기록을 전자의무기록으로 바꾸고, 엑스레이 필름을 스캔해 보관하면서 병원 종사자들의 업무량을 줄였다. 그러다 스마트폰 보급이 폭발했다. 스마트폰으로 바뀐 것이 한둘이 아니지만, 디지털헬스케어 쪽에선 세 가지 면에서 중요한 의미가 있다.

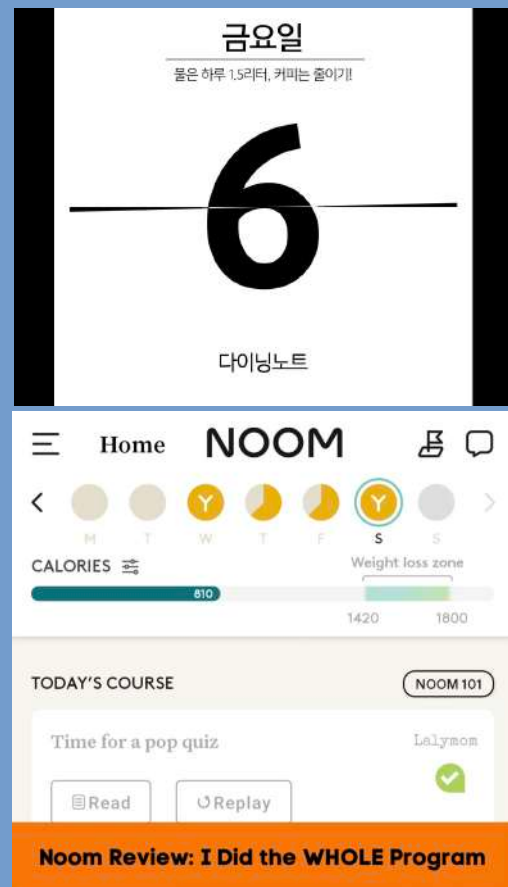
먼저 누구나 컴퓨터를 손에 들고 다니면서 인터넷을 할 수 있게 됐다. 대량으로 판매되는 스마트폰으로 인해 각종 센서 부품 가격이 엄청나게 싸졌다. 반도체 기술발전으로 많은 데이터를 더 쉽고 빠르게 처리할 수 있게 됐다. 다시 말해, 기존엔 병원에서만 쓸 수 있던 측정 장비를 개개인이 쓸 수 있게 됐다. 그걸 모아서 활용할 네트워크와 서비스 인프라도 갖춰졌다.

2007년에 자기 신체 정보를 측정해 건강을 관리하자는 자가 건강 측정^{quantified self}이란 말이 등장했다. 2012년 즈음 웨어러블 밴드가 쏟아지고, 2014년에 애플 헬스와 구글 피트니스가 발표된 것은 결코 우연이 아니다. ‘눔^{Noom}’이나 ‘마이피트니스팔^{MyFitnessPal}’ 같은 헬스케어 앱과 ‘다이닝 노트^{Dining Note}’ 같은 식단 기록 앱도 대중화됐다.

소셜미디어와 새로운 기술의 도입

소셜미디어는 이런 문화 흐름에 기름을 부었다. 얼마나 열심히 운동했는지 자랑할 수 있게 되면서 자전거를 타거나 달릴 때는 운동 기록을 측정하고, 헬스장에 있을 때는 셀카를 찍는 것이 보통이 됐다. 3D 그래픽카드 발전도 도움이 됐다. 3D 그래픽이나 AI 모두 숫자 계산을 많이 해야 한다는 면에선 같기에 인공지능 개발 속도를 앞당겼다. 덕분에 AI가 CT 사진을 분석해 질병 유무를 파악하거나, 병원에서 의무기록을 분석하는 일이 가능해졌다.

3D 그래픽을 다루기 쉬워지면서 치과 등에선 3D 스캔이 보편화되었다. 3D 프린팅 기술을 활용해 인공장기를 찍어내는 연구도 시작됐다. 이렇게 새로운 기술을 도입하자 관련 의료기관에선 시가 데이터를 처리하기 쉽게 정보처리 표준화를 위한 연구를 진행하거나, 수집한 데이터를 활용하기 위한 밑그림을 그릴 준비를 했다. 시가 빅데이터를 이용해 의료 정보를 제공하는



식단 기록 앱 다이닝 노트(위)와
식단 관리를 도와주는 앱 눘(아래)의 구동 화면

‘닥터앤서^{Dr. Answer}’ 같은 AI 소프트웨어 사업도 추진했다. 그 무렵 코로나19 대유행이 일어났다.

코로나19, 디지털헬스케어에 불을 댕기다

아이러니하지만, 인류가 고통받는 시간이 디지털헬스케어엔 기회가 됐다. 다만 목표가 달라졌다. 엄중한 상황에서 의료진 부담을 줄이고, 병원에 올 수 없게 된 환자에게 진료 기회를 제공하고, 스스로 자기 관리를 하도록 만들어야만 했다. 하루라도 빨리 상황을 종식하기 위해 대책을 세우고 결과물을 만들어야 했다.

팬데믹 이후 디지털헬스케어는 일상이 돼버렸다. 예전에는 비싸서 엄두도 내지 못한 장비를 다들 가지고 다닌다. 서울시에서는 ‘손목닥터9988’이란 사업을 하고 있다. 신청자에게 스마트 워치를

무료로 주고, 식단을 기록하거나 운동을 하면 서울페이로 적립금을 주는 사업이다. 만취한 사람이 교통사고를 내자 애플 워치에서 자동으로 구조 신고를 보내는 바람에 운전자가 붙잡힌 해프닝도 벌어졌다.

골프를 치거나 등산을 하는 사람들도 스마트 워치나 스마트 밴드를 차기 시작했다. 실제로 시장조사업체 카운터포인트리서치가 발표한 보고서에 따르면, 2020년 코로나19 유행 이후 8분기 동안 다른 스마트 기기 판매량은 줄어들었지만 스마트 워치 시장은 계속 성장했다. 코로나19로 인해 집에 갇힌 사람들은 스마트폰 홈 트레이닝 앱으로 운동했다. AI가 자세를 파악해 정확한 동작을 지도하는 앱이다.

감염될까 두려워 병원에 못 가는 사람들은 비대면 원격진료를 받았다. 스마트폰 앱으로 병원을 예약하고, 후기를 읽으며 어느 병원에 갈지를 정하기도 한다. 장난감처럼 보급하던 가정용 로봇이 심리치료를 위한 파트너 역할을 하기도 하고, 가상현실 헤드셋을 쓰고 명상을 하는 사람도 생겼다. 구글 같은 곳에선 의료진이 빠르게 진단을 내리도록 돕는 인공지능 연구에 매진했다.

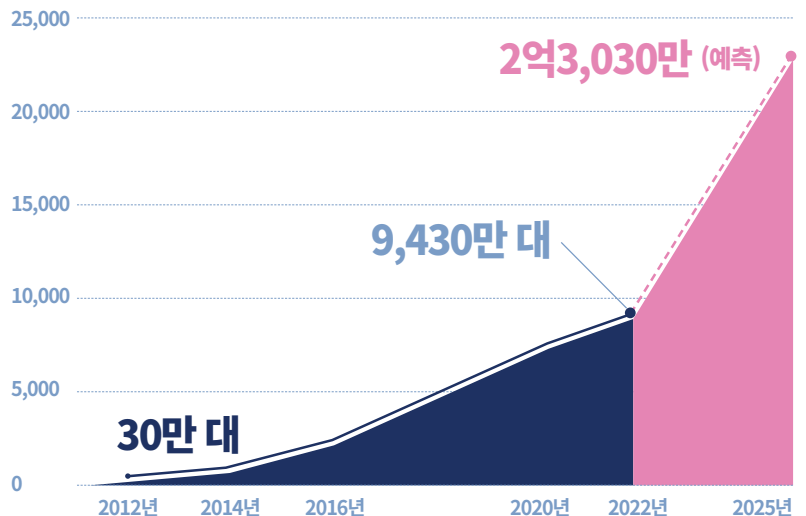
가장 큰 성과는 의료 플랫폼을 통해 전 세계 의료진이 빠르게 코로나19 정보를 공유하고, 인공지능을 활용해 많은 실험을 자동 수행하는 시스템을 구축해 백신을 만든 일이다. 과학자들이 실험하는 방법을 모방한 알고리즘을 개발해 많은 실험을 자동으로 수행하고 데이터를 얻게 되면서 42일 만에 백신을 개발·생산하고, 임상시험을 거쳐 1년 만에 백신 승인을 받았다. 기술은 누가, 어떻게 쓰는가가 중요하다는 것을 여실히 보여줬다.



서울시에서는 식단을 기록하거나 운동을 하면 서울페이로 적립금을 주는 ‘손목닥터9988’ 사업을 진행 중이다.



단위: 만 대
자료: 시장조사업체 리포트링커닷컴



디지털헬스케어 기술의 미래

코로나19 이후 디지털헬스케어 기술의 목표는 분명하다. 어떤 경우에도 치료받을 수 있는 시스템을 만들 것, 자기 관리 방법을 안착시킬 것, 기술을 이용해 더 효과적인 자기 관리 방법과 치료법을 찾을 것 등이다.

그래서 지금 어떤 기술을 개발하고 있을까? 인공지능은 미래에도 디지털헬스케어의 중심에 자리할 것이다. 앞으로 영향을 미치지 않는 곳이 없겠지만, 특히 신약 개발이나 실험에 걸리는 시간을 절반 정도로 줄일 거라 예상된다. 특히 스탠다임, 갤럭시 같은 AI 신약 개발 스타트업과 카카오 브레인, SK C&C, 한미약품 같은 기존 대기업이 서로 제휴하고 공동 연구를 진행할 것으로 보인다.

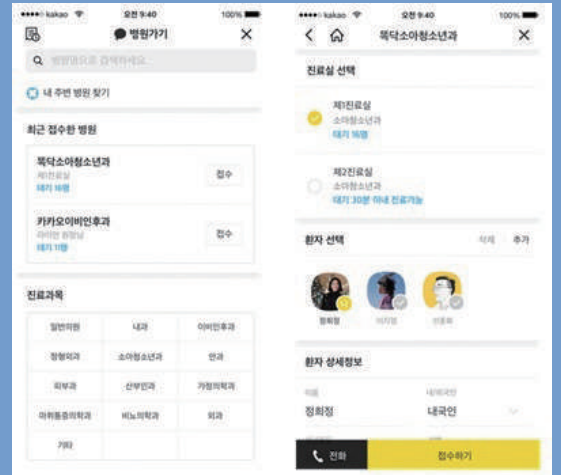


구글은 최근 의료 전문 대형 언어 모델 ‘메드-PaLM’을 공개했다. 미국 의사 면허 시험을 통과할 수 있다고 주장하는 모델로, 아직 다듬을 곳이 많기는 하지만 의학 관련 질문을 했을 때 챗GPT처럼 대답할 수 있는 AI 모델이다. 아론티어와 서울아산병원 비임상 개발 센터에서는 신약 후보 물질의 임상시험 실패를 예측하는 인공지능 솔루션 ‘AD3.Predictor’를 개발했고, 제이엘케이에션 AI 의료 진단 플랫폼 ‘AIHuB’를 선보였다.



수술과 심리치료를 돕는 다양한 기술들

가상현실 기술과 3D 스캔, 3D 프린팅 기술도 주목할 만한 분야다. 미국 식품의약국 FDA 승인을 받은 ‘엑스비전 스파인 시스템^{Xvision Spine System}’은 외과의사가 수술하면서 수술 부위 위에 엑스레이 사진 등을 함께 볼 수 있는 기기다. 수술 부위를 3D 스캔해 3D 프린팅하거나, 3D 이미지를 만들어 수술 계획을 잡는 일은 이미 시작됐다. 특히 아동 심장 수술 같은 어려운 수술을 할 때 큰 역할을 하고 있다.



노년층의 심리치료를 위해 VR 영상이나 게임을 활용하는 방법도 개발 중이다. 가상현실 공간에서 수술 훈련을 하거나 심리치료를 하는 등 예전부터 쓰였다. 사회적으로 풀어야 할 부분이 있긴 하지만 비대면 진료도 확산할 가능성이 있다. 메디허어나 굿닥, 똑닥 같은 기존 비대면 진료 앱은 코로나19 기간 어느 정도 가능성을 보여줬다.



앞으로 병원은 디지털헬스케어 기관이 될 것이다. 아플 때 찾는 장소가 아니라 평소에는 웨어러블 기기를 통해 건강 정보를 수집하고, 수집된 데이터를 바탕으로 상담과 진료가 이뤄지고, 맞춤형 치료와 재활을 받으며 건강을 관리할 수 있는 곳을 뜻한다. 의료 사정은 나라마다 다르고 복잡해서 다 그렇다고 할 수는 없지만 이상적인 디지털헬스케어의 모습이기도 하다.

(위에서부터)
구글이 개발한 의료 전문 대형 언어 모델 ‘메드-PaLM’, 병원 예약과 비대면 진료 서비스를 제공하는 앱 ‘똑닥’, 수술하며 수술 부위 위에 엑스레이 사진 등을 함께 볼 수 있는 ‘엑스비전 스파인 시스템’



이요훈 IT 칼럼니스트

한양대 미래인문학융합학부 IAB 자문 교수, 한국과학기술기획평가원^{KISTEP} 전문 위원, 아리랑TV 비즈테크코리아 MC 등을 맡았으며 현재 IT 칼럼니스트로 활발하게 활동 중이다.

디지털치료제가 온다

디지털헬스케어로 환자를 치료할 수 있을까? 환자를 치료하기 위해서는 수술을 하거나, 약을 복용해야 한다. 디지털 기술을 활용해 환자의 데이터를 측정하고 서비스를 제공할 수는 있겠지만, 그 자체로 환자를 치료하기는 어려울 것이라고 생각할 수도 있다. 하지만 그렇지 않다. 디지털치료제가 디지털헬스케어의 범주를 더욱 확장하고 있기 때문이다.

디지털치료제란 과연 무엇인가? 한마디로 치료용 소프트웨어 의료기기라고 정의할 수 있다. 스마트폰 앱이나 게임, VR 콘텐츠, 인공지능 챗봇 등으로 환자의 질병을 치료하는 것이다. 과거에는 의료기기가 혈압계, 혈당계 등 하드웨어 위주였다. 하지만 최근 디지털헬스케어 기술의 발전으로 의료기기는 소프트웨어 범주로 확장되었다. 특히 소프트웨어로 구성된 의료기기를 ‘소프트웨어 의료기기^[Software as a Medical Device, SaMD]’라고 정의하며, 대표적 예가 바로 디지털치료제다.

디지털치료제로 부르기 위한 조건

사실 디지털치료제는 이름에 ‘치료제’라는 명칭이 들어가기 때문에 지난 몇 년간 업계에서도 이를 정의하기 위해 상당한 논의와 진통이 있었다. 결국 미국 식품의약국^{FDA}과 한국의 식품의약품안전처 모두 디지털치료제를 의료기기로 정의하는 것으로 결론을 내렸다. 인허가도 식약처에서는 (의약품 심사부가 아닌) 의료기기 심사부가 관할하고, FDA의 경우 의료기기를 심사하는 부서인 CDRH^{Center for Devices and Radiological Health}에서 담당한다. 업계에서는 통상적으로 ‘디지털치료제’라고 지칭하지만, 식약처와 건강보험심사평가원 등 규제 기관에서 명명한 정식 명칭은 ‘디지털 치료기기’인 것도 이러한 혼선을 피하기 위함이다.

디지털치료제(디지털 치료기기)에 대한 공식 정의는 2020년 8월 식약처에서 발간한 <디지털 치료기기 허가심사 가이드라인>을 참고한다. 이 가이드라인은 디지털치료제 협회^{Digital Therapeutics Alliance, DTA} 등 국제적으로 사용되는 디지털치료제의 정의에 맞춰 여러 의료계·산업계·학계 전문가들의 논의를 거쳐 도출된 정의다. 이 가이드라인에 따르면, 다음 세 가지 질문에 모두 ‘예스’여야 디지털 치료기기로 분류된다.

참고로, 미국 FDA보다 한국 식약처에서 먼저 디지털치료제 가이드라인을 선도적으로 내놓았다. 지난해 가을 서울에서 열린 ‘DTx Asia’라는 행사에 전 세계에서 모인 디지털치료제 업계 인사들에게 이 가이드라인이 소개되면서 극찬을 받았다. 그만큼 글로벌 기준에 맞춘 합리적이고 선도적으로 도출된 가이드라인이라고 평가할 수 있다.

국내 현재까지 2호 디지털치료제 탄생

현재 미국에서 FDA가 인허가한 디지털치료제는 적어도 30개 이상은 될 것으로 파악된다. 독일은 인허가를 받은 디지털치료제가 40여 개다. 특히 독일의 경우 DiGA라는 파격적 수가 제도를 적용해 인허가를 받으면 자동적으로 수가까지 한시적으로 지급하고 있다. 때문에 독일에서는 디지털치료제 개발이 매우 활발하다.

한국에서도 최근 몇 년간 디지털치료제가 주목받으며 개발이 이어지고 있다. 2022년 말 기준으로 불면증, 알코올의존증, 니코틴의존증뿐 아니라 뇌손상 환자의 시야 장애 개선, 소아 근시, 만성폐쇄성폐질환 등에 대한 10여 개 디지털치료제가 식약처의 임상시험 계획 승인을 받고, 임상 연구를 활발히 진행해왔다.

지난 2023년 2월 에임메드가 개발한 불면증 디지털치료제 ‘솜즈^{Somzz}’가 국내 1호 디지털치료제로 인허가를 받았으며, 이어 4월에는 웰트의 불면증 디지털치료제 ‘WELT-1’가 국내 두 번째로 인허가를 받았다. 현재 임상 연구가 활발한 것으로 보아 머지않아 추가적 인허가 사례가 도출될 것이다.

디지털치료제가 치료하려는 적응증도 다양하다. 진료과별로 보면 가장 많이 적용되는 곳은 정신건강의학과와 영역이다. 우울증, 중독, 불면증, ADHD^{주의력결핍과잉행동장애}, 조현병, 치매, 자폐 등에 대한 디지털치료제 개발이 활발하다. 이 외에도 당뇨, 암, 심혈관계질환, 천식, 소화기계질환, 자가면역질환 등에 대한 디지털치료제 개발도 진행되고 있다. 이러한 디지털치료제는 대부분 인지행동치료^{Cognitive Behavioral Therapy, CBT} 기법을 활용한 행동 변화로 치료 효과를 중재하려는 사례가 많지만, 그 외에도 다양한 치료 기법이나 메커니즘이 활용되고 있다.

+ 디지털 치료 주요 진료 분야

우울증		중독		불면증	
	조현병		치매		자폐
당뇨		암		심혈관계질환	
	소화기계질환		자가면역질환		ADHD



국가별 디지털치료제
인허가 현황

미국 — 약 30개

독일 — 약 40개

한국 — 2개

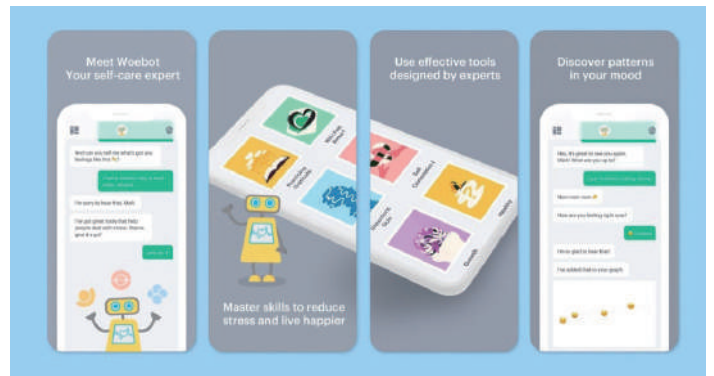
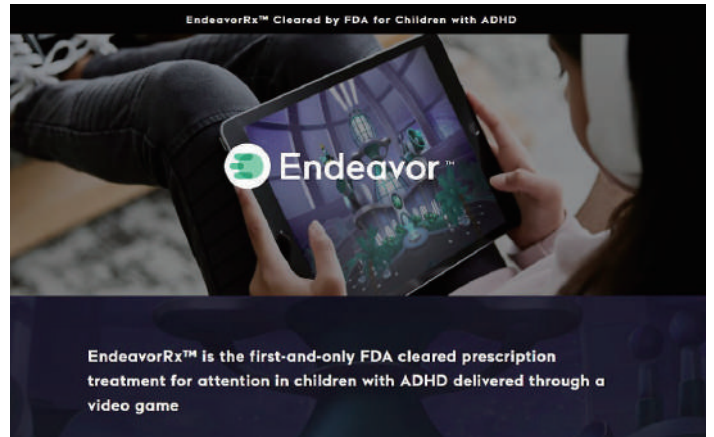


AppliedVR™

(왼쪽 위) VR 콘텐츠를 통해 허리 통증 환자에 대한 통증 완화 효과를 입증한 어플라이드VR

(오른쪽 위) 태블릿 PC 게임 형태의 디지털치료제 엔드에버알엑스

(아래) 인공지능 챗봇 형식의 디지털치료제 워봇



게임하면서 병을 치료한다?

대표적 디지털치료제 개발 사례를 몇 가지 살펴보자. 현재 세계적으로 가장 유명한 디지털 치료제 회사는 페어 테라퓨틱스다. 페어는 유일하게 FDA 인허가를 받은 디지털치료제 세 가지를 보유하고 있으며, 2021년 업계 최초로 나스닥시장에 상장했다.

페어 테라퓨틱스는 리셋^{reSET}이라는 중독 치료 목적의 앱을 2017년 FDA로부터 허가받았다. 이는 업계 최초의 디지털치료제로 인정받고 있다. 리셋은 알코올·코카인·대마 등 중독과 의존성을 치료하기 위해 의사에게 ‘처방’받아야 사용할 수 있는 앱으로, 18세 이상 외래 환자를 대상으로 기존 치료 프로그램에 더해 12주 동안 사용한다. 페어는 2018년 마약성 진통제인 오피오이드 중독 치료 목적의 ‘리셋-오^{reSET-O}’, 2020년에는 불면증 디지털치료제 ‘소리스트^{Somryst}’를 허가받았다. 이는 모두 인지행동치료 기법에 기반한 치료용 앱으로, 의사의 처방이 있어야 사용할 수 있다.

알킬리 인터랙티브의 디지털치료제 ‘엔드에버알엑스^{EndeavorRx}’도 잘 알려져 있다. 이는 태블릿 PC 게임 형태의 디지털치료제다. 여러 논문을 통해 아동의 ADHD 치료에서 집중력 증진 효과를 입증했으며, 2020년 FDA로부터 사용을 허가받았다. 이는 세계 최초로 처방받아야 사용 가능한 게임이라고 할 수 있다.

이 밖에 VR 기반의 진통 효과를 입증한 ‘어플라이드VR^{AppliedVR}’도 있다. VR 콘텐츠를 통해 허리 통증 환자에 대한 통증 완화 효과를 이중맹검 무작위 배정 임상 연구를 통해 증명했으

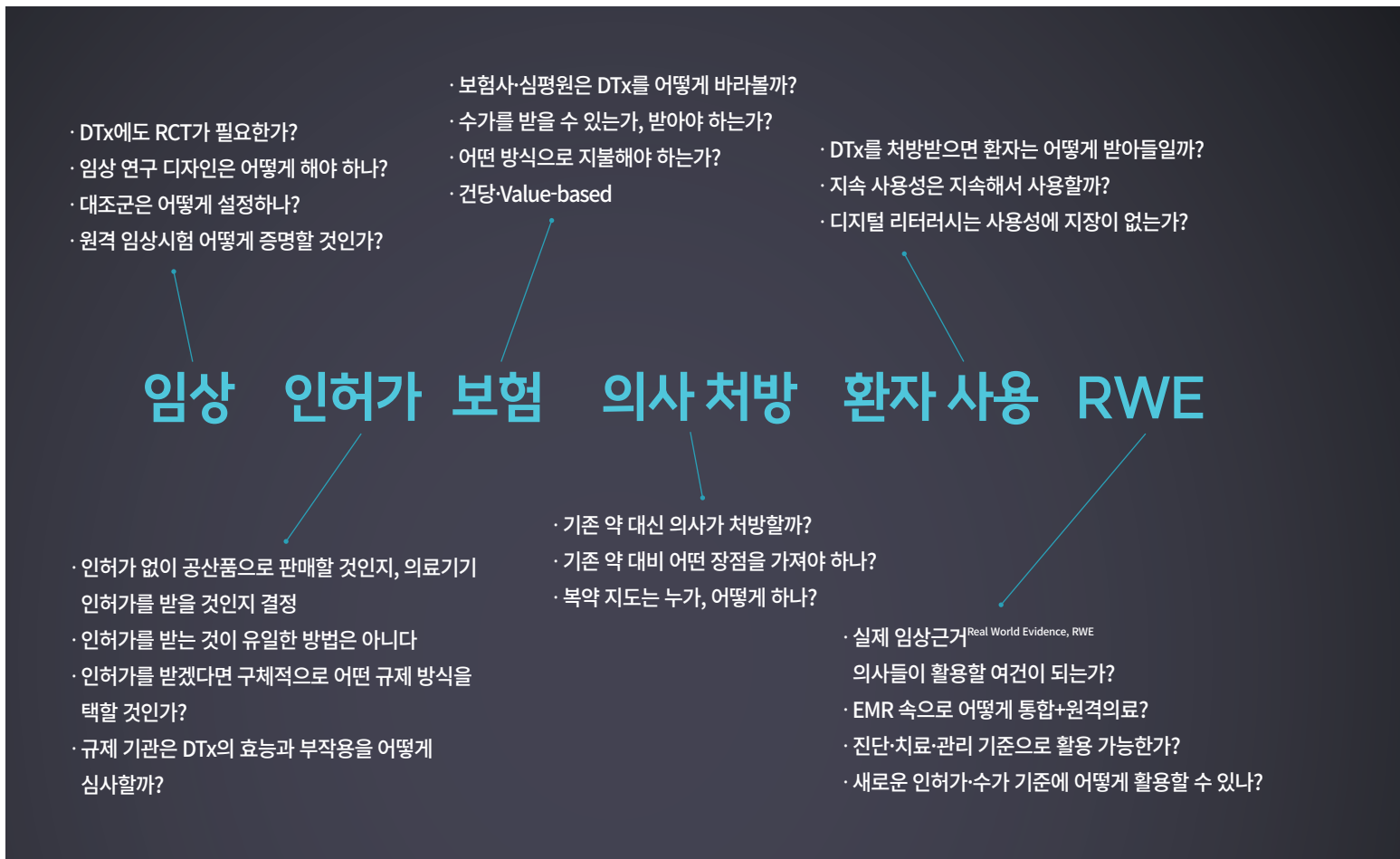
며, 2021년 FDA의 인허가를 받았다. 인공지능 챗봇 형식의 디지털치료제 ‘워봇^{Weebot}’도 알려져 있다. 스탠퍼드대학교 심리학 전문가들이 창업한 우울증 치료용 챗봇 스타트업으로, 전용 앱을 통해 인공지능 챗봇이 채팅 형식으로 우울증 환자에게 인지행동치료를 제공한다. 소규모 임상 연구에서 우울감을 유의미하게 줄인다는 결과를 얻었으며, 최근 산후 우울증 등에 대한 임상 연구를 활발히 진행하고 있다.

디지털치료제의 속제

디지털치료제는 새롭고, 흥미롭고, 유망한 분야지만 아직 넘어야 할 산이 많다. 특히 산업적 성과로 이어지기까지는 많은 난관이 남아 있다. 최근 업계에서는 한 가지 큰 뉴스가 있었다. 최초로 인허가를 받고 나스닥 시장에 상장하는 등 세계에서 이 분야를 선도해온 페어 테라퓨틱스가 파산한 것이다. FDA로부터 세 개의 디지털치료제를 인허가를 받은 이후에도 보험 적용 등에 어려움을 겪었으며, 매출 등 사업 실적이 제한적이었고, 글로벌 불황까지 겹쳐 자금이 바닥나 결국 사업을 중단하게 되었다.

임상 연구에서도 디자인과 가치를 어떻게 설정할지 고민해야 할 지점이 많으며, 인허가에 대해서는 인허가를 신청하는 쪽뿐 아니라 심사를 하는 기관에서도 이를 어떤 식으로 평가해야 할지 고민이 많다. 나아가 인허가를 받은 이후에는 심평원이나 보험사를 설득해야 하는데, 디지털치료제를 이들이 어떻게 바라볼지는 여전히 미지수다. 페어 테라퓨틱스가 어려움을 겪은 것도 바로 이 부분이다.

한국에서는 지난 2월 보건복지부에서 연내 디지털치료제와 관련한 수가 정책을 확정하기로 발표했다. 혁신 수가 등 파격적 안이 언급되었기에 정책적 지원을 얼마나 받을 수 있을지 기대되는 상황이다.



이후에는 의사를 설득해야 한다. 수가를 받는다고 해서 의사들이 무조건 처방해주는 것은 아니기 때문이다. 의사들이 기존에 알지 못하던 새로운 유형의 디지털치료제를 얼마나 신뢰하고 처방해줄지도 알 수 없다. 그런가 하면 처방받은 환자들은 어떻게 느낄지도 중요하다. 기존 의약품이나 의료기기에서 문제가 되는 복약 순응도 문제가 디지털치료제에도 고스란히 남아 있을 것이다. 마지막으로 이러한 소프트웨어 의료기기를 사용하면 나오는 데이터를 어떤 식으로 활용할지도 숙제로 남아 있다.

디지털치료제는 혁신적 개념으로 주목받고 있으며, 향후 큰 잠재력을 지닌 분야임이 틀림 없다. 그럼에도 앞으로 해결해야 할 숙제가 산적해 있으므로, 미래에 대한 기대감과 함께 단기적으로는 균형적 시각을 지닐 필요가 있다. 사실 디지털헬스케어 분야의 한 사람으로서, 크게 주목받는 개념이 나왔다는 것은 반가운 일이다. 이러한 관심이 장기적으로 건강하게 유지되어, 디지털치료제가 단순한 버즈워드에 그치지 않고 향후 의학·산업적 성과로 이어지기를 바란다.



최운섭 (주)디지털 헬스케어 파트너스 공동창업자&대표파트너

KT융합기술원 컨버전스연구소 팀장, 성균관대 삼성융합의과학원 디지털헬스학과 겸임교수, 식약처 정책자문위원회 자문위원 등을 지냈으며 현재 연세대학교 의과대학 예방학교실 외래조교수, 대한의료인공지능학회 기획이사 등을 맡고 있다.



디지털헬스케어, 우리 삶 전반의 변화 이끌 것

정보통신 기술^{ICT} 등 디지털 기술을 기반으로 질병을 진단하고 예방하는 서비스인 디지털헬스케어는 향후 성장성이 매우 높은 산업으로 주목받고 있다. 웨어러블 기기와 같이 하드웨어로 분류되는 전자약과 소프트웨어 위주인 디지털치료제, 의료 인공지능 등 종류도 다양하며 최근 기업 투자도 활발해지는 추세다. 업계 전문가는 디지털헬스케어 산업의 가능성을 어떻게 보고 있을까. 디지털치료제 전문 개발업체 히포티앤씨 대표이자 성균관대 소프트웨어학과 명예교수인 정태명 대표를 만나 디지털헬스케어 시장 전망을 들어봤다.

word 김광균 photo 서범세



정태명 히포티앤씨 대표

Q.

히포티앤씨는 디지털치료제 개발 전문 기업으로 알려져 있습니다. 구체적으로 어떤 일을 하는 회사인지 소개 부탁드립니다.

히포티앤씨는 가상현실^{VR}과 인공지능기술을 활용한 디지털치료제를 개발하고 서비스하는 회사입니다. 단순히 치료제를 하나 만들어 서비스한다기보다는 플랫폼을 통해 다양한 디지털치료제를 서비스하는 모델이라고 보면 됩니다. 주력 서비스는 주의력결핍과잉행동장애^{ADHD}를 진단하고 치료하는 ‘어텐케어^{AttnKare}’로, VR 기기를 이용해 ADHD를 진단하는 ‘어텐케어-D’ 서비스와 게임 기반의 치료 서비스 ‘어텐케어-T’로 나뉩니다. 올해 상용화를 목표로 하고 있고요. 우울증 극복을 돕는 서비스도 개발을 완료하고 임상 단계에 들어간 상태입니다. 이 세 가지 제품을 우선 서비스한 뒤 앞으로 공황장애나 자폐증, 불안장애 등으로 서비스를 확대해나갈 계획입니다.

Q.

디지털치료제를 중심으로 한 디지털헬스케어 서비스 분야에 주목하신 특별한 이유가 있을까요?

미국에서 오랜 시간 연구소 생활을 하면서 플랫폼 연구를 주로 했습니다. 그러다 보니 모바일 플랫폼과 관련한 정부 과제를 많이 하게 됐어요. 디지털치료제 관련 과제를 수행하면서 그 매력에 빠졌죠. 하지만 아직 디지털치료제 분야의 상용화 사례는 거의 없더라고요. 그동안 연구하고 익힌 기술을 활용하면 사회에 공헌할 수 있는 부분이 있지 않을까 싶어 시작하게 되었습니다. 이 시장은 불모지나 다름없었지만 디지털치료제가 의료 패러다임을 바꿀 거라고 생각했어요. 현재 거의 모든 진료가 병원 중심으로 이루어지고 있고, 특히 정신질환의 경우 환자가 병원을 나서면 약을 먹는 것 외에는 할 수 있는 게 거의 없습니다. 정신질환을 치료하려면 두 가지가 필요하다고 봅니다. 첫째는 일상에서 얼마나 질환이 개선되는지 볼 수 있어야 하고, 둘째는 일상에서 관리할 수 있어야 한다고 생각해요. 그런 점에서 디지털치료제가 이에 부합한다고 할 수 있습니다.

— 1

미국 시장조사기관 ‘프로스트앤설리번^{Frost and Sullivan}’에 따르면, 미국의 디지털치료제 시장규모는 2017년 8억9000만 달러에서 2023년 44억2000만 달러로 연평균 30.7% 성장할 것으로 예상된다.

Q.

ADHD 진단 및 치료뿐 아니라 다른 질환으로도 서비스를 확장해나갈 계획이라고 하셨는데요, 현재 개발 중이거나 개발 예정인 서비스가 있는지 궁금합니다.

일반적으로 디지털치료제라고 하면 소프트웨어만 잘 만들면 되는 것 아니냐고 쉽게 생각하는 분이 많은데 그렇지 않아요. AI·VR과 연계해 서비스를 개발하는 과정이 상당히 어렵고, 작업 과정에서 여러 번 결과물을 엮고 다시 시도해야 했습니다. 무엇보다 정신질환 증상이 있는 아이들의 수많은 데이터를 바탕으로 좋은 제품을 내놓는 것이 첫 번째 목표입니다. 이후에는 공황장애나 언어장애, 자폐, 정신질환 치료제를 만들 계획도 갖고 있습니다. 정신질환을 앓는 사람들이 관계를 개선하거나 사회생활을 좀 더 잘 할 수 있도록 다양한 솔루션을 만들어나갈 생각입니다.

Q.

인공지능과 같은 첨단기술이 보건의료 산업과 접목되면서 디지털헬스케어라는 영역을 구축했는데요, 이처럼 디지털헬스케어 시장이 주목받는 이유는 무엇인가요?

사람들은 기본적으로 건강에 관심이 많습니다. 그렇다 보니 기술 발달과 함께 디지털헬스케어에 관심이 커지는 것은 당연합니다. 디지털헬스케어는 시공간을 초월하는 분야이기도 한데요. 저는 디지털치료제를 건강기능 소프트웨어라는 의미로 ‘건기소’라고 부르기도 합니다. 잘 만들기만 하면 언제 어디서나 원할 때 사용할 수 있기 때문이죠. 병원으로 제한된 기존 진료 서비스를 유비쿼터스적으로 자유롭게 서비스할 수 있다는 것도 장점입니다. 또 의약품의 경우 오랜 시간 개발과 검증 과정을 거쳐야 하고 부작용도 많지만, 디지털치료제는 정보통신 기술의 발달로 개발과 서비스 시기를 앞당길 수 있습니다. 실시간 데이터 수집과 분석으로 부작용도 줄일 수 있고요. 무엇보다 사람들의 건강에 도움이 되기 때문에 앞으로 계속 발전할 영역이라 봅니다. 특히 디지털치료제 시장은 연간 30.7%씩 성장한다는 전망¹도 있었는데 저는 그보다도 더 폭발적으로 성장할 거라고 봐요.

Q.

국내 디지털헬스케어 시장규모는 세계시장의 0.6%에 불과하고 시장의 움직임이 더디다는 지적도 있습니다. 세계시장과 격차가 큰 이유는 무엇인가요?

우리가 미국이나 유럽보다 훨씬 늦게 시작했기 때문에 당연한 결과라고 봐야 합니다. 이제 초기 시장일 뿐이니 너무 조급하게 생각할 필요는 없어요. 장기적 관점에서 정부 지원과 산업계의 협력을 바탕으로 산업을 육성해나가는 것이 중요합니다. 무엇보다 국내시장에 집착하지 않았으면 합니다. 저희 회사는 개발 단계부터 미국 시장을 타깃으로 삼았습니다. 미국이나 유럽, 동남아시아 등 시장은 많습니다. 많은 기업이 우선 국내에서 검증받고 나중에 외국으로 나갈 생각을 하는데, 그건 아니라고 봐요. 처음부터 글로벌시장을 바라봐야 하는데 우리 기업들이 그런 점에서 좀 약한 측면이 있어요. 정부도 스타트업이 해외시장에 진출할 수 있도록 지원해주고, 스타트업들도 도전 의식을 가져야 시장에서 경쟁력을 지닐 수 있지 않을까 싶습니다.

Q.

디지털헬스케어 시장의 성장으로 IT 기업, 병원, 제약 회사, 금융권 등의 협업도 활발해질 전망입니다. 다양한 산업군과의 협업으로 어떤 긍정적인 효과와 시너지를 기대해볼 수 있을까요?

제가 보기에는 시너지보다도 생존 문제입니다. 디지털헬스케어 시장이 성장하려면 IT 산업, 병원, 제약 회사, 금융권 등 여러 산업군이 기존의 틀을 깨고 협업해야 하는데, 각 영역의 벽이 상당히 높습니다. 디지털헬스케어는 융합 산업이라 어느 업종 하나만의 힘으로 만들어 나갈 수가 없어요. 그런 점에서 여러 산업군 간 협업이 매우 중요하다고 보고, 그것이 시장을 형성하는 기본이라고 생각합니다.

Q.

최근 국내 빅테크 기업들이 디지털헬스케어를 차세대 먹거리로 삼고 투자를 집중하는 분위기인데요. 이러한 기업들의 행보는 국내 디지털헬스케어 산업에 어떤 영향을 주게 될까요?

대기업이 디지털헬스케어 시장에 관심을 갖고 미래 먹거리를 위해 투자하는 것은 좋은 현상이라고 생각합니다. 문제는 돈이 된다고 하면 그 시장을 독식하려는 기업이 있다는 것입니다. 대기업의 행보가 글로벌경쟁력을 갖추기 위한 것인지, 단지 국내시장을 독식하려는 것인지 살펴볼 필요가 있습니다. 대기업과 중소기업 간 협업은 굉장히 중요합니다. 저희 같은 작은 기업이 해외에 나가려고 하면 너무 힘들지만, 이미 밖에 나가 있는 대기업에는 어려운 일이 아니거든요. 대기업이나 중소기업, 벤처기업 등은 각각의 역할이 있고 또 협업을 통해 해낼 수 있는 일이 있어요. 서로 견제하거나 욕심부리지 않고 협업 체계를 갖추려는 노력이 필요하지 않나 싶어요.

Q.

디지털헬스케어 산업의 성장은 우리 삶과 산업에 어떤 변화를 가져올까요?

다소 시간은 걸리겠지만 디지털헬스케어는 우리 삶에 보편화될 거라고 봅니다. 많은 사람이 일상에서 패치를 붙이고 혈압을 측정한다든지 운동 성과를 확인하고 싶은 욕구를 갖고 있습니다. 디지털헬스케어가 우리 일상에 스며들게 되면 정말 많은 변화가 일어날 거예요. 일단 내 건강상태를 알고 건강을 지키려 노력하다 보면 좋아지겠죠. 그전에는 병원에서 의사 말을 듣고 그런가 보다 하고 마는 것이 일반적이었는데, 이제 혈압 등 건강상 수치가 어떻게 바뀌는지 손쉽게 눈으로 확인할 수 있을 테니까요. 디지털헬스케어는 건강뿐 아니라 생활 전반에 영향을 주는 방향으로 발전할 것으로 예상하고 있습니다. 예를 들어 노인치매에 대한 치료만 생각하는 게 아니라 생활적인 면을 지원해주는 쪽으로 서비스가 발전할 거라고 봐요. 기존 영역을 고수하는 분들이 빗장을 풀고 발전적인 방향으로 움직이면 변화가 빨리 오겠지만, 그렇지 않으면 천천히 올 거예요. 그 시기가 빨리 올수록 그만큼 우리가 글로벌경쟁력을 갖출 수 있는 확률이 높아진다는 얘기가 되겠죠.



히포티엔씨는 VR과 AI 기술을 활용한 디지털치료제 개발 기업으로 주의력결핍^{ADHD}을 진단하고 치료하는 ‘어텐션케어’의 2023년 상용화를 목표로 하고 있다.

Q.

현재 국내 디지털헬스케어 기술 수준은 어느 정도인지, 향후 국내 산업 경쟁력을 강화하기 위해 어떤 전략이 필요하다고 보시는지 궁금합니다.

속도가 너무 늦다고 불평을 하는 사람들도 있지만, 방향성에 맞게 잘 가고 있다고 봅니다. 저도 디지털치료제가 금방 개발될 줄 알았지만 3년이 훌쩍 지났거든요. 정부가 R&D 프로젝트를 꽤 많이 풀었어요. 정부 과제를 통해 들어온 업체들이 시장을 흐려놓는 경

우도 있지만 R&D로 시작한 것은 잘한 일이라고 생각합니다. 이제 어떻게 시장을 창출할 것이냐를 두고 정부가 신경을 써야 할 것 같아요. 우리 산업은 많은 기술을 보유한 반면 응용력이 좀 약한 측면이 있습니다. 디지털헬스케어 중에서도 디지털치료제에 주목해보면 아직 시장은 열리지 않았다고 볼 수 있습니다. 국내 산업의 경쟁력은 결국 글로벌시장에서 매출을 얼마나 올리느냐에 달렸는데요. 저희 회사도 노력하겠지만 5~6년 후에는 글로벌시장에서 이름을 날리는 디지털치료제 기업이 나오기를 기대하고 있습니다.

디지털헬스케어가 우리 일상에 스며들게 되면 정말 많은 변화가 일어날 거예요.

일단 내 건강상태를 알고 건강을 지키려 노력하다 보면 좋아지겠죠.



미국의 디지털치료제 시장규모



2017년

8억9000만 달러

2023년

44억2000만 달러

연평균

30.7% 성장

디지털 치료에도 겨울이 온 것인가?

소프트웨어를 통해 질병을 예방·관리·치료하는 디지털치료제는 지난 몇 년간 많은 관심을 받았다. 하지만 디지털치료제 1호 기업의 실패는 시장의 불안감을 높이는 원인이 되기도 한다. 디지털치료제는 건강관리와 치료 영역에서 새로운 방향을 제시할 수 있을까?





새로운 기술을 통해 질병을 치료하는 디지털치료제가 최근 관심을 받고 있다. 디지털치료제란 ‘의학적 장애 또는 질병을 예방·관리·치료하기 위해 고품질 소프트웨어 프로그램으로 구동되는 근거 중심 치료를 환자에게 제공하는 것’을 말한다. 즉 스마트폰에 설치된 앱이나 가상현실^{VR} 등의 소프트웨어를 통해 질병을 예방·관리·치료하는 디지털 약이다. 발병하기 전 단계의 의료보험과 무관한 건강관리 서비스와는 달리 디지털치료제는 의사의 처방을 통해 의료보험 적용을 받는 실물 약과 유사한 점이 있어 안전성과 유효성을 반드시 입증해야 한다. 따라서 디지털치료제는 기존 의약품과 같이 임상시험을 통한 치료 효과와 안전성 검증, 규제 당국의 검토와 승인, 의사의 처방, 보험 적용 등을 거쳐야 하지만 형태적 차이로 인해 기존 의약품과는 다른 점이 있다.

1
첫째, 디지털치료제는 기존 의약품과 달리 연구개발, 인허가에 필요한 시간과 비용이 상대적으로 적게 들어 의료 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

2
둘째, 소프트웨어를 이용한 인지행동치료, 생활습관 교정, 신경 자극 등의 치료 방식을 적용해 상대적으로 독성과 부작용 우려가 적다.

3
셋째, 디지털 방식으로 환자의 복용 유무, 질병과 관련된 생활 패턴 등 다양한 데이터를 온라인으로 수집·관리할 수 있어 디지털치료 효과를 지속적으로 높이고 환자별 맞춤형 치료를 제공할 수 있다.

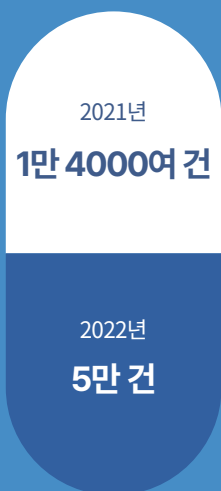
디지털치료제의 최근 변화들

2023년 2월 15일 식품의약품안전처가 국내 1호 디지털치료제(정부에서는 디지털치료제를 디지털 치료기로 명명)를 인가했다. 에임메드가 개발한 디지털치료제 ‘솜즈^{Somzz}’는 불면증 개선을 위해 인지행동치료를 모바일 앱으로 구현한 소프트웨어다. 이 모바일 앱은 인지 교정, 자극 조절법, 수면 제한 요법, 수면 습관 교육, 일주기 리듬 조절 등을 6~9주간 수행하도록 해 불면증을 개선한다고 한다. 해당 제품은 병원에서 진료를 받은 뒤 의사의 처방에 아래 모바일 앱을 다운받아 사용한다. 2017년 9월 세계 최초로 미국 페어 테라퓨틱스^{Pear Therapeutics}사가 중독 디지털치료제 ‘리셋^{ReSET}’을 식품의약품^{FDA}으로부터 인가받은 후 5년 5개월이 지난 시점에 국내 1호 디지털치료제가 인가되었다. 이후 4월 19일 식약처는 웰트의 불면증 디지털치료제 ‘WELT-1’을 2호로 인가했다.

실제 의료 현장에서 불면증 치료제가 얼마나 처방이 될지는 미국 사례를 통해 추정할 수 있다. 페어 테라퓨틱스의 경우 판매가 허가된 약물중독 치료제 리셋, 추가적인 약물중독 치료제 ‘리셋-O’, 불면증 치료제 ‘솜리스트^{Somnyst}’에 대한 처방이 2021년 1만4000여 건에서 2022년 5만 건에 육박한 것으로 나타났다. 성장률은 300% 정도로 높지만, 5만 건의 처방은 전체 처방 건수에 비해 매우 적은 비율이다. 이는 의료 현장에서 디지털치료제를 처방해야 하는 의사들의 니즈가 부족하기 때문으로 보고 있다.

디지털치료제 1호 기업 페어 테라퓨틱스는 2021년 기업인수목적회사^{SPAC} 합병을 통해 160억 달러(약 21조

페어 테라퓨틱스
 치료제 처방 추이





에임메드가 개발한 국내 1호 디지털치료제 습즈의 구동 화면

주요 메뉴

수면일기 결과 확인

원)에 달하는 가치를 인정받으며 나스닥에 상장했지만 2023년 4월 7일 미국 파산법 제 11장(챗터 11)에 따른 파산 절차를 시작했다. 챗터 11은 빚을 갚을 수 없는 한계기업에 대해 이루어지는 조치로, 한국의 법정관리 제도와 유사하다. 상장 직후 14.6달러까지 치솟았던 주가는 파산 선고일 전날 증가 기준 0.8% 수준인 0.116달러까지 내려앉았다. 마치 인공지능에 찾아온 두 번의 겨울처럼 디지털치료제에도 겨울이 온 것일까?

그럼에도 불구하고 디지털치료제는 건강관리와 치료 영역에서 새로운 방향을 제시해 사람들의 의뢰에 대한 미충족 수요를 해결하는 접근성 높은 선택지를 제공한다. 그리고 디지털치료제는 단독요법 혹은 병용요법으로 기존 치료제와 함께 효과를 내거나 현재 사용되는 치료 방법을 개선할 수 있는 확장성을 지니고 있다.

디지털치료제 사용 과정은 안전한가?

의료시스템이 인정하는 근거 기반 치료제가 되기 위해서는 표적 집단에 대한 치료 효과와 사용 과정이 안전하지 필수적으로 입증해야 한다. 인허가 기관은 이를 유효성과 안전성이라는 두 가지 요소로 설명하고 있다. FDA의 경우 건강 증진 효과, 임상적 안전성, 사용상 안전성으로 환자들이 실제 사용하는 데이터를 모니터링하라고 권고한다. 건강 증진 효과는 디지털치료제 사용 시 건강 관련 데이터가 얼마나 긍정적인가를 뜻한다. 즉 임상시험을 통해 디지털치료제 사용 시 발생하는 건강상 이익과 위험 요인을 각각 평가한 후 건강상 이익이 위험을 상쇄하고도 남을 정도로 우수하다는 것을 증명해야 한다. 특히 디지털치료제는 지속적인 사용을 전제로 하기 때문에 지속적이고 반복적인 평가를 통해 임상적 유효성을 검증해야 한다. 또 디지털데이터를 기반으로 작동하기 때문에 부정확한 데이터나 잘못된 입출력에 따라 임상적 유의성이 달라질 수 있으므로 전 주기에 걸친 모니터링과 검증을 요구한다.

임상적 안전성은 사용자가 사용 지침에 따라 디지털치료제를 사용 시 수용 불가능한 임상적 위험이 없음을 의미한다. 즉 제품이 환자의 안전을 해치지 않는다는 것을 입증해야 한다. 디지털치료제의 안전성을 입증하기 위해서는 디지털치료제가 일으킬 수 있는 부작용 등을 미리 예상해 발생 빈도와 심각도를 확인하고 해당 부작용을 해결할 방법을 제시해야 한다.

임상적 안전성이 디지털치료제 자체가 지닌 위험성과 관련되어 있다면 사용상 안전성은 사용 관련 오류와 위험을 최소화하는 데 목적이 있다. 부적절하게 설계된 사용법, 사용자 인터페이스, 사용자와의 상호작용 등은 잘 훈련된 환자가 사용하더라도 비효율적이거나 오류가 발생해 위험한 상황을 초래할 수 있으므로 유의해 설계해야 한다.

디지털치료제를 사용하기 적합하도록 잘 설계하면 사용자가 이를 작동하기 위해 학습하는 시간이 줄어 오류가 감소되며, 환자를 보호하고 제품 안전성이 강화되는 효과를 얻을 수 있을 것이다.

— 1

디지털 바이오마커: 바이오산업의 디지털화가 진행되면서 웨어러블과 이식·소화 가능한 디지털 도구를 통해 수집되고 측정되는 객관적·정량적인 생리학적 행동 데이터다.



미국의 퓨어 테라퓨틱스사는 지난 2017년 9월 세계 최초로 중독 디지털치료제를 미국 FDA로부터 인가받았다

— 2

올 오브 어스: 2018년부터 미국 국립보건원 NIH 의 주도 아래 진행된 프로젝트. 다양한 인종의 미국인 100만 명의 유전체 및 건강 데이터를 수집하고 있다.



하성욱

한국의학연구소^{KMI} 중앙의료정보센터장

연세대 신소재공학부를 졸업하고 서울대학교 경영학 석사를 취득했다. IT와 바이오 기업에서 근무한 뒤 현재 건강검진 전문 기관인 한국의학연구소^{KMI}에서 중앙의료정보센터장을 맡고 있다. 저서로는 <디지털치료제 혁명>이 있으며, 디지털헬스케어 산업에 넷플릭스 같은 구독형 서비스를 접목하기 위해 다양한 시도를 하고 있다.

디지털 바이오마커와 융합 전략

디지털전환이 의료산업에 적용되면서 병원에서는 환자의 진단 결과 등 의무기록을 저장·분석·관리할 수 있을 뿐 아니라 스마트폰, 웨어러블 기기, 환경 센서 등을 통해 일상생활 중 실시간으로 수집하는 걸음걸이, 맥박 수, 목소리 등 방대한 생체 데이터를 의무기록과 통합해 다양한 의료서비스를 제공할 수 있게 되었다. 가까운 미래에는 개인의 의료 데이터, 유전체 데이터, 행동 데이터에 환경적·사회적·경제적 요인 같은 외부 데이터를 결합해 환자의 현재 건강상태를 지속적·정량적으로 실시간 모니터링해 개인 맞춤형으로 질병 진단·예측·예방·치료를 제공할 것이다.

이런 측면에서 디지털 바이오마커는 동전의 양면처럼 디지털치료제와 함께 개발되고 서비스되어야 한다. 디지털치료제 시장이 커질수록 질병 특이적인 디지털 바이오마커와 디지털치료제를 통합적으로 관리해야 한다. 걸음걸이, 안구 움직임, 심박 변이도, 목소리, 스마트폰 조작 능력 등 다양한 디지털 바이오마커를 통해 환자의 특정 질병에 대한 심각도와 변화 추이를 파악할 수 있다. 또 빅테크가 가지고 있는 라이프로그 생태계와 질병 특이적 디지털 바이오마커의 융합 모델을 개발하는 것도 디지털치료제 기업의 주요 전략이다. 결론적으로 대형 제약사 글로벌 빅파마가 보유한 기존 치료제와의 병용요법을 통한 제휴 전략, 빅테크와 라이프로그 생태계 관점의 디지털 바이오마커 제휴 전략은 매우 중요하다.

미래의 시나리오

고령인구 증가에 대비하려면 홈 케어 기반의 자가 검사·관리와 비대면 진료 그리고 대면 진료를 소비자 관점에서 자연스럽게 연결된 서비스로 제공해야 한다. 이미 미국에서는 이를 위한 산업계의 M&A가 지속적으로 일어났다. 아마존의 온라인 약국 및 오프라인 병원 체인 인수, 약국 체인 CVS헬스·월그린스 등의 병원 체인, 홈 케어 업체 인수합병이 그 증거다.

소비자 관점의 연결된 서비스는 현재 의료법에서 규제하고 있는 비대면 진료, 의료 데이터 공유 등이 해소되어야 제공될 수 있다. 또 인공지능 기반 질병 진단, 예측 기술, 의료 클라우드 기반 플랫폼 기술, XR 기반 실시간 가시화 기술 등 디지털헬스케어의 미래 기술개발을 정부가 지원해 관련 산업 활성화 및 신시장 창출이 이루어져야 한다. 페어 테라퓨틱스의 실패 사례가 디지털치료제의 겨울을 만들지도 모르지만, 인공지능의 경우 경제성이 입증된 컴퓨팅 파워와 성능 향상이 겨울을 종식시켰다. 디지털치료제가 의료 현장에 본격적으로 도입되기 위해서는 사용성과 순응도 해결이 첫 번째다. 만약 두 번째 겨울이 온다면 임상적 유효성과 관련된 것이다. 오프라인의 치료 절차와 방식을 디지털화해 디지털치료제를 만드는 전략은 겨울을 부른 원인이었다고 볼 수 있다. 진정한 승자가 되기 위해서는 인간의 육체와 정신을 융합적 차원에서 파악하고 디지털 자극과 반응 메커니즘이 적용된 모델(마치 인공지능의 비약적 성능 증대처럼)이 필요하다고 예측해본다. 이를 위해서는 미국의 ‘올 오브 어스^{All of Us}’와 같은 통합적 의료 데이터 프레임워크를 갖춘 바이오 빅데이터가 필요하다.

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

국내 건조 연안 여객선 경쟁력 강화의 전환점을 마련하다

word 조범진 photo 서범세

세월호 사고 이후 노후 선박에 대한 국민적 우려가 높아진 반면 선사들의 영세성과 수익성 저하로 여객선 노후화 현상이 심화되고 있다. 특히 건조 단가가 높은 카페리의 경우에는 해외 중고선 도입이 일반화됨에 따라 노후화가 심각한 가운데 국내 대표 중형 조선사인 대선조선(주)이 국제적 수준의 안전성은 물론 친환경 선박 성능을 만족하는 카페리 설계 기술 확보 및 사업화에 성공함으로써 국내 중형 조선 시장 활성화에 크게 기여하고 있다.

사업명	2015년 산업핵심기술개발사업
연구과제명	국제적 수준의 안전성 확보한 GT 1만5000톤급 카페리 설계
제품명	카페리 건조, 선박설계, 건조감리, 인테리어(카페리 선박)
개발 기간	2015년 12월 ~ 2018년 11월(36개월)
정부출연금	45억8000만 원
개발기관	대선조선(주) 부산광역시 영도구 봉래나루로 254 ☎051-419-5000, www.daesunship.co.kr
참여 연구진	이주호, 김상준, 이승찬, 위다열, 서정환, 하태군, 김성수, 김명수, 장태용 외 참여연구원 13명

선박 신조 선순환 구조 정착 효과 기대

안전 및 환경 관련 국제 기준이 강화됨에 따라 기존에 건조된 선박은 이 기준을 만족할 수 없게 되었다. 여기에 더해 우리나라의 경우 경제성을 이유로 국내에서의 설계·건조를 기피하는 상황이어서 그동안 카페리에 대한 연구, 관련 요소 기술개발이 이루어지지 않았다.

이에 따라 조선 강국임에도 국내 연안 여객 선사들은 노후된 중고 선박을 도입해 운항하는 실정이었다. 실제로 국내 카페리선 대부분 해외에서 15~20년 전에 건조된 중고 선박을 도입해 수리한 후 운항 중으로, 국내 연안 여객선의 선령은 총 193척 중 24%에 해당하는 42척이 21년 이상이며, 카페리의 경우 20척 중 9척이 해당한다.

이런 가운데 세월호 사고가 발발했고, 후속 대책 마련에 대한 국민의 목소리가 높아지자 정부는 우리나라 자체 기술로 국내 연안 여객선 설계·건조에 적극 나섰다. 대선조선은 선박 설계기술을 개발하고 사업화하는 데 성공함으로써 선박의 안전에 대한 국민의 우려를 해소하는 것은 물론 국내 선주사와 조선소의 신조 시장 유도에 큰 역할을 하고 있다.

카페리^{CAFERI}

‘Roll-on Roll-off Passenger’의 약자인 로팍스^{RO-PAX}라고 부르기도 하며, 여객과 로로 화물(자동차같이 이동 능력이 있는 화물)을 함께 운송할 수 있는 운반선을 말한다.

HOW TO 국내 연안 카페리 건조 시 실적이 없어 수많은 애로점과 문제점이 있었지만 1945년 설립된 국내 최초의 민간 조선소답게 다양한 종류의 특수선 건조 경력과 이를 통해 축적한 기술력을 바탕으로 이를 극복했다. 성공적으로 건조 선박을 인도해 운항 선사로부터 건조 능력을 인정받아 2차선 추가 수주를 했으며, 명실상부한 대한민국 최고의 카페리 건조 조선소로 자리매김할 수 있게 되었다.



국제적 수준의
안전성을 확보한 GT
1만5000톤급 카페리 설계

산업혁신기술상
사업화기술 부문
대선조선(주) 이수근 대표이사



이수근 대표는 “당사는 국책과제를 통해 국내 중형 조선소의 건조 가능한 160M급 RO-PAX를 대상으로 복원성, 안전 귀항, EEDI(에너지효율설계지수) 규정 및 해석 지침서 개발 등 안전성과 경제성을 고려한 설계·배치 기술을 적용해 개념설계와 기본설계를 수행했으며, 기본적인 설계 도면 62여 종을 새로 개발했다. 이를 통해 국내 중형 조선소의 RO-PAX 시장 진입을 용이하게 하는 동시에 안전성과 친환경성, 경제성까지 갖추게 되었다”고 말했다.

국제 수준 능가하는 안전하고 친환경적인 설계·건조 기술 확보

‘국제적 수준의 안전성 확보한 GT 1만5000톤급 카페리 설계’ 과제의 성과는 국내 연안 카페리 건조 1호 선인 실버클라우드호를 통해 확인할 수 있다.

대선조선의 축적된 기술력과 풍부한 경험이 고스란히 담긴 실버클라우드호는 국제 해상인명안전협약 SOLAS¹ 과 스톡홀름 규정(비손상/손상)뿐 아니라 국제법인 SOLAS보다 더 강화된 국내 복원성 규정(선박안전법의 선박구획기준)과 화물 만재 시 평형수를 적재하지 않아도 적정 복원성을 만족시켰다. 소음과 진동 규정 역시 저소음·저진동을 실현했다.

이와 관련해 대선조선 기본종합설계팀 이주호 부장은 “최적의 선형을 개발하기 위해 전산유체역학 기술을 통해 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소^{KRISO}에서 모형 시험을 수행했고, 실제 시운전 결과 계약 속도를 상회하는 결과를 얻어 선주사로부터 호평을 받았다. 소음, 진동과 관련해서는 실제 구조와 기진원을 모델링해 3차원 유한 해석법으로 분석, 설계에 적용함으로써 여객에게 안락함을 제공하는 저진동·저소음을 실현할 수 있었다”고 설명했다. 또 이 부장은 “실버클라우드호에는 각종 안전설비와 해상 탈출 설비가 갖춰져 있으며, 건조 공기가 많이 소요되는 여객 구역의 경우 구역을 네 군데로 나누어 육상에서 필요한 설비를 미리 의장 작업해 탑재 및 조립할 수 있도록 설계·건조해 공기 단축에 따른 경제성도 만족시켰다”고 덧붙였다.

대선조선은 해당 과제를 통해 실버클라우드호 외에 동급의 160M급 오션비스타 제주 등을 수주해 건조 및 인도했다.





실버클라우드호의 성과

1
국제 SOLAS 복원성
스톡홀름 규정 및
국내 복원성 규정 만족

2
저소음·저진동 실현

3
각종 안전설비 및 해상
탈출 설비 구비

4
공기 단축에 따른
경제성 만족

5
선박의 하자 처리
적기 수행에 따른
선사 부담 저하

6
불필요한 개조 및 수선
공사 제거



아울러 이 대표는 “본 과제의 성공으로 국내에 있는 조선소의 경우 선박 하자 처리를 적기에 수행함으로써 불필요한 휴항 횟수가 줄어 선사의 부담이 낮아지고 고객의 편의가 증대되었다. 또 우리나라 항구 실정에 맞는 정확한 정보를 반영한 선박 건조로 불필요한 개조 및 수선 공사가 필요 없게 되었다”고 말했다.

국내외 신조 수주 활발, 국제 카페리 시장 진출 목표

한편 사업화 현황 및 전망과 관련해 이 대표는 “최근 글로벌경제 위기 상황에서도 국내 대형 조선업체는 세계 1위를 지키며 경쟁력을 유지해나가고 있다. 하지만 중소기업체는 기업의 영세성에서 기인한 기술력과 영업력 부족, 그리고 열악한 자금력의 한계에서 벗어나지 못해 세계 최강 조선 국가라는 입지와는 다르게 상대적으로 정체되고 있다. 이런 상황에서 당사의 이번 과제 성공은 국내 중형 조선 시장 활성화와 함께 국제 규정이 상당히 복잡한 카페리 건조로 침체된 국내 중형 조선의 고부가가치선인 여객선 건조 수주에 진입이 가능함을 증명했다. 또 최신 기술 보유로 국내 조선소의 국제 신조선 건조 수주에 유리한 위치를 선점할 수 있어 사업화에 청신호가 켜지고 있다”고 밝혔다.

실제로 대선조선은 해당 과제를 통해 실버클라우드호 외에 동급의 골드스텔라, 140M급 선라이즈 제주, 160M급 오션비스타 제주 등을 수주해 건조·인도했으며, 현재 국내(포항·울릉도, 부산·제주도) 카페리 선사와 수주 여부를 협의 중이다. 또 한일(부산·오사카) 카페리 선사와 수주 계약을 맺고 설계하고 있으며, 이집트(이집트-이탈리아) RO-PAX 선사와 수주 협의를 진행 중인 것으로 알려졌다.

끝으로 기술개발을 통한 향후 계획과 목표에 대해 이 대표는 “기술력과 건조 경험을 통해 국내 연안 여객선을 고급화하고, 지속적으로 기술개발에 매진할 계획이다. 또 국책과제를 통해 확보한 국제적 수준의 안전성과 친환경성을 만족하는 카페리 기본설계 기술을 바탕으로 국제 카페리 시장 진출을 더욱 확대해나가는 것이 목표다”라고 포부를 밝혔다.



프로젝트명

탄소 혁신 스타즈 프로젝트: 사용 에너지
25% 이상 절감 가능한 열교환기 세정
시스템 및 자동운전 기술개발

연구개발 기관

주관 연구개발 기관: 정우산기
공동 연구개발 기관: 한국생산기술연구원,
국립공주대학교

참여 연구진

정우산기 기술연구소 연구원,
한국생산기술연구원 연구진,
국립공주대학교 포함 20명 내외

연구 기간

2022년 4월 1일~2024년 12월 31일
(총 2년 9개월)

탄소중립으로 나아가기 위한 필수 불가결한 기술

탄소중립이 전 세계 국가와 기업의 과제로 떠오르면서 다양한 산업 현장에서 탄소를 줄이기 위한 노력이 한창이다. 발전설비 기자재 생산 전문 기업 정우산기는 25% 이상의 사용 에너지를 절감시키는 열교환기 세정 시스템을 개발해 탄소중립에 기여하고자 한다.



정우산기는 이물질 제거 장치인 데브리스 필터와 CTCS의 세부 성능을 향상시키기 위해 다양한 노력을 해오고 있다.

터빈은 발전소에서 전력을 생성하는 핵심 장치다. 발전소의 중심에 위치하며 연료(석탄, 가스, 핵 원료 등)의 열에 의해 회전하면서 전기를 생성한다. 복수기는 터빈에서 나온 고온과 압력을 낮추는 역할을 하며, 터빈을 통과한 증기를 액체로 변환해 다시 보일러로 돌려준다. 복수기는 증기의 열을 효과적으로 제거하고, 냉각수(바닷물)를 공급해 발전소의 효율을 높인다. 정우산기가 탄소 혁신 스타즈 프로젝트를 통해 개발하고자 하는 데브리스 필터와 CTCS는 냉각수가 공급되는 복수기 전·후단에 설치하는 제품이다.

발전설비 기자재 생산 전문 정우산기(주)

1990년에 설립한 정우산기는 국내외 발전, 가스, 정유, 에너지 플랜트 분야에 제품을 공급하며 기술력을 인정받았다. 2005년 기술연구소를 설립한 이후 지속적인 R&D 활동을 비롯해 연구개발과 특허 취득을 통해 독자적 기술 확보에 힘쓰고 있다. 이러한 R&D 활동의 연장선에서 정우산기의 주력 제품인 이물질 제거 장치 데브리스 필터와 CTCS^{Condenser Tube Cleaning System}의 성능을 세계 최고 수준으로 끌어올리기 위해 프로젝트 개발에 참여하게 되었다.



데브리스 필터 Debris Filter

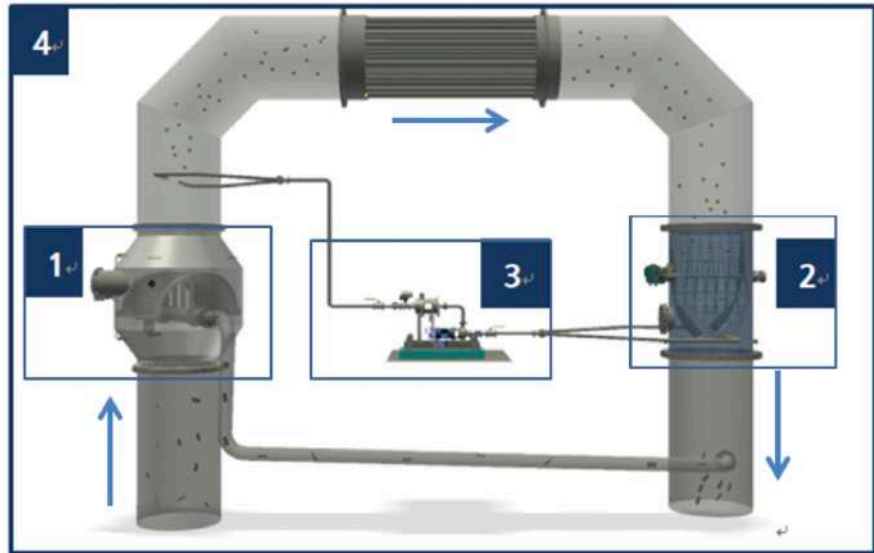
복수기 전단에 설치되어 주 냉각수와 함께 유입되는 이물질(해조류)을 걸러주는 여과장치다. 이물질 배출 시 별도 장비의 도움 없이 복수기 전·후단의 압력차를 이용한 역세정 기능을 갖춘 장비다.

복수기관 세정장치 Condenser Tube Cleaning System, CTCS

배출된 증기를 물로 응축하는 장치를 갖춘 증기기관인 복수기관 내부의 스케일 등을 스펀지 볼을 이용해 제거하고 열효율을 높이는 장치다. 복수기는 증기터빈이나 가스터빈 운전 시 발생하는 증기를 응축수로 만들어 재사용하고 열효율을 높인다.

탄소 혁신 스타즈 프로젝트 기술개발 목표 4가지

이번 탄소 혁신 스타즈 프로젝트의 첫째 목표는 데브리시 필터(이물질 여과기)와 CTCS 제품 각각 세부 성능을 향상시켜 세계 최고 수준의 성능을 지닌 국산화 제품을 만들고자 하는 것이다. 현재 두 가지 제품의 원천기술은 국외 업체가 모두 보유하고 있어 추가 개발하는 데 여러 가지 어려움이 있었기에 이번 프로젝트를 통해 원천기술을 확보하려는 목표를 세웠다. 이와 함께 제품이 운전되는 실제 환경을 고려하는 데 중점을 두었다. 데브리시 필터와 CTCS는 보통 발전소에 설치되는데, 발전소마다 설치 환경과 운전 환경이 제각각 다르다. 이에 제품 운전에 어려움을 겪는 고객 니즈를 최대한 반영해 각 환경에 맞는 운전 데이터를 수집하고 분석해 효율적인 관리 시스템을 동반한 자동운전 시스템을 개발하고자 한다.



4가지 기술개발 목표

1

고성능 데브리시 필터 제품 개발

데브리시 필터(이물질 여과기)는 이물질이 열교환기로 유입되는 것을 막아주는 장치다. 이물질이 복수기로 유입되면 성능이 저하될 수 있기에 최대한 이물질을 제거해야 한다. 이번 프로젝트 목표는 고성능 데브리시 필터 제품을 개발하는 것이다.

2

스펀지 볼 회수율 향상

스펀지 볼 회수 장치^{ball strainer}는 열교환기를 세정할 때 쓰는 스펀지 볼을 회수하는 데 사용되는 장치를 말한다. 스펀지 볼은 데브리시 필터(①번) 윗부분에서 이동을 시작하며 열교환기 튜브를 통과하며 세정한 후 스펀지 볼 회수 장치(②번)로 회수된다. 이번 프로젝트는 스펀지 볼 회수율을 높이는 제품 개발이 포함된다.

3

투입 분산율 향상

스펀지 볼 관리 장치는 회수 장치로 회수된 볼을 수거하고, 마모된 볼을 분리하며 신규 스펀지 볼을 투입할 때 사용된다. 스펀지 볼이 열교환기로 투입되어 세정 효율을 증가시킬 수 있도록 투입 분산율을 높이는 기술을 개발 중이다(통상적으로 제품을 구분할 때 ②번과 ③번 장치를 묶어 CTCS라고 한다).

4

통합 자동운전 시스템 개발

각 장치의 성능 향상과 더불어 이물질 제거 장치와 CTCS 운전 데이터를 수집하고 분석해 효율적 운전 관리가 가능하도록 통합 자동운전 시스템을 개발하는 것이 해당 프로젝트의 네 번째 목표다.

탄소 혁신 스타즈 프로젝트 무엇이 다를까?

가장 차별화되는 점은 전체 장치의 효율적 운전 관리가 가능한 통합 자동운전 시스템 개발과 튜브 세정 기술에 있다. 기존 세정 기술은 오염도를 고려하지 않고 수동 방식으로 운영된다. 튜브 상태나 스펀지 볼 상태를 고려하지 않고 정해진 시간에 운전하며, 일정 시간이 지나면 무조건 교체하는 방식이다. 제품을 설치하더라도 효율적인 운영과 관리가 되지 않으면 열교환기 사용에너지 절감은 기대하기 어렵다. 정우산기는 개발기술을 통해 튜브 내 오염도를 예측한 후 효율적 세정 운전이 가능하도록 운전 시간을 최적화시키는 기술을 적용하고자 한다. 또 스펀지 볼의 상태를 측정해 볼 교체 주기를 파악하며 효율적 세정을 가능하게 하는 기술을 개발하고자 한다.

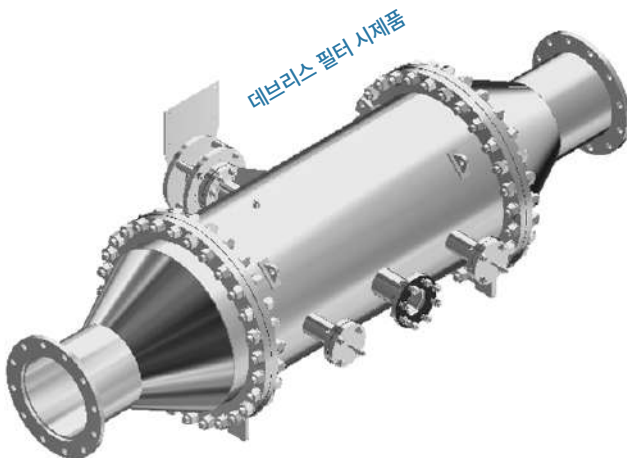
제품을 실제로 사용하는 환경이 발전소를 포함한 다양한 산업환경이다 보니 개발 과정에서 실험실 조건을 맞추는 데 한계가 있는 만큼 신뢰성을 확보하는 방안을 고민하기도 했다. 정우산기는 실증 실험실을 갖춰 최대한 환경 조건을 맞추는 데서 나아가 유동 해석 등 소프트웨어를 활용해 검증을 거듭했다. 전문 연구 기관과 소통해 각종 방안을 도출하며 연구 신뢰성을 높이기 위해 노력하고 있다.



스펀지 볼 분포도 평가 장치



스펀지 볼(예시)



데브리시 필터 시제품

국산화·자동화 통한 탄소중립 기술

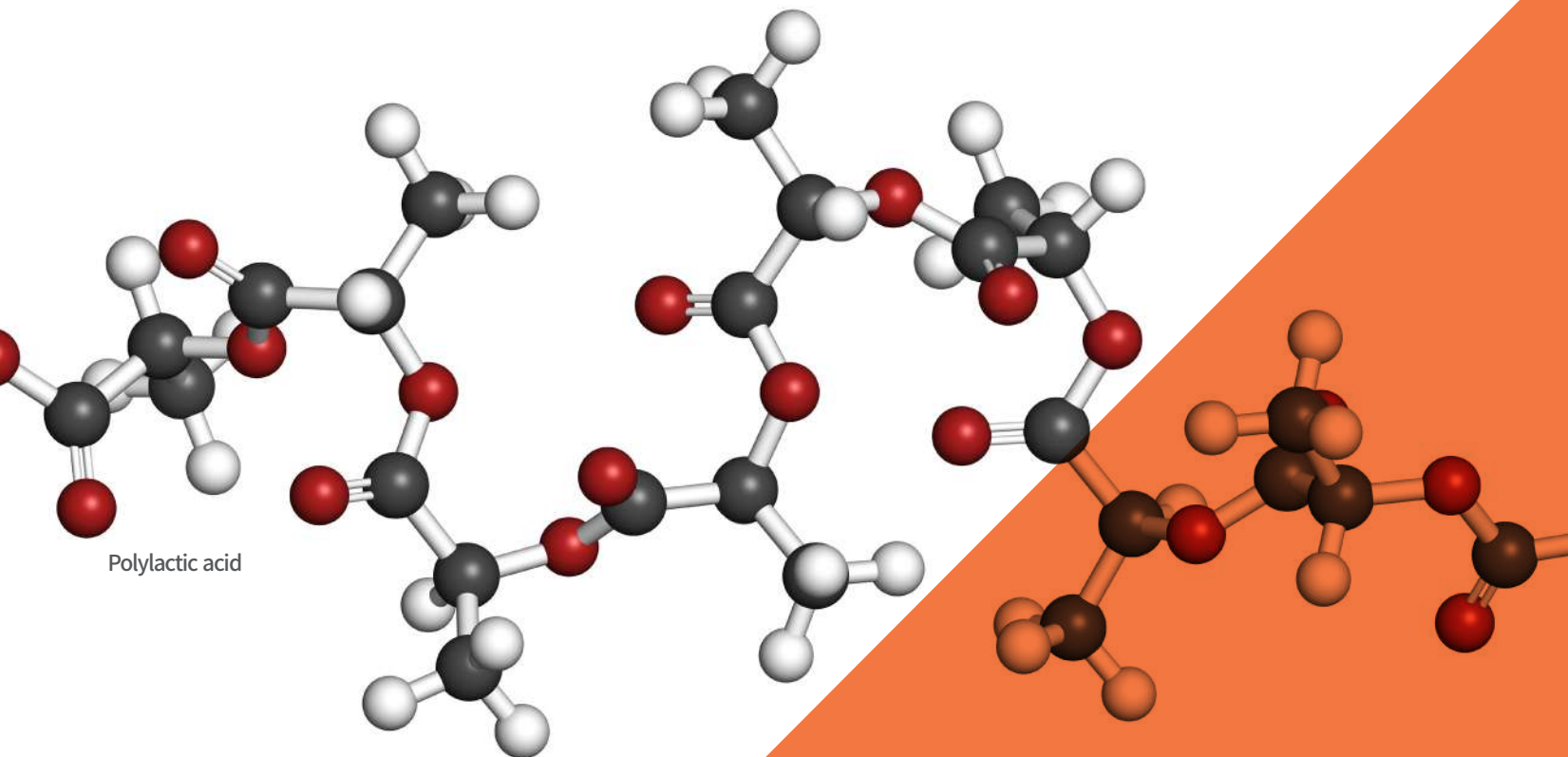
이번 프로젝트는 세계 최고 수준의 기술과 동등한 성능을 확보한 제품을 개발해 국산화 제품이 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖추는 것이 가장 큰 목적이다. 제품 자체 성능뿐 아니라 유지관리하는 기술을 통해 자동화 시스템의 기반을 마련하는 것 또한 디지털 시대에 맞춰 이번 연구개발이 가져올 성과라고 볼 수 있다. 특히 CTCS 기술을 적용해 제품을 제대로 관리할 경우 25% 이상 에너지절감 효과를 낼 수 있을 것이다. 이는 탄소중립으로 나아가기 위해 필수 불가결한 기술이라고 할 수 있다. 정우산기는 핵심 기술의 국산화를 통해 경쟁력을 강화하고, 탄소중립 정책에 기여하며, 소재·부품·장비 전문 기업으로 도약하고자 한다. 연구개발이 성공적으로 마무리되면 앞으로 터빈을 사용하는 발전소에서 해당 제품을 활용 가능하며, 해수 및 담수를 사용하는 산업용 필터와 열교환기를 사용하는 모든 산업에 진출이 가능할 것으로 예상된다.

바이오매스 기반
탄소중립형 바이오플라스틱
제품기술개발사업

탄소중립 실현 위한 바이오매스 기반 화이트바이오산업 육성 첫발

word 조범진 photo 서범세

최근 환경문제에 대한 사회적 인식이 높아지면서 전 세계적으로 석유화학계 플라스틱을 대체하는 바이오매스 소재 개발이 활발히 진행되고 있다. 그 가운데 바이오플라스틱산업 형성 초기 단계인 우리나라의 바이오플라스틱산업 규모 확대와 소재 국산화 등을 이끌 프로젝트가 본격적으로 시작되면서 큰 관심을 받고 있다.



지속 가능한 사회 구축을 위한 친환경 소재 ‘바이오플라스틱’

현재 우리가 일상생활에서 사용하는 대부분의 석유화학계 플라스틱을 대체하고 지속 가능한 사회를 구축하기 위한 대안으로 떠오른 바이오플라스틱은 생분해성과 비분해성으로 구분된다. 가장 대표적인 바이오플라스틱은 옥수수를 발효시켜 얻은 젖산으로 만든 PLA^{Poly-lactic Acid}로, 이는 바이오매스 기반인 동시에 특정 조건에서 생분해가 가능한 플라스틱이다. 이 외에도 PBS^{Polybutylene Succinate}, PBAT^{Poly Butylene Adipate-co-Terephthalate} 같은 석유화학계 기반 생분해성 플라스틱도 있다. 생분해성 플라스틱은 자연에서 분해가 가능해 환경오염을 줄일 수 있는 것이 장점이지만, 플라스틱 자체 물성이 기존 플라스틱에 비해 약하다는 단점이 있다. 이런 문제를 보완하기 위해 바이오PET, 바이오폴리우레탄 등 바이오매스 기반의 난분해성 바이오플라스틱도 개발되었다. 자연분해는 불가능하지만 생산공정에서 기존 플라스틱 대비 탄소순환 효과가 있는 한편, 석유화학계 기반 난분해성 플라스틱에 비해 친환경적이며 제품 생산 및 폐기 시 배출하는 이산화탄소 순환 효과가 있어 국내외 주요 석유화학 및 바이오 전문 기업에서 경쟁적으로 개발해 산업화를 추진 중이다.

사용 원료 등에 따른 바이오플라스틱 분류



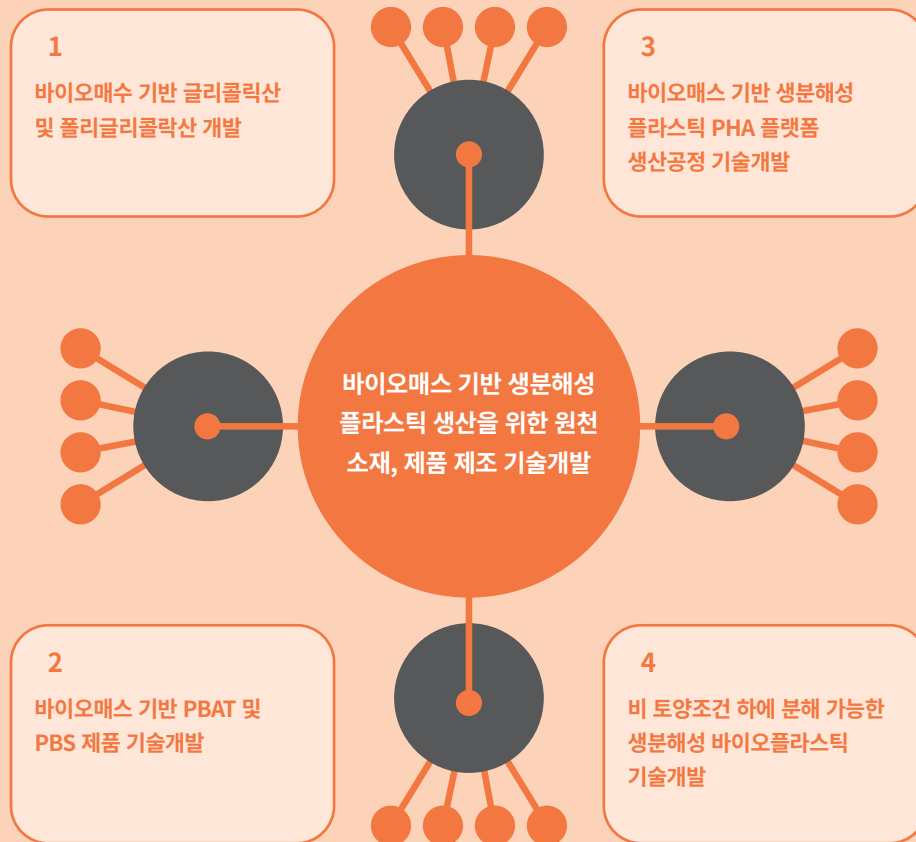
자료: 한국산업기술평가관리원, 녹색연합

바이오매스 활용 상용성 높은 생분해성 플라스틱 대량생산 기술개발

본 사업은 우리 정부의 2050년 탄소중립 실현 목표를 위해 온실가스 감축 및 친환경 플라스틱 제품을 개발하는 사업이다. 바이오플라스틱 상용화를 위해 정부 지원을 통한 바이오매스 기반 탄소중립형 바이오플라스틱 대량생산 기술을 확보하고, 규모의 경제를 통해 국내 생분해성 바이오플라스틱의 가격경쟁력을 확보하고 수입 의존도를 낮추는 데 목적이 있다. 이를 위해 동 사업은 총 21개 기관이 상용성 높은 생분해성 플라스틱인 PGA^{Polyglycolic Acid}, PBAT, PBS, PHA^{Polyhydroxy Alkanoate} 등을 석유가 아닌 바이오매스를 활용해 대량생산하는 기술을 공동 개발하고 있다.

또 플라스틱은 생산 및 사용만 중요한 것이 아니라 폐기 혹은 재활용 등 사용 후 활용 방법이 매우 중요하다. 석유화학계 플라스틱 대부분 사용 후 매립되거나 소각되어 2차 환경오염을 유발함에 따라, 동 사업은 바이오매스 기반 바이오플라스틱의 효율적 대량생산 기술을 확보하고 플라스틱 분해 및 재활용, 생분해도 측정 등 바이오플라스틱의 전 주기 순환 시스템을 확립해 탄소중립과 순환 경제에 기여하고자 한다.

4개 세부 사업으로 구성된 동 사업의 총괄책임자는 홍익대학교 세종캠퍼스 바이오화학공학과 박경문 교수가 맡고 있다. 21개 기관이 바이오매스 기반 바이오플라스틱 기술개발을 진행하는데, 각 기관이 유기적 협력관계를 유지하고 기술개발 과정에서 발생하는 애로 사항 해결, 관련 기술 시장 동향 분석 및 전문가 컨설팅을 통한 기술개발 자문 등 동 사업을 효과적이고 성공적으로 수행하기 위한 지원 및 총괄 관리를 하고 있다. 아울러 바이오플라스틱 상용화를 위한 정책 제안과 제품화를 위한 생태계 구축을 지원하는 역할도 담당한다.



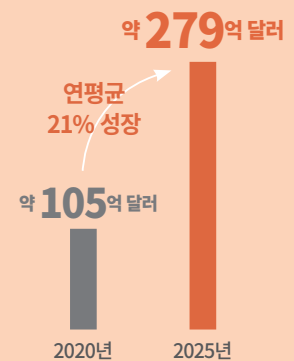
바이오매스 기반
탄소중립형 바이오플라스틱
제품기술개발사업 총괄
도식도

바이오플라스틱 원천기술 확보로 미래성장동력 견인

바이오플라스틱 시장은 2020년 약 105억 달러 규모로 추정되며, 연평균 21% 이상 성장해 2025년에는 약 279억 달러 규모로 확대될 것으로 전망한다. 다국적 거대 기업들은 국가별 환경과 산업 규제에 대응하기 위해 기존의 석유화학계 플라스틱 소재를 바이오매스 기반 친환경 소재로 대체·전환 중이다. 또 생산성과 경쟁력을 확보하기 위해 다국적 거대 기업과 바이오 전문 기업 사이의 협력 또는 합작을 통해 원료 공급부터 제품 생산까지 망라하는 통합 시스템 구축이 활발한 상황이며, 지속적인 연구개발을 통해 시장규모를 확대하고 있다.

국내 역시 석유화학 기업과 바이오 관련 기업을 중심으로 바이오플라스틱산업에 투자하며 바이오화학산업 육성에 힘써왔으나, 국내의 바이오플라스틱 상업화 속도는 해외 대표 기업에 비해 부진한 만큼 제품 대부분 초기 연구 및 기술개발 단계를 벗어난 수준이라고 할 수 있다. 그러나 최근 ESG 경영 강화에 따라 탄소중립·순환이 가능한 바이오플라스틱의 필요성과 중요성이

바이오플라스틱 시장규모



더욱 강조되면서 국내 기업들 또한 바이오매스를 활용한 바이오플라스틱 원천기술개발에 박차를 가하고 있다. 또 합작법인을 설립해 효율적인 바이오플라스틱 기술개발과 생산을 위해 노력하고 있다. 정부 또한 화이트바이오 기술에 기반한 바이오플라스틱 기술개발에 최선을 다하고 있으며, 산업통상자원부·과학기술정보통신부·중소벤처기업부 등 바이오플라스틱 기술개발을 위해 국책사업을 진행하고 있다.

특히 산업통상자원부는 화이트바이오 가치사슬에 위치한 대기업과 중소기업 간 협력을 도모하기 위해 화이트바이오 연대 협력 협의체를 구성한 바 있으며, 참여 기업 간 협력을 통해 바이오플라스틱 기술개발 및 산업화를 적극 추진하고 있어 크게 기대된다. 한편 바이오플라스틱 원천기술 확보는 향후 우리나라의 강력한 성장 동력이 될 것으로 예상되어 바이오플라스틱 기술개발을 위한 정부의 R&D 지원, 민간기업들의 R&D 투자는 지속적으로 증가할 것으로 보인다.

2050년 탄소중립 실현 위한 사회적가치 창출 기여

‘바이오매스 기반 탄소중립형 바이오플라스틱 제품기술개발사업’은 플라스틱산업의 화석연료 의존도를 낮추고, 2050년 탄소중립 실현을 위한 탄소순환 경제정책에 부합하는 기술개발을 통해 사회적가치를 창출하고자 한다. 지구온난화 문제가 확대되는 상황에서 국제적으로 가속화되고 있는 ESG 경영 강화 및 탄소국경조정제도 도입 등은 국내 석유화학산업과 수출 주력 산업의 경쟁력 약화가 예상됨에 따라 해외 선진 기업과의 경쟁에서 우위를 확보하기 위해서는 바이오매스 기반 생분해성 바이오플라스틱 기술개발 사업이 매우 중요하다. 또 국가 주도의 연구개발을 통한 바이오플라스틱 생산 및 제품화 생태계를 구축하는 것은 대기업과 중소기업이 상생협력할 수 있는 체계를 확립해 기업과 제품의 해외 경쟁력 강화에 기여할 것으로 예상된다.

참고로 환경부는 지난 2020년 탈플라스틱 시대를 맞아 정책을 발표하면서, 플라스틱 가운데 바이오플라스틱 대체 비율 목표를 2020년 30%, 2050년 100%로 제시한 바 있다.

국내 바이오플라스틱 대체 비율 목표



관련 법과 제도 개선 통한 개발기술 효율적 상용화

앞으로 계획 및 목표에 대해 이 사업의 총괄책임자인 박경문 교수는 “바이오플라스틱 개발은 우리나라의 지속 가능한 성장과 환경보전을 위해 선택이 아닌 필수다. 본 사업은 이제 1년 정도 기술개발이 진행된 초기 단계로, 바이오플라스틱 상용화 및 생태계 구축을 위한 큰 목표를 달성하기 위해서는 해결해야 할 일이 많다고 생각한다”며, “해당 기술을 산업화하기 위해서는 완성도 높은 기술을 개발해야 하는 것은 물론, 산업 환경과 정책적 지원 및 제도가 큰 역할을 한다. 그러므로 바이오화학산업을 활성화하기 위해서는 화이트바이오 연대 협력 협의체를 통한 정책 제언 및 바이오플라스틱 관련 법·제도 개선이 필요한 부분을 파악하고, 정부 관련 부처에 법·제도 개선을 제언해 앞으로 개발할 기술의 효율적인 상용화를 위해 노력하는 것을 목표로 하고 있다”고 밝혔다.

미래산업 분야 협력으로 한미 기술 동맹 강화

지난 4월 국민 방미 성과에는 한미 간 다양한 산업기술 관련 분야 협력 내용이 포함되었다. 앞으로 미래산업 발전을 위한 두 나라의 긴밀한 협조와 기술 성장을 기대해본다.

word 이슬기 한국경제신문 기자

윤석열 대통령이 지난 4월 말 국민 방미를 마쳤다. 우리 정상으로는 역대 일곱 번째이자 12년 만의 국민 방미로, 기업인 122명이 동행했다. 이는 정부 출범 이후 역대 최대 규모다. 미국 인플레이션 감축법^{IRA}이나 반도체법^{Chips Act} 등이 지난해 잇따라 제정되면서 한국 기업을 둘러싼 통상 환경이 만만찮은 상황이라 방미 성과에 대해서도 국민의 기대가 컸다.

이번 방미를 통해 우리 정부는 바이오, 에너지 등 각종 분야에서 총 50건의 MOU를 체결하는 등 긍정적 성과를 냈다. 넷플릭스를 비롯해 다양한 기업으로부터 총 59억 달러 규모의 투자를 유치하는 데에도 성공했다. 다만 당장은 반도체법이나 한국수력원자력과 미국 원전 기업 웨스팅하우스 간 갈등 중재 등 굵직한 사안에 대한 긍정적 결말이 도출되지 않아 아쉬움을 남겼다. 이번 방미의 산업과 경제적 성과를 분야별로 훑어봤다.



지난 4월 26일 미국 백악관에서 바이든 대통령과 한미 공동기자회견 중인 윤석열 대통령

전기차·배터리: 북미 최종 조립 요건, 상용차 예외 확보

IRA는 북미에서 최종 조립한 전기차에만 보조금을 주도록 규정한다. 특히 올해부터는 북미에서 제조·조립한 배터리 부품을 50% 이상 사용하거나, 미국 또는 대미 FTA 체결 국가에서 채굴·가공한 핵심 광물을 40% 이상 써야 보조금을 받을 수 있다. 보조금은 최대 7500달러에 달하는 만큼 자동차업체로서는 경쟁력에 미치는 영향이 크다. 현대차·기아

차의 경우 이 요건을 충족하지 못해 보조금 대상 전기차에서 제외된 상황이다. 다만 방미 전 우리 정부가 보조금 지급 조건인 북미 최종 조립 요건을 충족하기 어려운 기업을 위해 렌트, 리스 등 상용차에 대해서는 예외를 확보했다. 현대차·기아차는 이 예외 조건을 충분히 활용해 미국에서 판매를 늘려가는 상황이다.

이번 국빈 방문에서 가장 기대가 컸던 건 핵심 광물 관련 요건 완화였다. 2025년부터 해외 우려 단체^{FECC}에서 조달한 핵심 광물이 사용된 배터리를 탑재한 전기차는 세액공제 대상에서 제외되기 때문이다. 이에 우리 정부는 방미 당시 핵심 광물 자유무역협정^{FTA} 국가 확대 등을 요청했지만, 명확한 답을 듣진 못했다. 하지만 미국 행정부가 방미 직후 핵심 광물 부존국과 추가 협상을 시사한 점은 긍정적으로 평가 받고 있다.



반도체: 삼성전자와 SK하이닉스 1년 유예기간

지난해 10월 제정한 반도체법은 국가안보로
이유로 중국의 첨단 반도체 생산을 막겠다며
중국을 겨냥한 장비 수출을 규제하고 있다.
문제는 삼성전자와 SK하이닉스 등 우리 반
도체 기업이 중국에 많은 공장을 두고 있다는
점이다. 중국 공장들이 장비를 원활하게 조
달받지 못하면 생산이 제한적일 수밖에 없다.
이에 미국 측은 삼성전자와 SK하이닉스의
중국 현지 공장에 대해 1년 동안 미국 정부의
허가 없이도 장비를 반입할 수 있도록 유예기
간을 두기로 했지만, 시장에서는 충분하지 않
다는 지적이다. 1년 단위로 미국 정부의 허가
를 받아야 한다면 사업의 불확실성은 지속될
수밖에 없기 때문이다.

윤석열 대통령 국민 방미 산업기술 관련 주요 성과



콘텐츠, 수소, 반도체, 친환경, 첨단소재 등
분야에서 59억 달러 규모의 투자 유치



바이오분야 23건, 산업분야 13건,
에너지분야 13건, 콘텐츠분야 1건 등
총 50건 MOU 체결



한미 동맹 70주년을 맞아
이공계 인문·사회과학 분야 한국인 2023명,
미국인 2023명의 교류를 위한
한미 청년 특별 교류 이니셔티브 출범

업계는 이번 방미에서 우리 정부가 수출 통제에 대한 부분을 크게 완화할 수 있기를 기대했다. 다만 반도체 장비 수출 통제 과정에서 우리 기업의 부담과 불확실성을 줄여준다는 방향으로 합의했을 뿐 미국으로부터 완화에 대한 명시적 답을 얻지는 못했다. 긍정적인 부분은 방미가 끝난 뒤에도 양국 간 관련 협의가 지속되고 있다는 점이다. 방미 이후 미국 언론 등을 통해 나온 소식을 종합해보면, 미국 측은 일단 10월로 예정된 유예기간을 한 차례 더 연장한 뒤 한국 기업에 불리한 조항을 수정할 것으로 예상된다. 특히 한국 기업에 대해선 별도의 장비 반입 기준을 검토하는 것으로 알려져 귀추가 주목된다.

원전: 관련 MOU 4건 체결

윤석열 대통령은 2030년까지 원전 10기를 해외에 수출하겠다는 목표를 세웠다. 현재 정부는 체코 투코바니 5호기 원전 사업 참여를 추진 중이며, 폴란드와는 APR 1400 신규 원전 2~4기 건설을 위한 협력 의향서를 체결하는 등 본격적 사업을 앞두고 있다. 문제는 웨스팅하우스가 한국형 원자로 디자인이 자사 디자인을 토대로 개발된 만큼 미국 정부 허가 없이 수출이 불가능하다며 폴란드에 원전 수출을 진행 중인 한국수력원자력에 소송을 걸었다는 점이다. 이 문제가 해결되지 않으면 폴란드 원전을 비롯해 원전 10기 해외 수출 계획은 물거품으로 돌아가는 만큼 이번 방미에서 정부가 관련 문제를 매듭짓기를 기대하는 목소리도 많았다. 하지만 이번 방미에서 한수원과 웨스팅하우스 간 갈등에 대해선 합의에 도달하지 못했다. 기업 간 소송에도 불구하고 양국 간 원전 분야 협력 강화가 양국 모두에 이익이 된다는 점을 정상 차원에서 재확인하는 데 그쳤다. 다만 원전 관련 MOU 네건을 체결함으로써 앞으로 SMR 등 새로운 원전 시장에서 한미 양국은 많은 협력 기회가 있을 것으로 기대된다.



미국 나사 고다드 우주센터에 방문한 윤석열 대통령

서울에서 이어간 ‘과학기술 협력’ 성과

제11차 한미 과학기술공동위원회 개최



지난 5월 19일 서울 웨스틴 조선 호텔에서 한미 간 과학기술 분야 장관급 대표가 모인 가운데 제11차 한미 과학기술공동위원회가 열렸다.

지난 5월 19일 한미 간 과학기술 협력 장관급 대표 협의체인 제 11차 한미 과학기술공동위원회가 서울 웨스틴 조선 호텔에서 열렸다.

한미 양국은 이종호 과학기술정보통신부 장관과 아라티 프라바카 미 백악관 과학기술정책실장이 수석대표로 참석해 차세대 반도체, 핵융합·핵물리학, 인공지능^A, 바이오 분야의 양국 정책을 공유하고, 향후 협력 우선순위와 계획을 구상했다. 인력 교류, 연구 윤리, 표준 등 국제협력의 기본 요소에 대한 연대 강화 방안과 기후변화 대응, 극지 해양 등 과학기술을 이용한 세계적 이슈 해결 방안도 논의했다. 우주, 양자 과학기술 등 지난 4월 한미 정상회담에서 거둔 과학기술 분야 성과 전반의 후속 협력 계획 논의를 위해 과기정통부와 미 국무부 고위급 인사 간 별도 회의도 열렸다.

이날 공동위에는 우리 측 외교부·산업부·해양수산부·기상청 등 관계 부처와 한국표준과학연구원·한국해양과학기술원·극지연구소·한국산업기술진흥원·한국핵융합에너지연구원·나노종합

기술원·한국연구재단 등에서, 미국 측 백악관 과학기술정책실 OSTP·국무부·해양대기청^{NOAA}·국립과학재단^{NSF}·에너지부^{DOE}·국립표준기술연구소^{NIST}·주한미국대사관 등에서 총 100여 명이 참석했다.

공동위는 2016년 3월 서울에서 열린 제9차 공동위 이후 7년 만에 대면 회의로 열렸다. 팬데믹 시기였던 2020년 12월 제10차 공동위는 화상회의로 진행됐다.

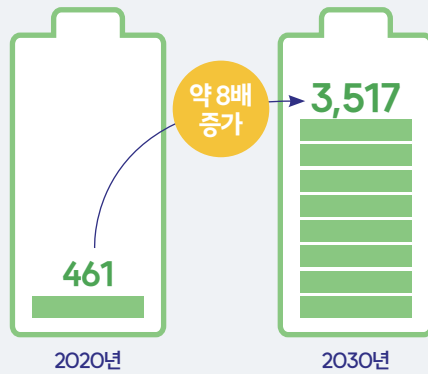
이 장관은 “이번 공동위는 한미 정상회담 시 양국 정상이 합의한 과학기술 분야 후속 논의를 위해 미국의 과학기술 분야 정부 부처 인사가 대규모로 방한해 정부 관계자 간 정책을 공유하고 서로 폭넓은 견해를 주고받는 것 자체에도 큰 의의가 있다”고 말했다.

이어 “이번 과기공동위를 계기로 양국 간 첨단 과학기술 전 분야에 대한 공동연구 개발과 인력 교류 등 다양한 협력이 신규 추진될 것”이라며 “한미 기술동맹 외연이 더욱 확대될 것”이라고 기대감을 내비쳤다.

이차전지는 대한민국의 반도체 신화를 이을 산업으로 손꼽힌다. K-배터리의 위상은 배터리 셀을 넘어 소재와 장비 등 이차전지 생태계 전반으로 확장하고 있다. 이차전지를 놓고 ‘배터리 패권 경쟁’을 펼치는 대한민국 배터리 산업의 현황을 살펴본다.

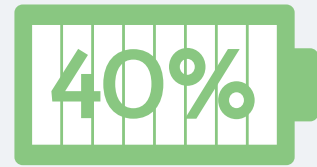
한눈에 보는 이차전지 시장

글로벌 이차전지 시장 규모 전망



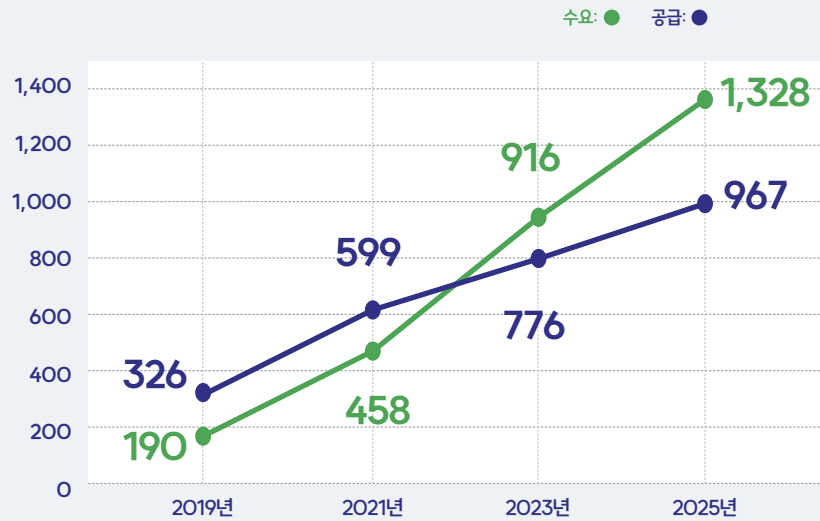
단위: 억 달러 | 자료: SNE리서치

한국의 2030년 배터리 시장 세계 점유율 목표



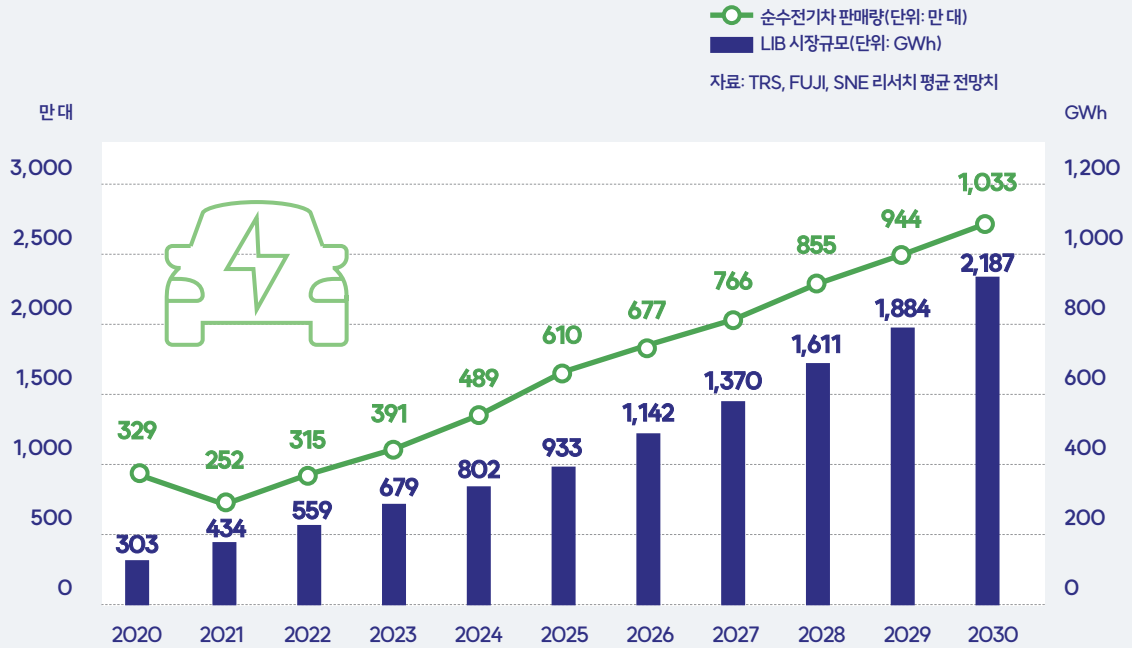
이차전지의 주요 부품

전기차 배터리 시장 전망

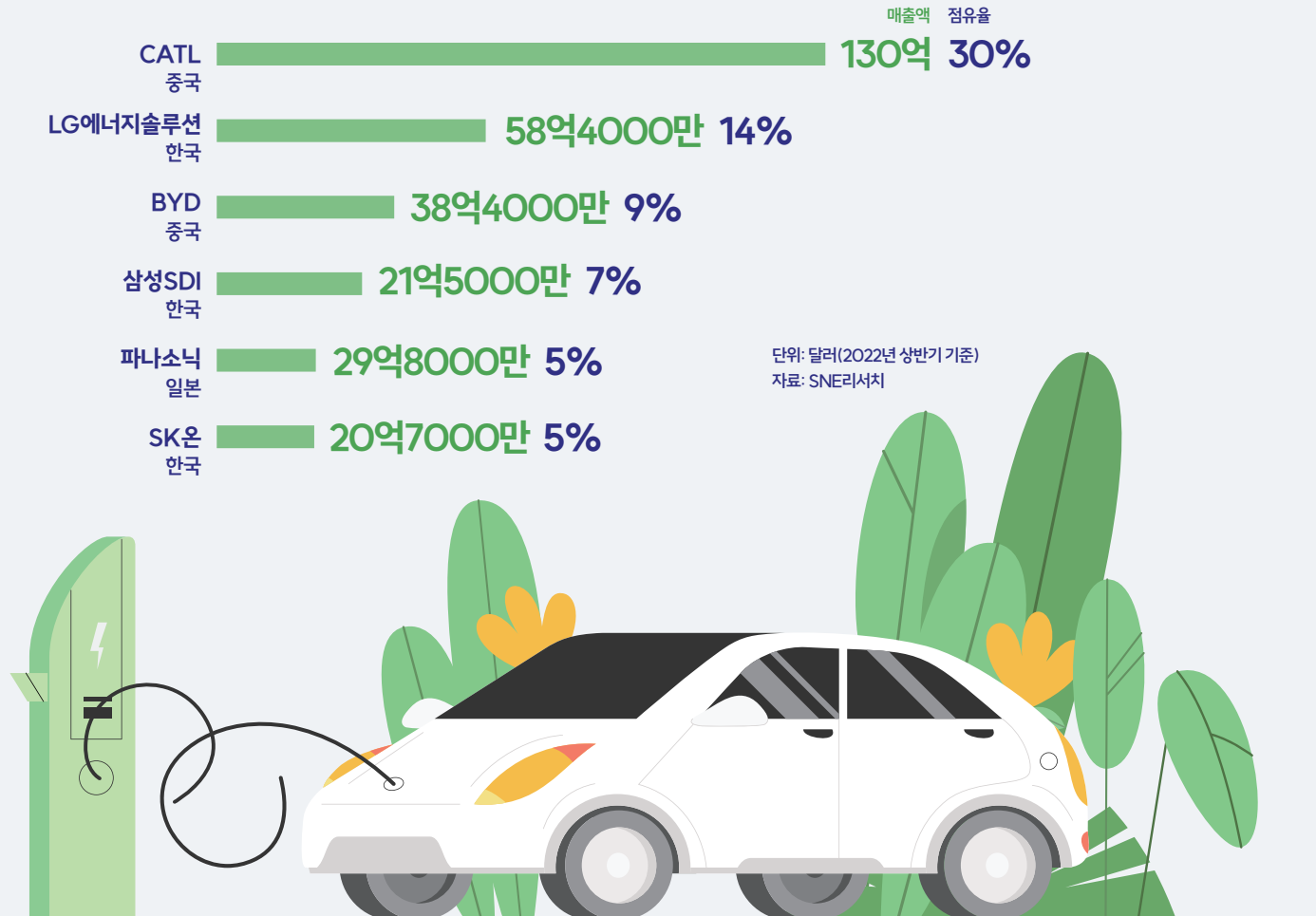


단위: GWh | 자료: SNE리서치

글로벌 전기자동차 및 리튬 배터리 수급 전망



글로벌 전기차용 배터리 매출 현황



차세대 이차전지 개발이 왜 중요해졌을까?

친환경 에너지 시대가 되면서 차세대 이차전지 개발이 더욱 중요해졌다. 기존 리튬 이차전지에 들어가는 주요 물질 공급의 한계로 발생하는 가격 상승이 차세대 이차전지 개발 요구를 더욱 가중시킨다. 최근 각광받고 있는 차세대 이차전지 기술개발 동향과 시장의 전망 등을 정리했다.

word 김은정 한국산업기술진흥원 미국사무소 소장

현재 화석연료 중 가장 많은 비중을 차지하는 석유를 사용하는 산업을 살펴보면, 69%가 교통 산업에 집중되어 있다(2021년 미국 기준). 여전히 석유를 사용하는 자동차가 대다수를 차지하지만 친환경 에너지 시대로 변화함에 따라 전기차에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 전기차 시장이 성장함에 따라 이차전지의 성능 향상 요구도 늘고 있다. 향후 전기차 시장이 더욱 성장하기 위해서는 전기차의 주행거리 증가, 급속 충전 기술 향상, 그리고 이차전지 가격 하락이 선행되어야 한다. 미국의 에너지 부서 산하 자동차 기술부^{Vehicle Technology Office, VTO}는 다음과 같은 목표를 제시했다.

미국 에너지 부서의 전기차용 이차전지 목표

목표	충전 시간	저온 특성	주행거리	이차전지 가격
VTO 목표	15분 이내 충전	-	> 300 마일 (완전 충전 후)	< 100달러/kWh
ARPA-E 목표	5~15분 (80% 이상 충전)	저온 특성 감소 50% 이하	누적 200,000마일 주행 후 90% 이상 용량 유지	< 75달러/kWh

자료: www.energy.gov, www.arpa-e.energy.gov





그리드 에너지 저장 시스템의 성장

친환경 에너지 사회로 나아가기 위해 그리드 에너지 저장 시스템 또한 빠르게 성장하는 추세다. 비전게인 리포트^{VISIONGAIN REPORT LTD.}에 따르면 그리드 규모의 이차전지 시장은 2032년까지 매년 15.6% 성장할 것으로 예상된다. 미국 에너지 부서도 그리드 에너지 저장 시스템 시장은 2040년까지 85~140TWh로 성장할 것으로 기대하며, 이는 1.5조~4조 달러(2000조~5000조 원)의 가치에 해당한다. 그리드 에너지 저장 시스템은 신재생에너지에서 발생한 에너지를 저장하고 건물이나 인프라 시스템에서 사용할 수 있도록 해주는 시스템이다. 그렇기에 전기차에 비해 이차전지 무게나 부피에 대한 제한이 더 적은 반면, 이차전지의 가격은 중요해진다. 특히 에너지 저장 시스템에 드는 총비용을 에너지 시스템이 저장해 사용할 수 있는 전체 에너지로 나눈 수치인 LCOS^{LEVELIZED COST OF STORAGE}가 중요한 평가 요소다.

리튬과 코발트를 안정적 물량과 가격으로 공급할 수 있나?

리튬 이차전지는 높은 에너지밀도와 에너지 효율, 우수한 사이클 특성을 지녔으며, 많은 전자 기기에 보편적으로 사용되고 있다. 앞서 말한 것처럼 리튬 이차전지 성능의 향상은 전기차 시장의 문을 열었으며, 앞으로 전기차 시장은 지속적으로 성장할 것이다. 또 그리드 에너지 저장 시스템에도 리튬 이차전지가 사용되고 있다. 하지만 현재 사용하고 있는 리튬 이차전지는 $\text{NMC}^{\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Mn}_z\text{Co}_{1-y-z}\text{O}_2}$ 라는 양극 소재를 활용하고 있다. 리튬 이차전지 수요가 크게 증가함에 따라 리튬^{Li}과 코발트^{Co}

매장량이 충분한지에 대한 논의가 커지고 있다. 사실 리튬과 코발트 매장량보다 핵심이 되는 문제는 ‘리튬과 코발트를 필요한 만큼 많이, 그리고 안정적 가격에 공급할 수 있는가?’다. 비록 코발트 매장량과 가격 문제로 니켈^{Ni} 함량이 높은 NMC 양극을 사용하고 있지만, 니켈의 수요가 증가함에 따라 니켈 생산량 그리고 안정적 가격에 대한 의문을 제기하는 것은 어찌 보면 당연한 일이다. 현재 코발트와 니켈이 필요 없는 양극 소재를 개발·활용하는 방향으로 많은 연구가 진행되고 있다.

3차 세대 이차전지의 전망

전기차나 그리드 에너지 저장 시스템 같은 대용량 이차전지의 수요가 크게 증가하면서 차세대 이차전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이차전지 용량, 에너지밀도를 크게 높이는 방향의 연구는 물론 가격경쟁력을 갖춘 친환경 이차전지 개발 연구가 많은 관심을 받고 있다. 용량 및 에너지밀도를 높이는 방향의 연구는 전고체 이차전지가 가장 대표적이라고 할 수 있다. 소듐이나 포타슘 이차전지의 경우 이차전지 가격을 크게 낮추는 방향의 연구라고 볼 수 있다.

1 — 전고체 이차전지

기존 리튬 이차전지는 NMCL 리튬·철·인산계 등 무기 소재를 양극으로, 흑연 같은 탄소 소재를 음극으로 사용하며 액체 기반 전해질을 사용한다. 이와 다르게 전고체 이차전지는 액체 전해질 대신 무기 소재 혹은 유·무기 복합체인 고체 상태 전해질을 사용한다. 이차전지가 충전 및 방전 시 내부 단락이 발생했을 때 액체 전해질은 발화할 수 있는 안전상 문제점을 지녔다. 하지만 고체 전해질의 경우 액체 전해질과 다르게 발화하지 않아 기존 리튬 이차전지에 대비해 높은 안전성을 보유하고 있다. 이러한 안전성 덕분에 흑연 대신 리튬 메탈을 음극으로 할 수 있으며, 이차전지의 에너지밀도를 크게 높일 수 있었다. 이에 따라 미국의 앰프세라^{Ampcera}, 인테셀^{Intecells}, 퀀텀스케이프^{QuantumScape}, 팩토리얼 에너지^{Factorial Energy}, 솔리드 파워^{Solid Power}나 유럽의 GQ 에너지^{GQ Energy}, 스피어 에너지^{Sphere Energy}, 바스크볼트^{Basquevolt}, 하이 퍼포먼스 배터리^{High Performance Battery} 등 많은 스타트업이 생겼으며, 아시아의 LG에너지솔루션, 삼성, 토요타 등도 전고체 이차전지 시장에 뛰어들고 있다. 최근에는 중국 CATL이 기존 리튬 이차전지의 에너지밀도보다 40% 이상 높은 500Wh/kg를 달성했다고 발표했다. 하지만 현재까지 개발되어 시장에 나와 있는 전고체 이차전지는 유기물이 섞인 구조라 실질적으로 전고체 이차전지라기보다는 ‘전고체에 가까운’ 이차전지라고 정의하는 것이 더 정확하다.



포타슘 이차전지는 소듐 이차전지에 비해 작동 전압이 높다는 장점을 갖고 있다.

소듐 이차전지는 기존 리튬 이차전지에 비해 에너지밀도가 낮지만 가격경쟁력 면에서 강점을 가지고 있다.





2 — 소듐 이차전지

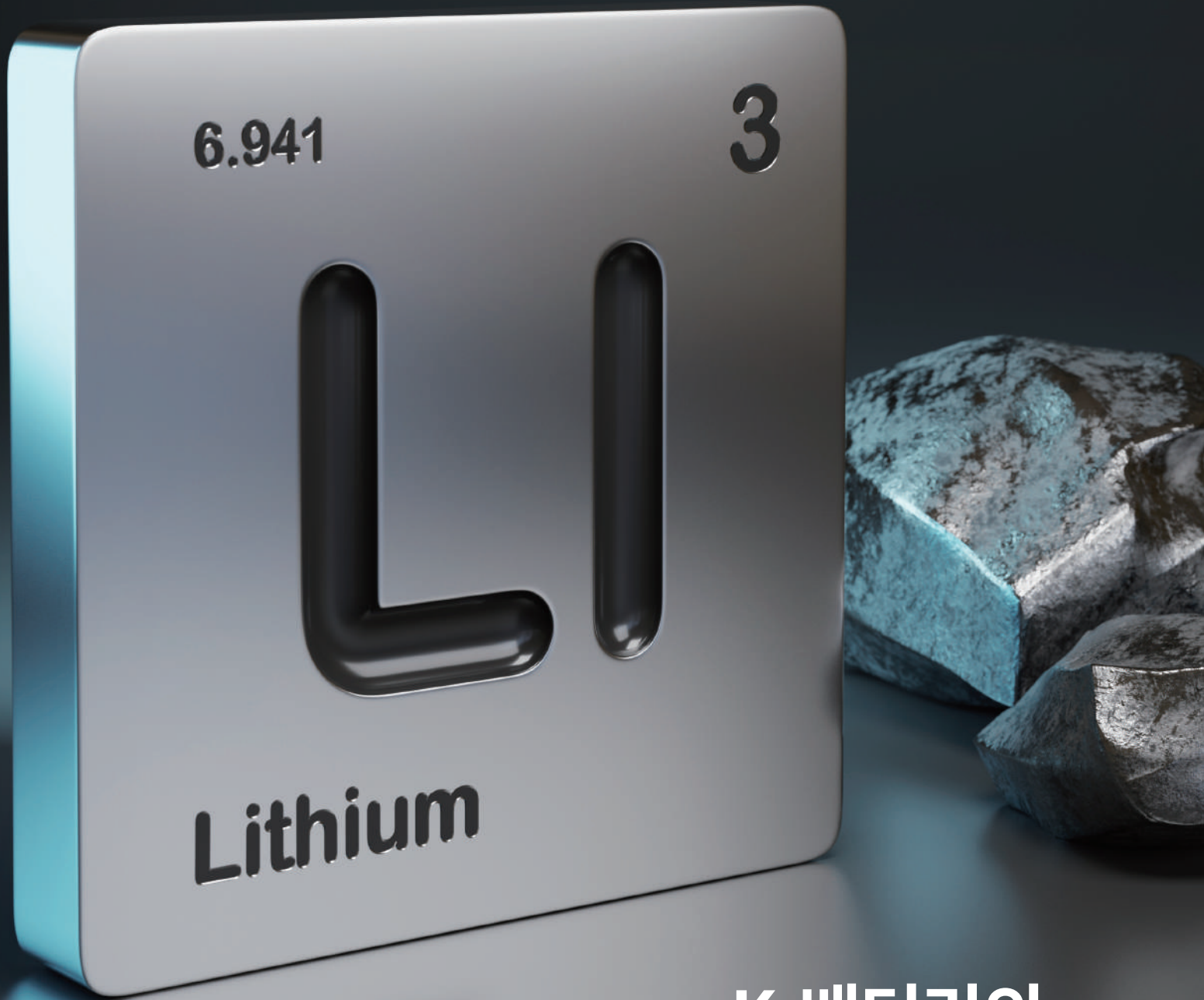
소듐 이차전지는 기존 리튬 이차전지와 구동하는 방식이 매우 유사하다. 양극 소재의 경우 리튬 이차전지에서 사용하는 소재와 같은 층상구조 물질에 리튬 대신 소듐이 삽입된 물질을 사용할 수 있다. 리튬 이차전지에 사용하는 리튬·철·인산계 소재와 구조는 다르지만 같은 폴리음이온^{polyanion} 계열의 구조군에 들어가는 물질을 양극으로 활용할 수 있다. 또 프러시안 블루^{prussian blue} 계열의 새로운 구조를 소듐 이차전지 양극으로 활용하기도 한다. 음극의 경우 흑연 대신 같은 탄소 계열의 난흑연화성 탄소(혹은 비결정 탄소)를 사용한다. 소듐 이차전지는 기존의 리튬 이차전지에 비해 에너지밀도가 낮지만, 가격경쟁력 면에서 강점을 지녔다. CATL, 패러디온^{Faradion}, 나트론 에너지^{Natron Energy}, 나트륨^{Sodium}, 하이나 배터리^{HiNa Battery} 등 많은 회사가 소듐 이차전지를 개발하고 있다. 최근 하이나 배터리는 에너지밀도가 140Wh/kg인 소듐 이차전지 셀을 전기차에 탑재할 계획이라고 발표했다. 최근 기사에 따르면, 하이나 배터리의 소듐 이차전지를 탑재한 전기차는 완전 충전 시 252km 주행이 가능하다.

3 — 포타슘 이차전지

소듐 이차전지와 비슷한 이유로 포타슘 이차전지가 큰 관심을 받고 있다. 미국 텍사스 오스틴에 위치한 그룹1^{Group1}이라는 스타트업은 이미 포타슘 이차전지를 출시했다. 그룹1의 포타슘 이차전지는 프러시안 블루 계열 양극과 난흑연계 탄소 음극을 사용하고 있다. 포타슘 이차전지는 소듐 이차전지에 비해 작동 전압이 높아 소듐 이차전지 시장과의 경쟁에서 강점을 지닐 것으로 기대한다. 아직까지는 상대적으로 늦게 시작되어 향후 연구가 더 필요하지만, 최근에는 포타슘 이차전지 시장이 크게 성장할 것으로 기대된다.

서로 다른 시장을 주도해나갈 차세대 이차전지 시스템

환경문제와 자원 고갈 문제가 심각하게 대두된 현재 가격경쟁력이 있고 에너지밀도가 높은 이차전지 개발은 더 이상 선택이 아닌 필수가 되었다. 기존 리튬 이차전지가 소형 전자 기기의 에너지 원으로 성공을 거두었다는 것은 누구도 부정하지 못할 것이다. 이러한 리튬 이차전지가 전기차나 그리드 에너지 저장 시스템에 적용되면서 리튬 이차전지에 들어가는 소재의 매장량이나 가격 상승에 대한 문제가 제기되고 있다. 앞으로 친환경 사회를 만들기 위해서는 기존 리튬 이차전지 시스템의 한계를 넘어서는 이차전지 시스템 개발이 중요하다. 특히 팬데믹 상황은 전고체 전지, 소듐 이차전지, 포타슘 이차전지 등 다양한 이차전지 시스템 개발을 통해 앞으로 발생할 수 있는 이차전지에 들어가는 물질의 공급 문제로부터 자유로워져야 한다는 생각을 갖게 했다. 또 각각의 이차전지 시스템이 지닌 장점과 단점이 뚜렷하기에 한 가지 이차전지 시스템이 소형 전자 기기부터 시작해 전기차, 그리드 에너지 저장 시스템 시장을 모두 장악할 것으로 생각되지 않는다. 차세대 이차전지 시스템이 서로 경쟁하겠지만, 서로 다른 시장을 주도할 것으로 예상된다.



K-배터리의 미래를 좌우할 요인들

대한민국의 반도체 신화를 이을 산업으로 이차전지가 꼽히고 있다. 지난해 국내 이차전지 빅 3 업체의 시장점유율(중국 제외)은 53%로 절반을 넘었으며, K-배터리의 위상은 배터리 셀을 넘어 소재와 장비 등 이차전지 생태계 전반으로 확대되고 있다. 2030년 전기차 생산이 5400만 대로 폭증할 것으로 전망되는 가운데, K-배터리의 미래를 좌우할 주요 요인을 살펴본다.

1 광물 의존도

현재 K-배터리 산업은 대량 제조 기술의 강점을 기반으로 세계 이차전지 시장을 선도하는 위치에 있지만 관련 부품과 원료 소재의 자립도 관점에서 바라본다면 미래에도 이러한 지위를 유지할 수 있을지 미지수일 정도로 치명적 문제점이 내재되어 있다. 그 예로, 리튬이온 이차전지에 적용되는 일부 기초 부품·소재(알루미늄 파우치, 전극용 바인더, 전해액 첨가제) 등은 50% 이상 일본 제품에 의존하고 있으며, 특히 음극(흑연 소재) 및 양극(리튬, 코발트, 니켈 등이 포함된 금속산화물) 에너지 저장용 소재는 전략 자원이 주원료이기에 중국을 비롯한 해외 부존자원에 대한 의존도가 매우 높은 실정이다.

지각 내 배터리 원자재양

코발트
0.0023%

니켈
0.0055%

동
0.0075%

리튬
0.006%

지역 편중성 심한 배터리 원자재

이차전지 원료인 리튬·니켈·코발트 가격이 급격히 오르면서 LG화학, 삼성SDI 등 국내 배터리업체는 매우 어려운 가격 경쟁 상황에 직면했다. 전지 가격 하락으로 전기차가 화석연료 자동차 대비 경제성을 확보해야 전기차 판매량이 늘어날 수 있기 때문에 원료·소재 가격 상승은 향후 전기차 보급의 발목을 잡을 수 있다는 분석까지 나왔다. 배터리 가격 하락은 '전기차 판매량 증가 속도 대비 빠른 원자재 공급량 확대'가 전제되어야 한다고 본다. 반도체, 디스플레이, 태양전지 산업과 비교해보면 모두 생산비용 하락을 통해 가격 하락이 이뤄졌고, 시장이 개화된 과거가 있다. 이들 산업이 이차전지 산업과 다른 점은 '풍부한 원자재'에 기반을 두고 있다는 것이다. 반도체, 디스플레이, 태양전지 모두 지구상에 가장 풍부한 원소 중 하나인 규소^{Si}가 핵심 원자재이며, 지구 지각의 28%가 규소다. 반면, 배터리 원자재는 매우 희소한 편에 속한다. 지구상에 고르게 분포된 규소와 달리 리튬이온 전지 원자재는 지역 편중성이 상당히 심하기 때문에 생산비용 대비 가격이 높게 유지되는 원인이 된다. 따라서 이차전지는 생산비용 중 변동비의 중요성이 높을 가능성이 크다는 점이 우려되는 단점이다.

광물 확보에 집중하는 중국

특히 세계 자동차 시장이 전기차 위주로 빠르게 재편되는 상황에서 중국은 국가 주도로 원료·소재·부품 등 전기차 배터리 공급망을 전체적으로 장악하고 있다. 자국 배터리·광물 기업이 막강한 자금력을 앞세워 남미·호주·아프리카 대륙 등 세계 일부 지역에 한정된 리튬·코발트·니켈 광산을 하나씩 집어삼키고 있다. 무엇보다 광물 공급망부터 우선적으로 장악하고 있는 것이다. 잘 알려진 것처럼 중국 시진핑 국가주석의 일대일로^{一帶(실크로드 경제 벨트) - 一路 (해상 실크로드)} 정책에 따라 아프리카 지역경제에까지 막대한 자금력으로 현지 광산 기업을 하나둘 사들이고 있다. 이러한 광물 공급망 확보 이후 배터리 원료 공급망 측면에서도 중국 광물업체들은 산지에서 광물을 싸게 들여와 1차 가공을 거쳐 배터리 원료 화합물로 만든 후 전 세계에 납품하고 있다. 예로, 리튬의 경우 중국에 매장된 리튬 원광석은 전 세계 매장량의 10%에 불과하지만 아이러니하게도 1차 가공품인 리튬 화합물을 가장 많이 생산하고 있다. 이처럼 중국은 배터리 소재 생산에 직접 필요한 1차 가공품 시장을 완전히

장악하고 있다. 물론 1차 가공품 기술은 기술의 난이도보다는 1차 가공품 생산 시 유발되는 각종 환경오염 문제 등으로 한국·일본 등 민주주의 기반의 선진국에서는 엄두조차 내지 못하는 사업 영역이기도 하다. 또 배터리 음극재 핵심 소재인 흑연의 경우 현재 중국이 전 세계 생산량의 70%를 차지하고, 특히 국내의 경우 전량 중국에서 수입하기 때문에 제2의 '요소수 사태'가 일어나도 전혀 이상하지 않은 형국이다.

국내 이차전지 산업의 핵심 광물 수입 의존도(2020년 기준)



단위: %
자료: 대한상공회의소

전체 이차전지 원가에서 10% 이상을 차지하는 리튬은 '21세기 하얀 석유'로 불린다.

2 리튬 확보 전쟁

이차전지를 만들기 위해선 다양한 원자재가 필요하다. 이차전지의 4대 핵심 소재인 양극재, 음극재, 전해질, 분리막만 따져봐도 니켈, 망간, 코발트, 알루미늄, 흑연, 실리콘, 구리 등이 가공·배합 공정을 거쳐 만들어진다. 그중에서도 리튬은 가장 핵심 원자재로 꼽힌다. 이차전지 원가의 약 30%가 양극재인데, 그 양극재 원가의 45% 정도를 리튬이 차지한다. 전체 이차전지 원가에서 차지하는 비중이 10% 이상으로, 리튬을 '21세기 하얀 석유'로 일컫는 이유이기도 하다. 리튬 원자재의 경우 중국은 이미 리튬 자원이 가장 많은 상위 다섯 국가 중 하나지만, 세계 리튬 매장량의 대부분이 발견되는 호주와 남미의 광산 운영 지분도 속속 매입하고 있다. 미국 지질조사국^{USGS}이 발표한 자료를 토대로 전 세계에 있는 리튬 메탈 부존량(존재하는 자원의 총량)은 탄산리튬을 기준으로 환산하면 약 5억2136만 톤이다. 올해 예상되는 완성차 판매량 8500만 대가 모두 전기차라 해도 150년 넘게 쓸 수 있는 양이다. 지난해 리튬을 실제 생산한 양은 매장량의 0.5%인 69만 톤에 그쳤다. 리튬 개발과 생산이 쉽지 않다는 의미다. 전 세계에서 리튬 부존량이 가장 많은 곳으로 추정되는 볼리비아는 2008년에 리튬을 국유화한 이후 개발에 실패하면서 아직 유의미한 상업 생산을 못 하고 있다. 국내 기업들도 미래의 전기자동차 수요에 맞춰 리튬 원료 확보를 위해 민간 대기업들이 주도해 발 빠르게 움직이고 있다. 하지만 올해 1분기 기준 한국의 수산화리튬 수입 중 중국 비중이 84.1%였고, 탄산리튬 수입의 경우 칠레산이 80.8%였다. 이는 2020년 기준 통계 자료에서 크게 벗어나지 않는 수치다.



전 세계 리튬 채굴량

1억3832만
(부존량의 27%)

실제 생산량

69만
(매장량의 0.5%)

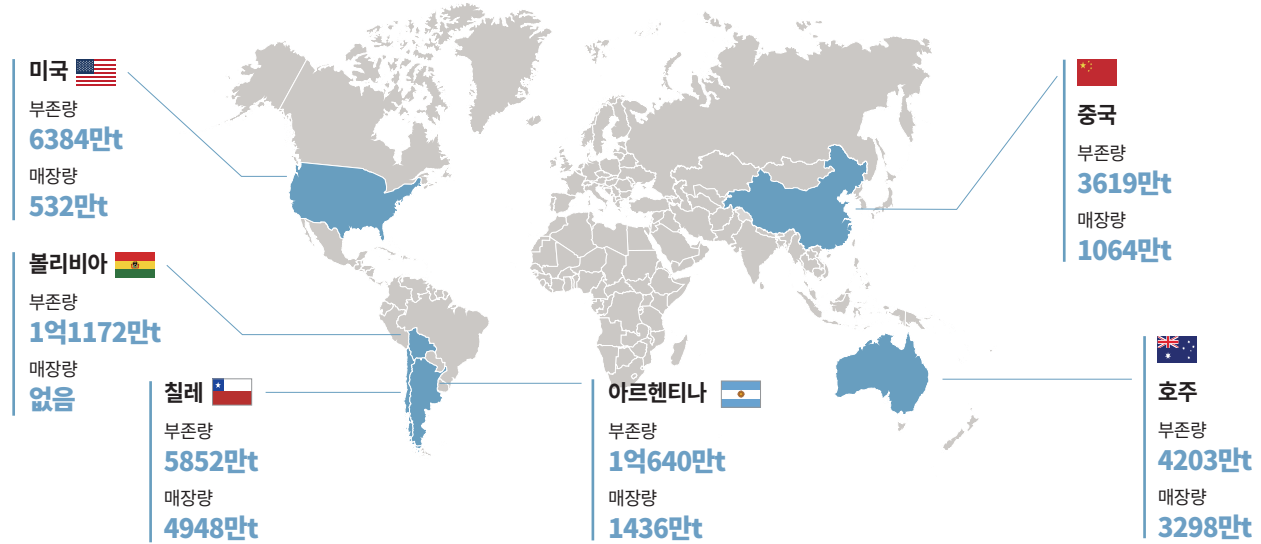
전 세계에 분포된 리튬 부존량과 매장량 탄산리튬으로 환산 기준

부존량: 존재하는 자원의 총량

매장량: 기술·경제성을 고려할 때 채굴할 수 있는 양

단위: %

자료: 포스코홀딩스



3 미국의 IRA 법안

미국 정부가 2022년 8월에 발효한 ‘인플레이션 감축법^{IRA}’은 북미에서 ‘최종 조립되는 전 기차’와 ‘국내에서 제조되는 전기차 배터리’ 그리고 ‘배터리 생산에 사용되는 주요 광물이 국내 혹은 미국과 자유무역협정을 체결한 국가에서 공급되는 경우’에 한해 세금 공제 혜택을 받을 수 있도록 규정함으로써 중국을 제외한 자유민주주의 국가 주도의 배터리 공급망 확보에 사활을 건 상황이다. 이처럼 배터리 산업 전반에 대한 선진국 각국의 정책적 규제 요구 사항은 점점 진화하는 추세다.

2022년 4월, 유럽연합^{EU}이 채택한 ‘지속 가능한 배터리법^{Sustainable Batteries Regulation}’ 제정안을 살펴보면 더욱 선명하게 이해할 수 있다. 규제안의 주된 내용은 배터리 생산부터 재활용에 이르기까지 전체 배터리 생애 전 주기^{life cycle}의 친환경성 및 안전성 인증을 EU 시장 진출 조건으로 규정한다. 배터리 밸류체인 전반에 걸쳐 탄소배출량, 윤리적 원자재 수급, 재활용 원자재 사용 등 기준에 부합하는 제품만 EU 내 유통을 허가하는 것이다. 2030년부터는 재활용 원자재 의무 사용 비율도 적용한다. 결국 EU의 야심은 EU가 배터리 표준을 주도해 국제표준으로 수립하고 배터리 시장의 패러다임을 EU 기업에 유리한 방향으로 조성한다는 계획이다.

미래 K-배터리의 운명을 좌우할 중요 요인으로서 조속히 해결되어야 하는 시급한 과제는 이차전지 핵심 원자재 공급망 확보라 해도 과언이 아니다. 이를 위해서는 정부와 기업이 협업해 해외 광산을 지속적으로 확보하고, 이렇게 확보한 원자재를 이용해 1차 가공품 원료를 생산할 수 있는 산업적 생태계를 하루빨리 구축함으로써 자체 공급망 확보의 한 축을 완성해야 한다. 이와 더불어 앞으로 엄청난 속도로 성장할 폐배터리 재활용 산업을 강화하고, 기술 경쟁국 대비 초격차화를 실현할 수 있는 신기술 확보에 매진한다면 진정한 국내 자체 공급망 확보를 실현하는 나머지 한 축을 완성할 수 있을 것으로 전망한다.



지난해 8월 미국 백악관에서 바이든 대통령이 인플레이션 감축법안에서 서명하고 있다.



이상민 포항공과대학교

철강에너지소재대학원 신소재공학과 교수

삼성SDI 전지사업부 수석연구원, 한국전기연구원

차세대전지연구센터장, 과기정통부 전기자동차용

리튬금속전지개발연구단 연구단장을 지냈으며,

현재 포항공대 철강에너지소재대학원

신소재공학과 부교수를 맡고 있다.

기후 문제와 환경오염 등을 해결하기 위한 친환경 기술은 전 세계 모든 산업에 걸쳐 진행 중이며, 건설 역시 예외가 아니다. 건축물을 시공·사용·폐기하는 과정에서 발생하는 탄소배출량을 줄이기 위한 ‘그린리모델링’은 도시와 환경을 지키기 위해 가장 우선시해야 할 탄소중립 기술 중 하나다.

지속 가능한 건물을 만드는 방법

기후 위기에 대응하기 위해 국제사회는 화석연료 사용 등 인간의 활동을 통해 발생하는 이산화탄소 배출량을 획기적으로 줄이거나 다른 것으로 대폭 상쇄해 순배출량을 제로로 만들어야 하는 탄소중립을 2050년까지 실현하기로 목표를 수립했다. 이미 우리나라를 비롯해 미국, 일본, 중국, 유럽연합(EU) 등이 탄소중립을 선언하고 구체적 계획을 마련해 실천하고 있다. 탄소중립은 국가적이고 도전적이며 전략적인 과제다.

노후 건축물 확산에 따른 에너지 소비량 증가

건축물을 시공·사용·폐기하는 과정에서 발생하는 탄소배출량은 우리나라 총배출량의 25% 이상을 차지하고 있다. 탄소중립을 위해 건축 부문에서는 제로에너지 건축물 보급과 그린리모델링을 통한 에너지 효율 향상, 냉난방 및 급탕 시 태양광·지열·수열 등 저탄소·청정에너지 보급 계획 등을 수립해서 시행하고 있다. 국내 건축물의 노후화는 지속적으로 증가하고 있고, 대도시뿐 아니라 지방 중소도시에서도 건축물 노후화가 확산하고 있다.

노후 건축물(10년 이상~35년 미만)의 비중은 연면적 기준 전체의 60% 이상이며, 건축물의 에너지 소비량은 지속적으로 증가하고 있다. 단열 기준 강화 이

건축물 시공·사용,
폐기 과정에서 발생하는
탄소배출량

우리나라
총배출량의

25%

— 1

열교: 실내의 온도차 발생 시 건물 외피에서 열 이동이 발생하는 부위로 상대적으로 열류량이 큰 부위에서 작은 쪽으로 발생한다. 이러한 열교는 건축물 전체의 단열 성능 저하, 에너지 손실을 증가, 열적 쾌적성 문제를 야기하며 결로 원인이 될 수 있다.

전에 지은 건축물이 다수이고, 건축물의 에너지 효율은 시간이 경과함에 따라 저하되므로 노후 건축물에 대한 성능 개선과 지속적인 운영·관리가 필요하다. 전 세계적으로 녹색건축 관련 정책이 확대되고 있는 데다 주요 선진국은 기존 건축물 리모델링 의무화 등 그린리모델링을 확산하기 위해 노력 중이다.

국토교통부는 ‘국토교통 2050 탄소중립 로드맵’(2021년 12월)을 통해 2050년까지 ‘국민의 생활 터전이 되는 모든 공간과 이동 수단의 탄소중립’을 목표로 건물, 교통, 국토와 도시 분야에서 탄소중립을 위한 여러 정책과 과제를 추진하고 있다.

기존 건물 철거 최소화하고 단열 성능 향상시키는 그린리모델링

노후 건축물 리모델링 시 기존 외벽 노후화로 인해 단열재를 바로 설치하는 것은 불가능하므로, 기존 마감 재료와 단열재 철거 후 재시공하는 경우가 많다. 이 경우 외벽 철거 시 구조적 문제로 인한 안전사고 위험 및 비용 증가, 나쁜 공기 증가, 민원 발생 등 여러 가지 문제점이 발생한다.

그린리모델링이란 결혼, 이사 등의 이유로 실내외 건축자재를 교체하는 단순 리모델링과 달리 현재 높은 수준의 건물 에너지 성능 기준을 만족하는 것과 동시



에, 쾌적하고 건강한 주거 환경을 제공하기 위해 오래된 건축물의 단열·기밀·설비 등의 성능을 개선하는 공사라고 할 수 있다. 쉽게 말해 오래된 건물을 맞춤형 새 옷으로 교체하는 공사로, 이를 통해 에너지 효율을 높이고 온실가스 배출을 낮춰 오래된 건축물의 가치를 향상시킬 수 있다. 그린리모델링에서는 단열 성능과 기밀 성능을 향상시키는 것이 가장 중요한 공정으로, 이를 위해 한국건설기술연구원에서는 일체형 모듈로 공장에서 사전 제작해 현장에서 간편하게

시공하는 공법인 '프리패브 건식 외단열 시스템'을 개발해 기존 건축물의 에너지 효율 개선 및 온실가스 배출량 감소에 기여하고자 한다. 고성능 진공 단열재를 적용해 단열 성능을 향상시키고, 일체형 모듈로 사전 제작해 안전사고 발생 원인을 최소화함으로써 현장 안전성을 확보할 수 있다. 또 기존 건물 철거 범위를 최소화해 폐기물을 줄일 수 있어 친환경 저탄소 실현이 가능한 기술이다.

프리패브 건식 외단열 시스템

기존 리모델링 공사 방식의 문제를 해결하기 위해 공장 생산 방식(프리패브 공법)을 활용하는 시스템을 개발했다. 프리패브 건식 외단열 시스템은 단열재 두께를 최소화하기 위해 진공 단열재를 적용했으며, 벽체 프레임과 단열재 및 마감 재료를 공장에서 조립하고 현장에서 모듈 설치를 통해 철거를 최소화할 수 있다. 또 외단열 벽체 모듈의 단열재 간, 모듈 간 발생하는 열교를 방지하기 위해 알루미늄 압출 형태로 부자재를 개발했다. 기존 외벽 골조 부위에 고정 철물과 수직 부재를 설치해 모듈을 조립하는 방식으로 간편하게 시공이 가능하다.

프리패브 공법은 프리패브리케이션^{pre-fabrication}의 약자로 건축 부재를 미리 공장에서 생산해 현장에서 조립·건설하는 방식이다.



개발 시스템은 타 단열재 대비 10~15배 이상 단열 성능이 우수한 진공 단열재를 사용했으며, 건물의 냉난방 저감이 가능해 CO₂ 배출을 낮추는 효과가 있다. 단열재 중심부 기준 열관류율을 계산한 결과 0.126W/m²K로 고단열성을 갖춘 것으로 분석되었다. 또 준불연재료 이상의 난연 성능 확보로 화재 안전성이 우수하며, 방수 성능이 좋은 재료를 사용하고 이음새를 치밀하게 마감했다. 시공에 필요한 현장 인력과 건설폐기물을 최소화하고, 덧시공하는 방식으로 철거 공정에서 발생하는 위험 요소를 낮출 수 있다. 마지막으로 단열재를 복합화하거나 일체화해 제

작하므로 운반하거나 시공 중 파손될 우려가 적으며, 공장에서 사전 제작한 외단열 패널을 설치하면 되므로 시공 편의성 확보가 가능하다.

프리패브 건식 외단열 시스템의 장점

- ① 단열재 두께를 최소화하기 위한 진공 단열재 적용
- ② 현장 모듈 설치를 통한 철거 최소화
- ③ 열교 방지를 위한 알루미늄 압출 형태의 부자재 개발
- ④ 간편한 시공

시흥시 군자동 행정복지센터의 그린리모델링

개발 시스템의 현장 적용성을 검증하기 위해 노후 건축물을 대상으로 에너지 효율화 그린리모델링 공사를 추진했다. 그린리모델링 공사는 준공 후 30년이 도래한 시흥시 군자동 행정복지센터를 대상으로 진행했는데, 대상 건물은 외벽, 창호, 옥상을 통한 열손실이 발생하고 기밀 성능이 취약한 상태였다. 이에 연구팀은 경제성과 에너지 효율화 측면을 고려해 군자동 행정복지센터의 그린리모델링 방향을 설정했다. 냉난방 부하 50% 감축을 목표로 현장 진단 결과를 반영해 에너지 성능과 근무 환경을 개선할 수 있는 최적의 방안을 도출했고, 실증 완료했다. 구체적으로 외벽, 창호, 옥상의 외피 단열을 강화했다.

실증지 건물을 대상으로 3D 스캔 및 도면 작업 후 현장 실측을 수행했다. 치수 오차를 확인해 외단열 모듈 제작도를 설계하고 구조 검토를 수행했으며, 열교 해석을 진행했다. 이어서 기존 외벽에 수직 부재 고정용 앵커 브라킷을 설치하고, 수직 부재를 조립·설치했다. 1층 하단 모듈부터 상단 모듈 순서로 진행했으며, 패러핏과 코너는 현장에서 설치 및 마감 처리를 완료했다. 설계가 완료된 외벽 모듈을 단열 프레임과 단열재, 마감재 등 조립 공장에서 각 모듈별로 생산·조립했다. 공장에서 모듈 제작을 완료하면 현

— 2
‘기존 건축물 그린리모델링 의무화 전략 수립 연구’, LH, 2020년 12월

장으로 이송 후 기존 벽체의 마감 재료를 부분적으로 철거해 수직 부재를 설치했다. 그리고 모듈 설치 후 공사를 진행했다. 이와 같은 과정을 거쳐 실증지 건물을 대상으로 현장 시공을 마쳤다.

그린리모델링으로 다시 태어난 건물

연구팀은 그린리모델링 전후 건물의 현장 성능 측정을 진행해 에너지 성능 개선 효과를 분석해보았다. 이를 위해 현장 기밀 성능 측정과 시뮬레이션을 통해 난방 성능, 냉난방 부하에 대한 에너지 해석을 진행했다.

현장 기밀 성능 측정은 외기와 접해 있는 개구부에 블로 팬을 설치해 임의로 실내외 기압 차를 발생시켜 침기량과 누기량을 측정하는 방법으로, 외피의 침기와 누기 부위를 찾아내 보수·개선하고 성능 검증을 통해 대류를 통한 공기 열손실을 낮추는 데 목적이 있다. 현장 기밀 성능 측정 결과, 리모델링 전에는 8.57회, 리모델링 후 2.48회로 측정되어 기밀 성능이 약 71.1% 개선되어 에너지 손실 발생 요인이 줄어들었음을 확인할 수 있었다.

또한 주요 공정을 완료한 후 건물의 실제 에너지 사용량과 요금을 리모델링 전후로 비교 분석한 결과 2020년 11월 대비 2022년 11월 에너지 사용량은 29.0%, 요금은 17.2% 절감되었고 2020년 12월 대비 2022년 12월 에너지 사용량은 17.70%, 요금은 9.6% 절감되었다. 2021년 1월 대비 2023년 1월 에너지 사용량은 29.1%, 요금은 8.2% 절감되어 그린리모델링을 통한 개선 효과를 확인할 수 있었다. 향후 지속적인 모니터링을 통해 건물의 에너지 절감 효과를 검증할 계획이다.

그린리모델링 후 군자동 행정복지센터의 온실가스 배출량 감축 효과는 연간 16.5tCO₂로 추정된다. 그리고 10~30년 경과한 공공 건축물 약 10만 동 중 에너지 성능이 취약한 3만 동에 대해 2030년까지 그린리모델링이 완료되면 약 42만6000tCO₂의 온실가스 배출량을 저감하고 약 2493GWh의 에너지를 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

그린리모델링 전후 건물 에너지 사용량 및 요금 분석 결과

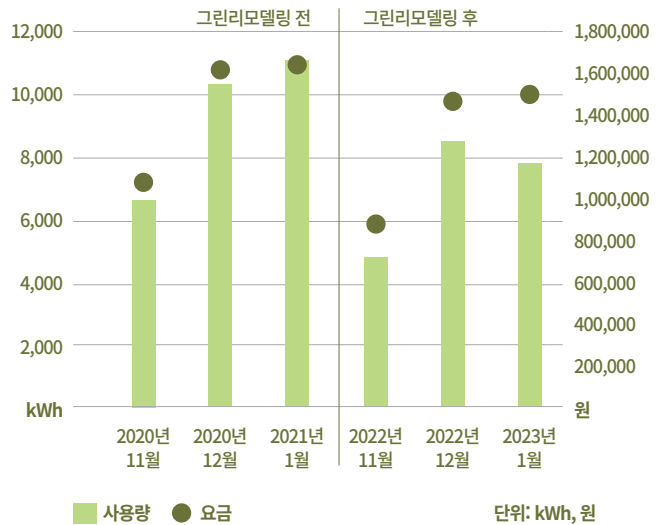


그린리모델링 전



그린리모델링 후

구분	그린리모델링 전	그린리모델링 후	개선율
기밀 성능	8.57회	2.48회	71.1%
난방 성능	26.6L/m ²	8.3L/m ²	68.8%
냉난방 부하	220.9W/m ²	83.0W/m ²	62.4%
난방 부하	180.8W/m ²	60.3W/m ²	66.6%
냉방 부하	40.1W/m ²	22.7W/m ²	43.4%



최경석 한국건설기술연구원 건축에너지연구소 소장
 한국건설기술연구원 건축에너지연구소 소장으로 과학기술연합 대학원대학교 교수, 그린스마트 미래학교 검토위원회 위원, 국가건설기준센터 건설기준위원회 위원 등을 맡고 있다.

word 구현화 <환경ESG> 기자

스코프 3는 온실가스 회계 처리 및 보고에 대한 가이드라인 'GHG 프로토콜'에 따른 탄소 산출 영역이다. 물류·출장·협력사·제품 사용에 따른 배출 등 가치사슬^{value chain} 전반에서 발생한 탄소를 가리키는 스코프 3를 줄이기 위해 택할 수 있는 저탄소 제품을 살펴본다.

스코프 3 감축 돕는

글로벌 컨설팅 기업 프라이스워터하우스쿠퍼스^{PwC} 1는 제품의 스코프 3 탄소발자국을 줄이는 네 가지 방법으로 ① 공급업체와 입찰 제안서 등 처음 계약 탈탄소화, ② 공급업체 교육을 통한 숙련도 제고, ③ 공급업체가 배출량 목표를 달성했을 때 재정적으로 보상하거나 저탄소 제품 사용, ④ 탄소 가격을 책정하고 공급업체가 넷제로 목표를 달성하지 못한 경우 수수료를 줄이고 제품에 대한 할인 제외 등을 제안한다. 이 중 가장 쉬운 방법은 공급업체가 저탄소 제품을 공급받아 제품 생산과정에서 탄소배출을 줄이는 것이다. 다양한 기업이 스코프 3를 줄이기 위해 혁신적 제품을 개발, 소비자의 선택지를 넓히고 지구를 보호하고 있다.

1. 저탄소 철강·강판 포스코, 동국제강

포스코는 지난해 11월 공개한 친환경 통합 브랜드 '그리니트^{Greenate}'의 마케팅을 본격화했다. 그리니트는 이 오토포스^{e Autopos}, 이노빌트^{Innovilt}, 그린어블^{Greenable}로 대표되는 3대 친환경 철강 브랜드 제품을 포함해 저탄소 철강 제품과 관련 기술·공정을 포괄하는 브랜드다. 포스코는 LG전자, 볼보건설기계와 함께 '매스 밸런스형 저탄소 강재 제품 공급 및 구매를 위한 업무협약 MOU'을 체결했다. 매스 밸런스형 저탄소 강재는 외부 전문 기관에서 인증받은 탄소배출 감축 실적이 반영된 제품으로, 해당 제

품을 구매한 고객사는 그에 해당하는 탄소배출량을 줄인 것으로 인정받는다. 동국제강은 한국 최초로 바이오매스를 60% 이상 사용한 친환경 컬러 강판 '럭스틸 BM-PCM'을 개발했다. 바이오매스는 재활용 가능한 식물이나 미생물 등을 열분해 발효해 만든 원료다. 석유계 원료를 대체해 탄소저감 효과를 볼 수 있어 친환경 원료로 구분된다.

2. 탄소배출 줄인 저전력 반도체 삼성전자, SK하이닉스

SK하이닉스는 올해 세계 가전 전시회^{CEES}에서 탄소배출을 획기적으로 줄인 제품을 묶어 '그린 디지털 솔루션'이라는 타이틀로 선보였다. 대표 제품이 초고성능 기업용 SSD 'PS1010 E3.5'다. PS1010은 이전 세대 대비 읽기와 쓰기 속도가 각각 최대 130%, 49% 향상됐다. 이 제품은 75% 이상 개선된 전성비(일정 전력 단위당 처리할 수 있는 초당 데이터 용량을 계산한 상대적 지표)를 갖춰 고객의 서버 운영 비용과 탄소배출량을 줄일 수 있다. 삼성전자의 최신 서버용 D램 DDR5 모델은 동작 전압이 1.2V에서 1.1V로 낮아졌고, DDR4 모델 대비 연간 약 1TWh의 전력을 줄일 수 있다. 삼성전자는 2021년 포터블 SSD T7(1TB), 마이크로SD EVO 셀렉트(128GB) 등 메모리 D램 제품 5종에 대해 영국의 인증기관 카본 트러스트로부터 탄소저감 인증을 받았다. 탄소저감 인증은 탄소발자국 인증을 받은 제품



— 1

특화된 경영자문 서비스를 제공하는 전문 컨설팅 기업으로 한국에 450여 명의 분야별 전문가를 보유하고 있으며 PwC^{Pricewaterhouse Coopers}에 속한 158개 국 23만 6,000여 명의 글로벌 전문가와 경험을 공유한다. 주요 서비스 분야는 전략^{Strategy}, 오퍼레이션^{Operation}, 테크놀로지^{Technology}, 파이낸스^{Finance}, 리스크^{Risk} 관리, 포렌식^{Forensic} 등이 있다.

다섯 가지 혁신적 제품



을 40% 낮춘다. 한화솔루션도 재활용 폴리에틸렌^{PE} 포장 백을 개발했다. 글로벌 친환경 인증기관 컨트롤유니온은 이 폴리에틸렌 소재에 국제 재생 표준 인증인 GRS를 부여했다. 한화솔루션은 여수와 울산 지역에서 출하되는 자사 포장에 재생 폴리에틸렌 소재를 사용하고, 이를 발판으로 산업용 포장 백을 대체할 예정이다.

4. 저탄소 종이 무림

무림은 제지업계 최초로 '저탄소 제품 인증'을 받고 저탄소 종이를 생산하고 있다. 한국에서 생산되는 종이 중 탄소배출량이 가장 적고 저탄소 제품 인증을 획득한 제지 회사는 무림이 유일하다. 이처럼 탄소배출량을 획기적으로 줄인 친환경 종이를 만드는 비결은 한국에서 유일하게 펄프를 생산하는 데 있다. 즉 펄프 생산과정에서 발생하는 '흑액'이라는 청정 원료를 활용해 화학연료를 쓰지 않고 공장을 가동하기 때문이다. 이를 통해 한 해에 저감하는 온실가스만 87만 톤으로, 이는 약 1억3000만 그루의 소나무를 심는 효과와 맞먹는다. 저탄소 제품 인증을 받은 무림의 친환경 종이는 아트지류(네오스타아트·네오스타스노우 화이트), 백상지류(네오스타백상·네오스타미색), MFC지류(네오스타플러스·네오스타고급교과서지) 등 총 여섯 가지 제품으로 일반 노트, 도서부터 고급 잡지, 교과서에 이르기까지 다양한 분야에서 쓰이고 있다.



혹은 그 후속 제품 생산과정에서 발생하는 탄소배출량을 실제로 감소시켰을 때 부여한다.

3. 화학적 재활용 그린 소재 SK케미칼, 한화솔루션

SK케미칼은 플라스틱의 화학적 재활용과 바이오를 활용한 소재에 초점을 맞추고 이를 신성장동력으로 삼고 있다. SK케미칼이 재생 플라스틱으로 만든 코폴리에스터 페트 소재는 탄소저감 효과를 인정받아 글로벌 안전·환경 인증기관 UL솔루션스의 '환경성적표지 최적화' 인증을 획득했다. 화학적 재활용 소재 에코트리아 CR의 평균 탄소배출량은 kg당 0.892kgCO₂ 수준으로, 생산과정에서 배출되는 이산화탄소가 일반 석유계 플라스틱 평균 배출량보다 68% 적다. SK케미칼의 에코트리온은 식물을 원료로 발효해 만든 100% 바이오 기반의 친환경 소재로, 기존 석유화학 기반 폴리올을 대체할 수 있다. 생산 전과정평가^{CA}에서 기존 석유화학 기반 폴리올 생산과정 대비 온실가스 발생

5. 탄소저감 콘크리트 GS건설, 롯데건설

GS건설의 프리캐스트 콘크리트 제조 자회사 GPC는 한국 최초로 광물 탄산화 방식의 탄소저감 콘크리트 제조 기술을 상용화했다. 콘크리트 제조 시 이산화탄소를 액상으로 주입해 시멘트, 물과 반응하게 하면서 압축 강도를 기존 콘크리트 대비 10% 이상 높인 기술이다. 콘크리트 강도가 증가하면 시멘트 사용량이 줄어 그만큼 탄소배출량이 감소한다. 롯데건설도 기존보다 탄소배출량을 90% 줄인 친환경 콘크리트를 개발하는 데 성공했다. 이산화탄소 반응 경화 시멘트는 시멘트를 굳힐 때 물 대신 이산화탄소를 쓰는 방법으로 생산하고, 이렇게 개발한 이산화탄소 반응 경화 시멘트를 원료로 블록과 벽돌 등 건축자재를 대량생산하는 시스템을 구축할 예정이다.

기업들은 어떻게 탄소를 줄일 수 있을까?

탄소감축의 첫걸음은 현재 배출하는 탄소량을 파악하는 것에서 출발한다. 얼마나 배출하는지 알아야 관리하고, 목표를 세워 양을 줄이고, 국제사회에 발표할 수 있기 때문이다. 현재 기업들은 GHG 프로토콜 GHG Protocol: 온실가스 회계 처리 및 보고 기준에서 정의된 **스코프** Scope, 유효범위 1·2·3를 사용해 탄소배출을 분류·관리하고 보고한다.



스코프 1 직접배출

스코프 1은 기업이 소유하고 관리하는 자원에서 직접 발생한 탄소를 의미한다. 즉 기업의 직접적인 활동 결과로 대기 중으로 바로 방출되는 탄소를 말한다. 직접배출 탄소는 네 가지로 분류된다. 연료와 열을 만들어내는 근원 장치인 열원 heat sources 등 고정적 연소 stationary combustion, 자동차·트럭·기차 등 기업이 소유하거나 임대한 모든 운송수단을 운용하기 위한 화석연료 연소인 이동 연소 mobile combustion, 냉장·냉방 등에서 방출되는 비산배출 fugitive emissions, 시멘트를 제조할 때 발생하는 이산화탄소와 공장의 매연, 화학물질 등 산업공정과 현장에서 제조할 때 방출되는 프로세스 배출 process emissions로 각각 나뉜다.

스코프 2 소유 자산에서의 간접배출

스코프 2는 기업에서 간접적으로 방출된 탄소를 뜻한다. 기업이 구매해 소비한 전기, 스팀, 냉방 등으로 발생해 대기 중으로 방출되는 모든 온실가스를 말한다. 대부분의 기업이 스코프 2를 감축하기 위해서는 ‘전기’가 주요 화두가 될 것이다. 사업장에서 가장 많이 사용하는 에너지원이 바로 전기이기 때문. 전기를 효율적으로 사용하거나 친환경 에너지를 통해 생산한 전기를 사용하면 탄소발자국을 줄일 수 있다.

스코프 3 소유 자산을 제외한 간접배출

스코프 3은 스코프 2를 제외한 모든 간접적인 탄소배출을 일컫는다. 기업의 가치사슬에서 발생하는 모든 탄소배출이 포함된다. 따라서 항목도 15가지로 나뉘 만큼 아주 다양하다. 크게 업스트림 upstream과 다운스트림 downstream 활동으로 나뉘 살펴볼 수 있다.

먼저 업스트림 활동은 주로 소재 생산, 공급사와의 협력 등 비교적 기업 차원에서 일어나고 관리할 수 있는 공급자 중심의 항목이다. 업무상 출장, 직원들의 출퇴근, 제조 과정에서 발생한 매립 쓰레기 및 폐수 처리, 원료·부품 등 제조와 관련된 제품의 구매, 사무용 가구, 사무실 설비와 IT 지원 등 비제조 관련 제품이 포함된다.

한편 다운스트림 활동은 소비자 중심의 항목을 일컫는다. 기업이 제조한 제품이 소비자에게 수송되고 유통되는 과정, 제품을 소비자가 사용할 때, 사용한 제품을 폐기할 때 등을 포함한다. 또 본사의 관리 아래 운영되는 프랜차이즈처럼 임대나 계약으로 맺어진 자산 및 점포 등도 해당한다.

스코프 3 중에서도 다운스트림 활동은 기업이 자사 제품의 유통부터 보관, 사용, 폐기까지 모든 수명 사이클을 포함해 탄소배출을 측정해야 하기에 더욱 어려운 문제다. 이는 보통 소비자에 따라 달라지며, 기업이 관리하기 어려운 요소들이기 때문이다.

생물다양성이 기업 변화 이끄는 다섯 가지 이유

생물다양성을 보전해야 한다는 주장은 이제 일부 환경단체만의 목소리가 아니다. 지난해 COP15에서 생물다양성 보전을 위한 국제협약이 체결됐고, 기업의 자연자본 관련 리스크를 공개하도록 하는 글로벌 표준 제정 움직임도 빨라지고 있다. 글로벌 연기금은 이미 생물다양성 훼손을 이유로 투자 회수에 나서기도 한다.

word 이승균 <환경ESG> 기자



생물다양성이 ESG(환경·사회·지배구조) 경영의 핵심 주제로 부상하고 있다. 미국과 유럽 등 주요 국가의 생물다양성 정책이 빠르게 강화되고 있기 때문이다. 지난해 12월 캐나다 몬트리올에서 열린 제15차 유엔 생물다양성협약 당사국총회^{COP15} 협약 내용이 이를 잘 보여준다. 총회 참석자들은 열띤 토론 끝에 쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크^{GBF}를 최종 채택했다. 2030년까지 육상과 해양 면적의 최소 30%를 보호구역으로 보존·관리하고 생물다양성에 유해한 5000억 달러(약 659조 원) 규모의 각 국가보조금을 철회하기로 한 것이다.

생물다양성 보전을 위해 매년 2000억 달러(약 263조 원)를 조성해 투입하고 개발도상국에 매년 200억~300억 달러를 지원하는데, 이로 인한 산업 전반의 구조적 변화가 예상된다. 기업의 책임성도 강화됐다. GBF는 기업이 공급사슬에서 자연 의존 정도와 영향, 리스크를 평가한 정보를 공개하도록 권고한다. 이번 총회에서는 권고에 그쳤지만, 추후 의무화될 가능성이 높다는 분석이다. 2023년 생물다양성이 ESG 경영 핵심 테마로 부상한 배경이다.

**쿤밍·몬트리올
글로벌 생물다양성 프레임워크
최종 채택안 주요 내용**

1
**2030년까지 육상과 해양 면적의
최소 30%를 보호구역으로 보존
관리**

2
**생물다양성에 유해한 5000억 달러
규모의 각 국가 보조금 철폐**

3
**매년 2000억 달러 조성해
생물다양성 보전 조성**

1
바이든의 빅스텝, 녹색 통계

미국은 생물다양성을 국가 회계에 포함하기로 했다. 지난 1월 19일 미 행정부는 ‘국가 대차대조표에 자연을 담는 국가 전략’을 전격 발표했다. 자연의 기회비용을 따져 국가 회계를 산출한다는 계획이다. 백악관 과학기술정책실^{OSTP}, 예산관리실^{OMB}, 미 상무부가 공동으로 낸 발표문에는 국내총생산^{GDP} 등 국가 단위 통계에 자연자본을 통합하는 내용이 담겨 있다. 자연 영향을 고려한 정책 판단을 내리겠다는 취지다. 현재 각 주정부로부터 의견을 수렴 중이다. 유럽은 한발 앞서 2021년 3월 환경경제 회계 시스템^{System of Environmental Economic Accounting}을 채택했다. 생태계 측정, 자연자본 변화 추적을 통해 경제와 자연을 통합하는 포괄적 프레임워크다. 이 회계 시스템은 이미 세계 92개국(2022년 기준)에서 시범적으로 사용되고 있다. 미국과 유럽의 이러한 정책 강화는 생물다양성을 기업과 금융 활동의 중심 무대로 옮겨놓을 것으로 보인다.

2
급등하는 ‘자연자본’ 가격

자연자본을 기반으로 하는 공급망의 가격 변동성도 요동치고 있다. 삼림·어업 분야 일부 기업은 1차 상품의 가격 급등으로 타격을 받고 있다. 러시아·우크라이나 전쟁 등 지정학적 리스크뿐 아니라 생물다양성 위기가 공급망 안보의 주요 변수로 작용하고 있다. 자연자본의 가치를 드러내는 1차 상품 지수는 이러한 공급망 변동성을 그대로 드러낸다. 설탕, 콩, 소맥, 옥수수, 면화 등 12개 품목이 포함된 다우존스 상품 가격 지수^{DJCI}는 지난 1월 30일 기준 1041.74P로, 2019년과 비교해 61.3% 상승했다.

삼림 가격의 변동성도 크다. 미국 노동통계국에 따르면 2022년 목재 및 목공품의 생산자물가지수^{WPU081}는 342.67P로, 2019년 대비 62.8% 급등했다. 러·우 전쟁으로 인한 기저효과를 제거하면 통계 산출 이후 최고점에 도달했다. 생물다양성 위기는 지속적으로 공급망 불안정성을 야기할 것으로 보인다. 생물다양성 보전에는 돈이 들기 때문이다. 유엔환경계획 세계 보존 모니터링 센터^{UNEP-WCMC}는 2019년 자체 조사를 통해 지속 가능한 농업·어업 방식을 유지하기 위한 정책이 상품 가격의 지속적 상승 요인으로 작용한다고 분석했다.

3
좁혀지는 비즈니스 영역, 확대되는 책임

지난해 COP15에서 2030년까지 육상과 해양의 최소 30%를 보호지역으로 설정하는 ‘30 by 30’ 목표가 채택됐다. 생물다양성 보전을 위한 최소한의 조치라는 것이 전문가들의 공통 의견이다. 보전지역을 향후 50%까지 확대해야 한다는 주장도 나온다. 전 세계 면적의 절반 가까이 그린벨트로 묶어야 한다는 것이다. 우선 미국은 30% 보전 목표를 향해 빠르게 나아가고 있다. 미국은 지난 총회에서 30 by 30 목표가 포함된 국제협약에 서명하진 않았지만, 조 바이든 대통령은 이미 2021년부터 아메리카 더 뷰티풀^{America the}

목재 및 목공품 생산물가지수

2022년
362.67%

2019년 대비
62.8% 급등

Beautiful 이니셔티브를 바탕으로 국토 보존을 위해 자체적으로 대대적인 예산을 투입하고 있다. 블룸버그에 따르면, 바이든 대통령이 국토와 해양 30%를 보호하기 위해 내무부와 농무부를 통해 지난 2년간 투입한 자금은 137억 달러(약 18조 원)로 역대 대통령 중 가장 큰 규모다. 보호지역 확대로 비즈니스의 영역은 좁혀지는 반면, 기업의 책임은 더욱 강화되고 있다. 로이터에 따르면, 미국은 인권침해나 부패에 가담한 기업에 경제 제재를 가하는 ‘마그니츠키법’을 생물다양성 등 환경 분야에 활용하는 방안을 검토 중이다. 남미 아마존 지역에 급증하는 산림벌채의 배후에 있는 환경 범죄자들을 단속하기 위한 노력의 일환이다. 미국이 외교적 마찰을 야기할 수 있는 이러한 법안 활용을 검토하는 것은 생물다양성과 지구온난화 대처에 정책적 우선순위를 두기 때문이라는 해석이다.

기후에 선 사업, 설득하거나 철회하거나

4

생물다양성을 둘러싼 갈등도 심화하고 있다. 이에 따라 에너지, 발전 등 다양한 분야 기업이 생물다양성 리스크를 미리 방지하는 쪽으로 의사결정을 내리고 있다. 특히 금융권이 생물다양성 보존에 적극적으로 나서고 있다. JP모건은 지난 2021년 아마존 산림 파괴와 연결된 기업에 대한 투자를 중단하기로 했다. 프랑스 에너지 회사 엔지도 비슷한 시기 아마존 우림 지역에 건설 예정인 수력발전소 프로젝트를 포기했다. 생물다양성 보호와 지역 주민의 인권을 보호하기 위해서다. 골드먼삭스는 최근 지속 가능한 투자를 위한 새로운 정책을 발표했다. 투자 기업은 지속가능성과 기후변화, 생물다양성, 인권 등에 대한 자세한 보고를 제출해야 한다. 골드먼삭스는 이러한 리스크를 사전에 검토해 투자와 투자 회수 결정을 내리기로 했



COP15에서 마르코 람베르티니 WWF 사무총장이 연설을 하고 있다.

다. 국내에서는 호주 에너지 기업 산토스와 공동으로 4조7000억 원 규모의 바로사 가스전을 개발 중인 SK E&S가 생물다양성 훼손, 그린워싱 논란으로 지역 토착민과 갈등을 빚고 있다. 이 밖에도 노르웨이 국부펀드 등이 생물다양성 훼손을 이유로 포스코 인터내셔널 등 국내 기업에 대한 투자 회수에 나서 생물다양성이 커다란 경영 리스크로 빠르게 부상하고 있다.

자연자본 평가 가속화

5

금융과 생물다양성의 연결고리는 더욱 공고해지고 있다. 금융권은 기업의 생물다양성 리스크를 평가하기 위해 글로벌 차원의 정보 공시 프레임워크 개발과 각종 이니셔티브 활동을 주도하고 있다. 월 스트리트는 생물다양성 보존을 위한 외채 상계 제도인 환경 스와프(개도국의 대외 채무를 선진국 또는 국제기구가 변제해주는 대신 해당 개도국은 변제된 채무액만큼 자연 보호에 투자), 생물다양성 크레딧, 자연자본 기금 등에 관심을 보이고 있다. 국제지속가능성기준위원회^{ISSB}는 기후 관련 공시^{IFRS S2}에 이어 생물다양성 분야의 표준 공시안 마련을 검토 중인 것으로 알려졌다. 글로벌 리포팅 이니셔티브^{GRI}도 생물다양성 공시 표준 업데이트를 위해 공개 의견 수렴을 진행하고 있다.



COP15에서 기자회견을 하고 있는 생태학자 키나 머피 박사

수출위험
내려가고



국제안보는
올라갑니다

튼튼한 무역안보 파트너, 전략물자관리원

우리 회사의 수출품목이 전략물자인지 판단하기가 쉽지 않아요.
이럴 때 필요한 건 정확하고 신속한 판정!

전략물자관리원은 15년간의 경험을 가지고
전략물자에 대한 판정 제도나 컨설팅,
교육까지 안전하게 관리해주어
기업의 무역안보를 확실하게 책임집니다.

전략물자관리원은 기업의 안전한 무역을 증진하고 전략물자 수출관리를 지원하기 위해
2007년에 설립된 산업통상자원부 산하 전략물자 수출통제 전문기관입니다



전략물자관리원 홈페이지
www.kosti.or.kr



수출품목에 대한
전문판정



자율준수체제를
위한 지원



전략물자관리시스템
YESTRADE 운영
www.yestrade.go.kr



전략물자
교육&홍보



중소기업
무료컨설팅 서비스
무역안보 파트너스



최신동향
조사연구



러시아·이란·북한 등
제재 대응 지원

과학기술 혁신 글로벌 전략을 선도하는 프런티어

과학기술 혁신 시대를 맞아 과학기술정책연구원^{STEPI} 글로벌본부는 과학기술 정책을 기반으로 한국의 글로벌 중추 국가 도약을 지원한다. 글로벌 사회의 지속 가능한 발전에 기여하는 진정한 프런티어라고 할 수 있다.

우리는 지금 과학과 기술, 혁신 시대에 살고 있다. 과학이 자연의 이치를 밝히는 학문이라면, 기술은 과학으로 밝힌 지식과 사실을 이용해 인간에게 유용한 제품과 서비스를 만드는 데 활용된다. 혁신은 이 모든 과정에서 새로운 지식을 만들어내고, 기존 것을 더 좋게 개선하는 일련의 과정을 의미한다. 과학기술 혁신^{Science, Technology, Innovation, STI}은 하나의 고유명사처럼 경제·사회·외교·문화 등 거의 모든 영역에 활용되고 있다.

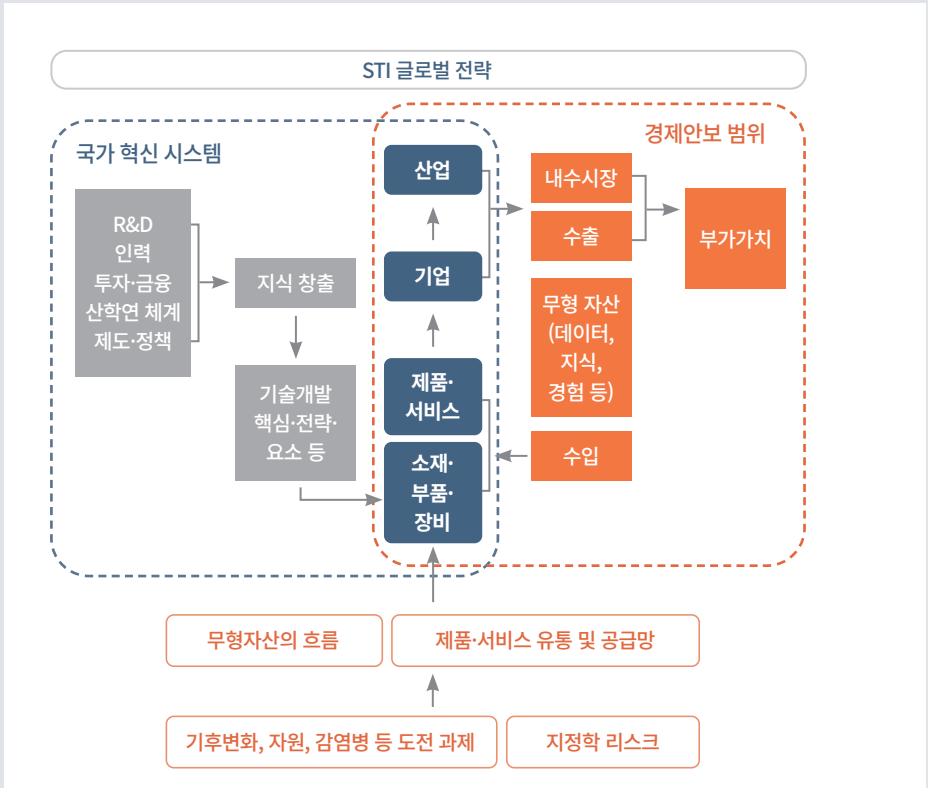
특히 기후변화, 감염병과 같은 글로벌 도전과제 리스크가 커지고, 반도체, 인공지능 등 첨단기술의 영향력이 증대되면서 과학기술은 국가 경제발전의 수단을 넘어서 국가안보에 중대하게 영향을 미치는 요인이 되었다. 세계 주요 국가들은 국가정책을 수립하고 추진하는데 있어서 과학기술혁신을 그 중심에 놓고 바라보기 시작했다.

경제안보 고려한 국가 혁신 시스템 설계 요구
전통적으로 국가 혁신 시스템은 혁신 주체의 연구개발

활동 등을 통해 지식과 기술을 창출하고 국가경쟁력을 높이는 제도와 네트워크 등을 포괄하는 것으로 인식되었다. 하지만 최근에는 많은 국가에서 전략 기술을 개발 또는 확보해 이를 경제발전과 연결하는 정책적 노력이 강화되고 있다. 경제와 안보를 연결하고, 과학기술 혁신을 그 연결 고리로 인식하기 시작한 것이다. 즉 기술의 경제에 대한 영향 또는 상호 연관성이 커지면서 경제 안보를 국가 어젠다로 다루는데, 혁신 시스템과 경제 안보 사이의 연계 범위가 넓어지고 수준 또한 깊어지고 있다. 이제는 경제 안보를 고려한 국가 혁신 시스템 설계가 요구되며, 글로벌 이슈와 리스크의 국내 영향이 중요한 외부 요인으로 작용하면서 글로벌 관점의 혁신 전략 수립이 요구된다.

글로벌 관점으로 과학기술 혁신을 연구하다

과학기술정책연구원^{STEPI}은 과학기술과 경제사회 간 상호작용과 이슈에 대한 연구를 통해 국가 혁신 정책을 수립하고 추진하는 것을 지원하는 국책 연구 기관이다. STEPI 글로벌혁신전략연구본부(이하 글로벌본부)는 과학기술 혁신을 글로벌 관점으로 확대해 정책연구와 사업을 수행하는 국내 유일의 연구 조직이다. 앞서 말했듯이, 우리나라는 STI 기반의 글로벌 혁신 전략을 수립하고 활용해야 하는 시점을 맞이했다. 각국의 경제와 사회가 지속 가능한 방식으로 발전하고, 기후 환경 관련 리스크를 줄이기 위해 국가 내 STI 전략, 국가 간 STI 협력이 요구된다. 빠르게 변화하는 글로벌 사회에 대응하기 위해 STI 기반 글로벌 전략을 세 가지 측면에서 고려해 수립해야 한다.



STI
글로벌 전략의
개념과 범위

첫째, 우리나라의 포지션을 지정학적 관점, 기술혁신 관점에서 정확하게 진단하고 이해해야 한다.

둘째, 우리나라와 관련이 있거나 상호 영향을 주고받는 국가의 STI 글로벌 정책과 전략을 분석하고 상호 연관관계를 파악해야 한다.

셋째, 우리나라의 상대적 이익을 확보하기 위한 수단을 개발하고 추진해야 한다.

예를 들어 STI 다자 플랫폼을 활용한 과학기술 혁신 다자 외교 수행, 양자 간 상호 필요에 기반한 STI 협력 수행, 한국 STI 정책 및 발전 목표와 연계한 전략적 ODA 수행 등이 포함될 수 있다. STEPI 글로벌본부는 이 같은 사항을 주요 미션으로 설정하고 정책연구, 개발 협력, 국제기구 사업 등을 체계적으로 수행하고 있다.

STEPI 글로벌본부는 과학기술외교안보연구단과 지속가능혁신정책연구단으로 구성되어 있다. 과학기술외교안보연구단은 과학기술 혁신과 관련한 주요 이슈, 글로벌 사회에서 우리나라가 추진할 경쟁과 협력 전략을 연구하고 있다. 미국·중국·유럽 등 주요 국가는 전략 기술을 확보하기 위한 경쟁과 협력을 모색하는 가운데, 이 국가들의 전략과 정책을 파악하고 우리나라의 대응 전략을 연구하고 있

다. 필요한 경우 주요 국가와의 STI 협력을 위한 공동 연구와 호라이즌 유럽 같은 공동 프로젝트에 참여하기도 한다. 또 글로벌 사회에서 활발히 논의되는 연구 안보, 연구 진실성, 오픈 사이언스 등 연구개발과 관련한 주요 이슈에 대한 동향을 파악하고 우리나라 정부에 대한 정책적 시사점을 제공한다.

정책연구, 개발 협력사업 그리고 지역 협의체와 협력사업

지속가능혁신정책연구단은 글로벌 사회의 지속 가능 발전을 위해 필요한 과학기술 혁신 방안을 연구한다. 유엔에서 정한 지속 가능 발전 목표^{UN SDGs}를 달성하기 위해 과학기술 혁신 방안을 제시하고, 목표 달성을 촉진하기 위한 협력 방안을 수립한다. 글로벌 사회가 도전 과제로 함께 인식하고, 기후변화에 대응하며, 탄소중립을 실현하기 위한 혁신 방안과 글로벌 협력 전략도 주요 연구 분야다. 지속가능혁신정책연구단은 오래전부터 개도국과 과학기술 협력을 강화하고, 실제로 현장에서 실행해왔다. 과거 선진국의 원조를 받은 한국이 경제성장을 이루고, 이제는 다른



국가에 도움을 주고 있는 것이다. 개도국들은 과학기술과 혁신에 기반해 한국이 빠르게 성장해온 배경과 동인을 이해하고, 자국의 발전에 적용하기 위해 한국과의 협력을 강하게 요구하고 있다. 그 결과 STEPI 글로벌분부는 우리나라가 이룩한 혁신에 대한 경험과 지식을 공유해 개도국의 지속 가능한 발전과 혁신에 필요한 정책을 개발하고, 그들의 역량을 강화하기 위한 K-이노베이션 파트너스 프로그램을 개발해 10년 전부터 정책 컨설팅 사업을 실시해왔다.

STEPI 글로벌분부는 정책연구와 개발 협력사업뿐 아니라 국제기구 및 지역 협의체와 협력사업을 활발히 펼치고 있다. 과학기술 정책을 주요 의제로 논의하는 다자 기구에서 정부의 의제 대응과 네트워킹 활동을 지원하거나 STEPI 소속 연구자들이 과학기술 정책 전문가로 활약하고 있다. 한국이 회원으로 참여하는 다자 기구에서는 과학기술정보통신부가 정부를 대표하는 부처로 참여하고, STEPI 글로벌본부에서 부처를 지원하는 역할을 하고 있다. 1990년대부터 STEPI 연구자들이 국제기구 활동을 시작한 이래 현재까지 30여 년 동안 귀중한 지식, 경험, 네트워크 등을 구축해왔다.

다자 기구 활동의 세 가지 유형

글로벌분부의 과학기술 정책 분야 다자 기구 활동은 크게 세 가지 유형으로 구분한다.

첫째, 선진국 중심의 다자 기구에서의 활동이다.

대표적 기구인 OECD에서 과학기술 정책을 논의하는 과학기술정책위원회^{CSTP}가 있고, G20의 연구혁신장관회의^{RIIG}도 최근 활발히 활동하고 있다. OECD CSTP와 G20 RIIG에서는 선진국 또는 경제 규모가 큰 국가를 중심으로 글로벌 사회가 직면한 여러 도전 과제에 대응하기 위한 과학기술 정책 수립과 협력 방안을 논의·주도하고 있다.

둘째, 아시아태평양 지역을 중심으로 형성된 지역 협의체 또는 다자 기구에서의 활동이다.

아시아태평양경제협력체^{APEC}의 과학기술혁신정책파트너십^{PPSTI}이 가장 대표적이며, 아세안^{ASEAN}과의 과학기술 협력 사업도 중요한 활동 중 하나다. 또 유엔 아시아태평양경제사회위원회^{UN ESCAP}에서의 과학기술 정책 논의도 매우 활발하다. STEPI 전문가들이 이 같은 다자 협의체에 직접 참여해 과학기술 정책 의제를 분석하고, 이에 대한 한국의 입장과 전략을 수립하고 있다. STEPI는 APEC를 무대로 STEPI가 직접 기획하고 운영하는 정책 세미나를 매년 개최해 회원국의 과학

기술 역량을 증진시키고 상호 협력 네트워크를 강화하는 데 기여하고 있다. 또 아세안과의 과학기술 협력을 추진하면서 최근 아세안 출신의 젊은 과학자를 발굴해 시상하는 제도를 운영, 아세안 국가와의 관계를 굳건히 하고 상호 과학기술 발전에 이바지하고 있다. STEPI 연구자들은 다자 기구에서 매년 두세 차례 열리는 정기총회에 참석해 의제에 대한 한국 입장과 전문가적 의견을 발언하고 주요 의제를 한국 전문가 그룹에 소개, 공유하고 있다. 또 이러한 다자 기구의 주요 논의 사항을 브리프, 쇼트 페이퍼 같은 형식으로 발간한다. 실제로 글로벌본부에 속한 연구위원들은 OECD CSTP 의장, OECD 글로벌과학포럼^{GSF} 부의장, APEC PPSTI 부의장 같은 의장단 역할을 수행하면서 과학기술 외교 최전선에서 활약하고 있다.

셋째, 유엔 기구에서의 활동이다.

세계에서 가장 큰 다자 기구인 유엔은 산하 기구별로 다양한 주제와 영역에서 과학기술 정책을 다루고 있다.

유엔 개발 프로그램^{UNDP}, 유네스코^{UNESCO}, 유엔 산업 개발 기구^{UNIDO}, 기후 기술 협력 네트워크^{CTCN} 등 유엔 기구와 STEPI 글로벌본부는 직접 공동연구, 협력사업을 펼치고 있다. 유엔과 STEPI가 함께 개도국 현장에서 물-에너지-식량, 산업 혁신, 기후 등 관련 이슈를 파악하고 과학기술 기반의 정책적·기술적 해법을 제시한다. 이론적 연구뿐 아니라 실제 현장에서 주민, 정책입안자, 기업인과 소통하며 활동하는 것이다.

이제 과학기술 발전과 혁신, 이를 통한 지속 가능한 발전은 한 국가만의 노력으로 성과를 만들어내기 어려운 시대다. 경제·사회·환경 등 모든 영역이 복잡하게 얽혀 있고, 상호 영향을 주고받을 뿐 아니라 한 국가에서의 정책과 전략이 다른 국가, 다른 지역의 정책에 직접적·간접적으로 연결되어 있다. 단순하고 일차원적인 시각과 분석 역량으로는 제대로 대응하기 어렵다. 복잡하고 다차원적인 동시에 글로벌 지식 네트워크를 구축해 세계를 바라봐야 한다.

**STEPI 글로벌본부
다자 기구 활동의 세 가지 유형**

- 1**
선진국 중심의 다자 기구에서의 활동
- 2**
아시아태평양 지역을 중심으로 형성된 지역 협의체 또는 다자 기구에서의 활동
- 3**
유엔 기구에서의 활동



박환일 과학기술정책연구원^{STEPI} 글로벌혁신전략연구본부 본부장

고려대학교를 졸업하고 미국 위스콘신 주립대에서 농업경제학 석박사를 취득한 이후 삼성경제연구소, 녹색기술센터에서 경제, 기후변화, 자원 간 다이내믹스 연구를 수행해왔다. 현재는 과학기술정책연구원 글로벌혁신전략연구본부를 총괄하면서 과학기술외교, 지속가능발전을 위한 혁신, 과학기술 글로벌전략 등 영역의 연구와 사업을 수행하고 있다.

성균관대학교 이경형

OLED 소자의 내구성을 높여라!

기자가 어린 시절인 1990년대에 보던 컬러 TV는 산 지 몇 년 지나지도 않아 화면이 누렇게 변해버리고 말았다. 처음 당한 일이었고, 그 원인을 몰랐다. 하지만 나중에 알고 보니, 화면의 유기물이 일찌감치 수명을 다한 것이었다. 그때와는 비교도 할 수 없을 만치 많은 디스플레이가 돌아다니고 있는 2020년대, 디스플레이의 수명과 내구성을 높이기 위한 연구로 원익상을 수상한 연구자를 만나보았다.

word 이동훈 photo 서범세

성균관대학교 화학공학과 석·박사 통합 과정을 밟고 있는 이경형 씨. 그는 현재 동 대학 화학공학/고분자공학부 이준엽 교수의 유기 전자 재료^{OEL} 연구실에서 유기발광다이오드^{organic light emitting diode, OLED} 소자를 개발하고 있다. 그는 고효율 및 장수명 청색 OLED를 개발해 이를 2021년 3월 <네이처 포토닉스^{Nature Photonics}>에 발표(논문명 ‘High-efficiency, long-lifetime deep-blue organic light-emitting diodes’)하고, 이 연구로 지난해 원익상 연구 분야 우수상을 수상했다.

해당 기술은 OLED에서 가장 큰 문제인 청색 발광에 사용되는 유기물의 내구성을 높이기 위해 개발되었다. OLED는 빛의 혼합에 의해 색을 구현하는데, 일반적으로 빨강·초록·파랑^{R·G·B} 삼색광을 적절히 혼합한다. 따라서 휴대전화나 TV 같은 기기에는 R·G·B 빛을 내는 부분이 구분되어 들어가 있다. OLED는 유기물의 발광을 사용해 삼색광을 표현하는데, 이 세 가지 빛을 나타내는 유기물 중 한 가지라도 문제가 생기면 색의 혼합 균형이 무너져 화면 색이 변하게 된다. 앞서서도 말했듯이 디스플레이의 색상이 누렇게나 검게 변할 수 있다는 것이다. 그중에서 특히 파

장이 짧아 에너지가 높은 청색이 유기물 내구성 문제가 많이 발생하므로, 청색 유기물의 내구성을 높일 수 있는 메커니즘을 개발했다.

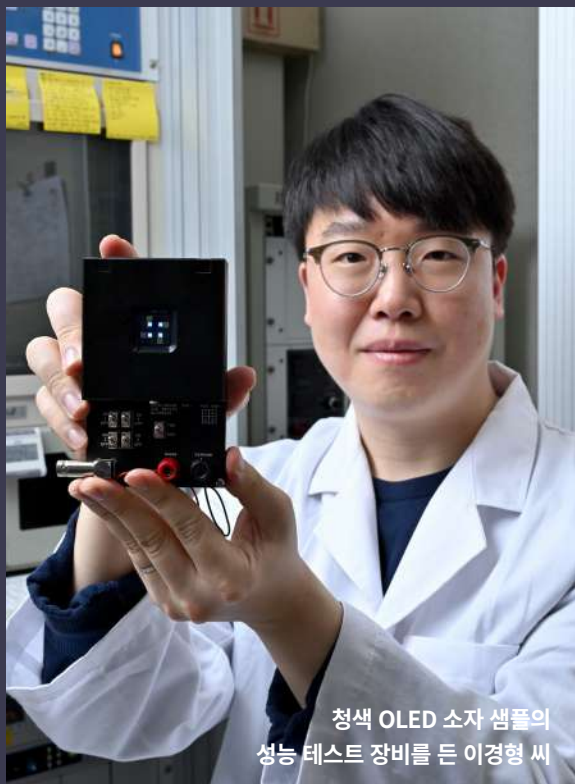
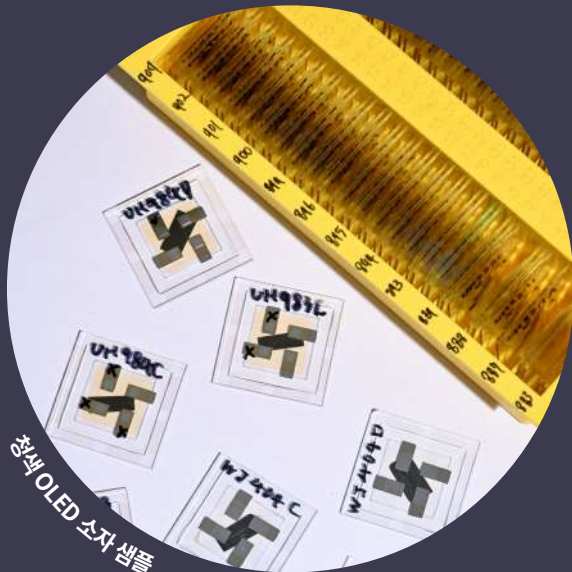
새로운 메커니즘으로 청색 유기물의 내구성 향상

이 기술은 3성분계 소자로 삼중항 여기자를 안정화하는 Triplet-Exciton-Distributed(TED, 삼중항 여기자 분포)-Thermally Activated Delayed Fluorescence(TADF, 열활성화 지연 형광) 메커니즘을 사용했다. 이는 기존의 에너지 전이를 위한 발광층 소재 구성과는 다른 것으로, 세계 최초로 진청색 소자에서 청색 변환 효율 400cd/A 이상의 고효율 및 장수명을 동시에 달성했다. 즉 OLED의 유기물을 가장 크게 열화시키는 삼중항 여기자를 안정화하기 위해 TED라는 새로운 메커니즘을 개발한 연구다.

이번 연구에서의 문제점은 ‘청색 발광에 사용되는 유기물 내구

성이었다. 문제를 해결하는 과정에서 수많은 장벽에 가로막히게 되는데, 보통 실험 결과가 예상과 다른 경우다. 연구 방향이 틀렸거나 규명되지 않은 새로운 현상이 추가적으로 작용하기 때문이다. 이것을 개선하기 위해 수많은 논의를 통해 해결할 수 있는 새로운 현상에 대한 메커니즘을 규명했고, 이를 실험적 방법을 통해 증명했다.

해당 기술의 연구개발은 현재 OLED 문제인 청색 장수명 실현에 대한 새로운 접근법을 제시했고, 다른 연구팀에도 새로운 통찰력을 제시했다. 이 연구에서 더 발전된 다수의 연구 결과가 속속 발표되



고 있다. 이 연구도 다른 연구에서 많이 인용되고 있다.

이 연구는 메커니즘적 관점만으로 보면 실제 산업에 충분히 활용될 수 있다. 그러나 선택할 수 있는 유기물 소재의 폭이 좁다는 한계 때문에 아직 실제 산업에 적용하기는 어렵다. 만약 충분한 물성을 지닌 유기물 소재가 개발된다면 우리가 사용하고 있는 휴대전화, TV 등 디스플레이를 사용하는 모든 분야에 적용할 수 있을 것이라고 전망한다.

그는 원익상 수상이 이준엽 지도교수의 세심한 지도와 OEL 랩실 선배들의 도움 덕택이라고 말한다. 모두에게 감사하며, 졸업 이후에도 원익상에 부끄럽지 않은 사람이 되도록 더욱 노력하겠다는 포부를 밝혔다.

롤 모델과 협업이야말로 목표 달성의 지름길

그는 이외에도 BK21 우수 참여 인력으로 부총리 표창 수상, SCI급 논문 주 저자 19편 등 총 76편 게재, 제19·20·21회 UDC 어워즈 유기전자 분야 UDC혁신연구상 및 첨단기술상 수상 등 많은 성과를 올렸다. 그는 OEL 연구실에 들어갈 때부터 OLED 전문가가 될 각오를 다졌고, 열심히 연구했다. 이준엽 지도교수도 연구 중 궁금한 점이나 힘든 일이 있을 때마다 항상 세심히 알려주고 격려하고 지지 해주었다. 그 덕분에 열정을 잃지 않고 끈기 있게 연구를 할 수 있었고, 외부와 협업을 통해 다양한 결과를 도출해낸 것도 이러한 성과의 밑바탕이 되었다고 덧붙인다.

졸업을 앞둔 그는 남은 재학 기간 중 현재 진행하고 있는 연구를 마무리하고 싶다고 말한다. 졸업 후에는 삼성디스플레이에 입사할 계획이다. 어떤 기기든 매우 다양한 구성품이 뒷받침해야 OLED가 작동한다. 그는 삼성디스플레이에서 각 분야의 정점에 달한 전문가들과 협업해 걸작품으로 불릴 전자기기 탄생에 기여할 생각이다. 그는 후배들에게 롤 모델을 정하라고 조언했다. 그도 이준엽 지도교수의 연구 방법, 생각의 알고리즘을 배우고자 한다. 주위의 좋은 스승 또는 존경스러운 사람들을 롤 모델을 삼아 정진한다면 분명히 좋은 성과가 있을 것이라는 게 그의 지론이다.

지식은 다양한 분야의 융합으로 이루어져 있기 때문이다. 따라서 협업해야 문제를 해결할 수 있다. 그는 자신의 실험 내용도 여러 사람과 공유하면서 연구의 질을 높이고 있다. 앞으로도 협업을 통해 열린 사고방식을 유지하고 발전하는 사람이 되는 것이 그의 소망이다.



융합적으로 사고하는 환경 전문가

법무법인 화우 김도형 전문위원

word 이동훈 photo 이승재

명실공히 직업도 융합의 시대다. 한 가지만 알 때보다 여러 가지를 알고 다양한 시각에서 접근하는 사람이 더 각광받는다. 세상의 문제는 지극히 다양한 측면을 지니고 있기 때문이다. 인류가 직면한 환경문제 역시 그러하다. 특히 기업은 환경보호와 이윤 추구라는 두 마리 토끼를 동시에 잡아야 한다. 그런 현실에 도움을 줄 수 있는 전문가를 소개한다.

사실 김도형 전문위원의 직종을 한두 마디로 소개하기는 좀 어렵다. 물론 직업을 가리키는 명사(요리사, 운전사 등)는 많이 있다. 하지만 김 전문위원의 직종은 일반에 잘 알려진 명사 중에는 없다. 일단 그는 스스로를 ‘환경 전문가’라는 타이틀로 소개한다.

사람들의 삶 위협하는 환경문제 해결하고파

그는 무엇 때문에 환경 전문가가 된 것일까? 세계적으로 기술개발과 경제가 성장함에 따라 환경오염 문제가 대두되었다. 물론 서구 선진국에서는 더 먼저 발생했다. 미국의 러브 커널 사건(1940~1950년대 후커 화학공업사가 러브 커널에 화학 폐기물 2만 톤을 무단 투기, 이후 해당 지역에 유산과 기형아 발생률이 급증한 사건), 줄리아 로버츠 주연의 영화 <에린 브로코비치>로도 극화되어 유명해진 1992년 PG&E사 크롬 투기 사건 등이 대표적이다. 우리나라에서도 1960년대 이후 근대화를 급속히 추진하면서 여러 환경문제가 빈발했다. 1991년에는 낙동강 페놀 사건도 발생했다. 이러한 사건들을 접하면서 그는 환경 분야에 큰 관심을 갖게 되었다.

문제는 환경 분야는 매우 전문적이고 기술적인 영역이라는 점이다. 기술·산업은 물론 법과 제도에 대해서도 폭넓게 이해해야 환경문제를 풀 수 있다. 환경공학 박사로서 환경 분야 업무를 수행하는 과정에서 이러한 사실을 깨달은 그는 환경법까지 공부하게 된 것이다.

환경 분야의 전문 컨설턴트

김 전문위원은 자신의 직종이 컨설턴트와 유사하다고 밝힌다. 최근 기후변화가 세계적 문제로 부각되면서 환경 분야에 대한 관심이 높아지고 있을 뿐 아니라, 급변하는 사회 속에서 환경·건설, 정보통신 등 산업 분야는 점점 더 고도의 기술을 요하고 복잡해지고 있다. 이러한 배경하에 기업과 연구소뿐 아니라 법무법인, 회계법인, 컨설팅 회사 등에서도 환경 분야에 관한 전문성을 갖고 컨설팅이 가능한 환경 전문가가 필요한 것이다.

그가 몸담고 있는 법무법인 화우 역시 환경오염 문제와 관련한 풍부한 자문 경험 및 정책·제도, 기술·산업에 대한 이해를 기반으로 환경규제에 직면한 기업들이 겪는 문제를 파악하고 선제적으로 대응할 수 있도록 하기 위해 환경규제대응센터를 창립했다. 환경센터는 환경 관련 법령 전 영역에 대한 자문, M&A 실사 등을 포함한 맞춤형 법률 자문을 해주고, 행정심판·소송, 민형사소송 등 전 주기적 법률 서비스를 제공함으로써 환경 분야 관련 법률 리스크를 신속하게 해결한다.

그는 환경센터에서 환경과 법에 대한 융합 지식을 바탕으로 환경, ESG 등 관련 분야의 법률적·기술적 문제를 해결하는 업무를 수행 중이다. 센터에 배치된 환경 전문 변호사(환경규제, 건설 환경, 환경 형사 등)와 전문가, 유관 기관에서 다양한 실무 경험을 쌓은 전문 인력과 함께 양질의 법률 서비스를 제공하고 있다.

김도형
전문위원은
누구



2013년 금오공과대학교에서 공학박사(환경공학 전공), 2019년 한양대학교에서 법학 박사(환경법 전공)를 취득했다. 공학 박사 취득 후 국립환경과학원, 군 환경연구센터, 한국환경산업기술원 등 환경 관련 유관 기관에서 환경부 정책, R&D 사업 등 다양한 업무를 경험했다. 법학 박사 취득 후에는 법무법인 울촌의 환경에너지팀 및 ESG연구소 전문위원으로서 환경 실사 등 관련 업무를 3년간 수행했다. 현재는 법무법인 화우의 환경규제대응센터 센터장으로 근무하면서 환경법과 ESG(환경·사회·지배구조) 관련 자문, 컨설팅 등 환경 관련 업무를 수행하고 있다. 아울러 환경 분야에 대한 전문성을 기반으로 국제ESG협회, 한국비교공법학회, 서울시 물산업육성자문단, (사)대한환경공학회, 한국지하수토양환경학회, 과학기술정보통신부 기술 수준 평가 전문가 등 다양한 대외 활동을 병행하고 있다.

규제 일변도의 마인드에서 벗어나 기술개발 통해 선도적으로 대처해야

그가 바라본 기술과 환경 간 주요 법적 문제는 어떤 것일까. 전통적으로 환경정책은 환경보전을 목적으로 하는 규제의 영역이다. 따라서 정책·제도와 기술·산업 사이에 밀접한 연관성이 있다.

기술개발과 관련해 정책 현안이나 환경기준 등 법·제도적 부분에서 엄격할 필요는 없다는 것이 그의 생각이다. 오히려 이제는 탄소중립, 순환경제 등 환경이 국제적 의제가 되었으므로 국내 환경문제 해결 및 산업육성뿐 아니라 환경 기술을 외국에 수출할 수 있게끔 기술개발을 고민하는 것이 중요하다고 강조한다.

기술개발 시 '지속가능성' 고려 반드시 필요

더욱 구체적으로는 개도국에서도 환경보호와 경제발전을 실행할 수 있게 하는 적정 기술개발, 그리고 다양한 방면의 기술을 개발해야 한다고 지적한다. 또 그는 기술개발 시 '지속가능성'에 대한 고려가 필요하다고 강조했다. 최근 탄소중립, 순환경제 등 환경 분야가 국내외적으로 주요한 이슈가 되었고, EU 등을 중심으로 관련 입법과 정책이 꾸준히 추진되고 있다.

따라서 정부로서는 기술개발과 관련해 지속 가능하고 예측 가능한 정책을 추진하되, 기술개발 비전과 방향성에 장기적인 변화를 지향해야 한다고 김 전문위원은 말한다. 또 특정 정책 현안을 해결하기 위한 단기적 기술뿐 아니라 중장기적 관점에서 국가적으로 필요한 다양한 기술(원천, 실용화 등)개발을 지원할 필요가 있다고 강조했다. 여기에 덧붙여 기업, 기관 등이 자발적으로 기술개발에 투자할 수 있는 생태계를 조성하는 것도 중요하다는 것이 김 전문위원의 생각이다.

기업 역시 탄소중립, 순환경제 등 관련 분야의 기술을 개발하는 데 자발적이고 지속적인 노력이 필요하다고 그는 지적한다. 2050 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 산업구조와 생산공정·방식 등에 근본적인 변화가 필요하며, 이에 부분적으로라도 대응하려면 기술개발을 해야 한다. 특히 순환경제와 관련해서는 폐자원 재활용을 포함하는 자원순환 분야의 기술개발이 필수적이다.

환경규제대응센터는
무엇을 하는 곳인가?



환경규제대응센터는
수질·대기·폐기물·화학물질 및
토양오염 등 환경 구성 요소들의
오염으로 인한 이슈를 폭넓게 다룬다.
풍부한 자문 경험 및 정책·제도,
기술·산업에 대한 이해를 바탕으로
환경규제와 관련한 기업들의
여러 가지 고민을 사전에 파악해
선제적으로 대응하고 있다. 환경
분야에 전문성을 갖춘 전문가 및
환경 관련 유관 기관에서 다양한
실무 경험을 쌓은 전문 인력으로
구성되어 있고, 신사업팀, ESG센터,
형사대응그룹과의 협업을 통해
환경규제 관련 자문 및 폐기물,
토양오염, 화학물질 등에 관한 환경
분쟁 대응 업무를 보다 전문적으로
수행하고 있다.

환경규제대응센터의 업무 분야

- 대기, 수질, 폐기물, 토양오염, 유해화학물질 등 환경 관련 법령에 대한 자문
- 화학제품에 관한 화학물질 등록, 관리 등 규제 대응 및 법률서비스
- 토양정화사업, 환경시설 설계/시공 등 공공/민간계약 입찰 관련 가처분 대응
- 환경 관련 손해배상, 용역대금 청구 등 민사소송 대응
- 환경 법규 관련 행정처분에 대한 대응(행정심판, 소송 등) 및 형사사건 대응
- M&A 등의 거래 및 계약관계에서의 환경법 관련 실사^{Due diligence}
- 환경 법령 관련 규정 준수에 대한 자문^{Compliance}
- 기후변화, 탄소중립, 순환경제에 관한 법적 자문



한편 김 전문위원은 정부의 규제에도 허점이 있다고 지적했다. 환경규제는 사전단계인 인허가부터 배출규제 등 사후에 이르기까지 전 주기적 규제로 매우 다양하고 복잡하다. 환경부 소관 환경 관련 법률은 무려 70여 개다. 이 중 40여 개가 환경규제 법률이다. 고시 등 하위 법령까지 포함하면 약 2700개에 달한다. 그러나 이 중 상당수가 너무 규제 일변도의 법률이라는 점이 문제다. 앞서 말한 바와 같이 환경 분야는 정책·제도, 기술·산업에 대한 이해가 필요한 전문적이고 복잡한 영역이라 규제를 만드는 정부 당국에서 이러한 부분에 있어 좀 더 적극적으로 변화를 추진했으면 한다는 것이다. 게다가 규제의 상당 부분이 아직은 미흡한 환경에 대한 사회적 인식 때문에 제대로 집행되지 않는다는 점을 강조하며, 실효성 있는 규제가 반드시 필요하다고 주장했다.

융합적 사고 가능해야 좋은 환경 전문가가 된다

김 전문위원은 앞으로 환경 전문가의 역할이 커지고 위상이 높아질 것으로 내다보았다. 최근 기후변화가 심각해지고 EU, 미국 등 선진국을 중심으로 탄소중립, 순환경제 등의 개념이 부각되면서 환경의 중요성이 다시금 강조되고 있다. 또 전 세계 많은 국가가 2050 탄소중립을 선언하고 실천하기 위해 노력하고 있는 가운데, 앞으로 다양한 산업 영역에서 환경 전문가를 더 많이 필요로 할 것이다. 그는 환경 전문가로 나아가고자 하는 이들에게 융합적인 시각과 사고력을 갖추라고 조언했다. 환경 분야는 전통적 규제 영역으로, 규제에 기반해 기술과 산업이 발전하는 분야이다 보니 과학기술 지식 외에 법률 지식이 중요하다. 아울러 정책·제도, 기술·산업에 대한 폭넓은 이해도 필요하다. 따라서 관련 직종에 취업하길 원한다면 환경 외에도 여러 분야에 걸쳐 폭넓은 경험과 지식, 그 결과 얻어지는 융합적 시각을 갖춰야 할 것이다.

“

2050 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 산업구조와 생산공정·방식 등에 근본적인 변화가 필요하며, 이에 부분적으로라도 대응하려면 기술개발을 해야 한다. 특히 순환경제와 관련해서는 폐자원의 재활용을 포함하는 자원순환 분야의 기술개발이 필수적이다.

”

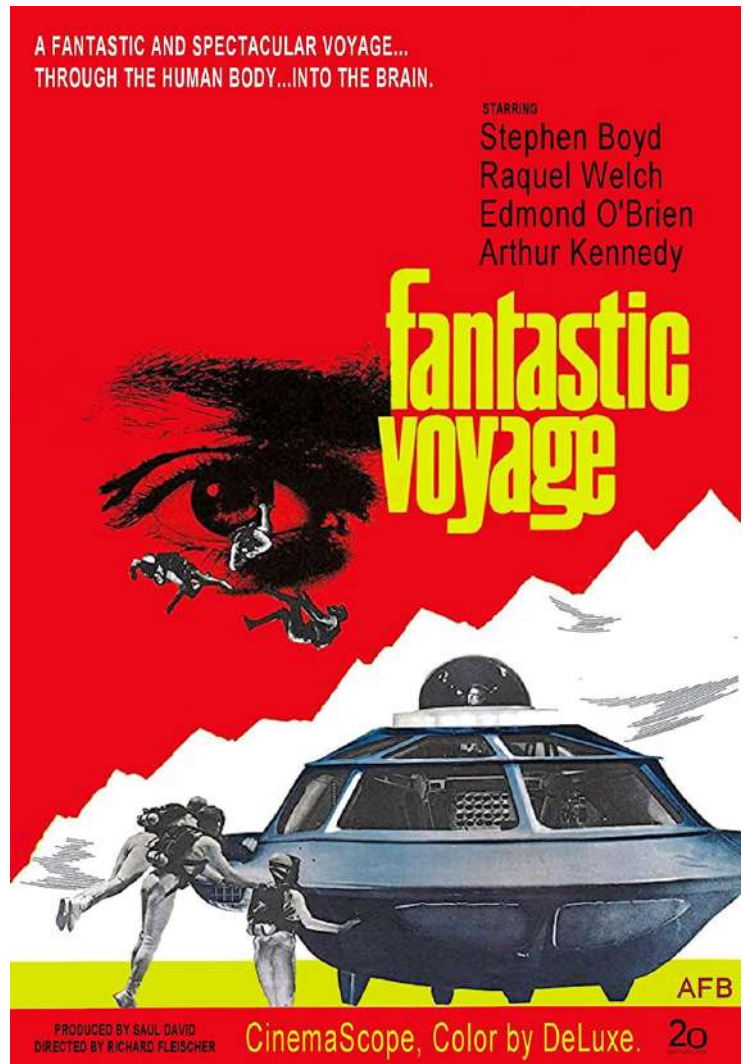
1960년대에 예측한 디지털헬스케어와 나노기술

어떤 사람들은 SF 작품을 보며 허황된 이야기라고 비아냥거린다. 하지만 와인처럼 오랜 세월이 흐른 뒤 다시 보면 그 진가와 선견지명이 부각되는 작품도 있다. <마이크로 결사대>도 그런 작품 중 하나다.

word 이동훈 과학 칼럼니스트



영화 <마이크로 결사대>



<마이크로 결사대> 영화 포스터

1966년작 <마이크로 결사대(Fantastic Voyage)>는 명감독 리처드 플라이셔가 메가폰을 잡은 영화다. 그 시대 작품답게 세계적 냉전 구도가 줄거리의 배경을 이룬다.

체제 다툼을 벌이던 미국과 소련은 사람과 물체를 매우 작게 축소하는 기술을 두고 경쟁했다. 하지만 이 기술에는 한 가지 한계가 있었다. 한 번 축소된 물체는 정확히 한 시간이 지나면 원래 크기로 돌아오는 것이다.

공산주의 체제에서 이 기술을 연구개발하던 과학자 잔 베네스 박사(장 델 발 분)는 물체의 축소 시간을 반영구적으로 지속시키는 기술을 개발하는 데 성공했다. 하지만 베네스는 공산 체제에 환멸을 느꼈다. 이 기술을 탐내던 미국은 CIA 요원 찰스 그랜트(스티븐 보이드 분)를 보내 베네스의 망명을 돕는다. 하지만 미국에 온 베네스는 누군가로 부터 암살당할 위기에 처하고, 겨우 목숨은 건졌지만 증상으로 뇌에 혈전이 생긴다. 혈전은 외과수술로 제거하기 어



일반적 외과수술로 불가능한 베네스 박사의 환부를 치료하기 위해 '마이크로 결사대'를 조직한다.

려운 위치에 있었다. 그랜트를 포함한 수술팀은 베네스의 혈전을 제거하기 위해 잠수함 프로테우스호에 탑승, 축소 기술을 이용해 베네스 박사의 몸속으로 들어간다. 하지만 막상 베네스의 몸속에 들어가자 생각지 못한 문제들이 발생한다. 설상가상으로 승조원 중에는 스파이가 있는 듯했다. 누군가 잠수함 장비를 하나둘 고장 냈기 때문이다. 이런 상황에서 주인공들은 주어진 시간 안에 베네스의 혈전을 제거하고 몸 밖으로 무사히 나갈 수 있을까.

우리 곁으로 성큼 다가온 나노기술을 이용한 디지털헬스케어

4차 산업혁명에 따라 건강관리 방식도 크게 달라졌다. 디지털헬스케어는 그 주된 움직임 중 하나다. 디지털헬스케어는 첨단 정보통신 기술을 적극 활용하는 건강관리 방식이다. 소분류로는 모바일 건강관리, 건강 정보 기술, 웨어러블 기기, 원격 건강관리 및 의료, 개인 맞춤형 의료 등이 있다.

의사들의 결정을 보조하는 모바일 의료 앱과 소프트웨어, 인공지능과 기계 학습을 통해 의료계에도 혁신이 일어날 것이다. 이러한 도구를 사용하는 디지털헬스케어는 진단 능력과 정확성, 치료 능력, 개인의 건강관리 능력을 크게 높일 수 있다. 디지털헬스케어 기술은 컴퓨팅 플랫폼, 연결 능력, 소프트웨어, 센서 등을 건강관리에 사용한다. 기술의 사용 범위는 매우 넓다. 건강관리 앱부터 의료기기에 사용되는 앱까지 어디든 적용 가능하다. 동반 진단(약물이 인체에 미치는 효과를 감시)에도 적용될 수 있고, 기존 의료기구나 의약품, 생물학 약제 등 보조 수단으로 사용할 수도 있다. 더 나아가 의료 제품의 연구개발에도 사용된다.

디지털 도구를 활용하면 풍부한 데이터를 통해 환자의 건강 상태를 전반적으로 살펴볼 수 있다. 환자의 건강관리 능력과 효율도 향상시킨다. 소비자는 더욱 풍부한 정보를 토대로 건강과 관련한 결정을 내리거나, 중대한 질병에 대한 예방과 조기진단에 필요한 새로운 방법을 찾을 수 있다. 또 기존 건강관리법에서 벗어난 방식으로 만성질환 관리도 가능하다.

스마트폰, SNS, 인터넷 애플리케이션 등 우리 생활 속에 밀착된 디지털 도구를 단말기 삼아 실시할 수 있는 디지털헬스케어는 의사소통 개선뿐 아니라 건강과 삶의 질 향상, 풍부한 정보 접근 기회를 제공한다. 인간에게 더 나은 정보와 기술, 연결성을 제공해 건강관리 수준을 높이고 한층 건강한 삶을 영위하게 해줄 것이다.

그런데 디지털헬스케어와 앞서 말한 영화는 무슨 연관이 있는 걸까? 영화 속 축소 기술과 유사한 나노기술이 바로 디지털헬스케어의 주된 기술 중 하나다. 나노기술은 물질을 나노미터 크기 범주에서 조작·분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적·화학적·생물학적 특성을 나타내는 소재·소자 또는 시스템을 만들어내는 과학기술 및 소재 등을 나노미터 크기의 범주에서 미세하게 가공하는 과학기술이다. 1나노미터¹은 10억 분의 1미터, 즉 머리카락 굵기의 10만 분의 1에 해당한다. 나노 물질은 그 크기가 수 nm에서 100nm 사이의 물질을 말한다. 물질이 나노 크기가 되면 전혀 다른 특성이 나타난다. 따라서 어떤 물질을 나노 단위로 조작 분석 제어가 가능하면, 특별한 기능을 지닌 신물질과 첨단 제품 생산이 가능하다. 즉 인간은 영화처럼 살아 있는 사람까지는 아니어도 물체를 매우 작게 만들 수 있다.



기존 방식보다 효율적이고 안전한 예방과 치료 가능

나노기술은 디지털헬스케어와 맞물려 다음과 같은 효과를 발휘할 수 있다. 우선 환자마다 정밀한 진료가 가능해진다. 인체는 대단히 복잡하고 정밀한 시스템이고, 내부에서 일어나는 작용의 기본 크기는 나노 단위다. 그 작용이 모두 모여 인간의 건강을 결정한다. 나노기술이 등장하기 전에는 그런 미세한 작용을 제대로 계측할 수도, 제어할 수도 없었다. 하지만 나노기술이라면 얘기가 달라진다. 질병 예방과 치료의 새로운 지평이 열리는 것이다. 구체적 방식으로는 스마트 의약품(스마트 필)과 나노 로봇(나노봇)의 진료 활용을 들 수 있다. 사실 기존 진료 방식 중에는 환자의 신체적 고통이나 큰 비용, 불편을 초래하면서도 정확성이 떨어지는 것도 있었다. 보통 환자가

자각증상이 온 후에야 진료를 받는 만큼 효과적인 치료 시간이 부족한 경우도 많았다. 그러나 나노 센서를 장착한 스마트 의약품을 통해 진료하면 환자가 자각증상이 없을 때도 체내 변화를 감지해 알릴 수 있다. 나노 로봇은 말 그대로 나노 크기의 로봇으로, 인체에 투입되면 원하는 특정 부위까지 자력으로 이동해 해당 부위를 진료하고 그 결과를 의사와 환자에게 알린다. <마이크로 결사대>에서 프로테우스호에 탄 주인공들이 환부로 이동하면서 무전으로 환자 몸 밖의 의료진과 교신하듯이 말이다. 디지털 기기를 통해 스마트 의약품과 나노 로봇의 통신뿐 아니라 지휘 통제도 가능하다.

이렇듯 나노기술을 적용한 의료 장비는 정밀한 진료가 가능하다. 또 의약품을 환부에 정확히 투여하는 수단이 될 수 있다. 영화에서 주인공들이 레이저 총을 꺼내 들고 혈전을 파괴하는 것과 비슷하다. 기존 의약품은 원하는 곳에만 정확히 투여하기 어려워 필요 이상 사용하는 경우가 많았다. 의약품이 체내를 돌면서 환부가 아닌 정상 부위에 영향을 미치고, 그로 인한 부작용이 생기기도 했다. 하지만 나노기술로 의약품을 투여하면 약품의 경제적 사용과 부작용 저감이라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있다. 만성질환을 효과적으로 관리하는 데에도 도움이 된다. 스마트 의약품이나 나노 로봇이 원하는 시간마다 의약품을 자동 투여되도록 프로그래밍하면 되기 때문이다. 따라서 약 복용을 건너뛰어도 문제될 것이 없다.

나노기술은 질병을 예방하는 데에도 큰 도움이 된다. 약물을 굳이 환자의 체내에 투여하지 않아도 된다. 예를 들어 수인성전염병 병원균에 반응하는 항체를 나노입자로 만들어 시험지에 코팅하고, 이 시험지를 수원에서 확보한 음료수 샘플에 접촉하는 등 적정 기술을 개발하면 복잡한 실험 및 검사 설비를 들여놓을 수 없는 저개발 지역에서도 음료수의 병원균 오염 여부를 쉽게 알 수 있다. 나노기술을 웨어러블 기기와 결합한 방식도 유망하다. 심지어 혈액 응고 제제, 성장호르몬, 염증 감지 및 항체 방출 등 기능을 지닌 나노입자를 바른 붕대를 만들 수도 있다.

후대의 SF 작품에도 큰 영향을 미친다

영화 속 이야기처럼 사람이 축소되어 환자 몸속에 들어가는 시대는 오지 않을지도 모른다. 하지만 달리 생각하면, 나노기술은 영화에서 묘사된 것 이상의 일을 해낼 가능성이 있다. 첨단 나노기술을 통해 우리 삶에 실제로 구현될 21세기판 <마이크로 결사대>의 모습이 기대된다. 영화 속 기술보다 뛰어날 수도 있고, 나노 스케일로 가공한 물체가 1시간 후 커질 염려는 하지 않아도 될지도 모른다. 이 영화는 나중에 나온 SF 작품에 큰 영향을 미쳤다. 미국 영화 <이너 스페이스>, <오스모시스 존스>와 일본 애니메이션 <원더비트 스크램블>(국내에는 <우리는 우주>라는 제목으로 소개되었다), <일하는 세포> 등이 모두 이 작품을 참고해 만들었다. 그러한 계보를 찾는 것도 SF 작품을 즐기는 묘미가 아닐까.



스파이가 사사건건 방해하는 상황에서 과연 치료에 성공할 수 있을까?

2023년 보증용 기술평가비용지원사업 공고

기술이전법 지정 기술평가 기관의 기술평가 보고서를 기반으로 기술혁신형 중소·중견기업의 기술 사업화 자금 확보를 지원하기 위한 '보증용 기술평가비용지원사업'을 진행합니다.

신청 자격

1. '기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률'상의 연구개발 전담 부서 또는 기업 부설 연구소를 보유한 기업
2. 신산업·신시장 5대 영역 25대 전략 투자 분야에서 기술 사업화를 추진하는 기업

지원 내용

기술혁신형 중소·중견기업이 신용보증기금의 보증 이용을 목적으로 기술평가 기관의 기술평가를 받을 경우에 한해 정부는 평가 기관에 필요 비용 일부를 지원

진행 절차



접수 기간

2023년 5월 22일~11월 30일

※ 예산 소진 시 조기 마감

신청 방법

기술평가 기관(아래 문의처 참조)에 직접 연락해 사전 확인 및 관련 서류를 입수해 서류 작성 후 해당 기관에 제출

문의처

사업관리 기관

사업 소개, 사업 내용 등 관련 문의
한국산업기술진흥원 사업화지원실

☎ 02-6009-3624

✉ smile2u@kiat.or.kr

기술평가 기관

평가 신청, 평가 절차, 평가 일정,
필요 서류 등 관련 문의

12개 개별 기관 연락처는 산업통상자원부
홈페이지 사업 공고문 확인

신용보증기금

기술 평가 이후 업무 절차 등 관련 문의
신용보증기금 4.0 창업부

☎ 053-430-4373

✉ kyd@kodit.co.kr

독자퀴즈

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.

○○ 이차전지는 높은 에너지밀도와 에너지 효율, 우수한 사이클 특성을 지녔으며, 많은 전자 기기에 보편적으로 사용되고 있다. 앞서 말한 것처럼 ○○ 이차전지 성능의 향상은 전기차 시장의 문을 열었으며, 앞으로 전기차 시장은 지속적으로 성장할 것이다

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 구독자분들에게는 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