

TECH FOCUS

LOGO APRIL 2024
4

우리는 탄소중립을 실현할 수 있을까?

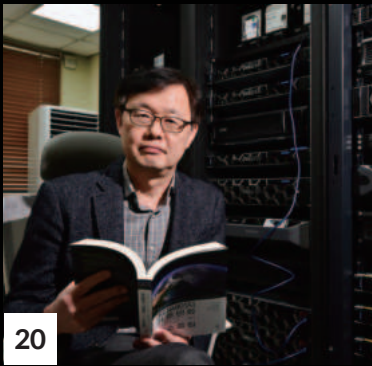
탄소중립의 첫 관문, 2030 국가온실가스감축목표는
2018년 대비 40%의 배출량을 줄이는 것.
6년여 남은 그 순간을 위해 우리는 어떤 노력을
기울이고 있는가.



<테크 포커스> 웹진 보기
매월 10일 오픈



2050 탄소중립, 지속가능한 삶으로의 전환



APRIL 2024
4

등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2024년 4월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전운중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상자원부 편집 및 제작 한국경제매거진(주)(02-360-4859) 인쇄 ㈜타라티피에스(031-945-1080) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8567) 잡지등록 대구동, 라00026

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

Focus Story

02

Intro

All About 탄소중립

04

History

탄소의 역사, 철기 문명부터 지구온난화 시대까지

08

Trend

탄소중립, 산업 발전에 핵심이 되다

글로벌 탄소중립 정책 동향

14

Issue

대한민국 녹색성장의 현주소를 짚다

탄소중립 관련 주요 이슈와 해결 방안

20

Interview

느낌표보다 물음표를 달면 더 잘 보이는 '탄소중립'

송철한 광주과학기술원^{GIST} 지구·환경공학부 교수

Changing Tomorrow

24

Challenge

줄기세포 분화 기술을 이용한 장 오가노이드 기술 및 상용화

원천 기술 개발

한국생명공학연구원

R&D Policy

28

Project

글로벌 초격차 확보 위한 지원 아끼지 않는다

Global Tech

32

Info

한눈에 보는 대체단백질

34

Trend

미래를 수확하는 세포 농업과 배양육

New Tech

38

올해의 산업혁신기술상

(주)대한항공 항공우주사업본부

미래형 비행체 산업 생태계 성장 기반을 마련하다

42

R&D 기업

다원메딕스

단 1회·세포 단위 치료 가능한 BNCT로 암 정복 나선다

ESG Tech Trend

46

ESG & Tech

세계는 지금 에너지 대전환 중

재생에너지 저장 기술 현황 및 ESS 시장 전망

50

ESG Issue

탈플라스틱에 한 걸음 더 다가선 종이 패키징

Tech & Story

54

테크 알쓸신잡

'탄소 포집·저장·활용' 기술, 기후변화 잡는다

58

잡 인사이드

조성호 스페이스엘비스 공동대표

실감 기술로 더욱 특별해지는 일상

Review & News

62

톡소리단 리뷰

64

News

독자 퀴즈→



All About ◆◆

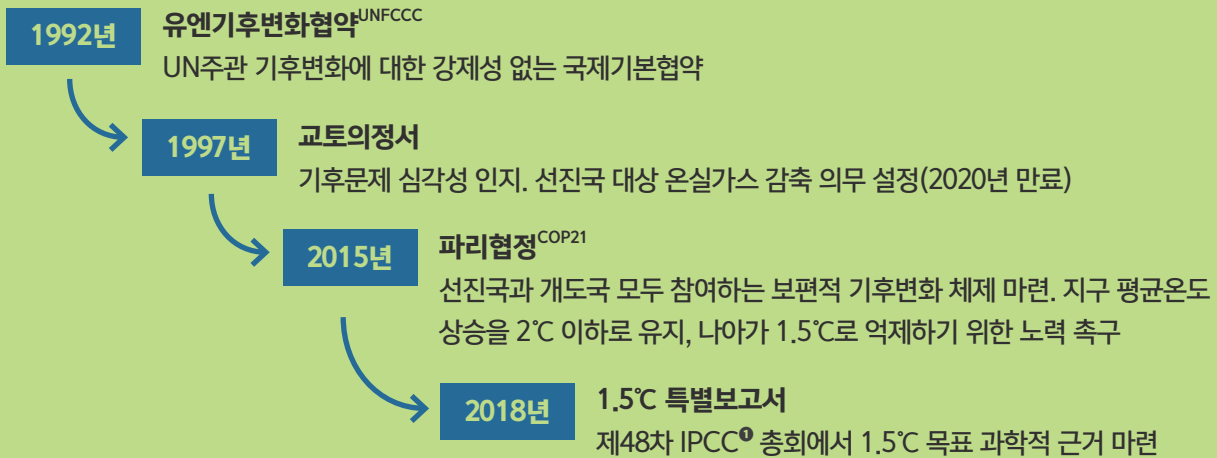
◆◆ 탄소중립

탄소중립이란?

인간 활동에 의한 온실가스 배출을 최소로 줄이고, 이미 배출된 온실가스는 흡수나 제거해 실질적인 배출량이 '0'이 되도록 하는 개념이다.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{배출된} \\ \text{탄소} \\ \hline \end{array}
 -
 \begin{array}{|c|} \hline \text{흡수되는} \\ \text{탄소} \\ \hline \end{array}
 = 0$$

탄소중립 추진 배경



① IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change): 1988년, UN의 전문기관인 세계기상기구(WMO)와 국제연합환경계획(UNEP)에 의해 설립됐다. 인간 활동에 대한 기후변화의 위험을 평가하는 것이 주된 역할로, IPCC 평가보고서는 기후변화에 관한 가장 포괄적인 최신의 정보를 제공한다.



글로벌 탄소중립 목표



“2100년까지 지구 평균온도 상승폭 1.5°C 이내로 제한”

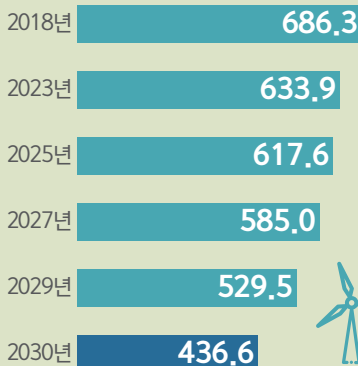
- STEP 1. 2030년 이산화탄소 배출량을 2010년 대비 최소 45% 이상 감축
- STEP 2. 2050년경 탄소중립 달성

자료: 지구온난화 1.5°C 특별보고서



6대 온실가스(이산화탄소, 메탄, 수소불화탄소, 아산화질소, 과불화탄소, 육불화황)의 순배출이 '0'이 되는 상태. 이산화탄소의 순배출을 '0'으로 하는 탄소중립을 포함하는 상위 개념이다.

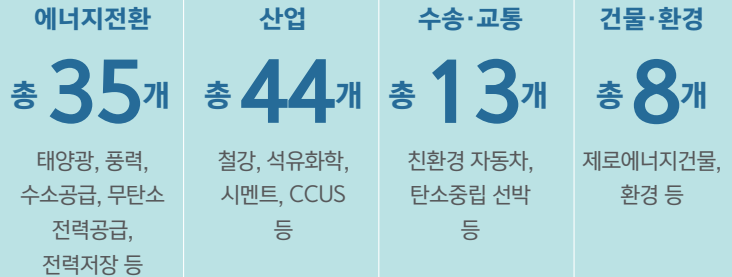
우리나라 2030 온실가스감축목표



단위: 백만 톤CO₂eq
자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회

한국형 탄소중립 100대 핵심 기술

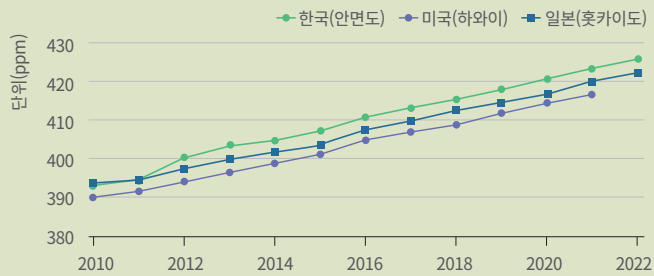
- Plan 1. 우리나라 여건 고려(지리적 조건 및 산업구조)
- Plan 2. 기간별 · 수준별 맞춤형 R&D 추진



자료: 과학기술정보통신부

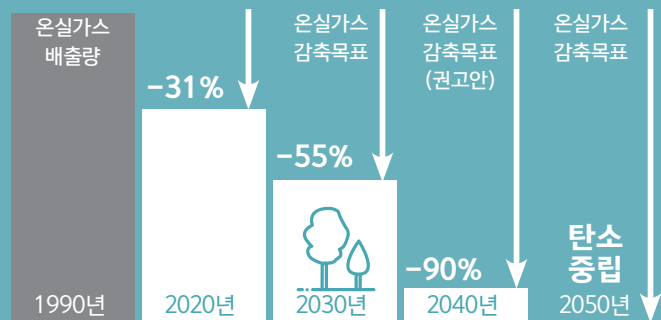
온실가스 농도

(이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 육불화황의 연평균 농도)



자료: 탄소중립 정책포털

EU의 연도별 온실가스감축목표



자료: EU집행위원회

탄소의 역사, 철기 문명부터 지구온난화 시대까지

탄소는 지구온난화의 원인물질인 이산화탄소를 이루는 원소 중 하나다. 그 때문에 탄소는 요즘 기후위기의 주범으로 불리고 있다. 알고 보면 인류가 살아가는 데 없어서는 안 되는 감초 같은 물질인 탄소. 인류는 탄소를 어떻게 활용해왔으며 언제부터 문제가 된 것일까?

word 이동훈(과학 칼럼니스트)

탄소^{炭素}. 영어로는 Carbon, 원소기호는 C, 원자번호는 6번이다. 비금속 4가 14족 원소다. 우주에서 4번째로 풍부하고 지구 지각에서는 15번째로 많다. 모든 생명체의 몸에, 그것도 상당히 많이 들어 있다. 인간의 경우 체중의 18.5%가 탄소일 정도다. 단일원소로서 탄소의 수명은 매우 짧다. 그러나 여러 원자가 결합된 상태(동소체)에서는 안정된다. 탄소 동소체는 다이아몬드, 흑연, 숯이나 카본블랙 등의 비결정성 탄소, 나노폼(그래핀, 풀러렌) 등이 있다. 석탄, 천연가스, 석유 등의 화석 연료에도 탄소는 탄화수소라는 형태로 존재한다. 태양을 비롯한 항성은 물론 여러 행성의 대기에도 있다.

탄소의 물리적 특성은 동소체별로 다르다. 흑연은 불투명한 검은색이고 매우 약하며 전도성이 뛰어난 반면, 결정(다이아몬드)은 투명하고 자연물 중에서 굳기가 가장 세며 전기 절연성이 뛰어나다. 때문에 다양한 용도로 쓰이게 된다. 동소체 간의 공통점도 있다. 열전도성이 최고라는 것이다.

탄소는 화학 반응성이 뛰어나 다양한 화합물과 결합된다. 상온 및 상압에서는 강한 산화제와 접촉해도 산화가 잘 일어나지 않는다. 그러나 고온에서는 산소와 발열 반응해 산화탄소를 만들어낸다. 산화탄소에는 아산화탄소, 이산화탄소, 일산화탄소 등이 있다. 한편 고온에서 특정 금속과 반응해 카바이드(텅스텐 카바이드 등)를 생성할 수도 있다. 플루오르는 원자 상태의 탄소와 반응할 수 있는 유일한 할로겐 기체^①다.

탄소라는 이름을 처음 쓴 화학자, '기통 드 모르보'

루이 베르나르 기통 드 모르보(1737~1816)는 프랑스의 화학자다. 자신의 고향인 디종^{Dijon}에서 만난 한 의사의 영향으로 당시 화학의 중심문제였던 연소현상에 흥미를 가지게 됐다. 산^酸을 기초로 한 화학명명법을 고안해 화학물질명에 계통성을 부여했다. 1787년 <화학명명법>을 펴냈다.



① 할로겐^{halogen}은 주기율표의 17족에 속하는 원소를 뜻한다. 할로겐 기체는 주기율표에 속하는 불소^{Fluorine}, 염소^{Chlorine}, 브로민^{Bromine}, 요오드^{Iodine} 및 이들이 혼합된 상태의 기체를 총칭하는 말이다.



오늘날 우리가 누리는 철기 문명은 탄소의 올바른 활용 없이는 불가능했다.

탄소의 발견 시기와 발견자는 명확하지 않다. 인류는 기원전부터 숯, 검댕, 석탄 등의 물질로 쌓인 경험을 통해 탄소의 존재를 알고 있었으며 활용하고 있었기 때문이다. 물론 탄소의 모든 성질을 다 알고 있었던 것은 아니었다. 근대 화학이 발전하며 보다 세부적인 특징이 밝혀졌다.

인류의 발전과 함께 해온 탄소

탄소는 선사시대부터 활용되었다. 숯과 석탄 등의 물질을 연료로 사용하는 형태로써 당초 탄소를 의미하는 영어 단어 'carbon'의 어원도 숯과 석탄을 의미하는 라틴어 'carbo'에서 비롯됐다. 숯은 인류가 만든 최초의 인공 연료 중 하나로, 잘 건조된 목재를 산소가 없는 환경에서 275°C 이상으로 가열하면 얻을 수 있다. 산소가 없기 때문에 목재는 연소되지 않고, 대신 열분해되어 탄소 덩어리와 기체로 변한다. 기존 목재 무게의 20%에 달하는 숯을 생산할 수 있다. 숯은 탄소만으로 구성된 고체 연료이므로 목재에 비해 화력과 효율이 높고, 연기가 나지 않는 장점이 있기 때문에 지금까지 화석 연료가 많이 쓰이기 전에는 우수한 연료로 각광받았다. 인류는 숯과 같은 탄소 연료를 이용하며 철기 문명을 열었다. 철의 녹는점은 1500°C에 달한다. 그만큼 고온을 낼 수 있는 효율적 연료가

있어야 철광석을 가공·제련해 철을 얻을 수 있기 때문이다. 탄소는 철과 또 다른 인연이 있다. 중학교에서도 배우듯이 철의 성질은 탄소 함량에 따라 크게 변한다. 탄소가 많이 섞일수록 경도가 높아지는 대신 깨지기도 쉽다. 철 제작 시 탄소를 섞는 방식은 다른 금속을 섞는 합금과 더불어 순철보다 강도가 높은 강철^{steel}을 만들어내는 방법 중 하나다. 그리고 인류는 경험칙을 통해 일찌감치 이를 알고, 철 제작 시 탄소를 투입하기 위한 수단으로 코크스^{cookes}를 만들었다. 코크스는 석탄을 공기가 차단된 상태에서 가열해(앞서 언급한 숯을 만드는 방식처럼) 만든 탄소 덩어리로, 철광석 제련 시 철광석과 함께 투입해 완성품의 탄소 함량을 조절한다. 중국에서는 서기 4세기부터 코크스를 생산해 강철 제작에 사용했다고 한다. 하지만 이러한 강철 생산법에 대한 본격적이고 체계적인 연구는 프랑스 학자 르네 앙투안 페르쇼 드 레오위르(1683~1757)가 처음 실시해 성공했다.



인류 최초의 전기식 조명이 백열전구. 그 핵심 부품인 필라멘트는 탄소 기반의 탄소재, 탄소섬유다.

철 외에도 탄소는 유기화학, 플라스틱, 의약품, 식품첨가제, 세제 등을 만들기 위한 필수 재료로 쓰인다. 정수기, 방독면 등의 필터 주재료인 활성탄의 원료이기도 하다. 탄소의 불완전연소 시 나오는 색소인 카본블랙은 자외선에도 안정성이 높아 화장품, 잉크, 페인트 등의 재료로 쓰인다. 그래핀이 겹겹이 쌓여 만들어진 흑연은 연필, 배터리, 전구, 윤활유, 광약 등에 없어서는 안 되는 물질이다. 특히 원자로 노심에서는 비상시 원자로를 정지시키는 제어봉의 중성자감속재로 쓰이고 있다. 원자로의 냉각재로도 이산화탄소가 사용된다.

21세기에 들어 그 흐름이 더 확장되고 있다. 탄소 기반 신소재 중 우리 주변에서 비교적 흔하게 볼 수 있는 탄소 원자로 이루어진 직경 5~10 μm 의 탄소섬유다. 강성과 내화학성, 내열성이 우수하면서도 무게는 가볍다. 이 때문에 항공우주, 토목, 군용, 자동차, 운동기구 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 탄소섬유를 처음 발명한 사람은 영국의 발명가 조셉 스완(1860년). 그는 이 물질을 전구의 필라멘트에 사용하려고 했다. 이후 탄소섬유를 사용해 처음으로 탄소 필라멘트 개발에 성공한 것은 토머스 에디슨이었다. 1879년 에디슨은 대나무를 탄화시켜 만든 탄소섬유를 필라멘트로 사용해 세계 최초로 백열전구를 완성했다. 이러한 사실을 살펴보면, 탄소섬유 없이는 오늘날의 전구도 없었다는 얘기가.

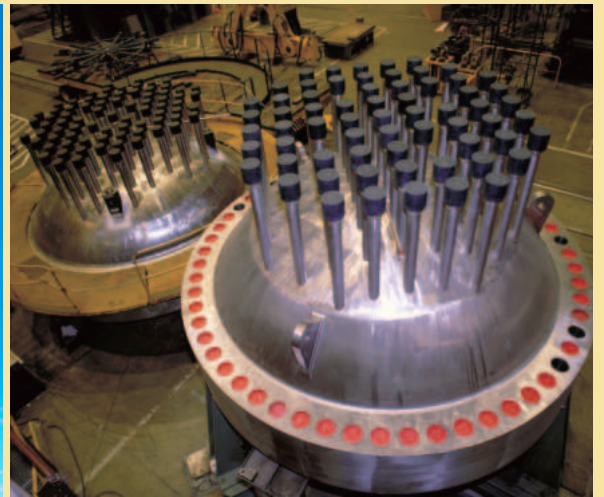
기후위기의 주범이 된 탄소

잠점만큼 단점도 크다. 지구온난화의 원인물질이라는 점이 그것이다. 18~19세기에 걸쳐 유럽 국가에서 진행된 산업혁명은 인류의 생활상을 바꿔놓았다. 본격적으로 기계력을 활용하게 된 것이다. 그 기계력은 화석 연료, 즉 탄소 기반 연료를 사용하는 원동기였다. 앞서 언급했듯이 탄소를 연소시키면 고온에서 산소와 발열 반응해 산화탄소가 생성된다. 지구온난화의 원인으로 손꼽히는 온실가스 중 하나인 이산화탄소^{CO₂} 역시 산화탄소의 일종이다. 온실가스라는 이름에서도 알 수 있듯 이산화탄소는 열을 붙잡아 두는 성질이 있다.

탄소를 포함한 화석 연료를 열심히 연소시키면서, 대기 중 이산화탄소 농도도 크게 높아졌다. 2023년 대기 중 이산화탄소 농도(420ppm)는 산업혁명 이전인 1750년(278ppm)에 비해



보잉 787. 전체 무게의 절반이 탄소섬유 혼입 강화플라스틱이어서 화제가 되었다.



원자로 제어봉도 흑연(탄소)이다. 탄소가 만에 하나 있을지도 모르는 핵 재앙을 막아주고 있는 것이다.

51% 높아졌다. 2023년 지구의 평균기온도 1750년의 13.4°C에서 1.5°C 이상 오른 14.98°C가 되었다. 더 심한 문제는 또 다른 탄소 계열 기체인 메탄^{CH₄}에 있다. 메탄의 온실효과는 같은 질량의 이산화탄소와 비교해 80배 높다. 메탄의 대기 중 농도 역시 인간의 활동(농업과 화석 연료 채굴)으로 크게 늘었다. 2021년 배출된 메탄 6억 톤 중 3억8000만 톤이 인간의 활동에 의한 것이다.

온실가스에 의한 지구온난화를 방지할 경우, 지구 환경은 파국으로 치달을 것이다. 지구 평균기온이 산업혁명 이전보다 3°C 이상 오를 경우, 북반구 영구동토층이 녹으면서 그 속에 갇혀 있던 메탄가스가 빠져나와 지구온난화를 가속시킬 것이다. 그러면 극한기후, 해수면상승 등으로 인해 지구 생태계는 또 한 번의 대멸종을 겪을지도 모른다.

대기 내 탄소를 줄이기 위한 노력들

대기 중 온실가스의 농도를 낮추기 위해 세계 각국은 다양한 방법을 강구하고 있다. 핵심은 크게 두 가지다. 첫 번째, 온실가스 배출량 감축이다. 화석 연료의 채굴과 사용, 육식을 위한 목축 등 온실가스를 많이 배출하는 행위를 줄이는 것이다. 화

석 연료를 사용하지 않는 친환경 재생에너지로의 전환 등도 이에 해당된다.

두 번째, 온실가스의 물리적 제거다. 농업과 조림 등을 통해 식물을 많이 심어 자연적인 방식으로 온실가스를 저감하는 방식도 있다. 식물은 대기 중의 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출한다. 더 적극적인 방식도 있다. 바로 탄소 포집·저장^{CCS} 기술이다. 대기 중 이산화탄소를 포집해 땅속에 저장하는 기술이다. 땅속에 저장되는 이산화탄소는 암석의 형태로 바뀌어(광물화) 고정될 수 있다. 광물화는 자연적으로도 이루어진다. 그러나 인공적인 방법을 더한다면 광물화의 속도를 가속시킬 수 있다. 이산화탄소와 황화수소를 물에 섞어 화산성 현무암에 주입하면 몇 달 만에 광물화가 이루어진다. 이산화탄소를 돌맹이보다 더욱 유용한 물질로 바꾸는 방법도 연구 중이다. 일례로 이산화탄소는 구리 촉매를 접하면 에틸렌으로 변한다. 에틸렌은 석유 화합물로 가공될 수 있으므로 석유화학산업의 필수 원료다.

탄소를 올바르게 활용하고 깨끗이 처리해 더욱 향상된 삶을 살지, 대기 중에 무절제하게 방출해 또 한 번의 대멸종을 초래할지는 인간의 몫이다. 그리고 인간은 스스로 갈고닦은 과학 기술을 사용해 올바른 선택을 해야 할 것이다.

탄소중립, 산업 발전에 핵심이 되다

**글로벌
탄소중립
정책 동향**

**CO₂
NEUTRAL**





**세계 온실가스 배출량 상위 국가의
탄소중립 목표 연도
(2021년 11월 기준)**

탄소중립 목표 연도
국가(배출량)
2050년
미국(12.7%), EU27(7.5%), 일본(2.5%), 캐나다(1.5%), 한국(1.5%)
<small>*EU27 회원국 가운데 핀란드는 2035년, 오스트리아 2040년, 독일·포르투갈·스웨덴 2045년으로 목표 수정</small>
2060년
중국(26.1%), 러시아(5.4%), 브라질(2.2%), 인도네시아(2.0%)
2070년
인도(7.1%)

자료: 한국행정연구원 <행정포커스>, Vol.155, 2022

기후위기가 심화되면서 국제사회는 온실가스 감축에서 탄소 중립으로 대응 방향을 수정했다. 탄소중립은 인간 활동으로 인한 온실가스 배출을 최소화하는 한편, 남은 온실가스는 흡수 또는 제거해 온실가스 순배출량을 0으로 만드는 것이다. 즉, 온실가스가 배출되는 양과 흡수·제거되는 양이 상쇄되어 균형을 이루는 상태다.

국제사회의 탄소중립 법제화 흐름

유엔기후변화협약^{UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change}은 1992년 채택 당시, 대기 중 인위적으로 발생한 온실가스의 배출을 감축하는 것을 협약 목표로 설정했다. 이후 1997년 교토의정서^{Kyoto Protocol}를 통해 온실가스 배출 감축의 실질적인 목표가 약속됐다. 교토의정서의 시한이 끝나고, 이를 대신할 국제 합의가 2015년 제21차 당사국총회^{COP21}에서 진행되며 파리협정^{Paris Agreement}이 도출됐다. 당사국은 지구 온난화에 따른 지구 평균기온 상승폭을 산업화 이전 수준(1850~1900년) 대비 2°C 이하로 유지하고, 이를 1.5°C로 제한하기 위한 노력을 추진하기로 했다. 또 온실가스의 인위적인 배출과 흡수원에 의한 제거 간의 균형을 달성하기로 합의했다. 이처럼 온실가스 배출과 제거 간의 균형을 의미하는 ‘탄소중립’ 개념이 국제 협정에 공식적으로 등장하며 전 세계는 탄소중립 달성을 위한 목표 설정과 법제화를 추진하고 있다.

우리나라는 2021년 전 세계 14번째로 탄소중립을 법제화했다. 2021년 9월 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)이 제정된 후, 2022년 3월부터 본격 시행 중이다. 탄소중립기본법에는 2030년까지 국가 온실가스 배출량을 2018년의 배출량과 비교해 35% 이상 감축한다는 중장기 감축목표가 설정되어 있다. 우리나라뿐 아니라 세계의 다른 국가도 탄소중립 목표를 법제화하고 있으며, 2024년 3월 현재 탄소중립을 법제화한 국가는 모두 31개국에 이른다. 이는 UNFCCC 198개 회원국 중 약 16%를 차지하는 수치다.

탄소중립 정책, 산업 경쟁력 선점의 도구로

탄소중립에 대한 관심과 의지가 국가 차원에서 높아지고,

세계 각국이 글로벌 기후위기 대응에 적극적인 행보를 보이는 점은 고무적이다. 글로벌 복합 위기를 심화시키는 주요 요인 중 하나인 기후위기에 적절히 대응하려면 전 지구적 행동이 뒤따라야만 하기 때문이다. 우리도 이러한 움직임에 동참하는 것은 당연하지만, 그에 앞서 주요국이 발표한 탄소중립 정책이 우리 국민과 산업에 어떤 영향을 미칠 것인지를 제대로 이해하는 것 역시 중요하다.

최근 주요국에서 펼치고 있는 탄소중립 정책의 특징은 기후위기 대응에서 한발 더 나아가 각국의 산업 발전 및 경쟁력 선점을 위한 정책으로서 ‘융합적 양성’을 보인다는 점이다. 탄소중립이 재생에너지, 에너지 효율 증진 기술뿐만 아니라 전기차 확대에 따른 이차전지 개발과 보급, 디지털 전환으로 인한 탄소발자국 감소 등 첨단 기술 및 산업과 밀접하게 연관되어 있다. 또한 미국과 중국 간의 기술 패권 경쟁이 심화되고, 팬데믹과 러시아-우크라이나 전쟁 등으로 인한 지정학적 위험이 커지면서 탄소중립을 전면에 내세운 보호무역주의가 확대되는 추세다. 그 대표적인 국가가 EU와 미국이다.

탄소중립산업법 통해 청정산업 경쟁력 제고 나선 EU

EU는 탄소중립 목표 달성을 위한 법적 체계 확립 등 글로벌 탄소중립 선언과 추진을 선도하고 있다. EU 집행위원회는 2019년 12월, EU 전체의 탄소중립 달성을 위한 체계를 구성하고자 ‘유럽 그린딜(European Green Deal)’을 발표했다. EU의 2050 탄소중립 목표를 제시하며 그 일환으로 2021년 6월 「유럽기후법(European Climate Law)」을 제정했다. 이 과정에서 EU는 탄소중립을 산업통상 정책의 핵심 의제로 선정했다. 즉, 탄소중립과 관련해 EU 역내 공급망 안보와 회복력을 확보하려는 정책적 시도를 추진한 것이다. 2023년 2월 EU 집행위원회가 제안한 그린딜산업계획(GDIP, Green Deal Industrial Plan)과 이 계획의 이행력을 높이기 위해 2023년 3월에 초안을 발표한 「탄소중립산업법(NZIA, Net-Zero Industry Act)」이 탄소중립을 산업통상 정책의 핵심으로 고려한 EU의 대표적인 정책이다.

GDIP는 자국 내에 전략산업의 공급망을 확대하려는 미국, 중국, 일본, 인도 등의 정책에 적극적으로 대응하기 위한 전략이다. 청정기술 산업 육성을 위한 정책적 수단으로 ‘규제 간소

유럽 그린딜은 2050년 기후중립 목표 달성을 위한 정책 패키지다. 온실가스, 에너지, 산업, 건물, 교통, 식품, 생태계, 오염 등 사회 전 분야의 정책과 전략을 제시할 뿐 아니라 법의 제정과 개정까지 포함한다. 사진은 2020년 9월 17일 브뤼셀에서 열린 유럽 그린딜 기자회견 장의 EU에너지 담당 집행위원 카드리 심슨 Kadri Simson





2022년에 발효된 IRA에 따라 현대차가 미국 앨라배마에서 생산하는 제네시스 GV70 전기차가 보조금 지급 대상 차량에서 제외됐다. 현대차그룹은 IRA에 대응하기 위해 '현대차그룹 메타플랜트 아메리카'의 준공을 2024년 이내로 단축할 예정이다.

화', '자금조달 촉진', '기술 역량 강화', '국제 협력을 통한 공급망 다변화'라는 4가지 수단을 제안했다. 특히 규제 간소화를 실현하기 위해 NZIA를 제안했다.

NZIA는 EU 내 청정산업의 경쟁력을 제고하기 위해 탄소중립 제조업 개발 지원을 목적으로 한다. 즉, 탄소중립 기술이 신속하게 성장할 수 있도록 규제 환경을 개선하고 풍력 및 태양에너지, 히트펌프, 청정수소 등 중요한 기술의 제조에 유리한 여건을 제공한다는 것이다. 2030년까지 전략적 탄소중립 기술 수요의 40% 이상을 EU 내에서 제조할 수 있도록 제조 용량을 확보하겠다는 계획이다. 이를 위해 탄소중립 전략 프로젝트의 인허가 절차 간소화와 투자 여건 개선, 이산화탄소 포집 및 저장 확대, 탄소중립 기술 역량 및 혁신 강화를 주요 내용으로 담았다. 법안은 EU 집행위 초안이 발표(2023년 3월)된 후 2024년 2월 EU 입법기관 간 잠정 합의에 도달함으로써 조만간 효력이 발생할 전망이다. NZIA 잠정 합의 이외에도 2024년 2월 EU는 탄소중립 로드맵을 재정립하는 '2040 기후목표^{2040 climate target}'와 '산업탄소관리전략'을 발표하며 탄소중립을 향한 일관된 정책 기조를 명시했다.

탄소의 배출을 줄이는 것만큼 제거하거나 저장하는 것 역시 중요하다. EU는 인위적으로 발생된 탄소의 제거를 인증하기

위한 EU 차원의 「탄소 제거 인증에 관한 규정」(탄소 제거 인증제)을 2022년 11월에 제안했다. 2024년 2월, EU 입법기관 간 협상이 타결되어 조만간 효력이 발생할 예정이다. 이에 따르면 자연기반해법(산림, 토양, 혁신적 농업 관행의 복원 등), 기술(탄소 포집 및 저장 등), 내구성이 강한 제품 및 재료(목재 기반 건설 등) 등의 탄소 제거 및 저장 방법이 EU의 단일화된 틀에 의해 인증 및 보상받는다. 인증을 위해서는 탄소 제거의 규모를 정확히 측정하고 기존 관행 대비 추가적인 기후 혜택을 제공하는 한편, 탄소를 장기간 저장하도록 노력해야 하며, 누출을 막아야 한다. 탄소 제거 인증제는 탄소 제거 활동의 개념과 범위를 명확히 함으로써 기업의 그린워싱도 최소화해 시장 투명성을 개선할 것으로 기대된다.

미국 IRA로 자국 내 생산 산업에 세금 혜택

미국은 기후위기 대응을 전면에 내세워 가장 직접적이고 즉각적인 산업정책을 펼치고 있다. 2022년 8월 7400억 달러 규모의 「인플레이션감축법 IRA, Inflation Reduction Act」을 발표했다. IRA는 국가 세수를 늘려서 기후변화 대응, 기후-에너지 분야 투자, 의료보험 확대 등을 실현하겠다는 내용을 담은 미국 역사상 최대 규모의 기후변화 대책이 포함된 법이다. 이는 청정에너지와 청정차량 세액공제를 통해 자국 내 첨단산업의 육성을



‘제5회 탄소중립과 에너지 정책 국제 세미나’에서 기조연설을 하고 있는 대한상공회의소 최태원 회장. 국제 세미나를 통해 정부와 산업계가 탄소중립을 위한 혁신 방안을 함께 고민한다.

지원하려는 탄소중립 산업정책의 대표적인 예를 보여준다.

우리나라 산업계에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 조항은 ‘청정차량 세액공제에 관한 조항’이다. 표면적으로는 탄소중립을 위한 제도지만 실상은 자국에 유리한 다양한 세액공제 조건을 설정해 청정차량에 세제 혜택을 부여한다는 내용이기 때문이다. 전기차 구매자는 미국 또는 미국과 FTA를 체결한 국가에서 채굴 또는 가공한 핵심 광물이 일정 비율 이상 포함된 배터리, 또는 북미에서 재활용된 배터리를 장착한 전기차에 대해 세액공제를 받을 수 있다. 또는 배터리 부품 가치의 일정 비율 이상이 북미에서 제조 또는 조립된 전기차에 대해서 세액공제를 받을 수 있다. 또한 ‘첨단제조 생산세액공제^{AMP}’ 조항도 미국에서 생산된 청정에너지 중간재에 대해 세액공제

를 부여한다는 내용으로 자국 산업에 혜택을 주겠다는 보호무역 조치이다.

IRA는 온실가스 감축과 청정에너지 투자라는 성과를 보여주고 있다는 긍정적인 평가와 함께 강한 보호주의적 성격으로 다양한 통상 분쟁 여지를 남겼다.

탄소중립 정책 시대, 우리 산업을 위한 노력

이처럼 ‘탄소중립 달성’을 내세운 주요국의 보호무역 조치와 산업정책이 확대됨에 따라 우리 정부와 국회도 우리 산업의 경쟁력을 지키는 동시에 탄소중립 목표를 달성할 수 있는 다양한 방안을 제시하고 있다. 2021년 「탄소중립기본법」을

제정한 이후에 「탄소중립산업 보호 및 경쟁력 강화에 관한 특별조치법안」 발의, 「조세특례제한법」 일부 개정 등 다양한 법적 틀 안에서 국내 탄소중립과 산업 지원을 추진 중이다.

이미 발생한 온실가스를 제거해 탄소중립 달성을 앞당기기 위한 기술개발과 산업 육성도 진행 중이다. 온실가스 제거를 위한 대표적 기술로 ‘탄소 포집·저장·활용^{CCUS}’ 기술이 각광받고 있으며, CCUS 기술과 산업을 체계적으로 육성하기 위한 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」(CCUS법)이 2024년 2월에 제정되어 2025년 2월 시행을 앞두고 있다. CCUS법은 이산화탄소 저장소의 발굴 및 후보지 선정, CCUS 집적화단지 지정, 지원 및 평가 근거, 공급 특례, 인증, 전문기업 확인, 실증사업 특례 등 다양한 지원 근거를 마련했다.

제조업과 수출 중심으로 경제발전을 이끌어왔던 우리나라는 철강, 화학 등 온실가스 다배출 산업이 큰 비중을 차지하는 산업구조를 보유하고 있다. 정부는 2023년 2월, ‘저탄소 철강생산 전환을 위한 철강산업 발전전략’에서 철강산업 녹색 전환 촉진 세부 방안으로 철스크랩(고철)의 효과적 활용, 수소환원제철 기술의 상용화를 제안했다. 또 국내 제조업 생산의 2/3, 수출의 2/3를 차지하는 국내 산업단지의 녹색 전환을 촉진하기 위해 디지털화를 통한 에너지 이용 효율화와 저탄소 에너지 공급을 지원하고 있다. 우리나라의 산업구조 특성을 고려할 때, 기존의 온실가스 다배출 산업의 산업 경쟁력을 해치지 않으면서 어떻게 녹색 전환을 이룰 것인가가 국가 탄소중립 달성의 관건이라고 할 수 있겠다.

2023년 9월 국회에서 열린 ‘탄소중립 목표달성을 위한 산업계 협력방안 마련 정책토론회’.
EU 및 미국의 탄소세로부터 우리 산업을 보호하고 지원하기 위한 정책 마련에 필요한 의견을 나눴다.



임소영 산업연구원 산업통상연구본부 글로벌산업실 실장 지속가능발전, 개발협력 분야를 연구하고 있으며, 현재 외교부 무상원조관계기관 협의회 민간전문가단, 환경부 한-EU, 한-영 FTA 무역과 지속가능한 발전에 관한 국내 자문단으로 활동하고 있다.

한국경제인협회는 지난 2023년 10월, 세계 주요국의 2030 NDC^① 달성이 어려울 것이라는 전망을 내놨다. 기술적 한계와 경제적 부담 때문이며 이는 우리나라 역시 다르지 않다. '2050 탄소중립'으로 가는 길, 그 위에 선 오늘을 들여다봤다.

대한민국 녹색성장의 현주소를 짚다

탄소중립 관련 주요 이슈와 해결 방안



대한민국 탄소중립 기본계획

2015년 기후변화협약 제21차 당사국총회^{COP21}에서 채택된 파리협정 제4조 19항은 모든 당사국이 '장기 저탄소발전전략^{LEDS}'을 수립하도록 명시하고 있다. 2023년 현재 LEDS로 '탄소중립'을 선언한 나라는 155개국에 달하며, 그 배출량을 합하면 전 세계 온실가스 배출량의 90%에 가깝다. 우리나라도 2020년 12월 UN에 탄소중립 의사를 제출했다.

2023년 3월, 탄소중립녹색성장위원회가 밝힌 '제1차 탄소중립 기본계획'에 따르면, 2030년 순배출량은 4억3660만 톤으로 2018년 총배출량(7억2760만 톤) 대비 40% 감축된 양이다. 기존 2030년 국가 온실가스감축목표^{NDC}의 산업 부문 부담을 800만 톤 감축했고, 전환과 국제감축의 감축량을 각각 400만 톤 상향했다. 신재생에너지 비중은 2030년 30%에서 21.6%로 줄었고, 산업 부문의 감축량은 '2018년 대

① Nationally Determined Contributions의 약자로, 파리협정에 따라 참가국이 스스로 정하는 국가 온실가스감축목표를 뜻한다. 우리나라의 2030 NDC는 2018년 대비 40% 감축이다.

비 14.5% 감축'에서 11.4%로 3.1% 완화되었다. 건물 부문은 2030년 그린리모델링 160만 건과 제로 에너지 건축물 4만7000건으로 확대할 계획이다. 수송 부문은 전기차와 수소차 등 무공해차를 2022년 43만 대(1.7%)에서 2030년 450만 대(16.6%)로 10배 이상(누적) 증가할 방침이다.

온실가스 감축계획을 보는 두 가지 시선

정부는 원료 수급, 기술 전망 등 현실적인 국내 여건을 고려해 산업 부문의 감축목표를 완화했다는 입장이다. 산업계에서는 “기존의 2030 NDC가 달성이 불가능한 수치였다면, 이번 탄소중립 기본계획은 현실 가능한 범위로 정해진 것 같다. 숨통이 좀 트일 것 같다”는 반응을 보였다. 또한 한국중견기업연합회는 “산업 부문 온실가스 감축 비중을 축소하는 것은 기업의 경쟁력 제고 측면에서 매우 바람직하다”는 입장을 표현했다.

반면 환경단체의 시선은 달랐다. 환경운동연합은 탄소중립 기본계획에 대해 “다배출 기업과 핵산업계의 이해관계를 대변하고, 감축 노력을 최소화하려 한다”고 비판했다. EU 국가의 높은 감축목표와 탄소세 도입 등 국제 동향을 고려하고, ‘오염자 부담 원칙’에 따라 산업 부문의 감축량이 상향되어야 한다는 주장이다. 녹색연합은 국가 온실가스 전체 배출에서 54%를 차지하는 산업계의 책임이 매우 크다는 것을

지적했다. 기존 NDC에서도 낮은 수준인 산업계 목표를 더 낮추어 업계의 감축 책임을 후퇴시키고 있다고 꼬집기도 했다.

산업 부문 배출량 목표가 완화된 것은 아쉬운 측면이 없지 않다. 하지만 산업 부문은 공정 설계, 제작, 설치, 운전에 이르기까지 상당한 시간이 소요되기 때문에 부득이한 측면이 있는 것도 사실이다. 유럽연합 외에서 생산해 수입되는 제품에 탄소 가격을 적용하는 ‘탄소국경조정제도’가 2026년 1월부터 본격 시행되는 점을 생각하면 국가 경쟁력 제고 차원에서도 산업체의 적극적인 대응이 요구된다.

CF연합의 출범과 COP28 합의

2023년 10월 삼성전자, SK하이닉스, 포스코, LG화학, 한화솔루션, 한국전력, 한국에너지공단 등 14개 기업 및 기관이 발기인으로 참여한 무탄소에너지연합(CF연합²)이 창립됐다. CF연합은 현존하는 모든 이행 가능한 온실가스 감축 기술(재생에너지, 원전, 청정수소, CCUS, 바이오에너지원 등)을 활용하겠다고 밝혔다. CF연합은 미국, 영국, 일본, 중국 등의 지지를 받았다. 특히 지난 2023년 11~12월에 열린 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28) 합의문에

² Carbon Free Alliance. 재생에너지, 원전, 수소, CCUS 등 무탄소 에너지의 활용과 공급을 촉진하기 위한 기구



2015년 파리협정에서 전 세계 모든 국가의 기후변화 체제 마련 필요성이 제기됐다.



2023년 12월 3일 두바이에서 COP28이 진행되는 동안 벨기에 브뤼셀에선 기후 시위가 펼쳐졌다.

무탄소 및 저탄소 기술개발에 대한 내용을 담고 있다는 점을 미루어보면, CF연합의 출범 자체만으로도 국제사회에 유의미한 영향을 미친 것이라 볼 수 있다.

물론 CF연합은 ‘24시간 일주일 무탄소 전력 이용’을 원칙으로 하는 CF100과 차이가 있다. 정부가 원전 비중을 2030년 30% 이상 확대하는 방안을 발표함에 따라 CF연합이 원전을 진흥하기 위한 새로운 이니셔티브라는 비판이 있는 것도 사실이다. 이를 해소하기 위해서라도 CF연합이 재생에너지 보급 확대에 적극적으로 활동할 필요가 있다. 또한 CF연합이 국제 이니셔티브로 자리 잡기 위해서는 더 많은 국가와 국제적 기업을 참여시켜 국제표준으로 인정받아야 한다.

한편 COP28은 ‘화석연료 종식 시대의 개시^{beginning of the end of the fossil fuel era}’라는 평가를 받고 있다. 특히 COP28은 과거 COP 중 가장 강력한 8개 항의 에너지 패키지에 합의했는데, 그중에는 ‘저감장치 없는

석탄발전의 단계적 감축^{Phase-down}이 포함되어 있다. 2022년 기준, 국내 석탄화력발전기는 58기가 가동 중이며, 3기가 건설 중이다. 2021년 말 기준 석탄발전의 발전량 비중은 2010년대 40% 이상에서 최근 30% 중후반으로 감소했으나, 발전량 기준으로는 국내 제1위 발전원이다. 석탄발전의 단기적인 조기 퇴출은 어렵지만, 신규 건설을 억제하고 암모니아 혼소 발전을 활성화해야 한다. 정부는 2027년부터 암모니아 혼소 실증 운전을 시행할 계획이고, 2050년까지 석탄 발전을 암모니아 전소 발전으로 대체하기 위한 연구를 진행하고 있다.

재생에너지 확대를 외치는 목소리

환경단체 기후솔루션은 “21.6%라는 2030년 재생에너지 발전 목표는 한국의 국가적 위상에 반할 뿐 아니라 전 세계적인 탄소중립과 에너지전환이라는 거대한 흐름에 반하는 목표”라고 비판했다. RE100 캠페인을 주관하는 국제 비영리재단 클라이밋그룹은 “한국을 다른 선진국보다 뒤처지게 할 위험이 있다”



2022년 기준
국내 석탄화력발전기
58기가동. **3**기 건설 중.
 국내 발전량 기준
1위 발전원.



2027년
암모니아 혼소 실증
운전 시행 계획

2050년
석탄 발전을 암모니아
전소 발전으로 대체





탄소배출권거래제를 통해 기업들은 스스로 온실가스를 추가적으로 감축하는 비용과 배출권 가격을 비교해 저렴한 방법을 선택했다. 우리나라의 온실가스감축목표는 상당 수준 강화됐지만 배출권 가격은 오히려 하락하고 있다.

라며 “2050년 탄소중립 목표 달성을 위해 재생에너지 비중을 늘려야 한다”고 조언했다.

환경운동연합은 “재생에너지 중심의 전환이 필요하다. 공공·유희부지 활용 등 실현 가능한 수단을 통해 2030년까지 재생에너지의 비율을 40%까지 상향해야 한다”며 “전력뿐만 아니라 교통, 산업, 건물 등의 에너지 수요 감축을 위한 적극적인 제도 마련을 요구한다”고 강조했다. 녹색연합 역시 기후위기 대응을 위해서는 재생에너지로의 전환과 함께 에너지 수요와 소비 감축을 위한 정책이 필요하며, 에너지 다소비 계층·지역·기업을 대상으로 수요감축정책을 추진해야 한다고 설명했다.

재생에너지 비중을 21.6%로 조정된 우리나라와 달리, EU는 2023년 9월 본회의에서 2030년까지 EU 역내 에너지 소비에서 재생에너지의 비중을 당초 32%에서 42.5%로 높이기로 확정했다. 유럽 주요 국가의 재생 전력 비중은 2020년 기준 독일 46.7%, 영국 45.2%, 이탈리아 42.9% 등이며, 일본(21.7%)과 중국(28.6%)도 우리나라(6.3%)에 비해 훨씬 높은 비중을 보여주고 있다. 우리나라도 COP28에서

2030년까지 “재생에너지 용량 3배 증대, 에너지 효율성 2배 개선” 서약에 참여했기에 재생에너지를 확대하는 정책을 강화해야 한다.

탄소중립 실현을 위해 해결해야 할 과제

우리나라는 2015년 ‘탄소배출권거래제(Emission Trading Scheme)’를 도입해 현재 제3차 계획기간이 진행되고 있다. 배출권 거래량은 322만~1469만 톤으로 변화가 크고 배출권 가격도 3만4155원에서 계속 하락해 2024년 1월 현재 8200원이다. 전 세계적으로 온실가스감축목표가 상향되면서 주요 배출권 가격이 EU 8만9414원, 영국 5만8724원, 캘리포니아 5만 1534원으로 급격히 인상되어 우리나라 배출권보다 5~11배 수준을 보여주고 있다.

온실가스감축목표가 크게 상향되었지만, 배출권 수요와 가격은 이를 반영하지 못하고 하락하고 있다. 배출권 가격 하락으로 참여 업체들은 온실가스 감축 설비 및 기술에 투자하기보다 배출권을 구매하는 방식을 선택하고 있다. 전문가들은 배출권 가격 하락의 주요 원인인 배출권 이월 제한을 완화할 필요가 있다고 지적하며, 에너지·탄소 시장의 투명성



지난 2023년 6월 5일 환경의 날을 맞아 국제환경단체 그린피스와 청년기후환경단체 회원들이 탄소를 상징하는 대형 풍선을 짊어지고 기후위기 대응을 촉구하는 퍼포먼스를 펼쳤다.

과 예측 가능성을 확보하기 위한 독립적인 시장감독 기구 설립과 정부 재량권을 투명화하고 최소화해 시장 유동성 및 가격 안정성을 확보하는 것이 중요하다고 제안했다.

한편, 정부는 최근 대표적 토지 규제인 그린벨트를 대폭 해제하겠다고 밝혔다. 이와 관련해 환경운동연합은 생태계가 인간 행위로 발생하는 탄소의 50% 이상을 흡수하므로, 생태계 보전을 통해 탄소를 장기간 축적할 수 있는 생태계 보전 계획을 수립해야 한다고 강조했다. 녹색연합도 기후위기 대응에 부합하지 않는 대규모 사업과 탄소흡수원이나 생물다양성의 보고인 그린벨트를 포함한 보호지역의 개발사업을 철회해야 한다고 목소리를 높였다.

훼손된 그린벨트를 해제하더라도 복원 가능성이 없는 곳을 우선해야 하며, 수소충전소를 비롯해 공익성을 확대할 수 있는 지역을 우선적으로 해제해야 한다. 케이블카의 경우, 지역 경제효과와 이로 인한 탄소 저장능력의 감소를 균형적으로 검토해 설치 여부를 판단하는 것이 적절하다.

탄소중립 달성을 위한 제언

그동안 우리나라가 온실가스 배출량을 실질적으로 줄인 해는 1998년, 2019년, 2020년 3개년에 불과하다. 각각 IMF에 따른 국가부도 상황, 미세먼지 감축을 위한 LNG 발전량 증가, 코로나19로 인해 경제활동이 크게 위축된 데 따른 것이다. 단 한 번이라도 정상적인 상황에서 온실가스를 줄이는 것이 중요하다.



이제까지 온실가스 배출량을 실질적으로 줄인 해는 국가 위기 상황으로 경제활동이 위축된 해 뿐이었다. 10~20년을 내다보는 탄탄한 정책만이 온실가스로부터의 위기를 끝낼 수 있다.

기후위기에 대응하기 위해서는 정부 정책의 일관성이 핵심이다. 온실가스 배출량의 90% 정도를 차지하고 있는 에너지 부문에 대한 정책은 10~20년을 내다보는 장기정책이어야 하는데, 우리나라는 이 부분에 아쉬움이 크다. 기후변화 대응과 에너지 정책의 일관성을 유지하기 위한 제도적 장치가 시급하다.

탄소중립을 위해서는 관련 기술을 개발하고 기후테크 산업을 육성해야 한다. 정부는 2030년까지 민·관 합동으로 약 145조 원을 투자할 계획이다. 탄소중립 기술 중 가장 역점을 두고 있는 사업은 신에너지인 ‘수소’로 그린수소 생산 기술을 조속히 개발해야 한다. 또 다른 기후테크인 CCUS의 경우, 대규모 실증사업 추진이 필요하며 국내외 저장소 확보를 위한 노력을 병행해야 한다. 균형 있는 전원 믹스와 온실

가스 감축을 위해서 일정 부분 원전에 의한 전기 생산이 불가피하다면, ‘사용후핵연료’ 등 고준위 방사성 폐기물에 대한 대책이 시급하다.

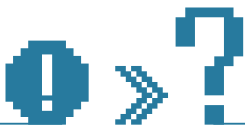
구체적인 탄소중립 실행계획을 수립하고, 집행하는 기능은 기본적으로 관련 부처와 지자체에 있다. 탄소중립이 성공하기 위해서는 관련 부처와 지자체의 협조가 절대적이다. 독립적이고 전문적인 평가기구에서 각 부처, 각 부문의 탄소중립 대책 이행을 평가해 잘된 경우에는 모델 케이스로 삼아 전파하고, 이행 결과가 미흡할 경우에는 대안을 제시해야 한다. 2050년 탄소중립의 꿈은 꼭 이루어져야 한다. ‘탄소중립’은 국가적 어젠다이며, 인류의 미래를 좌우하는 핵심 과제이기 때문이다.

2023년 11월 23일 서울 상암 누리꿈스퀘어에서 열린 2050 탄소중립녹색성장위원회의 제5차 전체회의. 위원회는 정부의 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 주요 정책 및 계획과 그 시행에 관한 사항을 논의하기 위해 설치됐다.



전외찬 세종대 기후변화특성화대학원 책임교수 한국기후환경원 원장, APEC기후센터 이사장, 지자체 탄소중립위원장, IPCC 주저자 등으로 활동하고 있으며, 탄소중립위원회 기후변화위원장, 국가기후환경회의 저감위원장, 한국기후변화학회 회장 등을 역임했다.

느낌표보다 물음표를 달면 더 잘 보이는 '탄소중립'



이제 지구온난화가 아니라 지구 '가열화'다. 과연, 기술이 탄소중립의 방향을 정립하고 길을 제시할 수 있을까. 광주과학기술원^{GIST} 지구·환경공학부 송철한 교수에게 그 답을 물었다. 송 교수는 그에 앞서, 탄소중립의 전제 조건부터 다시 살펴봐야 한다고 제언했다.

word 임지영 photo 이승재

Q 올해 초에 발간한 책 <과학을 기반으로 살펴보는 초미세먼지, 기후변화, 그리고 탄소중립-우리는 왜 세 문제를 함께 생각해야 하는가>에 담긴 뜻은 무엇인지, 어떤 배경에서 집필하게 되었는지 궁금합니다.

초미세먼지는 대기오염물질임과 동시에 매우 중요한 기후변화 유발 물질입니다. 동시에 우리가 에너지 전환을 거쳐 재생에너지 사회로 진입하게 되면 이산화탄소와 함께 연소공정에서 공배출^{共排出}되는 만큼, 상당 부분 사라지게 될 물질이기도 하지요. 따라서 에너지 전환 사회가 이루어지면 탄소만 사라지는 것이 아니라 동시에 초미세먼지 농도도 크게 줄어들게 됩니다. 이렇게 이들 세 주제는 매우 밀접하게 서로 연계·연관되어 있습니다. 우리 사회의 오피니언리더나 사회문제에 관심이 많은 일반 시민은 탄소중립과 초미세먼지 문제에 대해 얼마나 정교한 '과학적 사고'를 하고 있을까 궁금했습니다. 현재 사회에서 유통되고 있는 여러 주장에는 비과학적 오류와 비이성적 사고가 엮보입니다. 책을 통해 그런 주장의 한계를 과학적 시각에서 밝혀보고 싶었습니다.

Q 그렇다면 과학적인 측면에서, 2030년 온실가스감축 목표달성과 2050년 탄소중립이 가능할 것이라고 보시나요?

우리나라의 2030년 국가 온실가스 환산 배출량 감축목표가 2018년 배출량 대비 40% 감축입니다. 2030년이면 이제 6년 밖에 남지 않았죠. 2018년 배출량이 대략 7억2000만 톤이었습니다. 여기서 40%면, 2030년까지 4억3000만 톤으로 감축해야 한다는 계산이 나오죠. 그런데 온실가스종합정보센터에 따르면, 현재 온실가스 배출량 추정치가 대략 6억5000만 톤입니다. 그럼 6년 동안 2억2000만 톤을 감축해야 한다는 것인데, 이것이 과연 가능하겠느냐는 거죠. 물론 현재 과학기술이 발전하는 양상으로 미루어보아 절대적으로 불가능한 건 아닙니다. 하지만, 과학자로서 확실한 사실에 기반해 답하자면 마냥 고개를 끄덕일 수만은 없는 것도 사실입니다.

Q 재생에너지를 둘러싼 다양한 의견이 존재합니다. 교수님은 어떤 입장인가요?

재생에너지에 대해서는 100% 찬성합니다. 다만 현실적인 제약을 무시할 수가 없죠. 우리나라에서 재생에너지를 현실화했을 때, 어떤 문제점과 한계가 있는지에 대해서 제대로 짚고 넘어가야 한다고 생각해요. 지금부터 막대한 투자를 한다 해도 2050년 무렵에 필요한 전력을 전부 재생에너지로 충당할 수 있느냐, 그건 불가능하다고 봐요. 그렇다고 목표 달성을 위해 원전으로 탄소중립을 이뤄야 할까요? 물론 원전은 2022년



송철한
광주과학기술원^{GIST}
지구·환경공학부 교수

주요 전공 분야는 초미세먼지와 오존 예보
모델링 시스템 개발, 기후변화와 탄소중립 문제
등에도 많은 관심을 가지고 있다.



EU 녹색분류체계(택소노미)에 포함된 그린에너지로써 눈앞의 문제를 해결하는데는 큰 도움을 줄 것이라고 생각합니다. 하지만 결국에는 최종적인 목표인 재생에너지로 가야할 것입니다. 또 그렇다고 재생에너지 공급 비율을 늘리고자 무작정 확대할 수는 없는 법이니까, 무엇보다 실현 가능한 전략과 대책을 세워 차근차근 실천해가는 게 중요하다고 생각합니다.

Q 전 세계가 2050 탄소중립을 목표로 노력하고 있습니다. 교수님이 생각하시는 최고의 탄소중립 선진국은 어디인가요?

당연히 EU입니다. 책에도 썼는데, 특히 노르웨이 같은 나라는 2030년에 탄소중립을 실현하겠다고 선언했어요. 6년 후면 탄소중립이 되는 거지요. 그런데 탄소중립의 조건은 국가마다 달라요. 우리는 좁은 땅덩어리에 5200만 인구가 살고 있어요. 재생에너지만 가지고 탄소중립을 실현하기가 어려운 조건이지요. 노르웨이의 경우 땅은 큰데 인구는 500만 명에 불과합니다. 게다가 남서부가 피오르 지형이라 수력발전 조건이 굉장히 좋아요. 수력발전으로 이미 96% 탄소중립을 하고 있는 상황입니다. 부러울 따름이지요.

Q 영화 <설국열차>를 보면 지구온난화를 막기 위해 냉각제를 분사했는데, 너무 많이 뿌려 지구가 끔찍 얼어버리는 장면에서 시작합니다. 실제로 냉각제로 지구 온도를 낮추는 게 가능할까요?

노벨화학상을 수상한 폴 크루젠^{Paul J. Crutzen}이라는 화학자가 실제로 그렇게 주장한 바 있어요. 지구온난화가 심각해지면 성층권에 설페이트^{sulfate}(황산염) 성분의 초미세먼지를 뿌리라고요. 역설적이죠. 지구온난화 해소를 위해 초미세먼지를 뿌리자니 말입니다. 그동안 우리는 탄소중립이 되면 대기질은 깨끗해지고 지구온도는 낮아질 것이라고 생각했어요. 아니 확신했습니다. 하지만 온실가스 순배출량이 0이 되는 '카본 뉴트럴'이 달성되더라도, 지구온도는 더 낮아지지 않고 오히려 증가하는 역설적인 상황이 벌어질 수 있습니다. 대기 중에서 초미세먼지의 '지구 냉각효과', 바로 황산염 등의 효과가 사라지기 때문이지요. 우리 모두가 조심해서 살펴봐야 할 대목입니다. 또한 탄소중립 혹은 카본 네거티브도 좋지만, 탄소중립을 향한 로드맵은 과연 이 모든 것을 충분히 고려하고 있는지 꼼꼼히 살펴보고, 방향이든 세부든 잘못된 부분이 있다면 그년부터 바로잡아야 합니다. 그래야 진정한 탄소중립으로의 첫 발을 뗄 수 있습니다.



송철한 교수 연구실에 설치된 초미세먼지와 기후변화 연구를 위한 대규모 연산 시설. 이를 통해 대기오염과 기후변화를 파악하고 관련 데이터를 축적한다.

Q 탄소중립에 한발 가까워지는 다양한 기술이 개발되고 있는데, 개인적으로 가장 관심을 갖고 있는 기술이 있다면요?

우리는 탄소중립이라는 하나의 단어로 현 상황을 뭉뚱그려 설명하고 있지만, 실제로 이를 실현하기 위한 기술의 수는 무궁무진합니다. 그리고 그 기술 하나하나를 수년 또는 수십 년 연구하는 분들이 계시죠. 예를 들어 탄소 포집 및 저장 기술이나 태양광 발전만을 평생

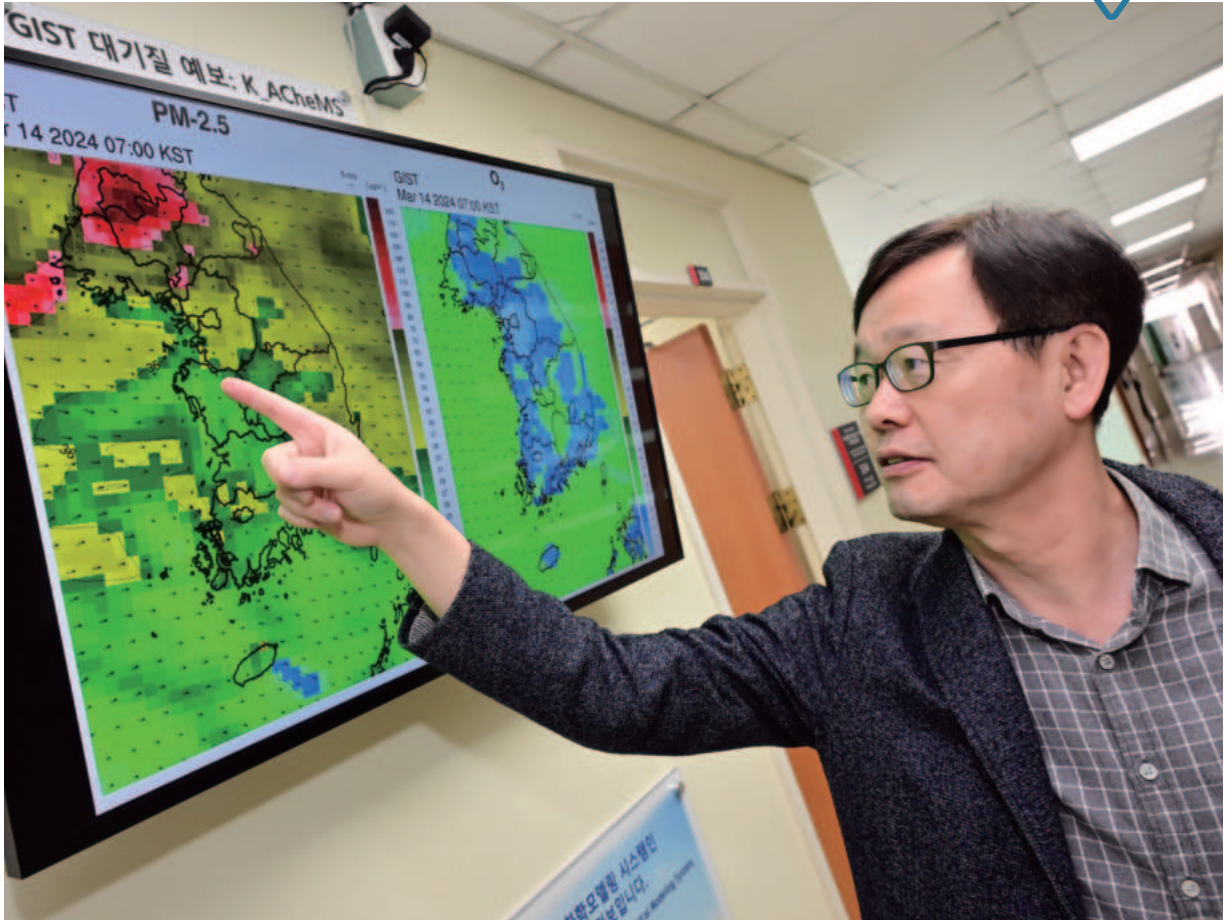
연구하시는 분들도 많지요. 건물 난방과 냉방을 위한 열펌프 기술도 중요하고요. 물론 제가 각 기술의 디테일에 대해 자세히 알고 있지는 않습니다. 좋은 기술이 많겠지만 잘 모른다는 것을 전제로 말씀드리면, 당연히 풍력이나 태양광 발전에 관심이 큼니다. 풍력발전의 경우 제일 중요한 게 터빈 기술과 블레이드 기술이니까, 그 분야에 혁신적인 기술 발전이 이뤄지면 좋겠다는 바람입니다.

Q 마지막으로 탄소중립과 관련해 국민들이 꼭 한번 생각해 봐야 할 부분이 있다면 무엇일까요?

사회의 여러 문제에 대해 이성적이고 과학적인 사고를 하셨으

면 합니다. 탄소중립, 기후변화, 초미세먼지 문제가 바로 그런 주제일 수 있죠. 과학적 사고의 기본은 '질문'하는 것입니다. 탄소중립에 대해서도 한 번 더 생각하고 질문해보세요. 아마도 언론이나 유튜브 등에서 주장하는 것과는 다른 답을 얻을 수도 있을 겁니다. 탄소중립에 도달하면 지구의 온도가 곧바로 떨어질까? 앞서 설명했듯 꽤 오랫동안 지구 온도는 더 상승하려는 경향을 보일 겁니다. 제가 '탄소중립의 역설'이라고 말하는 부분이지요. 지구온난화를 방지해야 한다고 주장하시는 분도 이런 부분은 잘 모르거나 간과하는 경우가 많습니다. <사피엔스>로 유명한 작가 유발 하라리의 말처럼 스스로 '나는 내가 생각하는 것보다 무지하다'는 겸손에서 출발해서 부단히 스스로에게 질문을 던져보세요.

재생에너지 공급 비율을 높여가는 것이 중요하지만 무엇보다 실현 가능한 전략과 대책을 세워 차근차근 실천하는 게 중요하다고 생각합니다.



우리만의 기술로 첨단 바이오테크놀로지 시대 연다

줄기세포 분화 기술을 이용한
장 오가노이드 기술 및 상용화 원천 기술 개발

한국생명공학연구원

세계 최초 장^장 오가노이드 성숙화 기술개발 성공

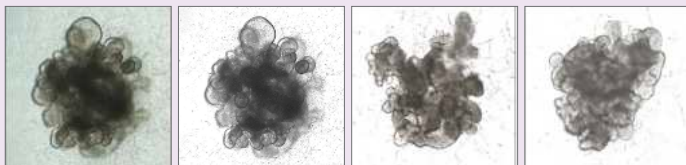
줄기세포 분화 기술을 이용한 장 오가노이드 기술 및 상용화 원천 기술 개발 연구과제는 인간 전분화능 줄기세포¹ 유래 장 줄기세포 및 심근세포를 포함하는 줄기세포치료를 생산하고 상용화하기 위한 핵심 원천 기술을 개발하는 것이다. 그뿐만 아니라 국산화를 위한 핵심 기술도 확보해야 한다.

기존의 동물 유래 인자를 포함한 세포배양 시스템의 문제점과 해외 의존도를 해결할 수 있는 고품질 줄기세포치료제 생산 시스템을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 구체적으로 신소재 기능성 박막^{thin film}을 이용한 조직^{tissue} 맞춤형 세포배양 시스템 및 대체 분화인자를 이용한 배양배지^{culture medium}를 개발해 임상 적용이 가능한 생체적합성 줄기세포 분화 기술과 생산 기술을 확립해야 한다.

손미영 박사는 “인간 전분화능 줄기세포 유래 장 오가노이드 기술은

인간 전분화능 줄기세포 유래 기능성 장 오가노이드

(자료: KRIBB 손미영 박사 연구팀)



1 인간의 몸을 구성하는 모든 세포로 분화할 수 있는 능력이 있는 미분화 세포를 말한다.

2 세포 및 미생물을 성장(배양)시키기 위해 사용하는 액체 혹은 젤 상태의 영양물질

우리 정부는 바이오, 반도체 등 6대 첨단산업 분야에서 초강대국으로 도약하기 위해 육성 전략을 발표하고 적극적인 지원을 추진하고 있다. 이 중 보건 안보 및 경제적 측면에서 중요성이 부각되고 있는 바이오산업이 주목받고 있다. 이런 가운데 한국생명공학연구원 줄기세포융합연구센터 손미영 박사팀이 세계 최초로 장 오가노이드 원천 기술 개발 및 이를 실용화하는 데 성공함으로써 국내 바이오산업의 연구개발 행보와 정부의 바이오산업 육성 전략에 가속도가 붙을 것으로 기대된다.

word 조범진 photo 김기남

2011년 미국 연구팀에서 개발되었으나 기능과 인체 유사도가 낮아 실제로 사용하기에는 어려움이 있었다. 이에 우리 연구팀은 세계 최초 기술인 ‘오가노이드 성숙화 기술’을 개발해 인체 모사도가 높은 **3차원 인간 장 오가노이드를 제작할 수 있는 기술을 개발**했고, 이를 이용해 혁신신약^{first-in-class} 재생치료제 개발, 오가노이드 기반 신약 평가 플랫폼 개발을 진행 중이다”라고 밝혔다.

아울러 손 박사는 “세포배양 시스템 자체를 새롭게 구축하기 위해서 줄기세포 전문가, 생체 재료 전문가, 배양용기 기업, 배양배지 기업, 표준화 전문가들이 본 과제에 참여하고 있다. 각 분야의 연구자, 전문가들이 융합연구를 진행하는 것이라 처음에는 세포배양 조건 설정 등 새로운 시스템 도입을 위해 많은 노력이 필요했다”면서 “하지만 이러한 초기 조건 설정의 어려움을 넘어선 이후에는 장질환 치료를 위한 인간 장 줄기세포 대량 생산 기술과 생체적합성 배양 시스템을 확보해 특허 출원 및 논문 성과를 다수 발표할 수 있었다”고 말했다.

실제 인간 장기 수준으로 대형화 프로젝트 진행 중

한편, 이번 개발 성공이 가져다준 또 다른 성과는 **기술이전 및 상용화를 이 끌어냈다**는 점이다. 이와 관련해 손 박사는 “본 연구과제 수행을 통해 새로운 세포모델의 대형 기술이전과 줄기세포의 배양 효율성을 증진시키기 위한 모듈형 배양용기를 개발해 기술이전과 상용화에 성공했다”며, “국내 오가노이드 전문기업에 대형 기술이전 되어 상용화 기반을 마련했다. 오가노이드 재생치료제의 경우 2023년 5월 국가첨단전략기술에 지정되어 정부 지원과 전후방 산업 확대를 통해 속도감 있는 연구개발이 진행될 예정이다”고 밝혔다.

또한 개발 성과의 활용도와 파급효과가 클 것으로 전망했다. 과제 성공을 통해 동물실험을 대체 상호보완할 수 있는 최고 수준의 세포모델 확보 및 임상 실패율을 낮출 수 있는 전임상 모델 구축과 환자 맞춤형 고효율 신약개발 플랫폼 개발에 활용 가능하다. 동시에 줄기세포 상용화를 위한 핵심 기술 및 소재의 국산화를 통해 해외 의존도를 낮추고 내수시장을 활성화할 수 있을 것으로 내다봤다.

끝으로 앞으로의 계획 및 목표에 대해 그는 “오가노이드 연구에 대해서 말하자면, 오가노이드를 재생치료제로 개발하는 연구가 상용화 될 수 있도록 연구자로서 할 수 있는 비밀상 연구를 완료해 상용화의 밑거름이 될 수 있는 연구 결과를 도출하고자 한다. 또한, 아직 오가노이드의 크기가 수 밀리미터 수준으로 작기 때문에 실제 인간 장기 수준으로 대형화하는 프로젝트를 진행하고 있다. 굉장히 어려운 과제지만 해당 분야 연구자로서 도전해야 한다는 소명의식을 갖고 매진하고 있다. 늘 그래왔듯이 훌륭한 동료들과 함께 즐겁게 연구하겠다”고 말했다.

지속가능한 바이오 기술개발을 위해

인공지능^{AI} 및 빅데이터, 미래 모빌리티, 로봇



세계 최초 기술인 '오가노이드 성숙화 기술'을 개발해 인체 모사도가 높은 3차원 인간 장 오가노이드를 제작할 수 있는 기술을 개발한 손미영 박사 연구팀

등 물리적 기술과 함께 4차 산업혁명의 핵심 중 하나가 바로 바이오 기술이다. 1980년대 대학과 연구소를 중심으로 첫걸음을 걷기 시작한 우리의 바이오 기술개발은 1990년대 바이오 벤처기업의 등장으로 가속도가 붙을 것으로 기대를 모았다. 하지만 글로벌 제약산업을 필두로 한 바이오 기술 선진국에 비해서는 성과 면에서 아쉬움이 적지 않았다.

이에 따라 정부는 바이오 기술을 새로운 미래 성장 동력으로 삼고 적극적인 지원과 육성 전략을 통해 글로벌 바이오 강대국으로의 도약을 모색하고 있다. 이런 가운데 한국생명공학연구원의 손미영 박사가 개발 및 실용화에 성공한 ‘줄기세포 분화 기술을 이용한 기능성 장 오가노이드 기술’은 국내 연구진이 순수 국내 기술로 개발에 성공했다는 측면에서 큰 의미를 지닌다.

특히 한 가지 눈여겨볼 것은 연구과제의 지속가능성이다. 한국산업기술기술평가원^{KENT}의 바이오산업기술개발사업의 경우, 지원과제의 카테고리와 지원 규모, 능동적인 연구개발 혁신 과제의 삽입 등 사업의 지속가능성 확보

용어 설명

오가노이드^{Organoid}

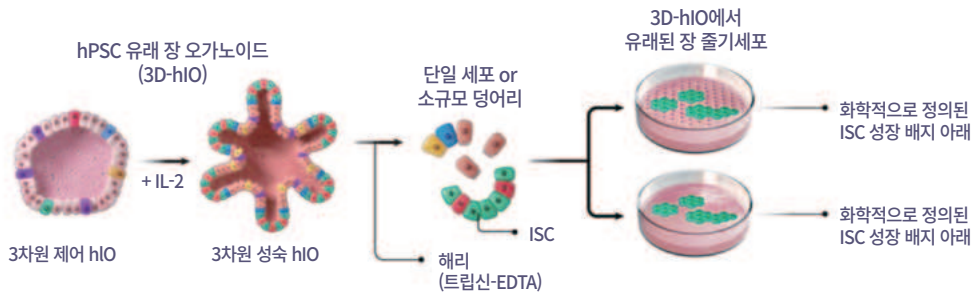
‘장기’를 뜻하는 ‘Organ’과 ‘유사함’을 뜻하는 접미사 ‘-oid’를 합한 신조어로, 실험실에서 인위적으로 만든 미니 장기 혹은 장기유사체라고도 한다.

전분화능 줄기세포^{Pluripotent Stem Cell}

생체를 구성하는 모든 세포로 분화할 수 있는 능력이 있는 미분화 줄기세포.

를 목표로 운영한다. 장기 계획에 대한 안정성을 과제 수행자들에게 제공함으로써 연구 및 기술개발의 최적 경로를 제시하며 연구자들의 연구환경 조성에 힘쓰고 있다.

3차원 장 오가노이드 유래 2차원 장 줄기세포 배양 기술 모식도



*ISC: 장 줄기세포, Intestinal Stem Cells

자료: KRIBB 손미영 박사 연구팀



한국생명공학연구원

K-바이오의 새로운 물결을 선도하는 글로벌 연구원

1985년 유전공학센터로 시작한 한국생명공학연구원은 1999년 독립법인이 되었다.

바이오 분야 최대 규모 정부출연 연구기관으로 첨단 생명과학 기술 분야 원천 기술 개발·보급 및 바이오경제를 견인하고, 국내외 생명과학 연구를 위한 공공인프라 지원 임무를 수행하고 있다.

KEIT의 새로운 융합 분야 및 행정업무 지원 큰 힘 돼

개방형 혁신 시스템 및 연구 플랫폼 도입 등 고도화 시급

개발기술의 자유로운 개방과

상용화 제도 유연성 필요하다



줄기세포융합연구센터에 대한 소개와 연구 분야는?

약 50명으로 구성된 줄기세포융합연구센터는 연구원 내에서도 큰 규모의 센터다. 줄기세포 그리고 줄기세포를 이용해 만든 오가노이드를 주로 연구하고 있으며, 유전자치료제, 세포치료제 등 첨단 바이오의약품 연구를 진행하고 있다. 아울러 우리 연구팀은 선임 및 전임 연구원, 박사후 연구원, 과학기술연합대학원대학교^{UST} 학생들을 비롯해 현재 12명의 연구원으로 구성되어 있다. 주로 인간 전분화능 줄기세포를 이용해 제작한 장 오가노이드 원천 기술 개발과 활용 기술 및 상용화 기술을 개발하고 있다.

이번 연구과제는 한국산업기술기획평가원^{KEIT}의 지원을 받아 진행했다. 이 과정에서 나타난 긍정적인 파급효과는 무엇인지?

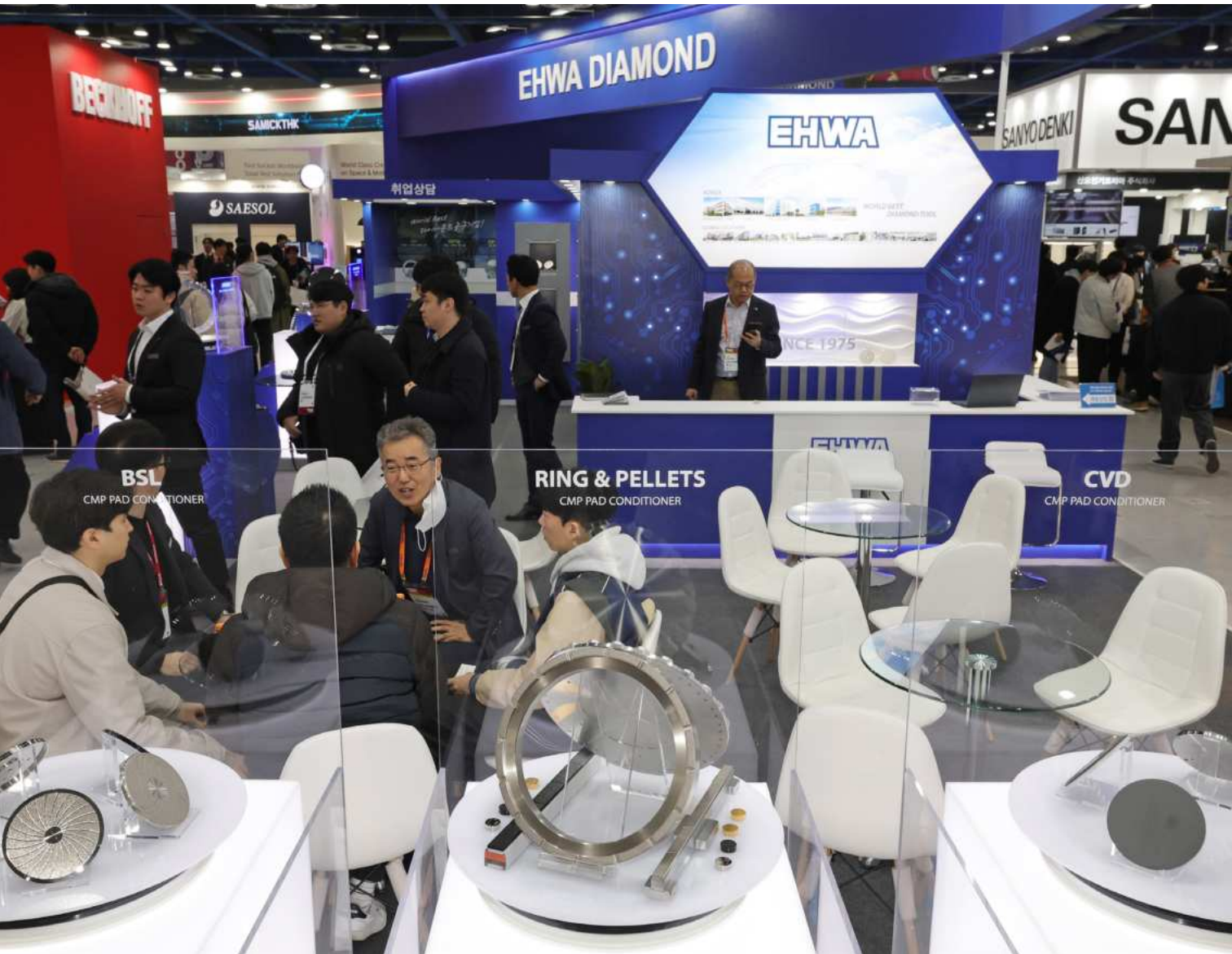
원천 기술 개발에 머무르지 않고 최초 신규 과제 수요 조사, 개념계획서 평가를 통한 사업계획서 구체화 등 일련의 과정을 거쳤다. 그리고 새로운 융합 분야의 지원을 받아 신기술을 빠르게 개발하고, 기술이전을 통한 상용화까지 성공할 수 있었다. 또한 KEIT의 지원으로 행정업무 역시 도움을 받으며 원활하게 진행했다. 다시 한번 감사의 마음을 전한다.

연구개발^{R&D}의 정의가 무엇이라 생각하는가?

R&D는 기초 연구를 통한 원천 기술 개발에 그쳐서는 안 되고 원천 기술을 이용한 응용 및 활용 기술개발, 상용화 기술까지 포함되어야 한다는 점을 염두에 두고 연구를 진행하고 있다.

국내 바이오산업 발전을 위해 필요한 산업생태계 및 연구개발 시스템은 무엇인가?

미래 핵심 바이오 분야에 대한 집중 지원 및 융합기술 연구개발을 위해 개방형 혁신 시스템을 도입해야 한다고 생각한다. 정부 주도의 연구개발 외에도 산업계, 연구계, 학계가 주도적으로 참여할 수 있는 개방형 연구플랫폼이 마련되어 새로운 시장을 창출하고 기술의 가치를 제고할 수 있어야 한다고 본다. 아직은 개발된 기술의 자유로운 개방과 상용화를 위한 제도가 경직되어 있다고 생각한다.



인공지능^{AI}, 도심항공모빌리티^{UAM} 등 산업기술이 발달함에 따라 차세대 첨단 반도체산업의 경쟁력 확보가 산업계 뜨거운 화두로 떠오르고 있다. 올해 1월에 열린 '세미콘 코리아 2024' 글로벌 반도체 기업 500여 곳이 참여해 첨단 반도체 기술을 선보였다.

세계 각국이 기술 전쟁을 벌이고 있다.
첨단산업의 중요성이 높아진 만큼 기술을
고도화해 국력을 키울 필요가 있기 때문이다.
첨단산업을 성장시키기 위한 첫 번째 단계는
인재 육성이다. 우리 정부 역시 첨단산업의
인재 육성을 위해 다양한 정책을 펼치고 있다.

word 이슬기 <한국경제신문> 기자

글로벌 초격차
확보 위한 지원
아끼지 않는다

첨단산업 인재 해외행 돕는다

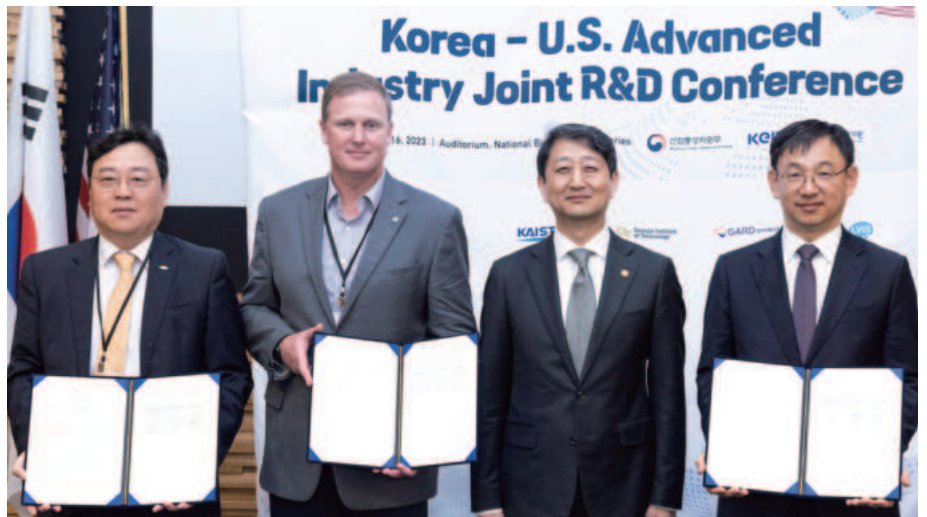
산업혁신 인재성장지원(해외 연계) 사업 시행

우리 정부의 인재 육성 정책, 가장 대표적인 예는 ‘산업혁신 인재성장지원’ 사업이다. 해외 연계 사업의 경우 우리 인재가 해외의 우수한 인재들과 함께 연구 활동을 펼치며 노하우를 축적, 그 노하우를 우리 산업 현장에 녹여냄으로써 산업의 경쟁력을 높이는 역할을 하고 있다.

올해 산업통상자원부는 지난 3월 7일 ‘산업혁신 인재성장지원(해외 연계) 사업 시행 계획’을 공고하고 인재 모집에 나섰다. 해당 사업은 국내 대학·연구소·기업 등의 석박사급 연구자를 첨단산업 분야의 해외 우수 연구기관에 파견해 국내 소속기관과 공동연구를 수행하거나 해외 우수 사업의 프로젝트 참여를 지원한다. 지원 대상은 모집 분야 국내 대학의 석박사 재학생 또는 국내기관 소속 석박사 학위 소지자이며, 중소·중견기업 재직자 또는 취업 예정자는 대상 기관 선정 시 우대받을 수 있다.

지원 분야는 총 7개, 29개 세부 분야로 선정됐다. 차세대 반도체, 차세대 디스플레이, 디지털 헬스케어, 지능형 로봇, 핵심 소재, 이차전지, 미래 모빌리티 등이 그 대상이다. 정부는 산업기술 초격차^{R&D} 프로젝트 분야 및 산업기술 인력 수요 전망 등을 고려해 7개 분야를 선정했다. 이 중 차세대 반도체를 보면, △메모리반도체 △시스템반도체 △반도체장비 △반도체소재 등 4개 세부 분야로 나뉘고, 미래 모빌리티의 경우 △친환경자동차 △스마트자동차 △인프라 및 서비스 △도심항공

산업통상자원부와 KEIT는 바이오, 이차전지, 로봇 등 첨단산업 분야의 기술 협력 및 국제공동 R&D 과제 협약을 위해 지난해 11월 한미 첨단산업 국제공동 R&D 컨퍼런스를 개최했다.



모빌리티^{UAM} △무인항공기^{UAV} △스마트선박 △친환경선박 등 7개 세부 분야가 하위에 있다.

지원 예산은 소속 연구자를 파견할 수 있는 기관(공동 참여 가능)에 10억 원 내외로 올해 총 86억 원, 3년간 지원한다. 파견 연구자별 지원 금액은 인건비, 체재비, 연구비 등으로 평균 9600만 원(12개월 기준) 수준이다. 다만 파견에는 조건이 붙는다. 파견 연구자는 연구 종료 후 1년 내 파견기관 소속 연구자와 국제 공동논문을 1건 이상 게재 및 발표해야 한다. 기업 재직자의 경우 특허를 출원하면 이를 대체할 수 있다. 즉, 국고로 유학을 지원하는 만큼 확실히 국가에 성과를 가져와야 한다는 책임 의식을 부여하는 셈이다.

정부는 4~5월 중 지원 대상기관을 선정하고, 6월 중 파견 연구자를 최종 선정할 계획이다. 과거 이 프로그램을 통해 선발된 인재들은 미국 캘리포니아대, 펜실베이니아주립대, 텍사스대 뿐만 아니라, 독일 드레스덴공과대, 일본 도쿄공업대 등 다양한 국가의 기관에 파견돼 연구 활동을 해왔다.

참가자들의 만족도는 높은 편이다. 해외 우수 연구자들과 세미나 등을 통한 일회성 만남이 아닌 지속적으로 함께 연구하며 그들의 노하우를 최대한 흡수할 수 있기 때문이다. 그뿐만 아니라 파견 기간 동안 인연을 맺은 연구자들과 향후 또 다른 공동연구를 해볼 수도 있다. 또한 국내가 아닌 해외라는 특수한 상황에서 연구하는 경험을 통해 다양한 문제해결 능력을 배양, 이후 사회생활에도 큰 도움이 됐다고 참여자들은 입을 모은다.

제조기업 경쟁력 높일 디자인에도 힘주는 정부

디자인-기술 콜라보 플래그십 프로젝트 실시

우수한 기술이 소비자에게 선택받기 위해선 디자인도 중요하다. 애플의 아이폰이 다른 브랜드의 스마트폰보다 압도적으로 소비자의 선택을 받는 것은, 단순하면서도 유려한 디자인 때문일 것이다. 좋은 디자인의 제품은 사용자 편의성을 높여준다는 점에서도 중요하다. 실제 세계시장에서는 디자인기업과 제조기업 간 협업을 통해 새로운 시장을 만들고 상호 윈윈^{win-win}한 사례가 증가하고 있다. 반면 국내에서는 업종 간 협업 경험 부족, 개방형 혁신 촉진 프로그램 부재로 디자인기업과 기술·아이디어 보유 기업 간의 협업이 미흡한 상황이다.

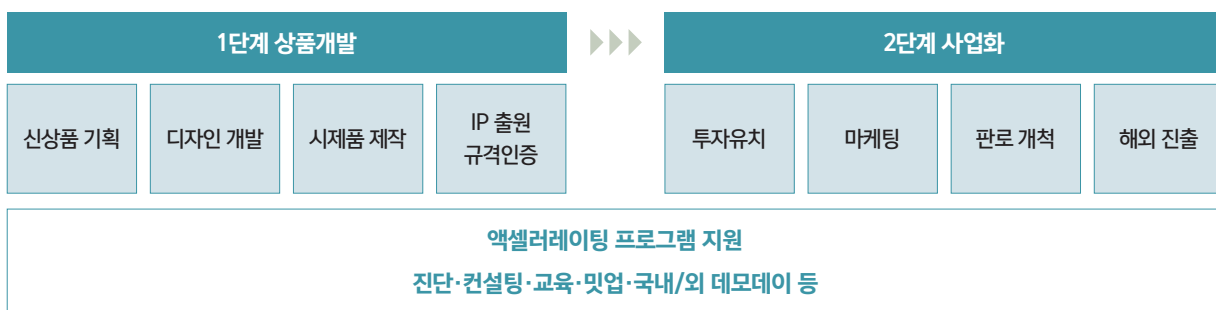
정부는 이 같은 문제점을 인식해 지난해 6월 ‘K-디자인 혁신 전략’을 세웠다. 디자인산업이 제조업 등과 결합해 산업 경쟁력을 높이고 새로운 가치를 창출할 수 있도록 2027년까지 총 5000억 원을 집중 투자·지원하겠다는 게 골자다. 해당 정책의 후속 조치로 정부는 지난 3월 초 ‘디자인-기술 콜라보 플래그십 리더십’을 55억5000만 원 규모로 착수하고 참여기업 모집에 나섰다.

해당 프로젝트는 우수한 기술력과 아이디어를 보유하고 있는

중소·중견·스타트업과 디자인 전문기업이 협업을 통해 글로벌 히트 상품을 개발할 수 있도록 지원하는 프로젝트다. 정부는 기획·컨설팅·디자인(UX, 시각, 포장, 제품 디자인 등)·시제품 제작·투자유치·사업화까지 상품개발 전 주기를 지원한다.

정부는 해당 프로젝트가 다양한 성과를 낼 수 있다고 본다. 예를 들어 디자인과 IT기술이 융합하면 성별과 키, 몸무게 등 체형 정보를 입력한 다음 입어보고 싶은 옷을 선택하면 휴대폰 내 3D 아바타가 그 옷을 대신 입어주는 가상 피팅 서비스도 가능하다. 또 국내 디자이너가 을지로 기반 조명 유통회사와 손잡고 국내의 독특한 오리지널리티 조명 브랜드 ‘아고 라이팅’을 설립한 것도 또 다른 사례다. 알루미늄 텐트 폴대를 제작하던 ‘동아 알루미늄’이 디자인적 요소를 더해 ‘헬리눅스’라는 아웃도어 용품 브랜드를 만든 것도 좋은 사례로 꼽힌다.

프로젝트 선정 기업은 향후 2년간 △(1단계) 기술 및 아이디어의 시제품 개발 △(2단계) 투자유치·마케팅·판로 개척·해외 진출 등 사업화까지 전 과정을 아우르는 단계별 성장 지원을 받을 수 있다. 아울러 2단계 지원 시 투자자 중심 평가를 통해 1단계 프로젝트 중 성공 가능성이 높은 프로젝트를 선별해 지원하는 경쟁형 평가제도를 새롭게 도입하고, 대기업 유통망 및 브랜드 활용, K-콘텐츠 연계를 통한 마케팅 등 다각적으로 시장 진출을 지원할 예정이다.



산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끽니다.



한국산업기술기획평가원
유튜브 채널



알고보면 지금 우리곁에 있는 R&D



현재 가장 주목 받는 미래 모빌리티 산업의 '쌀' 이차전지
지난 2023년 한 해를 돌아봤을 때 빠질 수 없는 키워드!
어쩌면 앞으로도 계속 빠질 수 없는 그 단어!
바로 '이차전지' 입니다.
이차전지가 이토록 주목받는 이유가 무엇일까요?
이차전지 선두주자 에코프로비엠이 말하는
이차전지와 R&D, 지금 만나보시죠!



2024년, 주목해야 할 KEIT의 비전, 5가지



2024년 현재 기술패권 심화, 글로벌 공급망 재편,
기후위기, 세계경제 저성장 고착화 등
여러 어려운 상황이 펼쳐지고 있습니다.
이러한 상황 속에서 첨단 산업기술 R&D 사업을
담당하는 KEIT는 어떤 역할을 할까요?
2024년 주목해야 할 KEIT의 비전, 5가지를 소개합니다.



한눈에 보는

대체 단백질

대체 단백질 식품 *Alternative protein food*이란?

동물성 단백질 원료 대신 식물 추출, 동물 세포 배양, 미생물 발효 방식을 통해 인공적으로 단백질을 만들어 동물성 단백질의 맛과 식감을 구현한 식품을 뜻한다.



식물성 대체육 *Plant-based Meat*
(식물 추출)



세포 배양육 *Cultured-Cultivated Meat*

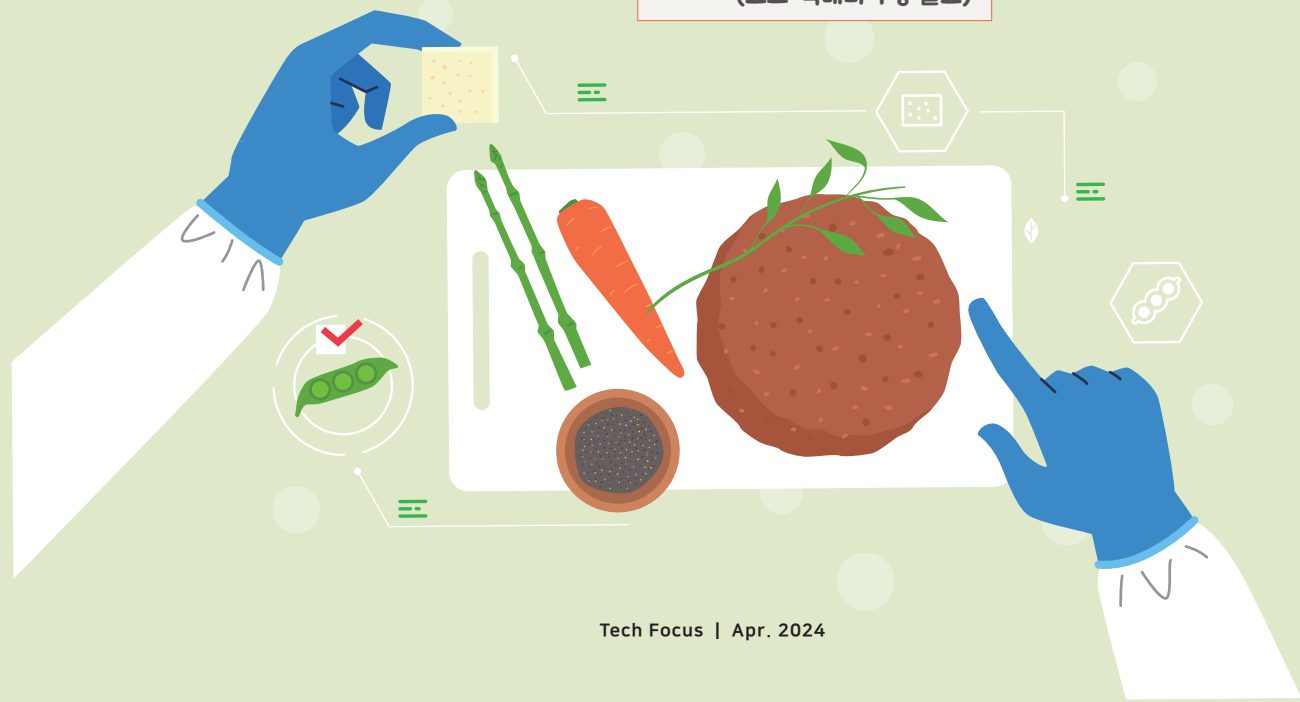
대체단백질의 종류



미생물 배양 *Mycoprotein*
(효모·박테리아 등 발효)



곤충 단백질 *Edible Insect*



글로벌 대체단백질 시장 전망

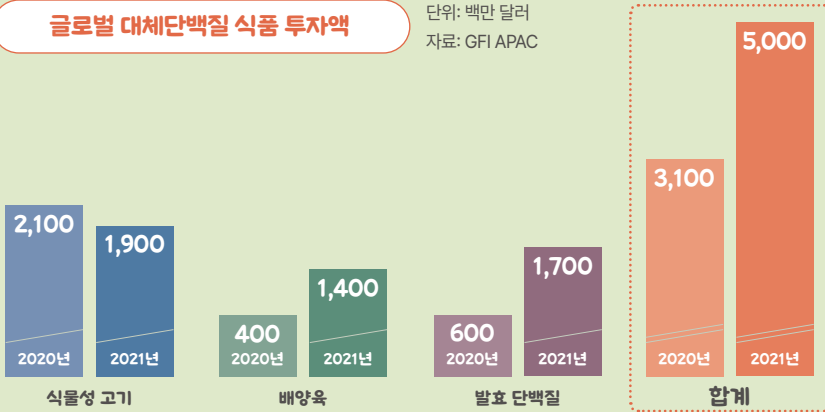
자료: Global Market Insights <Alternative protein Market – by Source&Forecast, 2022~2028>

연평균 성장률 18.5%



글로벌 대체단백질 식품 투자액

단위: 백만 달러
자료: GFI APAC



국내 푸드테크 시장규모

61조 원

2020년 기준

2017~2020년 연평균

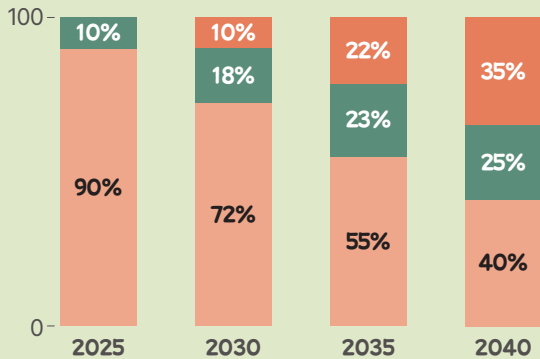
31.4% 성장

자료: KDB미래전략연구소, 2023

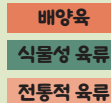
2023년 기준 배양육 기업의 수

전 세계 32개 국가, 159개 기업

자료: Good Food Institute, Cultivated meat industry summary, 2023



글로벌 대체육류 종류별 소비 비중 전망



배양육 판매 허가 국가



싱가포르(2020년 11월)

미국(2023년 6월)



이스라엘(2024년 1월)

글로벌 배양육 기업 투자 금액 및 현황

2022년 8억9600만 달러

누적 투자금 28억 달러(2016~2022)

자료: Good Food Institute. '2022년 대체단백질 산업 현황 요약 보고서'

배양육 생산과정



자료: New Harvest

미래를 수확하는 세포 농업과 배양육

서기 2055년 4월 4일 일요일 오전 9시

근미래 지구인의 아침 일과

서울에 거주하는 생명공학자 A씨는 창문을 활짝 열고 환기를 하며 하루를 시작한다. 미세먼지가 없는 맑은 공기가 A씨를 맞이한다. 재생에너지가 발전하며 대기오염은 오래전 이야기가 됐다. 오늘은 2주 전, 소 근육세포와 돼지 지방세포를 7 대 3 비율로 블렌딩한 배양육을 수확하는 날이다. 오래전부터 고지혈증을 앓고 있는 A씨는 포화지방산 함량을 감소시킨 기능성 캡슐을 이용한다. 배양액에서 배양육을 꺼내 식사를 준비한다. 식사와 함께 인공지능 비서가 뉴스 머리기사를 읽어준다.

“2055년, 전 세계 인구 100억 돌파”

“전통 농업, 세포 농업과 손잡고 인구 위기에서 식량안보 문제 해결”

미래에는 무슨 일이 벌어지고 있는 것일까? 과연 우리는 어떤 변화를 눈앞에 두고 있는가.

새로운 시대를 위한 준비, 세포 농업

인류는 농업을 통해 식량, 목재, 가죽 등과 같은 의식주를 비롯해 화장품, 의약품 및 바이오 연료 등에 이르는 필수 자원을 공급해왔다. 하지만 인구의 급격한 증가로 그 수요가 늘어남에 따라 전통 농업에서 얻을 수 있는 자원의 양은 한계에 부딪힌다. 이를 보완해 수요 공급 간의 격차를 해소하고, 자원의 성능 개선을 통한 새로운 가치를 창출하기 위해 등장한 산업이 ‘세포 농업(Cellular Agriculture)’이다. 세포 농업은 농작물의 재배, 동물의 사육 없이 실험실이나 생산 시설에서 세포 혹은 조직배양을 통해 농산물 및 부산물을 생산하는 연구 분야다.

세포 농업이 새로운 산업으로 구분되고 주목받기 시작한 것은 최근이다. 2013년 네덜란드의 과학자 마크 포스트^{Mark J. Post} 박사는 근육줄기세포를 배양해 만든 햄버거 패티를 대중에 공개했다. 이것이 세계 최초의 배양육이다. 이후 세포 농업은 전통 농업의 지속가능한 성장을 돕는 새로운 해법으로 주목받기 시작했다.

대체단백질 식품소재 그리고 배양육

단백질은 사람 몸의 성장과 유지에 필수적인 영양소다. 육류는 대표적인 단백질 공급원으로 인구 증가 및 경제 성장에 따라 매년 그 소비량이 증가하고 있다. 2050년 전 세계 인구가 100억 명 이상으로 예측되는 가운데, 이에 따른 축산물의 수요는 전통 축산업 자원으로 감당하기 어려울 것으로 전망된다. 또 소비자

들이 제품을 구매할 때 환경적, 윤리적, 사회적 요소를 고려해 새로운 대안에 대한 수요도 늘고 있다. 이에 등장한 것이 ‘대체단백질 식품소재^{Alternative Proteins}’다.

엄밀히 말하면 대체단백질 식품소재는 육류가 아니다. 인류가 섭취해온 가장 익숙한 형태와 맛을 모방한다. 일반적으로 대체육이라 불린다. 원료에 따라 다양한 대체단백질 식품소재가 현재 상용화 및 연구되고 있다. 대표적으로 식물성 대체육은 가장 오래된 대체단백질 식품소재로 콩류에서 추출한 단백질을 육류의 맛과 식감을 모방해 만든 제품이다. 식물단백질 대신 버섯, 효모와 같은 미생물 배양으로부터 얻은 단백질^{Mycoprotein}을 대체육 생산에 활용할 수도 있다. 식용 곤충은 전통적인 먹거리 중 하나지만 대량 생산을 위한 상용화 기술이 아직 부족하다. 그리고 세포 농업 산물의 대표주자이자 대체단백질 식품소재 중 유일한 동물성단백질 소재인 배양육이 존재한다.

‘실험실 고기’, ‘세포배양식품’ 등으로 불리는 배양육은 동물에서 채취한 세포를 생물반응기에서 여러 번의 세포분열을 통해 대량으로 증식시킨 후 이를 수확해 식품화한 것이다. 동물 세포 단백질이 주원료이기에 다른 대체단백질 식품과 비교해 체내 대사에 활용하기가 용이하고, 통제된 환경에서 생산해 에너지 및 자원의 효율성이 높으며 질병 제어가 가능한 장점이 있다.

배양육 생산을 위한 핵심 기술과 공정

배양육 생산에 필요한 핵심 기술 및 공정에는 세포, 배양액, 지지체, 대량 배양이 있다. 세포를 레고 모형의 블록으로 생각하면 쉽다. 근육줄기세포, 지방줄기세포, 섬유아세포, 배아줄기세포 등 다양한 세포를 그 특성에 맞게 이용해 배양육을 설계한다. 세포는 가축의 체내 조직에서 추출해 체외에서 성장하기에 체내와 유사한 환경을 조성해주는 기술이 필수적이다. 배양액^{Growth Medium}은 영양물질을 제공하는 용액이다. 체내에서 혈액을 통해 세포에 영양분이 공급되는 것과 같은 원리다.



네덜란드 배양육 기업인 모사미트가 선보인 최초의 배양육

자료: Mosa Meat

세포 농업이란?

세포 농업은 농작물이나 동물 등을 키우지 않고, 실험실이나 생산 시설에서 세포 혹은 조직배양을 통해 농산물과 부산물 등을 생산하는 연구 분야다. 세포 농업의 산물은 ‘비세포성 산물’과 ‘세포성 산물’로 구분한다. 인슐린, 레닛 등 동물로부터 얻는 효소나 호르몬 등이 대표적인 예가 된다.

배양액에는 영양분뿐만 아니라 세포 성장에 도움을 주는 성장호르몬, 세포의 항상성 조절을 위한 완충제 등이 포함되어 있다. **지지체 Scaffold**는 세포가 성장할 수 있는 3차원의 물리적 공간을 제공하는 물질로 건물의 뼈대 같은 역할을 한다.

3차원 구조를 이루는 것을 돕기 때문에 세포의 성숙에 도움을 주고 식육의 식감이나 모양을 모사하는 역할을 한다. 마지막으로 세포가 성장할 수 있도록 온습도 등을 유지해주는 배양기인 **생물반응기 Bioreactor**가 있다. 이를 통해 충분히 성장한 세포는 가공을 통해 식품화되고 유통된다.

초기 시장에서는 가격이 저렴한 식물성단백질과 혼합된 제품이 주를 이루고, 이후 산업 기반 시설의 확충과 기술개발에 따른 생산 단가의 절감을 통해 배양육 100%의 제품이 상용화될 것으로 예상된다. 만두나 소시지 등에 사용할 수 있는 분쇄 고기 형태로 시장에 진입해 주를 이루다가 점차 스테이크와 같이 조직 형태의 제품이 시장에 선보일 것으로 예측된다. 3차원으로 식육을 모사하는 것은 모양뿐 아니라 식감, 질감, 풍미 등 다양한 요소를 고려해야 하기에 소비자의 눈높이에 맞는 제품이 생산되기까지 오랜 시간이 걸리기 때문이다. 소고기(한우, 등심) 1kg에는 156g의 단백질이, 돼지고기(등심) 1kg에는 233g의 단백질이 포함되어 있다. 따라서 궁극적으로는 형태와 풍미, 맛뿐 아니라 식육과 영양학적으로 동등한 품질을 구현하는 것이 목표다.

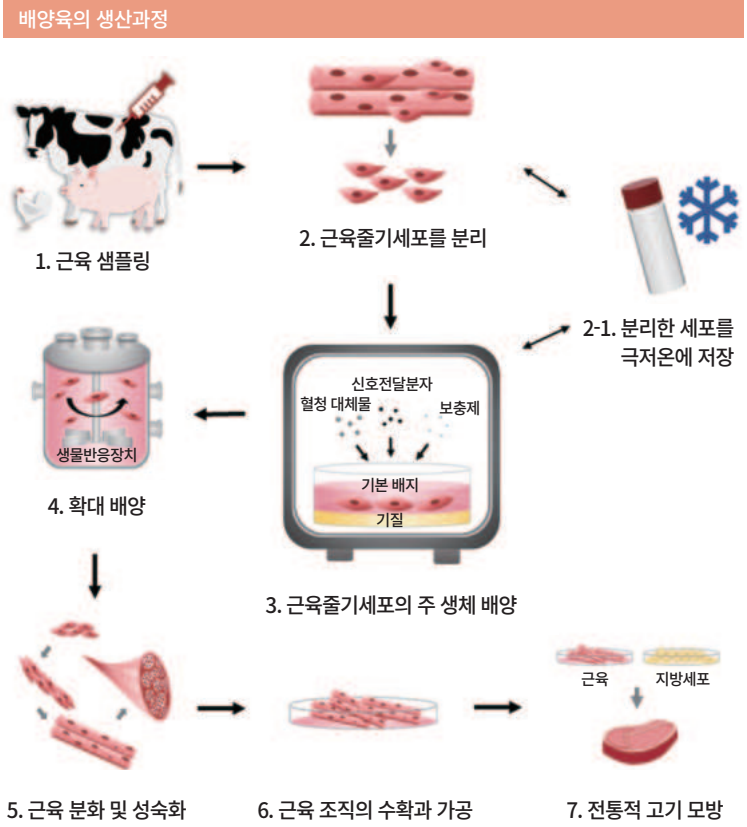
배양육 산업 현황과 현안

2013년 최초의 배양육이 대중에 공개된 이후, 2022년 집계된 배양육 기업은 156개로 지속적으로 증가하는 추세다. 세포 추출부터 제품화까지 모든 과정을 연구개발하는 기업이 대부분이며 세포, 배양액, 지지체, 생물반응기 등

에 특화된 R&D를 진행하는 회사도 다수다. 3D 프린팅 기술을 이용해 식육과 유사한 형태 및 질감 모사를 연구하는 기업, 기술을 이전받아 위탁개발생산^{CDMO}하는 등 다양한 형태의 기업들이 존재한다. 또 바이오의약품용 시약을 제조하던 써모피셔사이언티픽^{Thermo Fisher Scientific}社, 머크^{Merck}社와 같은 다국적기업들도 배양육 산업에 뛰어들었다. 축종으로는 소, 돼지, 닭과 같은 가축뿐만 아니라 갑각류, 생선 등 해산물까지 다양한 배양육을 연구개발 중이며, 근육, 지방, 간 등 다양한 조직 구현에 관한 연구도 함께 진행되고 있다. 국내에서는 스페이스에프, 셀미트, 다나그린, 씨위드 등 다양한 벤처기업이 뛰어난 기술력을 보유하고 있다.

현안 1. 생산 기반 부족

장밋빛 미래만 있는 것은 아니다. 헤쳐가야 할 산업 및 기술적 현안이 산적해 있다. 우선 상용화를 위한 대량 생산 시설 및 산업적 기반이 부족한 실정이다. 유의미한 생산량을 위해서는 수만 리터의 생물반응기를 갖춘 생산 시설이 필요하지만, 국내외 배양육 기업의 생산 수준은 시범 운용 규모 정도다. 물론 불가능한 규모는 아니다. 이미 많은 생물의약품을 만드는 대기업들은 수십만 리터의 생물반응기 설비를 구축하고 있다.



자료: <Muscle stem cell isolation and in vitro culture for meat production: A methodological review> 최 등, 2021

현안 2. 높은 단가와 윤리적 논의

높은 생산 단가 문제도 걸림돌이다. 배양육 생산 단계에서 배양액의 비중이 가장 높다. 특히, 동물세포 배양액에 일반적으로 포함되는 소테아혈청은 다양한 영양분 및 성장인자를 포함하고 있어 세포를 체외에서 배양할 때 체내와 유사한 환경을 만들어주기에 안성맞춤인 물질이다. 하지만 가격이 매우 비싸고, 동물에서 채취하는 만큼 윤리 문제에서 벗어날 수 없다. 이에 많은 기업에서 이를 대체하기 위한 대체물을 연구개발 중이다. 물론 산업 규모가 성장함에 따라 생산 단가의 절감이 따라올 수는 있지만 배양액의 단가 절감 기술도 추가로 진행되어야 한다.

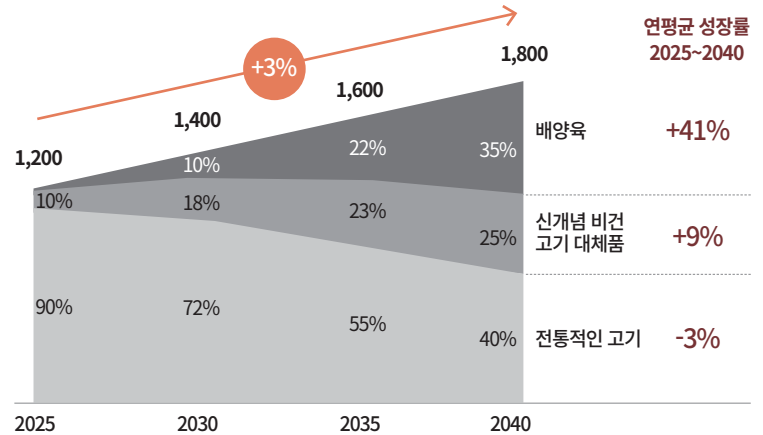
현안 3. 안전성

안전성 문제도 해결해야 할 화두 중 하나다. 배양육이 위험한 재료라는 뜻이 아니다. 일반적으로 식품은 소비자의 안전을 위해 정해진 표준화된 규제안에서 생산관리 및 판매되어야 한다. 하지만 배양육의 경우 기존에는 섭취하던 식품이 아니었기에 안전성 관리를 위한 표준화된 지침 및 규제가 전혀 없었다. 각국의 식품안전관리 당국은 배양육의 안전성 관리를 위한 제도를 마련하기 위해 발 빠르게 움직였다. 가장 먼저 싱가포르가 안전성 검토를 통해 2020년 배양육(닭고기)의 판매를 승인했다. 뒤이어 2023년 미국이 배양 닭고기를, 2024년 1월 이스라엘이 배양 소고기의 판매를 승인했다. 물론 아직 생산량은 미미하다.

국내의 경우 식품의약품안전처에서 배양육의 안전성을 관리하고 생산과 안전성 관리를 위한 제도를 오랜 기간 준비했고 2024년 2월

미래 식육 시장 점유율 전망

단위: 십억 달러



자료: How will cultured meat and meat alternatives disrupt the agricultural and food industry?, A.T. Kearney, 2019

배양육의 한시적 식품 원료 등록을 위한 개정안을 고시했다. 이제 국내에도 배양육을 매장에서 볼 수 있는 날이 머지않았다. 안전성 규제 이외에도 배양육 생산 표준화를 위한 이력제, 등급제, 표시 기준 등이 불분명하고, 기존 산업과의 융화도 산업적으로 해결해야 할 부분으로 남아 있다.

미래를 수확하는 세포 농업

인류는 기술의 발달과 더불어 일련의 산업혁명을 통해 눈부신 발전을 이루며 사회 전반에 걸친 패러다임의 변화를 겪었다. 농업혁명을 통해 수렵과 채집에서 벗어나 문명을 건설했고, 산업혁명을 통한 자본주의 경제의 확립, 녹색혁명을 통한 농업생산의 증대를 통해 식량문제를 해결했다. 이제 우리는 세포를 활용한 지속 가능한 농산물 생산이 가능해졌고, 이를 세포혁명이라 부를 수 있을 것이다.

우리는 새로운 시대의 문 앞에 서 있다. 아는 것이 힘이고 아는 만큼 보인다고 했다. 세포 농업, 배양육이 무엇인지, 기존의 산업과 어떠한 차이가 있는지 옳고 그름을 판단할 수 있는 다양한 정보를 습득해 새로운 기술을 받아들일 힘을 길러야 할 것이다. 앞으로 여러 선택지가 놓일 식탁에서 다양한 풍미를 만끽하고 새로운 미래를 음미할 준비를 해보자.



최광환 스페이스에프 CSO 서울대학교 농생명공학부 박사학위를 취득했다. 가축 줄기세포의 농생명공학적 활용법을 고민하던 중 배양육 분야에 몸담게 됐다. 현재 세포 농업 전문 연구기업 (주)스페이스에프의 연구기획실장으로 배양육 산업 인프라 구축에 매진하고 있다.



미래형 비행체 산업 생태계 성장 기반을 마련하다

고온액상성형공정을 적용한 단일통로급 민항기
스킨/스파 일체형 날개 끝단 복합재 구조물 개발

국내 항공산업은 1970년대 중반 이후
면허생산에서부터 본격적으로
출범했고, 독자개발 기종을 확보해 수출
산업화에 이르는 등 비교적 짧은 기간에
성장했으나 여전히 글로벌 항공업체들에
비해 경쟁력이 부족하다. 이런 가운데
우리나라 항공산업의 든든한 토대 역할을
해온 대한항공이 복잡형상의 대형 항공기
부품을 세계 최초로 개발하는 데 성공해
항공우주 분야 글로벌 강국을 향한
우리나라의 목표 실현에 원동력이 될
것으로 기대된다.

올해의 산업혁신기술상 신기술 부문
(주)대한항공 항공우주사업본부

word 조범진 photo 김기남

사업명	항공우주부품기술개발사업
연구과제명	고온액상성형공정을 적용한 단일통로급 민항기 스킨/스파 일체형 날개 끝단 복합재 구조물 개발
정부과제 수행기간	2019.4.~ 2023.3.(48개월)
총 정부출연금	3,370백만원
개발기관	(주)대한항공/서울특별시 강서구 하늘길 260 ☎02-2656-2001, www.koreanair.com
참여 연구진	신도훈, 김태근, 정광열, 김지설, 김승혁 외

HOW TO▶

해당 과제는 복합재료부품 제작 신기술로 6m에 달하는 항공기 구조물을 제작해 에어버스에 납품하는 프로젝트였다. 따라서 기존 제작 공정의 고정관념에서 벗어나 보다 높은 품질로 제작해야 했기에 난이도가 높고 예상치 못한 어려움이 많았다. 참여 기관과 연구원들 사이의 협업과 정보 공유 등 끊임없는 논의를 거쳐 난관을 극복할 수 있었다.

우리나라 항공산업 역량 강화와 핵심 경쟁력 확보 기대

항공산업은 국가전략산업, 기술집약산업, 고부가가치산업, 장주기 산업의 특성을 가지고 있어 통상 선진국형 산업으로 분류된다. 이에 따라 우리 정부는 항공우주 분야를 12대 국가전략 기술로 지정해 민간 주도 사업에 대한 정부 지원은 물론 기존 안전·운송제도 틀이 아닌 새로운 제도 틀을 구축하고 4차 산업혁명을 고려한 미래 핵심 분야 경쟁력 확보를 위한 연구개발 정책을 적극적으로 추진하고 있다.

현재 보잉 및 에어버스 등 글로벌 항공우주 업체들은 기종 다변화와 전기비행체 및 하이브리드 엔진 등을 적용한 친환경 항공기 개발과 도심항공모빌리티^{UAM, Urban Air Mobility} 등 신개념 비행체의 기술개발 강화 등을 추진하고 있다. 또한 디지털 전환 및 스마트 제조를 통한 원가절감 등으로 제품 및 산업 경쟁력 강화에 힘쓰고 있다.

용어 설명

오토클레이브^{Autoclave}

고온·고압이 요구되는 산업에 사용되는 압력솥과 흡사한 장치로, 자동차나 항공기용의 탄소섬유 재질 부품을 제작할 때 탄소섬유와 형상 유지용 고분자를 배합한 뒤 굳힐 때 사용한다.

이 같은 시장 변화에 우리 정부와 국내 항공우주기업의 움직임도 빨라지고 있으며, 대한항공의 연구 및 기술개발 행보가 주목받고 있다. 더욱이 이번 대한항공의 기술개발 성공은 국내 항공산업 산학연 시스템의 완벽한 구축 및 이종 산업 분야와의 협력 체계 마련이라는 측면에서 모범답안을 제시했다고 볼 수 있다. 이를 바탕으로 우리 정부가 국내 항공우주산업의 발전 전략 및 실질적인 전술 마련에 도움이 될 것으로 예상된다.

세계 최초 고온액상성형공법을 적용한

일체형 날개 끝단 구조물 개발

최근 항공기의 연비 향상을 위한 해결책으로 기체 중량 절감을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 항공기의 경량화는 항공기의 탑재량 증가와 비행시간 증대에도 핵심적인 요소로, 항공기 구조물의 금속 대비 비강도·비강성이 뛰어난 섬유강화 복합재 적용이 증가하고 있는 추세다.

이런 가운데 대한항공이 항공기 복합재 구조 부품의 제조 생산성을 높이고 동시에 제조 과정에서 탄소배출 최소화를 위해 탈 오토클레이브^{Out of Autoclave} 공정인 고온액상성형공정^{Resin Transfer}



Molding을 적용해 일체형 항공기 날개 끝단 구조물을 세계 최초로 개발하는 데 성공해 이목을 끌고 있다.

신도훈 부장은 “복잡형상의 일체형 날개 끝단 구조물을 복합소재 신제작 공법으로 세계 최초로 개발하는데 성공함으로써, 국내 민항기 기체 제조 역량을 에어버스나 보잉과 같은 선진 민간항공기 기체개발업체 수준으로 도약시켰다. 그뿐만 아니라 향후 민간항공기 대형 부품 수주를 통한 수출 증대로 무역수지 개선 효과까지 기대할 수 있는 성과를 이루었다”고 설명했다. 또한 “이번에 개발한 기술은 고품질 대량 생산이 필요한 UAM과 무인항공기 및 군용항공기 등에도 적용 가능해 대한민국이 차세대 항공운송 모빌리티 및 방산 분야에서 글로벌시장을 선도하는 계기가 될 것으로 판단된다”고 말했다.

특히, 신 부장은 “해당 부품 제조에 필요한 시스템, 장비 등도 국내 개발 컨소시엄 및 협력 업체에서 자체 개발해 관련 생산기술, 부품 및 장비를 국산화해야 한다. 그렇게 되면 우리나라가



우주항공분야 글로벌 강국으로 도약하는 데 큰 힘이 될 것으로 기대된다”고 강조했다.

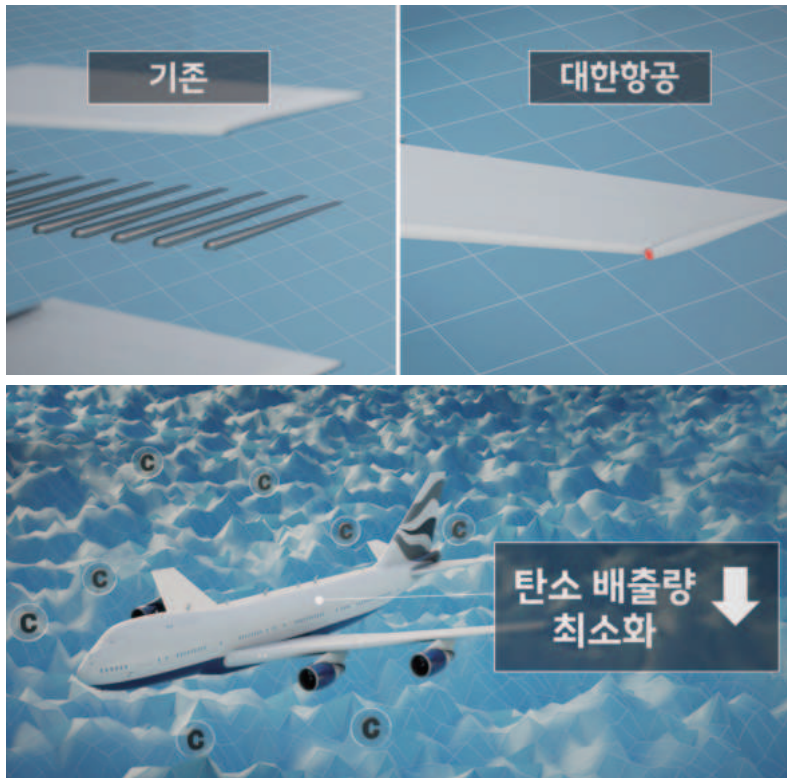
국내 미래 항공 복합재 분야 생태계 활성화 기대

한편, 사업화와 관련해 신 부장은 “대한항공은 에어버스와 함께 수행 중인 차세대 날개 구조물 개발^{WOT, Wing of Tomorrow} 사업의 일환으로 국내에서 날개 끝단 구조물을 개발했다. 2022년 12월 에

어버스에 개발 시제품을 이송했고 프리핏^{PreFit} 및 점검, 평가를 완료했다”고 성과를 전했다. “본 연구를 통해 에어버스 측에 국내의 수준 높은 항공 부품 개발 역량을 보여주었으며, 이는 추후 신규 항공기 개발 사업 수주에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다”고 밝혔다.

실제로 완제기 분야의 경우, 민항기가 2022년 이후 회복세에 진입해 2030년에는 약 3757억 달러로 성장이 전망되며, 무인기 및 UAM 등 신개념 비행체의 성장세 역시 두드러지게 나타나고 있어 향후 본 기술로 인한 대한항공의 매출 신장세 역시 높아질 것으로 예상된다.

아울러 향후 개발계획 및 목표에 대해 신도훈 부장은 “본 연구를 바탕으로 에어버스와 항공기 주익과 같은 대형 모듈 구조물





2023 올해의 산업혁신기술상 수상자인
신도훈 부장(왼쪽에서 4번째)과 연구팀원들

개발 확대를 논의하고, 차세대 항공기 대형 RSP^{Risk and Revenue}
Sharing Partnership 참여를 위한 선행 글로벌 연구개발을 수행해 항공
기 OEM사와의 전략적 파트너십을 구축하고자 한다. 또한 복합
재 대형 모듈 개발을 위해 국내 미래 항공 복합재 분야 생태계
를 활성화하고자 한다”고 말했다.

대한항공 항공우주사업본부

1975년 설립되어 국내 최초 500MD 헬리콥터를 생산함으로써 국산 항공기 시대의 막을 열었다.
F-5 전투기 제공호, 중형 기동헬기 UH-60 생산, 나로호 최종 조립을 통해 기체 국산화, 성능시험 및
개조 작업 기술력을 바탕으로 유인 및 무인항공기의 개발·제작·정비·성능개량 등 항공기 제조 사업과
인공위성 및 우주 발사체 개발 등 우주 분야 사업도 병행하고 있는 글로벌 항공우주 종합 기업이다.

KOREAN AIR



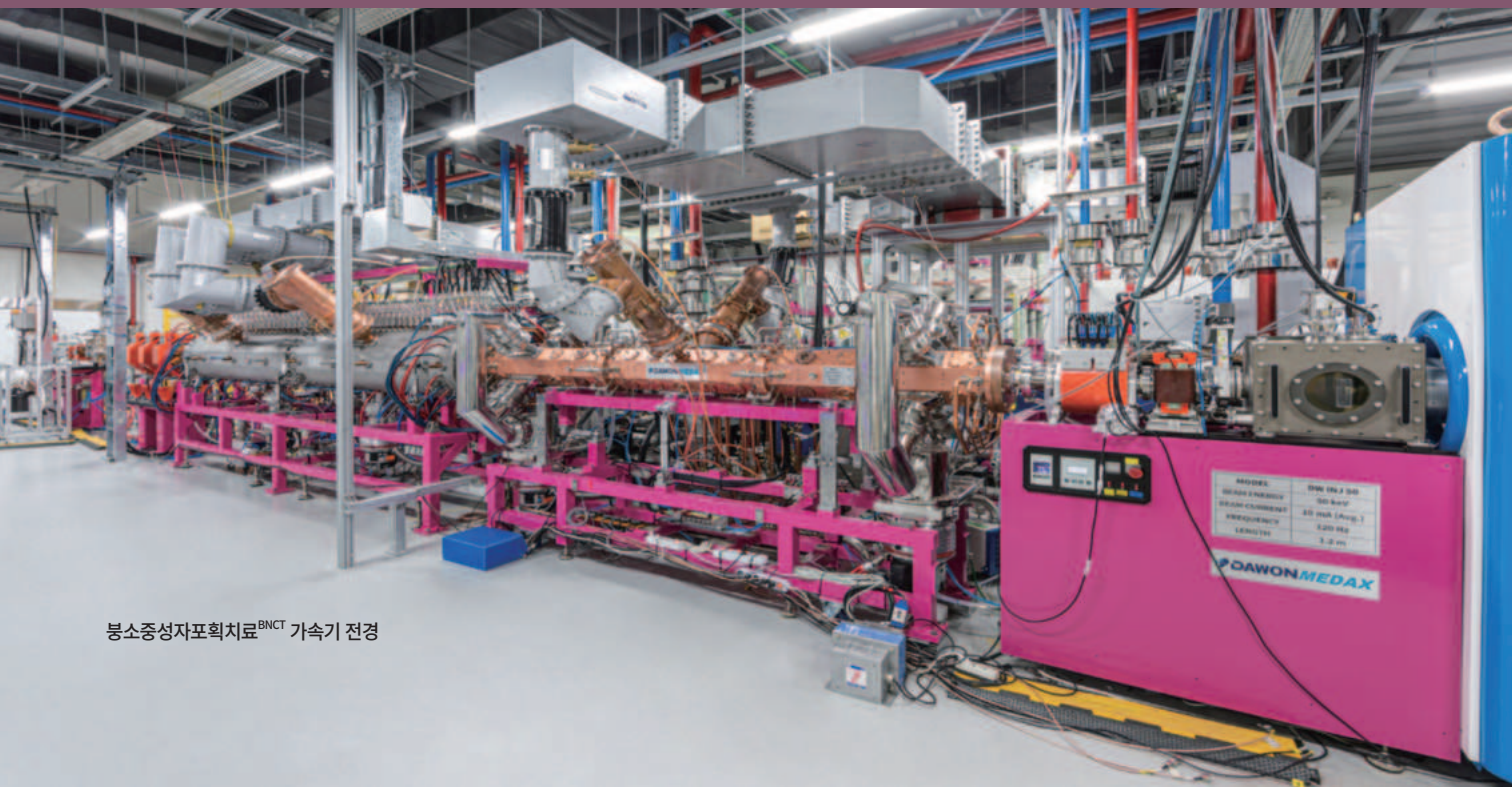
2023년 보건복지부가 발표한 ‘2021년 국가암등록통계’에 따르면, 우리나라 국민이 기대수명(83.6세)까지 생존할 경우 38.1%의 확률로 암의 위험에 노출된다. 남자는 5명 중 2명(39.1%), 여자는 3명 중 1명(36%)에게서 암이 발병한다는 전망이다. 100세 시대의 진정한 행복은 질병과 고통으로부터의 자유가 아닐까. 다원메닥스의 붕소중성자포획치료^{BNCT} 연구는 그 고민에서 시작했다. 그리고 지금 단 1회, 세포 단위 조사^{照射}로 미세암 및 침윤성 암세포를 사멸시키는 임상 결과 도출에 이르렀다.

word 김아름 photo 서범세, 다원메닥스 제공

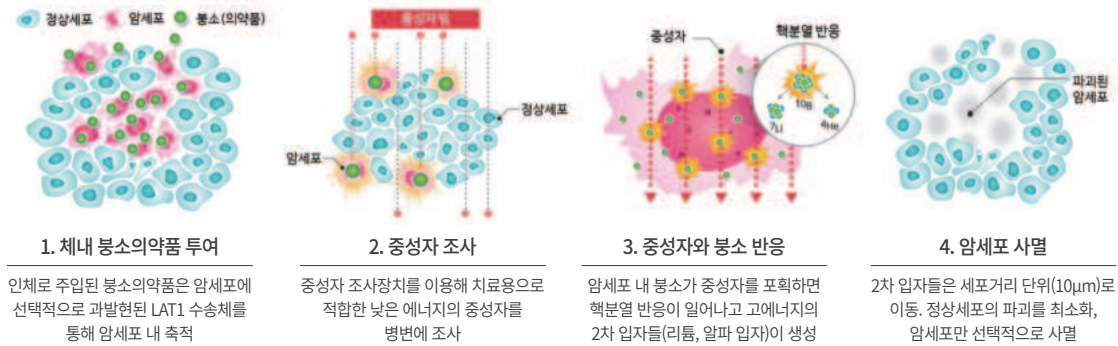
차세대 입자방사선
치료 기술
‘붕소중성자포획치료’
R&D 중인
다원메닥스



단 1회·세포 단위 치료 가능한 BNCT로 암 정복 나선다



붕소중성자포획치료^{BNCT} 가속기 전경



암 치료의 패러다임을 전환하기 위한 R&D

붕소중성자포획치료(BNCT, Boron Neutron Capture Therapy)는 암세포에만 흡수되는 붕소의약품을 체내에 투여한 후, 약물과 반응하는 중성자를 조사하는 이원 치료 시스템이다. 암세포 내 붕소가 중성자를 사로잡는 과정에서 핵분열 반응이 일어나며, 암세포 자체가 사멸된다. 다른 방사선 치료와 비교해 정상 세포에 미치는 손상 정도가 적고, 단 1회로 치료가 종료된다는 점에서 혁신적인 암 치료법으로 불린다.

다윈메딕스가 BNCT 연구개발을 시작한 때는 2015년 무렵. 모기업인 ‘다윈시스’가 일본 쓰쿠바대학교(University of Tsukuba)에서 진행되던 BNCT 과제에 전원장치를 공급하게 되면서부터다. 당시에는 암 치료의 패러다임이 최소 침습으로 변화하던 시기로, 비침습적이며 세포 단위 치료가 가능한 BNCT가 새로운 게임체인저로 부상할 것이 자명했기 때문이다. 다윈시스는 2016년부터 2021년까지 BNCT 기술의 성장에 발맞추어 시작된 산업통상자원부의 연구개발과제에 주관기관으로 참여해 개발을 완료한 바 있다.

국내 기술·국산 소부장으로 구축한 종합 솔루션

BNCT는 방사선 치료 영역의 한 부분이다. 방사선은 치료선의 종류에 따라 ‘광자선’과 ‘입자선’으로 구분한다. 광자선의 대표적인 예는 X선, 입자선에는 양성자선과 탄소이온선이 있다. BNCT 역시 입자선 분야에 속하지만, 중성자 발생장치를 통해 양성자를 중성자선으로 변환시켜 사용한다는 차이가 존재한다. 입자선 사용 전 체내 의약품을 투여한다는 점에도 차이가 있다. BNCT를 진행하기 위해서는 ‘치료계획시스템(TPS)’, ‘붕소의약품’

및 ‘고효율의 중성자선’이 필수적이다. BNCT 자체가 전에 없던 새로운 기술이기 때문에 이를 구동하기 위해선 그에 맞는 최적화된 종합 솔루션이 필요한 것이다. 그리고 다윈메딕스의 강점 역시 ‘종합 솔루션’에 있다. 경쟁사 대부분이 종합 솔루션의 ‘분업화’를 택한다. 소프트웨어 기업에 TPS 개발을 맡기고, 제약사에 붕소의약품 연구를 맡기는 것이다. 반면 다윈메딕스는 전체 솔루션을 기업 연구실 내부로 가지고 들어와 직접 연구에 돌입했다. 개발에 소요되는 시간이 더딜지 몰라도 가격 경쟁력 확보와 안정적인 운영에 효과적이며, BNCT 종합 솔루션 전문기업으로서의 역할을 제대로 갖추게 된다는 장점이 컸다. 개발에 필요한 세부 기술과 소재·부품·장비 대부분이 국내 기술, 국산 제품인 것도 주목할 만한 성과다.

선형 가속기 시스템으로 기술적·경제적 우월성 확보

현재 글로벌 BNCT 시장을 선도하는 곳은 일본의 스미토모 중공업. 2020년 3월 품목허가를 받고 일본 간사이 BNCT메디컬센터 내에서 환자 치료에 활용되고 있다. 이에 따라 후발주자로서 느끼는 부담감은 없을까, R&D에 10여 년을 집중하기보다 기허가된 제품을 수입하는 편이 나은 선택은 아니었을까. 기자의 우려 섞인 질문에 명쾌한 답변이 돌아왔다.

“다윈메딕스만의 오리지널리티를 구축하는 것이 옳은 선택이라고 판단했습니다. 우리는 보다 좋은 기술을 개발하려는 것이지 세일즈를 하려는 것이 아니었으니까요. 무엇보다 기허가된 제품은 원형 가속기를 쓰기 때문에 조사 후 잔류 방사선량이 많다는 단점이 있습니다.”

중성자 조사장치에 사용되는 양성자 가속기는 크게 세 가지로 나뉜다. 원형 가속기(Cyclotron)와 선형 가속기(LINAC), 그리고 정전형



인천 송도에 위치한 BNCT 중성자암치료연구센터에서 다원메닥스의 임상 실험이 진행 중이다.

가속기^{Electrostatic}이다. 셋 중 중성자를 만들기 가장 쉬운 방식은 원형이다. 원형 가속기는 양성자를 균일한 자기장 안에서 원 운동을 시켜 중성자로 만든다. 원리가 간단해 중성자 발생이 용이 하지만 높은 전압을 사용하기 때문에 잔류 방사선에 의한 방사화 위험이 크다. 반면 다원메닥스는 선형 가속기를 선택했다. 원형에 비해 중성자를 만들어내는 기술적 부담이 크지만 낮은 전압을 사용하는 덕분에 방사화 위험이 낮기 때문이다. 잔류 방사선량의 차이는, 실제 의료 현장에서 동일한 시간 내 몇 명을 치료할 수 있느냐로 연결된다. 따라서 방사화 수준이 낮은 선형 가속기 기반 시스템이 경제적 우월성을 확보할 수 있다. 일본과 중국 등 여러 나라에서 선형 가속기 기반 BNCT를 개발하고

있지만 다원메닥스가 상용화에 가장 근접한 상황이다.

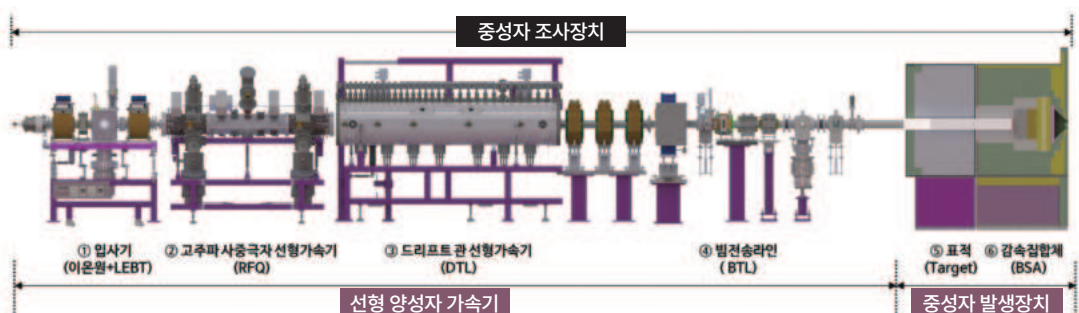
의료기기는 끊임없이 진화해야 한다는 신념

국내 유일, 세계 최초의 선형 가속기 기반 BNCT 종합 솔루션을 개발 중인 다원메닥스. 10여 년 R&D의 결실을 목전에 두고서도 의료기기는 끊임없이 진화해야 한다는 신념 아래, 늘 처음 그 마음으로 연구를 지킨다. 2021년 세계 최초로 ‘봉소중성자포획 치료용 실시간 중성자 모니터링 기술’을 개발한 것도 R&D를 향한 진심 덕분이다. 해당 기술은 환자에게 조사되는 중성자의 정확한 선량을 파악하기 위한 것이다. 기존 시스템에서는 중성자의 선량을 간접적으로 측정했기 때문에 중성자를 생성하는 타겟(리튬 및 베릴륨 등)의 상태에 따라 변화되는 중성자의 생성량을 파악하기 불가능했다. 따라서 중성자 생성 타겟의 상태가 변질됐을 경우, 조사되는 중성자의 양이 부족하거나 과해질 가능성이 생긴다. 이에 다원메닥스는 기존과 다른 새로운 신초처리 방법을 통해 양성자가 타겟에 충돌한 후 생성되는 중성자를 직접 측정해 양을 파악한다. 이 기술은 전 세계 BNCT 연구자들의 지지를 얻었고, 국제원자력기구^{IAEA} 회의를 거쳐 공식 사용을 허가 받았다. 2024년 3월에는 핵과학과 방사선 물리학에 대한 연구를 다루는 세계적인 과학 저널 <방사선 측정 ^{Radiation Measurements}>에 연구 논문이 실리기도 했다.

최근 다원메닥스는 ‘실시간 봉소 농도 측정이 가능한 디지털 감마 영상시스템’ 개발에 힘쓰고 있다. 같은 용량이라도 환자마다 약물이 미치는 영향이 다르기 때문이다. 그뿐만 아니다. 치료 최적화를 위한 기술개발에는 끝이 없다는 입장이다.

다원메닥스의 BNCT는 2026년 상용화를 목표로 한다. 이제 1년 6개월 남은 기간 동안 또 어떤 놀라운 성과로, 글로벌 BNCT 시장을 놀라게 만들까. 이를 통해 우리는 암 정복에 얼마나 더 가까워질지 자못 기대된다.

BNCT용
중성자
조사장치
개념도



다원메딕스의 R&D 전략과 역량은 무엇인가?

다원메딕스는 2015년 9월 설립 이래 순수 국내 소재·부품·장비를 바탕으로 독자 기술을 구축해왔다. 또 BNCT 시스템 운영에 필요한 3대 요소 ‘치료계획시스템^{TPS}, 붕소의약품, 중성자 조사장치’를 직접 개발했다. 종합 솔루션을 직접 우리 손으로 기획하고 제작했기 때문에 시스템 간의 연결성이 우수하고 이해도도 높은 편이다. 앞으로는 각 구성 요소의 기술 고도화에 집중할 계획이다.

R&D에서 제품 출시에 이르는 단계에 놓여 있다.**과정상 마주하는 어려움은 없는가?**

의료기기 특성상 임상실험 환자 모집에 고충이 크다. 특히 BNCT는 전에 없던 전혀 새로운 시스템이어서인지, 실험자 모집이 한층 까다롭다. 기거가된 일본 스미토모의 경우, 수요자인 의료계가 먼저 나서서 BNCT 기술개발을 의뢰했다. 그 덕분에 정부나 기업, 의료계 등의 지원이 다채로운 편이었는데 우리는 상황이 그렇지 못해 안타까운 것도 사실이다. 물론 의료기기에 신중하게 접근해야 한다는 점은 공감한다.

BNCT 출시 후 의료 현장에 미칠 효과를 예측하자면?

BNCT 시스템 구축에 적지 않은 비용과 설치 면적이 필요하다. 따라서 당장 빠르게 성장할 것이라고 보기는 어렵다. 하지만 조금 먼 미래엔 분명 환영받을 것이라

생각한다. 암 치료는 첨단 기술과의 전쟁이고, 분야별 단점을 보완하기 위한 기술 고도화가 여기저기에서 진행되고 있다. BNCT가 속한 방사선 치료 시장 역시 꾸준히 성장하는 중이다. 개발 초기에 산업통상자원부 국책과제로 선정될 수 있었던 것도 향후 시장에 대한 가능성이 충분했기 때문이다.

앞으로의 계획이나 목표는?

우선은 목표한 기간 내 상용화를 성공시키는 것이다. 초기에는 기존 방사선 장비로 치료가 불가능한 방사선 저항성 암을 중심으로 시장을 형성하고, 점차 보편성을 확대해나갈 계획이다. 현재는 우리 기업이 선형 가속기 기반 BNCT에서 기술적 우위를 선점하고 있지만 북미와 일본, 중국을 포함한 세계 각국이 이 시장에 투자를 아끼지 않고 있다. 순수 국내 기술, 국산 소부장이 글로벌 BNCT의 표준이 되도록 많은 관심과 지원을 부탁드립니다.

국내 기술,
국산 소부장이
글로벌 BNCT의
표준되도록



세계는 지금 에너지 대전환 중

재생에너지 저장 기술 현황 및 ESS 시장 전망

국내 ESS 시장은 주파수 조정 용도 비중이 크고, 피크 조절과 재생에너지 발전 연계형 ESS 시장도 점차 성장하고 있다. 세계적인 추세를 보더라도 재생에너지 발전 연계 및 전력망 안정화를 위한 ESS 설치 사례가 증가하고 있다.

ESS(Energy Storage System)는 발전소 또는 재생에너지 단지에서 생산된 전력 또는 잉여전력을 저장해 필요시 공급하는 장치다. ESS를 적절히 활용할 경우 전력 공급 불일치에 따른 전력 낭비, 송전 중 전력 손실, 대정전(大停電) 등의 문제를 해결할 수 있으며 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.

보통 전기를 저장하는 장치라고 하면 배터리 종류만을 떠올리기 쉬운데, 실제로는 전기에너지를 어떤 형태로 변환해 저장하느냐에 따라 기계적 저장, 열역학적 저장, 전기화학적 저장, 그리고 전자적 저장 방식 등 다양한 ESS가 존재한다. ESS를 선택할 때 가장 중요한 요소 중 하나가 바로 용도인데, 보통 사용 시간을 기준으로 용도를 분류한다. 수 분 미만으로 빠르게 충·방전해 높은 출력을 제공하는 것을 단주기, 2~4시간 정도 전기를 저장했다가 적절한 용량과 출력을 제공하는 것을 중주기, 그리고 4시간 이상 긴 시간 동안 전기를 제공하는 용도를 장주기로 구분한다.

기계적 ESS, 양수발전

양수발전(Pumped Hydro Storage)은 상부와 하부에 각각 저수지가 있으며, 잉여전력을 이용해 양수 펌프로 하부의 물을 상부 저수지로 양수해 저장했다가 필요시 다시 하부 저수지로 낙하시

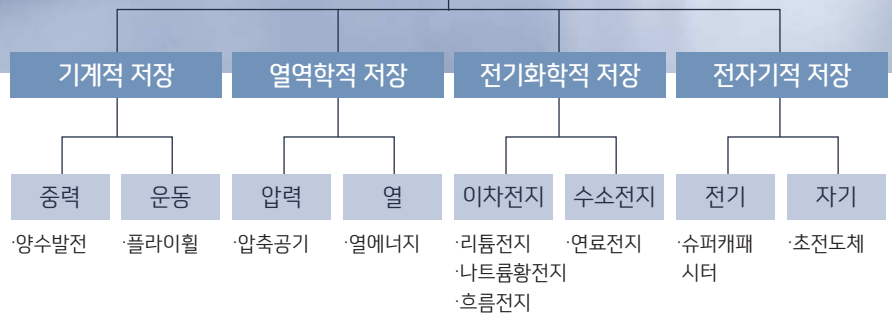
킬 때의 위치에너지를 수력터빈을 구동시켜 발전하는 기술이다. 양수발전은 장기간 안정적으로 에너지 저장이 가능하며 수명은 40~60년, 효율은 65~75% 수준이다. 과거에는 원자력 및 화력 등 기저 전원과 연계해 보조적인 역할을 했으나, 현재는 대표적인 에너지 저장 기술로 그 역할이 확대되었다. 전 세계에 운영 중인 양수발전소는 약 150기(총 160GW)로써, 이 가운데 중국 31GW, 일본 28GW, 그리고 미국이 23GW를 각각 운영 중이며, 중국은 86GW 추가 건설을 추진 중이다. 국내에서도 1980년 건설된 청평 양수발전소를 비롯해 총 7곳(4.7GW)에서 운영되고 있다. 국제재생에너지기구(IRENA)는 2050년까지 세계에 325GW의 양수발전이 필요하다고 발표했다. 양수발전은 신뢰도 높은 대용량 장주기 에너지 저장 기술이지만, 경제성 측면에서 저수용량에 따라 최소 100~300m 이상의 낙차가 확보되어야 하기에 적절한 부지선정이 어렵고 상부 저수지 건설 시 환경에 영향을 미칠 수 있다는 것이 단점이다.

열역학적 ESS, 압축공기 에너지 저장과 열에너지 저장

압축공기 에너지 저장(CAES, Compressed Air Energy Storage)은 대용량 장주기 에너지 저장장치로, 잉여전력이나 재생에너지 발전으로부터 생산된 전력 등을 수집하여 압축기를 통해 압축공기 에너지로 변환한 뒤 별도의 공간에 저장하고, 필요시 압축공기를 이용해 터빈을 구동시켜 발전한다. CAES는 크게 전기에너지를 압축공기의 압력에너지를 변환하는 압축부, 압축공기를 저장하는 저장부, 그리고 저장된 압축공기를 재팽창시켜 터빈으로 발전하는 발전부로 구성되며, 부가장치로는 모터/발전기(Motor & Generator), 재생열교환기(Recuperator) 등이 있다. 압축부는 기존 발전기 공기압축기의 설계 기술을 활용할 수 있고, 저장부는 특수 저장탱크나



에너지 저장기술



터널, 동굴 등을 사용할 수 있다. CAES는 화재 위험성이 매우 낮고 핵심 설비의 유지관리가 용이하며 수명이 긴 것이 장점이다.

기존의 통념적인 열에너지 저장시스템^{TES}

Thermal Energy Storage은 열에너지를 다른 형태로 변환하지 않고 그대로 저장해 난방에 사용하거나 전력 생산 시 보조적으로 활용하는 기술이

었다. 이후 열에너지를 더 효과적으로 활용하기 위해 저장된 열로 터빈을 돌려 전기에너지로 변환하는 시스템이 연구개발되었다. 최근의 열에너지 저장시스템을 기존 기술과 구분해 카르노 배터리라 칭하기도 한다. 카르노 배터리는 잉여전력을 히터 또는 히트펌프 등을 사용해 열로 변환해 저장했다가, 필요시 열로 스팀터빈을 구동시켜 다시 전기를 만들어 송전하는 전력망 연계형 대용량 장주기 에너지 저장 기술을 의미한다.

리튬이온 배터리 등 전기화학적 ESS

전기화학적 ESS의 대표적인 종류는 리튬이온 배터리^{LIB, Li-Ion Battery}다. LIB 기반 ESS는 단위 배터리를 여러 개 쌓아 대형 배터리를 구성한 것이라고 생각하면 이해하기 쉽다. 상용 배터리의 가장 작은 단위는 셀^{cell}이라고 하는데, 셀을 일정 개수 모아 한 단위로 묶은 것이 모듈^{module}이고, 이 모듈들을 쌓은 것이 랙^{rack}이며, 컨테이너 안에 랙들을 모아두고 시스템으로 관리하는 것이 ESS이다.

나트륨황 배터리^{NaS, Sodium-Sulfur Battery}는 음극 활물질로 나트륨^{Na}, 양극 활물질로 황^S, 그리고 전해질로 나트륨 이온에 대해 전도성을 갖는 베타 알루미나^{β-alumina} 세라믹으로 구성되어 있으며 고온(300~350°C)에서 구동된다. NaS는 방전 시 나트륨 이온이 베타 알루미나를 통해 양극부로 이동해 황 및 전자와 반응해 Na₂S₃가 되고, 충전 시는 Na₂S₃가 나트륨 이온, 황, 전자로 나뉘고 나트륨 이온은 음극부로 이동



해 전자를 받아 나트륨 금속으로 돌아간다. 나트륨과 황의 조합은 활물질의 이론적 에너지밀도 측면에서 LIB 대비 2배가량 높으며, 리튬 대비 자원 매장량이 월등히 많고 원재료 가격이 훨씬 낮다.

바나듐 레독스 플로우 배터리^{VRFB, Vanadium Redox Flow Battery} 역시 전기화학적 ESS이다. 플로우 배터리는 활물질 및 화학적 반응원리에 따라 다양한 종류가 존재하나, 세계적인 상용화 실적 및 관련 기업들의 분포를 보면 바나듐 계열인 VRFB가 가장 대표적이고 당장 도입이 가능한 기술이다. VRFB는 일반적인 배터리와는 달리 전극 표면에 고체 활물질이 코팅되어 있는 형태가 아니며, 전해액 내에 용해된 바나듐 이온이 산화/환원 반응을 통해 원자가 상태^{valence state}가 바뀌며 충·방전을 반복한다. 배터리 주요 구성 요소는 전극, 전해액, 이온교환막, 그리고 펌프 등이다.

글로벌 ESS 시장은 빠르게 성장 중

재생에너지 비중이 증가함에 따라 ESS 보급도 적극적으로 이루어지고 있으며, 글로벌 ESS 설비 및 시장 역시 급격하게 성장할 것으로 보인다. 설비 규모의 경우 2022년 43.8GW에서



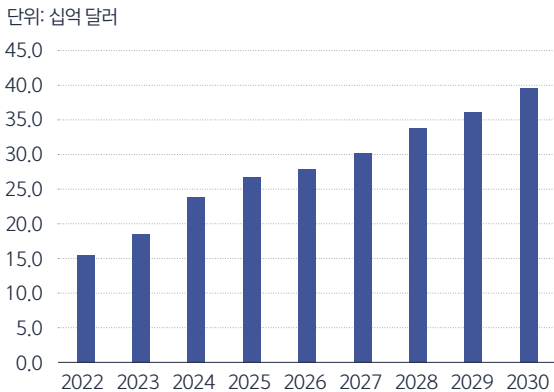
ESS 사업을 영위하는 국내 배터리 제조사들은 미국을 중심으로 투자를 고려하고 있다. 미국은 2030년까지 대규모 장기 ESS의 비용을 90% 감축, 기술 투자를 지원한다.

2030년 508GW로 10배 이상 증가할 것으로 분석되며, 시장 규모도 2022년 152억 달러에서 2030년 395억 달러까지 증가할 것으로 예상된다. 국가별로는 미국과 중국이 글로벌 ESS 보급량의 절반 이상을 차지하며, 주요 선진국에서 보급량이 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

용도별로는 2022년 기준 ESS는 재생에너지 연계 유틸리티급 에너지 이동용(54%)과 전기요금 절감 목적의 주거용(23%)이 주된 용도이며, 보조서비스용(14%)과 상업용(5%)으로도 활용되었다. 그러나 향후 에너지 이동용 비중은 재생에너지 발전설비와의 연계 수요 증가에 따라 2030년까지 66%로 증가하며, 주거용 비중은 14%로 다소 하락할 것으로 전망된다.

기술별로는 2022년 기준으로 리튬전지 기반이 95% 이상을, 흐름전지 및 압축공기저장 등이 5%를 차지하지만, 향후에는 리튬인산철^{LFP} 전지 기반의 ESS 보급이 확대될 것으로 예상되며 2022년을 기점으로 LFP 전지가 ESS 시장에서 차지하는 비중이 삼원계(NMC, NCA) 리튬전지를 추월해 2030년까지 글로벌 ESS 시장을 주도할 것으로 예측된다. 그러나 향후에는 재생에너지 비중이 증가함에 따라 재생에너지 변동성 대응과 주파수 유지 및 출력제어 완화를 위해서는 장주기 에너지 저장 기술 보급이 필수적

글로벌 ESS 시장 규모



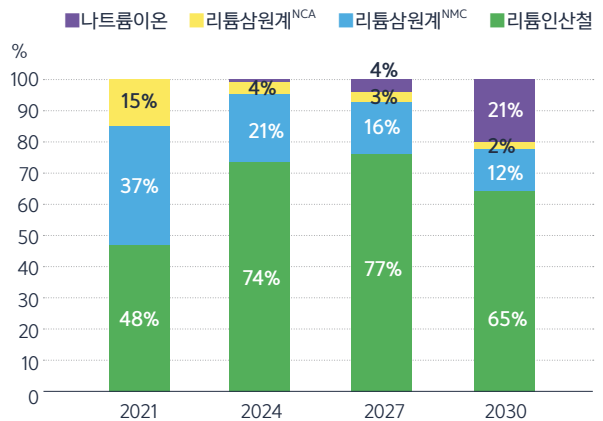
자료: 블룸버그 뉴에너지파이낸스^{BNEF}, 2023

이며, 리튬전지 외에 양수, 압축공기 저장, 열에너지 저장, 흐름전지 및 NaS 전지 등 장주기 에너지 저장 기술의 보급이 급격히 확산될 것으로 예상된다.

ESS 포트폴리오로 에너지 전환 속 KEY 역할 필요

전력계통은 심장(발전원)이 혈관(계통망)을 통해 일정한 맥박(주파수)과 혈압(전압)을 유지하면서 신체(수용가)에 혈액(전기)을 공급하는 심혈관계에 비유할 수 있다. 건강한 신체를 유지하기 위해서는 적정 맥박과 혈압을 유지하는 것이 중요하듯이 국가 전력망에서 적정 주파수와 전압을 유지시켜 수요자까지 공급하는 것이 계통관리의 핵심이다. 따라서 급변하는 에너지전환 시기에 재생에너지 중심의 전원 믹스와 함께 ESS 포트폴리오의 확보는 매우 시급한 현안이다. 그러므로 대용량 장주기 ESS를 포함한 ESS 포트폴리오 수립은 새로운 전원 믹스 하에서의 전력계통의 불확실성을 줄이는 ESS^{Energy Security Solution}를 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 재생에너지의 전력피크 저감에 기여함으로써 Energy Value Creator로서의 핵심적 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

이차전지 종류별 ESS 비중 전망



자료: 블룸버그 뉴에너지파이낸스^{BNEF}, 2023



우상균 한국전력공사 전력연구원 재생에너지솔루션 PJ팀 수석연구원
1993년부터 1996년까지 (주)대우엔지니어링 해양사업본부에서 근무했고, 이후 현재까지 한국전력공사 전력연구원에서 전력구조물 수명관리 분야, 대용량 장주기 ESS 분야 및 재생에너지 분야의 솔루션 연구개발 업무를 담당하고 있다.

탈플라스틱에 한 걸음 더 다가선 종이 패키징

종이를 활용한 신소재가 늘어나며 지속가능한 패키징 분야가 확대되고 있다. 종이 소재를 기반으로 한 친환경 제품은 탈플라스틱 전환을 이끄는 대체재로 사회의 지속가능성에 기여하는 것은 물론 친환경 사업의 새로운 성장 동력이 될 것으로 전망된다.

word 조아영 <환경ESG> 기자



삼성전자는 업사이클링이 가능한 TV 포장재를 적용해 종이 폐기물 감소에 나섰다. 탈플라스틱 및 지속가능한 패키징은 이제 산업의 트렌드로 자리 잡았다.

플라스틱 대체재, 프로테고와 테라바스

기존 제지산업은 '종이'로 만든 인쇄물 혹은 산업용지 등에 국한되어 있었다. 하지만 코로나19 등 사회적 변화에 따라 플라스틱 사용이 급격히 증가하며 국제적으로 플라스틱 폐기물 문제가 대두됐다. 이에 한솔제지는 제지 사업을 기반으로 좀 더 지속가능한 제품과 소재를 개발할 수 있지 않을까 고민했다. 2015년부터 내부 검토를 거쳤고 2020년에 이르러 신사업을 본격적으로 시작했다. 우선 사업 타당성 검토를 거쳐 친환경 종이 포장재 시장의 높은 성장성을 확인했다. 이후 2019년부터 제품에 대한 콘셉트 확정, 개발, 프로모션을 순차적으로 진행했고 같은 해 프로테고 소재를 커피 드립백 용도로 제품화했다.



프로테고 제품

프로테고는 친환경 고차단성 종이 소재로 알루미늄이나 플라스틱이 사용되던 기존 포장재를 대체할 수 있는 제품이다. 종이 표면에 수성 배리어 코팅을 형성해 산소와 수분 투과를 차단한다. 2023년 말까지 약 40가지 품목에 적용됐다. 젤리, 과자, 샌드위치, 파우치 음료 등 식품 포장재나 마스크 팩, 여드름 패치 같은 의약품이나 화장품용 포장재로 활용되고 있다. 프로테고가 적용된 연포장재는 종이로 분리배출이 가능하다. 프로테고는 전과정평가^{LCA}를 통해 연포장재에 주로 사용되는 필름 대비 30%가량 탄소를 덜 배출한다는 것을 증명했다. 이로써 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용해 온실가스 및 오염물질 배출을 최소화하는 기술에 기여하는 녹색기술 인증을 받았다.

테라바스는 기존에 주로 사용하던 PE코팅이 아닌 자체 개발한 수용성 코팅액을 사용해 PE필름을 대체하고 재활용성을 높인 제품이다. 우수한 내수성·내열성을 보유해 다양한 용도로 활용 가능하다. 종이류 분리배출을 통해 재활용이 용이하며, 매립 시에도 생분해되기 때문에 기존 PE코팅 및 플라스틱 용기를 친환경적으로 대체할 수 있다. 현재 대형 프랜차이즈업계의 종이 빨대, 종이컵, 사각 용기 등으로 사용되고 있다.

미세섬유, 화장품 및 물티슈 원료로 사용되는 펄프

종이를 소재로 활용하는 것에서 나아가 종이 원료인 펄프에서 새로운 소재를 만들기도 한다. 셀룰로오스미세섬유 '듀라클'은 펄프를 가공, 미세화해 만든다. 광학적으로 투명하며, 가벼우면서도 높은 강도를 발현할 수 있다. 동시에 목재에서 생산되기 때문에 생분해성을 지닌 탄소중립 소재로 지속가능하다는 강점이 있다. 다른 소재와 섞일 때 분산 안정성이 있으며, 3D 네트워크를 이룬다. 이로 인해 고무-플라스틱, 석유화학 소재를 덜 사용해도 강도가 올라가며 제품의 수명이 늘어나고 사용성이 개선된다.



식품 용기로 쓰이는 테라바스

한솔제지는 셀룰로오스미세섬유가 기존 첨단소재에서는 찾아볼 수 없는 특성을 보유하고 있는 점에 착안해 연구개발에 착수했다. 2018년에는 듀라클을 생산할 수 있는 설비를 도입했다. 화장품, 페인트, 매트리스, 운송수단, 고무, 2차전지 분야 기업과의 협업을 통해 적용 기술을 확보하고, 2019년부터 일부 분야에 실제 적용했다. 현재는 우레탄

코팅, 우레탄폼, 자동차 페인트, 수송수단의 전통 벨트, 화장품 등에 들어가는 첨가제로 활용되고 있다. 특히 화장품에 첨가되면 식물섬유가 물을 끌어들이며 점성이 높아지는데 이로 인해 보습성과 발림성이 향상된다는 특징이 있다.

천연 펄프는 물티슈에도 사용된다. 천연 펄프에 식물성 레이온을 혼합해 만든 제품이 ‘고래를 구하는 물티슈’다. 플라스틱 원단으로 만드는 기존 물티슈와 달리 미세플라스틱이 검출되지 않는다. 물이나 미생물에 의해 자연분해가 가능해 우수한 생분해성과 물품림성을 지녔다. 포장에도 폐플라스틱을 활용한 PCR캡을 적용하고 녹색기술 포장재를 사용했다. 이는 2023년 대한민국 올해의 녹색상품에 선정되기도 했다.

폐지, 이제 재활용 가능한 종이 자원

최근 국내 제지업계에서는 기존에 폐지라 불리던 것을 ‘종이 자원’이라는 말로 대체해 사용하고 있다. 종이 자원 재활용 프로세스에서 펄프가 추출돼 다시 종이로 만들어진다. 정제 과정에서 발생하는 부산물은 소각을 통해 열적 재활용하고, 소각 후 나오는 재 역시 재활용한다. 한솔제지는 “열적 재활용으로 사용할 수 없는 무기물을 재자원화할 방법을 고민한 끝에 공정

중 발생한 이산화탄소와 무기물을 전처리해 생석회를 만들고 반응시켜 종이의 부원료인 탄산칼슘을 제조하는 방법을 찾았다”며 “이를 통해 대기에 배출되는 탄소를 저장하고 부산물을 재활용할 수 있다”고 설명했다.

전에는 재활용하기 어렵다고 알려진 멸균 팩도 한국포장재재활용사업공제조합, 국내 12개 제조업체와 함께 협업을 통해 순환 체계를 구축 중이다. 멸균 팩은 원료로 재활용해 종이로 생산하고, 그 과정에서 발생하는 알루미늄, 필름 등 부산물도 열적 재활용해 업사이클링 제품으로 개발하기 위한 연구를 진행하기도 한다. 한솔제지는 멸균 팩의 재활용성을 높이기 위해 기존 공정에 양면 코팅 필름이 쉽게 제거될 수 있도록 하는 기술을 도입했으며, 이물질 스크리닝 공정에 미세 비닐을 제거하는 설비 역시 들여왔다.

이처럼 친환경 목질계 소재를 활용한 제품이 확대됨에 따라 화석원료 기반 소재에 대한 의존도를 낮추고 기후변화 완화 효과 역시 기대할 수 있을 것으로 보인다.



국내 제지업계 최초로 냉동식품 파우치형 종이 포장재 ‘네오포레 플렉스’를 개발한 무림

연구개발에서 사업화까지
한국산업기술기획평가원이
기업의 성장 속도에
힘이 되겠습니다

R & D

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



기술주도 혁신성장,
기술기반 산업강국을
향해 나아갑니다

첨단산업 성장기반
기술 확보

- 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



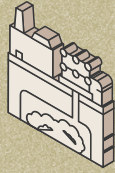
R&D 혁신 생태계
강화

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

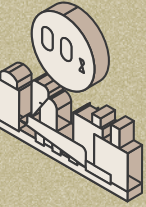


성과중심 경영시스템
정착

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



'탄소 포집·저장·활용' 기술 기후변화 잡는다



이제 기후변화 대응에 필수인 '탄소 포집·저장·활용^{CCUS}'의 법적 근거가 마련되었습니다. 그동안 많은 기업이 탄소중립 실현을 위한 필수 수단으로 CCUS 기술을 추진해왔지만 관련 법이나 제도가 정비되지 않아 사업화에 어려움이 컸습니다. 탄소중립의 게임체인저라 불리는 CCUS는 과연 어떤 개념이고, 어떤 기술이 활용될까요.

CCUS 기술에 주목해야 하는 이유

지구온난화가 걱정을 넘어 공포로 바뀌는 양상입니다. 세계기상기구^{WMO}의 최근 기후보고서에 따르면 2015년부터 지난해까지 평균 지구 온도가 역대 가장 높은 것으로 나타났습니다. 산업화 이전과 비교하면 1.1°C 높습니다. 특히 이산화탄소 농도는 지난 5년 전보다 20% 상승했습니다. 이제 온실가스 배출을 줄이는 것만으로는 온난화를 막기 어려울 정도입니다.

공기는 산소와 질소, 이산화탄소, 아르곤 등으로 이뤄져 있습니다. 그중 질소 78%, 산소 21%, 이산화탄소가 0.004%를 차지합니다. 두 개의 서로 같은 원자로 이뤄진 질소^{N₂}나 산소^{O₂}, 0.93%를 차지하는 아르곤^{Ar} 같은 단원자는 적외선을 흡수하지 않습니다. 반면 서로 다른 세 개 이상의 원자로 구성된 이산화탄소^{CO₂}, 메탄^{CH₄}, 이산화질소^{NO₂}, 프레온^{CFC} 등은 적외선을 붙잡는 능력이 있어 온난화를 일으킵니다. 공기 중의 약 0.04%에 불과한 이들을 온실가스라고 부르는 이유입니다.

지구온난화를 일으키는 이산화탄소는 지구 전체 온실가스 배출량의 76% 이상을 차지하는 대표 물질입니다. 이산화탄소는 100개의 공기 분자 중 한 개만 있어도 지구 평균기온이 100°C에 도달할 정도로 강력한 온실효과를 냅니다. 게다가 공기 중에 최대 200년까지 머뭅니다.

2015년 기후변화에 관한 정부간협의체^{IPCC}는 지구의 평균온도 증가를 산업화 이전 대비 1.5°C 이내로 제한하기 위해 파리협정을 체결했습니다. 각 국가는 2050년까지 온실가스 순배출량을 0으로 하는 탄소중립에 힘쓰고 있습니다. 이 목표를 달성하려면 이산화탄소의 배출을 줄이고 현재 배출된 탄소도 제거해야 합니다. 그 역할을 해줄 일꾼이 바로 '탄소 포집·저장·활용^{CCUS}' 기술입니다.

CCUS는 구체적으로 대기 중에 배출되는 이산화탄소를 포집해 압축·수송 과정을 거쳐 땅속이나 해양에 저장하는 CCS^{Carbon Capture & Storage} 기술과 포집한 탄소를 필요한 곳에 활용하는 CCU^{Carbon Capture & Utilization} 기술로 나뉩니다.

먼저 등장한 기술은 CCS입니다. 하지만 모든 탄소를 저장하기에는 조건을 충족하는 장소가 제한적이었고, 지진 등의 이유로 유출될 수 있는 위험성이 존재했죠. 이 한계를 보완하기 위해 탄소 저장만이 아닌 활용할 수 있는 기술로 CCU가 등장한 것입니다.

대기에서 탄소만 분리해 포집·압축

그렇다면 CCUS는 어떻게 이산화탄소를 모으고, 저장하고, 활용 할까요? 먼저 포집은 연소 전, 연소 중, 연소 후 '포집의 3단계'로 이뤄집니다. 그중 가장 많이 사용하는 방식은 '연소 후 포집'입니다. 발전소, 제철소, 제소사 등 대규모 산업 공정 시설에서 발생한 배기가스에서 흡착제를 활용해 이산화탄소를 분리·포집합니다.

특히 연소 후 대기 중 이산화탄소를 직접 포집해서 없애는 '직접 탄소 포집(DAC, Direct Air Capture)'이 대표적인 기술입니다. DAC 기술의 원리는 간단합니다. 거대한 팬^{fan}(선풍기)으로 공기를 빨아들

이고, 빨아들인 공기 중 이산화탄소만을 물리·화학적으로 분리해 포집·압축하는 방식입니다. 하지만 실제로 공기 속의 0.004%라는 낮은 농도의 이산화탄소를 선별해 포집하는 기술은 상당히 어렵습니다.

DAC 기술의 핵심인 거대한 팬에는 이산화탄소와 잘 결합하는 '아민' 성분의 흡착제를 바른 필터가 장착돼 있습니다. 이 필터를 가열해 이산화탄소만을 빨아들이고, 흡수한 이산화탄소는 농축(압축)한 후 저장소로 보냅니다. 이산화탄소를 걸러낸 공기는 대기 중으로 방출됩니다.



포집한 탄소, 땅속·바다에 저장하거나 재활용

포집·압축된 이산화탄소는 새로운 부가가치를 만들어내는 데 재 활용됩니다. 광물화 기술을 활용해 탄소를 탄산칼슘으로 전환한 후 콘크리트 등의 친환경 건축자재의 원료로 사용합니다. 화학 기술을 통해 경질탄산칼슘^{PCC}으로 전환, 제지 생산 공정의 도포제 등 고부가가치 상품으로도 활용합니다. 또 탄산음료나 합성 항공유(연료)와 같은 새로운 제품을 만드는 데도 쓰입니다. 이러한 쓰임새는 대기 중 이산화탄소 농도를 영구적으로 낮추는 방법입니다.

한편 활용이 어려운 이산화탄소, 남은 이산화탄소는 다시 대기 중으로 배출되지 않도록 깊은 지하나 해저에 안전하게 저장합니다. 파이프라인이나 선박을 이용해 고갈된 유전·가스전 등 지하 800m 이상의 땅속이나 바닷속에 주입하거나 저장합니다.

이산화탄소가 주로 저장되는 지층은 퇴적된 암석 입자와 유기물, 그리고 암석이 퇴적된 이후에 생성된 광물 입자로 구성돼 있습니다. 이러한 퇴적층 속 입자나 광물 사이의 빈 공간은 물이나 가스 등의 유체로 채워져 있습니다. 이곳에 이산화탄소가 주입되면 공간 속의 유체를 바꾸거나 화학적으로 반응해 이산화탄소가 저장됩니다. 저장된 이산화탄소는 시간이 지나면서 녹거나 광물화됩니다.

탄소 감축 기술을 개발하는 스타트업들은 CCUS를 통해 포집된 탄소를 저장하는 것을 넘어 활용할 수 있는 시대가 곧 열릴 것이라고 봅니다. 반면 기후 환경 진영에서는 탄소를 재활용할 경우

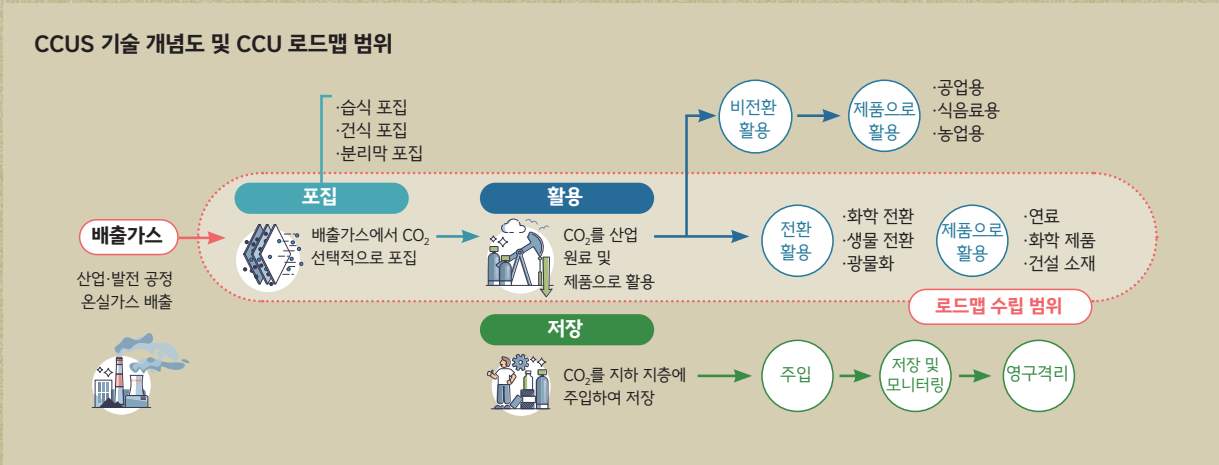
또다시 탄소가 공기 중으로 배출될 가능성이 있는 것 아니냐며 우려하기도 합니다.

하지만 국제에너지기구^{IEA}는 “CCUS 기술 없이 기후 목표를 달성하는 것은 불가능하다”며 CCUS 기술의 중요성을 강조합니다. IEA는 2050년 탄소중립 실현에 CCUS 기술 기여도를 총 이산화탄소 감축량의 18% 수준으로 제시했고, IPCC도 2100년까지 최대 1조2180억 톤의 탄소를 CCUS로 처리해야 한다고 분석했습니다. CCUS 기술과 산업의 중요성은 시간이 흐를수록 더욱 강조될 것으로 보입니다.

CCUS법 통해 지원사격 나선 나라들

현재 CCUS 기술 관련 시장은 빠르게 성장하고 있습니다. 지난해 글로벌 경제 연구 분석 플랫폼인 ‘홀론 아이큐^{HolonIQ}’는 전 세계 탄소 기술 시장이 2021년과 비교해 2022년 300% 성장했고, 그중 절반이 CCUS 기술 관련 기업이라고 밝혔습니다. 국제 시장 조사기관 인더스트리아크^{IndustryARC}는 2026년 전 세계 CCUS 시장 규모가 253억 달러에 이를 것이라고 전망합니다.

미국과 유럽연합^{EU} 등 주요국들은 CCUS 산업의 주도권과 경쟁력을 확보하기 위해 법적, 제도적 기반을 마련해 CCUS 기술과 탄소중립 사업에 대규모 투자를 하는 중입니다. 대표적으로 미국은 「인플레이션 감축법^{IRA}」에 의거해 2022년부터 탄소 포집을 통한 감축 기업에 톤당 최대 85달러의 세금을 공제해주고 있습니다.



자료: 관계부처 합동 <이산화탄소 포집활용^{CCU} 기술혁신 로드맵>, 2021

CCUS 기술개발 및 상용화를 위한 글로벌 R&D 투자 규모



영국

12억 달러

발전·산업 부문
CCUS 인프라 투자(2020년)

미국

2억3000만
달러

CCUS 기술개발·보급 신규 지원
(2020년)

테슬라

1억 달러

CO₂ 포집기술 개발 경연대회
'XPRIZE Carbon Removal'
(2021년)

한국

2011년 104억 원
↓
2020년 267억 원
10년간 2배 이상 확대

자료: 관계부처 합동 <이산화탄소 포집활용^{CCU} 기술혁신 로드맵>, 2021

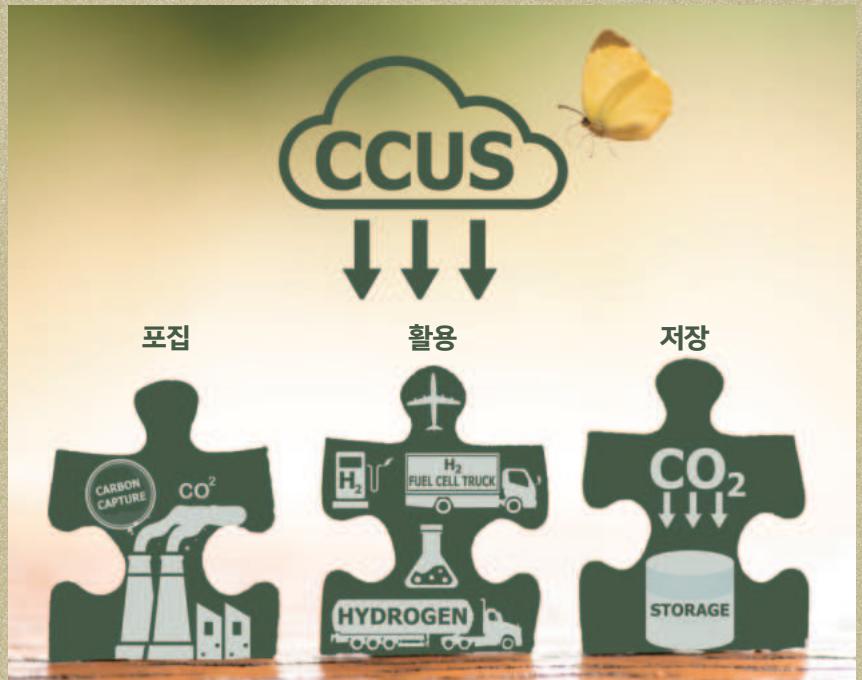
EU는 지난해 3월 발표한 「탄소중립 산업법」에서 CCS를 '전략적 넷제로 기술'로 지정하고 인허가를 단축하기로 했습니다. 호주도 2020년 「CCUS 통합법」을 제정해 배출권 수익을 보장하고, CCS 사업에 2억700만 호주 달러를 지원한다는 계획입니다.

우리나라는 지난 1월 9일 국회 본회의에서 「CCUS에 관한 법률」(CCUS법)이 통과되고, 2월 6일에 공포되어 2025년 2월 시행될 예정입니다. 이에 따라 이산화탄소 저장소 확보와 운영에 관한 절차가 체계적으로 규정되면서 저장사업 인허가 절차 역시 명확해졌습니다. 우리나라는 지형적 특성상 이산화탄소를 저장할 공간이 부족합니다. 이 같은 상황을 반영해 CCUS법은 수송과 저장의 정의를 국내외로 명시

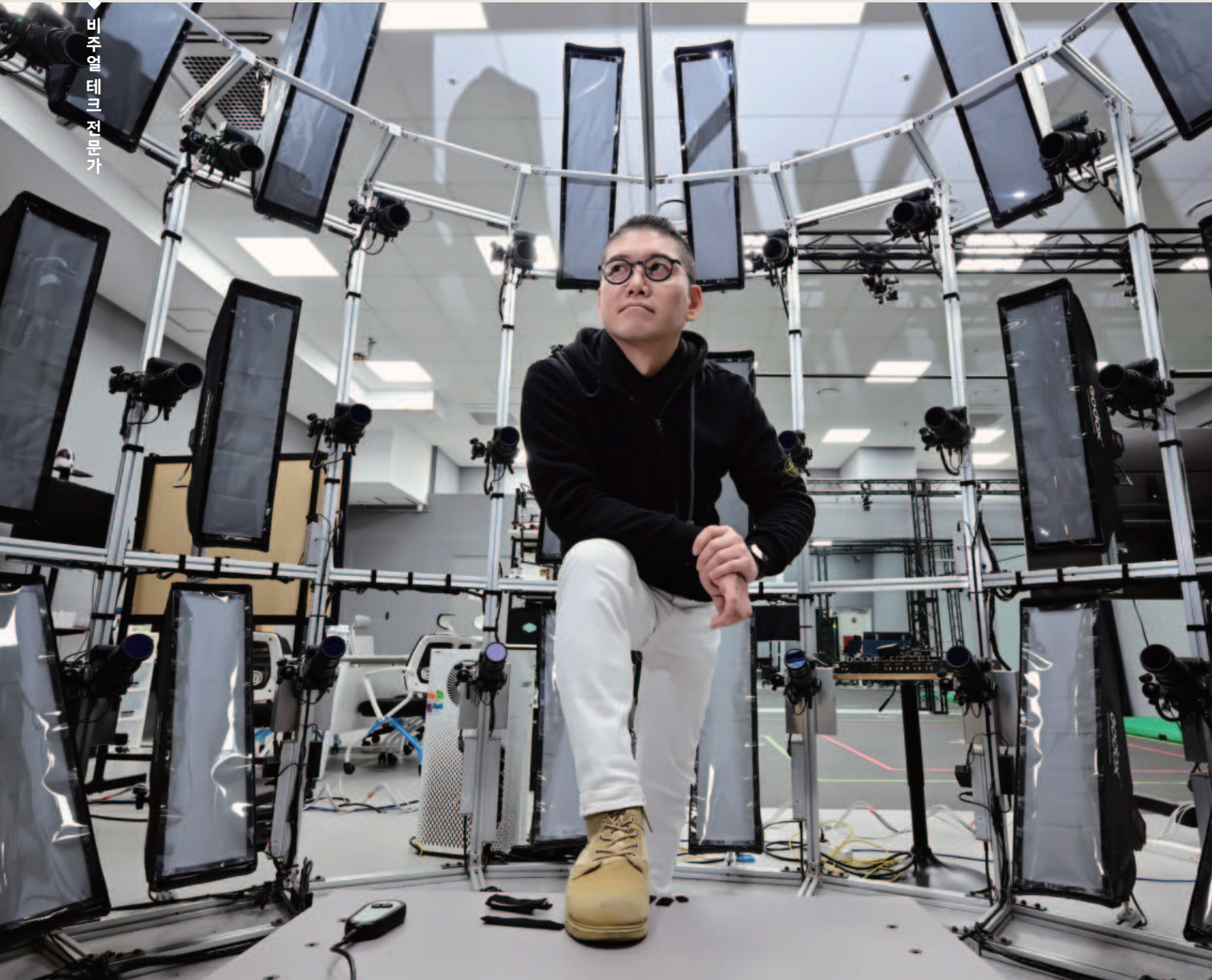
하고, 저장소 확보를 위한 국제 협력을 정부 차원에서 추진한다는 내용을 담았습니다. CCUS 산업을 효과적으로 육성하기 위한 투자와 공동연구 지원, 사업자에 대한 금융 지원 등도 명시되어 있습니다.

우리 정부는 CCUS 기술을 통해 2030년까지 이산화탄소 감축량을 1030만 톤에서 1120만 톤으로 90만 톤을 더 감축하겠다고 상향 조정한 바 있습니다. CCUS법이 시행되면 우리 기업의 CCUS 사업뿐 아니라 이산화탄소 저장소 확보를 위한 국가 간 협정이 활발해질 것입니다.

세계 어느 나라든 정부의 탄소중립 시나리오는 계획처럼 순탄하게만 흘러가지 않을 것입니다. 이해관계자들의 시각마다 바라보는 관점이 다르기 때문이죠. 한국의 산업계에서도 비용, 시간, 능력 등을 이유로 '2050 탄소중립'의 목표가 무리라고 말합니다. 하지만 본래 반응성이 낮은 이산화탄소를 포획·저장 또는 고부가가치 물질로 전환하기 위해서는 그에 상응하는 가치를 더하는 것이 당연하지 않을까요.



김형자 과학 칼럼니스트 청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며, 현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다. 문화체육관광부 <K-공감>, <조선일보>, <주간조선>, <시사저널> 등의 매체에 과학 칼럼을 연재하고 있다. 저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책>, <지구의 마지막 1분> 등이 있다.



실감 기술로 더욱 특별해지는 일상

조성호 스페이스엘비스 공동대표

XR^extended Reality(확장현실)은 VR^virtual Reality(가상현실), AR^augmented Reality(증강현실), MR^mixed Reality(혼합현실)을 총칭하는 몰입형 기술로 현실의 감각을 확장하기 위한 모든 행위와 콘텐츠를 아우른다. 현실과 가상공간을 넘나들며 물리적 현실의 한계를 넘어 디지털 현실로 우리의 경험을 확장해줄 것으로 기대감을 더하고 있다. 실감 기술로 미래를 여는 XR 콘텐츠 전문가의 세계를 들여다본다.

word 김광균 photo 이승재

대표님은 2020년 스페이스엘비스에 합류한 것으로 알고 있습니다. 그전에는 어떤 일을 하셨고, 어떤 계기로 XR 콘텐츠 전문가의 길을 걷게 되셨는지 궁금합니다.

|
처음에 3D 애니메이터로 시작했습니다. CG 분야에서 오래 일하다가 게임 분야로 넘어가 12년간 모바일과 온라인게임을 만 들었습니다. 2014년 VR 붐과 함께 매크로그래프라는 VFX^visual Effects(특수시각효과) 회사에 들어가 본부장을 지냈고, 이후 중국에서 합작법인^{VR}을 만들고 중국 지사장으로 2년간 근무하다 2020년 2월 스페이스엘비스에 합류했습니다. 그러면서 기존 VFX 중심의 파이프라인을 리얼타임(3D 기술을 이용해 실시간으로 그래픽 시각화가 가능한 기술) 위주로 바꿨습니다. 리얼타임 기술 중심의 XR 콘텐츠 전문기업으로 전환하면서 크게 성장할 수 있었습니다. 그렇게 한 이유는 이제 단순히 ‘보는’ 콘텐츠의 시대가 끝나고 ‘반응하는’ 콘텐츠가 필요하다고 생각했기 때문입니다.

XR 콘텐츠산업의 시장성과 성장성을 어떻게 보고 계시나요?

|
XR 분야는 많은 의미를 함의하고 있습니다. 여러 이종 산업이 결합돼 있는 분야라 하나의 장르라기보다 플랫폼으로 보는 게 맞지 않나 싶습니다. 하나의 산업이라면 측정 가능한 통계가 있어야 하는데 XR은 그런 것이 없습니다. XR 사업을 하는 기업들을 보면 저마다 분야가 다릅니다. 방송 분야도 있고, 게임 회사, 영상 분야도 있습니다. 관련 통계가 있긴 하나 허수가 많다고 봅니다. 다만 말씀드릴 수 있는 건 XR 기술의 확장성이 크다는 점입니다. 저희 회사만 보더라도 광고, 박물관, 패션 등 다양한 분야의 클라이언트와 함께하고

있습니다. 다양한 산업에서 디지털 전환이 일어나고 있듯이 콘텐츠 제작 업계도 인공지능^{AI}이 도입되고 디지털 전환이 이뤄지면서 XR 기술이 접목될 여지도 매우 커지고 있습니다.

XR 콘텐츠를 어떻게 정의할 수 있을까요?

|
새로운 기술이 제공하는 색다른 즐거움이라 할까요. 어떤 것을 ‘재미있다’고 말할 땐 콘텐츠를 즐기는 시간 외에도 다양한 요소가 작용한다고 봅니다. 영화를 보기 위해 굳이 극장에 가는 이유는 표를 구매하고 친구들과 팝콘을 먹거나 극장을 나와 수다를 떠는 모든 행위가 수반되기 때문입니다. 극장은 아이맥스^{IMAX}, 4D 등 콘텐츠를 즐길 수 있는 다양한 방법을 제공하기도 하죠. XR도 이러한 고객 경험^{CX} 측면의 재미를 선사합니다. 예를 들어 VR의 경우 HMD^Head Mound Display 기기를 착용하고 여러 조작을 할 수 있고요. 박물관에선 아이들이 쿵쿵 뛰면 화면이 바뀐다든지 하는 상호작용의 체험을 할 수 있습니다. 일방향으로 콘텐츠를 소비하는 방식이 상호작용하는 방식으로 바뀌었다고 볼 수 있어요.

영상 콘텐츠에 XR 기술을 접목할 때 가장 중요하게 생각하는 점은 무엇인가요?

|
일반적으로 영상 분야 사업은 B2B(기업 간 거래) 중심이었습니다. 그렇기에 클라이언트의 마음에 드는 콘텐츠를 만들어 납품합니다. 그 이후 콘텐츠가 최종 고객에게 닿게 됩니다. B2B2C(기업 간 거래, 기업·소비자 간 거래를 결합한 형태)가 되겠죠. 하지만 우리와 클라이언트가 합의한 것들이, 최종 고객이 좋아하는 방향인지는 알 수 없습니다. 따라서 저희가 궁극적으로 지향하는 방식은 B2C일 수밖에 없습니다. XR 분야는 실제로 사용하는 고객의 반응이 바로 나타난다는 점에서 일반적인 영상 콘텐츠와 다른 측면이 있고, 결국 클라이언트의 만족이 아니라 고객의 만족이 중요한 분야라 할 수 있습니다. XR 콘텐츠는 일반적인 영상 콘텐츠와 달리 상호작용이 어떻게 이뤄지는지, 그러한 상호작용이 재미를 이끌어낼 수 있는지 여부가 중요하다고 볼 수 있겠죠.

최근 미국의 오픈AI가 텍스트로 동영상을 생성할 수 있는 동영상 생성 서비스 ‘소라^{SORA}’를 선보였는데요. 이러한 기술의 발달이 XR 콘텐츠



조 대표는 XR기술을 통해 상호 교류가 가능한 콘텐츠가 더 많이 만들어지고, 이것이 결국 정보의 민주화를 이끌 것이라 전망했다.

개발에도 영향을 미치게 될까요?

오픈시가 공개한 영상 중에는 선글라스를 쓴 여성이 도쿄 거리를 걷는 장면이 있는데요. 실제로 그런 장면을 직접 찍는다고 가정하면 해외에 촬영팀이 가서 도로를 통제하고 찍는 다음 촬영본을 편집하고 색보정을 해야 하죠. 그렇게 하기까지 상당한 비용이 듭니다. 하지만 이제 간단하게 텍스트만 몇 줄 입력하면 결과물이 바로 나온다는 거잖아요. 이러한 기술의 발달로 앞으로 많은 직종이 사라질 위기에 있어요. 하지만 큰 문제는 없을 거라고 말씀드릴 수 있는 이유는 그런 식으로 만들어진 영상을 영화에 쓸 수 없다고 보기 때문입니다. 영화계 전문가들은 감독과 지속적으로 소통하는 과정에서 만들어내는 것이 최선의 결과물이라고 생각합니다. 정말 좋은 작품은 수작업으로 나옵니다. AI는 아직까지 그런 작업이 힘들다고 보는 거죠.

XR 기술은 다양한 산업군에서 활용도를 높여갈 것으로 전망되는데요. 특히 어떤 분야의 발전 가능성에 주목하는지 궁금합니다.

XR 콘텐츠와 관련해 안정적인 매출을 내는 회사들을 보면 주로 교육 훈련 분야가 많습니다. 예를 들어 헬리콥터 수리를 배우기 위해 실제 헬리콥터를 놓고 분해 조립을 한다고 하면 비용이 상당하겠죠. 또 화학공장에서 소방시설을 점검해야 한다면 훈련장이나 장비를 갖추고 훈련을 해봐야 할 텐데 그

럴 여유를 갖기 어렵습니다. 그럴 때 디지털 트윈^{Digital Twin}(실물과 동일한 3D 모델을 제작해 가상공간에 구현하는 기술)을 활용해 훈련을 할 수 있습니다. 실제로 다양한 산업군에서 효과를 보고 있으며 반응이 매우 좋은 편입니다. 엔터테인먼트 분야도 확장성이 넓기 때문에 성장을 기대해볼 수 있는데요. 다만 XR 기술을 적용한 뒤 이를 측정하고 개선할 수 있는 모델링 프로세스가 없기 때문에 속도가 더딘 편입니다. 앞으로 기술 표준화가 이뤄진다면 좀 더 빠르게 시장이 활성화되리라 생각합니다.

메타버스 플랫폼은 XR 기술을 통해 다양한 세계를 구현하지만 아직 현실감이 부족하다는 인상을 받습니다. 향후 현실과 가상공간이 거의 구분되지 않을 만큼 현실감이 강한 콘텐츠가 주를 이룰 수 있을까요?

결국 플랫폼과 시장 진입 비용의 문제입니다. 돈이 된다고 하면 대기업들이 뛰어들지 않을 리가 없겠죠. 메타버스는 일각에서 산업을 융성하기 위해 만든 수단일 가능성이 높습니다. 메타버스라는 이슈로 이득을 본 것은 대부분 상장사들이고 실제로 메타버스를 만들어 돈을 벌고 있는 기업은 거의 없습니다. 지자체에서 앳다튀 메타버스 플랫폼을 만들지만 진짜 실감 미디어는 테마파크에 있습니다. 유니버설 스튜디오의 어트랙션만큼 멋진 메타버스가 있을까 싶어요.

XR 기술이 보다 고도화된다면 우리의 삶은 어떤 형태로 변화하게 될까요?

‘정보의 민주화’를 들 수 있을 것 같습니다. 정보량이 점점 많아지면서 흔한 정보와 고급 정보 간에 차이가 생겨났습니다. 예를 들어 우리나라는 PC 보급률이 높고 인터넷 요금이 저렴하기 때문에 누구나 쉽게 AI에 관한 정보를 접할 수 있지만 일부 개발도상국 사람들은 챗GPT의 존재 자체를 알지 못합니다. 고급 정보를 얼마나 많이, 자주 접할 수 있느냐에 따라 상당한 시간을 절약할 수 있고 생산성을 높일 수 있습니다. 양질의 정보를 습득할수록 지식산업의 수준도 올라갑니다. XR은 궁극적으로 정보의 문턱을 낮추고 좀 더 적은 노동력으로 부가가치를 만들어내는 수단으로 활용할 수 있습니다.

XR 콘텐츠 관련 일을 하면서 성취감을 느끼는 순간은 언제인가요?

|
길을 가다가 디지털 사이니지^{Digital Signage}(디지털 정보 디스플레이를 이용한 옥외광고)를 보면 멈춰 서서 보게 되는 경우가 있잖아요. 대중이 좋아하는 콘텐츠를 만들었을 때 우리의 방향성이 맞았다 싶어 성취감을 느끼곤 합니다. 제가 가진 재주로 사람들에게 기쁨을 줄 수 있다는 점에서 대단히 즐거운 일이라고 생각합니다.

XR 콘텐츠 전문가가 되려면 어떤 기술과 자질을 갖춰야 할까요? 실감형 콘텐츠 제작을 꿈꾸는 미래 세대를 위해 조언 한 말씀 부탁드립니다.

|
XR은 너무나 다양한 분야가 혼재돼 있습니다. 그 때문에 XR 전문가가 되고자 한다면 본인이 정확히 어떤 분야에 관심을 두고 있는지 먼저 살피는 게 중요하다고 생각해요. XR 게임을 만들고 싶은지, XR 뮤직비디오 감독이 되고 싶은지 생각해보고 그에 맞는 길을 찾아가야겠죠. 어느 분야든 공통적으로 요구되는 자질은 좋은 것을 볼 줄 아는 안목입니다. 사람들이 잘 알아보지 못하는 원석을 발굴하고 윤색해서 멋지게 보이도록 만들 수 있어야 합니다.

4월호 잡인사이드에는 푹소리단 김경은, 김동민, 김동찬, 김승면, 김신, 김정현, 김태권, 김형우, 남대현, 류승연, 류창훈, 문준아, 박기혁, 박지나, 서정수, 손상완, 심경태, 운승자, 윤혜인, 임주왕, 이준현, 정연화, 조재현, 조하민 님께서 참여해주셨습니다.



스페이스엘비스에서 제작한 XR 콘텐츠. 아바타 기술을 적용한 'Aespa - Savage XR 콘서트'와 이날치 밴드의 '범 내려온다' XR 공연



조성호 공동대표는 누구

조성호 공동대표는 VSTEC, 디지털선일의 CG 감독으로 출발해 넥스트플레이, 와이즈온의 부사장, 매크로그래프 VR본부장과 중국 지사장을 거쳐 현재 할리우드 시각효과 기업 디지털도메인스페이스 고문이자 스페이스엘비스 공동대표를 맡고 있는 대한민국 1세대 비주얼 테크 전문가다. 기존의 성공 공식을 답습하지 않고, 남들이 발견하지 못한 원석을 발굴하는 안목으로 차별화된 콘텐츠를 만드는 데 주력하고 있다.



<테크 포커스>의 든든한 서포터



‘똑’똑하게 ‘소’통하고 ‘리’뷰하는 <테크 포커스> 독자 ‘단’

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. <테크 포커스>를 함께 만들어가고 있는 똑소리단의 3월호 리뷰를 확인해보세요!



이은정

스마트 모빌리티 산업 분야의 현황과 기술에 대해 지식과 상식을 얻을 수 있었던 것 같습니다. 특히, 여러 주제를 테마로 묶어 기사로 접하니 흥미롭게 읽을 수 있었습니다. 그리고 ESG 트렌드는 처음에는 어색한 분야였는데, 매달 접하니 조금씩 익숙해지고 있고 알수록 유익한 거 같아요.

스마트 모빌리티, 어떤 기술을 통해 어디로 가야 하는가(4P) →

김동찬

요즘 자동차가 너무 많아 교통이 복잡하고 교통체증이 심각한데 지능형 교통 네트워크를 통해 높은 효율을 추구하는 시스템이 개발된다면 교통체증을 해결할 수 있어 좋을 것 같습니다.

스마트 모빌리티, 어떤 기술을 통해 어디로 가야 하는가(4P) →

전준규

중기기관에서 출발해 스마트 모빌리티에 이르기까지 모빌리티의 역사부터 자율주행과 UAM에 이르기까지 스마트 모빌리티 기술을 한눈에 볼 수 있어서 좋았습니다. 법적 제도적 문제뿐만 아니라 기술적 한계와 문제 상황, 그리고 미래 방향성을 언급해주었으면 더욱 좋았을 것 같습니다.

스마트 모빌리티, 어떤 기술을 통해 어디로 가야 하는가(4P) →

박지나

개인적으로 <테크 포커스>에서 'Focus Story' 챗터가 가장 흥미롭습니다. 특히 'History' 파트는 과거에서부터 지금까지의 산업발전을 알려주어서 현재의 산업에 대해 더욱 이해하기 쉽습니다. 이번 호의 주제인 자율주행에 대해서도 덕분에 많이 알게 되었습니다.

소프트웨어 기반의 미래 자동차, SDV(14P) →

김형우

SDV를 전통적인 자동차와 구분해 차이점을 설명해주어 어려운 내용도 이해할 수 있었습니다. SDV 기술을 적용할 때 우려할 점도 있을 텐데, 이 부분에 대한 언급이 없어 다소 아쉬웠습니다. 자동차는 안전이 제일 중요하니까요.

UAM 상용화 안전성/ 에너지원 확보가 관건(20P) →

김정현

UAM이 기술적으로 확실하게 성공한다 하더라도, 공중에서 운송수단의 사고 시 생존율이 아주 희박하다고 알고 있습니다. 그 때문에 탑승자들이 이러한 거부감을 줄일 수 있는 방법도 기술의 발전과 함께 생각해야 한다고 생각합니다.

R&D 지원방식 완전히 달라진다(26P) →

문준아

정부의 R&D 지원방식 중 고난도 R&D 분야의 경우, 실패에 대한 불이익이 없도록 정책 방향을 수정했음을 알 수 있었습니다. 특히 R&D 예산은 결과를 기다려줘야 하는 '인내 자본' 성격이 강하기 때문에 통상적인 비용-효과 분석보다는 기업과 연구자 중심의 접근이 필요하다고 생각합니다.

R&D 지원방식 완전히 달라진다(26P) →

전유정

새 정부가 들어서고 R&D 예산이 삭감됐다는 기사를 접했는데 기존 R&D의 난이도가 낮아 지원에 비해 성과가 낮다는 문제가 있음을 처음 알게 되었어요. 난이도를 높여 우리나라 기술개발에 유의미한 성과가 나타나길 기대합니다.

R&D 지원방식 완전히 달라진다(26P) →

김형우
|
현재 R&D 과제의 문제점을 언급해주셔서 특히 관심이 가는 기사였습니다. 민간 투자가 어려운 부분, 연구자 중심의 방향은 매우 긍정적이라고 생각합니다. 하지만 과제 실패를 성공의 밑거름으로 보는 것도 좋지만, 무책임한 결과를 방지하는 제도적 고려도 중요하다고 생각합니다.

모바일과 AI가 만나 바뀌는 세상(30P) →

심경태
|
최근 모바일 분야의 동향을 쉽게 파악할 수 있었습니다. 2024년은 하드웨어의 기술 성장보다 소프트웨어, AI와 DX 등 커뮤니티의 연결성에 다양한 기술들이 개발된 것으로 이해할 수 있었습니다. 아프리카 등 제3세계에서도 우리가 미처 생각하지 못한 기술을 개발해 선보이기에 앞으로 눈여겨봐야 할 것으로 보입니다.

모바일과 AI가 만나 바뀌는 세상(30P) →

김태권
|
CES와 다른 모바일과 네트워크 중심의 국제 규모의 행사가 있다는 사실을 알게 됐으며, 주요 테마 소개와 아프리카의 스마트 폰에 대한 정보가 소개되어 신선했습니다. 내년엔 이런 행사를 소개할 때에는 직접 참여할 기업이나 참가하고 온 코트라 등의 직원이 현지 분위기를 생생하게 전달하면 더 좋을 것 같습니다.

반도체 홀 미세공정 장비 국산화로 해외 의존 골레 탈피(34P) →

김정현
|
반도체는 대부분 반도체 자체로 사용되기보다 여러 기기에 내장되어 사용되는 만큼 가공 과정에서 미세한 차이가 큰 결과로 나타나기도 하는 것 같아요. 이러한 공정 장비를 국산화한다는 것은 단순한 기기 국산화를 넘어 반도체 발전의 주도국이 되는 결과도 기대해볼 수 있지 않을까 싶습니다.

수소 모빌리티 시대 저장-운송 기술이 핵심이다(46P) →

전준규
|
암모니아를 이용한 저장과 운송 기술에 대해 처음 알게 되었습니다. 수소 활용 확대를 위한 필수적인 기술이 바로 저장-운송 관련 기술인 것 같습니다. 더욱이 그린수소 생성을 위한 기술 발전과 더불어 저장-운송 기술 또한 관심을 가져야 할 주요 이슈라고 생각되었습니다. 연구에 매진하고 계신 연구자들을 응원합니다.

2배로 강화된 ESG 규제(50P) →

류창훈
|
ESG 규제가 강화되는 추세로 막연히 알고 있었는데 실제 데이터상 수치를 제시해주셔서 급증하고 있다는 사실을 실감했습니다. 특히 EU 중심으로 강화되는 추세이므로 대기업에 비해 수출 여건이 상대적으로 취약한 수출 중소기업은 이에 대해 사전 인증작업을 포함해 ESG 체계 구축에 사전 대응이 필요하다고 봅니다.

2배로 강화된 ESG 규제(50P) →

김륜한
|
유럽은 ESG 규제가 늘어나고 있는데 한국의 기업들은 준비되고 있는지, 정부는 어느 정도 대응하고자 하는지 걱정입니다. 각종 규제가 기업 활동을 저해한다는데 유럽에서는 비용이 들더라도 ESG를 강조하는 것을 보면 한국도 관련 연구에 적극적으로 투자해야 할 것 같습니다.

자율주행의 눈이 되어주는 센서 ‘레이더와 라이다’(54P) →

손상완
|
자율주행 자동차가 주변 환경을 인식하는데 중요한 역할을 하는 레이더 센서와 라이다 센서가 있다는 것은 알고 있었지만 둘의 명칭이 비슷하여 가끔 헷갈렸습니다. 그런데 이번 기사를 읽으면서 레이더, 라이다의 차이점을 명확히 알게 되었습니다!

자율주행의 눈이 되어주는 센서 ‘레이더와 라이다’(54P) →

김륜한
|
차량 가격을 낮추고 보급을 늘리기 위해서는 센서 기술의 발전과 센서 가격 인하가 관건이라 할 수 있겠네요. 테슬라는 최근에 레이더를 제거하고 카메라만으로 자율주행을 하려고 하고 있습니다. 과연 어떤 기술이 시장을 이끌어갈지 궁금하네요.

자율주행의 눈이 되어주는 센서 ‘레이더와 라이다’(54P) →

김형우
|
‘레이더와 라이다’는 얼핏 영화와 자동차 등에서 들어본 용어였습니다. 같은 용어인데 발음상의 차이라고 생각해 왔는데, 이 기사로 두 기술의 차이점과 동작원리를 알 수 있었네요. 자동차 카메라 센서와 더불어 ‘레이더와 라이다’ 이야기, 너무도 재미난 주제였습니다.

기술에 감성을 가르쳐라(58P) →

손상완
|
감성인식기술은 생소하여 실생활에는 어떻게 사용되고 있는지 궁금해 질문을 드렸는데, 그 부분을 답해주셔서 감사합니다. 조금 더 감성인식기술이 발전한다면 인간의 감정을 잘 아는 로봇이 개발되어 로봇과 친구가 될 수 있겠군요!

기술에 감성을 가르쳐라(58P) →

류승연
|
기술과 감성의 융합이라니 MBTI에서 T와 F처럼 과연 감성인식기술은 어떤 기술이고, 어떻게 활용되는지 알게 되어 좋았습니다. 특히 시를 협업의 상대방으로 보고 기술을 대하라는 인터뷰에서 시가 사람을 대체할 거라는 두려움보다는 도구로써 어떻게 협업해야 할지를 고민해봐야겠습니다.

2024년 기계·장비·로봇산업기술개발 추가 기술수요조사 공고

1. 기술수요조사 개요

- 가. 목적 2024년도 기계·장비·로봇산업기술개발 과제 기획을 위한 산·학·연 기술수요조사
- 나. 조사항목 제안기술 명칭, 기술개요, 기술개발 필요성, 개발 목표 및 내용 등
- 다. 조사대상 기계장비산업기술개발사업(제조기반생산시스템, 제조장비실증), 로봇산업기술개발사업

대상사업	사업 개요	지원대상 분야
기계장비 산업기술 개발	[제조기반생산시스템] 주력산업의 자립화와 고부가가치화를 위해 기업, 대학, 연구소를 대상으로 고부가가치화를 위해 기업, 대학, 연구소를 대상으로 부품·제품 생산 활동에 기반을 제공하는 생산장비 및 산업용 기계·시스템의 상용화를 위한 핵심 기술개발 지원	주력산업의 자립화와 고부가가치화를 위해 기업, 대학, 연구소를 대상으로 부품·제품 생산 활동에 기반을 제공하는 생산장비* 및 산업용 기계·시스템**의 상용화를 위한 핵심 기술개발 지원 *생산장비: 정밀가공시스템, 초정밀공정장비, 섬유기계 등 **산업용기계·시스템: 건설기계, 농기계, 방동공조기계, 승강기시스템
	[제조장비실증] 해외 의존도가 높은 분야의 기계장비와 핵심 부품의 상용화를 위해 해당 부품의 수요-공급 기업을 대상으로 기계개발된 R&D 성과물의 실증을 통한 Track-record 확보 및 고도화 지원	해외 의존도가 높은 분야의 기계장비와 핵심 부품의 상용화를 위해 해당 부품의 수요-공급 기업을 대상으로 기계개발된 R&D 성과물의 실증을 통한 Track-record 확보 및 고도화 지원 * 지원기간 12개월 이내, 수요기업 참여 필수
로봇산업 기술개발	[로봇산업핵심기술개발] 로봇 분야 첨단융합제품·부품·원천 기술 및 기반 구축을 집중 지원하여 산업경쟁력을 제고하고 미래 신산업을 육	다양한 로봇 응용 분야의 범부처 수요와 연계하고 성장·유망 분야 핵심 로봇 제품 및 다양한 로봇 제품의 기반이 되는 원천 및 공통기술 개발 지원

라. 유의사항 2024년 산업기술 R&D사업 통합 기술 수요조사(기계장비산업기술개발, 로봇산업기술개발사업)에 기재출한 내용에 대해서는 해당 수요조사 추가 접수 불필요

2. 기술수요조사서 제안 자격

- 기계·장비·로봇 R&D사업에 관심이 있고 참여 의사가 있는 기업, 대학 및 연구소, 학회/협회 등에 소속된 자 또는 개인

3. 기술수요조사 및 전산접수 기간

가. 기술수요조사 기간: 2024. 3. 18(월)~5. 31(금)

- 기술수요조사서 작성 후 ROME(<https://rome.keit.re.kr>)에서 전산 등록을 하시면 됩니다.

※ 산업기술 R&D 정보포털(<https://rome.keit.re.kr>)에 접속하여 'R&D 기획참여' → '의견제안' → '수요조사' 해당 공고에서 의견접수
※ 기술수요조사서 양식은 해당 홈페이지에서 다운로드

4. 작성 시 유의사항

- 가. 기술수요조사서 제안 시 주요 고려 항목은 제안 기술명, 기술 동향, 개발 목표와 내용, 지원 필요성, 파급효과 등입니다.
- 나. 국가예산의 중복투자를 방지하기 위하여 정부 R&D사업 기술개발과제로 지원되었던 과제는 제외합니다.
※ 국가과학기술지식정보서비스(www.ntis.go.kr)에서 제안하는 기술의 중복성을 주요 키워드 중심으로 검색한 후, 중복성이 없다고 판단되는 경우에만 제출해주시기 바랍니다.
- 다. 본 수요조사는 신규 지원 과제를 선정하는 것이 아니고, 의견을 수렴하는 것이므로 과제 발공 결과에 대한 이의신청 절차는 없습니다.
- 라. 제출된 서류는 일절 반환하지 않으며, 동 사업의 신규 과제 발굴을 위한 참고 자료로만 사용됩니다.
· 제안 사항의 검토·활용을 위해 필요한 범위 내에서 제출된 내용을 관련 전문가 등 제3자에게 공개하거나 제3자와 공유할 수 있습니다.
※ 상기 제3자(전문가 등)에 대해서는 법적, 제도적 보안유지 준수 의무에 대한 보안서약서를 징구하고 있습니다.
· 제안 기술수요에 대해서는 제안자가 권리 등을 주장할 수 없습니다.

5. 문의처

- 동 기술수요조사와 관련하여 추가가 필요한 질문은 아래 담당자에게 연락주시기 바랍니다.

기술 관련 문의	첨단기계PD 053-718-8534(gspark@keit.re.kr)
	첨단장비PD 053-718-8731(caleb92@keit.re.kr)
	로봇PD 053-718-8432(heshell@keit.re.kr)
수요조사 관련 문의	기계로봇장비실 첨단기계 053-718-8210(oxhengo@keit.re.kr)
	기계로봇장비실 첨단장비 053-718-8213(jyp@keit.re.kr)
	기계로봇장비실 로봇 053-718-8511(longkwon@keit.re.kr)
전산등록 관련 문의	R&D상담 콜센터 1544-6633

- 기술수요조사서 양식 다운로드



독자 퀴즈

IPCC의 1.5°C 특별보고서에 따르면 2100년까지 지구 평균온도 상승폭을 ○○°C 이내로 제한하기 위해서는 2030년 이산화탄소 배출량을 2010년 대비 최소 ○○% 이상 감축해야 하고, 2050년 탄소중립을 달성해야 한다.

다음 ○○, ○○에 들어갈 단어를 적어주세요!

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



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

TECH FOCUS



<테크 포커스> 웹진 보기
매월 10일 오픈



<테크 포커스> 웹진(techfocus.kr)에서 신간호와 함께 과월호도 모두 만나보세요!

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



9 773022 717003
ISSN 3022-7178