

Tech Focus

Sep. 2025

Vol. 23



Focus Story > Flow①

캐즘을 극복한 기술들

Changing Tomorrow > R&D Project②

회수 금속으로 전구체 국산화
공급망 안정과 자원순환 동시 해결

Changing Tomorrow > R&D Project③

페배터리에서 찾은 해답,
K-배터리 반전 드라마

R&Dism > 슬기로운 기술 생활

자연은 최고의 스승,
진화하는 생체모방 기술의 세계



<테크 포커스>
웹진 보기
매월 10일 오픈

Tech Focus

Sep. 2025

<테크 포커스> 웹진에서 9월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr

Vol. 23



Focus Story

2

Infographic
Focus, 캐즘!

4

History
신기술 보급의 발목을 잡는 댓, 캐즘

8

Film&Tech
영화 속 캐즘

10

Flow①
캐즘을 극복한 기술들

16

Flow②

기술이 시장에 닿기까지, 캐즘을 건너는 정부의 길

22

Keitoon

케박사의 고군분투 카레 실험

Changing Tomorrow

24

R&D Project①

포스코퓨처엠 기술연구소

회수 금속으로 전구체 국산화 공급망 안정과 자원순환 동시 해결

28

R&D Project②

(주)에코프로이노베이션

폐배터리에서 찾은 해답, K-배터리 반전 드라마

32

R&D Sense

#전구체



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2025년 9월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상자원부 편집 및 제작 (주)한경매거진앤북(02-360-4816) 인쇄 (사)한국적수장애인협회디지털사업단(053-965-7277) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8332) 잡지등록 대구동, 라00026

본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.
필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.



R&Dism

48

슬기로운 기술 생활

자연은 최고의 스승, 진화하는 생체모방 기술의 세계

54

공학자의 시선

강현 단국대학교 임상병리학과 교수

AMP의 병리 기전 해석이 열어가는 신약 개발의 미래

58

잡 인사이드

김태근 큐빅셀 대표

2차원에서 3차원으로, 광학 기술의 뉴 패러다임을 꿈꾸다

—

62

Review

똑소리단 리뷰

63

Notice

독자 퀴즈

35

R&D Policy

한·미 양국 정책 전환이 여는 산업의 미래

38

똑소리단 만족도 조사 결과

똑소리단이 보는 <테크 포커스>는?

One More Tech

40

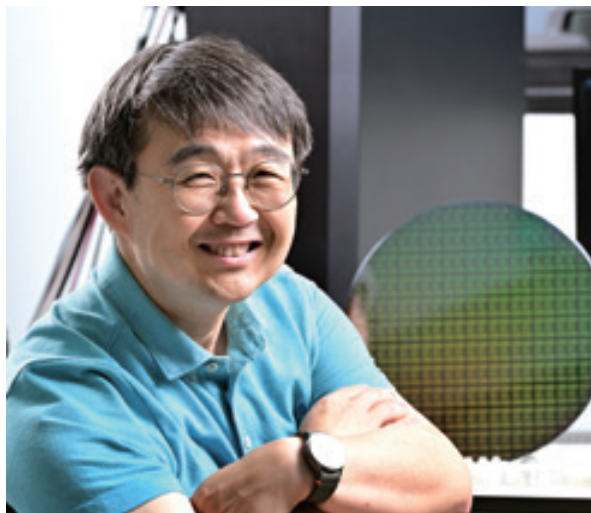
Tech for Earth

페트병과 함께 버리는 에코라벨

44

키워드 산책

한국 최고의 광물 수집가가 들려주는 광물 이야기



세상을 바꿀 듯한 혁신 기술이 더는 보이지 않는 경우가 있다.

대중화라는 길목에 놓인 깊은 골짜기이자 절벽 ‘캐즘^{Chasm}’을 넘지 못해서다.

이 벽을 넘지 못하면, 기술은 초기 시장을 넘어 주류 시장으로 확산되지 못한 채 역사 속으로 사라진다.

캐즘.

TOPIC 1 캐즘이란?

Chasm

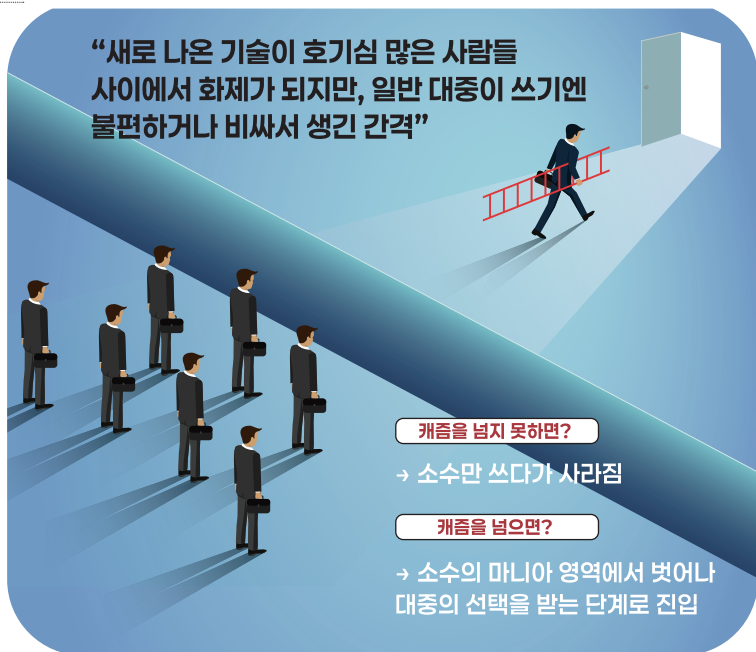
어원

(땅·바위·얼음 속 등에 난) 아주 깊은 틈, 골짜기.

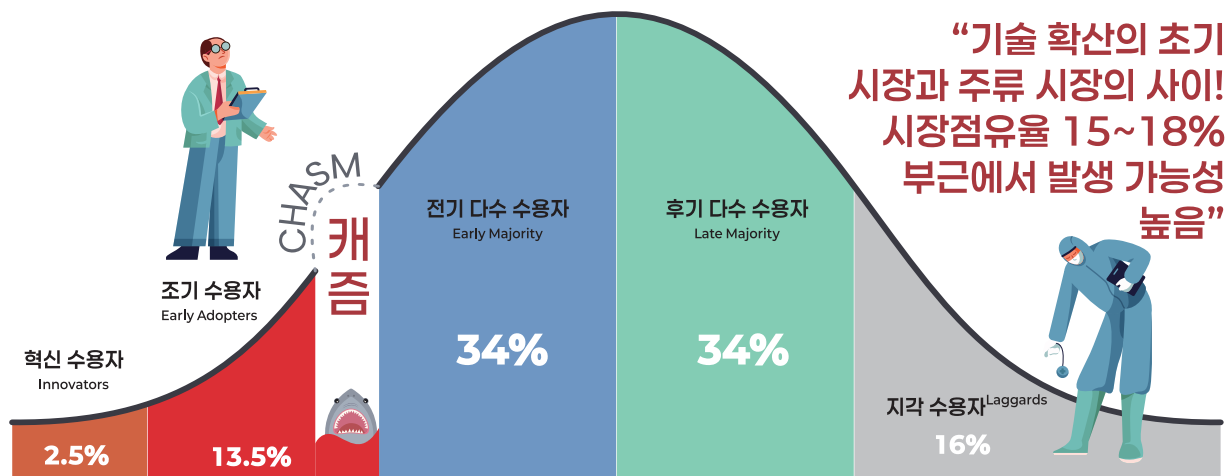
경제/산업

초기 시장의 수요가 끝난 후, 다수 대중의 수요가 따라오지 않아 산업의 성장이 정체되어 있는 현상이나 그 시기.

▶ 1991년 기업경영 컨설턴트 제프리 무어^{Geoffrey A. Moore}가 자신의 저서 <제프리 무어의 캐즘 마케팅^{Crossing the Chasm}>에서 사용.



TOPIC 2 언제 나타나는가



자료 : 에버렛 로저스^{Everett Rogers}의 확산 이론^{Diffusion of Innovations}

TOPIC 3 단계별 수용자의 특징

	수용 단계	영향을 받는 요인	특징
초기 시장	혁신 수용자	새로운 아이디어나 기술 자체에 대한 호기심	시도와 실험을 즐기며 신제품 테스트에 적극적으로 참여
	조기 수용자	혁신 가능성, 선도 이미지	트렌드 리더로, 다른 사람의 선택에 영향을 미침
주류 시장	전기 다수 수용자	주변 사람의 사용 경험, 검증된 가치	대중적 확산의 핵심 집단으로, 안정적 조건에서 기술을 채택
	후기 다수 수용자	사회·경제적 압력이나 표준화된 환경	가격인하 및 표준 확립 후 채택함으로써 위험을 회피
	지각 수용자	익숙한 방식으로 구성되거나 절대적으로 필요한 경우	새로운 기술을 회피하는 등 변화를 최소화

TOPIC 4 시대별 캐즘 극복 사례

1980~1990년대

- ① 개인용 컴퓨터^{PC} : IBM PC, 애플 매킨토시
- ② 이메일 : 기업·대학에서 대중으로 확산
- ③ VHS 비디오테이프 : 베타맥스 경쟁에서 승리, 가정 표준

2000년대

- ① 스마트폰(초기) : 블랙베리, 노키아 → 아이폰
- ② 와이파이^{Wi-Fi} : 무선 네트워크 표준화
- ③ 디지털카메라 : 필름 시장 대체

2010년대

- ① 스마트폰 완전 대중화 : 안드로이드, iOS 듀얼 체제
- ② 모바일 결제 : 삼성페이, 애플페이 등
- ③ OTT 서비스 : 넷플릭스, 유튜브 프리미엄 등

2020년대(진행 중)

- ① 전기차^{EV} : 노르웨이, 중국 등에서 극복
- ② 스마트워치·웨어러블 : 헬스케어 기능 대중화
- ③ 클라우드 기반 협업 툴 : 줌^{Zoom}, MS Teams

→ '표준화, 가격 안정, 실용성 확보, 사용자 편의, 콘텐츠 및 생태계 구축'이라는 공통점

TOPIC 5 캐즘을 넘기 위한 노력

니치 시장 집중

초기 판매 대상을 좁게 설정해 해당 분야에서 압도적 점유율 기록

리퍼런스 고객 확보

업계 리더나 인플루언서 등 대중에게 신뢰를 줄 수 있는 고객 확보

홀 프로덕트^{Whole Product} 전략

제품+부가서비스+교육+추가 지원 등으로 완전한 솔루션 제공

가격 전략

합리적 가격 및 보급형 모델을 추가 출시해 진입장벽을 완화

리스크 최소화

무료 체험, 환불 보장 등 실패의 부담을 해소할 수 있는 방법 마련

표준화

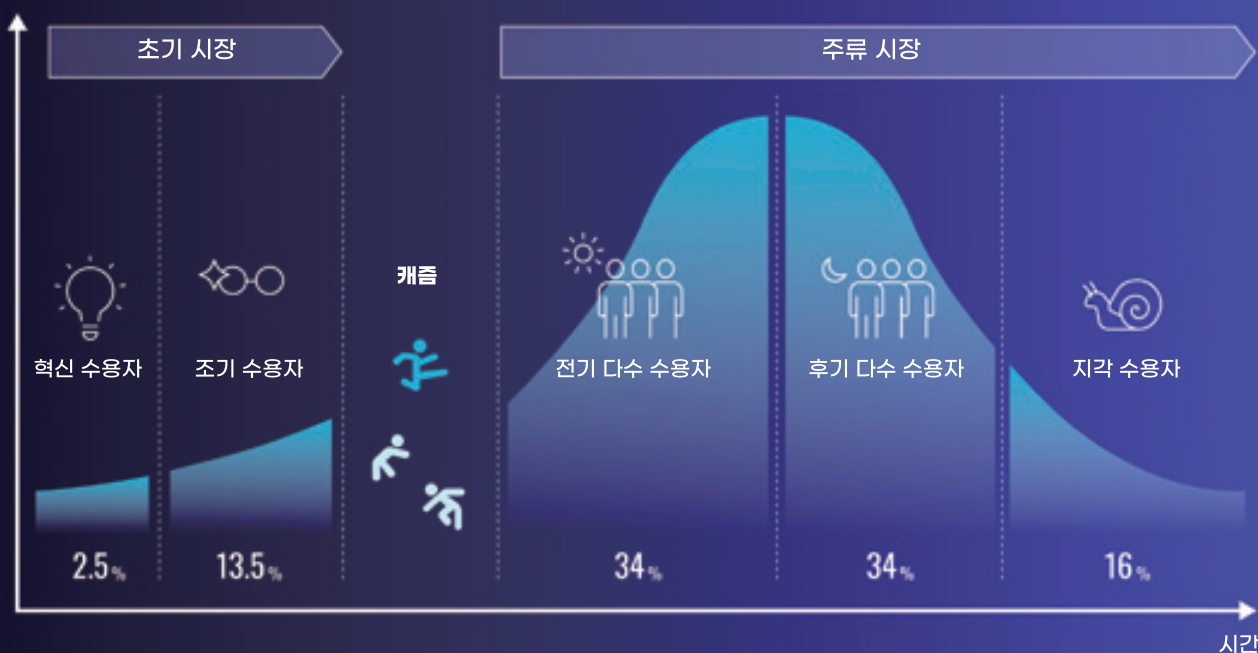
여러 기술 공급자와 플랫폼 간 연동성을 높여 호환성을 높임, 특히 ICT, 통신, 플랫폼 서비스에서 중요

신기술 보급의 발목을 잡는 딛, 캐즘Chasm

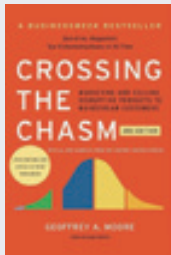
한때 ‘얼리어답터^{Early Adopter}’가 유행이던 시절이 있었다. 신제품이 나오면 누구보다 먼저 써보고 리뷰를 남겨야 직성이 풀리는 사람들, 또는 그런 행위를 의미했다. 하지만 자기 돈 내고 산 신제품이 이런저런 이유로 마음에 들지 않거나, 막상 큰 쓸모가 없어 구석에 처박히는 일도 그만큼 많았다. 바로 이런 부분이 캐즘의 출발점이다.

글 이동훈 과학 칼럼니스트

기술 수용 단계 Technology Adoption



캐즘 개념을 대중에게 알린 제프리 무어. 하지만 그 이전에도 이 개념은 이미 연구되어 있었다.



캐즘은 원래 지리학 용어다. 지각변동에 의해 생기는 균열로 인한 단절을 의미한다. 기술계에서는 첨단기술 제품이 소수의 혁신적 소비자가 지배하는 초기 시장에서, 일반 대중에게 확산되기 전 수요가 정체하거나 후퇴하는 현상을 말한다. 캐즘을 넘어서는 제품은 대중화되지만 그렇지 못한 제품은 일부 얼리어답터들의 전유물로 남게 된다.

캐즘이라는 말이 유명해진 것은 미국의 컨설턴트 제프리 A. 무어가 1991년 펴낸 책 <제프리 무어의 캐즘 마케팅^(Crossing the Chasm)>이 계기가 되었다.

캐즘 이론의 숨은 기원

하지만 이 개념을 무어가 처음 생각해낸 것은 아니다. 무어의 책이 나오기 수십 년 전에도 같은 생각을 한 사람들이 있었다. 1915년 미국 오하이오주에서 어린이 두 명이 죽은 교통사고가 일어났다. 당시 자동차는 엄청난 신기술이었고, 전체 가구 중 10% 미만만 보유하고 있었다.

교통사고로 죽은 여자아이 마거릿 맥그루의 유족들은 이 기술혁신이 일으킨 사고에 대한 사람들의 반응이 크게 세 부류로 나뉜다는 것을 알았다. 첫 번째 극소수 부류 사람들은 “그 아이의 죽음은 비극이다. 하지만 이는 자동차라는 신기술을 얻은 데서 따르는 부득이한 대가다”라고 말했다. 두 번째 소수 부류 사람들은 “그 아이의 죽음은 신기술 때문이 아니라, 그 아이와 유족들의 잘못이다”라고 말했다. 그리고 전체의 대부분(85%)을 차지하는 마지막 세 번째 부류 사람들은 “그 아이의 죽음은 자동차라는 신기술이 안전치

못하다는 증거다. 그러니 오늘부터 자동차를 영원히 불법화해야 한다”라고 주장했다.

즉 신기술로 인한 부정적인 결과가 생겼을 때 그래도 신기술을 옹호하는 극소수 사람들이 있는 반면(첫 번째와 두 번째 부류), 대부분은 그런 부정적인 결과를 가져오는 위험성이 매우 낮아질 때까지 신기술의 수용을 미룬다는 것이다(세 번째 부류). 이러한 발견을 한 마거릿 맥그루의 남동생 댄 맥그루는 훗날 오하이오주립대학교 낙농학 교수가 되었다. 그의 동료 에버렛 로저스는 농부들의 신기술 채택 패턴을 관찰, 신기술이 확산되는 방식을 연구하고 있었다. 1958년 로저스는 댄 맥그루가 1915년에 관찰한 대중의 반응과 자신이 신기술 확산 모델에 사용한 심리 통계학적 특징 사이에 연관성이 있음을 밝혀냈다. 로저스는 맥그루 유족이 접한 첫 번째 부류는 신기술을 모든 사람에게 보급하려는 혁신가, 두 번째 부류는 세상을 바꾸려는 얼리어답터, 세 번째 부류는 일반 대중으로 규정했다.

마거릿 맥그루의 죽음은 그 후에도 계속 다뤄졌다. 1989년 레지스매케나사의 직원 워런 시르칭거는 맥그루의 조카였다. 시르칭거는 동료 직원 리 제임스와 마거릿 맥그루의 죽음을 이야기하면서, 혁신가와 얼리어답터는 위험을 감수하려 하는데 대중은 위험을 감수하려 하지 않으므로 신기술에 대한 반응도 정반대라는 결론을 내렸다. 따라서 신기술 제품 수용의 경우 초기에는 위험을 감수하는 얼리어답터에 의해 수용이 일어나지만, 이들에게 보급이 끝나고 성향이 완전히 반대인 대중에게 수용돼야 하는 시점에서는 보급이 잘 되지 않는 정체기가 생긴다는 것이었다. 그들은 이 갭을 마케팅 캐즘^(Marketing Chasm)이라고 명명했다. 이는 마케팅 관점에서 볼 때 초기 시장에서 성공을 거두는 데 도움이 되었던 많은 전략이 주류 시장에서는 오히려 역효과를 낼 수 있음을 의미한다.

제프리 무어는 1990년 당시 레지스매케나사에 근무하면서 마케팅에 관한 책을 쓰고 있었다. 그는 <제프리 무어의 캐즘 마케팅>의 주요 개념을 레지스매케나 사내 자료에서 가져왔으며, 그 과정에서 사측의 허가는 받지 않았을 가능성이 높다.

캐즘 이론의 영향

그 때문에 세간에 알려진 것과는 달리 캐즘 이론을 무어가 독창적으로 또는 윤리적으로 만들었다고 보기는 어렵다. 그러나 캐즘 이론은 업계에 큰 영향을 주었다. 특히 기술 경영상 기술 수용 주기 측면에서 초기 시장 성공과 대중의 광범위한 채택 사이의 전환점을 알아내고 대응하는 데 필요한 전략적 이론의 틀을 제공했다. 훌륭한 제품을 개발하는 것뿐 아니라, 다양한 고객층을 확보하기 위한 포괄적인 전략의 필요성을 제기한 것이다.

이에 따라 고객 심리에 대한 이해가 필수적인 사항으로 떠올랐다. 대중은 검증되고 신뢰할 수 있는 솔루션을 원한다. 따라서 초기 성공 이후에는 이들에게 맞는 개발, 마케팅, 판매 전략이 필요하다.

또한 캐즘 이론은 주류 고객이 구매하는 것은 핵심 기술이 아닌 ‘완전 완비 제품^{Whole Product}’임을 밝혀냈다. 완전 완비 제품이란 소프트웨어, 하드웨어, 서비스, 파트너십 등 솔루션 작동에 필요한 모든 것이 포함되는 개념이다. 이로써 기술 기업은 핵심 기술 개발을 넘어 실용적인 다수의 요구를 충족하는 완전 완비 제품 생태계를 구축하는 것이 바람직하다.

캐즘 이론에 따르면 기술 기업은 처음부터 너무 광범위한 시장에 어필하는 대신 명확하게 정의된 틈새시장을 공략, 교두보로 삼는 것이 유리하다. 틈새시장을 장악함으로써 기업은 명성을 쌓고, 고객을 파악하고, 인접 시장으로 나아갈 시장 입지를 구축할 수 있기 때문이다. 이 전략은 제한된 자원을 효과적으로 배분하고 추진력을 구축하는 데 매우 중요하다.

그러나 교두보 확보 이후 혁신적이고 빠르게 변화하는 초기 시장에서 좀 더 안정적인 주류 시장으로 전환해야 하는 시기에는, 기업 전 부서가 캐즘 극복을 목표로 삼아야 한다. 즉 신기술을 개발하는 혁신가보다는 주류 고객 지원에 필요한 정착자와 안정성을 우선시하는 방식으로 전환해야 한다.

캐즘에 빠진 기술의 공통점

캐즘에서 헤어 나오지 못하는 기술은 의외로 많다. 현시점 캐즘에 빠져 대중에게 보급되지 못하는 기술의 사례로는 세그웨이, 일부 스마트홈 기기(초기 스마트 온도조절기 등), 자율주행차 등이 있다.

이러한 기술에는 어떤 공통점이 있을까? 우선 사용자 행동의 중대한 변화를 요구한다. 상당한 학습 난도가 따르는 사용



캐즘 이론에서 말하는 완전 완비 제품은 핵심 기술(코어 제품)만이 아니라, 대중 고객이 실제로 문제 없이 쓸 수 있도록 보완 요소가 모두 갖춰진 상태의 제품을 뜻한다. 스마트폰, 전기자동차, 클라우드 서비스 등이 그 예다.



캐즘의 주요 사례로 꼽히는 세그웨이.
기술적으로는 뛰어났지만, 이걸 왜
사야 하는지 대중을 설득할 만한
부분은 모자랐다.

방법을 익혀야 한다거나 하는 식이다. 대중은 일반적으로 급격한 변화를 회피하며, 설득력 있는 이유 없이는 그러한 급격한 변화를 원하지 않는다.

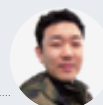
또한 완전 완비 제품을 제공하지 못한다. 기술만으로는 완전한 해결책이 될 수 없다. 대중은 뛰어난 핵심 기술은 물론이고 보완 요소를 모두 갖춘 제품, 서비스·지원 및 인프라를 포함하는 제품을 원한다. 즉 완전 완비 제품을 원하는 것이다. 캐즘에 빠진 기술은 이를 제공하지 못한 경우가 많다. 예를 들어 초기 전기자동차는 완전 완비 제품의 핵심 요소인 (충전) 인프라 부족으로 인해 캐즘에 직면했다.

지나치게 높은 가격과 그것을 뒷받침하지 못하는 제품의 질도 캐즘의 원인이 된다. 대중은 가격에 매우 민감하다. 가격 대비 확실한 가치를 제공하는 검증되고 신뢰할 수 있는 제품을 요구한다. 예를 들어 세그웨이의 높은 가격은 주류 시장 진입의 주요 장벽이었다.

명확하고 설득력 있는 가치를 제안할 수 없는 기술 역시 캐즘에 빠질 수 있다. 기술이 대중화되려면 대중이 처한 중요한 문제를 해결할 수 있어야 한다. 그런 능력이 없다면 캐즘에 빠진다.

캐즘이라는 개념은 단순히 한 경영 컨설턴트의 책에서 비롯된 유행어가 아니다. 20세기 초 자동차 사고에서 드러난 대중의 신기술 수용 심리, 로저스의 확산 이론 연구, 레지스매케나의 마케팅 논의 등을 거쳐 무어에 의해 집약된 결과물이다. 이렇게 쌓인 역사적 맥락은 오늘날에도 여전히 유효하다. 기술이 아무리 혁신적이라 해도 대중의 마음을 얻지 못하면 캐즘을 넘지 못한다. 따라서 기업에게 캐즘은 단순한 이론이 아니라, 혁신이 시장의 현실과 만나는 순간 반드시 직면하는 전략적 과제인 셈이다.

이 두 사례는 혁신적인 신기술만으로는 성공할 수 없으며, 고객의 심리를 이해하고 완전 완비 제품을 완성하며 전략적으로 시장을 공략하는 것이 캐즘 극복에 매우 중요한 요소임을 보여준다.



이동훈 과학 칼럼니스트

<월간 항공> 기자, <파퓰러사이언스> 외신기자 역임. 현재 과학·인문·국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사> 등의 과학 서적을 번역했다.

첨단기술의 캐즘 현상은 의외로 여기저기서 나타난다. 제품의 성공은 기술력만으로 좌우되지 않는다. 세상에는 늘 다양한 변수가 존재하기 때문이다. 대중에게 나아가려다 캐즘이라는 벽을 만난 실제 기술의 이야기, 은막에서 다뤄지는 모습을 알아보자.

글 이경원 과학 칼럼니스트

영화 속 캐즘

〈잡스〉 기술은 인간을 위해 존재해야



〈잡스〉 포스터.

2011년 타계한 스티브 잡스. 그의 삶을 다룬 영화만도 여러 편이다. 그중 2013년에 나온 영화 <잡스^{Jobs}>(조슈아 마이클 스톤 감독)는 스티브 잡스(애쉬튼 커처 분)가 마주했던 캐즘 현상을 다루는 동시에 기술과 인간의 관계, 그리고 기술을 다루는 인간이

가져야 할 마음가짐에 대해 많은 생각을 하게 하는 걸작이다.

스티브 잡스가 처음으로 만든 컴퓨터 애플1은 기판만 덜렁 있는 상태였다. 인수하려던 컴퓨터 가게 사장도 난색을 보일 지경이었다. 이에 잡스는 “그러면 케이스랑 모니터, 키보드를 따로 팔아라. 쓸 사람들이 조립해서 쓰라고 하라”며 오히려 당당하게 말했다.

그러나 이후 그가 만든 작품들은 갈수록 사용자 친화적이 됐다. 애플2가 그랬고, 매킨토시가 그랬고, 아이팟과 아이폰이 그랬다. 누구나 사용하기 쉬운 직관적인 설계 덕분에 그는 타계한 지 10년 넘는 현재까지도 컴퓨터 개발 업계의 전설로 남아 있다.

그런 개발 기조와는 별개로, 잡스는 냉혹하고 비인간적인 면모로도 유명했다. 동거녀 크리스 브레넌(아나 오라일리 분)이 아이를 임신하자, 잡스는 그 아이가 자기 아이일 리 없다며 브레넌을 내쫓아버린다. 함께 차고에서 애플을 일으켜 세운 창업 공신들도 쓸모가 없어지자 회사에서 해고해버린다. 또 다른 창업 공신인 스티브 워즈니악(조시 개드 분)은 잡스에게 “넌 사람이 아니라 제품과 자신에게만 집착해”라며 스스로 사직서를 던진다. 실제로도 스티브 워즈니악은 이 영화를 보고, 잡스가 실제보다 미화됐다는 평을 남길 정도였다. 잡스뿐 아니라 조지 패튼, 토머스 에디슨 등도 큰 성과를 낸 반면 비인간적인 면모로 지탄받은 것을 보면, 훌륭한 지도자가 인간적이긴 어려운 것인가 싶은 의문도 든다.

〈소셜 네트워크〉

기술도 법과 도덕을 무시할 수 없다

<잡스>와 마찬가지로 <소셜 네트워크>도 페이스북 창업자 마크 저커버그(제시 아이젠버그 분)의 일대기를 다룬 작품이다. 그가 페이스북을 창업한 계기, 그 과정에서 생긴 잡음과 소송을 주로 다루고 있다.

저커버그는 애인 에리카 올브라이트(루니 마라 분)와 큰 말다툼 끝에 헤어지고 나서, 인터넷에서 에리카 올브라이트를 욕하는 것은 물론 여대생들의 외모를 폄평하는 사이트 페이스매시를 만든다. 물론 여대생들의 사진과 정보는 해킹으로 얻었다.

이 사건으로 근신에 처한 저커버그. 하지만 이 일로 그는 윙클보스 형제(아미 해머 & 조시 펜스 분)의 눈에 든다. 윙클보스 형제는 하버드 대학생만 접속 가능한 폐쇄형 소셜 네트워크 '하버드 커넥션'을 만들자고 저커버그에게 제안한다. 저커버그는 '하버드 커넥션'의 실제 개발은 뒷전으로 미룬 채, 이 아이디어를 빼내 자신의 소셜 네트워크 '페이스북'을 만든다. 이에 윙클보스 형제는 저커버그에게 민사소송을 걸기에 이른다.

“같은 칼이라도 의사가 들었을 때와 강도가 들었을 때가 다르다”라고 했던가. 기술은 기술일 뿐, 스스로 어떤 윤리적 가치도 고민하지 않고 보증하지도 않는다. 기술이 지니는 윤리적 가치를 고민하는 것은 온전히 그것을 운용하는 인간의 몫이다. 그런 부분에 대해 생각하지 않을 경우, 그 기술은

사회로부터 철퇴를 맞고 본의 아닌 캐즘에 처할지도 모른다. 대중을 신경 쓰지 않은 기술이나, 대중의 윤리를 신경 쓰지 않은 기술이나 결말은 비슷하다.

〈소셜 네트워크〉 포스터.



〈에비에이터〉 완벽주의가 대중화 막기도

〈에비에이터〉 포스터.

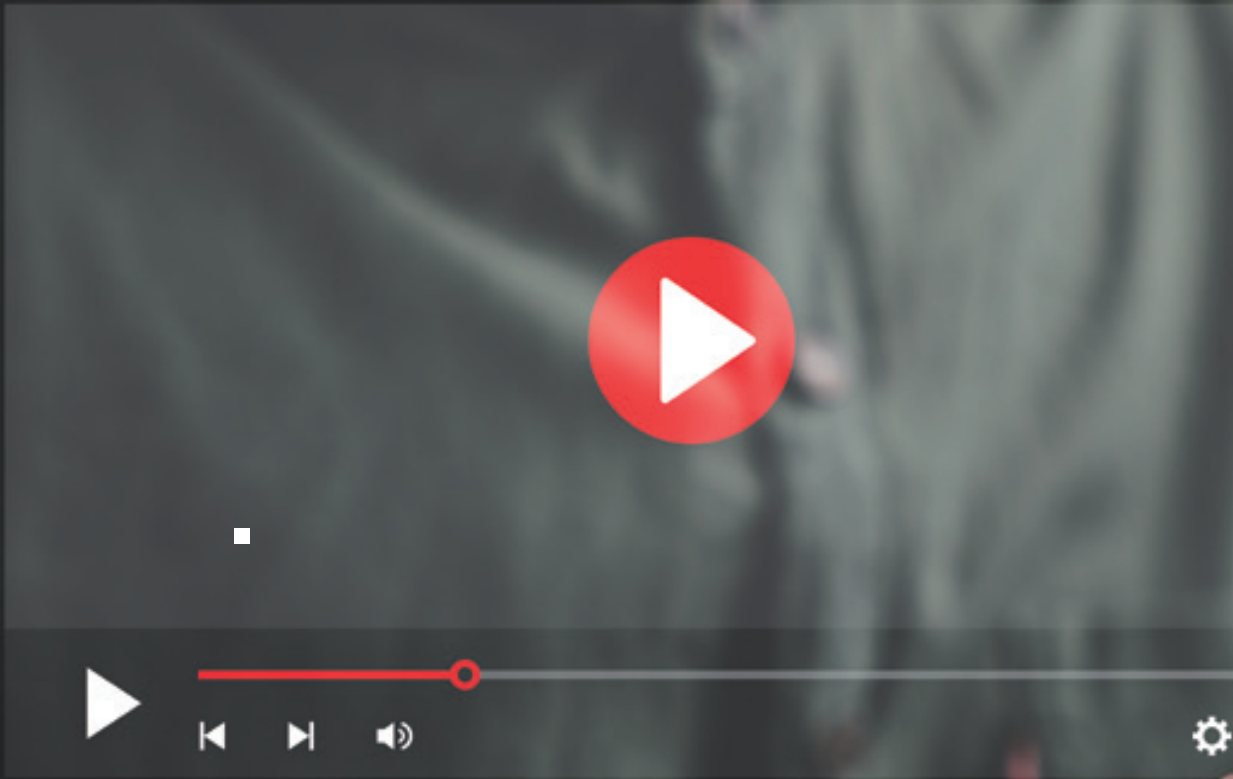


이 영화는 실존 항공 재벌 하워드 휴스(레오나르도 디카프리오 분)의 이야기를 그린다. 영화 후반부는 그의 회사 휴스항공에서 만든 'H-4 허큘리스'라는 항공기를 다루고 있다. 제2차

세계대전 개전 이후 1943년까지 미국과 영국, 소련을 잇는 대서양 보급로에는 독일 U보트(잠수함)가 진을 치고 상선들을 노리고 있었다. 이에 대응하기 위해 미국은 U보트로 공격할 수 없는 항공기, 그것도 초대형 수송기를 만들어 대서양 보급로에 투입하기로 했다. 완전무장 병력 750명 또는 M-4 셔먼 전차 2대를 싣고 대서양을 건널 수 있는 이 수송기 H-4 허큘리스는 그 크기 또한 당시로서는 사상 최대급이었다.

그러나 항공 역사에 한 획을 그을 수도 있었던 이 항공기는 제2차 세계대전 종전 전에 실전에 배치되지 못했다. 그것은 다른 아닌 개발자 휴스의 엄청난 완벽주의 때문이었다. 영화에서도 휴스가 조종간 디자인을 정하느라 시간을 낭비하는 장면이 나온다.

결국 그는 항공기 개발에 투입된 국가 예산 2300만 달러를 횡령했다는 혐의를 받고 상원 청문회에까지 나가는 신세가 된다. 그는 자신이 결코 돈을 빼돌리지 않았다는 것을 증명하기 위해 이 항공기를 늦게나마 완성하고, 1947년 11월 2일 비행까지 시켰다. 하지만 제2차 세계대전은 이미 끝난 후였고, 미국 정부는 이 항공기를 단 한 대도 사지 않았다. 시장이 닫히기 전에 출시할 것. 하나 마나 한 얘기지만 의외로 많은 장인이 놓치는 부분이다.



새로운 기술이 나올 때마다 사람들은 열광하지만, 정작 우리 일상에 스며들어 삶을 바꾸는 기술은 많지 않다. 이유가 뭘까? 아무리 기술 애호가들이 환호해도 보수적인 일반 대중이 받아들이지 않으면 그 기술은 ‘캐즘^{Chasm}’이라는 깊은 협곡으로 떨어져 사라진다. 실제로 수많은 혁신 기술이 이 죽음의 계곡에서 사라졌다. 그러나 이 무서운 벽을 성공적으로 뛰어넘어 우리 생활을 완전히 바꾼 기술들도 있다. 혁신을 꿈꾸는 수많은 기업과 스타트업 중에서 캐즘을 극복한 두 기술의 이야기를 통해 그 비결을 알아보자.

글 이영민 서울대 벤처경영학 산학협력 교수

캐즘을 극복한 기술들



유튜브

‘16억 달러의 실패작’이 세상을 바꾸다

☞ 세기의 바보 같은 투자?

2006년 10월, 전 세계가 깜짝 놀랐다. 구글이 겨우 1년 된 동영상 사이트 유튜브를 무려 16억 달러에 인수한다고 발표한 것이다.

당시 전문가들의 반응은 차가웠다. “구글이 미쳤다”, “닷컴 버블의 광기가 다시 시작됐다”라는 말들이 쏟아졌다. 실제로 유튜브는 연 매출의 200배가 넘는 가격에 거래되었고, 심각한 적자 상태였기 때문이다.

월스트리트 분석가들은 “동영상 사업으로는 절대 돈을 벌 수 없다”며 혹평했다. 심지어 2009년 미국 <타임>지는 유튜브를 세그웨이, 마이크로소프트 ‘준’과 함께 ‘지난 10년간 가장 큰 기술 실패 사례’로 선정했다. 구글 역사상 최악의 인수라며 절대 수익을 낼 수 없을 것이라고 단언했다.

☞ 유튜브가 넘어야 했던 높은 벽들

유튜브 앞에는 여러 장벽이 가로막고 있었다.

끔찍한 화질과 속도

동영상 품질은 형편없었고, 로딩은 느렸으며, 자주 끊어졌다.

저작권 전쟁

음반 회사들이 줄줄이 소송을 걸어왔다.

수익모델 부재

사용자는 늘어나는데 돈 벌 방법이 보이지 않았다.

☞ 구글의 뚝심 있는 해결책

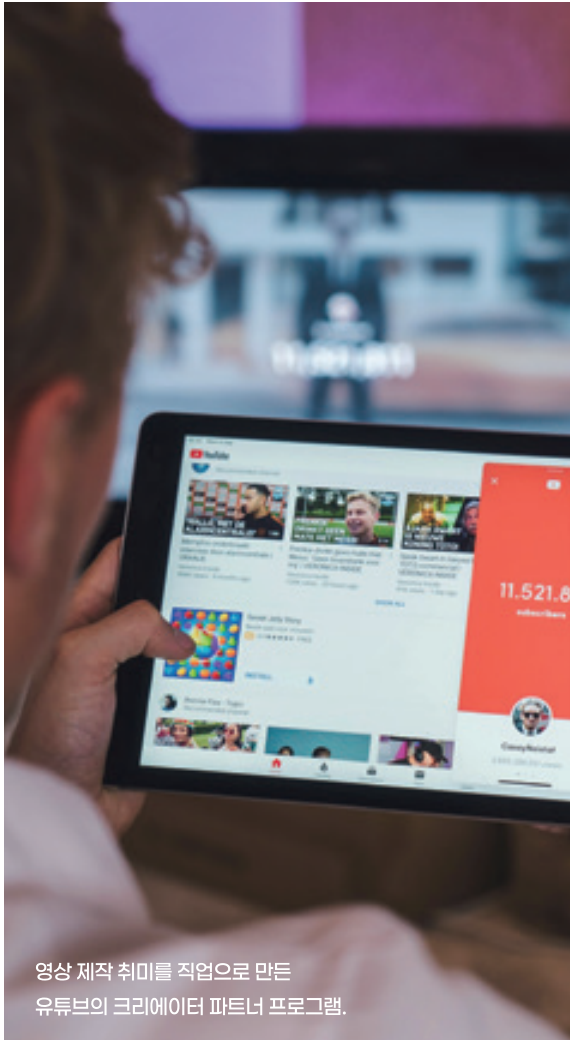
하지만 구글은 포기하지 않았다. 차근차근 문제를 해결해나갔다.

구글의 강력한 서버 기술로 화질을 획기적으로 개선했다.

기존의 흐릿하고 자주 끊기던 동영상이 HD 품질로 끊김 없이

2006년 ‘구글의 가장 큰 실수’라 불렸던 유튜브 인수.
하지만 20년 뒤 구글의 핵심 사업으로 성장한다.





재생되기 시작했다. 또한 휴대폰으로 찍은 영상도 클릭 몇 번으로 쉽게 올릴 수 있게 만들었다. 기존 동영상 사이트들이 10단계가 넘는 복잡한 업로드 과정을 요구했던 것과는 천지 차이였다.

무엇보다 혁명적이었던 건 크리에이터 파트너 프로그램이었다. 동영상을 올린 사람들에게 광고 수익을 나눠주는 시스템을 만들어, 영상 업로드가 단순한 취미가 아닌 직업이 되도록 했다. 이에 따라 수많은 크리에이터가 몰려들기 시작했다.

결과는? 2025년 현재 유튜브의 기업가치는 5000억 달러가 넘는다. 구글 전체 가치의 30%를 차지하는 핵심 사업이 되었다.

토스

은행의 벽을 무너뜨린 3초의 마법

☞ 처음엔 아무도 믿지 않았다

2014년 토스가 처음 나왔을 때 사람들 반응은 시큰둥했다. “은행도 아닌 스타트업 앱으로 돈을 보낸다고? 사기당하면 어쩌지?” 당시만 해도 금융은 ‘안전제일’이 최우선이었고, 새로운 기술에 대한 불신이 컸다. 기존 금융권에서도 토스를 곱지 않은 시선으로 봤다. “스마트폰으로 송금? 그런 게 될 리가 없어”라는 반응이 대부분이었다.

작은 스타트업 토스 앞에는 더 높고 견고한 벽들이 서 있었다.

까다로운 금융 규제

정부 허가는 복잡하고, 보안 기준은 까다로웠다.

기존 은행들의 강력한 저항

수십 년간 지켜온 업무를 침범한다며 반발했다.

사용자들의 불안감

은행도 아닌데 해킹당하면 어쩌나 하는 걱정이 컸다.





7단계 인증 절차를
지문 한 번으로 축소한
토스 송금 서비스.

☞ 토스만의 돌파 전략

토스는 어떻게 이 벽을 넘어섰을까?

가장 중요한 건 ‘압도적인 편리함’이었다. 기존 은행에서 송금하려면 공인인증서, 보안카드, OTP 등 복잡한 인증을 7단계나 거쳐야 했는데, 토스는 지문 하나로 3초 만에 끝냈다.

동시에 최첨단 보안기술을 도입해 안전성을 입증했고, 정부와 지속해서 소통하며 새로운 규칙을 만들어나갔다. 2015년 청와대 업무보고에서 이승건 대표가 직접 금융 규제 개선을 건의한 것도 큰 전환점이었다.

송금에서 시작해 가계부, 투자, 대출, 보험까지 단계적으로 확장했다. 단계마다 사용자들이 충분히 적응할 시간을 주면서도 자연스럽게 다음 서비스로 이어지도록 설계했다. 지금은 대한민국을 대표하는 금융 앱이 되어, 2025년 3월 기준 2408만 명이 사용하고 있다.

☞ 캐즘을 뛰어넘는 4가지 비밀

두 기업의 성공 사례에서 캐즘 극복의 핵심 전략을 뽑아내면 이렇다.

1

극단적으로 쉽게 만들어라

기술 애호가들은 불편해도 참지만, 일반인들은 기존보다 확실히 편해야 갈아탄다. 유튜브는 복잡했던 동영상 업로드를 ‘찾기-선택-업로드’ 3단계로 줄였고, 토스는 7단계 인증을 지문 한 번으로 바꿨다.

2

한 번에 다 하려 하지 마라

처음부터 모든 기능을 넣으면 사용자만 혼란스럽다. 핵심 서비스로 사용자를 확보한 후 단계적으로 확장하는 게 답이다. 유튜브는 개인 영상에서 시작해 전문 콘텐츠까지, 토스는 송금에서 시작해 종합 금융 플랫폼까지 차근차근 키워나갔다.

3

사용자가 사용자를 부르게 하라

가장 강력한 마케팅은 고객이 자발적으로 다른 고객을 데려오는 것이다. 유튜브는 공유 기능으로 콘텐츠가 퍼지게 했고, 토스는 ‘토스로 보내줘’가 일상어가 되면서 자연스럽게 확산됐다. 두 서비스 모두 사용자가 많을수록 더 가치 있는 네트워크 효과를 만들어냈다.

4

나만의 맞춤 서비스를 제공하라

사용자 데이터를 분석해 개인화된 경험을 제공하면 이탈을 막을 수 있다. 유튜브는 추천 알고리즘으로 각자 취향에 맞는 영상을 보여주고, 토스는 소비 패턴을 분석해 맞춤형 금융 서비스를 제안했다.



앞으로 살아남을 기술은 사람을 중심에 둔 가장 사람다운 기술이다.

📁 기술의 성공, 결국 사람이 답이다

캐즘을 뛰어넘은 기술들의 공통점은 무엇일까? 바로 사람을 중심에 둔 것이다.

아무리 뛰어난 기술도 사람들이 쓰지 않으면 의미가 없다. 유튜브는 누구나 쉽게 동영상을 만들고 볼 수 있게 했고, 토스는 복잡한 금융을 간단하게 만들었다.

앞으로 인공지능, 자율주행차, 메타버스 등 새로운 기술들이 캐즘이라는 시험대에 오를 것이다. 이 가운데 살아남을 기술은 과연 무엇일까?

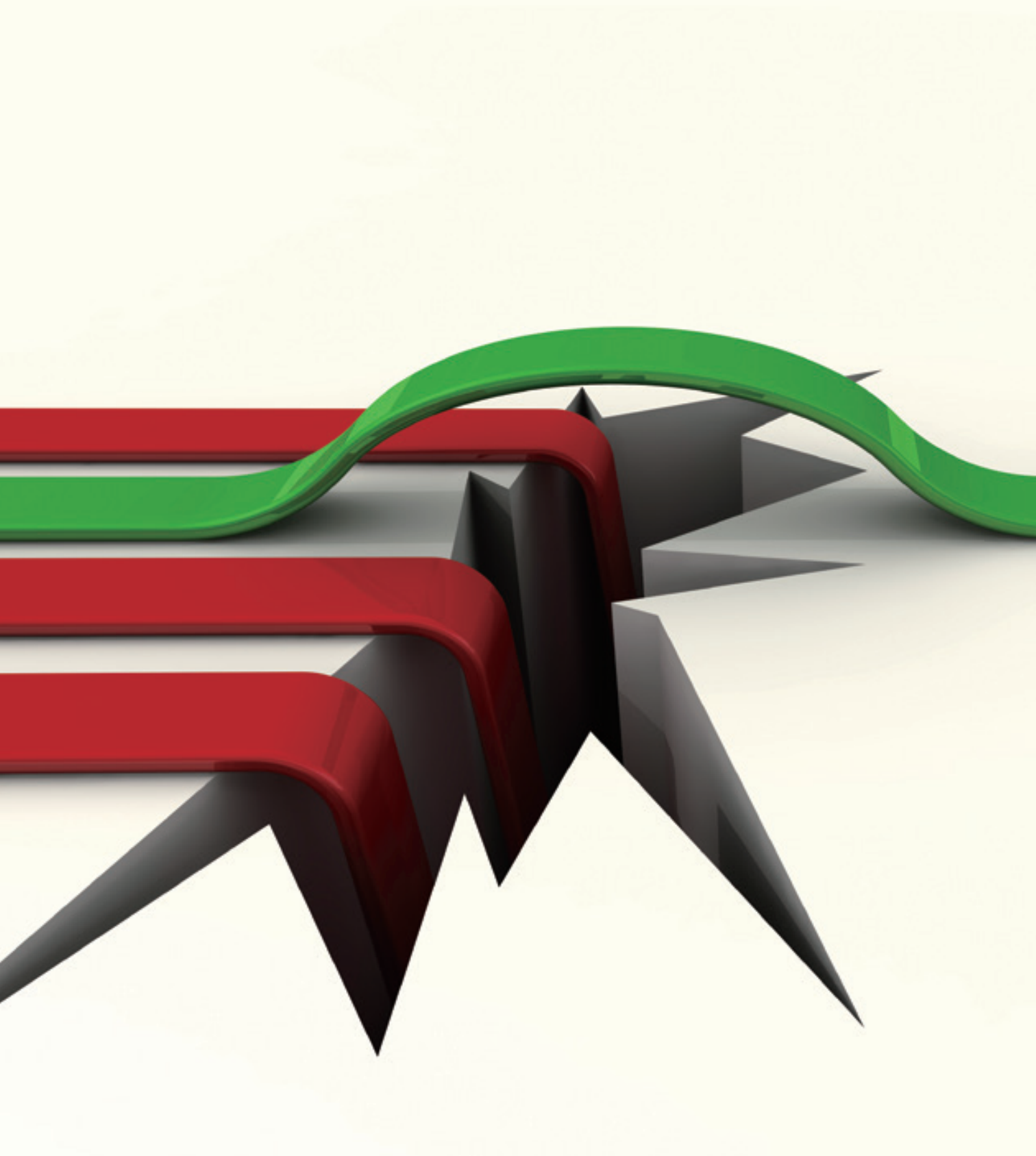
답은 간단하다. 사람들의 진짜 문제를 해결하고, 일상을 더

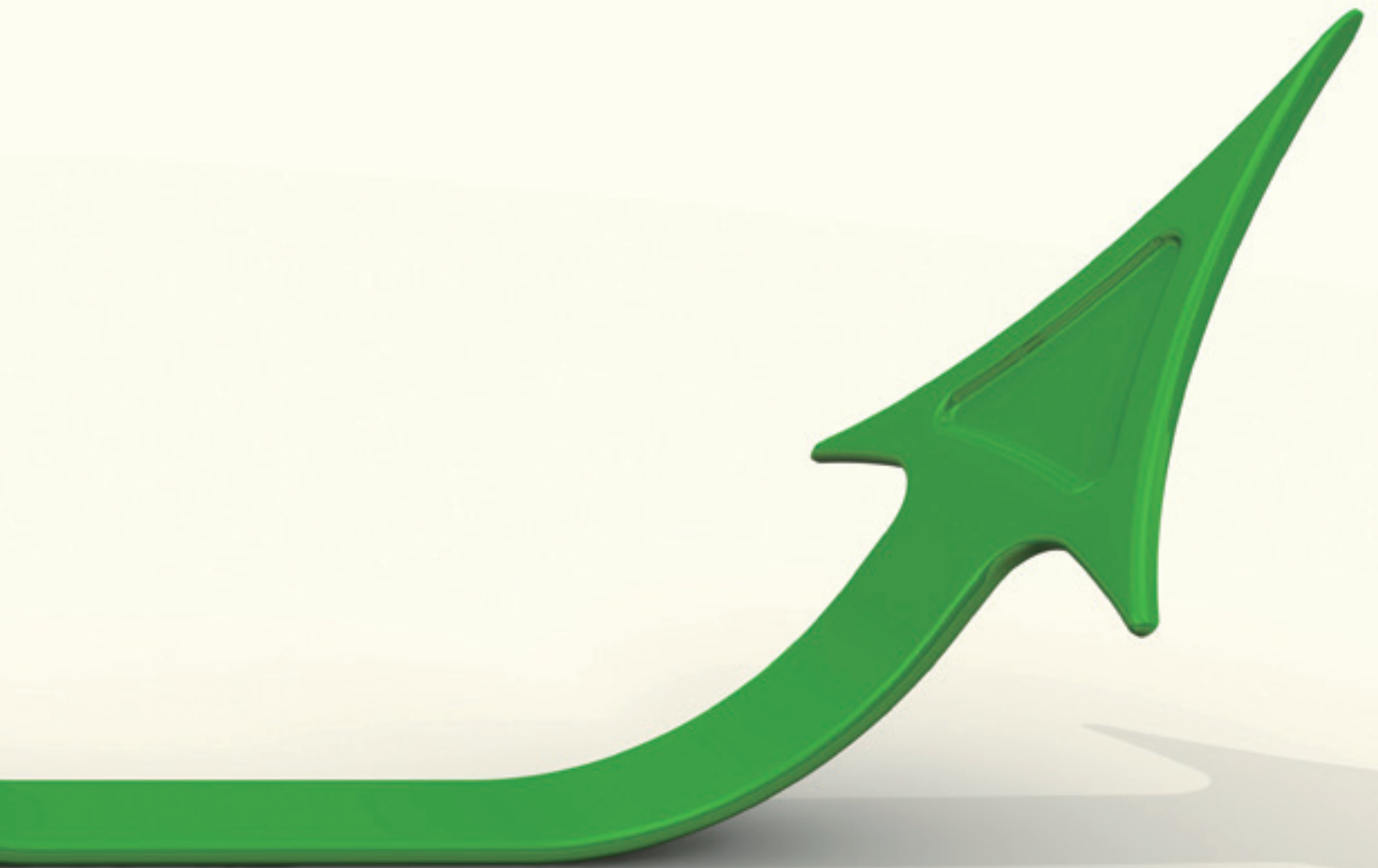
편리하게 만드는 기술이 캐즘을 넘어설 것이다. 기술은 결국 도구일 뿐이고, 그 도구를 사람들의 삶에 어떻게 녹여내느냐가 성공의 열쇠다. 혁신의 무덤에서 살아남는 것은 가장 뛰어난 기술이 아니라, 가장 사람다운 기술이다.



이영민 서울대 벤처경영학 산학협력 교수

서울대학교 경영학과를 졸업했다. 이후 포항공대 산업공학 석사, 상명대 경영학 박사과정을 거쳐 20년간 벤처캐피탈리스트로 일했다. 한국벤처투자 대표를 지낸 뒤, 현재 서울대 벤처경영전공 산학협력 교수로 일하고 있다.





기술이 시장에 닿기까지, 캐즘을 건너는 정부의 길

새로운 기술이 실험실을 벗어나 시장에 들어서는 순간, 또 다른 위기에 직면한다. 바로 ‘캐즘^{Chasm}’이라 불리는 시장과 혁신 사이의 간극이다. 이는 기술뿐 아니라 제도, 수요, 자금이 얹혀 있는 구조적 문제다. ‘한국형 캐즘’ 돌파를 위한 정부의 역할을 살펴본다.

글 김선우 과학기술정책연구원 중소·벤처기술혁신정책연구센터 센터장

연구개발과 시장 사이, 보이지 않는 낭떠러지

기술이 연구실의 실험 단계를 벗어나 시장의 시험대에 오르는 순간, 새로운 위기가 시작된다. 이는 단순한 기술적 한계나 자금 부족이 아니라, 기술이 대중의 신뢰를 얻고 실제 수요자에게 도달하기까지의 ‘간극’으로 인해 나타나는 현상이다. 제프리 무어^{Geoffrey A. Moore}는 <제프리 무어의 캐즘 마케팅^{Crossing the Chasm}>(1991)에서 이를 혁신 수용자와 전기 다수 수용자 사이의 기대·행동·신뢰의 단절로 정의하며, 기술사업화 과정의 최대 난관이자 ‘시장화의 목구멍’이라고 설명했다.

캐즘 현상은 단순한 기술 확산 곡선의 과도기가 아니라, 기술의 사망률이 가장 높은 구간이기도 하다. 수많은 유망 기술이 연구개발 성공 이후 사업화 문턱에서 좌절되고 사라졌다. 구글 글라스^{Google Glass}, 세그웨이^{Segway}, 삼성전자의 전자종이와 같이 기술적 완성도가 높음에도 시장에 안착하지 못한 사례가 대표적이다. 반면 스마트폰, 전기차, 태블릿 같은 기술은 적절한 수요 창출, 산업 생태계 구축, 제도 정비를 통해 캐즘을 넘어섰다.

한국은 정부와 민간을 합쳐 세계 최고 수준의 R&D 투자 비중(GDP 대비 4.94%, 2023년 기준)을 기록하고 있으며, 상당한 과학기술적 성과를 거두고 있음에도 기술사업화율은 OECD 평균을 밑돈다. 이는 기술 창출과 수요 연계의 단절, 초기 시장 부재, 규제 병목 등 복합적 구조가 ‘한국형 캐즘’으로 작동하고 있음을 시사한다. 특히 다수의 공공·민간 연구개발 과제가 논문·특허 등을 포함한 단기 성과 위주로 설계되어 장기적 사업화 가능성이 약화되고, 공공과 민간이 보유한 기술은 수요처와 연결되지 못한 채 기술료 회수나 기술이전이 실패로 귀결되는 경우가 많은 실정이다.



완성도 높은 기술도 대중의 기대와 신뢰를 얻지 못하면 캐즘에 머문다. 사진은 사업화 문턱에서 좌절된 구글 글라스.

기술 캐즘을 키우는 구조적 병목들

기술 캐즘 현상이 발생하는 몇 가지 공통 요인으로 연구개발 활동에 따르는 인센티브 불일치, 실증과 제도 정비의 단절, 수요 기반 조달의 미흡, 현금흐름의 계곡 등이 지적된다. 첫째, 인센티브 불일치 현상은 공공 R&D의 경우 투입·산출 중심 지표(논문, 특허)에 편중되고, 민간 R&D는 초기 사업화 구간의 불확실성을 투자 관점에서 감당하기 어렵기 때문에 발생한다. 둘째, 실증과 제도 정비의 단절은 규제 샌드박스와 실증 특례제도가 도입되었지만, 실증 이후 자동 규제 조정이나 표준화로 이어지는 구조가 약하기 때문에 발생한다. 셋째, 수요 기반 조달의 미흡은 초기 레퍼런스 매출이 없는 상태에서 민간 수요가 형성되기 어려우며, 공공 조달도 과업 발주보다는 사양 지정에 치우쳐 혁신 제품의 확산에 한계가 있기 때문에 발생하는 현상이다. 마지막으로 현금흐름의 계곡 문제는 기술은 확보되었으나 생산·인증·유통 체계를 구축하기 전까지 자금 공백이 발생하므로, 이 구간에서 정책금융과 민간자본 간 역할 분담이 불충분하면 캐즘이 심화된다.

우리가 눈여겨봐야 할 해외 사례는 다음과 같다. 미국의 SBIR/STTR^① 제도는 기술성숙도 3~6구간 기업에 지분 비회식 자금을 공급하고, 일정 전환율 및 사업화 성과를 의무화하여 '연구-시장' 인센티브를 정렬하고 있다. 영국의 SBRI^②는 문제정의 기반의 단계형 공공 조달로 초기 레퍼런스 시장을 창출하며, EU의 PCP^③는 실증→표준화→확산을 제도 루프로 설계하고

- ① SBIR^{Small Business Innovation Research} : 중소기업 혁신연구 프로그램/STTR^{Small Business Technology Transfer} : 중소기업 기술이전 프로그램.
 ② SBRI^{Small Business Research Initiative} : 중소기업 연구개발 프로그램.
 ③ PCP^{Pre-Commercial Procurement} : 정부나 공공기관이 아직 상용화되지 않은 혁신 기술이나 제품 R&D 서비스를 민간 기업으로부터 단계적으로 구매하는 제도.

해외 지원제도 사례

국가	제도 및 기관명	주요 특징	핵심 효과
미국 	SBIR/STTR	기술성숙도 ^{TRL} 3~6구간 기업에 지분 비회식 자금 공급, 일정 전환율 및 사업화 성과 의무화 → '연구-시장' 인센티브 정렬	연구개발과 사업화 간격 축소
	ARPA-E	과제 단계부터 Tech-to-Market 기능 내장, 사업화 전담팀이 고객 발굴과 규제 대응 병행	사업화 성공률 제고
영국 	SBRI	문제정의 기반 단계형 공공 조달로 초기 레퍼런스 시장 창출	공공 조달을 통한 시장 진입 촉진
EU 	PCP	실증 → 표준화 → 확산을 제도 루프로 설계	신기술 확산 체계화
일본 	NEDO	수요 기업 중심 매칭, 상시 문제해결 구조로 실증 병목 해소	실증·사업화 가속화
이스라엘 	요즈마 2.0	공공자금을 레버리지 삼아 민간 장기자본을 초기 시장에 유입	민간 투자 활성화 및 초기 시장에 자본 공급

있다. 미국 ARPA-E⁴는 과제 단계부터 ‘Tech-to-Market’ 기능을 내장해 사업화 전담팀이 고객 발굴과 규제 대응을 병행한다. 일본 NEDO⁵는 수요 기업 중심 매칭과 상시 문제해결 구조를 통해 실증 병목을 해소하며, 이스라엘은 ‘요즈마 2.0’으로 공공자금을 레버리지 삼아 민간 장기자본을 초기 시장에 유입시켰다. 우리는 이러한 사례를 벤치마킹할 필요가 있다.

정부, 단순 배분자에서 정교한 조정자로

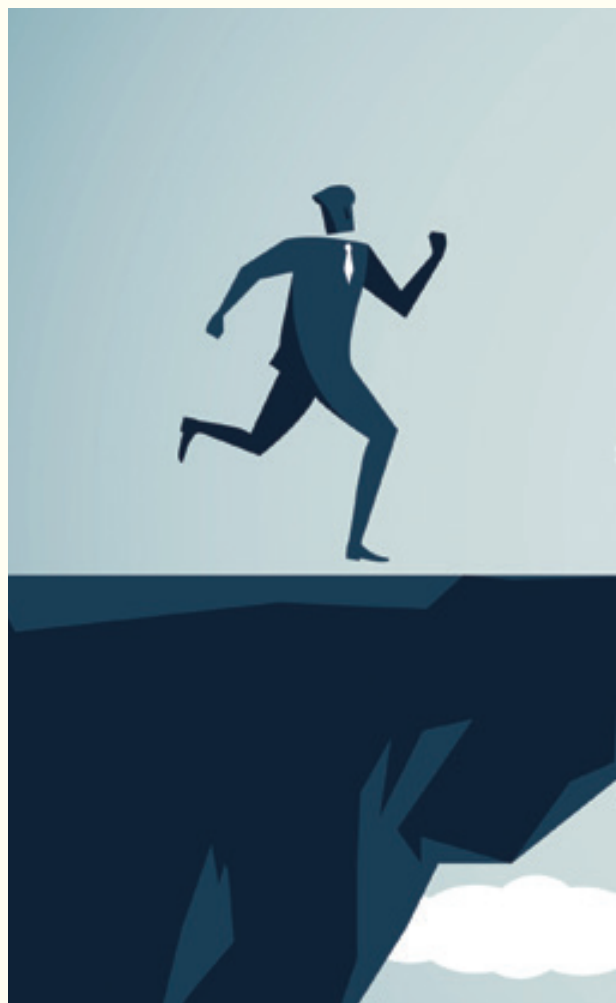
기술 캐즘 현상을 극복하기 위해 정부는 이제부터 단순한 재원 배분자를 넘어 민간이 시장에 진입할 수 있는 환경을 설계·지원하는 촉진자이자 조정자로 역할을 전환해야 한다. 핵심은 R&D→실증→조달·민간 도입→표준·확산으로 이어지는 전 주기에 대해 정부는 민간과 수요 주체가 주도할 수 있도록 제도·인프라·네트워크를 간접적으로 뒷받침하는 것이다.

구체적으로 다음과 같은 조치를 제안하고자 한다.

첫째, 공공 조달을 통해 기술의 초기 수요를 정부가 직접 만들어주는 방식이다. EU의 PCP^{Pre-commercial Procurement}, 한국의 혁신 제품 시범 구매 제도 등이 그 예다. 다만 한국의 경우 혁신 제품 지정과 조달 수요 간 불일치, 평가 체계의 불투명성으로 인해 실질적 캐즘 극복 도구로 작동하지 못하는 경우가 많다. 미국의 SBIR 일부 프로그램처럼 초기 기술에 대해 구매를 전제로 한 조달 연계 메커니즘 도입이 필요하다.

둘째, 실증 특례와 규제 샌드박스의 전략적 운영이다. 2020년 도입된 규제 샌드박스 제도는 자율주행, 원격의료, 핀테크 분야에서 효과를 발휘하고 있다. 하지만 실증을 넘어 법·규정 등의 제도 정비로 연결되는 비율은 여전히 낮다. 실증 결과에 따라 규제를 자동 조정하거나, 법제화 경로를 연계하는 제도적 연속성이 필요하다.

셋째, 기술-수요 매칭을 위한 플랫폼화 노력이다. 공공 기술이전 플랫폼은 여전히 단편적이다. 기술 거래의 네트워크를 고도화하고, 수요자-공급자 간 중개자^{Hub}를 육성해야 한다. 예를 들어 일본은 NEDO를 통해 수요 기업 중심의 매칭형 사업화 구조를 운영하고



있으며, 이는 기술이 시장 요구에 부합하는 방식으로 조정되는 데 기여하고 있다.

넷째, 기술 수용성 제고를 위한 사회적 신뢰 형성이 필요하다. 기술에 대한 윤리적·사회적 논란은 기술 캐즘을 증폭시킨다. AI, 유전자 편집, 로봇 등에 대한 신뢰 회복과 사회적 수용성을 위한 가이드라인 및 시민 참여형 R&D 설계가 병행되어야 한다.

다섯째, 위험 분산형 금융·세제 제도의 도입이다. 고위험 기술을 위한 공공 VC, 기술보증기금, 이자 보전형 융자 등 정부의 투자 리스크 공유 구조가 절대적으로

⁴ ARPA-E: Advanced Research Projects Agency - Energy : 미국 고등에너지연구계획국

⁵ NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization : 신에너지·산업기술종합개발기구

정부의 전략적 대응이 기술을 시장으로 이끄는 다리가 된다.



필요하다. 최근 정부는 ‘딥테크 특화 펀드’, ‘기술 가치 보증 강화 방안’ 등을 추진하고 있으나, 이를 기술사업화 단계별로 정교하게 차등 적용하는 전략이 요구된다.

기술 캐즘은 모든 기술 분야에서 동일하게 나타나는 보편적 현상이 아니라, 특히 시장 수용과 확산 과정에서 구조적 간극이 큰 분야에서 두드러진다. 이 현상은 기술 자체의 한계가 아니라 사회·제도·수요·자금·시간의 불일치가 복합적으로 얹혀 나타나는 구조적 문제다. 한국처럼 기술 창출 역량은 충분하지만 일부 분야에서 시장화 역량이 미진한 경우, 캐즘 구간을 통과하기 위한 정부의 적극적인 역할이 요구된다. 필요한 것은 단순한 ‘정부 개입’이 아니라, 해당 기술 분야의 특성 및 시장 환경에 맞춰 정교하게 설계된 지원과 조정이다. 정부는 캐즘을 일시적 난관이 아닌 전략적 대응이 필요한 ‘구조적 병목’으로 인식해야 하며,

발생 가능성이 높은 분야에서는 민간이 도약할 수 있도록 연결의 다리를 놓아야 한다. 이것이야말로 진정한 기술 강국 대한민국으로 향하는 중요한 출발점이 될 것이다.



김선우 과학기술정책연구원
중소·벤처기술혁신정책연구센터 센터장
과학기술정책연구원 선임 연구위원으로, 2022년부터
중소·벤처기술혁신정책연구센터의 센터장을 맡고 있다.
기술 기반 창업, 스케일업, 중소기업 혁신 활동, 대학 및
출연연의 기술사업화 등을 연구하고 있다.

케박사의 고군분투 카레 실험

만화 다츠디자인 현아





회수 금속으로 전구체 국산화 공급망 안정과 자원순환 동시 해결

물성 제어형 전구체 원료화 기술 개발

배터리의 심장이 양극재라면 양극재의 심장은 ‘전구체’다. 국내 기업이 폐배터리에서 회수한 금속으로 고품질 전구체 합성 기술 개발에 성공했다. 전기차 보급 이후 폐배터리 처리 문제는 전 세계적 과제로 떠오르고 있다. 배터리 속 니켈·코발트·망간 같은 유가금속을 회수해 재활용한다면 공급망 안정과 자원순환이라는 두 가지 과제를 동시에 풀 수 있다. 포스코퓨처엠 기술연구소는 이러한 문제의식 속에서 ‘물성 제어형 전구체 원료화 기술’을 개발했다. 지난 5년간 이 프로젝트를 진두지휘한 포스코퓨처엠 기술연구소 김정환 연구위원을 만나 기술의 내용과 가치를 들어보았다.

글 이락희 사진 이승재

포스코퓨처엠 기술연구소



연구과제명	회수된 유가금속을 이용한 고성능 양극 소재용 물성 제어형 전구체 이차전지 원료화 기술 개발
제품명(적용 제품)	하이니켈계 고에너지밀도, 장수명용 양극 소재
개발기간(정부 과제 수행기간)	2020. 04. 01. ~ 2024. 12. 31.
총 정부출연금	45억5600만 원
개발기관	포스코퓨처엠, (주)에코앤드림, 포스코홀딩스(주), 한국전자기술연구원, 성균관대학교 산학협력단
참여 연구진	김정환, 최승언, 남경원, 정광은, 정도각, 박준영, 신영준

배터리 성능, 전구체에서 결정된다

전구체^{Precursor}는 배터리 양극재가 되기 전 단계의 핵심 소재다. 니켈^{Ni}·코발트^{Co}·망간^{Mn} 등의 금속 원료로 이루어지며, 이후 리튬^{Li}과 결합해 양극재가 된다.

김정환 연구위원은 전구체의 중요성에 대해 “배터리의 용량·수명·안정성 같은 핵심 성능은 사실상 전구체 단계에서 다 결정된다”고 강조한다. 전구체 합성에는 금속 용액·암모니아·수산화나트륨^{NaOH}이 사용되는데, 비율과 공정에 따라 천차만별의 결과를 가져온다.

“최고의 성능을 가진 양극 소재를 위해서는 반드시 최고 성능의 전구체가 필요합니다. 이번 과제를 통해 원재료의 비율과 공정 조건을 정밀하게 조절해 전구체의 물성을 제어함으로써 양극 소재의 성능을 극대화할 수 있었습니다. 특히 재활용 원료를 활용해 전구체를 제조한다면, 폐배터리 처리 문제와 원료 수입 의존도를 동시에 해결할 수 있다고 판단해, 재활용 원료를 적용한 물성 제어형 전구체 제조 기술을 연구하게 되었습니다.”

이번 기술 개발은 폐배터리에서 회수한 유가금속을 활용해 고순도 전구체를 합성했다는 점에서 주목받는다. 전구체의 제조 단계 중 니켈·코발트·망간 등

유가금속이 차지하는 비중이 50% 이상인데 대부분 수입에 의존하는 물질이다. 특히 중국 의존도가 높아 공급망 리스크가 크다.

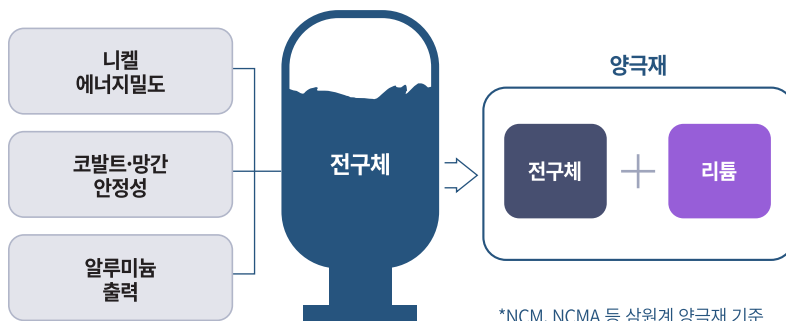
전기차 보급이 늘어나면서 향후 폐배터리 발생량이 급증할 것으로 예상된다. 환경부에 따르면 2030년에는 연간 11만 개, 누적 42만 개의 폐배터리가 발생할 것으로 내다봤다. 대안이 없으면 매립해야 하는데 이에 따른 환경문제도 적지 않다. 이러한 문제의식에 따라 연구팀은 재활용 원료 기반의 물성 제어형 전구체 제조 기술 개발에 착수했다.

물성 제어로 성능과 안정성 동시 구현

이번에 개발된 기술은 전구체의 ‘물성 제어’에서 기술적 차별성이 두드러진다. ‘물성 제어’란 전구체의 입자 크기·구형도·밀도·표면구조 같은 특성을 정밀하게 조정하는 것이다.

최근 배터리 산업에서는 니켈 비중을 90% 가까이 높인 하이니켈^{High-Nickel}계 양극재가 각광받고 있는데, 이 경우 전구체의 물성 제어가 더욱 중요해진다.

양극재의 심장은 전구체



전구체란?

배터리 산업에서 양극재 제조의 핵심 원료로 니켈·코발트·망간 등의 금속 원료로 이루어지며, 고온에서 리튬과 결합하면 양극재가 된다. 전기차, 에너지저장장치^{ESS} 등 미래 첨단산업의 핵심 소재다.



포스코퓨처엠은 전구체 물성 제어 기술 개발에 성공해 배터리 성능과 지속가능성이라는 목표를 동시에 달성했다.

일반적으로 니켈 함량이 높아질수록 양극재의 에너지밀도는 올라가지만, 구조 불안정성이 커져 수명이 짧아지고 성능 저하가 빨라지는 문제가 따른다. 이를 해결하기 위해 입자의 크기·구형도·비표면적 같은 물성을 정밀하게 제어해야만 안정성과 성능을 동시에 확보할 수 있다.

대표적인 예가 전구체 입자의 ‘극침상형 구조’다. 현미경으로 보면 바늘 같은 결정들이 모여 있는 형태인데, 이는 전기저항을 낮춰 배터리 성능을 높여준다. 그러나 내부가 비어 강도가 떨어질 수 있다. 연구팀은 입자의 내부는 치밀하게, 외부는 상대적으로 성기게 설계하여 입자의 강도를 높였다.

불순물 많은 회수 금속으로 고품질 전구체 합성에 성공

회수 금속을 활용할 때 가장 큰 난제는 ‘불순물’이다. 폐배터리에서 회수한 금속 원료는 불순물 함량이 상대적으로 높아 전구체 합성 과정에서 입자가 뭉치거나 비정상적으로 성장해 품질 저하를 일으킨다.

연구팀은 이를 해결하기 위해 반응용액의 pH, 교반 속도, 암모니아 투입량을 정밀하게 조절하고, 반응 초기 조건을 최적화하는 공정을 개발했다.

“기존 반응기에 불순물이 많은 재활용 원료를 적용하면 입자들이 민감하게 반응해, 성장 중 응집이나 미분 형성, 1차 입자 형상 변화 등의 문제가 발생합니다. 이번 과제를 통해 독자적으로 개발한 신규 공정을 적용하면, 초기 전구체 입자들이 응집하는 것을 막고 개별 성장을 유도할 수 있습니다. 그 결과 불순물의 농도가 상대적으로 높은 환경에서도 구형도와 배향성이 우수한 전구체를 합성할 수 있다는 점이 기존과 차별되는 점입니다.”

공급망 자립과 자원순환 실현

이번 과제의 핵심은 ‘회수 금속’을 적용했다는 점이다. 이를 통해 원료 수급에 대한 리스크를 해소하고, 향후 급증할 폐배터리 환경 이슈에도 대응할 수 있다.

특히 지난 7월 통과된 미국 OBBBA^①에 따르면 첨단제조생산세액공제^{AMPC}에 금지 외국 기관^{PFE} 규정이 신설되는 등 글로벌 시장에서 공급망 규제는 더욱 강화되고 있다. 중국 등에서 생산된 자재의 비중이 일정 기준을 초과하면 AMPC 보조금 대상에서 제외된다. 글로벌 시장의 공급망 규제가 강화되는 상황에서, 원재료 자급의 중요성은 더욱 커지고 있다. 이번 기술은 이러한 공급망 자립에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

포스코퓨처엠은 현재 개발된 기술을 적용한 전구체 공장을 광양 지역에 증설해 연간 4만5000톤 생산 체제를 확보했다. 다만 전기차 보급이 본격화되지 4~5년밖에 되지 않아, 아직 회수되는 폐배터리 물량이 충분치 않다. 이에 따라 원료 공급망 구축이 가장 중요한 과제로 남아 있다. 하지만 이는 시간문제일 뿐이다. 포스코퓨처엠은 전기차 폐배터리의 본격적인 회수 기점을 2030년으로 보고 있다. 이에 대비해 재생 액상형 원료의 비율을 서서히 높여 최종적으로 100% 재생 액상형 원료를 사용한 전구체 생산을 목표로 하고 있다.

① OBBBA^① One Big Beautiful Bill Act : 미국에서 시행된 대규모 감세 법안으로 기존 인플레이션 감축법^{IRA}을 수정한 법이다. 2026년부터 배터리 생산에 중국 등 금지 외국 기관^{PFE}에서 생산된 자재의 비중이 40%를 초과하면 첨단제조생산세액공제^{AMPC} 대상에서 제외하는 내용을 골자로 하고 있다. 2030년엔 그 기준선이 15%까지 낮아진다.



이번 기술 개발은 어떤 점에서 중요한가?

‘물성 제어형 전구체 원료화 기술’은 단순한 재활용 기술이 아니다. 불순물이 많은 재생 원료를 활용하면서도 광석 기반 원료와 동등한 성능을 구현했다. 더 나아가 환경과 공급망 문제까지 동시에 해결할 수 있는 전략적 기술이라는 점에서 의미가 있다. 전기차 시대의 지속 가능한 성장을 떠받칠 중요한 기반이 될 것이다.

이번 연구에서 가장 큰 보람은?

이 과정은 회사 과제를 넘어 국가 자원 안보와 환경문제 해결이라는 의미가 있어, 연구원 모두 사명감을 갖고 참여했다. 지난 5년간 총 10명이 참여해 흔들림 없이 연구를 이어왔다.

팀원들에게 전하고 싶은 메시지가 있다면?

전구체 연구는 배터리 셀이나 양극재처럼 스포트라이트를 받는 분야가 아니다. 그럼에도 연구원들이 기술의 국가적·산업적 가치를 정확히 인식하고 사명감을 갖고 끝까지 함께해 주었다. 이탈하지 않고 함께해 준 동료 연구원들에게 진심으로 고맙다는 말을 전하고 싶다. 어려운 조건에서도 포기하지 않고 연구를 이어간 덕분에 좋은 성과를 낼 수 있었다. 앞으로도 자부심을 갖고 도전을 이어가길 바란다.

기술을 개발한 주인공으로서 바라는 점이 있다면?

우리가 개발한 기술의 궁극적 목표는 100% 재활용 원료로 전구체를 만드는 것이다. 지금은 전기차 보급이 본격화된 지 얼마 되지 않아 폐배터리 발생량이 충분하지 않다 보니 재생 원료만으로 공장을 돌릴 수 있는 수준은 아니다. 현재는 여전히 광석 원료가 주력으로 쓰이고 있지만, 폐배터리가 대량으로 배출되는 시기가 오면 반드시 재생 원료 중심으로 전환할 수 있을 것이다. 그때가 되면 환경적으로도, 경제적으로도 더 큰 가치를 발휘할 수 있을 것이라 확신한다.



포스코퓨처엠은?

포스코그룹의 이차전지 소재 기업이다. 이차전지 핵심 소재인 양극재와 음극재를 동시에 생산하는 한국 유일의 기업이며, 제철 산업의 기반이 되는 내화물, 라임·화성 등 산업 기초 소재를 생산하고 있다.



(주)에코프로이노베이션

폐배터리에서 찾은 해답, K-배터리 반전 드라마

폐전지 및 폐양극 소재로부터 유가금속 리사이클링을 통한
고성능 양극 소재 제조 기술 개발

버려진 쓰레기를 자원으로 바꾸고, 자원 빈국의 약점을 기술의 힘으로 뒤집었다.

(주)에코프로이노베이션의 손에서 그 반전이 시작됐다.

글 김아름 사진 서범세

연구과제명	폐전지 및 폐양극 소재로부터 유가금속 리사이클링을 통한 고성능 양극 소재 제조 기술 개발
제품명(적용 제품)	폐전지 리사이클링 기술 개발
개발기간(정부 과제 수행기간)	2019. 06. 01.~2022. 12. 31.
총 정부출연금	30억1200만 원
개발기관	(주)에코프로이노베이션, (주)에코프로머티리얼즈, (주)에코프로비엠, (주)에코비트프릭텍, 한국전기연구원, 한국교통대학교, (주)SM백셀 배터리사업부문
참여연구진	이명규, 박종선, 이연호, 변소영, 이민우, 김희상 외

배터리 강국의 약점, 자원

스마트폰, 전기차, 에너지저장장치^{ESS}. 배터리는 현대 사회의 핵심 인프라로 자리 잡았다. 그 중심에 ‘하얀 석유’, ‘백색 황금’으로 불리는 리튬^{Li}이 있다. 리튬은 지구상에서 가장 가벼운 금속으로, 전기에너지를 저장하고 방출하는데 최적화돼 전기차 시대의 석유로 통한다. 하지만 자원 분포가 편중돼 있고, 정제 과정 또한 까다롭다.

우리나라는 배터리 제조 분야에서 세계 최고 수준의 기술력을 자랑하지만, 그 속을 채우는 리튬·니켈^{Ni}·코발트^{Co} 등의 핵심 광물자원을 전량 수입에 의존한다. 공급망 불안과 무역규제, 지정학적 갈등이 격화되는 요즘, 이는 우리 산업 경쟁력의 위협이 되고 있다.

하이니켈 양극재^① 분야에서 세계적인 입지를 다진 에코프로그룹은 계열사 (주)에코프로이노베이션을 중심으로 폐배터리와 폐양극재에서 다시 자원을 추출해 고성능 소재로 재탄생시키는 리사이클링 기술을 개발하여 지속할 수 있는 성장을 모색하고 있다.



에코프로이노베이션은 폐배터리에서 공장 수산화리튬을 생산하는 독창적인 공정 개발에 성공했다.

폐배터리에서 고순도 리튬을, 국내 최초의 기술

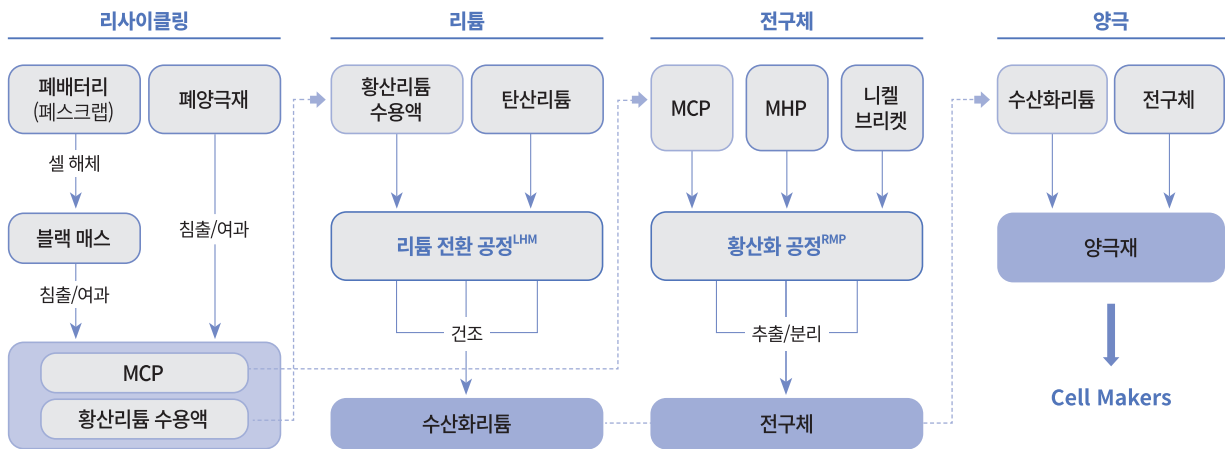
에코프로이노베이션이 본격적으로 리튬 리사이클링 기술 개발에 나선 것은 2019년 무렵이다. 당시 전기차 시장이 급격히 성장하면서 리튬 가격은 두 배 이상 치솟았고, 배터리급 수산화리튬을 안정적으로 확보하는 것이 업계 전반의 시급한 과제로 떠올랐다.

배터리급 수산화리튬을 만드는 기술은 본래도 까다롭다. 고도의 정제 기술과 체계적인 공정 관리가 필수적이라 전 세계 일부 기업만이 상업화에 성공했을 정도다. 보통 염호의 경우 폰드^{Pond}에서 리튬을 농축하고 저품위 탄산리튬을 만든 뒤, 이를 다시 수산화리튬으로 제조하는 방식이 일반적이다. 폐배터리의 경우에도 현재 리튬을 회수하는 리사이클링 기업이 존재하지만, 대부분 저품위 탄산리튬까지만 생산해 전문 기업에 납품하는 수준에 머문다.

에코프로이노베이션은 여기서 한발 더 나아갔다. 원래 저품위 탄산리튬을 배터리급 수산화리튬으로 가공하던 기업이었지만, 과감히 폐배터리에서 직접 리튬을 추출해 곧바로 배터리급 수산화리튬을 만드는 도전에 나선 것이다.

결과는 대성공이었다. 리튬 회수율을 95% 이상 달성했을 뿐 아니라, 기존의 ‘폐배터리→저품위 탄산리튬

- ① 하이니켈 양극재 : 니켈 함량이 90% 이상인 고성능 양극재. 니켈이 많을수록 배터리의 에너지 밀도가 높아져 전기차를 한 번 충전했을 때 더 오래 달리게 한다. 다만 니켈이 많아질수록 열 안정성이 떨어져, 이를 안전하게 상용화하려면 높은 기술력이 필요하다.
- ② 리튬 추출 과정에서 사용되는 증발지.



* MCP : Mixed Carbonate Precipitate
* MHP : Mixed Hydroxide Precipitate

→수산화리튬’ 단계를 뛰어넘어 ‘폐배터리→수산화리튬’으로 공장 이어지는 독창적인 공정을 완성했다. 시간과 비용을 줄이면서도 품질을 높인 이 기술은 국내 최초이자 글로벌 업계에서 손꼽히는 차별화된 경쟁력으로 평가받고 있다.

검은 분말에서 발아한 K-배터리

폐배터리 리사이클링 과정은 크게 두 단계로 구분할 수 있다. 먼저 폐배터리를 분해·분쇄하는 공정이다. 이를 통해 리튬·니켈·코발트·카본 등 여러 원료가 뒤섞인 검은 가루 ‘블랙 매스^{Black Mass}’가 생성된다. 쉽게 말해 폐배터리 자체를 갈아버리는 것이다.

블랙 매스를 각각의 원료로 분리하는 것이 두 번째 공정이다. 먼저 리튬·니켈·코발트는 용액 상태로 용해시키고, 카본은 고형물 형태로 분리한다. 남은 용액에서 니켈·코발트를 침전제를 활용해 고형물 상태로 골라낸다. 이때 분리된 리튬 용액은 전환 공정을 거쳐 배터리급 고순도 수산화리튬으로 생산되고, 니켈 및 코발트 덩어리^{MCP, Mixed Carbonate Precipitate} 등은 전구체를 생산하는 기업으로 판매된다.

연구실 규모였던 이 과정은 KEIT의 지원 아래 반복 검증을 거듭했고, 2021년 말 준공된 수산화리튬1공장을 통해 상용화 규모의 검증을 완료했다. 현재 이곳에서 가공되는 전체 수산화리튬의 1/3이 리사이클링 리튬으로 연간 4000톤, 전기차 10만 대 규모에 해당한다. 아직은 폐기되는 전기차가 많지 않지만 향후 전기차 보급이 본격화되면 폐배터리가 대거 발생할 것이며, 리사이클링 기술의 가치 또한 커질 전망이다.

21세기 석유, 끝까지 써내는 기술이 곧 힘

친환경 시대의 기업답게 에코프로이노베이션은 기술 개발과 함께 환경 관리에도 진심이다. 당사는 리사이클링을 포함한 전체 공정에서 배출되는 폐수의 95%를 재활용하고 있다. 2030년 폐수 제로^{Zero} 달성을 목표로 삼았다. 단순히 물을 재활용하는 수준이 아니다. 계열사 내 양극재 제조공정에서 발생하는 세척수 속 리튬까지 회수해 다시 활용하는 방식으로 순환성을 강화하고 있다.

리튬은 21세기 석유라 불리는 전략 자원이다. 우리에게 꼭 필요하지만 국내에서 나지 않는다는 점까지 석유와 닮았다. 석유 시대에 패권을 쥔 것은 산유국만이 아니었다. 정제와 가공 기술을 선점한 나라들이 에너지 산업을 주도했다. 리튬 역시 마찬가지일 터. 원료를 확보하는 데 그치지 않고 끝까지 제대로 활용하는 이 기술이 우리의 미래 경쟁력을 높일 것이다. 에코프로이노베이션의 성과는 역사의 교훈을 되살리는 사례이자 K-배터리의 또 다른 드라마다.

저품질 탄산리튬과 배터리급 수산화리튬은 기술적으로 어떻게 다른가?

저품질 탄산리튬을 배터리급으로 만드는 것만 해도 고난도 기술이 필요하다. 탄산리튬은 비교적 단순한 침전 반응으로 제조할 수 있지만, 수산화리튬은 물에 잘 녹는 성질 때문에 증발·농축·결정화 등을 체계적으로 거쳐야 한다. 이 과정에서 불순물을 10억분의 1^{ppb} 단위까지 제어해야 하는데, 이는 마치 수영장 물속에서 콜라 한 방울을 걸러내는 것만큼 정밀한 수준이다.

과제를 진행하면서 기술적으로 가장 어려웠던 점은?

블랙 매스에서 리튬·니켈·코발트를 분리할 때 생각만큼 효율이 나오지 않아 애를 먹었다. 처음에는 수산화나트륨을 썼는데, 리튬 손실이 크고 비용이나 부산물이 늘어나는 문제가 있었다. 그래서 발상을 전환해, 새로 원료를 들이지 않고 이미 사용 중인 저품질 탄산리튬을 활용했다. 금속 분리가 훨씬 쉬워졌고, 리튬 회수율도 10% 이상 늘었으며, 비용과 에너지 사용까지 줄일 수 있었다. 고생 끝에 얻은 값진 성과였다.

KEIT 과제 지원은 어떤 도움이 되었나?

연구실 수준에서 진행하던 실험을 100배 규모의 파일럿 플랜트로 확장할 수 있었던 것이 가장 큰 도움이었다. 당시 우리 기업은 리튬 사업 초기 단계라 자체적으로



수십억 원의 연구비를 마련하기가 쉽지 않았다. 정부 지원 덕분에 연구개발 속도를 크게 앞당길 수 있었고, 현재는 중국을 제외하고 전 세계에서 유일하게 리사이클링을 통해 직접 배터리급 수산화리튬을 생산하는 기업으로 성장했다.

최근 배터리 산업의 성장세가 둔화된 분위기다.

업계 관계자로서 앞으로의 방향을 어떻게 보는지?

전기차 호황기와 비교하면 국내외 시장 성장세가 완만해진 것은 사실이다. 하지만 전기차와 스마트카, ESS 등에서 배터리 수요가 늘어날 것은 분명하다. 이런 시기야말로 기업이 장기 경쟁력을 키울 적기가 아닐까 싶다. 결국 살아남는 건 기술력이 있는 기업이다. 에코프로이노베이션은 이 위기를 발판 삼아, 집중적인 연구개발로 남들이 따라오기 힘든 경쟁력을 쌓아갈 계획이다.



(주)에코프로이노베이션은?

에코프로그룹 내 리튬 전문 계열 기업으로, 염호와 리사이클링 소재를 기반으로 배터리급 고순도 수산화리튬을 제조한다. 국내에서만 연간 2만6000톤, 헝가리에서 8000톤으로 전기차 약 85만 대 규모의 수산화리튬을 공급할 수 있는 역량을 갖췄다. 국내 최초로 리사이클링을 통해 직접 배터리급 수산화리튬을 생산하는 기업이며, 차세대 배터리용 황화리튬·리튬메탈 등 리튬 화합물 기술 개발에도 주력하고 있다.

R&D 사전

#전구체 Precursor

최종적으로 원하는 소재가 되기 전에 거쳐가는 중간 단계의 물질을 뜻한다. 이차전지 분야에서는 니켈·코발트·망간 등을 화합한 분말 형태로, 이후 고온 소성과 리튬 혼합 과정을 거쳐 양극 소재^①가 된다.



전구체 조성, 입자 크기, 구조는 최종 양극 소재의 성능(용량, 수명, 안정성)을 좌우하기 때문에 배터리 산업에서 핵심적인 출발점이 된다.

적용 사례

#에코앤드림, 새만금에 이차전지 전구체 생산 공장 착공

지난해 2월 이차전지용 전구체 생산 기업 에코앤드림이 새만금 국가산업단지에 1800여억 원을 투자해 전구체 증산을 위한 공장 착공에 들어갔다. 증설 규모는 연간 하이니켈 NCM(니켈·코발트·망간) 전구체 3만 톤 규모로, 2025년 2분기부터 양산이 시작되었다.



#포스코퓨처엠, 국산 전구체 양극재 첫 미국 수출

포스코퓨처엠이 국산 자급 전구체를 원료로 한 양극재를 미국으로 초도 출하했다. 이 제품은 하이니켈 NCMA(니켈·코발트·망간·알루미늄) 양극재로, 미국 얼티엄셀즈(LG에너지솔루션과 GM 합작사)에 공급된다. 포스코퓨처엠은 이번 수출을 시작으로 수출용 양극재 생산을 확대해나갈 계획이다.



#카이스트, 바이오전기합성 혁신

KAIST 생명화학공학과 연구팀이 전기자극을 활용해 하나의 전구체로부터 서로 다른 세포 신호 물질을 선택적으로 생성하는 ‘바이오전기합성^{Bioelectrosynthesis}’ 플랫폼을 개발했다. 이번 성과는 차세대 바이오 전자기술로, 전자약 개발의 새로운 가능성을 열었다.



유사 개념

#인터미디어트 Intermediate

전구체와 거의 같은 개념으로 사용되며, 화학반응에서 최종 생성물이 되기 전에 잠시 거쳐가는 물질을 의미한다.

#슬러리 Slurry

분말과 용매가 섞인 반죽 상태의 혼합물로 양극/음극 활물질^② 코팅 과정에서 중간 단계 물질로 활용된다.

#솔-젤 Sol-Gel 전구체

세라믹이나 유리 소재를 만들 때 사용하는 젤 상태의 중간 물질로 배터리 전극 코팅이나 세라믹 박막 제조와 유사하다.

심화 개념

#공정 제어형 전구체

합성 과정의 조건을 정밀하게 조절해 입자의 크기·형태·구조를 원하는 대로 설계한 전구체로, 이를 통해 최종 양극 소재의 성능과 균일성을 향상할 수 있다.

#물성 제어형 전구체

입자의 크기·모양·기공 구조·표면 특성 등 물리적 성질을 조절해 맞춤 설계한 전구체로, 최종 양극 소재의 용량·안정성·수명 등 핵심 성능을 최적화할 수 있다.

#이차전지 폐전구체 재활용

사용 후 전지에서 회수한 금속을 다시 전구체 형태로 합성해 신규 양극재로 활용하는 기술로, 단순 재활용^{Recycling}이 아닌 업사이클링^{Upcycling}의 대표 사례다.

① 전지에서 전압과 용량을 결정하는 핵심 소재.

② 이차전지에서 실제로 전기 화학반응에 참여해 전기를 저장·방출하는 역할을 하는 핵심 소재.

산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끽니다.



[알지RD][시즌2] **파크시스템스**
(EP1) 원자현미경 선두 주자
나노 세계를 혁신하다!

다시 돌아온 알지RD 시즌2! 이번 주인공은 육아에 전념하다 보니 경단녀 N년 차에 접어든 박세미입니다! 시즌2에서는 다시 사회에 진출하고 싶은 '서준맘' 박세미의 좌충우돌 R&D 인턴십 이야기를 전해드립니다. 과연 긴 공백에도 불구하고 다시 사회인으로 거듭날 수 있을까요? 1편은 세계 원자현미경 선두 주자 '파크시스템스'입니다!

파크시스템스가 선도하는 원자현미경은 어떤 기술일까요? 그리고 어떤 과정을 통해 기술을 개발하게 되었을까요? 모든 궁금증을 알지RD에서 해결해드립니다!

#박세미 #서준맘 #경단녀 #파크시스템스 #원자현미경 #keit #rnd #산업기술

KEIT 공식 유튜브 채널을 통해 영상을 확인해보세요!
@official_keit



**성장하는
국가경제의 내일,**

**오늘의 KEIT가
만들어갑니다**



산업통상자원부

KEIT

한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

한·미 양국 정책 전환이 여는 산업의 미래

글 김리안 <한국경제신문> 기자

국내

산업통상자원부, 미래 신산업 키워 혁신 경제 선도한다



① 신성장동력 발굴·육성으로 첨단 산업국가 도약

신성장동력은 미래 먹거리 산업의 발전을 유도해 양질의 일자리를 창출하고 경제의 지속 성장을 견인하는 개념이다. 특히 세계 최고 수준의 제조 데이터를 활용해 제조 서비스, 뿌리 산업 등 제조업 전반으로 AI 적용을 확산할 계획이다. 또한 첨단 바이오소재 개발, 방산 강국 도약을 위한 소부장 핵심 기술 개발 및 기후 대응 에너지 산업 등 미래 전략산업 육성으로 잠재성장률 3%를 회복하고 대규모 부가가치 창출과 일자리 창출 효과를 기대한다.

② 주력산업 혁신으로 4대 제조 강국 실현

정부는 2030년까지 대한민국을 세계 4대 제조 강국으로 도약시키기 위한 제조업 르네상스 비전과 전략을 제시했다. 핵심 전략으로 산업구조의 스마트화, 친환경화, 융복합화를

추진하고 AI 기반 산업 지능화, 스마트공장 및 혁신 산단 구축, 신산업 육성과 주력산업 전환을 병행하고 있다. 이를 통해 제조업 부가가치율을 현재 25%에서 30%로 끌어올리고, 신산업·신품목 비중을 16%에서 30%로 확대할 계획이다.

③ 통상으로 지키는 국익, 흔들림 없는 경제 안보

이 과제는 급변하는 국제 통상 환경에서 국가의 통상 역량을 강화하고 경제 안보를 확보하는 전략에 중점을 둔다. 정부는 공급망 안정화, 첨단기술 보호, 다층적 경제협력 등을 중심으로 통상 교섭 기능을 확대하고 있다. 이를 통해 무역 중심의 한국 경제구조가 외부 충격에 흔들리지 않고 안정적으로 지속될 수 있는 기반을 마련하는 것이 목적이다.



지난 8월 20일, 서울 종로구 정부서울청사에서 구윤철 부총리 겸 기획재정부 장관 주재로 산업경쟁력강화 관계장관회의가 열렸다.

④ 경제성장의 대동맥, 에너지 고속도로 구축

‘에너지 고속도로’는 고압직류 송전망을 구축해 재생에너지 생산지와 주요 소비지를 효율적으로 연결하는 국가적 인프라를 조성하는 계획이다. 정부는 이를 2030년대 서해안 중심으로 완성하고, 2040년대에는 남해안과 동해안을 포함하는 한반도 U자형 송전망으로 확장할 예정이다. 이를 통해 송전망 규모를 현재 대비 30% 이상 확대할 계획이며, 이는 전력 수급 안정성을 확보하고 전송 효율을 극대화할 수 있다.

⑤ 재생에너지 중심 에너지 대전환

본 과제는 2030년까지 재생에너지 보급 목표를 대폭 확대하고, 이를 국가 에너지 정책의 중심축으로 삼는 것을 주요 목표로 한다. 태양광 및 해상풍력발전에 대한 규제 완화와 함께 산업단지, 영농형, 주차장형 등 다양한 입지 발굴 전략을 병행하고 있다. 또한 지역별 전기요금제 도입을 검토하여 에너지 공급 체계의 효율성과 형평성을 동시에 확보하려 한다.

⑥ 탄소중립을 위한 경제구조 개혁

이 과제는 산업 전반의 경제구조를 탄소중립 체제로 전환하기 위한 제도적·재정적 개혁을 포함한다. 정부는 탄소중립 선도 프로젝트를 위한 특별용자, 저탄소 산업구조 촉진 프로그램, 탄소중립 기술 펀드 등 대규모 금융 지원을 시행하고 있다. 또한 규제 샌드박스 도입, 친환경 제품 기준 마련, 국가표준 개발 등 제도적 기반을 병행 강화하고 있다.

⑦ 2차 공공기관 이전 등 균형 성장거점 육성

정부는 국가 균형발전을 위해 2차 공공기관 이전을 국정 과제로 설정했다. 혁신도시의 연계성과 지역발전 효과를 고려해 이전 대상 기관을 선별하고 있으며, 이는 지역맞춤형 발전 전략과 결합해 추진된다. 이 과제는 공공기관을 지역 성장거점으로 육성해 지역 경제 활성화와 촉진을 목표로 한다. 또한 지자체 간 유치 경쟁을 통해 지역발전 의지를 고양하고 지역 간 불균형 해소를 도모한다. 이전된 공공기관은 지역산업과 연계해 지역발전의 중추적 역할을 수행할 것으로 기대된다.

수출 대기 중인 자동차, 정부는 통상 역량 강화로 흔들림 없는 경제 안보를 실현하고 있다.



트럼프의 OBBBA, 감세를 넘어 R&D 혁신 기반 다진다



트럼프 행정부의 OBBBA는 세제 혜택을 통해 미국의 R&D 산업 기반을 강화하고 있다.

도널드 트럼프 미국 대통령의 국정 의제가 담긴 ‘하나의 크고 아름다운 법안’^{OBBBA}은 2017년 제정된 감세법^{TCJA}의 주요 조항이 만료를 앞둔 상황에서 마련되었다. 기업 연구개발^{R&D} 세제 혜택을 복원 및 영구화하고 조세체계의 예측 가능성을 강화하기 위해서다.

트럼프 1기 행정부가 경기부양과 기업 투자 촉진을 위해 세제감면 정책을 내세웠다면, 이번에는 그중 가장 논란이 컸던 R&D 비용 처리 규제를 한꺼번에 정리해 대규모 법안으로 재편한 셈이다. 따라서 OBBBA는 세제 구조를 단순히 완화하는 수준을 넘어 미국 내 기업 혁신 기반을 장기적으로 다지려는 정치적·경제적 목적을 동시에 담고 있다는 평가가 나온다.

세제 측면에서 이 법안은 국내 R&D 비용을 즉시 비용 처리할 수 있도록 허용한 것이 핵심이다. 2022년부터 시행된 현행법^{IRC Section 174}에서는 R&D 비용을 최소 5년(국외는 15년)에 걸쳐 자본화·감가상각 처리해야 했는데, 이는 기업 혁신 투자의 현금흐름을 크게 제약해왔다. OBBBA는 이

규제를 폐지하고 국내 R&D 지출에 대해서는 즉각적인 비용 공제를 부활시켰다. 아울러 2022~2024년에 이미 자본화된 R&D 지출도 올해 일괄 공제하거나 2025~2026년 2년에 걸쳐 나눠서 공제할 수 있는 보정 규정을 마련해 기업 부담을 줄였다.

또한 중소기업 지원 장치도 새롭게 추가됐다. 연평균 매출 3100만 달러 이하의 중소기업은 2022~2024년의 R&D 비용을

소급하여 즉시 비용 처리할 수 있고, 이를 위해 세금 신고서를 수정해 환급을 신청할 수 있도록 했다. 이는 현금흐름에 민감한 중소기업이 R&D 투자를 주저하지 않도록 설계된 장치다. 나아가 R&D 세액공제 제도도 정비했다. 기존처럼 세액공제를 받으면 해당 금액만큼 비용을 차감해야 하는 ‘풀 크레딧’ 방식 외에도 비용을 모두 유지한 채 공제액을 줄여 적용하는 ‘리듀스드 크레딧’^{Reduced Credit} 방식을 선택할 수 있게 해 기업의 선택권을 확대했다.

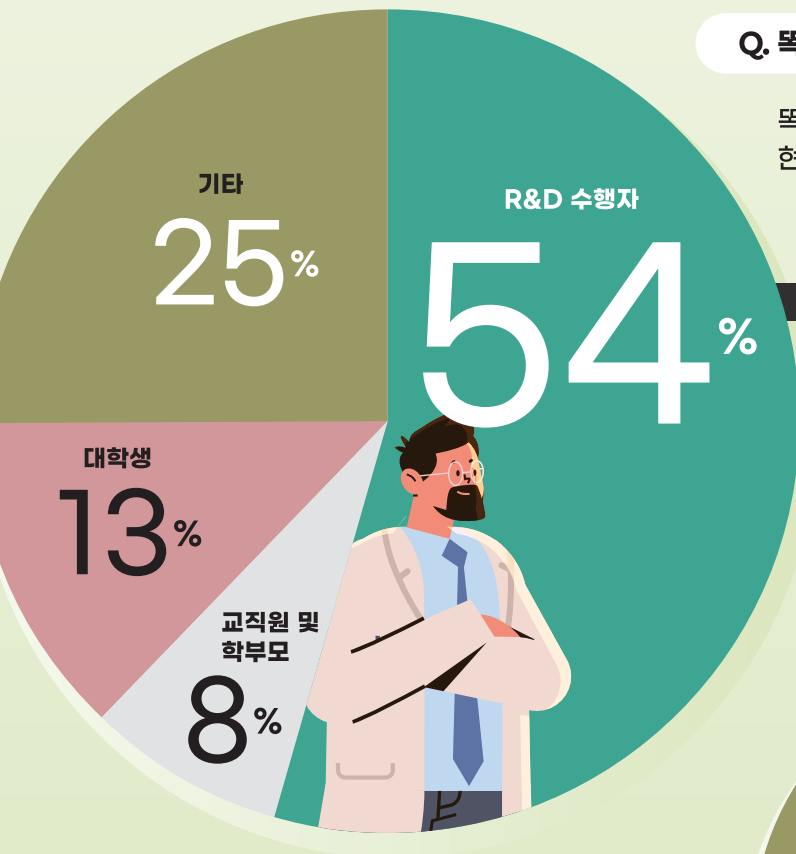
결과적으로 OBBBA는 단순한 감세 법안이 아니라고 할 수 있다. 미국 기업의 혁신 활동을 제약해온 세제 규제를 해소하고, R&D 투자 유인을 강화하는 방향으로 재정정책의 초점을 이동시킨 조치라는 점에서다. 동시에 이러한 세제 혜택은 대기업과 고소득층 기업 투자자에게 상대적으로 더 큰 이익을 안겨준다는 비판도 뒤따랐다. 재정 건전성 악화 우려 속에서도 트럼프 행정부가 R&D 관련 세제개편을 강행한 것은 결국 에너지·제조업 경쟁력에서 중국과의 격차를 벌리려는 전략적 의도와 무관치 않다는 분석이 제기되고 있다.

똑소리단이 보는 〈테크 포커스〉는?

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. 9월호에는 똑소리단의 <테크 포커스> 만족도 조사 결과를 소개합니다.

똑소리단 4기 대상 <테크 포커스> 만족도 조사 결과

조사 기간 : 2025. 06. 13. ~ 2025. 07. 24. / 150명 중 90명 설문 응답

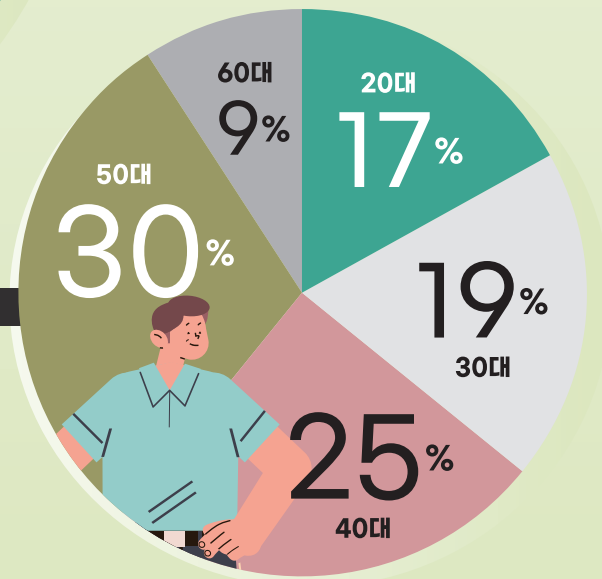


Q. 똑소리단이란?

똑똑하게 소통하고 리뷰하는 독자단.
현재 4기 150명의 단원으로 운영 중.

똑소리단의 직업군

똑소리단 단원의 직업군은 **R&D 수행자 비중**이 높았습니다. 이 밖에도 **교직원, 대학생** 등 R&D 산업에 직간접적으로 연관된 직종이 많았습니다. 똑소리단은 일반 독자를 넘어 전문 독자 네트워크라고도 해석할 수 있습니다.



똑소리단의 연령대

40~50대 단원이 절반 이상을 차지했습니다.

40~50대는 현장에서 리더십과 의사결정을 담당하는 집단인 만큼, <테크 포커스> 콘텐츠가 영향력 있는 독자층에게 도달한다고 볼 수 있습니다.

Q. 목소리단이 보는 <테크 포커스>는? (5점 만점)

만족도

필진 구성과 **디자인** 부분에서 높은 평가를 받았습니다. 전반적으로 만족도가 높지만, R&D 종사자가 많고 연령대가 다양한 만큼 주제 다양화 및 심화가 필요해 보입니다.

4.40

주제, 내용

4.36

기사 분량

4.46

필진 구성

4.47

디자인



Q. 목소리단이 바라는 <테크 포커스>는? (복수선택)

가장 적합한 콘텐츠

특집 테마 기사(포커스 스토리)와 **국내외 산업기술 R&D 정책** 콘텐츠의 선호도가 가장 높았습니다. 단순한 소식 전달보다는 심층성·전문성 있는 콘텐츠를 원하는 것으로 보입니다.

인물/직업 인터뷰 32

R&D 우수 성과 소개 41

특집 테마 기사(포커스 스토리) 56

KEIT 사업 공고 16

국내외 산업기술 R&D 정책 50

기타 의견

<테크 포커스>는 앞으로도 산업기술 전문가를 위한 심층 콘텐츠를 유지하면서, 동시에 더욱 폭넓은 독자들이 함께 즐길 수 있는 콘텐츠를 강화해나갈 예정입니다.

분량이 많아 어려운 내용을 쉽게 이해하는 데는 도움이 많이 되지만, 분량 조절 또는 핵심 내용 요약 등이 필요하다고 느꼈습니다.

이미 요약 포인트가 잘 정리되어 있지만, 가능하면 시각적인 요소나 인포그래픽을 더 활용해주시면 이해도와 몰입도가 더 높아질 것 같습니다.

아이들과 함께 볼 수 있는 챗터가 있었으면 좋겠습니다.

전문가가 아닌 일반 독자나 중고등학생, 예비 창업자까지 폭넓은 독자층이 읽을 수 있는 수준의 콘텐츠도 필요해요.

페트병과 함께 버리는 에코라벨

글 **구현화** 환경 <ESG> 기자

전통주 기업 국순당은 자사 대표 제품 ‘국순당 생막걸리’에 재활용이 용이한 에코라벨을 적용해 출시했다고 밝혔다. 에코라벨은 제품 정보 등이 기재된 라벨을 막걸리 페트병과 함께 버려도 재활용 가능해 친환경적이다. 국순당 에코라벨은 SK마이크로웍스와 협력해 개발했다. 막걸리 용기와 동일한 PET 재질로 만들고, 인쇄 잉크도 재활용 공정에서 라벨 인쇄 잉크의 분리성이 뛰어난 특수 잉크를 적용했다. 국순당은 이번 노력으로 국순당 생막걸리 라벨에 녹색인증 마크를 획득했다. 녹색인증 마크는 한국산업기술진흥원 녹색인증심의위원회가 유망한 녹색기술을 갖춘 기업 등에 부여하는 인증이다.

순환 포장재 개발에 적극 나서는 국순당

국순당은 지난해 전통주 업계 최초로 품질 저하 없이 반복적 재활용이 가능한 순환 재활용 페트^{CR-PET}를 적용한 ‘옛날 막걸리 古’를 출시하는 등 환경을 고려한 포장재 개발에 적극 나서고 있다. 국순당은 SK케미칼과 순환 재활용 페트 적용 제품 개발 업무협약을 체결한 뒤 관련 협력을 지속적으로 진행해왔다.





국순당은 페트병과 함께 버려도 재활용 가능한 에코라벨을 막걸리 제품에 적용해 녹색인증 마크를 획득했다.



순환 재활용은 페플라스틱을 분자 단위로 분해 후 원료로 만들어 재사용할 수 있는 SK케미칼의 ‘화학적 재활용’ 기술이다. 페플라스틱을 잘게 부숴 세척한 후 다시 플라스틱 원료로 활용하는 기존 재활용 방식과 달리, SK케미칼 순환 재활용 페트 ‘스카이펫 CR’ 소재는 플라스틱 제품의 품질에 영향을 주지 않고 반복적 재활용이 가능해 다양한 식품 용기에 쓰인다.

국순당은 이번에 출시한 화학적 재활용 기술 적용 제품 이전에도 주요 막걸리 제품의 용기를 투명 페트병으로 변경해 라벨에 절취선을 적용하는 등 포장재 개발에 적극 나섰다.

막걸리 빛는 과정도 ‘친환경’

국순당은 국순당 생막걸리 등 주요 제품을 ‘생쌀발효법’으로 빛는다. 일반적 제법인 고두밥 짓는 과정이 필요 없어 에너지 절감 효과가 80%가량에 이르고, 이산화탄소 발생량을 최소화한 친환경 저탄소 제법이다.

국순당 황성양조장은 원주지방환경청이 선정한 녹색기업에 6회 연속 지정됐다. 녹색기업은 환경오염 물질 및 에너지 자원 저감, 제품의 환경성 개선 등에 크게 기여하는 사업장을 뜻한다. 또 국순당은 막걸리 생산에서 발생하는 부산물인 막걸리 주박(술지게미)을 상품화해 2019년부터 제빵용 원료로 공급 중이다. 막걸리 생산과정에서 생기는 부산물도 활용한다는 의미다.

이외에도 3단계 오폐수 처리시설을 운영 중이며, 사업장 내 폐수 처리수를 이용한 생태 연못을 조성해 방문객의 환경 학습장으로 활용하기도 한다. 또한 국순당은 청태산 숲 가꾸기, 강릉 경포대 반려해변 활동, 주천강 정화 활동 등 지속 가능한 미래를 위한 ESG 활동을 꾸준히 전개하고 있다.



화제의 ESG 제품



마키토이 그린티 리미티드 에디션 출시한 이니스프리

이니스프리는 식물을 소재로 한 작품을 매일 기록하는 국내 작가 마키토이와 협업해 '마키토이 그린티 리미티드 에디션'을 출시했다. 마키토이 그린티 리미티드 에디션은 이니스프리의 브랜드 대표 ESG 활동인 공병 수거 캠페인 '보틀 리플레이'를 통해 수거한 총 10.38톤의 이니스프리 유리병을 재활용한 것이다. 이니스프리는 올해 창립 25주년을 맞아 이니스프리 리사이클 유리 25%를 사용했으며, 베스트셀링 듀오인 '그린티 씨드 히알루론산 세럼'과 '그린티 씨드 히알루론산 크림'으로 구성했다. 이번 제품 용기를 디자인한 마키토이가 작가는 자연의 식물에서 영감받아 작업을 이어가고 있다. 그린티 씨드 히알루론산 세럼에는 제주 '숲'을, 그린티 씨드 히알루론산 크림에는 제주 '바다'를 모티브로 한 작품을 패키지 디자인에 담았다.





피케 티셔츠 업사이클링 키링 의류 출시, LF 헤지스

LF 헤지스^{Hazzys}가 업사이클링 프로젝트의 일환으로, 정상 판매하기 어려운 재고 피케 티셔츠를 감각적 키링 의류로 재해석한 2025 업사이클링 한정판 컬렉션을 주요 오프라인 매장 and 온라인에서 선보인다. 이는 편집숍 '코지모지'^{Cosymosy}와 협업한 것이다. 헤지스는 이번 협업을 위해 아이코닉 피케 티셔츠 중 오염, 훼손, 마감 불량, 변색 등으로 정상 판매하기 어려운 재고 상품 수백 장을 선별했다. 재고는 해체 및 재구성 과정을 거쳐 강아지 키링 전용 '탱크톱'과 '호박 팬츠' 형태의 미니 의류로 재탄생했다. 강아지 캐릭터 '샬리'가 버려질 뻔한 헤지스의 피케 티셔츠를 시원한 탱크톱과 팬츠로 직접 리폼해 입는다는 스토리텔링도 넣었다. 이 같은 '샬리의 수선실' 패키지는 ▲코지모지의 박 사이즈 강아지 키링 ▲헤지스 업사이클링 키링 의류(톱+호박 팬츠 세트)로 구성되며, 한정 수량 출시한다.



친환경 도료 제품 출시한 KCC

KCC가 수성 페인트 '슌으로메탈릭' 신제품을 출시했다. 슌으로메탈릭은 페인트에 포함된 금속 입자가 빛을 받아 반짝이도록 해 '메탈보다 더 메탈' 같은 페인트'를 콘셉트로 개발했다. 또 인캔^{In-Can} 조색 시스템을 활용하면 여러 색상을 현장에서 간편하게 제조할 수 있다. 부착력이 우수해 콘크리트·목재·벽지 등 다양한 소재에 도장할 수 있고, 뛰어난 내후성을 갖춰 실내외에 적용할 수 있다. 슌으로메탈릭은 1액형 수성 도료로 별도의 혼합 과정 없이 바로 사용할 수 있어 시공 효율성이 높다. 붓과 롤러, 스프레이 등으로도 작업 가능하다. 유성 도료에 비해 냄새가 적고 휘발성 유기화합물^{VOC} 방출도 낮아 실내 공간에 적합하다. 한국환경산업기술원으로부터 환경표지 인증을 획득해 친환경성과 성능을 모두 갖췄다.



한국 최고의 광물 수집가가 들려주는 광물 이야기

우리가 밟고 선 땅속에는 수십억 년에 걸친 지구의 역사가 켜켜이 쌓여 있다. 그 역사의 산물인 ‘광물’은 단순한 돌덩이가 아니라 현대 기술과 산업을 지탱하는 핵심 재료이자, 때로는 사람들의 마음을 사로잡는 자연의 예술 작품이다.

글 우아영 과학 칼럼니스트, 〈평행 세계의 그대에게〉 저자



<광물 수집가의 서랍>

이지섭 지음 / 과학동아북스 펴냄

1968년 어느 날, 오래전 채굴을 중단한 멕시코 콩그레스-레온 광산에 한 남자가 들어섰다. 광물 딜러인 베니 펜이었다. 갱도를 지탱하는 목재가 불에 타고 곳곳이 침수돼 있었지만, 그는 두려움이 없었고 목숨 건 모험을 시작했다.

목숨을 건 모험 끝에

지하 300m 지점에 이르자, 광물 결정이 방해 없이 성장할 수 있는 커다란 공간인 ‘포켓’이 나타났다. 그것만으로도 행운인데, 섀노란 포도송이 같은 황연석^{Mimetite}이 가득했다! 그는 기계장치를 설치하고

3개월간 작업을 이어갔고, 그 막대한 양의 보물을 모두 지상으로 옮겨오는 데 성공했다. 전에 본 적 없는 아름다운 표본에 전 세계 수집가들이 열광했다.

이 성공 스토리는 또 다른 모험가들을 자극했고, 지금도 세계 곳곳의 오지에서 모험이 계속되고 있다. 요컨대 바로 이런 모험가들 덕분에 우리가 박물관 등에서 아름다운 광물 표본을 즐길 수 있는 것이다.

이 책의 저자는 ‘한국 최고의 광물 수집가’로 불린다. 젊은 시절 해외 출장 중 우연히 미국 자연사박물관에 들렀다가 광물의 매력에 사로잡혔다고 한다. 이후 36년간 3000여 점의 표본을 모았다. 그러고는 은퇴 후 직접 설립한 민자연사연구소에 광물을 전시하고, 그에 관한 재미난 이야기를 전하고 있다.

책은 2015년부터 약 3년간 월간 과학 전문지 <과학동아>에 연재한 글을 전자책으로 엮은 것이며, 해당 원고를 다듬고 내용을 보완해 2018년 동명사에서 <광물, 그 호기심의 문을 열다>라는 제목으로도 출간했다.

광물의 아름다움이 세상 밖으로

콩그레스-레온 황연석의 성공 스토리로 서두를 열었지만, 모든 표본이 세상에 나오자마자 환호를 받는 건 아니다. 남아프리카공화국 북케이프주 리엠바스마크에서 산출된 형석은 1970년대 요하네스 지질박물관에서 처음 선보였는데, 30년간 큰 관심을 받지 못했다. 저자도 1987년 이곳에 들른 적이 있지만, 기억에 남지 않았다고 한다. 그런데 이 표본이 2006년 뮌헨 광물보석전시회에 등장해 갑작스레 전 세계 수집가들의 눈을 사로잡았다. 누군가 이 광물의 아름다움을 살려내는 처리 방법을 알아낸 덕이다. 원래는 생성 과정에서 2차적으로 형성된 석영 미세 결정이 표면을 덮고 있었는데, 이를 녹여낸 것이다. 사진을 통해 보는

이 표본은 에메랄드 빛깔도 아름답지만 피라미드 모양의 결정 안에 은은히 비쳐 보이는 또 다른 결정, 즉 ‘유령 현상’이 신비로움을 더한다.

한국의 수집가에게 오기까지

이토록 귀한 표본이 어떻게 한국의 수집가에게 오게 된 걸까. 저자에 따르면 수집의 결정적 요소는 ‘인연’이다. 특정 시간·장소에서 마주쳐야 하고, 표본의 가치와 비용을 저울질할 수 있는 안목을 갖춰야 한다.

저자는 2011년 5월 서울에서 열린 국제광물전시회에서 이 표본을 운명처럼 다시 만났다고 한다. 보자마자 눈이 번쩍 뜨였고 가슴이 두근거렸다고. 그 자리에서 갖고 있던 중국산 형석 두 점과 약간의 현금을 얹어주고 표본을 얻었다. 결국 이 책은 단순히 광물의 사진과 일반적인 정보를 나열하는 데 그치지 않는다. 표본 하나하나에 깃든 발견의 순간, 사람과의 인연, 그리고 세월을 건너온 사연들을 생생하게 들려준다. 지층 깊은 곳에 잠들어 있던 광물이 용감한 모험가의 손을 거쳐 세상 밖으로 나오고, 누군가의 노력으로 그 아름다움이 드러나며, 전 세계의 안목 있는 수집가들을 거쳐 마침내 이곳에 이른다. 그 여정을 따라가는 이야기가 참 매력적이다.

#민자연사연구소

#과학동아

#광물수집

<광물 전쟁>

어니스트 사이더 지음 / 안혜림 옮김 /
위즈덤하우스 펴냄

기후변화를 막기 위해 이 땅을 파헤쳐야 할까?

광물을 이용하는 인간의 현재와 미래를 다룬 책이다. 로이터 특파원인 저자가 수년간의 치밀한 취재와 인터뷰를 바탕으로 친환경 전기차 배터리에 사용되는 핵심 광물을 둘러싼 거의 모든 맥락을 담았다. 방대한 광물 공급망, 그 배경에 놓인 정치·경제적 동력, 아동노동 문제, 광물 채굴로 인한 생물다양성 훼손 등 다양한 문제의 이해관계를 다룬다.

인류가 화석연료에서 벗어나기 위해 기대는 것이, 오랫동안 폭력과 오염의 상징이었던 ‘광산 산업’이라는 사실은 아이러니 그 자체다. 에너지 전환이 초래하는 복잡한 영향을 이해하고 싶은 사람이라면 반드시 읽어봐야 할 책.

#전기차

#리튬

#희토류

#자원전쟁



<지구 이야기>

로버트 M. 헤이즌 지음 / 김미선 옮김 /
뿌리와이파리 펴냄

자갈 한 알에도 지구의 역사가

미국 카네기연구소 산하 지구물리연구소 선임 연구원인 저자는 2008년 동료들과 함께 <광물의 진화>라는 논문을 발표했다. 핵심은 암석과 광물로 이뤄진 ‘지권’과 살아 있는 ‘생물권’이 서로 영향을 주고받으며 공진화해왔다는 것. 그 논의를 깊이 있게 풀어낸 책이다.

연구에 따르면, 수십억 년 전 우주에는 광물이 존재하지 않았다. 알려진 4500여 종의 광물 중 무려 3분의 2가량이 약 24억3000만 년 전 대기 중 산소가 지금의 0.001%에서 급증한 ‘대산화 사건’ 이후 생성됐다. 즉 광물 대부분이 생물의 개입 없이 형성되기 어려웠음을 시사한다. 따라서 지구의 역사는 원소, 광물, 암석, 생물이 함께 엮어낸 수십억 년의 공진화라는 것이다.

저자는 과학자의 상상력과 역사학자의 치밀함으로 지구가 수없이 거듭해온 일들을 세밀하게 복원해낸다.

#광물학

#지질학

#공진화



유튜브 찾아볼까?



YTN 사이언스

- ▶ **1부 욕망의 역사 - 보석, 그 찬란함에 매료되다**
광물 중에서도 아주 특별한 가치를 지니는 ‘보석’에 대해 소개한다. 아름다움과 희소성을 근거로 값어치가 매겨지니, 지극히 인간 관점으로 분류한 광물들인 셈. 영상은 보석을 욕망한 인류 역사를 다루는데, 유럽 왕실의 권력 다툼부터 예술 작품 속 보석과 원석을 가공하는 과정까지, 인간과 가장 밀접하게 지내온 광물의 흥미진진한 속사정을 만날 수 있다.

#보석

#라페레그리나

#코이누르



안틸과학 Unrealscience

당신도 모르는 사이, 광물을 섭취하고 바르고 있었다?!

우리가 평생 소비하는 광물의 놀라운 양!

친환경 신소재를 연구하는 한국지질자원연구원 이수정 박사와 함께하는 광물 이야기. ‘광물이란 무엇인가’라는 기본 정의에서부터 시작해, 식품과 약품 속에 포함된 광물, 한 사람이 평생 섭취하는 광물의 양, 그리고 다이아몬드의 가치를 좌우하는 커팅 기술까지, 흥미로운 주제를 아우르는 강연을 들을 수 있다.

#미네랄

#한국지질자원연구원

#이수정



자연은 수십억 년의 역사 속에서 번식과 적응을 통해 자신들의 환경에 가장 완벽한 모습으로 진화해왔습니다. 이 때문에 르네상스 시대 이탈리아 화가이자 과학자, 공학자인 레오나르도 다빈치는 일찍이 ‘자연은 최고의 스승’이라고 말했습니다. 인간은 이런 자연 생태계를 구성하는 동식물의 구조와 기능을 모방한 ‘생체모방 기술’을 통해 인류 문화와 삶의 질을 향상해왔습니다. 이제 자연으로부터 유래한 다양한 기술의 생체모방을 살펴볼까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트

자연은 최고의 스승

진화하는 생체모방 기술의 세계

영경귀 씨앗의 갈고리 구조에서 '찍찍이' 벨크로가 탄생했다.



대머리수리와 비행기 개발

생체모방^{Biomimetics}은 '생체^{Bio}'와 '모방^{Mimetics}'의 합성어로, 자연에 존재하는 생물체의 다양한 기능을 모방해 물건이나 물질로 이용하는 기술입니다. 생체모방이라는 개념은 넓은 의미에서 인류 탄생과 함께 시작됐다고도 할 수 있습니다. 원시시대의 칼과 화살촉 같은 사냥 도구가 육식 동물의 날카로운 발톱을 모방해 만든 것이기 때문입니다.

1903년 인류 최초의 동력 비행에 성공한 라이트 형제의 비행기도 생물체를 모방했습니다. 라이트 형제는 대머리수리가 나는 모습에서 비행기 개발 아이디어를 떠올렸습니다. 두 형제는 대머리수리가 양 날개를 활짝 펼치며 부지런히 움직여 높이 오르고, 한쪽 날개를 밑으로 내려 회전 방향을 틀고, 천천히 날갯짓을 하면서 날개를 오므려 나뭇가지에 사뿐히 내려앉는 모습을 통해 상승력(비행기를 들어 올리는 힘), 추진력(비행기가 앞으로 나아가게 하는 힘), 조종력(방향을 조종하는 힘) 등 비행 원리를 밝혀낸 것입니다.

두 형제는 특히 대머리수리가 내려앉을 때 날개 끝에 뾰족하게 튀어나온 보조날개 깃털에 관심을 가졌습니다. 실제로 비행기가 상승하거나 하강할 수 있는 것은 주날개 밑의 보조날개 덕분입니다. 이것은 공기의 저항과 기류에 따라 각도를 조절하는 중요한 역할을 합니다. 라이트 형제의 이러한 동력 비행기 발명으로 비행 역사가 본격적으로 시작되었습니다.

이처럼 긴 역사를 지녔음에도 생체모방을 '공학'이라 부를 수 있을 만큼 기술이 발달한 것은 최근의 일입니다. 나노기술과 극소량의 물질을 대량으로 생산해내는 생명공학 등의 발달로 비로소 가능해졌습니다.

생물체의 접착력을 모방한 기술들

자연을 모방해 만든 상품 중 가장 실용적인 것은 '벨크로' 테이프입니다. 일상생활에서 흔히 쓰고 있는, 일명 '찍찍이'라 불리는 접착제입니다. 조용한 산길이나 길가를 거닐다 보면 영경귀의 씨가 바짓단에 붙어 따라오는 경험을 한 적이 있을 겁니다. 영경귀는 종족을 보존하기 위해 사람 옷이나 동물 털에 달라붙어 먼 곳까지 이동할 수 있는 특수한 구조로 되어 있습니다. 벨크로는 영경귀의 갈고리를 흉내 낸 발명품입니다.

1941년 스위스의 전기기술자 조르주 드 메스트랄이 개와 함께 사냥을 나갔습니다. 사냥을 끝내고 집에 돌아온 그는 개의 털에 영경귀 씨가 달라붙어 있는 걸 보고 털어냈지만, 잘 떨어지지 않았습니다.



이상해서 확대경으로 확대해보니 씨가 갈고리 모양으로 생긴 겁니다. 이걸 보고 영감을 얻은 그는 작은 돌기들을 이용한 잠금장치 벨크로 테이프를 개발했다고 합니다. 원리가 단순하고 제작비용이 저렴해 옷소매나 운동화, 심지어 무중력 상태 우주선 안의 도구를 고정하는 데까지 다양하게 쓰이고 있습니다.

홍합도 과학자들의 관심을 끌었습니다. 홍합이 바위에 단단하게 붙어 있을 수 있는 이유는 10개의 아미노산이 반복돼 있는 단백질 때문입니다. 한국과학기술원^{KAIST} 화학과 이해신 교수는 홍합을 바위에 달라붙게 하는 접착 단백질의 힘을 단일 분자 수준에서 처음으로 규명한 연구 결과를 2006년 미국 ‘국립과학회보’에 게재했습니다. 2007년에는 과학 학술지 ‘네이처’와 ‘사이언스’에도 실렸습니다. 당시 그는 미국 노스웨스턴대 생의학공학과 박사과정 중이었습니다.

이를 계기로 현재 홍합의 아미노산 물질 도파를 응용해 수술 후 상처 부위에 붙이는 접착제가 개발되었습니다. 홍합 접착제는 물에 젖을수록 더욱 강력한 접착 능력을 갖추어 물에 젖어도 결코 떨어지지 않습니다. 의사들은 환자를 수술한 후 상처를 실로 꿰맬 필요 없이 접착제를 바르기만 하면 됩니다.

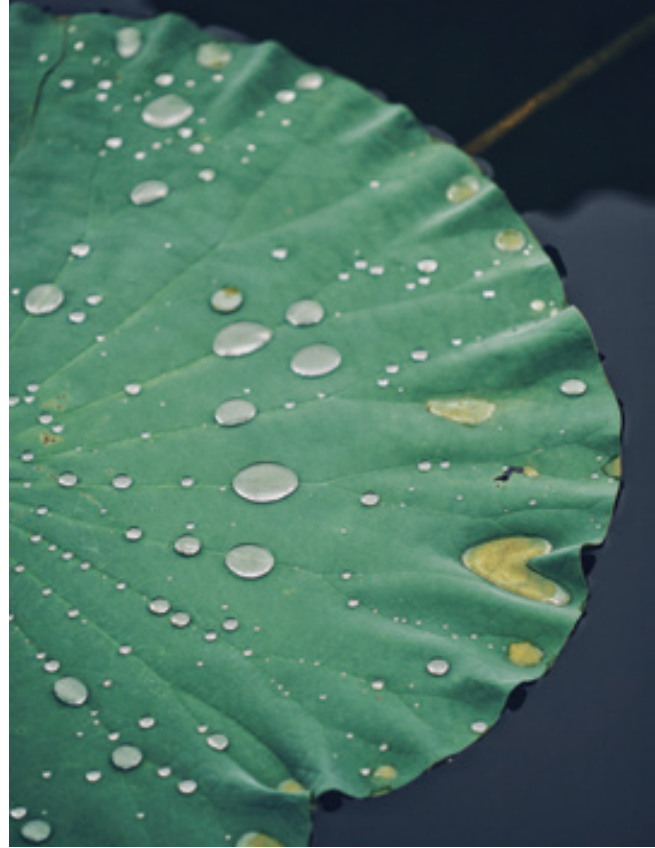
연잎 효과를 이용한 자동 세척제

생체모방 기술의 대부분은 동식물의 고유한 표면구조에 초점이 맞춰져 있습니다. 표면의 질감이나 색상·속성 등을 모방하는 것입니다. 대표적인 기술이 ‘연잎 효과’입니다. 연잎 효과는 마치 코팅된 것처럼 연잎이 물방울에 젖지 않는 현상을 말합니다.

연잎 효과를 처음 발견한 사람은 독일 본대학교 빌헬름 바르틀롯^{Wilhelm Barthlott} 교수입니다. 그는 처음에 식물 그룹의 친족관계를 연구하기 위해 전자현미경으로 수많은 식물 잎의 표면구조를 관찰했습니다. 그 과정에서 연잎 표면에 무수히 난 3~10μm 크기의 울퉁불퉁한 돌기가 연잎에 떨어진 물방울의 응집력을 높여 공처럼 둥글둥글 말려 구르게 한다는 사실을 발견했습니다. 게다가 연잎 표면에서 굴러떨어지는 물방울은 표면의 먼지까지 쓸어내 연잎을 항상 깨끗하게 유지해줬습니다.

바르틀롯은 연잎의 이런 ‘자가 세정’ 원리를 페인트에 활용했습니다. 이 페인트를 바른 곳은 연잎처럼 표면에 자그마한 돌기들이 생겨 방수는 물론 때가 끼는 것을 방지해줍니다. 물로만 세척해도 표면의

연잎의 ‘자가 세정’ 효과가 생활 방수 기술로 이어졌다.



노폐물이 같이 쓸려 내려가기 때문이죠. 물과 오염물질을 털어낼 수 있는 옷, 빗물에 젖지 않는 우산 등도 이 원리를 활용한 것입니다.

로봇 기술 수준 한 단계 높은

해파리와 가오리

생체모방 기술은 로봇을 만드는 데도 핵심적 역할을 합니다. 미국 노스캐롤라이나주립대와 템플대 연구진은 해양생물인 해파리에서 영감을 받아, 해파리처럼 부드럽고 유연한 몸을 가진 ‘소프트 로봇^{Soft Robot}’을 개발했습니다. 해파리는 딱딱한 골격이 없으면서 공기 통로가 있는 덕분에 물속에서 최소의 힘으로 놀라운 추진력을 발휘합니다.

연구진은 2020년 수중에서 해파리와 같은 강력한 추진력을 얻기 위해 부드러운 소재로 외부를 둘러싸고, ‘공명^{共鳴}’ 현상을 적용한 해파리 로봇을 만들었습니다. 공명은 특정 주파수에 힘이 가해질 때 큰 진동이 일어나는 현상을 의미합니다.

예컨대 아이들을 그네 태울 때 그네가 어떤 특정 위치에 오면 부모가 아주 작은 힘으로도 그네에 가속을 가할 수 있는 것과 비슷한 원리입니다. 이런 원리가 작동되는 소프트 로봇을 활용하면 상처 입기 쉬운 약한 바다 생물을 안전하게 포획할 수 있고, 산호초 군락처럼 민감한 환경에서도 다른 생물에게 피해 주지 않고 해양 생태계를 감시할 수 있습니다.

또한 2024년 노스캐롤라이나주립대 지에 인^{Jie Yin} 교수팀은 쥐가오리에서 영감을 받은 차세대 소프트 로봇을 개발해 전례 없는 속도와 수중 기능을 달성했습니다. 쥐가오리의 유영 능력은 큰 가슴지느러미에 있습니다. 가슴지느러미를 물결처럼 움직여 추진력을 얻고, 상하·회전 등 방향을 전환하며 유영합니다. 소프트 로봇에는 공기를 가득 채운 가오리 모양의 지느러미가 부착돼 있어 물속에서 위아래로 빠르게 헤엄칠 수 있습니다.

해양생물의 점액질 적응한 선박, 수중 마찰력 줄여

해양생물의 점액층 구조와 기능을 모방한 기술도 있습니다. 물고기의 몸이 미끈거리는 이유는 물고기 피부의 점액샘에서 생성되는 미끄럽고 끈적한 점액이 표면을 덮고 있기 때문입니다. 해양생물의 점액은 피부를 보호하고 바닷물과의 마찰을 줄이는 역할을 합니다.

포스텍 기계공학과 이상준 교수팀은 해양생물의 미끌미끌한 점액질 특성을 활용, 2023년 선박의 수중 마찰 저항을 줄이고 연비를 향상할 기술을 개발했습니다. 선박은 추진력의 약 60%를 해수와의 마찰로 잃습니다.

연구팀은 폴리스타이렌을 클로로폼에 녹인 다음 알루미늄 기판 위에 바르고 주변 수증기를 용액 표면에 물방울 형태로



쥐가오리의 유영 능력을 모방해 전례 없는 수중 기능을 탑재한 로봇을 완성했다.

응축시킨 뒤 증발시켰습니다. 그 결과 물방울이 증발한 자리에 마이크로미터 크기의 미세한 물방울 모양 구멍이 규칙적으로 배열된 표면이 만들어졌습니다. 이 구멍에 윤활유를 채워 넣어 해양생물 피부와 비슷한 미끌미끌한 저마찰 표면을 만드는 데 성공했습니다. 연구 결과는 국제 학술지 ‘어플라이드 서피스 사이언스’에 게재됐습니다.

연구팀의 코팅 기술로 제작된 표면은 일반 알루미늄 표면보다 마찰력을 최대 39%까지 감소시켰습니다. 이는 비슷한 고속 유동 조건에서 얻은 세계 최고 수준의 저마찰 성능입니다. 연구팀의 연구 성과를 잘 활용하면, 대형 선박 한 척당 연간 최대 40억~50억 원의 유류비를 절감할 수 있다는 게 이상준 교수의 설명입니다. 육상 운송체나 유류 수송 파이프 등 다양한 분야의 에너지 비용 절감에도 기여할 것으로 기대됩니다.

인공 광합성,

친환경 미래에너지 기술로 주목

자연 광합성을 모방한 인공 광합성도 주목받고 있습니다. 광합성은 식물이 햇빛을 이용해 뿌리로 빨아들인 물과 잎의 기공으로 흡수한 대기 중의 이산화탄소로부터 포도당(탄수화물)과 산소를 만들어내는 과정입니다. 인공 광합성은 이를 흉내 낸 기술로, 친환경 신재생에너지 분야에서 매우 중요한 역할을 합니다.

인공 광합성의 ‘열쇠’는 빛을 받을 때 화학반응을 촉진하는 ‘광촉매’입니다. 그동안 광촉매는 자외선을 흡수해 에너지로



라이트 형제는 대머리수리의 비행 모습을 통해 추진력, 상승력 등 중요한 비행 원리를 밝혀냈다.



모방은 창조의 어머니, 자연에서 배운 기술로 과학이 발전한다.

전환하는 이산화타이타늄 광촉매 연구가 가장 일반적이었습니다. 하지만 이산화타이타늄은 안정성이 떨어져 쉽게 손상된다는 단점이 있습니다. 그래서 최근 이를 대체하기 위한 광촉매 연구가 이뤄지고 있습니다.

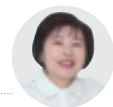
2022년 울산과학기술원^{UNIST} 에너지화학공학과 이재성 교수팀은 햇빛을 이용해 폐수 속 질산염에서 암모니아를 얻는 광촉매를 개발했습니다. 즉 햇빛을 받은 광촉매가 화학반응을 일으켜 질산염을 암모니아로 바꾸는 원리입니다. 암모니아 생산과정에서 나오는 이산화탄소도 잡고, 폐수 속 질산염도 처리할 수 있는 기술이죠. 연구팀은 이 광촉매로 아주 낮은 전압에서도 질산염을 95.6% 환원시켜 암모니아를 만들었습니다.

또 인공 광합성으로 수소를 생산하기도 합니다. 2020년 한국기초과학지원연구원 소재분석연구부 김해진 박사팀은 햇빛으로 물을 분해해 수소를 대량 생산할 수 있는 신개념 광촉매를 개발했습니다. 황화아연 반도체^{ZnS} 나노 막대기에 생체고분자 물질인 폴리 도파민을 나노 수준으로 균일하게 코팅한 이 광촉매는 생체고분자와 반도체의 복합체입니다.

이 광촉매 표면에 햇빛을 비추면 전자가 물을 분해해 수소를 생산합니다. 이는 이산화탄소가 발생하지 않는 친환경적인 인공

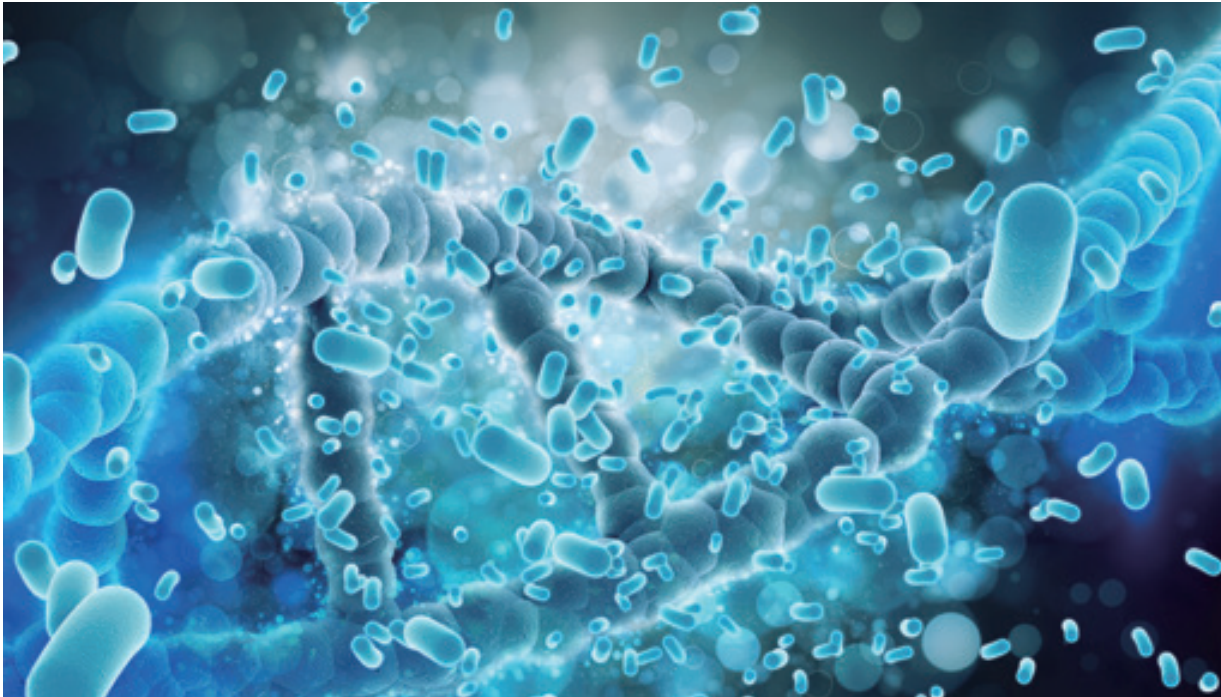
광합성 기술로, 매우 안정적인 상태를 유지하면서 기존 반도체^{ZnS}보다 두 배 이상의 수소를 생산합니다.

이 밖에도 자연을 모방한 기술은 많습니다. ‘모방은 창조의 어머니’라는 말이 있듯 자연을 모방하여 과학이 발전할 수 있고, 과학이 발전하여 신기술로 자연을 더 보존할 수 있습니다. 생체모방 기술은 자연을 재창조하는 과정이자 이해하는 과정입니다. 생체모방 기술에 인간과 자연이 공존하는 길이 있습니다.



김형자 과학 칼럼니스트

청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며,
현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다.
저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책>
등이 있다.



AMP의 병리 기전^o 해석이 열어가는 신약 개발의 미래

글 강현 단국대학교 임상병리학과 교수



위기의 감염 시대, 새로운 대응 전략으로서의 AMP

다제내성균^②(MRSA, CRE 등)의 전 세계적 확산은 기존 항생제의 효과를 빠르게 무력화하고 있다. 이는 세계보건기구^{WHO}에서도 우선 대응 과제로 지정할 만큼 중요한 보건 위기다. 기존 항생제는 특정 효소 또는 단백질을 표적으로 하기에 내성 발생이 빠르며, 감염성 질환의 치료 가능성을 점점 낮추고 있다. 이러한 상황에서 항균펩타이드^{AMP, Anti-microbial Peptide}는 새로운 감염 대응 전략으로 주목받고 있다. AMP는 짧은 아미노산 서열로 구성되어 있으며, 세균의 세포막을 직접 파괴하거나 숙주의 면역반응을 조절하는 이중 기전을 통해 작용한다. 특히 해양생물 유래 펩타이드는 극한 환경 적응과 구조적 다양성을 바탕으로 우수한 항균 활성을 보이는 특징을 갖는다.

단국대학교 연구소의 AMP 발굴과 설계 전략

단국대학교 해양바이오·식의약융합기술연구소(소장 강현, 이하 연구소)는 어류 가공 부산물(내장, 껍질 등)로부터 유래한 저분자 펩타이드를 친환경 발효 공정을 통해 생산하고, 이 가운데 항균 활성이 높은 펩타이드를 고속 스크리닝 기술로 선별하고 있다. 특히 본 연구소는 회문형^{Palindromic Sequence} 기반의 서열 구조를 갖는 펩타이드를 세계 최초로 동정하고, 이를 기반으로 한 기능성 확장형 설계에 집중하고 있다. 해당 서열은 EGFR^④ 및 AKT^⑤ 신호 경로를 활성화하여

조직 재생 기능을 유도하는 동시에, 세균 세포막을 직접 손상해 항균 효과를 유발하는 이중 기능성을 갖는다. 구조 기반 설계, 도킹 시뮬레이션, 생체 접합 플랫폼 기술(Sortase A 활용) 등이 융합돼 AMP의 치료 효율성과 조직 특이성까지 고려한 다기능 펩타이드 플랫폼으로 확장되고 있다.

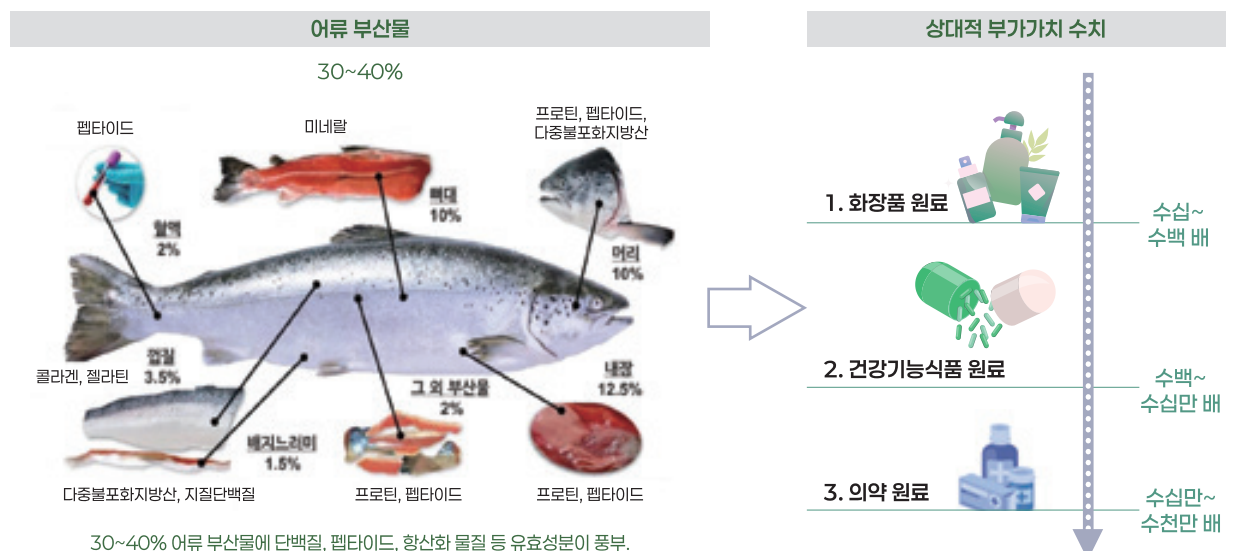
병리학 기반 기전 해석의 과학적 가치

AMP의 생물학적 효과를 설명하기 위해서는 단순 항균 활성을 넘어 그

- ① 질병이 어떻게 생기고 진행되는지에 대한 원인과 과정.
- ② 여러 종류의 항생제에 내성을 가진 세균으로, 보통의 항생제 치료로는 죽지 않고 버티는 세균을 말한다. 대표적으로 병원에서 감염 관리에 가장 주의하는 게 바로 MRSA와 CRE다.
- ③ 앞에서 읽으나, 반대 방향에서 상보적으로 읽으나 같은 DNA나 RNA의 서열을 의미.
- ④ 세포막 표면에 있는 단백질.
- ⑤ 세포 안쪽(세포질)에서 작동하는 효소 단백질.

새로운 공학적 접근이 창출한 가치 : 어류 부산물의 변신

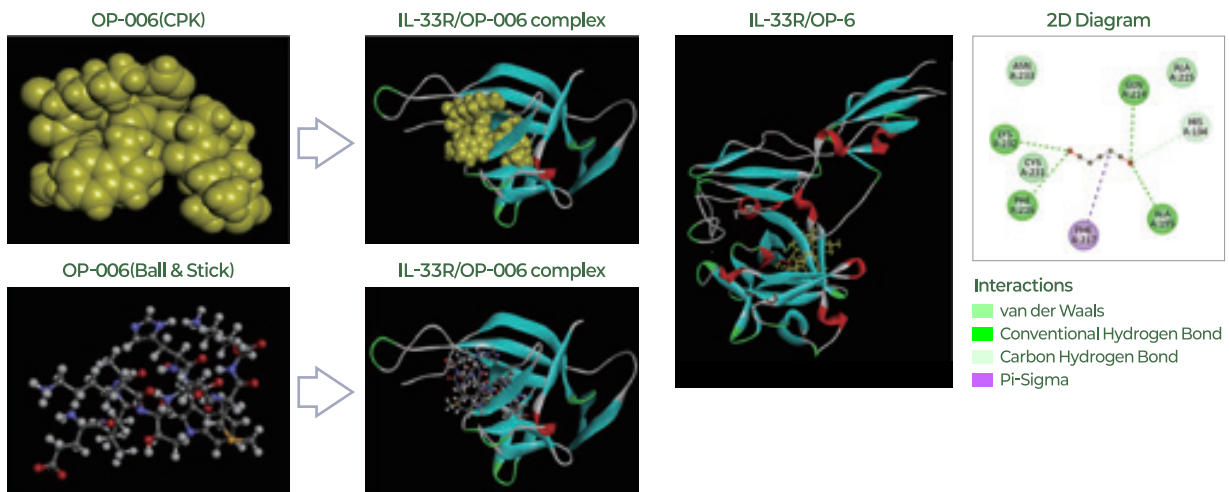
어류 부산물은 과학적 전환 기술을 통해 저분자 펩타이드 기반 고부가가치 바이오소재로 재탄생할 수 있다. 이러한 접근은 화장품·식품·의약으로 활용이 확장되어, 친환경 순환 경제 구축과 지역산업 활성화를 동시에 실현할 수 있음을 시사한다.



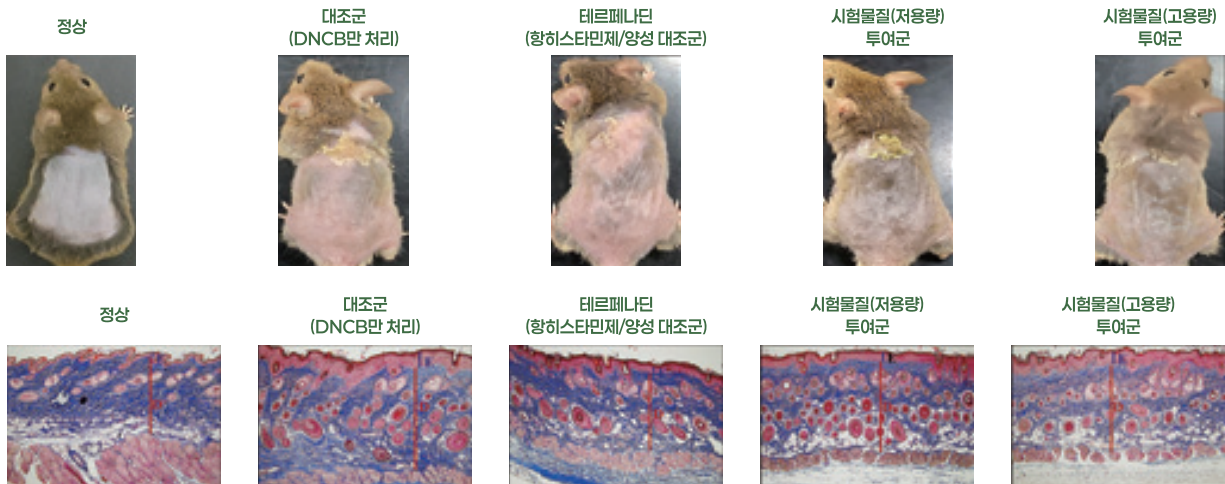
어류 부산물 유래 아토피 개선 소재

해양 부산물 펩타이드는 세포와 동물 모델에서 염증 억제 및 IL-33R 경로 조절을 통해 아토피 피부염 개선 효과를 입증했다. 이러한 성과는 어류 부산물이 단순 폐기물이 아니라, 피부질환 관리와 친환경 순환 경제를 동시에 실현할 수 있는 혁신 자원임을 보여준다.

어류 부산물 유래 OP-6의 분자 도킹에 의한 IL-33R 억제 스크리닝



DNCB 유도 NC/Nga 아토피피부염 동물 모델에서 OP-6의 개선 효능



작용 기전이 생체 내에서 어떻게 전개되는지 명확하게 규명하는 것이 중요하다. 이를 위해 단국대 연구소는 다양한 병리학 기반의 기전 분석을 병행하고 있다. EGFR, AhR, Fyn Kinase 등 주요 세포 수용체^⑥와의 상호작용 여부, 세포막 손상 및 세포 사멸 유도 기전은 면역 형광 염색, Western Blot, TUNEL Assay, Caspase-3 활성 정량, TNF- α /IL-6 등 사이토카인 정량 분석^⑦을 통해 실험적으로 입증되고 있다. 이러한 병리학적 분석은 AMP가 단순한 항균제를 넘어 염증 억제, 면역조절, 조직 재생까지 유도할 수 있는 차세대 다기능

바이오소재임을 입증하며, 실제로 MRSA 감염 세포 및 CRE 감염 동물 모델에서의 적용 가능성이 점차 실증되고 있다.

⑥ 세포 표면(또는 내부)에 있는, 특정 신호나 물질을 받아들이는 단백질.

⑦ 우리 몸의 면역반응에서 분비되는 '사이토카인'의 양을 정확히 측정하는 과정을 말한다.

AMP 기술이 가져올 사회적·산업적 파급력

AMP는 감염병 치료를 위한 신약후보물질일 뿐만 아니라, 동물용 항생제 대체제, 식품 보존제, 감염성 피부질환 치료제, 친환경 살균 소재 등으로 확장 가능성이 매우 높다. 특히 해양 부산물의 자원화와 발효 기반 공정은 산업의 탄소중립 요구에도 부합하며, 친환경 고부가가치 산업 모델로서 국가적 R&D 전략과도 연결될 수 있다. 이는 폐기물 저감, 식품 안전, 동물복지 등 지속 가능성을 중심으로 한 미래 산업구조에서 AMP가 차지하는 역할을 더욱 공고히 한다.

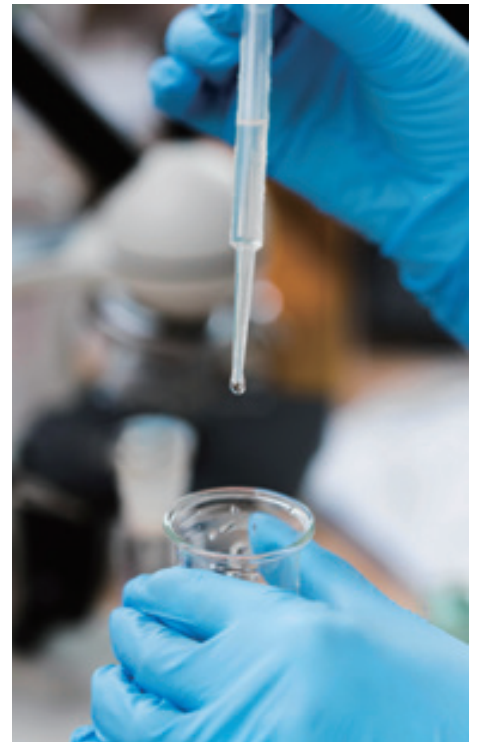
해조류에서 찾은 해답, 호흡기 건강을 위한 기능성 혁신

미세먼지, 황사, 대기오염으로 인해 ‘숨쉬기조차 힘든 시대’가 도래하면서, 호흡기 건강을 위한 예방적 접근이 주목받고 있다. 이러한 시대적 요구 속에 단국대학교 연구소 이성규 교수 연구팀은 해양자원의 가치에 주목했다. 2021년부터 2024년까지 3년여 연구 끝에, 해조류에서 유래한 생리활성 물질이 ‘기관·기관지 건강 개선’에 효과가 있다는 과학적 근거를 확보하고, 마침내 2025년 6월 24일 식품의약품안전처로부터 해당 기능성으로 국내 최초 개별인정형 승인(제2025~33호)을 획득했다. 이는 해양 소재를 활용한 호흡기 건강 기능성 인증 사례로는 처음이며, 육상과 해양을 아우른 기능성 소재 시장 전체에서 전례가 없는 성과다.

이 연구는 단순한 소재 개발을 넘어 기능성의 분자 기전을 과학적으로 규명하고, 인체 적용 시험까지 완료함으로써 기능성과 안전성을 동시에 확보했다는 점에서 의미가 크다. JCR 상위 10% 이내 SCI 논문 3편, 특허등록 4건, 네오뉴트라와의 공동 인체 연구 등 탄탄한 데이터는 학문적 기여를 넘어 기업체 기술이전을 통한 산업적 활용 가능성까지 확장됐다. 특히 ‘기관·기관지 건강’은 아직 건강기능식품 시장에서 미개척 영역으로, 본 연구는 해양 바이오소재의 고부가가치화는 물론이고 기후 위기 시대에 대응하는 기능성 과학의 방향성을 제시한 대표적 사례로 평가받는다.

생명공학자이자 임상병리학자로서의 시선과 철학

과학자는 데이터를 만들고, 공학자는 솔루션을 설계하며, 임상병리학자는 생체 기전을 연결하는 해석자이자 중개자다. 필자는 이 세 가지 역할을 융합하는 자리에서 연구를 수행하고 있다. AMP가 질병에 작용하는 기전, 그 반응이 인체에서 어떻게 변환되는지, 치료로 이어지기까지 어떤 과학적 근거가 필요한지 고민하고



해석하는 것, 그것이 바로 임상병리학자이자 융합공학자로서의 제 역할이라 믿는다.

기술이 사람에게 도달하려면 반드시 생리적 설득력을 갖춰야 한다. 그 설득력은 기전의 해석에서 시작된다. AMP라는 작은 펩타이드를 통해 생명과 기술, 해양과 의학, 기초와 임상을 연결하는 일. 그것이 지금 이 시대의 생명공학자가 감당해야 할 연구의 방향이자 철학이라 생각한다.



강현 단국대학교 임상병리학과 교수

단국대학교 해양바이오·식약융합기술연구소 소장. 연세대학교 졸업 후 케임브리지, 하버드, MIT 및 미국 다이치산교제약에서 연구한 경험을 바탕으로, 해양 부산물 유래 펩타이드를 활용한 차세대 바이오 융합 신약 개발에 주력하는 신약 개발자다. 2024년부터는 팔란티어테라퓨틱스(주)에서 CEO/CSO를 겸직하고 있다.

2차원에서 3차원으로,

광학 기술의 뉴 패러다임을 꿈꾸다

수백 년 동안 물리학 세계는 뉴턴의 법칙 아래 움직였다. 그러나 20세기 초 아인슈타인의 상대성 이론이 등장하면서 물리학의 패러다임은 완전히 바뀌었다. 이처럼 과학기술은 이전 패러다임을 뒤집으면서 불연속적으로 전환된다. 그리고 2025년, 3차원 광학 기술로 광학계의 새로운 패러다임을 꿈꾸는 김태근 큐빅셀 대표를 만나봤다.

글 김승호 사진 김기남

김태근 큐빅셀 대표

큐빅셀에 대해 간단한 소개 부탁드립니다.

큐빅셀은 광학 전문 기술 회사입니다. ‘플라잉오버 스캐닝 홀로그래피’^{FSH, Flying-over Scanning Holography}라는 광학 기술의 산업화를 목표로 2016년에 설립했습니다. FSH 기술을 통해 반도체, 디스플레이 등을 정밀검사하는 장비를 제작했으며, 현재 산업 생산 현장에서 활발히 활용되고 있습니다.

큐빅셀의 주요 기술인 FSH에 대해 자세히 알려주세요.

FSH는 파동의 간섭 패턴을 사전에 파악하고 물체를 스캐닝하여 3차원에 분포된 빛의 정보를 레코딩하는 기술입니다. 그 정보를 바탕으로 홀로그램을 만들 수 있으며, 홀로그램을 분석해 3차원 정밀검사를 할 수 있습니다. 사실 스캐닝 홀로그래피 기술은 발명된 지 오래됐습니다. 1948년 데니스 가보르가 발명했지만, 실제 산업화하기에는 여러 문제가 있었습니다. 암실 환경이 필요했으며, 진동에 취약하거나 시그널이 강건하지 않았습니니다. 그런 문제를 플라잉오버 스캐닝 방식으로 극복하고, 세계 최초로 산업화를 완료한 상황입니다. FSH 기술 성과를 인정받아 2021년에는 ‘국가 연구개발 우수성과 100선’에도 선정됐습니다.

반도체 계측기술은 매우 정밀한 공정이 필요한 영역입니다. 어떤 단계에서 큐빅셀의 기술이 활용되며, 기존 계측기술 대비 어떤 차별성을 가졌는지 설명 부탁드립니다.

마지막 단계인 패키징 검사 공정에 사용됩니다. 예전에는 반도체 패키징이 평면적이었는데, 현재는 칩을 쌓아 올려서 3차원화됐으며 훨씬 경박단소해졌습니다. 그러다 보니 현미경 수준의 분해능으로 정밀하게 3차원 전수검사를 해야 하는 요구사항이 생겼습니다. 만약 기존 방법으로 검사한다면, 현미경으로 작은 범위를 몇천 장씩 반복해서 찍어야 합니다. 산업계에서는 택 타임^{Tack Time}^①이 중요한데, 생산시간보다 검사시간이 더 길어지는 어처구니없는 상황이 발생할 수 있습니다. 반면 FSH 기술을 활용하면, 단 한 장의 홀로그램 촬영으로 3차원 전수검사를 진행할 수 있습니다. 시간을 대폭 줄여 택 타임을 맞출 수 있습니다.

① Tack Time: 생산 목표 달성을 위해 제품 하나를 생산하는데 필요한 표준 시간.

대표님께서 오랫동안 연구한 기술로 창업하셨습니다. 큐빅셀의 창업 이유와 배경이 궁금합니다.

두 가지 이유입니다. 하나는 기술적 준비도입니다. 기존 기술은 스캐닝 방식이 너무 느렸습니다. 이 단점을 극복하려면 플라잉오버 방식의 광학 설계가 필요했습니다. 그런데 이 방식 설계론이 전 세계 어디에도 없었습니다. 그래서 2001년부터 2016년까지 연구와 국가 과제를 통해 설계 방법론을 직접 만들었고, 2016년쯤 완성했습니다. 저번 기술도 그때쯤 발전했습니다. 3차원 정보를 이미지로 생성하려면 충분한 연산 능력이 필요한데, 2016년에 AI와 함께 GPU 기술이 고도화되면서 기술 완성 조건이 충족됐습니다.

다른 하나는 시장 판단으로, 시장 근접도와 성숙도를 고려했습니다. 현재 대한민국을 중심으로 1500km 이내에 전 세계 반도체, 디스플레이 제조 시설이 70%가량 있습니다. 2000년대 이후 반도체와 디스플레이가 점점 정밀화·3차원화되면서 현미경 분해능이 필요한 시기가 왔습니다. 기존 광학 기술로는 한계에 부딪쳐 차세대 광학계 기술이 요구되는 시점이었습니다.

최근 AI 기반 자동화 기술이 여러 산업공정에 접목되고 있습니다. 이를 통해 큐빅셀의 기술이 어떤 방향으로 발전할 수 있을까요?

큐빅셀 역시 시스템 전반에 AI 기술이 반영돼 있으며, 이를 기반으로 차세대 홀로그램 카메라, 현미경 등 다양한 제품을 준비하고 있습니다. 예로 3차원 감시 카메라가

있습니다. 최근 전쟁에서 드론의 중요성이 부각됐는데, 만약 홀로그램 카메라를 국방용 감시 카메라로 활용한다면 드론의 3차원 위치까지 감시 가능해집니다. 공간을 한 번에 촬영·영상화하여 공간 내 어디든 초점을 맺어서 확인할 수 있습니다.

이 기술은 무인전투체계가 중요해지는 현재 시점에 큰 역할을 담당할 수 있습니다. 게다가 기존의 홀로그램 카메라는 암실 환경에서 진동이 차단된 상태로 촬영해야 했습니다. 큐빅셀의 기술로는 야외 환경에서 날씨에 상관없이 촬영 가능합니다. 이미 시험 결과도 확보한 상태입니다. 추가로 홀로그램 현미경은 바이오메디컬 쪽으로도 활용할 계획입니다.

기술 기반 창업자이신데, 연구자로서 느끼는 강점이나 약점이 있을까요?

저는 이 질문이 성립되지 않는 시대라고 생각합니다. 이젠 시대정신에 관한 이야기인데, 근대에는 분업에 의한 효율성 극대화가 기본 이념이었습니다. 사업가, 연구자, 교육자로 역할을 나누는 건 근대적 발상이라고 생각합니다. 탈근대는 효율성이 아니라 융합에 의한 창의성이 새로운 부가가치를 창출합니다.

그런 의미에서 공학 교수는 상아탑 안에서 학문만 연구하면 안 된다는

것이 제 생각입니다. 저 역시 연구자이자 사업가이자 교수로 일하고 있습니다. 기술 기반 딥테크 스타트업의 핵심 가치는 이런 컨버전스에서 나온다고 생각합니다. 개발 기술을 하나로 융합해서 산업화하고, 연구자가 비즈니스를 해서 연구개발을 산업화하는 일 같은 겁니다.

상당히 오랜 시간 동안 홀로그래피 기술을 연구하셨습니다. 그럴 수 있었던 이유가 뭘까요?

대학교 때 광전자공학 수업을 들었습니다. 지금은 디지털 컴퓨터가 당연하지만, 1980년대는 디지털 컴퓨터와 오퍼레이팅 컴퓨터가 경쟁하는 시기였습니다. 당시 학교에 있는 중형 디지털 컴퓨터의 연산시간이 오래 걸렸는데, 광전자공학 수업에서 이 연산을 실시간으로 처리하는 기술을 보고 광학 기술을 연구하고 싶다는 꿈이 생겼습니다. 그런데 홀로그래피를 연구하는 곳이 거의 없었습니다. 미국에서도

김태근 대표는 플라잉오버 스캐닝 홀로그래피^{FSH} 기술로 광학 산업화의 새로운 이정표를 제시하고 있다.



김태근 대표는 누구

광학 및 홀로그래피 분야에서 20년 넘게 연구와 산업화를 병행해온 공학자이자 기업가다. 대학 시절 수업을 계기로 3차원 광학 기술에 매료돼 학사 졸업 후 버지니아공대에서 홀로그래피 기술을 연구했으며, 국내외 연구를 통해 플라잉오버 스캐닝 홀로그래피^{FSH} 기술의 설계 방법론을 세계 최초로 확립했다. 2016년 큐빅셀 창업 이후 반도체·디스플레이 계측장비 분야에서 광학 솔루션을 사업화하여 산업계에 기여하고 있다.

찾고 또 찾아서 공부했습니다. 저는 광학 기술을 연구하는 일이 제 운명이었다고 생각합니다. 제가 간 대학에 광학을 가르치는 교수가 있었고, 덕분에 지도교수를 미국에 찾아가서 만날 수 있었으니까요.

어릴 때부터 과학에 관심이 많으셨나요?

제게 과학은 소년의 꿈입니다. 어릴 적 집 바로 앞에 미주문구라는 문방구가 있었는데, 그곳에서 전자 키트를 팔았습니다. 그때 7석 라디오도 만들고, Led 드라이빙도 해보고, 납땜도 했습니다. 중학교 때는 전자회로를 만들었고, 컴퓨터 프로그래밍도 했습니다. 당시 청계천 세운상가에서 전자 키트뿐 아니라 미국 기술 책들을 번역해서 팔았는데, 그때는 그냥 좋아서 책을 사다 보곤 했습니다. 이러한 어릴 적 경험 덕분에 열망과 꿈을 가질 수 있었고, 지금은 홀로그램을 3차원으로 디스플레이하면 좋겠다는 열망을 갖고 연구합니다. 그런 열망으로 기술을 산업화해서 사회에 기여하겠다는 생각입니다.

연구자이자 창업자로서 일상을 어떻게 보내고 계시나요?

단순합니다. 아침에 일어나 운동장 가서 간단히 운동하고 회사에 출근합니다. 회사에서는 주로 연구개발 위주로 일하고, 회의에 많은 시간을 할애합니다. 사업기획부서장과는 기술적인 준비도를 가지고 사업전략을 어떻게 짤 것인가에 대해 논의하고, 경영전략부서장과는

원가에 대한 부분 등 생산관리 및 경영전략에 대해 얘기합니다. 함께 특정 산업 생태계를 판단하고, 어떤 파트너와 일해야 할지도 논의합니다.

기술 기반 창업을 꿈꾸는 후배 연구자나 대학원생들에게 어떤 조언을 해주고 싶으신가요?

저는 학생들에게 ‘너의 지금이 너의 미래를 규정하지 않게 하라’고 얘기하고 싶습니다. 꼭 기술개발로만 산업화에 기여할 필요는 없다고 생각합니다. 산업화 과정에는 다양한 역할이 있습니다. 예를 들면 벤처투자, 정책기획, 연구기획, 기술평가 등이 있습니다. 어쨌든 산업화에 기여하는 것이 중요하고, 그 과정에서 다양한 역할을 수행하고 융합적인 사고로 나아가면 된다고 생각합니다.

큐빅셀이 앞으로 도전하고자 하는 중장기 기술 목표 또는 신사업 영역이 있다면 말씀 부탁드립니다.

큐빅셀을 글로벌 빅테크 컴퍼니로 성장시키고 싶습니다. 그다음 목표는 큐빅셀 100년사를 쓰는 겁니다. 큐빅셀은 현재 반도체와 디스플레이 시장에 기술을 공급하고 있는데, 이를 기반으로 광학 전문 기업으로 확장할 계획입니다. 약 200년 전 칼자이스는 아베 박사와 함께 현대 광학의 기본 패러다임을 완성했습니다. 토머스 쿤의 <과학혁명의 구조>에 따르면 과학의 패러다임은 100년에서 200년 정도입니다. 광학 기술의 관점에서 보면 새로운 패러다임이 등장할 시기입니다. 그 패러다임을 큐빅셀이 만들고자 합니다. 근대에는 칼자이스, 탈근대에는 큐빅셀이 있을 겁니다.

<테크 포커스>의 든든한 서포터



뚝소리단

뚝뚝하게 소 통하고 키 리뷰하는 <테크 포커스> 독자 단

뚝소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. <테크 포커스>를 함께 만들어가는 뚝소리단의 8월호 리뷰를 확인해보세요!

이병곤

이보다 재미있게 읽을 수 없다! 이보다 재밌는 기사가 있었던가! 우리나라 비만인구 37.2%에 기여하는 성인으로서 너무 재미있게 읽었습니다. 생활 속의 과학이랄까. 친숙하면서도 궁금했던 것을 알게 되어 뱃살과 함께 지식도 살찌고 있습니다. 게다가 음식물쓰레기를 줄이고 환경을 생각하는 플라스틱 프리를 이야기하고자 했던 빌드업이라든가, 전체적으로 재미있게 구성된 올해의 포커스라고 봅니다.

강정미

비만은 현대의 질병이라고만 생각했는데 '히스토리'에서 비만 치료의 역사를 읽고 생각보다 역사가 깊어서 놀랐습니다. 바이오헬스 기반 비만 치료와 AI 기반 행동 중재 등 기술과는 연관 없어 보이는 '비만'을 다양한 산업군에서 해결하기 위해 방법을 구상하고 있다는 점이 흥미로웠습니다. 요즘 비만치료제는 주사기를 통해 주입하는 것으로 알고 있는데, 그런 사진이 적은 것은 아쉬웠습니다.

김유진

아직 대중적이진 않지만 확실히 주목받았던 분야라 재미있게 읽었습니다. 비만 치료 시장 자체로 기억되는 위고비부터 최근 출시를 앞둔 마운자로까지. 항상 수박 겉핥기로 SNS에서 보는 내용만 습득했는데, <테크 포커스>에서 다뤄준 덕분에 좀 더 잘 알게 되었습니다. 너무 매력적인 제품인 동시에 위험성도 크고, 그만 먹으면 체중이 다시 돌아온다고 하니 많은 생각과 여러 관점에서의 고찰이 필요한 것 같습니다. 독자들이 흥미를 가지고 볼 수 있는 주제를 고심했다는 게 느껴진 주제였습니다.

오대성

아직 우리 생활 속에 깊이 들어오진 않았지만, 미래에는 더 익숙해질 것 같은 분야라 흥미롭게 읽었습니다. 그동안 비만 치료 기술이라고 하면 해외 기사나 유튜브 콘텐츠에서 스쳐보는 정보가 전부였는데, 이번 호를 통해 시장 흐름과 기술 발전 방향을 처음으로 체계적으로 이해할 수 있었습니다.

김현

이번 호에서 가장 흥미로웠던 것은 '개인 맞춤형 치료'가 실제로 구현되고 있다는 점이었습니다. 운동량·식단·수면·스트레스 같은 데이터를 함께 보고, 단순히 칼로리만 계산하는 것이 아니라 몸의 반응에 따라 계획을 바꾸는 흐름이 뚜렷이 보였습니다. 혈당 패턴, 장내 미생물 데이터를 활용하는 점도 인상적이었습니다. 다만 개인정보 보호 관련해서 기준이나 표준 수립이 중요해 보입니다.

박진규

이번 호는 흥미로운 주제가 많았습니다. 특히 '작은 실험이 이뤄낸 음식 쓰레기 감축'은 ESG 관점에서 볼 때 탄소 배출을 줄이는 데 효과적인 사례입니다. 다만 높은 ESG 점수를 받기 위해 배출을 줄이고 소비자에게 지속 가능한 소비 습관을 제안하는 부분에 대해서, 솔직히 불편함이 있다고 생각합니다.

결국 소비자에게 책임이 넘어가는 만큼 혜택이 돌아오는냐는 질문에 대한 답이 필요합니다. 즉 친환경 제품과 다화용기를 쓰는 업자에게 돌아오는 혜택과 장점이 분명히 있어야 하고, 소비자에게까지 전이돼야 본 문제가 지속 가능한 형태로 흘러갈 것 같다는 의견을 드립니다.

전준규

다양한 제약회사들이 경쟁적으로 비만 치료용 신약 개발에 노력하고 있다는 것을 비교표로 정리해서 보기 좋았습니다. 또한 의료 비용과 보험 재정문제 등 다양한 논란도 함께 언급해 비만치료제와 관련된 객관적인 시각을 보여주어 유익했습니다. 또한 다른 목소리 단원분께서 작성하신 칼럼을 읽어보며 대단하다는 생각과 나도 도전해볼 수 있겠다는 자신감을 갖는 계기가 되었습니다. 도전은 누구에게나 쉽지 않으나 막상 행동으로 옮기면 생각보다 어렵지 않음을 다시금 깨우치는 기회였습니다.

김형우

글로벌 제약사들이 막대한 자금을 투자해도 해결하지 못했던 경구용 GLP-1 제제의 흡수율 문제를 성공적으로 해결한 개발기관에 큰 찬사를 보냅니다. 특히 연구 지원을 아끼지 않은 산자부와 KEIT의 역할이 큰 도움이 된 것 같습니다.

이번 사례는 우리나라 R&D 정책이 실제로 성과를 내고 있다는 점을 잘 보여줍니다. 또한 국민의 세금으로 조성된 기금이 다시 국민의 건강을 지킨다는 글이 매우 인상 깊었습니다.

정일성

비만치료제 시장에서 K-바이오 기술경쟁력이 있음에도 신속한 제품 출시보다는 약품으로서의 완성도를 더 중요하게 생각하는 이슬기 대표님의 기술 철학과 경영 신념에 존경을 표합니다. 멀리 오래가는 기업이 되려면 반드시 갖춰야 할 소양임에도 기업인이 그런 소신을 유지하기 어려운 것이 현실일 것입니다. (주)디앤디파마텍의 이 대표님 바람대로 탁월한 기술경쟁력을 보유한 글로벌 제약회사로 성장하기를 응원합니다.

김태권

〈테크 포커스〉는 매호 주제에 대해 현재 기술 트렌드뿐 아니라 어느 문헌에서도 정리되지 않은 과거 기술의 발자취를 소개한다는 점이 좋습니다. 이번 호에서는 많이 알려진 삭센다, 위고비, 마운자로 같은 GLP-1 계열의 소개뿐 아니라 고대부터 19세기 이전의 생활 습관 개선, 19세기에서 20세기에 사용된 펜터민과 암페타민 등, 2010년 이후 부각되고 있는 당뇨병 치료제의 변환까지 상세하게 정리해주어 큰 도움이 되었습니다. 다만 한미약품에서 임상 중인 GLP-1/GIP/글루카곤 삼중 작용제에 대해서는 간략히 소개되었는데, 이를 좀 더 부각해주셨으면 하는 아쉬움이 있습니다.

독자 퀴즈의 정답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의 상품을 보내드립니다. 퀴즈 정답과 휴대폰 번호를 grintjssu@hankyung.com으로 보내주세요.

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

20명 증정

퀴즈 정답자
모바일 쿠키 교환권



○○은 기술이 대중의 신뢰를 얻고 실제 수요자에게 도달하기까지의 '간극'으로 인해 나타나는 현상이다. 제프리 무어는 <제프리 무어의 ○○ 마케팅>(1991)에서 이를 혁신 수용자와 전기 다수 수용자 사이의 기대·행동·신뢰의 단절로 정의하며, 기술사업화 과정의 최대 난관이자 '시장화의 목구멍'이라고 설명했다.



AI LIFE IDEA CHALLENGE

접수기간

2025.9.3.WED - 10.2.THU

relations2@keit.re.kr

제안서 1부 이메일 접수

주제 및 분야

우리 사회의 구성원들이 겪는 다양한 어려움과 갈등을 분석하고, 인공지능(AI)을 통해 해결가능한 문제 및 방안 제시

AI LIFE CHALLENGE

'AI 라이프 챌린지'는 AI 라이프 아이디어 챌린지(9월)와 AI 라이프 솔루션 챌린지(11월) 이원화하여 진행합니다.

참가대상

- 본 챌린지에 관심 있는 국내 거주자 누구나

심사방법

- 사전 심사 : 1.5배수 내외 선별 예정
- 최종 심사 : 내·외부 관계자로 구성된 최종 심사위원회로 최종 수상작 선정

* 심사항목은 공고문 참조

시상규모

- 대상 1명(팀) 100만원 상당
- 최우수상 2명(팀) 30만원 상당
- 우수상 5명(팀) 10만원 상당
- 장려상 10명(팀) 5만원 상당

유의사항

- 본 챌린지는 아이디어 제시까지만 해당하며, 제시한 아이디어는 AI 라이프 솔루션 챌린지에서 기술 구현을 진행할 예정임 (11월 공고)
- 상세내용은 홈페이지(www.keit.re.kr)의 참여·신고>국민제안함>아이디어공모전 참고

■ 문의 : nsm0327@keit.re.kr

Tech Focus

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



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

<테크 포커스> 웹진 보기 매월 10일 오픈





**보이는 것 부러
보이지 않는 것 까지**

**초격차 산업기술 R&D
초협력으로 이뤄집니다**



산업통상자원부



한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

