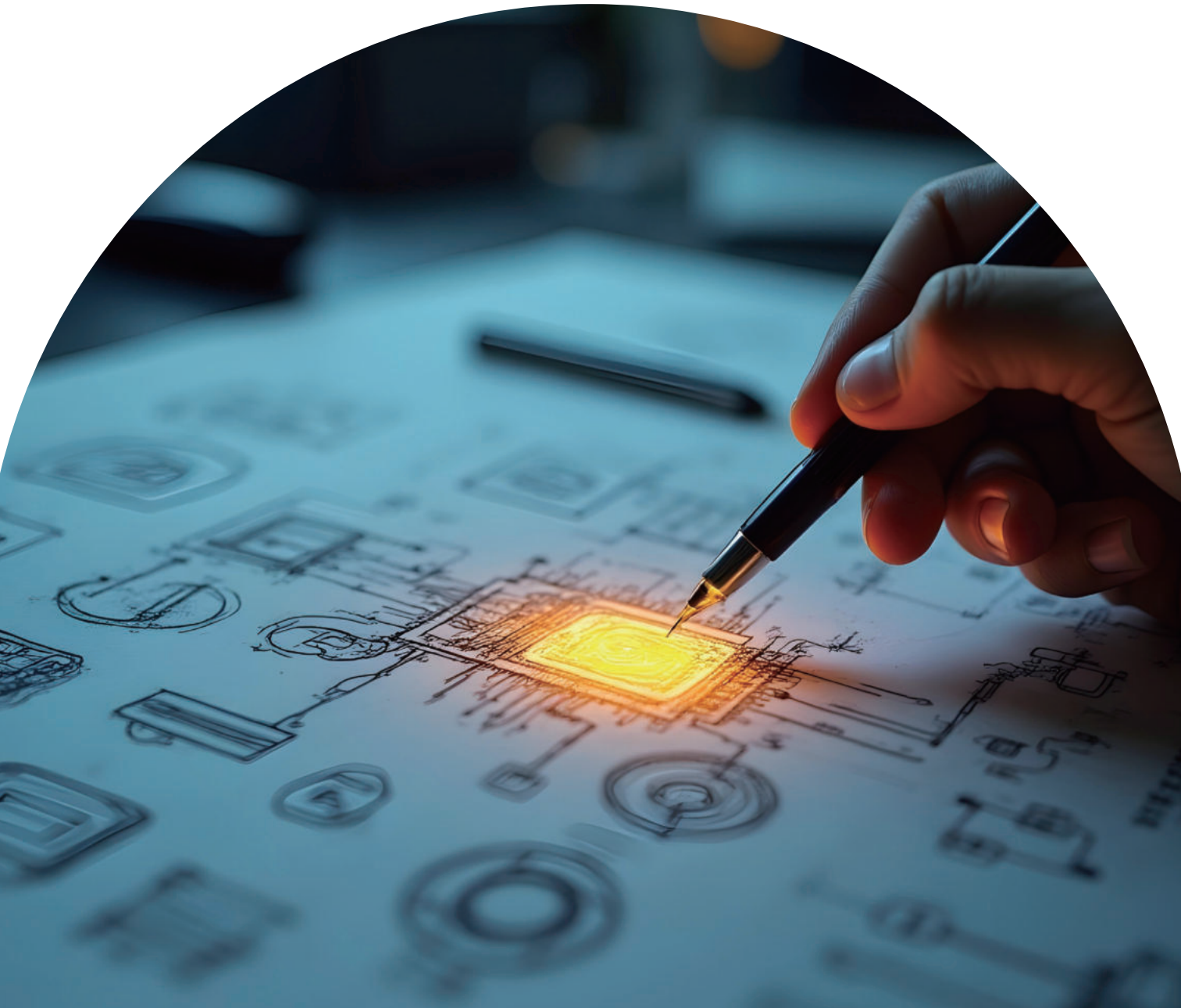


Tech Focus

Jul. 2025

Vol. 21



Focus Story > Story①

많은 특허가 아닌
강한 특허가 필요하다

Changing Tomorrow > Best Practice

철강 공정에서 발생하는 CO₂ 감축
친환경 기술, 탄소를 에너지로 바꾸다

Changing Tomorrow > R&D Project

OLED 국산화의 빈칸?
8.6세대 디스플레이는 다르다!

R&Dism > 슬기로운 기술 생활

기술 완성도의 지표,
TRL



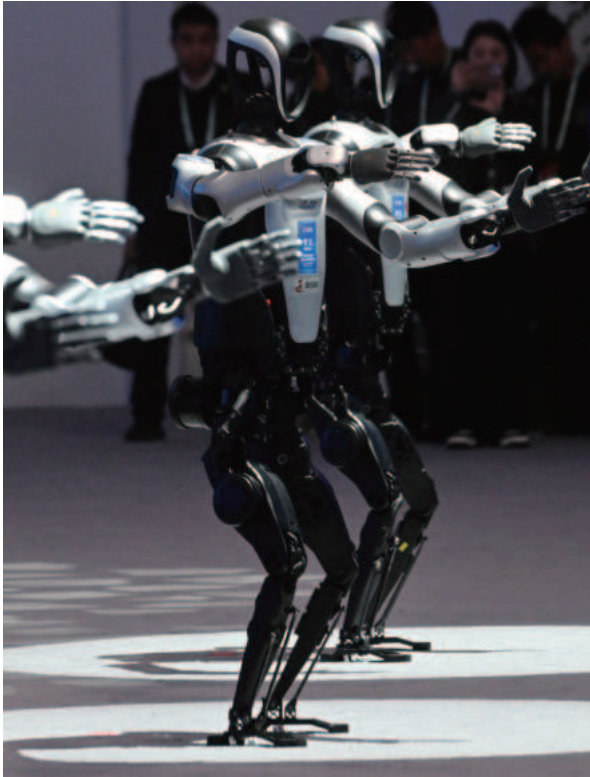
<테크 포커스>
웹진 보기
매월 10일 오픈

Tech Focus

Jul. 2025

<테크 포커스> 웹진에서 7월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr

Vol. 21



Focus Story

2

Infographic

IT's Hot, 기술사업화!

4

Story①

많은 특허가 아닌 강한 특허가 필요하다

8

Story②

상용화로 증명한 스타트업 국가의 저력

10

Story③

중국의 기술사업화 전략은 민관학 모델

16

Story④

딥테크 창업의 쓰레기통 모델

22

Keitoon

아이디어, 현실이 되다옹!

Changing Tomorrow

24

Best Practice

포스코

철강 공정에서 발생하는 CO₂ 감축 친환경 기술
탄소를 에너지로 바꾸다

28

R&D Project

(주)티로보틱스

OLED 국산화의 빈칸? 8.6세대 디스플레이는 다르다!

32

톡소리단이 보는 산업기술 R&D

기술과의 공존을 위한 5가지 질문



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2025년 7월 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 (주)영남프린텍(053-964-1700) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8332) 잡지등록 대구동, 라00026

본지에 게재된 모든 기사의 저작권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없는 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

개발 기술 완성도의 지표, TRL

54

공학자의 시선

최연식 연세대학교 신소재공학과 교수

신소재를 통해 꿈꾸는 의료의 미래

58

잡 인사이드

김상민 한국과학기술연구원 스마트팜융합연구센터장

무인 자동화부터 맞춤형 재배까지
스마트팜으로 농업의 미래를 설계하다

62

Review

목소리단 리뷰

63

Notice

독자 퀴즈

34

R&D Sense

#유리기판

37

R&D Policy

산업 지도를 바꿀 차세대 기술

One More Tech

40

Tech for Earth

탄소발자국 인증받은 AI TV

44

키워드 산책

과연 20년 뒤 우리는 뭘 먹고 살게 될까?



전 세계에서 손꼽히는 R&D 투자 대국, 대한민국. 그런데 실제 사업화되는 비율은 낮다고?

기술사업화의 개념과 글로벌 특허 현황, 우리의 현실을 살펴보고

대한민국 기술사업화 방향을 고민해본다.

IT's Hot,

기술사업화!

CHECK 1 기술사업화란?

연구개발된 기술이
제품이나 서비스로
만들어져 시장에
출시되어 판매되는 과정



CHECK 2 우리의 현실은?

1 대한민국 총 연구개발비(2023년 기준)

119조
740억 원

기업체

94조2968억 원 / **79.2%**

공공연구기관

13조8837억 원 / **11.7%**

대학

10조8935억 원 / **9.1%**

대한민국 GDP 대비
연구개발비 세계 2위

5.22%

1위 이스라엘  2023년 기준

5.73%

2위 한국 

5.22%

3위 미국 

3.64%

4위 벨기에 

3.49%

5위 스웨덴 

3.42%

자료 : 리포팅커 리서치 | ReportLinker Research
<Global R&D Expenditure by Country>

2 국내 공공연구기관 기술이전(2023년 기준)



*기업체 R&D는 목적 자체가 사업화이므로 별도 사업화율 측정에서 제외.
기술사업화율은 대학·공공연구기관 등 세금을 투입한 R&D에 한해 평가.

자료 : 한국산업기술진흥원, <2024 공공연구기관 기술이전·사업화 실태조사 보고서>
조사 대상 : 공공연구기관 275개(공공연구소 142개, 대학 133개)

3 정부 R&D 사업화 성과



2018~2022년
5년간 연평균 증가율 5.2%

자료 : 과학기술사업화진흥원, <2024년 국내외 R&D 기술사업화 통계브리프>

CHECK 3 글로벌 특허 동향

특허는 기술경쟁력을 결정짓는, 기술사업화의 핵심 기준

자국 내 현황(2021년 기준)

1위 중국	출원 161만9268건	등록 79만8347건
2위 미국	출원 59만4340건	등록 32만3410건
3위 일본	출원 28만9530건	등록 20만1420건
4위 한국	출원 23만7633건	등록 13만5180건
5위 독일	출원 5만7213건	등록 2만3592건

국제 특허출원 현황(2020년 기준, OECD에서 동일한 발명을 보호하는 삼국특허^① 기준)

1위 일본	1만7053건
2위 미국	1만3294건
3위 중국	6039건
4위 독일	4454건
5위 한국	3379건

① 삼국특허^① Triateral Patent :
미국, 유럽, 일본, 한국 등 세계
주요 특허청 중 3곳 이상에서
등록한, 기술경쟁력이 높은
핵심 특허.

자료 : 과학기술사업화진흥원,
<2024년 국내외 R&D 기술사업화
통계브리프>

CHECK 4 사업화 대신 '기술무역'?

특허 기술 자체를 다른
기업 및 국가에 파는
것으로, 내수시장에서
해당 기술을 사업화하기
어려울 때 대안이 된다.

기술사업화

내가 만든 기술로 직접 제품화 및 창업

VS

기술무역

내 기술을 다른 기업이나 해외에 판매하거나 빌려줌



GOOD POINT

자본 및 인프라 부담 낮음, 글로벌 진출 용이, 빠른 수익화



BAD POINT

핵심 기술 유출 우려, 국내 생산·고용 효과 없음, 통계상 기술사업화로 분류 안 됨



우리나라 기술무역 규모 (단위 : 백만 US달러)

	2018년	2019년	2020년	2021년
기술수출	12,430	13,756	12,780	14,921
기술수입	16,292	17,876	17,098	18,692
무역규모	28,722	31,632	29,878	33,613

자료 : 과학기술사업화진흥원, <2024년 국내외 R&D 기술사업화 통계브리프>

▶ 국내 산업의 지속적인 성장과
기술 내재화를 위해서는 R&D 기술을
제품·서비스로 만드는 기술사업화가 더 긍정적!

많은 특허가 아닌 강한 특허가 필요하다

한국 대학은 특허를 많이 낸다. 미국보다 더 많이, 더 빠르게. 그러나 기술료 수입은 왜 미국의 몇 분의 일에 불과할까? 한국과 미국 대학의 기술이전 데이터를 비교해보면, 특허 개수 중심의 평가지표가 불러온 구조적 한계가 드러난다. ‘많은 특허’가 반드시 ‘강한 특허’를 의미하진 않는다. 우리는 지금 특허의 ‘질’을 고민할 시점에 와 있다.

글 김석관 과학기술정책연구원 선임연구위원

2015년 4월 22일 한국생명공학연구원에서 개최되었던 재미 과학자 피터 강^{Peter Kang} 교수의 작은 세미나에 참석한 적이 있다. 그는 미국 보스턴의 베스 이스라엘 디코니스 메디컬센터^{Beth Israel Deaconess Medical Center} 심장내과에 근무하는 MD이자 하버드대학교 의과대학 교수로서, 한국의 ‘세계 수준의 연구중심대학^{WCU} 육성사업(2008~2012)’에 참가한 경험이 있다. 그는 이 사업을 통해 몇 년간 수개월씩 한국에 체류하면서 한국 학자들과 협동 연구를 진행했다. 세미나 후 이어진 점심 식사에서 강 교수는 당시의 협동 연구 경험을 토대로 한국 대학에서 받은 인상 몇 가지를 여담처럼 이야기했는데, 그중에 다음과 같은 내용이 있었다.

“한국 대학은 특허는 많지만 강한 특허는 별로 없어요. 미국은 교수 업적 평가에 특허가 고려되지 않기 때문에 교수들이 특허를 내려고 노력하지 않고, 정말 상업화 가치가 있는 발명만 특허로 출원합니다. 그렇지 않은 기술은 TLO^{Technology Licensing Office}에서 특허를 내주지도 않습니다. 이에 비해 한국에서는 특허를 평가 기준으로 삼는 탓인지 특허를 많이 내는 것에만 관심이 있는 것 같아요. 그래서 특허는 많은데 강하고 좋은 특허는 많이 보지 못했습니다. 한국 연구자들과 공동 연구를 할 때 강한 특허가 구성되기 전에 설익은 기술로

자꾸 특허를 내려고 해서 이를 말리곤 했던 기억이 있네요.”

정보다 양으로 승부하는 한국

실제로 양국 대학의 특허 및 기술이전 실적에 관한 통계를 비교해보면 강 교수의 평가와 같은 내용을 확인할 수 있다. 미국 대학의 TLO 연합조직인 AUTM 자료와 한국연구재단의 <2024 대학 산학협력활동 조사보고서>의 데이터를 비교해보면^① 전체 대학 연구비 총액은 미국이 한국의 10배지만, 특허 등록 건수는 한국이 미국보다 조금 더 많다(1.4배). 그래서 특허 등록 건수를 연구비 규모로 나누면 한국 대학은 미국 대학보다 14배 많은 특허를 산출하고 있다. 미국은 한 건의 미국 특허를 등록하기 위해 122억 원의 연구비가 소요되지만, 한국은 8억4000만 원이면 하나의 특허가 나온다. 기술이전 건수도 비슷한 결과를 보여준다.

① AUTM이 데이터베이스를 유료화함에 따라 웹상에서 무료로 구할 수 있는 최신 데이터는 2018년 데이터였다. 이런 경우 한국 데이터도 2018년 데이터로 비교하는 것을 생각할 수 있지만, 한국은 대체로 변화가 가파르고 미국은 변화가 완만해서 한국의 최신 데이터와 미국의 5년 전 데이터를 비교해도 큰 무리는 없다고 판단했다.

한국과 미국 대학의 특허 및 기술이전 실적 비교

항목	미국 대학(2018)	한국 대학(2023)	비교(괄호 안이 더 큰 국가)
총 연구비	717억 달러(93조2100억 원)	9조1507억 원	(미) 10.2배
특허 등록 건수	7625건(미국 특허)	1만903건(한국 특허)	(한) 1.4배
기술이전 건수(라이선스/옵션)	9350건	5966건	(미) 1.6배
스타트업 창업 수	1080개사	475개사	(미) 2.3배
기술료 수입	29억4000만 달러(3조8220억 원)	1078억 원	(미) 35.5배
총 연구비/특허 등록 건수	940만3279달러/건(122억 원/건)	8억3928만 원	(미) 14.6배
기술이전율(기술이전 건수/특허 등록 건수)	123%	55%	
건당 기술료(기술료/기술이전 건수)	31만4439달러/건(4억877만 원/건)	1806만 원/건	(미) 22.6배
기술료/특허 등록 건수	38만5574달러/건(5억124만 원/건)	988만 원/건	(미) 50.7배
기술료/총 연구비	4.10%	1.18%	(미) 3.5배
총 연구비 1000억 원당 특허 등록 건수	8.2	119.1	(한) 14.6배
총 연구비 1000억 원당 기술이전 건수	10.0	65.2	(한) 6.5배
총 연구비 1000억 원당 창업 수	1.16	5.19	(한) 4.5배

주 : 환율 1달러당 1300원으로 계산
자료 : Nag et al.(2020), “The Evolution of University Technology Transfer: By the Numbers”, <https://ipwatchdog.com/2020/04/07/evolution-university-technology-transfer/id=120451/>; 한국연구재단(2024), <2024 대학 산학협력활동 조사보고서>



29억4000만 달러로 총 연구비의 4.1%를 벌어들인 반면, 한국은 1078억 원으로 총 연구비의 1.2%에 불과했다. 연구비 규모를 고려해도 기술료 수입액은 미국이 한국보다 3.5배 많다. 요약하면 연구비 규모를 고려할 때 한국 대학은 미국 대학보다 14배 많은 특허를 산출하고 6.5배 많이 기술이전을 하고 있지만, 기술료 수입은 거꾸로 미국이 3.5배 많다.

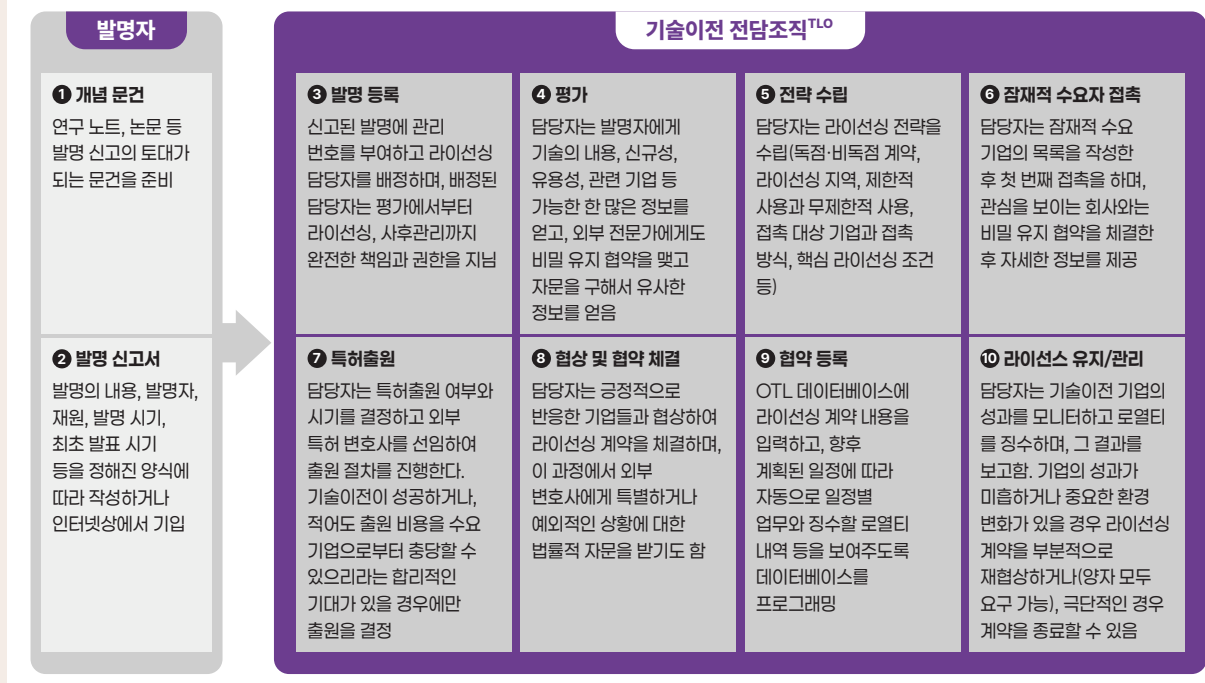
사업화 산업 생태계의 한계

이런 차이의 원인은 여러 측면에서 분석할 수 있는데, 크게 대학에서 특허가 산출되는 구조와 그것을 이전받아 사업화하는 산업 생태계의 한계로 나누어 생각해볼 수 있다. 그중 대학 측 요인만 정리하면 다음과 같다.

절대 수치는 미국 대학이 9350건으로 한국 대학의 5966건에 비해 1.6배 많지만, 연구비로 나누면 한국이 미국보다 6.5배 많다. 연구비 대비 교원 창업 건수도 마찬가지로 하면 한국이 미국보다 4.5배 많다. 그러나 기술료 수입을 보면 미국은

첫째, 미국 대학은 교수 업적 평가에서 특허출원이나 기술이전 실적이 고려되지 않는다. 따라서 교수에게는 업적 평가를 위해 특허출원을 많이 하려는 유인이 없다. 이에 비해 한국은 특허가 교수 업적 평가에 반영되고 정부 연구개발 사업의

아이디어에서 시장까지 : 스탠퍼드대학의 IP 생성 및 관리 과정



자료 : Page, N. (2007). "The making of a licensing legend: Stanford University's office of technology licensing", Intellectual property management in health and agricultural innovation: a handbook of best practices, Ch.17.13

미국 대학의 경우 교수가 발명 신고를 하면 해당 산업 분야의
경력자들이 많은 TLO에서 엄격한 질적 평가를 통해 상업적 가치가
있는 경우에만 특허를 출원한다.



중요한 성과지표다. 과제 수주를 위해 제안서 경쟁을 할 때도
과거의 특허 실적이 중요한 평가 요소가 된다. 이로 인해 대학
교수들의 특허출원 유인이 매우 강하다.

둘째, 미국 대학에서 교수가 발명 신고를 하면 특허출원 여부는
TLO에서 결정한다. TLO에는 특허출원을 거절할 권한이
있으며, 실제로 이 권한을 작동한다. TLO는 발명 신고를
접수한 후, 해당 기술의 잠재적 수요자^{licensor}를 물색하거나
발명에 대한 엄격한 질적 평가를 통해 상업적 가치가 있다고
판단될 경우에만 특허출원을 한다. 그리고 TLO의 기술이전
담당자들은 해당 산업 분야의 경력자들이 많아서 기술과
기술이전 과정에 대한 이해가 깊다. 이에 비해 한국 대학에서
교수가 발명 신고를 하면 산학협력단에서 특허출원 여부를
심사하기는 하지만, 특허가 각종 평가지표이기 때문에 웬만한
발명은 모두 특허출원이 된다. 사실상 교수의 의사에 따라
특허출원이 이루어지는 것이다.

대학의 특허를 사업화하는 대학 외부 산업 생태계의 취약성도

한국 대학의 기술이전 실적이 미흡한 주요 요인이겠지만,
그보다는 강한 특허를 산출하지 못하는 대학 측 요인이 더
중요하고 명백해 보인다. 이러한 현실의 이면에는 특허를,
특히 특허 개수를 성과지표로 활용하는 대학과 정부 연구개발
사업의 제도가 있다. 성과지표는 연구자들의 행태에 영향을
미치는 가장 중요한 변수다. 대학의 특허를 내실화하고
더 강한 특허를 산출하기 위해서는, 정부 연구개발 사업의
평가지표를 구성할 때 특허 중심의 평가에서 벗어나 보다
다양한 성과지표를 함께 고려할 필요가 있다. 이제 선진국이
되었다고 하니 이 문제를 본격적으로 논의해보면 좋겠다.



김석관 과학기술정책연구원 선임연구위원

물리학(학사), 과학철학(석사), 과학기술정책학(박사)을 공부했고,
과학기술정책연구원에서 26년째 기술혁신 정책을 연구하고 있다. 주로 바이오
산업을 중심으로 섹터 기반의 혁신 연구를 해오다 점차 오픈 이노베이션, 스타트업
생태계, 벤처캐피탈 등 전체 섹터를 관통하는 주제별 연구로 옮겨왔다. 최근에는
거시적인 이슈나 이론적 문제들에 관심을 두고 연구하고 있다.

상용화로 증명한 스타트업 국가의 저력

이스라엘은 결코 유리한 출발선에서 시작한 나라가 아니다. 그러나 방화벽을 혁신한 ‘체크포인트’를 비롯해 수많은 기술 기반 스타트업의 성공은 이 나라가 어떻게 ‘위험을 기회로’ 바꾸었는지 보여준다.

글 이동훈 과학 칼럼니스트

이스라엘은 이슬람을 믿는 주변 중동 아랍 국가들 사이에 섬처럼 둘러싸인 유일한 유대인 나라다. 적대적인 주변국에 맞서 독립을 유지해야 했기에 이스라엘은 국방 기술이 매우 중요하다. 다양한 국방 기술 중에서도 최근 주목받고 있는 것은 방화벽으로 대표되는 사이버 보안 기술이다. 방화벽은 네트워크를 보호하기 위한 보안 시스템으로, 외부로부터 들어오는 악성 트래픽을 차단하고 중요한 정보가 네트워크를 벗어나지 못하도록 막는 역할을 한다. 이스라엘의 체크포인트^{Check Point Software Technologies}는 세계적인 방화벽 기술을 가진 기업이다.

방화벽의 판도를 바꿔놓은 기업

1993년 이스라엘에서 설립된 사이버 보안 기업 체크포인트는 단 1년 만에 ‘파이어월-1’^{FireWall-1}을 출시하며 세계 네트워크 보안 시장의 주목을 받았다. 이 제품은 단순한 기술혁신을 넘어 사이버 보안 상용화의 새로운 길을 열었다는 평가를 받는다. 체크포인트는 뛰어난 기술력에 시장 중심의 전략과 실행력을 결합해, 스타트업이 어떻게 글로벌 리더로 도약할 수 있는지를 보여준 대표적 사례다. 체크포인트의 핵심 기술은 공동 창립자인 길 슈웨드^{Gil Shwed}가 개발한 ‘상태 저장 검사’^{Stateful Inspection}였다. 이전까지의 방화벽은 각 데이터 패킷을 개별적으로 검사하는 방식으로, 연결의 흐름을 인식하지 못해 정교한 공격에 취약했다. 반면 슈웨드는 네트워크의 맥락과 흐름을 추적하는 테이블 기반의 접근을 도입해 한 차원 높은 보안성을 확보했다. 이는 당시 보안 위협의 진화 속도에 맞춘 적절한 기술적 응답이자, 시장이 필요로 하던 ‘실질적 해결책’이었다.

성공포인트① 빠른 상용화와 사용자 중심 설계

체크포인트는 단순히 기술을 개발하는 데 그치지 않았다. 세 공동 창업자는 비용이 많이 드는 자체 하드웨어 개발 대신 소프트웨어에 집중하는 전략적 결정을 내렸다. 그 결과 탄생한 파이어월-1은 뛰어난 보안 기능은 물론, 직관적인 그래픽 사용자 인터페이스^{GUI}를 탑재해 사용성과 편의성까지 갖춘 제품으로 완성됐다. 1994년 라스베이거스에서 열린 넷월드 인터롭^{NetWorld+Interop} 박람회에서 체크포인트는 이 제품을 최초로 선보였고, ‘Best of Show’ 수상을 통해 업계의 이목을 집중시켰다. 빠르게 MVP^{Minimum Viable Product}를 구현하고



체크포인트
파이어월-1의 상용화는
강력한 기술혁신을
스타트업의 비전에서
전 세계적 제품으로
전환한 획기적인 사례로
평가받는다.

현장에서 실질적인 반응을 끌어낸 이들의 행보는 스타트업 특유의 민첩성과 실행력을 잘 보여준다.

성공포인트② 유통 파트너 전략

초기 주목도를 확보한 체크포인트는 이후 빠르게 글로벌 시장 진출을 준비했다. 그 핵심에는 강력한 유통 파트너십 전략이 있었다. 1994년 당시 서버 시장의 강자였던 선마이크로시스템스와 OEM 계약을 체결했고, 1995년에는 휴렛패커드^{HP}와 유통 계약을 맺었다. 스타트업이 자체적으로 글로벌 유통망을 구축하기보다, 기존 대기업의 탄탄한 유통 채널을 활용하는 전략은 체크포인트의 시장 확장을 가속화시켰다. 결과적으로 제품 출시 2년 만인 1996년에는 방화벽 시장점유율 40%를 기록하고 나스닥 상장^{IPO}에도 성공했다.

성공포인트③ 사람, 조직, 생태계

이 회사를 창립한 세 사람 모두 이스라엘군의 엘리트 정보기술 부대인 '8200부대' 출신으로, 고도화된 사이버 보안기술과 실전 경험, 그리고 강력한 네트워크를 보유하고 있었다. 또한 이스라엘 정부의 적극적인 기술 창업 지원도 중요한 배경이다. 정부 기구인 혁신청은 R&D 펀딩과 인큐베이터 프로그램을 통해 기술개발 초기 단계의 위험을 분산하고, 산학연계를 촉진해 창업으로 이어질 수 있도록 적극 지원했다. 특히 히브리대학교의 '이숨',

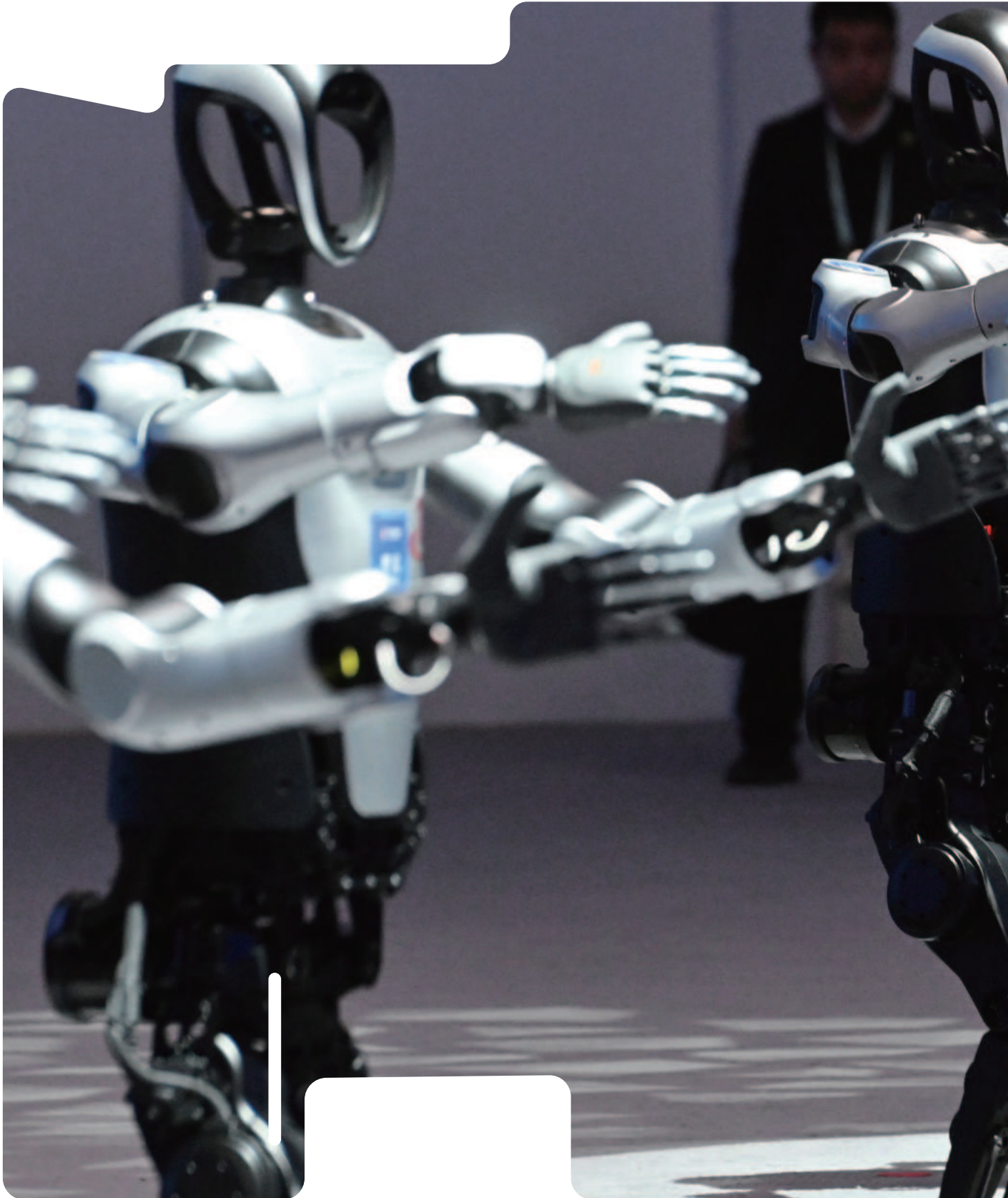
와이즈만연구소의 '예다'와 같은 대학 내 기술이전회사^{TT0}는 상용화 생태계에서 중요한 역할을 한다. 여기에 풍부한 벤처캐피털^{VC}과 창업 초기부터 글로벌을 지향하는 '본 글로벌 전략', 실패를 두려워하지 않는 이스라엘 특유의 '후츠파'^{Chutzpah} 문화까지 맞물리며, 기술사업화를 위한 최적의 조건이 형성됐다.

체크포인트는 기술과 시장의 필요를 정확히 연결하고, 전략적 실행을 통해 그 가치를 현실화했다. 기술 중심 스타트업이 빠르게 MVP를 개발하고, 명확한 수요에 맞춘 제품을 적시에 출시하며, 기존 기업과의 협력을 통해 시장에 빠르게 침투하는 일련의 과정은 기술 상용화의 핵심이다. 이스라엘과 유사한 안보·경제적 조건에 놓인 우리에게도 체크포인트의 전략은 많은 시사점을 던진다. 지금 우리에게 필요한 것은 단지 기술이 아니라, 그 기술을 시장에 연결하고 확산시킬 수 있는 전략과 실행력이다.



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.





중국은 불과 10여 년 전만 해도 외국 기업의 기술을 도입하는데 집중하던 ‘기술 수입국’이었다. 하지만 지금은 AI부터 드론, 이커머스에 이르기까지 자국 기술과 기업으로 세계 시장을 이끄는 기술 강국으로 거듭났다. 그 중심에는 기업, 정부, 대학이 유기적으로 협력하는 ‘민관학(民官學)’ 모델이 있다. 중국의 기술사업화는 어떻게 가능했고, 우리는 그 전략에서 무엇을 배울 수 있을까?

글 정유신 서강대학교 기술경영대학원 원장

중국의 기술사업화 전략은 민관학^{民官學} 모델



중국은 2010년 이후 기술 성장과 함께 독자적인 사업 모델이 탄생하기 시작했다.
사진은 중국 베이징에 있는 인터넷 서비스 업체 텐센트 사옥의 모습.

중국은 2010년대 중반만 해도 해외 기술을 배우고 도입하기 위해 시장의 일부를 주고 기술을 얻는 정책^{以市场换技术}을 활용했다. 특히 외국 기업과의 합작사^{JV} 설립으로 외국 기업은 시장에서 이익을 얻는 대신, 중국은 합작사에서 근무하는 중국인들을 통해 빠르게 기술을 습득하는 방식이었다.

하지만 2010년대 후반 들어 중국 기술도 급성장해서 중국의 독자적인 사업 모델이 탄생하기 시작했다. 소위 민관학^{民官学} 모델이 그것. 민관학 모델이란 민간(기업), 관(정부), 학계(대학·연구 기관)가 협력해 혁신과 기술개발, 산업 발전을 촉진하는 협력 방식의 모델을 말한다. 기술사업화의 성공 확률을 높이기 위해 혁신 클러스터와 첨단 산업단지 등 집적지를 활용하고, 또 각 주체가 자원을

공유하고 역할을 분담해서 기술혁신과 산업 경쟁력을 강화하는 특징을 갖는다.



중국 기술사업화의 3대 집적지

기술사업화의 집적지로는 어떤 곳들이 있다. 전문가들은 베이징의 중관촌, 선전, 항저우를 3대 집적지라고 한다. 우선 중관촌은 연구 중심의 혁신 허브다. ‘3과학성 1첨단구역’ 전략을 통해 기초과학부터 상용화까지 전 과정을 아우르며, 2035년까지 ICT와 바이오 등 6대 분야의 거점을 구축한다. 베이징 경제개발구는 집적회로, 바이오 기술, 차세대 ICT와 스마트 제조에, 먼터우거우구는 인공지능 혁신에 집중할 계획이다. 선전은 하드웨어의 메카로 불릴 만큼 제조혁신의 생태계 구축에 성공했다. 드론, 반도체, 자동차산업이 대표적이다. 반면 항저우는 선전과는 차별적으로 디지털과 소프트웨어의 메카를 지향한다. AI와 로봇 중심의 2세대 기술을 주도하는 거점으로 자리매김하고 있다는 의견이다.

3대 집적지와 핵심 기술 분야



■ 중관촌

- 연구 중심의 혁신 허브
- 2035년까지 ICT, 바이오 등 6대 분야의 거점 구축 예정

■ 선전

- 하드웨어의 메카
- 드론, 반도체, 자동차산업의 중심지

■ 항저우

- 디지털 소프트웨어의 메카
- AI와 로봇 중심의 2세대 기술 주도



대규모 투자와 비용 혁신의 결합, 중국의 AI

이제 민관학 모델의 성공적인 산업과 기업의 예를 살펴보자. 누가 뭐래도 대표 사례는 AI다. 중국의 AI 모델은 대규모 투자와 비용 혁신의 결합으로 요약된다. 민간 부문에선 중국의 양대 빅테크인 알리바바와 텐센트가 앞장서고 있다. 알리바바는 2024~2027년간 530억 달러를 AI와 클라우드 인프라에 투자하겠다고 발표했는데, 이는 과거 모든 AI 투자를 합친 것보다 많은 규모다. 텐센트 또한 2024년 AI 이니셔티브에 107억 달러를 투자하며 AI 클라우드 매출이 전년 대비 두 배 증가했다.

정부의 지원도 체계적이다. 신기술 기업^{HNTF}에 대한 법인세 감면(25%에서 15%로 인하), 500만 위안 이하의 기술이전 수입 면세 등 지원을 강화하고 있다. 또한 연간 160억 달러 규모의 가이던스 펀드를 통해 공공과 민간 자본을 결합하고, 2024년 4월까지 117개의 생성형 AI 모델을 승인했다. 이는 성장을 지지하는 ‘선 허용 후 보안’ 규제 완화 정책의 결과다. 특히 AI의 핵심인 데이터 정책은 전 산업의 데이터를 끌어모아 활용할 수 있도록 해서 관심 대상이다. 예컨대 저장성^{浙江省}의 경우 AI 산업의 ‘데이터 훈련장’으로 표현하고 있다. 각종 공장에 설치된 센서와 IoT 장비를 통해 온도·습도·진동·압력 등 수십억 건의 데이터를 수집하고, 이는 알리바바 등 클라우드 인프라를 통해 실시간 전송되어 딥러닝 기반의 모델 훈련에 활용된다. 이러한 지원 정책의 배경에는 AI를 소프트웨어 개발뿐 아니라 제조 하드웨어까지 확대, 고도화하겠다는 전략이 깔려 있다.

대학 및 연구 기관으로는 칭화대, 푸단대, 우한대와 즈위안^{智源}연구원, 중커위엔^{中科院} 자동화연구소 등이 대표적이다. 이를 바탕으로 중국의 AI 논문 수는 2024년 기준 22만 건으로 미국(8만8000건)의 2.5배다. AI 연구자 수도 중국이 41만 명으로 미국 12만 명의 3배 이상이다. AI 특허도 전 세계 AI 특허의 70%로 압도적 1위다.

특히 AI 중에서도 최첨단인 생성형 AI의 민관학 모델은 세 가지로 구분된다. 첫째, 에코 시스템(생태계) 구축형이다. 자사 서비스와의 융합 관점에서 자사가 우위에 있는 분야에 우선적으로 에코 시스템을 형성하고 타 업계와 시너지를 낼 수 있는 범용 AI 플랫폼을 구축해나가는 것이 일반적인 형태다. 검색엔진 대형사인 바이두가 다른 산업 및 기업과 에코 시스템을 공동개발한다든지, 알리바바가 전자상거래 플랫폼에 참여하는 기업들과 에코 시스템을 공동 설립하는 방안 등이 대표적 사례다.



지난 3월 중국 베이징 중관촌 국제혁신센터에서 열린 중관촌 포럼에서 선보인 휴머노이드 로봇의 모습.

둘째는 인프라 건설형으로, 베이징 즈위안인공지능연구원이 대표 사례다. 개발한 생성 AI 모델인 우다오(悟道)를 오픈소스화해 중소기업 개발을 지원할 방침이다. 미국의 對중국 고성능 칩 수출규제가 나오고 있어, 중국의 독자적 개발과 중국산 칩의 채용 비율을 높이기 위한 것이 주된 목적이라고 한다.

셋째, 특정 업계를 위한 AI 모델로 업계 특화형이며, 대형 플랫폼 AI 모델과의 차별화가 특징이다. 음성인식 AI의 첨단기업인 iFLYTEK, 중국 최초의 의료 AI 모델을 발표한 청두이원커지(成都醫雲科技)가 대표적이다.

이러한 환경과 인프라가 마련돼 있기 때문에 챗GPT와 어깨를 견줄 수 있는 딥시크(DeepSeek)의 R1 모델이나 후데샤오잉의 ‘마누스(Manus)’가 나올 수 있었다는 게 전문가들의 평가다. 딥시크와 후데샤오잉은 둘 다 창업한 지 3~5년밖에 되지 않은 벤처기업이다. 딥시크는 성능은 챗GPT 수준인데 비용은 60억 달러로

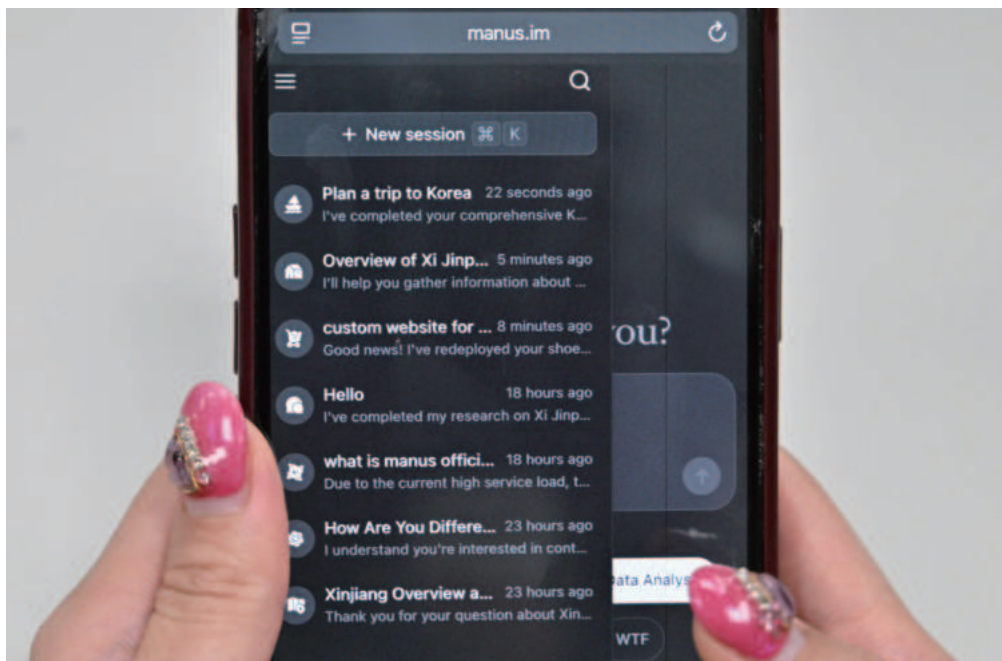
챗GPT의 15분의 1이고, 마누스는 세계 최초의 100% 자율적인 AI 에이전트여서 전 세계를 깜짝 놀라게 했다. 딥시크의 경우 창업 3~4년 만에 기업가치가 300억 달러(약 43조 원)라고 한다.

민관학 성공 모델, 이커머스 플랫폼과 드론

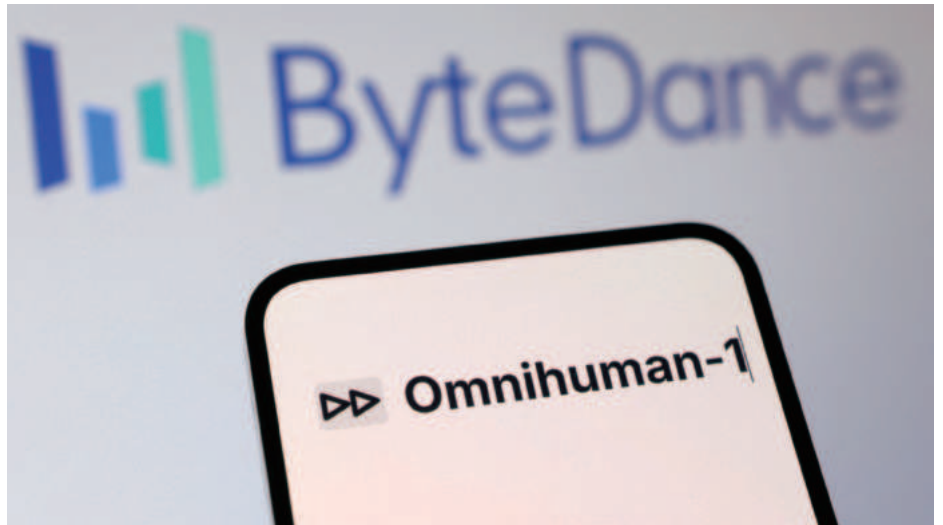
AI 외에 이커머스 플랫폼과 드론의 사례도 기술사업화의 성공 모델이라고 할 수 있다. 우선 중국의 대표적 데카콘 기업(기업가치 100억 달러 이상)인 바이트댄스를 살펴보자. 바이트댄스는 글로벌 소셜미디어 시장을 장악한 이커머스 분야의 대표 주자 틱톡의 모회사기도 하다. 베이징 중관촌에서 시작된 바이트댄스는 딥시크와 함께 중국의 대표적인 민관학 성공 모델이라는 게 업계 의견이다. 창립자 장이밍이 베이징대 인근에서 창업한 후 칭화대 및 베이징대와와의 산학협력을 통해 AI 알고리즘 핵심 인재를 확보했고, 베이징시로부터 ‘중관촌 하이테크 기업’으로 지정되어 법인세 혜택(15%)을 받았다.

DJI(다장)는 기술사업화 모델의 성공 사례다. 홍콩과기대 기숙사에서 창업해 선전에서 본격 성장한 DJI는 중국의 지역별 특화 전략이 만든 성공 스토리다. 창립자 왕타오는 선전대학교 및 하얼빈공업대

중국의 최첨단 AI 민관학 협력 속에서 챗GPT와 어깨를 견줄 만한 모델들이 나올 수 있었다. 사진은 후데샤오잉의 마누스.



베이징 중관촌에서 시작된 바이트댄스는 틱톡과 함께 중국의 대표적인 민간학 성공 모델이다.



선전캠퍼스와의 산학협력으로 핵심 인재를 확보했고, 선전시 정부로부터 ‘전략적 신흥산업 기업’으로 지정돼 R&D 비용 200% 세액공제 혜택을 받았다. 특히 선전의 화창베이 전자상가 생태계를 활용한 빠른 부품 조달과 시제품 제작 능력이 단숨에 글로벌 기업으로 발돋움하는 핵심 경쟁력이 되었다는 평가다. 전 세계 민간 드론 시장점유율이 무려 70%로 압도적이다.

이러한 중국의 기술사업화 모델에서 우리가 배워야 할 점이 있다면 어떤 것일까. 첫째, 중국의 민간학 모델 같은 통합적 혁신 모델의 구축이 필요하다. 중국의 접근법을 벤치마킹해 민간-정부-학계를 연결하고, 산업 간 융합의 장애요인이 되고 있는 부처 간 칸막이 폐지 등 혁신 조정 기구 설립을 고려할 필요가 있다. 새 정부 출범을 계기로 지속 가능한 ‘혁신청’ 신설 등도 고려할 만하다.

둘째, 기술이전의 실질적 확산을 위해서는 성과 중심 지원체계로의 전환이 필요하다. 단순한 생존 지원에서 벗어나 생산성과 성과에 연동된 동기부여 시스템을 구축해야

하며, 기술이전 성공률을 끌어올릴 수 있는 구체적인 목표와 실행 전략이 함께 마련돼야 한다.

셋째, 본격화되는 기술혁명과 환경 변화를 수용하기 위해 규제 프레임워크의 전환이 시급하다. 현재의 사실상 ‘포지티브 규제’ 시스템을 ‘선 허용 후 보완’의 실질적 네거티브 체제로 전환해야 한다.

넷째, 지역별 특화 전략 수립도 중요하다. 수도권 집중을 완화하고 지역별 혁신 클러스터를 육성해야 한다. 여기에는 중국의 3대 권역(징진지, 장강삼각주, 광둥-홍콩-마카오 대만구) 모델을 참고할 수 있다.

다섯째, 국제 협력 네트워크 강화가 필요하다. 중국과 달리 한국은 민주주의 기술 동맹을 활용해 미국·일본 등과 반도체 및 AI 협력을 심화하고, 글로벌 기술 표준 설정을 주도해야 한다. 특히 중국의 미래산업 발전 상황과 표준 제정을 면밀히 모니터링하면서, 첨단산업 국가표준화 전략 수립에서 우리가 선점할 수 있는 기술을 선별해 집중 지원할 필요가 있다.



정유신 서강대학교 기술경영대학원 원장

전 금융위 산하 핀테크지원센터 이사장, 전 중기부 산하 한국벤처투자 대표이사, 전 중국자본시장연구회 회장, 전 SC증권 대표이사, 전 신한금융투자 부사장을 역임했다. 현재 서강대 경영학과 교수로 재직 중이며 디지털경제금융연구원장직을 맡고 있다.



딥테크 창업의
쓰레기통
모델

왜 한국에는 테슬라나 구글 같은 기업이 없는 걸까? 기술은 있지만, 그 기술을 ‘과감한 사업 모델’로 연결할 환경이 부족하다. 지금 한국에는 쓰레기통처럼 아이디어와 사람이 섞이는 창업 생태계가 필요하다.

글 정태현 한양대학교 기술경영전문대학원

SCENE 1.

한국의 7대장, 미국의 7대장

2025년 6월 현재 한국 주식시장의 시총 상위 7개 기업^①의 평균 설립 연도는 대략 1980년으로, 사람으로 치면 45세다. 젊다면 젊은 나이지만 이들 대부분이 삼성, LG, 현대 등 대기업 집단으로부터 파생되어 설립된 것을 고려해 모기업의 설립 연도로 따지면 해방둥이인 1945년생 80세다. 이들의 시가총액은 2015년 318조 원에서 2025년 6월 824조 원으로 2.6배, 연평균 10% 성장했다.

한편 미국 주식시장의 7대장(즉 매그니피센트 세븐)^②은 모두 나스닥에 상장된 기술 기업으로 평균 설립 연도는 1992년, 33세다. 가장 오래된 기업이 1975년과 1976년에 설립된 애플과 마이크로소프트이고, 엔비디아와 아마존, 구글이 모두 1990년대에, 테슬라와 메타가 2000년대 초반에 설립되었다. 이들의 시가총액은 최근 기술주와 테슬라 주가의 약세에도 불구하고 약 15조 달러(대략 21경 원)다. 2015년 약 3000조 원에 비하면

① 말석의 한두 기업이 종종 자리 바꿈을 하긴 하지만 삼성전자, SK하이닉스, 삼성바이오로직스, LG에너지솔루션, 한화에너지스페이스, 현대자동차, KB금융이다.

② 애플, 마이크로소프트, 엔비디아, 아마존, 구글, 메타, 테슬라.



한국과 미국 주식시장의 7대장은 설립 연도와 성장률에서 큰 차이를 보인다.

10년간 7배, 연평균 21% 성장이다.

미국의 7대장은 개인용 컴퓨터, 그래픽 처리칩, 온라인 서점, 과감하지 않는 인터넷 서비스, 직판하고 소프트웨어로 업데이트하는 전기차 등 모두 정보통신 산업과 플랫폼, AI 혁명을 이끌고 있는 기업이다. 이들은 모두 세상에 없던 제품이나 서비스를 시대에 맞게(또는 앞서서) 개발하는 데 성공한 기업일 뿐 아니라, 이들 제품에 맞는 새로운 사업 모델을 테스트하고 성공시킨 기업이기도 하다. 즉 신기술의 사업화에 엄청난 성공한 기업들이다.

한국의 7대장은 KB금융을 제외하고는 모두가 제조업이다. 시대를 앞서는 대규모 투자로 대규모 생산 시설을 구축하고, R&D와 철저한 생산관리, 규모의 경제를 통해 고객의 입맛에 맞는 제품을 적시에 합리적인 가격으로 납기하는 능력을 최대한 갈고닦아 이를 무기로 성장해왔다. 이 과정에서 정부의 지원과 인수합병을 통한 몸집 불리기도 이들의 성장을 거들었다.

SCENE 2.

한국은 방으로, 미국은 스타디움으로

스크린 골프의 핵심 기술인 타구와 스윙 분석기의 글로벌 강자는 미국의 풀스윙^{Full Swing}사와 한국의 골프존이다. 풀스윙은 북미 시장의 70%가량을 장악하고 있고, 골프존은 한국 시장을 비롯한 아시아 시장을 주도하고 있다.

골프존은 스크린 골프라 통칭되는 실내 골프 코스 시뮬레이터 사업을 개척했다. 기존 실내 골프 시뮬레이터를 일반인이 방에서 필드 게임처럼 즐길 수 있게 프로그램과 사업 모델을 개발한 것이 주효했다. 2006년 최초 스크린 골프장 개장 이후 2024년 한국의 스크린 골프장은 8000개를 넘어섰고, 이용자는 연간 100만 명 이상, 골프존의 매출은 6000억 원을 넘어섰다. 최근에는 한국의 골프방을 확장한 버전인 18홀 도심형 골프장을 1만6000㎡(약 5000평) 규모로 중국에서 선보이기도 했다.

풀스윙은 프로 골퍼나 일반 골퍼가 자신의 타구와 타격을 분석할 수 있는 타격 분석기 쪽으로 사업 방향을 잡았다. PGA와 협업하고 있으며, 많은 프로 골퍼가 사용할 정도로 성공했다. 비슷한 기술을

TGL은 골프를 재정의하고 골프를 즐기는 방식, 관람하는 방식을 혁명적으로 바꾸어낼 잠재력을 보여주었다.



활용했지만 골프존은 골프의 접근성, 비용, 시간 등의 단점을 보완한 게임의 형태로 사업화했고, 풀스윙은 골프 연습을 도와주는 보조기구로 사업화한 것이다.

2025년 1월 이 기술을 활용한 좀 더 대담한 혁신이 생중계되었다. 프로 골퍼 타이거 우즈와 로리 매킬로이가 설립한 ‘투모로스포츠’^{TMRW Sports}가 신개념 스크린 골프 리그 ‘TGL’^{Tomorrow’s Golf League}을 출범한 것이다. 프로 스포츠의 본고장인 미국답게 각 도시를 프랜차이즈로 한 프로 골프팀이 각자 리그전을 치르고 플레이오프를 거쳐 우승(우승 상금만 약 300억 원)을 가리는 방식은 미식축구, 농구, 야구 등과 비슷해서 새로울 것은 없었다. 단 기존 PGA투어와 다른 점은 골프장이 아닌 한 장소(스타디움)에서 모든 경기를 치른다는 점이다.

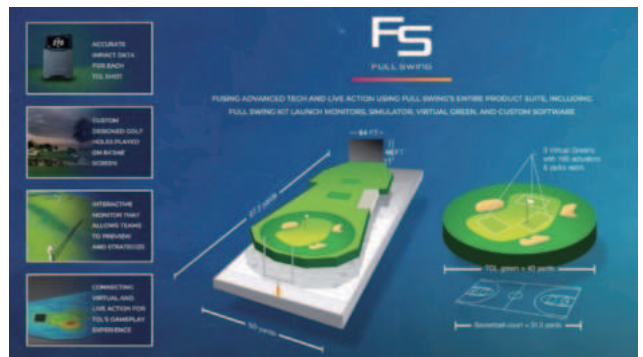
알다시피 다른 모든 구기 스포츠가 한 장소에서 벌어지는 데 반해 골프는 18개 홀을 이동하며 벌어지는 스포츠다. 또한 플레이어 간 경쟁보다는 플레이어와 골프 코스 지형의 관계가 경기의 성패를 결정짓는 요소다. TGL은 풀스윙사와 협력해 티 샷과 드라이브 샷은 스크린 골프로, 퍼팅과 쇼트 게임은 실제 그린과 해저드에서 플레이하도록 스타디움을 설계했다. 단, 스크린은 5층 높이(가로 20m, 세로 15m)로 대형화해 현장감과 몰입감을 높였고, ‘그린 존’은 600개의 액추에이터와 360도 회전하는 무대로 다양한 지형을 순간적으로 만들어낼 수 있도록 했다. 이러한 혁신은 한 장소에서 15홀의 지형을 플레이할 수 있게 했고, 2000석이 넘는 관중석을 배치해 다른 프로페셔널 스포츠와 유사한 환경이 조성될 수 있게 했다.

결과적으로 야구가 크리켓과 다른 스포츠가 되었던이, 미식축구가 럭비와 다른 스포츠가 되었던이, TGL은 골프를 재정의하고 골프를 즐기는 방식, 관람하는 방식을 혁명적으로 바꾸어낼 잠재력을 보여주었다. 스크린 골프의 강자이자 세계적인 골프 선수를 보유한 한국은 또는 한국의 골프존은 왜 이런 과감한 혁신을 시도하지 못했을까?

TGL의 주요 기술과 스타디움



티 샷 존



그린 존



경기 모습

실리콘밸리 방식과 쓰레기통 모델

앞에서 예로 든 미국 기업들은 극단적으로 성공한 사례다. 그리고 한국에서도 미래 미국의 7대장에 비견될 만한 네이버, 카카오, 레인보우로보틱스, 알테오젠, 크래프톤 등이 열심히 성장 중이다. 이와 같은 성장을 확대하고 가속화하기 위한 방안은 무엇일까?

벤처가 성공하기 위해서는 흔히 실리콘밸리 방식이나 린 스타트업^{Lean Startup} 방식을 따라야 한다고 알려져 있다. 7년 정도 기간에 투자 회수를 할 수 있는 규모와 업종, 단계별 투자를 통한 검증과 경영지도, 시장의 반응을 보며 빠른 사업전환과 최소 경쟁 제품^{MVP}, Minimum Viable Products 을 출시할 수 있는 역량 개발이 이 방식의 핵심 성공 요인이다. 이러한 방식은 스타트업이 평균 이상의 성과를 달성하기에 적합한 방식일지 모른다.

그러나 미국의 7대장이나 TGL을 살펴보면 이러한 방식을 충실히 따랐다고 보기 어렵다. TGL이 MVP에 집중했다면 미국식 스크린 골프클럽을 출시했어야 하지 않을까? 실리콘밸리 모델의 다양한 형식과 수단적 측면을 차치하고, 이 모델의 핵심은 사실 하이리스크, 하이리턴이다. 창업자든 투자자든 모험에 대한 대가가 어마어마한 규모로 주어질 수 있다는 기대감을 갖는 것이 이 모델을 성공으로 이끄는 요인이다. 그리고 더 큰 모험은 그 모험에 비례한 수준 이상의 더 큰 보상으로 연계된다.

메타가 수익 모델에 대한 압박으로 페이스북을 조기에 유료화했다면, 구글이 지메일^{Gmail}을 조기에 유료화했다면, 그들은 싸이월드 또는 초창기에 술하게 명멸했던 인터넷 이메일 서비스의 경로를 따라 사라졌을지도 모른다. 이들은 단기 수익을 추종하기보다는 인터넷 플랫폼 사업의

핵심 경쟁력이 고객 확보와 이들이 생성하는 데이터에 있다는 것을 간파하고 고객 데이터를 축적하는 데 집중했다. 애플, MS, 아마존 모두 앱스토어를 통한 개방형 혁신, 윈도 생태계, 데이터베이스 생태계 등 기술을 중심으로 한 핵심 역량을 새로운 사업 모델과 결합해 확장하는 전략을 펼쳤다. 즉 시대를 읽는 새롭고 과감한 사업 모델이 기술과 결합한 것이다.

한국의 기술사업화, 기술이전, 산업기술 혁신, 벤처투자, 기업형 벤처투자 등의 제도, 법령, 지원책의 개선이 필요한 지점도 있지만 많이 미흡한 것도 아니다. 우리가 좀 더 심각하게 돌아봐야 할 것은 결국 혁신가들이 과감한 모험을 추구할 수 있는 보상 체계가 갖추어져 있는지, 기술의 가치를 높이는 혁신적 사업 모델이 기술과 결합할 수 있는 체제가 갖추어져 있는지다.

새로운 사업과 스타트업은 문제로부터 출발한다. 고객의 문제를 발굴하고, 이에 대한 해법을 찾아 의사결정을 하는 순서로 이루어진다. 여기서의 이슈는 고객의 문제를 이해하는 사람과 해법(또는 기술)을 가진 사람이 일치하지 않는다는 것이다. 실리콘밸리나 린 스타트업 모델은 기술을 보유한 창업자에게 시장과 고객에 대한 교육을 열심히 시키라고 한다. 그러나 다양한 기술이 융합하고 더욱 복잡해지는 현황을 고려하면, 특히 기술의 발전과 상용화에 오랜 시간과 깊은 지식이 요구되는 딥테크 분야에서는 이런 방식에도 한계가 있다.

국내 기업 중에도 미국의 7대장에 비견될 만한 성과와 성장을 보이는 기업들이 있다. 사진은 게임 대장주로 불리는 크래프톤.





골프존이나 폴스윙의 CEO에게 열심히 교육을 시킨다고 미래 골프에 대한 이상과 열정, 실행력을 가진 타이거 우즈가 될 수 있었을까?

결국은 사업에 대한 이해가 높은 앙트러프러너^③가 기술을 가진 혁신가와 공동으로 과감한 사업 모델을 실험할 수 있는 환경이 필요하다. ‘문제’와 ‘해법’, ‘참여자’가 쓰레기통에서 섞이듯 누가 먼저랄 것 없이 섞여 해법이 문제를 발견하든 문제가 해법을 발견하든 뒤죽박죽이지만,

③ 적은 자원으로 빠르게 실험하고, 고객 반응을 통해 제품과 비즈니스 모델을 개선해나가는 창업 방법론 중 하나다.

④ 이에 대해서는 다음의 논문을 참조. Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, 1-25.

무언가 생각지도 못했던 결합이 이루어질 수 있는 그런 환경 말이다.^④

그러기 위해서는 먼저 창업의 분업화에 대한 조건을 갖출 필요가 있다. 제조업에서 과거 혼자 모든 것을 하던 가내수공업은 분업화와 고용 노동자 사업 모델의 생산력과 효율성을 당해낼 수 없었다. 기술을 가진 창업가가 대기업을 때려치우고 대학 연구실을 박차고 나와, 기술부터 사업까지 모든 것을 잘 경영해야만 보상받는 체계는 적합하지 않다. 직무 발명 보상이나 기술료 정도의 사무적 수준의 보상이 아니라, 성공한 창업에 대해 발명자와 아이디어 보유자도 큰 보상을 받을 수 있는 혁신과 분업화 체계가 필요하다. 그래야만 기술과 아이디어, 사업에 대한 열정과 경영에 대한 스킬이 자유롭게 섞여, 해법은 문제를, 문제는 해법을 스스로 적극적으로 찾아 나설 것이다.



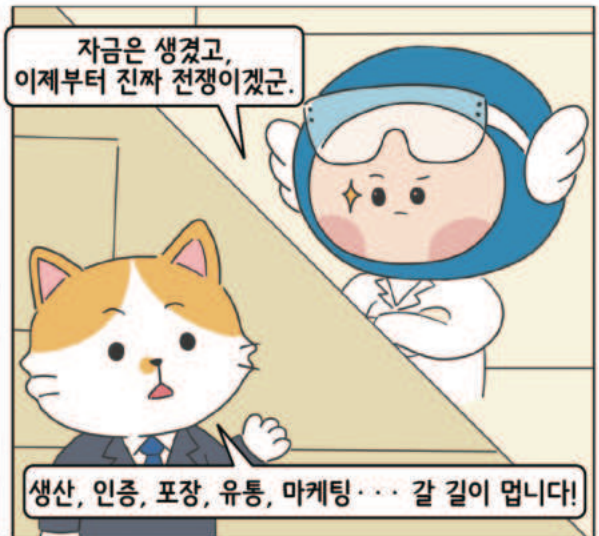
정태현 한양대 기술경영전문대학원 교수/부원장

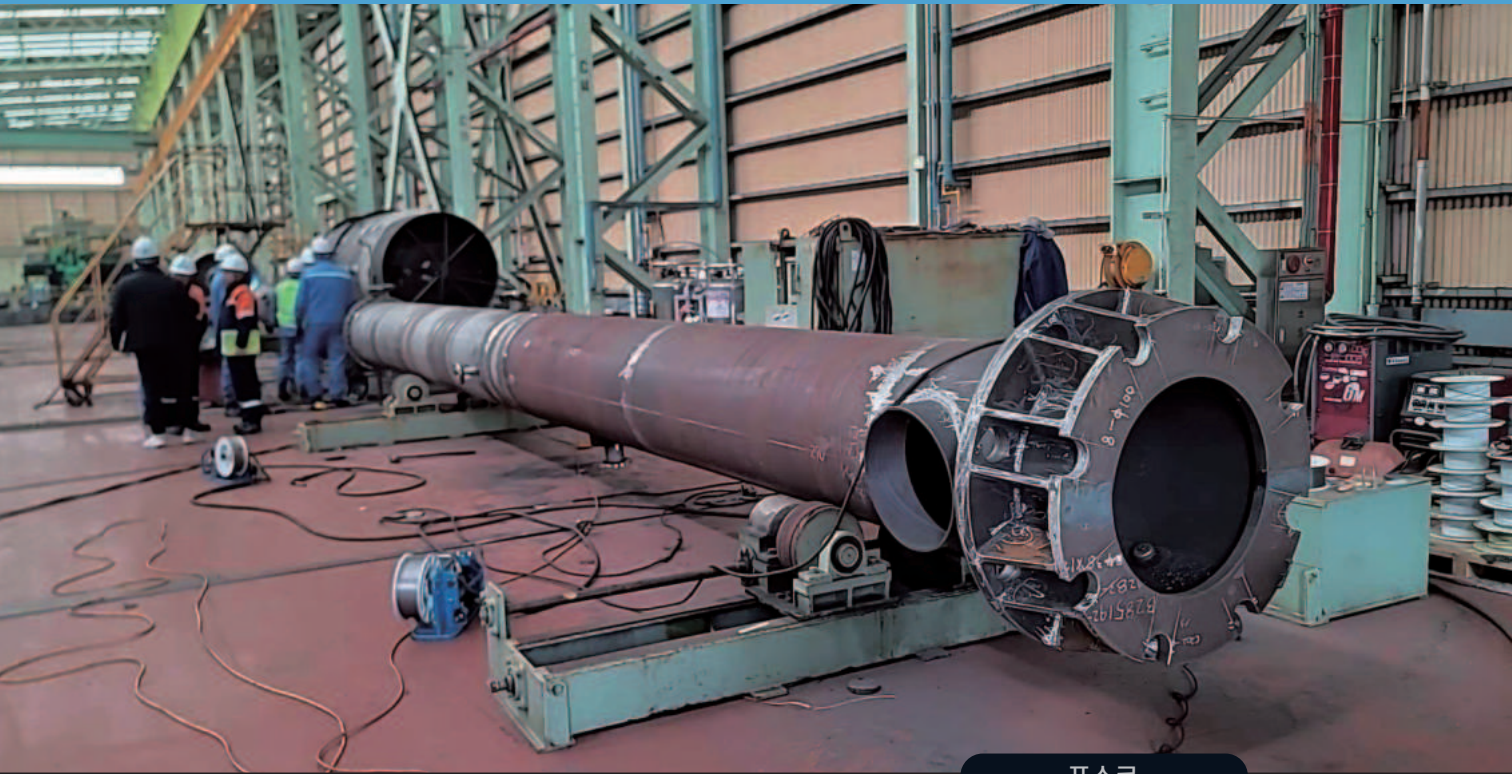
기술경영경제학회 기술사업화 특위 위원장으로 한국의 딥테크 기술사업화 관련 학술활동을 기획 운영 중이다. 혁신과 기술사업화, 기술창업 등이 주 연구 관심사다. 한양대에 오기 전에는 조지아공대에서 과학기술 혁신정책으로 박사학위를 취득했고, 스웨덴 룬드대학, 독일 프라운호퍼연구소 등에서 혁신을 연구했다.

아이디어, 현실이 되다옹!

만화 다츠디자인 현아







포스코

철강 공정에서 발생하는 CO₂ 감축 탈탄소 기술 탄소를 에너지로 바꾸다

코크스 오븐 활용 CO₂ 취입 전환 기술 실증

1톤의 철강 생산에는 이산화탄소 약 2.0톤이 배출된다. 철강업은 공정에서 석탄을 사용하기 때문에 다른 업종에 비해 탄소 배출량이 많을 수밖에 없다. 포스코는 탈탄소가 공정 및 제품의 지속 가능 경쟁력의 화두로 떠오르면서 지속적으로 감축 노력을 이어왔다. 특히 탄소 감축을 위한 R&D에 적극적으로 투자 중이다. 최근 탈탄소 이행을 위한 브리지 기술인 코크스 오븐 활용 CO₂ 취입 전환 기술의 실증에도 성공했다. 탄소를 에너지로 바꾸는 혁신적인 기술이다.

글 이락희 사진 서범세



실증 설비 조감도

연구과제명	코크스 오븐 활용 CO ₂ 취입 전환 기술 실증
제품명(적용 제품)	CO ₂ 활용 COG 증대
개발기간(정부과제 수행기간)	2021.5.1.~ 2025.5.31.
총 정부출연금	약 237억 원
개발 기관	포스코
참여 연구진	황중연 포스코 그룹장, 김병일 포스코 Sr.PCP, 박해웅 포스코홀딩스 수석연구원, 박경태 포스코 수석연구원, 조문경 포스코 수석연구원, 김하재 포스코 대리, 하상길 포스코퓨처엠 계장, 주상욱 포스코홀딩스 수석연구원, 김동혁 포스코홀딩스 계장, 박형석 포스코홀딩스 계장, 박천수 포스코 계장 등

실질적인 탄소 절감과 에너지 자립의 길

전통 철강산업은 공정의 특성상 이산화탄소가 배출될 수밖에 없다. 이를 줄이기 위해 등장한 기술이 바로 CO₂ 취입 전환 기술이다. 즉 코크스^① 오븐^{Coke Oven}에 CO₂를 취입해 오븐 속의 미활용 고온 탄소와 결합시켜 일산화탄소^{CO}로 전환하고 COG^{Coke Oven Gas}를 추가 생산하는 기술이다. 포스코는 2021년부터 COG를 추가 생산하고 정제하는 ‘코크스 오븐 활용 CO₂ 취입 전환 기술 개발’ 실증 설비 과제를 추진해왔으며, 올해 5월 포항제철소에서 실증 설비를 가동하는 데 성공했다.

이는 탈탄소나 탄소순환^{Carbon Recycling} 관점에서 매우 중요한 기술이다. 지난해 ‘산업기술 R&D 종합대전’에서 산업통상자원부의 R&D 대표 기술 10선으로 선정돼 장관상을 받았다. 포스코 기술연구원과 포스코홀딩스 미래기술연구원을 비롯한 다수의 연구진이 참여한 이번 프로젝트는 단순한 기술 검증을 넘어, 실질적인 탄소 절감과 에너지 자립의 길을 열었다는 평가를 받는다.

① 코크스^{Coke} : 공정에서 발생하는 부생가스 COG는 제철소 내 발전용·가열로 등에 연료로 사용하고, 천연가스^{LNG}를 대체할 수 있는 에너지원이다. 코크스 제조과정 중 CO₂를 코크스 오븐에 취입하면 COG를 추가 생산할 수 있고, 이는 LNG를 대체할 수 있다. 즉 대체되어 줄어든 LNG 수입량은 제철 공정에서 수익 창출과 이산화탄소 배출 저감으로 이어진다.

CO₂의 포집·분리·전환·정제 기술 패키지화에 성공

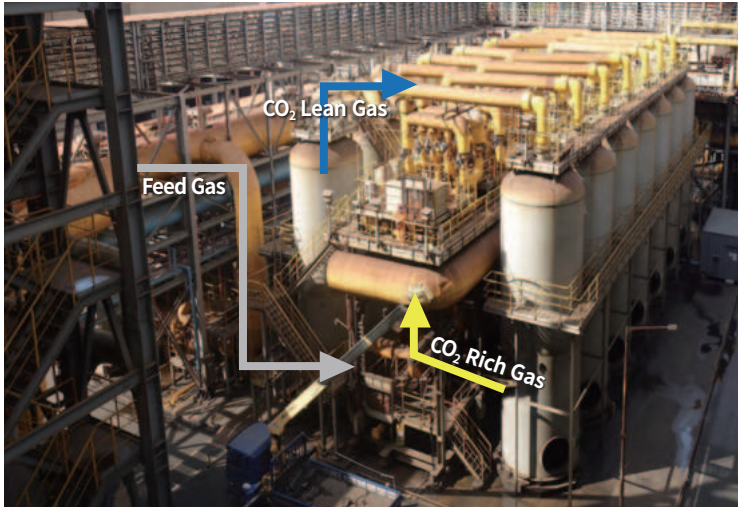
포스코가 실증에 성공한 CO₂ 취입 전환 기술은 크게 세 가지 공정으로 구성된다. 각각의 공정은 독립된 기술이며, 이를 하나의 흐름으로 연결해 패키지화했다는 점에서 새로운 접근 방식으로 주목받고 있다.

1단계는 탄소 포집^{Carbon Capture}과 분리 단계다. 포스코 포항제철소 파이넥스^{FINEX} 고로에서 발생하는 배출가스에는 CO₂뿐 아니라 수소, 일산화탄소, 메탄 등 다양한 가스가 혼합되어 있다. 이 가스를 분리하기 위해 포스코는 PSA^{Pressure Swing Adsorption}(압력 변동 흡착) 설비를 활용했다. PSA는 고체 흡착제가 특정 기체를 선택적으로 흡착하는 성질을 이용해 CO₂를 분리해내는 기술이다. 기존에는 이 설비를 해외 업체에 의존했지만, 이번 실증 과정에서 포스코 자체 기술로 내재화에 성공해, 향후 유사한 설비에 독자 기술을 적용할 수 있는 기반이 마련되었다.

2단계는 CO₂의 전환 단계다. 즉 CO₂를 COG로 재자원화했다. 분리된 고농도의 CO₂는 코크스 오븐으로 이동하는데,

CO₂ 취입 전환 기술의 세 가지 공정





포스코는 연구와 현장이 긴밀히 협력해 산업 현장에 바로 적용할 수 있는 실용적이고 효과적인 솔루션을 만들어냈다.

높일 수 있는 실질적 성과다.

이번 사업을 수행한 연구진은 실증 사업의 성과에 대해 ‘연구와 현장이 이뤄낸 지속 가능한 산업의 새로운 가능성’을 강조했다. 연구와 현장이 긴밀히 협력할 때, 산업 전반에 실질적인 변화를 이끌어낼 수 있다는 것이다.

오븐 내부 벽면에는 석탄 가열 과정에서 자연스럽게 생성된 고체 탄소^c가 두껍게 부착되어 있다. 포스코는 CO₂를 오븐 내부로 투입해 고체 탄소와 고온의 부다 반응^{Boudouard Reaction²}을 유도한다. 이때 생성되는 CO는 매우 유용한 연료가스다. 기존에는 사용하지 않던 고온 탄소와 고농도 이산화탄소를 활용해 에너지 자원으로 전환한 것이다. 이 반응은 특히 1000°C 이상의 고온 환경에서 활발히 일어나며, 제철소의 고온 공정과 잘 맞물린다.

3단계는 정제^{Purification} 공정이다. 생성된 CO를 사용하려면 정제 과정을 거쳐야 한다. 황화수소^{H₂S}, 이산화황^{SO₂} 등 다양한 유해 성분이 섞여 있기 때문에 정제 공정이 필수다. 포스코는 정유사에서 사용하는 정제 기술을 응용해 기존 제철소 정제 방식보다 높은 정제 효율을 확보할 수 있는 기술을 개발했다. 이는 기존 제철소 정제 방식에 비해 정제 효율이 향상된 것으로 확인되었다. 특히 황 성분은 대기오염의 원인이 되므로, 이를 제거하기 위한 촉매 반응 및 아민 흡수 시스템이 설비에 적용되었다.

정제된 CO는 최종적으로 ‘COG’라는 이름의 연료가스로 저장되며, 제철소 내 가열로·열처리로 등 고온 공정의 주요 연료로 공급된다. 이로써 전체인 에너지 자급률이 상승하고, LNG 등의 외부 에너지 수요는 감소된다.

지속 가능한 철강산업의 새로운 지평을 열다

코크스 오븐 CO₂ 투입 실증을 통해 공정 조건을 확인했으며, 이로써 CO₂를 재활용할 수 있게 되었다. 동시에 증가하는 COG를 처리하는 증량 가동 처리 설비로 4000Nm³/h COG 처리가 가능함을 확인했다. 또한 COG 열량을 약 7% 증폭시켰다. 이로써 코크스 오븐 한 기당 연간 약 1.6만 톤의 CO₂ 감축이 가능해졌다. 이는 기존 LNG 수입 의존도를 줄이고, 제철소 내 자립 에너지 비율을

“이 기술은 연구실에서의 이론적 성과와 실제 산업 현장에서의 경험이 유기적으로 결합되어 탄생한 결과입니다. 단순히 실험실 수준의 기술개발에 그치지 않고, 현장의 다양한 변수와 실질적인 요구사항을 반영하여 실증에 성공함으로써 산업 현장에 바로 적용할 수 있는 실용적이고 효과적인 솔루션을 만들어냈습니다. 이를 통해 기존 공정의 한계를 극복하고, 에너지 효율을 제고하는 동시에 온실가스 감축을 보다 강화했으며, 포스코의 미래 지속 가능 경쟁력 강화를 위한 새로운 길을 제시했다고 자부합니다.”

이 기술은 2024년 유럽철강학회^{ECIC, European Coke and Ironmaking Congress}에서

발표되었고, 체코의 한 제철소가 큰 관심을 보여 현재 기술 적용을 위한 협의가 진행 중이다.

단순한 기술이전을 넘어, 탈탄소를 실현하는 글로벌 철강 기술 수출의 첫걸음이 될 것으로 기대를 모으고 있다.

② 부다 반응Boudouard Reaction : 이산화탄소와 탄소가 반응하여 일산화탄소를 생성하는 반응이다. 화학식으로 설명하면 $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ 다.

본 기술이 포스코의 기존 공정 혹은 탈탄소 전략에서 차지하는 위치는?

코크스 오븐 활용 CO₂ 취입 전환 기술은 단기적으로 적용 가능한 탄소 저감 솔루션으로, 기존 공정에 신속하게 도입하여 즉각적인 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있다. 포스코의 철강 생산공정은 대표적으로 고로(용광로) 기반의 일관제철 공정을 사용하고 있으며, 이 과정에서 코크스 오븐은 철광석 환원에 필요한 코크스를 생산하는 핵심 설비다. 본 기술은 기존 코크스 오븐 설비에 CO₂ 취입 시스템만 추가하면 적용 가능하므로, 별도의 대규모 설비 변경 없이 기존 공정에 직접 통합할 수 있다는 것도 장점이다.

국내 철강산업 전반에 미치는 장기적인 영향과 확장 가능성은?

기존 설비를 최대한 활용하면서도, 단기적으로 실질적인 탄소 저감 효과를 낼 수 있는 혁신적인 솔루션이다. 국내 철강산업이 글로벌 탄소중립 규제에 선제적으로 대응할 수 있으며, 설비투자 부담을 줄이면서 경쟁력 있는 탈탄소 철강 생산 체계로의 전환을 지원할 수 있을 것으로 보인다.

과제 수행 과정에서 위기의 순간은 어떻게 극복했나?

공사 초기 단계가 가장 힘들었다. 공교롭게도 8월 폭서기에 공사가 시작돼, 코크스 오븐 지붕 위에서 진행한 작업은 고온에 노출된 작업자들에게 큰 부담이 되었다. 심터를 확보해 얼음물과 소금을 비치했고, 체감온도를 수시로 확인하고 휴식 시간을 체계적으로 확보하는 등 모두의 헌신적인 노력으로 위기를 극복했다.



이번 기술개발에 참여한 연구팀 또는 유관 부서에 전하고 싶은 메시지가 있다면?

각 분야 전문가 30명의 핵심 연구진을 비롯해 연인원 1만5000명 이상의 인력이 투입된 초대형 사업이었다. 5년에 가까운 긴 시간 동안 모든 과정을 안전하게 잘 마무리할 수 있었던 것은 사업에 참여해주신 한분 한분의 헌신 덕분이라고 생각한다. 이러한 노력이 있었기에 기적 같은 성과를 이룰 수 있었다.



포스코는?

국내 1위 철강기업으로 포항제철소와 광양제철소를 운영하며 철강 제품을 생산하고 판매한다. 저탄소 철강 시대를 선도하겠다는 의지를 표명하고 각 사업 전반에서 탄소 저감을 위한 중장기 전략 실천 및 기술개발에 힘쓰고 있다.

OLED 국산화의 빈칸?

8.6세대 디스플레이는 다르다!

8.5세대 부하물 350kg 이상 작동 거리 7m 이상의 OLED 마스크 및 유리기판 이송용 진공 로봇 개발

(주)티로보틱스



글로벌 OLED 제조 강국인 대한민국이 이제 디스플레이를 만드는 핵심 장비의 국산화를 본격적으로 추진하고 있다. 특히 티로보틱스가 기술개발에 성공한 ‘중착 공정용 진공 로봇’은 오랜 기간 일본 기업이 주도해온 분야로, 차세대 OLED 디스플레이 시장에서 국산 장비가 어떤 성과를 낼지 관심이 쏠린다.

글 김아름 사진 김기남

연구과제명	8.5세대 부하물 350kg 이상 작동 거리 7m 이상의 OLED 마스크 및 유리기판 이송용 진공 로봇 개발
제품명(적용 제품)	LRH080(8세대 OLED 증착 공정용 진공 로봇)
개발기간(정부과제 수행기간)	2021.04.~2024.12.
총 정부출연금	70억5500만 원
개발 기관	(주)티로보틱스(주관), 한국생산기술연구원(공동 연구 기관), LG디스플레이(수요 기업)
참여 연구진	이수종, 이창성, 이성표, 지창현, 함상휘, 공승권, 이석현, 김동건, 이태한, 김경식 외 다수

공급망 재편, 장비 산업의 트렌드를 바꾸다

한국은 세계 최고의 OLED 디스플레이 제조 국가로, 삼성디스플레이와 LG디스플레이는 각각 중소형과 대형 OLED 시장을 선도하고 있다. 하지만 이러한 위상과는 별도로 OLED 제조에 쓰이는 핵심 장비 상당수를 일본 등 해외 기업에 의존해왔다. 제품 수율과 정밀도, 공정 연계성이 중요한 디스플레이 산업의 특성상 한번 도입된 장비를 다른 제품으로 대체하기 어려운 것이 현실이다. 그뿐만이 아니다. OLED 제조공정은 단 몇 분의 정지가 막대한 손실로 이어지는 ‘시간과의 전쟁’인 산업인 만큼, 보수적인 설비 운용이 일반적이다. 문제는 이러한 구조로 인해 국내 디스플레이 장비 기업들이 제품 공급 기회를 얻기 어려웠다는 것이다. 이는 결국 장비 산업의 국산화를 지연시키는 구조로 이어져왔다.

변화의 바람이 감지된 때는 2019년 무렵이다. 일본 정부의 반도체·디스플레이 소재 품목 수출 규제 입장에 따라, 기업들은 공급망 다변화와 기술 자립의 필요성을 체감했다. 정부 또한 대응책 마련에 나서면서 생태계 전반의 경쟁력을 높이는 정책을 추진했다. 세계시장의 분위기도 한몫했다. 미국과 중국의 무역 갈등, 공급망 재편, 고해상도 디스플레이 수요 확대 등 장비 다변화에 대한 요구가 높아진 것이다. 티로보틱스의 KEIT 과제 ‘8.5세대 부하물 350kg 이상 작동 거리 7m 이상의 OLED 마스크 및 유리기판 이송용 진공 로봇 개발’ 또한 이러한 가운데 진행되었다.

기술도 전략도 상황에 따라 유연하게

애초 2200×2500mm 크기의 8.5세대 OLED 패널을 기준으로 기획된 과제는, 2022년 9월 애플이 아이패드와 맥북 등에 OLED를 탑재하겠다고 발표함에 따라 방향을 수정해야 했다. 애플은 기존보다 큰 크기의 OLED를

요구했고, 이에 따라 관련 기업들은 8.5세대보다 가로 90mm, 세로 120mm가량 확대한 2290×2620mm의 8.6세대 패널 제작을 공식화하게 되었다. 디스플레이는 고객사 요구에 맞게 패널을 절단해 공급하는 구조이기 때문에, 기존 규격을 고수할 경우 원단 손실(로스)이 증가하고 생산성이 저하된다. 결국 사업성과 생산효율을 고려해 8.6세대로의 전환은 불가피한 선택이었다. 관건은 KEIT의 과제 변경이 가능한지와, 이에 드는 절차 및 기간을 얼마나 단축할 수 있는지에 있었다.

티로보틱스의 CTO로서 연구개발을 총괄하는 이수종 부사장은 이 과정에서 산업부와 KEIT의 빠른 판단과 유연한 대응에 감사를 표했다.

“정부 과제를 진행 도중에 변경한다는 것이 결코 쉬운 일이 아니라는 내외부의 우려가 있었습니다. 큰 부담을 안고 연락을 드렸지만, ‘시장과 기업이 필요로 한다면!’이라는 태도로 공식 접수부터 특별평가위원회 회의, 과제 변경 승인까지 단 2주 만에 처리돼 개발 일정에 거의 지장이 없었습니다.”

티로보틱스의 과제가 공식적으로 변경된 시점은 2023년 2월. 과제 종료까지 2년이 채 남지 않은 상황에서 이뤄진 신속한 전환이었다.

국산 장비의 새 장을 연

창의적인 기술력

기계공학을 잘 모르는 사람이라면 가로 9cm, 세로 12cm의 차이를 크지 않게 느낄 수도 있다. 하지만 이는 전체 면적이

약 20% 증가하는 수준으로, 장비 설계와 로봇의 동작 범위 등을 모두 다시 설계해야 할 만큼 큰 변화이기도 하다. 일반적이라면 2년 안에 완전히 새로운 구조를 설계하고 양산 가능한 제품을 개발하는 것을 ‘불가능하다’ 말할 것이다. 하지만 이 부사장과 연구진에게는 해볼 만한 도전이었다. 왜냐하면 티로보틱스는 반도체용 로봇을 단순히 키워 OLED에 활용하는 기존의 업체들과 달리 처음부터 OLED에 최적화된, 기하학 원리를 바탕으로 새롭게 설계한 방식을 고안해왔기 때문이다.

핵심은 ‘기어비 2:1의 구조’라는 원리다. 기어비 2:1의 구조란 기어 A가 한 바퀴 돌면 기어 B는 두 바퀴를 도는 방식으로, 두 개의 관절을 정확한 비율로 연동시켜 로봇 팔이 직선으로 자연스럽게 움직이도록 설계할 수 있다. 복잡한 제어 계산 없이도 하나의 모터로 로봇 전체를 구동할 수 있어 구조가 단순하고 진동이 적다. 진동이 줄면 유기물을 쌓는 유리기판에 가해지는 물리적 자극도 감소해, 디스플레이의 불량률이 줄고 기기의 제어나 유지·보수 또한 쉬워진다.

이 기술은 현재 국내는 물론 일본, 중국 등에서 해외 특허로 등록되어 있으며, 이를 적용한 일부 진공 로봇이 양산되어 글로벌 반도체 및 디스플레이 기업에 납품되고 있다. 2022년부터 2024년까지 관련 매출만 91억 원을 기록했다.

그렇다면 본 기술의 핵심 제품인 ‘8.6세대 OLED 마스크 및 유리기판 이송용 진공 로봇’은 언제쯤 상용화될 수 있을까? 이에 대해 이 부사장은 “기술이 완성되었다고 곧바로 시장에 적용되는 게 아니다”라며 신중한 견해를 밝혔다. 국민의 세금으로 지원받은 사업인 만큼 본질적인 성과를 내는 것이 중요하지만, 현실적인 시장 상황도 고려해야 한다는 것이다.

티로보틱스는 OLED에 최적화된 기어비 2:1 구조의 새 설계를 통해 하나의 모터로 정밀하고 진동이 적은 로봇을 구현했다. 이를 통해 불량률을 낮추고 유지·보수 효율을 높였다.



실제로 최근 글로벌 경기의 불확실성이 커지고 있고, 차세대 OLED 수요 역시 당초 기대만큼 빠르게 확대되지 않고 있다. 이로 인해 글로벌 전자 기업들의 투자 시점에도 변동성이 커졌고, 관련 생산설비의 구축 일정 또한 예상하기 어려워졌다.

그럼에도 불구하고 이 부사장은 티로보틱스의 장비가 기존 제품들과 비교해 기술적으로 대등하거나 우위에 있다는 점을 강조하며, 향후 OLED 수요가 본격 확대되는 시점에는 충분한 성과를 낼 것이라고 자신감을 보였다.

수십 년간 일본이 주도해온 OLED 장비 시장에서 한국 기술의 존재감은 점차 뚜렷해지고 있다. 티로보틱스의 이송용 진공 로봇은 하나의 장비를 넘어 한국 산업이 고난도 장비를 스스로 설계하고 구현할 수 있다는 가능성의 증거다. 이제는 불가능이란 단어 대신 기회를 이야기할 차례다.

(주)



**작동 거리 7m의 진공 이송 로봇이라고 하면,
로봇이 OLED 디스플레이 제조 라인을
이동하면서 제품을 옮기는 것처럼 들리는데,
실제로는 어떤 역할을 하나?**

로봇이 공장 설비를 따라 움직이는 것은 아니다. 진공 이송 로봇은 증착 장비 내부의 진공 챔버 안에 고정된 상태에서 작동한다. ‘7m 작동 거리’란 로봇에 부착된 팔(핸드 유닛)이 최대 7m까지 뻗어 유리기판과 마스크를 정해진 위치로 옮기는 능력을 뜻한다. 8.6세대 OLED 디스플레이는 유리기판이 매우 크기 때문에, 한쪽 끝에서 다른 끝까지 이송하려면 팔의

길이가 7m 이상 되어야 한다. 이처럼 진공 환경 내에서 고정된 로봇이 정밀하게 긴 거리 이송을 수행하는 역할을 한다.

본 과제를 수행하면서 기술적으로 구현이 가장 어려웠던 점은 무엇이었나?

가장 큰 난제는 240kg에 달하는 금속 마스크를 7m 이상의 공간에 팔을 뻗어 옮길 때 발생하는 하중과 처짐 현상을 제어하는 일이었다. OLED 증착 공정은 1~2mm의 오차만 생겨도 유리wafer와 마스크 정렬이 어긋나 불량률 유발할 수 있기에, 극한의 정밀도 확보가 필수적이다. 단순히 구조를 무겁게 보강하면 처짐을 줄일 수 있지만, 이 경우 로봇이 증착 챔버에 물리적으로 들어갈 수 없는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 구조를 단순화하고 무게를 줄이면서도 강성을 유지하는 방법이 필요했다. 우리는 ‘위상 최적화’라는 기법을 통해 꼭 필요한 부위에 하중을 집중시키는 해법을 찾아냈다.

지면을 통해 꼭 전하고 싶은 이야기가 있다면?

AI 발전과 고해상도 디스플레이 수요 증가로 인해 반도체와 디스플레이 산업에서의 장비가 갈수록 중요해지고 있다. 이에 따라 티로보틱스 같은 장비 기업들의 기술력을 높이고, 공급망 내의 자립 기반을 확대하는 것이 국가 경쟁력을 좌우할 중요한 과제가 되고 있다. 우리가 이번 과제를 성공적으로 수행할 수 있었던 데는 산업부와 KEIT의 빠른 결정, 적극적 지원, 그리고 수요 기업인 LG디스플레이의 협업이 주효했다. 장비 국산화는 단순한 수입 대체가 아니라 산업 생태계 강화 및 기술 자립, 고용 창출과 중소기업의 성장으로 이어지며 장기적으로 국가의 이익이 될 것이다. 앞으로도 정부, 수요 기업, 공급 기업이 함께 힘을 모아 더 큰 성과를 만들어가기를 희망한다.

(주)티로보틱스는?

반도체·디스플레이 분야의 진공 로봇 사업과 자동차·이차전지 등 분야의 물류 로봇 사업을 영위하고 있다. 2008년 8세대 LCD 건식 식각용 진공 로봇을 국내 최초로 개발하며 두각을 나타냈고, 현재는 우리나라를 대표하는 진공 로봇 기업으로 성장했다. LG디스플레이, 어플라이드 머티어리얼즈 등이 주요 고객이다.



인류는 증기기관, 전기, 컴퓨터를 넘어 인공지능^{AI}이라는 새로운 패러다임에 직면했다. AI는 이제 단순한 기술적 도구를 넘어 일상 속 동반자이자 협력자로 자리매김했다. 하지만 이러한 발전은 인간과 AI가 공존해야 하는 시대의 복잡하고 다층적인 위험과 과제를 동시에 안고 있으며, 이는 윤리·사회·경제·정치 등 사회 전반에 걸쳐 심오한 질문을 던진다. 우리는 과연 AI와 함께 미래를 설계할 준비가 되어 있는가?

글 권희원 똑소리단

똑디

기술과의 공존을 위한 5가지 질문

1.

알고리즘의 편향과 심화되는 인권 위기

AI는 방대한 데이터를 기반으로 학습하고 의사결정을 내리지만, 이 데이터 자체가 과거 인간 사회의 편견을 고스란히 담고 있어 AI의 객관성은 허구에 불과하다. 얼굴 인식 기술에서 나타나는 인종 및 성별에 따른 인식률 차이는 이러한 편향성을 명확히 보여준다. 알고리즘의 편향은 단순한 기술적 오류를 넘어 인간의 존엄성과 권리를 침해하는 심각한 인권 문제로 이어질 수 있으며, AI의 의사결정 영역이 확대될수록 그 위험성은 더욱 커진다. 또한 대부분의 AI 시스템은 내부 작동 원리가 불투명한 ‘블랙박스’와 같아 시민들의 감시와 견제가 어렵다는 점은 민주사회의 근본적인 문제로 이어진다.

2.

노동시장의 재편과 인간 가치의 근본적인 질문

AI는 자동화 기술을 넘어 콜센터, 회계, 법률 자문, 의료 진단 등 다양한 분야에서 인간 노동력을 대체하며 노동시장의 근본적인 재편을 야기하고 있다. 이는 대규모 실업, 노동

불안정 심화, 사회계층 간 격차 확대로 이어질 수 있으며, 더 나아가 ‘일 없는 삶’이라는 새로운 사회 모델을 고민하게 만든다. 경제적 생산 활동을 중심으로 인간의 정체성과 의미를 부여해온 사회에서 노동의 가치가 하락할 때 우리는 어떻게 존재 의미를 찾고 ‘기여’와 ‘보상’의 논리를 재정립해야 할까? 이는 인간 가치에 대한 근본적인 질문을 던진다.

3.

기술 독점 심화와 데이터 권력의 위험한 집중

데이터는 현대 사회의 핵심 자원으로 부상했지만 구글, 아마존, 메타와 같은 거대 플랫폼 기업에 의해 독점적으로 수집되고 통제되고 있다. 이들은 AI 기술 관련 주요 특허를 통해 정치·경제·문화 전반에 걸쳐 막강한 영향력을 행사하며

새로운 형태의 ‘기술 권력’을 창출한다. 플랫폼 자본주의는 국가의 규제 범위를 넘어서는 초국가적 행위자로 성장하여 민주주의 사회의 공공성과 투명성을 위협하고, 시민의 프라이버시와 선택권을 제약한다. ‘누가 AI를 통제하고, 그 책임은 어디에 있는가’라는 질문은 단순한 기술 문제를 넘어 민주적 거버넌스의 핵심 과제다.

4.

사회적 신뢰 약화와 인간관계의 새로운 변화

AI와 로봇이 일상생활에 깊숙이 들어오면서 인간관계의 구조 자체가 변화하고 있다. 감정 인식 AI, 챗봇, 돌봄 로봇 등은 인간과의 정서적 상호작용을 모방하며 새로운 형태의 관계를 형성하지만, 이러한 관계의 진정성에 대한 의문은

여전히 남아 있다. AI와의 상호작용이 인간관계를 대체할 경우 사회적 고립과 소외를 심화시킬 수 있으며, AI의 판단을 인간보다 더 신뢰하는 경향이 강화되면 전문가와 제도에 대한 신뢰가 약화될 수 있다. 의료 분야에서 AI 진단이 의사의 권위에 도전하고, 교육 분야에서 AI 튜터가 교사를 대체할 가능성은 인간 전문가의 지위와 정체성에 대한 근본적인 질문을 던진다.

5.

존재론적 경계의 모호화: 인간인가, 기계인가?

인간 뇌를 모방한 신경망, 자율학습 AI, 감정 표현 AI의 등장은 인간과 기계의 경계를 흐릿하게 만들고 ‘의식’, ‘지능’, ‘자아’와 같은 핵심 개념에 대한 재정의의 요구한다. 미래에는 뇌-기계 인터페이스, 유전자 편집, 사이보그 기술 발전으로 인간의 생물학적 한계를 넘어서려는 시도가 본격화될 것이며, 이는 인간 중심주의 세계관에 대한 근본적인 도전이자 인류 존재론적 정체성의 거대한 전환점을 의미한다.

공존을 위한 상상력 발휘와 윤리적 틀 재정립

AI와 인간이 공존하는 시대는 단순히 기술과 함께 사는 것을 의미하지 않는다. 그것은 인간의 삶과 사회구조를 다시 설계하는 과정을 포함한다. 공존을 위해 우리는 첫째, AI 기술의 투명성과 책임성을 보장하는 제도적 장치를 마련해야 한다. 둘째, 노동 전환에 대비한 교육과 사회 안전망을 구축해야 한다. 셋째, 시민의 데이터 주권을 회복하고 기술 권력을 민주적으로 통제할 수 있는 규범을 확립해야 한다. 마지막으로, 인간 고유의 감성, 공동체성, 창의성을 강화하는 방향으로 문화적 기반을 다져야 한다. AI는 우리 사회의 거울이며, 우리가 무엇을 중요하게 여기고 어떤 사회를 원하는지를 반영한다. 우리는 기술 중심의 미래가 아닌 인간 중심의 미래를 설계해야 하며, 지금 그 선택의 기로에 서 있다.



권희원 주식회사 알메디 대표

주식회사 알메디 대표로 재직 중이다. 3D 스캐너를 활용해 인체 사이즈 측정 및 데이터를 제공하며, 의료-헬스케어 산업의 정밀한 데이터와 혁신적 기술을 바탕으로 사람과 기술의 가치를 연결하는 데 주력하고 있다.

R&D 사전

#유리기판 Glass Substrate

유리로 만든 기판으로 디스플레이, 반도체, 태양광 등 다양한 전자제품의 핵심 부품으로 쓰인다. 특히 디스플레이 산업에서는 TFT, CF, 봉지유리 등 LCD와 OLED를 이루는 층의 기반 지지체로 활용된다.



최근 유리기판은 고해상도, 고주사율, 대면적 디스플레이 수요 증가에 따라 더욱 정밀하고 얇은 형태로 진화하고 있다. 반도체 패키징 분야에서는 기존 플라스틱 유기기판을 대체하는 글라스 기판 연구가 활발히 진행 중이다. 미세 회로 구현이 가능하고 열변형이 적어 차세대 패키징 기술의 핵심으로 주목받고 있다.

적용 사례

#삼성디스플레이, 내년 2분기 8.6세대 IT OLED 양산 돌입

삼성디스플레이가 내년부터 8.6세대 IT OLED 양산에 돌입한다. 기존 6세대(1500×1850mm)보다 큰 8.6세대(2290×2620mm) 유리기판을 생산할 예정으로, 1장의 유리 원장에서 더 많은 패널을 만들 수 있다.



#SKC·삼성전기·LG이노텍 3사, 반도체 유리기판 개발 박차

국내 대기업 계열사들이 꿈의 기판으로 불리는 유리기판 시장 개척에 나섰다. SKC 자회사 애플릭스는 연말까지 상업화를 본격화할 방침이며, 삼성전기는 2027년 대량생산을 목표로 시험 생산 라인을 가동한다. LG이노텍 역시 연말부터 시제품 생산에 착수할 예정이다.



#삼성전자 2028년부터 반도체 유리기판 사용

삼성전자가 2028년부터 반도체 제조에 유리기판을 사용한다. 유리기판은 인공지능^{AI} 칩과 같은 고성능 반도체 구현이 가능한 차세대 기판이다. 실리콘 인터포저를 글라스 인터포저로 대체한다는 계획으로, 인터포저는 중간 기판 역할을 하는 부품이다.



유사 개념

#유리기판

PCB(인쇄회로기판) 등에서 사용하는 플라스틱 기반 기판. 저비용으로 대량생산이 가능하나, 유리기판에 비해 열변형에 약하고 고밀도 회로 구현이 어렵다.

#세라믹 기판

내열성과 절연성이 뛰어나 주로 전자기기나 반도체 산업에 사용되는 비금속 소재 기판이다. 가공이 어려워 고급 장비에 주로 쓰인다.

#기판 패키징 Substrate Packaging

반도체 칩을 외부 회로와 연결하기 위해 기판에 장착하는 기술. 전기적 연결, 열방출, 기계적 보호 기능을 제공한다.

심화 개념

#TGV Through Glass Via

유리기판에 초미세 구멍^{Via}을 형성해, 상·하단 층 간의 전기적 연결을 가능하게 하는 기술. 기존 기판 대비 전력 효율성과 신호 무결성을 향상할 수 있다.

#습식 식각

TGV 구현 방식 중 하나로, 화학 용액을 사용해 유리 표면을 부식시켜 구멍을 형성하는 방식이다. 미세한 가공이 가능하지만, 균일한 형상을 유지하기 어려운 단점이 있다.

#건식 식각

TGV 구현 방식 중 하나로, 플라스마 또는 기체 화학반응을 이용해 구멍을 뚫는 방식이다. 정밀가공이 가능하나, 비용이 높고 공정시간이 길다는 단점이 있다.

글로벌 R&D 신규 과제 발굴을 위한 기술 수요조사 상시 실시

한국산업기술기획평가원은 산업기술 분야의 기술 기획과 정책 활동을 통해 국가 R&D사업이 우수한 연구 성과를 창출하도록 지원하고 있습니다. 국내 산업기술 경쟁력 제고를 위해 산업기술 R&D 내에서 글로벌 R&D 과제기획을 확대하고자, 올해부터 해외기관과의 기술 협력 수요조사를 SROME 전산 시스템을 통해 상시 입력 방식으로 접수하고자 합니다. PD 기술 분야별 “글로벌 초격차 기술”을 중심으로 국제공동R&D 과제기획에 필요한 기술 수요조사를 실시하고, 이를 차년도 과제기획에 활용하고자 하오니 많은 참여를 바랍니다.

조사 대상

신규 과제 기획 분야(22개 PD 분야)

실시 근거

국가연구개발혁신법 시행령 제7조(연구개발에 대한 수요조사)

추진 프로세스

기술 수요조사 제출	→	기술수요 사전검토	→	국제공동 R&D 과제 기획 추진
의견서 제출 (상시 제출)		기술수요 내용 보완사항 검토 및 피드백		PD(사업부서) 공유 산업기술 R&D 사업 매칭 및 RFP 상세기획 등
srome.keit.re.kr 구글 간편 인증을 통한 로그인 또는 회원 가입		해외수요 검토위원회 (글로벌협력TF)		PD 및 사업부서 (국제협력본부 지원)

접수방법

- 1 산업기술 R&D 디지털플랫폼(srome.keit.re.kr) 접속
- 2 ‘협업’ 클릭
- 3 글로벌 네트워크
- 4 Global demand survey 클릭
- 5 Get involved(영어 버전) 또는 참여하기(한글 버전) 클릭

기술 수요조사

제안서 작성 및

제출 시 유의사항

- 1 이메일 인증을 통한 회원가입 후에 접수가 가능함
- 2 본 수요조사는 과제기획을 위한 기술수요를 발굴하는 단계이므로 이의신청 절차는 없음
- 3 제출된 자료는 일절 반환하지 않으며, 신규 과제 발굴을 위한 참고 자료로만 사용됨
- 4 (필요 시) 담당자가 내용 점검 및 응답을 위해 별도 연락할 수 있음
- 5 제안사항의 검토·활용을 위해 필요한 범위 내에서 제출된 내용을 관련 전문가 등 제3자에게 공개하거나 제3자와 공유할 수 있음
- 6 제안 기술수요에 대해서는 제안자가 권리 등을 주장할 수 없음
- 7 아래의 경우는 접수 대상 및 기초 활용 대상에서 제외할 수 있음
 - 산업통상자원부 및 타 부처 사업에서 기지원 또는 지원 예정된 기술수요
 - 과제기획 방향에 부합하지 않은 경우
 - 산업통상자원부 R&D 사업 성격에 맞지 않은 경우
 - 전산 접수를 완료하지 않은 경우

문의사항

국제협력본부 글로벌협력TF junglee@keit.re.kr



KEIT
Homepage



Srome
(Industrial R&D
Digital Platform)



**Open Innovation
Proposals**
(상시 해외 수요조사)

Global demand survey 2025

Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) supports the generation of outstanding research outcomes in national R&D projects through strategic planning and policy efforts in the field of industrial technology. To enhance Korea's industrial technology competitiveness, KEIT is expanding the planning of international joint R&D projects within the industrial technology R&D framework. Starting this year, we are accepting submissions for technology cooperation needs with overseas institutions on a rolling basis through the SROME online system. Focusing on "Global Top-Tier Technologies" in each PD (Program Director) technology field, we aim to identify international joint R&D needs and reflect them in next year's project planning. We encourage your active participation.

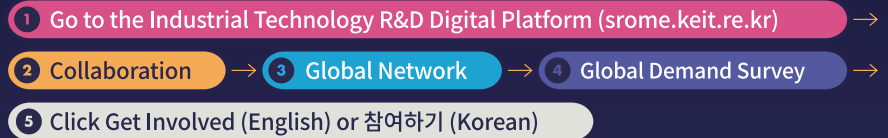
Target of Survey Field

2025 New Project Planning Areas (22 PD fields)

Process



How to Submit



Guidelines for Preparing the Technology Demand Proposal

- 1 Submission is only available after completing email verification and member registration.
- 2 This survey is intended to collect technology demands for future project planning and does not include a formal objection process.
- 3 Submitted materials will not be returned and will only be used as reference for new project planning.
- 4 KEIT may contact the proposer if further clarification is required.
- 5 Submitted proposals may be shared with third-party experts if necessary for evaluation and planning purposes.
- 6 Proposers cannot claim ownership or rights over submitted ideas.
- 7 The following cases may be excluded from evaluation or basic use:
 - Technology already supported or scheduled to be supported by MOTIE or other ministries
 - Proposals not aligned with the project planning direction
 - Proposals inconsistent with the nature of MOTIE's R&D programs
 - Incomplete or unsubmitted entries through the online system

Contact

Email junglee@keit.re.kr
Office of Global R&D Cooperation



KEIT
Homepage



srome
(Industrial R&D Digital Platform)



Open Innovation Proposals
(Global Demand Survey)

산업 지도를 바꿀 차세대 기술

글 김리안 <한국경제신문> 기자

국내1

양자기술 이제는 산업이다



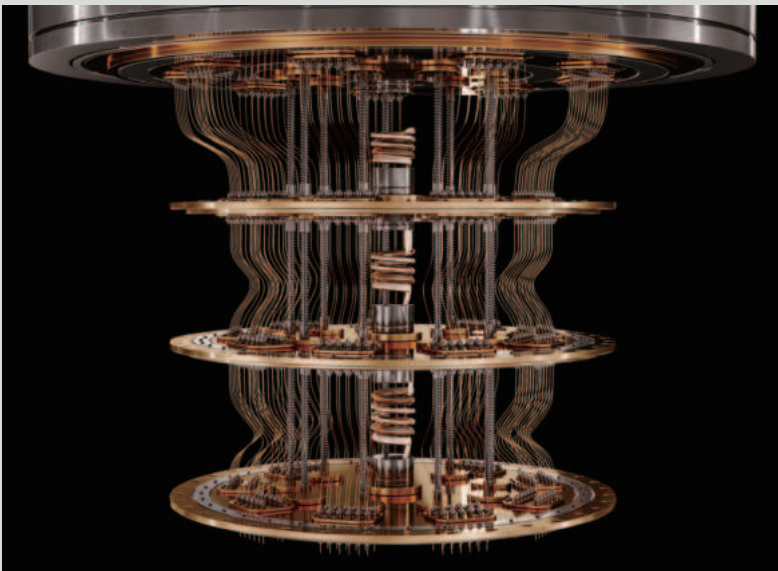
양자기술이 차세대 첨단산업의 게임체인저로 주목받고 있다. 초고속 연산, 초신뢰 통신, 초정밀 계측 등 기존 기술의 한계를 돌파할 수 있는 양자기술은 향후 인공지능, 신약 개발, 금융·물류 등 다양한 산업에 광범위한 혁신을 일으킬 것으로 기대된다.

산업통상자원부는 지난 6월 18일 서울 중구 롯데호텔에서 '제2차 양자기술 산업화 포럼'을 열고, 산업 현장에 양자기술을 적용하기 위한 분야별 실행과제를 논의했다. 지난 2월 출범한 포럼의 첫 대면 회의로, 이날 행사에는 관련 기업과 스타트업, 연구기관, 학계 등

산·학·연 전문가 100여 명이 참석했다.

참석자들은 국내 양자 생태계 활성화를 위해 하드웨어 기술의 글로벌 경쟁력 확보, 소프트웨어 기업의 자생력 강화, 산업현장 중심의 활용 사례 확대, 양자 전문인력 양성 등이 시급하다는 데 뜻을 모았다.

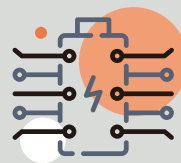
이에 산업부는 1000개 업종별 적용 사례 실증, 반도체 등 10대 주력 산업에 특화된 양자 활용 플랫폼 개발·보급, 양자기술 사업화 프로젝트 추진, 실무형 인재 1만 명 양성 등을 중점 과제로 검토하고 있다.



또한 기술개발, 보급확산·인력양성, 법·제도, 소재·부품·장비(소부장), 표준화 등 5개 분과별 토의를 통해 실행과제를 도출하고, 이를 기반으로 정책 방향을 마련할 계획이다.

오승철 산업부 산업기반실장은 “양자기술 상용화는 기술 자체가 아닌 산업현장에서의 활용 가능성에서 출발해야 한다”며 “업계와 함께 실질적인 실행과제를 구체화해, 연내 실효성 있는 양자 산업기술 활성화 대책을 마련하겠다”고 밝혔다.

韓 정부, 꿈의 전고체 배터리에 1800억 원 넘게 투자



기존의 전기차 배터리 시장은 LFP(리튬인산철)와 NCM(니켈·코발트·망간) 배터리가 양분하고 있다. 하지만 두 기술 모두 화재 위험성, 충전 속도, 에너지 밀도 등에서 한계를 지니고 있어, 이를 극복할 차세대 기술로 전고체 배터리가 ‘꿈의 배터리’로 주목받고 있다. 전고체 배터리는 고체 전해질을 사용해 안전성과 에너지 밀도를 동시에 높일 수 있어, 미국·일본·중국 등 주요국들이 관련 기술개발 경쟁에 뛰어들어 상황이다.

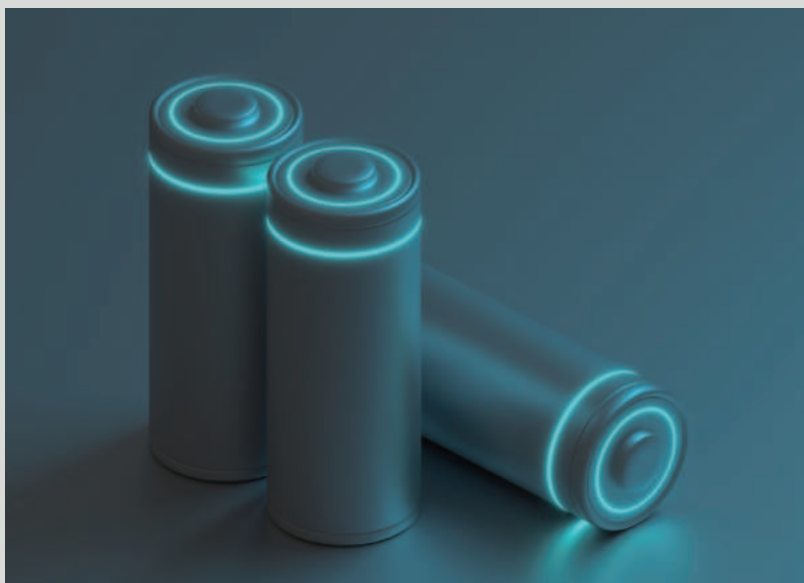
산업통상자원부는 최근 고분자계 전고체 배터리 기술개발을 위한 연구개발 기관을 선정하고 본격적인 사업에 착수한다고 밝혔다. 주요 참여 기관은 아모그린텍(산), 충남대학교(학), 한국광기술원(연) 등이다. 이번 사업은 스마트워치, 무선 이어폰, VR 기기 등 소형 웨어러블 기기를 겨냥한 경량

고안전 배터리를 개발하는 데 초점을 맞추고 있다.

고분자계 전고체 배터리는 기존 액체 전해질의 한계를 극복하며 경량화, 고에너지 밀도, 고안전성을 동시에 구현하는 것을 목표로 한다. 사업은 2025년부터 2028년까지 진행되며, 총 358억 원(국비 250억 원, 민간 108억 원)이 투입된다. 이를 통해 충전 부담이 적고 화재 위험이 낮은 차세대 웨어러블 기기의 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대된다.

산업부는 앞서 산화물계 전고체 배터리 개발을 위해 ‘기판실장용 초소형 적층 세라믹 전고체 배터리 개발 사업’을 추진 중이다. 이 사업은 2023년부터 2026년까지 총 294억 원을 투입해 PCB 기판에 직접 부착 가능한 고안전·저전력 배터리를 개발하고 있으며, 전자기기 주전원의 부담을 덜어 사용 시간을 늘리는 데 기여할 것으로 보인다.

또한 중대형 배터리를 위한 황화물계 전고체 배터리 개발도 진행 중이다. 산업부는 2024년부터 2028년까지 총 1172억 원을 투입해 전고체, 리튬 금속, 리튬황 배터리 등 차세대 이차전지 기술을 공동 개발 중이며, 이를 통해 전기차의 주행거리 연장과 화재위험 감소라는 두 가지 목표를 동시에 달성하고자 한다.



영국의 바이오 전략 지도



팬데믹 이후 생명과학은 단순한 보건 이슈를 넘어 국가 성장동력으로 부상하고 있다. 세계 각국이 바이오산업 육성에 박차를 가하는 가운데, 영국 정부도 ‘글로벌 바이오 강국’ 도약을 위한 본격적인 투자 전략에 돌입했다.

바이오협회에 따르면, 영국 정부는 생명과학 분야에서 2030년까지 유럽 최고, 2035년까지 세계 3위 수준의 바이오 강국으로 도약하기 위한 산업 성장 계획을 최근 발표했다.



영국 정부는 “과도한 규제와 기술 활용 부족으로 인해 기존 접근 방식이 효과적이지 않았다”고 진단하며, 가장 높은 성장 잠재력을 지닌 부문에 대한 ‘표적화된 장기 계획’이 시급하다고 강조했다.

이를 위해 건강 데이터 연구 서비스를 중심으로 약 8억 800만 달러(약 1조 1000억 원)를 투입하며, 5년간 ‘지노믹 잉글랜드’에 8억 7600만 달러(약 1조 2000억 원) 이상을 투자할 계획이다.

또한 건강 데이터 연구 프로그램 ‘우리의 미래 건강^{Our Future Health}’에 최대 4억 7700만 달러(약 6500억 원), 중개 연구 네트워크의 전임상 인프라에 최소 4000만 달러(약 550억 원), 대규모 바이오 데이터베이스인 ‘UK 바이오뱅크’에 최대 2700만 달러(약 370억 원) 예산이 각각 배정됐다.

아울러 ‘생명과학혁신제조펀드’를 통해 총 7억 100만 달러(약 1조 원)를 투자해 해외 제조기업을 영국에 유치하고, 산업계 파트너십을 확대할 방침이다. 주요 바이오제약사와 연간 1건 이상의 전략적 파트너십을 체결하는 것이 목표다.

규제 혁신도 병행된다. 영국은 의약품·의료기기 관련 규제기관인 MHRA(의약품·헬스케어제품규제청)와 NICE(국립보건임상평가연구소)의 ‘병행 승인’을 통해 제약사의 시장 진입 속도를 높이고, 두 기관을 ‘더 빠르고 민첩한’ 규제기관으로 개편할 계획이다.

영국 정부는 “세계에서 가장 진보되고 안전하며, AI가 지원하는 건강 데이터 플랫폼을 구축할 것”이라며 “임상시험 승인 기간도 150일 미만으로 단축하겠다”고 밝혔다.

탄소발자국 인증받은 AI TV

글 구현화 환경 <ESG> 기자

LG전자가 북미와 한국에 이어 유럽에 2025년형 올레드 TV 라인업을 본격적으로 출시했다. LG전자는 4월 초부터 영국과 독일, 스위스, 헝가리 등 유럽 8개국에서 2025년형 올레드 TV 신제품 판매를 시작했다. 이에 따라 2025년형 LG 올레드 TV가 출시된 국가는 20여 개국으로 늘었다. LG전자는 특히 매직 리모컨에 탑재된 전용 버튼을 통해 AI 컨시어지와 AI 서치 등 ‘손에 잡히는’ 5대 AI 기능으로 TV 시청에 대한 고객 경험을 한 차원 높였다. AI 컨시어지 기능은 AI가 시간대별 사용 패턴을 기반으로 게임 콘솔 연결, 축구 하이라이트 시청 등 고객 맞춤형 키워드를 제안하는 모드로, TV 시청 중 리모컨의 AI 버튼을 짧게 누르면 이용 가능하다.

AI 서치는 거대 언어 모델^{LLM} 기반으로 고객의 발화를 이해하고 의도를 추론해 검색하는 기능이다. ‘파리에 가기 전 보기 좋은 영화를 보여달라’는 요구에 파리를 배경으로 한 영화를 추천하는 식이다. AI 챗봇은 TV를 사용하면서 발생하는 간단한 문제해결을 돕고, AI 맞춤 화면·사운드 마법사는 약 16억 개 화면과 4000만 개 사운드 중 고객의 취향에 맞는 설정을 제안한다. 2025년형 LG 올레드 TV는 이외에도 디스플레이 알고리즘과 유기화합물 적층 구조를 바꾼 새로운 밝기 향상 기술로 일반 올레드 TV(B5) 대비 3배 이상 화면이 밝아졌고, 주변 조도와 상관없이 일관된 검은색을 표현하는 ‘퍼펙트 블랙’으로 명암비를 극대화한 것이 특징이다.

LG전자가 2025년형 올레드 TV를 유럽 8개국에 출시하며 글로벌 시장 확대에 나섰다. AI 기반 맞춤형 추천·검색·화면 설정 기능과 향상된 밝기·명암비 기술로 사용자 경험을 한층 강화했다.





LG전자 2025년형 올레드 TV는 탄소발자국·탄소 저감 등 글로벌 환경 인증을 연이어 획득하며, 프리미엄 TV 시장에서 친환경 기술력까지 입증했다.

탄소 배출 저감 인증도 잇달아 획득

LG전자 올레드 TV는 해외 유력 인증기관으로부터 탄소 배출 저감, 지속 가능한 자원 효율성 등 환경 관련 인증을 잇따라 획득하며, 프리미엄 TV 시장의 선도 기업으로서 환경친화적 측면에서도 앞서나가고 있다. LG전자는 최근 프리미엄 TV의 대표 주자인 2025년형 올레드 TV 신제품에 대해 영국 비영리 인증기관 카본트러스트^{Carbon Trust}의 ‘탄소발자국^{Carbon Footprints}’ 인증을 받았다. LG전자는 2021년부터 올레드 TV 신제품에 대한 탄소발자국 인증을 5년 연속 획득했다. 카본트러스트는 제품 생산부터 유통, 사용, 폐기까지 전 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량과 환경에 미치는 영향을 종합적으로 평가해 탄소발자국 인증을 부여한다. 2025년형 LG 올레드 TV는 G5(83·77·65·55형), C5(83형) 모델이 기존 동급 모델 대비 탄소 발생을 줄여 ‘탄소 저감^{Carbon Reducing}’ 인증을 획득했다.

또 LG 올레드 TV는 영국에 본사를 둔 글로벌 시험 인증기관 인터텍^{Intertek}의 ‘자원 효율^{Resource Efficiency}’ 인증도 획득했다. 이 인증은 재료 사용 효율성(재활용 설계, 유해 물질 저감, 수리 용이성 등), 에너지 효율성, 재활용 소재 사용 등 엄격한 심사 항목을 통과한 제품만 받을 수 있다.

LG 올레드 TV가 다양하고 엄격한 환경 인증 심사에서 높은 평가를 받을 수 있었던 이유는 별도의 백라이트가 필요한 LCD TV 대비 부품 수가 적고, 가벼운 복합섬유 소재를 대거 적용했기 때문이다. 65형 올레드 TV는 같은 크기의 주요 브랜드 LCD

TV보다 플라스틱 사용량은 약 60% 적고, 무게는 약 20% 가볍다. 이에 따라 LG전자가 올해 올레드 TV 제조에 사용하는 플라스틱 양은 동일한 수량의 LCD TV 대비 약 1만6000톤 적은 수준이다. 플라스틱 사용이 줄면서 생산·운송 과정 등에서 배출되는 탄소량도 약 8만4000톤 감축될 것으로 전망된다. 이는 축구장 1만1000개 면적에 해당하는 수령 30년 된 소나무 산림이 1년간 흡수하는 이산화탄소량 수준이다. 또 LG전자가 지난해 올레드 TV를 포함한 전체 TV 제조에 쓴 플라스틱 사용량 중 약 30%는 재생 플라스틱이었다. 이를 통해 약 6300톤의 폐플라스틱 재생 효과를 거뒀다. 올해는 재생 플라스틱 사용 비율을 50% 수준으로 높여, 연간 약 7700톤의 폐플라스틱 재활용 효과를 거둘 것으로 기대한다.



화제의 ESG 제품



코웨이의 친환경 무전원 정수기

베스트 라이프 솔루션 기업 코웨이가 공간에 맞춰 설치 방식이 유연한 친환경 무^電전원 정수기 '스위치 정수기(P-2200N)'를 출시했다. 신제품 스위치 정수기는 소비자의 다양한 라이프스타일과 주방 구조에 맞춰 공간 제약 없이 자유롭게 설치할 수 있다. 스위치 정수기는 카운터 톱 방식으로 가로형 또는 세로형으로 손쉽게 전환이 가능하다. 가로 11cm의 슬림한 디자인으로, 협소한 주방에도 부담 없이 설치할 수 있다. 특히 이번 신제품은 별도의 코드 연결 없이 사용할 수 있는 무전원 정수기로, 설치 위치의 제약과 전기세 부담을 해소했다. 전기를 사용하지 않아 에너지 절감은 물론, 친환경적으로 사용 가능하다. 추출 핸들을 돌려 출수량도 간편하게 조절할 수 있다. 또 바이러스, 박테리아, 중금속 등 각종 유해 물질을 제거하는 나노트랩 필터 시스템을 탑재해 언제나 깨끗하고 신선한 물을 제공한다. 가로형 또는 세로형 카운터 톱 사용 시 파우셋과 물받이를 쉽게 분리해 세척할 수 있어 위생적인 관리가 가능하다.





식물성 원료로 만든 바이오 SMR 가구용 필름

LX하우시스가 식물성 원료를 적용한 '바이오^{Bio} SMR 가구용 필름'을 선보였다. 바이오 SMR 가구용 필름은 LX하우시스만의 차별화된 SMR^{Supermatt Resist} (무광택 표면) 코팅 기술로 만든 PET 필름에 바이오 탄소 코팅을 추가로 적용한 제품이다. 국내 가구용 필름 업계에서 식물성 원료를 적용한 제품을 출시한 것은 LX하우시스가 처음이다. 바이오 탄소는 식물 등 생물학적 원료에서 추출한 탄소를 기반으로 한 소재다. 화학연료에서 유래한 탄소와 달리 환경에 미치는 영향이 적은 친환경 원재료로, 점차 활용도가 높아지며 국내외 가구 업계에서 각광받고 있다. 특히 바이오 SMR 가구용 필름은 미국의 바이오 원료 함유량 공인 시험기관인 베타연구소^{Beta Analytic}에서 바이오 탄소가 포함된 필름 코팅에 대한 검증을 완료했다. 또 식품에 닿는 재료로 사용 가능한 안전성을 시험하는 미국 식품의약국^{FDA}의 식품 접촉 안전성 평가를 통과해 제품의 친환경성을 글로벌 전문 기관으로부터 인정받았다.



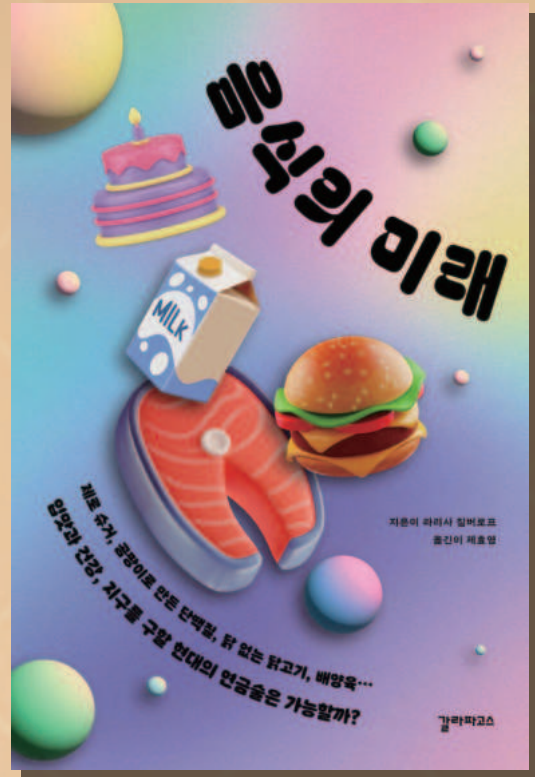
한국타이어의 전기차 전용 타이어

한국타이어앤테크놀로지(이하 한국타이어)는 전기차 전용 퍼포먼스 타이어 '아이온 에보 포뮬러 E 에디션'을 출시한다고 밝혔다. 이번 제품은 테슬라 전기 스포츠 유틸리티 차^{SUV} 모델 Y의 퍼포먼스 트림 전용 21인치 제품으로 개발했으며, 온라인으로 한정 판매한다. 국제 전기차 레이싱 대회 'ABB FIA 포뮬러 E 월드 챔피언십'과 연계해 만든 제품이기도 하다. 한국타이어는 타이어 중심 자동차 토틸 서비스 전문점 티스테이션의 온라인 타이어 쇼핑몰 '티스테이션닷컴'에서 '아이온 에보 포뮬러 E 에디션'을 단독으로 한정 수량 판매할 예정이다.

전 세계 인구가 80억을 넘어서다.
환경파괴와 기후변화로 인해
생물 다양성은 나날이 감소하고
있다. 수십 년 전부터 제기돼온
식량 위기가 현실화될 조짐이
보인다. 앞으로 우리는 무엇을 먹고
살아가게 될까. 인류와 지구를
살리기 위한 이른바 '푸드테크'에
대해 살펴본다.

글 우아영 과학 칼럼니스트,
<평행세계의 그대에게> 저자

과연 20년 뒤 우리는 **뭘** 먹고 살게 될까?



<음식의 미래>

라리사 짐버로프 글 / 제호영 옮김 / 갈라파고스

호기롭게 채식을 선언한 적이 있다. 피부가
예민해서인지 두드러기로 건강 적신호가 켜지곤 했다.

이런 몸에는 육식이 좋지 않다고 어디선가 읽었고,
과하게 생산하고 소비하는 육류가 지구를
얼마나 빨리 망치는지에 대해서도 관심을
갖던 때였다.

결론만 말하면, 3개월도
못 갔다. 무엇보다 습관처럼
즐기던 '치맥'을 끊기가 어려웠다. 갓
튀긴 치킨을 한입 바사삭 베어
물면 고소한 튀김 기름과 육즙이
어우러져 혀에 착 감긴다. 차고
알싸한 맥주를 한 모금 털어 붓고
꿀꺽 삼키면 깊은 만족감이

차오른다. 과연 한국인의 애환을 달래주는 맛이다.

자, 그래서 매년 국내에서 천수를 누리지 못하고
도축되는 닭이 무려 10억 마리다. 이 어마어마한
양의 닭들을 기르느라 막대한 토지, 물, 전기, 곡물이
소비된다.

문제는 여기에 있다. 과도한 육식이 전 세계적인
습관으로 자리하고 있다는 사실. 동물에게
미안하다고, 지구가 걱정된다고, 사람들이 갑자기
지역 농산물로 완전 채식을 하는 일 따위는 일어나지
않는다. 식량 위기는 점점 현실화되고 있는 듯하다.

푸드테크 창업가들을 만나다

이 책은 그런 질문에서 출발한다. 첨단 식품 기술, 소위

‘푸드테크’에 대한 진지한 취재기다. 제1형 당뇨병 환자로 어릴 적부터 음식 성분 하나하나에 민감했던 라리사 짐버로프는 다양한 ‘실험실 식품’이 개발되고 소비되는 과정을 꼼꼼하게 취재해 책에 담았다.

이미 상용화된 식물성 고기부터 해조류, 균류, 완두콩 단백질, 대체 우유와 대체 달걀, 음식물 업사이클링, 수직농업, 세포 배양육까지 다양한 푸드테크가 하나씩 등장한다. 창의적인 첨단기술에 대한 찬탄이 이어질 것 같지만, 오히려 저자가 던지는 중요한 질문들은 이렇다.

“이러한 실험실 음식을 마음 편히 신뢰해도 될까? 실험실 음식들은 모두 어떻게 만들어지는 것일까? 실험실 음식이 생산·유통·소비·폐기되는 전 과정에서 지구 환경은 어떻게 나아지고 있을까? 이 과정에서 우리가 의도하지 않은 일이 발생할 가능성은 조금도 없는 것일까? 새로운 식품을 만들어 내놓는 이들을 우리는 얼마나 믿어야 할까?”

초가공식품이 미치는 아직 ‘불확실한’ 영향

생각할 거리를 무수히 던지는 책이다. 한 가지 예를 들어보자. 최근 영양학자들이 초가공식품을 우려하는 이유는 끓이고 거르고 첨가하는 과정에서 영양분이 빠져나가거나, 더 나쁘게는 건강에 좋지 않은 성분이 포함될 수 있기 때문이다. 그리고 실험실 음식은 초가공식품일 수밖에 없다. 임파서블푸드사의 채식 버거 패티를 이루는 17가지 재료는 각기 다른 업체에서 생산되며, 일부는 특정 감각을 모방하는 것이 목적인 첨가물이다.

유전자 변형 철이 포함된 단백질 성분인 ‘헴^{Heme}’에 가장 큰 우려가 제기된다. 소고기와 비슷한 풍미가 나는 헴은 혈액을 구성하는 핵심 성분이다. 아미노산과 당류, 지방산에 스파크를 일으켜 미각이 고기라고 느끼도록 유도하는 일종의 촉매다. 그런데 연구에 따르면, 육류에서 나온 헴 철을 다량으로 섭취하는 사람은 심장질환이 생길

위험성이 31% 높다. 그리고 채식 버거에 함유된 헴의 잠재적 위험성은 아직 불분명하다.

과학보다는 정치일지도

현실을 돌아본다. 동물 사료로 쓰이는 식물이 재배되는 땅의 면적은 미국에서만 5600만 에이커에 이른다. 사람이 먹는 식물이 재배되는 땅은 400만 에이커 정도다. 요컨대 현재 생산되는 식량은 모두를 먹여 살릴 수 있는 양인데도 굶주림에 시달리는 사람들이 너무 많다. 이런 상황에서 수억 달러를 쏟아부은 실험실 음식만이 지구를 구할 수 있다고 상상하는 건 터무니없다고, 저자는 말한다.

저자가 산업화된 식품에 반대하는 건 아니다. 그보다는 신생 업계가 거대 식품기업이 걸어간 길을 그대로 따르는 상황에 대해 경각심을 일깨우려는 것이 이 책의 목적이다. 소비자가 현명한 선택을 했다고 느끼게 만들면서도, 실제로는 대기업과 똑같이 소비자를 간편식과 값싼 저품질 고열량 스낵이 가득한 진열장 앞으로 안내하니까.

저자는 이들 기업이 기자인 자신이 던진 질문에 기업 기밀이라서, 소비자가 어떤 특정 사실을 알면 제품이 덜 팔리니까, 기자의 의도가 의심스러우니까 등등 각종 이유로 제대로 답을 하지 않았다고 여러 번 밝혔다. 이른바 실험실 음식들은 과연 필요하고 바람직한 것일까? 우리가 매일 먹고 사는 ‘음식의 미래’는 어떻게 바뀔까? 소비자인 우리가 앞으로 묻고 요구하는 것에 달렸다.

#푸드테크

#실험실음식

#식량위기

#채식버거

#음식물업사이클링

<세계의 끝 씨앗 창고 - 스발바르 국제종자 저장고 이야기>

캐리 파울러 지음 / 허형은 옮김 / 마농지 펴냄

130m 얼음 터널 끝에서 씨앗을 지킨다는 것

인류의 식량 위기에 대비하기 위한 기술을 폭넓게 ‘푸드테크’라고 한다면 ‘국제종자저장고’ 이야기를 반드시 짚어야 한다.

북극점에 가장 가까운 거주지, 노르웨이령 스발바르제도. 뼈가 시리도록 춥고 황량한 이곳의 영구 동토층 암반에, 130m 길이의 터널을 뚫고 커다란 건물을 지었다. 입구에는 녹색 판유리가 반짝이고, 건물 안쪽에는 냉각장치가 가동되고 있다. 기후 위기, 자연재해, (핵)전쟁, 테러 등으로 인한 식물 멸종에 대비해 인류의 식량과 작물 다양성을 지키기 위한 ‘씨앗 방주’, 바로 ‘스발바르 국제종자저장고’다.

종자 보존은 왜 중요할까. 이 저장고는 무엇을 성취하려 하는 걸까. 이 책은 국제종자저장고의 아이디어 단계부터 건립과 운영까지 전 과정을 이끈 캐리 파울러가 이런 질문들을 탐색하는 책이다. 저장고 구석구석에서 분투해온 이야기를 생생하게 전하면서, 농업의 토대이자 인류 생존의 핵심 자원인 작물 다양성을 지켜내야 한다고 호소한다.

#국제종자저장고

#스발바르

#종자보존

#작물다양성



<식량위기, 이미 시작된 미래>

루안 웨이 지음 / 정지영 옮김 / 미래의창 펴냄

왜 식량 위기가 생겨날까?

지금까지는 식량 위기를 아프리카 기아 문제로만 여겼지만, 이제는 전 세계 인구가 마주한 실질적인 위기다. 실제로 러시아의 우크라이나 침공 이후 많은 국가의 주식인 밀 공급이 중단되면서 세계는 곡물 가격 급등과 함께 식량 수급에 심각한 혼란을 겪었다. 이런 상황은 앞으로도 반복될 가능성이 높다. 지금의 터무니없는 식량 생산 및 소비 시스템을 바꾸지 않는다면 말이다.

이 책은 전쟁이 붕괴시킨 세계 식량 시스템이 인간의 생존을 어떻게 위협하고 있는지를 짚어낸다. 전쟁으로 초토화된 곡물 생산지, 거대한 육류 소비가 초래한 곡물시장 왜곡, 기후변화가 곡물 생산에 미치는 영향, 바이오 연료가 불러온 새로운 농산물 쟁탈전, 아프리카 농업을 무너뜨린 미국과 유럽의 곡물 전략, 그리고 막대한 인구를 떠받치는 공업화된 농업구조까지. 인간이 행한 요소들이 어떻게 세계를 굶주리게 만드는지 살펴본다.

#곡물전쟁

#기후위기

#지속가능한농업



유튜브 찾아볼까?



[국회방송] 미래특강 미리 가 본 세상

▶ 미래의 밥상 혁명 푸드테크 - 식품산업 편

이기원 서울대 푸드테크학과 교수가 전하는 첨단 식품산업 이야기. 이 강연에 따르면 푸드테크란 디지털 시대 첨단기술을 융합해 기존의 먹거리와 관련한 문제들을 해결하는 기술로 정의된다. 식물성 대체육처럼 새로운 음식을 직접 만들어내는 기술뿐 아니라 음식의 생산과 유통에 관련한 기술, 즉 AI 기술을 활용한 개인 맞춤 식단, 팜테크, 친환경 패키징, 음식물 처리 시스템까지 광범위하게 아우른다. 실제 기업을 예로 들어 최신 푸드테크 관련한 산업 동향까지 개괄적으로 파악할 수 있다.

#개인맞춤식단

#팜테크

#아마존



[YTN 사이언스] 사이언스 포럼

육류 없는 혁신, 미래의 푸드 시스템

최근 몇 년간 가장 뜨거운 푸드테크는 뭐니 뭐니 해도 '대체육'이다. 늘어난 인구는 고기 단백질을 끝도 없이 욕망하지만, 동물을 소비하는 식생활은 기후변화와 코로나19 같은 대유행 감염병과 관련이 있다. 지속 가능하지 않다는 뜻이다. <음식의 미래>를 쓴 라리사 짐버로프는 "야생동물의 서식지를 계속 침범하는 행위를 줄이는 건 뭐든 고려해볼 만한 가치가 있다"고 적었다. 박유현 동국대 식품생명공학과 교수가 육식 혁신 기술, 특히 배양육에 대해 강의한 영상이다.

#대체육

#식물성고기

#배양육



일반인에게는 생소하지만
연구개발^{R&D}을 하는 연구자에게는
익숙한 단어가 있습니다. 바로 ‘기술
성숙도^{TRL}’입니다. 연구개발 과제를
수행할 때 기술의 현재 성숙도를
파악하는 것은 매우 중요합니다.
아이디어나 기술이 현재 어느 단계에
와 있는지 평가하고, 다음 단계로
나아가기 위한 로드맵을 그리는
데 필수적 개념인 TRL에 대해
살펴볼까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트

개발 기술 완성도의 지표, TRL.

TRL이란 무엇인가?

내가 하고 있는 사업이나 연구를 외부에서 평가할 경우, 외부 기관은 기술 성숙도 개념을 접목해서 평가합니다. 우리가 흔히 ‘기술 완성도’ 또는 ‘기술 성숙도’라고 번역하는 TRL^{Technology Readiness Level}은 기술의 개발 단계를 알려주는 지표입니다. 이를테면 어떤 아이디어나 기술이 개발 초기 단계부터 상용화되는 최종 단계까지 얼마나 완성도를 갖추었는지 객관적으로 평가하는 척도인 셈입니다.

TRL은 다양한 기술 및 산업 분야에서 특정 기술의 성숙도를 평가하거나, 서로 다른 기술 유형 사이의 성숙도를 지표에 근거하여 측정하고 비교하기 위해 사용됩니다. 상호 기술의 성숙도에 대한 정보를 원만하게 교류하며 혼돈을 줄이기 위해서는 주관적 지표가 아닌 일관성 있는 객관적 지표가 필요합니다. TRL을 활용하면 기술의 개발 상태를 객관적으로 평가하고, 이를 통해 기술사업화 가능성을 판단할 수 있습니다.

TRL은 1974년 미국 항공우주국^{NASA}에서 우주산업의 기술 투자 위험을 줄이고 효율성을 높이기 위한 목적으로 처음 고안한 개념입니다. 그리고 1989년 공식적으로 TRL의 평가 체계를 규정했습니다. 이후 1990년대에 미국 국방부^{DoD}에서 국방부 추진사업의 위험도 관리 방안 차원으로 활용하기 시작했습니다. 2000년대에는 일본을 비롯해 유럽우주국^{ESA}과 유럽위원회^{EC}, 미국석유평화^{AP} 등에서 도입해 쓰고 있습니다.

그럼 우리는 어떨까요. 한국은 2000년대 연구개발 성과를 관리하기 위해 국방·부품 소재 개발 분야에서 처음 도입했습니다. 현재 정부, 지자체, 기관의 국책 과제 등에 TRL 평가 체계를 수립해 활용하고 있습니다. 신약, 생물학적 제제 백신, 의료기기, 바이오마커, 의료 기술 등에도 TRL을 적용하고 있습니다.

TRL은 연구 결과를 평가하기 위한 것이 아니라, 프로젝트가 사업화에 성공할 수 있도록 돕고자 만든 수단입니다. 한국의 TRL 평가 체계는 기본적으로 NASA의 모델을 기반으로 하지만, 국내 산업구조와 특성에 맞게 약간의 변형이 가해졌습니다. 현재는 민간 연구개발^{R&D} 프로그램에도 맞게 재정의해 사용하고 있습니다.

TRL은 기술의 완성도를 숫자로 나타냅니다. 기초연구 단계부터 양산 단계까지 총 9단계로 나뉩니다. 연구개발 환경(실험실, 유사 환경, 실제 환경), 연구개발 결과물(시제품, 완제품), 기술 수준(개념, 시현, 성능 검증)에 따라 기술 성숙도를 분류하는 것입니다.



TRL은 1974년 NASA에서 우주산업의 기술 투자 위험을 줄이고 효율성을 높이기 위해 처음 고안한 개념이다.

TRL의 숫자별 기술 완성도

T5 사업화 단계	9단계	본격적인 양산과 사업화 가능
T4 실용화 단계	8단계	시제품 인증과 표준화
	7단계	실제 환경에서 성능 검증
T3 시제품 단계	6단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 평가 완료
	5단계	확정된 소재·부품·시스템의 실험실 시제품 제작과 성능 평가 완료
T2 실험 단계	4단계	실험실 규모의 소재·부품·시스템의 핵심 성능을 검증
	3단계	실험실 규모의 기본 성능을 검증
T1 기초연구 단계	2단계	기술개발 개념 정립 및 실용 목적의 아이디어에 대한 특허출원
	1단계	기초 이론 및 실험 정립

9단계는 다시 1~2단계의 기초연구 단계, 3~4단계의 실험 단계, 5~6단계의 시제품 단계, 7~8단계의 실용화 단계, 9단계의 사업화 단계로 세분됩니다. 이는 R&D를 하는 기술 수준이 개념 설계인지, 구현할 수 있는 정도인지, 바로 상용화 가능해 현장에 적용되는지 등에 따라 구분한 것입니다.

TRL 단계별 기술의 레벨

9단계를 구체적으로 살펴보면, 먼저 1단계는 기초 이론 및 실험을 정립하는 단계입니다. 기술개발의 가장 낮은 단계로, 기본 원리를 발견하는 과정이죠. 이를테면 새로운 소재가 얼마나 가볍고 강한지 확인하기 위해 물리적·화학적 특성을 연구합니다.

2단계는 기술개발 개념 정립 및 실용 목적의 아이디어에 대한 특허를 출원하는 단계입니다. 특정 기술 아이디어를 논문이나 특허로 정리하거나 시뮬레이션을 통해 작동 가능성을 확인하는 단계라고 할 수 있습니다. 특허출원을 거치면서 아이디어를 제3의 전문가 시각에서 객관화하고 정립합니다.

3단계는 실험실 규모의 기본 성능을 검증하는 단계입니다. 실험실에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본 성능을 검증하고, 개발하려는 부품이나 시스템의 기본 설계 도면을 확보할 수 있습니다. 이 단계에

이르면 기술의 가능성을 확인할 수 있습니다.

4단계는 실험실 규모의 소재·부품·시스템의 핵심 성능을 검증하는 단계입니다. 3단계에서 도출된 여러 결과 중 최적의 결과를 선택한 다음 시험 샘플을 제작해 평가하는데, 샘플이 계획대로 작동하는지 실험실에서 테스트합니다.

시제품 단계인 5단계는 확정된 소재·부품·시스템의 실험실 시제품 제작과 성능 평가가 완료된 단계를 의미합니다. 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하지만, 실제 제작한 시제품 샘플은 하나 내지 몇 개 정도입니다. 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심 성능으로만 볼 때, 실제로 판매할 수 있을 정도로 목표 성능을 달성한 단계라고 할 수 있습니다.

6단계는 파일럿 규모(복수 개수~양산 규모의 1/10 정도)의 시제품 제작 및 평가가 완료된 단계입니다. 파일럿 규모란 실제 생산

규모를 충분히 대표하면서, 실제 생산 규모 배치에 적용되는 것을 시뮬레이션한 절차에 따라 제조한 것을 의미합니다. 즉 실제 생산 규모 배치와 동일한 과정으로 제조하지만 생산 규모만 더 작은 규모로 제조한 것입니다. 6단계에서는 파일럿 규모 생산품에 대해 생산량, 생산 용량, 불량률 등이 제시됩니다. 공인인증기관의 성적서 확보가 가능한 수준의 목표를 달성한 단계입니다.

7단계는 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계로, 부품과 소재 개발의 경우 수요업체에서 직접 파일럿 시작품을 현장 환경에서 평가(성능, 신뢰성, 수요 기업 평가)합니다. 7단계부터는 실제 제품화 단계에 진입하여 상용화를 시작한다고 할 수 있습니다. 의약품의 경우 임상 2상과 3상 시험을 승인합니다.

8단계는 시제품 인증과 표준화 단계입니다. 예를 들어 어떤 기업의 신규 개발 기술이 TRL 8단계라고 한다면, 이는 시제품 제작 완료, 인증 및 인허가·표준화의 막바지 단계만 남겨두고 있다는 뜻입니다. 조선 기자재의 경우 선급기관 인증, 의약품의 경우 식약처의 품목 허가를 받습니다. 9단계는 본격적인 양산과 사업화가 가능한 단계에

해당합니다. 제품이 진짜로 시장에 출시되는 것입니다. 이 단계에서는 품질관리가 매우 중요합니다.

개발 예산, 개발 일정 판단에 유용

TRL 단계별 정의는 기술 분야(시스템, 공법·기법, 재료·자재, 소프트웨어, 장비·장치 등)에 따라 달라질 수 있습니다. TRL이 높을수록 기술적 성숙도가 있다는 의미입니다. 일반적으로 TRL 4단계까지는 대학교나 연구 기관들이 검토(실험실 규모)하고, 5단계부터 파일럿 규모의 검토가 이뤄지기 때문에 기업들과의 연계가 시작됩니다.

TRL은 활용 측면에서 서로 다른 종류의 개발 기술에 대해 기술의 성숙도를 일관된

TRL 단계별 정의는 시스템, 공법·기법, 재료·자재, 소프트웨어, 장비·장치 등 기술 분야에 따라 달라질 수 있다.



척도로 평가할 수 있다는 장점을 가집니다. 따라서 TRL 기준을 활용해 프로젝트를 관리할 경우 제품과 시스템 개발의 예산, 개발 일정에 대해 처음에 목표한 것을 달성할 수 있는지 여부를 판단하는 데 매우 유용합니다. 제품 개발을 위한 기술이 미성숙 단계라면 그만큼 개발에 따른 위험이 높습니다. 그 위험은 개발 일정 지연 및 비용 상승을 초래하게 됩니다. TRL은 요구되는 기술과 현재 보유 기술 간의 격차를 객관적으로 평가할 수 있기 때문에, 개발하고자 하는 시스템의 기술적 위험을 관리할 수 있습니다.

실제로 미국 회계감사원^{GAO}이 2006년 국방 무기 개발사업 52개에 대해 분석해봤더니, 미성숙 기술이 개발 일정 지연과 비용 상승의 가장 큰 원인으로 나타났습니다. 이에 따라 미 국방부는 사업관리상의 위험부담을 최소화하기 위해, TRL 6단계 이상에 도달한 성숙 기술에 한해서만 국방 무기 개발사업을 추진하도록 관리하고 있습니다.

또 유럽연합^{EU}, 영국, 인도, 일본, 미국 등은 연구 초기 단계부터 지식재산권 및 규제 대응까지 고려하여 기술을 평가하고 있습니다. 특히 일본과 영국은 재생의료 치료제 제품화를 목표로 하는 경우, 보험 급여 등재에 대한 계획까지 비임상 단계에서 평가 요소로 보고 있습니다. TRL 9단계(시판 및 시판 후)에서 평가지표로 삼고 있는 국내와는 차이점이 있습니다.

TRL을 중요하게 생각해야 하는 이유

그렇다면 TRL은 왜 중요할까요. 일단 TRL에 대한 개념을 확실히

파악하고 있어야 기술을 검토하는 데 필요한 최소한의 준비를 할 수 있습니다. 막상 실무를 하다 보면 TRL 단계에 정확하게 맞춰서 진행할 수는 없겠지만, 놓치고 가는 것이 무엇인지 점검해보는 과정은 반드시 필요합니다. 기술 성숙도가 낮을수록 불확실성과 위험이 크다는 것을 알 수 있기 때문에, 이에 대한 대비책을 세울 수 있습니다. 필요한 자원(인력, 예산, 시설)도 TRL 단계에 맞게 효율적으로 배분할 수 있습니다.

또 TRL은 R&D 자금 지원, 상용화 투자 등 중요한 의사결정의 근거가 됩니다. 따라서 정부 지원을 받길 원한다면 정부 R&D 지원사업의 TRL에 지원하는 게 유리합니다. 또 투자자들로부터 투자를 받으려면 TRL을 염두에 두어야 합니다. 투자자들은 개발 기술에 대한 투자를 판단할 때 TRL을 참고 자료로 활용합니다.

TRL은 기업의 기술 완성도를 평가하여 ‘기술 특례 상장’을 지원하는 근거로도 쓰입니다. 만일 ‘기술 특례 상장’을 생각하고 있다면 TRL을 인식하고 있어야 합니다. TRL 개념을 생각하면서 체계적으로 사업과 연구를



미 국방부는 미성숙 기술을 개발 일정 지연과 비용 상승의 가장 큰 원인으로 꼽고, TRL 6단계 이상에 도달한 성숙 기술에 한해서만 국방 무기 개발사업을 추진하도록 관리하고 있다.



진행한다면 여러모로 좋은 결과를 얻을 수 있을 것입니다.

다양한 분야 반영 부족이 단점

TRL에서 중요한 것은 핵심 요소 기술을 파악하는 것입니다. 즉 성능, 제작 과정, 재료 측정, 도구, 기반 시설 등을 고려해 해당 기술에서 핵심 요소 기술을 파악하고, 이에 대한 기술 성숙도를 전문가 위원회를 통해 평가하는 과정입니다.

그렇다고 TRL이 완벽한 건 아닙니다. 몇 가지 단점이 있습니다. 단계별 기술 성숙도를 측정해 그 수준을 제시하지만, 기술 수준을 향상하기 위한 구체적인 문제점이나 가능성을 명확하게 표시하지 않아 실제 개발 과정에서 부족함을 느낄 수 있습니다.

또 TRL이 우주개발과 같은 하드웨어 중심의 기술에 대한 평가에 편중되어 있어 소프트웨어, 제조 및 생산, 생의학 등 다양한 분야의 기술 수준을 충분히 반영하지 못합니다. 즉 기술에 대한 모든 측면을 대표하는 지표로서는 미흡한 점이 있다는 이야기입니다. 이 때문에 제조 분야에서는 제조 성숙도 ^{MRL, Manufacturing Readiness Level}를 활용하기도

합니다. 영국에서는 TRL의 단점을 보완해 총체적인 기술 성숙도 수준을 평가하기 위한 체계 준비 수준 ^{SRL, System Readiness Level}을 개발해 사용하고 있습니다.

TRL은 기술개발 여정을 이끌어주는 길잡이입니다. 이 길잡이를 잘 활용해 내 기술이 지금 어느 단계쯤 와 있는지 정확히 파악하고, 효과적·효율적인 개발 성과를 창출해 상용화에 도달하기 바랍니다.



김형자 과학 칼럼니스트

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

신소재를 통해 꿈꾸는 의료의 미래

만약 약처럼 몸속에서 녹아 없어지는 전자기기가 있다면 어떨까? 치료는 더 정밀해지고, 고통은 줄어들며, 새로운 희망이 생긴다. 이제 신소재 기술을 기반으로 한 ‘생분해성 전자약’이 의료의 패러다임을 바꾸려 한다.

글 최연식 연세대학교 신소재공학과 교수

1. 현재의 치료법

몸에 이상을 느껴 병원을 찾으면 우리는 일반적으로 ‘치료’를 기대한다. 의학적으로 복잡한 절차가 따르지만, 공학자의 시선으로 보면 병원에서 제공하는 치료는 크게 네 가지 정도로 나눌 수 있다.

첫 번째는 조연이다. 비약물적 치료라고 하며 대부분의 경우 의사가 해주는 의학적 조연의 형태로 이루어진다. 예를 들어 급격한 체중 증가로 인한 무릎 통증은 단순히 체중 감량만으로도 호전될 수 있다. 이처럼 병원에서 아무런 시술 없이 조연만 받고 돌아오는 경우, 일부는 불만을 토로하지만 실제로는 큰 병이 아니라는 것을 확인한 데 의미가 있다.

두 번째는 약물 치료다. 약이나 주사처럼 간편하고 반복적으로 사용할 수 있는 치료법이다. 열이 내려가지 않을 때 항생제 하나로 회복되는 경험처럼 약물은 분명 편리하고 효과적이다. 그러나 가장 큰 단점은 비표적성이다. 즉 원하는 부위 외에 우리 몸의 다른 곳에서 작용해 부작용을 일으킬 수 있다. 열을 내리려 먹은 해열제가 위염을 유발하거나, 우울증 치료제가 체중 증가를 일으키는 식이다.

세 번째는 수술이다. 약물과 반대로 수술은 표적성이 뛰어나 정확히 원하는 부위만 치료할 수 있고, 전신 부작용이 적다. 하지만 마취를 통한 피부의 절개가 필요한 침습적 방법인 만큼, 신체적 부담이 크고 반복 치료가 어렵다는 것이 단점이다.

네 번째는 전자기기 삽입이다. 대표적으로 인공 심장박동기^{Pacemaker}처럼 전자장치를 삽입해 지속적으로 기능을 보완해주는 방식이다. 수술과 유사하지만, 장치가 삽입된 후에도 지속적으로 치료할 수 있는 점이 특징이다. 하지만 이 방법은 디바이스가 몸 안에 장기적으로 남아 있어 생기는 문제, 즉 이식 관련 만성 합병증의 위험이 있다. 이물질로 인식된 기기가 세포에 둘러싸여 단선, 만성 염증, 제거 과정 중 연결된 장치의 손상 등 다양한 단장기적 문제를 일으키는 것이다. 또 장치가 피부 아래 만져지거나 상체 운동 시 빠근함 등 일상생활에서의 불편함도 존재한다.

정리하자면, 의학적 조건에 의해 행해지는 조연, 약, 수술, 전자기기 삽입이라는 네 가지 치료 방법은 각각의 확실한 장점과 함께 뚜렷한 한계 또한 지니고 있다고 할 수 있다.(의학적 조연을 제외한 3가지 치료법에 따른 장·단점을 정리해 아래 표로 나타냈다.)

이제 우리가 다시 생각해봐야 할 것이 있다.

의학적 조연을 제외한 3가지 치료법의 장·단점

치료법	약	수술	전자기기 삽입
장점	· 편리성(비침습성) · 반복 투여 용이	· 표적성 · 병변의 근본적 제거 가능	· 표적성 · 반복적 치료 가능 · 정밀 제어 가능
단점	· 비표적성(낮은 국소 특이성)	· 침습성 · 반복 시 위험 증가 · 회복 시간 필요	· 침습성 · 이식 관련 만성 합병증



일반적인 치료 방법이 모두 완전하지 않다면, 기존 치료 방법의 장·단점을 보완할 경우 지금까지 치료할 수 없었던 질병도 치료할 수 있지 않을까? 그래서 필자가 제안한 것이 바로 ‘생분해성 전자약’이다.

2. 생분해성 전자약

생분해성 전자약은 몸속에 삽입할 수 있는 전자기기가 마치 약처럼 녹아서 없어질 수 있다는 개념이다. 앞에서 언급한 치료법에 따른 장·단점을 살펴볼 때, 생분해성 전자약은 표에 나온 삽입형 전자기기의 모든 장점(표적성, 반복적 치료 가능성, 정밀 제어 가능성)을 지니면서 약과 같이 몸속에서 녹아 없어질 수 있기 때문에 삽입형 전자기기의 가장 큰 단점인 이식 관련 만성 합병증을 해결할 수 있다. 이와 같은 생분해성 전자약이 실제로 적용되면 치료에 어떤 영향을 줄 수 있을까? 기존에 해결하지 못했던 어떤 문제를 해결할 수 있을까?

그 하나의 예가 임시 심장박동 조율기^{Temporary Cardiac Pacemaker}다. 임시 심장박동 조율기는 심장 수술을 받은 환자의 회복 기간 동안 심장의 기능을 도와주기 위해 사용하는 대표적인 삽입형 전자기기다. 약 2주에서 한 달의 기간이 지나 심장이 완전히 회복되면 몸에서 제거하기 때문에 ‘임시’ 심장박동 조율기라 불리며, 선천성 심장병을 갖고 있는 신생아에게도 적용되는 범용적인 전자기기라 할 수 있다. 문제는 이처럼 이미 범용적으로 사용되고 있음에도 여전히 해결되지 않은 2가지 위험성을 갖고 있다는 것이다. 첫 번째는 몸을 관통하는 기기의 구조에 의한 위험성이다. 현재 상용화된 임시 심장박동 조율기는 외부에 컨트롤러가 있고, 컨트롤러에 연결된 전선이 피부를 관통해

심장에 꽂혀 있는 구조를 가지고 있다. 문제는 전선이 피부를 관통하다 보니, 환자의 움직임이 제한을 받거나 관통 부위에서 감염의 위험성이 증가할 수 밖에 없다.

두 번째 위험성은 임시 심장박동 조율기를 제거하는 과정이다. 약 2주의 치료 기간이 끝나면, 외부에서 물리적으로 당겨서 임시 심장박동 조율기를 제거한다. 문제는 2주간의 이물 반응으로 인해 임시 심장박동 조율기가 꽂혀 있는 부위 주변에 자란 섬유화 조직^{Fibrotic Tissue}이 전선을 붙들어 심장의 연결부위가 뜯겨나가거나 단선이 되는 상황이 생각보다 빈번하게 발생한다는 것이다.

그렇다면 생분해성 전자약의 한 종류로 생분해성 임시 심장박동 조율기를 개발한다면 어떻게 될까? 먼저 전자약이라는 말에서 유추할 수 있듯이, ‘약’이기 때문에 외부에 연결되는 전선 없이 몸속에 삽입이 가능하다. 그 결과 감염 위험을 줄임과 동시에 환자도 움직임에서 훨씬 큰 자유도를 얻을 수 있다. 두 번째로 ‘생분해성’ 성질을 가지고 있다면 제거 수술 자체가 필요 없어진다. 치료를 마치고 약처럼 몸속에서 스스로 녹아 무해하게 없어질 수 있다면, 그동안 제기되었던 제거 수술과 관련된 대부분의 위험성을 걱정하지 않아도 된다.

더 나아가 생분해성 전자약은 기존의 치료 효능을 한 단계 향상할 수 있다. 예를 들어 교통사고를 당해 신경 손상을 입은 환자가 있다고 해보자. 이런 환자는 일반적으로 수술을 통해 끊어진 신경을 이어 붙인 후, 수술 과정 중 잠깐 동안 신경에 전기자극을 가한다. 그 잠깐의 전기자극이 신경의 회복 속도를 더 높일 수 있기 때문이다. 그런데 이와

같은 짧은 전기자극도 신경 회복에 도움을 줄 수 있다면, 지속적인 전기자극은 신경 회복에 더 큰 효능을 나타낼 수 있지 않을까? 흥미로운 것은, 지금까지 의사와 과학자들이 이러한 가설을 검증해보려고 하지 않았다는 것이다. 왜냐하면 지속적인 전기자극을 위해 몸속에 전자기기를 삽입해둘 경우, 이식 관련 만성 합병증을 막기 위해서라도 신경 회복 이후 다시 살을 찌고 몸속에 있는 전자기기를 제거해야만 했기 때문이다. 하지만 생분해성 전자약이 상용화된다면 전혀 다른 치료가 가능해진다. 수술 과정 중 전자기기를 손상된 신경에 연결해두면, 상처를 봉합하고 나서도 무선으로 여러 번 전기자극을 줄 수 있고, 신경이 회복된 후 생분해성 전자약은 체내에서 녹아 없어지게 된다. 최근 다양한 연구들을 통해, 수술 중 한 번 자극을 줄 때보다 생분해성 전자약 삽입을 통해 여러 번 전기자극을 주었을 때 신경의 회복 속도가 더 빠르다는 것이 밝혀졌다. 결과적으로 추가적인 제거 수술 없이 신경의 회복 속도만 높일 수 있는 새로운 길이 열린 셈이다. 그렇다면 이와 같은 생분해성 전자약을 구현하기 위해 가장 중요한 기술이 무엇일까? 바로 ‘신소재’에 대한 연구다.



3. 신소재 연구의 중요성

생분해성 전자약은 말 그대로 ‘전자기기’가 몸속에서 녹을 수 있도록 만든 것이다. 지금까지 대부분의 전자기기가 물에 녹지 않을뿐더러 방수 기능까지 갖추며 수분에 더 강하도록 개발되어왔음을 생각할 때, 생분해성 전자약을 구현하기 위해서는 새로운 소재뿐 아니라 소재의 가공을 위한 공정까지 새롭게 개발되어야 함을 쉽게 유추해볼 수 있다. 실제로 생분해성 전자약에 사용되는 대부분의 소재는 기존 전자기기에 사용되던 소재들과는 다르다.

‘생분해성’이라는 특성을 갖기 위해 어느 정도 ‘불안정성’을 갖는 소재들로 전자기기를 구성해야 하는데, 이러한 소재에 대한 아이디어는 우리가 매일 먹는 비타민에서 얻을 수 있다. 실제로 비타민통 뒷면의 구성성분표를 보면, 마그네슘^{Magnesium, Mg}이나 몰리브데넘^{Molybdenum, Mo} 같은 다양한 금속 물질뿐 아니라 실리콘^{Silicon, Si} 같은 반도체 물질도 포함되어 있음을 알 수 있다. 이것은 우리에게 중요한 두 가지 시사점을 준다. 첫 번째는 이와 같은 도체 혹은 반도체 물질이 몸속에 들어가 분해되어 흡수될 수 있다는 것이고, 두 번째는 분해되어 흡수되는 부산물들이 실제로 우리 몸에 유익하다는 것이다. 다시 말해 비타민에 들어 있는 소재라면 ‘전자약’ 소재로 사용해도 전혀 문제가 없다는 것을 말해준다. 여기에서 한 가지 더 생각해봐야 할 문제는 이것이 여전히 전자기기를 통해 치료하는 ‘전자기기’이기 때문에, 치료 기간 동안 그 성능을 보장해줄 수 있는 전기적·기계적 ‘안정성’이 확보되어야 한다는 것이다. 생분해성을 갖기 위해 불안정해야 하면서도 전자기기로 사용되기 위해선 안정성을 갖춰야 하는 트레이드오프^{Trade-off}를 해결하기 위해, 필자의 연구실에서는 다양한 생분해성 고분자 물질을 개발하고 있다. 생분해성을 나타낼 수 있는 결합들로 이루어져 있지만 물과 친하지 않은 소수성 분자들을 포함하고 있어 수분의 침투를 막고 전자기기의

전기적 안정성을 나타낼 수 있도록 하는 고분자에서부터, 우레탄과 같이 생체액에 의해 녹을 수 있으면서도 잘 늘어날 수 있는 고분자를 통해 전자기기가 기계적 안정성을 나타내도록 하는 등, 의료용 전자기기로서의 안정성을 담보할 수 있는 다양한 신소재들을 개발하고 있다. 더 나아가 반도체용 포토리소그래피^{Photolithography}와 같이 물에 녹지 않는 물질들에 최적화되어 있던 제조공정 대신, 생분해성 소재의 손상 없이 높은 수득률로 생분해성 전자약의 제작을 가능하게 하는 레이저 기반의 새로운 공정 또한 개발 중에 있다.

4. 생분해성 전자약이 바꿀 의료의 미래

약물 치료만이 유일한 수단이었던 시기에 수술이라는 새로운 치료법이 등장했고, 이후 수술로도 해결할 수 없었던 난제를 전자기기 삽입을 통해 극복할 수 있게 되었다. 이처럼 새로운 치료법의 도입은 단순히 치료 옵션 하나가 추가된 것에 그치지 않고, 기존에는 해결할 수 없었던 다양한 의학적 과제를 풀어냄으로써 인류의 삶 전반에 혁신을 가져오는 출발점이 되었다. 이와 마찬가지로 생분해성 전자약이라는 새로운 치료 방법 역시 ‘난치병’이라 불리던 다양한 질환들을 정복할 수 있는 새로운 가능성을 열어줄 것이라 믿는다.

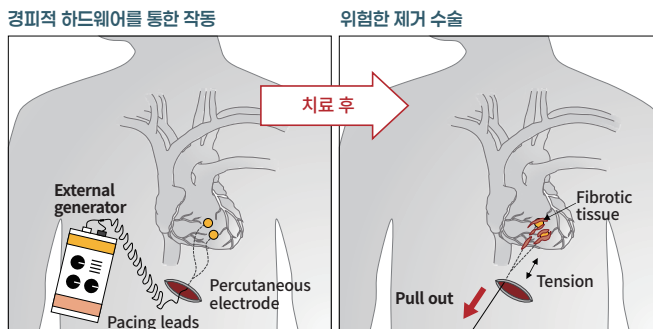


최연식 연세대학교 신소재공학과 교수

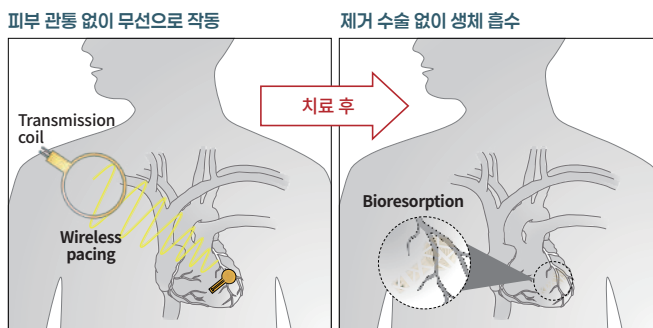
연세대학교 신소재공학과에서 학사 및 석사학위를 취득하고, LG화학 석유화학사업본부 신소재개발팀에서 근무했다. 이후 영국 케임브리지대학교 재료과학과에서 박사학위를 받았고, 미국 노스웨스턴대학교에서 박사후연구원 과정을 수행했다.

현재 연세대학교 신소재공학과 조교수로 재직 중이며, 신소재공학 기술을 기반으로 생분해성 전자약 연구를 세계적인 수준으로 발전시킨 공로를 인정받아 2023년 대통령 표창을 수상했다.

현재 임상 기기



새로운 기기(생분해성 전자약)



데이터 기반의 무인 농업부터 인공지능이 해석하는 디지털 트윈 기술까지. 스마트팜은 더 이상 편리하기만 한 농업기술이 아니다. 한국과학기술연구원^{KIST} 스마트팜융합연구센터는 스마트팜 연구로 농업 첨단화를 이끌며, 산업화 가능한 작물 재배 솔루션과 고부가 작물 개발 연구에 앞장서고 있다. 전통 농업의 한계를 뛰어넘기 위한 도전에 매진하고 있는 김상민 센터장을 만나본다.

글 김승호 사진 이승재

무인 자동화부터 맞춤형 재배까지

스마트팜으로 농업의 미래를 설계하다

김상민 한국과학기술연구원^{KIST} 스마트팜융합연구센터장



한국과학기술연구원

스마트팜융합연구센터에 대해 소개 부탁드립니다.

한국과학기술연구원은 본원이 서울에 있고, 국내에 분원으로 전북 분원과 강릉 분원 천연물연구소를 두고 있습니다. 천연물연구소에는 세 개의 센터가 있으며, 그중 하나가 스마트팜융합연구센터입니다. 스마트팜융합연구센터에서는 스마트팜 기술을 활용해 천연물^① 소재 작물의 생산과 표준화 과정을 연구하고 있습니다.

연구소 명칭에 ‘천연물’이란 단어를 사용한 곳은 정부 출연 연구소 중에 저희가 유일하며, 천연물 연구를 표방하고 있습니다. 천연물 범위는 굉장히 넓습니다. 그중 인간에게 이롭게 활용되는 소재와 활용 방법을 찾는 게 연구소가 하는 일입니다. 천연물 발굴 단계부터 효능·성분 분석, 소재화, 추출 가공, 최종 산업화까지 전 주기 과정을 모두 천연물연구소에서 담당하고 있습니다.

센터에서 어떤 업무를 맡고 계시나요?

저는 주로 연구 기획에 많은 시간을 할애하고 있습니다. 저희 센터도 대학 연구팀처럼 개별 연구팀으로 구성되어 있으며, 각 팀은 PI(책임연구원)를 중심으로 학생, 박사후연구원 등이 함께 연구를 수행합니다. 실질적인 연구는 각 팀이 중심이 되어 진행하며, 저는 센터 전체의 방향성을 잡는 역할을 맡고 있습니다. 국내외 스마트팜 트렌드와 선진 기술을 파악하고, 이를 바탕으로 센터 내 박사님들과 협의해 연구 전략을 수립하는 것이 주된 업무입니다.

그와 동시에 제 연구팀과 함께 개인 연구도

병행하고 있습니다. 센터 운영이 바쁘지만, 연구는 놓을 수 없기 때문입니다. 결국 연구를 하기 위해서는 연구비가 필요하고, 이를 위해 프로젝트를 유치해야 하며, 그 출발점이 기획입니다. PI에게 연구 기획은 가장 기본적이고 중요한 역할이죠. 이를 위해서는 기술 트렌드를 잘 읽고, 정부의 연구개발 방향성과 보조를 맞추는 것이 무엇보다 중요합니다.

스마트팜 분야 연구를 시작하게 된 계기가 궁금합니다.

스마트팜 연구는 천연물 연구의 연장선에서 시작하게 됐습니다. 제가 강릉 분원에 처음 왔던 2008년에는 스마트팜 파트가 없었고, 당시에는 천연물 소재를 발굴해 효능을 분석하고 기업에 기술을 이전하는 방식이 일반적이었습니다. 그런데 기업들이 노지 재배 원료의 품질과 수급에 어려움을 겪는다는 이야기를 들었습니다. 마침 정부 과제로 식물공장 기반 스마트팜 연구가 시작되던 시점이었고, 이를 계기로 2014년부터 과기부 지원을 받아 스마트 U팜 연구를 본격화했습니다. 이후 KIST 자체 과제를 거쳐 2015년에는 국가과학기술연구회 융합연구단 사업에도 선정되며, 본격적인 스마트팜 연구를 이어오고 있습니다.

스마트팜은 다양한 첨단기술이 융합된 분야입니다. 현재 센터에서 연구하고 있는 핵심 기술과 프로젝트는 무엇인가요?

저희 센터에서는 두 가지 핵심 분야를 중심으로 스마트팜 연구를 진행하고 있습니다. 하나는 스마트팜 무인 자동화 기술, 다른 하나는 천연물 소재 식물의 생산 및 기능 성분 증대를 위한 파이토파운드리 기술입니다.

우선 스마트팜 무인 자동화는 향후 3년간 중점적으로 추진할 과제입니다. 현재 센터 내 스마트팜에서는 약 450계통의 토마토를 재배하며, 실시간 생장 데이터를 수집·분석하고 있습니다. 이를 바탕으로 적심, 적엽, 수확 등 농작업을 로봇이 수행하도록 자동화하는 것이 목표입니다.

이 과정에는 3D 피노타이핑이라 불리는 기술이 활용됩니다. 식물 상태를 3차원으로 모델링해 데이터화하는 기술로, 자동화의 기반이 됩니다. 예를 들어 로봇이 토마토의 익은 정도와 절단 위치를 인식하고, 수확한 작물을 자율주행으로 운반하는 전 과정을 포함합니다.

스마트팜 무인 자동화는 아직 세계적으로도 상업적 성공 사례가 드문 도전적인

① 천연물 : 자연으로부터 오는 동물, 식물, 미생물 등의 생물체에서 얻은 모든 2차 대사 산물.

분야이며, 저희는 그 첫 성공 모델을 구현하고자 연구를 이어가고 있습니다.

파이토파운드리 기술은 무엇인가요?

‘파운드리’는 반도체 분야에서 고객 맞춤형 제품을 생산해주는 개념인데, ‘파이토파운드리’는 이 개념을 식물에 적용한 것으로, 기업이 원하는 수준의 기능성 작물을 맞춤 재배해 공급할 수 있는 기술입니다.

예를 들어 상처 연고나 화장품 원료로 쓰이는 ‘병풀’이라는 식물은 아프리카에서는 기능 성분이 5% 이상 나오지만, 국내에서 재배하면 1%도 안 되는 경우가 많습니다. 이렇게 지역에 따라 성분 차이가 큰 작물의 품질을 스마트팜 환경에서 양액, UV, 케미컬 처리 등으로 제어하면 원하는 기능 성분을 높일 수 있습니다.

파이토파운드리 기술의 핵심은 단기간에 고품질 작물의 재배 조건을 찾아내고 생산성을 높이는 것입니다. 저희는 수년간 이 연구를 이어오며 관련 데이터를 축적해왔고, 앞으로는 이를 기반으로 AI를 활용한 재배법 설계에 나설 예정입니다. AI가 데이터를 분석해 최적의 재배 조건을 제안하는 테스트 모듈 기반 연구를 향후 3년간 집중적으로 진행할 계획입니다.

앞으로 스마트팜 기술이 어떻게 확장될 수 있을까요? AI와의 접목 기술 전망도 궁금합니다.

데이터 기반의 농업으로 확장될 수 있습니다. 재배에 필요한 정보들을 각종 센서를 통해 다양하게 확보하면, 인공지능을 통해 재배법을 해석할 수 있습니다. 기관과 협력해서 스마트팜 재배법을 농가에 보급할 수도 있고요. 노지에서는 적용할 수 없는 여러 데이터를 가지고 저희가 테스트할 수 있는 거죠. 궁극적으로 마지막 단계까지 가면 스마트팜도 디지털 트윈화할 수 있습니다. 어떤 작물에 대한 데이터가 쌓여 있으면 가상으로 온도, 습도, 이산화탄소를 바꿔보면서 어떻게 자랄지 예측할 수 있습니다.

기능성 작물의 경우 잎을 더 크게 키우고 싶거나 특정 기능 성분을 높이고 싶을 때, 그 재배법을 직접 테스트하지 않아도 알 수 있는 거죠. 현재 저는

KIST 스마트팜융합연구센터의 스마트팜 연구 핵심 기술

핵심 기술 1▶ 스마트팜 무인 자동화

- 토마토 등 작물의 성장 데이터를 기반으로 농작업 로봇 제어
- 3D 피노타이핑, 자율주행 수확 등 고도화 연구 중

핵심 기술 2▶ 파이토파운드리 기술

- 기업 맞춤형 기능성 작물 생산
- 병풀 등 기능 성분 향상 위한 재배 조건 설계
- AI 기반 재배법 제안 시스템 개발 중



김상민 센터장은 3년 안에 무인 자동화 스마트팜 운영과 고부가 소재 작물 생산을 목표로 연구에 매진하고 있다.

탈모 예방에 좋은 쥐꼬리망초라는 소재로 과제를 수행하고 있습니다. 스마트팜에서 그 소재에 대한 데이터를 쌓아 디지털 트윈에 쓸 수 있는 시뮬레이터도 개발하고 있습니다. 인공지능이 해석할 수 있도록 다양한 조건에서 재배하고 있어요. 앞으로는 식물 재배도 결국 그런 단계까지 가게 될 겁니다.

기존의 농업 방식과 비교할 때 스마트팜 기술의 가장 큰 차별점은 무엇이며, 앞으로 해결해야 할 기술적 혹은 비용적 한계가 있을까요?

스마트팜의 가장 큰 차별점은 경험이 아닌 데이터 기반의 농업이라는 점입니다. 기존 농업은 농민의 경험에 의존해 작물을 관리했다면, 스마트팜은 생육 데이터를 기반으로 환경을 정밀하게 제어합니다.

현재 국내외 스마트팜에서 가장 많이 재배되는 작물은 토마토, 파프리카, 딸기입니다. 이들은 일정 규모 이상일 때 수익성이 검증된 작물이기 때문입니다.

반면 수직농장(식물공장)은 국내에서도 오래전부터 시도했지만 반복적으로 실패를 겪었습니다. 주로 엽채류를 재배하는데, 생육 속도는 빠르지만 단가가 낮아 높은 에너지 비용을 감당하기 어렵기 때문입니다.

이러한 비용 문제를 극복하기 위한 방안으로, 저희는 천연물 원료나 산업형 기능성 소재 작물을 스마트팜에서 재배하는 모델을 연구하고 있습니다. 이 작물들은 연중 생산이 가능하고 고부가가치를 지니기 때문에, 수익성을 확보할 수 있습니다.

김상민 센터장은 누구

서울대학교 농화학과를 졸업하고, 동 대학 농생명공학부에서 박사학위를 받았다. 2008년 한국과학기술연구원^{KIST} 강릉分院에서 천연물 연구를 시작했다. 현재는 KIST 스마트팜융합연구센터장으로 무인 자동화 스마트팜, 파이토파운드리 기술 개발, 기능성 작물 산업화 등 AI 기반의 미래 농업기술 연구에 힘쓰고 있다.

결국 목표는 기업과 농민을 연결해 새로운 소득 작물로 산업화할 수 있는 구조를 만드는 것입니다.

스마트팜 분야에서 일하기 위해선 어떤 역량이나 자질이 필요하다고 생각하시나요?

다양한 전공이 필요합니다. 우리나라 스마트팜은 주로 농대에서 연구해서 식물 관련 전공자가 많습니다. 사실 ICT 쪽 기술도 굉장히 많이 필요한데, ICT 쪽 전공자들은 식물을 잘 모르죠. 두 분야를 같이 공부한 사람이 거의 없습니다. 그래서 ICT 쪽 연구자들이 굉장히 귀합니다. 오죽하면 식물을 몰라도 인공지능이나 프로그램을 다룰 줄 알면 데려오자고 해요. 그런데 요즘 인공지능 분야가 너무 인기 있어서 판교 밑으로는 내려오지 않는다고 합니다.

만약 스마트팜에 관심 있다면 식물 연구도 좋지만, 복수 전공으로 소프트웨어나 컴퓨터공학, 로봇공학을 하면 좋을 것 같습니다. 이 분야에 그런 사람이 적으니까 키플레이어로 활동할 수 있는 기회도 많죠. 그리고 지금 하는 과제들이 다 인공지능 과제입니다. 식물, 농업 쪽도 인공지능을 적용하지 않으면 과제를 할 수 없어요. 이제는 다학제 융합 연구가 트렌드입니다. 인공지능은 디폴트고요. 이런 흐름에 맞춰 융합 학문을 추구하는 마인드가 있으면 좋을 것 같습니다.

향후 목표를 말씀해주세요.

스마트팜은 농업에서 도전적인 분야입니다. 저희 최종 목표는 3년 안에 무인 자동화로 스마트팜을 운영하는 거고요. 그 첨단 스마트팜을 기반으로 고부가 소재 작물을 생산하는 겁니다. 농민은 그 작물을 생산해서 공급하고, 기업은 소비하는 선순환 구조를 만드는 거죠. 더 나아가서 우주 극한 환경에서 필요한 농업기술까지 대비하려고 합니다.

〈테크 포커스〉의 든든한 서포터



똑소리단

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 만들어가는 똑소리단의 6월호 리뷰를 확인해보세요!

문준아

이번 <테크 포커스> 2025년 6월호를 통해 인공지능 기술의 발전 흐름과 사회 변화, 미래 전망까지 폭넓게 이해할 수 있었습니다. 단순히 질문에 답하는 수준이 아니라 스스로 계획하고 목표를 설정해 일을 처리하는 자율적 인공지능의 시대가 왔음을 체감했는데요. 특히 AI 에이전트가 자연어 처리, 도구 활용, 추론 능력 등을 바탕으로 다양한 산업에서 업무를 혁신하고 있다는 점이 흥미로웠습니다.

신지연

AI라는 똑똑한 친구들이 비즈니스 자동화의 새로운 기준을 제시할 거라는 이야기도 있네요! 복잡한 업무도 AI 에이전트에게 맡기면 훨씬 효율적으로 처리할 수 있는 거죠. 물론 아직 해결해야 할 숙제들도 있나 봐요. AI가 인터넷 정보를 학습 데이터로 사용하는 것에 대한 저작권 문제 같은 것들요. 이런 부분들도 잘 해결되어 AI 에이전트가 더 안전하고 유용하게 발전하면 좋겠어요!

심형훈

AI가 단순한 도구를 넘어 스스로 목표를 설정하고 작업을 수행하는 '지능적 존재'로 진화하고 있다는 점이 놀라웠습니다. 이처럼 사회 전반에 영향을 미칠 수 있는 기술이기에, 관련 제도나 사회적 준비에 대한 고민도 함께 이어졌으면 좋겠습니다. LLM을 기반으로 메모리, 계획, 실행 기능이 결합된 구조가 잘 정리되어 있어 이해하기 쉬웠습니다. 실제 예시나 시뮬레이션 사례가 함께 소개되었다면 더욱 생생하게 와닿았을 것 같습니다.

김선웅

Keitoon은 AI 에이전트, LLM, 멀티모달 등 어려운 전문용어를 쉽게 풀어주는 역할을 해, 독자들이 한결 편하게 잡지를 볼 수 있도록 도왔습니다. '기분까지 챙겨주는 내 친구 AI'라는 콘셉트는 AI가 단순한 도구를 넘어 동반자로 자리 잡고 있음을 보여줍니다. 실제로 AI 챗봇을 사용하다 보면 소통이 어려울 때가 많았지만, Keitoon을 통해 AI 에이전트가 인간의 감정까지 이해하는 친구가 될 수 있음을 느낄 수 있었습니다. 다만 기사 소재나 R&D 과제의 다양성에 대한 아쉬움도 있었습니다.

김형우

'연결될 때 더 큰 힘이 나는 기술'이라는 문구처럼, 이번 기사에서는 수소 산업기술 개발의 현황과 협력 구조를 이해할 수 있었습니다. 대기업, 대학, 중소·중견기업, 정부 간의 유기적 연계와 지원이 수소 산업 발전의 핵심 동력임을 알 수 있었습니다. 다만 산업 활성화를 위한 구체적인 기술 사례나 실행 계획이 부족했던 점은 아쉽게 느껴졌습니다.

강정미

LLM과 AI 에이전트의 차이가 잘 나와 있고, AI 에이전트의 핵심 능력이 단계별로 잘 표현되어 있어 가독성이 좋았습니다. 우리나라의 AI 지수가 매우 낮아 향후 적극적인 투자 및 지원이 필요하다고 되어 있는데, 현재 진행 중인 투자나 지원이 없는지 궁금하네요. AI 에이전트의 6가지 키워드 중 '자율성' 부분이 흥미로웠습니다. 이러한 특성이 계속 개발된다면 정말 인간이 할 일이 있을지 걱정과 기대가 됩니다.

이병곤

한 권, 한정된 지면에 버라이어티하게 구성하신 부분은 재미있고 독자로 하여금 흥미를 유발시키고 다양한 주제에 대한 관심을 불러일으키기에 충분하지만, 한편으로는 일관성이나 의식의 흐름이 자주 끊어지는 부분도 있어서 읽는 데 조금 방해가 되지 않았나 싶기도 합니다.

조재현

관련 과제를 진행했던 연구원으로서 이렇게 소식을 접하게 되어 기쁩니다. 정책의 변화에 따라 산업이 좌우되는데 이번 정부는 친환경(태양광, 풍력)을 외치고 있어 걱정이 많이 됩니다. 우리같이 자원이 부족한 나라에서는 기술로 승부를 봐야 하는데, 뿌리산업과도 같은 발전 에너지 사업을 보호하고 키워야 할 것입니다. 복합화력으로 축적된 파생 기술로 항공, 우주 분야까지 기술 확장이 이뤄질 수 있도록 노력한다는 기사는 인상적이었습니다.

김경은

시가 사람의 언어를 이해하고 응답하는 모습을 보며, 기술이 인간과 가까워지고 있다는 것을 실감했습니다. 자연어 처리 기술은 단순한 소통을 넘어 인간의 사고와 감정까지 알아가고 있는 것 같아 놀랍고 인상 깊었습니다. 언어는 문화와 감정, 맥락의 총체이기에, 이러한 영역에 시가 들어온다는 사실이 경이롭기도 하고, 한편으로는 조심스런 마음이 들기도 했습니다.

박재완

AI 기술과 궤를 같이하는 AI 에이전트 기술 발달의 역사를 통해, 지금 당장 국가적으로 가장 많은 관심과 투자를 해야 할 분야, 국가의 미래 먹거리 창출에 기여할 수 있는 블루오션임을 다시 한번 절감하게 됩니다.

저도 연구자의 한 사람으로서 요즘 AI 기술, AI 에이전트의 접목 없이 새로운 연구개발이 진행되지 않을 정도로 중요한 분야임을 실감할 수 있었습니다. 그 AI 에이전트의 역사에 우리나라도 한 획을 그을 수 있기를 바랍니다.

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



○○○○○는 연구개발로 얻은 기술을 실제 제품이나 서비스로 만들어 시장에 내놓고, 경제적 가치를 창출하는 과정을 의미한다. 이를 위해서는 혁신가들이 과감한 모험을 추구할 수 있는 보상 체계와 함께, 기술의 가치를 높이는 혁신적 사업 모델이 기술과 결합할 수 있는 체제가 갖추어져야 한다.

산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끕니다



CES 2025, 주요 동향 및 시사점

→ 제204회 T-MAP 세미나

[제204회 T-MAP 세미나]
**CES 2025,
주요 동향 및 시사점**

키워드로 보는 CES 10년, 그리고 올해 열린
CES 2025에 대해 국민대 정구민 교수가 발표합니다.
제204회 T-MAP 세미나를 통해 알아보세요!

온디바이스 AI 반도체 신제조업 도약의 열쇠

→ 제205회 T-MAP 세미나

[제205회 T-MAP 세미나]
**온디바이스 AI 반도체
신제조업 도약의 열쇠**

AI의 시작과 발전 과정, 미중 반도체 산업 경쟁,
온디바이스 AI의 도약에 대해
가천대 김용석 석좌교수가 발표합니다.
제205회 T-MAP 세미나를 통해 알아보세요!

KEIT 공식 유튜브 채널을 통해 영상을 확인해보세요!
[@official_keit](#)

Changing
Tomorrow
내일을 바꾸는 기술

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





Changing
Tomorrow
내일을 바꾸는 기술

KEIT
한국산업기술기획평가원

ISSN 3022-7178

