

K-Tech의 미래를 여는 최고의 혁신 플랫폼 koita

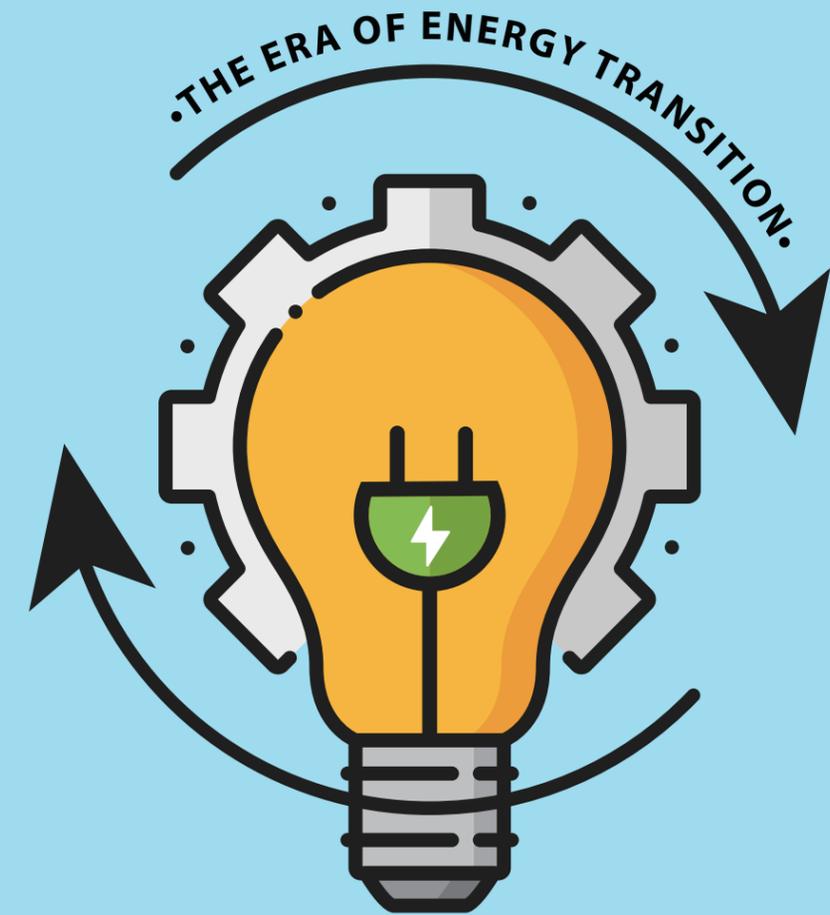
대한민국 기업이 힘차게 뛸 수 있도록
기업의 기술혁신을 지원하고
지속 가능한 성장 환경을 만들어갑니다.



기술과 혁신

TECHNOLOGY & INNOVATION

2025 09+10 VOL. 473



ISSN 2586-4963



koita 와 함께하는
기술혁신, 스케일업 코리아

SPECIAL ISSUE
에너지 전환 시대의 도전과 기회

"기업 기술고민 상담전화"

기업공감원스톱지원센터에서는 과학기술정보통신부 산하 출연(연) 및 정부 부처 전문기관 등 **112개의 기관**과 기술분야별 전문가(고경력과학기술인)의 기술노하우와 연구·시험장비 등을 활용하여 중소기업의 기술애로 해결을 지원합니다.

이용방법

전화 | 국번없이 **1379** (상담시간 : 09:00~18:00, 평일)

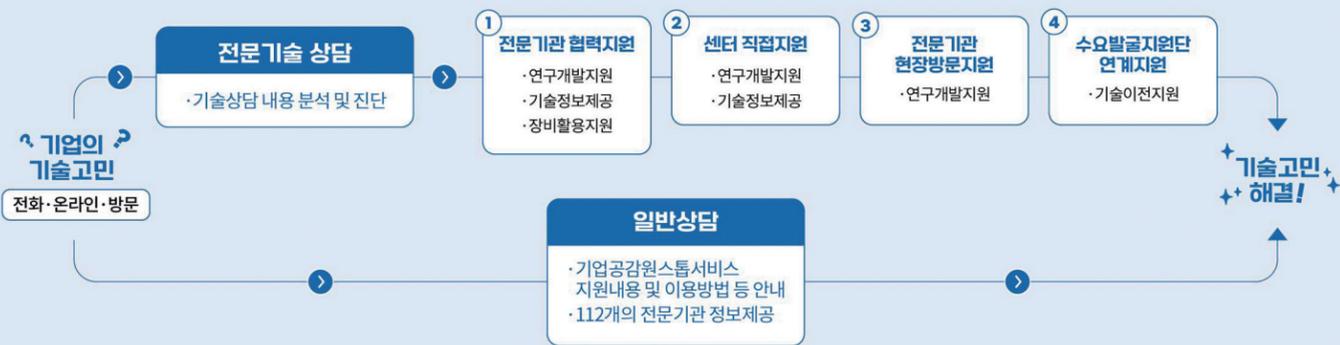
온라인 | WWW.SOS.1379.GO.KR

방문 | 기업공감원스톱지원센터
(서울시 양재동 산기협회관 1층)

지원내용

- 1 연구개발 지원**
신기술·제품 개발방향 설정 및 공정 설계·개선 등 지원
- 2 기술정보 제공**
기술관련 논문, 특허, 장비 사업 등의 전문기술 통합 DB 제공
- 3 기술이전 지원**
각 기관이 보유한 특허정보 제공을 통해 기업 기술이전 지원
- 4 장비활용 지원**
시험 및 분석, 인증, 측정, 시제품 제작에 필요한 연구장비 지원 가능한 기관 또는 전문가 연계

지원절차



우수사례



제휴할인 서비스

산기협은 회원사 편의를 위한 다양한 제휴할인 서비스를 발굴, 제공하고 있습니다.



신용평가
신용평가/기술평가 할인



시험·인증
시험·인증 수수료 할인



공인인증서
기업법용인증서 할인



호텔·콘도
객실요금 할인



국제특송
EMS, 소화물 이용료 할인



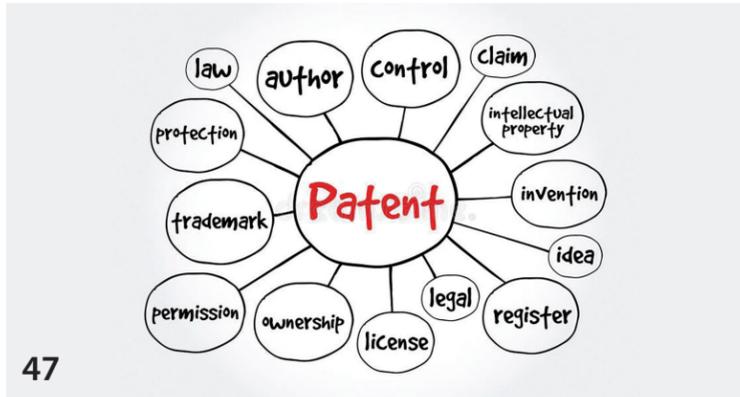
전자계약
서비스 첫 결제 할인

서비스 제공업체

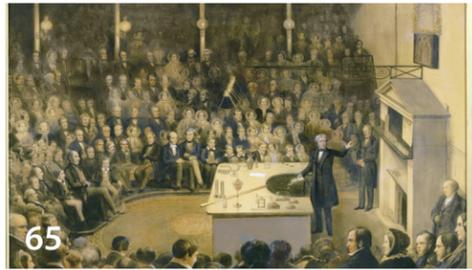
MIRAE ASSET 미래에셋증권	ANGEL 6+	LS ELECTRIC	R SUPPORT	ktil 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory
KTR 한국화학융합시험연구원 Korea Testing & Research Institute	KOTITI 시험연구원	KOMERI 한국조선해양기재연구원	KGL 한국건설생활환경시험연구원 Korea Conformity Laboratories	KOLAS Koptri
KATRI 한국분석시험연구원 Korea Analysis Test Researcher	KOMAS	TRADE Sign	NICE평가정보 NICE	우정사업본부 KOREA POST
CJ 대한통운	DHL	FedEx Express	KST Successful Business Trip Partner	AIR BUSAN
KICA 한국정보인증	SEA CLOUD HOTEL	MAINA OCEAN RESORT	KOLON HOTEL Gyeongju	리움 에코리조트
HOTEL POCO	Hilton Garden Inn Food Campus	DMD 대웅경영개발원 Economic Management Development Institute	CAU 중앙대학교병원 CHUNG-ANG UNIVERSITY HOSPITAL	KMI 대한국의학연구소 KOREA MEDICAL INSTITUTE
롯데렌터카 대한민국 No.1	HYUNDAI EZWEL	PROLANGS Professional Language Solution Provider	ICGLOBAL 글로벌인증	TOMWIN
법무법인 린	ASIANA P.A. LAW OFFICE	특허법인 세원 Patent Law Firm	정 국제특허법률사무소	BRIDGE 브릿지(BRIDGE) 국제특허법률사무소
특허법인 쏠慶	RSM	태평양노무법인대전지사	GANGSAN 노무법인 강산	더원노무법인
제일인사 노무법인	(주)에일 앤 일링가든	HANSOL SUPPLY (주)한솔서플라이		



36



47



65



60



68

발행일 2025년 9월 5일 발행인 구자균 발행처 한국산업기술진흥협회 www.koita.or.kr 주소 서울 서초구 바우포로 37길 37 산기협 회관 전화 02. 3460. 9036 팩스 02. 3460. 9079 신고번호 서초, 마00112 통권 제473호 광고문의 romj@koita.or.kr 편집인 고서곤 외부 편집위원 권봉현(LS일렉트릭 고문), 김성주(한국3M 이사), 박근태(조선비즈 부장), 박용삼(포스코경영연구원 연구실장), 안준모(고려대학교 교수), 홍대순(광운대학교 교수) 내부 편집위원 김중훈 이사, 윤영근 팀장, 송현주 팀장 편집 이종민 팀장, 장세롬 주임

「기술과 혁신」에 실린 글의 내용은 한국산업기술진흥협회의 공식 의견과 다를 수 있습니다. 또한 게재된 글과 사진은 허가 없이 무단으로 사용할 수 없습니다.

SPECIAL ISSUE

에너지 전환 시대의 도전과 기회

- 08 SPECIAL ISSUE INTRO**
에너지 전환 시대(대한민국 지속 성장을 위한 한강의 기적 시대 주역들과 미래 주역들의 도전과 기회)
- 12 SPECIAL ISSUE_ 01**
탄소중립과 AI 시대의 필수 에너지원 SMR
- 16 SPECIAL ISSUE_ 02-1**
지속가능한 저탄소 철강산업을 향한 도전과 기회
- 20 SPECIAL ISSUE_ 02-2**
석유화학산업의 도전과 기회
- 24 SPECIAL ISSUE_ 02-3**
기적의 동력에서 지속가능한 미래의 열쇠로: 시멘트 산업의 위대한 전환
- 28 SPECIAL ISSUE_ 03**
전기화 시대, 전력망의 새로운 도전과 기회
- 32 SPECIAL ISSUE_ 04**
탄소중립 시대, AI의 도전과 기회: '전기 먹는 하마'에서 '신재생 전기 쓰는 하마'로

Innovation

- 36 글로벌 R&D**
불가능을 가능케 하는 혁신: 구글X와 스페이스X
- 40 기술혁신 성공사례**
독자 기술로 미국 시장 진출에 성공한 프리미엄 면역글로불린 제제 '알리글로'

Strategy

- 46 특허활용**
기술만으로는 부족하다: 특허 기반 사업화의 성패를 가르는 3가지 전략
- 49 기술경영**
설계 Paradigm 전환 (반응적 설계 → 예측적 설계)을 통한 올바른 제조업 경영

Technology

- 52 신기술(NET) 인증 기술**
- 54 대한민국 엔지니어상**
7월 8월 수상자
- 56 IR52 장영실상**
2025년 수상제품(25~32주)

Culture

- 58 R&D 나침반**
"AI는 도구가 아닌, 당신의 동료" ...스스로 일하는 'AI 에이전트' 시대
- 62 라이벌의 과학사**
제자의 불꽃, 스승의 그림자 과학사의 가장 쓸쓸한 사제지간, 패러데이와 데이비
- 66 북&시네마**
새로운 질서 & 기술공화국 선언

News

- 68 현장스케치 01**
제31회 기술경영인 하계포럼
- 76 현장스케치 02**
제107차 IR52 장영실상 시상식
- 78 기업부설연구소 총괄현황**
- 80 koita NEWS**

산기협 SNS 채널: SNS 채널을 통해 한국산업기술진흥협회의 다양한 소식을 만나보세요.



산기협TV
비디오올림
바로가기

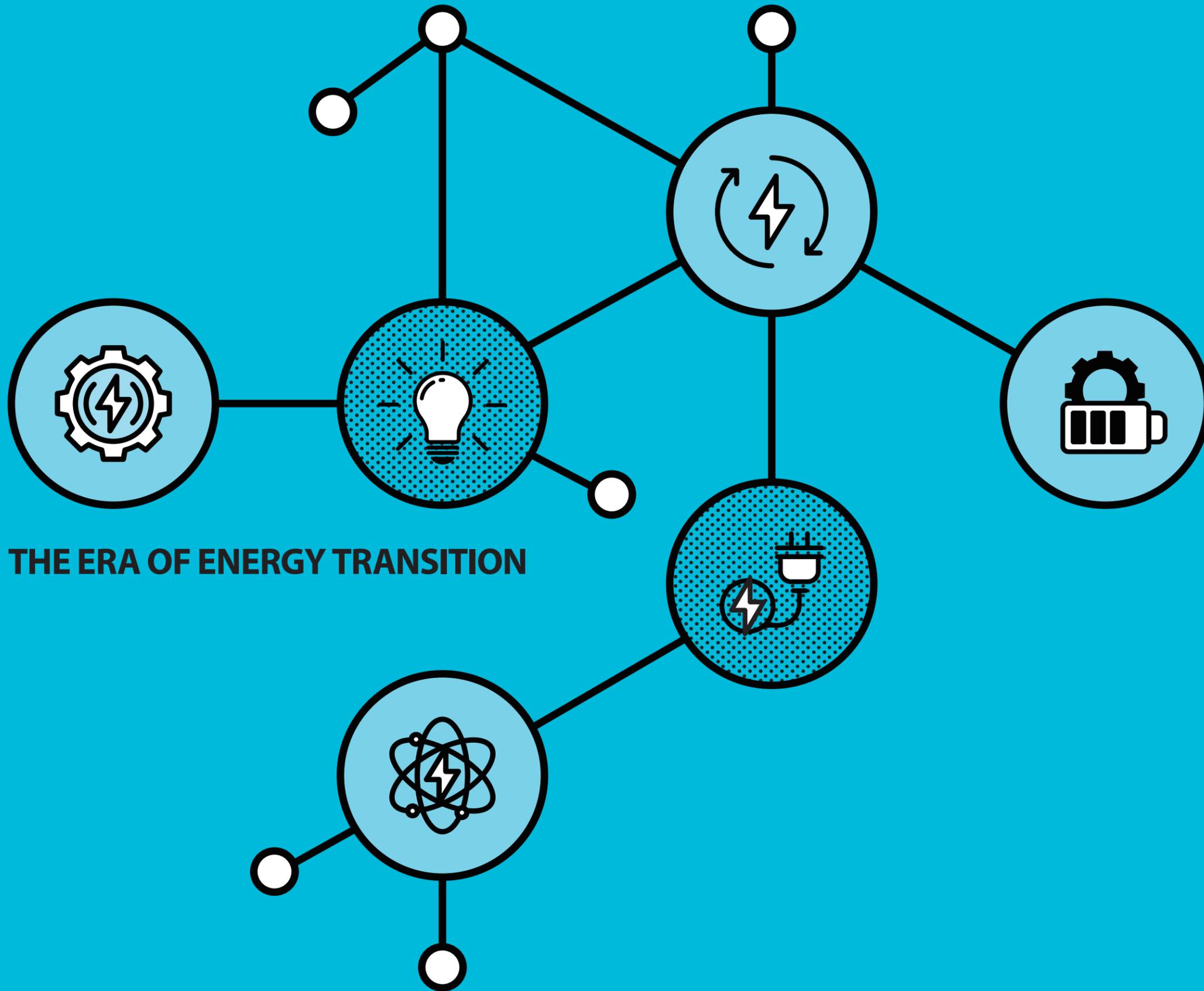


KOITA
카카오톡 채널
바로가기



KOITA
페이스북
바로가기





THE ERA OF ENERGY TRANSITION

SPECIAL ISSUE

기후위기와 에너지 안보 문제가 전 세계적으로 심화되면서, 에너지 전환은 우리에게 더 이상 선택이 아닌 필수 과제로 자리 잡았다. 탄소중립을 향한 국제적 압력과 기술혁신의 가속화는 각국의 산업과 사회 전반에 근본적인 변화를 요구하고 있다.

이번 호에서는 원자력, 철강, 석유화학, 시멘트 등 주요 산업은 물론, 전력망과 인공지능 같은 미래 핵심 인프라까지 함께 다루며, 에너지 전환이 이들 산업에 가져올 도전과 기회를 다양한 시각에서 짚어본다. 각 산업이 맞닥뜨린 현실적 과제와 이를 극복하기 위한 혁신적 시도들을 살펴봄으로써, 대한민국이 지속 가능한 성장을 이여가기 위해 어떤 방향으로 나아가야 할지를 함께 모색하고자 한다.

에너지 전환 시대의 도전과 기회

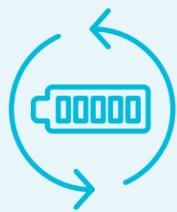
- 08** 에너지 전환 시대 (대한민국 지속 성장을 위한 한강의 기적 시대 주역들과 미래 주역들의 도전과 기회)
- 12** 탄소중립과 AI 시대의 필수 에너지원 SMR
- 16** 지속가능한 저탄소 철강산업을 향한 도전과 기회
- 20** 석유화학산업의 도전과 기회
- 24** 기적의 동력에서 지속가능한 미래의 열쇠로: 시멘트 산업의 위대한 전환
- 28** 전기화 시대, 전력망의 새로운 도전과 기회
- 32** 탄소중립 시대, AI의 도전과 기회: '전기 먹는 하마'에서 '신재생 전기 쓰는 하마'로

에너지 전환 시대 (대한민국 지속 성장을 위한 한강의 기적 시대 주역들과 미래 주역들의 도전과 기회)



글. 이상협
국가녹색기술연구소 소장

서울대학교 토목공학과(도시공학전공)에서 환경공학박사 학위를 취득하였다. 삼성코닝 중앙연구소, 일본 문부과학성 외국인 연구원(북해도대학교), 한국과학기술연구원(KIST) 그리고 한국연구재단(NRF) 에너지-환경 단장을 거쳐 국가녹색기술연구소 소장으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 소재 기술을 기반으로 한 고도 물 처리이고, 현재는 탄소중립 달성과 기후변화 대응을 위한 정부 정책·법·제도, 국제협력 전략 그리고 전문 인력 양성 프로그램 개발을 통해 정부의 탄소중립 달성 효율화에 기여하고 있다.



성장과 탄소 중립, 피할 수 없는 한국 경제의 딜레마

최근 한국을 포함한 세계 경제는 성장과 환경(탄소 중립, 기후 변화 대응) 사이의 균형을 맞추며 지속 가능한 성장을 추구하고 있다. 이를 위해 전 세계가 이산화탄소 감축을 위하여 국제적인 협력도 활발하게 진행하고 있다. 동시에, 실질적인 목표 달성을 위한 NDC(Nationally Determined Contribution)등의 국제적 감축 약속을 설정하여 국가별로 많은 노력을 진행 중이다.

이로 인해 에너지 생태계에 큰 변화가 일어나고 있다. 바로, 석탄과 석유로 대표되는 화석연료 사용의 점진적 감소이다. 반대로 자연에서 유래하는 태양광 발전과 풍력 발전으로 대표되는 비화석 연료, 즉 신재생 에너지의 급격한 부상이다. 전 세계가 신재생 에너지 확보를 위해 총력을 기울이고 있으며, 화석연료 기반 에너지 시대에서 비화석 연료 에너지 시대로 전환됨에 따라, 경제 성장을 지속적으로 달성하면서 이런 에너지 전환 시대 효율적인 적응을 위하여 많이 고민하고 있다.

한국 역시 GDP 기준 15위의 경제 대국이면서, 동시에 이산화탄소 배출 세계 9위(약 1.5%)이다. 따라서 지구 이산화탄소 배출량 증가 책임에서 자유로울 수는 없다. 현재 이산화탄소 배출 감축을 위하여 대한민국은 다양한 국제 감축 관련 공여금 제공, 국제 협력 사업 지원 등 활동을 하고 있으나, 무엇보다 중요한 것은 국내 산업계의 비화석 연료 기반 에너지 시스템에 최적의 산업 생태계로 전환하는 것에 대한 고민이다. 그러나 이산화탄소 다배출 산업에 뿌리를 두고 있는 대한민국 산업 생태계에서는 쉽지 않은 일이다.

'한강의 기적' 유산과 탄소 경제의 딜레마

1962년에 시작되어 1996년까지 34년간 진행된 경제개발 5개년 계획을 통해, 평균 약 9.5%의 경제 성장률을 기록하면서 한국은 단숨에 빈곤 국가에서 개발도상국이 되었다. 이를 통해 한국은 '한강의 기적'이라고 하는 경제 기적을 달성한 나라로 불리게 되었다.

이렇게 한강의 기적을 달성할 수 있었던 주요 원인으로는 강

력한 추진력의 지도자 존재, 우수하면서 근면 성실한 국민성의 뒷받침, 호의적인 한반도 주변도 국제 상황 등 여러 가지 변수가 복합적으로 작용한 결과이다. 무엇보다 가장 중요한 것은 수출 중심의 산업 생태계를 구축하고 이런 생태계가 역동적으로 작동할 수 있는 충분한 환경이 조성된 것이 최우선의 조건이다. 그 가운데 하나가 이런 생태계 구성 성분인 공장들이 안정적으로 움직일 수 있도록 한 구성 요인은 '산업의 혈액', '산업의 핏줄'이라고 불리는 에너지 공급이었다.

경제개발 5개년 계획 기간 동안 1973년, 1979년 석유 파동 시기를 제외하고 석탄과 석유를 중심으로 한 화석연료 기반 에너지가 주된 에너지 공급원이었다. 산업 측면에서는 철강산업, 석유화학산업, 시멘트 산업을 중심으로 가내 수공업에서 중화학공업으로 빠른 전환이 진행되었다. 즉, 화석연료 기반 에너지 공급 생태계에서 이산화탄소 다량 배출하는 중화학공업이 '한강의 기적' 주인공이었다. 이와 함께 효과적인 수출을 진행하기 위

한 물류 시스템도 구축되었다. 최대 수출항인 부산항으로 효과적인 물류 공급을 위하여 경부고속도로가 건설되었다. 이를 통해 화석연료 기반 에너지 공급 생태계, 중화학공업 중심 산업 생태계 그리고 경부고속도로 중심의 물류 생태계 세 개의 주인공을 중심으로 한강의 기적 드라마를 마무리하였다.

이렇게 고속 성장을 달성하는 한국 경제가 1992년 지구의 기후변화 우려가 시작된 브라질 리우협약 시점부터 조금씩 어려움에 직면하게 되었다. 이후, 1997년 교토 의정서, 2015년 파리협약을 계기로 화석연료 기반 에너지 산업 생태계인 대한민국은 기후변화 대응과 탄소 중립 달성과 관련하여 해결해야 할 문제가 점진적으로 증가하게 되었다.

기후변화는 이산화탄소 농도의 급격한 증가로 발생하는 현상이다. 화석연료 중심의 에너지 공급 생태계, 중화학공업 중심의 산업 생태계, 화석연료 기반 물류 생태계 그리고 이를 적극적으로 활용하여 초고속 성장을 달성한 대한민국은 이산화탄소 다배출



국가로 자리 잡게 되었다. 2024년 기준으로 이산화탄소 배출 구성비는 산업 부문 37.6%, 에너지 전환 32.7%, 수송 부문 15.0%, 건물 부문 7.4%, 농·축수산 3.9% 그리고 폐기물 등 기타 3.4%이다. 이 가운데 한강의 기적 주역인 철강, 석유화학, 시멘트 3개 업종이 산업 전체 부문 배출량의 약 70%를 차지하고 있다. 2023년 기준 3개 업종은 전체 수출의 약 16.0% 기여하고 있다. 반도체 산업 20.8%, 자동차 산업 10.4%의 수출 기여도에 비하면 낮은 수치이지만, 세 산업은 국가의 기반을 구성하는 산업으로 이산화탄소 감축을 위하여 회생될 수 없는 위치이다.

대한민국의 철강, 석유화학, 시멘트 산업에서도 많은 노력이 이루어지고 있다. 철강산업은 수소 환원 제철 기술 개발에, 석유화학 산업은 원료·공정 대체 및 CCU(Carbon Capture and Utilization) 기술 확보에, 시멘트 산업은 이산화탄소 흡수제를 활용한 역발상 기술 등에 주력하고 있다. 그러나 철강의 수소 환원 제철 공법의 경우, 그린 수소의 안정적 대량 확보 여부에, 석유화학 산업의 CCU 기술에서 신재생 전기 에너지 확보 여부, 마지막으로 시멘트 산업의 그린에너지 확보 여부 등 전환된 에너지 확보와 적용은 아직 많이 부족하다. 출발점이 탄소에서 출발해야 하는 산업 특성상, 쉽게 해결하기는 힘들 것으로 생각한다. 대한민국의 뼈대, 근간인 세 개 산업에서 노력하고 있는 현실을 정확히 살펴보고 극복해야 할 도전과 이런 도전의 성공을 통해 획득할 기회의 열매는 무엇인가를 살펴본다.

에너지 전환의 길목에서 마주한 현실적 도전들

대한민국의 에너지 전환 로드맵은 여러 현실적 장벽에 직면하면서 속도에 제약을 받고 있다.

첫째, 다행스럽게도 세계 최고의 기술을 보유하고 있는 원자력 산업은 선택지를 조금 더 넓게 가질 가능성을 가지고 있다. 원자력은 무탄소 에너지(Carbon-Free Energy)로서 긍정적인 면이 많으나, 안전성과 폐기물 처리 문제로 아직 신재생에너지로 확실하게 분류되지 못하고 있는 것이 현실이다. 그러나 원자력 에너지가 현재의 선진국 대한민국이 존재하는 데 큰 역할을 했

다는 점은 부인할 수 없는 사실이다. 전 세계적으로도 원자력 발전은 비화석 에너지 여부에 대한 많은 논란이 진행되고 있다. 원자력 발전 분야의 미래 기술인 SMR 등을 포함하여 세계 최고의 기술을 보유하고 있는 대한민국 원자력 에너지에 대한 논란을 파악하고 이를 극복할 수 있는 도전과 이를 통해 쟁취할 기회가 무엇인지 정확히 알아야 하는 것이 대한민국의 숙명이라고 생각한다.

둘째, 최근 신재생 에너지의 비율이 10.6%까지 상승하였다. 아직 세계 기구에서는 대한민국이 신재생 에너지 확대 보급이 더딘 국가로 이야기되고 있지만, 대한민국의 지리적 상황에서 최선을 다하고 있다고 생각한다. 신재생 에너지 관련 보유 기술도 다양하면서 기술력 역시 최고 수준을 유지하고 있다. 상대적으로 지리적 단점(좁은 국토 면적 등이 가장 큰 방해 요인으로 작용하고 있다. 신재생 에너지 확대 보급에 가장 큰 문제점으로 부상하고 있는 요인인 전력망의 확충 및 신재생 에너지의 효율적인 전력망 내 수용이다. 기존 전력망에서 수용할 수 없어 재생 에너지 발전 중단 등 비효율이 발생하고 있다. 전력망 확충과 고도화와 관련된 다양한 사회적, 경제적, 기술적 문제점들이 거론되고 있지만, 하나하나 모두 극복하기 쉽지 않은 상황들이다. 그러나 에너지는 산업의 핏줄이라고 앞서 이야기한 것처럼, 반드시 해결해야 하는 문제이다.

기술적으로도 신재생 에너지의 확대에 대규모 중앙집중식 에너지 공급 시스템에서 소규모 분산식 에너지 공급 시스템으로의 전환이 많이 이야기되고 있다. 과거 전력 공급망 시스템에서 생각하지도 못했던 일이 진행되고 있다고 생각한다. 이에 따라 과거 전력 공급망 시스템을 총괄했던 한국전력공사는 막대한 적자를 기록하고 있다고 신문에 연일 보도되고 있다. 물론 전력망 시스템 전환으로만 발생하는 것은 아니지만, 한국전력공사의 막대한 적자의 사례에서 알 수 있듯이, 신재생 에너지의 점진적 증가, 그리고 에너지 공급 시스템의 전환에서 효율적인 전기 에너지 공급을 위한 전력망 관련 분야에서 하는 일, 해야 할 일들에 대한 현실을 체크해 보고자 한다. 이를 통하여 도전해야 할

분야가 무엇이고, 이런 도전을 통해 대한민국 전력망 기술 분야에서 확보할 수 있는 미래 기회가 무엇인지 살펴본다.

미래 성장 동력 AI, '전기 덜 먹고 잘 먹는 하마'의 적극적인 확보

마지막으로 인공지능 분야이다. 마치 미래 산업은 인공지능과 HBM 산업만이 존재하지 않을까 하는 상상이 될 정도이다. 미래 사회, 산업의 핵심 분야이고 국가마다 반드시 확보해야 하는 필수 기술인 것은 거부할 수 없는 사항이다. 인공지능에서 피지컬 인공지능까지 그 발전 범위가 속도가 상상을 초월하고 있다.

신정부 출범 이후, 인공지능 산업은 국가 최고의 핵심 산업으로 자리를 잡았다. 과학기술 최고 결정 공무원도 인공지능 전문가로 지명한 것을 보면 국가에서도 그 중요성을 강하게 인지하고 있는 것 같다. 이에 따라 소버린 AI 구축 등 다양한 인공지능 관련 미래 방향이 제시되고 있다.

그러나 AI가 효율적으로 작동하기 위해서는 대량의 전기 에너지가 필요하다. AI를 '전기를 먹는 하마'라고 부를 정도다. 수많은 반복 작업이 수행되기 때문이며, 이 과정에서 발생하는 열을 식히기 위한 냉각 장치 운용에도 전력이 많이 소모되기 때문이다. 세계 각국은 인공지능 기술 확보를 위하여 최선을 다하고 있고, 이를 위한 전기 에너지 확보에 인공지능 기술 확보와 동등한 수준의 고민을 하고 있다. 이는 물이 없는 하마의 생존 환경을 상상하면 쉽게 상상할 수 있는 일이다.

최근 대한민국은 AI 3대 강국이라는 목표를 수립하였다. 동시에, 이를 달성하기 위한 에너지 확보에 많은 걱정도 이야기되고 있다. 대한민국은 비화석 연료 기반 에너지를 확보하기에는 지리적 환경, 기후·기상학적, 정치외교학적으로 유리한 환경은 아니라고 생각한다. 대한민국보다 유리한 환경의 국가에서도 에너지 확보를 위한 다양한 방법을 발표하고 있고 새로운 기술에 대규모 투자도 진행하고 있다.

AI의 미래 방향을 네 가지라고 생각한다. 첫째, AI 기술 자체의

진화, 둘째, 그린 에너지의 충분한 확보, 셋째 양질의 데이터 확보, 넷째, 초전력 소비 GPU 개발이다.

비화석 연료 기반 에너지 전환 시대에 함께 갈 수 있는 AI 3대 강국을 달성하기 위하여 대한민국은 취사선택을 해야 한다고 생각한다. 이 취사선택의 지혜를 살펴보고 이때 필요한 도전 분야와 이를 통해 AI 3대 강국 달성과 기회에 대하여 살펴본다.

또 한번의 기적을 향한 도전과 기회

기후변화 대응, 탄소 중립 달성은 당분간 인류 전체의 가장 중요한 과제로 존재할 것이다. 이를 위하여 비화석 연료 기반 에너지 전환은 인류 전체가 가야 할 방향이다. 그러나 우리에게 가장 중요한 것은 대한민국의 지속 성장이다. 기적을 이룬 과거의 대한민국, 그리고 맞이해야 할 미래 사회에서 지금보다 나은 대한민국이 해야 할 도전과 이를 통해 가질 기회에 대하여, 해당 분야의 숲 전체를 보는 시각을 함께 가져보자. **기술혁신**

탄소중립과 AI 시대의 필수 에너지원 SMR



글. 주한규
한국원자력연구원 원장

서울대학교에서 원자핵공학을 전공하고 미국 퍼듀대학 원자핵공학 박사 학위를 취득했다. 원자로 설계에 필요한 컴퓨터 코드 개발 전문가로서 현재 서울대학교 교수직을 휴직하고 한국원자력연구원 원장으로 봉직하며 미래지향적인 원자력 연구개발을 선도하고 있다.



원자력은 한강의 기적을 이끈 핵심 에너지원이었다. 1978년 우리나라에서 원자력 발전이 시작된 이래 원전은 47년간 우리나라 총 전력의 약 1/3을 초저비용으로 공급해 왔다. 1981년 약 1,900달러였던 우리나라 1인당 국민소득은 40년이 지난 2021년 약 20배로 증가한 반면, kWh당 전기요금은 64원에서 108원으로 1.7배 수준으로밖에 오르지 않았다. 싸고 풍부하게 공급된 우리나라 전력은 55% 이상 산업용으로 사용되며 급격한 산업 발전의 근간이 되었다. 그 기저에 원자력이 있었다.

원자력은 안정적이고 풍부한 저비용 전력 공급을 통해 우리나라 경제와 국민 생활에 활력을 제공해 왔다. 그럼에도 불구하고 2011년 후쿠시마 원전 사고로 인해 원전의 안전성에 대한 우려가 확산되고, 급기야 2017년부터 5년간 탈원전 정책이 강고하게 시행되며 우리나라 원자력의 위상이 현격히 저하되었다. 하지만 탈원전 부작용으로 인한 역설로 원자력의 가치에 대한 국민의 공감기가 높아지고, 향후 도래할 탄소중립과 AI 시대에서 안정적 저비용 무탄소 에너지원의 필요성으로 인해 차세대 원자력인 소형모듈원자로(SMR) 중요성이 드러나고 있다.

재생에너지만으로는 불가능한 탄소중립

태양광과 풍력으로 대표되는 재생에너지는 일단 발전설비를 구축하고 나면 자연력에 의해 매일 전력이 재생산되므로 별도의 큰 추가비용 없이 무탄소 에너지를 생산할 수 있다는 장점이 있다. 그렇기에 재생에너지는 탄소중립 실현의 가장 효과적인 수단으로 각광받아 세계적으로 크게 확대되고 있다.

재생에너지 설비는 자연환경 의존도가 높아 입지조건이 좋은 지역에 주로 설치된다. 우리나라의 경우 태양광 설비는 일사량과 평지 여건이 좋은 영호남 지역의 비도시 지역에 주로 설치되어 왔다. 2024년 기준 우리나라 총 태양광 설비 설치용량은 27GW로 국토 면적당 태양광 발전량은 세계 2위 수준으로 성장했다. 반면 풍력 발전은 그 확대 속도가 매우 더디다. 그 이유는 풍력의 발전량은 풍속의 세제곱에 비례하는데 우리나라에는 풍속이 충분히 높은 지역이 그리 많지 않기 때문이다. 신안 앞

바다의 풍속은 초속 약 7m로 영국 북해 풍속 9m에 비해 78% 수준으로 그다지 저조하지 않은 것 같지만, 그 비를 세제곱하면 47%로 떨어져 발전량이 반도 안 된다. 발전단가가 두 배 이상이 된다는 얘기가. 따라서 우리나라에서는 풍력보다는 태양광이 유리하지만 태양광은 낮에만 발전한다는 간헐성과 발전량이 시간대와 날씨에 따라 변한다는 변동성이 태생적 단점이다. 변동성은 풍력의 단점이기도 하다.

재생에너지 발전 비중이 높아질수록 그 단점인 간헐성과 변동성을 극복하기 위한 다량의 에너지 저장장치(ESS)가 필요하다. 또한 발전의 지역 편중 문제를 해결하기 위해서 대규모 송전망 확충도 불가피하다. 재생에너지 운용비용은 발전비용뿐만 아니라 저장장치 비용과 송전망 확충비용이 추가되어야 하는데 이 추가비용이 발전비용보다 훨씬 더 클 수밖에 없다는 사실이 재생에너지의 한계 요인이 된다. 탄소중립도 경제성을 고려하지 않고는 실현 불가능하므로 재생에너지의 경제성 단점을 보완할 수 있는 다른 무탄소 에너지원이 필요하다.

소형모듈원자로의 특징

SMR은 대형원전 대비 안전성을 대폭 높이고 재생에너지 대비 우수한 경제성을 실현시킬 차세대 원자로이다. 대형원전 내부에는 원자로와 증기발생기, 펌프가 개별적으로 배치되어 있고 그 사이는 배관으로 연결되어 있어서 만약의 경우 배관 파단에 의한 냉각수 대량 누설 사고 가능성이 있기에 다단계로 작동하는 고비용 비상 냉각설비가 필요하다. 이 때문에 대형원전은 복잡한 구조를 갖고 있고, 지반이라든지 주변 인구 등에 제약 조건이 있어 특정부지에만 건설이 가능하다.

SMR은 안전성 증진 개념을 적용하기 쉽도록 원자로를 소형화하고, 모듈화를 통해 공장 제작, 현장 설치라는 방식으로 경제성을 제고함으로써 소형화로 인한 발전단가 상승 단점을 보완하는 방향으로 개발되고 있다. SMR에서는 원자로나 증기발생기 같은 주요 기기가 다 작기 때문에 모든 주요 기기를 그림 1에 서와 같이 다 한 통 안에 집어넣은 일체형 원자로가 가능하다. 그러면 대량 누설 가능성이 원천적으로 없기에 안전성이 대폭

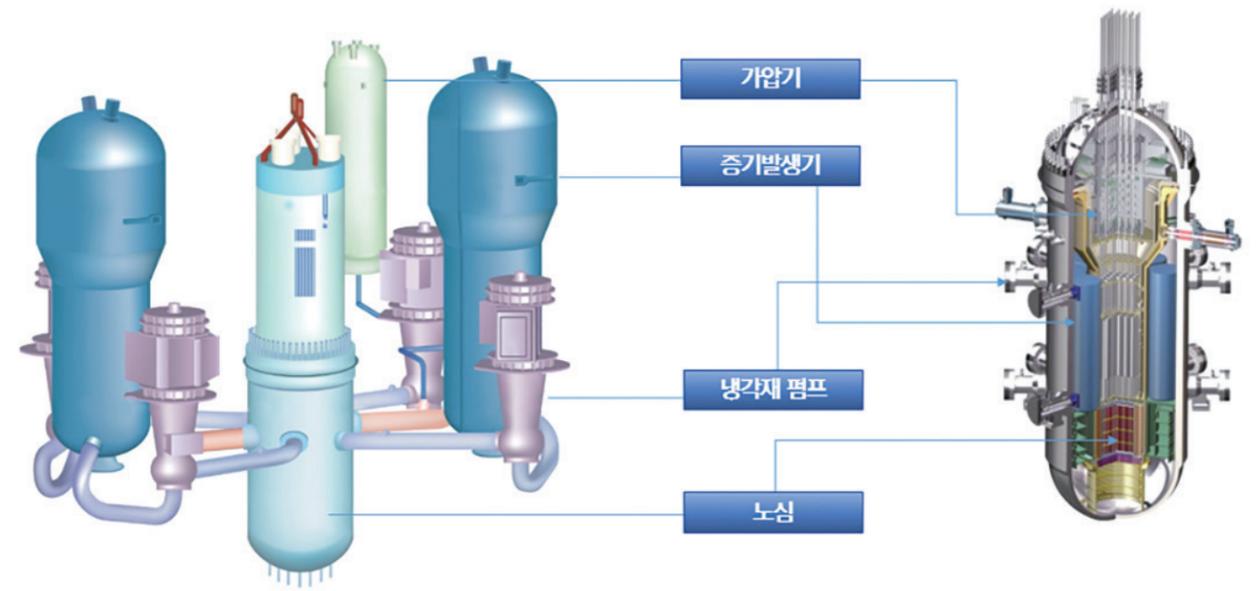


그림 1 주요기기를 일체화시켜 누설 가능성을 배제함으로써 안전성을 높인 SMR 개념

높아진다.

또 다른 SMR 안전성 증진의 대표적인 예가 미국 NuScale사에서 개발한 피동냉각 방식의 Voygr원자로이다. 이 원자로는 펌프 없이 자연순환으로 작동한다. 하부에 위치한 원자로 노심에서 물이 가열되면 뜨거운 물은 위로 올라가는 자연대류 현상에 의해 상승하게 된다. 상부에 있는 증기발생기에서는 뜨거운 물에서 열을 전달받아 증기를 만든다. 열전달 후 온도가 낮아진 물은 밀도가 높아져서 하부로 내려가게 된다. 이렇게 되면 비록 유속은 높지 않지만, 펌프가 없이도 원자로에서 열수송이 가능하게 된다. 펌프로 하는 능동냉각 방식 대신 자연현상을 사용한 피동냉각 방식 원자로는 유사시 외부 전원이 끊어져도 원자로 냉각이 잘 돼 원자로가 녹을 확률이 극도로 낮아지므로 원자로 격납건물 없이도 안전을 확보할 수 있다. SMR은 이런 식으로 안전성을 높여 특별한 부지 요건 제약 없이 수요지 인근에 설치할 수 있는 특징이 있다.

SMR은 비단 전기뿐만 아니라 열생산에도 사용할 수 있다. 사실 전력 생산 부문에서 배출되는 이산화탄소는 전체 배출량의 1/3정도에 불과해 전체적인 탄소중립을 위해서는 산업과 수송 부문 등에서도 무탄소 에너지 사용이 필수이다. SMR은 안전성이 높다는 장점 외에 전력생산뿐만 아니라 산업공정열과 수소 생산을 통해 비전력분야 무탄소화에 유용하게 쓸 수 있고, 대형 원전과는 다르게 출력 조절이 자유로워 재생에너지와 연계 운용이 가능하고 초기 투자비가 적게 들어 사업자 부담이 적다는 장점이 있다.

안전성이 대폭 높아져 수요지 인근에 설치할 수 있는 SMR은 대규모 데이터센터 전용 전원, 석탄 발전소 대체, 석유화학과 제철공장의 고온 열원, 해수 담수화, 수소생산, 지하자원 채굴용 고온 고압 증기 공급, 도서와 오지의 소규모 전력망 전원 등 다양한 용도로 활용될 수 있다.

SMR 개발 현황

SMR의 이러한 장점 때문에 현재 세계적으로 80여 종의 다

양한 SMR이 개발되고 있다. 대부분 전통적 방식인 물로 냉각하는 수냉각 SMR이지만 미국 정부의 재정 지원을 받아 개발되고 있는 SMR은 둘 다 비수냉각형이다. 하나는 빌 게이츠가 설립한 TerraPower사가 개발하고 있는 액체 금속인 나트륨을 냉각재로 이용하는 Natrium이라는 고속증식 원자로이다. 이 원자로의 특징은 고속증성자를 활용해 연료를 증식해 사용함으로써 연료 이용 효율을 높여 오래 쓸 수 있다는 장점이 있다.

또 용융염을 열 저장체로 사용하여 태양광이 발전을 많이 하는 낮시간에는 용융염을 가열만 하고 밤에는 그 열을 뽑아내 발전을 더 하는 방식을 적용함으로써 재생에너지와 연계를 조화롭게 할 수 있다는 특징이 있다. Natrium SMR은 미국 와이오밍주의 한 석탄 발전소 부지에서 노후 발전기를 대체하도록 이미 건설이 진행되고 있다.

두 번째 미국 정부가 개발을 지원하고 있는 SMR은 X-Energy라는 회사가 개발 중인 XE-100이라는 헬륨냉각 고온가스원이다. 이 원자로는 에너지 밀도가 낮아 유사시에도 공기 자연순환 냉각만으로도 원자로를 안전하게 유지할 수 있다는 장점이 있다. 고온가스로는 700도 이상의 고온 열을 생산하여 공정열로 직접 공급하거나 수소 생산에 활용할 수 있어, 전력뿐만 아니라 비전력분야의 무탄소 에너지원으로 활용성이 높다.

우리나라는 진작에 SMR 개발에 착수했다. 1997년 개발이 시작된 SMART SMR은 전기용량이 100MW인 일체형 원자로로서, 2012년에 세계 최초로 표준설계인가를 획득했다. SMART는 사우디아라비아에서 담수와 전력 생산용으로 건설을 추진하여, 당초 설계보다 안전성이 향상된 개선모델인 SMART100의 건설전설계가 2018년에 완료됐고 이에 대한 표준설계인가가 지난해 9월에 발급됐다. 현재 한국원자력연구원(KAERI)에서는 SMART가 인허가 성과 제작성이 입증되어 즉시 건설이 가능하다는 장점을 활용하여 데이터센터나 아시아 지역의 소규모 전력망 전원으로 활용하는 사업을 추진하고 있다.

SMART의 후속 SMR로 현재 활발히 개발이 진행되고 있는 혁신형 SMR(iSMR)은 170MW짜리 모듈 4개를 기본 형식으로 하

여 출력을 680MW로 높임으로써 경제성을 개선하고, 원자로 격납건물 대신 대형 철제 격납용기 방식을 도입함으로써 비상시 냉각재 유실을 방지해 안전성을 더욱 높인 SMR이다. iSMR은 용량 관점에서 석탄 발전소 대체에 적합하다. 여기에 부하추종운전, 수소 병행 생산 등 유연하게 운전할 수 있는 기능을 추가함으로써 재생에너지와 연계 활용이 가능하도록 설계하고 있다. iSMR사업 목표는 2028년 말까지 표준설계인가를 획득하는 것인데 지난해 제11차 전력수급계획에서는 첫 호기 국내 건설 방안을 포함시켰다.

국내 비수냉각 SMR로는 KAERI 주도로 세 가지 유형의 SMR, 즉 고온가스, 용융염원자로, 소듐냉각고속로가 개발되고 있다. 이 중 고온가스, 소듐냉각고속로는 과거 15년 이상 개발이 진행되다가 탈원전정부에서 개발이 중단되었지만 최근 민간 합작 방식 즉 정부와 민간기업이 공동 투자하는 방식으로 개발이 재개되었다. 각 유형의 SMR은 용도가 다른데 고온가스로는 고온열을 생산하여 화학 공장 등에 공정열을 공급하기 위한 것으로서 이 사업에는 POSCO E&C와 SK 에코플랜트 같은 회사가 참여하고 있다. 소듐냉각고속로는 장기운용특성을 갖는 원자로로서 현대건설이 독자 유형의 원전으로 세계 원자력 시장에 진출하고자 공동 개발에 적극적으로 참여하고 있다. 용융염원자로는 핵연료가 냉각재인 용융염에 액체 상태로 섞여 있는 신개념 원자로이다. 이 원자로의 작고 구조가 단순해 선박 추진용 적합하므로 조선회사가 다수가 개발에 참여하고 있다.

결론

탄소중립은 비단 전력 부문뿐만 아니라 수송과 산업 부문 등 비전력 분야에서도 경제적인 무탄소 에너지 공급이 가능해야 실현될 수 있다. SMR은 소형화를 통해 안전성 증진 개념 적용을 용이하게 하여 수요지 인근에 설치가 가능하고 전력뿐만 아니라 다용도의 무탄소 에너지를 저비용으로 공급할 수 있다. 이렇기에 SMR은 대규모 ESS와 송전망 확충이 필요한 재생에너지의 단점을 보완할 수 있는 탄소중립 시대의 필수 에너지원이 될

것이다. 나아가 SMR은 AI 활용의 폭발적 증가에 따라, 향후 획기적으로 늘어날 데이터센터의 안정적 전원으로서 핵심적 역할을 할 것이다. 탄소중립과 AI 시대의 필수 에너지원인 SMR은 2030년 중반 이후 세계 시장이 크게 형성될 것으로 기대된다. 우리나라가 현재 대형원전시장에서 확보한 주도권을 미래 SMR 시장에서도 유지하기 위해서는 현재 진행 중인 다양한 민간합작 SMR 개발 사업에 대한 정부의 지원과 민간의 투자가 확대되어야 한다. **기술혁신**

지속가능한 저탄소 철강산업을 향한 도전과 기회



글. 김기수
포스코 홀딩스 미래기술연구원장

포스코홀딩스 미래기술연구원장은 철강, 친환경소재, 미래 에너지 및 Digital혁신 기술개발에 헌신해 왔으며, 영국 웨필드 대학에서 철강제조 분야 박사 학위를 취득하였다.



전 세계 산업화의 근간을 이루는 철강, 석유화학, 시멘트 산업은 오랜 기간 화석연료 기반의 에너지 시스템 위에서 성장해 왔다. 우리나라에서도 이 산업들은 '한강의 기적'을 이끈 주역이자 국가 경제발전의 중추 역할을 담당해 왔다. 그러나 이러한 제조업은 기후위기 대응과 탄소중립이라는 시대적 요구 앞에 탄소 감축이라는 새로운 도전에 직면하고 있으며, 산업 패러다임이 변화하는 가운데 기존 생산방식을 혁신하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 그 상징성과 파급효과가 큰 철강산업은 현재 저탄소 전환의 최전선에서 있다.

국내 철강산업의 현재

산업혁명 이후 철강은 현대 문명의 뼈대라 불릴 만큼 우리 일상과 산업 전반에서 필수불가결한 소재로 자리매김해 왔다. 자동차, 선박, 건설, 조선, 기계, 플랜트 산업 등 거의 모든 제조업의 근간을 이루는 철강산업은 한 국가의 산업 경쟁력과 직결되는 기간산업이자 문명의 기초 산업으로서 사회 인프라 구축과 도시화의 중심 소재로 자리잡고 있다. 대한민국에서도 철강산업은 조선, 자동차, 건설 산업의 성장과 함께 국가 전략산업으로 성장해 왔으며, 자원 빈국임에도 불구하고 세계 6위의 조강 생산국이자 철강 수출국으로 자리매김했다. 국내 철강산업은 약 15만 명 이상의 직접 고용과 50만 명 이상의 간접 고용을 창출하는 등, 일자리 측면에서도 중요한 역할을 하고 있으며 산업 전반의 공급망 안정성과 연결된 국가안보와 직결되는 산업이라고 할 수 있다.



표 1 국가별 인당 철강 소비량 (kg/인), (2023년)

철강 소비는 한 국가의 산업화 수준과 밀접하게 연관되어 있다. 한국의 1인당 철강 소비량은 2023년 기준 약 1,050kg으로, 글로벌 평균(219kg)의 약 5배에 달한다. 이러한 통계는 국내에서 건설, 자동차, 조선 등 제조업 비중이 여전히 높은 현실을 반영하며, 이러한 산업 구조가 유지되는 한, 이 수치는 쉽게 줄어들지 않을 것이다. 철강은 여전히 우리 경제의 '뼈대'를 이루는 산업이며, 1970년대 이후 쇠퇴해온 미국의 철강산업을 국가안보 확보 차원에서 재건하고 있는 트럼프 정부의 노력에 주목할 필요가 있다.

하지만 탄소중립 시대가 도래하면서 철강산업은 새로운 도전에 직면하고 있다. 석탄을 이용해 철광석을 환원하여 쇳물을 만드는 고로 (Blast Furnace) 기반 생산방식이 주류를 이루는 한국 철강산업은 에너지 집약도가 매우 높아 탄소중립 실현이 어려운 산업으로 지목되고 있다. 국내 철강산업은 산업 부문 에너지 소비의 약 25%, 탄소배출의 약 30%를 차지하며, 국가 전체 온실가스 배출량의 13%를 차지하기 때문이다.

철강산업의 탄소배출이 높은 이유는 석탄이 철광석 환원에 사용되기 때문이다. 전 세계 대부분은 철강은 200년 이상 지속된 석탄 기반의 고로 공정으로 생산되고 있으며 조강 1톤당 1.8~2.2톤의 CO₂가 배출된다 (Fe-O + C = Fe + CO₂). 한편, 이미 환원되어 거의 순철에 가까운 고철 (스크랩)을 사용한 전기로 공정에서는 (Fe(고철) + 전기저항열 = Fe(액체)) 조강 1톤당

국내 철강산업의 에너지 사용 및 탄소배출 특성		
산업 부문 에너지 소비 비중		약 25%
산업 부문 탄소배출 비중		약 30%
국가 총 온실가스 배출량 중 비중		약 13%
조강 1톤당 CO ₂ 배출량	고로-전로	1.8 ~ 2.2톤
	전기로	0.4 ~ 0.7톤
조강 1톤당 전력사용량		~300 kWh (고로) 400~600 kWh (전기로)

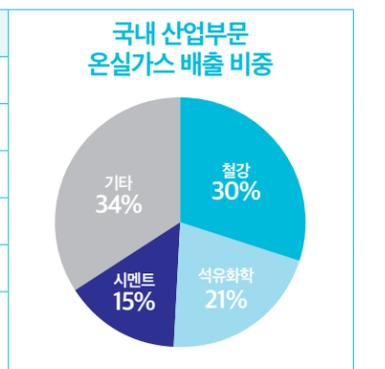
표 2 국내 철강산업 에너지 사용 특성 및 온실가스 배출 비중

0.4~0.7톤의 CO₂가 배출된다. 고로 공정 대비 4배 이상의 적은 양의 CO₂가 발생되나 우리나라 철강 생산량에서 차지하는 비중은 30% 정도로 아직 낮은 편이다.

철강은 이론상 100% 재활용이 가능한 소재다. 실수율을 고려하면 80% 이상 재활용되어 그 어느 소재보다 재활용 비율이 높다. 그러나 고철 재활용 (전기로)의 경우 불순물의 유입이 많아 고품질 철강재의 안정적 공급이 곤란하여 국내에서는 여전히 약 70%의 철강이 고로 방식으로 생산되고 있다. 전기로 전환을 위한 인프라 투자와 기술개발이 지속되고 있으나 전환 속도는 제한적이며 높은 전기 비용과 원료인 고철이 충분하지 않기 때문이다.

철강산업과 에너지 (철강산업의 전력 사용 현황)

철광석으로부터 쇳물을 생산하는 고로공정에서는 철광석(원료)과 석탄(코크스, 연료)을 주원료로 사용한다. 이 과정에서 석탄으로부터 가스형태의 열이 발생하고, 이러한 고열의 부생가스를 이용해 자가발전을 하게 된다. 통상 제철소내 자가발전으로 만들어지는 전기는 전체 제철소 전기 사용량의 60~90% 정도를 담당하며, 부족한 전기는 외부로부터 도입하게 된다. 전기로 방식은 고철 (스크랩)을 전기 저항열로 녹여 쇳물을 만드는 방식이기 때문에 자가발전이 불가능하여 전력 사용량이 높다. 실제로 1톤의 조강을 생산할 때 고로 방식은 약 300kwh, 전기로 방식은 약



400~600kWh의 전력이 소요된다. 제철소내 자가발전을 제외 하더라도 국내 철강업에서 사용한 전력량은 국가 전체 전력사 용량 553TWh의 약 4.9%에 해당하는 많은 양이다.

한·미 철강사 비교 : 생산 구조와 탈탄소 전략

우리나라와는 달리 미국의 연간 조강생산량 약 8천만톤 중 전기로에서 생산된 제품이 약 70%이다. 고철의 수급이 용이 하고 풍부한 전기에너지를 보유하고 있어 전기로 공정이 많이 채택되었다. 미국 철강산업의 총 전력사용량은 38TWh수준으로, 국가 전체 전력수요의 약 1.0%에 해당한다. 전기로 설비의 증설, 데이터센터 건설 등으로 커지는 전기량을 충족시키기 위해 미국은 2040년까지 20GW 규모의 가스발전을 추가하고 2050년까지 현재 원전 용량을 3배로 증가시키는 것으로 알려져 있다 (재가동, 증설 등).

탄소감축 기술개발 현황

철강산업의 탄소감축은 단계적으로 전기로 방식의 확대와 장기적으로 수소환원제철과 같은 신기술 개발로 가능하다. 특히 수소환원제철은 수소를 환원제로 사용해 철을 생산하는 방식으로(Fe-O + H₂ = Fe + H₂O) 이산화탄소 대신 수증기를 배출하게 된다. 그린 에너지가 사용될 경우 이상적인 무탄소 철강공정이 될 것이다.



그림 1 포스코 수소환원제철 공법 HyREX

수소환원제철로의 전환

철강산업의 궁극적인 탈탄소화 해법으로 주목받는 것이 수소 환원제철 기술이다. 이는 철광석 환원에 탄소 대신 수소를 사용하여 이산화탄소 대신 수증기를 배출 (Fe-O + H₂ = Fe + H₂O) 하는 무탄소 제철공정이다. 포스코의 하이렉스(HyREX) 공정은 유동환원로에서 철광석을 수소로 직접 환원하고, 가루 상태의 철광석을 직접 사용할 수 있어 가장 경제적인 기술로 평가받고 있으며, 현재 국책과제로 착수되어 30만톤 규모의 파일럿 설비의 착공을 준비하고 있다.

한편, 수소환원제철의 상용화에는 막대한 전력과 수소가 요구된다. 예를 들어, 철강 1톤을 수소환원 방식으로 생산하려면 약 80~90kg의 수소가 소요된다. 만약 30만 톤 규모의 HyREX 파일럿 공장을 운영한다면, 연간 약 3만 톤의 수소가 필요하다. 이 수소를 생산하는 데 드는 전력까지 고려하면 전체 에너지 수요가 크게 증가하게 되며 기존 고로 방식(약 300kWh/톤) 대비 약 20배 많은 전력이 필요할 것으로 예측된다. 따라서 수소환원제철로의 대규모 전환을 실현하려면, 경제적이고 대규모로 공급 가능한 무탄소 전력과 청정수소 인프라가 반드시 뒷받침되어야 한다.

대용량 청정수소

수소환원제철의 실현을 위해서는 경제성과 안정성을 모두 갖

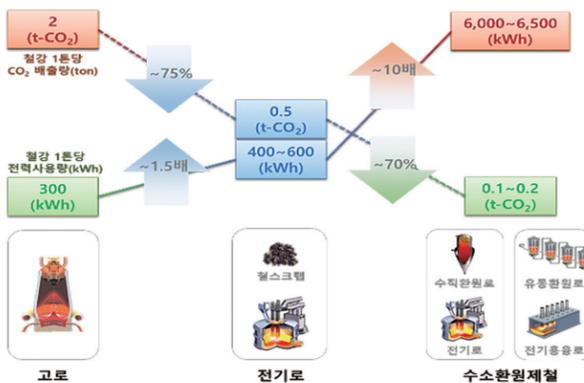


그림 2 철강 1톤당 전력사용량 및 CO₂ 배출

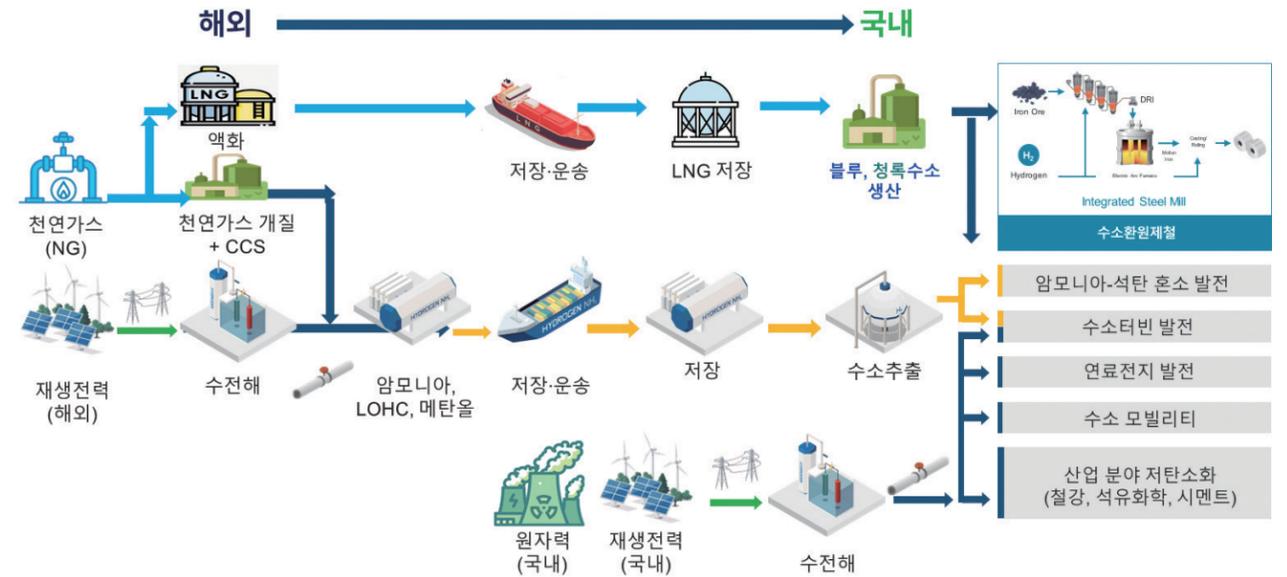


그림 3 대용량 청정수소 공급 인프라

춘 대용량 청정수소 공급 인프라가 필수적이다. 블루수소는 천연가스 개질 후 발생하는 이산화탄소를 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage) 기술로 포집하거나 활용하는 방식으로, 경제성과 기술성숙도 면에서 가장 앞선 기술로 평가받는다. 청록수소 또한 천연가스로부터 열분해를 통해 생산되며, 이 과정에서 이산화탄소가 아닌 고체탄소를 부산물로 생성할 수 있어 주목받고 있다. 특히, 제철소 인근에 공급 인프라가 마련된 천연가스를 활용해 블루 및 청록수소를 생산하고, 이를 고로-전로 기반의 기존 공정이나 수소환원제철-전기로 공정에 단계적으로 도입하면 기술적 전환기에서 발생하는 현실적 한계를 효과적으로 극복할 수 있다.

결언

철강산업은 대한민국 경제의 근간이자 국가 기간산업으로서, 산업화와 경제성장의 상징적 역할을 해왔다. 그러나 이제 저탄소 철강생산과 과 글로벌 경쟁력 유지라는 두 마리 토끼를 동시에 잡아야 하는 전환점에서 있다.

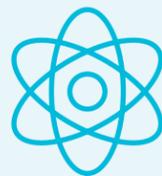
철강산업의 저탄소 전환은 곧 '전기화(Electrification)'의 가속을 의미한다. 전기로 확대, 수소환원제철(HyREX) 도입은 모두 대규모 전력수요 증가로 이어지며, 이 전력 에너지의 조달 방식이 산업의 미래를 좌우할 중요한 인자가 될 것이다. 안정적 전력공급이 가능한 원자력은 철강산업의 전력화에 가장 현실적인 대안일 수 있다. 물론 대규모 에너지 인프라(원전, 수소 등) 도입에 대한 사회적 합의, 지역사회와의 상생 방안이 선제적으로 논의되어야 한다. 우리나라 철강업계가 마주하고 있는 난제들을 해결하여 국가경제의 단단한 받침돌 역할과 연관 제조업의 지속 성장을 위한 디딤돌이 되기 위한 산학연관의 긴밀한 협력이 필요한 때이다. **기술혁신**

석유화학산업의 도전과 기회



글. 송인협
한국화학연구원 책임연구원·한국산업기술기술평가원 화학공정 PD

서울대학교 화학공학과에서 박사학위를 취득하고 스위스연방공대에서 박사후 연구원으로 일했다. LG화학 CRD연구소와 SK이노베이션 환경과학기술원을 거쳐 현재 한국화학연구원 책임연구원 겸 한국산업기술기술평가원에서 화학공정 PD로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 탄소중립, 고분자 공정, 그리고 기술 실증 및 상업화이다.



석유화학산업이 직면한 도전

최근 국내 석유화학산업은 수익성과 지속가능성이라는 이중고에 시달리고 있다. 미중 무역마찰로 인해 촉발된 글로벌 경기 둔화와 화학제품의 글로벌 공급과잉은 기존의 'Made in Korea' 화학제품의 가격경쟁력을 무력화시키고 있고, 탄소중립 대응은 공정 전반의 구조적 혁신을 요구하고 있다. 기존의 설비 효율 개선이나 제품 다변화만으로는 이러한 도전에 대응하기 어려우며, 본질적인 공정 기술의 전환과 원료 체계의 재구성이 요구되는 상황이다.

그러나 현재 많은 기업이 이러한 전환에 대한 투자 여력이 부족하거나, 기술 리스크와 시장 불확실성 때문에 선제적 대응을 주저하고 있는 것이 현실이다. 미래 생존을 위한 과감한 전환이 필요하지만, 지금의 국내 화학산업의 수익 구조는 그것을 뒷받침하지 못하는 아이러니한 상황이 벌어지고 있다. 이러한 상황에서 화학산업의 성장과 탄소중립을 위해 나아가야 할 길이 무엇인지 논의하고자 한다.

화학산업의 무탄소연료 전환 과정과 기회

석유화학 산업에서 온실가스 배출을 저감하는 가장 효과적인 방법으로는 나프타 열분해 공정에서 사용되는 에너지원 자체를 전기, 수소, 암모니아 등 탄소를 배출하지 않는 에너지원으로 대

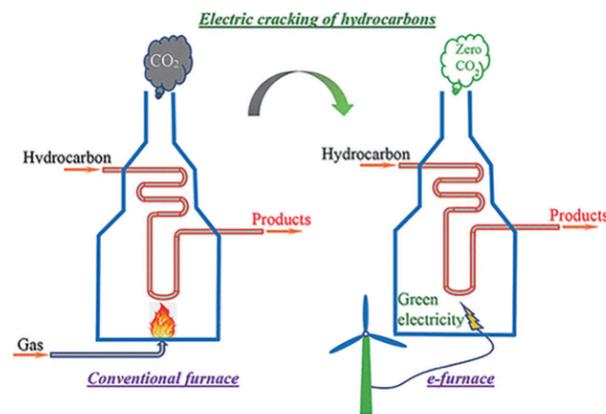


그림 1 Review of Electric Cracking of Hydrocarbons

체하는 방안이 제시된다.

세계 주요 화학 기업들은 이미 수소와 암모니아를 중심으로 한 연료 전환을 적극 추진하고 있다. BASF, SABIC, Linde는 독일 루트비히스하펜에 위치한 에틸렌 크래커에 2024년 4월부터 전기히터 기반의 전기열분해 기술을 시범 도입하여 6MW의 소비전력으로 시간당 4톤의 나프타를 처리 중으로 신재생 에너지 사용시 기존 열분해 대비 이산화탄소 배출을 90% 이상 감축할 잠재력을 갖추고 있다.

INEOS, Dow, Shell 등도 나프타 크래킹이나 스팀 리포밍 공정에 블루수소나 그린수소를 적용하는 연구를 진행하며, 수소 공급망 및 인프라 구축에도 병행 투자하고 있다. 유럽연합은 'Net-Zero Industry Act'와 'Hydrogen Bank' 프로그램을 통해 대규모 산업군에서의 수소 연료 활용을 제도적으로 뒷받침하고 있으며, 이는 화학산업에도 직접적인 영향을 미치고 있다.

국내에서도 무탄소연료를 활용한 공정 혁신 연구개발이 점차 확대되고 있다. 현재 LG화학을 포함한 국내 대형 석유화학사들은 산업통상자원부의 국책과제를 통한 전기로 기반의 나프타 열분해 기술 자체개발을 추진 중이거나 혹은 도입 가능성을 타진하고 있으며, 일부는 KBR 등 해외 기업과의 공동 R&D를 모색 중이다.

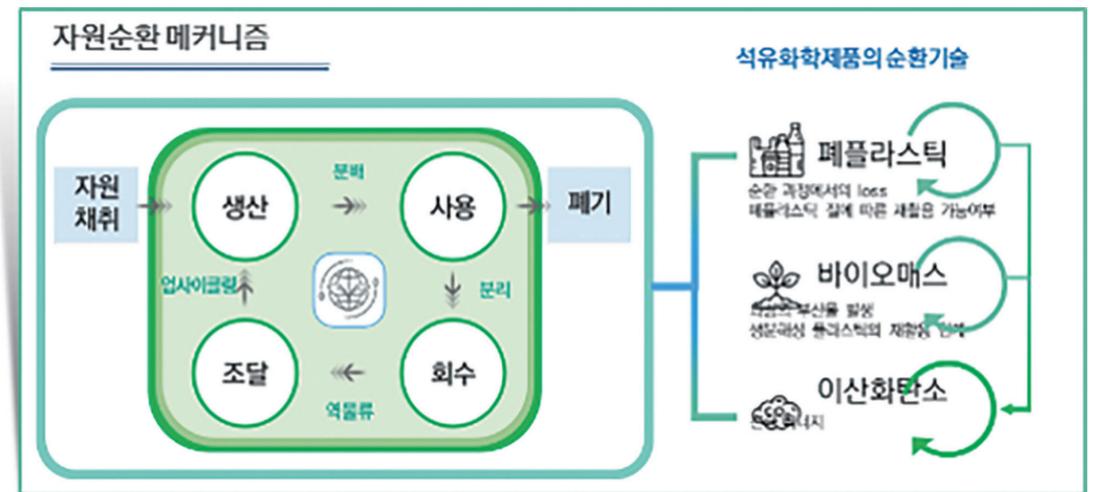


그림 2 자원순환 메커니즘 (석유화학제품의 순환기술)

정부의 수소경제 활성화 정책에 따라 수소를 연료로 활용하는 화학공정의 실증 연구도 추진되고 있다. 특히 고온 공정에서 수소 연료의 적용 가능성을 시험하는 석유화학 무탄소 연료기반 NCC공정기술 개발 사업이 2025년 상반기 선정되어 과제가 시작되었다. 또한, 암모니아를 연소하거나 분해해 수소를 활용하는 하이브리드 방식이 정유·화학 공정에도 적용 가능한 대안으로 논의되어 한국화학연구원 등 출연연 중심으로 연소 안정성 및 NOx 저감 관련 연구가 진행 중이다.

한편 납사 처리량 100만톤/년 규모의 NCC 1기를 전기화하는 데 필요한 추정 전력 수요량은 연간 200~300MW 규모로 추정되며 이를 위해 100~300MW 급 SMR(Small Modular Reactor) 1~2기를 설치하여 여유 전력까지 확보하는 방안을 제안하고 있다. 또한, 최근 연구자들 사이에서 논의되는 기술 중 하나가 원자력 발전에서 발생하는 폐열(300~600°C)을 직접 활용하여 나프타를 열분해하는 열직접통합형 나프타 크래킹 모델을 제안하고 있는데 아직 아이디어 수준이라고 볼 수 있는 TRL 3~5단계 수준이기는 하나 완전히 새로운 혁신공정으로 원자력 기술에 장점을 갖고 있는 대한민국에서 시도해볼 만한 새로운 도전이 될 수 있다.

이산화탄소 배출 최소화를 위한 원료 대체

무탄소 연료의 활용 다음으로 주목할 수 있는 탄소중립 전략은 화석 원료를 페플라스틱이나 바이오매스와 같은 순환 원료로 대체하는 것이다. 이들 자원은 석유를 대체할 수 있을 만큼의 잠재력을 갖추고 있으며, 대량 확보도 가능하다는 점에서 주목받고 있다. 그러나 현실적으로 페플라스틱과 바이오매스 모두 여전히 다음과 같은 이유로 전 세계적인 대규모 상업화 사례를 찾기 어렵다.

첫째, 재활용이 생각보다 용이하지 않다. 대부분의 플라스틱은 단일 소재가 아닌 복합소재로 사용되며, 특히 식품이나 의약품 포장재 및 용기의 경우에는 외층과 내층에 서로 다른 재료(예: EVOH, 알루미늄 등)를 사용하는 다층 구조로 이루어져 있어, 단일 공정으로 재활용하기가 어렵다. 또한, 플라스틱의 물성을 향상하기 위해 사용되는 산화안정제, 가소제, 염료, 난연제 등 첨가제가 재활용 과정에서 공정의 부식을 유발하거나 예기치 못한 잔류물을 형성하여 재활용을 더욱 어렵게 만든다.

따라서 페플라스틱을 효과적으로 원료로 활용하기 위해서는 제품 설계 단계에서부터 재활용 가능성을 고려하여 단일 소재로 구성하고, 물성 향상을 위한 첨가제의 사용을 최소화해야 한다. 즉, 재활용을 가능하게 하기 위해서는 일정 수준의 제품 성능 향상을 포기하고 '타협'하는 설계 전략이 필요하다.

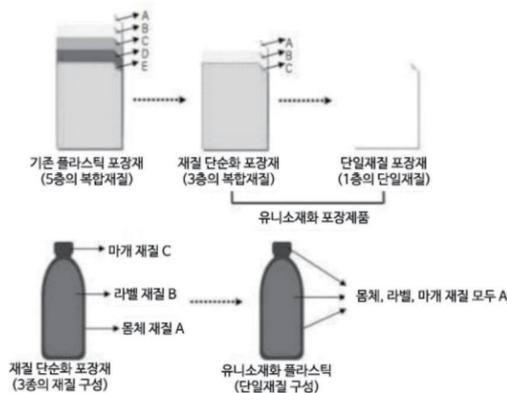


그림 3 포장재산업의 유니소재화제품 개념도
 <식품포장분야 동향보고서 농식품기술기획평가원(2021.10)>

둘째, 대체 원료를 사용할 경우 화학제품으로의 전환율이 낮다는 문제가 있다. 바이오매스는 수분 함량이 높아 건조에 많은 에너지가 소요되고, 화학물질로의 전환 효율도 낮다. 예를 들어, 생목재 1톤을 수거하여 화학 원료로 전환하려면 약 500kg의 수분을 제거해야 하며, 남은 500kg 중 실제 유용한 화학물질로 전환되는 양은 기술에 따라 다르지만 약 20~40%, 즉 200kg에도 미치지 못하는 경우가 대부분이다. 이는 일반적으로 원유 기반 공정의 제품화 비율이 80~95%에 이르는 것과 비교할 때 비효율적이며, 산업적 수익성을 확보하기 어려운 구조이다. 페플라스틱을 열분해하여 유화시킬 때도 경질 유분(화학물질로 전환이 용이한 성분)의 비율이 20~30%에 불과해 상용화에 큰 장애물이 되고 있다. 따라서 유용한 화학물질로의 전환 효율을 획기적으로 높이는 기술개발이 핵심 과제가 되고 있다.

이러한 현실을 고려할 때, 향후 화석 원료를 대체하는 순환 원료 기반의 대책과제는 크게 두 가지 방향에 집중할 필요가 있다. 첫째는 재활용이 용이한 플라스틱 제품의 설계·개발, 둘째는 바이오매스의 전환 효율을 극대화하는 기술 개발이다.

탄소중립 충격완화를 위한 공정효율화 노력

탄소중립화 하는 일은 결국 그린 수소와 같은 비싼 에너지원을 사용하고, 비싼 원료전환과정을 거쳐서 결국에는 누군가가 추가 비용을 감수해야 하는 '비싼 선택'이다. 현재 누구나 값싸게 사용할 수 있는 페트병을 명품처럼 소비해야 하는 사회가 도래한다면 사회에, 특히 경제적 약자에 미치는 충격이 적지 않을 것이다. 그러한 충격을 완화할 수 있는 감축 수단으로 가장 주목할 만한 것은 공정 효율화이다.

미국 에너지부(DOE) 역시 2022년 발표한 Industrial Decarbonization Roadmap에서 산업 부문 온실가스 감축을 위한 4대 실행 전략 중 하나로 공정 효율화를 제시하며, 그 감축 효과가 전체 감축량의 25% 수준으로 전기화(Electrification)로 인한 감축 효과에 육박한다고 보고한 바 있다. 일각에서는 “한국의 공정 운전 기술은 이미 세계 최고 수준”이라며 추가적인

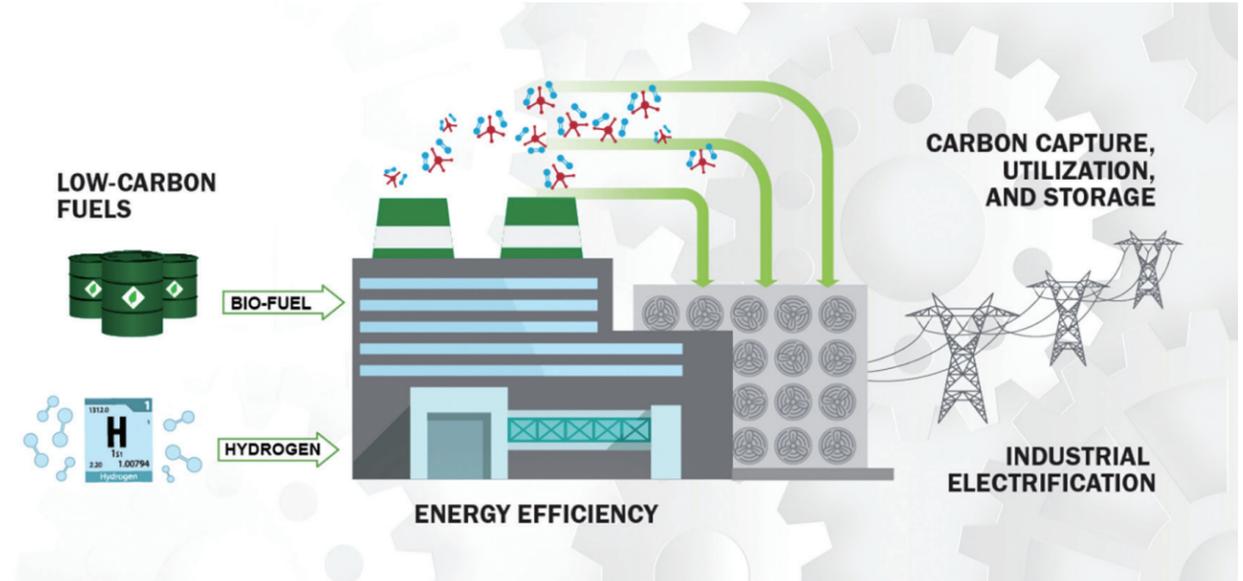


그림 4 Strategies for Decarbonizing U.S. Industries
 <미국 DOE 제작>

효율 개선의 여지가 적다고 보고 있다. 그러나 공정 효율화는 단순히 운전 최적화에 그치는 것이 아니라, 기존 공정을 대체할 수 있는 고효율 반응기나 분리장치의 적용까지 포함하는 보다 적극적인 접근이다.

실제로 BASF는 히트펌프와 MVR(Mechanical Vapor Recompression) 기술을 활용하여 폐열을 회수하고 이를 에너지로 재활용하는 공정 효율화를 추진 중이며, 국내에서도 LG 화학과 금호석유화학 등이 기존의 다단증류탑을 DWC(Divided wall Column)이나 순환증류탑으로 대체하여 에너지 소비를 절감하려는 연구가 진행되고 있다.

문제는 한국이 화학산업 분야에서 상대적으로 경쟁력이 낮은 부분이 새로운 장치를 개발하고 이를 공정에 적용해 실증 후 상업화하는 단계라는 점이다. 이 때문에 보다 적극적인 연구개발 노력이 요구되며, 이를 통해 실질적이고 검증된 온실가스 감축 방안을 마련하는 것이 절실하다.

탄소중립은 '공짜 점심'이 아니다. 원료를 대체하거나 무탄소 연료를 사용하는 방식 모두 필연적으로 더 많은 에너지 또는 더

비싼 에너지 자원을 요구하게 된다. 결국 오늘날 에너지 효율을 단 2~3%라도 개선하기 위한 투자와 연구개발이, 탄소중립 시대에는 더 큰 보상으로 돌아오는 가장 현실적이고 전략적인 선택이 될 것이다.

결론

냉정히 분석해보면, 값싼 에너지원이 부족한 한국은 탄소중립을 추진함에 있어 주요 경쟁국들보다 몇 배 더 많은 노력을 기울여야 하는 어려운 위치에 있다. 그러나 탄소중립 기술개발은 모든 국가가 동일한 출발선에서 경쟁하는 '제로베이스 기술 경쟁'이라는 점에서 새로운 기회를 맞이하고 있다. 이는 과거 전기차 산업에서 나타난 흐름과도 유사하다.

특히, 최근 정부가 전략적으로 육성 중인 AI 기술을 탄소중립 소재 개발과 공정 효율화에 접목할 경우, 이는 K-석유화학산업의 재도약을 위한 의미 있는 전환점이 될 수 있으며, 글로벌 탄소중립 경쟁 속에서 우리 산업이 주도권을 확보할 수 있는 중요한 발판이 될 것이다. **기술혁신**

기적의 동력에서 지속가능한 미래의 열쇠로: 시멘트 산업의 위대한 전환



글. 안지환
한국지질자원연구원 책임연구원, (한국에너지학회 상임고문)

인하대학교에서 자원공학 분야로 학사, 석사, 박사 학위를 취득하고, 연세대학교에서 경제학 석사 학위를 추가로 받았다. 1988년 한국지질자원연구원에 입사하여 현재까지 근무하고 있으며, 과학기술연합대학원대학교(UST)에서 교수를 겸임하고 있다. 학회 활동으로는 한국자원리사이클링학회 회장과 한국에너지학회 회장을 역임했으며, 현재는 한국스마트위더그리드학회 부회장과 한국에너지학회 상임고문을 맡고 있다.



1960년대 이후, 시멘트는 국가 인프라 확장의 근간이자 주택, 도로, 항만 등 물리적 성장의 주축으로서 대한민국의 압축 성장을 뒷받침한 명실상부한 동력이었다. 그러나 오늘날, 기후 위기와 에너지 전환이라는 거대한 패러다임의 변화 앞에서 과거 성장의 주역이었던 시멘트 산업은 생존을 위협받는 위기이자 대전환의 갈림길에 서 있다. 전 세계 이산화탄소 배출량의 약 7%를 차지할 만큼, 생산 과정에서 발생하는 탄소 배출 때문에 탈탄소화가 가장 어려운 산업 중 하나로 꼽히기 때문이다. 하지만, 이 절체절명의 위기는 역설적으로 새로운 기회의 출발점이 될 수 있다. 시멘트 산업이 탄소 감축, 에너지 재활용, 폐자원 활용이라는 시대적 과제를 기술 혁신과 정책 연계를 통해 풀어낸다면, '사양 산업'이 아닌 '지속가능한 미래 산업'으로 재도약할 수 있는 무한한 잠재력을 품고 있다.

가장 중요한 전환 전략은 바로 순환경제 모델의 전면적 도입이다. 시멘트 산업은 제철소에서 나오는 슬래그, 발전소의 석탄재 등 타 산업의 부산물과 폐플라스틱, 폐타이어 같은 폐기물을 유연탄과 원료의 대체재로 활용할 수 있는 최적의 구조를 갖추고 있다. ICT와 4차 산업 기술을 접목해 폐기물 처리 및 순환 모델을 고도화하고, 정부와 지자체가 분리배출 개선 및 재활용 인센티브를 제공하며, 기업이 저탄소 자체 생산 R&D에 적극 투자한다면 시멘트 산업은 환경 부담을 줄이면서 자원 효율을 극대화하는 순환경제의 핵심 허브로 거듭날 수 있다. 나아가, 국제 온실가스 감축 메커니즘을 활용한 새로운 수익 창출이 가능하다. 청정개발체제(CDM)와 같은 국제 탄소시장에서 시멘트 산업의 탄소 감축 노력은 경제적 가치로 인정받을 수 있다. 특히 대한민국 과학기술정보통신부는 시멘트 제조 시 발생하는 이산화탄소를 광물화하는 기술로 유엔기후변화협약(UNFCCC) 세계 유일의 신규 CDM 방법론을 승인받는 쾌거를 이루었다. 이는 한국의 토종 기술이 국제 감축 시장에 진입한 최초의 선례로, 앞으로 시멘트 산업이 단순 연료 대체를 넘어 기술 기반의 고부가가치 배출권 사업으로 확장될 수 있음을 보여준다.

시멘트 산업의 변신은 여기서 그치지 않고 첨단 소재 산업으

로의 진화까지 모색할 수 있다. 미국은 석탄 화력발전소에서 발생하는 석탄재를 단순 폐기하는 것이 아니라, 희토류(REE) 회수하여 원료로 활용하는 전략이다.

특히 네오디뮴, 유로퓸, 디스 프로 슐, 테르븀, 이트륨 등 'Big 5' 희토류 자원을 회수하는 기술은 희토류 광석에서부터 추출하는 것보다 경제성이 더 높다고 판단했다. 이 기술을 시멘트 산업에 접목하면, 석탄재를 시멘트 원료로 사용하면서 동시에 반도체, 전기차 모터 등에 필수적인 희토류까지 회수하는 '융복합 산업'이 탄생할 수 있다. 희토류 수입의 90% 이상을 중국에 의존하는 한국의 현실에서, 국내 발생 석탄재를 활용한 희토류 확보는 국가 자원 안보를 강화하는 매우 전략적인 선택지 가운데 하나이다. 이는 시멘트 산업이 단순 건설재를 넘어 첨단 소재를 공급하는 산업으로 변모하는 결정적 계기가 될 것이다.

에너지 전환 시대에 시멘트 산업이 직면한 과제는 명백하지만, 그 도전 속에 기회가 숨어있다. 순환경제로의 전환, CDM 기반의 탄소시장 진입, 석탄재를 활용한 희토류 자원화는 시멘트 산업을 '탄소중립 산업의 선도자'로 재정의할 것이다.

비화석 원료를 활용한 석탄재 기반 차수성 시멘트의 미래 산업 전략

우리나라가 독자 개발한 이산화탄소 감축 기술이 세계적으로 인정받으며, 비화석 연료 기반의 새로운 산업 전략의 문을 열고 있다. 핵심은 석탄재를 비화석 원료로 활용해 고기능성 차수성 시멘트(CSA 시멘트)를 제조하는 기술로, 이는 국내 최초로 유엔기후변화협약(UNFCCC)으로부터 신규 청정개발체제(CDM) 사업 방법론으로 공식 승인받았다.

이 기술은 시멘트 생산 과정의 탄소 배출을 줄일 뿐만 아니라, 막대한 산업 부산물인 석탄재를 고부가가치 자원으로 재활용하여 폐기물 문제를 해결하고 자원 선순환을 이룬다는 점에서 이중의 온실가스 감축 효과가 있다. 이렇게 생산된 저탄소 차수성 시멘트는 특히 원자력 발전의 지속가능성을 담보하는 방사성폐기물 처분 시설의 핵심 소재로 주목받고 있다. 국제원자력기구(IAEA)가 요구하는 높은 안전 기준을 충족시키면서, 동시에 탄소 감축 기술로 만들어진다는 점에서 그 전략적 가치가 매우 크다. 이 한국형 토종 기술은 온실가스 감축과 방사성 폐기물 관리

활용처	일반 건설 분야 (팽창성 시멘트)		광업 분야 (차수성 시멘트)		방사성폐기물 관리 분야 (백필재료, 벤토나이트 대체재)	
대상 깊이	지상 - 지하수		지상 - 천부층		천부층 - 심부층	
사용 용도	그린 시멘트		광산 채굴적 채움재		방폐물 고화처리재, 완충재	
사용 목적	토목/건축 분야의 구조물 건설		고유동 뒷채움, 광해관리(산성광산 배수 완화, 지반침하 방지, 채굴물 향상)		방사성핵종 고정화, 불투수층, 완충 뒷채움	
기술 수준	국내	파일럿 플랜트 생산 실증 완료	국내	향후 5년 이내 실증 완료	국내	향후 10-20년간(2051년 고준위방폐물 영구처분 운영 계획) 연구개발 필요
	국외	상용(일본, 중국, 미국 등)	국외	-	국외	방사성핵종 고정화 관련 기초연구 단계
기존 재료	포틀랜드 시멘트 및 혼합 시멘트 재료				혼합/특수 시멘트, 벤토나이트 등	

표 1 차수성 시멘트의 기술 분류 및 적용

라는 사회적 난제를 동시에 해결하는 혁신적 해법이다. 비화석 부산물을 활용한 이 융복합 신시장은 대한민국이 탄소중립 시대를 선도할 중요한 기회가 될 것이다.

SMR-DAC와 석탄재 회토류 융합: 이산화탄소 감축을 넘어선 한국의 미래 전략

전 세계가 기후 위기 대응과 탄소중립 실현이라는 공동의 목표 아래 기술 혁신 경쟁에 뛰어들고 있다. 이 경쟁의 중심에는 대기 중 이산화탄소를 직접 제거하는 혁신 기술과 이를 뒷받침할 차세대 에너지를 어떻게 융합할 것인가에 대한 고민이 자리 잡고 있다. 특히 미국은 미래 원자력 기술인 소형모듈원자로(SMR)와 이산화탄소 직접포집(DAC) 기술을 결합하여 에너지 효율성과 탄소 감축 효과를 동시에 극대화하는 전략을 국가적 차원에서 추진하며 새로운 시장을 선도하고 있다. 그러나 이러한 흐름 속에서, 대한민국은 한 걸음 더 나아가 폐기물로 여겨지던 석탄재를 핵심 자원으로 전환하는 독창적인 융합 기술을 통해 글로벌 탄소중립 시장의 판도를 바꿀 수 있는 역사적 기회를 맞이하고 있다.

미국의 도전: SMR과 DAC의 결합을 통한 탄소 감축

DAC(Direct Air Capture) 기술은 공기 중에서 직접 이산화탄소를 분리·포집하는 방식으로, 배출원 감축만으로는 한계가 있는 탄소중립 목표를 달성하기 위한 '게임 체인저'로 주목받고 있다. 하지만 DAC 기술의 가장 큰 난관은 막대한 에너지 소모량이다. 포집 과정에 필요한 전력과 열에너지를 기존의 화석연료 기반 에너지원으로 충당할 경우, '탄소를 잡기 위해 더 많은 탄소를 배출하는' 모순에 빠질 수 있으며 경제성 확보 또한 어렵다. 미국은 이 문제에 대한 해답을 SMR(소형모듈원자로)에서 찾았다. SMR은 대형 원전과 달리 안정적으로 고효율의 전력과 고온의 열을 탄소 배출 없이 공급할 수 있는 차세대 에너지원이다. 미국 에너지부(DOE)는 SMR의 에너지를 DAC 설비에 직접 연계하면, 에너지 비용을 획기적으로 낮춰 경제적이고 지속 가능한

대규모 이산화탄소 포집이 가능해진다고 분석한다. 즉, SMR은 DAC의 고질적인 에너지 소모 문제를 해결하고, 두 기술의 시너지를 통해 장기적인 탄소 감축 효과를 극대화하는 핵심 열쇠인 셈이다.

이러한 SMR-DAC 융합 모델의 잠재력은 이미 세계적으로 인정받고 있다. 일론 머스크의 엑스프라이즈(XPRIZE) 재단이 주관하는 '세계 100대 탄소 제거 기술'에 선정되었으며, 미국 정부는 1톤의 이산화탄소를 포집하는 데 180달러를 지원하는 법령을 시행하며 기술 상용화를 전폭적으로 지원하고 있다. 이는 단순히 기후 변화에 대응하는 것을 넘어, 인공지능(AI), 빅데이터 센터 확산으로 폭증하는 전력 수요에 대응하고 미래 SMR 융합 시장의 글로벌 표준을 선점하려는 미국의 국가적 전략이다.

한국의 기회: 'Coal Ash to All', 탄소중립의 새로운 패러다임

미국이 SMR-DAC라는 강력한 카드를 꺼내 든 상황에서, 대한민국은 더 근본적이고 포괄적인 해법을 제시할 수 있는 독보적인 기술력을 보유하고 있다. 그것은 바로 전 세계에 폐기물로 쌓여있는 '석탄재'를 미래 에너지 및 자원 순환 경제의 핵심 원료로 탈바꿈시키는 것이다. 미국이 석탄발전소를 원자력발전소로 전환하는 'Coal to Nuclear' 개념을 추진한다면, 한국이 확보한 세계적 원천기술을 바탕으로 '석탄재에서 모든 가치를 창출한다'라는 의미의 'Coal Ash to All' 전략으로 세계에 도전해야 한다.

이 전략의 핵심은 두 가지다. 첫째, 석탄재 기반 회토류 회수 기술이다. SMR을 포함한 원자력, 우주항공, 국방 등 첨단 산업에 필수적인 핵심 광물인 회토류는 현재 공급망이 특정 국가에 편중되어 있어 자원 안보의 최대 아킬레스건으로 꼽힌다. 우라늄, 토륨과 같은 전통적인 원자력 원료 역시 공급원이 지역적으로 한정되어 있다. 한국의 기술은 바로 이 석탄재에서 디스프로슘, 테르븀, 네오디뮴 등 고부가가치 핵심 회토류 5종을 추출할 수 있다. 이는 폐기물 처리 문제를 해결함과 동시에 안정적인 자원 공급망을 내재화하여 SMR 시장 확대의 지정학적 한계를 극복하고, 핵심광물안보파트너십(MSP)과 같은 국제 공조 체계 내

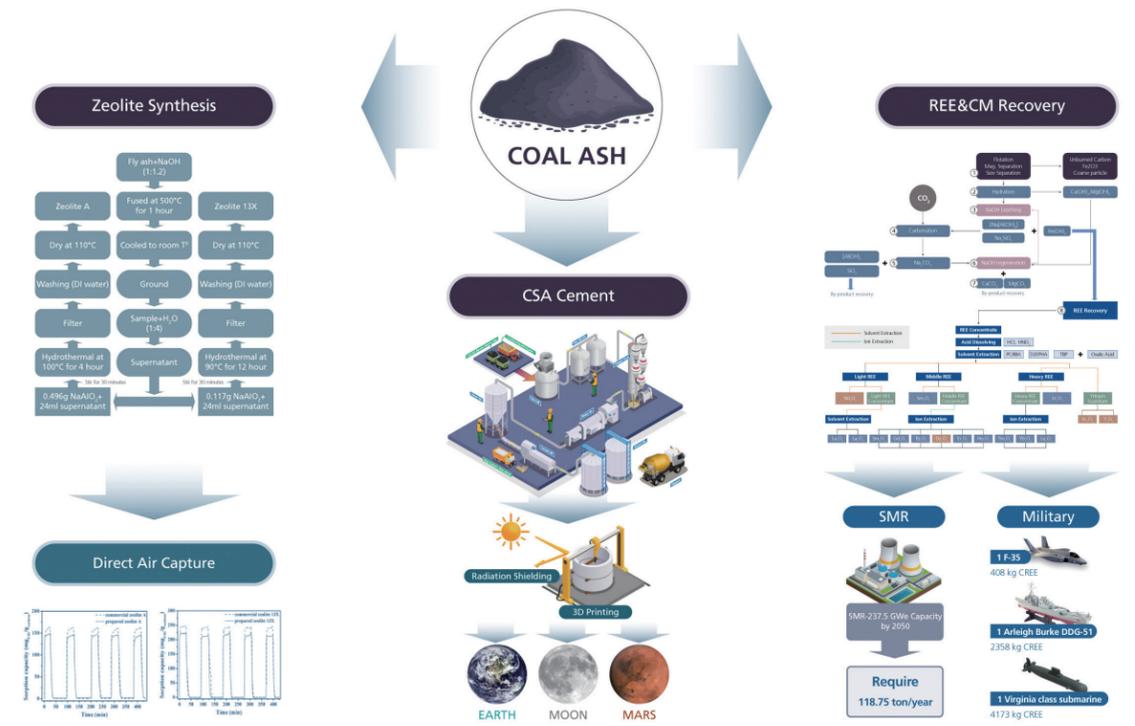


그림 1 한국 출연연 보유 석탄재 전량 활용처리 공정개략도

에서 대한민국의 위상을 강화하는 결정적 카드가 될 것이다. 둘째, 회토류 회수 후 남은 잔여물을 활용한 고기능성 신소재 생산이다. 회토류를 추출하고 남은 석탄재는 더 이상 폐기물이 아니다. 이를 활용해 방사성폐기물을 안전하게 격리할 수 있는 차수성(물 차단) 및 차폐성(방사선 차단) 기능을 갖춘 특수 시멘트를 생산할 수 있다. 이는 원자력 발전의 지속가능성을 담보하는 핵심 과제인 사용후핵연료 처리장 건설에 필수적인 소재를 공급하는 것을 의미한다. 전 세계 약 6,800개에 달하는 석탄화력발전소가 남긴 석탄재는 단순 매립 대상이 아닌, 새로운 부가가치를 창출하는 거대한 신시장인 셈이다.

융합 기술 리더십으로 '제2의 한강의 기적'을 열다

결론적으로, 대한민국의 'Coal Ash to All' 전략은 이산화탄소 감축이라는 단일 목표를 넘어선다. 이는 ▲SMR-DAC 융합 기술

을 통한 직접적인 탄소 감축, ▲석탄재 회토류 회수를 통한 에너지·자원 안보 확립, ▲고기능성 시멘트 생산을 통한 자원 순환 경제 구축이라는 세 마리 토끼를 동시에 잡는 통합 솔루션이다.

미국이 주도하는 SMR-DAC 모델이 강력한 탄소 감축 수단임은 분명하지만, 이는 기술 그 자체에 집중하는 경향이 있다. 반면, 한국이 제안하는 모델은 에너지 생산, 자원 확보, 폐기물 처리, 신소재 산업을 하나의 유기적인 가치사슬로 묶어 지속 가능한 탄소중립 생태계를 구축하는 더 높은 차원의 청사진이다.

이제 석탄재는 더 이상 과거의 유물이 아니다. 미래 에너지 기술과 자원 안보의 열쇠를 품고 있는 '도시 광산'이다. 이 거대한 잠재력을 현실로 만드는 'Coal Ash to All' 전략을 국가적 어젠다로 삼고, 글로벌 수준의 선도 기술력으로 과감히 도전해야 할 때이다. **기술혁신**

전기화 시대, 전력망의 새로운 도전과 기회



글. 김남균
한국전기연구원 원장

서울대학교에서 재료공학 박사 학위 취득 후 한국전기연구원에 입사하여 35년째 재직 중이다. 전력반도체 개발에 매진하여 그 공적으로 과학기술훈장 도약장을 수훈하였으며, 2023년 1월부터 한국전기연구원장으로 재임 중이다.



에너지의 중심, 전기로의 전환

미국 공학한림원은 20세기 인류의 삶의 질 향상에 기여한 공학적 성과 20가지를 조사하여 발표한 바 있는데, 자동차, 반도체 등을 제치고 전기화를 으뜸으로 꼽았다. 전기화(Electrification)는 수송, 산업, 건물 등 사회 전반이 전기 기반 시스템으로 전환됨을 의미하며 현재 전 세계 에너지 전환의 가장 핵심적인 트렌드다. 국제에너지기구(IEA)는 전 세계 최종 에너지 소비 중 전력의 비중은 2022년 약 20%에서 2050년 30~50%까지 확대될 것으로 예상하였다.

전기화는 기후위기 대응과 탄소중립 달성의 핵심 수단이지만 전력망 안정성, 인프라 확충, 대규모 투자 필요성이라는 과제를 동반한다. 전기화로 전력의 안정적 공급은 국가 안보의 핵심 요소가 되었으며, 전기는 단순히 하나의 에너지원이 아니라 국가 경쟁력과 산업 기반을 떠받치는 동력으로 자리매김하고 있다.

전력공급 구조의 전환과 새로운 과제

기존 전력시스템은 대형 발전소 전력을 고압 송전망으로 공급하는 중앙집중형 구조였다. 그러나 재생에너지 확산으로 소규모·분산형 전원이 급증하고, 풍력·태양광의 출력 불확실성이 송전망 부담으로 작용하고 있다. AI 데이터센터·반도체 등 대규모 전력소비 산업도 증가해 상황은 더 악화될 전망이다.

전력공급 구조 변화로 전력 흐름은 단방향에서 쌍방향으로 변하고, 출력변동에 따른 계통 안정성 저하와 지역 간 송전 혼잡이 나타나고 있다. 향후 중앙집중형과 분산형 전원의 균형, 실시간 연계 운용, 지능형 전력망 관리, 그리고 송배전망 보강과 신규 건설 등 새로운 기술개발과 대규모 투자가 필요하다.

전력망 전환기에 바라보는 '에너지 고속도로'와 '차세대 전력망'

에너지 전환기에 대응하기 위해 정부는 '에너지 고속도로(Energy Highway)'와 '한국형 차세대 전력망(K-Grid)' 전략을 추진 중이다.

에너지 고속도로는 재생에너지가 집중된 지역과 수도권·산

업단지를 HVDC 기반으로 연결하는 체계로 차세대 송전망 구축 계획으로 볼 수 있으며, 한국형 차세대 전력망은 전력 생산-저장-소비를 최적화하는 마이크로그리드를 의미하며 차세대 배전시스템 구축을 목표로 한다고 할 수 있다.

에너지 고속도로와 차세대 전력망 구축은 국가 인프라 프로젝트이자 한국 전력산업 경쟁력의 시험대가 될 것이다. HVDC

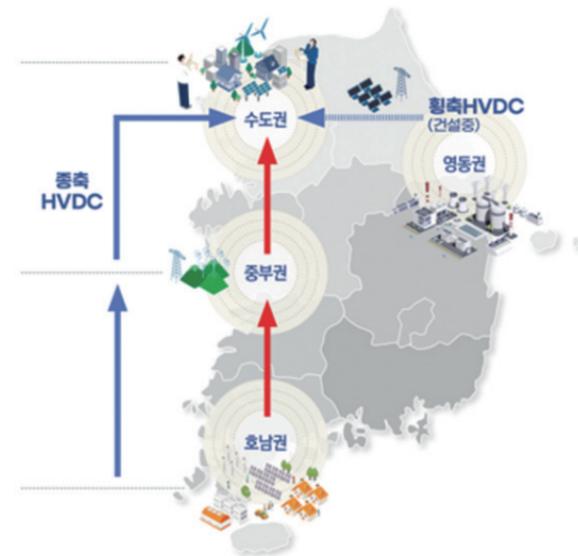


그림 1 에너지 고속도로 개념안

컨버터, 초고압 케이블, 직류 스위치기어, 친환경 절연기기, 해상 풍력 해저케이블, ESS, AI VPP 등 핵심 장비와 기술을 선점하면, 국내 안정적 공급은 물론 수출형 '전력망 시스템 패키지' 산업으로 확장할 수 있다.

글로벌 전력망 투자 전망

전력 네트워크 투자 확대는 우리나라만의 상황이 아니다. 국제에너지기구(IEA)는 Electricity Grids and Secure Energy Transitions(2023) 보고서에서 2050년까지 전 세계 전력망 투자 규모가 2배 이상 확대될 것으로 내다봤다.

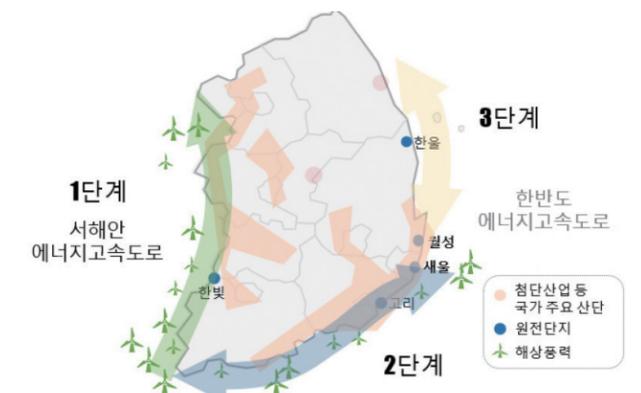


그림 2 에너지 고속도로 단계적 구축안



* Vehicle To Grid : 전기차 충전 전력을 전력망에 공급하는 거래 모델
** Power To Heat / Gas : 전력을 열 또는 수소 등 타 에너지 매체로 저장하는 거래모델

그림 3 한국형 차세대 전력망 개념도<산업통상자원부, 2025>

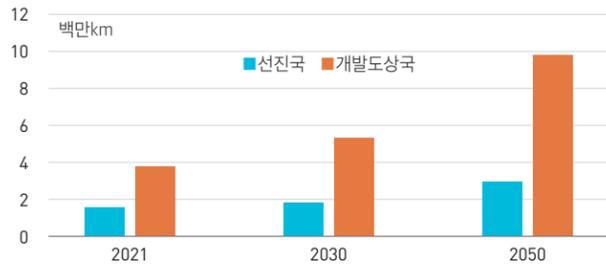


표 1 연도별 송전망 건설 전망

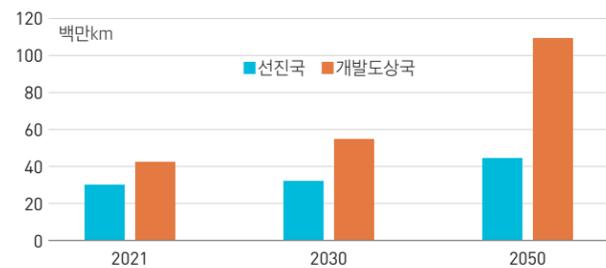


표 2 연도별 배전망 건설 전망

위 그래프와 같은 전력망 보강 계획에는 막대한 투자가 필요하며 송전망 건설에는 2030년 연간 400억 달러(약 55조 원)에서 2050년 1,000억 달러 이상, 배전망 건설에도 2030년 3,000억 달러에서 2050년 5,000억 달러 이상의 투자가 필요할 것으로 예상되었다. 지역별로는 아시아·태평양 지역의 투자가 전체 증가분의 절반 이상을 차지하고, 유럽·북미도 노후망 교체와 재생에너지 연계로 대규모 투자를 이어갈 것이다.

미래 전력설비 시장의 기회

미래 전력망 투자 확대는 단순히 기존 송배전 선로를 추가 건설하는 것이 아니며, 변압기, 케이블, 차단기, 에너지관리시스템 등 핵심 설비를 차세대 설비로 변환하는 시장을 의미한다. 발전설비 시장이 기존 중앙집중 대형발전설비 시장과 함께 분산형 발전설비 시장이 동반 성장하듯이 전력 네트워크 설비도 기존의 AC 설비와 함께 DC 설비 시장이 크게 증가할 것으로 예상된다.

01 송전급 변압기 : 용량 10,000KVA 초과(HSK 850423)
배전 변압기 : HSK 850421, 850422, 850432, 850433, 850434

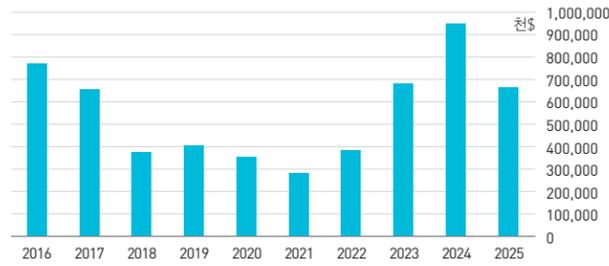


표 3 중대형 변압기 수출 추이

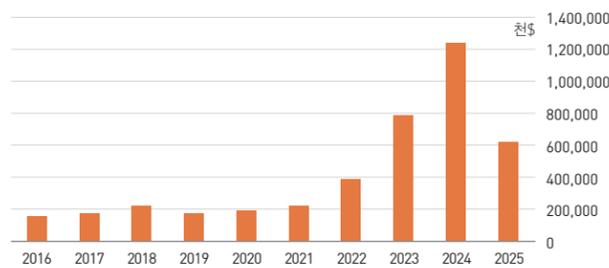


표 4 배전 변압기 수출 추이

우리나라는 기존 AC 전력설비의 대명사인 송·배전 변압기⁰¹⁾ 수출에서 최근 5년간 괄목할 만한 성과를 올렸으며 이는 국내 산학연 모두의 투자와 시장개발 노력이 지속되어 얻은 결실이라 할 수 있다. 에너지 변환시대 차세대 전력망 구축시장에서는 AC 설비 시장에서의 강점을 발판 삼아 DC를 포함한 디지털 하이브리드 전력망 설비의 경쟁력을 확보해야 할 것이다.

한국 전력설비 산업의 세계시장 공략 전략

대한민국 전력설비 산업이 에너지 전환시대에 시장을 확보해야 할 분야는 다음과 같은 분야를 들 수 있을 것이다.

- HVDC 핵심 장비 : 초고압 송전급 HVDC의 컨버터/DC GIS/차단기
- 친환경 전력기기 : SF₆ 대체 절연가스를 적용한 친환경 개폐기·변압기
- 대규모 재생에너지 연계 설비 : 고정식 및 부유식 해저케이블,

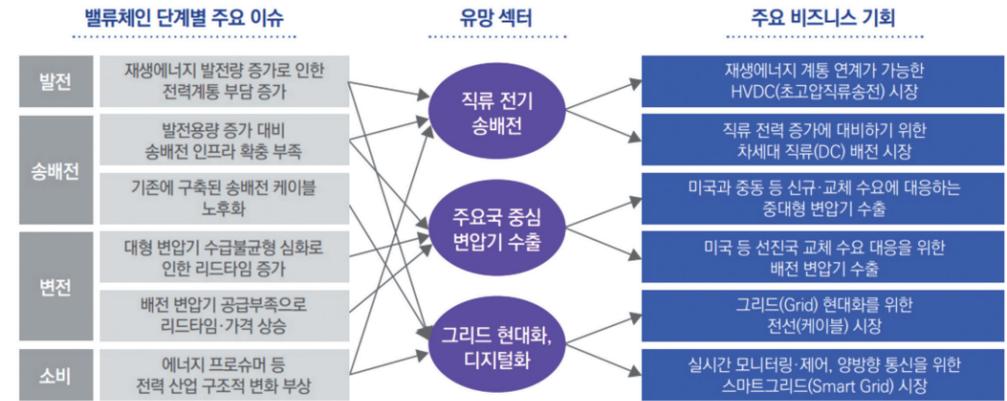


그림 4 미래 전력산업 주요 비즈니스 기회(삼정KPMG, 2005)

- DC 전력기기 진단감시 설비
- 지능형 제어 시스템 : 지능형 EMS, 멀티터미널 DC 제어 소프트웨어
- 마이크로그리드 : MVDC/LVDC, 다기능 AMI, ESS, AI기반 최적 운영시스템
- 지금 펼쳐지는 차세대 전력망 구축 환경에서 한국이 세계 전력망 설비시장을 선도하려면 위의 핵심 분야 기술개발과 함께 다음 시장개발 전략이 함께 해야 한다.
- 국내 프로젝트를 글로벌 레퍼런스로 활용
 - '에너지 고속도로'와 차세대 전력망 사업을 기술 검증 및 실증 무대로 삼아, 해외에 '운영 경험 기반 패키지 솔루션'을 수출
- 국제 표준화 주도
 - IEC, CIGRE 등 국제기구에서 HVDC, 친환경 절연기기, 해상 풍력 케이블 표준 제정 등을 선도해 한국 기술을 글로벌 기준으로 확립
- 글로벌 설비 기업과 전략적 파트너십 구축
 - ABB, Siemens 등 글로벌 기업과 공동 실증·해외 프로젝트 참여로 초기 수출 장벽을 완화하고 상호 협력을 강화
- 산업·시장 생태계 고도화
 - 대기업 중심의 핵심 장비 + 중소기업(센서, 제어 SW) + 연

구기관의 한국형 전력망 통합 솔루션 체계를 구축
- 전력시장 제도를 시장참여자 중심으로 개편하여 신규 참여 유도 및 새로운 비즈니스 모델 개발 활성화
기존 송전/배전급 변압기, 차단기 등 대한민국 기업이 보유하고 있는 비교우위 기술을 바탕으로 재생에너지 연계 및 AC-DC 하이브리드 네트워크 구축을 위해 필수적인 기술 및 생산기술을 확보할 경우, 전 세계 수백조 원 규모 전력망 투자 확대의 직접적 수혜 대상이 될 것이다. 이렇게 확보한 고부가가치 전력설비 기술력을 통해 우리나라는 세계시장에서 '부품 수출국'을 넘어 '전력망 통합 솔루션 수출국'으로 도약할 것으로 기대된다.

혼란을 넘어 기회로

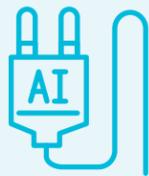
에너지 전환에 따른 전력망의 대전환은 불가피한 혼란을 동반하지만, 동시에 대한민국이 '전력망 통합 솔루션 수출국'으로 도약할 절호의 기회로도 활용될 수 있다. 이미 확보한 기술력과 산업 역량에 정부·연구기관·산업계의 협력이 더해진다면, 우리는 단순한 '기술 보유국'을 넘어 세계 전력망 혁신을 주도하는 국가가 될 수 있을 것이다. 전기화 시대, 대한민국의 전력 네트워크 산업이 세계의 에너지 전환을 이끄는 선봉장이 되기를 기대한다. **기술혁신**

탄소중립 시대, AI의 도전과 기회: ‘전기 먹는 하마’에서 ‘신재생 전기 쓰는 하마’로



글. 전해정
LG전자 인공지능연구소 연구위원

한국과학기술원(KAIST)에서 전산학 박사 학위를 취득했다. LG전자에서 인공지능 분야의 연구위원으로 차별화된 인공지능 제품 및 서비스의 기술 경쟁력 향상에 기여하고 있다. 주요 연구 분야는 인공지능 알고리즘, 기술 미래 전망, On-Device 학습, 지속 학습, Code LLM, 로봇 Embodied AI, Energy Optimization AI 등이다.



AI, ‘전기 먹는 하마’의 도전과 혁신의 기회
인공지능(AI)은 4차 산업혁명의 핵심 동력으로, 우리 삶의 다양한 영역에 혁신을 가져오고 있다. 하지만 AI 기술의 발전과 함께 그 연산을 뒷받침하는 데이터센터의 규모는 나날이 커지고 있으며, 이는 ‘전기 먹는 하마’라는 별명이 붙을 정도로 막대한 전력 소비를 야기하며, 심각한 환경적 과제로 부상하고 있다. 기후변화 대응과 탄소중립 실현을 위해, AI의 효율적 운영을 위한 전력 문제 해결은 필수적이며, 이는 동시에 미래 산업의 새로운 기회를 창출하고 있다.

AI 데이터센터는 고성능 연산과 대규모 데이터 처리를 위해 막대한 전력을 소비할 뿐만 아니라, 이 과정에서 발생하는 엄청난 열을 식히기 위한 냉각 시스템에도 상당한 에너지가 필요하다. 이는 기후변화 시대에 탄소 배출량 증가로 이어져, 지속 가능한 발전을 저해하는 주요 요인으로 지목된다. 하지만 이러한 도전은 역설적으로 AI를 ‘신재생으로 전기 적게 쓰는 하마’로 전환하기 위한 기술 혁신과 친환경 에너지 솔루션개발의 기회로 작용한다.

실제로 AI의 폭발적인 성장은 전 세계 데이터센터 열 관리 시장의 성장을 견인하며, 에너지 효율을 극대화하고 탄소 배출을 줄이는 기술 개발의 필요성을 강조하고 있다. LG전자는 이러한 시대적 요구에 발맞춰, AI 데이터센터의 에너지 효율을 높이고 탄소중립에 기여하는 다양한 솔루션을 제공하며, 미래 AI 산업의 지속 가능성을 위한 선도적인 역할을 수행하고 있다.

AI 기술의 발전은 더 큰 규모의 데이터 처리와 복잡한 연산 능력을 요구하며, 이는 필연적으로 데이터센터의 전력 소비를 폭발적으로 증가시키고 있다. 국제에너지기구(IEA)의 특별 보고서 「에너지와 AI(Energy and AI)」에 따르면, 전 세계 데이터센터의 전력 소비는 2022년 기준 글로벌 전력 수요의 약 1%를 차지했으며, AI의 급성장으로 인해 2030년에는 945TWh에 달해 일본의 연간 전력 소비량 전체를 넘어서고, AI 전용 데이터센터의 전력 수요는 4배 이상 증가할 것으로 전망된다. 이러한 전력 수요 증가가 에너지 전환과 충돌하는 핵심적인 지점은 다음과 같다.

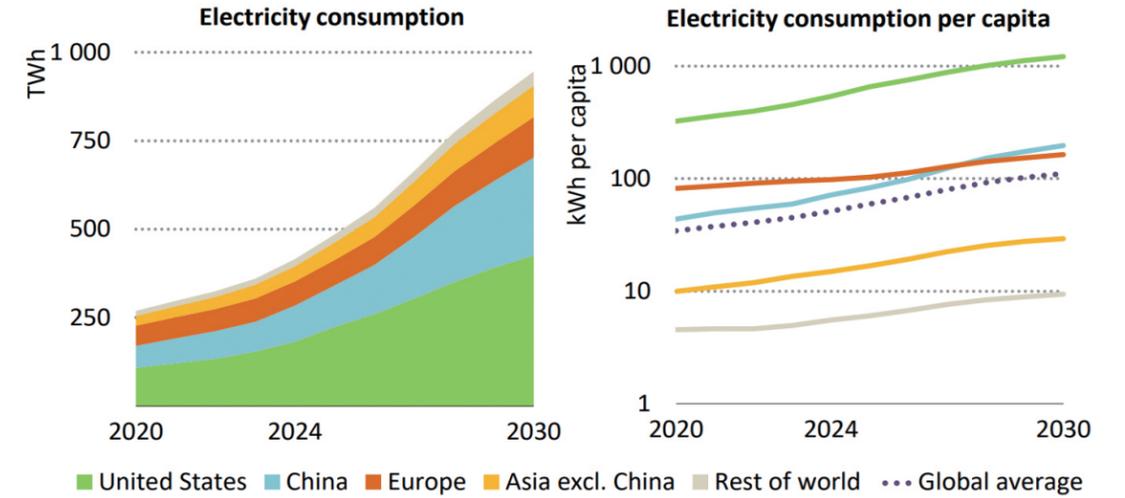


그림 1 국가별 데이터센터 전력 소비량 추이, IEA(2025)

1) 고밀도, 24/7 전력 수요와 신재생에너지의 간헐성
AI 데이터센터는 랙당 수십 kW에 달하는 고밀도 전력을 24시간 365일 안정적으로 공급받아야 한다. 단 몇 초의 전력 중단도 막대한 경제적 손실을 초래할 수 있다. 그러나 태양광, 풍력 발전은 날씨와 시간에 따라 발전량이 변동하는 ‘간헐성’이라는 근본적인 한계를 가지고 있다. 화창한 낮에는 전력이 넘치지만, 구름 낀 오후나 바람 없는 밤에는 전력 생산량이 급감한다. 이러한 간극을 메우지 않고서는 데이터센터의 안정적인 운영을 보장할 수 없다.

2) 전력망 불안정성 가중
대규모 데이터센터는 전력망에 막대한 부하를 준다. 여기에 간헐성을 가진 신재생에너지 발전량이 불규칙하게 더해지면, 전력망의 주파수와 전압을 일정하게 유지하는 것이 어려워져 전력망의 안정성이 심각하게 저하된다. IEA는 선진국에서 2030년까지 전력 수요 증가분의 20% 이상을 데이터센터가 차지할 것으로 전망하며, 이는 많은 전력망에 상당한 부담을 줄 것이라고 지적한다.

3) 지리적 불일치 문제
신재생에너지 발전소는 일사량과 풍량이 풍부한 지역(사막,

해안 등)에 주로 건설되지만, 데이터센터는 대규모 전력망과 네트워크 인프라가 잘 갖춰진 대도시 근교에 위치하는 경향이 있다. 이처럼 발전과 소비의 지리적 불일치는 고전압 직류(HVDC)와 같은 새로운 장거리 송전 기술을 요구하며, 막대한 추가 인프라 투자를 필요로 한다.

4) 도전 과제를 기회로 전환하는 산업적 통찰
AI와 신재생에너지가 충돌하는 지점들은 산업 전반에 걸쳐 새로운 기술적·사업적 기회를 창출하고 있다. 이 문제를 해결하는 기업이 곧 미래 에너지 전환 시대의 주역이 될 것이다.

5) AI 기반의 지능형 에너지 관리 솔루션
AI는 전력 수요 예측의 정확도를 높이고, 분산된 전력을 효율적으로 관리하는 데 중요한 역할을 한다. AI와 머신러닝 기술은 데이터센터의 전력 부하와 비용을 실시간으로 분석하고 예측하여 에너지 운영의 안정성과 효율성을 높인다. 이를 통해 전력 사용량이 적은 시간대로 비핵심 연산 작업을 옮기거나, 신재생에너지 발전량이 풍부한 시간대에 컴퓨팅 자원을 집중적으로 사용하는 동적 부하 조절(Dynamic Load Shifting)이 가능해진다. 또한, 데이터센터에 특화된 디지털 트윈시스템과 Physical AI 기술을 통해 가상 환경에서 서버의 발열과 에너지 사용량을 예측

하고, 최적의 제어 방안을 도출하는 기술 역시 전반적인 에너지 효율을 극대화하는 핵심적인 방향이다.

이 분야는 글로벌 선도 기업들이 기술 경쟁을 벌이는 핵심 영역이다. 구글의 자회사 딥마인드(DeepMind)는 2016년에 강화 학습(Reinforcement Learning) 기반의 AI를 활용해 데이터센터 냉각 시스템을 최적화하여 에너지 효율을 40% 이상 개선하는데 성공했다는 글을 발표했는데, AI가 스스로 전력 사용 패턴을 학습하고 냉각 장비의 다양한 변수(온도, 습도, 펌프 속도 등)를 실시간으로 제어해 가장 효율적인 냉각 방식을 찾아내는 방식이다. 2022년에는 상업용 Cooling System에도 적용한 사례를 발표했다. 마이크로소프트 역시 머신러닝을 활용해 전력 수요를 예측하고 서버의 작업량을 분산시키는 등 데이터센터 운영의 효율성을 극대화하는 연구를 지속하고 있다. IEA는 AI가 전력 부문에서 광범위하게 채택될 경우, 연간 최대 1,100억 달러의 비용을 절감하고 175GW의 전송 용량을 확보할 수 있다고 추정하며, AI가 풍력 및 태양광 발전량 예측 정확도를 높이는 데에도 기여할 수 있다고 강조한다.

LG전자의 AI 기반 실시간 에너지 분석 시스템인 BECON (Building Energy Control Optimized Network)은 건물 내 온도와 전력 사용량을 정밀하게 분석하고 시스템을 자동 제어하여 에너지 소모량을 효과적으로 줄여준다. 이는 데이터센터뿐만 아니라 다양한 대형 건물의 통합 에너지 관리에 활용되어, 에너지 효율을 높이는 핵심적인 역할을 한다. LG전자의 북미 이노베이션 센터인 LG NOVA가 육성하는 클린테크 스타트업 '파도 AI 오케스트레이션(PADO AI Orchestration Inc.)'은 AI와 에너지 저장 시스템(ESS)을 활용해 하이퍼스케일 데이터센터의 전력 공급과 부하를 최적화하는 솔루션을 개발하며, 이러한 산업 트렌드를 선도하고 있다.

6) 직류(DC) 기반의 에너지 효율 인프라

태양광, ESS와 같은 신재생에너지원은 본래 직류(DC) 전력을 생산한다. 그러나 기존의 데이터센터 인프라는 교류(AC)를 사용하기 때문에 AC-DC 변환 과정에서 약 10%의 전력 손실이 발생



그림 2 LG전자에너지 관리 시스템의 DCW 2025(데이터 센터 월드 전시부스)

한다. DC 기반의 데이터센터 인프라를 구축하면 이러한 불필요한 에너지 손실을 막을 수 있다. LG전자는 한국전력, 한화 건설 부문과의 협약을 통해 국내 기업 최초로 직류 방식의 초대형 칠러를 개발하고, DC 기반 데이터센터 생태계를 조성하는 데 기여하며, 에너지 효율을 극대화하는 새로운 표준을 제시하고 있다.

7) 초고효 냉각 기술의 보편화

AI 데이터센터의 전력 소비 중 약 40%는 냉각에 사용될 정도로, 열 관리는 에너지 효율의 핵심이다. 따라서 냉각 효율을 높이는 것은 전력 소비 절감의 핵심이다. 산업계는 기존의 공기 냉각 방식에서 벗어나 액체 냉각(Liquid Cooling)으로 빠르게 전환하고 있다. 액체 냉각은 공기 냉각 대비 훨씬 높은 열 전달 효율을 제공하며, 서버 랙당 전력 밀도를 5배 이상 높일 수 있어 데이터센터의 공간 효율성까지 개선한다. LG전자는 이러한 변화에 선제적으로 대응하며 다양한 액체 냉각 솔루션을 제시하고 있다. CPU와 GPU를 직접 냉각하는 냉각수 분배 장치(CDU, Coolant Distribution Unit)는 공기 냉각 대비 에너지 효율이 뛰어나며, 엔비디아(NVIDIA)와 같은 글로벌 기업과의 협업을 통해 기술 표준을 선도하고 있다. 또한 서버 전체를 냉각유에 담그는 액침 냉각(Immersion Cooling) 방식에 대한 연구 개발도 활발히 진행하며, 차세대 데이터센터 냉각 기술의 선두 주자로서 역할을 강화하고 있다. 이외에도, 다양한 액체 냉각 솔루션과 함께

무급유 자기 베어링 기술을 적용한 고효율 칠러 등을 선보이며 이러한 산업적 변화에 대응하고 있다.

8) 하이브리드 에너지 시스템의 구축

신재생에너지의 간헐성을 극복하기 위한 대안으로 에너지 저장 시스템(ESS)과 결합된 하이브리드 에너지 시스템이 부상하고 있다. 태양광 발전으로 생산된 전기를 ESS에 저장해 두었다가 전력 수요가 높은 시간대나 발전량이 부족할 때 사용함으로써 데이터센터의 안정적인 운영을 보장할 수 있다. 이는 AI 데이터센터의 운영 안정성을 높일 뿐만 아니라, 전력망의 부담을 줄이는 효과도 가져온다.

지속 가능한 AI 시대를 향한 비전

탄소중립 시대에 AI는 더 이상 단순히 '전기 먹는 하마'로 머무를 수 없다. AI가 지속 가능한 미래를 위한 핵심 동력으로 자리잡기 위해서는, 인공지능의 효율적 운영을 위한 데이터센터의 대규모 전력 수요를 해결해야 한다. 고효율 냉각 기술, 지능형 에너지 관리 시스템, 직류 기반의 전력 인프라, 그리고 신재생에너지 연계 솔루션은 이러한 난제를 해결하고, 새로운 산업 생태계를 창출할 핵심 요소들이다.

선도 기업들의 혁신은 이러한 보편적인 산업적 도전 과제에 대한 구체적인 해결책을 제시하며, 미래 기업들에게 중요한 통



그림 3 LG전자 AI 데이터센터 액체 냉각 솔루션 'CDU(Coolant Distribution Unit; 냉각수 분배 장치)'

찰을 제공한다. LG전자는 AI 데이터센터 HVAC 사업을 2030년까지 연간 매출 20조 원 규모로 성장시키는 것을 목표로 삼고, 연구 개발부터 생산, 판매, 유지보수까지 아우르는 '현지 완결형 엔드투엔드 가치 사슬'을 구축하며 산업의 변화를 주도하고 있다.

에너지 전환 시대에 AI는 더 이상 '전기 먹는 하마'가 아닌, '신재생에너지의 효율적 소비를 이끄는 똑똑한 조력자'이자 '지속 가능한 미래의 주역'이 될 것이다. 거대한 변화의 물결 속에서 기업들은 단순히 AI를 활용하는 것을 넘어, 지속 가능한 방식으로 운영될 수 있는 솔루션개발에 집중하며 새로운 도약을 준비해야 할 것이다. **기술·혁신**

참고자료

- [1] LG전자, 데이터 센터 및 에너지 관리 솔루션 관련 기사, 2025, <https://live.lge.co.kr/>
- [2] International Energy Agency (IEA), "Energy and AI" report, 2025, <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- [3] The Verge, "DeepMind AI reduces Google data centre cooling bill by 40%," 2016, <https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/>
- [4] Microsoft, "3 ways AI is helping the planet," 2024, <https://news.microsoft.com/source/features/sustainability/3-ways-ai-is-helping-the-planet/>
- [5] Azura Consultancy, "Direct Current For Data Centers," 2025, <https://www.azuraconsultancy.com/direct-current-for-data-centers/>

불가능을 가능케 하는 혁신: 구글X와 스페이스X



글: 김용기
과학기술정책연구원 부연구위원

포항공대에서 학사, 서울대학교에서 박사 학위를 취득했다. 현재 과학기술정책연구원의 글로벌 전략실에서 부연구위원으로 재직중이다. 주요 연구 분야는 인공지능 기술과 연계 산업, AI반도체 정책, 첨단기술기업 유치 정책 등이다.



그림 1 A balloon aloft in New Zealand, 2013¹⁾

위 그림은 2013년 뉴질랜드 상공에 떠있는 프로젝트 룬(Project Loon) 풍선으로, 풍선을 띄워서 기존의 인터넷 네트워크

크가 제공되지 않던 지역에 인터넷을 제공한다는 아이디어를 현실화하기 위해, 구글X팀은 무수한 실패와 개선을 거듭하며 풍선 운용 기술을 발전시켰다.

불가능에 도전하는 두 개의 X

2015년 12월, 스페이스X의 팰컨 9 로켓 1단이 우주 임무를 마친 후 지상으로 귀환해 착륙장에 똑바로 서서 착지했다. 상식적으로 이해하면, “사용 후 버려지는” 것이었던 로켓이 다시 돌아와 착지하는 순간, 발사체의 재활용이라는 측면에서 우주 산업의 패러다임이 바뀌었다. 같은 시기, 구글의 혁신 연구소 X(구글X) 팀은 프로젝트 룬의 풍선을 활용한 성층권 통신망 구축으로 지구촌 오지에 인터넷 신호를 전송하는 데 성공했다. 이렇듯 스페이스X와 구글X는 각기 다른 분야에서 기존의 상식에서 ‘불가능’이라 불리던 목표들을 하나씩 정복해 나가고 있다. 어떻게 이 두 혁신 조직은 혁신을 통해 불가능을 가능케 한 것일까? 본고에서는 이들 기업의 성공이 단순히 뛰어난 기술력이나 풍부한 자금력 때문이 아니라, ‘불가능을 가능케 하는 혁신 방법론’에 기인한다는 점을 강조하고자 한다. 이러한 방법론을 해부하여 독자들이 혁신 전략 설정에 참고할 수 있는 실질적인 시사점을 제공하는 것을 목표로 한다.

혁신의 접근법: Moonshot Factory vs. First Principles Thinking

구글X는 스스로 “문샷 팩토리(Moonshot Factory)”라고 부른다. 이들은 “현상을 유지하는 점진적 개선이 아닌, X의 연구팀들은 문제를 해결하기 위해 기존의 10% 개선이 아닌 10배 개선을 노리고 발상한다. 그 발상을 빠르게 프로토타입으로 만들고 테스트해 보는 것을 중시한다.²⁾ 특히, 여기서 중요한 점은 X에서는 문제 해결을 위한 전략 수립을 아이디어와 병행한다는 점이다.

글로벌 R&D는 해외의 첨단기술 동향 및 한국 기업과의 협력 현황 등을 소개합니다.

X의 책임자 아스트로 텔러(Astro Teller)가 “위대한 꿈은 단지 비전으로 끝나지 않고, 반드시 그것을 현실로 바꾸기 위한 전략이 함께해야 한다”고 강조한 바와 일치 상통한다. 앞선 사진의 프로젝트 룬의 경우, 지구 어디든 인터넷을 접속할 수 있게 만들겠다는 아이디어를 실현하려면 수백 개의 풍선을 자율적으로 제어할 AI 네트워크 전략이 필요했고, X팀은 이를 개발해 풍선군이 바람을 타고 이동 경로를 스스로 조정하도록 만들었다.³⁾ 즉, 구글X의 접근법은 “첫 단계부터 문제를 재정의하고 핵심 가정을 검증하여 혁신을 체계화”하는 데 있다. 즉, 구글X의 미션은 “세상을 근본적으로 더욱 나은 곳으로 만들 수 있는 급진적 기술”을 발명하고 실행하는 것으로, “다수의 사람에게 영향을 미칠 수 있는 커다란 문제점(Huge problem)을 찾고, 그 문제를 해결하기 위한 급진적이고 혁신적인 문제 해결 (Radical solution) 방안을 찾으며, 앞선 해결책을 위한 첨단 기술(Breakthrough technology)을 활용하는 것”을 문샷의 기준(Criteria)으로 삼고 있다. 여기에는 자율주행차(Waymo), 드론 배송 서비스(Project Wing) 등이 있다.

반면 스페이스X는 “First Principles Thinking”을 적극적으로 활용한다. 이는 모든 문제를 근본적인 물리 법칙 수준에서 다시 생각해 비용과 설계를 재창조하는 방식이다. 예를 들면, “왜 오랫동안 우주 산업에서 로켓은 수억 달러를 들여 제작되나 1회 사용 후 바다에 버려졌는가?”, 스페이스X는 여기에 “왜 로켓을 재사용하지 못하는가?”라는 근본 질문을 던졌고, 로켓 추진제 비용은 전체 발사비 구성에서 적은 양을 차지한다는 점에 착안해 하드웨어 회수 기술 개발에 몰두했다. 더불어, 이러한 문제 정의를 통해, 스페이스X는 자체적으로 로켓 엔진, 추진제, 우주선 소프트웨어까지 모두 설계할 수 있는 역량을 갖추는 것에 몰두하였으며, 이와 같은 수직 통합을 통해 기존의 로켓 재회수를 위한 기술혁신과 로켓 발사체의 가격 부문에서 경쟁력을 갖출 수 있었다. 그 결과물 중 하나가 빠른 개발 주기로 탄생한 스타십 시리즈 프로토타입이며, 수차례의 폭발과 개량을 거쳐 비행 가능 고도와 엔진 안정성을 향상되고 있다.

양사의 접근법은 달라 보이지만 핵심 혁신 원칙에서는 통하는 부문이 존재한다. 문제를 근본부터 새로 바라보고, 기존 가정에 얽매이지 않으며, 최고 인재들의 창의성을 전략적으로 체계화한다는 점이다. 이러한 원칙에 따라 구글X는 내부에 여러 프로젝트 실험실을 두고 다양한 분야의 문샷을 “포드폴리오”처럼 사업과 연구를 진행하는 팀 단위로 운영한다. 반면 스페이스X는 회사 전체가 하나의 거대한 스타트업처럼 움직이며, 단일 거대 목표(화성 및 우주개척)를 향해 모든 기술을 수직 통합하는 차이가 있다. 하지만, 어느 쪽이든 혁신의 추구라는 가치를 조직의 구조, 전략 및 비전에 녹여낸 점이 주목할 만한 점이다.

양사의 접근법은 달라 보이지만 핵심 혁신 원칙에서는 통하는 부문이 존재한다. 문제를 근본부터 새로 바라보고, 기존 가정에 얽매이지 않으며, 최고 인재들의 창의성을 전략적으로 체계화한다는 점이다. 이러한 원칙에 따라 구글X는 내부에 여러 프로젝트 실험실을 두고 다양한 분야의 문샷을 “포드폴리오”처럼 사업과 연구를 진행하는 팀 단위로 운영한다. 반면 스페이스X는 회사 전체가 하나의 거대한 스타트업처럼 움직이며, 단일 거대 목표(화성 및 우주개척)를 향해 모든 기술을 수직 통합하는 차이가 있다. 하지만, 어느 쪽이든 혁신의 추구라는 가치를 조직의 구조, 전략 및 비전에 녹여낸 점이 주목할 만한 점이다.

실패를 대하는 조직 문화: 실패의 축하 vs 실패의 음산

불가능을 가능케 하기 위한 혁신의 여정에서 실패는 피할 수 없다. 이와 같은 관점에서 양 조직이 실패를 어떻게 활용하는지 살펴볼 필요가 있다. 구글X의 대표인 아스트로 텔러는 실패를 “빠른 학습으로 가는 인식”이라고 표현한다.⁵⁾ 이는 X의 팀이 프로젝트를 진행할 때, 오히려 프로젝트를 빨리 끝낼 이유를 먼저

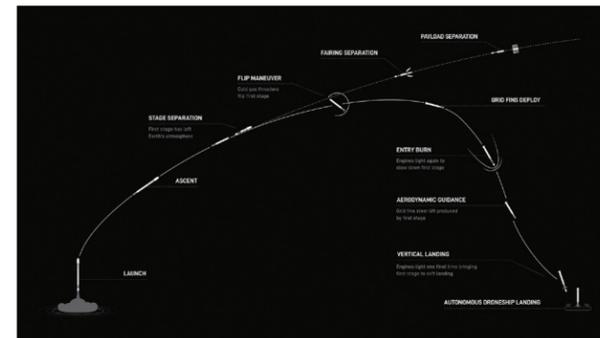


그림 2 Droneship Landing⁴⁾

01 <https://x.company/projects/loon/>
02 <https://stvp.stanford.edu/wp-content/uploads/sites/3/2024/09/celebrating-failure-fuels-moonshots-entire-talk-transcript.pdf>

03 <https://x.company/blog/posts/1-connection-7-balloons-1-000-kilometers/>
04 <https://www.spacex.com/mission>
05 <https://bigthink.com/smart-skills/astro-teller-on-failing-fast-at-x/>

찾는 점에서 알 수 있다. 예를 들면, “프로젝트에서 가장 어려운 문제를 맨 먼저 시도해 봄으로써, 진짜 이 프로젝트가 될 일인지 아닌지를 조기에 알아내라”는 식이다. 이는 문제를 해결할 때, 가급적 쉽게 성과가 나타나는 사용자 인터페이스나 부수적 기능에 먼저 매달리기보다, 기술적으로 성패를 가늠하는 아킬레우스건을 초기에 확인하라는 것이다. X에서는 만약 시도 끝에 핵심 문제를 해결 못 하면, 미련 없이 프로젝트를 접는다. 여기서 중요한 것은 프로젝트 중단이 X에서는 벌이 아니라 상으로 이어진다는 점이다. X 경영진은 “자신의 프로젝트가 결정적 결함으로 성공이 어렵다는 것을 밝혀내고 이를 인정하는 팀에 상을 준다”고 밝혔다.⁶⁾ 실제로 X에서는 “프로젝트를 성공적으로 실패로 이끈 팀”에게 보너스를 지급한다. 이유는 자명하다. 이런 접근을 통해 구성원들이 숨김없이 실패를 인정하고 다음 혁신에 나설 수 있기 때문이다. 더불어, “만약 우리가 실패한 팀에 ‘운이

없었군’이라고 말하며 내보낸다면, 다시는 어느 사람도 솔직하게 실패를 인정하지 않을 것이다”라고 텔러는 역설했다.⁷⁾ 구글 X의 이러한 “실패의 안전지대” 덕분에 직원들은 대담한 실험을 두려워하지 않고 추진할 수 있다. 이는 구글X가 평가하는 실패는 곧 성장이기에, 실패를 미루지 않고 실패에서 배울 것을 최대한화하는 조직 문화를 만들기 위해 노력하고 있는 점을 보여주는 단적인 예다.

2015년 12월 21일, 스페이스X 팰컨 9 로켓이 위성 11기를 궤도에 올린 후 처음으로 지상에 귀환하여 착륙하는 순간, 이 장면은 우주 산업 역사상 최초의 궤도급 로켓 연착륙으로 기록되었다. 스페이스X는 수차례의 실패 끝에 마침내 로켓 재사용을 가능케 했고, 이는 향후 우주 발사 비용을 크게 낮추는 전환점이 되었다.

스페이스X도 실패를 꺼리지 않는 대담한 실험 문화로 유명



그림 3 SpaceX's Epic Falcon 9 Rocket Landing in Pictures⁹⁾

06 https://www.ted.com/talks/astro_teller_the_unexpected_benefit_of_celebrating_failure
 07 <https://bigthink.com/smart-skills/astro-teller-on-failing-fast-at-x/>
 08 <https://www.space.com/31440-spacex-falcon9-rocket-landing-pictures.html>

하다. 일론 머스크는 “실패는 여기 옵션이다(Failure is an option here). 실패하지 않는다면, 여러분은 충분히 혁신적이지 않은 것이다”라는 말을 다양한 매체에서 공공연히 언급했다.⁹⁾ 이 말처럼 스페이스X에서는 발사 시험 중 폭발이나 추락은 조직의 흑역사로 숨기지 않았다. 오히려 멋진 “폭발 하이라이트” 영상을 만들어 공개하기도 했다. 예컨대 2013~2016년 사이 드론십(무인 바지선)에 로켓을 착륙시키려던 수차례의 시도가 연달아 폭발로 끝났을 때, 머스크는 이를 “근접했으나 아직 부족(Close, but no cigar)”이라고 평했다.¹⁰⁾ 그리고 원인 분석 결과를 상세히 공유하며, 다음번 개선 사항을 바로 적용했다. 이런 투명한 피드백 문화 덕분에 스페이스X 엔지니어들은 실패를 두려움보다 학습 기회로 여기게 되었다. 실제 스타십 시제기 SN8은 고고도 비행 후 착륙 중 폭발했지만, 머스크는 즉각 “연료 탱크 압력이 낮아 착지(Touchdown) 속도가 높았다”는 원인을 트윗하며 “우리가 필요한 데이터(All the data we needed)를 모두 얻었다”고 발표했다.¹¹⁾ 이는 실패조차 다음 성공의 발판으로 삼는 스페이스X의 사고방식을 보여주며, 스페이스X는 실패를 담담히 인정하고 감내하는 대가로 개발 속도를 비약적으로 단축했다. 전통적 항공우주에서는 수년간의 지상 시험으로 폭발 위험을 사전에 없애려 하지만, 스페이스X는 “일부 실패를 감수하더라도 신속히 테스트하고 개선한다”는 철학으로 움직였다.¹²⁾ 이런 시도는 결과적으로 NASA 등 공공부문을 뛰어넘는 민간 우주개발의 민첩성으로 나타났다. 예를 들어 스페이스X는 수직 착륙 로켓을 수년 만에 현실화하여, 동일한 목표를 추구하던 NASA의 시도를 앞질렀다. “빨리 실패하고, 더 빨리 배우는(Fail fast, learn faster¹³⁾)”의 철학은 실패를 신속하게 식별하여, 새롭게 혁신하는 자양분으로 삼았다.

“실패를 대하는 태도”에서 두 조직이 공통적으로 보여주는 것

은 용인과 권장이다. 구글X는 실패를 솔직하게 드러내고 보상함으로써 창의적 도전을 장려하였고, 스페이스X는 실패를 과감히 시인하고 실패의 문제를 신속히 식별하여 새롭게 학습함으로써 기술 한계를 돌파했다. 이는 일반적으로 프로젝트 성공률을 관리하고 실패는 줄이려는 관행에서 벗어나 “실패를 관리하고 새롭게 활용하라”는 새로운 전략과 혁신의 추구에서 조직 문화의 중요성이 입증되는 사례로 볼 수 있다.

불가능을 가능으로 만드는 방법

구글X와 스페이스X는 불가능을 가능케 하는 혁신에 대한 다양한 시사점을 주고 있다. 첫째, 명확한 목표설정의 중요성이다. 두 조직 모두 불가능해 보이는 프로젝트 목표를 설정하며, 이를 단계별로 식별하여 각 조직의 혁신에 대한 접근법으로 이를 단계별로 해결해 나갔다. 둘째, 실패를 대하는 태도이다. 혁신 과정에서 필연적으로 따르는 실패를 관리하고 이를 통해 새로운 배움을 얻어야 한다는 점을 보여주었다. 실패를 빨리 발견하는 구글X, 실패를 통해 빠르게 배우는 스페이스X, 모두 기존의 실패라는 용어적 정의를 넘어서는 새로운 실패를 활용하는 전략이 양 조직의 혁신 역량 강화에 큰 역할을 했다. 이는 큰 범주로 볼 때, 혁신에 있어서 조직 문화의 중요성을 시사한다. 구글X는 자율성을, 스페이스X는 강한 도전 의식과 집중도를 부여함으로써 인재들이 스스로 불가능한 영역에 도전할 수 있는 조직 문화를 만들어 냈음을 통해 알 수 있다. 셋째, 기술과 전략의 조화를 들 수 있다. 기술적 상상력 못지않게 이를 현실로 옮길 전략적 실행의 중요함을 강조했다. 구글X의 체계적 문샷 접근과 스페이스X의 문제 식별과 단계별 로드맵은 전략이 혁신에 있어서 주요한 가교역할을 하고 있음을 단적으로 보여준다. **기술·혁신**

09 https://www.inc.com/marcel-schwantes/elon-musk-says-adopting-these-3-simple-steps-has-helped-produce-his-success.html#google_vignette
 10 <https://www.theverge.com/2015/1/16/7555633/falcon-9-barge-landing-images-released>
 11 <https://www.theguardian.com/science/2020/dec/10/spacex-starship-sn8-explodes-on-landing-after-test-flight>
 12 <https://arstechnica.com/science/2020/02/elon-musk-says-spacex-driving-toward-orbital-starship-flight-in-2020/>
 13 <https://www.competitiveness.in/musks-spacex-has-taken-significant-leaps-in-space-exploration/>

기술혁신 성공사례

독자 기술로 미국 시장 진출에 성공한 프리미엄 면역글로불린 제제 '알리글로'

인터뷰: 차경일
GC녹십자 R&D부문 MSAT본부 본부장

GC녹십자 MSAT(Manufacturing Science & Technology) 본부에서 고품질의 바이오의약품 생산을 위한 공정개발을 총괄하고 있다. '알리글로' 프로젝트에서는 개발 책임자로 미국 시장 진출을 이끌어냈다.



▲ (좌측부터) 강길부 팀장, 차경일 본부장, 신상민 팀장, 이경 팀장

우리나라 제약산업 역사의 시작은 1897년 무렵으로 본다. 이후 최초의 국내 개발 신약이 나온 것은 100여 년의 시간이 지난 1999년의 일이다. 다시 미국 FDA 승인을 받은 최초의 신약이 나온 것은 더 최근의 일이며, 지금까지 승인받은 신약은 모두 얼마 되지 않는다. FDA 승인을 받았다고 해서 미국 시장 진출이 보장되는 것도 아니어서 미국 시장 진출에 성공한 신약, 그중에서도 바이오의약품은 손가락으로 꼽는다. 단순히 집계만 해보아도 신약 기술 개발과 승인이 얼마

나 어려운지를 단적으로 알 수 있다. GC녹십자는 자체 기술력으로 면역글로불린 10% 제제 '알리글로'를 개발하고 국내 신약 중 8번째로 FDA 승인을 받아 2024년 완제품이 미국 시장 진출에 성공했다. 2025년 16주차 IR52 장영실상을 수상한 알리글로의 기술혁신 사례를 통해 제약 산업뿐만 아니라 여러 산업 분야에서도 기술혁신을 위한 중요한 통찰을 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

글. 이장욱 씨앤아이컨설팅 컨설턴트

기술혁신 성공사례는 기업의 혁신 기법 및 사례를 분석하고 미래의 사회변화상과 트렌드를 제시합니다.

독자 기술로 뛰어넘은 FDA의 관문

신약 개발에 있어 미국 식품의약품 FDA의 승인을 받는 것은 글로벌 시장 진출의 핵심 관문과도 같다. 130년 가까운 제약산업 역사에서 국내 개발 신약이 미국 FDA의 관문을 넘은 것은 아주 최근의 일이며 그 숫자도 10여 가지에 불과하다. 이 중에서 개량 신약이나 복제의약품인 제네릭, 유사 바이오의약품인 바이오시밀러를 제외한 바이오의약품 신약의 수는 다시 몇 손가락으로 줄어든다.

GC녹십자가 개발에 성공한 알리글로는 그중 하나이며, 허가의 관문을 통과한 것은 물론이고, 세계 최대의 미국 시장 진출도 멋지게 해냈다. 글로벌 강자들이 모두 모인 미국 시장에서 고마진 정책, 높은 환자 접근성, 계약 최적화 등의 핵심 전략을 바탕으로 성공적인 시장 데뷔를 이루어 냈다. 제약 분야의 R&D나 신약 승인 과정에 대한 이해도가 있다면 이 성과가 얼마나 대단한 것인지 금방 알 수 있을 것이다. 이를 요약하면 ▲무엇보다, 신약 개발 R&D는 시간이 오래 걸리고 허가받기까지는 천문학적 비용이 투입된다. ▲신약 승인의 어려움은 FDA의 단계별 관문을 통과한 신약의 낮은 성공률이 말해준다. ▲축적된 과학적 지식과 기술 기반 없이는 신약 개발 도전 자체가 어렵다.

기술혁신에 성공한 면역글로불린 10% 제제 '알리글로'는 2008년부터 R&D를 기획하고 2009년에 본격적인 개발에 착

수하였다. FDA 승인을 위한 임상시험은 2015년 무렵부터 시작되었고, 임상시험이 끝난 후 2021년 미국 FDA에 생물학적 제제 품목허가를 신청하여 최종 승인이 난 것은 2023년 12월이다. 단순히 기간만 따져 보아도 15년이다. 알리글로 개발 과정에서 많은 연구개발비가 사용되었지만, 특히, 임상시험 비용으로 총 연구개발비의 61%가 투자되었으며, 허가를 받는 과정에서는 37%의 비용이 사용되었다. 게다가 신약 개발은 최초 임상 신청부터 최종 승인받기까지 성공률이 약 8%라고 한다. 시간과 비용 그리고 성공 확률의 난관을 통과해야만 진정한 성과를 얻을 수 있는 것이 신약 개발 R&D다. 심지어 알리글로는 희귀질환에 해당하는 선천성 면역결핍증이나 자가면역질환 치료제다. 환자를 대상으로 한 임상시험 자체도 쉽지 않다는 전제는 제외한 것이다.

미국 FDA는 최근 10년간 매년 평균 1,000~1,200건의 신청 건수 중 약 46.5건의 신약을 최종 승인했다. 개량 신약이나 바이오시밀러, 제형 변경까지를 모두 포함하면 약 130~150건 정도라고 한다. (표1 참조)

미국은 전 세계 의약품 시장의 약 30% 이상을 차지하는 거대 시장이고, 많은 제약사들이 FDA 허가를 우선적 목표로 삼기 때문에 사실상 FDA 기준은 국제적 표준으로 여겨진다. 심사 기준이 명확하지만 엄격하기로 유명하고, 승인 거절의 경우 사유가

FDA 신약 승인 절차	연평균 신청 또는 진입 건수	단계별 성공률	단계 설명
IND 신청 (임상시험계획 승인 신청)	약 1,000~1,200건	90%이상 승인	전임상 데이터를 기반으로 임상시험 허가 요청
임상 1상	약 800~1,000건	약 63%	안전성 평가 (소수의 건강한 대상자)
임상 2상	약 500~600건	약 31%	유효성과 부작용 평가 (소규모 환자 대상)
임상 3상	약 300~400건	약 58%	대규모 환자 대상 최종 검증
NDA/BLA 승인 신청	약 150~180건	약 90% 이상	FDA에 신약 또는 생물학적약품 승인 요청
최종 신약 승인 완료	약 46.5건 (NME 기준)	전체 성공률 약 7.9%	완전 신물질로서 시판 허가 획득

표1 미국 식품의약품 FDA 신약 승인 단계 및 단계별 건수와 성공률

매우 구체적이어서 신청 회사로서는 거절 사유를 보완하여 재 심사를 받는 것도 시간과 비용의 부담이 큰 대단히 어려운 일이다. 알리글로는 최종 허가 직전에 FDA로부터 제조소를 직접 방문해서 받는 허가 전 실사를 받았는데, 심사위원들의 좋은 호평을 받아 심사를 마친 이후 보완과 허가까지 8개월 만에 품목허가승인에 성공한 모범적 사례다.

좀 더 들어가서 알리글로 승인의 의미를 살펴보면, 알리글로는 DS(Drug Substance)뿐만 아니라 DP(Drug Product)허가를 받은 것이다. 결론부터 말하자면 완제의약품을 말하는 DP 허가가 더 어렵고 복잡하다. DS허가는 신약의 활성 성분 자체에 대한 허가이고, DP허가는 인체에 투약되는 최종 제형을 허가받는 것이다. 때문에 알리글로와 같은 주사제의 경우 무균성을 확보해야 하고 포장, 보관, 유통 조건에서의 품질 유지 여부까지 모두 허가의 대상이 되므로 까다롭고 어려울 수밖에 없다.(표2 참조)

GC녹십자는 국내 제약산업 역사의 일부이며, 1970년대부터 알부민을 시작으로 다양한 혈장분획제제를 생산해 온 회사이다. 2009년에는 연간 130만 리터의 혈장 처리 능력을 갖춘 오창 공장을 준공하여 현재 12개 품목을 30여 개 국가에 수출하는 아시아 최대 규모의 혈장분획제제 생산 회사다. 다른 관점으로 말하자면 50년이 넘는 기술 축적과 혈장으로부터 분획한 12개 품목의 개발 경험을 보유하고 있다는 이야기다. 기술혁신은

하루아침에 똑딱 하고 나오지 않는다. 에너지의 축적이 일어나야 폭발적인 팽창이 일어날 수 있듯이, 기술과 지식 역시도 한 단계 도약을 위해선 축적의 과정이 필요하다. 우리가 참고해야 할 포인트는 기술혁신의 결과물보다는 GC녹십자의 기술 축적 과정에 더 주목해야 한다.

GC녹십자의 기술 축적 노하우

GC녹십자가 개발한 알리글로는 정맥투여용 면역글로불린 10% 제제로써 희귀질환인 선천성 면역결핍증 환자나 인구 노령화에 따라 증가하고 있는 자가면역질환에 처방되는 혈장분획 제제이다. 혈액은 혈장과 적혈구가 거의 대부분을 차지하고 나머지는 백혈구와 혈소판으로 구성된다. 이 중에서 혈장은 수분 91%, 단백질 7%와 나머지 염류 등으로 구성되며, 다시 혈장 단백질은 알부민, 면역글로불린, 혈액응고인자 순으로 구성되어 있다.(그림 1 참조)

혈장에서 알부민을 분리하여 치료에 사용한 역사는 1940년대로 거슬러 올라가고, 정제 기술의 발전에 따라 면역글로불린도 분리하여 본격적인 치료제로 사용하기 시작한 시기는 1970년대이다. 면역글로불린 제제는 환자에게 부족한 면역 단백질을 단순히 보충해주는 역할만 하는 것이 아니라, 환자의 면역 시스템을 재조율하는 치료 효과로 인해 사용된다. 한편, 10% 제제를 투약하는 경우 3~4주 간격으로 1회 투약 시 수 시간에 걸쳐

항목	DS 허가 (원료의약품)	DP 허가 (완제의약품)
허가 대상	활성 성분(API) 자체	인체에 투여되는 최종 제형
중점 심사 항목	생산공정, 순조, 안정성	무균성, 제형 안정성, 포장, 보관, 투여 방식 등
GMP 요건	원료 생산 시설 중심	무균 충전, 포장, 유통까지 포함한 전 공정
시험 항목	정량, 불순물, 안정성	무균시험, 용출시험, 제형 균일성 등 추가
리스크 요인	화학적·생물학적 불순물	인체 직접 투여로 인한 감염·부작용 가능성
허가 난이도	상대적으로 낮음	상대적으로 높음 (실제 환자 안전과 직결)

표2 의약품의 DS 허가와 DP 허가의 차이점

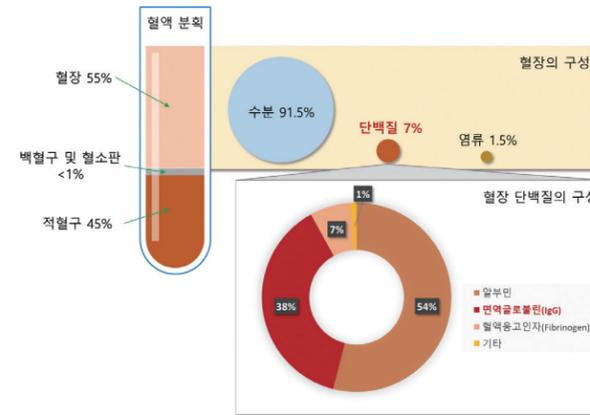


그림 1 혈액 중 혈장과 혈장 단백질의 구성

정맥 투여해야 하는데, 농도가 중요한 이유는 고농도일수록 환자의 장시간 투약 불편함을 현저히 개선할 수 있기 때문이다.

면역글로불린 제제의 최대 시장인 미국은 2023년 기준 약 16조 원에 이르는 거대 시장이며, 몇 개의 글로벌 기업이 80% 이상의 점유율을 차지하고 있다.

면역글로불린 제제는 사용한 역사가 오래되고 이미 주요 시장의 대부분을 몇몇 글로벌 기업이 점유한 상황인데 GC녹십자는 어떤 기술적 차별화를 이루었고 문턱이 높은 미국 시장에 프리미엄 제품으로 어떻게 진입할 수 있었는가?

혈장분획제제는 이미 고도화된 기술이며, 원재료가 혈액이라 근본적인 성능 향상을 가져오기는 어렵다. 하지만 성숙된 기술 분야에서는 작은 차이지만 남들이 하기 어려울 때 차별성을 갖게 된다. 비유하자면 99% 완성도와 99.9%의 완성도는 1% 미만의 차이지만 일반과 명품을 구분하는 차이로 인식될 수 있으며, 특히 사람의 건강을 대상으로 하는 약품이기 때문에 기술적으로 작은 차이처럼 보이지만 환자에게는 큰 차이로 다가온다.

GC녹십자의 알리글로는 면역글로불린 제제에서 가장 큰 잠재적 리스크인 혈액응고인자의 잔존 가능성을 '제로'에 수렴시켰다. 혈액응고인자는 미량으로도 혈액응고를 유도하여 혈전을 만들고 혈관을 막히게 할 수 있는 위험인자이다. 혈장으로부터 혈액응고인자를 제거하는 다양한 방법이 있지만 GC녹십자

의 개발팀은 기존의 방법을 따르지 않고 새로운 시도를 했다. 양이온 교환 색층 분석법이라는 정제 기술을 공정에 도입하여 혈액응고인자와 기타 불순물을 제로에 가깝게 제거하는데 성공한 것이다. 양이온 교환 크로마토그래피는 사실 잘 알려진 기술이다. 다만, 혈장에서 혈액응고인자를 완전하게 제거하기 위해서는 이 알려진 기술을 활용하여 수없는 실험을 통해 가장 효과적이고 효율적인 최적 조건을 찾아내야만 하고, 이를 생산시설에서도 구현할 수 있어야 비로소 온전한 기술 확보라 할 수 있다.

마찬가지로 충전 및 완제 공정에 대해 FDA의 GMP(Good Manufacturing Practice) 기준은 이미 다 공개되어 있어 누구라도 알리고 하면 알 수 있지만, 아는 것과 기준을 충족시키는 것은 전혀 다른 문제다. 자본과 설비만 갖춘다고 GMP 기준을 충족할 수 있는 것이 아니라 공정을 구성하는 각 단위 공정의 역할과 결과를 정의하고 스스로 검증할 수 있고, 유지관리 할 수 있는 능력을 확보해야만 기준을 통과할 수 있다. 이 능력이 바로 남들이 흉내 내기 어려운 '기술'이다.

이미 거대하게 형성된 시장을 글로벌 기업들이 나눠서 점유하고 있는 현실적 상황에서 순수하게 독자 개발한 기술로 자체 구축한 GMP 시설에서 완제품을 만들어 시장 진입에 성공한 아시아 최초의 기업, 그것도 1.5배 고가의 프리미엄 제품으로 판매하여 출시 2년 만에 두자리 성장률을 보인다는 것은 품질에 대한 자신을 넘어 시장의 인정을 의미한다.

2008년에 면역글로불린 10% 제제 개발을 기획하고, 미국 시장 진출을 목표로 하여 2009년 개발에 착수한 이후 최종 허가와 미국 시장 진출까지 15년이란 긴 시간 동안 GC녹십자의 개발팀은 무엇을 느끼고 어떻게 기술을 축적하였을까? 그 시간을 상상해보면 아마도 처음엔 자신감으로 시작했으나 막상 FDA 기준과 마주하였을 때 우리가 기존에 해왔던 방식과 다른 점이 있음을 느꼈을 것이고, 이 '다른 점'을 어떻게 채워나갈 것인가에 대한 고민과 시도를 수없이 해왔을 것이다. 알리글로 개발이 끈 MSAT본부 차경일 본부장이 요약해 준 다른 점은, 한 마디로 '왜 우리는 노하우 축적이 일어나지 않는가?', '어떻게 하면 기술을

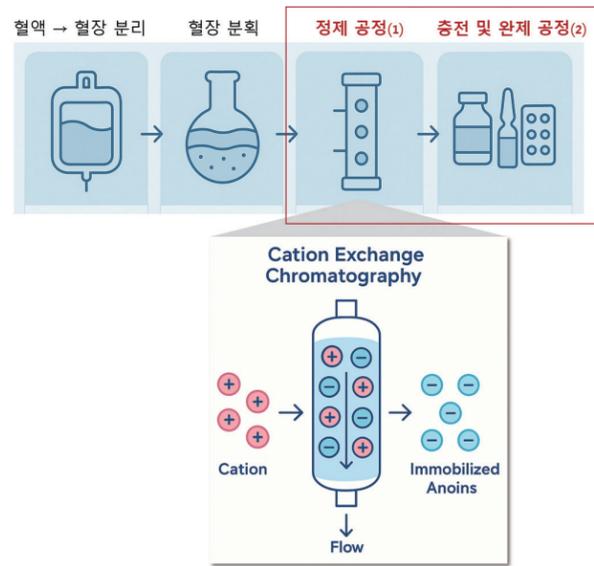


그림 2 혈장분획 제제 생산의 개념도와 GC녹십자가 독자 기술로 개발한 정제 공정(1), FDA 허가를 받은 충전 및 완제 공정(2) (Image creation by Copilot)

체계적으로 저장할 수 있을까?’였다.

기술은 무형적인 노하우 전체를 의미하는 것이기 때문에 말로 설명하는 것이 대단히 어렵다. 유일하게 기술을 저장하는 방법은 ▲상세한 기록과 ▲경험을 통해 사람에게 체화되는 것, 그리고 ▲특정한 설비를 통해 구현 가능할 때 설비 그 자체와 운영노하우를 기술의 일부로 포함시키는 것이다.

유망한 신기술이나 신제품을 기획하고 개발하는 과정과 그 과정에서 얻게 되는 노하우를 꼼꼼하게 저장하기 위해 GC녹십자에는 10여 년 전부터 내부적으로 구축한 ‘PI 체계’가 있다. 각 단계별로 적절한 회의체를 두고 프로세스에 따라 체계적인 의사결정을 할 수 있도록 구성되었다고 한다. PI 체계에 대한 자세한 이야기는 미니 인터뷰를 통해 들어보기로 한다.

알리글로 기술혁신의 의미

세상의 수많은 기술 중에서도 신약 관련 기술은 무형성이 가장 높다고나 할까? 그래서 설명하기 가장 어렵지만, 한편으론 기술이 성공적이면 가장 확실하게 고객의 인정을 받는 특징을 가진다.

글로벌 기업이 이미 면역글로불린 제제 주요 시장 대부분을 점유했던 상황에서 알리글로는 가장 큰 무대인 미국 시장에 자력으로 진출하는데 성공했고, 출시 1년 만에 두 자릿수 성장률을 기록하며 프리미엄 제품으로 인정받았다. FDA 승인보다도 더 중요한 의미를 가지는 시장의 승인을 받은 셈이다. 알리글로는 2030년까지 현재의 6배 매출 성장을 목표로 하고 있다. 또한, 안전성이 세계 최고 수준이면서 동시에 환자의 편리성도 최고를 추구하는 피하투여 방식의 면역글로불린 제품 개발에도 집중하고 있다.

알리글로의 기술혁신 성공은 하나의 제품이 성공한 것 이상 큰 의미가 있다. 국내 신약 개발과 FDA 승인 그리고 국내에서 생산한 완제품으로 미국 시장 진출까지 독자적으로 해낸 경험의 축적 그 자체가 모범 사례로서 의미가 크다고 생각한다.

요즘 K-Pop이 국내나 동남아시아를 넘어서 세계적인 문화 현상이 되었다. 신곡이 나오면 빌보드 차트나 스포티파이 순위가 마치 국내 차트인 것처럼 발표되는 것이 이전 어색하지 않다. 어



느 날 갑자기 이뤄낸 성과가 아니라 오랜 기간 준비하고 성장시켜 온 과정이 있었으며, 글로벌 무대에 진출하여 성공한 최초의 사례가 있었기 때문에 오늘날의 글로벌 한류가 큰 흐름이 되었다고 생각한다.

MINI INTERVIEW

Q. 차경일 본부장님께서 ‘지식의 축적’, ‘기술의 체계적 축적’이란 표현을 쓰셨는데, ‘PI 체계’와 어떻게 연관되고 구체적으로 어떻게 축적을 한다는 것인지 설명을 부탁드립니다.

과거에는 R&D가 전반적으로 개인기에 의존했다고 생각합니다. 개인의 능력에 따라 R&D의 성공이 좌우되었으며, 개인이 퇴사하면 Knowledge의 소실이 일어났습니다. 10여 년 전에 대한 의문을 갖게 되었죠. ‘왜 노하우의 축적이 일어나지 않는가?’

저희는 2013년, R&D 프로젝트의 효율적 관리와 생산성 향상을 목표로 PI 체계를 구축하였고, 내외부 R&D 환경의 변화를 반영하여 지속적으로 PI를 개정해 오고 있습니다. 이는 많은 회사들이 하는 Process Innovation과 같은 성격입니다. 신제품이나 신기술을 기획하는 단계부터 개발과 생산까지 이어지는 모든 과정을 총 10단계로 구분하여 단계별로 반드시 만들어야 할 문서 목록과 문서에 포함되어야 할 필수 내용들을 정해서 다음 단계로 넘어가기 전에 엄격하게 심사하고, 문서가 미비할 경우 다음 단계로 넘어가는 것을 허용하지 않았습니다. 쉽게 말하자면 기술을 저장하는 방법을 체계화한 것입니다.

신약 개발이 성공하려면 우선적으로 신약의 효과가 좋아야 합니다. 하지만 그것은 결과 중심으로 생각한 것이고, 그러한 결과가 왔다 갔다 하지 않고 일정하게 나오게 하려면 과정이 더 중요합니다. FDA 신약 승인은 결과도 중요하지만, 과정의 탄탄함과 신뢰성을 더 중요하게 봅니다. 그래서 모든 단계에 대한 과정과 결과를 문서로 남기고 증명할 수 있어야 합니다.

이제 우리 제약사들의 기술이 글로벌 무대에서 승인받고 순위에 오르는 것을 쉽게 볼 수 있는 날이 곧 다가올 것 같다.

기술혁신

Q. 많은 회사가 프로세스를 갖추고 문서화하는 것을 기본이라고 생각합니다. 이것 이외에 기술혁신 성공보다 중요한 요소를 말씀해 주신다면?

네 그렇습니다. 앞서 말씀드린 것은 지식이 소실되지 않도록 저장한다는 측면을 말한 것이고 지식의 저장이 누적되어 축적이 일어나면 그 지식에 연구원들이 쉽게 접근할 수 있어야 합니다. 그런 다음 지식을 활용해서 ‘Debating’이 활발히 일어나야 합니다. 또한 연구원들 사이에서 자유롭게 토론이 일어나기 위해서는 직책에 영향을 받지 않는 수평적 사고를 할 수 있어야 합니다.

한 가지를 더 말씀드리자면 제약사의 R&D 프로젝트는 일반적으로 긴 시간이 필요합니다. 지식의 저장이 체계적으로 이루어지고 연구원들이 활발히 토론하면서 오랜 기간 프로젝트를 수행하려면 일관된 정책이랄까? 중간에 좌초되지 않고 추진할 수 있는 추진력 또는 리더십이 필요합니다. 이러한 관점으로 볼 때, 알리글로 개발에 있어 대표님 포함 주요 경영진의 지속적인 프로젝트 추진 의지의 표명과 최우선 투자 대상 입장을 견지함으로써 전사적 리더십의 방향성을 일관되게 유지했던 것은 매우 중요한 부분이었습니다. 그래야 프로세스 안에서 일어나는 모든 일들이 연속성 있고 습관처럼 실천되는 조직문화가 형성될 수 있기 때문입니다. 이러한 것들이 제가 생각하는 기술혁신 성공의 요소들입니다.

기술만으로는 부족하다: 특허 기반 사업화의 성패를 가르는 3가지 전략



글. 황성필
변리사

만성특허법률사무소(E.M. Hwang & Partners IP Law Firm)에서 전 세계 특허 및 상표의 출원, 라이선싱, 소송 등 지식재산권의 관리 전반을 전문으로 20년간 근무해왔다. 특히 다양한 스타트업과 벤처캐피탈 전문회사들의 자문으로 활동하며 우수한 스타트업 발굴·지원에 투자하는 엑셀러레이터이자, 투자자로 대한민국의 발전을 위하여 헌신하고 있다.

MIT를 나와도 사업에 실패하고, 평범한 기술로도 사업에 성공하는 이유는 무엇일까. 러다이트 운동 시기처럼 기계 기술이 비약적으로 발전하던 시절의 기술을, 오늘날 자국의 핵심 첨단 산업으로 삼고 있는 국가는 이제 더 이상 없다. 해당 산업에 집중하느냐와 첨단산업으로 삼느냐는 다른 이야기이다. 대한민국 특허청을 비롯한 대부분의 선진 국가 특허청들은, 자국에서 얼마나 많은 특허가 첨단 기술 분야에서 창출되고 있는지를 주요 지표 내지 자랑거리로 삼고 있다. 이는 기술 선진국으로서의 위상을 드러내는 수단이기도 하다. 기술 트렌드는 시대에 따라 달라지며, 과거의 중심 기술은 미래에는 주변 기술로 바뀌기 마련이다. 그런데도 많은 스타트업과 대기업들은 최신 기술동향에 부합하는 특허를 다수 보유하고 있음에도 불구하고, 사업화에

는 반복적으로 실패하고 있다.

이는 ‘기술력’이나 ‘특허 수’만으로는 시장에서의 성공이 보장되지 않는다는 냉정한 현실을 보여준다. 어떻게 보면 너무 당연한 이야기일 수도 있지만, 먼저 철학적인 감성을 배제한 논의를 위하여 중요한 요인을 제거해보자. ‘사업의 성공’은 ‘인생의 성공’과는 다소 다른 차원의 문제라는 점은, 우리가 이미 잘 알고 있으리라 생각한다. 그러나 후자를 함께 고려하기란 쉽지 않다. 아무튼 엄청난 기술을 개발하더라도 사업적 성공은 요원할 수 있다. 반대로 사업적으로 큰 성공을 거두었다라도, 그 기반이 평범한 기술인 경우도 얼마든지 존재한다. 그러니 여기서는 인생은 잠시 접어두고, 두 가지, “기술”과 “사업”에만 집중해보자. 그리하여 ‘대단한 기술’과 ‘사업적 성공’이 어떤 인과관계를 갖는지

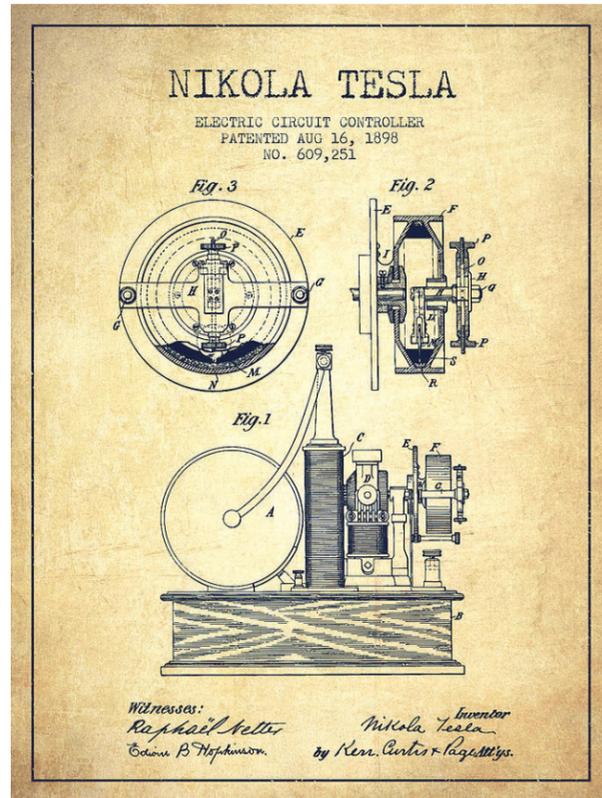


그림 1 Tesla Science Foundation (Tesla patent illustration, Electric Circuit Controller, US609,251·1898)

특허활용은 기업의 IP-R&D 전략 수립을 돕기 위해 특허 분석을 통한 산업 기술 트렌드, 시장·제품 전망 등의 분석 정보를 제공하고 있습니다.

를 꾸준히 고민하는 것이 중요할 것이다. 나아가 추가적으로 고려해야 하는 것은, 현대에서 기술에 대한 그나마 객관성을 담보해주는 특허이다. 여기서 말하는 ‘대단한 기술’은 대부분 특허와도 밀접하게 연결되어 있으므로, 특허를 함께 염두에 두는 것이 타당하다. 실제로 사람들에게 기술이 괜찮다고 설명하고 납득시키기 위해서는, 특허 청구범위의 권리범위나 무효 가능성을 논하기 이전에, 일단 “등록된 특허”가 있다는 사실 자체가 중요한 작용을 한다. 비록 완벽하지 않더라도, 등록 특허 하나만으로도 일단 대화를 시작하며 속된 말로 어디에 좀 ‘비밀 수 있는’ 근거가 되기 때문에, 특허는 결코 배제할 수 없는 요소다.

기술은 사업의 출발점일 수는 있어도, 성공의 보증 수표는 아니다. 기술만으로는 부족하다. 기술이 어떻게 보호되고, 어떻게 말해지며, 어떻게 연결되느냐가 관건이다. 니콜라 테슬라는 교류전기를 개발해 오늘날 전력 시스템의 기반을 만든 인물이다. 그러나 그는 기업가가 아니었고, 그의 기술은 당대 시장과 자본에게 외면당했다. 그는 생의 말미, 뉴욕의 허름한 호텔방에서 쓸쓸히 생을 마감했다. 반면 에디슨은 기술보다 더 중요한 무기를 알고 있었다. 그는 특허를 통해 기술을 보호했고, 그 특허를 통해 투자자와 시장을 설득했으며, 결국 산업의 “표준”을 장악했다. 오늘날 기업들에게도 이 질문은 여전히 유효하다. 당신은 테슬라처럼 기억될 것인가, 에디슨처럼 시장을 움직일 것인가?

기술 기반 창업의 성공은, 기술 자체보다 그 기술을 어떻게 ‘이야기하고 설계하며 권리화하느냐’에 달려 있다. 즉 이렇게 다시 정리해볼 수 있을 것이다. 이제는 기술이 말할 줄 알아야 한다. 어떻게? “특허”라는 언어로, “시장”이라는 무대에서 말이다. 기술 기반 사업에서 특허는 단순히 ‘기술 보호 수단’이 아니라, “시장 전략, 자금 조달, 사업모델 설계의 중심축”으로 작동한다. 본 글에서는 변리사로서 수많은 기업들과 협력하며 목격한 실제 사례들을 바탕으로, “특허 기반 사업화의 성패를 가르는 3가지 요인”에 대해 살펴보고자 한다.

시장의 흐름을 읽는 특허 분석 전략

기업은 제품·서비스를 출시하기 전, 시장 조사와 기술검토를 병행하는 경우가 많다. 물론 나름대로여서 문제이긴 하다. 아무튼 이때, 특허 데이터(디자인, 그리고 트렌드를 반영하는 상표까지도 분석할 필요가 있음)를 함께 분석하는 기업과 그렇지 않은 기업 사이에는 결정적인 정보 격차가 발생한다. 특허는 기술 그 자체에 관한 정보일 뿐만 아니라, 경쟁사의 개발 방향·시장 진입 시기·기술 공백지대 등을 엿볼 수 있는 유일한 ‘공개된 내부 문서’다. 예를 들어, IPC 코드를 기반으로 기술 분야별 출원 트렌드를 살펴보면, 특정 기술이 단순 유행인지 아니면 장기적 성장성이 있는지 파악할 수 있다. 재미있는 점은 이러한 정보에 대한 필요성의 인식이다. 이러한 정보를 기업이 얻기란 그렇게 어려운 것이 아니고, 큰 비용이 소요되는 것도 아니다. “오너” 내지 “회장님”의 성공적 직감을 믿기도 하며 심지어 이것이 통하기도 하기에, 맞고 틀리고의 문제라기보다는 기본적인 것이라고 정의하고 싶다. 정보의 분석 없는 직감보다는, 분석과 함께 천재적인 직감을 믿어보는 것이 낫다는 말이다. 더 나아가, 청구항 분석을 통해 경쟁사가 권리를 확보한 영역과 회피 설계 가능한 범위를 미리 파악하면, 불필요한 소송 위험을 줄이고 기술 차별화의 실마리도 확보할 수 있다. 이는 특허 자원이 한정된 스타트업

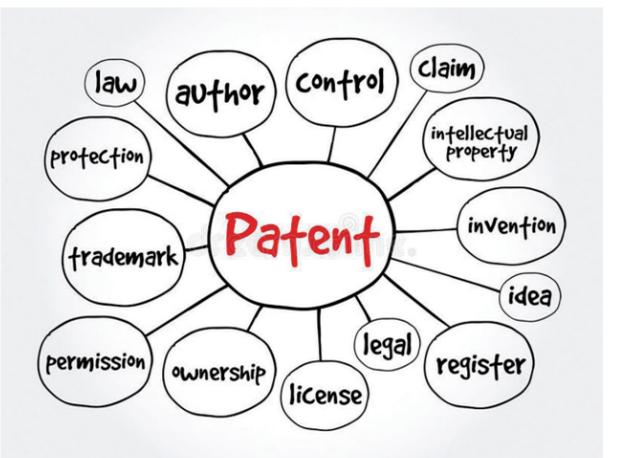


그림 2 Dreamstime - 특허 중심의 아이디어 연결구조

이나 중소기업에게는 효율적인 개발 전략을 수립하는 데 핵심이 된다.

특허 포트폴리오와 IP 금융의 연결성

돈이 되는 특허를 등록받아야 한다. 기술력은 객관적으로 검증되기 어렵다. 그러나 특허는 그 기술의 구조, 범위, 권리 상태를 '공식 문서'로 제시할 수 있는 수단이며, 이는 곧 기업 가치의 외부 표현 도구로 생각해야 한다. 정부기관 및 벤처투자자들이 왜 '특허 보유 여부'를 투자 결정의 주요 판단 기준으로 삼고 있느냐는 점은 주목할 필요가 있다. 꾸준히 공개되는 기술들의 증가로 특허등록을 받기가 점점 어려워지는 현실을 감안할 때 이러한 현상은 더 심화될 것이다. 특히 기술특례 상장이나 R&D 국책 과제 선정 시에는, '권리범위가 명확하고 포트폴리오가 구조화된 특허'의 유무가 치명적인 변수로 작용하기에, 아무 특허나 등록받아보았자, '권리범위'의 검증을 다시 하는 단계에 접어들면 유명무실한 특허가 될 수도 있다. 또한, 특허는 담보나 보증 수단으로도 적극 활용되고 있다. 기술보증기금, 신용보증기금, IP 금융은행 등에서는 특허가치 평가를 통해 담보 대출이나 보증을 실행하며, 특허권을 활용한 자금 조달 구조가 빠르게 확대되고 있다. 나아가 단일 특허보다는 연관 기술군으로 구성된 포트폴리오가 더 높은 평가를 받는다. 이는 단순한 기술의 보유 여부를 넘어서, 전략적으로 확보된 지식재산권이 투자 유치와 금융 접근성에 직결됨을 의미한다.

사업모델과 정렬된 특허 설계

기술을 보호하기 위한 특허와 "비즈니스 모델(BM)"에 정렬된 특허는 다르다. 전자는 기술적 완성도에 중점을 두지만, 후자는 수익구조와 고객 경험 흐름에 맞춘 권리범위를 설정한다. 예컨대, SaaS(구독형 소프트웨어) 서비스를 개발하는 기업의 경우, 단순한 기능 구현보다도 고객 유입-서비스 사용-과금 흐름의 핵심 노드에 대해 청구항을 구성해야 한다. 그렇게 해야만 유사 BM을 갖는 후발 경쟁자를 효과적으로 제지할 수 있다. 일단 예

시를 위한 것이니, BM 자체가 가지는 특허로써의 배타성의 한계는 감안하도록 하자. 또한, 특허 명세서의 궁극적으로 BM의 설계도이자 확장 전략의 수단이다. 해외 진출을 고려한다면 국가별 사용 방식 차이와 특허 법제도 고려가 필요하며, 플랫폼이나 AI 기반 서비스라면 알고리즘, 사용자 인터페이스(UI), 데이터 처리 방식까지 통합적으로 설계되어야 할 것이다. 예를 들면 특허 출원 전에 BM 캔버스(Business Model Canvas)를 기반으로, 수익 지점·고객 접점·핵심 자원 등을 정리한 뒤 그에 맞춰 발명 포인트를 추출하고 명세서구조를 설계하는 것도 고려해보아야 한다.

기술-특허-BM의 일체화가 성공의 열쇠

지식재산권의 전략적 활용은 이제 대기업뿐 아니라 중소·중견기업, 스타트업 모두에게 필수 요건이 되었다. 기술 기반의 경쟁력이 곧 생존력이 되는 시대, 특허는 더 이상 "보조 수단"이 아니라 "성공을 위한 최소 조건"이 되어가고 있다. 단, 특허는 그 자체로 사업의 성공을 보장하지는 않는다. 기술과 시장의 흐름을 읽고, 자금조달 구조를 고려하며, 사업모델에 최적화된 특허 전략을 수립하는 것이 무엇보다 중요하다. 기업이 R&D 초기 단계에서부터 변리사, 기술가치평가사, 투자 전문가 등과 함께 IP 전략을 설계해 간다면, 특허는 기업의 가장 강력한 무기이자 패가 될 수 있고 생각보다 이런 서비스를 무료(각종 인큐베이터, 액셀러레이터들의 교육 프로그램 내지 정부 프로그램을 활용)로 제공하는 경우도 많다. 특허는 보호를 위한 것이 아니라, 사업화의 속도와 방향을 결정짓는 실전 전략이 되어야 한다.

기술혁신

기술경영은 기업 기술경영 분야의 주요 사례와 방법을 소개합니다.

기술경영

설계 Paradigm 전환 (반응적 설계 → 예측적 설계)을 통한 올바른 제조업 경영



글. 양인모
비즈니스 대표 컨설턴트

KAIST에서 산업공학 석사 학위를 취득하고, 삼성전자를 거쳐, 이후 한국생산성본부, 한국능률협회 등에서 컨설팅을 수행하였다. 현재는 비즈니스노에서 대표 컨설턴트를 역임하고 있다. 품질관리기술사, 공장관리기술사 자격을 바탕으로 초기 5S, 공장합리화를 시작으로 한 제조업의 다양한 분야에 컨설팅을 경험해 왔으며, 2000년도 이후에는 R&D를 중심으로, 특히 3세대 품질인 DFSS, DFR 및 FFE에 대한 교육과 컨설팅을 주로 수행하고 있다.

21C로 전환되는 과정에서 제조업의 가장 큰 변화는 기존의 "반응적 설계"에서 "예측적 설계"로 설계의 Paradigm이 바뀌면서 비로소 올바른 설계가 가능해졌으며, 올바른 제조업 경영이 가능해졌다. 미국의 포춘지의 500대 기업들은 여기에 만족하지 않고 보다 혁신적인 신제품을 개발하기 위해 신제품 기획인 FFE에 초점을 맞추어 설계하고 있다.

DFSS를 통한 "예측적 설계"("예측 생산"), FFE를 통한 "예측 설계" 및 "예측 판매"를 함으로써 예측 경영의 구현이 가능해졌으며, 여기에 Digital Twin과 시가 접목됨으로써 예측 경영이 보다 강화되었다. 그러나 안타깝게도 우리나라 기업의 경우 LG전자를 중심으로 한 소수의 기업만이 올바른 DFSS를 도입하고, 나머지 대다수 기업들은 아직도 "반응적 설계"를 하여 올바른 설계를 하지 못함으로써 지난 20~30년 동안 시행착오를 해오고

있다. 이런 상태에서 이를 만회하기 위해 Digital Twin을 도입하고 있으나, 오히려 시행착오가 예견되고 있다.

다꾸찌 방법으로 대표되는 "반응적 설계"는 설계 단계에서 산포를 예측한다는 개념과 방법론이 없어 이론적, 구조적으로 올바른 설계를 할 수 없다. 따라서, [그림 1]의 왼쪽과 같이 하위 구성품의 명목값을 반영하여 설계한 후, 소수의 샘플을 제작(많아야 5개 미만)하여 Go/No 판정을 한다. 이를 "평가 품질"이라고 하는데 이 경우 5개의 샘플이 모두 합격 되더라도, 이들의 산포(즉, 분포)를 추정(예측)할 수 때문에 품질수준을 알 수 없다. 따라서 품질수준을 알 수 없기 때문에 올바른 설계 즉, 목표 품질과 올바른 공차를 설계할 수 없다. 이에 일단 설계를 한 후 품질수준을 모르는 상태에서 양산에 이관되므로 품질 문제가 발생될 수밖에 없는데, 이 경우 문제가 발생될 때마다 설계를 개선해야 하므로 이를 "반응적 설계"라고 한다. "반응적 설계"의 경우 하위 구성품의 공정능력을 반영할 필요 없이 명목값만으로 설계하므로 계열/협력사의 참여 없이 생산자 입장에서 R&D 중심의 설계를 하게 된다.

이에 반해 DFSS에 의한 "예측적 설계"는 하위 구성품의 양산시 실제 산포를 반영하여 상위 시스템의 산포를 예측함으로써 품질수준을 파악하므로 "평가 품질"에 대비하여 이를 "예측 품질"이라고 한다. "예측적 설계"를 하기 위해서는 우선 상위 시스



· 평가 품질	· 예측 품질
· 반응적 설계	· 예측적 설계
· 생산자 입장에서 R&D 중심의 설계	· 고객 중심의 통합적 설계
· 양산품질을 보증할 수 없음	· 양산품질을 보증할 수 있는 설계
· 바른 제조업 경영을 할 수 없음	· 올바른 제조업 경영

그림 1 반응적 설계와 예측적 설계의 비교

템인 제품의 CTQ 산포를 하위 구성품인 서브 시스템에 할당하는데 이를 CTQ Flow down이라고 한다. 그리고 각각의 서브 시스템에 할당된 산포를 공정능력에 고려하여 Trade off를 함으로써 목표인 6σ 품질을 설계하게 되는데 이를 Capacity Flow up이라고 한다. 그런데 이때 제품의 6σ 품질이 달성될 경우 이를 만족시키는 서브 시스템 산포의 범위가 공차가 되는데, 이러한 과정을 최하단의 부품 공차가 결정할 때까지 순차적으로 반복함으로써 올바른 제품설계를 할 수 있다.

“예측적 설계”는 외부고객의 요구사항인 CTQ를 반영하고, 내부고객인 생산 또는 계열/협력사의 공정능력을 반영하므로 이를 고객중심의 설계라고 할 수 있는데, 이를 위해서는 계열/협력사를 포함한 관련 기능 부문이 통합적으로 설계에 참여해야 한다. 그리고 설계한 대로 제품화하여 고객을 만족시키기 위해서는 일련의 관련 기능부문이 유기적으로 연계되도록 프로세스 개선을 해야 한다. 즉, DFSS를 통해 설계된 품질을 기반으로 올바른 신뢰성설계(DFR)을 해야 하며, 설계한 대로 구매하고 생산하기 위해 수입검사, 공정관리 등의 제반 관리체계를 확립해야 하며, 설계한 대로 필드에서 작동되는지 여부를 파악하기 위해 필드 Monitoring 및 Feedback 체계를 구축해야 하는데, 이를 통해 올바른 제조업 경영체계를 구축할 수 있다. 따라서 DFSS는 단지 올바른 설계를 하기 위한 툴이 아니라, 3P의 경쟁력 제고를 통해 사업을 성공적으로 이끌 수 있는 경영전략이라고 할 수 있다.

DFSS를 통해 일련의 기능이 유기적으로 연계될 경우, 이를 기반으로 Digital Twin과 연계하여 예측 경영을 강화할 수 있으며 나아가 플랫폼 구축 및 생태계의 기반을 조성할 수 있다. 우리나라 다수 기업들은 올바른 설계를 하지 못하는 상태에서 이

를 만회하기 위해 Digital Twin을 도입하고 있으나 이 경우 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다.

첫째: 목표 품질 및 올바른 공차설계가 되어있지 않은 상태에서 발생하는 잘못된 데이터가 Digital Twin에 입력되므로 이의 결과를 신뢰할 수 없게 된다(Garbage in Garbage out).

둘째: 올바른 설계를 하기 위해서는 일련의 기능이 유기적으로 연계된 상태에서 계열/협력사가 포함된 통합적인 설계를 해야 하나, 그렇지 못한 상태에서 Digital Twin을 도입할 경우 일련의 기능이 단절됨으로써 현실과 Simulation 결과가 일치하지 않게 된다. 따라서 Digital Twin의 활용성이 떨어져 실패할 수밖에 없다.

즉, DFSS와 Digital Twin은 서로 대체 관계가 아니라, DFSS를 통해 올바른 설계가 전제된 상태에서 Digital Twin을 통해 시각화, 예측, 및 Feedback을 통한 개선이 이루어져야 하므로, 서로 보완 관계라고 할 수 있다.

산업혁명(영국), 포디즘(미국), TPS(일본) 순으로 생산방식이 발전해 왔는데 이들 생산방식을 개발한 나라가 세계를 제패해 왔다. 그러면 다음 생산방식은 무엇일까? 이는 3세대 품질(DFSS+DFR+FFE)과 Digital Twin이 연계된 Data 기반의 예측 경영이라고 할 수 있다. 예를 들어 생산현장에서 Data를 수집, 분석하여 이를 설계에 Feedback하는 것은 물론이고, 제품 설계 단계에서 현물 제작 없이 가상의 세계에서 실험 조건을 수행 및 검증할 수 있어 비용과 시간을 크게 절감할 수 있으며, 제품 기획단계에서는 시뮬레이션을 통해 중요 고객니즈 선정, 컨셉 설계 및 고객 반응 기반의 수요 예측 등을 할 수 있다. 따라서 Digital Twin을 제품설계와 기획 단계에도 적용해야 하는 것은

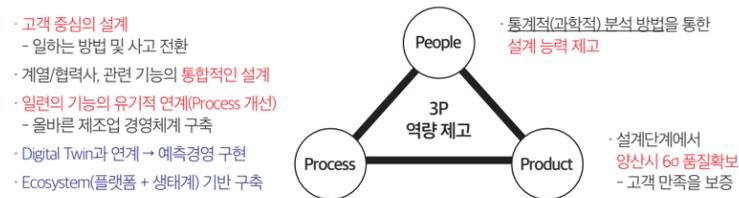


그림 2 DFSS는 3P의 경쟁력 제고를 통해 사업을 성공시킬 수 있는 전략

당연한 일이다. 그러나 우리나라 대다수 기업의 경우 DFSS가 현실에 맞지 않는다고 하여 이의 추진을 중단하였거나, 특히 올바른 DFSS를 도입하지 못함으로써 아직도 올바른 설계를 하지 못하고 있다. 사실 DFSS는 예측 경영에 있어 “설계의 뼈대”이자 “데이터 해석 능력의 토대”다. 따라서, 이를 중단하거나 잘못 도입한 기업의 경우 Digital Twin과 AI를 도입하더라도 이를 제대로 활용하지 못하고 형식적인 수준에 머무를 수밖에 없다.

나아가 플랫폼 구축이나 생태계 조성 및 유지에 있어서도 한계가 있을 수밖에 없다. 왜냐하면, 디지털을 기반으로 하는 데이터를 신뢰할 수 없고 또한 설계상의 오류에 의해 발생하는 문제가 누적되어 눈덩이처럼 커짐으로 협업을 지속할 수 없기 때문이다. 따라서 지금부터라도 Data 기반의 올바른 설계 나아가 예측 경영을 구현하기 위해서 올바른 DFSS를 도입해야 한다. 그렇지 않을 경우, 시간이 갈수록 이를 도입하여 추진하는 기업과의 경쟁에서 이기는 게임을 할 수 없기 때문이다.

Chat GPT에 “우리나라 제조업의 경쟁력이 떨어지는 이유”에 대한 질문을 한 결과 [표 1]과 같이 “우리나라 기업들은 “예측적 설계”를 정착한 후 이를 기반으로 스마트 제조를 확산·생태계를 조성해야 경쟁력을 확보할 수 있다.”라고 개선 방향까지 제시하였다. 즉, Chat GPT도 우리나라 기업들이 올바른 설계를 하지 못하고 있으며 이로 인해 경쟁력이 떨어진다는 것을 이미 알고 있다는 것이다.

우리나라 제조업 경쟁력 저하 요인	주요 경쟁국과 비교	개선 방향
1. 혁신 역량의 둔화 - 기술 리더십 부재, 핵심 기술(수·보) 낮은 자립도 - R&D 효율성 저하 - 투자 대비 낮은 공로성, 신도 기술경유율 - 느린 디지털 전환(DX) 속도	주요 경쟁국 중 우리나라의 경쟁력이 가장 떨어짐	1. DFSS를 통해 “예측적 설계” 문화 정착 2. 스마트 제조 확산 - Digital Twin + AI 기반 3. 전문가 육성 및 전수 시스템 구축 4. 플랫폼 전략 및 원천기술 내재화 강화 5. 중소기업 중심 공급망 혁신 생태계 조성
2. 부가가치가 낮은 산업 구조 - 플랫폼/중개 중심 산업 구조 - 플랫폼(Platform owner)이 아닌 중간 공급자 역할 - 플랫폼 플랫폼 역할, 원천기술 보유 부족 - 지나치게 완충된 진입 장벽도(자용차, 반도체)		
3. 경영 및 조직문화 문제 - 조직의 조직 구조, 문화에 준경, 의사소통의 문제 - 디지털 플랫폼/인사시스템 미흡 - DFSS, Digital Twin 등 예측적 설계 문화 부족		
4. 노동력 구조의 취약 - 생산가능인구 감소 - 수입 기술의 도입, 배양(보급) 미흡 후 전수 문제 - MZ세대 제조 기피 현상		
5. 글로벌 경쟁 심화 - 중국의 빠른 추격 - EMEA와 같은 기업들의 기술 및 생태계 격차 확대 - 글로벌 분업 체계 변화 속 대응력 부족		

표 1 우리나라 제조업의 경쟁력이 떨어지는 이유

우리나라 자동차의 신뢰성이 산업 평균에 미치지 못하고, 최근 반도체가 고전하는 것 모두 올바른 설계와 관련이 있다고 할 수 있다. 왜냐하면, 제품이 고급화 및 미세화가 진전됨에 따라 고정밀 및 높은 정확도를 갖는 설계가 요구되나 기존의 “반응적 설계” 방식으로는 이에 대응할 수 없기 때문이다. 따라서 우리나라가 중저가 자동차나 10nm 이상의 레거시 노드에 해당되는 반도체만을 판매할 것이 아니라면 3세대 품질인 “예측적 설계”로 전환해야 한다.

지난 7월 20일 대한상공회의소 최태원 회장께서 “한국 제조업이 잃어버린 10년을 맞았다며 AI로 제조업을 일으키지 못하면 불행히도 10년 뒤에는 (한국 제조업의) 상당 부분이 퇴출될 것”이란 경고 뒤에는 “올바른 설계”가 전제되어야 한다는 함의가 포함되어 있다는 것을 명심해야 할 것이다.

요즘 젊은 부부들이 이전세대에 비해 태교에 많이 신경을 쓰는 것은 만일 잘못된 상태로 아기가 태어나면 아무리 노력해도 정상인을 따라잡기가 쉽지 않다는 것을 잘 알기 때문일 것이다. 우리나라가 제조업을 시작한 지 백백 년이 넘음에도 불구하고, 아직도 30년전의 설계의 개념과 방법론을 가지고 올바른 설계를 할 수 없어 올바른 제조업 경영을 하지 못하는 것은 불행한 일이다. 따라서 제조업의 경쟁력이 떨어지는 것은 당연한 일이다. 물론 Data 기반의 설계를 할 수 있는 툴을 도입하는 것 자체도 중요하지만, 더 중요하고 시간이 걸리는 것은 구성원들에게 설계에 대한 올바른 컨셉과 방법론을 인식시키고, 이를 구현할 수 있는 프로세스 즉, 시스템을 구축하는 것이다. 기업 경영이란 전쟁에서 향후의 성패는 단순한 개별 툴(무기)이나 단일 기업 단위의 경쟁력이 아니라 플랫폼 구축, 생태계 조성을 통한 시스템 차원의 통합 경쟁력에 의해 좌우되기 때문이다.

이를 위해서는 우리나라도 미국, 일본과 같이 산학연이 연계되어 국가 차원에서 품질을 추진해야 하며, 3세대 품질을 통해 신제품 기획 및 설계 단계인 경영의 상류에서 품질을 강화해야 한다. 이는 선택의 문제가 아니라 수출 주도형 국가인 우리나라가 생존하고 발전하기 위한 필수 과제이다. [기술혁신]

신기술 NET 인증 기술



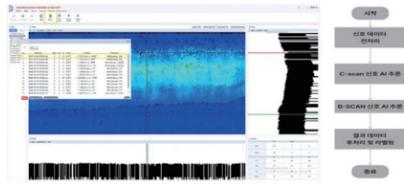
신기술(NET)인증 기술은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 인증한 신기술입니다.

신청자격	신기술 인증을 받고자 하는 기업, 대학, 연구기관의 대표(장)	신청안내	<ul style="list-style-type: none"> 신청기간: 신규(연 2회), 연장(연 3회) 문의: 인증심사팀 02-3460-9023~4 신청방법: 온라인 접수(https://www.netmark.or.kr)
------	------------------------------------	------	---

신기술(NET, New Excellent Technology)인증은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 운영하는 인증 제도로서 개발된 신기술의 상용화와 기술거래를 촉진하고자 도입되었다. 기업 및 연구기관, 대학 등에서 개발한 신기술을 조기 발굴하는 데 기여하고 있다.



관형 열교환기용 초음파 비파괴검사 자동평가 기술



회사명	㈜딥아이
주생산물	자동평가 솔루션
인증기간	2025년 5월 23일 ~ 2027년 5월 22일
분야	정보통신

본 기술은 기존 전문가에 의해 수행되던 비파괴검사신호평가 방법을 인공지능을 활용하여 인적오류를 해결하고 빠르고 정확하게 평가할 수 있다. 또한 인공지능(AI) 모델을 기반으로 전열관 결함에 대하여 자동으로 평가하고, 전열관의 감육 계산을 자동으로 수행해 감지 결함에 대해 극치해석을 활용한 열교환기 잔여 수명을 예측한다.

- ① ASNT(미국비파괴검사협회) Level을 보유한 숙련된 검사자에 수행된 Labeled Data를 Supervised Learning 기반으로 학습시켜 세계 최고 수준의 검사 정확도 달성 가능
- ② 다변량 시계열 데이터와 인공지능 모델을 통한 정밀한 잔여 수명 예측해 이에 따른 설비 상태 예측 및 예방적 유지보수 계획 수립이 가능



막분리를 통한 Succinoglycan 점증소재의 분자량 특성 조절 기술



회사명	㈜마크로케어
주생산물	화장품원료, 식품첨가물
인증기간	2025년 5월 23일 ~ 2027년 5월 22일
분야	화학·생명

본 기술은 미생물 발효에 의한 신규 배출 다량류인 Succinoglycan을 이용한 화장품용 점증소재 개발 기술이다. 또한 고압균질화(High Pressure Homogenization)에 의한 분자량 조절이 가능한 것이 특징이다.

- ① 기존 점증 소재에 비해 사용감이 탁월한 바이오 점증 소재
- ② 비유기용매 막(membrane) 공정 기반의 친환경 분리정제 공정 기술
- ③ 고압 균질화로 필요에 따라 분자량을 조절, 균질성을 향상하는 방법 개발



모노플라 블레이드 제조를 위한 이중 절연 재료의 적층 설계 기술



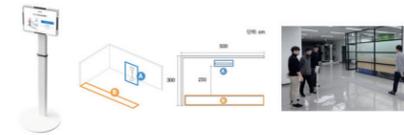
회사명	㈜씨엔씨테크놀러지
주생산물	의료기기 및 부품
인증기간	2025년 5월 23일 ~ 2027년 5월 22일
분야	화학·생명

본 기술은 현대 외과 수술 시 조직 절개 및 응고를 위해 필수로 사용되는 고주파 전기 수술의 성능 향상을 위한 초고집속 유전기열 전극 기술이다. 생체 내 극성 분자 선택과 집중 가열 기반 절개 및 지혈이 가능하다. 또한 최적 고주파 전기장 에너지 방출을 위한 이중 절연 전극 구조 설계 기술을 갖췄다.

- ① 전기 수술용 고주파 에너지의 최적 사용 및 환자와 의료종사자의 건강 혁신
- ② 절개과 지혈 시 조직의 열 손상 최소화를 통한 수술 후 임상 경과 개선
- ③ 자체 온도 제한 특성으로 인해 수술 시 임플란트 디바이스 손상 의료 사고 방지



모바일 카메라 기반 마커리스 보행 분석 기술



회사명	에이트스튜디오(주)
주생산물	보행분석계
인증기간	2025년 5월 23일 ~ 2027년 5월 22일
분야	화학·생명

본 기술은 2D 싱글 모바일 카메라 기반 동작인식, 시계열 데이터 분석 자동화, 고관절 및 무릎 각도 ROM(Range of Motion) 추출을 통한 보행 영상 분석 기술이다. 또한 5~6m 왕복 보행 영상 촬영 및 컴퓨터비전 시를 활용한 동작 인식(Pose Estimation) 기술로, 22개 보행지표 리포트 생성 자동화가 가능하다.

- ① VICON 모션캡처카메라, GAITRite 압력센서 매트 등 해외 기준 장비 대비 95% 수준 정확도
- ② 기존 장비 대비, UX 및 사용적합성) 강화 및 온디바이스 인공지능 기술을 활용하여, 평균 비급여 보행 검사 비용 90% 이상 감축 가능



L-폴리유산 분자량 제어를 통한 V자 폐쇄도형 생분해성 스텐트 제조 기술



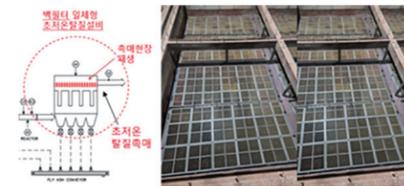
회사명	㈜도터
주생산물	의료기기
인증기간	2025년 5월 23일 ~ 2028년 5월 22일
분야	화학·생명

본 기술은 폴리락트산(PLLA) 생분해성 폴리머 튜브에 제2고조파 레이저를 조사해 스텐트 패턴 형태로 가공하여 생분해성 폴리머 스텐트의 기계적 강도를 확보하고, 생분해 속도를 최적화해 분자량 감소를 최소화하는 펄스초 레이저 커팅 공정 기술이다. 최적화 설계된 전자빔(E-beam) 멸균을 적용하여 생분해성 스텐트의 생분해 편차 및 기간을 감소한다.

- ① 생분해성 폴리머 튜브에서 멸균 후 완제품 스텐트가 될 때까지의 공정 중 발생하는 고온의 열이나 전자빔을 이용한 멸균 공정에서 분자량의 변화를 최저 상태로 제어 가능
- ② 분자량을 제어하여 생분해성 스텐트의 높은 기계적 강도 유지 및 생분해 기간 조절



백필터 일체형 저온탈질 촉매 기술



회사명	㈜지스코
주생산물	촉매, 탈질설비
인증기간	2025년 5월 23일 ~ 2027년 5월 22일
분야	건설·환경

본 기술은 기존 SCR 기술의 저온 촉매 사용 온도 200~220°C 대비 160°C의 저온에서 사용할 수 있도록 촉매세정 및 촉매활성물질코팅 공정을 활용한 저온 탈질촉매 제조 기술이다. 또한 별도 탈질반응기 대신 백필터 상단 빈 공간에 카트리지 방식으로 분산 설치할 수 있는 저온 탈질설비 기술도 갖췄다.

- ① 160°C 배기가스 조건에서 세계 최고 수준 탈질 효율 촉매 제조기술 확보
- ② 백필터 상부 빈 공간에 저온탈질촉매를 일체형으로 설치해 탈질설비 별도 설치 공간 및 배기가스 승온설비가 불필요하고, 설비 압력손실을 대폭 저감하여 동력 팬 전력비용 절감 가능

대한민국 엔지니어상



대한민국 엔지니어상

2025년 7월 수상자

**CHB* 고압 드라이브를
상품화 및 MMC**
고압 드라이브의 기술
자립화**



박영민
HD한국조선해양(주) 책임연구원

박영민 HD한국조선해양(주) 책임연구원은 국내 최초로 CHB 고압 드라이브를 상품화하고, 선박 전기 추진용 MMC 고압 드라이브의 기술 자립화를 달성한 공로를 인정받았다.

박영민 책임연구원은 대용량 전동기 가변속용 고압 드라이브 분야에서만 27년 이상 연구개발 활동을 꾸준히 지속해 온 연구원이다. CHB 고압 드라이브 국내 최초 상품화로, 전량 수입에 의존하던 고압 드라이브 수입대체 및 해외수출로 국가경쟁력을 강화시켰다. 또한, 고압 및 대용량을 위한 모듈화 특성이 탁월한 MMC 고압 드라이브 기술개발로 대형선 및 함정의 전동화 기술경쟁력 강화를 이끌고 있다. 현재 HD한국조선해양 미래기술연구원에서 고압 드라이브 연구개발 팀장으로 고객 요청 사항에 부합하는 기술, 제품 개발을 이끌고 있으며, 고압 드라이브 부문의 기술력 확보를 위하여 특허 20건과 논문 45편을 보유한 전문가이기도 하다. “2004년 전력전자학회 최우수 논문”과 “2009년 전력전자학회 기술상” 수상했으며 “2010년 Marquis Who's Who 세계 인명사전 등재” 되었다. 육상용 고압 드라이브 연구개발, 상품화, 그리고 현장 기술 지원을 포함한 제품 전주기 경험을 가지고 있는 박영민 책임연구원은 최고 수준의 R&D 역량을 갖춘 기술 중심의 조선해양 전문기업인 HD한국조선해양에서 추진하고 있는 차세대 전기추진 대형상선 및 함정의 핵심부품인 고압 드라이브 연구개발에 집중하고 있다.

* 다수의 전력 모듈(H-bridge)을 직렬로 쌓은 직관적 설계로 실용성·경제성을 갖춰 대형 모터 제어, 제철소 등에 사용
** 매우 높은 전압 용량 및 파형 품질이 요구되는 고압 직류 송전이나 대규모 설비 등에 사용

2025년 7월 수상자

**선박평형수처리장치
(BWTS*) 핵심 장비의
국산화 및 수직 계열화**



권경안
(주)테크로스 CTO

권경안 (주)테크로스 연구소장은 선박평형수처리장치 핵심 장비의 국산화 및 수직 계열화를 완성하고, 산업용 수소 생산 장치 개발을 주도해 우리나라 환경산업 경쟁력 향상에 기여한 공로를 인정받았다.

권경안 CTO는 가전, 의료, 산업기기관련 전자, 전기, 기계 분야에서만 40년 이상 연구개발 활동을 지속해온 골수 엔지니어이다. 특히 2018년 테크로스 CTO 부임 이후 전력전자분야에서의 BWTS용 대용량 정류기의 품질 문제 해결을 시작으로 각종 소재 및 부품, 장비의 국산화 개발에 전념했다. 그 결과 세계 최초의 분질방폭형 TRO센서 상품화 개발 등 전극의 염가화로부터 HMI-PC에 이르는 거의 전 핵심 소재, 부품, 장비의 내재화를 성공시켰다. 이 공로를 인정받아 2023년 9월 조선해양의날에 산업부 장관상을 수상한 바 있다. 특히 2021년부터는 그린수소 연구센터를 설립하고 수전해 개발을 총괄해 그동안 값이 저렴한 알카라인 타입의 문제였던 부하변동성 대응의 한계를 극복해 PEM 타입에 필적하는 20% 이하까지 운전이 가능한 재생에너지 직결형 수전해 시스템을 개발하는데 성공했으며, 특히 이에 적용된 핵심 기술인 스택의 효율은 86% 이상의 세계적 수준으로 공인받았다. 권경안 연구소장은 향후 지구적 기후위기를 극복하는 핵심기술로서 그린수소 수전해의 막중한 역할을 절감하고 서구산의 높은 품질은 물론이고, 중국산의 낮은 가격과도 동시에 경쟁할 수 있는 모듈형 사각 스택 등 (주)테크로스만의 경쟁력, 양산성, 신뢰성을 확보를 위해 노력하고 있다.

* 선박의 평형수(선박의 균형을 잡기 위해 사용하는 바닷물)를 살균 처리하기 위한 체계

대한민국 엔지니어상은 산업현장에서 기술혁신을 통하여 국가경쟁력 및 기업의 발전에 크게 기여한 우수 엔지니어를 발굴·포상하는 상입니다.

신청방법

- 신청대상: 기업의 엔지니어로서 최근 3년 이내의 공적이 우수한 자
- 포상내용: 과학기술정보통신부장관상 및 트로피, 상금 500만 원
- 추천서 접수 기간 및 방법: 연 2회, 온라인 접수(http://www.koita.or.kr/month_eng/)
- 문의: 시상운영팀 02-3460-9192

2025년 8월 수상자

**하부압축 스크롤
압축기 개발 및 고성능
열펌프(히트펌프)*
상용화**



김철환
LG전자(주) 연구위원

김철환 LG전자(주) 연구위원은 세계 최초로 하부압축 스크롤 압축기(컴프레서)를 개발하고 친환경 냉매를 사용한 고성능 열펌프(히트펌프)를 상용화하여 냉동공조 분야의 국가 기술 경쟁력을 강화한 공로를 인정받았다.

김철환 연구위원은 LG전자에 입사 이후 지난 23년간 에어컨의 핵심부품인 스크롤 컴프레서 한분야만 깊이 연구한 전문가이다. 수많은 세계 최초이자 최고 수준의 컴프레서 기술들을 개발해 해외 업체 수입을 대체하고 국가 경쟁력 강화에 중요한 역할을 했다. 에어컨 핵심 부품인 컴프레서는 자동차 엔진에 비유될 만큼 고도화된 기계공학 기술이 집약된 중요한 기술 분야이다. 특히 스크롤 컴프레서는 그 기술의 난이도가 높아서 과거에는 한국, 미국, 일본 등 일부 국가에서만 설계 및 생산할 수 있었고, 최근에는 중국이 기술 추격을 위해서 막대한 투자와 자원을 집중하고 있는 분야이다. 석연료 난방시스템을 친환경 히트펌프로 전환하기 위해서는 극한의 기후에서도 고온의 온수를 안정적으로 공급할 수 있는 신뢰성 있는 컴프레서가 무엇보다 중요하다. 김철환 연구위원이 개발한 하부압축 축관통 스크롤 컴프레서(R1 Compressor™)는 세계 최고 수준인 압력비 20 조건에서도 안정적으로 운전된다. 연구 개발하는 과정에서 큰 난관에 빠져 프로젝트가 중단된 적도 있었지만, 그는 실패에 굴하지 않고 새로운 컨셉과 기술을 제안했고, 마침내 세계 최고 수준의 고난방 기술을 개발할 수 있게 됐다.

* 열을 한쪽에서 다른 쪽으로 옮기는 장치로 냉난방에 모두 사용될 수 있으며, 냉매를 압축해 고온·고압으로 만드는 압축기(컴프레서)는 열펌프(히트펌프)의 핵심 장치

2025년 8월 수상자

**접촉 교통 요금 결제 기술
개발 및 역무 자동화,
버스 승차권 무인 발매
체계를 구축**



소남호
(주)에이텍모빌리티 이사

소남호 (주)에이텍모빌리티 이사는 비접촉 교통 요금 결제(태그리스 게이트)기술을 개발하고 역무 자동화 체계 및 버스 승차권 무인 발매 체계를 구축하여 대중교통 체계 고도화 및 혁신에 기여한 공로를 인정받았다.

소남호 이사는 현재까지 28년 이상 소프트웨어 개발 업무를 수행했으며 특히 교통 단말기 및 결제 분야에 집중 개발하여 대중교통 시스템 고도화 및 혁신에 기여하고 있다. 2016년 신분당선 연장사업에서 판교역 등에 게이트를 납품하는 성과를 시작으로, 게이트 시장에 정착할 수 있는 기술을 개발했다. 도시철도 역무 자동화 시스템 및 시외·고속버스 발매 관련 다양한 프로젝트를 수행해 대중교통 시스템 혁신을 통해 시민의 편의 증진에 기여했다. 또한 최근, 인공지능(AI) 산업 성장 및 확대에 따라 당사의 제품에도 적용하여 시키오스크, AI신분증인식기 등 개발하였고, 이와 관련된 혁신활동(6시그마)을 수행하여 사내 혁신 경진대회에서 R&D 부문 최우수상과 장려상을 수상했다. 또한 시외·고속버스 승차권 무인발매기 개발로 서울, 광주, 천안 등 전국 터미널 160여 곳에 설치했다. 이는 인구에 따른 무인화 트렌드 대비 및 규모가 작은 정류장 또는 전국의 소도시에서도 활용이 가능하도록 했으며, 교통 약자의 사용성 보장을 위한 설계로 승객 모두의 접근성 향상을 이루었다. 소남호 (주)에이텍모빌리티 이사는 다양한 프로젝트의 리더로서 핵심 역할을 수행해 대시민 교통서비스 질 향상을 제공하고자 노력하며, 그 결과 회사 매출 증대뿐만 아니라 “Good Software 인증”, “우수기업연구소 지정”, “IR52장영 실상 수상” 등 각종 인증 및 포상 획득에도 기여했다.

IR52 장영실상(25주~32주)

25주

(주)아비커스

선박용 자율운항 시스템



박진모, 이호진, 윤광욱 책임매니저가 개발한 HiNAS는 비전 기반의 탐지, 레이다, AIS 등 선박 기존 센서와의 융합을 통한 종합 상황 인지, 최적경로 안내 및 추종 제어, 자율 충돌회피 제어, 360도 실시간 주변 모니터링 기능을 갖춘 세계 최초/유일의 “인지-판단-제어”가 가능한 선박용 자율운항 시스템이다. 상용화 과정에서 필연적으로 수반되는 카메라 장비의 캘리브레이션 과정을 자동화해 타제품 대비 생산, 납품 과정에서 큰 효율성을 갖췄다.

27주 삼성전자(주), 노바게이트테크놀로지(주)

초절전, 재활용 가능 (파이프 핫러너) 금형 시스템



김진호 삼성전자 그룹장, 이영오 노바게이트테크놀로지 CTO, 황정호, 고대성 삼성전자 수석연구원이 개발한 금형 시스템은 플라스틱의 녹는 온도를 적절히 유지해 주는 핵심부품 핫 러너를 기존 상식을 뒤엎는 새로운 형태로 개발해 원가와 전력 소모량을 낮춰 대한민국 금형의 수출 경쟁력을 높였다. 낮은 전력 사용량으로 충분히 가열시켜 에너지 사용량을 절감하는 등 기존 금형에서 제공하지 못하던 에너지 사용량과 재활용 같은 ESG 영역에서의 부가가치를 갖췄다.

26주

(주)엘마인즈

임베디드 환경에서 디엔엔(DNN)기반의 발화검증 알고리즘을 적용한 비명인식장치



방영규 이사, 박준호 주임이 개발한 캐치24는 신 음성인식 기술을 기반으로 개발된 소음(비명) 인식 비상벨이다. 사용자가 위급한 상황에 처했을 때, 비명을 외치면, 캐치24가 위급한 상황임을 인지하여 사이렌을 울려 사용자를 보호하고, 관제센터에 상황을 알려 도움을 요청한다. 환경 소음 속에서도 사용자의 목소리를 정확하게 인식하고 오작동하지 않도록 설계된 것이 특징이다.

28주

(주)시티오브테크

현장생산용 톤백아스콘



황익현 개발책임자, 황주철, 부사장, 김인재 이사가 개발한 현장생산용 톤백아스콘은 아스팔트 혼합물 재료인 골재, 아스팔트, 필러, 첨가제를 입자 간 달라붙지 않도록 제조한 세계 최초의 신공법 아스팔트 혼합물이다. 기존 가열 아스팔트 혼합물은 고온 생산 후 곧바로 사용해야 하며 저장이 어려웠지만, 본 제품은 상온에서도 장기간 보관이 가능하도록 개발되었고, 이동식 아스콘 생산 설비와 함께 운용할 경우 아스콘 공장이 없는 외곽 지역에서 아스팔트 포장을 공급할 수 있다.

IR52 장영실상은 기업에서 개발한 우수 신기술 제품을 선정하고, 신제품 개발에 공헌한 연구개발자에게 연 52회(주 1회) 시상하는 국내 최고의 산업기술상입니다.

신청방법

- 신청대상: 국내에서 개발된 신제품 중에서 접수 마감일 기준 최초 판매일이 5년을 경과하지 않은 제품
- 신청방법: 온라인 신청(<http://www.ir52.com/>)
- 문의: 시상운영팀 02-3460-9119

29주

엘지전자(주)

고효율 정풍량 팬모터



안재우 연구소장, 이원용 사업실장, 조철민 책임, 강정구 선임연구원이 개발한 고효율 정풍량 팬모터는 덕트형 냉난방기 내부의 팬에 사용되는 제어기 일체형 BLDC 모터(ECM)로, 별도의 풍량 센서나 압력 센서를 사용하지 않고도 필터나 덕트가 막히는 상황에서도 풍량을 일정하게 유지되도록 설계됐다. 팬 부하와 공기압의 변화에 따라 모터 속도를 자동으로 제어하여 성능 저하 없이 안정적인 냉방 및 난방이 가능하다.

31주

삼성전자(주)

10.7기가비트퍼세컨드(Gbps) 지원 12나노(nm)급 16기가비트(Gb) 엘피디디알파이브엑스(LPDDR5X) 제품



송호영 상무, 양희갑, 김형진 수석연구원, 백진혁 책임연구원이 개발한 DRAM은 중앙처리장치(CPU)로부터 수신한 데이터를 일시적으로 저장하는 주기억장치로, 저전력 특성을 갖춘 Low Power DRAM은 스마트폰, 자율주행차, 차량용 전장 시스템, 저전력 서버 등 다양한 분야에 최적화된 메모리 솔루션으로 활용되고 있다. 또한 모바일 기기에서는 배터리 수명을, 서버 환경에서는 에너지 효율을 극대화해 고객들의 총소유비용(TCO, Total Cost of Ownership) 절감이 가능하다.

30주

(주)메디툴립

내시경용 자동봉합기



강민웅 연구소장, 문웅진, 민병훈 책임연구원이 개발한 내시경용 자동봉합기 NALS는 암 수술 시 종양과 주변 조직을 안전하게 절제하면서 건강한 조직과 장기 기능을 최대한 보존하고, 절제면 손상 없이 정확한 병리 검사가 가능한 RO Resection¹⁾을 실현할 수 있는 세계 최초의 비대칭 선형 스테이플러 기술을 갖췄다. 기존 스테이플러는 절제 마진이 좁고 조직 손상이 관찰되었으나, NALS는 절제 마진이 넓고, 조직 구조가 손상 없이 보존됨이 확인돼 그 기술력을 인정받았다.

1) RO Resection: 암 수술 후 종양이 완전히 제거된 상태

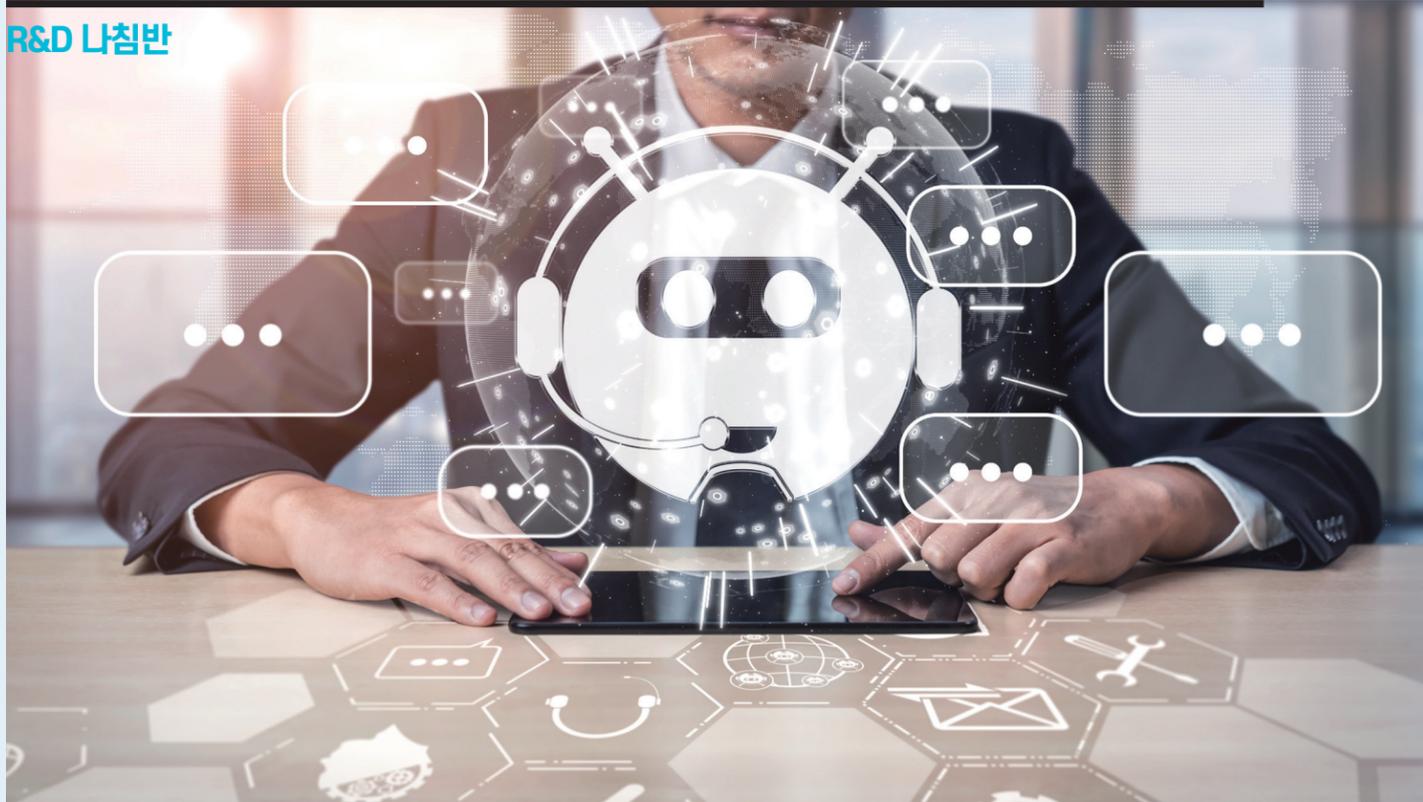
32주

(주)나무소프트

파일링박스 메가2 v2(FilingBox MEGA2 v2)



김봉찬 연구소장, 김재연 담당, 신성용 책임이 개발한 파일링박스 메가2는 PC나 서버에서 보관 중인 파일이 외부로 탈취되지 않고, 랜섬웨어에 의해서 암호화되지 않도록 데이터를 사전에 보호하는 소프트웨어이다. 스토리지 내 데이터를 원천적으로 보호하는 유일한 기술로 우리나라를 비롯한 미국, 일본, 중국, 유럽 등 주요 국가에 특허가 등록되어 전 세계 사용이 권고되고 있으며, 제품에 대한 국제 보안 심사를 통과하여 국제 CC 인증까지 획득했다.



“AI는 도구가 아닌, 당신의 동료” ...스스로 일하는 ‘AI 에이전트’ 시대

글. 류준영 머니투데이 기자

카이스트(KAIST) 과학저널리즘대학원을 졸업하고, 한양대 과학기술정책대학원 박사과정에 재학 중이다. 현재는 머니투데이에서 ICT·과학 분야와 딥테크 벤처·스타트업 분야를 취재하고 있다.

“이거 에이아이(AI) 광고야. 에이, 아이. 이름은 루이 아니고 리 아니고 뽀 뽀 뽀 자로 시작하는 말, 뽀뽀.”

지드래곤이 등장한 TV 광고의 내레이션이다. 대중의 시선을 확 사로잡은 이 광고는 얼핏 보면 ‘그까짓 거 대충 만든 광고’처럼 보이지만, 효과는 강렬했다.

광고 방영 이후 ‘뽀뽀(Wrtn)’의 하루 평균 앱 설치 수가 57%, 회원 가입 수는 44% 증가했다는 것이 제일기획의 분석이다. 브랜드 인지도는 단숨에 폭발적으로 확산됐다. 그러나 광고를 본 많은 사람들의 반응은 여전히 “근데 도대체 뽀뽀가 뭐야?”였다. 뽀뽀이라는 이름은 익숙해졌지만, 그것이 제공하는 서비스의 실체는 여전히 생소하다.

뽀뽀는 한국 스타트업 ‘뽀뽀테크놀로지스’가 개발한 생성형 AI(인공지능) 기반 글쓰기 플랫폼이다. 사용자가 간단한 지시어만 입력하면, 이를 바탕으로 뉴스 기사나 블로그 글, 마케팅 카피, 이메일 초안 등 다양한 형태의 문서를 자동 생성해준다.

R&D 나침반은 최신 과학기술의 이슈와 트렌드를 소개합니다.



그림 1 <뽀뽀 광고>

뽀뽀처럼 스스로 생각하고 글을 쓰는 기술을 이른바 ‘AI 에이전트(AI Agent)’라고 부른다. 스마트폰 ‘아이폰’ 등장 후 여러 모바일 앱(애플리케이션)이 쏟아진 것처럼, 이 역시 비슷한 새로운 패러다임이다. 다만 차원이 인간의 명령에만 반응하는 도구를 넘어, 목적만 주어지면 최적의 방법을 스스로 설계하고 실행하는 색다른 ‘디지털 동료’가 등장한 것이다.

단순히 질문에 답하는 챗봇이나 응답형 모델을 넘어, 목표를 스스로 설정하고, 계획을 세운 뒤, 그것을 실행에 옮기는 ‘행동하는 AI’가 점차 우리 삶 속으로 들어오고 있다.

AI 에이전트가 도대체 뭔데?

과거 AI는 사용자의 요청에 반응해 정

보를 찾아주고, 질문에 답하거나 요약해주는 도구로 기능했다. 구글 어시스턴트, 시리 등은 그 대표적인 예다. 그러나 최근 AI 기술은 이러한 반응형 도구를 넘어, 자율적으로 판단하고 행동하는 ‘에이전트’로 진화하고 있다.

AI 에이전트는 사용자의 요구를 단순히 처리하는 것이 아니라 ▲사용자의 상황을 인식하고(관찰) ▲수행 목표를 설정하며(계획) ▲이전 경험을 바탕으로 행동 방식을 학습하고(추론과 학습) ▲실질적인 작업을 수행하고(행동) ▲다른 사람이나 AI와 협력하는 능력(협업 능력)을 지닌다.

이러하면 사용자가 “회의 일정 잡아줘”라고 말하면, AI는 사용자의 캘린더를 조회하고, 참석자들의 일정을 확인한 뒤, 적절한 시간·장소를 제안하고, 회의



그림 2 AI 에이전트 이미지

초대장을 발송한다. 나아가 회의 내용의 요점 정리까지 담당한다. 이 모든 과정이 인간의 개입 없이 자동으로 진행된다. 우리는 더 이상 단순한 도구가 아닌 ‘행동하는 AI’와 함께 살게 된 셈이다.

AI 에이전트 경쟁에 뛰어든 빅테크

이런 AI 에이전트의 개념은 전 세계 소위 ‘빅테크’들의 전략에 빠르게 반영되고 있다. 마이크로소프트는 오피스365 전반에 걸쳐 ‘코파일럿(Copilot)’ 기능을 적용했다. 이메일 작성, 회의 요약, 문서 자동 생성, 슬라이드 제작, 데이터 분석 등 다양한 작업을 AI가 함께 수행한다. 구글은 ‘버텍스 AI 에이전트 빌더(Vertex AI Agent Builder)’를 통해 누구나 AI 에이전트를 설계하고 배포할 수 있는 환경을 제공하고 있으며, 구글 어시스턴트와 결합한 차세대 AI 도우미를 개발하고 고도화해 나가고 있다.

오픈AI는 ‘오퍼레이터(Operator)’ 기능을 통해 GPT 모델이 웹을 탐색하고, 외부 시스템과 연동해 실제 작업을 수행하도록 했다. 이제 AI는 사용자의 질의에 답하는 수준을 넘어, 복잡한 목표를 스스로 관리하고 실행할 수 있는 수준까지 도달한 것이다.

한국에서도 활발한 실험...통신·유통·의료 넘는 확장성

국내 주요 기업들도 AI 에이전트를 전략적 미래 먹거리로 삼고 적극 투자하고

있다. SK텔레콤은 AI 비서 '에이닷(A.)을 통해 개인 맞춤형 서비스, 콘텐츠 추천, 스마트홈 제어 등 일상 전반을 관리하는 AI 에이전트를 운영 중이다. 네이버는 초거대 AI '하이퍼클로바X'를 기반으로 쇼핑, 검색, 금융 등 각 분야에 맞춤형 에이전트를 도입하고 있다. LG유플러스는 콜센터 업무를 대체하는 AI 음성 응대 시스템 '익시오'를 상용화해 고객서비스의 효율을 높이고 있다.

가장 큰 변화를 예고한 산업은 커머스 분야다. 구글은 최근 AI 기반 쇼핑 에이전트를 선보였다. 만약 유튜브에서 멋진 옷을 본 소비자가 쇼핑물에 접속해 "이 영상에서 나온 옷 비슷한 거 있어?"라고 AI에게 물으면, AI가 해당 영상을 분석해 비슷한 상품을 제안한다. 이뿐만 아니라, AI는 매장 재고 확인, 할인 쿠폰 적용, 유사 상품 제안까지 이어간다. 심지어 매장에 전화해 인간 점원처럼 대화하고, 흥정까지 한다. 결제 직전, "비슷한 셔츠도 함께 사시면 추가 할인이 있어요"라고 제안하는 것까지 AI가 맡는다.

제조업과 건설업처럼 아날로그 중심의 산업에도 AI 에이전트의 물결이 퍼지고 있다. GS는 현장 안전교육 자동화 프로젝트를 실행 중이다. 기존에는 분야별 전문가가 있어야만 가능한 맞춤형 교육을 AI가 자동으로 생성하고 이수 여부도 디지털로 기록한다.

LS는 내부 시스템을 '에이전트화'하여 프롬프트 입력 없이 버튼 클릭으로 챗

GPT 기능을 활용할 수 있도록 했다. '근퇴 규정 비서', 'PPT 정리 비서', '입찰문서 요약' 등 수십 개의 비서형 에이전트를 메뉴화했다. 조달청에서는 입찰문서를 요약·배분하고, 표준 형식으로 자동 작성하는 AI 시스템을 시범 운영 중이다. 이러한 변화는 단지 편리함을 넘어, 산업 전체의 운영 방식 자체를 근본적으로 변화시키고 있다.

예술·도시·세무 못하는 게 없는 '만능 에이전트'

AI는 예술 분야에서도 인간과 협업하기 시작했다. 광주과학기술원(GIST)이 개발한 '이봄 AI 피아노'는 사용자의 감정과 대화를 바탕으로 음악을 작곡하고 실시간 연주하는 AI 예술 시스템이다.

이 시스템은 최근 미국에서 열린 '뉴스위크 AI 임팩트 서밋'에서 공개되어 전 세계 관계자들에게 깊은 인상을 남겼다. 구글의 영상 생성 AI 'Veo', 코그니전트의

뇌파 기반 AI '뉴로AI'와 함께 전시되며 감성 기술의 미래를 보여줬다.

이봄 AI는 단지 감정에 맞는 음악을 생성하는 데 그치지 않는다. 텍스트 분석을 통해 사용자의 감정과 상황을 파악하고, 대규모 언어모델(sLLM) 기반의 컨텍스트 맵핑 엔진을 통해 감성적 음악을 창조한다. 이를 통해 예술과 기술의 접점이 확장되며, AI는 창작의 주체로 떠오르고 있다.

AI 에이전트는 도시 인프라와 공공서비스 운영 방식에도 중대한 변화를 일으키고 있다. 한국전자통신연구원(ETRI)은 대구시, 대구경북과학기술원(DGIST)와 함께 '디지털 트윈 기반 상수도 관제 시스템'을 구축하고 있다. AI가 수압·유량·수질 데이터를 실시간 분석해 이상 징후를 사전 감지하고 대응 체계를 자동화하는 구조다.

이러한 시스템은 더 이상 기술 시연을 넘어, 시민이 체감할 수 있는 서비스 품



그림 3 Newsweek AI Impact Summit'에서 빅토르 라울 카스티요 만티야 박사, '이봄 AI 피아노'를 체험

질 개선으로 연결되고 있다. ETRI 관계자는 "AI 에이전트는 이제 도시의 '디지털 공무원' 구실을 하며, 수자원 관리, 안전 모니터링, 공공 위기 대응 등 다양한 분야로 확장되고 있다"고 말했다.

ETRI는 또 한국남부발전과 '전력 산업 특화 AI'를 공동 개발 중이다. 이들은 발전소 설비 상태를 예측하고, 고위험 작업을 로봇이 대신 수행할 수 있도록 AI 제어시스템을 개발하고 있다. 이를 위해 다변량 시계열 데이터 기반 예지 모델, 고정밀 로봇 제어 AI, 전력 특화 LLM(대형 언어모델)을 함께 구축 중이다. 목표는 4% 이하의 예측 오차율, 98% 이상의 작업 성공률, 전문가 수준의 질의응답이 가능한 AI를 실현하는 것이다.

세무 AI 솔루션 기업 솔로몬랩스는 최근 미국 베세머 벤처 파트너로부터 680만 달러(약 95억 원) 규모의 시드투자를 유치했다. 솔로몬랩스의 누적 투자금은 약 1,000만 달러(약 140억 원)에 달한다. 지난해 창업해 뉴욕에 본사를 둔 솔로몬랩스는 세금 신고 자동화 솔루션 '솔로몬 AI' 제공하는 AI 에이전트 기업이다. 최근 미국에서는 2019년 대비 2023년 회계사 수가 17% 감소했다. 씨피에이 트렌드라인(CPA Trendlines)에 따르면, 회계법인의 42%는 인력 부족으로 신규고객을 거절하거나 기존 고객에게 충분한 서비스를 제공하지 못한 경험이 있는 것으로 나타났다. 솔로몬랩스의 AI 에이전트는 이를 해결하기 위해 클라

이언트 문서 수집부터 데이터 추출, 신고서 작성까지 자동화하는 솔루션을 제공한다. 기존 세무 신고서 작성에 5시간 이상 걸리던 과정을 30분으로 단축해 반복적이고 수동적인 문서 작업을 AI가 대체한다. 회계법인은 추가 인력 없이도 더 많은 고객을 수용할 수 있고 고품질의 세무 컨설팅 등 고부가가치 서비스에 집중할 수 있다. 솔로몬랩스는 서비스 출시 6개월 만에 연간 반복매출(ARR) 100만 달러(약 13억 8,200만 원)를 달성했으며, 올 연말까지 300만 달러(약 41억 4,800만 원) 달성을 목표로 하고 있다. 실제 미국 고객사 중 한 곳은 솔로몬을 도입해 전년 대비 64% 더 많은 신고서를 기한 내 제출하는 등 생산성 효과를 입증했다.

기술 넘어 제도로...AI 시대, 우리 사회의 과제

정보통신정책연구원(KISDI)이 최근 발간한 보고서에 따르면, AI 에이전트는 단 순히 진화된 기술이 아니다. 그것은 인

특성	기존 AI시스템	AI에이전트
작동 방식	요청에 대한 반응으로 응답 생성	목표를 이해하고 달성하기 위한 계획 수립 및 실행
자율성	제한적, 사용자의 명시적 지시 필요	자율성 높음, 필요한 결정을 스스로 내림
범위	특정 기능이나 도메인(전문영역)에 한정됨	다양한 시스템과 애플리케이션(프로그램)에 걸쳐 작동 가능
기억	단기적, 주로(한번에 이어지는) 대화 세션 내에 유지	장기적, 사용자 선호도 학습 및 개인화
도구 사용	제한적이거나 없음	필요에 따라 다양한 도구와 API(외부 서비스나 기능을 불러오는 연결 통로)활용
학습 능력	초기 학습데이터 기반 실시간 학습 제한적	지속적 학습, 피드백을 통한 개선
상호작용	반응형, 사용자 명령 대기	능동형, 필요시 먼저 제안하거나 행동

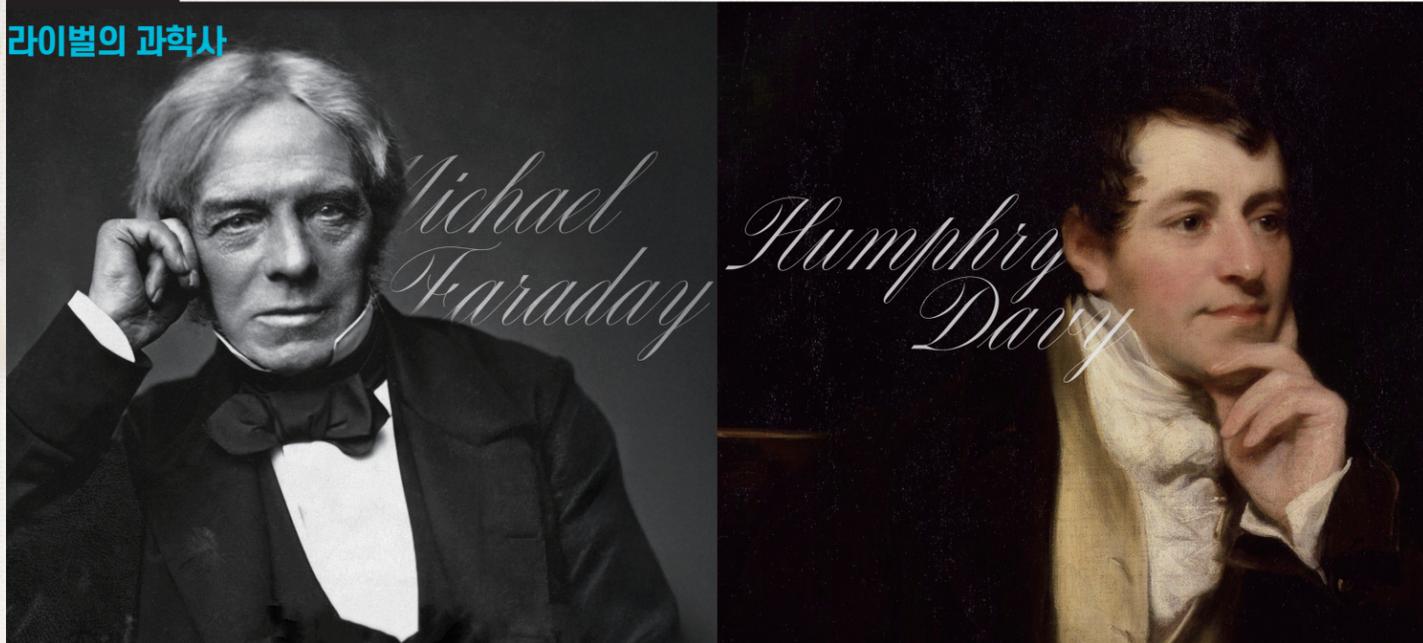
표 1 기본 AI시스템과 AI에이전트의 주요 차이점/자료=AI에이전트 트렌드&활용백과

간과 함께 협력하며, 때로는 인간의 결정을 보완하고 대체하는 새로운 존재다. 중요한 것은 기술이 어디까지 발전하느냐가 아니라, 인간이 그것을 어떻게 받아들이고 사용할 것인가다. 실제로 AI가 자율적으로 행동하고 계약을 체결하는 시대에, '누가 책임을 지는가'라는 법적 문제는 더 복잡해지고 있다. 윤성로 서울대 전기정보공학부 교수는 "AI가 개인을 대신해 판단하고 행동하는 과정에서 인간의 자율성은 약화될 수 있다"며 "나보다 나를 더 잘 아는 AI가 등장할수록, 인간은 스스로 선택에 대한 확신을 잃을 위험도 있다"고 말했다.

AI는 이제 단순한 도구가 아니라, 함께 협력하고 관계 맺어야 할 존재다. "기술의 효율성만을 추구하는 것을 넘어, 인간 중심의 사회적 설계와 윤리적 기준을 먼저 정립해야 한다. 그래야 AI는 인간의 동반자로서 새로운 미래를 함께 설계할 수 있을 것"이란 게 전문가들의 중론이다.

기술·혁신

라이벌의 과학사



제자의 불꽃, 스승의 그림자 과학사의 가장 쓸쓸한 사제지간, 패러데이와 데이비

글. 김택원 과학칼럼니스트

서울대학교에서 과학사를 전공하고 동아사이언스의 기자, 편집자로 활동했다. 현재는 동아사이언스로부터 독립한 동아에스앤씨에서 정부 출연 연구기관 및 과학 관련 공공기관의 홍보 커뮤니케이션 업무를 지휘하며, 다양한 매체에 과학 기술 관련 글을 기고하고 있다.

1826년 겨울, 런던 왕립연구소의 실험실. 빛바랜 가운데 입을 남자가 움직임 하나 없이 서 있었다. 그의 눈은 조용한 연구실을 훑었다. 영국을 대표하는 화학자 험프리 데이비(Humphry Davy) 경이다. 요양을 위해 이탈리아로 떠나기 며칠 전이었다. 만년에 얻은 뇌졸중의 후유증으로 몸은 쇠약했고, 눈의 부상은 시야를 흐릿하게 만들었다. 그의 심신은 이미 전성기의 활력을 잃었지만 정신만큼은 또렷했다.

작업대에는 한때 그가 아끼던 제자, 마이클 패러데이(Michael Faraday)가 남긴 실험장치가 덩그러니 놓여 있다. 5년 전의 사건 이후 전선과 자석, 수은이 담긴 그릇으로 이루어진 이 '전자기 회전 장치'에 패러데이는 더 이상 손을 대지 않았다. 훗날 전동기와 발전기로 발전하며 오늘날 전기문명의 토대를 마련한 업적이었지만, 스승의 날선 비난은 새로운 발견의 흥분을 차갑게 식히기에 충분했다.

제자의 대표적인 업적을 응시하는 데이비의 얼굴에는 여러 감정이 스쳐 지나갔다. 자신이 보물처럼 길러낸 제자의 빛나는 성취, 한편으로는 자신이 궤방을 놓은 젊은 천재의 업적. 데이비는 벅찬 대견함과 서늘한 질시, 그리고 곧 이별해야 한다는 쓸쓸함이 얽힌 복잡한 미소를 지었다. 당대 최고의 과학자 중 한 명으로서 오랜

라이벌의 과학사는 서로를 키운 세기의 라이벌, 과학계의 라이벌들이 서로 경쟁하며 위대한 업적을 이룬 이야기를 소개합니다.

세월 왕립학회를 이끈 그였지만 자신의 시대가 저물고 있다는 사실을, 그리고 제자가 새로운 시대를 열어젖히고 있음을 실감했다. 어쩌면 마지막이 될지 모를 제자와의 이별을 앞두고 데이비는 패러데이를 만나던 날을 문득 떠올렸다.

제본소의 소년공, 왕립학회에 가다

마이클 패러데이는 런던의 허름한 제본소에서 일하는 열여덟 살의 소년이었다. 고된 노동 속에서도 그는 세상을 향한 호기심을 잃지 않았다. 제본소는 그에게 책을 향한 유일한 창구였다. 손님들이 맡긴 책을 꿰매고 다듬는 동안, 그는 눈으로 활자를 훑었다. 특히 헌터 박사의 서재에서 가져온 왕립학회 학술지들은 그에게 특별했다. 화려한 표지와 깨끗한 종이 냄새는 빈민가의 퀴퀴한 공기와는 완전히 다른 세계를 약속하는 듯했다.

그중에서도 데이비 경의 강연 노트는 패러데이를 사로잡았다. 그는 읽는데 그치지 않고, 책에서 본 실험을 작은 종지와 철사로 재현하며 내용을 검증했다. 이는 그가 아끼는 책인 아이작 와츠(Isaac Watts)의 1809년 저서, 『마음의 개선(The Improvement of the Mind)』에서 배운 습관이었다. 그가 꼼꼼하게 기록한 실험 노트에는 이미 과학자로서의 단단한 기초가 숨 쉬고 있었다.

패러데이에게 과학은 현실을 건드리는 도피처였고, 동시에 가난을 벗어날

유일한 사다리였다. 그는 손때 묻은 작업대 위에서 잠시 고개를 들어 먼 창밖을 보았다. 좁은 골목과 연기에 뒤덮인 하늘 너머에, 자신이 가야 할 길이 있다고 믿었다.

마침내 그는 평생의 용기를 끌어모아 데이비의 강연을 직접 보기로 결심했다. 푼돈을 모아 왕립학회 강연장에 들어섰을 때, 그의 심장은 귀에 울릴 만큼 뛰고 있었다. 단상 위의 데이비는 우아하고 카리스마 넘치는 지식인이었다. 실험기구 위로 번쩍이는 불꽃, 액체가 끓어오르는 소리, 관객들의 숨죽인 기대까지, 모든 것이 패러데이의 눈에 새겨졌다.

강연이 끝난 후, 패러데이는 자신이 직접 작성한 노트를 편지와 함께 데이비

에게 건넸다. 데이비는 처음엔 열성적인 청중의 정성이라 생각했다. 그러나 몇 장을 넘기자 그는 깜짝 놀랐다. 그 안에는 단순한 필사 이상의 것이 있었다. 날카로운 관찰, 실험의 재현, 질문과 가설까지, 모두가 체계적으로 기록되어 있었다. 데이비는 마치 흙 속에서 보석을 발견한 듯 기뻐하며 이 젊은이를 자신의 연구실로 초대했다. 제본소의 소년공은 이제 과학의 심장부, 왕립학회의 연구실에서 있었다. 데이비는 패러데이를 과학자로서 새로운 삶으로 인도한 스승이었다.

신분을 넘어선 왕립학회의 명콤비

데이비의 연구실에서 패러데이는 누구

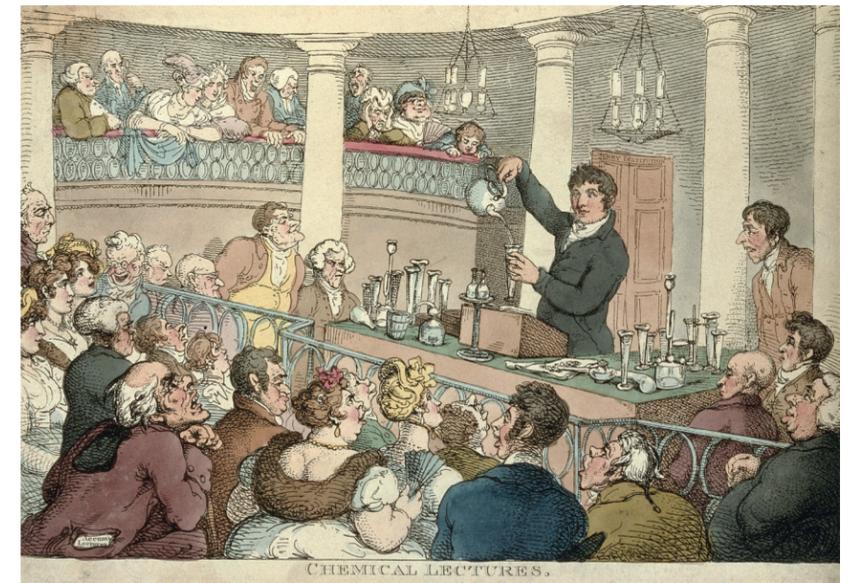


그림 1 19세기 런던, 왕립연구소의 화학 강연과 열광하는 청중. 과학은 이 시대에 이미 대중의 눈앞에서 펼쳐지는 '공연'이었다. 패러데이도 이런 자리에 앉아 스승 데이비의 실험을 처음 마주했을 것이다.
<© Wellcome Collection gallery>

보다 성실하고 빠르게 성장했다. 패러데이의 실험실의 업무를 능숙하게 처리했을 뿐 아니라 마치 스승의 생각을 읽은 것처럼 필요한 때에 필요한 것을 준비했다. 데이비는 자신의 선택이 틀리지 않았음을 확신하며 종종 “내 최고의 발견은 패러데이”라고 이야기하곤 했다.

이 이상적인 콤비는 곧 과학계의 영웅으로 떠올랐다. 1815년 데이비가 만든 광산 안전등(Miner's Safety Lamp)이 제기였다. 당시 영국의 석탄 광산에서는 가스 폭발로 인한 희생이 많았다. 어두운 갱도에서 시야를 밝혀주는 등불이 벽과 바닥에서 스며나온 메탄가스를 폭발시키곤 했던 것이다. 데이비는 불꽃이 번지지 못하게 막으면서도 산소를 원활히 공급하도록 얇은 금속 망으로 불꽃을 감쌌다. 이 단순한 아이디어로 광산의 사고는 극적으로 줄어들었다. 대외적으로는 광산 안전등은 데이비의 업적으로 남았지만 당시 두 사람의 관계를 고려하면 패러데이가 중요한 조력자였음은 두말할 나위도 없다.

이 무렵 패러데이와 데이비의 관계는 스승과 제자보다 연구 파트너에 더 가까웠다. 1813년 데이비는 패러데이를 대동하고 유럽 과학계를 순회했다. 이 여행에서 패러데이는 유럽 각지의 내로라하는 물리학자들을 상대로 데이비의 조수 이상의 역할을 수행했다. 패러데이는 프랑스에서 앙드레마리 앙페르(André-Marie Ampère)를 만났을 때 통역을 담

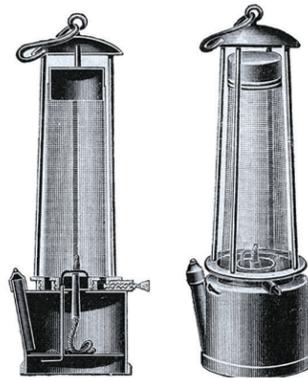


그림 2 1815년, 데이비가 발명한 광산 안전등. 단순한 구조였지만 수많은 광부의 목숨을 구한 혁신이었다. 이 발명으로 데이비와 패러데이는 당대 과학계의 스타로 떠올랐다

당하는가 하면, 스위스 제네바에서는 루시앙 드 라 리브(Lucien de la Rive)를 상대로 토론을 벌이기도 했다. 패러데이는 대화에서 종종 데이비를 뛰어넘는 통찰을 보이곤 했다.

그러나 이 화려한 여정의 한편에서는 보이지 않는 균열이 자라기 시작했다. 여행 동안 데이비의 부인과 패러데이 사이에는 미묘한 갈등이 있었다. 패러데이의 출신에 개의치 않고 재능을 인정한 데이비와 달리, 부인인 제인 에이프리스는 전형적인 잉글랜드 상류층 여성이었다. 제인이 보기에 노동계급 출신인 패러데이는 남편과 동등한 동료는 물론, 조수도 될 수 없었다. 여행 내내 제인은 패러데이를 하인처럼 대했다. 마차의 마부석에 앉히거나 식사 자리에서 제외하는 식이었다. 정작 이를 만류해야 할 데이비는 부인의 행동을 적극적으로 제지하

지 않았다. 귀족인 데이비의 관점에서는 제인의 행동이 딱히 흠결이라고 생각하지 않았기 때문일 것이다.

1813년 데이비가 염소 실험 중 입은 부상으로 눈을 다치자 두 사람의 관계는 한층 묘해졌다. 시력을 서서히 잃어가는 데이비에게는 패러데이의 도움이 절실했다. 시야가 흐려진 그는 패러데이를 ‘자신의 손발’일 뿐 아니라, 말 그대로 ‘자신의 눈’으로 의지했다. 스승이 제자에게 기대는 이 불가피한 상황은, 데이비가 패러데이에 대해 과도한 질서와 열등감을 느끼게 했다.

제자의 성장, 스승의 자존심

데이비의 불안감은 시간이 지날수록 점차 또렷한 형태를 띠어갔다. 1821년, 패러데이가 전자기 회전 실험에 성공했을 때 데이비는 이 업적을 기꺼이 축하하지 못했다. 패러데이의 실험은 영국의 화학자인 윌리엄 하이드 윌러스톤(William Hyde Wollaston)이 시도했지만 실패한 실험의 연장선에 있었는데, 데이비는 패러데이의 성과를 깎아내리기 위해 윌러스톤의 아이디어를 도용했다고 비난했다. 이 사건은 두 사람의 관계에 처음으로 깊은 금을 낸 상징적인 순간이었다. 패러데이는 이 사건 이후 스승이 세상을 떠날 때까지 전자기학 연구를 더 이상 하지 않았다.

1823년에는 한층 더 첨예한 갈등이 불거졌다. 패러데이가 염소를 액화하는

데 성공하자 데이비가 이 성과를 깎아내리고 나선 것이다. 데이비는 염소와 관련된 업적은 최초 발견자의 업적에 종속된다며 ‘정통성’을 문제삼고 나섰다. 다소 치졸해 보일 수 있는 반박이었지만 데이비에게도 나름 사정이 있었다. 데이비는 염소가 원소임을 입증하고 이름을 붙인 장본인이었다. 염소는 화학자로서 자신의 업적을 상징하는 존재였던 셈이다. 그런데 제자가 염소에 대해 모두가 주목할 성과를 냈으니, 자신의 업적이 침범당했다는 경계심을 느낄만도 했다.

결정적인 장면은 1824년 왕립학회 회원 선출 투표에서 벌어졌다. 그간 세계적인 과학자로 당당하게 성장한 패러데이의 입회는 누구도 의심하지 않는 당연한 수순이었다. 그러나 데이비는 패러데이의 입회에 대한 반대 의견을 암암리에 드러내곤 했다. 투표 결과 모두의 예상대로 패러데이는 정식 회원으로 받아들여졌지만 얼마 없는 반대표 중 하나가 데이비의 것이라는 점은 누구나 짐작할 수 있었다. 패러데이는 데이비의 선택에 대해 공개적으로 묻지도, 비난하지도 않았다. 그는 스승과의 관계를 더 이상 악화시키고 싶지 않았지만 반대표는 데이비의 감정이 돌이킬 수 없는 지점에 이르렀음을 보여줬다. 데이비가 불안과 질투에서 해방되고 제자의 성취를 온전히 마주한 것은 그가 죽음을 예감하고 나서, 제자와의 마지막 이별을 준비할 즈음이었다.

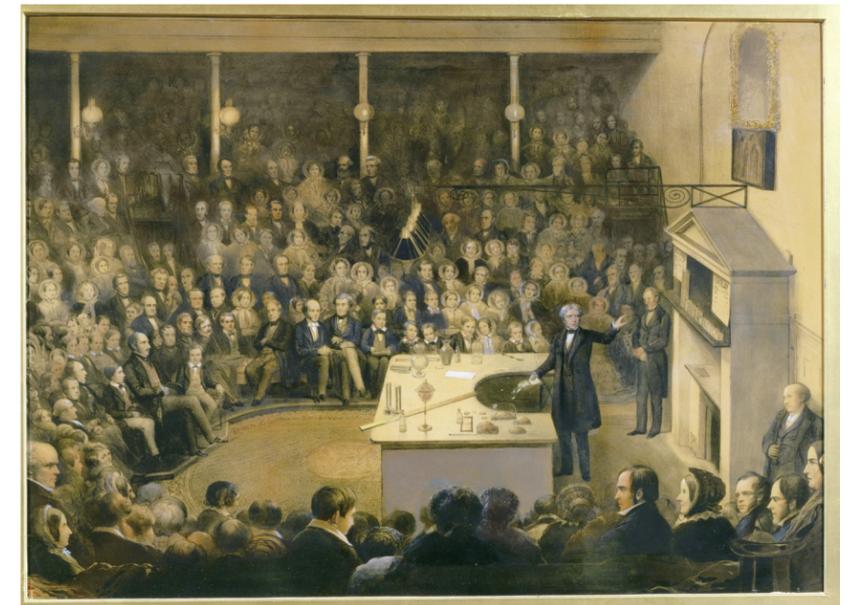


그림 3 패러데이의 크리스마스 강연 장면. 제본소 소년이었던 그가 이제는 과학을 대중에게 전하는 ‘빛’이 되었다. 한 시대를 이끈 스승 데이비의 자리를 이어받아, 그는 지식의 불씨를 다음 세대에 건네주고 있었다.

데이비가 생애 마지막 여행을 앞두고 제자와 시간을 보낸 몇 해 뒤 12월, 왕립학회의 실험실에는 한 줄기의 촛불이 깜박이고 있었다. 이제는 과학계의 거장으로 성장한 패러데이가 크리스마스 강연의 리허설을 준비하면서 켜 둔 촛불이다. 패러데이는 들뜬 마음으로 강연을 준비하다가 원고를 넘기던 손길을 문득 멈췄다. 손끝에 묻은 양초의 따뜻한 온기와 은은한 향이 오래전 강연장에서 처음 보았던 데이비의 모습을 떠올리게 한 것이다.

아마 패러데이는 자신에게서 스승의 흔적을 발견했을 것이다. 우아한 손짓, 실험을 향한 집중, 청중을 사로잡는 화법 모두 데이비에게서 배운 것이었다.

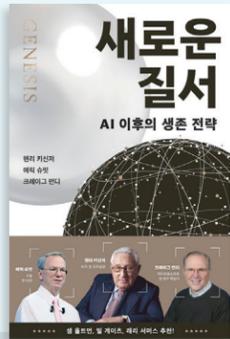
그 유명한 ‘패러데이의 양초’는 한낱 강연 소품이 아니었다. 가난한 제본소 소년 꿈꾸던 빛이었고, 스승이 건넨 지식의 불씨였다. 그리고 이제 그 불씨는 패러데이의 손을 거쳐 다음 세대에게 전해질 준비를 하고 있었다.

문밖에서 강연 시작을 알리는 목소리가 들렸다. 패러데이는 조용히 양초를 들어 올렸다. 양초는 패러데이와 함께 강연장으로 향한다. 스승이 그러했듯 그곳에서 패러데이는 또 다른 젊은 세대, 계급의 벽을 넘어서서 지식을 탐구하려는 이들에게 희망을 불어넣을 것이다. 스승과 제자의 길은 갈라졌지만 빛은 여전히 같은 방향을 가리키고 있었다. **기술·혁신**

북&시네마

새로운 질서

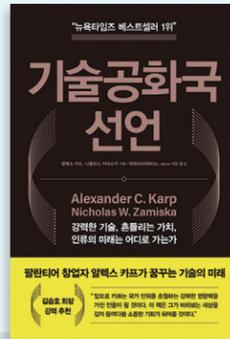
지은이: 헨리 키신저, 에릭 슈미트, 크레이그 먼디 / 역자: 이현 / 출판사: 윙북



전설적인 외교가 헨리 키신저의 유작이자, 구글 전 CEO 에릭 슈미트, 마이크로소프트 전 연구 책임자 크레이그 먼디가 함께 쓴 AI 시대의 필독 전략서. 『새로운 질서』는 AI시대의 근본적인 질문에서부터 AI가 인간의 현실 인식, 정치, 안보 등 사회 전반에 미칠 영향을 심도 있게 분석한다. 단 하나의 AI가 절대 권력을 쥐는 암울한 미래부터, 인류가 AI와 공존하며 진화하는 시나리오, 그리고 우리가 마주할 다양한 가능성을 생생하게 그려낸다.

기술공화국 선언

지은이: 알렉스 C. 카프니콜라스 W. 자미스카 / 역자: 빅데이터닥터 / 출판사: 지식노마드



과거 국방과 공공의 이익을 위해 움직이던 실리콘밸리가, 이제는 광고 알고리즘 같은 소비자 제품에만 몰두하며 더 나은 미래를 향한 야망을 잃었다고 지적한다. 저자는 기술이 더 이상 단순한 편의의 도구가 아닌, 국가의 운명과 민주주의를 지키는 핵심 전략 자산이 되었음을 강조하고 기술 산업이 국가와 공동체에 대한 책임을 다해야 한다고 역설한다.

아버지의 그림자를 넘어 우주의 진실을 마주한 한 남자. 그 여정은 인류의 구원인가, 자기 파멸인가? 제임스 그레이 감독이 선보이는 SF 대작으로, 브래드 피트가 주연을 맡아 깊이 있는 연기를 선보인다. 광활한 우주에서 펼쳐지는 한 인간의 내면 탐사를 통해 존재의 근원에 대한 묵직한 질문을 던진다.

애드 아스트라 (Ad Astra)

감독: 제임스 그레이 / 주요 출연진: 브래드 피트, 토미 리 존스, 리브 타이러
장르: SF, 드라마

<잃어버린 도시>의 제임스 그레이 감독이 연출하고 브래드 피트가 주연을 맡은 SF 영화. 인류를 위협하는 재앙의 원인이 수십 년 전 실종된 아버지에게 있음을 알게 된 우주비행사 '로이 맥브라이드'. 아버지를 찾아 태양계 끝으로 향하는 위험한 임무를 맡게 된다. 광활한 우주를 배경으로 펼쳐지는 이 여정은, 아버지와 아들의 관계, 인간의 고독, 그리고 우주 속 인류의 위치에 대한 근본적인 질문을 탐구하며 깊은 울림을 선사한다.



KOITA 오피니언 리더그룹



대한민국 산업계를 이끄는 **300명**의
오피니언 리더를 모십니다

추진 목적



KOITA 오피니언 리더그룹은 산업기술 발전과 혁신성장을 위한 산업계 선도기업 네트워크입니다

- 우리나라를 선도하는 기업의 대표이사, CTO 등 전문가분들의 식견과 경험을 모아 시대적 과제에 대한 해법을 모색하고 산업계 중심의 정책대안을 제시하고자 합니다.
- 글로벌 기술패권 경쟁이 심화하고 대내외 불확실성이 증대되는 시대적 위기 속에서 기술혁신의 주역인 산업계 현장의 목소리를 보다 체계적으로 모으고자 합니다.

주요 활동



대내·외 산업계 이슈 대응

- 보호무역주의 심화, 미중 무역갈등과 같은 국가적 위기 상황에서 산업계의 대응방안을 함께 모색하고자 합니다.

산업현장 중심의 정책건의

- 대정부 정책건의 추진에 산업현장의 목소리를 적극 반영하겠습니다.

산업계 현안에 대한 현장의견 수렴

- 정부의 과학기술 정책수립 및 기업의 R&D 전략 도출에 오피니언 리더분들의 목소리를 적극적으로 담겠습니다.

위 활동은, 오피니언 리더분들을 대상으로 산업계 현안 및 이슈에 대해 연간 3~4회 설문조사를 추진하는 방식으로 진행됩니다.

참여 혜택



산업현장의 풍부한 경험과 식견을 보유한 산업계 국가대표 300명의 참여를 기다립니다.

- 대정부 정책건의 및 설문조사 결과에 대한 사전 공유 및 피드백
- 산업기술혁신연구원(KITI) 발간물(보고서, 이슈브리프 등) 개별 송부(E-mail)
- 산기협 조찬세미나, 포럼 등 협회 주요 행사 초대
- 산기협 홈페이지 내 참여기업 게재 및 홍보

※ 추진 상황에 따라 참여규모 및 혜택은 변경될 수 있습니다.

문의

- 한국산업기술진흥협회 산업기술혁신연구원
- 김진석 전임연구원
- (TEL) 02-3460-9035, (E-mail) js.kim@koita.or.kr

제31회 KOITA 기술경영인 하계포럼

2025. 7. 2.(수) - 7. 5.(토)

환영합니다!



제31회 koita 기술경영인 하계포럼

글로벌 혼돈 속 K-TECH가 길을 밝히다

본회는 7월 2일(수)부터 5일(토)까지 3박 4일간 제주 롯데호텔에서 'K-TECH가 길을 밝히다'라는 주제로 '제31회 KOITA 기술경영인 하계포럼'을 개최했다. 이번 행사에는 기술경영인과 그 가족 500여 명이 참가했다.



구자균 회장은 개회사를 통해 “지속되는 국제 분쟁으로 공급망과 안보 환경이 크게 흔들리고 있으며, 시의 비약적인 진보와 기후 위기는 기술을 중심으로 한 글로벌 시스템 재편을 가속화하고 있다”고 진단했다. 이어 “미국, 중국, EU 등 각국이 기술 주도권 전쟁에 본격적으로 뛰어들어 격동의 시대에서 우리 산업의 방향을 밝혀줄 해답은 기술에 있다.”고 강조했다.

기조 강연자로 초대된 서울대학교 유희림 총장을 위시한 모든 연사, 그리고 31회를 맞이한 하계포럼 행사가 중요한 교류의 장으로 성장할 수 있도록 성원을 보내 준 회원사 임직원과 그 가족에게도 감사의 인사를 전했다.

이어 강연의 포문을 연 ‘기술패권시대, 우리의 도전’이라는 주제의 기조강연은 뜨거운 관심을 받았다. 경영·Tech, 문화, 인문, 가족 강좌로 나누어 4일간 진행된 국내 최고 전문가들의 릴레이 강연 또한 ‘31주년에 걸맞은 깊이 있는 강연과 교류의 장’이라는 찬사와 함께 참가자로부터 열띤 호응을 받았다. 이번 포럼 중 경영·Tech 강좌를 중심으로 주요 강연 내용을 소개한다. **기술·혁신**

2025년 산기협 제2회 이사회

일자 : 2025년 7월 3일(목) 장소 : 롯데호텔 제주 빌딩 koita



기술패권시대, 우리의 도전

발표. 유홍림 서울대학교 총장

한국 경제가 구조적 저성장 국면에 진입하면서, 과거의 성공을 이끌었던 '추격형' 혁신 모델이 한계에 부딪혔다. 단순한 위기 진단을 넘어, 대학이 직접 '선도형' 혁신 생태계의 허브가 되어 국가적 난제를 해결하고 미래 성장을 이끌어가는 새로운 길을 모색한다.



한국 경제가 4분기 연속 0%대 성장률을 기록하고 장기 성장이 5년마다 1%p씩 하락하는 등 명백한 구조적 저성장 국면에 진입했다. 이러한 현상의 핵심 원인으로 숨피터가 말한 '창조적 파괴'의 엔진이 멈춘 것을 지목했다. 지난 10년간 국내 15대 기업 중 새로 진입한 기업이 단 두 곳에 불과한 현실은, 절반 가까이 물갈이되는 미국과 극명한 대조를 이룬다. 이는 단순한 성장 둔화를 넘어 국가의 혁신 동력이 심각하게 정체되어 있음을 의미한다. 이러한 내부적 위기는 반도체 과학법을 통해 엄청난 비용을 쏟아붓는 미국과 중국의 전방위적 기술 패권 경쟁 속에서 더욱 심각한 문제로 부상한다.

과거 한국의 성공 공식이었던 '추격형(Catch-up)' 혁신 구조는 더 이상 성공할 수 없다. 정부 R&D의 성공률이 98%에 달하는 기이한 현실은, 실패를 용납하지 않고 도전적인 과제를 기피하는 보수적인 연구 문화가 고착화되었음을 보여준다. 이 때문에 한국의 우수한 연구 성과가 해외 기업에 넘어가 부가 가치를 창출하는 상황이 반복되고, 최고의 인재들은 더 나은 연구 환경과 자율성을 찾아 해외로 떠나는 두뇌 유출 문제까지 심화되고 있다.

이러한 총체적 난국을 타개할 해법으로, 총장은 국가와 함께 발전해온 서울대학교가 선도적으로 수행해야 할 5대 미션을 제시했다. 첫째, '프론티어를 여는 도전적 연구'를 수행한다. 이는 단순히 논문을 쓰는 것을 넘어 '미래를 설계하는' 역할을 의미한다. 실제로 서울대 연구진은 세계 최초로 mRNA 백신의 작동 메커니즘을 규명했다.

둘째, '미래를 개척할 창의 인재'를 양성한다. 지식의 총량이 폭발적으로 증가하는 시대에 더 이상 지식 전달 교육은 유효하지 않다. 이에 창의력, 비판적 사고, 소통, 협업이라는 4대 핵심 역량을 중심으로 교육의 틀을 바꾸고 있다. 모든 신입생이 공통 핵심 역량을 기르는 '학부대학'과 다학제 융합 교육을 위한 '첨단융합학부' 설립이 그 구체적인 실천이다.

셋째, '국가 임무 중심의 연구'를 선도한다. AI, 양자, 바이오, 2차 전지 등 국가 전략 기술 분야의 대형 연구 플랫폼을 구축하여 국가적 임무를 직접 수행한다. 넷째, '국가적 스케일업 허브'를 구축한다. 3조 7천억 원 규모의 투자가 이루어질 시흥 캠퍼스를 바이오 및 무인자동차 클러스터로, 평창과 수원 캠퍼스를 각각 그린 바이오와 벤처 창업의 거점으로 삼아 대학의 인프라가 곧 국가의 산업 인프라가 되도록 한다.

마지막으로, '딥테크(Deep-tech) 창업 생태계'를 조성한다. 서울대 기술지주회사를 통해 AI 반도체 유니콘 '리벨리온'과 같은 고난도 기술 기반의 창업을 적극 지원하며, 기초과학이 거대 산업으로 성장하는 선순환 구조를 만들어야 한다.

이 모든 도전이 대학 혼자만의 힘으로는 불가능하다. 대학은 상아탑에서 벗어나 산업계와 지식을 공유하는 개방형 플랫폼이 되어야 하고, 산업계 또한 교육에 직접 참여하며 인재를 함께 길러내야 한다. 결국 대한민국의 미래는 대학과 기업이 함께 혁신 생태계를 책임지는 강력한 '연대'에 달려있다. **기술·혁신**

AI 기반 디지털트랜스포메이션

발표. 유병준 서울대학교 교수

AI를 기반으로 한 디지털 트랜스포메이션(AI)은 더 이상 구호가 아닌, 기업의 생존을 결정하는 핵심 과제로 부상했다. 과거 BPR에서부터 현재의 플랫폼 비즈니스 모델에 이르기까지, 기술 변화의 흐름 속에서 기업이 갖춰야 할 운영 방식과 새로운 시대의 경영 전략을 진단한다.



먼저 현 정부가 노동 시간 단축과 경제 성장을 동시에 달성할 해법으로 'AX(AI Transformation)'를 제시한 상황에 주목해야 한다. 이는 현재 기업들에게는 AI를 통한 실질적인 생산성 향상이 더 이상 선택이 아닌 생존의 필수 과제가 되었음을 의미한다.

오늘날의 AX는 1990년대의 '경영 프로세스 재설계(BPR)'에 뿌리를 두고 있다. 과거 기업들은 재무, 생산, 마케팅 등 기능별로 나뉜 부서의 사일로로 효과 때문에 엄청난 조정 비용을 낭비했다. 이를 해결한 것이 바로 ERP 시스템이다. 삼성전자와 포스코의 성공은 흔히 전략의 승리로 평가받지만, 전 세계에서 가장 뛰어난 ERP 시스템을 구축하여 정보를 통합하고 이를 기반으로 유연한 생산 체계를 만든 것이 성공의 진정한 핵심이다. 오늘날의 AX는 이러한 BPR의 정신 위에, 과거와 비교할 수 없는 컴퓨팅 파워와 '플랫폼 비즈니스 모델'이라는 강력한 무기가 결합된 형태이다. 과거에는 기업들이 혁신 제안을 듣고 실행 여부를 고민했지만, 이제는 플랫폼 기업의 파괴력을 목격하며 '하지 않으면 망한다'는 위기감 속에서 방법을 묻는다는 점에서 근본적인 태도의 변화가 일어났다.

이 변화의 중심에는 기존 산업의 법칙을 파괴하는 플랫폼 기업이 존재한다. 플랫폼의 힘이 소비자의 선택을 사실상 지배하고(검색 결과 상위 3개가 구매의 80%를 결정), 공급자를 종속시키며, 다른 산업으로 손쉽게 확장하는 '일방향성'에 있다고 분석했다. 테슬라가 미완성 상태의 차를 출시하고 소프트웨어 업데이트로 문제를 해결하는 방식, 아마존이 신규 서비스의 50% 실패를 감수하며 시장에서 실험하는 방식, 그리고 네이버가 3일

만에 주요 의사결정을 내리는 속도는 전통적인 제조업의 문법과는 완전히 다르다. 이들의 핵심은 IT 기능을 비용으로 보고 외주를 주는 것이 아니라, 조직의 핵심 역량으로 내재화하여 시장 변화에 기민하게 대응한다.

세탁 산업으로 본 AI

이러한 플랫폼의 힘과 AI 기술이 결합하여 산업의 미래를 어떻게 바꿀 수 있는지 의류 산업을 예로 들어 살펴볼 수 있다. 미래의 AI 세탁기는 옷의 재질을 파악해 세탁법을 결정하고, 세제가 떨어지면 자동으로 주문하며, 옷에 내장된 RFID 칩을 통해 세탁 횟수와 착용 빈도를 추적한다. 이 데이터는 네트워크를 통해 제조사와 리테일 기업에 전달되어, 고객이 새 옷을 구매할 시점에 맞춰 최적의 광고를 제공하는 거대한 '데이터 생태계'를 구축한다. 이것이 단순한 상상이 아니라 중국과 독일의 밀레 등 글로벌 가전 기업들이 이미 추진하고 있는 현실적인 목표이다.

한국 기업들이 기술 개발에만 몰두할 뿐, 가장 중요한 '경영 전략'을 놓치고 있다. 이것은 기술의 문제가 아닌 명백한 전략의 부재이며, 이러한 상황이 지속된다면 시장 점유율 상실과 도태는 정해진 수순이다. 따라서 이제 모든 기업은 자신의 사업 영역에서 데이터를 어떻게 활용하고, 고객을 어떻게 우리 생태계에 묶어둘 것인지에 대한 근본적인 전략을 시급히 재정립할 필요가 있다. **기술·혁신**

TREND INSIGHT: 2025년 트렌드 이슈와 새로운 기회

발표. 김용섭 날카로운상상력연구소 소장

현대 사회의 소비자는 예측 불가능한 방향으로 움직이며 새로운 라이프스타일을 만들어내고 있다. 단편적인 유행을 좇는 것을 넘어, '조용함'과 '자기 관리', '공간' 등 사회 저변의 가치관 변화를 주도하는 거대한 흐름의 의미를 짚어본다.



트렌드란 멀리 있는 것이 아니라 바로 우리 주변의 변화이며, 이를 제대로 관찰하는 것이 비즈니스와 삶의 방향을 설정하는 데 중요하다. 가장 주목할 거대한 흐름은 '조용함'으로의 전환이다. 이는 여러 차원에서 나타난다. 과거의 요란한 단체 관광은 자신만의 의미를 찾는 조용한 여행으로 대체되었고, 평생 직장이 사라진 시대에는 '조용한 사직'과 수시 채용이 당연해졌다. 공동 주거 환경의 소음 공해에 지친 현대인들은 이제 돈을 내고 '침묵 카페'나 '침묵 식당'에 가서 고요함을 적극적으로 소비한다. 부의 과시법 역시 '뉴머니(신흥 부자)'의 과시적 소비에서 '올드머니(전통 부자)'의 미학으로 바뀌었다. 로고가 크게 박힌 명품 대신, 아는 사람만 알아보는 '조용한 럭셔리'가 각광받으며 복제품이 아닌 '원본'으로서의 가치를 지닌 예술 작품에 대한 2030세대의 관심으로 이어지고 있다. 더 나아가, IT 산업을 내향적 리더들이 주도하면서 '내향성 경제'가 부상했고, 젊은 세대는 단체 술자리보다 혼자 즐기는 활동을 선호하며 새로운 소비 문화를 만들고 있다.

런닝과 욕망의 전환

운동과 집은 새로운 시대의 지위를 보여주는 상징이 되었다. 이제 운동은 건강을 넘어, 얼마나 세련되게 자신을 관리하는지를 보여주는 미적 활동이 되었다. 특히 '달리기'는 기록 경쟁이 아니라 SNS에 올리는 멋진 스타일과 '러닝 챌린지' 같은 특별한 경험을 위한 행위로 소비되며 관련 패션 및 용품 시장을 키우고 있다. 또한 위고비 같은 비만 치료제의 등장은 다이어트의 고통

을 덜어주면서, 일상적인 운동의 중요성을 더욱 부각시키는 계기가 되었다. 부의 과시 역시 자동차나 명품 가방에서 집 내부로 옮겨왔다. 수천만 원짜리 디자이너 의자와 고급 인테리어에 대한 투자는, 남에게 보여주기보다 자신의 공간과 삶의 질을 높이는 데 가치를 두는 방향으로 욕망이 전환되고 있음을 보여준다.

AI시대가 만든 사회적 가치관

기술 발전은 우리 삶의 근간인 음식과 일의 미래를 재편하고 있다. 기후 변화로 코코아, 커피 같은 식재료 가격이 폭등하자, 세포 배양 기술이나 대체 원료로 이를 만드는 '푸드테크'가 현실적인 대안이자 유망 산업으로 떠올랐다. 인공지능(AI)은 일의 풍경을 근본적으로 바꾸고 있다. AI 도구를 활용해 혼자서도 거대 사업을 운영하는 '솔로프레너'가 등장했으며, 기술이 고도화될수록 오히려 기계가 대체 못 하는 창의력이나 소통 능력 같은 '소프트 스킬'의 가치는 더욱 중요해지고 있다. 과거 핸디캡으로 여겨졌던 신경다양성(ADHD 등)마저도 AI의 보조를 통해 그들의 독창성을 발휘할 기회로 재평가받고 있으며, 이는 창업을 꿈꾸는 Z세대의 성향과도 맞물려 새로운 가능성을 열고 있다.

이러한 트렌드들은 우리 사회의 가치관이 외적인 과시에서 내면의 만족으로, 획일화된 성공에서 개인의 고유한 가치로 이동하고 있음을 명확히 보여준다. 기술이 발전할수록 역설적으로 인간다운 삶과 창의성이 무엇인지에 대한 고민이 깊어지는 시대가 온 것이며, 이러한 변화의 흐름을 읽는 것이 곧 새로운 기회를 포착하는 길이 될 것이다. **[기술·혁신]**

리더와 조직문화에 대한 어떤 생각

발표. 박웅현 TBWA KOREA 소장

많은 기업이 수평적이고 창의적인 조직 문화를 외치지만, 구호만으로는 구성원의 마음을 움직이기 어렵다. 리더의 진정성 있는 태도가 조직의 분위기를 어떻게 바꾸고, 평범한 사람들을 통해 비범한 성과를 만들어내는 문화의 실질적인 구축 방안을 모색해본다.



리더란 본질적으로 외롭고 힘든 자리라고 정의했다. 불확실한 상황에서 무거운 판단을 내려야 하는 존재이기 때문이다. 비틀스의 'Let It Be'를 '흐르는 대로'라고 해석할 수 있듯이 통제할 수 없는 변수에 좌절하기보다 시대의 흐름에 맞춰 유연하게 대처하는 자세가 중요하다. 또한 리더는 자신의 역할을 무거운 짐으로 여길지, 모두가 선망하는 자리로 여길지 선택할 수 있다.

소규모 팀의 '셀장' 시절에는 단 3명의 팀원이 자신과 일하는 것을 즐겁게 만드는 것을 목표로 삼았다. '팀장'이 되어서는 비효율적인 회의 문화를 개선하고 '10시 3분은 10시가 아니다'와 같은 원칙을 세워 불필요한 야근을 없앴고, 그의 팀은 '사립학교 같다'는 긍정적인 평가를 받았다. 더 높은 리더가 되어서는 팀원들이 낸 아이디어를 지키기 위해 상사와 부딪히는 '싸움닭'의 역할을 자처했다. 이는 팀원들의 노력이 헛되지 않을 것이라는 신뢰를 구축하고, 그들의 자발적인 아이디어 제안을 이끌어내기 위한 필수적인 과정이었다.

이 경험을 바탕으로 설립한 '조직문화 연구소'의 핵심 철학은 '모든 직원은 고객이다'라는 문장으로 요약된다. 직원은 관리의 대상이 아니라, 회사의 철학을 이해하고 공감하여 자발적으로 퍼뜨려야 할 가장 중요한 고객이라는 것이다. SNS 시대에는 직원이 내부에서 겪는 부정적 경험 하나가 100억 원짜리 광고 효과를 무너뜨릴 수 있다. 따라서 조직 문화의 목표는 구성원들의 머리가 아닌 가슴을 향해야 하며, 규칙이 아닌 분위기를 바꿔 그들이 회사의 진정한 팬이 되도록 만들어야 한다.

가령 LG전자 디자인 센터에서는 디자이너들이 스스로를 하

청업체 직원처럼 느끼며 무력감에 빠져 있었다. 여기에 '생각을 현실로 만드는 사람'이라는 가치를 부여하여 일의 의미를 되찾아 주었다. 또한, LG전자의 딱딱한 행동 강령은 "꼭 막힌 소통은 LG전자 손상의 원인이 됩니다"와 같이 재치 있는 카피로 '문화화'하여 구성원들의 마음에 와닿게 만들었다. SK디스커버리의 경직된 분기 포럼은, 직원들이 직접 무대에 올라 자신의 진솔한 이야기를 나누는 TED 강연 형식으로 탈바꿈시켰다. 이를 통해 딱딱하던 행사는 동료애와 신뢰를 확인하는 축제가 되었다.

리더의 역할은 평범한 사람들이 모여 비범한 결과를 만들도록 돕는 것이라는 피터 드러커의 말처럼, 환경을 조성하는 데 있다. 그는 톨스토이의 말을 인용하며 사람은 강물과 같아 좋은 상태와 나쁜 상태가 있을 뿐이다 따라서 리더는 사람 자체를 바꾸려 하기보다, 그들이 긍정적인 상태에 머물 수 있도록 '분위기'와 '물살'을 바꿔주는 역할을 해야 한다. 지식은 AI를 이길 수 없지만, 경험에서 우리나라는 '지혜'를 나누는 것이 이 시대 리더의 진정한 소임일 것이다. **[기술·혁신]**

사람을 위한 공간, 로봇으로 다시 짓다

발표. 김준수 베어로보틱스 대표

서비스 로봇 시장이 본격적으로 열리면서 수많은 기업이 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 단순한 하드웨어 경쟁을 넘어, 분산형 제어 같은 핵심 소프트웨어 기술과 서비스 운영, 인프라 문제 등 보이지 않는 영역에서 승패를 가르는 진짜 경쟁력의 조건을 살펴본다.



로봇의 핵심 경쟁력은 하드웨어가 아닌 소프트웨어에 있다. 수많은 로봇이 아이들이 뛰어다니는 식당처럼 예측 불가능한 공간에서 안전하게 임무를 수행하기 위해서는 고도의 소프트웨어 기술이 필수적이다. 베어로보틱스의 가장 큰 기술적 차별점은 중앙 서버 없이 로봇끼리 직접 통신하며 자율적으로 움직이는 '분산형 멀티 로봇 제어 기술'이다. 이는 네트워크가 끊겨도 로봇 전체가 멈추는 서버 기반 시스템의 한계를 극복한 것으로, 경쟁사들이 쉽게 모방하지 못하는 핵심 역량이다. 또한 클라우드 기반의 원격 관제 시스템을 통해 30분 만에 로봇 세팅을 마치고 전 세계의 로봇을 관리하며 글로벌 프랜차이즈에 대응하고 있다.

스타트업이 '메이드 인 코리아'로 고품질의 하드웨어를 양산하고 글로벌 공급망을 관리하는 것은 상상 이상의 어려움이 따르는 일이다. 또한 구독형 서비스 모델인 'RaaS(Robot as a Service)'는 단순히 로봇을 빌려주는 것을 넘어 고장 수리, 원격 지원, 계약이 끝난 중고 로봇의 재활용까지 포함하는 '전주기적 관리' 역량을 요구한다. 소니의 '아이보(AIBO)'가 높은 유지보수 비용을 감당하지 못해 단종된 사례처럼, 서비스 운영의 효율화를 이루지 못하면 사업의 지속이 불가능하다.

로봇 도입 환경과 향후 미래

로봇 도입 시 가장 간과하기 쉽지만 중요한 문제로 '충전 공간'을 꼽을 수 있다. 로봇 수가 늘어날수록 이들을 효율적으로 충전하고 보관할 물리적 공간 설계가 필수적이기 때문이다. 또

한 로봇의 효율을 극대화하려면 사람의 '일하는 방식(워크플로우)'과 공간 역시 로봇 친화적으로 바뀌어야 한다. 실제로 로봇 동선에 맞춰 설계한 한 식당은, 직원들의 하루 보행 거리를 10km에서 거의 제로 수준으로 줄여 근로 환경을 획기적으로 개선하는 데 성공했다. 네트워크로 연결된 로봇의 보안 문제도 꼽을 수 있다. 이는 유럽 시장을 중심으로 강화되는 보안 규제가 향후 로봇 선택의 중요한 기준이 될 것이다.

결국 모든 기술과 경험이 지향하는 최종 목표는 '피지컬 AI(Physical AI)'의 구현이라고 밝혔다. 이는 사전 맵핑 없이도 테이블 배치가 매일 바뀌는 결혼식장처럼 복잡한 환경을 로봇이 스스로 인지하고 맥락을 파악하여 임무를 수행하는 단계다. 이 목표를 달성하기 위해 가장 중요한 자산은 바로 데이터가 될 것이다. **기술·혁신**

내 인생의 가장 소중한 가치 - 사랑과 고통의 본질을 찾아서

발표. 정호승 시인(스토리박스)

인생의 의미를 묻는 질문은 시대를 막론하고 누구나 마주하는 근원적인 화두다. 부와 명예라는 사회적 잣대를 넘어, 한 원로 시인의 깊은 성찰을 통해 '사랑'과 '고통'이라는 본질적 가치가 우리 삶을 어떻게 완성시키는지 그 지혜를 살펴본다.



75세의 나이에 이르러 '10년이 1년처럼' 흘러간 시간의 속도에 충격을 받았다는 고백에 이어, 인생의 본질은 결국 '시간'이며 이 짧은 시간 속에서 우리가 무엇을 배우고 어떻게 살아야 하는지 깨닫는 것이 가장 필수적이다.

세계적인 부호 워런 버핏과 빌 게이츠의 일화를 통해 '진정한 성공'의 의미를 물었던 한 대학생의 사례를 예로 들며, 두 사람에게 성공의 비결을 묻자 그들은 돈이나 명예가 아닌 '가까운 사람에게 사랑받는 것'이라는 의외의 답을 내놓았다고 말한다. 이를 통해 사회가 규정하는 부와 지위라는 객관적 성공보다, 내가 사랑하는 가족에게 진정으로 사랑받고 있는가 하는 '주관적 성공'이 삶의 가치를 결정하는 핵심 잣대이다.

인생의 두 가지 본질

사랑의 본질에 대한 답으로는 '모성(母性)'이다. 어머니의 사랑 속에는 희생, 영원성, 절대성, 무조건성, 그리고 존중이라는 가치가 담겨 있으며, 이 모든 것을 완성하는 가장 중요한 요소는 바로 '용서'다. 자신의 어머니가 늘 "괜찮다, 다시 해봐라"라며 모든 잘못을 용서해주셨던 회고가 이어졌고, 이와 대조적으로 타인을 용서하지 못하는 마음이 우리를 고통스럽게 하는 가장 큰 원인일 것이다. "남을 용서하지 않는 것은 내가 독약을 마시고 남이 죽기를 바라는 것과 같다"는 격언을 우리는 기억해야 한다. 과거는 바꿀 수 없고 미래는 예측 불가능하기에, 용서란 결국 과거라는 감옥에서 스스로를 해방시켜 '현재'를 살기로 선택하는 의지적인 결단임이 필요하다.

또한 인생에서 고통은 피해야 할 대상이 아니라 삶의 본질 그 자체임을 깨달아야 한다. "사랑 없는 고통은 있어도 고통 없는 사랑은 없다"는 김수환 추기경의 말처럼, 사랑하기에 필연적으로 고통이 따르며 이 둘은 동의어와 같다. 그리고 "모든 색채는 빛의 고통"이라는 괴테의 말처럼, 고통이야말로 우리 삶을 아름답게 만드는 필수적인 요소다. 아우슈비츠 생존자인 정신과 의사 빅터 프랭클의 이론을 빌려, 그 고통의 의미를 발견하는 순간 더는 고통이 아니게 되며, 자신에게 고통은 '시를 쓰게 해주는 그 무엇'이었다는 깊은 고백으로 이어졌다.

마지막으로 700년 만에 꽃을 피운 '아라홍련' 연꽃 씨앗의 이야기는, 어둡고 긴 고통의 시간을 견뎌내는 '인내'의 가치를 상징한다. 그리고 자작시 '산산조각'의 낭독을 통해, 인생이 부서지는 것은 피할 수 없는 일이며 중요한 것은 "산산조각이 나면 산산조각을 얻을 수 있지. 산산조각으로 살아갈 수 있지"라는 구절처럼 그 조각난 상태 그대로 살아갈 수 있음을 받아들이는 지혜를 기억해야 한다. 결국 우리 인생이라는 빵을 만드는 데 없어서는 안 될 두 가지 필수 재료는 '사랑과 고통'이며, 이 두 가지의 의미를 깨닫는 것이 곧 인생의 본질을 깨닫는 것이다. **기술·혁신**

제107차 IR52 장영실상 시상식 (2025년 제18주~제34주, 기술혁신상)

과학기술정보통신부가 주최하고 한국산업기술진흥협회(이하 산기협)와 매일경제신문사가 주관하는 제107차 IR52 장영실상 시상식이 8월 26일 삼성호텔 아도니스홀에서 개최되었다. 이날 행사에는 류제명 과기정통부 2차관, 고서곤 산기협 상임부회장, 김정욱 매일경제신문 기획실장과 수상자 등 100여 명이 참석했다.

IR52 장영실상은 우리나라 기업이 자체 개발한 신기술 제품 및 기술혁신 조직을 선정하여 기업 연구원들이 기술개발에 매진할 수 있도록 촉매제 역할을 하는 국내 최고 권위의 기술상이다. 심사위원장을 맡은 류석현 한국기계연구원 원장은 “15개 전문분과 위원회와 17명의 전문가로 구성된 종합심사위원회의 심사를 거쳐 제품 17점 및 기술혁신 조직 2점을 최종 선정했다”라고 밝혔다.

제18주 제품으로 선정된 인스텍의 'DED 방법을 이용한 재료 연구용 3D 프린터: MX-Lab' 제품은 재료 연구를 위한 전문 금속 3D 프린터로 신합금 개발, 금속 재료 특성 분석 등을 위한 실험 시편 제작용 제품이다. 우수한 연구조직을 시상하는 기술혁신상으로 선정된 '이에이치엘바이오'는 줄기세포 및 면역세포를 기반으로 한 차세대 세포치료제를 개발하고 있으며, 새로운 신장 질환 치료법을 제시하며 기술혁신을 이루어 나가고 있다.

류제명 과기정통부 2차관은 축사를 통해 “오직 기술혁신에 대한 일념으로 훌륭한 성과를 만들어낸 연구자와 그 성과가 제품으로 탄생하도록 지원을 아끼지 않은 기업 관계자들에게 감사의 박수를 보낸다”며 “앞으로 우리 기술이 세계의 표준이 되고 전 세계가 이를 함께 누릴 수 있도록 기술혁신과 제품 개발에 계속 매진해달라”고 말했다.

김정욱 매일경제신문사 기획실장은 “우리 기업과 연구진의 도전과 성취를 널리 알리고, 기업들의 혁신이 시장과 세계로 확산하고 있다”며, “앞으로도 연구개발에 매진해 새로운 과학기술의 역사를 써달라”고 격려했다.

고서곤 산기협 상임부회장은 인사말을 통해 “오늘 수상한 제품들은 세계와 경쟁하는 기술, 대체 불가능한 기술, 우리 산업에 한 단계 끌어올릴 기술들”이라며 “한 걸음, 한 걸음이 대한민국의 미래를 움직일 것”이라고 밝혔다. 이어 “산기협은 기술개발인들이 더 과감히 기술 혁신에 도전할 수 있도록 현장에서, 정책에서, 그리고 글로벌 무대에서 든든한 지원군이 되겠다”고 덧붙였다. **기술·혁신**



기업연구소 총괄현황[2025년 7월말 현재]

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025.7
연구소 수	40,399	40,750	42,155	44,068	44,811	44,086	41,440	40,926
대기업	903	863	771	743	767	756	734	720
중견기업	762	1,000	1,244	1,437	1,519	1,613	1,695	1,799
중소기업	38,734	38,887	40,140	41,888	42,525	41,717	39,011	38,407
연구원 수	335,882	337,420	359,975	383,682	398,666	410,515	407,844	414,468
대기업	114,722	110,860	117,491	126,643	133,519	142,216	147,281	154,284
중견기업	27,436	34,140	42,593	47,618	50,505	55,268	58,919	62,085
중소기업	193,724	192,420	199,891	209,421	214,642	213,031	201,644	198,099

구분	박사	석사	학사	전문학사	기타	총계
연구원 수	31,897	108,488	241,186	24,824	8,073	414,468
대기업	18,002	50,278	85,959	17	28	154,284
중견기업	2,857	19,586	38,443	996	203	62,085
중소기업	11,038	38,624	116,784	23,811	7,842	198,099

구분	수도권				중부권						제주
	서울	인천	경기	소계	대전	세종	충남	충북	강원	소계	
연구소 수	11,976	1,822	13,093	26,891	1,620	228	1,325	1,170	492	4,835	165
대기업	172	30	244	446	48	10	39	29	4	130	1
중견기업	367	82	694	1,143	37	8	114	99	16	274	4
중소기업	11,437	1,710	12,155	25,302	1,535	210	1,172	1,042	472	4,431	160
연구원 수	102,108	15,618	194,062	311,788	19,114	1,930	12,985	8,398	2,475	44,902	630
대기업	26,503	4,844	96,476	127,823	8,895	705	5,109	1,378	160	16,247	11
중견기업	10,807	2,766	31,709	45,282	1,126	179	2,161	2,210	379	6,055	32
중소기업	64,798	8,008	65,877	138,683	9,093	1,046	5,715	4,810	1,936	22,600	587

구분	영남권					호남권					해외(기타)	총계
	부산	울산	대구	경남	경북	소계	광주	전남	전북	소계		
연구소 수	1,642	576	1,284	1,780	1,366	6,648	734	735	911	2,380	7	40,926
대기업	7	20	11	41	32	111	2	13	15	30	2	720
중견기업	51	43	40	96	79	309	20	17	29	66	3	1,799
중소기업	1,584	513	1,233	1,643	1,255	6,228	712	705	867	2,284	2	38,407
연구원 수	8,320	4,572	7,156	15,383	10,335	45,766	3,414	3,231	4,566	11,211	171	414,468
대기업	207	1,753	533	3,613	3,092	9,198	72	343	538	953	52	154,284
중견기업	1,245	760	1,304	4,298	1,735	9,342	478	188	604	1,270	104	62,085
중소기업	6,868	2,059	5,319	7,472	5,508	27,226	2,864	2,700	3,424	8,988	15	198,099

구분	건물전체	독립공간	분리구역	총계
연구소 수	25,485	15,425	16	40,926
대기업	438	282	0	720
중견기업	930	869	0	1,799
중소기업	24,117	14,274	16	38,407



주: "연구원"은 연구전담요원을 가리킴(연구보조원과 관리직은 제외함)
 주: "중소기업"은 대기업과 중견기업을 제외한 기업을 가리킴

기업부설연구소는 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」에 따라 한국산업기술진흥협회를 설립 인정을 받은 연구소입니다.

구분	50㎡ 이하	50~100㎡	100~500㎡	500~1,000㎡	1, 0~3, 0㎡	3,000㎡ 초과	총계
연구소 수	11,621	3,382	4,444	686	478	20,315	40,926
대기업	4	10	73	36	88	509	720
중견기업	53	84	339	182	184	957	1,799
중소기업	11,564	3,288	4,032	468	206	18,849	38,407

구분	2~4인	5~9인	10~49인	50~300인	301인 이상	총계
연구소 수	24,198	12,033	3,904	670	121	40,926
대기업	0	1	397	220	102	720
중견기업	1	658	834	287	19	1,799
중소기업	24,197	11,374	2,673	163	0	38,407

구분	건설	금속	기계	생명과학	섬유	소재
연구소 수	1,188	1,898	7,966	245	289	811
대기업	22	41	166	3	7	16
중견기업	44	132	475	3	14	47
중소기업	1,122	1,725	7,325	239	268	748
연구원 수	5,800	12,003	88,251	1,101	1,554	5,110
대기업	1,014	3,223	31,406	42	171	1,147
중견기업	531	1,969	19,418	25	340	917
중소기업	4,255	6,811	37,427	1,034	1,043	3,046

구분	식품	전기·전자	화학	환경	산업디자인	기타	총계
연구소 수	1,158	6,818	3,254	217	2,004	3,008	28,856
대기업	36	159	107	7	19	60	643
중견기업	81	330	312	7	60	92	1,597
중소기업	1,041	6,329	2,835	203	1,925	2,856	26,616
연구원 수	8,366	140,028	38,002	1,425	12,025	24,124	337,789
대기업	2,006	89,511	8,908	547	2,886	7,170	148,031
중견기업	2,059	13,426	11,554	111	1,241	1,876	53,467
중소기업	4,301	37,091	17,540	767	7,898	15,078	136,291

구분	교육서비스	금융 및 보험	도매 및 소매	보건 및 사회복지서비스	부동산 및 임대	사업시설관리 및 사업지원서비스	숙박 및 음식점
연구소 수	184	26	727	39	18	211	18
대기업	0	4	4	0	1	2	1
중견기업	3	0	15	1	0	5	1
중소기업	181	22	708	38	17	204	16
연구원 수	836	366	3,661	248	99	1,042	164
대기업	0	209	233	0	11	122	29
중견기업	42	0	615	7	0	79	61
중소기업	794	157	2,813	241	88	841	74

구분	예술, 스포츠 및 여가관련서비스	운수	전문, 과학 및 기술서비스	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스	하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원	기타	총계
연구소 수	77	46	3,235	7,425	24	40	12,070
대기업	0	2	17	46	0	0	77
중견기업	0	2	46	129	0	0	202
중소기업	77	42	3,172	7,250	24	40	11,791
연구원 수	261	267	15,840	53,680	102	113	76,679
대기업	0	58	752	4,839	0	0	6,253
중견기업	0	22	842	6,950	0	0	8,618
중소기업	261	187	14,246	41,891	102	113	61,808

1 2025년 상반기 대한민국 엔지니어상 시상식

2025년 6월 17일(화) 2025년 상반기 대한민국 엔지니어 시상식을 삼정호텔 아디오스홀에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 이준수 주임(02-3460-9192)



2 2025년 1차 이공계인력증개센터 일자리 세미나

2025년 6월 17일(화) 2025년 1차 이공계인력증개센터 일자리 세미나를 산기협회관 명예의 전당에서 진행했다.

문의: 기술인력지원팀 김지원 대리(02-3460-9092)



3 민간R&D협의체 산업공정혁신분과 제2차 실무위원회

2025년 6월 18일(수) 민간R&D협의체 산업공정혁신분과 제2차 실무위원회를 산기협회관 명예의 전당에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 강민지 주임(02-3460-9165)



4 2025 Korea Industrial AI 공동포럼

2025년 6월 24일(화) 2025 Korea Industrial AI 공동포럼을 피스애파크컨벤션 로얄층에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 장영주 부장(02-3460-9162)



5 2025년 제3차 전국연구소장협의회 운영위원회

2025년 6월 25일(수) 2025년 제3차 전국연구소장협의회 운영위원회를 한국마이크로소프트에서 진행했다.

문의: 회원지원팀 김혜영 사원(02-3460-9129)



6 2025년 차세대 CTO 교육과정 수료식

2025년 6월 25일(수) 2025년 차세대 CTO 교육과정 수료식을 엘타워에서 진행했다.

문의: 인재개발서비스팀 김선우 대리(02-3460-9132)



koita NEWS에서는 지난 2개월간 한국산업기술진흥협회 활동을 소개합니다.

7 제31회 KOITA 기술경영인 하계포럼

2025년 7월 2일(수)~5일(토) 제31회 KOITA 기술경영인 하계포럼을 롯데호텔 제주에서 진행했다.

문의: 인재개발서비스팀 김송이 주임(02-3460-9139)



8 2025년 제2회 이사회

2025년 5월 16일(금) 2025년 제2회 이사회를 제주 롯데호텔 펠름에서 진행했다.

문의: 경영지원팀 반혜진 대리(02-3460-9053)



9 2025년 상반기 우수기업연구소 지정서 수여식

2025년 7월 9일(수) 2025년 상반기 우수기업연구소 지정서 수여식을 웨스틴조선 서울에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 홍영주 주임(02-3460-9193)



10 2025년 상반기 KOITA IR DEMODAY

2025년 7월 9일(수) 2025년 상반기 KOITA DEMODAY를 산기협회관 대회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 강명은 과장(02-3460-9163)



11 2025년 우수연구개발 혁신제품 지정제도 설명회

2025년 5월 29일(목) 2025년 우수연구개발 혁신제품 지정제도 설명회를 엘타워 엘하우스홀에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 이은정 주임(02-3460-9020), 이준수 주임(02-3460-9192)



12 이공계인력증개센터 취업연계 지원을 위한 업무협약(MOU) 체결

2025년 6월 13일(금) 이공계인력증개센터 취업연계 지원을 위한 업무협약(MOU) 체결을 아주대학교에서 진행했다.

문의: 기술인력지원팀 조성현 주임(02-3460-9078)





YouTube에서 「기술과 혁신」을 만나보세요!

유튜브 접속 경로 : 유튜브 사이트에서 '한국산업기술진흥협회' 검색 → 산기협TV 접속 → 격월간지 기술과혁신 코너 클릭

<p>유도결합 플라즈마 기술을 활용한 바이오가스의 친환경 에너지 전환 솔루션 엄세훈 대표이사(인투코어테크놀로지)</p>	<p>기후테크의 정의 및 국내외 현황 정수종 교수(서울대학교)</p>	<p>중국 서비스 로봇 산업의 동향과 시사점 진석용 연구위원(LG경영연구원)</p>
<p>우리나라 로봇 산업 현황과 대응 방안 전진우 전문위원(한국로봇산업진흥원)</p>	<p>생성형 AI 시대, 클라우드웍스의 진화 전략 황수호 사업부부장(클라우드웍스)</p>	<p>K-Bio에서 길리어드로의 도약을 위한 혁신의 여정 이우형 상무(지아이이노베이션)</p>
<p>재난안전 기술의 어제와 오늘 그리고 미래 박상현 센터장(국립재난안전연구원)</p>	<p>건설안전을 위한 스마트 안전관리 및 AI 기반 모니터링 기술 오태근 교수(인천대학교)</p>	<p>산업기술 R&D 투자, 어떠한 돌파구가 필요한가? 안준모 교수(고려대학교)</p>
<p>인재 수급 환경 변화에 대응하는 산업기술 인력 확보 전략 홍성민 선임연구위원(과학기술정책연구원)</p>	<p>지속 가능한 K-방산 도약, 방향성 있는 준비 서혁 방산정책연구센터장(한국방위산업진흥회)</p>	<p>글로벌 방산시장의 변화 추이와 시사점 김동범 연구위원(한국국방연구원)</p>

R&D 전문 플랫폼 서비스

산기협은 기업의 효율적인 연구개발을 지원하기 위해 더존비즈온과 협력하여, 클라우드 기반 전자연구노트, PMS(프로젝트관리) 서비스를 제공하고 있습니다.

연구 성과를 한눈에 보기 쉽도록 관리하고, 안전하게 보관/활용해보세요.

최초 신규 가입시 1개월 동안 무료로 이용하실 수 있습니다. (인원 제한 없음)

서비스 소개

<p>전자연구노트 간편하고 안전하게 연구노트를 작성하고, 공신력 있는 시점 인증 서비스도 받아보세요</p>	<p>PMS R&D 계획/일정과 예산 등 연구 과제를 통합 관리해보세요 (연구노트 연동 가능)</p>	<p>특허해의문서 번역 특허 번역에 특화된 시가 신속 정확하게 특허 문서를 번역 해드립니다(한↔영, 한↔중, 한↔일 번역 제공)</p>	<p>협업 서비스 웹스토리지, 메신저, 메일 등 다양한 협업 서비스를 무료로 이용할 수 있습니다</p>
--	---	--	--

서비스 이용 방법

<p>R&D 전문 플랫폼 접속 https://cloud.koita.or.kr</p>	<p>플랫폼 신규가입, 최초 가입한 사용자에게 관리자 권한 부여 (이후 변경 가능)</p>	<p>기업관리자가 [직원초대하기] 메뉴에서 직원(연구원)에게 초청메일 발송</p>	<p>초청장을 받은 직원은 안내에 따라 플랫폼 이용자로 회원가입</p>
--	--	---	---

서비스 금액 및 회원사 가입 혜택

☑ 월이용료(PMS, 전자연구노트) (부가세 별도)

구분	산기협 회원사(할인)	비회원사
기본료+사용자(1인)	30,000원+15,000원/인	30,000원+20,000원/인

※ 산기협 회원사로 가입하시면 ID 당 -20,000원 > 15,000원으로 할인해드립니다.