

# UST 과학기술의 신대륙에 깃발을 꽂다!

32개 국가연구소 캠퍼스에서  
신생융합기술 발전을 선도하는  
미래 과학기술 인재를 양성합니다.



## 산기협 격월간 「기술과혁신」지에 관심을 보내주신 독자(회원사) 분들께 감사드립니다.



### 『기술과혁신』지 2022 독자설문조사』

『기술과혁신』지 2022 독자(회원사) 설문조사』를  
실시하오니 많은 참여 부탁드립니다.  
여러분의 소중한 의견은  
더 나은 『기술과혁신』을 만드는데 큰 힘이 됩니다.

**설문기간** 2022. 7. 1(금) ~ 8. 31(수)

#### 참여방법

##### STEP 01



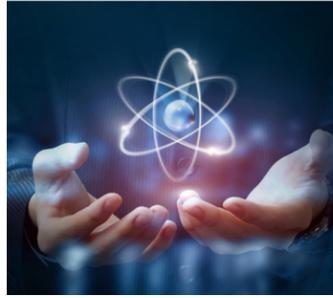
스마트폰으로  
QR코드에 접속

##### STEP 02



설문에 응답





**발행일** 2022년 7월 1일  
**발행인** 구자균  
**발행처** 한국산업기술진흥협회  
[www.koita.or.kr](http://www.koita.or.kr)  
**주소** 서울 서초구 바우뫼로 37길 37 산기협 회관  
**전화** 02. 3460. 9032  
**팩스** 02. 3460. 9079  
**신고번호** 서초, 마00112  
**통권** 제454호  
**광고문의** [kme@koita.or.kr](mailto:kme@koita.or.kr)  
**기획·디자인** (주)갑우문화사(02. 2275. 7111)  
**편집인** 마창환  
**외부 편집위원**  
 유석현(과학기술연합대학원대학교 교수)  
 김성주(한국3M 이사)  
 박용삼(포스코경영연구원 연구실장)  
 안준모(고려대학교 교수)  
 이해성(한국경제신문 차장)  
 홍대순(글로벌전략정책연구원 원장)  
**내부 편집위원**  
 김상길 본부장, 이창주 팀장, 윤영근 팀장  
**편집** 정해역 팀장, 강영은 대리, 광미애 주임

## SPECIAL ISSUE

### 기지가 커는 K-원전

08

**Special Issue INTRO**  
 脫탄소화 시대, 원자력 ‘제2의 르네상스’ 이끈다  
 - 김소연

12

**Special Issue 01**  
 ‘원전 10기’를 위한 제언  
 - 이희용

15

**Special Issue 02**  
 제4세대 원자로(GenIV) “미래의 기술인가”  
 - 박근엽

18

**Special Issue 03**  
 K-SMR의 성공 방정식  
 - 정동욱

21

**Special Issue 04**  
 수소경제의 파트너 ‘원자력 청정수소’  
 - 이규복

24

**Special Issue 05**  
 사용후핵연료 관리 문제,  
 더 이상 방치되어서는 안 된다  
 - 김정수

27

**Special Issue 06**  
 윤석열 정부 원자력 정책 전망과 과제,  
 그리고 산업계의 역할  
 - 정용훈

## INNOVATION

30

**디지털 혁신**  
 인공지능 인재에게 비즈니스를 가르치는 게 빠를까?  
 사업 담당자에게 인공지능을 가르치는 게 빠를까?  
 - 손진호

34

**기술혁신 성공사례**  
 자석으로 DNA를 추출하는  
 세계 최고성능 자성나노비드  
 - (주)바이오니아 김재하 부사장

## STRATEGY

40

**글로벌 R&D**  
 주목해야 할 그린수소 생산기술  
 - ‘인공 광합성’

43

**특허활용전략**  
 IP-R&D를 이용한 특허창출 및 특허활용전략  
 - 김병희

46

**기술경영**  
 신사업 발굴에서의 비즈니스 모델 활용 개념  
 - 이동기

50

**이달의 명강연**  
 제61회 산기협 조찬 세미나  
 제조업 중심의 인공지능이 바꾸는 마케팅 세상  
 - 이진형

## TECHNOLOGY

52

**Tech Issue**  
 친환경 원천 소재 기술의 지속적 기술사업화 사례  
 - 박진희

56

**신기술(NET)인증 기술**

58

**신제품(NEP)인증 제품**

60

**대한민국 엔지니어상**  
 5, 6월 수상자

62

**IR52 장영실상**  
 2022년 수상제품(17주~24주)

산기협 SNS 채널



페이스북



유튜브



카카오톡 채널

SNS 채널을 통해 한국산업기술진흥협회의 다양한 소식을 만나보세요.

## CULTURE

64

**R&D 나침반**  
 대기오염의 또 다른 복병 ‘오존’  
 - 최호

67

**혁신의 발견**  
 사람의 창의성을 넘보는 인공지능,  
 AI 크리에이터  
 - 김택원

## NEWS

70

**현장스캐치 01**  
 ‘하노버메세 2022’ 현장을 가다  
 2022 HANNOVER MESSE

73

**현장스캐치 02**  
 산학연협력 인력양성 정책포럼

74

**현장스캐치 03**  
 제15회 전국연구소장협의회 해외 벤치마킹  
 전소협이 만난 싱가포르

76

**정책브리핑**  
 산기협-ZVEI, 기업의 디지털 전환 위해  
 한-독 협력 업무협약(MOU) 체결

78

**기업연구소 총괄현황**

80

**koita News**



스마트폰이나 태블릿 PC 등의  
 QR코드 인식 애플리케이션으로  
 QR코드를 스캔하시면 「기술과혁신」을  
 웹진으로 보실 수 있습니다.

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

08

脫탄소화 시대,  
원자력 '제2의 르네상스' 이끈다

12

'원전 10기'를 위한 제언

15

제4세대 원자로(GenIV)  
"미래의 기술인가"

18

K-SMR의 성공 방정식

21

수소경제의 파트너 '원자력 청정수소'

24

사용후핵연료 관리 문제,  
더 이상 방치되어서는 안 된다

27

윤석열 정부 원자력 정책 전망과 과제,  
그리고 산업계의 역할



# 기지가 켜는 K-원전 K-nuclear power



## SPECIAL ISSUE

2050년까지 탄소중립(Net-Zero) 달성을 위한 현실적인 대안으로 원자력발전의 확산이 탄력을 받으며, 바야흐로 원자력산업에 '제2의 르네상스'가 도래하고 있다. 지속가능한 발전을 위해 원자력의 비전과 잠재력 등을 제언함으로써 탄소중립 및 수소 시대에 대한 산업적 통찰력을 제공하고자 한다. 이에 4세대 원전(GenIV)의 안전성과 경제성, i-SMR의 성공적 개발 전략, 수소경제의 파트너 '원자력 청정수소', 고준위방사성폐기물의 안전한 관리, 새 정부의 원자력 전망과 과제, 그리고 산업계의 역할 등에 대해 다뤄보고자 한다.

# 脫탄소화 시대, 원자력 '제2의 르네상스' 이끌다



클. 김소연 인사이드N파워 취재부장

한국조경신문, 전기에너지신문, 한국원자력신문 등을 거쳐 현재 인사이드N파워 취재부장으로 재직 중이다. 국내언론 최초로 「원전 성능검증(EQ) 위변조 사건」을 특종 보도했으며, 세계원자력협회(WNA), 영국 원자력해체청(NDA) 및 프랑스 외무부 초청 「프랑스 원전산업」 국내언론 최초 현지취재 등 원자력분야 전문기자로 활동 중이다.

“원자력은 우리가 탄소중립으로 갈수 있는 유일한 방법이다(Nuclear is the only way we can go to be carbon neutral).”

지구 온도를 처음 측정하기 시작한 1880년 이후 2021년 8월까지 지구 온도는 1.7℃ 상승했다. 얼마 안돼 보이지만 온실가스 배출을 규제하지 못해 지금보다 8℃ 이상 오르면 지구는 생명체 거주가 불가능한 행성이 된다. 마지막 빙하기였던 1만 8000년 전 지구 온도는 지금보다 고작 6℃ 밖에 낮지 않았다.

이에 전 세계는 지구온도 1.5℃ 이내 상승을 막기 위해 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 석탄발전을 단계적으로 감축하는 ‘글래스고 기후조약(Glasgow Climate Pact)’을 채택했다. 물론 COP26에서 국가별 탄소배출량 감축의 의무화 등 이행목표치를 구체화하지 못했지만 선진국과 개도국을 포함한 195개 당사국이 온실가스 배출량을 줄이는데 힘을 모으기로 한 것이다.

## 탄소중립과 에너지안보 ‘두 마리 토끼를 잡아’

COP26 개최 이후 80여일 지난 올해 2월 2일 유럽연합(EU)은 녹색분류체계, 즉 그린 택소노미(Green Taxonomy)에 원자력에 대한 투자를 포함 시키기로 최종안을 발표했다. 그린 택소노미(Green Taxonomy)는 환경적으로 지속가능한 경제활동이 무엇인지를 구분하는 ‘지침서’인 셈이다. 세계 최초로 지난해 6월 ‘그린 택소노미’를 발표한 EU는 원자력과 천연가스의 포함 여부를 놓고 각국이 갑론을박을 벌여왔다. 그 동안 독일 등 상당수 국가가 원자력을 새로운 전력으로 인정하지 않았지만 결국 EU는 “원자력 없이는 탄소를 배출하지 않는 유럽 경제가 불가능하다”는 점을 인정하고 그린 택소노미로 분류하는 규정안을 확정·발의했다. 다만 신규 원전이 녹색으로 분류되기 위해서는 2050년까지 고준위 방사성폐기물을 안전하게 처분할 자금과 부지 등을 확보하는 것은 물론 더 안전하다고 평가 받는 핵연료(사고저항성 핵연료)를 사용하는 것을 조건으로 승인했다.



사진 1 신고리원자력발전소 5·6호기(1400MW×2기)는 전 세계에서 원자력기술이 가장 진보한 모델이다. APR1400(Advanced Power Reactor) 노형의 국내의 선형원전 경험과 일본 후쿠시마 원전사고 이후 규제기관의 인허가 요구사항 등 대폭적인 안전성관련 개선사항이 실제에 반영됐다.

©인사이드N파워 제공

그러나 국가의 원활한 에너지 수급 이슈는 경제와 안보 등 다양한 분야에도 영향을 미친다. 코로나19 팬데믹으로 인해 가동을 중단했던 산업체가 재가동하면서 글로벌 에너지 수요가 점차 높아지고 있는 상황에서 최근 우크라이나 사태로 러시아산(産) 가스 공급의 제한으로 에너지 가격은 가파르게 상승하고 있다. 실제로 유럽의 가스 가격은 2021년 대비 200% 이상 상승했고 석탄 가격 또한 100% 이상 올랐다.

제1·2차 오일쇼크와 같은 고유가 시대가 도래하거나 석유 생산이 더 이상 늘어나지 않는 ‘피크 오일’ 시점이 발생한다고 해도 국가 경제가 흔들리지 않는 에너지공급을 하려면 국외정세에 대비한 연료 공급과 에너지 안보를 고려해야 한다. 무엇보다 전력공급 안정성을 고려한다면 현재 상황에선 원자력발전이 가장 유리하다. 원자력발전의 연료인 우라늄은 에너지밀도가 높아 연료비축이 쉽고 에너지 안보 문제에 대처할 수 있다는 게 전문가들의 공통된 견해다. 원자력발전은 우라늄을 원자로에 한 번 장전하면 15~18개월 동안 연료를 교체하지 않아도 된다. 길어야 1개월분밖에 저장할 수 없는 화석연료에 비해 연료비축 능력이 월등하다.

프랑스의 원자력전문기업인 오라노(Orano)는

2019년과 2021년 실시한 ‘원자력에 대한 국민인식’ 조사에 따르면 프랑스 국민의 51%는 원자력을 경제의 원동력과 에너지 독립을 위한 자산(Asset)으로 인식한 반면 15%는 원자력을 부정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 필립 크노흐(Philippe Knoche) 오라노 대표(CEO)는 필자와의 인터뷰에서 “원자력을 반대하는 이유로 후쿠시마 원전사고 이후 부각된 원전의 안전성 우려와 재활용이 불가능한 방사성폐기물 발생 등을 꼽았지만 국민들 대다수는 탄소중립(Net Zero)과 에너지 안보(Energy Security)라는 거대한 도전에서 원자력은 유일한 대안이라는 현실을 인지하고 있다”고 밝힌바 있다.

## 尹정부 “탈원전 걷어내고, 원전생태계 강화” 앞장

문재인 정부 5년간 ‘탈(脫)원전’ 기조로 내리막길을 걸었던 원전 산업이 부활의 기지개를 켜고 있다. 지난 5월 10일 출범한 윤석열 정부는 “탈(脫)원전을 걷어내고 원자력산업 생태계를 강화하는 정책을 추진한다”고 밝혔다. 이를 위해 신한울 3·4호기의 건설을 조속히 재개하고 안전성을 전제로 운영허가만료 원전의 계속운전 등으로 원전 비중을 높이기로 했다. 또 2030년까지 10기 수출을 목표로 적극적인



수주 활동도 전개한다. 하지만 탈원전 기조가 바뀌었다고 원자력산업 생태계가 바로 활성화되는 것은 아니다. 신한울 3·4기 건설 및 계속운전에 시간이 걸리는 만큼 사전에 원자력산업의 생태계를 강화하기 위해 예비품 발주 등으로 산업계의 일감이 늘어나는 것이 중요하다. 또 원전산업의 밸류체인(공급망)을 상세히 분석하고 핵심 기자재에 대한 국산화, 미래 첨단기술 확보를 위한 R&D 투자, 인력양성 등도 다각도로 추진해야 한다.

### ● 신한울 1호기 첫 전력계통 연계… 상업운전 임박

2010년 4월 첫 삽을 뜬 신한울 1호기(설비용량 1,400MW급)가 지난 6월 9일 최종 전력 계통에 연계돼 상업 운전을 목전에 두고 있다. 2% 부족했던 국내기술의 100% 자립이라는 숙원을 이룬 신한울 1호기는 미자립 기술이었던 원자로냉각재펌프(RCP)와 계측제어시스템(MMIS)을 우리 손으로 설계부터 제작, 성능검증을 거쳐 실용화함으로써 '원전기술 강국'으로 발판을 마련했다. 무엇보다 2011년 12월 후쿠시마 원전사고 이후 전 세계에서 최초로 건설 인허가를 받은 원전으로 국내외 안전 점검에서 지적된 개선사항이 설계부터 건설에 이르기까지 모두 반영됐다. 아울러 2009년 12월 국내 최초로 해외수출에 성공한 아랍에미리트(UAE) 바라카(Barakah) 원전과 동일한 신형가압경수로(APR1400) 노형인 신한울 1호기는 '원전 부활'의 신호탄이 될 총사업비 60억 유로(한화 약 8조 원) 규모의 체코 신규원전 프로젝트의 참조 발전소다.

### ● 기장연구로 건설공사… 10년 만에 착공

새로운 연구로 건설로 주목을 받고 있는 '수출용 신형연구로(일명 기장연구로)' 건설공사 역시 10년 만에 7월 착공이 예정돼 있다. 부산시 기장군 장안읍 원자력 의·과학 특화단지 내에 20메가와트(MWt)급 연구용 원자로 1기와 동위원소 생산시설 등을 건설하는 기장연구로 프로젝트는 중성자를 이용해 암 치료는 물론 반도체 생산, 비파괴 검사 등 다양한 연구에 활용되는 거대 국책 사업이다. 특히

그 동안 전량 해외수입에 의존하던 방사성 동위원소의 국내소비량을 100% 자력으로 공급하여 수입대체 효과를 거둘 수 있으며, 일본, 중국, 동남아 등 해외수출도 기대해 볼 수 있어 향후 50년간 38조에 이르는 경제적 파급효과와 150여 명의 고급연구원 유치 등 막대한 파급효과가 예상된다.

### ● 신고리 5·6호기, 'K-원전' 수출 다각화

울산광역시 울주군 서생면 신암리 일대에 들어선 신고리 5·6호기(1,400MW×2)는 '원자력발전' 그 이상의 의미를 담고 있다. 현정사상 처음으로 유례없는 공론화를 통해 59.5%의 '건설 재개' 결과를 얻으며 사장(死藏)될 위기에 처한 'K-원전'의 수출 경쟁력을 진화시킨 햇불이 됐다. 국내외 선형원전의 경험 및 일본 후쿠시마 원전사고 교훈(Lessons Learned), 규제기관의 인허가 요구사항 등이 반영됐고, 이를 토대로 미국 원자력규제위원회(NRC) 표준설계인증(DC)과 유럽수출형(EU-APR™) 유럽사업자요건(EUR) 인증을 취득했다. 신고리 5·6호기는 안전성 및 기술력을 입증하며 미국과 영국을 비롯해 체코, 폴란드, 남아프리카공화국, 이집트, 사우디아라비아 등에 수출이 가능해져 원전수출 시장을 다각화할 수 있게 됐다.

### ● 방사선융합복합기술 개발에 역량 집중

원자력산업계는 4차 산업혁명 기술 등 융합을 통한 영역의 확장도 계속 추진하고 있다. 한국원자력 연구원은 인공지능을 활용해 가동원전 일차계통 기기·구조물의 이상상태를 신속하고 정확하게 진단해 고장을 미연에 방지하는 지능형 고장진단 기술, 딥러닝 기반 사고 시나리오 결과 고속 예측 기술, 초소형원전과 선박용 부품 제조를 위한 3D프린팅 제조기술 개발과 지능형 안티드론 통합 시스템 실증에 착수한다.

특히 방사선을 이용한 다양한 융합기술 개발이 활발하다. 세계에서 3번째로 개발된 우리나라 대용량 양성자가속기를 이용한 스트론튬-82(Sr-82) 생산 등 방사성의약품 공급에 첫발을 내디뎠다. 이 밖에



사진 2 윤석열 대통령이 대선 후보였던 지난 2021년 12월 29일, 경북 울진군 소재 신한울 3·4호기 건설 현장을 방문해 '탈원전 정책' 전면 폐기 등 원자력 정책 공약을 발표하던 당시 모습.

〈©인사이트파워 제공〉

도 방사선을 이용해 미세먼지와 축산악취를 저감하는 환경정화 기술에 대한 본격 실증에 나선다. 감염성 결핵, 폐렴, 심내막염 등 난치질병에 대응하는 방사선 의료기술(신약) 개발 등 우리 생활 가까이 다가가는 다양한 기술을 이전함으로써 일자리 창출과 산업 활성화에 앞장서고 있다.

### 지속가능한 K-원자력, 무엇이 필요한가

한편 탈원전 정책을 강력히 추진하던 문재인 정부 임기 5년 동안 원자력에 대한 국민들의 인식은 높아진 것으로 조사됐다. 한국수력원자력이 '2021년 기업이미지 조사 결과 보고서'에 따르면 원자력발전의 필요성을 묻는 질문에 69.2%가 '필요하다'고 응답했다. 반면 '필요하지 않다'고 응답한 비율은 11.6%에 불과했다. 원자력발전이 '필요하다'는 여론이 '불필요하다'는 여론보다 무려 6배가량 높게 나타났다. 연도별 추이를 살펴보면 '필요하다'고 응답한 비율이 ▲2017년 56.5% ▲2018년 58.9% ▲2019년 63% ▲2020년 64.7% ▲2021년 69.2% 등 꾸준히 상승세를 보였고, 반면 '필요하지 않다'고 응답한 비

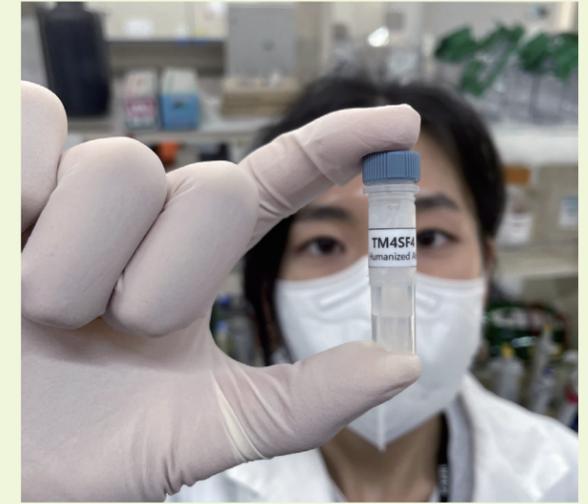


사진 3 한국원자력연구원 연구진이 부작용을 최소화하며 암세포만 골라 치료하는 새로운 항체항암제 'TM4SF4 후보물질'을 개발해 미국의 알곡바이오(ALGOK BIO Inc.)에 기술 이전했다.

〈©인사이트파워 제공〉

율은 ▲2017년 18.5% ▲2018년 17.3% ▲2019년 15.2% ▲2020년 14.6% ▲2021년 11.6%로 지속 하락했다.

결국 지난 5년 탈원전이 정치적 이슈로 쟁점화됐지만 국민들은 소모적 논쟁에서 벗어나 온실가스 저감과 에너지안보를 위한 현실적 대안으로 원자력발전을 합리적으로 받아들였다는 반증이다.

그럼 지속가능한 'K-원자력'으로 바로서기 위해 무엇이 필요할까. 먼저 원자력정책 컨트롤타워가 시급하다. 개발-규제-실증-상용화-수출 등 전 과정에 부처 간 칸막이를 없애고 소통해야 한다. 둘째 신한울 3·4호기는 물론 원래 추진하기로 했던 신규 원전 건설이 병행돼야 '원전 생태계'가 빠르게 복원될 것이며, 이를 위해 국가에너지기본계획과 전력수급기본계획도 충분한 재논의가 필요하다. 셋째 기술은 사람이 만드는 것인 만큼 우수 인력 양성과 유입을 위한 프로그램 및 지원이 필요하다. 넷째 후쿠시마 원전사고 이후 국민들의 원전에 대한 우려는 지난 40여 년의 안정적인 운영능력과 끊임없는 기술개발을 통해 충분히 안전하게 관리할 수 있다는 '국민 눈높이'에 맞춘 소통을 해야 한다. **기술혁신**

## ‘원전 10기’를 위한 제언



글. 이회용 제일파트너스 공동대표

2005년부터 해외원자력사업에 종사해 왔으며, 2009년에 UAE 원전사업을 수주했다. 한전 원전수출본부장을 역임하고 현재는 제일파트너스 공동대표를 맡고 있다.

2009년도에 UAE가 대형원전 4기를 발주하는 사상 초유의 국제입찰이 진행되었고 현재 전 세계 원자력시장에서 UAE의 바라카 원전은 아이콘이 되었다. 원자력의 르네상스를 잔뜩 기대했었지만 UAE의 바라카 원전 부지에서 착공식을 거행하는 같은 날 일본 동북부 지방을 관통한 대규모 지진과 쓰나미로 후쿠시마원전 사고가 발생하였고 세계 원자력 시장은 급속히 얼어붙었다.

2015년 12월 파리 기후변화협정이 발효되고 탄소배출 억제대책이 발표되면서 원자력이 다시 주목받게 되었고, 막대한 자금과 오랜 건설기간이란 리스크를 줄이기 위하여 소형모듈원자로 SMR 개발이 탄력을 받아서 글로벌 원자력시장은 대형 원전과 소형모듈원자로의 양대 축으로 나아가고 있다.

### 원자력발전소의 당위성과 필요성

1970년대 한국이 원전을 도입한 필요성과 당위성에서 에너지 안보를 빼놓을 수 없었다. 그러나 해외에서 신재생 에너지가 확장되고 정부 보조지원 없이도 경제성을 확보할 정도가 되면서 원자력에 대한 에너지 안보의 당위성은 잊혀지고 경제성 경합과 전기 이외의 새로운 용도 즉, 담수생산, 수소 생산 및 전력수요에 유연하게 대응 등 지역적인 논리에 치중하게 되었다.

하지만 러시아의 우크라이나 침공은 우리가 그동안 잊고 있던 에너지 안보 이슈를 뼈저리게 상기시켜 주고 있다. 러시아가 갈아놓은 가스관이 잠기게 되자 에너지는 안보자원이며 국제 정세에 커다란 영향을 받지 않을 안정적인 에너지원을 확보하는 것이 중요함을 다시 깨닫게 되었다.

원전 수출국에서 탈원전 정책으로 어려움을 겪은 대한민국의 원자력산업이 새 정부가 들어서면서 원자력발전을 친환경산업으로 분류되어 원전 수출국으로 복귀하려 한다. 새로운 공약인 “원전 10기 수출을 어떻게 하면 달성할 수 있을까” 하고 독자들들과 함께 고민해보고자 한다.

UAE 원전을 수주 당시 2030년까지 원전 80기를 수주하는 청사진을 발표했다. 목표 달성에 자신 있다는 것이 정부의 입장이었다. 과연 지금도 마찬가지일까? 어느 나라의 전략을 뒤져봐도 이 같은 수치 목표를 제시하는 경우를 보지 못했다. 오히려 경쟁국가로 하여금 경쟁심과 적대감을 불러일으킨다. 그보다는 글로벌 원자력시장의 리더 또는 게임체인저 같은 막중한 역할과 책임을 분명하게 제시하는 것이 좋겠다.

### 왜 원전 수출을 해야 하는가?

UAE 원전 4기를 수주하였을 때 수출효과를 10년 건설기간 중 건설비로 200억 불, 운전수명 기간 중 운전, 기기교체 등의 운영 참가로 200억 불을 수주하며, 신규 고용창출 효과는 건설기간 10년간 11만



명에 달하며, 원자력 관련 전후방 산업연관 효과가 국가경제 전반에 큰 효과를 얻을 수 있다고 입을 모았다. 이러한 효과는 확실하다. 그러기 위해서 원전 수출을 해야만 한다. 원전 수출을 제대로 하기 위해 우리의 강점과 약점을 하나하나 짚어 가면서 따져볼 필요가 있다.

먼저 글로벌 원자력시장에서 우리가 경쟁국가나 경쟁사에 비해 초격차를 가지는 강점이 무엇인가? 두말할 것 없이 목표 건설공정을 맞추는 것이다. 원전 강국인 프랑스는 한 호기 건설하는데 무려 13년이나 지연시켜왔고, 미국에서는 6년, 영국에서는 현재 최소 2~3년 이상 지연되고 있다. 투자자와 소비자 입장에서 가장 큰 위협은 건설지연이다. 건설비 이자비용이 총 건설비의 20% 정도 차지하고 있으니 준공이 지연되면 투자비 증가로 투자회수가 어려워지고, 전기요금도 오를 수밖에 없다. 우리는 목표 건설공정을 맞추는 업적을 최대한 전면에 내세워 강조하고 그 파급효과와 반대의 역효과에 대해 발주국에 생생하게 설명할 수 있어야 한다.

목표 건설공정을 맞출 수 있는 원동력은 무엇인가? 그것은 아무도 흉내 낼 수 없는 주계약자 방식의 턴키계약이다. 해외 서방세계 경쟁사들은 컨소

시엄 방식이기 때문에 계약구조가 복잡하고 비용이 비싸질 수 밖에 없다. 우리는 국내 방식 그대로 팀 코리아를 구성하여 모든 책임을 지고 사업을 수행하는 턴키방식으로 대형 프로젝트인 원전공사를 할 수 있다.

### 초격차 강점으로 시장 공략

주계약자 방식은 발주자 입장에서 매우 효과적이고 효율적인 사업수행 방식이다. 주계약자는 한전이나 한수원이 맡아야 한다. 그래야만 팀 코리아를 끌어낼 수 있다. 턴키방식의 최대 장점은 건설비용을 거의 확정금액을 제시한다는 것이다. 경쟁사들은 감히 확정금액을 제시할 수 없다. 우리만이 할 수 있다. 이것은 한국이 가지고 있는 초격차 강점이기 때문에 UAE의 사업 경험을 철저히 분석하여 경쟁력을 더욱 강화해 나갈 필요가 있다.

그러나 주계약자 방식의 턴키계약을 위협하는 복병 요소가 있는데 그것은 각국마다 요구하는 현지화율 목표이다. 원전 도입에 따른 지역 및 국가경제에 미치는 경제효과를 확보하기 위하여 발주자는 현지화를 필수요건으로 요구하면서 낙찰자 선정의 핵심

평가요인으로 강조하고 있다. 도입국마다 산업과 규제환경 및 근로환경이 다르기 때문에 입찰 전부터 세밀한 현지조사와 분석이 필요하다. 이를 위해선 현지 네트워크를 적극 활용하고 정부 산업체 및 학연간 긴밀한 협력관계가 필요하다.

수출 대상에 대한 전환 의식과 철저한 사전준비가 필요하다. 앞서 원전 수출효과를 건설기간과 운영기간으로 나누었다. UAE 사업에서 얻은 뼈아픈 교훈은 운영기간에 대한 수출효과를 확보하지 못한 것이다. 애프터서비스를 생각해보자. 제품을 팔고 나면 애프터서비스를 통해 부품교체, 고장수리, 업그레이드, 운영프로그램 지원 등 다양한 서비스가 제품 수명기간 중 제공된다. 이 점에 대한 우리의 약점을 철저히 분석하고 보완하지 않으면 안 된다.

### 소프트웨어와 인력을 보강하라

교육훈련 시스템과 원전 운영관리를 위한 각종 절차서를 글로벌 표준에 맞춰 일제 정비를 해야 한다. 완벽하게 영문화해야 한다. 한수원이 UAE 원전 사업을 통해 얻은 교훈과 경험을 후속 수주를 위하여 체계적으로 수정 보완 또는 전면 업그레이드해야 한다.

한전의 경우 원자력 직군에 종사하는 기술인력이 원전 건설이나 운영 경험을 체험하거나 근무해 본 경우가 거의 없다. 발전소 운영 정비를 제대로 알 수 있는 교육훈련 시스템이 필요하고 순차적으로 단기간이나 원전 운영 정비를 체험할 수 있는 실무교육 기회를 제공해 줘야 한다. 현지 최일선에서 마케팅을 해야 할 인력들이 정작 자기가 수출할 원전에 대해 알지 못한다는 것은 심각한 문제이다.

퇴직인력 활용 역시 우리가 심각하게 고민하고 방안을 찾아야 한다. 베이비부머 세대의 대거 퇴직도 문제이지만 현지 젊은 기술인력들이 과거와 달리 해외근무를 기피한다. 구태여 해외 근무를 자원해서 고생할 마음이 전혀 없다. 한국의 기술인력이 얼마나 고비용 구조인지를 알아야 한다. 현지화 요건을 맞추고 수주하려면 제3국 인력을 쓸 수밖에 없다.

현지 기술인력을 쓰려면 국내 급여의 3배 정도 수준을 고려해야 하는데 그렇게 되면 가격 경쟁력이 전혀 없다. 퇴직인력 활용을 적극 고려해야 한다. 그러기 위해선 해외근무를 희망하는 퇴직인력에 대해 의무교육을 시행하고 자격심사와 선발과정을 거쳐야 한다.

해외에서 설명회를 개최하면 참여하는 업체들 상당수가 엔지니어링 서비스 제공회사들이다. 원전사업은 안전성을 포함하여 데이터 분석과 해석 및 원자력 규제기관의 요구사항에 대한 대응 등 끊임없는 엔지니어링 서비스를 필요로 한다. 신규 원전을 하지 않아도 원전을 운영 중인 국가에서는 다양한 중소 중견 엔지니어링 기업들이 활동하고 있다. 한국 원자력 생태계에서 이들이 과연 어떻게 숨을 쉬고 있는지 살펴봐야 한다.

원전을 도입하려는 국가의 고민을 들여다보고 해결해 주어야 한다. 우리 것을 팔려고만 한다는 입장을 보이면 어느 누가 좋아하겠는가? '저 나라가 왜 신규 원전을 도입하려고 하는가? 왜 소형모듈원자로를 도입하려는가? 원전 도입에 따른 파급영향 중 어느 것에 방점을 두는 것인가? 원전 도입을 하면서 다른 부수적인 효과를 원하는 것은 무엇인가? 왜 한국의 원자력산업체라야만 하는가?'를 고민하자.

### 투명해야 한다

마지막으로 문제를 제기하고 싶은 것은 투명성이다. 우리는 원전 비리 문제로 홍역을 치렀다. 미국, 영국, 캐나다 정부와 원자력 산업체의 활동에 대해 인터넷을 검색하면 정책에서부터 세부적인 추진사업에 대해 소상히 알 수 있다. 투명성을 통해 글로벌 원자력시장의 주의를 이끌고 투자자들이 모일 수 있도록 한다. 될 수 있으면 리스크를 없애려고 노력하고 있다. 우리도 이러한 시장 투명성이 왜 중요하고 노력이 필요한지를 인식해야 한다. 특히나 소형모듈원자로 개발 과정에서 원자력시장과 투자자들에게 대한 투명성과 진행과정의 솔직한 노출은 사업수주와 직결된다고 생각한다. **기술혁신**

## 제4세대 원자로(GenIV) “미래의 기술인가”



글. 박근엽 한국원자력연구원 혁신전략부 시스템전략실 선임연구원  
포항공과대학교에서 기계공학 박사 학위를 취득했다. 한국원자력연구원(KAERI)에 입사한 후 다목적원자로기술개발부(SFR 설계종합실)를 거쳐 혁신전략부 시스템전략실장을 역임했다. 2019년부터 GIF(GenIV 국제포럼) 국내 대표의 정책 보좌를 맡고 있다. 주요 연구 분야는 원자력정책, 원자로시스템개발 전략기획, 후행핵주기 전략 등이다.

### 더 안전한 원자력, 제4세대 원자로

원자력 시스템은 시대 변화에 따라 기술적 진보를 거듭하였으며, 더 안전하고 경제적인 원자로를 향해 세대를 진화시켰다. 과거의 군사용 원자로를 상업용으로 이용하면서 제1세대가 시작되었으며, 향상된 기술력과 함께 2세대와 3세대로 진화하였다. 제4세대 원자로(GenIV)는 기존 3세대(Gen III)로 대변되는 경수형 원자로보다 더 진보한 개념으로서 비(非)경수형 원자로로 불린다.

3세대와 4세대를 구분하는 가장 큰 기술적 특징은 바로 냉각재이다. 경수형인 3세대 원자로로는 고온의 핵연료를 식혀주는 냉각재로 물(water)을 사용한다. 하지만 4세대 원자로로는 냉각재로 물 외 다

양한 물질(액체금속(liquid metal), 가스(gas), 염(salt) 등)을 사용하기 때문에 비(非)경수형으로 구분된다. 냉각재를 물 이외의 다양한 물질을 사용함으로써 얻을 수 있는 이득은 높은 안전성과 경제성이다.

### 제4세대 원자로의 경제성과 안전성

원자로는 더 높은 온도에서 작동될수록 발전 효율이 높아지며 경제성이 향상된다. 4세대 원자로로는 물을 사용하지 않아 3세대보다 월등히 높은 온도에서 운전이 가능하다. 또한 3세대 원자로가 높은 효율에 도달하기 위해 원자로 내부를 가압하는 반면 4세대 원자로로는 대기압에서 운전이 가능하여 가압에 소비되는 불필요한 전력 낭비가 없다.

안전성 측면에서도 구분되는 특징을 보인다. 가압이 필요한 3세대 원자로로는 심각한 대형 사고 발생 시 방사성 물질이 외부로 누출될 우려가 크다. 따라서 이를 방지하기 위한 추가적인 안전장치가 다수 필요하다. 반면 4세대 원자로로는 대기압 수준으로 운영되므로 방사성 물질 누출에 대한 안전설비가 단순해질 수 있다. 그리고 3세대 원자로에서는 활용하지 못하는 고속중성자를 사용함으로써 더 높은 효율을 기대할 수 있으며, 핵연료의 재순환까지 가능하여 폐기물 저감 측면에서 이점이 크다.

4세대 원자로의 또 다른 특징은 대형원전에서부터 소형모듈형(SMR), 그리고 초소형에 이르는 다양한 설계가 가능하다. 따라서 경제성과 안전성은 물론 다목적 활용성까지 극대화할 수 있다.

### 세계 주요국의 4세대 원자로 개발현황

2000년 미국을 중심으로 원자력 활동이 활발한 주요 9개국(한국, 미국, 프랑스, 일본, 영국, 캐나다 등)이 제4세대 원자로(GenIV) 개발 협력을 위한 국제 협력체 GIF(GenIV International Forum)를 결성하였다. 이후 참여국은 늘어 총 14개국이 회원국으로 활동 중이다. GIF는 4세대 원자로를 냉각재의 종류에 따라

그림 1 원자로 개발의 세대별 구분

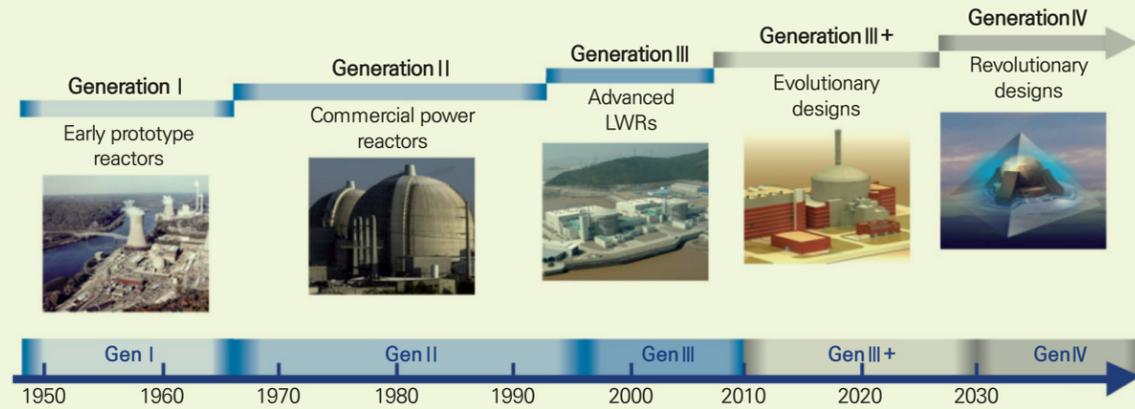
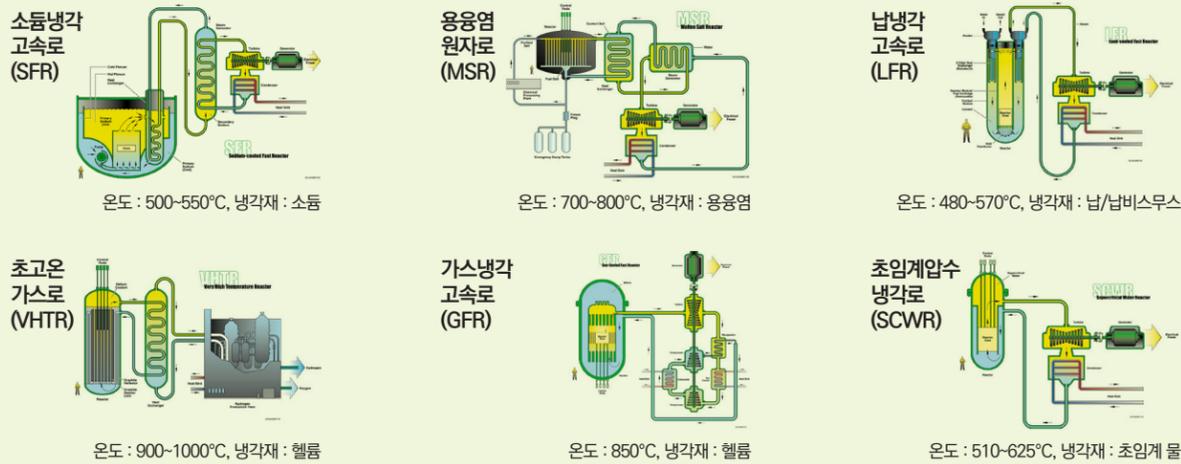


그림 2 제4세대 원자로(GenIV)의 6개 노형 개념도



총 6개의 노형으로 구분하였다.

미국 에너지청(DOE)은 2022년 선진원자로 실증 사업 예산으로 작년과 동일한 2억 5천만 달러를 배정하였다. 특히 미국의 4세대 원자로 개발은 정부가 지원하고 민간 기업이 주도하는 형태로서 X energy 사의 'Xe-100', 빌 게이츠가 설립한 테라파워 사의 'Natrium'이 선진원자로 실증사업으로 선정되어 지원 받고 있다.

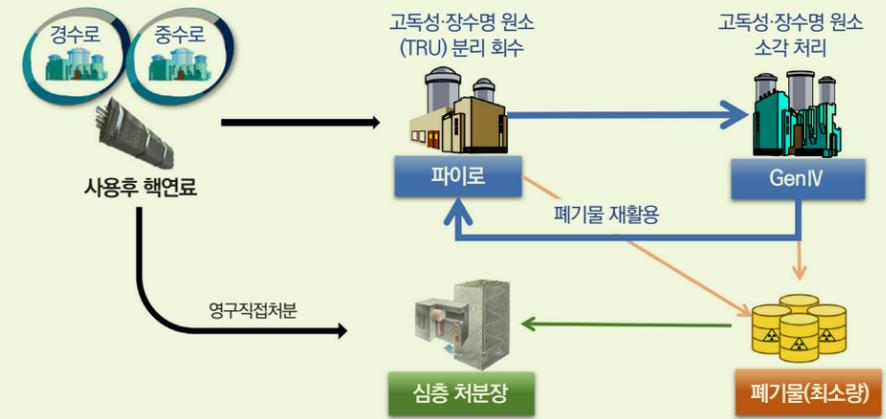
프랑스는 SFR(소듐냉각고속로) 실증에 대한 기술과 노하우를 보유한 나라로써 1973년 SFR 실증로인

Phenix, 1985년 상용로 Super-Phenix를 건설하고 운전한 경험이 있다.

러시아는 최근 전쟁의 영향으로 국제협력에 적극적으로 나서고 있지 않지만, SFR 실험로(BOR-60), 원형로(BN-600), 실증로(BN-800)를 운영 중이다. 그리고 추가로 새로운 다목적 SFR 실험로(MBIR)를 건설 중이다.

중국은 2010년 러시아의 기술을 도입하여 SFR 실험로(CEFR)를 완공해서 운영한 경험이 있으며, 현재 실증로(CFR-600)를 추가 건설 중이다. 특히 2021년

그림 3 파이로-GenIV 연계 핵연료순환주기



중국형 VHTR(초고온가스원자로) 모델인 HTR-PM이 전력 생산을 시작하여 4세대 원자로 실증에 앞선 모습을 보여주고 있다.

가능하다. 즉 파이로 기술은 핵연료순환주기 완성의 핵심 기술이다.

국내 4세대 원자로의 개발현황

우리나라의 4세대 원자로 개발은 지속성, 안전성, 경제성, 핵확산 저항성 측면에서 가장 기술이 앞선 SFR(소듐냉각고속로)과 VHTR(초고온가스원자로) 개발에 집중하여 국가계획을 수립하였다. 4세대 원자로 개발 목표는 미래 현안으로 예상되는 국내 사용후핵연료 처리 문제 해결과 다목적 활용이다.

국내 SFR 기술개발은 한국형 SFR 모델인 PGSFR에 대한 장기개발 계획이 수립되면서 본격화되었으며, 2020년에 공학적 설계를 완료하였다. 이는 추후 건설인허가 신청이 가능한 수준에 도달한 것이다. 현재는 미래 시장에 대비하여 지금까지 보유한 SFR 기술을 기반으로 수출형 SMR 기술개발이 진행 중이다. 'SFR' 기술은 '파이로프로세싱'과 연계하여 국내 사용후핵연료 문제를 해결할 수 있는 최적의 기술적 해법으로 제시되었다. 파이로는 건식 핵연료 처리 기술로써 사용하고 남은 사용후핵연료에서 고독성 장수명 물질인 초우라늄원소(TRU)를 별도 분리하는 기술이다. 분리된 TRU는 SFR의 연료로 재활용이

한미원자력연료주기공동연구(JFCS) 성과와 미래

2011년 한미 양국은 파이로 기술개발을 위해 10년간의 '한미원자력연료주기공동연구(JFCS)'를 추진하기로 합의하였다. 양국은 JFCS를 통해 파이로 기술을 공동개발하고 경제성, 기술성, 안전성, 핵확산 저항성을 검증하였다. 10년간의 공동연구가 마무리된 2021년 양국 승인 하에 파이로의 기술 타당성을 입증하는 'JFCS 10년 보고서'를 발행하였다. JFCS의 성과를 통해 향후 파이로 국내 실증에 필요한 미국의 장기 동의를 확보된다면, 그동안 국내에서 다루지 못했던 사용후핵연료의 처리기술 실증이 가능해진다.

우리나라가 파이로 기술을 완성할 경우 일본에 이어 아시아에서 사용후핵연료를 다룰 수 있는 국가가 된다. 4세대 원자로의 특징과 파이로 기술이 연계된다면 궁극적으로 국내 기술로써 핵연료순환주기를 완성할 수 있게 된다. 이는 국내 사용후핵연료에 대한 환경 부담을 저감할 뿐만 아니라 국가 에너지 자립에 한 발 더 다가설 수 있는 계기가 될 것이다.

기술혁신

# K-SMR의 성공 방정식



글. 정동욱 중앙대 에너지시스템공학부 교수

MIT에서 원자력공학으로 박사 학위를 받았다. 한국수력원자력에서 APR1400 개발에 참여했다. 한국연구재단 원자력단장을 거쳐 중앙대에 재직 중이다. 국가과학기술심의회 에너지환경전문위원장을 역임했으며, 원자력발전소 안전 연구, 에너지 정책과 환경에 관심이 많다.

현소형모듈원전(SMR)에 대한 관심이 우리나라 뿐 아니라 세계적으로 뜨겁다. SMR에 관심이 많고 국가적으로 지원하는 것은 탄소중립을 위해 전력 시장의 변화가 예상되기 때문이다. 캐나다 정부의 SMR 시장 전망은 연간 100조 원이 넘는다. 이는 기존의 화력 발전을 대체하기에 SMR이 적합하기 때문이다. 이런 시장 전망에도 불구하고 아직은 실제화된 SMR은 없다. 개념만 제시되었거나, 설계 중이거나, 계획 중인 상태다. 비록 아직 SMR 시장은 열리지 않았지만 SMR 경쟁을 한눈에 알아볼 수 있는 장소는 캐나다 원자력안전규제기관(CNSC)이다. CNSC는 전 세계 SMR 사업자를 대상으로 인허가 관점에서 사전설계 검토를 해주고 있다. 표 1은 현재 CNSC가 검토 중인 10개 SMR을 보여주고 있다.

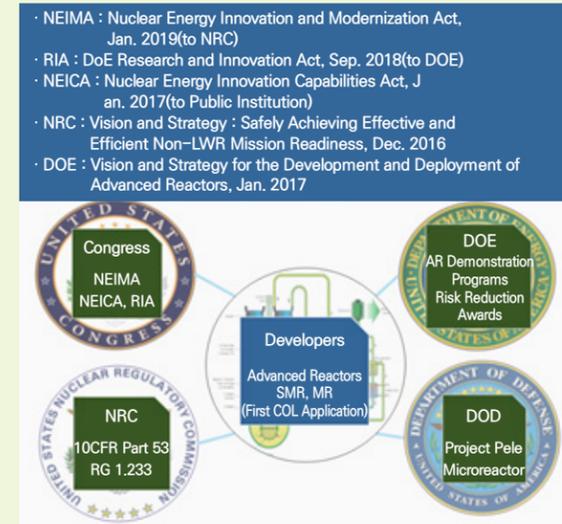
표 1 캐나다 원자력규제기관이 검토 중인 SMR 현황

설계사	원자로형 및 명칭	전기출력 (MWe)
Terrestrial Energy Inc.	IMSR Molten Salt Reactor	200
Ultra Safe Nuclear Co.	MMR-5 and 10 High-temp. gas	5-10
LeadCold Nuclear Inc.	SEALER Molten Lead	3
ARC Nuclear Canada Inc.	ARC-100 Liquid Sodium	100
Moltex Energy	Moltex Energy Stable Salt Reactor	300
SMR, LLC.	SMR-160 Integral PWR	160
NuScale Power, LLC	NuScale Integral PWR	60
U-Battery Canada Ltd.	U-Battery High-temp. gas	4
GE-Hitachi Nuclear Energy	BWRX-300 boiling water reactor	300
X Energy, LLC	Xe-100 High-temp. gas	80

시장에 제일 빨리 진입할 것으로 예상되는 SMR은 미국의 뉴스케일이다. 뉴스케일은 2020년 8월 미국 원자력규제위원회(NRC)의 표준설계인증 심사를 통과했다. 이어서 유타주 전력협동조합의 투자를 바탕으로 아이다호 국립연구소 내에 최초 호기 건설을 추진 중이다. 내년 초에 건설허가를 신청해서 2029년 준공을 목표로 하고 있다. 최초 호기의 성공적인 시장 진입을 위해 미국 에너지부는 1억 6천만 달러의 건설 비용 분담도 약속하고 있다. SMR은 대형원전과 비교하면 소용량으로 인한 차별화된 안전성, 단순화된 시스템, 적은 투자비 등의 장점을 갖고 있다. 그런데도 시장 진입이 어려운 것은 경제성에 대한 불확실성 탓이 크다. 어떤 제품이든 최초로 시장에 진입하기는 쉽지 않다 하물며 수조 원의 투자가 필요한 원전은 더 쉽지 않다. 그러나 최초 호기가 전력 시장에 성공적으로 진입하면 그 후로 대규모 수요가 발생하는 밴드웨건 효과가 나타날 가능성이 크다.

우리나라는 1990년대부터 소형원자로에 대해 관심이 있었다. 2012년에는 해수 담수화 등 다목적으로 활용할 수 있는 100 MWe급 SMART 원자로에 대해 세계 최초로 안전성 심사를 완료했고 2015년

그림 1 미국의 SMR 개발을 위한 추진 전략(NRC:원자력규제위원회, DOE:에너지부, DOD:국방부)



에는 사우디아라비아와 건설 예비설계를 공동으로 수행하여 설계완성도 측면에서는 상당한 수준에 있다. 다만 소형원전으로서 안전성 향상을 위한 기술적 진전을 이루었으나, 경제성 측면에서 대형원전을 넘지 못해 상업원전 시장에 진입하지 못했다. 그런데 탄소중립을 위해 대형뿐 아니라 소형원전 시장이 열리고 기술 발달로 모듈화를 이용하여 용량 측면에서 소형원전의 경제성 한계를 극복할 가능성이 보인 것이다. 우리가 SMART 원자로를 갖고 있어도 세계 시장에서 경쟁하기 위해서 혁신 SMR 개발이 필요한 이유다.

새로운 원전을 개발한다는 것은 쉽지 않다. 특히 원자력 기술개발은 반드시 안전 규제심사를 통과해야 시장에 내놓을 수 있다. SMR은 낮은 열출력에 기반한 여러 안전 특성이 있고 그로 인해 대형원전과 비교해 훨씬 높은 안전성을 갖추면서도 단순화된 것을 특징으로 한다. 예를 들면 대형원전에 필수적인 비상전원장치도 소형원전에는 필요 없다. 이런 설계가 인정받기 위해서는 안전 심사도 기술의 특성을 반영해야 한다. 미국에서 새로운 원자로 기술개발을 추진하면서 안전규제기술 개발도 촉진한 이유다. 그림 1은 미국이 SMR 개발을 위해 얼마나 범국

가적으로 노력하고 있는지를 보여준다. 미 의회는 원자력 기술개발을 촉진하기 위한 법률을 제정했으며, 이를 바탕으로 미 정부는 기술개발을 위한 연구개발을 지원하고 안전규제기관은 안전성 검증을 위한 규제기술을 개발했다. 미국은 원자력 기술을 평화적 목적으로 전환하고 전 세계 원전의 주력인 경수로형을 개발했다. 그러나 미국의 원전 산업은 오늘날 러시아, 중국 등에 밀리고 경쟁력을 잃었다. 미국은 SMR을 통해서 잃어버린 원자력 중주국의 지위를 되찾으려 하고 있다. 뉴스케일을 필두로 한 경수로 SMR뿐 아니라 그 이후에도 원자력 기술을 주도하기 위해 제4세대 원자로에도 막대한 투자를 하고 있다.

우리나라의 원자력 기술은 상업용 경수로 분야에서는 세계적이다. 이미 우리 고유 브랜드인 APR1400의 경쟁력은 세계적으로 입증된 바 있다. 지금도 체코, 폴란드에서 원전 수주를 놓고 미국, 프랑스와 어깨를 겨루고 있다. SMR에서도 우리는 상당한 소형로 기술은 가지고 있다. 여기에 소형원자로를 필요한 만큼 묶어서 모듈형 원전을 만드는 기술을 더한다면 단박에 세계 SMR 시장에서 경쟁할 수 있는 제품을 내놓을 수 있다. 이런 혁신형 SMR은 범국가적으로 추진하고 있는데 2021년 발족한 혁신형 SMR 국회포럼(그림 2)은 여야를 막론하고 SMR 개발에 대한 국회의 관심을 보여준다. 올해 5월 통과한 혁신형 SMR 기술개발 사업도 일부 예산이 삭감되기는 하였으나 내년부터 2028년까지 6년간 4,000억 가까운 예산으로 기술개발을 지원할 예정이다. 안전규제심사를 담당할 원자력안전위원회도 올해 초 혁신형 SMR 심사를 위한 규제기준 개발과제에 착수했다. 혁신형 SMR 기술개발 사업에는 한국수력원자력(주)를 필두로 한국원자력연구원, 한국원전연료(주), 한국전력기술(주) 및 두산에너지빌리터를 비롯한 기기 제작자들도 참여하고 있다. APR1400 설계개발 이래 원자력 산업계, 연구계가 원자로 개발을 위해 이렇게 대규모 협력팀을 구성한 것은 실로 30여 년 만이다.

SMR을 6년 안에 설계하고 인허가 심사까지 완료

그림 2 혁신형 SMR 국회포럼 (2021.4 포럼 출범식)



한다는 것은 매우 도전적인 목표다. 혁신형 SMR 프로젝트는 3년의 기술개발 후 3년의 심사를 마치고 설계인증을 획득해야 한다. 설계 개발자는 물론 안전규제심사자도 전력을 다하지 않으면 달성하기 어려운 일정이다. SMR 개발자들이 사명감으로 해야 하는 이유다. 국회도 지속적인 관심과 필요한 법 제도를 정비해 줘야 한다. 원자력 기술개발은 안전규제라는 틀 내에서 해야 한다. 그래서 신기술을 개발하려면 안전규제도 검토해 가면서 개발해야 한다. 규제기관의 독립성을 유지하면서 정보의 교류, 기술기준의 수립에 협력해야 하는 이유다. 정부도 혁신형 SMR 예비타당성 조사를 통과했다고 손을 놓아서는 안 된다. 프로젝트를 진행하다 보면 추가로 필요한 기술개발 요소가 등장하기도 하고, 특히 인허가 심사 중에 설계 보완이 필요할 경우는 비밀비재하다. SMR 개발의 성공을 위해 긴장을 늦추지 않아야 하는 이유다. SMR 프로젝트의 리더십 확보도 당연한 과제다. 이 프로젝트에는 공기업, 사기업, 연구기관 등 다양한 성격의 기관들이 다수 참여한다. 다양한 기관들을 한가지 목표로 묶고, 각 기관의 결과물을 통합하는 것은 쉬운 일이 아니다. 프로젝트 추진을 위해 사업단을 꾸리고 사업단장은 물론 사업단에 최고의 인재들이 모여야 한다.

우리는 불모지에서 수많은 성공사례를 만들어 왔

다. 그리고 그 성공사례에는 즐겨 Korea의 머리글자인 K를 붙이곤 한다. K-Pop이 한 예이다. 음악평론가인 신현준 성공회대 교수는 그의 저서 '가요, 케이팝 그리고 그 너머'에서 K-Pop은 한국이 아닌 나라들을 위해 한국에서 만들어진 대중음악으로 수출 지향적 문화경제의 산물이라고 말한다. 이는 문화의 물질화를 지적한 면도 있지만 아무런 자원도 없는 우리나라가 얼마나 수출 지향적인지도 보여준다. 원전도 비슷하다. 우리의 전력 수요를 위해 수입했지만, 수출로 우리의 실력을 입증했고 그럼으로써 국민의 인정을 받았다. SMR이 i-SMR(innovative-SMR, 혁신형이라는 의미)을 넘어 K-SMR로 자리 잡아야 하는 이유다. 혁신형 SMR은 국내에 최초 호기를 지어서 실증해야 한다는 주장에도 불구하고 수출을 목표로 뒀다. 물론 국내 원전 이용 확대의 필요에 따라 국내 건설을 먼저 할 수도 있다. 그러나 K-SMR이 돼야만 진정한 기술의 완성이라고 말할 수 있다. 이제 K-Pop은 글로벌 문화로 자리 잡았다. BTS가 유엔에 초대되고 빌보드 차트에 매겨지는 것이 낯설지 않다. 우리의 젊은이들이 세계 여행을 하면서 K-SMR을 마주쳐도 전혀 낯설지 않은 그런 미래를 만드는 것이 혁신형 SMR 프로젝트의 궁극적인 목표다. **기술혁신**

## 수소경제의 파트너 '원자력 청정수소'



글. 이규복 한국전력기술(주) 원자력연구실장

서울대학교 원자핵공학과에서 공학박사 학위를 취득했다. 1994년 한국전력 기술에 입사하여 국내 신형원전, 건설 원전, 가동 원전 등 다양한 원자력발전소에 대한 안전 분석 및 설계업무를 수행했다. 미래 원자력 연구과제에 대한 연구책임자를 거쳐 현재는 원자력연구실장으로 재직하고 있다.

### 탄소중립 실현을 위한 수소의 역할

인류 문명이 발전함에 따라 지구온난화가 가속화되고 기후변화로 인한 재해가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 기후 위기에 대응하여 세계 각국은 탄소중립이라는 목표를 달성하기 위해 기존 화석연료의 사용을 제한하고 재생에너지와 같은 청정에너지 사용을 확대하는 한편, 열과 전기의 생산이 가능하면서도 온실가스, 미세먼지 등 유해 물질이 발생하지 않는 수소에너지에 주목하고 있다.

특히, 전기생산, 난방, 수송, 산업 등 다양한 분야에서 화석연료를 대체하기 위한 에너지원으로써, 재생에너지의 간헐성을 보완하기 위한 에너지 저장원으로써 수소의 활용을 적극적으로 고려하고 있

며, 관련 산업을 선점하기 위한 기술개발에도 투자를 확대하고 있다.

국내에서도 전 세계의 기후 위기 대응에 동참하기 위해 2050년 탄소중립(Net Zero)을 목표로 2030년 국가온실가스감축(NDC) 목표가 상향 조정된 바 있으며, 탄소 발생원을 청정에너지로 대체하기 위한 노력이 다양한 분야에서 추진되고 있다. 정부가 작년 말 발표한 '제1차 수소경제 이행 기본계획'에 따르면, 세계의 수소에너지 수요는 연평균 6.7% 증가할 것으로 추산되고, 우리나라의 수소 공급량은 2020년 22만 톤에서, 2030년 390만 톤, 2050년 2,790만 톤으로 크게 증가할 것으로 예상되고 있다.

### 원자력 활용 수소 생산기술과 국내외 R&D 동향

최근 주요 원자력 선진국에서는 원전을 이용한 수소 생산기술을 적극적으로 개발하고 있다. 원전을 활용하는 경우 탄소 발생 없이 대규모의 수소를 안정적으로 확보하는 것이 가능하기 때문이다.

원자력을 활용한 수소생산 방법으로는, 원전의 전기를 이용한 저온수전해(LTE, Low Temperature Electrolysis), 원전의 전기와 열을 이용한 고온수전해(HTE, High Temperature Electrolysis), 원전의 초고온 열을 이용한 열화학적 수소생산 등으로 구분할 수 있다. 첫 번째 저온수전해 방식은 알카라인, PEM 등 저온수전해 기술이 이미 상용화되어 있으므로, 현재 가동 중인 원전과 연계하는 경우 빠른 시간 내에 상용화하는 것이 가능하다. 두 번째 방식은 원전에서 생산된 전기와 증기를 SOEC 고온수전해 설비에 공급하여 수소를 생산하는 방식이다. 물을 냉각수로 사용하는 경수로형 원전에서는 약 300°C의 증기가 생산되는데 이를 일부 우회시켜 SOEC 고온수전해에 필요한 증기를 생산하는 데 활용하는 방식이다. 이 방식은 원전의 높은 열에너지가 수전해에 필요한 전기에너지의 일부를 대체함에 따라 저온수전해 방식보다 효율이 약 20~30% 정도 좋은 것으로 알려져 있다. 그러나 SOEC 수전해 설비는 현재 실증이 진행 중인 단계로 알카라인이나 PEM 수

그림 1 수소 R&D 투자 규모 및 그린수소 프로젝트

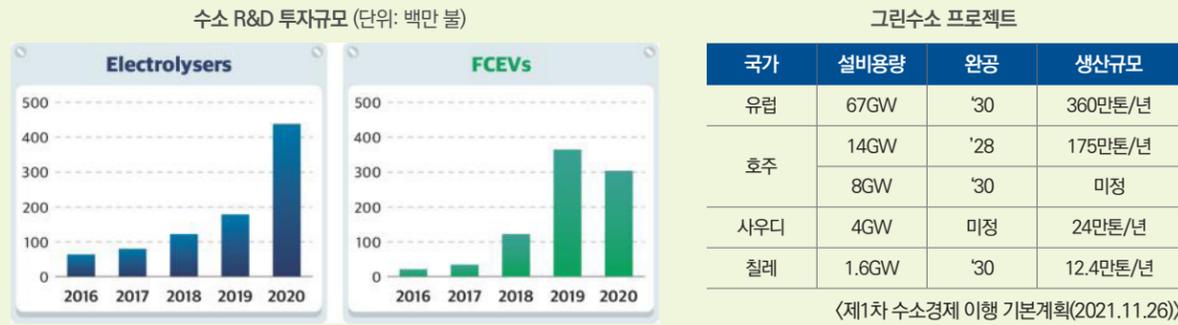
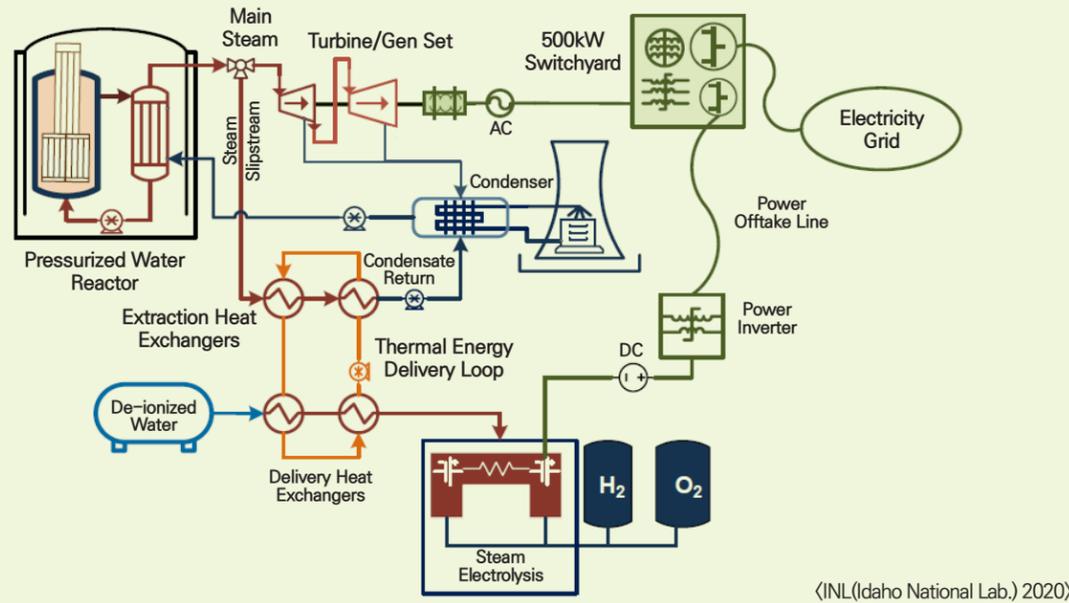


그림 2 원전 이용 고온수전해 수소생산공정 개념도



전해보다 기술개발이 다소 늦은 상태이다. 미국 아이다호국립연구소(INL)에서 제시한 고온수전해 수소생산공정 개념도는 그림 2와 같다.

세 번째 수소생산 방식은 원전에서 생산된 초고온의 열(850℃ 이상)을 활용해 물을 열화학적으로 분해하여 수소를 생산하는 방식이다. 이 방식에서는 초고온의 열을 생산할 수 있는 원자로와 열화학 공정의 개발이 필수적이나, 두 분야의 핵심기술은 아직 개발 단계로서 상용화까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 우리나라에서는 원자력연구원(KAERI)을 중심으로 초고온의 열을 공급할 수 있

는 초고온가스로(VHTR, Very High Temperature Reactor)와 수소생산을 위한 요오드황 열화학 공정에 대한 연구가 진행되고 있다.

해외에서는 빠른 시간 내 대규모 수소를 확보하기 위한 방안으로 가동 원전과 연계한 수전해 기술개발 및 실증이 적극적으로 추진되고 있다. 미국은 정부(DOE)의 재정지원과 국립연구소(INL)의 기술지원 하에 Nine Mile Point, Davis-Besse, Palo Verde, Prairie Island 등 4개의 원전에서 PEM 방식의 저온수전해(MW급)와 SOEC 방식의 고온수전해(kW급) 수소생산 실증 프로젝트가 추진되고 있다.

그림 3 미국 가동 원전 연계 수소생산 실증 프로젝트



프랑스의 EDF 사는 영국 Sizewell 원전에 2MW의 저온수전해 실증 프로젝트를 추진하고 있으며, 스웨덴은 Oskarshamn 원전에 수전해 설비를 설치하여 수소를 생산하고 있다. 러시아도 2023년을 목표로 KOLA 원전에 1MW의 수소생산 시험시설 건설을 추진 중이다.

국내에서 가동 원전을 활용한 저온 및 고온수전해 연구개발은 이제 막 시작되는 단계이다. 가동 원전을 활용한 “수출형 대용량 청정수소생산/저장 플랜트 설계 및 인허가 대비 기반 연구” 정부 지원 과제가 2022년 상반기에 착수되었으며, 울진군 주관으로 “대규모 원자력 수소생산 수출 실증단지 조성”을 위한 예타 과제가 기획 중이다.

신사업 활성화를 저해하는 규제 문제 및 제언

원전을 활용한 수소생산 기술이 상용화되는 경우 온실가스 배출 없이 수소에너지를 대규모로 확보하는 것이 가능하여 국가 온실가스감축 및 탄소중립 목표 달성과 수소에너지 자립을 통한 에너지 안보의 확보에 크게 기여할 것이다. 또한 원전 해외수출 시 원전 수입국의 수소 정책을 특화된 비즈니스 모델 개발이 가능하여 원전 수출경쟁력 확보에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

이를 위해서는 먼저 원전 연계 수소생산 기술개발 및 관련 산업의 활성화를 위한 정부의 정책적인 지원이 필요하다. 다행히 윤석열 정부의 110대 국정 과제 중 차세대 원천기술 확보 항목에 원전 연계 수

소 생산이 포함됨으로써 신정부에서는 원전 수소생산 기술개발이 탄력을 받을 것으로 예상된다. 아울러, 국가 수소경제 활성화 로드맵, 수소경제 이행 기본계획 등에도 원전 수소생산 기술개발 및 상용화 계획을 포함시킴으로써 관련 기술개발 및 투자가 활성화되도록 유도하는 것이 필요하다.

수소법, 전기사업법, 녹색분류체계 등 법·제도 측면에서 개정 및 보완도 필요하다. 청정수소에 원전 수소의 포함 여부로 논란이 되었던 수소법 개정안은 온실가스 배출 기준에 따라 청정수소를 정의하기로 함에 따라, 온실가스를 배출하지 않는 원자력 수소도 청정수소의 범주에 포함될 가능성이 커졌다. 후속 시행령에 원자력 수소가 청정수소의 범위에 포함된다면 관련 투자가 본격적으로 추진될 것으로 기대된다. 또한 발전사업자가 발전사업과 수소생산사업의 겸업이 가능하도록 전기사업법의 개정 및 보완이 필요하며, 녹색분류체계에 원전 활용 수소생산이 포함됨으로써 관련 기술개발 및 실증, 상용화에 자금 지원이 원활히 이루어지도록 하여야 할 것이다.

원전을 활용한 대규모 수소생산이 국가의 새로운 성장동력으로 성장하기 위해서는 무엇보다 안전성의 확보와 함께 주민 수용성의 확보가 필수적이다. 만에 하나 있을지도 모르는 수소 생산설비의 재해로부터 원전 및 주민의 안전이 확실하게 확보되어야 함은 물론, 주민 수용성 확보를 위해 원자력 및 수소 산업 종사자를 포함한 유관 기관의 지속적인 노력이 필요하다. **기술·혁신**

# 사용후핵연료 관리 문제, 더 이상 방치되어서는 안 된다



글. 김경수 사용후핵연료관리핵심기술개발사업단장

충남대에서 지질학 박사학위를 취득했다. 한국원자력연구원에서 1987년부터 중저준위방사성폐기물과 사용후핵연료 처분을 위한 연구개발에 전념해 왔으며, 제9대 한국방사성폐기물학회 회장직을 맡아 방사성폐기물의 안전한 처분을 위한 현안 해결을 위해 이바지하였다.

해마다 장마를 겪고 나면 전국의 하천에는 쓰레기가 넘쳐난다. 대개는 알맹이만 썩 빼먹고 난 것들이다. 원자력 분야는 어떠한가? 그간 우리는 경제 발전에 따른 원자력의 이용·개발에만 치중하여 신규원전 개발 및 건설, 원전 수출 등에 더 많은 공을 들여온 게 사실이다. 원전 이용의 부산물인 사용후핵연료 문제에 대해서는 상대적으로 해결 의지가 크지 않았다고 봐야 한다.

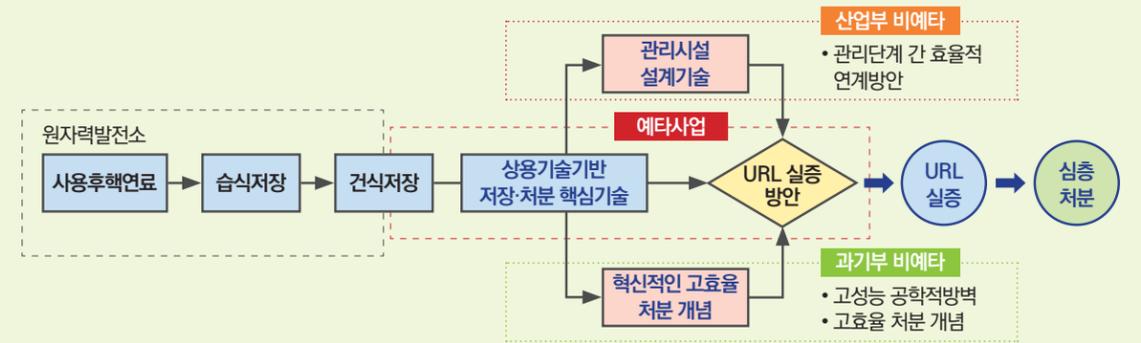
사용후핵연료 처분과 관련하여 선도국의 상황은 사뭇 다르다. 핀란드, 스웨덴 등은 원자력의 이용이 본격화된 1970~80년대부터 차근차근 준비하여 사용후핵연료 연구처분장 마련을 위해 법과 절차를 마련하고 국가계획에 따라 부지를 선정한 후 인허가를 거쳐 처분장을 마련했다. 특히, 핀란드는 가

장 먼저 심층처분장(ONKALO) 완공을 목전에 두고 있으며, 계획대로 시설 운영 허가 절차가 진행된다면 2023년부터 모의 핵연료집합체를 활용하여 2~3년간의 시운전을 거쳐 2025년경 세계 최초로 사용후핵연료 처분장을 운영하는 국가가 될 것이다. 관리사업자인 Posiva는 ONKALO에 2070년까지 Olkiluoto 1, 2호기와 Loviisa 1, 2호기에서 발생하는 사용후핵연료를 처분하고 그 이후에는 운영허가 연장을 통하여 Olkiluoto 3호기에서 발생 예정인 핵연료를 처분할 계획이다. 스웨덴의 관리사업자인 SKB는 핀란드보다 처분장 건설 인허가 신청은 먼저 했지만, 후쿠시마 사고 이후 여건 변화로 당초 예상했던 기간보다 늦어진 올 1월 드디어 처분장 건설 허가를 획득했다. 처분장 건설 착수 후 완공까지는 약 10년이 소요될 것이며 시설 운영 허가는 스웨덴 원자력 활동법에 따라 원자력 규제기관인 방사선 안전청(SSM)에 의해 결정될 것이다. 이 밖에 프랑스도 지난 20년간 일반부지 지하연구시설(Generic Underground Research Lab.)을 통한 기술개발과 지역주민 협의 과정을 거쳐 처분부지를 확정하고 올해 2/4분기 중 건설허가 신청을 할 것으로 예상된다. 일본, 스위스 등의 국가들의 경우도 지하연구시설에서 사용후핵연료의 심층처분에 필요한 안전성 입증과 기술 실증을 차근차근 진행 중이며, 부지선정 프로그램과 연계하여 국민 수용성 확보를 위한 노력도 게을리하지 않고 있다.

우리나라는 고준위방폐물 처분부지 선정을 위해 오랜 기간 동안 난항을 겪었다. 정부는 1980년대부터 울진, 영덕 등을 시작으로 처분부지 선정을 위해 9차례나 시도하였지만 모두 실패하였다. 결국 2005년 고준위방폐물관리사업을 별도로 분리한 후 지자체를 대상으로 한 공모와 주민투표를 거쳐 경주에 중저준위방폐물 처분장 마련에 그쳐 반쪽의 성공만을 거두게 되었다. 하지만, 그 이후 고준위방폐물 문제는 큰 진전 없이 현재에 이르게 되었고, 그 사이 원전 부지 내 사용후핵연료 저장시설도 여유가 없는 상황에 이르렀다.

그나마 다행히도 2020년 6월 원자력계에선 최초

그림 1 사용후핵연료관리핵심기술개발사업 범위



로 다부처 공동 사업의 형태로 예비타당성조사를 통해 확정된 「사용후핵연료 저장·처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발 사업」이 지난해 4월 착수되었다. 본 사업의 목표는 2029년까지 약 4,300억 원을 투자하여 사용후핵연료 중간저장 시 안전성 실증기술 개발, 지하연구시설을 이용한 심층처분 안전성 실증 기반기술, 그리고 심층처분 규제 기반기술을 확보하는 것이다. 이 사업을 효율적이고 성공적 추진을 위해 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 원자력안전위원회는 공동으로 「사용후핵연료 관리핵심기술 개발사업단」을 출범시켰다. 정부는 근거 마련을 위해 2021년 1월 「사용후핵연료 저장·처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발 사업 운영관리규정」을 제정하였다. 한편, 사업단 조직은 단장 이하 사업지원본부 아래에 사업기획팀, 사업관리팀, 커뮤니케이션팀으로 구성되었다.

사업단의 사업 범위를 구체적으로 살펴보면, 사용후핵연료를 습식 또는 건식 장기저장 후 안정한 지질 분포지역의 지하 500m 심도에 심층 처분을 위한 핵심기술을 확보하는 것으로서, 사용후핵연료 관리정책에 관계 없이 사업 초기 단계에서 기본으로 준비되어야 할 범용성격의 관리기술을 개발하는 것이다. 산업통상자원부의 관리시설 설계기술 개발사업과 과학기술정보통신부의 혁신적인 고효율 처분 개념개발 사업의 결과는 향후 사업단 사업과 합쳐져 최적화될 예정이다(그림 1).

본 사업의 추진체계는 다부처 재원의 매칭 분담,

「공동성과·공동책임」의 사업운영 체계로서 총 3개 전략과제, 7개 중점과제로 구성되며 저장·처분 분야 전략과제는 과학기술정보통신부와 산업통상자원부가 연계하여 수행하고, 규제분야 전략과제는 독립성을 위해 원자력안전위원회가 단독으로 수행하게 된다(그림 2). 2029년까지 3단계로 추진되는 본 사업은 사업단 출범 후 2021년 4월까지 7개 중점과제에 대한 상세계획을 거쳐 2021년 5월부터 과학기술정보통신부·원자력안전위원회, 산업통상자원부 순으로 과제가 착수되었으며, 사업 2차 연도에 해당하는 올해의 투자 금액은 총 사업비의 5% 이내로 설정된 사업단 운영비를 포함하여 415억 원 규모이다.

본 사업의 성과목표는 9년간 900여 건의 결과물을 생산하여 핀란드, 스웨덴 등 기술 선도국 대비 기술수준 90% 이상을 확보하는 것이다. 특히, 심층처분 실증 관련 주요 핵심기술과 규제 요소기술에 대해 최종적인 결과를 종합하여 심층처분 종합안전성입증보고서(Safety Case Report)를 작성한 후 이를 OECD/NEA, IAEA 등 국제기구 검토(Peer Review)를 받아 완결성을 높인다는 계획이다. 또한 본 사업을 통해 확보된 기술은 후속으로 연계되는 심층처분시스템 성능 및 안전성에 대한 지하연구시설(URL) 실증사업에 적용될 것이며, 궁극적으로는 관리시설 부지 적합성 조사, 중간저장시설 설계 및 건설인허가 신청 업무 등 고준위방폐물 관리 사업에 활용될 것이다. 주관 연구개발기관으로는

그림 2 사용후핵연료관리핵심기술개발사업 추진체계



한국원자력연구원, 한국원자력환경공단, 한국원자력안전기술원, 한국지질자원연구원 등이며, 공동 및 위탁기관까지 포함하면 국내 산·학·연 등 44개 기관에 이르고, 모두 700여 명의 연구원이 참여하고 있다.

한편, 정부는 지난해 사용후핵연료 관리정책 재검토위원회의 권고에 따른 후속 조치로서 제2차 고준위방폐물관리 기본계획을 수립한 바 있다. 유럽연합에서는 사용후핵연료를 2050년에 처분한다는 명문화된 계획 등이 없으면 원자력을 더 이상 친환경 녹색에너지로 분류할 수 없다는 입장을 밝혔다. 우리나라는 올 초 대선을 치르면서 원전의 가동률을 높이고, 수명을 연장하고, 신규 원전을 추가 건설하여 2030년까지 원전 비중을 높이겠다는 계획을 국정과제에 담았다. 이 정책의 성패는 이제 점점 늘어나는 사용후핵연료가 쥐게 되었다.

사업단의 저장·처분 기술개발 외에도 사용후핵연료를 재활용하여 고준위방폐물의 부피와 독성을 줄이기 위한 파이로프로세싱-소듐냉각고속로 연계시스템 기술 개발도 추진되고 있다. 최근에 파이로프로세싱만으로도 처분 부담을 줄일 수 있고 특

별법 제정 시에 처리기술을 포함해야 한다는 주장이 계속되고 있으나, 이 기술만으로는 방사성 독성을 줄일 수 없다. 오히려 처리 과정에서 위험도가 올라가고 처리시설 건설 및 운영비용 증가, 관리시설 부지 확보 어려움, 중저준위방폐물 추가 발생, 소각로 비연계에 따른 미국의 장기 동의 획득 어려움 등 풀어야 할 숙제만 늘어난다.

「아름다운 사람은 머문 자리도 아름답다」고 말한다. 원자력 기술이 아름다워지면 원자력 이용에 따른 쓰레기를 잘 처분하여 그 기술이 이용된 자리도 아름답게 정리되어야 지속가능성을 보장받을 수 있다. 원자력계는 국회가 특별법을 원만히 제정할 수 있도록 지원을 아끼지 말아야 하며, 안전한 기술개발을 통한 국민 수용성 증진 노력, 사업단 확보 기술의 일반부지 지하연구시설 실증사업 연계 추진, 처분장 부지 선정에 필요한 기술지원, 처분장 건설 인허가 등 후속 절차가 중단 없이 진행되도록 최선을 다해야 한다. 우리는 원자력에너지 이용에 수반되는 책임을 미래세대에 떠넘기지 말고 우리 세대에서 해결하기 위한 방안을 찾아야만 한다.

**기술혁신**

## 윤석열 정부 원자력 정책 전망과 과제, 그리고 산업계의 역할



글. 정용훈 카이스트 원자력 및 양자공학과 교수

카이스트에서 원자력 및 양자공학 박사학위를 취득했다. WCU 고속로 연구센터장을 역임했으며, 현재 원자력 및 양자공학과 교수, 신형원자로연구센터 소장으로 재직 중이다. 주요 연구분야는 원자력 안전설계 및 해석기술, 중소형모듈원전 설계 등이다.

### 윤석열 정부 원자력 정책 : 탈원전 정책 폐기, 원자력산업 생태계 강화

에너지 안보 및 탄소중립 수단으로 원전을 적극적으로 활용하고, 원전 생태계 경쟁력 강화, 한미 원전동맹 강화 및 수출을 통해 원전 최강국 도약이 윤석열 정부의 원자력 정책의 목표이다. 비상식적인 탈원전 정책으로 무너진 나라의 에너지 정책의 회복을 위해 탈원전 정책을 폐기하고 원자력 산업의 생태계를 회복하며 더욱 강화하여 국내 에너지 믹스에서 원전의 역할을 확대하고, 미래원전 개발과 원전 수출로써 원전강국으로 도약하겠다는 것이 정책과제의 핵심이다.

### 우크라이나 침공이 보여준 에너지안보의 중요성, 수단은 원자력+재생

2020년 일차에너지 사용량 중 원자력 12%, 신재생 및 기타 7%로 겨우 19%의 에너지만 자급할 수 있는 것이다. 이들 중 태양광과 풍력은 비중을 늘릴수록 그 간헐성 때문에 자연적인 수급 불안이 있으며, 백업으로 활용되어야 하는 가스발전의 중요성은 더 커져서 재생에너지 확대가 수급 불안을 증폭하는 뇌관 역할을 할 가능성도 크다. 자연환경의 변동으로 태양광 풍력 발전량이 들쭉날쭉 함에 따라 가스 수요가 변동하고 특히 가스 수요가 큰 겨울철 줄어드는 태양광 발전량을 가스발전을 늘려 감당할 수밖에 없는 상황이 되면 우리는 가스 가격과 수급 불안정성의 영향을 더 크게 받을 수밖에 없다.

우리는 재생에너지와 가스의 조합이 아닌 원자력과 재생에너지의 조합을 추구해야 외부의 수급 불안과 가격 변동을 무던하게 견딜 수 있다. 이것이 새 정부가 추구하는 원자력과 재생에너지 혼합을 통한 합리적인 에너지 정책이다.

### 원자력을 포함한 에너지 믹스로 실현 가능한 탄소중립

주요 원자력 이용국 들은 탄소중립으로 가기 위해 무탄소 청정전력인 원자력의 이용을 더 증진하고 있다. 이를 위해 장기가동(계속 운전, 운영허





가경신 등), 신규건설, 원자력 수소 생산 등에 투자를 늘려가고 있다.

탈원전을 고수하는 독일은 원자력의 역할을 주변국에 의존할 수 있더라도 하지만 우리는 그러지도 못하므로, 우리의 탈원전은 그 실현 가능성이 전혀 없다고 할 수 있겠다. 2050년 우리나라 태양광 설비의 양이 같은 시기 유럽연합 전체의 태양광 설비와 유사한 용량이라는 것, 간헐성을 보완할 저장장치 규모의 규모와 액수는 산정도 하지 않았다는 것, 하루치 저장장치 비용이 1000조 원대에 이르기에 실현할 수 없다는 것만 봐도 얼마나 말이 안 되는 계획인지 알 수 있다. 이것은 실패를 계획한 것이다.

탄소중립이라는 반드시 달성해야 할 목표를 강하게 제시하면서, 탈원전이라는 불가능한 수단을 고집한다는 것은 원래 제시한 목표 달성에 진심이 아니라는 것으로 이해할 수밖에 없다.

새 정부에서는 다행히 탄소중립으로 가는 길에 원자력 옵션을 근간으로 하기로 했다. 계속 운전을 적극적으로 추진하고, 건설이 중단된 신한울 3, 4호기

건설을 재개하고, SMR을 개발하여 미래 수출 먹거리 및 에너지원으로써 활용하는 공약을 정부 정책화하여 국정과제로 확정하였다. 탈원전 폐기를 통해 2030년 30%대의 원전 비중을 유지하고, 2050년 완전한 탈탄소로 가기 위해 30% 이상의 원전 비중을 가져간다면, 탈탄소의 성공 가능성은 커질 것이다. 우리가 원자력만으로 탄소중립으로 갈 수는 없을 것이다. 그러나 원자력 없이 탄소중립으로 가는 길은 전혀 없다.

### 신한울 3, 4호기의 건설재개와 수출을 통한 무너지지 않는 생태계 회생

신한울 3, 4호기가 건설되면 60년간 생산할 전기는 한전의 전력판매 금액으로는 140조 원, 한수원 정산 금액은 75조 원으로 차액 65조 원은 한전의 이익에 기여할 수 있다. 올해 예상되는 한전의 적자가 20~30조 원에 이른다. 신한울 3, 4호기를 건설하면 60년간 적어도 60조 원의 이익을 가져다 주기 때

문에 20~30년마다 이런 에너지 위기(30조 한전 적자)가 한 번 정도 오더라도 손해를 모두 만회할 수 있는 것이다.

우리가 UAE에 수출한 원전 4기의 건설비용은 20조 원에 이르고, 연료공급, 운영 참여 등으로 앞으로 벌어들일 돈도 수십 조 원 규모에 이를 수 있다.

이와 같이 신규원전 건설프로젝트는 막대한 이익을 가져다 주는 것은 물론 수년에 1~2개의 프로젝트로도 우리가 그간 구축한 세계 제1의 공급망을 유지하고 키워나가는데 필요한 최소 규모가 된다.

다행히 탈원전 정책이 폐기되어 신한울 3, 4호기 건설이 재개되고, 계속 운전이 추진되고, 수출이 성사될 가능성이 커지고 있지만, 발주되기까지는 시간이 걸리기에 산업계 일감을 조기에 창출하는 것이 필요하다. 건설 재개에 필요한 행정조치를 차근차근 해나가되 가속화하여 조기에 일감이 만들어질 수 있도록 건설 재개 프로세스를 최적화할 필요성이 있다.

### 혁신 SMR 개발과 SMART 및 대형원전 수출과 산업체의 역할

대형원전과 SMART 수출에 성공하려면 범정부적인 수출 지휘체계를 구축하여 국가별 패키지를 잘 구성해야 한다. 수출지원체계를 넘어서 수출지휘체계가 필요하다. 범정부적인 리소스를 동원하는 데 한계가 없도록 만들어야 한다.

수출에 있어 한미 동맹을 추진하는 것은 러시아가 사실상 퇴출되고, 중국이 주춤하는 원전 시장을 점유할 좋은 전략이 될 것이다. 그러나 산업체는 미국과 협력하되 하청업체로 전락하는 것은 반드시 피해야 한다. 반드시 우리의 브랜드를 지키면서 미국 업체와 협력할 것은 하는 것이 필요하다. 미국의 원전 건설, 미국의 SMR 개발과 건설에 참여하여 적극적으로 협력하여 우리 생태계를 유지하는 데 도움을 얻되, 우리의 APR, APR+, SMART, 혁신SMR이 세계 시장에 팔릴 수 있도록 기술개발, 상품개발, 한미협력을 추진해야 할 것이다. 우리 브랜드가 사라

진다면 결국 우리 산업경쟁력은 지속될 수 없을 것이다.

### 사용후핵연료 관리방안 마련에 착수해야

전 정부에서는 사용후핵연료 관리에 대해 재검토를 하면서 사실상 시간만 허비했다. 반면 새 정부에서는 사용후핵연료 관리를 위한 법을 제정하고, 이에 따라 정부 계획을 수립하고 실질적인 처분장 확보 노력을 시작할 예정이다. 또한 처분장의 면적을 줄일 수 있으며, 재활용에도 활용될 수 있는 파이로 연구개발도 병행할 예정이다.

그리고, 현재 발전소 부지 내 건식저장을 통해 포화된 수조 내 냉각방식의 저장용량을 확충하는 것을 가장 시급한 선결과제로 추진할 것이다. 소내 건식 저장방식은 수조 내 저장과 안전성 차이는 없으며 안전관리가 간단한 장점이 있다.

### 원자력안전위원회의 재정립

원자력안전위원회는 전문성과 독립성이 생명이다. 그로부터 투명성, 공정성, 신뢰성이 나올 수 있다. 그간 원안위는 전문성이 부족한 인적 구성으로 독립성이 아닌 고립성이 추구되어왔다. 그 결과 불필요하게 원전이 장기간 정지되는 등 원전의 이용률은 하락했고, 신규원전 건설 인허가가 지연되게 되었다.

앞으로는 그간의 부작용을 되풀이하지 않기 위해 위원의 전문성 자격을 강화하는 한편 상임위원제로 개선하고, 사무처와 전문기관의 책임과 권한을 명확히 하며 원안위 전문성을 보강하기 위해 전문위원회를 강화하여 규제 활동 주체 간 견제와 균형을 달성할 수 있도록 하며, 장기적으로 사무처와 전문기관을 통합하여 선진국형 규제체계를 구성하는 것이 바람직하다. **기술혁신**

# 인공지능 인재에게 비즈니스를 가르치는 게 빠를까? 사업 담당자에게 인공지능을 가르치는 게 빠를까?

대기업에서 오랫동안 전문경영인을 역임하고 있는 지인이 이런 이야기를 들려주었다. “해외 영업조직에 직원을 내보내야 합니다. 영어 잘하는 사람에게 영업을 가르치는 게 나을까요? 아니면 영업 잘하는 직원에게 영어를 가르치는 게 좋을까요?”

그분의 답은 명확했다. 영어 잘하는 직원에게 영업을 가르치는 게 낫다는 거다. 훨씬 ‘효율적’이기 때문이다. 영어는 일상 의사소통까지 배우는 데 오랜 시간이 걸리는 반면, 영업은 초보를 평균 수준으로 만드는 데 시간이 덜 걸리기 때문이다. 이처럼 자원이 한정된 기업에서 교육 훈련 의사결정의 기준은 시간이다. 그러나 이 경우는 어디까지나 초보자를 평균 수준으로 만드는 교육일 때 그렇다는 얘기다. 보통의 인재를 최고 수준의 전문가로 만들 때는 답이 달라질 수 있다.



글. 손진호 알고리즘랩스 대표  
현재 AI 커스터마이징 플랫폼 기업 알고리즘랩스의 대표이사다. 빅데이터, AI 테크 전문가 손진호 대표와 한국정보올림피아드 출신의 유능한 개발자들이 독자적으로 개발해 특허를 받은 핵심기술 ‘시 옵티마이저 플랫폼’ 구축 사업을 통해 전 산업 영역에 시를 적용하고 있다.

## 최고 전문가와 보통 전문가의 차이

만약 1년 후 회사의 운명이 달린 해외 영업을 준비해야 한다면 의사결정은 달라질 것이다. 최고의 영업사원에게 영어를 가르치는 것이 더 효과적일 수 있다. 영업에서 최고 수준의 전문가는 아무나 도달할 수 없기 때문이다.

그러므로 영어 잘하는 사람에게 영업을 가르치느냐, 영업 잘하는 사람에게 영어를 가르치느냐는 대중 교육과 맞춤 교육의 이슈다. 대중 교육은 초보자를 평균 수준의 인재로 만드는 교육으로 과락을 면하는 게 목표다. 반면 맞춤 교육은 평균이나 보통 수준의 인재를 최고 수준의 인재로 만드는 것으로, 가르치는 방법도 다양하고 시간도 많이 걸린다.

이와 관련해 국내 교육학자들이 최고 수준 전문가와 보통 수준 전문가의 특성을 비교 분석한 논문이 시사점을 준다(오현석 외, 2009). 연구자들은 국내 30대 기업에서 최고 수준의 전문가와 보통 수준의 전문가를 추천 받아, 이들을 심층 인터뷰했다. 최고 전문가들은 ①개인의 목표를 조직의 목표와 일치시키며 일하고, ②새로운 일에 끊임없이 도전해 전문성을 확대하려고 노력하며, ③물리적, 정신적으로 한 단계 더 파고 들어가는 ‘한 번 더 법칙’을 실천하고, ④한 분야에 머무르지 않고 인접 분야의 전문성을 익히기 위해 노력한다. 또 ⑤자신의 지식과 경험에만 의존하지 않고 자신이 구축하고 있는 인적 네트워크를 활용하는 등 업무를 수행할 때 복합적인 접근을 하고, ⑥일과 삶이 분리되지 않아 항상 일을

고민하며, ⑦어려운 문제에서도 긍정적 태도를 보이고, ⑧자신에 대한 믿음이 유달리 강하다는 특성이 있었다.

연구자들은 최고 수준의 전문성은 지식, 경험, 문제해결 역량에 더해 열정, 오너십, 자신감과 같은 감성적 역량이 뒷받침돼야 한다고 분석했다. 이 같은 감성적 역량은 다양한 성공체험을 통해 강화되기 때문에 최고 전문가를 육성하기 위해서는 다양한 경험을 부여하는 게 핵심이다. 즉 최고 수준의 전문가는 단순한 교육보다 일하는 과정에서 육성된다.

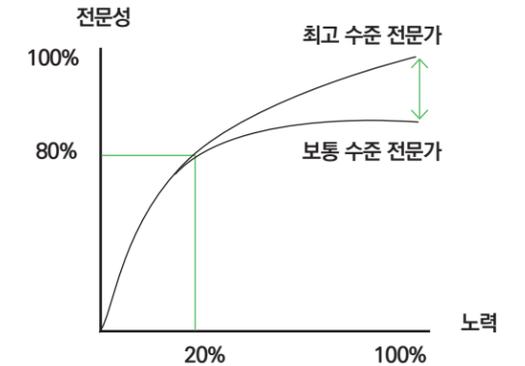
## 인공지능 교육에 대한 두 가지 관점

전문성은 지식, 경험, 그리고 이를 활용한 문제해결 역량으로 구성된다. 지식과 경험은 말로 표현할 수 있는 형식지(Codified Knowledge)와 몸으로 체험해야만 알 수 있는 암묵지(Tacit Knowledge)로 나뉠 수 있다. 저명한 조직 심리학자인 에드먼슨과 동료의 연구에 의하면(Edmondson 외, 2003) 경험과 암묵지에 기반한 스킬은 학습하는 데 시간이 많이 들어가고, 개인이나 조직에 따라 학습 속도가 천차만별이다. 반면 명문화된 지식인 형식지에 기반한 기술은 학습곡선의 기울기가 가팔라 빠르게 익힐 수 있다. 물론 형식지라고 하더라도 기초지식이나 선행지식이 필요한 분야는 하루아침에 익힐 수 없고, 복잡할수록 초기 투입시간이 많지만 활용가치는 더 크다.

그럼 인공지능 교육은 어떠한가? 기업에 따라 인공지능 교육을 두 가지 상반된 관점으로 바라보는 것 같다. 한쪽에서는 인공지능을 특정 전문가 집단만이 할 수 있는 고급 기술로 보고, 인공지능 인재는 쉽게 육성할 수 없다고 여긴다. 이런 쪽에서는 인공지능 전문가, 또는 데이터 과학자의 요건이 세 가지 역량으로 구성된다는 설명에 귀를 기울인다. 통계적 지식, 프로그래밍 등 IT 스킬, 비즈니스 도메인 지식 등이 그것이다. 즉 인공지능 전문가가 되기 위해서 수학, 통계학, 코딩 교육처럼 쌓아야 하는 선행 지식이 너무 많아서 인공지능 인재를 육성하는 것은

디지털 혁신은 기업의 디지털 트랜스포메이션 전략 수립을 위한 정보를 제공하고 있습니다.

그림 1 최고 수준 전문가와 보통 수준 전문가의 전문성 발달 학습곡선



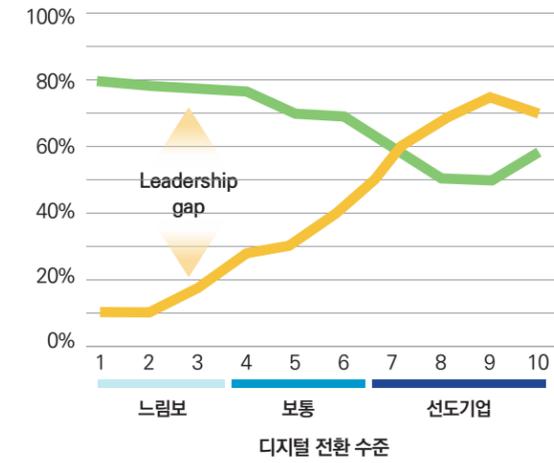
(오현석 외, 2009)

비효율적이라고 생각한다. 그래서 이런 기업은 인공지능 기술이 필요하면 해당 인재를 외부에서 채용해야 한다고 생각한다.

반면, 다른 관점을 가진 쪽에서는 비즈니스에서 활용되는 인공지능 기술은 생각보다 복잡하지 않다고 여긴다. 최고 수준의 인공지능 전문가를 육성하는 것은 어렵지만 초보자를 보통 수준의 담당자로 육성하는 것은 어렵지 않다는 것이다. 초보자를 기본 역량을 지닌 영업사원으로 키워내는 것은 매우 정형화된 교육으로 가능하다. 상담이론에 기반해서 고객의 문제를 극대화하여 니즈를 만들어내고, 이를 판매와 연결하는 대화 매뉴얼을 배우면, 영업 현장에서 기본은 할 수 있다.

실제로 필자가 대표로 있는 알고리즘랩스는 기업에 인공지능 솔루션을 개발하여 보급하지만, 동시에 인공지능 활용 교육도 제공하고 있다. 고객사에서 AI를 도입해 활용하기 위해서는 담당자가 인공지능을 알아야 하기 때문이다. 우리 교육은 인공지능 관점에서 비즈니스의 문제를 정의하고, 인공지능 모델에 적합한 데이터를 수집하여 가공하고, 알고리즘을 선택하여 학습하고, 모델을 평가하는 일련의 인공지능 모델링 과정으로 구성된다. 이를 이해하기 위한 이론 수업으로 머신 러닝 방법론, 알고리즘 종류와 의미, 툴 활용법 등을 배우지만 코딩을 하지는 않는다. 지금까지 70여 개 대기업에서 수천

그림 2 인공지능 인재 확보에 대한 선도기업과 후진기업의 시각 차이



■ 디지털 환경에서 경쟁하기 위해서 AI 등 디지털 인재를 채용해야 한다.  
 ■ 디지털 환경에서 경쟁하기 위해서 AI 등 디지털 인재를 육성해야 한다.  
 (Gerald Kane 외, 2018)

명의 임직원이 이 교육을 이수하고 인공지능을 현업에서 사용하고 있다.

**인공지능 선도기업은 AI 인재를 육성해**

국가적 차원에서 인공지능 교육은 초보자를 기초 소양을 지닌 담당자로 키우는 대중 교육도 필요하고, 최고 수준의 인공지능 전문가를 양성하는 맞춤형 교육도 필요하다. 그런데 인공지능 인재가 태부족인 상황에서, 인공지능 도입을 더 이상 늦출 수 없는 기업은 대중 교육을 통해 인공지능 기술을 비즈니스에 빨리 활용하는 게 낫다. 이와 관련해서 흥미로운 조사를 소개한다.

2018년 MIT에서 발행하는 경영잡지, Sloan Business Review가 딜로이트 컨설팅과 함께 디지털 기술의 도입 현황에 대해 조사했다. 전 세계 123개국, 28개 산업에 있는 글로벌 기업의 경영자, 관리자, 전문가 4,300명에게 AI 등 디지털 기술 도입에 대한 방대한 설문을 실시했다. 디지털 전환이나 인공지능 기술 도입과 관련해서 각자 회사가 어떠한 상황인지를 진단하는 여러 질문을 했다. 설문 결과에

따라 이들이 속해있는 기업을 디지털 선도기업, 보통 기업, 느림보 기업으로 나눴다. 이 중 인공지능 교육에 관한 현실을 보여주는 조사 결과가 있다. 이 문항은 인공지능 전문가 등 디지털 인재를 어떻게 확보해야 하는지에 대해서 물어본 것이다. 디지털 기술에 뒤처진 기업은 인공지능 전문가를 육성하는 것보다 채용해야 한다고 답했다. 반면, 디지털 기술을 잘 활용하고 있는 선도기업은 인공지능 전문가를 채용해야 한다고도 답했지만, 디지털 인재를 육성해야 한다는 답변이 더 많았다.

즉, 인공지능 기술을 잘 활용하는 기업은 인공지능 기술에 대해 쉽게 접근한다. 자동차를 직접 연구 개발하여 만드는 것과 잘 만들어진 자동차를 운전하는 것은 익히는 시간이나 난이도 측면에서 완전히 다르다. 실제로 비즈니스에서 활용하는 인공지능 기술이란 자동차를 운전하는 방면에 가까워지고 있다. 따라서, 많은 사람이 운전을 배우고 실제 실생활에 접목하듯, 인공지능 활용 전문가를 쉽게 교육해서 양성할 수 있다고 생각한다. 대체로 인공지능 기술을 접하지 못했던 기업은 인공지능의 활용 관점이 아닌 연구개발 관점에서 바라보는 경향이 있다. 그래서 인공지능을 도입하기 위해서 인공지능 전문가를 뽑아야 한다고 생각하는 것이다.

구글 브레인 담당자이자, 코세라 설립자로 인공지능 세계 최고의 석학인 앤드류 응(Andrew Ng) 교수는 이제는 모델 중심의 인공지능에서 데이터 중심의 인공지능으로 패러다임이 바뀌었다고 말했다. 모델 개선보다는 정밀한 데이터 구축을 통해 인공지능 성능을 올려야 하는 시대가 됐다는 뜻이다. 당연히 인공지능에 대한 학문적 연구보다는 현업의 활용이 더 중요해지고 있다. 즉 어디서나 인공지능을 활용하는 인공지능 대중화 시대가 도래했다는 의미다. 그런 만큼 인공지능은 대중 교육을 해야 한다. 대중 교육으로 인공지능 인재를 키워놓고 인공지능을 활용하다 보면 최고 수준의 인재가 가려질 수 있다. 그런 인재는 또 특수 교육으로 지속 육성하면 된다. 당장은 인공지능 대중 교육이 필요하다.

**기술혁신**





## 자석으로 DNA를 추출하는 세계 최고성능 자성나노비드

(주)바이오니아

**김재하** (주)바이오니아 부사장  
한국과학기술원(KAIST)에서 화학공학 박사 학위를 취득했다. 대한유화 기술연구소를 거쳐 현재 (주)바이오니아 나노사업부 부사장으로 재직 중이다. 주요 연구분야는 자성나노비드, 나노와이어, 탄소나노튜브 복합체 등의 나노 신소재 분야이다.

코로나19 팬데믹을 3년째 겪으면서 ‘PCR 검사’라는 낯설었던 용어가 어느새 누구나 아는 일상적 용어가 되어 버렸다. 조금 관심 있게 본 사람이라면 PCR의 원리까지 이해할 정도로 친숙해졌다. 콧물 속에 존재하는 바이러스의 유전물질인 RNA를 분리하고, RNA를 구성하는 염기서열의 특정 부위를 PCR이란 기계로 증폭하여 바이러스가 있는지를 검출해낸다. 여기까지는 조금만 관심 가지면 알 수 있는 내용이다. 그렇다면 콧물 속에 존재하는 바이러스가 있고 그 바이러스를 둘러싼 껍질 안쪽에 존재하는 RNA만 어떻게 분리해내는 것일까? 그것도 하루에 수십만 명의 사람들이 검사를 받는데 어떻게 그 많은 샘플에서 RNA를 분리하여 24시간 이내에 PCR 결과를 알려줄 수 있을까?

DNA나 RNA 같은 유전물질을 자석으로 끌어당겨 분리한다면 믿기 어렵겠지만 이와 같은 기술은 이미 오래전에 상용화가 되었다. 이번에 소개해드릴 (주)바이오니아(이하 바이오니아)의 자성나노비드 기술은 이미 상용화가 되어있는 자성비드 기술을 나노 크기로 만들어 성능과 품질을 혁신시킨 사례이다. 아울러 바이오니아는 이 기술을 기존 기술의 성능혁신에서 멈추지 않고 분자 진단 영역이 아닌 전혀 다른 사업영역에서 새로운 기반 기술로 재탄생시키고 있다. 말하자면 바이오니아는 하나의 기술을 혁신함으로써 기존 사업영역에서는 세계 최고성능의 제품을 탄생시켜 매출 성장과 기술력을 인정받는 기회가 되었고, 또 한편으로는 새로운 사업영역으로 진출할 수 있는 기반 기술을 얻게 된 셈이다. 이 기술은 성과를 인정받아 2022년 3주 차 IR52 장영실상을 수상했다.

글. 이장욱 컨설턴트(씨앤아이컨설팅)

### 나노 세계의 이해

바이오니아의 자성나노비드가 가진 기술혁신의 의미를 이해하기 위해서는 나노 세계에 대한 약간의 사전 지식이 필요하다. 사람의 세포는 십여 마이크로미터 크기를 가지고 있으며 쉽게 비교 대상으로 언급되는 머리카락 두께가 약 100마이크로미터로 세포보다 10배가량 크다. 세포는 마치 공장처럼 쉽 없이 여러 가지 물질들을 만들기도 하고 밖으로 배출하기도 한다. 이 세포라는 공장을 컨트롤하는 가장 중추적인 설계도이자 관리자는 유전정보를 가지고 있는 DNA인데 크기가 약 10나노미터 정도로 세포 크기인 10마이크로미터의 약 천분의 일에 해당한다. 참고로 바이러스의 크기는 100나노미터 정도이고 바이러스 역시도 직경 100나노미터 크기의 껍질 안에 유전정보를 가진 10나노미터 크기의 RNA나 DNA를 포함하고 있다. 우리가 PCR 검사를 한다는 것은 세포나 바이러스를 둘러싼 껍질을 제거하고 온갖 물질들이 뒤섞여 있는 데서 나노미터 크기의 DNA를 분리해내는 것에서부터 시작한다. 그림 1을 보면 크기에 대한 상대적인 개념 이해가 좀 더 쉽게 될 수 있다.

### 자성나노비드 기술혁신

바이오니아가 기술개발에 성공한 자성나노비드의 기술적 원리를 간단하게 말하면 세포나 바이러스의 껍질을 제거하여 세포 속 물질들이 흘러나오게 한 후 공 모양의 쇠구슬(bead) 표면에 DNA가 달라붙으면 그 쇠구슬들을 자석으로 모아서 DNA만을 추출 해내는 것이다. 이 쇠구슬 표면은 DNA가 달라붙는 성질을 가지도록 실리카로 코팅되어 있다.

쇠구슬이 자석에 달라붙는 것이나 DNA가 화학적으로 실리카에 흡착되는 원리는 오래전부터 알려진 지식이었고 이 원리를 이용해 Magnetic Bead란 기술과 상용 제품이 등장한 것도 꽤 오래전 일이다. 바이오니아의 자성나노비드는 과거에 글로벌 회사들이 개발한 Magnetic Bead라는 기술혁신 제품을 성능과 품질면에서 월등히 앞지른 2차적인 기술혁신을 달성한 사례이다.

글로벌 회사들이 양산 공급하는 기존의 자성비드는 크기가 3~10마이크로미터 크기인 데 반해 바이

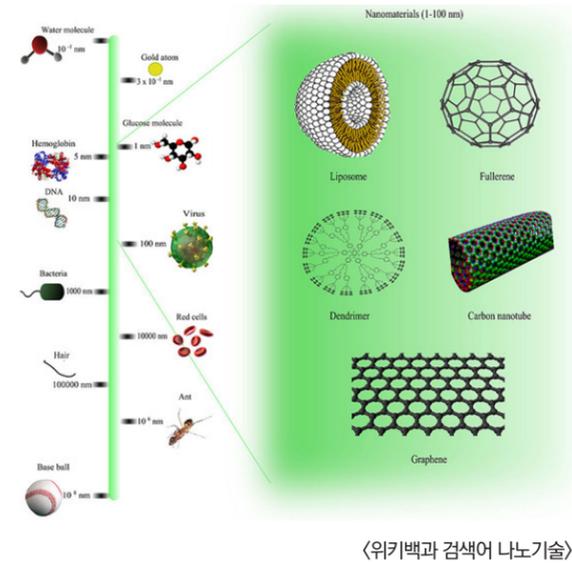
오니아의 자성나노비드는 400나노미터로 10배 이상 크기가 작다. 세포 크기가 10마이크로미터이고 DNA의 크기가 10나노미터라는 사실을 상기하면 쉽게 이해가 될 것이다. DNA를 분리수거하는 비드의 덩치가 너무 크면 그만큼 추출효율이 떨어질 것이다. 단순히 생각해도 같은 부피에 10,000 나노미터와 400나노미터 직경의 쇠구슬이 각각 있다면 어느 쪽의 표면적이 더 넓은지 금방 감이 온다. 아래 전자현미경을 찍은 사진을 보면 바이오니아 자성나노비드(a) 사진 하단에 표시된 척도가 500nm인 반면 경쟁사 비드 (b), (c) 사진에는 5 $\mu$ m이고 (d), (e)는 20 $\mu$ m이다. 이 사진 한 장이 기술력을 극명하게 대비시켜 보여주고 있다.

크기를 비교했다면 두 번째로 보아야 할 것은 모양과 크기의 균일성이다. 크기의 차이는 표면적의 차이에 의해 DNA 추출효율과 관련이 있다면 모양과 크기의 균일성이 의미하는 바는 신뢰성과 관련이 있다. 모양과 크기가 들쭉날쭉한 원료와 일정한 원료가 있다면 어느 쪽이 최종 품질이 고르게 나올 것

나노사업부 박종광 책임연구원, 김재하 부사장, 진명국 부장



그림 1 나노물질들의 크기 비교



<위키백과 검색어 나노기술>

인지는 상식적으로 판단할 수 있다.

자성비드 표면에는 실리카라는 물질을 코팅하여 DNA나 RNA를 달라붙게 만든다. 산화철로 비드 자체를 나노미터 크기로 균일하게 만들기도 어려운 일이지만 보다 핵심기술은 비드 표면에 3나노미터 두께로 실리카를 코팅하는 것이다. 액체 상태의 실리카를 400나노미터 크기 쇠구슬에 3나노미터 두께로 일정하게 코팅하는 과정은 말로 설명하기 어려운 이론적인 세상의 일이다. 눈으로 볼 수도 없고 전자현미경으로도 완성된 이후에나 볼 수 있는 나노 세상에서 일어나는 일이므로 그 과정을 명확히 이해하기도 어렵고 제어하기는 더욱 어렵다. 그림 2의 (b)~(e)에서 경쟁사 비드의 크기와 표면이 불규칙하고 울퉁불퉁한 것과 비교해 바이오니아 자성나노비드의 크기와 표면의 모양을 비교해서 보면 기술력의 차이를 확연히 느낄 수 있다.

바이오니아의 기술혁신 세 번째 포인트는 양산 스케일의 차이다. 경쟁사 비드는 한 번 생산하는데 50~100리터 반응기로 생산한다. 분말 산화철에 실리카를 일정한 두께로 코팅하는 것이 대단히 어려운 공정이기 때문에 대량으로 양산할 수 있는 생산기술

을 확보하는 것 역시 중요한 기술혁신 과제이다. 자성나노비드 개발부터 양산까지 전 과정을 총괄 지휘한 김재하 부사장은 양산 기술 확보가 가장 어려운 과제였다고 말한다. 1리터 반응기부터 실험실 스케일로 출발하여 5리터, 300리터, 2,000리터를 거쳐 무려 6,000리터까지 스케일업에 성공하였다. 경쟁사의 생산기술 대비 산술적으로 60배 이상 생산성을 높인 것이다. 생산에 투입되는 시간과 인원을 고려하고 최종 제품의 품질과 성능이 월등히 높아진 점까지 포함하면 사실상 기술적으로나 가성비로나 비교할 수 없는 혁신을 달성한 셈이다.

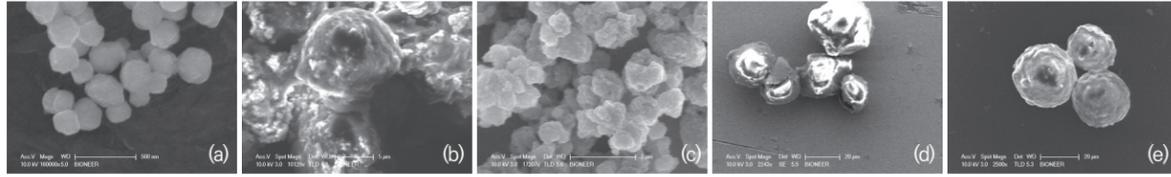
자성나노비드 개발은 2014년에 착수하여 2017년 개발에 성공하였다. 2018년 여름 첫 양산에 성공한 자성나노비드는 2019년부터 판매에 들어갔고, 2020년 전 세계가 코로나19 팬데믹 상황을 맞이하게 되었다. 인류 역사상 처음으로 막대한 양의 PCR 검사가 이루어졌고 바이오니아의 자성나노비드와 자성나노비드가 포함된 핵산 추출 키트는 단지 회사 매출 성장을 넘어 코로나19 방역의 한 부분을 담당하는 필수품으로 역할을 하게 되었다.

### 바이오니아 기술혁신의 비법 그리고 새로운 도전

바이오니아는 1992년에 농기계 창고에서 창업하여 국내 최초로 DNA를 합성한 유전자 기반 바이오벤처 1호 기업이다. 국내에서 생명공학이 산업의 한 분야로 성장하는 30년 역사의 주역이라 할 수 있다. 바이오니아가 현재 보유하고 있는 국내외 특허 수만 700여 개에 달한다. 평균 잡아서 매년 23건 이상의 특허를 30년간 확보해야 나올 수 있는 숫자다. 바이오니아가 지금까지 중견기업의 규모를 갖춘 것은 불과 몇 년 되지 않은 점을 고려하면 700여 개의 특허는 바이오니아 자체가 혁신 기업이라는 설명 외에는 다른 설명을 할 수 없으며 자성나노비드 개발 성공은 해마다 시도되고 있는 크고 작은 여러 가지 기술 도전 중 하나의 성과라고 해석할 수 있다.

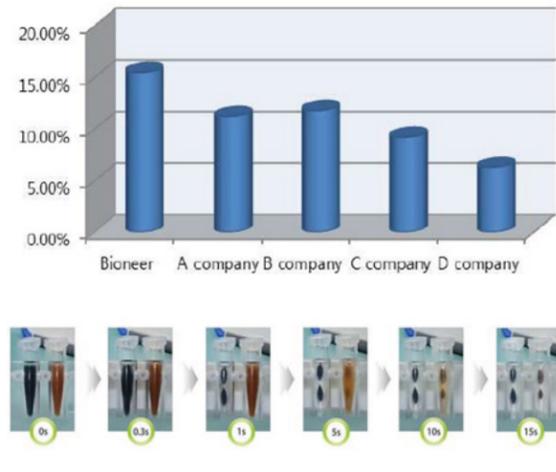
여기에는 두 가지 비법이 존재한다. 하나는 기술에 대한 철학이고 다른 하나는 믿음이다. 이를 기술

그림 2 전자현미경으로 본 마그네틱 비드의 크기 비교



(a) 바이오니아 자성나노비드, (b)-(e) 경쟁사 비드

그림 3 바이오니아의 자성나노비드와 경쟁사 자성비드의 정제 수율 비교(위), 경쟁 제품(갈색)이 15초 만에 회수된 것과 비교하여 바이오니아 자성나노비드(푸른색)는 1초 만에 회수됨(아래)



경영의 관점에서 보면 새로운 기술에 대한 발상부터 기획과 프로젝트 관리, 조직문화, 인프라 구축 등 다양하게 성공 요인을 추출할 수 있겠지만 학문적 분석보다는 남다른 철학이 기술혁신의 가장 큰 성공 요인이라고 생각한다.

첫 번째 비법은 끝없이 아이디어를 내고 기술개발에 투자를 아끼지 않는 박한오 회장의 기술에 대한 철학이다. 바이오니아는 매년 연구개발에 백억원 가량의 연구비를 쏟아부어 왔다. 쏟아붓는다는 표현이 약간은 거칠게 느껴질지 모르겠으나 이 표현이 가장 적합하다고 생각한다. 바이오니아가 중견기업 규모가 된 것은 아주 최근의 일인데 현재 매출 규모에서 보아도 백억원의 연구비 투자는 일반적인 기업의 매출 대비 R&D 비용을 훨씬 상회한다. 규모가 커지기

이전의 바이오니아에서 백억원의 연구비는 적자를 감수할 수 있다는 각오가 없으면 투자하기 어려운 금액으로, 기술개발만이 유일한 지속 성장의 길이라는 철학 없이는 이런 과감한 투자는 언감생심이다. 회장님 자신이 직접 아이디어맨이자 발명가이고 기술자이기 때문에 기술에 대한 남다른 호기심과 열정으로 만들어진 철학이 아닐까 짐작해본다.

두 번째 비법은 연구 과정에 대한 믿음이 아닐까 한다. 바이오 소재 관련 기술은 돈과 시간이 많이 투입되어야 하고 다른 분야에 비해 기술개발 성공의 불확실성이 높은 분야이다. 앞서 자성나노비드의 기술적 원리를 서술한 바와 같이 이미 다 알려진 원리여도 원하는 성능과 품질을 얻는 것은 매우 어렵고 성공 여부가 불확실하다. 비드를 공급하는 Merck나 GE Healthcare와 같은 글로벌 회사들이 왜 지금까지 이십여 년 전 개발된 자성비드를 이십여 년 동안 바이오니아 수준으로 향상시키지 못했는지 보면 알 수 있다. 자성나노비드를 개발하는 각 단계에서 수백 번의 실험을 통해 최적화를 거듭하는 과정은 인내와 노력도 필요하지만, 무엇보다 믿고 기다려주는 신뢰가 더 중요하다.

무언가 그럴싸한 비법이 있을 것으로 기대했다면 실망스러울 수 있겠으나 위의 두 가지가 기술혁신의 가장 큰 성공 요인으로 보인다. 사실 비법의 이면에는 회사 내부에 신제품 및 신기술 기획 프로세스가 매우 잘 갖추어져 있어 믿음을 가지고 도전할 수 있도록 해주는 과학적 방법이 숨어있다. 아이디어가 생기면 경쟁사 기술이나 제품 그리고 시장성을 분석하고 지식재산권에 대한 전략을 수립하고 수익성

검토를 하는 기획과정이 부서별로 분담되어 유기적으로 돌아가는 프로세스가 오랜 시간 내재화되어왔다. 여타의 다른 회사들도 유사한 프로세스를 가지고 있겠지만 차이점은 얼마나 유기적으로 연계되어 효과적으로 운영되고 있는가이다.

수백 번의 실패를 거치며 얻게 된 나노코팅 기술은 현재 전자파 차폐를 할 수 있는 ‘은 코팅 구리 나노와이어’ 개발의 기반 기술로 활용되어 신사업에 도전하고 있다. 5G 시대에 반도체, 휴대폰, 노트북, 태블릿PC뿐만 아니라 태양전지, 디스플레이, 전자제품, 전기자동차에 이르기까지 전자파 차폐 소재는 매우 핫한 이슈이다. 값비싼 은을 대신하여 구리

에 나노 두께로 은 코팅을 한 와이어 형태의 망상구조 나노 소재는 표면적을 최대로 넓히고, 가격은 낮추고, 전자파 차폐 효율은 극대화할 수 있다.

바이오니아의 나노코팅 기술은 지금까지의 유전자 분야 사업영역을 넘어 완전히 다른 사업영역으로 새로운 도전을 할 수 있는 기회를 만들어냈다. 은 코팅 구리 나노와이어 신소재 기술은 올해 3월 유럽 특허 등록을 마쳤고 1,500리터 스케일의 연속식 파일렛 설비를 완공했다. 2025년까지는 대규모 양산 시설을 남공주산업단지에 건설할 계획이다. 잘 키운 기술 하나가 신사업으로까지 기반을 넓혀 주는 효자가 되었다. **기술혁신**

## 기술혁신 성공 요인 묻고 답하다

**Q** 개발된 기술의 사업화 성공률은 어느 정도이며, 사업화 성공과 실패의 주요 원인은 무엇인가?

바이오니아의 기술 사업화 성공률은 약 40% 정도이다. 바이오 기술 분야에 있어서는 타기업보다 성공률이 매우 높다고 자부한다. 성공의 주요인은 신제품이나 신기술의 기획 단계 프로세스가 ‘아이디어-경쟁 기술 분석-시장분석-특허 전략 수립’까지 잘 갖추어져 있고 연구 인력의 수행 능력이 우수하기 때문이라고 생각한다. 개발 단계에서 실패하는 경우는 담당 개발 인원의 퇴사에 따른 경우와 프로젝트 초기에 개발 사양을 너무 높게 설정하여 달성하지 못하는 경우가 있다. 또 사업화 단계에서 실패하는 경우는 마케팅-영업 인원의 부족과 역량 부족이 이유라 생각한다. 유전자 기반의 바이오 제품은 그 자리에서 눈으로 성능을 확인하기 어렵고 사용자가 사용 경험을 통해 성능을 확인하기 때문에, 아무리 기술이 좋아도 마케팅과 영업의 부진으로 미흡한 성과를 거둔 적이 많아 최근에는 마케팅과 영업 역량 보강을 위해 우수 인재 영입에 힘을 쏟고 있다.

**Q** 글로벌 경쟁사들과 경쟁할 수 있는 가장 큰 경쟁력은?

유전자나 단백질 등 분자 진단시장이 크게 성장하고 있지만, 우리 회사의 경쟁상대들 대부분은 글로벌 회사들이라 규모나 경쟁력이 압도적으로 높다. 바이오니아의 최우선적 목표는 매출 규모 성장을 통해 기업의 경쟁력과 글로벌 인지도를 높이는 것이며 우리가 할 수 있는 최선은 경쟁사 대비 기술우위를 확보하는 것이다. 당사의 신제품은 대부분 특허를 기반으로 제품 출시를 하고 있으며 700여 개의 국내외 특허를 보유하고 있는 것이 경쟁력의 원천이다. 지식재산팀만 7명으로 구성되어 있어 경쟁 기술의 특허 분석과 우리 특허의 출원 및 등록을 효과적으로 관리하고 있다. 그렇다 보니 최초 신제품, 차별화된 유니크한 신제품을 개발하는 점이 경쟁에 있어 장점으로 작용한다고 생각한다.



# 주목해야 할 그린수소 생산기술 - ‘인공 광합성’

\* 본고는 독일 프라운호퍼 연구소에서 독일의 수소 기술 동향에 관하여 작성한 것입니다.

## 근본적인 산업 변혁

최근 수십 년 동안 대기 중 이산화탄소 농도의 지속적인 증가가 관찰되었다. 대표적인 온실가스인 이산화탄소는 지구 온난화를 초래하고, 기상 현상과 생태계 그리고 인간사회에 막대한 영향을 끼치고 있다. 파리 협정에서 한국, 독일을 포함한 많은 국가들이 기후 변화의 부정적인 영향을 제한하고자 금세기 중반까지 온실가스 배출량을 0으로 줄일 것을 합의하였다. 한국과 독일의 재생에너지 공급량이 총 에너지 수요의 각각 15%, 22%만을 담당하고 있는 현 수준, 그리고 두 국가 에너지 시스템의 4/5가 단 30년 만에 재건(전환)되어야 함을 고려할 때 파리에 서의 목표 설정이 매우 도전적으로 설정될 수밖에 없었음은 자명해 보인다. 이에 한국, 독일 양국은 수소를 핵심으로 하는 야심 찬 전략을 수립하였고, 이는 혁신 기술기업들의 제품군 확대와 신시장 개척에 많은 기회를 제공할 것으로 기대된다.

## 수소 - 탄소중립의 핵심

미래 탄소중립경제의 핵심은 수소가 될 것이다. 수소는 무색, 무취, 무독성의 기체이다. 천연가스와는 달리 수소는 주위 온도에서 액화될 수 없으며, 350bar 또는 700bar의 압력에서 압축가스로 또는 영하 253°C에서 액화 상태로 저장된다. 효성중공업과 독일 린데 그룹 합작으로 현재 세계 최대 액화수소 생산공장 중 하나가 울산에 건설되고 있다. 압축

수소의 가용 에너지밀도는  $120\text{MJ kg}^{-1}$ 로 가솔린의 약 3배, 리튬 이온 배터리의 약 130배 높다. 수소가 유망한 에너지 저장 요소인 이유이다.

현재, 수소는 대부분의 화학 산업에서 벌크 케미컬 생산을 위해 사용된다. 정유, 암모니아 및 메탄올 생산 및 불포화 화합물의 수소화를 위해 연간 90Mt의 수소가 필요하다. 한국, 독일의 탄소중립경계가 진화해 감에 따라 아래 5개 산업 분야에서 수소 적용이 클 것으로 예상된다.

1. 직접 연소 또는 연료전지를 통한 연소 과정이 요구되는 산업용/주거용 난방 및 운송(대형 수송) 부문의 연료
2. 풍력/태양광 발전소의 잉여 전력을 수소로 변환하여 지하 동굴이나 고갈된 가스전에 저장하는 등의 에너지 저장체
3. 수소가 천연가스를 대체할 수 있는 일부 응용 분야(예: 금속 환원)에서 화학산업 공급원료
4. 섹터 커플링의 핵심 요소(모든 에너지 섹터를 상호 연결하여 에너지 공급 및 수요 동기화)
5. 산업 공정(예: 제철 공정 천연가스 대체) 및 불가피한 탄소 다배출산업(예: 시멘트 생산)의 탈탄소화 수소 생산/활용 기술이 이미 산업 수준에 와 있고, 많은 응용 분야에서 큰 변경 없이 수소가 천연가스를 대체할 수 있다는 것이 장점이다. 한국과 독일은 수소 시범지역 사업을 통해 수소의 생산, 저장, 활용과 관련한 여러 실전 테스트가 진행되고 있다. 독일은 산업계의 참여를 특히 강조하고 있는데, 화학, 정유, 제철 회사들이 본 사업에 참여하여 그린수소 활용을 시험하고 있으며, 한국에서의 수소발전 도시 모델은 독일에서도 큰 관심사가 되고 있다.

## ‘녹색’ 수소 생산 방법

현재 수소의 약 95%는 화석 연료에서 생산되며 대부분 천연가스의 증기 개질을 통해 생산된다. 이 공정은 저렴하지만(2020년 기준, 약  $1\text{\$ kg}^{-1}\text{H}_2$ )  $1\text{m}^3$ 의 수소 당  $0.3\text{m}^3$ 의 이산화탄소를 발생시킨다. 산화탄소 배출 없이 수소를 생산할 수 있는 공정은 바로 물을 전기 분해(수전해)하는 것이며, 화학식으

로는  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ 로 설명된다.

사실 전기분해는 19세기 초부터 산업 수준에서 수행되었으며 이미 100여 년 전에 “미래의 석탄”에 대한 접근으로 구상되었다(쾰 베른의 소설 “신비한 섬” 중). 오늘날 몇 가지 수전해 기술이 존재한다. 그 중 가장 중요한 기술은 부분 부하 및 전력 생산 변동성에 대한 빠른 대응력을 갖춘 고분자전해질막(PEM) 기술이다. 가스터빈을 제조해 오던 독일의 지멘스 에너지社は 유럽 내 핵심 공급사가 되고자 노력하고 있다. 2023년부터 총 용량 연 1GW 규모의 PEM 수전해 시스템 생산할 수 있는 공장을 현재 베를린에 건립 중에 있다. 두 번째로 크게 주목 받고 있는 기술은 음이온 교환막 알카라인 수전해(AEMEC)이다. 고가의 촉매제를 사용하지 않기에 PEM 수전해보다 저렴하다. 독일에서는 Emapter社가 1MW 용량 규모의 AEM 시스템을 생산하고 있다. 동사는 한국에서 예스티(YEST)社와 협력 중에 있다. 세 번째로, 큰 가능성을 가진 기술은 고온 스팀을 활용하고 산업 플랜트 연계성이 좋은 고체산화물전해조전지(SOEC)이다. 이 기술은 독일 내 SunFire社, 한국에서는 SK 에코플랜트에서 개발하고 있다.

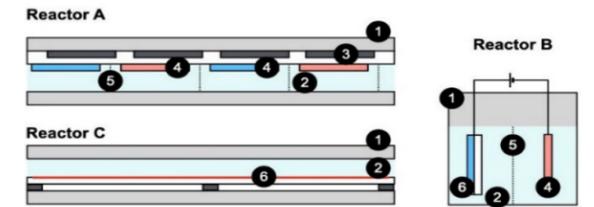
특정 기술과 관계없이 전기화학적 물 분해는 필요한 에너지가 재생 가능한 자원에서 나오는 한 기후 중립적이다. 전력망을 통해 연결되면 에너지 생산과 수소 생산 프로세스는 서로 다른 위치에서 진행 가능하다. 제한된 전력망 용량으로 인해 에너지 생산자와 소비자 간의 공간적 근접성은 장점이다. 수전해 기술은 증기 개질 보다 높은 생산비용(약  $5\text{\$ kg}^{-1}$ )이 들지만, 향후 몇 년 동안 비용이 크게 떨어질 것으로 예상된다.

## 인공 광합성

세계 경제의 변화에는 다양한 기술의 조합이 필요하며 전기분해에 의한 수소 생산도 그 중 하나가 될 것이다. 지난 몇 년 동안 크게 발전한 기술 중에는 ‘인공 광합성’이 있다. 인공 광합성은 “태양광을 유일한 에너지원으로 사용하여 통합 장치 및 시스템에서 연

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

그림 1 리액터 설계(하우징 1개, 전해질 2개, 광전지 3개, 금속 전극 4개, 멤브레인 5개, 광전극 6개)



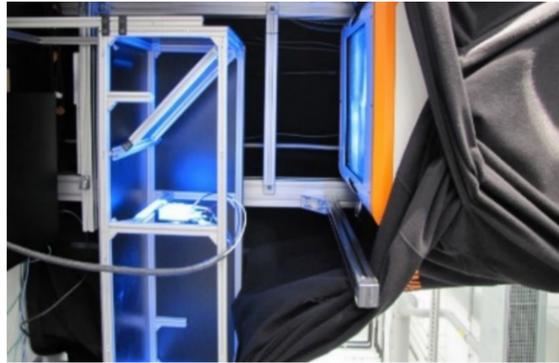
료와 화학물질을 생산하는 것”으로 정의된다. 인공 광합성은 효소에 의해 연료와 화학물질을 생산하는 자연광합성과 반도체가 전기에너지를 생산하는 태양 전지의 중간단계라 할 수 있는 반도체 기술이다.

수소 생산을 위한 인공 광합성의 개념은 1970년대부터 조사되었지만, 최근에 이르러 재료 및 리액터 설계에서 주요 발전을 이루었다. 이들 시스템은 연구진들에 의하여 운영환경에서 프로토타입의 형태로 가동되었다. 산업 적용이 시작되었고, 현재 혁신 스타트업 회사들이 주도하고 있다. 미국에서는 SunHydrogen社가 나노미터 규모의 텐덤 태양전지 기반의 시스템을 개발하고 있으며, 한국의 MSC社 및 독일의 SCHMID社와 협력 중에 있다. 두 번째 예로는, 반도체 탄화규소를 고효율 수전해 촉매로 사용하는 베를린 소재 Yellow SiC社가 있다.

수소 모듈 구축에 대한 다양한 컨셉이 구현되었으며, 광촉매 시스템, 광전기화학 시스템과 결합된 태양전지/전기분해 시스템이 가장 중요한 컨셉으로 꼽힌다. 언급된 순서대로 시스템 복잡성과 개발 비용이 높아지지만, 효율성 또한 높아진다. 그림 1은 최근 과학 문헌의 예로 세 가지 유형의 시스템 컨셉을 나타낸다(출판사가 무료 제공하는 원본 출판물 참고 가능. 참고문헌 [1]~[3] 참조).

리액터 A는 태양전지와 전해조가 상호 연결된 구조이다. 해당 장치의 빛을 마주하는 면에는 뒷면의 니켈 전극에 직접 연결된 텐덤 태양전지가 있으며, 분리된 챔버에서 수소와 산소가 생성된다. 리액터의 크기는  $64\text{cm}^2$ 이며, 기본 유닛을 반복 접합하여 구성되기에 확장이 용이하다. 4%의 태양광-수소

그림 2 Fraunhofer CSP의 태양광 시뮬레이터 및 광전기화학전지 연계 태양광-수소 테스트 플랫폼(덮개 제거함)



에너지 효율을 가지며 40시간 동안 테스트 되었다. 광전기화학 리액터 B는 산화철로 만들어진 반도체 광양극을 포함하며 두 가지 기능을 갖추었다. 반도체 액체 접합에서 태양광을 전기 에너지로 변환하는데 이는 태양전지의 pn 접합과 유사하게 작용한다. 동시에 산소 생성 반응의 전극 역할을 한다. 수소 발생은 이온 전도성 막으로 분리된 금속 음극에서 진행된다. 해당 리액터는 200cm<sup>2</sup>의 활성 면적을 가지고 집광 조건에서 작동하도록 최적화되어 있으며, 재료는 1,000시간 작동 테스트를 거쳤다. 리액터 C는 미립자 광촉매로 물이 분해되는 예이다. 빛은 큰 밴드갭을 갖는 반도체인 스트론튬 티타네이트 분말에 의해 흡수되고 두 번째 전극 없이 물을 분해할 수 있다. 2021년 일본 과학자 Kazunari Domen은 화합물의 고체층으로 리액터를 구축하고 1,600개의 리액터를 활성 면적이 100m<sup>2</sup>인 수소 태양광 발전소에 결합하는 데 성공했다(참고문헌 [4] 참조). 외부에

서 수소와 산소를 분리하였고, 3개월간 안전하게 시스템을 운영하였다.

위 세 가지 예는 전력망 연결 시스템 대비 인공 광합성의 장점을 보여준다. 장치의 설계가 간단하고 전력 전자 장치가 포함되어 있지 않아 투자 비용이 저렴하다. 이 장치는 다양한 독립 실행형 모드에서 작동할 수 있으며 전력망에 의존하지 않는다. 이들은 단순한 재료(예: 산화철)로 만들어지며 종종 고가의 희유원소 없이도 작동한다. 그러나 많은 반도체의 효율성과 안정성은 여전히 제한적이다. 따라서 많은 대학 연구 그룹과 몇몇 기업 스타트업들이 이러한 재료를 개선하기 위해 노력하고 있다.

독일 프라운호퍼 연구소 중 하나인 Fraunhofer CSP(Center for Silicon Photovoltaics)에서는 이러한 작업을 지원하기 위하여 태양광-수소 테스트 플랫폼을 개발하였다. 해당 플랫폼(그림 2)은 LED 태양광 시뮬레이터(독일 WAVELABS社 생산)의 인공 태양광을 사용하여 광전기화학장치 내 물을 분해한다. 그렇게 생산된 가스는 독일 ECH社에서 특수 제작한 가스 크로마토그래프를 통해 조사된다. **기술혁신**

〈참고 문헌〉

[1] Turan, B. et al. Upscaling of integrated photoelectrochemical water-splitting devices to large areas. Nat Commun 7, 12681 (2016). <https://doi.org/10.1038/ncomms12681>

[2] Vilanova, A. et al. Solar water splitting under natural concentrated sunlight using a 200 cm<sup>2</sup> photoelectrochemical-photovoltaic device, Journal of Power Sources 454 (2020) 227890. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.227890>

[3] Nishiyama, H. et al. A Particulate Photocatalyst Water-Splitting Panel for Large-Scale Solar Hydrogen Generation, Joule 2, 509-520 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.joule.2017.12.009>

[4] Nishiyama, H. et al. Photocatalytic solar hydrogen production from water on a 100-m<sup>2</sup> scale. Nature 598, 304-307 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03907-3>



Fraunhofer CSP(Center for Silicon Photovoltaics)

데이빗 아드너(David Adner) 연구원

마코 투렉(Marko Turek) 팀장

크리스티안 하겐도프(Christian Hagedorf) 그룹장

# IP-R&D를 이용한 특허창출 및 특허활용전략



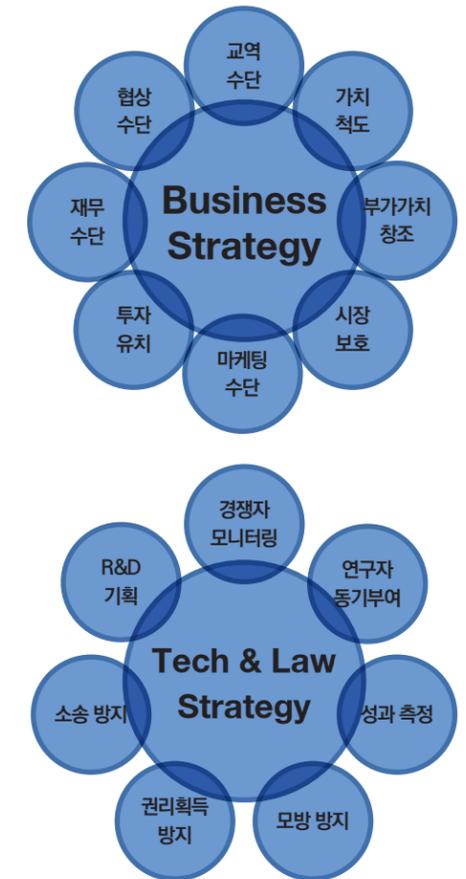
글. 김병희 특허법인 다나 파트너 변리사  
연세대학교 기계전자공학부를 졸업했고, 특허법인 다나에서 기계분야 파트너 변리사를 맡고 있다. 기업체, 대학교, 및 출연연구소의 특허출원/분석 및 심판 업무, 기업체 및 한국특허전략개발원의 IP-R&D 전략지원사업의 책임 연구원을 담당하고 있고, 자율주행기술개발혁신사업단 법/제도 전문가 위원으로 활동하고 있다.

오늘날 여러 국가는 특허제도를 운영하고 있으며, 우리나라 특허법은 발명을 보호, 장려하고 그 이용을 도모함으로써 기술의 발전을 촉진하여 산업발전에 이바지함을 목적으로 하고 있고, 발명을 완성하여 공중에 공개한 대가로 국가가 특허출원인에게 특허권을 허여하고 일정 기간 보호하고 있다.

이처럼, 특허는 공개(disclosure)와 독점(monopoly)이라는 균형 위에서 성립한다. 특허제도 내에서, 기술의 선도주자는 기술을 공개함으로써 일정 기간 동안 기술을 독점하는 지위를 갖게 되고, 후발주자는 공개된 기술을 활용하여 R&D에 활용할 수 있다.

전략적 특허 활동이란 경제적으로 합리적인(economic rational) 행동을 하는 기업이 경제적 이익을 창출하기 위해 특허를 활용하는 활동을 의미한다.

그림 1 특허의 활용



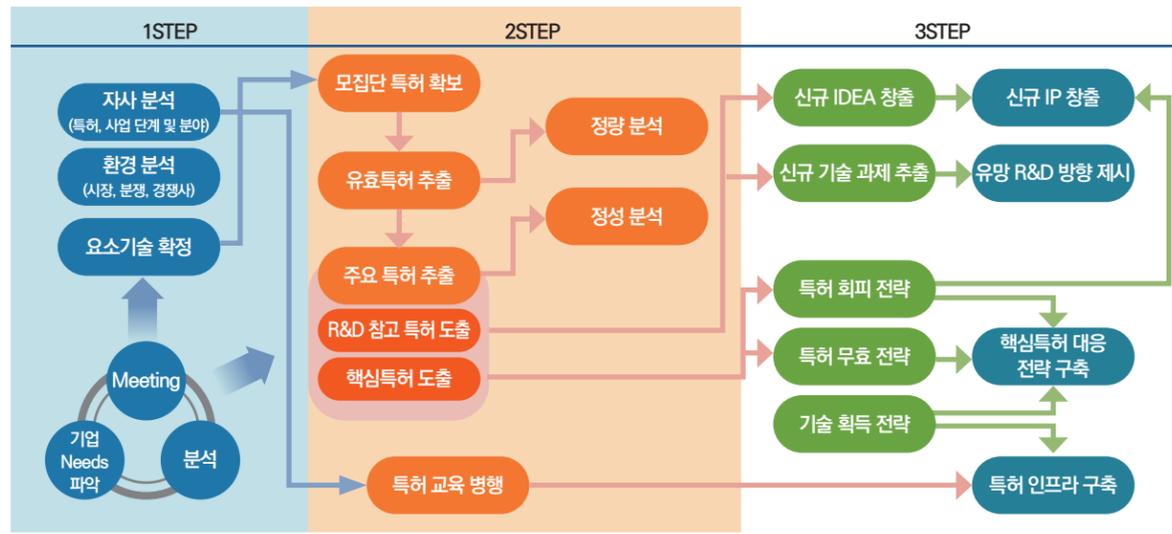
기업의 특허활용 전략으로 그림 1과 같이, 특허는 교역 수단, 가치 척도, 부가가치창조, 시장보호, 마케팅, 투자 유치, 재무수단, 협상 수단으로 활용될 수 있다.

우선, 기업의 경영전략으로서, 특허는 기술의 교역수단으로 활용된다. 특허권자는 특허권을 양도하거나, 실시를 원하는 타인에게 적당한 조건으로 실시를 허락할 수 있다. 특허권자는 특허의 가치에 기초한 이전료 또는 실시료를 받을 수 있고, 특허권을 이전 받거나, 실시 허락을 받은 자는 해당 기술을 이용하여, 경제적 이익을 창출할 수 있다.

또한, 기업이 보유한 특허는 회사의 가치 척도로 활용될 수 있다.

한편, 자본은 토지, 설비 등의 유형자본과 지식재

그림 2 IP-R&amp;D 단계별 추진전략



산 등의 무형자본으로 나뉘는데, 무형자본의 대표적인 지식재산(특허)은 창의적인 아이디어만 있으면 어렵지 않게 획득할 수 있다. 일례로, 특허 기술을 이용하여 제조/판매를 하지 않고, 특허를 보유 및 관리하는 특허관리전문기업의 영업이익률은 동일 분야 제조기업보다 월등히 높으며, 이처럼 특허는 많은 부가가치를 창출하여 기업 경쟁력을 높여 준다.

또한, 특허는 기업이 보유한 기술의 마케팅 수단으로 활용될 수 있고, 기업 간의 특허 소송은 당사자 기업 및 분쟁 대상 제품의 마케팅 수단으로도 활용되고 있다.

또한, 특허는 기업의 투자유치에도 활용될 수 있고, 특허권에는 질권과 같은 담보 설정이 가능하여, 금융 대출에 활용되기도 한다.

기업의 기술전략으로서 특허는 경쟁사 모니터링 수단으로 활용될 수 있다. 특허는 일정 기간(출원일로부터 1년 6개월) 이후 공중에 공개가 되므로, 공개된 특허를 분석하여 경쟁사 기술 및 경쟁사 기술의 흐름을 모니터링 및 분석할 수 있다.

또한, 기업은 직무발명 보상제도를 운용하여, 특허출원 및 등록, 특허기술의 활용 등에 대하여 연구자에게 적절한 보상을 제공함으로써, 연구자에게

기술개발의 동기를 부여할 수 있다.

또한, 특허에 대하여, 양적 효율성과 질적 우수성으로 구분하여, 권리성, 기술성, 시장성으로 세분화하여 평가를 진행함으로써, 성과 측정 수단으로 활용될 수 있다.

한편, 기술의 독점적 지위를 얻기 위한 특허출원 뿐만 아니라, 특허성이 낮아 등록되지 않더라도, 출시 예정 제품에 대한 제3자의 특허등록 사전 차단 및 침해 분쟁 시, 출원 사실의 증명 등을 목적으로 방어 출원도 중요한 특허전략에 해당한다.

또한, 출시 예정 제품에 대한 다수의 특허를 확보하는 것이야말로, 소송을 미연에 방지할 수 있는 중요한 방어 수단으로 활용된다.

마지막으로, 경쟁사 특허들을 분석함으로써, R&D 기획 및 방향 설정에 활용할 수 있다. 기존에는 R&D 활동을 통해 기술을 획득하고, R&D 결과물로서 특허출원을 진행하여 지식재산권을 확보하는 전략이 이용되었으나, 최근, 지재권 중심의 기술 획득 전략인 IP-R&D 전략이 활용되고 있다.

IP-R&D 기술획득전략은 연구개발 수행 전에 미리 경쟁사 등의 특허를 분석하여, R&D 방향을 설정하고, 중요 특허를 조기에 선점할 수 있도록 특허창

그림 3 IP-R&amp;D 추진 프로세스



출 활동을 병행하는 것이 핵심이다.

그림 2를 참조하면, IP-R&D 수행 시, 환경분석 및 특허분석이 우선 이루어진다. 환경분석 단계에서, 기업의 보유기술 및 개발 목표 기술에 대한 기술정보 수집이 이루어지고, 밀착 상담을 통해 기업의 니즈를 파악하게 된다. 이후, 경쟁사동향/시장동향/특허분쟁 동향 조사를 수행한 후, IP-R&D 분석 방향을 설정하게 된다.

특허분석 단계에서, 환경분석에서 설정된 기술범위에 맞추어 특허/논문 검색 및 검색된 데이터 중, 유효 특허를 선별하는 과정 및 기업이 실시하고자 하는 기술과 정합성이 높은 핵심특허를 선정하게 된다. 핵심특허란 기업에서 해당 기술을 실시할 경우, 등록된 특허의 침해에 해당할 가능성이 높은 특허를 의미한다.

핵심특허 분석 및 대응전략 수립단계에서, 핵심특허에 대한 회피방안 설계, 핵심특허에 대한 무효자료 조사 및 특허 무효 논리 개발 등의 작업이 이루어진다. 이때, 시기별 기술흐름 및 제품을 구성하는 기술요소별 출원현황을 통해 주요 경쟁사의 특허 포트폴리오에 대한 분석이 이루어지고, 핵심특허 별로 대응방안을 수립하는 과정이 진행된다.

특허 포트폴리오 구축 단계 및 R&D 방향 설정 단계에서, 기업의 제품 생산 및 사업에 필요한 특허 포트폴리오 구축 전략을 수립하고, 청구범위유예출원, 국내 우선권 주장출원 제도, PCT출원 제도 등을 활용하여 포트폴리오에 맞추어 출원이 계속 이루어지도록 전략을 수립한다. 특허 포트폴리오 구축이란, 해당 기술에 다양한 특허를 분산시켜 장벽을 구축하는 것으로, 어떠한 기술 요소들을 어느 시점에, 어느 나라(국내/해외)에 출원할 것인지 결정하는 것을 뜻한다.

또한, 특허 분석을 통해 유망 R&D 방향을 도출해 내고, 기존 출원내용의 보강 또는 신규 아이디어 창출 활동을 병행하게 된다.

이처럼 R&D 수행 전, 특허 분석을 선행함으로써, 선도주자의 특허 공격에 대한 대응 방안을 확보하고, 기술 개발을 위한 유망 R&D 방향을 설정하고, 제품 생산 및 사업에 필요한 특허 포트폴리오를 구축하는 수단으로 활용할 수 있다.

IP-R&D는 상술한 프로세스에 맞추어 기술전문가 및 특허 전문가의 협업을 통해 기업체 내부 과제 형식으로도 진행이 가능하고, 한국특허전략개발원에서 진행되는 IP R&D 과제에 신청하여 진행할 수 있다. **기술·혁신**

# 신사업 발굴에서의 비즈니스 모델 활용 개념



글. 이동기 (주)SBP전략경영연구소 대표

필자는 부산대학교 전산통계학과를 졸업하고, LG그룹의 전자기술원, System IC센터, 화학의 기술전략 및 기술관리팀 등 전자·화학의 사업부와 연구소에서 근무하면서 SRI Consulting 등에서 기술경영 관련 교육을 이수하였다. 현재는 SBP전략경영연구소 대표로 기업연구소 등에서 컨설팅 및 강연 활동을 하고 있다.

## 기업의 성장과 신사업 추구 방식

기업의 생로병사는 특정 기간에 대해 종합적 통계에서 구분될 수 있는 용어이다. 그래서 모든 기업에게 그 시간적 의미 또한 동일하지 않으며, 특정 타임프레임에 한정해 볼 때 전체가 그 과정을 반드시 거치게 되는 것도 아니다.

기업은 자신이 현재 어느 단계에서 경영활동을 추진하고 있는가를 통상 성장의 단계, 즉 존재, 생존, 성공, 도약 그리고 자원의 전문화(Resource maturity)를 기준으로 분류하는 것도 그러한 이유에서라고 생각된다.

이는 제품·서비스를 단순히 시장에서의 요구 시간 대응과 수량 제공이 가능한 수준의 단계에서부

터 전략계획, 목표관리, 비용 관리 시스템과 같은 틀을 활용하여 비효율성을 제거할 수 있는 관리 인력의 확장 단계까지를 말한다. 이러한 단계를 거치면서 기업은 점차 복잡화, 세분화되어가고 그에 요구되는 기능과 역량을 효율적이고 능동적으로 확보해 간다는 의미이다.

여기서 성장의 핵심은 시장 요구에 대한 제품(혹은 서비스)의 성능을 고도화하여 기존 시장을 확장하거나, 신사업에 의한 새로운 수익 영역을 창출하는 것이다.

또한, 그 성장 방식은 더 진보된 제품을 개발·생산할 수 있도록 내부의 투자를 확대하거나, 소비자의 심층적인 통찰력 개발을 통하여 시장의 요구를 충족시키는 방식과 타 기업의 인수, 그리고 인접 시장으로의 이동 등을 통하는 것을 흔히 꼽는다.

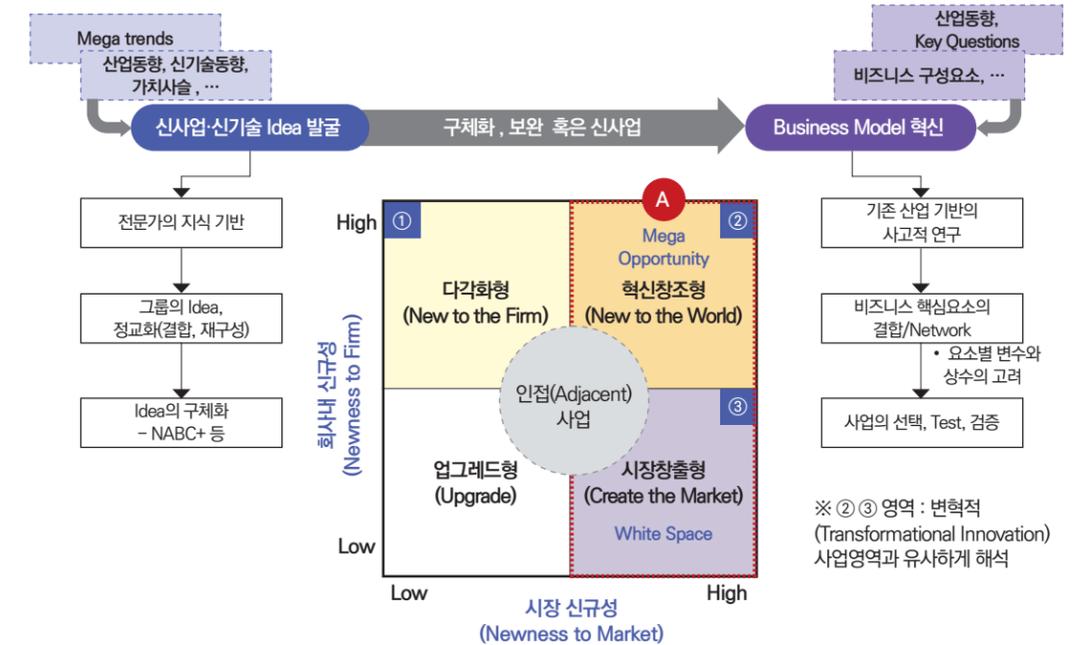
그러나 오늘날에는 이에 더하여 산업과 기술의 지식, 사회적 현상에 대한 사고적 연구를 통해 가능한 신속하고 저비용으로 대안적 가치 창출을 모색할 수 있는 수단, 즉 '기업의 기본적 추구 목적인 가치를 창출하고 그 가치로부터 수익을 확보하는 방법을 현실로 표현'한 비즈니스 모델을 활용할 수 있다.

## 신사업·신제품 발굴과 비즈니스 모델의 활용 의미

신사업(혹은 신제품)은 기업의 전략적 목적과 산업 혹은 주체마다 다양하게 정의하고 있다. 이를 간단하게 판단하는 방법은 기업 내 신규성(Newness to Firm)과 시장 신규성(Newness to Market) 여부의 관점에서 매트릭스를 구성해 보는 것이다. 가령, 시장에서는 사업이 존재하고 있지만 그 기업이 진출해 있지 않다면 그 사업은 다각화형(New to the firm) 신사업이다. 그리고 해당 기업을 포함하여 현재 시장에서 어떤 기업도 사업을 하고 있지 않다면, 그것은 혁신창조형(New to the World)이라 할 수 있다. 그 외에 시장 창출형(Create the market) 신사업이 있다. 여기서 시장 관점에서 신규성이 높은 영역의 사업을 산업적 측면에서 신사업으로 정의하는 것이 일반적이다(그림 1. A 영역).

기술경영은 기업 기술경영 분야의 주요 사례와 방법을 소개합니다.

그림 1 신사업·신제품 발굴과 유형 분류 매트릭스



이러한 구분이 전제되고 난 이후, 기업은 중장기적 발전 전략과 경영 목표에 따라 포트폴리오 구조의 혁신, 사업 추진 영역과 목표, 시점, 사업 형태를 고려하여 신사업을 발굴한다.

먼저, 신사업 발굴 방법으로는 목표로 하는 산업 영역의 시장과 환경변화의 메커니즘을 이해하는 내·외부 사람들에 의하여 혹은 그들의 그룹 활동(워크숍 등)을 통하여 시대적 트렌드를 우선 분석하고, 각 트렌드에 대한 산업적 이슈와 관련하여 신사업 아이디어를 도출할 수 있다. 여기서는 주로 아이디어 포스팅 방식에 따라 아이디어를 상호 공유하면서 진행하고, 그 과정에서는 어떠한 와일드 아이디어라 하더라도 중요하게 관리하여야 한다. 통상 혁신적이거나 융복합 아이디어는 이러한 정제되지 않은 것로부터 현재 시점에서 사회적, 기술적 측면의 난제 또는 이미 확보된 것들의 결합과 반복적 수정·개선에 의하여 더 창의적이고 세련된 아이템으로 발전하게 되는 경우가 많기 때문이다.

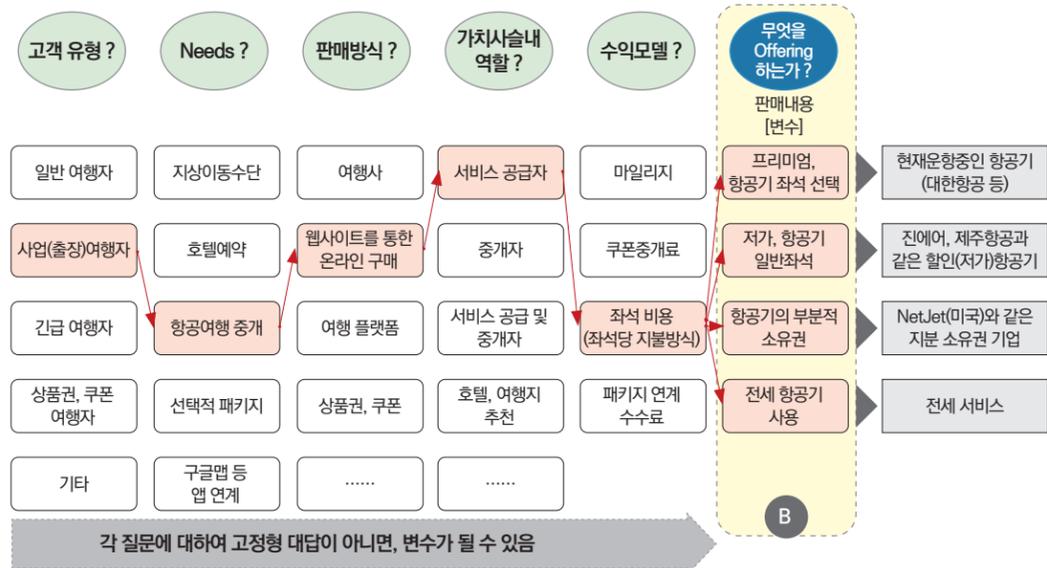
그러나 이러한 일반적 방법만으로는 아이디어를 구체적 사업화 형태나 산업적 변혁을 위한 가치사슬

을 구성하기에는 한계가 있다. 즉 신사업 아이디어를 창출될 새로운 시장과 연결시킬 수 있는 입체적 설계 도면이 필요한데, 그것이 비즈니스 모델이다. 가령 아이디어가 건축물에서 필요한 방, 욕실, 부엌, 거실의 개수와 층별 소요 사항만 제시하고 있다면, 비즈니스 모델에서는 이를 기반으로 건축물의 평면도와 입면도와 같은 상세 설계로 구조화된 사업화 계획을 완성할 수 있도록 한다.

이의 실제 활용은 사업을 수행하는 과정에서 시장·고객에 대한 지식과 연관된 산업정보로부터 비즈니스의 기본적 질문 포인트와 세부 핵심 요소를 규명하여, 그들 간의 인과관계에 의한 네트워크에 따라 형성되는 가설적 모델들을 구성한다. 여기서 각 기본 질문에 대한 다양한 선택안 중 보통은 목적하는 하나의 고정적 대답만 있을 것이나(예: 그림 2. 고객 유형? 사업(출장)여행자), 그 자체가 변수인 경우(그림 2. B 영역)에는 수많은 개별 네트워크에 따른 비즈니스 모델에 대하여 분석하고 구체화하는 과정을 거치면서 검증, 선별하면 된다.

궁극적으로 비즈니스 모델은 경영층으로 하여금

그림 2 비즈니스 모델에 의한 사업 구체화



〈How to Identify New Business Models, Joseph V. Sinfield, Edward Calder, Bernard McConnell and Steve Colson, MIT Sloan Management Review, 2012, 재가공〉

다양한 전략적 선택 사항들에 대해 개념화된 단일 비즈니스 모델을 분석, 테스트, 검증할 수 있도록 하고, 고객의 개별적이고 즉각적 요구에 더 부합되는 기능·서비스 제공을 위한 구체적 기술의 개념과 가치사슬 내에서의 역할을 명확하게 정의할 수 있게 한다는 측면에서 신사업 발굴 활동에서 이의 적극적 활용이 필요하다.

**시사점 및 고려사항**

신사업은 기업의 생존과 성장을 규정하는 기본적 수단이다. 그러나 이것이 내부에서 자생적 활동으로 선순환되기 위해서는 조직적·체계적으로 대응해야하며, 그에 따른 몇 가지 고려할 사항이 있다.

첫째, 일반 기업에서는 연구개발 혹은 신사업 개발 조직을 중심으로 상시적 발굴 활동을 추진하고 있다. 그러나 가치 창출의 방법이나 체계 등을 구체화된 수익모델로 구현하는 것은 기업 내에서 다른 누군가가 수행할 수 있으리라 생각하여 아이디어도 출에만 몰두하게 된다는 점이다. 특히 신사업 발굴

활동이 연구개발 부문에 한정되어 추진되는 경우 흔히 이러한 문제에 봉착할 수 있어 내부 역량의 구조를 면밀히 파악해야 한다.

둘째, 내부의 구성원들이 항상 새로운 생각을 자유롭게 할 수 있고, 조직 차원에서 아이디어 창출 활동이 상시적으로 이루어질 수 있도록 하는 내부 체계의 구축이 필요하다. 여기에는 경영층의 아무런 사전 역량 강화 활동 없이 막연히 '새로운 아이템을 찾아와라'라고 하는 것도 이후에 수행되어야 할 수 많은 기획 활동을 간과하게 할 수 있다는 점에서 자제되어야 한다.

셋째, 조직 전반에서 자연스럽게 추진되어, 완성도 높은 아이디어를 확보하기 위해서는 전사 차원에서의 체계적인 교육 프로그램 개발과 관련자에 대한 정신적 여유를 제공하는 내부 문화의 조성이 필요하다. 아이디어는 다양한 미래의 산업, 기술 동향 정보의 수집과 제공, 그리고 현업에만 과도하게 편중되지 않는 시간 배분 하에서 새로운 것을 사고할 수 있는 힘이 배양될 수 있기 때문이다. **기술혁신**



**기업연구소 운영 필수사항 설명회**

연구소/전담부서 운영을 위해 꼭 알아두어야 할 정보 총망라

기업연구소 운영지원을 위한 필수사항 설명회

**특허분석(IP-R&D) 회원지원 서비스 안내**

산기협 회원이라면 특허분석 서비스가 공짜! SI 특허분석, 검색도 하고 보고서도 받고~

특허분석(IP-R&D) 회원지원 서비스

**기업부설연구소/ 연구개발전담부서 인정요건 안내**

연구소/전담부서 신고와 관리하는 이 영상 하나로 끝~

기업부설연구소·연구개발전담부서 인정요건 안내

**R&D 전문 플랫폼 서비스**

R&D의 효율적인 수행과 관리를 위한 서비스는 물론 소통과 협업을 위한 최적의 환경 제공

전제 너리서나 R&D 전문 플랫폼

**함께하는 기술혁신**

회원사의 우수 제품과 기술을 소개하고 협력 가능 분야를 공유해요

함께하는 기술혁신은 산기협 회원사의 우수 제품과 기술을 소개하고

**제60회 산기협 조찬세미나**

산기협이 엄선한 아주 특별한 강연, 이제 조찬세미나에서 만나보세요~

CEO 강연, 오토모티브 시장 전망 제 60회 산기협 조찬세미나 CES 2022 리뷰

**기술과혁신 '22년 5/6월호 E-Waste에서 회수가 가능한 자원**

자원순환 산업의 핵심인 'E-Waste 산업'의 현황과 과제를 짚어보자!

(주)브이링크 조영주 대표 E-Waste에는 회수해야 할 많은 자원이 들어있습니다

**기술과혁신 '22년 5/6월호 재활용, 재순환이 미래 '가치산업' 된다**

자원순환경제의 의미와 현황, 나아가 산업으로의 기회를 들여보았다

목원대 계명신 교수 재활용, 재순환이 미래 '가치산업' 된다

**동영상 보는 방법**

**YouTube**

협회 유튜브 접속 (<https://bit.ly/356p0h8>) 또는 유튜브에서 '산기협' 검색

문의: 회원지원팀(02-3460-9046)

## 제61회 산기협 조찬 세미나 제조업 중심의 인공지능이 바꾸는 마케팅 세상



연사. 이진형 데이터마케팅코리아 대표

서울대학교 의과대학 의료정보학 박사 수료 후 현재 데이터마케팅코리아 대표로 재직 중이다. 성균관대학교 데이터사이언스학과 겸임교수, 서울과학종합대학원 빅데이터 MBA 겸임교수, 한국지식경영학회 부회장을 맡고 있다.

제61회 산기협 조찬세미나가 5월 12일 오프라인과 온라인에서 동시 진행되었다. 4차 산업혁명의 도래와 함께 빅데이터가 미래 핵심 키워드로 자리 잡은 지금, 제조업을 기반으로 한 마케팅과 데이터 페어링이 중요해지고 있다. 이에 대한 인사이트를 이진형 데이터마케팅코리아 대표로부터 들었다.

### 사람을 행동하게 하는 데이터

많은 사람의 행동은 데이터의 영향을 받는다. 코로나19 팬데믹이 한창이던 시기, 사람들은 눈에 보이지 않는 바이러스가 아닌, 확산세를 알 수 있게 하는 ‘숫자’를 보고 사회적 거리두기를 실천했다. 마케팅에서는 이 ‘숫자’로 소비자 혹은 직원을 행동하도록 만들고 싶어 한다. 그 원리를 이해하고 실제 마케팅에 적용하면 좀 더 쉽고 재미있게 데이터를 분석할 수 있다. 특히 최근에는 B2B 마케팅이 B2C 경향을 따르는 추세이며, 거래처 담당자들이 젊은 세대로 교체되어 ‘검색’에서 드러난 기업들을 더 친숙하게 여긴다. 그래서 B2B에 적용할 수 있는 B2C 마케팅을 먼저 예시로 들어보고자 한다.

오랜 사회적 거리두기가 끝나고 위드 코로나 시대가 열렸다. 이와 함께 여행업이 주목받고 있다. 그런데 여행업이 활성화된다는 예측을 똑같이 하고도, 해당 분야 안에서도 돈을 버는 회사와 그렇지 못한 회사가 갈린다. 왜일까? 위드 코로나에 대한 기대감이 올라갔던 지난해 10월, 여행 관련 검색어 중 2위는 ‘해외여행’이었다. 그런데 이 같은 카테고리 검색어를 뛰어넘은 1위 검색어는 ‘일본여행’이었다. 일례로 ‘스마트폰’보다 더 높은 검색량을 보이는 키워드는 ‘아이폰’이다. 카테고리 검색량을 뛰어넘는 ‘무언가’가 등장했다면, 그것이 곧 기회다.

데이터는 거시적으로 살펴봐야 한다. 검색 기간을 늘려 과거 검색량을 살펴보면 해외여행 검색어 1위를 자주 차지했던 국가는 ‘대만’과 ‘베트남’이었다. 이에 따라 일본여행에 대한 관심이 정점을 찍고 나면 다시금 두 국가 여행 수요가 올라가리라고 예상할 수 있다. 이처럼 데이터를 통해 사업 관련 의사결정을 하는 것이 바로 데이터 마케팅의 핵심이다. 특정 분야에 수십 년을 있었다고 하더라도, 데이터로 시장 흐름을 확인해야 한다.

그런데 같은 데이터를 보고도 다르게 해석하는 경우가 무척 많다. 많은 데이터 중 중요한 데이터가 무엇인지 선별하고, 해당 데이터를 올바르게 해석해 의사결정을 해야 한다. 꾸준한 교육과 업무 경험 축적

을 통해 담당인력의 역량을 끌어올리는 동시에, 인공지능을 적극적으로 활용해야 한다. 사람도 같은 일을 수십 년 반복하면 장인이라고 한다. 인공지능 역시 마케팅이면 마케팅, 제조면 제조 등 특정 분야를 쉬지 않고 반복 학습했다. 인공지능은 데이터 페어링을 통해 신속하고 정확한 의사결정을 도와주는 효과적인 도구다. 데이터 페어링은 전통적인 업무 프로세스에 데이터를 결합해 프로세스 혁신을 가능하게 한다.

### 데이터 수집을 넘어 활용에 집중하라

데이터는 결합할수록 힘이 된다. 외부 데이터와 내부 데이터는 물론 온라인에서 오가는 회사와 제품, 서비스의 평판 등을 종합하면 일상생활에서 소비자들이 중요하게 여기는 메가트렌드까지 가늠할 수 있게 해준다. 네이버 데이터랩만 확인해도 고객들이 온라인에 남긴 흔적을 파악할 수 있다. 회사 홈페이지에도 고객들의 활동 로그가 쌓여 있다. 일례로 소셜미디어에 자주 오르내리는 화두가 무엇인지 생각해보자. 최근에는 주식이나 부동산이 화제였다. 주식이 메가트렌드라면 관련 산업에서는 이를 바탕으로 어떤 전략을 세울까. KB국민은행에서는 자산관리에 관심이 높은 2030을 타깃으로 자산 프로그램을 만들면서 2030 직원들을 모아 디지털 마케팅 조직을 만들었다. 직원들의 풍부한 창구 경험과 소셜미디어를 통해 확인한 메가트렌드를 접목해 제작한 공감 콘텐츠는 30대의 폭발적인 반응을 끌어냈다. 사람들의 공감은 곧 새로운 시도를 연이어 할 수 있다는 신호이다. 이후 KB국민은행은 고민나눔 토크쇼를 진행했다. 이 같은 마케팅의 목표는 결국 해당 은행의 상품 판매다.

이처럼 외부트렌드를 통해 메가트렌드를 확인하고, 모여든 사람들을 흡수해 상품을 판매하는 전략을 쓰면 실패 없는 마케팅이 가능하다. 더불어 속한 산업의 평균은 물론 다른 업종의 평균값을 파악해 마케팅 활동의 기준점을 삼을 수 있다. 중요한 것은 데이터를 모으는 것이 아닌 활용이다. IBM과 HP,

이달의 명강연은 한국산업기술진흥협회에서 진행한 강연 중 우수강연을 선별해 소개합니다.



오라클 등 글로벌 기업은 영업 파이프라인을 단계별로 세분화해 각 단계의 고객에게 적합한 솔루션을 맞춤형으로 제시한다.

제조업에 오래 종사한 이들이 빠지기 쉬운 생각의 함정이 있다. 다름 아닌 ‘우리 회사는 다르다’는 자신감이다. 분석의 목표는 개선점을 하나씩 찾아가며 변화의 방법을 모색하고 실행에 옮기는 것이다. 그런데 조직의 수장이 ‘우리 회사는 다르다’고 못 박아버리면 분석을 이행할 이유가 사라져버린다. 앞으로는 데이터 분석은 인공지능에 맡기고 인간은 창의적인 활동에 집중해야 한다. 인공지능에 기반을 둔 시대에는 ‘정확한 타이밍’에 ‘분명한 메시지’를 전달해야 한다. 이는 고객뿐만 아니라 직원들에게도 마찬가지다.

이미 인공지능은 다방면으로 진화하고 있다. 일일 홈페이지 방문자 수 등과 같은 기업 현황이나 예측 분석과 원인 분석 등은 인공지능에 맡길 수 있는 대표적인 업무이며, 메신저나 인공지능 스피커를 통해 매일 자동 보고 체계를 구축할 수도 있다. 이전까지는 보고서 작성이나 발표 능력 등이 뛰어난 인력이 주목받았지만, 앞으로는 이 같은 자동화 솔루션을 누가, 얼마나 더 잘 활용하느냐에 따라 인재의 경쟁력이 갈릴 것이다. **[기술혁신]**

# 친환경 원천 소재 기술의 지속적 기술 사업화 사례



글. 박진희 한국생산기술연구원 사업지원부장  
한국생산기술연구원의 연구사업 및 기업지원, 기술사업화 총괄 업무를 담당하는 사업지원부장을 맡고 있다. 호서대학교에서 기술경영학 박사학위를 취득하였으며, 충청남도 자문위원, 한국과학기술지주 이사회 의장으로 활동하고 있다.

“지구온난화로 전 세계 곳곳에서 폭염·폭설·태풍·산불·가뭄 등 이상기후 현상이 잇따르고 있으며, 북극 빙하 면적이 역대 최저 수준으로 줄어, 해수면 상승으로 인해 남태평양 섬나라는 국가 소멸 위기를 호소하고 있습니다.” 이런 이야기는 누구나 들었을 만큼 아주 오래 전부터 우리에게 익숙한 주제이고 그 심각성에 대한 우려의 목소리가 낮설지 않다. 모두가 잘 아는 바와 같이 기후 위기 원인은 산업화 이후 인간이 내뿜는 ‘탄소’이다. 전 세계는 지금 화석 연료 사용을 줄이고 2050년까지 탄소 순 배출량을 ‘제로’로 만들자며 탄소중립을 위한 노력을 기울이고 있다.

우리나라도 지난 2020년 12월, 2050 탄소중립 추진 전략을 발표했다. 2050 탄소중립을 위해 구체

그림 1 산업부 탄소중립 R&D 예산(정부안 기준)

구분	'21년 예산(A)	'22년 정부안(B)
산업	2,130억 원	4,197억 원
에너지	6,118억 원	7,814억 원
합계	8,248억 원	1조 2,011억 원

〈탄소중립 산업-에너지 R&D 전략, 산업통상자원부(2021년 11월)〉

적으로 ‘경제구조의 저탄소화’, ‘신유망 저탄소 산업 생태계 조성’, ‘탄소중립 사회로의 공정 전환’, ‘탄소중립 제도적 기반 강화’까지 3+1 전략을 추진하겠다고 강한 의지를 밝힌 바 있다.

이와 결을 같이 하는 정부 R&D 투자도 탄소중립 R&D 중심으로 전면 개편한다는 계획이다. 최근 정부의 탄소중립 관련 R&D 예산도 급격하게 늘고 있다.

정부출연연구기관인 한국생산기술연구원도 친환경 기술개발을 꾸준히 추진해왔으며, 2050 탄소중립 추진 전략에 맞춰 보다 다양한 분야의 친환경 기술개발에 박차를 가하고 있다. 고효율 태양광 패널 기술, 고효율 전기구동 모터 기술, 기존 석유화학제품 대체 기술, 고효율 에너지 기술 등 여러 산업군에 적용할 수 있는 다양한 기술개발과 개발된 기술의 상용화·사업화를 위해 노력 중이다.

여기에서는 한국생산기술연구원이 개발한 친환경 원천 소재 기술의 지속적인 기술사업화 사례에 대해 소개하고자 한다.

마그네슘은 철의 1/4, 알루미늄의 절반 정도에 불과한 가장 가벼운 금속이다. 합금에 사용될 경우 무게를 크게 줄일 수 있어 고급 차량이나 휴대폰, 노트북, 항공기 등에 많이 사용되는 고가의 금속이다. 문제는 마그네슘의 폭발성에 있다. 이런 소재의 특성으로 마그네슘 공정 과정에 발화를 막기 위해 슈퍼 온실가스로 불리는 육불화황(SF<sub>6</sub>), 이산화황(SO<sub>2</sub>)을 필수적으로 사용하게 된다. 그런데 육불화황은 지구온난화 효과가 이산화탄소의 2만 3,900배에 이른다는 것이다. 이산화황도 인체에 유해하고 장비를 부식시키는 유해 물질이다.

한국생산기술연구원은 마그네슘의 단점인 공정

그림 2 국내 'H'사 기술이전 협약식(2010. 5)



그림 3 에코 알루미늄 판재 가공 전 중간재(좌), 에코 알루미늄이 가공된 합금 판재(우)



과정에서 육불화황(SF<sub>6</sub>), 이산화황(SO<sub>2</sub>)을 사용하지 않고 기존 마그네슘 대비 물성을 향상시킨 친환경 마그네슘 합금을 세계 최초로 개발했다. 기존 마그네슘 합금에 산화칼슘 등 칼슘계 화합물을 첨가해 표면에 치밀하고 얇은 보호막을 형성해 산화 및 발화를 방지한 것이다. 소재의 친환경적 특징을 강조하여 이 소재에 에코 마그네슘(Eco-Mg)이라는 이름을 붙였다.

또한 우리가 흔히 알루미늄이라고 알고 있는 소재도 활용될 때는 단일 알루미늄 금속이 아닌 마그네슘이 첨가된 알루미늄 합금이 사용되는데, 여기에 첨가되는 마그네슘도 에코 마그네슘을 활용해 친환경성과 더불어 소재의 강도는 약 30%, 신율은 약 15%를 향상시킬 수 있는 에코 알루미늄 합금도 동

시에 개발했다.  
기존 소재 분야에서는 금속+금속을 합금, 금속+비금속은 복합재료로 여겼으나 에코 마그네슘의 경우 금속인 마그네슘에 비금속인 산화칼슘을 첨가했음에도 합금이 되는 새로운 소재 분야의 기술적 지평을 열었다고 할 수 있다.

에코 마그네슘은 2010년 첫 번째로 국내 중소기업인 H사에, 에코 알루미늄은 I사와 G사에 각각 이전됐다. 에코 마그네슘은 이후 소재를 제품에 적용하기 위한 추가 연구와 상용화를 위한 적극적인 활동도 추진됐다.

에코 마그네슘은 미국 보잉사와 업무협약을 체결하고 에코 마그네슘 소재를 활용한 항공기 부품개발을 공동으로 진행했다. 에코 알루미늄을 이전 받은 I

그림 4 폴란드 'I'사 기술이전 협약식(2018. 8)



사는 미국 GM의 차량용 범퍼 소재 규격 등록을 마치고 양산 차종 적용을 타진 중이다.

국내에서 생산되는 일부 휴대폰 등에 에코 마그네슘 소재가 활용되기도 했지만, 본격적인 상용화는 기대만큼 크지 않았다. 따라서 연구책임자는 개발된 에코 마그네슘과 에코 알루미늄 소재 중 에코 알루미늄에 초점을 맞춰 상용화를 위한 추가 연구 및 기술이전을 추진했다.

마그네슘 시장보다는 알루미늄 시장이 더 큰 현재 상황에 맞춰 에코 알루미늄이 상용화에 더 유리할 수 있고, 국내보다는 해외 수요시장이 더 성숙했고 국내에는 제품 생산에 적합한 대형 제조 설비를 갖춘 기업이 드물다는 판단 때문이었다.

이러한 노력의 결과로 2018년 폴란드 기업 I사와 에코 알루미늄 가공 기술에 대해 추가 기술이전 계약이 성사됐다. 선금금과 에코 알루미늄 판재 생산량에 따른 로열티가 포함된 계약이다. 이 계약이 성사되기까지 3년이 넘는 기간 15차례에 걸친 시험평가를 거쳐 양산 가능성을 높였다. 에코 알루미늄 소재를 단순 합금이 아닌 판재 형태로 만들면 두 배 정도 더 단단해지기 때문이다.

I사는 에코 알루미늄 판재를 생산해 독일 등 자동차 강국에 납품을 계획하고 있으며, 이를 위해 알루미늄 압연 설비를 기존 10만 톤에서 20만 톤으로 늘릴 구상이다.

또한 이 계약에서 주목할 점은 기술이전 협상과

정에서 에코 알루미늄 합금 제조 기술을 이전 받은 국내 업체가 소재 공급처로 선정될 수 있도록 함으로써 국내 중소기업의 수출 판로 확보에 기여했다는 것이다.

폴란드 기업과의 기술이전 협약을 체결하면서 에코 알루미늄 판재 생산이 시작됐지만, 국내기업에서는 생산하지 못했다. 에코 알루미늄의 다양한 제품 적용을 위해서는 국내 생산이 필요하다고 판단하여 국내기업에 대한 이전을 타진하고 지금 당장 생산하지 못하더라도 장기적으로 생산할 수 있는 기업을 찾은 결과, 올 1월 국내 B사와 에코 알루미늄 판재 기술이전 계약이 성사됐다.

탄소중립이 전 세계적 화두로 등장하면서 친환경 기술은 앞으로도 국내외를 막론하고 더욱 각광을 받을 전망이다. 한국생산기술연구원은 개발한 원천소재 기술, 거기서 파생된 다양한 응용 기술을 가지고 기술사업화를 지속적으로 추진했다. 기술사업화 성공을 위해 상용화를 위한 추가 R&D 추진, 수요기업을 찾기 위한 연구자, 기술 중개 기관, 기술사업화 전담부서의 노력의 결실이 지속적인 기술사업화가 된 좋은 사례라고 할 수 있다.

향후에도 이 원천기술과 응용 기술의 추가적인 사업화를 통해 경제적 성과 외에도 친환경 기술로서 지구환경 개선에 크게 기여하기를 기대해본다.

**기술혁신**

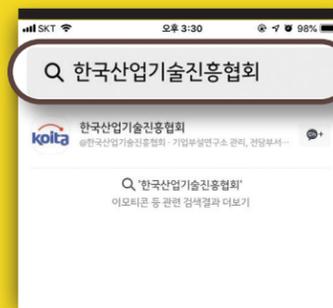
## 기업R&D 전문 카카오톡 채널

기업R&D에 관련된 핵심 정보만 선별해서 보내드립니다.  
한국산업기술진흥협회 카카오톡 채널을 추가하고  
우리 회사에 꼭 필요한 R&D 소식 받아보세요!

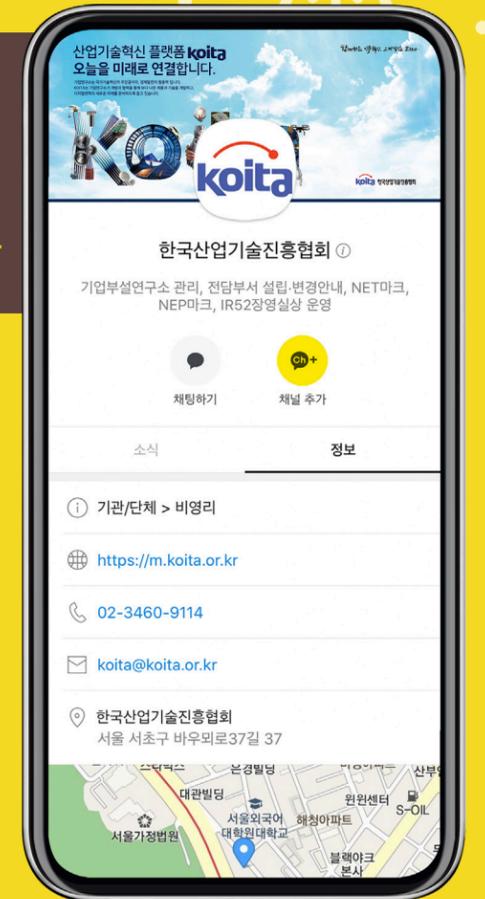
- 조세지원, 자금지원, 인력지원 등 정부지원사업 정보
- 디지털 전환, 글로벌 트렌드, 특허 등 최신 정보
- 기술기획, 사업계획서 작성 등 연구소 운영 필수사항 정보

### 추가방법

01 카톡 상단 검색창에  
한국산업기술진흥협회 검색



02 한국산업기술진흥협회  
[채널추가] 클릭





# 신기술 NET 인증 기술

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

- 신청자격: 신기술 인증을 받고자 하는 기업, 대학, 연구기관의 대표(장)
- 신청안내
  - 신청기간: 연 3회
  - 신청방법: 온라인 접수(<http://www.netmark.or.kr>)
  - 문의: 인증심사팀 02-3460-9022~3, 9190

(주)콕스 COX

## 체온측정을 위한 이중 카메라 기반 스테레오 거리 측정 기술

본 기술은 발열 증상자 감지 체온 측정 시스템에서 사용되는 열 영상 및 실 영상 카메라를 이용한 스테레오 거리 계측 기술이다. 이중 카메라를 이용한 스테레오 거리 계측 기술을 활용하여 거리에 따른 발열 증상자 감지 체온의 측정 오차를 보정하는 시스템 및 알고리즘을 구현한다.

### 특징

- ① 사람 인식 → 눈 검출 → 스테레오 거리 측정을 통하여 사람까지의 거리를 측정하고 측정된 거리를 기반으로 발열자 감지 시스템의 온도 보정 가능
- ② 기존 기술 및 감지 시스템의  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  이상의 오차를 극복하여 측정 오차 ( $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ) 이하로 측정 정확도 향상



부문	전기·전자		
주 생산품	열상카메라	개발기간	2020. 1 ~ 2020. 12

(주)스마트파워 (주)파세텍 SMART POWER

## (공동)제로 유지 전력과 6ms 이하 개방 속도를 갖는 릴레이 및 보호제어 기술

본 기술은 제로 유지 전력과 6ms 이하의 개방 속도를 갖는 전자접촉기(제로 릴레이) 설계 기술로, 제로 릴레이의 구동 원리 제공 및 기능 확장성을 갖는 전동기 보호 장치 기술이 적용되었다.

### 특징

- ① 기존 전자접촉기로부터 전력 소모가 발생하는 요소 분석/제거를 통해 동작 유지에 필요한 전력 제로화가 가능하고 개방(OFF) 동작 시 설비의 수명과 연관된 아크의 영향을 최소화하기 위해 6ms 이하의 개방 속도를 갖는 구동부 코일 설계를
- ② 제로 릴레이의 동작 원리를 제공하고 통신 기능을 비롯한 다양한 부가 기능을 지닌 과전류 보호장치(D-ZRC) 설계



부문	전기·전자		
주 생산품	배전반 및 전자자동제어반 절전형 전자접촉기	개발기간	2019. 7 ~ 2020. 6

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

(주)마고테크놀로지 (주)그린아이티코리아 MAGO GIT

## (공동)감지영역 지정구조를 가진 초정밀 자기 센싱 기술

본 기술은 초전도 현상인 Josephson effect를 이용한 초고감도 자기 센서(SQUID 센서)와 유사 정밀도를 가진 상온 극초정밀 자기 센싱 기술로, 공간측정 차동측정 장치에 의한 주변 자기 노이즈의 초정밀 보상 기술이 적용되었다.

### 특징

- ① 드리프트 피드백 안정화 구조 및 첨단 신호처리 알고리즘으로 최종적으로 10~10T의 극초정밀 해상도 달성
- ② 상온 동작, 전력 소모가 적고 주변 자기장 노이즈 제거 및 자율적인 민감도 설계 가능



부문	전기·전자		
주 생산품	센서, 영상감지장치	개발기간	2014. 6 ~ 2019. 12

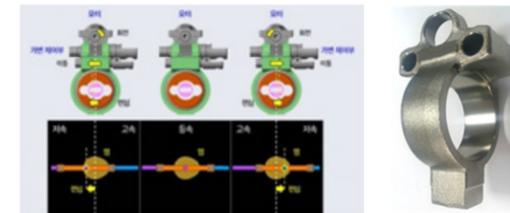
(주)대림엠티아이 DAERIM

## 고탄소강 부품의 언더컷 형상 가공을 위한 융복합 단조 공정 기술

본 기술은 열간 단조, 온간 단조, 냉간 단조 특성을 고려하여 고탄소강(SCM400) 부품의 언더컷 형상 가공을 위한 복합 성형 공정 기술로써, 하우징 리프터의 생산을 최적화하고 열간 단조 후 온간 단조를 추가하여 기술 적용제품의 형상에 대한 정밀도와 중량을 최적화한 기술이다.

### 특징

- ① 제품의 언더컷 형상을 온간 밀폐 단조 시스템을 통한 하이브리드 단조로 고탄소강의 성형성을 향상시켜 후가공비 절감 가능
- ② 냉간 사이징과 벤딩 공정으로 부품의 언더컷 형상을 구현함에 따라 재료 사용량을 최소화하고, 부품의 정밀도 향상 가능



부문	기계소재		
주 생산품	자동차 부품	개발기간	2019. 4 ~ 2020. 6

리얼룩엔컴퍼니(주) REALOOK

## 온디스플레이 지문인식 및 곡면 보호가 가능한 3D포밍 성형 장비 기술

본 기술은 온디스플레이 지문인식 및 곡면 보호가 가능한 3D포밍필름 성형 장비 기술이다. 직각 및 언더컷 부위까지 성형 가능한 구조체 양각 금형을 활용하는 성형 기술이 적용되었다.

### 특징

- ① 필름 금형 및 프레스 제작 등 3D포밍필름 성형을 위한 핵심 요소 제작 기술 확보
- ② 초음파를 이용한 포밍필름 식별을 통해 미인증된 포밍필름 사용 방지 가능 및 레이저를 이용한 금형 식별을 통해 미인증된 금형 사용 방지 가능



부문	기계소재		
주 생산품	3D포밍필름	개발기간	2016. 7 ~ 2019. 10

(주)성우모터스 성우모터스 SWEMA

## 이륜자동차용 자동 랜딩 휠 장치 기술

본 기술은 자동 랜딩 휠의 전자동 상승 및 하강 능동 제어를 통한 이륜자동차의 신속한 수직 안정성을 확보하는 기술이다. 자동 랜딩 휠 상승 및 하강의 동작 메커니즘 내구성과 단순화를 위한 스프링 장착 C형 캠 설계기술이 적용되었다.

### 특징

- ① PID 제어가 가능한 시스템 구현 및 자이로센서, 속도 센서를 사용한 능동 제어 시스템을 구성
- ② 좌우 랜딩 휠의 상승 및 하강 능동 제어를 통해 지면 접촉과 반력 적용하여 2초 이내에 2° 수준으로 신속한 수직 안정성 확보 가능



부문	기계소재		
주 생산품	모터사이클 외	개발기간	2018. 1 ~ 2020. 8



# 신제품 NEP 인증 제품

신제품(NEP, New Excellent Product)인증은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 운영하는 인증 제도로써 국내에서 최초로 개발된 기술 또는 이에 준하는 대체기술을 적용한 제품을 인증하여 제품의 초기 판로를 지원하고 기술개발을 촉진하고자 도입되었다. NEP 인증마크를 부여받은 제품에 대하여 자금지원, 의무구매, 신용보증 등 각종 지원제도의 혜택을 제공하고 있다.

- 신청자격: 신제품 인증을 받고자 하는 중소기업, 중견 및 대기업의 대표
- 신청안내
  - 신청기간: 연 3회
  - 신청방법: 온라인 접수(<http://www.nepmark.or.kr>)
  - 문의: 인증심사팀 02-3460-9185~8

## 경향셀(유)

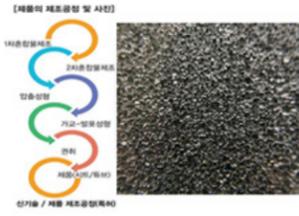


### (연장)실라잔-실록산 화합물이 코팅된 난연제를 적용한 200kPa 이상의 NBR 고무 발포 단열재

본 제품은 코팅되지 않은 저가의 무기금속수산화물에 실라잔-실록산 코팅을 통해 기존 대비 경제성, 내열, 내습, 입도 균일 및 상용성을 확보하여 미소 단한 셀 및 고난연성을 구현한다. 실라잔-실록산 화합물에 코팅된 난연제를 적용한 인장강도 제어 기술, 가교-발포 공정 최적, 가교-발포 속도 제어와 항균성 항곰팡이성 구현 기술이 적용되었다.

#### 특징

- ① 기존 제품 대비 기계적 물성(인장강도, 신장률) 향상을 통해 시공성 단열성 확보 및 KS 기준 대비 우수한 단열성(0.032W/m·K) 구현
- ② 친환경성(6대 유해 물질 및 포름알데하이드 미검출) 확보



부문	화학·생명		
주 생산품	고무발포단열재	인증기간	2021. 9~2024. 9

## 피피아이파이프(주)



### (연장)내면 조도를 개선한 고강성 PVC 하수관 (내충격관 100mm~400mm)

본 제품의 핵심은 관 내면 조도를 높이는 압출 금형 기술 적용을 통한 배수 성능(조도) 극대화이다. 고중합도 PVC 수지 연속 압출 기술을 통해 기계적 강도를 향상하고, 연결부 내구성 및 수밀성을 확보하는 기술이 적용되었다.

#### 특징

- ① 환경부 하수도 시설기준 최소 유속(0.6m/s) 이상의 유속 확보
- ② 기계적 강도 향상을 통한 지중 매설 시 하중에 대한 안전성 확보
- ③ 냉각 다림부 및 냉매 순환용 냉각라인을 통해 내면 조도(표면거칠기) 성능이 향상된 제품 연속 생산 가능



부문	화학·생명		
주 생산품	PVC상하수도관	인증기간	2021. 9~2024. 9

## (주)유성이엔티



### (연장)다단배플식 난류 발생장치를 적용한 복합(약액+담체 미생물) 탈취기

본 제품은 다단배플식 난류 발생장치를 통해 난류를 발생시켜 여러 형태로 약액과 접촉시키고, 접촉 횟수를 증가시켜 약취 가스 처리 효율을 향상시킨다. 사용된 세정액 폐기 시 pH 농도를 자동으로 중성화하여 배출하는 기술이 적용되었다.

#### 특징

- ① 약취약액을 효율적으로 접촉시킴으로써 설치 면적 감소 및 초기 설치비 절약 가능
- ② 전단에서 다단배플식으로 처리된 약취를 후단에서 담체 미생물 방식으로 처리함으로써 유지관리 효율성 향상
- ③ 1차 처리된 약취를 미생물처리실로 이송 및 재처리하여 환경 변화 대응성 확보



부문	건설·환경		
주 생산품	탈취기, 덮개	인증기간	2021. 9~2024. 9

## (주)클리어윈코리아

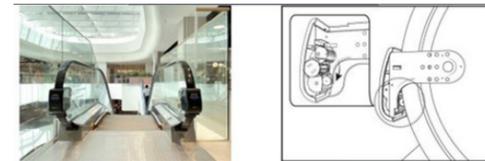


### 자가 발전 UVC 조사기술을 적용한 에스컬레이터 살균장치

본 제품은 에스컬레이터 핸드레일 회전력으로 자가 발전하는 UVC 자외선 램프로 핸드레일 벨트의 지속적인 살균이 가능하다. 핸드레일 벨트 측면까지 살균하는 'c'자 구조의 자외선 모듈을 적용했으며, 저속(20m/min) 핸드레일에서도 발전 가능한 8극 모터가 사용되었다.

#### 특징

- ① 핸드레일 벨트가 살균기를 통과하는 순간에 살균할 수 있는 265mm 짜리 대 자외선 사용
- ② 에스컬레이터 난간에 설치되어 기존 모터실 커버 상부에 설치된 제품의 단점(화재진압 방해, 점검 불편) 극복
- ③ 기존 약품을 분사하여 롤러로 청소하는 제품 대비 구매비 및 유지관리비가 저렴하고 폐기물이 발생하지 않음



부문	전기·전자		
주 생산품	살균장치	인증기간	2021. 12~2024. 12

신제품(NEP)인증 제품은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 인증한 신제품입니다.

## 삼익전자공업(주)

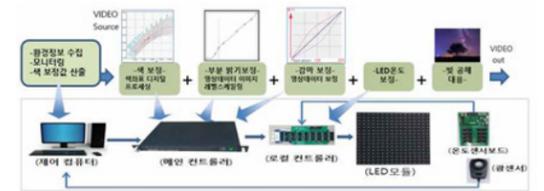


### 자체 전원 절전 및 순간 전압강하 보상회로를 갖는 전동기제어반(15kW 이하) 및 AC분전반

본 제품은 전광판의 주변 광량 및 색온도를 실시간 감지 분석하는 기술이 적용되었다. 최적의 시인성 확보를 위한 이미지 레벨 스케일링 및 전력 절감 기술과 색 좌표 디지털 프로세싱을 통한 색상조정 기술이 핵심이다.

#### 특징

- ① 태양 및 전광판 주변의 광량, 색온도 등 외부 환경인자 변화를 실시간 감지하여 이미지 레벨 스케일링 및 색 좌표 디지털 프로세싱을 통한 최적의 시인성 확보
- ② 전광판 부위별 온도 센싱과 색온도 실시간 보정이 가능한 LED 전광판
- ③ 야간 시인성 개선 및 빛 공해를 방지하기 위해 주변 광량 측정 기능 적용



부문	전기·전자		
주 생산품	전광판	인증기간	2021. 12~2024. 12

## (주)창성시트



### 탈부착이 가능한 옥외용 필름형 투명 LED 디스플레이(피치 8mm 이상)

본 제품은 동박 및 PET(Polyethylene Terephthalate) 합지 원단 제작용 점-점착 경화제 캡슐화 기술이 적용되었다. 고투명 LED 디스플레이(광폭 1,200mm, 미세선폭 10μm 이하, 투과율 80% 이상, 초경량(2kg/m² 이하) 및 방수 7등급(IPx7)을 구현했으며, FPC(Flexible Circuit) 일체화 및 전체 공정 내재화를 통한 수율과 생산성 향상으로 가격 경쟁력을 확보하였다.

#### 특징

- ① 자외선, 우천 등 환경적 제약으로 외부 설치가 불가능했던 투명 LED 디스플레이의 한계를 실리콘 및 방수 코팅 기술로 해소
- ② 예칭 시 발생하는 랜드를 최소화하여 투명도가 상승되어 빛 반사에 의한 눈부심 현상이 발생되지 않아 사용자의 안구 피로도 저감 가능



부문	전기·전자		
주 생산품	기능성 필름, 필름형 투명 LED 디스플레이	인증기간	2021. 12~2024. 12



# 대한민국 엔지니어상

5월

## 세계 최고 성능의 초소형 차세대 메모리 양산 기반기술 '페리(Peri) 매립 구조' 개발

김현석 상무는 플래시 메모리 분야에서 세계 최고 성능의 초소형 차세대 메모리 양산 기반기술인 페리(Peri) 매립 구조를 개발하여 우리나라 메모리 기술 경쟁력 유지에 기여한 공로를 인정받아 수상자로 선정되었다.



김현석 삼성전자(주) 상무

김현석 상무는 플래시 메모리 분야에서만 15년 이상 연구개발 활동을 지속해왔고, 다양한 차세대 메모리 구조와 초고집적 칩 개발을 통해 세계 최고 수준의 플래시 메모리 제품 경쟁력 확보에 기여했다.

김현석 상무가 개발을 주도한 Peri 매립형 COP 구조와 멀티 스택킹 기술은 차세대 V-NAND 양산에 핵심적인 역할을 하며 플래시 메모리 기술한계 극복의 기틀을 마련했다. 이러한 개발성과는 삼성전자 내에서도 높이 평가되어 2020년에는 사내 최고의 엔지니어에게 수여하는 최고 기술인상을 수상하기도

했다.

기존 플래시 메모리는 평면상에서 칩을 구현하는 2차원 구조였다. 대용량·고성능 제품에 대한 요구가 점차 증가하고 있지만, 이와 같은 구조는 집적도를 높이는 데 한계가 있었다.

페리(Peri) 매립 구조와 집적도를 높이기 위해 단위 셀 구조를 여러개 쌓는 멀티스택킹 기술은 메모리 기술한계 극복의 기틀을 마련하였으며 차세대 메모리 양산에도 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

## 이동형 콘빔CT\*(CBCT) 시스템 개발

김경우 연구소장은 3차원 정밀진단으로 호흡기 감염증을 빠르게 진단할 수 있는 이동형 콘빔CT(CBCT) 시스템을 개발한 공로를 인정받아 수상자로 선정되었다.



김경우 제이피아이헬스케어(주) 연구소장

김경우 연구소장은 20여년 간 엑스선 영상기술 개발 및 상용화에 전념하며 쌓아온 기술력을 바탕으로 정밀의료영상기기인 콘빔CT 시스템, 디지털 3차원 영상시스템, 인공지능 솔루션 등 다양한 지능형 의료기기 제품을 개발하였으며 이에 대한 의료기기 인증, 상용화를 통한 성공적인 사업모델을 창출했다.

특히 국내 최초 부위한정용 CT 개발 및 상용화 등을 통해 수입에 의존했던 다수의 정밀의료영상장비 국산화를 이끌었으며, 이를 통해 수입대체 및 관련산업의 기술개발 의욕을 고취시켰고, 건강진단 분야 발전을 통해 국민의 삶의 질 향상에 기

여했다. 3차원 정밀진단으로 호흡기 감염증을 빠르게 진단할 수 있는 이동형 콘빔CT(CBCT) 시스템은 엑스선 발생장치와 검출기 사이에 검사 대상을 위치시키고, 이를 360도 회전하여 얻은 투영 영상을 재구성하여 삼차원 단층영상을 획득하는 장치이다. 수입에 의존하고 있는 의료용 컴퓨터단층촬영(CT) 국산화를 주도하였으며, 이를 통해 신시장 창출 기반을 만드는 성과를 냈다.

\*엑스선 발생장치와 검출기 사이에 검사 대상을 위치시키고, 이를 360도 회전하여 얻은 투영 영상을 재구성하여 삼차원 단층영상을 획득하는 장치

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

### 대한민국 엔지니어상 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/](http://www.koita.or.kr/month_eng/))
- 문의: 시상인증단 02-3460-9026

6월

## 반도체 생산장비 EPMD의 핵심기술인 '혼합 접착제 자동도포기술' 독자개발

전성철 책임연구원은 반도체 생산 장비인 EPMD 개발을 주도하였으며, 그 중 핵심기술인 '혼합 접착제 자동 도포기술'을 독자 개발하였다. 이를 통해 세계 최초로 해당 장비를 100% 자동화하는 데 성공하였다.



전성철 (주)에프에스티 책임연구원

전성철 책임연구원은 (주)에프에스티 자동화 장비개발 팀장의 위치에 이르기까지 쌓아온 장비개발 경험을 바탕으로 하여 반도체 공정 장비 개발 및 국산화에 투철한 사명감과 책임감으로 헌신해왔다.

자사에서 생산 중인 광학 펄리클의 생산 공정을 체계적으로 관리하고 또한 불량률 줄일 수 있는 품질관리 방안을 확립하였으며, 이를 기반으로 생산 자동화 장비개발에 성공했다. 이러한 다년간의 경험으로 EPMD의 핵심기술인 혼합 접착제 자동 도포 기술을 독자개발에 성공한 것은 매우 중요한 성과이다. 이를

통해 세계 최초 100% 자동화된 EPMD 개발을 단기간에 성공했다. EPMD는 극자외선 반도체 공정에서 불량 감소를 위해 회로 원판을 보호하는 초박막 펄리클을 자동 부착 및 분리하는 장비이다.

EPMD 개발 성과는 <SPIE Advanced Lithography 2021> 발표와 동시에 국내외적으로 관심을 받고 있다. 국내 업계에서 불가능으로 여겨지던 EUV 반도체 공정 장비 개발이 가능한 것을 입증하여 국내 반도체 기술의 세계적 위상을 높였다.

## 국내 최초로 '라이너\* 없는 복합재 극저온 추진제 탱크'를 개발

최수영 팀장은 국내 최초로 '라이너 없는 복합재 극저온 추진제 탱크'를 개발하여 기존 금속 소재 탱크 대비 23% 이상 경량화에 성공했다. 이를 통해, 위성 발사체 탑재 중량 확보를 가능하게 하여 국내 우주산업 발전에 기여한 공로를 인정받았다.



최수영 (주)에이엔에이치스트럭처 팀장

최수영 팀장은 항공·우주 및 복합소재 분야에서 15년 이상 연구개발 활동을 지속해온 전문 연구인력이다. 2021년 국내 최초로 성공한 우주 발사체용 복합재 극저온 추진제 탱크 개발 사업에 주도적인 역할을 수행하여 기존 금속 소재 탱크 대비 23% 이상 경량화를 달성했다.

라이너 없는 복합재 극저온 추진제 탱크의 성공적인 개발은 대한민국의 우주산업에서 매우 중요한 성과로 볼 수 있다. 이 연구개발로 획득한 기술은 미래의 대한민국 우주산업을 이끌어 갈 전략 기술로서 현재 미국, 중국, 유럽 등 우주산업 분야 주요

해외 선진국을 중심으로 특허 출원이 완료됐다. 향후 개량형 한국형 발사체 개발 시 해당 기술을 적극 활용하여 국비 예산을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 정찰·항법·통신위성 등 각종 민간·군사위성 탑재 발사체의 중량 절감에 의한 탑재 중량 확보는 물론, 장거리 및 대륙간 탄도미사일의 동체 중량 절감을 통해 탄두 중량 및 사거리 추가 확보도 가능할 것으로 예상된다.

\* 라이너(Liner) : 탱크의 기밀성 확보 및 복합재 적응을 위한 금형 역할을 하는 구조물

# IR52 장영실상 (17주~24주)

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

IR52 장영실상 신청방법  
 • 신청대상: 국내에서 개발된 신제품 중에서 접수 마감일 기준 최초 판매일이 5년을 경과하지 않은 제품  
 • 신청방법: 온라인 신청(<http://www.ir52.com/>)  
 • 문의: 시상인증단 02-3460-9189

**17주 (주) 바이오센스텍**

**자동차 엑스레이 검사기향 초고속-고해상도 동영상 엑스레이 디텍터**



(주) 바이오센스텍 장한빈, 이재곤 수석연구원, 안세용, 김재민 책임연구원이 개발한 본 제품은 산업용 초고속-고해상도 동영상 엑스레이 디텍터로 주요 수요처는 자동차 엑스레이 검사기 시장, 즉 전기자동차 배터리, 반도체, 전자 부품 등에 대한 비파괴 검사장비 시장이다. 세계 최초로 3세대 TFT 엑스레이 영상센서(duoPIX™)를 개발하고 적용하였으며 영상지연 없이 초당 50 프레임과 73um 픽셀 사이즈의 고해상도 동영상 구현이 가능하다.

**18주 롯데케미칼(주)**

**자동차 외장용 열경화성 소재 대체 친환경/경량화 소재**



롯데케미칼(주) 김명훈, 박정은 수석연구원, 정희윤 책임연구원이 개발한 본 제품은 상용차 Air deflector (주행시 공기저항을 막아주는 부품) 용도로 개발된 재활용이 가능한 복합소재이다. 기존에 재활용이 불가능한 소재를 대체하여 탄소중립에 기여하는 친환경 제품이며, 승용차를 포함한 모든 자동차 외장 부품에 확대 적용이 가능하다. 국내 최초 유럽 소재업체 독점시장 진입 M/S 45%를 달성했다.

**21주 (주)티에스테크**

**시에프티(CFT)강관지보재**



(주)티에스테크 마상준 연구소장, 전윤재 부장이 개발한 본 제품은 터널시공 시 굴착면에 설치하여 굴착지반 안정화를 위해 사용하는 강지보재이다. 세계 최초 CFT공법을 적용하였으며, 공극이 발생하지 않아 지하수로 인한 내구성 저하를 방지한다. 연결부 개선으로 시공시간 단축 및 국가 설계기준에 만족하며, 용접 부위 최소화로 균일한 품질을 얻을 수 있다. 기존 격자지보가 가지는 문제점들을 해결한 뛰어난 성능의 지보재이다.

**22주 한양소재(주), 현대자동차(주), (주)서연이화**

**친환경 Bamboo Fiber 보강 복합수지를 이용한 자동차 고성능, 경량 Door-Trim 부품**



한양소재(주) 주덕기 연구소장, 이기웅 수석연구원, (주)서연이화 김철우 책임연구원, 현대자동차(주) 박문규 연구원이 개발한 본 제품은 세계 최초 바이오 필러(Bamboo Fiber) 20% 적용 도어트림(Door Trim) 부품이다. 도어트림 부품은 자동차 실내 미관은 물론 외부 충격 시 승객을 보호하는 기능을 갖는 부품으로 고강도, 고충격, 고기능성이 요구되는 부품이다. 재활용이 100% 가능한 본 제품은 친환경 모빌리티 기능을 구현하였다.

**19주 (주)바이오프디엔씨**

**Plant Cell Rx (식물세포 제품)**



(주)바이오프디엔씨 모상현 연구소장, 이정훈 부사장, 김수윤 차장이 개발한 본 제품은 16년 간 축적된 식물세포 플랫폼 기술을 기반으로 한 SMART-RC<sup>2</sup> 신기술이 적용되었다. 식물세포 바이오리액터에 전극 단자를 부착하여 고주파 파형을 인가하는 신기술이다. 식물세포 배양기술을 활용한 식물세포 제품으로 자연을 훼손하지 않고 식물 자원을 지속가능하게 활용할 수 있다는 이점이 있다.

**20주 LS전선(주)**

**LSCC (Low-Sag Composite core Conductor)**



LS전선(주) 김상겸 이사, 길진수 부장, 권민석 선임연구원이 개발한 본 제품은 높은 철탍에 연결하여 전력을 보내는 가공송전선의 중심 인장선에 강철 대신 탄소 복합재를 사용함으로써, 도체로 전기저항이 낮은 연알루미늄을 사용할 수 있어 송전 용량을 기존 제품 대비 2배로 늘리고, 전력 손실은 약 20%를 감소시킨다. 일반 송전선과 동일한 금구 및 시공법을 사용하여 시공 편의성 증대되는 효과를 기대한다.

**23주 (주)이에스지케이**

**방폭형 휴대용 정전기 측정기**



(주)이에스지케이 김귀영 연구소장, 김윤정 본부장, 김동호 부장이 개발한 본 제품은 정전기로 인한 폭발위험이 있는 산업현장에 정전기 전압을 측정할 수 있는 제품이다. 폭발성 위험 물질의 정전기를 측정하는 세계 유일의 정전기 측정기다. 국제 방폭 전기기기인증(IECEx), 유럽 CE ATEX 인증을 획득하였다. 실시간으로 데이터를 모니터링하는 시스템으로 폭발에 영향을 주는 징후를 사전에 파악하고 대응하여 재난 피해를 최소화하는 기대 효과를 가진다.

**24주 삼성전자(주)**

**고속 PCIe Gen4 인터페이스 내장 데이터센터 향 SSD PM9A3 컨트롤러 칩**



삼성전자(주) 송호빈, 황상윤, 최광희 수석연구원, 최정명 책임연구원이 개발한 본 제품은 데이터센터 향 솔리드 스테이트 드라이브(SSD) 컨트롤러 칩으로 많은 양의 데이터를 동시에 접속하는 데이터 센터에 효율을 높일 수 있는 제품이다. 특히 PCIe Gen4 호스트 인터페이스를 탑재하여 자사 기존 제품 대비 데이터 전송 속도를 2배 향상 시켰다. 전력 효율이 높아 데이터센터의 소비 전력 절감 및 탄소 저감 효과에 기여가 가능하다.

# 대기오염의 또 다른 복병 '오존'



지난 5월 23일 서울 전역에 올해 첫 오존주의보가 발령됐다. 땀별이 내리쬐는 날 주로 발생하는 오존 특성상 한여름에 주의보가 발령되는 게 보통이지만 최근 이른 더위로 주의보 발령 시기가 점차 당겨지고 있다.

오존은 인체에 치명적이다. 눈, 코, 폐 등을 강하게 자극해 다양한 질환을 일으킨다. 기준치를 초과하는 오존 농도로 해마다 사망자가 늘고 있다는 연구 결과도 연이어 나오고 있다. 상황이 이렇지만 오존 관련 정보는 턱없이 부족하다. 과학, 인체·생태 측면에서 오존은 미지의 영역이나 다름없다. 오존 발생 기전, 전구물질의 역할, 인체에 미치는 영향까지 다양한 분야에서 깊이 있는 연구가 필요한 시점이다.

## 두 얼굴의 오존

오존은 세 개의 산소원자로 구성된다. 지구에 존재하는 오존의 90%가 지표면 상 약 10~50km 사이에 있는 성층권 내 오존층 형태로 밀집해 있다.

오존층은 지구로 들어오는 태양광선 중 자외선을 95~99%까지 흡수한다. 이 때문에 생명체가 생명 활동을 할 수 있다. 자외선이 거름막 없이 지구로 쏟아지면 대다수 생명체가 피부암 등 각종 질환에 노출되고 자연 생태계가 교란된다.

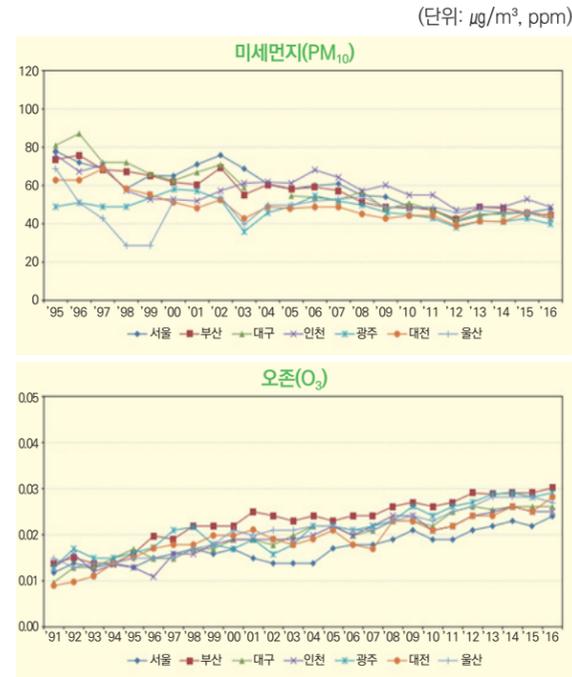
자연 상태에서 오존은 낙뢰로 인한 전기방전 등으로 인해 만들어진다. 자외선 복사로 산소와 오존이 생성, 소멸을 반복하는데 이 과정에서 오존의 강한 산화력으로 대기가 정화된다. 강력한 산화력 덕분에 오존은 하수 살균, 악취 제거, 농약 분해, 중금속 제거, 유해 물질 분해, 세균 사멸, 면역 반응 증진 등에 두루 쓰인다. 반도체 생산공정은 물론 최근 세포에 산소를 공급해 면역력을 높인다는 사실이 알려지면서 의료 분야에서도 활용된다.

‘팔방미인’ 오존이지만 사람에게겐 유해 물질이나 다름없다. 고농도 오존에 노출되면 폐포에 존재하는 신경 수용체가 자극을 받아 평활근이 수축된다. 기침이나 호흡기 증상으로 그칠 수 있지만 반복 노출되면 가슴 통증, 기침, 메스꺼움, 목 자극, 소화불량은 물론이고 기관지염, 심장질환, 폐기종, 천식을 앓을 수 있다. 기관지 천식 환자나 호흡기 질환자, 어린이, 노약자가 오존에 노출되면 특히 위험하다. 오존이 맑은 날 주로 발생하고 가스 형태로 존재하기 때문에 자각하기 어렵고 마스크를 쓴다 해도 피할 수 없다.

글. 최호 전자신문 기자  
전자신문 ICT융합부의 최호 기자는 과학기술 연구개발(R&D) 분야에 관심을 두고 다양한 취재를 이어나가고 있다. 정부 R&D 투자 방향과 전략이 우리나라 과학기술 경쟁력을 좌우한다고 생각한다.

R&D 나침반은 최신 과학기술의 이슈와 트렌드를 소개합니다.

그림 1 주요 도시 미세먼지 및 오존 농도변화 추이



〈국립환경과학원(2017). pp. 29-30. [그림 2-8], [그림 2-10]〉

## 대기오염으로 오존 농도 증가

오존층이 아닌 지표에서 약 10km 상공에 존재하는 지표 오존은 대기오염의 결과물로 봐도 무방하다. 자동차 배기가스에 다량 함유된 질소산화물(NOx), 휘발성유기화합물(VOCs)은 오존을 생성하는 대표 전구물질이다. 이들 전구물질과 자외선, 강력한 태양광이 만나면 오존이 만들어진다. 질소산화물은 대부분 일산화질소(NO) 형태로 배출되는데 대기 중 오존과 결합하거나 발생기산소(O)와 결합해 이산화질소(NO2)로 변환된다. 이산화질소는 햇빛을 받아 일산화질소와 산소원자(O)로 광분해 된다. 생성된 산소 원자는 대기 중 산소와 결합해 오존을 생성한다. 오존은 다시 일산화질소와 결합해 이산화질소를 생성시키는 과정을 되풀이한다. 햇빛 세기가 강하고 지속시간이 길수록 광화학반응이 잘 일어난다. 전구물질의 배출량이 많고 바람이 불지 않아 오염물질의 확산이 어려워지면 최악의 오존 생성 환경이 조성된다. 햇빛이 강한 여름철 오후 2~5시경에 오존이 많이 발생하는 이유도 여기에 있다.

대기오염이 심화하면서 오존주의보 발생 빈도는 꾸준히 상승하고 있다. 시간당 평균 오존 농도가 0.12ppm 이상이면 ‘주의보’, 0.3ppm 이상이면 ‘경보’, 0.5ppm 이상이면 ‘중대경보’가 발령된다. 지난해 보건환경연구원이 발표한 ‘서울시 오존주의보 발령 현황과 증가 원인’에 따르면 오존주의보는 지난 2016년 이후 매년 두 자릿수를 기록하고 있다.

## 오존 연구개발(R&D)은 걸음마

질병관리청이 최근 발표한 ‘제1차 기후보건영향평가 결과 보고서’에 따르면 우리나라에서 초미세 먼지 농도는 완만하게 감소하지만, 오존 농도는 증가하는 추세다.

대기 중 연평균 오존 농도는 2010년 35.8ppb(10억분의 1)에서 2019년 45.0ppb로 증가했다. 이 과정에서 오존에 노출에 따른 인명피해도 지속 증가하고 있다. 오존에 단기 노출된 데 따른 사망자(초과 사망)는 2010년 1,248명에서 2019년 2,890명으로 2.3배로 증가했다. 이는 2019년 초미세먼지 단기 노출 사망자(2,275명)보다 27%가량 많은 수치다.

세계보건기구(WHO) 연구팀이 한국을 포함해 세계 20개국 406개 도시의 대기오염 데이터와 사망률 사이의 상관관계를 연구한 결과, WHO 기준치를 넘는 오존 농도로 매년 6,262명의 추가 사망자가 발생했다. 바꿔 말하면 오존을 기준으로만 관리해도 매년 세계적으로 최소 6,000명의 목숨을 구할 수 있다는 의미다.

오존은 깨끗한 대기 1m<sup>3</sup> 중 70 $\mu\text{g}$ (마이크로그램, 100만분의 1g) 정도 검출된다. WHO는 1m<sup>3</sup>의 대기 중 오존이 100 $\mu\text{g}$ 을 초과하지 못하도록 규정하고 있다. 유럽연합은 120 $\mu\text{g}$ , 미국은 140 $\mu\text{g}$ , 중국은 160 $\mu\text{g}$ 을 기준으로 정하고 있다. 한국은 WHO와 기준이 같다. 연구 결과, 대기 중 오존 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 씩 증가할수록 사망률이 평균 0.18% 증가했다.

오존이 뚜렷한 위협으로 부상했지만, 관련 정보는 턱없이 부족하다.

약 50여 종에 달하는 VOCs별 오존 발생 기여도 등 관련 정보가 태부족이다. 우리나라 전역에 VOCs 농도를 측정하는 관측소 또한 20여 개 남짓이다. 현재 정부출연연구소, 대학에서 진행 중인 오존 관련 연구개발(R&D)은 거의 찾아보기 힘들다. 그간 오존 R&D 투자가 미흡했던 탓이다.

재난 안전 R&D 포털 기준 오존 분야 정부 R&D 투자 규모

표 1 오염경보 단계별 오존농도 수준 및 노출시간별 인체 영향

경보단계	농도(ppm)	노출시간	인체 및 실험동물에 미치는 영향
	0.02	5분	냄새 감지
	0.03~0.3	1시간	달리기 선수의 기록저하
	0.05~0.1	30분	불안감을 느낌
	0.05~0.2	-	코 및 인후의 자극
	0.05~0.6	1시간	천식 환자의 발작빈도 증가
	0.08	3시간	동물(쥐)의 세균감염, 감수성 증가
0.1	0.1	30분	두통, 눈에 자극
		1시간	시각장애, 폐포 내의 산소 확산력 저하
		2시간	폐동맥 산소 분압 증가
0.1~0.25	0.1~0.25	24시간	눈자극 증상 증가
		30분	호흡수의 증가
		1시간	동물(쥐)의 적혈구 변형
주의보(0.12ppm/시 이상)	0.2	6시간	동물(쥐)의 자율운동 감소
		-	눈에 자극
경보(0.3ppm/시 이상)	0.2~0.8	-	호흡기 자극, 가슴압박
		5분	호흡량의 증가
	0.3	5분	호흡량의 증가
	0.34	2시간	동물의 호흡량 증가
	0.35	3~6시간	시력감소
	0.37~0.75	2시간	호흡량 현저히 감소
중대경보(0.5ppm/시 이상)	0.4	2~4시간	기도저항 증가, 호흡량 감소
		2시간	폐기능 저하
	0.5	6시간	기도저항의 증가와 폐기능 현저한 감소
		2~6시간	동물(쥐)의 폐세포 팽창
1.0	1.0	6시간	동물(쥐)의 사망률 증가

〈국립환경연구원, 국립환경과학원, 한국조세재정연구원 자료 취합〉

는 2017년 4억 6,600만 원에 불과하다. 이는 전체 대기환경 R&D 투자액의 0.4%에 해당한다. 이듬해 5억 1,400만 원으로 소폭 늘었다가 2019년, 2020년엔 각각 273억 원, 283억 원으로 절반 가까이 축소됐다.

2020년 기준 대기오염 R&D 투자액에서 오존 관련 투자액이 차지하는 비중은 0.17%다.

대기오염 R&D에서 오존이 사각지대에 놓여 있다고 봐도 무방할 정도다.

상황이 이렇다 보니 연구 성과도 미흡하다. 최근 4년(2016~2019) 동안 대기 오존 R&D 관련 과학기술논문인용색인(SCI) 논문은 총 73개 국가에서 3,313편이 발표됐다. 미국(27.7%)과 중국(22.7%)이 총 논문의 50.4%를 차지했다. 우리나라는 2.44%로 11위에 그쳤다. 우리나라의 피인용 순위는 세계 13위이다.

한국과학기술기획평가원(KISTEP)은 미래 예측 브리프에서 대기 분야 R&D의 전환이 시급하다고 분석했다. 미세먼지 중심에서 벗어나 오존과 미세먼지 동시 저감을 위한 균형 있

는 대기 정책을 마련해야 한다고 지적했다. 과학적 오존 이해와 더불어 인체·생태 위해성 저감을 위한 R&D 투자 확대를 주문했다.

질병관리청은 ‘기후보건영향평가 결과 보고서’에서 “기후변화 때문에 오존 농도 증가 추세가 가속화될 것”이라며 “단기간 초과 사망자 수는 2배 이상 증가했지만, 오존에 대한 관심은 미세먼지 대비 작은 편이어서, 오존의 건강 영향에 대한 관심과 대책이 필요하다”고 지적했다.

또 “오존은 기후변화에 영향을 많이 받는 대기오염 물질이지만 기후변화에 의한 오존 변화량을 추산하거나 기후변화에 의한 초과 건강 영향을 추산하는 방법이 개발된 바 없다”며 추가 연구 필요성을 강조했다.

최용주 한국외대 환경학과 교수는 “최근 오존, VOCs가 대기오염 분야에 핫이슈로 부상했지만, 여전히 국내 연구 기반이나 관련 과제는 턱없이 부족한 상황”이라며 “향후, 실용 있는 R&D 정책을 입안하기 위해선 수년에 걸쳐 풍부한 관련 데이터를 쌓아야 한다”고 조언했다. **기술·혁신**

혁신의 발견은 걸쳐 트렌드에 담긴 변화와 혁신의 방향을 조명하는 칼럼입니다.

# 사람의 창의성을 넘보는 인공지능, AI 크리에이터

한때 초등학생들의 장래희망 중 ‘유튜브 크리에이터’가 가장 큰 비중을 차지해서 화제가 된 바 있다. 그만큼 콘텐츠 크리에이터의 사회적 파급력과 영향력이 커졌다는 의미다. 그런데 크리에이터를 꿈꾸는 학생들에게는 안된 이야기지만 이 일자리도 기계에 빼앗길지도 모르겠다. 조만간 ‘AI 크리에이터’가 등장해도 이상할 것이 없기 때문이다.

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.

## 가상 인간의 두 가지 갈래

지난 5월 26일, 인공지능 챗봇 ‘이루다’가 다시 서비스를 시작했다. 개인정보 침해와 윤리적으로 문제가 있는 메시지로 논란을 사서 서비스를 중지한 지 1년 4개월 만이다. 자체 SNS인 ‘너티’를 통해 제공되는 ‘이루다 2.0’ 서비스는 첫 세대에 비해 윤리적인 문제는 확연히 줄었지만 아직 말이 매끄럽게 통하지는 않는다는 평가다. 개인정보 유출 문제로 데이터베이스를 대거 삭제하고 강력한 필터를 건 탓으로 보인다. 새로운 학습이 필요한 만큼 이루다가 유창해지려면 아직 시간이 필요할 것으로 보인다. 실시간 대화는 여전히 어렵지만 제한적인 수준에서 인공지능은 창의성을 보여주기도 한다. 전문가들은 자료가 충분해서 학습이 가능한 분야라면 30년 이내에

인공지능이 만든 상업적인 창작물을 접할 수 있을 것으로 내다보고 있다. 이미 광고처럼 호흡이 짧은 분야에는 선례가 있다. 미국의 패스트푸드 회사, 버거킹은 머신러닝 기술을 적용해 기존 광고를 분석하고 여러 편의 광고를 제작했다. 결과물이 썩 신통치는 않았지만 적어도 ‘중간’은 가는 모습은 보여줬다. 토요타의 렉서스 ES 광고는 한층 발전된 모습을 보였다. 이 광고를 만든 IBM의 왓슨은 칸 광고제의 15년 동안 기록을 모두 분석하고 감정 관련 알고리즘을 추가로 학습했는데, 이를 바탕으로 스토리부터 씬 구성, 조명까지 세세하게 정의된 계획안을 만들어냈다. 비록 왓슨이 직접 촬영과 편집까지 한 것은 아니었지만, 렉서스 ES 광고는 호평을 받으며 인공지능에 대한 기대감을 높였다.

인공지능과 제대로 대화하려면 많은 시간을 기다려야 하지만, 인공지능 ‘연예인’은 지금도 쉽게 볼 수 있다. 사이버가수 ‘아담’이나 ‘하츠네 미쿠’처럼 ‘인공물임이 뻔한’ 대체품 이야기가 아니다. 실제 사람과 구별하기 어려운, 사람에 근접한 ‘가상인간’ 이야기다.

스웨덴을 대표하는 가구회사, 이케아는 2020년 아시아계 모델을 발탁했다. 유럽권의 동아시아인 스테레오타입인 분홍색으로 염색한 단발 여성이라는 점이 마음에 걸리기는 하지만, ‘임마’라는 이름의 이 모델은 일본 하라주쿠의 아파트에서 생활하는 모습을 선보였다. 광고에서 임마는 친구와 연락

CG로 제작된 ‘버추얼 모델’ 임마. 가구회사 이케아 광고에 출연한 임마는 일본에서 수십 만의 인스타그램 팔로어를 자랑하는 인플루언서였다.



을 주고받으며 청소하는가 하면, 산책과 홈트레이닝으로 건강을 관리하고 영화를 즐기며 밤 시간을 보낸다. 평범한 독신 여성의 생활처럼 보이는 이 광고의 연기자는 사실 사람이 아니라 CG로 제작된 ‘버추얼 모델’이다. 임마는 이케아 광고에 나오기 전에도 이미 일본에서 수십 만의 인스타그램 팔로어를 자랑하는 인플루언서였다.

21세기 초반을 장식한 아담과 비교하면 임마의 생동감은 놀라울 정도다. 3D로 사람을 모델링했을 때 종종 느끼곤 하는 ‘불쾌한 골짜기’도 거의 느껴지지 않는다. 임마의 인스타그램 사진들도 일반인이라고 하기에는 감각이 출중할 뿐, 일반인이 촬영한 사진과 크게 다르지 않다. 물론 임마는 어디까지나 인공적으로 만든 가면일 뿐, SNS를 통한 소통이나 인스타그램 활동은 정체가 알려지지 않은 사람이 담당한다. 그러나 팬들은 임마가 가상인물인지 아닌지는 중요하게 생각하지 않는다.

### 가상인간, 어디까지 갈까?

이루다와 왓슨, 임마의 사례는 ‘AI 크리에이터’의 가능성을 보여준다. 크리에이터로 활동하려면 남이 생각하지 못하던 창의적인 무언가를 선보여야 한다. 동시에 크리에이터에게 선호하고 추종할만한 무언가가 있어야 한다.

임마를 비롯한 버추얼 인플루언서, 버추얼 스트리머에 대한 반응은 아직까지는 아는 사람만 아는, 소규모 집단에서의 인기에 불과하다고 볼 수도 있다. 그러나 그 인기의 속성은 시사하는 바가 크다. 버추얼 인플루언서에 대한 반응을 조사한 2020년의 국내 연구에 따르면 버추얼 인플루언서에 대한 소비자의 태도는 긍정적인 반응이 더 높게 나타났다. 연구팀은 20~30대를 대상으로 포커스 그룹 인터뷰를 시행해 버추얼 인플루언서에 대한 견해를 조사했다. 조사 대상 중 35%만 버추얼 인플루언서에 대해 알고 있었음에도 절반 이상의 응답자가 버추얼 인플루언서를 긍정적으로 평가했다. 특히 매력적인 외모가 긍정적 반응에 결정적인 영향을 준 것으로 나타났다.

이는 외모의 이질감만 극복하면 버추얼 인플루언서가 큰 저항감 없이 문화콘텐츠의 일부로 자리잡을 수 있음을 보여준다. 특히 이용자들은 애니메이션과 달리 실사와 구분되지 않는 수준의 3D 모델은 사람과 다르게 여기지 않는 태도를 보



싸이더스 스튜디오 엑스가 창조한 20대 여성 버추얼 휴먼 ‘로지’. 광고계 블루칩으로 떠오르면서 2021년에만 20억 원의 광고 수익을 올렸다.

였다. 이는 3D 모델링한 버추얼 인플루언서에 적절한 콘텐츠만 가미되면 사람 연예인과 사실상 동일하게 받아들여지리라는 점을 암시한다. 여기에 자연어 처리를 기반으로 소통 가능한 인공지능만 탑재된다면 사람의 개입 없이 온전히 인공지능만으로 콘텐츠 창조가 가능하다.

그렇다면 그 가능성은 어느 정도일까? 국내에서는 이미 ‘로지’가 가능성을 보여줬다. 로지는 싸이더스 스튜디오 엑스가 창조한 20대 여성 버추얼 휴먼으로, 광고계 블루칩으로 떠오르면서 2021년에만 20억 원의 광고 수익을 올렸다. 스타트업들의 참여도 활발하다. 메타버스 제작업에 비브스튜디오는 싸이더스 스튜디오 엑스와 업무 협약을 체결하고 남성 버추얼 휴먼, ‘질주’를 선보였다. 비브스튜디오는 버추얼 휴먼을 위한 통합 솔루션을 자체 개발해 가상현실부터 혼합현실, 확장현실까지 다양한 플랫폼으로 버추얼 휴먼 콘텐츠를 제공한다.

로지와 질주 모두 실제 사람과 구분되지 않는 수준의 외모와 동작을 보여주지만 최근의 스타트업들은 조금 남은 어색함마저 해소하는 데 나섰다. 디오비스튜디오는 2021년, 딥러닝으로 제작한 버추얼 휴먼 ‘루이’를 발표했다. 루이는 인스타그램, 유튜브 등 다양한 소셜미디어 플랫폼에서 활동하며 ‘사람보다 더 사람 같은’ 버추얼 인플루언서로 화제가 됐다. 현재 알려진 바로 루이의 정체는 가수 지망생. 몸과 목소리만 사람이고 딥페이크로 얼굴만 가상 인물로 바꿨다. 루이는 여러 미디어에 노출되며 활동의 폭을 넓혀왔지만 버추얼

휴먼이라고 생각되지 않을 만큼 자연스러운 생김새와 표정을 보여주며 버추얼 인플루언서의 미래를 보여줬다. 팝음악과 광고, 드라마까지 영역을 넓히는 버추얼 캐릭터의 활약을 고려하면 오래지 않아 버추얼 연예인을 어렵지 않게 접할 수 있을 것으로 보인다.

### AI 크리에이터가 제기하는 젠더 이슈

최근까지 발표된 버추얼 인플루언서의 절대 다수는 여성이다. 여성보다 남성 아이돌 그룹의 수익이 압도적으로 많은 점을 생각해 보면 흥미로운 현상이다. 지금이야 젠더 이슈를 고려해서 남녀 비중을 최대한 동일하게 유지하려 한다면, 불과 10여 년 전만 해도 안내를 담당하는 목소리나 캐릭터는 여성인 경우가 많았다. 흔히 퍼진 ‘낯선 사람으로부터 여성이 도움을 얻기 쉽다’는 통념과 일맥상통하는 듯 보인다. 과연 버추얼 인플루언서의 여성 비율은 자연적인 현상일까, 아니면 사회적인 편견을 강화한 것일까?

한때 진화심리학자들은 진화 과정에서 남성과 여성의 성격 차이, 상대방의 젠더에 따른 태도의 차이가 나타난다고 생각했다. 수컷은 유전자를 남기는 데 유리하도록 젊은 암컷을 선호하는 반면, 암컷은 자녀 양육에 더 많은 도움을 받을 수 있도록 지위가 높은 수컷을 선호한다는 것이다. 이는 ‘여성을 보호하는 것은 남성의 의무’라는 식의 온정적 성차별주의의 과학적 근거로 해석되기도 한다. 이스트윅과 같은 진화심리학자들은 2005년 발표한 논문에서 진화적으로 형성된 온정적 성차별 의식이 상당수의 남성들이 ‘요리를 잘 하는 어린 여성’을 선호하는 경향성에 영향을 줬다고 주장하기도 했다. 이는 왜 새로운 트렌드를 도입하거나 낯선 사람에게 무언가를 소개할 때 여성의 페르소나를 종종 활용하는지 보여준다. 남성은 일반적으로 위협적인 경쟁 대상으로 인식되지만 여성은 보호받는 대상이므로 낯선 상대로부터 호의를 얻기 쉽다. 하버포드 칼리지의 볼츠 교수는 <언어 및 사회심리학 저널>에 2010년 발표한 논문을 통해 일반적으로 여성이 거짓말을 덜 하는 것으로 받아들여지는 경향이 있음을 밝히기도 했다.

정말로 그럴까? 많은 학자들이 심리학적 측면의 젠더간 차이를 진화 과정으로부터 찾으려 했다. 그러나 기존의 연구에 대한 최근의 메타 분석은 젠더 차이가 상대방에 대한 태도



디오비스튜디오가 제작한 버추얼 휴먼 ‘루이’. 다양한 소셜미디어 플랫폼에서 활동하며 ‘사람보다 더 사람 같은’ 버추얼 인플루언서로 화제가 됐다. 몸과 목소리는 실제 사람이고 딥페이크로 얼굴만 가상 인물로 바꿨다.

에 별반 영향을 주지 않는다는 점을 점점 더 선명하게 드러내고 있다. 암스테르담 대학의 판 덴 아커, 중국 과학원의 자오나 등의 연구자들은 기존의 연구들을 종합했을 때 상대방에 대한 신뢰 반응은 젠더보다 환경적, 사회적 맥락에 크게 좌우된다는 결론을 내렸다. 한 마디로 캐릭터가 남자냐 여자냐보다 시장 환경이 어떤가, 주 소비층이 누구인가에 따라 상대방에 대한 수용성이 달라졌다는 뜻이다.

이는 AI 크리에이터 시장이 어떻게 변화할지 가늠할 수 있게 한다. 지금은 여성 버추얼 인플루언서가 남성보다 많다. 대체로 한국에서는 젊은 남성이 여성에 비해 신기술을 빠르게 수용하는 경향을 보이기 때문이다. 다수의 시청자가 남성이니 이에 대해 여성 캐릭터를 내세운 것이다. 그러나 시간이 지나 버추얼 인플루언서가 시장의 트렌드로 자리잡고 인스타그램과 같은 SNS의 활동 비중이 커지면 남성 버추얼 인플루언서의 숫자로 늘어날 것으로 보인다. 궁극적으로는 현재의 팝음악이나 스트리머 시장처럼 AI 크리에이터 시장도 세분화되어 시장 특성에 따라 다른 양상을 보일 것이다.

AI 크리에이터는 이제 막 첫 발을 내딛었다. AI 기술이 지속적으로 발전하는 한, AI 크리에이터가 점점 콘텐츠 시장에서 영역을 넓힐 것은 확실하다. 그러면서 우리는 새로운 질문을 맞닥뜨려야 한다. 과연 우리는 이들을 어떻게 받아들일까? 그리고 이들이 만들어낼 콘텐츠는 누가 소유할까? 법적으로 인격이 존재하지 않는 AI 크리에이터들은 네트워크상에서의 폭력에 어떻게 대응해야 할까? **기술\*혁신**

현장스케치 01

현장스케치 02

현장스케치 03

## ‘하노버메세 2022’ 현장을 가다

### 2022 HANNOVER MESSE



독일 하노버 메세 참관단이 산기협 주관으로 구성되어 최신 디지털 트렌드와 혁신적인 제품 및 서비스를 살펴보는 기회를 가졌다. 팬데믹으로 인해 2년간의 휴식 끝에 오프라인으로 개최된 이번 박람회에는 2,500개의 전시업체와 75,000명의 방문객이 참여했는데, 코로나 여파로 인해 2019년 6,000개의 전시업체, 210,000명의 방문객 규모를 아직 회복하지는 못했다. 그러나 주요 디지털 솔루션 기업들이 참여한 가운데 디지털 혁신과 지속 가능성을 주제로 개최한 이번 박람회는 최근 코로나 팬데믹, 글로벌 공급망 붕괴, 원자재 가격 상승, 기후변화 등 다양한 이슈로 인한 어려움 속에서 기업들이 미래를 어떻게 준비하고 있는지 점검해 볼 수 있는 소중한 시간이었다.

산기협 디지털혁신본부

#### 하노버 메세 2022 핵심 키워드

올해 하노버 메세 슬로건은 ‘산업 대전환’으로 ‘디지털 대전환’과 ‘지속 가능성’을 양대 주제로 삼았고, 이와 관련하여 인공지능, 수소 및 연료전지, 인더스트리 4.0, 사이버 보안 등 다양한 분야에서 많은 기업들이 새로운 제품을 선보였다. 부스를 돌아보면서 기업들이 제품 생산의 효율과 품질 개선의 이슈에서 한발 더 나아가, 데이터와 연결을 중심으로 한 ‘디지털 대전환’과 ESG, 탄소중립을 기반으로 한 ‘지속가능성’을 중심으로 혼란 속 기회를 찾고자 하는 모습이 엿보였다.

#### 주요 전시기업 및 기술

하노버 메세는 클라우드 빅테크 기업인 마이크로소프트(MS), 아마존웹서비스(AWS), SAP, 구글 클라우드 등의 기술 경연장이었다. 기업별로 초대형 부스를 만들고 MS는 디지털 트윈을, AWS와 SAP은 사물인터넷(IoT) 클라우드 솔루션을, 구글 클라우드는 제조 특화 인공지능(AI) 기술을 중점적으로 선보였다.

MS는 IoT, AI, 디지털 트윈, 혼합현실(MR) 기술을 통해 물리적 세계와 디지털 세계를 통합하는 산업 메타버스 플랫폼 ‘Microsoft Cloud for Manufacturing’을 선보였다. 이를 통해 데이터 기반의 제품과 서비스 혁신을 증가시키고,



공장을 지능형 공급망에 통합하여 디지털 운영을 최적화하기 위한 서비스를 소개했다. 특히 이번 전시회에서 일본 기계장비회사 가와사키 중공업과 함께 디지털 트윈을 활용하여 가상공간과 실제 기계가 함께 작동하는 방법을 시연했는데, 증강현실 글라스인 홀로렌즈2를 착용하면 홀로그램 복제본이 눈앞에 펼쳐지고 가상공간을 통해 실제 기계를 조작해 볼 수 있었다. 생산공정 운영 방식을 최대한 사용자 친화적으로 바꾸려는 노력을 엿볼 수 있었다.

AWS는 엔지니어링, 설계, 생산, 자산 최적화(스마트 제조), 공급망 관리 등 분야의 산업 디지털 혁신을 단순화하고 가속화할 수 있는 솔루션들을 선보였다. 단순히 클라우드 컴퓨팅을 위한 인프라 제공을 넘어 산업 AI 솔루션들을 직접 만들고 있으며, IoT 장치를 통해 산업 기계를 연결하고 최적화하는 시스템, 컴퓨터 비전과 머신러닝을 활용한 제품 품질 모니터링 시스템 등 각 모듈별로 공간을 별도로 마련하여 소개했다.

SAP은 제품의 설계, 제조, 운영 등 모든 프로세스를 연결하여 전 세계에 걸쳐 통합된 공급망 네트워크를 제공하기 위한 다양한 솔루션을 선보였다. 특히 ‘Digital Manufacturing Cloud Solution’은 생산주문 상태, 작업 스케줄 관리, 작업군별 생산 오더 자동 할당 등 지능화 서

비스를 탑재하고 있었으며, 주문 등 모든 내용을 온라인화하여 고객 상태정보를 제조사가 실시간으로 감지하고 선 대응하여 설비 중단이 없도록 하는 등 기능을 갖췄다. 또한 탄소발자국 계산, 순환경제 지원, ESG 경영 지원 등 서비스도 적극적으로 선보였다.

구글 클라우드는 인텔과의 협업을 통해 인텔의 프로세서와 구글 클라우드의 AI전문성을 결합하여 엣지에서 클라우드로의 생산 운영을 최적화하는 기술을 시연했다. 엣지 컴퓨팅을 활용하려면 로컬에서 데이터를 수집, 분석, 처리할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어가 필요한데, 구글 클라우드는 AI기반 데이터 분석을 통해 데이터를 수집하여 거의 실시간으로 정보를 제공하고, 의사결정 내리고, 실행하는 지점에서 사용할 수 있는 세상을 만들겠다는 것이다.

지멘스는 현장 서버, 제어 및 장비 관련 소프트웨어 플랫폼 등 제조업 현장 환경에 특화된 디지털 솔루션과 산업 현장에서 머신러닝과 딥러닝 운영이 가능한 산업용 AI 장비로 차별화 시도하고 있었다. Roland Busch 지멘스 CEO는 하노버 메세에서 개최된 포럼에서 “현실 세계와 디지털 세계를 결합하여 지속 가능한 미래로의 전환을 가속화해야 하고, 더 적은 자원, 더 효율적이고 더 빠르고, 더 유연하고, 더 낮은 에너지 소비로 더 많은 것을 달성해야



한다”고 강조했다.

기업뿐만 아니라 연구기관에서도 참여 했는데 그 중 프라운호퍼 연구소의 규모가 가장 컸다. 프라운호퍼 연구소는 모바일 5G 테스트 시스템을 개발하여 기업에서 높은 비용을 부담하지 않고 자체 생산 및 사용 사례에 대해 5G의 잠재력을 테스트할 수 있도록 서비스를 제공한다. 아헨에 위치한 프라운호퍼 제조기술연구원(IPT)은 모바일 5G 테스트 시스템을 운영하여 5G를 도입하려는 기업이 도입 전에 성능과 효과를 테스트해 볼 수 있는 기회를 제공하고 있었다. 모바일 테스트 시스템은 최대 3개의 무선 셀을 동시에 공급할 수 있으며 5G로 1,000㎡의 면적을 커버할 수 있다고 한다.

세계최대의 산업데이터 공유 플랫폼을 운영하는 IDSA(국제데이터공간협회)도 전시회에 참여하여 최근 성과를 공유하고 IDSA 생태계를 설명하는 기회를 가졌다. IDSA에서 가장 앞서있는 분야는 모빌리티 분야로, 폭스바겐, BMW 등 200개 기업이 활동을 추진한 결과 80개의 활용 가능한 데이터 세트가 만들어졌다고 한다. 또한 국경을 넘어선 데이터 공간의 활용에 대해서도 지속적인 시도를 추진하고 있었는데, 프라운호퍼와 NTT, TNO는 네덜란드와 일본에 있는 OMRON 공장 및 OMRON 공급업체의 데이터 생태계를 IDS 커넥터를 활용하여 통합하고, 공장간 안전한 데

이터의 교환이 이루어지도록 테스트했다. 이를 통해 모든 공장의 CO2 배출량을 비교 할 수 있도록 하여 가장 낮은 배출량을 가진 공장에서 생산이 주도적으로 이루어질 수 있는 체계를 마련했다.

한편 한국기업으로는 LS Electric과 현대로보틱스가 가장 큰 규모의 전시부스를 운영했다. LS Electric은 스마트 전력·자동화 통합 솔루션을 선보였고, 탄소중립, 디지털 전환, 스마트 공장 솔루션 등 3개 테마를 선정하여 고객 직접 체험할 수 있도록 구성했다. 현대로보틱스는 서빙·방역로봇을 전시하였으며, 유럽 최대 통신사인 보다폰(Vodafone)과 손잡고 유럽 서비스 로봇 시장에 진출하겠다고 밝혔다.

#### 마치며

이번 하노버 메세에서는 디지털 전환과 탄소중립을 통해 지속가능한 성장 발전을 마련하기 위한 기업들의 필사적인 노력을 엿볼 수 있었다.

특히 디지털화와 자동화, AI의 활용은 전체 참여기업이 강조하는 화두였다. 이러한 트렌드를 반영하듯 하노버 메세의 주인공은 로봇, 공장 자동화 설비 등 하드웨어 기업에서 소프트웨어 플랫폼 기업으로 전환되었고, 심지어 하드웨어 중심 기업들조차도 디지털 솔루션을 주력 제품화하여 전시회에 참여했다.

또한 그린 에너지 기술은 이제 생존을 위한 필수 요건이 되어가는 듯하다. 에너지 효율적이고 자원을 절약하는 생산 공정과 운영체계가 중요한 경쟁력이 되었고, 개발 및 생산 프로세스에 대한 근본적인 변혁이 요구되고 있다. 첨단 기술을 통해 제품 생산을 친환경적으로 만드는 것에서 나아가 플랜트 엔지니어링, 전기 엔지니어링 등 솔루션을 통해 제어 프로세스를 개선하기 위한 노력도 병행되고 있다.

이번 전시회 참관을 통해 하노버 메세는 아직 코로나 이전의 규모를 회복하지는 못했지만, 혁신 이슈를 주도하고 기술과 경험을 교환하는 플랫폼으로서의 역할을 다시 하고 있음을 확인할 수 있었다. **기술혁신**



## 산학연협력 인력양성 정책포럼

KOITA(한국산업기술진흥협회), UST(과학기술연합대학원대학교), STEPI(과학기술정책연구원) 3개 기관이 공동 주관한 ‘산학연협력 인력양성 정책포럼’이 5월 20일(금) 서울 양재동 엘타워에서 온-오프라인으로 열렸다. 이번 포럼은 급변한 산업환경에 대응하기 위해 인력양성의 중요성이 더욱 커진 상황에서 산업에 필요한 수요 지향적 인력양성에 대한 산·학·연·관 이해 관계자의 컨센서스를 확보하고 대응 전략을 도출하기 위해 마련됐다.

포럼에는 오태석 과기정통부 제1차관을 비롯하여 공동주관기관장, 출연기관장, 인력양성관련 산·학·연 관계자 등 80여 명이 참석했다.

기조강연에서 두산그룹 이현순 고문은 <미래사회와 산업변화에 대응하는 인력양성>을 주제로 발표했다. 이어서 네이버 클로버 AI Lab 하정우 소장은 <AI 시대 기업의 인재상과 인재 양성·확보 노력>, 고려대학교 안준모 교수는 <수요-공급 측면에서 바라본 인력양성 혁신방안>, STEPI 홍성민 센터장은 <디지털 전환시대 과학기술인력 정책의

지향점-산학연 협력생태계 구축 방안>을 주제로 각각 발표했다.

종합토론은 박철우 교수(한국공학대학교)의 진행으로 오재철 대표(아이온커뮤니케이션즈), 이현주 교수(UST-한국과학기술연구원스쿨 대표교수), 강정미 선임기술연구원(기초과학연구원), 강호원 미래인재정책과장(과학기술정보통신부) 등 4명의 패널과 주제 발표자 3명이 함께 <수요 지향적 인력양성을 위한 산학연관 역할과 협력>을 주제로 토론했다.

포럼 인사말을 통해 산기협 마창환 상임부회장은 “기업이 호소하는 인력확보 문제 해소를 위해서는 산업 수요가 대학 커리큘럼에 즉각 반영되도록 교육제도를 유연하게 개선해야 하고, 이공계 인재에 대한 사회 인식을 제고해 스타이노베이터가 탄생할 수 있는 사회 분위기를 만들기 위해 산업현장 연구개발 인력을 국가 기술혁신 주역으로 대우하는 것이 중요하다”고 강조했다. **기술혁신**

현장스케치 01

현장스케치 02

현장스케치 03

\_ □ ×



## 제15회 전국연구소장협의회 해외 벤치마킹 전소협이 만난 싱가포르

전국연구소장협의회에서 매년 진행되는 해외 벤치마킹 연수. 올해는 지난 5월 4일부터 8일까지, 동남아시아의 신흥 기술 강국인 싱가포르에서 4박 5일의 일정으로 진행되었다. 이번 프로그램의 주된 목적은 유관기관 방문을 통하여 과학기술협력 플랫폼을 구축하고 신생 벤처 기업을 탐방하여 새롭게 시작되는 기업에 대한 정부 지원 정책 등을 벤치마킹하는 것. 이번 여정은 우리의 개선점을 모색하고 기술 교류 채널을 확대함으로써 향후 우리 기업들의 발전을 도모하기 위한 뜻 깊은 시간이었다.

글. 강창수 (주)파벨코퍼레이션 대표

### 첫째 날, 싱가포르 과학기술연구청을 가다

높다란 빌딩과 깨끗한 도시 환경을 갖춘 싱가포르에서 첫 번째 공식 일정은 싱가포르 과학기술연구청 방문이었다. 1991년 설립된 이곳은 싱가포르 연구기관의 핵심 시설이다. 바이오, 생물의학 관련 연구와 함께 공학 분야를 육성하고 있으며, 싱가포르 미래 기술 성장의 원동력이 되는 곳이다. 또한 싱가포르 과학연구의 지원 및 국가적 과제의 R&D를 지원하고 있으며, 바이오폴리

스와 퓨저노폴리스에 연구기관이 집중되어 있는 5,600여 명의 연구인력을 보유한 명실상부 싱가포르 최대의 연구 지원 기관이라 할 수 있다.

최근에는 정부 차원의 민간 기업에 대한 지원을 강화하고 있으며, 벤처기업, 스타트업과 협력하고 이들이 성장할 수 있도록 지원하는 시스템을 강화하고 있다고 하는데, 우리도 좀 더 체계적이고 실질적인 지원 체계를 구축할 수 있도록 민관이 협력해야 하겠다는 생각이 들었다.

### 둘째 날 첫 번째, 세계 13위 난양공과대학교(NTU)

한국에서 '배산임수'라 칭하는 지형과 유사하게 산과 바다의 중간에 놓인 아시아 대학 3위의 난양공과대학교. 아름다운 수모를 가진 사자가 지키고 형이상학적인 아름다운 건물이 있는 이곳은 아시아의 MIT라 불리며, 교육, 연구, 혁신을 강조하는 싱가포르 최고의 교육기관이다. 학교에서 집중하는 연구 프로젝트로는 인공지능 개발, 자연에코시스템, 뇌과학, 4차산업을 들 수 있으며, 실제 AI 시스템을 적용하여 일반 산업 현장과 공공 시설물 등에 사용되는 에너지 관련 인프라를 확대시킬 수 있는 방안을 연구하고 있다.

실제 한국에서 유학을 가는 인력들이 많을 만큼 아시아에서의 입지가 뚜렷한 교육 기관으로 취업률 90%라는 어마어마한 실적을 가진 교육기관이다. 한국의 여러 교육기관과도 교류를 가지고 있으며 다양한 장학 지원책을 펼치고 있다고 한다.

### 둘째 날 두 번째, 싱가포르 국립대학교(NUS)

아름다운 난양공과대학을 뒤로하고 다음 목적지인 싱가포르국립대학교를 방문했다. 전 세계 대학 순위에서 우리의 서울대학교(36위) 보다 더 높은 순위의 싱가포르국립대학교(11위)는 아시아 대학 종합 1위의 초일류 대학교로, 100년이 넘는 역사를 가진 교육 기관이다. 과학, 법학, 공학, 의학과 음악까지 총 망라하여 최고의 인재를 양성하고 있다. 최근에는 연구 관련 분야에 많은 투자를 기울이고 있다고 한다.

### 둘째 날 세 번째, 'BLK 71'

'Plug-in Block 71(Blk 71)'은 싱가포르 정부 주도하에 설립된 곳으로, 스타트업 기업을 위한 인큐베이션 시설이자 싱가포르 스타트업의 중심지가 되고 있다. 여기에서는 싱가포르 정부가 스타트업에 업무 공간을 저렴한 임대료로 제공함과 동시에 인큐베이터 프로그램, 액셀러레이터 프로그램, 해커톤, 각종 세미나 등을 개최하고

있다. 이러한 프로그램과 행사 등을 통해 스타트업 사업을 지원하고 성장을 후원함과 동시에 기업 간 교류 및 스타트업과 VC 등 주변 기관과의 교류를 촉진하고 있다.

### 둘째 날 네 번째, 마이크로 일렉트로닉스 연구소(IME)

네 번째로 방문한 곳은 마이크로 일렉트로닉스 연구소. 이곳은 싱가포르 과학기술연구청의 연구기관으로 산학연간 R&D를 연계해주는 곳이다. IME의 사명은 전략적 역량, 혁신 기술 및 지적 재산을 개발하고 기업이 기술적 경쟁력을 가질 수 있도록 하며, 새로운 지식을 산업 전반에 융합할 수 있도록 기술과 인재를 배양하고 있다. 안내를 진행하신 A\*STAR Tan Sze Wee 교수의 설명을 듣고 싱가포르 정부의 R&D 정책에 대한 다양성과 적극성을 다시 한번 실감하게 되었다.

### 셋째 날, 싱가포르에 반했다

마지막 행사 일정으로 센토사섬을 방문하여 싱가포르의 아름다운 자연 관광지를 돌아보며 여유 있는 시간을 가졌다. 한국과는 사뭇 다른 이국적인 건축물, 특히 '가든스 바이 더베이'는 상상하지 못한 구조물과 자연의 조화를 이루어낸 아름다운 건축물이었다. 웅장한 싱가포르의 수호신 머라이언파크와 아랍스트리트에서 함께 연수에 참여한 연구소장들과 함께 했다.

### 굿바이 싱가포르

짧은 연수 기간은 아쉬움을 남겼다. 대한민국이 힘든 역사의 시련을 견뎌내고 지금의 기술 강국이 되었지만, 한편으로는 싱가포르와 같이 더 노력하고 더 발전하는 국가도 많이 있을 것이라 생각한다. 더 많은 기업이 자유롭게 연구개발 활동에 매진할 수 있도록 정부가 나서서 적극적 지원 정책을 펼쳐야만 앞으로의 미래 기술 개발에 있어 뒤처지지 않을 것이라 생각한다. 훌륭한 행사를 준비해주신 KOITA 관계자들과 참여해주신 연구소장들에게 감사의 말씀을 올린다. **기술·혁신**

## 산기협-ZVEI, 기업의 디지털 전환 위해 한-독 협력 업무협약(MOU) 체결



↑ 독일 하노버 산업박람회에서 산기협과 ZVEI 임직원들이 기념촬영을 하고 있다.

← 군터 케겔 ZVEI 회장, 구자균 산기협 회장이 업무협약을 맺는 모습

한국산업기술진흥협회(이하 산기협)가 독일의 ‘인더스트리 4.0이’를 이끄는 핵심 기관 중 하나인 독일전기전자산업협회(German Electro and Digital Industry Association, 이하 ZVEI)와 손잡고 양국 기업의 디지털 전환에 앞장선다.

산기협 구자균 회장은 ZVEI 군터 케겔(Gunther Kegel) 회장과 5월 31일(화) 오후(현지 시각) 세계 최대 산업기술 전시회인 ‘독일 하노버 산업박람회(Hannover Messe) 2022’의 ZVEI 전 시관에서 양국 기업의 기술협력 지원을 위한 업무협약(MOU)을 체결했다.

이번 업무협약을 통하여 양 기관은 ▶ 양국 기업의 상호 교류 및 협력 프로그램 개발 ▶ 디지털 전환 및 디지털 기반 탄소중립 등 양 기관 공동 관심 사항에 대한 정보교류 추진 ▶ 상호 회원사의 수요 기술 및 인재 매칭 지원 등에 적극 협력하기로 했다.

ZVEI는 독일 산업계를 대표하는 기관 중 하나로, 보쉬, 지멘스, 오스람 등 독일의 대표적인 기업을 포함해 독일 내 전기전자 기업 90%가 회원사로 참여하고 있다. 또한 세계적인 기업들과 함께 5G 기술 협의체 ‘5G-ACIA02’를 운영하며 5G 네트워크

를 통한 제조업의 디지털 전환을 지원하고 있다. 이 밖에 전자·전기·통신 분야 정책 수립에 참여하고 디지털 기술 관련 각종 세미나와 콘퍼런스 등을 운영한다.

한편, 산기협은 포스코, KT, 카카오, LG전자 등 200여 개의 선도기업과 디지털 혁신기업이 참여하고 있는 ‘DT선도기업협의체(KoDTI : Korea Digital Transformation Initiative)’를 운영하며 기업 간 디지털 전환 협력 기반을 구축하고 있다.

산기협은 이번 업무협약을 통해 세계적인 디지털 전환 우수사례를 공유하고, 디지털 전환 관련 이슈에 대한 공동 연구조사 등을 추진할 계획이다. 또한 양국 기업 간 기술협력 세미나와 상담회, 국제 콘퍼런스 등으로 기술협력 네트워크를 확장해 나갈 방침이다. **기술혁신**

01 인더스트리 4.0 : 전통 제조업과 IT 시스템의 결합으로 생산성을 높이기 위한 독일의 주요 산업정책

02 5G-Alliance for Connected Industries and Automation : 산업간 융복합과 자동화를 위한 5G 협의체

koita 한국산업기술진흥협회

## 산기협 특허분석(IP-R&D) 회원지원 서비스



한국산업기술진흥협회(KOITA)는 회원사의 기술전략 수립 및 기술경쟁력 제고를 위하여 비전문가 또는 일반 연구원도 쉽게 활용할 수 있는 빅데이터 기반의 특허분석(IP-R&D) 서비스를 제공합니다.

그동안 어렵고 힘들기만 했던 특허분석, 이제 산기협의 특허분석(IP-R&D) 서비스를 활용해 해결하세요!

### 기본 서비스 내용

KOITA 회원사 [회원전용 무료 서비스]  
3가지 유형의 특허분석 보고서(자사, 경쟁사, 관심기업)  
비전문가도 쉽게 활용 가능한 클릭기반의 검색기능 서비스

### 프리미엄 서비스 내용

프리미엄 리포트 1회당 100만원(근무일 기준 21일 내외 제공)  
분석 내용에 대해 전문가(변리사) 개별 컨설팅(유선상담) 제공  
신청분야에 대한 특허 동향(출원, 등록 등), 급성장-특화성기워드, 전문가(변리사) 종합의견 등이 포함된 분석 리포트 제공

### 산기협 특허분석(IP-R&D) 서비스



기본  
보고서

기업, 관심 기술 보고서 신청,  
연 6회 무료 이용(반기별 3회)  
(근무일 기준 7일 내외 제공)



클릭  
기반

일반 연구원도 활용 가능한  
특허 검색 기능 서비스



프리미엄  
보고서

심층분석 보고서,  
전문가(변리사) 자문 포함  
(근무일 기준 21일 내외 제공)



주요  
5개 국가

한국, 미국, 중국, 일본, 유럽  
특허정보 제공

### 서비스의 특징 및 장점

#### 시의성

보고서 내 링크를 통해  
실시간으로 관련 정보를  
확인할 수 있어요.

#### 편리성

검색과 사용이 편리해  
일반 연구원도 쉽게  
사용할 수 있어요.

#### 효율성

시간과 비용이 절감  
되고 최신동향 파악에  
도움이 되었어요.

#### 접근성

웹 뿐만 아니라 모바일  
(스마트폰)로도 접속  
할 수 있어 편리해요.

## 기업연구소 총괄현황\_ 2022년 5월 말 현재

개관 (단위: 개소, 명)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022.3
연구소 수	35,288	37,631	39,313	40,399	40,750	42,155	44,068	45,373
중견기업	375	470	592	762	1,000	1,244	1,437	1,467
중소기업	33,647	36,026	37,696	38,734	38,887	40,140	41,888	43,146
연구원 수	312,466	320,201	329,938	335,882	337,420	359,975	383,682	397,957
중견기업	12,196	15,305	19,107	27,436	34,140	42,593	47,618	48,615
중소기업	176,084	184,998	190,686	193,724	192,420	199,891	209,421	216,077

학위별 연구원 (단위: 명)

구분	박사	석사	학사	전문학사	기타	총계
연구원 수	28,002	100,183	229,421	31,116	9,235	397,957
중견기업	2,340	15,427	29,679	999	170	48,615
중소기업	10,592	41,133	125,657	29,877	8,818	216,077

지역별 (단위: 개소, 명)

구분	수도권					중부권					제주
	서울	인천	경기	소계	대전	세종	충남	충북	강원	소계	
연구소 수	13,749	2,012	14,138	29,899	1,726	223	1,536	1,286	523	5,294	191
중견기업	315	68	539	922	27	5	96	81	15	224	2
중소기업	13,260	1,915	13,345	28,520	1,650	205	1,394	1,173	503	4,925	188
연구원 수	102,138	15,919	174,771	292,828	17,898	1,623	13,108	9,803	2,639	45,071	704
중견기업	9,128	2,438	23,903	35,469	879	99	1,891	1,904	302	5,075	16
중소기업	71,071	8,724	70,318	150,113	9,477	948	6,719	5,521	2,235	24,900	678

구분	영남권					호남권					해외 (기타)	총계
	부산	울산	대구	경남	경북	소계	광주	전남	전북	소계		
연구소 수	1,799	601	1,425	1,972	1,548	7,345	807	814	1,014	2,635	9	45,373
중견기업	34	32	36	83	67	252	17	21	26	64	3	1,467
중소기업	1,754	540	1,379	1,847	1,447	6,967	786	782	976	2,544	2	43,146
연구원 수	8,582	4,518	7,691	15,834	10,539	47,164	3,730	3,376	4,904	12,010	180	397,957
중견기업	719	578	1,118	3,277	1,334	7,026	243	170	522	935	94	48,615
중소기업	7,628	2,288	6,061	8,160	6,208	30,345	3,249	2,878	3,904	10,031	10	216,077

형태별 (단위: 개소)

구분	건물전체	독립공간	분리구역	총계	
연구소 수		491	35,219	9,663	45,373
중견기업		79	1,387	1	1,467
중소기업		291	33,195	9,660	43,146

면적별 (단위: 개소)

구분	50㎡ 이하	50~100㎡	100~500㎡	500~1,000㎡	1,000~3,000㎡	3,000㎡ 초과	총계
연구소 수	25,635	7,715	9,529	1,217	826	451	45,373
중견기업	54	130	578	287	289	129	1,467
중소기업	25,570	7,564	8,785	817	365	45	43,146

기업연구소는 「기초연구 진흥 및 기술개발 지원에 관한 법률」에 따라 한국산업기술진흥협회로부터 설립 인정을 받은 연구소입니다.

연구원 규모별 (단위: 개소)

구분	2~4인	5~9인	10~49인	50~300인	301인 이상	총계
연구소 수	27,788	12,977	3,895	611	102	45,373
중견기업	0	528	691	236	12	1,467
중소기업	27,788	12,449	2,753	155	1	43,146

과학기술 분야 (단위: 개소, 명)

구분	건설	금속	기계	생명과학	섬유	소재
연구소 수	1,436	1,992	8,149	603	379	1,039
중견기업	47	111	385	12	11	41
중소기업	1,359	1,843	7,601	588	361	982
연구원 수	6,675	11,288	79,726	2,834	1,773	6,143
중견기업	523	1,673	14,363	215	179	819
중소기업	5,104	7,190	38,613	2,571	1,417	3,956

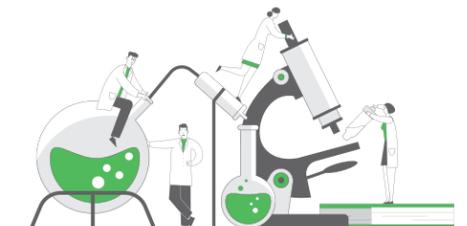
구분	식품	전기·전자	화학	환경	산업디자인	기타	총계
연구소 수	1,373	8,276	3,448	524	2,614	4,450	34,283
중견기업	60	261	257	8	51	85	1,329
중소기업	1,275	7,845	3,068	509	2,542	4,297	32,270
연구원 수	8,619	128,884	38,223	2,132	13,430	29,242	328,969
중견기업	1,437	10,354	9,209	127	1,027	1,917	41,843
중소기업	5,211	41,978	20,145	1,889	10,017	20,884	158,975

서비스 분야 (단위: 개소, 명)

구분	교육서비스	금융 및 보험	도매 및 소매	보건 및 사회복지서비스	부동산 및 임대	사업시설관리 및 사업지원서비스	숙박 및 음식점
연구소 수	244	24	528	69	10	146	15
중견기업	7	0	4	1	0	4	1
중소기업	237	22	522	68	9	139	14
연구원 수	1,015	177	2,268	359	65	645	79
중견기업	114	0	88	7	0	43	35
중소기업	901	110	2,155	352	54	544	44

구분	예술, 스포츠 및 여가관련서비스	운수	전문, 과학 및 기술서비스	출판, 영상, 방송 통신 및 정보서비스	하수 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원	기타	총계
연구소 수	140	49	2,612	7,204	16	33	11,090
중견기업	1	1	25	93	1	0	138
중소기업	139	46	2,574	7,058	15	33	10,876
연구원 수	500	346	12,107	51,267	64	96	68,988
중견기업	7	26	433	6,004	15	0	6,772
중소기업	493	259	11,250	40,795	49	96	57,102

주 1: "연구원"은 연구전담요원을 가리킴(연구보조원과 관리직원은 제외함)  
 주 2: "중소기업"은 대기업과 중견기업을 제외한 기업을 가리킴



#1

### 민간R&D협의체 디지털헬스케어분과 제1차 실무위원회



5월 3일(화) 민간 수요에 기반한 정부 R&D 투자방향 설정을 위한 민간R&D협의체 디지털헬스케어분과 제1차 실무위원회를 엘타워 멜로디, 심포니홀에서 개최했다.

문의: 정책연구팀 강명은 대리(02-3460-9032)

#2

### 제15회 전국연구소장협의회 해외벤치마킹



5월 4일(수)~8일(일) 싱가포르 A\*STAR, ARTC, 난양공과대학, NRF, ESG, IME 등을 방문해 제15회 전국연구소장협의회 해외 벤치마킹을 진행했다.

문의: 회원지원팀 서동주 과장(02-3460-9046)

#7

### 2022년 제1회 신기술·신제품 인증서 수여식



5월 18일(수) 신기술 조기 발굴, 상용화 지원 및 구매력 창출을 통한 초기시장 진출 기반조성을 위한 2022년 제1회 신기술·신제품 인증서 수여식을 더케이호텔 서울에서 개최했다.

문의: 시상인증단 인증심사팀 박희운 대리(02-3460-9022)

#8

### UST-KOITA-STEPI 공동 산학연협력 인력양성 정책포럼



5월 20일(금) 산학연 협력생태계 구성원의 다양한 관점을 이해하고 미래사회 대응 인력양성 방안 논의를 위한 UST-KOITA-STEPI 산학연협력 인력양성 정책포럼을 엘타워에서 개최했다.

문의: 정책연구팀 강명은 대리(02-3460-9032)

#3

### 2022년 대구경북기술경영인협의회 창립총회



5월 11일(수) 회원 인사, 안건 심의, 임원 선출 등을 위한 2022년 대구경북기술경영인협의회 창립총회를 호텔인터불고 대구에서 개최했다.

문의: 영남사무소 김삼식 차장(051-642-2953)

#4

### 2022년 과학기술진흥유공자 장관표창 전수식



5월 12일(목) 제55회 과학의 날 기념 과학기술진흥유공자 장관표창 수상자에 대한 2022년 과학기술진흥유공자 장관표창 전수식을 노보텔 엠베서더 강남 샴페인홀에서 개최했다.

문의: 시상인증단 신동준 주임(02-3460-9191)

#9

### 산기협-독일전기전자산업협회(ZVEI) MOU 체결



5월 31일(화) 양 기관 협력 추진 및 상호 회원사의 기술협력과 비즈니스 협력 지원을 위한 산기협-독일전기전자산업협회 MOU를 독일 하노버 산업박람회 ZVEI 전시관에서 체결했다.

문의: 인재개발서비스팀 공성민 대리(02-3460-9137)

#10

### 제7회 DT협의체 정례포럼



6월 9일(목) 디지털 혁신 트렌드 관련 전문가 강연을 통한 인사이트 제공, DT 협의체 운영상황 보고 등을 위한 제7회 DT 협의체 정례포럼을 줌(Zoom)과 유튜브 온라인 생중계로 개최했다.

문의: 디지털혁신지원팀 문소정 주임(02-3460-9170)

#5

### 제61회 산기협 조찬세미나



5월 12일(목) 엘타워 그레이스홀에서 제61회 산기협 조찬세미나를 개최하여 데이터마케팅코리아 이진형 대표가 '제조업 중심의 인공지능이 바꾸는 마케팅 세상'이라는 주제로 강연했다.

문의: 인재개발서비스팀 홍서라 주임(02-3460-9132)

#6

### 2022년도 상반기 TI Club 세미나 개최



5월 17일(화) 산업기술 중요 사항에 대한 정보공유 및 협력을 위한 2022년도 상반기 산업기술혁신단체장 협의회(TI Club) 세미나를 산기협 중회의실에서 개최했다.

문의: 전략기획팀 장지원 주임(02-3460-9034)

#11

### 산업별 민간R&D협의체 확대 발족에 따른 민간R&D협업투자 활성화 간담회



6월 10일(금) 효율적인 민간 협업투자 방안 논의 및 협의체 운영 방향에 대한 의견 청취를 위한 산업별 민간R&D협의체 확대 발족에 따른 민간R&D협업투자 활성화 간담회를 개최했다.

문의: 전략기획팀 장지원 주임(02-3460-9034)

#12

### 2022년 제2회 산기협 정책위원회



6월 14일(화) 협회 주요 사업 및 추진사항에 대한 심의·자문을 위한 2022년 제2회 산기협 정책위원회를 산기협 중회의실에서 개최했다.

문의: 전략기획팀 이승현 대리(02-3460-9073)

# 40년간 달려온 혁신성장의 디딤돌, 기업부설연구소 인정제도가 여러분의 도약을 지원합니다.

대한민국 혁신성장을 이끌어 온 기업부설연구소 인정제도

- 기업부설연구소 인정제도는 40년간 기업 성장을 위한 든든한 파트너로 자리매김하며 기술 강국의 토대가 되었습니다.
- 앞으로도 시대 흐름에 부합하는 제도개선과 운영으로 기업의 기술혁신 지원에 앞장서겠습니다.

# 40 YEARS



## 1만여 KOITA 회원사가 구독하는 『기술·혁신』지를 통해 여러분의 기관·사업·제품을 광고해 보세요



기관 홍보



기업 대상  
지원사업 및  
서비스 홍보



기업에 대한  
인력, 기술,  
장비 지원 홍보



기업에 대한  
이벤트, 사업공고,  
수요조사 홍보



기업과의  
기술협력사업  
홍보