

NEW TECHNOLOGY  
OF THE MONTH이달의  
신기술JUNE 2021  
Vol. 93

COLUMN

4차 산업혁명을 위한 신소재  
고품질 그래핀 파우더

인더스트리 포커스

미래 선도형 금속재료산업  
기술 동향 및 전망

시네마속테크

영화 '에비에이터' 속 H-4 항공기  
80년 전에도 소재는 핫이슈였다!

첨단소재부터 제조업 혁신까지

# AI와 융합, 새로운 비즈니스 모델 창출

06



# CONTENTS

기술을  
말하다

## ACT

002

COLUMN

4차 산업혁명을 위한 신소재  
고품질 그래핀 파우더

008

인더스트리 포커스

미래 선도형 금속재료산업  
기술 동향 및 전망

016

글로벌 트렌드

유럽연합(EU) 첨단소재  
R&D 정책 및 동향

024

SPECIAL

소부장 기업현장 보고서

030

R&D 연구소 \_ 순천향대학교

차세대 디스플레이 기술  
초격차 실현  
'꿈이 아닌 현실이 된다'

034

유망 기술

생체의료용 고기능성  
티타늄(Ti) 합금 소재 및  
응용제품 개발

038

R&D 프로젝트 \_

한국전자기술연구원

전자 디바이스 모듈화 장비  
가상화를 위한  
CPS 연동 및 검증 기술 개발



## TECH

040

이달의 산업기술상 신기술 \_ 지오씨㈜

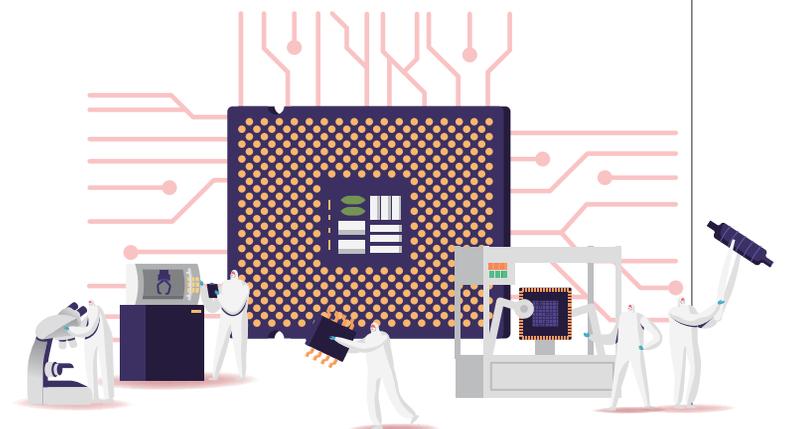
초기 증상 없는 심혈관질환 조기진단 국산화 길을 열다

045

이달의 새로 나온 기술

051

이달의 사업화 성공 기술



기술을  
보다

## FUTURE



054

ISSUE

13년 만에 '철근대란'

058

4차 산업혁명

新제조업 혁명, 제조·서비스·IT 융복합...  
"세계는 신제조업 전쟁 중"

062

미래 세계

21세기 에너지 안보 수소

068

ZOOM IN 인터뷰\_충남대학교

응용화학공학과 송승완 교수

배터리 소재 연구에 미래가 있다

072

SPOT

한국전력공사 전기박물관

## CULTURE

076

시네마 쏙테크

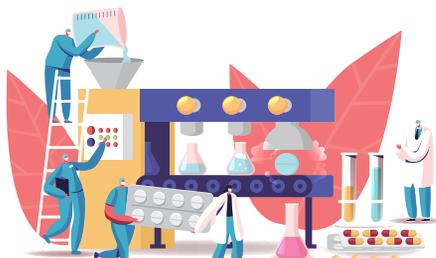
영화 '에비에이터' 속 H-4 항공기  
80년 전에도 소재는 핫이슈였다!

078

R&D 관련 구인 및 구직

080

NEWS



## NEW TECHNOLOGY OF THE MONTH 이달의 신기술

등록일자 2013년 8월 24일

발행일 2021년 5월 31일

발행인 한국산업기술평가관리원 원장 정양호

발행처 한국산업기술평가관리원,

한국산업기술진흥원,

한국에너지기술평가원, 한국공학한림원

주소 대구광역시 동구 첨단로 8길 32(신서동)

한국산업기술평가관리원

후원 산업통상자원부

편집위원 산업통상자원부 김상모 국장,

이재식 과장, 양동춘 사무관,

노형철 사무관, 배은주 사무관,

정재욱 사무관, 김영희 주무관,

유유미 주무관

한국산업기술평가관리원

강기원 본부장, 장종찬 단장,

이수갑 팀장, 김태진 수석

한국산업기술진흥원 김류선 본부장,

강성룡 단장, 김진하 팀장

한국에너지기술평가원 김계수 본부장

한국산업기술문화재단 박진철 부이사장

한국공학한림원 남상욱 사무처장

편집 및 제작 한국경제매거진 (02-360-4845)

인쇄 경성기획사 (042-635-6080)

구독신청 02-360-4845 /

power96@hankyung.com

문의 한국산업기술평가관리원 (053-718-8251)

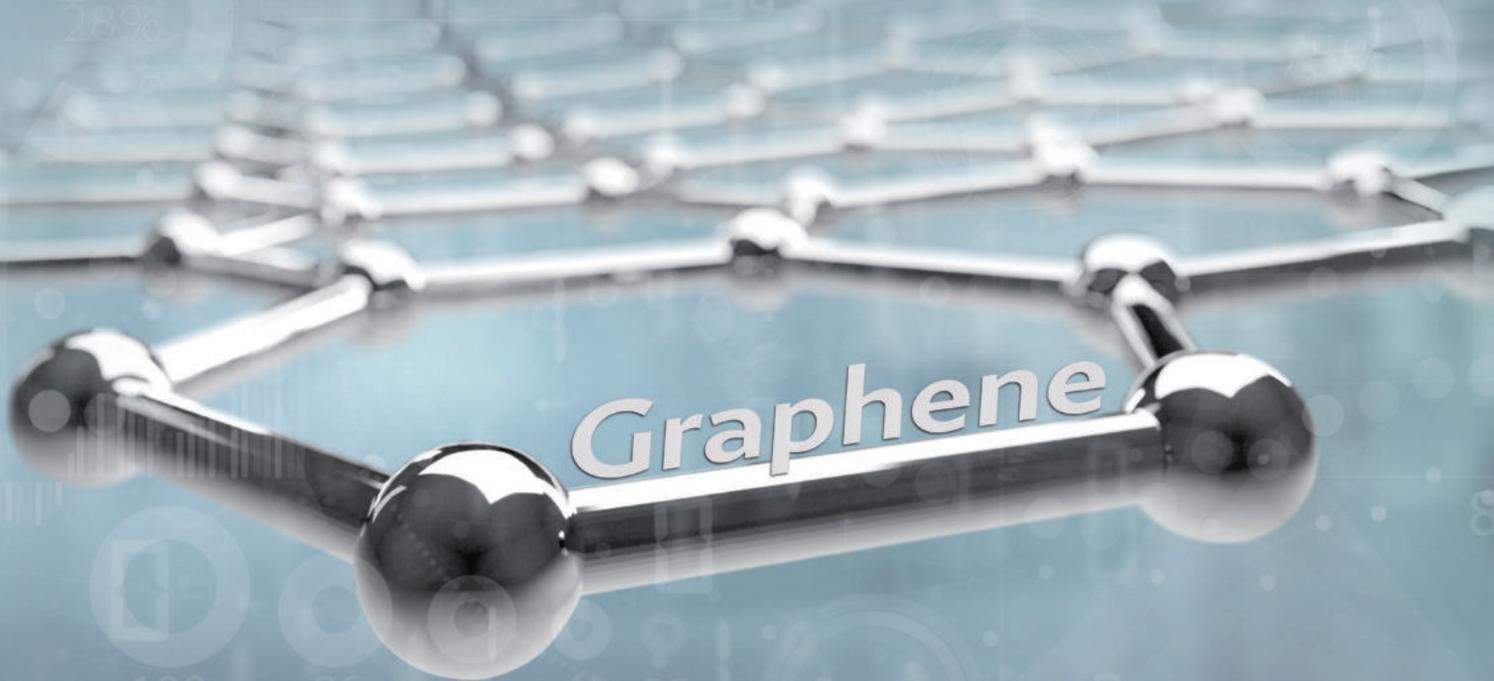
잡지등록 대구동, 라00026

※ 본지에 게재된 모든 기사의 판권은

한국산업기술평가관리원이 보유하며,

발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의

무단 전재, 복사를 금합니다.



## 4차 산업혁명을 위한 신소재 : 고품질 그래핀 파우더

최근까지 계속되고 있는 코로나의 대유행에 따라 비대면 사회(Untact Society)를 위한 신기술이 크게 발전하고 있으며, 이는 4차 산업혁명에 따라 예측되는 산업구조의 재편을 더욱 가속화하고 있다. 2010년 노벨상 수상 이후 소재산업 분야에서 큰 관심을 끌었던 그래핀이 새 시대를 위한 신소재로서 최근에는 '흑연 기반 그래핀 파우더'의 형태로 산업화 및 실용화가 급속도로 진행되고 있다.

### '흑연 기반 그래핀 파우더'의 개념과 중요성 그리고 산업적 파급력

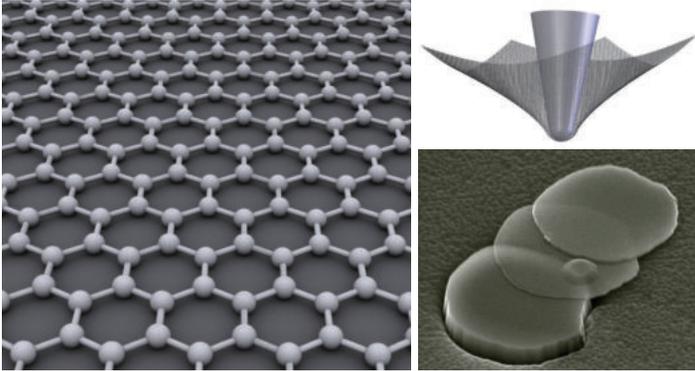
최근 몇 년 사이 우리가 겪어온 일본과의 소재·부품·장비 갈등 사태나 지금도 진행 중인 전 지구적 코로나 대유행에 따른 삶의 변화는 과학 기술의 중요성을 새롭게 일깨우고 있는데, 특히 신소재와 같이 산업의 근간이 되는 기초과학 기술에 대한 인식은 더욱 높아지고 있다. 소재는 우리의 삶에 유용하게 쓰이는 임의의 물질을 통틀어 지칭하는 개념으로, 인류가 구석기 시대에 돌을 도구로 사용하기 시작한 이래로 우리의 삶과 소재는 떼어놓을 수 없는 불가분의 관계를 맺고 있다.

또한 구석기, 신석기, 청동기, 철기 시대로의 변화에서 볼 수 있듯이 인류의 삶의 형태가 소재 기술 발달에 크게 의존해 온 것은 주지의 사실이며, 증기기관이 견인차 역할을 했던 1차 산업혁명이나 그 이후의 산업혁명 패러다

임 변화도 철강 소재나 플라스틱 소재의 대두, 그리고 반도체인 실리콘 소재의 개발이 밑받침돼 왔다. 이에 앞으로 우리 생활에 다양한 형태로 다가올 신소재로서 '흑연 기반 그래핀 파우더'의 개념과 중요성, 그리고 산업적 파급력 등을 간략히 살펴본다.

### 그래핀이란?

그래핀(Graphene)은 다양한 언론 보도 등을 통해 이제는 우리에게 잘 알려진 신소재로 자리잡고 있다. 본래의 과학적인 정의에 따르면, 그래핀은 혼성 오비탈 구조를 가진 탄소원자가 주위의 탄소원자와 벌집 모양으로 결합된 '흑연 한 층'을 의미한다. 본래 흑연 한 층은 안정

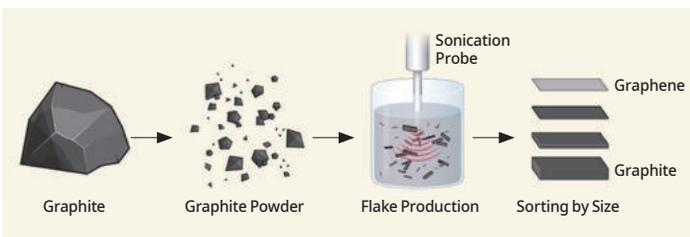


적으로 존재할 수 없다고 인식돼 왔으나, 한국 출신 과학자인 하버드대 김필립 교수 등에 의해 그 존재 가능성이 예측됐고, 2004년 영국 맨체스터대 가입 교수와 노보셀로프 박사에 의해 최초로 발견됐다.

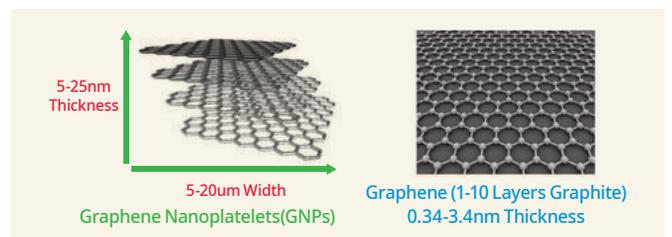
그래핀이 학계와 산업계로부터 큰 관심을 끌어난 것은 단층의 원자로 구성된 최초의 진정한 2차원 물질이라는 상징성과 함께 기존의 다른 어떤 물질보다도 전하와 열의 이동속도가 높고, 다이아몬드보다도 우수한 강도를 갖는 등 이상적인 물성에 기인하고 있다. 그간 이 우수한 물성을 다양한 소재 기술에 응용하기 위한 연구가 진행돼 왔으며, 특히 초기에는 주로 그래핀을 금속기판상에서 대면적으로 성장시켜 반도체나 디스플레이에 응용하려는 연구가 주를 이루었다. 하지만 그래핀을 합성된 금속기판으로부터 손쉽게 고속으로 분리할 수 있는 방법이 아직까지도 확립되지 않아 산업화의 근본적인 한계를 보이고 있다. 이에 대한 대안으로 최근에는 값싸게 구할 수 있는 흑연으로부터 화학적인 대량생산 공정을 통해 고품질의 그래핀 파우더를 생산하는 방식이 그래핀의 산업화를 위한 핵심적인 방향으로 대두되고 있다.

## 가짜 그래핀과의 전쟁 그리고 우리나라의 세계적인 그래핀 파우더 대량생산 기술

저명한 학술지 네이처(Nature)는 2018년 10월호의 'News and views



출처 : Nature 562, 502-503(2018)



출처 : [https://www.researchgate.net/figure/Graphene-and-graphene-nanoplatelets-GNPs\\_fig1\\_333189472](https://www.researchgate.net/figure/Graphene-and-graphene-nanoplatelets-GNPs_fig1_333189472)

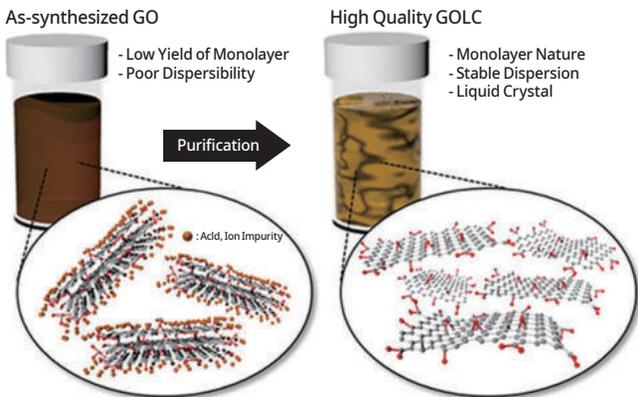
section'에서 'The war on fake graphene'(가짜 그래핀과의 전쟁)이라는 인상적인 제목의 기사를 게재한 바 있다. 이 내용을 살펴보면 전 세계적으로 판매되는 그래핀 파우더 제품을 분석해 본 결과 그래핀이라고보다는 잘게 부서진 흑연입자라고 봐야 할 제품이 대부분이라는 것이다. 최근 국제 동향에서는 그래핀층이 평균 10층 이하로 적층된 경우에만 그래핀이라 지칭하도록 권유하고 있다. 본래 흑연 한 층의 장점을 살리는 것이 평균 10층까지는 가능하다는 의미이며, 그 이상으로 적층된 경우는 Graphene Nanoplatelet(GNP)이라고 따로 명명해 구분하고 있다. 이 GNP 제품은 주로 흑연을 기계적인 충격이나 전기화학적 처리를 통해 분쇄하는 방법으로 얻어지며, 이 과정에서 순간적으로 그래핀층이 박리되더라도 시간이 지남에 따라 다시 적층되는 근본적인 문제가 있다.

이에 반해 평균 10층 이하로 적층된 '진정한 그래핀 파우더'를 대량생산할 수 있는 유일한 방법은 흑연을 산화 및 환원시키는 화학적 공정을 통해 박리하는 것이다. 특히 흑연을 산화 및 정제시킨 이후에 얻어지는 '그래핀산화물 액정'이라는 중간체를 통해 평균 5층 이하의 고품질 그래핀 파우더를 대량생산할 수 있는 것으로 알려지고 있다. 눈에 띄는 점은 이 고품질 그래핀을 위한 중간체에 대해 KAIST 신소재공학과 김상욱 교수가 한국과 미국에 원천 소재 특허를 보유하고 있다는 사실이며, 국내 중소기업과의 협업을 통해 고품질 그래핀 파우더에 대한 양산 기술을 확보하고 있고, 그 물성도 세계 최고 수준으로 공인받고 있다.

### 고품질 그래핀 파우더의 산업적 중요성

파우더형 그래핀은 기존에 탄소섬유나 흑연, 활성탄소 등 전통적인 탄소소재가 이미 오랫동안 쓰이고 있는 광범위한 산업 분야에 요긴하게 이용될 수 있는 다재다능한 신소재이며, 또한 그래핀만이 가지는 독자적인 응용 분야의 개척이 가능한 무궁무진한 첨단소재로 알려져 있다. 특히 초기에는 이 응용 분야에 소량 첨가함으로써 그 실용 가치를 확인하고 점차 사용량을 늘려 현실성 있는 산업화 전략이 가능하다. 이는 기존에 없는 새로운 시장을 창출하고자 하는 대면적 그래핀과는 차별화된 점으로, 모든 산업 분야에서 다양한 최첨단 기술이 경쟁하는 최근의 기술 개발 동향을 고려할 때 훨씬 안전하고 현실적인 접근이라 할 수 있다.

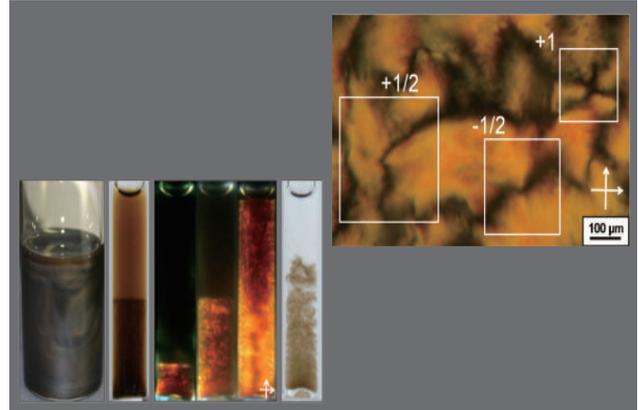
그래핀 파우더의 산업응용에서 기술적으로 가장 중요한 점은 그래핀의 적층 수와 이물질의 오염도가 최종 물성에 큰 영향을 끼칠 수 있다는 점이다. 적층 수가 10층 이상인 경우 그래핀보다는 흑연 나노입자에 가까워지므로 원하는 응용 분야에 적용했을 때 기대하는 만큼의 물성 향상이 어려울 수 있다. 또한 원재료인 흑연 상태에서부터 포함돼 있는 이물질과 생산 공정에서 적용되는 화학적 이물질을 제대로 제거하지 못하면 용액이나 복합소재의 기질 내에서 그래핀 입자의 분산성을 저하시키고, 이차전지·축전지의 전극이나 이물질을 걸러주는 수처리·공기필터 등에 적용할 경우에도 원하지 않는 화학반응을 야기해 그 성능을 저하시키는 치명적인 문제를 일으키게 된다. 사실 흑연 기반 그래핀을 이용한 초기 응용연구가 원하는 연구 성과를 얻지 못했던 대표적인 이유가 여기에 있는 것이다.



출처 : APL Materials 8, 070903(2020)

### 그래핀 산화물 액정과 그 산업적 중요성

앞에서 언급한 바와 같이 고품질 흑연 기반 그래핀 파우더의 대량생산은 그래핀 산화물 형태를 기본으로 이루어진다. 그래핀 산화물은 흑연을 산화



출처 : Angew. Chem. Int. Ed. 50, 3043(2011)

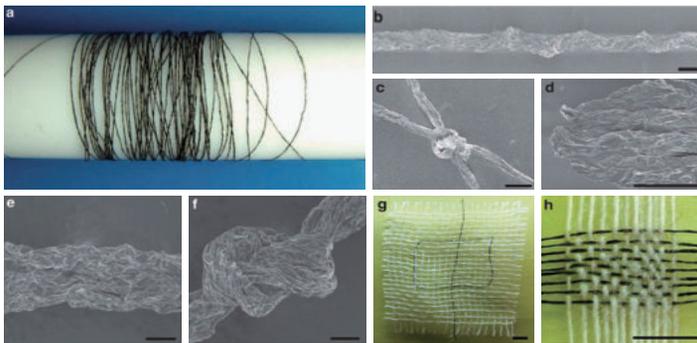
박리해 얻어지는데 이 과정에서 그래핀에 친수성을 가지는 산소기능기의 도입으로 물과 같은 극성 용매에 안정된 분산성을 갖는다. 박리된 그래핀 산화물 입자는 매우 큰 형태의 중형비(그래핀 면길기와 두께의 비)를 갖기 때문에 안정된 용액분산이 얻어지면 필수적으로 그래핀이 한 방향으로 배열되는 콜로이드 형태의 액정상을 갖는다고 알려져 있다.

그래핀 산화물의 액정은 김 교수 연구진에 의해 2011년 안게반테 케미(Angewandte Chemie)에 세계 최초로 보고된 이래 국내외적으로 학문적·산업적 관심을 받으며 새로운 신소재 분야로 성장해 왔다. 그래핀 산화물 액정은 그래핀을 조립해 거시적인 기능성 구조체를 형성하는 데 있어 핵심이 되는 중대한 발견이며 그래핀 섬유, 그래핀 수처리막, 그래핀 다공성 전극 등 이를 이용한 다양한 응용 기술이 전 세계적으로 꾸준히 개발되고 있다. 중요한 점은 화학적 공정을 거치면서 필수적으로 그래핀에 잔류하게 되는 화학적 기능이 그래핀의 에너지나 환경 또는 바이오 기술 응용에 매우 중요한 요소라는 점이다. 화학적 기능이 전혀 없는 본래의 그래핀은 화학적 활성도 없고 다른 소재와의 융화가 매우 어려운 배타적인 특성을 가지나 기능기의 형성을 통해 에너지 전극이나 촉매, 흡착소재, 생체소재 등 그래핀의 응용범위를 극대화할 수 있는 화학적 물성의 제어가 가능하다는 것이다.

## 고품질 그래핀 파우더의 다양한 응용 분야

**그래핀 섬유** - 고품질의 그래핀 산화물 수분산액은 액정성을 가지기 때문에 외부 흐름장이 작용하면 그에 따라 그래핀층이 균일하게 배열돼 손쉽게 섬유로 방사할 수 있다. 그래핀 산화물 액정 분산액을 방사 노즐에 주입하고 이를 응고액에 압출해 권취하는 매우 기초적인 습식 방사 원리에 따라 섬유축 방향으로 그래핀층이 잘 배열된 그래핀 섬유를 얻을 수 있다. 이후 추가적으로 열적·화학적 환원 공정을 거치면 높은 열적·전기적 전도성을 갖는 그래핀 섬유를 얻을 수 있고, 특히 기존 탄소섬유보다 훨씬 값싼 공정을 통해 웨어러블 소자, 에너지 저장 소자 등에 적용될 수 있는 새로운 물성의 전도성 섬유나 직물의 제조가 가능하다.

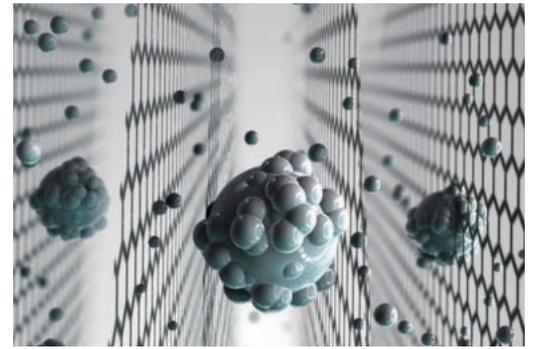
특히 섬유 형태의 소재는 후가공을 통해 직물, 필터, 다공성 소재 등 다양한 산업 분야에 응용이 가능해 학계와 산업계 사이 교두보 역할을 할 수 있는 중요한 중간재라 할 수 있다. 그래핀을 이용한 신개념 탄소섬유에 대한 연구는 미국, 중국, 유럽, 호주 등 전 세계적으로 관심을 모으고 있으며, 최근 김 교수 연구팀은 2차원 소재인 그래핀의 물성을 최적으로 활용할 수 있는 스스로 납작해지는 리본 형태의 그래핀 섬유 개발에 성공해 국내외에서 화제가 된 바 있다.<sup>1)</sup>



출처 : Nature Communications 2, 571(2011)

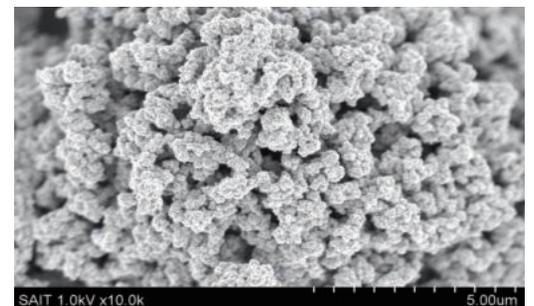
**수처리 필터** - 오염물을 걸러내는 공기 필터나 수처리 필터 분야는 이미 활성탄 필터가 널리 적용되고 있는 대표적인 탄소소재의 응용 분야다. 고품질의 그래핀 파우더를 수처리 필터에 적용하면 그 넓은 표면적과 우수한 흡착 특성으로 인해 기존 필터로는 제거하기 힘든 유기물이나 이온 등 다양한 오염물질을 효율적으로 제거할 수 있다는 장점이 알려져 국내외에서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 국내 중소기업인 (주)스탠다드그래핀은 이를 이용한

수처리 시스템을 개발해 수자원의 오염이 심각한 네팔의 엄홍길스쿨에 기증함으로써 국내외 언론 매체에 보고되기도 했다. 또한 미국의 가장 권위있는 수처리 관련 인증기관인 National Sanitary Foundation(NSF)의 식수 적용을 위한 안전성 승인을 받아 그래핀 소재를 이용한 최초의 수처리 분야 인증사례가 된 바 있다.



출처 : [https://arisu.seoul.go.kr/arisu\\_center/center16/seoulWater/201807/html/sub4-1.html](https://arisu.seoul.go.kr/arisu_center/center16/seoulWater/201807/html/sub4-1.html)

**에너지저장소재** - 연속적인 충·방전이 가능한 대표적인 에너지저장장치인 이차전지와 축전기는 흑연으로 만들어진 전극을 사용하고 있는 또 다른 중요한 탄소소재 응용 분야로 알려져 있다. 최근 전기차 시장이 급속도로 성장하면서 전기차용 배터리에 대한 수요도 폭증하고 있다. 이에 따라 높은 전기전도성과 표면적을 갖는 그래핀을 흑연의 단점을 보완할 수 있는 새로운 에너지 소재로 이용하려는 다양한 아이디어가 국내외에서 시도되고 있다. 대표적으로 삼성전자는 3차원 구조의 그래핀 볼을 리튬이온전지에 적용해 충전용량을 45% 향상시켰다고 발표해 크게 화제가 됐다.



출처 : 삼성전자

1) ACS Central Science 2020, 6, 7, 1105-1114

해외에서는 에스토니아의 스킨레톤 테크놀로지사가 그래핀을 적용한 전기차용 배터리 개발 계획을 발표하면서 큰 주목을 받았다. 기존 흑연 제품에 비해 용량이 크고 빠른 충전·방전이 가능한 그래핀 기반 슈퍼커패시터와 배터리의 특성을 결합한 슈퍼배터리를 개발해 기존 배터리의 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다. 또한 차세대 리튬이차전지용 음극 소재로 관심을 끌고 있는 실리콘 소재 등과 결합해 복합소재 전극의 도전체에 그래핀을 이용하려는 연구도 가까운 시일 내에 산업화될 수 있는 주요 연구 분야로 관심을 끌고 있다.



출처 : [http://www.bizion.com/bbs/board.php?bo\\_table=tech&wr\\_id=449](http://www.bizion.com/bbs/board.php?bo_table=tech&wr_id=449)

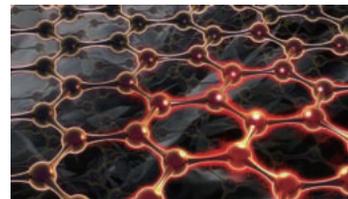
**경량고강도 구조재료** - 경량고강도소재의 개발은 주로 항공기나 국방, 우주 기술 분야에서 중요성이 높았으나 최근에는 전기차, 로봇 기술 등 다양한 분야에서 에너지 효율을 높이기 위한 방법으로 모색되고 있다.



출처 : <https://www.ajunews.com/view/20171109102455743>

현재 구조재료로 많이 이용되고 있는 탄소섬유복합체와 비교할 때 그래핀은 좀 더 우수한 기계적 물성과 나노 크기에 기인하는 높은 형태의 이방성을 가지기 때문에 소량의 첨가만으로도 획기적인 물성 향상 효과를 기대할 수 있다. 실제로 현대중공업은 그래핀을 선박 건조에 적용해 주목을 받았다. 선박의 진동이나 소음을 저감시켜 주는 감쇠재에 사용되던 기존 폴리우레탄에 그래핀-탄소나노튜브를 적용해 30만 t급 초대형 원유운반선에서 50% 이상 진동을 저감하는 데 성공했다.

**방열소재** - 이상적인 그래핀은 다이아몬드보다 높은 열전도도를 갖는 것으로 알려져 있으며, 섬유나 박막 형태로 그래핀층이 잘 배열된 구조를 형성하면 그래핀의 면 방향으로 매우 뛰어난 열전도 특성을 쉽게 구현할 수 있는 것으로 알려져 있다. 일례로, ㈜동진세미켐에서는 차량의 전자제어장치를 고온 환경에서 보호하는 방열소재에 그래핀을 적용해 전장 케이스 부품을 개발하는데 성공했다. 또한 해피콜에서는 그래핀을 가정용 프라이팬의 외장 처리에 적용해 높은 내구성과 함께 열전도도 향상을 통해 빠른 조리가 가능한 프라이팬 싱크로 IH 양면팬을 출시하기도 했다.



출처 : <http://sht-tek.com>



출처 : 해피콜

**화학공학소재** - 파우더형 그래핀은 다양한 화학공학 제품에도 적용돼 고부가가치를 갖는 제품 개발에 도움을 줄 수 있다. 한진화학이 스페인의 프리미엄 페인트 기업인 그래핀스톤과 손잡고 친환경 기술을 국내 시장에 선보인 것이 좋은 사례다. 각종 휘발성 유기물질을 포함한 일반 페인트와 달리 그래핀스톤은 밀폐된 공간에서 페인트를 발라도 문제가 없을 정도로 인체에 무해한 것이 특징이다. 그래핀스톤은 유해 성분을 포함하고 있지 않을 뿐만 아니라 페인트 속에 그래핀을 캡슐 형태로 함유하고 있어 톨루엔이나 포름알데히드 등 각종 실내 오염물을 흡착해 실내 공기를 정화하는 효과도 있다고 알려져 있다. 또한 그래핀 함유에 의한 신축성 향상 효과 덕분에 일반 페인트에 비해 수명이 길고 내구성도 우수하다는 점, 뛰어난 열전도성 덕분에 실내 냉난방효율을 향상시킬 수 있다는 것도 장점이다.



출처 : <https://professionalbuildersmerchant.co.uk/news/graphene-infused-paint-to-be-sold-by-merchants/>



출처 : 캘러웨이골프코리아



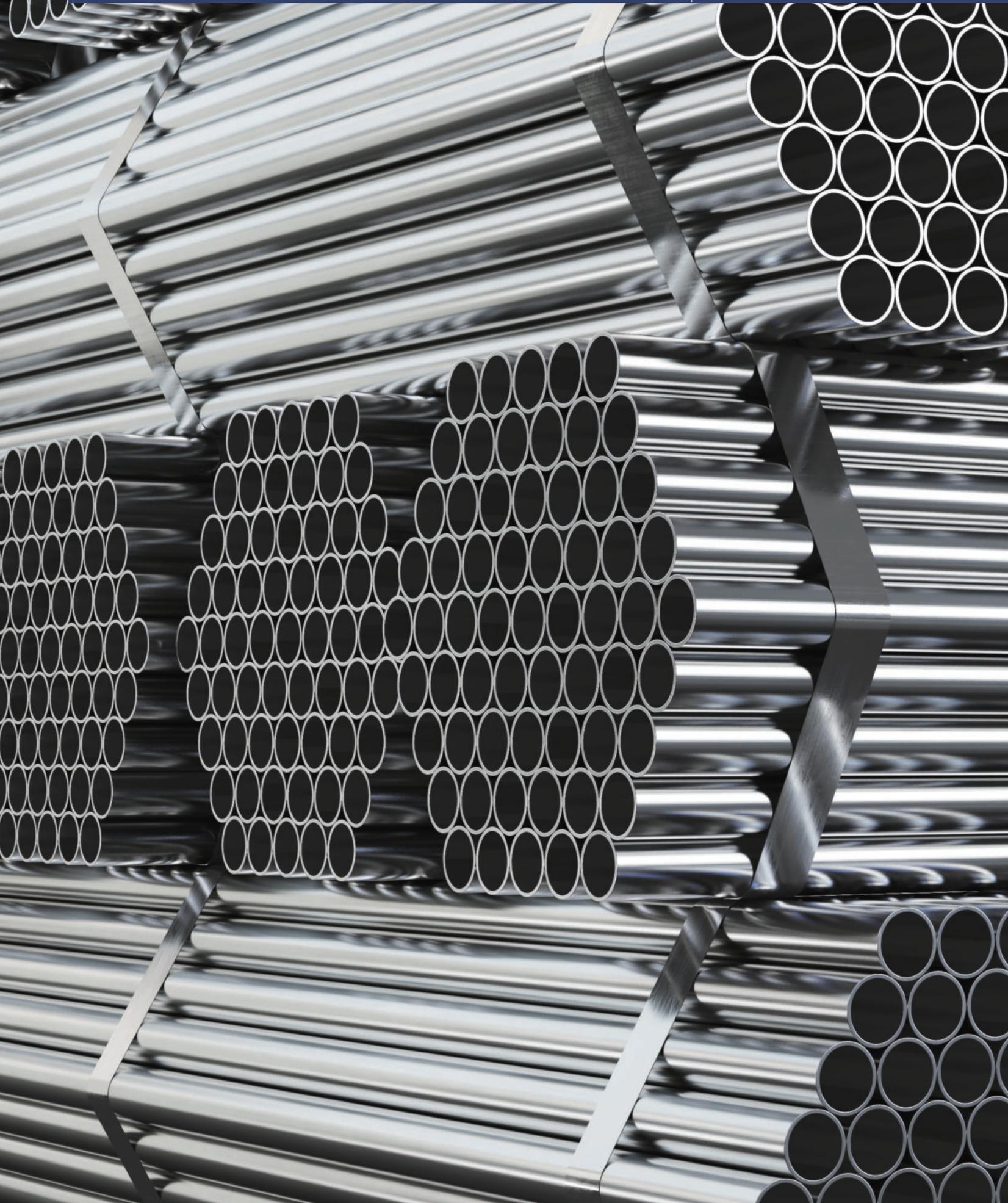
출처 : K2

**의류·레저** - 그래핀은 우리 생활과 밀접한 의류·레저 분야에도 이미 다양하게 진출하고 있다. 미국의 골프용품 제조회사인 캘러웨이는 그래핀을 아웃 코어에 도입해 성능을 향상시킨 골프공을 개발했으며, 최근에는 국내 스포츠의류 업체인 K2에서 고품질 그래핀을 적용한 스포츠화를 출시해 화제가 되기도 했다. 뿐만 아니라 국내 낚시대 및 릴 전문생산기업인 리버런은 그래핀을 수지에 복합소재화해 기존 제품 대비 더 가벼우면서 압축·인장 강도가 10~15% 향상된 낚시대를 생산하는 데 성공하기도 했다.

### 고품질 그래핀 도입을 통한 신소재 혁신

지금까지 간략히 소개한 바와 같이 고품질 그래핀 파우더는 이미 생각보다 우리 생활 깊숙이 진출해 있고 그 응용 분야가 가파른 성장세를 보이고 있으며, 앞으로 다양한 산업 분야 전반으로 확산돼 나갈 것으로 기대된다. 더욱이 비대면 사회가 가속화하고 각 산업의 기술적 포화도를 해소하기 위해서는 소부장 분야에서의 기초적인 혁신이 무엇보다 중요하다는 점이 사회 전반적으로 공감을 얻고 있는 현 시점에서 고품질 그래핀 도입을 통한 신소재 혁신의 중요성은 재론의 여지가 없을 것이다. 이러한 취지에서 김 교수는 그래핀 파우더의 응용 기술에 대해 세계적으로 누구보다 오랫동안 연구해온 노하우를 바탕으로 그래핀 제품 개발 컨설팅 회사인 (주)소재창조를 창업해 그래핀 복합 섬유 제조 회사인 (주)소노인더스트리 등 역량이 뛰어난 국내 기업의 제품 개발과 시장 개척에 협력하고 있다.

근간에는 포스트 코로나 시대에 다가올 새로운 생활·문화와 산업의 변화 방향이 경제적·사회적으로 큰 관심을 끌고 있다. 고품질 그래핀 파우더를 이용한 에너지, 환경, 헬스케어 기술의 발전은 이러한 변화의 새로운 핵이 될 수 있는 중요한 요소가 될 것이다. 신소재가 학문적인 연구대상에서 벗어나 우리 생활 곳곳에 스며드는 범용소재가 되었을 때 그 진정한 가치를 발휘하게 될 것이다.

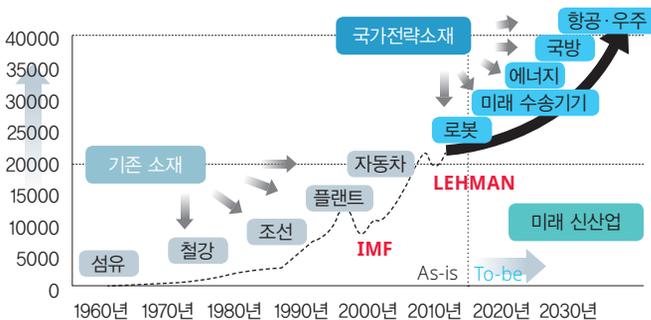


# 미래 선도형 금속재료산업 기술 동향 및 전망

금속은 국가기반산업 유지와 첨단산업 발전에 핵심적인 소재로 향후 국가적으로 집중 관리할 것으로 예상되며, 일본의 수출규제 대응에 따른 국내 소재·부품·장비에 대한 연구개발 지원을 통해 기술자립화 노력이 요구된다. 이에 금속소재산업에 대한 동향을 살펴보고 국내에서 소재부품기술개발사업으로 진행하는 금속소재 관련 과제를 소개한다.

## 미래기술 핵심 소재 역할 수행하는 금속소재

금속소재산업은 대형 설비투자가 요구되는 자본·기술집약적인 산업이며 타 소재산업(섬유·화학, 광물) 대비 대기업 비율이 매우 높다. 또한 전후방산업의 파급효과가 크고 국가 전략산업의 성쇠에 지대한 영향을 미쳐 반드시 국가가 전략적으로 내재화해야 하는 소재다. 따라서 혁신적 구조개편의 일환으로 국가전략산업의 육성이 필요하며, 국가전략산업 경쟁력의 핵심 요소인 국가전략소재 개발의 중요성이 부각되고 있다. 특히 미래사회에 기반한 신산업으로 민간역량으로는 한계가 있어 국가가 전략적으로 육성 및 지원해야 하는 산업이다.



〈그림 1〉 산업구조 고도화에 따른 국가전략소재의 진화 필요성

금속은 산업용 기초소재의 60% 이상으로 인프라산업, 수출주도형 주력제조업에 널리 활용되고 있을 뿐만 아니라 항공, 미래형 자동차, 로봇, 차세대 정보기술(IT)산업 등 미래 신산업과 국방산업의 핵심 기반 소재로 경제적·사회적·전략적으로 매우 중요한 자원이다. 전 세계적인 고령화, 지구온난화에 따른 이상기후, 에너지 수요 증가, 자원 부족 심화, 환경보존 등 미래 이슈에 대응할 수 있도록 첨단화, 융합화, 고부가가치화를 추구함으로써 IT, 바이오헬스, 고효율에너지, 인공지능(AI) 등 미래 기술의 핵심 소재로 그 역할을 수행하고 있다.

## 국내외 관련 산업 및 R&D 동향

금속소재는 국가기반산업 유지와 첨단산업 발전에 핵심적인 소재로 쓰이며 향후 국가의 관리가 집중될 것으로 예상된다.

국가	대표 정책	특징
미국	• Materials Genome Initiative • National Nanotechnology Initiative	• 에너지·환경소재 및 우주항공·국방소재 개발, 계산재료과학 기반 구축에 중점
일본	• 新원소전략 • Materials Informatics	• 신소재 발견보다 모델링이나 특성분석 등을 이용한 기술 개발에 초점
독일	• Materials Science and Engineering in Germany • WING(산업소재개발프로그램)	• 주요업체-소재업체-연구기관 간 긴밀한 협력 및 첨단 소재의 개발기간 단축 추진
EU	• European Technology Platform for Advanced Engineering Materials	• 특정 응용 분야에 대한 관련 소재의 수와 연구 목표를 구체화한 로드맵 발표

〈표 1〉 국가별 첨단소재 전략

미국은 자국 제조업 고도화를 위해 NAMI, ALMI 등 첨단 연구소 설립과 수송기계 경량화, 3D 프린팅 기술 상용화를 적극 추진하고 있다. 유럽은 유럽연합(EU) 27개국이 참여하는 ESTEP(European Steel Technology Platform)를 중심으로 철강산업의 지속가능 성장기술 개발에 주력하고 비철산업은 시장지배력 및 수익성 강화를 위해 인수합병(M&A)을 통한 전문화·대형화를 추진하고 있다. ESTEP는 EU 27개국, 연구원 9000여 명, 연간 7억 유로의 예산 규모로 2003년 창설돼 Scale-Free Process, Eco-Design, SOVAMAT(Societal Value of Material) 등 대형 프로젝트를 추진 중이다. 일본은 전략적혁신창조프로그램(SIP, 2015년 예산 500억 엔) 10대 과제 중 '혁신적 구조재료'를 선정하고 종합과학기술혁신회의의 주도로 수행하고 있다. 이와 관련해 수송기계의 대폭적인 중량 감소를 위해 철강, 알루미늄, 마그네슘, 티타늄 등 신소재

개발과 혁신적인 이종소재 접합기술 개발을 지원하는 한편, 신규소재료 기술연구조합을 설립하고 36개의 소재 관련 기업을 회원사로 구성했으며 연간 60억 엔 정도를 10년간 지원한다. 중국은 철강산업이 제조업 전반에 미치는 연관 효과를 고려해 정부 주도 '중장기 철강산업 조정 정책'을 수립, 스마트제철소 육성과 연구개발(R&D) 비중(1.7%) 확대, 신제품 판매량 매출 비중(20%) 확대 등을 추진 중이다.

우리나라는 자원 부족 국가로 자원이급을 향상에 대한 니즈가 높다. 산업통상자원부에서는 중요 금속소재를 희소금속으로 지정해 국가적으로 비축관리 시스템을 구축하고 있으며 생산, 수출, 수입을 철저히 관리하고 있다. 2025년까지 글로벌 시장을 선점할 '시장선도형 200대 소재부품 기술 개발 과제' 발표와 함께 기술 개발에 특화된 장기 실천 계획을 제시한 바 있다. 2021년까지 세계 5대 티타늄 산업 강국이 되도록 포스코, 두산중공업 등과 함께 금속산업을 집중 육성할 예정이다. 더불어 '제조업혁신3.0 전략 실행 대책'을 통해 비철금속을 포함한 고부가가치 핵심 기술을 선정, 집중적으로 육성할 계획이다. 미래형 에어로 메탈 소재, 오토로봇 부품 등 지능성 소재 및 부품 등은 자동차, 조선, 반도체 등 주력 산업을 스마트화하는 데 필요한 핵심 기술요소로, 이를 개발 추진해 나갈 계획이다.

반도체	(단기5개, 장기8개) 불산 등 관련 핵심소재 및 장비 부품 등 13개
디스플레이	(단기2개, 장기9개) 공정용 화학소재, 정밀 결합소재 및 장비 등 11개
자동차	(단기5개, 장기8개) 센서 등 자동차부품, 경량소재(차체, 부품) 등 13개
전기전자	(단기3개, 장기16개) 배터리 핵심소재, 광학소재, 광학렌즈, 신소재 전자부품 등 19개
기계·금속	(단기5개, 장기34개) 금속가공장비, 초정밀 합금, 금속제조용 분말 등 39개
기초화학	(단기5개) 불화계 화학소재, 고정밀 접착소재 등 5개

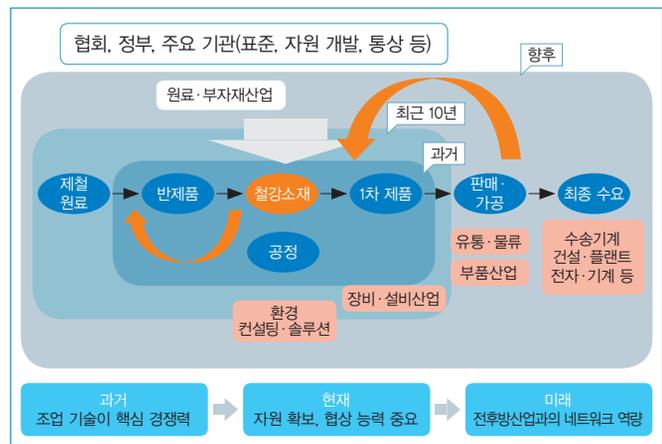
〈표 2〉 100대 핵심 전략품목

수직적 협력(수요·공급기업 간)		수평적 협력(수요기업 간)	
유형 A (협동 연구개발형)	기술 로드맵 공유 R&D > 기술 활용 R&D	유형 C (협동 연구개발형)	협력사 공유 공동 개발·시설 투자
(지원) 기술 로드맵 공유, R&D 자금, 공공조달, 판로 지원, 계열사 간 거래 기준 명확화		(지원) 기술이전 > 협력사, 공동 연구개발 활성화, 임대 전용 산단 우선 입주, 법인세 감면	
유형 B (협동 연구개발형)	양산평가시험 개방 공동 기반 구축	유형 D (협동 연구개발형)	공동구매, 보관
(지원) 시설투자 용자, 실증·양상 지원, 지방세 감면, 산단 물량 우선 배정		(지원) 해외구매 컨설팅, 해외 물류·보관 지원, 보세구역 저장기간 연장	

특히 2019년 일본의 수출규제 조치에 대응해 해외 의존도가 높은 핵심전략소재에 대해 1년 내 20대 품목, 5년 내 80대 품목의 공급안정화를 달성하고자 '100대 품목 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화대책'을 추진하는 한편, 수요-공급기업과 수요기업 간 강력한 협력모델 구축 및 기업 맞춤형 실증 양산 시험장(테스트베드) 확충 등을 통한 소재·부품·장비산업 전반의 경쟁력 강화에도 심혈을 기울이고 있다.

### 소재별 기술 개발 동향

철강산업은 일부 신산업 시장에서 비철금속, 플라스틱, 복합재와의 경쟁이 활발해 철강소재의 지속 가능한 성장을 위한 기술 개발이 필요하다. 선진국에서는 철강산업 발전계획 수립을 통한 기술 경쟁력 향상, 조립금속산업 고도화를 위한 기반 구축 등의 사업에 정부가 지원하고 있다. 과거 제품·조업 기술 중심의 협소한 내부 생태계에서 자원 확보와 협상 능력이 추가된 현재의 생태계를 거쳐 전후방산업과의 네트워크 역량이 경쟁력을 좌우하는 생태계 확장이 이루어지고 있다. 이는 철강업체 경쟁력 향상만으로는 환경변화에 대한 대응이 충분치 못함을 의미하며, 소재-제품-수요산업 간 연계협력을 통한 서플라이체인(Supply Chain)별 경쟁력 강화가 필수적임을 시사한다.



〈그림 2〉 철강산업 생태계의 진화

자동차용 초고장력강의 경우, 2025년 CAFE 규제 대응과 관련해 2006년 대비 35% 경량화 차체 양산이 불가능한 상황이 발생하면서 벌금에 의한 자동차 가격경쟁력 상실 위기(북미 및 EU 자동차 시장 진출 불가능)에 처해 있다. 따라서 이에 대응하기 위한 초고장력강, 경량강판 등의 개발이 필요하다. 고기능 에너지용강의 경우에는 에너지 개발 한

경의 가혹화에 따라 고강도, 내마모, 내식, 극저온 특성 등 새로운 임계 성능 요구 등 시장의 니즈에 따라 고온-고압-고효율 발전플랜트용 핵심 구조용 소재, 극한 환경용 소재 등 고기능성 소재 개발이 요구된다. 특히, 국내에서 원천특허를 보유한 4세대 망간강이 보유한 극한 성능을 활용해 액화천연가스(LNG)용 극저온용강, 세일가스 채굴용강관, 자동차용 초고장력강판, 발전설비용 내마모용강 등 다양한 저원가 고품질 신제품 개발과 조기 상용화 노력이 필요하다. 특수강의 경우에는 고강도 열연 강재, 고내식 원자력 발전용 냉각 해수용 STS 강재, 탈황 설비용 내식 강재 등 특수강 국산화로 수급 안정화, 소재 가격 하락 등 산업 전반에 걸쳐 선순환 구조의 확보가 절실한 상황이다. 전통 소재 선진국은 물론이고 중국이 비약적으로 발전하고 있는 공구강, 금형용강, 내열강, 내식강 등 국내 취약 특수강에 대한 개발을 더욱 가속화할 필요가 있다. 이외에도 고객의 요구에 맞춰 두께, 종류, 크기 조절이 가능한 맞춤형 프로세스 개발로 고부가가치 창출 및 최근 환경 이슈에 따른 친환경 프로세스 등 신프로세스 개발이 요구된다.

한편 비철산업은 경량화, 고방열, 고성능, 친환경 등 기능성 비철금속에 대한 수요 증가에 대응해 신시장 창출 및 미래 신산업의 기반 소재로서 핵심 비철소재 기술력 확보가 필요하다. 경량금속의 경우에는 미래형 자동차의 연비 향상을 위해 차체, 새시, 열교환기 등 자동차 경량화에 부합되는 알루미늄, 마그네슘 합금화 등의 수요 증가로 소재 개발이 요구된다. 의료용 합금의 경우 향후 노령화, 시술 시기의 지연 등 이 슈로 바이오 분야 연구가 활발히 진행되는 중이라 이 분야에 적용할 수 있는 비철소재가 필요하다. 3D프린팅 소재의 경우에는 기존 비철소재의 임계성능을 초과 구현하는 소재, 친환경 공정에 의한 생산 및 부품화 가능 소재가 개발되어야 한다. 3D프린팅 시장에서는 프린터(장비)보다 소재 시장의 성장이 더 빠를 것으로 예측되고 있다.

## 최근 주요 R&D 추진 동향

### ① 건축 및 해양구조물용 고성능 특수형강 개발

해양구조용 강재는 일반적으로 해양구조물 건설 프로젝트에 소요되는 강재의 일괄 공급을 전제로 하고 있으며, 특히 해양구조용 H형강의 경우 국내 수요기업(조선사)은 일반 형강에서부터 고급 형강재까지 공급이 가능한 일본 및 유럽 철강업체를 선호한다. 반면 국내 철강업체는 형강 제품의 저온인성 확보를 위한 제조기술의 경우 해외 업체들에 비

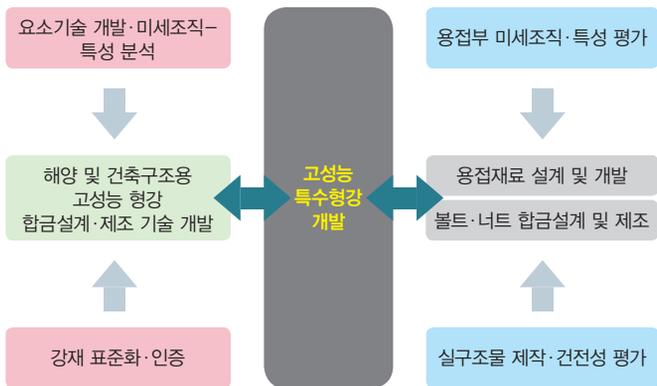
해 다소 열세에 있으며 생산 제품군의 다양성도 부족한 실정이다. 이처럼 소재의 해외 의존성에 따라 국내 조선사는 비싼 외국 제품을 구매해 사용할 뿐만 아니라 납기 지연 문제가 상존한다. 따라서 해양구조용 고성능 H형강의 국산화를 통한 국내 철강 제조사의 기술경쟁력 확보 및 조선사들의 수익성 개선이 어는 때보다 절실하다. 건축구조용 H형강은 건축물의 기둥·보 등에 사용돼 건축물의 안전성에 큰 영향을 끼치며, 최근 한반도에서 진도 5 이상의 강진 또는 대형 고층 건물에서의 화재로 인한 재산·인명상 피해가 자주 발생하고 있는 반면 국내 건축물의 내화·내진 설계 비율은 극히 미미하다. 따라서 반복적인 화재 또는 지진 상황에서도 건축물의 붕괴를 막고 국민 안전을 지킬 수 있도록 내화 및 내진 특성을 동시에 갖는 건축구조용 고성능 내화·내진 강재의 개발이 필요하다.

형강은 단면의 형상이 H, I 등의 형태를 지닌 철강재로 건설·조선·해양플랜트 등 철구조물 제작에 널리 사용되고 있다. 해양구조용 H형강은 해양플랜트 등 해양구조물 제작에 사용되며, 일반 형강 제품과 달리 극저온(-40도)에서의 우수한 충격 특성이 요구된다. 이에 따라 고강도-저온인성 확보를 위한 합금 설계 및 제조기술 확보가 필요하며, 또한 강재 개발과 더불어 수요기업(조선사) 인증을 위한 연구(선급인증)도 병행해야 한다. 건축구조용 H형강은 고층 빌딩 등 건축물의 기둥 또는 보 제작에 사용된다. 건축구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 최근의 빈번한 지진과 대형 건축물 화재에 대비해 반복적인 재난 상황에서도 건축물의 붕괴를 방지할 수 있는 H형강 개발이 필요하다. 이를 위해 내진(저항복비)·내화(높은 고온강도) 성능을 동시에 갖춘 H형강 개발 및 개발 강재의 건축물 적용을 위한 표준화 연구가 있어야 한다.



〈그림 3〉H형강 제품 사진 및 H형강 적용 철골구조물

이에 해양 및 건축용 고성능 H형강 개발 및 상용화를 목표로 해양구조용 저온인성 보강 H형강 개발과 인증을 비롯해 반복적인 화재·지진에 대한 피로저항성이 우수한 내화·내진 건축용 고강도 H형강 개발과 표준화, 해양·건축구조용 고성능 H형강 접합·구조물 건전성 평가 기술 개발 등을 추진하고 있다.



〈그림 4〉 기술 개발 추진 전략

이러한 해양 및 건축구조용 고성능 H형강 개발을 통해 일본 등으로부터 수입 의존도가 높은 고급 형강 소재의 기술자립화를 통한 관련 산업(조선업)의 경쟁력 확보를 기대할 수 있다. 더불어 국내 주력 산업인 철강산업의 경쟁력 확보를 통한 국가기반산업 및 유관산업 보호와 경제적 효과도 기대할 수 있다. 이외에도 건축구조용 고성능 형강 소재 개발 및 건축물 적용을 통한 구조물 안전 향상과 재난 발생 시 국민 생활 안전을 확보하는 효과도 기대된다.

② 첨단산업용 특수봉강 기술 개발

첨단산업용 특수봉강 기술 개발은 크게 두 부분으로, 기계·에너지

산업을 기술 개발 타깃으로 하는 기어박스용 고강도 내마모 특수강 소재 기술과 반도체산업에서 활용되는 공정가스 이송용 고청정 소재 및 부품화 기술로 구분된다.

내마모 특수강은 다양한 산업 분야에 적용되는 기어박스의 중·대형 기어 및 샤프트 부품에 적용되는 소재로, 기어비가 다른 기어와 서로 맞물리면서 발생하는 외부응력을 견디기 위해 고강도·내마모 특성이 요구되는 소재로, 가혹한 환경에서의 장수명, 신뢰성을 확보하기 위한 제조 기술과 실제 환경(해양플랜트, 풍력발전 등)에서의 신뢰성 검증을 위한 평가 기술 확보가 필요하다. 반면, 고부가 기어박스 시장은 유럽(Renk, SEW 등)과 일본(쓰미토모 등)이 선점하고 있다. 국내기업의 경우 자동차용 변속기, 일반산업용 등 단순 부품제조기술만 확보하고 있으며, 특수산업 및 특수치형기어 등의 고부가가치 산업에 적용되는 기술은 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다.

한편, 반도체 공정용 고청정 소재 및 극청정 부품과 관련해 반도체 공정라인에 적용되는 가스 이송용 특수강 소재는 SEMI(국제반도체장비재료협회) 규격에 부합하는 UHP(Ultra High Purity)급 소재(STS316L)의 적용을 원칙으로 하고 있다. 하지만 해당 소재의 경우 현재 일본 2개사가 소재·인발 시장의 94%를 점유하고 있어 전략적 수출 규제가 이루어질 경우 국내 반도체 산업 밸류체인의 붕괴를 초래할 위험이 있다. 이 때문에 반도체 공정용 가스라인의 자립화 기술 개발을 위해 SEMI 규격에 부합하는 소재기술 개발 및 UHP급 정밀관 내면품질을 만족할 수 있는 공정기술, 반도체 FAB공정에 활용 가능한 극청정 부품화 기술 개발을 목표로 하고 있다. R&D를 통한 단순 소재 및 부품 기술 개발에 그치는 것이 아니라 '국산소재-국산부품-반도체업종'으로 이어지는 공급망 구축을 목표로 기술 개발의 성공을 위해서는 소재기업, 가공기업, 장비기업 간의 긴밀한 협력이 요구된다.



〈그림 5〉 회전계용 내마모 특수강 소재 밸류체인



〈그림 6〉 반도체 공정용 고청정 소재 및 극청정 부품 밸류체인

이러한 첨단산업용 특수봉강 기술 개발을 위해 현재 17개 기관이 참여하는 컨소시엄을 구성한 후 연구를 진행 중이며, 1단계에서는 해외 소재 대체를 위한 자립화 기술 개발을 추진할 계획이다. 2단계에서는 수요업종 맞춤형 소재·부품기술 개발 및 자립화 공급망 구축을 추진할 예정이다.

회전계용 내마모 특수강은 니켈, 크롬, 몰리브덴 등의 합금 함유량이 높은 고합금강으로 제강과정 단계에서 다양한 성분의 비금속 개재물이 생성될 것으로 예측된다. 이러한 비금속 개재물은 최종 제품 단계에서 주요한 결함으로 나타나므로 소재의 수명을 단축하는 요인이 되며, 개재물 외 잔류수소는 제품의 사용 과정에서 크랙을 유발한다. 따라서 최종 제품 단계에서 이와 같은 요인을 면밀히 분석해 소재 단계에서부터 품질이 관리될 수 있도록 기술 개발을 해나갈 계획이다. 반도체 공정용 고청정 소재·극청정 부품과 관련해 반도체산업용 고청정 소재의 경

우 STS316L계 스테인리스 봉강·무계목 강관의 성능과 품질을 개선하는 과정에서 선진업체 제품의 특성을 분석해 지속적인 공정설계 및 개선작업을 진행할 예정이다. 단순한 해외 특허 및 제품분석에서 벗어나 최적의 화학 조성을 역추적해 활용하는 방향으로 진행하며, 분석된 데이터를 바탕으로 단계적인 소재 성능 향상 과정을 통해 최종적으로 용도에 적합한 합금계와 그 제조기반을 수립할 계획이다.

이러한 첨단산업용 특수봉강 기술 개발은 기술자립화를 통한 해외 의존도 완화 및 국내 소부장의 공급망 구축 및 강건한 수요-공급기업 협력체계를 기반으로 국가산업경쟁력 향상과 핵심전략품목에 대한 국내 공급체계의 안정화를 기대하고 있다. 바로 이러한 공급체계 안정화의 토대가 될 참여기업의 소재·부품 기술력 향상과 국내 수요-공급기업 간 긴밀한 연계를 통한 밸류체인 확보가 가장 기대되는 부분이다.



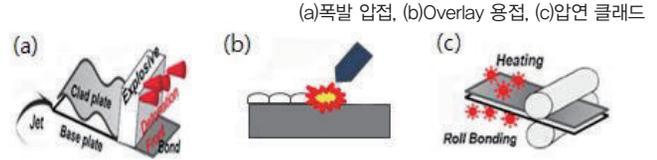
〈그림 7〉 개발목표 및 단계별 전략

③ 광폭 압연클래드 후판 국산화 제조 및 강관·압력용기 적용 기술 개발

후판 소재 기술은 1960년대 이후 단일재(저탄소강)에 국한돼 첨단 소재인 특수강 및 고부가가치 이종금속 후판재 분야로의 기술력 확대가 절실하다. 클래드 후판은 유럽, 미국, 일본, 중국 등 일부 국가에서 독점적으로 공급하고 있으며, 국내에는 클래드 후판 공급처가 전무함에 따라 수입에만 의존하고 있는 실정이다. 특히 압력용기 및 강관용에 적용되는 압연방식 고부가가치 클래드 후판제품은 유럽·일본에서 고가로 수입되고 있어 관련 기업의 국제 경쟁력에 영향을 주고 있다. 이 가운데 고기능성 고부가가치 소재인 니켈계 후판 클래드 핵심 제조 기술의 경우 참고문헌이 거의 없는 데다 제조 기술도 공개하지 않는 상황이어서 국내 산업 경쟁력 확보를 위해 조속한 소재자립화가 필요한 실정이다.

이러한 클래드는 성질이 서로 다른 이종소재를 대면적 접합해 구성 소재 각각의 장점을 극대화하는 기술이다. 에너지 산업에서 후판 클래드는 부식 환경의 정도에 따라 내식합금(CRA)과 탄소강 소재를 금속학적으로 접합함으로써 내식성과 고강도를 동시에 만족하는 한편, 소재 제조비용 저감이라는 장점이 있다. 금속 후판 클래드 기술은 크게 폭발 압접 방법, 오버레이(Overlay) 용접 방법, 압연 방법 등으로 제조한다. 폭발 압접의 경우 균질한 계면 접합 성능 확보의 어려움과 제조 공정상 제약이 따르고, 오버레이 용접은 고비용에 따라 극후물재에 제한적으로 쓰이고 있다. 이에 반해 압연 방법을 통한 후판 클래드는 계면 품질이 균질해 고사양 강관 제작 등에 널리 사용되고 있다.

이와 관련해 일반강에 스테인리스강·니켈합금 등을 클래드 접합해 내열·내식특성을 높인 두께 10~40mm의 고부가가치 판재 제품을 압연 기반으로 3500mm 이상의 광폭으로 제조하고, 성형·용접 공정을



〈그림 8〉 클래드 후판재의 대표적인 제조 공정

연계해 강관·압력용기를 부품화하는 개발 목표를 설정했다. 이를 위해 Ni alloy 825/625 상당의 청정인 잉곳 슬래브(ingot slab) 제조 기술 개발, 광폭 클래드 후판 제조 기술 개발, 전단강도 250MPa 이상 광폭 압연 클래드 강관 및 압력용기 제조 기술 개발이 필요하다.



〈그림 9〉 CRA계·Steel 광폭 압연 클래드 개발 목표

이렇듯 본 기술 개발은 해외 의존도가 높은 에너지플랜트용 광폭 압연 클래드 판재에 대해 국내 공급망 구축 및 수효산업연계 사업화를 목표로 한다. 신속한 사업화를 위해 각 개발 제품의 수요기업을 포함하고 산학연 전문가들로 컨소시엄을 구성했다. 소재는 기초소재(CRA계 슬래브)-가공소재(CRA계 광폭 압연 클래드 판재)를 개발하고, 부품은 소재-부품 간 수요연계를 통한 부품 개발(강관 및 압력용기 제조)을 유도하는 체계를 통해 세부과제별 독립적인 기술 개발이 이루어짐과 동시에



〈그림 10〉 기술 개발 추진방법

효율적이고 능률적인 연구가 전개될 예정이다.

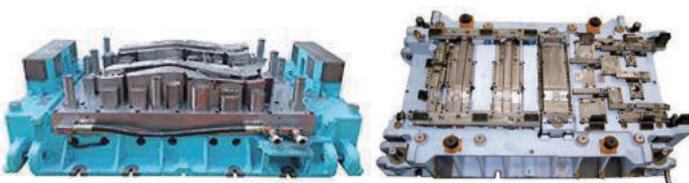
수입 의존도가 높은 CRA계 클래드 후판소재의 국산화로 소재의 자립화가 가능해지면서 클래딩 기초 소재-압연-강관 및 압력용기 적용 등의 통합적인 국내 생산 기반을 확보할 수 있다. 따라서 국내 부품사의 클래드 강관 활용도가 높아질 것으로 예상되며 해외 시장 진입을 통해 국내 제조업 발전에 기여할 것으로 사료된다. 현재 해당 제품군은 수입에 의존함에 따라 국내 제조업계에서는 높은 가격 및 장납기 등 수급상 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 기술 개발을 통해 소재 제조 기술을 국산화함으로써 제조원가 저감, 납기 단축 등 국내 제조업 경쟁력 향상이 기대된다.

#### ④ 고성능 부품 제조를 위한 금형공구용 소재 기술 개발

자동차의 기능 및 연료소비효율 향상과 함께 차체용 철강재료의 고강도 경량화가 급속하게 진행되고 있다. 과거 국내에서는 자동차용 철강소재의 평균 인장강도가 360MPa 정도였으나 최근에는 590MPa 이상의 AHSS(Advanced High Strength Steel)가 차지하는 비율이 50% 넘게 늘었다. 특히, 차체의 보강부에 주로 사용되는 인장강도 980MPa급 이상의 부품 수가 급격히 늘어나는 추세다. 또한 핫스탬핑(Hot Stamping)으로 제작된 인장강도 1470MPa 차체 보강부품의 확대 적용에 따른 초고장력 강재를 성형하는 고성능 금형소재 수요가 늘면서 기존 STD61 및 STD11 같은 공구강 소재를 적용하는 경우, 금형 파손 등의 문제로 인해 고성능 금형공구용 소재의 수입이 지속적으로 증가하고 있다.

이러한 관점에서 금형의 유지보수 비용 절감으로 제품의 경쟁력을 확보할 수 있는 고강도·고기능성 소재의 개발과 분말금속소재를 활용한 적층제조 기술로 금형의 국소 부위에 선택적으로 적층해 금형의 전주기 비용 절감이 가능한 경제성 있는 기술 개발이 필요하다.

금형소재는 외력을 가해 제품을 성형하기 위한 소재를 의미한다. 크게 사용 조건을 기준으로 공구강과 금형강으로 구분할 수 있으며 공구강은 금속 성형용강, 금형강은 플라스틱 성형용강을 말한다. 또한 피가



(그림 11) 자금형 사진  
출처 : 신화에스티

공재인 초고장력강판, 용융금속, 수지 등을 성형함에 있어 고온·고압 등 복합적이고 반복적으로 노출되기 때문에 높은 내부식성, 고경도, 내마모성 및 피로 저항성 등의 우수한 기계적 특성이 요구된다. 금형은 자동차, 가전, IT, 정밀기기 등 전·후방 산업의 발전에 직접적인 영향을 미치는 매우 중요한 뿌리 생산기반 산업분야로, 고부가가치화를 위해 장수명, 초소형·초대형 및 초정밀용 금형소재의 개발이 절실한 상황이다.

이에 고성능 공구·금형강 및 금형용 금속 분말의 자립화 기술 개발과 상용화 기술 확보를 목표로 장수명 공구강, 고성능 플라스틱 금형강 제조 기술 개발을 추진하고 있다. 더불어 금형강용 금속 분말 국산화 제조 및 이종금속 적층 기술 개발도 추진하고 있다. 이렇듯 고품질의 금형공구용 소재의 설계, 생산 및 신뢰성 검증을 통한 고부가 소재의 기술자립화는 물론 해외 의존도 완화를 통해 소재 산업의 다중 가치사슬을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 금형용 금속 분말의 국산화 기술 개발 및 안정화된 적층기술을 개발해 글로벌 시장 경쟁력을 확보하는 한편 적층 제조 부품 시장의 성장기 진입이 가능하다. 특히 산학연의 체계적인 공동 연구개발로 수요기업의 니즈를 반영해 안정적으로 소재를 공급하는 것을 목표로 하고 있으며, 독자적인 원천·응용기술의 조기 권리화를 추진, 소재-금형-(공정)-부품의 신제조 패러다임 변화에 적극적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

연구기관	프로젝트	개요	연구기간
현대제철	건축 및 해양구조물용 고성능 특수형강 개발	반복 화재·지진에 대한 피로저항성이 우수한 건축용 고강도 내화·내진 H형강 개발 및 표준화	2020.4~2025.12
세아창원 특수강	첨단산업용 고정정 특수봉강 및 튜브소재 기술 개발	회전계용 내마모 특수강 및 반도체 공정용 고정정 소재와 극정정 부품 개발	2020.4~2025.12
동국제강	에너지플랜트용 전단강도 250MPa급 이상 광폭 압연 클래드 후판 국산화 제조 및 강관 압력용기 적용 기술 개발	일반강에 스테인리스강·니켈합금 등을 클래드 접합해 내열·내식특성을 높인 두께 10~40mm의 고부가가치 판재 제품을 압연 기반으로 3500mm 이상의 광폭으로 제조하고, 성형·용접 공정을 연계해 강관·압력용기 부품화	2020.4~2022.12
세아창원 특수강	고성능 부품 제조를 위한 금형 공구용 소재 기술 개발	고성능 공구·금형강 및 금형용 금속 분말의 자립화 기술 개발과 상용화 기술 확보	2020.4~2025.12

<표 3> 국내외 주요 기술 개발 현황

※ 이 콘텐츠는 KEIT PD ISSUE Report 2020년 9월호 '미래 선도형 금속재료산업 기술 동향 및 전망'을 재구성했음을 밝힙니다.



## 유럽연합(EU) 첨단소재 R&D 정책 및 동향

2019년 12월 발표된 유럽연합(EU)의 '그린딜 정책(European Green Deal)'에 따라 유럽의 첨단소재 분야 연구개발(R&D) 정책 및 기술 개발 트렌드에도 변화가 일고 있다.

### 그린딜 정책과 Horizon Europe

기후변화의 대응책이자 경제성장 전략인 유럽 그린딜은 '2050년 탄소 배출 제로'를 목표로 6대 분야별 세부과제를 추진해 기존 산업의 탈탄소화, 청정에너지 전환 등 산업의 전환을 위해 기술 개발 투자를 활성화하고 인프라를 구축하는 거대한 규모의 프로젝트다. 이와 동시에 EU는 청정 기술 경쟁력을 강화하고, 첨단 기술의 상용화 및 지속 가능한 공급망 구축 등 다양한 R&D 정책을 추진 중이다. EU는 'Horizon 2020'(2014~2020년)부터 저탄소 에너지 기술 관련 연구를 본격적으로 지원해 왔으며, 유럽 그린딜이 추진되기 시작한 이후로는 에너지, 산업(순환경제), 건축, 수송 등의 분야를 중심으로 R&D를 지원하는 방향으로 변화했다.

Horizon 2020의 후속사업으로 2021년부터 시작될 예정인 'Horizon Europe' 프로그램은 크게 4개의 파트로 구성돼 기후 변화에 대처하고 EU의 산업 경쟁력과 성장을 목표로 총 960억 유로 규모의 예산이 지원될 예정이다. 이 중 두 번째 파트에서는 글로벌 문제 해결과 EU 산업 경쟁력 강화를 위해 건강, 문화·창조·통합사회, 디지털·산업·우주, 안전한 시민사회, 기후·에너지·모빌리티, 식량·생태경제·천연자원·농업·환경, 비핵화를 위한 공동연구센터 분야 R&D에 총 535억 유로를 지원할 예정이다.

<b>HORIZON EUROPE BUDGET</b>		<b>Total</b>
Horizon Europe programme structure		<i>in € million</i>
	<b>EXCELLENT SCIENCE</b> <i>of which</i>	<b>25 011</b>
	The European Research Council (ERC)	16 004
	Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA)	6 602
	Research infrastructures	2 406
	<b>GLOBAL CHALLENGES AND EUROPEAN INDUSTRIAL COMPETITIVENESS</b> <i>of which</i>	<b>53 516</b>
	Health	8 246
	Culture, creativity and inclusive society	2 280
	Civil Security for Society	1 596
	Digital, Industry and Space	15 349
	Climate, Energy and Mobility	15 123
	Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment	8 952
	Non-nuclear direct actions of the Joint Research Centre (JRC)	1 970
	<b>INNOVATIVE EUROPE</b> <i>of which</i>	<b>13 597</b>
	European Innovation Council (EIC)	10 105
	European innovation ecosystems	527
	European Institute of Innovation and Technology (EIT)	2 965
	<b>WIDENING PARTICIPATION &amp; STRENGTHENING THE EUROPEAN RESEARCH AREA</b> <i>of which</i>	<b>3 393</b>
	Widening participation and spreading excellence	2 955
	Reforming and enhancing the European R&I System	438
<b>TOTAL HORIZON EUROPE</b>		<b>95 517</b>

〈그림 1〉 Horizon Europe 프로그램 분야별 예산

그중에서도 디지털·산업·우주 R&D 클러스터에 약 153억 유로를 지원한다. 세부적으로는 첨단소재, 제조 기술, 양자 기술을 포함한 핵심 디지털 기술, 인공지능(AI) 및 로보틱스, 차세대 인터넷, 첨단 컴퓨팅 및 빅데이터, 순환산업, 저탄소 및 청정산업, 위성을 포함한 우주 분야 등을 중점 지원한다는 계획이다.

### EU 첨단소재 R&D 지원 현황

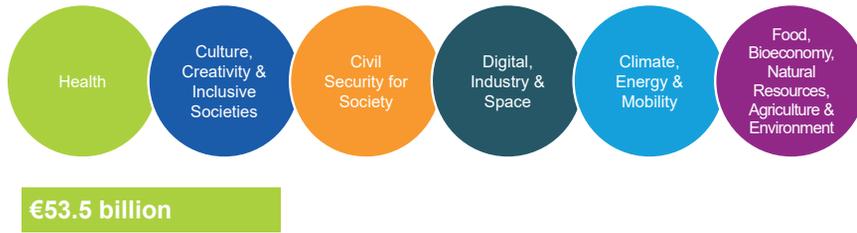
EU는 산업의 혁신을 선도하고 산업 간 융합 및 통합 촉진을 위해 6개 산업 분야 핵심 기반 기술(KETs)을 지정했는데 여기에 첨단소재가 포함돼 있다. 이 핵심 기반 기술은 첨단소재, 첨단제조 기술, 생명과학 기술, 마이크로·나노공학 및 포토닉스, AI, 디지털 보안 및 연결 등으로 구성돼 있다.

‘Horizon 2020’에서의 첨단소재 분야 지원은 산업 및 기반 기술의 개발과 혁신을 목적으로 하는 R&D 프로그램인 LEIT(Leadership in Enabling and Industrial Technologies)를 통해 추진됐다. LEIT 프로그램의 지원 분야에는 전술한 핵심 기반 기술 6개 분야 외에도 천문·우주, 정보통신기술(CT) 등이 포함됐다. 후속 정책인 Horizon Europe에서는 두 번째 파트너 글로벌 도전 및 산업경쟁력 강화의 6개 클러스터 중 디지털·산업·우주를 통해 첨단소재 분야가 지원될 예정이다.

Pillar II - Clusters

## GLOBAL CHALLENGES & EUROPEAN INDUSTRIAL COMPETITIVENESS:

boosting **key technologies** and solutions underpinning **EU policies & Sustainable Development Goals** (6 clusters and JRC – non-nuclear direct actions)



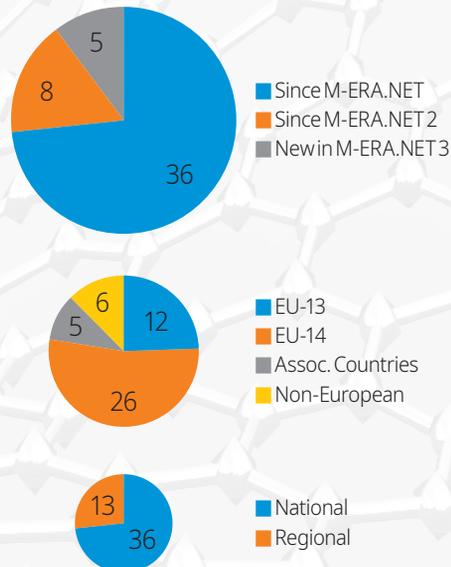
〈그림 2〉 Horizon Europe 두 번째 파트 글로벌 도전 및 산업경쟁력 강화

EU 첨단소재 지원사업의 기획과 관리는 ‘M-ERA.NET(From Materials Science and Engineering to Innovation for Europe)’을 중심으로 추진 중이다. M-ERA.NET은 EU 25개 회원국과 5개 관련국이 참여한 첨단소재 분야 관련 R&D 네트워크로서, 각국의 관련 기관들이 컨소시엄을 구성하여 EU와 파트너십을 맺고 공동으로 EU의 첨단소재 분야 R&D 연구과제를 공모하여 지원 및 관리하고 있다. 2012년 FP7\*의 M-ERA.NET 프로그램을 시작으로 구성됐으며, 현재는 Horizon 2020의 공동기금 지원을 받은 ‘M-ERA.NET 2’ 프로그램을 진행 중이다. 2021년 3월부터는 그 후속으로 ‘M-ERA.NET 3’ 프로그램이 시작돼 2026년까지 진행될 계획이다.

\*EU 프레임워크 프로그램(FP)

EU 기술 개발을 위한 핵심 정책으로, 유럽 국가 간 긴밀한 산업별 협력체제를 구축할 목적으로 시작했다. 1984년 FP1을 시작으로 FP7(2007~2013년), Horizon 2020(2014~2020년), Horizon Europe(2021~2027년)으로 이어지고 있다.

		M-ERA.NET				M-ERA.NET 2				M-ERA.NET 3					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
AT	FFG														
BE	FWO														
BE	VLAIO														
BE	FNRS														
BE	SPW														
BG	BNSF														
BB	FAKSP														
CA	PRIMA														
CH	DETEC														
CY	RIE														
CZ	TACR														
DE	BMBF														
DE	BILICH														
DE	SMWK														
DK	IFD														
EE	EIAS														
ES	AET														
ES	CDTI														
ES	IK4														
ES	IDEP4														
ES	ELGV														
ES	Innov@space														
FI	AKA														
FI	BE														
FR	ANR														
FR	RNAO														
GR	GSRT														
HRT	MZO														
HU	NKFIH														
IE	SFI														
IT	ITA														
IL	MOSTIL														
IS	RANNIS														
IT	CAF														
KR	KMIP														
LT	LMT														
LU	FNR														
LX	VKA														
NO	RCN														
PL	NCBR														
PL	NCN														
PT	FCT														
RO	UEFISCDI														
RU	FASIE														
SE	VINNOVA														
SI	MIZS														
SK	SAS														
TR	TUBITAK														
TW	MOSTFW														
ZA	DSI														



〈그림 3〉 M-ERA.NET 단계별 컨소시엄 구성

**M-ERA.NET(2012~2016년)** - EU 국가를 비롯해 총 29개 국가의 47개 R&D 공공자금 지원 기관이 참여했으며 에너지, 산업 생산, 재료, 나노사이언스, 나노기술 분야 93개 프로젝트에 약 760만 유로의 공적자금이 지원됐다.

**M-ERA.NET 2(2016~2022년)** - 기존의 M-ERA.NET 지원 분야에 추가적으로 EU 저탄소 에너지 기술을 위한 소재 분야 로드맵의 시행에 발맞춰 특히 저탄소 에너지 기술 및 관련 생산 기술을 포함했다. M-ERA.NET 2에는 34개국 총 52개 기관이 참여했다. 기존의 지원 분야 외에 3D프린팅, 연료전지, 재생에너지, 원자력에너지, 탄소포집 기술 등 172개 프로젝트에 약 5200만 유로가 지원됐다.

## 향후 EU 첨단소재 R&D 추진 방향

2021년부터 새롭게 시작되는 M-ERA.NET 3는 표면처리, 코팅, 복합체, 적층제조, 통합소재 모델링 등과 같은 기존의 첨단소재 분야를 포함해 첨단 배터리 기술과 '유럽 그린딜'의 주요 산업정책에 필요한 소재 기술에 대한 지원을 목표로 한다. 소재 부문 혁신을 통해 EU의 '순환경제 액션플랜(Circular Economy Action Plan)'의 이행과 '지속 가능 개발 목표(Sustainable Development Goals)'의 달성을 지원하고자 하는 것이다. 2021년 R&D 공모사업(Call 2021)의 경우 미래의 배터리 기술 관련 소재 개발을 주요 목표로 하고 있으며, 이는 지속 가능한 에너지 저장 기술을 통해 전기 교통수단을 활성화해 '지속 가능 개발 목표 7(적정 가격의 청정한 에너지)' 실현을 지원하기 위한 것이다.

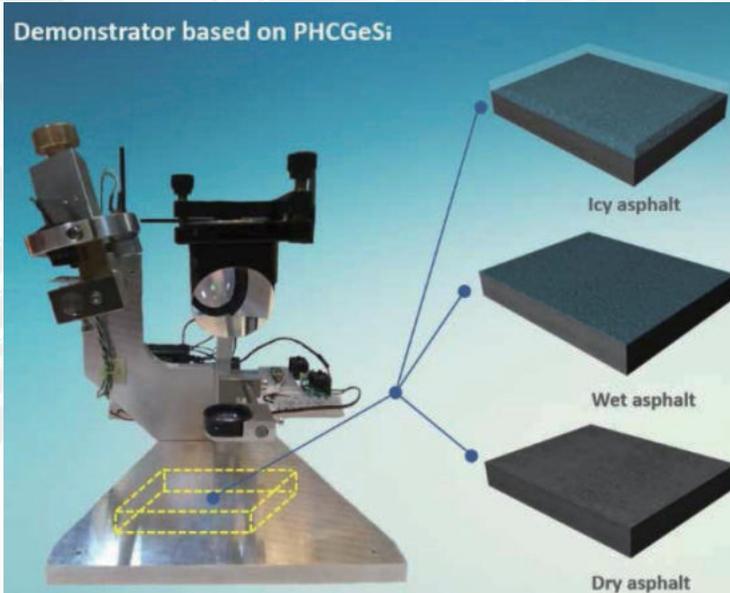
이번 M-ERA.NET 3에는 25개 EU 회원국과 4개 후보국, 6개 비EU 국가의 50개 기관이 참여했으며, 한국산업기술진흥원(KIAT)도 파트너로 이 컨소시엄에 참여하고 있다. 이 프로그램을 통해 약 4545만 유로가 지원될 계획이며, 이 중 Horizon 2020을 통한 EU 지원금 규모는 1500만 유로다. 최종적으로는 총 1억5000만 유로 상당의 공적자금이 지원될 예정이며, 민간 투자 5000만 유로를 포함해 총 2억 유로의 지원이 이루어질 것으로 기대된다.

이외에도 유럽 각국은 신소재 개발 및 재활용성과 에너지 효율을 높인 첨단소재 관련 R&D 투자를 늘리고 있다. 이에 M-ERA.NET은 경량 및 내구성이 강화된 제품, 에너지 및 재료 소비 감축을 통해 제조 공정의 효율성을 높이고, 위험하거나 재활용이 불가능한 물질을 대체하는 소재, 유지·재사용 및 재활용이 용이한 제품 생산을 위한 신소재 개발을 지원하고 있다. 또한 건설·수송·산업 분야 등에 필요한 재생에너지 생산 및 저장·운송, 최종 사용을 위한 기술 개발을 지원하고 있으며, 그 중에서도 높은 신뢰성과 안전성을 갖춘 고성능·저비용 배터리 개발 프로젝트를 지원 중이다.

### Case Study **센서 중심의 기능성 소재**

#### 환경 분야 응용을 위한 GeSi 나노입자로 기능화된 고표광전도 산화 필름(High Photoconductive Oxide Films Functionalized with GeSi Nanoparticles for Environmental Applications-PhotoNanoP)

이 프로젝트는 광전도(PHC) 특성을 가진 새로운 첨단소재를 개발하기 위한 것이다. 개발 목표는 0.6~1.2 $\mu$ m 스펙트럼 범위에 대한 감광성을 갖는 PHCGeSi(광전도 게르마늄 규소) 필름을 개발하기 위해  $GexSi_{1-x}$  나노입자를 통해 기능화한 산화막( $TO_2$ ,  $SO_2$ )을 얻는 것이다. 이를 위해 광전도 필름의 구조 및 형태에 따른 스펙트럼 감도 예측이 가능한 광전도 특성 모델링 기술을 개발해 나노입자 크기와 조성, 농도의 변화를 통해 스펙트럼 범위 및 감도 제어가 가능한  $GexSi_{1-x}$  나노입자 기능화 산화 필름을 개발했다. 개발된 결과물에 대한 검증을 위해 PHCGeSi 필름 기반의 광학센서를 제작해 도로의 미끄러운 정도를 스펙트럼 차이에 따라 구분(아스팔트 상태 : 건조·젖음·얼음 구분)할 수 있다는 것을 실험적으로 보여주었다. 현재 다양한 미끄러운 도로 조건을 측정하기 위해 InGaAs 및 Si 광검출기(Photodetector)가 사용되고 있으나, 이 연구에서 개발된 PHCGeSi 필름은  $\lambda$  1.1 $\mu$ m 파장 영역에서 Si 민감도를 넘어서는 장점이 있으며 환경친화적이고 현재 광검출기보다 저렴하게 생산 가능해 산업적으로 큰 효과가 기대된다.



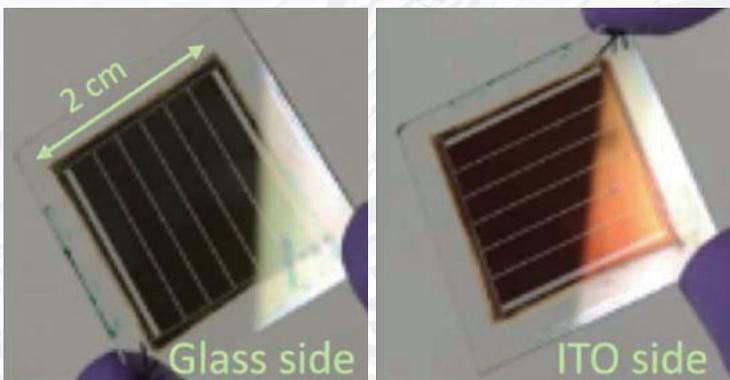
GeSi 나노입자로 기능화된 광전도성 산화막을 활용해 도로의 미끄러운 정도를 감지

**공모주제** Functional Materials focusing on Sensors(Call 2014)  
**주관기관** National Institute of Materials Physics, Romania  
**지원국가** Romania, Iceland  
**사업비(기간)** €601,800(36개월)  
**세부정보** <https://infim.ro/en/project/high-photoconductive-oxidefilms-functionalized-with-gesinano-particles-for-environmental-applications-photonanop>

**Case Study** 혁신적인 표면처리, 코팅 및 인터페이스

**투명 페로브스카이트 태양전지(Transparent Perovskite Solar Cell)**

이 프로젝트는 전력변환효율(PCE)이 13% 이상이고 내구성이 높은 대면적 반투명 6인치 페로브스카이트 태양광발전 모듈을 개발하는 것이 목표다. 이 태양광발전 모듈은 건축자재로 직접 사용될 수 있으며, 실리콘 태양전지와 함께 겹쳐 쌓으면 전력변환효율이 18~25%에 달할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 페로브스카이트 전구체에 칼륨 이온을 결합하고 페로브스카이트 필름에 쌍극 이온 후처리법(Dipolar Ion Post-treatment)을 사용해 개방회로전압(OCV) 손실을 효율적으로 줄여 대형 밴드갭 장치의 성능을 15.34%로 향상시킬 수 있음을 입증했다. 정공수송층(HTL)으로 사용되는 반도체를 대체하고, 대면적 반투명 페로브스카이트 태양전지 및 모듈 제조를 위한 기술이 시연됐다. 전지와 모듈 제조를 위한 슬롯 다이 코팅 공정, 그리고 전자수송층-차단층 공정을 위한 공간분할형 원자층 증착이 개발 및 구현됐다. 새롭게 개발된 공정을 이용해 6x6인치 기판에 생산된 페로브스카이트 태양전지의 성능이 스펀코팅을 이용해 3x3cm 기판에 생산된 레퍼런스 장치의 성능보다 높게 나타나는 등 기술적 성과가 크다.



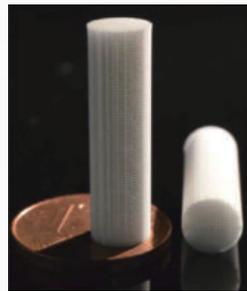
반투명 태양전지 소자(출처 : Holst Centre(TNO))

**공모주제** Innovative Surfaces, Coatings and Interfaces(Call 2016)  
**주관기관** National Taiwan University, Taiwan  
**사업비(기간)** €620,000(36개월)  
**세부정보** [www.clearpv.org](http://www.clearpv.org)

**복합 바이오의약품의 다운스트림 공정을 위한 새로운 구조화된 크로마토그래피 칼럼(NESSIE : New Structured Substrates for Downstream Processing of Complex Biopharmaceuticals)**

최근 세계적인 코로나19 바이러스의 확산으로 이러한 질병에 효과적으로 대처할 수 있는 백신 개발의 중요성이 대두되고 있다. 하지만 효과적인 백신의 개발에는 많은 노력과 높은 안전성이 요구돼 엄청난 시간과 비용이 발생한다. 이 프로젝트의 목표는 바이러스 정제 공정을 개선해 백신 및 유전자 치료제 생산의 효율성을 높이고, 아데노바이러스와 같은 바이러스를 정제하는 기술을 개발하는 것이다. 아데노바이러스는 인간에게 유전자 또는 백신 항원을 전달하는 훌륭한 벡터이며, 현재 대부분의 백신은 실제로 바이러스를 사용해 면역을 얻는 데 필요한 요소를 전달한다. 이러한 바이러스의 생산을 위해서는 인간에게 사용되는 의약품과 마찬가지로 높은 순도로 정제하는 것이 필요하며 매우 많은 비용이 든다.

이 연구에서는 초고해상도 세라믹 3D 프린팅 기술을 사용, 크로마토그래피 칼럼을 제조해 분리 성능을 개선하고 생산 비용을 절감하는 것이 목표이다. 현재 첫 번째 크로마토그래피 서포트 생산에 성공했으며 곧 아데노바이러스 정제를 테스트할 예정이다. 본 과제는 3D프린팅과 같은 기술이 의료 시스템을 지속 가능한 방법으로 개선할 수 있다는 것을 보여준다.



고해상도 3D프린팅을 이용한 크로마토그래피 서포트 예시

공모주제 Innovative Surfaces, Coatings and Interfaces(Call 2016)  
 주관기관 SINTEF, Norway  
 사업비(기간) €792,866(36개월)  
 세부정보 [www.sintef.no/projectweb/nessie](http://www.sintef.no/projectweb/nessie)

**Case Study 적층제조(Additive Manufacturing)를 위한 소재**

**건설 분야 적층제조 공정을 위한 새로운 건설자재 및 제품 설계(New Construction Materials and Product Design for Additive Manufacturing Processes in the Construction Industry)**

디지털 제조(Digital Fabrication)는 건설현장에서의 인적 노동을 줄이면서 건축설계의 자유와 생산성은 높이는 신기술로, 건설업계에서 새롭게 부상하고 있다. 이 프로젝트는 건설 분야 3D프린팅이 가능한 소재와 적층제조 공정을 개발하는 것이 목표다. 시멘트 및 시멘트 적층재 생산, 3D 콘크리트 프린터의 HW 및 SW 개발, 현재와 미래의 건축 공정에 3D프린팅 적용 기술 등을 개발했다. 여러 3D프린팅 장치뿐만 아니라 이에 최적화된 다양한 3D프린트용 소재도 개발했다. 또한 3D 콘크리트 인쇄를 위한 체적유량제어 압출기를 개발해 성공적으로 시험을 마쳤다. 복잡한 기하학적 구조를 지닌 3차원 물체의 인쇄가



건설 분야 적층제조 활용 예시

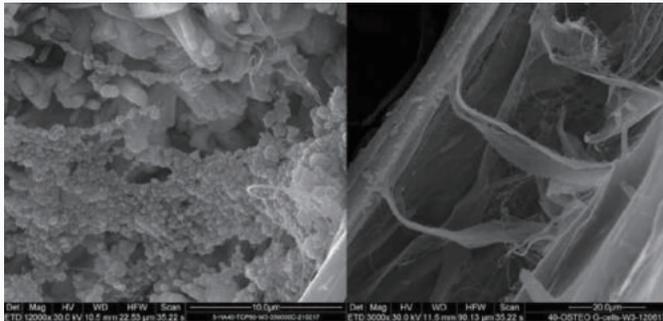
공모주제 Materials for Additive Manufacturing(Call 2016)  
 주관기관 TU Berlin, Germany  
 사업비(기간) 미공개(39개월)  
 세부정보 [www.bauproaddi.eu](http://www.bauproaddi.eu)

이뤄졌으며, 인쇄 경로를 자동 생성하는 SW 툴이 개발됐다. 이 프로젝트의 또 다른 주요 목표는 프린팅용 모르타르와 콘크리트에 사용될 최적화된 시멘트와 결합재의 개발이다. 이러한 결합재는 건설산업에서 고품질의 신속하고 실현 가능하며 효율적인 적층생산 공정을 구현하는 데 필수적이다. 이를 통해 적층생산 공정을 가능케 하는 지속 가능하고 혁신적인 소재 개발의 중요한 부분에 기여할 것으로 예상된다.

**Case Study** 의료용 소재

**골모세포와 지지체를 결합한 대형 골결손 치료용 3차원 환자 맞춤형 골조직 개발(Development of 3D Patient-tailored Bone Tissue Engineered Products Combining Osteoblasts and Scaffold for the Repair of Massive Bone Defects)**

이 프로젝트의 목적은 골 결손 재건을 위해 환자 맞춤형 3D 생체 흡수성 미세다공성 생체 세라믹 지지체에 골모세포를 결합한 맞춤형 골조직 제품 개발의 타당성을 평가하는 것이다. 이 제품은 골 재건을 위해 향상된 솔루션을 제공할 것으로 기대되며, 지지체의 형태는 결손된 뼈 부위를 최대한 정확하게 대체할 수 있도록 설계됐다. 이를 위해 3D 재구성 알고리즘을 이용해 골 결손부의 CT-scan 영상을 분석하고, 정상 뼈의 형상에 기초해 뼈의 결손 부위를 정확하게 재구성함으로써 인쇄할 형상의 3D 비트맵을 만들었다. 세포들이 지지체의 물리화학 및 구조적 특성에 영향을 받기 때문에 골모세포와 다양한 생체 세라믹 지지체의 조합을 테스트했다. 또한 바이오 세라믹 함량뿐만 아니라 적층제조 공정을 사용, 다공성이 다른 3D 비결정형 지지체 조각을 인쇄해 세포 정착, 생존, 증식 및 군체 형성 관련 생체역학적 특성 변화를 연구했다. 이를 활용해 세포의 군집 형성과 특성 등에 대한 체외 실험을 진행했다. 이 연구로 환자 맞춤형 3D 골조직 제품 제조의 타당성을 검증하고 골 재건 및 생체 적합성 특성 데이터를 확보했으며, 골 결손 재건을 위한 세라믹 재료 및 적층제조 공정의 활용 가능성을 검증했다.



3주 차에 관찰된 광물화된 구형 부착물의 침착(왼쪽), 지지체 공극 내의 콜라겐 섬유 생성(오른쪽)

공모주제 Materials for Health Applications(Call 2013)  
 주관기관 Bone Therapeutics, Belgium  
 사업비(기간) €800,108(24개월)  
 세부정보 벨기에, 영국

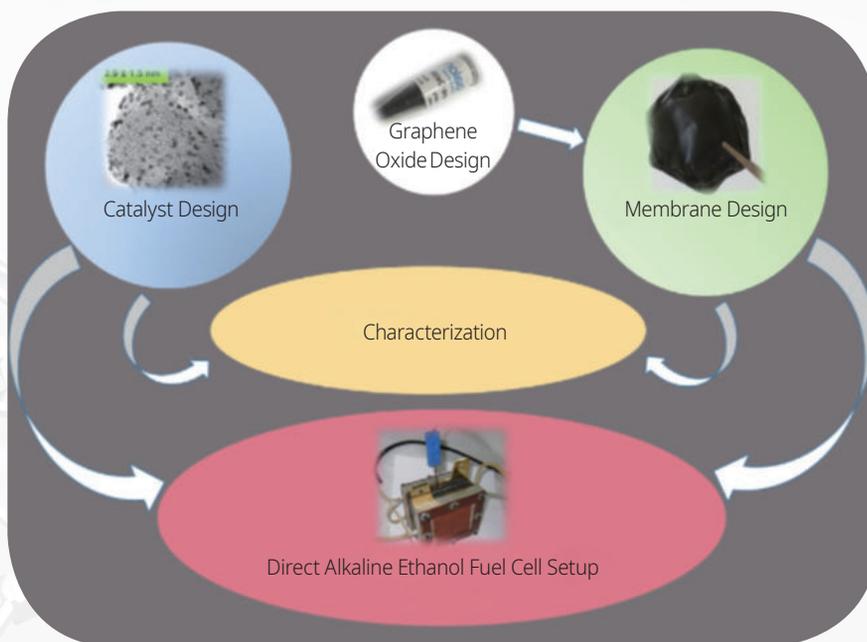
**Case Study** 다기능 소재

**직접 알칼리 에탄올 연료전지용 재생 가능한 나노구조 전극 및 멤브레인 소재 설계(Designing New Renewable Nano-structured Electrode and Membrane Materials for Direct Alkaline Ethanol Fuel Cell)**

연료전지는 연료에 저장된 화학에너지를 전기화학 반응을 통해 직접 전기에너지로 변환하므로 대체 및 지속 가능한 에너지로서 큰 잠재력을 지닌다. 이 프로젝트에서는 직접 알칼리 에탄올 연료전지(DAEFC)를 만들기 위한 소재의 설계 및 제조 관련 기술을 개발했다. 친환경적이고 지속 가능한 다당류와 무기물질을 활용한 백금(Pt)을 쓰지 않는 양극촉매, 나노복합 멤브레인 개발에 중점을 두었으며 다당류 기반 나노복합체 멤브레인의 활성 성분으로 그래핀을 활용했다. 연료전지의 상용화를 제한하는 현재의 기술적 장애물(비용, 성능, 내구성)을 해결하기 위해 이러한 장애물을 중심으로 연구계획을 수립했다.

기존 연료전지의 비용 절감은 고효성 에탄올 산화반응 촉매와 귀금속을 쓰지 않는 산소환원반응 촉매의 개발을 통해 달성했다. DAEFC의 성능 문제는 주로 상대적으로 낮은 전력 밀도에서 기인하는데 이는 효율성과 내구성이 강화된 이온교환 멤브레인의 설계를 통해 해결했다. 여기에는 바이오 기반의 다당류 중합체가 사용됐는데, 이는 새로 합성된 (N) 도핑 및 그래핀 산화물 나노필러에 대한 매트릭스 역할을 해 멤브레인 이온 전도도, 열 및 기계적 안정성을 향상시켰으며 교차 연계된 멤브레인을 통해 에탄올 크로스오버를 방지했다. 본 프로젝트를 통해 에탄올을 전력으로 직접 변환하는 DAEFC를 위한 안정적인 이고 효과적인 새로운 소재를 개발했고, 이는 미래 청정 에너지산업에 큰 기여를 할 것으로 예상된다.

공모주제 Multifunctional Materials(Call 2016)  
 주관기관 University of Maribor (UM), Slovenia  
 사업비(기간) €859,918(39개월)  
 세부정보 <http://nanoemem.fs.um.si>



직접 알칼리 에탄올 연료전지를 위한 촉매 및 나노 멤브레인 개발 개념도

### 참고자료

- [1] [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en)
- [2] [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies_en)
- [3] <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/leadership-enabling-and-industrial-technologies>
- [4] <https://www.m-era.net/>
- [5] <https://inim.ro/en/project/high-photoconductive-oxidefilms-functionalized-with-gesi-nanoparticles-forenvironmental-applications-photonanop>

# 소부장 기업현장 보고서

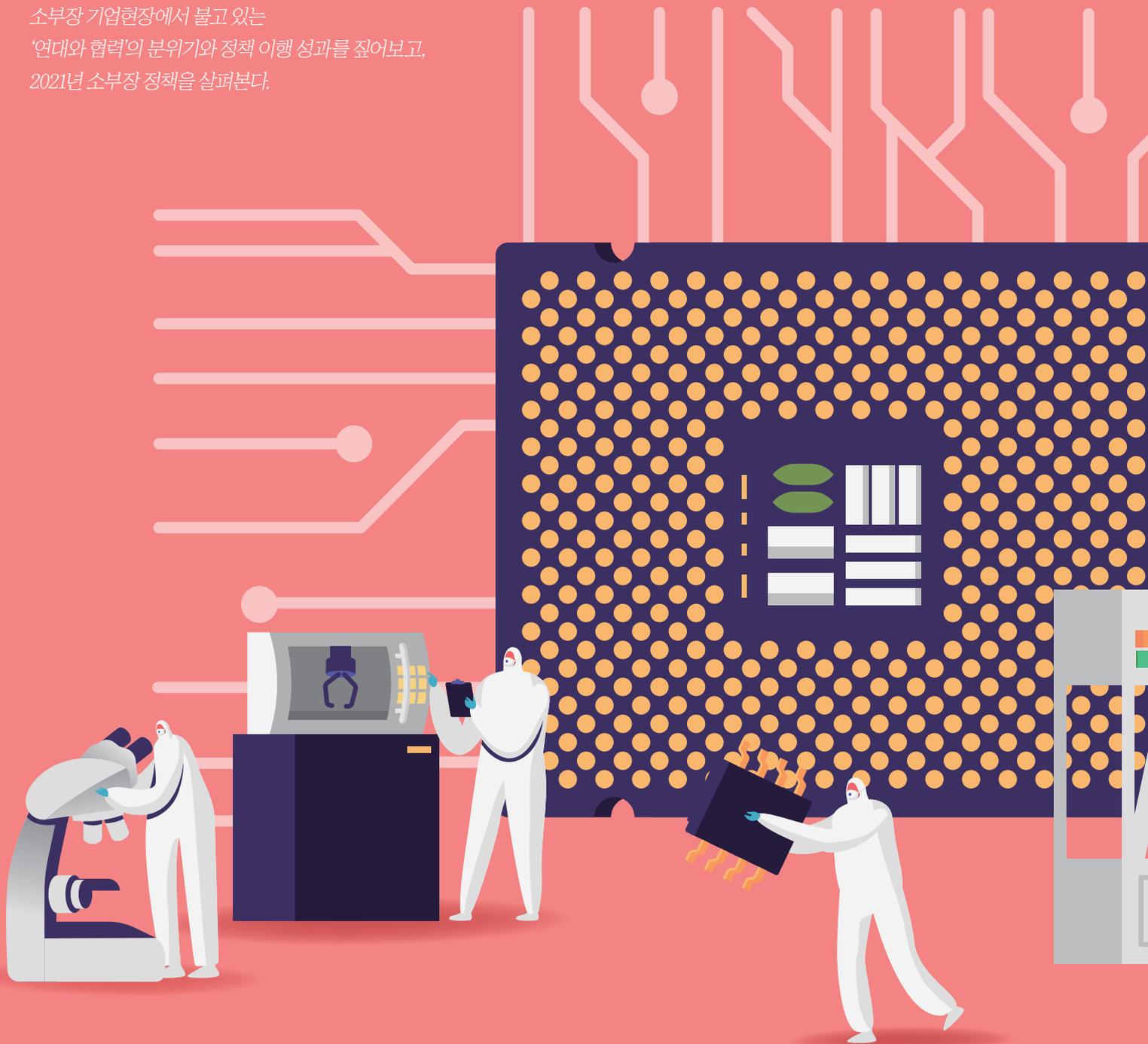
## “소부장 산업생태계, 변화의 바람이 불고 있다”

소부장 경쟁력 강화 대책 3년 차인 현재(2021년 1월 기준)

소부장 기업현장에서 불고 있는

‘연대와 협력’의 분위기와 정책 이행 성과를 짚어보고,

2021년 소부장 정책을 살펴본다.





## 소부장 경쟁력 강화 대책, 18개월 만에 매출 2000억 도출

정부는 2019년 7월 일본 수출규제를 기점으로, 1년 6개월간 긴밀한 민관 협력을 통해 공급망 안정화, GVC(Global Value Chain) 재편에 강력히 대응해왔다. 특히 일본 수출규제 대응 소부장 경쟁력 강화 대책(2019년 8월), 코로나19 등 GVC 재편 대응 '소부장2.0전략'(2020년 7월) 수립을 통해 정책적·제도적 기반을 마련했다.

이를 기반으로 소부장 분야 연구개발(R&D)사업이 18개월 만에 매출 2000억 원 이상의 성과를 낸 것으로 집계됐다. 산업통상자원부가 추경사업 중 3개 주요 R&D사업의 성과를 집계한 결과 매출 2151억 원, 투자 3826억 원, 고용 385명, 특허출원 271건이 발생한 것으로 나타났다.

사업명	매출 발생	투자	고용 창출	특허출원
소재부품 기술 개발	1433억 원	2976억 원	174명	112건
제조장비 실증 지원	466억 원	290억 원	147명	30건
반·디 성능 평가 지원	252억 원	560억 원	64명	129건
합계	2151억 원	3826억 원	385명	271건

정부는 2019년 7월 일본의 수출규제 발표 이후 이에 즉각 대응하고자 8월 소부장 경쟁력 강화 대책을 마련했고, 산업부는 자체 기술 확보가 시급한 분야에 추경자금을 긴급 투입해 9월부터 기술 개발 및 사업화 지원에 돌입했다. 이번 성과는 R&D 착수 18개월 만에 달성한 것이어서 의미가 큰 것으로 분석된다. 통상 R&D에 3년, 매출 발생까지는 그 이상의 시간이 걸리던 것에서 18개월 미만으로 대폭 단축한 것이다.

### 안정적으로 유지되는 소부장 핵심 품목의 공급망

우선, 수출규제 3대 품목과 관련해 정부의 신속한 기술 개발 지원, 기업의 대체 소재 투입 등 국내 생산을 빠르게 확충하고 수급여건을 안정적으로 유지하고 있다. 솔브레인은 12N급

(업계에 통용되는 액체(불산액)와 기체(불화수소가스) 순도기준이 각각 12N급, 5N급으로 다름) 고순도 불산액 생산시설을 2배 확대했으며, SK머티리얼즈는 불화수소가스의 5N급 고순도 제품 양산에 성공했다. EUV레지스트는 유럽산으로 수입처를 다변화했고, 미국 듀폰과 일본 TOK의 투자를 유치했으며, 국내 A사는 파일릿 설비 구축 및 시제품을 테스트 중이다. 불화폴리이미드는 코오롱인더스트리가 양산설비 구축 후 중국에 수출 중이며, SK는 자체 기술 확보 후 생산 투입 테스트를 진행하고 있다. 더불어 일부 수요기업은 휴대폰에 대체소재인 UTG(Ultra Thin Glass)를 채택한 바 있다.

다음으로 대일 100대 품목과 관련해 수입처를 유럽연합(EU), 미국 등으로 다변화하고 품목별로 평균적인 재고를 기존 수준 대비 2배 이상으로 확충했다. 또 효성의 탄소섬유 생산설비 증설(2020년 상반기), SKC의 블랙 마스크 공장 신설(2019년 하반기) 등 23개 기업이 국내에 새롭게 생산시설을 구축했다. SK실트론의 미국 듀폰 실리콘 웨이퍼 사업부 인수, KCC의 미국 실리콘 소재기업 MPM 인수 등 각각적인 방식의 안정성 제고 노력도 병행하고 있다. 이외에도 338+α개 품목과 관련해 수급대응지원센터(관계부처, 유관기관, 업종별 협회 등 총 21개 기관으로 구성)를 중심으로 7000여 개사 상시 수급 동향 모니터링을 통해 수급 애로 803건 해소 등 원스톱 지원을 제공하고 있다.

**수급대응지원센터를 통한 기업 애로사항 해소 사례**

**(H사)** 코로나19에 따른 직원용 마스크 수급 부족으로 중국에 와이어링하네스 공장을 보유한 H사의 와이어링하네스 현지 생산 및 국내 도입 차질  
→ 수급대응지원센터를 통해 국내에서 수출한 직원용 방역 마스크가 중국 세관에서 신속통관되도록 조치해 애로사항 조기 해소

**(A사)** 국내 불화수소 제조업체인 A사는 빠른 생산 확대를 위해 신속한 행정절차를 요청  
→ 수급대응지원센터를 통해 공장 증설 관련 인허가 신속처리 지원, 불화수소 제조·양산 R&D를 위한 특별연장근로 인가 등 다부처 애로사항 원스톱 해소

**연대와 협력이 강화되는 소부장 생태계**

일본 수출규제 직후 2019년 추경을 통해 지원된 25개 품목 중 23개 품목 시제품 개발, 434건의 특허출원 등 성과 도출이 본격화하고 있다. 2019년 추경부터 2020년까지 약 2조 원을 투입, 100대 품목에 대한 본격적인 기술 개발을 추진해 현재까지 총 85개 품목(85개 외 품목 중 일부 품목은 올해부터 R&D 순차 지원, 일부 품목은 다변화 등 타 정책 지원)에 대한 기술 개발이 진행되고 있다. 핵심 품목 R&D는 수요-공급기업이 함께 참여하고, 과제 특성에 따른 다양한 지원 방식을 도입해 시장 경쟁력 확보와 성공 가능성을 제고하고 있다.

올해부터 ArF포토리지스트를 비롯해 2019년 추경을 통해 기술 개발 중인 제품이 순차적으로 양산될 예정이며, 자동차 거리감지용 센서 소재, 이차전지 부품 등은 복수의 수요기업을 대상으로 납품 또는 양산 테스트 등을 이미 진행 중이다.

개발 제품	개발기업	수요기업	주요 성과	정부 지원
자동차 센서 소재	센서텍	국내 완성차 2개사	• 일본 무라타 등이 전 세계 공급의 60% 점유 → R&D 후 국내 완성차 업체가 테스트 중 → R&D 과정에서 나온 요소 기술로 20년형 7종 이상의 차량에서 일본 제품 대체 개시	2019.9~ 2021.12 80억 원
이차전지 바인더	지엘켄	국내 이차전지 2개사	• 일본 다이셀 등이 선두로, 대부분 수입 중 → 수요-공급기업 공동 R&D로 음극 바인더 대체를 위한 시제품 제작, 테스트 중	2019.9~ 2021.12 20억 원
이차전지 전해액 첨가제	천보	삼성SDI, SK이노베이션	• 일본 미쓰비시 등이 원천 기술 보유, 세계 시장 30% 점유 → 수요-공급기업 협력으로 원천 기술 확보 및 시제품 개발 완료, 성능평가 진행 중	2019.9~ 2021.12 20억 원
반도체 CVD 장비	유진테크	국내 메모리 반도체 1개사	• 일본 TEL 등이 전 세계 시장의 90% 점유 → 수요기업의 기술 로드맵을 기반으로 기술 확보 후 공동 기술 개발 중	2019.9~ 2021.12 67억 5000만 원

〈표 1〉 소재부품 기술 개발 성과 사례

또한 79개 수요-공급기업의 협력을 기반으로 연구소 등 다양한 주체가 참여하는 '협력모델' 22건에 대한 R&D·투자 등 지원이 진행되고 있다. 이차전지 부품, 반도체용 소재 등에 대해 2024년까지 2137억 원 규모의 R&D 및 전용 자금 지원 트랙을 통해 정책자금을 제공하는 한편, 그간 큰 기업 애로사항이었던 인력·환경 분야 등의 규제도 특례를 통해 제품 개발과 시장 공급 단계까지 범부처적으로 강력하게 지원하고 있다. 해당 기업

들은 기술 개발과 국내 생산시설 투자 등을 추진하고 있으며 섬유·이차전지 소재 등 생산공장 2개소를 신설(총 730억 원)하고 4개소는 진행 중이다.

더불어 2019년 추경부터 수요기업이 양산라인을 개방해 기술 개발 제품평가를 진행 중이며, 정부는 현재까지 262개 과제를 지원(750억 원)하고 있다. 양산 성능평가를 통해 113개 기업이 수요기업으로부터 성능 인증을 획득, 일부 기업이 196억 원 규모의 사업화에 성공하는 등 성과가 가시화하고 있다. 2020년까지 양산라인 개방에 참여한 수요기업은 25개 대기업을 포함해 총 74개사로 전년 대비 6배 이상 확대되는 등 꾸준히 증가하고 있다.

대상 품목	주요 성과
 <p>TDMAS 소재</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (공급기업) 한솔케미칼 - (수요기업) 삼성전자</li> <li>• (개요) 반도체 박막 형성을 위해 CVD·ALD 증착 공정에서 활용되는 TDMAS 소재는 그간 주로 수입에 의존해 왔으며(연 800억 원 추정), 수요기업을 통한 평가가 필수적이나 연계에 애로</li> <li>• (정부 지원) 한국반도체산업협회를 통해 한솔케미칼과 삼성전자를 연계, 삼성전자의 양산라인에서 6개월간 평가(정부 비용 지원 1억 원)</li> <li>• (성과) 평가 소요기간 50% 이상 단축(년 이상→6개월), 삼성전자로부터 성능 인증 획득(2020년 2월), 최종 사업화에 성공</li> </ul>

〈표 2〉 양산 성능평가 납품 성공 사례

이외에도 15개 공공연구원에 개발 제품의 실증평가가 가능한 테스트베드를 구축하고, 공공연·대학 인프라를 활용한 개발 제품의 성능 개선 등도 지원하고 있다. 2019년 추경부터 신

대상 품목	주요 성과
 <p>수소차용 냉각수 밸브 액추에이터</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (공급기업) 인지컨트롤스 - (수요기업) 현대자동차</li> <li>• (개요) 수소차용 냉각수 밸브 액추에이터의 신뢰성시험법이 부재해 수요기업의 제품수명 보증 요청 대응 불가</li> <li>• (정부 지원) 한국자동차연구원과의 협력을 통해 신뢰성시험법을 개발하고 제품의 신뢰성 검증 지원</li> <li>• (성과) 2020년 해당 품목으로는 최초로 100억 원 이상 매출 발생</li> </ul>
 <p>토목섬유 보강재</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (수혜기업) 대한콜크</li> <li>• (개요) 건축부자재로 쓰이는 토목섬유 보강재 제품 수출 과정에서 신뢰성이 확보되지 않아 애로</li> <li>• (정부 지원) FTI시험연구원을 통한 신뢰성 향상 지원 과제를 통해 개발 제품 균질성 확보, 대체 원자재 등 적용해 성능 개선</li> <li>• (성과) 신규 거래 창출 등으로 내수 시장 매출 50% 증가</li> </ul>

〈표 3〉 테스트베드 활용 및 신뢰성 향상 기업 사례

뢰성 향상 지원사업을 통해 재료연구원, TP 등 42개 기관을 통해 843개 기업이 상용화 컨설팅과 성능 개선을 진행(410억 원)하고 있다.

이뿐만 아니라 32개 공공연구원으로 구성된 융합혁신지원단, 12개 우수 대학으로 구성된 소부장 기술전략자문단을 통한 기술 애로 153건을 밀착 지원한 바 있다.

**대학 소부장 기술전략자문단, 융합혁신지원단 기업지원 사례**

(S사) 전기차 엔진에 사용하는 브래킷 가공 공정 기간 단축에 애로

- 대학 기술전략자문단 소속 정밀가공 분야 교수가 현장에 파견돼 설계 변경, 가공 공정 순서 변경 등을 통해 기술자문 등 지원, 정부는 비용 지원
- 기존 대비 공정시간 30% 단축, 생산량 125% 향상 기대

(K사) 광통신·광센서용 레이저 다이오드(VCSEL)의 신뢰성 평가기법 개발에 애로

- 융합혁신지원단 구성기관을 통해 고장 원인을 분석하고, 해외 수요기업이 요구하는 수준의 신뢰성시험법을 개발해 신규 수출거래선 발굴(2021년 9억 원 납품 계약)



### 글로벌 진출 준비하는 소부장산업

핵심 전략 기술에 특화, 글로벌 성장역량을 보유한 으뜸기업 22개사를 선정(2021년 1월)하고, 강소기업 100개, 스타트업 20개사를 선정(2020년 10~11월)한 바 있다. 으뜸기업 기술 확보를 위해 과제당 연 50억 원 규모의 전용 R&D 프로그램 신설, 공공연구원의 사업화 지원 강화 등을 통해 집중 지원할 예정이다. 강소기업을 대상으로도 R&D, 보증, 융자 등 강력한 지원을 추진(2020년 1689억 원)한다. 또한 소부장 기업에 집중 투자하는 8626억 원 규모의 펀드를 조성하고, 4건의 소부장 개발 프로젝트 등 총 3564억 원의 투자를 완료했다.

기업	프로젝트 규모 (정책펀드 지원)	사업내용 및 투자 강점
울곡	371억 원(150억 원)	항공기용 부품제조업, 2030년까지 1조5400억 원 기수주
에스엠랩	100억 원(50억 원)	이차전지 양극재 개발·생산 기술력 등 보유
나우시스템즈	125억5000만 원(69억 원)	금속검출장비 개발·생산을 통한 해외 진출 등 기대
비엠씨 등	2400억 원(250억 원)	전기차용 모터 하우징 글로벌 1위, 국내 1위 업체

〈표 4〉 소부장 프로젝트 펀드 지원 사례

더불어 현금 인센티브 확대, 유턴 보조금 확대 등 첨단산업 중심 맞춤형 지원을 통해 소부장 유턴 등 역대 최대 실적을 달성했다. 소부장 유턴은 2019년부터 증가해 2020년 18개로 최대를 기록했다. 대기업·중견기업 등까지 기업규모 확대, 초경량 차량 부품, 포토레지스트 원료 등 첨단 분야 유턴 증가 등 질적으로도 크게 개선됐다. 특히 2020년 외국인 직접투자는 38억1000만 달러로, 반도체·전기차 등 첨단산업 분야 투자가 지속 확대되는 추세다.

#### 주요 외국인 투자 사례

- (D사) 일본 수출규제 품목인 EUV용 포토레지스트 개발·생산(미국, 3000만 달러)
- (B사) 희귀금속 기반 반도체·디스플레이 특수소재 생산(홍콩, 1000만 달러)
- (I사) 반도체·디스플레이용 진공펌프, 가스처리장치 등 장비 생산(영국, 1억2000만 달러)
- (V사) 전자자동차 전용 배터리팩 생산공장 신축(독일, 6000만 달러)
- (Z사) 전기차 모터·배터리 등 주요 부품의 온도제어장치 개발·생산(일본, 3000만 달러)

### 흔들림 없는 소부장 정책 추진

정책 컨트롤타워로 '소부장 경쟁력강화위원회'를 본격 가동해 소부장 정책 수립, 협력모델 승인, 대책 이행 점검 등을 추진하고 있다. 특히 2001년 제정된 부품소재특별법의 대상·기능·범위·방식·체계 등을 20년 만에 전면 개정해 2020년 4월 1일 소재부품장비특별법을 시행한 바 있다. 더불어 안정적 재원 확보를 위해 소부장 특별회계를 신설(2020년 1월)하고 2019년(8327억 원) 대비 3배 이상 늘어난 규모(2021년 2조5000억 원)의 예산을 운용 중이다.

### 연대와 협력 생태계 구축에 앞장서는 변화의 움직임

우선 기술투자 확대와 관련해 공급망 핵심 품목, 빅3·탄소 중립 등 차세대 기술 개발을 위한 R&D에 2조2000억 원을 집중 투자한다. 2020~2022년 7조 원 이상 투자, 특히 바이오·시스템반도체·미래차 등 빅3에 2021년 2조4000억 원을 투자



하고, 소부장 핵심 전략 품목 IP R&D 의무화, 중소기업 특허 비용 및 법인세 감면 등을 지원한다. 다음으로 신소재 개발 플랫폼과 관련해 유망 상용소재 8대 핵심 프로젝트(저탄소·친환경, 성장 유망성 등 고려, 그린모빌리티용 경량소재, 이차전지 양극소재 등 선정) 중심 신소재 개발비용·시간 단축을 위해 데이터 활용 플랫폼을 구축한다. 공급망 고도화와 관련해 디지털 물류망 구축 개시 및 필수품목 공급망 효율화를 위한 뿌리기업 공동 물류체계(밀크런) 사업(광주금형특화단지(고려정밀 등 24개사) 대상 시범사업 → 업종·지역 점진 확대)에 착수(2021년 1월)한다.

또한 기업의 글로벌 성장역량 제고를 위해 으뜸기업에 체계적·맞춤형 지원 방안 마련 및 밀착 지원을 통해 미래 신산업 대응역량을 갖춘 차세대 기술 특화기업을 2024년까지 100개 육성한다. 강소기업에는 강소기업 전용 R&D 신설(2021년 125억 원) 및 기업 성장사다리 강화를 위한 강소기업 주도 벤처투자기금을 조성(2021년 20억 원)한다. 강소기업협회가 2021년 20억 원을 출자해 소부장 스타트업에 2024년까지 100억 원의 엔젤투자를 추진한다. 스타트업에 AI, 로봇 등 유망기업 20개사 추가 발굴·선정(2024년까지 100개)한다.



※이 콘텐츠는 산업통상자원부의 '소부장 기업현장 보고서'를 토대로 작성됐음을 밝힙니다.

더불어 글로벌 진출 기반 강화를 위해 글로벌 수요기업·연구기관 등과 국내 기업 간 공동 R&D, 인수합병(M&A) 연계형 R&D 트랙을 신설(2021년 172억 원)하고, 아세안 등 유망 신남방 시장과 독일·러시아·이스라엘 등 핵심 기술 보유국을 중심으로 협력기반을 다각화한다. 뿐만 아니라 소부장 전용펀드를 약 7000억 원 규모로 신규 조성한다. 이외에도 제조 소프트파워 강화를 위해 기술 개발 등의 기준이 되는 40개 소부장 표준물질 개발, 첨단소재 국제표준 제안·획득(9종) 지원을 추진하고 10대 주요 수출국 및 10대 유망품목을 선정해 기술규제 정보를 제공하는 10×10 기술규제 정보망을 운영(2021년 6월)한다.

## 미래 소부장 대응역량 확보 등 정책효과 가시화

수요-공급기업 협업 지평 확대를 위해 해외 수요기업이 참여하는 글로벌 협력모델을 신설해 이를 글로벌 차원으로 확장(2021년 국내 20개, 해외  $\alpha \rightarrow 20 + \alpha$ 개)한다. 기술 개발과 실증을 거친 우수 소부장 구매 확대를 위해 공공기관 우선구매와 수요예보제 도입 등 공공기관 역할을 강화한다. 또한 연대와 협력 생태계 인프라 강화를 위해 100대 핵심 전략 품목 개발에 대한 실증 테스트베드 구축 확대(2021년 1546억 원) 및 신뢰성 향상·양산평가 지원을 강화(2021년 620억 원)한다. 32개 공공연·융합혁신지원단 및 12개 대학 소부장 기술전략자문단을 통해 기술자문, 인력파견 등 기업 애로 맞춤형 지원(2021년 418억 원)을 시행한다.

더불어 밸류체인 완결형 클러스터 조성을 위해 소부장 특화 단지에 대한 맞춤형 지원 방안을 마련(차기 소부장경쟁력강화위원회, 2021년 상반기)하고 지원을 추진한다. 첨단투자지구 도입·지원의 법적 근거 완비 후 부처 합동 '(가칭)첨단투자지구 운영계획(안)' 마련(2021년 하반기) 및 후보 단지 발굴도 추진한다. 이외에도 투자유치 및 유턴 인센티브 확대를 위해 첨단 분야 시설투자 세액공제 적용요건 완화 등 세제 지원 대폭 강화 및 보조금 등 5년간 1조5000억 원의 재정 지원을 추진하고, 비용 절감형 및 시장 확보형 해외 진출 기업의 유턴 특화 지원을 확대한다.

# 차세대 디스플레이 기술 초격차 실현 '꿈이 아닌 현실이 된다'

순천향대학교

'플렉시블 QD-OLED 하이브리드용 소재부품장비 혁신랩 구축사업'

산업통상자원부는 지난해 9월 '소부장 혁신랩 출범식'을 갖고 지역 내 소재·부품·장비 전문기업의 기술 역량을 높이는 한편 소부장 고급 인재를 양성하고자 5개 권역별 소부장 특화 분야와 연계한 5개 거점대학을 '소부장 혁신랩(Innovation Laboratory)'으로 선정, 기술 이전에 필요한 연구개발과 기술자문, 대학 보유 장비 활용 등 지역에 특성화된 서비스를 지원하는 사업을 적극 추진하고 있다. 이에 따라 본지는 소부장 혁신랩으로 선정된 5개 권역별 거점대학을 시리즈로 소개하고 있으며, 마지막으로 디스플레이 분야 충청·강원권역 혁신랩 센터장을 맡고 있는 순천향대 디스플레이소재공학과 문대규 교수를 만났다.

## 충청·강원권 차세대 디스플레이 기술혁신 메카 견인

순천향대의 '플렉시블 QD-OLED 하이브리드용 소재부품장비 혁신랩'은 2020년 6월 산업통상자원부 소부장 혁신랩 기술개발사업에 선정되면서 설립된 후 2022년까지 충청·강원권을 중심으로 플렉시블 QD-OLED(양자점-유기발광다이오드) 핵심 소재·부품·장비 연구개발과 인프라 구축을 주도하고 있다.

현재 혁신랩은 문대규 교수가 총괄책임을 맡고 있으며, 기업에서 개발 및 사업화 경험이 풍부한 김창교·이호년(이상 전자정보공학과), 권계시(기계공학과), 임종민(나노화학공학과) 교수 등 총 5명으로 구성돼 있다. 이들은 OLED 소재·소자·공정, QD 및 주변 소재, 플렉시블 디스플레이, 잉크젯 부품·공정·제어 개발 및 사업화 경험이 풍부한 전문 연구진이다. 또한 디스플레이 분야의 기술 지원, 기술 교육 등의 지원사업을 10년 이상 운영해 온 전담 인력이 혁신랩의 운영에 참여하고 있어 기술 개발 성과물의 사업화와 인프라 구축을 원활히 진행할 수 있도록 하고 있다.

문 교수는 "혁신랩은 디스플레이 분야의 인프라를 구축 및 확장해 지역과 국가의 디스플레이산업 경쟁력 향상을 목표로 하고 있다"며 "국내 디스플레이산업은 패널 시장을 중심으로 세계 시장 점유율 1위의 국가 주력산업으로 성장했다. 그러나 안심할 수 있는 상황은 아니다. 중국은 정부의 적극적인 지원을 바탕으로 LCD 시장점유율 1위로 부상한 이후 OLED 시장에서도 다양한 지원

및 육성 정책을 시행하고 있고, 일본은 디스플레이 핵심 소재 및 장비를 무기로 삼아 우리를 견제하고 있다. 그러므로 중국과의 초격차 유지에는 물론 일본의 견제를 극복하기 위해선 차세대 디스플레이산업으로 선제적 전환을 해야 하며 이와 관련된 소부장 산업기술 인프라 확보가 필요한 상황"이라고 말했다.

이어 문 교수는 "디스플레이 기술은 추격이 어렵고 생산 기술 장벽이 높은 OLED, QD를 중심으로 진화하고 있다. 따라서 QD-OLED 부품 및 소재·장비를 통해 시장을 선도함과 동시에 국산화율을 높임으로써 경쟁국과 격차를 벌리고 디스플레이산업 세계 1위 국가의 지위를 유지할 수 있다"면서 "충청·강원권은 지난 10년간 국내 디스플레이 생산의 50% 이상을 담당하고 있는 곳이다. 특히 덕산네오룩스, 이리도스, SFA 등 소부장 업체가 밀집돼 있는 세계 최대의 디스플레이산업 클러스터 지역으로 삼성디스플레이의 대규모 QD-OLED 투자가 진행되고 있다. 충청·강원권은 지금까지 주로 LCD 및 소형 OLED를 위주로 산업이 성장했으나 지속적인 지역 혁신을 위해선 QD-OLED를 중심으로 한 소부장 산업기술 확보가 필요한 시점"이라고 강조했다.

## 디스플레이 기술 초격차 실현의 핵심 QD-OLED 기술 개발

문 교수는 총괄 과제인 '플렉시블 QD-OLED 하이브리드용 소재부품장비 혁신랩 구축사업'과 관련해 "QD-OLED는 청색 OLED에서 방출된 청색 빛을 QD를 통해 적색과 녹색으로 변환시키는 원리를 이용한다. QD-OLED는 시야각, 응답속도 등 특성이 우수한 OLED와 색순도가 탁월한 QD를 결합한 차세대 디스플레이로, 색 재현성이 훌륭한 프리미엄 디스플레이다. 혁신랩은 LCD에서 OLED, QD-OLED로 진화하는 디스플레이 기술 및 사업화 인프라를 선제적으로 구축하고 지역 기반 소부장 공급체계를 확대해 글로벌 1위의 산업 클러스터를 유지할 수 있도록 지역 혁신 기반을 강화하고자 한다"며 "QD-OLED 사업화를 위해선 청색 OLED 소재 및 소자, QD 소재 및 잉크 소재, 잉크젯 프린팅 장비 및 부품, QD 화소를 분리시키는 बैं크 등에 대한 기술 확보가 절실하다. 또한 QD-OLED 저변을 확대하고 기술 개발을 효과적으로 지원하기 위해 플랫폼 구축, 장비 활용 지원, 기술 지원, 전문인력 양성 등이 필요하다. 따라서 혁신랩은 QD-OLED 소부장 기술 개발을 지원하고 기업 지원 인프라 구축을 통해 충청·강원권 플렉시블 QD-OLED 디스플레이 기술 혁신을 목표로 하고 있다"고 밝혔다.

또한 그는 "QD-OLED 기술 개발은 크게 두 부분으로 구성돼 있다. 첫 번째는 청색 OLED를 위한 발광 소재 및 QD 잉크 소재 개발이다. 청색 OLED는 현재 적색과 녹색에 비해 효율이 낮다. 따라서 고효율의 청색 소재를 개발하고 이를 이용해 효율을 최대한 높일 수 있는 소자를 개발하고 있다. QD 소재는 발광 소재와 잉크화 소재로 구분되는데, 효율이 높은 친환경 발광 소재를 개발하고 이를 잉크젯 프린팅에 적합하도록 잉크화하는 소재 기술을 개발하고 있다. 두 번째는 잉크젯 프린팅을 위한 소재 및 장비 부품 개발이다. QD 소재는 잉크의 형태로 제조되므로 균일한





잉크젯 프린팅을 위한 헤드를 개발 중이며, 잉크젯 프린팅 시 QD 화소를 분리시키는 격벽 소재와 이를 이용한 공정 개발도 진행하고 있다. 또한 QD 소재를 통해 적색과 녹색으로 색변환 시 청색광이 누설되지 않도록 QD-OLED에 필수적인 핵심 기술을 모두 개발, QD-OLED 사업화에 정진하고 있다”고 설명했다.

특히 문 교수는 “QD-OLED 사업화를 위한 인프라 구축은 플랫폼 구축, 장비활용 지원, 시제품 제작 지원, 기술 지원, 전문인력 양성 등으로 구성돼 있다. 그리고 혁신랩을 효과적으로 운영하기 위해 충청남도 와 수요기업을 비롯한 산학연관 전문가로 위원회를 구성, 기술개발과 인프라 지원 방향, 지원 협력 방안 등을 협의하고 있으며 혁신랩 블로그를 운영함으로써 각종 지원 방향 등을 기업과 공유하고 있다”고 강조했다. 또 “플랫폼 구축을 위해 소부장 협력그룹, OLED 기술그룹, QD·LED 개발그룹, 장비기업그룹, 디스플레이 소부장 협의회로 구성된 5개의 워킹그룹을 조직, QD-OLED 기술지원을 세분화하고 있으며 기술 지원을 홍보하고 기술지원기업을 선정해 지원 성과를 관리하는 체계를 확립했다. 또한 QD-OLED의 저변을 확대하고자 온·오프라인 교육을 수행, 교육 만족도가 상당히 높으며 혁신랩이 보유한 OLED, QD, 잉크젯 기술을 활용해 혁신랩 참여 기업에서 개발된 기술이 사업화로 연결될 수 있도록 노력하고 있다”고 말했다.

### 지역권역과 국가의 디스플레이산업 경쟁력 향상 목표

한편 혁신랩의 주요 핵심 자원인 디스플레이신소재공학과 디스플레이소재소자연구실과 관련해 문 교수는 “디스플레이 소재소자연구실은 지난 15년간 청색 OLED 소재소자, 용액공정 OLED, 백색 OLED에 관한 연구를 수행했으며 최근에는 전하수송 나노소재, 용액공정 OLED 전극소재, 자발광 QLED 소자, QD 색변환 소재 및 시뮬레이션에 관한 연구를 진행하고 있다. 현재까지 약 200편의 국내외 논문 발표와 30여 건의 국내외 특허 등록을 비롯해 다양한 산학 프로젝트를 통한 연구결과를 기업에서 활용할 수 있도록 하고 있으며, 기업의 기술 개발 지원 및 소재 평가를 돕고 있다”면서 “특히 연구실에서 보유한 백색 OLED 기술과 OLED 소자 및 시뮬레이션 기술은 기업 이전으로 사업화 기반을 넓혔으며, 나노소재 합성 기술을 이용해 관련 연구자가 벤처 창업을 할 수 있도록 지원했다”고 말했다.

앞으로의 계획 및 목표에 대해 문 교수는 “현재 수행하고 있는 혁신랩을 체계화해 충청·강원권을 차세대 디스플레이 기술 혁신의 메카로 성장시키는 것이 궁극적인 목표다. 그리고 혁신랩 참여 기업이 QD-OLED 소부장 개발을 통해 사업화에 이를 수 있도록 지원함과 동시에 QD-OLED에서 자발광 QLED, 마이크로 LED, 신축형 디스플레이 등 차세대 디스플레이 소부장 핵심 기술을 확보해 지속적인 기술 혁신이 이루어질 수 있도록 준비할 예정”이라고 밝혔다.

이와 함께 그는 “OLED 워킹그룹, QD·LED 워킹그룹 등 5개의 워킹그룹을 더욱 조직화해 최적의 기업 통합지원 시스템을 구축하고자 한다. 또한 차세대 디스플레이 소부장 개발 및 평가 장비를 보완해 연구개발과 기업 지원을 위한 기반을 강화하고, 재직자와 학생을 위한 기술교육 또한 더욱 세분화할 예정”이라며 “혁신랩 기술개발과 기업자원을 통해 QD-OLED 초격차를 실현하고 소부장 국산화와 디스플레이 산업구조 개선에 기여함으로써 지역의 차세대 디스플레이 산업발전에 이바지하고자 한다”고 강조했다.

## R&D INTERVIEW

문대규 순천향대 디스플레이소재공학과 교수

## 공학은 연구 결과를 응용할 수 있을 때 의미가 있다

- 혁신랩 통해 소부장 기업들의 생존 및 발전 전략 신속 대응 가능
- 기업과 대학의 기술 개발 및 연구방향 정합이 응용 가능성 높여



### Q 국내 소부장 기업의 발전을 위한 전략과 대책 등이 있다면 무엇인가?

A 디스플레이산업은 급변하고 있다. 2010년까지는 LCD가 주력이었으나 지금은 OLED가 주력산업이 됐고, QD-OLED를 비롯한 마이크로 LED, 나노 LED, QLED 등 다양한 디스플레이 기술이 속속 등장하고 있다. 소부장 기업은 디스플레이산업의 흐름에 맞춰야 생존하고 발전할 수 있다. 그 일례로 LCD산업이 호황이었을 때 국내에 많은 백라이트 부품업체가 있었으나 지금은 모두 사라졌다. 혁신랩이 있어야 하는 이유다.

혁신랩의 중요한 역할 중 하나는 급변하는 디스플레이 기술의 흐름에 맞추어 소부장 업체가 신속하게 업종을 전환할 수 있도록 도와주는 것이다. 신기술을 파악 및 분석하고 선행 연구해 기업에 필요한 실무와 이론 교육을 진행하는 한편 신사업을 위한 기술을 제공함으로써 기업이 기술 흐름을 익히고 방향을 전환할 수 있도록 돕는다. 이에 따라 순천향대 혁신랩은 QD 기술, 잉크젯 기술, OLED 기술 등 차세대 기술을 충청·강원권에 집중적으로 보급해 기업의 방향 전환을 도와주고 있다.

혁신랩의 또 다른 역할은 기술 인력을 공급하는 것이다. 산업의 흐름에 잘 적응하기 위해선 적절한 기술 인력이 필요하다. 기술 인력은 신기술을 습득한 학외 전문가와 학내 인력이 있는데, 혁신랩은 학외 전문가를 위한 인력 풀을 구성하고 필요한 기업에 공급하며 학부 및 대학원생을 교육해 기업 지원에 나서는 역할을 한다. 순천향대의 디스플레이연구그룹은 디스플레이 소부장 인력 양성, BK21 디스플레이 사업단을 통해 대학원생을 위한 디스플레이 교육과정을 준비하고 전문인력을 양성해 기업에 공급하고 있으며, 학외 디스플레이 전문가 풀을 구성해 기업이 필요로 하는 기술을 제공하고 있다.

이와 함께 소부장 기업이 지속적으로 신기술을 습득해 발전하기 위해서는 기업 자체적으로 기반 기술을 보유하고 이를 바탕으로 지속적인 연구개발이 진행돼야 한다. 머크는 수십 년간 이루어 놓은 액정소재 기술을 기반으로 액정 분야 시장점유율 1위 기업이 됐으며, 액정 기술을 바탕으로 OLED, QD 소재 분야에서도 두각을 나타내고 있다. 마찬가지로 국내 소부장 기업 또한 장기적으로 기술을 보유할 수 있도록 지원하며 혁신랩을 통해 기반 기술 개발이 효과적으로 이루어지도록 해야 한다.

### Q R&D 철학 및 전략이 있다면 무엇인가?

A 플렉시블 QD-OLED 하이브리드용 소재부품장비 혁신랩은 공학 기술에 바탕을 두고 있다. 대학에서 연구하고 교육하는 공학은 응용을 전제로 하고 있으며, 공학은 연구 결과를 응용할 수 있을 때 그 의미가 있다. 다만 응용 시기가 기업과 다르다고 생각한다.

기업은 가까운 미래에 제품화할 수 있도록 또는 기존 제품의 성능과 가격을 낮추기 위해 연구개발을 진행하지만 대학에서는 특히 공학을 연구하는 연구자는 기업보다 조금 더 먼 미래에 제품화될 수 있는 것을 대상으로 성능과 가격을 낮추기 위해 필요한 요소와 현상에 대한 원인을 분석해 체계화해야 한다고 생각한다.

또한 대학에서 연구한 연구 결과는 궁극적으로 기업이 활용할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 기업과의 교류가 중요하다. 기업의 중장기 기술 개발 방향과 대학의 연구 방향이 서로 매치될 때 연구 결과의 응용 가능성은 높아지기 때문이다. 그리고 이를 위해 체계화된 연구 결과는 논문, 학회 발표, 보고서, 도서 출간, 특허 등의 형태로 문서화돼 공유할 수 있도록 하며, 학생들에게 연구 과정에서 습득한 다양한 시행착오와 노하우, 체계화 과정 등을 전수함으로써 기업으로 향하는 학생은 연구 결과를 충분히 활용할 수 있도록 하고, 연구를 계속 하려는 학생은 후속 연구를 지속하도록 해야 한다.

제1회 디스플레이 소부장 네트워크 포럼

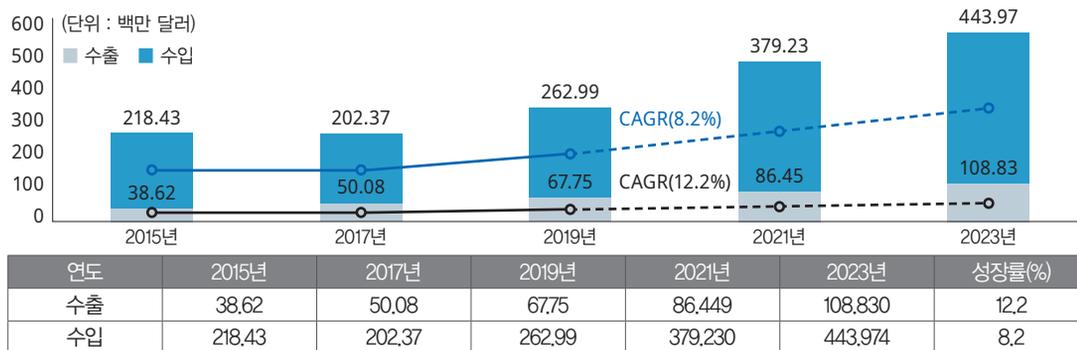


# 생체의료용 고기능성 티타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발

의료용 티타늄(Ti)은 임플란트, 인공신체 등에서 가장 많이 사용되는 금속소재로 매년 8.2% 급성장 중이며, 현재 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. Ti는 초기 투자비, 기술 확보·검증 등 진입장벽이 높은 분야로 미국 일본 등의 글로벌 업체가 선점하고 있다. Ti Scrap 활용 플라즈마 아크 용해 해외 선진 기술 도입 및 공공연·대학 기술협력을 통해 소재를 개발하고, 바이오 업체 및 대형 병원에서 소재 및 제품 안정성 평가 등의 협력이 필요하다.

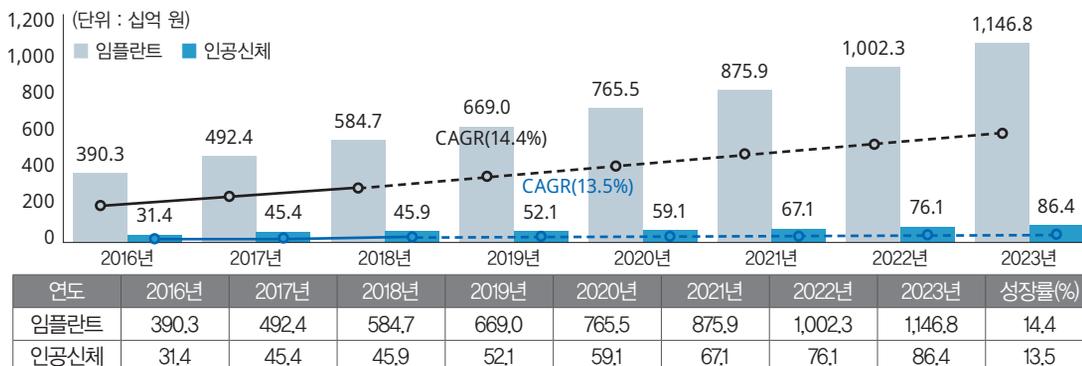
## 시장 규모 및 전망

국내 Ti 중간재(봉재, 판재 등)의 경우 2019년 수출 규모는 약 6800만 달러(약 760억 원)이며, 수입 규모는 약 2억 6300만 달러(약 2950억 원)로 무역수지 적자는 약 2200억 원에 이른다.



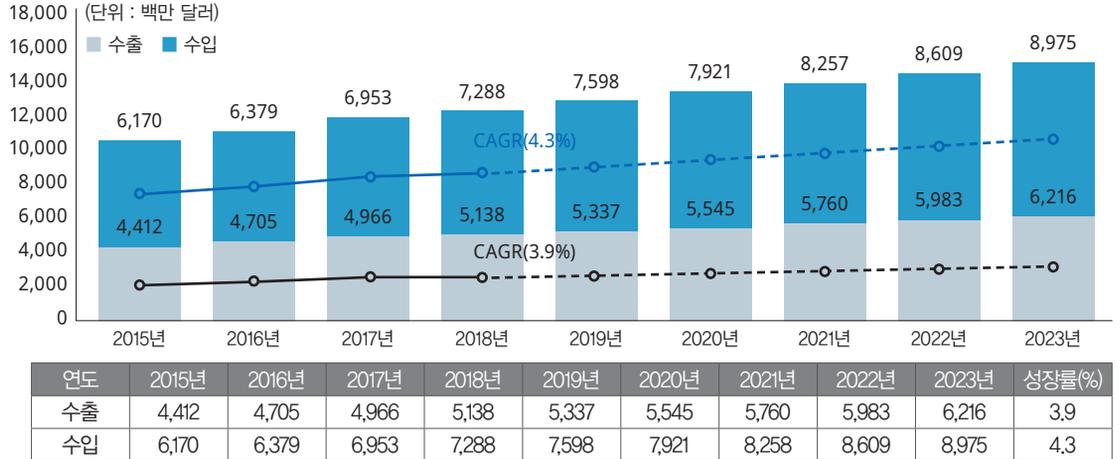
〈표 1〉 국내 Ti 중간재 수출입 현황 및 전망 출처: 한국무역협회, 한국무역통계자료(2015~2019)

이 중 의료재로 활용되는 Ti 중간재는 전량 수입에 의존하고 있으며, 국내 기업의 외국 생산량까지 포함할 경우 2019년 의료용 Ti 중간재 시장 규모는 약 750억 원에 달한다. 한편, 생체 의료제품인 임플란트와 인공신체의 2018년 생산액은 6306억 원으로 연평균 15.6%의 높은 증가율을 나타내고 있으며, 이는 국내 점유율이 96.7%에 육박하는 치과용 임플란트 및 브래킷의 수요에 기인한 결과로 판단된다.



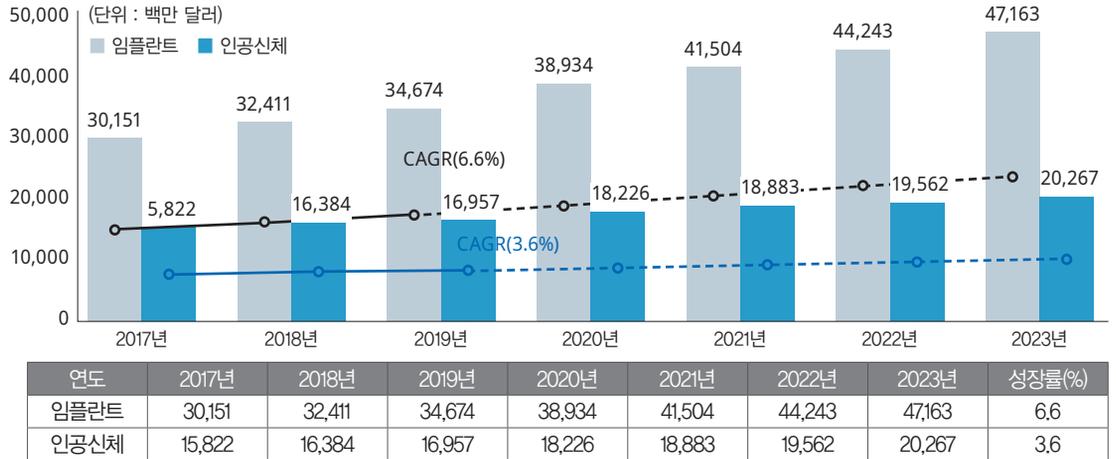
〈표 2〉 국내 Ti 기반 의료산업의 시장 규모 및 전망 출처: 통계청, 광업·제조업조사보고서(한국산업표준분류 8단위)

국내 시장에 이어 세계 시장의 규모 및 전망을 살펴보면 다음과 같다. 2018년 세계 Ti 중간재 수출 규모는 약 51억 달러(약 6조1000억 원)이며, 수입은 약 73억 달러(약 8조8000억 원)에 달하는 등 연평균 성장률은 4.3% 수준이다.



〈표 3〉 세계 Ti 중간재 수출입 현황 및 전망 출처 : UNdata Trade of goods, US\$, Other base metals, cermets, articles thereof

2019년 기준 전 세계 의료용 임플란트 시장은 약 346억 달러(약 42조 원)이며 인공신체 시장은 170억 달러(약 20조 원)로 나타났다. 또 치과 및 정형외과용 임플란트 시장은 약 155억 달러(약 19조 원)에 달하는데, 노인 인구 증가에 따라 꾸준히 성장하고 있는 추세다(CAGR 6.6%).



〈표 4〉 세계 Ti 소재 기반 의료기기 시장 규모 및 전망 출처 : Medical Implants Market Analysis From 2019 To 2023

국내 Ti 기반의 의료재 무역 수지 현황을 살펴보면, 생체의료용 임플란트의 경우 무역 수지 흑자 폭이 우수하나 기술력 대비 세계시장 점유율은 10% 이하로 미미하다. 이는 고기능 Ti 합금 중간재(봉재, 판재 등)를 전량 해외 수입에 의존하는 국내 산업구조에 기인한 결과라 볼 수 있다. 고기능 Ti 소재의 적용 분야 중 의료 기반 소비재는 전체 활용산업 중 약 9%로 사용량이 크지 않으나 플랜트, 항공·국방 분야 등 여타 응용 분야에 비해 3~10배 이상으로 부가가치를 높게 형성할 수 있어 초기 설비 투자와 기술력 향상 및 의료용 소재부품 신뢰성 검증 등을 위한 상용화 연구와 공동기반 구축에 정부 차원의 지원이 절실한 상황이다.

### 핵심 기술 및 주요 연구 내용

‘생체의료용 고기능성 Ti 합금 소재 및 응용제품 개발’의 핵심 기술 및 주요 연구 내용은 크게 3가지로 분류할 수 있다.

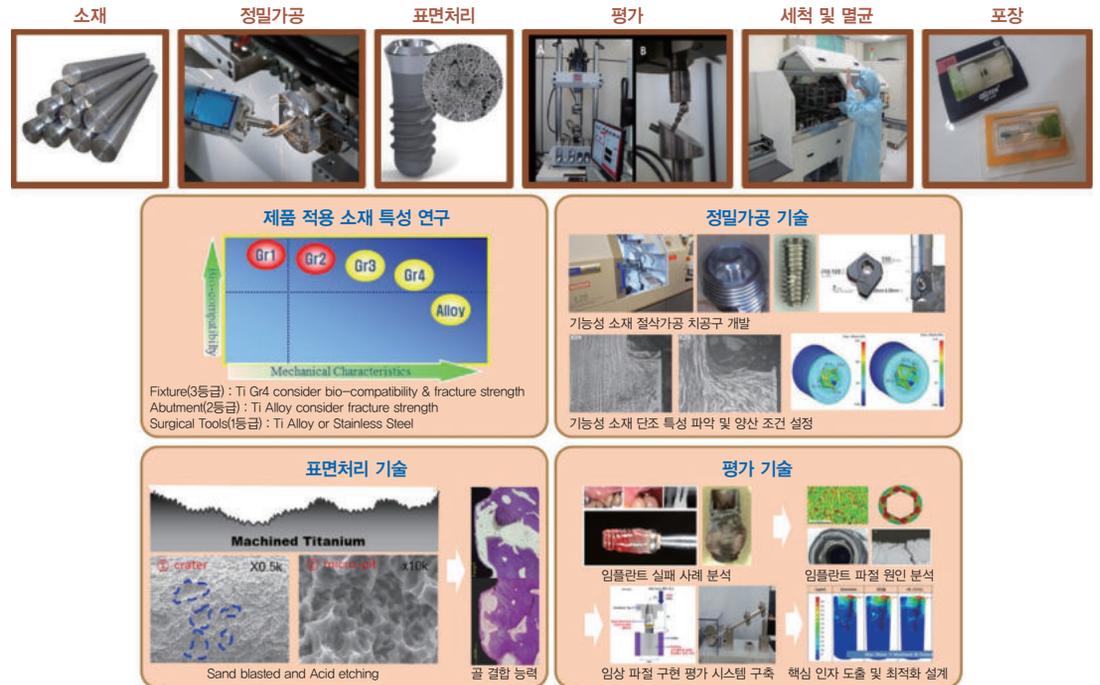
첫째, Ti Scrap 활용 플라즈마 아크 용해 및 단조재 제조용 Ti 합금 봉재 제조 기술이다. 이와 관련해 Ti 및 합금원소 Scrap 전처리 기술 및 용해용 Clean Ti Scrap Feedstock 생산 기술을 확립하고 Retech(미), ALD(독), Inductotherm(미) 등 해외 선진 용해설비 제작사로부터 설비와 관련 기술 도입 및 설비 최적화를 수행한다. 더불어 Ti Scrap 활용 플라즈마 아크 용해(PACHM, Plasma Arc Cold Hearth Melting) 양산형 기술 및 1t 이상급 고정형 Ti 소재 잉곳 제조기술을 개발한다.

둘째, 고기능 Ti 합금 압연재 및 선재 제조 기술이다. 파일럿 플랜트급 열간 압연공정 설비를 활용, 고기능 Ti 합금 120kg/charge 이상 와이어로드(Wire Rod) 및 폭 250mm 이상 열연 판재(Hot Rolled Sheet) 제조 기술 최적화를 수행한다. 더불어 의료 단조재 제조용  $\phi 60/\phi 80(\text{mm})$  고기능 Ti 합금 봉재 제조를 위한 최적의 소성가공 공정 선정 및 상용화 기술을 개발한다. 이외에도 조직제어 가공 열처리공정 활용 의료용 초고강도 Ti(Gr.4), Ti-6Al-4V ELI 진원도  $50\mu\text{m}$  이하 초정밀 선재 개발(수율 90% 이상, 생산량 20kg/charge 이상)을 추진한다.



〈그림 1〉 고기능 Ti 합금 플라즈마 아크 용해 및 압연재 제조 공정

셋째, 국산 Ti 합금 적용 치과·정형외과용 임플란트 개발 및 시험검증 평가다. 이와 관련, 국산 Ti 합금 선재를 적용한 치과·정형외과용 임플란트 제조기술, 고정밀 단조기술 적용 정형외과용 임플란트 단조·성형재, 임플란트의 골 세포 용착능 향상을 위한 친수성 표면처리 기술을 개발한다. 더불어 치과용 임플란트 임상 세로파절 구현 피로시험 장비·지그 및 개발 Ti 소재 특성에 최적화된 치과용 임플란트 시스템 개발을 추진한다. 이외에도 국산 Ti 합금 적용 치과 및 정형외과용 임플란트에 대한 기계적·물리적·생물학적 안정성 평가 및 검증을 수행한다.



〈그림 2〉 의료용 임플란트 제조 핵심 기술

## 기대 및 파급효과

‘생체의료용 고기능성 Ti 합금 소재 및 응용제품 개발’로 국내 독자적인 고기능 Ti 소재 제조 생태계 구축을 통한 소재자립화 효과가 기대된다. 의료용 Ti 소재 및 소소재의 국산화를 토대로 세계시장 점유율 확대와 국내 강소기업이 글로벌기업으로 성장할 수 있는 기반을 마련하고, Ti 합금의 가격 경쟁력 확보와 함께 의료용 소재 국산화 시 고신뢰 등급 인증으로 일반 소비재는 물론 항공, 국방 소재 부품 등 Ti 시장에서의 사업화 영역 확대가 예상된다.

다음으로 고기능 Ti 합금 소재 및 제품 국산화에 따른 관련 산업 공급망을 개선할 수 있다. 생체의료용 Ti 합금 소재의 국산화로 소재 비축량 및 기간 단축과 함께 소재 불량에 대한 사후 서비스 개선을 통해 공급 차질을 최소화할 수 있고, 국내 고기능 Ti 합금 소재의 자원 순환 생태계가 조성되면서 Ti 소재 공급사 및 관련 수요기업의 글로벌 경쟁력을 향상시킬 수 있다.

또한 고기능 Ti 합금 소재자립화에 따른 경제적 효과도 기대할 수 있다. 국내 Ti 중간재 수입액은 2019년 기준 약 3000억 원 규모이며, 이 중 의료를 포함한 소비재 Ti 합금 중간재의 국산화로 920억 원 이상의 수입대체 효과를 기대할 수 있다. 또한 국산 Ti 합금 중간재를 활용해 의료산업으로 제품화할 경우 약 1조2000억 원 규모 시장에 소재 국산화 대체 효과의 활성화도 기대된다.<sup>1)</sup>

특히 의료, 소비재, 기계부품, 항공, 국방 등 다양한 산업 분야의 수요시장 확대에 따른 고용창출 효과를 기대할 수 있다. 국내 인구의 급속한 고령화로 인한 임플란트 산업의 지속적인 발전으로 대학 등의 치기공과, 치위생과 분야 고용 창출이 예상된다. 더불어 전량 수입에 의존하고 있는 의료용 Ti 합금 단조소재의 국산화는 해외 OEM 생산이 가능해 안 정적인 수요시장 확대가 기대되는 등 고기능 Ti 소재 부품 국산화에 따른 의료, 소비재, 기계부품, 항공, 국방 등 다양한 산업 분야의 시장 활성화 및 고용창출 효과를 극대화할 수 있을 것으로 전망된다.

<sup>1)</sup> The Titanium Age: Markets, opportunities and New Technologies(2019) / “의료기기 생산 및 수출입실적 통계자료”, 한국보건산업진흥원(2020)

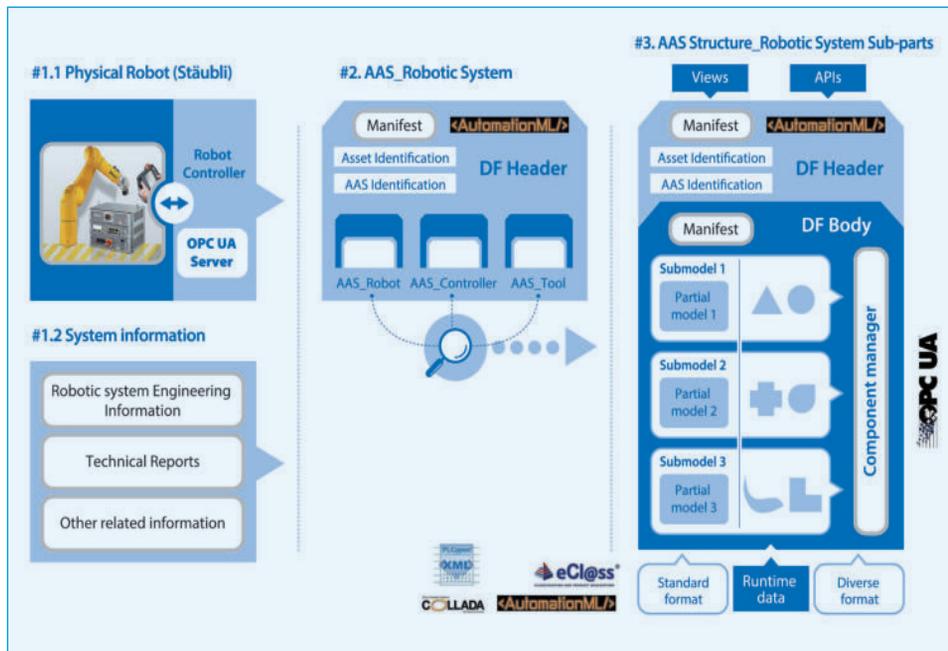
# 한국전자기술연구원이 수행하고 있는 R&D 프로젝트 전자 디바이스 모듈화 장비 가상화를 위한 CPS 연동 및 검증 기술 개발

공장의 물리적인 장비를 가상의 디지털 정보로 표현하면 표준 기반의 장비 연동 및 데이터 수집이 가능하고, 가상공간에 구성된 장비를 통한 시뮬레이션을 제공할 수 있다.

## 일관된 데이터 교환 및 통신 방식 제공하다

제조 공장은 다양한 기능을 수행하는 여러 제조사의 장비로 구축된다. 하지만 기능별·장비별·제조사별로 데이터 구조, 포맷, 통신 방식 등이 서로 달라 데이터 연동을 위해 많은 비용과 시간이 소요되고 있다. 장비에서 발생하는 데이터를 기반으로 하는 플랫폼의 경우 구축된 공정마다 상이한 통신 방식 및 데이터 규격으로 인해 추가 개발 및 검증이 필요하고 관리 포인트가 증가하는 어려움이 있다.

더불어 최근 4차 산업혁명의 등장과 함께 스마트 공장의 모든 구성요소(시설, 장비, 플랫폼, 부품, 제품 등)를 자산으로 인식하고 이를 연결하려는 연구와 국제표준기구를 통한 규격화가 제조 강국인 독일을 중심으로 진행되고 있다. 그중 자산관리셸(Asset Administration Shell)은 자산의 정보 및 동작에 대한 표준화된 디지털 표현으로서 일관된 데이터 교환 및 통신 방식을 제공하는 데 목적이 있다. 하지만 자산관리셸의 현장 적용은 다양한 규격의 사용 및 부족한 개발 환경으로 인해 진입장벽이 높은 실정이다.





## 오픈 플랫폼을 통한 가치 공유 한국전자기술연구원 스마트제조연구센터

한국전자기술연구원 스마트제조연구센터는 제조현장의 스마트화·지능화를 목표로 다양한 관련 기술과 표준(IoT, AAS, 5G, TSN 등)을 연구개발하는 기업 중심 연구소다. 특히 중소·중견기업에 맞춤형 기술 개발 및 도입 성공 사례 확장을 위해 2016년부터 데모 공장을 운영 중이며, 이를 통해 다양한 현장 지원을 수행하고 있다.

스마트 공장 구축의 궁극적인 목표 중 하나는 데이터를 기반으로 효율적인 의사결정을 내리는 것이다. 스마트제조연구센터는 스마트 공장 고도화를 위해 자산관리셀과 같은 주요 규격을 중소·중견기업이 사용하기 쉽게 만드는 것을 1차 목표로 하고 있다. 복잡하고 어려운 방식으로는 지속적인 스마트화가 힘들기 때문이다. 이를 위해 자동화 분석을 위한 전용 도구 개발, AI-지원 노하우 및 전문인력 양성 등의 다양한 사업을 진행하고 있다.

한편, 스마트 제조는 최근 디지털 전환(제조 DX)으로 트렌드가 빠르게 변화되고 있다. 이제는 제조업의 운영관리 최적화를 넘어 개발 방법론의 고도화, 데이터를 기반으로 한 새로운 서비스 중심 BM이 필요한 시점이다. 이렇듯 DX가 가속화되는 환경에서 플랫폼의 중요성은 더욱 강조될 수밖에 없다. 이와 관련해 한국전자기술연구원은 제조 전용 플랫폼 개발에 대한 표준, 기술, BM을 모두 보유하고 누구보다 앞서 오픈한 경험이 있다. 이러한 자산을 최대한 활용해 앞으로도 오픈 플랫폼을 통한 가치 공유에 더욱 경주할 계획이다.



이러한 가운데 한국전자기술연구원 스마트제조연구센터는 제조현장에서 사용하는 장비의 기능, 동작, 인터페이스를 가상화하는 핵심 기술인 자산관리셀을 이용해 사이버물리시스템(CPS)과의 연동 및 실증을 진행했다. 본 프로젝트를 통해 산업용 로봇을 대상으로 자산관리셀을 모델링하고, 이를 OPC UA 정보 모델로 변환하는 응용 기술 개발을 통해 산업용 표준 기반 데이터 교환을 실증했다. 또한 실시간으로 로봇의 움직임을 3D 시뮬레이션하는 CPS 플랫폼과의 연동을 통해 산업 현장에 적용 가능한 레퍼런스 테스트베드를 구현했다. 특히 국내 중소·중견 제조기업의 자산관리셀 기술 도입에 필요한 필수 개발환경과 검증기술 및 인증체계를 개발하여 국제 표준에 부합하는 자산관리셀의 연동 편의성 제공을 위해 노력했다.

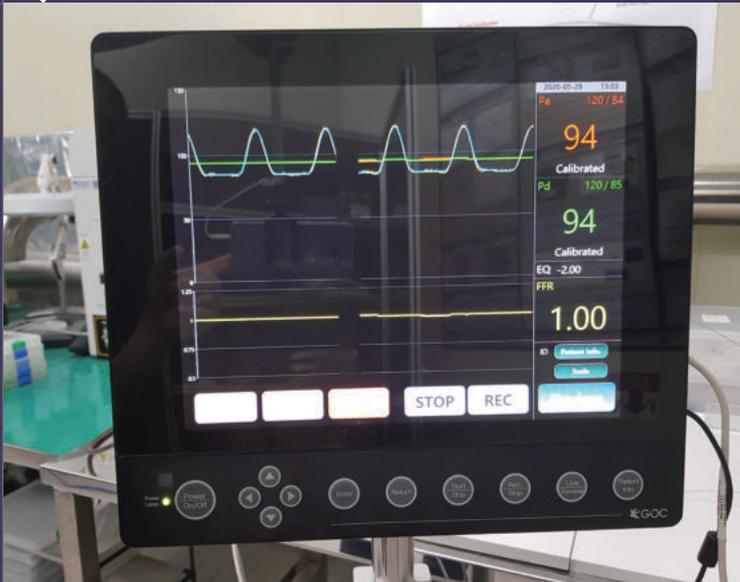
본 기술을 활용하면 공장의 모든 자산을 디지털 자산으로 쉽게 재구성하여, 고도화된 스마트 공장으로 전환할 수 있다.

### 스마트 공장 고도화에 기여하다

본 프로젝트를 통해 자산관리셀의 가능성과 사용 사례를 증명하고, 자산관리셀 기반 응용 기술 패키지를 통해 개발 가이드라인을 제시하고 있다. 또한 스마트 공장 구축 기업의 요청에 의해 자산관리셀 관련 기술 컨설팅도 진행하고 있다. 현재 자산관리셀은 IEC 국제 표준화가 진행 중이며, 변화하는 규격에 대응해 자산관리셀 기반 응용 기술의 업데이트를 통해 호환성을 유지할 예정이다.

한국전자기술연구원은 본 프로젝트를 기반으로 자산관리셀의 상호운용성 인증을 지원하는 시험센터 운영을 추진하고 있다. 향후 국내 제조기업의 스마트 공장 고도화를 위한 기술 지원, 성능 인증 등의 서비스를 체계적으로 지원해, 빠른 기술 도입 및 시장 경쟁력 향상에 도움이 될 것으로 기대한다.

# 이달의 산업기술상



신기술 부문  
산업통상자원부 장관상

INDUSTRIAL

# 초기 증상 없는 심혈관질환 조기진단 국산화 길을 열다

지오씨(주)

---



이달의 산업기술상은 산업통상자원부 연구개발(R&D)로 지원한 과제의 기술 개발 및 사업화 성과 확산과 연구자의 사기 진작을 위해 매월 수상자를 선정한다. 신기술 부문은 최근 최종 평가를 받은 R&D 과제 중에서 혁신성이 높은 기술 또는 해당 기간 성과물이 탁월한 기술을 뽑는다. 지오씨(주)가 ‘혈관 내 혈압 측정용 센서 시스템 개발’ 연구과제를 통해 국내 최초로 관상동맥 혈관의 협착 정도를 정량적으로 수치화하는 혈관 내 혈압 측정 광압력센서를 개발했다. 관상동맥 혈관 내 혈압 측정 시스템은 관상동맥의 특정 부분 혈압 및 혈류 흐름을 측정해 관상동맥 조영술 진행 시 스텐트 삽입 여부를 평가하는 데 매우 중요한 판단 근거를 제공하며, 생존율을 상승시키는 심혈관 진단 장비다. 이러한 성과를 인정받아 신기술 부문 장관상에 선정됐다.

TECHNOLOGY

---

AWARDS

---

# 초기 증상 없는 심혈관질환 조기진단 국산화 길을 열다

삶의 양식 변화와 고령화에 따른 심혈관질환 환자가 지속적으로 증가하고 있으며 특히 고령인구의 경우 발생 확률이 높아 조기 진단이 가능한 수준 높은 기술력 확보가 절실한 상황이다. 하지만 관상동맥 혈압 측정기술을 이용한 심혈관질환 조기 진단용 관상동맥 혈압 측정센서 시스템은 전량 해외 수입에 의존하고 있다. 이런 가운데 광케이블 제조 전문업체인 지오씨(주)가 그간 축적된 광케이블 기술력을 바탕으로 관상동맥 혈압 측정센서 시스템 개발에 성공해 화제를 불러 모으고 있다.

## 국내 최초로 혈관 내 혈압 측정 광압력센서 개발

전 세계 사망 원인 1위는 심혈관질환이며, 한국인의 사망 원인 2위가 심장질환으로 알려진 가운데 심장질환 진료비는 연평균 3.3% 증가하는 추세다. 이에 따라 환자의 치료비 부담이 나날이 가중되고 있는 상황에서 전량 수입에 의존하고 있는 관상동맥 혈압 측정센서 시스템의 국산화는 어느 때보다 절실한 상황이다.

이에 따라 원전용 광케이블과 옥내외용 광케이블, 광부품 및 광센싱 기술을 확대 응용한 환경센서 등을 제조·공급하고 있는 광케이블 제조 전문업체 지



오씨가 그동안의 기술력과 노하우를 바탕으로 ‘혈관 내 혈압 측정용 센서 시스템 개발’에 성공함으로써 수입 비중이 높은 진단 기술의 수입대체 효과뿐만 아니라 수출에 따른 수익 증대 효과까지 기대할 수 있게 됐다.

이와 관련해 기술 개발을 주도한 지오씨 광기술연구소 김준형 상무이사는 “이번 기술 개발로 관상동





**사업명** 광역협력권산업육성사업  
**연구과제명** 혈관 내 혈압 측정용  
센서 시스템 개발

**제품명** 혈관 내 혈압 측정 시스템  
압력센서 가이드 와이어 &  
핸들러

**개발기간** 2017. 04. ~ 2019. 12.  
(33개월)

**총 정부출연금** 1,838백만 원

**개발기관** 지오씨(주) /  
광주광역시 북구  
첨단연신로 298(연제동)  
062-973-6114 /  
www.goc2001.com

**참여연구진** 김준형, 오진경, 최성우,  
조정훈, 정윤석, 박규하,  
김경은, 위일남, 정종득,  
박인철

한다. 또한 개발된 광섬유 압력센서 및 가이드 와이어는 관상동맥 혈압 측정뿐만 아니라 다양한 신체 부위 압력 측정 및 산업용 유체 압력 측정 등에도 활용할 수 있어 응용 범위 역시 매우 넓은 기술"이라고 강조했다.

### 광을 이용한 압력 측정 방식 적용해 정확성과 안정성 높여

동맥혈관 안쪽에 소위 기름기가 끼어 혈관이 좁아지고 딱딱해지는 병을 동맥경화라고 하며, 대표적인 관상동맥 협착 질환으로는 협심증과 심근경색증이 있다. 그리고 이를 치료하기 위한 방법으로는 약물로 혈전을 용해하거나 혈관을 확장하기 위해 스텐트를 삽입, 혈류의 흐름을 원활하게 복원하는 물리적인 방법이 있다.

이 가운데 스텐트 시술은 시술 전후 환자의 관상동맥 질환 정도를 과대 또는 과소평가할 우려가 있으며, 실제로 오진으로 인해 스텐트 혈전증, 재협착 등의 문제가 발생하는 상황이다. 현재 관상동맥 조영술의 시각적 평가에만 의존해 스텐트 시술이 이루어질 경우 전체 시술의 약 40%에서만 기능적으로 정상인 관상동맥 병변에 스텐트를 삽입하고 있다.

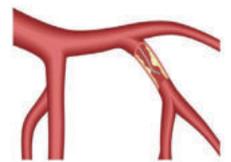
이에 따라 혈관재개통술에 대한 의사 결정 시 해부학적 평가에 부가적으로 기능적 평가인 FFR 측정방식을 도입해 불필요한 스텐트 삽입시술을 줄일 수 있다. 대한심장학회는 '관상동맥중재술 시 분획혈류예비력(FFR) 측정 권고안'을 통해 FFR 측정방식을 도입할 것을 권장하고 있다.

이에 대해 김 상무는 "국내 최초로 당사가 개발에 성공한 FFR 시스템은 관상동맥질환자의 FFR을 측정하는 시스템으로, 관상동맥의 특정부분 혈압 및 혈류 흐름을 정량적으로 측정해 관상동맥 조영술 진행 시



### How to

의료기기 시장에서 사용하는 기술은 사용 환경 및 대상이 인간의 생명과 직결된다는 차이점에 따라 강력한 규제가 존재한다는 인식이 부족해 개발 방향에 대한 어려움이 있었으나 개발 참여 기관(병원) 의료진과의 긴밀한 소통, 의료 현장에서의 사용자 경험을 적극 반영함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있었다.



### FFR

Fractional Flow Reserve (분획 혈류 예비력). 관상동맥 협착 부위 원위부와 근위부 정상 혈관의 최대 혈류량 비율. 약물을 이용해 관상동맥의 최대 총혈 상태를 유도한 후 압력철선으로 관상동맥 협착 전후의 압력비를 구함으로써 쉽게 측정할 수 있다.



### 혈관 내 혈압 측정용 센서 시스템 개발

김준형 지오씨(주) 상무이사

스텐트 삽입 여부를 평가하는 데 매우 중요한 판단 근거를 제공함과 동시에 생존율을 높이는 심혈관 진단 장비"라면서 "특히 현재 사용하는 제품의 80% 이상이 압전소자를 이용한 전기신호 압력 측정 방식인데 반해 당사가 개발에 성공한 기술은 광을 이용해 압력을 측정하는 방식으로 전기신호 제품에 비해 압력신호 변화가 낫다. 또 전기신호를 이용한 압력 측정 방식은 신호 변화치(Signal Drift)가 5mmHg 이내인 반면 자사의 광신호를 이용한 압력 측정 방식은 신호 변화치가 1mmHg 이내로 정확한 압력신호를 전달한다는 장점이 있다. 광신호의 압력 변화 알고리즘과 관련 소프트웨어를 개발했으며, 압력센서 측정 모듈로는 자체 개발한 소형 분광기를 적용해 측정 시 안정성을 확보했다"고 말했다.

## 올해 말 GMP 완료 후

### 2022년 사업화 본격 추진 예정

한편 사업화 전담 및 계획과 관련해 김 상무는 "글로벌 FFR 시장 규모는 2019년 483만4000달러에서 2024년 997만9200달러로 성장해 연평균 성장률이 15.6%가 될 것으로 예상되며, 국내 시장 규모는 2019년 59억3400만 원에서 2024년 130억1000만 원으로 성장할 것으로 보인다"면서 "이에 따라 당사는 개발 제품의 시험 인증과 의료기기 인증을 획득한 후 목표 시장별 진출을 단계별로 설정해 국내를 시작으로 유럽, 동남아시아, 최종적으로는 중동 시장까지 진출할 예정이다. 또한 각 시장에서의 레퍼런스, 임상 및 인증 관련 데이터를 지속적으로 확보, 국가별·지역별 특성을 반영한 지역 버전을 내놓은 후 현지에 적합한 제품들을 커스터마이징해 출시할 예정"이라고 밝혔다. 끝으로 앞으로의 계획 및 목표에 대해 김 상무는 "1차 개발된 FFR 시스템 시제품의 개선 및 보완사항을 반영한 사업화 제품을 올해 11월 말까지 개발 완료하고 사업화 제품에 대한 시험 평가를 추진할 예정"이라며 "특히 본 개발 기술을 사업화



지오씨(주) 김준형 상무이사

하기 위해 필수적인 의료기기 제조업 허가와 의료기기 품목 허가를 획득하기 위한 GMP 시설 확보와 부대시설 구축을 올해 말까지 완료해 GMP 인증을 획득할 예정이며, 의료기기 품목허가를 2022년 하반기에 취득하고 사업화를 본격적으로 추진할 계획"이라고 말했다. 아울러 김 상무는 "FFR 시스템 개발 기술을 기반으로 각종 동맥질환의 정밀 진단을 위해 3종의 물리적인 진단지표(혈관 내 영상과 혈류혈압 등)를 임상에게 실시간 제공함으로써 다양한 동맥질환을 조기에 진단하고 스텐트 시술과 같은 혈관 중재술 치료를 보조할 수 있는 다중 진단 지표 통합 모니터링 시스템 개발을 추진할 계획"이라고 밝혔다.



산업통상자원부 연구개발 과제 중 최근 성공적으로 개발이 완료된 신기술을 소개한다.  
기계·소재 3개로 총 3개의 신기술이 나왔다.

## 이달의 새로 나온 기술

Newly Developed  
Technologies

(재)포항산업과학연구원  
p046

(주)삼우이엔지  
p047

(재)대구경북과학기술원  
p048



# 용질원소를 10% 이상 함유한 난연속주조성 알루미늄 합금 연속 주조 기술

(재)포항산업과학연구원

054-279-6543 / www.rist.re.kr

기존 고강도 알루미늄(2024, 7075) 합금 빌렛 및 슬라브 연속 주조 시 크랙 발생과 조직 불균일로 후가공 때 결함이 발생하는 문제점이 있었다. 우수한 물성을 갖는 고품질 함유 알루미늄 합금 연속 주조 시 몰드 내 큰 온도 구배로 응고 시 빌렛 및 슬라브의 내부 및 표면 결함을 유발하므로 이를 해결하고자 연수에 적합한 고강도 알루미늄 합금을 설계하고, 몰드 내 온도 구배를 감소시켜 고품질 빌렛 및 슬라브를 건전하게 연속 주조하는 기술을 개발했다.

기존 연주 기술

개발 연주 기술

ΔT\*: 온도 구배

**김명균 총괄책임자**

본 개발 기술을 향후 소재 신뢰성과 우수한 물성이 요구되는 신모빌리티용 전기차 및 UAM용 소재를 비롯해 항공·군수용 소재로도 확대 적용해 국내 알루미늄 소재 및 공정 기술 고도화에 기여하고자 합니다.

실차 평가에 장착된 컴프레서 폴리 모습 (국내 최초 적용)

개발 빌렛 적용 자동차용 로어암

실차 테스트(주행 16만 km) 후

본 연구과제에서는 용질원소를 10% 이상 함유한 고특성 알루미늄 합금설계를 기반으로 몰드 내 온도 구배 및 미세조직 제어가 가능하면서 표면과 내부 용질 편차가 거의 없는 연수 시스템을 PP 규모로 설계 및 개발했다. 동시에 참여기업에서 고강도 알루미늄 합금 빌렛 및 슬라브를 상용규모로 연주하는 데 성공했다. 고품질 연수 빌렛 및 슬라브는 개발소재에 대응하는 균질화-압연-압출-단조-열처리 등 후가공 기술로 열악한 사용환경 및 고특성이 요구되는 자동차용 컴프레서 폴리 및 로어암에 국내 최초로 개발했으며, 신뢰성 평가 및 차체 적용평가를 거쳐 사업화 가능성을 확인했다. 향후 참여기업과의 협업을 통해 기존 경쟁 소재 대비 경량화 및 원가 절감을 이뤄 개발품의 상용화에 대한 지속적인 지원을 계획하고 있다.

# 미국 EPA 증발가스 규제 대응을 위한 다층 구조 일체형 가솔린 연료탱크

(주)삼우이엔지

053-633-1395

미국 환경보호국(EPA)에서 요구하는 증발가스 규제 대응을 위해서는 다층 구조 소재 융합을 통한 증발가스 고차단 기술과 이를 구현하는 일체화 성형 기술이 필요하다. 국내에는 다층 복합소재 관련 기술이 전무한 상황으로, (주)삼우이엔지가 (재)대구기계부품연구원과 공동연구를 통해 기존의 블로(blow) 성형의 단점을 해결할 수 있는 새로운 공법인 회전 사출성형 공법을 적용해 EPA 인증을 획득했다.

## 김문호 총괄책임자

EPA 인증 제품으로 현재 2년째 사업을 진행 중이고 적용 모델은 시리즈별로 확대해 공급하고 있습니다. 또한 더욱 강화된 CARB(California Air Resources Board) 규제도 인증하고자 제조 기술 개발에 증진하고 있습니다. EPA 증발가스 규제로 가솔린 기계장비 수출이 미미했는데 향후 더욱 증가할 것으로 확신합니다.



주로 잔디를 깎는 용도로 사용하는 모워(Mower)의 경우, 더운 날씨에 실외에서 사용하게 되면 연료탱크, 호스 등 연결 부분의 형상이 틀어지거나 캐소킷 등이 변형되면서 틈이 생긴다. 또한 이 틈으로 내부의 가스나 연료가 배출돼 환경을 오염시키고 최악의 경우 화재 발생 등 사용자 및 환경에 좋지 않은 영향을 끼치고 있다. EPA는 미국 연방정부에서 설립한 기구로, 증발가스에 대한 환경법 규제를 제정해 시행하고 있는데, 미국 내에서 판매되는 연료 계통 부품에 대해서는 필수적으로 EPA 인증(연료 탱크 인증항목 : 연료의 투과성)을 받아야 한다. 이에 본 연구과제를 통해 핵심 기술인 다층 구조 소재 융합을 통한 증발가스 고차단 기술과 이를 구현하는 일체화 성형 기술을 확보했다.

# 정밀 혈관중재시술을 위한 통합형 능동 제어 자성 가이드와이어 시스템 개발 및 상용화

(재)대구경북과학기술원

053-785-6212 / www.dgist.ac.kr

국내 주요 사망원인 2, 3위는 심뇌혈관질환이다(2018, 통계청). 하지만 국내 기술로 상용화된 혈관 시술 도구인 가이드와이어는 전무(전량 수입 의존)하며 전 세계적으로 능동적으로 혈관을 이동하고 환부를 찾아가할 수 있는 능동형 가이드와이어 제어 시스템 개발은 미미하다. 기존 가이드와이어 시술 시 시술자는 수동으로 가이드와이어의 방향과 위치를 제어하기 때문에 혈관 시술 성공률 편차가 발생하고, 방사선 피폭 및 시술 시간 증가 등의 문제가 발생한다. 이런 시술의 어려움과 심뇌혈관질환의 높은 발병률 및 사망률을 해결하기 위한 능동형 가이드와이어 정밀 제어 시스템 개발이 시급하다. 이에 따라 대구경북과학기술원(DGIST)은 2019년 산업통상자원부의 '심근경색 중 만성완전폐색병변 치료용 마이크로로봇 시스템 개발' 과제를 통해 능동 제어가 가능한 유연 가이드와이어 및 정밀 자기장 제어 시스템과 이를 의료영상 시스템, 마스터-슬레이브 로봇과 통합한 통합형 능동 제어 가이드와이어 시스템을 개발했다. DGIST는 이 시스템을 이용해 돼지 관상동맥 환부까지 개발된 능동 유연 가이드와이어를 시술자가 선택적으로 제어하며 안전하게 혈관 시술을 할 수 있음을 보여주었다. 이는 개발된 능동 유연 가이드와이어, 정밀 자기장 제어 시스템, 의료영상 시스템, 그리고 마스터-슬레이브 로봇을 통합한 통합형 능동 제어 가이드와이어 시스템의 안전성과 유효성을 잘 보여주는 전임상시험 결과다.

## 최우수 총괄책임자

심뇌혈관질환 의료진의 의견을 지속적으로 반영해 실제 시술환경에 최적화된 최종 제품 개발 및 인허가 진행을 목표로 하고 있습니다. 심뇌혈관질환 의료진의 시술 능력을 극대화해 환자, 의료진, 병원 모두 만족할 수 있는 차세대 정밀 혈관중재시술 시스템을 국내외 최초로 제공할 것입니다.



통합형 능동 제어 가이드와이어 시스템은 2019년 스위스 제네바 국제발명전시회에서 제네바 주정부 특별상, 대통령 소속 국가지식위원회 공동위원장상, 프랑스에서 열린 International Society for Cardiac Robotic Navigation에서 최우수 비임상 논문상 등을 수상했고, 이 결과 2020년 과학의날에는 국무총리 표창을 받기도 했다. 이제 사업화를 위해서는 기술 고도화 및 의료기기 인허가 등의 관문이 남아 있다. 본 연구팀은 기술 고도화 및 사업화를 위해 2019년 ㈜아임시스템을 창업하고 기술 이전을 했으며, 현재는 상용화를 위한 공동연구를 진행 중이다. DGIST-아임시스템의 공동연구를 통한 K-의료기기 통합형 능동 제어 가이드와이어 시스템의 성공적 상용화, 의료현장 도입은 기존 혈관 시술의 한계를 뛰어넘어 시술자 및 환자에게 더 나은 의료복지를 제공하고 사회복지적·경제적 발전에 기여하며 국민의 삶의 질을 향상시킬 것이다.



# 공익신고



2020.11.20.부터 공익신고 대상 법률(284개 → 467개) 대폭 확대

## 공익신고자 보호 범위가 더욱 넓어졌습니다

◆ 비밀보장, 신변보호, 불이익조치 금지, 책임감면

◆ 국번없이 **1398** 또는 **110**

◆ 내부 공익신고자에게 최대 30억원의 보상금

◆ 공익에 기여한 경우 최대 2억원의 포상금

◆ 구조금(치료비, 이사비, 소송비용 등)

◆ 인 터 넷

◆ 방문 · 우편

• 청렴포털\_부패공익신고([www.clean.go.kr](http://www.clean.go.kr))

• 국민권익위원회 종합민원상담센터(세종)

• 정부합동민원센터(서울)

※ 공익신고자는 변호사를 통한 비실명 대리신고 가능

## 분야별 주요 공익침해행위



### 건강

- 불량식품 제조 · 판매
- 구조 · 구급활동 방해
- 무면허 의료행위 등



### 안전

- 소방차 진입방해, 전용구역 주차
- 디지털 성범죄, 아동학대
- 부실시공 등



### 환경

- 규제기준초과 소음 · 진동 발생
- 개발제한구역 내 불법 건축물
- 대기오염물질 불법 배출 등



### 소비자이익

- 보이스피싱, 보험사기
- 전자금융거래정보 누설
- 수산물이력 허위표시 등



### 공정경쟁

- 기업 간 담합
- 저작권 침해
- 휴대전화 불법 보조금 등



### 기타 공공의 이익

- 거짓 채용광고, 채용강요
- 본사의 대리점 갑질
- 부동산거래 허위신고 등



# 정부24, 새로운 길을 찾다

대한민국정부 서비스, 정보를 정부24(www.gov.kr) 한 곳에서!



## 정부서비스

- 정부서비스 7만여건
- 내가 받을 수 있는 서비스를 맞춤형으로 안내
- 42종의 나의 생활정보(휴면예금, 세금환급 등)

## 민원24

- 온라인 민원신청·열람·발급
- 371종 민원을 모바일로 신청
- 기관별, 분야별민원사무 5천여종 제공

## 정책·정보

- 생활에 필요한 주요정책정보
- 정부소식·기관정보
- 지자체소식·축제정보

정부24 앱으로 다운 받으세요!



Google Play



App Store



ONE ONEstore

산업통상자원부 연구개발 과제를 수행해 종료한 후 5년 이내 사업화에 성공한 기술을 소개한다. 사업화 성공 기술은 개발된 기술을 향상시켜 제품의 개발·생산 및 판매, 기술 이전 등으로 매출을 발생시키거나 비용을 절감해 경제적 성과를 창출한 기술을 말한다. 화학 1개, 전기·전자 1개로 총 2개의 사업화 성공 기술이 나왔다.

## 이달의 사업화 성공 기술

Successfully Commercialized  
Technologies

(재)한국의류지능화연구소  
p052

(주)코스텍시스  
p053



기술명 : 대량 맞춤 주문형 의류 제조 기반 구축  
 연구개발기관 : (재)한국의류지능화연구소 / 02-452-7885 / www.kaiti.re.kr  
 참여연구진 : (재)한국의류지능화연구소 박준희, 용광중, 한남기,  
 (주)에스에프티 홍성욱, 김용수, 위형규,  
 (주)패셔노믹스 이성권, 이경옥 외

## (재)한국의류지능화연구소의 대량 맞춤 주문형 의류 제조 미래형 제조 방식인 초다품종 초소량 생산 체계 구축

대량 맞춤 주문형 의류 제조 기반 구축 사업은 고객이 자신만의 의류 스타일을 조합하고 이를 생산하도록 주문하는 맞춤형 서비스의 활성화를 위해 맞춤형 의류를 쉽고 빠르게 생산해내도록 기반을 구축하는 사업이다. 대량 맞춤은 고객과 커뮤니케이션을 위한 고객 맞춤형 서비스 기술과 맞춤형 제품의 대량 생산을 위한 대량 맞춤 생산 기술로 구분할 수 있다. 본 프로젝트에서는 소비자의 선택 사항을 반영해 3D 가상 의류를 디스플레이하는 주문관리 솔루션과 고객이 주문한 제품을 공장에 생산 지시하고 1주일 내 생산 및 공급하는 제조관리 시스템을 중점적으로 개발했다. 이러한 기반 기술을 통해 맞춤형 의류 사업을 진행하려는 기업에 생산 방식과 운영 방법에 대한 기술 지원을 하고 있다.

현재 코로나19로 인해 고객의 소비 성향이 점점 더 개인화되고 있기 때문에 가상현실이나 동영상 스트리밍과 같은 언택트(Untact) 기술 기반의 서비스 방법에 따른 초다품종 초소량 생산이 가능한 제조 방식을 구축하는 것이 중요하다.



### 트랜스포머블 팩토리(Transformable Factory)의 원천 기술

본 프로젝트에서 개발한 기술은 와이셔츠, 속옷, 정장, 프린트 의류, 장갑, 스포츠 유니폼 등 다양한 분야에 적용됐으며 현재 아이러브핏(주)에서 조종사용 맞춤 장갑을 공군에 납품하고 있다. 또한 한국섬유산업연합회와 컨소시엄을 구성해 대량 맞춤 생산 기술의 보급 및 확산을 위한 'K-섬유패션 디지털 플랫폼 구축 지원' 사업을 수행하고 있다. 특히 대량 맞춤 제조 기술은 스마트 팩토리 및 디지털 전환 사업의 생산 기반 기술로 활용되고 있으며, 앞으로 도래할 장비, 인력, 장소의 개방형 및 공유형 공장 운영의 핵심이 될 트랜스포머블 팩토리의 원천 기술이다. 향후 글로벌 공급망이 초다품종 초소량 생산 체계로 전환될 때 가장 필요한 핵심 기술로 자리 잡을 것으로 예상된다.

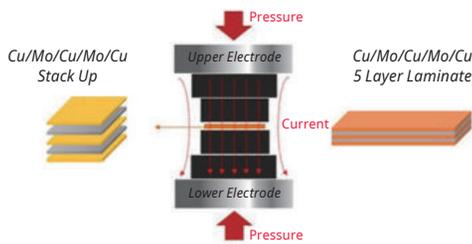
기술명 : GaN, SiC 파워 디바이스용 열전도율 500W/m.K급 Al-Dia, 복합소재의 방열 패키지 개발  
 연구개발기관 : (주)코스텍시스 / 032-821-0162 / www.kostec.net  
 참여연구진 : (주)코스텍시스 허만인 외

## (주)코스텍시스의 고방열 패키지

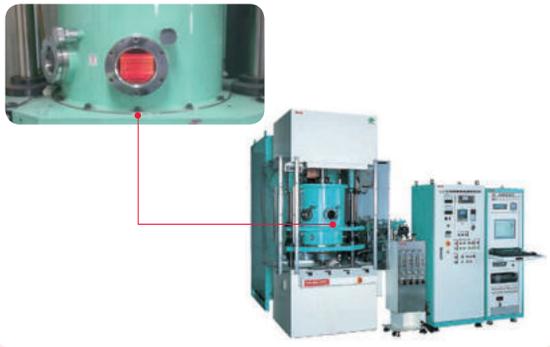
# 열전도성이 우수한 고방열 패키지 개발하다

본 프로젝트를 통해 고방열 신소재 생산부터 고방열 세라믹 패키지까지 전 공정을 인라인(In Line) 생산하는 기술을 확보했다. 우선 고방열 신소재와 관련해 GaN, SiC 등 화합물 반도체가 소형화·고집적화함에 따라 발생하는 열로 인한 성능 저하와 수명을 단축시키는 문제를 해결할 수 있는 업계 최고 성능의 고방열 소재를 개발, 생산 및 공급하고 있다. 이렇듯 통전 활성 소결(Spark Plasma Sintering) 기술에 의한 저열팽창 고방열 신소재를 생산한다. 높은 열전도성을 갖는 금속 구리와 낮은 열팽창 금속 몰리브덴을 다층 적층한 복합소재로 열팽창 계수가 낮으면서도 높은 열전도율의 고방열 소재다. 통전 활성 소결 기술로 구리와 몰리브덴을 확산 접합해 접합 계면에 보이드(Void)가 없고 방열 특성이 우수하다. Cu-Mo의 구성, 적층 비율을 조정해 반도체 소자와 방열특성, 열팽창 계수 매칭 등 서멀 솔루션(Thermal Solution)을 제공한다.

통전 활성 소결(Spark Plasma Sintering) 기술에 의한  
Diffusion Bonding 및 방열 소재 생산



소재 생산 모식도



통전 활성 소결 장비

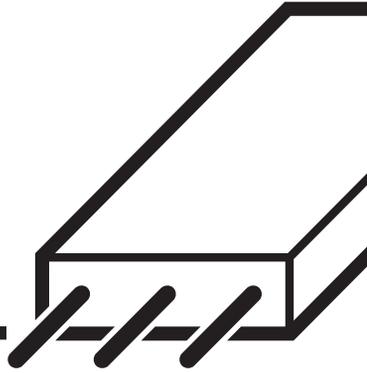
일본에서 전량 수입하던 핵심 소재인 고방열 소재를 국산화해 이를 기반으로 고방열 패키지를 개발·생산함으로써 우수한 글로벌 경쟁력을 확보하고, 또한 전기차용 전력반도체 등 고방열 소재를 필요로 하는 다양한 수요에 선제적인 대응이 가능할 것으로 전망된다.



전력 증폭기용 고방열 Ceramic Package(주)코스텍시스 생산 제품)

## 5G통신의 글로벌 시장 확대에 따라 고성장 예상

다음으로 LTE, 5G 등 고속 통신 네트워크 디바이스로 높은 출력과 방열 성능이 필요한 RF 전력 증폭기의 핵심 반도체 부품 고방열 세라믹 패키지(Ceramic Package)를 개발했다. 모바일 네트워크 이동통신의 고속 대용량화와 장치의 소형화로 무선통신용 반도체의 발열량이 증가하는 추세다. 특히 최근 LTE와 5G 기지국에서는 화합물 반도체의 GaN 소자를 사용한 증폭기를 쓰는데, 발열량이 높아 신뢰성을 확보하기 위해 GaN 반도체에 적합한 고방열·저열팽창의 특성을 지닌 패키지를 찾는 경우가 늘고 있다. 제품의 소형화 트렌드에 맞춘 고방열 패키지의 제조는 비용 절감은 물론 가격 경쟁력이 좋고 품질이 우수한 제품 개발 및 사업화로 이어져 현재 글로벌 기업 NXP 등에 판매하고 있다.



## 13년 만에 ‘철근대란’

건축 공사를 위한 핵심 자재인 철근이 극심한 품귀현상을 빚으면서 전국 건설현장에 초비상이 걸렸다. 필요한 철근을 제때 구하지 못해 공사가 곳곳에서 중단되는 등 막대한 차질이 빚어지고 있다.

✍️ 강경민, 하현형 [한국경제신문 기자]



### “철근이 없다”... 멈춰선 건설현장

수도권 외곽 지역에서 조달청이 공공 발주한 교량을 건설 하던 A건설사는 5월 들어 공사를 전면 중단했다. 교량 뼈대에 쓰이는 철근(봉강)을 제때 조달하지 못해서다. 건설현장에서 가장 널리 사용되는 SD400 제품은 웃돈을 쥐도 구할 수 없었다. A사 관계자는 “철근 수급 차질로 공사가 중단돼 발주처와 공기 연장을 협의하고 있다”고 말했다.

철강업계에 따르면 철근 가격의 기준이 되는 SD400 제품의 1t 유통 가격은 5월 14일 97만 원을 기록했다. 지난해 말 60만 원대 후반에 머물던 철근 가격은 올 들어 50% 가까이 급등했다. 철근 가격이 1t 90만 원을 넘어선 건 2008년 5월 이후 13년 만이다. 건설업계 관계자는 “올 들어 아파트 분양

증가 등 건설경기 회복으로 급증한 철근 수요를 공급이 감당하지 못하고 있다고 밝혔다.

글로벌 경기 회복으로 철근 원재료인 철스크랩(고철) 가격이 전년 대비 두 배 치솟은 것도 가격 상승을 부추겼다. 중국이 내수 확보를 위해 철근 수출을 사실상 금지하면서 철근대란에 불을 붙였다.

대한건설협회에 따르면 올 들어 철근 부족으로 전국 공사현장 수백 곳에서 공사 지연 사태가 발생했다. 대한건설협회 관계자는 “지방 아파트 건설 현장에서는 철근뿐만 아니라 H형강, 목재, 시멘트까지 부족하다”며 “이로 인한 작업 중단과 공기 지연으로 준공이 늦어지는 경우도 속출하고 있다”고 전했다.

철근 사재기까지 기승을 부리면서 대구·광주 지하철 공사 등 지방 공공사업의 차질이 심각한 것으로 알려졌다. 건설업계 관계자는 “철근 공급이 한정된 상황여서 철근대란이 올해 말까지 장기화할 가능성이 높다”고 내다봤다.



← 경기 과천의 한 아파트 공사현장에서 근로자들이 철근 작업을 하고 있다. 올 들어 철근 공급 차질로 공사가 중단되는 건설현장이 속출하고 있다. 이곳은 대형 건설사가 장기 공급 계약을 통해 제품을 미리 확보, 철근대란을 피하고 있지만 중소 건설사는 심각한 타격을 입고 있다.



→ 올 들어 철근이 품귀현상을 빚으면서 전국의 건설현장이 공사 중단 등으로 몸살을 앓고 있다. 경기 과천의 한 아파트 공사현장에서 한 근로자가 철근 재고를 점검하고 있다.

## 예상 못한 철근 수요 급증

한 중형 건설회사는 올 들어 매일 임원회의를 열어 철근 수급 현황을 점검하고 있다. 철근이 시장에서 자취를 감춘 뒤 멈춰서는 공사현장이 늘고 있기 때문이다. 중국산 제품의 수입도 지난 4월부터 끊기면서 상황이 악화되고 있다. 경남 지역에선 총 공사비만 1400억 원에 달하는 한 아파트 건설현장의 공사가 올해 초 철근 부족으로 40여 일간 중단됐다. 시공사가 떠안은 피해액만 19억 원이 넘는다.

연간 220만 t의 철근(봉강)을 생산하는 동국제강 인천공장은 올 들어 밤낮없이 모든 라인을 완전가동하고 있다. 그럼에도 동국제강 영업팀엔 철근을 더 빨리 공급해 달라는 유통상과 건설사의 요청이 빗발치고 있다. 한 철강업체 관계자는 “지금으로서 철근 수요를 도저히 감당할 수 없다”고 말했다.

최근 건설·철강업계에 따르면 올 들어 철근 공급 부족으로 건설현장이 멈춰 서면서 피해가 속출하고 있다. 대한건설협회가 지난해 11월부터 올 1월까지 자체

적으로 조사한 결과 철근 부족으로 공사가 한때 중단된 현장이 62곳에 달했다. 건설업계는 올 1분기부터 철근파동이 본격화된 점을 감안한다면 지금까지 수백여 곳의 건설공사가 중단됐을 것으로 보고 있다. 건설협회 관계자는 “철근 수급 불균형이 갈수록 심각해지고 있다”며 “지방 아파트 건설현장은 철근이 부족해 준공이 지연되는 사례가 속출하고 있다”고 말했다.

철근파동을 촉발한 것은 코로나19였다. 통상 국내에서 연간 생산되는 철근은 1000만 t이 넘는다. 현대제철, 동국제강, 대한제강, 한국제강 등이 대표 생산업체다. 철근은 전기로에 철스크랩(고철)을 넣어 제조한다. 국내 최대 철강업체인 포스코는 고로가 주력이라서 철근을 생산하지 않는다.

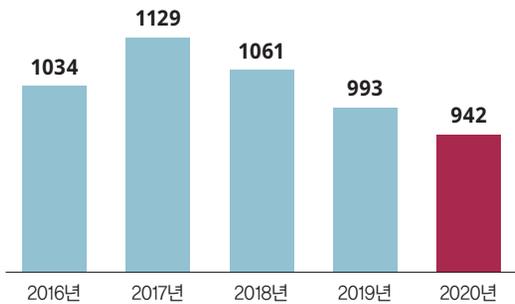
철강협회에 따르면 지난해 국내 철근 생산량은 942만 t이

다. 2017년(1129만 t) 대비 16.6% 급감했다. 코로나19 여파로 철근 수요가 감소하자 생산량을 대폭 줄였다. 하지만 올 들어 건설경기가 예상보다 빠르게 회복되면서 공급이 부족해졌다. 건설산업연구원에 따르면 지난 4월 건설기업 경기실사지수(CBS)는 97.2로 5년 9개월 만에 가장 높았다. 이달엔 109.2까지 치솟을 것으로 전망된다.

글로벌 경기회복으로 원재료인 고철 가격이 급등하자 상승분은 고스란히 철근 가격에 반영됐다. 1년 전 t당 23만 8000원이던 국내 고철 가격은 5월 14일에는 두 배인 46만 5000원까지 올랐다. 중국 정부가 5월부터 내수 확보를 위해 철근에 대한 수출환급세를 폐지하면서 상황은 더 악화됐다. 해외에서 들어오는 연간 100만 t의 철근 중 60% 이상이 값싼 중국산이다. 하지만 수출환급세 폐지로 수입업자가 부담해야 할 비용이 늘면서 중국산 철근 가격마저 오르고, 공급도 줄어들고 있다는 게 업계 설명이다.

코로나19로 급감한 국내 철근 생산량

(단위 : 만 t)



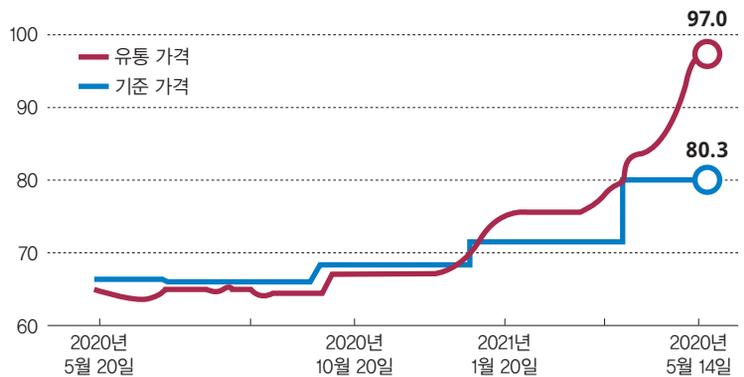
출처 : 한국철강협회

## 스팟 가격은 t당 100만 원 넘어

철근파동은 중소형 건설사엔 직격탄이다. 대형 건설사는 철강사와 3개월 단위로 공급계약을 맺는다. 이때 책정되는 기준 가격은 유통 가격보다 20% 정도 저렴하다. 실제 5월 14일 기준 가격은 80만 3000원으로 유통 가격(97만 원)보다 훨씬 낮다. 반면 대부분의 중소형 건설사는 유통 가격에

## 올 들어 급등한 철근 가격

(단위 : t당 만 원)



※국내 SD400 10mm 제품 기준

출처 : 철강업계

기반한 스팟(단발성) 계약을 통해 철근을 공급받는다. 공급이 제한적인 상황에서 스팟 물량을 확보하려는 중소형 건설사의 경쟁이 치열해지면서 웃돈을 줘도 제품을 공급받지 못하는 사례가 속출하고 있다. 한 건설사 관계자는 “일부 현장에서 철근 가격이 t당 100만 원 이상까지 치솟았다”고 말했다.

철근파동에 따른 피해는 민간보다 공공 건설현장에서 심각하다. 대구도시철도 1호선 연장공사를 하고 있는 대구도시철도건설본부는 최근 철근을 확보하지 못해 공사가 지연될 위기에 처했다. 관공사의 경우 조달청에 등록된 자재업체가 철근을 공급한다. 가격이 치솟자 자재업체들이 조달청보다 가격을 많이 쳐주는 민간 건설업체에 철근을 우선 공급하다 보니 공공공사가 먼저 영향을 받는다.

철근파동이 단기간 내 해결되기 어렵다는 관측이 확산되면서 철근을 사재기 하는 유통상도 적지 않다는 게 건설업계의 설명이다. 건설업계는 이번 철근파동이 2008년 건설현장을 강타한 철근대란을 넘어설 수 있다고 우려했다. 당시 4대 강과 보금자리주택 건설이 동시에 이뤄진 데다 중국 수입 물량마저 줄면서 국내 건설현장은 한동안 철근 품귀현상을 겪어야 했다.

## “의도적으로 물량 줄여” vs “플가동”

올 들어 철근대란이 본격화하면서 철근 공급을 놓고 건설회사와 철강사 간 갈등의 골이 깊어지고 있다. 건설사는 철강사가 수익 극대화를 위해 주력 제품의 공급을 조절하고 있다고 주장했다. 반면 철강사는 생산라인을 100% 가동하고 있다고 반박했다.

최근 관련업계에 따르면 올 들어 건설현장에서 가장 극심한 품귀현상을 빚

는 제품은 SD400 10mm 철근이다. 철근은 늘이거나 잡아당길 때 버틸 수 있는 단위인 '항복강도'에 따라 등급이 분류된다. SD400은 항복강도가 400MPa(메가파스칼)로 중형차 3.3대의 무게인 5.3t을 견딜 수 있다. 공사현장에서 흔히 볼 수 있는 가늘고 긴 막대같이 생긴 철근으로, 건설현장에선 직경이 10mm인 SD400 제품이 가장 널리 쓰인다.

건설업계는 원재료인 고철 가격 급등에 따라 철근 가격이 오를 수밖에 없다는 점엔 공감하고 있다. 하지만 원재료 대비 제품 가격 상승폭이 지나치게 높다고 보고 있다. 건설업계 관계자는 “과거엔 이 정도로 SD400 품귀현상을 빚은 사례가 거의 없었다”며 “철강사가 수익 극대화를 위해 의도적으로 SD400 제품 생산을 줄이고 있다는 의심이 든다”고 지적했다. 공공아파트 시공을 맡은 건설사는 정부가 분양가 상승을 막기 위해 철근 가격 인상분을 제대로 공사비에 반영해 주지 않을 것을 우려하고 있다.

반면 철강사는 공급 조절을 불가능하다고 항변한다. 지금도 모든 라인을 완전 가동해 SD400을 집중 생산하고 있다고 입을 모은다. 한 철강업체 관계자는 “SD400은 예전부터 건설현장에서 자주 품귀현상을 빚은 제품”이라며 “건설사가 가격 상승에 불만을 품고 철강업계를 비난하고 있다”고 지적했다.

정부도 사태의 심각성을 인식하고 5월 들어 건설·철강업계 관계자와 잇따라 간담회를 열어 대책을 찾고 있다. 다만 철근대란을 해결할 뾰족한 수단은 없는 상황이다. 시장에서 결정되는 가격에 대해 정부가 간섭하는 것은 불가능하기 때문이다. 대신 산업통상자원부는 지난 5월 초 철강업계 관계자를 잇따라 불러 생산라인을 100% 가동해 달라고 당부했다. 중간유통상의 철근 사재기도 집중 단속하겠다는 방침이다. 조달청은 긴급하지 않은 관공사의 경우 철근 납품기한을 연장하도록 하는 긴급대책을 5월 13일 내놨다.

급등하는 철광석 가격

(단위 : t당 달러)



※중국 칭다오항(CFR) 기준

출처 : 한국광물자원공사

## 철광석 가격 1년 새 3배 급등… 조선·車 비상

올 들어 글로벌 경기회복으로 철광석 가격이 고공행진을 하면서 자동차와 선박 제조에 쓰이는 강판과 후판 등 철강 제품 가격도 가파르게 상승하고 있다.

한국광물자원공사에 따르면 중국 칭다오항 기준(CFR) 철광석 현물 가격은 5월 14일 t당 208.7달러를 기록했다. 5월 6일 200달러를 돌파한 뒤 이튿날엔 한때 210달러를 넘기도 했다. 철광석 가격이 200달러를 돌파한 건 글로벌 금융위기 직전인 2008년 이후 13년 만이다. 1년 전(83달러)에 비해 세 배 수준으로 올랐다.

철광석 가격 급등 원인은 수요를 공급이 감당하지 못하는 데 있다. 세계 각국의 경기부양책에 힘입어 글로벌 철강 수요가 늘었다. 세계철강협회는 올해 세계 철강 수요가 지난해 대비 5.8% 증가한 18억7420만 t에 이를 것으로 전망했다.

반면 코로나19에 따른 급격한 생산 위축으로 철강 재고는 줄었다. 글로벌 철광석 시장은 브라질의 발레, 호주의 리오 틴토와 BHP빌리턴 등 3대 메이저 업체가 전체 생산의 70%를 차지한다. 이들 업체의 올 1분기 공급량은 전망치를 밑도는 수준이다.

철광석 가격이 가파른 상승세를 타면서 철강제품 가격도 뛰고 있다. 철강업체는 올 들어 원가 상승분을 철강제품에 매월 반영하고 있다. 자동차·가전 등의 소재로 쓰이는 기초 철강재인 열연강판 유통 가격은 1월 말 t당 88만 원에서 4월 말에는 110만 원까지 올랐다. 선박을 제조할 때 필요한 두꺼운 철판인 후판도 4월 말 현재 110만 원대에 거래되고 있다. 후판 가격이 100만 원을 돌파한 것은 2011년 이후 10년 만이다. 한 철강업체 관계자는 “최근 수년간 조선 시장 악화로 후판 공급 가격을 동결해 왔다”며 “원자재 인상분 일부만 제품 가격에 반영한 것”이라고 말했다.

철강제품 가격 인상은 조선과 자동차 등 수요업체엔 원가 상승 요인으로 작용한다. 하지만 원가 인상분을 제품에 당장 반영하기는 쉽지 않기 때문에 수익성이 나빠질 것이라는 우려가 나온다.



## 新제조업 혁명, 제조·서비스·IT 융복합... “세계는 신제조업 전쟁 중”

애플, 테슬라, 아마존, 지멘스, 보쉬, SAP 등을 필두로 세계 각국에서 '신(新)제조업' 전쟁이 벌어지고 있다. 신제조업이란 제조업을 기반으로 서비스, 통신업과 융합해 새로운 비즈니스 모델을 창출하는 것을 말한다. 전통 제조 강국인 한국의 기업들이 신제조업 경쟁에 뛰어들지 않을 경우 글로벌 제조업 강자들의 '하청기업'으로 전락할 것이란 우려가 나온다. 올해 '독일 하노버 산업박람회(하노버메세)'는 이런 신제조업 경쟁의 각축장을 방불케 했다는 분석이 지배적이다.

✍ 김동현, 안대규 [한국경제신문 기자]

### 인더스트리4.0 흐름 확인한 제조혁신 무대

세계 최대 제조혁신 전시회인 '독일 하노버 산업박람회(하노버메세2021)'가 4월 12일 온라인으로 개막됐다. 올해가 74번째 행사인 하노버메세는 매년 초 미국 라스베이거스에서 열리는 세계 최대 IT·가전전시회(CES)를 능가하는 제조업 분야의 세계 최대 박람회로 평가받고 있다. 작년에는 코로나19 확산으로 행사가 취소됐고, 올해는 비대면으로 전환돼 온라인으로 처음 진행됐다.

주최 측인 도이치메세는 4월 12일부터 16일까지 온라인으로 박람회를 진행했다고 밝혔다. 이번 박람회엔 약 1800개 업체가 참가한 것으로 집계됐다.

2019년 75개국 6500개 업체가 출품한 것에 비해선 줄었지만 코로나19 여파 속에서도 글로벌 선도기업 대부분이 참가했다.

올해 하노버메세는 '산업 전환(Industrial Transformation)'을 큰 테마로 잡고 있다. 아울러 올해 산업의 주요 트렌드로 인공지능(AI)과 머신러닝, 탄소중립 생산, 디지털화, 인더스트리4.0(제조 분야 4차 산업혁명), 정보기술 보안, 로지스틱스4.0 등 여섯 가지를 제시했다.

개별 콘퍼런스도 주목할 만한 프로그램이다. 분야별 전문가가 최신 트렌드와 앞으로의 전망을 발표했으며 제조업에서의 AI 역할, 데이터의 가치 창출, 수소가 제조업에

미치는 영향 등을 다뤘다.

김은 한국디지털혁신협회 상근부회장은 “독일에선 제조업의 디지털 전환을 10여 년 전부터 구상한 뒤 사물인터넷(IoT) 기술 등을 활용한 ‘개인 맞춤형 대량생산’을 인더스트리4.0의 핵심 목표로 잡고 있다”고 설명했다.

올해 주요 참가 업체는 제조혁신을 주도하는 SAP, 지멘스, 보쉬렉스로스, 쿠카, 페스토, ABB, 시스코시스템즈, 아마존웹서비스(AWS), 다쏘시스템, 슈나이더일렉트릭 등이다. 독일의 대표적 응용기술 연구기관인 프라운호퍼 등 제조혁신 관련 연구소들의 참가도 눈에 띈다. 박람회와 한국 측 창구인 IPR포럼은 “한국에서 유진로봇과 힐스엔지니어링 등 자동화 및 로봇 분야에서만 11개 기업이 출품하는 등 총 80여 개 업체가 참가했다”고 밝혔다. 개별 참가 부스에는 LS일렉트릭, 포스코ICT 등 11개사가 참여했다.

한편, 하노버메세2021에 연사로 나선 앙겔라 메르켈 독일 총리는 ‘국제적 협력’을 통한 코로나19 극복을 강조했다. 메르켈 총리는 “팬데믹 상황에서 온라인으로라도 만나 다행”이라며 “하노버메세에서 소개하는 디지털 전환을 위해 국제적으로 협력하고 이를 통해 코로나19를 극복하자”고 말했다.

**하노버메세 2021에서 주목해야 할 6대 산업 트렌드**

<b>1</b> 인공지능과 머신러닝 AI & Machine Learning	<b>2</b> 탄소중립 생산 Carbon-free Production	<b>3</b> 디지털화 Digitalization
<b>4</b> 제조 분야 4차 산업혁명 Industrie 4.0	<b>5</b> 정보기술 보안 IT Security	<b>6</b> 로지스틱스4.0 Logistics 4.0

**주요 참가 업체** SAP, 지멘스, 보쉬렉스로스, 페스토, 쿠카, ABB, 시스코시스템즈, 아마존웹서비스(AWS), 다쏘시스템, 슈나이더일렉트릭, 프라운호퍼연구소 등

## 新제조업 전쟁 중, 韓 뒤처지면 하청업체 전략

한국경제신문이 한국디지털혁신협회와 함께 4월 28일 개최한 ‘하노버 산업박람회 2021 심포지엄’은 코로나19로 현지에 가지 못한 국내 제조업계 및 학계 전문가 등을 위해 마련된 자리다. 하노버메세는 세계 최대 제조 혁신 전시회로 꼽힌다.

‘4차 산업혁명 선언 10년, 스마트 제조의 미래’라는 주제로 열린 이날 행사엔 지멘스, SAP, 보쉬, LS일렉트릭 등 국내외 기업과 학계 전문가 100여 명이 오프라인 행사 및 웨비나 방식으로 참여했다. 페터 잉클러 주한독일대사관 부대사는 축사에서 “제조업은



하노버 산업박람회 2021 심포지엄에서 주영섭 한국디지털혁신협회장이 주제발표를 하고 있다.

무역과 성장의 재강화를 위해 핵심 역할을 한다”고 말했다.

주영섭 한국디지털혁신협회 회장(전 중소기업청장)은 ‘4차 산업혁명이 지향하는 신제조업 비즈니스 모델 혁명’이라는 주제 발표에서 신제조업의 중요성에 대해 역설했다. 주 회장은 “세계 제조업 5대 강국 중 미국, 중국, 독일 등 3개 국가가 신제조업 강자로 등극해 기존 산업을 재편하고 있다”며 “업종 간 경계가 사라지는 비즈니스 모델의 ‘빅뱅’이 일어나고 있다”고 설명했다. 또 “원천 기술이 많은 일본과 달리 한국은 변하지 않으면 현 지위를 유지하기도 위태로운 상태”라고 지적했다.

아울러 MZ세대(밀레니얼+Z세대)와 C세대(커크티드세대)의 부상으로 개인화와 맞춤형 경향은 더 강해질 것으로 내다봤다. 그는 “지난 10년간 기술혁신 경쟁이 벌어졌다면 앞으로의 10년은 이를 바탕으로 한 비즈니스 모델 경쟁이 본격화할 것”이라고도 했다.

심포지엄에선 글로벌 기업의 비즈니스 모델 경쟁에 나선 사례도 다수 제시됐다. 항공기 엔진 사용 정보를 분석해 엔진 성능을 최적화하는 서비스(GE)나 농기구를 통해 확보한 데이터로 농장 관리·파종 등을 도와주는 서비스(존디어) 등을 대표적인 사례로



끊었다. 이 밖에 기존 제조업에선 테슬라, 애플, 지멘스, 보쉬 등이, 서비스에선 구글, 아마존 등이 신제조업으로 영역을 확장하고 있다고 설명했다.

세계 최대 전기차 업체인 테슬라는 세계 최고의 자율주행 기술, 독보적 차량용 소프트웨어와 운영체제(OS) 기술, 전용 고속 충전 인프라 등으로 전통 완성차 업체를 뛰어넘었다는 평가가 나온다. 스페이스X(우주·화성여행)-스타링크(위성인터넷)-뉴럴링크(의료)-보링컴퍼니(교통산업) 등으로 연결되는 새로운 형태의 비즈니스 모델도 구상하고 있다.

2024~2025년 자체 개발 차량(애플카)을 출시할 것으로 예상되는 애플 역시 기존 모바일 생태계를 뛰어넘어 모빌리티 생태계 구축을 노리고 있다. 구글은 스마트폰 OS(안드로이드)와 동영상 서비스(유튜브), AI, 클라우드 컴퓨터, 자율주행차 등으로 사업

영역을 확장했다. 세계 최고 수준의 스마트 공장(암벡공장) 노하우를 갖고 있는 지멘스는 최근 13조 원 이상을 투입해 소프트웨어 회사를 잇따라 사들였다. 기존 헬스케어 에너지 중심에서 디지털 기업으로 탈바꿈했다.

미래차와 반도체 분야에서 신제조업 경쟁이 가장 치열하게 전개될 것이라는 분석도 나왔다. 주 회장은 “최근 자동차용 배터리와 반도체를 두고 세계 각국이 자체 생산에 나서겠다고 한 것도 이 분야가 신제조업의 핵심 부품이기 때문”이라고 설명했다. 메르켈 독일 총리는 이번 하노버메세에서 “27개 유럽 기업과 함께 시스템 반도체 분야에 36억 유로(약 4조8000억 원)를 투자하겠다”고 밝혔다. 국내 반도체 기업이 제품 설계자를 뛰어넘어 비즈니스 설계자로 거듭나야 한다는 조언도 나왔다.

주 회장은 “각국이 혁신과 일자리 창출의 원천인 제조업을 재무장하고 있다”며 “정부가 제조업을 단순히 ‘공장’으로만 여기며 등한시하는 것 같아 안타깝다”고 지적했다. 중국은 ‘제조 2025’ 전략을, 일본은 산업부흥정책을, 영국은 산학연 중심의 ‘제조 클러스터 육성’ 등을 통해 제조업에 드라이브를 걸고 있다. 미국도 조 바이든 정부 출범 후 미중 갈등이 격화되면서 반도체, 자동차 배터리를 비롯해 핵심 기술과 제조업, 백신, 방위 산업 등을 둘러싼 제조업 강화에 나서고 있다.

## 新제조업 혁명은 SI와 데이터 융·복합이 핵심

신제조업이란 제조업이 AI, 빅데이터, IoT 등 기술을 통해 '개인 맞춤형' 생산 혁신을 구현하는 동시에 서비스, 정보통신기술(CT), 에너지 등 다른 산업과 융합해 새로운 형태의 비즈니스 모델을 창출하는 것을 의미한다. '하노버 산업박람회 2021 심포지엄'에서 김진오 광운대 로봇학부 명예교수는 '협동로봇' 분야를 소개했다. 그는 "모바일 협동로봇은 자체 비전 기능이 있는 데다 작업 반경이 넓어 기존 협동로봇보다 쓰임새가 많다"고 말했다. 또 "미국과 유럽에서 다양한 형태와 정밀도의 고기능 '엔드이펙터'가 개발되면서 협동로봇의 활용 범위가 넓어지고 있지만 한국은 협동로봇 생산에만 급급한 모습"이라고 지적했다. 온라인 쇼핑 증가로 '물류 로봇' 시장도 빠르게 커지고 있다.

공장자동화 솔루션 업체 보쉬렉스로스는 여러 개발 언어를 배우지 않고도 AI, IoT 등을 설계할 수 있는 '컨트롤X' 프로그램을 선보였다. 이준영 보쉬렉스로스 사업부장은 "스마트폰 앱을 쓰듯이 편리하게 사용할 수 있도록 했다"고 말했다. 급성장하는 산업용 AI 시장에도 관심이 쏠렸다. 산업용 AI 시장 규모는 연평균 40% 성장하면서 매년 19조 원 늘고 있는 것으로 조사됐다. 윤성호 마키나락스 대표는 AWS가 모터 등 산업용 장비에 센서를 붙여 모이는 데이터를 자체 클라우드와 AI 분석을 통해 스마트폰으로 알려주는 '모니터' 서비스를 예로 들었다.

구글은 기존 정보기술(IT) 서비스 영역에서 한 발짝 더 나아가 혁신제품 개발(제조업)을 주도하고 있다. 구글이 이번 하노버메세에서 소개한 신개념 냉장고는 '자가 치유 냉장고'다. 냉장고 내부 부품의 성능을 AI로 분석해 유지·보수할 타이밍을 미리 알려주는

'예지 정비' 기능을 갖추고 있다. 디지털 기능으로 냉장고가 정비를 스스로 할 수도 있다. 구글은 또 AI가 공조시스템 데이터를 학습해 자사 데이터센터를 운영할 때 이산화탄소 배출을 낮추는 등의 탄소중립 방안을 제시했다. 윤 대표는 유럽에서 추진 중인 '가이아X' 프로젝트가 산업용 장비에 적용되는 과정에 유념할 것을 주문했다. 가이아X는 2019년 독일 정부 주도로 공개된 유럽연합(EU)의 데이터 생태계 구축 프로젝트다.

정대영 SAP 본부장은 SAP와 스타트업의 협력으로 새 비즈니스 모델을 개척한 사례를 발표했다. SAP 파트너사인 벨기에의 한 스타트업은 근로자 작업을 지원하는 기술을 개발해 볼보와 포드 공장에 적용했다. 이 스타트업이 만든 빔프로젝터처럼 생긴 로봇을 공장 천장에 설치하면 여러 공구를 쓰는 작업자의 행동과 작업 내용을 영상으로 학습해 다음에 작업할 부품과 필요한 공구가 어디에 있는지를 빛으로 쏘며 실시간으로 알려준다.

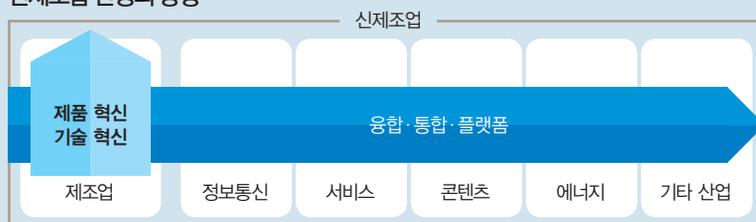
이정준 LS일렉트릭 최고기술책임자(CTO)는 하노버메세에서 소개된 데이터의 원활한 흐름을 위한 모델 및 통신 기술을 설명했다. 글로벌 데이터 모델의 표준화는 자산관리셀(AAS)을 통해 진행 중이다. 이 CTO는 "AAS를 이용해 데이터를 수집하는 파일럿 프로젝트를 국내 기업 및 한양대와 진행 중"이라고 설명했다.

한편, 하노버메세는 독일이 전후 독일 복구를 위한 수출 확대를 목적으로 1947년 처음 열렸다. 세계 최대 규모의 산업박람회로 자리 잡았고, 2011년 '인더스트리4.0' 전략이 발표되면서 세계적으로 주목 받았다. 주 회장은 "올해는 2011년 하노버메세에서 '제조 분야 인더스트리4.0이 선포된 지 10년째 되는 해'라며 "독일의 10년간 제조업 성과 관련 논의를 남겨볼 필요가 있다"고 말했다. 김 상근부회장은 "기업들이 4차 산업혁명 기술을 장기적인 안목으로 적용해야 한다"고 강조했다.

### 하노버메세에 소개된 주요 제조업 기술

가이아X	EU의 데이터 생태계 구축 프로젝트, '데이터 주권'을 갖고 있는 기업들이 네트워크 인프라를 통해 데이터를 공유하고 새 비즈니스 모델 고안
인공지능(AI)	산업용 장비 내 센서 등을 통해 데이터를 수집, AI 분석, 제조기업 확산
탄소중립	이산화탄소 배출량 감소 및 에너지 절감, 순환경제 및 수소경제에 적용

### 신제조업 전쟁의 방향



출처 : 주영섭 한국디지털혁신협회장

# 21세기 에너지 안보 수소

수소가 탄소중립(탄소 배출과 감축량이 같아지는 지점) 시대 '끝판왕' 에너지원으로 부상한 이유는 친환경성과 무한 범용성 때문이다. 수소는 무색, 무미, 무취, 무해, 무독한 데다 세상에서 가장 가볍고 작은 물질이다. 생산 지역이 특정한 곳에 국한되는 다른 에너지원과 달리 어디서든 만들 수 있다. 미국 정부가 산업을 넘어 에너지 안보 차원에서 수소 기술 개발에 사활을 걸고 있는 이유다.

이해성 [한국경제신문 기자]



## SMR이 게임체인저

조 바이든 미국 대통령 취임 직후인 2월 백악관은 2050년 탄소중립을 달성하기 위해 기후변화 대응 고등과학연구소인 아르파(ARPA)-C를 설립한다고 밝혔다. 아르파-C의 핵심 강령 10가지 중 절반 이상은 '수소 기술'을 겨냥한 것으로 알려졌다. 그린수소(생산 과정에서 탄소 배출이 전무한 수소), 무탄소 차량·발전·엔진 등이다.

5월 9일 글로벌 컨설팅업체 매킨지에 따르면 세계 수소경제 규모는 2017년 1292억 달러에서 매년 6%가량 성장해 2050년 2조5000억 달러에 달할 것

로 예상된다. 미국뿐만 아니라 일본, 중국, 유럽, 호주 등도 수소 기술을 확보하기 위해 발 빠르게 움직이고 있다. 에너지업계 관계자는 "바이든 대통령이 최근 탄소중립의 가속 페달을 밟는 것은 미국이 보유한 수소 기술에 대한 확신이 깔려 있기 때문"이라고 분석했다.

국내 주요 대기업 역시 올 들어 미래 성장동력으로 일제히 수소를 제시했다. 1990년대부터 국내 수



내는 수전해 관련 국내 기술은 전무한 것이나 다름없다는 지적도 나온다. 수전해는 400~800도 안팎에서 가장 효율적으로 작동하는데, 이런 열을 언제 어디서나 값싸게 낼 수 있는 수단은 SMR밖에 없다는 것이 대다수 전문가의 견해다.

미국 원자력규제위원회(NRC)는 원전 설계 분야의 헌법인 GDC(General Design Criteria)를 대폭 수정하면서 SMR 개발을 공격적으로 지원하고 있다. 빌 게이츠 마이크로소프트(MS) 창업자 등 민간 기업인들도 미국 에너지부(DoE) 등과 긴밀히 교감하며 SMR사업에 뛰어드는 등 글로벌 시장은 급물살을 타고 있다.

### 수소전기... 발전효율, 2차전지의 100배

수소경제의 핵심축 가운데 하나인 수소연료전지(Fuel Cell)는 사실 전기를 저장하고 있는 전지가 아니다. 엄밀히 말하면 '친환경 연료발전기'가 정확한 표현이라고 상당수 전문가는 말한다. 수소와 산소를 '연료'로 넣으면 반응을 일으켜 전기와 열, 그리고 물을 생산하기 때문이다. 국제에너지기구(IEA) 연료전지분과 한국 대표인 조은애 KAIST 신소재공학과 교수는 "수전해(전기분해 수소 생산)와 연료전지를 중심으로 에너지저장장치(ESS)를 만들고, 이를 산업 도처에 확산하는 게 수소경제의 본질"이라고 설명했다.

연료전지는 자동차부터 가정, 건물, 공장, 기차, 드론, 도심항공모빌리티(UAM·하늘을 나는 자동차), 선박, 우주선까지 사용처가 무궁무진하다. 미국 에너지부는 '밀리언마일퓨얼셀트럭' 등 연료전지를 중심으로 미국 내 모빌리티 체계를 재편하는 프로젝트를 진행하고 있다.

국제에너지기구(IEA) 연료전지분과 한국 대표인 조은애 KAIST 신소재공학과 교수(오른쪽)가 양성자교환막 데이터를 살펴보고 있다.



소산업을 개척한 현대자동차가 연료전지 경쟁력을 바탕으로 수소생태계를 이끌고 있다. 포스코, 현대중공업, SK, 한화, 두산, 효성 등은 최근 대규모 수소사업 계획을 잇달아 내놨다.

하지만 과학계에선 "핵심이 빠졌다"는 지적이 나온다. 그린수소 생산 원천기술의 양대 산맥으로 꼽히는 '수전해'와 '차세대 소형 원자로(SMR)' 논의가 실종됐다는 것이다. 물에 전기를 걸어 수소를 뽑아

수소연료전지 종류별 특징

	PAFC	MCFC	PEMFC	SOFC
전해질	인산염	탄산염	수소이온교환막	고체세라믹
작동 온도	250도 이하	550~700도	-30~100도	600~1000도
촉매	백금	페로브스카이트	백금	니켈
효율	70%	80%	75%	85%
특징	열병합 연계 가능	대규모 발전	모빌리티 적합	모든 규모 발전 가능
해외 대표 업체	후지전기	미국 FCE	미국 플러그파워 캐나다 발라드파워	영국 세레스파워 미국 블룸에너지

연료전지의 구조는 간단하다. 수소를 넣으면 백금 등의 촉매가 수소를 양성자(수소 이온)와 전자로 깨뜨리고, 전자는 전해질을 따라 움직이면서 전기를 만든다. 이때 떨어져 나온 양성자는 공기 중 산소와 결합해 물이 된다. 이 과정을 얼마나 싸고 빠르게, 가볍고 작게 만드느냐가 관건이다.

연료전지의 3요소는 촉매, 전해질막 그리고 이들을 전극과 합쳐 놓은 막전극집합체(MEA)다. MEA는 수십 μm(마이크로미터) 두께의 얇은 필름처럼 생겼다. MEA와 기체확산층(GDL), 분리판을 모아놓은 셀을 수백 장 쌓으면 '연료전지의 심장' 스택이 된다. 100kW 수소차엔 셀 400장으로 구성된 스택이 들어간다. 스택 제조비용 가운데 촉매 가격이 절반가량을 차지한다.

최대 장점 중 하나는 저장용량이다. 연료전지는 kg당 에너지밀도가 33.3kWh(킬로와트시)로 2차전지보다 100배가량 높다. 이런 성능이 극대화하려면 수소 부피가 최대한 작아야 한다. 대기압의 수백 배(넥소는 700배) 등 고압 조건에서 수소차를 운행하는 것은 이 때문이다. 차량이 커질수록 2차전지보다 연료전지가 유리해진다. 드론이나 UAM을 고(高)고도에서 약천후와 상관없이 오래 작동시키려면 연료전지가 필수다.

문제는 열악한 소재부품 산업 생태계다. 국내 기업 가운데 연료전지 관련 원천기술을 보유한 곳은 손에 꼽을 정도다. 연료전지는 사용하는 전해질이온이 이동하는 운동장에 따라 이름이 나뉜다. 인산염(PAFC), 용융탄산염(MCFC), 고체산화물(SOFC), 양성자교환막(PEMFC) 연료전지 등이다. 육상선수가 단·중·장거리와 마라톤선수로 나뉘듯 각자 최적 성능을 내는 분야가 다르다. MCFC는 대형 발전소, SOFC는 건물과 가정용에 적합하다.

포스코그룹은 MCFC 기술을 확보하기 위해 오랜 기간 공을 들여왔다. 현대자동차 넥쏘, 도요타 미라이에 들어가는 모빌리티용 연료전지가 PEMFC다. 상온에서 작동하고 가볍지만, 비싼 백금 촉매를 쓰는 결정적 단점이 있다.

백금 촉매는 미국 브룩헤이븐국립연구소(BNL), 일본 다나카금속, 영국 존슨매티 등에 의존한다. PEMFC 전해질막은 듀폰 등의 제품을 쓰고 있다. MEA 설계는 일본 도요타, 미국 3M과 로스앨러모스·아르곤국립연구소 등이 이끌고 있다. 박구곤 한국에너지기술연구원 연료전지개발실장은 "연료전지 종류와 적용 분야에 따라 스택 설계와 운전 조건이 천차만별"이라며 "싼 가격에 우수한 소재 부품을 적시에 조달할 수 있는 공급망과 설계 원천기술이 필요하다"고 강조했다.

차세대 연료전지인 SOFC도 원천 기술이 절실한 분야 중 하나다. SOFC의 최대 장점은 다른 연료전지와 달리 수소의 순도를 높이지 않아도 된다. 효율도 가장 높다. GE, 지멘스, 미쓰비시, 롤스로이스 등 글로벌 기업들이 가스발전 효율을 높이려고 거액을 들여 개발해왔다. 하지만 고난도 기술이 필요해



뚜렷한 진전을 보지 못했다. 현재 SOFC 글로벌 선도업체는 미국 블룸에너지와 영국 세레스파워다. SK그룹은 블룸에너지 SOFC를 들여와 국내에 공급을 시작했다. 두산은 세레스파워와 기술을 교류하며 국내외 사업 준비를 서두르고 있다.

### 빌 게이츠도 가세, 차세대 원자로 잡아라

생산 과정에서 탄소를 배출하지 않는 그린수소는 '수소경제의 화폐'로 불린다. 수소라고 다 같은 수소가 아니다. 현재도 석유화학 공정이나 천연가스 등을 통해 얼마든지 수소를 얻을 수 있다. 하지만 '진짜 수소'로 평가받는 그린수소 생산 방법은 수전해가 사실상 유일하다. 물에 전기를 가해 수소와 산소로 분리하는 기술로 수소연료전지의 역반응이다.

한국에너지기술연구원 수소연구단 직원들이 차세대 그린수소 생산 기술인 알카라인 수전해 시스템을 개발하고 있다.



국내 수전해 기술은 전무하다 해도 과언이 아니다. 수소경제 시대 가장 큰 부가가치를 창출할 분야로 전문가들은 '화폐'를 찍어낼 수 있는 수전해를 지목하고 있다.

수전해가 이뤄지는 전해조(수소생산 탱크) 역시 전극과 촉매, 분리막 등 셀이 쌓인 스택이 핵심이다. 기존 계통전력과 연계할 수 있으면 1세대 수전해, 재생에너지와 연결할 수 있으면 2세대 수전해라고 한다. 2세대 수전해는 북유럽과 미국 등이 2000년대 후반부터 개발해왔다. 진입장벽이 상당히 높은 기술로 꼽힌다.

2세대 수전해 기술은 알카라인, 양성자교환막(PEM), 고온 수전해(SOEC) 등 크게 세 가지다. 연료전지와 마찬가지로 사용하는 전해질에 따라 나뉜다. 알카라인 수전해는 수산화이온(OH-)을 통과시키는 고분자전해질을 사용한다. 전극 소재는 니켈, 코발트 등을 쓴다. 노르웨이 벨과 일본 아사히카세이가 선도 기술을 보유하고 있다.

PEM 수전해는 양성자(H+)를 통과시키는 불소계 고분자전해질에 백금, 루비듐, 이리듐 계열의 귀금속을 전극으로 사용한다. 영국 ITM파워, 캐나다 하이드로지닉스가 앞서 있다. SOEC는 양성자를 통과시키는 고체 세라믹을 전해질로 쓰는 차세대 전해조다.

연료전지와 비슷한 것 같지만 수전해는 기술적으로 더 어려운 부분이 있다. 전해조 안에서 수소와 산소가 섞이지 않아야 하기 때문이다. 수소는 질량이 극히 작고 가벼워 어떤 물질이든 통과할 수 있다. 전해조 안에 산소와 언제라도 만날 수 있다는 뜻이다. 그런데 산소 안에 수소가 4% 이상 섞이면 폭발이 일어난다. 2019년 5월 강릉 강원테크노파크에서 발생한 수소폭발 사고도 이런 식이었다. 중국산 1세대 수전해 장치를 재생에너지와 연결하다 탈이 났던 것으로 조사됐다. 수소와 산소를 분리하는 '분리막'이 수전해에서 중요한 이유다. 알카라인 수전해 분리막(지르폰)은 벨기에 야그파가, PEM 수전해 분리막(나피온)은 미국 듀폰이 독점 공급하고 있다.

수전해의 가장 큰 문제는 전기를 어디서 끌어오느냐다. 화석연료로 만든 전기를 쓰면 탄소중립 취지가 무색해지기 때문이다. 그래서 태양광, 풍력 등 재생에너지와 주로 연계하고 있지만 재생에너지는 낮과 밤, 일조량, 풍속, 기후 등에 따라 공급량이 크게 요동치기 때문에 수전해와 연결하는 것이 기술적으로 쉽지 않다. 공급량이 갑자기 떨어지는 '저부하' 영역에선 산화극과 환원극이 뒤바뀌거나, 안에 귀금속 재료들이 깨지면서 전해조가 망가지기 일쑤다. 김창희 한국에너지기술연구원 수소연구단장은 "전기 공급량 급변 시 수전해 시스템 안전성과 내구도를 확보하는 게 굉장히 어려운 기술"이라며 "국내에선 연구가 거의 안 돼 있다"고 설명했다.

철광석에서 산소를 없애 강철을 만들 때 코크스 대신 수소를 넣는 수소환원 제철 역시 궁극적으로는 수전해 기술이 필요하다. 수소환원제철이 현실화되면 제철소에서 뿜어내는 막대한 이산화탄소가 물로 바뀐다.

최근 급부상하고 있는 수전해 기술은 차세대 SMR을 통한 수전해다. SMR은 소동냉각고속로(SFR), 고온가스로·초고온가스로(HTR·VHTR), 납냉각로(LFR), 용융염원자로(MSR) 등 차세대 원자로를 말한다. 대형 경수로보다 크기가 훨씬 작아 관리가 수월하면서 사고 위험을 획기적으로 줄인 원자로다. 빌 게이츠가 소유하고 있는 테라파워와 서던컴퍼니를 비롯해 오클로파워, 뉴스케일, 웨스팅하우스 등 미국 주요 원자력 업체가 모두 SMR 개발에 뛰어들었다. 일부는 상용화가 임박했다. 영국, 캐나다, 중국, 프랑스, 일본, 스위스, 호주 등도 뛰어든 상태다.

특히 SMR은 가동 온도가 500~1000도로 경수로보다 높아 이를 SOEC와 연계하면 그린수소 생산이 가능해진다. 상온에서 재생에너지와 연결해 수소를 생산하는 알카라인이나 PEM 수전해보다 더 안정적이고 효율적이다. 이해원 두산 수소경제추진실장(부사장)은 “수전해와 SMR의 결합은 그린수소 생산에 정확히 부합하는 기술”이라고 말했다.

### 스트롱코리아 2021, 수소경제 글로벌 대전

‘스트롱코리아(STRONG KOREA) 포럼 2021’이 5월 26일 서울 드래곤시티에서 온·오프라인으로 동시에 열렸다. 주제는 ‘에너지 기술에 미래를 묻다: 수소 경제의 미래’다. 글로벌 기업과 연구소, 국제기구 등에서 최고 전문가들이 참석해 2050년 탄소중립 시대를 열 핵심 기술인 수소에 관해 논의했다.

북미에서 연료전지 사업을 벌이고 있는 플러그파워의 앤디 마시 최고경영자(CEO)와 세계 최대 산업용 가스 엔지니어링 기업 독일 린데의 산지브 람바 최

고운영책임자(COO)가 기초강연에 나섰다. 세계 최고 수전해 기술을 보유한 노르웨이 넬의 온 안드레 뢰케 CEO의 발표에 이어 차세대 연료전지인 고체 산화물연료전지(SOFC) 글로벌 선도 기업 세레스파워의 토니 코클레인 영업·서비스최고책임자(CCO)가 바통을 이어받았다.

수소경제 시대 필수 시설로 떠오르는 SMR을 살펴보는 세션은 귀한 자리다. 프랑스 원자력청(CEA) 수석엔지니어인 질 로드리게즈 4세대 원자력시스템 국제포럼(GIF) 기술국장이 초고온가스로(VHTR) 등 SMR과 수소산업이 만나는 지평을 보여주었다.

친환경 에너지 분야 선도국 독일이 그리는 ‘수소 도시’ 프로젝트 이외에도 데틀레프 슈톨텐 IEA 연료전지분과 의장이 인구 수 기준 독일 최대 주인 노르 트라인베스트팔렌의 수소 인프라도 소개했다. 유럽 연료전지 버스 프로젝트인 큐트(CUTE) 등 다수 글로벌 사업을 이끈 만프레드 슈커르트 다임러트럭 부문장도 참석했다.

한편, 스트롱코리아는 국가의 미래를 열어갈 첨단 신기술 개발과 진흥을 위해 한국경제신문이 2002년부터 추진해오고 있는 캠페인으로, 홈페이지(www.strongkorea.or.kr)에 접속하면 ‘스트롱코리아 포럼 2021’뿐만 아니라 지난 스트롱코리아 포럼의 내용도 확인할 수 있다.

## STRONG KOREA FORUM



함께하는 국민  
경청하는 정부



# 정부혁신을 부탁해

정부혁신에 관한 의견을 제안하고 토론할  
국민회원을 모집합니다.



## 제안방법

정부혁신 홈페이지([innogov.go.kr](http://innogov.go.kr))에 가입하면 누구나 국민회원 자격이 주어집니다.  
제안·참여 메뉴를 통해 정부혁신에 대한 다양한 의견을 제시해주세요.

## 배터리 소재 연구에 미래가 있다

### 충남대학교 응용화학공학과 송승완 교수

갈수록 우리 생활에서 중요해지는 배터리.

그 배터리의 효율과 안전성을 높이는 데는 소재공학이 큰 몫을 담당한다. 신소재를 통해 더욱 뛰어난 배터리를 만드는 연구개발의 최전선, 그곳에 선 인물 중 한 사람을 만나 보았다.

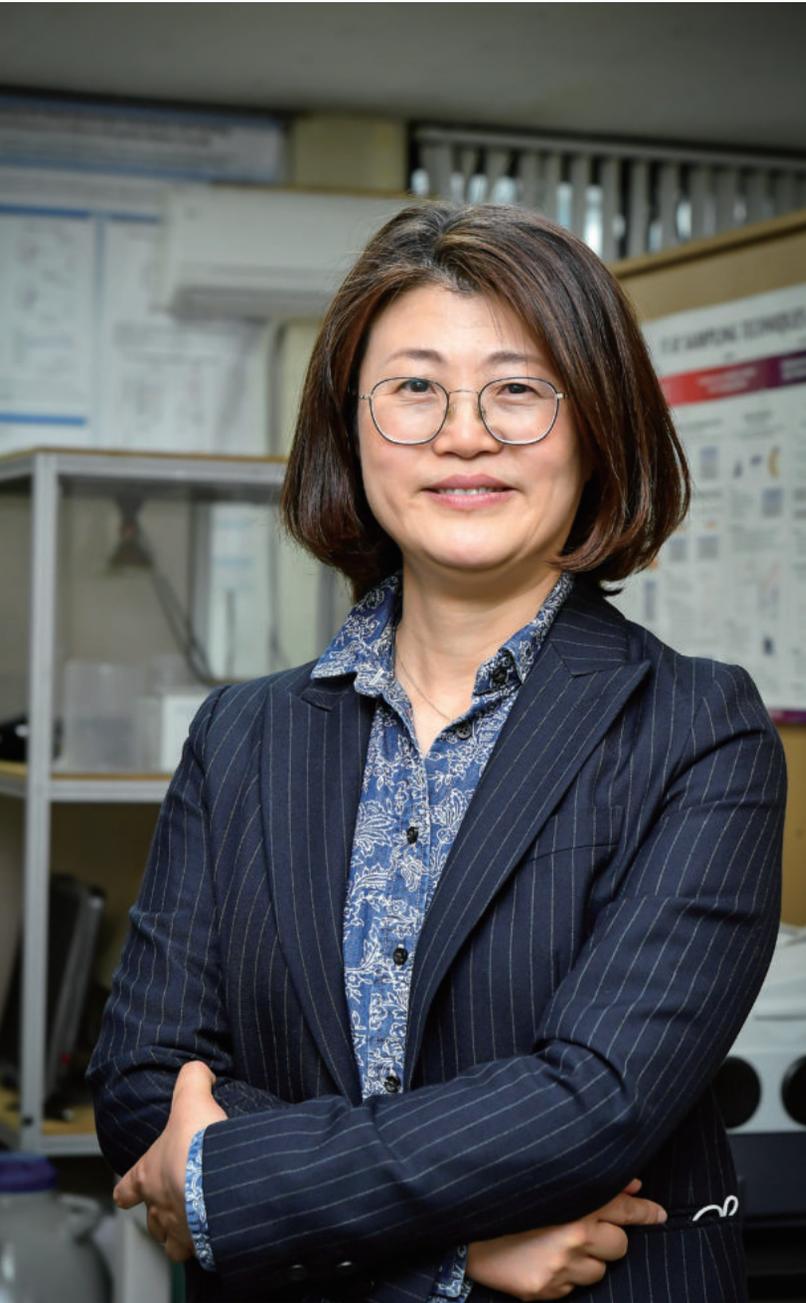
✍ 이동훈    📷 서범세

2000년대 중반까지만 하더라도 배터리의 중요성은 그리 크게 체감되지 않았다. 그러나 이후 스마트폰 등 다양한 모바일 기기가 등장하고, 그 성능이 크게 발달하게 됐다. 이는 더욱 성능이 우수한 배터리의 필요성을 부각시켰다. 모바일이라는 이름을 단 이상 유선 전원은 쓸 수 없기 때문이다. 모바일 기기에도 오랫동안 안정적으로 안전하게 전원을 공급해 줄 우수한 배터리가 필요해졌다.

충남대 응용화학공학과 송승완 교수는 이러한 배터리 붐이 일기 한참 전부터 배터리를 연구했다. 숙명여대 화학과에서 학사 학위를, 서울대 화학과에서 석사 및 박사 학위를 취득한 송 교수는 이후 도쿄공업대학에서 공학박사 학위를 취득했다.

송 교수와 배터리의 인연은 박사 과정 때였다. 석사 때는 나노 기술을 연구했던 송 교수는 1990년대 박사 과정 중 한국전자통신연구원원의 장순호 박사 아래서 배터리를 연구하게 됐다. 장 박사는 한국인 최초로 해외에서 배터리 관련 박사 학위를 취득한 배터리통이었다. 1991년 일본의 소니가 세계 최초로 리튬이온배터리를 실용화시켜 화재가 된 지 몇 년 안 된 시점이었다. 배터리로 가는 전기자동차, 전기항공기의 대중화는 상상하기 힘들 때였다. 박사 학위를 취득한 이후 송 교수는 미국 로런스 버클리 국립연구소와 로런스 리버모어 국립연구소에서도 배터리를 연구하다 귀국해 충남대에서 교편을 잡게 된다.

그러나 아이러니하게도 현재 소니는 리튬이온배터리를 만들지 않는다. 2006년 6월 일본 오사카에서 열린 국제 학술대회에서 델 노트북에 탑재됐던 소니 배터리가 화재를 일으킨 사건이 있었다. 소니 리튬이온배터리의 안전성에 매우 큰 의문을 제기할 만한 사건이, 그것도 해당 분야 석학들이 모인 자리에서 터진 것이다. 반드시 그 사건 때문만은 아니었겠지만, 소니는 이후 리튬이온배터리 사업에서 부진을 면치 못했다. 결국 2016년 소니의 리튬이온배터리 사업 부문은 무라타 제작소에 매각되고 말았다. 뛰어난 배터리 기술이 없다면 시장 지배력을 잃고 마는 현실을 일깨워주는 사건이라 할 수 있다.



“  
 뛰어난 배터리는 어떤 조건을 만족시켜야 하는가?  
 그 조건을 두 마리도 아니고 네 마리 토끼로 표현한다.  
 빠른 충전 속도, 높은 에너지 밀도, 저렴한 가격과  
 높은 안전성이다.”

## 네 마리 토끼를 잡아라

그렇다면 뛰어난 배터리는 어떤 조건을 만족시켜야 하는가? 송 교수는 그 조건을 두 마리도 아니고 네 마리 토끼로 표현한다. 빠른 충전 속도, 높은 에너지 밀도, 저렴한 가격과 높은 안전성이다. 충전 속도가 빨라야 배터리와 배터리 사용 기기를 놀리는 시간이 줄어든다. 에너지 밀도가 높아야 작고 가벼운 배터리로도 더 큰 출력을 뽑아낼 수 있다. 가격이 저렴해야 시장에서 우위를 점할 수 있다. 안전의 중요성은 자동차, 항공기 등 사람을 태우는 이동체의 파워 소스로도 배터리가 진출하는 상황에서 구태여 강조할 필요가 없을 것이다. 게다가 이러한 토끼들은 서로 이율배반적인 방향으로 뛰고 있다. 에너지는 근본적으로 위험하다. 그런데도 안전하게 만들어야 한다. 새로운 기술과 소재로 만들면 비싸질 수밖에 없다. 그런데도 싸게 만들어야 한다. 이러한 난제 속에서 실현 가능한 답을 내는 것이 송 교수를 포함한 공학자들의 일이다.

송 교수의 연구 방향은 크게 두 가지다. 첫 번째는 에너지 밀도가 높으면서도 안전한 리튬이온배터리를 만들기 위한 불연성 전해액 개발이다. 앞서도 말했듯이 배터리는 화재에 취약하다.

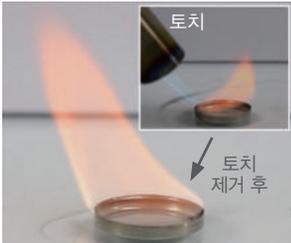
배터리의 구성품인 바인더, 분리막, 케이스, 전해액 모두 가연성 물질이다. 게다가 사용 중인 배터리는 전해액 분해 과정에서 항상 열과 산소를 발생시킨다. 순수 유기화합물인 전해액은 조건이 좋지 않으면(과충전, 단락 등) 불과 45도의 온도에서도 열폭주를 일으킬 수 있다. 이는 산소와 결합해 배터리 화재로 이어질 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 기존에는 난연성 전해액 첨가제를 사용했다. 그러나 이 첨가제는 흑연 음극과의 계면호환성이 낮다. 때문에 안전성이 향상되는 대신 성능이 약화되는 문제가 있었다. 그리고 난연은 어디까지나 느리게 덜 탈 뿐이지, 완벽히 타지 않는 것은 아니다. 완벽히 타지 않으려면 불연성 전해액을 써야 한다. 송 교수는 전해액을 이루는 원자의 기능기를 치환해 발화점을 수백도 이상으로 높이고, 자가 소화 현상까지 일으키는 PC계 불연성 전해액을 만들어 이 문제를 해결했다.

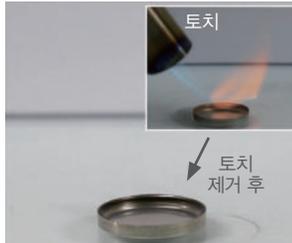
두 번째 주된 연구 방향은 리튬이온배터리의 충전 속도 향상이다. 이는 앞서 말한 전해액 소재 개선과도 연관되는 부분이다. 기존 리튬이온배터리의 충전 속도를 느리게 하는 원인은 이렇다. 우선 흑연 소재로 리튬이온 삽입-탈리가 느리게 진행된다. 또한 리튬이온 배터리 작동 시 전해액 분해로 인해 전극 표면에는 SEI라는 계면보호층이 생긴다. 이 보호층은 음극과 양극 표면을 전기화학적으로 안정화한다. 그러나 리튬이온배터리에 통상 사용되는 흑연 음극은 기존 전해액하에서 계면보호층이 비균일하거나 두껍게 형성될 수 있다. 그리고 결국은 표면보호층 자체가 저항으로 작용해 충전 속도와 용량을 낮추는 것이다.

제시될 것이다. 한 예측에 따르면 2035년까지 전 세계 전기차의 비중은 45%까지 높아질 수 있다고 한다. 그러한 상황에서 안전성을 비롯한 성능이 떨어지는 배터리는 시장의 외면을 당할 것이다. 반면 성능이 뛰어난 배터리는 이전보다 더욱더 각광받을 것이다. 현재 배터리의 쓰임새는 갈수록 늘고 있기 때문이다. 자동차는 물론 선박과 항공기, 우주선, 로봇에도 전원으로 쓰이게 될 것이다.

가연성 기존 전해액



불연성 개발 전해액



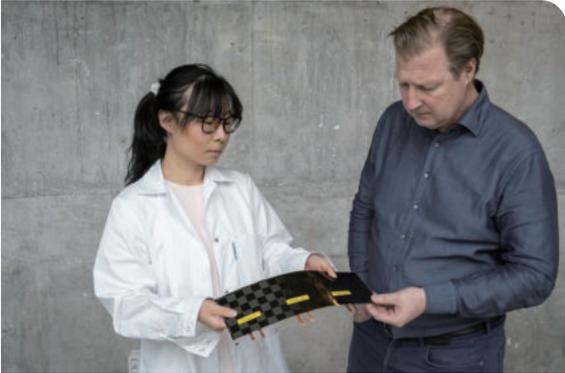
가연성인 기존 전해액으로 제조되는 배터리의 안전성 향상을 위해 개발된 전해액의 불연성 검증 결과 예시

출처 : Chem. Comm. 55, 1256 (2019)에 보고: Reproduced by permission of the Royal Society of Chemistry

그러나 앞서 말한 PC계 불연성 전해액을 흑연 음극에 적용하면 얇고 안정돼 낮은 계면저항을 갖는 계면보호층이 흑연 음극 표면에 생긴다. 이로써 기존 충전 속도보다 4배 이상 빠르게 흑연 음극을 충전할 수 있는 것이다. 최근 송 교수는 충전 속도가 향상된 음극 소재도 개발 중이다.

우리는 이미 여러 건의 전기차 화재 뉴스를 접한 바 있다. 자동차는 사람을 싣고 달리는 이동체이므로 휴대전화나 컴퓨터보다도 더욱 높은 안전성이 요구된다. 또한 지구온난화의 원인 물질인 온실가스 배출을 막기 위해 장차 석유계 연료를 쓰는 차량의 운행은 갈수록 엄격히 규제될 것이다. 그리고 그 대체재로 전기차가





출처 : Chalmers University of Technology

## 이제는 배터리가 차량의 일부로! 스웨덴에서 연구 중인 구조재 배터리

배터리의 효율과 안전성을 향상시키려는 노력은 우리만 하고 있는 것이 아니다. 여러 나라에서 다양한 방법을 모색하고 있다. 특히 스웨덴에서는 아예 배터리를 별도의 부품이 아닌, 차체 외판 등 차량 구조재의 일부로 만들려 하고 있다. 그러면 배터리를 위한 별도의 공간을 확보할 필요도 없고, 배터리의 무게도 그만큼 줄일 수 있다는 것이다.

스웨덴 차머스공과대의 레이프 아스프 교수팀은 이 설계를 구현하기 위한 배터리를 개발해냈다. 이 배터리는 탄소섬유제 양극, 리튬-철-인 코팅 알루미늄박 음극, 유리섬유제 분리막이 구조재를 겸하는 배터리 전해질 매트릭스 물질 속에 들어가 있는 방식이다. 여기서 양극은 리튬이온을 잡아두고 전자를 방출하며 다른 모든 것을 보강하는 역할을 한다. 전해질과 음극 역시 이온을 움직이면서 동시에 구조 하중을 지탱한다. 장차 음극의 알루미늄박을 탄소섬유로 바꾸어 강도와 전지 성능을 높이고, 분리막도 더 얇은 것으로 교체하는 것이 연구팀의 목표다. 그리하여 알루미늄보다 높은 강성(75GPa)과 가벼운 무게, kg당 75Wh의 에너지 밀도를 갖춘 구조재 배터리를 만들고자 하는 것이다. 이러한 구조재 배터리는 자동차뿐만 아니라 전기항공기, 전기자전거 등 전기 이동체의 전원으로 쓰일 잠재성이 크다.

송 교수는 이러한 신기술의 특허 출원과 기술 이전에도 열의를 보이고 있다.

## 독창적인 신규 소재 연구에 박차를 가하기 힘든 환경 아쉬워

연구의 희와 비를 묻는 기자의 질문에 송 교수가 해준 답은 예상 범위 내였다. 아이디어가 실험을 통해 구현될 때가 가장 기쁘고, 연구가 마음대로 잘되지 않을 때가 슬프다는 것이었다.

송 교수는 아직도 이공계에서는 비교적 보기 드문 여성 연구자다. 한국과 일본에서 보낸 송 교수의 대학원 시절에는 과에 여학생이 혼자뿐이었다고 한다. 현재 몸 담고 있는 학과에서도 송 교수 이전의 여성 교수는 없었을 정도다.

그러나 이후 이공계에서도 여성의 비율이 높아지고 있다. 현재 이공계 학부에서는 여학생의 비율이 50%에 달한다고 한다. 앞으로 10~20년 후에는 이공계 연구자 중에도 여성의 비율이 높아질 것이라고 송 교수는 전망한다.

그밖에 송 교수는 지식재산권을 존중하지 않는 한국 사회의 분위기가 아쉽다고 지적했다. 그러한 분위기는 그동안 급속한 경제 성장을 위해 선진국이 만들었던 것을 닦치는 대로 복제하면서 생긴 것이다. 국내에서 개발된 기술에 대한 기술 이전료도 너무 낮게 책정돼 있다. 그러나 이미 우리나라는 충분한 성장을 이루었다. 이제는 선진국이 할 수 없는 것을 보여줘야 한다. 그러려면 창의성이 필요하다. 창의성은 아이디어가 존중되는 자유로운 분위기에서만 생긴다.

또한 한 분야에서 오랫동안 몸담은 연구자의 노하우 역시 쉽게 따라잡을 수 없는 창의성과 아이디어의 원천이다. 그럼에도 유행하는 것을 좇는 데 급급하고, 논문 편수를 곧장 연구 업적의 크기와 동일시하는 학계의 풍토도 아쉽다고 송 교수는 지적한다. 그러나 미국보다 활발한 산학협력 분위기, 꼼꼼함과 차분함, 우수한 조직력이야말로 한국의 장점임도 빼놓지 않았다.

4차 산업혁명으로 연구자들은 연구에 더욱 박차를 가해야 한다. 그들이 기량을 마음껏 펼칠 수 있는 연구환경이 조성되기를 바란다.

# 한국의 전기 운용 역사와 미래를 한 곳에서 한국전력공사 전기박물관

오늘날 우리의 생활필수품이 된 전기.  
그러나 그 전기는 수많은 사람들의 노력을 통해 발전해 오고,  
또 운용되고 있다. 우리나라의 전기산업이 걸어온  
발자취는 물론이고 앞으로 나아갈 길까지도  
한눈에 알아볼 수 있는 곳, 전기박물관을 소개한다.

이동훈(과학칼럼니스트)



01

02



한국전력공사 전기박물관 체험기  
※영상 및 소리 자동 재생되니,  
공공장소에서는 반드시 이어폰을  
착용하세요.



03

04



- 01 전력 수용가 표찰
- 02 박물관 전경
- 03 라이덴 병, 배터리가  
나오기 전 최초의 전기 저장 도구.  
여기에 피뢰침을 연결해 번개에서  
나오는 전기를 담기도 했다.
- 04 전주 표찰



현대 문명을 가리켜 석유 문명이라고들 말한다. 그러나 어찌 보면 전기 문명이기도 하다. 생각해 보라. 아무리 석유가 많아도 전기를 쓸 수 없으면 당장 휴대전화와 컴퓨터부터 사용이 불가능하다. TV와 라디오, 조명 등, 냉장고는 물론 지하철도 이용할 수 없다. 하다못해 전기구이 통닭도 먹을 수 없다. 전기가 사라지면 순식간에 우리의 문명 수준은 18세기 이전으로 후퇴할지 모른다.

현대 문명에서 피처럼 소중한 전기. 이 전기를 더욱 편리하고도 안전하게 사용하기 위한 기술 개발은 오늘날도 쉽없이 이어지고 있다.

한국전력공사는 우리나라의 대표적인 전력회사다. 1898년 설립된 한성전기를 모체로 한미전기(구한말), 일한와사, 경성전기, 조선전업(일제 강점기) 등으로 이름을 바꾸어 가다 독립 후인 1961년 오늘날의 한국전력이 됐다.

07

08

05

06

09

- 05** 지금은 더 이상 볼 수 없는 나무 전신주
- 06** 나무 전신주의 전주 표찰. 문자로 보건대 일제 때의 것으로 예상된다.
- 07** 실물을 들여놓을 수 없는 발전소들은 이처럼 디오라마식으로 전시돼 있다. 과거 남한 최대의 화력발전소(설비용량 10만7000kW)였던 영월 화력발전소의 모습. 1943~76년 운용됐다.
- 08** 북한의 수풍수력발전소(설비용량 70만 kW). 명실 공히 북한 최대의 발전소다. 1943년 가동을 시작한 이래 6·25전쟁 때도 용케 살아남았다. 다음 세기인 2150년대까지도 운영이 가능하다고 한다.
- 09** 남한 최초의 원자력발전소인 고리 원자력발전소. 1978년부터 가동됐다. 시설용량은 313만7000kW에 달한다.



10

우리나라에 처음 전기가 들어온 것이 1887년 경복궁 건청궁에서부터였으니까 실로 우리나라의 역사와 함께한 회사임을 알 수 있다. 그러한 한국전력공사가 우리나라의 전기 역사를 주제로 만든 박물관이 바로 전기박물관이다.

전기박물관은 지난 세기의 전기 역사를 체계적으로 정리해 보존하고, 전기의 소중함과 근대 과학의 발전 과정을 보여주려고 설립됐다. 3개 층 중 갤러리와 문화교실을 제외한 실제 전시관은 2층의 친환경에너지관, 3층의 전기역사관과 현대전기관 등 3개관으로 이루어져 있다. 총 810점의 전시물을 보유하고 있으며 도심에 위치해 서울 시민이라면 접근이 용이한 박물관. 우리나라의 전기 사용 역사에 대해 궁금하다면 분명 유익한 관람이 될 것이다. 조만간 전면 리모델링도 앞두고 있다.



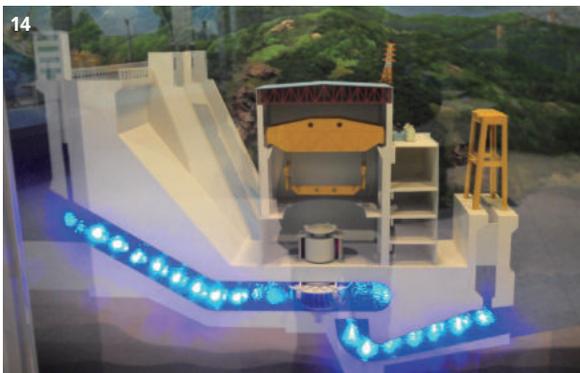
11



12



13



14

- 10 에디슨 하면 바로 생각나는 발명품인 전구. 그가 1879년 만든 첫 전구(복제품)다.
- 11 과거의 각종 가전제품들도 전시돼 있다. 세계 최초의 녹음 및 재생 도구는 에디슨이 발명한 축음기였다. 여기에는 특히 미국 빅터사의 상표이기도 한 축음기 듣는 강아지 니퍼의 모습이 모형으로 만들어져 있다.
- 12 각종 전기제품의 발명과 개발 분야에서 에디슨의 이름을 빼놓을 순 없다. 에디슨이 생전에 만들었던 다양한 전기제품들이 전시돼 있다. 전시물의 면면을 보면 의외로 그때도 있을 건 다 있었다는(?) 느낌이다. 전기 다리미, 전기 난로, 전기 고대기, 심지어 전기 와플기도 있다.
- 13 과거 한국전력에는 전기를 생산하는 물 위의 발전소인 발전함(發電艦) '레지스탄스'도 있었다. 1961년부터 7년까지 운용했고, 시설용량은 3만 kW였다.
- 14 수력발전소의 원리를 설명하는 전시물



15



16



### 관람안내

- 운영시간      오전 10시~오후 6시
- 도슨트 안내 및 해설      평일(화, 수, 목, 금요일), 토·일요일 제외  
1차(오전 10시), 2차(오후 2시), 3차(오후 4시)
- 휴관일      매주 월요일, 설·추석 연휴
- 입장요금      무료. 관람객에 한해 2시간 무료 주차
- 주의사항      만 5세 미만 어린이는 관람 시  
보호자의 주의가 필요합니다.

### 예약안내

- 20인 이상 단체관람만 예약 필요. 관람 희망일 1일 전까지 예약 완료 필수.  
개인이나 20인 미만일 경우 예약 없이 관람 가능.
- 상담전화      02-2105-8190~2
- 주소      서울 서초구 효령로 72길 60 서초동  
한전아트센터



17



18

- 15 발전기와 모터의 원리를 설명하는 전시물
- 16 조선전업 시절 만든 세계전력도표와 한국전력도표
- 17 과거 한국전력의 역사가 담긴 문서들도 전시돼 있다. 과거 한국전력 신분증
- 18 전시물은 미래의 것들도 포함된다. 전기자동차용 충전기
- 19 요즘 박물관답게 VR 기기도 전시돼 있다.



19

13

독자 여러분은 하워드 휴즈(1905~1976)라는 인물을 아는가? 석유 채굴 장비 제작기업인 휴즈공구회사 창업자의 아들로 태어난 그는 부모로부터 기업과 막대한 재산, 그리고 뛰어난 사업 수완까지 물려받았다. 그는 특히 영화계와 항공우주산업에서 두각을 나타냈다. '지옥의 천사들'(원제 Hell's Angels)을 포함해 총 14편의 영화를 제작했고, 그중 일부는 감독, 각본가로 직접 참여하기도 했다. 1932년에는 휴즈항공기제작사를 창업해 다양한 항공기와 인공위성, 우주 탐사선, 그밖의 항공우주체계를

개발 생산해 납품했다. 휴즈항공기제작사는 1997년 레이시온에 매각돼 사라졌지만, 이 회사에서 개발한 제품 중에는 MD-500 헬리콥터, AH-64 아파치 헬리콥터, BGM-71 TOW 미사일 등 우리나라에도 잘 알려진 제품도 여럿 있다. 말년에 사람 만나기를 극도로 꺼리며 은둔자적 삶을 살았던 휴즈는 신부전을 일으켰다. 그는 신부전 치료를 위해 병원으로 가던 항공기 안에서 숨을 거두었다고 하니, 정말 공교롭게도 인생의 마지막 순간까지 항공기와 함께한 셈이다.

영화 '에비에이터'는 바로 그런 휴즈의 청년 시절을 다룬 작품이다. 찰스 하이햄이 쓴 휴즈의 전기 'Howard Hughes: The Secret Life'(국내 번역명 '에비에이터')를 극화한 이 작품은 마틴 스코세이지 감독의 지휘 아래 레오나르도 디카프리오가 휴즈 역을 맡아 열연했다. 항공우주산업에 큰 족적을 남긴 사업가인 휴즈의 일대기답게 이 작품에는 많은 항공기가 나온다. 이번에는 그중에서도 가장 마지막에 나오는 항공기인 H-4 허큘리스를 주로 소재의 측면에서 다루어 보도록 하겠다.

## 영화 '에비에이터' 속 H-4 항공기 80년 전에도 소재는 핫이슈였다!

까다롭기로는 둘째가라면 서러웠던 하워드 휴즈.  
그가 지극히 까다로운 요구 조건을 맞추기 위해 선택한 소재는?

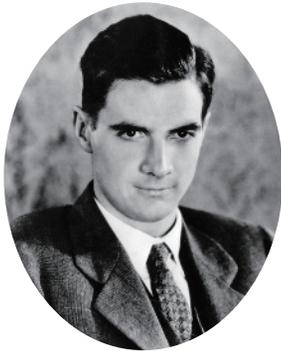
✍ 이동훈(과학칼럼니스트)

### 금속의 시대에 목재를 선택?!

1942년 미 육군부가 휴즈항공기제작사에 발주한 군용 수송 수송기인 H-4 허큘리스는 스프루스 구스(Spruce Goose : 가문비나무 거위)라는 우스꽝스러운 별명이 붙어 있다. 휴즈는 이 별명을 싫어했다. 그럼에도 이런 별명이 붙게 된 것은 항공기의 소재가 목재였기

H-4를 배경으로 서 있는 하워드 휴즈(영화 장면).





실제 하워드 휴즈의 모습.

때문이다. 1940년대면 이미 전금속제 항공기가 처음 나온 지도 30년이 지난 시점이다. 그런데 왜 목재를 선택한 것일까.

사실 항공기는 꽤나 소재를 가리는 기계물이다. 자동차나 배와는 달리 항공기는 공중에 떠야 한다. 뜨려면 양력이 필요하다. 그리고 가벼운 소재로 만들수록 같은 양력으로도 더 높이, 더 멀리, 더 빠르게 비행시킬 수 있다. 또한 항공기의 소재는 가벼우면서도 튼튼해야 한다. 고속 비행 시의 공기 저항에 필요 이상으로 변형해서는 안 되고, 내부의 탑승자와 탑재물을 고공의 외부 환경으로부터 지켜낼 수 있어야 한다. 이러한 까다로운 조건을 만족시키는 소재는 의외로 많지 않다.

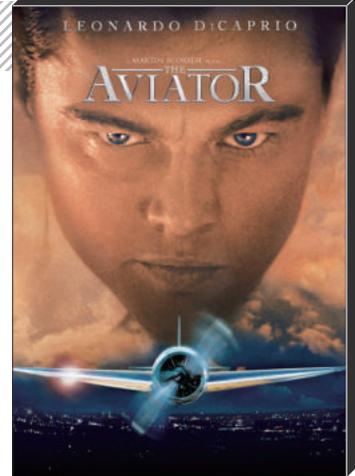
게다가 육군부는 H-4를 발주할 때 매우 높은 작전 성능을 요구했다. 68의 인원 또는 화물(완전무장 보병 750명 또는 M-4 셔먼 전차 2대)을 싣고 미국을 출발해 대서양을 건너 유럽 대륙까지 갈 수 있는 항공기를 만들어 달라고 했던 것이다. 1942년은 독일 U보트의 위험이 절정에 달하던 시기였다. U보트에 격침당하지 않고도 영국에 군수물자를 보낼 수 있는 이동체를 만들어 달라고 한 것이다. 그러나 육군부는 알루미늄 소재의 사용은 안 된다는 조건을 걸었다. 알루미늄은 다른 항공기 제작에 우선적으로 쓰여야 할 귀중한 전략 물자이기 때문이었다.

이 모든 조건을 충족시키기 위해 H-4는 그 이전까지 나온 그 어떤 수송기도 가볍게 능가

할 만큼 장대한 동체(길이 66.65m)와 날개(폭 97.82m)를 갖추었다. 그리고 앞서도 말했듯이 주재료는 나무였다. 최대 이륙 중량은 18t, 세대와 추진기관이 다른 항공기이므로 단순비교는 좀 무리가 있지만 비슷한 규모의 금속제 항공기인 보잉 747의 최대 이륙 중량은 447t, An-225는 640t이었다.

### 계속 발전하는 소재공학

하지만 이렇게 거대한 항공기였음에도 그 결말은 꽤 싱거웠다. 앞서도 말했듯이 이 항공기의 소요는 2차 세계대전이라는 특수 상황 때문에 제기됐다. 그리고 휴즈는 평소의 그답게 완벽주의를 고집하다가 종전 시까지 항공기를 완성시키지 못하고 말았다. 결국 그는 항공기 개발에 투입된 국가 예산 2300만 달러(2019년 화폐가치로 2억1100만 달러)를 횡령했다는 혐의를 뒤집어쓰고 상원 청문회에까지 나가야 하는 신세가 된다. 그는 자신이 결코 돈을 빼돌리지 않았다는 점을 증명하기 위해 이 항공기를 뒤늦게나마 완성하고, 영화에서 나온 대로 1947년 11월 2일 비행까지 시킨 것이었다. 하지만 그 비행 고도가 불과 20m, 비행 거리는 1.6km, 비행 시간은 26초에 불과했다. 이 때문에 이 항공기가 과연 요구조건대로 날 수 있었는지에 대한 논란은 현



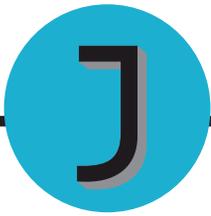
재까지도 끊이지 않고 있다.

아무튼 2차 세계대전이 끝났으니 이 항공기를 양산해야 할 필요성은 없어졌고, 휴즈도 이 항공기를 더 이상 비행시키지 않았다. 결국 이 항공기는 현재 에버그린 항공우주박물관에서 거대한 덩치로 관광객의 눈을 즐겁게 해 주는 신세로 전락했다. 하지만 휴즈는 자신이 사망할 때까지 이 항공기를 언제라도 비행 가능한 상태로 정비·유지했다고 전해진다. 그의 편집증적인 일면을 새삼 엿보게 해 주는 부분이다.

그러나 더욱 가벼우면서도 뛰어난 물성을 지닌 항공기용 신소재 연구는 계속되고 있다. 현재는 전체 중량의 무려 절반을 복합소재로 총당, 전금속제 항공기보다 더욱 우수한 연비를 자랑하는 B787 같은 항공기도 나와 있다. 항공기뿐만 아니라 우리가 쓰는 모든 것을 이루고 있는 소재, 그리고 그 소재를 다루는 소재공학. 앞으로도 더욱더 발전하기를 바라마지 않는다.



실제 H-4 항공기의 비행 장면.



# R&D 관련 구인 및 구직

연구개발(R&D) 관련 직종의 구인 및 구직을 소개합니다.  
R&D 관련 직종(연구직, 기획, 관리, 홍보 등)의 구인 및 구직 관련 자료  
(구인공고, 자기소개서)를 이메일로 보내주세요.

보낼 곳 eco\_news@naver.com  
문의 053-718-8251, '이달의 신기술' 담당 김은아 기자



정부는 2019년 7월  
일본 수출규제를 기점으로  
소부장 경쟁력 강화 대책을  
수립하고 강력하게  
시행 중이다.

이를 토대로 2021년 1월 기준  
소부장 연구개발(R&D)  
사업 매출이 2000억 원 이상의  
성과를 낸 것으로 집계됐다.  
여기서 줄임말로 사용된  
소부장의 정확한 명칭은  
무엇일까요?

## New Technology Quiz

### 92호 정답 및 당첨자 창의성

배재준, 최석준, 최연숙, 김지연,  
전준규

※ 퀴즈 정답은  
eco\_news@naver.com으로  
보내주세요.

독자선물은 교환, 환불이 불가합니다.  
주소 불명 등으로 반송 시  
재발송하지 않습니다.



에스모도 슬림핏  
보조배터리  
5000mAh

### 아남전자(aname.co.kr)

#### 중국 R&D 총괄(팀장) 채용

- 담당 업무 : 중국개발팀 총괄, ODM 개발(Audio 회로, 기구, 스피커)
- 응모 자격 및 우대 사항 : ODM 개발(Audio 회로, 기구, 스피커) 경력 10년 이상, 한국 본사와 소통하며 중국 현지 인력을 이끌어갈 친화력·리더십 보유자, 중국어 커뮤니케이션 가능자(필수), 영어 회화 가능자(우대)
- 근무 형태 : 정규직(수습 3개월)
- 근무처 : 서울 구로구
- 모집 기간 : 6월 13일까지
- 문의 : 02-6424-4792

### (주)케이텔(k-tel.co.kr)

#### HW, FW, SMPS 연구개발 경력 연구원 모집

- 담당 업무 : HW, FW, SMPS 연구개발
- 응모 자격 및 우대 사항 : 전기·전자공학, 정보·통신 공학 전공자, 경력 5년 이상, 운전 가능자, 유관 업무 경력자(3년), 장기근무 가능자
- 근무 형태 : 정규직(수습 협의)
- 근무처 : 경기 의정부시
- 모집 기간 : 6월 19일까지
- 문의 : 031-852-7372

### (주)제일메디칼코퍼레이션(jeilmed.co.kr)

#### (신입·경력) 의료기기 인허가(RA), 품질관리(QA), 연구개발 공개 채용

- 담당 업무 : 골절합용 의료기기, 기구류 설계·개발, 기타 개발 의뢰건 및 유관 업무
- 응모 자격 및 우대 사항 : 학사 이상(기계·조선공학, 자동차, 의공학 등 공학 계열 유관 학과 전공자, 신입·경력, CERO·Auto CAD 숙련자, 유관 업무 경력자(팀장급) 우대, CAD·CAM 숙련자 우대, 영어 가능자 우대)
- 근무 형태 : 정규직(수습 3개월)
- 근무처 : 서울시 구로구
- 모집 기간 : 7월 12일까지
- 문의 : 02-850-3500

### (주)엠티아이(mtisemi.com)

#### 기술연구소(R&D Center) Film·Tape 경력 연구원 채용

- 담당 업무 : 필름 및 점착 테이프 연구개발(EMI Tape 개발 관련 원재료 소싱, 포뮬레이션(Formulation) 개발 및 평가, 제품 제작을 위한 외주 생산 평가, 개발 아이템 관련 자료(논문, 특허, 기타 보고서) 서칭 및 유사 제품 서베이(Survey) 평가
- 응모 자격 및 우대 사항 : 학사 이상, 경력 7년 이상
- 근무 형태 : 정규직
- 근무처 : 경기 안산시
- 모집 기간 : 6월 16일까지
- 문의 : 031-493-6737

# 글로벌 기술강국으로의 도약 “국제 기술 협력을 지원합니다”

산업통상자원부 해외기술협력거점



## KEIT 미국(실리콘밸리) 거점

담당자 박성환  
E-mail parkorea@keit.re.kr  
Tel (Office) +1-408-232-5411



## KEIT 독일(베를린) 거점

담당자 박효준  
E-mail biojun@keit.re.kr  
Tel (Office) +49-30-8891-7390



## KORIL 이스라엘 거점

담당자 최수명  
E-mail smchoi@koril.org  
Tel 02-6009-8245,  
(텔아비브Office) +972-54-345-1013



## KIAT 미국(워싱턴D.C) 거점

담당자 이범진  
E-mail pomjin@kiat.or.kr  
Tel : (Office) +1-703-337-0950



## KIAT 벨기에(브뤼셀) 거점

담당자 강주석  
E-mail kangjs@kiat.or.kr  
Tel (Office) +32- (0)2-431-0591



## KIAT베트남(하노이) 거점

담당자 임병혁  
E-mail bhlim@kiat.or.kr  
Tel (Office) +84-24-7308-2020

Industrial Technology

# News

## 한-이스라엘 산업기술 협력 협정, 16년 만에 '전면 개정'



산업통상자원부 문승욱 장관은 지난 5월 10~13일 방한한 이스라엘 아미르 페렛츠 장관과 '대한민국 정부와 이스라엘 정부 간의 민간부문산업의 연구 및 개발에 관한 양자 협력 협정(한-이스라엘 산업기술 협력 협정) 전면 개정안에 최종 서명했다. 한-이스라엘 산업기술 협력 협정 개정 서명식은 5월 12일 서울 롯데호텔에서 진행됐다. 이 협정은 제조강국인 우리나라가 원천 기술 강국인 이스라엘과의 상호 호혜적인 기술 협력을 위해 1999년 최초 체결한 우리나라 유일의 산업기술 협력 조약으로, 이 조약을 근거로 양국은 2001년부터 공동연구개발기금을 조성해 공동 R&D를 지원하고 있다.

이번 개정은 공동연구개발기금 각국 출자금액을 기존 200만 달러에서 400만 달러로 대폭 확대하고 공동 R&D 과제에 대한 정부 최대 지원 비율을 기존 50%에서 70%로 상향했으며, 기존 기업 위주의 R&D에서 연구소와 대학의 R&D 참여를 적극 확대하고 공동 R&D만 지원 가능했던 기금의 지원범위를 공동 세미나, 인력 교류 등 직접적 R&D 외에 간접적인 활동까지 확대하는 것을 주요 골자로 한다. 그간 양국 정부는 지난 20여 년간 6500만 달러의 기금을 조성하고 총 181건의 공동연구를 지원했으며, 이를 통해 신기술 개발, 해외 진출, 투자 유치, 신사업화 등의 성과를 창출했다. 특히 의료기기 제조기업 올메디쿠스와 이스라엘의 무선전송기술 기업 GlucoME가 2015년 개발한 신개념 무선 혈당측정기는 개발 4년 만에 수출액이 약 70배 성장하는 등 양국 간 성공적인 사례가 여럿 나타나고 있다.

이번 조약 개정에서는 디지털 전환과 밸류체인 재편 등 최근 급변하는 산업환경에 따라 확대되는 양국 기업의 협력 수요에 부응해 기술협력 규모를 양적·질적으로 크게 확대했다. 특히 이스라엘은 최근 한국의 제조기업이 필요로 하는 정보통신기술(CT)·생명공학기술(BT)에 매우 강점이 있어 디지털 전환과 바이오 혁명 시대에 최적의 협력 파트너로 그 의미가 크다. 향후 양국은 조약 개정을 바탕으로 '서비스 로봏'을 주제로 총 800만 달러(정부 지원 530만 달러) 규모의 대형 하향식(Top-down) 프로그램인 '라이트하우스(Lighthouse, 등대)'를 하반기 중 착수할 계획이다. 라이트하우스는 그간 추진해 온 기업 수요에 기반한 상향식(Bottom-up) R&D 지원과 차별해 정책적 필요와 사전 기획을 바탕으로 한 하향식 기술협력 프로그램을 의미한다.

한편, 서명식에서 문 장관은 "내년은 양국 수교 60주년으로, 이번 양국 간 산업기술 협력 협정 개정과 FTA 서명을 계기로 기술 협력과 교류, 투자가 더욱더 활성화될 수 있도록 함께 협력해 나가자"면서 "특히 이번 기술 협력 협정 개정을 통해 한국의 반도체, ICT 분야의 우수한 기술과 이스라엘의 창업 역량을 결합해 양국 기업 간 투자와 협력이 확대될 수 있을 것"이라고 밝혔다.

이달의 신기술'은 여러분의 의견에 항상 귀 기울이고 있습니다. 관심 있는 콘텐츠 사업화에 유망하다고 생각하는 신기술을 비롯해 추가됐으면 하는 내용, 바라는 점 등이 있다면 많은 참여 바랍니다.

eco\_news12@ketr.re.kr / 053-718-8251

# NEW TECHNOLOGY OF THE MONTH

JUNE 2021



산업통상자원부 산하 한국산업기술평가관리원,  
한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원,  
한국공학한림원 등 R&D 대표기관 및  
최고 권위인 공학기술자단체가 공동으로 발행하는  
<이달의 신기술>

정기구독 안내



계좌번호

038-132084-01-016 기업은행  
1005-102-350334 우리은행

전화

02-360-4845

구독료

50,000원 (연간)

온라인 신청

<https://goo.gl/u7bsDQ>



이메일 접수

[power96@hankyung.com](mailto:power96@hankyung.com)

투명하고 전문적인  
산업기술 기획·평가·관리를  
이끄는 *Keit*

“국민을 위한  
따뜻한 기술개발로  
국민 행복을  
만들어 가겠습니다”

[www.keit.re.kr](http://www.keit.re.kr)

[www.facebook.com/keitkorea](https://www.facebook.com/keitkorea)

유튜브 검색창에서 'KEIT' 검색