

NEW TECHNOLOGY  
OF THE MONTH

# 이달의 신기술

09

Vol. 108  
SEPTEMBER 2022

## 마중물적인 선도 연구 기존 재료 한계 뛰어넘는 차세대 소재 개발

SPECIAL

이달의 산업기술상

ISSUE

향후 제조업 선도할 신산업 제조장비용 부품  
기술력 확보에 나서다

태양전지 분야의 무색·투명 개발 난제를 풀어내다  
울산과학기술원(UNIST)

이차전지산업,  
가치사슬별 경쟁력 비교·진단



9 772288 490002  
ISSN 2288-4904 ₩6,000

# CONTENTS

WITH

02

COLUMN

이차전지의 미래 : 나노 기술과 리튬 - 황전지

08

글로벌

산업용 미래 금속 소재 관련 주요 동향

20

SPECIAL

향후 제조업 선도할 신산업 제조장비용 부품  
기술력 확보에 나서다

TECH



30

2022년 올해의 산업혁신기술상 시상식

답습과 모방 대신 혁신의 기술을 여는 기업과 사람들

34

이달의 산업기술상 신기술 장관상

태양전지 분야의 무색·투명 개발 난제를 풀어내다  
울산과학기술원(UNIST)

40

이달의 기술

(주)나노엔텍, 벤텍스(주), (주)우성케미칼

46

R&D 프로젝트\_ 연세대학교 산학협력단

핵심 소재 국산화 및 선도적 개발을 지원하다

50

R&D 연구소\_ 성균관대학교 산학협력단

대학과 기업 간 모범적 산학 협력 모델을 선도하다



POPULAR

54

트렌드

MZ세대의, MZ세대에 의한, MZ세대를 위한 JOB

62

ISSUE

이차전지산업, 가치사슬별 경쟁력 비교·진단

68

CLUB

인하대학교 로켓 연구회

72

SPOT

인천어린이과학관



FUTURE

76

테크 컬처

미래 전쟁에서도 빛나는 신소재의 위력 애니메이션 '기동전사 건담'

78

R&D 관련 구인 및 구직

80

NEWS

SEPTEMBER 2022 VOL. 108

NEW TECHNOLOGY OF THE MONTH

이달의 신기술

등록일자 2013년 8월 24일
발행일 2022년 8월 31일
발행인 한국산업기술평가관리원 원장 정양호
발행처 한국산업기술평가관리원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원
주소 대구광역시 동구 첨단로 8길 32(신서동) 한국산업기술평가관리원
후원 산업통상자원부

편집위원 산업통상자원부 노건기 국장, 김중주 과장, 임태섭 서기관, 김선영 사무관, 배은주 사무관, 정재욱 사무관, 김경아 주무관, 유유미 주무관
한국산업기술평가관리원 강기원 본부장, 장중찬 단장, 이수갑 팀장
한국산업기술진흥원 김정옥 본부장, 박천교 단장, 김진하 팀장
한국에너지기술평가원 이성주 본부장
한국산업기술문화재단 박진철 부이사장
한국공학한림원 남상욱 사무처장

편집 및 제작 한국경제매거진 (02-360-4859)
인쇄 (사)장애이동반성장협회 (02-464-5565)
구독신청 02-360-4859 / chojh@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.



## 이차전지의 미래 : 나노 기술과 리튬-황전지

전 세계적으로 탄소 배출 규제가 심화하면서 화석연료 사용을 최소화하려는 노력이 지속되고 있다. 실제로 유럽 일부 국가를 시작으로 세계 각국에서 신재생에너지 확대 정책을 펼침에 따라 전기자동차와 같이 친환경적인 에너지를 사용하는 기기에 대한 선호가 급증하고 있다. 그 결과 전기차 시장은 급속도로 성장하고 있으며, 전기차의 성능을 결정하는 데 가장 중요한 역할을 하는 리튬이온전지 시장도 매우 빠른 속도로 성장하고 있다.



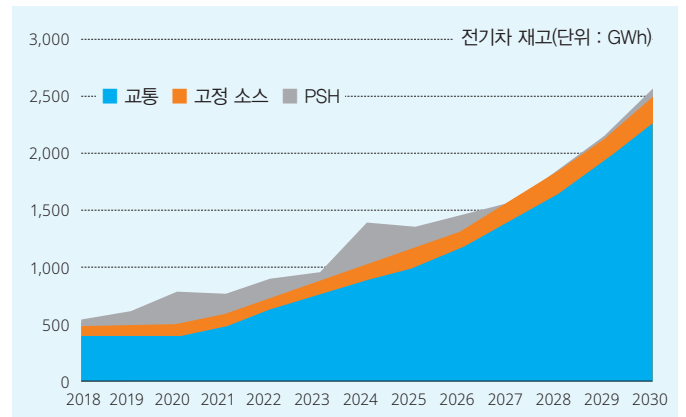
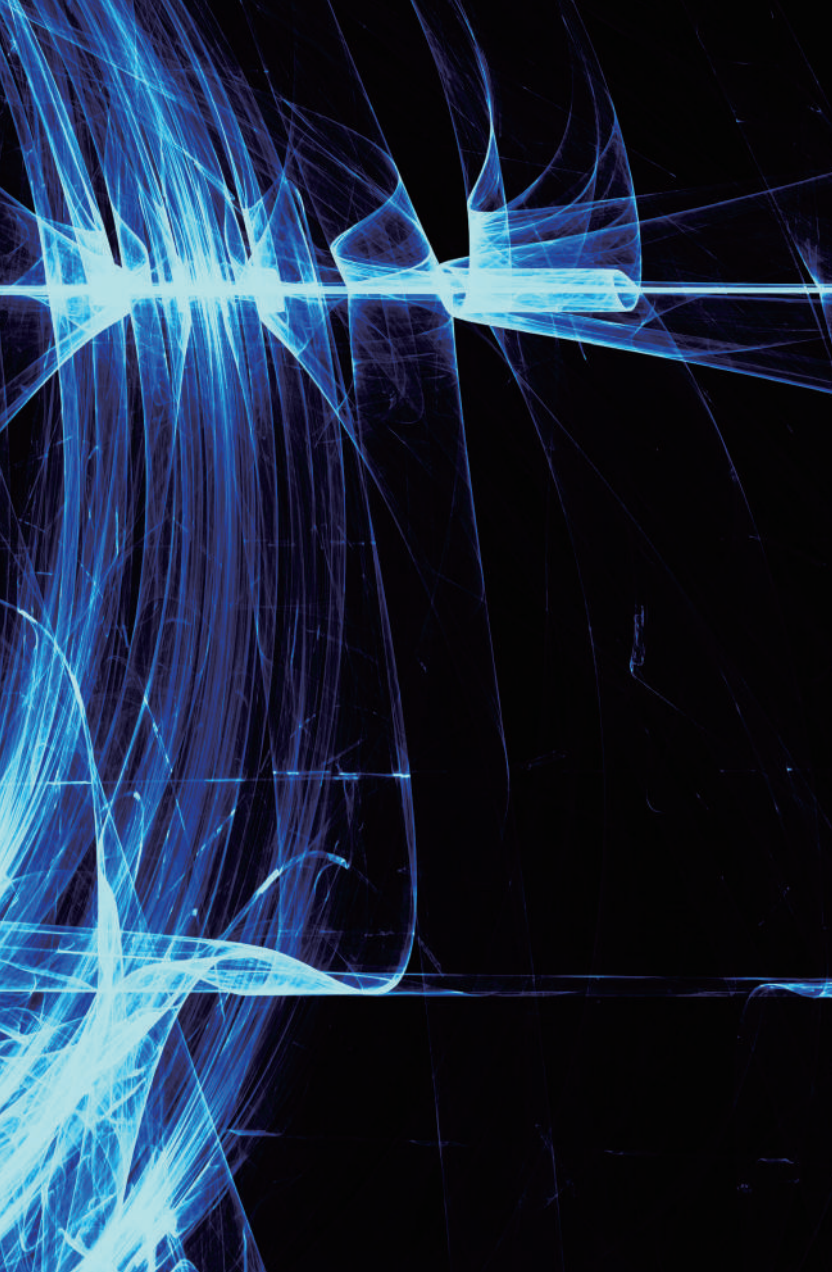
### 성영은

[서울대학교 화학생물공학부 교수]

- ▶ 기초과학연구원 나노입자연구단 부단장
- 한국전기화학회 회장
- 한국공학한림원 회원
- 이차전지산업화지원센터 센터장 역임

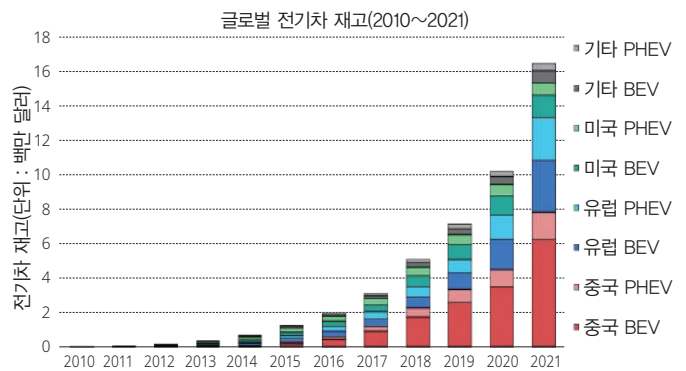
### 리튬이온전지의 시장 전망

〈그림 1〉에 따르면 블룸버그를 비롯한 세계적인 분석기업들은 2022년 기준 1000GWh 이하에 머무르고 있는 글로벌 전지 시장이 급격한 성장을 거듭해 2030년 2500GWh 이상이 될 것으로 전망하고 있다. 이때 성장동력은 대부분 전기차 시장에서 기인한 리튬이온전지에 의한 것으로 예상되며, 실제로 〈그림 2〉를 보면



〈그림 1〉 글로벌 전지 시장과 리튬이온전지 시장 예측

출처 : Bloomberg New Energy Finance, "Electric Vehicle Outlook 2020," 2020.



〈그림 2〉 전지자동차 시장 규모

출처 : International Energy Agency, "Global EV Outlook 2022," 2022.

2021년까지 등록된 전동화 차량 수는 약 1650만 대로 3년 사이 무려 3배에 이르는 성장을 보여주고 있다.

이처럼 전기차 시장 확대에 힘입어 리튬이온전지산업이 급성장함에 따라 유럽과 미국, 그리고 동아시아 국가들은 이차전지 시장 주도권 확보를 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 리튬이온전지 소재의 경우 과거 2000년대 초반까지는 일본이 시장을 주도했으나 최근 한국 및 중국 업체의 과감한 투자와 빠른 성장으로 공급망이 다양화하는 등 시장 경쟁이 치열해지고 있다. 국내 기업은 삼원계 전지를 중심으로 에너지밀도 향상 및 원가 절감에 초점을 두고 급성장했으며, 중국 업체와의 경쟁 과열로 인한 수익성 하락 및 낮은 원재료 자급률 등으로 고전하면서도 연구개발(R&D) 및 투자를 확대하며 전기차용 중대형 전지 시장의 지배력을 강화하고 있다.

### 이차전지를 위한 나노 기술

하지만 상용화된 리튬이온전지를 넘어서는 대용량 에너지 저장에 대한 요구가 커지면서 전지 시장의 미래를 잡기 위해서는 보다 발전된 물질 및 시스템 개발이 필요한 상황이다. 이러한 대용량 에너지저장장치를 개발하기 위해 〈그림 3〉과 같이 기존의 삼원계 양극 소재와 흑연 음극 소재로 이루어지던 전지 구성에서 더 나아가 용량이 월등히 큰 황 양극과 실리콘 음극을 사용하려는 연구가 다수 진행되고 있다. 하지만 두 소재를 이용하기 위해서는 아직 많은 문제점이 있는데 이를 해결할 수 있는 혁신적인 방법 중 하나가 바로 나노 기술이다. 실리콘 소재의 경우 충·방전 시 3배 이상 커지는 부피 변화로 인해 수반되는 문제점을 해결하기 위해 실리콘 자체를 나노 크기의 소재로 합성하거나, 실리콘 입자 주위에 나노 입자를 코팅하는 방식으로 문제점을 해결해 나가고 있다.

WITH

**Enhanced Li-ion**  
Graphite/NMC

Projected Cell Specific Energy, Cost  
300Wh/kg, \$100/kWh

Current cycle life	> 1000
Calendar life	> 10 years
Mature Manufacturing	Yes
Fast charge	No
Cost positive recycling	No

**R&D Needs**

- Fast charge
- Low temperature performance
- Low/no cobalt cathodes
- Cost positive recycling

**Next Gen Li-ion**  
Silicon/NMC

Projected Cell Specific Energy, Cost  
400Wh/kg, ~\$75/kWh

Current cycle life	> 1000
Calendar life	~3 years
Mature Manufacturing	No
Fast charge	Yes, at BOL
Cost positive recycling	No

**R&D Needs**

- Enhanced calendar life
- Abuse tolerance improvement
- Low/no cobalt cathodes
- Cost effective and scalable pre-lithiation

**Lithium Metal**  
Li metal/NMC or Sulphur

Projected Cell Specific Energy, Cost  
500Wh/kg, ~\$50/kWh

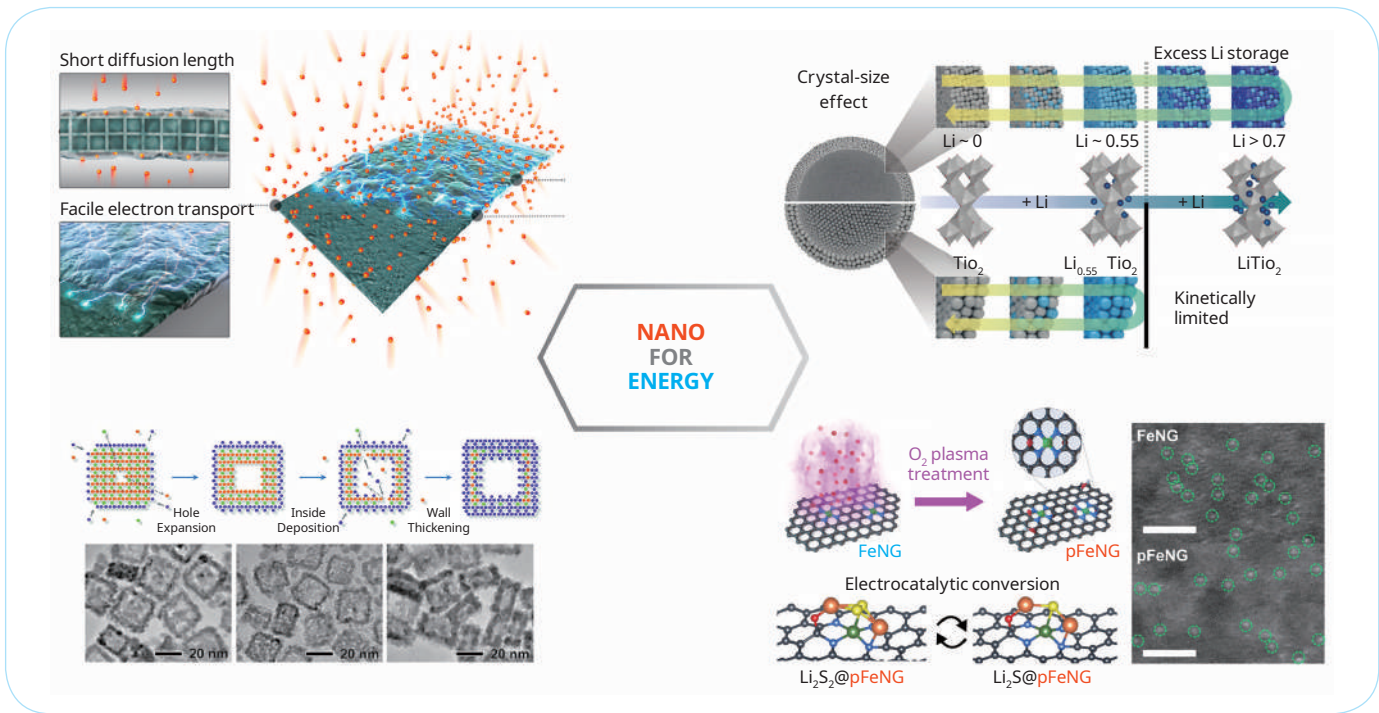
Current cycle life	> 300
Calendar life	???
Mature Manufacturing	No
Fast charge	???
Cost positive recycling	No

**R&D Needs**

- Enhanced cycle and calendar life
- Protected lithium
- Dendrite detection and mitigation
- Cost effective manufacturing
- High conductivity solid electrolyte

〈그림 3〉 리튬이온전지의 현재와 향후 방향

출처 : DOE/VTO Annual Merit Review Plenary, Dave Howell, Junet, 2020.



〈그림 4〉 기초과학연구원 나노입자연구단의 이차전지를 위한 나노 기술 연구 내용들

황 소재 또한 문제점을 해결하기 위해 나노 기술 연구가 매우 활발히 진행되고 있는데 이 내용은 다음 장에서 더 자세히 살펴보고자 한다.

나노 기술의 성공은 소재의 성능뿐만 아니라 소재 양산에 따른 가격 경쟁력 등 많은 난관이 있다. 이에 저자가 속한 연구단에서는 리

튬이온전지의 미래인 나노 기술 개발에 주력해 소위 'Nano for Energy'라는 슬로건으로 한계를 극복하려는 다양한 연구를 진행하고 있다. 대표적인 내용을 살펴보면 〈그림 4〉와 같다.

리튬이온전지의 음극 소재로 나노시트(Nanosheet) 형태의 SnO<sub>2</sub>-탄소 복합체를 활용했고, 금속 나노 입자를 속이 비어 있는 할로

(Hollow) 형태로 합성해 기존의 소재보다 더 많은 리튬을 저장할 수 있는 소재로 활용했다. 이뿐만 아니라 차세대 전지로 주목받는 리튬-황전지에도 손쉬운 방법으로 나노 입자를 탄소 지지체 위에 합성해 전기화학 촉매로 활용한 연구 등 나노 기술을 다양한 에너지 저장장치에 활용하고 있다.

### 리튬-황전지의 미래 시장 적합성

리튬이온전지 이후의 차세대 전지를 개발하려는 노력이 이어지고 있으며, 리튬-황전지, 전고체전지, 소듐이온전지 등이 유력한 후보군으로 주목받고 있다. 그중에서도 리튬-황전지는 고용량·저비용이라는 강력한 장점을 가져 미국을 중심으로 실용화 단계 진입을 위한 연구가 진행되고 있다. 리튬-황전지의 글로벌 시장 규모는 2020년 당시 4억 달러에서 연평균 30.1% 성장해 2030년에는 56억 달러에 이를 것으로 예측된다. 따라서 리튬-황전지 요소 기술의 발전에 힘입어 양산을 목표로 한 공격적인 투자 및 R&D가 필요하다.

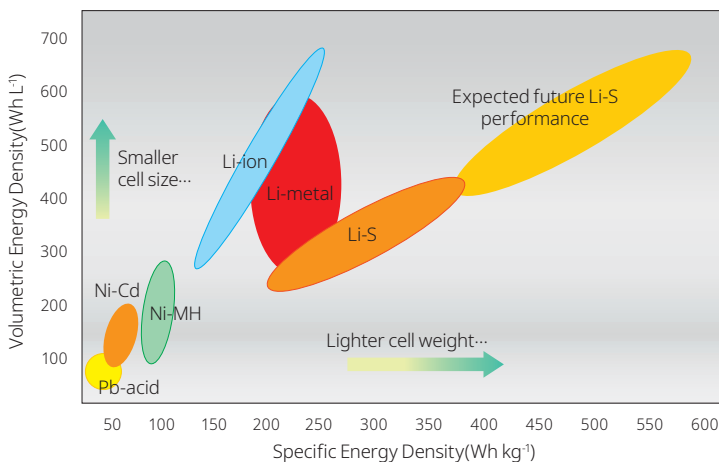
리튬-황전지의 이론 용량은 현재 상용화된 리튬이온전지 질량 에너지 밀도를 5배 가까이 뛰어넘으며, <그림 5>을 보면 미래의 리튬-황전지는  $600 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ 에 달하는 질량 에너지 밀도를 보여줄 것으로 예측되고 있다.

특히 <그림 6>을 보면 알 수 있듯이 리튬-황전지가 주목받는 이유로는 높은 에너지 밀도, 저렴한 원자재 가격, 그리고 안전성 때문이라고 볼 수 있다. 양극 소재로 사용되는 물질인 황은 무게가

가볍고 기본 이론 용량이 높기 때문에 완성된 전지의 절대적인 질량이 가벼울 뿐만 아니라 에너지 밀도가 높은 특징이 있다. 이는 중·대형 전지에 적용해 상용화하면 굉장한 장점으로 작용하게 될 것이다. 뿐만 아니라 리튬이온전지의 삼원계 양극재 중 니켈과 코발트는 고비용으로 전지 생산 시 원자재 가격에 대한 부담이 있는데, 황화물의 경우 풍부한 자원 중 하나이기 때문에 가격 경쟁력 면에서 우수하다. 무엇보다도 리튬-황전지는 전환(Conversion) 반응을 기반으로 구동하는데 충·방전 시 소재의 구조 붕괴 가능성이 낮고, 반응성이 매우 높은 리튬 금속 전극을 사용함에도 황화물의 패시베이션(Passivation) 작용으로 인해 안전성이 높다는 장점을 지니고 있다. 최근 전기차 등에 활용되는 중·대형 전지의 화재 및 폭발 사고가 소비자에게 큰 불안 요소로 작용하는 점을 고려하면 리튬-황전지의 미래 소재로서의 가능성을 기대해 볼 수 있다.

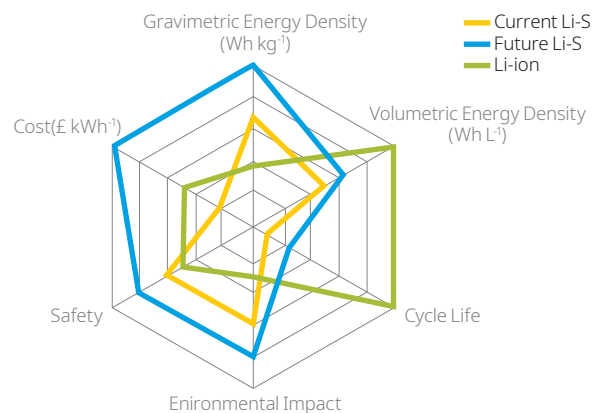
이러한 리튬-황전지의 기본적인 구성은 양극 소재인 황과 전해질, 그리고 음극재인 리튬 금속을 이용하며 반응 메커니즘은 방전 시 황이 8각 고리 형태에서 리튬과 환원 반응을 하면서 고리가 깨지고 폴리설파이드라고 불리는 중간체인 리튬 황화물의 형태로 반응이 진행돼 최종적으로는  $\text{Li}_2\text{S}$ 를 형성한다. 반대로 충전이 진행되면  $\text{Li}_2\text{S}$ 에서부터 다양한 리튬 폴리설파이드를 거쳐  $\text{Li}_2\text{S}_8$ 로 산화되며 이때의 작동 전압은 약 2.1V다.

앞서 언급된 리튬-황전지가 갖춘 경쟁력에도 불구하고 충·방전



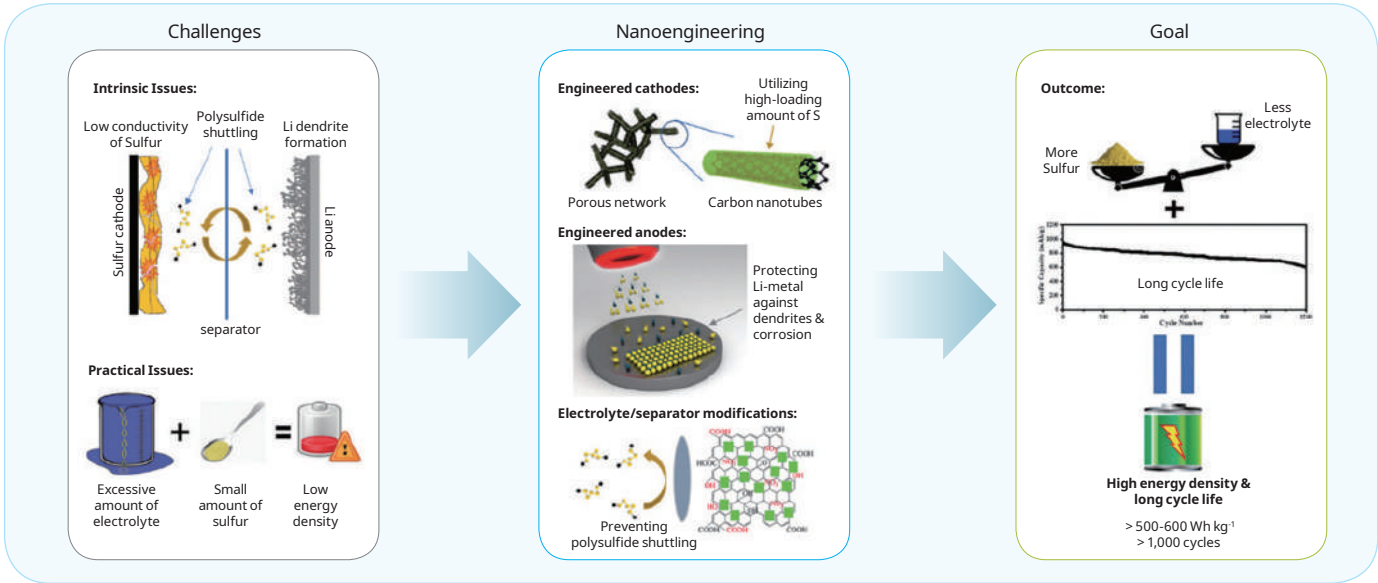
<그림 5> 이차전지 소재의 체적 에너지 밀도 대비 질량 에너지 밀도를 나타낸 Ragone Plot

출처 : Eunho Cha et al., Nanoscale Horiz., 2020, 5, 808.



<그림 6> 현재 리튬이온전지 및 리튬-황전지와 미래 리튬-황전지의 성능 비교

출처 : Faraday Insight, "Lithium-sulfur batteries: lightweight technology for multiple sectors," The Faraday Institution, Didcot, 2020.



〈그림 7〉 리튬-황전지의 문제를 해결하기 위해 도입될 수 있는 나노 기술의 예시  
출처 : Eunho Cha et al., Nanoscale Horiz., 2020, 5, 808.

반응 중 만들어지는 중간 생성물이 방전 시 전해질에 녹아 나오는 점과 황화물의 낮은 전도성이 리튬-황전지 상용화의 큰 장애물인 실정이다. 이러한 단점을 개선하기 위해 〈그림 7〉과 같이 나노 기술을 접목하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이로써 리튬-황전지의 한계를 극복할 만한 기술이 개발될 것으로 기대된다.

**리튬-황전지에 쓰이는 나노 기술의 예시**

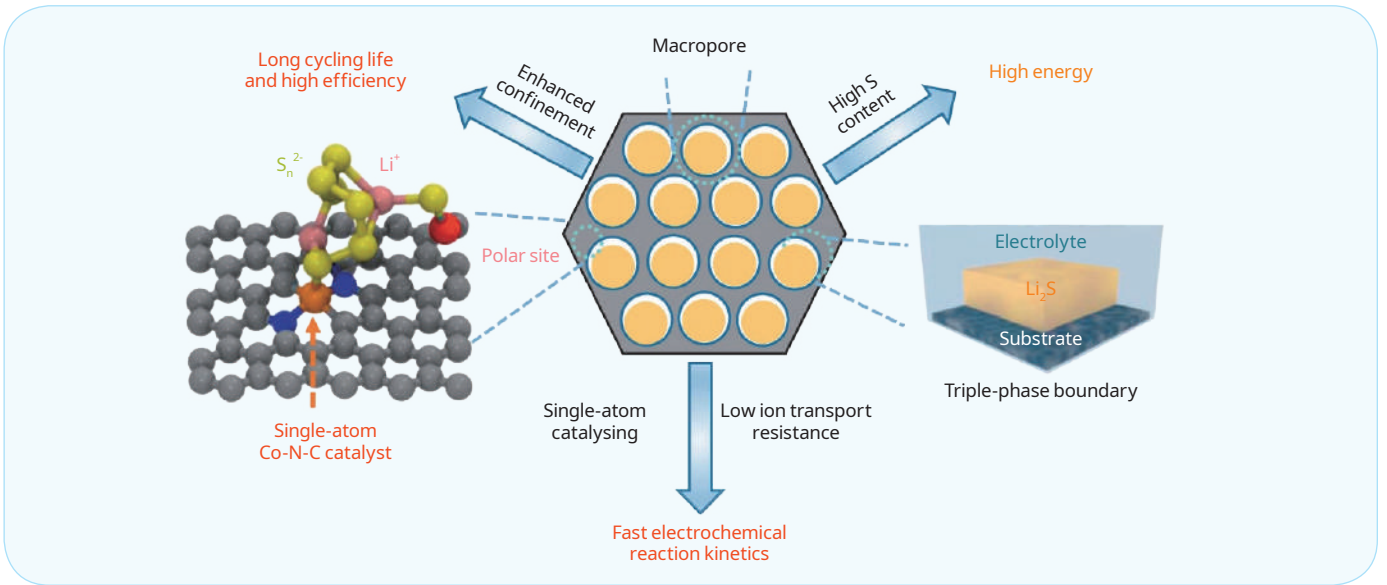
앞서 언급했듯이 리튬-황전지의 상용화를 위해서는 아직 해결해야 할 많은 문제가 남아 있다. 특히 리튬-황전지의 폴리설파이드 중간체 용출 문제, 황 화학종의 낮은 전도성 문제를 해결하기 위해 비교적 가볍고 기능성 소재 제조에 용이한 탄소 소재를 주로 황과 함께 도입하고 있다. 그중에서도 특별히 탄소 소재에 나노 기술을 도입해 황 양극의 문제점을 해결하는 연구가 전지 관련 학계와 산업계에서 많이 진행되고 있고 기공의 조절, 탄소 표면 개질을 이용해 개발된 기능성 탄소 소재의 도입은 리튬-황전지의 안정적 구동에 필수적인 것으로 여겨지고 있다. 실제 리튬-황전지의 상용화를 위해 시도되고 있는 파우치 셀 형태의 리튬-황전지에도 고체 상태의 황과 나노 기술을 기반으로 설계된 기능성 탄소 소재를 활용해 황 전극에 함께 도입하고 있다.

리튬-황전지의 안정적인 구동을 위해 탄소 소재에 도입되는 나노

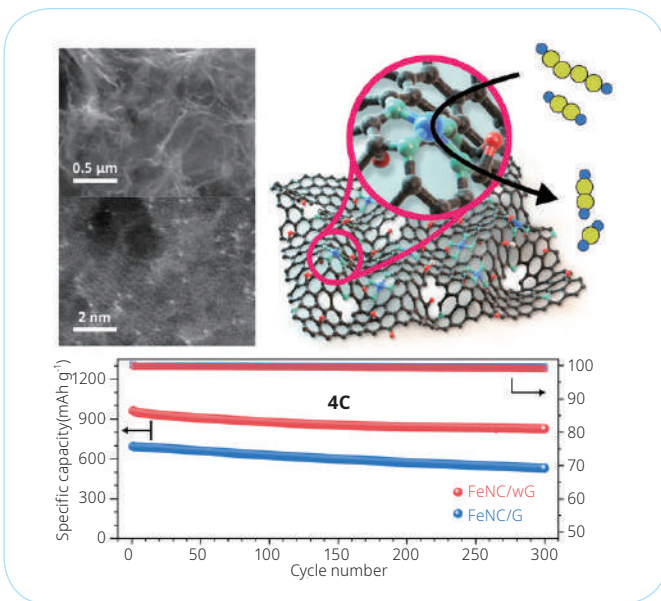
기술의 경우 크게 3가지 전략이 시도되고 있다(그림 8). 첫 번째는 탄소 소재의 기공을 이용해 전도성이 낮은 황을 분산시킴으로써 삼상계면(Triple Phase Boundary)을 넓혀 반응하는 황의 비율을 높이고, 충·방전 구동 중 수반되는 부피 변화를 수용 가능하게 하며, 폴리설파이드 중간체가 용출되지 않도록 기공 내에 가두는 전략이다. 두 번째는 탄소 소재 내에 극성이 높은 나노 물질이나 작용기를 도입해 에테르 전해질 내에 녹아 있는 같은 극성 물질인 폴리설파이드 중간체를 물리적·화학적으로 흡착하는 전략이다. 세 번째는 리튬과 황의 전기화학 반응 속도를 높이기 위해 나노 구조를 조절한 전기화학 촉매를 도입하는 전략이다. 리튬-황전지 구동 시 발생하는 반응 생성물인 리튬 황화물의 낮은 반응성 때문에 높은 전류 밀도 조건에서 충·방전 속도와 장기 성능을 확보하는 것이 매우 어렵다는 문제점이 있다. 그렇기에 리튬-황전지 시스템에서 뛰어난 성능을 얻기 위해서는 리튬 황화물의 산화 환원 반응을 촉진시켜 줄 전기화학 촉매의 개발이 필수적이다.

〈그림 9〉의 연구는 연료전지 시스템에서 기존에 사용돼 왔던 철 단원자 전기화학 촉매를 리튬-황전지 시스템에 도입한 내용이다. 기존의 그래핀 지지체에 고도로 주름진 형태의 그래핀을 만들어 철 단원자의 전자 구조를 변형시켰고 이로 인해 훌륭한 촉매 활성도를 갖게 해 기존의 리튬-황전지 내에서 구현해 낼 수 없던





〈그림 8〉 리튬-황전지에 적용되는 여러 가지 나노 기술 전략  
출처 : Chen Zhao et al., Nat. Nanotechnol., 2021, 16, 166-173.

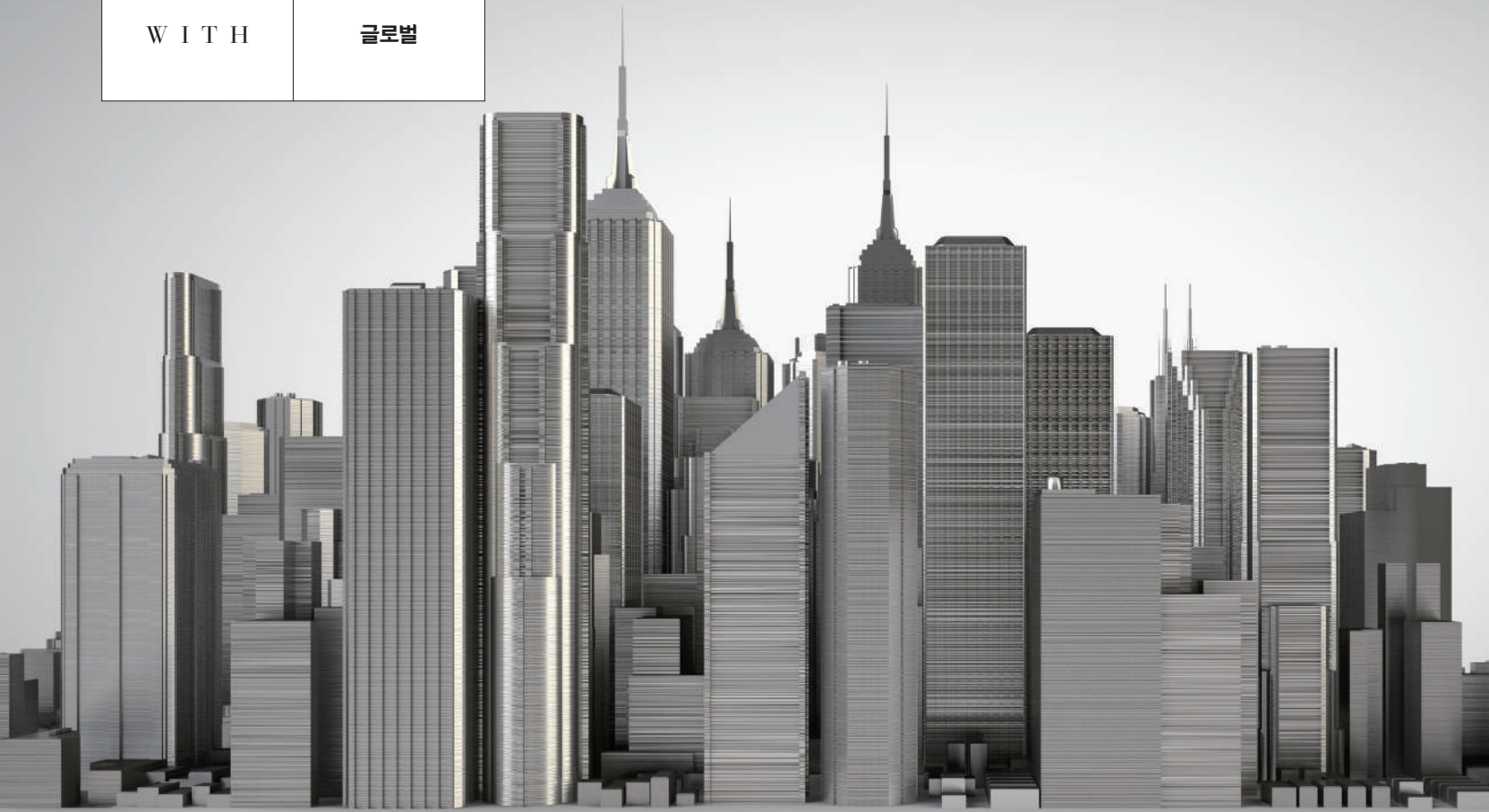


〈그림 9〉 고속 충·방전을 위한 리튬-황전지에 도입된 나노 구조가 조절된 전기화학 촉매 연구의 예시  
출처 : Jiheon Kim et al., Adv. Funct. Mater., 2022, 2110857.

전류 속도에서의 훌륭한 장기 성능을 확보한 연구다. 이와 같이 나노 구조 조절을 통해 전기화학 촉매의 활성도를 높이는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이는 고속으로 충·방전이 가능한 고용량 전지를 만드는 핵심 기술로 여겨지고 있다.

### 전기자동차로의 완전한 전환을 기대하며

정리해 보면, 기하급수적으로 성장하는 이차전지 시장을 장악하기 위해서는 고용량에 대한 요구에 부응하는 것이 중요하며, 이를 위해 기존의 리튬이온전지를 잇는 차세대 이차전지 시스템을 개발하는 것이 필요하다. 이에 저자는 다양한 차세대 이차전지 시스템 후보군 중에서 리튬-황전지를 살펴보고, 이는 단가가 저렴하면서도 높은 이론 용량을 갖는 황과 리튬 메탈을 사용하기 때문에 큰 용량과 경제성을 동시에 얻을 수 있는 장점이 있는 시스템이다. 하지만 리튬-황전지의 상용화를 위해서는 구동 중 나타나는 여러 문제점을 해결하는 것이 필수적이며, 이러한 문제를 극복하기 위해 첨단 나노 기술의 적용이 절실한 상황이다. 입자의 크기를 극단적으로 줄여 새로운 특성을 이끌어내는 나노 기술을 리튬-황전지에 효과적으로 도입할 경우 황화물의 낮은 전도성, 충·방전에 수반되는 부피 변화, 폴리설파이드 중간체의 용출과 같은 문제점을 극복해낼 수 있으며, 이를 통해 저렴하면서도 뛰어난 성능을 갖는 차세대 이차전지의 상용화가 가능할 것이라고 생각된다. 또한 나노 기술을 이용한 리튬-황전지의 개발이 성공할 경우 1000km 이상의 주행거리를 보여주는 전기차의 등장이 가능해지며, 이를 통해 궁극적으로 친환경 전기자동차로의 완전한 전환을 기대해 볼 수 있다.



## 산업용 미래 금속 소재 관련 주요 동향

스프링을 증가하는 초고탄성을 가지며 기존 금속 강도보다 수십 배 높고 수백 도의 염산, 황산 환경에서도 수년을 견디는 것은 물론 초고온과 극저온의 급격한 온도 변화에도 안정적이고  $\mu\text{m}$ (마이크로미터)보다 작은 형태로 초미세 성형이 가능한 첨단 금속 소재의 몇 가지 사례를 살펴본다.

✍ 이민하 [한국생산기술연구원 미국기술협력센터 소장], 박성환 [한국산업기술평가관리원 미국(실리콘밸리)거점 소장]

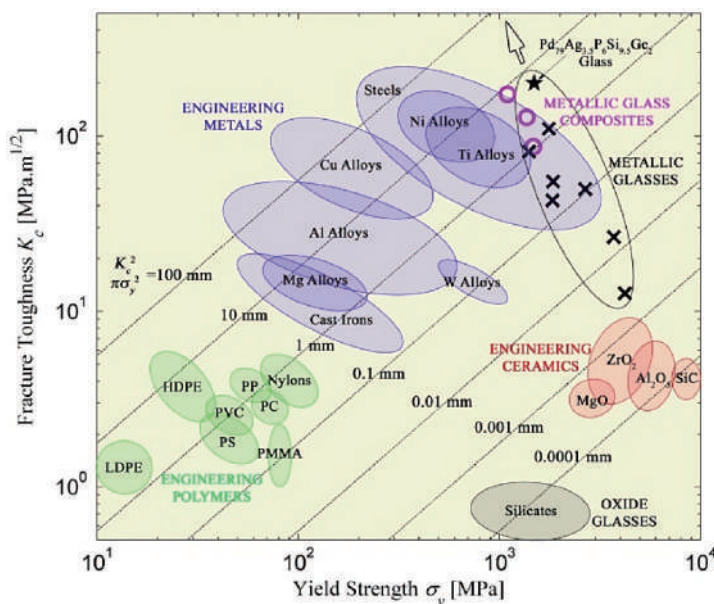
### 초미세 성형 가능한 첨단 금속 소재

인류가 가장 오랫동안 사용해온 금속 소재의 경우 장시간 수많은 사람이 연구개발을 해왔고 지금도 진행하고 있다. 가장 널리 쓰이는 산업용 소재이기에 미래 첨단 금속 소재가 당장은 우리 일상생활을 바꿀 가능성은 사실상 없다. 하지만 좀 더 높은 효율의 에너지 생산설비, 맹독성 화학물 제조시설, 고온 및 저온 운영시설, 인간이 접근할 수 없는 심해나 광산 등에서 사용하는 장비 등 간접적으로나마 우리는 첨단 금속 소재의 도움을 받고 있다 할 수 있다. 우리 일상을 벗어난 우주나 항공, 극한환경 등에서 사용하는 금속 소재의 경우 매년 새로운 특성을 요구

하기에 미래 금속 신소재의 사용은 필수적이다. 따라서 어떠한 미래 금속 소재가 연구개발되고 있으며 제한적이거나 산업에 적용되고 있는지 살펴보는 것도 과학기술 발전에 따른 우리 생활의 방향성을 파악하는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

기존 금속 소재의 물성을 뛰어넘는 첨단 미래 금속 소재의 개발은 많은 노력이 요구되며, 일반적으로 산업에 적용되는 새로운

소재의 개발에 15년이 걸린다고 알려져 있다. 고강도와 고연성을 모두 충족하는 새로운 금속 합금 개발은 제품의 소량화·경량화에 있어 필수적이며 많은 산업 제품에 적용이 가능하지만, 이러한 합금을 연구개발하기 위해서는 장시간의 연구와 인적·물적 자원이 투입되어야 한다. 현재까지 산업용 첨단 미래 금속 소재 기술의 개발은 주로 금속 비정질 합금, 금속 비정질 복합재료, 나노결정 합금, 하이엔트로피 합금 등 네 가지 방향으로 많은 연구가 이어져 왔다. 고강도와 고연성을 가진 비정질 합금의 개발은 이러한 요구를 만족시키는 한 분야이고, 이는 기존 MIM(Metal Injection Molding) 시장을 빠른 속도로 대체해 나갈 것으로 예상되며, 다양한 심미적인 색상을 지닌 비정질 및 비정질 복합 감성 소재는 시계, 주얼리 및 의료용 기구를 비롯한 여러 산업 분야에 적용되고 있다. 고강도 및 내구성을 가진 나노결정 합금과 하이엔트로피 합금은 3D 프린팅 공정으로도 성형이 가능하며 고온·고압 등의 극한 환경에 적합한 소재로 사용될 수 있을 것이다. 금속 비정질 합금은 높은 강도와 경도, 내마모성, 내부식성 및 높은 탄성한 등 기존 금속 재료에서 구현할 수 없는 고유의 특성을 지니고 있다. 특히 최근 고강도와 고연성을 동시에 만족시키는 합금이 보고됐다(그림 1). 비정질 기지에 결정상을 함유하는 금속 비정질 복합재료도 고강도와 고연성을 만족시키는 합금 개발 방법 중 하나로 사용되고 있다. 최근 연구를 통해 결정상과 비정질상의 분율을 조절함으로써 기계적 특성



〈그림 1〉 여러 재료에서 강도와 연성을 나타내는 Ashby 도면  
출처 : Nature Mat., Demetriou(2011)

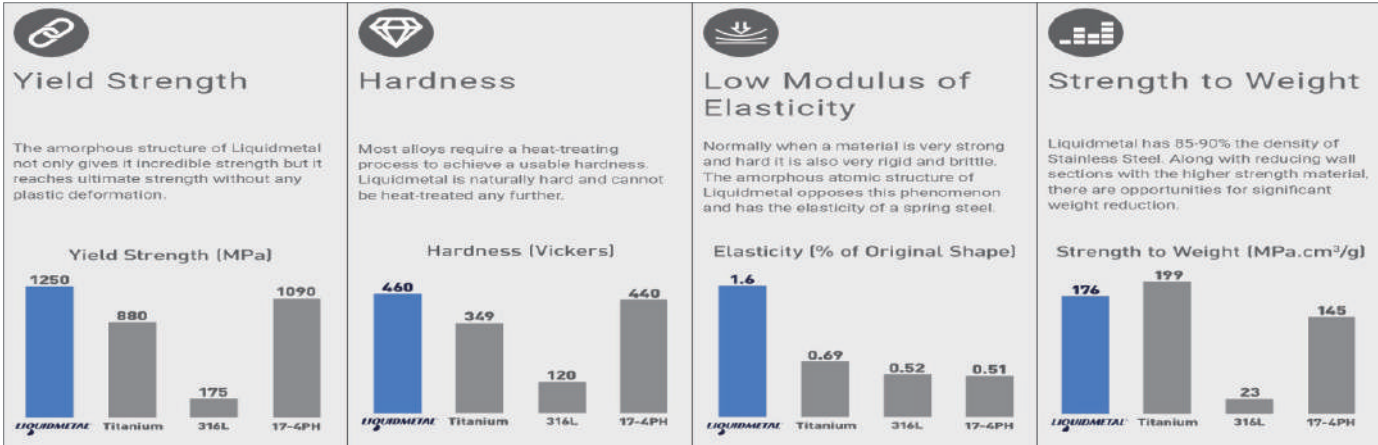
뿐만 아니라 색상을 조절하는 방법까지 제시됐다. 나노결정 크기의 금속재료는 익히 알려진 홀페치(Hall-Petch) 관계식에서 알 수 있듯이 이론값에 가까운 고강도의 합금을 얻을 수 있다. 최근 고강도와 고연성을 가진 안정된 나노결정 합금이 개발 및 상용화되고 있다. 하이엔트로피 합금은 단일상의 형성으로 고온, 고압 등 극한 환경에서 고강도와 고연성을 가진 재료로 사용이 가능한 것으로 알려졌다.

### 금속 과포화균질 비정질 합금 기술 개발 동향

금속 비정질 합금은 용융 상태의 금속을 급속 냉각해 합금원소 원자들의 장범위 규칙도가 없는 상태로 용질원소들을 한계치 이상 과포화(Supersaturation)시켜 제조한 합금을 의미한다. 비정질 형성이 높은 합금의 경우 상대적으로 낮은 냉각속도하에서 비정질상을 얻을 수 있으며, 이러한 비정질 합금은 결정질 재료에서 구현할 수 없는 고강도, 고경도, 높은 탄성한, 내마모성, 내부식성 등 여러 고유한 특성을 지닌다.

금속 비정질 합금은 1990년대에는 지르코늄 합금계에서 벌크 형태로 제조가 가능해진 이후로 여러 합금계에서 비정질 형성을 높이는 방향으로 많은 연구개발이 이루어졌다. 2000년대에는 리퀴드메탈에서 지르코늄계 비정질 합금인 비트렐로이(Vitreloy, Zr-Ti-Cu-Ni-Be)로 여러 산업 분야에 적용하려는 등 상용화 시도가 있었다(그림 2). 하지만 지르코늄 합금의 높은 원재료 가격(kg당 100달러)과 최근 유럽을 중심으로 사용 제한 원료인 베릴륨의

WITH



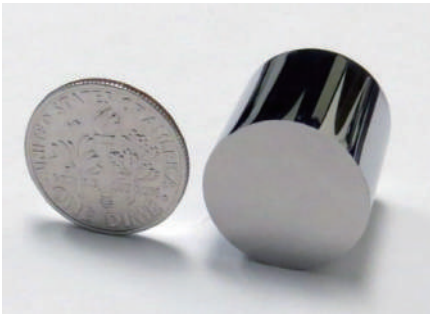
〈그림 2〉 산업용 소재와 금속 과포화균질 비정질 합금의 물리적 성질 비교  
출처 : Liquidmetal Co.

함유 등 재료 측면에서 애로가 있고, 고진공 다이캐스팅을 이용한 제조 공정상에서 기공, 결함 등의 문제로 인해 구조재료로 사용하는 데 한계를 보여 왔다.

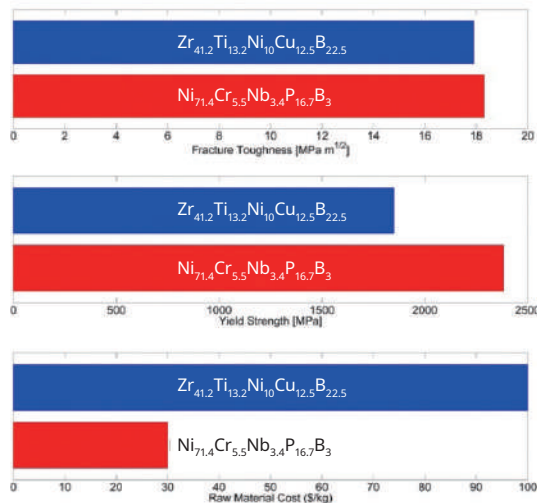
2010년대 들어 캘리포니아공대(칼텍) WL 존슨 교수 그룹은 기존 재료에서 보고되지 않은 고강도와 고연성을 모두 보유한 Pd-Ag-P-Si-Ge 비정질 합금을 처음으로 보고했다. 이는 합금 조성의 변화를 통해 고강도와 고연성을 가진 금속 비정질 합금 개발 가능성을 시사해 주었다. 그 이후 칼텍의 스피노프 회사인 글래시메탈테크에서 니켈 70% 이상을 함유한 센티미터 스케일의 니켈기 벌크 비정질 합금(GM281: Ni-Cr-Nb-P-B-Si)을 개발했다. 이 합금은 매우 작은 조성 영역

에서 비정질 형성능이 급격히 증가하는 뾰족점(Cusp) 현상을 보이고 있다. 이러한 현상을 비정질 형성능 이론에 적용해 철계, 플래티넘, 팔라듐, 골드, 지르코늄 등 다른 여러 합금계에서도 형성능이 우수한 벌크 비정질 합금을 개발했다〈그림 3〉.

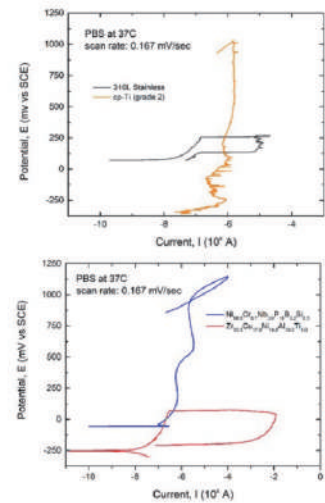
니켈기 비정질 합금 GM281은 고온 용융 상태에서 산화저항성이 강해 정련과정 없이 리사이클링이 가능하며, 스크랩을 재사용할 경우에도 비정질 형성능을 유지

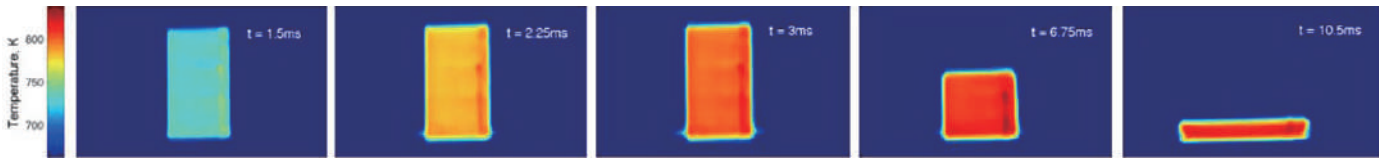


〈그림 3〉 센티미터 크기 이상으로 제조 가능한 니켈기 비정질 합금  
출처 : PNAS, Na(2014).



〈그림 4〉 니켈기 비정질 합금의 기계적 특성 및 내부식성 비교  
출처 : Glassmetal Tech





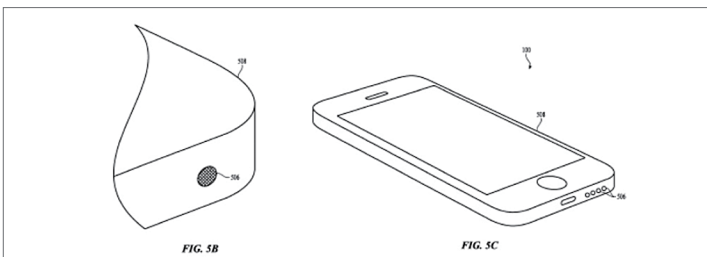
〈그림 5〉 Rapid Discharge Forming 공법으로 10밀리세컨드에 변형이 완료된 비정질 시편 모습  
출처 : Science, Johnson(2011).

하는 친환경 소재다(그림 4). 금속 비정질 합금의 경우 유리전이온도와 결정화온도 사이의 구간인 과냉각액체 영역에서 낮은 점도의 특성을 이용, 플라스틱처럼 쉽게 변형해 성형할 수 있는 특징이 있다. 최근 글래시메탈테크가 개발한 금속방전성형(Rapid Discharge Forming : RDF) 공법은 비정질이 가지고 있는 비저항 고유 특성을 활용해 금속 비정질 합금을 1초 이내에 넷셰이프(Net-shape)로 몰딩할 수 있어 금속 합금 제조 공정상의 혁신을 이룰 수 있게 됐다(그림 5).

### 금속 과포화균질 비정질 합금 산업 적용 동향

#### 가전제품(Consumer Electronics) 분야

스마트폰, 스마트워치 등 가전제품 분야에서는 특히 마케팅 측면에서 신제품 출시에 신소재를 결합하려는 시도가 많으며, 금속 비정질 합금을 적용해 통신 및 전자제품산업 분야에 적용하는 것은 미국 애플이 주도하고 있다. 애플은 2010년 리퀴드메탈로부터 30개 이상의 금속 비정질 합금 조성 특허와 공정 및 응용 특허를 Crucible Intellectual Property를 통해 취득했다. 그 이후 글래시메탈테크와의 금속 비정질 합금에 대한 공동 연구개발을 통해 30개 이상의 조인트 특허를 등록했다(그림 6). 이러한 특허를 통해 모바일 전자제품 케이스, 안테나 구조물, 메시, 액추에이터 등 시제품을 선보여 고강도와 고연성의 비정질 합금 적용 가능성을 시사했다(그림 7).



〈그림 6〉 아이폰에 적용 가능한 비정질 합금 메시  
출처 : Apple patent(US10056541B2)

Precision Netshape Molding		
<b>Contoured Geometry</b> 	<b>Gear Teeth</b> 	<b>Flatness + Straightness</b> 
<b>U Non-Magnetic</b> The amorphous atomic structure of Liquidmetal makes it non-magnetic, and it cannot be magnetized.	<b>Acoustic</b> The lack of grain boundaries provides an efficient transmission of acoustic wave energy uniform across a wide band of frequencies. Liquidmetal can increase audible decibels, sustain, and tone.	<b>Precision</b> Liquidmetal molds with minimum shrinkage so the parts achieve the precision of CNC machining. It can also mold fine parts within microns without warping.

〈그림 7〉 금속 과포화균질 비정질 합금 적용 사례  
출처 : Liquidmetal Co.

#### 의료용 산업 분야

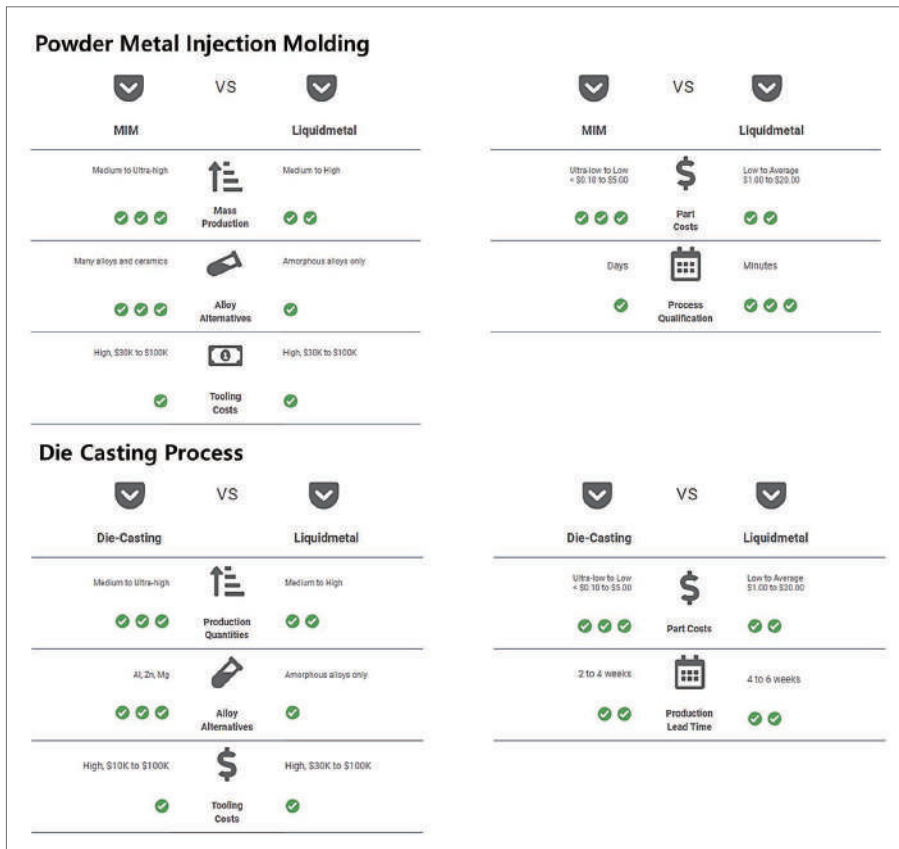
의료용 산업 분야에서 고강도와 고연성, 높은 탄성률을 가진 재료는 제품 크기를 획기적으로 줄일 수 있는 장점이 있다. 임플란트에 사용되는 스크루, 치과 교정에 쓰이는 브래킷, 수술용 도구 등에 비정질 합금 적용 시 기존 결정질 합금으로는 설계 및 제조가 불가능한 제품을 만들 수 있다. 금속 비정질 합금을 이용해 의료용 산업 분야에 적용하는 것은 글래시메탈테크가 OEM, ODM으로 하고 있다. 금속 사출 성형(Metal Injection Molding : MIM) 방법으로 제조된 제품의 경우 분말의 소결 과정 시 필연적으로 생기는 수축 현상으로 인해 초정밀 치수제품 제조 시

W I T H

수율이 낮아지는 문제점을 보인다<그림 8>. 반면 금속 비정질 합금의 경우 유리전이온도와 결정화온도 사이의 구간인 과냉각액체 영역에서 제품 제조 시 성형 전후에 부피 변화가 거의 일어나지 않아 금속 몰드와 금속 파트 사이의 치수 차이가 수  $\mu\text{m}$ (마이크로미터) 이내로 넷 세이프 성형이 가능하다<그림 9>. 의료용 산업 분야에서는 인체에 적용하는 제품의 특성상 니켈 리칭(Leaching)이 중요한 이슈이며,

니켈기 GM281 합금의 경우 70% 이상의 니켈을 함유했음에도 표면처리 시 그 수치가  $0.05\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{week}$  이하로 인체에 사용 시 적용되는 유럽 허용치( $0.2\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{week}$ )보다 작다.

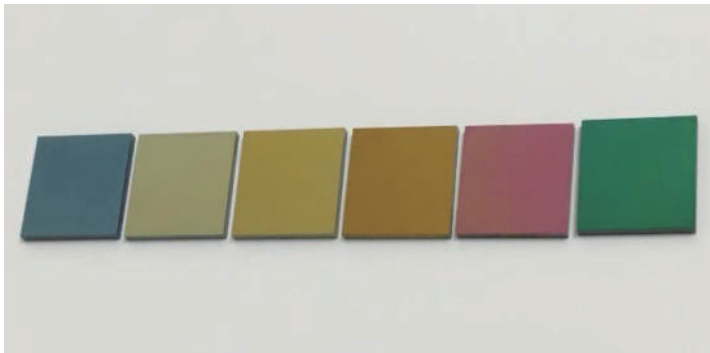
**시계, 주얼리산업 분야** 시계, 주얼리산업 분야에서는 물리적 특성뿐만 아니라 심미적 요소를 고려해 금속재료를 선택한다. 금속 비정질 합금을 이용해 주얼리산업 분야에 적용하는 것은 글래시메탈테크가 대표적이며, 우수한 물리적 특성의 금속 비정질 합금을 시계 분야에 적용하려는 시도가 있었다. 하지만 기존의 지르코늄 비트렐로이 합금은 스테인리스스틸과의 색 공간 색도를 나타내는 CIELAB 값의 차이가 커 육안으로 색상 차이가 확연히 드러나 표면이 변색돼 보이는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 Cu가 배제된 Zr-Ti-Co-Ni-Al 합금이 개발됐다. 이 합금은 스테인리스스틸과의 색상 차이가 작아 육안으로 구별할 수 없기 때문에 기존 스테인리스스틸로 만들어진 제품을 고강도와 고연성을 가진 비정질 합금으로 대체할 수 있다. 또한 Zr-Ti-Co-Ni-Al 합금은 유리전이온도 이하에서 산화 과정을 통해  $\text{ZrO}_2$  산화막이 형성되는데, nm(나노미터) 두께의  $\text{ZrO}_2$  산화막은 그 두께에 따라 <그림 10>과 같이 다양한 색상의 전환 코팅막으로 형성된다. 이러한 다양한 색상을 지닌 지르코늄 비정질 합금은 강도와 내구성 등 우수한 물리적 성질뿐만 아니라 감성 소재로도 여러 산업 분야에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.



<그림 8> MIM 및 다이캐스팅 공정과 금속 과포화균질 비정질 합금 공정 비교  
출처 : Liquidmetal Co.



<그림 9> RDF 공법으로 제조된 교정치료용 GM281 합금 브래킷 시제품  
출처 : Glassmetal Tech



〈그림 10〉 다양한 색상을 가진 지르코늄 비정질 합금  
출처 : Glassmetal Tech

**우주항공, 로보틱스 분야**

미국 아모폴로지는 금속 비정질 합금을 우주항공, 로보틱스산업에 적용하고 있다.

비정질 합금의 고유 특성인 약 2%의 넓은 탄성한계와 높은 인장강도, 높은 경도, 내부식성 및 작은 마찰계수는 윤활제 없이 구현할 수 있는 기어 및 기어박스에 최적화된 재료이며, 이는 초정밀 로보틱스 분야에 적합하다. 이러한 비정질 합금 적용으로 불필요한 시간과 비용을 절감할 수 있는, 포스트 프로세싱이 필요 없는 우수한 성질의 금속 합금 기어를 생산할 수 있다(그림 11). 또한 비정질 합금 기어의

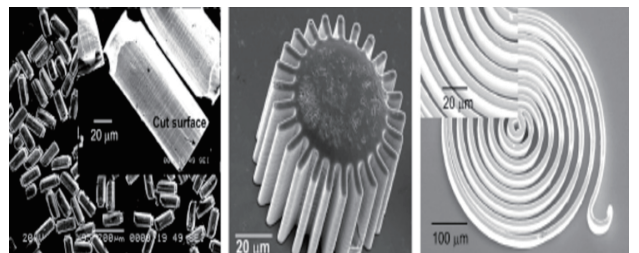


〈그림 11〉 비정질 합금으로 제조된 플렉스플라인(Flexspline)  
출처 : Scientific Report, Hofmann et al.(2016)

**MEMS 분야**

미국 슈퍼쿨메탈은 금속 비정질 합금을

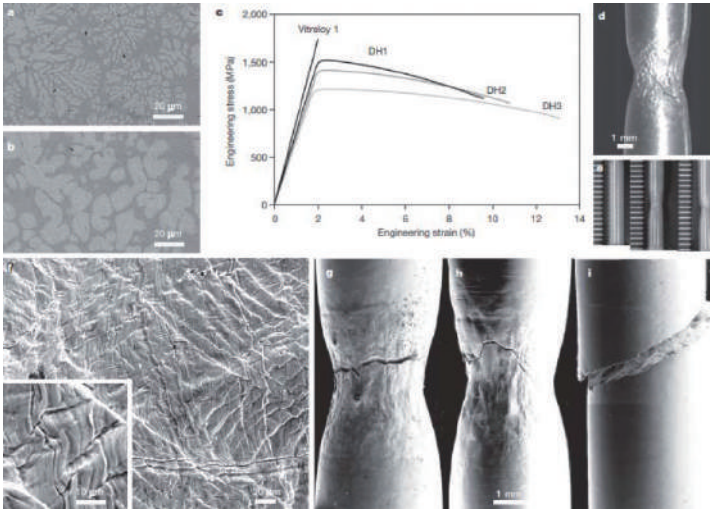
MEMS(Micro-electromechanical System)산업 분야에 적용하는 기업으로 널리 알려져 있다. 금속 비정질 합금은 유리전이온도와 결정화온도 사이의 구간인 과냉각액체 영역에서 일반 결정질 합금에서는 얻을 수 없는 낮은 점도의 특징을 이용, 플라스틱처럼 쉽게 열소성 변형을 할 수 있다. MEMS 분야에 적용 가능한 애스펙트 레이션(Aspect Ratio)이 20 대 1을 가지는 30nm에서 cm까지 다양한 크기의 3차원 비정질 합금 구조물을 제작할 수 있다(그림 12). 이러한 초소성변형으로 제조된 나노-마이크로미터 크기의 초정밀 비정질 제품은 MEMS산업 분야에 널리 사용할 수 있을 것으로 예상된다.



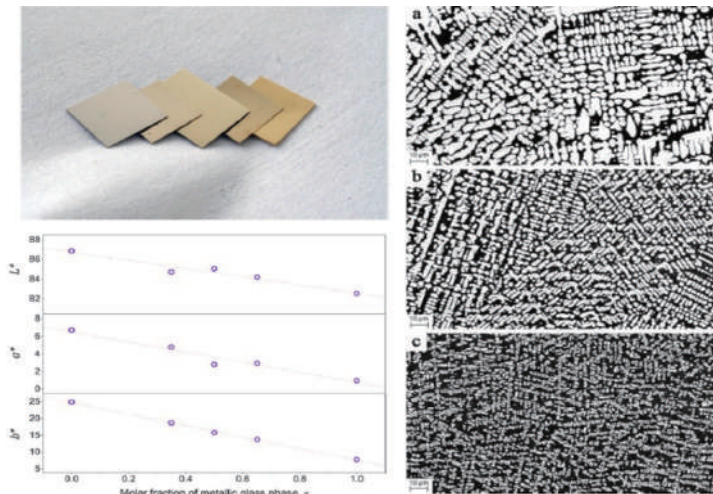
〈그림 12〉 비정질 합금으로 제조된 MEMS용 3차원 구조물  
출처 : Journal of Microelectromechanical Systems, Shroers et al.(2007)

### 금속 비정질 복합재료의 기술 개발 동향

과포화된 비정질 기지에 결정상을 함유하는 금속 비정질 복합재료도 고강도와 고연성을 만족하는 합금 개발 방법 중 하나로 사용되고 있다. 결정상을 함유하는 방법은 크게 In-situ법과 Ex-situ법으로 나뉘며 In-situ법의 경우 주로 냉각속도에 의해 결정상의 크기가 제어된다. 비정질 복합재료는 비정질 합금에서 얻을 수 없는 인장연성을 보이고 결정상의 분율에 의해 인장강도와 연성을 조절할 수 있으며(그림 13), 이러한 고강도와 고연성을 가진 비정질 복합재료는 항공우주 분야의 기어 등에 적용 가능하다.



〈그림 13〉 인장연성을 보이는 비정질 복합재료  
출처 : Nature, Hofmann et al.(2008)



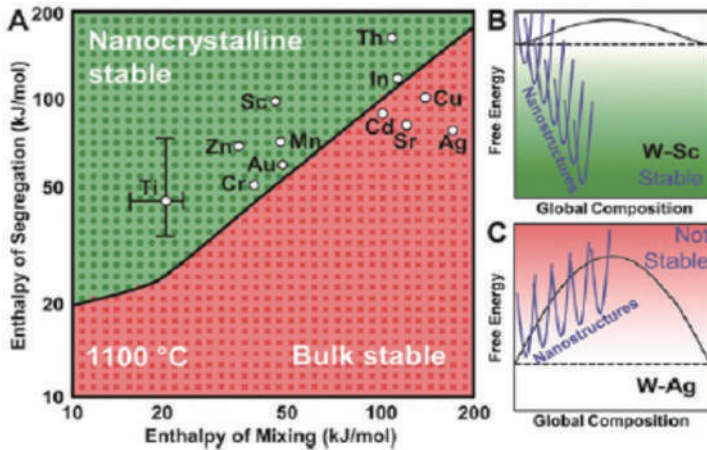
〈그림 14〉 골드 비정질 복합재료의 결정분율에 따른 색상 변화  
출처 : Scientific Report, Na et al.(2019)

최근 연구를 통해 골드 비정질 복합재료에서 비정질 기지에 In-situ로 형성되는 결정상과 그 분율을 조절함으로써 기계적 특성뿐만 아니라 합금의 색상을 조절하는 방법이 제시됐다. 색상 CIELAB 값은 결정분율에 따른 혼합의 법칙(Rule of Mixture)를 따른다. 결정상이 옐로골드색의 덴드라이트(Dendrite : 수지상)이면 결정분율만큼의 옐로골드 색상을 지닌 비정질 복합재료가 되고 로즈골드색의 덴드라이트이면 로즈골드 색상의 비정질 복합재료를 제조할 수 있으며, 이러한 색상을 조절할 수 있는 골드 비정질 복합재료는 주얼리산업 분야에 적용할 수 있다(그림 14).

### 금속 나노결정 합금의 기술 개발 동향

나노결정 재료는 결정 크기가 100nm 이하의 초미세결정으로 이루어진 합금을 말하고 약 50% 결정상과 50% 계면으로 이루어진다. 1986년 글리터에 의해 처음 보고된 나노결정 재료는 고강도, 고연성 및 낮은 탄성계수 등의 특성이 있어 많은 연구가 이루어졌다. 나노결정립 크기와 분포 및 결정립계 구조가 기계적 변형 거동과 특성에 영향을 받고 결합, 공공, 재결정이 기계적 특성에 영향을 미친다. 나노결정 재료의 합성법은 크게 상향식(Bottom-up)과 하향식(Top-down)으로 나뉜다. 상향식은 원자 단위의 배열이나 적층으로 나노 구조를 만든다. 하향식은 벌크 재료의 마이크로 사이즈를 분해해 나노 사이즈 구조 형태로 만든다. 나노결정 금속은 일반적으로 매우 불안정하기에 순금속에서 나노결정은 낮은 온도에서도 결정이 급





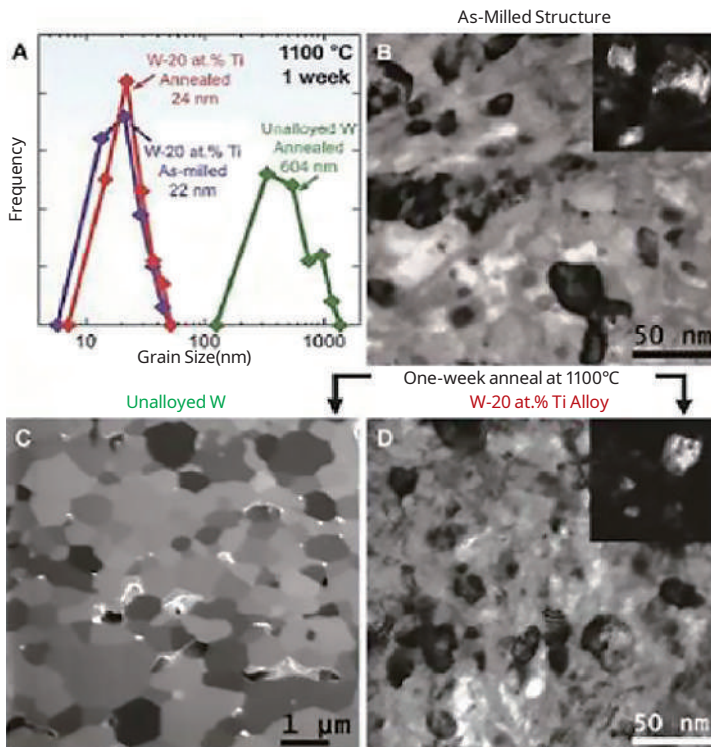
〈그림 15〉 텅스텐 합금의 나노 구조 안정성 지도  
출처 : Science, Chookajorn(2012).

격히 성장해 공정상 제약이 따른다. 따라서 나노 구조의 안정성을 높이기 위해 합금화한 나노결정 합금 형태로 사용한다. 최근 매사추세츠공과대(MIT) 슈흐 교수 그룹에서 열역학적 모델에 기반한 나노 구조 안정성 지도를 적용, 안정된 나노결정의 텅스텐 합금을 개발했다(그림 15). 나노결정 합금은 제트엔진이나 발전설비장비에

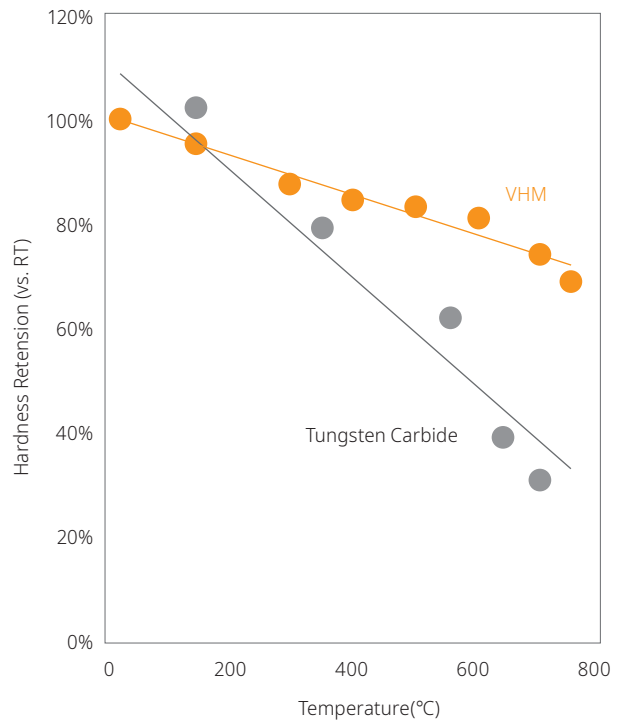
적합한 가벼우면서 내구성을 높인 신소재로, 나노결정 합금을 분말로 제조하는 경우 원재료의 95% 이상을 이용해 니어 넷 셰이프(Near net-shape) 제품 생산이 가능하다. 미국에서는 벨록신티가 나노결정 합금 제품 생산 및 판매를 전문으로 하고 있다.

### 금속 나노결정 텅스텐 합금의 기술 개발 동향

텅스텐의 경우에는 고온에서 장시간 어닐링할 경우 결정 크기가 nm 단위에서  $\mu\text{m}$  단위로 결정립 조대화가 일어난다. 반면에 나노결정 텅스텐 W-20%Ti 합금의 경우에는 동일 조건에서 어닐링 시 약 20nm 크기의 결정립이 거의 변화가 없다(그림 16, 17).



〈그림 16〉 텅스텐 W-20%Ti합금의 어닐링 전후 결정립 크기 변화 비교  
출처 : Science, Chookajorn(2012)



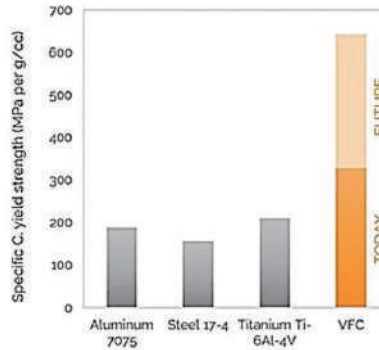
〈그림 17〉 나노결정 텅스텐 합금의 온도에 따른 경도 변화  
출처 : 벨록신티

WITH

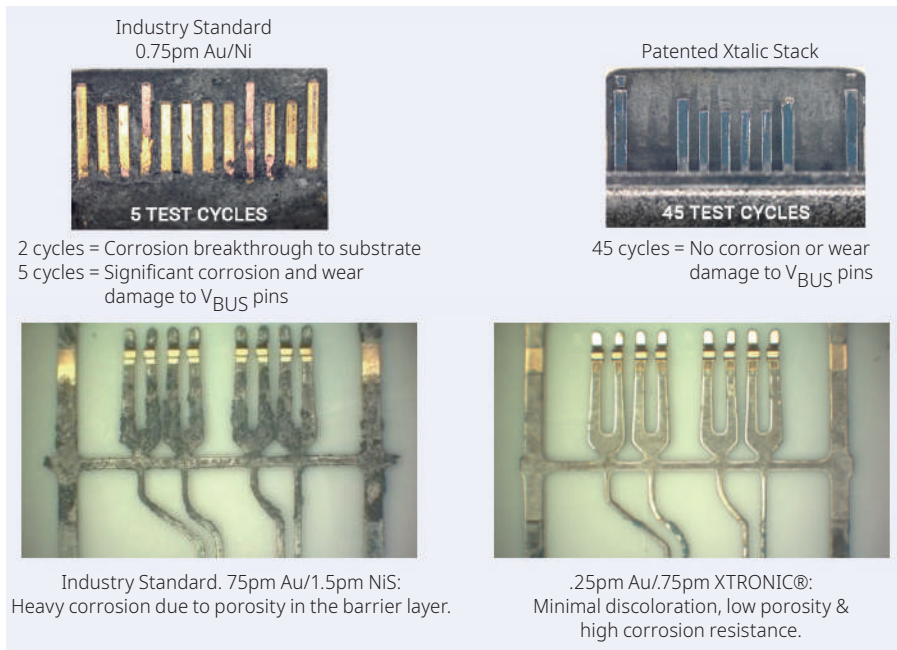
이처럼 고온에서의 나노결정 안정성으로 기존 텅스텐 합금이나 텅스텐 카바이드와 비교해 고온에서 경도가 감소하는 폭이 현저히 낮으며, 분말 형태로 제조한 나노결정 텅스텐합금은 3D 프린팅, 압축, MIM 등 공정으로 성형이 가능하고 절삭 및 마모 도구, 금속접합 도구, 성형 도구, 방사선보호구, 콜리메이터 등의 제품에 적용이 가능하다.

### 금속 나노결정 크롬 및 니켈 합금의 기술 개발 동향

나노결정 크롬 합금은 내부식성을 요구하는 제품, 금속 접합도구, 내외장



〈그림 18〉 나노결정 크롬 합금의 내부식성 및 비강도 비교  
출처 : 벨록신트



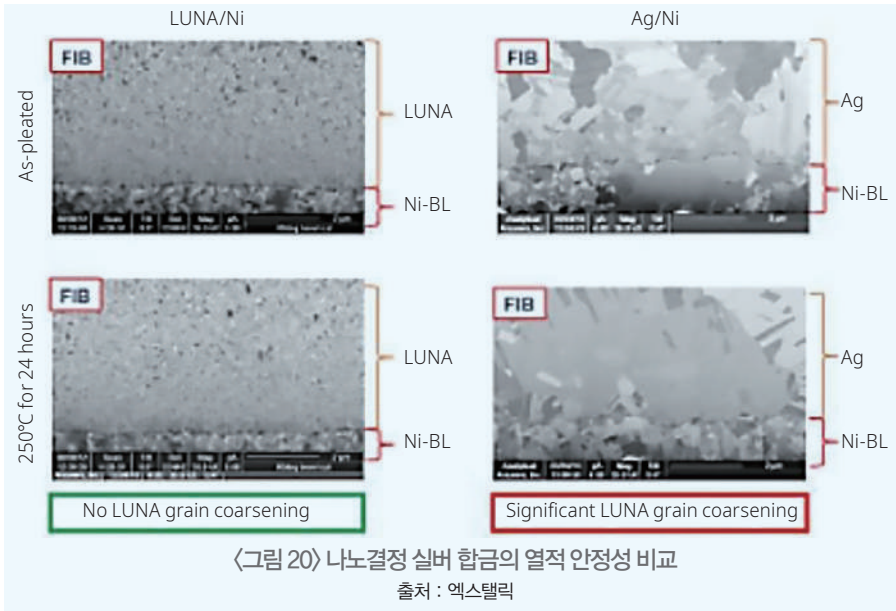
〈그림 19〉 나노결정 니켈 합금의 향상된 내부식성  
출처 : 엑스텔릭

제품, 경량화 제품 등에 적용 가능하며, 나노결정 크롬 합금은 스틸 제품군과 비교해 우수한 내부식성과 내마모성을 보인다. 또한 높은 비강도와 강성을 지니고 있다(그림 18).

엑스텔릭이 개발한 나노결정 니켈 합금은 경도가 650~700HV이고 500도까지의 열적 안정성과 10~15W/mK의 전도도를 가지고 있으며 물 등 액체에 대한 내식성이 우수하다. 모바일, 웨어러블 제품은 방수 기능이 필요하기에 나노결정 니켈 합금은 방수 스마트폰, 전기차 커넥터 등에 이용 가능하며, 니켈에 금을 도금한 기존 방식에 비해 30배 이상 향상된 내부식성과 내마모성을 자랑한다(그림 19).

### 금속 나노결정 실버 합금의 기술 개발 동향

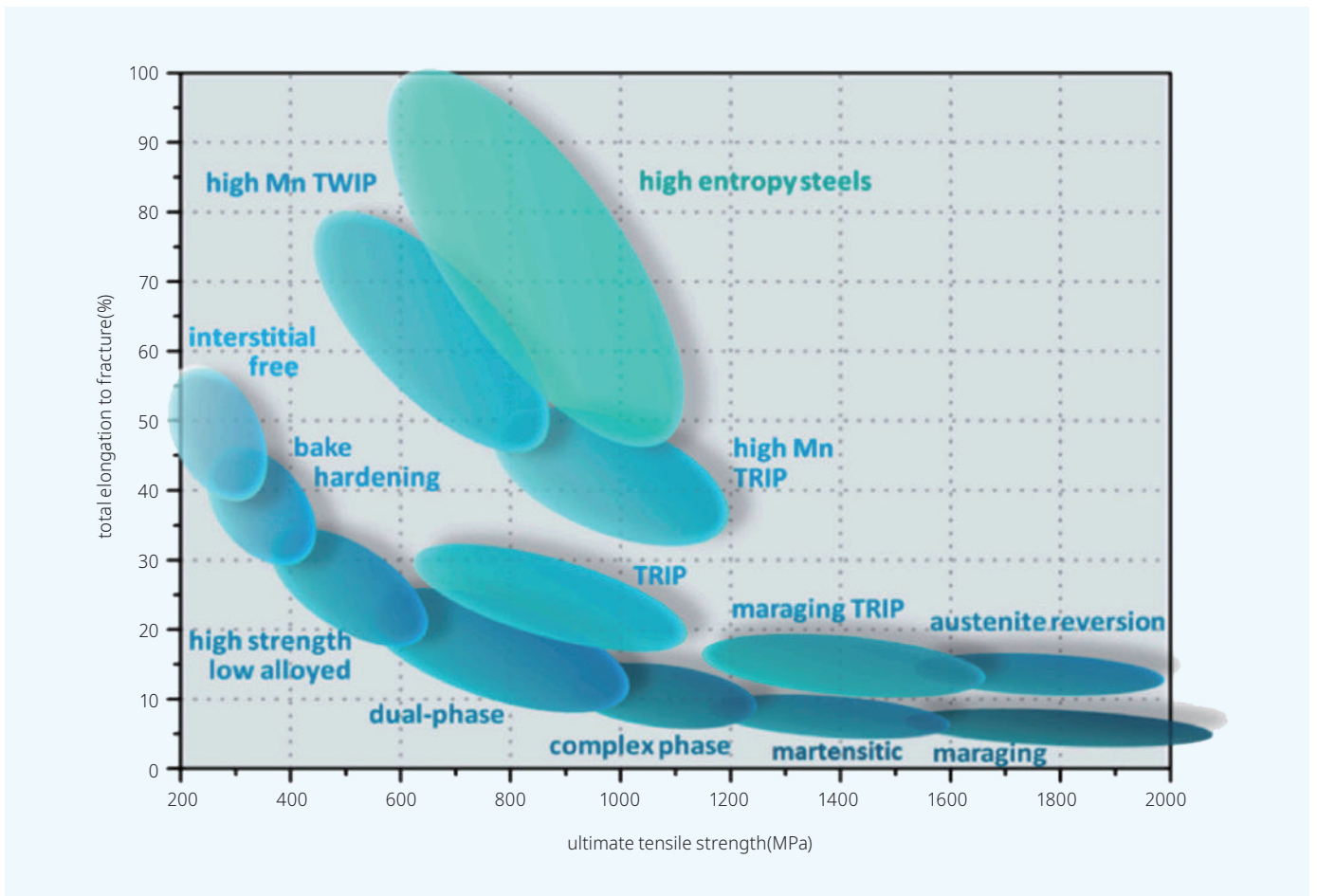
엑스텔릭이 개발한 나노결정 실버 합금은 경도가 약 2GPa로 기존 전극단자에 사용되는 실버 합금에 비해 2~3배 높고 225도 이상의 열적 안정성을 지니며 4μΩcm의 전기비저항을 보유한다. 전기차 충전 접촉 단자로 실버 합금 사용 시 170도 이하에서만 안정적으로 작동되는 반면, 나노결정 실버 합금은 210도 이상에서 열역학적으로 안정된 나노 구조를 갖고 있어 충전시간을 단축할 수 있고 높은 파워로 전기차를 구동할 수 있다(그림 20). 또한 커넥터로 사용되는 기존의 실버 또는 실버 합금은 너무 무르기 때문에 쉽게 마모가 일어난다. 이는 전기차 충전 효율을 감소시킨다. 나노결정 실버 합금은 경도가 2.5배 높아 우수한 내마모성을 보인다.



〈그림 20〉 나노결정 실버 합금의 열적 안정성 비교  
출처 : 엑스텔릭

### 금속 하이엔트로피 합금의 기술 개발 동향

1996년 옥스퍼드대 칸토 교수가 처음 도입한 신개념 재료인 하이엔트로피 합금은 형성되는 결정상에 의해 고강도, 고연성 등 우수한 기계적 특성 및 열적 안정성, 부식 저항성 등의 고유한 특성을 지닌다(그림 21). 하이엔트로피 합금은 거의 동등한 수준의 원자비를 갖는 다성분 원소로 구성된 합금이다. 주로 5~35at.% 범위의 조성을 갖는 5종 이상의 원소를 주성분으로 한 결정질 합금이다. 기존의 전통적인 합금은 합금 원소를 첨가할수록 금속 간 화합



〈그림 21〉 최대 인장강도와 연신율의 향상된 조합을 보이는 하이엔트로피 스틸  
출처 : MForesight

W I T H

물을 형성해 기계적 특성을 저하하기 때문에 다량의 합금원소 첨가는 제한됐으나, 하이엔트로피 합금이 나오면서 오히려 극한 환경에서 합금의 기계적 특성을 향상시키는 기술이 개발됐다. 국내의 경우 포항공대 연구팀이 -196도의 극저온에서 항복강도가 1GPa에 달하는 신개념 초고강도 고엔트로피 합금을 세계 최초로 개발해냈다.

하이엔트로피 합금의 설계 시 용질원자의 함량을 단일상 내에 극대화하기 위해 앞서 언급한 과포화균질 비정질 합금의 합금 설계 원리인 경험적인 법칙과 상대적인 원자비 개념을 사용한다. 즉, 합금원소 사이의 원자 크기 차이가 적고 혼합열 차이가 거의 없는 합금원소가 단일상의 형성 및 고연성에 영향을 준다. 하이엔트로피 합금은 고온, 저온, 고압과 같은 극한 환경에 대응하는 소재의 수요를 만족시키기 위해 기존 합금계의 한계를 극복하는 소재로 최근 많은 연구가 이루어지고 있다. 현재까지 개발한 하이엔트로피 합금은 천이금속을 기본으로 하는 FCC의 구조를 보유한 CoCrFeMnNi가 대표적이며, 이러한 5원계 합금에 Cu 및 V 등을 첨가해 특성을 향상시키는 연구가 진행 중이다. 한편 MoNbTiVZr 고엔트로피 합금의 경우 BCC의 구조를 갖는다고 알려져 있다. 이와 같이 하이엔트로피 합금소재의 경우 주합금원소로 Fe, Mn, Co, Cr, Ni 등 천이금속이나 Zr, Hf, Nb, Pd, Pt, Mo 등 밀도가 높은 소재를 이용했기 때문에 자동차 등 수송기기의 경량화를 위한 부품에는 사용이 제한적이었다. 하지만 최근 독일 막스플랑크 연구소

및 미국 노스캐롤라이나주립대, 일본 오사카대 등을 비롯한 연구기관에서 Ti보다 밀도가 낮고 탄소섭유와 밀도가 비슷한  $\text{cm}^3$ 당 2.67g의 밀도를 지닌 AlBeFeSiTi, AlLiMgScTi, MgMnAlZnCu 및 MgCaAlLiCu 합금 등 새로운 경량 하이엔트로피 소재 개발이 한창이다.

우수한 비강도 및 내구성 확보로 개인용 자전거부터 친환경자동차, 고속철도 차량, 항공기 동체 및 선박에 이르기까지 활용도는 점차 확대되고 있다. 경량성, 고강성 및 고내구성 측면에서 타 금속 대비 우수한 특성을 보유하고 있어 항공우주 분야 주요 부품에 핵심 소재로 적용될 것으로 보이며, 최근에는 자동차산업의 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 배출 규제, 연비 향상 및 충돌 안정성 확보와 전기차 보급 확대에 의한 경량화 추세로 초경량 신합금 개발 시 핵심 소재로 적용될 수 있는지 검증하고 있다. 2018년 미국 내 제조산업의 부흥을



~40 Attendees: 50% Industry, 25% Academia, 25% Government



**Steering Committee:**  
 Dr. Dan Miracle  
 Dr. Easo George  
 Dr. Carl Koch  
 Dr. Peter Liaw  
 Dr. Vivek Sample  
 Dr. C. Cem Tasan

〈그림 22〉 미국 내 하이엔트로피 합금 제조산업의 발전을 위한 워크숍  
 출처 : MForesight

위한 얼라이언스가 미국 에어포스연구소 D 미러클 박사와 테네시대 P K 리아우 교수를 중심으로 구성됐으며, MForesight 워크숍에서 산업체, 정부, 국가연구소 및 학계에서 45명의 전문가가 모여 미국 내 하이엔트로피 합금 제조산업의 발전을 위한 합금 설계, 제조 및 분석 방안이 논의됐다<그림 22>. 현재 미국 아메리칸엘리먼트의 경우 칸토 합금(CoCrFeMnNi) 등 하이엔트로피 철계합금 분말을 3D 프린팅 소재로 판매하고 있어 관련 산업 분야 적용이 추진되고 있다.

### 기존 재료 한계 뛰어넘는 차세대 소재 개발

많은 산업 분야에서 제품의 소량화, 경량화 및 고기능 구현에 있어 고강도와 고연성을 가진 산업용 첨단 금속 합금은 필수적으로 요구된다. 이러한 소재의 개발은 금속 과포화균질 비정질 합금, 금속 비정질 복합재료, 나노결정 합금, 하이엔트로피 합금에서 원자들의 배열, 결정상을 억제하거나 결정상의 분율과 크기를 제어하려는 방법으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 더불어 심미적인 색상을 금속 소재에 적용하려는 감성 소재의 개발이 새로운 트렌드 중 하나로 자리 잡고 있으며, 또한 인공지능(AI)이나 기계학습(머신러닝) 등을 이용한 합금 설계 패러다임 전환을 통해 기존 재료의 한계를 뛰어넘는 극한 환경에 적합한 차세대 소재 개발이 이루어지고 있다.

여기에 위에 소개한 첨단 금속 소재는 극히 일부분이고 이외에도 친환경, 온실가스 저감 등 목표를 구현하기 위해 전 세계에서 많은 연구가 진행되고 있다. 자기열량효과를 이용한 자기냉동 기술은 현재 심각한 문제가 되는 냉매에 의한 오존층 파괴 및 에너지 소비 저감을 위해 필수적인 기술로 여겨지고 있으며, 이러한 자기냉동 기술의 핵심은 우수한 자기열량효과를 발현하는 소재 개발이 관건으로 많은 시도가 이루어지고 있다. 또한 전 세계적으로 전력 소비가 증가함에 따라 세계 곳곳에서 전력 공급 중 손실을 줄이기 위해 초고전압 송전을 추진하고 있으며, 실제로 초고전압 송전에는 이를 효율적으로 전송할 수 있는 전력선의 개발이 매우 중요하다. 여기에는 기존 해저송전선 대비 초전도체 사용 증가나 칼슘 금속 등을 강화재로 사용하는 복합 초고전압 지상송전선용 소재 등의 개발이 진행되고 있다.

이외에도 코로나19의 확산으로 비대면 또는 하이브리드 업무 방식이 새로운 일상으로 정착될 것으로 예상된다. 따라서 비대면 업무를 기반으로 하는 메타버스, 증강현실(AR) 등 새로운 디지털 기술 확산에 필요한 기술을 대량 생산으로 전환하는 데 관련된 전자피부, 고감도 센서용 소

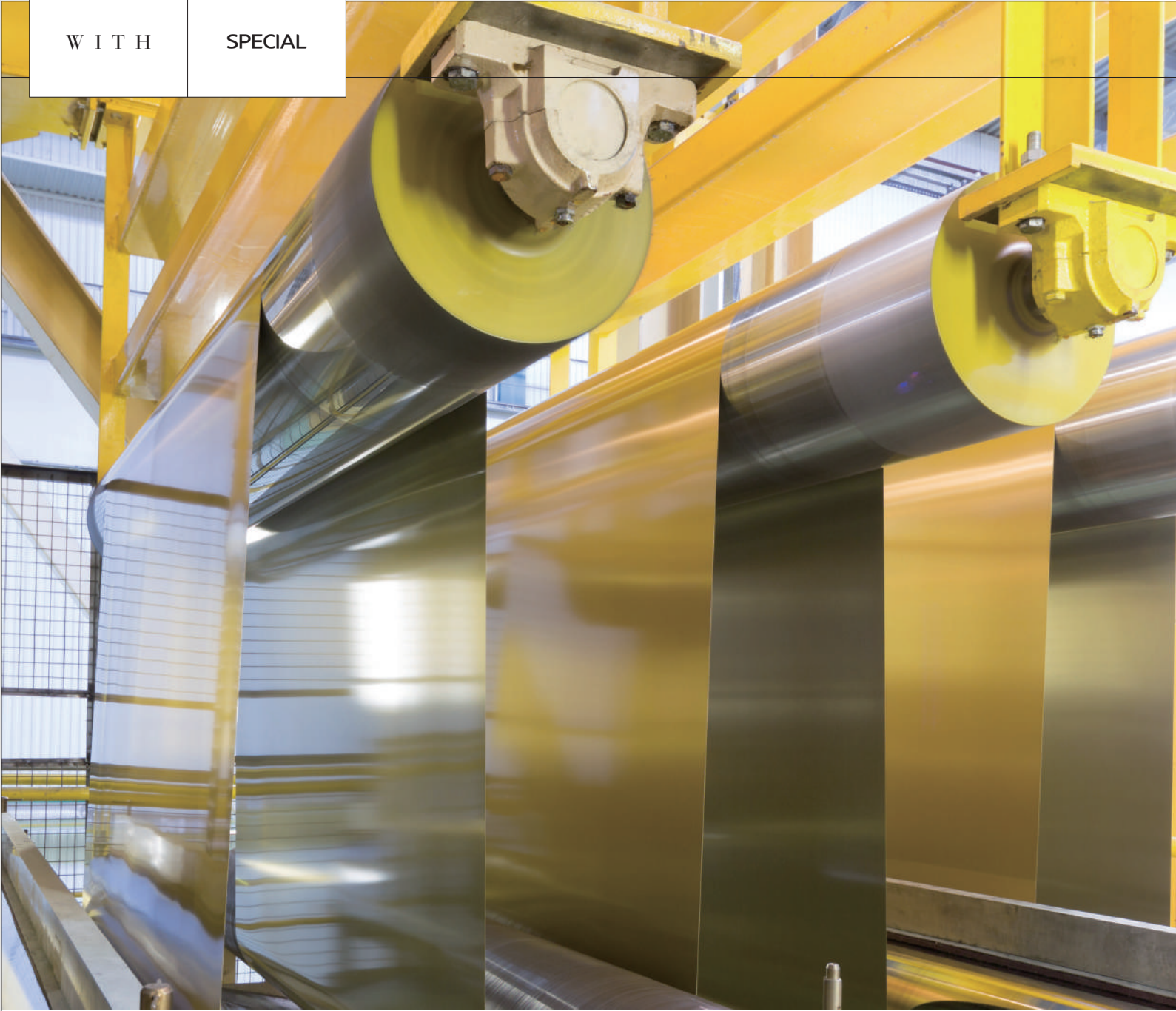
재나 햅틱 관련 부품 등을 다양한 기업 및 연구소 등에서 시제품으로 출시하고 있고 앞으로도 더욱 각광받을 것으로 전망된다. 앞서 언급한 것과 같이 새로운 소재를 개발하는 데는 약 15년의 오랜 시간과 노력이 필요하기 때문에 무엇보다도 미래 산업 환경의 변화 추이를 예측해 이에 필요한 제품과 관련 소재에 대한 연구개발을 미리 선제적으로 시작해 15년이 지난 후 관련 산업이 대두했을 때를 대비해야 할 것이다. 물론 현재 국내에도 이들 미래 첨단 소재와 관련해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 기존의 전통 소재 분야보다 바이오, 자성, 전자 등에 적용되는 첨단 소재 관련 분야는 상대적으로 연구개발 초기이기 때문에 우리가 미국, 유럽 등 선진국과 동등한 수준으로 경쟁해 볼 수 있는 기회 분야로 여겨진다. 물론 기존의 성능을 개선하거나 새로운 특성을 부여하기 위한 기존 소재의 개량 연구뿐만 아니라 다양한 분야에서 수많은 방법으로 연구되는 미래용 첨단 금속 소재 중 국내 산업과 밀접하게 연관되는 분야의 산업적 수요를 파악, 향후 시장에서 필요로 하는 분야에 집중 지원하는 것 또한 미래 첨단 금속 소재의 선제적 개발로 산업적 우위를 차지한다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

#### 참고자료

- [1] Apple 기술자료
- [2] Glassmetal Tech 기술자료
- [3] Amorphology 기술자료
- [4] Supercoolmetals 기술자료
- [5] Veloxint 기술자료
- [6] Xtalic 기술자료
- [7] MForesight 보고서
- [8] 2020 KITECH North America Perspective Report

WITH

SPECIAL



## 신산업 제조장비용 핵심 부품 기술 동향 및 개발 방향 향후 제조업 선도할 신산업 제조장비용 부품 기술력 확보에 나서다

제조장비 부품은 장비의 성능, 신뢰성, 가격 등을 결정하는 핵심 요인임에도 핵심 부품의 수입 의존도가 높고 기반 기술이 미흡해 공급망 불안 요인이 상존하고 있다. 따라서 향후 제조업을 선도할 신산업 제조장비용 부품의 기술력을 확보해 주력 가공장비 부품의 해외 의존 상황에서 벗어나 글로벌 시장을 선도할 기회를 마련해야 한다.

▲ 심창섭[KET 첨단장비 PD], 박시우[한국섬유기계융합연구원 본부장], 박종복[한국광기술연구원 센터장], 이승준[한국생산기술연구원 선임연구원]

### 신산업 제조장비용 핵심 부품 중요성 및 3개 품목 선정

제조장비는 모든 제품의 품질, 부가가치, 생산성 등을 결정하는 핵심 요소이며 신제품 개발 및 양산의 원동력이다. 정부는 2019년 일본의 수출 규제 이후 소재·부품·장비 경쟁력 강화를 위한 핵심 품목을 지정, 맞춤형 전략 수립 등 다각적인 지원 정책을 추진하고 있다. 특히 반도체, 전기차, 이차전지, 로봇 등 신산업에 필요한 제조장비는 우리나라가 세계 일류 제조기업을 보유하고 있어 제조장비·부품의 내재화 가능성이 충분하고, 기술안보 측면에서도 중요하다. 레이저 가공기, 디지털 적층 성형기, 이차전지 제조장비, 반도체·디스플레이 검사장비 등 신산업 제조장비에 자주 활용되는 부품은 제조 경험 및 원천 기반 기술 등이 부족해 신산업 제조 시장에서의 입지가 흔들릴 위험이 있다. 향후 제조업을 선도할 신산업 제조장비용 부품의 기술력을 확보한다면 글로벌 시장을 선도할 수 있는 기회를 갖게 될 것이지만, 그렇지 못할 경우 주력 공장비 부품과 같이 해외 의존 경향이 더욱 심화할 수밖에 없다.

구분	시장 규모 (2020년)	시장 규모 (2027년)	연평균 성장률 (%)
광학부품	3,439	5,681	7.4
하이테크 롤	869	1,722	10.3
제어기(PLC)	11,210	16,460	5.6

〈표 1〉 신산업 제조장비 핵심 부품 글로벌 시장(단위: 백만 달러)

신산업 제조장비의 여러 부품 중 공급 위험도, 해외 의존도, 기술 격차, 기술 전략성 등을 종합적으로 분석해 중요도가 높은 공통 부품을 도출했다. 부품 전문가뿐만 아니라 장비 전문가도 참여해 부품별 중요도를 평가하고 하이테크 롤, 광학부품, 제어기(PLC) 등을 핵심 품목으로 선정했다. 이들 제조장비 부품은 신산업 성장과 함께 기술적 중요성이 점차 부각될 것이며, 시장 규모도 큰 성장 유망 분야다.

### 신산업 제조장비용 핵심 부품-하이테크 롤

하이테크 롤(High Tech Roll)은 첨단 제품 제조(유연소재 적용)를 위한 롤투롤(Roll to Roll) 장비의 핵심 부품으로, 직간접 회전 구동을 통해 연속적인 대량 생산·조정밀(미세·박막) 가공을 위한 대면적, 스마트화, 경량화 기술이 접목된 부품이다. 세계 롤 관련 기술은 신산업인 이차전지, 디스플레이산업 등의 분야에서 생산성 및 고성능 제품 제조를 위한 고도화 롤 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이차전지산업 분야는 최근 전기차 수요 급증에 따른 공급 대응을 위해 고속생산, 대면적화, 박막화를 위한 하이테크 롤 기술 개발이 이루어지고 있으며 핵심 롤과 제어 기술은 일본의 도쿠텐, 도레이, 히라노 등이 선도하고 있다. 이차전지 제조장비 핵심 롤은 동박 제조용 티타늄 롤, 프레스 롤, 코팅 롤, 건조 롤, 커팅 롤, 확포 롤 등이 있다. 디스플레이산업 분야는 플렉시블 디스플레이, 기판 등



이차전지산업 분야	디스플레이산업 분야	섬유·인쇄·제지산업 분야
<b>고속화, 대면적화, 고박막화</b> -전극제 코팅 롤, 프레스 롤 -분리막 제조 캐스팅 롤 -동박 제조 티타늄 롤	<b>대면적화, 고정밀화, 첨단지능화</b> -필름 냉각·건조 롤, 핫 엠보싱 롤 -주름 제거용 확포 롤 -미세 패턴 롤, 마이크로 전사 롤	<b>경량화, 대구경화, 고내구성</b> -초장축 CFRP 롤 -유연 패더 롤, 유도가열 롤 -제지 블랭킷 롤
		

〈그림 1〉 하이테크 롤의 산업 분야별 해외 기술 개발 중점 추진 분야




전자소재 생산을 위한 엠보싱 롤, 마이크로 LED 이송 롤 및 미세 패턴 가공 롤 등 기술 개발이 활발하며 스위스 PSI, 미국 나노텍스, 독일 MII, 네덜란드 ASML 등이 시장을 주도하고 있다. 섬유·인쇄산업 분야는 대량 생산을 위한 대폭 롤 기술과 에너지 소비 절감을 위한 경량화 롤 제조 기술이 중요하며, 균압 제어 유연 패더 롤은 스위스 Benninger, 경량화 CFRP 롤은 일본 미쓰비시케미컬이 주도하고 있다.

국내 신산업 제조 분야 롤투롤 장비의 경우 핵심 공정을 구현하는 하이테크 롤의 요소 기술 수준이 낮아 선진 업체 제품에 의존하고 있어 하이테크 롤 분야의 원천 기술 확보가 절실한 상황이다. 이차전지산업의 경우 전기차 배터리는 한국이 주도하고 있으나 제조장비의 핵심인 하이테크 롤 기술은 해외 의존도가 높아 기술 자립화를 위해 피앤티, 씨아이에스 등이 이차전지 국내 3사와 함께 기술 개발을 진행하고 있다. 대면적 티타늄 가공, 조립 및 정밀 접합 기술이 부족해 전량 수입에 의존하고 있으며 현재 일진머티리얼즈, SKC 등에서 일부 시제품 형태로 개발이 완료된 상태다. 분리막 제조용 캐스팅 롤은 명성티엔에스에서 국산화했으나, 냉각 효율 저하로 대직경 냉각 롤 제조 기술과 대폭의 경량 롤 제조 기술 개발을 추가로 진행하고 있다. 디스플레이산업은 플렉시블 디스플레이, 플렉시블 기판 등 유연소재의 비중이 높아짐에 따라 LG디스플레이, 삼성전자 등 대기업 주도로 고해상도 LED 소자 가공 기술 등 하이테크 가공 롤 기술을 개발 중이다. 초당 최대 4만

개를 전사할 수 있는 연속생산 원천 기술을 연구 중이다. 섬유·인쇄산업 분야는 전통적 기반 산업에 해당되는 롤투롤 가공 분야이며, 섬유·인쇄·제지 분야의 고생산성 및 품질 확보를 위한 소재·제어·가공 기술 등 다각적 분야에서 롤투롤 장비 고도화를 위한 개발이 지속적으로 진행되고 있다. 동원롤의 고주파 유도 가열 롤은 표면에서의 온도 편차 및 제어 성능이 선진 업체에 비해 떨어져 고 품질의 제품은 수입에 의존하고 있다.

따라서 신산업(이차전지)과 주력 산업(디스플레이, 섬유·인쇄·제지), 주요 핵심 롤(유도가열 롤, 동박 제조 티타늄 롤 등)의 핵심 지능형 제어 및 조립·가공 기술 해소를 통한 자립화가 필요하다. 일본 도쿠텐이 유도가열 전원·전극 기술을 기반으로 롤 온도 제어의 최고 성능을 독점하고 있고, 국내 롤 공급기업은 균일 가열 및 내구성 관련 기술 데이터를 축적하기 위한 인적·물적 자원이 부족한 상황이다. 일본제철이 티타늄 롤 성형·접합·조립 기술의 약 70%를 점유하고 있는 반면, 국내에서는 대형 티타늄 롤 성형·접합·조립 경험이 거의 없다.

특히 이차전지 제조장비 시장 확대를 위한 기술 고도화(롤 대면적에 따른 균일 성능 구현, 전극재 고품질화 등)를 통해 국내 이차전지 제조장비 대표기업이 글로벌 시장에서 90% 이상 점유율을 확보할 필요가 있다. 또 고밀도·대면적 이차전지 개발을 위한 프레스 롤, 확포 롤 및 동박 제조용 롤 개발을 통해 이차전지 전극재 공정장비 내재화를 추진한다. 더불어 반도체 수급 불안정 해소를 위한 패키

구분 \ 종류	동박 티타늄 롤	전극 프레스 롤	유도가열 롤	미세 패턴 롤	CFRP 롤
하이테크 롤					
원천 기술	대형화 제조 기술	균일 가압 기술	균일 온도 기술	미세 패턴 가공 기술	이종 소재 기술
원가 비중	높음	높음	높음	중간	높음
기술 역량	낮음	중간	중간	높음	중간
국산화율	낮음	중간	중간	중간	낮음

<표 2> 신산업 제조장비용 주요 하이테크 롤 제품



징 공정의 대량 생산 요구 증가, 나노 마이크로 미세 패턴 개발이 이슈화되고 있어 첨단 기술 양산화에 핵심 롤(대면적 미세 패턴 롤·패키징용 미세 패턴 롤)이 적극 요구된다. 이에 미세 패턴 롤 대면적화 기술로 양산성을 확보하고 파급력이 높은 미세 패턴 적용 산업의 패턴 설계 및 공정 기술 개발을 추진한다. 이외에도 롤 공급·수요기업 간 롤 부품 품질의 신뢰성 부족 문제를 해소하고 미래 기술 선점을 위한 현장 테스트베드 기반의 신뢰성 평가 기술 개발이 필요하다. 이와 관련해 공급·수요기업 및 연구소의 연계를 통한 롤의 대표 성능 인자, 성능 평가 기준, 성능 평가 방법을 확립하고 사물인터넷(IoT) 기반의 공급·수요기업 간 데이터 공유 플랫폼 개발을 추진하는 한편 롤 데이터·인공지능(AI) 기술 기반의 예측·최적화 SW 기술과 성능 예측이 가능한 플랫폼을 개발한다.

이러한 하이테크 롤 기술 동향 및 대응 방향을 토대로 신산업 제조장비용 핵심 부품인 하이테크 롤 기술 개발 방향을 살펴보면 다음과 같다. 하이테크 롤 기술 개발은 고부가가치 롤 기술 자립화, 고정밀 대량 생산 기술 요구 및 이차전지 제조장비 시장 확대에 따른 첨단 롤 기능화에 대응하기 위해 국내 기술을 바탕으로 응용 기술 연계 및 고도화 기술 전략을 추진한다. 이에 이차전지, 반도체, 디스플레이 및 섬유·인쇄·제지 생산장비의 핵심 부품인 하이테크 롤의 정밀(온도·압력) 제어, 균일 가압 기술, 대면적 패턴 설계 기술 등의 성능 고도화 기술 개발과 신뢰성 평가 기술 개발을 진행한다.

또한 초정밀 온도 제어 롤 기술 개발로 이차전지, 디스플레이, 섬유·인쇄 분야의 대량 생산 및 광복합 대응을 위한 유도가열 기술 기반의 롤 폭방향 온도 편차 최소화 기술과 고온 카렌딩·핫 엠보싱 기술이 접목된 온도 편차  $\pm 0.5$ 도 온도 제어 롤 기술 개발을 추진한다. 고밀도 이차전지 전극 제조용 롤 기술을 개발함으로써 대용량 이차전지 전극 대량 생산을 위해  $4\mu\text{m}$  동박 생산용 티타늄 롤 기술, 정밀 균압 프레스 롤 기술, 스마트 제어 기술이 적용된 고밀도 이차전지 전극 제조용 롤 기술 개발을 추진한다. 더불어 대면적 미세 패턴 롤 기술을 개발해 반도체, 디스플레이에서 활용되는 200nm 패턴 기능성 필름 고속 생산에 쓰이는 나노 마이크로 패턴 롤 설계·공정 기술과 1000mm급 대면적 미세 패턴 롤 정밀 가공 및 측정 기술을 포함하는 대면적 미세 패턴 롤 기술 개발을 진행한다. 이외에도 하이테크 롤 신뢰성 평가 기술 개발로 하이테크 롤 성능 신뢰성 확보를 위한 성능 평가 기준 및 평가 기술, 디지털 연계 테스트베드 구축과 가상 성능 평가 서비스 플랫폼 기술이 융합된 하이테크 롤 신뢰성 평가 기술 개발을 지속해 나갈 방침이다.

**신산업 제조장비용 핵심 부품-광학 부품**

최근 반도체, 디스플레이, 이차전지산업의 활용 측면에서 광학 제조 및 검사장비에 대한 비중 확대와 각국의 공급망 이슈가 커짐에 따라 선진국에서는 산업용 핵심 광학 부품 기술의 독점적 지위 확보 및 고도화에 큰 관심을 기울이고 있다. 반도체산업에서 저장 용량 확대와 시스템 반도체의



〈그림 2〉 초정밀 지능형 하이테크 롤 성능 고도화 기술 개발 전략

처리 속도를 향상시키기 위해 손톱만 한 크기에 500TB(테라바이트) 규모의 데이터를 저장하는 고집적 적층형 나노구조가 개발되고, 여기에 EUV(Extreme Ultra Violet) 노광 공정을 적용하고 있다. EUV 장비는 Trumpf 광원과 Zeiss 광학계를 이용해 ASML에서 시스템을 구성·공급하며, 삼성전자와 대만 TSMC 등에 설치 및 운영되고 있다.

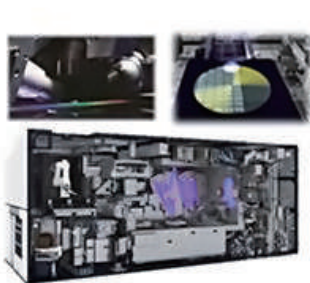
디스플레이산업에서 패널 생산 기술은 크게 BP(Back Panel) 공정, EV·EN(Evaporation·Encapsulation) 공정, 셀 공정으로 나뉘며 광학제조 기술은 모든 공정에 적용되고 있다. 8세대 유리 원판 가공을 위한 고속 레이저 공정, BP 공정에서는 비결정 실리콘을 다결정 실리콘으로 바꿔주는 레이저 어닐링 기술 및 디스플레이 검사용 고배율·고해상도 오토포커싱 광학 솔루션 등을 적용하고 있다. 이차전지를 활용한 전기자동차의 수요 증가로 이차전지 전극 커팅(노칭), 이차전지 탭 용접, 버스바 용접, 비전검사 등에 대한 요구도 향상돼 이를 수행하기 위한 레이저 가공기 수요가 증가하고 있다. 현재 산업에 많이 활용되는 구리(Copper) 용접 기술은 주로 IR 레이저(Wavelength·1030~1090nm)를 많이 사용하는데, 높은 반사율로 용접 불량이 다수 발생돼 이를 해결하기 위한 다양한 광학 부품의 고도화가 이루어지는 단계다.

국내 반도체, 디스플레이 및 이차전지산업을 중심으로 장비의 고정밀·고효율 등의 요구가 증가하고 있으며, 글로벌 핵심 광학 부품의 공급망 이슈에 따라 핵심 광학 부품을 자립화·고도화하려는 노력이 이어지고 있다. 한국전광(주)은

고성능·초정밀 광학 제품의 설계 및 제조를 통해 다양한 형태의 표준·주문생산 방식의 광학 제품을 생산하고 있다. 특히 광학 분야 하이테크 특수렌즈 및 관련 구성품 분야를 선도하고 있다. 필옵틱스는 광학 기반 제조설비 전문 기업으로, 주력 제품인 OLED 제조장비는 레이저 커팅 장비와 레이저 리프트 오프 장비로 구성되며, 이차전지 장비는 레이저 노칭 장비, 조립 공정 설비로 구성된다. 이오테크닉스는 이차전지, 반도체 및 디스플레이 제조 공정에 사용되는 장비를 개발하는 레이저 종합 전문기업으로 전 세계 관련 시장을 선도하고 있으며, 최근 웨이퍼 절단기, 이차전지 용접기 등의 핵심 장비·부품의 공급망 이슈에 따라 레이저 및 광학 부품 분야에서 자립화에 힘쓰고 있다.

국내 반도체, 디스플레이 및 이차전지 기술은 세계 최고 수준이지만 이를 제조하는 장비의 광학 핵심 부품은 무역 역조 및 공급망 이슈에 매우 취약한 상황이다. 영상 기반 AI 적용 산업이 확대되면서 이차전지, 반도체, 디스플레이 첨단 제조 공정의 고도화로 광학 부품의 고효율화·고정밀화·대형화 방향으로 기술이 발전되고 있으나 선진 업체 대비 국내 광학 부품 업체의 렌즈 정밀제작 기술이 떨어져 성능 격차가 심화하고 있다. 특히 광학 부품 제작을 위한 광학 설계, 코팅, 정밀가공, 고신뢰 정렬 기술 및 대형화 기술 격차는 매우 크다.

따라서 공급망 이슈와 관련해 수요 기업 및 장비 개발 업체가 장비 광학 부품 개발 품목을 선정하되 개발 기술의 확산 및 보급 기능이 있는 연구기관(출연연·전문연)의 주도로



반도체산업(제조 및 검사)

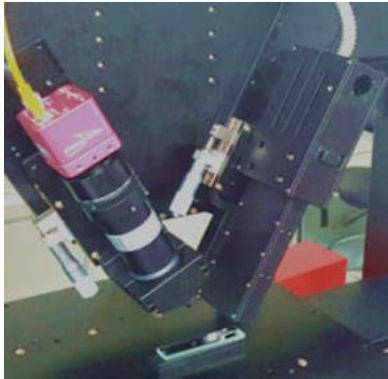


디스플레이산업(제조 및 검사)



이차전지·자동차산업(용접·절단 및 검사)

〈그림 3〉 광학 부품 적용 장비의 산업별 동향



반도체, 디스플레이, 이차전지용 비전 검사 모듈(한국전광)



이차전지용 레이저 노칭 장비(필옵틱스)



CW 광섬유 레이저(이오테크닉스)

〈그림 4〉 국내 광학 기반 제조 및 검사장비 제품

산학연 협력을 통한 기술 개발을 이루는 것이 바람직하다. 국내 핵심 광학 부품 모듈 제조 인프라와 전문 인력을 확보하기 위해 요소 기술별로 다음과 같은 연구개발(R&D) 지원이 필요하다. 우선 광원 부품 기술은 정밀 가공용 펄스 레이저와 고출력 매크로 가공용 연속 발진 레이저 분야의 제조·실증 인프라 구축이 요구된다. 다음으로 광학 부품 모듈 기술은 광학 모듈 설계 및 제조가 가능한 전문 업체를 육성하고, 광학 부품 모듈을 시험 생산할 수 있는 테스트베드를 지원할 필요가 있다. 마지막으로 광학 능동 부품 기술은 광학 기반 제조장비에서 대면적 고속 가공을 위한 다양한 스캐너 미러 등과 같은 능동 부품을 고도화할 수 있는 기술 개발이 있어야 한다.

이를 위해 단기간에 중점을 두는 기술 개발은 다음과 같다. 해외 의존도가 매우 높은 반도체, 디스플레이 핵심 공정 장비 및 이차전지 신산업 장비로 타기탕해 핵심 광학 부품의 수입 의존도를 낮추고 공급망을 내재화하는 방향으로 지원한다. 이와 관련해 국내 개발 업체와 수요기업 간 장비 실증 및 적용을 위한 협업을 지원하는 한편 핵심 부품, 모듈 관련 해외 기술의 라이선싱 및 인수합병(M&A) 지원으로 공급 다변화 및 내재화를 지원한다. 더불어 중장기를 목표로 추진하는 기술 개발 및 인프라는 다음과 같다. 핵심 요소 부품, 모듈의 개발 및 양산을 위한 제조·실증 인프라를 구축하고, 주력산업용 광학 부

품·모듈의 시제품 생산 지원 공공 인프라 구축과 제품 고도화를 위한 국산화 R&D를 추진한다. 산업용 광학 부품 및 핵심 광학 모듈 개발품 실증과 성능을 인증할 인증센터 부재(ISO, 산업안전 인증 및 표준화 등)에 대한 해결 방안을 강구한다. 또한 중장기에 걸쳐 인력 양성을 추진해 전문 기술인력 부족으로 인한 개발 노하우 부재를 해소한다. 광학 부품 개발은 기계, 광학, 전기전자 등을 융합한 다학제 간 인력 양성이 필요하다. 따라서 출연연이나 전문 연이 한시적으로 추진하는 인력양성사업을 통해 전문 기술인력을 육성하고 장비, 광학 부품, 모듈, 공정, 소재 등 수요·공급기업과 학연 전문가들의 상설·정기 협의체를 구성해 의견 수렴을 통한 개발 로드맵 및 정책 지원 방향을 수립한다.

이러한 광학 부품 기술 동향 및 대응 방향을 토대로 신산업 제조장비용 핵심 부품인 광학 부품 기술 개발 방향을 살펴 보면 다음과 같다. 광학 기반 제조장비의 성능 및 제품의 품질에 직접적 영향을 미치는 고출력·고신뢰성 광전달 부품·모듈 개발을 위해 광학 기반 특성화된 광학 부품·모듈 기술 개발 및 광학 정렬 기반 기술을 확보해야 한다. 이를 위해 고출력 레이저 가공기용 광전달 광학 부품 기술 개발을 통해 수kW 이상의 고출력 레이저를 사용하는 산업용 레이저 용접 및 절단 장비에서 레이저나 광에너지를 전달하는 광학 부품·모듈로 고출력 에너지에서 손상·변형을



〈그림 5〉 광전달 광학 부품 핵심 기술 개발 테마

최소화하는 높은 신뢰성을 가지는 부품과 모듈 개발을 추진한다. 또한 레이저 초정밀 미세 가공기용 광전달 광학 부품 기술 개발을 통해 레이저 초정밀 미세 가공기 광전달 광학 부품으로 고정밀의 높은 신뢰성을 가지는 대물렌즈, 스캐닝 렌즈 등의 고정밀 광학 부품 및 모듈 개발을 추진한다. 더불어 검사장비용 광학 부품 기술 개발을 통해 반도체, 디스플레이 및 이차전지 공정에서 제품의 검사를 위해 사용되는 장비의 고정밀 대면적 이미징 관련 광학 부품 기술 개발을 진행한다. 이외에도 제조장비용 고신뢰성 광학계 정렬시스템 기반 기술 개발을 통해 광학 기반 제조장비의 광학 부품 모듈 정렬이 필요한 분야에 소요되는 기반 기술로 광학 부품 모듈은 물론 측정 및 제조시스템 등에서의 핵심 정렬 기반 기술을 확보한다.

**신산업 제조장비용 핵심 부품 - 제어기(PLC)**

제어기 기술은 제조 현장의 DX(Digital Transformation)가

요구되고, 점점 복잡해지는 자동화에 대한 다양한 사항을 수용하기 위해 AI 기술 및 로봇 기술에 대한 접목뿐만 아니라 디지털 트윈 기반의 솔루션을 제공하는 시스템으로 변화하고 있다. 지멘스는 다양한 제조업체의 기계와 로봇을 위한 하나의 엔지니어링 도구인 TIA Portal 제공, SIMATIC Robot Library 플랜트 표준화 전략으로 PLCopen의 인증을 받고, AI 기능을 포함하는 NPU (Neural Processing Unit)을 제공하는 한편 액셀러레이터(Xcelerator)를 발표해 수준 높은 디지털 트윈 기술을 접목하고 있다.

로크웰은 로봇 제조업체 코마우와의 협력으로 통합 로봇 제어 솔루션을 활용해 제조 효율성을 극대화하고, 자사의 FactoryTalk® 소프트웨어 제품군을 사용해 단일 인터페이스에서 라인 및 로봇 제어 시스템을 연동하고 있다. FactoryTalk Analytics LogixAI 모듈은 AI를 사용할 수 있게 하고, Emulate3D 소프트웨어를 활용한 디지털

트윈과 최근 출시된 Hololens2와 같은 관련 기술을 자동화 시스템에 접목하기 위해 노력하고 있다. 미쓰비시전기는 e-F@ctory라는 이름 아래 정보기술(IT)과 공장 자동화의 융합을 통한 스마트 공장 구현을 추진, 이를 위해 에지 컴퓨팅 강화에 초점을 두고 관련 제품군 및 소프트웨어 플랫폼을 강화하고 있다. 또 그룹 차원의 AI 연구소를 수립해 기계학습 기술에 기반한 인식 개선, 강화학습을 통한 학습 제어 정책, 학습 기반 인지 및 추론 등을 수행함으로써 가전, 로봇 등의 분야에서 다양한 연구를 진행하는 중이다.

국내에서는 LS일렉트릭, 싸이몬, 알에스오토메이션에서 제어기를 개발, 국내 자동화 시스템을 위한 자체 기술력 확보에 노력하고 있다. LS일렉트릭은 델타 로봇인 LS QuickMaster(퀵마스터) XDR 시리즈를 론칭함으로써 PLC와 Servo, 그리고 제어 기술 등을 활용해 통합 델타 로봇 솔루션(Package)을 제공하고 있으며 직교로봇, 스칼라로봇, AGV 등 다양한 로봇 제품으로 사업을 다각화할 예정이다. 이를 기반으로 산업용·물류용 제품과 서비스를 개발해 고객에게 토탈 솔루션을 제공하고자 노력한다. 특히 세계경제포럼(WEF, 다보스포럼)은 ‘2021 세계경제포럼 등대공장 연차회의’에서 LS일렉트릭 청주 스마

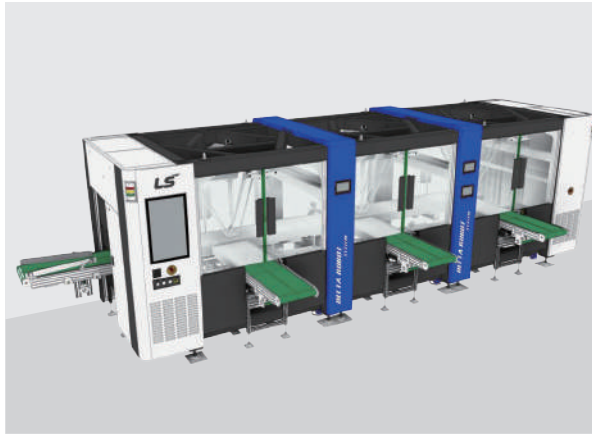
트 공장을 ‘등대공장(Lighthouse Factory)’으로 선정해 바 있으며, 노사 상생형 기업으로 설립된 광주글로벌모터스가 현대자동차의 위탁을 받아 생산하는 신차 ‘캐스퍼’의 양산라인을 LS일렉트릭의 기술을 활용해 자동화 공정라인을 구축했다.

싸이몬은 자체 개발한 산업용 하드웨어와 데이터 취합 및 분석을 지원하는 ‘CIMON SCADA ME’를 통해 에지 컴퓨팅 솔루션을 제공하고 전통적인 PLC 기능에서 한발 더 나아가 PLC 자체의 예지보전을 위한 자가진단 기능을 선보이고 있다. 한편, 국내 제어기 기술은 해외 선진 업체 제어기 브랜드의 70~80% 수준에 머물러 있으며, 미래 자동화 시장에서의 기술 향상 노력과 더불어 선진 업체와 치열한 경쟁을 해야 한다. 최근 국내 자동차 배터리 업체 LG 에너지솔루션은 자사 제조 시스템의 지능화를 구축하기 위해 글로벌 스마트팩토리 기술 선도 기업 지멘스와 협력했는데, 기존 반도체 공정 라인 대부분을 미쓰비시가 점유하고 있는 것이 국내 제어기 시장의 현주소이므로 기술 개발뿐만 아니라 국내외 시장 진입을 위한 다양한 노력이 절실하다.

따라서 자동화 기술 진보를 위해선 산학연이 연계해 선진 업체 대비 부족한 기술 분야에 투자해야 하며, 미래 자동화

로봇 통합 제어 기술	AI 기능 지원	디지털 트윈 지원 기술
<p><b>로봇 연동을 위한 협력 혹은 자체 로봇 시스템 통합 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지멘스의 SIMATIC Robot Library</li> <li>- 로크웰의 코마우(Comau) 협력</li> <li>- 미쓰비시전기의 e-F@ctory 솔루션</li> <li>- B&amp;R의 MAPP 프로그램 ABB 로봇 통합 연동</li> </ul> 	<p><b>AI 기능 지원을 위한 기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지멘스의 Neural Processing Unit 제공</li> <li>- 로크웰의 FactoryTalk Analytics LogixAI 모듈은 인공지능(AI) 사용</li> <li>- ABB와 AI 스타트업인 코베리언트는 AI 지원 로봇공학 솔루션 제공</li> </ul> 	<p><b>디지털 트윈 적용을 위한 통합 SW 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지멘스의 소프트웨어, 서비스, 애플리케이션 개발 통합 포트폴리오 액셀러레이터 발표</li> <li>- 로크웰의 동적 디지털 트윈 SW인 Emulate3D 개발</li> </ul> 

〈그림 6〉 해외 선진 업체 제어기의 기술 개발 동향



〈그림 7〉LS일렉트릭의 델타 로봇 시스템 및 광주글로벌모터스의 생산 공정

시스템에서 시장 점유를 위한 국산 기술의 진보 노력이 반드시 수반되어야 한다. 최근 다양한 산업 분야에서 자동화 요구가 높아지고 있으며, 특히 현대자동차와 기아가 2030년까지 국내 전기차 사업에 총 21조 원을 투자하는 등 전기차 인프라 부문 투자도 이뤄지기 시작하는 시점으로 자동화 시스템의 국산화에 노력해야 한다. 과제 중심의 R&D가 아닌 실제 고객의 니즈를 파악한 과제 발굴 및 산학연의 유기적인 연구가 필요하다. 제어기 시장은 기존 제조 현장뿐만 아니라 미래 먹거리 산업에 적용되는 다양한 장비 및 시스템 시장에 대부분 활용되므로 핵심 품목으로 기술 개발이 절실하다.

또한 제조 현장을 스마트화하기 위한 중요한 요소인 현장 데이터 취득과 공정 시스템 제어는 실제 제어기가 담당하고 있다. 최근에는 AI, 예방진단 기능 등을 포함하고 빅데이터 플랫폼 연계 등의 역할까지 하고 있어 제어기는 고성능·고기능화뿐만 아니라 산업 표준화에도 염두를 뒀 개발해야 한다. 산업 표준에 뒤처지면 시장에서 선택을 받지 못하는 현상이 두드러지기 때문에 산업 표준에 따라 개발해야 하는 표준화 연계 기술 개발이 필요하다. 민간기업과 비영리기관 간 협업을 통해 미래 자동화 시스템의 원천 기술 확보에 주력하는 전략이 절실한 이유다. 실제 중소형 제조현장 모델링을 위한 직관적인 구성 도구와 엔지니어링 기능을 제공해 점차 늘어나는 정보량을 표시하는

시각화 기능을 개발하고, 시스템 운영에 도움을 주는 HMI 기술의 진보 및 증강현실(AR)·가상현실(VR) 등을 활용할 수 있는 디지털 트윈 환경의 기술 개발이 있어야 한다. 더불어 디지털 전환에 대응하기 위한 국내 산업계의 협업 생태계를 마련해야 한다. 부품, 장비 및 로봇 기업과 협업함으로써 국내 기업의 생태계를 활성화시키는 방향으로 국내 산업이 하나의 큰 제조 상품 벨트가 되도록 하고, PLC를 기반으로 통합할 수 있는 오픈 플랫폼 전략을 통해 전체 시스템의 국산화 노력이 필요하다. 국가 기반 구축사업 및 보급 등을 통해 국내 PLC의 사용 확대와 적용 사례 축적을 위한 실증 시스템 지원, 상용화 수준의 모델 발굴로 기술 홍보가 이루어져야 한다.

이러한 제어기 기술 동향 및 대응 방향을 토대로 신산업 제조장비용 핵심 부품인 제어기 기술 개발 방향을 살펴보면 다음과 같다. 우선 로봇·모션·AI 기능을 통합 제어하는 기술을 개발함으로써 다양한 생산 시스템과 미래 자동화 생산 제조 공정에 사용되는 센서·장비·로봇·모션 제어가 통합되고, 데이터 분석 처리 등을 지원하는 AI 기술 등과 연동되며 나아가 기능 확장이 유연한 구조를 가진 고성능 통합 제어기의 국산화 기술을 개발한다. 또한 디지털 전환을 위한 엔지니어링 기술을 개발해 점차 늘어나는 정보량 속에서 시스템 운영을 전체적으로 파악할 수 있게 하는 직관적인 엔지니어링 기능을 제공하고, 제어기의



〈그림 8〉 통합 제어기 기술 개발, 엔지니어링 기술 및 실증 모델 개발

부품명	산업 동향	현안 및 이슈
하이테크 롤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이차전지, 디스플레이용 시장 확대</li> <li>• 정밀 장력 제어, 온도 제어, 패턴 미세화 개발 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대형 롤 관련 경험 부족, 기술 데이터 축적 미흡</li> <li>• 롤 디지털 신뢰성 평가 플랫폼 요구</li> </ul>
광학 부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학 부품의 고효율화·고정밀화 및 대형화</li> <li>• 소자의 초미세화 대응 광학계 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고출력 광학계, 렌즈 제작 기술 부족으로 전량 수입</li> <li>• 기반 기술 부족으로 신규 광학모듈 개발에 어려움</li> </ul>
제어기(PLC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PLC 고성능화로 DCS 시장 대체</li> <li>• 표준화, 통합 플랫폼화, 사이버 보안 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국산 제어기 기술은 표준화·유연성·확장성 부족</li> <li>• 가공 데이터 보안성 강화, 사용자 편의성 향상 요구 증가</li> </ul>

〈표 3〉 신산업 제조장비 핵심 부품별 산업 동향 및 이슈

사용자 접근성을 높일 수 있으며 디지털 전환 과정에서 공정 설계의 가속화를 도울 수 있는 디지털 트윈 기술이 접목된 엔지니어링 기술 개발을 추진한다. 더불어 다양한 제조 현장의 제어기 실증 모델을 개발해 현재 국내 기술로 개발된 제어기의 자동화 시스템 실증 적용 확대는 물론 미래 자동화산업에 적용 가능한 통합 제어기 기술 개발 과제, 이와 연동한 국내외 자동화 시스템의 국산화 실증 모델 개발 및 기술 신뢰성을 확보한다.

※이 콘텐츠는 KEIT PD Issue Report 2022년 7월호 '신산업 제조장비용 핵심 부품 기술 동향 및 개발 방향'을 재구성했음을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] ARC, "PLC and PLC-based PAC Market Grows and Adapts to Industrial IoT", 2021.
- [2] 무인화기술, "메이저 PLC기업들의 시장전략", 2021.
- [3] bcc Research, "Global Markets for Roll-to-Roll Technologies for Flexible Device", 2019.
- [4] SNE Research, "리튬이차전지 분리막 기술동향 및 시장전망", 2021.
- [5] SNE Research, "리튬이온 2차전지 제조 장비의 개발 현황 및 중장기 전망", 2021.
- [6] "전고체전지 기술 현황 및 시장 전망", 2021.
- [7] 한국광산산업진흥회 "광융합분야 해외 유망 산업기술 시장동향 분석 보고서" 산업용 레이저 최신 동향, 2020.
- [8] <http://eotechnics.com/page/main/main.php>
- [9] <https://www.lsholdings.com/ko/media/news/>
- [10] <https://www.mitsubishielectric.com/>

2022년  
올해의 산업혁신기술상  
Industrial Technology Innovation of the Year



## 다르게 혁(革)하고 새롭게 신(新)하라 답습과 모방 대신 혁신의 기술을 여는 기업과 사람들

산업통상자원부가 주최하고 한국산업기술평가관리원·한국산업기술진흥원·한국에너지기술평가원·한국공학한림원이 공동으로 주관하는 '올해의 산업혁신기술상' 시상식이 7월 19일 서울 중구 명동 로얄호텔에서 열렸다. 세상에 없는 새로운 기술을 만드는 기업, 혁신하는 자를 고무하고 널리 알리자는 취지로 만든 '올해의 산업혁신기술상'의 상반기 수상자 6명이 발표했다. 2013년부터 시작된 '이달의 산업기술상'이 올해부터는 특히 '혁신'이 강조되면서 '올해의 산업혁신기술상'으로 명칭이 변경됐다.





신기술 부문



(주)경농  
책임연구원  
권보원

해충으로부터 작물을 보호하다

농업 해충으로부터 작물을 보호하는 작물보호제 관련 국내 시장은 1조5000억 원에 이르며 국내 농산업 규모에 비해 매우 높다. 농산물의 95%를 작물보호제에 의존하면서도 거의 대부분을 수입하는 현실에서 (주)경농이 신도불이 작물보호제를 개발했다. 농업 해충인 나방류에 우수한 활성이 있는 이 제품은 국내 작물보호제의 원제 자급률을 개선함은 물론 해외 농업 시장에 국산 작물보호제를 보급하는 신호탄이 될 것으로 전망된다. 1957년 설립 이후 65년 동안 농자재 개발 및 공급, 작물 보호제 연구라는 한 우물만 판 경농의 집중력과 농업 노하우라면 충분히 도달할 수 있을 것으로 보인다.

사업화 기술 부문



(주)에이치엘클레무브  
대표  
윤팔주

자율주행자동차에 매의 눈을 달다

유럽의 신차안전도평가제도(NCAP)에 자동긴급제동(AEB) 기능이 평가의 주요 핵심 요소로 선정된 이후 얼마나 안정된 AEB 시스템을 보유하고 있는지가 차량 브랜드 경쟁력을 좌우하는 요소가 됐다. 더 넓게 보고, 더 빨리 감지하는 자동차 눈들의 전쟁에서 (주)에이치엘클레무브가 역량을 집중된 것은 중거리(150m 이상) 레이더 개발이다. 레이더는 물체 인식 성능이 우수하고 상대 속도 직접 측정이 가능해 자율주행용 물체 감지의 기본 센서 역할에 적합하다. 개발품은 세계 최고 수준의 중거리 레이더와 비교했을 때도 최대 검출 거리 및 성능에서 동등한 수준이라는 평을 받는다.

## 사업화 기술 부문



대선조선(주)  
대표  
이수근

## 카페리 설계 기술로 안전귀항 책임진다

대형 여객선 설계 목표의 기본은 안전이다. 설령 사고가 발생하더라도 선박 자체 추진력으로 안전하게 항구까지 귀항해야 한다. 이러한 객선의 안전귀항(SRtP) 개념은 해상인명안전조약(SOLAS)이 일정 규모 이상의 선박에 강제하는 기술력이기도 하다. 대선조선(주)은 SOLAS 조건이 충족되는 안전귀항 기술은 물론 환경 요구성까지 만족하는 GT 15000급 카페리 설계를 완성했다. 국책과제를 통해 개발한 선형 설계 기술은 국내 연안 여객선 수주와 한국-일본 운항 선사와의 신조 계약 등으로 이어지며 2000억 원 상당의 사업화를 달성했다. 대한민국 최초의 민영 조선소다운 발 빠른 행보다.

## 사업화 기술 부문



피씨엘(주)  
대표  
김소연

## 알츠하이머, 다중 바이오마커로 진단한다

통계청 발표에 따르면 노인 인구 10명 중 1명은 치매를 앓고 있다. 그럼에도 치매의 대부분을 차지하는 알츠하이머에는 근본적 치료제가 없다. 이러한 가운데 피씨엘(주)이 스위스와 국제공동 기술 개발 사업을 통해 알츠하이머 진단 기술을 개발했다. 한 가지 바이오마커로 알츠하이머를 진단하는 기존의 방식이 아닌 다중 바이오마커 방식이다. 다중면역진단의 혁신적인 원천 기술(SG Cap™)을 통해 한 번에 여러 진단을 하면서도 3차원 방식으로 진단마커를 고정시켜 민감도 및 특이도 등 성능을 월등히 향상시킨 제품이라는 평가를 받고 있다.

청정에너지 기술 부문



한국전력공사  
선임연구원  
이정현

CO<sub>2</sub> 포집 기술로 지구 온난화 대응한다

지구 온난화의 주범으로 화석연료가 지목되면서 연소 과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>의 감축 기술은 세계적으로 관심과 주목을 받는 대상이다. 한국전력공사가 개발한 후 석탄화력발전소 등에 보급하고 있는 연소 후 습식 CO<sub>2</sub> 포집 기술은 습식아민흡수제(KoSol)를 이용해 고순도로 포집하는 것을 특징으로 한다. 기존 상용흡수제의 높은 에너지 소비량, 저효율 문제점을 극복하며 에너지 24% 저감, 에너지 소비량 11% 저감, 1만 시간의 무정지 운전, 500MW급 발전소 적용 기준 하루 약 1억2000만 원의 운영비 절감이라는 정량적 기록을 창출해 내고 있다. 이것이 청정에너지 기술 부문 수상자로 선정된 이유다.

청정에너지 기술 부문



보평그린(주)  
대표  
이정언

FOG 분무 기술로 석탄 분진 폭발 예방한다

보평그린(주)은 물방울 입자를 아주 작게 해(20 $\mu$ m) 안개를 만들고, 표면적이 커진 미세 입자는 공기 중에 부유하는 석탄 분진에 들러붙어 이를 낙하시킨다. 적정 조건이 갖춰지면 2, 3차 연쇄 폭발로 이어지는 분진 폭발을 사전에 예방하는 안개 효과인 셈이다. 이 물방울이 에어컨 응축기 주변에 분사되면 물의 잠열 효과로 주변 온도를 순식간에 떨어뜨린다. 악취가 나는 곳에 분사하면 악취가 분해된다. 물의 안개 효과인 FOG 분무 기술은 청정에너지 기술상으로 인정받으며 석탄화력발전소에 보급되고 있다.

# 태양전지 분야의 무색·투명 개발 난제를 풀어내다

## 울산과학기술원(UNIST)

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. 울산과학기술원이 '다양한 색 구현이 가능한 반투명 결정질 실리콘 태양전지 요소기술 개발' 연구과제를 통해 세계 최초 결정질 실리콘 기반 무색·투명 태양전지를 개발했다. 불투명한 반도체 결정질 실리콘을 기반으로 사람의 눈으로는 인식 불가능한 마이크로 구조를 적용했다. 이 태양전지는 14% 이상 광전변환효율을 낼 수 있다. 이 기술이 상용화되면 현재 연평균 59%씩 급성장하는 건물 일체형 태양광발전시스템(BIPV) 시장뿐만 아니라 차량 일체형 태양광발전시스템(MPV) 시장, 모바일 융합 에너지 시장에서도 활용이 기대됨에 따라 영예의 신기술 부문 장관상에 선정됐다.

## INDUSTRIAL TECHNOLOGY AWARDS

이달의 산업기술상

SEPTEMBER

2022



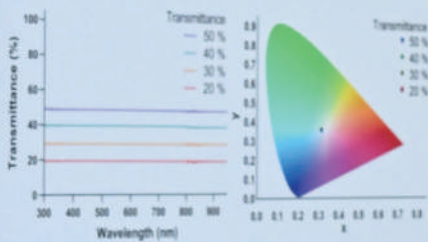
신기술 부문  
산업통상자원부장관상

Crystalline silicon (c-Si) is not used for developing transparent photovoltaics, owing to its opaque nature. Our group demonstrated the development of a neutral-colored transparent c-Si substrate using a 200- $\mu\text{m}$ -thick c-Si wafer, which is known to be intrinsically opaque. Transparent c-Si substrates were fabricated by placing microhole-shaped light transmission windows on a bare c-Si wafer. These windows were designed to enable the transmission of all incident visible light through the substrate, resulting in a colorless substrate. As a representative application, solar cells fabricated using the neutral-colored transparent c-Si substrate showed a power conversion efficiency (PCE) of over 15% so far. Therefore, our transparent c-Si solar cells present a unique opportunity to develop next-generation colorless transparent photovoltaics.

### Transparent c-Si substrate

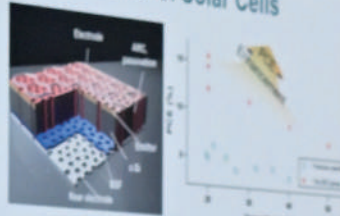


The transmittance is systematically controlled from 20% to 50%.



The transparent c-Si substrate shows a neutral color without a transmission cut-on wavelength.

### Transparent c-Si Solar Cells



Our transparent c-Si solar cells shows the highest PCE of over 15% among all types of neutral-colored transparent solar cells.



Our transparent c-Si solar cells are applied to realize a smart window with power generation.

## 태양전지 분야의 무색·투명 개발 난제를 풀어낸다

2015년 파리기후협약을 계기로 신재생에너지에 대한 관심이 높아지면서 가장 주목받은 신재생에너지는 태양광이었고, 이에 따라 태양광산업 규모는 하루가 다르게 급격히 확대됐다. 하지만 중국의 저가화 공세에 따른 시장 교란으로 위기에 빠진 태양광산업계는 기존의 실리콘 기반 태양전지보다 차별화된 태양광 시스템 개발에 몰두했고, 그중 하나가 투명 태양전지다. 이런 가운데 울산과학기술원 에너지화학공학과 서관용 교수가 다양한 색 구현이 가능한 반투명 결정질 실리콘 태양전지 요소기술 개발에 성공해 큰 주목을 받고 있다.

✍ 조병진    📷 서범세

**다양한 색 구현이 가능한 반투명 결정질 실리콘 태양전지 요소기술 개발**

서관용 울산과학기술원(UNIST)  
에너지화학공학과 교수

사업명	산업기술혁신사업(에너지기술개발사업)
기술명	유리형 무색·반투명 결정질 실리콘 태양전지
개발기간	2018. 6. ~ 2021. 5. (36개월)
총정부출연금	3,000백만 원
개발기관	울산과학기술원 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 052-217-0114, kseo.unist.ac.kr
참여연구진	서관용, 이강민, 김남우, 진원주, 최덕재, 박정환

**세계 최초 투명 결정질 실리콘 태양전지 개발**

현재 사용되고 있는 불투명 태양전지는 넓은 설치 공간이 필요하다는 단점이 있다. 반면, 투명 태양전지는 추가적인 설치 공간이 필요 없으며, 빌딩의 유리 등 다양한 분야에 폭 넓게 적용될 수 있어 주목을 받고 있다.

그러나 현재까지 개발된 투명 태양전지는 광전변환효율이 낮은 데다 옥외 사용 안정성이 떨어져 상용화에 어려움이 있었다. 또한 태양전지 제작에 사용되는 물질의 고유한 색상 때문에 유리와 같이 색이 없는 무색·투명 태양전지 개발은 난제로 알려져 있었다.



울산과학기술원 서관용 교수 연구팀은 사람의 눈으로 마이크로 구조를 식별할 수 없도록 시력의 한계를 고려해 마이크로 구조 간격을 설계, 유리형 결정질 실리콘 기판을 개발하는 데 성공했다.

이런 가운데 서관용 교수 연구팀은 그동안 불투명하다고 알려져 있던 결정질 실리콘 태양전지에 독창적인 마이크로 구조를 적용, 세계 최초로 유리형 무색·투명 결정질 실리콘 태양전지를 개발함으로써 태양광산업에 활력을 불어넣을 것으로 기대된다.

이에 대해 서 교수는 “본 연구를 통해 결정질 실리콘을 기반으로 고효율 투명 태양전지가 개발됨에 따라 투명 태양전지의 상용화가 매우 빨라질 것으로 기대된다”면서 “더불어 개발된 결정질 실리콘 기반 투명 웨이퍼는 태양전지뿐만 아니라 다양한 결정질 실리콘 기반 전자소자에 응용이 가능할 것으로 예상돼 시장 파급효과가 매우 클 것으로 전망된다”고 말했다.

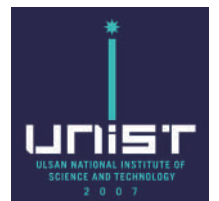


**How to**

가장 어려웠던 부분은 빛을 투과시키기 위해 실리콘 기판에 적용한 마이크로 구멍을 사람의 눈에 보이지 않게 하는 것이었다. 처음에는 크기를 줄여보기도 했지만 만족할 만한 결과를 얻지 못했다. 그러던 중 핵심 개발자 가운데 한 명인 대학원생 연구원이 우리가 시력검사서에서 활용하는 원리와 동일한 생물학적 지식을 활용하는 참신한 아이디어를 내면서 이 문제를 극복할 수 있었다.



나노·마이크로 구조 기반 소재 연구실 홈페이지 바로가기



## 높은 광전변환효율과 안정성, 무색 구현 성공

아울러 본 기술 개발과 관련해 서 교수는 결정질 실리콘 기판을 투명하게 만들기 위해 실리콘 기판을 빛이 100% 투과되는 영역과 빛을 100% 흡수하는 영역 등 두 가지로 구분하는 전략을 활용했으며, 이를 위해 실리콘 기판에 가시광 영역의 빛이 모두 투과되는 100 $\mu$ m 크기의 마이크로 구멍을 적용했다.

서 교수는 “마이크로 구멍은 빛을 100% 투과시키고, 나머지 영역은 빛을 100% 흡수하는 원리로 실리콘 기판의 투과도를 조절할 수 있다”며 “이때 사람의 눈으로 마이크로 구조를 식별할 수 없도록 시력의 한계를 고려해 마이크로 구조의 간격을 설계한 결과, 유리형 결정질 실리콘 기판을 개발했다”고 설명했다.

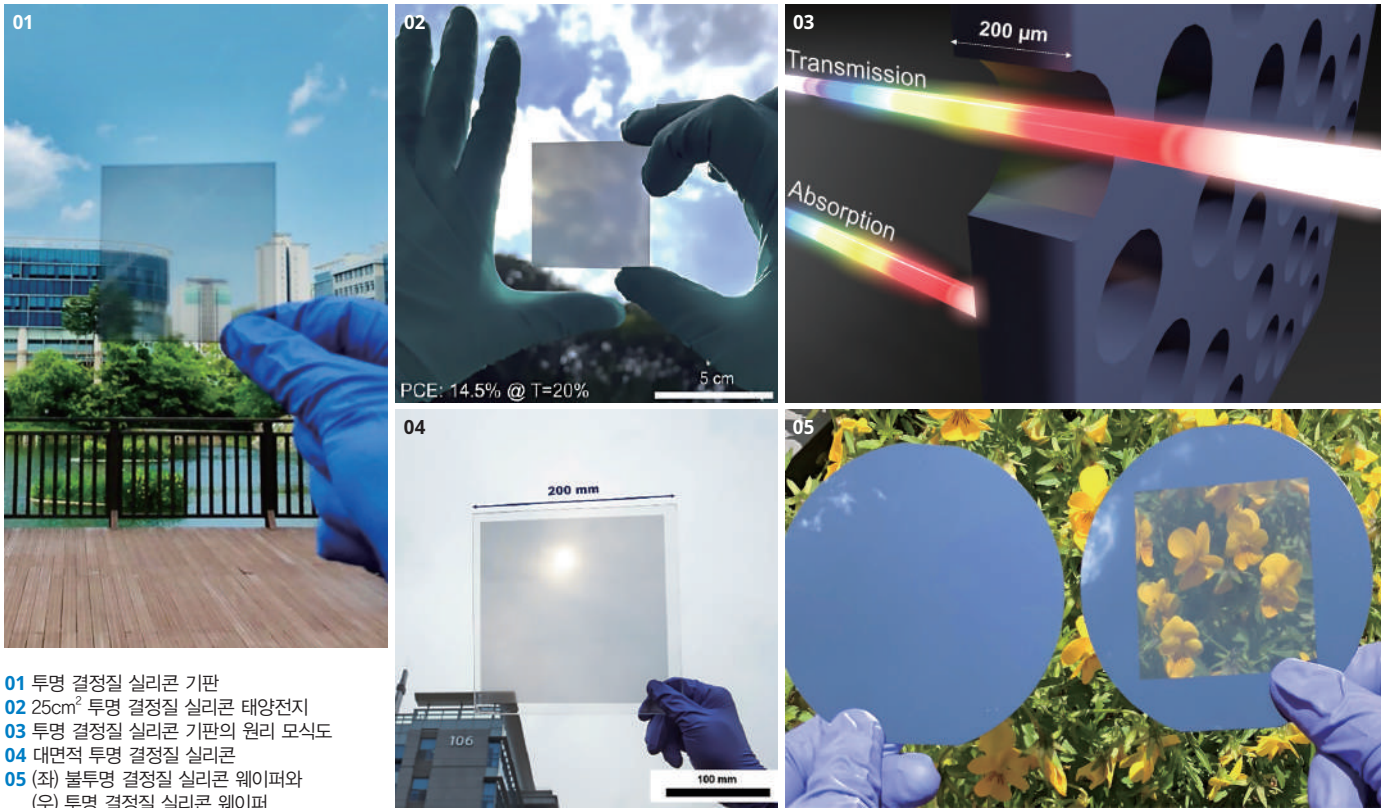
특히 이렇게 새롭게 개발된 투명 결정질 실리콘 반도체 기판에 상용 결정질 실리콘 태양전지 제작 공정에서 사용하는 불순물 주입 공정, 반사 방지막 및 전극 형성 공정 등을 동일하게 적용해 투명 결정질 실리콘 태양전지 개발을 이끌어 낸 것은 놀라운 연구 성과로 평가받고 있다.

이와 관련해 서 교수는 “개발된 투명 결정질 실리콘 태양전지의 광전변환효율(20% 투과도 기준 14.5%, 25cm<sup>2</sup> 크기)은 현재까지 보고된 무색·투명 태양전지 중 가장 높은 광전변환효율을 보였으며, 마이크로 구조의 배열을 통해 광투과율도 자유자재로 조절할 수 있어 다양한 분야에 적용이 가능하다”면서 “개발된 투명 결정질 실리콘 태양전지는 기존 실리콘 태양전지 제조시설을 그대로 이용할 수 있으며, 신소재가 아닌 기존 소재를 활용함으로써 비용 절감을 통한 가격 경쟁력 향상에도 크게 기여할 것으로 기대된다”고 밝혔다.

(왼쪽부터) 이정택, 김남우 박사, 이명현, 서관용 교수, 최덕재 박사, 진원주, 이강민 박사, 박정환 박사







01 투명 결정질 실리콘 기판  
 02 25cm<sup>2</sup> 투명 결정질 실리콘 태양전지  
 03 투명 결정질 실리콘 기판의 원리 모식도  
 04 대면적 투명 결정질 실리콘  
 05 (좌) 불투명 결정질 실리콘 웨이퍼와 (우) 투명 결정질 실리콘 웨이퍼

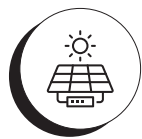
## 국내외 경쟁 기술 전무, 상용화 시 파급력 커

이번에 서 교수팀이 개발에 성공한 결정질 실리콘 기반 무색·투명 기판 및 태양전지는 세계 최초의 차별화된 기술로, 동일 결정질 실리콘 시장에서는 전 세계에 경쟁 기술이 없다.

이에 따라 이 기술은 기존에 보고된 유기 태양전지나 페로브스카이트 태양전지의 한계인 효율, 안정성, 무색 구현의 어려움 등을 모두 극복할 수 있는 차별화된 기술이자 기존 기술과 비교해 기술의 우수성이 매우 뛰어난 만큼 상용화 시 태양광 시장에 큰 지각변동을 가져올 것으로 예상된다.

서 교수는 “이 기술이 상용화될 경우 현재 연평균 59%씩 급성장하고 있는 건물 일체형 태양광(BIPV) 시장에서 대체 불가능한 혁신적 제품이 될 것으로 기대돼 관련 시장을 독점할 가능성이 높다. 그뿐만 아니라 차량 일체형 태양광(MIPV) 시장 및 모바일 융합 에너지 시장 등에서도 파급력이 클 것으로 예상된다”고 말했다.

끝으로 앞으로의 계획과 목표에 대해 서 교수는 “대학 연



### 광전변환효율

입사되는 태양광에너지와 태양전지에서 출력되는 전기에너지의 비율로, 빛을 전기로 전환하는 비율을 말한다.

구실에서 원천 연구로 시작된 기술이지만, 장기적으로는 창호형 투명 태양전지와 같은 실생활에 활용될 수 있는 제품으로 완성시키고 싶다는 목표가 있다”면서 “이를 위해 4단계의 중장기적인 로드맵으로 연구를 진행하고 있다. 1단계 투명 태양전지 원천기술 확보, 2단계 25cm<sup>2</sup> 이상의 대면적화, 3단계 모듈화를 통한 투명 태양전지 모듈 개발, 4단계는 시작품 제작을 통한 상용화 모색 등이다. 현재는 대략 2단계 수준인데, 결국 3~4단계 연구를 성공적으로 수행한다면 상용화에 더욱 가까워질 수 있을 것으로 기대하고 있다”고 밝혔다.

더불어 서 교수는 “현재 정부의 제로에너지 빌딩 정책에 발맞추어 창호 시장에서는 태양전지와와의 융합을 통한 고성 창호 개발에 많은 노력을 기울이고 있다”며 “이 기술을 기존 창호 기술에 적용할 경우 단기간에 제품 개발 및 생산이 가능할 것으로 기대돼 현재 창호기업과 관련 논의 및 연구 협력을 진행 중이다. 또한 앞서 밝힌 전기·전자 분야 외에도 스마트팜으로 대표되는 차세대 농업 기술 분야에도 적용할 수 있을 것으로 기대돼 이에 대한 협의를 이어 나갈 계획”이라고 말했다.



**PROJECT** (주)나노엔텍이 개발한 중소 병원 내 고감도 정밀진단을 위한 지능형 품질관리 기능이 있는 암·만성질환 스크리닝용 자동 신속 면역진단 시스템

# 3분이면 현장 측정이 가능한 면역진단기기 및 키트

FREND™-Multi 시스템은 중소 병원의 고감도 정밀진단 시 지능형 품질 관리 기능을 탑재한 암·만성질환 스크리닝용 동시·다중 자동 신속 면역진단 시스템이다. 현재 의료시스템이 가진 사후 치료 중심, 대형 병원, 대형 외산 진단장비 중심에서 중소 병원에서도 사용 가능한 다중 신속 면역검출 시스템을 개발, 예방·진단 중심의 선제적 조치를 통해 의료비를 경감할 수 있고, 삶의 질 개선을 도모할 수도 있다. 또한 지방 및 중소형 의료시설에서도 활용할 수 있어 지역 간 의료서비스 격차를 해결하고 사회적 비용도 줄이는 효과가 있다. 대규모 설비가 아닌 소형 기기로 질병의 조기 진단 및 치료 반응성 모니터링이 가능해 중소형 의료기관이 사용하기에 적합하다. 또한 암 및 호르몬, 만성·감염질환의 조기 진단(스크리닝)을 통한 정밀검사

대상자를 감별할 수 있으며, 플랫폼 모듈화를 통한 진단 횟수에 따른 기기의 유연성으로 제품 가격 경쟁력을 확보했다.

우선 면역진단 기기는 도출된 주요 핵심 기술을 적용해 새롭게 설계된 FREND 리더기 다수가 무선으로 연결된 키오스크 형태의 단말기를 통해 다수의 질병 진단을 신속하게 병렬로 검사할 수 있는 동시·다중 자동 신속 면역진단 시스템 FREND™-Multi가 상용화되고 있다. 다음으로 면역진단키트는 암 3종(PSA, APF, CEA), 호르몬 관련 5종(TSH, FT4, T3, Testosterone, VitaminD), 패혈증마커 PCT, 감염성 질환 2종(Influenza A&B) 등 모두 11종의 진단키트를 개발하고 다수 제품의 허가를 국내외에서 취득했다. 국내뿐만 아니라 미국, 유럽 국가에 판매되고 있다.

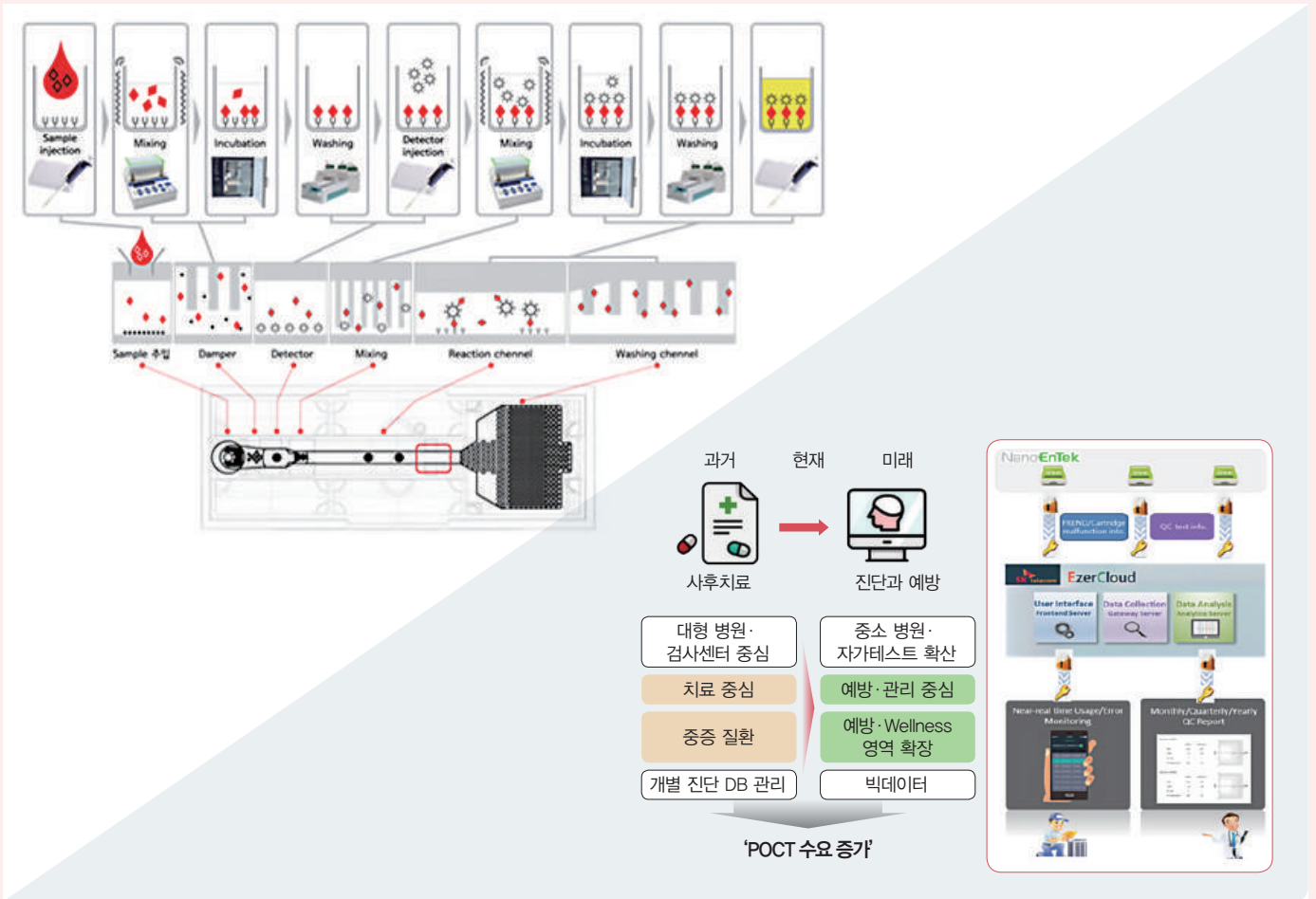


FREND™-Multi

미국 식품의약국(FDA) 승인을 받은 FREND™ 플랫폼을 기반으로 고감도 및 확장성을 갖춘 신속면역진단 장비를 개발하고, 11종의 고감도 면역진단 키트를 개발·개선해 국내외 중소형 병원 또는 의원급에서 다수의 질병에 대한 조기 현장진단(POCT: Point-of-care testing)에 활용할 수 있는 시스템을 제공한다.



판매되고 있는 FREND 진단키트 제품들



### 헬스케어 패러다임, 사후치료에서 진단과 예방으로 변화

세계적으로 고령화, 만성질환자 증가로 건강관리에 대한 관심이 높아진 가운데 우리나라는 급격한 고령화로 2025년 초고령사회 진입이 전망되며, 국내 만성질환자 수 및 진료비도 점차 늘고 있다. 하지만 2018년 기준으로 국민 1인당 외래진료 횟수가 경제협력개발기구(OECD) 국가 중 가장 높은 반면, 임상 의사 수는 인구 1000명당 2.5명으로 일본, 이스라엘에 이어 세 번째로 적다. 또한 지역별 의사 분포는 수도권을 비롯한 대도시에 몰려 있어 의료 인프라 및 인력의 지역 불균형이 심화하는 상황이다. 더불어 국내 전체 진료 중 국내 5대 대형 병원에 외래환자 진료 비율은 해가 갈수록 증가하는 추세다. 특히 현재 헬스케어의 패러다임은 '사후치료'에서 '진단과 예방'으로 변화하고 있다. 기존 대형 병원의 검사센터, 중증 질환, 치료 중심의 패러다임은 현재 자가 테스트 확산, 예방과 관리 중심의 선제적 조치로 전환함에 따라 제품들의 소형화, 자동화가 이루어지고 있으며 진단에 대한

정확도가 향상됨에 따라 진단검사 시장은 지속적으로 성장하고 있다.

이러한 가운데 개발된 FRENDS는 면역진단 시스템 분야 중 특히 리소스가 제한적인 중소 병원을 위한 현장진단(POCT) 분야에서 정량적인 결과를 3분 이내에 신속하게 보여주는 진단제품이다. 조기 진단과 예방 중심의 헬스케어 시장 변화에 적합한 솔루션을 제공, 의료 수요자의 서비스 접근성을 향상시키고 전체적인 비용을 절감하는 효과를 확인할 수 있다. 한편, (주)나노엔텍은 미세유체칩 기술을 근간으로 광학·기계·전자·BT·IT를 융합시킨 기술기반 회사이며, 시장 변화를 이해하고 사용자의 환경에 대한 지속적 관찰을 통해 미중족 니즈와 다양한 문제점을 파악한 후 융합기술을 적용한 혁신적 제품을 통해 해법을 제공하며 성장해 왔다. 체외진단(IVD) 시장에서도 다양한 기술과 제품을 갖고 있는 경쟁자들과 치열하게 경쟁하고 있으며, 빠른 시장 변화에 따른 급격한 수요와 공급의 변화에 능동적으로 대응하고 있다.



PROJECT **벤티스(주)**의 10도 이상 광발열 성능을 갖는 아웃도어 의류용 충전재 개발

# 고가의 다운을 대체할 친환경 기능성 충전재

솔라볼은 태양에너지를 흡수한 뒤 특수한 나노케미컬이 진동과 충동에 의해 스스로 열을 내는 광발열 기능을 가진 첨단 충전재다. 기존 다운 충전재는 살아있는 개체에서 직접 털을 뽑아 채취하는 방식으로 동물의 윤리적 문제를 가지고 있으며 수급 불안에 대한 경제적 문제를 야기하고 있는 반면 솔라볼은 우수한 광발열성에 복원력이 뛰어나며 빠른 건조성, 세탁 편의성,

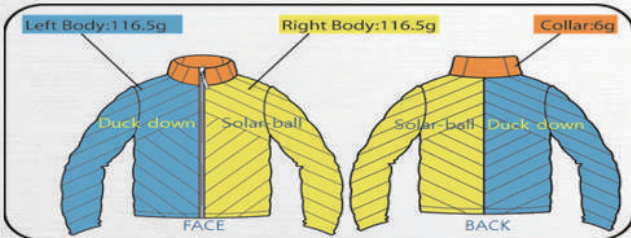
대전방지 기능과 낮은 비용으로 고가의 다운을 대체할 수 있는 친환경 기능성 충전재다. 솔라볼은 주로 아웃도어, 캐주얼, 군복, 유니폼 등의 의류와 침장용 보온 충전재로 사용 중이며 풍부한 벌키감으로 건축용·농업용 보온단열재로도 적용이 가능해 무한한 시장성을 갖춘 제품이다.

솔라볼은 친환경 인증(OEKO-TEX, GRS)을 통해 현재 해외의 다양한 의류 브랜드에 다운 대체 제품으로 공급되고 있다. 동물복지, 환경문제가 계속 대두됨에 따라 벤티스(주)는 해외 바이어를 상대로 동물복지, 친환경 제품으로 적극적인 마케팅 및 영업을 전개 중이다.

## Outdoor Environment Test

### Test Specimens

Sample	Infill	Infill Weight(g)	Garment Weight(g)	Garment Type	Outer Fabric	Color
	Solar-ball	116.5	400	Jacket	Pertex Quantum© 100% Nylon Mini Ripstop DWR 0.8 oz/yd	Orange
	Duck down (9:1)	116.5				



### Test Environment

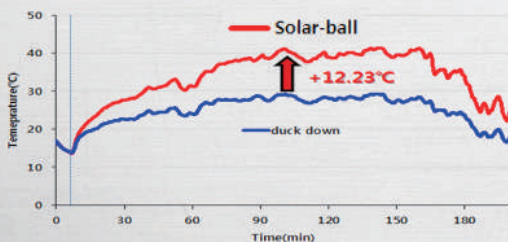
- Time : AM 10:00~13:30 (3h 30m)
- Temperature :  $-3.8 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$  / Humidity :  $44 \pm 5\%$
- Intensity of Illumination : 55,000lx(양지)
- Cloudless Sky

### Measuring Items

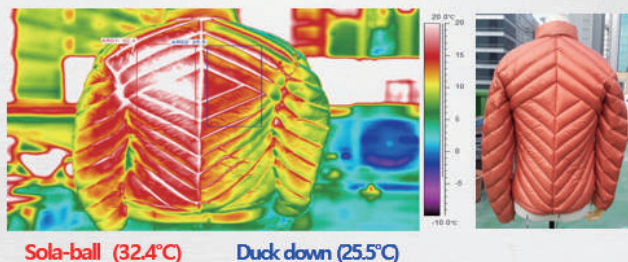
- Garment Lining Temperature(back side)

### Test Results

Jacket Inner Lining Temp.



IR





장갑, 부츠 모자 등 보온 충전재



아웃도어, 캐주얼 의류 및 군복 충전재



가정용 이불, 아웃도어 침낭 충전재



### 우수한 광발열성 및 높은 함기량

현재까지도 의류 보온 충전재는 다운(덕·구스)을 사용 중이며 이러한 다운 충전재는 주로 살아있는 개체에서 직접 털을 뽑아 채취하는 방식으로 동물보호의 윤리적 문제, 위생적 문제, 수급 불안에 의한 경제적 문제를 야기하고 있으며 일반적인 합성 충전재의 경우 복원력이나 보온력이 떨어져 다운을 대체하기에 역부족인 상황이다. 이러한 가운데 벤텍스(주)가 우수한 복원력과 보온력에 완제품 상태에서 다운과 외관상 차이가 없으며 빠른 건조성, 세탁 편의성, 대전방지 기능으로 고가의 다운을 대체할 수

있는 고기능성 친환경 충전재를 개발했다.

솔라볼은 태양에너지를 흡수한 뒤 특수한 나노케미컬이 진동과 충돌에 의해 스스로 열을 내는 첨단 충전재로 일반 고가의 다운 제품과 비교 시 우수한 광발열 기능을 가진 발열 충전재다. 또한 솔라볼은 섬유 내 함기량을 높일 수 있는 중공률 20%인 극세사로 만들어져 햇빛이 없는 실내에서나 야간에도 오랫동안 따뜻함을 유지할 수 있는 구조로 만들어져 있다. 복원력과 보온성을 향상시키고 더 가벼운 소재를 적용해 다운을 완벽하게 대체할 수 있는 기능성 충전재를 완성하기 위해 현재도 개발을 진행 중이다.



**PROJECT** (주)우성케미칼의 고탄침 폴리아미드 장섬유 복합소재를 적용한 35% 중량 저감 자동차용 CCB(Cowl Cross Beam) 부품 개발

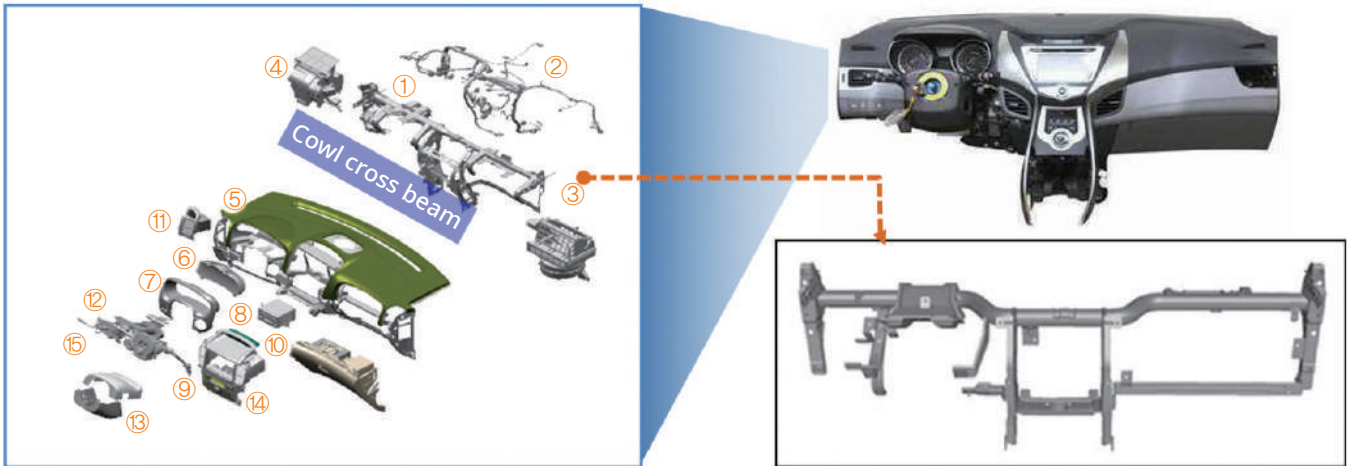
# 금속 재질을 대체한 플라스틱 카울크로스 빔 개발하다

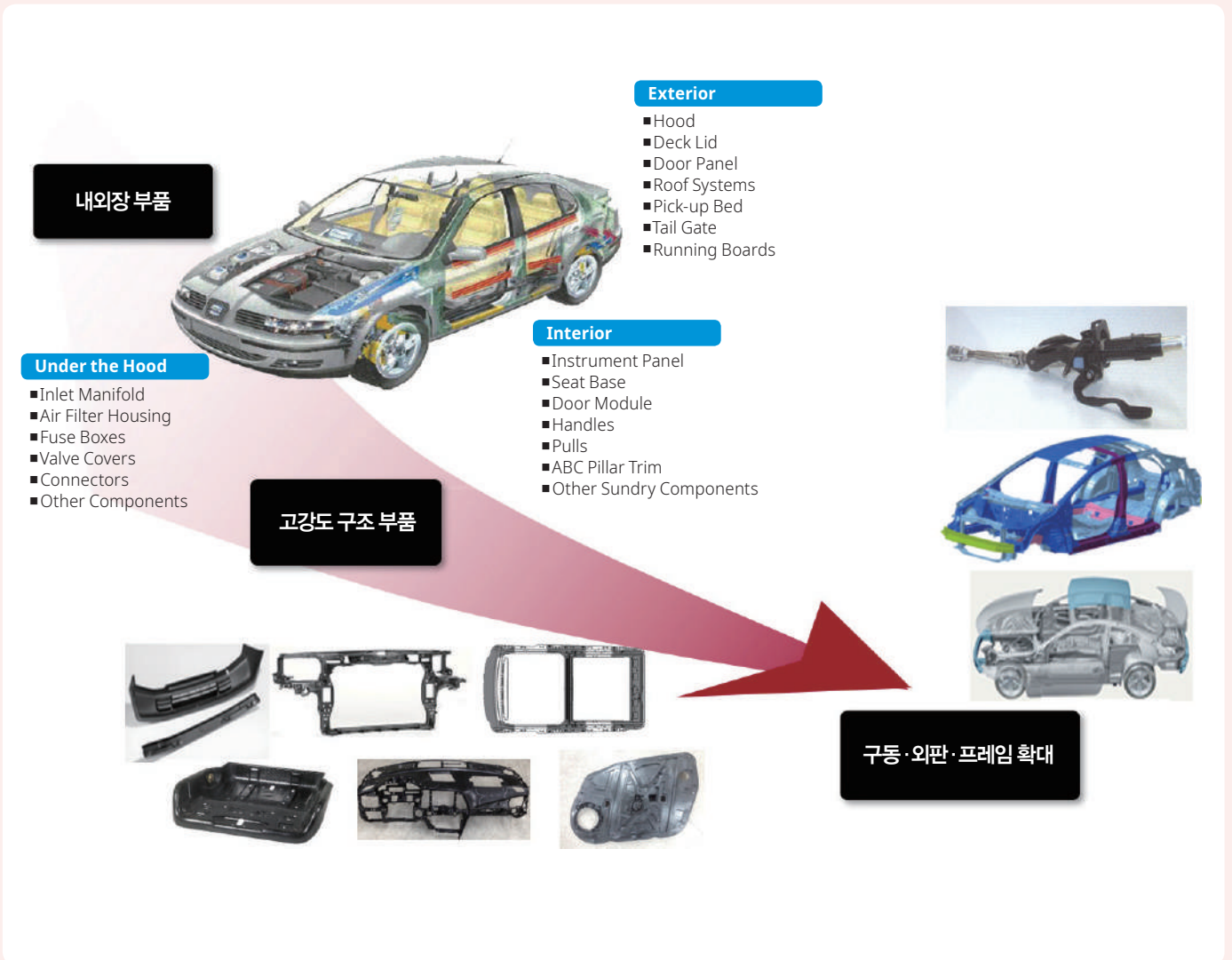
에너지 절감과 환경오염을 줄이기 위해 자동차산업에서 연비 경쟁이 날로 가속화하고 있으며, 이로 인해 경량 부품 개발에 대한 요구가 지속적으로 이어지고 있다. 이에 기존 부품이 금속 재질로 돼 있어 경량화를 위해 해외 선진 메이커를 중심으로 부분적으로 금속을 대체하기 위한 개발이 진행 중이지만, 플라스틱으로 완전하게 대체하지는 못하는 상황이다. 따라서 본 프로젝트에서는 도전적이지만 대형 구조 부품인 카울크로스 빔(CCB)을 완전히 플라스틱으로 개발하고자 하는 목표로 경량화 효율을 극대화하고, 이

로 인해 국내 자동차가 친환경 자동차의 글로벌 생태계에서 우위를 점할 수 있도록 하기 위해 진행했다.

카울크로스 빔은 자동차 인스트루먼트 패널 하부에서 운전석 핸들, 브레이크, 중앙 부위 센터페시아, 조수석 쪽 공조장치 등을 지지해 주는 대형 부품으로 금속 재질이 사용되고 있다. 본 프로젝트에서는 이를 플라스틱으로 경량화하기 위해 폴리아미드계 소재인 나일론에 길이가 긴 유리섬유를 복합화해 플라스틱 CCB를 개발했다.

고강성의 플라스틱 재료 개발과 구조적으로 복잡한 형태를 가지는 자동차용 대형 플라스틱에 대한 설계 기술 및 이를 성형하기 위한 사출 성형 기술을 토대로 상품화한 플라스틱 카울크로스 빔은 경량화가 필요한 친환경 자동차의 각종 구조 부품에 적용될 수 있다.





### 친환경 자동차 시장 확대에 따라 수요 증가

프로젝트의 기술적 목표를 달성하기 위해 재료적인 측면에서는 섬유-플라스틱 간 함침률을 높임으로써 섬유 강화 복합재료의 물성을 극대화하는 재료의 개질 방법 관련 연구가 수행됐다. 또한 개질된 재료로 고강성 섬유 복합재료를 만들기 위해 길이가 긴 유리섬유로 강화된 복합재료 제조 공법에 대한 최적화 연구를 진행했다. 설계적인 부분에서는 위상 최적화 기법과 구조 해석 기법을 이용해 최적의 단면 구조와 부품의 전체적인 설계 구조, 엔진 룸 내부에서의 공간 배치 등에 대한 최적화 연구를 진행했으며, 대형 부품을 성형하기 위한 사출 금형 개발 및 성형 기술 연구를 진행했다.

한편, 친환경 자동차 시장이 급격히 확대될 것으로 전망되며 국내 전기차

의 경우 연평균 증가율 57%, 수소전기차의 경우 172%의 성장률을 기록하고 있다. 전 세계적으로 전기차의 경우 향후 연평균 성장률이 40% 이상을 차지할 것으로 예상되며 2030년경에는 전체 신차의 최대 20~30%를 점할 것으로 보인다. 이에 따라 본 프로젝트에서 개발한 고유동화를 위한 플라스틱 개질 기술과 유리섬유를 고품량으로 복합화하고 이를 성형하기 위한 기술이 확보돼 있으므로 지속적인 마케팅을 통해 응용 범위를 넓혀갈 계획이다. 이와 관련해 나일론 개질 부문에서 확보된 고유동성과 결정화 속도 조절 기술을 활용한 제품을 사업화하고 있다. 또 복합재료 부문에서도 고강성 유리섬유 강화 소재의 대량 생산 기술을 활용, 금속 대체 부품에 이를 적용하기 위해 국내외 자동차 메이커와 함께 사업화를 검토하고 있다.

## 연세대학교 산학협력단이 추진하는 R&D 프로젝트 핵심 소재 국산화 및 선도적 개발을 지원하다

소재의 중요성이 날로 커지는 상황에서 핵심 소재를 국산화하고 선도적으로 개발하는 것은 매우 중요하다.

이를 지원하기 위해 다양한 분야의 전문가를 선별, 연구지원센터를 만든 것이 연세대의 '초임계 소재 산업기술거점센터' 프로젝트다.



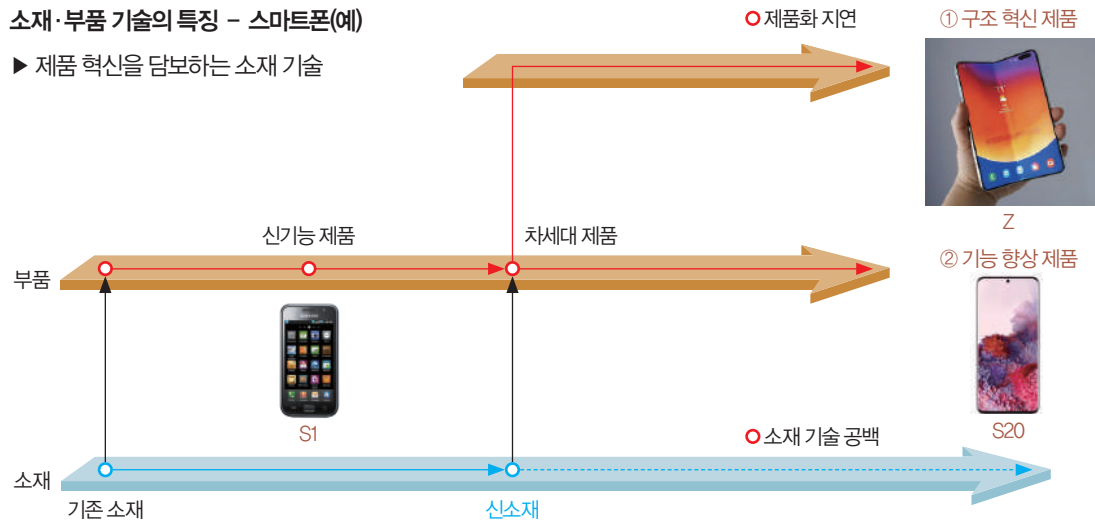
### 국가적인 산업 경쟁력 유지 필수 '핵심 소재'

소재산업은 제품 대부분이 기업과 기업 간의 거래로 이루어지기 때문에 일반 소비자 입장에서 개별 소재의 중요성이나 완제품에서의 기능을 파악하기가 어렵다. 가령 반도체 제작의 경우에도 몇 년 전 쟁점이 됐던 폴리이미드라든지 불소와 같은 다양한 소재 및 화학물질이 사용되고 있다. 하나의 핵심 소재만 부재하더라도 완제품의 완성도에 큰 문제가



**소재·부품 기술의 특징 - 스마트폰(예)**

▶ 제품 혁신을 담보하는 소재 기술



**기술 사업화 전략 제품·응용 확대 전략**

▶ 킬러 애플리케이션 발굴 전략



생기는 것은 쉽게 예상할 수 있다. 또한 기존에 국제 시장 공급 체인에서는 특정 분야에 이점이 있는 국가가 소재를 개발해 제공하는 방식으로 전체적인 제품 생산에 필요한 비용을 최소화했다. 하지만 최근 신냉전 체제와 국수주의가 팽배해지는 환경에서는 핵심 소재를 해외에만 의존하는 것은 국가적인 산업 경쟁력 유지에 매우 위험할 수 있다. 대학에서 개발한 핵심 소재를 빠르게 산업에 이전하고, 현장에서 필요한 소재 기술을 선도적으로 개발하는 것이 어느 때보다 필요한 상황이다.

## 마중물적인 선도 연구 수행하다

연세대의 거점센터는 특정 소재에 국한돼 연구를 진행하지 않는다. 1차적으로 소속된 교수들의 핵심 소재 기술을 기업에 이전하는 데 목표를 두며, 기업의 요청 시 선도 기술을 개발해주는 방식으로 운영되고 있다. 또한 기업과 다양한 용역·국가 과제 수행을 통해 공동 기술 개발도 활발히 진행 중이다. 거점센터는 기존 학과를 넘어 다양한 분야의 전문가들이 참여하고 있다. 고분자, 섬유, 세라믹, 탄소, 촉매, 복합소재, 금속 등을 전공한 참여 교수들과 참여 연구원이 현장에서 필요한 기술 개발을 지원한다.



  
 Vacuum arc furnace

  
 Hot press

  
 RTA

  
 Glove box

  
 Sealing system

**26**종

합성

  
 Electrospinning

  
 Mask Aligner

  
 Wire bonder

  
 O<sub>2</sub> plasma

  
 Magnetron Sputtering

**27**종

소자

  
 Cryogenic Probe Station

  
 유중 센서 측정 장비

  
 ZEM-3

  
 AFM

  
 LFA-457

**21**종

측정

  
 in-situ characterization system

  
 ICP-OES

  
 Ellipsometer

  
 SEM

  
 Powder test setup

  
 Computing cluster

**13**종

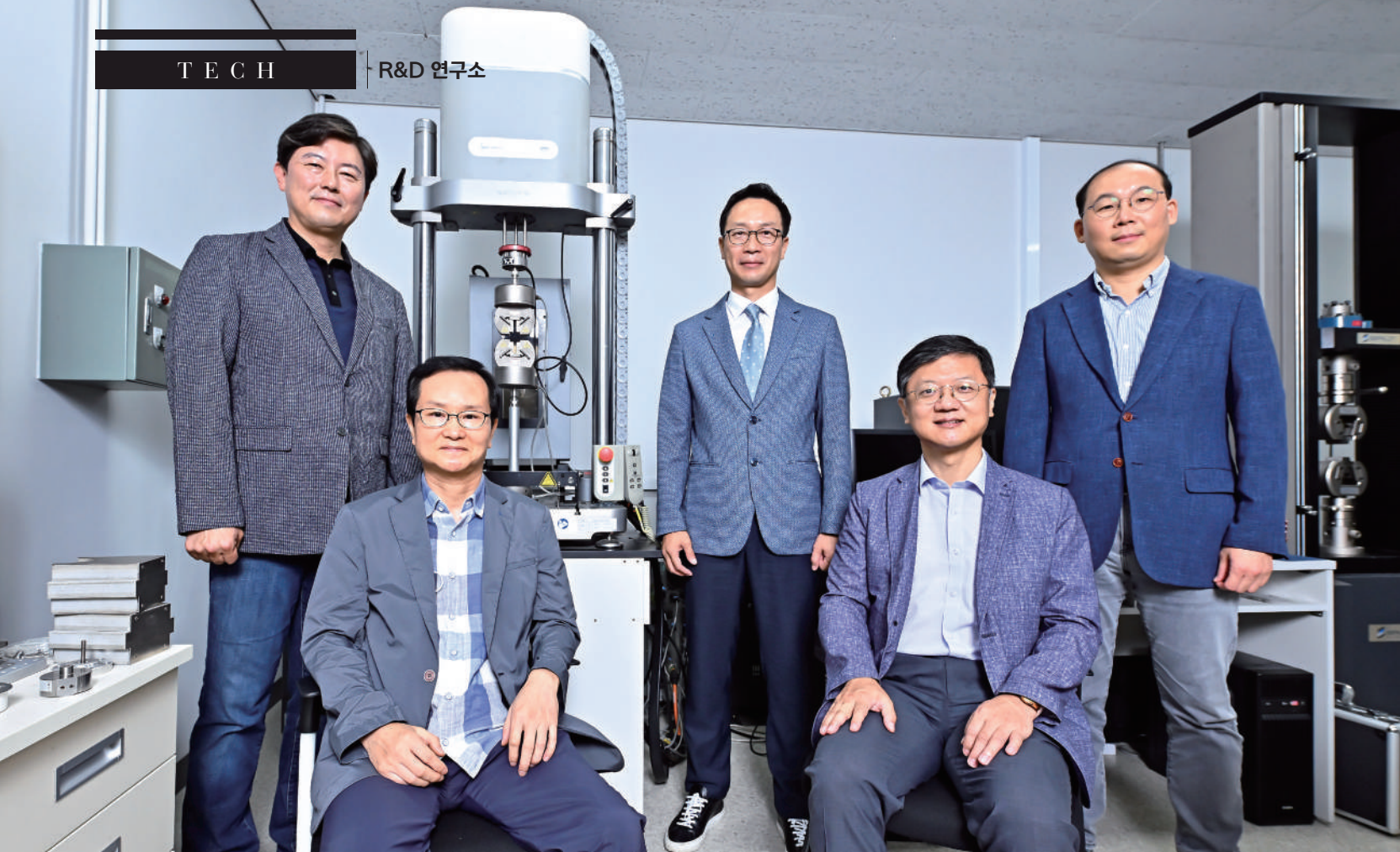
분석

거점센터는 현재 대기업을 비롯해 중소·중견기업 등 50여 개 업체가 참여해 협력 연구를 진행하고 있다. 특히 연구 지원이 필요한 중소·중견기업에 거점센터의 기능과 지원 시스템에 대해 홍보하고, 참여 기업을 100여 개 수준으로 늘리고자 노력하고 있다. 단순히 양적인 참여 기업 확장뿐만 아니라 주기적인 워크숍 및 기술 협력 미팅을 진행해 연구 지원이 절실한 기업 또는 마중물적인 선도 연구가 필요한 곳에 지원을 한다. 현재 수소 센서, VOC 제거 광촉매 등에 관한 기술을 이용해 센터 내에서 창업이 진행되고 있다. 이뿐만 아니라 연세대 산학협력단과 연계해 참여 교수들에게 특허 등록비와 연구시설 등 창업에 대한 적극적 지원에 나서고 있다. 연구 기술의 지원뿐만 아니라 자체적인 기업 설립을 통해 새로운 시장 형성 및 국가 경쟁력 확보에 기여하고 있다.



**세계적인 연구 중심 대학  
연세대학교 산학협력단**

2개 센터 11개 팀으로 운영되는 연세대 산학협력단은 산학 협력 관련 업무, 대학 시설 및 운영 지원 업무, 지식재산권 관리 업무, 기술 이전 및 사업화 촉진에 관한 업무 등 연구 수행 및 산학연 협력에 필요한 전주기적 업무를 수행하고 있다. 이를 토대로 세계적인 연구 중심 대학을 목표로 연구 환경을 제도적으로 개선하고 연구 성과의 수월성을 도모하고 있다. 연세대 산학협력단은 산학 협력 중장기 발전계획을 통해 2개의 목표를 설정하고 목표 지향적 사업을 추진하고 있다. 첫 번째 목표는 글로벌 혁신 리더 양성이다. 산학연 교육 플랫폼(Learn Us)을 통해 미래 신산업 혁신 리더십을 강화하고 글로벌 시장으로의 진출 확대를 추진한다. 두 번째 목표는 가치창출형 오픈 플랫폼 구축이다. 산학협력단 주도의 공모형 과제 운영으로 능력 있는 교원에게 기회를 제공하고 기업에는 교원 정보를 제공한다. 단순히 과제 운영에 그치는 것이 아니라 교내 기술지주회사의 기술사업화 플랫폼과 연계해 기술 이전 및 창업으로 연결, 수익 창출 및 성과 환류를 할 수 있도록 추진한다. 한편, 다양한 업무 경험을 토대로 초임계 소재 산업기술거점센터가 포괄적 소재·부품 기업지원센터로서의 역할을 수행하는 데 있어 든든한 인프라를 제공하고 있다.



(왼쪽부터) 김태성 기계공학부 교수, 김윤철 화학공학·고분자공학부 교수, 서종환 기계공학부 교수, 황성호 기계공학부 교수, 이상원 기계공학부 교수

## 대학과 기업 간 모범적 산학 협력 모델을 선도하다

2020년 산업통상자원부는 대학 연구소를 통한 미래 산업의 원천 핵심 기술 개발과 축적, 산업계 기술 공급체계를 마련하고 이를 기업에 공급해 실제 상용화로 이어질 수 있도록 하고자 '산업기술거점센터 육성 시범사업'을 추진했다. 이어 3개 대학에 시범적으로 설치해 운영한 지 2년 만에 괄목할 만한 성과를 내면서 우리나라의 제조업 위기 타개에 가장 적합한 플랫폼으로 주목받고 있다. 이 중 성균관대 산학협력단의 '복합재료 동시설계 산업기술거점센터'는 독보적인 성과와 더불어 국내 산학 협력에 있어 소홀히 다루지고 있는 부분까지 세세하게 플랫폼을 구축하고 로드맵을 설정해 큰 기대를 낳고 있다.

📌 조범진   📷 서범세

### 국내 복합소재·부품 핵심 원천 기술 공급기지 역할 기대

복합재료 동시설계 산업기술거점센터(이하 거점센터)는 산업통상자원부가 주관하는 2020년 산업기술거점센터 육성 시범사업에 따라 설립됐다. 이 사업은 대학 연구소가 연구개발(R&D)을 거쳐 지속적으로 원천 기술을 개발·축적하고 이를 기업에 공급

및 확산할 수 있도록 R&D 지원과 공급기지 체계를 구축하는 것이 목적이다.

성균관대는 이 사업 지원 대상 1순위로 선정돼 1단계 기간(2년 6개월) 동안 약 50억 원의 국고지원을 받았으며, 2단계에서는 3년에 걸친 국고지원으로 공급기지 체계를 구축할 예정이다.

거점센터에는 기계공학부 서종환 교수를 총괄책임

자로 기계·고분자·화학공학부 전임교원 11명과 산학협력 중점교수 5명을 비롯해 R&D 협력기관 6곳 (금호타이어, 덕양산업, 한화솔루션, 단석산업, 다쏘시스템코리아, 헥사곤 매뉴팩처링 인텔리전스), 소재·부품·소프트웨어 분야 71곳의 기업이 컨소시엄으로 참여하고 있다.

1단계 사업 기간 자동차·탄소강화복합재료 분야의 복합재료·부품 동시설계와 제조 기술에 대한 원천 핵심 기술을 개발하는 한편 6개 컨소시엄 기업과 함께 PBV(Purpose Built Vehicle, 목적 기반 모빌리티), UAM(Urban Air Mobility, 도심항공교통)의 미래차 시장에 적용할 수 있는 배터리팩 커버(Upper Cover of Battery Pack)와 비공기압 타이어(Airless Tire)를 개발해 원천 핵심 기술의 실용화

가능성을 검증할 예정이다.

이와 관련해 서 교수는 “복합재료·부품 동시설계 기술은 부품 개발 시 복합소재·부품과 제조를 동시에 고려해 설계하는 방식”이라며 “이 기술은 개별적 소재개발, 부품설계, 제조방식의 패러다임에서 벗어나 부품 성능 향상은 물론 개발 기간을 단축시킬 수 있을 것으로 기대된다”고 말했다.

**핵심 기술 동시설계로  
실용화 기술 확보 및 기술 이전 탁월**

거점센터의 대표적인 소재 관련 연구 분야는 크게 두 가지다. 첫 번째는 우수한 열전달 특성을 가진 고분자 복합소재다. 이는 친환경 전기자동차의 경량화와 내충격성 및 배터리팩으로 응용하고자 하는 소재를 말한다. 열적 안정성이 뛰어나 발열에 대한 저항성과 열전달이 우수하며, 난연 특성이 있고 배터리 방화 특성이 좋아야 함은 물론 낮은 외부 온도에서도 최적화된 배터리 성능을 발휘할 수 있는 등 다양한 요구사항이 있다. 또한 외부기기의 전기적 간섭을 막기 위한 전자파 차폐 특성과 기존 소재보다 가벼워야 하며, 이에 따라 경량·고강도·난연 소재·방열 소재·전자파 차폐 소재·고분자 소재의 효율적 복합소재화 기술을 기반으로 전기자동차에 최적화된 배터리 커버를 자동차 내장부품 제조 전문업체인 D산업과 더불어 소재 회사와 함께 협력 개발하고 있다. 두 번째는 진동·소음 흡수와 높은 접지력을 가지면서도 자기 치유가 가능하고 쉽게 제조할 수 있는 비공기압 타이어 복합소재다. 공기를 주입해 진동소음을 최소화하는 일반적인 타이어를 대체해 공기를 주입하지 않아도 기존의 타이어 성능을 압도하는 스포크를 이용한 내열, 내화학, 내마모성을 지닌 복합소재와 쉽게 제조가 가능한 공정도 동시설계를 통해 연구에 박차를 가하고 있다. 이는 친환경 고분자 소재·탄소 섬유 등의 복합소재로, 노면접촉 충격흡수 설계 및

**복합재료 동시설계 산업기술거점센터  
성균관대학교 산학협력단**



소음 흡수를 할 수 있는 생체모사 구조설계를 통해 국내 유명 타이어 회사와 함께 개발하고 있다.

이에 대해 기계공학부 황성호 교수는 “거점센터는 주요 연구 소재를 개발하면서 다양한 분야의 파생 연구도 함께 진행하고 있다”면서 “특히 복합재료는 미래 모빌리티의 핵심 소재로 전기자동차의 내외장재, 비공기압 타이어 및 배터리팩 모듈의 주요 소재로 활용되고 있을 뿐만 아니라 거점센터의 수요기술 맞춤형 연구를 통해 실용화 기술 또한 확보하고 있다”고 밝혔다.

서 교수는 “거점센터는 개별 원천 핵심 기술을 개발하는 수준에 머무르지 않고 나아가 이들 기술을 기반으로 동시설계를 진행함으로써 실용화 기술을 접목하고, 이를 토대로 실용화 부품을 개발해 시제품까지 선보일 예정”이라고 말했다.

실제로 거점센터는 실용화부품 중 비공기압 타이어와 배터리 커버의 경우 세계 최고 수준의 시제품을 제작할 계획이며, 그 바탕에는 소재와 부품의 간극을 줄이면서 상충적인 성능 한계를 극복하는 획기적 부품 설계 방법인 동시설계 접근법이 큰 역할을 하고 있다.

### 소재부터 부품까지 기술 성숙 통한 응용 분야 확대 추진

현재 거점센터는 1단계 연구 기간에 소재·부품 동시설계를 바탕으로 복합소재 기반의 원료 소재 핵심 기술을 체계화했으며, 이러한 원천 기술 개발과 그 기술을 연계한 부품 제조 기술을 기반으로 응용 분야를 확대하기 위한 2단계 사업을 준비하고 있다. 이와 관련해 화학공학·고분자공학부 김윤철 교수는 “거점센터의 기술 집약을 통한 원천 핵심 기술의 공급 확산으로 모빌리티, 탄소섬유복합재(CFRP), 반도체 장비, 3D 프린팅 분야의 기술 클러스터를 구성하고 이를 고도화시킬 계획이다. 특히 전기차, PBV 등 경량화가 필수인 미래 모빌리티뿐만 아니라 3D 프린팅, 반도체, 항공·우주, 국방, 조선 등

복합소재 부품이 요구되는 다양한 산업 분야로 확장하고자 한다”고 밝혔다.

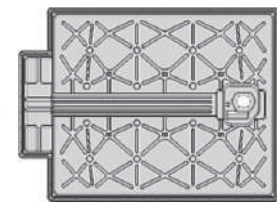
이외에 거점센터는 미국 공군연구소와 산학 협력을 진행하기로 했으며, UAM과 같은 미래 모빌리티 관련 복합소재 개발 등으로 연구 분야를 확장해 공동 연구를 수행 중이다. 또한 전기차 및 반도체 장비용 복합소재 물성 최적화 기술 확보, 에너지 소재를 활용한 차세대 전지 개발 기술, 자율자동차 운영 플랫폼 개발, 수소자동차 설계 기술, 머신러닝 기반 열관리 기술과 난연 복합소재 필터 기술, 차세대 반도체 공정 기술 등의 연구를 진행하고 있다.

끝으로, 서 교수는 “거점센터 주도의 동시설계 기술 개발 성과는 기본적으로 미래 모빌리티 기반의 복합재료 원천 기술의 범주를 광범위하게 아우르고 있으며, 소재부터 부품까지 파급효과가 이어지는 기술을 바탕으로 에너지 및 머신러닝 기반 소재 기술 개발과 차세대 반도체 제조 기술까지 확장된 기술 개발 성과를 달성, 앞으로 이를 더욱 활성화하고자 한다”고 말했다.

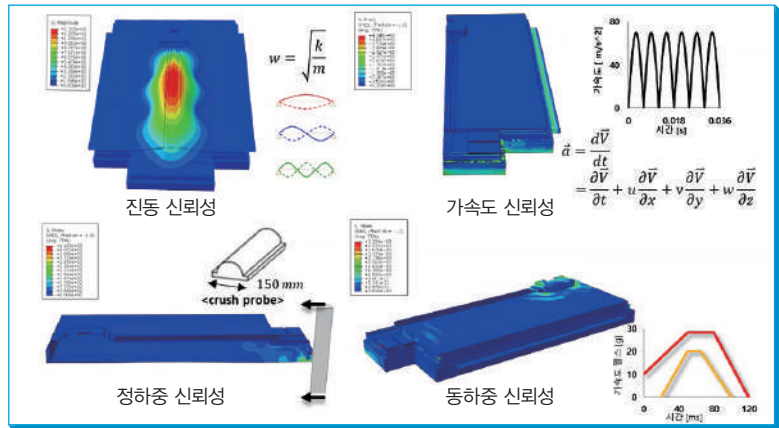
### EV 배터리 상부 케이스 동시설계



테슬라 모델3



배터리 UPR 케이스



# 거점센터 목적과 역할의 지속가능성을 위한 자립화가 필요하다

## -미래 위한 산학 공동연구 일반화 및 정부 지원 중요

### R&D INTERVIEW

서종환 복합재료 동시설계 산업기술거점센터 센터장

#### ▶ 국내 대학 산학협력단의 발전을 위한 전략과 대책 등이 있다면 무엇인가?

현재 국내 산학 협력 모델은 산업계에서 선두 업체를 벤치마킹하면서 필요한 기술을 파악하고 이를 대학에 의뢰하는 방식이다. 하지만 이제 국내 산업계도 세계 선두인 분야가 늘고 있고, 학계 역시 세계에서 인정받는 높은 수준에 도달한 상태다. 이제는 벤치마킹할 대상이 없기 때문에 대학과 산업계가 가까운 미래와 먼 미래에 필요한 기술을 동시에 파악하고 이를 제안해 공동연구하는 모델을 일반화시켜야 한다. 그리고 정부에서는 이러한 협력 모델에 관심을 가지고 필요한 인프라 및 비용 등을 지원해야 한다. 이를 통해 연구 생산성을 미국 주요 연구기관 평균인 4%를 넘어 5% 이상을 목표로 산학협력을 수행해야 한다고 생각한다.

#### ▶ 성균관대 거점센터가 다른 산학협력단과 차별화된 장점이 있다면 그것은 자립화에 대한 플랫폼과 로드맵이라 생각되는데 센터의 자립화는 무엇인가?

성균관대 거점센터는 제가 재직했던 미국 델라웨어대 CCM(Center for Composite Materials, 복합소재센터) 모델을 벤치마킹해 산학공동 R&D 및 민간 R&D

수주→원천 핵심 기술 개발 및 기술자문, 기술지원 등 공급·확산→멤버십 참여 기업 증가→민간 R&D 수주, 기술 이전 확대 등으로 이어지는 선순환 사이클 구축을 통해 성공적인 컨소시엄 모델을 제시하고자 한다. 앞서 설명한 대로 거점센터 1단계에서 기업 참여 및 클러스터 운영과 참여 기업 활성화, 2단계에서는 모빌리티, CFRP, 반도체 장비, 3D 프린팅 분야로 클러스터를 다양화·고도화해 자발적 기업 참여 생태계를 구축하고자 한다.

이후 정부 예산 지원이 종료되는 3단계(3년) 및 4단계(지속)부터는 성균관대 산학협력단의 성공 모델인 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 자립화 모델을 벤치마킹한 비즈니스 모델을 거점

센터에 접목해 성균관대 자회사 형태의 법인 설립을 통한 자립화를 추진하고자 한다. 3단계에서는 설립된 법인의 수익 창출 방안으로 센터 운영비를 민간 R&D 수탁 및 기술 이전(70%, 미국 스탠퍼드대 SRI International 모델 벤치마킹), 기업별 멤버십 연간 가입비(10%), 시설 및 장비 사용료(10%), 간접비(10%)로 센터의 수익 창출을 통해 센터의 지속 가능한 운영을 하는 것이다. 끝으로 4단계는 거점센터의 성장 및 도약을 추구하고, 특히 연구원 창업인 스피노프(Spin-off)를 장려하고자 한다.

SRI International 모델을 벤치마킹했으며 거점센터를 통해 발굴된 핵심 특허를 활용, 핵심 연구원 중심으로 다양한 창업 모델을 개발하고 지원하며, 이를 위해 본 거점센터 컨소시엄 기업인 전문창업지원 기업 (주)킹고스프링과 성균관대 창업지원센터의 전문역량 및 자원을 활용함으로써 스타트업 토탈 지원시스템을 구축하는 한편 해당 스피노프 회사에 지분 참여 및 연구소기업 형태를 통한 수익모델을 구현하고자 한다.

#### ▶ 앞으로의 계획 및 목표는 무엇인가?

거점센터를 세계적 수준으로 성장시켜 국내 복합소재·부품 원천 기술을 관련 산업에 공급·확산시킬 수 있는 공급기지 역할을 하며, 미래 고부가가치 소재 및 부품 시장을 선점해 국내외 경쟁력을 제고하고자 한다.



POPULAR

트렌드

MZ세대의,  
MZ세대에 의한,  
MZ세대를 위한

# JOB

MZ세대를 중심으로 '디지털 노마드'  
'원격근무' 등의 용어는 일상이 됐다.  
일하는 방식이 자연스럽게 변하고 있다.

✍ 한경 특별취재팀





### '갓생' 하는 MZ세대 스마트폰에만 있는 것?

최근 2030세대를 중심으로 '갓생'이 인기다. 갓생이란 신을 뜻하는 'God(갓)'과 '인생'을 합친 신조어로, 부지런하고 타의 모범이 되는 삶을 의미한다. 몇 년 전까지만 해도 한 번 사는 인생 멋지게 살자는 뜻의 '올로'가 대세였다면, 이제 다양한 활동을 통해 개인 역량을 강화하거나 부수입을 챙기는 MZ세대(밀레니얼+Z세대)가 느는 추세다. 이러한 트렌드에 힘입어 MZ세대가 갓생을 살 수 있도록 지원하는 서비스가 나오고 있다. 커리어 SNS부터 습관 형성을 돕는 성장관리 앱, N잡러의 일거리를 찾아주는 플랫폼이 갓생러에게 인기다.

#### 직장인의 사이드 프로젝트 플랫폼 '커리어'

회사 업무 외 사이드 프로젝트에 참여하며 커리어 쌓기에 집중하는 직장인이 늘고 있다. 커리어리는 정보기술(IT) 업계에 재직 중인 2030 직장인에게 특화된 커리어 SNS다. 국내외 IT 기업 및 스타트업의 현직자들이 공유하는 발 빠른 인사이드를 접하고, 그들과 직접 네트워킹할 수 있어 직장인과 취업준비생의 관심을 끌고 있다. 또 네트워킹을 바탕으로 동종 업계 및 관심 업계에 대한 학습, 자기계발, 커리어 개발까지 이어갈 수 있다는 장점이 있다. 커리어리는 올해 4월 '사이드 프로젝트 라운지' 서비스를 베타 론칭, 사이드 프로젝트 시장에 본격적으로 진출했다. 현재 60개 이상의 프로젝트가 성황리에 운영 중이며, 이용자들은 원하는 프로젝트 및 팀원 탐색을 위해 메시지를 주고받으며 충분한 대화를 나눌 수 있다. 커리어리의 가장 큰 장점은 재직 중인 회사, 직무 등이 투명하게 공개된 '커리어리 프로필'을 바탕으로 동료 구할 수 있다는 점이다. 또한 IT 업계 및 스타트업에서 다양한 직무에 재직 중인 커리어리 이용자들이 참여하는 만큼 프로젝트마다 최적화된 실무자를 찾기가 수월하다는 점을 꼽는다.

#### 긱워커의 버릇시장, 일거리 매칭 플랫폼 '요직'

평생직장이라는 개념이 사라지면서 여러 직업을 가진 'N잡러'가 젊은층 사이에서 생겨나고 있다. 일거리 매칭 플랫폼 요직(Yogig)은 N잡러 및 긱워커를 대상으로 다양한 긱워크 플랫폼에 올라온 일자리 정보를 요직 내에서 검색하고 비교해볼 수 있다. 여기에 해당 업무를 해 본 사용자들의 후기와 경력관리 기능을 제공, 이용자들이 일자리를 수월하게 매칭할 수 있도록 했다. 현재 요직에는 각 긱워크 플랫폼에서 실제 일해 본 사람들의 후기가 4000개에 달한다. 이용자들은 앱 사용 시 직접 장소를 지정할 필요 없이 현재 내 위치를 자동으로 검색해 수행 가능한 일거리를 쉽고 간편하게 찾을 수 있다. 또 내 근처에서 할 수 있는 N잡을 카테고리, 날짜, 시간대별로 세분해 조회할 수도 있다.

#### 목표 달성도 앱으로, 성장관리 앱 '그로우'

목표 달성 서비스도 인기다. 성장관리 앱 그로우는 목표 도전자 간 상호 지원을 통해 함께 성장하는 '비경쟁 착한 성장 커뮤니티'를 지향한다. 그로우에서는 '물 마시기' '아침 운동' 등 작은 습관부터 '자격증 취득' '외국어 학습' '체중 감량' 등 장기적인 목표까지 다양한 목표와 실천 기록을 확인할 수 있는 것이 특징이다. 이용자들은 '비전 관리' '목표 관리' '감사 일기' 등의 목표를 세우거나 다양한 챌린지에 참여할 수 있으며, 이를 이용자와 공유해 서로 목표를 달성할 수 있도록 독려하기도 한다. 최근에는 사회적 가치에 기반한 챌린지가 큰 인기를 끌고 있다. △배달음식 줄이기 △일회용품 안 쓰기 △사용하지 않는 플러그 뽑기 등 환경보호 챌린지를 비롯해 △홍리스 자립 돕기 캠페인 △탄소중립 캠페인 △기부 캠페인 등의 다양한 챌린지를 상시적으로 진행 중이다.

#### 직무 비롯해 재테크, 취미 배우는 '탈잉'

온·오프라인 클래스 플랫폼 탈잉은 엑셀·포토샵·영어 등 회사 직무와 밀접한 분야부터 재테크·취미·뷰티 등 200여 개의 강의를 진행하고 있다. 탈잉에 따르면 2022년 2분기 고객이 가장 많이 조회한 검색어 1위는 댄스가 차지했으며 2위 퍼스널 컬러, 3위 보컬, 4위 메이크업, 5위 엑셀, 6위 영어, 7위 사진, 8위 포토샵, 9위 인스타, 10위 부동산 등의 순이었다. 퍼스널 브랜딩과 연관된 아이템이 상위 1위부터 4위까지 차지했으며, 그 외에도 업무 능력 향상 및 자기계발과 관련된 아이템이 순위에 올라오며 갓생에 대한 높은 관심도를 확인할 수 있었다.

### MZ세대 잡아라... 재택근무 넘어 '풀 리모트' 시대

개발자 구인난이 심화하는 가운데 인재들이 원격근무(재택근무)를 선호하면서 IT 업종에서는 '풀 리모트'(100% 원격근무) 등 파격적인 근무 조건을 내거는 경우가 늘고 있다. 특히 자유로운 문화를 바탕으로 한 개인의 성과를 중요시하는 인터넷 기업과 스타트업에서 인재를 잡기 위해 파격적인 근무 조건을 내걸고 인적자원의 역량을 강화하는 경우가 눈에 띈다.

IT 대표기업 네이버는 7월부터 주 3일 이상 사무실 출근과 원격 기반의 근무 중 하나를 자율적으로 선택하는 '커넥티드 워크'를 시행 중이다. 3일 이상 사무실 출근의 경우 회사에 출근하는 날짜를 선택할 수 있다. 전체 사내 임직원을 대상으로 근무 형태 관련 설문조사를 실시한 결과, 55%가 원격근무 타입을 선택한 것으로 나타났다. 또 일(Work)과 휴가(Vacation)를 합친 '워케이션'으로 일정 기간 휴양지에서 근무하면서

퇴근 후에는 휴가를 즐기는 근무 형태도 도입했다. 매주 직원 10명을 추천해 일본 도쿄와 강원 춘천 등 국내외 거점 도시에서 최대 4박 5일간 근무하는 워케이션을 지원한다. 글로벌 메신저 라인의 해외사업을 맡고 있는 네이버 관계사 라인플러스도 7월부터 한국 시간 기준으로 시차 4시간 이내의 해외 지역에서 근무가 가능한 '하이브리드 워크 2.0' 근무제를 시행하고 있다. 하이브리드 근무 환경 조성을 위한 현금성 포인트 '하이브리드 워크 포인트'도 지원한다. 약 200만 원의 현금성 포인트를 활용해 원격업무 환경 구축에 쓰거나 사무실 근무 시에도 사용할 수 있다.

카카오도 7월부터 전면적인 상시 재택근무에 돌입했다. 카카오는 코로나19 이후 지난 2년간 재택근무제를 실시해 왔으나, 이번에 전면 재택근무제를 공식 도입했다. 이에 따라 오후 2시부터 5시까지 집중 근무시간을 적용하면서 부서원들과 상시 음성 연결 및 주 1회 대면 회의를 권장한다. 아울러 격주 단위로 금요일에 쉬는 '놀금' 제도도 도입한다. 인공지능(AI) 스타트업 업스테이지는 2020년 10월 창업 이래 사무실이 없고 100% 원격근무인 '풀 리모트' 제도를 운영하고 있다. 워케이션 기간을 따로 두지 않고, 직원들이 원하는 장소로 떠나 일할 수 있다. 실제로 부산, 제주에서 근무하는 직원은 물론 미국, 홍콩 등지에서 근무하는 이도 많다. 재택근무 환경이 여의치 않은 이들을 위해서는 △카페 이용 시 음료 비용 △공간 대여(회의실, 공유오피스 등) 비용 등을 지원한다. 근속 1주년 때는 더 효율적인 재택근무 환경을 위한 업그레이드 지원비 500만 원을 현금으로 지원한다.

배달의민족 운영사 우아한형제들도 내년부터 근무지 자율선택제와 선택적 근로시간제를 도입한다. 근무지 자율선택제는 원격 연결만 되면 장소는 국내든 해외든 직원들이 알아서 정할 수 있다. 근무시간은 주 32시간 기준으로 월 단위의 총 근무시간 안에서 자율로 정할 수 있다. 필수 협동 근무시간인 '코어타임'은 지켜야 한다. 아놀자도 지난해 6월부터 따로 기한을 정해 놓지 않고 상시 원격근무제를 시행 중이다. 직원들이 사무실, 재택근무, 거점오피스 중 선호하는 근무 장소를 자율적으로 선택하게 했다. 당근마켓도 사무실 출근과 재택을 병행하면서 근무시간을 개인이 스스로 관리해 나가는 방식을 도입했다. 업무 시작 시간을 오전 7시부터 11시 사이에 자율적으로 선택할 수 있고 11시부터 오후 4시 사이를 '코어타임'으로 설정한 것이 특징이다.

이같이 재택근무를 늘리는 이유는 실제로 우수 인재들이 재택근무를 선호하고 있기 때문이다. 라인플러스의 경우 재택근무 도입 후 입사 지원율이 30% 늘었다. 총인원이 100명이 안 되는 업스테이지의 경우 창립 후 현재까지 누적 지원자가 2000명을 넘을 만큼 지원자가 몰리고 있어 구인난은 커녕 반대로 채용 프로세스를 강화해 인터뷰를 진행하고 있다고 한다. 이활석 업스테이지 CTO는 "스타트업일수록 인력

한 명에게 주어지는 자율과 책임이 크기 때문에 실력을 갖추고 자율업무를 잘 활용하는 인재 검증을 통해 좋은 인력들이 모이는 선순환 구조를 만들고자 한다"고 강조했다.



크몽은 방송인 박명수를 전속 모델로 기용했다.

### 창업 10차례 실패 끝에... 지리산 자락에서 만든 '크몽'이 터졌다

각워크 1000만 명 시대다. MZ세대를 중심으로 '디지털 노마드' '원격 근무' 등의 용어는 일상이 됐다. 일하는 방식이 자연스럽게 변하고 있다. 프리랜서들이 자유롭게 재능을 판매하는 크몽은 2010년대 초반 일찌감치 이 분야를 개척했다는 평가를 받는다. 이에 한경 지식(Geeks)가 크몽을 만나 자세한 이야기를 들어봤다.

프리랜서 마켓 플랫폼 크몽은 11년 차 스타트업이다. 스타트업 치고는 업력이 꽤 오래됐다. 그 사이 숨고, 탈잉 같은 후발 주자도 생겨났지만 디자인이나 통번역, 프로그래밍, 영상 등 전문성을 가진 '비즈니스' 영역에 집중한다는 점에서 크몽은 경쟁력을 갖고 있다. 크몽의 경쟁력은 숫자로 봐도 알 수 있다. 취급하는 분야만 500개다. 누적 회원 수는 200만 명, 완료된 거래 건수는 300만 건이다. 의뢰인 만족도도 98.6%에 달한다는 설명이다. 설립 이후 누적 투자금은 450억 원을 넘어서었는데, 지난해

박현호 크몽 대표. 그는 지식에게 본인을 킷이라고 소개했다.



312억 원 규모의 시리즈C 투자를 유치하며 컴퍼니케이파트너스, 프리미어파트너스, 인터베스트, 미래에셋벤처투자 등 내로라하는 국내 벤처캐피털(VC)의 낙점을 받았다. 향후 2~3년 내 기업공개(PO)에 나설 것으로 전망된다.

익스가 만난 박현호 크몽 대표는 진짜 '긱(Geek, 괴짜)' 같았다. 창업하는 게 너무 즐거워서 열 번 넘어져도 열한 번째 오뎅이처럼 일어났다고 한다. 그는 지리산 근처 경남 진주 출신이다. 친근한 경상도 억양이 묻어나왔다.

박 대표는 스스로를 괴짜라고 칭했다. 어린 시절 내성적이었던 그는 혼자 노는 걸 좋아했다. 여섯 살배기이던 1980년대 중반 일찌감치 컴퓨터를 접했다. 집 근처에 살던 사촌형이 애플 컴퓨터를 샀다. 친구들이 오락실에 가서 놀 때도 박 대표는 집에서 매일같이 컴퓨터를 만지며 지냈다. 그는 "고등학교 때까지 커서 뭐가 될지에 대해 아무런 생각이 없었다"고 회상했다. 고등학교 1학년 때 빌 게이츠의 자서전을 읽었다. 세계 최고 부자가 컴퓨터광인 것도 모자라 프로그래밍을 통해 회사를 만들어 큰돈을 벌었다는 것을 보고 깜짝 놀랐단다. 그때부터 막연히 '뭔가 만들어봐야겠다'는 생각을 했다. 그게 꼭 창업을 의미한 건 아니었다. 그렇게 대학은 컴퓨터공학과에 진학했다.

박 대표는 단국대 컴공과 97학번이다. 신입생 시절은 인터넷이 막 꽃을 피우던 시기였다. 프로그래밍을 공부했지만 이론만 주야장천 파다 보니 큰 흥미를 느끼지 못했다. 진짜로 '뭔가를 만들어보고' 싶었다. 대학교 1학년 겨울방학 때 바이게임이라는 온라인 소핑몰을 만들었다. 서울 용산전자상가에서 판매하는 게임 패키지를 살 수 있게 했다. 재미 삼아 만든 이 사이트는 게임 마니아 사이에서 꽤 입소문을 탔다. 그는 "이때 창업가의 꿈을 조금 더 키우게 됐다"고 말했다. 대학교 2학년 땀 PC방 관리 프로그램을 개발하기도 했다. PC방이 우후죽순 생기던 1990년대 후반에 적합한 아이템이었다. 수백 곳의 PC방을 돌며 프로그램을 설치하고 홍보했지만 수익으로 이어지지는 않았다.

고민에 빠진 박 대표는 다음 아이템으로 전자기기 소핑몰인 라밤바를 창업했다. 닷컴 열풍 등으로 IT기기 수요가 늘어나자 매출도 월 7000만 원 수준까지 성장했다. 서울 강남 테헤란로에 사무실도 차리고, 물류센터도 만들었다. 그러다 '닷컴버블'이 터지며 와르르 무너졌다. 이익이 나지 않는 사업모델인데 시장이 얼어붙으면서 투자를 받지도 못했다. 다시 일어서기 위해 또 다른 창업 아이템들을 고민했다. 이종격투기 스트리밍 서비스를 만들기도 하고, 온라인 게임 아이템 거래 사이트를 개설하기도 했다. 결과는 모두 실패였다. 남은 건 3억 원의 빚이었다. 박 대표는 "아이템 자체는 시대적 흐름을 타 나쁘지 않았다"면서도 "꾸준히 성장하기 위한 사업모델을 만들지 못했던 건 사실"이라고 말했다.

빛이 쌓이고 심적으로도 힘들어지자 진주로 귀향했다. 지리산 자락에서 맑은 공기를 마시며 심신을 다스렸다. 어머니가 있어 숙식이 해결되는 점도 다행스러웠다. 개발자로서 초심으로 돌아가고자 했다. 그는 "사람들이 필요하면서도 재미있는 게 뭘까 고민을 거듭했다"며 "이때 혼자서 개인 프로젝트를 많이 생각해냈다"고 했다. 그렇게 탄생한 사업 중 하나가 2011년 크몽의 초기 모델이다. 5000원에 재능을 사고파는 방식이다. 캐리커처 그려주기부터 연애 상담, 심지어 직장상사 욕해주기까지 '말랑말랑'한 요소들을 넣었다. 괴짜들이 모인 사이트라는 게 박 대표의 말이다. 그는 "원래 이스라엘의 파이버라는 회사를 벤치마킹했는데, 이 역시 5달러에 재능을 파는 형식"이라며 "트래픽이 급증하는 걸 보고 해 볼 만하다는 생각이 들었다"고 설명했다.

초반엔 단순히 재미를 추구하는 느낌이 강했다. 5000원 중 1000원이 수수료 수입으로 유지되는 구조라 폭발적인 성장을 기대하기는 어려웠다. 애초에 돈이 없어 테스트도 거치지 않은 채 2주 만에 '후다닥' 사이트를 오픈했다. 본사도 여전히 진주에 있었다. 박 대표는 "이 정도면 한 달에 100만 원 정도는 벌 수 있겠다고 생각했다"며 "시골에 집도 있으니 100만 원 정도만 벌어도 입에 풀칠하는 데는 문제가 없겠다는 가벼운 마음으로 시작한 것"이라고 말했다. 본격적인 비즈니스가 된 건 2012~2013년. 페이스북과 카카오톡이 국민 SNS가 된 시기였다. 일부 미대생이 5000원을 받고 캐리커처를 그려주던 게 입소문을 탔다. 너도 나도 프로필 사진을 캐리커처로 장식했다. 이때부터 디자이너들이 크몽을 수입원으로 적극 활용하기 시작했다. '5000원 제한'도 곧 풀었고 2014년엔 사무실도 서울로 옮겼다. 2015년엔 동문파트너스로부터 시드(초기) 투자도 유치했다.

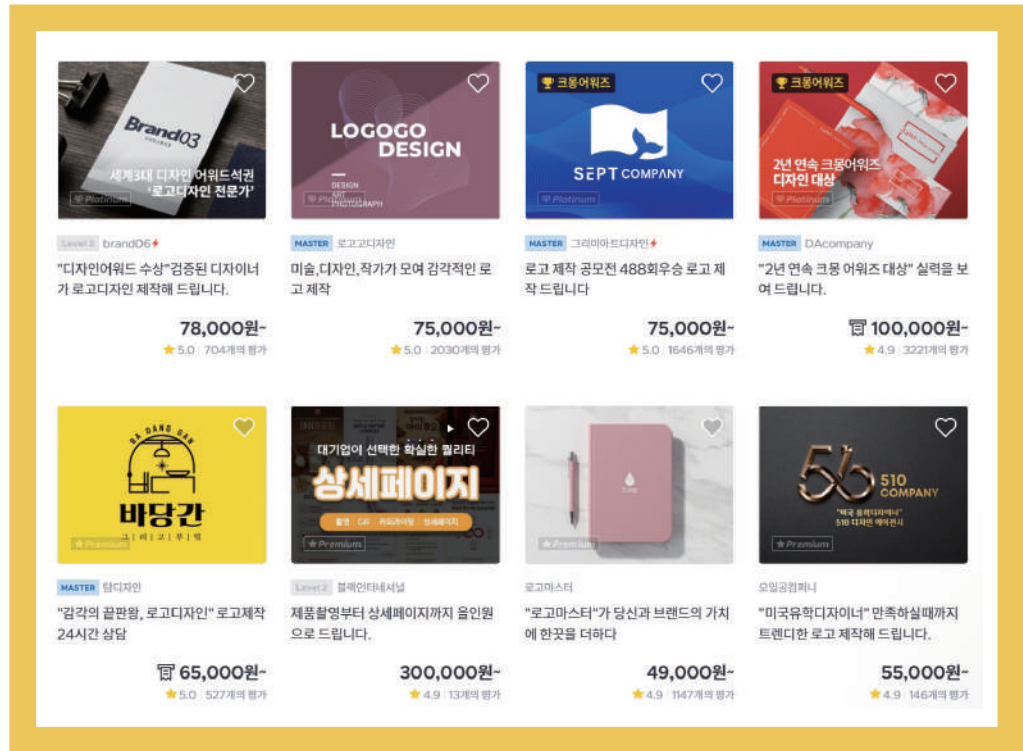
*"유튜브 알고리즘에 선택받는 신박한 썸네일 만들어드립니다. 가격은 9000원."*

*"9년 차 미술 경력 미대생이 고급스러운 PPT 만들어드립니다. 가격은 1만 원."*

크몽에서 찾아볼 수 있는 게시물이다. 크몽이 추구하는 모델은 SaaS(Service as a Product)로 요약된다. '전문성'이라는 무형의 서비스를 상품화해 거래하는 방식이다. 장점은 다양한 상품을 투명하게 비교할 수 있다는 것. 서비스 공급자 입장에서든 천차만별의 요소를 정해진 양식에 따라 설정만 하면 돼 편리하다는 설명이다. 이를테면 전문가에게 번역을 맡기고 싶을 땐 마감일, 번역 단어 수, 수정 횟수 등 다양한 요소를 정해진 양식에 맞춰 여러 선택지와 함께 비교할 수 있다. 또 영상 콘텐츠를 만들고 싶을 땐 자막, 더빙 유무, 배경음악, 촬영 시간, 화질 등으로 구성된



크몽의 다양한 카테고리 중 '디자인' 탭에 들어가면 나오는 화면. 짙고 강렬한 전문가들의 소개 문구가 인상적이다.



양식을 보며 의뢰인과 전문가 모두 편리하게 거래할 수 있다. 박 대표는 “프리랜서 마켓에서는 세분되고 규격화된 양식이 없으면 프로젝트가 시작도 되기 전에 어그러지는 경우가 대부분”이라며 “이런 난관을 해결할 수 있게끔 만든 것이 이 시장을 선도하게 된 원동력”이라고 말했다.

크몽은 코로나19 팬데믹을 거치며 더 성장했다. 깃(Gig) 이코노미가 각광받으면서다. 지금은 깃워커 전성시대이고, 이 흐름은 계속된다는 게 크몽이 그리는 미래다. 박 대표는 “직장인의 80%가 프리랜서 활동을 하고 있거나 준비 중일 정도로 N잡러에 대한 관심이 많아졌다”며 “팬데믹 기간 크몽 내 등록된 프리랜서 수가 2배 이상 늘어났다”고 설명했다.

디지털 전환이 일어나고 있는 점도 크몽을 성장시킨 요인 중 하나다. 비대면 수요의 증가는 자연스럽게 디지털 인력에 대한 갈증으로 이어졌다. 박 대표는 “개인과 기업 모두 원격으로 일을 처리하는 데 익숙해졌다”며 “예전에는 오프라인으로 하던 마케팅이나 디자인 같은 IT 업무도 비대면으로 이뤄지면서 디지털 인력 수요가 폭증한 덕분에 회사도 폭발적으로 성장할 수 있었던 것”이라고 말했다. 앞으로 일하는 방식의 기준은 기존의 직업(Job) 형태에서 일종의 프로젝트(Work) 형태로 바뀔 것이라는 게 박 대표의 예상이다. 굳이 회사에 종속되지 않더라도 이리저리 프로젝트 단위로 옮겨 다니면서 성과를 낼 수 있다는 설명이다.

크몽에서는 이미 이런 디지털 노마드들이 활발히 활동하고 있다. 한 27년 차 개발자는 크몽 플랫폼에서 일하면서도 강원 양양에서 유유히

서핑을 즐기며 지내고 있다. 국내에만 국한된 게 아니다. 59개 나라의 전문가가 등록돼 있다. 아르메니아나 에티오피아, 파라과이에도 있다. 한국에서 논술 강사로 일하다 노르웨이로 이주한 뒤 크몽에서 글쓰기를 판매하는 전문가는 이미 평범한 사례가 됐다. 그런 점에서 크몽은 ‘휴먼 클라우드’를 꿈꾸고 있다. 박 대표는 “과거에는 기업의 서버를 사육 어딘가에 구축된 전산실에서 관리했지만, 지금은 모두 클라우드 형태로 바뀌고 있다”며 “인력 역시 비용을 내고 그때그때 ‘사용’하는 개념으로 바뀔 것”이라고 내다봤다. 이어 “노동자 입장에서든 나의 전문성을 단일 클라이언트가 아닌 여러 기업에 ‘판매하는’ 방식이 각광받게 될 것”이라며 “지금의 100명 규모 회사는 앞으로는 20명만 상주하고 80명은 프리랜서로 구성되는 세상이 온다”고 덧붙였다.

크몽 직원들을 위한 사내 슬로건은 ‘워크 해피(Work Happy)’다. 박 대표는 일이 즐거워야 성과가 극대화된다고 믿는다. 채용 면접을 볼 때도 이런 점을 가장 유심히 본다고 했다. 개발자를 뽑을 땐 개발이 정말 재미있어서 하는 건지, 아니면 단순히 돈을 버는 수단인지를 눈여겨본다. 10년 넘게 연쇄 창업을 거치며 실패해 본 뒤 얻은 교훈이다. 그가 버틸 수 있었던 것도 창업이 ‘너무 좋아서’였다. 그 덕에 크몽엔 취미가 ‘개발’이라 주말에 쉬면서 코딩을 하는 개발자도 있다. 물론 130여 명의 직원이 행복하게 일하게 해주기 위해 지원사격도 한다. 우선 입사하면 크몽에서 사용할 수 있는 35만 원 상당의 캐시를 준다. 프리랜서 플랫폼



▲ 슬로건 앞에 선 박현호 대표. 제일 자신있는 포즈라고 했다.  
 ◀ 사무실 내부에 커다랗게 박혀 있는 크몽의 슬로건. 놀랍게도 직원들이 정말로 꽤 즐거워 보였다.

운영사답게 출퇴근 시간도 자유롭다. 또 일종의 사내 동호회 격인 '길드' 제도를 운영하고 있다. 매주 수요일마다 1시간씩 업무 시간을 이용해 진행한다. 코딩부터 다큐멘터리 시청, 게임, 커피까지 주제도 다양하다.

회사에서 N잡을 적극 장려하는 게 특징이다. 직원들의 절반가량이 이미 크몽을 통해 재능을 판매하고 있다. 개발 직군 직원 한 명은 크몽을 통한 누적 수익이 1억 원을 넘었다는 후문이다. 특히 퇴사하는 직원에게 50만 캐시를 준다. 직원에서 다시 고객이 된 크몽 멤버를 위한 선물이라는 의미가 담겼다.

박 대표는 예비 창업자들에게 “조급함을 경계하라”고 조언했다. 20대 초반의 어린 나이에 처음으로 창업했다. 당시만 해도 대학생이 창업을 하는 경우는 거의 없었다. 친구들 사이에선 일찌감치 앞서가는 셈이었다. 하지만 한 차례 실패를 겪고 나니 마음이 급해졌다. 실패를 만회해야 한다는 생각에 사로잡혔다. 20대의 박 대표는 '6개월'에 집착했다. 어떻게 하면 6개월 안에 반전을 이뤄내 '대박'을 칠까만 고민했다. 그는 “초기 아이템이 좋아 사람들에게 인정받았는데, 막상 빠르게 성장하지 못하는 경우가 대부분이었다”며 “그때마다 계속 아이템을 이리저리 바꾸다 보니 문제점은 개선되지 못하고 무너지기만 했다”고 회상했다.

크몽을 세상에 선보일 때까지 법인 설립만 네 번 했다. 자잘한 아이템을 실행에 옮긴 것을 포함하면 열 차례 정도 창업의 문을 두드렸다. 그야말로 10전 11기인 셈이다. 조급함을 내려놓자 비로소 성공의 길로 들어설 수 있었다. 박 대표는 “실패가 거듭되자 어머니는 ‘지금이라도 취업을 하라’고 하셨지만, 철없던 나는 ‘열 번 시도해 보면 한 번 정도는 되지 않겠냐’는 생각으로 버텼다”며 “어쩌면 앞뒤 상황을 가리지 않고 창작을 즐기는 괴짜같은 면이 결국 나를 성공으로 이끈 것 같다”며 웃었다.

### “먹는 것에 진심인 회사”... MZ세대 패션 1위 '에이블리'에 가다

5억7000만 회. MZ세대가 한 달에 에이블리 앱을 실행하는 횟수다. 월간 활성 사용자 수가 670만 명 정도라고 하니 이용자 한 명당 매달 평균 85회 정도 실행한다고 보면 된다. 에이블리가 물론 MZ세대만 이용하는 앱은 아니기 때문에 MZ세대만 집계하면 횟수가 좀 더 올라갈 수 있을 듯하다.

에이블리는 여성 전문 의류·뷰티 소품몰(플랫폼)이다. 남자이고 MZ세대가 아닌 필자는 에이블리 앱으로 물건을 구매해 본 적은 없다. 하지만 취재를 위해 앱도 깔고 이곳저곳 많이 살펴봤다. MZ세대가 가장 많이 이용하는 전문몰 1위라고 하니 '뭔가 차별화 포인트'인지 관심이 갔기 때문이다. 아마도 시를 활용한 맞춤형 추천 서비스가 가장 큰 성공 비결이 아닐까 싶다.



에이블리 앱 안에 있는 실시간 '인기 검색어'도 매출에 큰 도움이 될 것 같았다. MZ세대는 에이블리 앱 실시간 검색어에 새로운 것이 뜨면 서로 전파를 하기 때문에 급속도로 퍼진다고 한다. 오늘은 쫄리(엄지와 둘째 발가락 사이에 줄을 끼워 사용하는 샌들), 크롭 셔츠 등이 랭킹 상위에 올라 있다.

에이블리를 운영하는 에이블리코퍼레이션은 서울 강남구 신논현역과 붙어 있는 강남교보타워 건물에 입주해 있다. 당초 9층(A, B동)만 쓰다가 6층(A, B동)까지 확장했다. 교보타워 A동과 B동은 중간 통로로 이어져 있다. 통로에는 '킵보드'도 있다. 1초라도 빨리, 편하게 A동과 B동 사이를 오가고 싶어 하는 직원을 위해 설치해 놨다고 한다.



에이블리 각 층의 라운지는 카페 분위기를 한껏 살렸다. 6층 B동으로 들어서니 대형 라운지가 눈에 들어온다. 한쪽에 마련된 원형 홀은 소규모 미팅을 할 수 있도록 자동으로 여닫을 수 있는 '전동 무빙월'을 설치해 놨다. 무빙월을 열고 천장에서 내려오는 빔프로젝터를 사용해 '타운홀 미팅' 등을 하는 공간이라고 한다. 신입사원도 이 공간에서 마주 앉아 서로 자연스럽게 이야기한다고 한다.

에이블리 사무실의 가장 큰 특징은 먹는 것에 '진심'이라는 것이다. 고급 원두 및 캡슐 커피는 물론이고 과일과 건강 간식, 편의점급 과자와 음료 등이 무한으로 제공된다. 점심식사 역시 비용 제한 없이 지원한다. 외근·야근 택시비도 100% 준다. 또 사내 도서관을 운영해 자기계발서나 업무 관련 도서를 무제한 지원한다. 승인 절차 없는 자유로운 휴가(시간 단위로 사용) 등 복지 혜택을 강화하면서 직원 만족을 위해 노력하고 있다.





강석훈 에이블리 대표

이번 회사 방문 때 가장 눈에 띄었던 건 신입사원을 위한 ‘웰컴 키트’다. 직군별로 아이맥, 맥북 프로+WQHD 27인치 모니터, 고사양 데스크톱+듀얼 모니터 등 업무 생산성을 높여주는 최신식 장비를 이렇게 신입사원 출근 첫날 제공한다. 최근 화제가 됐던 ‘사무용 의자계의 샤넬’로 불리는 허먼밀러 의자도 있다. 에이블리 직원들은 모두 이 의자를 쓰고 있다고 한다. 네이버, 카카오, 야놀자, 배달의민족(우아한형제들)을 비롯해 방탄소년단(BTS) 소속사 하이브 등도 이 의자를 도입했다고 한다. 저가 모델이 하나에 최소 100만 원이 넘는 제품이다. 일반적으로 150만~250만 원 정도의 제품을 이용한다고 한다.

사무실 한쪽에는 공기 질을 관리해주는 ‘스마트 그린월 시스템’도 있다. 마음의 안정을 주는 일종의 수직 화분이다. 독특한 모양의 가슴기도 눈에 띈다.

회의실은 대형과 일반 소규모 회의실로 구성돼 있다. 6층 회의실은 세계 각지의 도시 이름을 쓴다. 프라하, 아테네, 뉴욕, 파리, 밀라노 등 패션 위크가 열리는 전 세계 도시를 회의실 이름으로 쓴다. 9층 회의실은 좀 다르다. 우주의 흔적을 남기는 에이블리가 되겠다는 목표로 수성, 금성, 지구, 화성, 해·달(대회의실) 등 행성 이름을 회의실 이름으로 활용하고 있다.

에이블리는 눈에 보이지 않는 회사의 비전과 철학을 자주 접하고 친숙하게 느낄 수 있도록 라운지 벽면 등 오피스 곳곳에 핵심 가치를 적어 놓았다. 회사 벽면 곳곳에 문구들이 많이 보인다. 에이블리의 핵심 가치는 원팀(One Team)으로 그릿(GRIT)하게 일하고 임팩트(Impact)를 만들어내는 회사다. 그릿은 Growth(성장), Resilience(회복력), Intrinsic Motivation(내재적 동기), Tenacity(끈기)의 첫 영문 글자를 따서 만든 것이다. 원팀은 팀이 성공하면 구성원이 모두 성공할 수 있는 선순환 시스템을 구축한다는 의미를 담고 있다.

에이블리는 패션 플랫폼답게 스튜디오도 갖추고 있다. 이곳에서 셀러들의 다양한 상품을 촬영해 유튜브, 인스타그램, 페이스북 등 SNS에 홍보한다.

에이블리는 온라인동영상서비스(OTT) 왓챠의 공동 창업자 출신인 강석훈 대표가 세운 에이블리코퍼레이션이 2018년 3월 선보인 앱이다. 출시 후 3년여 만에 누적 거래액 1조 원, 누적 다운로드 수 3000만 건을 달성하며 빠른 성장세를 보이고 있다.

에이블리 누적 마켓 수는 3만여 개로 국내 패션 관련 앱 중 가장 많다. 에이블리는 ‘개인 취향 맞춤형 스타일 커머스 플랫폼’을 지향한다. 최근에는 패션 중심에서 홈데코, 핸드메이드, 뷰티, 디지털 등으로 카테고리를 확장하며 라이프스타일 전반을 아우르는 플랫폼으로 성장을 추구하고 있다. 올해 1월에는 670억 원 규모의 프리 시리즈C 투자 유치에 성공해 9000억 원의 기업 가치를 인정받았다. 유니콘 기업(가치 1조 원 이상 스타트업) 진입을 눈앞에 두고 있다는 뜻이다. 현재까지 에이블리의 누적 투자금은 1730억 원으로 여성 패션 플랫폼 가운데 최대 규모다.

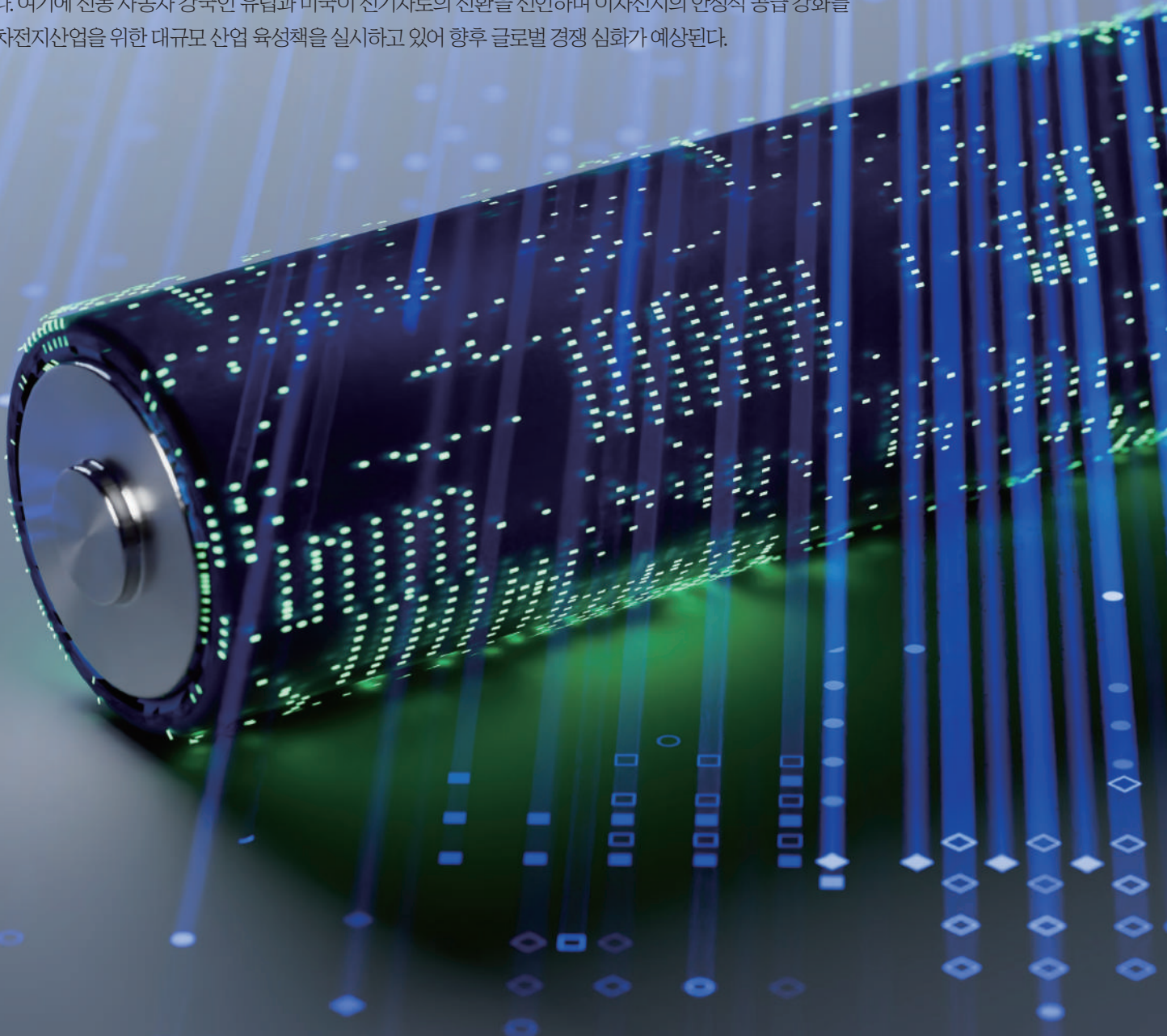
에이블리는 직원도 계속 늘어나가고 있다. 현재 300명 정도인데 1년 만에 배 이상으로 불어난 것이라고 한다. 요즘 스타트업계에서 ‘채용’은 가장 뜨거운 이슈이다. 개발자들 몸값이 뛰면서 말 그대로 ‘인재 영입 전쟁’이 벌어지고 있다. 에이블리 역시 최고의 인재를 끌어오기 위해 복지 혜택을 대폭 강화하고 있다.

국내 여성 패션 플랫폼은 연령대별 강자들이 있다. 에이블리는 10, 20대에서 큰 인기를 얻고 있고, 브랜드는 20대 초반, 지그재그는 20, 30대, W컨셉은 20대 중반~30대, 쿨잇은 40, 50대 등에서 좋은 반응을 얻고 있다. 최근에는 서로 고객층을 빼앗기 위한 경쟁이 더욱 치열해지고 있는 듯하다.

## 이차전지산업, 가치사슬별 경쟁력 비교·진단

탄소중립 실현을 위한 핵심 제품으로 이차전지가 부상하면서 이차전지산업에 대한 관심이 커지고 있다.

과거 노트북과 휴대전화 등 IT 제품에만 활용됐던 이차전지가 최근에는 전기차의 동력과 신재생전원의 저장을 위해 활용되며 산업 저변을 확대하고 있다. 이차전지산업은 한국과 중국, 일본이 기술을 선도하며 치열하게 주도권 쟁탈전을 벌이고 있다. 여기에 전통 자동차 강국인 유럽과 미국이 전기차로의 전환을 선언하며 이차전지의 안정적 공급 강화를 목표로 이차전지산업을 위한 대규모 산업 육성책을 실시하고 있어 향후 글로벌 경쟁 심화가 예상된다.







### ❖ 이차전지산업, 가치사슬 강건화가 중요하다

이차전지는 탄소중립 및 디지털경제 실현을 위한 핵심 품목으로 자리매김하며 2030년에는 반도체 시장의 4분의 1에 달하는 2848억 달러 규모로 성장할 것으로 기대되고 있다. 특히 친환경자동차 시대가 본격 개막하면서 자동차산업을 주력 산업으로 보유한 유럽, 미국 정부가 이차전지산업 육성 지원책과 대규모 투자계획을 발표하고 있어 향후 국내 이차전지산업이 글로벌 경쟁력을 지속할 수 있을지에 관심이 높은 상황이다.

국내 이차전지산업은 1990년대 초반부터 전자기업의 안정적인 수요에 기반해 IT용 소형 제품군을 중심으로 산업 역량을 확보했고, 일찌감치 사물인터넷(IoT)과 전기차, 에너지저장장치(ESS) 등 미래 수요를 포착해 투자를 지속했다. 이를 토대로 현재 국내 이차전지산업은 중국, 일본과 선두 경쟁을 벌일 만큼 성장했다. 하지만 국내 이차전지산업이 우수한 제조 경쟁력을 보유했음에도 불구하고 원자재의 상당 부분을 해외에 의존하는 점과 미흡한 내수 기반 등은 국내 산업 기반의 역할과 지속적인 성장 가능성에 대한 의문으로 작용하고 있다.

이러한 가운데 가치사슬 관점에서 우리나라와 주요 경쟁국의 이차전지산업 강점과 약점을 분석하고, 경쟁우위 진단 결과를 바탕으로 국내 이차전지산업의 발전 방안을 살펴보는 보고서가 발표됐다. 산업연구원이 6월 29일 발표한 '이차전지산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책 방향' 보고서에 따르면 국내 이차전지산업은 우수한 제품 경쟁력에도 불구하고 원자재 부문의 높은 해외 의존도와 취약한 국내 수요 기반이 성장의 한계 요인으로 작용하고 있으며, 경쟁우위 지속을 위해서는 세계 최고 전기 기술 개발을 통한 초격차 기술 확보와 공급망 안정화 및 환경성 제고 등 산업의 가치사슬 강건화가 중요하다고 밝히고 있다.

### ❖ 이차전지산업 가파른 성장으로 경쟁 환경이 빠르게 변화하다

최근 탄소중립 및 디지털경제 전환으로 대규모 투자가 진행되고 있어 주요 핵심 제품인 이차전지의 시장 규모가 빠르게 확대되고 있다. 이로 인해 다양한 후발주자의 진입과 선두 그룹의 견제가 이루어지고 있으며, 경쟁력 확보와 유지를 위한 숙련 인력 유치 경쟁이 치열하다. 특히 주요 수요처인 유럽과 미국이 자국 수요산업의 공급망 안정성을 강화하기 위해 자국 내 이차전지 생산능력을 확보하는 지역가치사슬(Regional Value Chain : RVC)을 구축하고 있어, 이들 지역으로의 인력 및 기술 유출이 우려되고 있다.

이외에도 미중 첨단 기술 패권 경쟁과 중남미 지역을 중심으로 한 자원민족주의 등 이차전지 원자재와 관련한 다양한 대외환경 변화로 이차전지산업 경쟁우위 확보 등 공급망 안정성 강화가 더욱 강조되고 있다. 나아가 최근 유럽을 중심으로 이차전지의 환경성 제고와 관련한 법률이 채택돼 국내 이차전지산업이 현재의 경쟁력을 유지하기 위해서는 많은 노력이 필요할 것으로 예상된다.

### ❖ 이차전지산업 가치사슬의 핵심은 생산과 조달

이차전지산업의 가치사슬은 연구개발(R&D)·설계, 조달, 생산, 수요로 구성된다. 세부적으로 이차전지 R&D·설계 부문은 대부분 생산에 참여하는 주요 기업에 의해 수행되는 것으로 조사됐으며, 조달은 이차전지 생산에 투입되는 소재와 부품, 장비 등으로 구성되고 소재는 다시 원자재와 가공 소재로 구분된다. 생산은 조달된 제품을 투입해 이차전지를 제조하는 단계이며, 수요는 이차전지를 활용하는 단계라 할 수 있다.

이차전지산업 가치사슬의 핵심은 생산과 조달 부문이며, 향후에도 이를 중심으로 부가가치의 비중이 더욱 확대될 것으로 예상된다. 생산 부문은 R&D·설계가 전반에 미치는 영향이 크고 기술 변화를 선도하고 있어 전체

산업의 향방을 좌우하기 때문에 중요도가 지속될 것으로 기대된다. 조달 부문 역시 이차전지산업에서의 소재 혁신이 제품 혁신으로 직결되기 때문에 가치사슬에서의 그 영향력이 지속될 것으로 예상된다.

### ❖ 한국, R&D·설계와 생산 부문 경쟁우위 높으나 조달과 수요 취약

정량<sup>1)</sup>·정성<sup>2)</sup> 분석을 통해 가치사슬별 경쟁우위를 진단한 결과에 따르면 2021년 우리나라 이차전지산업 종합경쟁력은 중국에 이어 세계 2위 수준이며 일본, 미국 등이 그 뒤를 잇는 것으로 평가됐다. 가치사슬별로 우리나라는 R&D·설계(91.2)와 생산(92.2)에서 우수한 경쟁력을 보유했으나, 수요(80.1)와 조달(80.4) 부문은 취약한 것으로 진단됐다.<sup>3)</sup>

1) 글로벌 이차전지 기업 397개사에 대한 R&D/매출액 비중, 영업이익률, 보유 특허 등에 대한 정량지표  
2) 이차전지 산학연의 전문가 12인에 대한 델파이 조사  
3) 2020년 10월 기간 동안 실시한 전년도 경쟁우위 진단 결과와 비교해 종합경쟁력과 관련한 주요국의 순위 변동은 없다.



〈그림 1〉 이차전지산업의 가치사슬 구조

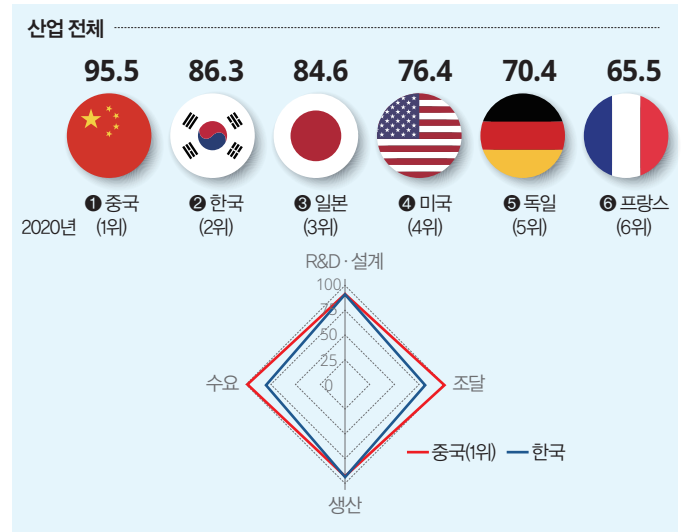
출처: 산업통상자원부·산업연구원(2021)의 '밸류체인 기반 산업경쟁력 진단시스템 구축사업 - 이차전지 산업편'

중국은 R&D·설계(93.3), 조달(99.3), 생산(92.7), 수요(97.5) 등 이차전자산업 전반에 걸쳐 가장 우수한 평가를 받았으며, 특히 조달과 수요 부문이 만점에 가깝게 평가되며 높은 경쟁우위를 보유한 것으로 분석됐다. 일본은 R&D·설계(87.7), 조달(86.2), 생산(84.1), 수요(80.2) 등 글로벌 3위 수준의 종합경쟁력을 보유한 것으로 평가됐으며, 원자재를 우리와 같이 해외에 의존하고 있음에도 우리보다 높은 조달 경쟁력을 보이는 것으로 나타났다. 이어 미국이 수요(83.7) 부문에서 우위를 보이며 이차전자산업에서의 경쟁우위 확보를 위해 노력하고 있고, 독일과 프랑스는 산업 구축 초기 단계로 경쟁우위를 제고하고자 하는 것으로 평가됐다.

제품별 경쟁우위를 살펴보면 종합평가는 제품과 무관하게 중국·한국·일본 순으로 우수한 것으로 진단됐고, 소형 제품 가치사슬의 일부를 제외하고 전반적으로 모든 제품군에 대해 국가별 가치사슬 경쟁우위 순위가 비슷하게 평가됐다. 소형 제품의 경우 생산과 수요에서 우리나라가 우수한 경쟁우위를 보유한 것으로 진단됐는데, 특히 우리나라는 소형 이차전지 생산에서 세계 1위 수준의 역량과 수요 부문에서 세계 2위의 경쟁우위를 보유한 것으로 평가됐다. 이러한 결과는 소형 제품의 경우 국내 전자기업의 탄탄한 IT 제품군 수요를 보유하고 있기 때문이라 할 수 있다.

제품별로 가치사슬 관점을 적용해 전년도 경쟁우위 진단 결과와 비교한 결과, 소형 제품 생산에서 우리나라의 경쟁우위가 소폭 상승했고, 중·대형 제품 R&D 부문에서 중국이 한국과 일본을 제치고 1위로 도약한 점과 미국·한국의 전기차 부문 수요가 소폭 상승된 점, 그리고 대형 제품에서 일본의 수요가 확대된 반면 한국의 수요는 하락한 것으로 진단되며 가치사슬 내 경쟁우위 변동이 발생한 것으로 나타났다.

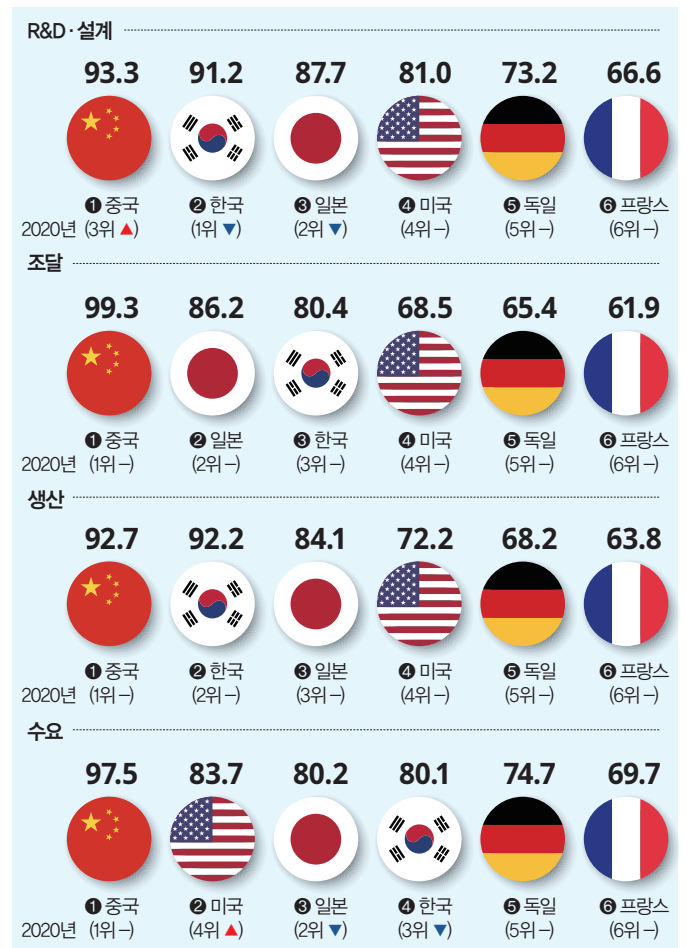
2020년과 2021년의 경쟁우위 진단 결과를 종합하면 우리나라는 이차전자산업 가치사슬 내에서 조달과 수요 부문이 계속해서 취약한 것으로 진단돼 전반적인 보완이 요구되며, 우리가 경쟁우위를 보유한 R&D와 생산 부문을 활용해 차별화를 도모할 필요가 있다.



〈그림 2〉 2021년 이차전자산업 경쟁우위 종합진단(제품 전체)

출처: 산업통상자원부·산업연구원(2021)의

‘밸류체인 기반 산업경쟁력 진단시스템 구축사업 - 이차전지 산업편’



〈그림 3〉 2021년 이차전지 산업 가치사슬별 경쟁우위 진단

출처: 산업통상자원부·산업연구원(2021)의

‘밸류체인 기반 산업경쟁력 진단시스템 구축사업 - 이차전지 산업편’

### ❖ 제품 경쟁력 제고 위한 다양한 노력 필요

보고서에 따르면 가치사슬별로는 조달과 수요를 보완하는 동시에 강점을 가진 R&D·설계 및 생산 부문의 경쟁력 유지를 위해 제품 경쟁력 제고를 위한 다양한 노력이 필요한 것으로 나타났다. 이를 위해서는 ① 세계 최고 전지 기술 확보 ② 전지산업 가치사슬 강건화 ③ 전지 수요 시장 확대 ④ 전지산업 육성 등을 위한 기반 강화가 중요하다.

첫째, 글로벌 시장에서 선도 경쟁이 치열한 현실을 고려해 현재의 경쟁 구도를 흔들면서 초격차를 확보할 수 있는 차세대 이차전지를 경쟁국보다 먼저 개발, 시장 우위를 선점하는 것이 필요하다. 이를 위해 정부 차원에서 제품 경쟁력 강화를 위한 고기능성 소재 개발과 차세대 전지 시대를 대비한 대규모 R&D 투자가 필요하다.

둘째, 조달 부문의 경쟁우위 개선을 위한 공급망 안정성 제고 노력이 필요하다. 이를 위해 민간의 해외자원 개발 투자에 대한 지원책 마련과 더불어 공용 원료 소재에 대한 공공 비축 등을 경제·안보 차원에서 지원할 필요가 있다. 나아가 국내 기업이 강점을 보유할 수 있는 첨가제 등의 고부가가치 가공 소재 부문에 대한 R&D를 독려해 조달 부문의 낮은 경쟁우위를 보완할 필요가 있다. 이외에도 탄소중립 시대가 가속함에 따라 이차전지의 환

경성 개선이 중요해지고 있는 만큼 소재 부문의 환경성 및 물질효율성을 제고해 안정적이고 신뢰할 수 있으며 청정한 공급망을 선제적으로 구축하는 것도 향후 과제라 할 수 있다.

셋째, 또 하나의 취약점인 수요 부문의 경쟁우위 보완을 위해 안정적인 수요 기반을 확보하기 위한 노력을 기울여야 한다. 특히 기업의 해외 진출 지원 확대와 더불어 시장 신뢰도 제고를 위한 안전 검증 체계를 점검할 필요가 있다.

마지막으로는 이차전지산업의 성장 속도에 발맞춰 산업 기반을 상시 정비할 필요가 있다. 우선 산업통계 구축을 통한 현황 파악이 긴요하며 생산과 수요, 해외 투자와 더불어 원자재 조달과 관련한 공급망 차원에서 발생하는 다양한 내용을 모니터링해야 한다. 또한 산업의 급성장으로 인력 유출 및 공급의 어려움이 심화하고 있어 인력 육성과 관련한 다양한 지원책 마련과 더불어 기술 유출 방지를 위한 규제 등을 강화해 국내 전지산업의 기반을 다질 필요가 있다.

※이 콘텐츠는 산업연구원이 발표한 '이차전지산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책 방향' 보고서를 토대로 작성됐음을 밝힙니다.

<p>① 세계 최고 전지 기술 확보</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (차세대) 전고체전지 상용화 기술 조기 확보</li> <li>• (현세대) 글로벌 초격차 확보를 위한 LiB 기술 고도화</li> <li>• (차차세대) 선제적 투자로 미래 배터리 기술 확보</li> </ul>
<p>② 전지산업 가치사슬 강건화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제품 안정성 및 환경성 제고 방안 모색</li> <li>• 고부가가치 소재 등에 대한 연구개발 확대로 공급망 안정화</li> <li>• 주력 광물자원에 대한 민간 해외자원 개발 투자 지원 재개</li> <li>• 폐전지 활용 체계 및 기술 개발 지원</li> </ul>
<p>③ 전지 수요 시장 확대</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유망 신시장 창출</li> <li>• 해외 진출 지원 확대 및 협력·협업 강화를 통한 수요 기반 확충 도모</li> <li>• 시장 신뢰도 제고를 위한 배터리 성능·안전 검증 체계 강화</li> <li>• 전기차 부문의 지속가능한 수요 활성화 보급 계획 수립</li> </ul>
<p>④ 전지산업 육성을 위한 기반 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오픈 이노베이션 기반의 민관 협력 지원 체계 구축</li> <li>• 기술 및 인력 유출에 대한 규제 강화</li> <li>• 생산 및 공정 기술 개발과 관련한 인력양성 프로그램 마련</li> <li>• 전지산업 기초 통계 구축</li> </ul>

〈표 1〉 이차전지산업 정책의 기본 방향

출처: 산업통상자원부·산업연구원(2021)의 '밸류체인 기반 산업경쟁력 진단시스템 구축사업 - 이차전지 산업편'

# 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



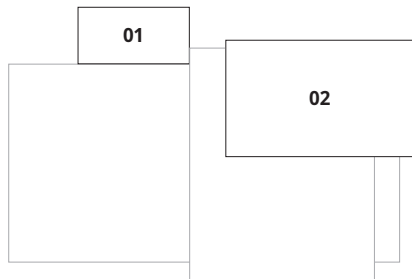
ONE ONEstore



## 눈앞에 펼쳐진 항공우주 시대의 막을 열어라! 인하대학교 로켓 연구회

얼마 전 한국 최초의 달탐사선 '다누리'호가 성공리에 발사돼 큰 화제가 됐다. 우리나라도 활발히 개발하고 있는 우주, 그 우주는 우리의 삶과도 깊숙이 연관돼 있다. 그 우주에 나갈 수 있는 유일한 교통수단인 로켓. 로켓 연구에 있어 국내 최고 중 하나임을 자랑하는 대학 동아리를 만나 보았다.

✍ 이동훈    📷 김기남



**01** 로켓의 압축공기 RCS를 연구개발 중인 회원들. 로켓의 자세제어에 쓰인다.  
**02** 자신들이 만든 로켓을 들고 있는 IRRI 회원들. 왼쪽부터 이승엽 회원, 양희재 총무, 박준하 회장, 문동민 연구부장, 백승빈 부회장(전원 항공우주공학과)

‘로켓’ 하면 여러분은 무엇을 떠올리는가? 공무니에서 엄청난 화염을 뿜어내며 대기권 밖 우주까지 갈 수 있는 교통 수단이자 전쟁의 도구가 가장 흔한 이미지일 것이다. 사실 틀린 말은 아니다. 그래서 그만큼 우리의 일상과는 상관없는 물건이라는 오해도 있다. 하지만 알고 보면 로켓은 우리의 일상과 무척이나 깊게 연관돼 있다. 일례로 우리의 휴대전화에도 깔려 있는 위성위치 확인시스템(GPS)은 인공위성을 이용한 항법 시스템이다. 그리고 인공위성을 궤도에 올려놓을 수 있는 수단은 사실상 로켓뿐이다.

우리나라에서도 의외로 일찍부터 로켓 연구가 활발했다. 우리나라 최초의 현대적 로켓 발사는 보릿고개가 엄존하던 1950년대부터 실시됐다. 1958년 10월 10일 오후 3시, 인천 고잔동 해안에서 국방부 과학연구소가 개발한 최초 국산 로켓들의 시험 발사가 군 수뇌부만 참석한 가운데 비공개로 실시된 것이다. 이날 발사된 7기의 로켓(그중 1기는 발사 실패)은 길이 170cm, 무게 48kg, 사거리 8km 등의 초보적인 제원을 가지고 있었다. 이듬해인 1959년에는 인천에서 첫 공개 로켓 발사도 있었다.

이후 1961년 8월 국방부 과학연구소가 해체되면서 이곳의 로켓 연구를 계승한 곳이 다른데 인하대의 전신인 인하공과대였다. 이 학교 병기공학과 로케트반은 1960년 11월 19일 ITO-2A 로켓을 자체 개발해 발사했다. 국내 최초의 민간 로켓이었다. 병기공학과는 1962년 폐과됐지만 로케트반을 인하 우주과학연구회로 개편하면서 로켓 연구는 계속 이어졌다. 1964년 12월 29일에는 카메라를 탑재한 IITA-7R3단 로켓을 발사하기도 했다. 이 로켓은 고도 50km까지 도달하는데 성공했다. 이후 국내 민간 대학으로는 유일하게 1968년까지도 로켓 연구를 계속했다. 이때부터 추진제도 자체 개발했다고 하니 인하대는 명실 공히 국내 최초, 국내 최고의 로켓 연구 노하우를 가진 민간 단체였던 셈이다.

이러한 노하우는 오늘 소개할 국내 최초의 대학 로켓 동아리 인하 로케트 연구회(Inha Rocket Research Institute : IRRI, 이리라고 부른다)를 낳았다. 1985년부터 준비가 착착 진행돼 1986년 9월 정식으로 창립됐고, 1987년 3월 정식 동아리로 등록됐다. 현재 이형진 지도교수와 박준하 회장(항공우주공학과 18학번)을 비롯해 무려 80여 명의 회원이 왕성한 활동을 하고 있다.

### 자체 레시피를 보유한 로켓 맛집

그동안 IRRI의 활약상은 화려하다. 무엇보다도 매년 열리는 전국 대학생 로켓 연합회(the National Universities' Rocket Association : NURA) 주최 대회에서 그동안의 연구개발 성과를 유감없이 보여주고 있다. IRRI는 NURA의 창립에도 주도적인 역할을 했다. 처음부터 우수한 기술적 베이스를 가지고 있었던 IRRI는 창립 직후 혼합 컴포지트

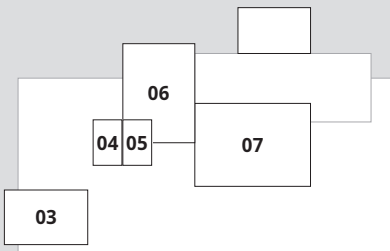


추진제의 개발에 성공, 이를 자체 개발한 IS(Inha Space)-X 시리즈 로켓에 탑재해 발사했다. 이에 여러 대학이 그 노하우를 배우고자 했다. 따라서 대학 간 지속적인 로켓 학술교류를 진행시키기 위해 1992년 창립한 기관이 바로 NURAC다. 현재 30개 대학이 가입해 있는 NURAC은 창립 첫해부터 매년 로켓 발사 대회를 열고 있다. IRRI는 이 중 1992년 대회에서 대상을 뒀고 1993, 2000, 2002, 2006~2008, 2014, 2015년 대회에서 금상을 차지했다. 또한 2019년 캔위성 경연대회(과학기술정보통신부와 KAIST 인공위성연구회에서 주관하는 초소형 위성 대회) 장려상, 2021년 R&D 인턴십 연계 캡스톤 경진대회 수상, 2022년 로봇항공기 대회 본선 진출, 그 외 각종 대회 22회 수상이라는 성과를 거뒀다.

앞서도 말했듯이 이러한 성과는 이들의 앞서가던 기술 기반은 물론이고 창립 이후 현재까지 부단히 연구개발을 수행해 온 덕택이기도 하다. 무엇보다도 로켓은 일반인이 생각하는 것 이상으로 만들기 어려운 이동체다. 목표 지점까지 정확히 제 시간에 날아가기 위해서는 실로 다양한 추진 및 제어 기술이 필요하다.

IRRI는 이러한 로켓의 성공적 발사에 필요한 연구개발과 하드웨어 및 소프트웨어 제작을 모두 직접 수행하고 있다. 국내 대학 중에서도 몇 안 되는 항공우주공학도가 있어 지도교수의 풍부한 연구 지원이

부분에서 회원들은 거듭 고마움을 표시했다)과 이 대학 대학원 제트추진연구실 연구생들과의 협업으로 전문성도 높다. 특히 현재 이들은 펠컨 계열 로켓처럼 재착륙 후 재사용이 가능한 로켓을 준비 중이다. 이런 로켓의 개발과 제작에는 실로 다양한 기술과 하부체계가 필요하다. 공기역학 해석(Ansys, Missile DATCOM 등 다양한 소프트웨어 사용), 시뮬레이션, 압축공기 RCS(Reaction Control System, 반응제어시스템), 제어 알고리즘, TVC(Thrust Vector Control, 추력 편향 제어), 핀제어, 고체 로켓 모터 설계 및 내탄도 해석, HILS(Hardware In the Loop Simulation, 복잡한 실시간 시스템의 개발 및 시험용 기술) 검증, 단분리, 그라 파이트(흑연) 및 3D 프린터를 사용한 로켓 노즐 설계 제작, 재착륙 로켓 알고리즘 구현, 칼만 필터 필터링, GNSS(Global Navigation Satellite System, 범지구 위성항법시스템) 위치 및 시간 데이터 수신 등이다. 이들은 이 모든 것을 독자적으로 확보해 내고 있는 것이다. 특히 KNSB(질산칼륨 소르비톨) 고체 추진제, 그리고 그보다 비추력이 우수한 컴포지트 복합 추진제는 국내 대학 로켓 동아리 중에서도 자타공인 최고의 기술력을 보유하고 있다. 구체적인 성분비와 제작 방법은 대외비다. 문자 그대로 비밀의 레시피를 보유한 로켓 맛집인 셈이다.

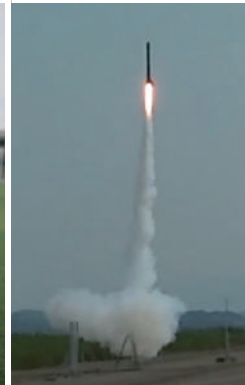
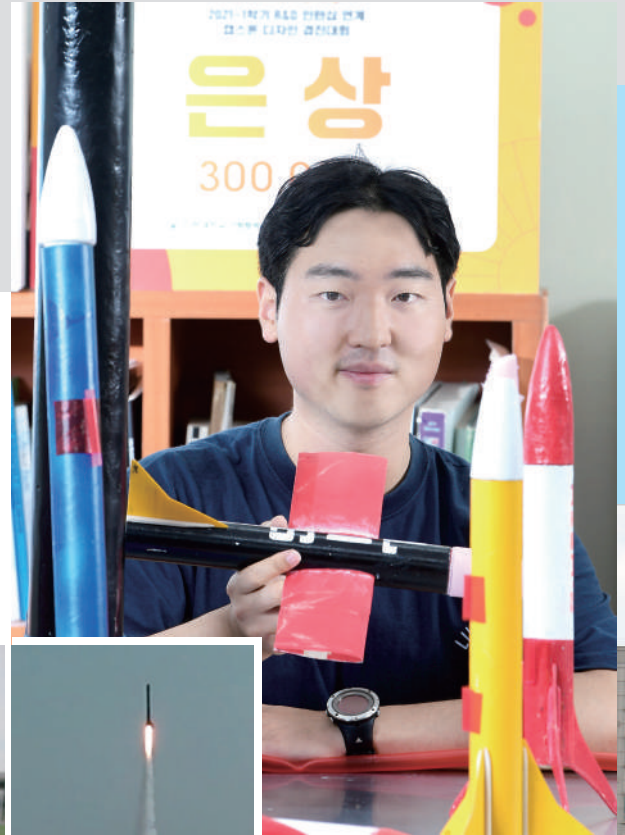


- 03 모델 로켓의 발사 장면
- 04 모델 로켓 발사 직전 모습
- 05 고체 연료 로켓의 발사 장면
- 06 박준하 회장
- 07 로켓 발사 후 기념사진

### 로켓 제작 외에도 다양한 활동을

로켓도 비행체이므로 소재를 꽤나 가린다. 적은 힘으로도 멀리, 빠르게 날아갈 수 있도록 가볍고 고공·고속의 가혹한 환경을 견딜 수 있을 만큼 튼튼해야 한다. 이 때문에 동체 소재로는 FRP(유리섬유 강화 플라스틱), ABS(아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌 수지), PLA(폴리유산 수지) 등의 합성 소재가 주로 쓰이며 아이소핑크, 종이 등도 사용된다. 고온과 높은 압력을 견뎌야 하는 엔진 본체에는 다소의 중량 증가를 무릅쓰고 스테인리스 304, 노즐에는 그라파이트가 사용된다. 과거에는 노즐을 세라믹으로 만든 적도 있었으나 잘 부서져 지금의 소재로 바꾸었다. 추진제는 비교적 다루기 쉬운 고체연료를 주로 사용한다.

로켓 연구개발 제작 및 발사 외에도 이들의 활동은 다양하다. 사회공헌활동으로 매년 항공우주 분야에 원대한 꿈을 가진 중고교생을 위한 모델 로켓 제작 교육 봉사를 실시하고 있다. 올해 8, 10, 11월에도 각각 중고생을 위한 체험 부스 설치, 지역 사회 페스티벌 부스 설치, 교내 학술회를 연다. 한동안 코로나로 실시되지 못했던 활동이었다. 학교에서 진행되는 진로 페스티벌에서



로켓과 관련된 진로를 알리는 활동도 예정돼 있다. 연말에는 로켓 관련 정기 간행물을 출간할 예정이다. 회원이 많기 때문에 원하는 활동도 다양하다. 이 때문에 회원들의 니즈를 충족시키고자 앞으로도 다양한 활동을 계획하고 있다.

하지만 무엇보다도 가슴속에 깊이 각인되는 것은 역시 이들의 본업인 로켓 연구개발을 수행할 때다. NURA 대회 준비, RCS 장치 연구 시 모두가 로켓을 좋아하는 마음으로 며칠씩 집에도 가지 않고 매달렸다고 한다. 문제점을 고쳐가며 하드웨어를 작동시키고, 다수의 논문을 읽고 수식을 써 가며 하나씩 설계한 시스템으로 제어에 성공했을 때의 기쁨은 말로 형용할 수 없다고 한다. 이러한 치열한 연구혼과 도전정신이야말로 근 40년을 이어 온 이들의 지적 전통이다. 회원들 간 지식을 공유하고 소통하면서 친목을 다지고, 모두가 발전할 수 있는 발판으로 삼는 것이야말로 IRRI의 진면목이다.





※영상 및 소리가  
자동 재생되니  
공공장소에서는  
반드시 이어폰을  
착용하세요.



IRRI 홍보 동영상

IRRI라고 늘 기쁘고 즐거운 일만 있는 것은 아니다. 이들이 다루는 로켓은 근본적으로 위험한 물건이다. 실제로 1992년 4월 로켓 추진제 제작 중 폭발 사고로 6기생 전한수 씨가 유명을 달리했다. 이후 이들은 매년 5월 추모제를 열어 고인의 넋을 기리고 있다. 물론 현재는 동 대학 제트추진연구실의 도움으로 최첨단 장비를 사용해 안전하게 연구하고 있다.



### 로켓 배송과 UAM, 택배 드론 시대의 선구자가 되고파

앞으로 IRRI는 재차륙 로켓은 물론이고 마이크로 추력기, 콜드론치 기술과 순항 로켓 개발에도 도전할 계획이다. 콜드론치 기술은 로켓의 주엔진이 아닌 압축공기 등의 보조 수단으로 로켓을 발사한 후 공중에서 주엔진을 작동시켜 비행시키는 기술이다. 주엔진에서 나오는 배기 화염이 발사대에 직접 닿지 않으므로 약한 발사대에서도 로켓을 발사할 수 있다는 장점이 있다. 더욱 크고 무거운 로켓을 발사하기 위해 추력이 우수한 과산화수소 단일추진제를 사용하는 RCS 장치와

DACS에 대한 연구 및 개발도 진행할 계획이다. 순항 로켓은 순항 미사일의 민간 버전이다. 포물선 비행을 하는 로켓과는 달리 비행기처럼 수평 직선 비행도 가능하고, 지형 추적 또는 회피 비행도 할 수 있다. 단, 발사 목적이 표적을 파괴하는 것이 아니라 표적에 탑재물을 안전하게 전달하는 것이므로 낙하산이나 자세제어 장치 등으로 탑재물에 손상이 가지 않게 안전하게 착륙하는 기술을 개발하는 게 관건이다. 순항 로켓으로 물자를 전달하면 문자 그대로 로켓 배송이 가능해진다. 최근에는 더욱 다양한 미션을 수행하기 위해 로켓뿐만 아니라 민간 항공의 다크호스로 떠오를 UAM, 택배 드론 등으로 연구 범위를 넓히는 노력도 하고 있다.

앞서도 말했듯이 인하대는 한국 항공우주기계에서 정상급 수준을 갖춘 곳으로 정평이 나 있다. 게다가 로켓은 항공우주기계뿐 아니라 지극히 다양한 공학기술이 어우러져야 완성되는, 공학계의 종합 예술이다. 따라서 IRRI를 거친 학생들은 졸업 후 다양한 방면으로 진출할 수 있다. 대학원으로 진학하기도 하고 한화에어로스페이스나 항공우주연구원, LIG넥스원, 국방과학연구소, 대한항공, 현대로템 등 방위산업이나 항공산업 쪽으로 취직하기도 한다. 전남 고흥 나로우주센터 건설과 나로호 연구에 큰 기여를 한 졸업생도 있다. 자동차, 반도체, 화학, 배터리 등 다른 공학 분야로 취업하는 사람도 있다. 이러한 기업과 연구소의 중역들로 OB·OG가 다수 포진해 이들의 활동을 음으로 양으로 지원하고 있다는 것도 이들의 자긍심을 높이는 요소다.

IRRI는 인하대 중앙동아리이니 만큼 로켓 기술을 모르거나 공대 출신이 아니라고 입회를 거부하지는 않는다. 로켓에 대해 관심과 열정이 있는 인하대생이라면 전공과 상관없이 누구나 입회가 가능하다. 면접시험 같은 것도 없다. 신입 회원 모집은 연 2회, 학기 초에 실시된다.

국도가 좁고 인구 밀도가 높아 로켓 발사 실험을 마음껏 하기 어려운 여건이 아쉽다는 그들. 그래도 21세기는 명실 공히 항공우주의 시대이니 로켓을 비롯한 항공우주기계 분야에 대한 국민의 뜨거운 관심을 부탁했다. 그 시대를 열어갈 IRRI의 건투를 기원한다.



## INCHEON CHILDREN SCIENCE MUSEUM

### 신나게 뛰어놀며 체험하는 과학! 인천어린이과학관

과학 교육은 어릴 때부터 시켜야 한다. 그래야 과학적인 사고방식이 몸에 밴다. 그러나 대부분의 과학관이 어린이의 눈높이에 맞지 않다. 그런 와중에 인천에 들어선 최초의 어린이 전문 과학관을 찾았다.

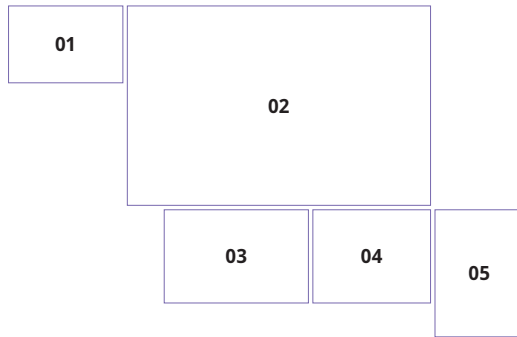
✎ 이동훈(과학칼럼니스트)



※영상 및 소리가 자동 재생되니 공공장소에서는 반드시 이어폰을 착용하세요.



인천어린이과학관 소개 동영상



- 01 이곳의 캐릭터 '사이스타'와 함께 사진을 찍을 수 있는 포토존
- 02 박물관 외부 전경
- 03 본인이 직접 그린 그림을 화면 속에서 볼 수 있는 숲속 스케치
- 04 코에서 재채기가 나오는 원인을 알 수 있는 전시물
- 05 사람의 소화기관 내부를 탐험할 수 있는 전시물



생각해 보면 그렇다. 필자의 어린 시절에 찾아간 여러 상설 및 비상설 과학관에 있던 전시물은 일상에서 벗어나 더욱 큰 과학의 세계로 눈을 돌리기에 충분한 강렬한 자극을 선사했다. 그러나 그 전시물은 모두 유리 케이스 속에 있었다. 아니면 손이 닿지 않는 먼 곳에 있거나. 그런 부분은 차치하고라도 과학에 대해 잘 모르는 아이들에게는 이해하기 어려운 설명이 많았다. 과학관이 어른의 눈높이에서 설계됐기 때문이다. 때문에 어린이들의 눈높이에 맞는 과학관의 필요성은 꾸준히 제기됐다. 2011년 문을 연 인천시설공단 산하 인천어린이과학관은 그러한 관점에서 전시 설계가 이루어진 국내 최초의 과학관이다. 모든 전시물이 초등학교 고학년까지의 아동에게 맞추어져 있다. 이야기를 만드는 과학관, 감성을 이끄는 과학관, 꿈을 찾는 과학관, 함께 넘나드는

과학관을 모토로 하고 있다. 대지면적 2만 1688㎡, 건축면적 4287㎡, 전시면적 4813㎡ 규모다. 실내 전시관은 3개 층으로 돼 있다. 이 중 1층에는 안내데스크, 기획전시실, 꿈나무쉼터1(과학도서실), 꿈나무쉼터 2, 의무실, 수유실, 강당, 카페테리아, 기념품판매점 등이 있다. 2층부터가 본격 상설 전시 공간으로 무지개마을, 인체마을, 비밀마을, 4D영상관 등이 있다. 3층에는 지구마을, 도시마을, 비밀마을 등이 있다. 외부 시설로는 옥외전시, 생태체험장, 옥상의 산들바람원야외 공연장 등이 있다. 이 중 상설전시관의 전시 내용은 다음과 같다.

**무지개마을** 물, 얼음, 나무, 숲 등 다양한 자연환경을 주제로 한 전시물을 직접 만져보고 느끼는 입체 놀이 공간. 영유아 전용으로 취학아동은 이용할 수 없다.

**인체마을** 인체를 이루고 있는 각 기관의 역할을 몸으로 체험해 볼 수 있다.

**비밀마을** 연령대별 눈높이에 맞춘 전시 공간으로 과학의 배경이 되는 언어와 사회 분야를 연결지어 이해와 사고력을 넓혀준다.

**지구마을** 다양한 생물이 지구와 함께 상호작용하는 방식을 첨단 영상으로 사실감 있게 보여주며, 직접 느낄 수 있는 창의적인 체험 공간을 통해 지구와 환경의 소중함을 알 수 있다.

(9월 15일부터 11월 30일까지 전시물 교체 공사로 관람 제한 예정)



	07	08	
06	09		12
10	11		13

- 06 네모 바퀴가 달린 자전거. 울퉁불퉁한 바닥에서 과연 어떻게 움직일까?
- 07 배수 탁구 게임. 공격자가 보낸 수자의 배수를 찾아라.
- 08 제일 인기가 좋다는 경비행기 조종 시뮬레이터
- 09 크레인을 조작해 보며 건설 현장을 느껴 본다.
- 10 지구 내부 모형
- 11 태풍 시뮬레이터. 태풍의 풍속을 느낄 수 있다.
- 12 중앙홀에 위치한 미디어 타워 전광판. 관람객이 원하는 메시지를 띄울 수 있다.
- 13 과학관의 도서관. 이곳도 아이들의 놀이터를 겸할 수 있도록 널찍하게 만들어져 있다.





**도시마을** 자동차와 비행기 등 우리의 생활을 편리하고 빠르게 만들어 준 일상 속 과학의 원리를 알려주고, 정보통신기술(ICT) 등 첨단과학이 접목된 미래의 집과 도시를 체험할 수 있다.

이 모든 전시물을 어린이들이 직접 만져보고 타보는 등의 체험이 가능하도록 설계된 것이 이곳의 가장 큰 특징이라 할 수 있다.

### 시민의 손으로 만든 기획전시

한편 1층의 기획전시실에서는 현재 시민 전시 '우리(Re)가 그린(Green) 지구'가 10월 30일까지 진행된다. 친환경 자원순환운동 확산을 위해 '우리가 같이 환경보호에 힘쓰며 아름다운 지구를 만들어가는 가치 있는 일상'을 표현한 시민 작품 공모 전시다. 작품 공모를 통해 어린이 및 청소년들이 환경을 사랑하는 모습과 생각을 개성 있고 재치 있게 표현한 그림, 조형물, 영상 작품 등 27점이 전시된다.

전시 외 다양한 체험도 함께 즐길 수 있다. 또한 환경 관련 도서를 읽을 수 있는 '환경

도서관'과 관람객이 투표로 가장 좋은 작품을 뽑는 '관람객 투표존'도 운영해 시민 전시 관람객을 위한 다양한 볼거리를 제공하고 있다.

인천어린이과학관 조용한 관장은 "이번 시민 전시를 통해 어린이와 청소년에게 표현력을 발휘할 기회를 제공하고 시민과 함께 재활용, 신재생에너지 등 자원순환 문화를 확산 조성시켜 환경특별시 인천을 만들어 가겠다"고 밝혔다.

다른 과학관의 보이지 않는 높은 벽에 힘 들어했던 부모라면, 신나게 뛰어놀면서 과학 원리를 체험할 수 있는 이 과학관을 방문해 보자. 전시뿐만 아니라 부모와 아이들이 함께 쉴 수 있는 휴식 및 위생 공간도 매우 잘 갖추어져 있으니 말이다.



이 용 안 내 상설전시관은 회차별 정원(320명) 사전 온라인 예약제(예약 및 주의사항은 과학관 홈페이지 참조)로 운영하며, 관람 희망일 2주일 전부터 당일 회차 시작 전까지 예약이 가능하다. 회차별 관람 소요 시간은 90분이며, 재입장은 금지다. 어린이의 안전을 위해 보호자 동반 체험이 권장된다.

개 관 시 간 09:00~18:00

매 표 시 간 09:00~17:00

정기휴관일 매주 월요일(월요일이 법정 공휴일인 경우 익일 휴관), 신정·설날·추석 당일

관 람 요 금

구분	상설전시관		4D 영상관	비고(만 나이)
	개인	단체(20명 이상)		
어린이	2000원	1500원	1000원	7~12세
청소년	2000원	1500원	1000원	13~19세
성인	4000원	3000원	3000원	20~64세

※인천 시민, 현역병 등은 관람료 할인, 만 6세 이하 어린이 및 65세 이상 노인, 장애인, 국가유공자 등은 관람료 면제. 자세한 사항은 홈페이지 참조

홈 페이지 [www.insiseol.or.kr/culture/icsmuseum/](http://www.insiseol.or.kr/culture/icsmuseum/)

주 소 인천광역시 계양구 방축로21(방축동 108-1)

전 화 032-456-2500

# 미래 전쟁에서도 빛나는 신소재의 위력 애니메이션 ‘기동전사 건담’

단언컨대 ‘건담’이 뭔지 한 번도 들어보지 못한 사람은 이제 없을 것이다.

첫 공개 이래 현재까지 사실상 일본제 로봇 애니메이션의 대명사로까지 군림하고 있는 건담.

그런데 건담이 강력한 이유는 알고 보면 따로 있다는데...

✍ 이동훈(과학칼럼니스트)

‘기동전사 건담’은 솔직히 소개가 구태여 필요할까 싶을 만큼 유명한 영상 콘텐츠다. 첫 등장 이후 약 반세기 가 지난 현재까지도 꾸준히 후속 콘텐츠가 나오고 있다(이 글에서는 1979~1980년 TV에 방송된 시리즈 첫 작품, 통칭 ‘퍼스트 건담’만을 다룬다). ‘건프라(건담 프라모델)’를 비롯한 각종 파생 상품도 그야말로 하늘의 별만큼 많이 나와 있다. 해외 수출도 활발하게 이루어졌다.

이렇게 길고 강한 생명력을 지닌 이유는 여러 가지로 볼 수 있다. 하지만 그중에서도 가장 핵심적인 이유는 이 작품이 사실상 애니메이션 사상 최초의 본격 ‘리얼로봇물’이라는 점이다. 이전의 일본제 로봇 애니메이션과는 달리 ‘기동전사 건담’의 모든 설정은 지극히 현실적이다. 인간의 이성으로 설명과 이해가 불가능한 초월적이고 초자연적인 요소는 이 작품에 거의 나오지 않는다. 이 작품에 나오는 모든 로봇은 신이나 악마, 외계인이 만들어 인간에게 던져준 선물도 아니다. 현실 속 군장비와 똑같이 인간의 국가, 또는 그에 준하는 정치단체가 인간의 회사에 돈을 주고 발주해 인간의 과학기술로 만들어지고 유지되는 기계물이다. 이러한 현실성은 이들을 움직이는 인간 간의 관계에도 그대로 적용된다. ‘기동전사 건담’의 세계에는 절대선도 절대악도 없다. 우리의

현실세계와 마찬가지로 각자의 이익과 이상을 추구하는 다양한 인간 군상이 있을 뿐이다. 즉, 로봇 간의 전투만 다루는 게 아니라 인간과 사회를 진득하게 묘사한 드라마였다. 이러한 수준 높은 현실성은 아이들은 물론 어른들까지 불러모으는 힘이 됐다. 그런 부분에 매력을 느낀 성인 시청자가 각자의 인생과 전문 분야 경험에서 우러나온 다양한 해석을 더하고 논의를 나누면서 ‘건담 월드’는 단순 창작물이 아닌, 우리가 살아가는 또 하나의 현실마저 된 것이다.

## 소재가 바꾼 전쟁의 양상

전 인류가 지구연방이라는 하나의 정치체제 아래 통일을 이룬 미래, 우주 이민을 떠난 인류 중 일부가 지온공국이라는 정치단체를 세우고, 이 지온공국이 지구연방에 맞서 벌인 독립전쟁이 ‘기동전사 건담’의 중심 사건이다. 그리고 이 전쟁에서도 소재의 중요성은 강조된다.

건담 속 첫 번째 신소재는 미노프스키(Minovsky) 입자다. 발견자인 트레노프 이오네스크 미노프스키(반도 나오키 분)의 이름을 딴 가상의 물질이다. 이 물질은 레이더 전파를 막는 성질이 있다. 때문에 지온공국군은 이 물질을 이용해 훨씬 강력한 전력을 가진 지구연방군의 눈을 가리고, 로봇을 앞세운 게릴라성 근접 전투를 시도함으로써 서전에 그들을 압도할 수 있었다.

여담이지만, 이 애니메이션에 나오는 로봇은 엄밀히 학술적인 의미의 로봇으로 볼 수는 없다. 조종사가 내부에 탑승하기 때문이다. 우주 식민지 건설 노동의 편익을 위해 개발된, 자체 추진력을 지닌 강화 우주복이 그 기원으로 설정돼 있다. 때문에 작중에서도 로봇 대신 ‘모빌 슈트’, 또는 이를 한자어로 번역한 ‘기동전사’라는 표현을 쓰고 있다.

아무튼, 뜨거운 맛을 본 지구연방은 자신들도 모빌 슈트를 만들어 대항해야 할 필요성을 느끼고, 이의 전력화에 착수한다. 그리하여 만들어진 모빌 슈트가 템 레이 박사(기요카와 모토무 분)가 개발하고, 그의 아들 아무로 레이 상사(후루야 도오루 분)가 조종하게 된 본작의 주역 메카닉 건담이다. 이 건담은 전투에서 지온공국군의 모빌 슈트들을 간단히 압도하며



1979년작 ‘기동전사 건담(機動戦士ガンダム)’ 포스터



일당백을 자랑하는 건담의 전투력은 뛰어난 설계와 소재, 그리고 뉴타입 파일럿인 아무로 레이의 능력이 합쳐진 결과였다.



일본에 있는 건담의 실물대 모형. 일본인이 건담에 대해 갖고 있는 꿈과 자긍심의 크기를 알 수 있는 대목이다.

‘연방의 하얀 악마’라는 자랑스러운(?) 별명까지 얻는다. 그것은 기체의 성능과 조종사의 실력이 워낙 뛰어나기 때문이기도 하지만, 건담의 장갑에 사용된 특수 소재도 한몫을 단단히 했다. 그것은 통칭 건다리움(Gundarium)이라고도 불리는 루나 티타늄 합금(역시 가상의 물질)이었다. 바로 이것이 ‘기동전사 건담’의 이야기 진행에 큰 영향을 준 두 번째 신소재다.

이 소재는 가벼우면서도 운동에너지탄에 대해 대단히 높은 방어력을 지니고 있다. 또한 지구연방에서만 생산된다. 이를 장갑재로 사용한 덕분에 건담은 적 모빌 슈트의 총포 공격에 대해 거의 무적의 방탄성, 그리고 그에 따르는 높은 생존성을 확보할 수 있었다. 그러나 소재의 가격이 너무 비쌌기 때문에 극중 모빌 슈트 가운데 이 소재를 장갑으로 사용하는 기종은 건담과 그 자매 기종 몇 가지를 제외하면 없다는 설정이다. 이러한 설정은 현실세계의 전자들이 열화 우라늄, 복합소재 등의 신소재 장갑으로 방어력을 높이는 것을 연상시킨다. 지구연방군은 이렇게 우수한 소재와 성능을 지닌 건담을 앞세워 분전했고, 이후 ‘1년 전쟁’으로도 불리게 된 지온 독립전쟁은 지구연방의 승리와 지온공국의 패배로 끝이 난다.

### 인간과 기술의 나아갈 길에 대한 의문 던져

하지만 건담의 전투력은 과학기술력만으로 완성되지 않았다. ‘뉴타입(New Type)’ 파일럿인 아무로 레이가 타야 비로소 완성됐다. 뉴타입이란 인간이 집단을 만들어 생존하기 위해 지니고 있던 타인에 대한 공감과 교감 능력이 우주 공간으로 나아가면서 더욱 강대하게 진화된 신인류를 가리키는 극중의 표현이다. 다만 극중에서는 그 능력이 주로 전투에만 사용돼 더욱 효율적으로 적을 탐지하고 적의 공격을 피하고 적을 파괴하는 데만 사용되는 게 슬픈 일이지만 말이다.

그러나 극중에서 라카 순한 게이코 분이 말했듯이, 뉴타입은 결코 서로를 죽이기 위한 도구가 아니었다. 아니, 인간의 진화 목적이 고작 그 정도여서는

안 된다. 이 작품은 파괴와 살상이 주된 내용을 이루고 있지만, 종막에 이르러 영철적이게도 이렇게 묻고 있다. “우리 인간의 힘은 평화와 전쟁 중 무엇을 위해 쓰여야 할 것인가? 인간은 진정으로 상대방을 이해하고 공존할 수 있을 것인가? 그렇다면 우리 인간은 전쟁을 그만둘 수 있을 것인가?” 분명 아동용 애니메이션임에도 이렇게 묵직한 의문을 던지는 ‘기동전사 건담’. 이웃 나라가 침략 전쟁으로 고통 당하는 요즘 더더욱 가벼이 지나칠 수 없는 작품으로 다가온다.

건담은 수많은 파생 상품을 만들어냈다. 대표적인 것이 건프라(건담 프라모델). 심지어는 건담 시계, 건담 방식 같은 것도 있다.





# 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 기사



(주)네오바이오텍(neobiotech.co.kr)

**R&D센터(연구소) 직무별  
신입·경력 채용**

- **담당 업무** : 임플란트 시작품 가공 및 CAM 가공, 개발 샘플 가공, 지그 및 공구 설계, CNC 장비 운영(샘플 제작으로 인해 세팅값 수시 변경)
- **응모자격 및 우대사항** : 학력 전공 무관, 경력 7년 이상, CNC 가공 숙련자, CAM 능숙자, 공구 설계 가능자, 치과용 임플란트 관련 경력자
- **근무 형태** : 정규직(수습 3개월)
- **근무처** : 서울 구로구
- **모집 기간** : 11월 3일까지
- **문의** : 인사총무팀 02-582-2885 (내선번호 : 2115)



비나텍(주)(vina.co.kr)

**R&D센터 슈퍼 커패시터(소재 개발, 생산 기술) 개발직군 경력 채용**

- **담당 업무** : 원통형, 파우치형 슈퍼 커패시터 연구개발, 셀 설계 최적화, 샘플 단계별 개발, 양산 이관, 셀 평가, 전극 개발, 선형 기술 연구
- **응모자격 및 우대사항** : 학사 이상, 경력 5년 이상, 관련 업무 고경력직(팀장급 이상) 거주 지역 인근 면접 진행, 이차전지 관련 업무 경력자, 특허 및 국책과제 수행 경험자
- **근무 형태** : 정규직(수습 6개월)
- **근무처** : 전북 전주시 덕진구
- **모집 기간** : 상시 채용
- **문의** : HSD팀 063-715-3020



(주)티에스이(tse21.com)

**반도체 R&D 및 MEMS  
Component 개발 인력 채용**

- **담당 업무** : 반도체 공정 개발(R&D), MEMS Device 개발, MEMS 공정 진행
- **응모자격 및 우대사항** : 경력 무관(신입도 지원 가능), 전자·기계·물리·화학 전공자, R&D 경력자, 반도체 공정 경력자, Photo 공정, Wafer to Wafer Bonding 공정, EP 공정 숙달자, RF 관련 디바이스 개발 경험자, MEMS 제품 개발 경험자
- **근무 형태** : 정규직(수습 3개월)
- **근무처** : 충남 천안시
- **모집 기간** : 10월 16일까지
- **문의** : 041-581-9955



(주)네오티스(neotis.co.kr)

**[전장연구소]  
R&D 부문 신입·경력 모집**

- **담당 업무** : 자동차 전장부품 하드웨어 설계 및 개발
- **응모자격 및 우대사항** : 전자·전기 하드웨어 관련 전공자, 자동차 전자제어 장치(ECU) 하드웨어 개발 가능자, 모터 및 인버터 제어 회로 설계 가능자, A-SPIICE 및 ISO26262 프로세스 개발 경험자 우대, Altium 사용 경험자 우대, 영어 회화 가능자
- **근무 형태** : 정규직
- **근무처** : 경기 안성시
- **모집 기간** : 11월 9일까지
- **문의** : 경영지원팀 031-678-0136



## Quiz.



몇 년 전까지만 해도 한 번 사는 인생 멋지게 살자는 뜻의 '올로'가 대세였다면, 이제는 다양한 활동을 통해 개인 역량을 강화하거나 부수입을 버는 MZ세대가 늘어나는 추세다. 부지런하고 타의 모범이 되는 삶을 의미하며 MZ세대 트렌드를 아우르는, 신을 뜻하는 'God(갓)'과 '인생'을 합친 신조어는 무엇일까요?

※ 퀴즈 정답은 eco\_news@naver.com으로 보내주세요.  
독자 선물은 교환, 환불이 불가합니다. 주소 불명 등으로 반송 시 재발송하지 않습니다.

## 107호 정답 및 당첨자 이세계 아이들

유경현, 박준량, 김광연



손목보호 마우스패드 고속 무선충전기



# 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 최정민  
E-mail ena@koril.org  
Tel 02-6009-8253,  
(텔아비브Office) +972-54-345-1013



## KIAT 미국(워싱턴D.C) 거점

담당자 김은정  
E-mail ejkim@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 이재민  
E-mail jmlee@kiat.or.kr  
Tel (Office) +84-24-7308-2020

## INDUSTRIAL TECHNOLOGY

# NEWS

September >



### 제21회 한국디스플레이산업 전시회 개최

문의처 산업통상자원부 소재융합산업정책관  
반도체디스플레이과  
044-203-4275

'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@keit.re.kr / 053-718-8251

산업통상자원부가 주최하고 한국디스플레이산업협회가 주관하는 한국디스플레이산업 전시회가 8월 10일부터 12일까지 서울 코엑스에서 열렸다. 올해로 21회째를 맞은 이 전시회는 디스플레이 최신 기술과 제품을 한눈에 볼 수 있는 국내 디스플레이산업 전문 전시회로, 국내외 167개사에서 557개 부스가 참여해 역대 최대 규모를 기록했다.

'Everything is Display-able'이란 슬로건 아래 열린 이번 전시회는 스마트폰, TV, IT용 기술 외에 일상생활 속에서 편리함과 색다른 경험을 제공하는 혁신 기술이 대거 공개됐다. LG디스플레이는 중수소 기술을 적용한 차세대 TV용 OLED 패널과 함께 회의실 유리벽에 투명 OLED를 내장해 벽 자체를 디스플레이로 활용하는 회의실용 투명 OLED 솔루션을 처음으로 공개했다. 삼성디스플레이는 두 번 접는 더블 폴딩, 위아래로 늘어나는 슬라이더블 패널을 공개하고, 평소에는 스마트폰 크기로 사용하다가 게임 중에는 대화면으로 늘릴 수 있는 게임 전용 폴더블 제품 등을 내보였다. 건물 정보를 보여주는 스마트 글라스용 마이크로 디스플레이, 미래형 모빌리티 디스플레이, 수납장의 전면을 롤러블 디스플레이로 꾸밀 수 있게 해주는 롤링 부품 등 소부장 기업과 연구소의 우수 기술도 나왔다.

특히 가상과 현실을 잇는 메타버스가 새로운 기회로 부각됨에 따라 몰입감을 높이고 현실을 증강해 주는 AR·VR 체험관과 홀로그램 영상을 활용한 인공 산책로를 별도 테마존으로 조성해 미래 디스플레이상과 함께 우리나라의 앞선 기술력을 뽐냈다. 전시회의 부대행사로 공급망 안정화를 위한 소부장 구매 상담회, 22개 디스플레이 기업이 참여한 채용 박람회, 국내외 전문가 300여 명이 참석해 신기술과 최신 트렌드를 공유하는 비즈니스포럼도 열렸다.

전시회 개막식에 참석한 산업부 주영준 실장은 "디스플레이 강국으로 도약하기 위해서는 누구도 따라올 수 없는 초격차 기술과 새로운 융·복합 시장을 지속적으로 창출해야 한다"고 강조하며 "1조 원 규모의 무기발광 디스플레이 예타 사업과 메타버스용 R&D를 신규 추진해 기존에 없는 새로운 시장 선점을 위한 우리 기업의 도전을 적극 지원하겠다"고 밝혔다. 한편, 국내 디스플레이산업 발전에 기여한 올해의 12개 우수 제품에 대한 포상도 이루어졌다. 레이저를 활용해 플렉시블 OLED를 정밀하게 커팅하는 장비를 개발한 필옵틱스 최정수 수석, 포함한 6명에게 산업부 장관상이, 잉크젯 프린팅 시스템을 개발한 고산테크 김광수 상무 등 6명에게 협회장상이 수여됐다.

# NEW TECHNOLOGY OF THE MONTH

SEPTEMBER 2022



## 정기구독 안내

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



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



02-360-4859



50,000원 (연간)



네이버쇼핑에서 '이달의 신기술' 검색




chojh@hankyung.com

투명하고 전문적인  
산업기술 기획·평가·관리를  
이끄는 Keit

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

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

 유튜브 'Oh-KEIT!'  
유튜브 검색창에서 'KEIT' 검색

“국민을 위한  
기술개발로 선도국가를  
만들어 가겠습니다”

 한국산업기술평가관리원  
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology