

Tech Focus

Nov. 2024

Vol. 13



Focus Story > Flow

석유화학 분야
스페셜티가 뜬다!

Changing Tomorrow > R&D Diary

선박 수중방사소음 줄이는 기술로
친환경·고부가가치 조선 기술 격차
더 벌렸다

One More Tech > Tech for 어스

친환경 기술,
먹거리에 안심을 더하다

R&Dism > 공학자의 서재

현승균 인하대학교
제조혁신전문대학원 원장



<테크 포커스>
웹진 보기
15일 오픈

Tech Focus

Nov. 2024

<테크 포커스> 웹진에서 11월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr

Vol. 13



2

<테크 포커스> 1주년 기념

독자 Talk

Focus Story

6

Infographic

IT's Hot 석유화학산업은 지금!

8

History

키워드로 보는 석유화학산업의 발전

12

Film&tech

인간을 지키는 섬유

14

Flow

석유화학 분야 스페셜티가 뜬다!

20

Fall in tech

고부가가치·친환경 스페셜티 개발 어디까지 왔나

Changing Tomorrow

26

R&D Project

중앙대학교 인간-로봇융합연구센터

전에 없던 원천 기술의 탄생
웨어러블 로봇 주도국 한 걸음 더

30

R&D Note

(주)삼환티에프

미래 섬유로 각광받는 슈퍼섬유 개발
첨단 소재 신시장 열린다

34

R&D Diary

선박해양플랜트연구소

선박 수중방사소음 줄이는 기술로
친환경·고부가가치 조선 기술 격차 더 벌렸다

38

R&D Sense

#와류발생기 | Vortex Generator



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2024년 11월 8일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상자원부 편집 및 제작 한국경제매거진(02-360-4816) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8567) 잡지등록 대구동, 라00026
본지에 게재된 모든 기사의 저작권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다. 필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.



R&Dism

50

슬기로운 기술 생활

이제 가전도 구독하는 시대

54

공학자의 서재

현승균 인하대학교 제조혁신전문대학원 원장

제조업의 근간을 지키다. 뿌리산업의 현재와 미래

58

잡 인사이드

정현국 (주)스타코 연구소장

3D 프린팅이 바꾸는 미래 제조업

-

62

똑소리단 리뷰

64

Notice

독자 퀴즈

39

R&D Policy

미래 먹거리 만드는 R&D 정책

One More Tech

42

Tech for 어스

친환경 기술, 먹거리에 안심을 더하다

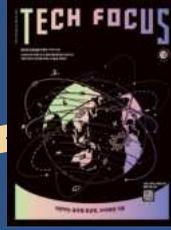
46

키워드 산책

코앞으로 다가온 기후위기



2023년 11월
모든 것이 연결되는 똑똑한 집,
스마트홈



2023년 12월
적변하는 글로벌
공급망, 우리에겐 기회



2024년 1월
로봇과 우리는
진정한 친구가 될 수
있을까?



<테크 포커스> 1주년 기념

독자 Talk

정리 한희연

나에게 <테크 포커스>는
'과학기술 지식 풀단지'다



톡소리단 3기
김태권 님

한국특허기술진흥원에 재직 중이신데요.

어떤 업무를 담당하고 있나요?

한국특허기술진흥원은 특허청 산하 공공기관으로 특허등록 심사에 필요한 선행기술조사 업무를 주로 수행합니다. 저는 특허청에서 특허 심사행정 지원 업무 또는 특허 동향 조사 업무를 수행합니다.

<테크 포커스>의 다양한 산업기술 정보가 업무적으로나 개인적으로 도움이 될 것 같은데 어떤가요?

제 전공은 바이오 분야입니다. 요즘은 융합기술이 추세라 바이오 기술에 다양한 기술이 접목되고 있습니다. 그렇다 보니 <테크 포커스>를 통해 다른 분야의 기술 동향을 살펴보고 타 기술에 대한 이해도를 넓히는 데 많은 도움을 받고 있습니다.

아무래도 최신 산업기술에 대한 정보를 많이 접하실 텐데요, <테크 포커스>에 꼭 소개하고 싶은 콘텐츠가 있나요?

저희는 현장의 기술보다는 특허공보에 기재된 내용을 중심으로 실제 사업화를 염두에 두고 있는 기술을 많이 접하고 있습니다. 그중에서 반도체와 더불어 최근 특허출원이 증가하고 있는 이차전지 기술을 소개하면 어떨까요? 예를 들어 니켈-코발트-알루미늄과 니켈-코발트-망간 등의 양극 소재 특허는 배터리 성능을 크게 향상시키는 혁신적인 기술로 평가받고 있습니다. 무엇보다 이차전지는 폭발

및 화재 등 사회적 이슈가 끊이지 않아 관심도가 높은 아이템이라고 생각합니다.

<테크 포커스>가 개편 1주년을 맞았습니다. 가장 큰 변화는 무엇이라고 생각하나요?

가장 눈에 띄는 점은 다양한 산업기술을 독자들이 이해하기 쉽게 소개하고 있다는 것입니다. 그래서 누구나 부담 없이 산업기술 정보를 접하게 된 것 같아 매우 고무적이라고 생각합니다. 사실 한없이 깊게 파고들 수도 있는 기술 분야의 주제를 기사로 전달할 때 내용의 깊이와 범위를 조절하기가 쉽지 않은데 일반인 수준에 맞춰 매월 기사를 게재하는 것 자체가 대단하다고 봅니다.

바쁜 일과 중에 3기 톡소리단으로 활동하는 데 어려움은 없나요?

주로 주말이나 휴일에 참여하는 편이라 크게 지장을 받지는 않습니다. 오히려 톡소리단으로 활동하면서 제가 건의한 소소한 사안이 반영됐을 때 큰 보람을 느낍니다.

<테크 포커스>를 한마디로 정의한다면요?

<테크 포커스>는 '과학기술 지식 풀단지'입니다. 왜냐하면 내가 필요할 때 궁금한 지식을 꺼내 볼 수 있기 때문입니다.



2024년 2월
모든 산업은 AI로 탈바꿈한다
CES 2024

2024년 3월
차원이 다른 교통 혁명
스마트 모빌리티



2024년 4월
2050 탄소중립,
지속가능한 삶으로의 전환

<테크 포커스>를 언제, 어떤 계기로 알게 됐나요?

저는 평소 KEIT와 R&D에 관심이 있어서 여러 메일링 리스트를 구독하고 있습니다. 그러던 중 <테크 포커스> 독자단 모집 공고를 보게 됐고, 모집 목적과 활동 내용이 매우 흥미로워서 망설임 없이 신청했습니다. 고등학생 아들의 경우에는 IT와 과학 분야에 특히 큰 관심을 갖고 있습니다.

학부모로서 자녀에게 <테크 포커스>를 소개할 때 내용의 난이도 등 어려움은 없었나요?

<테크 포커스>는 여러 산업 분야의 기술을 폭넓은 독자층이 쉽게 이해할 수 있도록 소개하는 월간지라고 생각합니다. 물론 어려운 내용도 있지만, 특히 'Intro' 코너가 큰 도움이 됐습니다. 전문용어는 각주로 설명해주고, 무엇보다 시각적 이해를 돕는 훌륭한 사진과 그림이 많이 포함되어 있어 매우 유익합니다. 이러한 요소들 덕분에 많은 학부모가 자녀에게 흥미롭게 소개할 수 있을 것이라고 생각합니다.



자녀와 <테크 포커스>를 공유하고 소통하면서 좋았던 점이나 아쉬웠던 점이 있다면 말씀 부탁드립니다.

전체적으로 간단하고 쉬운 설명과 더불어 사진, 그림이 적재적소에 포함되어 있어 학생인 자녀가 보기에 매우 유익합니다. 특히 '잡 인사이드' 코너는 학생들이 가장 흥미를 느낄 만한 내용이라고 생각합니다. 다만, 저명한 분들의 인터뷰와 소개도 흥미롭지만, 일반 기업에서 일하는 평범한 직업인들의 이야기, 즉 우리가 일상에서 접할 수 있는 성실한 시민이자 산업인들의 이야기를 더 많이 다루준다면 청소년들이 느끼는 거리감이 줄어들고, 보다 현실적으로 다가올 수 있을 것 같습니다.

<테크 포커스>가 개편 1주년을 맞았습니다. 가장 큰 변화는 무엇이라고 생각하나요?

가장 크게 달라진 점은 웹진이라고 생각합니다. 필요한 내용을 손쉽게 웹으로 접속할 수 있고, 메뉴를 통해 원하는 주제를 빠르게 찾아볼 수 있다는 점이 매우 편리합니다. 또한 웹 링크를 통해 쉽게 내용을 공유할 수 있어 접근성이 크게 향상됐습니다. 무엇보다 목소리단의 의견이 실제로 반영되기 시작한 시점이라는 점에서 매우 의미 있다고 생각합니다. 이를 통해 독자와의 소통이 더욱 강화된 느낌을 받았습니다.

목소리단으로 활동하면서 느낀 보람과 장점에 대해 말씀해주세요.

목소리단으로 활동하면서 매월 출석 체크, 대신 질문해드립니다, 표지 선정 투표, 기사 리뷰 등 다양한 활동에 참여하고 있습니다. 이러한 의견들이 월간지에 실제로 반영돼 독자들에게 도움이 된다고 생각하니 큰 보람을 느낍니다. 또한 이러한 과정을 통해 다양한 지식과 상식을 쌓을 수 있어 매우 유익하다고 생각합니다.

<테크 포커스>를 한마디로 정의한다면요?

<테크 포커스>는 기술의 연결고리입니다. 왜냐하면 기술, 사람, 산업을 연결해 변화하는 세상의 소식을 알리고 이해와 적응을 돕기 때문입니다.

아들과 함께 지식을 공유하고 소통하는 장이 되다



목소리단 3기
김형우 님

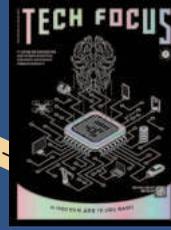
2024년 5월
조선 르네상스,
격차에 격차를 더하다



2024년 6월
레드 바이오,
생명의 비밀을 풀다



2024년 7월
AI 시대의 반도체,
글로벌 1위 신화는
계속된다



**전략기획을 업으로 하고 계시는데요.
구체적으로 어떤 분야의 기획을 담당하고
있나요?**

건강기능식품 제조업 분야에서 전략기획 업무를 담당하고 있습니다. 시장 환경 분석을 기반으로 회사의 비전과 전략 체계를 수립하고 사업관리를 하는 일이지요.

<테크 포커스>가 업무적으로 도움이 된 사례가 있나요?

공공기관에서 발행하는 잡지이다 보니 관련 정책 동향까지 파악할 수 있습니다. 시중에 비즈니스나 학술 전문 잡지는 많아도 이렇게 꾸준히 알찬 기술 트렌드를 전달하는 잡지는 <테크 포커스>가 독보적이지 않나 싶습니다. 기획 업무를 수행하려면 시장과 고객에 대한 이해가 필수적입니다. 세상이 어떻게 변화하고, 어느 방향으로 흘러가고 있는지 감을 잡아야 하죠. 특히 기술은 그 선두에서 세상의 흐름을 명징하게 보여주기 때문에 신사업 기획 시 꼭 살펴보는 편입니다. 제 경우에는 10월호에서 다룬 AI 자율 제조, 자동화 기술 관련 기사가 제조업 분야 중장기 발전 전략을 수립하는 데 좋은 참고 자료가 됐습니다.

**<테크 포커스>에서 다뤘으면 하는
추천 콘텐츠가 있다면 말씀해주세요.**

제가 생각하는 미래 핵심 산업 4대 키워드는 바이오, 식량, 반도체, 에너지입니다. 이 중 바이오와 반도체는 지난 6월호, 7월호에서 각각 다뤘으니 향후 식량과 에너지에 대한 콘텐츠를 깊이 있게 조명해주셨으면 하는 바람입니다.

**<테크 포커스>가 개편 1주년을
맞았습니다. 가장 큰 변화는 무엇이라고
생각하나요?**

전반적으로 잡지의 완성도가 높아진 것 같습니다. 가장 큰 변화는 전면 무료화 및 웹진 발간을 통해 독자 접근성이 개선됐다는 점이에요. 그 외에도 가독성을 높인 UI/UX, 세련되고 단순해진 표지 디자인, 보다 포괄적인 의미를 담은 잡지명 변경이 인상적이었습니다.

**똑소리단으로 활동하면서 보람을 느끼는
순간이 있었는지 궁금합니다.**

똑소리단으로 활동하면서 좋은 점은 과제 수행을 위해 자연스럽게 잡지를 꼼꼼히 읽어보게 된다는 것입니다. 어느 정도의 책임감과 사명감이 부여된다고 할까요? 지난 2기 참여를 시작으로 똑소리단으로 활동한 지 이제 10여 개월이 넘어가면서, 최신 기술 동향과 인사이트를 구하는 습관이 몸에 밴 것 같아 보람을 느낍니다.

그리고 똑소리단이 다 같이 발굴한 개선점이 다음 호에 반영되는 걸 지켜보는 재미도 쏠쏠하답니다.

**<테크 포커스>에 바라는 점이 있다면
무엇인가요?**

장기적인 관점에서의 브랜딩을 당부드리고 싶습니다. 지금처럼 기사 콘텐츠 품질을 유지하면서 좀 더 많은 독자를 만나 소통하는 잡지로 말이죠.

**<테크 포커스>를 한마디로
정의한다면요?**

<테크 포커스>는 '기술의 숲'입니다. 왜냐하면 국내외 해외, 과거와 미래, R&D와 실제 도입 사례, 정책과 트렌드 등 기술의 전체적인 그림을 한눈에 파악할 수 있기 때문입니다.

**<테크 포커스>를 통해
세상의 흐름을 읽고
인사이트를 얻다**

똑소리단 3기
안경은 님





2024년 8월
디스플레이, 혁신 기술의
플레이그라운드

2024년 9월
방산 기술, 세계 평화를
위한 조용한 힘



2024년 10월
제조 기술,
AI로 더 강해진다

**산업기술에 대한
폭넓은 배경지식으로
자신감을 키우다**



톡소리단 3기
윤혜인 님

**<테크 포커스>를 언제, 어떤 계기로 알게
됐는지 궁금합니다.**

저는 대학에서 법학을 전공했는데요. 여러 판례를 공부하면서 ‘배경지식을 가지고 있다면 내용을 조금 더 폭넓게 이해할 수 있을 텐데’라는 아쉬움이 생기더라고요. 그래서 평소에 호기심을 가졌지만 어려워져 멀게만 느껴졌던 산업기술 분야에 대해 제대로 알고 싶었어요. 마침 SNS에서 <테크 포커스> 톡소리단 2기 모집 공고를 보게 됐고, 새롭게 배워보자는 마음으로 지원했습니다.

**<테크 포커스>를 만나기 전과 후 가장 큰
변화는 무엇인가요?**

<테크 포커스>와의 첫 만남부터 지금까지를 돌아봤을 때 가장 달라진 점이 있다면, 처음이라 낯선 산업기술 분야가 있을지언정 이제 더 이상 <테크 포커스>에서 다루는

주제들이 어렵게 느껴지지 않는다는 거예요. 그래서인지 다음 달에는 또 어떤 산업기술 분야를 만나게 될지 기다려집니다.

**전공이 아닌 다른 분야에 대한 기사를
읽을 때 어려움은 없었나요?**

사실 처음 <테크 포커스>를 받고 어떻게 읽어야 할지 고민했어요. 하지만 걱정과 달리 국내외 다양한 산업기술이 ‘Intro’와 ‘History’부터 시작해서 현재 기술이 얼마나 발전했는지 알려주는 ‘Global Tech’까지 담고 있어 내용을 쉽게 이해할 수 있었습니다. 개념으로 시작해서 심화로 나아가는 것처럼 말이죠.

**가장 유익하고 기억에 남는 코너는
무엇인가요?**

예전에는 직업이 정형화돼 있었다면 요즘은 다양한 직업들이 생겨나고 있는데요. ‘잡 인사이드’ 코너를 통해 의사과학자, AI 트레이너처럼 변화하는 현실을 반영한 직업들을 만나볼 수 있었어요. 다양한 과학기술이 발전하는 만큼 그와 관련된 인력이 필요할 것이라는 관점으로 바라보니 과학기술이 우리에게 얼마나 큰 영향을 미치는지 느껴지더라고요. 실제 그 직업에 종사하는 분들이 전해주는 생생한 인터뷰를 통해 어떤 일을 하는지, 무엇을 준비해야 하는지, 업무를 수행하면서 나타날 수 있는 현실적 어려움 등 직접 업무를 해보지

않으면 알 수 없는 내용을 알려줘 정말 큰 도움이 된답니다.

**톡소리단으로 활동하면서 보람을 느끼는
순간이 있는지 궁금합니다.**

저는 리뷰를 작성하는 모든 시간이 좋았어요. 리뷰를 작성하려면 내용을 확실히 숙지해야 하니까 꼼꼼히 읽게 되더라고요. 또 다른 분들의 리뷰를 읽으며 제가 생각하지 못한 부분을 발견하기도 하고, 좋은 관점을 접하면 ‘나도 나중에 이렇게 바라봐야지’ 다짐하는 시간도 가졌어요. 이렇게 나의 생각을 표현할 수 있는 공간이 있다는 건 정말 행복한 일인 것 같아요.

**<테크 포커스>를 한마디로
정의한다면요?**

<테크 포커스>는 돌파구입니다. 낯선 분야를 접하면 두려운 마음에 위축되기도 하는데 <테크 포커스>를 만난 덕분에 ‘산업기술 분야는 어렵다’는 벽을 깨뜨릴 수 있었습니다.



최근 석유화학산업은 중국발 공급과잉과 수요 둔화, 고유가가 지속되면서 어려운 사업 환경에 놓여 있다. 이에 국내 석유화학업계 전반은 고부가가치 소재인 스페셜티만이 살 길이라고 여기고 스페셜티의 경쟁력 확보를 위한 투자에 적극 나서고 있다.

IT's Hot, 석유화학산업은 지금!

국내 석유화학산업의 위상

화학산업 규모

세계 **5위**

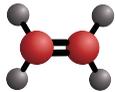
2022년



에틸렌 생산 능력

세계 **4위**

2023년



생산 135조 원
국내 제조업 중

5위

2022년



수출 457억 달러
(총수출의 7.2%)

국내 **4위** 수출 품목

2023년



부가가치 24조 원
국내 제조업 중

5위

2022년



사업체 수 530개사

국내 제조업 중

6위

2022년



자료 : 한국석유화학협회

석유화학산업의 적용 분야



광통신
소재



디스플레이용
광학필름



이차전지
소재



탄소나노
섬유



생체재료



반도체 기반
소재

핵심 기반 기술

신소재 융합 기술

신사업 창출

석유화학산업

석유화학 투자 지원 전담반 TF 출범

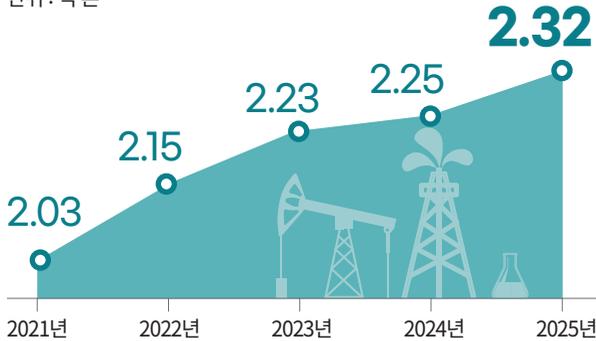


산업통상자원부가 지난 3월 8일 울산에서 '석유화학 투자 지원 TF'를 출범했다. 이 TF는 국내 대표적인 석유화학 분야 대형 프로젝트인 '샤힌(S-oil, 9.3조 원)'과 'ARC(SK 지오센트릭, 1.8조 원)' 프로젝트의 투자 진행 상황을 점검하고, 진행 과정상의 애로를 밀착 지원한다.

샤힌은 국내 석유화학 역사상 최대 규모의 투자 프로젝트로 한-사우디 경제협력의 상징이며, ARC는 세계 최대 페플라스틱 재활용 클러스터 조성 프로젝트로 국내 석유화학산업에서의 순환경제 구현을 위한 대표 사업인 만큼, TF를 통해 기업들의 투자를 적극 뒷받침할 예정이다.

⊕ 전 세계 에틸렌 공급 가능 물량

단위: 억 톤



자료: S&P글로벌 ※ 2024-2025년은 전망치



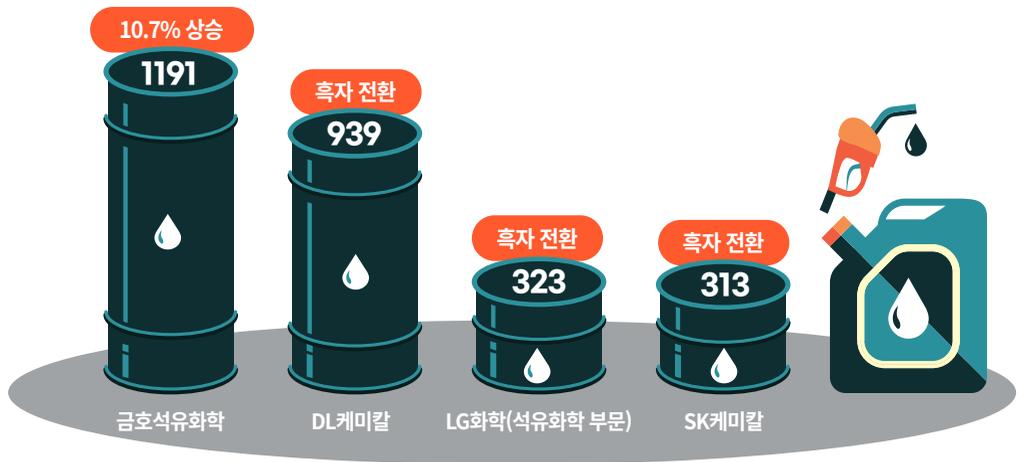
석유화학산업 스페셜티?

독자적인 원료와 기술로 개발한 소재. 일부 기업이 시장을 지배하고 있어 수익성 확보에 유리하며, 개발 난이도가 있어 신규 업체의 진입 장벽도 높다.

⊕ 스페셜티 앞세운 석유화학 기업들 깜짝 실적

주요 석유화학 기업 2024년 2분기 영업이익

● 전년 동기 대비 증감률



단위: 억 원 ※ 연결 기준, SK케미칼은 별도 기준

⊕ 석유화학 4사, R&D 투자는?

석유화학 4사, R&D 투자는?



단위: 억 원

LG화학, 한화솔루션, 롯데케미칼, 금호석유화학 4사의 2024년 상반기 R&D 합산 투자는

총 1조2761억 원가량
전년 동기(약 1조1851억 원)
대비 약 910억 원 증가

자료: 금융감독원

키워드로 보는

석유화학산업의 발전

글 이동훈 과학칼럼니스트

우리는 실로 다양한 석유화학 제품에 둘러싸여 살고 있다. 플라스틱, 비닐, 페인트, 의약품, 연료... 이 모든 것이 석유화학 제품이다. 이러한 제품들이 제대로 공급되지 않으면 우리의 현대 생활은 엉망이 될 것이다.

하지만 석유화학 제품은 하늘에서 푹 떨어져 내려오거나 땅에서 솟아나는 것이 아니다. 물론 석유화학 제품의 원료가 되는 원유는 땅에서 솟아난다. 하지만 구슬이 서 말이어도 꿰어야 보배라고 했던가? 원유는 그 자체로는 큰 상품적 가치가 없다. 인간의 (석유화학) 기술을 통해 다양한 제품으로 만들어져야 상품적 가치와 효용을 갖는 것이다.

이렇게 중요한 석유화학 기술을 이용한 석유화학산업. 그 발전사와 주요 제품들을 알아본다.

Keyword 1.

올레핀과 방향족

우선 석유화학 기술에 대해 간단히 알아보자. **석유화학 기술이란 그 이름에서도 알 수 있듯이 원유를 정제해 우리 생활에 필요한 화학 제품을 만드는 데 필요한 기술**이다. 정제 기술은 중학교 과학 교과서에서도 다루듯이, 다른 말로 하면 원유를 분해해 다양한 제품(가솔린, 나프타, 등유, 경유, 중유, 아스팔트 등)을 만드는 방법이다.

석유화학 기술로 만들어내는 화학물질은 엄청나게 다양하다. 하지만 연료를 제외한 형태의 석유화학 제품은 크게 올레핀^{olefins}과 방향족^{aromatics}(영어 발음을 그대로 읽은 ‘아로마틱스’로도 불린다) 두 가지 계열로 나눌 수 있다. 액화천연가스를 분해하면 올레핀이, 나프타^{Naphtha}(‘납사’라고도 불린다)를 촉매 개질하면 방향족이 만들어진다. 이렇게 만들어진 올레핀과 방향족, 기타 제품들은 실로 다양한 석유화학 제품의 기반이 된다.

올레핀과 방향족을 바탕으로 만들어지는 제품들은 우리 생활에 필수적이다. 석유화학 기술을 통해 플라스틱, 합성섬유, 합성고무, 염료와 희석제, 합성세제, 폴리우레탄, 비료 등의 제품들이 만들어진다. 이러한 화학물질이 없다면 우리의 생활 수준은 순식간에 산업혁명 이전 수준으로 후퇴하고 말 것이다.

Keyword 2.

개척자

다양한 화학물질을 생산하는 석유화학 기술은 의외로 오랜 역사를 자랑한다. 석유화학 기술의 기반을 다진 유기화학 분야의 개척자는 프랑스의 화학자 미셸 슈브릴^{Michel Eugène Chevreul}이다. 19세기 이전 대다수의 화학자들은 유기물은 **생체 에너지를 통해 만들어진 생명체의 몸을 이루는 물질로 정의**했다. 즉 유기물은 생명체의 생명 활동에 의해서만 만들어진다고 여겼다. 처음에는 슈브릴도 그렇게 생각했다. 그러나 그는 지방과 알칼리 성분으로 만들어지는 비누의 특성을 연구하던 1811년, 지방의 화학적 구성과 성분을 알아낸다. **이로써 생명체의 몸속이 아닌 인공적 환경에서 유기물인 지방을 만들어낼 수 있게 됐다.**



원유를 정제해 다양한 제품으로 변신시키는 것이 석유화학 기술의 역할이라 할 수 있다.

Keyword 3.

빌러 합성

독일의 화학자 프리드리히 빌러^{Friedrich Wöhler}는 슈브릴의 발견을 기반으로 한 걸음 더 나아가, **무기물을 인공적으로 가공해 유기물을 만들어내고자 했다.** 그는 1828년 시안산암모늄으로부터 오줌의 주성분인 유기물 요소를 합성해냄으로써 이에 성공했다. 이것이 바로 빌러 합성이다. **이로써 유기물의 정의는 탄소를 축으로 하는 분자들로 구성된 물질로 바뀌게 됐다.**

Keyword 4.

최초의 합성염료

유기물에 대한 연구, 즉 탄소의 배열 상태에 따른 특성이 연구되면서 여러 발견이 이뤄진다. 1856년 영국의 화학자 윌리엄 퍼킨^{William Henry Perkin} 경은 **말라리아 치료제로 이용되는**

키니네 분자를 연구하던 도중 우연히 보라색 염료, 즉 **염색약을 만들어내는 데 성공했다.** 퍼킨은 제철 공업의 값싼 부산물인 콜타르에서 나오는 톨루이딘^{Toluidine}을 원료로 가감법을 사용해 키니네를 합성하려고 했다. 가감법이란 출발 원료의 분자식을 목적 원료와 똑같이 변경함으로써 목적 원료를 얻는 방법이다. 퍼킨은 톨루이딘에 몇 개의 탄소 원자와 수소 원자를 덧붙이고, 그 후 산소 원자 몇 개를 더해 원소의 모양과 수를 키니네와 같게 하면 키니네를 합성시킬 수 있다고 생각했다. 이 과정에서 키니네가 아니라 보라색 염료가 나왔다. 이는 사실상 최초의 합성염료 생산이자, 이후 오늘날까지 이어지는 합성염료산업의 시초가 됐다.

Keyword 5.

방향족의 발견

1858년 독일 겐트대학교의 교수이던 프리드리히 아우구스트 케쿨레 폰 슈트라노니츠^{Friedrich August Kekulé von Stradonitz}는 또 하나의 큰 발견을 해냈다. 다양한 탄소화합물을 연구하던 그는 특히 벤젠에 관심이 있었다. 그는 우연히 꿈에서 본 자기 꼬리를 물고 있는 뱀 오우로보로스^{Ouroboros}에 착안해, **탄소가 일명 ‘벤젠고리’라는 구조를 통해 산소와 1:1로 결합하고 있음을 증명한다.** 그리고 이 벤젠고리에 탄소가 붙어 있는 형태에 따라 톨루엔, 자일렌 등의 다른 물질도 있음을 알아낸다.



신발의 중창 소재로 쓰이는 폴리우레탄. 석유화학 기술이 없다면 나무나 생고무를 중창으로 써야 했을 것이다.

앞서 언급한 방향족의 발견이었다. 방향족은 아스피린, TNT, 스티렌 등 다양한 석유화학 제품의 원료가 됐다.

Keyword 6.

플라스틱의 발명

가장 대표적인 석유화학 제품인 플라스틱의 발명 이야기를 빼놓을 수 없다. 탄소고리를 이용해 만들어낸 획기적인 합성 소재 플라스틱. 그 기원을 파고 들어가다 보면 독일 출신의 화학자 크리스티안 쇤바인^{Christian Friedrich Schönbein}이 있다. 그는 폭발물인 니트로셀룰로오스의 발명자로 유명하다. 이 역시 매우 우연한 기회에 이뤄진 것이었다. 그는 실험을 하다가 바닥에 질산과 황산 혼합물을 엮질렀다. 이를 앞치마로 닦아낸 후 난로 위에 넣어 말리려는데 앞치마에서 갑자기 불이 피어오르더니 순식간에 타서 없어졌다. 질산 속 질산기가 앞치마 속 셀룰로오스를 산소 공급원으로 변화시키고, 이것이 가열되자 셀룰로오스가 완전하고 신속하게 산화되고 만 것이다.

영국의 화학자 알렉산더 파크스^{Alexander Parkes}가 이 물질에서 새로운 가능성을 발견했다. 에테르와 알코올을 니트로셀룰로오스에 배합해 원하는 모양의 틀에 넣고 가열해 건조시키면 단단하고 강한 소재를 성형할 수 있다는 것이었다. 이것이 사상 최초의 플라스틱이었고, 파크스는 이 제품에 자신의 이름을 따 파크신이라고 이름 붙여 1862년 만국박람회에 출품했다. 파크신은 당구공, 단추, 빗 등의 소재에 쓰이기 시작했다. 하지만 이 소재는 천연 고분자 물질인 셀룰로오스에 의존한다는 한계가 있었다.

완전한 합성 고분자물질로 이뤄진 최초의 플라스틱은 1907년 미국 과학자인 레오 베이클랜드^{Leo Baekeland}가 개발한 열경화성 플라스틱인 베이클라이트^{Bakelite}다. 그는 독일의 과학자 아돌프 폰 바이어의 논문에서 아이디어를 얻었다. 폰 바이어는 페놀과 포름알데히드를 섞었더니 녹지 않는 단단한 물질이 형성되는 바람에 실험 기구를 온통 못 쓰게 됐다는 기록을 남겼다. 이를 본 베이클랜드는 **페놀과 포름알데히드를 나뭇조각과 섞은 뒤 고온처리해 플라스틱을 제조하는 데 성공,** 베이클라이트라고 명명했다. 베이클라이트는 성형의 자유도, 강성, 제조 비용 면에서

우리가 일상에서 편하게 쓰는 비닐 팩도 알고 보면 석유화학 기술의 산물이다.



파크신보다 우수했다. 베이클라이트는 당시 불을 이루던 전기 제품의 외장재로 쓰이면서 큰 인기를 얻었다.

Keyword 7.

폴리에틸렌

비슷한 시기에 열가소성 플라스틱의 대명사라고 할 만한 폴리에틸렌이 발명됐다. 독일의 화학자 한스 폰 페히만^{Hans von Pechmann}이 1899년 디아조메탄을 연구하다가 우연히 만들어낸 폴리에틸렌은 이중결합을 이루는 에틸렌이 마치 기차처럼 연속적으로 결합해 있는 형태인 고분자 중합체였다. 1933년 영국 임페리얼 화학공업사의 에릭 포셋과 레즈널드 김슨이 **고온 고기압에서 에틸렌과 벤즈알데히드를 결합시키려고 하다가 우연히 이 물질을 다시 합성해냈다.** 1938년에는 같은 회사의 마이클 페린이 폴리에틸렌을 안정적으로 생산하는 방법을 알아냈고, 절연성 필름과 포장재(통칭 비닐)의 주원료로 널리 이용됐다. 즉 우리가 지금도 사용하고 있는 비닐의 원료가 폴리에틸렌이다. 이후 독일의 화학자인 카를 치글러가 밀도를 높인 고밀도 폴리에틸렌^{HDPE} 공정을 개발했고, 배관 및 자동차 부품 등 높은 강성이 필요한 부품의 소재로 이용됐다.

이탈리아의 줄리오 나타 교수는 치글러의 연구를 더욱 발전시켜 매우 규칙적인 구조를 가지는 폴리프로필렌을 만들었다. 이 같은 공로를 인정받아 치글러와 나타는 1963년 노벨 화학상을 공동 수상했다.

그 외에도 폴리우레탄, 에폭시, PET 등 다양한 유기화학적 방법을 이용해 만들어진 여러 중합체 소재가 탄생했고, 이들은 단열재, 수영복, 항공기의 소재, 기계 부품, 페트병 등 일상 속 무수히 많은 플라스틱 제품에 사용된다.

Keyword 8.

환경

석유화학 제품은 오늘날 우리의 삶에 필수적이다. 일례로 코로나19 팬데믹 때 필수품이었던 손 소독제도 석유화학 기술이 없었다면 대량 생산과 보급이 불가능했을 것이다. 석유계 연료는 다양한 교통수단에도 활용돼 지구상 어디든 사람의 발길이 닿게 하고 있다.

그러나 석유화학산업은 썩지 않는 플라스틱 쓰레기 생산, 온실가스 배출로 인한 지구온난화 등 환경 파괴의 주범이라는 오명 역시 쓰고 있다. 이러한 부분을 개선하는 것이 앞으로의 과제일 것이다.



이동훈

<월간 항공> 기자, <파퓰러사이언스> 외신 기자 역임. 현재 과학/인문/국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사> 등의 과학 서적을 번역했다.

‘모든 영화는 재난 영화’라고 했던가? 영화 속 주인공들은 극한 환경에 내팽개쳐지는 경우가 많다. 하지만 걱정할 필요 없다(!). 그들을 극한 환경으로부터 보호할 수 있는 석유화학 섬유 제품이 있기 때문이다. 꿈을 현실로 이뤄주는 석유화학 섬유 제품들을 알아보자. 글 이경원 과학 칼럼니스트

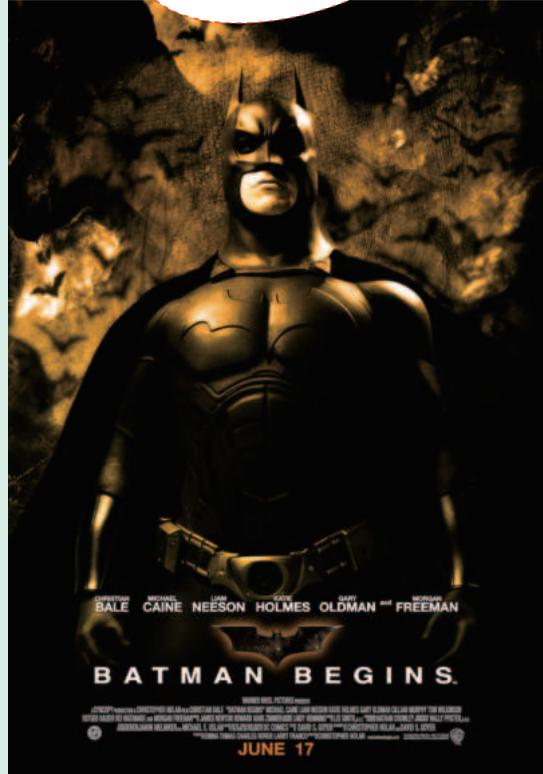
인간을 지키는 섬유

총알을 막아라

<배트맨>

슈퍼히어로가 등장하는 영화 <배트맨>. 이 시리즈에서 브루스 웨인은 배트맨으로 변신해 Gotham 시를 악으로부터 지킨다. 이때 입는 배트 슈트는 총탄과 폭탄 파편으로부터 착용자를 보호한다. 이러한 옷은 현실에도 존재한다. 석유화학 섬유로 이루어진 방탄복으로 말이다.

총기는 중세를 몰락시켰다. 체력에 상관없이 누구나 하루만 배우면 바로 전투에 투입시킬 수 있다. 중세 기사들이 입던 갑옷 따위는 간단히 무력화시켰다. 하지만 창이 발전하면 방패도 발전하는 법. 섬유의 발전이 총탄을 막는 해법을 제시했다. 축구 골대의 네트가 축구공을 막듯이, 매우 질긴 섬유를 충분히 두껍게 겹치면 총탄을 막을 수 있다. 그래서 처음에는 면, 실크 등의 천연섬유로 방탄복을 만들어 입었다. 하지만 천연섬유는 변질되기 쉽고, 일정 수준 이상으로는 내구성과 방탄 능력을 높일 수 없다. 그러던 중 발명된 나일론을 필두로 한 각종 석유화학 섬유는 방탄복 개발자들의 고민을 덜어줬다. 천연섬유보다 훨씬 인장 강도가 높으면서도 가벼워 방탄복의 소재로 적합했다. 나일론은 제2차 세계대전을 기점으로 방탄복 소재로 많이 활용됐다. 이후 케블라 섬유¹, 다이니마 섬유², 스펙트라 섬유³ 등 다양한 합성섬유가 개발돼 방탄복의 소재로 쓰이고 있다.



그러나 섬유제 방탄복에는 태생적인 문제점이 있었다. 바로 경도가 낮은 섬유라는 한계 때문에 칼이나 송곳 등 경도가 높은 예기⁴의 공격에는 약하다. 비슷한 이유로 구경이 작아 저항도 작고, 속도가 권총탄보다 상당히 빨라 운동에너지가 높은 소총탄이나 탄심에 철 등 경도 높은 금속을 넣은 철갑탄의 공격에는 비교적 쉽게 뚫리는 것이다. 그 때문에 현대의 방탄복에는 별도의 방탄판을 넣어 이런 공격에 대한 방어력을 확보하는 경우가 많다. 방탄판의 재질은 티타늄 등의 금속도 있지만 세라믹, 고강도 플라스틱 등 가벼우면서도 총탄보다 우수한 경도를 확보해 명중한 총탄을 깨버릴 수 있는 인공 소재도 많이 사용된다.

¹ 케블라 섬유 : 정식 명칭은 파라 아라미드. 케블라는 상품명이다. 1965년 듀폰사에서 개발된 아라미드 계열 섬유다. 강철의 5배에 달하는 인장 강도와 고내열성이 특징이다.
² 다이니마 섬유 : 초고분자량 폴리에틸렌 섬유의 일종이다. 인장 강도가 무려 강철의 15배에 이르는, 가장 강도가 뛰어난 합성섬유 중 하나다.
³ 스펙트라 섬유 : 시중에서 구할 수 있는 최고의 합성섬유 중 하나다. 다이니마와 마찬가지로 초고분자량 폴리에틸렌 섬유이지만 분자구조는 약간 다르다. 다이니마에 비해 경화, 균열, 변형에 견딜 수 있는 내피로성은 좀 더 우수하지만, 내마모성은 다소 모자란 특징이 있다.
⁴ 예기 : 끝이 뾰족하거나 날이 예리한 물건

작은 우주선을 입자

<더 문>

달에서 충격적인 진실을 알게 되는 주인공의 이야기를 다룬 SF 영화 <더 문>. 달에는 공기가 없으므로 주인공은 달 표면에서 활동할 때 우주복을 입는다. 이 우주복은 무엇으로 만들어졌을까? 다름 아닌 여러 가지 석유화학 섬유로 되어 있다. 그중에서도 가장 첫 번째로 꼽히는 것이 나일론이다. 나일론은 엄밀히 말해 상품명이고, 본 이름은 폴리아미드^{Polyamide}수지다. 1935년 미국 듀폰사의 윌리스 캐러더스가 발명한 폴리아미드수지는 사상 최초의 엔지니어링 플라스틱이다. 일반 생활 잡화와는 달리 고강도, 고내열성이 필요한 구조재 및 기계 부품 소재로 적합한 물성을 지녔다. 나일론은 발명 당시뿐 아니라 지금의 기준으로 봐도 매우 우수한 화학섬유다. 오늘날 생산량의 70%를 차지하는 나일론 6의 경우 고온 열처리를 통해 주름을 잡을 수 있고, 햇빛과 마찰에 내성이 강하며, 내열온도는 256°C, 인장 강도는 무려 철의 6배에 달한다. 나일론은 의류, 기계 부품, 의료용품 등 다양한 용도로 쓰이고 있다. 물론 극한 환경에서 입는 우주복의 재료로도 쓰인다.



속옷까지 방화복

<F1>



브래드 피트 주연의 영화 <F1>이 내년에 개봉될 예정이다. 이름에서도 알 수 있듯이 F1, 즉 포뮬러원 자동차경주 레이서들의 이야기다. 이 레이서들의 복장을 보면 한 가지 특징이 있다. 바로 겉옷은 물론 속옷과 패치까지 노멕스^{Nomex} 방염 섬유로 되어 있다는 점이다. 좁은 운전석 내에서 차량을 운전하는 경기 특성상 만에 하나 화재가 발생할 경우 무사히 탈출할 시간을 벌기 위해서다. 노멕스 섬유는 고온에 노출돼도 녹거나 연소되지 않는다. 따라서 착용자의 화상 위험을 최소화한다.

노멕스는 어떻게 이러한 물성을 갖게 된 것일까? 노멕스의 본 이름은 메타 아라미드 섬유다. 이 섬유는 '방향족 폴리아미드 섬유'의 일종으로, 분자구조의 골격인 벤젠고리가 직선으로 연결돼 있지 않다. 때문에 녹는점, 분해점, 2차전이점이 높아 고온에서도 기계적 특성이 유지되며 장시간 열열화, 즉 고온의 상태에서 화학적 성질이 빠르게 변하기 때문에 재료의 물성이 저하되는 현상이 적다. 그리고 무엇보다 한계산소소지수(재료가 연소를 지속하기 위해 필요한 산소 농도)가 지구 대기 중 산소 농도를 뛰어넘는 29~32% 수준이다. 바로 이 때문에 노멕스 섬유는 지구 대기 중에서 연소를 지속하기 어려운 것이다.

이러한 이유로 노멕스 섬유제 경기복은 각종 자동차경주의 필수 장비로 지정돼 있다. 그 외에도 소방관용 방화복, 항공 승무원용 비행복, 군용 장갑차량 승무원복 등 방화 성능이 필요한 여러 복장의 주된 소재로 쓰인다.

에쓰오일이 2018년 5조 원을 들여 완공한
정유 석유화학 복합시설.



석유화학 분야 스페셜티가 뜬다!

수년 전 ‘차·화·정·화·精’의 시대가 있었다. 그 당시 기업 실적과 밸류에이션이 동시에 뒷받침되어 우리나라의 주가 상승을 이끌던 자동차, 석유화학, 정유 종목을 일컫는 말이었다. 또한 석유화학산업은 반도체·자동차산업과 함께 수출 3대 트로이카로 불리며 국가 산업을 이끌어왔다. 하지만 최근 세계 수요와 공급의 불균형 상태가 지속되면서 석유화학산업이 고전을 면치 못하고 있다. 글로벌 공급과잉, 주요 수출 시장인 중국의 경기 부진, 고유가에 따른 원가 부담 등으로 수익성이 저하되고 있으며, 기후변화 및 플라스틱 규제 움직임에 따라 친환경 전환을 요구받고 있다. 이 같은 글로벌 변화와 요구에 따라 석유화학업계는 경쟁력 강화를 위한 고부가가치 스페셜티 제품으로 사업 다각화를 모색하고 있다. 글 김대웅 한국화학산업협회 연구기획실장



산업의 흐름과 위기 극복 방안

화학산업은 석유화학, 고무 및 플라스틱, 정밀화학이
전방산업으로 구분될 수 있으며, 원료~중간체~최종재까지
긴밀한 공급체계를 구축하고 있다.

석유화학은 석유 제품(Naphtha, 납사 또는 나프타 등으로
발음) 또는 천연가스를 원료로 한 에틸렌 등 기초 유분과 이를
원료로 하는 합성수지(플라스틱), 합성섬유(폴리에스터, 나일론
등), 합성고무(타이어, 신발 등) 및 각종 화합물(정밀화학
제품의 원료 및 중간체)을 생산한다. 고무 및 플라스틱은
합성고무와 합성수지 등을 원료로 자동차, 전자제품의
내외장재 등 생활필수품, 포장재, 타이어 고무 제품 등의
부품을 공급하고 있다. 또한 정밀화학은 전방산업과 밀접하게
연계돼 반도체·자동차산업 등에 필수 핵심 소재를 공급하는
산업으로서 염·안료(디스플레이 등), 점·접착제(반도체),
도료·코팅(모빌리티, 배터리) 등의 고부가가치 스페셜티 소재군
수요에 발맞춰 발전하고 있다.

최근 석유화학 경기는 다운사이클과 함께 구조적 대변화에
직면해 있다. 우선 중국 중심의 대규모 석유화학 설비 투자가
지속적으로 확대돼 우리나라 생산 규모의 2배 이상이
증설됐다. 그뿐만 아니라 범용 제품의 수익성이 낮은 가운데
탄소중립 달성을 위한 친환경 규제가 더욱 강화되고 있다.

특히 중국이 이미 세계 시장이 감당할 수 있는 공급 규모를
넘어섰음에도 생산 능력을 더욱 확대할 계획이라 공급과잉
문제는 앞으로 더욱 심화될 것으로 보인다.

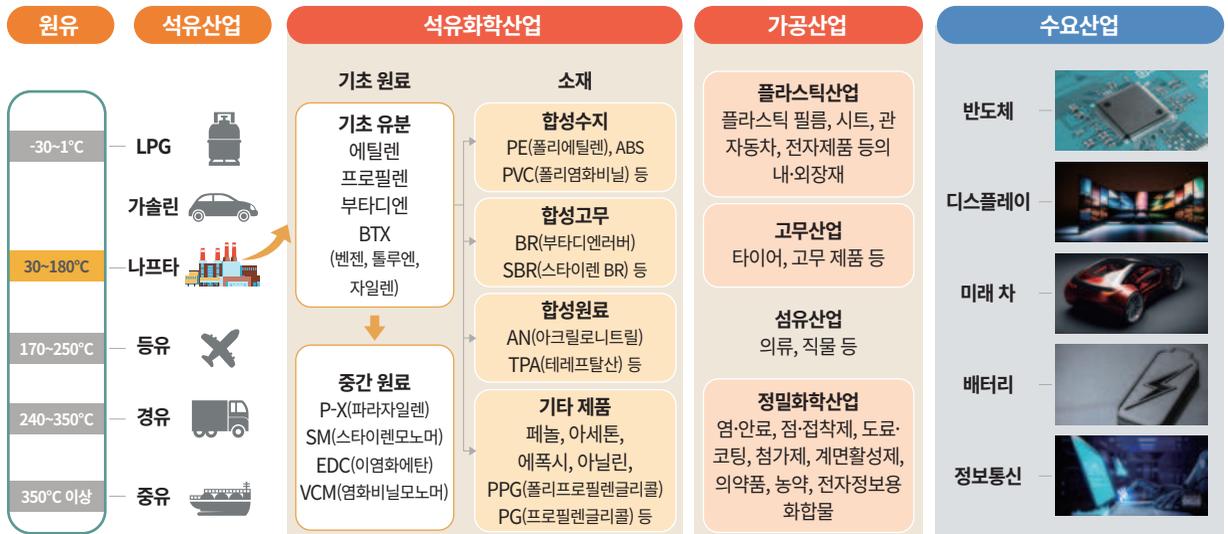
그동안 국내 석유화학산업은 수출 주도형 산업으로 지리적
이점 및 중국 경제의 고성장 수혜를 받아왔다. 하지만 원료
측면의 한계와 중동, 동남아시아 국가들의 중국 공략 강화로
수출 시장 점유율이 점차 감소돼 사업이 위축되고 있는
현실이다.



스페셜티 제품, 어떤 것들이 있나

스페셜티 화학 소재는 코팅, 접착제 및 충전제, 농업용 화학
제품, 기타 스페셜티(전자용 화학 제품, 세정제, 계면활성제,
향료·향수, 건축용 화학 제품, 수용성 폴리머, 촉매, 식품첨가제
등) 등으로 대부분 정밀화학에 해당된다. 이러한 **화학 소재를
활용해 고부가가치를 생산하는 특수한 용도의 제품을
스페셜티 제품이라 할 수 있다.** 스페셜티 제품은 보다
높은 기술력과 품질이 요구되며, **특정한 산업이나 용도에
맞춤형으로 개발된다.** 또 스페셜티 제품을 통한 수익성
향상은 물론 고도의 기술과 혁신을 필요로 하기에 경쟁사와의
차별화된 경쟁력, 글로벌 시장에서의 높은 수요에 따른 시장
확장이 가능하다.

화학산업 밸류체인



석유화학 경기 다운사이클의 주요 요인

1 고유가 저성장으로 수요 둔화

유가 두바이유 기준



글로벌 경제 성장률



2 중국, 중동의 공격적 증설

단위 : 만 톤



⇒ 중국은 업황과 무관하게 자금화를 위한 증설

피크오일^o 전망



⇒ 중동은 피크오일 현실화 시 대규모 증설 예상

① 석유 생산이 최고점에 이른 후 감소하기 시작하는 시점

3 친환경 전환 가속화



NDC 등 온실가스 감축 의무



페플라스틱 재활용 확대



바이오 플라스틱 확대

대표적인 스페셜티 제품은 고기능성 폴리머, 고성능 화학 소재, 스페셜티 화학 첨가제로 나눌 수 있다.

: 고기능성 폴리머

특수한 기능을 갖도록 개발된 고분자물질이다. 기존의 범용 엔지니어링 플라스틱보다 더 높은 성능을 제공하는 폴리머이며, 다양한 산업에서 고부가가치 제품을 개발하는 데 사용된다. 예를 들어 내열성, 내충격성, 내화학성 등 다양한 물성을 갖는 고기능성 폴리머는 자동차, 전자, 의료, 항공기 부품 등에 사용된다.

대표적인 제품으로 폴리에테르에테르케톤^{PEEK}, 폴리카보네이트^{PC}, 폴리아미드^{PA}, 초고분자량 폴리에틸렌^{UHMWPE} 등이 있다. PEEK는 금속 대체 솔루션으로, 부식성 환경에서 뛰어난 내열성과 내압성을 제공하는 소재다. PC와 PA는 내열성, 내충격성, 내화학성을 갖는 고부가가치 폴리머로 자동차 부품, 전자제품 하우징(제품을 보호하는 케이스) 등에 사용되며, UHMWPE는 의료용 소재(인공관절), 군경용 방탄복을 비롯해 물을 흡수하지 않기 때문에 선박(항해) 분야 등에 사용된다.

: 고성능 화학 소재

사용 성능과 성분에 따라 다양하게 활용된다. 초전도 재료, 광전자 소재, 정보 소재 등 신소재 개발 및 첨단 산업에 공급돼 고부가가치 제품을 개발하는 데 사용되는 원료가 여기에 해당된다. 내열성, 절연성, 내후성(잘 썩지 않는 성질), 내스크래치성 등 다양한 특성을 가지고 있어 반도체, 디스플레이 등 첨단 산업을 비롯해 광학렌즈, 의리기기, 토목 구조물에 쓰인다.

대표적인 제품은 실리콘(실리콘 오일, 실리콘 고무, 실리콘 레진), 광학용 수지(폴리메틸메타크릴레이트^{PMMA}, 사이클로올레핀폴리머^{COP}, 코팅제(불소수지-폴리우레탄-에폭시 코팅제) 등이 있다. 실리콘 고무는 건축용과 자동차용, 전자 부품용 실란트에 사용되며, 광학용 수지인 PMMA는 자동차 헤드램프 렌즈, 안전유리, 광학렌즈 등 디스플레이, 조명기기, 광고판에 활용되고 있다. 코팅제는 자동차, 선박, 항공기 등의 도장과 건축용 타일 접착제 등으로 쓰인다.

: 스페셜티 화학 첨가제

범용 화학 제품에 소량의 첨가제를 합성하면 물리적, 화학적으로 큰 효과를 발휘할 수 있다. 자동차, 전자, 건축, 헬스케어 등에 사용돼 고부가가치 제품으로 각광받고 있으며, 우리나라



롯데정밀화학 마곡 연구소 연구원이 의약품 스페셜티 소재를 연구하고 있다.

석유화학 기업들도 꾸준히 투자해 세계 시장에서 경쟁력을 강화하고 있다.

플라스틱 첨가제는 소량 투입으로 플라스틱의 물성과 기능을 향상시켜 가소제^{DOP, DINP}, 난연제, 안정제, 충격보강제 등에 쓰이는 물질이다. 주로 가전제품의 내외장재와 자동차의 범퍼, 대시보드 등에 사용된다.

고무 첨가제는 여러 환경 요인에서 쉽게 노화되는 것을 방지하는 산화방지제, 보강제 등에 사용돼 타이어의 내구성 및 성능을

향상시킨다. 또 산업용 고무 제품 등에도 쓰인다.

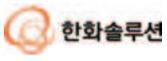
촉매는 화학 반응속도를 증가 또는 감소시키는 효과를 가지는 물질이다. 분자의 구조와 성질을 원하는 대로 조절할 수 있어 고분자 제품의 물리적·기계적 특성을 크게 개선할 수 있다. 또 내열성이 있어 높은 온도에서 안정성을 유지할 수 있다. 메탈로센 촉매를 이용해 LG화학과 롯데케미칼에서 고성능 폴리머를 생산 및 상용화하고 있으며, 제올라이트 촉매의 경우 한화토탈에너지스와 에쓰오일^{S-OIL} 등에서 석유정제 및 화학합성 기술에 활용하고 있다.

Summary

스페셜티 주요 제품

구분	특성	주요 제품
고기능성 폴리머	자동차, 전자, 의료 등 다양한 산업에서 사용되며, 일반 폴리머와 달리 내열성, 내약품성 등의 특징을 가짐	폴리에테르에테르케톤 ^{PEEK} , 폴리카보네이트 ^{PC} , 폴리아미드 ^{PA} , 초고분자량 폴리에틸렌 ^{UHMWPE}
고성능 화학 소재	신소재 개발 및 첨단 산업에 공급되는 원료로 반도체, 디스플레이, 의료기기 산업에 필수적인 소재	실리콘, 폴리메틸메타크릴레이트 ^{PMMA} , 광학용 수지, 코팅제 등
스페셜티 화학 첨가제	다양한 범용 제품에 소량 첨가해 그 성능을 극대화하거나 새로운 기능을 부여하는 소재	플라스틱 첨가제, 고무 첨가제, 촉매(메탈로센, 제올라이트)

국내 석유화학 기업들의 사업 다각화

기업	사업 내용
	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 양극재 및 전구체 1조3000억 원, 북미 양극재 공장 신설 4조 원 투자 · 태양광 필름^{POE}, 탄소나노튜브^{CNT}, 역삼투막(RO멤브레인) 설비 증설 · LG생명과학 합병(2017)과 미국 항암신약 기업 'AVEO' 인수(2023) 등 항암 중심의 글로벌 TOP 30 제약사도약 선언
	<ul style="list-style-type: none"> · 음극재 생산에 필요한 동박 기업 인수 및 전해액용 유기용매 사업 추진으로 4대 전지 소재 생산체계 구축 · 롯데정밀화학의 암모니아 저장 설비, 롯데케미칼의 탄소나노튜브 기반 수소탱크 양산 설비 구축 등 그룹 내 수소 저장·운송 인프라 구축 완료 · 에틸렌옥사이드^{EO}와 펄프를 주원료로 하는 셀룰로스 유도체로 수용성 페인트와 생활용품, 화장품 등 산업 전 분야에서 점성과 보습성을 부여하는 헤셀로스 생산
	<ul style="list-style-type: none"> · 케이블 절연 용도로 쓰이는 가교폴리에틸렌^{KLPE}으로 전선 고부가가치 소재 생산 · 유해 성분을 제거한 친환경 소재 에코데치^{Eco-DEHCH}는 벽지, 바닥재 등에 사용되는 제품으로 세계 최초로 상업화에 성공 · 고기능 광학렌즈 소재인 고순도 자일렌 디이소시아네이트^{XDI} 상업 생산
금호석유화학	<ul style="list-style-type: none"> · 전기차에 적합한 타이어 소재 SBR(합성고무)의 생산 능력 확대 · 전기자동차 배터리에 적용되는 탄소나노튜브^{CNT}를 개발, 생산하는 데 집중 · 바이오기술을 기반으로 생분해성 NB-리텍스와 식물로부터 유래한 저탄소 바이오 원료를 활용하는 그린 NB-리텍스 기술 고도화 추진
	<ul style="list-style-type: none"> · 주력사업인 TDM^{Tertiary Dodecyl Mercaptan} 제조를 통해 확보한 H₂S(황화수소) 처리 기술을 기반으로 Li₂S(황화리튬) 저가화 성공, 에코프로비엠과 MOU 체결

자료 : 한국석유화학협회, 기업 보도자료 및 언론

고부가가치, 친환경 신시장 선점을 위한 노력
 앞에서 살펴봤듯이 석유화학산업은 글로벌 경쟁 구도 속에 범용 사업을 축소하는 동시에 탈석유, 탈플라스틱 등

탄소중립과 친환경 전환에 대한 요구가 거세지고 있다. 이에 고부가가치, 친환경 신시장을 선점함으로써 성장 기반을 강화하는 동시에 스페셜티 소재 및 제품 개발 확대로 산업의 초격차를 확보해야 하는 시점이다.



중국과 중동의 석유화학 공세에서 살 길은 스페셜티뿐이다. 전북 전주에 있는 효성첨단소재의 탄소섬유 공장에서 한 직원이 제품을 점검하고 있다.

글로벌 선도 석유화학 기업들은 오래전부터 범용 제품에서 벗어나 고부가가치 제품으로 사업 영역을 확장하는 데 성공했다. 바스프^{BASF}는 높은 기술력을 확보한 기업 인수를 통해 EP^{Engineering Plastic} 사업에 빠르게 진출해 선도적 입지를 구축했다. 다우케미칼^{Dow Chemical}과 미쓰비시케미칼^{Mitsubishi Chemical}은 사업 전환에 대한 강력한 의지에 따라 범용 제품 영역을 축소하고, 고성능 제품 중심의 포트폴리오 전환을 추진했다. 또 스미토모화학^{Sumitomo Chemical}은 기존 범용 수지 제품의 고부가가치화와 함께 정밀화학 분야로 진출하는 데 역량을 집중하고 있다.



에스오일은 석유화학 분야 투자를 통해 지속 성장 동력을 강화하고 있다. 2018년 가동을 시작한 에스오일 울산 정유·화학 복합시설인 올레핀 다운스트림 공장 전경.

국내 석유화학 기업들도 원료 및 수출 시장 다변화를 지속적으로 추진하는 한편, 중단기적으로 사업 포트폴리오를 범용 제품 중심에서 고부가가치 스페셜티 제품, 친환경 제품군 중심으로 다각화하고 있다. 또한 탄소중립 시대를 맞아 중장기적으로 지속가능한 경쟁력 확보를 위해 친환경 공정 기술의 개발에도 적극 노력하고 있다.

그 외에도 석유화학업계는 사업 포트폴리오에서 친환경 사업 비중을 크게 확대해 바이오 기술 기반으로 생분해성 제품과 식물 유래 저탄소 바이오연료를 활용한 제품 개발의 고도화를 추진 중이다. 또 재활용 플라스틱 시장 공략을 위해 기계적, 화학적 재활용 기술을 바탕으로 다양한 제품 포트폴리오를 확대하고 수소에너지, 전기 소재 영역 등 스페셜티 고부가가치 제품으로 사업 영역을 확장하며 세계 시장 선점에 박차를 가하고 있다.

스페셜티 제품으로 새로운 도약 준비한다

국내 석유화학산업은 스페셜티 제품으로 전환하며 새로운 도약을 준비하고 있다. 이는 단순한 생존 전략을 넘어 글로벌 시장에서 경쟁력을 강화하고 미래 성장 동력을 확보하기 위한 필수적인 변화다. 이는 단기기간에 이루어질 수 있는 것이 아니다. 지속적인 투자와 기술개발, 시장의 요구에 대한 민첩한 대응이 필요하다. 아울러 환경문제와 지속가능성에

민관 합동 '석유화학산업 경쟁력 강화 방안 협의체' 출범

산업부는 국내 석유화학산업의 현재 상황이 전형적인 사이클 둔화가 아닌 구조적인 문제임을 인식하고 업계와 함께 지난 4월 '석유화학산업 경쟁력 강화 방안 협의체'를 출범했다. 이를 통해 국내 석유화학산업의 현 상황을 정밀 진단하고 위기 극복 및 경쟁력 확보를 위한 다양한 지원 방안을 모색하고 있다. 단기적으로는 위기 극복을 위한 비용 절감이 중요한 만큼 부담금 감감 등 정책적 지원 방안을 마련하고 있다.

산업계에서도 이 같은 위기를 극복하고 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위해 석유화학산업단지 내 기업들의 상호 협력을 통한 비용 절감과 생산효율 향상을 위한 방안을 마련하기 위해 노력 중이다. 아울러 범용 제품 중심에서 벗어나 고부가가치 스페셜티 제품, 친환경 제품군으로 사업을 다각화하고 있다. 특히 반도체 및 이차전지, 전기차 등 미래 유망 주요 산업군과 탄소중립·순환경제 분야에서 필요한 고기능성 소재를 중심으로 변화를 모색하고 있다.

대한 관심이 높아지고 있어 친환경 제품 개발도 중요한 과제가 될 것이다.

앞으로 석유화학산업이 이러한 도전을 통해 성공적으로 위기를 극복하고 글로벌 시장에서 스페셜티 제품 분야의 선두 주자로 자리매김할 수 있을지 주목된다. 이를 위해서는 기업의 노력뿐만 아니라 정부의 정책적 지원과 더불어 한국화학산업협회와의 유기적인 협력이 필수적일 것이다.



김대웅

한국화학산업협회(구 한국석유화학협회) 연구기획실장이자 기초화학산업협력단 단장, 화학·바이오ISC 실무위원으로 활동 중이다.

고부가가치·친환경 스페셜티 개발 어디까지 왔나

글 차상호 경기대학교 신소재화학공학부 교수



2022년 롯데케미칼이 생산기술 개발에 나선
해양 생분해 플라스틱 PHA.

차별화된 스페셜티 제품으로 시장 공략

최근 국내의 기업들은 지속가능성 관점에서 플라스틱의 재활용과 친환경 제품에 대한 관심 증대로 차별화된 제품을 앞세우는 스페셜티(고부가가치) 제품 공략에 적극 나서고 있다. 스페셜티 제품 개발에 박차를 가하게 된 데는 중국발 제품의 공급과잉 문제가 배경에 있다. 일례로 석유화학 제품의 쌀이라 불리는 에틸렌의 경우 중국에 대한 의존도가 높다. 따라서 국내의 기업들은 중국이 쉽게 대량 생산하지 못하는 스페셜티 제품을 개발 및 양산해 이를 미래 성장 동력으로 삼아 시장 주도권을 차지하려 노력하고 있다. 이러한 스페셜티 제품은 고무부터 태양광, 반도체 등과 같은 차세대 전자재료로 넘어가고 있는 추세다.

고기능성 합성고무 파일럿 테스트 완료

금호석유화학그룹은 유럽연합^{EU}이 시행 예정인 유로7(배기가스 규제)에 대응할 수 있는 제품 개발에 주력하고 있다. 대표적으로 액상 BR^{Butadiene Rubber}, 레이싱 타이어용 SSB^{Solution Styrene Butadiene Rubber}과 고부가가치 수소 첨가(수첨) 제품군인 HBPA^{Hydrogenated Bisphenol A}가 있다. **합성고무의 한 종류인 액상 BR은 타이어의 마모 및 연비 특성을 향상시켜 고내마모, 저연비 특성을 요구하는 전기자동차용 타이어에 적합한 소재다.** 2024년 5월 기준 액상 BR 합성법 및 공정을 개발해 파일럿 테스트를 완료했다. **고기능성 합성고무인 SSBR은 기존 고무보다 우수한 내마모성을 지니며 안전성과 연비를 향상시킬 수 있다.** 이 연구개발을 기반으로 우수한 표면 접지력과 내구성을 필요로 하는 레이싱 타이어용 SSBR 개발 및 상업화를 추진하고 있다. HBPA는 금호피앤비화학의 제품인 BPA를 원료로 활용한 고부가가치 수첨 제품군 중 하나로, 저항변 PC 소재, BPA-Free 친환경 대체품 등으로 응용이 가능하다. 2023년 HBPA 5000톤 상업화 설비 구축을 완료하며 생산에 돌입했다.

전기차 배터리용 고강성 난연 PP 제품 개발

롯데케미칼은 지난 6월 전기차 배터리용 고강성 난연 PP 제품을 개발해 고부가가치 제품을 확대했다. 이러한 **난연 PP 플라스틱은 리튬이온 배터리의 주요 화재 원인인 열폭주 현상을**



금호석유화학 중앙연구소에서 연구원이 스페셜티 친환경 신제품을 개발하며 제품을 살펴보고 있다.

지연할 수 있다. 열폭주 현상이란 외부 충격에 의해 배터리 내부 온도가 단시간에 1000°C 이상 증가하는 현상이다. 롯데케미칼은 SGF^{Short Glass Fiber}와 LGF^{Long Glass Fiber}를 이용해 PP 플라스틱의 강성을 보완한 소재를 개발했다. 이 소재를 이용해 차체 배터리 열폭주 시험을 통해 1000°C 이상의 온도에서 본래의 형태를 유지한 채로 PP/SGF는 300초 이상, PP/LGF는 600초 이상 견디는 성질을 확인했다.

초고압 케이블 핵심 소재 국산화 성공

한화솔루션 케미칼 부문은 초고압 케이블의 핵심 소재인 EBA^{Ethylene Butyl Acrylate} 국산화에 성공했다. **에틸렌 기반의 EBA는 열과 습기에 강하고, 전기적 손상 방지 성능이 뛰어나 110kV 이상을 송전하는 초고압 케이블에 사용된다.** 연간 6000톤 이상의 EBA가 쓰이는 만큼 매년 최대 150억 원의 수입대체 효과를 창출할 것으로 기대하고 있다. 이 외에도 음이온교환막 수전해^{AEMEC, Anion Exchange Membrane Electrolysis Cell} 개발을 진행하고 있다. 이는 알카라인 수전해^{AEC} 기술과 양성자교환막 수전해^{PEMEC} 기술의 장점을 융합해 낮은 투자비와 적은 전력으로 대량의 수소를 생산할 수 있는 차세대 수전해 기술이다.

태양광 봉지재용 소재 개발 성공

DL케미칼은 글로벌 범용 플라스틱 시장에서 경쟁하는 대신 신소재 개발에 집중했다. 그 결과, 메탈로센 촉매 기술과 노하우를 기반으로 **화학물질, 자외선 및 풍화에 대한 내성이 뛰어난 태양광 봉지재(태양전지 셀을 캡슐처럼 봉합해 보호하는 역할을 하는 필름)용 소재인 POE^{Polyolefin Elastomer}의 개발 및 상업화에 성공했다.** 특히 DL케미칼은 세계 최초로 기상 공정(기체 상태에서 중합하는 화학 공정)으로 POE 상업화에 성공했는데, 이는 기존 공정 대비 탄소 배출을 감소시키는 동시에 원가 경쟁력도 우수하다.

이 외에도 고절연성 PCB 소재인 노탁^{Notark} 레진을 개발했다. PCB는 넓은 절연판 위에 회로를 형성하고 그 위에 장착된 부품들을 전기적으로 연결하는 회로기판으로, 전자제품, 휴대폰, 자동차 등에 사용되는 핵심 부품이다. 각 부품 사이에 전기신호가 전달되면 절연판 위에서 미세한 전기적

신호 손실이 발생하는데, 이는 곧 정보 전달 속도 하락과 발열로 이어진다. 그 때문에 차세대 통신에 쓰이는 초고성능 PCB는 신호 손실을 줄이는 것이 중요하다. 노탁 레진의 신호 손실률은 기존 에폭시 수지 대비 10배 이상 뛰어나며 차세대 통신에서 요구되는 내열성 및 전기 저항성 요건 또한 충족한다. DL케미칼은 노탁 레진의 상업화를 통해 6G 통신 등 극초고속 PCB 소재를 필요로 하는 시장의 수요를 창출할 것으로 보인다.

탄소중립에 맞춰 친환경 소재 개발에도 주목

국내 석유화학 기업들은 고부가가치 제품과 함께 친환경 소재 개발에도 박차를 가하고 있다.

최근 30년 사이에 지구의 평균온도가 1.4°C 상승해 지구온난화가 심해지는 상황에서 세계 각국이 넷제로^{Net Zero}와 탄소중립 실천을 위한 다양한 전략을 발표하고 있기 때문이다.



롯데케미칼은 물리적·화학적으로 재활용한 리사이클 소재와 바이오 플라스틱 소재를 ‘에코시드’ 브랜드로 통합 출시했다. 사진은 ‘차이나플러스 2024’ 부스 모습.

생분해 플라스틱 개발

LG화학은 특정 조건하에 6개월에서 2년 내 밑거름으로 분해되는 생분해 플라스틱 ‘컴포스트플 COMPOSTFUL’을 개발했다. 세계에서 가장 엄격한 EU의 재생에너지 지침에 부합하는 국제 인증 제도인 ISCC^{International Sustainability and Carbon Certification} 플러스^{Plus}에서 한국 최초 친환경 인증을 획득했다. 이 생분해성 플라스틱을 이용해 식품 포장재와 농업용 멀칭 필름^{Mulch Film}을 개발했다.

이 외에도 이산화탄소로 만든 플라스틱인 PEC^{Polyethylene Carbonate}와 친환경 발포 공정으로 만든 3HP^{3-Hydroxypropionic acid} 등을 활용한 정수기, 가구용 시트, 태양광 패널들을 개발했다. 또한 폐플라스틱을 초기 원료 단계로 되돌리는 ‘초임계 열분해 기술’을 활용해 만든 열분해유^{Circular Pyrolysis Oil}를 이용한 Circular Balanced PE/PP, ABS, PVC 펠릿^{Pellet} 등을 개발했다. 이를 통해 LG화학은 친환경 제품의 매출 목표를 2022년 1조9000억 원에서 2030년 8조 원으로 확대한다는 목표를 세웠다.

재활용 원료 사용한 리사이클 제품 선보여

롯데케미칼은 물리적·화학적으로 재활용한 리사이클 소재와 바이오 플라스틱 소재를 ‘에코시드’ 브랜드로 통합 출시하고, 2030년까지 100만 톤 규모로 공급한다는 목표를 수립했다. 대표적으로 물리적 리사이클 공정을 통해 얻은 재활용 폴리에틸렌^{r-PE}과 재활용 폴리프로필렌^{r-PP}을 재활용 원료로 사용했음을 GRS^{Global Recycled Standard}를 통해 인정받았다. 재활용 폴리에틸렌의 경우 5400톤의 플라스틱에 적용해 연간 약 1500톤의 플라스틱 사용량 절감을 기대하고 있다. 재활용 폴리프로필렌의 경우 일본 화장품 및 제품 케이스에 적용을 완료했다. 화학적 리사이클 공정은 사용이 완료된 제품이나 공정에서 나온 부산물을 화학반응을 통해 재생산한다. 그 방법으로 해중합^{Depolymerization}, 용매정제^{Solvent Purification}, 열분해^{Pyrolysis} 등이 있다. PET^{Polyethylene Terephthalate}의 해중합 생산물을 우유팩에 적용한 예가 있으며, PMMA^{Polymethyl Methacrylate} 해중합 생산물을 세계 최초로 투명한 ABS^{Acrylonitrile Butadiene Styrene} 생산에 적용해 일본 유명 화장품업체인 ‘알비온^{ALBION}’의 내장 파트에 적용한 바 있다. 또한 소각하던 폐플라스틱을 수거해 열분해 및 분리-정제를



코오롱ENP는 독일 프리드리히스하펜에서 열린 ‘파쿠마 2024’에서 올해 새로 론칭한 브랜드 ‘에코^{ECO}’를 전시했다.



석유화학 빅4사 올 상반기 합산 투자 총 1조2761억 원으로 R&D에 박차

석유화학업계가 기술 경쟁력 확보를 위한 연구개발^{R&D} 비용을 늘리면서 지속적으로 투자를 확대하고 있는 모습이다. 고부가가치 제품 기술력을 확보하고, 사업 경쟁력을 강화하기 위한 것으로 풀이된다. 특히 석유화학 빅4사인 LG화학, 한화솔루션, 롯데케미칼, 금호석유화학의 올 상반기 R&D 합산 투자가 총 1조2761억 원가량으로 집계됐다. 이는 지난해 같은 기간 약 1조1851억 원이었던 것과 비교해 910억 원가량 늘어난 금액이다.

LG화학의 상반기 R&D 투자는 1조746억 원으로, 매출 대비 R&D 투자 비중이 4.5%를 차지했다. 전년 동기 3.4%에서 상승한 수치다. 한화솔루션의 R&D 투자금은 1040억 원으로, 3.4%의 비중을 기록했다. 롯데케미칼의 경우 R&D 투자와 비중은 각각 706억 원과 0.7%를 나타냈다. 지난해 같은 기간 582억 원을 투자하고 매출 대비 R&D 투자 비중이 0.59%였던 것에 비해 상승한 수치다. 금호석유화학은 약 268억 원, 0.76%의 수치를 기록했다.

통해 석유화학 제품의 원료로 다시 사용했다. 이 외에도 바이오매스 유래 물질이자 비식용 부산물인 당밀에서 제조한 원료를 사용해 이산화탄소 발생량이 적은 바이오 PET을 제조해 소스류 9종 및 샐러드 용기에 적용했다. 아울러 생분해 플라스틱인 PHA^{Polyhydroxyalkanoate} 개발을 진행 중이다.

바이오 폐기를 원료 기반의 '에코' 제품군

코로롱ENP는 POM^{Polyoxymethylene} 사업과 컴파운드 사업을 통해 '에코^{ECO}' 제품군을 개발했다. POM 사업을 통해 석유화학 기반 원료를 바이오 폐기물 원료로 대체해 생산한 'ECO-B', 재생에너지 활용 그린수소 기반 원료가 적용된 'ECO-E', 탄소포집 기술을 통해 얻은 원료가 적용된 'ECO-LC^{Low Carbon}' 등이 대표적인 제품이다. 메디컬 용도의 POM 시장 규모는 2023년 1억2400억 달러에서 2032년 2억2900달러로 성장이 예상된다. 또 컴파운드 사업을 통해 PA^{Polyamide6.6} 및 PBT^{Polybutylene Terephthalate}를 중심으로 특정 첨가제를 혼합해 물성을 향상시키고 있다. 특히 소비자 판매 후 수명 주기가 끝난 제품을 재활용한 원료^{PCR}와 규격 미달이나 판매가 불가능해 소비자에게 제공하지 못한 제품을 가공한 산업 현장 스크랩 원료^{PIR}를 이용한 제품을 개발하고 있다.

지구온난화지수 낮추는 대체물질

SK의 경우 친환경 소재 및 기술에서 CCUS^{Carbon Capture Utilization and Storage}(연료 연소 및 산업 공정에서 배출된 이산화탄소를 포집 후 저장 및 전환해 활용하는 기술) 확보에 초점을 두고 있다. 대표적으로 반도체 및 디스플레이 제조 공정에서 잔류물을 제거하기 위한 세정 가스로 사용되는 NF₃(삼불화질소)의 대체물질 개발이다. NF₃의 경우 지구온난화지수^{GWP, Global Warming Potential}가 17400인데, 동등한 수준의 식각과 세정 효율을 지니면서도 GWP는 20~30 수준으로 매우 낮은 F₃NO(산화 삼불화아민)를 개발했다. 이 외에도 SK 머티리얼즈는 전기차 배터리의 주요 소재인 배터리 음극재 생산 기술을 보유하고 있다. SK머티리얼즈 그룹포틴의 실리콘 음극재는 기존 흑연 대비 전기 용량이 5배 이상 높아 배터리 성능을 대폭 개선할 수 있다. 이는 전기차 보급 확대에 이어서 화석연료 차량 주행에 따른 탄소 배출량 저감에도 큰 효과가 있을 것으로 예상된다.

글로벌 시장에서 부각되는 친환경 소재 제품

폐플라스틱의 처리가 주요 환경문제로 대두되면서 선진국을 중심으로 친환경 제품 시장의 규모가 빠르게 성장하고 있다. 업계에 따르면 글로벌 생분해 플라스틱 시장 규모는 2021년 약 100조 원이지만, 2026년 303조 원으로 연간 24.8% 성장할 것으로 전망된다.

이처럼 기존 제품에 사용된 석유계 물질을 친환경 물질로 대체하려는 노력은 해외에서도 지속되고 있다. EU의 일회용 플라스틱 지침^{SUP, Single-Use Plastics Directive}과 포장재 지침^{PPWD} 등에 따라 2030년 1월부터는 2차 플라스틱 포장에 10~35%의 재활용을 함량한다는 목표를 가지고 있다. 일례로 아랍에미리트^{UAE}의 경우 친환경 제품 시장이 2020년 84만 톤에서 2030년 144만 톤으로 성장할 것으로 예상하고 있다. 이에 따라 UAE 정부는 기업들의 플라스틱 폐기물 감소를 위해

글로벌 시장의 친환경 소재 생산 능력

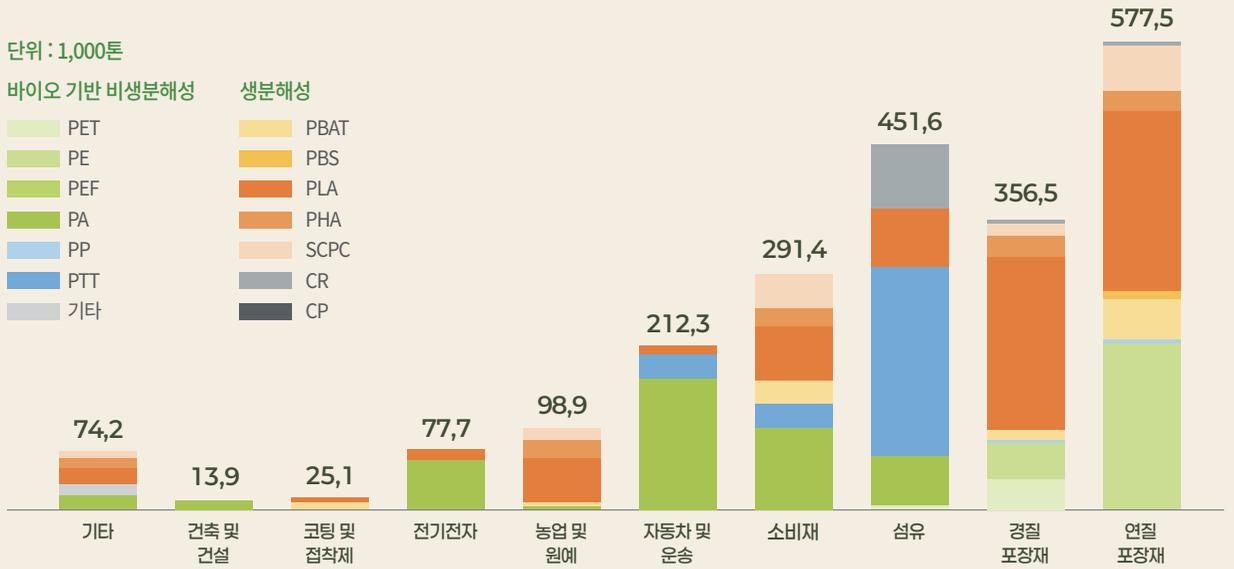
단위 : 1,000톤

바이오 기반 비생분해성

- PET
- PE
- PEF
- PA
- PP
- PTT
- 기타

생분해성

- PBAT
- PBS
- PLA
- PHA
- SCPC
- CR
- CP



자료 : Europeanbioplastics, bioplastics market development 2023

플라스틱 재생과 같은 친환경 제품 기술 사용을 적극 장려하고 있다.

글로벌 시장에서 친환경 제품의 중요성은 더욱 강조되고 있다. 친환경 소재 생산 능력은 2023년 218만 톤에서 2028년 743만 톤으로 증가할 것으로 예상된다. 이와 함께 각종 친환경 물질이 다양한 제품군에 적용되고 있다.

미국과 일본은 바이오 기반의 친환경 소재 제품 개발을 추진하고 있다. 일본의 NTT도코모는 케나프 섬유 강화 바이오 플라스틱을 사용한 단말기 'N701i EXO'를 개발했다. PLA^{Poly Lactic Acid}를 기반으로 케나프 섬유를 적용해 강도 향상을 도모했다.

이와 같이 친환경 복합재를 이용한 제품은 석유계 플라스틱과 비교해 식물 성분이 90%이면서 동시에 우수한 내열성과 강도를 갖는다. 미국 캘리포니아의 바이오솔라^{BioSolar} 사는 아주까리^{Castor Bean}를 이용해 만든 바이오 기반 플라스틱을 솔라모듈 제작에 적용했다. 또 독일 바스프에서는 생분해성 플라스틱 원료인 PBAT^{Polybutylene Adipate Terephthalate}를 이용한 농업용 필름을 상용화했다. 다양한 친환경 제품 개발이 국내외에서 진행되고 있으며, 향후 관련 시장은 더욱 확대될 것으로 전망된다.

이처럼 국내 석유화학 기업들은 국내외의 어려운 환경 속에서도 과감한 연구개발을 통해 위기를 극복하고 있다. 그뿐만 아니라 이를 발판 삼아 재도약의 기회를 만들기 위해 스페셜티 개발에 총력을 기울이고 있다. 이를 통해 각 기업의 경쟁력 강화는 물론 국가경제의 지속적인 성장을 위한 발판을 이뤄낼 것으로 기대된다.

UAE 친환경 제품 시장의 2030년 성장 전망



자료 : KATI 농식품수출정보



차상호

서울대학교 화학생물공학부 졸업 후 석사와 박사를 마치고, 미국 미시간대학교^{University of Michigan, Ann Arbor}에서 박사 후 연구원을 했다. 현재 경기대학교 신소재화학공학부 교수로 재직 중이다.

세상에서 제일 빠른 사나이, 우사인 볼트의 100m 세계신기록이 곧 깨질 전망이다. 그것도 9초 58보다 2초 이상 빠른 7초대로. ‘그게 가능하다고?’ 하는 의문이 든다면, 여기를 주목해보자. 중앙대학교 인간-로봇융합연구센터에 따르면 이제 곧 그 놀라운 역사가 실현된다니 말이다.

글 김아름 사진 중앙대학교 인간-로봇융합연구센터 제공



중앙대학교 인간-로봇융합연구센터

전에 없던 원천 기술의 탄생 웨어러블 로봇 주도국 한 걸음 더

안전한 100m 7초 주파 및 편안한 12시간 착용이 가능한 휴먼증강 하이브리드 로봇 슈트의 개발

바야흐로 로봇과 함께 사는 시대가 왔다. 공장이나 물류 창고 등에서 제품을 만들고 옮기는 일만 하는 줄 알았던 로봇이 이제 식당이나 호텔, 공항 등에서 각종 편의 서비스를 제공하고, 가정에서 집안일까지 돕는다. 그와 함께 눈에 띄는 증가세를 보이는 것이 ‘웨어러블 로봇’이다. 몸이 불편한 이들의 재활 치료를 돕는 것으로 개발된 기기들이 지금은 산업 현장에서 작업자의 안전을 지키는 등 새로운 역할을 도맡고 있다. 포털 사이트에 웨어러블 로봇을 검색해보면 당장 구매해 사용할 수 있는 제품도 많다.

웨어러블 로봇 시장이 커지며 업계는 새로운 기능을 개발하는 데 한창이다. 여러 기능이 ‘차세대’ 웨어러블 로봇을 표방하고 있지만, 정작 가장 중요한 문제는 외면받고 있다. 이에 산업부는 그 맹점을 해결하고자 노력 중인 중앙대학교 인간-로봇융합연구센터 이기욱 센터장 연구팀에 주목했다. ‘안전한 100m 7초 주파 및 편안한 12시간 착용이 가능한 휴먼증강 하이브리드 로봇 슈트의 개발’ 과제를 알키미스트 프로젝트에 선정한 것이다.

하이브리드 웨어러블 로봇 슈트의 핵심 기술

이 교수는 이 과제를 통해 “웨어러블 로봇에 대한 ‘새로운 접근을 제시’하고 동시에 ‘구동기^{Actuator}의 혁신’을 일으킬 것”이라 자신했다. 새로운 접근? 구동기의 혁신? 이를 단순화시키면 ‘편안함’과 ‘빠른 속도’로 정리할 수 있다. 결국 연구팀의 목표는 ‘편안한 웨어러블 로봇 슈트를 입고 놀라울 만큼 빠른 속도’로 움직이는 것이다.

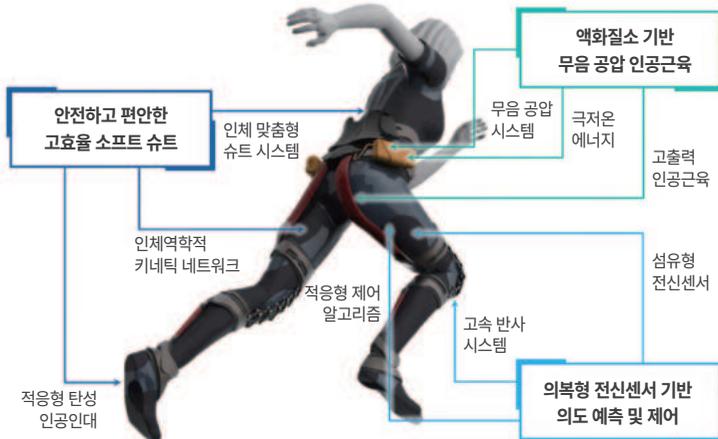
연구과제명	안전한 100m 7초 주파 및 편안한 12시간 착용이 가능한 휴먼증강 하이브리드 로봇 슈트의 개발
제품명(적용 제품)	소프트 웨어러블 로봇 슈트
개발기간(정부과제 수행기간)	2021. 6~2026. 5(총 5년)
총 정부출연금	270억6900만 원
개발기관	중앙대학교(주관), 서울대학교, 연세대학교, 한국생산기술연구원, 한국과학기술원, 분당서울대학교병원, (주)비스, (주)엘에스네트웍스, (주)폴리웍스, 쿠팡(주)

얼핏 당연해 보이는 말이지만, 지금껏 이를 적용해낸 웨어러블 로봇은 없었다. 시도조차 미미했다. 웨어러블 로봇 시장이 이제 막 성장세를 탄 것이 그 이유겠지만, 그 간단한 성능을 구현하는 데 셀 수 없을 만큼 많고 어려운 기술이 필요한 까닭이다.

연구팀은 이번 과제를 통해 총 세 가지의 핵심 기술을 개발하고, 이를 한데 모아 슈트를 완성한다는 계획을 세웠다. 핵심 기술은 다음과 같다.

첫째, ‘액체질소 기반 무음 공압 인공근육’ 기술이다. 앞서 언급한 구동기의 혁신이 여기에 속한다. 구동기란 기계에 입력된 에너지를 물리적인 힘이나 운동 형태로 바꾸는 장치다. 로봇 팔을 움직이게 하거나 로봇 슈트가 착용자의 다리를 더 빠르게 움직이도록 돕는 것이 구동기의 역할이다. **연구팀은 새로운 구동기 기술을 이용해 액화가스로 공기를 압축, 인공근육을 만들었는데 이것이 100m를 7초에 달릴 수 있도록 하는 폭발적인 추진력을 제공한다.**

둘째, ‘안전하고 편안한 고효율 소프트 슈트’다. 기존 제품의 경우 무겁고 딱딱한 소재로 구성돼 있다. 장시간 착용하기가 부담스러울 수밖에 없다. 이에 연구팀은 12시간 이상



기존 기술의 한계점을 극복해 안전한 100m 7초 주파와 편안한 12시간 착용이 가능한 로봇 슈트^{DASH} 개발

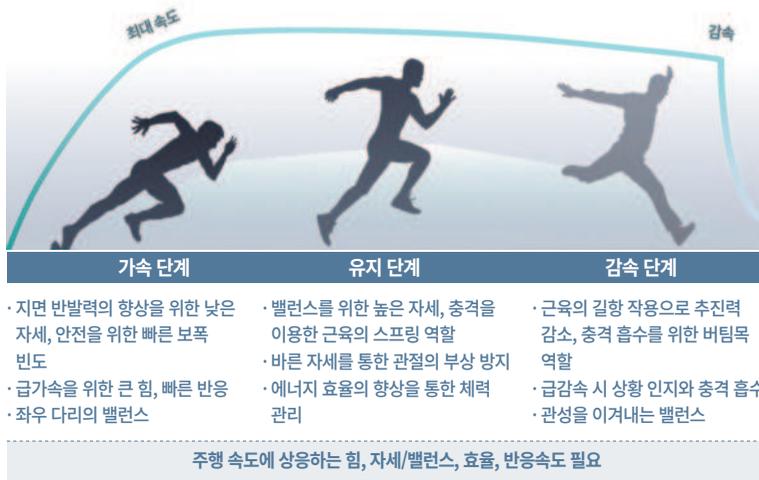
*DASH : Dramatically Accelerable, Safe, and Hyper-comfortable Suit

착용해도 불편하지 않도록 편안하고 가벼운 착용감의 슈트를 고민했다. 로봇 연구에 의류학과 교수가 참여한 것도 그 때문이다. 서울대학교 의류학과 박주연 교수는 의복압센서를 통해 신체에 가해지는 압박 정도를 측정하고, 혈중 젖산 농도를 통해 피로도를 확인하는 등 **착용자의 편안함을 향상시킬 수 있는 다양한 방법을 고안**했다. 일반적인 의복의 형태와 가깝게 제작해 입고 벗는 과정 또한 편리하게 했다.

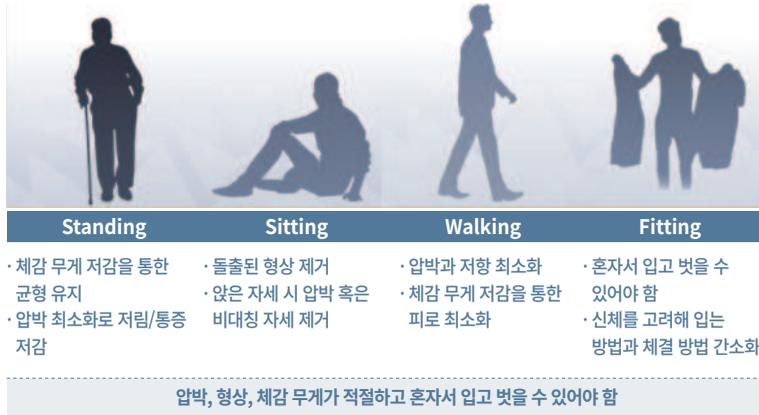
셋째, ‘의복형 전신센서 기반 의도 예측 및 제어 시스템’이다. 로봇 슈트 내부에는 착용자의 세세한 근육의 움직임부터 빠른 달리기 동작까지 정밀하게 인식할 수 있는 센서가 장착돼 있다. 이러한 **센서에서 측정된 데이터를 통해 로봇은 착용자의 동작을 인식하고 알고리즘에 따라 의도를 분석**한다. 빠르게 변하는 달리기 동작을 지원하고 최적의 주행 전략을 짜는 것도 이 시스템의 기능이다.

불가능에 가까운 연구에 도전하는 이유
인터뷰를 위해 이 과제를 처음 접했을 때 기자는 한동안 고개를 가웃거렸다. ‘인간 신체의 한계를 극복하는 것이 목표인 스포츠에 로봇 기술을 적용해도 되는 것일까?’, ‘100m를 7초에 달릴 수 있도록 돕는 슈트를 12시간씩 착용할 일이

안전한 고속 주행의 요건



편안한 12시간 착용의 요건



있을까?’ 하는 궁금증이였다. 이에 대해 이 교수가 입을 열었다.

“100m 달리기 기록 단축은 새로운 기술의 지향점이라고 생각하는 것이 정확할 겁니다. 지금껏 웨어러블 로봇은 인간의 신체적 한계를 보완하는 도구로만 사용됐어요. 어떤 방향으로 신체 능력을 증강할 수 있는지는 알려진 바가 없지요. 우리는 스포츠와 같은 인간 고유의 영역을 침해하려는 것이 아니라, 연구로 얻는 파생 기술들로 사람의 능력을 극대화할 수 있는지 그 가능성을 탐색하는 것입니다.”

기술 그 자체를 대회에 사용하는 것이 아니라, 선수들의 훈련을 돕는 기계를 개발하거나 쉽게 달성하기 어려운 기록을 경험시킨 후, 머슬 메모리로 각인시켜 선수 본인의 기량을 끌어올리는 등의 형태로 발전할 것이라는 뜻이다.

빠른 속도와 긴 착용 시간에 대해서는 “두 기능을 동시에 충족시키는 것이 중요하다”고 답했다. 단순히 하나의 목표를 달성하는 것보다 두 가지 목표를 동시에 해결하는

과정에서 얻는 기술적 성과에 더 큰 의미가 있다는 것이다.

바로 눈앞의 목표를 달성하는 데 집중하기보다 현재 기술로는 실현 불가능한 목표를 설정하고, 그 실마리를 찾는 과정에서 새로운 가능성을 발견하는 것. 산업부가 알키미스트 프로젝트를 지원하는 이유와 정확히 일치했다. 비로소 이 과제가 왜 알키미스트에 선정됐는지 고개가 끄덕여졌다.

이어 이 교수는 현재 개발 중인 기술들이 향후 어떻게 산업계에 적용될 수 있는지를 설명했다. 먼저 액체질소 기반 무음 공압 인공근육은 별도의 소음 없이 강력한 힘을 제공한다는 이점이 있다. 따라서 고중량 작업에서 작업자의 피로를 줄이는 데 큰 도움을 줄 것으로 기대된다. 자연스럽게 산업 현장의 작업 효율이 높아질 것이고, 근로자의 만족도 또한 높아질 것이다.

다음으로 고효율 소프트 슈트는 긴 시간 착용해도 편안하다는 것이 특징이다. 사용자의 움직임에 맞춰 에너지 효율을 높이기 때문에 작업 생산성을 향상하는 것은 물론 재활 치료나 노약자 보조 수단으로 활용해도 좋다.

마지막으로 의복형 전신센서 기반 의도 예측 및 제어 기술은 실시간으로 사용자의 동작을 감지해 로봇이 자연스럽게 움직이도록 한다. 이는 작업자가 정확한 동작으로 일할 수 있도록 돕기 때문에 작업 환경의 안전성을 높이는 데 기여할 것으로 보인다.

특히 초고령화에 따라 근로자의 평균연령이 높아지는 요즘, 이 과제를

통해 개발된 기술들이 제대로 된 역할을 할 수 있을 것이다. 연구팀 또한 자신들의 연구 결과가 산업과 사회 전반에 긍정적 변화를 이끌어낼 것이라는 가능성에 큰 자부심을 보였다.

글로벌 웨어러블 로봇 기술의 오늘

오늘날 전 세계가 휴먼증강 하이브리드 로봇 슈트와 같은 기술개발에 몰두하고 있다. 미국의 국방고등연구사업국^{DARPA}은 특히 군사용 근력증강 로봇 개발에 주력한다. 뇌-컴퓨터 인터페이스^{BCI}와 같은 최첨단 기술을 통해 군인의 신체적·인지적 능력을 극대화하는 연구를 진행 중이다. 일본은 의료용 웨어러블 로봇인 HAL^{Hybrid Assistive Limb} 시스템 상용화에 성공했다. 특히 재활 치료 분야에서 호평이 크다. 유럽에서는 소프트 로봇 기술과 AI 기반 제어 시스템을 활용한 슈트 등이 개발되고 있다.

우리나라 역시 대학, 연구기관, 기업 등이 힘을 합쳐 웨어러블 로봇 기술을 개발하고 있다. 재난 구조용, 산업용, 재활 분야에서 괄목할 만한 성과를 보였다. 여기에 이번 과제를 통해 개발된 인공근육, 고효율 에너지 시스템, 소프트 로봇 등의 핵심 원천 기술이 더해진다면 어떨까. 글로벌 웨어러블 로봇 시장에서 선도적 위치를 차지할 기회가 연구팀 손에 달려 있다고 해도 과언이 아닐 터이다.

“우리는 ‘인간을 위한 로봇, 인간과 함께하는 로봇’을 실현하는 세상을 꿈꿉니다. 로봇이 인간의 일상 속에서 자연스럽게 공존하며, 신체 능력을 보조하고 증강해 궁극적으로 인간 삶의 질을 높이는 것이 목표지요.”

2021년 6월에 시작한 이 과제는 이제 종료 시점까지 1년 6개월가량 남았다. 기간 내 원하는 연구 결과를 완벽하게 도출해낼 수 있을까.

알키미스트 프로젝트는?

산업통상자원부 주관 아래 한국산업기술기획평가원이 실시 중인 연구개발지원사업. 성공 가능성은 낮지만 혁신적인 기술 발전을 위한 어려운 연구들을 지원한다. 미래 산업의 패러다임을 바꿀 가능성이 있는 기술개발을 응원하며, 연구 과정에서 산업적인 파급력이 높은 기술 확보를 목표로 한다.

“실패해도 좋다는 말 덕분에 오히려 연구가 순탄하게 잘 진행되는 것 같습니다. 몇 가지 난제가 남긴 했지만, 모두가 머리를 모으고 있으니 좋은 결과가 나올 것이라 예상해봅니다. 각 기술이 하나의 슈트로 잘 구현되도록 통합시키는 것이 남은 과제입니다. 기술 구현은 물론 착용자가 그 효과를 체감할 수 있도록 노력하겠습니다.”

실현 가능성이 높은 연구 대신 기꺼이 실패에 도전한 연구팀. 스스로의 한계를 깨부수며 새로운 길을 만들고 있는 그들의 행보에 박수를 보낸다.



중앙대학교 인간-로봇융합연구센터

로봇공학, 웨어러블 디바이스 분야 특화연구소. 웨어러블 로봇 연구 관련 단위 기술을 융복합해 차세대 통합 시스템 기술로 창출하고자 힘쓰고 있다. 지능형 웨어러블 로봇 교육연구단을 통해 차세대 로봇 전문가를 양성하고, 알키미스트 프로젝트 등 다양한 연구개발 사업에 참여하고 있다.

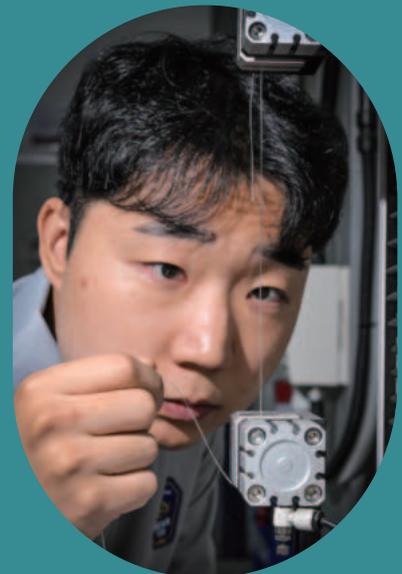
미래 섬유로 각광받는 슈퍼섬유 개발 첨단 소재 신시장 열린다

고탄성 방향족 폴리에스터 섬유 소재 국산화 기술개발

(주)삼환티에프

섬유라고 하면 의류에 쓰이는 소재를 떠올리기 쉽지만 그 쓰임새는 무궁무진하다. 고부가가치 소재로 각광받는 ‘슈퍼섬유’는 ‘황금알을 낳는 거위’로 불릴 만큼 첨단 산업의 발전과 함께 수요와 용도가 빠르게 확대되고 있다. 일본이 독점하고 있는 슈퍼섬유의 하나인 LCP 소재 개발에 열을 올리는 것도 바로 이런 이유다.

글 김광균 사진 서범세



LCP

친환경·고효율·저비용의 고성능 유기섬유 소재.

연구과제명	인장탄성을 800g/den. 이상의 고탄성 방향족 폴리에스터 섬유 소재 및 이를 이용한 토목건축용 복합재 개발
제품명(적용 제품)	BEAR 100(LCP 원사)
개발기간(정부과제 수행기간)	2020. 4~2024. 12(57개월)
총 정부출연금	83억6350만 원
개발기관	삼한티에프, 세양폴리머, 한국세텍, 대산이앤지, 한국생산기술연구원, 충남대학교, 인하대학교
참여 연구진	탁병환 대표이사, 안유진 연구소장, 이의현 전임연구원, 홍영주 주임연구원, 이지민 연구원, 이동현 연구원

일본 의존도 탈피 위해 LCP 소재 국산화 도전

섬유는 의류뿐 아니라 생활용품, 산업자재, 섬유강화 복합재 등 폭넓은 분야에서 활용되는 기초 소재다. 원료와 제조 기술에 대한 혁신적인 연구개발이 지속되면서 첨단 산업 분야로 그 쓰임새가 확대되었다. 첨단 산업 분야의 핵심 소재로 가치가 높아지면서 고부가가치 신소재로 각광받는 슈퍼섬유에 대한 개발 경쟁과 투자도 활발해지고 있다.

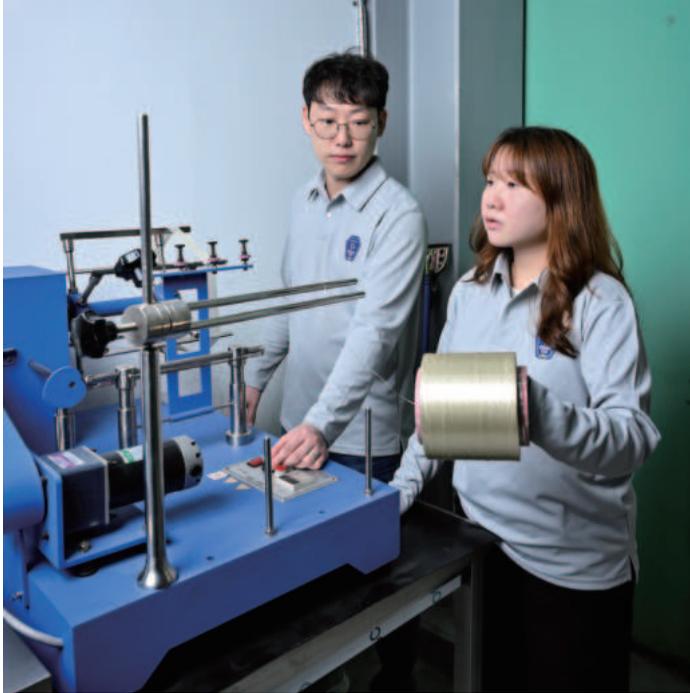
슈퍼섬유는 일반 섬유보다 강도가 월등히 높거나 고열에 견딜 수 있는 내열성·난연성이 우수한 고성능 섬유 소재다. 아라미드·폴리페닐렌 설파이드^{PPS}·액정고분자^{LCP} 섬유와 같이 고강도·내열성·내화학성 등이 우수한 슈퍼섬유는 자동차·우주·항공·전자 등 다양한 첨단 산업 분야에 활용된다. 그중에서도 **친환경·고효율·저비용 등 우수한 특징을 갖는 LCP는 전기전자 부품, 기계 부품, 음향기기, 화학장치, 스포츠용품 등의 산업에 폭넓게 사용되고 있으며, 향후 성장 가능성이 매우 높은 신소재로 꼽힌다.** 하지만 제조 과정이 까다롭고 일본 기업이 세계 시장의 90% 이상을 독점하고 있는 상황에서 전량 수입에 의존해야 하는 실정이다.

삼한티에프는 2016년부터 LCP의 가치와 시장성에 주목해 소재 개발에 착수했다. 5년간 연구과제를 진행한 끝에 국내 최초로 고강력 열방성 액정 폴리에스터^{TLCP} 섬유 개발에 성공했다. 고강도의 물성을 지녀 해양 로프나 컨베이어벨트 등에 활용되는 TLCP 섬유 소재 개발에 성공했지만 내진동 및 진동 흡수율이 우수한 고탄성률의 물성을 갖는 방향족 폴리에스터^{MLCP} 섬유 개발은 아직 시도된 바 없었다. 높은 기계적 물성과 함께 진동과 충격 흡수 성능이 우수한 섬유가 개발된다면 보다 다양한 용도로 활용될 가능성을 기대해볼 수 있다. 특히 국내에서 최근 급증하고 있는 지진 혹은 건축물 붕괴에 대비한 토목건축용 내진 및 구조 보강 복합재 분야의 수요도 크게 증가하는 추세다.

이에 주목한 삼한티에프는 2020년 4월부터 2024년 12월까지 ‘인장탄성을 800g/den. 이상의 고탄성 방향족 폴리에스터 섬유 소재 및 이를 이용한 토목건축용 복합재 개발’ 연구를 진행했다. 연구는 크게 두 단계로 진행됐다. 1단계는 고탄성 수지를 사용한 섬유화 기초 연구와 토목건축용 복합재 제조를 위한 기초 설계 연구가 목표였다. 2단계는 1단계에서 진행한 기초 연구를 토대로 실제 섬유 소재를 개발하기 위한 최적화 조건을 확보하는 데 초점을 맞췄다. 상용화가 가능한 수준의 MLCP 제조 기술 확보와 토목건축용 복합재 제조 기술 및 현장 적용 가능한 최적화 모듈 개발이 핵심이었다.

국내 최초 고탄성 LCP 소재 개발 성공

LCP는 온도에 매우 민감한 소재다. 용융방사(화학섬유를 만드는 방법의 하나)가 가능한 소재지만 섬유 제조 과정에서 온도에 의해 분해되기 쉬운 특성을 지녔다. LCP 섬유 소재를 개발하는 데는 두 단계의 공정을 거칠 필요가 있다. 우선 용융방사를 통해 섬유를 제조하고, 그 후 물성을 강화하기 위해 열처리 공정을 거쳐야 한다. 열처리를 하게 되면 강도가 2배 이상 높아지기 때문에 높은 강도를 요하는 용도로 제품화하려면 열처리 공정이 반드시 필요하다. 하지만 이 과정에서 질소 농도가 조금만 낮아져도 원사가 산화하거나



물성이 저하돼 섬유가 끊어지기 쉽다. 이처럼 열처리 공정은 기술적 난도가 매우 높고 섬세한 작업이 요구된다. 삼한티에프는 열처리 공정의 최적 조건을 개발하는 과정에서 상당한 어려움을 겪었고 그만큼 시행착오도 많았다. 열처리 공정을 위한 설비를 따로 개발하고 공정 조건을 최적화하는 데 많은 시간과 노력을 투입한 끝에 이러한 문제를 해결하고 성공적으로 MLCP 섬유를 제조할 수 있었다.

삼한티에프는 연구개발을 통해 MLCP 개발을 위한 최적의 용융방사 공정 조건과 제조 기술은 물론, 사업화 규모의 양산화 기술까지 확보했다. 물성을 극대화할 수 있는 최적의 열처리 조건과 시스템 개발에도 성공했다. 이로써 전량 일본 수입에 의존하던 LCP 섬유 소재의 국산화 기술을 확보하고, 사업화 규모의 양산 시스템과 인프라까지 구축하는 성과를 거뒀다.

토목건축용 보강 복합재 시제품 개발을 완료한 것도 커다란 성과다. 실제 산업 분야 적용 가능성을 보여준 첫 결과물이기 때문이다. 내진 보강은 내진설계가 이뤄지지 않은 건축구조물에 지진을 견딜 수 있도록 구조물을 보강하는 기술로, 최근 탄소 섬유와 아라미드 섬유 등 산업용 섬유를 콘크리트 표면에 접착해 내력을 보강하는 신소재 섬유 접착 공법이 주목받고 있다. 국내에선 내진 성능 향상을 위해 일본에서 직물을 수입해 사용하는 실정이었으나 이번 LCP 섬유 소재의 국산화로 이러한 문제를 해결할 수 있게 됐다.

소재 국산화로 응용 분야 확대, 후속 연구 활성화 기대

MLCP 섬유는 다른 섬유에 비해 우수한 특성을 지닌 만큼 시장성도 유망하다. MLCP는 섬유 제조 과정에서 강산을 용매로 사용하는 아라미드 섬유와 달리 용융방사가 가능해 용매 회수가 불필요하고 독성물질이 발생하지 않아 친환경적이다. 아라미드-탄소 섬유 등 다른 섬유들과 비교해 효율이 높고 비용이 적게 들며 생산성이 높은 특징이 있는 데다 재활용이 가능하다는 장점도 지녔다. 극한 환경에서도 우수한 기계적 물성과 내구성을 보이며, 진동 감쇠(진동을 줄이거나 방지하는 특성) 효과가 우수해 토목·건축 분야뿐 아니라 자동차 내장재, 스피커 흡음재 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대된다. MLCP 섬유를 자동차의 내외장재에 적용하면 차량의 무게를 낮출 수 있어 온실가스 배출 감소, 연비 개선 등의 효과를 기대할 수 있으며, 내진동과 진동 흡수율이 우수한 만큼 차량 스피커에 적용하면 무게를 줄이고 풍부한 입체 음향을 구현할 수 있다. 또 배임 방지 기능이 우수해 안전방호용 신발과 안전장갑, 방검복, 가방 등 다양한 분야에 활용될 것으로 기대된다.

삼한티에프는 이미 안전방호용 예초 장화, 안전장갑 등 다양한 용도의 시제품을 제작하고 실증 테스트를 거치며 상용화 가능성을 타진 중이다. 이와 더불어 2022년부터 한국전력공사, KAIST와 함께 ‘그래핀·TLCP 섬유 기반의 초경량·대용량 전력선’ 개발을 진행하며 LCP 섬유의 응용 분야 확대에 기여하고 있다. LCP 섬유에 대한 연구개발이 미진한 상황에서 소재 국산화는 물론 상용화 기반 확보, 응용 제품 연구개발까지 사회적 가치 창출의 가능성을 열고 있는 삼한티에프의 다음 행보에 관심이 집중되고 있다.

섬유 소재 개발 과정에서 가장 어려웠던 점은 무엇인가?

LCP 섬유를 생산하기 위한 최적의 공정 조건을 개발하는 과정이 힘들었다. 소재의 물성을 강화하려면 열처리 공정을 반드시 거쳐야 하는데, 질소 농도가 조금이라도 낮아지거나 열처리하는 과정에서 발생하는 가스를 적절히 제거해주지 않으면 산화되거나 물성이 저하된다. 또한 LCP 섬유 소재 생산을 위한 최적의 장비도 따로 갖춰야 한다. 5년간 과제를 진행하는 동안 공정 조건을 조정해가며 장비를 수십 번 뜯어고쳤다. 밤을 새우기 일쑤였고 팔에 화상을 안 입은 연구원이 없을 정도다. 열처리 공정의 안정화를 위한 연구는 지금도 진행 중이다.

R&D 과제 수행으로 얻은 가장 큰 성과라면?

처음 정부 지원 과제를 수행할 땐 원사를 1kg밖에 뽑지 못했다. 과제 수행에서 가장 중요한 요소라 할 만한 것은 장비다. 장비 스펙도 중요하지만 그보다 LCP 소재 생산을 위한 최적의 설계가 이뤄져야 한다. 수많은 시행착오를 거치는 동안 장비 설계를 반복하면서 최적의 설계 조건을 얻었고, 이를 통해 품질 높은 원사를 10kg까지 뽑을 수 있게 됐다. LCP 소재 생산에 최적화된 기반 시설을 확충했다는 점이 가장 큰 성과가 아닐까 싶다.

정부 R&D 지원과 관련해 도움이 됐다거나 추가로 지원이 필요한 부분이 있다면?

정부 지원이 없었다면 막대한 투자가 필요한 생산 인프라를 갖추기 힘들고, 도전적인 연구에 뛰어들 시도조차 하지 못했을 것이다. 향후 제품화에 대한 가능성까지 타진하면서 질 높은 연구를 수행할 수 있다는 점이 정부 R&D의 큰 장점이다. 다만, 연구개발로 우수한 성과를 낸 기업의 기술이나 제품을 관련 산업에 실제 적용할 수 있도록 일정 정도 수익을 보장해줄 수 있는 기반이



마련되면 더 좋지 않을까 생각한다. 또한 지금까지 정부 지원은 주로 태섬사(굵은 섬유) 위주로 이뤄졌는데 앞으로는 세섬사(얇은 섬유) 개발에도 지원이 이뤄졌으면 한다. 그렇게 되면 응용 분야 확대를 위한 후속 연구가 더욱 활발해질 것이다.

향후 계획이나 목표가 궁금하다.

해외 의존도를 낮추고 국가 경쟁력을 제고할 수 있도록 우수한 품질의 LCP 소재 연구를 지속하는 것이 목표다. 이를 위해 태섬사와 더불어 세섬사 분야까지 연구개발을 확대할 계획이다.



(주)삼환티에프

기능성 섬유 소재와 산업용 섬유 소재를 자체 개발·양산하는 섬유 소재 전문 기업이다. 합성수지에 친환경 유·무기 소재를 혼합해 다양한 종류의 기능성 원료와 제품을 개발·생산하고 있다. 섬유업계 최초로 섬유의 표면층에 나노급 소재를 균일하게 분포시키는 첨단 기술로 신기술^{NET} 인증을 획득했다. 슈퍼섬유의 하나인 LCP 소재 방사 기술과 방사 시스템을 보유하고 있다.

UN 산하의 국제해사기구^{IMO, International Maritime Organization}가 2050년 국제 해운업계에서 배출하는 온실가스를 '0'으로 만든다는 온실가스 감축 전략을 채택한 데 이어, 선박의 수중방사소음에 대한 규제 카드를 만지작거리고 있다. 해양생물을 보호한다는 명분은 옳지만, 이것이 세계무역의 또 다른 장벽이 될 것이란 우려도 크다. 글 김아름 사진 김기남



선박 수중방사소음 줄이는 기술로 친환경·고부가가치 조선 기술 격차 더 벌렸다

IMO 해양 환경보호 규제 대응을 위한 선박 수중방사소음
모니터링 및 소음 저감 기술개발



선박추진기 소음, 해양생물에겐 잔혹한 증간소음

수중방사소음은 해양생물의 일상을 방해하는 증간소음과도 같다. 바닷속 그들은 소리에 의존해 살아간다. 해양 생명체 대부분이 짝짓기, 이동, 먹이 찾기, 무리 찾기 등에 소리를 활용한다. 이 생태계에 큰 혼란을 야기하는 것 중 하나가 인간이 만들어내는 소음, 그중에서도 선박이 발산하는 소음이다. 선박이 수중에 방사하는 소음은 크게 ‘선체 진동 소음’과 ‘추진기(프로펠러) 소음’으로 나뉘는데, 이 둘에 모두 영향을 주는 것이 추진기 캐비테이션^{Cavitation}이다.

캐비테이션은 선박 뒤쪽에 설치된 추진기가 돌아가면서 기포를 발생시키는 현상을 말한다. 프로펠러가 돌아갈 때 앞면과 뒷면에 압력 차이가 발생한다. 특히 프로펠러 앞면의 압력이 급격히 떨어지는데, 여기에서 추진기 날개의 압력이 증기압(일정한 온도에서 액체 또는 고체와 평형 상태에 있는 증기가 가지는 압력) 이하로 낮아지면 액체가 기화돼 공기 방울이 만들어진다. 배가 클수록, 빠르게 움직일수록 프로펠러는 큰 힘을 내야 하고, 추진기 캐비테이션 현상도 심해진다. 그리고 캐비테이션 현상이 심해질수록 선체에 가해지는 진동과 수중으로 방사되는 소음도 커진다. 결론적으로 선박의 대형화, 고속화가 진행됨에 따라 바닷속 소음 문제도 커졌고, 그에 따라 해양생물, 특히 해양 포유류의 고통도 증가하는 것이다.

K-VG, 작은 장치에 담긴 놀라운 기능

선박해양플랜트연구소 설한신 박사는 함정공학연구소, 미래 잠수함 저소음추진기 특화연구실의 수장으로 해군 함정과 잠수함의 소음을 줄이는 연구를 이어왔다. 그러던 차에 대형 상선이 방사하는 소음이 조선산업과 해운업계의 이슈로 부상하며 국내 조선업체와



1. 대형 캐비테이션 터널 모습.
2. 선체 주변 물의 흐름을 선박 추진에 유리하게 바꾸고, 추진기에서 발생하는 소음을 낮추는 와류발생기 'K-VG'.



추가적인 기술을 개발하기 위해서는 선내에서 수중방사소음을 계측하는 '모니터링 시스템'을 검증하고 관련 데이터를 쌓아야 한다.

산업부에서 선박 수중방사소음 기술개발 연구를 제안해왔다.

IMO가 현재 논의 중인 것이 선박의 수중방사소음 규제다. 과거 온실가스 감축 전략을 이끌었던 캐나다, 미국, EU가 이번에는 수중방사소음 규제에 목소리를 높이고 있다. 특히 캐나다는 해양생태계 보존에 적극적이다. 또 밴쿠버항을 중심으로 항만을 지나는 선박에 대해 수중방사소음을 측정하고, 저소음 친환경 선박을 대상으로 항만 이용료를 할인해주는 인센티브를 제공하고 있다. 이로써 조선산업의 다음 단계가 명확해졌고, 조선 기술력 1위 자리를 위해서 업계와 정부가 나섰다.

소음 저감 기술개발의 대전제는 '높은 효율'이다. 효율을 높이거나 최소한 현재의 상태를 유지하면서 소음만을 줄여야 한다. 설 박사팀은 비행기와 자동차 등에서 쓰는 '와류발생기^{Vortex Generator}'를 선박에 적용해보기로 했다. 와류란 유체(액체나 기체)가 회전하는 흐름이다. 쉽게 말해 물이나 공기 등이 특정한 방향으로 강하게 소용돌이치는 현상이다. 와류가 발생하면 주변 유체에도 영향을 미친다. 선박에서도 와류를 잘 활용하면 선체 주변 물의 흐름을 선박 추진에 유리하게 바꾸고, 동시에 추진기에서 발생하는 소음을 낮출 수 있다. 설 박사팀은 이 와류발생기를 'K-VG^{KRISO Vortex Generator}'라고 이름 붙였다.

K-VG는 추진기 앞쪽 선미에 적용된다. 마치 물고기의 아가미처럼 생긴 두세 쌍의 막대 장치가 와류를 발생시켜 선체를 따라 흐르는 바닷물의 흐름을 바꾼다. 이는 자연스럽게 프로펠러로 이어지며, 캐비테이션 현상을 개선하고 소음도 낮춘다. K-VG를 적용한 선박은 기존 대비 50%가량 소음이 줄고,

추진 효율 또한 3~5% 향상되는 효과를 얻는다. IMO에서는 향후 10년간 3데시벨의 수중방사소음 저감을 목표로 기술개발을 권고하고 있다. 설 박사팀의 연구 결과와 정확히 일치하는 수치다. 이 작은 장치 하나가 10년을 벌여준 셈이다. 제작 및 설치 비용 또한 유사한 연료 절감 기술 장치의 10분의 1 수준이며, 신조선뿐만 아니라 기존 운항 중인 선박에도 쉽게 적용할 수 있다.

선박 수중방사소음 기술개발

선도국으로

안타깝지만 K-VG는 효과만큼 한계도 명확했다. 소음을 3데시벨 줄이는 것이 전부다. 추가적인 기술을 개발하기 위해서는 선내에서 수중방사소음을 계측하는 ‘모니터링 시스템’을 검증하고 관련 데이터를 쌓아야 한다. 이는 실선 시험을 통해서만 가능한데, 하늘의 별 따기처럼 힘들다는 문제가 있었다.

우선 이번 연구가 국내 각 조선소의 최신 주력 선종을 대상으로 했기 때문에 해당 선박이 건조돼 시운전 일정이 잡힐 때까지 기다려야 했다. 대한해협 근처에서 시험을 진행하던 중에는 일본 해경의 경계도 받았다. 태풍 등 자연재해가 닥치면 처음부터 모든 일정을 다시 조율해야 했다. 마음 같아선 한두 달에 한 번은 시험을 진행하고 싶었지만, 모든 요소를 고려하니 1년에 두어 번이 전부였다.

선박해양플랜트연구소는?

Who?

함정공학연구원 설한신
센터장을 중심으로 김건도, 김동욱,
김인강, 문일성, 박영하, 박철수,
백부근, 안종우, 정소원, 정홍석,
황승현 등이 참여

...

How long?

2020년 7월부터
2024년 6월까지
총 48개월

...

What research?

선박의 수중방사소음으로
오염되는 해양생태계를 보호하기
위해 선박에서 수중으로 방사되는
소음을 모니터링하는 기술, 선박의
수중방사소음을 줄이면서 동시에
추진 효율을 향상시키는 기술
(K-VG)을 개발해 실용화에 성공

...

What is the role of KEIT?

4년간 46억5600만 원의 연구
지원금으로 실선 시험을 무사히
진행. 무엇보다 국내 주요 조선사
전체와 최신 선박을 대상으로
실증하는 데 국가기관의 도움이
결정적이었다.

조선 해양 분야의 국내 유일 정부 출연 연구소로, 선박해양플랜트 분야의 원천 기술을 개발하고 응용 및 실용화 연구를 종합적으로 수행한다. 국가의 현안을 해결하고 산업계를 지원하기 위해 선도적 기술을 개발하고 있다.

“귀한 실선 시험 기회를 알차게 써야 했기 때문에 한 번 나갈 때마다 200% 이상 준비를 마쳤던 것 같습니다. 다행히 시험은 잘 마무리됐고, 그 결과 덕분에 세계 최초, 대형 상선 최초로 노르웨이 DNV선급의 저소음 선박 인증^{SILENT[®]}을 받기도 했습니다. 추후 연구를 이어갈 만큼은 데이터를 얻은 것 같아 다행입니다.”

현재 K-VG는 캐나다 인센티브 프로그램 ‘EcoAction’에 브론즈^{Bronze} 등급으로 등록돼 이를 장착한 선박은 밴쿠버항 입항료 23%를 할인받고 있다. 과제 마지막 연도였던 올해 초에는 K-VG 기술을 국내 기자재업체에 기술이전했으며, 설 박사팀은 IMO의 GloNoise 프로젝트에 기술 선도국 자격으로 참여하고 있다. 캐나다, 미국, EU 등과 함께 선박 수중방사소음 기술에 대한 개도국들의 인식 향상과 관련 규제 방향 및 기술개발이 주된 목적이다. 또 정부 측과 협의해 IMO 정책 개발과 규제에 대응할 수 있는 기술을 발전시키기 위한 후속 연구도 계획 중이다.

“선박 수중방사소음을 IMO의 규제로 강제화할 것인가, 선박 설계와 운항 중 기술적 권고에 그칠 것인가에 대한 논의가 치열하지만 결국은 어떤 기준으로 완성될 텐데요. 이때 우리 조선업이 또 한 번 성장할 수 있을 것입니다. 친환경 고부가가치 선박을 위한 연구개발에 많은 관심을 부탁드립니다.”

연구자의
다이어리

한국의 소음
저감 기술, 해외
전문가들을
놀라게 만들다



우리 선박해양연구소^{KRISO} 연구팀은 2023년 9월 18일과 19일 양일간 진행된 IMO의 '에너지 효율성과 선박의 수중방사소음 간의 관계에 대한 워크숍'에 참여했습니다. 총 25곳의 전문 연구팀이 각자의 연구 결과와 미래 전망 등에 대한 의견을 발표했는데, 그중 가장 많은 호응을 얻은 팀이 바로 우리 KRISO였습니다.

우리가 개발한 K-VG는 수중방사소음을 3데시벨 줄일 뿐만 아니라 선박의 추진 효율도 적게는 3%, 많게는 6%까지 향상할 수 있었기 때문입니다. 신조선뿐만 아니라 현재 운행 중인 선박도 보수를 통해 바로 적용할 수 있으며, 비용 또한 타 연료 절감 장치와 소음 저감 장치와 비교해 10분의 1밖에 되지 않는다는 점에서 해운사들이 높은 관심을 보였습니다. 이를간 진행된 워크숍 곳곳에서 우리의 이름과 기술이 언급됐고, 캐나다와 EU 등의 기술 선도국 또한 우리에게 관심을 보였지요.



선박 수중방사소음 모니터링 및 소음 저감 기술개발을 함께한 연구진들.

Now ✓

- 기술 선도국으로 IMO GloNoise 프로젝트에 참여
- 국제사회에 우리의 원천 기술이 경제성과 실용성을 확보한 해양 환경보호 친환경 선박 기술로 인정
- 그리스의 최대 해운사 마란가스^{MARAN GAS Maritime}, 싱가포르 IMC 해운 등과 국내외의 해운사의 다수 선박에 기술 적용

Next ✓

- 2024년부터 2026년까지 IMO와 함께 수중방사소음 문제를 살피고, 기술 필요성에 대한 인식 개선에 힘쓰며 동시에 관련 규제에 대한 협의를 진행할 계획
- 정부 및 업계와의 협의를 통해 수중방사소음 규제에 대한 대응책 및 관련 기술개발 진행

Future ✓

- 친환경·고부가가치 선박의 수요 증가에 따라 선박 수중방사소음 기술 또한 우리의 강점으로 작용할 것
- 선박 수중방사소음 모니터링 시스템 고도화 및 추가적인 선박 수중방사소음 저감 기술을 개발해 IMO 규제에 선제적으로 대응하고 해양생태계 보호

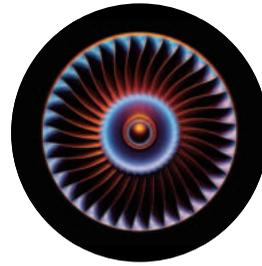
수중방사소음 분야의 전문가들만 모인 권위 있는 워크숍에서 인정받은 그 순간이 잊히지 않고, 그간의 수고에 대한 위로를 받은 기분입니다. 무엇보다 IMO가 선박 수중방사소음 저감을 위해 권고하는 기술적 개발 절차와 우리의 연구개발 과정이 거의 유사하다는 점에서 우리의 연구가 올바르게 진행됐고, 앞으로도 그렇게 이어가리라는 확신이 들었습니다.

설한신 책임연구원

선박해양플랜트연구소 합정공학연구센터장,
미래 잠수함 저소음추진기 특화연구실장.
해군 함정과 잠수함, 선박의 소음을 줄이는 연구를 진행 중이다.

R&D 사전

#와류발생기 Vortex Generator



기체 또는 액체의 흐름을 제어하기 위한 장치다.

공기가 어떤 물체를 지나갈 때 소용돌이를 만들어서 공기가 더 부드럽게 흐를 수 있도록 돕는 역할을 한다.

물리학이나 유체역학을 모르는 이라도 “물놀이 시 와류를 조심해라”라는 말은 한 번쯤 들어봤을 터. 이때 와류는 폭포 아래나 교각 주변 등에서 만들어지는 자연적인 소용돌이로, 물의 속도나 방향이 급격하게 바뀌면서 발생한다. 와류발생기 역시 소용돌이를 만든다는 점에서 유사하지만, 와류발생기가 만드는 와류는 공기나 물이 물체의 표면을 더 안정적으로 지나가도록 돕는다는 점에서 큰 차이가 있다.

적용 사례

#비행기

보통 날개 앞부분, 즉 공기의 흐름이 깨어지기 쉬운 위치에 설치된다. 날개 표면에 작은 핀 모양으로 배열되어 날개 위를 흐르는 공기 흐름에 작은 소용돌이를 발생시킨다. 이러한 소용돌이는 물체와 대기권의 경계 공기층을 안정적으로 만들어 비행기의 효율을 높인다.



#스포츠카

차량의 루프나 차체 뒷부분에 설치된다. 작은 핀 모양의 구조물이며, 샤크핀을 나란히 배치한 형태가 일반적이다. 소용돌이가 차량 앞에서 불어오는 공기를 그대로 날려 보내지 않고, 루프와 뒷부분으로 지나가도록 유도함으로써 후면의 공기저항을 줄이고 연비를 향상시킨다.



#풍력발전

풍력발전에 사용되는 풍력터빈은 바람의 힘을 이용해 날개(블레이드)를 회전시켜 기계 에너지를 변환하는 장치다. 와류발생기는 주로 터빈 날개 뿌리 부분에 설치되어 공기저항을 줄인다. 이를 통해 풍력터빈의 수명이 길어지고 날개의 성능도 높아진다.



유사 개념

#디퓨저 Diffuser

주로 스포츠카나 레이싱 차량에 도입되는 장치로, 차량 하부로 들어온 공기의 흐름을 빠르게 배출시켜 고속 주행 시 차량의 안정성을 유지하고 코너링을 향상시킨다.

#구상선수 Bulbous Bow

대형 선박의 앞부분에 있는 볼록한 구조물이다. 보통 물속에 위치하기 때문에 눈에 잘 띄지 않는다. 구상선수는 파도를 따라가며 물의 흐름을 원활하게 만들고 저항을 줄인다.

#핀 Fin

서핑보드 아래에 달린 샤크핀. 파도에서 보드의 방향을 제어하고 속도를 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 미사일이나 로켓 등에도 핀이 설치되어 공기의 흐름을 정리한다.

반대 개념

#브레이크패드

자동차, 자전거 등에서 속도를 줄이거나 정지하기 위해 사용한다.

#낙하산

공기저항을 이용해 물체의 속도를 줄이는 장치다.

#드래그플랩

비행기 이착륙 시 날개 뒷부분에 설치된 플랩의 각도를 조율해 양력과 항력을 조절한다.

미래 먹거리 만드는 R&D 정책

‘미래 먹거리’ 하면 가장 먼저 떠오르는 것은 무엇일까. 대부분 인공지능^{AI}과 바이오를 들 것이다. AI의 경우 최근 챗GPT가 괄목할 만한 기술혁신을 보이면서 주목받고 있고, 바이오는 고령화사회와 더불어 향후 크게 성장할 산업으로 여겨지고 있다. 각국 정부는 이 같은 점을 감안해 여러 정책을 내놓고 있다. 글 이슬기 <한국경제신문> 기자

해외

고령화 등 의학적 난제 해결하는 바이오 R&D 투자 확대



각국은 제약바이오산업이 글로벌 기술 패권 경쟁의 중요한 열쇠라고 생각하고 R&D에 박차를 가하고 있다. 전 세계 인구가 고령화됨에 따라 생기는 각종 문제, 의학적 난제를 풀기 위해선 제약바이오 R&D가 필수적이라는 판단에서다. 각국 정부가 관련 분야에 얼마나 많은 예산을 쏟고 있는지가 이를 보여주는 방증이다.

미국 보건복지부는 내년 R&D 예산으로 514억 달러를 달라고 정부에 요청했다. 이는 전년 476억 달러 대비 7.9%

증가한 규모다. 새로 생긴 인공지능 부처를 제외하면 전 부처 중 가장 높은 증가율이다. 미국 모든 부처의 예산안 요구액 평균 증가율은 3.8%였다. 미국 보건복지부는 늘어난 예산을 통해 바이오 원천 기술 확보뿐만 아니라 암 예방 등 연구 프로그램도 지원하겠다는 계획이다.

일본 역시 올해 보건 의료 분야 R&D에 2237억 엔의 예산을 집행, 이 중 일본 의료 R&D 컨트롤타워인 일본의료연구개발기구^{AMED}의

예산으로만 1489억 엔을 배정했다. AMED는 이를 신약 개발, AIoT 기술을 활용한 의료기기·헬스케어 기술개발, 게놈 및 레지스트리 등 의료 데이터 기반 연구, 그리고 뇌 기능이나 면역, 노화 등 질병 기초연구에 쏟겠다는 방침이다. 이 밖에 치매 연구개발 프로젝트 등을 통해 일본이 고질적으로 앓고 있는 고령화 문제에도 대응한다는 방침이다.

유럽연합^{EU}도 오랜 기간 제약바이오 분야 R&D를 적극 지원해왔다. 대한무역투자진흥공사^{KOTRA}에 따르면 2021년 기준 제약바이오 R&D 지출이 큰 국가는 독일(11조5000억 원), 스위스(11조 원), 영국(9조2000억 원), 벨기에(7조 원), 프랑스(6조 원) 등이다. 또 EU는 지난해 11월 유럽 전역의 보건 위기 대비 태세를 강화하고 건강 문제 해결 및 디지털 건강 데이터를 활용한 의료서비스 제공 등 포괄적인 의료 대응을 보장하기 위해 ‘EU4Health’ 프로그램에 7억5240만 유로를 제공하겠다고 밝힌 바 있다.

2027년까지 제조·서비스업 분야에 300개 이상 'AX 선도 프로젝트' 지정

싱가포르에 있는 현대차그룹 글로벌혁신센터^{HMGICS} 센터의 조립 라인에 작업자가 거의 보이지 않는다. 각 작업장마다 생산직은 단 한 명씩 있고, 여러 로봇이 차량을 최종 조립하고 있다. 부품은 자율주행로봇^{AMR}이 쉴 새 없이 움직이며 나른다. 작업자가 조립을 하나씩 마칠 때마다 네 발로 걷는 로봇이 해당 부위를 촬영한 뒤 AI 알고리즘으로 분석해 품질을 확인한다. 현재 40%대의 자동화율을 앞으로 더 끌어올려 비용을 줄이고 완성도를 높이겠다는 게 현대차의 목표다.

이렇듯 기업들이 현장에 앞다퉈 AI를 도입하려고 하는 것은 AI 도입률이 생산성과 효율성을 좌우할 수 있다는 것을 알기 때문이다. 이를 위해 정부는 지난 9월 26일 서울 종로구 포시즌스호텔에서 제1차 국가인공지능위원회 회의를 열고 AI의 산업 확산을 촉진하기 위한 방안을 발표했다.

산업통상자원부는 회의에서 '산업 AI^{AI Transformation} 프로젝트'를 통해 2030년까지 현재 31% 수준인

기업의 AI 활용률을 70% 수준까지, 현재 5% 수준인 제조 현장 도입률을 40% 수준까지 끌어올린다는 목표를 제시했다. 산업 AX는 계획, 개발, 생산, 판매 등 기업 활동 전반에 AI를 적용함으로써 생산성을 높이고 부가가치 창출을 극대화하는 것을 뜻한다.

산업부는 R&D, 금융, 컨설팅을 집중적으로 지원하는 대상인 'AX 선도 프로젝트' 지정을 통해 기업들이 산업 현장의 모범 AI 적용 사례를 만들어내는 것을 지원함으로써 산업계 전반에 확산을 유도한다는 전략을 제시했다. 우선 25개 AX 선도 프로젝트를 선정해 각각 최대 100억 원을 지원할 방침이며, 오는 2027년까지 이 같은 지원 대상을 총 300개 이상 추진한다는 계획이다. 이를 통해 AI를 현장에 활용하기 위해 노력하고 있는 기업들을

뒷받침하겠다는 것이다.

앞서 기업들과 정부는 지난 7월 민관 합동 'AX 얼라이언스'를 출범시키기도 했다. AI를 로봇, 장비 등과 결합해 산업 현장의 생산성·안전성·환경성을 획기적으로 높이는 것을 목표로 한다. AX 얼라이언스에는 총 12개 업종에서 153개 기업·기관이 참여했다.

현대차·기아, 동서기공, 삼성중공업, LG에너지솔루션, 하나마이크론, 씨젠, 대한항공, 한국항공우주산업^{KAI} 등 자동차, 조선, 이차전지, 방산·항공 등 분야의 대기업과 핵심 공급망을 구성하는 중소·중견 기업이 대거 참여했다. 참여 기업 중 대기업은 21%, 중견기업은 23%, 중소기업은 56%를 각각 차지한다. 참여 기업 전체 매출액을 합하면 국내 제조업 전체 매출의 40%에 육박하는 수준이다.



현대차그룹 싱가포르 글로벌혁신센터^{HMGICS}에서 아이오닉 5를 조립 중인 작업자 옆에서 보스턴다이내믹스의 로봇 '스팟'이 조립 품질을 검사하고 있다.

국내

한국과 체코,
수소 분야 정책·기술 협력



체코가 무탄소 전원인 수소에너지에 관심을 기울이고 있다. 지난 9월 20일 체코 프라하에서 개최된 ‘한-체코 산업-에너지 기술 협력 포럼’에서 한국수소연합과 체코수소협회^{HYTEP, The Czech Hydrogen Technological Platform}가 ‘양국의 수소 정책, 기술 교류를 위한 업무협약’ 양해각서^{MOU}를 체결한 게 대표적이다. 지속가능한 수소산업의 발전과 육성을 위해 협력하겠다는 게 골자다.

앞서 체코는 2021년 7월 국가수소 전략을 발표하고 연간 국가 수소 생산량을 2035년 28만4000톤까지 늘린다는 목표를 세웠다. 2030년까지 수소 버스를 최대 870대, 수소 승용차는 4~5만 대 보급하겠다는 계획도 있다. 다만, 체코는 내륙 국가로 풍력발전 등을 통한 저탄소 수소 생산에 어려움을 겪고 있다. 따라서 체코가 필요한 수소 소비량을

확보하기 위해선 생산 설비 증대 및 신기술 투자 등이 필요한 상황이다. 이번에 한국과 수소 분야 정책과 기술 협력에 나서겠다고 협약을 맺은 건 이 같은 문제의식 때문이다. 한국은 수소 분야에 있어 체코 대비 경쟁력이 높은 것으로 평가되고 있다.

양국은 MOU를 통해 △수소 분야 전주기 정책, R&D 및 혁신 분야 △국제 표준 및 인증 분야 △민관 양자 협력 분야 △연료전지, 수전해 및 원자력 실증 분야에 협력하기로 했다. 이번 MOU 체결로 양국은 기업 간 수소산업의 기술 협력을 강화할 수 있을 것으로 기대된다.

한국과 체코 양국 정부의 협력으로 민간 기업들도 수소 분야에서 다양한 비즈니스 기회를 모색할 수 있게 됐다. 현대차가 지난 9월 20일(현지

시간) 체코 프라하에서 스코다그룹 산하 스코다 일렉트릭과 ‘수소경제와 지속가능한 미래 모빌리티 생태계 조성을 위한 협력’ MOU를 체결한 게 대표적 예다.

현대차와 스코다 일렉트릭은 수소 연료전지 기술과 친환경 차량 시장의 확대를 목표로 양사의 기술과 제품을 융합해 글로벌 수소 모빌리티 생태계 확장에 기여할 계획이다. 협력의 주요 내용은 현대차의 수소 연료전지 시스템을 스코다 일렉트릭의 모빌리티 제품에 적용하는 한편, 에너지 효율화 연구와 수소 생태계 및 밸류체인에서 기회를 모색하겠다는 것이다. 뿐만 아니라 현대차와 스코다 일렉트릭은 다양한 모빌리티 분야로 연료전지 시스템을 확대 적용하는 방안에 대해서도 적극적으로 논의하기로 합의했다.



친환경 기술, 먹거리에 안심을 더하다

산업 생분해 소재인 PLA와 기업 연구소 등이 개발한 PHA를 혼합해 석유계 코팅처럼 잘 깨지지 않고 열 조리도 가능한 종이 코팅 기술이 세계 최초로 개발됐다. 생분해가 가능하며, 패키징의 지속가능성도 높아 업계의 주목을 받고 있다. 글 이미경 <한경ESG> 기자

세계 최초 PHA 적용한 조리용 종이 코팅 개발

기업들이 친환경 기술을 활용한 상품 출시에 적극 나서고 있다. 생분해성 바이오 소재인 PHA 코팅 기술을 적용한 컵라면 등이 대표적이다. PHA^{Polyhydroxyalkanoate}는 미생물이 식물 성분을 먹은 뒤 세포 안에 생성하는 고분자 물질이다. 여러 생분해 소재 중 토양과 해양 등 자연환경에서 분해 성능이 가장 우수한 것으로 알려졌다. 현재 널리 사용되는 PLA^{Poly Lactic Acid}는 퇴비화 조건에서 분해(산업 생분해)되는 반면, PHA는 바다에서도 100% 생분해되는 세계 유일의 플라스틱 소재 중 하나다.

CJ제일제당은 지난해 11월 산업 생분해 소재인 PLA와 자체 개발한 PHA를 혼합해 석유계 코팅처럼 잘 깨지지 않고 열 조리도 가능한 종이 코팅 기술을 세계 최초로 개발했다. 이 기술은 기존 퇴비화 종이 코팅과 비교해 내구성, 내열성을 모두 높여 PP^{Polypropylene}, PE^{Polyethylene} 등 석유계 코팅과 유사한 상품성을 구현한 것이 특징이다.

기존 퇴비화 코팅은 주로 PLA 소재를 단독으로 사용했는데, 강성이 높은 PLA의 특성상 사용 시 코팅이 깨지거나 갈라지는 경우가 있었다. 이에 물성이 유연한 PHA를 내열성이 높은 PLA와 혼합해 퇴비화 종이 코팅을 구현했다. 이 코팅은 종이컵뿐만 아니라 뜨거운

물을 붓는 컵라면, 전자레인지 조리가 필요한 복합밥 용기 등 종이로 된 다양한 식품 패키징에 적용할 수 있다.

한편 PLA는 산업용 퇴비화 시설에서만 분해되지만, PHA를 혼합하면 소재의 생분해도가 개선돼 가정용 퇴비화 환경에서도 분해된다. 그런 만큼 패키징의 지속가능성을 높일 수 있다.

컵라면 용기, 스낵 패키지 등에 친환경 정책 도입

CU는 CJ제일제당이 개발한 기술을 바탕으로 수개월간의 협력 끝에 컵라면 용기 내부에 생분해성 바이오 소재인 PHA 코팅 기술을 적용한 친환경 용기 면을 국내 최초로 선보였다. 이 신기술을 적용한 첫 상품은 ‘New 오늘의 닭곰탕’, ‘New 오늘의 닭개장’ 2종이다. 일반적으로 친환경 상품은 가격이 비싸다는 인식이 있지만, New 오늘의 라면 시리즈 가격은 기존 동일 상품보다 저렴하다. 컵라면이 편의점 라면 매출의 80%를 차지하는 만큼 생분해성 소재 용기를 사용하면 플라스틱 저감에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

CU는 고객과 함께 생활 속 친환경 소비문화를 실천하기 위해 PB 상품에 친환경 정책을 적극 도입했다. CU의 PB 브랜드 ‘헤이루^{HEYROO}’는 지난 2021년부터 스낵 시리즈에 유해



PLA



PLA

옥수수나 사탕수수와 같은 식물에서 추출한 전분을 발효해 만든 대표적인 생분해성 플라스틱

PHA

친환경 플라스틱을 만드는 데 매우 중요한 소재

성분을 최소화한 에탄올 잉크를 사용해 녹색인증 마크를 획득한 친환경 패키지를 선보였다.

일반적으로 스낵 패키지는 필름 재질 포장재에 잉크를 입혀 제작하는데, 리뉴얼한 HEYROO 스낵 패키지는 오염물질 저감 잉크를 적용해 환경 부담을 크게 완화한다. 또 같은 해인 2021년에는 전체 생수 매출량의 34%인 3800만 개를 차지하는 HEYROO 생수 전 품목을 무라벨 패키지로 변경해 35톤의 필름을 절감하기도 했다.

이러한 친환경 효과를 인정받은 HEYROO 스낵 패키지는 농림축산식품부와 녹색인증 사무국에서 부여하는 녹색인증 마크를 획득했다. CU는 향후 HEYROO 스낵 전 제품에 친환경 패키지를 적용할 방침이다. 또 get 커피 컵과 뚜껑 등 모든 요소를 종이 소재로 바꿔 PB 상품의 포장재 유형별 재활용 등급을 표기하고 있다. 이 외에도 김밥 등 비가열 간편식품 포장 용기를 생분해성 소재로 만들어 연간 195톤의 플라스틱을 줄이고 있다.

일회용품 사용 최소화하는 소비 적극 권장

일회용품 사용 금지 규제 제도 기간을 무기한 연장한 환경부의 방침과 관계없이 CU는 지난해 말 내부적으로 종이 빨대 사용을 기존대로 유지하기로 했다. 이는 2022년 11월 식품접객업 매장 등에서 일회용품 사용을 금지하는 규제를 시행하기 전부터 선제적으로 플라스틱 빨대 사용을 전면 중단, 종이 빨대를 도입하고 빨대 없는 컵얼음을 개발하는 등 친환경 정책을 시행해온 행보의 연장선상에 있다. 또 점포에서 종이 빨대, 나무젓가락 등 소모품을 일반적으로 상시 비치하는 대신 필요한 고객에게만 제공하도록 안내하는 넛지^{nudge}형 전략을 통해 일회용품 사용을 최소화할 수 있도록 소비자에게 친환경 소비를 적극 권장한다.

기존에 제공되던 플라스틱 빨대의 무게가 약 1g인 것을 고려하면 연간 54.2톤에 달하는 플라스틱을 줄일 수 있다. CU는 환경보호를 위한 소비문화를 계속 이어가면서 규제 변경으로 어려움에 처한 종이 빨대 생산업체와도 상생을 도모하겠다는 복안이다.

CU의 빨대 없는 컵얼음.



화제의 ESG 제품



친환경 자재로 만든 침대 프레임

시몬스가 친환경 자재로 만든 침대 프레임 '비틀주스^{BeetleJuicer}'를 출시했다. 이번 신제품을 포함한 시몬스의 모든 프레임은 국가 공인 기준 등급^{ED}보다 높은 E0급 친환경 자재만을 사용한다. 아울러 시몬스는 ▲국가 공인 친환경 인증 ▲라돈토론 안전 제품 인증 ▲불에 잘 타지 않는 난연 매트리스라는 '국민 매트리스 3대 안전 키워드'를 실천하고 있다.

비틀주스는 직사각형 헤드보드에 줄무늬를 접목해 경쾌한 침실 분위기를 자아내는 프레임으로, 판타지 영화의 거장 팀 버튼 감독의 영화 <비틀주스>에서 영감을 받아 초현실주의 스타일링을 재해석했다.



친환경 펄프 적용한 잉크젯 복합기

캐논코리아가 친환경 펄프를 적용한 가정용 잉크젯 복합기 '픽스마^{Pixma} TS' 신제품 2종을 국내 출시했다. 픽스마 TS 시리즈는 인쇄복사스캔이 가능한 올인원 잉크젯 복합기 제품이다. 특히 이 시리즈의 장점은 제품 완충재로, 종이의 원료인 목질섬유(펄프)를 적용해 플라스틱 사용량을 줄였다는 것이다. 본체 부자재 일부에도 재생 플라스틱을 사용하는 등 친환경 제품으로 제작해 미국 환경보호청^{EPA}이 부여하는 에너지 스타^{Energy Star} 버전 3.0을 획득했다.



국제 친환경 소재 인증 로고 각인된 타이어

한국타이어애펀테크놀로지(한국타이어)가 유럽 국제 타이어 전시회에 참가해 친환경 소재를 적용한 신제품을 선보였다. 지난 6월 4일부터 6일까지 독일 쾰른에서 개최된 유럽 국제 타이어 전시회 '더 타이어 쾰른 2024'에서 전기차용 신제품 2종을 공개한 것.

한국타이어는 이 전시회에서 전기차 전용 타이어 브랜드 '아이온^{ION}'의 여름용 타이어 신상품 '아이온 GT'와 전기버스용 타이어 'e 스마트 시티 AU56'을 처음 선보였다. 아이온 GT는 지속가능한 원료 비중이 높은 상품으로 개발된 만큼 국제 친환경 소재 인증 로고인 'ISCC 플러스'가 각인돼 있다. 이 상품은 세단, 스포츠 유틸리티 차량^{SUV} 타이어로 연내 출시될 예정이다.

전기버스용 타이어 e 스마트 시티 AU56은 기존 버스용 타이어 대비 전기버스에 최적화된 마일리지 성능을 제공하며, 혁신 타이어 트레드 블록 기술을 적용해 향상된 접지력과 연장된 트레드 수명이 강점인 상품으로 연내 출시된다.

한국타이어는 2021년 타이어업계 최초로 ISCC 플러스 인증을 통해 지속가능성 분야에서 업계 최상위 기술력을 입증했다. 이 외에도 '독일 미래 타이어 연합^{AZuR}' 공동 전시에 참여하고 있다. AZuR는 지속가능한 타이어 순환 경제 이니셔티브 수행을 목표로 만든 글로벌 타이어 네트워크로, 한국타이어는 지난 2023년부터 합류했다.



전자제품에도 친환경 대체상품 적용

LG전자가 전자제품에 플라스틱 사용을 줄이기 위해 100% 재생지로 제작하는 펄프몰드(완충 기능을 할 수 있도록 제품에 맞게 종이를 제작해 만든 것)를 적극 활용하고 있다. 완충재는 배송 등의 단계에서 제품에 가해지는 충격을 완화하기 위해 넣는 재료로, 이른바 '뽁뽁이'라는 비닐이나 스티로폼 등을 활용한다.

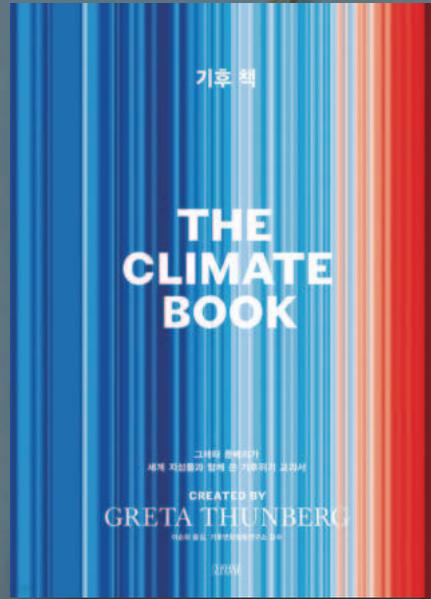
LG전자는 업계 최초로 ESG 기술을 활용한 펄프몰드 상품을 개발하는 한편 부품이나 외관을 친환경 소재로 대체하는 전략을 병행하고 있다. 특히 종이는 플라스틱 사용을 줄이기 위한 완충재 대체상품으로 주목받고 있다. 일반적으로 손상 위험이 적은 데다 크기가 작은 제품의 경우 종이 완충재로 대체하지만, 손상 위험이 크고 무거운 전자제품은 이를 적용하기가 쉽지 않다. 그럼에도 전자제품에 친환경 대체상품을 적극 접목하고 있는 것. 2021년부터 사운드바, 포터블 스피커 등 중소형 제품을 시작으로 점차 100% 재생지로 제작하는 펄프몰드나 종이 소재의 단일 포장 설계 방식으로 변경하고 있다.

지난해 12월 업계 최초로 20kg 이상 완충 가능한 펄프몰드를 개발해 공기청정기 포장에 사용했다. 이후 30~50kg 청소기, 천장형 에어컨 프렌트 패널 등에도 적용하고 있다. 70kg 제품에 사용 가능한 펄프몰드도 개발할 예정이다.

코앞으로 다가온 기후위기

올여름은 유독 긴 열대야와 추석 폭염으로 많은 이들을 놀라게 했다. 평균기온, 열대야 등 각종 더위 지표가 최고 수치를 넘어서며 최악의 여름으로 꼽혀 그 어느 때보다 기후위기의 심각성을 실감할 수 있었던 시간이다. 기후위기와 관련된 진지한 고민과 담론을 다룬 책을 소개하고, 기후위기에 대해 보다 쉽게 접근할 수 있는 유튜브 콘텐츠를 안내한다.

글 최우리 한겨레신문 기자, <지구를 쓰다가> 저자



<기후 책>

그레타 툰베리 글 | 이순희 번역 | 기후변화행동연구소 감수 | 김영사 펴냄

기후변화 문제를 말할 때 단 한 권의 책을 읽어야 한다면 2024년 지금은 이 책을 권하고 싶다. 그레타 툰베리가 과학자들과 환경운동가들을 직접 조직해 필자들을 모았다. 104명의 방대한 필진이 바로 오늘 기후변화와 관련한 거의 모든 담론을 담아냈다.

스웨덴 국적의 2003년생 툰베리는 2020년대 기후변화 담론의 아이콘과 같다. 그는 2018년 여름, 열다섯 살의 나이로 스웨덴 국회의사당 앞에서 ‘기후를 위한 학교 파업 시위’를 주도했다. 2019년 9월 유엔본부 연단에서 뚜렷한 대책 없이 시간만 낭비하는 세계 정상들을 향해 분노를 쏟아낸 모습이 화제가 되어 단번에 기후변화 운동의 상징, 미래 세대의 대변인으로 떠올랐다.

기후위기 문제와 해법을 모두 담다

툰베리가 스무 살이 된 2023년 여름 처음 공개된 이 책은 전 세계 독자들이 함께 읽는 책이다. 책 제목이 말하듯 이 책은 거두절미하고 ‘기후 책’이다. 하드커버로 덮인 책 표지부터 기후변화와 관련한 이미지를 상징하고 있다.

하드커버의 책 표지는 앞과 뒤 전면에 걸쳐 지구의 온도 상승을 연도별로 시각화한 가열화 줄무늬(Warming Stripes)로 인쇄했다. 두께와 색상에 따라 실제 지구의 온난화 속도와 강도를 시각적으로 느낄 수 있다.

꺼지지 않고 달아오르는 산불, 녹아내리는 빙산, 생물종의 소멸, 패스트패션 산업의 확장, 플라스틱 오염 심화, 식량 위기와 물 부족 문제, 탄소 예산 개념, 기후정의를 둘러싼 갈등까지 인류가 직면한 기후위기 문제와 해법을 모두 담았다는 장점이 있다. 크게 5부로 구성된 책은 소항목이 100개가 넘고, 분량도 500쪽을 넘길 정도로 방대하다. 목차 자체가 기후에 대해 알아야 할 대중적 지식을 총망라한 느낌이다.

툰베리는 비범한 저자들을 모아서 평범한 글을 쓰려 노력했다. 평범한 시민들이 더 편안하게 기후변화에 대해 이해할 수 있도록 한 것으로 보인다. 책 두께에 압도될 수 있지만, 기후변화와 관련한 잘못 알려진 상식을 바로잡고, 실제 변화를 유도하길 바라는 의도가 엿보인다.



“우리는 기상시스템이 형성되는 장소와 방식, 작용 방식을 바꿔놓고 있다”(p.97)는 문장이 이 책이 말하고자 하는 핵심 주장일 수 있다. 기후위기가 이미 진행되고 있음을 알고, 그다음을 생각하자는 것이다.

과학자들은 기후변화로 인해 어떤 물질이 원인이 되어 어떠한 현상이 발생하고 있는지를 밝혀내고 있지만, 평범한 사람들에게 이러한 정보를 효과적으로 전달하지 못하는 표현의 한계가 있다. 그 사이에서 그레타 툰베리라는 시대의 아이콘이 지식과 정보의 불평등과 표현의 중요성을 강조하며 다양한 전문가들과 함께 기후변화에 대한 목소리를 내고 있다. 많은 과학자들이 그녀의 목소리에 귀를 기울였다.

다양한 방향과 속도의 해결책 찾기

아마 툰베리를 성년 청소년 정도로 기억한다면, 이 책이 보여주는

전문성과 넓은 시야에 놀랄 수 있다. 전문가들은 객관적으로 서술하고, 툰베리는 다소 주관적인 서술이 드러난다. 그러나 이 둘이 교차하는 구성이 조화롭게 이어지는 것도 책의 장점이다. 툰베리의 주장이 강하게 드러나는 부분은 뒤에 많이 나오는데, 한국 시민인 내가 툰베리의 주장을 어떻게 바라볼 것인지 비판적 독서를 하는 즐거움도 느낄 수 있다.

특히 2부에서는 기후에 영향을 주는 주요 요인들의 과학적 원리에 대해 제시한다. 예를 들어 메탄은 이산화탄소보다 지구온난화나 온실효과에 미치는 영향이 수십 배에 달하는 것으로 알려져 있다. 소나 양 같은 반추동물(되새김동물)이 메탄가스의 주범이고, 그 때문에 채식을 해야 한다는 주장은 정설처럼 받아들여진다. “바보야, 이산화탄소보다 메탄이 문제야!” 단편적인 지식을 머릿속에 집어 넣을 때는 딱 여기까지만 이해하기 쉽다.

그러나 2부에 등장하는 ‘메탄과 다른 기체들’ 편을 읽으면서 새로운 시각을 갖는 데 도움을 줄 것이다. 대기 중 온실가스의 평균수명은 각각 다른데,

이산화탄소를 100년으로 본다면 메탄은 이보다 훨씬 짧은 10여 년 수준이다. 이산화탄소가 100년간 대기에 머물며 기후에 영향을 준다면, 메탄은 그보다 훨씬 적은 기간 대기에 머문다. 하지만 지구온난화지수는 메탄이 훨씬 크다. 만약 10~20년 단위의 비교적 중단기 계획을 세운다면 메탄 감축 또한 주요할 것이고, 50~100년의 장기 계획을 세운다면 우리는 여전히 이산화탄소를 우선순위에서 빼서는 안 될 것이다. 막연히 ‘기후위기가 심각해지고 있다’는 생각에서 벗어나 어떤 요인들이, 어떤 기전으로 영향을 주는지를 이해하는 데 도움을 받을 수 있다.

책의 마지막 부분에서는 불평등과 정의에 대한 이야기를 한다. 소득분위별 탄소배출량의 격차, 비중 등 구체적인 수치를 보면 왜 기후변화 문제가 정의와 불평등이라는 사회 문제와 연결되는지 알 수 있다. 더 큰 문제는 격차가 더욱 커지고 있다는 점이다. 책에서 각국의 정부가 매년 최신 배출량 자료를 최소한 GDP와 경제성장률 통계를 발표하는 빈도만큼 자주 공개해야 한다고 주장하는 이유다. 또 소득과 부의 재분배를 위한 정책이 필요하다고 강조한다. 언론에서 더 자주, 그리고 더 쉽게 이 뉴스를 전하는 것이 시작이 아닐까 고민하게 된다.

심각한 기후위기를 극복하기 위한 노력은 책에서 강조하는 것처럼 지구에 사는 우리 모두가 함께해야 하는 일이다. 누군가는 원시시대로 돌아가자고 할 수도 있다. 누군가는 마법 같은 해결책을 찾고 싶을 수도 있다. 누군가는 지금보다 불편한 삶을 감내할 수 있지만, 원시시대로 돌아가고 싶지는 않을 수 있다. 그런 다양한 방향과 속도의 해결책을 찾아가기 위해서는 일단 기후위기의 오늘을 알아야 한다. <기후책>은 바로 지금, 기후변화 담론을 이해하는 데 도움이 되는 책이다.

#패스트패션

#플라스틱

#물 부족

#탄소 배출량

<기후를 위한 경제학>

김병권 글 | 착한책가게 펴냄

이 책은 '거대한 감속'이 필요하다고 말한다. 더 빨리 앞을 향해 달려야 하는 이런 시대에 감속이라니, 거부감이 들 수도 있지만 기후위기 시대의 본질은 '다른 삶의 방식을 고민하는 것'이라고 제안한다. 이미 지구는 현대 문명을 있는 그대로 누린 결과, 이상기후와 에너지 공급 불안에서 출발하는 경제·안보 위기 상황을 맞닥뜨렸다. 최근 기후 문제를 체감할 자연의 이벤트가 늘어나자 잔뜩 성이 난 기후와 인간 경제의 관계를 다시 설정해야 한다는 목소리도 커지고 있다. 저자는 서문에서 "기존의 경제 성장 정책을 기후위기와 두루뭉술하게 조화시키는 것은 더 이상 불가능하다고 확신하게 됐다"고 말한다. 저자는 전 정의당 부설 정의정책연구소장이다. 포용·지속가능·녹색성장 등 다양하게 변주돼온 성장주의 신화에 맞서 대안 사회를 추구해온 정책 연구자다. 환경·사회·거버넌스^{ESG}를 중시하는 경영과 RE100(재생에너지 전기 100% 사용)과 같은 기업의 자율적 노력을 검증하고 금융 경제의 팽창 속성을 견제하기 위한 공론장의 역할을 강조한다.

#지속가능

#ESG

#RE100

<기후변화 세계사>

피터 프랭코판 글 | 이재황 번역 | 책과함께 펴냄

기후는 힘이 세다. 태양과 대륙을 넘나든다. 기온이 1°C만 올라도 아프리카에서의 노예 수출이 준다. 농업 생산량이 달라지면, 노예를 사들인 사람들이 노예들이 먹는 식량을 마련하는 데 드는 비용이 따라 오르기 때문이다. 태양 활동이 적었던 소빙하기(16~19세기) 유럽에서는 포도 수확량이 줄어 포도주 가격이 오르자 그 대체품으로 맥주 수요가 늘었다. 1979년 지미 카터 당시 미국 대통령이 백악관 지붕에 설치한 태양 전지판을 자랑하며 에너지 전환 의지를 보였지만, 중동의 석유 국가들이 유가를 끌어올리며 맞섰다. 지금까지도 각국은 에너지 전환 과제를 두고 갈등한다. <실�크로드 세계사>를 쓴 역사가 피터 프랭코판이 과거와 현재, 미래를 잇는 열쇠 말로 기후변화를 꼽았다. 기후변화로 국경과 삶이 바뀌는 순간을 소환하며 역사의 지평을 넓힌다. 총 2권으로 구성된 이 책은 역사적 기록과 함께 동위원소 나이트, 얼음 시료, 꽃가루 등 기후변화를 확인한 자연의 기록도 상세히 소개한다. 과학과 인문학이 조화롭게 이어지는 역사서를 읽는 즐거움이 크다.

#노예 생산량

#포도 수확량

#유가

#에너지 전환



유튜브 찾아볼까?



극지연구소

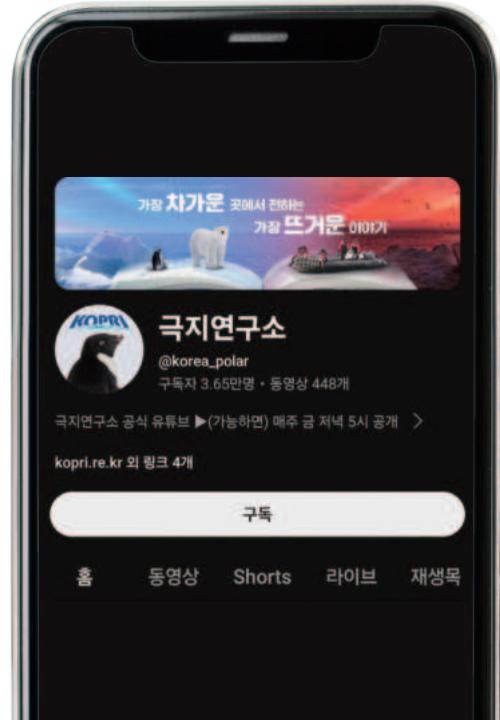
www.youtube.com/@korea_polar

동해에서 사라진 오징어가 북극에서 발견됐다. 극지는 기후변화로 인한 온난화의 피해를 가장 빠르게 또 크게 보는 지역이다. 이 때문에 남극과 북극 지역에서의 일화를 들여다보는 것은 기후변화 문제에 대한 경각심을 갖게 한다. 한국에도 극지역을 관측하고 연구하는 기관이 있다. 극지연구소는 꽤 오랫동안 열심히 유튜브 콘텐츠를 제작하고 있다. 짧고 발랄하고 재미있는 콘텐츠도 많지만, 극지연구소의 활동에 대한 소개가 주를 이룬다. 극지에서 활동하는 한국 과학자들의 이야기, 극지의 변화와 관련한 생생한 이야기를 편안하게 보고 듣는 재미가 있다. 가벼운 마음으로 살펴보다 보면 극지 생활의 이야기가 더욱 궁금해진다. 그렇게 궁금증을 이어가다 보면 기후변화에 대한 관심도 높아질 것이다.

#남극

#북극

#과학자



CBS 실컷^{Sil-Cut}의 기후로운 경제생활

www.youtube.com/@nocutbizsilcut

기후변화 문제는 현실 경제에 매우 큰 영향을 준다. 하나의 예로 중국과 유럽연합, 미국 등은 전기차 수출 패권을 둘러싼 관세 부과 경쟁을 한다. 기후위기 대응을 위한 전기차 전환을 앞다퉈 추구하는 가운데, 자국 자동차산업 보호라는 산업 정책이 도사리고 있기 때문이다. 또 미국 대통령 선거에서 민주당과 공화당의 화석연료와 에너지 관련 정책이 어떤 차이가 있고, 세계 경제에 어떤 영향을 미칠지도 살펴볼 수 있다. 조 바이든 미국 대통령은 재생에너지와 전기차 등 탄소 감축을 유도하기 위해 재정 정책을 이끌어왔는데, 과연 새로운 대통령은 어떻게 기후위기 문제와 각종 경제 정책을 결부시킬 것인가 흥미롭게 지켜볼 수 있다. 진행자인 홍종호 서울대학교 환경대학원 교수는 오랜 시간 환경 정책 분야에서 목소리를 낸 전문가로, 책 <기후위기 부의 대전환>의 저자이기도 하다.

#전기차

#산업 정책

#에너지 정책



이제 가전도 구독하는 시대

인공지능^{AI} 열풍 속에서 가전업계는 새로운 키워드로 '구독 가전'을 제시했습니다.

말 그대로 가전제품을 월 단위로 구독한다는 의미입니다. 구독 가전은 최첨단 기술이 접목되어 있기에 가능합니다.

과연 어떤 기술들이 숨겨져 활용되고 있는지 그 비밀을 알아볼까요?

글 김형자 과학 칼럼니스트



‘소유’에서 ‘소비’로 인식 변화된

구독 가전

최근 가전에 대한 인식이 ‘소유’에서 ‘소비’로 변화하고 있습니다. 목돈을 들여 제품을 산 뒤 고장 날 때까지 오랜 기간 사용하는 것이 일반적인 가전 소비 형태였다면, 이제는 빌려 쓰거나 초기 비용이 낮은 장기 할부로 가전을 쓰려는 사람들이 늘고 있습니다.

2000년대 초 미국의 경제학자 제러미 리프킨은 저서 <소유의 종말>에서 “더 이상 소유는 필요하지 않으며, 접속의 시대가 올 것”이라고 예견했습니다. 그로부터 20년 후 소유하지 않아도 합리적 가격으로 다양한 경험을 할 수 있는 ‘스트리밍 라이프’가 자리 잡고 있습니다.

현재 구독 가전의 종류는 다양합니다. 정수기는 물론 에어컨, 세탁기, 청소기, 스타일러, 식기세척기, 가습기, 공기청정기, 안마 의자, 노트북 등 웬만한 가전은 구독 서비스로 이용할 수 있습니다. 구독 가전의 장점은 당장 목돈이 들지 않는다는 것입니다. 또 구독 기간에 제품 청소, 소모품이나 부품 교체 및 수리 등 관리를 무료로 받을 수 있다는 것도 장점입니다.

이렇게 구독 가전이 급성장한 배경 중 하나는 바로 최첨단 정보기술^{IT}의 발전 때문입니다. 컴퓨팅 파워와 데이터 축적을 기반으로 사용 패턴을 분석하는 AI, 원격제어가 가능한 사물인터넷^{IoT}, 가전제품의 데이터를 저장하고 분석하는 클라우드 컴퓨팅^{Cloud Computing}, 거래와 계약의 신뢰성은 물론 결제까지 가능하게 하는 블록체인 기술 등이 모두 여기에

해당합니다. 그렇다면 AI, IoT, 클라우드 컴퓨팅, 블록체인 기술이 어떻게 유기적으로 접목돼 구독 가전의 서비스를 가능하게 할까요?

다양한 AI 기능 탑재로 ‘AI 가전’ 이미지 굳혀

첫 번째로 AI 기술입니다. AI는 기계가 인간의 지능적 행동을 모방할 수 있게 하는 기술로, 가전제품의 인공지능화를 가능하게 합니다. 챗GPT 같은 생성형 AI를 접목한 AI 홈 허브 디바이스로 AI 가전을 연결해 다양한 AI 기능을 탑재하고 있습니다.

예를 들어 대규모 언어 모델^{LLM}과 생성형 AI 스피커가 가전제품과 연결되어 음성으로 가전제품을 제어할 수 있게 됩니다. “나 지금 출근할 거야. 오후 6시까지 집안일 끝내줘”, “저녁 식사로 뭘 해 먹으면 좋을까?” 같은 개인화된 명령과 질문에도 기기가 이용자 성향과 의도를 파악해 맞춤형 솔루션을 제공합니다. LLM은 방대한 양의 데이터로 사전 학습된 초대형 딥러닝^{Deep Learning} 모델입니다.

또 AI 기술을 적용한 로봇청소기는 집 안을 자동으로 청소할 수 있어 편리함을 제공합니다. 레이더 센서가 장착된 AI 에어컨과 공기청정기는 반려동물 동선을 고려해 풍향과 온도·습도까지 바꿔줍니다. AI 냉장고는 식품의 유통기한을 파악해 기한이 임박한 식품을 알려주고, AI 세탁기는 운동이 끝날 때쯤 코스를 미리 설정해뒀던 ‘기능성 의류’로 알아서 바꿔주기도 합니다. AI로 새롭게 그려내는 일상의 풍경입니다.

이처럼 최근의 가전제품은 ‘AI 가전’이라는 이미지를 굳힐 만큼 다양한 AI 기능이 탑재돼 있습니다. 그리고 전 세계 AI 시장을 이끄는 사람들은 구독 가전 서비스 경쟁에 열중입니다. 가전에 파고든 AI 기술이 제품력에 이어 고객 맞춤형 서비스로 이어지는 양상입니다.

정보의 네트워크화 ‘클라우드 없인 시도 없다’

두 번째로 구독 가전의 중심에는 클라우드^{Cloud}(구름)가 있습니다. 클라우드 없인 구독 경제도, 시도 없다고 할 수 있습니다. 클라우드는 인터넷을 이용해 서버, 디스크, 소프트웨어 등 IT 자산을 임대해 사용하고, 그만큼의 비용을 서비스 제공자에게 지불하는 컴퓨팅 방식을 의미합니다.

구름은 고정된 장소에 머물러 있지 않습니다. 하지만 어느 장소, 어떤 시간에 있든지 구름이라는 정체성이 사라지지 않는 것처럼 클라우드도 마찬가지입니다. 클라우드 컴퓨팅을 도입하면 가상 서버에 소프트웨어나 데이터가 저장돼 있기 때문에 인터넷이 연결된 어디서든지 사이트에 접속만 하면 자원에 접근할 수 있습니다.

예를 들어봅시다. 우리는 세계 어느 나라에 가더라도 현금인출기에서 돈을 뺄 수 있습니다. 하지만 디스크드라이브나 메모리에 정보를 넣어둔 컴퓨터에서는 그 PC를 이용하지 않으면 문서나 그래픽 등의 작업을 할 수 없습니다. 워드나 엑셀로 문서 작업을 하려고 할 때 개인 PC에 저장해둔 소프트웨어를 불러 실행해야 합니다. 또 회사에서 작성하던 보고서를 집에서 계속 작업하려면 문서를 USB 메모리에 담아와 PC로 옮겨야만 합니다.

클라우드 환경은 이러한 불편함을 없앴습니다. 어디서든 수도꼭지 틀 듯

접속해 현금인출기에서 돈을 빼내듯 자신의 정보를 꺼내 쓸 수 있는 정보의 네트워크화⁴⁾ 방식입니다. 따로 떨어진 것들을 하나의 네트워크^{Cloud Servers}로 연결하고, 원격으로 필요한 작업을 실행할 수 있는 기술인 셈입니다. 관련 자료를 개인 컴퓨터가 아닌 인터넷과 연결된 메인 컴퓨터에 저장해놓고 쓰는 시스템입니다.

클라우드 컴퓨팅은 효율성을 유지하면서도 비용을 절감할 수 있는 방안이자, 언제든지 손쉽게 IT 자원을 이용할 수 있다는 게 주요 이점입니다. 기업들은 데이터센터를 직접 운영할 필요 없이 클라우드 서비스 제공 업체를 통해 자원을 유연하게 활용할 수 있습니다.

클라우드 컴퓨팅의 가장 큰 업적은 ‘소유’해야 한다고 생각해온 IT 자원을 ‘대여’하는 것으로 인식을 전환한 것입니다. 클라우드는 필요할 때마다 자원을 빌려 쓸 수 있습니다. 사용자는 클라우드 서비스 제공자에게 사용한 만큼만 비용을 지불하면 돼 미사용 시스템 자원에 대한 비용 부담이 줄어듭니다. 이러한 특성은 구독 경제의 개념과도 정확히 일치합니다. 또 클라우드는 효율적인 빅데이터의 저장과 관리를 통해 AI의 학습에도 필수적으로 활용됩니다.

가전제품을 똑똑하게 바꾸는 기술, 사물인터넷

세 번째로 IoT 기술입니다. IoT는 가전제품을 인터넷에 연결해 제어하고 모니터링할 수 있게 합니다. 예를 들어 스마트 허브를 통해 가전제품을 제어할 수 있고, 스마트폰 앱을 통해 가전제품의 상태를 모니터링할 수 있습니다.



IoT는 말 그대로 사물끼리 인터넷과 연결돼 정보를 주고받는 환경을 말합니다. 기존엔 사람과 기계, 사람과 사람만 인터넷을 통해 교실했다면, 이제는 지능형 인터페이스를 갖춘 기계(사물)끼리 스스로 알아서 인터넷으로 정보를 교환해 사람들에게 좀 더 편리한 삶을 제공합니다. 이것이 IoT의 핵심 개념입니다.

IoT 기기의 작동 과정은 간단합니다. 먼저 센서를 통해 명령받은 주변 환경의 모든 데이터를 수집한 다음, 네트워크를 통해 클라우드 시스템이나 다른 기기에 전송·저장해 데이터를 공유합니다. 네트워크 내 모든 기기에서 수집된 데이터는 분석·처리 과정을 거쳐 의사결정에 도움을 주거나 자동화하는 데 활용합니다.

IoT는 지금 AIoT의 영역으로 진화하고 있습니다.

AI와 IoT의 결합어인 AIoT는 사물인터넷을 통해 수집된 데이터를 AI 알고리즘이 분석해 스스로 판단을 내리는 융합 기술을 가리킵니다. IoT가 사전에 정의된 프로그램과 알고리즘을 기반으로 동작하는 반면, AIoT는 학습과 추론에 의한 지능형 동작을 수행한다는 점이 다릅니다.

예를 들어 기존의 IoT 시스템을 활용해 사용자가 스마트폰 앱으로 조명을 켜고 끄는 명령을 보내는 상황을 가정해봅시다. IoT에 부착된 조명 센서는 빛의 강도를 감지하고, 이 정보를 중앙 서버로 전송합니다. 중앙 서버에서는 정해진 규칙에 따라 조명을 제어하고 사용자에게 응답하게 됩니다. 하지만 AIoT는 사용자가 특정 시간에 조명을 자주 켜다면, AI 알고리즘이 해당 시간에 자동으로 조명을 켜도록 스스로 판단하고 명령합니다. 에어컨이 실내 온도와 습도를 파악해 자동으로 조절해주는 것 또한 바로 AIoT 기능의 하나입니다.

보안성 우려되는 가전제품에 적합한 기술, 블록체인

마지막으로 블록체인 기술입니다. 블록체인은 거래 기록을 분산형 네트워크에 저장하는 분산 원장 기술입니다. 거래가 이뤄질 때마다 거래 내역(데이터)이 담긴 새로운 블록^{block}들이 기존 블록에 '사슬'^{chain}처럼 연결되는 기술입니다. 거래가 이뤄지면 거래 당사자들이 갖고 있는 전자 장부^{帳簿}에 하나씩 순서대로 거래 기록이 적힙니다.



삼성전자는 자사 인공지능^{AI} TV에 '생성형 배경화면' 기능을 적용했다. 생성형 배경화면은 사용자의 취향과 선호도를 반영해 AI TV가 제공하는 고품질 이미지다.

그렇다면 가전제품에 블록체인을 접목하면 어떤 장점을 누릴 수 있을까요? 블록체인 기술은 가전제품의 보안성을 높여줍니다. AI 가전은 사용자의 가전 사용 환경과 개인정보를 수집해 이를 서비스 제공에 활용하기 때문에 개인정보 유출 위험도 덩달아 커집니다. 따라서 만일 스마트락에 이 기술을 적용한다면 블록체인 기술로 보호되어 안전하게 사용할 수 있고, 스마트 허브는 가전제품의 사용 기록을 블록체인에 저장해 보안성을 높일 수 있습니다. 또 블록체인은 제품의 생산부터 유통, 판매까지의 모든 단계를 기록합니다. 이를 통해 소비자는 제품의 원본성을 확인하고 정품 인증을 받을 수 있습니다. 이는 가짜 제품으로부터 소비자를 보호하고 불법 거래를 방지하는 데 도움을 줍니다.

앞으로 가전제품은 AI, 클라우드 컴퓨팅, IoT, 블록체인 기술을 적용해 더욱 스마트한 기능을 제공할 것입니다. 또 우리의 생활을 더욱 안전하게 만들어줄 것입니다. 계속 발전하는 구독 가전의 기술들을 기대해봅니다.



김형자

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

제조업의 근간을 지키다, 뿌리산업의
현재와 미래

현승균
인하대학교
제조혁신
전문대학원
원장



만약 제조업이 사라진다면 우리는 어떤 세상을 마주하게 될까? 일상에서 사용하는 스마트폰, 자동차, 가전제품 등 수많은 제품이 사라지거나 수입에 의존하게 될지 모른다. 제조업은 단순히 물건을 만들어내는 것이 아닌, 경제 성장의 근간이자 국가 경쟁력을 좌우하는 중요한 산업이다. 아무리 기술이 발전해도 제조업이 없다면 그 기술을 현실로 구현할 수 없다. 4차산업혁명 시대를 맞이한 지금, 제조업의 중요성은 더욱 강조되고 있다. 제조업을 중심으로 한 ‘뿌리산업’의 중요성을 역설하는 인하대학교 제조혁신전문대학원의 현승균 원장을 만나본다.

글 김규성 사진 김기남

.....

제조업 기존 6대 산업

주조 금형 소성가공 용접 표면처리 열처리

확대 14개 산업(기존 6대 산업 + 지능화 공정 기술)

사출·프레스 정밀가공 적층 제조
 산업용 필름 및 지류 공정 로봇 센서
 산업 진흥형 소프트웨어 엔지니어링 설계

제조업 기반 14개 산업 총괄하는 뿌리산업

뿌리산업은 소재를 부품으로, 또 부품을 완제품으로 만드는 공정 기술을 의미한다. 현승균 원장은 뿌리산업에 대해 꾸준히 전문 인력을 양성해야 하는 기초산업이라고 강조한다.

“뿌리산업은 자동차, 기계, 조선 등 주력 제조업의 근간을 형성하는 기반산업입니다. 최종적으로 완성되는 제품의 성능과 신뢰성을 결정하기에 품질 경쟁력의 핵심 요소죠. 그뿐만 아니라 로봇, 바이오, 드론, 친환경차, OLED, 반도체 등 신성장동력산업에도 크게 활용되는 중요한 산업입니다. 지난 2021년에 일어난 요소수 사태를 되돌아보면 우리가 제조업의 중요 산업을 뿌리산업으로 지정하고 발전시키려는 이유를 알 수 있습니다. 자체적인 생산 능력을 잃어버린다면, 97%를 중국 수입에 의존하다가 공급이 막히면서 일대 혼란이 벌어졌던 요소수의 사례가 더욱 광범위하게 일어날 테니까요.”

새로운 도약을 준비하다, 뿌리산업이 그리는 미래상

국내 제조산업이 처한 현실은 만만치 않다. 뿌리산업을 지정한 이유도 위기에 처한 주요 제조업을 보호하고 인재를 육성하기

위한 조치다. 낮은 임금 탓에 공정과 기술개발을 담당하는 엔지니어 등 핵심 인력이 떠나가고, 수작업 위주의 열악한 환경으로 청년층은 취업을 기피하고 있다. 업계에서 외국 인력으로 대체 인력으로 일하게 된 지 10여 년이 넘었지만, 불법 체류자 문제나 본국 귀환 등 인재 수급의 불확실성은 여전하다.

“만성적인 구인난과 고령화 문제는 제조업 발전을 저해하는 주요 요인입니다. 고령자의 은퇴로 인력난이 심화되는 만큼 정년 연장 지원 확대, 장기근속을 위한 근로 여건 개선, 외국 인력 활용 요건 완화, 첨단화 및 자동화를 통한 청년층 유입 확대 등 중장기적 계획을 수립하고 지원해야 합니다.”

하지만 ‘위기 속에 기회가 있다’는 말처럼, 뿌리산업은 새로운 도약을 준비 중이다. 먼저 기존의 전통적인 공정에서 벗어나 4차산업혁명 기술을 접목해 효율성과 생산성을 높이며 경쟁력을 강화하고 있다. 또 IoT, 빅데이터, 인공지능 등을 활용해 생산 과정을 지능화·자동화하고 3D 프린팅 기술을 활용해 복잡한 제품을 빠르게 제작하며, 기후변화에 따른 에너지 저감 기술, 친환경 소재 개발 등에 투자를 이어가고 있다.

정부, 제3차 뿌리산업 진흥 기본 계획 수립 및 추진

정부에서도 위기 상황을 인지하고 전 부처를 아우르는 범부처별 뿌리산업 육성 방안을 내놓았다. 지난해 발표한 제3차 뿌리산업 진흥 기본 계획(2023~2027)은 뿌리산업 전반의 체질 개선을 위한 중장기적 로드맵이다. 범부처가 협력해 R&D, 인력 양성, 경영 지원 등 다각적 지원을 통해 향후 10년 동안 노동집약적 산업에서 기술집약적 고부가가치 구조로 체질 개선을 완료한다는 계획이다.

“지난 4월 뿌리산업 진흥 기본 계획의 2024년도 연차별 실행 계획이 의결돼 약 6300억 원이 투입됩니다. 투자가 지속되는 이유는 국가 제조업 경쟁력 강화, 기술 혁신의 필요성, 고용 안정, 친환경 정책 대응 등 산재한 현안을 해결하기 위해서입니다. 이러한 투자는 뿌리산업을 첨단화하고 글로벌 경쟁력을 높여주는 필수적인 조치라고 생각하는데요. 앞으로 제조업의 근간이 튼튼히 유지되면서 미래 경제 성장에 중요한 역할을 하길 기대합니다.”

창조형·융합형 인재 수요 늘어나는 뿌리산업

뿌리산업이 첨단 기술과 융합해 디지털화·스마트화가 진행되면서 전문 지식과 함께 AI, 빅데이터, IoT, 클라우드, 5G 등 신기술 이해도가 높은 창조적이고 융합적인 인재에 대한 수요도 높아졌다. 뿌리기업에서 필요로 하는 인재를 양성하고 전문 연구 인력, 청년층 신규 인력 등을 공급해 인력난 해소에 기여할 교육기관도 필요해졌다.

“인하대학교에서 국내 유일의 제조혁신전문대학원을 설립한 계기 중 하나는 인재 양성 프로그램의 한계에서 벗어나기 위해서입니다. 기존의 인력 양성 방식은 학생을 집중적으로

교육하는 프로젝트에 가까운 개념입니다. 5년간 100명을 교육했다는 식의 사업이 매년 진행된 거죠. 여기에서 한 발짝 나아가 전문대학원을 설립하니 프로젝트가 끝나도 대학원이 존속하게 됐습니다. 교육 과정에서 얻은 노하우를 쌓아가고, 산업체와 대학원이 꾸준히 교류하며 더 나은 교육 환경을 제공하는 지속가능한 생태계가 조성된 것입니다.”

전문대학원이 갖는 강점도 분명하다. 교육 과정을 통해 지능화·자동화 공정과 기술을 배우는 것에 더해 기업과의 산학 공동연구 프로젝트를 3~4건 수행하며 실무 경험을 쌓을 수 있다. 그 때문에 졸업생을 비롯해 이들이 취업한 기업의 만족도 또한 매우 높은 수준을 자랑한다.

“뿌리산업은 제조업의 기초이자 미래를 결정하는 중요한 축입니다. 위기 속에서도 혁신을 이뤄가고 있으며, 4차산업혁명 기술을 접목해 효율성과 경쟁력을 높이고 있습니다. 정부와 교육기관, 그리고 산업계가 협력해 고부가가치 산업으로 전환을 가속화하며, 인재 양성과 첨단화로 다시 한번 도약을 준비하고 있습니다. 지속적인 지원과 투자를 통해 뿌리산업은 한국의 경제 성장과 글로벌 경쟁력 강화에 중요한 역할을 하게 될 것이라 확신합니다.”

우리나라 최초의 뿌리산업 인재 양성의 요람 인하대학교 제조혁신전문대학원

인하대학교 제조혁신전문대학원은 4차산업혁명 시대를 맞아 신산업 기술 분야의 융합 교육을 통해 전문 인력을 양성한다는 목표로 2020년 3월 설립됐다. 대학원은 산학 공동연구 프로젝트를 수행해 석사학위를 받을 수 있는 프로젝트 학위제를 도입, 실무 역량을 강화하는 데 중점을 두고 있다. 현재 ‘첨단소재공정공학전공’, ‘스마트소재부품공학전공’, ‘제조AI융합전공’을 운영 중이다. 신입생뿐만 아니라 재직자의 재교육 과정을 통해 기업 니즈에 부합하는 인재를 양성하고 있다. 대학원을 졸업하면 반도체, 모빌리티, 바이오, 전자, 로봇, 산업기계, 제조장비 등 다양한 산업군으로 진로를 선택할 수 있다. 실제로 졸업생들은 석사학위 취득 후 박사 과정, 대기업, 연구소, 우수 중소기업 등에 진출해 연구개발과 설계, 공정개발, 스마트공장 시스템 구축 등 산업 발전에 이바지하고 있다.



imis.inha.ac.kr



일문일답 연구자의 시선

✓ 뿌리산업만의 장점은 무엇일까요?

우리나라의 주력 산업이 무엇이나고 물었을 때 결국 대답은 제조업입니다. 자동차, 반도체 등의 산업들 또한 계속 발전해 나갈 것이고요. 뿌리산업이 갖는 기본적인 장점은 한국의 중심을 잡는 업계이고, 또 계속 발전해 나간다는 것이죠. 특히 이런 진화 과정에서 전문 인력에 대한 수요가 늘어날 것이라고 예상합니다.

✓ 진로 설정을 앞둔 학생들이 뿌리산업 진출을 고민한다면 어떤 대답을 해주고 싶은가요?

흔히들 산업을 분류할 때 소프트웨어적, 하드웨어적인 것으로 구분합니다. 최근 진로를 고민하는 청소년이나 대학생이 많은 관심을 두는 분야가 소프트웨어라는

인하대학교 제조혁신기술지원센터

INHA UNIV.
Manufacturing Innovation Center



향후에는 자동화 프로그램을 운영하고, 창조적 업무를 수행하는 등 뿌리기술을 이해하고 응용하는 인재가 산업 전반에서 활약하게 될 것입니다.

것을 알고 있지만, 실제 현장에서는 두 요소가 명확히 구분되지 않습니다. 가령 하드웨어 산업도 결국 소프트웨어와 접목하게 되는데, 고가의 장비를 활용하는 방식을 살펴보면 장착된 소프트웨어를 운용하는 형태입니다. 뿌리산업계에 도전해 하드웨어적 지식까지 탑재한다면 보다 완성형에 가까운 인재로 거듭날 수 있다는 조언을 해주고 싶습니다.

✓ 5년 뒤 뿌리산업의 모습을 어떻게 예측하세요?

지금도 로봇 팔을 이용해 라면을 끓이거나 로봇이 서빙하는 모습을 볼 수 있는데요. 가까운 미래에 로봇이 많은 부분을 대체하고, 무인으로 운영하는 곳이 늘어날 거라 예상합니다. 흔히들 제조업 하면 반복 작업을 통한 생산 과정에 종사하는 모습을 떠올리는데요. 제조업계는 머지않은 미래에 자동화 과정을 수립할 겁니다. 향후에는 자동화 프로그램을 운영하고, 창조적 업무를 수행하는 등 뿌리기술을 이해하고 응용하는 인재가 산업 전반에서 활약하게 될 것입니다.

현승균 원장은

인하대학교 금속공학과에서 학부와 석사 과정을 마친 뒤 일본 오사카대학에서 박사학위를 취득했다. 이후 인하대학교 신소재공학과 교수로 취임해 재료구조제어연구실을 운영하며 다수의 국가 연구개발 과제를 수행했다. 2020년 3월 인하대학교 제조혁신전문대학원장으로 취임해 뿌리산업의 발전과 전문 연구 인력 양성에 힘쓰고 있다. 2014년과 2020년에는 각각 뿌리산업 발전과 산업기술 인력 양성에 대한 공로를 인정받아 산업통상자원부 장관 표창을 수상했다.



3D 프린팅이 바꾸는 미래 제조업

정현국 (주)스타코 연구소장

세계에서 가장 진보한 로켓과 우주선인 ‘스타십’을 제작하는 스페이스X가 지난 8월 새로운 엔진 ‘랩터3’를 공개했다. 랩터1에 비해 모양은 한 번에 찍어낸 것처럼 단순해졌고, 제조 단가 또한 절반가량 저렴해졌다. 이러한 혁신은 3D 프린터를 도입했기 때문이다. 날이 진화하는 3D 프린터 기술로 제조업계에 혁신의 바람이 불고 있다. 3D 프린팅 전문가 정현국 스타코 연구소장을 만나 미래 제조업의 혁신 방향을 물었다.

글 김규성 사진 김기남

아직 국내에 많지 않은 3D 프린팅 전문가로 업계에서 활약하고 계십니다. 직업에 대한 소개와 함께 어떤 분야에 주로 활용되는지 알려주세요.

3D 프린팅은 3차원 형상을 구현하기 위한 도면(설계도)을 자동화된 출력장치에 입력해 그대로 출력하는 기술입니다. 많은 분이 플라스틱을 활용한 3D 프린터를 떠올릴 텐데요. 상업적인 분야에서는 플라스틱 계열을 비롯해 금속, 왁스, 종이, 세라믹, 그리고 세포까지 활용하고 있습니다. 3D 프린터 붐이 일어난 지 오랜 시간이 흘렀지만, 국내 금속 분야에 본격적으로 사용된 시기는 2013년 무렵이라 상용화된 지 10년 정도에 불과한 신기술입니다. 2017년 스타코에 합류하면서 신규 사업을 물색하던 중 3D 프린팅 기술에 관심을 갖게 됐고, OLED(유기 발광 다이오드) 및 반도체 제조용 진공 챔버 등 금속 정밀가공 기술을 보유한 회사의 업종에 알맞은 사업이라 생각했습니다. 이후 논의를 거친 끝에 2019년부터 본격적으로 장비를 구입하고 업계에 진출했습니다.

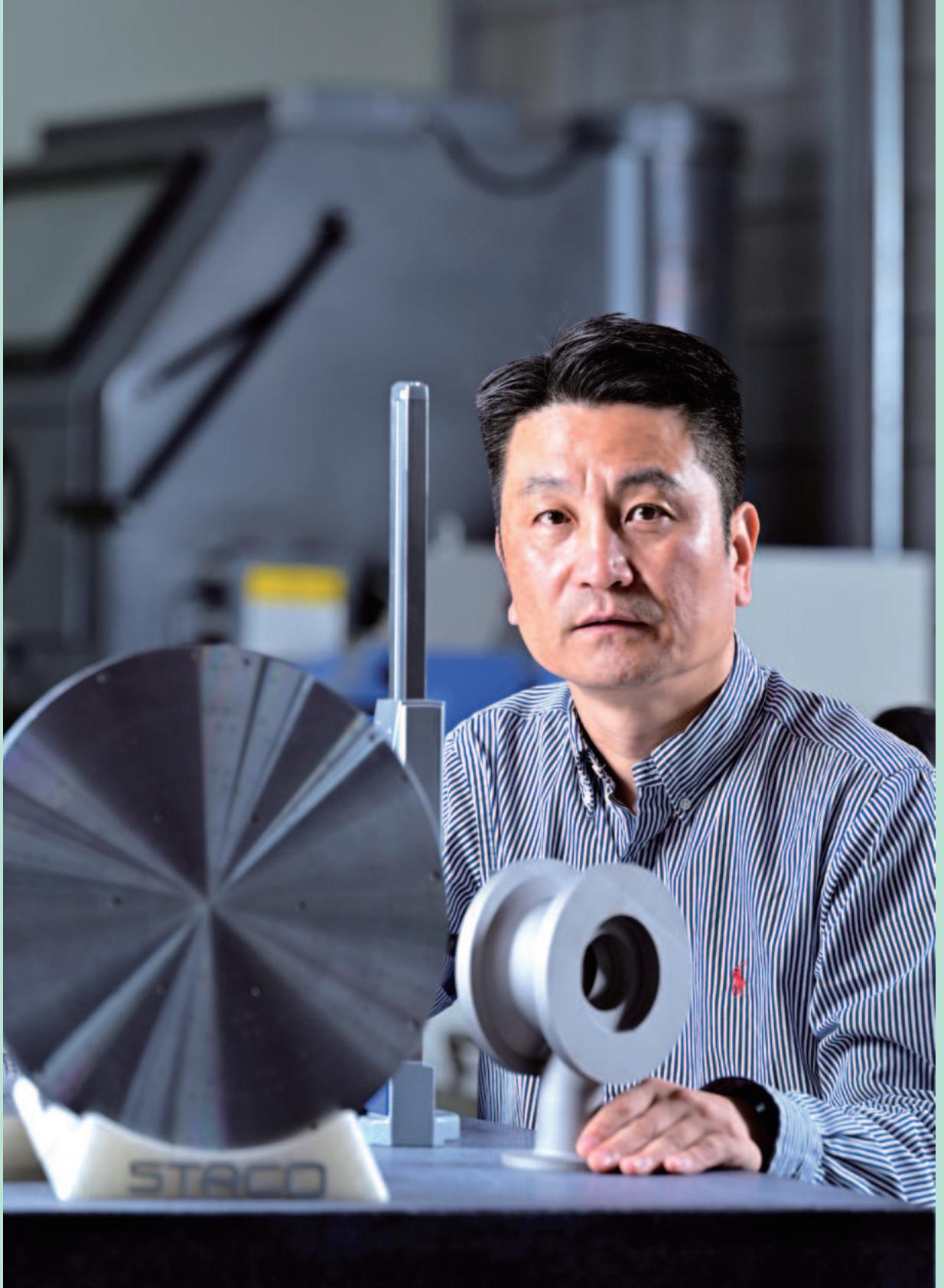
3D 프린팅 산업에 처음 진출했을 때의 상황과 초기 도전 과제는 무엇이었나요?

초창기 3D 프린팅 산업에 진출했을 당시 관련 업체는 두 곳 정도에 불과했는데요. 지금도 3D 프린팅을 전문적으로 수행하는 업체는 손에 꼽을 정도입니다. 국내에서는 기계를 구입하거나 자문을 구하기도 어려운 상황이라 해외 시장을 물색했고, 최종적으로 독일 업체에서 설비를 구입했습니다. 또 3D 프린팅과 관련된 산업적 절차나 업무 프로세스, 제품 개발 프로세스 등이 전혀 갖춰지지 않은 상황이었기에 하나하나 부딪치며 새롭게 길을 내는 수밖에 없었습니다. 독일 현지의 워크숍, 에디터 교육, 설명회 등에 수없이 참여했고 관련 기준, 가이드 등을 받아 국내 상황에 맞게 세팅하는 과정에서 어려움이 많았습니다.

3D 프린팅 기술은 주로 어느 분야에 적용되고 있나요?

현재 항공우주, 반도체, 자동차산업 등 고도의 기술력이 필요한 고부가가치 산업에 주로 활용됩니다. 공정 단순화, 무게 감량, 복잡한 구조 제품 생산 등이 핵심적인 분야들이죠. 지난해 3차 발사에 성공한 누리호의 상단 엔진에 들어가는 산화제펌프 입구 케이싱 부품을 예로 들어볼게요. 기존의 방식대로라면 정밀주조, 슈퍼드릴, 용접의 과정을 거친 이후 다시 다양한 소재끼리 접합하는 복잡한 과정으로 제품을 생산했을 겁니다. 반면 3D 프린팅에서는 분말 소재를 넣고 소프트웨어에 제작 설계를 입력한 다음, 기계 안에서 제조하는 과정만 거치면 제품이 완성됩니다.

기존 제작 방식에 비해 ▲부품 수 감소 ▲제작 공정 축소 ▲무게 및 부피 감소 ▲복잡한 구조의 제품 생산 가능 ▲작업 시간과 비용 감소 등의 효과를 얻을 수 있습니다.





3D 프린팅 기술은 항공우주, 반도체, 자동차산업 등 고도의 기술력이 필요한 고부가가치 산업에 주로 활용된다.

3D 프린터의 장점과 특징은 무엇인가요?

제품을 생산하는 3D 프린팅 과정을 DfAM^①이라 하는데, 크게 5단계로 나뉩니다. 먼저 3D CAD 모델이 들어오면 3D 프린팅 맞춤형으로 ‘전처리^{Prep for Process}’ 하는 작업을 수행합니다. 제품 설계에 맞춰 디자인을 변경하고 출력 방향을 선정하며, 3D 프린팅 과정에서 제품이 무너지는 걸 막아 지탱해줄 지지 구조^{Support Structures}를 출력합니다. 이후 ‘본 작업^{AM Process}’에 들어간 층씩 쌓고 제품을 생산하는 과정이 진행되고요. 다음으로 ‘후처리^{Post-Processing}’ 단계를 거쳐 잔류 파우더, 잔류 열, 빌드 플레이트^{Build Plate}(프린팅이 이루어지는 표면) 등을 제거합니다. 끝으로 생산 제품에 문제가 있는지 확인하는 ‘검사^{Inspection}’ 공정까지 완료하면 제품이 완성됩니다.

특히 많은 분이 궁금해하는 부분이 본 작업 공정의 소요 시간인데요. 작업물의 형상이나 복잡도, 사이즈에 따라 다른 결과값을 갖게 됩니다. 직접 생산한 제품 중 가장 오랜 시간이 필요했던 제품은 차세대 발사체에 들어가는 부품으로 총 15일이 필요했습니다. 물론 작은 사이즈의 제품은 몇 시간 단위면 완성되니 제품에 따라 천차만별이라 하겠네요.

고속 3D 프린팅을 사용해 우주발사체 부품까지 제작했습니다. 이 과정에서 가장 큰 도전 과제는 무엇이었으며, 어떻게 해결했나요?

3D 프린터는 온도와 습도를 알맞게 유지해줘야 합니다. 하지만 한국의

기후는 사계절이 뚜렷해 큰 연교차와 습도 차이를 보이죠. 국내에서 많이 사용해보지 않은 장비였고 날씨 변화가 적은 유럽에서 생산된 기기였기에 온도차에 따른 관리 노하우가 없었습니다. 초창기 사람들이 들락거리는 곳에 장비를 두었다가 생산품에 문제가 생기면서 부랴부랴 테스트에 나섰고, 25°C 이하의 온도, 50% 이하의 습도 유지 등 나름의 기준점을 세울 수 있었습니다.

꾸준히 발생했던 소프트웨어 트러블도 문제였습니다. 제작 공정을 진행 중이던 제품이 소프트웨어 충돌에 의해 중도에 멈춰 서면 납기일에 차질이 생길 수 있어 무척 당황스러웠죠. 15일이 소요되는 제품이 9일째에 멈추면 다시 15일을 세팅해 작업해야 했고, 충돌의 원인을 파악하고 최적의 상태를 세팅하는 데까지 오랜 시간과 노력이 필요했습니다.

산업통상자원부 과제를 성공적으로 수행해 제품을 상용화시켰지요?

2020년 산업통상자원부의 과제를 수행해 ‘3D 프린팅 특화 설계 기반 반도체 장비용 고성능 열교환기 적응 제조 기술개발’에 성공했습니다. 이 장비는 반도체 웨이퍼^②를 올려놓는 원형 판으로, 각각의 웨이퍼에 균일한 온도가 설정되는 것이 핵심적입니다. 이를 위해 열교환기 내부가 복잡하게 설계됐고, 이를 생산할 최적의 방법은 3D 프린팅이었습니다. 3년간의 개발 끝에 제품을 완성했고, 지금은 회사를 대표하는 제품으로 자리 잡았습니다. 현재도 산업 현장에서 쓰이고 있는 제품으로, 해외 업체에서도 큰 관심을 보이는 성공적인 사례입니다. 이렇게 확보한 노하우를 통해 우주발사체 스타트업 이노스페이스가 발사한 소형 위성 시험발사체 ‘한빛-TLV’의

산화제퍼프를 제작, 납품했습니다. 올해는 3D 프린팅 제조 기술에 대한 핵심 전략 기술 확인서까지 인증받았고요. 산업통상자원부와는 협업은 3D 프린팅 기술력 확보에 큰 터닝포인트가 됐습니다. 또 과제 완료 후 부족했던 부분을 분석해 새로운 사업으로 전환하고 기술개발의 단초를 세우는 등 수많은 기회를 만들어줬습니다.

3D 프린팅 전문가가 되기 위한 방법은 무엇일까요? 또 필요한 자질과 역량은 무엇인지 말씀해주세요.

3D 프린팅업계를 살펴보면 전반적으로 전문 인력이 부족한 상황입니다. 앞으로도 산업 곳곳에서 활용될 기술이기에 전망이 밝은 편이고요. 관심이 간다면 꼭 한번 도전해볼 만한 분야라고 생각합니다.

업무에 필요한 자질을 꼽자면 현장에서 체득한 뒤 업무에 적용해야 하기에 꾸준히 탐구하는 자세를 갖춰야 합니다. 어떤 전공을 선택해 공부하느냐보다는 기본적인 소양을 키우고, 관련 교육에 참여하는 것을 추천합니다. 지난 5년여간 3D 프린팅 관련 국가 교육에 참여해 인력 양성에

힘썼는데, 일선에서 적용되는 기술을 배우는 과정인 만큼 이런 교육이 큰 보탬이 될 것이라고 생각합니다.

이와 함께 외국어 능력을 갖춘다면 큰 강점이 될 것입니다. 3D 프린팅은 해외에서 선도하는 분야라 업계 교육, 세미나에 참석하게 된다면 대부분 해외 출장을 가야 합니다. 언어 능력을 준비해둔다면 취업 시 큰 경쟁력을 가질 수 있을 것입니다.

3D 프린팅 전문가로서 직업적인 최종 목표는 무엇인가요?

오랜 기간 몸담았던 로봇 분야와 3D 프린팅 기술을 접목하는 게 최종 목표입니다. 전처리 과정은 사람이 해야겠지만, 제조와 관련된 프린팅과 후가공 분야로 넘어가면 로봇이 수행하는 자동화 과정을 만들어내는 것이죠. 지금은 도약 단계에 있는 산업이기에 갈 길이 먼 얘기 같겠지만, 언젠가 반드시 현실화될 목표이기도 합니다. 이를 이루는 데 저와 스타코가 큰 보탬이 되길 바랍니다.

11월호 잡 인사이드에는
 목소리단 간석영, 김대영, 김동민, 김동찬,
 김승면, 김정민, 김태권, 김형우, 류창훈,
 문준아, 서동성, 손상완, 심형훈, 안경은,
 윤혜인, 이완, 전준규, 정연화, 정진우, 조상래,
 최군환 님께서 참여해주셨습니다.

정현국 (쥬스타코 연구소장은 누구

기계공학과를 갓 졸업한 청년은 로봇이 미래 산업의 주축이 되리라 판단해 로봇 개발 업체에 입사했다. 로봇 개발 엔지니어로 20여 년간 근무하며 교량 점검 로봇 시스템, 단백질 배양 장비 자동화, 반도체 웨이퍼 핸들링 로봇 등 분야를 가리지 않고 프로젝트를 완수해왔다. 새로운 분야를 공부하고 업무에 적용하는 과정은 삶의 방식으로 자리 잡았고, 2017년 스타코에 합류한 뒤 3D 프린팅 분야에 과감하게 발을 내디뎠다. 그가 이끈 연구팀은 3D 프린팅업계 진출 3년여 만에 우주로 쏘아올릴 부품을 생산하는 데 성공했으며, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 등에서 산업 발전 공로를 인정받아 장관상을 수상하는 등 성과를 거뒀다.

- ① DfAM (Design for Additive Manufacturing) : 적층 제조 특화 설계, 3D 프린팅과 같은 적층 제조 기술에 권장되는 설계 방법론
- ② 반도체 웨이퍼 (Wafer) : 반도체 집적회로를 집적하기 위한 기판이 되는 얇은 기판

<테크 포커스>의 든든한 서포터

똑소리단

똑똑하게 **소**통하고 **티**뷰하는 <테크 포커스> 독자단

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며, 매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다. <테크 포커스>를 함께 만들어가고 있는 똑소리단의 10월호 리뷰를 확인해보세요!



ALL About AI 자율제조 (02p) →

김동민
 평소 관심 있는 AI 자율제조의 내용과 필요성, 시장 규모 및 현황까지 일목요연하게 그림과 도표로 정리돼 도움이 많이 됐습니다. 특히 노동인구의 급속한 감소와 제조업의 상대적으로 낮은 노동생산성, OECD 국가 중 제조업 비중이 높은 우리나라에는 AI 자율제조가 절실하다는 것을 느꼈습니다.

생산성의 혁신을 가져온 역사 속 자동화 기술 (04p) →

김태권
 전자기기나 반도체 기술개발과 더불어 설명이 시작될 줄 알았는데 생산자동화 기술의 역사를 기원전 이집트 물시계로부터 수차, 풍차 및 내연기관을 관통해 설명해주신 점이 인상 깊었습니다. 생산 자동화의 고민이 인류가 생긴 처음부터라는 점에 공감이 갑니다.

생산성의 혁신을 가져온 역사 속 자동화 기술 (04p) →

김형우
 자동화는 효율성을 극대화하지만, 초기 비용과 불량 발생 위험도 함께 따른다는 점에서 신중한 접근이 필요하다고 느꼈습니다. 특히 자동화가 진행될수록 인간의 역할이 더 중요해진다는 점이 인상적입니다. 기술이 발전할수록 인간과 기계의 조화에 대한 고민이 필요하네요.

생산성의 혁신을 가져온 역사 속 자동화 기술 (04p) →

류창훈
 기원전 270년까지 거슬러 올라간 이집트 크테시비우스의 물시계 자동화 사례는 매우 흥미로웠습니다. 자연력을 이용한 제분기 등 일련의 시대별 자동화 변천 사례를 일목요연하게 설명해줘 역사 속 자동화 기술을 간략히 알 수 있었습니다.

생산성의 혁신을 가져온 역사 속 자동화 기술 (04p) →

문준아
 자동화는 효율의 장점과 함께 구축 비용 부담이라는 단점이 있다는 걸 알 수 있었어요. 그리고 역설적이게도 자동화의 발전 과정에는 인간의 개입이 필요함을 느꼈습니다. 인간과 기계의 능력을 균형 있게 조울했을 때 최적의 AI 기술이 도출될 것이라고 기대합니다.

AI 시대 제조업의 패러다임 변화 '자율제조'와 '산업 혁신' (08p) →

손상완
 최근 출산율 하락으로 인한 인력 수급의 문제, 미국의 보호무역 조치와 중국의 부상 등과 같은 국제 환경의 영향에 따라 AI 기술을 이용한 스마트 공장을 구축하고 글로벌 시장에 수출하는 전략을 구상할 필요가 있다는 생각을 했습니다. AI 자율제조 기술이 한국의 국제 경쟁력을 제고하는 수단이 됐으면 합니다.

AI 시대 제조업의 패러다임 변화 '자율제조'와 '산업 혁신' (08p) →

안경은
 제조업 비중이 거의 30%에 다다르고 있는 우리나라에서 타 산업을 국가 핵심 산업으로 새롭게 찾아나서기보다는 현재 제조업의 가치를 끌어올리는 게 보다 현실적인 대응 방법이라는 생각입니다. 그 점에 있어 이 기사는 매우 중요한 진단 및 방안을 제시하고 있다고 할 수 있습니다.

AI 시대 제조업의 패러다임 변화 ‘자율제조’와 ‘산업 혁신’ (08p) →

전준규

제조업이 경제·산업적 가치뿐만 아니라 외교 안보, 기술 확산 등 국가 경쟁력 전반을 담당하고 있다는 의견에 전적으로 공감합니다. 제조 현장에서 활약 중인 AI 기술의 특징과 이점뿐만 아니라 미래 산업 육성을 위한 방안 제시까지 흡입을 데 없는 글이라 생각합니다.

대한민국 제조 경쟁력 ‘AI 자율제조’ 시스템이 지킨다 (20p) →

이진영

AI 자율제조에 핵심에 대해 알 수 있는 Q&A였습니다. 우리나라 제조업의 미래가 우려됐으나, AI 도입을 통해 지속적인 산업 성장이 가능하다는 점에서 희망적이었습니다. 로봇을 활용해 고품질 제품을 신속하게 생산할 수 있다는 점도 큰 매력으로 다가왔습니다.

대한민국 제조 경쟁력 ‘AI 자율제조’ 시스템이 지킨다 (20p) →

전준규

‘AI 자율제조’의 정의, 문제점, 신뢰성 등이 질의응답식으로 기술돼 쉽게 이해할 수 있어 좋았습니다. 또한 제조업 특화 AI 파운데이션 모델 개발이라는 목표에도 공감했습니다. 다만, ‘AI 자율제조’를 통해 숙련공의 부족을 시와 로봇으로 대체한다는 발상은 인간의 존재 의미를 훼손한다는 느낌이 들었습니다.

전 세계 유일한 ‘3D 맞춤형 골 이식재’ 환자의 잃어버린 삶 찾은 R&D (26p) →

김형우

3D 프린팅 의료기기에 대한 기술 현황과 함께 지향점을 알게 됐습니다. 새로운 기술이 인간의 건강과 치료를 돕는 것이야말로 연구개발의 진정한 가치라는 생각이 듭니다. 환자들의 잃어버린 얼굴을 되찾을 수 있도록 돕는다는 자부심으로 일하고 있다는 글이 인상적입니다.

소변으로 여성 생애주기 진단하는 글로벌 리딩 디바이스의 탄생 (30p) →

김동찬

수젠택은 코로나19 바이러스 진단기 개발 업체로 알고 있습니다. 그런데 이번에 소변 호르몬을 조합해서 여성 임신 자가진단기를 개발했다는 사실을 알고, 이 기업의 기술력이 정말 훌륭하다는 생각이 듭니다. 앞으로 바이러스나 세균을 없애는 기술개발을 통해 관련 제품이 출시되기를 기대해봅니다.

소변으로 여성 생애주기 진단하는 글로벌 리딩 디바이스의 탄생 (30p) →

김정민

힘겨운 난임 극복의 사례를 주변에서 볼 수 있습니다. 수젠택이 개발한 소변 호르몬을 이용한 수정 관련 자가진단기가 난임 해결에 큰 도움이 될 것 같아 매우 다행스럽습니다. 누군가에게 꼭 필요한 자가진단 의료기기가 더 많이 연구되고 고도화되기를 희망합니다.

소변으로 여성 생애주기 진단하는 글로벌 리딩 디바이스의 탄생 (30p) →

윤혜인

소변 검사를 통해 여성에 대한 다양한 건강 정보를 알 수 있다고 하니 정말 유용하다는 생각이 들었어요. 간단한 검사로 비싼 현대인의 건강관리를 도와주는 제품이라 많은 분들께 도움이 될 것 같아요. 조만간 소변으로 남성의 생애주기를 진단할 수 있는 제품도 출시되면 좋을 것 같습니다.

친환경 고기능성 원단 상용화, 내수 넘어 세계로 도약한다 (34p) →

심형훈

바이오매스로 실제 상용화 제품을 제조·판매했다는 것에 박수를 보냅니다. 다만, 지속 가능하고 가격 경쟁력 있는 식물성 폴리올 확보가 얼마나, 어떻게 됐는지 자세히 나와 있지 않아 아쉬웠습니다. 좀 더 설득력 있게 제품 차별성을 보여주기 위해 원료에 대한 설명을 넣으면 어떨까 생각해봅니다.

비효율 투자 견고, 고효과·고리스크 R&D 대폭 지원한다 (38p) →

서동성

정부와 기업은 혁신적 기술개발을 위해 자원을 효율적으로 배분하고, 높은 잠재력을 가진 프로젝트에 집중해 경쟁력을 높이는 전략을 추진하고 있습니다. 이를 통해 성과를 극대화하고, 미래 산업의 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 기회를 마련하는 계기가 됐으면 합니다.

페디스플레이 활용하는 디스플레이 강국의 친환경 노하우 (46p) →

김대영

대한민국이 디스플레이 강국이지만 자원이 부족한 만큼 페디스플레이 재활용을 통한 자원 확보가 중요하고, 재활용을 통한 친환경적인 부분이 있어 더욱 집중해서 읽었습니다. 페디스플레이 재활용 관련 연구를 통해 자원이 확보하고 환경도 생각하는 대한민국이 되기를 바랍니다.

딥페이크 기술은 죄가 없다 (54p) →

안경은

저도 얼마 전 SNS에서 ‘처음 입는 광복’ 캠페인을 본 적이 있습니다. 기업의 흔한 캠페인 중 하나겠거니 하고 무시코 보다가 감동으로 눈물까지 흘렸더랬죠. 시를 활용해 만든 이 영상을 아직 못 보신 분이 계시다면 꼭 한번 시청하실 것을 추천합니다. 딥페이크 기술은 정말 죄가 없더라고요.

딥페이크 기술은 죄가 없다 (54p) →

이진영

최근 딥페이크 기술을 이용한 다양한 범죄에 관한 뉴스를 자주 접했는데, 위조지폐를 예시로 설명한 부분이 인상 깊었습니다. 기술을 주로 악용 사례로만 접하다 보니 부정적 인식이 있었는데, 기사에서 언급된 애니메이션, 보안 등 긍정적 용도로 많이 활용되기를 기대합니다.

KEIT 정식 오픈!



S ROME은 어떤 플랫폼인가요?

ITech, ROME+ 24년 10월 14일 서비스 이용 종료



ROME의 디지털 플랫폼 중 하나로, ITECH와 ROME+를 통합한 연구자, 연구기관, 전문가를 위한 빅데이터 기반 산업기술 R&D 디지털 플랫폼입니다.

데이터 개방을 통한 수요자 중심 서비스 S ROME 주요 서비스



분석

시로미를 활용한 양질의 텍스트 기반 문장 분석을 통해 다각화된 보고서를 제공하는 **지능형 심층 분석**과 기술 키워드 중심의 단어검색을 통해 다양한 통합 분석을 제공하는 **간편 키워드 분석**

#R&D 빅데이터를 활용한 **데이터 분석·시각화 서비스**



수행

R&D 과제 기획·참여를 위한 **'과제공고, 수요조사, 인더넷공사'**와 과제 신청 전 우리 기관, 과제의 상태를 사전에 확인할 수 있는 **'R&D 사전진단'** 및 **'유사성 검토'**

#수요자 중심 R&D 과제수행 지원 서비스



협업

R&D 수행기업 및 R&D 혁신기업 정보를 확인할 수 있는 **'기업찾기'**와 NTB기술은행과 이노폴리스 등 타 기관과의 연계를 통해 관련 기술정보를 확인할 수 있는 **'기술찾기'**

#기업과 기술을 잇는 R&D Networking 서비스



정보

성과·환류 중심의 **S ROME 홍보 콘텐츠**와 KEIT의 우수성과 및 발간 자료를 모아 볼 수 있는 **KEIT ZONE**

#성과·환류 중심의 콘텐츠 제공 서비스

독자 퀴즈의 답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의 상품을 보내드립니다. 퀴즈 답변과 휴대폰 번호를 grintjssu@hankyung.com으로 보내주세요.

독자 선물은 교환, 환불이 불가합니다. 전화번호 누락, 오류 등으로 인한 반송 시 재발송하지 않습니다.



석유화학업계는 재활용 플라스틱 시장 공략을 위해 기계적, 화학적 재활용 기술을 바탕으로 다양한 제품 포트폴리오를 확대하고 수소에너지, 전기 소재 영역 등  고부가가치 제품으로 사업 영역을 확장하고 있다.

산업의 내일을 읽고 기업의 오늘을 이끰니다.



[알지RD] (주)시지바이오
**3D 프린팅으로 만드는
얼굴 임플란트!**



3D 프린팅을 활용한 환자 맞춤형 얼굴 임플란트가 있다고 해서 스넥타운과 함께 찾아가봤습니다.
여러 가지 이유로 얼굴뼈에 결손이 생겨 얼굴의 형상이 무너진 환자를 위해 만들어진 차세대 의료 핵심 기술!
KEIT의 지원에 힘입어 개발에 성공한 기업을 방문해 기술개발의 주인공을 만나보겠습니다.



[알지RD] 넷솔(주)
**I'm on the next 반도체,
MRAM을 만나다!**



기억(DRAM)과 기록(낸드플래시)의 특성을 동시에 가지는 반도체의 탄생! 넷솔(주)의 기술력과 KEIT의 지원이 만들어낸 미래 반도체산업의 핵심 STT-MRAM!
스넥타운과 함께 어떤 기술인지, 누가 개발했는지 직접 만나봤습니다.





**보이는 것 부러
보이지 않는 것 까지**

**초격차 산업기술 R&D
초협력으로 이뤄집니다**



산업통상자원부



한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology