

이달의 신기술



전기차 상용화는
배터리에 달려 있다

차세대 배터리 '전고체 전지'

COLUMN	02
스마트 에너지(스마트 전력 시스템)	
인더스트리 포커스	06
전고체 이차전지 개발 현황 및 시장 전망	
이달의 산업기술상 신기술	24
전기자동차 적용 기술의 혁신을 가져오다 한온시스템㈜	
R&D 우수기업	44
틈새 없는 반도체 장비 시장에 틈새 시장을 구축하다_코스텍시스템㈜	
테크 컬처	76
'커먼트 워' 기술 표준을 놓고 벌인 치열한 전쟁	

11

NOVEMBER 2020
vol. 86

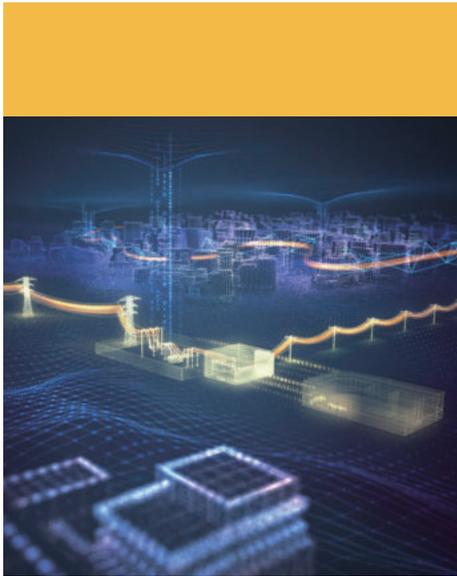
9 772288 490002
ISSN 2288-4904 ₩6,000

CONTENTS

NOVEMBER 2020

THEME

기술을 말하다

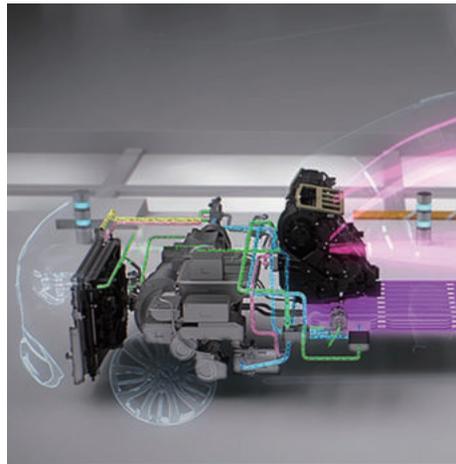


02 COLUMN
스마트 에너지(스마트 전력 시스템)

06 인더스트리 포커스
전고체 이차전지 개발 현황 및 시장 전망

10 TREND & ISSUE
미국을 중심으로 한
스마트 에너지 기술 동향

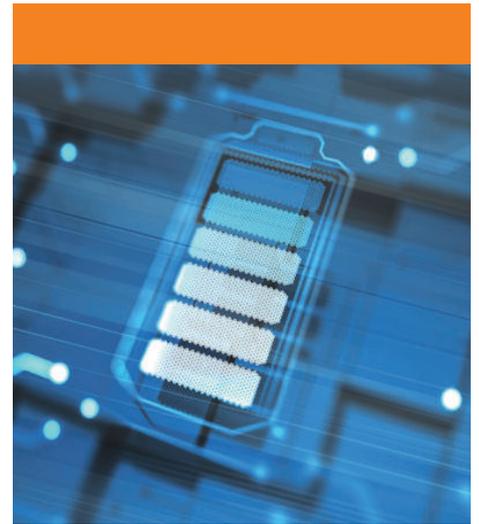
24 이달의 산업기술상 신기술
_한온시스템(주)
전기자동차 적용 기술의
혁신을 가져오다



29 이달의 새로 나온 기술

33 이달의 사업화 성공 기술

40 SPECIAL
2020년 사업화 이어달리기(기술금융 지원)



44 R&D 우수기업_코스텍시스템(주)
틈새 없는 반도체 장비 시장에
틈새 시장을 구축하다

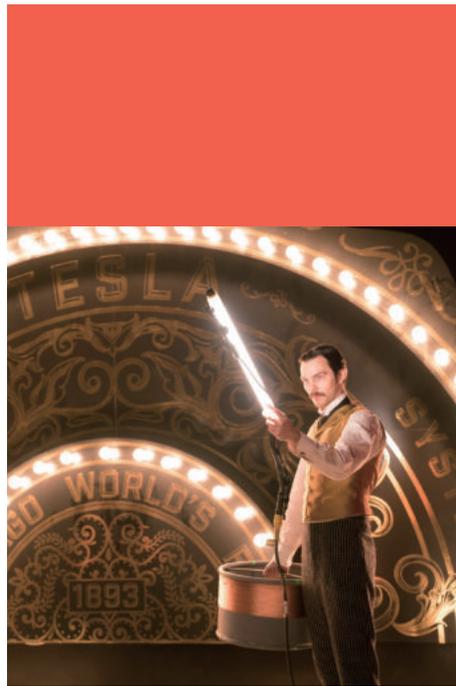
48 유망기술
리튬이차전지용 파워칩

54 R&D 프로젝트_ (주)세노텍
나노분말 제조 및 공정용 50마이크론급
세라믹 비드 개발

기술을 보다

56 4차 산업혁명
'전기차 배터리 대란 온다'

62 미래 세계
'BTS 케이스터디'



등록일자 2013년 8월 24일
 발행일 2020년 10월 30일
 발행인 한국산업기술평가관리원 원장 정양호
 발행처 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원,
 한국산업기술진흥원, 한국공학한림원
 주소 대구광역시 동구 첨단로 8길 32(신서동)
 한국산업기술평가관리원
 후원 산업통상자원부

편집위원 산업통상자원부 정영진 국장, 이재식 과장, 홍기웅 사무관,
 양동춘 사무관, 노형철 사무관, 배은주 사무관, 정재욱 사무관,
 김영희 주무관, 강미래 주무관
 한국산업기술평가관리원 한중석 본부장, 고병철 단장,
 김세진 팀장, 박종성 책임
 한국에너지기술평가원 이화웅 본부장
 한국산업기술진흥원 오명준 본부장
 한국산업기술문화재단 정경영 상임이사
 한국공학한림원 남상욱 사무처장

편집 및 제작 한국경제매거진 (02-360-4845)
 인쇄 영남프린텍 (063-964-1700)
 구독신청 02-360-4845 / power96@hankyung.com
 문의 한국산업기술평가관리원 (042-712-9230)
 잡지등록 대구동, 라00026

※ 본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술평가관리원이 보유하며,
 발행인의 사전 허가 없는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.

68 미래 인터뷰_ 카이스트 생명화학공학과
김희탁 교수
 더욱 안전하고 효율적인 이차전지를!

72 1318 테크
 생활 속 이차전지, 바르게 알고 사용하자

76 테크 컬처
 '커런트 워'
 기술 표준을 놓고 벌인 치열한 전쟁

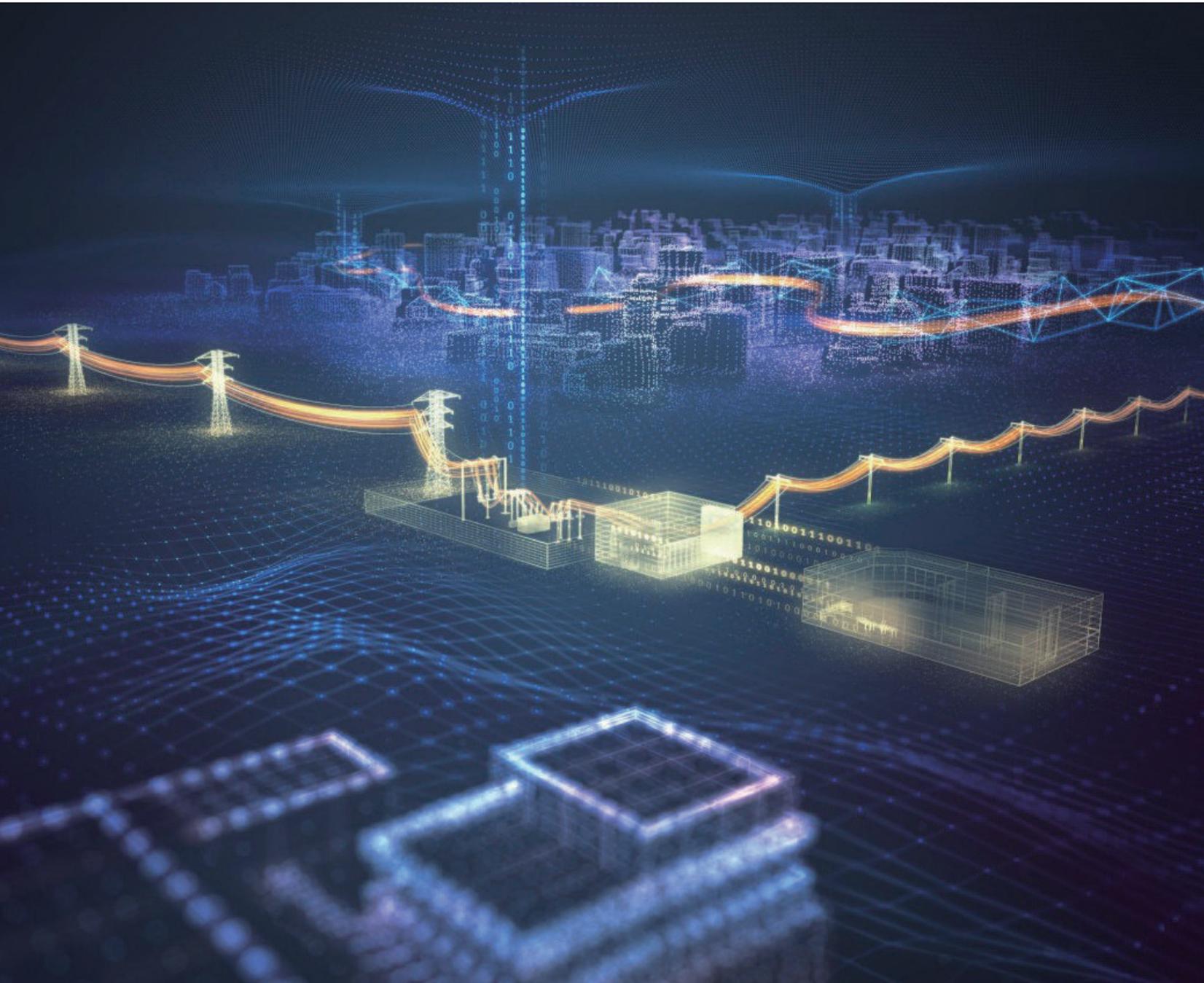
78 리쿠르팅

80 NEWS

이달의 신기술

스마트 에너지(스마트 전력 시스템)

정부는 7월 14일 '한국판 뉴딜 종합계획'을 확정 발표했다. 한국판 뉴딜은 코로나19로 인한 경기침체 극복과 구조적 대전환 대응을 위해 디지털 뉴딜과 그린 뉴딜 등 두 분야를 기반으로 구성돼 있다.

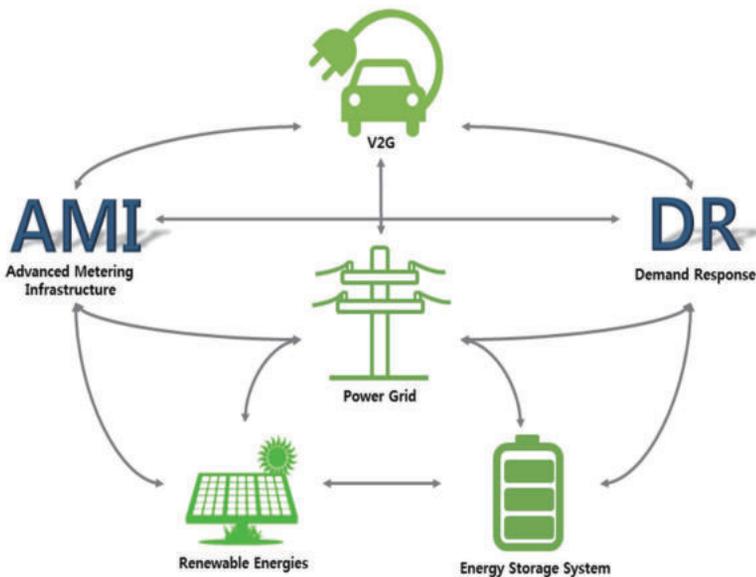


그린 뉴딜

그린 뉴딜은 기후변화 대응과 저탄소 사회 전환의 중요성이 부각됨에 따라 탄소 배출량을 감소시키는 동시에 일자리 창출을 핵심 목표로 한다. 구체적으로는 2025년까지 태양광과 풍력 중심의 재생에너지를 42.7GW까지 확대하고자 한다. 하지만 풍력발전과 같은 재생에너지 발전원은 자연현상의 변화에 따라 발전량이 급격히 변화하는 특성이 있어 현재의 전력 시스템에 이 정도로 많은 양의 재생에너지를 보급하기는 어렵다. 이는 마치 고속열차가 제대로 달리기 위해서는 고속열차 전용선이 필요하듯이 재생에너지를 제대로 보급하기 위해서는 이에 걸맞은 새로운 전력 시스템을 먼저 구축해야 한다.

이것이 바로 스마트 그리드(지능형 전력 시스템)다. 스마트 그리드란 기존의 전력망에 정보통신기술(ICT)을 접목해 전력 생산 및 소비 정보를 양방향과 실시간으로 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력망을 말한다(그림 1). 기존의 발전-송전-배전-소비로 이루어지던 단방향 전력망에 ICT를 접목해 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화한다. 발전소, 송·배전설비 및 소비자가 정보통신망으로 연결돼 양방향으로 정보를 공유해 전체 전력 시스템을 효율적으로 운영하는 것이 스마트 그리드의 기본 개념이다. 더 넓은 의미로 살펴본다면 스마트 그리드는 전력, 통신, 가전, 자동차, 에너지 등 여러 산업이 유기적으로 융합돼 최적으로 운영될 수 있는 기반을 제공하는 인프라로서의 의미를 갖는다.

스마트 그리드는 현재 전력 시스템의 개념을 전체적으로 뒤바꾸는 하나의 개혁으로 볼



〈그림 1〉 스마트 그리드의 개념

수 있다. 이를 위해서는 과거의 전력 시스템에서 사용하고 있는 기술과 차별된 기술의 개발이 필요하다. 특히 통신, 측정, 관리, 보호 등의 기술 개발은 필수적이다. 그 이유는 신재생에너지와 전기차 같은 전력 시스템의 새로운 구성요소가 도입되기 때문이다. 스마트 그리드를 구성하는 몇 가지 중요한 요소를 살펴보면 다음과 같다.

에너지저장장치 (Energy Storage System)

전기는 물과 많은 점에서 닮았다. 전기를 물에 비유한다면 전기를 만들어내는 발전소를

상수원에, 전기를 실어 나르는 송·배전선로는 수도관으로 생각할 수 있다. 둘 사이에 큰 차이가 있다면 물은 저수지를 이용해 저장할 수 있지만 전기는 일반적으로는 저장해 사용할 수 있는 설비가 갖추어져 있지 않다는 점이다. 그렇다 보니 발전량과 소비량이 매 순간 일치해야 하는 전력 시스템의 특성으로 급격하게 수요가 변동하거나 예기치 못하게 발전설비가 고장난다면 정전 발생은 불가피하다. 따라서 이를 방지하기 위해 저수지에 물을 저장하듯이 전기를 저장해 두었다가 필요한 때에 꺼내 쓸 수 있는 설비가 필요한데, 이를 에너지저장장치(ESS)라고 한다(그림 2).



〈그림 2〉 에너지저장장치 개념 출처: 조선일보

전기 저장 방식	ESS 기술 종류
물리적 저장 (Mechanical)	<ul style="list-style-type: none"> 양수발전(Pumped Hydro Storage : PHS) 압축공기저장장치(Compressed Air Energy Storage : CAES) 플라이휠(Flywheels)
화학적 저장 (Electrochemical)	<ul style="list-style-type: none"> 리튬이온전지(Lithium ion Battery : LiB) 나트륨황전지(Sodium-sulfur Battery : NaS) 납축전지(Lead-acid Battery) 레독스플로전지(Redox Flow Battery : RFB)
전자기적 저장 (Electromagnetic)	<ul style="list-style-type: none"> 슈퍼커패시터(Super-capacitor) 초전도에너지저장(Superconducting Magnetic Energy Storage : SMES)

〈표 1〉 저장 방식에 따른 ESS 기술 분류 출처: 에너지경제연구원

ESS를 활용해 전력 공급의 여유가 있는 시간에 충전을 하고 전력 수요가 피크인 시기에 저장된 에너지를 사용하면 정전 없이 안정적으로 전력을 공급할 수 있을 뿐만 아니라 피크 수요를 담당하는 발전설비의 건설을 최소화할 수 있다. 우리나라에서 사용하는 전력은 1초에 60번 극성이 바뀌는 교류전기로 발전기가 만들어 내는 전력과 소비자가 사용하는 전력이 정확하게 같을 때는 주파수가 일정하게 유지되지만, 전력 소비량과 발전량이 일치하지 않을 때는 주파수가 변동한다. 발전량이 부족한 경우에는 주파수가 떨어지고 반대의 경우에는 주파수가 올라간다. 이러한 발전량과 수요량의 불일치로 발생하는 주파수 변동을 막기 위해 많은 발전기가 최대 출력이 아닌 출력을 일부 줄인 상태로 운전하면서 주파수 변동에 대비하고 있다. ESS는 이런 주파수 조정 기능을 대신할 수 있기 때문에 기존 발전기의 역할을 대신하게 되는 셈이다.

ESS는 비상용 발전기로도 활용될 수 있다. 현재 전국에는 상당한 용량의 비상용 발전기가 산재돼 있다. 대부분의 비상용 발전기가 디젤엔진을 이용하고 있는데, 이는 매연과 소음 문제로 인해 평상시에 운전하기가 어렵다. 또한 전력망에 연계되지 않고 독립적으로 운전하기 때문에 이를 예비 전원으로 활용할 수 없는 상황이다. 이러한 한계를 갖는 기존 비상

용 발전기에 에너지 저장장치를 결합하면 비상시뿐만 아니라 평상시에도 활용할 수 있어 발전소를 더 건설하지 않고도 충분한 예비력을 확보할 수 있다.

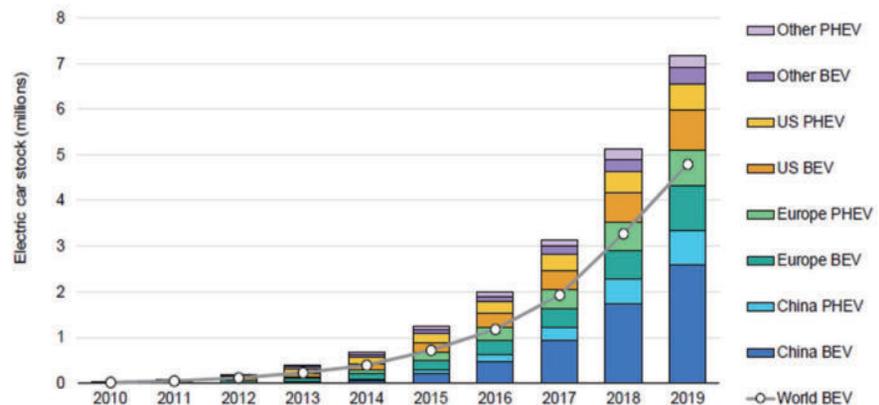
전기차와 V2G

세계 각국에서 전기차의 보급이 급속도로 늘고 있다. 2012년 18만 대에 머물렀던 것이 2019년에는 720만 대로 느는 등 더욱 빠른 속도로 증가할 것으로 전망된다(그림 3). 우리나라에도 2018년까지 약 3만5000여 대의 전기차가 보급됐으며, 정부는 2025년까지 누적 113만 대의 전기차 보급을 목표로 하고 있다. 아직은 충·방전시설이 부족하고 대량 생산 체계가 갖추어지지 않아 같은 규격의

내연기관자동차보다 값이 비싸지만, 현재 배터리 등 핵심 부품의 가격이 급격하게 내려가고 있는 추세이고 향후 대량 보급이 이루어진다면 전기차의 가격은 더 저렴해질 것으로 예상된다. 또한 전기차는 기존의 내연기관차에 비해 부품 수가 훨씬 적어 구조가 단순하며 배기가스 배출이 없는 친환경적인 장점을 갖고 있어 앞으로 보급이 더욱 가속화할 것으로 보인다.

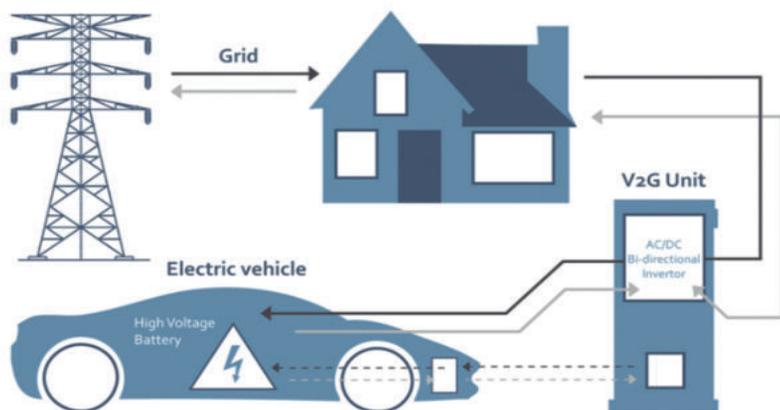
전기차는 단순히 사람이나 짐을 실어 나르는 운송수단 역할을 할 뿐만 아니라 에너지를 저장해 나르는 에너지 운송 수단 역할도 할 수 있다. 최신 전기차 한 대에는 약 50kWh 정도 용량의 배터리가 들어 있는데, 만약 100만 대의 전기차가 보급된 상황을 고려한다면 원자력발전기 10기가 5시간 동안 만들어 낼 수 있는 양의 에너지를 싣고 움직이는 것과 같다. 이런 이유로 전기차가 대량 보급된 상황에서 고려할 핵심적인 문제는 충·방전설비를 어떻게 갖추는가 하는 것이다. 만일 많은 수의 전기차가 일방적으로 충전만을 한다면 전력망에 큰 부담을 주지만, 충전된 에너지를 필요한 시기에 방전할 수 있도록 한다면 이는 발전소

Global electric car stock, 2010-19



〈그림 3〉 세계 전기차 보급 현황

출처: Global EV Outlook 2020, IEA



〈그림 4〉 V2G 개념도
출처 : ignitisinnovation.com

나 송전선로의 역할을 대신하기 때문에 전력망 운영에 큰 도움을 줄 수 있다. 또한 전력 공급에 여유가 있는 시간에는 차량을 충전하고 수요가 큰 시간에 방전하게끔 해 기존의 전력 시스템을 더욱 효율적으로 운영할 수 있다. 이러한 전기차 충전·방전 기술을 V2G(Vehicle to Grid)라고 한다(그림 4).

대학 캠퍼스 내에 전기차를 도입해 V2G의 효과를 검증하는 시범사업이 수행됐다. 전기차를 이용해 전력 부하가 적고 전기요금이 저렴한 야간에 충전을 하고, 저장된 전기를 피크 부하가 발생하고 전기요금이 높은 오후 시간에 방전시켜 기술의 효과를 검증했다. 그 결과 캠퍼스 내 건물에서 사용되는 피크 전력을 줄일 수 있어 에너지를 효율적으로 활용할 수 있었고 충전요금과 방전요금의 차이에서 생기는 소비자 수익도 만들어낼 수 있었다. 이처럼 전기차가 기존의 발전소나 송전선로가 하던 역할을 대신하게 되면서 발생하는 사회적인 편익 중의 일부를 전기차 사용자에게 되돌려 줄 수 있는 제도가 만들어진다면 전기차의 보급도 활성화하면서 발전소나 송전선로의 건설도 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

AMI(Advanced Metering Infrastructure)

기존의 소비자측 전기계량기는 소비자가 사용한 누적 전력량만을 표시해주고 있지만 스마트 그리드에서의 계량기는 양방향 통신이 가능해야 한다. 이를 이용한다면 소비자는 실시간으로 전력 사용량 및 전기요금을 확인할 수 있으며 이를 자신의 전력 소비 패턴에 반영할 수 있을 것이다. 이와 같은 기능을 수행하는 스마트 미터링 설비를 '지능형 검침 인프라' 또는 AMI라고 한다. AMI는 디지털 자동 검침 설비와 통신망이 함께 연결돼 있는 것으로, 실시간 전력 사용량과 전기요금 제공 등 양방향 통신이 가능하다.

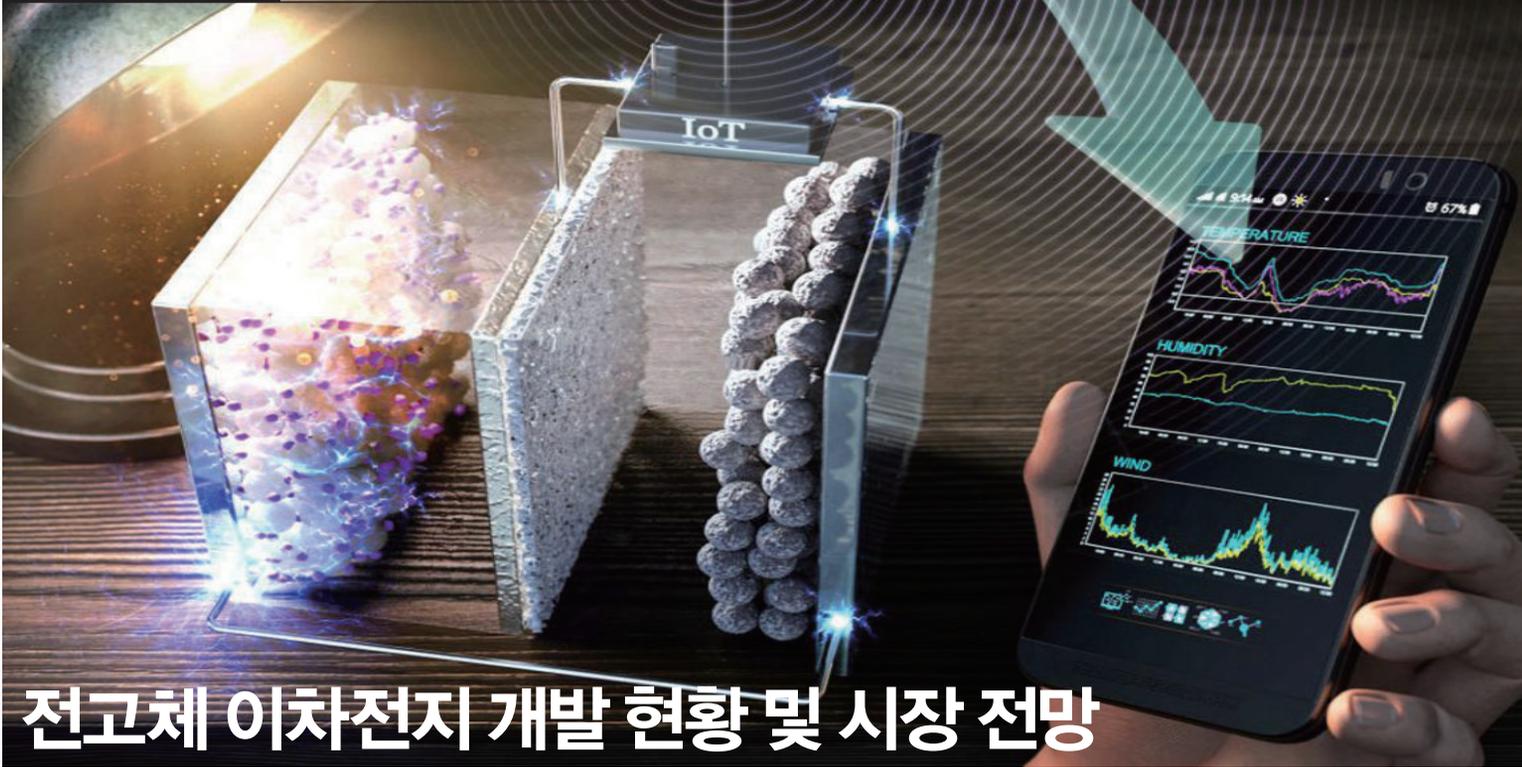
AMI는 전력 공급자와 소비자 모두에게 활용도가 높다. 전력 공급자는 AMI를 통해 수집된 데이터를 활용하면 실시간 전력 수요를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 정확한 수요 예측이 가능해지기 때문에 전력 시스템을 보다 효율적으로 운영할 수 있다. 소비자 입장에서 AMI를 통해 단순히 실시간 전력 사용량을 파악하는 것뿐만 아니라 전기요금 등 사용정보를 이용해 자발적인 수요관리를 통한 요금 절감까지도 할 수 있다. 이러한 전력 수요관리 측면

에서 AMI는 수요반응(Demand Response)을 구현하는 데 필수적인 설비다. 이처럼 AMI를 사용한다면 양방향 통신으로 전달되는 다양한 정보를 이용해 에너지 효율화와 수요관리가 가능하기 때문에 AMI는 스마트 그리드를 구성하는 핵심 기술이라고 할 수 있다.

이에 정부는 스마트 그리드 실현을 위해 AMI 인프라 확충을 추진하고 있다. 2018년 발표된 '제2차 지능형 전력망 기본계획'에 따르면 2020년까지 전국 2250만 가구에 보급할 예정이며, 최근 발표된 그린 뉴딜 계획에서도 2022년까지 아파트 500만 가구에 AMI를 보급할 것이라고 선언한 바 있다.

그린 뉴딜이 성공적으로 진행되기 위해서는 그린에너지를 받아들일 수 있는 전력 시스템이 먼저 구축돼야만 한다. 이러한 전력 시스템은 ESS, 전기차 및 V2G 기술, AMI 등과 같은 신기술이 도입된 스마트 그리드의 형태가 돼야 한다. 정부의 그린 뉴딜 정책을 위한 것뿐만 아니라 탄소배출권거래제 도입 등 세계적인 변화를 살펴본다면 이제는 환경 및 에너지 문제를 위해 움직여야 할 때임을 말해주고 있다. 우리나라는 정부의 적극적인 의지, 세계 선도국가로서의 위상 및 책임, 새로운 성장동력의 필요성 등을 고려할 때 스마트 그리드를 성공적으로 구축할 수 있는 좋은 환경이 마련돼 있다. 보다 성공적인 스마트 그리드의 도입을 위해서는 관련 제도 개선 및 투자 지원, 기업의 적극적이고도 공격적인 기술 및 제품 개발, 학계와 연구계의 지속적인 연구가 필요할 것이다.

마지막으로 스마트 그리드가 그린 뉴딜을 성공적으로 이끄는 플랫폼이 되고 코로나19로 인해 침체된 경기에 활력을 불어 넣을 성장동력이 되길 기대한다.



전고체 이차전지 개발 현황 및 시장 전망

휴대용 정보기술(IT) 기기의 사용이 늘면서 충전을 통해 반복 재사용할 수 있는 이차전지(Rechargeable Battery)는 이제 일상의 필수 부품이 됐다. 최근 기후변화에 대한 전 세계적 관심으로 내연기관을 전기모터로 대체하려는 시도가 이어지면서 앞으로 이차전지의 활용 범위는 더욱 확대될 것으로 예상된다.

전고체 전지가 주목받는 이유

일반적으로 양극재, 음극재, 전해질, 분리막을 이차전지의 주요 4대 소재라고 말한다. 전고체 이차전지(All-Solid-State Battery)는 이러한 주요 소재가 모두 고체로 돼 있는 이차전지 형태(Platform)를 뜻한다. 현재 사용되는 이차전지의 경우 양극재, 음극재, 분리막은 고체지만 전해질은 액체 형태로 돼 있다. 전고체 전지는 전해질마저도 고체다.

최근 들어 전고체 전지가 차세대 배터리로 자주 언급되고 있지만, 사실 전고체 전지는 20여 년 전인 1990년대 중반 일본에서 처음 고안됐다. 하지만 성능, 가격 등의 문제로 상용화되지 못하다 최근 전 세계적인 전기차 판매 증가로 리튬이온전지 시장이 확대되면서 다시 주목받고 있다.

전고체 전지가 주목을 받는 이유는 크게 두 가지로 생각할 수 있다.

첫째, 고용량 가능성이다. 그동안 스마트폰, 노트북 같은 소형 IT 기기에 주로 사용되던 배터리가 전기차, 에너지저장장치(ESS), 전동장비 등으로 확대되면서 고용량, 고에너지 밀도의 배터리 개발이 요구되고 있다.

둘째, 안정성 문제다. 전기차뿐만 아니라 이차전지가 항공, 조선, 국방 등 특수 산업에 적용되기 위해서는 일상에서 사용하는 배터리보다 훨씬 높은 수준의 신뢰성과 안정성이 반

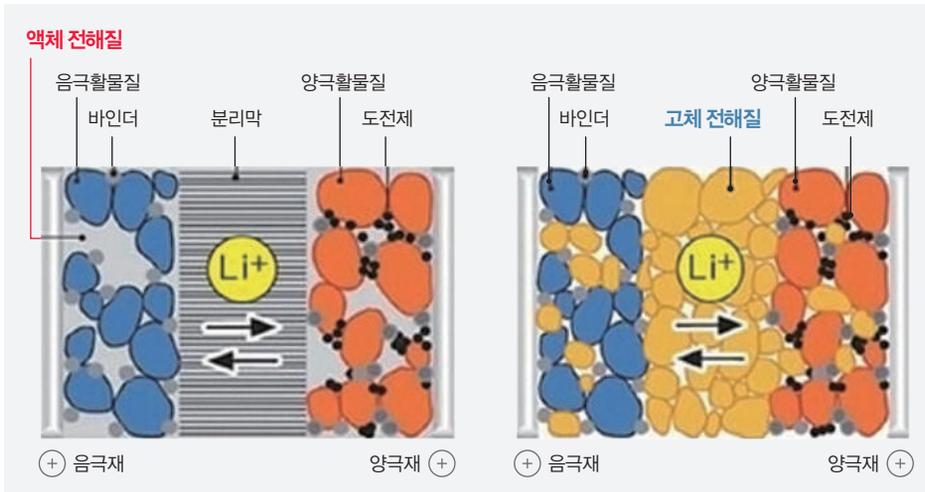
드시 확보돼야 한다.

전고체 전지의 기술적인 문제

현재 리튬이온전지는 가연성의 액체 또는 겔(Gel) 상태의 전해질을 사용한다. 온도 변화에 따라 동파·기화·팽창하거나 외부 충격으로 전해질이 누출될 경우 화재 및 폭발 가능성이 있다. 하지만 전고체 전지는 액체 전해질 대신 고체 전해질을 사용하기 때문에 온도 변화와 외부 충격에 따른 화재 및 폭발 위험이 현저히 줄어든다.

구분	리튬이온전지	전고체 전지
양극재	고체(니켈, 망간, 코발트)	좌동
음극재	고체(흑연)	리튬금속
전해질	액체(용매+리튬염+첨가제)	고체(황화물, 산화물, 폴리머)
분리막	고체 필름	불필요

〈표 1〉 리튬이온전지 vs 전고체 전지 비교



<그림 1> 리튬이온전지 vs 전고체 전지 구조
출처 : 구글 자료 재구성

일반적으로 12~48개의 배터리셀이 모여 배터리모듈을 이루고 8~40개의 배터리모듈이 모여 배터리팩을 이룬 다음 전기차에 탑재된다. 배터리팩에는 배터리의 상태를 모니터링하는 BMS(배터리관리시스템)와 냉각장치가 장착돼 있다. 전고체 전지는 화재 위험이 없으므로 배터리팩 공간의 약 30%를 차지하는 냉각장치가 필요 없다. 그만큼의 공간에 추가적으로 배터리셀을 채워 넣어 에너지 밀도를 높일 수 있는 것이다.

분리막은 양극과 음극 사이에 위치해 전기적 단락으로 인한 화재나 폭발을 방지하는 역할을 한다. 전고체 전지는 고체 전해질이 동시에 분리막 역할을 하기 때문에 이차전지 생산원가의 약 15%를 차지하는 분리막 비용이 들어가지 않는다.

리튬이온전지는 셀 1개당 1개의 전극(양극, 음극)이 있는 모노폴라(Mono Polar) 구조다. 용량 확장을 위해서는 여러 개의 셀을 연결해야 하기 때문에 부피가 커진다. 전고체 전지는 셀 1개에 여러 개의 전극을 연결할 수 있는 멀티폴라(Multi Polar) 구조가 가능해 상대적

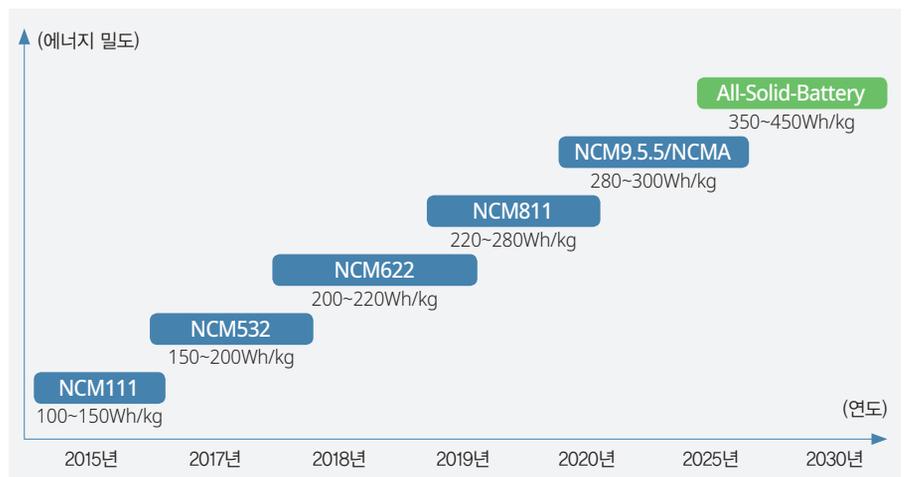
으로 부피가 줄어든다.

리튬금속은 현재 음극활물질로 사용되는 흑연보다 용량이 10배나 많기 때문에 고용량의 전지를 만들어 낼 수 있는 최적의 음극재

로 평가된다. 하지만 녹는점이 180도로 매우 낮기 때문에 고온에 노출되면 변형되거나 녹으면서 화재, 폭발이 발생할 수 있어 그동안 이차전지 재료로 사용되지 못했다. 화재 위험이 없는 전고체 전지는 리튬금속을 음극활물질로 사용해 고용량을 구현할 수 있다.

하지만 이러한 우수한 성능과 장점에도 불구하고 전고체 전지가 상용화되기 위해서는 해결해야 할 기술적 문제가 아직 많이 남아 있다.

첫째, 고체 전해질의 이온 이동 속도가 액체 전해질에 비해 낮아 충분한 성능을 내지 못한다. 물(액체)에서 헤엄치는 것과 땅(고체)에서 헤엄쳐 이동하는 모습을 연상하면 이해가 쉬울 것이다. 최근 활발한 연구를 통해 고체 전해질에서 이온 이동 속도가 많이 개선되기는 했으나, 아직 액체 전해질 수준에는 미치지 못하고 있다.

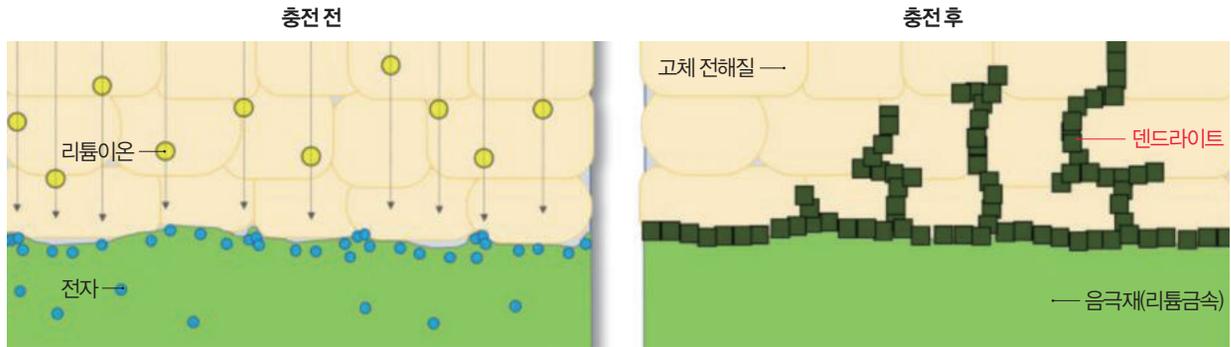


<그림 2> 이차전지 양극재 개발 전망
출처 : 언론 자료 재구성

구분	이온전도도	온도안정성	생산용이성	습도안정성
황화물계	●(10 ⁻³ S/cm)	●	●	○
산화물계	○(10 ⁻⁴ S/cm)	●	○	●
폴리머계	○(10 ⁻⁵ S/cm)	●	●	●

주 : ●우수, ○보통, ○열위

<표 2> 고체 전해질 종류
출처 : 조윤상(2018.5), "전고체 리튬 2차 전지 현황 및 국내외 개발 동향"



〈그림 3〉 전고체 전지 덴드라이트 현상

출처 : 오피걸(2020.7), "고효율 전고체 전지 개발을 위한 전극 설계 및 소재기술개발"

둘째, 고체 전해질의 계면저항이 크다는 문제도 있다. 계면저항은 물질의 경계면에서 이동성이 저하되는 현상이다. 충전과 방전 시 소재의 경계면에서 리튬이온과 전자의 이동이 원활하지 않으면 제 성능을 낼 수 없다. 고체 전해질 제조방법과 성분 조성을 달리 해 계면저항을 줄이는 연구가 진행 중이다.

셋째, 충·방전 시 리튬금속(음극재) 표면에 덴드라이트(Dendrite)가 생성되는 문제가 있다. 덴드라이트는 리튬금속 표면에 나뭇가지 모양으로 쌓이는 결정체인데, 리튬이온의 이동을 방해해 충·방전 효율 저하와 수명 단축을 초래한다. 음극재 표면에 코팅을 해 덴드라이트 생성을 방지하는 연구가 이루어지고 있다.

전고체 전지 개발 현황

그렇다면 전고체 전지를 개발하기 위해 세계 각국은 어떤 움직임을 보이고 있을까. 전고체 전지 개발은 전통적인 배터리 강국 일본이 가장 앞선 것으로 평가된다. 그중에서도 가장 적극적인 업체는 도요타.

도요타는 파나소닉과 Prime Planet Energy & Solutions, Inc.라는 합작사를 설립해 전고체 전지를 탑재한 전기차를 개발하고 있다.

올해 여름 도쿄 올림픽에서 선수촌 내 곳곳을 운행하는 자율주행 버스인 'e-palette'에 전고체 전지를 탑재할 예정이었으나 코로나19로 올림픽이 연기되면서 공개 일정을 2022년으로 미루었다.

배터리 스타트업을 중심으로 한 전고체 전지 개발도 활발하다. 미국의 솔리드파워의 경우 콜로라도대 연구팀에서 시작한 신생 업체임에도 BMW, 포드, 삼성벤처투자, 현대크래

들과 같은 유수의 기업으로부터 투자를 유치해 화제가 되기도 했다. 2023년 전고체 전지 양산, 2025년 전고체 전지를 탑재한 차량 양산을 목표로 하고 있다.

중국에서는 칭화대에서 분사한 스타트업 칭타오에너지가 앞서 있고, 대만에서도 중국의 전기차 스타트업과 공동으로 전고체 전지를 탑재한 전기차를 개발 중이다.

국내 기업도 전고체 전지와 관련한 원천 기



〈그림 4〉 도요타의 전고체 전지 탑재 자율주행 버스 e-palette

출처 : 도요타

구분	국가	황화물계
솔리드파워	미국	<ul style="list-style-type: none"> • 콜로라도대 연구팀으로 시작해 2012년 설립 • BMW, 포드, 삼성벤처투자, 현대크래들 등 다수의 기업으로부터 투자 유치해 2025년 차량 양산을 목표로 전고체 전지 개발 중
칭타오에너지	중국	<ul style="list-style-type: none"> • 칭화대에서 2014년 분사한 스타트업 • 2018년 약 10억 위안을 투자해 100MWh 규모의 전고체 전지 생산공장 건설
프로로지움	대만	<ul style="list-style-type: none"> • 2006년 설립, 중국 전기차 스타트업 이노베이트, 니오 등과 전고체 전지를 탑재한 전기차 공동 개발 중

〈표 3〉 전고체 전지 개발 주요 업체 현황

출처 : 언론 자료 재구성

술을 확보하기 위해 연구를 진행 중이다. 2020년 3월 삼성전자 종합기술원은 전고체 전지 충·방전 시 음극재(리튬금속) 표면에 생성돼 효율과 안전성을 저하시키는 덴드라이트 문제를 해결할 수 있는 기술을 개발해 국제 학술지 '네이처 에너지'에 발표했다.

LG화학도 2019년 4월 첨단소재사업본부를 신설해 전고체 전지를 비롯한 차세대 배터리 연구에 집중하고 있고, 최근에는 리튬황전지를 탑재한 무인기를 고도 22km의 성층권에 올리는 데 성공하기도 했다.

전고체 전지 상용화

전고체 전지의 상용화는 2020년대 후반부터 서서히 이루어질 가능성이 크다. 시장 형성 초기에는 먼저 전기버스와 같은 대형 상용

차량에 적용돼 안전성과 신뢰성을 축적하고, 이후 점차 승용차나 중소형 기기로 적용 범위가 확대될 것으로 예상된다.

전문가들은 전고체 전지의 기술적인 문제를 해결하는 데 4~5년, 양산 기술을 개발해 생산라인에 적용하는 데 2~3년이 걸리는 점을 감안해 전고체 전지의 본격적인 시장 형성을 2030년으로 보고 있다.

1990년대 이전까지는 니켈카드뮴(Ni-Cd), 니켈수소(Ni-MH)전지 같은 니켈계 전지가 주로 사용됐다. 후반주자였던 소니는 니켈계 전지에 비해 높은 용량과 에너지 밀도를 구현할 수 있는 새로운 구조의 리튬이온전지 개발에 성공하면서 마쓰시타산업(파나소닉)과 산요전기가 양분하고 있던 세계 배터리 시장에 진입할 수 있었다.

하지만 일본 기업의 세계 배터리 시장 장악은 계속되지 못했다. 2000년대 후반 들어 삼성 SDI, LG화학과 같은 한국 배터리 제조사가 핵심 양극소재 개발 및 공격적인 투자로 대규모 양산설비를 구축하면서 일본 기업을 추월했다.

일본은 한국과 중국에 빼앗긴 배터리 시장의 주도권을 되찾기 위해 현재 리튬이온전지를 넘어선 새로운 구조의 전고체 전지 개발에 많은 투자를 하고 있다. 그뿐만 아니라 독일, 프랑스, 영국 등 유럽의 주요국도 전기차 원가의 30%를 차지하는 배터리의 수입 의존도를 낮추기 위해 자국 내에 배터리 생산라인을 적극적으로 구축하고 있다.

LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션 등 우리나라 배터리 3사는 코로나19로 중국, 일본 기업이 주춤한 사이 더 좋은 품질로 세계 시장 점유율을 높여가고 있다. 앞으로도 세계 시장의 주도권을 유지하기 위해서는 현행 리튬이온전지의 대량생산과 성능 개선에 안주해서는 안 된다. 고체 전해질, 리튬금속 음극재와 같은 전고체 전지 핵심 소재의 성능 개선과 상용화 기술, 그리고 기존 생산라인을 활용할 수 있는 양산기술 개발에 지속적인 관심과 선제적인 투자가 필요하다.

2018년			2019년			2020년 상반기		
순위	업체	점유율	순위	업체	점유율	순위	업체	점유율
1	CATL(中)	21.9%	1	CATL(中)	27.9%	1	LG화학(韓)	24.7%
2	파나소닉(日)	21.4%	2	파나소닉(日)	24.1%	2	CATL(中)	23.4%
3	BYD(中)	12.0%	3	LG화학(韓)	10.5%	3	파나소닉(日)	20.4%
4	LG화학(韓)	7.6%	4	BYD(中)	9.5%	4	삼성SDI(韓)	6.1%
5	AESC(中)	3.8%	5	삼성SDI(韓)	3.6%	5	BYD(中)	6.0%
6	Farasis(中)	3.4%	6	AESC(中)	3.3%	6	SK이노베이션(韓)	4.0%
7	Guoxuan(中)	3.3%	7	Guoxuan(中)	2.7%	7	AESC(中)	3.9%
8	삼성SDI(韓)	3.1%	8	PEVE(日)	1.9%	8	PEVE(日)	2.1%
9	Lishen(中)	2.8%	9	Lishen(中)	1.7%	9	CALB(中)	1.8%
10	EVE(中)	1.9%	10	SK이노베이션(韓)	1.7%	10	Guoxuan(中)	1.5%
계		81.2%	계		86.9%	계		93.9%

〈표 4〉 세계 전기차용 이차전지 사용량 순위

출처 : SNE리서치

미국을 중심으로 한 스마트 에너지 기술 동향

이 보고서에서는 미국을 중심으로 한 스마트 에너지 기술 동향을 소개하고자 한다. 스마트 에너지의 유형과 재생 가능한 에너지를 분류해 조사했으며, 지능형 전력 시스템으로 스마트 전력망뿐만 아니라 미국 에너지 시장의 분석 및 앞으로의 전망, 에너지 관련 인센티브 제도 및 정책에 대해 포괄적으로 살펴보고자 한다.

스마트 에너지란?

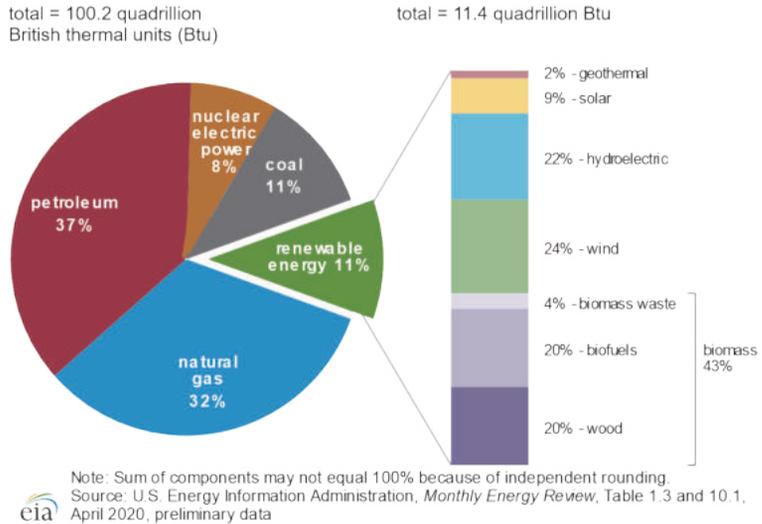
2025년까지 세계 인구의 약 58%(46억 명)가 도시 지역에 거주할 것이며, 이 비율은 선진국에서는 80%에 달할 것으로 예상된다. 도시권은 지구 대륙의 10%를 차지하고 있으며 계속 증가하고 있다. 이러한 도시화는 인구 과잉, 기후 변화, 환경 품질 및 에너지 접근성을 포함해 많은 문제를 제기하고 있다. 주요 대도시 지역은 약 65%의 에너지를 조명, 난방, 냉방 및 운송용으로 소비하고, 약 70%의 온실가스를 배출하고 있다. 미래의 도시는 기후변화와 악화하는 대기질을 충족하도록 구성되어야 한다. 스마트 에너지는 에너지 효율성을 위해 장치를 사용하는 과정으로, 비용을 절감하면서 친환경성을 높이는 강력하고 지속 가능한 재생 가능 에너지원에 중점을 두고 있다.

최근 스마트 에너지는 미래지향적인 기업이 스마트 에너지 시스템을 최우선 과제로 삼으면서 점점 중요해지고 있다. 스마트 에너지 시스템에 대한 투자 증가는 소비자, 환경 및 에너지 공급자에게 많은 이점을 제공한다.

스마트 에너지의 유형

스마트폰과 스마트TV 등의 사용이 늘면서 스마트 에너지에 대한 관심이 증폭되는 가운데 에너지를 스마트하게 만드는 것이 무엇인지 쉽게 결론을 도출하기 어렵지만, 표면적으로 확실한 한 가지는 재생 가능해야 하는 것

U.S. primary energy consumption by energy source, 2019



〈그림 1〉 미국의 에너지원에 따른 주요 에너지 소비 현황(2019)¹⁾

이다. 재생 가능한 에너지란 자연적으로 계속 보충돼 고갈되지는 않지만 흐름이 제한된 원천의 에너지다. 즉, 재생 가능한 자원은 지속 시간이 무궁무진하지만 단위시간당 사용 가능한 에너지량은 제한돼 있다. 재생 가능 에너지원의 주요 유형은 다음과 같다(그림 1).

- ▶ 바이오매스(목재 및 목재 폐기물, 도시 고형 폐기물, 매립가스 및 바이오가스, 에탄올, 바이오디젤)
- ▶ 수력
- ▶ 지열
- ▶ 바람
- ▶ 태양열

스마트 에너지 개발에 대한 큰 원동력은 에너지 생산 비용을 절감하는 데 있다. 재생 가능 에너지는 언젠가는 소진될 석탄과 같은 전통적인 에너지원에 의존하는 대신 이미 우리 주변에 있는 것을 수확하는 이점이 있다. 어떤 의미에서 재생 가능 에너지의 미래는 무한한 잠재력 중 하나이며 이제 업계는 이를 활용하려 하고 있다. 여기에서는 이러한 잠재력을 더 잘 이해하기 위해 특히 인기 있는 재생 가능 에너지 형태를 살펴보고 스마트 에너지 시장에 미치는 영향을 알아본다.

1) U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, 2020 (<https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>)

태양에너지(Solar Energy)

재생 가능 에너지 옵션 중 하나인 태양에너지는 이미 많은 분야에서 활성화돼 사용되고 있다. 재생 가능 에너지원으로 가장 많이 언급되는 분야 중 하나인데, 그 이유는 다른 에너지원과 달리 지속적으로 무제한 공급받는 자원이기 때문이다. 사실 풍력과 함께 태양에너지는 미국에서 빠르게 성장하는 재생 에너지 형태가 됐다.

천연가스(Natural Gas)

천연가스는 대중적인 재생에너지 중 하나인데, 기존의 화석연료와 달리 태웠을 때 나오는 배출물이 환경에 미치는 영향이 미미하다. 이러한 방식으로 천연가스는 현재 널리 사용되는 화석연료와 비교할 때 더 안전한 환경 대안을 제공하고 있다. 천연가스의 연소는 현재 스마트 에너지가 직면한 문제 중 하나를 제시하고 있는데, 즉 천연가스의 친환경 효과를 얻기 위해서는 적절한 시설에서 소각돼야 하고, 이것은 재생 가능한 스마트 에너지가 완전히 구현되고 실현되기 위해 더 많은 투자와 인프라가 필요함을 강조하고 있다.

글로벌 에너지효율 시장의 미래

재생 가능한 스마트 에너지 분야가 발전하기 위해서는 에너지뿐만 아니라 관련된 지원 시스템과 인프라의 발전 역시 필요한데, 많은 투자에도 불구하고 현재 대부분의 에너지 그리드 및 시스템 인프라는 새로운 형태의 에너지를 지원할 수 없는 경우가 많다. 현재 소비자에게 전기를 공급하는 데 필요한 모든 제어 스테이션, 전력선 및 변압기로 구성된 에너지 그리드는 새로운 형태의 에너지를 처리하기에는 오래된 방식을 사용하고 있어 신재생에너지를

사용하기 위해서는 현재의 에너지 그리드에 대한 전체적인 점검이 필요하다. 재생 가능한 형태의 에너지가 미국뿐만 아니라 전 세계적으로 증가함에 따라 전력망 정비의 필요성이 점점 더 중요해지고 있다. 전력 그리드의 현재 기술은 구식이고 때로는 신뢰할 수 없는 것으로 판명되기 때문에 전문가들은 스마트 에너지 시스템 수가 크게 증가하면 그리드에 과부하가 걸릴 수 있다고 우려하고 있다. 따라서 신재생에너지 도입을 특정 수요가 많은 지역과 도시에 먼저 집중함으로써 에너지 그리드에 대한 업데이트를 스마트 에너지 수요와 조정해 도달 범위를 최적화할 수 있다. 이러한 움직임은 미국 내에서 활발하게 진행되고 있는 스마트 도시(Smart City)로 연결될 수 있다.

스마트 에너지 선택 이유

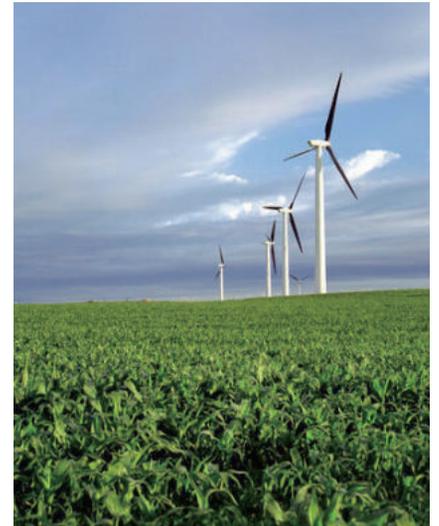
스마트 에너지 기술의 가장 중요한 혜택은 다음과 같다.

- ▶ 보다 다양한 전원 공급 장치
- ▶ 지구 온난화를 유발하는 대기 오염 및 배출 감소
- ▶ 환경에 해를 끼치는 전통적인 에너지원으로부터 점점 더 독립

즉, 스마트 에너지로의 이동은 더 밝고 친환경적인 미래를 만들어갈 것으로 예상된다. 지구 온난화 및 기타 기후 문제가 현재 전 세계 정부의 주요 관심사인 만큼 스마트 에너지로의 전환이 그 어느 때보다 중요해지고 있는 시점이다.

재생 가능 에너지원의 장단점

- ▶ 태양열에너지는 잠재적으로 무제한의



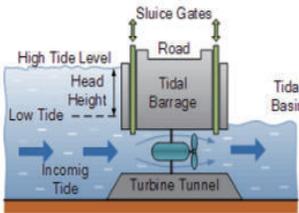
〈그림 2〉 풍력발전 지역(Wind Farm)²⁾

에너지를 공급하며 태양에서 직접 자체 전력을 생성할 수 있는 편리함이 있다. 단점으로는 태양 전지판 구입 및 설치 비용이 많이 들 수 있다는 것이다.

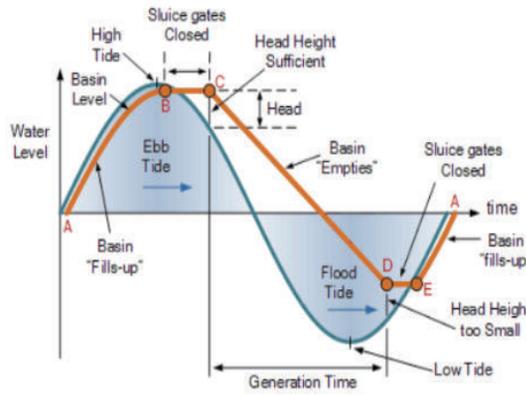
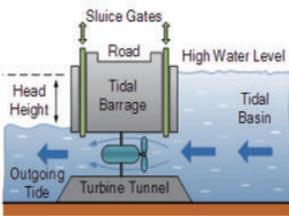
- ▶ 풍력은 무제한으로 널리 사용할 수 있는 또 다른 에너지 공급 장치지만 풍력발전단지 설치하는 데 많은 비용이 들 수 있다 〈그림 2〉. 지역사회는 풍력 터빈이 시골 풍경을 해친다고 생각하기 때문에 풍력발전단지 설치를 반대하곤 한다.
- ▶ 조력발전(Tidal Barrage Generation)은 조류 현상이 있는 바다에 설치해 만조와 간조 시 낙차를 이용한 발전 방식(그림 3)으로, 위치에너지를 이용하는 수력발전과 원리는 같다. 섬 지역에 유리해 상당한 양의 에너지를 생성할 수 있다. 또한 사용되는 조력댐(Tidal Barrage)은 교량 또는 홍수 방지와 같은 다양한 목적으로 사용될 수 있다. 단점은 조력 건설에 비용이 많이

2) U.S. Energy Information Administration, Renewable energy, (<https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/types-and-usage.php>)

Tidal Barrage Flood Generation



Tidal Barrage Ebb Generation



〈그림 3〉 만조와 간조 시 조차(낙차)를 이용한 조력발전과 간조 시 전력 생성³⁾

지능형 전력시스템 : 스마트 그리드(스마트 전력망)

화력, 수력 또는 원자력발전소에서 생산한 전기는 발전소 내 변전소에서 높은 전압으로 승압해 송전된다. 이 승압 과정을 거치면 송전에서의 손실을 줄이고 많은 양의 전기를 한 번에 전송할 수 있다. 이렇게 승압된 전기는 송전선로를 통해 배전 변전소로 이동하게 되고, 배전 변전소에서 낮은 전압으로 변환된 후 배전선로를 따라 소비자에게 공급된다. 보통 전력 공급자는 만일의 사태에 대비해 전기를 확보하기 위한 조치로 수요 전력을 초과해 전기를 생산하게 된다. 하지만 필요한 전력량을 정확하게 예측할 수 있다면 초과 생산 손실과 온실가스 배출을 줄일 수 있다.

스마트 그리드

스마트 그리드는 기존의 전력망(Grid, 전력 계통, 전력서비스)에 정보기술(IT)을 접목한 지능화된 차세대 전력망을 말한다.

- ▶ 전력 공급자는 실시간으로 필요한 전력 수요를 분석해 전기를 생산한 후 공급하고, 소비자는 경제적으로 전기를 사용할 수 있는 방식이다.
- ▶ 기존의 전력운영 시스템이 공급자 위주의 단방향인 것에 반해 스마트 그리드는 공급자와 소비자가 소통하는 양방향 시스템이다.
- ▶ 전력공급 시스템과 충전기기를 디지털화·지능화해 전력산업의 수요와 공급을 안정적으로 유지할 수 있다.
- ▶ 고장 및 사고에 즉각 대응할 수 있어 고품질 전력서비스를 통한 효율적인 에너지 이용이 가능한 기술이다.

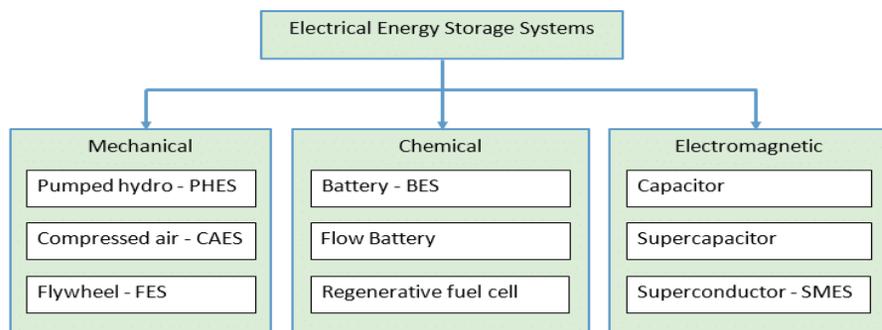
들고 하구에는 거의 적합하지 않다는 것이다. 또한 조력 시스템은 조수 흐름을 낮추고 바다로 나가는 하수의 흐름을 차단하게 된다. 일부 환경단체는 조력발전을 위한 댐 건설로 인해 갯벌이 사라지고, 야생 동물에 부정적인 영향을 미친다고 주장하기도 한다. 이에 반해 조류발전은 조류가 빠른 곳에 터빈만 설치해 해수의 흐름에 의해 터빈이 돌아갈 때 운동에너지로 직접 전력을 얻는 방식으로 풍력발전과 같은 원리로 운전된다. 또한 조류발전은 댐을 건설하지 않기 때문에 갯벌 및 생태계에 미치는 영향이 거의 없다는 장점이 있다.

- ▶ 파도 기술(Wave Technology)은 조력과 같이 섬 국가에 이상적이다. 하지만 조력 시스템과 마찬가지로 건설 비용이 많이 들 수 있으며 이러한 유형의 시스템은 지역 환경단체의 반대에 직면할 수 있다.
- ▶ 지열에너지(Geothermal Energy)는 잠재적으로 무한한 에너지를 공급하지만 화산 활동이 있는 아이슬란드와 뉴질랜드 같은 국가에만 적합하다. 이러한 시스템은 구축 비

용이 많이 들며 지열 및 화산 활동이 줄어들 위험이 있다. 또 다른 잠재적인 단점은 생성 과정에서 주의하며 폐기해야 하는 위험 물질을 만들어낼 수 있다는 것이다.

- ▶ 수력발전(Hydrological Power)은 물을 저장하는 동안 발전할 수 있다는 것이 장점이다. 하지만 이러한 시스템은 건설 비용이 많이 들고 자연 수리 시스템에 큰 영향을 미치기 때문에 홍수 등 지역사회에 영향을 줄 수 있다.
- ▶ 바이오매스(Biomass)는 저렴하고 널리 이용 가능하다. 작물은 계속 수확하기 때문에 장기적인 에너지원이 될 수 있다. 하지만 바이오매스는 에너지 생성 과정에서 연소돼 온실가스를 포함한 오염 물질을 배출한다.
- ▶ 목재(Wood)는 저렴하고 적절한 속도로 나무를 다시 심으면 장기적으로 이용할 수 있다. 하지만 바이오매스와 마찬가지로 에너지를 생성하기 위해서는 태워야 하기 때문에 대기오염 물질을 발생시킨다.

3) Alternative Energy Tutorials, Tidal barrage generation (<https://www.alternative-energy-tutorials.com/tidal-energy/tidal-barrage.html>)



〈그림 4〉 저장된 에너지 형태에 따른 ESS 기술 분류⁴⁾

지능형 전력계량 인프라(Advanced Metering Infrastructure : AMI)

AMI를 통해 사용한 전력량을 실시간으로 모니터링할 수 있다. 더불어 스마트 가전기기가 연결되면 전기요금비싼 시간대를 피해 가전 제품이 자동으로 작동되고, 필요 없는 전원은 자동으로 꺼지게 한다. 공장이나 상점에서도 비슷한 방법으로 스마트하게 절약할 수 있다.

에너지저장시스템(Energy Storage System : ESS)

ESS는 지속 가능한 에너지 기술 개발에 필수적인 요소라고 할 수 있다. 태양 복사 또는 바람과 같은 재생 가능 자원에서 생성된 전기 에너지는 지속 가능하지만 간헐적으로 전기를 생성하므로 효율적이고 안정적인 전기 에너지 저장 방법이 필요하다. 사실 초 단위의 변동은 연간 수백억 달러에 달하는 비용을 발생시켜 큰 혼란을 일으킬 수 있다. 따라서 새로운 ESS 시스템의 개발은 대규모 태양광 또는 풍력 기반 발전을 사용하는 데 중요한 역

할을 할 것이다(그림 4). 특히 ESS를 이용해야 간에 전기를 충전한 후 전기가 많이 필요한 낮시간대에 사용할 수 있다.

스마트 그리드의 현실화

전기 생산공급 업체와 IT 전문가가 만나 새로운 스마트 그리드 환경을 만들어야 한다. 각 가정과 건물에 스마트 미터(AMI)를 설치해 전력 사용 정보를 실시간으로 제공하고, 태양과 풍력발전기에서 만들어진 신재생에너지나 심야 전기를 저장할 수 있는 ESS도 많이 보급돼야 한다. 이에 따른 부가서비스도 많이 만들어질 것으로 예상된다. 예를 들어, 여유 전력 판매로 자기가 절약한 전기를 전기가 급

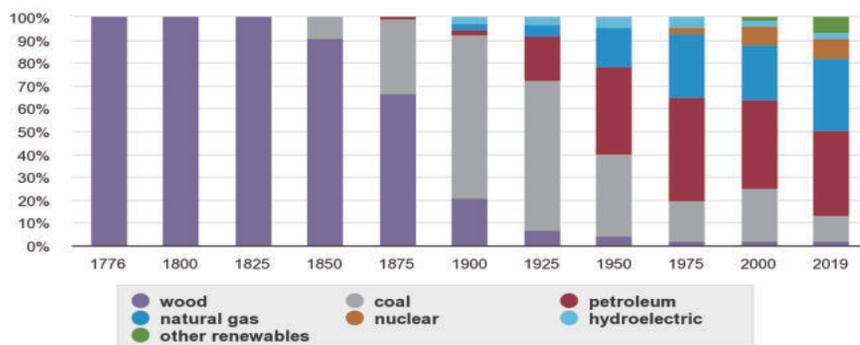
히 필요한 사람에게 팔 수 있게 하고, 스마트 그리드를 이용한 전력 수요 관리나 에너지 컨설팅 서비스도 할 수 있다. 새로운 부가가치가 창출되고, 신사업 기회가 제공되는 등 일자리 창출에도 도움이 될 수 있다.

미국의 에너지 시장 분석 및 예측

미국에서 재생 가능 에너지의 역할

1800년대 중반까지 난방, 요리, 조명 등에 쓰이는 에너지의 원천이 목재였던 반면, 1800년대 후반부터는 화석연료(석탄, 석유, 천연가스 등)가 주요 에너지원으로 부상했다. 수력과 목재는 1990년대까지 가장 많이 사용된 재생에너지원이었다. 그 이후로 바이오연료, 지열에너지, 태양에너지, 풍력에너지 등이 미국 에너지 총소비량과 비율을 증가시켰으며, 2019년에는 이러한 재생 가능 에너지원의 비율을 합친 것이 목재 및 수력 에너지 비율보다 늘어났다. 2019년 미국의 바이오연료, 지열, 태양열, 풍력에너지 소비량은 2000년에 비해 거의 3배나 높게 나타났다(그림 5).

Shares of total U.S. energy consumption by major sources in selected years (1776-2019)



Note: Wood includes wood and wood waste; other renewables includes biofuels, geothermal, solar, and wind. Source: U.S. Energy Information Administration, Monthly Energy Review, Appendix D.1, and Tables 1.1 and 10.1, April 2020, preliminary data for 2019

〈그림 5〉 1776~2019년 주요 공급원별 미국 총 에너지 소비량⁵⁾

4) Nikolaidis and Poulikkas (2017), A comparative review of electrical energy storage systems for better sustainability, Journal of Power Technologies, 97(3), 220-245.

5) U.S. Energy Information Administration, Monthly Energy Review, 2020 (<https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>)

2019년 재생 가능 에너지는 약 11.5×10¹⁵Btu (British thermal unit)의 에너지를 제공했는데, 이는 미국 총 에너지 소비량의 11.4%에 해당한다. 특히 전력 부문은 2019년 미국 전체 재생에너지 소비의 약 56%를 차지했으며 미국 전체 전력 생산의 약 17%는 재생에너지원에서 발생했다. 미국에너지정보국(EIA)은 미국의 재생 가능 에너지 소비가 2050년까지 계속 증가할 것으로 예상하고 있다.

미국 내 전력산업 전망

미국은 2019년 11월 4일 파리기후협약에서 탈퇴한다고 공식 발표함으로써 기후변화 대응에서 한발 물러선 것처럼 보였다. 하지만 실제 미국의 에너지 및 전력산업의 방향은 이와 다른 양상을 보이고 있으며, 실제 미국 내 재생에너지 분야는 계속 확대되고 있다. 최근 세계 4대 회계법인인 딜로이트가 내놓은 '2020년 미국 에너지산업 전망 보고서'⁶⁾에 따르면 청정에너지가 향후 미국 전력산업의 성장을 이끌 것이라는 전망이 나온다. 딜로이트를 비롯한 회계법인과 경영컨설팅 기업은 매년 각 산업 분야에 대한 전망을 발표하는데, 특히 에너지는 전체 산업에서 차지하는 비중이 높아 거의 모든 기업이 분석하는 분야 중의 하나다. 이 보고서는 향후 전력산업이 기후변화 대응을 위해 탄소 배출량을 줄이는 데 그치는 것이 아니라 경제 체제가 청정에너지 중심으로 변화할 것이라고 강조했다. 재생에너지가 확대됨에 따라 새로 조성된 발전단지과 소비자를 연결하고 다수의 소규모 발전시설을 관리하는 인프라가 필요해졌다. 이로 인해 미국에서는 새로운 전력 설비와 송전망 건설에 대한 투자가 꾸준히 이루어지고 있다. 여기에는 전력망 기반 시설을 확

보하는 하드웨어 분야뿐만 아니라 전력 시스템 디지털화, 산불과 같은 자연재해 대비, 해킹과 같은 인위적 공격에 대한 안전망 구축 등 소프트웨어 분야도 포함돼 있다. 전력망이 확대되고 시설에 대한 투자가 이어지고 있는데도 미국의 전기요금은 크게 오르지 않았다. 이는 미국의 주요 발전 연료인 천연가스 가격이 낮게 유지된 것도 중요한 이유지만 결정적으로 풍력과 태양광 등 신규 확충된 재생에너지원의 전력 생산단가가 크게 낮아졌기 때문이다.

EIA에 따르면 미국 발전 부문 에너지 비중에서 천연가스가 44%로 가장 높은 비중을 차지하는 반면, 석탄은 큰 폭으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 더불어 태양광과 풍력발전량이 꾸준히 늘어 현재 전체의 12%를 차지하는 등 수력을 제외한 재생에너지가 급증하면서 전체 재생에너지가 석탄발전 비중을 앞지를 것으로 전망하고 있다(그림 6).

미국의 규제-청정에너지

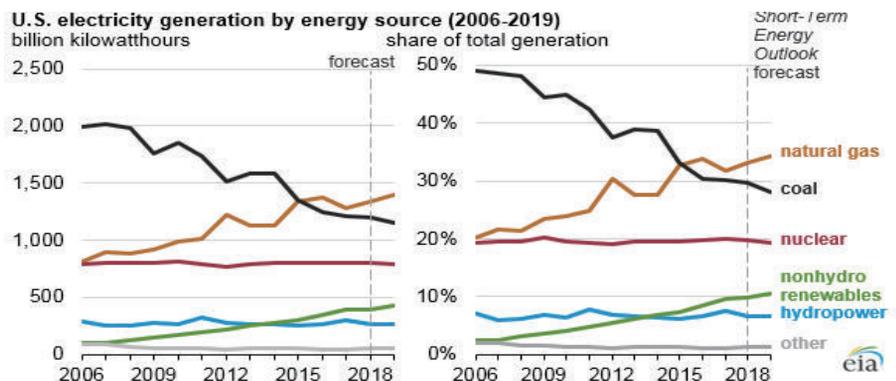
파리기후변화협약에서 탈퇴하려는 움직임과 별개로 미국의 규제도 다시 친환경으로 선회하고 있다. 미국 연방정부나 주 정부는 '청정발전계획(Clean Power Plan)'과 '신재생에너지 의무할당제(RPS)' 등 청정에너지를 보조하는 정책을 강화하고 있다. 청정발전계획은 2015년 버락 오바마 전 대통령이 발표한 온실가스 배출량 감축안으로, 이 안에 따르면 2030년까지 미국 내 발전소의 탄소 배출량 감축 목표(2005년 대비)를 30%에서 32%로 높이고 재생에너지 발전 비중 목표를 22%에서 28%로 상향해야 한다. RPS는 신재생에너지의 이용 보급을 촉진하고 관련 사업을 활성화하기 위한 목적으로 발전사업자에게 총 발전량의 일정 비율을 신재생에너지로 공급하도록 의무화한 제도다.

미국 내 전력산업 동향

기후변화에 대비한 지속 가능성 고려

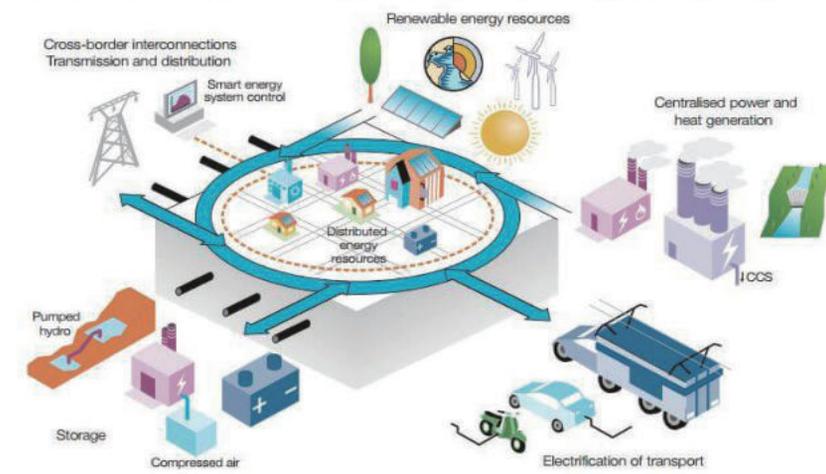
대부분의 전력기업은 지속 가능성을 고려해 2020년 이후 탄소 감소 목표치를 변화시키고 있다. 예를 들면 2018년 12월 미국 에너지 기업인 엑셀에너지는 2050년까지 탄소 배출

6) 2020 Power and Utilities Industry Outlook: A midyear update (<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/power-and-utilities-industry-outlook.html>)
 7) Administration, U.S.E.I. EIA forecasts natural gas to remain primary energy source for electricity generation, 2018 [cited 2020 8/18]; Available from: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=34612#>.



(그림 6) 미국 발전 부문 에너지 비중 변화⁷⁾

Smart distribution grids at the heart of a transformed power system



〈그림 7〉 스마트 분산 그리드의 예⁸⁾

제로를 목표로 삼고, 재생 가능한 에너지에 초점을 맞추고 있다. RE100은 기업 활동에 필요한 에너지를 100% 재생 가능한 전기에너지로 충당하는 데 의미를 두고 세계적으로 영향력 있는 기업과 진행하고 있는 글로벌 이니셔티브다. 기후그룹(The Climate Group)이 진행하고 있으며, 탄소 제로 그리드로의 변화를 중점으로 하고 있다.

분산발전 시스템의 고도화

재생에너지 개발과 보급이 확대되면 대규모 전력 시설에서 전력을 생산·유통하는 기존의 시스템과 달리 각 지역에서 소규모로 생산된 재생에너지가 다양한 네트워크를 통해 분배될 수 있도록 중앙집중식 에너지 공급 체계가 분산발전망으로 변화하게 되고 〈그림 7〉, 시스템 구축을 위한 설비 투자가 늘어나는 반면 관리 시스템도 고도화할 것으로 예상된다.

청정에너지로 비즈니스 모델 전환

기후변화와 스마트 청정에너지 기술의 발

전으로 소비자가 전력을 구매할 때 고려하는 요소가 변경됨에 따라 기업도 새로운 비즈니스 모델을 개발할 것으로 예상된다. 대표적인 예로 미국 캘리포니아 새크라멘토 시의 경우 커뮤니티 집단 선택(CCA) 프로그램을 통해 새로운 전력 구매 방식을 사용하는데, 이는 지역 공동체별로 상황에 맞게 전력 공급 방식을 선택할 수 있다. CCA는 현재 캘리포니아, 일리노이, 오하이오, 매사추세츠, 뉴저지, 뉴욕, 로드아일랜드 주 등에서 승인돼 2016년 약 330만 명의 소비자에게 약 87억 kWh의

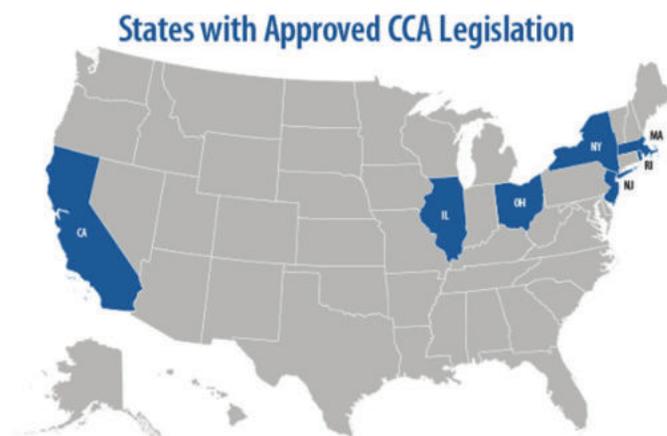
그린에너지를 사용했다(그림 8).

모든 사용자가 정보를 공유할 수 있는 분산형 데이터 저장 기술인 블록체인(Block Chain)을 전력망에 도입해 새로운 가치를 창출하려는 시도도 활발하다. 재생에너지와 전기자동차 시장이 성장함에 따라 주택용 태양광발전, 신재생에너지 저장, 전기차 충전관리, 차량-전력망 거래 등 전력 거래가 일어나고 있는데, 이러한 전력 거래 시스템에 블록체인 기술을 활용하면 실시간으로 전력 수요와 공급을 알 수 있고, 전력 거래 정보가 투명하게 공개돼 효율성과 안전성 등을 강화할 수 있다.

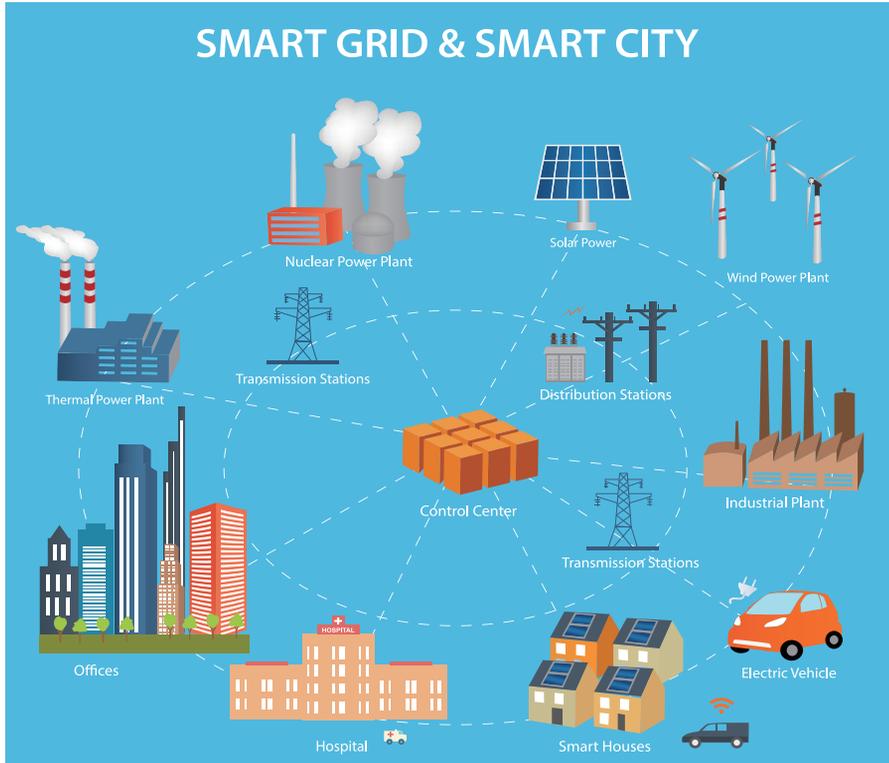
핵심 성장 모델 '스마트 시티'

미국 내 중대형 규모의 도시를 대상으로 한 설문조사에 따르면 조사 대상 도시의 35% 이상이 스마트 시티 프로젝트를 진행 중인 것으로 나타났다. 스마트 시티는 첨단

8) Energy storage, a crucial piece in the new technology jigsaw, Wind power Engineering & Development (<https://www.windpowerengineering.com/energy-storage-crucial-piece-new-technology-jigsaw/>)
 9) U.S. Environmental Protection Agency, Green Power Partnership, Community Choice Aggregation (CCA) (<https://www.epa.gov/greenpower/community-choice-aggregation>)



〈그림 8〉 CCA법이 승인된 미국 내 주 현황⁹⁾



<그림 9> 스마트그리드와 스마트 시티

정보통신기술(ICT)을 활용, 다양한 유형의 데이터를 수집해 교통, 환경, 주거, 시설 등 생활 속에서 유발되는 여러 가지 문제를 해결함으로써 삶의 질을 개선할 뿐만 아니라 불필요한 전력 소비나 탄소배출량 등을 줄일 수 있다. 스마트 그리드 인프라는 지속 가능성이라는 스마트 시티 목표를 달성하는 데 필수적이다(그림 9).

전기자동차 시장 성장에 따른 변화

2018년 기준으로 교통 분야는 미국 에너지 사용의 28%를 차지하는데 이 중 3%만 전기차가 이용되고 있다. 현재 미국 내에는 110만 대의 전기차가 있으며 2030년까지 2000만 대로 증가할 것으로 예상돼 전기자동차 시장의 성장 잠재력이 큰 것으로 나타났다.

미국의 에너지 관련 인센티브 제도, 정책 및 규정

연방 및 주, 지방 정부와 전력회사는 재생 가능 에너지에 대한 투자 및 사용을 장려하며 경우에 따라 이를 요구하고 있다. 현재 미국 내 많은 재생에너지에 대한 프로그램과 인센

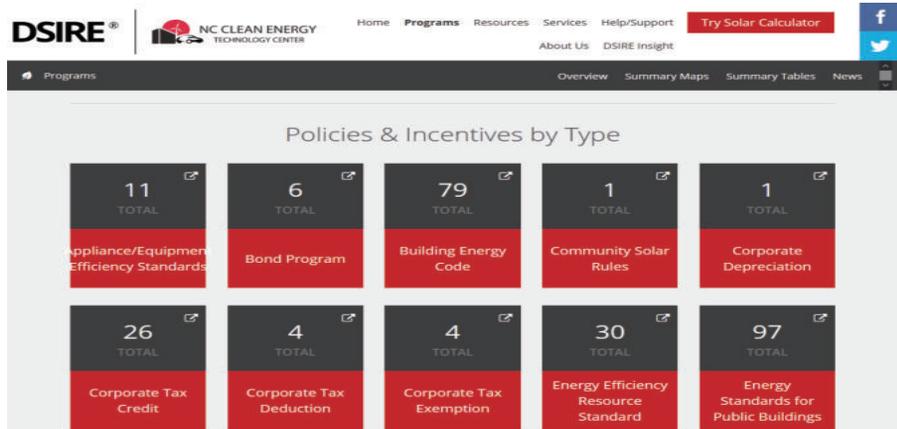
티브가 제공되고 있는데, DSIRE(Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, <https://www.dsireusa.org>)는 재생에너지에 대한 정부 및 유틸리티 요구 사항과 인센티브에 대한 포괄적인 정보를 제공하고 있다(그림 10).

정부의 재정적 인센티브

현재 재생에너지 기술 및 프로젝트를 지원하는 많은 연방 정부에는 세금 공제, 보조금 및 대출 프로그램이 있다. 재생에너지 프로젝트 또는 장비 적격성에 대한 연방 세금 인센티브 또는 공제로는 재생 가능 전력 생산세 공제, 투자 세금 공제, 주거 에너지 공제, 수정된 가속 비용 회수 시스템 등이 포함된다. 보조금 및 대출 프로그램은 미국 농무부, 에너지부, 내무부 등을 포함한 여러 정부기관에서 제공하고 있다. 대부분의 주에서는 재생 가능 에너지 장비 설치를 지원하거나 보조하는 데 사용할 수 있는 재정적 인센티브가 있다.

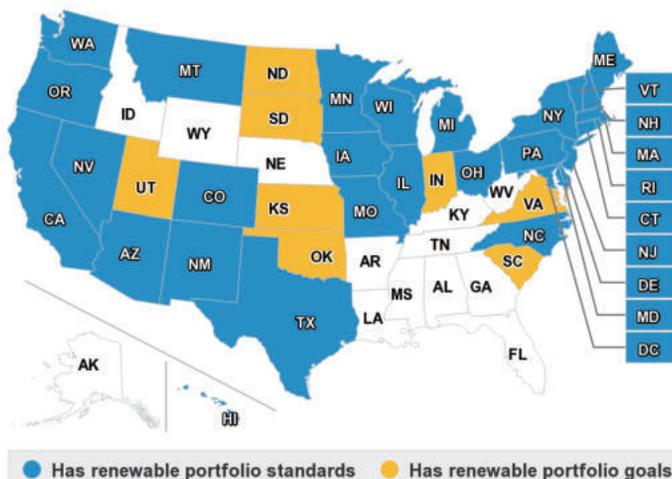
재생 가능한 포트폴리오 표준 및 주(State) 명령 및 목표

재생 가능 포트폴리오 표준(RPS) 또는 재생



<그림 10> DSIRE에서 검색된 재생에너지 관련 정책 및 인센티브 정보의 예

Most states have renewable portfolio standards and goals



Source: Database of State Incentives for Renewable Energy & Efficiency®, June 2019

〈그림 11〉 재생 포트폴리오 표준과 목표를 가지고 있는 주(2019)¹⁰⁾

가능 전기 표준(RES)은 전기발전을 위한 재생 가능한 에너지원의 사용을 늘리기 위해 고안된 정책으로, 일반적으로 주에서 전력 판매의 일정 비율을 재생 가능 에너지원에서 나오도록 요구하고 있다. 일부 주에는 재생 가능 에너지를 통한 발전에 대한 특정 의무가 있는 반면 일부 주에는 자발적인 참여를 권유하고 있다. 2019년 6월 현재 29개 주와 DC는 강제 RPS 또는 기타 필수 재생 가능 에너지 정책을 실행하고 있으며, 8개 주는 자발적으로 재생 가능 에너지 생성을 진행하고 있다(그림 11).

재생 가능 에너지 인증서 또는 크레딧(REC)

구매자가 재생 가능 에너지원에서 직접 에너지를 얻지 않고도 재생 가능 에너지 생산 비용을 지불할 수 있도록 판매, 구매 또는 거래할 수 있는 금융상품이 있다. 가장 널리 사용되는 제품으로는 재생 가능 에너지 인증서 또는 크레딧(REC)이 있는데, 이는 주 PRS를 준수하기 위해 전기 유틸리티에서 사용할 수 있다. 녹색 태그(Green Tags) 또는 녹색 인증서

(Green Certificates)와 같은 금융상품은 지역 유틸리티가 녹색 전력 옵션을 제공하지 않는 지역에서 소비자의 재생 가능 에너지 생산 구매를 용이하게 하기 위해 사용할 수 있다.

순계량(Net Metering)

순계량을 통해 전기 유틸리티 고객은 자신의 자산에 인증된 재생에너지 시스템을 설치하고 시스템을 전기 유틸리티의 배전 시스템(또는 그리드)에 연결할 수 있다. 프로그램은 다양하지만 일반적으로 전기 유틸리티는 고객이 정해진 기간 동안 사용하는 순전기량에 대해 고객에게 청구한다. 순량(Net Amount)은 총전력 소비에서 재생 가능 에너지 시스템이 생성하는 전기량을 뺀 값이다. 일부 주에서는 유틸리티 고객이 시스템에서 생성한 초과 전기를 유틸리티에 판매할 수 있다. 2019년 10월 현재 39개 주와 DC는 특정 유틸리티에 대해 주에서 개발한 필수 순계량을 시행하고 있고, 6개 주에는 순계량 이외의 주 전체 분산 발전 보상 규칙이 있으며, 5개 주는 주 전체

분산발전 보상 규칙으로 전환 중이다. 남은 2개 주에는 주 전체 규칙이 없지만 일부 유틸리티는 순계정을 허용하고 있다. 미국 내 대부분의 순계량 시스템은 태양광발전 시스템이다.

발전차액지원제도(FIT)

미국의 여러 주 및 개별 전기시설에서는 특정 유형의 재생 가능 에너지 시스템에서 전기 구매를 위한 특별 요금을 설정했다. 발전차액 지원제도(FIT)로 알려져 있는데, 이는 신재생 에너지원으로 공급된 전력에 대해 생산 가격과 거래 가격 간 차액을 정부의 전력산업발전 기금으로 보전하는 제도로, 전기 그리드에 생산되고 주입되는 각 단위의 에너지에 대해 재생 가능 에너지 생산자에게 지불되는 고정 전기 가격이다. 이러한 요금은 일반적으로 발전기에서 사용할 수 있는 전기요금보다 높는데, FIT는 이러한 특정 유형의 재생 가능 에너지 기술에 대한 새로운 프로젝트를 장려하기 위한 것이다. 예를 들면 워싱턴 주는 2005년 5월 상원 법안 5101을 제정해 태양열, 풍력 또는 혐기성 소화조에서 전기를 생산하는 개인, 기업 및 지방 정부를 위한 생산 인센티브를 설정했고, 이 인센티브는 2010년 6월 상원 법안 6658에 의해 수정됐다.¹⁰⁾ 생산자에게 지급되는 인센티브 금액은 시스템의 사용 사례와 시스템이 설치된 회계연도에 따라 다르다. 발전과 관련된 재생 가능 에너지 크레딧의 소유권은 고객 발전기에 남아 있으며 주 또는 공익

10) Database of State Incentives for Renewable Energy Efficiency (<https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/portfolio-standards.php>)
11) Database of State Incentives for Renewables & Efficiency (<https://programs.dsireusa.org/system/program/detail/5698>)

사업체로 이전되지 않고, 주의 유틸리티는 인센티브를 지불하고 해당 지불 비용과 동일한 세금 공제를 받게 된다.

녹색전력(Green Power) 구매

거의 모든 주의 소비자는 특정 유형의 재생 가능 에너지 자원에서 생성된 전기를 나타내는 녹색전력을 구입할 수 있다. 이러한 자발적인 프로그램의 대부분은 일반적으로 고객 또는 유틸리티에 전력 생산원을 전달하거나 계약하는 것을 포함한다.

에탄올 및 기타 재생 가능한 모터 연료

에탄올, 바이오디젤 및 바이오매스로 만든 기타 연료의 생산, 판매 및 사용에 대해 여러 연방 및 주에서 요구 사항과 인센티브가 적용되고 있다. 차량 연비를 개선하고 미국의 석유 의존도를 줄이는 것을 목표로 2007년 미 연방 에너지 독립 및 보안법(EISA)이 제정됐는데, 이에 따르면 미국에서는 2022년까지 연간 360억 갤런의 바이오연료를 사용해야 한다(그림 12). 또한 2020년까지 승용차 및 경트럭에 대해 갤런당 35마일의 평균 연비(CAFÉ) 표준을 정하고 있다. EISA에는 셀룰로오스 바이오연료, 플러그인 하이브리드 전기자동차

차 및 기타 신형 전기자동차의 개발을 장려하는 보조금 프로그램도 포함돼 있다. 이 법에 따라 2030년까지 온실가스 배출량을 9%까지 줄일 것으로 예상된다.

여러 주에는 자체 재생 연료 표준 또는 요건이 있다. 다른 연방 프로그램은 에탄올 및 기타 바이오연료 생산자에게 재정적 지원과 인센티브를 제공하며, 주마다 바이오연료 사용을 지원하거나 장려하는 자체 프로그램이 있다. 미국 에너지국(DoE)의 대체 연료 데이터 센터는 이러한 유형의 프로그램에 대한 정보를 제공하고 있다.¹³⁾

예로 플로리다의 주 정부 프로그램 중 학교에서 생산하는 바이오디젤에 대한 소비세 면제 프로그램이 있는데, 공립 또는 사립 중학교에서 생산된 바이오디젤 연료는 디젤 연료 소비세 및 관련 등록 요건에서 면제되고, 면제 자격을 얻으려면 연간 총 바이오디젤 생산량이 1000갤런 미만이어야 하며 학교, 직원 또는 학생만 사용할 수 있다(플로리다 법령 206.874 참조)¹⁴⁾

에너지산업의 트렌드

전 세계 많은 국가에서 재생 가능 에너지 기술 채택을 추진하고 있는데 Click Energy (호주 온라인 에너지 소매업체)에 따르면 아이슬란드, 스웨덴, 코스타리카, 니카라과, 영국, 독일, 우루과이, 덴마크, 중국, 모로코, 미국, 케냐 등이 재생 가능 에너지 선도 12개 나라로 알려져 있다.¹⁵⁾

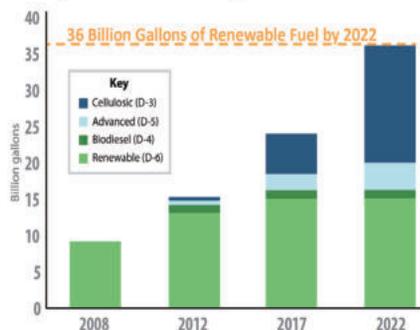
그리고 스탠퍼드대 연구원의 최근 연구에 따르면 지금으로부터 20~40년 후엔 세계가 전적으로 재생 가능 에너지로 전력을 공급받을 수 있다고 예측했다.¹⁶⁾ 특히 미국은 세계에서 가장 큰 태양광발전 설치 용량과 중국에

이어 두 번째로 설치된 풍력에너지 용량을 보유하고 있다. 만약 화석연료보다 재생에너지에 더 많은 관심을 기울이면 미국은 소비자 전기 비용에 영향을 주지 않고 불과 15년 만에 배출량을 거의 80%까지 줄일 수 있을 것으로 추정된다. 최근 EIA에 따르면 풍력, 태양열 및 수력발전을 포함한 유틸리티 규모의 재생 가능 연료가 2019년 미국 전기의 18%, 2020년에는 19%를 총괄적으로 생산할 것으로 예측하고 있다. 이에 따라 향후 주목해야 할 에너지 부문 트렌드는 다음과 같다.¹⁷⁾

에너지 저장 및 향상된 배터리

재생 가능 에너지원의 주요 단점으로는 신뢰성이 부족하다는 것이다. 태양광 PV는 밤에는 그다지 유용하지 않으며 풍력은 바람이 있어야 한다. 따라서 재생 가능 자원에서 생성된 에너지를 저장하고 관리하는 부분의 발전이 필요하다. 효율적인 에너지 관리의 필수 부분은 실행가능하고 안정적인 저장 시스템과 배터리다. Tesla, Eos, Sonnen, Vivint Solar 등이 주목하고 있는 분야이기도 하다.

Congressional Volume Target for Renewable Fuel

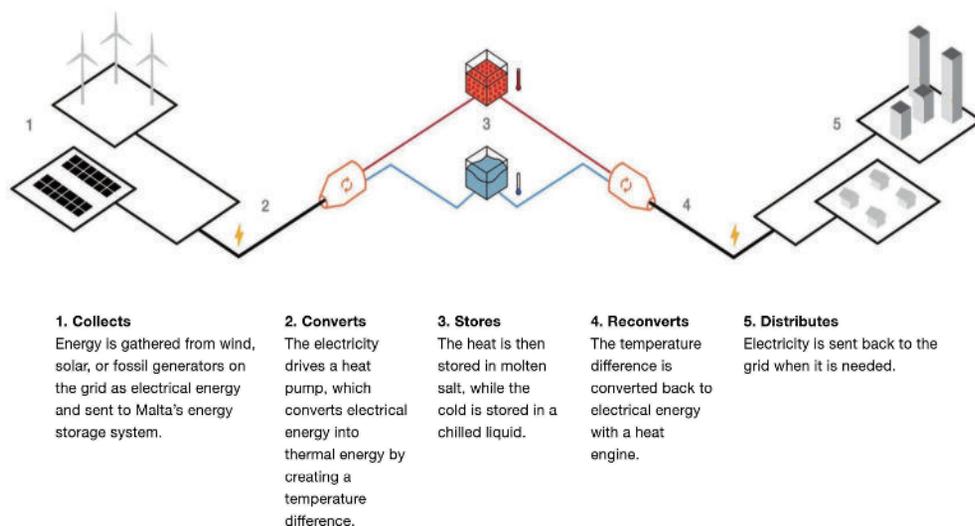


〈그림 12〉 재생 가능한 연료에 대한 목표¹²⁾

12) U.S. Environmental Protection Agency, Renewable fuel standard program (<https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/overview-renewable-fuel-standard>)
 13) U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, Alternative Fuels Data Center, Federal and State Law and Incentives (<https://afdc.energy.gov/laws>)
 14) The Florida Senate, Laws (<https://www.flsenate.gov/Laws/>)
 15) Click Energy, 12 Countries leading the way in renewable energy (<https://www.clickenergy.com.au/news-blog/12-countries-leading-the-way-in-renewable-energy/>)
 16) Stanford News, The world can be powered by alternative energy, using today's technology, in 20-40 years, says Stanford researcher Mark Z. Jacobson (<https://news.stanford.edu/news/2011/january/jacobson-world-energy-012611.html>)
 17) Interesting Engineering, 7 trends to watch in the energy industry in 2020 (<https://interestingengineering.com/7-trends-to-watch-in-the-energy-industry-in-2020>)

업체	주소	내용
Malta (https://www.maltainc.com/)	210 Broadway, Suite 201, Cambridge, MA 02139, info@maltainc.com	<ul style="list-style-type: none"> • 용융 염(Molten Salt)과 부동액 같은 액체를 이용해 전기를 열에너지로 저장하고 필요할 때 그리드로 보내는 전열에너지 저장 시스템(그림 13)을 개발하는 스타트업으로, 2018년 Breakthrough Energy Ventures가 이끄는 투자자 그룹으로부터 2600만 달러의 자금을 지원받았다. • Malta의 열 펌프식 저장 시스템은 수력 펌프식 저장 또는 압축공기 에너지 저장과는 달리 높이에 상관없이 어디든 설치할 수 있다는 것이 장점이다. 즉, 쉽게 확장할 수 있으며, 화학 배터리와 달리 이러한 시스템은 수명이 20년인 일반적이고 저렴한 산업용 재료로 만들어질 수 있다.
Quidnet Energy Inc. (https://www.quidnetenergy.com)	720 Rusk St, Houston, Texas 77002, info@quidnetenergy.com	<ul style="list-style-type: none"> • Quidnet은 에너지-물 넥서스 분야의 회사로 간헐적인 소스로부터 예측 가능한 전력 공급과 대규모 재생에너지 배치를 전문으로 한다. • 천연자원을 활용해 표면, 지질-기계적 펌프 저장 기술로 기존 대비 10배가량 낮은 비용으로 재생에너지를 장기간 대량 저장한다
Form Energy Inc. (https://formenergy.com/)	444 Somerville Ave, Somerville, MA 02143	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 저장 전문가와 MIT 과학자 핵심 그룹으로 2017년 말 생성된 재생 가능한 전력 생산 회사 • 미네소타의 전력 회사 Great River Energy와 수성공기(Aqueous Air) 배터리 시스템으로 에너지 저장 시스템을 150시간 수행할 예정. 참고로 오늘날 시장에 나와 있는 리튬이온배터리는 최대 4시간 동안 최대 전력 용량을 방전하는 것이 일반적이다.

<표 1> 대표적인 에너지 저장 기술 개발 회사



<그림 13> Malta의 전열 에너지 저장 시스템¹⁸⁾

인공지능(AI) 물결

인공지능(AI)이 전 세계 많은 산업에서 큰 물결을 일으키고 있는 가운데 에너지 시장도 공급망 경쟁이 치열해짐에 따라 에너지산업도 예외는 아니다. AI는 에너지 회사와 소비자가 데이터를 수집하고 선별해 에너지 생성 및 소비 추세를 식별하고 추적하는 데 사용된다. 스마트 계량기 및 스마트 에너지 관리 시스템도 AI 통합의 이점을 누리고 있다. 실제로 재생 가능한 에너지 생산에서 에너지원의 간헐적인 특성(태양열 또는 풍력)으로 인해 에너지 저장은 필수적인 사항이 됐으며 배터리 하드웨어만으로는 진정한 에너지 가치를 발휘할 수 없다. 에너지 저장뿐만 아니라 정교한 소프트웨어를 통한 생산-소비 시스템의 복잡한 동적 특성 제어 또한 필요한데, 이를 지능형 에너지 저장 장치(IES)라고 한다. 신재생에너지와 AI 기반 저장은 향후 관련 프로젝트를 차별화하는 패러다임의 변화라 할 수 있다.

블록체인 네트워크

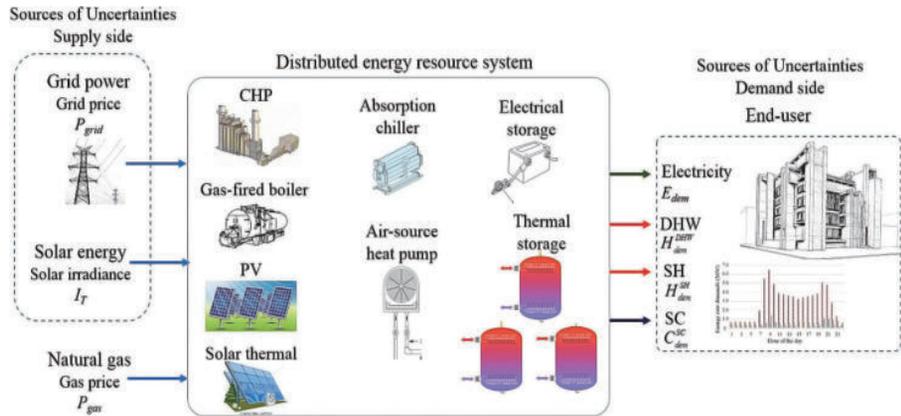
블록체인 기술은 에너지산업의 또 다른 흥미로운 발전인데, 이러한 피어투피어(Peer-to-Peer) 네트워크는 소비자가 손쉽게 에너지를 효과적으로 거래할 수 있도록 지원한다. 이러한 기술은 사물인터넷(IoT)의 도움으로 에너지 회사 자체 또는 개인이 사용할 수 있는데, 스마트한 에너지 절약 장치 및 빌딩 관리 시스템(BMS)의 성능을 개선하는 데 도움이 될 수 있다. 기술이 발전함에 따라 개인의 에너지 마이크로 생성을 촉진하는 데도 도움

18) Arstechnica, Using molten salt to store electricity isn't just for solar thermal plants (https://arstechnica.com/science/2018/12/_trashed-17/)

이 될 수 있는데, 생성된 초과 에너지는 잠재적으로 블록체인을 통해 비공개로 거래될 수 있다.

그리드 패리티(Grid Parity)

그리드 패리티(Grid Parity)는 온실가스를 생성하는 화석연료 발전단가와 신재생(청정) 에너지 발전단가가 같아지는 시기를 말한다. 현재 신재생에너지 발전단가가 화석연료보다 월등히 높지만, 각국 정부의 신재생에너지 육성 정책과 기술 발전에 따라 비용이 낮아지게 되면 언젠가는 등가(Parity) 시점이 올 것이라는 전망이다. 태양열과 같은 일부 재생 가능 에너지원은 많은 유틸리티 회사가 최대한 빨리 그리드 패리티를 달성하려고 한다(그림 14). 일례로 유틸리티 규모의 태양광 발전 기술 비용이 같은 기간 동안 64% 하락해 태양열 전력을 더 저렴하게 만들었고, 낮아진 가격으로 인해 가정과 기업의 옥상에 있는 소형 태양열 어레이(분산형 태양광 PV) 설치가 2014~2015년 34% 증가했다. 2016년 Greentech Media 보고서¹⁹⁾에 따르면 현재 미국 20개 주가 그리드 패리티에 있으며, 2020년까지 42개 주가 평상시와 같은 비즈



〈그림 15〉 대표적인 분산 전원(DER) 시스템 개요도²²⁾

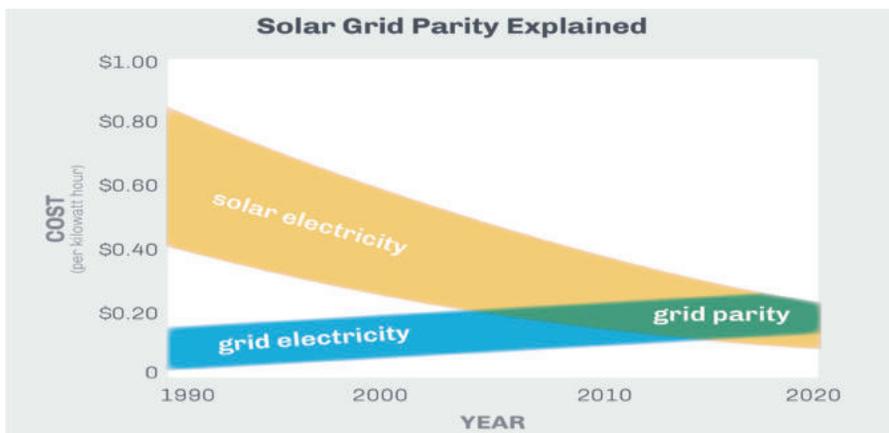
니스 조건에서 그리드 패리티를 가질 것으로 예상했다.

그리드의 사이버 보안

에너지 그리드의 디지털화에서 한 가지 단점은 사이버 공격에 취약하다는 것이다. 합동적이고 정교한 공격은 이론적으로 한 국가의 전체 에너지 그리드를 무너뜨릴 수 있기 때문이다. 실제로 전력망 사이버 전쟁 게임(U.S. Power Grid's Cyber War Games)²⁰⁾은 이러한 시나리오를 테스트하기 위해 수시로 진행되는데, AI와 블록체인은 이러한 위험을 극복하는데 도움이 될 수 있다.

분산전원(Distributed Energy Resource : DER)

딜로이트가 실시한 설문조사에 따르면 주거, 상업, 산업 부문의 전기 고객은 점점 더 비용을 줄이고 청정에너지를 사용하며, 탄력성을 확보하고 에너지 사용에 대한 통제력을 높이고자 하는 것으로 나타났다. 특히 증가하는 주 RPS와 기업 탄소 감축 목표에 직면한 유틸리티는 풍력 및 태양열과 같은 가변 자원 공급의 균형을 맞추는 데 도움이 되는 보다 유연한 자원을 모색하고자 한다. 또한 최대 수요를 줄이고 새로운 세대 및 송전을 구축하는데 드는 비용을 절감하며, 더 많은 고객을 유



〈그림 14〉 태양열 그리드 패리티²⁰⁾

19) Wood Mackenzie, U.S. Residential Solar Economic Outlook 2016–2020: Grid Parity, Rate Design and Net Metering Risk (<https://www.woodmac.com/reports/power-markets-u-s-residential-solar-economic-outlook-2016-2020-grid-parity-rate-design-and-net-metering-risk-58115468>)

20) U.S. Embassy & Consulates in South Africa, What is 'grid parity'? (<https://za.usembassy.gov/what-is-grid-parity/>)

21) Environmental Defense Fund, The U.S. Power Grid's Cyber War Games (<http://blogs.edf.org/energyexchange/2013/10/28/the-u-s-power-grids-cyber-war-games/>)

22) M. Di Somma et al. (2018) Stochastic optimal scheduling of distributed energy resources with renewables considering economic and environmental aspects, Renewable Energy, 116, A, 272–287.

치하려고 한다. 분산전원(DER)은 일반적으로 1~1만 kW 범위의 소규모 발전 또는 저장 기술로, 예를 들면 지역사회 규모의 재생 가능 기술 및 열병합발전 장치(CHP)가 있다(그림 15). DER의 일반적인 예로는 옥상 태양광 PV 장치, 천연가스 터빈, 마이크로 터빈, 풍력 터빈, 바이오매스 생성기, 연료전지, 3세대 장치, 배터리 저장 장치, 전기차 및 전기차 충전기, 수요 대응 애플리케이션 등이 있다. DER 보급률은 매년 증가하고 있는데, Energy Networks Australia와 CSIRO의 공동 간행물인 ETR(Electricity Network Transformation Roadmap)은 에너지 고객의 40% 이상이 2027년까지 DER을 사용할 것이라고 예측했고, 2050년에는 60% 이상으로 증가할 것으로 예상했다.

재생 가능 에너지의 대규모 프로젝트

미국 이외 전 세계에서 테스트되고 실행되는 몇 가지 대규모 재생 가능 에너지 프로젝트는 다음과 같다.

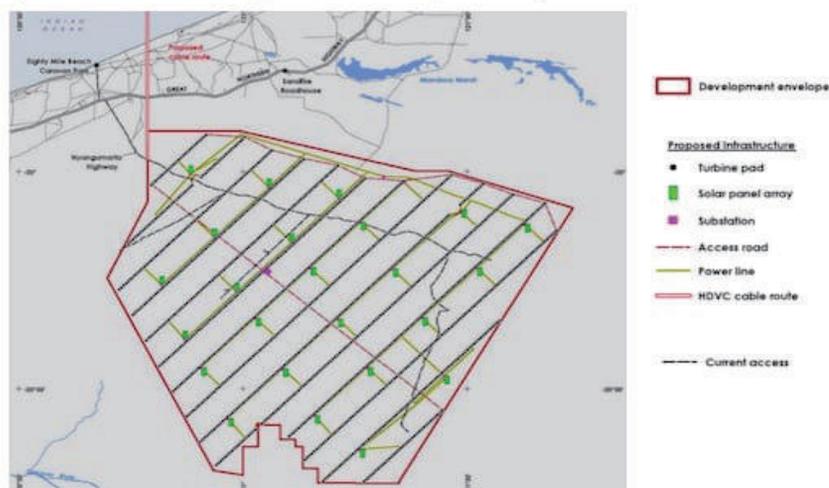
아시아 재생에너지 허브

아시아 재생에너지 허브(AREH, <https://asianrehub.com>)는 재생에너지를 다루는 여러 회사의 국제 컨소시엄이다. 동남아시아에서 싱가포르와 인도네시아를 거쳐 호주에 이르기까지 광범위한 지역에서 풍력과 태양에너지를 활용하는 하이브리드 발전소를 함께 개

23) Renew Economy, Pilbara renewables hub adds 3GW wind and solar to \$20bn plan (<https://reneweconomy.com.au/pilbara-renewables-hub-adds-3gw-wind-and-solar-to-20bn-plan-86697/>)
 24) Barry&Vale FoE, Tidal Lagoon Cardiff-Penarth (<http://barryvalefriendsoftheearth.blogspot.com/p/tidal-lagoon.html>)

CURRENT PROJECT LAYOUT

1,250 wind turbines and up to 3GW of solar panel arrays.



〈그림 16〉 현재 아시아 재생에너지 허브 프로젝트 배치도²³⁾

발하고 있다. 이 하이브리드 공장은 호주 북서쪽 해안에 1만4000km²에 걸쳐 형성돼 있다(그림 16). 계획에 따르면 약 1000만 개의 태양광 패널과 1200개의 풍력 터빈을 보유하게 된다. 총 용량은 6000MW이며, 그중 4000MW는 풍력에너지에서, 2000MW는 태양에너지에서 발생하게 된다. 추정 전력은 700만 가구 이상에 공급할 만한 규모인 것으로 예상된다.

석호 카디프(Tidal Lagoon Cardiff : TLC)

Tidal Lagoon Power 또는 TLP는 영국의 뉴포트와 카디프 사이의 강력한 조수를 이용

해 재생 가능한 에너지를 생산하는 프로젝트(그림 17)로, 300만 명 이상에게 전기를 공급할 것으로 예상된다. 예산은 80억 파운드이며, 108조의 석호 터빈을 필요로 한다.

중국 간수 풍력발전(Gansu Wind Farm)

간수 풍력발전 프로젝트는 2008년 중국에서 시작됐으며 현재 6000MW 이상의 용량을 가진 풍력 터빈을 설치했고, 조만간 1만 MW로 늘리는 것을 목표로 하고 있다. 160억 달러를 투자해 7000개의 풍력 터빈을 설치, 향후 청정에너지로 전환하고자 한다.



〈그림 17〉 Tidal Lagoon Cardiff-Penarth²⁴⁾

물산업에서의 스마트 에너지

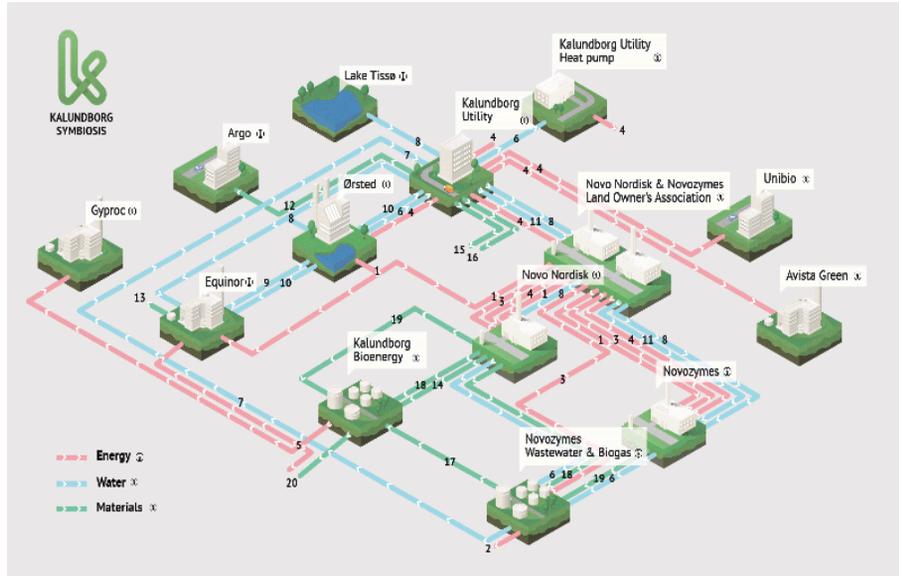
물과 에너지는 긴밀하게 연결돼 있다. 물은 에너지를 생산하는 데 필요하고, 에너지는 물을 추출, 분배 및 사용된 물을 처리하는 데 사용된다. 일반적으로 도심 지역에서는 1~18%의 전기가 물과 폐수를 처리하고 운송하는 데 사용되고, 가정 및 산업에서 물을 가열하는 데 이보다 10배 정도 큰 에너지가 사용된다. 특히 화력발전소의 경우 많은 양의 냉각수를 필요로 하는데, 미국의 경우 담수의 39%가 화력 전기 생산에 사용된다. 깨끗하고 신뢰할 수 있으며 저렴한 에너지와 물에 대한 접근은 현대사회에서 필수적이다.

기후변화에 따른 에너지-물 넥서스(Energy-water Nexus)의 스마트화

에너지와 물 시스템은 특히 기후변화에 많은 영향을 받는다. 현재 사용되고 있는 전력망의 경우 이러한 기후변화를 고려하지 않고 설계됐기에 오늘날 증가하고 있는 폭염과 혹한은 전력망과 물 그리드(Water Grid)의 구조와 장비 등에 큰 영향을 미치고 효율을 감소시킨다. 따라서 이를 예측 진단할 수 있는 진보된 센서 시스템, 빅데이터 분석 및 예측, 제어 기술이 필요하고, 예측 유지 보수 및 장비의 최적 활용이 요구된다. 소위 IoT를 정의하는 획기적인 기술은 전력망 운영자에게 유틸리티를 위한 가치 흐름과 소비자를 위한 혜택을 창출할 수 있는 다양한 가능성을 제공할 것이다.

스마트 워터(Smart Water)

에너지와 수도 시스템의 상호 의존성으로 인해 전력망을 더 스마트하게 만드는 것은 물론 급수 및 공급 시스템도 스마트해야 한다.



〈그림 18〉 덴마크 칼룬보르 폐자원에서 가치를 생산하는 물-에너지 넥서스(Water-energy Nexus) 공생 관계도²⁵⁾

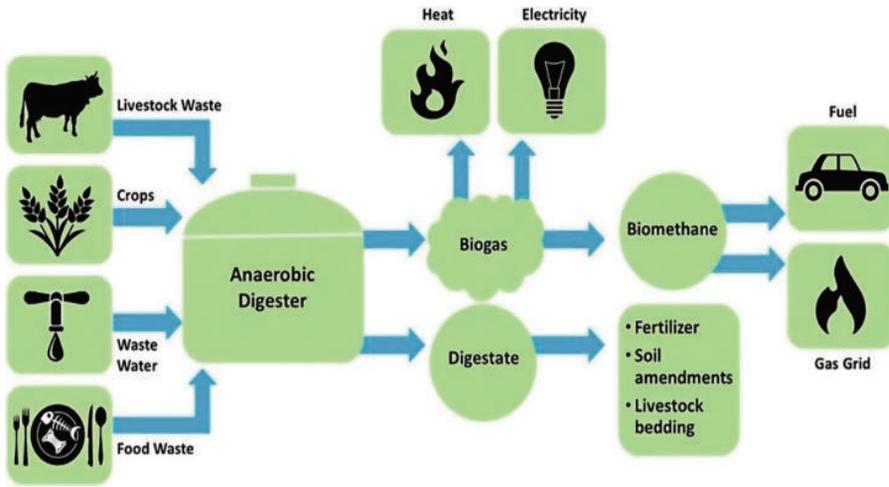
상호 운용성 및 사이버-물리적 스마트 전력망의 다른 개념도 스마트 워터에 적용된다. 스마트 수도망의 성능을 평가하기 위해 새로운 지표가 필요한데, 클라우드 컴퓨팅과 IoT는 수도 시스템의 운영을 최적화할 수 있을 것으로 예상된다. 스마트 워터 산업의 일례로 덴마크의 Kalundborg Symbiosis가 있는데, 덴마크 칼룬보르 시의 공공 및 민간 기업 간 파트너십으로, 1972년부터 순환적 녹색 전환 지역 성장 방식으로 세계 최초의 산업 공생을 발전시켜 왔다. 현재 17개 다른 발전, 에너지, 물산업 회사들이 물, 에너지, 열, 폐기물, 물질 등 30개 이상의 폐기물 흐름을 서로 교환하고 있는데(그림 18), 주요 원칙은 지역 파트너십을 맺어 자원을 공유하고 재사용함으로써 비용을 절감하고 낭비를 최소화함으로써 환경과 경제 모두에 이익이 된다는 것이다.

물산업에서 스마트 에너지 기술 동향

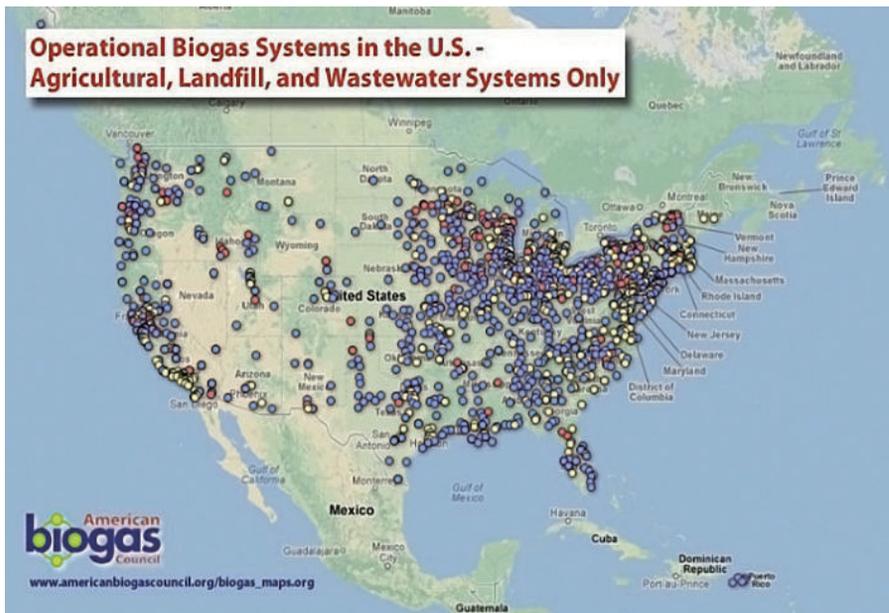
에너지효율은 폐수 처리에서도 관심이 높

아지고 있다. 전 세계 에너지의 2~3%가 물 공급 및 처리용으로 사용되고 있는데 즉, 하폐수의 운송, 처리, 소비, 수집 및 처리의 전체 흐름에 많은 양의 에너지가 든다. 이러한 전기 에너지의 사용은 폐수에서 회수된 에너지로 보상될 수 있다. 이는 체로 에너지 폐수 처리로, 폐수의 유기물 함량은 바이오가스를 생산하는 데 사용될 수 있으며, 이는 열 및 전기 형태로 에너지를 생성할 수 있다. 대표적인 예로 혐기성 소화조(AD)를 이용한 바이오가스(메탄가스)의 생산이다(그림 19). 미국은 매년 7000만 톤 이상의 유기 폐기물이 나온다. 유기 폐기물은 분해 시 많은 양의 메탄을 생성하는데, 메탄은 이산화탄소보다 더 강력한 온실가스로 알려져 있다. 따라서 유기 폐기물을 별도로 회수해 바이오가스를 생산하면 온실가스 배출을 막는 동시에 재생 가능한 에너지를 회수할 수 있게 된다. 현재 혐기성 소화조

²⁵⁾ Kalundborg symbiosis (<http://www.symbiosis.dk/en/>)



〈그림 19〉 혐기성 소화 과정을 통한 에너지 생성²⁶⁾



〈그림 20〉 미국의 바이오가스 운영 현황²⁷⁾

는 프로세스 안정성에 기반을 두어 50% 미만의 효율로 운영되고 있는데, 적절한 계측 및 제어 기술, 교육 등을 통해 유기물에서의 바이오가스 생산을 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다. 환경 보호, 투자 및 일자리 창출을 포함해 유기 폐기물 활용의 많은 잠재적 이점에도 불구하고 미국은 현재 총 잠재력의 20% 미만을 차지하는 2200개의 바이오가스 시스

템만 운영하고 있고, 향후 1만3500개 이상의 새로운 시스템을 추가할 것으로 예상된다(그림 20).

26) Environmental and Energy Study Institute, Fact Sheet - Biogas: converting waste to energy (<https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-biogasconverting-waste-to-energy>)

27) Environmental and Energy Study Institute, Fact Sheet - Biogas: converting waste to energy (<https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-biogasconverting-waste-to-energy>)

효과적인 태양에너지 저장 방법 해결해야...

오늘날 미국을 비롯한 많은 국가가 청정에너지에 막대한 돈을 투자하고 있다. 많은 재생 관련 스마트 에너지 중 태양에너지가 가장 큰 에너지원이라는 점을 고려할 때 이 에너지가 제대로 활용된다면 다른 형태의 에너지 시스템을 대체할 수 있는 많은 잠재력을 가지고 있다. 전통적인 태양에너지 패널이 직면한 문제 중 하나는 저장과 관련된 것이다. 현재 일반 태양광 패널이 제공하는 최대 효율은 33%에 불과하고, 향후 성장을 위해서는 태양전지판의 지속적인 개선이 필요하다. 이와 함께 효과적인 태양에너지 저장 방법 또한 앞으로 해결해야 할 문제다. 현재 잉여 에너지가 태양전지판을 통해 생성되면 향후 사용을 위해 저장할 방법이 없다. 이를 위해 태양전지 저장 시스템이 유용할 수 있지만 비용이 너무 커 성공적인 구현을 위해서는 배터리 비용을 낮추어야 한다.

현재 추세에 따르면 전 세계 태양에너지 시장은 2023년까지 3600억 달러에 이를 것으로 예상된다. 인공 광합성을 통해 햇빛을 전기로 변환하려는 연구도 독일과 이스라엘에서 수행되고 있다. 이는 태양에너지를 최적으로 사용하기 위해 수행되는 연구에 있어서 빙산의 일각에 불과하고, 실제 많은 유사한 프로젝트가 전 세계적으로 초기 단계에 있다. 앞으로 몇 년 안에 태양에너지가 대규모로 사용될 뿐만 아니라 성공적으로 저장할 수 있을 것으로 예상된다. 더불어 기술이 발전함에 따라 더 많은 사람이 비용 절감과 간편한 설치로 인해 태양에너지로 전환할 가능성이 높다. 태양에너지를 포함해 재생 가능한 스마트 에너지를 사용하는 것은 장기적으로 비용을 절감하고 그 과정에서 환경을 보호하기에 그 미래가 유망해 보인다.

전기자동차 적용 기술의 혁신을 가져오다

한온시스템(주)

이달의 산업기술상은 산업통상자원부 연구개발(R&D)로 지원한 과제의 기술 개발 및 사업화 성과 확산과 연구자의 사기 진작을 위해 매월 수상자를 선정한다. 신기술 부문은 최근 최종 평가를 받은 R&D 과제 중에서 혁신성이 높은 기술 또는 해당 기간 성과물이 탁월한 기술을 뽑는다. 한온시스템(주)이 '6kW급 배터리 및 실내 난방 통합 수가열식 유도가열 히터 시스템 개발' 연구과제를 통해 차량용 수가열 인덕션 히터를 개발했다. 수가열 인덕션 히터는 전기차용 실내 난방과 배터리 워밍업 히터뿐만 아니라 하이브리드차, 수소전기차 등에도 활용될 수 있다. 이렇듯 단순한 구조와 성능 증대 및 원가 절감을 구현하고 안전성과 내구성도 확보한 차량용 수가열 인덕션 히터를 개발한 성과를 인정받아 영예의 장관상에 선정됐다.

NEW

TECHNOLOGY

이달의 산업기술상

INDUSTRIAL
TECHNOLOGY
AWARDS



OF THE MONTH

신기술 부문
산업통상자원부 장관상

전기자동차 적용 기술의 혁신을 가져오다

최근 지구 온난화 대응 및 환경보호의 중요성이 강조되면서 친환경자동차 개발이 활발히 이루어지는 가운데 전기자동차의 보급이 급속도로 확대되고 있다. 그러나 전기차는 기존 내연기관 자동차와 달리 엔진이 없어 엔진 냉각수를 활용한 난방이 안 된다는 문제가 있다. 현재 전기차에는 PTC 수가열 히터가 많이 적용돼 있지만 복잡한 구조와 비싼 원가 탓에 이를 대체할 수 있는 수가열 히터의 요구가 높아지는 상황이다. 이에 자동차용 공조시스템 전문기업 한온시스템(주)이 내구성 증대 및 원가를 낮출 수 있는 수가열식 인덕션 히터 시스템을 세계 최초로 개발하는 데 성공해 화제를 불러 모으고 있다.



세계 최초 전기자동차용 수가열 인덕션 히터 개발

전기차의 경우 겨울철 차량 내 난방 시 엔진이 없어 엔진 냉각수를 활용한 난방을 하지 못한다. 그 때문에 동력원인 배터리로부터 직접 난방을 하는 방식이 채택됐으나 소모되는 전기에너지로 인해 주행거리가 감소하고 저온 시 배터리의 온도가 낮아 초기 기동성을 확보하지 못할뿐더러 배터리의 내구성 저하 문제까지 발생하는 등의 단점이 불거져 나왔다.

How to

세계적인 자동차 부품업체에서 개발하려는 시도가 여러 차례 있었다. 히터 구조의 안정성 확보, 제어기 구현이 어려웠던 점을 감안해 광범위한 기술 정보 수집과 분석, 문제점에 대한 실험과 이론 검증의 병행, 창의적 아이디어 도출 등을 통해 기술 개발에 성공했다.

이에 따라 배터리의 온도를 최적인 25~40도로 유지하게끔 냉각수를 이용한 통합 열관리 방식이 사용되고 있으며, 이를 위해 낮은 외기 온도에서 따뜻한 냉각수를 유지하기 위한 수가열식 고전압 전기 히터의 개발이 진행되고 있다.

수가열식 히터는 전기차의 차량 내 난방과 배터리의 워밍(Warm Up)을 위한 핵심 부품이다. 현재 전기차에는 PTC(Positive Temperature Coefficient) 수가열 히터가 많이 적용돼 있지만 구조가 복잡하고 원가가

6kW급 배터리 및 실내 난방 통합 수가열식 유도가열 히터 시스템 개발

장길상
한온시스템(주) 책임연구원

비싼 단점이 있다. 이런 가운데 한온시스템 연료전자부품팀 장길상 책임연구원이 회로부와 발열체를 이격해 내구성 증대 및 원가를 낮출 수 있는 인덕션(Induction, 유도가열) 기술의 이점을 활용, 수가열 인덕션 히터(유도가열 히터)를 세계 최초로 개발해 수가열 히터

의 단순한 구조 구현 및 성능 증대와 원가 절감을 실현하는 데 성공함으로써 전기차의 안전성과 내구성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다.

PTC 수가열 히터 단점 극복, 소형화·안전성·고신뢰성 모두 갖춰

수가열식 인덕션 히터는 발열체와 회로부를 분리할 수 있다는 장점이 알려지면서 유명 자동차 부품업체의 개발 시도가 여러 차례 있었으나 히터 구조 안정성 확보 및 제어기 구현에 어려움이 있어 실현되지 못했다. 이런 상황에서 가정용 조리기구인 인덕션의 원리를 응용해 기존 PTC 수가열 히터의 단점을 극복하는 한편 전기차 시장의 최대 화두인 부품 원가 절감을 실현할 수 있다는 점에서 이번 기술

사업명 자동차산업핵심기술개발사업
연구과제명 6kW급 배터리 및 실내 난방 통합 수가열식 유도가열 히터 시스템 개발
제품명 수가열 히터
개발기간 2016. 11 ~ 2019. 8 (34개월)
총정부출연금 2,920백만 원
개발기관 한온시스템(주) / 대전광역시 대덕구 신일서로 95(신일동) 042-930-6114 / www.hanonsystems.com
참여연구진 조경석, 장길상, 양현섭, 임차유, 정현석, 김준수, 박성준, 심성운, 김상훈, 김진형, 차용길, 양희주, 홍지유, 이재원, 최규성, 채용하, 송영기, 박수진, 송성훈, 이영훈

개발은 큰 의미를 지닌다.

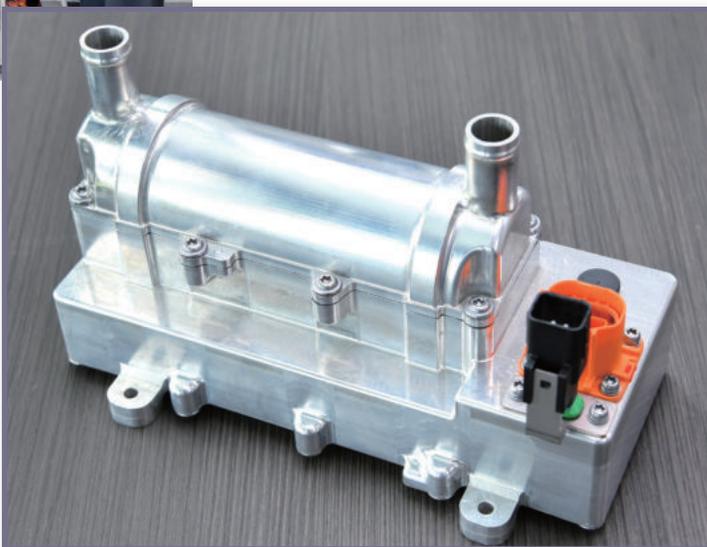
이와 관련해 장 책임연구원은 “전기차 통합 열관리 핵심 부품인 수가열 히터로는 PTC 발열체, 시즈 발열체, 후막 발열체 방식이 개발돼 있다. PTC 발열체 방식은 가장 많이 사용되고 있으나 다수의 PTC 스톤을 사용하는 등 부품 수 증가로 경제성, 패키지, 속효성 및 중량 등에서 경쟁력이 떨어지는 단점이 있고, 시즈 발열체 방식은 안전성 확보 시 비용이 많

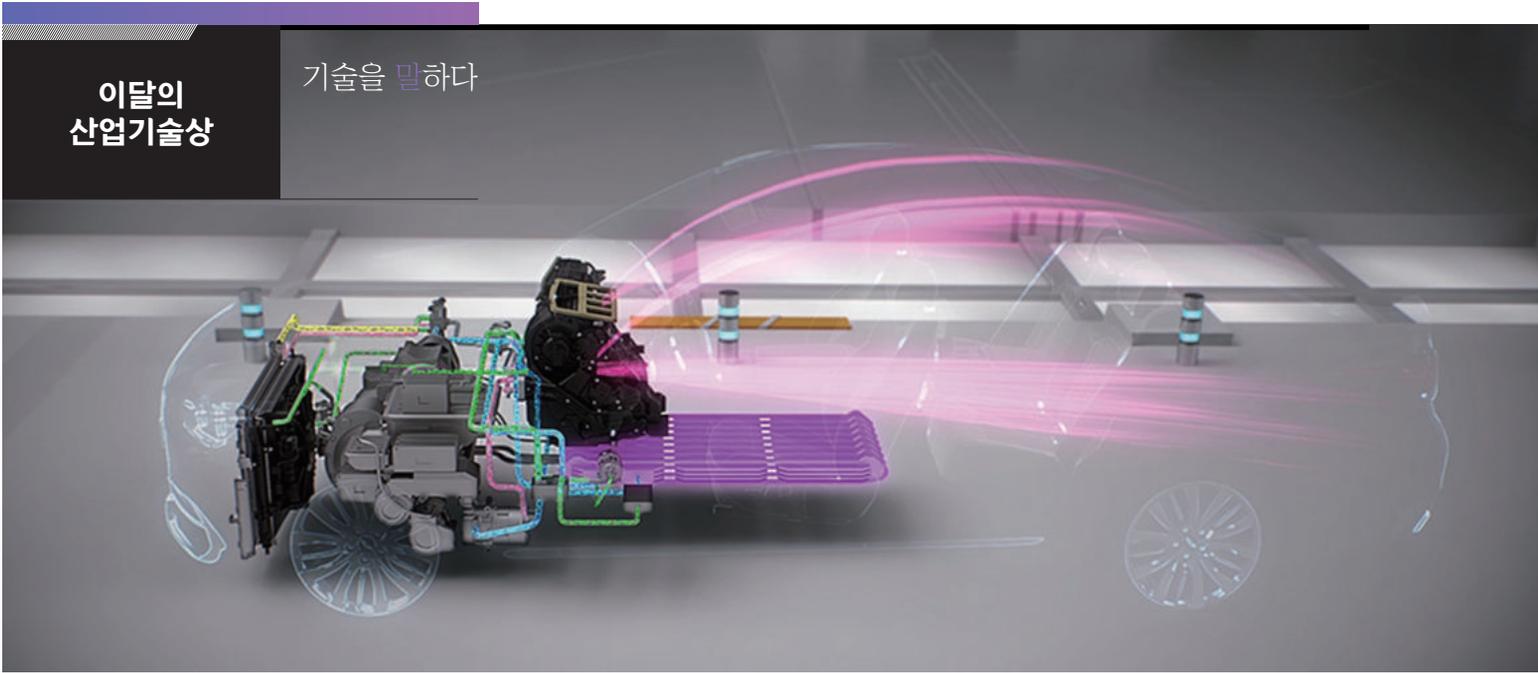
인덕션(유도가열)

고주파 전류의 전자기 유도 원리를 이용해 고주파 전자기장 속에서 금속이나 반도체를 가열하는 것. 수십만 헤르츠의 고주파 전류를 이용한다.

이 소요되는 문제점이 있다. 그리고 후막 발열체 방식 또한 안전성 및 내구성을 확보하기가 어려워 개발에 소요되는 시간이 길어진 다”고 말했다. 그는 또 “반면 당사 가 개발에 성공한 유도가열방식은

전기에너지를 전자기파 형태로 전달해 유도가열의 원리적 이점을 활용함으로써 발열체를 완전히 냉각수 속에 집어넣어 열효율을 극대화했으며, 발열체와 회로부를 연결하지 않았기 때문에 크기를 줄이고 경량화를 실현했으며 동시에 내구성까지 획기적으로 향상시켰다. 또한 히터의 안전성이 확보되지 못할 경우 자칫 화재로 탑승자의 생명이 위협받을 수 있기에 발열체의 이상 과열을 감지하고 전력을 차단하는 제어기를 개발, 안전성을 대폭 증대시키는 등 소형화, 안전성, 고신뢰성을 모두 구현한 완성도 높은 기술”이라고 설명했다.





더불어 그는 “최종적으로 개발품은 히터 비가열 성능 2.9kW/kg를 달성해 히터 비가열 성능이 1.9kW/kg 수준인 경쟁사 제품에 비해 제품 중량당 성능을 대폭 향상시켰으며, 부품의 경량화 효과도 가져왔다. 또한 히터의 열효율은 97.5%, 냉각수 차압은 4.5mbar로 경쟁 제품의 11mbar에 비해 월등한 성능을 확보했다”고 덧붙였다.

업계 기술 선도 및 시장점유율 확대 기대감 높아

한편 기술 개발 성공 요인에 대한 질문에 장 책임연구원은 “세계 최초의 기술을 개발하다 보면 과정상 어려움이 많이 발생한다. 개발에 성공할지조차 확신이 없기에 모든 게 불확실하다. 또한 성공 사례가 없으므로 개발에 대한 확고한 의지가 없다면 중도에 포기하는 경우도 생긴다”면서 “이번 기술 개발을 위해 당사 연구팀은 우선적으로 가능성을 확인하고자 광범위한 기술 정보를 수집하고 초기에 개발 타당성을 확인했으며, 개발 검증을 위해 우선순위를 정한 후 계획을 수립했다. 그리고 오랜 시간 기술적 문제점을 파악하고 이론을 정립했으며, 문제점에 대해 실험과 이론 검증을 병행하면서 창의적 아이디어를 도출한 결과 세계 최초의 기술 개발에 성공할 수 있었다”고 밝혔다.

끝으로 사업화 계획과 목표에 대해 장 책임연구원은 “수가열식 인덕션 히터는 전기차용 실내 난방과 배터리 워밍업 히터에 탑재될 수 있기에 수가열 히터를 채택하는 하이브리드차, 수소전기차 등에도 쓰일 수 있으며 차량용 수가열 히터와 기능이 유사한 가정용 보일러, 온수기 등에도 활용 가능한지 다각도의 검토가 이루어질 것으로 예상된다”고 말했다.

또한 “현재 수가열식 인덕션 히터 양산을 검토 중이며, 세계 우수 고객사에 마케팅을 실시하고 있다. 그리고 양산 채택 시 전기차의 수량 증대에 따라 매출을 획기적으로 증진시킬 수 있을 것으로 전망되며, 세계 최초 기술에 따른 관련 업계 기술 선도 및 고객사에 기술력을 각인시키는 효과가 있을 것으로 보여 시장점유율 확대에도 큰 도움이 되리라 판단된다”고 말했다.

장길상
한온시스템(주) 책임연구원



기계·소재

■ 오븐 성형 공정을 이용한
초음속 항공기용 일체형 복합재 미익
구성품 개발

바이오·의료

■ 혈액 기반 생체 검사를 위한
고민감도 표적 유전자 선별 키트

이달의 새로 나온 기술

산업통상자원부 연구개발 과제 중
최근 성공적으로 개발이 완료된 신기술을 소개한다.
기계·소재 1개, 바이오·의료 1개, 에너지·자원 1개로
총 3개의 신기술이 나왔다.

NOVEMBER
2020

에너지·자원

■ 동적 내구 시험모형을 통한
차량용 연료전지 스택 수명 예측 기술

오븐 성형 공정을 이용한 초음속 항공기용 일체형 복합재 미익 구성품 개발

한국항공우주산업(주)

055-851-2547 / www.koreaaero.com

해외 선진사의 경우 민수·군수 모두 항공기 적용 복합재 비율이 증가하고 복합재 중량 및 비용 절감을 위해 일체화 성형을 비롯한 탈오토클레이브 제작 방법을 적용하는 추세다. 이에 따라 국내에서 개발된 초음속 항공기 수직미익을 T300급 탄소섬유에서 T800급 탄소섬유로 변경하고 일체화 성형 공정 및 오븐 성형 공정을 적용해 중량, 비용 및 부품 수 절감을 실현하는 게 본 연구과제의 목표다.

이와 관련해 한국항공우주산업(주)은 (주)한열시스템, 한국산업기술시험원과 공동으로 최적의 일체화 구성품 제작을 위한 설계 및 해석을 수행하는 한편 오븐 성형에 적합한 복합소재를 선정했다. 또 오븐 성형 상시 공정변수를 설정하고 제작된 일체화 성형부품에 대한 비파괴 검사 및 기준을 설정해 복합재료 허용치와 설계기준치, 규격서, 공정 규격서를 개발했다. 또한 이러한 개발 기술을 활용해 정적시험체 및 피로시험체를 제작하고 정적시험과 함께 피로시험을 수행했다. 더불어 시험 결

최명호 총괄책임자

본 기술은 향후 개발될 전투기나 고등훈련기 성능 개량 시 수직·수평 미익 및 상용 무인비행체 일체형 구조물에 적용해 경량화는 물론 부품 수 절감에 활용할 예정입니다.

과를 반영해 비행시험체를 제작, 지상·비행 시험을 수행한 결과 실제 항공기에 적용 가능성이 있음을 확인했다.

이렇듯 본 연구과제로 고온·고압을 적용한 오토클레이브 대신 고온만 적용하는 오븐을 활용해 큐어(Cure) 시간 단축 및 복합재 일체화 성형 기술 활용 부품, 체결류를 최소화하는 결실을 봤다. 특히 복합재 스킨 인장강도(0도, 90도) 복합재 오픈 홀 콤파운드(Open Hole Comp.) 강도, 복합재 유리전이 온도(Dry·Wet), 복합재 보이드 콘텐트(Void Content) 등 과제 정량적 목표를 과제 3차연도에 세계 최고 수준의 기업(보잉)과 동일한 수준으로까지 올렸다. 이 기술을 바탕으로 기존 T300급 스킨을 T800급으로, 금속 Spar와 Rib을 T800과 T650급으로 업그레이드했으며 일체화 성형 및 오븐 성형 기술을 활용해 초음속 항공기용 수직 미익을 제작해 비행시험을 통한 장착성 및 비행 안정성을 확인했다.



일체형(Skin vs Spar) 복합재



혈액 기반 생체 검사를 위한 고민감도 표적 유전자 선별 키트

(주)시선바이오머티리얼스

042-716-0301 / www.seasunbio.com

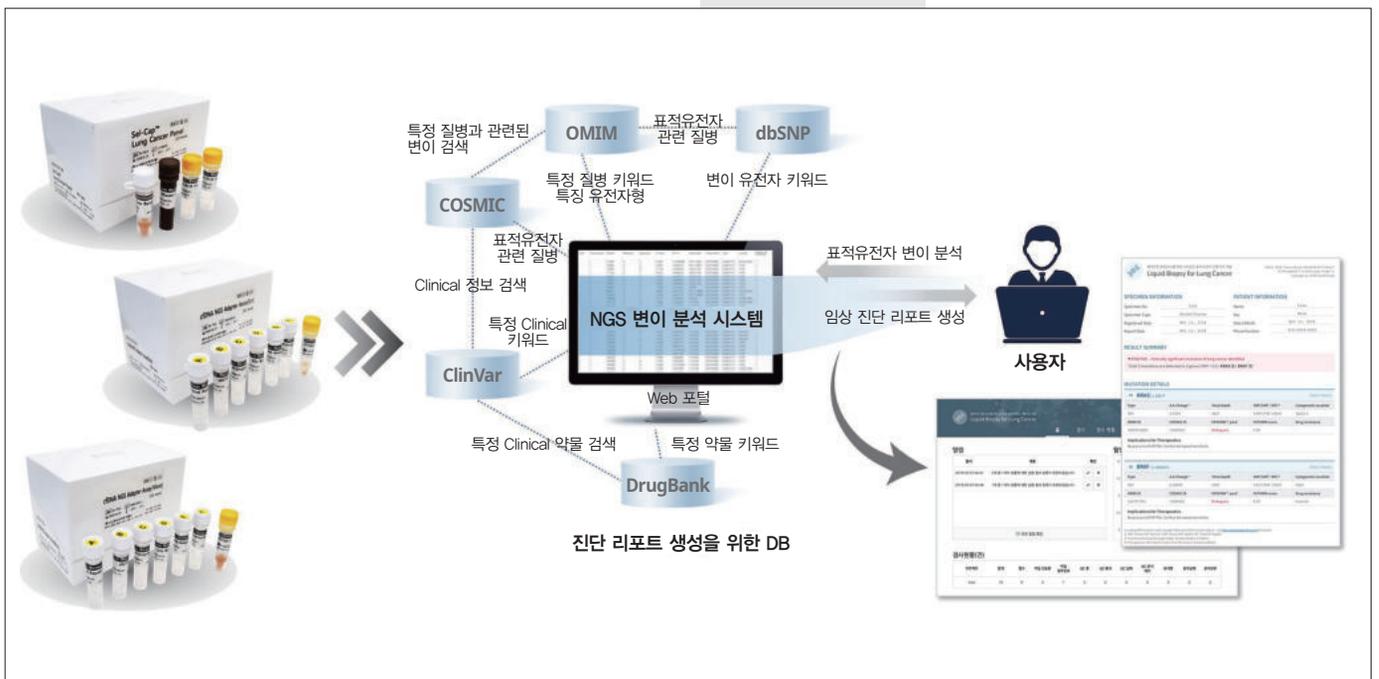
다양한 유전자의 변이 형태를 동시에 진단할 수 있는 차세대 염기서열 분석장치 기반의 진단법이 필요하며, 표적항암제의 적절한 처방 및 예후 예측과 추적 모니터링을 위해 비침습적인 진단법이 필요하다. 또한 혈액 내 미량의 암 유전자를 검출해 진단하기 위해서는 고감도의 신규 분석 플랫폼의 개발이 필요하다. 더불어 국외 'Guardant360'처럼 국내도 주기적인 추적 모니터링과 그 결과를 기반으로 진단리포트가 도출될 수 있는 분석 알고리즘 개발 및 임상 활용이 가능한 리포트 생성 시스템의 개발이 필요한 상황이다.

이에 본 연구과제를 통해 나노입자 캡처 PNA 프로브와 분자 바코드 시스템이 결합된 표적유전자 특이적 돌연변이만 증폭이 가능한 NGS 분

박희경 총괄책임자
혈액 기반 고민감도 라이브러리 제작 기술을 적용한 제품을 기반으로 NGS 분석 결과에 대한 임상 진단 리포트도 출 용합 시스템을 확보함으로써 기존 조직생검 및 컴퓨터 단층촬영(CT) 모니터링 등을 대체할 수 있으며 이를 통해 암 환자의 부담을 줄이고 치료 효과를 높이는 등 진정한 개인 맞춤형 진단의 목적으로 활용할 수 있습니다.

석용 라이브러리 제작 기술 및 NGS 분석 결과를 이용한 임상 진단 리포트 도출 분석 알고리즘 융합 시스템을 확보했다.

(주)시선바이오머티리얼스를 비롯해 (주)인실리코젠, (주)파나진, 가톨릭대 산학협력단, 건국대병원이 참여한 본 연구과제를 통해 나노입자 캡처 PNA 프로브 기반 특이적 돌연변이 증폭 기술을 이용한 고민감도 라이브러리 제작 기술을 개발해 허가 NGS 플랫폼 모두 사용이 가능한 라이브러리 제작 제품을 100% 국산화했다. 더불어 방대한 NGS 분석 로데이터(Raw Data) 기반 임상 적용 진단 리포트 형태로 출력이 가능한 분석 알고리즘을 개발해 웹 애플리케이션 형태로 국내 최초로 시스템을 구축했다.



동적 내구 시험모델을 통한 차량용 연료전지 스택 수명 예측 기술

충남대학교 산학협력단

042-821-5646 / www.cnu.ac.kr

본 연구과제에서 제안하는 모델 기반 설계는 선진사에서 이미 그 경 제성이 입증된 설계 방법으로 제어기 설계 단계에서 다양한 알고리즘 을 물리적 모델과 액추에이터 모델 등을 통해 가상 설계 후 실제 제어 기에 탑재 및 검증하는 방법이다. 핵심 기술은 스택의 내구성 평가를 위한 실시간 수소자동차 모델 및 실차 주행 모사를 위한 제어기와 하드 웨어 에뮬레이터 HILS 통합 모델 개발이다.

유럽 선진국(이탈리아)에서는 제어기뿐만 아니라 스택 에뮬레이터를 이용해 부품의 동적 거동을 실제 모사하고 있으며, 본 연구에서도 에뮬 레이터 HILS 기반 설계 방법을 적용해 부품 거동을 예측할 수 있다는 장 점이 있다. 기존 모델 기반 설계용 연료전지 차량 모델은 단순계 경험적 모델을 적용해 실험 데이터의 절대적 의존도가 매우 높은 반면, 제안 기 술은 채널 유동, 전해막의 습증기 거동 및 이온 전도도 모델, 균질 촉매층 에서의 전기화학반응 모델, 열수지 균형 모델을 포함하고 있어 스택 부품

유상석 총괄책임자

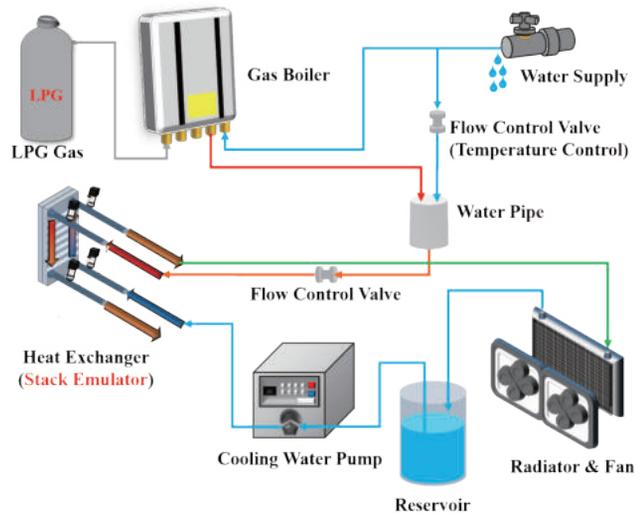
본 기술은 수소 전기차 부품 업체 지원을 목적으로 개발 됐습니다. 수소차 에뮬레이 터를 통해 부품 업체 제품의 정상 작동 여부를 확인할 수 있으므로, 본 기술 개발을 통 해 시간과 비용 등을 절약할 수 있을 것으로 기대됩니다.

내구성 저하에 따른 요인 분석이 용이하다. 또한 스택을 제외한 필수 구성 요소(연료 공 급계, 공기 공급계, 열 관리계)는 기존 문헌 상·기업별 자료가 풍부하기 때문에 경험식 에 근거한 단순계 동특성 모델을 적용해 실 시간성을 확보함으로써 스택 내구성 저하에 따른 제어기 재설계(Reconfiguration) 알고리 즘 개발에 사용될 수 있다.

미국, 일본, 유럽 등에서 발표된 기존 스택 내구성 모델은 경험식 기반 단순 모델로 실 제 모델 변수 간 상관관계를 확인하기 어렵 고 스택의 내구성 저하에 대한 물리적 모사 부분이 종속적 변수 관계가 아닌 독립적 변 수 관계로 구성돼 내구성 저하에 따른 스택 내부 구성 요소 간 상대적 영향 평가가 불가 능하다. 이에 반해 본 연구과제에서 제안하 는 복잡계 동특성 모델은 제어기 설계용으 로 사용이 가능하도록 실시간성을 유지하 면서 내구 성능 저하에 따른 분리막과 전극 성능의 상관관계를 모사해 장기 운전 시 세 분화된 영향성 평가가 가능하다.



연료전지 내구성 모델 구성도



하드웨어 에뮬레이터 (스택 에뮬레이터 + 냉각 시스템)

전기·전자

- (재)대구테크노파크의 베타전지
- 알에스오토메이션(주)의 기능 안전 지원
고성능 서보드라이브 CSD7
- (주)노피온의 무선충전 PAD
- (주)파크시스템스의 산업용 자동화 원자현미경

기계·소재

- (주)세진아이지비의 감속기

화학

- (주)테라하임의 위생수도관

이달의 사업화 성공 기술

산업통상자원부 연구개발 과제를 수행해 종료한 후 5년 이내 사업화에 성공한 기술을 소개한다. 사업화 성공 기술은 개발된 기술을 향상시켜 제품의 개발·생산 및 판매, 기술 이전 등으로 매출을 발생시키거나 비용을 절감해 경제적 성과를 창출한 기술을 말한다. 전기·전자 4개, 기계·소재 1개, 화학 1개로 총 6개의 사업화 성공 기술이 나왔다.

(재)대구테크노파크의 베타전지

반영구적으로 사용 가능한 전지를 구현하다

베타전지는 인체에 무해한 방사성동위원소(순베타선원 Ni-63)를 사용하고 20년 이상 스스로 전력을 발생시키는 배터리로 기존 전지와 달리 외부환경 조건에 상관없이 사용할 수 있다. 이러한 장점이 있어 선진국(미국, 러시아)을 중심으로 의료, 국방, 항공·우주, 해양, 원전 등의 특수산업 분야에 반영구적으로 사용 가능한 베타전지 연구개발에 집중투자하고 있다.

이러한 가운데 (재)대구테크노파크가 사업화를 위해 추진한 베타전지 핵심 원천 기술은 연구용 원자로를 이용한 베타선원(Ni-63) 국내 생산실증 기반 확보 및 평가측정 표준화 프로세스 구축(SO 등록), SiC 기반 고효율 에너지 흡수체 제조 공정 및 Package Array(2x2) 기술과 핵심 부품의 방사성 대응 내구성·수명평가 플랫폼 기술 등이다. 이를 통해 반영구적으로 사용 가능한 하이브리드 전지의 프로토타입을 구현했다.

나노융합산업핵심기술개발 / 전기·전자
기술명 : 외부 충전 없이 반영구적으로 사용 가능한 10mWh/cm²급 동위원소 기반 전고상 하이브리드 전지 원천 기술 개발

연구개발기관 : (재)대구테크노파크 / 053-602-1726 / www.ttp.org

참여연구진 : (재)대구테크노파크 황철균, 윤영목, 김보성, 한국전자통신연구원 최병건, 한국원자력연구원 손광재, (주)아바코 도진영, (주)맨텍 김우정, 포항산업과학연구원 남상철, 가천대 윤영수, 경기대 박용준, 한양대 신동욱 외



베타전지의 상용화는 후방산업인 에너지소재·부품산업과 반도체산업의 인프라 활용가치가 높아 기존 산업 고도화 및 신시장 창출이 가능하고, 전방산업인 IT융합 산업과의 밸류체인 구성을 통해 고부가가치 미래 신산업을 육성할 수 있다.

IT 신산업 분야에 기여하다

베타전지는 열악한 환경에서의 전지 성능 유지 및 충전이 어려운 환경에서의 장수명 전지로 활용이 가능해 의료, 군사 및 우주·항공, 극지 등 다양한 산업에 적용할 수 있다. 또한 베타전지가 실생활에 적용되면 미래사회는 의료 분야인 DBS, Pacemaker, 인공심장, 광유전학 신경질환 치료용 발광체 등의 장수명 배터리 확보에 따른 생명 유지의 혁신(배터리 교체 시기 5년→20년 이상)을 불러올 것으로 예상된다. 산업적으로는 방사능 및 극한 환경인 원전사고, LECIM(Low Energy Critical Infrastructure Monitoring) 등 국민안전과 국방 및 우주·항공 분야인 DoD Anti-damper, 심우주 탐사선, 블랙박스 등에 장수명 배터리를 사용하게 됨에 따라 특수목적의 IT 신산업 분야에 큰 기여를 할 것으로 전망된다.

알에스오토메이션(주)의 **기능 안전 지원 고성능 서보드라이브 CSD7**

작업자 안전 보장, 산업용 장비와 로봇의 생산성 극대화하다

대한민국은 반도체, 디스플레이 휴대전화 시장에서 세계 최고의 위상을 지니고 있으나 이를 생산하기 위한 장비, 특히 핵심 부품인 서보드라이브는 해외 선진 업체에 의존하고 있는 실정이다. 이 와중에 알에스오토메이션(주)이 장비의 생산성을 담보하는 경쟁력 있는 고성능화 기술, 스마트 공장을 위한 고속 네트워크 기술 및 작업자의 안전을 확보하는 기능 안전 관련 기술이 포함된 서보드라이브를 개발해 해외 선진 업체가 장악하고 있는 시장 상황을 타파하는 데 노력하고 있다.

알에스오토메이션이 개발한 핵심 기술은 크게 3가지다. 첫째는 개인 무류닝 고성능 서보드라이브 제어 기술로, 부하 종류 및 변동과 무관하게 서보드라이브의 성능을 유지할 수 있도록 하는 기술을 개발하고 이를 사업화해 고성능 및 사용자 편의성을 동시에 확보했다. 둘째는 EtherCAT 서보드라이브 기술로, 고속 산업용 네트워크 EtherCAT를 지원해 스마트 공장 시대의 핵심인 고속 대용량 통신이 가능하다. 셋째는 서보드라이브 기능 안전 기술로, STO(Safe Torque Off) 기능 지원 및 해외 인증을 통해 내부 고장 상태에서도 안전과 관련된 기능의 확실한 동작을 보장한다.

우수기술연구센터(ATC)사업 / 전기·전자
 기술명 : 안전 기능을 가진 무류닝 고성능 서보시스템 시리즈 개발
 연구개발기관 : 알에스오토메이션(주) / 031-685-9300 / www.rsautomation.co.kr
 참여연구진 : 알에스오토메이션(주) 이상훈, 이상섭, 안성찬 외

작업자의 안전을 보장하며 산업용 장비와 로봇의 생산성을 최대화하는 '기능 안전 지원 고성능 서보드라이브 CSD7'은 반도체, 디스플레이, 휴대전화 및 물류용·산업용 자동화 장비, 로봇 등에 활용되고 있다.



해외 선진 업체 수준의 기능·성능·신뢰성 확보하다

무류닝 고성능 제어 알고리즘, 고속 네트워크 및 안전 기능을 제공함으로써 글로벌 자동화 업체의 제품과 동등한 수준의 기능·성능·신뢰성을 확보한 서보드라이브 CSD7의 사업화를 통해 시장에서 좋은 평가를 받아 누적 매출 280억 원 이상을 달성했다. 또한 최근 일부 대형 고객의 자동화 장비에 외산 제품을 밀어내고 표준 제품으로 채용되는 등 큰 성과를 이뤄내고 있다. 현재 반도체, 디스플레이, 휴대전화 공정 및 물류 공정에 집중한 사업을 진행 중이며 일부 섬유, 포장, 금속 가공 및 플라스틱 사출, 로봇, 시뮬레이터 장비 등에 적용하고 있다. 나아가 대부분 외산 제어기 제품이 사용되는 의료 및 자동차, 식음료 등의 장비 시장으로 시장 확대를 추진할 예정이다.

(주)노피온의 무선충전 PAD

전기자동차에서 드론까지 무선충전을 책임지다

무선충전용 금속·고분자 복합 연자성 소재는 무선충전 송신 PAD에서 발생하는 자기장을 수신부 패드의 코일에 집중시키는 자로를 형성함으로써 수신 코일에 유도되는 전류의 효율을 높여 결과적으로 무선충전효율을 올리는 소재다. (주)노피온은 이 소재를 활용해 휴대기기 등 저전력 무선충전이 아닌 전기자동차와 산업용 무선충전에 사용될 수 있는 수kW~수십 kW급 무선충전 PAD 설계 기술을 개발했다.

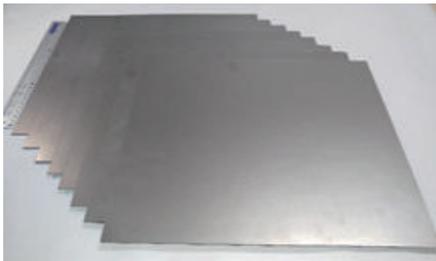
고투자율 저손실 금속·고분자 복합 연자성 소재는 철계 자성합금 분말의 형상제어, 자성분말의 미세조직 제어, 금속분말·고분자 복합소재 제조 공정을 적용해 제품화하고, 무선충전 PAD를 설계하기 위해 최적 조건의 무선충전용 코일 설계, 무선충전 PAD 설계, 무선충전효율 평가, 송·수신 패드 간 거리에 따른 전송효율 최적화 과정을 거쳐 사업화를 진행하고 있다. 무선충전 PAD의 최적 조건은 적용되는 자성 소재의 특성에 따라 최적의 조건 확보를 위해 다른 설계 조건이 적용된다.

산업현장핵심기술수시개발사업 / 전기·전자

기술명 : 전기자동차의 30kW급 고효율 금속무선충전을 위한 금속·고분자 복합 연자성 소재와 수신용 패드 개발

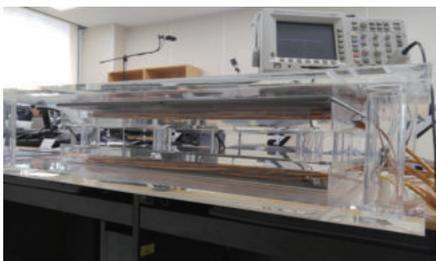
연구개발기관 : (주)노피온 / 031-271-6824 / www.nopion.com

참여연구원 : (주)노피온 이경섭, 정중현 외



무선충전용 금속·고분자 복합 연자성 소재

무선충전용 금속·고분자 복합 연자성 소재는 무선충전이 적용되는 제품에 포함된다. 대전력을 전송하는 전기자동차의 충전, 충격이나 진동이 있는 드론의 무선충전, 산업용 설비의 무선충전 분야, 그 외에 자기장의 유도나 차폐가 필요한 분야 등에도 활용된다.



복합 연자성 소재를 적용한 kW급 무선충전 PAD



대전력 무선충전 전기자동차 출처 : 퀄컴



중전력 무선충전 드론 출처 : ㈜미디어션

무선충전 기술로 유선충전의 불편함 및 리스크 제거하다

노피온은 제품의 사업화 분야로 전기자동차 무선충전 수신 PAD용 자성 복합소재, 드론의 무선충전 수신 PAD용 소재 사업, Flux Yoke용 3차원 자기배향 소재 등을 선정해 사업화를 진행하고 있다. 금속·바인더 연자성 복합소재는 개발 제품별로 소재의 성능을 검증하는 수요기관과 긴밀한 파트너십을 통해 공동으로 시장을 개척해야 하므로 사업분야별 소요·파트너 기업과 함께 사업을 준비하는 단계를 거쳐야 한다. 이 단계를 거친 후 1차 수요기업은 복합소재의 장점을 살린 경쟁력 있는 시스템·부품을 공동으로 고객에게 소개하고 있다.

이 중 20kW급 이상의 충전 시스템을 탑재하는 무선충전 전기자동차용 자성 소재는 국내 기업에 소개해 기술 검증을 협의하고 있으며, 그 외 드론과 산업용 기기의 무선충전에 대해서도 적용을 검토하고 있다.

(주)파크시스템스의 산업용 자동화 원자현미경

마켓 #1 산업용 자동화 원자현미경 'NX-Wafer'

반도체 소자의 크기가 갈수록 줄어드는 상황에서 여러 공정 단계를 거치면서 발생하는 결함을 비파괴적으로 검사할 수 있는 원자현미경(AFM)의 활용은 반도체산업에서 그 중요성이 점점 커지고 있다. 반도체 이외에도 하드디스크, 플랫패널디스플레이, OLED 관련 공정 측정분야, 나노 계측 연구 분야 등에 활용할 수 있다.

이와 관련해 (주)파크시스템스가 반도체 공정에서 생기는 30~100nm 크기의 결함을 분석하기 위해 개발한 Auto Defect Review(자동결함분석) 전용 AFM은 탐침을 이용해 측정하는 AFM 기술을 더욱 확장시켰다. 이 기술을 적용한 NX-Wafer 장비는 반도체 및 미디어 제조 공정의 제조 수율 및 공정 개선을 위해 웨이퍼 단위의 시료에서 현재는 10nm 이하 결함의 형상 측정 및 특성 분석도 가능하게 해준다.

우수기술연구센터(ATC)사업 / 전기·전자
 기술명 : 반도체 공정에서 30~100nm 크기의 결함 특성 분석을 위한 2세대 Auto Defect Review 전용 AFM 개발
 연구개발기관 : (주)파크시스템스 / 031-546-6902 / www.parksystems.com
 참여연구진 : (주)파크시스템스, 조상준, 안병윤, 조아진 외



본 프로젝트를 통해 AFM 측정을 자동화하고 이전에 시간이 많이 소요되던 작업 흐름을 단순화해 속도를 높였다. 단순화한 작업 흐름 중에는 광학결함위치측정장비(AOI)로부터 결함 좌표를 가져온 후 AFM으로 결함을 측정하는 과정에서 사용자가 필요 없어 인라인에서 사용 가능한 기술로 개발됐다.

Defect No.	AOI		ADR-AFM		Defect Type
	Size in μm	Size in μm	Height/depth in nm		
1	0.018	0.076	11.75		Bump
2	0.018	0.074	16.32		Bump
3	0.022	0.038	6.25		Bump
4	0.028	0.091	2.39		Bump
5	0.029	6.909	-2.99		Pit
6	0.040	10.584	-8.47		Pit

표에 있는 AOI와 ADR-AFM으로 측정된 3차원 사진에서의 결함 크기를 직접 비교해 AOI의 측정 오류가 AFM과 비교해 얼마나 큰지 알 수 있다.

나노결함 측정 신시장 개척하다

현재 자동결함분석 기능을 탑재한 NX-Wafer는 산업용 자동화 AFM 시장에서 베스트셀러가 되고 있다. 지금까지 정확하게 분석되지 않는 결함에 대해 분석을 진행할 수 있는 새로운 시스템이므로 나노결함(Nano-defect) 측정이라는 신시장을 개척할 것으로 기대된다. 또한 포토 셀 등 중간 공정에서 발생하는 결함은 웨이퍼 재작업을 통해 교정할 수 있기 때문에 고가의 웨이퍼를 폐기하지 않고 문제를 해결할 수도 있으며 이는 제조단가 및 최종 제품 불량률 감소를 위한 핵심 기술로 자리 잡을 것으로 보인다.

특히 반도체 공정과 리소그래피 기술이 더욱 복잡해지고 미세해짐에 따라 결함 관리의 중요성은 계속 증가할 전망이다. 이와 맞물려 2018년에는 CIO Review의 '20 Most Promising Semiconductor Technology Solution Providers' 중 한국 회사로는 유일하게 선정된 바 있다. 이에 따라 파크시스템스의 NX-Wafer는 앞으로도 이 분야에서 넘버원 산업용 자동화 원자현미경이 될 것으로 기대되고 있다.

(주)세진아이지비의 감속기

제조용 로봇의 기어장치인 감속기 업그레이드하다

감속기는 모터에서 인가된 고속의 작은 회전력을 감속비만큼 저속의 큰 회전력으로 바꿔 장비에 전달하는 기어 장치로, 장비의 성능과 품질을 결정하는 핵심 부품이다. 이러한 감속기의 활용 분야는 제조용 로봇, 서비스 로봇, 인덱스시스템, 틸트시스템, 디지털 프린터, 고성능 안테나, 장갑차, 의료장비, 계측기기, 자동차, 선박, 항공기, 건설 기계, 리프팅 운송, 풍력용, 반도체 열처리·웨이퍼 제조·웨이퍼캐리어·박막 증착, 디스플레이 식각장비 등으로 매우 다양하다.

특히 제조용 로봇 세계 시장 규모는 연평균 13.9% 증가해 2027년 532억3000만 달러로 성장할 것으로 전망된다. 로봇에 사용되고 있는 감속기는 고정밀 경량박형화, 저가화 추세에 맞춰 사용 빈도가 크게 늘고 있다. 따라서 제조용 로봇의 핵심 부품으로 원가에서 큰 비중을 차지하는 감속기의 지속적인 매출 신장이 기대된다. 이외에도 자동화시장에서의 수요가 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

로봇산업핵심기술개발사업 / 기계·소재

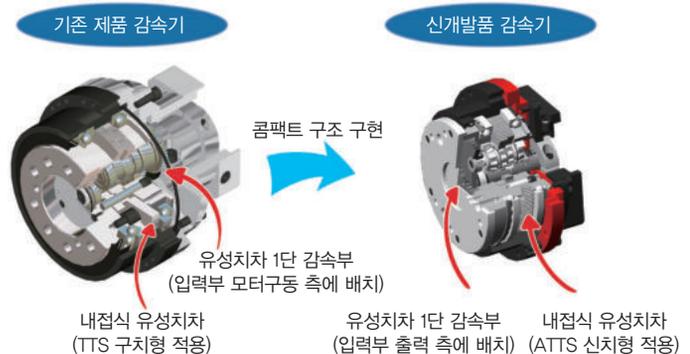
기술명 : 가반중량 1~30kg급 제조로봇에 적용하기 위한 감속기 시리즈의 경박단소 구조 및 원가절감 기술 개발

연구개발기관 : (주)세진아이지비 / 041-547-1825 / www.gear-box.com

참여연구진 : (주)세진아이지비 임선호, 전자부품연구원 이명성, 김주한 외



기존 제품과 동일한 출력토크를 가지면서도 고정밀 소형·박형 구조를 구현한 중공형 6종 및 중실형 6종의 감속기를 개발, 상용화했다.



고정밀 소형·박형의 구조를 구현하다

(주)세진아이지비는 본 프로젝트를 통해 소형·박형의 구조를 구현하고자 입력 감속단을 출력 측에 배치해 모터축을 감속기 안으로 삽입했다. 또한 고정밀·고토크 전달이 가능하도록 내부 구조를 설계하고, 감속기 내부 구동부품을 등방다중지지구조로 구성함으로써 내구성을 향상시켰다. 수정 사이클로이드 치형 사용으로 출력을 키우고 치간 물림률을 개선했다. 더불어 브로칭 공정을 도입함으로써 원가 절감과 가공시간 단축을 통한 가격 경쟁력을 확보했다.

개발감속기는 세진아이지비의 기존 제품 대비 동일한 강성과 용량에서 크기를 30% 축소시킨 컴팩트한 설계를 구현했다. 정밀도를 나타내는 백래시와 로스트모션이 1분(arcmin) 이하의 고정밀이며, 출력효율 80% 이상을 만족한다. 감속기의 정격 출력토크는 장비의 운용지표로 사용되는데 개발품은 50~2000Nm의 토크를 6단계로 구분해 다양한 용량의 장비에 적용할 수 있도록 했다.

(주)테라하임의 위생수도관 생물막 형성 억제 기능의 수도관

(주)테라하임이 항균성이 우수하면서 안전한 소재를 사용한 수도관을 개발했다. 이 수도관에 적용된 소재는 은(Ag) 용출이 거의 없는 안정적인 소재로 생물막(Biofilm)의 형성을 방지한다.

본 프로젝트를 통해 상용화한 수도관은 표면 항균력을 필요로 하는 물 관련 제품에 활용된다. 대표적으로 수돗물 공급시설 관련 배관을 비롯해 주거용 건축물의 옥내 및 특수 배관(레지오넬라 확산 방지용)에 사용된다. 또한 항생물막 물탱크, 미생물 오염에 민감한 산업 분야(제약, 식품산업) 생산라인의 배관, 스마트 팜(Smart Farm), 비닐하우스, 동물사육시설의 물 공급 배관에도 적용할 수 있다.

나노융합산업핵심기술개발사업 / 화학
기술명 : 은나노 세라믹 컴포지트를 적용한 항생물막 플라스틱 및 강관 위생수도관 개발
연구개발기관 : (주)테라하임 / 070-7794-7401 / www.terraheim.co.kr
참여연구진 : (주)테라하임 이혜경, 유련, 신상호, 이주선 외



나노융합바이오 기술이 적용된 항균 소재에 대한 원천 기술을 보유하고 있다. 항균력이 뛰어나면서도 인체에 무해하고 물리화학적으로 안정적이다.

구분	TerraSAN®	기존 제품(Surface Coating)	기존 제품(Blending)
분산 모식도			
특징	무기복합체에 은나노 입자가 균일하게 분산된 상태로 고온 처리해 컴퍼지트 형태로 세라믹화되므로 은입자가 용출되지 않으며 강한 항균력을 보인다. 이 항균 복합체를 플라스틱에 섞어 특수가공하면 표면에도 강한 항균력이 고르게 나타남.	캐리어 역할을 하는 무기입자의 표면에 항균물질을 단순 코팅한 상태이므로 항균물질이 쉽게 표면에서 떨어져 나와 용출이 발생, 성능 저하와 유해성을 유발.	항균성을 가지는 입자들이 단순히 섞여 있는 상태이므로 불안정하고 쉽게 용출되는 문제가 있으며, 플라스틱 등에 섞어 가공할 때 입자들 간의 응집 발생으로 항균 성능을 발현하지 못함.



급·배수시설 노후화 지연 및 수질 위생 확보하다

현재 우리나라의 상수도 보급률은 98.9%로 세계 최고 수준이다. 하지만 환경부의 '2017년 상수도 통계'에 따르면 2017년 기준 국내 수도관 총길이 20만9034km 중 설치된 지 21년 이상 지난 노후 상수관은 32.4%, 내구연한 30년 이상의 노후 상수관 비율은 14%에 이른다. 이와 같은 상수도관의 노후화는 먹는 물의 수질(Water Quality)을 저하시키고, 정수처리된 물이 가정으로 공급되는 과정에서 다시 오염되는 악영향을 초래한다.

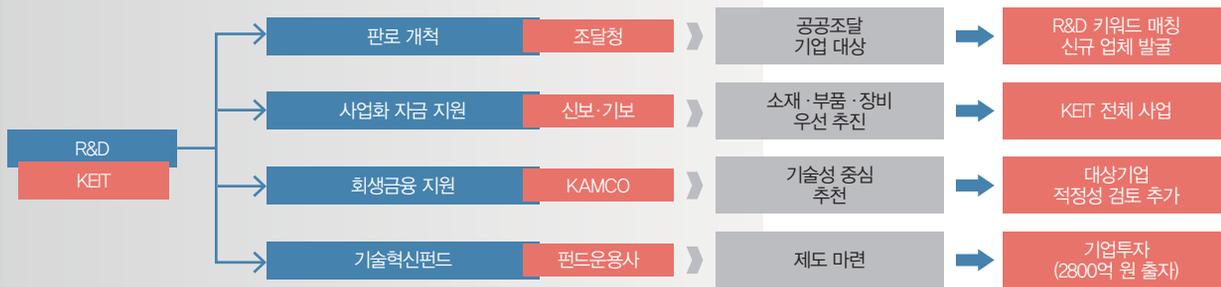
이에 테라하임은 본 프로젝트를 통해 급·배수시설의 노후화 지연 및 수질 위생을 원천적으로 확보하는 기술을 개발했다. 무기복합체에 은나노 입자를 균일하게 분산시킨 상태로 고온처리해 물리화학적 안정성과 강한 표면항균 성능을 보이는 소재를 적용한 수도관으로 국내 필요 인증과 조달물품 등록을 완료, 해외 7개국에 특허출원 및 등록했으며 호주 TAG와 유럽물사업자협회에서 물분야 5대 혁신기술로 지정돼 기술소개를 하는 등 해외 사업도 활발히 추진 중이다.

2020년 사업화 이어달리기(기술금융 지원)

한국산업기술평가관리원(KEIT)은 산업기술 R&D 최종 평가 이후 사업화 자금, 기업경영 지원, 판로 문제 해결 등 중소기업 사업화 성공을 위한 장애물을 넘을 수 있는 전방위적 사업화 지원 서비스를 구축·운영 중이다. 특히 사업화 자금 지원과 관련하여 기술보증기금 22개사 228억 원, 신용보증기금 15개사 231억 원으로 총 459억 원(2020년 10월 26일 기준)이 지원됐다.

산업기술 R&D 사업화를 위한 지원 프로그램

KEIT는 R&D 사업화 촉진을 위해 기업이 사업화에 성공할 수 있도록 관련 기관과의 협력 체계를 강화하고 있다. 산업기술 R&D 사업화를 위한 지원 프로그램은 조달청(혁신제품 판로 확보), 한국자산관리공사(경영정상화 자금 지원), 신용·기술보증기금(보증 우대), 한국성장금융(펀드 조성) 등으로 분류할 수 있다.



이 중 기술금융과 관련한 3가지 프로그램을 살펴본다.

사업화 자금	① 중소기업의 시설 및 운전자금 등 사업화 자금 지원 확대를 위한 신규 업무 협약 추진 ② 지원대상(종료 후 5년) 확대, IP보증 금융과 연계해 보증대상 분야 추가
회생금융	① KAMCO의 회생기업 체크리스트 검토 후 적합한 기업을 발굴해 추천 ② KAMCO가 추천기업 적정성 검토 사전 실시, 기술성 검토가 필요한 기업 선별·평가
기술혁신펀드	① R&D 제조기업의 기술 양산(TRL 6~8), 사업화 단계에서 투자 지원 ② 기업 규모에 따라 10억~30억 원의 R&D 이후 사업화를 위한 자금 보증 지원

사업화 자금 지원

사업화 자금 지원 프로그램은 R&D 이후 사업화를 위한 자금 보증 지원으로, 사업화 단계 자금이 필요한 기업은 기보, 신보의 보증을 받아 금융권, 펀드운용사에서 사업화 저리 대출, 펀드 지원이 가능하다. 일례로 보증기관의 일반 보증 비율이 85%에서 90~95%로 상향되며 일반 보증료율도 0.8~2.2%에서 0.3% 추가 할인받을 수 있다.

이를 위해 KEIT는 R&D 지원 기업이 개발 제품을 조기 상용화할 수 있도록 관계기관과 양해각서(MOU)를 추가 체결(기술보증기금, 2020.6.18)하고 기업 지원 확대를 추진하고 있다.



구분	세부 내용
과제정보	과제명·사업비·개발기간·최종평가 결과 등
기업정보	법인·사업자번호·기업명·업종 등
보증정보	사업화보증 지원 실적(보증일·보증금액 등)

이와 관련해 지원대상을 KEIT R&D 성공 과제(종료 후 5년)로 확대하고, IP보증 금융과 연계를 통해 보증 대상 분야를 추가한다. 더불어 R&D 최종 평가 결과 통보 시 종합의견서에 기보 및 신보 사업화 자금 보증 지원을 안내(평가부서 협조 요청)한다.

R&D 사업화 자금 지원 확대(안)

	2019년 지원내용	2020년 지원내용
지원기관	신용보증기금	기술보증기금, 신용보증기금
지원대상	소재·부품·장비	KEIT R&D 성공 과제(종료 후 5년)
지원분야	시설 및 운전자금	시설 및 운전자금 + IP보증*

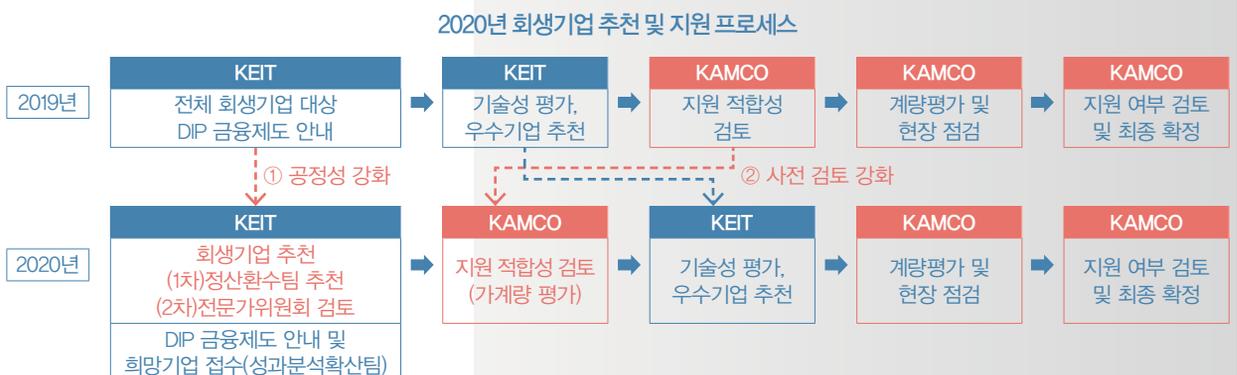
*성과활용조사를 통해 획득한 IP의 질적 평가를 통해 IP보증과 연계 체계 확립

특히 R&D 제조기업의 기술 양산(TRL 6~8), 사업화 단계에서 ‘기술혁신 전문펀드’ 투자를 지원(R&D 성공기업 등 투자풀 추천)한다. 전담은행이 ‘기술혁신 전문펀드’에 2800억 원 출자를 약정하고 성장금융 등 펀드운용사가 기업 규모(매출액, 시장 가치 등)에 따라 10억~30억 원의 R&D 이후 사업화를 위한 자금 보증을 지원한다. 기술혁신 전문펀드는 산업기술 자금을 RCMS 계좌에 예치하는 수익의 대가로 전담은행(BK기업, 신한)이 펀드에 출자하고 한국성장금융이 산업정책 기업군의 R&D 활동에 투자하게 된다.

기업 회생금융 지원

기업 회생금융 지원 프로그램은 일시적 유동성 위기로 회생절차에 있더라도 기술력 등 자체 역량을 보유한 기업의 경영정상화를 지원하는 활동을 지칭한다. 운영자금이나 회생절차 종결을 위한 DIP(Debtor In Possession) 금융자금 지원 기회를 제공(기업당 최대 20억 원 이내, 최장 5년)한다.

KEIT는 2019년 발생한 지원 가능 적합성 문제를 개선하기 위해 DIP 금융 지원 대상기업 추천 프로세스를 개선했다. 회생기업 선별 추천과 관련해 정산환수팀에서 회생기업을 추천하고, 전문가위원회를 통해 체크리스트 검토 후 적합한 기업을 발굴해 추천한다. 더불어 KAMCO에서 추천기업 대상 계량평가를 사전에 실시해 기술성 검토가 필요한 기업을 선별 평가한다.



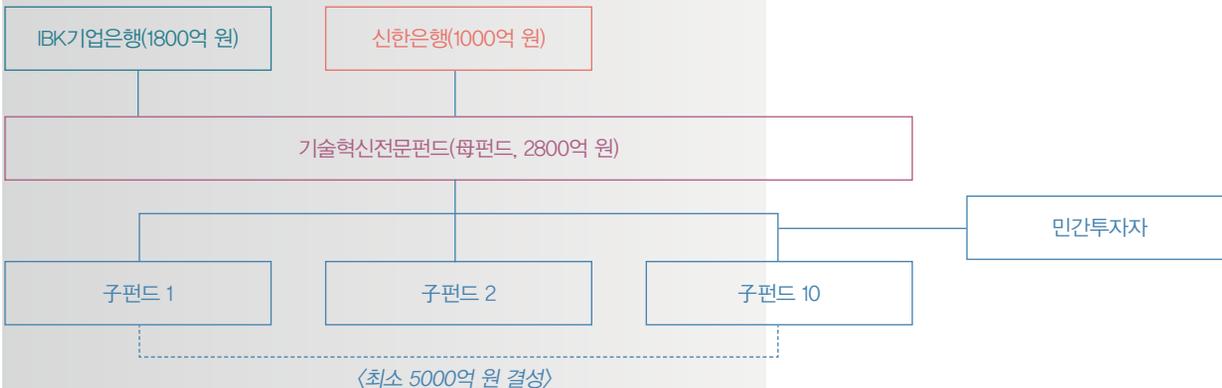


기술혁신 전문펀드

기술혁신 전문펀드는 2020년 추가된 프로그램으로 전담은행 제도를 활용해 중소·중견기업의 R&D 활동에 중점적으로 투자하는 기술혁신 전문펀드를 의미한다. 전담은행 제도는 산업 R&D 자금(정부출연금 4조 원+민간부담금 1조 원)을 특정 은행에 집중 예치해 자금관리의 효율성을 제고하는 제도를 지칭한다.

이와 관련해 지난 3월 서울 여의도 글래드호텔 프로젝트룸에서 성윤모 산업통상자원부 장관을 비롯해 윤종원 IBK기업은행장, 진옥동 신한은행장, 성기홍 한국성장금융투자운용 대표, 석영철 산업기술진흥원장, 임춘택 에너지기술평가원장, 한중석 산업기술평가관리원 본부장 등 전담은행 및 전담기관 관계자 10여 명이 참석한 가운데 산업기술 자금 전담은행으로 선정된 2개 은행, 산업부, R&D 전담기관 및 펀드운역사가 기술혁신 펀드 조성 및 운영을 통해 중소·중견기업을 지원하기 위한 기술혁신 전문펀드 조성 운영 협약식이 열렸다.

기술혁신 전문펀드의 운용 방식



한편, 기술혁신 전문펀드는 R&D 전담은행의 기본출자를 활용해 모(母)펀드를 조성하고, 이에 외부 투자(LP)를 더해 수개의 산업기술혁신 자(子)펀드를 결성한다. 총조성액은 전담은행을 출자자로 해 2800억 원의 모펀드를 조성(3년간)하고, 외부 투자를 더해 수개의 자펀드로 총 5000억 원을 결성한다. 모펀드의 운용기간은 총 12년 내외로, 자펀드를 3년에 걸쳐 단계적으로 결성하고, 자펀드별로 8년 내외로 운용 후 1년간 청산한다.

연도별 펀드 조성 계획

(단위 : 억 원)

구분	2020년(1차연도)	2021년(2차연도)	2022년(3차연도)	합계
모펀드(전담은행)	900	900	1000	2800
민간자금 매칭	700	700	800	2200
최소 결성금액	1600	1600	1800	5000

이러한 기술혁신 전문펀드는 세 가지 점에서 큰 의미를 가지고 있다.

우선 그동안 정부의 R&D 지원이 정부·공공기관 주도로 혁신기업을 선정하고 출연하는 방식으로 지원했으나, 이번 펀드는 시장이 혁신기업을 발굴하고 투자 방식으로 R&D를 지원한다는 점에서 의미가 있다.

다음으로 기존 정책펀드와의 차이점은 그간의 기업 투자펀드가 대부분 기업의 사업화 활동 또는 투자금의 사용처를 특정하지 않는 기업 활동 전반에 사용되도록 한 반면, 이번 펀드는 최초로 기업의 '기술혁신(R&D) 활동'에 중점적으로 투자되도록 운용될 예정이다.

마지막으로 출자 자원 측면에서는 기존 정부 주도의 펀드와 다르게 정부의 재정 투입 없이 시중은행 투자를 기본으로 순수 민간 재원으로만 조성된다. 향후 정부가 동반출자하거나 펀드가 안정적으로 투자 회수될 경우 기술혁신펀드가 대규모로 확대될 가능성이 있다.

펀드의 중점 투자 분야는 미래차, 시스템반도체, 이차전지 등 제조업 분야를 대상으로 하되 인공지능(AI), 5G, 빅데이터 등 제조업 연관 미래 산업 분야에도 투자가 이루어질 예정이다. 특히 투자 분야를 운용사가 자율적으로 결정해 나갈 것으로 보다 사업성이 좋고 시장성이 높은 전략 분야에 투자가 확대될 것으로 기대된다.

이와 관련해 성장관은 "4차 산업혁명 등으로 기술혁신이 급속도로 빨라지는 상황에서 정부의 직접적인 R&D 지원 외에도 시장 메커니즘을 활용해 기업의 다양한 기술혁신 활동을 효과적으로 지원할 것으로 기대된다"면서 "이번 기술혁신펀드를 통해 시장의 R&D 투자와 정부 R&D 지원사업의 투자 대상 및 성과 등을 비교해 추후 정부 R&D 지원 방식을 보다 효과적으로 개선해 나갈 수 있도록 하겠다"고 밝혔다.



틈새 없는 반도체 장비 시장에 틈새 시장을 구축하다

반도체 제조용 장비 제조 전문기업(Wafer to Wafer Bonder) 코스텍시스템(주)

기업의 연구개발(R&D)은 기본적으로 사업화를 통한 이익 창출에 초점을 맞추고 있다. 그러나 R&D는 사회적 가치를 실현해 인류가 좀 더 나은 삶을 살 수 있고, 국가의 위상을 드높이는데 주안점을 둔다. R&D 우수기업의 면면을 살펴보면 하나의 공통적인 특징이 있다. 바로 기술보국(技術保國)과 기술보인(技術保人)의 사상이다. 이런 점에서 세계 최고의 반도체 기술력을 갖춘 우리나라의 위상을 더욱 확고히 하는 한편 소재·부품·장비 분야의 국산화를 위한 정부와 산학연의 노력에 코스텍시스템(주)의 창의적인 생각과 열정 그리고 차별화된 기술력이 큰 도움이 되고 있다.



설립 7개월 만에 국내 최초 수식어 달고 기술보국 이끌어

2000년 4월 설립된 코스텍시스템은 회사 설립 7개월 만인 2000년 11월 국내 최초로 반도체 전 공정 장비에 소요되는 반도체 웨이퍼 이송 장치인 배류엄 클러스터 툴(Vacuum Cluster Tool)을 국산화하는 데 성공해 주목받기 시작했다. 이후 지속적인 기술 개발 노력으로 새로운 성장 분야인 웨이퍼 본딩 시스템(Wafer Bonding System)으로 사업 영역을 확대해 가고 있는 코스텍시스템은 반도체 웨이퍼 이송 장치 및 디스플레이 글라스 진공 이송 장치, 반도체 TSV, 팬아웃 패키징 분야 웨이퍼 본더·디본더, 마이크로 LED 분야 웨이퍼 본더, 대량 전자 및 대량 칩본딩 장치를 자체 기술로 개발·제조·공급함으로써 우리나라 국가경제의 커다란 핵심축인 반도체와 디스플레이 산업 분야에 큰 기여를 하고 있다.

이처럼 코스텍시스템이 반도체 및 디스플레이 제조용 기계 제조에 있어 차별화된 기술력을 갖추게 된 것은 배준호 대표이사의 남다른 데 있다고 해도 과언이 아니다. 배 대표는 디아이, 선익시스템, 주성엔지니어링 등 국내의 유명한 반도체 및 디스플레이 제조 장비 업체를 두루 거쳤으며, 이 과정에서 도저히 틈조차 보이지 않을 것으로 여겨지는 반도체 장비 시장에서 국산화할 부품과

장비가 많다는 판단에 따라 틈새 시장을 공략, 국산화가 가능한 것에 대한 정보와 기술을 차곡차곡 축적해 지금의 코스텍시스템을 명실상부한 반도체 제조용 장비 제조 전문기업으로 성장시켰다.

사업 다변화와 글로벌 경영 확대로 세계 최고의 가치 있는 기업을 향해 나아가는 코스텍시스템은 현재 신개념 반도체인 TSV-3D IC, 팬아웃(Fan-out) 패키지, 마이크로 LED(Micro LED) 디스플레이, 스마트폰 카메라용 CIS 제조 등에서 핵심적인 웨이퍼 투 웨이퍼(Wafer to Wafer) 본딩 공정을 수행하는 장비를 최대의 성능과 효율을 낼 수 있도록 신기술을 적용해 생산·공급하고 있다.

수입 의존 패키징 장비 국산화, 반도체 강국 위상 높여

2017년부터 3년 동안 진행되고 있는 ‘팬아웃 패키징용 본딩·디본딩 소재 및 장비 개발’에 참여하고 있는 코스텍시스템은 이번 과제를 통해 2000년 11월 국내 최초로 배큐엄 클러스터 툴을 국산화한 이후 다시 한번 새로운 업적을 남기는 기술 개발에 성공해 화제를 불러 모으고 있다.

팬아웃 패키징은 패키지 기판 사용 없이 반도체칩 바깥으로 배선을 하기 위해 완성된 반도체칩을 원형 또는 네모 형태로 임시 기판에 재배치하고 그 위에 에폭시 몰딩을 하면 몰드 웨이퍼의 휨(Warpage)이 발생해 아래쪽에 오픈된 반도체칩 위에 재배선 및 범핑(Bumping) 공정을 하기가 어렵다. 이에 따라 몰드 웨이퍼를 평탄화하기 위해 지지대 역할을 하는 캐리어 웨이퍼(Carrier Wafer)를 임시적으로 본딩하고 디본딩하는 기술이 필요하게 됐다.

이와 관련해 코스텍시스템 김용섭 전무는 “애플이 세계 최초로 스마트폰인 아이폰에 팬아웃 구조의 반도체 패키지 부품을 50%가량 적용하면서 국내 스마트폰 제조사도 팬아웃 구조의 반도체 패키지 부품을 스마트폰에 적용하기 시작했고, 팬아웃 패키징 장비의 수요 역시 급증했다”면서 “당사는 2017년부터 3년 동안 정부 R&D 자금과 자체 자금을 투자해 반도체 팬아웃 패키징용 웨이퍼 본딩·디본딩의 국산화에 나섰고, 국내의 OSAT(Outsourced Semiconductor Assembly &

Test, 후공정) 업체인 네퍼스의 적극적인 협력으로 양산 성능 테스트를 통과한 뒤 본격적인 양산에 나서고 있다”고 밝혔다.

더불어 “당사가 2011년부터 개발한 웨이퍼 본딩·디본딩 장비 기술은 임시 접착제가 핵심이었다. 하지만 이번에 개발해 양산하고 있는 제품은 필름 접착제”라며 “이 필름 접착제는 몰드 웨이퍼의 뒷면에 캐리어 웨이퍼를 임시 본딩한 후 노출된 칩에 배선 공정과 범핑 공정을 할 때 260도의 온도(내열성)와 강산(내화학성)에 견딜 수 있어 적용된 기술의 의미가 더 크다 할 수 있다”고 덧붙였다.

또한 김 전무는 “기술 개발 과정에서 5건의 특허 아이디어를 발명해 제품에 적용했다”며 “본딩 챔버 안에서 두 웨이퍼가 일치하도록





반도체, 마이크로 LED 등 핵심 기술 제조 뒷받침 특특

코스텍시스템의 기술력은 반도체 공정뿐만 아니라 마이크로 LED 디스플레이 제조 공정에서도 빛을 발한다. 크기가 10~100 μ m 수준의 마이크로 LED 칩 하나하나를 Pick & Place 방식으로 제조하는 데는 기술적 측면과 생산원가 측면에서 어려움이 있다. 사파이어 기판 위의 RGB 마이크로 LED 칩을 한꺼번에 전사하기 위해서는 P가 도포된 다른 기판 위에 임시 전사를 해야 하는데, 코스텍시스템의 웨이퍼 본딩 기술이 이 과정에 적용되고 있으며, 그 용도로 국내 대기업에 웨이퍼 본딩 장비를 판매하고 있다.

또한 코스텍시스템의 보유 기술인 웨이퍼 투 웨이퍼 초정밀 얼라인 및 본딩 기술을 활용해 마이크로 LED 디스플레이 패널(모듈)의 최종 제작단계인 기판(인터포저)에 임시 접착된 RGB Array 마이크로 칩을 한꺼번에 구동 칩이 있는 TFT 기판 위에 접합할 수 있는 상용화 기술 개발이 한창이다. 그러므로 코스텍시스템의 본딩 기술을 사용하면 마이크로 LED 제조 공정에서 가장 어렵고 비용이 많이 드는 칩 전사 공정이 용이해질 뿐만 아니라 한 번에 수십만 개의 마이크로 LED 칩을 동시에 전사할 수 있어 제조비용을 대폭 줄일 수 있다.

그러나 무엇보다도 이번 기술 개발 성공의 가장 큰 성과는 바로 장비의 국산화. 이와 관련해 김 전무는 “국내 반도체 제조사 3D IC와 인터포저(interposer, 서킷보드와 칩 사이에 들어가는 기능성 패키지 기판) 제조라인에 사용 중인 웨이퍼 임시 본딩·디본딩 장비는 100% 외산 장비를 사용하고 있는데, 독일과

정렬하는 기술, 본딩 시 웨이퍼에 가하는 압력을 고르게 분포시키는 기술, 웨이퍼 두께를 균일하게 유지하는 기술, 필름을 웨이퍼에 붙일 때 기포 등 빈 공간이 생기지 않도록 하는 기술 등 핵심 기술을 자체 기술력으로 개발해 적용했다. 이외에 몰드 웨이퍼의 노출된 칩에 배선 및 범프를 형성한 후 캐리어 웨이퍼를 디본딩하는 방법으로 레이저 디본딩 방식을 개발해 적용함으로써 디본딩 및 잔존 임시 접착제 중간박리(Delamination) 후 잔여물이 남아 있지 않게 됐다”고 설명했다.

한편 코스텍시스템이 개발한 장비는 웨이퍼 레벨 패키징(Wafer Level Packaging : WLP)뿐만 아니라 몰드 웨이퍼가 네모 모양인 패널 레벨 패키징(Panel Level Packaging : PLP)도 가능한 검용 장비라는 점도 눈길을 끈다.

패널 레벨 패키지는 칩과 기기를 잇는 선을 패널에 직접 심는 패키징 공정으로, 칩을 자르기 전인 웨이퍼 상태에서 재배선 등을 일괄적으로 해 작고 얇은 반도체를 효율적으로 생산하는 웨이퍼 레벨 패키지 공정보다도 어려운 기술로 평가받고 있다.

이에 대해 김 전무는 “WLP 공정은 가로세로 300mm에서 원형 부분에만 칩이 있고 가장자리 부분엔 칩이 없어 PLP 공정이 WLP 공정 대비 약 20% 칩을 많이 생산한다는 장점이 있지만, PLP 공정에서의 단점은 칩 몰드 사각기판의 휨 개선을 캐리어 웨이퍼 임시 본딩 방식으로 하지 않아 WLP 공정 대비 생산수율이 떨어진다는 것이다. 그러므로 제조 공정 안정화가 필요하다”면서 “PLP 공정에서도 지지대 역할을 하는 기판을 임시 본딩 후 재배선, 범프 공정을 하는 등의 개선이 뒤따라야 한다”고 말했다.

일본 그리고 오스트리아 기업이 시장을 장악하고 있다”면서 “외산 장비의 경우 공급가액이 무려 70억~100억 원으로 매우 고가이며, 기술 지원에 오랜 시간이 소요된다. 반면 당시의 장비는 외산 장비에 비해 약 30% 저렴하고 성능에 있어 큰 차이가 없으며, 기술 지원도 빠르다는 장점이 있어 향후 수입대체 효과를 톡톡히 볼 것으로 기대된다”고 밝혔다.

끝으로 앞으로의 계획과 목표에 대해 김 전무는 “마이크로 LED RGB Array를 디스플레이 패널용 구동회로 기판 위에 초정밀 얼라인 및 본딩할 수 있는 양산 장비를 개발해 마이크로 LED 디스플레이산업 제조 기술의 표준을 만들어 볼 계획이다. 또한 글루(Glue) 접착제를 사용한 3D IC TSV(Through Silicon Via) 패키징용 웨이퍼 임시 본딩·디본더를 개발해 국내 대기업으로부터 양산성과 신뢰성 검증을 받아볼 예정이며, 웨이퍼 얼라이닝(Aligning) 기술을 고도화하는 등 웨이퍼 퓨전 다이렉트 본딩(Fusion Direct Bonder), 메탈 디퓨전 본더(Metal Diffusion Bonder), 범프리스 유텍틱 다이렉트 본더(Bumpless Eutectic Direct Bonder), CIS용 및 3D NAND용 하이브리드(전극 및 인슐레이터) 다이렉트 본더 등도 개발할 계획이다. 그리고 현재 보유 중인 웨이퍼 평가용 설비를 활용해 2인치에서 12인치 웨이퍼까지 연구기관, 대학, 고객사 및 임시 접착제 소재 업체의 공정 개발에 필요한 테스트베드 역할도 수행해 나갈 것이며, 차별화된 기술로 최고의 가치를 창조하는 세계적으로 경쟁력 있는 회사로 성장해 나갈 것”이라고 말했다.

INTERVIEW

김용섭 코스텍시스템(주) 전무



고객·기업·구성원 모두 함께 성장하는 최고의 가치를 창조하라

-중요도 높은 장비의 국산화 통해 사회적 가치 실현

-투명성·공정성·철저한 법 집행 필요, 소부장 육성 사업 효과 나타나

Q 코스텍시스템의 R&D 전략과 역량은 무엇인가?

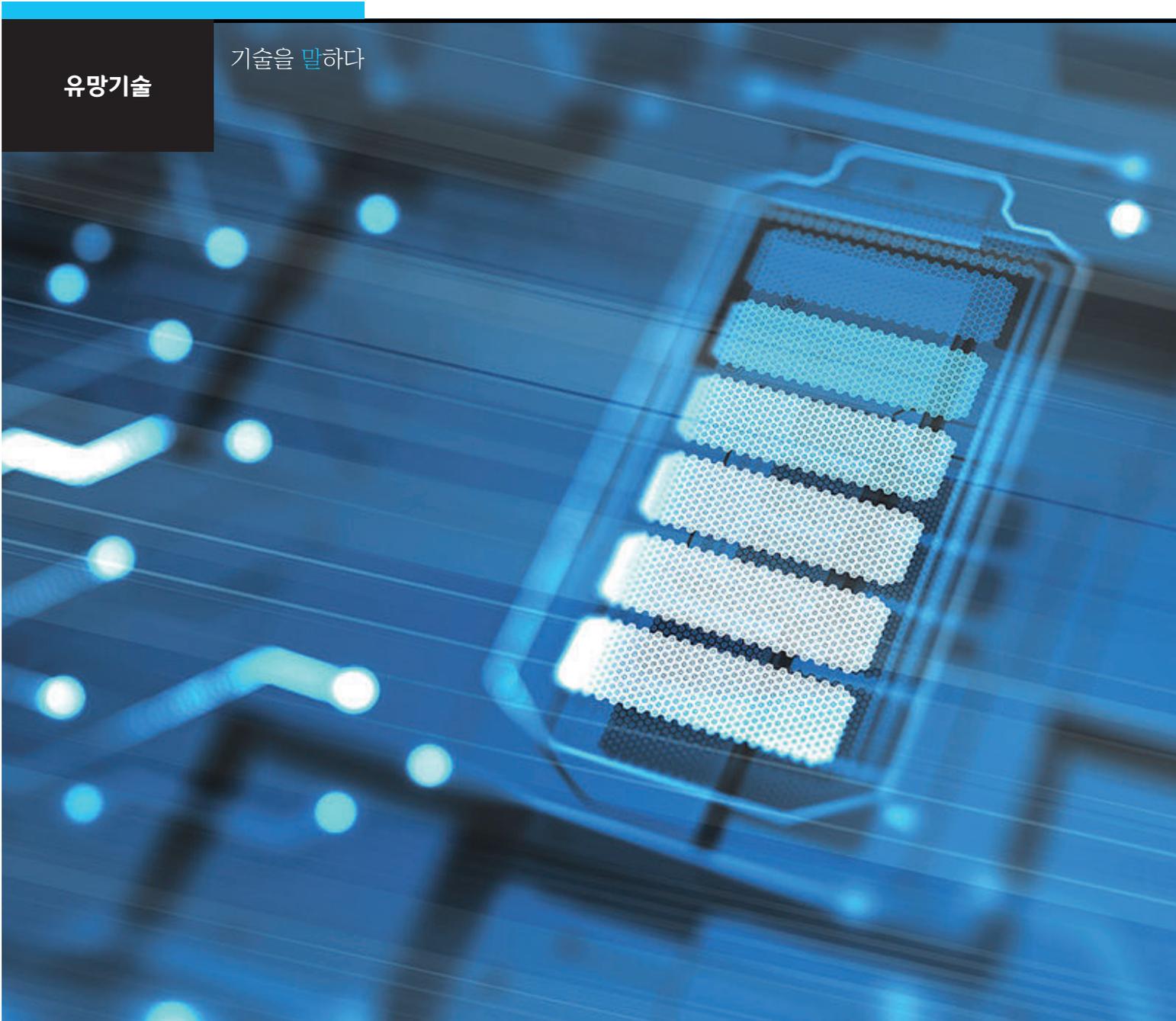
A 코스텍시스템은 전 직원의 50%가 연구개발 인력이다. 그리고 그 저변에는 고객이 진정으로 필요로 하는 기술이 무엇인지 고민하고, 최상의 제품을 제공하기 위해 밤낮 없는 연구개발에 매진하며, 이를 통해 고객과 회사, 사원이 함께 성장하는 최고의 가치를 창조하는 기업이 되겠다는 다짐이 담겨 있다. 아울러 R&D 전략은 대표이사의 설립 취지에서도 나타나듯이 외산 장비의 국산화를 위해 공급사가 없는 경우에는 직접 아이টে임을 정해 개발에 나서고, 공급사가 있는 경우에는 테스트베드로서의 역할을 통해 장비 국산화에 일조한다는 것이다. 그리고 이를 위해 고객사의 선행 기술 및 선행 공정에 대한 요구 사항을 면밀히 검토 분석하고 기초 공정 테스트 및 선행 기술 개발, 개발 성공 가능성과 사업 타당성, 시장성 검토 분석, 정부 지원 R&D 참여를 통한 알파 버전 장비 개발, 요소 기술 및 핵심 기술의 특허 출원 등의 과정을 지속적으로 추진, 진행하고 있다.

Q 코스텍시스템의 기술이 사회적 가치 형성에 어떠한 기여를 하고 있다고 생각하는가?

A 100% 수입에 의존하고 있던 웨이퍼 투 웨이퍼 본딩 기술을 개발함으로써 국내 기업 및 엔지니어의 관련 특허를 확보하게 됐고, 양산 장비 기술 개발에 성공함으로써 수입대체 효과와 수출을 기대할 수 있게 됨과 동시에 본격적인 생산, 판매에 따른 고용 증대 효과도 거둘 수 있을 것으로 전망된다. 그러나 무엇보다도 가장 큰 사회적 가치는 반도체 공정에서 중요도가 높은 장비의 국산화를 이뤄냈다는 점이라 할 수 있다.

Q 국내 중소기업의 발전을 위한 전략과 대책은 무엇인가?

A 대기업 또는 원사업자의 하도급 투명성과 공정한 거래가 필요하다. 이는 수급 사업자의 기술 탈취를 막아야 전체 산업 생태계가 건전하게 발전할 수 있고, 중소기업이 강해야 국가 전체 산업의 품질 수준과 기술력이 높아질 수 있기 때문이다. 이를 위해 정부 정책 및 입법 강화, 철저한 법 적용이 필요하다. 아울러 수요기업에게 매입 조달하는 소재·부품·장비의 국산화를 공급업체에게 개발을 유도하거나 도움을 줘 국산화를 도모함과 동시에 그 수요기업에는 세제 혜택을, 담당자와 연구인력에게는 인센티브를 주는 제도가 마련돼야 한다. 또한 지금 정부가 적극적으로 추진하고 있는 소부장의 국산화가 더 적극적으로 추진돼야 한다. 그리고 이는 일본의 수출규제에 따른 국산화보다는 관련 분야 우리 기업의 자체 경쟁력 향상과 국가경제의 건전한 발전이라는 대의에 비춰 더욱 확대돼야 한다.



리튬이차전지용 파우치

정보기술(IT), 모바일을 비롯해 급격하게 성장 중인 전기자동차(EV), 에너지저장장치(ESS) 산업의 핵심 기술인 리튬이차전지.

리튬이차전지는 한중일 3국 간 경쟁구도 속에서 미래의 생존을 건 치열한 경쟁이 펼쳐지고 있으며, 국가전략 차원에서 기술 경쟁력 확보를 위한 노력을 진행하고 있는 분야다.

이를 위해 리튬이차전지에 사용되는 소재의 제조 및 생산 기술에 대한 필요성과 중요성이 대두되고 있으며, 리튬이차전지용 4대 핵심 소재(양극재, 음극재, 분리막, 전해액)는 물론 포장용 소재(파우치)에 있어서도 핵심 기술 확보를 위한 경쟁이 치열하게 전개되고 있는 상황이다.

개발이 필요한 이유

이차전지 파우치는 이차전지를 보호하는 최종 포장재로 DNP 등 일본기업이 세계 시장을 선점하고 있다. 국내 기업은 수년간 개발을 시도해 랩사이즈(Lab Size) 수준의 생산은 다소간 성과를 거두고 있으나 양산 단계에서 안정적 품질 구현과 국내 이차전지 제조업체 적용에는 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 이차전지 파우치의 핵심 품질 특성은 크게 4가지로 분류할 수 있다. 첫째는 성형성으로, 성형 시 금속층에 균열 없이 충분한 가공깊이



며, 한중 자유무역협정(FTA) 체결에 따라 양국 간 활발한 수출입이 예상되는 이차전지 부품 시장에서 한국이 기술적 우위를 갖기 위해 반드시 필요한 부품 소재 기술이다. 또한 전력 저장 및 전기차 시장이 커짐에 따라 파우치 형태의 리튬이차전지 시장 규모도 급격한 증가가 예상되며, 리튬이차전지 보호 기능이 있는 AL 파우치 외장재 시장도 덩달아 확대될 것으로 보인다.

리튬이차전지 4대 핵심 소재의 경우 국내 소재업체의 활발한 연구로 국산화율이 매우 높아졌으나 AL 파우치와 같은 부품은 전량 일본 업체(쇼와덴코, DNP)로부터 수입해 사용하고 있다(DNP는 LG화학과 SK이노베이션 등 국내 전지업체에 소형 모바일 IT 기용, 자동차 및 ESS 폴리머전지용 AL 파우치를 납품하고 있음). 국내에서도 AL 파우치의 국산화를 위해 올초화학 및 비티엘첨단소재 등이 있으나 정부 및 수요기업의 관심 부족과 중소기업의 투자 한계로 기술 수준 및 시장 점유율은 일본 기업에 뒤져 있는 상황이다.

리튬이차전지 기술 개발 과제의 경우 4대 핵심 소재 개발에 집중돼 있을 뿐 AL 파우치와 같은 부품 개발 분야에는 투자가 부진한 상황이다. 이처럼 리튬이차전지용 AL 파우치는 일본 의존도가 매우 높은 부품이라 요즘 일본의 대외 수출 규제가 심한 상황에서 국내 리튬이차전지 제조업체에 큰 혼란을 야기할 것으로 예상돼 관련 분야의 기술 개발 및 국산화가 시급한 실정이다. 특히 전기차용 파우치는 일본이 전 세계 시장을 100% 독점한 상태여서 향후 수요 급증에 따른 대비가 절실한 상황이다(2019년 7000만 m²→2022년 2억 3000만 m², 수요기업 예측).

(Forming Depth)가 구현돼야 하며 이에 따라 전지의 에너지 밀도가 결정된다. 둘째는 실링(Sealing)성으로 이차전지의 생산성을 결정하고 안정성을 확보한다. 셋째는 절연저항으로 투습·투기 방지를 위한 AL을 전기전도로부터 보호한다. 마지막은 내전해성으로 내부 전해질로부터 AL을 보호한다.

리튬이차전지 파우치는 모바일 IT용 소형 이차전지뿐만 아니라 ESS, 전기차와 같은 중대형 이차전지의 핵심 부품 소재로 최근 일본의 대외 수출 규제가 대두되고 있는 상황이

리튬이차전지, 국내외 기술과 시장 현황

리튬이차전지의 세계 시장 점유율을 보면 소형 전지를 기준으로 국내 리튬이차전지 제조업체인 삼성SDI와 LG화학이 세계 1, 2위를 차지하고 있으며 기술력 및 경쟁력에 있어서도 최고 수준을 유지하고 있다. 소형 리튬이차전지 시장의 경우 과거 몇 년간 스마트폰, 태블릿PC 등 스마트 기기 시장의 지속적인 성장으로 괄목할 만한 성과를 보이고 있다. IT·모바일 시장의 성장은 관련 생산 및 제조라인이 밀집한 중국 시장의 성장과 함께 중국의 리튬이차전지 시장을 견인한다. 하지만 최근 들어 IT·모바일 시장의 성장 둔화와 함께 소형 전지 업체의 난립으로 관련 리튬이차전지 시장은 어려움을 겪고 있으며 한국 전지 메이커의 경우도 치열한 가격 경쟁으로 소형 전지 시장에서 선두 유지에 어려움을 겪고 있다.

중대형 리튬이차전지 시장은 전기차(xEV)용과 ESS용 시장으로 나뉜다. 리튬이차전지의 적용 분야가 과거 IT, 모바일산업 분야에 치우쳐 있던 것과는 달리 최근에는 전기차, 에너지저장시스템 등 다양한 산업 분야에 걸쳐 확대되고 있는 추세다. 특히 중국의 경우 정부의 강력한 지원을 토대로 전기차 시장의 급성장에 따른 리튬이차전지 시장의 부상을 견인하고 있다. 전기차용 리튬이차전지 시장은 최근 세계 탄소 규제 정책과 자동차 배기가스 규제로 급성장한 전기차 시장과 더불어 크게 부각되고 있는 추세다. 세계 각국의 전기차 지원 정책과 함께 최근 가파른 성장세를 보이고 있다. 특히 중국 내 전기차용 리튬이차전지 업체의 성장은 한국 업체의 입지를 크게 위협하고 있는 상황이다.

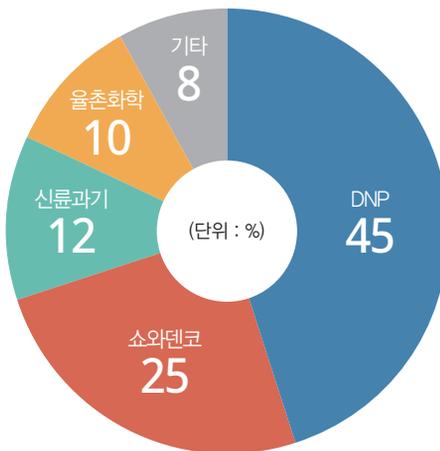
리튬이차전지 시장은 향후 소형(IT·모바일 용) 전지 시장의 치열한 경쟁이 예상되며, 중대형(전기차·ESS) 전지 시장은 점차 커질 것으로 전망된다. 전기차 보급 확대가 예상되는 시점에서 전기차에 사용되는 중대형 리튬이차전지는 기존 소형 리튬이차전지와 달리 대형화, 저가화, 고신뢰성, 안정성 등이 크게 요구된다. 한편, 중대형 리튬이차전지 시장의 다른 한 축으로 ESS용 리튬이차전지가 부상할 것으로 예상된다. 국내 주요 리튬이차전지 업체인 LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션, (주)코캠 등이 에너지저장산업에 참여함으로써 ESS 시장의 경우 국내 업체가 미국, 유럽 등에 설치가 가능한 기술을 보유 중이며, 현재 관련 시장 선두주자로 자리매김하고 있다. 하지만 리튬이차전지 제조 기술에 있어서는 최고 수준의 기술력을 자랑하고 있으나 원천 기술 및 부품소재 기술의 경우 상대적으로 일본에 열세다.

리튬이차전지 파우치 소재, 국내외 기술과 시장 현황

리튬이차전지 파우치는 전체 전지 가격의 11.5%를 차지하는데 매년 16%의 높은 성장률을 나타내면서 2015년 전 세계 7000억 원의 시장을 형성하고 있다. 이차전지 파우치의 산업적 응용 분야는 이차전지를 중심으로 주요 응용 분야인 휴대전화, 태블릿, 노트북, 전동기기, 전기자전거 및 스쿠터 외에도 장수명, 고출력 특성이 요구되는 전기차 및 전기 에너지저장장치로 확대되고 있다. 이를 위해서는 경쟁 기술 대비 수명 특성과 고출력 특성에 대한 기술적 우위 및 대형 전지 성능 검증, 가격경쟁력 확보가 선행되어야 하며, 이를 위한 기술적 선결 조건으로는 고성능, 고신뢰성 배터리 파우치 소재의 확보가 필수불가결하다.

이차전지 파우치는 리튬이차전지의 전기화학적 안정성 및 내구성에 대한 높은 기여도로 인해 저가의 다층막 소재라는 업계의 일반적 인식에서 벗어나 고용량 리튬이차전지 개발을 위한 핵심 소재로 재인식되고 있다.

리튬이차전지 파우치 시장은 일본 기업이 80%가량을 점유하고 있으며, 국내에는 (주)울촌화학(점유율 5%)이 대표 기업이다. 하지만 울촌화학의 경우 국내 리튬이차전지 주요 업체인 LG화학, 삼성SDI의 높은 수준의 품질 요구로 인해 중국 내 소규모 시장을 중심으로 마케팅을 하고 있다. 한편, 최근 중국 업체인 신륵과기가 일본의 T&T를 인수합병했고 자강산업 등 중국 내 업체가 소형 전지의 중저가 시장을 중심으로 진입을 시도하며 빠른 속도로 기술 수준을 높이고 있다.



〈그림 1〉 중국 이차전지 파우치 시장 점유율
출처 : FSPG하이테크

현재 국내 리튬폴리머전지 제조사(LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션, 코캠)는 전량 DNP의 배터리 파우치를 채택하고 있다. 배터리 파우치 시장은 일본 DNP와 소와덴코가 전체 수요의 80%를 공급하는 독과점 체제인 상황이며, 2019년 일본과의 무역분쟁 사건을 계기로 국내 완성전지 업체의 경우 배터리 파우치 제조사의 다변화 요구가 크다(표 1).

이러한 리튬이차전지 소재에 대한 주요 개발 트렌드는 가격경쟁력 확보를 기반으로 경량화, 고용량화, 안전성 향상의 방향으로 전개되고 있으며, 이를 구현하기 위한 다양한 시도가 진행되고 있다. IT·모바일 기기의 경박 단소화 추세, 전기차 및 ESS의 전기에너지 저장 및 사용 증가로 리튬이차전지 시스템 안전 설계 기술 확보가 더욱 중요해지고 있다. 하지만 일반적으로 에너지 밀도와 안전성은 반비례 관계에 있으며, 에너지 밀도가 높은 것은 상대적으로 안전성이 취약해질 수 있다. 고에너지를 저장해야 하는 박막 및 중대형 리튬이온전지의 경우 안전성은 매우 중요한 고려 사항이다. 따라서 에너지 밀도와 안전성의 조화가 박막 및 중대형 리튬이차전지의 개발 포인트다.

소형 리튬이차전지 시장의 경우도 파우치 타입 리튬이차전지가 기존 캔 타입 시장을 빠른 속도로 잠식해가고 있는 추세다. 또한 스마트 워치 및 웨어러블 스마트 기기 시장의 전개

배터리 봉지재 제조사	완성전지 업체									
	Pana	Sony	AESC	NEC	LG 화학	삼성 SDI	SKI	코캠	B&K	ATL
DNP	100		100		100	100	100	100	90	20
소와덴코		100		100					10	80
합계	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

〈표 1〉 이차전지 파우치 제조사별 완성전지 업체 공급 현황 백분율
출처 : Institute of Information Technology(2015)

에 따라 보다 얇은 파우치 소재에 대한 요구가 증대되고 있다. 소형 리튬이차전지 파우치의 경우 소재 메이커들은 두께가 기존 113 μ m급보다 얇은 88 μ m급 박형 파우치 상품을 출시하고 있다.

이차전지 파우치 필요 기술

리튬이차전지 소재에 대한 주요 개발 트렌드는 가격경쟁력 확보를 기반으로 경량화, 고용량화, 안전성 향상의 방향으로 전개되고 있으며, 이를 구현하기 위한 다양한 시도가 현재 국내 업체에서 진행되고 있다.

리튬이차전지 포장재는 소재 특성에 따라 캔 타입과 파우치 타입으로 나눌 수 있다. 캔 타입의 경우 그 모양에 따라 원통형과 각형으로 구분될 수 있으며, 대량생산의 이점이 있으나 셀 포장 시 작업성이 어렵고 포장 후 전지의 무게가 무거우며, 전지의 과부하 등에 따른 안정성을 확보하기 어렵다. 파우치 타입의 경우 셀 형태에 자유롭게 대처할 수 있고, 전지의 과부하 발생 시 실링 부위가 개봉돼



층의 구성	목적	요구 특성
최외층 FILM (Polyamide/Polyester)	충격, 스크래치, 찌힘 등으로부터 배리어층 보호	기계적 강도 성형성
BARRIER MATERIAL (Aluminum, SUS)	파우치 내부로의 수분 및 공기 침투 차단	투기·투습 차단 내부식성
내부 SEALANT LAYER (Polyolefine)	전해액과 반응성이 없으며 열접착을 통한 젤리를 밀봉	열접착성 내전해액성

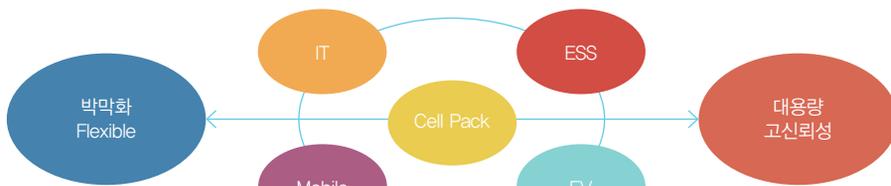
〈그림 4〉 리튬이차전지 파우치의 층별 요구 특성 및 역할

폭발 위험으로부터 안정성을 확보하기 용이하다.

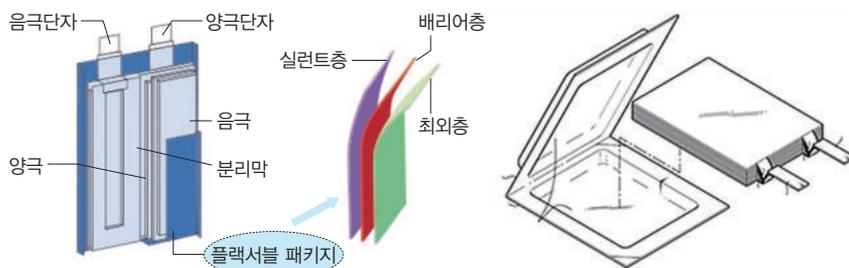
리튬이차전지 파우치의 요구 물성은 셀 구성 소재의 기본 특성에 1차적으로 규정되며 물리적·화학적 내구성이야말로 가장 중요하다. 리튬이차전지 파우치는 카보네이트 계열의 용매와 LiPF₆염이 포함된 전해액을 포장하고 장기간 외기 노출이 되기 때문에 높은 요구 물성이 필요하다. 주요 요구 물성은 내전해

액성, 배리어(Barrier)성, 성형성, 장기신뢰성, 히트실링(Heat sealing)성 등이 있다. 이러한 요구 물성을 구현하기 위해 리튬이차전지 파우치의 경우 크게 3층으로 구성되는데, 가운데의 배리어층을 중심으로 외부 필름층과 내부 실런트(Sealant)층으로 구분된다.

최외층 소재의 경우 폴리아미드(Polyamide) 필름과 폴리에스테르(Polyester) 필름 소재가 주로 사용된다. 기존의 리튬이차전지 파우치의 외층 소재는 폴리아미드(Nylon) 필름이 주로 사용됐으나, 최근 내후성과 내화학성이 우수한 소재인 폴리에스테르 필름을 적용하는 경우가 점차 증가하고 있는 추세다. 대표적으로는 PET, PBT 필름을 예로 들 수 있으며, 폴리아미드 필름과 달리 전해액에 대한 내화학성이 우수해 리튬이차전지 제조 과정 중 전해액 취급 시 부주의로 발생할 수 있는 외층 소재의 파손을 방지할 수 있는 장점이 있다. 하지만 폴리에스테르 필름은 폴리아미드 필름에 비해 물리적 연신성이 떨어져 현재 단독으로 사용되지는 못한다. 이러한 이유로 폴리아미드 소재와 공압출하거나 폴리아미드 소재 위에 추가로 라미네이션(Lamination)해 사용된다.



〈그림 2〉 리튬이차전지의 개발 트렌드



〈그림 3〉 파우치형 리튬이차전지의 구성

따라서 상대적으로 가격이 비싼 단점이 있다. 이러한 이유로 내화학성이 우수한 소재인 폴리에스테르 필름을 외층 소재로 적용해 내화학성이 우수한 파우치 개발을 진행하고 있다.

셀을 구성하는 내용물의 경우 카보네이트 계열의 용매와 LiPF₆염이 포함된 전해액을 포함하고 있다. 특히 LiPF₆염의 경우 수분과 접촉할 경우 불산(HF)을 발생시키는데, 이렇게 발생된 불산은 실런트층을 투과해 결과적으로는 금속층인 배리어층의 부식과 함께 전체 셀의 파괴를 가속화하는 결과를 가져온다. 또한 리튬이차전지의 충전 및 방전 시 셀 내부에서 리튬이온의 이동과 전하의 이동 그리고 전류의 발생은 높은 열을 발생시켜 가혹한 환경을 이루게 됨에 따라 전지의 신뢰성 및 안정성을 확보하기 위해 셀 내외부 환경의 완벽

한 차단이 요구된다. 이러한 이유로 최내층 실런트 소재의 경우 매우 높은 내화학성, 배리어성, 접착성 및 내열성을 요구하고 있다. 따라서 불산에 대한 높은 배리어성과 내화학성을 갖는 실런트층을 개발하는 연구가 진행되고 있다.

파우치를 구성하는 주요 구성 요소 중 금속층은 수분 침투로 전해액 내의 리튬염과 반응, 불산 생성을 억제하기 위해 수분 및 산소를 차단하는 배리어 기능을 수행한다. 파우치를 구성하는 내외층의 고분자 필름과 금속층의 접착력이 약해 박리가 일어나면 금속이 부식돼 기능을 상실할 수 있다. 또한 파우치의 경우 내외층의 고분자 필름과 금속이라는 이종 소재 간 접합이므로 강력한 접착 기술이 요구된다. 이에 따라 금속의 표면 처리는 필수

다. 국내에는 아직 파우치의 금속층에 쓰이는 표면처리제를 독자 개발해 상업화에 성공한 사례가 없지만, 이에 대한 연구개발은 현재 최종 양산화 단계에 있고 조만간 제품화가 이루어질 것으로 보인다.

이러한 파우치 필요 기술을 토대로 다수 국내 업체에서 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 기술적 기반이 취약한 관련 소재 기술(CPP 설계 기술, 표면처리 기술, 접착제 기술)의 기반 기술을 확보함으로써 수입에 의존하던 것에서 과감히 벗어나 국산화를 진행해 국내 유관 산업의 발전은 물론 일본 선두업체와의 경쟁에서 우위를 점하고 중국 후발업체의 추격을 따돌림과 동시에 국내 리튬이차전지 파우치 제품의 경쟁력 및 국내 전지 메이커의 경쟁력 확보가 가능할 것으로 전망된다.



상시 성과 시스템 및 지식재산권 연구개발과제 정보 입력 안내



상시 성과 입력 시스템

한국산업기술평가관리원(KEIT)에서는
국가 R&D 조사·분석·평가를 위해
매년 1회 실시하던 조사 입력을 수행기관에서
상시로 입력할 수 있도록
상시 성과 입력 시스템을 운영 중이오니
많은 활용 부탁드립니다.



상시 성과 입력 사이트

KEIT 산업기술지원사이트
<http://itech.keit.re.kr>

지식재산권 연구개발과제 정보 입력

KEIT에서 지원한 국가 R&D 사업을 통해
지식재산권(특허 등)을 출원·등록하는 경우
연구개발과제 정보를 반드시 기재해야 함을
안내드립니다.

출원·등록서에 기재하는 **연구개발과제 정보**는
하단의 표기 방법을 참고하기 바랍니다.

* 과제고유번호	신청 시 부여받은 사업계획서상의 과제번호 8자리
* 부처명	산업통상자원부
* 연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
* 연구사업명	협약서에 명기된 사업 명칭(○○○○기술개발사업)
* 연구과제명	협약서에 명기된 과제명
* 기여율	특허 성과에 대한 지원사업의 기여율
* 주관기관	협약서에 명기된 주관기관
* 연구기간	협약서에 명기된 총 수행기간

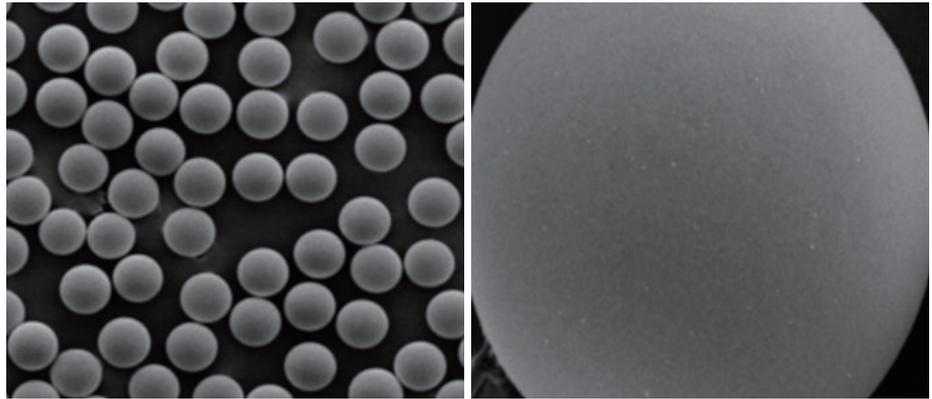


더불어 지식재산권 출원·등록은 수행기관 명의로 해야 하며
그렇지 않은 경우 관련 규정에 의거, 1년간 국가 R&D 참여 제한을
받을 수 있습니다. 다만, 개인사업자의 경우에 한해 대표자 명의 가능.

(주)씨노텍이 추진하는 R&D 프로젝트

나노분말 제조 및 공정용 50마이크론급 세라믹 비드 개발

50마이크론급의 지르코니아 비드는 반도체용 전기전자 및 이차전지, 디스플레이 사업 분야 등 국내 산업 전반에 이용되는 필수 소재다. 또한 최근 전장용 소재의 사용량이 급격히 증가하고 있어 세라믹 비드 시장의 성장성이 매우 큰 아이템이다.



50마이크론급 초소형비드

미래 산업에 적용시킬 수 있는 미래 기술

세라믹 비드는 원재료를 미세하게 분쇄하거나 분산시키는 데 필수적으로 사용되는 소재다. 원재료의 미세화를 통해 품질을 한 단계 업그레이드할 수 있는 방법으로 현재 거의 모든 산업 분야에서 적용하고 있는 추세다. 이차전지 및 MLCC 등의 전기전자산업 분야에서의 고용량화를 위한 원료의 미세화 공정 등이 대표적이다.

씨노텍에서 개발한 50마이크론(0.05mm)급 세라믹 비드의 경우 인공 세라믹 치아로 활용되고 있는 지르코니아와 동일한 소재를 이용하고 있는데 이 소재는 세라믹 중에서 가장 높은 인성을 가진 고급 원소재로 높은 기계적 특성이 요구되는 분야에 널리 이용되고

“모든 공정이 중요하지만, 그중 하나만을 선택하라면 성형 공정을 꼽을 수 있다. 수십조 개의 비드를 균일하게 동근 형태로 결함을 최소화해 제조하는 기술이 핵심이다. 나노 단위의 원재료를 비드 표면에 일정하게 조립하며, 균일한 크기로 성장시켜 50마이크론 크기의 비드를 제조한다.”

있다. 본 프로젝트에서는 이 소재를 이용해 머리카락 두께로 진구에 가까운 볼을 만드는 기술을 개발했다.

50마이크론 크기의 세라믹 비드를 만드는 곳은 일본과 한국뿐이며, 최근 중국에서도 개발되고 있지만 아직 기술력이 낮다. 한국에서는 유일하게 씨노텍에서 생산되고 있으며, 그 기술력은 세계 으뜸으로 평가되고 있다.

이미 국내의 대기업을 중심으로 100마이크

론 크기의 비드는 납품되고 있다. 물론 아직 그 규모는 작지만 적용 분야 및 사업을 확대해 내년에는 좋은 성과가 날 것으로 예상된다. 또한 본 프로젝트에서 개발된 50마이크론 크기의 비드도 검증이 완료된 상태로 일부 납품이 시작됐다. 50마이크론급 비드는 아직 많은 산업 분야에 적용된 크기는 아니다. 미래 산업에 적용시킬 수 있는 미래 기술이다. 하지만 머지않은 미래에 반드시 적용될 분야로 지

세라믹 전문 소재기업으로
성장하는
(주)씨노텍

1999년 경남대에서 벤처기업으로 시작한 씨노텍은 국내 최초로 세라믹 비드를 국산화했다. 2000년 페인트·잉크 시장 공급을 시작으로 탄산칼슘 업계 및 광산 업계 등 전 세계 200여 개 업체로 세라믹 비드를 공급하고 있다. 2015년 우수기술연구센터로 지정됐으며, 세라믹 비드로 세계 일류 상품으로 등재된 바 있다. 2015년 코스닥에 상장했으며, 2016년 글로벌 강소기업과 2017년 월드클래스 300에 선정됐다. 세라믹 비드의 제조 기술을 바탕으로 특수 용접용 소재와 유막 및 안료에 사용되는 지르콘 분체 등 세라믹 분체도 동시에 제조하고 있다. 씨노텍은 현재 세라믹 촉매 담체를 개발하고 있다. 알루미늄 재질은 물론 다른 소재를 활용함으로써 둥근 형태를 비롯해 더욱 다양한 형태로 개발이 진행되고 있다. 촉매 담체는 국내에서 많은 개발 시도가 있었지만 현재 전량 수입에 의존하고 있는 아이템으로 석유·화학 제품 제조 시 필수적으로 사용되고 있다. 이렇듯 씨노텍은 세라믹 비드를 통해 지속적인 성장을 이루며, 기술력을 바탕으로 한 세라믹 전문 소재 기업으로 성장하고 있다.



속적인 기술 개량을 통해 시장을 선도해 나갈 것이다. 이를 위해 씨노텍은 30마이크론급 비드 개발에 박차를 가하고 있다.

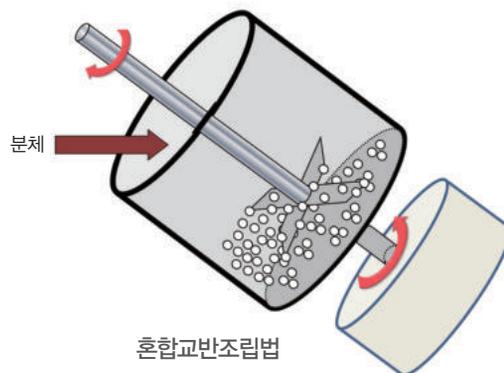
**세계 최고의
고품위 세라믹 비드 개발**

원료의 미세화를 위해서는 보다 작은 크기의 비드가 요구된다. 불과 몇 년 전까지는 0.3mm 이상의 크기를 사용했지만 현재 많은 분야에서 0.1mm 크기를 이용해 생산하고 있으며, 0.05mm의 크기의 생산 적용을 검토하는 단계까지 와 있다. 세라믹 비드는 최종 제품의 품질에 매우 큰 영향을 미치는데, 그 중요

성 때문에 이미 시장을 선점하고 있던 일본의 고품질 비드를 전량 수입해 사용했다.

이러한 상황에서 0.5mm 이상의 광산용 비드 세계 시장을 선도하고 있는 씨노텍은 작은 크기의 비드에서도 충분히 세계 일류 기술을 확보할 수 있다는 신념하에 지속적인 개발을 진행했다. 씨노텍은 가격경쟁력이 큰 고품위 세라믹 비드 개발을 목표로 연구를 진행했다. 이를 위해서는 원재료의 고급화 기술 확보가 필수적이었으며, 이 원소재를 이용해 50마이크론 크기이면서 구형도 98% 이상의 결함이 없는 비드를 만들 수 있는 공법의 개발이 진행됐다.

1350도 이상의 고온에서 소성된 세라믹 비드 중 불량을 제거하는 공정도 같이 개발이 이루어졌다. 50마이크론 크기를 갖는 1kg의 비드는 25억 개 이상의 개수를 갖는다. 이러한 수톤의 비드 중 다소 낮은 구형도나 결함을 갖는 비드를 제거해 품질을 증진시키는 공정도 필수적으로 개발됐다. 이로써 세계에서 가장 뛰어난 품질의 세라믹 비드를 개발할 수 있게 됐다.

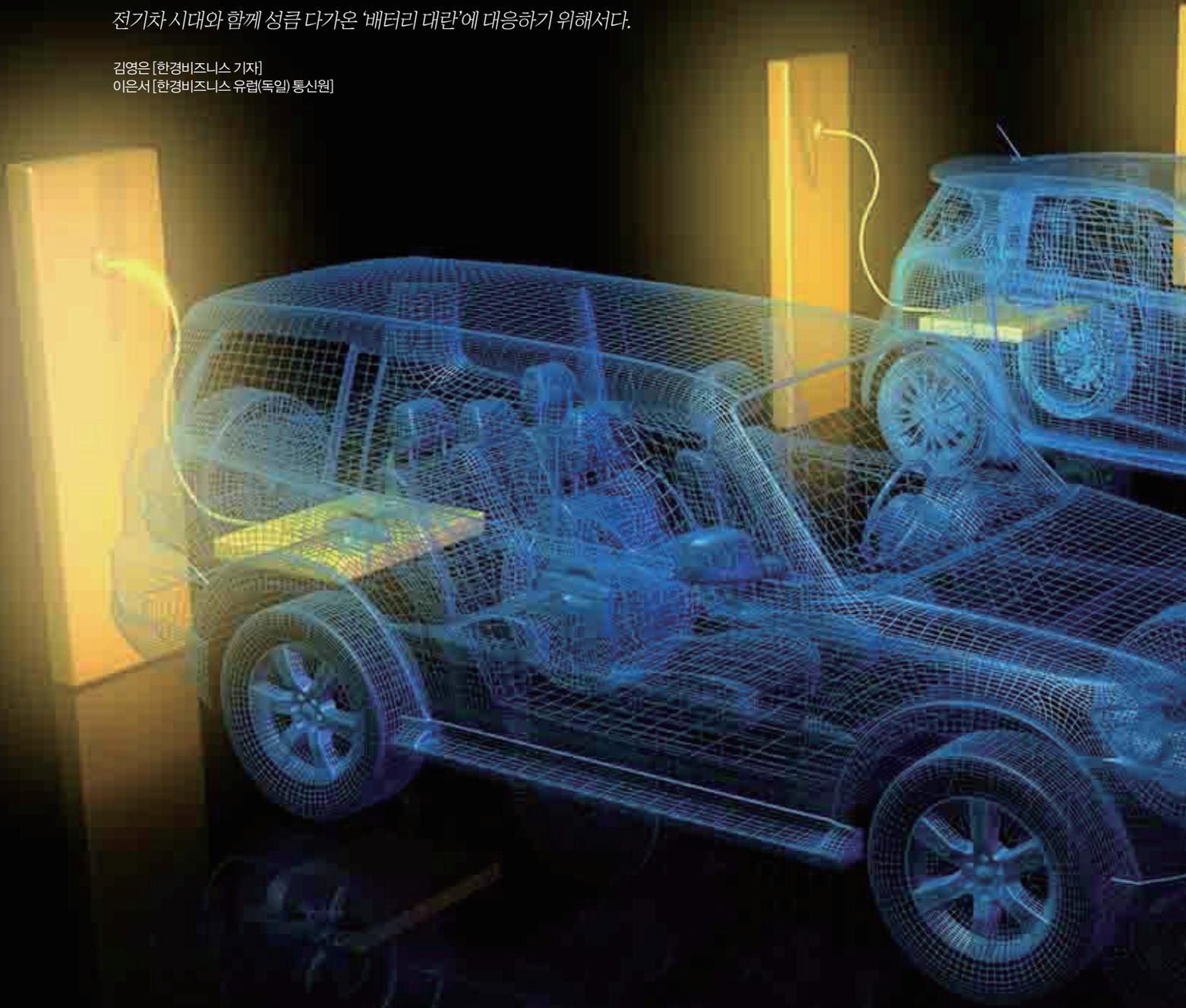


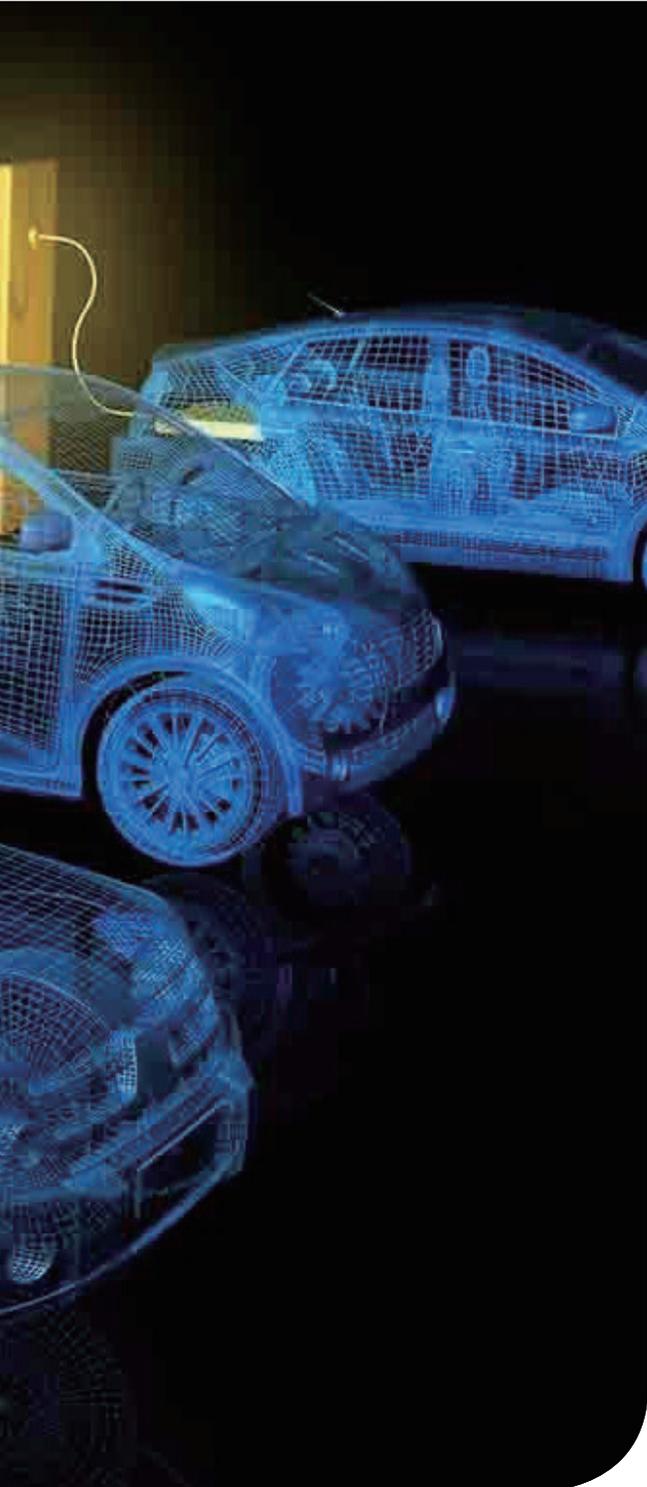


‘전기차 배터리 대란 온다’ 불꽃 튀는 배터리 삼국지

글로벌 완성차 업체가 ‘배터리 동맹’을 무기로 전기차 패권 전쟁에 나섰다.
단순히 배터리를 공급받던 수준에서 벗어나 완성차 기업이 배터리 제조 업체와 함께
공동 기술 개발에 나서거나 합작 공장을 설립하고 있다.
전기차 시대와 함께 성큼 다가온 ‘배터리 대란’에 대응하기 위해서다.

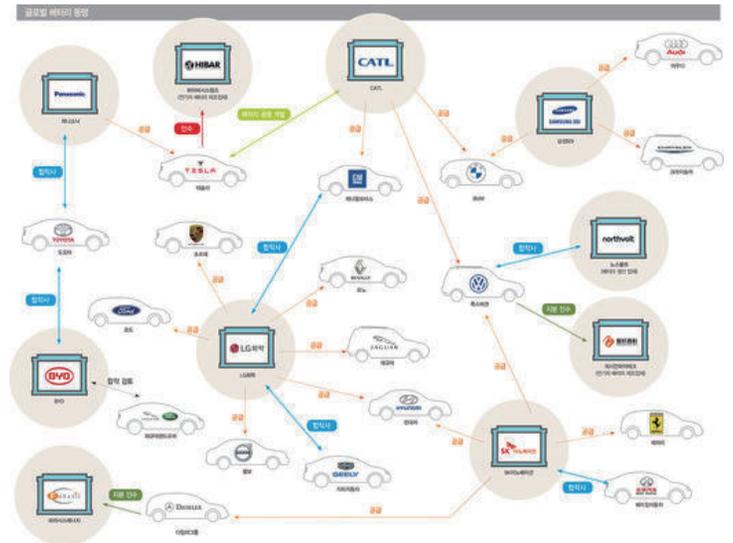
김영은 [한경비즈니스 기자]
이은서 [한경비즈니스 유럽(독일) 통신원]





합종연횡 나선 글로벌 기업들

시장조사 업체 블룸버그NEF에 따르면 2040년 전기차가 세계 자동차 판매의 50% 이상을 차지할 것으로 보인다. 전기차 시장을 선점하기 위해 기업의 투자와 기술 개발은 거세지고 있다. 현대차, 폴크스바겐, 제너럴모터스(GM) 등 글로벌 자동차 기업도 앞다퉀 전기차 개발에 열을 올리고 있다.



현대차그룹은 2025년까지 총 44종의 친환경차를 선보일 예정이고 그중 절반이 넘는 23종을 순수 전기차로 출시할 계획이다. 현대차는 2025년까지 총 61조 원을 투자해 혁신 기술 개발과 미래 시장 선점에 나설 것을 예고했다.

폴크스바겐그룹은 2024년까지 330억 유로(약 45조 원)를 전동화 부문(EMO 빌리티)에 투자하겠다고 발표했다. GM도 2025년까지 200억 달러(약 25조 원)를 전기차 개발에 쓸 계획이다.

전기차 선두주자 테슬라의 질주도 이어졌다. 테슬라는 7월 1일 전 세계 자동차 업계 시가총액 1위 기업으로 올라선 바 있다.

2021년부터 공급 부족 전망

전기차 시대가 성큼 다가오자 업계와 기관은 배터리 물량이 부족할 것이라고 예상하고 있다. 시장조사기관 SNER리서치는 수요가 공급을 초과하는 '배터리 대란'이 이르면 2021년, 늦어도 2022년께 발생할 것이라고 경고했다.

전기차 배터리는 원가의 절반을 차지한다. 전 세계 완성차 업체가 배터리의 안정적인 공급과 기술력을 높이기 위해 배터리 제조사와 손잡으며 글로벌 동맹을 이어가는 이유다.

폴크스바겐그룹은 지난해 9월 스웨덴 배터리 생산 업체인 노스볼트와 배터리 대량 생산을 위한 합작법인을 설립했다. 폴크스바겐은 또 중국 배터리 제조 업체 귀쉬안하이테크 지분 26.5%를 11억 유로(약 1조5000억 원)에 인수하기로 했다.

귀쉬안하이테크는 1분기 누적 기준 글로벌 전기차 배터리 점유율 9위(1.2%)인 업체다. 올해 말까지 지분 인수를 완료하면 폴크스바겐은 귀쉬안하이테크의 최대주주가 된다.

독일 다임러는 중국 파라시스에너지에 투자했다. 중국 매체 차이나데일리는 최근 다임러가 파라시스에너지가 추진하는 4억8000만 달러(약 5908억 원) 규모의 기업공개(IPO)에서 지분 3%를 인수할 계획이라고 보도했다. 파라시스에너지는 2018년 말 다임러와 140GWh 배터리 공급 계약을 체결하고 독일에 6억 유로(약 8121억5000만 원)를 투자해 배터리 공장을 건설 중이다.

GM은 LG화학과 미국 오하이오 주에 합작사를 설립하고 총 2조7000억 원을 투자했다. 양사는 합작 공장에서 연간 30GWh 이상 규모의 배터리 셀을 양산하기로 했다. LG화학은 중국 지리자동차와도 내년 말 완공을 목표로 합작 배터리 공장을 짓고 있다. SK이노베이션은 베이징자동차그룹과 합작사 베스트를 설립하며 중국에서 배터리를 생산하고 있다.

일본에서는 도요타의 행보가 거침없다. 도요타는 일본 제조기업 파나소닉과 2017년부터 협력을 시작해 올해 배터리 합작사 프라임 플래닛 에너지 앤드 솔루션스를 설립했다. 도요타-파나소닉 동맹은 이르면 2022년부터 '꿈의 배터리'라고 불리는 전고체 배터리를 양산한다는 목표를 세웠다. 도요타는 중국 전기차 업체 BYD와도 합작 연구개발(R&D) 법인을 설립하며 중국 시장 확대에 나서고 있다.

배터리 기업 의존도를 낮추고 자체 생산을 통해 공급하려는 움직임도 보인다. 테슬라가 대표적이다. 지금까지 파나소닉에서만 배터리를 공급받던 테슬라는 중국 배터리 생산 업체 CATL과 함께 미래 배터리인 '100만 마일 배터리(반영구 배터리)'를 개발하고 있다. 이 배터리는 저렴한 가격에 100만 마일(약 160만 km)을 달릴 수 있는 강한 내구성을 갖춰 개발에 성공하면 테슬라의 전기차 가격을 휘발유차 수준 이하로 낮출 것으로 보인다. 인수합병(M&A)에도 적극적이다. 테슬라는 지난해 미국 배터리 제조 회사 맥스웰과 캐나다 배터리 제조회사 하이바시스 템즈를 인수했다.



한국 배터리 3사 협력 강화

한국에서는 현대차그룹이 '배터리 동맹'에 속도를 내고 있다. 현대차그룹은 글로벌 전기차 배터리 동맹에서 유리한 고지를 점하고 있다. 현대차는 전 세계 전기차 배터리 시장에서 1, 5, 7위를 차지하고 있는 한국 배터리 3사와 협력을 강화하며 '전기차 어벤저스'를 결성하고 있다. 최고 수준의 기술력과 시장 장악력을 갖춘 배터리 3사와 긴밀한 협력 관계를 구축해 전기차 기술과 가격 경쟁력을 동시에 확보한다는 전략이다.

이를 위해 최고경영자(CEO)인 정이선 현대차그룹 수석부회장이 직접 나섰다. 정 수석부회장은 5월 13일 삼성SDI 천안 사업장을 방문해 이재용 삼성전자 부회장과 '꿈의 배터리'로 불리는 차세대 전고체 배터리 개발 현황과 사업 방향성을 논의했다. 그로부터 한 달여가 지난 6월 22일 정 수석부회장은 LG화학 오창 배터리 공장에서 구광모 LG 회장과 단독 회동하고 전기차 분야에서 협력을 약속했다. 이들은 LG 화학이 개발하고 있는 장수명 배터리와 리튬·황배터리, 전고체 배터리 등 미래 배터리 기술과 개발 방향성을 공유했다.

7월 7일에는 최태원 SK 회장을 충남 서산 SK이노베이션 공장에서 만났다. 이날 현대차 경영진은 기아 니로 전기차에 들어가는 배터리 셀 공장과 SK그룹이 개발 중인 차세대 배터리와 전기차 주요 부품 개발 현황을 둘러봤다. SK그룹은 음극재를 흑연이 아닌 금속으로 바꿔 에너지 밀도를 높인 리튬-메탈 배터리, 최소 전력으로 배터리 구동 시간을 늘려주는 전력 반도체, 배터리 팩의 무게를 줄여 주는 차세대 경량 소재 등을 소개했다.

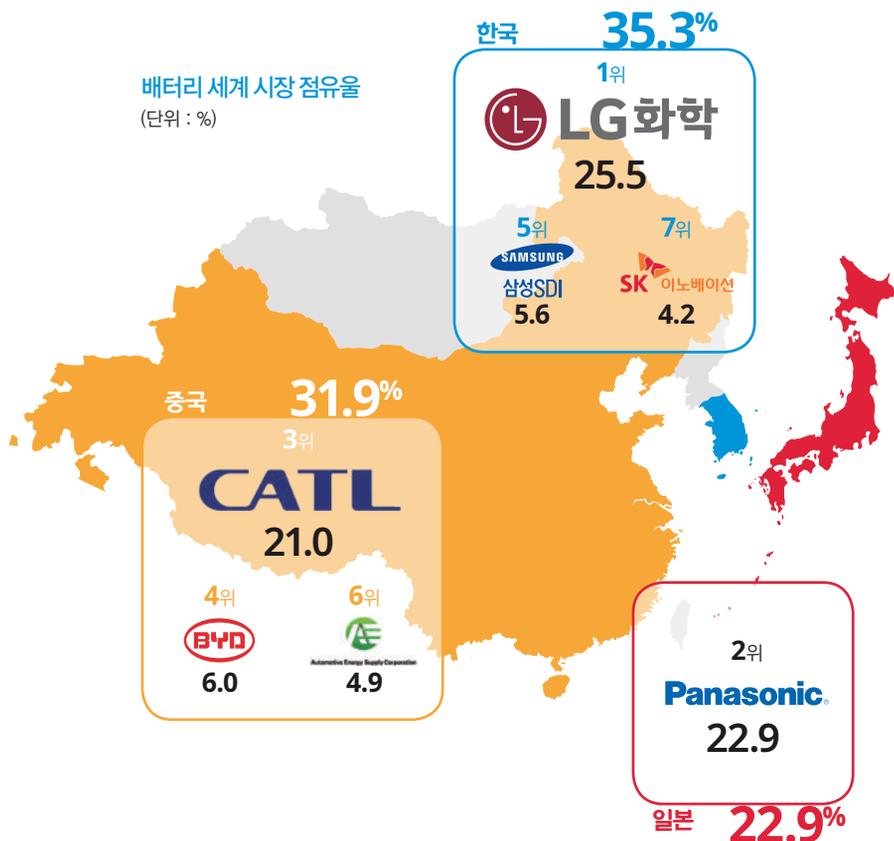
업계에서는 이번 회동을 계기로 전기차뿐만 아니라 K모빌리티 전반에 대한 협력 관계가 더욱 강화될 것이라고 보고 있다.

한중일 삼국의 치열한 경쟁

배터리 패권을 둘러싸고 한중일 삼국의 치열한 경쟁도 이어지고 있다. SNE리서치가 집계한 올 4월까지의 세계 전기차 배터리 시장점유율을 보면 1위부터 10위까지를 모두 한중일 3개국이 차지하고 있다.

LG화학은 올 들어 처음으로 일본 파나소닉을 밀어내고 1위를 차지했다. 중국 CATL과 BYD는 3, 4위를 기록했다. 삼성SDI는 5위, SK이노베이션은 7위를 차지하며 선두권을 추격하고 있다. LG화학은 유럽 시장에서 자동차 배터리 공급의 70%를 담당하고 있으며, 중국에서는 테슬라 모델 3 판매 증가와 함께 LG화학 배터리 공급이 크게 늘어났다.

전기차 시장이 급성장할 것으로 예상되는 내년부터 배터리 삼국의 경쟁은 더 치열해질 것으로 보인다. 도요타와 긴밀한 협력을 구축한 파나소닉과 탄탄한 내수 시장을 기반으로 유럽과 미국 시장 공략에 박차를 가하고 있는 중국 배터리 기업의 성장이 매섭다. 자동차 업계와 배터리 업계는 정부회장과 배터리 3사의 동맹이 새로운 돌파구가 될 것으로 기대하고 있다.



국가 넘어 EU 차원에서 배터리산업 육성

유럽 국가들은 전기차의 핵심 부품인 배터리를 아시아 업체에 의존하는 것을 좌시하지 않겠다는 움직임이 뚜렷하다. 국가 및 유럽연합(EU) 차원에서 배터리산업 육성에 나서는 동시에 완성차 업체도 배터리의 자체 생산을 적극적으로 추진 중이기 때문이다.

다임러는 2014년 비용을 이유로 배터리 자체 생산을 포기한 바 있다. 하지만 다임러는 8월 16일 다시 자체 자동차 배터리 생산 공장을 2024년까지 완성할 계획이라고 발표했다. 현재 다임러 배터리 사업은 외부에서 셀을 공급받아 이를 토대로 배터리 팩과 모듈을 조립하는 방식이다. SK이노베이션과 LG화학으로부터 셀을 공급받고 있다.

다임러의 자체 배터리 공장은 슈투트가르트 근교의 진델핑엔 메르세데스벤츠 공장에 구축될 예정이다. 기존에 S클래스, E클래스, 마이바흐 등을 생산하던 곳이다. 다임러 노조는 그동안 진델핑엔 공장의 S클래스의 시트 생산 시설을 아웃소싱으로 운영하는 방식에 대해 지속적으로 의문을 제기해 왔다.

신종 코로나바이러스 감염증(코로나19) 위기로 인력 감축이 예고되자 노사 협의를 통해 S클래스 시트 아웃소싱을 중단하는 대신 기존 노동자의 일자리를 보장하기로 했다. 동시에 같은 자리에서 다임러의 에르군 휘말리 감사회 위원 및 직원 대표는 “진델핑엔 공장에 배터리 생산 시설도 구축할 것”이라고 밝혔다.

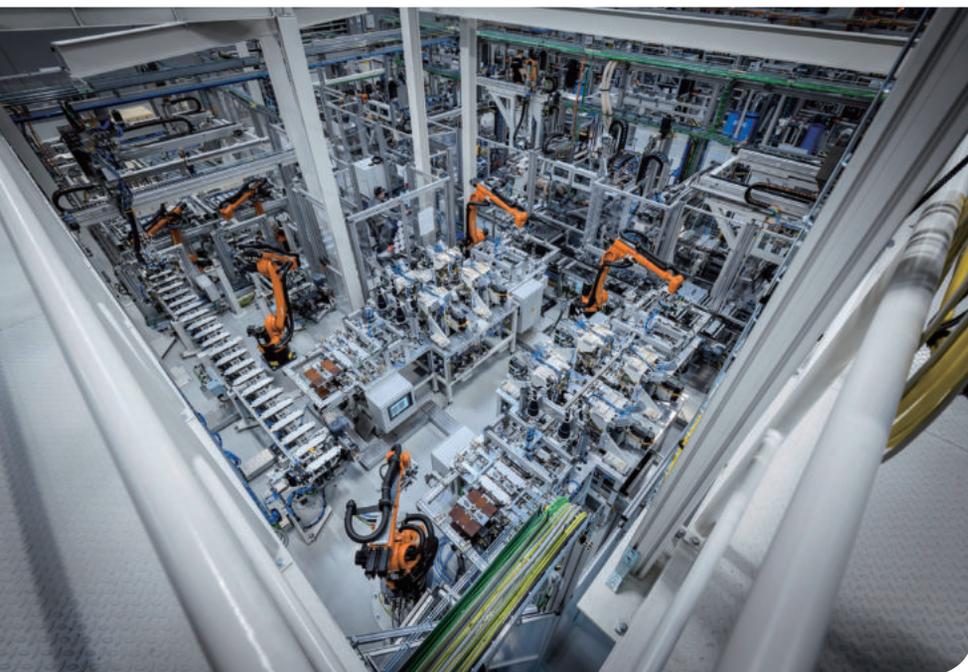
독일 기업, 정부 지원 업고 배터리 생산

다임러뿐만이 아니다. 이미 폴크스바겐은 2019년 9월 6일 스웨덴의 배터리 업체 노스볼트에 지분 50%를 출자해 전기차용 배터리를 생산하는 합작사를 설립했다. 노스볼트와 합작해 건설될 폴크스바겐의 자체 배터리 공장은 독일 잘츠기터에 완성될 예정이다. 이를 위해 폴크스바겐은 약 4억5000만 유로를 투자했고, 5월 시범용 배터리를 생산했다. 이후 2024년 초부터 리튬이온배터리를 본격적으로 생산, 연간 16GWh를 달성할 계획이다.

폴크스바겐의 자회사인 포르쉐는 8월 12일 에너지 밀도가 높은 고성능 배터리를 소량 생산하는 전략으로 배터리 생산 전선에 뛰어 들었다고 밝혔다. 포르쉐는 독일 프라운호퍼 실리콘 기술연구소의 자회사인 커스텀셀과 독일 튀빙엔에 배터리 셀 합작 공장을 건설한다. 양사는 배터리 생산을 위한 합작법인 셀포스그룹을 설립하고 신규 배터리 공장에서는 포르쉐의 전기 스포츠카용 차세대 전기차 배터리를 생산할 계획이다.

기업이 배터리 생산에 박차를 가할 수 있게 된 원동력은 정부의 든든한 지원이 있기 때문이다. 독일 정부는 아시아 기업이 독점하고 있는 배터리 시장에서의 주도권을 탈환할 수 있도록 다양한 지원 정책을 펼치고 있다. 독일연방경제에너지부는 8월 17일 폴크스바겐, BMW와 협력하고 있는 스웨덴 노스볼트 공장에 5억2500만 달러가 조달될 수 있도록 정부 차원에서 투자하겠다고 밝혔다. 이는 독일 경제의 근간이 되는 자동차산업의 부흥과 미래 모빌리티산업에서 중요한 역할을 하는 배터리 셀 조달을 장기적으로 확보하겠다는 의지로 해석된다.

특히 파리기후협약 목표 달성을 위해 매년 이산화탄소(CO₂) 배출량 감축을 철저히 지켜 나가고 있는 독일로서는 이와 같은 산업 투자가 환경 정책과도 일맥상통하기 때문에 더 탄력을 받고 있다. 이 밖에 독일연방교육연구부도 7월 초 2차전지 R&D에



속도를 내기 위해 4개 클러스터를 신규로 지정하고 1억 유로를 지원하겠다고 밝혔다. 해당 프로젝트에는 '인더스트리 4.0' 방법론을 적용한 혁신적이고 유동적인 생산 설비의 도입과 인공지능(AI), 가상생산 시스템 등 디지털화를 통해 전지 셀 생산 방식을 최적화해 생산성과 효율성을 증대하는 지능형 전지 셀 생산 클러스터, 전지 생애 주기(Life Cycle) 설계 및 효율적인 재활용 기술 개발과 전지 셀 생산 과정에서 회수된 물질의 통합 활용 등을 통해 전체 과정에서 폐기물 발생을 최소화하는 재활용·친환경 전지 클러스터, 전지 상태와 거동에 대한 연구를 통해 전지의 2차 활용을 위한 적정 시기와 용도를 파악하는 전지 사용법 정의 클러스터, 전지 성능과 사용 기간 연장에 따른 안전성 제고를 위해 품질 보증을 위한 분석 방법론, 전략과 표준화 방안 연구를 통한 분석과 품질 보증 클러스터 등이 선정됐다. 뮌헨공대, 아헨공대, 브라운슈바이크공대 등 독일 명문 공대를 비롯해 칼스루에기술연구소와 프라운호퍼연구소가 이 R&D 사업에 참여한다.

독일이 이렇게 적극적으로 배터리 R&D 지원에 나설 수 있는 이유는 EU가 세계 전기차 배터리 시장을 주름잡는 아시아 기업을 견제해 정책적으로 상당히 공격적인 지원을 펼치고 있기 때문이기도 하다. 2015년 파리기후협약 채택 이후 EU와 유럽 각국이 자동차 배기가스 규제 강화에 나서고 2015년 폴크스

바겐 디젤 사태 등에 따라 전기차 판매 확대가 배기가스 규제 만족을 위한 필수 요소로 부각되고 있다. 한편, 유럽 각국은 전기차를 차세대 성장동력으로 선정하고 전기차 구매 보조금 지원과 신차 등록세 감면 혜택, 무료 충전 및 주차 등 다양한 지원책을 시행하고 있다. 이를 통해 전기차 수요가 매년 눈에 띄게 증가하는 양상을 보이고 있다.

아시아와 유럽 기업 간 한판 승부

전기차 시장조사 업체 EV볼륨에 따르면 2019년 유럽에서 판매된 전기차(PEV)는 전년 대비 45% 증가한 56만4206대다. 전기차 판매가 증가함에 따라 유럽 전기차 시장의 성장과 함께 전기차 원가의 40~50%를 차지하는 배터리에 대한 수요도 크게 늘었다.

유럽공과대(EIT)에 따르면 유럽 배터리 시장 규모는 2025년까지 2500억 유로로 성장하고 약 300만 개의 일자리를 창출할 것으로 보인다. 이러한 성장에도 불구하고 전기차에서 핵심 부가가치를 차지하는 전기차 배터리 분야는 한중일 등 아시아 국가가 주도하고 있다. 반면 유럽산은 4%에 불과하다는 것이 배터리 후발 주자인 EU에는 큰 원동력이 됐다.

EU 집행위원회는 전기차 배터리 원재료 확보에서 핵심 소재 R&D, 제조 및 사용과 재활용까지 자금 생태계를 구축하기 위해 2017년 유럽배터리연합을 출범시키며 구체적인 실행 계획과 함께 이행 점검을 지속적으로 해왔다. 이러한 움직임은 2020년에도 지속돼 배터리 관련 프로젝트에 상당한 지원을 예고했다.

EU는 호라이즌 2020, 유럽투자은행(EIB), 유럽지역발전기금(ERDF) 등을 통해 배터리 셀 투자 프로젝트에 2020년에만 1억3200만 유로를 투자할 계획이라고 밝혔다. 또한 핀란드 프랑스 독일 이탈리아 폴란드 스웨덴 등이 참여하는 '범유럽 에코 시스템 구축을 위한 전기차 배터리 R&D 프로젝트'에 32억 유로를 지원할 예정이다.

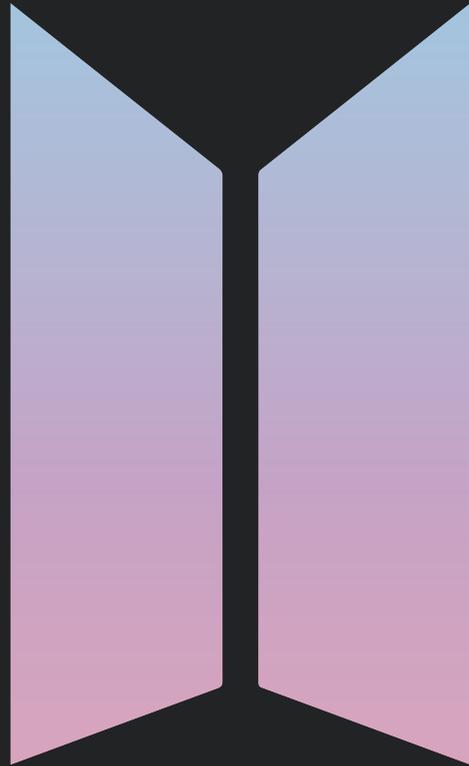
이 프로젝트는 원재료 가공, 화학물질 추출, 셀 디자인, 모듈 개발과 시 시스템으로의 통합, 재활용 등 배터리 생산과 관련된 가치사슬 내 모든 활동을 포함하는 R&D에 지원된다. 생산 공정에서 이산화탄소 배출을 최소화해 환경친화적이고 지속 가능한 생산을 목표로 하고 있고 폐기물을 줄이는 것도 중요한 과제로 삼고 있다. 이 프로젝트에는 BMW와 BASF 등 대기업뿐만 아니라 관련 분야의 중·중견기업이 중심이 돼 총 17개 기업이 참여하고 유럽 내 70여 개의 기업과 연구소가 협업하게 된다. 이 프로젝트에는 추가로 50억 유로의 민간 자금도 투입될 예정이고 2031년을 프로젝트 완료 시기로 잡고 있다.

이처럼 급성장하는 배터리 시장에서 유럽의 움직임이 심상치 않다. 향후 수년 내 배터리 시장을 두고 아시아와 유럽 기업 간 한판 승부가 예상되는 이유다.





기술을 보다 미래 세계



B T S

‘BTS 케이스 스터디’ 경영학자들이 방탄소년단에 주목하는 이유

‘21세기 비틀스’라는 수식어가 이제는 더 이상 낯설지 않다.

빅히트엔터테인먼트의 보이그룹 방탄소년단(BTS)은 1년(2018년 5월~2019년 4월) 동안 3개 앨범이 ‘빌보드 200’에서 1위를 차지하는 기염을 토했다.

BTS 이전에 1년 내 3개 앨범을 빌보드 200 1위에 올린 가수는 1996년 비틀스가 유일했다. 글로벌 시장에서의 BTS 성공에 학계는 물론 기업의 시선이 쏠리고 있다.

이정훈 [한경비즈니스 기자]



BTS Performs
“Dynamite” |
2020 MTV VMAs

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

BTS가 창출한 새로운 '성공방정식'

BTS는 2013년 탄생했다. 당시만 해도 국내 가요 산업은 SM엔터테인먼트, YG엔터테인먼트, JYP엔터테인먼트라는 대형 3사의 영향력이 막강하던 때였다. 중소기업이었던 빅히트에 소속된 보이그룹이 세계적인 인기를 얻는 그룹으로 성장하리라곤 그 누구도 쉽게 예상하지 못했다. 하지만 BTS의 성장 과정을 찬찬히 살펴보면 이들의 성공이 그저 운이 아니라는 것을 알 수 있다. 특히 소속사인 빅히트는 BTS의 기획과 탄생, 성장 과정에서 기존의 K팝 아이돌 공식을 충실히 따르면서도 동시에 새로운 방식을 끊임없이 시도해 나갔다. BTS의 멤버는 20대 후반의 밀레니얼 세대다. 이들은 마찬가지로 밀레니얼 혹은 Z세대인 그들의 팬클럽 '아미'와 함께 글로벌 음악산업에 전혀 새로운 현상을 만들어 내고 있다.

빅히트와 BTS가 만들어 낸 새로운 '성공방정식'을 경영학적 관점에서 분석하는 보고서가 최근 몇 년 사이 쏟아지고 있다. 현대경제연구소는 2018년 '방탄소년단(BTS)의 경제적 효과'(정민 연구위원 외 3인)에 이어 2019년에도 'BTS의 성공 요인 분석과 활용 방안'(박용정 선임연구원 외 3인)이라는 보고서를 통해 이를 기업의 성장에 적용할 방안을 연구했다. 고려대 편주현 경영대학 교수의 'BTS 이벤트의 경제적 효과' 보고서를 비롯해 최근에는 국내 대학에서도 BTS의 성공 요인 분석에 대한 연구가 늘고 있는 추세다. 이미 국내 서점가에서도 'BTS 마케팅'(박형준), 'BTS Insight, 잘함과 진심'(김남국), 'BTS 예술혁명'(이지영) 등 책이 쏟아지고 있다.

하버드비즈니스리뷰에도 BTS와 관련한 보고서가 온라인 스토어에 공개돼 있다. 2018년 하버드 경영대학원에서 '케이스 스터디' 교재를 위해 작성된 '빅히트엔터테인먼트와 BTS : 글로벌 시장으로 도약하는 K팝'(모건 주오, 로버트 D 오스틴 교수)과 6월 8일 공개된 '빅히트엔터테인먼트 블록버스터

밴드 BTS : 글로벌로 나아가는 K팝'(애니타 앨버스 교수, 리지 우드햄) 등이다. 특히 앨버스 교수팀의 보고서는 방시혁 빅히트 대표 등과의 인터뷰를 통해 심도 있는 분석을 담아내며 많은 관심을 받고 있다.



방탄소년단(BTS) 멤버인 뷔, 슈가, 진, 정국, RM, 지민, 제이홉. 출처 : 빅히트엔터테인먼트

경제 효과만 49억 달러, '기존 K팝 시스템+빅히트 혁신 전략' 융합 결과

BTS를 탄생시킨 빅히트는 2005년 설립됐다. 빅히트의 수장인 방시혁 대표는 1990년대부터 3대 기획사 중 한 곳인 JYP엔터테인먼트에서 오랫동안 작곡가 겸 프로듀서로 활동했다. 많은 유명 가수의 히트곡을 써내며 '히트맨'이라는 별명으로 불렸다. 이미 국내 음악계에서 작곡가 겸 프로듀서로서 탄탄한 입지를 다지고 있던 그가 새로운 기획사를 설립하는 모험에 나서게 된 배경에는 'JYP의 미국 시장 진출 시도'가 자리 잡고 있다.

당시 JYP의 박진영 최고창작책임자(COO)가 원더걸스 등의 해외 진출을 위해 해외에 체류하는 시간이 늘어나면서 국내와 관련한 업무가 자연스럽게 방 대표에게 넘어왔다. 앨버스 교수팀의 보고서에 따르면 "당시 방 대표의 업무는 단순한 작곡가와 프로듀서의 역할을 넘어서 있었다"며 "박 COO와 오랫동안 얘기를 나눈 결과 새로운 회사를 설립해 독립하고 동시에 JYP와의 협력 관계를 이어 나가는 것이 좋겠다는 결론을 냈다"고 설명했다.

실제로 빅히트가 자리 잡는 데 JYP의 역할이 컸다. JYP의 2AM과 임정희 등 가수와 연습생이 빅히트로 옮겨오면서 초기 기틀을 다져 나갈 수 있었다. 오랫동안 국내 가요산업에서 경력이 많았던 방 대표는 빅히트 설립 초창기만 해도 기존의 아이돌 시스템을 따라가는 전략을 취했다. 하지만 중소기업으로서의 한계에 부딪쳤고 기획사의 수익 또한 줄어들기 시작했다.

(단위 : 달러)

	2016년	2017년	2018년	2019년
매출	2900만	7700만	1억7900만	4억8900만
영업이익	900만	2700만	5300만	8200만
순이익	800만	2100만	4200만	6000만

<표 1> 빅히트엔터테인먼트 재무 성과

출처 : 허버드비즈니스리뷰

돌파구가 필요했던 빅히트는 2011년 전 직원 워크숍을 진행했다. 방 대표와 직원들은 그때까지 빅히트에서 집중해 왔던 '우리가 뭘 잘못하고 있고 이를 개선하기 위해 무엇이 필요한지'에 대한 분석을 그만두기로 했다. 그 대신 이들은 몇 가지 본질적인 질문의 답을 찾는 데 주력했다. 그 질문은 '아이돌이란 무엇인가' '우리가 하고 있는 이 사업은 어떻게 정의할 수 있는가' '팬이란 무엇이고 그들의 특성은 무엇인가'와 같은 것이었다.

이때를 기점으로 빅히트는 기존의 K팝에 공고히 자리 잡고 있는 아이돌 그룹 육성 시스템의 효율성을 최대한 수용하면서도 기존의 기획사와 차별화되는 변화를 적극적으로 도입했다. 바로 이러한 새로운 시도가 BTS가 탄생하고 성장할 수 있었던 밑거름이 됐다.

BTS의 탄생은 현재 BTS의 리더를 맡고 있는 RM(본명 김남준)과의 만남이 출발점이 됐다. 당시 빅히트 소속 프로듀서였던 피독(Pdog)은 김남준의 랩 데모곡을 방 대표에게 들려줬고 방 대표는 '이 친구를 꼭 데뷔시켜야겠다'고 생각했다고 한다. 이후 김남준을 중심으로 힙합을 기반으로 한 보이그룹을 구성하게 됐고 그에 맞는 멤버를 찾아 나섰다. 당시만 해도 국내에서조차 힙합을 바탕으로 한 보이그룹은 낯설었다. 방 대표를 비롯한 빅히트 직원조차 세계적인 그룹으로 성장시켜야겠다는 목표는 생각하기 힘들었다.



앨버스 교수팀은 보고서에 "BTS의 경제적 효과를 부인할 수 없다"고 표현했다. 한 연구 결과에 따르면 한국 국내총생산(GDP)에 BTS가 기여한 금액만 49억 달러(약 5조8500억 원)에 달한다. 1등 국적 항공사 대한항공보다 더 많은 금액이다. BTS의 인기가 10년간 유지된다고 가정하면 500억 달러(약 60조 원)에 가까운 금액으로 추산된다. 2018년 평창 동계 올림픽보다 더 큰 경제적 효과다.

BTS의 성공이 우연이 아니라는 것을 입증하기 위해 가장 중요한 것은 빅히트가 BTS와 같은 세계적인 그룹을 또다시 키워낼 수 있는지에 달려 있을 것이다. 이 보고서의 마지막에는 방 대표의 이에 대한 대답이 수록돼 있다.

"최근에야 지금까지 빅히트가 도전해 왔던 새로운 방식을 통해 올바른 길을 찾아가고 있다는 확신이 생겼습니다. BTS뿐만 아니라 다른 그룹에도 얼마든지 우리의 새로운 전략을 적용해 성공할 수 있습니다."



기획사와 아이돌의 '파트너 관계'에 방점

방 대표와 빅히트는 2011년 워크숍을 통해 회사를 경영하는 방식에서 몇 가지 중대한 변화를 맞는다. 그 첫째 전환점의 키워드는 '기획사와 아티스트의 관계 재정립'이다.

당시 국내에서 아이돌 그룹을 발굴·육성하고 데뷔시킨 후 활동을 관리하는 데 매우 엄격한 시스템이 작동했다. 가수의 앨범 콘셉트부터 어떤 노래를 부를지, 어떤 분위기의 의상을 입을지 모두 다 '기획'한다. 기획사의 관리 대상은 무대 위에만 국한되지 않는다. 가수의 무대 밖 사생활도 포함된다. 휴대전화의 소지 여부는 물론 연애 문제까지 엄격한 규칙

을 적용하는 경우가 다반사다. 이 같은 관리가 가능한 데는 특유의 '연습생 제도' 때문이다. 국내 기획사는 대부분 청소년기부터 재능 있는 학생을 선발한 뒤 이들을 대상으로 보통 3~6년 혹독한 트레이닝 과정을 거친다. 노래와 춤은 물론 연기, 다양한 여학까지 학습 대상이 되는데 기획사는 이 기간 오로지 이들에게 투자를 한다.

문제는 평균적으로 볼 때 수십 명의 연습생 가운데 실제로 데뷔하는 인재를 한두 명에 불과하다는 것이다. 기획사로서는 한 그룹이 데뷔하기까지 오랜 시간 막대한 투자가 이미 진행된 만큼 리스크를 최소화하기 위해서라도 철저한 관리 시스템을 필수로 여기는 분위기였다. 여기에서 오는 장점이 큰 것도 사실이다. 그만큼 노래와 춤, 무대 의상 등 종합적인 면에서 효율적으로 퍼포먼스를 관리할 수 있고 이는 K팝이 세계적인 인기를 얻는 데 가장 큰 원동력이 되고 있다.

하지만 최근에 이로 인한 여러 부작용 또한 심각하게 부각되고 있다. 빅히트는 2011년 워크숍을 통해 바로 여러 문제에 대해 치열하게 고민했다. '기획사와 아이돌 그룹의 엄격한 상하 관계가 언제까지 지속 가능할까'도 그 질문 중 하나였다. 빅히트의 결론은 기존의 국내 기획사가 갖춰 놓은 시스템의 효율성은 그대로 받아들이되 기획사와 아이돌 그룹의 관계를 상하 관계가 아닌 '동반자'로 다시 설정하는 것이었다.

실제로 BTS의 멤버를 영입하고 구성하는 단계에서부터 그룹을 이끌어 갈 멤버의 목소리를 적극적으로 반영했다. 기획사가 '결정'하고 아이돌 그룹이 '따르는' 방식이 아니라 기획사와 아이돌 그룹이 함께 '비전'을 공유하고 이를 통해 멤버가 스스로 움직일 수 있도록 한 것이다. BTS는 데뷔 전 오랫동안 멤버끼리 합숙하며 서로 가까이에서 지켜보는 시간을 가졌다. 이를 통해 장점을 파악하고 그에 따라 그룹 내에서 각자의 역할을 자연스럽게 찾아갈 수 있도록 유도한 것이다. 기획사가 각 그룹 멤버에게 각자의 역할을 정해 주는 기존의 방식과는 차별화된 방식이다.

지금은 다른 기획사에서 아이돌 연습생과 가수를 대상으로 정신건강을 관리하기 위한 전문 상담 등의 혜택을 제공하는 곳이 늘고 있지만 빅히트는 초창기부터 이와 같은 제도를 정착시킨 대표적인 국내 기획사로 손꼽힌다. BTS 멤버는 지난해 9월 한 달 동안의 장기 휴가를 받아 각자 자유의 시간을 즐기기도 했다. 데뷔 이후 쉴 새 없이 달려온 멤버에게 주어진 이와 같은 장기 휴가는 국내 기획사에서는 처음 시도된 것이다.

빅히트가 아이돌 그룹과 맺고 있는 '원원 관계'는 지난해 BTS의 재계약 때도 빛을 발했다. 통상 국내 가요업계에는 '7년의 저주'라는 말이 있다. 일반적으로 국내 아이돌 그룹의 재계약 기간이 7년으로 설정돼 있기 때문에 7년이 지나면 해체 수순을 밟는 아이돌 그룹이 많아지는 것을 뜻한다. 지난해 7년의 계약 기간이 종료된 BTS는 재계약을 했다. 당시 BTS 멤버가 빅히트에 내건 조건은 하나였다. '우리가 7년의 시간을 빅히트에 더 줄 테니 우리가 이뤄낸 성취 가운데 우리의 역할을 인정해 달라. 그 부분을 계약서에 반영해 줬으면 한다'는 것이었다.



'진짜 내 이야기'여야 통한다

BTS의 성공 요인을 꼽으라면 빠지지 않고 거론되는 것이 10, 20대의 생각과 고민을 담아낸 '공감대 큰 음악'이다. 빅히트는 공감대 있는 음악을 스스로 제작할 수 있는 아이돌 그룹을 키우기 위해 "기획사가 처음부터 끝까지 모든 것을 기획하고 이를 실행하는 이들을 '아티스트'라고 할 수 있을까"라는 질문에서부터 시작했다.

표면적으로 BTS는 한국 아이돌 그룹의 이미지를 충실히 반영하고 있다. 하지만 기존 아이돌 그룹과는 확실히 차별화되는 지점이 있다. BTS는 일곱 멤버가 모두 작사·작곡은 물론 프로듀싱에까지 참여하고 있다. 곡을 무대에 세울 때 어떤 분위기와 의상이 적절할지 또한 멤버를 중심으로 논의된다. 빅히트의 역할은 BTS 멤버를 주축으로 한 아이디어를 실제 무대에 구현할 수 있도록 구체화하고 실행하는 데 초점이 맞춰진다.

이지영 세종대 교수는 그의 저서 'BTS 예술혁명'에서 이와 관련해 흥미로운 분석을 내놓았다. 그는 BTS의 노래 가사를 국내 아이돌 그룹인 빅뱅, 트와이스 등과 비교했는데 그 결과 일반적인 국내 아이돌 그룹의 노래 가사에 가장 많이 등장하는 단어는 '베이비' '사랑' '재미' '행복' '스위트' 등이었다.



출처 : BTS 공식 홈페이지(<https://ibighit.com/bts/kor/schedule/>)

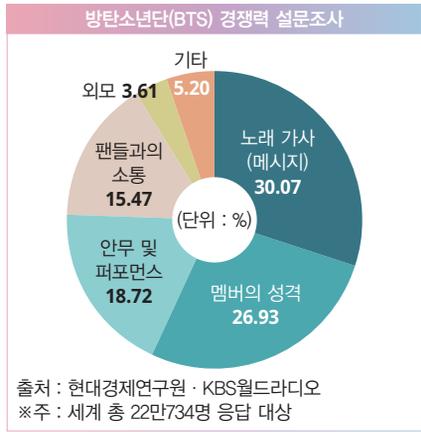
이와 비교해 BTS의 노래에는 '나' '노력' '인생' 등의 단어가 자주 등장한다. BTS가 노래하고 있는 대상은 다름 아닌 평범한 10, 20대의 현실적인 이야기에 초점이 맞춰져 있다는 것을 보여준다. 그 누구도 아닌 '자신들의 이야기'를 통해 콘텐츠를 만들어 내는 것 그리고 이를 통해 자신과 같은 많은 사람의 공감대를 끌어내는 힘이 BTS가 글로벌 음악산업에 이토록 강력한 영향력을 미칠 수 있었던 근본적인 힘이라는 분석이다.

방 대표는 BTS 멤버의 연습생 시절부터 꾸준히 자신의 이야기를 노래로 풀어내는 훈련을 했다고 한다. 초창기만 해도 BTS의 멤버는 '사랑' 이야기를 비롯해 멋있어 보이는 가사를 쓰는 경우가 많았다고 한다. 하지만 방 대표는 멤버가 이런 노래를 만들어 올 때마다 되돌려 보냈고 이런 과정을 거쳐 BTS 멤버는 '멋있어 보이는 이야기'가 아니라 '진짜 자신들의 생각과 고민을 담아내는 이야기'를 노래에 담아내는 데 익숙해지게 됐다.

하버드비즈니스리뷰의 보고서 또한 이를 BTS가 많은 팬들을 공감시킨 이야기를 담아낼 수 있었던 중요 요소로 꼽고 있다. BTS의 멤버는 데뷔 전부터 각자의 블로그를 통해 자신들이 작곡한 랩 가사를 공개하거나 음악 작업물을 올리는 등 평범한 일상을 공유해 왔다. 빅히트의 윤석준 글로벌 최고경영자

(CEO)는 이를 '10대의 10대에 의한(of teens by teens)'이라는 이름으로 소개한 바 있다. 아티스트로서 멤버 각자의 성장기를 블로그를 통해 자연스럽게 노출하도록 함으로써 멤버 스스로의 생각을 표현하는 법에 대한 훈련도 됐지만 그 무엇보다 이 과정에서 자연스럽게 팬들과 소통하면서 실제 팬들의 이야기와 고민을 자신들의 작업 과정에 담아낼 수 있게 된 것이다. 이 과정에서 자신들의 가사가 팬들에게 어떤 영향을 미칠지에 대해 조금 더 신중하고 조심스럽게 접근하는 태도를 익히게 된 것 또한 긍정적인 효과였다.

빌보드는 2017년 BTS를 '사회의식을 노래하는 그룹'이라고 소개했다. '난 육포가 좋으니까 6포 세대, 언론과 어른들은 의지가 없다며 우릴 싹 주식처럼 매도해...(떨어)'라고 날 선 목소리로 청춘의 불안을 이야기하다가도 '어쩌면 누군가를 사랑하는 것보다 더 어려운 게 나 자신을 사랑하는 거야(Answer : Love Myself)'라며 상처 받은 청춘의 마음을 다독인다. 바로 이렇듯 그 누구도 아닌 자신들의 이야기를 담아내고 있어 BTS는 다른 기획사에서 쉽게 복사할 수 없는 차별성을 갖게 된다. 그 차별성이 전 세계 팬들과 공감하는 가장 강력한 무기가 되는 것이다.





팬들의 '좋은 경험'을 늘려나가는 마케팅

BTS가 전 세계 음악산업의 판도를 뒤집어 놓을 만큼 큰 영향력을 발휘할 수 있었던 데는 BTS의 팬클럽 '아미'의 역할을 무시할 수 없다. BTS는 많은 아이돌 그룹 가운데서도 팬들과 유독 끈끈하기로 유명하다. 데뷔 이후 유튜브나 소셜네트워크서비스(SNS)를 통한 소통을 지속하며 오랜 기간 유대감을 쌓아 온 결과다. 최근에는 아이돌 그룹뿐만 아니라 많은 그룹이 BTS의 SNS를 통한 팬들과의 소통 방식을 'SNS 마케팅'의 정식으로 삼고 이를 배우기 위해 적극적으로 연구하기도 한다.

요즘 아이돌 그룹이라면 기본으로 하는 것이 유튜브, 인스타그램, 트위터와 같은 SNS 활동이다. 그렇다면 BTS의 SNS 소통 방법은 어떤 점에서 특별했을까. 이에 대한 답 역시 빅히트의 2011년 워크숍으로 거슬러 올라간다. 기존에도 국내 K팝 시장에서는 아이돌 그룹의 활동에 팬들이 적극적으로 참여할 수 있는 길을 열어 놓는 편이었다. 기획사 차원에서 아이돌 그룹의 공식 팬카페를 열고 회원에게 특별한 행사에 참여할 수 있는 프리미엄을 주는 것이 대표적인 예다. 기획사는 팬들에게 아이돌 그룹의 굿즈 등을 판매함으로써 많은 수익을 얻기도 했다. 하지만 이 과정에서 이른바 '사생팬'이 아이돌 그룹 멤버의 안전을 위협하는 사고가 발생하는 등 부작용이 나타나기도 했다.

빅히트는 2011년 '아이돌 그룹에 팬은 어떤 존재이고 이 둘의 관계를 어떻게 재정립해 나가야 할지'를 고민했다. 기존 국내 아이돌 그룹은 대부분 지상파 방송 등의 음악 프로그램에 노출해 팬층을 확보하는 게 일반적이었다. 하지만 중소기획사인 빅히트 소속 가수들로서는 TV 프로그램만을 통해 팬층을 넓혀 가는 데는 한계가 있었다. 그러다 보니 2011년 워크숍에서도 자연스럽게 '디지털 기술을 최대한 적극적으로 활용하자'는 데 의견이 모아졌다. SNS는

BTS에 팬들과 소통을 가능하게 해주는 유일한 창구였던 셈이다.

빅히트는 BTS라는 그룹의 이름으로 공용 계정을 만들고 그 위에 멤버 각자 자유롭게 활동할 수 있도록 했다. 기획사 측에서 몇 가지 큰 원칙만 제시할 뿐 이곳에서 어떤 콘텐츠를 올리며 팬들과 어떻게 관계를 쌓아 나갈지는 멤버의 자율에 맡겼다. 이와 함께 기획사 측도 SNS를 통해 멤버의 무대 뒷모습 등을 최대한 자주 공개하는 콘텐츠를 기획하는 데 초점을 맞췄다. 잘 포장된 아이돌로서의 모습이 아니라 무대 뒤에서 긴장하고 팬들에게 잘 보이고 싶어 하는 인간적인 모습을 있는 그대로 노출한 것이다. 결과는 예상한 것보다 훨씬 폭발적이었다. 기획사에 의해 잘 포장된 아이돌 그룹의 모습이 아니라 멤버의 자연스러운 일상 모습이 영상 속에 담기기 시작했다.

또 하나 재미있는 것은 아미가 단순히 빅히트나 BTS 멤버의 콘텐츠를 소비하는 역할에만 그치는 것이 아니라 이를 바탕으로 또 다른 창의적인 콘텐츠를 만들어 낸다는 점이었다. BTS 공식 계정에 올라온 콘텐츠는 아미의 재가공을 거치며 글로벌 시장에서 더 큰 파급력을 확보해 나갔다. 이를 통해 자연스럽게 유대감을 쌓아 온 아미는 기존의 팬덤 문화와 차원이 다른 폭발력을 낳았다.

빅히트와 BTS가 지향하는 팬들과의 새로운 관계를 단적으로 보여주는 것이 지난해 10월 서울 잠실주경기장에서 열린 BTS의 콘서트 풍경이다. 유명 가수의 콘서트에서 늘 보이던 '밤샘 대기줄'이 사라진 것이다. '팬이니까 좋아하는 아이돌 그룹의 공연을 보기 위해 당연히 오랜 시간의 기다림도 감수해야 한다'는 기존의 고정관념을 뒤집은 것이다. BTS의 팬들은 스마트폰에 내려받은 애플리케이션에서 자신의 티켓팅 대기 시간을 확인하고 기다리는 동안 콘서트장 주변에 마련된 다양한 즐길거리를 찾아다니며 사진도 찍고 굿즈를 쇼핑하기도 하며 즐길 수 있도록 한 것이다.

아이돌 그룹을 좋아하는 팬들을 단순한 팬덤이 아닌 고객의 관점에서 바라보고 BTS의 팬으로서 아미가 얼마나 좋은 경험을 쌓을 수 있느냐에 집중한 결과라는 분석이다. 편주현 고려대 경영대 교수는 지난해 이 콘서트가 끝난 뒤 '방탄소년단 이벤트의 경제적 효과: 2019 서울 파이널 공연' 보고서를 통해 BTS가 3일간 개최한 콘서트의 직간접 경제 효과만 약 9229억 원에 달한다고 추산했다.



더욱 안전하고 효율적인 이차전지를!

카이스트 생명화학공학과 김희탁 교수

우리가 매일같이 사용하는 다양한 이차전지. 그러나 그 이차전지는 이미 이런저런 한계를 노출하고 있다. 물론 그러한 한계를 초월하기 위한 연구개발 노력도 활발히 이루어지고 있다.

그러한 노력을 하는 연구자인 김희탁 교수와 그 연구 성과를 소개한다.

취재 이동훈

Q 간단 이력과 현재 하고 계신 일, 주요 연구 분야에 대한 소개 부탁드립니다.

A 저는 1999년 카이스트 화학공학과에서 박사학위를 취득하고, 삼성SDI를 비롯한 산업계에서 이차전지 및 연료전지 관련 연구를 14년간 수행했습니다. 리튬이온폴리머전지, 리튬황전지, 직접 메탄올연료전지, 고분자 전해질 연료전지 개발에 대한 경험을 쌓은 후 2013년 카이스트 생명화학공학과로 부임해 다양한 배터리와 연료전지 기술을 개발하고 있습니다.

저희 연구실의 이름은 EED(Electrochemical Energy Device, 전기화학에너지저장장치) 랩입니다. 전기화학공학, 소재공학, 전산과학을 융합해 배터리와 연료전지의 애로 기술을 해결하며 새로운 전지 기술을 개발하는 연구를 수행 중입니다. 보다 구체적으로 말하면 차세대 리튬 전지인 리튬황전지와 리튬금속전지를 개발하고 있으며, 비발화성 ESS(Energy Storage System, 에너지저장장치)를 위한 수계 레독스 전지, 그리고 연료전지 자동차용 고분자 전해질 연료전지와 수전해 기술에 대한 과제를 수행하고 있습니다.

Q 기존의 이차전지(특히 리튬이온전지)의 문제점은 어떤 것입니까.

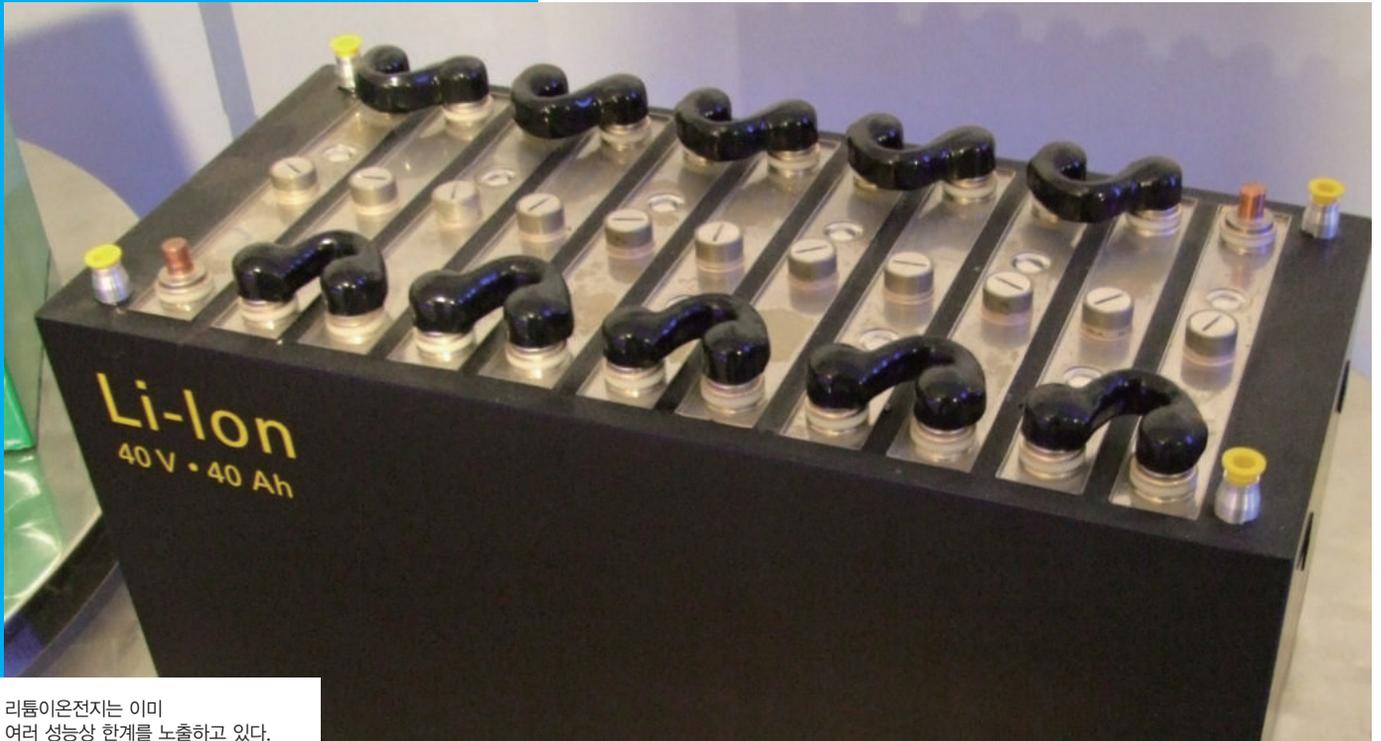
A 현재 배터리 기반 ESS의 90% 이상이 리튬이온전지를 이용하고 있습니다. 리튬이온전지는 현존하는 이차전지 중 가장 높



김희탁 교수

은 에너지 밀도를 가지고 있으며, 출력 성능도 우수해 소형 IT 기기뿐만 아니라 전기자동차 및 드론에 이르기까지 그 응용범위를 넓혀가고 있습니다. 전기차 시장의 발전에 따라 중대형 리튬이온전지의 생산량이 증가하면서 저가격화가 가능하게 됐습니다. 이러한 고에너지 밀도와 저가격화를 장점으로 리튬이온전지가 ESS에 채용됐습니다.

그러나 리튬이온전지는 유기계 전해액을 이용하는 전지입니다. 유기 전해액은 연소 시 발화되는 특성이 있습니다. 리튬이온전지는 과충전, 과방전 및 충격에 의한 파손 등 여러 오남용에 의해 열이 발생되며, 이는 유기전해액의 발화로 이어져 전지의 발화 및 폭발이 일어날 수 있습니다. 최근 ESS뿐만 아니라 전기차의 발화 사고 역시 이러한 근원적인 발화특성에 기인합니다. 리튬이온전지를 잘 제어하면서 운전하면 이러한 문제를 차단할 수 있습니다. 그러나 제어를 담당하는 BMS(Battery Management System, 배터리관리체계)가 모든 셀을 완벽히 제어할 수는 없으므로 안전에 대한 위험성은 항상 내포돼 있습니다.



리튬이온전지는 이미 여러 성능상 한계를 노출하고 있다.

Q 최근 화제가 된 주요 연구 과제인 ESS 수계전지에 대해 설명해 주십시오.

A 저는 수~수십 MWh의 대용량 ESS의 발하는 사회적·산업적으로 큰 문제가 될 수 있을 것으로 판단하고, 근원적 비발화성을 가지는 수계전지 기술을 개발해 왔습니다. 기존 ESS용으로 크게 두 가지의 수계전지가 개발돼 왔는데, 하나는 바나듐을 활물질로 이용한 바나듐 레독스 흐름전지이며, 다른 하나는 아연브로마이드(ZnBr₂)를 활물질로 이용하는 아연브롬 레독스 흐름전지입니다.

저희 연구실에서는 바나듐 레독스 흐름전지와 아연브롬 레독스 흐름전지를 모두 연구해 왔습니다. 바나듐 레독스 흐름전지는 수천 사이클의 높은 수명특성을 가지는 반면 고가의 바나듐(100달러/kWh)을 활물질로 이용하고 바나듐 활물질이 용해된 바나듐 전해액의 제조비용이 높아 저가격화가 어려운 문제점이 있습니다. 반면 아연브롬 전지의 활물질인 아연브로마이드는 5달러/kWh로 가격이 저렴해 저가격화에 유리한 장점이 있는 반면 수명을 확보하기 어려운 문제점이 있었습니다.

본 연구는 이 아연브롬전지의 수명 문제를 해결한 것에 그 가치가 있습니다. 아연브롬전지는 음극에서 전해액에 녹아 있는 아연 이온이 아연 금속으로 전착되는 반응이 일어납니다. 이러한 전착 반응은 균일하지 않고 국부적으로 집중됩니다. 이로 인해 아연 덴드라이트가 발생되는데, 아연 덴드라이트는 상대극(양극)까지 성장해 내부 단락을 일으키게 됩니다. 내부 단락이 되면 충전이 되지 않으므로 전지 구동이 중단됩니다.

본 연구는 아연 덴드라이트가 왜 발생하는가에 대한 기초연구에서부터 시작했습니다. 아연이 카본 전극에 전착되는 과정은 아연핵의 생성과 그 핵의 성장 과정을 거칩니다. 이때 생성된 아연핵이 한자리에 머무르지 않고 카본 표면에서 이동해 아연핵의 응집체를 형성하는 것에 주목했으며, 이러한 응집체가 덴드라이트 생성의 시작점이었습니다.

이는 아연핵이 카본 전극 표면에서 이동하지 않도록 곧 표면 확산을 억제할 수 있는 새로운 전극 표면을 만들어 내는 것이 중요하다는 것을 시사했습니다. 저희 연구팀은 전산과학을 활용해 어떠한 구조의 카본 표면에서 아연이 강하게 결합돼 표면 확산을 차단할 수 있는지를 연구

했으며, 그 결과 카본의 육각형 구조에서 카본 하나가 제거된 단일 빈 구멍(Single Vacancy)이라 불리는 결함구조에서 매우 강한 결합이 가능함을 알아냈습니다.

그 다음 과정으로는 단일 빈 구멍을 형성할 수 있는 소재 기술을 개발하고자 했습니다. 최근 나노과학에서 각광받고 있는 소재인 MOF(Metal Organic Framework, 금속유기구조체)를 탄화해 제조한 카본구조체에 단일 빈 구멍이 많다는 것을 발견했습니다. 이를 활용해 단일 빈 구멍이 표면에 다량 노출된 전극을 개발하고, 이를 아연 전착을 위한 전극으로 사용했습니다.

그 효과는 매우 놀라웠습니다. 기존 수백 사이클에서 덴드라이트에 의해 셀 운전이 중단됐던 아연브롬전지는 새로이 설계된 결함 구조의 카본전극을 사용함으로써 5000사이클 이상의 수명 성능을 나타냈습니다. 이러한 성능은 기존 리튬이온전지의 수명특성을 뛰어넘을 뿐만 아니라, 아연을 이용한 수계전지 중 최고의 수명특성이라 할 수 있습니다. 결함구조의 카본 전극에 아연이 전착되는 과정을 관찰한 결과, 표면 확산에 의한 응집이 전혀 일어나지 않았으며, 이로 인해 덴드라이트 형성이 차단되는 효과를 확인할 수 있었습니다.

Q ESS 수계전지는 기존 전지의 문제를 어떻게 해결할 수 있겠습니까.

A ESS 수계전지는 근원적 비발화성을 기반으로 대용량 전지의 안전성 이슈를 해결할 수 있습니다. 뿐만 아니라 아연브롬전지와 같이 초저가의 활물질을 이용하는 경우 저가격화가 가능해 ESS 시장 확대에 기여할 수 있습니다. 최근 바나듐 레독스 흐름전지 등 다양한 수계전지에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 리튬이온전지의 안전성 향상 기술의 발전과 함께 수계전지 기술의 발전은 국내 배터리산업의 지속적인 성장에 기여할 것입니다.

Q 그 외에 밝히고 싶은 연구 과제, 향후 연구 계획 등이 있다면 알려주세요.

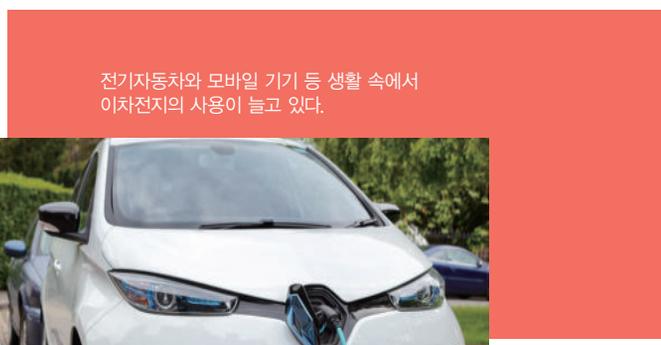
A 이번에 개발된 아연브롬 수계전지 기술을 바탕으로, ESS 시스템을 완성하는 과제를 수행할 예정입니다. KAIST, UNIST, DGIST, GIST가 참여하는 과기원 공동연구 프로젝트에 이 기술이 올해 10월 선정(총 5개 과제 중 하나)됐으며 이 과제를 바탕으로 5년간 상용화에 필요한 기술을 보다 발전시켜 나갈 예정입니다.

또한 저희 연구실은 전기화학공학을 기반으로 배터리 및 연료전지의 한계를 극복하는 여러 기술을 개발하고 있습니다.

우선 고가의 멤브레인이나 펌프가 필요 없는 신개념 아연브롬전지를 올해 초 개발해 홍보한 바 있습니다. 아연과 브롬을 활물질로 사용하는 아연-브롬 레독스 흐름전지는 높은 구동 전압 및 높은 에너지 밀도를 가져 1970년대부터 지속적으로 개발돼 왔습니다. 그러나 브롬이 수계 전해질로 용출되는 문제로 인해 상용화가 지연돼 왔습니다. 용출된 브롬은 상대극인 아연과 반응해 전지수명을 단축시킵니다. 이러한 반응을 억제하기 위해 브롬이 함유된 전해질을 펌프를 이용해 외부 탱크로 이송해 왔으나, 이는 펌프 구동을 위한 에너지 소모 및 브롬에 의한 외부 배관 부식의 문제점이 있습니다. 때문에 브롬을 포획하는 전해질 첨가제 및 브롬의 이동을 차단할 수 있는 멤브레인 개발을 진행했으나 가격 증대 및 출력 저하의 문제점이 발생했습니다.

저와 카이스트 신소재공학과 김상욱 교수 공동 연구팀은 브롬 용출에 의한 문제점을 해결하기 위해 전기화학 반응을 담당하는 기존 전극에 브롬 포획 기능을 추가했습니다. 질소가 도핑된 미세기공 구조를 전극 표면에 도입해 미세기공 내부에서 비극성 브롬을 극성 폴리브롬화물로 전환시킨 뒤 질소 도핑 카본과 폴리브롬화물 간 쌍극자-쌍극자 상호 작용을 통해 폴리브롬화물을 기공 내부에 고정시켰습니다.

이 기술은 브롬의 용출을 차단하는 멤브레인 기능을 전극이 담당하므로 고가의 멤브레인이 필요 없으며, 브롬을 외부 탱크가 아닌 전극 내부에 저장함으로써 펌프 및 배관을 제거시켜 시스템 가격 절감 및 에너지 효율을 증대시켰습니다.



전기자동차와 모바일 기기 등 생활 속에서 이차전지의 사용이 늘고 있다.

더욱 효율적이고 안전한 이차전지는 우리의 생활 모습을 크게 바꿀 것이다.

다기능성 전극을 이용한 멤브레인을 사용하지 않는 수계아연-브롬 전지는 리튬이온전지보다 45배 저렴할 뿐만 아니라 83% 이상의 에너지 효율을 나타내며 1000사이클 넘게 운전이 가능합니다.

또한 작년에는 바나듐 레독스 흐름전지의 전해액 제조비용을 획기적으로 낮출 수 있는 새로운 공정 기술을 개발했습니다. 바나듐 전해액은 해당 전지의 용량, 수명과 성능을 결정하는 핵심 소재이며, 전체 전지가 가격의 50% 이상을 차지하고 있습니다. 이 바나듐 전해액은 산화수 5가의 바나듐옥사이드(V₂O₅) 전구체를 전기분해로 3.5가로 환원시켜 제조됩니다. 그러나 전기분해 방식은 고가의 전기분해 장치가 필요하고 에너지 소비가 크며, 높은 산화수를 지닌 전해액의 재처리가 필요합니다.

이 때문에 유기연료전지의 촉매 기술을 응용해 잔류물이 남지 않는 환원제인 포름산의 활성을 증대시켜, 바나듐을 3.5가로 환원시키는 기술을 개발했습니다. 이 기술을 이용해 2L/h급 촉매 반응기를 개발했으며, 연속 공정을 통한 고순도 3.5가 바나듐 전해액 생산에 성공했습니다. 본 촉매 반응을 이용한 제조 공정은 전기분해 방식에 비해 공정 구조가 효율적이며 생산 공정 비용을 40% 절감할 수 있습니다. 또한 기존 전기분해 방식으로 만들어진 전해액과 동등한 성능을 지닌 전해액을 생산할 수 있습니다.

리튬황전지와 리튬금속전지의 에너지 밀도 및 수명을 향상시킬 수 있는 핵심 요소 기술도 개발하고 있습니다. 리튬황전지는 리튬이온전지와 달리 매우 높은 전해액 함량을 갖고 있습니다. 전지 무게의 40%에 달하는 과량의 전해질 사용은 전지 무게 증가로 인해 그동안 리튬황전지의 고에너지 밀도 구현에 큰 걸림돌이 돼 왔습니다. 리튬황전지는 황이 방전되고 난 후의 산물인 리튬 폴리 설파이드(Lithium Poly Sulfide)가

전해액에 용해된 상태에서 빠른 충·방전특성을 갖습니다. 이 전해액 양을 낮추면 리튬 폴리 설파이드의 용해량이 감소해 용량 및 출력이 저하되는 문제가 발생합니다. 또 리튬금속 음극이 전해액을 분해해 전해액이 고갈되는 문제는 낮은 전해 액체량에서 더욱 심해져 결국 전지 수명을 떨어뜨립니다.

그러나 리튬 나이트레이트염과 같이 높은 전자공여(다른 화합물에 전자를 주는 성질) 능력이 있는 염을 전해질에 주입하면 폴리 설파이드의 용해도를 증가시킴과 동시에 리튬금속에서 전해질 분해를 억제할 수 있음을 규명했습니다. 즉, 전해액 성분 중 리튬염 물질 하나만 교체하는 간단한 방법으로 에너지 밀도를 높이면서 고가의 전해액 사용량을 줄여 가격을 대폭 절감할 수 있습니다.

이외에도 수소연료전지자동차에 탑재되는 전지(막-전극 접합체)의 출력 성능과 수명을 향상시킬 수 있는 계면공학 기술을 개발하고 있습니다.

Q 그 외에 본지 지면을 통해 밝히고 싶은 내용이 있다면 알려주세요.

A 전기화학공학을 통해 사회와 산업에 기여한다는 미션을 가지고 연구하고 있습니다. 기존 전기화학공학과 새로이 발전하는 나노과학 및 전산과학을 접목해 난제를 해결할 수 있는 역량 있는 인재를 키워내는 랩으로 인정받기를 바라며 연구에 매진하고 있습니다.

저는 차세대이차전지인력양성센터장을 역임하고 있습니다. 1년에 두 차례 3일 집합교육을 통해 매년 300여 명의 학계 및 산업체 인력을 대상으로 전지 교육을 하고 있습니다. 교육을 통한 산업 기여도 매우 중요하다고 믿고 있습니다.

생활 속 이차전지, 바르게 알고 사용하자

사용자의 입장에서 보는 이차전지의 허와 실

이차전지는 어느새 우리의 일상을 점령했다. 매일 사용하는 휴대전화 등의 모바일 기기는 물론 디지털카메라나 전기자동차 등에도 이차전지가 전원으로 쓰이고 있다. 하지만 그 실체와 사용법에 대해 우리는 얼마나 제대로 알고 있을까. 늘 쓰는 이차전지라도 좀 더 현명하게 사용하는 법을 알아보자.

이경원 [과학칼럼니스트]

삶 속에 깊숙이 들어온 이차전지

지금과 같이 이차전지가 대세를 이루기 전, 배터리 하면 다들 일차전지, 즉 일회용 배터리를 많이 떠올렸다. 아직도 많이 쓰이는 일차전지는 재충전이 불가능하며, 완전 방전되면 버려야 한다. 소재로는 알칼리, 탄소아연, 리튬, 산화은, 아연공기 등이 있다.

반면 이차전지는 500~1000회 재충전이 가능하다(구체적인 충전 횟수는 사용 방법에 따라 달라진다). 바로 이 때문에 많은 전력을 소모하면서도 고정된 유선 전원에 연결할 수 없는 전기 및 전자기기(가장 대표적인 게 요즘 누구나 들고 있는 휴대전화)의 전원으로 애용되고 있다. 그 소재로는 니켈수소합금(NiMH), 니켈카드뮴(Ni-Cd), 리튬이온(Li-ion) 등이 대표적이다. 사실 이외

에도 이차전지의 종류는 매우 다양하지만 지면관계상 다 밝힐 수는 없다.

이차전지의 충전 용량을 나타내는 단위는 mAh(밀리암페어시, 시간당 나오는 전류량을 밀리암페어로 나타낸 것)이다. 이 단위는 배터리의 본체와 포장, 설명서 등에 반드시 적혀 있다. 배터리가 저장할 수 있는 전하의 양으로 해석해도 무방하다. 이 수치가 클수록 더 많은 전기 에너지를 오랫동안 사용할 수 있는 것이다. 예를 들어 보면 AA형 이차전지의 경우 1300~2900mAh, AAA형 이차전지의 경우 500~1100mAh까지 쓸 수 있다.

앞서도 말했듯이 오늘날 사용되는 대표적인 이차전지로는 그 재질에 따라 Ni-Cd, NiMH, Li-ion 등이 있다.

이 중 Ni-Cd전지는 가장 오래전에 개발된 기술이다. 1899년 스위스의 발데마르 용너가 발명했다. 2000년대 이

전에는 이차전지의 대명사 격으로 불릴 만큼 흔하게 볼 수 있었던 전지였다. 가격도 비교적 저렴하다. 그러나 요즘은 인기가 없다. 그 가장 큰 이유는 메모리 효과라는 단점이 있기 때문이다.

메모리 효과란 잘못된 충전으로 인해 이차전지의 충전 용량과 수명이 줄어드는 것이다. 좀 더 구체적으로 말하면, Ni-Cd 이차전지를 완전 방전하지 않고 충전할 경우 배터리가 충전 전 지니고 있던 잔여 충전 용량을 자신의 만충전량으로 기억해 이후 충전 시 그 이상을 충전할 수 없게 되는 현상을 말한다. 때문에 Ni-Cd 이차전지는 메모리 효과를 방지하기 위해 무조건 완전 방전을 하고 나서야 재충전을 하는 것이 상식이었다. 그러나 이후에 나온 신소재 이차전지의 경우 메모리 효과 문제는 사실상 걱정할 필요가 없다. 또한 에너지 밀도도 요즘 제품보다는 비교적 낮아 비효율적이다. 유독 물질인 카드뮴을 사용한다는 것도 문제다.

1989년 첫 출시된 NiMH 이차전지는 NiCd에서 카드뮴 대신 수소합금을 사용한 것이다. Ni-Cd보다 가격이 비싸다. 그러나 에너지 밀도가 Ni-Cd보다 크므로 더욱 효율적이다. 카드뮴을 사용하지 않으므로 공해 문제도 덜하다. 때문에 Ni-Cd를 몰아내고 오늘날 주류로 자리 잡았다.

1991년 첫 출시된 Li-ion 이차전지는 현재 상용품 중에서 최고 수준의 에너지 밀도를 자랑한다. 미사용 시 자연 방전 속도도 꽤 느린 편이다. 메모리 효과도 없다. 그러나 단점도 있다. 배터리



사용 시 발생하는 열로 인해 화재가 날 위험성이 있다. 물론 흔한 사례는 아니다. 제대로 설계되고 생산돼 사용되는 제품이라면 사실상 걱정할 필요는 없다.

이차전지는 의외로 환경보호에 기여하는 측면도 있다. 특히 전력을 많이 소모하는 기기의 경우 일차전지만 사용하면 새 배터리의 제작에 많은 자원과 에너지가 들어가게 된다. 사용하고 난 일차전지도 그만큼 환경을 파괴하게 된다. 그러나 이를 모두 이차전지로 대체한다면 새 배터리 제작에 자원과 에너지가 들어갈 일도, 버려진 배터리가 환경을 파괴할 일도 훨씬 적어진다.

배터리 제대로 사용하기

편리한 이차전지지만 앞서도 밝혔듯이 잘못 사용하다가가는 배터리 수명 단축은 물론 화재 등 대형 사고를 일으킬

수도 있다. 그런 일을 막으려면 어떻게 해야 할까.

❖ 과충전하지 않는다

과충전을 피하는 것이야말로 배터리 수명 연장을 위한 가장 중요한 일이다. 배터리가 만충전되면 충전기를 빼 놓을 것을 권장한다. 배터리가 만충전됐는데도 계속 충전 중이라면 과충전이 일어날 수도 있다. 과충전은 배터리의 수명을 단축시킨다.

다만 이것도 스마트폰 등의 모바일 기기에서는 그리 크게 신경 쓸 것이 없다. 요즘 모바일 기기에는 과충전 방지 설계가 돼 있기 때문이다.

❖ 배터리 충전 중에는 반드시 자리를 지켜라

간간이 일어나는 배터리 화재 사고는

사람이 없는 곳에서 충전 중이던 고품질 배터리가 과열되면서 일어나는 경우가 많다. 화재 감지기, 소화기가 비치된 곳에서 충전하는 것도 사고를 예방하는 좋은 방법이다.

❖ 배터리 및 충전기 근처에 인화물질을 두지 말라

인화 물질에는 베개, 이불, 담요, 종이, 의류를 비롯해 기타 우리 생활 속에서 흔하게 볼 수 있는 섬유 제품이 모두 포함된다. 또한 통풍이 잘되고 직사광선이 비치지 않는 곳에서 충전해야 과열로 인한 화재를 막을 수 있다.

❖ 극한 환경에 두지 말라

너무 춥거나 더운 곳에 배터리를 두면 수명이 줄어들 수 있다. 배터리는 건방암소에 보관하라. 15도 정도가 최적이다.

이 정도 온도면 충전 용량 손실을 최소화하고 자체 방전을 활성화한다.

↑ 이차전지는 배터리로 인한 환경 문제도 줄일 수 있는 친환경 제품이다.

❖ 제대로 된 충전기를 사용하라

배터리는 적어도 제조사 측에서 추천하는 충전기로 충전해야 한다. 전기 규격이 맞지 않는 배터리를 억지로 충전하다가 예기치 못한 문제가 일어날 수 있다.

❖ 혼용하지 말라

충전기에 일차전지를 절대 연결해서는 안 된다. 브랜드가 다른 이차전지를 섞어 함께 충전하는 것도 위험할 수 있다.

❖ 폐기할 때도 주의하라

설령 못 쓰게 된 배터리라도 완전히 폐기하기 전까지는 주의를 기울여 보관해야 한다. 멀쩡한 배터리와 마찬가지로 건냉암소에 보관하라. 특히 극 부분을 절연해야 한다. 작은 비닐봉지 하나 당 배터리 하나씩 넣든가, 아니면 절연

테이프를 배터리의 극을 포장하라. 못 쓰는 배터리라도 극이 다른 금속 물체와 닿으면 스파크를 일으킬 수 있기 때문이다. 게다가 스틸을 같은 금속 물체와 닿는다면 화재로 이어질 수도 있다.

버릴 때도 일반 쓰레기통에 버리면 안 된다. 쓰레기 매표지로 가면 내부의 유해 물질이 새어 나와 환경을 오염시킨다. 폐가전제품과 함께 버려서도 안 된다. 대부분의 재생업자는 폐가전제품에서 배터리를 분리하지 않기 때문이다. 폐전지 전용 수거함에 버려야 전문적인 재활용이 가능해진다.

❖ 안전제일

무엇보다도 사용자의 안전이 최우선이다. 아무리 시간이 없고 번잡하더라도 제품의 사용 설명서에서 금하는 위험한 행위는 절대로 해서는 안 된다.

↓
배터리를 냉장고에
둬야 좋다는 속설이
떠돌지만 과학적
근거는 없다.
상온이면 충분하다.

모바일 기기용 이차전지에 대한 잘못된 상식 부수기

그런가 하면 우리 삶에서 가장 밀접한 이차전지인 모바일 기기(휴대전화, 태블릿, 랩톱 등) 이차전지에 대해서도 잘못된 지식이 많이 떠돌고 있다. 이는 지금보다 이차전지 기술이 불완전했던 지난 세기의 상식인 경우가 많다. 그 부분에 대해서도 지적하고 넘어가 볼까 한다.

❖ 충전 중에는 모바일 기기를 사용해서는 안 된다

전혀 상관 없다. 충전이 평소보다 다소 느리게 될 뿐이다.

❖ 언제나 배터리를 완충시켜 놓아야 한다. 배터리가 완전 방전되기 전까지는 재충전해서는 안 된다

과거 메모리 효과가 있던 니켈 계열 이차전지를 사용하던 시절에는 옳은 상식이었다. 그러나 메모리 효과가 없는 리튬 계열 이차전지가 주로 쓰이는 요즘은 이렇게 할 필요가 없다.

❖ 메이커의 정품 충전기만이 안전하다

정품 충전기와 동일한 전류량 및 전압량을 지니고, 안전기준을 충족하는 충전기라면 뭐든 상관없다. 역으로 메이커 정품이라 하더라도 배터리와 전기 규격이 맞지 않으면 위험하다.

❖ 기기를 밤새도록 오래 충전하면 위험하다

앞서도 말했듯이 현재 거의 모든 모바일 기기에는 과충전 방지 기능이 있다. 때문에 오랫동안 충전해도 안전하다.





❖ **별도의 작업 관리자 및 메모리 도구 앱을 사용하면 배터리 성능을 향상시킬 수 있다**

안드로이드와 iOS는 그 자체로도 전력, RAM, 메모리 등의 자원을 매우 효율적으로 배분할 수 있도록 설계됐다. 때문에 별도의 작업관리자 및 메모리 도구 앱은 필요가 없을 뿐만 아니라 오히려 기기의 성능을 여러 모로 저해한다. 불필요하게 여겨지던 앱을 작업관리자로 조기 강제 종료했다가 그 앱이

무한 재시작돼 더 많은 RAM과 전력을 잡아먹는 일도 있다.

❖ **기기를 켜 놓은 채로 너무 오래 방치하면 배터리에 좋지 않다**

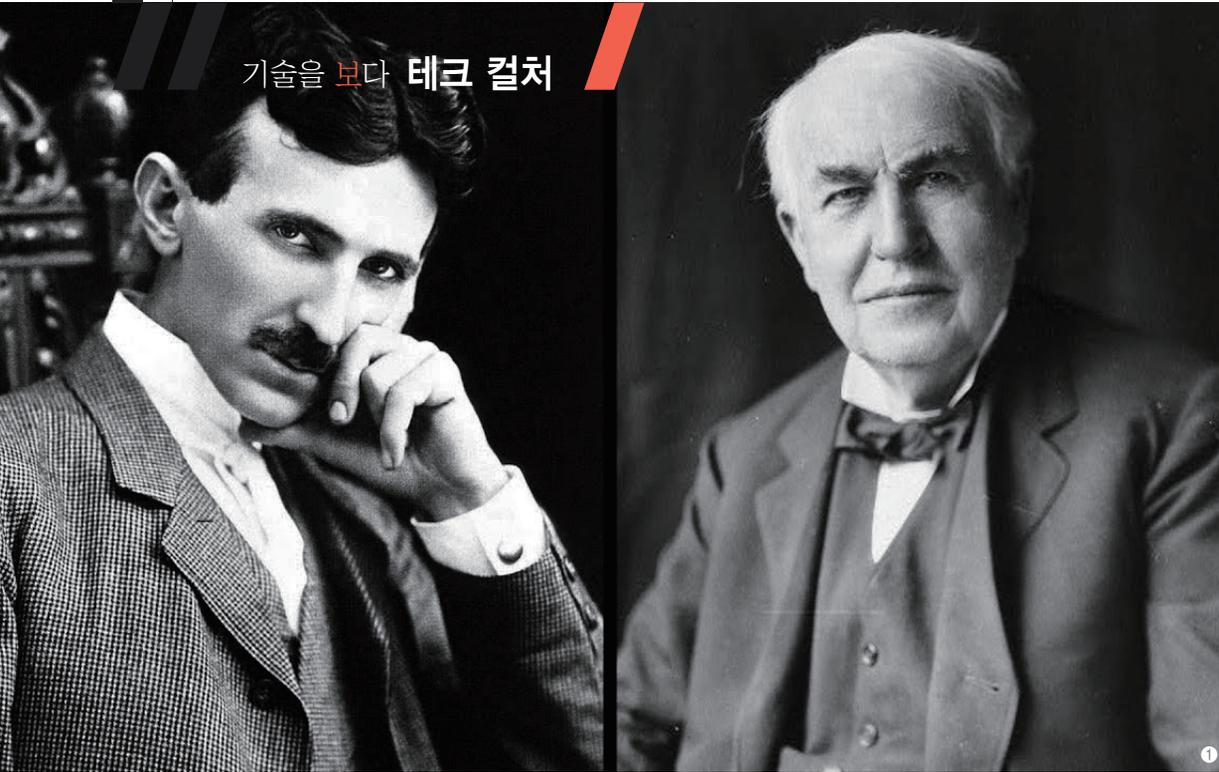
사실 나쁠 것은 없다. 그러나 아주 엄밀히 말하자면 켜 놓은 채로 방치해도 기기는 동작하고 있다. 그리고 다른 모든 것과 마찬가지로 모바일 기기의 구성품에도 수명이라는 것이 있다. 수명은 어떤 형태로든 사용하면 줄어드는

↑ 충전기를 고를 때는 메이커보다도 전기 규격과 안전성을 더 중요하게 따져야 한다.

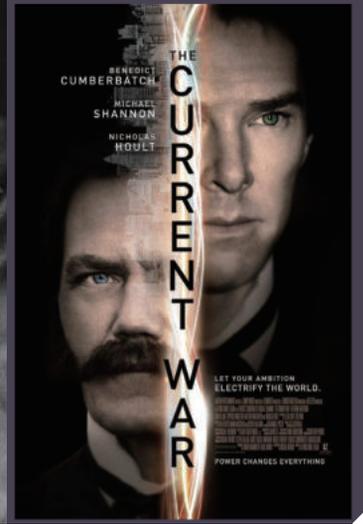
것이다. 때문에 기기의 수명을 극대화하고 싶다면 기기를 오래 사용하지 않을 경우에는 꺼두는 것을 추천한다.

우리는 어떤 혁신적인 기술이 나오면 기존 기술에서 불편했던 점을 모조리 해소해 줄 거라고 착각하는 경우가 많다. 그러나 아무리 혁신적인 기술이어도 결국은 기존의 이학적 및 공학적 법칙의 한

계에서 벗어날 수 없다. 사용자가 그 한계를 깨닫고 기술의 효용을 극대화하기 위해 필요한 조치를 취하지 않는다면, 혁신 기술 역시 문제를 일으키고 불만족스러운 결과만을 가져올 뿐이다. 우리 모두 그런 점을 깨닫고, 기술과 제품을 야기하고 선용하는 현명한 사용자가 됐으면 한다.



이동훈 [과학칼럼니스트]



‘커런트 워’ 기술 표준을 놓고 벌인 치열한 전쟁

교류 전류 vs 직류 전류

영화에서 말하는 전류 전쟁의 발단은 천재 발명가인 니콜라 테슬라(1856~1943)가 또 다른 천재 발명가 토머스 앨버

우리가 지금 아무 생각도 없이 물처럼 편하게 쓰고 있는 전기. 하지만 그렇게 편하게 전기를 쓰게 되기까지는 많은 사람의 피와 땀과 눈물이 필요했다. 이번에 소개할 영화 ‘커런트 워’는 우리가 사용하는 전력망의 기초를 닦은 19세기 후반의 이른바 ‘전류 전쟁’을 묘사한 영화다.

영화는 매체의 한계 때문인지 이 전류 전쟁의 기술적·경제적 측면을 너무 간략하게 묘사하고 있다. 그래서 이 글에서는 그 부분을 중점적으로 부연 설명해 보고자 한다.

에디슨의 회사인 에디슨기계공업사에 입사한 1884년으로 거슬러 올라간다.

테슬라는 이때부터 이미 교류 전류의 가능성을 탐구하고 있었다. 전류는 크게 직류 전류와 교류 전류로 나뉜다. 직류 전류는 시간이 지나도 전류의 크기와 방향이 변하지 않는다. 교류 전류는 시간에 따라 크기와 방향이 주기적으로 변한다. 직류는 교류에 비해 일견 안정적이고 효율적이다. 낮은 전력 손실로

송전이 가능하다. 필요한 송전 장비의 설계 작업도 단순하다. 대부분의 전자기기는 이 때문에 직류 전류를 사용하도록 돼 있다. 그러나 직류에도 단점이 있었다. 바로 변압이 힘들다는 점이다. 때문에 직류 전류 체계는 발전과 송전을 소비자가 사용하는 저전압에 그대로 맞춰서 하는 수밖에 없다. 그러려면 크고 비싼 배전선이 필요하다. 또 전압이 비교적 낮으므로 전류의 전달 거리가 짧아진다. 때문에 소비자가 사는 곳 가까이에 다수의 작은 발전소를 지을 수밖에 없다.

반면 변압이 쉬운 교류 전류는 장거리 송전 시에는 비교적 작고 저렴한 전선을 사용해 고전압으로 보냈다가, 소비자가 사는 곳 근처에서 저전압으로 바꿀 수 있다. 때문에 교류가 알고 보면 더욱 효율적이다. 발전소도 덩치는 크게, 수는 적게 지을 수 있다. 즉, 발전소의 건설 및 운영을 더욱 효율적으로 할 수 있다.

테슬라는 교류 전류야말로 전기에너지의 생산과 전달, 배분과 사용을 더욱 쉽게 해결할 수 있을 것으로 생각했다. 또한 당대에도 이미 명성을 떨치고 있던 대발명가 에디슨이 이런 자신의 생각을 이해해 줄 것으로 믿어 의심치 않았다.

그러나 직류 전류만을 고집하고 있던 에디슨은 테슬라의 생각을 이해하지 못했다. 직류 전류를 쓰면 발전소, 배전선 등 전기기기를 더 많이 판매할 수 있기 때문이었다. 바로 이러한 의견 차이 때문에 테슬라는 만 1년도 못 돼 에디슨기계 공업사를 퇴사하고 말았다. 이후 테슬라는 1885년 교류 발전기를 발명하고, 1886년에는 테슬라전기조명 및 제작사를 창립했다. 그러나 이 회사는 투자자들의 배신으로 다른 사람에게 넘어가 버리고 말았다.

그러다가 이듬해인 1887년, 테슬라는 웨스턴유니온의 관리자인 알프레드 S 브라운, 변호사 찰스 F 펙을 파트너로 삼아 새로이 테슬라전기회사를 창업했다. 같은 해 테슬라는 교류 전류로 움직이는 다상 유도 모터를 만들었다. 이 제품은 고압 전류를 장거리 송전하는 데 유리했기에 유럽과 미국의 전력 체계에 빠르게 보급됐다. 이 제품의 소식은 당대의 발명가이자 사업가인 조지 웨스팅하우스의 귀에까지 흘러 들어갔다. 테슬라가 만든 실용성 높은 교류 모터 이용 전력 체계는 웨스팅하우스 전기제조사를 세워 미 전국 전력망 건설을 목표하던 웨스팅하우스가 원하던 바로 그것이었다. 그리하여 1888년 7월 브라운-펙과 웨스팅하우스 간 교섭이 타결됐다. 웨스팅하우스는 현금 6만 달러에 테슬라의 다상 유도 모터와 변압기 설계를 매입하고, 완제품 모터의 출력 1교류 마력당 2.5달러의 로열티를 지급한다는 내용이었다. 또한 테슬라를 월급 2000달러(현재 화폐 가치로 약 5만5000달러)에 웨스팅하우스 전기제조사 피츠버그 연구소에 1년간 자문으로 채용하기로 했다.

에디슨, 테슬라에게 결국 굴복

당시에는 미국 내 3대 전력회사이던 웨스팅하우스, 에디슨, 톰슨휴스턴 간의 전류 기술 표준 경쟁이 치열했다. 에디슨 역시 자신의 직류 전류 체계가 웨스팅하우스의 교류 전류 체계보다 더욱 안전하고 좋으며 선전전에 나섰다. 그러나 이에 맞서는 웨스팅하우스에는 테슬라의 모터와 다상 체계를 발전시킬 자금이 없었다. 1890년 금융 공황으로 런던의 베어링스 은행이 파산 직전까지 가자 투자자들이 웨스팅하우스전기에

빌려주었던 돈의 회수를 요구하면서 경영난에 시달렸던 것이다. 테슬라 역시 웨스팅하우스와 협업해야 계속 모터 연구를 진행할 수 있었기에 결국 회사를 위해 로열티 지불 의무를 면제해 주었다.

이후 웨스팅하우스전기는 1893년 세계 최초로 교류 전력 체계를 실용화했다. 그해 열린 콜롬비아 세계 전시회 조명 체계에 이를 사용한 것이다. 이로써 테슬라의 교류 전류가 에디슨의 직류 전류보다 훨씬 효율적인 송전 방식이라는 것이 입증됐다. 1895년 웨스팅하우스전기는 나이아가라 폭포에 교류 발전기를 사용한 수력발전소도 만들었다.

1897년 웨스팅하우스는 테슬라의 특허를 21만6000달러에 매입했다. 제너럴일렉트릭과의 특허 공유 협정의 일환이었다. 제너럴일렉트릭은 1892년 에디슨과 톰슨휴스턴이 합병돼 생긴 회사였다. 결국 에디슨도 테슬라의 아이디어 앞에 굴복하고 말았던 것이다. 전류 전쟁에서 승리한 교류 전류 체계는 현대 송전 체계의 기반으로 자리 잡았다.

이러한 기술 표준 경쟁은 다른 시대와 국가, 업계에서도 얼마든지 볼 수 있다. 그리고 패러다임 경쟁과 마찬가지로 승자는 모든 것을 독식하는 반면, 패자에게는 아무것도 남지 않는 싸움이다. 이는 전력과 같은 인프라에서 더욱 심하다. 영화를 보면서 기술 개발과 표준 확립이 지닌 그러한 비정한 속성을 새삼 깨우치는 기회가 됐으면 한다.



① 실제 역사 속에서 전류 전쟁을 벌였던 두 천재 발명가 테슬라(왼쪽)와 에디슨(오른쪽). 영화에서는 각각 니콜라스 홀트와 베네딕트 컴버배치가 분했다.
 ② 결국 전류 전쟁은 테슬라의 교류 전류 체계의 승리로 끝난다. 모든 전쟁이 그렇듯 기술 표준 전쟁에서도 패자에게는 아무것도 없다.

R&D related Job Search



New Technology
Quiz

재생에너지를 제대로 보급하기 위한 새로운 전력 시스템이자 그린 뉴딜을 성공적으로 이끄는 플랫폼을 의미하는 이것은 무엇일까요? 이것은 기존의 전력망에 ICT(Information and Communication Technology) 기술을 접목해 전력 생산 및 소비정보를 양방향과 실시간으로 교환함으로써 에너지효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력망을 말한다. 더 넓은 의미로 살펴본다면 전력, 통신, 가전, 자동차, 에너지 등 여러 산업이 유기적으로 융합돼 최적으로 운영될 수 있는 기반을 제공하는 인프라로서의 의의를 갖는다.

85호 정답 및 당첨자

디지털 트윈(Digital Twin)



이창무, 정경민, 안선희, 박노상, 이훈배



무드알람
큐브변색 탁상시계

* 퀴즈 정답은 eco_news@naver.com으로 보내주세요.
독자선물은 교환, 환불이 불가합니다.
주소 불명 등으로 반송 시 재발송하지 않습니다.

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 042-712-9216, '이달의 신기술' 담당 김은아 기자



위아코퍼레이션(www.wi-a.com)

[반도체·장비부품소재] 설계 정규직 모집
(대리·과장급)

- 담당업무: 기구설계(소재·부품·설비) 2D, 3D, CAD
- 응모자격 및 우대사항: 학력 무관(경력 중요), 5년 이상 경력자, 기구 설계(소재·부품·설비) 유관 업무 경력자 우대
- 근무형태: 정규직
- 근무처: 경기 화성시
- 모집기간: 11월 14일까지
- 문의전화: 031-359-8171

텐텍(www.tenlaser.com)

레이저 제조 엔지니어 경력직 채용

- 담당업무: 레이저제조엔지니어
- 응모자격 및 우대사항: 학력 무관, 경력 무관, 영어 가능자, 자동차운전면허 소지자, 의료공학과 우대, 품위 단정한 자, 근면 성실한 분 우대
- 근무형태: 정규직(경력)
- 근무처: 서울 강남구
- 모집기간: 11월 12일까지
- 문의전화: 02-516-8974

팜텍(www.pamtek.com)

구미 CS팀(반도체 장비) 정규직 채용

- 담당업무: 반도체 장비 CS 직무
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상(졸업 예정자 가능, 기계·메카트로닉스·로봇, 반도체·세라믹 공학, 전기·전자공학), 경력 무관, 국가유공자 및 인근 거주자 우대, 즉시 출근 가능자, 장기 근무 가능자
- 근무형태: 정규직(수습 3개월)
- 근무처: 경북 구미시
- 모집기간: 2021년 1월 13일까지
- 문의전화: 031-371-3100

(주)리텍(www.leetech-kr.com)

반도체장비, 자동화장비 설계 경력직(대리-과장급)

- 담당업무: 반도체장비, 자동화장비 설계
- 응모자격 및 우대사항: 학력 무관, 경력 5년 이상, 인근 거주자, 컴퓨터활용 능력 우수자, 차량 소지자, 운전 가능자, CAD·CAM 경력자, 유관 업무 경력자, 즉시 출근 가능자, 장기 근무 가능자 우대
- 근무형태: 정규직(수습 3개월)
- 근무처: 경기 화성시
- 모집기간: 2021년 1월 3일까지
- 문의전화: 031-429-9484

NEW TECHNOLOGY
OF THE MONTH



체험하GO! 아이디어를 더하GO! 발전하GO!

2020 제3차 혁신 아이디어 공모전

01. 신청기간 10월 26일(월) ~ 11월 22일(일)

02. 신청자격 아이디어를 보유한 전 국민(개인 또는 팀) 누구나

* 팀은 반드시 3인 이하로 구성
* 만 14세 미만 미성년자(신청일 기준)인 경우 법정대리인 동의 필요

03. 공모과제 기존 제품·서비스 개선 아이디어 또는 신제품·신사업 아이디어

아이디어 해결과제

구분	분야	기업	내용	보상금액 (선수금)	
기업과제 부문1	체험 (온라인)	대상(주)	젊은 층 타겟 가정간편식(HMR) 기존 제품 개선 및 신제품 아이디어	500만원 이하	
		(주)브이에듀	온라인 교육 서비스 중 수강생과 강사의 참여성 개선 아이디어	300만원 이하	
		볼빅	디자인	볼빅 골프공 디자인 및 패키지 디자인 아이디어	300만원 이하
			상품	골프 라운드 시 활용할 수 있는 "게임기구 및 소품" 아이디어	100만원 이하
		댓츠잇	스탬프투어 어플리케이션의 이용편의성 개선 아이디어	100만원 이하	
		LG CNS	인공지능 영어회화 학습서비스 AI튜터 모바일앱 개선 아이디어	100만원 이하	
	(주)한국머털테크	유니콜(Unicall) 앱의 서비스 개선을 위한 기술·사업아이디어 제안	100만원 이하		
	체험 (오프라인)	(주)날다	무인결제 키오스크 디자인 및 제품 개선 아이디어	300만원 이하	
		아이스크림에듀	비대면 교육환경의 효과를 높일 수 있는 아이디어	100만원 이하	
	비체험	한국전력공사	전력 설비(전주) 이미지 개선 아이디어	1000만원 이하	
		매일방송(MBN)	고객 참여와 관심을 높이기 위한 뉴스 콘텐츠 아이디어	500만원 이하	
		(주)재린	운반 보조기 디자인 개선 및 편리성 증대 방안	300만원 이하	
		(주)휴림	건강·위생 관련 신제품 및 이용성 개선 아이디어	200만원 이하	
		박현수(에비창업자)	애니메이션 웹 매거진 활성화를 위한 콘텐츠 및 웹디자인 아이디어	150만원 이하	
	컬투먼트	미디어 콘텐츠 기반 결제경험 큐레이션 플랫폼을 주력하는 회사 로고 제작 및 브랜딩 아이디어	100만원 이하		
기업과제 부문2	체험 (오프라인)	(주)날다	비대면 음성인식 무인결제 시스템의 음성인식을 개선	1000만원 이하 (200만원 이하)	
	비체험	비마인14	신축적으로 칼라(웃옷)가 늘어나는 와이셔츠 개발 방법	2000만원 이하 (100만원 이하)	
자유부문			기존 제품 개선 아이디어 또는 신제품·신사업 아이디어	-	

* 기업과제부문2에 선정된 제안자는 선수금 지급 후, 후속과제 수행을 위한 계약체결(성공적 수행 시 최종 보상금 지급)

* 과제 세부 내용 자세한 사항은 공고문(www.ipmarket.or.kr) 참고

04. 시상내용 독창성, 문제해결 가능성, 실현 가능성 등을 고려해 시상

시상내역		상금
최우수(1건 이내)	특허청장상	100만원
우수(3건 이내)	한국발명진흥회회장상	각 50만원

* 심사 결과에 따라 시상하지 않을 수 있으며, 시상 내역은 여건에 따라 일부 변경될 수 있음(기업과제2부문은 시상부문 제외)

05. 접수방법 IP-Market 웹사이트(www.ipmarket.or.kr)를 통해 제출 *우편접수 불가

문의 및 접수처 한국발명진흥회 지식재산거래소
(전화) 02-3459-2882/2809/2728 (이메일) iptnt@kipa.org

제조 분야 산업 데이터, 국가표준으로 통합·관리한다

산업통상자원부 국가기술표준원은 전사적자원관리(ERP), 제조실행시스템(MES), 제품수명주기관리(PLM) 등 제조 분야에 사용되는 정보기술(IT) 시스템(이하 제조 IT 시스템)의 데이터 교환 방식을 국가표준으로 제정한다고 밝혔다. 관련 국가표준(안) 2종(제조 IT 시스템 데이터 교환 - 제1부: 데이터 스키마, 제2부: 관리체계)을 10월 16일 관보에 예고 고시하고 60일간 이해관계자 의견 수렴 후 기술심의회 등을 거쳐 국가표준(KS)으로 제정한다.

이번 표준안은 각종 제조 IT 시스템의 상호호환뿐만 아니라 제조 데이터의 수집·분석 등에도 활용 가능한 표준이다. 표준 개발을 위해 2018년부터 국가 연구개발(R&D) 과제를 진행했으며 연구기관, 대학, 수요·공급기업이 참여, 국내 제조기업이 실제 사용 가능한 표준안을 개발했다. 제조 IT 시스템에 데이터 교환 표준이 적용되면 국내 제조기업은 서로 다른 시스템의 호환과 데이터 통합·관리를 위해 투입되는 추가 비용과 시간을 아낄 수 있게 된다. 또한 이 표준안은 제조 데이터의 수집, 저장, 분석 시 데이터 교환 방식의 표준으로 활용 가능해 산업의 디지털 전환 및 지능화를 촉진하는 데 기여할 것으로 보인다.

국가기술표준원은 표준 제정에 그치지 않고 관련 부처와 협력해 제조기업 전반에 표준을 확산시키고 제조 데이터의 활용성을 극대화한다는 전략이다. 이를 위해 '스마트 제조 표준화 포럼'을 통해 제조 IT 시스템 공급기업, 수요기업, 시험기관 등이 참여하는 민간 주도의 국가표준 활용체계를 구축할 계획이라고 밝혔다. 이와 관련해 10월 16일 '제1차 스마트 제조 표준화 포럼'을 개최해 이 표준안에 대한 산학연관 전문가 및 이해관계자의 의견을 수렴하고, 스마트 제조 분야 표준화에 대한 심도 있는 논의를 진행한 바 있다.

이승우 국가기술표준원장은 "디지털 전환은 기업 생존을 위한 필수전략이 됐고, 그 동력은 데이터에서 나온다"면서 "이번 데이터 교환 표준 제정 외에도 데이터 상호운용성 실증지원 등 데이터의 활용성 제고를 위한 표준화 정책을 지속적으로 추진하겠다"고 말했다.

문의처 산업통상자원부 국가기술표준원 전기전자정보표준과(043-870-5363)

정기구독 안내

2020

NOVEMBER

NEW TECHNOLOGY OF THE MONTH

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

계좌번호

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

전화

02-360-4845

구독료

50,000원 (연간)

온라인 신청

<https://goo.gl/u7bsDQ>

이메일 접수

power96@hankyung.com



VOL.....

86





“국민을 위한 따뜻한 기술개발로
국민 행복을 만들어 가겠습니다”

투명하고 전문적인
산업기술 기획·평가·관리를
이끄는 **Keit**

www.keit.re.kr

www.facebook.com/keitkorea

유튜브 검색창에서 'KEIT' 검색



KEIT R&D 상담콜센터
1544-6633