

12

2019
DECEMBER

VOL. 75

이달의 신기술

NEW TECHNOLOGY
OF THE MONTH

인더스트리 포커스

탄소섬유 복합재를 이용한
에너지 및 수소차 산업 적용과
비즈니스 확대 방안

산업기술 경제동향

재생에너지 확산을 위한
녹색요금제(GREEN PRICING),
시범사업 배경과 전망

RENEWABLE
ENERGY

새로운 패러다임의 신재생에너지 시스템 활용
신재생에너지 융합하다



DECEMBER 2019

vol.75

THEME



02	COLUMN	태양광 청정수소 생산 기술
10	인더스트리 포커스	탄소섬유 복합재를 이용한 에너지 및 수소차 산업 적용과 비즈니스 확대 방안
26	산업기술 경제동향	재생에너지 확산을 위한 녹색요금제(GREEN PRICING), 시범사업 배경과 전망

TECH

30	이달의 산업기술상 사업화 기술 _ (주)한국선박기술	국내 조선산업 재도약의 발판을 마련하다
37	이달의 새로 나온 기술	
45	이달의 사업화 성공 기술	



ACT

48	R&D 프로젝트_ (주)디알엑시온	시합금 주조재 및 중간재 제조 공정효율 향상과 용탕 청정화를 위한 결함·조직제어 동시 처리 기술 개발
50	R&D 기업_ (주)제이오	탄소나노튜브 개발의 숨은 강자!

FUTURE



54	TOPIC	'수소경제' 수소택시에서 발전소까지
62	MATCH	1만 년 걸릴 계산, 200초면 끝... 양자컴퓨터가 '창'이면 양자암호통신은 '방패'
68	KEY WORD	2019 대한민국 산업기술 R&D대전 개최

CULTURE

72	1318 테크	태양에너지의 다양한 활용
76	기술과 문화	영화 '마션'을 통해 엿보는 우주에서의 재생에너지 활용
78	리쿠르팅	
80	NEWS	



이달의 신기술

등록일자 2013년 8월 24일
 발행일 2019년 11월 30일
 발행인 한국산업기술평가관리원 원장 정양호
 발행처 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원,
 한국산업기술진흥원, 한국공학한림원
 주소 대구광역시 동구 첨단로 8길 32 (신서동)
 한국산업기술평가관리원
 후원 산업통상자원부

편집위원 산업통상자원부 김정희 국장, 이재식 과장, 홍기웅 사무관,
 양동춘 사무관, 조원철 사무관, 우석중 사무관, 전소원 사무관,
 김영희 주무관, 강미래 주무관
 한국산업기술평가관리원 한중석 본부장, 신성윤 단장,
 김세진 팀장, 박종성 책임
 한국에너지기술평가원 이화용 본부장
 한국산업기술진흥원 오명준 본부장
 한국산업기술문화재단 정경영 상임이사
 한국공학한림원 남상욱 사무처장

편집 및 제작 한국경제매거진 (02-360-4845)
 인쇄 경성기획사 (042-635-6080)
 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.



DLR의 태양에너지를 이용한 수소 생산 시설

태양광 청정수소 생산 기술

수소를 에너지원으로 하는 '수소경제' 시대가 다가올 것으로 전망되고 있다. 수소는 지구상에 다른 분자들과 결합된 형태로 존재해 순수 수소분자 형태로 전환하는 에너지 기술이 필요하다. 이에 태양광을 에너지원으로 활용해 물을 분해한 후 청정수소를 생산하는 기술에 대해 알아본다.

태양광 신재생에너지산업 현황

지속적인 인류의 발전을 위해서는 화석 연료에너지의 의존도를 줄임과 동시에 증가하는 에너지 수요만큼의 신재생에너지 원 활용이 수반되어야 한다. 이를 위해 무한

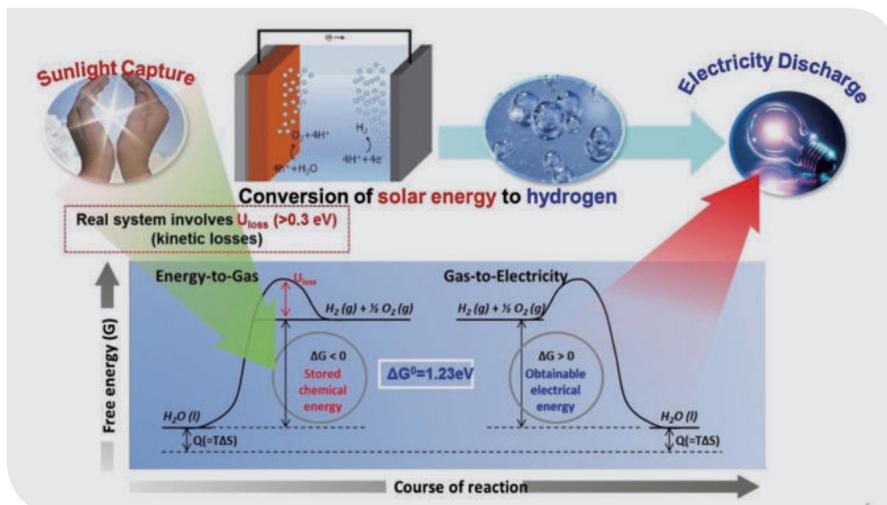
청정에너지원인 태양광 중심의 신재생에너지 발전 시스템으로 전환하려는 노력이 전 세계적으로 진행되고 있으며, 그 중심에는 태양광을 전기에너지로 전환하는 태양전지가 있다.

최근 태양전지의 급격한 가격 하락과 20%에 가까운 높은 태양광에너지 전환 효율을 달성함에 따라 태양전지의 발전단가가 화석연료 발전단가와 동등한 수준에 이르는 그리드 패러티(Grid Parity) 시대에 진입했다(그림 1). 하지만 태양전지의 불안정한 전기에너지 출력, 그리고 시간에 따른 에너지 발전량 차이 문제는 태양광 중심의 고품질 전력망을 구축하는데 걸림돌로 작용하고 있다. 이를 해결하기 위해 생성된 전력을 배터리에 저장해 필요할 때 안정적으로 공급할 수 있는 태양광-ESS(Energy Storage System) 연계형 발전 시스템이 대안책으로 제시됐다.

그럼에도 불구하고 대용량의 전기화학 배터리 사용에 따른 발전단가 상승 문제와 최근 전기화학적 불안정성에 의해 빈번히 발생하는 배터리 화재사고는 신재생에너지 시스템의 필요성을 촉진시키고 있다. 이에 태양광에너지를 오랜 기간 저장할 수 있는 수소에너지로 전환하고, 이를 다시 연료전지를 사용해 전기에너지로 발전하는 순환 시스템이 새로운 대안으로 기대되고 있다(그림 2).



〈그림 1〉 태양광 그리드 패러티 달성 국가
출처 : Deutsche Bank Report



〈그림 2〉 태양광-수소-전기 전환 시스템

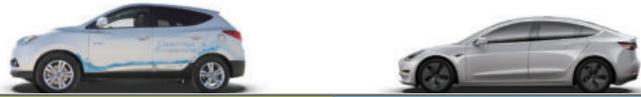
수소사회 그리고 태양광 그린수소

전기에너지 기반 시스템은 저장 기간이 매우 짧으며, 대규모 정전사태를 방지하기 위해 수요 예측보다 더 많은 전력을 생산해야 하는 단점이 있다. 또한 전기차의 경우 배터리 충전 시간이 매우 길고 배터리의 에너지 밀도 한계에 따른 제한된 주행 거리는 상용화에 큰 걸림돌이 되고 있다. 이러한 관점에서 장기간 저장이 가능하고 수송이 용이한 수소 기반의 에너지



〈그림 3〉 수소사회 및 수소 기반 운송 시스템

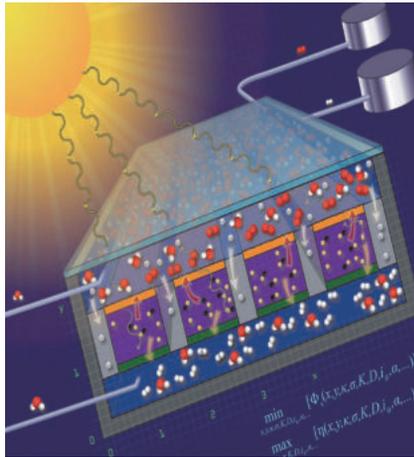
시스템은 새로운 대안이 될 것으로 전망된다(그림 3). 더불어 수소를 에너지원으로 하는 선박, 열차, 버스 등 대규모 이동수단의 미래 친환경에너지원으로 적합할 것으로 기대되고 있다. 더욱이 수소차의 경우 충전시간이 짧고 주행 거리가 길며 연소 후 물을 제외한 부산물이 없어 온실가스를 배출하지 않는 미래 친환경차로 각광받고 있다(그림 4). 이에 따라 정부는 수소사회를 실현하고 미래 수소산업의 선도 국가로 도약하기 위한 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 제시했다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 여전히 수소 저장과 생산에 해결해야 할 여러 기술적 한계가 있어 이를 극복하기 위한 지속적인 연구개발이 필요하다.



비교항목	수소차	전기차
모델	현대차 투싼ix	테슬라 모델3
연료	수소	전기
한 번 완충 때 주행 거리	580km	350km
충전 시간	5분	15분 이상
배기가스	없음	없음
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 대기 중 미세먼지 제거 • 짧은 충전 시간, 긴 주행 거리 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소차보다 저렴, 생산 과정 단순 • 기존 전기 인프라 활용
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 비싼 충전소 건설 비용 및 연료 가격 • 백금 연료전지 등 부품 비싸 높은 생산 비용 	<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 주행 거리, 긴 충전 시간 • 배터리에 리튬·코발트 등 고가 소재 사용

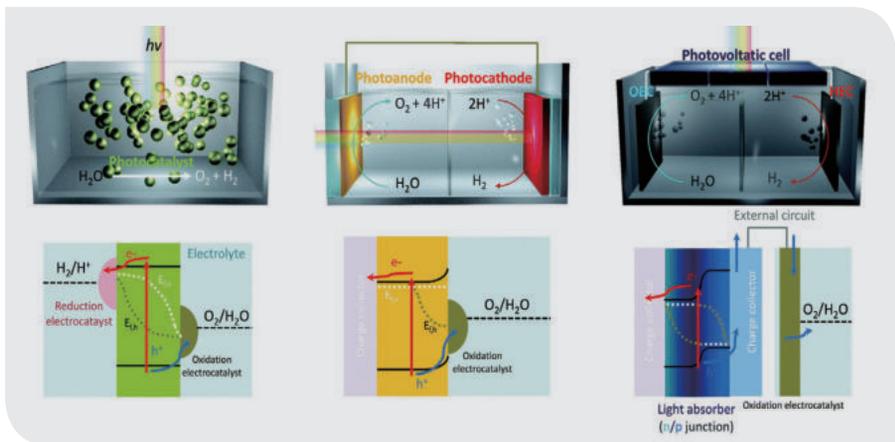
〈그림 4〉 수소차·전기차 비교

출처 : 각사



〈그림 5〉 태양광-수소 개념도

현재 대부분의 수소는 화석연료의 가스화 또는 천연가스 개질을 통해 얻고 있으며, 이러한 생산 방식은 온실가스가 배출되기 때문에 그레이수소라고 한다. 최근에는 그레이수소 생산 방식에서 친환경적으로 수소를 생산하는 그린수소 방식으로 전환하기 위한 연구개발이 활발히 이뤄지고 있다. 대표적인 친환경 시스템으로 태양광 에너지로 물을 분해해 수소를 생산하는 방식이 있다(그림 5). 태양광-수소 생산 시스템은 세 가지로 나눌 수 있다(그림 6).



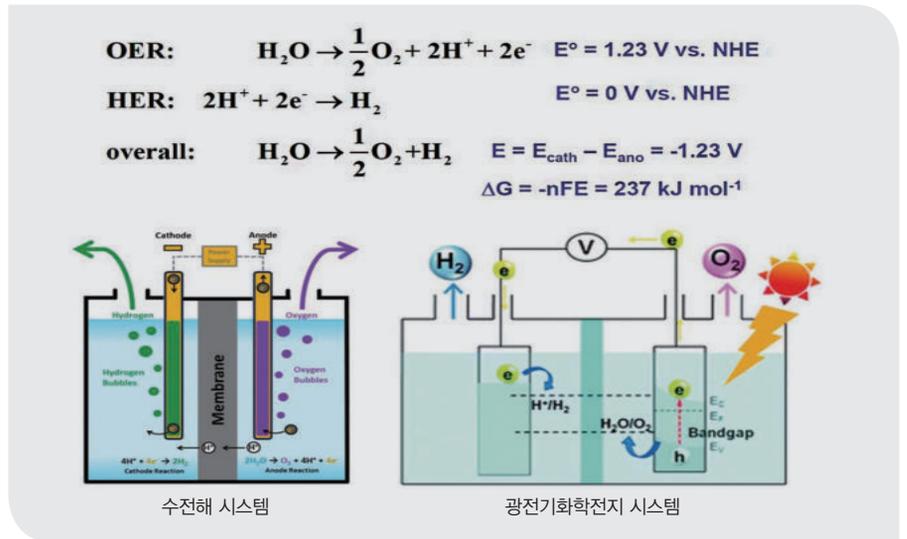
〈그림 6〉 태양광-수소 생산 시스템

출처 : Chem. Soc. Rev. 2019, 48, 1908

첫 번째로는 태양전지에서 생산된 전기를 이용해 수전해의 두 전극 촉매에서 물 분해 반응을 일으켜 수소를 생산하는 태양 전지-수전해 결합 방법(Photovoltaics+Electrolysis)이 있다. 두 번째로는 태양광을 흡수하는 반도체와 촉매가 일체형으로 결합된 형태의 광전기화학전지(Photoelectrochemical Cells)가 있으며, 이는 태양광 흡수를 통해 생성된 전기가 전지의 표면에서 물 분해 반응을 일으키는 방식이다. 세 번째로는 용액에 담지된 나노파티클이 빛을 흡수하고 표면에서 바로 물을 분해하는 광촉매(Photocatalyst)가 있다.

태양광 수소생산 원리 및 광전기화학전지

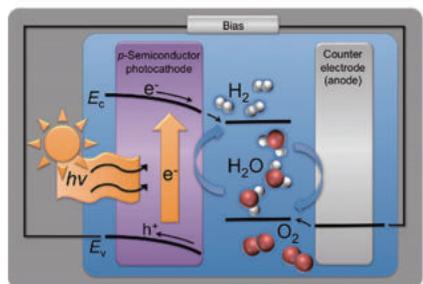
물은 수소와 산소원자로 구성돼 있어 상온의 물속에 담지된 두 개의 전극에 이론적으로 1.23V 전압을 인가하면 물이 분해되며 한쪽의 전극에서는 가스 상태의 수소분자가, 다른 한쪽의 전극에서는 산소분자가 발생된다(그림 7). 이러한 방식과 같이 전기에너지로 물을 분해해 수소를 생산하는 방식을 수전해 시스템이라고 한다. 현재 수전해 기술에 대해서는 상용화 단계에 이르렀지만, 전기에너지의 사용은 결국 화석 연료를 사용하는 것과 같아 엄밀히 따지면 청정수소 생산 방식, 즉 그린수소로 분류하기에는 논란의 여지가 있다. 또한 수전해 시스템의 효율을 높이기 위해서는 물 분해 반응성이 우수한 백금류의 촉매 사용이 필수적이기에 높은 생산비용 역시 큰 걸림돌로 작용한다. 따라서 전기에너지를 사용하지 않고 태양광을 이용해 물을 분해할 수 있는 광전기화학전지 시스템을 그린수소 생산



〈그림 7〉 물 분해 반응을 위한 수전해 시스템과 광전기화학전지 시스템

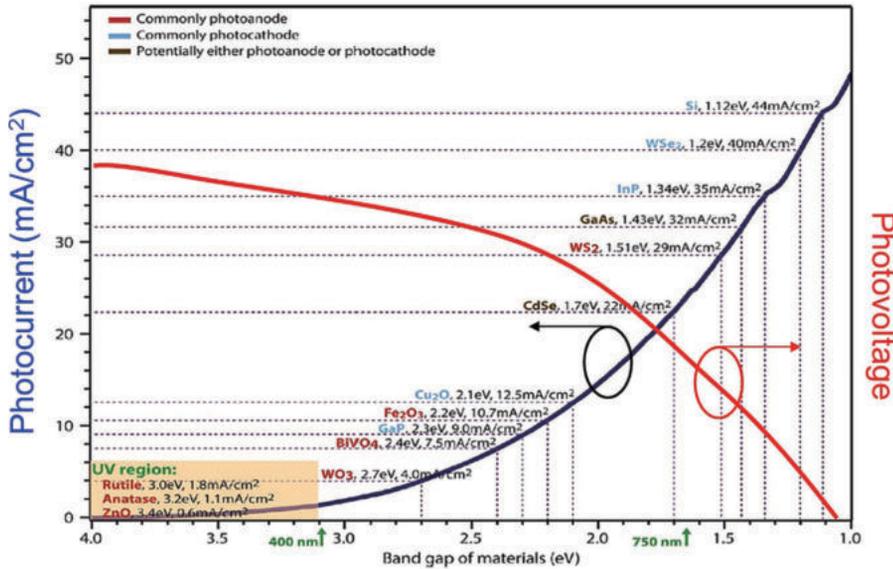
기술이라고 할 수 있다. 광전기화학전지는 수전해에서 사용하는 금속 전극 대신 빛을 흡수해 전기를 생산할 수 있는 반도체 광전극으로 대체된 구조로 쉽게 이해할 수 있다.

광전기화학반응 원리로는 반도체가 빛을 흡수하면 가전도대(Valence Band)의 전자가 전도대(Conduction Band)로 여기(이동)되고, 여기된 전자는 물과 접촉돼 있는 표면으로 이동해 수소 생성(환원) 반응을 일으키며, 그 반대 전극에서는 산소 생성(산화) 반응이 일어난다(그림 8). 이때 여기된 반도체 내에서의 전자에너지 레벨과 밀도에 따라 특정 크기의 광전압과 광



〈그림 8〉 광전기화학반응 원리

전류가 생성되고, 이는 물 분해 반응에 인가된다. 광전기화학전지도 태양전지와 마찬가지로 에너지 전환 효율은 빛 흡수에 의해 발전된 광전류와 광전압, 그리고 전지의 저항에 의해 결정된다. 기본적으로 전류와 전압은 반도체 물질의 밴드갭(가전도대와 전도대의 에너지 레벨 차이)에 의해 주요하게 결정된다. 금속산화물 반도체와 같이 넓은 밴드갭 광전극의 경우 여기된 전자를 높은 에너지 레벨에 위치하게 할 수 있어 높은 광전압을 낼 수 있지만, 흡수할 수 있는 빛의 파장(에너지) 영역이 좁아져 광전류 값은 작아지게 된다(그림 9). 반면, 결정질 실리콘과 같은 좁은 밴드갭 반도체 물질의 경우 광전압은 작지만 넓은 파장(에너지)의 빛을 흡수할 수 있어 높은 광전류를 달성할 수 있다. 이러한 관계는 광전기화학전지의 이론적인 효율을 제한하게 되며, 다양한 반도체 물질(단결정 반도체 : Si, GaAs, InP 및 산화물 반도체 : TiOx, Cu₂O, BiVOx, FeOx, WOx)



〈그림 9〉 반도체 광전극 소재의 광전류 · 광전압 상관관계
출처 : Chem. Mater. 2014, 26, 415

을 활용한 광전극 개발이 활발히 진행되고 있다. 최근에는 광흡수율을 높임과 동시에 넓은 표면적에 의한 전자 이동을 용이하게 하는 나노 소재의 활용이 많은 관심을 받고 있다.

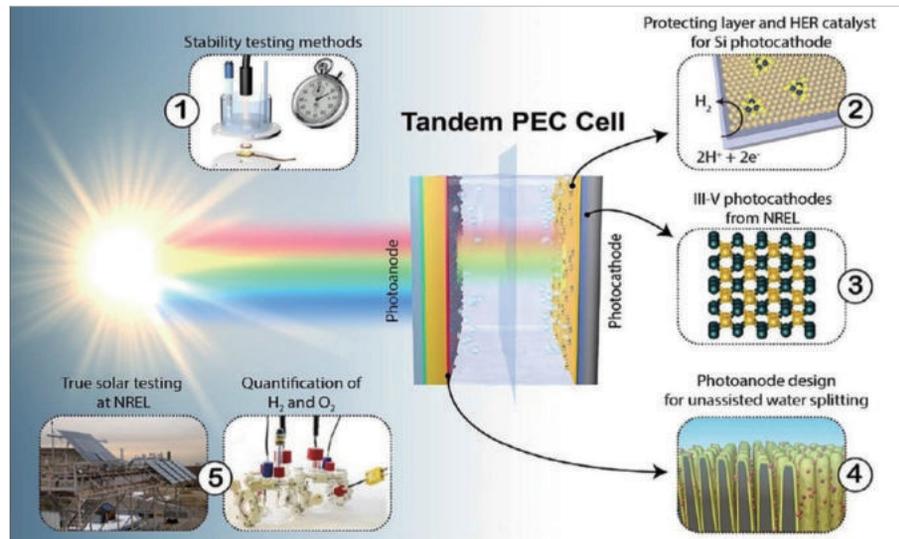
광전기화학전지 연구 현황

현재까지 개발된 광전기화학전지는 태양광-수소 전환 효율이 여전히 낮으며 산업기와 같은 수용액에서 물 분해 반응이 일어남에 따라 안정성이 떨어져 상용화에 걸림돌로 작용하고 있다. 따라서 많은 연구자가 효율과 안정성을 향상시키기 위한 노력을 기울이고 있다. 대부분의 반도체 광전극은 물 분해 반응성이 좋지 않아 전자가 표면에서 이동할 때 큰 저항이 걸린다. 이를 해결하기 위해 반응성이 좋은 촉매를 광전극 표면에 결합하는 것이 필요하다. 초기에는 백금류의 귀금속 촉매를 사용한 연구가 많이 보고됐으나 현재는 이를

대체할 수 있는 값싼 촉매를 활용한 연구가 활발히 진행되고 있지만 여전히 그 성능은 귀금속 촉매에 미치지 못하고 있다. 광전류와 광전압을 향상시키기 위해 앞서 언급한 바와 같이 나노구조체를 활용한 방법이 고안되고 있다. 또한 최근에는 기존

에 비해 월등히 높은 광전압을 달성할 수 있는 신개념의 나노 반도체 접합이 고안돼 기존 광전기화학전지의 한계를 뛰어넘는 결과가 제시되고 있다.

효율과 더불어 안정성을 개선하는 연구가 현재 주류를 이루고 있다. 이를 위해 광전극의 표면을 수용액으로부터 보호할 수 있는 보호막 소재를 증착하는 기술 개발이 진행되고 있다. 주로 산 염기 모두에서 안정적인 TiOx를 원자단위증착법(Atomic Layer Deposition : ALD)으로 고밀도의 균일한 막을 성장시켜 보호막으로 활용하고 있으며, AlOx, TaOx, ZrOx, HfOx와 같은 다른 금속산화물 소재도 연구되고 있다. 물 분해 반응은 이론적으로는 1.23V의 전압이 필요하지만, 전하 이동을 위해 추가적인 과전압(Overpotential)이 필요해 실질적으로는 최소 1.5V이상의 전압이 필요하다. 대부분의 단일 광전극은 1.5V 미만의 광전압을 낼 수 있어 태양광만으로 자발적인 물 분해 반응을 위해서는 두 개의 광전극

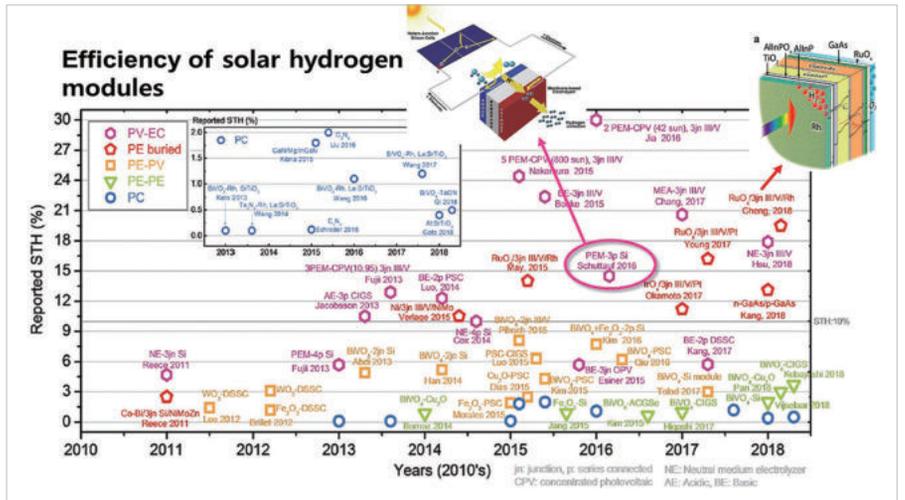


〈그림 10〉 탠덤형 광전기화학전지 구성요소
출처 : Stanford University

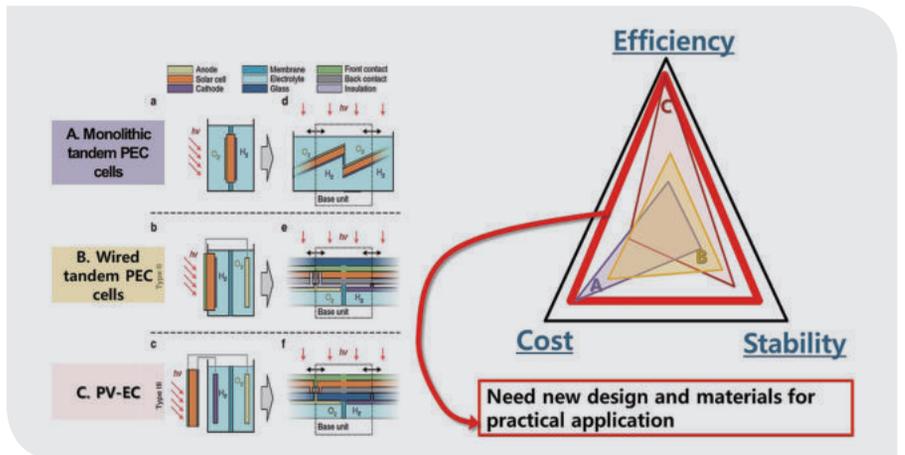
을 활용하는 탠덤 개념의 광전기화학전지 시스템 적용이 필요하다. 특히 태양광의 넓은 파장 영역을 모두 활용하기 위해 좁은 밴드갭 물질(Si, GaAs)과 넓은 밴드갭(TiO_x, BiVO_x, Perovskite) 물질을 한 쌍으로 활용하는 개념이 제안되고 있다.

태양광 수소 생산 상용화 한계 및 극복 방안

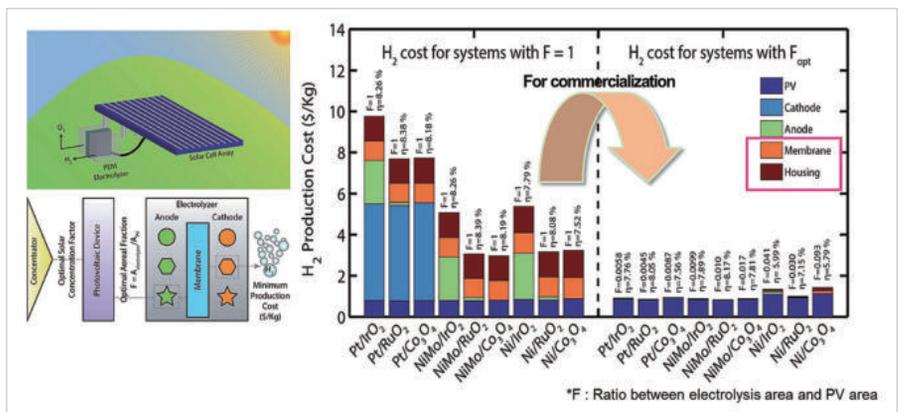
현재까지 태양광 수소 생산 기술은 연구 단계에 머물고 있으며, 상용화 단계에 이르기 위해서는 효율, 비용, 안정성 등 세 가지 관점의 요구조건을 모두 만족시킬 수 있어야 한다. 미국 국립재생에너지연구소(NREL)에서는 10%의 태양광-수소 전환 효율을 상용화 기준으로 여기고 있으며, 다양한 기술과 소재를 활용해 10% 이상의 효율을 이미 달성한 사례가 보고되고 있다(그림 11). 하지만 대부분의 고효율 시스템은 III-V족 소재와 백금류 귀금속의 값비싼 물질을 사용하거나 태양 전지-수전해(PV-EC) 기술을 기반으로 하고 있어 비용이 효율적이지 않다. 태양 전지-수전해 기술은 안정성과 효율 측면에서 우수하나 태양전지, 전극, 이온교환막, 모듈 패키지(Housing) 등과 같은 필수 요소를 구성하는 데 많은 비용이 발생한다. 반면, 저가 소재 기반의 탠덤 광전기화학전지의 경우, 전체 소재 비용은 저렴하나 5% 이상의 효율을 달성하지 못했으며 안정성 이슈를 해결하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 비용, 효율, 안정성 등 세 가지 필수요구조건을 만족할 경우 상용화에 근접할 수 있을 것으로 여겨지며, 이러한 관점에서의 연구개발이 필요하다(그림 12).



〈그림 11〉 태양광-수소 전환 효율
출처 : Chem. Soc. Rev. 2019, 48, 1908



〈그림 12〉 태양광-수소 시스템에 따른 효율, 비용, 안정성

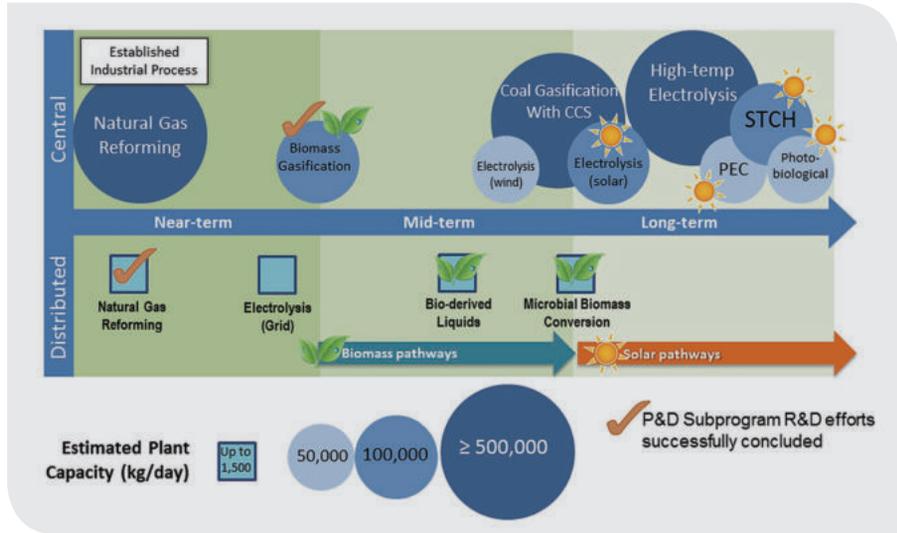


〈그림 13〉 태양광-수소 기술요소 비용 분석
출처 : Energy & Environ. Sci. 2014, 7, 3828

이를 위해 태양전지-수전해 기술을 기준으로 소비비용을 살펴보면 가장 큰 부분을 차지하는 요소는 전극소재, 이온교환막, 모듈 패키지 등이다. 이 비용을 줄이면 경제적인 수소 생산 비용(kg당 1달러)에 접근할 수 있을 것으로 기대된다(그림 13). 따라서 비용 절감을 위해서는 단순 저가 신소재 개발뿐만 아니라 구성요소를 단순화할 수 있는 새로운 개념의 모듈 디자인 고안이 필요하다.

고효율 수소 생산을 위한 신재생에너지 융합 기술

앞서 언급한 것처럼 단순 태양광만으로 달성할 수 있는 효율은 한계가 있다. 따라서 새로운 패러다임으로 접근해 볼 필요가 있으며, 그 한 가지 방법으로 신재생에너지 융합 기술을 들 수 있다. 태양광 활용과 더불어 다른 신재생에너지, 열전, 풍력, 압전과 같은 에너지를 결합하면 자발적 물 분해 반응을 일으킬 수 있을 만큼 높은 전



〈그림 15〉 수소 생산 기술 예상 로드맵

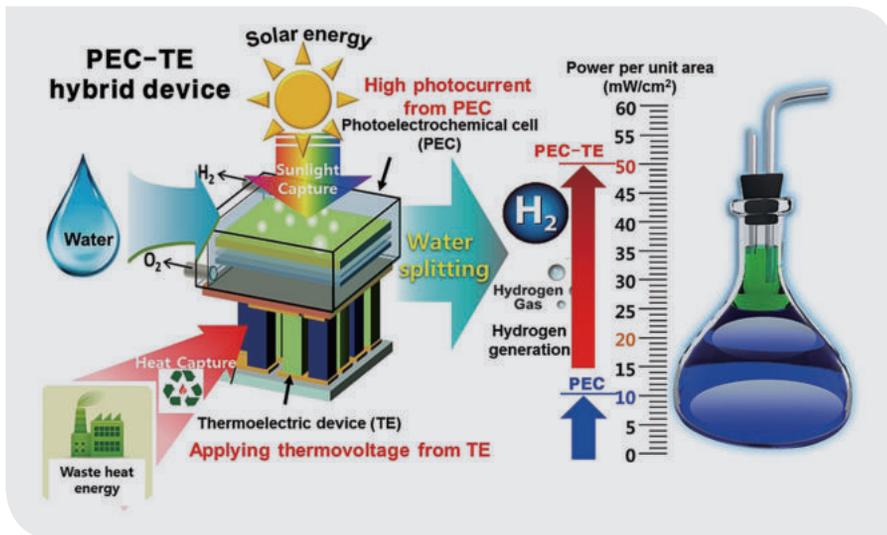
출처 : U.S. DOE

압을 낼 수 있으며, 시너지 효과에 의해 높은 효율을 달성할 수 있다. 하지만 비용이 상승하게 되므로 레버리지 효과를 발휘할 수 있는 융합 기술을 적용한다면 상용화에 근접할 수 있을 것으로 생각된다. 대표적으로 태양광과 폐열을 동시에 활용하는 광전기화학전지와 열전소자를 융합하면 광

전기화학전지만으로 달성할 수 있는 수소 생산 전력(12mW/cm²)보다 4배 이상 큰 전력(50mW/cm²)을 달성할 수 있어 소비 비용에 비해 월등히 높은 에너지 전력 상승 효과를 얻을 수 있다(그림 14).

연구개발의 필요성

현재 수소에너지 수요는 천연가스 개질을 통한 공급으로 만족할 수 있지만, 가까운 시일 내에 그 수요가 폭발적으로 상승할 것으로 전망됨에 따라 공급 부족 현상이 나타날 수 있다. 따라서 다양한 수소 생산 방식의 활용이 요구되며, 태양광과 같은 신재생에너지 기반 수소 생산 방식이 그 중심에 있을 것으로 예상된다. 이에 대비하기 위해 정부는 수소 공급 방안을 모색하고 있지만 여러 기술적인 한계로 인해 불투명한 상황이다. 따라서 지속적인 연구개발을 통한 기술의 발전과 수소 생산 및 신재생에너지, 그리고 에너지 융합 전문인력 양성이 필요하다.



〈그림 14〉 광전기화학-열전소자 융합 기술

출처 : SPIE Newsroom



기술강국코리아를 향한 R&D지원 글로벌 리더 *Keit*

R&D 골든타임을 찾다! **기획**

평가 R&D 가치를 높이다!

관리 R&D 성과를 창출하다!

Keit

한국산업기술평가관리원
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology

청렴 R&D 우리의 미래입니다

www.keit.re.kr

탄소섬유 복합재를 이용한 에너지 및 수소차 산업 적용과 비즈니스 확대 방안

탄소섬유 복합소재는 탄소섬유의 뛰어난 성형성과 고온에서의 높은 강도를 조합해 목적에 맞게 설계한 고기능성 재료다. 고강도, 고탄성 소재인 탄소섬유는 항공기, 우주왕복선 및 구조재 등에 고부가 복합소재의 핵심 재료로 이용되고 있다.

경량화 선도하는 탄소섬유

일반적으로 탄소섬유 복합소재는 탄소섬유를 보강재로, 수지·세라믹·금속 등을 모재로 사용하며, 탄소섬유강화 플라스틱(Carbon Fiber Reinforced Plastic : CFRP), 탄소섬유강화 세라믹(Carbon Fiber Reinforced Ceramic : CFRC), 탄소섬유강화 금속(Carbon Fiber Reinforced Metal : CFRM) 등이 있다. 탄소섬유 복합소재의 원료로 사용되는 탄소섬유는 강도와 탄성이 높으며 섬유의 방향에 따라 강도, 열적, 전기적 특성 등 물리적 특성의 차이를 보여 다양한 분야에 적용할 수 있다. 탄소섬유는 미세한 흑연결정 구조를 가진 섬유상의 탄소 물질을 의미하며, 원재료에 따라 폴리아크릴로니트릴(PAN)계, 레이온(Rayon)계, 피치(Pitch)계 탄소섬유로 구분된다.

〈표 1〉 탄소섬유 특징



출처 : 화학공학회지(2009)

구분	특징	용도(적용분야)
고강도·고탄성	철의 10배·3배	우주항공, 스포츠레저, 구조재
초경량성(무게)	철의 20%(1/5)	
열적 치수안정성	철, 알루미늄 대비 우수	우주기기, 전파망원경
내열성	고온 강도 유지 우수	항공기 브레이크, 단열재
열전도도	극저온에서 낮음	저온 저장탱크(LNG 등)
전기전도성	전기전도도 우수	전극재료, 전자파 차단재
생체적합성	인체의 무해성	인공골재, 인대

특히 탄소섬유는 경량화를 선도하는 재료이기에 중량이 10% 줄면 6~7%의 연료 절감 효과가 있어 이산화탄소 저감과 연비 개선을 위한 경량화 목적으로 항공·우주, 자동차 관련 시장에서 탄소섬유 복합소재가 적극 도입되고 있다. 탄소섬유 복합소

재는 장기적으로 기존 철강 및 알루미늄 시장을 대체할 것으로 예측돼 기술·공정 혁신을 통해 가격 경쟁력을 확보할 경우 가장 강력한 대체재로 기대되며, 전기차와 수소차 시장 확대에 따른 적용 범위 확대가 급속도로 진행되는 분야이기도 하다.

<표 2> 탄소섬유 복합재료의 응용 분야 및 응용 제품



출처 : 산업연구원(2013)

응용 분야	응용 제품	비고
항공우주 분야	비행기 주 날개, 동체, 주요 부품 전투기, 헬리콥터 로켓 및 인공위성의 동체	
자동차 분야	레이싱카의 차체 보닛, 브레이크 라이닝 등 주요 구조재 천연가스·수소자동차의 연료탱크 초고속열차의 동체	
에너지 분야	풍력발전용 블레이드 연료전지의 분리막 원유 시추용 파이프 보강재 심해용 케이블 구조재	
스포츠레저 분야	낚시대, 골프채 샤프트 테니스·배드민턴 라켓 크루저, 보트, 요트, 카누 등의 돛대 야구·하키 등의 스틱, 양궁 등	
토목건축 분야	빌딩 등 건축재료 보강재 교량의 주요 구조재 토목용 기초재료	
전자산업기기 분야	노트북 등의 플라스틱 대체재 철강 제조용 컴포지트 롤러 샤프트의 베어링 기타 엔지니어링 레진 대체용 정밀가공기기	
의학 및 기타 산업 분야	X레이 투과장치 부품 재료 인공관절 및 의료보조기 일반 산업기계 부품 바닥용 전기히터 시스템	

에너지 및 수소차 산업에서의 복합재료

에너지 시장의 육성은 정책에 의해 이루어진다. 석탄, 원전, 천연가스, 재생에너지, 전기차 등 모든 에너지 관련 산업의 성장에는 정책적 지원이 있었다. 수소차도 마찬가지이다. 일각에서는 수소차가 확산되기 어려울 것이라는 의견이 있다. 높은 가격, 낮은 에너지효율, 충전 인프라 부족 등 해결해야 할 문제가 많기 때문이다. 하지만 이러한 전망은 2007~2008년 전기차 시대의 초창기에도 있었다. 전기차도 초기의 여러 부족한 단점을 미국과 중국 등 주요 정부의 집중 투자로 극복했다. 이제는 전기가 대세라는 것을 부정하는 국가는 별로 없다. 수소차도 마찬가지일 것으로 판단된다. 초기 충전 등 인프라 확충과 대량 생산체제를 조기에 확보하기 위한 보조금이 정부 주도로 이루어진다면 수소차 시장은 본격적으로 열릴 것이다.

현재 전 세계 수소차 시장은 연간 2000대 수준에 불과하고 충전 인프라도 미미한

<표 3> 주요국 수소연료전지차 정책 로드맵



출처 : 국토교통부, 한국자동차협회, 한국수출입은행, 유진투자증권

구분	미국	중국	한국	일본	독일	영국	프랑스
FCEV 보급대수(2018년)	3,700	1,200	800	2,300	900		900
FCEV 보급대수(2030년, 만 대)	1,000,000	1,000,000	830,000	800,000	1,800,000	1,600,000	800,000
수소충전소 수(2030년, 개소)	최소 123곳(23)	1,000	520	900	1,000	1,000	600
FCEV 구매보조금(국비)	\$8000(기본)+ \$5000 (CA주거주자 저소득 추가)	최대 20만 위안	2250만 원	최대 208만 엔	최고 1.1만 유로	최고 1.1만 유로	최고 1.2만 유로
GDP 규모(천억 달러)	186	112	14	49	35	26	26
신차 시장 규모(만 대)	1,782	2,808	181	526	376	273	268
요구판매점유율	0.9%	1.3%	8.8%	3.2%	7.9%	8.9%	4.8%

상태다. 하지만 기술 수준이 가장 앞서 있는 한국, 일본은 물론 중국 독일 미국 등 주요 국가의 수소차 확대 목표는 매우 공격적이다. 대량생산체제와 인프라 확충이 계획대로 이루어지면 수소차가 친환경차 시장의 주요 성장축이 될 가능성이 높기 때문에 시장의 주도권을 잡기 위한 경쟁이 시작된 것이다.

최근 수소에너지에 대한 국민적 관심이 높아지면서 국내 주식 시장이 들썩거리고 있다. 수소의 생산, 저장, 수송 등 관련 분야 테마주는 연일 상승곡선을 그리며 강세를 보이고 있고 증권사에서는 각종 정보가 쏟아져 나오고 있다. 그럼에도 불구하고 탄소섬유 복합재를 이용한 수소 저장용기 업체의 소식은 일부를 제외하고는 잠잠하다. 현재 국내 용기 시장 규모가 작은 것도 있지만 개발 초기 단계이거나 유형에 따라 전량 해외에서 수입하는 등 국내 시장은 이제 막 걸음마를 댄 단계이기 때문이다.

국외 동향 - 미국

미국의 경우 수소 생산 및 운반을 위한 7개의 프로젝트가 선정돼 진행되고 있다. 수소연료전지 예산은 2009년까지 지속적으로 상승하다 2010년 들어 11% 감소했지만 수소 저장과 관련한 인프라 예산은 50% 증가했다.

미국에서는 에너지부(DoE)의 주도로 연료전지 자동차용 수소 저장 장치를 개

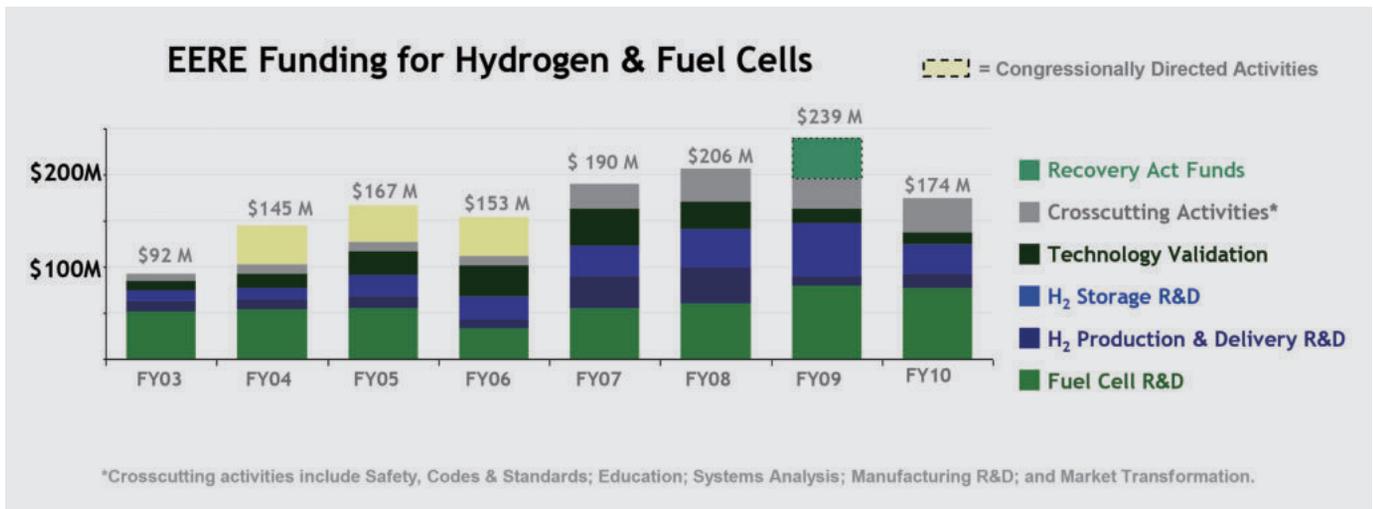
발해 실증작업을 하고 있다. 고압 수소기체 저장 기술은 압축천연가스 저장용기의 연장선상에 있는 기술로 미국의 에너지정책법(1992년) 시행으로 보편화된 기술이다. DoE는 수소 저장 기술과 연료전지 기술 개발을 위해 2015년까지의 중장기 개발 계획을 수립해 추진하고 있는데, DoE의 수소 저장 기술 개발 목표는 다음의 <표 4>와 같다.

<표 4> 미국의 DoE Hydrogen Storage Target



출처 : 고압수소 저장 기술과 안전기준

Storage Parameter	2005	2010	2015
Gravimetric Capacity (Specific Energy)	1.5kWh/kg	2.0kWh/kg	3.0kWh/kg
	0.045kg H ₂ /kg	0.060kg H ₂ /kg	0.090kg H ₂ /kg
System Weight :	111kg	83kg	55.6kg
Volumetric Capacity (Energy Density)	1.2kWh/L	1.5kWh/L	2.7kWh/L
	0.036kg H ₂ /L	0.045kg H ₂ /L	0.081kg H ₂ /L
System Volume :	139L	111L	62L
Storage System Cost	\$6/kWh	\$4/kWh	\$2/kWh
System Cost :	\$1000	\$666	\$333
Refueling Rate	0.5kg H ₂ /min	1.5kg H ₂ /min	2.0kg H ₂ /min
Refueling Time :	10min	3.3min	2.5min



<그림 1> EERE Funding History for Fuel Cells

출처 : DoE, Overview of Hydrogen and Fuel Cell Activities, 2010



Available Resin Systems			
Formulation	Resin Tg (DMA)	Recommended Cure Cycle Hold Time	Typical Applications
UF3323	240F / 116C	24 hr @ 280F / 138C	Rocket motor cases, large structures requiring long production time
UF3325	255F / 124C	1 hr @ 310F / 154C	Sporting goods, rocket motor cases, high-pressure cylinders, commercial
UF3330	248F / 120C	1 hr @ 310F / 154C	Over-braiding, large structures requiring long production time - very low tack system
UF3357	356F / 180C	2 hr @ 356F / 180C	High-temperature applications
UF3360	331F / 166C	1 hr @ 350F / 177C	Moderately-high-temperature applications
UF3369	243F / 117C	4 hr @ 250F / 121C	High-pressure vessels, recreational and commercial applications
UF3376	275F / 135C	4 hr @ 250F / 121C	High-pressure vessels, large structures and commercial applications
TR1102	375F / 190C	4 hr @ 350F / 177C	Semi-Toughened system for high-temperature applications
TR1109	264F / 129C	4 hr @ 250F / 121C	Moderately-low temperature applications - low tack system

〈그림 2〉 Tow Prepreg 및 적용 분야

TCR은 각종 산업 분야에 쓰이는 프리프 레그뿐만 아니라 수소 저장용기에 적용할 수 있는 토 프리프레그를 제작해 판매하고 있으며, 이외에도 Zoltek 등이 제조사로 알려져 있다.

해외에서는 이미 10여 년 전부터 필라멘트 와인딩을 이용한 다양한 복합소재 제품을 제조 및 양산하고 있다. 복합재료 생산 기술 회사인 레진시스템스의 경우 섬유보강 플라스틱 전주를 양산하는 데 필라멘트 와인딩 기술을 적용하고 있으며 투입 재료, 장비 및 제조 공정과 같은 주요 핵심 기술내용은 특허출원과 매매 비밀지식을 통해 전문 지식 기반을 확립해 나가고 있다.

국외 동향 - 캐나다

캐나다의 Dynetek에서는 알루미늄 라이너를 탄소섬유와 에폭시 복합재료로 보강한 Type 3의 350bar급 수소 저장용기를 개발해 상용화했고, 700bar급 수소 저장용기를 개발하고 있는 단계다. Dynetek의 압력용기는 Type 3로 수소에 대한 침투성과 누출이 없다는 점과 가장 빠른 충전 속도 등을 장점으로 내세우고 있다.

2003년 2월에는 GM, 쉼과 별도로 일본의 도요타와 닛산, 미국의 다임러크라이슬러와 포드, 한국의 현대자동차, 프랑스의 푸조시트로엥, 각국의 연료탱크 메이커, 부품 메이커 등 20여 개사가 참여해 700bar급 수소 저장 기술을 2004년까지 공동 개발하기로 하는 등 경량 고압 수소 기체 저장용기의 개발을 위해 세계 각국에서 다양한 연구가 진행되고 있다.

국외 동향 - 일본

대한민국과 더불어 수소차의 기술 경쟁을 주도하는 국가는 일본이다. 도요타의 미라이와 혼다의 클라리티가 상징적인 역할을 하고 있다. 아베 정부는 수소차를 비롯한 수소경제 활성화에 대한 수소기본전략을 2017년 채택한 바 있다. 특히 올림픽을 기점으로 이를 대외에 공표하려는 로드맵을 가지고 있는데 올해 열린 G20 정상회의에서 이를 표방했다. 2030년 기준 일본의 수소차 누적 보유 목표 대수는 승용차 80만 대, 버스 1200대이고, 이를 위한 충전소는 900곳을 건설할 계획이다. 일본은 수소 확보를 위해 국내와 해외에

서의 생산계획을 병행하고 있다. 후쿠시마에는 수전해를 이용한 수소제조시설을 설치하고 있다.

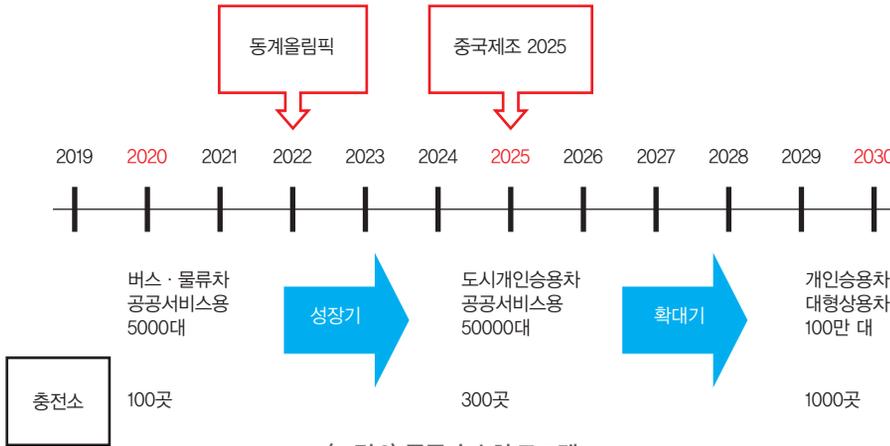
국외 동향 - 유럽

유럽 각국도 다양한 수소차 확산 정책을 가지고 있으며, 특히 유럽 최대 자동차 시장인 독일의 움직임에 주목할 필요가 있다. 독일은 현재 약 200대에 불과한 수소차를 보유하고 있지만, 50곳의 충전소를 이미 확보하고 있다. 이를 2019년 말까지 두 배로 늘릴 계획이고 2020년까지는 400곳, 2030년에는 1000곳까지 확충하게 된다. 독일은 수소차의 기술력 면에서는 한국과 일본에 뒤져 있다.

하지만 재생에너지가 활성화된 국가여서 수전해로 인한 수소 확보가 유리하고 기존의 자동차 관련 인프라가 워낙 잘돼 있어 정책 지원으로 수소차 시장의 다크호스로 부상하고 있다. 2019년부터 독일의 첫 자국산 수소차인 메르세데스의 GLC F-cell이 렌탈로 판매되고 있다. 또한 2020년에는 폴크스바겐그룹의 Hymotion 브랜드와 H-tron 등 수소차의 시장 진입이 늘어나기 때문에 정부의 지원 확대가 지속될 것으로 판단된다. 독일 정부는 라인란트 정유소에 세계 최대의 수전해 수소 제조시설을 건설하고 있고, 2020년 완공 예정이다.

국외 동향 - 중국

2019년은 '수소차 원년'으로 불릴 정도로 수소차 육성에 본격적으로 나서고 있다. 지금까지 중국은 전기차에 주력하면서 수소차 분야의 후발주자였지만 최근



〈그림 3〉 중국 수소차 로드맵

출처: 중국 정부 발표자료, 일본 미쓰이물산 전략연구소

수소차 보급 로드맵을 내놓는 등 지원을 강화하고 있다. 현지 언론은 “중국 정부의 차세대 연료전지차 육성의 무게중심이 전기차에서 수소차로 옮겨간다”고 평가하고 있다. 중앙정부 차원에서 2016년부터 심각한 대기오염 해결과 차세대 전략산업 육성을 목표로 수소차 생산·보급 의지를 보이고 있다. 2016년 중국 공업정보화부의 위탁으로 중국자동차공정학회는 ‘신에너지·에너지절약형 자동차 기술 로드맵’을 발표했다. 이 로드맵에 따르면 중국은 2020년까지 수소차 5000대, 충전소 100곳, 2025년에는 수소차 5만 대, 충전소 300곳, 2030년에는 수소차 100만 대, 충전소 1000곳 시대를 열어 세계 최대의 수소차 시장이 되겠다는 목표다.

올해는 ‘수소차 10개 도시 1000대 보급’을 추진하고, 매년 10개 시범도시를 선정해 3년간 1000대의 수소차를 보급할 계획이다. 연료 배터리산업 기초가 마련된 베이징, 상하이, 장자커우, 청두, 정저우, 루가오, 포산, 웨이팡, 쑤저우, 다롄 등의 도시가 후보로 거론되고 있다. 보조금 정책

도 전기차에서 수소차로 옮겨가고 있다. 중국은 올해 전기차 보조금을 대폭 줄이고 2020년까지 전기차와 PHEV(하이브리드차)의 보조금을 단계적으로 취소할 계획이지만 수소차 보조금은 유지할 방침이다. 2018년 중앙정부의 수소차 보조금은 승용차 최대 20만 위안, 수소버스 최대 50만 위안, 수소화물차 최대 30만 위안이었으며 올해는 별도 규정이 나오기 전까지 지난해 수준을 유지하고 있다. ‘수소 충전소 설치 확대’ 계획은 ‘2019년 정부업무보고’에 명시하고 설치비용은 정부가 지원할 예정이다.

드차)의 보조금을 단계적으로 취소할 계획이지만 수소차 보조금은 유지할 방침이다. 2018년 중앙정부의 수소차 보조금은 승용차 최대 20만 위안, 수소버스 최대 50만 위안, 수소화물차 최대 30만 위안이었으며 올해는 별도 규정이 나오기 전까지 지난해 수준을 유지하고 있다. ‘수소 충전소 설치 확대’ 계획은 ‘2019년 정부업무보고’에 명시하고 설치비용은 정부가 지원할 예정이다.

국내 동향

2019년 1월 산업통상자원부에서는 ‘수소 경제 활성화 로드맵’을 발표했는데, 주요 내용은 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 수소경제 활성화 로드맵



우리나라가 강점이 있는 ‘수소차’와 ‘연료전지’를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계 구축

- 수소차 누적 생산량을 2018년 200대에서 2040년 620만 대(내수 290만 대, 수출 330만 대)로 확대하고, 세계 시장 점유율 1위 달성
 - 국내 보급: 2017년 국내 177대(신규 51대) → 2018년 누적 889대(신규 712대) → 2019년 4000대 이상 신규 보급
 - 수소 충전소 확충: (2018년) 14곳 → (2022년) 310곳 → (2040년) 1200곳
 - 수소 대중교통 확대: 2040년 수소택시 8만 대, 수소버스 4만 대, 수소트럭 3만 대 보급

- CO₂ 배출이 전혀 없고 도심지에 소규모로도 설치가 가능해 진정한 의미의 친환경 분산 전원으로 부상하고 있는 발전용 연료전지를 재생에너지 활용, 수소 생산과 연계해 2040년까지 15GW(수출 7GW 포함) 이상으로 확대하고 수출산업화 추진
 - 가정·건물용 연료전지도 2040년까지 2.1GW(약 94만 가구) 보급

- 수소 활용을 수소차 외에 수소선박, 수소열차, 수소건설기계 등으로 확대하고 미래 유망품목으로 육성

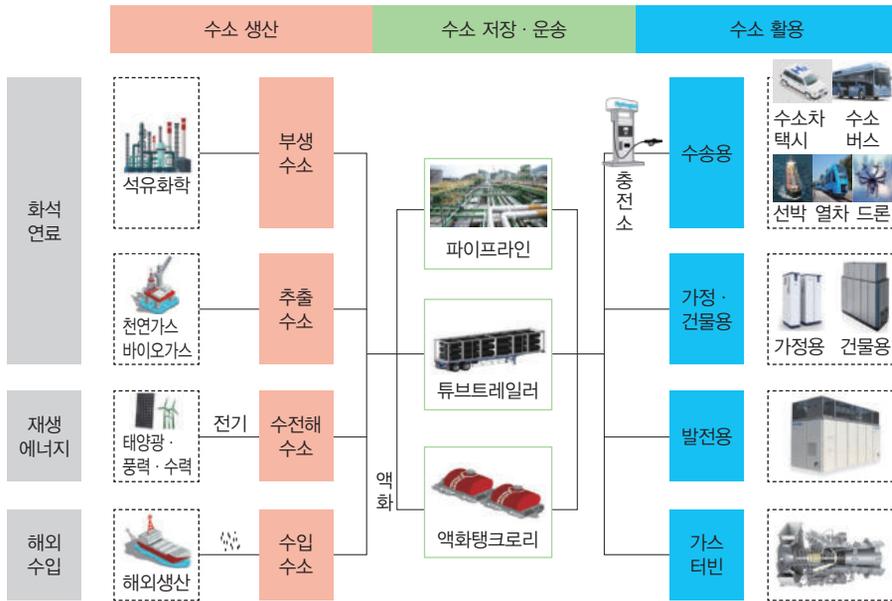
경제적·안정적인 수소 생산 및 공급시스템 조성

- 수소 공급은 수전해 및 해외 생산·수입 등 CO₂ Free 그린(Green) 수소 비중을 확대해 2018년 13만 톤 수준에서 2040년 526만 톤 이상으로 확대
- 수소 저장 방식을 현재의 저용량·기체에서 고효율·액체 등으로 다양화하고, 전국적인 파이프라인 공급망도 구축
- 원활하고 경제적인 수소 유통체계 구축을 통해 수소 가격을 2040년까지 3000원/kg 이하로 하락 유도

국민이 안심하고 신뢰할 수 있는 수소경제 이행 기반 마련

- 수소생산-저장-운송-활용 전주기에 걸쳐 안전관리 기준 및 부품·제품의 안전성평가를 강화하고, 안전관리법 제정
- 범부처 수소 기술 개발 로드맵 수립, 국제표준 선도, 촘촘한 중소·중견기업 생태계 조성, 범부처 협력추진체계 운영 등

수소경제 개념도



- 새로운 성장동력**
- ▶ 수소생산, 저장·운송 등 인프라 산업 시장 창출
 - ▶ 소재·부품·시스템 등 기술 개발 및 수요 촉진 등
 - ▶ 수소차, 연료전지를 미래유망 품목으로 육성
- 에너지 자립**
- ▶ 에너지원 다각화
 - ▶ 해외 의존도 감소
 - ▶ 재생에너지 이용 제고
- 친환경 에너지**
- ▶ 높은 에너지효율
 - ▶ 탈탄소화, 온실가스 감축
 - ▶ 미세먼지 저감

구분	2018년	2022년	2040년
수소차	1.8천 대 (0.9천 대)	8.1만 대 (6.7만 대)	620만 대 (290만 대)
	승용차	7.9만 대 (6.5만 대)	590만 대 (275만 대)
	버스	2천대	6만 대 (4만 대)
	택시	-	-
	트럭	-	10톤 트럭
	수소충전소	14곳 (1000만 원/kg)	310곳
에너지	307MW	1.5MW (1GW)	15GW (8GW)
	발전용	50MW	2.1GW
	가정·건물용	-	-
	수소가스터빈	-	-
수소공급량	13만 톤/년	47만 톤/년	526만 톤/년
	생산방식	수요처 인근 대규모 생산	수전해 활용
수소가격	-	6000원/kg (현 휘발유 50%)	4000원/kg

〈그림 4〉 산업통상자원부 발표 '수소경제 활성화 로드맵'

이러한 수소경제 로드맵을 활성화하기 위해 부품소재 관점에서 가장 먼저 해결해야 할 문제가 바로 수소차의 대량생산 체계 구축과 관련된 인프라의 확충이다. 수소차의 대량생산체계 구축에 있어서 가장 어려운 포인트가 바로 고압의 수소를 담는 고압용기 생산 기술의 확보라고 할 수 있고, 각국에서는 이와 관련된 기술의 확보에 집중하고 있는 현실이다.

대한석유협회 '수소연료전지차(FCEV) 관련 국내외 동향 및 정책 제안'에 따르면 국내 기술 수준 진단 결과 부품 국산화는 95% 수준이다. 수소차 기술 기준은 '가격 기준'과 '부품 기준'으로 나누어 진단할 수 있다. 현대자동차 넥쏘(NEXO)는 정부 보조금을 포함하면 3000만 원 후반~4000만 원대에 판매가 예상된다. 일본 도요타, 혼다의 수소차 가격이 각각 726.6만 엔, 766만 엔 가량이어서 우리나라 수소차 구매 보조금 수준(국비 2250만 원, 2018년 3월 이후 + 지자체 지원금)을 감안하면 한국과 일본의 수소차 가격은 7000만~8000만 원 대로 유사한 가격대를 형성하고 있다.

국산 수소차 관련 부품 기술은 시장 경쟁이 가능한 수준이나, 소재 기술은 다소 미흡한 것으로 평가된다. 운전장치는 연료전지시스템 중 부품 수가 가장 많고 특히 경쟁이 치열한 부분으로 현재 세계 최고 기술 수준인 것으로 평가되는 반면 고압용기는 국산화에 성공(부품 기준)했으나, 카본 파이버 등 소재는 수입에 의존하고 있다.

〈표 6〉 수소차 주요 제조사 제품 비교

출처 : 현대자동차 및 종합언론사

	현대자동차 넥쏘	도요타 미라이	혼다 클라리티
			
타입	중형 SUV	중형세단	중형세단
주행거리	609km(한국), 595km(370마일, 북미)	502km(312마일, 북미)	589km(366마일, 북미)
차체(전장/전폭/전고/ 축거 · mm)	4670/1860/1630/2790	4890/1815/1535/2780	4895/1875/1475/2750
출시	2018년 3월	2014년 2월	2016년 3월
수소탱크 크기(kg)	6.33	5.00	5.46

※ 혼다 올 뉴 클라리티 퓨얼셀 FCEV(법인에만 판매)는 최대 750km 주행 가능

〈표 7〉 수소차 주요 부품별 국내 수준 진단(가격)

	우위(상)	경쟁(중)	미흡(하)
① 연료전지 스택	분리판, 가스켓	막전극접합체	-
② 수소공급장치	수소재순환	-	수소농도센서
③ 공기공급장치	머플러, 가슴기	에어필터, 공기압축기	-
④ 열관리장치	라디에이터, 냉각수	이온필터, 히터	-
⑤ 전장장치	배터리, 전력제어장치	인버터, 컨버터 등	-
⑥ 수소저장장치	센서(수소감지, 고압압력)	고압배관, 피팅	충·방전장치

〈표 8〉 수소차 주요 부품별 국내 수준 진단(기술)

	우위(상)	경쟁(중)	미흡(하)
① 연료전지 스택	연료전지제어기	막전극접합체, 분리판	가스확산층
② 수소공급장치	수소재순환, 차단밸브	퍼지밸브, 센서(온도·압력)	수소농도센서
③ 공기공급장치	머플러, 공기압축기	가슴기, 공기차단밸브	에어필터
④ 열관리장치	배관, 피팅	제어밸브, 라디에이터	이온필터
⑤ 전장장치	배터리, 전력제어장치	인버터, 모터·감속기 등	컨버터
⑥ 수소저장장치	-	레귤레이터, 저장용기 등	고압배관, 피팅 등

국내에서는 1980년대부터 고압용기의 국산화에 대한 연구를 시작해 한국기계연구원에서는 섬유강화 복합재료 압력용기의 국산화 개발 연구를 수행한 바 있고, 주로 압축천연가스 차량을 위한 강재용기 및 복합재료용기에 대한 연구를 하고 있

다. 일반적으로 압력용기 Type 4를 제작하는 데 있어 토 프리프레그가 사용된다. 하지만 국내에서의 토 프리프레그 사용은 매우 미미한 수준이며 2014년에서야 일진 컴포지트에서 자동차, 산업용 부품 수요사와 공동으로 탄소섬유 토 프리프레그

국산화를 진행했다.

복합재료 압력용기는 주로 항공우주 분야에 많이 적용되고 있으며 최근 시험발사된 KSR-III 과학 로켓의 추진체 가압용 헬륨 충전탱크가 대표적인 고압가스용 복합재료용기로 Type 4 형태다. 현대자동차에서 연료전지 시제 차량인 신타페에 미국 쉘코의 용기 및 수소공급 시스템을 공동 개발해 장착한 이력이 있으며, 수소차인 넥쏘에 장착된 수소 압력용기는 일진 컴포지트에서 도레이의 탄소섬유를 사용해 제품화에 성공했다.

FCEV 투싼x 100kW 기준 연료전지 스택 및 BoP 시스템 가격이 현재도 5000달러 수준에서 가능한 것으로 보인다. 핵심 부품의 국산화, 모듈화, 저가 소재 및 양산 공법 개발로 가격 절감이 지속될 것이며, 현대차에서는 2020년 내연기관 자동차 판매가의 1.2배 수준에서 수소연료전지차 양산이 가능하다고 밝히고 있다.

복합재 압력용기의 설계 및 해석은 1980년대 연구와 대학을 중심으로 수행돼 왔으며, 기술적 수준도 초고압 천연가스·수소 저장용기를 설계할 만큼 성숙돼 있고, 이를 육상수송, 조선 분야 등에 활용 가능하다.

수소를 직접 연료로 사용하는 경우, 자동차에 적재저장 기술로서 압축용기의 고압 안정화가 검토되고 있다. 고압용기는 사용 재료, 내압 구조에 따라 4가지로 분류되는데, 이 중 자동차용 경량용기로 알루미늄계나 고밀도 플라스틱라이너에 탄소섬유강화 플라스틱으로 보강한 용기가 주로 사용된다. 자동차용 수소 저장용기의 경우 35MPa의 고압을 넘어 70MPa의

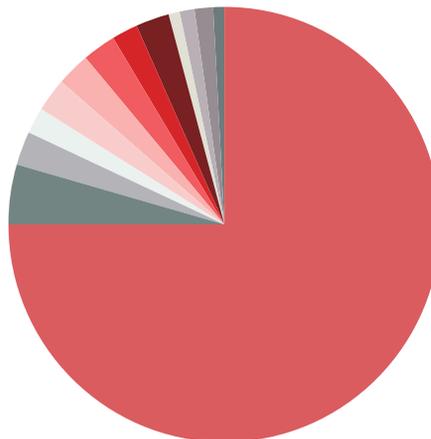
초고압 저장용기의 개발이 완료된 상태이고, 토 프리프레그를 사용해 Dry Winding으로 고속 멀티 와인딩 장비 및 공법 개발을 통해 대량생산 기술 개발이 진행되고 있다.

수소압력용기의 정의 및 적용 용도

현재 미국 에너지부와 USDRIVE 컨소시엄의 탱크를 포함한 5kg 고압수소저장시스템의 상용화 가격 목표는 2030년 기준 kWh당 8달러로 정하고 있다. 이는 상온에서 5.6kg의 수소를 저장해 500km를 주행할 수 있는 연료저장시스템의 양산체제를 구비한 경우이며 1kg의 수소열량을 33.3kWh로 계산한 값이다. 이 가격 목표 달성을 위해서는 650ksi³ 이상의 신장강도를 갖는 탄소섬유 가격을 현재 lb당 13달러에서 최저 50%를 저감해 lb당 6달러로 생산할 수 있는 기술과 탄소섬유를 포함하는 수지 가격을 현재 kWh당 10달러에서 35% 저감해 kWh당 6.5달러로 낮추어야 한다.

고압수소 저장탱크의 생산비 구성을 보면, 탄소섬유가 약 75%를 차지하고 있다.

따라서 저가의 수소탱크를 제작하기 위해서는 저가 탄소섬유 생산 기술이 필수적이다. 이에 2007년부터 현재까지 아르곤국립연구소(ORNL)는 도레이의 T799/24k 탄소섬유(24k tow, 700ksi Tensile Strength, 33Msi Tensile Modulus)와 동등한 특성을 갖는 탄소섬유를 낮은 가격에 생산하는 기술을 DoE EERE Freedom CAR 프로그



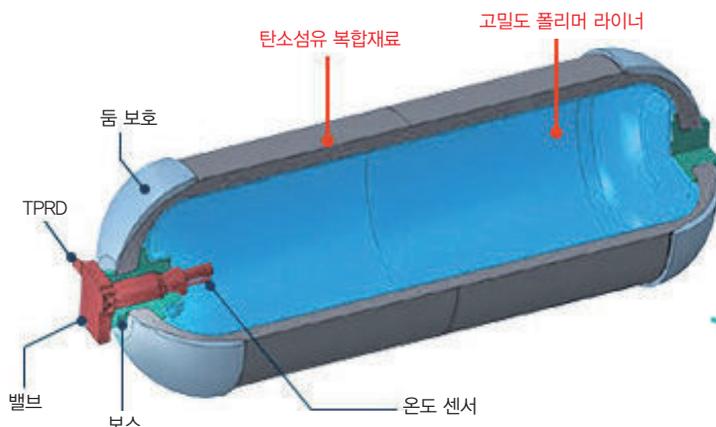
■ Carbon Fiber ■ Glass Fiber ■ Epoxy ■ Curatives ■ Liner Polymer ■ Foam Dome ■ Front Boss ■ Aft Boss ■ 1-1/8 Adapter ■ Valve ■ PRD ■ Miscellaneous

〈그림 5〉 탄소섬유 수소압력용기 생산비 구성 비율

램을 이용해 개발 중이다. DoE 개발 목표와 항공기용 탄소섬유, 그리고 현재 ORNL 팀의 기술 현황을 볼 수 있다. 성능, 특히 Tensile Strength가 크게 못 미치고 있으나 개발 가능성은 큰 것으로 전망되고 있다.

수소연료탱크의 경우에는 수소차 원가의 약 15~20%를 차지하는 부품으로 탱크가 소형화되고 차종당 탑재되는 개수가 증가하는 추세다. 이는 주행 거리 상향, 차량 레이아웃 설계에 유리하기 때문이다. 현재, 탄소섬유 고압수소 저장탱크 사업은 전 세계 5개 업체 정도가 진행하고 있다. 국내에서는 일진다이아의 자회사인 일진 복합소재가 유일하며 해외 업체로는 일본의 도요타, 혼다, 미국의 링컨 등이 자체 개발하고 있는 실정이다.

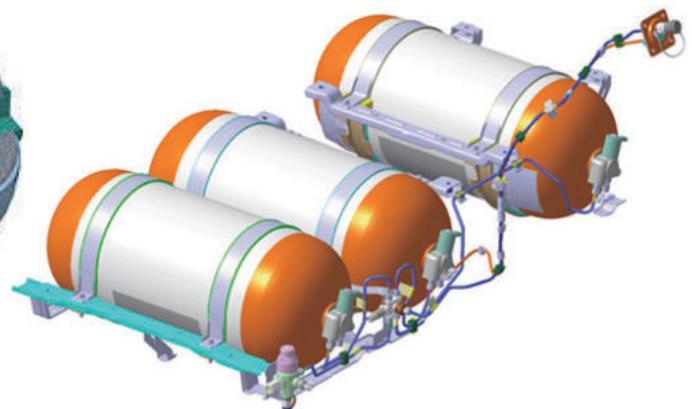
수소연료전지차의 구조를 살펴보면, 우선 자동차 뒤쪽 아래에 수소탱크가 탑재돼 있는데 이곳에 부피가 큰 수소를 압축해 저장한다. 고압 기체수소를 저장하기 위한 압력용기는 사용재료와 복합재료 강화 방법에 따라 Type 1부터 Type 4까지 4가지 형태로 분류된다.



〈그림 6〉 수소압력용기 구성

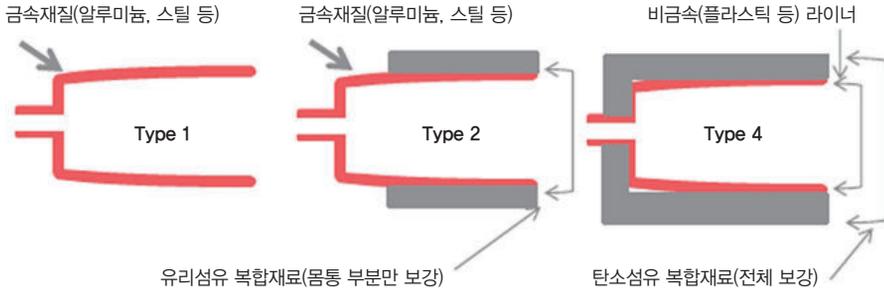
※주. TPRD : 온도감응식 압력안전장치

출처 : 아르곤국립연구소 원자력공학부 프로세스 모델링 그룹



〈그림 7〉 수소압력용기 - 소형화 및 2개 이상 탑재되는 추세

출처 : Google



<그림 8> 수소압력용기의 타입별 특성
출처 : Google, BNK투자증권

Type 1은 용기 전체가 금속재질 라이너로 구성된 금속용기다. Type 2는 금속재질 라이너에 유리섬유 복합재료를 이용해 몸통 부분만 보강한 형태의 용기다. Type 3, 4는 알루미늄 및 비금속 라이너 전체에 탄소섬유 복합재료를 보강한 형태의 용기다. 특히 Type 4는 단단한 내구성과 안전성이 특징이다. Type 4는 비강철 라이너 즉, 고밀도 플라스틱 라이너를 완전 탄소섬유로 감아서 완성한다. CNG 버스 연료탱크나 LPG 가스탱크는 강철 재질로 만든 Type 1 방식이다. 반면, 수소전기차 연료탱크는

고강도 플라스틱 재질의 탱크를 탄소섬유 실로 감아 만든 Type 4 방식의 초경량 복합소재 연료탱크로 만들어진다.

수소전기차에 Type 4 탱크를 탑재한 가장 큰 이유는 수명과 안전성 때문이다. 700bar 고압의 수소를 충전하기 때문에 탱크가 늘었다 줄었다를 반복하는데 이 과정에서 Type 1, 2 탱크는 금속 피로도가 쌓여 수명이 비교적 짧다. 반면, Type 4의 라이너는 플라스틱 소재로 만들어져 복원력이 뛰어나 피로도에 강하다. 또한 고온에서 자가 가스 방출 시스템을 적용해 화재

나 충격, 충돌에도 견딜 수 있도록 설계돼 있다. 수소전기차 고객이 가장 우려하는 부분 중 하나는 수소연료탱크의 폭발 위험이다. 하지만 수소연료 전기차는 애초에 폭발할 수 있는 화학적 환경이 조성되지 않는다.

Type 4 연료탱크 제조 방식을 보면 예폭시와 열경화성수지 등을 합친 복합소재가 적용된다. 탱크가 고압에서도 잘 견딜 수 있도록 탄소섬유를 다양한 패턴으로 여러 겹 감은 형태다. 실을 왼쪽, 오른쪽, 사선 방향 등으로 돌려 감은 형태라는 것이다. 이렇게 특수 패턴으로 겹겹이 감긴 탄소섬유는 큰 외부 충격을 받더라도 폭발하지 않고 살짝 찢어지면서 수소가스를 공기 중으로 날려 보낸다. 이는 탄소섬유 재질의 탄력적인 특성 때문이다. 수소는 지구상에서 가장 가벼운 원소이기 때문에 1초에 24m를 날아갈 정도로 확산이 빨라 누출과 동시에 공기 중에 희석된다.

일진복합소재는 Type 4 탄소섬유탱크(700bar)를 제작하고 있다. 플라스틱 재질에 고강도 탄소섬유를 필라멘트 와인딩으로 처리해 가볍고 단단한 것이 특징이다. Type 4 수소탱크는 금속재질에 비해 폭발에 대한 안전성이 높다. 또한 기존 탱크 대비 저장효율이 25% 향상됐다. 이러한 특성 때문에 현대차의 투싼x와 넥쏘, 도요타 미라이, 혼다 클라리티 수소차 모두 Type 4 탄소섬유탱크(700bar)를 탑재하고 있다. 전 세계적으로 Type 4 수소탱크를 양산하는 업체는 일본의 도요타, 한국의 일진복합소재 등 3, 4곳 정도로 파악된다. 기존 투싼x에는 2개의 수소탱크를 탑재했으나 넥쏘에는 3개의 수소탱크가 탑재된다. 최근

<표 9> 수소압력용기의 핵심 이슈

핵심 이슈	상세내용
수소 저장 압력용기의 용도별 분류	Type 1, 2는 수송, 급유 저장용 Type 3, 4는 차량 내 저장탱크로 사용(수소차 Type 4 주력)
탱크의 형태(라이너)를 구성하는 소재	Type 3(알루미늄) Type 4(폴리머 : HDPE, Polyamide 6 등)
글로벌 주요 Type 4 수소탱크 제조사	Lincoln Composites(노르웨이, Hexagon Lincoln(미국)의 자회사) Toyota(일본, 자체) 일진복합소재(일진다이아 지분 83% 보유) Quantum Tech(미국) Ullit SA(프랑스) Faber Industrie S.P.A(이탈리아)
최근 가장 두각을 보이는 업체	Lincoln Composites : 벤츠 수소차량 GLC-F 테스트 중 도요타 수소 트럭 공급 확정
수소탱크 신기술	Type 4 : 소재와 공정을 통해 라이너 없이 탱크 제조. 미국 Composite Technology Development는 현재 NASA 등에 공급하고 있으며, 향후 자동차까지 확대할 계획. Type 4 대비 무게 15~20% 감소, 대량생산 시 가격 경쟁력 확보 가능 예상

〈표 10〉 수소탱크 분류: 사용재료와 복합재료 강화 방법에 따른 구분

출처: 월간수소경제, NH투자증권 리서치본부

종류	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
형태				
압력(bar)	200	300	430	700
구조	용기 전체가 금속재질 라이너로 구성	금속재질 라이너에 유리섬유 복합재료를 이용해 몸통 부분만 보강한 형태	알루미늄 라이너 전체에 탄소섬유 복합재료를 보강한 형태	플라스틱과 같은 비금속라이너에 탄소섬유 복합재료를 용기 전체를 보강한 형태
제작방법	알루미늄 탱크	알루미늄 탱크에 유리섬유 와인딩	합금탱크에 알루미늄 라이너와 카본파이버 와인딩	카본파이버 탱크에 고밀도 폴리에틸렌 라이너로 로테이션 몰딩

납품이 결정된 현대차의 차세대 수소전기 버스에는 대당 6개의 수소탱크가 탑재돼 총 25kg의 수소연료 저장이 가능하다. 전 세계적으로 수소탱크 제조 기업이 제한적인 상황에서 우수한 기술력을 바탕으로 한 현대차 이외의 글로벌 OEM으로의 수주 가능성은 향후 기대요인으로 작용할 전망이다.

수소압력용기의 타입별 개발 동향

수소 저장을 위한 용기는 기체수소를 고압으로 압축해 저장하는 용기로 내부 가스는 중·방전 시 -40도~85도를 오가는 환경에 노출되며 20년의 목표수명에 따라 최소 5000회의 반복 내구성을 확보해야 하는 부품이다. 또한 수소 누설, 압력 변화에 따른 열화 등 안전성을 고려한 고압용기 개발이 필요하고 수소전기차에 사용되는 차량용 용기는 연비와 가격에 직접적인 영향을 주므로 경량화와 저가화가 매우 중요하다.

고압수소기체를 저장하기 위한 압력용기는 사용 재료와 복합재료 강화 방법에 따라

Type 1, Type 2, Type 3, Type 4 등 총 4가지 형태로 구분되며 수송용 튜브트레일러와 수소충전소용, 수소전기차 탑재용 등으로 이용되고 있다. 이 가운데 튜브트레일러용의 경우 현재 국내에서는 Type 1 용기에 180bar의 압력으로 수소를 저장해 운송하고 있다. 반면 해외에서는 500bar용 복합용기를 사용함으로써 국내 수송량 대비 3~5배 이상 많은 양의 수소를 한번에 저장, 운송할 수 있는 기술을 보유하고 있다.



〈그림 9〉 국내 튜브트레일러에 사용되고 있는 180bar급 Type 1 용기

수소충전소용 저장용기는 크게 수송용기(180bar), 중압용기(450bar), 고압용기(820bar)로 나뉜다. 기존의 수송용기와 중압용기는 일부 수입 제품을 제외하고는 초고압 수소저장용기 생산업체인 엔케이에서 국산화에 성공해 50MPa급 용기를 생산하고 있다.

고압용기는 2015년 산업통상자원부 산하 가스안전공사에서 수소충전소용 저장용기로 복합재료 사용을 허용하고 관련 법규를 제정했으나 개정된 기준을 당장 충족할 수 있는 국내 용기 제조업체가 전무해 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 특히 설계압 99MPa급 차압용 Type 1 강재용기는 전량 일본의 JSW에서 수입하고 있다.

이와 관련해 2017년 9월 두산중공업과 엔케이, 가스안전공사가 '사용압력 82MPa급 Type 1 초고압 수소저장용기'의 개발과 단계별 사업화 추진을 위해 업무협약을 체결, 각 사의 축적된 핵심 기술을 활용키로 했다. 이번 사업이 성공적으로 완료될 경우 초고압 수소충전소용 저장용기 국산화를 통해 경쟁력을 확보하게 된다.



〈그림 10〉 국내에 수입되고 있는 JSW의 990bar급 Type 1 차압용기

이처럼 이제 막 닷을 올린 국내 상황과 달리 일본에서는 용기 제조업체뿐만 아니라 자국 내 철강업체까지 수소충전소용 소재와 압력용기에 전투적으로 투자하고 있다. 신일본제철과 스미토모금속이 합병한 신일철주금은 고압수소 스테인리스 강관인 'HRX19'를 개발해 단시간에 대용량의 수소충전이 가능해짐으로써 효율성을 높였다. 또한 JSW와 JFE 컨테이너는 강관을 사용한 '압력 어큐물레이터 방식(유압저장 방식)'을 통해 경쟁력을 갖춘 수소저장용기를 시장에 내놓으며 우리와 기술 격차를 더 벌리고 있는 실정이다.

Type 2는 Type 1과 같은 금속재질 라이너 위에 탄소, 유리섬유 등을 원주 방향으

로 감아서 만든 용기로 Type 1에 비해 가벼운 것이 특징이다. 미국 Fibatech의 용기가 국내에 소량 들어오고 있는 것을 제외하고는 현재까지 국내에서의 Type 2 용기 개발은 주춤한 상황이다.

이 같은 금속재질 타입의 용기와 달리 탄소섬유 복합소재를 이용하는 Type 3와 Type 4의 경우 타 용기보다 더 높은 압력을 견딜 수 있으며, 무게가 가벼워 효율성이 뛰어나다. 또한 반복 사용 수명이 길고, 부식에 강한 우수한 특성을 갖고 있다. 특히 금속재질 압력용기는 결함이 발생되면 폭발 위험이 있는 데 반해 복합소재 압력용기는 폭발 전에 압력이 누출돼 폭발이 일어나지 않는 등 안정성이 높은 것이 특



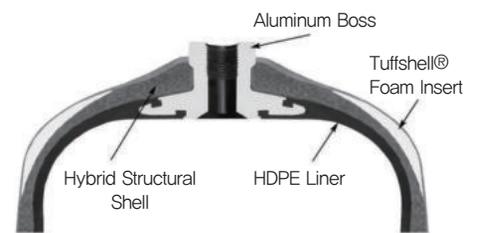
〈그림 11〉 엔케이사의 충전소용 450bar급 Type 1 용기(좌)와 알루미늄 라이너에 탄소섬유 복합재를 보강한 Type 3 용기

징이다. 복합소재용기는 본래 우주용 발사체의 각종 고압가스를 저장하는 경량 고성능의 압력용기로 개발됐으나, 최근에는 압축천연가스 자동차용 연료 저장용기로 사용되고 있다.

Type 3의 수소용기를 생산하는 해외 제조사는 SCI, Luxfer, Dynetek, Farber 등이 있으며, Type 4의 수소용기를 생산하는 업체는 Lincoln Composite, Quantum, Xperion 등이 있다. Dynetek은 700bar 수소용기를 개발해 닌산 X-trail에 납품한 바 있으며, 세정그룹과 합작회사(Dynetek korea)를 설립해 현대·기아자동차에 700bar Type 3(IPort) 수소용기를 공급하고 있다. Tuffshell로 불리는 Lincoln Composite의 700bar 수소용기는 HDPE 라이너, 탄소섬유복합재 및 충격에 견디는 외측 폼(Foam)의 2층 구조로 돼 있으며, SCI와 공동으로 현대·기아자동차의 연료 전지 자동차에 수소용기를 공급하고 있다.



1 Port Type 3(Dynetek)



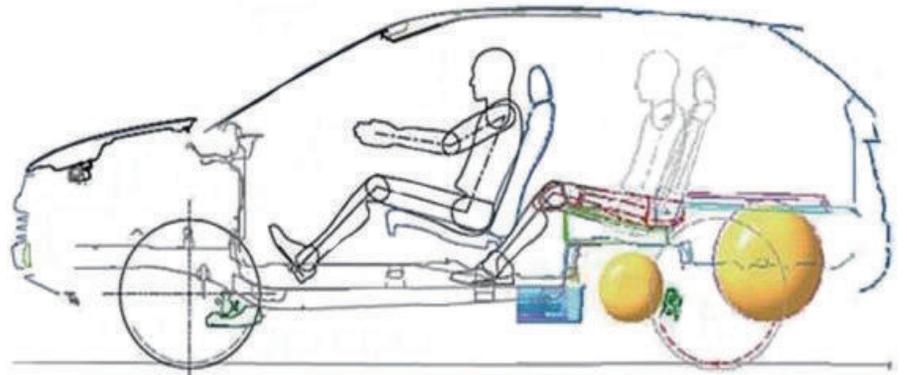
Type 4(Lincoln Composite)

〈그림 12〉 수소저장 시스템 구성 (Dynetek & Lincoln Composite)

최근 수소전기차용 연료용기로 개발되면서 크게 주목받고 있으며 국내에서도 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 그중 Type 4의 경우, 탄소섬유 복합소재를 이용함으로써 무게를 줄이고 폭발 위험성도 낮춰 수소전기차용 저장용기로 사용되는 등 국내는 물론 해외 시장에서도 관심이 뜨겁다. Type 4는 용기의 경량화를 목적으로 비금속 재료로 만들어진 라이너 위에 탄소섬유나 유리섬유를 원주 방향과 길이 방향으로 감아서 만든 용기로, 현대 투싼을 비롯해 도요타 미라이에서 사용되고 있다. 또한 국내 수소전기차 탑재 Type 4 복합재용기는 일진복합소재가 현대차에 2020년 납품건까지 계약을 완료했으며 태광후지킨과 동화산업이 자동차용 Type 4 복합소재용기 개발에 나서고 있어 향후 관련 시장이 빠르게 성장할 것으로 예상된다.

수소전기차량용 저장용기는 경량화 및 안정성이 높은 탄소섬유 복합소재가 주로 사용된다. 이는 차량 내에 장착해야 하기에 연비와 안전에 우선순위를 두고 있어서다. 이를 충족하기 위해서는 무게가 가벼워야 하고 부피는 작고 보다 안전한 고성능의 압력용기가 필요하다. 현재 이 같은 조건을 충족할 수 있는 것이 복합소재 압력용기다.

현대자동차에서는 2001년 6월 세계 최초로 350bar 수소저장시스템을 개발해 신타페 수소전기차에 장착하고 시험운전에 성공한 바 있다. 이후 대부분의 해외 완성차 업체 역시 동일한 350bar급의 복합소재 압력용기를 탑재해 왔으며 최근에는 기존보다 더 많은 양의 수소를 저장하기 위한 기술 개발이 추진돼 700bar급 초고압으로 수소를 압축해 저장할 수 있는 복합소재 압력



〈그림 13〉 수소용기의 장착 위치
출처 : 녹색기술 정보포털, 녹색기술동향보고서

용기가 대세를 이루고 있다. 관련 기술은 수소전기차 실용화를 이룬 핵심 기술 중 하나로 특히 주목받고 있다. 대부분의 세계 연료전지자동차 업체가 충전압력 700bar 수소용기를 도입함에 따라 1일 주행거리가 150~200km에서 400~500km 수준으로 대폭 향상됐고, 충전시간을 10분에서 3~5분

으로 단축함으로써 충전시간 30여 분, 주행거리 200km 이하인 전기자동차보다 우수한 주행 성능을 달성했다. 연료전지의 내구성 목표치는 5000시간이었지만 현재 2500시간, 12만 km를 달성했으며 2006년 950시간보다 2.6배 향상됐다.

고압의 수소기체를 저장하기 위한 압력용

〈표 11〉 압력용기 타입별 특징



	Type 1 (금속제)	Type 2 (금속제+후프랩 보강)	Type 3 (금속제+풀랩 보강)	Type 4 (비금속+풀랩 보강)
	Metal Fuel Tanks	Hoop-wrapped Composite Fuel Tanks with a Metal Liner	Fully Wrapped Composite Fuel Tanks with a Metal Liner	Fully Wrapped Composite Fuel Tanks with No Metal Liner
적용 예	금속제 용기 (철, 알루미늄)	금속제 용기 + 유리섬유, 카본섬유 부분 보강	알루미늄 라이너 + 탄소섬유 덧씌움	플라스틱 라이너 + 탄소섬유 덧씌움
용기 밀도	1.1~1.5kg/L	0.7~1.4kg/L	0.9~0.4kg/L	0.25~0.5kg/L
경량화	100%	80%	60%	45%
제품 예				
가격	저렴	보통	고가	고가
비교	Stationary Applications		Automobile Applications	

- Type 1 : 강재용기 인장강도 900N/mm²급의 크롬·몰리브덴강
- Type 2 : 금속 라이너의 원주 방향을 유리섬유·탄소섬유강화 플라스틱강화용기 라이너 재료로서는 인장강도 900N/mm² 크롬·몰리브덴강
- Type 3 : 금속 라이너의 전체면을 탄소섬유강화 플라스틱으로 강화한 용기(CFRP용기), 알루미늄합금 라이너는 주로 AA6061 사용
- Type 4 : 고밀도 폴리에틸렌제 라이너의 전체면을 탄소섬유·유리섬유강화 플라스틱으로 강화한 용기, 입구는 알루미늄합금 AA6061로 제작

기 구조는 사용재료와 강도보강법에 따라 Type 1, 2, 3, 4로 나뉘고, 이 4개의 분류는 미국(ANSI/NGV), 캐나다(CSA B51), 국제표준(ISO 11439) 및 일본(고압가스보안법 예시 기준) 등이 거의 비슷하고, 표준화가 진척되고 있는 연료전지자동차 연료용기의 국제표준(ISO/DS 15869 Gaseous Hydrogen and Hydrogen Blends—Land Vehicle Fuel Tank)에서도 같은 분류를 사용한다.

4가지 타입의 수소저장용기 방식 중 자동차용으로 사용되기 위해서는 무게가 가벼워야 하므로 주로 Type 3와 Type 4가 적용되고 있으며, 350bar의 Type 3 압력용

기는 이미 상용화가 진행 중이다. 하지만 서울에서 부산까지 한 번에 자동차로 주행하기 위해서는 700bar의 수소저장용기가 필요하고 무게도 가벼운 Type 4의 저장용기 개발이 필요한 상황이다.

700bar에서 수소 1L의 용적은 약 0.033kg 이고 75L의 자동차 연료저장탱크를 기준으로 약 2.48kg의 수소를 저장할 수 있다. 일반적으로 수소 1kg으로 100km를 주행할 수 있으므로 1회 수소 주입 후 500km를 주행하기 위해서는 150L의 수소저장용기가 필요하다. 자동차 연료탱크의 일반적인 크기는 50L 또는 75L 수준으로 자동차

1대당 2개 내지 3개의 저장용기가 필요하다. 하지만 현재 개발된 Type 4 수소저장용기는 가격이 3000달러 선으로 매우 고가여서 상용화를 위해서는 저가화와 대량생산 기술이 반드시 필요한 상황이다.

Type 4 수소저장용기는 축대칭 구조의 부품으로 필라멘트 와인딩 공법으로 제작하게 되는데 필라멘트 와인딩 공법은 탄소섬유 필라멘트가 수조를 통과하면서 함침이 되는 습식 와인딩(Wet Winding) 공법과 토 프리프레그를 이용한 건식 와인딩(Dry Winding) 공법이 있다.

Type 4 수소압력용기의 대량생산을 위한 필요 기술

최근 로켓의 위치제어 압력용기, 수소연료전지자동차용 압력용기(Pressure Vessel for Hydrogen Fuel Cell Vehicle) 등 민군부품의 고성능화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이들 부품은 기본적으로 강인하고, 고압에 견디는 특성을 갖는 소재를 필요로 한다. 또한 로켓의 발사효율 또는 자동차 연비 향상을 위해서는 소재의 경량화가 필수적이다. 이를 위해 금속재료의 소재를 비강성(Specific Stiffness) 및 비강도(Specific Strength)가 우수한 탄소섬유 복합재료로 대체하는 것이 가장 효과적인 방법 중 하나다.

수소압력용기는 회전대칭(Axisymmetry) 구조의 부품으로, 탄소섬유강화 복합재를 이용해 성형할 경우, 필라멘트 와인딩 공법을 통해 제작하게 된다. 필라멘트 와인딩 공법은 원통형이나 곡률을 가진 구조물을 용이하게 제작할 수 있고, 하중 전달 방향

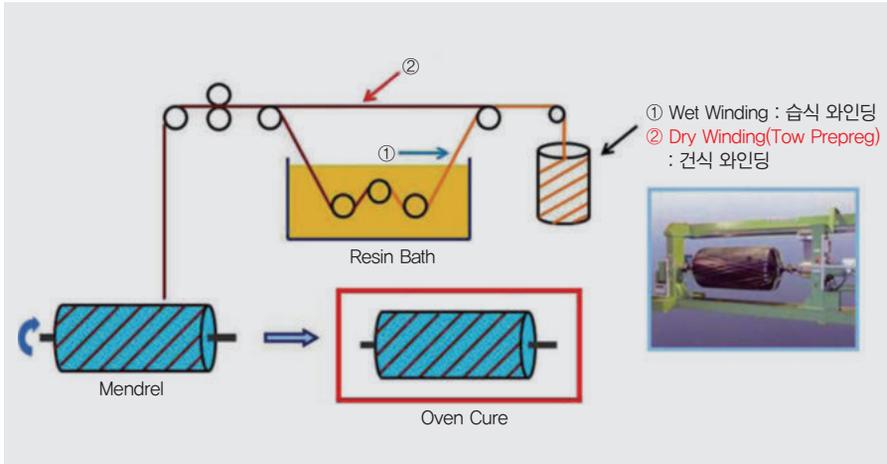
<표 12> 해외 주요 수소저장용기 제조업체 비교

출처 : COMPOSITE 700 BAR-VESSEL FOR ON-BOARD COMPRESSED GASEOUS HYDROGEN STORAGE

구분	제조사 Lincoln Composites(US)	Quantum Technologies(US)	Ullit (France)	Luxfer (Canada)	CTD (England)
제품명	Tuffshell®	Trishield®	-	G-Stor (Dyneccell®)	-
저장용기 타입	IV	IV	IV	IV	V(세계 최초)
공칭압력(bar)	700	700	700	700	700
라이너 재료	PE	PE	PA6	PE	-
복합섬유 종류	GF + CF	CF	CF	GF + CF	CF
중량비율(%)	3.9 to 5.3	2.5	5.4	-	-
부피비율(kWh/L)	0.75 to 0.8	0.8	0.66	-	-
파열압력(bar)	1,750	1,650	>1,645	-	2,000
제품사진					

<표 13> 수소압력용기의 저장시스템 용량에 따른 수소 저장량 및 주행거리

저장시스템	용적저장밀도	수소저장량	주행거리
	KgH ₂ /L	KgH ₂	Km
고압 300기압	0.014	1.05	100
고압 700기압	0.033	2.48	248
액화저장	0.043	2.23	323
액화 + 고압	0.033	2.48	248
금속수소화물(최소)	0.028	2.1	210
금속수소화물(최대)	0.085	6.38	638



〈그림 14〉 건식 및 습식 필라멘트 와인딩 개념도

으로 섬유를 집중적으로 보강함으로써 섬유강화 복합재료가 갖는 물성을 극대화하는 장점이 있다.

필라멘트 와인딩 공법은 수지가 함침된 연속섬유를 원통형상의 회전하는 금형(Mandrel)에 돌려 감은 후 경화시켜 회전대칭인 구조물을 제조하는 복합재 성형공법으로, 보강섬유를 금형에 돌려 감기 직전에 필라멘트가 수지조(Resin Bath)를 통과하면서 함침이 되는 습식 와인딩 공법과 토 프리프레그를 사용하는 건식 와인딩 공법을 적용할 수 있다.

현재 대부분의 압력용기 제조 공정에 적용하고 있는 습식 와인딩 공정은 보강섬유에 수지가 함침(Wetting & Impregnation)과 동시에 금형에 감기는 공정의 특성상 수지의 점도가 매우 낮아야 하며, 이로 인해 수지의 조합 및 첨가제 적용이 어려워 다양한 수지의 물성 구현이 어렵다는 단점이 있다. 같은 이유로 와인딩 시 슬립 현상이 발생해 복잡한 패턴을 감기 어려우며, 섬유 배열이 일정치 않아 상대적으로 재현성과 신뢰성이 낮고 액상 수지 사용으로 인

한 작업 현장의 오염으로 제조 환경의 열악함을 초래하게 된다. 또한 압력용기 생산현장에서 보강섬유와 수지의 함침이 이뤄지므로 둘 간의 체적비를 일정하게 조절하기 어려운 단점이 있으며, 체적비 품질불량이 발생할 경우 압력용기 자체의 불량으로 이어질 수 있어 대량생산을 위한 애로점이 많다고 볼 수 있다.

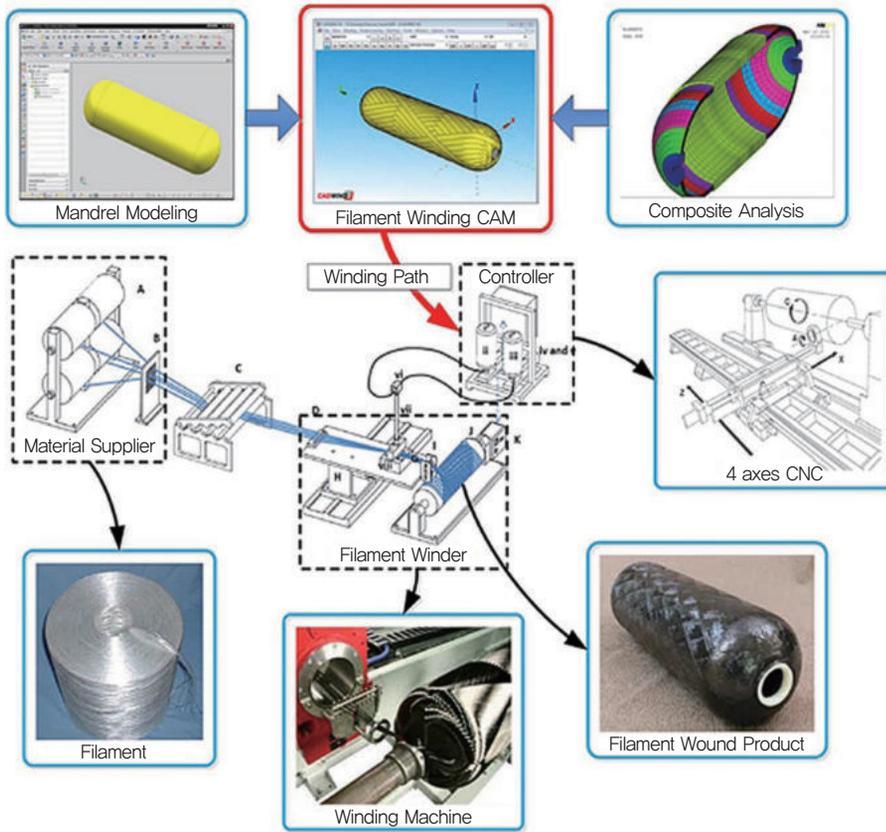
건식 와인딩 공법은 미리 수지와 보강섬유를 일정한 체적비로 함침시킨 중간재인 토 프리프레그를 제조해 정밀한 수지·섬

유 체적비를 지닌 중간재를 적용함으로써 보다 균일한 부품의 성형이 가능하며, 토 프리프레그에 사용되는 수지는 기계적 물성, 내열성, 내화학성 등 물리적·화학적 특성이 습식 와인딩 공법에 적용되는 수지보다 월등히 우수한 특징이 있다. 또한 토 프리프레그 표면은 점착성이 있어, 금형 및 하부 와인딩된 토 프리프레그 표면에 점착이 이루어져 와인딩 중 필라멘트의 미끄러짐이 억제돼 보다 복잡한 형상의 성형품 제작이 가능해진다. 이러한 이유로 최근 토 프리프레그를 이용한 건식 와인딩 공법은 수소연료전지용 고압용기, 산업용 고성능 압력용기 등 성능과 신뢰성을 필요로 하는 부품용 소재의 새로운 대안으로 떠오르고 있다.

필라멘트 와인딩은 섬유를 원하는 방향으로 정확하게 감을 수 있기 때문에 주로 압력용기와 같이 높은 강도를 가지면서도 경량성이 요구되는 부품의 제조에 많이 이용된다. 국내 업체에서는 파이프, 압력용기, 화학약품의 저장탱크 같은 원통형의 단순한 형상의 부품만을 생산하고 있다. 해외에



〈그림 15〉 필라멘트 와인딩 공정 설계



〈그림 16〉 필라멘트 와인딩 공정

참고자료

- [1] 탄소섬유 복합소재 시장동향, 연구성과실용화진흥원, S&T Market Report vol. 38 2016.01
- [2] 수소전기차, 이선명, 김선재, KISTEP 기술동향브리프, 2018-20호
- [3] 수소경제 활성화 로드맵, 산업통상자원, 2019.01.17
- [4] 수소연료전지자동차 개발현황, 김준범, 전기저널, 2015.06, 38-41(4pages)
- [5] 수소차 시대의 개막, 유진투자증권, 2019.02.11.
- [6] 압축수소가스용 복합재료 압력용기 제조시설·기술·검사 기준, 가스기술기준위원회, 2019.05.17
- [7] 일본 수소경제 탐방기, 메리츠증권, 2018
- [8] '왜 2020년까지 메이저 제조사는 수소차를 출시할까요?' 바로투자증권, 2018
- [9] 중 '수소차 굴기' 본격 개막, Kotra 해외시장뉴스, 2019.07.30.
- [10] 연료전지 자동차용 및 정지형 고압 수소기체 저장 복합재 압력용기의 실증기술 개발 보고서, 재료연구소, 2006
- [11] 연료전지 자동차용 수소저장시스템 부품개발 및 SI(System Integration) 기술개발, 현대자동차, 2006
- [12] 탄소섬유 복합재료 프로젝트, 관계부처 합동 민관합동 창조경제추진단, 2014.05
- [13] CNG용 Type 4 하이브리드 섬유 복합재용기 개발에 대한 연구, 조성민 외 6인, 한국기계학회지, 제16권, 제4호, pp.97-103(2017.08) ISSN 1598-6721
- [14] 액화석유가스용 TYPE IV 복합용기 개발 연구개발보고서, 창원대학교
- [15] Development of Improved Composite Pressure Vessels for Hydrogen Storage, Department of Energy Efficiency and Renewable Energy Fuel Cell Technologies Office, 2015
- [16] 35MPa 수소가스 자동차용 복합소재 압력용기의 응력특성에 관한 강도안전성 연구, 김청교, 김도현, JOURNAL OF THE KOREAN INSTITUTE OF GAS 16(2), 2012.4, 25-30(6pages)
- [17] 수소 바람타고 주목받는 '저장용기시장', 월간수소경제, 2017.11.03
- [18] 필라멘트 와인딩의 개요 및 기술동향, 윤재득, 정용호, 한국CAD/CAM학회지 제21권 제2호 2015.0915 - 22(8pages)
- [19] 탄소섬유 토우프리프레그 최신 연구동향, 박용민 외 5인, Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers, Vol. 21, No. 2, pp. 94-101, 2017
- [20] 필라멘트 와인딩 된 카본/에폭시 복합재의 층간파괴인성에 미치는 온도 영향, 임재문 외 2인, Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, Vol. 39, No. 5, pp.491~497, 2015
- [21] ㈜코어컨버전스 기술자료 CADWIND
- [22] 미래형 자동차 최신 기술동향과 자동차부품/경량소재 R&D전략, R&D정보센터, 지식산업정보원, 2019
- [23] 수소산업 연료전지 R&D동향과 이차전지 소재·용도별 시장전망, R&D정보센터, 지식산업정보원, 2019

서는 단순한 형상을 포함해 비행기의 연료 탱크, 로켓모터 케이스, 터빈 블레이드와 같이 복잡한 형상의 부품 제조에도 필라멘트 와인딩 공법이 사용되고 있으며, 일부 해외 기업에서는 소형 비행기 및 무인기의 동체, 항공기 엔진의 흡입구와 같은 더욱 복잡한 자유곡면의 비축대칭 형상에까지 필라멘트 와인딩을 적용해 제품을 생산하기 위한 연구가 수행되고 있다. 또한 경량의 고강도 제품을 필라멘트 와인딩으로 제작하기 위해서는 섬유 방향을 정교하게 배치해야 하는데, 이를 위해서는 정확한 와인딩 궤적을 생성할 수 있는 CAM 소프트웨어가 필요하다. 이와 관련해 국내에서는 Easywind, 해외에는 Material의 CADWIND, SS&A의

ComposicaD, Crescent Consultants의 Cadfil 등 유럽에서 개발한 제품들이 있고, Entec Composite Machines의 Fibergrafix, McClean Anderson의 Composite Designer 등 미국에서 개발한 제품이 있다. 국내에서 개발한 소프트웨어는 파이프, 압력용기와 같이 원통형 형상에 대한 와인딩 궤적의 생성만 가능하며, 해외에서 개발한 소프트웨어는 축대칭형상 이외에 엘보, T 조인트와 같이 단면이 일정한 비축대칭 형상의 궤적도 생성이 가능하다. 이러한 프로그램과 연동된 로봇시스템을 활용해 맨드릴 생성, 라이너에 최적화된 필라멘트 와인딩 패턴, 섬유 두께 및 길이, 라이너 무게 등을 활용해 대량생산을 위한 기반 확립이 절실하다.



기술강국 도약을 위한 도전 “국제 기술 협력을 지원합니다”

산업통상자원부 해외기술협력거점



KEIT 미국(실리콘밸리) 거점

담당자 김병재

E-mail ramy78@keit.re.kr

Tel (Office) +1-408-232-5411

KIAT 미국(워싱턴) 거점

담당자 이범진

E-mail pomjin@kiat.or.kr

Tel : (Office) +1-709-337-0950



KEIT 독일(베를린) 거점

담당자 전준표

E-mail augtto@keit.re.kr

Tel (Office) +49-30-8891-7390



KIAT 벨기에(브뤼셀) 거점

담당자 박천교

E-mail seanpark@kiat.or.kr

Tel (Office) +32-3-431-0591



KORIL 이스라엘 거점

담당자 진수미

E-mail susan74@koril.org

Tel (Office) +972-54-345-1013



재생에너지 확산을 위한 녹색요금제(GREEN PRICING), 시범사업 배경과 전망

우리가 출장이나 휴가를 위해 자동차로 고속도로 주행을 하다 보면 언덕 지형과 같은 입야에 군데군데 태양광발전이 자리한 모습을 볼 수 있다. 잠시 쉬어 가려고 휴게소로 진입하면 주차장이나 휴게시설 지붕에 태양광발전시설이 보이기도 한다. 때로는 멀리 높은 산 사이로 풍력발전이 힘차게 돌아가고 있다. 이와 같은 재생에너지 발전시설은 친환경적인 특성을 갖고 있어 점차 발전원에서 차지하는 비중이 확대될 것으로 전망된다(본고에서는 국내법상 신에너지인 수소, 연료전지, 석탄 가스화·액화 등은 제외하고 재생에너지만 포함).

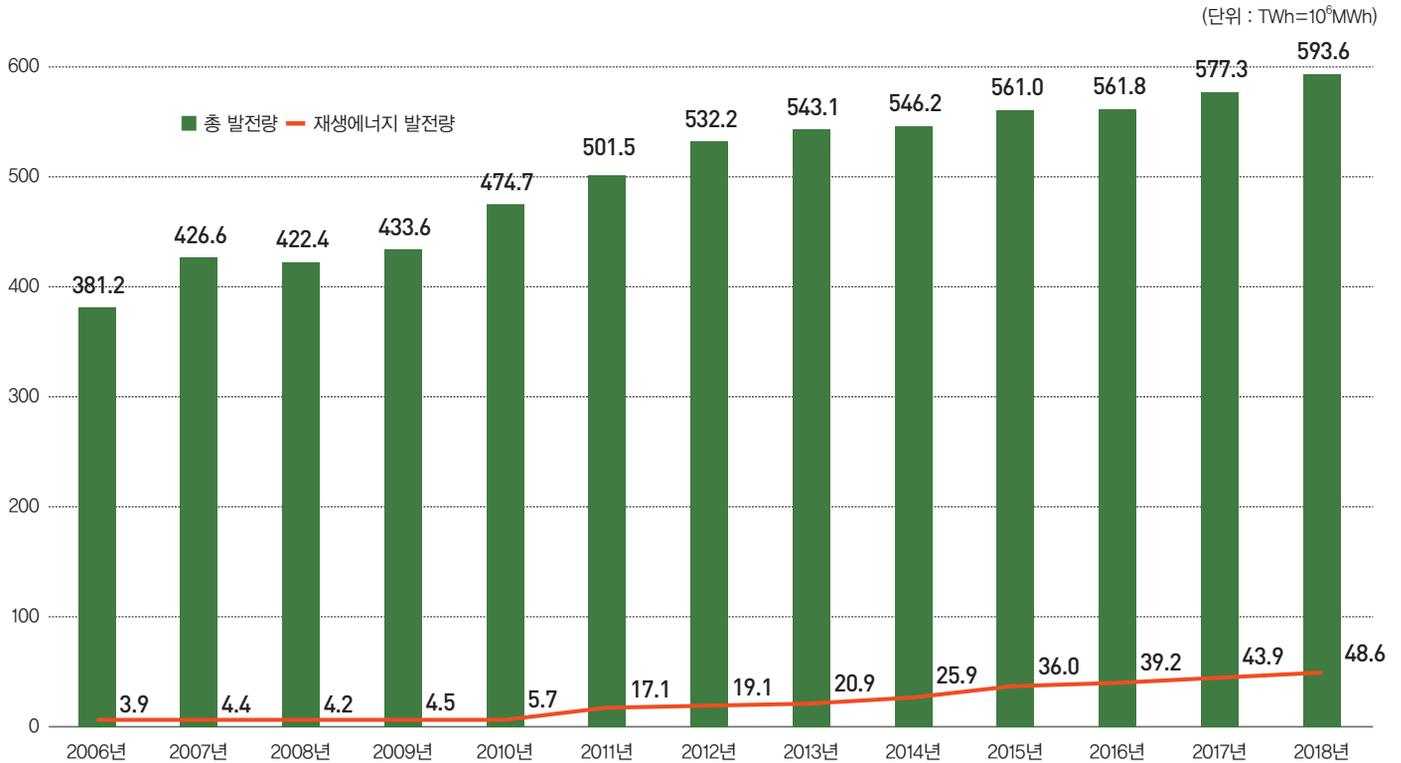
재생에너지 확대 추세

공장이나 사무실 등 기업이 사용하는 모든 전기를 태양광·풍력발전으로 충당하는 것이 가능할까? 기본적으로 태양광이나 풍력은 일사량과 풍속 등이 일정 수준 이상일 때만 전기를 만들고, 설비가 차지하는 면적이 넓기 때문에 작은 규모의 사업장이라도 재생에너지만으로 생산시설을 가동하기는 어렵다.

재생에너지 발전소를 대규모로 설치해 남는 발전량을 에너지저장장치(Energy Storage System : ESS)를 통해 모아 두었다가 필요할 때 공급한다고 가정할 경우 비용적인 측면에서 한계가 있다. 우리나라는 아직 석탄·가스나 원자력발전을 통해 만들어진 전기의 가격이 태양광·풍력발전보다 저렴하고, ESS 설치 및 유지비용도 추가로 들어갈 것이기 때문이다.

문제는 전통적인 석탄발전은 미세먼지와 같은 환경오염 물질이나 온실가스를 다량으로 배출한다. 원자력발전 역시 안전성 측면에서 보완해야 할 점이 많다. 또한 기가와트(1GW=1000MW)급 중앙집중형 발전소를 건설할 경우 대규모 전기를 보낼 송배전망을 설치해야 하는데 주민 수용성을 확보하는 것이 점차 어려운 실정이다.

따라서 태양광, 풍력, 바이오, 수력 등 작은 규모의 재생에너지발전소를 만들어 인근 지역에 공급하는 이른바 '분산전원'을 늘려야 한다는 목소리가 커지고 있다. 이에 현 정부는 전체 발전량 중에서 재생에너지가 차지하는 비중을 2030년 20%, 2040년 30~35%로 확대하겠다는 목표를 제시하고 다양한 보급 확산 정책을 수립해 추진 중이다(제8차 전력수급기본계획(2017.12), 제3차 에너지기본계획(2019.6)).



〈그림 1〉 우리나라 재생에너지 발전량 추이
출처 : 산업통상자원부 · 에너지공단(2019)

작년 우리나라의 재생에너지 발전량은 48.6TWh로 총 발전량 593.6TWh의 8.2%를 차지했다. 2010년 까지 1%대에 불과하던 재생에너지 발전량 비중은 2011년 3.4%, 2015년 6.4%에 이어 2018년 8%대로 올라섰다. 2010년 이후 총 발전량은 연평균 2.8% 증가한 반면 재생 발전량은 30.7%씩 증가하는 괄목할 만한 성장세를 보였다.

하지만 국내 재생에너지 통계는 국제에너지기구(IEA)와 같은 국제기준에 부합하지 않는다. 현 정부가 제시한 중장기 보급 목표는 글로벌 기준을 염두에 둔 것으로 장치 태양광 · 풍력 등 재생에너지를 중심으로 보급하겠다는 의지를 수차례 공식화한 바 있다. 글로벌 기준을 고려할 경우 국내 재생에너지 발전량 비중은 기업의 부생가스발전 등 폐기물에너지를 제외해야 한다. 이를 적용하면 3.5%에 불과해 OECD 국가 중 최하위권에 위치한다(2017년 기준).

〈표 1〉 OECD 국가별 재생에너지 발전량 및 비중(2017)

↓

출처 : IEA(2018)

국가	한국	미국	독일	프랑스	영국	일본	호주	이스라엘
발전량(TWh)	19.9	720.4	218.3	90.5	98.9	167.8	40.5	1.7
비중	3.5%	17.0%	33.6%	16.5%	29.7%	15.6%	15.6%	2.5%

**2001년 이후
수차례 검토된
녹색요금제**

우리나라의 재생에너지 보급을 확산하기 위한 가장 대표적인 정책은 발전기업을 대상으로 한 재생에너지 공급의무화(Renewable Portfolio Standards : RPS) 제도다. RPS 제도는 한국전력 자회사(한국수력원자력, 남동발전 등 6개사), 지역난방공사, 포스코에너지, SK E&S, GS EPS 등 대규모 발전기업을 대상으로 발전량의 일부를 재생에너지를 이용해 공급하도록 하고 있다. 발전기업은 올해 발전량의 6%를 재생에너지로 공급해야 하며, 이 공급의무량은 매년 1%포인트씩 늘어 2023년 이후에는 10%가 된다.

공급의무화나 보조금 제도(또는 발전차액 지원)가 전력을 공급하는 기업이 대상이라면, 녹색요금제는 제조업체 등 전력 소비자를 대상으로 하는 제도다. 정부는 녹색요금제를 통해 기후변화 대응, 재생에너지 수용성 확보 및 재정 부담 경감(투자 자원 확보) 효과를 기대할 수 있다.

반면 소비자의 비용 부담 증가로 재생에너지 발전원가가 높다는 인식이 확산되는 등 부정적 영향을 미칠 수 있으며, 추가 비용을 지불하지 않은 소비자도 편익을 얻게 되는 무임승차가 발생할 수 있다. 우리나라는 2000년대 초반 이후 선진국 사례를 참고해 재생에너지 확산 정책 중 하나로 수차례 녹색요금제를 검토했으나 제도화로 이어지지는 못했다.

〈표 2〉 우리나라 녹색요금제 도입 경과

산업통상자원부(2019) 등

	내용	비고
2018년	[제3차] 에너지기본계획(2019~40) 권고안, 에너지 가격·세제 정책 방향으로 녹색요금제 추진 제시	소비자가 요금제를 선택하는 자율형 제도
2014년	[제2차] 에너지기본계획(2014~35), 전기요금 개선 과제로 녹색요금제 도입 제시	전력판매(소매) 시장 부담 등으로 보류 개방
2006~2007년	공공기관이 우선 참여하고 민간으로 확대하는 방식의 녹색요금제 도입 검토 -기부형 상품 도입 논의(투자펀드 조성)	재생에너지에 대한 인식 부족 및 NGO의 정부 주도 도입 반대로 취소
2001년	재생에너지 확대를 위한 정책의 일환으로 추진	제도화 동인 부족

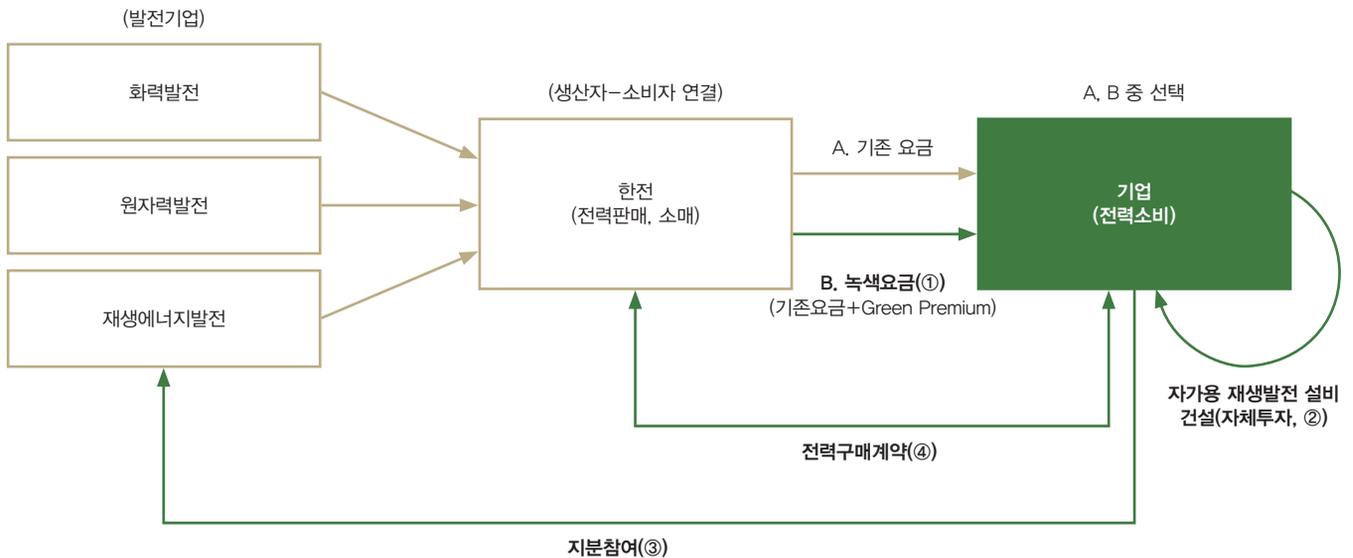
**녹색요금제 포함
‘재생에너지 사용인정’
시범사업**

산업통상자원부·에너지공단은 녹색요금제를 포함한 ‘재생에너지 사용인정제도’ 시범사업을 공고한 바 있다(신재생에너지센터 공고 제2019-20호, 2019.10). 작년 11월 제3차 에너지기본계획 권고안에서 녹색요금제 도입이 제안된 이후 정책당국에서 이를 도입하게 된 배경에는 글로벌 제조·IT기업의 RE100(100% Renewable Electricity) 캠페인도 크게 작용했다. RE100 캠페인은 기업이 사업장 또는 건물에서 사용하는 에너지를 모두 재생에너지로 활용(구입 포함)하겠다는 자발적 협의체로 2019년 11월 현재 애플, 구글, 마이크로소프트, BMW, GM 등 21개 기업이 참여 중이다.

이들 기업은 녹색요금제를 통해 재생 전력을 구입하거나 태양광·풍력발전사업자와 직접 계약 또는 전력판매회사를 통해 간접적으로 재생에너지를 구입하고 있다. 사업장과 멀리 떨어진 지역의 재생에너지 발전에 투자한 경우도 포함할 수 있다. 특히 주목할 점은 글로벌 하드웨어(세트 생산)·전기자동차 제조업체가 국내 부품기업에 재생에너지 활용을 지속적으로 요구하고 있어 무역장벽화가 우려되는 것이다. 이미 애플, BMW, 폴크스바겐 등이 삼성, SK, LG 등에 재생에너지 활용을 요구한 바 있으며,

이에 우리나라 대기업은 해외 사업장의 재생에너지 도입 방안을 마련 중이나, 국내에서는 제도 미비 등으로 재생에너지 활용 및 구입이 쉽지 않았다.

이러한 상황에서 정부는 시범사업을 도입했으며, 기업은 녹색요금제, 재생에너지 자체 도입(투자), 한전·발전사업자와의 전력구매 계약(2020년 내 시범 도입 예정), 지분 참여 등 4가지 방식을 통해 재생에너지 사용량을 인정받을 수 있다. 기업은 정부로부터 받은 인증서(Renewable Energy Guarantees of Origin: REGO)를 RE100 캠페인에도 활용할 수 있다.



〈그림 2〉 재생에너지 사용량 인정 방식

출처 : 에너지공단(2019)

녹색요금제를 포함한 '재생에너지 사용인정 제도화'에도 국내 기업의 재생에너지 활용은 쉽지 않다. 먼저 우리나라는 OECD 국가와 비교해 전기요금 수준이 낮고, 재생에너지 발전원가가 높아 녹색요금제 도입 시 추가 지불해야 할 '그린 프리미엄'의 수준이 높을 전망이다. 정부가 물가안정과 산업육성을 고려해 전기요금 인상을 제한함으로써 OECD 36개국 중 가정용은 3번째, 산업용은 16번째로 낮은 수준이다.

또한 재생에너지 발전원가가 높기 때문에 자가발전용으로 투자하기도 쉽지 않고, 한전·발전사업자와 전력구매계약을 맺을 경우 추가적인 비용이 발생할 수밖에 없는 실정이다. 정부가 우선 고려 중인 녹색요금제는 기업이 입찰에 직접 참여하고, 낙찰자 선정 및 물량을 분배하는 방식이다.

녹색요금제가 실효를 거두려면 전력거래제도, 재생에너지 발전량 수요·공급, 사회적 비용 및 수용성 등을 종합적으로 고려할 필요가 있다. 특히 우리나라는 그리드 패러티(Grid Parity)에 도달한 선진국 대비 재생에너지 발전원가가 매우 높은 수준이기 때문에 태양광·풍력발전 원가 하락 추세 등을 2~3년 지켜보고 정식 제도화로 연계하는 것도 하나의 방안이 될 수 있다. 국내 산업 경쟁력을 유지·강화하면서 지속가능한 발전을 추진하는 동시에 글로벌 친환경·저탄소 사회 기조에도 부합할 수 있도록 면밀한 정책이 필요하다. 이와 함께 우리 기업도 전 세계적인 깨끗한 에너지로의 전환 움직임을 인식하고 에너지와 자원을 청정하고 효율적으로 활용할 필요가 있다.



TECH

국내 조선산업 재도약의 발판을 마련하다

(주)한국선박기술

이달의 산업기술상은 산업통상자원부 연구개발(R&D)로 지원한 과제의 기술 개발 및 사업화 성과의 확산과 연구자의 사기진작을 위해 매월 수상자를 선정한다. 사업화 기술 부문은 종료 후 5년 이내 과제 중 매출·수출 신장, 고용 확대 등의 사업화 성과 창출에 크게 기여한 기술을 시상한다. (주)한국선박기술이 '국제적 수준의 안전성을 확보한 GT 1만5000톤급 카페리 설계' 연구과제를 통해 선박 손상, 침수 후 복원성 등 안전 관련 국제 규정은 물론 이산화탄소 규제까지 만족하는 친환경 선박 설계 기술을 확보하는 데 성공했다. 이렇듯 국제적 수준의 안전성을 확보한 1만5000톤급 카페리 설계 기술을 개발한 성과를 인정받아 영예의 장관상을 수상했다.



사업화 기술 부문
산업통상자원부 장관상

이달의 산업기술상

INDUSTRIAL
TECHNOLOGY
AWARDS



국내 조선산업 재도약의 발판을 마련하다

2008년 리먼브러더스 사태 이후 우리나라 조선산업은 지속적인 수주 하향세와 이로 인한 저가 수주의 늪에서 빠져나오지 못한 채 작금의 현실에 이르고 있다. 그러나 최근 들어 조선산업에 청신호가 켜지며 활기를 되찾고 있는 상황에서 지금의 동력을 지속가능한 조선산업의 발전으로 이어가기 위한 움직임 역시 활발하게 진행되고 있다. 그 가운데 건조 기술과 비교해 여전히 뒤떨어진 것으로 평가받고 있는 선박설계 기술의 향상을 위한 정부와 산학연의 노력이 크게 눈에 띄는 시점에서 (주)한국선박기술이 '국제적 수준의 안전성을 확보한 GT 1만5000톤급 카페리 설계' 기술을 확보하고 이를 사업화하는 데 성공해 큰 주목을 받고 있다.

고사 직전 국내 중소형 조선사에 희망의 빛을 만든다

우리나라 조선산업은 반도체 및 자동차산업과 더불어 국가경제를 이루는 주요 원동력 중 하나였다. 하지만 리먼브러더스 사태로 촉발된 글로벌 금융위기와 이에 따른 산업구조의 재편 및 시장 상황 변화에 능동적으로 대처하지 못하면서 국내 조선산업은 오랜 침체에 빠지고 말았다. 그 결과 대형 조선사는 물론이고 중소 조선사들의 생존이 위협받게 됐고, 많은 중소 조선사들은 역사의 뒤안길로 사라지는 상황에 처해졌다.

국제적 수준의 안전성을
확보한 GT 1만5000톤급
카페리 설계



허대몽

(주)한국선박기술 대표이사

사업명	산업기술혁신사업
연구과제명	국제적 수준의 안전성을 확보한 GT 1만5000톤급 카페리 설계
제품명	카페리 건조, 선박설계, 건조감리, 인테리어 (카페리 선박)
개발기간	2015. 12 ~ 2018. 11 (36개월)
총정부출연금	4,580백만 원
개발기관	(주)한국선박기술 / 서울특별시 종로구 율곡로 84 (운니동 가든타워 301호) 02-745-1224 / www.kmskorea.com
참여연구진	권오용, 조두호 외

지난해 4월 산업통상자원부는 모처럼 찾아온 조선산업의 활력을 국가 경제 발전의 원동력으로 되살리기 위해 '조선산업 발전전략'을 마련하고, 중소 조선사들이 가장 힘들어하는 연구개발(R&D) 분야에 치중하고 있다.

사실상 조선산업의 R&D 분야 핵심은 선박의 설계 기술에 있다고 해도 과언이 아니다. 우리나라 선박설계 기술은 다소 뒤쳐져 있는 게 현실이다. 실제로 우리나라 조선산업의 최대 경쟁국으로 평가 받고 있는 중국은 국가 차원에서 선박설계 기술 향상을 위한 전폭적인 지원이 이뤄지고 있어 조만간 중국의 조선산업이 우리나라를 추월할 것이라는 예상도 불거져 나오고 있다.

이런 상황에서 한국선박기술이 중소 조선사에 특화된 선박설계 기술을 확보해 이를 사업화하는 데 성공한 것은 시사하는 바가 매우 크다. 더구나 이러한 선박설계 기술 확보를 위한 노력이 지난해 마련된 발전 전략과는 별도로 2015년부터 적극 추진돼 지난해에 비로소 결실을 봤다는 점에서 정부와 조선산업 관련 산학연의 숨은 노력이 발전 전략 추진에 더욱 속도를 더할 것으로 기대된다.

How to

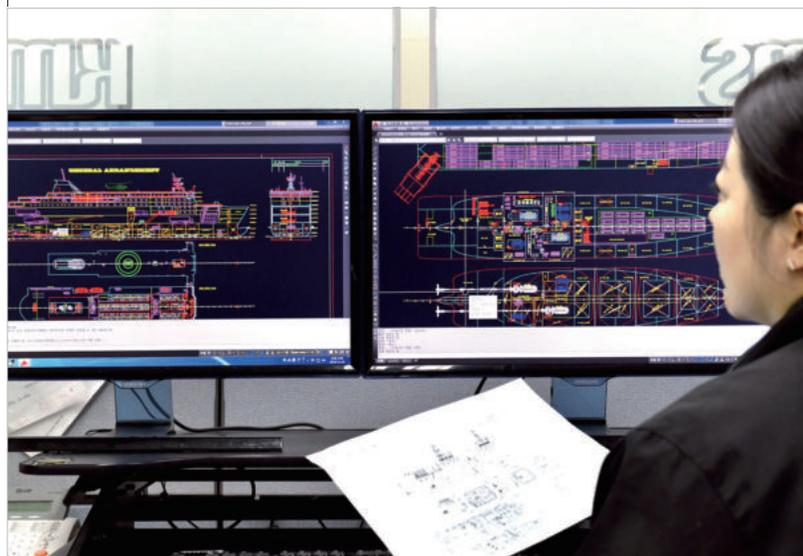
최근 선박설계 및 건조감리 용역업체도 일반 용역업체처럼 저가 과대 경쟁 상황에서 자유로울 수 없는 실정이다. 기술 개발이나 R&D 투자 여력이 없어 신규 국제 규정에 따른 새로운 기술의 필요성이 나타날 때마다 애로사항이 발생되고 있다. 이런 상황에서 정부 연구과제에 참여한 것이 큰 도움이 됐으며, 주관기관으로서 사명감을 갖고 참여기관들과의 협력에 최선을 다한 끝에 값진 결과를 얻을 수 있었다.

국제적 수준 안전성 및 친환경 선박설계 기술 확보

2014년 세월호 사고 이후 정부는 여객선 안전에 대해 국민의 우려가 커졌음에도 일본 등 해외에서 중고선을 도입해 수리 후 운항하는 상황을 개선하고자 2015년 산업기술혁신사업의 일환으로 '국제적 수준의 안전성을 확보한 카페리 설계' 과제를 시작했다.

이에 한국선박기술 주관으로 선박해양플랜트연구소, 대선조선, 중소조선연구원, (주)지노스, (주)제이텍, 동의대 산학협력단이 협력해 3년간의 R&D 끝에 선박 손상, 침수 후 복원성 등 국제해상인명안전협약(SOLAS)을 만족시키는 국제적 수준의 안전성과 이산화탄소 규제까지 만족하는 친환경 선박설계 기술을 확보하는 데 성공했다.

이와 관련해 한국선박기술 이형우 사장은 "이번 과제의 성공을 통해 침체된 국내 중형 조선사들이 상당히 복잡한 국제 규정





이형우
㈜한국선박기술 사장

의 카페리 건조가 가능해짐으로써 고부가 가치선인 여객선 건조 수주에 진입할 수 있게 됐으며, 최신 기술 보유로 국제 신조선 건조에 국내 조선사들의 건조 수주가 유리할 것으로 판단된다”고 말했다.

더불어 이 사장은 “특히 이번 과제에서는 국제 규정을 만족시키는 안전성을 확보하고, 미래 시장인 친환경 선박설계 기술을 확보하는 데 중점을 두었다”면서 “이를 위해 유체전산해석, 모형시험 결과를 검토해 최적의 선형을 선정, 손상 복원성과 침수 복원성 및 이에 따른 안전 대피 시뮬레이션을 적용 검토했다. 또 친환경 선박을 위한 이산화탄소 규제를 만족시키는 선박 성능을 확보하는 데 노력을 기울여 저중심 설계를 통한 복원 성능 및 평형수 용량 최소화, 주기관 1축 손상 시 안전귀항 기준에 적합한 설계 기술을 확보했다”고 설명했다.

SOLAS

국제해상인명 안전협약(International Convention for the Safety of Life at Sea)의 약자. 타이타닉호 사고에 대한 대책으로 1914년 처음 제정됐으며 1928년, 1948년, 1960년에 각각 개정됐다. 그리고 1974년, 지금까지의 개정 내용 및 개정 절차를 포함한 완전히 새로운 조약을 채택했다.

한편 이번 과제는 사업화에 주목할 필요가 있다. 지난해 5월 참여사인 대선조선은 국내 여객선사에 인도할 예정인 카페리 여객선 ‘실버 클라우드호’를 진수했다. 바로 이 선박이 이번 과제를 통해 확보된 설계를 바탕으로 건조됐으며, 같은 해 10월 여객선사에 인도돼 현재 전남 완도와 제주 노선을 운항 중이며 추가로 2척을 더 건조하는 등 한국선박기술은 사업화를 성공적으로 이끄는 데 주도적인 역할을 수행했다.

국내 조선산업 발전 전략의 밑거름을 마련하다

국내 중소형 조선사 대부분은 10년 이상 이어진 침체와 선가 하락, 경쟁국의 추격에 따른 영업실적 악화, 구조조정 및 고용인원 축소 등의 위기에 고스란히 노출되면서 거의 고사 직전에 있다고 해도 과언이 아닐 정도로 상황이 녹록지 않다.

여기에 내부적으로도 대형 조선사에 편중된 산업구조와 내수 부족, 연관 산업 및 산업 내 상생협력이 미흡해 어려움이 가중되는 상황에서 한국선박기술의 이번 과제의 성공은 중소형 조선사들에 향후 새로운 전기를 마련하는 원동력이 될 것으로 전망되고 있다.

이에 대해 이 사장은 “해운 및 조선 분야는 유례를 찾아볼 수 없을 정도의 장기간 불황으로 고통받아 왔고, 중소형 조선사들은 얼마 남아 있지 않은 상황이다. 이에 따라 중소형 조선사를 고객으로 하는 선박설계 분야 역시 매우 어려운 상황”이라면서 “이런 가운데 정부의 과제 마련과 추진은 큰 힘이 됐다. 물론 아직 부족한 게 많다. 그리고 낙관할 수도 없는 처지다. 하지만 이번 과제의 성공은 정부가 추진하고 있는 조선산업 발전 전략의 밑거름이 됐다고 생각한다. 위기에 처한 중소형 조선사의 수주 경쟁력 제고 및 친환경 등 미래 시장 선점을 위한 투자 확대 등이 그러하다. 특히 전후방산업, 대중소 상생을 통한 산업 생태계 강화 부문에 있어 좋은 선례가 됐다”고 말했다.

끝으로 앞으로의 계획과 목표에 대해 이 사장은 “당사는 1971년 설립돼 오늘에 이르기까지 선박설계 및 건조감리 분야에만 매진해 왔고, 우리나라 조선산업의 역사와 함께해왔다고 자부한다”며 “저부가가치 선박 위주의 중형 조선 시장에 고부가가치 여객선이라는 새로운 사업 영역에 능동적으로 대처함과 동시에 국제 여객선 수주를 통해 해외 시장 개척에도 더욱 노력할 것”이라고 말했다.

최고의 금융파트너 우리나라 1등은행이 함께합니다



R&D 수행 중소·중견기업 사업화 지원 프로그램 종합안내



R&D 사업화자금
전용 대출

R&D 사업수행
중소·중견기업을 위한

우리 R&D 플러스론



고객만족을 위한
맞춤형 컨설팅

다양한 분야별
컨설팅 제공을 통한

기업의 성공 지원



우리은행 대표
금융프로그램

R&D 기업대상
수출입 업무 등 교육지원

다양한 프로그램 제공

신청대상 산업통상자원부 선정 R&D 과제 수행 중소·중견기업

신청방법 우리은행 기관영업전략부 산업통상자원부 R&D자금 전담은행 담당자 전화(☎02-2002-3348)
※ 금융기관 신용관리대상자 등 여신부적격자에 대하여 대출이 제한될 수 있습니다.

Innovation Bank of Korea

나는 새롭다

은행을 벗어나자
금융이 있어야 할 곳은 고객의 옆이다

당신을 이롭게 금융을 혁신하다
Innovation **Bank of Korea**



이달의 새로 나온 기술

산업통상자원부 연구개발 과제 중
최근 성공적으로 개발이 완료된 신기술을 소개한다.
전기·전자 3개, 세라믹 1개, 기계·소재 2개, 지식서비스 1개로
총 7개의 신기술이 나왔다.

전기·전자

- 100k급 측정 유효점을 갖는 분포형 광 역산란 계측센서용 주파수 영역 기반 핵심소자 기술
- 스마트 분전반(SMPS 집중형) 및 DC 배전을 사용하는 LED 조명시스템 적합성 인증기준
- Multi Patterning 공정대응 고생산성 ALD 장비 및 공정 기술

세라믹

- 자동차 브레이크 마찰재용 친환경(Cu 0.5wt% 이하) 복합 세라믹 소재

기계·소재

- 멀티노즐 이용 자동 풍량 보정이 가능한 이동식 풍량계
- 1.7GPa급 강판 다단 연속 성형 및 고주파 유도가열을 적용한 초고강성 경량 차체 부품 제조 기술

지식서비스

- 아웃도어용 해충 방지 모듈화 텐트 디자인 및 제품

100k급 측정 유효점을 갖는 분포형 광역산란 계측센서용 주파수 영역 기반 핵심소자 기술

한국광기술원_응용·상용화기술개발

기술의 의의

외산 성능에 근접한 수준의 센서 성능 확보 및 상용화에 근접한 OFDR 장비화 기술 확보.

기술내용

산업재해로 인한 경제적 손실을 줄이기 위해 광센서 기반 산업 안전진단 기술의 필요성이 대두됨. 주기적인 현장 점검 방식이 아닌 분포형 광센서를 이용한 진단 기술의 적용이 확대되는 추세임. 고속 정밀 계측에 적합한 OFDR 센서는 국내 기술이 전무하며, 전량 수입에 의존

하는 상황임. 해외 기술 및 제품의 독점이 심화함에 따라 국산 원천 기술 기반 제품화 기술을 확보해 국내 시장 방어가 필요함. 이러한 가운데 본 연구과제를 통해 핵심 기술인 산업용 안전진단 분야에 활용 가능한 실시간 고분해능 주파수 영역 분포형 광역산란 계측 센서용 핵심 모듈 및 시스템 기술을 확보함.

적용분야

도시 산업 인프라 안전진단 센서(교량·터널·빌딩 등), 정유·화학 분야 온도·변형 모니터링 센서, 수송 분야 안전진단 센서(파이프라인·철로·항공기 등).

향후계획

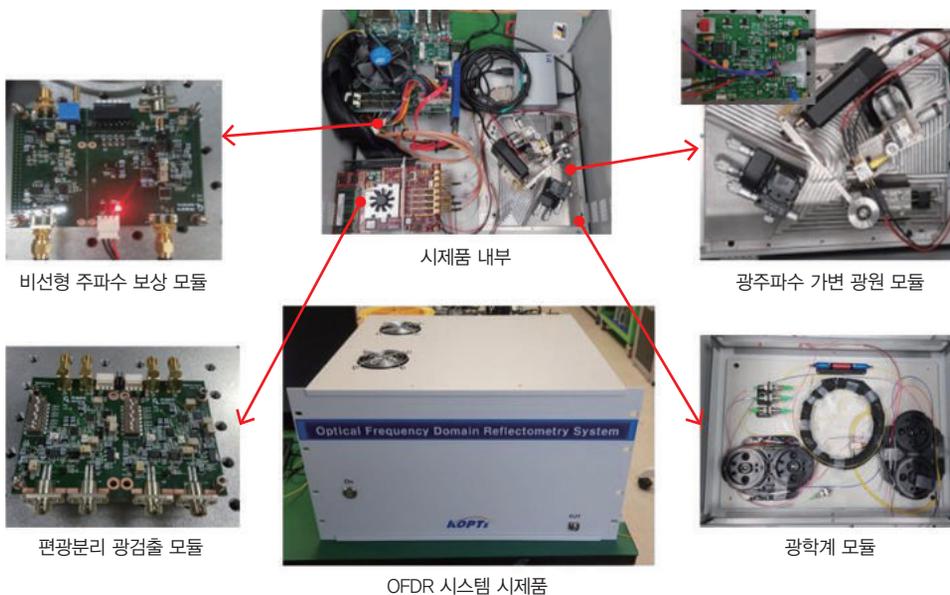
본 과제에서 확보한 OFDR 센서 핵심 기술을 다양한 산업 안전진단 분야 전문 기업으로 이전하고, 각 분야에서 필요로 하는 사양의 센서 제품으로 특화 개발해 고성능 실시간 진단 기기로 활용할 계획임.

연구 개발기관

한국광기술원 /
062-605-9220 /
www.kopti.re.kr

참여 연구진

한국광기술원 노병섭,
김명진, 김영호, (주)소
암컨설턴트 김중열,
(주)에이티맥스 김정훈, 부산대 김창
석, 중앙대 송광용 외



스마트 분전반(SMPS 집중형) 및 DC 배전을 사용하는 LED 조명시스템 적합성 인증기준

한국광기술원_ 산업융합촉진사업

기술의 의의

고신뢰, 저손실, 다양한 공간의 전원시스템 구축 환경 용이성 제공.

기술내용 본 연구과제를 수행하기 이전에는 DC 조명에 대한 전 세계 표준이 없었음. 건축전기설비설계 기준은 국제표준(IEC)에 따라 한국산업표준(KS)과 부합한 기준으로 국내 공사 시 반드시 준용해야 함. 하지만 DC 조명에 대한 국내외 표준이 없어 적용이 불가한 상황임. 이러한 가운데 본 연구과제를 통해 스마트 분전반(SMPS 집중형) 및 DC 배전을 사용하는 LED 조명시스템과 인증기준을 개발함. 이와 관련해 우선

DC 배전 커넥터를 적용할 수 있도록 규격화하고, DC 배전 전용 LED 모듈 PCB 및 RJ45 구조를 적용한 등기구를 개발함. 또한 시제품 시험을 통해 안전 및 성능을 검증함. 이를 통해 DC 배전 기술을 통한 통신 UTP케이블을 사용해 LED 조명기구에 통신과 전원의 통합 전송이 가능함. 더불어 조명등의 배관·배선 최적화 및 스마트 LED 조명으로 사용자에게 DC 홈·그리드 등 새로운 가치를 제공할 수 있음. 이외에도 LED 조명시스템의 직류화를 통해 경제

성 확보, 계통의 소형화, 전력품질 향상과 같은 다양한 경제적 이점을 기대할 수 있음.

적용분야 국내 민간공동주택, 아파트, 백화점 등 공공시설 설치 운영 및 관련 산업에 적용 가능함. 해외 수출을 위한 선도 기술 및 국제규격을 확보함.

향후계획 산업융합 적합성 인증을 진행 중이며, 관련 부처의 요구사항을 만족시켜 국내 공동주택에 보급을 준비 중임. 향후 스마트 제어 시스템을 접목해 다양한 파생제품을 개발(세대 조명, 인테리어등, 백화점, 사무공간 등)할 예정임.

연구 개발기관 한국광기술원 / 062-605-9355 / www.kopti.re.kr

참여 연구진 한국광기술원 조미령, 김유신, 신경호, (주)선일일렉콤 양병문, 민홍섭, 최진호 외



Multi Patterning 공정대응 고생산성 ALD 장비 및 공정 기술

주성엔지니어링(주) _ 산업융합촉진사업

기술의 의의

반도체 장치산업 국산화 기술 확보 및 경쟁력에 기여함.

기술내용

기존 Spacer 공정에서 사용되는 막인 Nitride 또는 TEOS Oxide 등은 O₃, O₂ Plasma, 고온 등의 환경에서 Partition Patterning으로 사용하는 물질에 손상이 유발돼 40nm 이하의 미세 공정에 적용하기가 어려움. 이를 극복하기 위해선 저온 ALD Oxide 기술이 필요함. Atomic Layer Deposition(ALD) 기술은 고단차의 미세 구조물 위에 균일한 박막을 성장시킬 수 있는 방법임. ALD 공정에서는 원료기체들을 분리해 반응관에 공급하기 때문에 원료기체가 기판 표면에 흡착된 분자들만 화학반응을 일으켜 자기제한반응(Self-limiting Reaction)이 발생함. 따라서 기판 표면에서 같은 속도로 박막이 성장되므로 Step Coverage가 매우 우수하고, 박막이 한 층씩 성장하기 때문에 박막의 두께 및 조성을 정밀하게 제어하기가 쉬움. 이와 관련한 본 연구과제는 Multiple Patterning 공정에서 Ashing Free, 두께 재현성 및 고성능, 고생산성으로 10nm 이하급 소자 개발에 대응

하기 위한 것임. 따라서 본 연구의 성공적인 진행은 반도체 장치산업 국산화 기술 확보에 큰 영향을 끼칠 것으로 예상됨. 또한 참여 기업 및 소자 기업과 유기적으로 개발을 진행함으로써 반도체 장치산업 경쟁력을 증대시킬 것으로 판단됨.

적용분야

반도체 초미세화 즉, 20nm에 이어 10nm 이하 테크놀로지로 개발



되면서 Spacer Patterning 기술이 중요시됨. 특히 소자업체에서 현재 개발 및 양산 단계에 있는 10nm 이하의 테크놀로지에서는 Quadruple Spacer Patterning 공정 기술을 적용함에 따라 다수 Layer가 필수적인 것으로 보고됨. 따라서 시장 측면에서 Multi Patterning의 확장 적용으로 성장이 예상됨.

향후계획

본 장비는 10nm 이하급의 미세공정에서 사용 되는 만큼, 후발주자인 해외 소자업체들이 사용할 것으로 예상되며 Quadruple Spacer Patterning 공정 기술이 본격적으로 양산화될 시점에는 차세대 반도체 장비의 수출을 책임지는 캐시카우로 성장할 것으로 기대됨. 또한 본 과제에서 기술 확보된 공전 및 자전 시스템을 기존 저온 공정 대비 고온 공정에 사용이 가능하도록 보완 설계 · 개발해 High-k 및 Metal 증착 공정 설비에 응용함으로써 장비의 공정 경쟁력 향상으로 매출을 증대하고자 함.

연구 개발기관

주성엔지니어링(주) / 031-760-7000 / www.jusung.com

참여 연구진

주성엔지니어링(주) 유진혁, 신승철, (주)티티에스 고성근, 김미선, 세종대 이원준 외

자동차 브레이크 마찰재용 친환경 (Cu 0.5wt% 이하) 복합 세라믹 소재

상신브레이크(주)_세라믹

기술의 의의

북미 환경규제를 만족하는 자동차용 Copper Free 마찰재의 배합 튜닝 기술을 개발해 글로벌 고객의 요구에 부응함.

기술내용 자동차용 브레이크 마찰재에 있어 국내 시장은 포화 상태여서 해외 시장으로 진출하고 있으며 특히 북미 시장은 그중 가장 큰 시장임. 북미 시장의 환경규제는 전 세계 마찰재의 기준이 되고 있으며, 2025년 구리 사용 금지 법규는 필수불가결한 기준임. 구리는 브레이크용 마찰재의 배합에 있어 소음 저감, 마찰계수 안정성, 고온강도 확보를 위해 사용되는 원소재로 이를 대체해 기존의 마찰 성능을 확보하는데 필요한 기술 개발이 절실하게 요구됨. 따라서 자동차용 브레이크 마찰재에서 구리의 마찰특성을 대체하는 국산 세라믹 원소재 개발 및 코팅 기술, 마찰 원소재의 배합성분 및 함량 최적화 기술 개발을 실현함. 이를 통해 북미 환경규제에 만족하고 기존 양산재의 마찰마모 특성과 동등한 Cu Free 마찰재를 개발하는 기술을 확보함. 이렇듯 구리를 대체하기 위한 세라믹 원소재의 국산화 개발로 Cu Free 마찰재의 원소재 공급 안정성을 확보하고 이를 이용해 Cu Free 마찰재의 제동 성능을

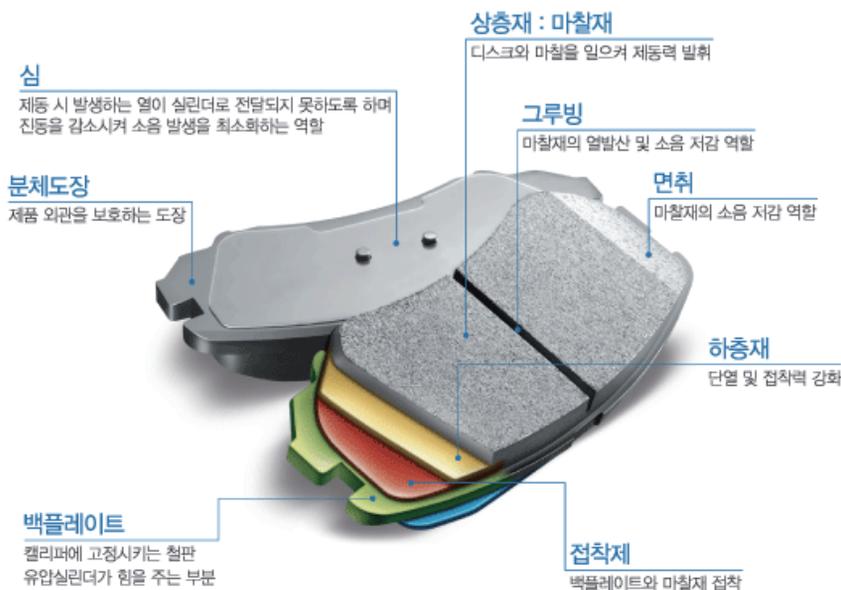
확보하기 위한 마찰계면의 특성을 연구해 최적의 자동차용 브레이크 마찰재 배합 튜닝 기술을 개발함. 이러한 배합 기술로 북미 시장의 요구를 만족하는 Cu Free 마찰재의 개발을 통해 국내 자동차 기업이 북미 시장뿐만 아니라 글로벌 고객의 요구에 부응할 수 있는 수출 증대에 기여할 것으로 전망됨.

적용분야 자동차용 브레이크 마찰재 패드, 라이닝.

향후계획 국내 및 해외 글로벌 자동차업체에 신기술을 적용한 마찰재를 제안해 수출 경쟁력을 확보하고 국제 규격을 만족하는 기술력 향상과 고부가가치로 국내 자동차부품의 국제 경쟁력을 강화하는 데 활용함. 북미 지역 승용차뿐만 아니라 상용차 시장에 확대 적용해 신시장을 개척할 예정임.

연구 개발기관 상신브레이크(주) / 053-610-8460 / www.sangsin.com

참여 연구진 상신브레이크(주) 이정주, 조중호, 권성욱 외, 경남케미컬 김태균, 이호상, 세라믹기술원 피재환, 김종영, 김유진, 이나리, DYETEC연구원 이장훈, 경북대 김정주, 이정아 외



멀티노즐 이용 자동 풍량 보정이 가능한 이동식 풍량계

서울산업기술(주)_ 산업경쟁력강화

기술의 의의

멀티노즐 풍량계의 소형화 · 경량화하여 개발을 완료하고 제품화를 실현함.

기술내용

난방 또는 냉방에 소비되는 에너지를 절약하기 위해 정확한 풍량의 측정은 필수적이거나 기존의 이동형 풍량계는 측정을 하는 순간 측정에 의한 압력손실로 정확한 풍량을 계측하기가 어려움. 또한 측정 위치, 측정자에 따른 오차가 커 근본적으로 정확한 풍량 측정이 까다로움. 이에 이동이 가능하면서 압력 손실을 보정하고, 누구나 언제든지 재현 가능한 풍량계 수요에 따라 기술 개발을 추진함. 본 연구과제를 통해 유동노즐을 사용, 풍량을 정확하게 측정할 수 있는 이동형 풍량계

개발을 수행했으며, 노즐 간격 등 ASHRAE 규격에 부합되지 않는 조건이 많으므로 풍량 보정인자를 적용해 정확한 풍량을 측정할 수 있는 멀티노즐 풍량계 개발을 수행함. 이를 통해 측정부를 대기압과 같은 조건으로 세팅해 정확하게 풍량을 측정할 수 있고, 이동이 가능한 풍량계를 개발함.

적용분야

건축물 TAB 분야, 자동차 실내 공조장치의 풍량 측정, 소형 Fan 풍량 측정 등 공조장치의 풍량 시험 분야에 적용.

향후계획

본 과제의 성과로 정확한 풍량 측정을 필요로 하는 TAB 분야 및 자동차 실내 환경 평가 분야 등으로 수요가 확대되고 있으며, 기존 풍량 측정기 수요의 일정 부분을 대체해 나갈 것으로 예상됨. 미국 ASHRAE 주최 AHR 전시회, 자동차 시험장비 전문 전시회인 Automotive Testing Expo 및 미국 SAE WCX 등 국제 전시회에 지속적으로 출품하는 한편 국내외 전문 학회지 및 잡지를 통한 홍보로 판로를 확대할 예정임.

연구 개발기관

서울산업기술(주) /
031-573-8848 /
www.seoulcorea.com

참여 연구진

서울산업기술(주) 오상택, 최동혁, 문정래, 오재영, 조용규, 자동차부품연구원 임택규, 원종필, 이순웅 외



1.7GPa급 강판 다단 연속 성형 및 고주파 유도가열을 적용한 초고강성 경량 차체 부품 제조 기술

(주)명진테크_ 융복합소재부품개발

기술의 의의

고주파를 이용한 후열처리 기술은 투자비용 및 생산시간을 단축시켜 제조원가를 기존 대비 약 20% 절감할 수 있음.

기술내용 최근 자동차의 충돌 안전성에 대한 법규 규제 및 주행 편의성의 요구가 증대됨에 따라 자동차에 부착되는 기능성 부품 수와 중량이 증가하는 추세임. 이는 차량의 연비 및 배기가스 환경 규제와 상반되는 것으로 자동차의 성능을 유지하고 각종 규제를 만족시키기 위해서는 경량화가 필연적으로 수행되어야 함. 본 연구과제에서는 환경 규제에 대응하고, 충돌 성능 및 승객의 안전성 향상을 위해 고주파 유도가열 열처리를 이용한 국부연화 기술을 적용해 자동차 범퍼 빔 등의 차체 부품을 개발하고자 함. 이를 통해 경량화, 충돌 안전성, 상품성 등을 만족시키기 위한 친환경 자동차용 차체 관련 기반 기술을 확보하고, 나아가 경량

초고강성 차체의 생산·수출을 통해 국제경쟁력 향상 및 점진적인 매출 규모 증대로 자동차산업의 재도약을 도모하고자 함. 이와 관련해 국내외 최초로 1.7GPa급 1.2t 냉연 소재를 이용한 경량화 10% 이상의 범퍼 빔을 개발하고, 성형 공정인 롤포밍 공법에 대한 공정 신뢰성을 유한요소해석법을 통해 검증함. 더불어 현재 이슈가 되고 있는 고강도 소재 커팅 공정에 대해 레이저 기술을 적용, 커팅 수명이 우수한 금형 및 공정을 개발해 제시함.

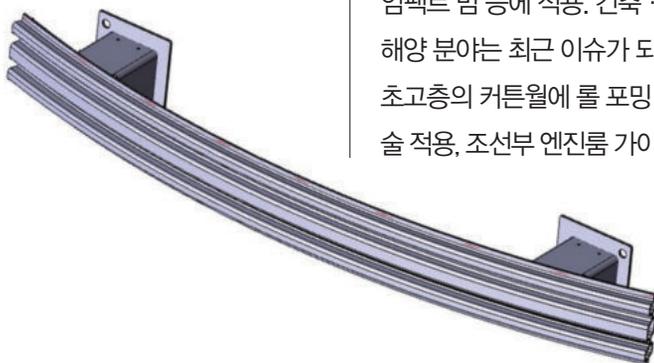
적용분야 수송 분야(자동차 차체 부품)는 자동차의 대표적 충돌지지 부품인 프론트·리어 범퍼, 루프 레일, 사이드 실, 센터 크로스 멤버, 도어 임팩트 빔 등에 적용. 건축·조선·해양 분야는 최근 이슈가 되고 있는 초고층의 커튼월에 롤포밍 공정 기술 적용, 조선부 엔진룸 가이드 저널

부에 롤포밍 공정을 이용한 고강도 가이드 제작 기술 적용, 해양플랜트 부문 잭업리그(Jack Up Rig)의 리그 부품에 대한 레이저 클래딩 및 다단 성형 기술을 통한 부품 제작 적용. 방산 부문은 초고강도 소재가 필수적인 장갑차, 탱크류의 레인포스에 적용이 가능할 것으로 판단됨.

향후계획 국내 자동차부품산업의 충돌 성능 향상 및 원가 절감을 통한 가격 경쟁력을 기반으로 국제 경쟁력을 강화하는 데 활용하고, 충돌 안전에 대한 수요자 요구에 부응하는 1.7GPa급 초고강도 차체 부품의 성형 및 제조 기술 개발을 통해 국가 기간산업 및 조선, 군수 등 초고강성 부품 적용을 필요로 하는 타 산업을 육성하는 데 활용해 제조 기술 분야의 기술력 인프라 구축 등에 활용할 계획임.

연구 개발기관 (주)명진테크 / 031-499-7971 / www.myoungjini.com

참여 연구진 (주)명진테크 신원성, 송명환, 박성원, 엔케이이에스(주) 김원혁, 설현욱, 자동차부품연구원 강종수, 박정민 외



아웃도어용 해충 방지 모듈화 텐트 디자인 및 제품

(주)제이디자인웍스_ 글로벌디자인전문기업육성

기술의 의의

조립 및 분해가 쉬운 모듈 간 연결 구조 설계 및 Fun & Easy 신개념 텐트 개발.

기술내용

아웃도어의 개념 및 트렌드 변화에 따른 프리미엄 텐트 수요가 증대함. 또한 다양한 연령, 성, 세대의 구성이 함께 이동하는 특성에 따라 가벼운 레저 트렌드가 확대되고, 문화의 접근으로 편의적 변형이 가능한 제품이 선호됨. 하지만 이상기후 등으로 아웃도어 공간에 해충과 관련한 문제점이 대두되고, 기존 방충망 텐트의 문제점(해충 방지를 위한 고밀도 방충망 적용 시 가시성 및

통풍성 확보 애로 및 사생활 보호 문제 등)이 대두됨. 이에 본 연구과제를 통해 기존 폴대 및 천막을 이용한 전통적 텐트의 개념에서 벗어나 단위 모듈을 연결해 원하는 모양의 텐트를 만드는 혁신적 디자인의 Fun & Easy 신개념 텐트를 개발함. 특히 암수 구분 없는 단위모듈 개발로 조립 및 분해가 용이한 모듈 간 연결 구조 설계를 확보함. 이렇듯 조립 및 분해가 쉬운 모듈화 구조 및 해충 방지용 방충망 원단을 적용해 원하는

디자인으로 조립이 가능한 모듈형 텐트를 개발함.

적용분야

모듈 간 결합구조가 단순해 설치 및 해체 방법이 쉬운 아웃도어 텐트.

향후계획

모듈 크기를 다양화해 실내 어린이 놀이공간, 반려동물 하우스, 교차로 그늘막, 기업 홍보용 부스로 활용할 예정임.

연구 개발기관

(주)제이디자인웍스 / 070-8273-0994 / www.designjei.com

참여 연구진

(주)제이디자인웍스 진철, 한규홍, (주)텍스토머 김재원, 오창현, (주)텍스이중선, 주호동, 한국패션산업연구원 한미경, 황영순 외



실내 어린이 놀이공간



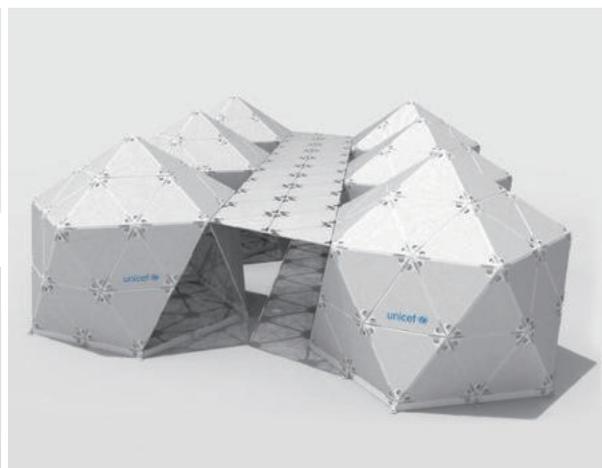
반려동물 집



교차로 그늘막



기업 홍보용



실외 교구용 센터

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.
지식서비스 1개, 화학 1개로
총 2개의 사업화 성공 기술이 나왔다.

지식서비스

- 유통물류산업의 온실가스 저감형 Green Chain Management 기술

화학

- 슈퍼섬유소재 불소수지 코팅 및 열경화성수지를 활용한 복합재료 제품화 기반 기술

유통물류산업의 온실가스 저감형 Green Chain Management 기술

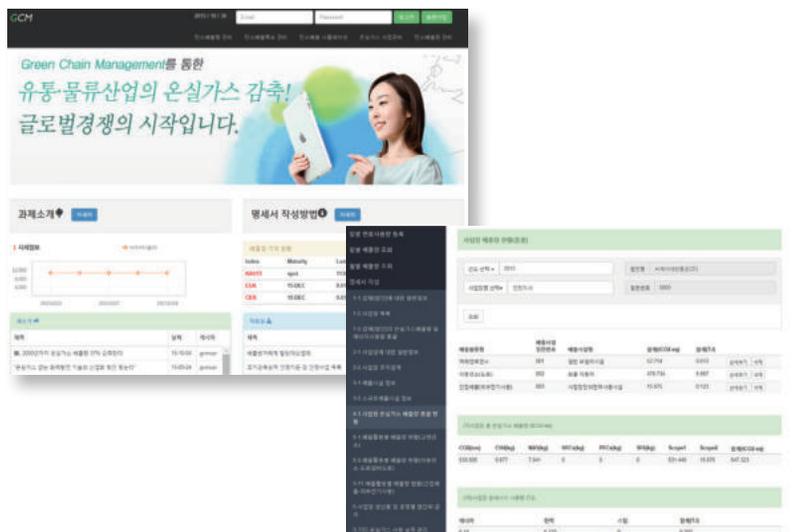
전자부품연구원_ 지식서비스산업핵심기술개발사업

기술의 핵심

탄소배출 데이터 관리, 탄소배출권 Life-cycle 관리, 온실가스 위험도 시뮬레이션 및 최적화, 온실가스 요인 예측 및 할당, 관제 프로세스 관리.

기술내용 GCM(Green Chain Management)은 기업의 조달, 생산, 판매, 회수, 반품, 폐기에 이르는 공급망 과정에서 발생하는 운송, 보관, 하역, 포장, 가공 등의 순방향 및 역방향 유통·물류관리상 에너지 절감, CO₂ 등을 관리함. 수송 부문의 온실가스 배출량 통계는 항공 부문을 제외하고는 에너지 소비 총량에 기반한 총량 개념의 Tier 1 수준에서 산출하고 있음. 따라서 온실가스 배출량 측정 및 관리의 기준이

생산된 완제품에 제한돼 화물차의 종류, 교통여건, 사용 연료 등 실제 물류 오퍼레이션 과정에 발생하는 온실가스 배출량을 정확하게 측정하지 못하고 있는 현실임. 본 기술 개발은 물류 활동 전반에 걸쳐 각각의 Activity별로 온실가스 배출량을 측정 및 관리함으로써 자체적으로 온실가스 인벤토리 구축은 물론 온실가스 배출량이 적은 경로 선택 및 배송을 통한 직접적인 온실가스 감축과 온실가스 배출권 거래를 통한 경제적인 이익을 도모함.



사업화 내용

C사의 택배, 일반물류 등 물류운송차량 연료 소모량을 측정, 수집된 데이터를 GCM 시스템에 제공해 온실가스 배출량 관리를 수행했으며, 경기권에 위치한 물류보관 부문 사업장의 설비별 전력량을 측정하고 GCM 시스템과 연계했음. 이를 C사 본사에서 에너지 사용량 측정과 탄소배출권 거래제 대응을 위한 기간 시스템으로 활용했음. 이 밖에 온실가스 관리 플랫폼으로 외부에 판매한 사례가 있음.

사업화시 문제 및 해결

미국이 파리기후변화 협정을 탈퇴함에 따라 다른 국가들의 탄소배출 저감 노력과 의지가 약화된 상황임. 국내에도 탄소배출권 거래 시장이 개장됐으나 중소기업은 의무대상이 아니고 자발적으로 참여해야 해 활성화에 한계가 있음. 법, 제도 등의 대책 마련이 절실함.

연구 개발기관

전자부품연구원 /
031-789-7519 /
www.keti.re.kr

참여 연구진

전자부품연구원 김대환, 조수형, 김용호 외

슈퍼섬유소재 불소수지 코팅 및 열경화성수지를 활용한 복합재료 제품화 기반 기술

다이텍연구원_ 소재부품산업글로벌전문기술개발사업

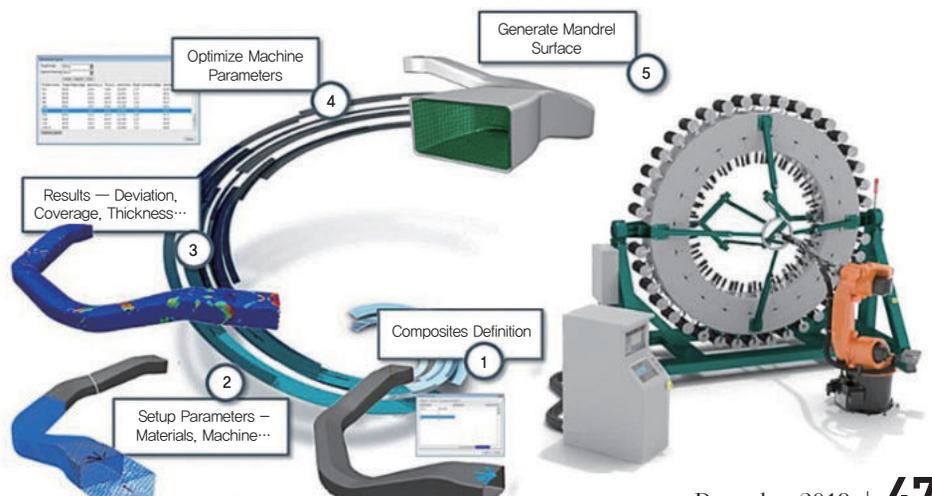
기술의 핵심

다양한 열경화성수지 적용 및 복합재료 성형가공 기술의 기반 기술 확보.

기술내용 PTFE, PVDF 등 불소수지(고형분 60%) 코팅 가공 기술 개발과 열경화성수지를 매트릭스로 사용한 슈퍼소재 강화 복합재료 개발은 참여 기업인 국도화학에서 수지 개발을 담당했으며, 주관기관인 다이텍 연구원은 불소수지 코팅 및 가공 기술 DB를 구축해 업체에 가공 기술을 전수하며 열경화성수지 복합재료 성형 기술을 개발함. 이에 따른 최적 가공 공정 조건과 선정을 위해 Lab Test 및 DB 구축을 라지, 삼우기업, 제이엠시에서 진행했으며 제품 및 수지에 관한 물성 분석과 이에 따른 DB 제공을 경북대, 부산대에서 담당해 수요업체 제이엠시, 삼우기업의 개런티를 만족할 수 있는 최적의 복합재료 및 불소수지 코팅 제품을 개발해 양산화함.

사업화 내용 본 지원사업으로 개발된 기술을 이용해 원사, 제직, 가공, 완제품으로 다양하게 판매군을 나누어 판

로를 개척했으며 국내 시장의 안정적인 진입을 위해 국내 1위 불소수지 코팅 전문업체인 한국타코닉과 삼우기업 등을 활용한 프로모션을 실시함. 더불어 지역 거점 및 영업 판매 라인 구축, 제품 성능에 대한 신뢰성 확보를 통해 본 제품 적용 기업의 판매량 증대를 유도함. 또한 미국, 유럽, 일본 등 해외 제품의 성능 평가서를 바탕으로 개발 제품의 성능 인증을 확보했으며, 여과효율 극대화 및 고성능 부여의 고부가가치 제품으로 마케팅을 실시함. 이외에도 기존 제품과의 차별화를 부각시켜 유럽 지역 전시회 출품을 통한 판매 전개를 추진하고 있음.



사업화시 문제및해결

슈퍼섬유소재를 기반으로 산업용 불소수지 가공기술 및 복합재료 성형기술을 통해 비강도 등 기계적 물성 확보와 추가적인 경량화를 위한 공정 개선을 시도하고 있으나 소재, 공정에 대한 전반적인 가격 경쟁력이 요구돼 기존의 정부 지원이 필요함.

연구 개발기관

다이텍연구원 / 053-350-3890 / www.dyetec.or.kr

국도화학(주) / 02-3282-1447 / www.kukdo.com

참여 연구진

다이텍연구원 이장훈, 국도화학(주) 김민영, (주)라지 채혜주, (주)제이엠시 정화, 삼우기업(주) 김덕기, 경북대 배진석, 부산대 이영희 외

(주)디알엑시온이 수행하는 R&D 프로젝트

시합금 주조재 및 중간재 제조 공정효율 향상과 용탕 청정화를 위한 결함·조직제어 동시 처리 기술 개발

알루미늄 용탕 중에 초음파를 인가하게 되면 초음파 에너지에 의해 Cavitation Bubble 및 Acoustic Streaming 효과가 발생하게 된다. 이 효과로 인해 용탕 내 잔존하는 수소가스를 제거해 결함을 제어하고 동시에 결정립 미세화를 도모해 재료의 기계적 특성을 향상시키는 기술이 바로 본 프로젝트의 핵심이다.

공정효율성과 제품 품질 극대화

특정 형상의 금속 제품을 얻기 위해서는 주조(금속재료를 용점 이상의 액체 상태(용탕)에서 형틀에 부어 굳히는 제조방법)라는 공정을 통해 제품을 제작하게 된다. 우수한 품질의 알루미늄합금 제품을 얻기 위해서는 용탕(용융금속) 상태부터 품질을

관리해 주어야 하는데 이를 위해 산업현장에서는 첨가제를 추가하거나 탈가스 공정을 통해 품질을 향상시킨다. 하지만 이러한 공정은 효과의 한계성, 처리 공정의 유해가스 발생, 첨가제 및 가스 사용에 따른 추가 비용 발생 등 산업현장에서 불합리한 부분이 많이 있다. 초음파 에너지를 이용

해 이런 문제점을 극복하면서 고품질 소재를 만들기 위한 용탕 처리 원천 기술 개발이 본 프로젝트의 내용이다.

한편, 미래 자동차 시장은 환경규제와 관련해 점차 친환경차로 대체될 것이다. 그러기 위해서는 기존 자동차 부품과 비교해 경량화를 비롯한 고효율·고성능 소재가



자동차부품 전문업체 (주)디알엑시온

(주)디알엑시온은 파워트레인 부품을 주력으로 생산하고 있으며 국내 5개, 중국 2개, 인도 1개의 공장을 운영 중인 자동차 부품 전문 업체다. 국내 유망 기술을 보유한 중소·중견기업을 선정하는 WorldClass300으로 선정됐으며, 그 외 국내 유일의 무기중자제조 기술을 보유하고 있다. 현재는 트렌드인 친환경차 부품도 개발·양산하고 있으며, 자동차 부품뿐만 아니라 요트 엔진 부품 등도 생산·수출하고 있다. 한편, 현재 자동차 시장에서 보여지듯 내연기관 시장이 점차 축소되고 있는 추세에 따라 디알엑시온의 주력생산 부품인 엔진 부품도 수요 감소가 예상되어 친환경차 부품, 새시 부품 등 생산품목의 다양화를 위해 공정 개발, 신기술 개발, 신합금 개발을 진행하고 있다. 친환경차 부품 중 모터하우징, 배터리 케이스 등 핵심 부품을 개발·양산하고 있으며, 그 비중을 확대하기 위해 대내외적으로 활동하고 있다.



개발되어 보다 가혹한 환경에서 품질에 대한 소재의 신뢰성이 확보되어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존 공정 처리의 틀을 깬 새로운 관점의 원천 기술이 개발되어 보다 우수한 품질을 소화시킬 수 있는 공정이 필요하다.

이와 관련한 용탕 품질은 부품소재의 기본적인 특성을 결정하는 매우 중요한 요소로, 이 과정에서 발생하는 결함은 이후의 어떠한 공정에서도 해결할 수 없는 치명적인 문제점으로 작용한다. 이번에 연구개발한 기술은 고강도 고품질 알루미늄 소재를 개발하기 위한 용탕 청정화 기술로, 초음파를 이용한 결정립 미세화, 탈가스를 통한 기공 및 개재물 등을 제어해 공정의 효율성과 제품의 품질을 극대화하는 기술이다.

차량 경량화 부품 개발에도 유용

‘Si합금 주조재 및 중간재 제조 공정효율 향상과 용탕 청정화를 위한 결함·조직제어 동시 처리 기술 개발’ 프로젝트를 수행하기 위해 디알엑시온을 주관으로 해 한국생산기술연구원, 성균관대, 인하공대 등 3개 기관이 참여했다. 성균관대에서 전산모사

에 따른 검증, 조건 확보, 시뮬레이션에 따른 결과를 제시하면 그 결과에 따라 디알엑시온에서는 중력주조를 통한 고품위 제품 개발, 한국생산기술연구원에서는 연속주조를 통한 중간재 소재 개발을 진행하고 이에 따른 데이터를 분석하고 검증하는 역할을 인하공대에서 진행했다.

본 프로젝트를 통해 다양한 분위기 및 환경에서 공진점을 확인하고 초음파를 발생시킬 수 있는 기술력 확보로 다방면에 본 기술을 적용하고 응용할 수 있게 됐다. 현재는 나노 크기의 분말을 고온의 Si합금 용탕 내 균일하게 분산시켜 기존 Si합금 특성보다 뛰어난 Al-Ceramic 복합소재 기술을 최적화하고 있다. 이 기술을 자동차 Si합금 부품에 적용하면 기존 부품 대비 높은 기계적 신뢰도를 얻을 수 있으므로 차량 경량화 부품 개발에 유용할 것으로 기대하고 있다.

한편, 본 공정 기술은 원천 기술의 개발이기 때문에 차연도별로 Lab Scale 평가부터 진행하다 보니 5년의 개발 기간이 걸렸고, 해당 원천 기술의 실양산 적용을 위한 추가적인 보완 및 개선을 통해 기술 향상을 도모할 예정이다.



탄소나노튜브 개발의 숨은 강자!

(주)제이오를 가다

최근 일본과의 무역전쟁을 통해 그동안 기초 연구, 특히 소재 연구에 무심했던 우리 산학계의 문제점이 새삼 드러났다. 그러나 너무 실망할 필요는 없다. 예전부터 신소재 탄소나노튜브 기초 연구에 투자해 현재 세계 유일의 정상급 제품을 생산하고 있는 제이오 같은 기업이 있기 때문이다.

주식회사 제이오는 1988년에 설립됐다. 창업자이자 최고경영자인 강득주 대표이사는 제이오 창업 이전 다른 기업에서 외국산 소재 생산장비 수입 업무를 했다. 당시 아시아경기대회와 올림픽을 치르는 등 우리나라

의 국력이 발전하는 상황에서 장비의 국산화 요구가 커졌고, 이러한 시장의 수요에 부응해 창업하기에 이르렀다.

1994년 법인으로 전환한 제이오는 지난 30여 년 동안 1000여 기의 연구 및 상업용 장비의 사업 개발, 타당성 분석, 기본 설계, 시공, 감리, 시운전, 유지보수를



주식회사 제이오



강득주 (주)제이오 대표이사

성공적으로 수행했다. 구체적으로는 반도체 디스플레이 소재 생산 설비, 이차 전지 및 수소전지 소재 생산 설비, 생분해성 플라스틱 아라미드 섬유 생산 설비, 석유화학 공정 개선 설비 등을 설계제작 및 시공했다.

하지만 타사가 의뢰한 생산 장비 제작은 수주가 끊어질 위험이 항상 도사리고 있다. 따라서 만에 하나 생산 장비 수주가 없어도 회사를 먹여 살릴 수 있는 원천 기술의 확보가 필요했다. 제이오가 2003년부터 신소재 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube : CNT) 개발을 시작한 것은 바로 이러한 이유 때문이다.

CNT는 1991년 일본 NEC연구소의 이지마 박사가 처음으로 관찰한 소재다. 지구상에 다량으로 존재하는 탄소를 이루어진 탄소동소체(Allotrope)로, 하나의 탄소가 다른 탄소 원자와 육각형 벌집 무늬로 결합돼 튜브 형태를 이루고 있다. 이 튜브의 지름이 nm(나노미터, 10억분의 1m) 수준이기 때문에 탄소나노튜브라 불린다. CNT는 우수한 기계적 특성을 비롯해 전기적 선택성, 뛰어난 전계방출 특성, 고효율 수소 저장 매체의 장점 등을 지닌다. 이 때문에 산업 분야 전반에 기초 소재로서 쓰임새가 광범위하다.

특히 전자제품 분야에서는 반도체에 사용되던 실리콘의 대체재로 각광받고 있다. CNT를 소재로 사용하면 실리콘 반도체보다 10배 더 빠른 반도체를 만들

수 있다. 이로써 전자제품의 효율을 높이고 부피를 줄이는 데 크게 기여한다. 이러한 CNT는 수주가 끊이지 않는 신소재였다. CNT의 국산화야말로 미래의 먹거리가 될 것이라는 선견지명이 있었던 것이다.

제이오는 CNT 연구 및 사업화에 약 200억 원을 투자, 2005년부터 생산을 시작해 현재 연간 100톤 규모의 생산 설비를 구축했다.

기초 연구의 저력을 통해 TWCNT 개발 성공을

특히 '초경량 구조용 나노복합소재 사업'이야말로 제이오의 주요 연구 과제 중 하나로 손꼽힌다. 대한민국이 소재 강국이 되기 위해 세계 시장에서 경쟁력을 발휘할 수 있는 10대 핵심 전략 소재 육성 사업인 WPM(World Premier Material)의 일환이었다. 총괄 주관기업인 LG 화학을 중심으로 16개(사업 초기에는 30여 개였으나 연구개발 난이도가 높아 상당수가 중도 탈락했다)의 산학연 기관이 참여, CNT 원재료 설계와 용·복합화, 부품화 및 제품 적용 개발을 진행했다.

이 사업에서 제이오는 전기자동차, 전기자전거 등의 부품 경량화 개발 및 사업화에 참여했다. 특히 CNT 중 최고의 가성비를 갖는 TWCNT(Thin Wall Carbon Nano Tube, 얇은 벽 탄소나노튜브)를 성공적으로 개발해 사업화하는 데 이르렀다.

우수한 성능의 CNT는 전기차의 성능 및 시장 확대를 위해 필수적인 소재로 부각되고 있다. 전기차의 주행거리와 안전성을 향상시키기 위해서는 내외장재의 경량화 및 고강도화, 이차전지의 용량 및 성능 향상, 대전방지 소재 부품, 방열 성능 향상 및 저전압 고효율 발열 소재 부품 등이 필요한데, 이를 구현할 핵심 소재가 CNT이기 때문이다.

기존의 CNT는 SWCNT(Single Wall Carbon Nano Tube, 단일벽 탄소나노튜브)와 MWCNT(Multi Wall Carbon Nano Tube, 다중벽 탄소나노튜브)로 나뉜다.



SWCNT는 특성이 우수한 대신 아직 양산 기술이 부족해 비싸다. kg당 단가가 4000달러 정도다. 반면 MWCNT는 특성이 열악하고 단가가 kg당 40달러 정도로 싸다. 초경량 구조용 복합소재 사업을 성공적으로 수행하고 전기차용 소재 부품으로 쓰려면 SWCNT의 우수한 전기 화학적 특성과 MWCNT의 높은 양산성을 갖는 소재가 필요하다. TWCNT가 바로 그런 소재다.

SWCNT는 벽의 수가 한두 개이며 지름은 1~3nm다. MWCNT는 벽의 수가 8개 이상, 지름이 10nm 이상이다. TWCNT는 벽의 수가 3~4개, 지름 5nm로 앞선 두 소재의 중간 정도의 물성을 지니고 있다. 이러한 TWCNT는 현재 제이오에서만 양산 및 공급되고 있다. TWCNT는 전기차 중대형 리튬이차전지의 용량 증대, 수명 안정 및 향상, 급속 충전 등을 가능케 하고 기존 소재의 한계로 사업화하기 어려웠던 부분의 사업화를 돕고 있다.

기존 상업용 탄소 소재 중 카본 블랙은 일본 미쓰비시화학의 케첸 블랙, 덴카 화학의 아세틸렌 블랙, 유럽 이머리스의 슈퍼P 등이 시장을 석권하고 있다. VGCF(Vapor Grown Carbon Fiber, 기상법탄소섬유)는 일본 쇼와 덴코가 독점하고 있다. 중대형 이차전지용 도전재로 부각되는 CNT 도전재는 중국의 C나노, SUSN 제품이 시장을 급속히 잠식하고 있다. 이러한 상황에서 TWCNT의 국내 기술 개발 및 사업화 성공은 산업 구조의 대외 종속을 저지하는 데 도움이 될 것이다.

WPM 사업 초기 3년간은 소재 개발 및 사업화 방향을 찾기 위해 다양한 시도를 했다. 그 과정에서 참여 기관 중 다수가 포기했다고 한다. 강득주 대표이사는 WPM 사업을 끝까지 진행한 모든 기관에 아낌없는 찬사와 감사를 보냈다.

앞으로도 탄소나노튜브 연구개발에 총력을

이외에도 제이오는 CNT 섬유, 시트 등의 사업화를 위한 기술 개발을 진행하고 있다. CNT 섬유와 시트는 방탄복, 저전압 발열체, 웨어러블 디바이스,



(주)제이오의 탄소나노튜브 제품

금속 전도체 대체 소재, 각종 전자섬유 및 센서 등 기존의 분말형 CNT를 적용할 수 없는 곳에 사용할 수 있을 것이다.

앞으로도 제이오는 CNT 연구개발에 모든 물적·인적 자원을 집중할 계획이다. CNT는 국가 전체 소재부품산업 분야의 주요 자원이며, 미래의 먹거리이기 때문이다. 제이오는 대한민국 CNT 소재의 뿌리기업이 되고자 지속적인 연구개발 및 사업화 노력을 진행할 것이다.

더 구체적으로는 향후 폭발적으로 성장할 전기차 시장에 대한 대응을 시도하고 있다. 전기차에 들어가는 경량화 소재 부품, 대전방지 소재 부품, 방열 및 발열 소재 부품, 이차전지용 도전재 등에는 모두 CNT가 필요하다. 이러한 용도로 쓰일 수 있는 CNT를 개발해야 한다. 또한 기존에 유럽과 일본이 장악하고 있는 탄소 소재 시장에 진입하기 위해서는 소재의 특성, 안전성, 생산성 향상 등 엄청난 노력을 기울여야 한다.

제이오는 2025년까지 연간 CNT 2000톤 생산 및 관련 시장을 확보하고, 미국 일본 중국 유럽 등에 수출할 수 있는 교두보를 마련할 계획이다. 더 나아가 전 세계에 제품을 공급하기 위해 수만 톤의 탄소나노튜브 생산을 목표로, 세대가 지나도 지속 가능한 경영을 할 계획이다.

소재 산업은 모든 산업의 기본이다. 모든 제품은 소재 없이는 존재할 수 없기 때문이다. 그러나 지금까지 우리나라의 기술 개발 및 사업화 지원은 완성 및 중간부품인 전방 산업 위주로 이루어져 왔다. 반면 원소재 산업에 대한 지원은 당장 이윤과 성과가 나오지 않는다는 이유로 등한시돼 왔다. 그러나 최근 일본과의 무역전쟁에서 드러났듯이 기본을 무시하면 큰 타격을 입을 수밖에 없다. 이 때문에 소재, 특히 미래 신소재인 나노 소재에 대해 정부와 관련 기관에서 관심을 갖고 많은 지원을 해줄 것을 부탁하며 강 대표이사는 인터뷰를 끝맺었다.



‘수소경제’ 수소택시에서 발전소까지

정부가 2022년까지 수소를 냉·난방, 전기, 교통 등의 연료로 쓰는 ‘수소도시’ 세 곳을 조성한다. 국토교통부는 10월 10일 국무총리 주재로 열린 국정현안점검조정회의에서 이런 내용을 담은 ‘수소 시범도시 추진 전략’을 발표했다. 수소도시는 수소 생산·저장·이송·활용이 한 번에 이뤄지는 수소 생태계를 갖춘 도시다. 석탄 등 화석연료가 아니라 수소가 주 에너지원으로 쓰인다.

수소경제 개척에 뛰어든 기업들

2040년 서울. 휘발유와 경유 등을 주유하는 주유소가 대거 사라졌다. 그 대신 수소를 충전하는 충전소가 곳곳에 들어서 있다. 이 충전소에는 승용차를 비롯해 택시·버스·트럭 등 수소를 연료로 사용하는 차량은 물론 물건 등을 수송하는 드론이 충전을 위해 수시로 드나들고 있다. 에너지를 생산하는 발전소의 지도도 바뀌었다. 원자력에너지를 사용하는 원전발전소가 사라진 대신 수소를 원료로 쓰는 발전소가 전국에 들어서 있다.

올해 1월과 5월 정부가 발표한 수소경제 로드맵과 수소경제를 개척하고 있는 기업

서울 여의도 국회의사당 옆에 자리 잡은 국회수소전기차충전소.



의 움직임을 따라가면 한국의 미래는 이렇다. 수소산업의 중심축을 담당하고 있는 수소자동차를 중심으로 한국의 에너지 자원이 수소로 대거 바뀐다.

수소경제 이끄는 기업·기관 20곳

정부가 발표한 수소경제 로드맵은 2040년 까지 수소 승용차를 중심으로 택시·버스·트럭 등 수소차 620만 대를 생산하고 가정용 연료전지 보급을 확대해 전국 곳곳에 수소 기반을 구축하는 내용을 담았다. 현재 2000대 수준인 수소차 보급량을 2022년 8만1000대로 늘리고 2025년 10만 대로 키워 상업용 양산체제를 구축한다. 이렇게 되면 수소차 가격을 현재 내연기관 차량 가격까지 끌어내릴 수 있다는 판단이다.

수소차 보급의 핵심 기반인 수소 충전소도 대폭 확충한다. 현재 전국적으로 14곳에 불과한 수소 충전소는 2022년 310곳, 2040년까지 1200곳을 설립할 예정이다. 탈원전·친환경을 앞세운 에너지 전환 정책을 펴고 있는 정부가 내세운 또 하나의 에너지원이 바로 수소다. 정부는 2040년



현대차는 '2019서울모터쇼'에서 '넥스 빌리지(NEXO Village)'를 따로 마련해 많은 사람들의 이목을 끌었다.

까지 발전용 연료전지 15GW를 보급할 계획이다. 또 가정·건물용으로도 2.1GW를 공급할 계획이다. 약 94만 가구가 사용할 수 있는 전력량이다.

수소 생산과 유통체계를 구축해 '수소 산유국'으로 발돋움하겠다는 비전도 밝혔다. 현재 액화천연가스(LNG) 발전소가 들어선 지역을 중심으로 수소 생산 기지를 대거 확충해 수소 생산량을 지금보다 40~50배 많은 526만 톤으로 확대할 계획이다. 이 같은 수소 생태계 구축을 통해 정부는 2040년까

지 총 43조 원 규모의 시장을 창출하고 현재 자동차산업 고용 인원의 75%에 달하는 42만 명의 일자리를 만들어 낸다는 구상이다. 20년 뒤에는 국내 에너지 중 수소 비율이 5%에 이르며 온실가스 배출도 2700만 톤이 줄어들 것으로 기대하고 있다.

수소경제의 산업화 생태계를 구축하고 촉진하기 위해 정부는 '수소경제 표준화 전략 로드맵'을 담당할 기업·기관 20곳을 선정했다. 기업 5곳, 연구기관 4곳, 공공기관 4곳, 협회·단체 4곳, 학계·정부 3곳이 참여해 로드맵을 이행한다. 우선 미코, 가온셀, 에스퓨얼셀, 두산퓨얼셀, 현대차 등은 수소경제 표준화를 위한 생태계 확보에 참여한다. 이 가운데 미코, 가온셀, 에스퓨얼셀 등 연료전지업체는 안전한 제품 보급을 위한 KS 인증 요구 사항을 제안한다. 미코는 고체 산화물 방식(SOFC) 가정·건물용 연료전지, 가온셀은 직접 메탄올 방식(DMFC) 지게차용 연료전지, 에스퓨얼

수소경제 활성화 로드맵

		2018년	2022년	2040년
수소차 (단위: 대)	수출	1800	8만1000	330만
	내수	90	1만4000	330만
	발전용	900	6만7000	290만
연료전지 (단위: GW)	발전용	0.307	1.5	15
	가정·건물용	0.007	0.05	2.1
수소 공급(단위: 톤, 연간기준)		13만	47만	526만
수소 가격(단위: 원/kg)		-	6000	3000



부산광역시에 설립된 도심형 수소 충전소인 H 부산 수소충전소.

셀은 가정·건물용 연료전지 등을 각각 담당한다.

현대차, 두산퓨얼셀 등 대기업은 수소상용차, 발전용 연료전지 등 글로벌 시장 확대를 위해 국제 표준화 활동에 협력한다. 현대차는 수소상용차, 두산퓨얼셀은 발전용 연료전지사업 관련 기술을 보유했다. 국내 수소경제 생태계를 만들기 위한 핵심 기술을 갖춘 업체들이다. 한국에너지기술연구원, 건설기계부품연구원, 한국가스공사 등 연구기관 및 공기업은 한국의 수소 관련 연구개발(R&D) 결과가 국제표준으로 이어지도록 과제를 수행한다.

한국표준협회, 한국건설기계산업협회, 한국자동차공학회 등 유관 협력단체는 업계에 대해 기술 표준 컨설팅을 제공해 이해를 돕는다. 한국산업기술시험원(KTL)과 한국표준과학연구원 등 계량 관련 연구기관은 수소 충전기의 국산화뿐만 아니라 계

량 오차 평가 기술을 조속히 확보한다는 계획이다. 한국가스안전공사, 한국에너지공단, 대전테크노파크는 성능·안전성이 검증된 수소 설비·제품·서비스를 국민이 안심하고 사용하도록 시험·인증 기반을 구축할 계획이다.

수소경제를 만드는 이들은 이번만이 아니다. 지난해 설립된 수소융합얼라이언스 추진단을 중심으로 지자체 24곳과 기업·연구기관·공공기관 등 46곳이 수소경제 생태계 조성에 박차를 가하고 있다. 이처럼 정부·기업·연구기관·공공기관 등이 수소경제 생태계 조성에 뛰어들어온 이유는 간단하다. 과거 주 에너지원인 화석에너지가 그랬던 것처럼 전력을 생산하는 것은 물론 교통과 운송 등 동력원이 필요한 다양한 분야에서 활용할 수 있기 때문이다. 에너지원을 바꾸는 것이기 때문에 생산→저장→운송→충전→이용 등으로 이어지

는 산업 전반에 미치는 경제적인 파급효과가 엄청나다. 현재 한국은 수소경제를 전방산업과 후방산업으로 나눠 진행 중이다. 전방산업의 대표는 역시 수송 분야다. 수송 분야는 자동차 외에도 열차·선박·드론·건설기계 등 산업 범위가 넓다.

수송 분야 중심으로 커지는 수소산업

산업통상자원부는 2017년 세계 시장을 기준으로 시판된 자동차 중 10%만 수소차로 전환된다고 하더라도 전체 반도체 시장 중 50%, 기존 디스플레이 시장의 150%에 달하는 시장이 창출될 것으로 예측하고 있다. 더욱이 한국 자동차산업의 주춧돌인 현대차가 수소자동차 분야에서 독보적인 기술력을 확보하고 있기 때문에 그 어느 때보다 기대가 크다.

수소자동차는 충전한 수소와 공기 중 산소가 화학반응을 일으켜 자체 전기를 생산해 차가 굴러가는 방식이다. 수소전기버스는 1km를 주행하면 4.9kg의 미세먼지 등이 정화된다. 수소전기버스 1대가 연간 8만6000km를 달렸다고 가정할 때 41만 8218kg의 공기, 즉 성인 76명이 1년 동안 마실 수 있는 공기가 정화된다는 장점도 있다.

에너지 생산·저장 역시 전방산업으로 주목받고 있다. 특히 분산 전원, 즉 소규모 지역 전력망에 많이 활용될 연료전지 시장이 더욱 커질 것으로 전망된다. 후방산업은 생산→저장→운송→충전→이용에 영향을 미치는 부품·유통·충전소·소재 등의 다양한 산업이 해당된다. 이를 선

점하려는 기업의 움직임도 분주하다. 한화, 효성, 롯데 등 국내 굴지의 대기업이 앞다퉈 시장에 속속 진입하고 있다.

우선 태양광발전 사업 등을 펼치고 있는 한화에너지는 지난해 수소 관련 사업에 뛰어들었다. 한화토탈 대신 공장의 방향족 공장에서 발생하는 부생 수소를 활용한 50MW급 수소연료전지 발전소 건설에 나선 것이다. 2020년 6월 상업 생산을 목표로 하고 있다. 이 밖에 한화에너지는 미국 수소연료전지차 제조사 니콜라에 1억 달러(약 1194억 원) 규모의 투자를 단행하며 신사업 진출에 속도를 내고 있다.

효성은 수소 연료 탱크의 핵심 소재인 탄소섬유를 집중 육성하고 있다. 효성첨단소재는 2028년까지 전라북도 전주의 탄소섬유 생산 시설과 R&D에 총 1조 원을 투자해 연간 생산량을 현재 2000톤에서 2만4000톤으로 대폭 확대할 계획이다. 롯데케미칼도 수소 저장 탱크 소재를 개발 중이다.

수소택시 시대가 온다

얼마 전부터 도로 위에 심상치 않은 택시가 돌아다닌다. 수소전기차 ‘넥쏘 택시’다. 서울시의 도움을 받아 관련 부서인 기후대기과 그린카인프라팀에 협조 요청을 하고 수소택시를 운영하는 택시회사의 연락처를 받아 취재 요청과 함께 탑승 예약을 했다.

10월 8일 오후 2시. 드디어 수소택시를 타보는 날이다. 본격적인 탑승에 앞서 이성우 삼환운수 관리부장에게 수소택시 운영에 대해 물어봤다. ‘운전사들의 반응은 어떤지’ ‘일반 택시와 비교해 장단점은 무엇인지’ 등등. 이 부장은 간단명료하게 답했다. “일단 수소택시는 합격점입니다. 연료효율, 운전사 만족도 모두 좋아요. 다만 충전이 좀 불편하긴 한데 앞으로 나아지겠죠.”

간단한 이야기를 마치고 이날 수소택시를 운행해 줄 택시 운전 경력 12년 차의 베

테랑 이창현(47) 씨와 인사를 나눈 후 본격적인 시승을 시작했다. 운행 코스는 삼환운수 차고지에서 여의도에 있는 국회수소전기차충전소(증산로→강변북로→국회대로)를 왕복하는 총 22.52km다.

조수석에 앉아 안전벨트를 매자 수소택시가 움직인다. 무척이나 고요하다. 소리도 없이 움직인다. 일반 차량에서 들리기 마련인 엔진음이 전혀 들리지 않는다. 마치 전기자동차같이 ‘스르륵’ 하며 바퀴가 굴러간다. 그도 그럴 것이 수소전기차는 기본적으로 전기모터로 구동된다. 주행 특성이 일반 전기차와 비슷하다. 다만 수소를 산소와 반응시켜 발생하는 전기로 달린다는 점이 일반 전기차와 다르다. 수소택시는 매연이나 기름 냄새가 전혀 없다. 고속 주행에서도 마찬가지다. 증산로를 빠져나와 고속 구간인 강변북로를 물위를 미끄러지듯 달린다. 차창을 강하게 때리는 바람소리만 들릴 뿐 이렇다 할 소음 하나 들리지 않는다.

삼환운수에서 시범 운행 중인 수소택시.



앞서가는 ‘수소발전소’

서울 마포구 상암동 노을공원에는 노을그린에너지가 들어서 있다. 이곳은 연료전지를 통해 전기와 열을 생산하는 수소발전소다. ‘발전소=변두리’라는 통념과 달리 서울 도심 속에 자리한 에너지 발전소라는 점에서 연료전지발전의 특징을 찾아볼 수 있다.

수소는 차세대 에너지 발전원으로도 각광받는다. 에너지 생산 과정에서 별도의 연소 과정이 필요하지 않기 때문이다. 연료전지는 천연가스에서 추출한 수소와 공기 중 산소의 화학반응을 통해 ‘전기’와



서울 상암동 노을공원에 들어선 노을그린에너지의 연료전지 발전설비.

‘열’을 생산한다. 이와 같은 연료전지 발전 설비를 대량으로 갖추고 전력을 생산하면 수소발전소(연료전지발전소)가 된다.

소음 적고 공해 물질 배출 없는 발전소

국내 연료전지 발전설비는 정부의 전력 공급 정책에 따라 추진하는 신재생에너지 개발·보급 확대의 일환으로 증가하는 추세다. 특히 2012년 ‘신재생에너지 공급의무화(RPS)’ 정책이 시행되면서 본격적으로 설치됐고 2013년 국내 최대 연료전지발전소인 경기그린에너지(58.8MW)가 가동돼 연간 68MW 설치 실적을 올렸다.

2019년 6월 기준 전국 44곳에서 총 386MW가 가동 중으로, 발전설비 규모 면에서는 세계 최대 수준을 자랑한다. 연료전지의 종류 중 용융탄산염연료전지

(MCFC) 방식을 사용하는 포스코에너지(201MW), 인산형(PAFC) 방식의 두산퓨얼셀(177MW), 고체산화물(SOFC) 방식을 쓰는 블루에너지(8MW)의 발전설비가 쓰이고 있다.

서울 도심에 구축된 연료전지발전소 중 최대 규모인 노을그린에너지는 2016년 특수목적법인(SPC)으로 설립된 곳이다. 폐기물 처리 시설 유휴 부지를 활용해 친환경 연료전지 발전시설을 운영하는 취지에서 과거 쓰레기매립장 위에 자리 잡았다. 약 6697㎡(2026평) 입지에 연료전지 8기 설비 용량은 기당 2.5MW씩 모두 20MW 수준이다. 총사업비 1219억 원이 투입됐다.

노을연료전지 발전사업은 민관 합작의 좋은 사례로 꼽힌다. 서울시가 부지·행정 지원을 맡고 한국수력원자력(한수원)이 사업 주관과 신재생에너지공급인증서(REC) 구매, 한국지역난방공사기 열과 REC 구매

를 담당하고 있다. 서울도시가스가 연료인 액화천연가스(LNG) 공급을, 포스코에너지가 REC 구매와 발전시설 시공 및 장기 유지·보수 서비스를 제공하는 형태다. 조경석 노을그린에너지 대표는 “노을연료전지는 연료전지의 장점이 집약돼 있는 발전 설비”라며 “서울의 중심지인 마포구에 설치돼 친환경 전력을 생산함으로써 서울시의 에너지 자립도 향상에 기여하고 있다”고 말했다.

노을연료전지에서 생산하는 전력량은 연간 약 1억6000만kWh로, 이는 마포구에서 사용하는 주택용 전기의 약 28%에 해당한다. 가구 수로는 약 4만5000가구가 사용할 수 있는 전력이다. 또한 전력 생산 외에도 연간 약 900억kcal의 청정열도 생산된다. 이를 통해 인근 지역 약 1만2000가구에 난방열을 제공하고 있다. 연료전지 발전소의 최대 장점은 높은 효율과 이용률로 꼽힌다. 에너지 변환 과정이 간소화돼 에너지 손실이 적기 때문에 높은 효율(47±2%, 열 포함 80%)과 이용률(92%)을 갖는다. 노을그린에너지는 약 98% 이용률을 기록하고 있다. 하루 24시간 중 98%가 발전되고 있다는 의미다. 또한 전기가 필요한 부근에 설치하기가 쉬워 분산 전원에 적합하다. 신재생에너지 중에서도 태양광이나 풍력발전 대비 설치 소요 면적이 상대적으로 작다.

신재생에너지 발전 비율을 2030년 20%까지 끌어올리겠다는 정부의 계획에 따라 연료전지발전소는 태양광·풍력발전과 함께 각광받고 있다. 화력발전소는 석탄·석유·천연가스 등의 연료를 보일러로 연소하고 이때 발생하는 스팀을 이용해 터빈

을 돌리고 발전기를 연계해 전기를 생산한다. 반면 연료전지발전소는 수소와 산소를 전기화학적으로 반응시켜 그 반응에너지를 전기와 열로 변환하는 것으로 소음과 대기오염이 발생하지 않는다. 부산물로는 물만 배출한다.

노을그린에너지는 주거지 인근에 자리한 만큼 투명 방음벽을 통해 소음을 최소화하고 있다. 또한 연료전지 가동 시 발생하는 수증기가 오염물질 배출로 오인될 수 있는 만큼 별도의 수증기 저감 시설을 갖추고 있다. 더불어 발전소에 대한 부정적 인식을 개선하는 다양한 지역 활동을 통해 인구가 밀집된 도심 속에 안정적으로 자리매김하게 됐다.

드론 시장 판도 바꿀 '모바일 연료전지'

드론이 하늘 위를 날아다니는 세상이 머지않았다. 하지만 이 드론산업 성장의 발목을 잡는 의외의 문제가 있다. 바로 배터리다. 산업용 드론 시장이 발전하기 위해서는 드론의 비행 시간을 늘리는 것이 필수적이다. 이를 위해서는 배터리 용량을 키워야 하는데 이렇게 되면 드론의 무게가 늘어나며 또다시 더 많은 배터리 용량이 필요한 악순환이 발생한다.

바로 이 드론의 배터리 문제를 해결할 열쇠로 최근 주목받고 있는 것이 수소연료전지다. 드론에 수소연료전지 팩을 활용하면 배터리와 비교해 장시간 비행이 가능한 데다 무게에 대한 부담 또한 훨씬 줄어든다. 수소연료전지가 향후 드론 시장의 판도를 바꿀 '게임체인저'로 꼽히는 이유다.

연료전지에 최적화된 '드론' 개발

그 선두에 서 있는 업체가 두산모빌리티 이노베이션(DMI)이다. 2016년 설립된 DMI는 연료전지의 모바일 적용 및 장거리 비행 솔루션 전문 기업이다. 설립 후 2년여의 R&D 기간을 거쳐 2018년 9월 미국 라스베이거스에서 열린 인터드론 전시회에서 수소연료전지 팩을 처음 선보이며 세계적인 주목을 받았다.

DMI의 메인 제품인 드론용 연료전지 팩 DP30은 1회 충전으로 2시간 이상 비행할 수 있게 해준다. 기존 배터리 드론의 비행 시간이 10~30분이었던 것과 비교하면 3~4배 이상 늘어나는 것이다. 이는 수소연료전지 팩이 기존 리튬이온 배터리 대비 에너지 밀도가 3~4배 높기 때문에 가능하다. 이와 함께 신재생에너지인 수소를 사용함으로써 친환경적인 측면에서도 장점이 크다.

DMI는 수소연료전지 팩뿐만 아니라 이에 최적화된 드론 기체도 라인업으로 확보하고 있다. 연료전지 팩에 최적화된 장시간 비행 드론은 총 2가지 라인업을 보유하고 있다. DS30과 DT30이다. DS30은 DMI가 자체 개발한 드론이다. 연료전지 팩의 성능 구현에 최적화된 제품으로, 2시간 이상 비행이 가능한 것은 물론 최대 5kg의 화물을 탑재할 수 있다. DT30은 열악한 산업 현장에 최적화된 연료전지 팩 일체형 드론으로 강한 내구성이 장점이다. DMI는 10월부터 한국 미국 중국을 중심으로 본격적인 드론 제품 판매를 시작했다.

DMI의 드론용 연료전지 팩은 세계 최초로 상용화에 성공했다는 점에서 의미가 크다. DMI 외에 일부 업체도 드론용 수소연료전지 팩을 시제품으로 제작할 수 있는 단계에 와 있다. 하지만 실제 양산 라인을 구축해 사업화 단계에까지 이른 곳은 DMI가 전 세계적으로 유일하다.





DMI의 'DS30'

현재 다른 업체의 경우 드론용 수소연료 전지를 개발하는 데 가장 큰 걸림돌은 수소 공급에 대한 솔루션이 부족하다는 점이다. 고객이 연료전지 드론을 사용하고 싶어도 연료전지를 구매하고 배송받는 게 쉽지 않다. 이에 비해 DMI는 수소 용기를 직접 투자해 자산화하고 고객이 손쉽게 수소를 주문하고 충전하며 배송까지 받을 수 있는 '이커머스 시스템(Store Website)'을 구축해 차별화된 수소 공급 솔루션을 준비 중이다. DMI 관계자는 “연료전지 팩을 장시간 비행 플랫폼의 핵심 역량으로 확보해 고객에게 ‘엔드투엔드(end-to-end) 토탈 솔루션’을 제공하는 것을 목표로 하고 있다”고 말했다.

DMI가 세계 최초로 드론용 연료전지를 개발하고 상용화할 수 있었던 데는 모기업인 두산그룹의 전폭적인 지원이 큰 뒷받침이 됐다. 2014년 연료전지사업을 신성장동력으로 선언한 두산그룹은 연료전지 부문에서 원천 기술을 보유한 기업을 인수합병(M&A)하며 50년 이상 축적된 세계 최고 수준의 연료전지 기술을 확보하고 있다. 이처럼 다양한 연료전지사업을 통해 축적된 연

료전지 기술을 바탕으로 소형화된 모바일 연료전지팩 개발에 성공할 수 있었다.

모바일 연료전지의 첫 번째 아이템으로 드론 시장을 선택한 이유는 분명하다. 전세계적으로 성장이 가장 두드러지는 분야이기 때문이다. 글로벌 드론 시장은 최근 취미용 드론에서 산업용 드론으로, 그중에서도 특히 가시권 드론 비행에서 점차 비가시권 비행 부문까지 확대되고 있는 단계다. 이에 따라 향후 산업용 드론 시장은 제조(HW) 기준 2025년 8조 원 수준까지 성장할 것으로 전망된다. 운용·서비스 분야까지 포함하면 2020년 기준 14조6000억 원 수준이다.

연료전지 팩 ‘원천 기술’ 확보

여기에 현재의 배터리 팩으로는 최대 30~40분 비행이 가능한 것과 비교해 연료전지는 비행 성능에서 확실하게 차별화된 우위를 확보할 수 있다는 것도 큰 이유로 작용했다. 이 같은 점에서 드론용 연료전지와 관련한 원천 기술을 확보한다면 이를

바탕으로 세계 시장을 선도할 수 있는 매우 좋은 기회가 될 것으로 내다본 것이다.

무엇보다 DMI에서 주목한 것은 비가시권 비행으로의 점진적 확대였다. 고객의 장시간 비행 니즈가 높아짐에 따라 기존의 배터리 팩이 머지않아 한계점에 도달할 것으로 내다봤다. 연료전지 팩은 기존 배터리의 한계를 극복하는 에너지원으로, 향후 드론용 연료전지 팩 시장은 2025년 1조 5000억 원 규모로 성장할 것으로 전망된다. 초기에는 배터리 드론의 접근이 어려웠던 애플리케이션을 중심으로 수요를 창출할 것으로 예상된다.

현재 산업용 드론은 다양한 사업에서 미션 수행 플랫폼으로 활용되고 있다. 공공 인프라 점검, 건설·광산 현장 모니터링, 대규모 태양광발전소 패널 점검 등 다양한 산업 현장이 대표적인 예다. 실제로도 DMI는 현재 국내 공공기관과 다양한 업무 협력을 진행 중이다. 대표적으로 한전전력연구원·한국임업진흥원과 양해각서(MOU)를 맺고 송전탑·송전선 점검, 소나무 재선충 모니터링 솔루션을 공동 개발하고 있다. 향후 비가시권 비행이 가능해지면 물류산업에도 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.



드론용 수소용기

더 나은 내일을 위한 동행,
이제 신한은행과 함께 하세요

전용
대출

기술사업화
컨설팅

금융
프로그램
(법률자문 서비스 등)

산업통상자원부와 신한은행이 함께하는 R&D 수행 중소·중견기업 지원 프로그램 안내

신한은행은 산업통상자원부 R&D 자금 전담은행으로
다음과 같은 지원 프로그램을 운영하고 있습니다.

R&D 사업화자금 전용 대출

R&D 수행 중소·중견기업을 위해 대출을 시행하고 있습니다.
(신한 산업기술 우수기업 대출)

기술사업화 컨설팅

기술사업화 컨설팅 제공을 통해 기업의 성공을 지원합니다.

신한은행 대표 금융프로그램 (법률자문 서비스 등)

지역변호사회 연결을 통한 법률자문 서비스 등 기업에게
꼭 필요한 다양한 프로그램을 제공합니다.

- 신청대상 산업통상자원부 선정 R&D 과제 수행 중소·중견기업
- 신청방법 신한은행 기관고객1본부 산업통상자원부 R&D 자금전담은행 담당자 전화 ☎ 02-2151-5581

*금융기관 신용관리대상자 등 여신부적격자에 대하여 대출이 제한될 수 있습니다.



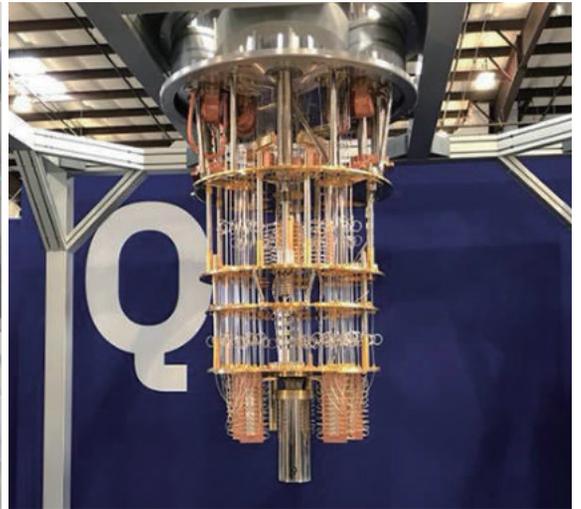
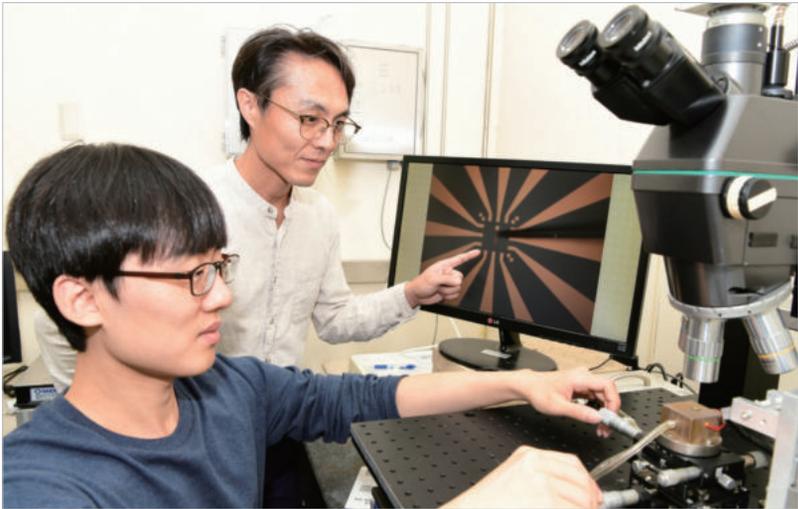
1만 년 걸릴 계산, 200초면 끝... 양자컴퓨터가 '창'이면 양자암호통신은 '방패'

양자컴퓨터는 연산능력이 슈퍼컴퓨터보다 월등히 빠른 차세대 컴퓨터다. 구글은 최고 슈퍼컴퓨터로 1만 년 계산해야 풀 수 있는 수학 문제를 3분 20초 만에 푸는 양자컴퓨터를 개발한 것으로 알려졌다. 양자컴퓨터 개발을 끝낸 IBM은 상용화를 앞두고 있다. 이러한 양자컴퓨터 상용화로 기존의 모든 사이버 암호체계는 뚫릴 가능성이 높아졌다. 양자컴퓨터가 창이라면 양자암호통신은 방패다. 5세대(5G) 통신 도입으로 각종 데이터 전송량이 폭증할 전망이어서 각국 정부와 통신사 등은 양자암호통신 기술 개발 경쟁을 벌이고 있다.

‘IT 공룡’이 사할 건 양자컴퓨터가 뭐기에

‘꿈의 컴퓨터’로 불리는 양자컴퓨터의 실용화가 머지않았다는 관측이 나오고 있다. 구글이 현존하는 최고 성능의 슈퍼컴퓨터로 1만 년 걸릴 계산을 자사의 54큐비트 양자컴퓨터 ‘시커모어’가 200초 만에 해냈다고 밝히면서다.

구글은 소문으로만 떠돌던 이 내용을 지난 10월 공식적으로 발표했다. 순다르 피차이 구글 최고경영자(CEO)는 시커모어의 계산을 ‘인류 최초의 비행(라이트 형제)’에 비유했다. 양자컴퓨터는 디지털컴퓨터가 지배하는 전자산업의 판도를 바꿀 신기술로 주목받고 있다. 양자 상태(Quantum Status)를 이용하는 양자컴퓨터를 이해하려면 1900년 이후 태동한 양자역학의 개념을 알아야 한다.



‘확률의 미학’ 양자역학

고전역학에선 물체의 질량과 속도의 곱으로 정의되는 운동량($P=mv$)을 알면 위치를 특정할 수 있다. 하지만 양자역학은 다르다. 운동량을 알아도 위치를 정확하게 알 수 없다. 대략의 위치를 확률로만 파악할 수 있을 뿐이다.

양자는 불연속값으로 표현되는 초미세 물리량을 말한다. 빛(광자), 전자 등이 대표적이다. 길이, 에너지, 운동량처럼 단위가 부드럽게 이어지지 않고 더 이상 쪼갤 수 없다는 뜻도 담고 있다. 이런 양자의 혼란스러운 상태를 ‘하이젠베르크의 불확정성의 원리’라고 한다. 전자의 움직임이 이 원리를 따른다. 원자핵 주위를 도는 전자가 ‘동에 번쩍, 서에 번쩍’ 하는 상태를 떠올리면 된다.

양자 상태를 기술한 인류사 최초의 수학적 기법이 오스트리아 물리학자 에르빈 슈뢰딩거의 파동방정식이다. 독일 물리학자 막스 보른은 난해한 이 미분방정식을 전자의 움직임을 설명하는 ‘확률밀도함수’로 바꿔 해석했다. 이 함수를 적분하면 전자를 발견할 확률이 나온다. 슈뢰딩거는 1933년, 보른은 1954년 노벨물리학상을 받았다. 양자역학은 빛(광자)의 움

← 한국표준과학연구원 양자기술연구소 연구팀이 양자컴퓨터에 쓰일 위상물질 나노소자를 실험하고 있다.
출처 : 한국표준과학연구원

→ IBM의 양자컴퓨터 IBM-Q
출처 : IBM

직임에 천착한 아인슈타인에서 시작해 하이젠베르크, 슈뢰딩거, 보른 등을 거치며 발전했고 20세기 내내 현대물리학의 가장 큰 화두였다.

‘비트’가 불안해지면 ‘큐비트’

양자역학을 컴퓨터로 구현한 것이 양자컴퓨터다. 이 컴퓨터의 기본 연산 단위는 큐비트다. 디지털 컴퓨터의 ‘비트(0 아니면 1)’를 불안정한 양자 상태로 바꾼 것이다. 이렇게 되면 0일 수도, 1일 수도 있는 ‘중첩’ 상태를 구현할 수 있다. 큐비트 하나가 변하면 다른 큐비트에 영향을 미치는 ‘얽힘’도 양자컴퓨터를 설명하는 주요 원리 중 하나다.

연산량 증가에 따라 비트의 숫자는 2의 n제곱 형태로 폭증하지만, 큐비트는 이보다 작은 숫자로 연산이 가능하다. 기존 컴퓨터를 훌쩍 뛰어넘는 계산 속도를 낼 수 있는 이유다. 문제는 큐비트 상태를 유지하는 게 만만찮다는 점이다. 이 상태가 유지되는 것을 ‘양자 결맞음’, 반대를 ‘결깨짐’이라고 한다. 이동훈 고려대 물리학과 교수는 “금방 깨지는 큐비트 상태에서 복잡한 계산을 빨리 처리할 수 있게 소자를 설계하는 것이 양자컴퓨터의 관건”이라고 설명했다.

〈표 1〉 큐비트 소자 종류별 특징

↓

출처: 업계, 대학 등

큐비트	특성	최대 구현 큐비트	장·단점	관련회사 또는 대학
초전도	초전도 전류 공진회로를 마이크로파 등으로 제어	72	빠른 게이트 속도 깨짐 속도가 빠름	구글, IBM
이온트랩	이온화된 원자 최외각 전자의 에너지를 양자화, 레이저로 제어	14	높은 게이트 신뢰도 속도가 느림	아이온큐, 오스트리아 빈 대학
반도체양자점 (스핀큐비트)	인공원자(양자점)를 만들고 마이크로파로 제어	2	안정성 높음 얽힘 상태 구현 어려움	인텔
위상물질	반도체 채널을 따라 흐르는 전자의 위상적 특성 이용	구현 안 됨	양자 오류가 없음 가능성 입증 안 됨	마이크로소프트 (MS)

양자컴퓨터가 디지털컴퓨터의 대안이 될 수 없다는 지적이 나오는 것도 결맞음 상태를 유지하는 게 어렵기 때문이다. 디지털컴퓨터는 '2×2=4'라는 결과를 항상 내놓을 수 있다. 반면 양자컴퓨터는 90%의 확률로 4, 나머지 10%는 4가 아닌 답을 내놓을 가능성이 있다. 물론 이는 예상치 못한 결괏값이 일어나 연산로직이 불완전해질 때의 얘기다. 결맞음만 잘 유지된다면 구글의 시커모어처럼 슈퍼컴퓨터를 압도하는 성능을 자랑할 수 있다. 이 밖에 최적 경로 찾기, 암호 해독, 유체 시뮬레이션 등 정량적 답이 존재하지 않는 '비결정론적 문제(NP)' 해결에서 양자컴퓨터는 디지털컴퓨터, 슈퍼컴퓨터와 비교되지 않는 고성능을 자랑한다. 아직 기술이 걸음마 단계지만 '꿈의 컴퓨터'로 불리는 이유다.

IBM · 구글 '초전도' vs MS '위상수학'

양자 결맞음을 구현하는 양자소자 제작 방식은 여러 가지다. 현재 양자컴퓨터의 양대 선두주자인 IBM과 구글은 '초전도 큐비트'를 사용하고 있다. 알루미늄 등 저온에서 초전도 성질을 보이는 물질의 원자를 막대기(Bar) 형태로 만든 뒤 교차시켜 큐비트를 구현한다.

삼성전자가 최근 650억 원을 투자한 미국 양자컴퓨터 스타트업(신생 벤처기업) 아이온큐는 이온 트랩(포획) 방식을 쓴다. 루비듐 원자 등을 진공 상태에서 이온으로 만들어 큐비트 상태를 만들어낸다. 이때 레이저로 원자 하나하나를 포획해 가두고 컨트롤 하는 고난도 공법이 필요하다. 대신 상온에서도 동작이 가능하다. 초전도 큐비트와 이온트랩은 게이트(흘러보내고 가둠) 방식으로 회로를 설계한다는 점에서 반도체와 비슷하다.

마이크로소프트(MS)는 IBM, 구글과는 다른 '위상수학적 양자컴퓨터'를 개발 중이다. 위상수학은 물질의 불변량(Invariant)을 다양하게 설정하고 이를 토대로 형태를 설명한다. 위상수학에선 구멍이 없는 공과 한 개 있는 도넛은 마치 '고체와 기체'처럼 완전히 다른 상태라고 설명한다. 반대로 반지와 도넛은 같은 물질로 취급될 수 있다.

전자의 양자 상태를 기술하는 슈뢰딩거의 파동방정식은 위상수학적 불변량과 연결된다. MS는 이 부분에 주목해 2005년부터 위상수학 양자컴퓨터 알고리즘 제작에 주력하고 있다. 지동표 양자정보과학기술연구회장은 "위상(수학적)물질로 양자소자를 구현하면 결괏값 현상을 최소화할 수 있다"고 설명했다. MS는 위상수학 양자컴퓨터가 데스크톱 컴퓨터를 석권한 자사의 운영체제(OS) 윈도우와 같은 '게임체인저'가 될 것이라고 보고 있다.

위상물질이 '제2의 실리콘' 될까

최근 MS의 자신감을 뒷받침하는 연구 결과가 나왔다. 한국표준과학연구원 양자기술연구소 서준호 책임연구원과 독일 쾰른대 이론물리센터 공동연구팀은 머리카락 1000분의 1 굵기인 나노 소자의 공진 주파수를 분석해 위상물질의 특성을 분석했다. 연구팀은 위상절연체(위상수학적 특성을 부여한 반도체)인 비스무스셀레나이드 화합물로 나노선을 만든

다음, 기타 줄을 튕기듯 기계적 공진을 발생시켰다. 이때 양자현상이 일어난다는 것을 관찰하고 이를 수학적으로 증명하는 데 성공했다.

이 연구 성과는 세계 3대 저명 학술지인 네이처의 자매지 네이처 커뮤니케이션스에 실렸다. 서 연구원은 “반도체 소자인 트랜지스터를 구성하는 기본 소재인 실리콘의 특성을 파악하는 데만 수십년이 걸렸다”며 “이제 위상물질이 양자소자의 기본 소재로 쓰일 수 있는 가능성을 확인한 초기 단계”라고 설명했다.

SKT, 유럽 1400km에 양자암호통신망 깬다

SK텔레콤이 유럽과 미국에 차세대 보안 기술인 양자암호통신 기술을 수출했다. 미국 중국 유럽 등 세계 주요국이 선점 경쟁을 벌이고 있는 양자정보통신 시장에 선제 투자해 최고 기술력을 확보한 성과가 나타나고 있다는 분석이 나온다.

SK텔레콤은 지난 10월 핀란드 헬싱키에서 기자간담회를 열어 자회사 IDQ가 유럽연합(EU)이 추진하는 양자암호통신망 구축 사업의 1위 공급사로 선정됐다고 발표했다. IDQ는 최근 뉴욕과 뉴저지를 잇는 미국 최초의 양자암호통신망도 구축했다.

그레고아 리보디 IDQ 최고경영자(CEO·오른쪽)와 광승환 IDQ 부사장이 지난 10월 핀란드 헬싱키에 있는 파시토르니 콘퍼런스센터에서 양자암호통신망 구축 사업 성과를 설명하고 있다.
출처 : SK텔레콤
↓



양자암호통신은 차세대 보안 기술로 꼽힌다. 슈퍼컴퓨터를 능가하는 양자컴퓨터가 상용화하면 기존 암호 체계는 모두 뚫릴 것으로 전문가들은 관측한다. 양자컴퓨터가 창이라면 양자암호통신은 방패인 셈이다.

SK텔레콤은 지난해 IDQ에 약 700억 원을 투자해 1대 주주가 됐다. IDQ는 양자정보통신 분야에서 세계 최고 기술력을 갖춘 기업으로 평가받는다. 박진호 SK텔레콤 ICT기술센터장은 “SK텔레콤의 통신사업 역량과 IDQ의 원천 기술이 시너지를 내 1년여 만에 성과를 거두는 등 사업이 빠른 속도로 확장하고 있다”고 말했다.

“양자컴퓨터는 초고속 연산능력으로 사이버 암호 체계를 파괴할 수 있는 미래의 핵무기다.” 지난 6월 국회에서 열린 양자정보통신포럼에서 아서 허먼 미국 허드슨연구소 선임연구원은 이같이 말했다. 그는 “양자 기술을 선점하면 미래 산업의 패권을 거머쥔 것”이라고 주장했다.

SK텔레콤은 2011년 양자기술연구소를 설립해 양자암호통신 기술을 개발해 왔다. 최근 유럽과 미국에서 잇따라 양자암호통신망 구축 사업을 수주하면서 연구개발에 따른 성과를 거두기 시작했다.

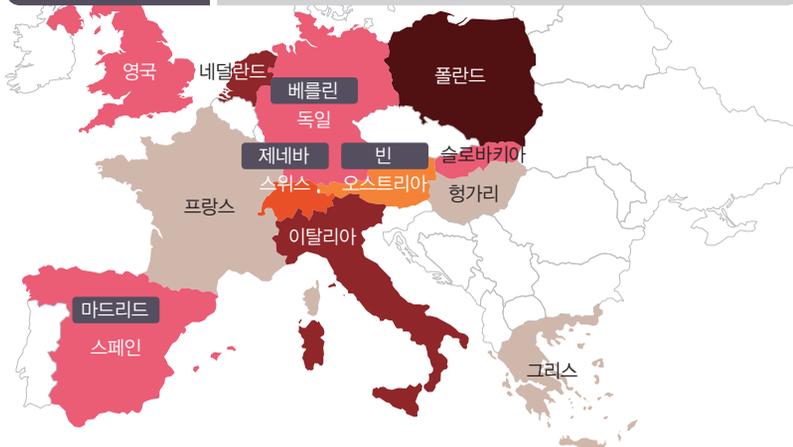
유럽 주요 도시에 양자암호통신망 구축

기존 컴퓨터는 0 또는 1 중 하나의 정보만 갖는 비트(Bit)로 연산한다. 양자컴퓨터는 0과 1의 정보를 동시에 갖는 양자비트(Quantum Bit)를 활용해 초고속으로 병렬 연산한다. 129자리 자연수를 소인수분해하는 데 일반 고성능 컴퓨터는 1600대로 8개월이 걸린다. 양자컴퓨터는 한 대로 몇 시간 내 연산이 가능하다. 양자컴퓨터를 ‘핵무기’라고 부르는 이유다.

양자는 더 이상 쪼갤 수 없는 물리량의 최소 단위다. 비눗방울처럼 미세한 자극에도 상태가 변하는 특성이 있다. 이런 특성을 활용해 제3자의 정보 탈취

EU 양자암호통신망 구축 프로젝트

QKD 공급사	IDQ(SK텔레콤) 등
이동통신사	도이치텔레콤, 브리티시텔레콤, 오렌지 등
연구기관	제네바대, 케임브리지대, 오스트리아 과학기술원 등
통신장비사	노키아, 애드바, 탈레스 등



시도를 재빨리 파악해 무력화하는 것이 양자암호통신의 핵심 기술이다.

SK텔레콤과 IDQ는 양자암호통신의 독보적 핵심 기술인 양자키 분배기, 양자난수 생성기 등을 보유하고 있다. 양자키 분배기는 통신망의 데이터 송신부와 수신부에서 양자 암호키를 동시에 생성·분배한다. 양자난수 생성기는 양자의 특성을 활용해 패턴이 없는 '순수 난수'를 만든다. 해킹으로 정보를 탈취해도 패턴이 없기 때문에 해석이 불가능하다.

EU는 지난해 "세계 양자혁명을 선도하겠다"고 선언하고 '퀀텀(양자) 플래그십' 조직을 신설했다. 퀀텀 플래그십은 지난 10월 핀란드 헬싱키에 있는 파시르니 콘퍼런스센터에서 이 프로젝트를 논의하는 콘퍼런스를 열었다. SK텔레콤과 IDQ는 이 자리에서 퀀텀 플래그십이 구축하는 유럽 양자암호통신망 사업의 1위 공급사로 참여한다고 발표했다.

EU는 1500만 유로(약 200억 원)를 투입해 제네바, 베를린, 마드리드 등 유럽 주요 도시에 총 1400km의

양자암호통신 시험망을 구축한다. 도이치텔레콤, 노키아 등 통신사와 통신장비 업체는 물론 정부, 대학 등 총 38개 파트너가 참여하는 대규모 프로젝트다. IDQ는 시험망의 약 60%에 해당하는 구간에 양자키 분배기를 공급한다.

세계 최고 기술력 확보한 SK텔레콤

IDQ는 최근 미국 양자통신 전문기업 퀀텀익스체인지와 함께 뉴욕과 뉴저지를 잇는 미국 최초의 양자암호통신망도 구축했다. 뉴욕 월스트리트와 뉴저지 데이터센터를 연결해 월스트리트 금융정보를 지키는 데 양자암호 기술을 적용했다. 이 통신망을 내년까지 워싱턴DC에서 보스턴에 이르는 800km 구간으로 확장하기로 했다.

공상과학 영화에서나 등장해 꿈의 기술로 불렸던 양자컴퓨팅 개발 속도가 빨라지고 있다. 파이낸셜타임스에 따르면 구글은 최고 연산능력의 슈퍼컴퓨터로 1만 년 계산해야 풀 수 있는 수학 문제를 단 3분 20초 만에 푸는 양자컴퓨터를 개발했다. 하지만 양자컴퓨터 기술을 악용하면 세계 사이버 보안체계에 큰 위협이 될 것이란 우려도 높아지고 있다. 박진호 센터장은 "5G 이동통신 시대에 모든 정보가 디지털화하고 모든 사물이 통신망에 연결되면 해킹의 위험과 그에 따른 피해가 훨씬 커질 전망이다"이라며 "양자암호통신에 대한 투자를 아끼지 않을 것"이라고 말했다.



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.

- | | |
|------------|----------------------------|
| * 과제 고유번호 | 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.

2019 대한민국 산업기술 R&D대전 개최

2019 대한민국 산업기술 R&D대전(KOREA TECH SHOW 2019)이 '기술혁신으로 산업을 재편하다'라는 슬로건으로 12월 13, 14일 이틀간 서울 강남구 코엑스에서 개최된다. 산업통상자원부가 주최하고 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원, 한국산업기술진흥원이 주관하는 이번 행사는 미래 산업을 주도할 혁신적인 신기술·신제품 개발 성과를 공유하고 연구개발자의 자긍심을 높여 산업기술 R&D 대국민 공감대를 형성할 목적으로 마련됐다.





미래 산업 주도할 혁신적 신기술 및 신제품 전시

2019 대한민국 산업기술 R&D대전은 산업혁신관, 기술대상관, 연구기관존, 체험존 등으로 구성돼 정부 R&D 또는 기업 자체 R&D로 기술적·경제적 성과를 창출한 우수한 제품과 기술을 선보일 예정이다.

이번 행사의 주요 전시 공간인 산업혁신관은 헬스케어, 스마트리빙, 편리한수송, 친환경에너지, 제조혁신 등 5대 분야로 구성된다.

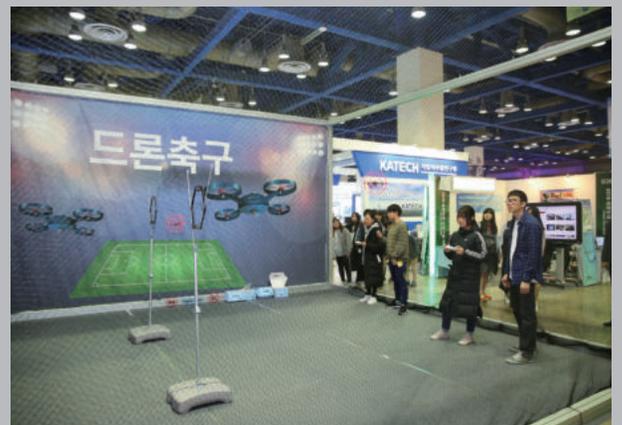
헬스케어 분야는 로고스바이오시스템즈, 서울아산병원 등 22개 업체 32개 부스, 스마트리빙 분야는 아이피엘, 로보케어 등 24개 업체 39개 부스, 편리한수송 분야는 두산모빌리티노베이션, 위즈윙 등 11개 업체의 30개 부스로 마련된다. 친환경에너지 분야는 케이엔더블유, 세화하이테크 등 18개 업체에서 26개 부스, 제조혁신 분야는 아이티원, 포항산업과학연구원 등 28개 업체에서 43개 부스가 참여한다.

이외에도 연구기관존을 구성해 전자부품연구원, 자동차연구원, 한국과학기술연구원, 한국생산기술연구원 등 6개 기관이 62개 부스를 마련했다.

특별관의 구성도 눈에 띈다. 대한민국 기술대상을 수상한 우수 신기술·신제품 개발기업(기관) 및 국내 산업기술 진흥에 크게 기여한 기술을 전시하는 대한민국 기술대상관을 전년 대비 약 2배 이상 규모인 55개 부스로 확대 전시할 예정이다.



“ 미래 산업 주도할 혁신적 신기술 및 신제품 전시
국내외 저명인사가 참여하는 최신 R&D 기술 및 정보 교류
알키미스트 경연대회, 성과교류회, 로봇체험 및 공연 등
다양한 부대행사 마련 ”



FUTURE

KEY WORD



산학연 전문가들이 최신 R&D 기술 및 정보 교류하다

이번 R&D대전은 전야제(12월 12일) 행사로 국내외 산업기술 혁신 주체 간 R&D 동향·정보 공유 및 글로벌 기술협력 활성화를 위한 글로벌기술협력포럼을 진행해 행사 분위기를 한껏 고취시킬 예정이며, 개막일인 13일에는 국내외 저명 인사가 참여하는 2019 산업대전환 콘퍼런스를 시작으로 에너지기술혁신 우수성과 발표회, 지식서비스 R&D성과교류회, 산업융합 선도기업 선정서 수여식 등 다양한 콘퍼런스·포럼 등 여러 부대행사가 이어진다.

R&D 아이디어부터 로봇까지 체험으로 만끽하다

'KOREA TECH SHOW 2019'가 열리는 동안 전시장 방문객을 위한 각종 체험 프로그램도 펼쳐진다.

방문객들은 거대로봇 타이탄 퍼포먼스, 댄스로봇 및 로봇축구 체험, 프로필 촬영 체험, VR스파이더맨 체험, 3D펜 체험 및 카드보드·큐브박스 만들기 체험 등 다양한 체험 행사를 즐길 수 있다.

또한, 학생들의 창의적인 아이디어를 엿볼 수 있는 제17회 임베디드 SW경진대회 결선을 비롯해 마이스터고 공동협력사업(장학 및 후원) 활성화 교류회 등의 부대행사도 마련된다.

이 밖에도 13일 '김지훈 트리오'의 공연을 시작으로 알키미스트 프로젝트 대국민 아이디어 공모전 결선이, 14일에는 시장 출시를 앞둔 신기술·신제품 투자 IR 목적으로 대한민국 1위 펀딩 기업 와디즈와 함께하는 'K-Tech 쇼케이스'가 진행되며, '기술혁신과 문화의 만남'이라는 주제로 토크콘서트와 문화공연이 어우러지는 테크노베이션(Technovation) 행사도 진행된다.

또한 인기 개그맨 이상준이 전시장을 실시간 중계하는 현장 라이브 행사와 방문객들에게 풍성한 선물을 증정하는 다양한 현장 이벤트도 진행될 예정이다. 자세한 내용은 www.ktechshow.or.kr을 참고하면 된다.



KOREA TECH SHOW 2019



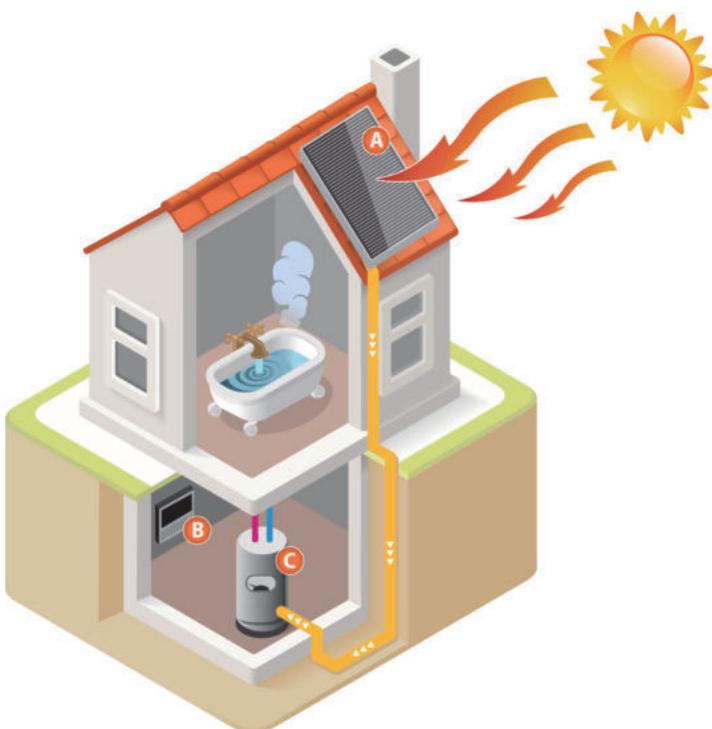
태양에너지의 다양한 활용

태양에너지가 우리 삶에서 어떻게 쓰일 수 있는냐고 물어보면 쉽게 답하기 힘들다. 그러나 이미 태양에너지는 우리의 일상속으로 깊숙이 침투해 들어오고 있다.

태양에너지는 태양의 수소핵융합 과정에서 나오는 빛과 열이다. 이는 이론상 실로 이상적인 대체에너지 중 하나다. 첫 번째로 문자 그대로 태양이 사라질 때까지 고갈될 위험 없이 사용할 수 있다. 그리고 태양의 수명은 현재 50억 년이 남았다고 추산되고 있다.

두 번째로 양이 상당히 풍부하다. 매년 지구에 쏟아지는 태양에너지의 양은 최대 약 5만 엑사줄(1엑사줄=10의 18승 줄)이라고 한다. 그에 비해 인류가 2012년 한 해 동안 사용한 에너지 총량은 560엑사줄에 불과하다.

세 번째로 지역적 편차가 비교적 덜하다. 지구에 태양이 비추지 않는 곳은 없기 때문이다. 그리고 마지막으로 태양에너지는 공해도 없다.



태양열을 이용한 온수 및 난방 구조
 A 집열기, B 제어장치,
 C 수조
 ↓

이렇게 이상적인 대체 에너지지만 유감스럽게도 일반인의 태양에너지 관련 지식은 '태양전지를 이용한 발전' 수준을 넘지 못하는 경우가 많다. 우리는 태양에너지를 이용해 구체적으로 어떤 일을 할 수 있을까? 의외로 다양한 일을 할 수 있다. 하나씩 알아보기로 하자.

온수 공급

태양에너지로 온수를 만들어 공급할 수 있다. 태양에너지 온수기는 태양을 향해서 있는 검은색 금속제 태양 집열기와 이에 연결된 금속제 관으로 이루어져 있다. 태양 집열기는 투명 유리 커버와 내장 단열재를 갖추고 있다. 금속제 관은 단열 수조로 연결돼 있다. 이 단열 수조는 흐린 날에 온수를 저장하는 역할을 한다. 태양 집열기가 태양열을 끌어들여 물을 데우고, 데운 물을 중력 또는 펌프를 사용해 금속제 관을 통해 순환시키는 구조다. 태양열로 데워진 온수가 금속제 관을 통해 저장 수조에 공급된다. 이 온수로 건물에 난방 제공도 가능하다.

건물 난방

태양에너지는 다음과 같은 방식으로 건물 난방에 이용될 수 있다.

- ① 남향 창등을 사용해 태양에너지를 건물 일부에 직접 빨아들인다.
- ② 별도의 태양 집열기를 사용해 물이나 공기를 데우고, 이를 저장 장치에 저장했다가 기온이 낮을 때 라디에이터 등으로 보내 난방에 사용한다.



태양 증류

물이 부족한 건조한 해안 지역에서는 태양을 이용해 바닷물을 증류, 음료를 확보할 수 있다. 태양 증류기는 투명 기밀 유리 커버가 덮인, 바닷물을 담은 검은색 용기 구조다. 이 속으로 태양 복사가 들어가 흡수, 열로 전환돼 용기 내부의 바닷물을 증발시켜 수증기와 소금 등 이물질 을 걸러낸다. 이 수증기가 유리 커버 안쪽에 응결, 물방울이 되면 경사진 수로 구조를 통해 물방울을 수조로 모아 활용하는 것이다. 이렇게 만든 증류수는 음료 외에도 학교, 병원, 연구소, 공장 등 물이 필요한 곳 어디서나 사용할 수 있다. 물론 전기를 이용해 증류수를 만들 수도 있지만, 그보다는 훨씬 단가가 싸다는 것이 장점이다. 이 방식은 바다에서 조난 시 음료를 확보하는 데 쓰이기도 한다.

태양에너지 펌프

이것은 태양에너지로 발전한 전기를 사용해 물을 끌어올려 농업용수로 사용하는 것이다. 공교롭게도 물 펌프의 수요가 가장 큰 여름철은 지면에 가해지는 태양 복사 에너지가 제일 큰 시기이기도 하다. 태양에너지 펌프는 이러한 점을 이용하고 있다.

태양에너지를 사용한 농축산 제품 건조

물론 이는 과거부터 흔하게 이루어졌던 것이다. 글을 읽는 독자 중에도 집에서 고추나 토란대 등을 햇빛에 말려서 먹어본 분들이 많을

것이다. 그러나 오늘날에는 캐비닛 건조기 라는 제품을 사용해 더욱 효율적인 건조가 가능하다. 캐비닛 건조기는 재료 상자를 단열된 건조실에 넣고 재료 위로 열풍을 통과시켜 건조시키는 것이다. 내부는 검은 색으로 칠해져 있고 위에는 경사진 투명 유리 뚜껑이 달려 있다. 측면 상하부에 통풍 구멍이 있어 열풍을 형성한다. 재료를 넣는 상자는 재료가 태양 복사에 필요한 만큼 노출되도록 잘 설계돼 있다.

이러한 방식은 건조 과정에서 당도가 높아지는 과일 건조에 특히 효과적이다. 건조 시간이 빨라 그만큼 곤충의 침입 여지가 적기 때문이다. 또한 그 밖의 농작물 건조에도 매우 유리하다. 사용하는 면적, 작업자의 노동량, 제품의 품질 면에서 기존 건조 방식보다 훨씬 우수하다. 비, 먼지 등으로부터 제품을 더 잘 보호해 줄 수 있다. 건조 효율이 뛰어나 제품 내의 수분 함량을 최소화, 진균이나 박테리아 오염 가능성을 낮추면서도, 내부 조건 통제가 가능하기 때문에 과잉 건조로 인한 품질 저하도 막을 수 있다. 포테이토 칩, 이집트 클로버, 옥수수, 쌀, 콩, 후추, 캐슈넛, 나무, 목재 박판, 담배, 우유, 생선 등 다양한 제품을 건조할 수 있다.

태양로

다수의 일광 반사 장치로 태양 복사열을 대상에 집중, 고열을 내는 장치다. 이러한 태양로는 현재 고온에서의 세라믹 재질 속성 연구에 주로 이용되고 있다. 화염이나 전기로 낼 수 있는 온도보다 훨씬 높은 온도를 재현하는 것이 가능하다. 또한 작동 과정에서 공해가 없고, 온도 조절도 용이한

↑
세계 최대의 태양로인 프랑스 오델로 태양로. 3500도까지 가열이 가능하다.

장점이 있다. 야금학 및 화학 연구에 특히 유리한 부분이다. 다양한 속성의 측정도 가능하다. 장차 태양로를 이용해 공기로부터 질산 및 비료 생산도 가능할 것으로 보인다.

조리

인간은 조리에 다양한 연료를 사용하고 있다. 석탄, 케로신, 가스, 나무, 심지어는 동물 배설물과 농업 폐기물도 사용한다. 그러나 이러한 연료 자원은 장차 고갈되거나 조리에 사용하기에는 너무 비싸질 수 있다. 때문에 조리용 연료로 태양에너지가 각광받고 있다. 태양에너지는 전용 조리도구를 사용해야 연료로 이용할 수 있다.

이 전용 조리도구는 앞서 말한 태양 캐비닛 건조기와 비슷한 구조를 하고 있다. 내부가 검게 칠해지고 단열된 금속 또는 목재 상자다. 상자 위에는 유리 커버가 씌워져 있고, 빛을 상자 속으로 보내는 반사판도 있다. 이 상자 속에는 태양 복사 중 단파장이 들어오게 된다. 내부가 검으므로 태양에너지 재방출 및 열 손실은 최소화된다. 또한 조리기구 자체가 기밀성이 있으므로 대류를 통한 열손실도 최소화된다. 이러한 조리기구 내에 외부가 검은 냄비를 넣고 태양 아래에 두면 열을 흡수, 조리기구 내부의 온도가 높아지면서 냄비 속의 음식을 익히게 되는 것이다.

태양열 조리기구는 공해를 일으키지 않으며 식품의 영양소 파괴도 최소화한다. 또한 유지 비용이 매우 적다. 다만 야간이나 흐린 날에는

태양열발전소. 반사 장치로 태양열을 한 곳에 모아 높은 열에너지를 발생. 이를 운동에너지로 변환해 발전한다.
↓

조리가 안 되며 신속한 조리도 안 된다. 조리할 수 있는 음식의 종류도 제한적이다.

태양광발전

많은 사람에게 가장 잘 알려진 태양에너지의 응용 방법이다. 태양에너지는 태양전지를 사용해 전기로 바꿀 수 있다. 태양전지는 태양빛 속의 광자를 전기로 바꿔 주는 기기다. 서로 전기적 속성이 다른 P형 반도체와 N형 반도체의 결합 부위에서 전기장이 생겨나는데, 이 전기장에 광자가 들어오면 고에너지 자유 전자가 유도된다. 이 자유 전자가 태양전지 밖으로 빠져나가면서 전기가 생성되는 것이다. 태양전지는 수명과 신뢰성이 우수하며, 연료가 필요 없고, 공해를 유발하지 않는다. 또한 모듈 방식으로 만들어 이동 및 설치의 편의성을 증대시킬 수 있다. 현재까지 태양전지는 전력선을 설치하기 어려운 곳에 주로 설치돼 전력 공급을 도와 왔다. 오지의 농업용





펌프, 철도 건널목 신호등, 비상시 통화장치, 무인 기상대 등이 대표적이다. 휴대형 전자제품이나 비상용 배터리 충전기, 인공위성 등의 전 원으로도 이용됐음은 물론이다.

태양열발전

문자 그대로 태양의 열에너지를 이용해 전기를 생산하는 방식이다. 태양열을 집열해 휘발성 액체를 가열하고, 그 열에너지를 운동에너지로 전환시켜 터빈을 돌린다. 이 터빈에 기존 발전기를 연결하면 화석 연료에 의존하지 않고도 전력 생산이 가능한 것이다.

태양열발전의 핵심 구성품은 태양 온수지다. 태양 온수지는 바닥에 단열 처리(지면으로 열이 빠져나가는 것을 막는다)가 된 검은색 수조 형태가 일반적이다. 여기에 5~10cm 깊이로 물을 담는다. 이 물이 태양열을 흡수해 온도가 높아지면 그 열에너지를 발전에 이용할 수 있다. 끓는점이 낮은 유기 용액을 기화시켜 그 힘으로 앞서 말한 터빈을 돌릴 수 있는 것이다.

태양에너지 온실

제목은 거창하지만 간단히 말하면 유리나 플라스틱 등 투명한 소재로 이루어진 건축물이다. 가장 원시적인 온실의 형태는 농촌에 가면 흔히 볼 수 있는 비닐하우스다. 소재가 투명해 태양 복사는 들어오는

데 외부와 밀폐돼 있어 공기 흐름이 막히면 내부는 저절로 더워지는 것이다.

이러한 구조를 지닌 온실은 내부의 수분 손실이 적다는 부수적인 효과도 있다. 때문에 온실은 밤낮은 물론 연중 식물의 재배가 가능하다.

이상으로 대표적인 태양에너지 이용방법 10가지를 알아보았다. 그러나 앞으로 인류의 기술이 발전할수록 태양에너지의 이용방법은 더욱 다채로워질 것이다. 기존의 화석연료나 원자력 등은 이미 환경을 파괴한다거나 가채 연수가 짧은 등 한계를 명확히 드러내고 있기 때문이다. 인류가 진정으로 지속가능한 삶을 추구한다면 생활에 필요한 에너지부터 지속가능한 방식으로 조달할 수밖에 없다. 그러려면 천상 태양에너지와 같은 재생에너지에 지금보다도 더욱 강하게 의존해야 할 것이다.

↑
비닐하우스도
원시적일지언정 엄연한
태양에너지를 활용한
시설이다.

영화 '마션'을 통해 엿보는 우주에서의 재생에너지 활용

광대무변한 대우주. 이제 인간은 그 우주에 막 첫발을 내디딘 정도다. 그러나 어느 곳에 가도 활동에는 에너지가 필요하다. 인간은 우주 활동에 필요한 에너지를 어떻게 조달할 수 있을까?



줄지에 화성에 혼자 버려진 주인공은 재생에너지를 사용해 살아남는다.

우주판 '로빈슨 크루소'. 영화 '마션'의 내용을 거칠게 요약하자면 딱 그렇다. 앤디 위어의 동명 소설이 리들리 스콧 감독, 매트 데이먼(마크 와트니 역) 주연으로 영화화됐다. 화성 탐사 중 사고를 당해 현지에서 홀로 버려진 식물학자 출신 우주비행사 마크 와트니가 갖은 역경을 이기고 살아남아 지구로 돌아온다는 해피엔딩. 세계적으로도 흥행에 성공했음은 물론 국내에서도 약 500만 관객을 동원했다.

또한 과학기술적 측면으로 봐도 이 영화는 상당한 수작이다. 애당초 원작자인 위어는 미국 샌디아 국립연구소에 근무한 과학자 출신이다. 화성의 극한 환경에 맞서기

위해 주인공 와트니가 선택하고 실행하는 여러 방법이 매우 과학적으로 타당하다. 영화판 역시 나사(NASA)의 자문을 받아 상당히 과학적으로 타당하게 묘사돼 있다.

앞서도 말했듯이 이 영화의 골자는 결국 '우주에서 살아남기'다. 인간이 생존하려면 실로 많은 것이 필요하다. 그러나 그 다양한 것은 결국 '에너지'로 귀결된다. 인간이 생존하기 위해 하는 가장 원초적인 행위인 식사도 결국은 음식을 섭취해 에너지로 전환, 그 에너지로 생명 현상을 유지하는 과정 아니던가?

하지만 우주는 그 영어 이름(Space)에서도 알 수 있듯이 지극히 밀도가 희박한 텅

빈 공간이다. 공기도 없고 물도 없다. 물론 영화의 배경은 지구의 이웃 행성인 화성이 다. 그러나 태양계 행성 중 지구와 가장 유사하다는 화성조차도 생명을 유지하기 힘든 곳이기는 마찬가지다. 화성의 기압은 지구의 0.6%, 대기 중 96%가 이산화탄소, 평균 기온은 영하 63도다. 물도 죄다 얼음의 형태로만 존재한다. 지적 생명체는 커녕 미생물의 존재조차 확인된 바 없다. 심지어는 석탄이나 석유 같은 화석연료도 없는 이런 곳에서 우리의 주인공은 어떻게 생존해 나갈 수 있었을까?

재생에너지야말로 우주적 생활 양식?!

영화에도 나오듯이 주인공이 생존을 위해 가장 먼저 선택한 에너지는 재생에너지였다. 더 구체적으로 말하면 태양에너지와 수소에너지였다.

반도체 태양전지를 이용해 태양광을 전기로 바꿀 수 있다. 태양에너지는 태양이 없어지지 않는 한 반영구적으로 쓸 수 있다. 물론 화성이 지구보다는 태양과의 거리가 멀기에 지구에 비해서는 발전효율이 떨어질 수 있다. 그러나 화성에서도 여전히 태양에너지의 효용은 확실하다.

수소에너지는 화성에 얼음 형태로나마 물이 있다는 점을 감안하면 그 매력은 더욱 커진다. 영화에서 주인공은 우주선의 수소연료를 산화시켜 물을 얻는다. 이 과정을 반대로 하면, 즉 물을 전기분해하면 수소가 생기고, 이를 연료로 사용할 수 있다. 그리고 수소연료는 연소되면 물이 된

THE MARTIAN



다. 즉, 화성의 수자원은 물뿐만 아니라 추진 연료의 공급원도 될 수 있는 것이다.

태양에너지와 수소에너지를 획득한 주인공이 그걸 가지고 가장 먼저 한 일은 실내 감자 농장을 짓는 것이었다. 인간의 생존에 가장 직접적으로 직결된 에너지인 식량을 생산하기 위해서였다. 농장에 화성의 흙을 깔고, 작물의 성장을 촉진하기 위한 비료로는 인분을 사용했다. 영화에서는 인분이 마치 무슨 제품처럼 비닐에 포장돼 있는데, 좀 지저분하지만 요새말로 정말 깨알 같은 디테일이다. 현재의 우주 탐사에서도 연구 목적으로 우주비행사들의 인분을 별도 포장해 지구로 수거해 조사하기 때문이다.

사실 금강산도 식후경이라고, 인간에게 가장 중요한 것은 먹는 문제다. 그리고 우주 탐사의 기간이 매우 길어져 우주선 내부나 다른 천체에서 초장기 체류할 경우 지구에서 싸간 우주식만으로 버틸 수도 없

는 노릇이다. 때문에 장기 우주 탐사의 일환으로 우주선이나 우주 식민지 내부에 소규모 농장을 설치, 신선한 식량을 지속 가능한 방식으로 생산하는 방안이 실제로 진지하게 연구되고 있다. 영화에도 나온 것처럼 식물을 재배하는 것 외에도 동물을 사육해 동물성 단백질을 확보하는 방법도 연구 중이다. 사육하는 동물로는 에너지에 비해 생산하는 단백질량이 높은 물고기나 곤충 등이 유력하다고 한다. 그리고 영화에 나온 바대로, 식량을 먹으면 배출되는 폐기물, 즉 인분을 가공해 비료로 재사용하는 방법도 연구 중이다. 더럽다고 생각할지 모르지만 이미 국제우주정거장의 우주비행사들은 자신의 소변과 땀을 정수해 만든 음료수를 마시고 있다. 지구에 비해 자원이 턱없이 귀한 우주에서는 생존의 기본 요건인 식량과 물의 생산도 이렇듯 철저히 '재생에너지적'인 것이다.

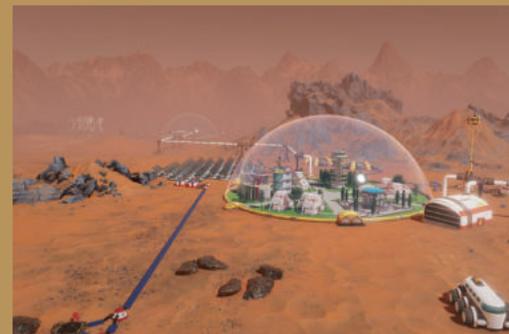
우주 탐사의 다양한 측면을 녹여낸 수작

재생에너지라고 할 수는 없지만 영화에는 방사성 동위원소 열전기 발전기(Radioisotope Thermoelectric Generator : RTG)도 나온다. 방사성 동위원소가 붕괴될 때 발생하는 열을 제베크 효과를 이용해 전기로 바꾸는 발전기다. 물론 잘못돼 내부의 방사성 동위원소가 새어나간다면 문자 그대로 '더티밤(Dirty Bomb)'이 돼버리는 문제가 있다. 그러나 지구에 다시 돌아올 일이 없는 먼 우주 탐사선(보이저 등)은 실제로 이 RTG의 전력을 사용해 작동되고 있다. 보이저 탐사

선에 탑재된 RTG의 핵연료 플루토늄 238의 반감기는 87.7년이라고 한다. 이렇듯 영화에 나온 모든 에너지는 우주개발계획에서 실제로 사용됐거나 앞으로 사용될 것이다. 장차 먼 우주 탐사 및 우주 식민지 개척 등 인간의 우주 활동 강도가 늘어나면서 그 중요성이 더욱 커질 것이다.

그 외에도 이 영화는 우주 탐사의 다양한 측면을 다루고 있다. 국가 주도의 우주 탐사가 가질 수밖에 없는 비정한 관료주의적 속성, 먼 우주 탐사 시 장기간 폐쇄 공간에서 지내야 하는 우주비행사들이 겪는 심리적 문제, 우주 탐사의 난이도가 높아질수록 더욱 강화될 수밖에 없는 국제협력 관계, 위기 상황에서 나타나는 트롤리 딜레마 등이 그것이다. 영화의 흥미와 현실감을 더욱 높여주는 부분이다.

앞서도 말했듯이 우리 인류의 우주 탐사 수준은 아직도 걸음마 단계다. 그러나 한편으로 인간은 별을 이루는 물질로 만들어졌고, 유한한 두뇌 속에 무한한 우주를 품을 수 있다. 지구를 벗어나 우주로 발을 내디디는 인류. 그 발걸음을 내디딜 힘은 다름아닌 재생에너지에서 나올 것이다.



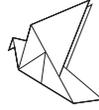
장차 우주 식민지 개척은 재생에너지 없이는 곤란할 것이다.

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

(주)영신알에프(rf-gen.com)

전자회로 테스트 직원 모집(신입 및 경력)

- 담당업무: 전자회로 테스트(RF Generator, Matcher, 기타 장비)
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상(졸업 예정자 가능), 전기·전자 전공자 및 경력자, 반도체, 디스플레이 분야 우대
- 근무형태: 정규직(수습기간 협의)
- 근무처: 서울 송파구
- 모집기간: 12월 27일까지
- 문의전화: 02-443-4794

(주)엔티렉스(ntrex.co.kr)

개발 제품 테스트 엔지니어 모집

- 담당업무: 개발 제품 테스트 진행, 제품 조립 및 자체 테스트, 제품 AS 진행
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상(신입), 운전 가능자, 기계·메카트로닉스·로봇, 전기·전자공학, 제어계측공학 전공자
- 근무형태: 정규직
- 근무처: 인천 미추홀구
- 모집기간: 12월 8일까지
- 문의전화: 070-7019-6304



(주)인셈(insem.co.kr)

32bit MCU 엔지니어 및 FAE 모집

- 담당업무: Bluetooth(BLE) 모듈, Touch 개발 및 FAE
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상, 신입·경력 2년 이상, Touch 및 BLE 경험자 우대
- 근무형태: 정규직
- 근무처: 서울 금천구
- 모집기간: 12월 13일까지
- 문의전화: 02-2688-1588

티애프파트너스(tpartners.co.kr)

시스템프로그래머 모집

- 담당업무: 시스템프로그래머(LabView, C++, 펌웨어, MCU 기타 프로그램)
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상(졸업 예정자 가능), 경력 무관
- 근무형태: 정규직(수습 1개월)
- 근무처: 광명 소하동
- 모집기간: 12월 8일까지(채용 시 마감)
- 문의전화: 02-866-0855

다음 □□에 들어갈 용어는 무엇일까요? □□자동차는 충전한 수소와 공기 중 산소가 화학반응을 일으켜 자체 전기를 생산해 차가 굴러가는 방식이다. □□자동차 보급 확대를 위해 국내에서도 핵심 기반인 수소 충전소를 대폭 확충할 계획이다. 현재 전국적으로 14곳에 불과한 수소 충전소는 2022년 310곳, 2040년까지 1200곳을 설립할 예정이다.



74호 정답 및 당첨자

케임브리지 현상

이은관, 이동화, 김광연, 김동빈

2020년 캘린더



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

EVENT <이달의 신기술> 부스 찾고 선물 받고!!!

이달의 신기술



12월 13~14일 서울 코엑스 B홀에서 개최되는 '2019 대한민국 산업기술 R&D대전' <이달의 신기술> 부스를 방문하시는 관람객분들에게 선착순 (매일 100명)으로 2020년 캘린더를 증정합니다.

※ 전시회 기간 중 정기구독을 신청하시는 분에게는 실크장패드를 선물로 드립니다.



평범한 우리가
세상을 바꾸는 방법

공익신고



공익신고자 보호 더욱 강해졌습니다

보호

- 비밀보장, 신변보호, 불이익조치 금지, 책임감면

보상

- 내부 공익신고자에게 최대 30억원의 보상금 지급
- 공익에 기여한 경우 최대 2억원의 포상금 지급
- 구조금(치료비, 이사비, 소송비용 등) 지원

상담

- 국번없이 **110** 또는 **1398**

신고

- 홈페이지 **1398.acrc.go.kr**
- 우편(서울시 서대문구 통일로 87)



신고대상 : 6대 분야, 284개 법률 위반행위

건강



- 불량식품 제조·판매
- 무면허 의료행위

안전



- 부실시공
- 소방시설 미설치

환경



- 폐수 무단방류
- 폐기물 불법 매립

소비자이익



- 개인정보 무단 유출
- 허위·과장광고

공정경쟁



- 기업 간 담합
- 불법 하도급

기타 공공의 이익



- 거짓 채용광고
- 방위산업기술 불법사용



국민권익위원회

국가 에너지시스템의 성공적 전환을 위한 에너지 기술 개발 청사진

산업통상자원부는 지난 11월 18일 서울 팔래스호텔에서 '제4차 에너지기술개발계획' 및 '에너지 기술 개발 로드맵'의 대국민 의견수렴을 위한 공청회를 개최했다. 이번 공청회에는 산학연 전문가 및 시민단체 등 300여 명이 참석했으며, 계획과 로드맵 주요 내용에 대한 질의와 토론이 진행됐다. 제4차 에너지기술개발계획(안)에서는 '에너지 전환과 신산업 선도를 위한 에너지 기술 강국 도약'을 중장기 에너지 기술 개발 비전으로 설정하고, 이러한 비전과 제3차 에너지기본계획 정책목표 달성에 필요한 16대 에너지 중점 기술 분야를 제시했다. 또한 에너지 중점 기술의 성공적인 개발과 확산을 위해 16대 중점 기술을 대상으로 분야별 세부 이행 방안을 담은 로드맵을 수립하고, 총 50개의 추진 과제를 도출했다. 이를 기반으로 향후 에너지 R&D 투자 확대와 더불어 중점 기술 분야에 90% 이상을 집중 지원할 예정이다. 더불어 시험·평가 기술 개발 및 기술 기준 제정을 위한 'Post R&D'를 도입해 기술 개발 성과의 보급과 확산을 강화한다. 한편, 산업부는 공청회를 통해 수렴된 의견을 반영해 12월 국가과학기술심의회 심의를 거쳐 제4차 에너지기술개발계획을 확정·발표할 예정이다.

문의처 산업통상자원부 에너지기술과(044-203-5381)

'제5회 중견기업인의 날' 기념식 개최

산업통상자원부와 한국중견기업연합회는 '2019년 중견기업 주간' 첫날인 19일 서울 롯데호텔에서 '제5회 중견기업인의 날' 기념식을 개최했다. 이 행사에는 이낙연 국무총리, 정승일 산업부 차관, 강호갑 중견련 회장을 비롯한 중견기업 CEO 등 200여 명이 참석한 가운데 '한국 경제 르네상스를 선도하는 중견기업'을 주제로 국무총리 격려사, 우수 유공자 포상 등이 이어졌다. 산업포장을 수상한 한미반도체(주) 김민현 사장은 적극적인 해외 시장 개척을 통해 반도체 후공정 장비(비전 플레이스먼트) 세계 시장 점유율 1위를 달성하고 부품 공급기업 등 협력업체에 대한 모든 결제를 현금으로 지급하는 등 상생협력 실천에 앞장섰다. 대통령 표창을 수상한 이래에이엠에스(주) 성낙곤 전무는 러시아, 멕시코 등 신흥 시장 개척을 통해 1조4000억 원 규모의 해외 프로젝트를 수주하고 100억 원 규모의 상생협력 펀드를 조성해 중견-중소기업 간 협업 생태계를 조성하는 데 기여했다. 대통령 표창을 수상한 (주)한글과컴퓨터 오순영 전무이사는 아마존(미국), 메일닷알유(러시아) 등 글로벌 IT기업과의 협력을 통해 고성장을 견인하고 음성인식 솔루션, AI 기술을 활용한 신사업 진출에 기여했다. 이외에도 중견기업 발전 공로를 인정받은 중견기업 및 유관기관 임직원 21명에게 국무총리 표창, 산업부 장관 표창을 수여했다.

문의처 산업통상자원부 중견기업정책과(044-203-4361)

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

042-712-9215 jsung2@keit.re.kr

DECEMBER 2019

정기구독 안내



NEW TECHNOLOGY
OF THE MONTH

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.
75

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

