

4

2019  
APRIL

VOL.67

# 이달의 신기술

NEW TECHNOLOGY  
OF THE MONTH

산업기술 경제동향  
전기차 확산이 불러오는  
자동차 밸류체인 재편

이달의 산업기술상 신기술  
차세대 유무선 가입자망 기술에  
속도와 신뢰를 더하다  
(주)캠옵틱스

## HYDROGEN vs ELECTRIC CARS

지구의 대기환경 위한 선택이 아닌 필수  
수소차 vs 전기차



THEME



02	COLUMN	힘차게 재도약하는 전기차와 수소전기차
08	인더스트리 포커스	수소차가 위기의 돌파구가 될 수 있을까?
16	산업기술 경제동향	전기차 확산이 불러오는 자동차 밸류체인 재편
22	TREND & ISSUE	미국의 수소전기차 정책 및 기술 동향

TECH



32	이달의 산업기술상 신기술 _ (주)캠옵틱스	차세대 유무선 가입자망 기술에 속도와 신뢰를 더하다
37	이달의 새로 나온 기술	
41	이달의 사업화 성공 기술	

ACT

48	유망기술	실용화를 위한 ODD-RSD 기반 자율주행시스템
54	R&D 기업_ 일진복합소재	최고의 기술력으로 수소경제의 심장을!

## FUTURE



58	TOPIC	미래 친환경차 시장 놓고 '대격돌' 전기차 vs 수소차
62	MATCH	수소차는 세계 1위인데 발전은 기술력 뒤져
66	KEY WORD	한눈에 보는 세계 최대 모바일 전시회 'MWC19'

## CULTURE

72	1318 테크	현실로 다가오는 수소자동차
76	기술과 문화	'미션 임파서블 고스트 프로토콜'에서 빛난 BMW i8 하이브리드차
78	리쿠르팅	
80	NEWS	



## 이달의 신기술

등록일자 2013년 8월 24일  
 발행일 2019년 3월 31일  
 발행처 한국산업기술평가관리원 원장 성시현  
 발행처 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원,  
 한국산업기술진흥원, 한국공학한림원  
 주소 대구광역시 동구 첨단로 8길 32 (신서동)  
 한국산업기술평가관리원  
 후원 산업통상자원부

편집위원 **산업통상자원부** 김현철 국장, 이재식 과장, 홍기웅 사무관,  
 김덕기 사무관, 조원철 사무관, 우석중 사무관, 최선혜 사무관,  
 전소원 사무관, 오지연 주무관, 강미래 주무관  
**한국산업기술평가관리원** 김상태 본부장, 신성윤 단장,  
 하석호 팀장, 박중성 책임  
**한국에너지기술평가원** 이화용 본부장  
**한국산업기술진흥원** 정필호 본부장  
**한국산업기술문화재단** 정경영 상임이사  
**한국공학한림원** 남상욱 사무처장

편집 및 제작 한국경제매거진 (02-360-4845)  
 인쇄 승일미디어그룹® (1800-3673)  
 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 없이는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.

## 힘차게 재도약하는 전기차와 수소전기차

전기차와 수소전기차는 향후 지구의 대기환경 오염 및 온난화 방지를 위해 선택이 아닌 필수가 됐다. 현재 기술의 빠른 발전 속도를 보았을 때 일정 기간 내연기관차와 공존하겠지만 2030년 이후로는 내연기관차를 빠르게 대체할 것으로 예상된다.



또한 4차 산업혁명의 도래가 사회 각 분야에 혁신적 변화를 일으키고 있듯이 자동차산업 분야도 예외는 아니다. ① 구글과 애플 등으로 대표되는 글로벌 IT기업이 투자 역량을 집중해 인공지능(AI), 5G 이동통신, 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등의 첨단 기술을 자동차에 접목하며 사업 확장을 꾀하고 있고, ② 우버, 그랩 등의 유니콘 업체<sup>3)</sup>들은 이동성 서비스를 중심으로 차량을 공유하는 비즈니스 모델을 빠르게 전개하는 등 자동차를 비롯한 모빌리티 혁명이 급속도로 진행되고 있다.

그동안 자체적으로 기술을 개발해 내재화하는 데 역점을 두었던 글로벌 자동차회사들은 급변하는 환경 변화에 대응하기 위해 전방위적인 개방형 협력을 적극 추진함과 동시에 협업을 통해 초기 리스크를 줄여나감으로써 미래 시장의 주도권을 차지하려는 경쟁에 뛰어들고 있다. 향후 자동차는 친환경 - 자율주행 - 커넥티비티 기술 등이 융합돼 친환경의 똑똑하고 안전한 기술 구현과 상용화가 시작될 것이다.

이러한 기술의 완성을 위해서는 주변 환경을 감지하는 각종 센서, 주변과의 정보통신, 액추에이터 작동 및 제어, 다양한 소비자의 취향을 만족시키는 엔터테인먼트 제공과 차량의 주행을 위해 많은 양의 전기부하를 감당할 수 있는 능력을 가지고 있어야 한다. 따라서 오염물질을 배출하지 않는 전기차와 수소전기차가 미래 운송 수단으로서 올바른 선택이며 방향이라 할 수 있다.

1) Conference of the Parties  
2) 미국 캘리포니아 주에서 2005년부터 연평균 자동차 판매량을 기준으로 중대형 제조사에 일정 비율의 친환경차 판매를 의무화한 제도  
3) 유니콘 업체 : 기업가치가 10억 달러 이상인 스타트업

## 전기차와 수소전기차는 미래 자동차의 선택이며 방향

2015년 11월 195개국이 참가한 제21차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국 총회(COP<sup>21</sup>)에서 2020년 이후의 새로운 기후변화 체제 수립을 위한 파리협정이 채택됐다. 이는 2020년 만료 예정인 교토의정서를 대체하는 것으로 지구 온난화 규제 및 방지를 위한 기후변화협약의 구체적인 이행 방안을 담고 있다. 기존 37개 선진국에만 온실가스 감축 의무가 부여된 것과는 달리 당사국 모두에 의무를 부과한 첫 기후합의라는 점에서 의미가 있다.

이후 각국은 2030년까지 자발적인 온실가스 감축 목표를 유엔에 제출했고 구체적인 이행 지침을 마련하기 위해 196개국 대표가 참여해 협상이 이어지고 있다. 감축 목표는 5년마다 재검토 및 조정이 이루어지기 때문에 자동차산업에 있어 배출가스 규제는 지금보다도 더 강화될 것으로 전망된다.

이에 대부분의 국가는 자동차산업에서 이산화탄소 배출 규제 및 무공해차(ZEV)의 무판매 규제<sup>2)</sup>를 시행하고 있으며 가까운 미래에는 이를 뛰어넘어 내연기관차의 등록 및 판매까지 금지하는 정책을 준비하는 동시에 친환경차 보급 확대를 위한 적극적인 인센티브 정책을 펼쳐가고 있다.

〈표 1〉 주요 국가별 내연기관차 판매 금지 정책 동향

지역	국가	주요 정책 동향(발표 시기)
유럽	노르웨이	2025년~, 내연기관차 판매 금지 법안 합의(2016년)
	네덜란드	2025년~, 내연기관차 판매 금지 법안 하원 통과(2016년)
	영국	2040년~, 휘발유·경유차 판매 금지 정책 발표(2017년)
	프랑스	2040년~, 내연기관차 판매 금지 정책 발표(2017년)
	독일	2030년~, 내연기관차 판매 금지 결의안 채택(2016년)
아시아	인도	2030년~, 전기차만 판매하는 정책 추진하기로 발표(2017년)
	중국	2019년~, 가솔린차 기업의 신규 설립 금지 명문화(2018년)

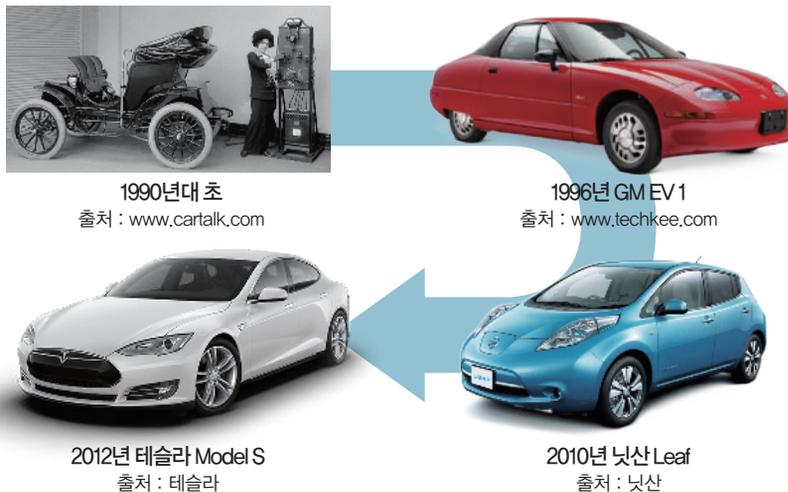
출처 : 각 국 보도자료

### 전기차와 수소전기차는 꾸준한 기술의 발전으로 시장 진입 단계 도래

내연기관차보다 수십 년을 앞선 1832~39년경 로버트 앤더슨에 의해 발명된 전기차는 조용하고 운전하기 쉽다는 장점에 힘입어 1900년대 초반까지 증기차와 내연기관차를 제치고 시장을 주도했다. 그러나 내연기관차의 빠른 기술 발전(자동 시동모터 개발 등), 대형 유전의 발견에 따른 화석연료 가격 하락 그리고 긴 충전 시간 대비 짧은 주행거리라는 단점을 극복하지 못하고 1930년대 즈음에는 거의 사라지고 말았다.

1970년대 오일 쇼크로 잠깐 조명을 받았지만 유가 하락으로 소비자의 관심에서 또 다시 멀어졌다. 1990년대 대도시의 환경오염 문제가 대두되고, 기존 배터리에 비해 에너지 밀도가 크고 충전시간이 짧은 새로운 Ni-MH(Nickel-Metal Hydride) 배터리가 개발됨에 따라 일충전 주행거리가 증가한 GM EV1, 도요타 RAV4 EV 등의 전기차가 리스 등의 형태로 재등장했으나 역시 기존의 단점 및 내연기관차와의 가격 경쟁력이 떨어져 시장이 확대되지는 못했다.

이후 전기차 부흥의 서막을 다시 연 것은 비에너지(Specific Energy, wh/kg)가 Ni-MH 배터리보다 약 2.5배 높아 전기차에 매우 유리한 리튬이온 배터리가 등장하면서부터다. 이를 탑재한 테슬라의 전기 스포츠카 로드스터(2008년)와 닛산의 리프(2010년)에 이어 전기차 모델의 다양화를 통한 시장 확대가 이루어졌다. 또한 내연기관차 대비 부품 기술의 진입장벽이 낮은 전기차 시장 형성에 적극적인 중국의 정책에 힘입어 지금 전 세계는 전기차 열풍에 휩싸여 있다.



〈그림 1〉연도별 주요 전기차의 변화

수소전기차는 GM이 1966년 6인승 밴을 개조한 일렉트로밴을 만들어 차량의 파워트레인으로서 적용 가능한지 엿보기 위해 처음 제작했다. 연료전지시스템<sup>4)</sup> 부피가 크고, 연료전지의 촉매로 수백 g의 백금이 사용됨에 따라 경제성을 확보하지는 못했지만 차량의 성능 측면에서는 가능성을 확인했다.

이후 관련 연구가 간헐적으로 이어졌고, 1990년대 초반 주요 자동차회사들은 전기차 이외의 대안으로 수소전기차에 관심을 가지며 본격적으로 개발을 시작했다. 이러한 연구개발 노력은 기존의 한계였던 연료 전지시스템 부피, 효율 및 성능의 개선으로 이어져 승용 및 SUV가 개발됐다.

2005년부터 GM, 현대자동차, 포드, 다임러크라이슬러는 미국 에너지부(DoE)에서 주관하는 실증사업에 참여해 약 200대 규모(1세대 77대, 2세대 120대)의 일반 소비자 대상 기술 검증 및 상용 보급 가능성에 대한 실증을 하고 있다. 도요타 등이 소량의 수소전기차를 제작해 일반 소비자에게 리스 형태의 시장 진입을 시도했으나 시스템의 내구성 및 가격, 수소 인프라 및 Supply Chain 구축 등 한계가 불거져 양산으로 이어지지 못했다.

경쟁사들보다 6~7년 늦은 1998년부터 연구개발을 시작한 현대·기아자동차는 그동안의 기술 격차를 줄이기 위해 미국 연료전지시스템 전문회사인 UTCFC와의 Open Innovation, 내부 전문가 육성, 국내 기업 육성을 통한 Supply Chain 구축 등의 지속적인 노력을 해왔다. 그 결과 2013년 연료전지시스템 부품의 95%를 국산화하고 내구성을 확보함으로써 세계 최초로 양산을 했으며, 도요타와 혼다가 뒤이어 양산에 돌입했다.

### 내연기관차와의 상품 경쟁력 격차를 줄이기 위한 노력과 준비

전기차와 수소전기차는 화석연료 대신

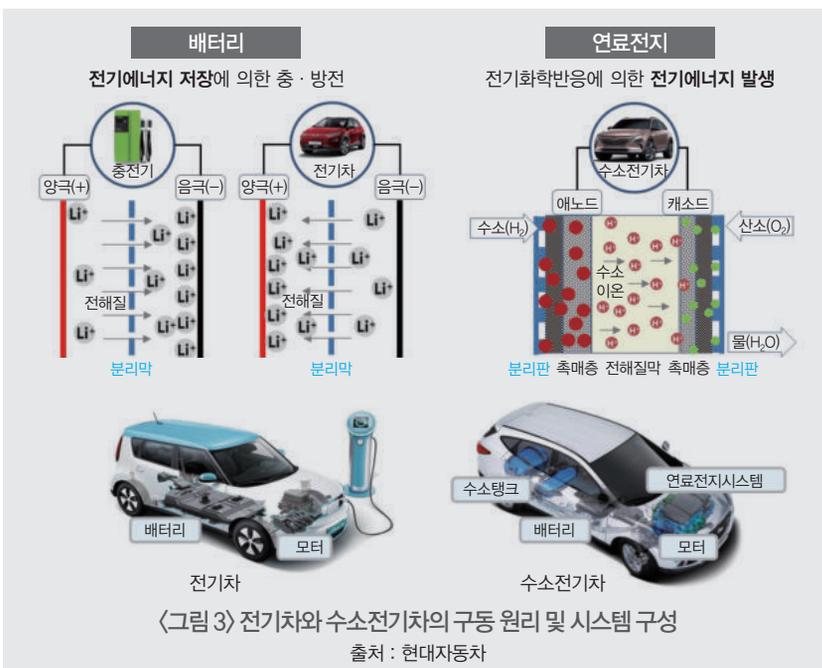
4) 연료전지시스템 : 수소공급장치(압력조절밸브 등), 공기공급장치(압축기·가습기 등), 열관리장치 등으로 구성



〈그림 2〉 시대별 주요 수소전기차의 변화  
출처: 각 사

전기에너지를 사용함으로써 이산화탄소 등 유해한 가스를 배출하지 않는 ZEV다. 차이점은 '전기에너지를 어떤 방법으로 공급받느냐'다.

전기차는 기존 전력망에서 완속(7kWh, 5시간 이상) 또는 급속충전기(50kWh 이상, 30분 이내)를 사용해 차량에 탑재된 배터리를 충전한 후 저장된 전기에너지로 모터를 구동한다. 반면 수소전기차는 연료전지시스템의 스택(Fuel Cell Stack)<sup>5)</sup>에 압축 탱크에 저장된 수소와 대기 중 산소를 공급해 전기화학 반응을 일으킨다. 이 과정에서 발생된 전기에너지로 모터를 구동하며 배기구에서는 물만 배출하게 된다.



〈그림 3〉 전기차와 수소전기차의 구동 원리 및 시스템 구성  
출처: 현대자동차

〈표 2〉 전기차와 수소전기차 비교

↓

코나 전기차	비교 항목	넥소 수소전기차
406km	1회 충전 주행거리	609km
54분 (100kW 급속, 80% 기준)	충전시간	5분
4861만~5070만 원	차량 가격 (세전 기준)	7203만~7548만 원
933기 (공공 급속충전기 기준)	국내 충전소 (2018년 12월 기준)	14기
5만7000대 (2011년~)	국내 누적 보급 대수(2018년 12월 기준)	889대 (2013년~)

출처: 현대자동차

현재 국내에서 판매되는 전기차와 수소 전기차를 비교해 보면〈표 2〉 ① 전기차는 연료의 공급, 저장, 에너지를 발생시키는 부품 등이 없으므로 수소전기차 및 내연기관차에 비해 단순하다.

② 전기차가 수소전기차 대비 약 30% 저렴하나 구매 보조금 없이 소비자의 선택을 받을 수 있을지는 미지수다. 수소전기차와 전기차와의 격차는 연료전지에 쓰이는 고가 소재의 사용량 감소, 규모의 경제 진입에 따른 원가 절감 등으로 kWh당 가격 하락의 여지가 많아 좁혀질 것으로 예상된다.

③ 고용량 리튬이온 배터리의 적용으로 전기차의 1회 충전거리가 늘었지만 수소 전기차의 60~70% 수준에 불과하며, 급속충전기의 충전용량 증가로 빠르게 단축되고 있으나 수소전기차와 내연기관차의 3~5분에 비하면 아직 충전시간 절감을 위한 노력이 필요하다.

5) 스택 : 분리판, 기체확산층 및 막전극접합체 등으로 구성돼 전기화학 반응에 의해 전기에너지 생산

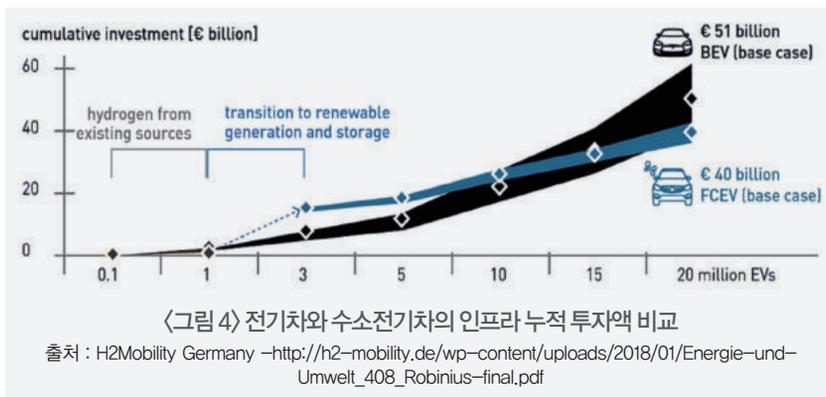
④ 수소로의 변환, 압축 및 운송 등을 위한 에너지 사용으로 연료비 측면에서는 수소전기차가 불리하다. 따라서 저가로 수소를 대량 생산할 수 있는 기술 개발이 요구된다.

⑤ 전기충전소가 수소충전소보다 압도적으로 많이 설치돼 있고 설치 비용도 유리하나 향후 차량 대수가 증가할 경우 달라질 수 있다.

‘H2Mobility Germany’의 독일 내 인프라 구축 관련 연구 결과를 보면, 차량의 보급 대수가 1500만 대 이상일 경우 수소충전소 인프라 구축 누적 투자비가 전기차 충전소 투자비보다 적어진다는 예측 결과가 있다(그림 4).

또한 2018년 9월 Hydrogen Council의 보고서에 따르면 미국 뉴욕 시의 모든 택시를 대체한다고 가정할 경우 30분 이상 충전시간이 필요한 전기차의 충전기 설치를 위해선 농구 코트 180배의 면적이 필요하다. 반면 충전시간이 5분 내외인 수소전기차는 12배 정도의 면적만으로도 충전 인프라 설치가 가능하다.

그렇다면 전기차와 수소전기차의 충전 인프라 설치 비용 및 용이성에 대한 우열은 얼마든지 바뀔 수 있다. 향후 차량의 운행 조건과 규모 등을 고려한 합리적인 판단이 필요한 상황이다.



〈그림 4〉 전기차와 수소전기차의 인프라 누적 투자액 비교

앞서 비교해 본 바와 같이 두 차종이 갖는 각각의 장단점은 분명하나 두 차종 모두 내연기관차 대비 높은 차량 가격, 인프라 확대 구축, 사용 연료의 친환경 제조 및 공급과 기술적 단점을 보완하기 위한 기술 개발이 필요한 상황이다.

전기차의 경우 일충전 주행거리를 개선하기 위해 에너지 밀도를 향상시키는 차세대 배터리 개발, 충전시간 단축을 위한 혁신적 충전 기술 개발 등 관련 산업 분야와의 협조와 개발에 속도를 더 내야 할 것이다.

수소전기차는 가격 경쟁력을 확보하기 위해 귀금속(백금 촉매) 및 고가 소재(전해질막, 고강도 탄소섬유 등)의 대체재 개발, 적용 부품의 감소 및 모듈화 등에 집중하고 상용차 및 발전 부문까지 시스템 공용화로 규모의 경제에 도달할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

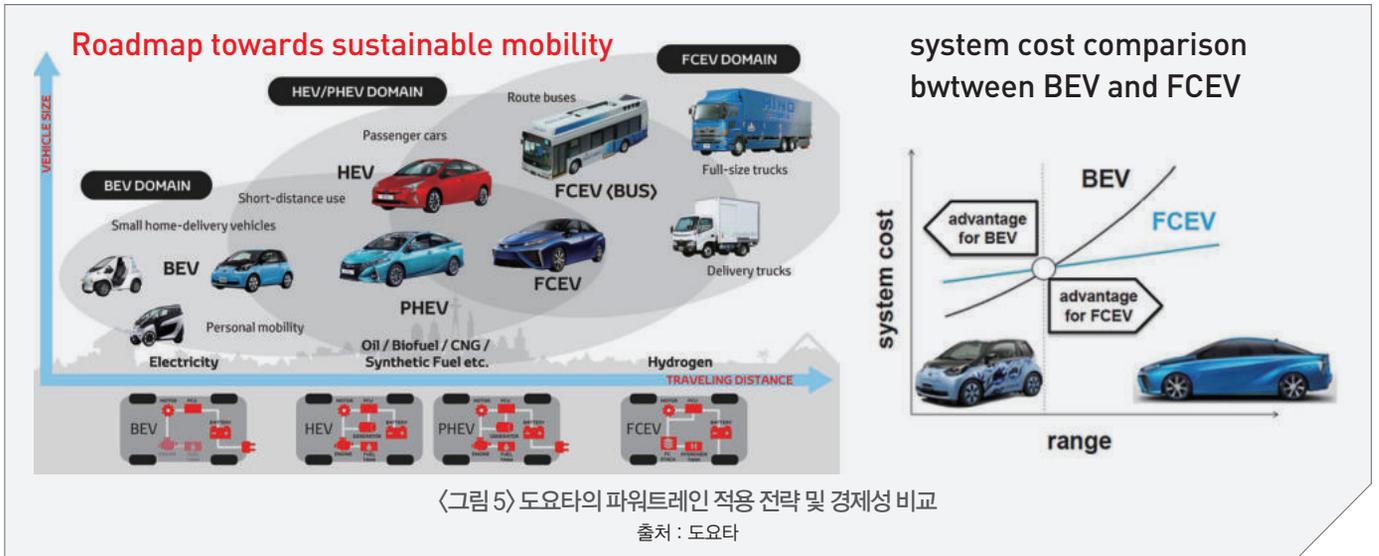
## 전기차와 수소전기차는 차종별 요구 특성에 따라 상당기간 공존 예상

화물을 운송하는 트럭에 가솔린엔진을 탑재할 경우 디젤엔진보다 큰 배기량의 엔진이 필요하며, 설사 성능을 확보하더라도 연료 비용을 감당하기엔 많은 힘이 든다. 상용차에서 디젤엔진을 주로 사용하는 것은 회전영역이 낮은 영역에서의 높은 토크 확보가 가능하고 효율이 높기 때문이다.

전기차와 수소전기차는 두 차종 모두 모터와 감속기를 사용하지만, 차별화되는 특성은 충전 연료와 시간, 이에 따른 일충전 주행거리일 것이다. 가까운 거리를 출퇴근하는 소형차는 전기차의 시스템 가격 및 운영비 측면에서 장점이 있다. 그러나 길게는 수천 km에 달하는 장거리 운송, 화물 적재 중량 및 납기시간을 증시하는 물류 운송용 트럭과 같은 상용차에 전기차 시스템을 적용하는 것은 시스템 가격 상승, 긴 충전 대기 시간 및 짧은 일충전 주행거리 등을 고려할 때 용도에 적합하지 않다.

최근 유럽의 알스툼은 디젤엔진을 대체할 수 있는 수소연료전지 열차를 대안으로 삼아 실증사업을 진행하고 있다. 도요타가 미국 로스앤젤레스 항구에서 연료전지를 탑재한 대형 트럭을 운행하고 있는 것도 이와 무관하지 않다.

국내외 많은 자동차회사는 자동차 운용도, 소비자의 주행 특성, 시스템 가격 등을 고려해 전기차든 수소전기차든 가장 적합한 기술을 어떤 차량에 확대 적용할지를 계속 고민할 것이다(그림 5). 하지만 한 가지 시스템만으로 모든 차량의 상품성을 만족하기에는 무리가 있어 함께 공존할 것으로 예상된다.



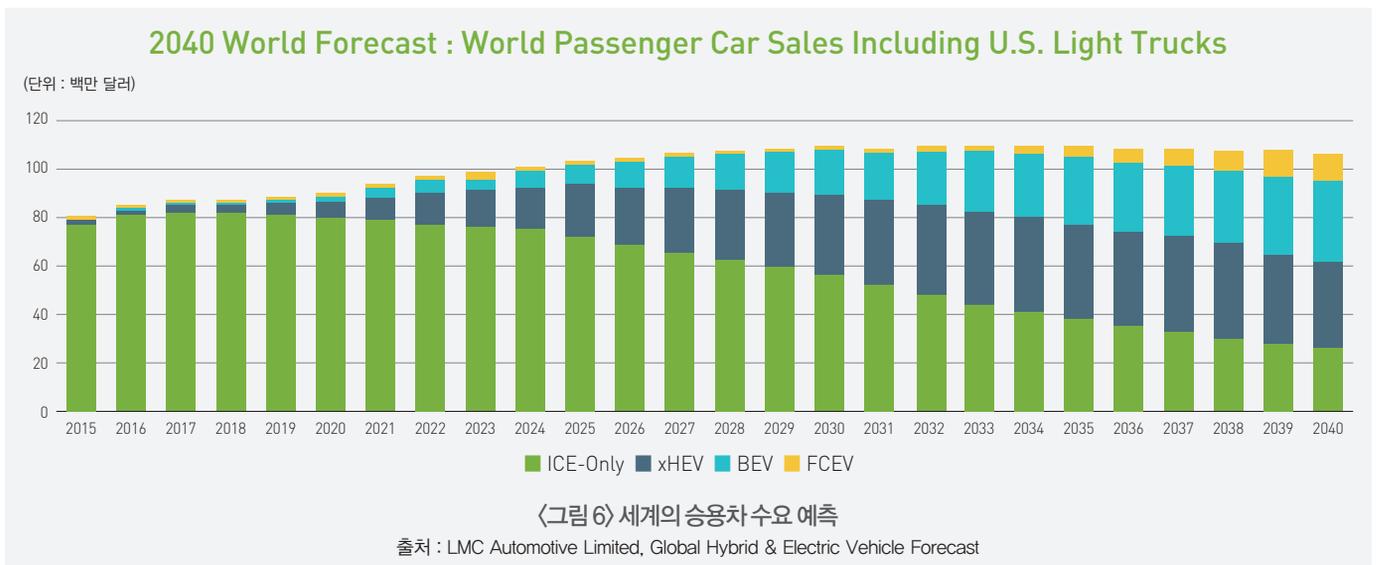
### 친환경 사회를 앞당기기 위한 관련 산업 분야와의 협력과 오픈 이노베이션 필요

지금까지 각국 정부에서 환경정책의 일환으로 보조금 지급에 따른 급속한 성장을 하고 있지만 향후 보조금은 축소 또는 폐지될 것으로 예상된다. 그렇다면 일반 소비자에게 선택받을 수 있는 상품 경쟁력을 확보하는 것이 친환경 차의 조기 확대를 위한 필수조건일 것이다.

이른 시일 안에 기존 내연기관차와의 경쟁력을 갖추기 위해서는 각 차종이 가지는 기술장벽 극복, 가격 경쟁력 확보를 위한 고가 소재 사용량 저감과 대체 소재 개발, 소재의 공급 안정화를 위한 Supply Chain 구축, Green Electricity와 Hydrogen 생산, 사

회적 인프라의 빠른 구축 등이 고려되어야 한다.

향후 사회 각분야에서는 빠른 기술 혁신이 일어날 것이며 융합을 통한 확산도 예상되고 있다. 따라서 자동차 내부에서의 자체 기술 내재화도 중요하지만 관련 산업 분야와의 적극적인 협력과 오픈 이노베이션(Open Innovation)을 통한 미래 모빌리티의 혁신을 주도해 나가야 할 것이다.



# 수소차가 위기의 돌파구가 될 수 있을까?

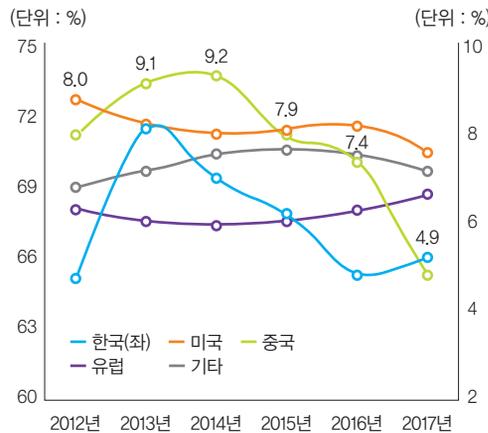
주요 시장에서의 경쟁력 약화, 생산기반 위축, 미중 무역분쟁 리스크 등으로 2019년 국내 자동차산업의 실적 부진이 지속될 것으로 예상된다. 이처럼 자동차업계가 위기에 봉착한 가운데 새로운 기회 측면에서 정부가 수소차에 대한 지원 계획을 발표하고 있지만, 현실적인 문제로 인해 전기차처럼 가파르게 확산되기는 어려울 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 수소차는 전기차와 다르게 차별화된 강점을 가지고 있어 여전히 주목받고 있다.

## 국내 자동차산업의 실적 개선은 여전히 불투명한 상황

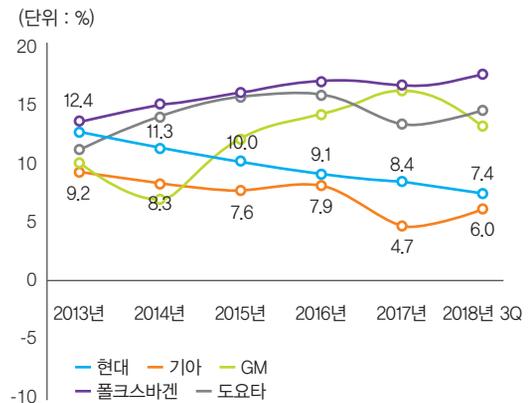
현대·기아차는 글로벌 자동차 시장에서 소형 SUV 수요 증가에 대한 선제적인 대응 미흡, 가격 경쟁력 약화, 모델 노후화 등으로 구조적 경쟁력이 약화되고 있다. 특히 중국의 소형차를 대상으로 하는 취득세 인하 정책 소멸과 사드 보복에 따른 타격으로 생산기반이 위축되는 등 중국 내 시장점유율이 크게 하락하고 있는 추세다. 이를 반영하듯 2018년 10월 31일 스탠더드앤드푸어스(S&P)는 현대, 기아, 모비스 등 주력 3사의 신용등급을 A-에서 BBB+로 낮췄다.

2018년 상반기 한국GM 군산 공장의 폐쇄 결정이 국내 1, 2차 벤더의 실적에 부정적으로 작용했고, 2019년에도 이에 따른 후유증이 지속될 것으로 전망된다. 더불어 미국발 긴축, 달러 강세로 인해 신흥국 자본 유출 가능성이 높아지면서 신흥 시장에 진출한 국내 부품업체의 환차손 위험이 상존할 것으로 보인다. 또한 미국 정부의 무역확장법 232조 적용에 따른 한국산 자동차 및 부품에 대한 고율의 관세 부과 가능성이 국내 자동차산업의 기대감을 낮추는 요인으로 작용하고 있다.

결국, 완성차 제조업체의 글로벌 판매 부진과 실적 악화가 지속되는 가운데 한국GM 사태의 정상화 지연, 신흥국 환율 변동성 및 미국발 자동차 관세 리스크 등으로 2019년 국내 자동차산업의 가시적인 실적 개선을 기대하기는 어려울 것으로 예상된다.



출처 : WardsAuto, 하나금융경영연구소



출처 : Bloomberg

## 수입 자동차 · 부품에 '25% 일률 관세' 부과 시 국내에 미치는 영향

〈표 1〉 미국 정부의 외국인 자동차와 자동차부품에 대한 25% 일률 관세 부과 시 국내 영향 분석

↓

(단위 : 억 원)

구분	영향 요인	번호	현대	기아	한국GM	쌍용	르노삼성	계
자동차	미국 수출	소비자 비용 ①	6,385	5,225	2,160	0	2,494	16,263
		기업 비용 ②	4,257	3,483	1,440	0	1,662	10,842
		계 (③=①+②)	10,642	8,708	3,600	0	4,156	27,105
	국내 공장	④	2,128					2,128
	멕시코 공장	⑤		562				562
	계 (⑥=②+④+⑤)	⑥	6,385	4,045	1,440	0	1,662	13,533
자동차부품	미국 공장	⑦	8,369	7,058				15,427
	계 (⑧=⑦)	⑧	8,369	7,058				15,427
총 계 (⑨=⑥+⑧)		⑨	14,754	11,104	1,440	0	1,662	28,960
2017년 각사 당기순이익(쌍용차만 개별 기준)			40,328	9,680	-11,602	3050	-658	40,798

출처 : 각사 사업보고서, Kis-Value 및 유진투자증권(미국 자동차 관세 부과 위험과 국내 영향분석) 자료를 토대로 하나금융경영연구소 추정

## 위기의 돌파구로 수소차카드를 꺼내든 한국 정부

최근 우리나라는 정부 차원에서 수소차 산업생태계 조성을 모색하고 있다. 2018년 5월 정부는 '산업 혁신 2020 플랫폼'을 도입하면서 주요 신산업 프로젝트에 최대 160조 원을 투자하고, 20만 개의 일자리 창출을 위한 로드맵을 발표했다. 신산업은 전기·자율주행차, 에너지신산업, 반도체·디스플레이, 사물인터넷(IoT) 가전, 바이오헬스 등 5개 분야다. 특히 전기·자율주행차 분야에서는 크게 전기차, 수소차, 자율주행차 등 3대 테마를 중심으로 민간의 혁신적 신제품 출시와 시장 창출을 위한 지원을 할 예정이다. 나아가 2018년 6월 '산업혁신 2020 플랫폼 2차 회의'에서는 수소차 산업생태계 활성화를 위해 2022년까지 총 2조6000억 원을 투자, 4660개의 일자리를 창출한다는 계획을 발표했다.

현대차그룹도 중장기 수소차 로드맵을 처음 제시했다. 2018년 12월 현대차그룹은 'FCEV 2030'에서 2030년까지 총 7조6000억 원을 투자, 5만1000명의 고용을 새로 창출할 것이라고 밝혔다. 현대차그룹은 이를 토대로 2030년까지 연 50만 대 규모의 수소차 생산체제를 구축해 수소차 시장 내 선두의 지위를 지속적으로 확보한다는 계획이다. 이러한 목표를 성공적으로 달성하기 위해 주요 협력사 약 124곳에 설비투자 자금 등을 지원, 안정적인 수소차 사업 확장과 시장 수요에 대한 대응이 이루어지도록 긴밀한 협력을 유지할 예정이다.

이처럼 우리나라에서 수소차에 대한 관심이 고조되는 이유는 국내 자동차업계가 위기에 봉착한 가운데 새로운 기회 측면에서 고용창출 효과가 높고, 고부가가치 창출이 가능한 수소차 시장이 전략적 투자 분야로 선정될 필요가 있었기 때문이다. 특히 정부에서는 국내 수소차·연료전지 등 상용 분야의 경우 기술 수준이나 생산, 운송 등 생태계 조성 면에서 미흡한 데다 장기 로드맵조차 부재한 상황이어서 체계적인 준비만 한다면 상용 기술을 바탕으로 수소경제 선도국의 지위 확보가 가능하다고 판단했다. 실제로 정부는 2017년 2월 '수소융합얼라이언스 상설추진단'을 발족해 기존 '수소융합얼라이언스'의 원활한 활동과 정책 과제를 구체적으로 이행하기 위해 노력해 왔다.

<표 2> '산업혁신 2020 플랫폼' 신산업 분야별 투자와 고용 관련 로드맵

↓

분야	투자(조 원)				일자리(백 명)			
	2018년	2019년	2020~22년	계	2018년	2019년	2020~22년	계
전기·자율주행차	6.9	7.1	20.2	34.2	35	37	110	182
에너지신산업	6.7	8.9	29.2	44.8	179	290	1023	1492
반도체·디스플레이	13.6	15	31.5	60.1	18	25	42	85
IoT 가전	2.8	2.8	5.3	10.9	30	32	99	161
바이오·헬스	1.4	1.4	4.7	7.5	10	10	32	52
계	31.4	35.2	90.9	157.5	272	394	1306	1972

출처 : 산업통상자원부 산업정책과

2019년 1월 국내 수소경제 활성화 로드맵

( )안은 내수

<그림 3> 수소 모빌리티(누적)

		2018년	2022년	2040년
모 빌 리 티	수소차	1800대(900대)	8만1000대(6만7000대)	620만 대 이상(290만 대)
	승용차	1800대(900대)	7만9000대(6만5000대)	590만 대(275만 대)
	택시	-	-	12만 대(8만 대)
	버스	2대(전체)	2000대(전체)	6만 대(4만 대)
	트럭	-	-	12만 대(3만 대)
	수소충전소	14곳	310곳	1200곳 이상
열차·선박·드론		R&D 및 실증을 통해 2030년 이전 상용화 및 수출 프로젝트 추진		

<그림 4> 수소에너지(누적)

		2018년	2022년	2040년
에 너 지	연료전지	307.6MW	1.5GW(1GW)	15GW 이상(8GW)
	발전용			
	가정·건물용	7MW	50MW	2.1GW 이상
수소가스터빈		2030년까지 기술 개발 완료 → 2035년경 상용 발전		

<그림 5> 수소 공급 및 가격

		2018년	2022년	2030년	2040년
공 급 · 가 격	공급량(=수요량)	연 13만 톤	연 47만 톤	연 194만 톤	연 526만 톤 이상
	공급방식	① 부생수소(1%) ② 추출수소(99%)	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※①+③+④ : 50% ② : 50%	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※①+③+④ : 70% ② : 30%
	수소가격	(정책가격)	6000원/kg(시장화 초기가격)	4000원/kg	3000원/kg

출처 : 산업통상자원부

### 주요 선진국은 이미 수소차 산업생태계 구축 지원 확대 중

미국은 에너지부를 중심으로 수소와 연료전지 관련 프로그램을 운영하고 있으며, 연방정부는 관련 인프라 구축을 계획 중이다. 예를 들면, 캘리포니아 주정부는 2020년까지 수소차 10만 대를 보급하고, 수소충전소 100곳을 구축할 예정이다. 일본은 2014년 국가에너지기본계획에 수소사회 실현을 명시적으로 규정하는 한편, 2016년 4대 혁신전략 중 하나로 2030년 수소사회 구현을 위한 추진전략을 수립하고 민관이 협력해 이를 강력하게 실행하고 있다. 도쿄 올림픽이 열리는 2020년까지 수소차 4만 대를 보급하고, 160곳의 수소충전소를 구축하는 것이 목표다. 독일은 민관 협조로 특수목적법인(SPC)을 설립하고, 충전 인프라 확대를 모색한 결과 현재 50여 곳의 수소충전소를 구축했다. 2020년까지 수소차 15만 6000대, 수소충전소 373곳을 만들 계획이다. 중국은 2018년 2월 정부 부처와 국유기업인 국가에너지투자그룹 주도로 17개 기업 및 기관이 참여한 '중국 수소에너지 및 연료전지산업 혁신전략연맹'을 출범시켰으며, 수소차산업 발전과 수소충전소 건설 계획 제정을 검토 중이다. 2025년까지 수소차 5만 대를 보급하고, 수소충전소를 300곳 구축하는 것이 목표다.

### 세계 자동차 제조사 역시 수소차의 시장 경쟁력 강화 모색

도요타는 BMW와 2013년 수소차 시스템의 공동 개발에 관한 정식 계약을 체결했고, 2014년 세단형 수소차 미라이를 출시했다. 혼다는 GM과 2013년 차세대 연료전지 개발 및 수소 저장 기술 분야 제휴를 결정해 2016년 클라리티를 내놨다. 이외에도 닛산, 다임러, 포드 등 3사는 2013년 수소차 상용화 기술의 공동 개발에 합의했는데, 이처럼 선진 주요 국가 간 수소차 상용화 공동협력 개발로 수소차의 제품 경쟁력을 강화하는 추세다. 현대차는 2013년 일반 생산라인에서 수소차 양산을 시작했고, 2018년 초 2세대 수소차 넥쏘를 출시한 바 있다. 현대차그룹은 수소차 핵심 기술의 독자 개발에 성공해 세계 최초로 해당 부품의 일관 대량생산 체제를 구축했으며, 전 세계에서 모든 종류의 친환경차를 판매 중인 유일한 기업으로 자리매김했다.

〈표 3〉 수소차 모델별 제원 비교

↓

구분	도요타	혼다	현대차
모델명	Mirai	Clarity	Nexo
차종	Sedan	Sedan	SUV
출시연도	2014년 12월	2016년 3월	2018년 3월
충전시간	3~5분	3~5분	5분
1회 주행거리(km)	502	750	593~609
보조금 제외가격(백만 원)	70	79	60~70

출처 : OECD(2015), Factor CO<sub>2</sub>'s INDC Update

〈표 4〉 국가별 수소차와 수소충전소 구축 목표

↓

국가	수소차(대)	연도	수소충전소(곳)
독일	15만6000	2020년	373
미국 캘리포니아	10만	2020년	100
	4만	2020년	160
일본	20만	2025년	320
	80만	2030년	900
	5000	2020년	100
중국	5만	2025년	300
	100만	2030년	1000
한국	9000	2020년	24(2018년)
	10만	2025년	310(2022년)

출처 : 현대차, 산업자료, 하나금융경영연구소 정리

## 주요국의 수소충전소와 수소차 지원 정책 동향

〈표 5〉 주요국의 수소충전소 지원 정책

↓

미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ARFVT(California's Alternative and Renewable Fuel and Vehicle Technology) 프로젝트                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소충전소 설치를 위해 매년 2000만 달러 거출</li> </ul> </li> <li>■ 설치비의 85%, 운영비 중 10만 달러 3년간 보조</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 6개의 민간 기업이 공동 출자한 H2 Mobility가 수소 스테이션을 독점적으로 정비</li> <li>■ 정부가 최대 4억 유로의 보조금 지원</li> <li>■ 설치비 50%, 운영비의 50% 이상 지원</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정부가 설치비의 50%, 최대 2200만 엔의 운영 보조금 지급</li> <li>■ 자동차업체, 지자체도 수소충전소 운영비 보조 프로그램 제공</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2016년 11월 중국 수소에너지산업 기초시설발전 청서를 통해 2050년까지 수소전기차 1000만 대 보급, 총 4조 위안 규모의 수소에너지산업 육성기로 함</li> <li>■ 중국 공신부는 2016년 제1회 국제수소연료전지포럼에서 2020년 수소전기차 5000대, 수소충전소 100곳 설치의 도입기를 거쳐 2030년 수소전기차 100만 대 생산 목표 발표</li> <li>■ 2017년 9월 상하이시는 2025년까지 글로벌 탑3 업체의 수소전기차 관련 연구센터 2곳을 유치하고, 50곳 이상 충전소와 승용차 2만 대 포함 총 3만 대의 수소전기차를 보급하는 연료전지차 발전규획 발표</li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수소충전소 구축 비용 절감을 위해 모듈화 및 패키지화를 중심으로 한 충전소 핵심 장비의 국산화 추진, 향후 4년간 집중 투자 계획</li> <li>■ 제도 정비와 더불어 중점 보급 지역에 규제 프리존 도입 등 수소충전소 보급 확대 추진</li> </ul>

출처 : "신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제, 2016.8", 산업연구원, 언론자료 토대로  
 하나금융경영연구소 정리

〈표 6〉 주요국의 수소차 지원 정책

↓

미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 캘리포니아 주의 차량 구입 보조금(대당 1300달러)</li> <li>■ 자동차업체의 연료비 지원 및 리베이트 프로그램                     <ul style="list-style-type: none"> <li>*정부의 구입 보조금 제도는 없음</li> </ul> </li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 세금 면제</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 세금 감면(취득세, 종량세, 면세 혜택)</li> <li>■ 정부의 차량 구입 보조금(대당 202만 엔)</li> <li>■ 지자체 보조금</li> <li>■ 도요타는 3년간 수소연료비를 보조하는 프로그램 제공</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수소전기차는 2020년까지 동일 보조금 지원 정책 유지                     <ul style="list-style-type: none"> <li>*보조금은 20만 위안(승용)으로 지방정부 보조금까지 더할 경우 최대 50만 위안의 보조금 지원 가능</li> </ul> </li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정부와 지자체 보조금</li> </ul>

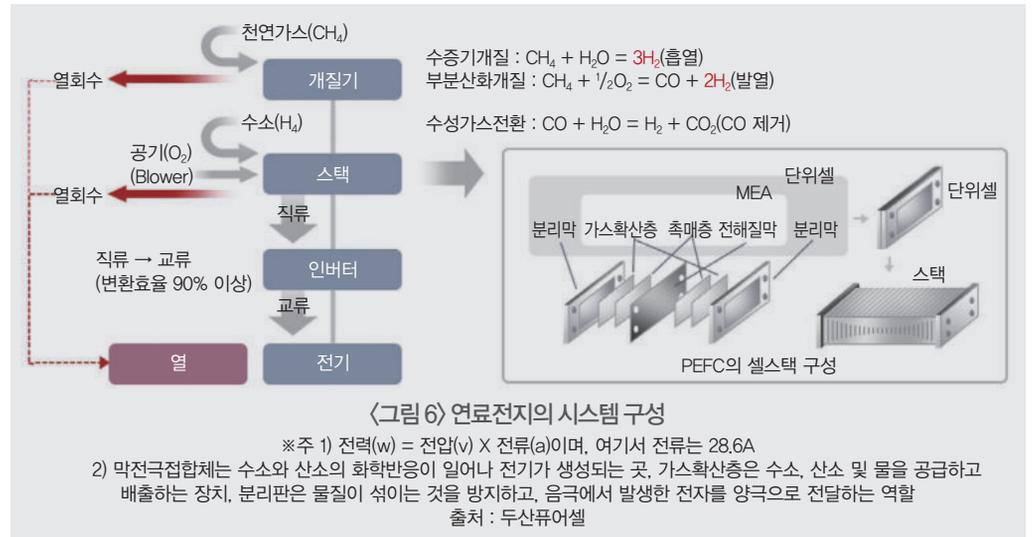
출처 : "신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제, 2016.8", 산업연구원, 언론자료 토대로  
 하나금융경영연구소 정리

### 수소차 산업생태계 구축의 제약 요인

수소차 산업생태계를 구축하기 위해서는 크게 세 가지가 선결되어야 한다.

첫째, 연료전지 핵심 부품의 생산원가 하락이 필요하다. 수소차 연료전지의 3대 핵심 기술은 MEA(막 전극접합체), GDL(가스확산층), Plate(분리판)다. 그런데 이러한 연료전지가 수소차의 원가에서 차지하는 비중은 40~50%이며, MEA와 Plate는 연료전지 원가의 60~70%를 차지하고 있다. 특히 스택을 이루는 각 셀에는 귀금속인 백금이 촉매제로 사용돼 스택 가격이 높는데, 1세대 투싼의 경우 스택 총원가에서 백금이 차지하는 원가 비중이 50%에 이른다. 현대차 1세대 투싼 수소차의 백금 사용량은 80g에 달했으나 이후 출시된 도요타 미라이, 혼다 클라리티에 사용된 백금량은 각각 30g, 11g으로 크게 줄었다. 따라서 수소차의 대중화를 위해서는 대량생산 체제로 가격을 낮추는 것도 중요하지만, 연료전지의 핵심 부품인 MEA와 Plate의 국산화가 필요하다. 더불어 백금 사용량을 최대한 억제할 수 있는 기술을 확보함으로써 차량 가격을 낮출 필요가 있다.

둘째, 다수의 수소충전소 구축이 필요하며, 설치 비용을 낮추기 위해 무엇보다 관련 설비 및 부품의 국산화가 우선이다. 수소차는 가솔린과 LPG 자동차처럼 수소나 액화수소를 연료탱크에 저장해야 하기 때문에 이를 충전할 수 있는 인프라가 필요하지만 수소충전소 구축과 관련된 각종 규제, 높은 구축 비용 등 경제성을 확보하기가 어려운 점이 충전소 보급의 저해 요인으로 작용하고 있다. 독립형 수소충전소를 구축하기 위해서는 최소 300~400평의 부지가 필요하기 때문에 수도권 내 용지 확보가 어려운 데다 많은 설치 비용이 든다. 업계에 따르면, 수소충전소 구축 비용은 일반 주유소 설치 비용의 약 15배인



〈표 7〉 연료전지의 종류와 특성



	고온형		저온형			
	MCFC (용융탄산염 연료전지)	SOFC (고체산화물 연료전지)	PAFC (인산형 연료전지)	AFC (알칼리 연료전지)	PEMFC (고분자전해질 연료전지)	DMFC (직접메탄올 연료전지)
작동 온도(도)	550~700	600~1000	150~250	50~120	50~100	50~100
주 촉매	Perovskites	니켈	백금	니켈	백금	백금
전해질 상태	Li/K alkali carbonates mixture	YSZ GDC	$H_3PO_4$	KOH	이온교환막	이온교환막
전해질 지지체	immobilized liquid	Solid	immobilized liquid	-	Solid	Solid
전하전달 이온	$CO_3^{2-}$	$O_2^-$	$H^+$	$OH^-$	$H^+$	$H^+$
가능한 연료	$H_2, CO$ (천연, 석탄가스)	$H_2, CO$ (천연, 석탄가스)	$H_2, CO$ (메탄올, 석탄가스)	$H_2$	$H_2$ (메탄올, 석탄가스)	메탄올
외부 연료 개질기의 필요성	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
효율(% LVH)	50~60	50~60	40~45	-	< 40	-
주 용도	대규모 발전, 중소사업소 설비	대규모 발전, 중소사업소 설비, 이동체용 전원	중소사업소 설비, Biogas Plant	우주발사체 전원	수송용 전원, 가정용 전원, 휴대용 전원	휴대용 전원
특징	발전 효율, 내부 개질, 열병합 대응	발전 효율, 내부 개질, 복합발전	CO 내구성 큼, 열병합 대응	-	저온 작동, 고출력 밀도	저온 작동, 고출력 밀도
과제	재료 부식, 용융염취산	고온열화, 열파괴	재료 부식, 인산 유출	전해질에서 누수 현상 방지	고온 운전 불가능, 재료비·가공비 높음, 낮은 효율	고온 운전 불가능, 재료비·가공비 높음
제조사	포스코에너지	포스코에너지, LG퓨얼셀시스템즈	두산퓨얼셀	-	두산퓨얼셀, 에스퓨얼셀, 현대차	-

출처 : "신재생에너지 백서, 2014.2", 산업통상자원부, "신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제, 2016.8", 산업연구원

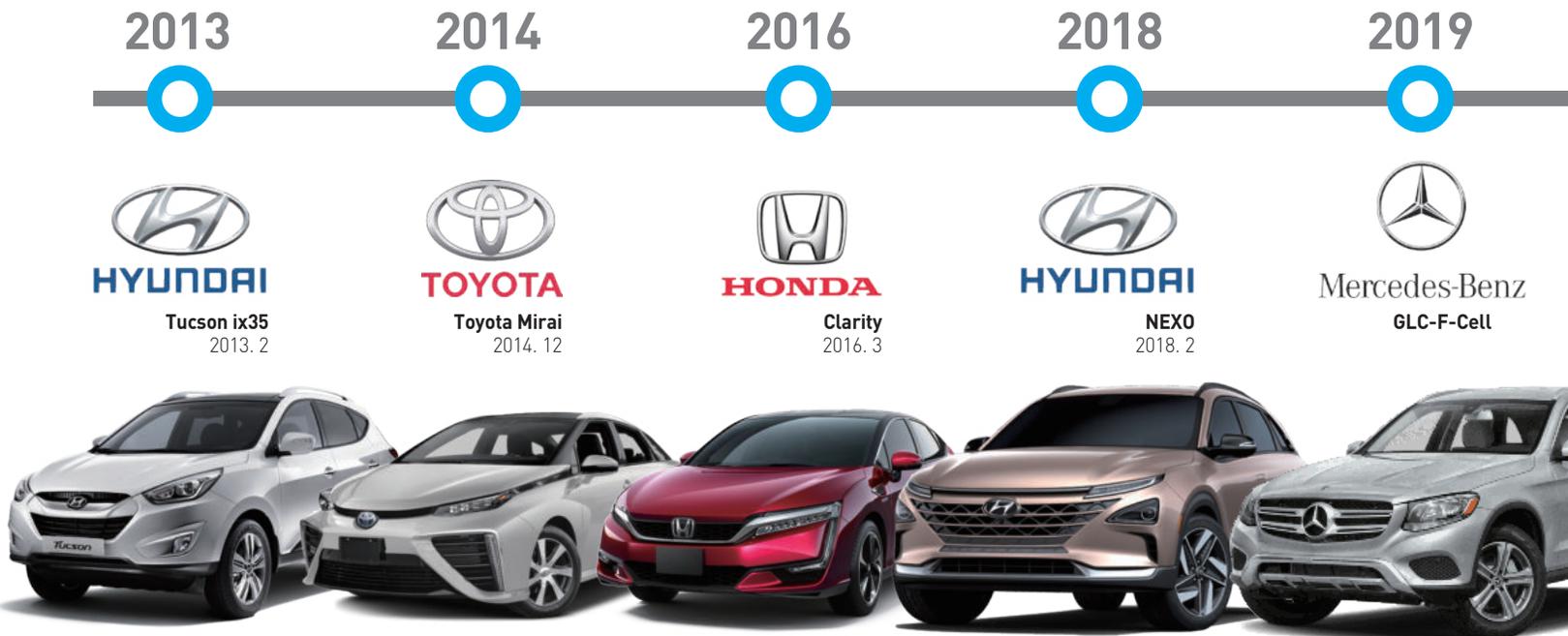
30억 원이 드는 데다 수소충전소 구축 촉진을 위해 정부와 민간의 긴밀한 상호협력도 필요하다. 이외에도 수소충전소의 설치 비용을 절감하기 위해서는 현재 40% 수준에 불과한 주요 설비 및 부품의 국산화가 이루어져야 한다.

셋째, 적절한 수소 가격과 충분한 공급량 확보가 필요하다. 수소는 전기처럼 에너지 운송매체로서의 역할을 수행하지만, 무독, 무색, 무취의 화합물 형태로 존재하기 때문에 이를 활용하기 위해서는 추출이 필수적이다. 수소차 시장 활성화를 위해 수소 가격을 적정하게 설정하는 것이 중요한데, 동급 내연기관 차 운영비 대비 경제성을 확보할 수 있는 수준은 1kg에 6000~8000원(환경부)이다. 2015년 캘리포니아 주정부에 따르면, 당시 수소 가격은 kg당 8~11달러로 가솔린 가격이 갤런당 3~4달러 수준인 점을 감안해도 수소의 연비가 8배 이상 높지 않다는 점을 고려하면 경제성은 아직 미흡한 것으로 평가(1gal=3.8kg)된다. 향후 기술혁신, 충전 인프라 구축 등이 이루어지면 수소 가격은 kg당 5~8달러로 낮아질 것으로 전망된다. 수소차 보급이 확대되기 위해서는 수소 제조 인프라의 대규모 투자 확대를 통한 충분한 공급량 확보가 선행되어야 한다.

### 위기의 돌파구 되기는 어렵지만, 여전히 미래의 유망 산업

세계 자동차업체들은 수소차의 양산 모델 출시를 위해 연구개발과 투자를 확대하고 있다. 2018년 상반기까지 글로벌 출시된 수소차 모델은 4종이고, 2021년까지 다임러, GM, 포드, 닛산, BMW가 수소차 양산 대열에 가세할 것으로 보인다. 현재 출시된 양산 모델이 4종 정도임을 고려하면 글로벌 시장의 수소차 보급 대수는 미미한 상태다. 현대차는 투싼 수소차를 2013년 27대 판매한 이후 2014~2016년 누적

〈그림 7〉 수소차 출시 현황 및 전망



판매 666대였으며, 도요타 미라이는 2014년 출시 이후 2016년까지 2843대 판매됐다. 2017년 전기차가 75만 대 판매된 반면 수소차는 1240대에 불과할 정도로 수소차 시장 규모가 전기차에 비해 매우 작다.

따라서 수소차의 대량 생산에 따른 규모의 경제가 실현되기 전까지 전기차에 지원하는 금액 이상의 보조금이 필요할 것으로 예상된다. 또한 수소충전소 구축과 관련된 각종 규제, 높은 구축 비용 등 경제성 확보를 해결하기 위해 민관 공동의 전략적 협력이 필요한 상황이다. 친환경성의 경우 수소차가 전기차보다 높지만, 전술한 현실적인 문제 때문에 수소차가 전기차처럼 가파르게 확산되기는 어려울 것으로 예상된다. 하지만 2019년부터 중국에서 일정한 비율의 친환경차 의무 생산 정책이 시작되고, 그 비율이 매년 늘어나야 하기 때문에 친환경 크레딧 점수가 가장 높은 수소차의 비중은 미미하지만 지속해서 상승할 것으로 전망된다.

수소차가 전기차 대비 경제성이 떨어지고 충전소도 부족하지만 짧은 충전시간, 긴 주행거리, 친환경성 등의 장점으로 볼 때 물류산업의 상용 트럭을 중심으로 대중화될 것으로 예상된다. 배터리팩보다 고압 수소탱크가 가볍고, 정해진 거리와 시간을 주행하는 상용 트럭의 특성을 고려할 때 주력 차종은 전기차보다는 수소차가 될 가능성이 높다. 수요 예측은 기관별로 상이하지만 연비 규제가 더욱 강화되고 있는 추세이고, 충전 인프라가 확대되면서 2025년 이후 수소차 시장이 본격적으로 형성될 것으로 예상된다.

2020



TOYOTA  
Mirai 2세대, Lexus



HONDA  
Clarity 2세대

2021



GT

출처 : 산업자료,  
하나금융경영연구소  
재구성



참고자료

- [1] 산업연구원(2016), 신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제
- [2] 충청남도(2017), 2017년 한국 수소 및 신에너지 학회 심포지엄
- [3] 강원테크노파크(2017), 강원도 수소산업 추진 계획
- [4] 자동차부품연구원 광주전남본부(2017), 광주시 수소산업 현황
- [5] 대전광역시(2017), 수소산업 관련 추진 상황
- [6] 세종시 건설청(2017), 수소차 보급 및 수소인프라 구축계획
- [7] 울산테크노파크(2017), 수소를 기반으로 하는 에너지산업 발전방향
- [8] 창원산업진흥원(2017), 수소산업 현황 및 향후 추진계획
- [9] 충남테크노파크 자동차센터(2017), 충남 수소차 부품산업 육성 및 수소충전소 운영 현황
- [10] 하나금융경영연구소(2016), 전기차 산업동향과 전망 및 산업 재편에 따른 리스크 요인 점검
- [11] 하나금융경영연구소(2018), HIF 월간 산업이슈 : 현대·기아, 친환경차 로드맵 전략과 시사점
- [12] 하나금융경영연구소(2018), 수소전기차의 시장·기술 동향과 전망
- [13] 하나금융경영연구소(2018), 한국GM 사태의 향후 전망과 부품업체 영향 분석
- [14] 융합연구정책센터(2018), 수소연료전지차 국내외 산업동향
- [15] KDB산업은행(2018), 중국 연료전지자동차 산업 현황 및 시사점
- [16] 포스코경영연구원(2018), 미래 에너지, 수소경제 시대는 오는가?
- [17] 에너지경제연구원(2017), 주요국과의 비교를 통한 국내 수소산업의 발전 방안 도출
- [18] 에너지경제연구원(2018), 세계 에너지시장 인사이트 제18-17호 : 일본, “제5차 에너지기본계획 수립 기본방향안” 발표
- [19] 산업통상자원부(2018), 민관 공동 수소차 산업생태계 구축 가속화
- [20] 산업통상자원부(2018), 민간 주도의 산업 혁신성장 성과 가속화를 위한 ‘산업혁신 2020 플랫폼’ 출범
- [21] 산업통상자원부(2018), 수소경제 사회 진입을 위한 논의 본격화

# 전기차 확산이 불러오는 자동차 밸류체인 재편

2018년 글로벌 플러그인 전기차 판매는 전년 대비 64%나 증가하며 200만 대를 넘어섰다. 올해는 이 숫자가 또다시 두 배로 커져 400만 대에 육박할 것으로 전망되고 있다. 전기차의 가능성에 의구심을 갖고 있던 사람들도 이제는 전기차 대세론에 반론을 제기하기는 어려워 보인다.



## 캐즘을 넘어선 전기차, 대중 확산의 길로 들어서나

파산설까지 돌던 테슬라는 전기차 대중 모델인 모델3의 생산을 주당 5000대 이상 안정적으로 유지하면서 자사의 다섯 번째 상품인 모델Y 픽업트럭도 선보였다. 2010년 14종에 불과하던 플러그인 전기차도 2018년에는 270여 종으로 늘어나 소비자 선택의 폭이 넓어졌으며, 2021년께에는 360여 종으로 확대될 것으로 전망된다. 이 추세대로면 승용차 신차 시장의 10%, 1000만 대 판매 기록을 2025년경 돌파하며 캐즘을 가볍게 넘어설 수 있을 것으로 기대된다.

디젤게이트를 넘어서기 위해 가장 빠르게 전동화 전략으로 전환하고 있는 폴크스바겐그룹은 전기차 전용 플랫폼 MEB를 개발해 본격적인 전기차 포트폴리오를 준비하고 있으며, 향후 5년간 300억 유로를 투

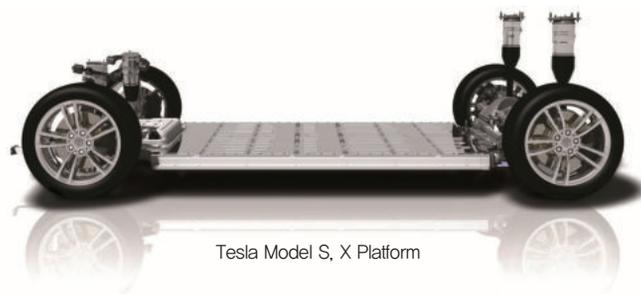
입해 전기차 생산기반을 확고히 하겠다고 밝혔다. 그뿐만 아니라 최근 제네바 모터쇼에서는 규모의 경제를 확보하기 위해 이 플랫폼을 다른 완성차 기업과도 공유할 의사가 있다고 했다. 이를 신호탄으로 GM은 2023년까지 플러그인 전기차 20여 종을 내놓을 계획이며, 다임러는 2022년까지 10종을 내는 등 주요 완성차 업체가 경쟁적으로 전기차 전용 플랫폼 기반의 신차 출시 계획을 속속 발표하고 있다.

### 전기차 전용 플랫폼 개발 경쟁

전기차 전용 플랫폼은 차체의 기본틀을 구성하는 새시와 구동부를 포함한다. 전기차는 부품으로 가득한 엔진룸이 있는 내연기관과 달리 공용화 효과를 최대화하기 위해 차체 하부의 얇은 바닥면을 활용해 구동을 담당하는 모터와 배터리팩을 배치함으로써 공간 활용성을 극대화

한다. 흔히 이를 두고 스케이트보드와 닮았다고 해 ‘스케이트보드 새시’라고 부르는데 테슬라 모델S가 대표적으로 이러한 설계를 적용했고, 이후 BMW i-시리즈, 출시 예정인 폴크스바겐 MEB, 현대자동차그룹의 G-EMP도 이러한 형태를 띠고 있다. 이는 플랫폼 하나로 승용, SUV, 픽업트럭 등 다양한 형태의 차량에 적용이 가능하며, 차체만 변경해 다양한 모델을 생산해 낼 수 있어 부품 공용화에 매우 유리한 전략이다.

특히 전기차 생산의 가장 큰 부담 요인인 배터리팩의 공용화를 통해 배터리 대량생산과 자동차 생산원가를 크게 낮추게 되는 요인이기도 하다. 따라서 완성차 업체들은 이러한 전기차 전용 플랫폼 개발과 동시에 대량생산을 위한 기가급 배터리 공장을 세워 전기차 가격을 혁신적으로 낮추려는 계획을 갖고 있는 것이다.



Tesla Model S, X Platform



BMW i3 Platform



페러데이 퓨처의 가변 플랫폼



폴크스바겐의 MEB

〈그림 1〉 전기차 스케이트보드 새시: 테슬라, BMW, 페러데이 퓨처, 폴크스바겐

**전기차의 심장 배터리, 한중일 삼국지 속 부상하는 중국**

현재 배터리 시장은 사실상 한중일 3개국이 위치한 동아시아에서 치열한 경쟁이 일어나고 있다. 전기차용 배터리셀 상위 기업만 살펴봐도 한국은 주로 유럽의 완성차 업체를 대상으로 LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션이 활약하고 있고, 일본은 테슬라에 공급하는 1위 업체 파나소닉을 비롯해 도요타 프리우스에 공급되는 하이브리드 배터리 강자 PEVE가 있다. 중국은 전세계 시장의 절반을 장악하며 상위 10대 제조사에 CATL, 비아디, 옴티멈나노, BAK, 귀셴가오커 등 5개 기업이 이름을 올리고 있다. 현재 건설 중인 시설을 포함해 글로벌 478GWh의 배터리셀 생산설비 가운데 85%가 동아시아에 집중돼 있으며, 한중일 3개국 배터리셀 기업의 자사 해외 공장까지 포함하면 그 영향력이 절대적이라고 할 수 있다.

중국 기업은 이미 원료부터 셀, 전기차

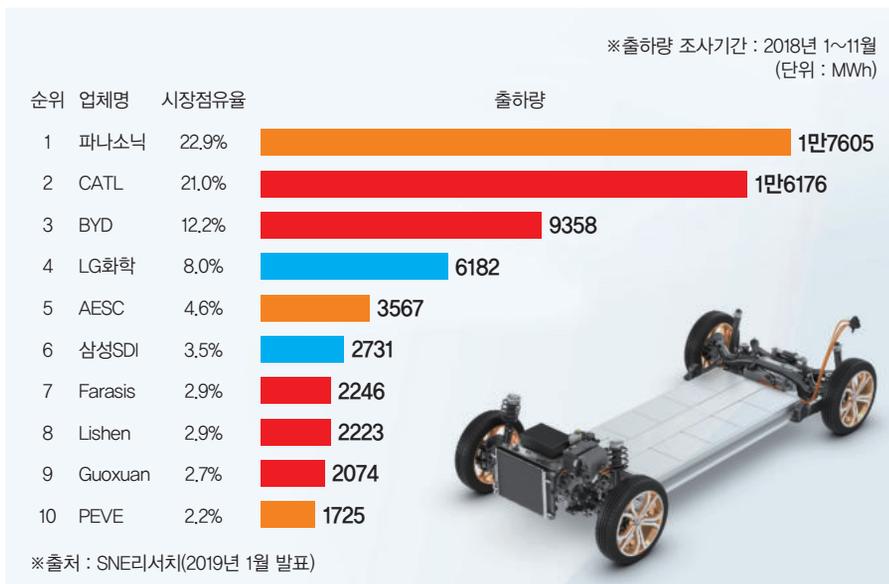
조립까지 밸류체인을 관통하는 선순환 구조를 완성한 것으로 보인다. SNE리서치에 따르면 2018년 1~11월 CATL은 글로벌 시장점유율 21%로 테슬라라는 강력한 파트너를 지닌 일본 파나소닉(22.9%)을 바짝 추격하며 2위로 올라섰다. CATL은 중국 상하이자동차뿐만 아니라 폴크스바겐, GM, 닛산 등 글로벌 기업 64개사 390여차종에 배터리를 납품하고 있다. 워런 버핏이 투자해 국내에도 잘 알려진 비아디는 배터리 생산기업이자 테슬라에 이어 글로벌 2위 플러그인 전기차 생산기업이다. 송(Song), e5, 친(Qin) 등 3개 모델이 모두 2만대 이상 팔리며 2017년 글로벌 톱20 전기차 판매 모델에 등록된 만큼 자사와 다임러그룹의 전기차에 납품하는 일부 물량만으로도 글로벌 3위 배터리 기업 규모를 달성하기에 충분하다.

배터리를 구성하는 핵심 4대 소재는 양극재, 음극재, 분리막, 전해질이다. 시장 점유 구조를 살펴보면 소재 시장에서도

중국의 존재감을 확인할 수 있다. 양극재 시장은 토타 후난 산산 뉴 머티리얼과 룡바이, 이스프링 등 중국 기업이 상위에 위치하면서 벨기에의 유미코어, 일본의 스미토모금속, 독일 바스프와 어깨를 나란히 하고 있다. 글로벌 기업과의 경쟁력 확보를 위해 에너지 밀도를 높여가는 과정에서 이들 중국 기업도 기존 리튬인산철계(LFP) 배터리에서 삼원계(NCM) 배터리 시장으로 점차 이전하며 기술력을 높이고 있다. 음극재 시장은 원료 확보가 관건인 천연 흑연 소재와 열처리 기술이 요구되는 인조 흑연 시장으로 양분할 수 있다. 과거에는 기술력이 높은 히타치화학, 미쓰비시화학 등 일본 기업의 인조 흑연이 시장을 주도했지만 최근 배터리 소재의 가격 경쟁력이 강조되면서 천연 흑연 소재의 비중이 증가하는 추세다. 중국 업체 중에는 인조 흑연 기술력을 갖춘 상하이 산산과 천연 흑연 광을 풍부하게 보유한 BTR이 지난해 음극재 시장 1, 2위를 차지했다.

**재편되는 자동차산업 밸류체인**

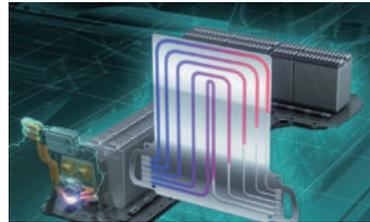
자동차산업 내 밸류체인을 살펴보면 날이 갈수록 기계·소재 관련 부품사의 비중은 줄고, 반도체·전장 관련 부품사의 비중이 빠르게 늘고 있다. 대표적인 전기차라고 할 수 있는 GM 볼트의 공급선을 살펴보면 그 변화를 한눈에 알 수 있다. 기존에는 70% 이상을 1차 부품사들이 모듈 형태로 납품하는 구조였다면, 자동차 부품산업 내에서는 비교적 후발주자라 할 수 있는 LG그룹의 공급 비중이 절반에 가깝다. 전기차의 구동 관련 부품인 배터리



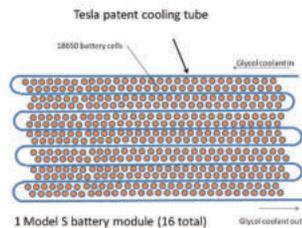
〈그림 2〉글로벌 전기차 배터리 출하량 순위

와 모터가 큰 비중을 차지하는 것과 더불어 디스플레이, 전장, 제어부품 등 전장부품이 늘면서 기존의 기계·소재 부품사를 대체하는 경우가 늘고 있다. 전기차는 물론이고 최근 떠오르는 자율주행 기술, 공유경제의 영향으로 130년 넘는 자동차 디자인에 큰 변화가 일고 있다. 테슬라, BMW i-시리즈, 폴크스바겐 MEB 플랫폼을 살펴보면 엔진과 구동부가 사라지고 바닥면에 얇게 깔린 배터리팩과 전·후륜 각 바퀴 사이에 모터가 위치하게 되면서 기존의 내연기관 플랫폼보다 한층 단순화된 구조로 변화했음을 확인할 수 있다. 이러한 디자인 변화는 차축 간 거리를 자유롭게 하고 승차 구간을 유연하게 운용할 수 있어 공간 활용면에서 훨씬 유리하다. 하지만 기존 내연기관 부품에 제품 포트폴리오를 의존하고 있는 부품사에는 변신이 요구된다.

연료를 담은 탱크, 엔진과 엔진 관련 흡·배기계통 제품은 내연기관과 하이브



Chevy Volt 열관리시스템



테슬라 배터리 열관리시스템



EV용 PTC히터



전기차 공조시스템

〈그림 4〉 전기차 시대 열관리시스템 : Chevy Volt 열관리시스템, 테슬라 모델S 열관리 시스템 특허, 우리산업 PTC히터, 도요타 히트펌프

리드 시장이 여전히 큰 비중을 차지하고 있어 빠르게 사라지지는 않겠지만, 상대적으로 기존의 성장 추세를 기대하긴 어려울 것으로 보인다. 또한 전기모터의 출력 특성으로 인해 변속기는 사라지고 구조가 많이 단순화된 감속기와 차동기어장치 정도로 전환이 돼 기어나 축류를 생산하는 기

업들도 고민이 많을 것으로 보인다. 기계적 동력에 의해 구동되던 공조장치는 전기 에너지에 의존할 수밖에 없어 전기모터 기반의 펌프류가 부상할 것으로 보이고, 내연기관의 폐열이 사라져 온도 조절을 위한 전기 기반의 PTC히터가 필요하다. 따라서 관련 소재·부품사는 자동차의 전동화 정도에 따라 제품 포트폴리오를 변화시킬 필요가 있다.

이러한 현상은 새로운 업체들에는 기회로 작용할 수도 있는데, 모터를 제어하는 인버터나 DC-DC컨버터, 온보드 차저 등 전력 부품들이 중요 부품으로 부각되며 전장 업체가 늘고 있다. 차량용 센서 및 반도체 시장, 통신사 등 새로운 IT 업체나 전자 회사들이 1차 공급사로 올라서는 등 자동차 밸류체인 내 지각변동이 일고 있다. LG와 삼성이 자동차 부품 사업에서 기회를 살피며 뛰어들고 모빌아이, 엔비디아 등 IT 업체가 핵심 부품 업체가 되는 새로운 시대가 열리게 된 계기다.



\*일본자동차공업협회 분석. 가솔린차 약 3만 개 부품 가운데 엔진 6900개, 동력전달계 2100개, 전장품 2100개가 불필요해져 약 2만 개로 축소

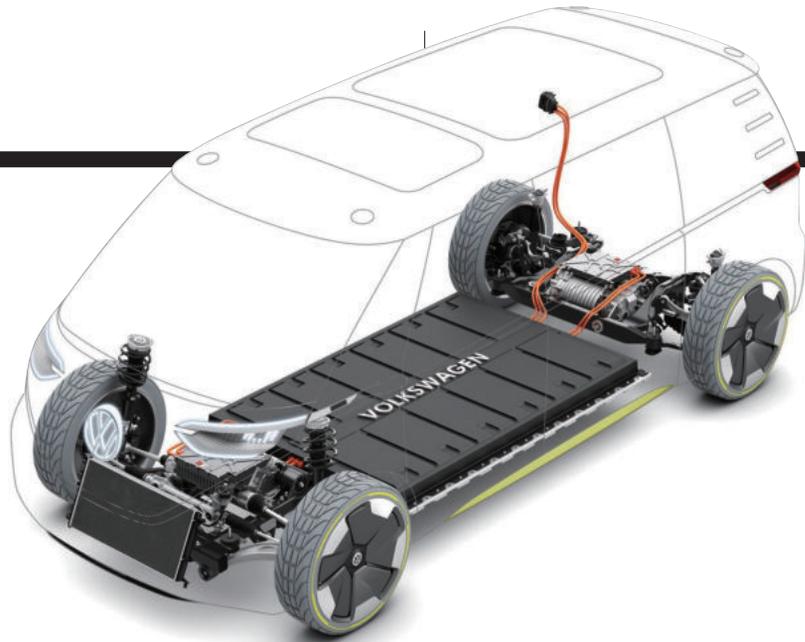
〈그림 3〉 내연기관 vs 전기차 부품 변화, POSRI

## 마지막 한 방울까지 짜내는 효율 경쟁

배터리가 전기차의 성능을 상당 부분 담당한다고 하면, 남은 성능 차이는 차체 경량화와 모터 기술에서 나타난다. 일반적으로 차체의 무게를 10% 줄이면 연비가 4~7% 향상되는 것으로 알려져 있다. 전기차의 상품성은 특히 주행거리에 따라 크게 결정되기 때문에 완성차 기업들은 차량 경량화에 더 많은 노력을 기울인다.

BMW i-시리즈의 경우 높은 가격과 생산 공정의 변화를 주어야 하는 부담 때문에 슈퍼카 생산 업체만 선택하는 탄소섬유복합재를 채택했다. i3의 경우 탑승자 주변 모두를 둘러싼 Passenger Cell을 통째로 탄소섬유복합재로 제작해 극단의 경량화를 이루었으며, 외판과 인테리어 상당 부분에도 엔지니어링 플라스틱을 적용해 경량화를 꾀했다. 닛산 리프도 대중적 가격대의 차량임에도 후드와 테일게이트에 알루미늄 소재를 채택, 약간의 주행거리라도 더 확보했다. 테슬라의 경우 프리미엄 모델인 모델S에 철강 사용을 최소화하고 알루미늄으로 전신을 꾸미는 알루미늄 풀바디 방식을 채택했는데, 대중 모델인 모델3에 와서는 알루미늄 사용을 대폭 줄이고 초고장력 강판을 적용해 원가경쟁력 면에서는 아직 철강이 앞서 있음을 확인할 수 있었다.

다만, 최근 소재 기술의 발달로 철강, 알루미늄, 마그네슘, 플라스틱 등 다양한 소재를 적재적소에 적용할 수 있어 경쟁 소재를 적대시하던 과거와는 달리 미래에는 경쟁 소재기업과도 협력관계를 이루면서 공동의 솔루션을 만들어내는 협력의 시대로 변화할 것으로 보인다.



전기차에 대한 흔한 편견 가운데 하나는 내연기관보다 주행 성능이 떨어질 것이라는 의구심이다. 하지만 테슬라는 이미 가격이 수십억 원에 달하는 슈퍼카와의 드래그 레이스에서 술하게 압도적인 가속 성능을 나타내 보인 바 있다. 전기모터의 출력특성은 저속에서도 높은 토크를 내고, 전 회전 영역에 걸쳐 고른 출력을 보여 내연기관과 같은 변속기가 불필요하게 된다. 효율 역시 대부분 90%대를 넘기고 있어 기술력 차이가 없을 것으로 생각되지만, 기업들은 더욱 더 작고 가벼우면서도 높은 출력을 낼 수 있는 모터를 개발하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 도요타 프리우스의 모터를 살펴보면 세대에 걸친 변화를 확인할 수 있다. 모터의 크기를 좌우하는 모터코어의 크기만 봐도 1세대는 3.3인치, 2세대는 3인치, 3세대에 와서는 2인치까지 줄었으며, 출력은 오히려 각각 33kW에서 50kW, 60kW까지 늘고 두께도 줄어 기술적 혁신이 지속되고 있음을 알 수 있다.

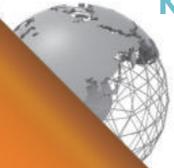
### 친환경 자동차산업의 미래

앞서 언급된 전기차의 많은 장점에도 불구하고 전기차 시장을 바라보는 불안한 시각은 여전히 많다. 우선, 배터리 기술의 한계를 지적한다. 현재 배터리 소재를 구성

하는 원료 가운데 리튬과 코발트는 수급이 원활하지 않다. 리튬은 주로 남미 지역에, 코발트는 콩고민주공화국(DRC)에 자원이 집중돼 있다. 이 지역은 모두 정치·경제적으로 불안해 수급 리스크에 철저히 대비해야 한다.

또한 급격하게 전기차 보급이 확산될 경우, 원료생산이 그 속도를 따라가지 못할 것이라는 의견도 있다. 이를 증명이라도 하듯 지난 3년간 리튬과 코발트 가격이 3배 수준까지 상승했다가 최근 안정세에 접어들었다. 대체 기술로 자주 언급되는 전고체 기술 역시 쉽게 상용화되지 않을 것이라는 시각도 있어 내연기관의 시대로 회귀하거나 오히려 수소연료전지차가 대세가 될 것이라는 의견도 고개를 든다.

하지만 지구온난화와 환경오염을 생각했을 때 내연기관의 사용을 지속할 수는 없어 전기차가 유일한 대안이 될 것이라는 의견으로 수렴되고 있다. 인구 증가와 경제 성장으로 이동 수요와 자동차의 증가는 대세인 데다 인간의 소유욕을 막을 수 없다면, 어떠한 방법으로도 자동차를 효율화해야 우리의 후세가 살아갈 수 있는 미래를 보장할 수 있다. 보다 청정한 미래와 전기차에 대한 관심이 그래서 더욱 필요한 시점이다.



# 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

### KETEP 미국 에너지 거점

담당자 백상주

E-mail sky31778@ketep.re.kr

Tel (Office) +1-703-337-0952



### 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

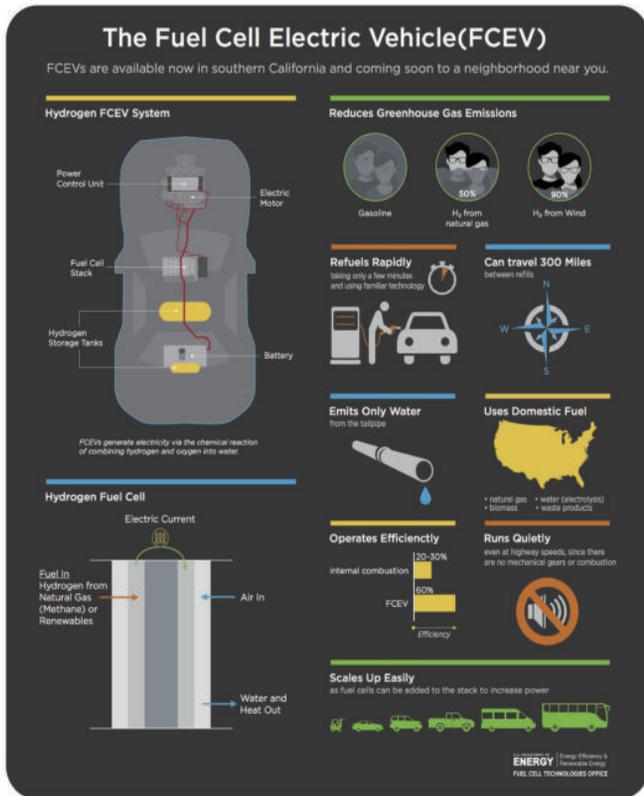
담당자 진수미

E-mail susan74@koril.org

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

# 미국의 수소전기차 정책 및 기술 동향

최근 재난 수준에 가까운 미세먼지가 심각한 사회문제로 대두되면서 달리는 공기청정기라 불리는 수소전기차에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 수소전기차는 디젤 및 가솔린 차량과 달리 작동 중 인체에 유해한 온실가스를 배출하지 않고, 미세먼지를 정화시킨다는 요인이 수요에 긍정적인 영향을 미치고 있다. 또한 전세계 수소전기차 시장은 수소 인프라 확충을 추진하기 위한 정부의 이니셔티브 추진 및 환경 문제에 대한 인식이 확산되면서 앞으로 크게 성장할 것으로 예측되고 있다.



〈그림 1〉 The Fuel Cell Electric Vehicle(FCEV)<sup>1)</sup>

출처 : U.S. Department of Energy, "Fuel Cell Electric Vehicles," [Online]. Available: [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html).

## 유해한 배기가스 배출하지 않는 친환경 자동차

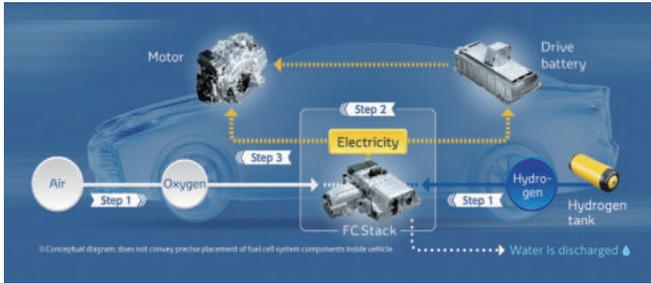
수소를 에너지원으로 사용하는 수소전기차는 가솔린 대신 수소와 공기 중의 산소를 반응시켜 발생된 전기를 이용해 모터를

구동하는 방식으로 운행되며, 유해한 배기가스를 배출하지 않는 친환경 자동차다. 현재 미국은 수소전기차와 수소충전소 같은 기반시설 구축이 아직 초기 단계에 머물러 있으나, 1992년 개정된 에너지법에 따라 수소는 대체 연료 중 하나로 정의됐으며, 수소전기차는 대체연료차량(AFV)으로서 세액공제를 받게 됐다. 이 밖에도 미국 에너지부(DoE)는 수소전기차를 저렴하고 친환경적이며 안전한 운송 수단으로 정착시키기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다.

수소전기차의 가장 큰 특징은 탱크에 저장된 순수한 수소가스로 연료 공급이 이루어지고, 기존의 내연기관차와 마찬가지로 5분 이내에 연료를 공급할 수 있으며 300마일 이상 주행할 수 있다는 점이다. 또한 수소전기차는 제동 중에도 손실된 에너지를 포착해 배터리에 저장하는 회생제동시스템과 같은 첨단 기술을 갖추고 있다.

## 수소전기차의 작동원리

순수전기차(BEV)와 마찬가지로 수소전기차는 전기를 사용해 전기모터에 전력을 공급한다. 하지만 외부에서 배터리를 충전시키는 전기차와 달리 수소전기차는 차 안에 탑재된 연료전지로 산소와 수소를 반응시켜 전기를 생산하고 이 전기로 자동차를 구동시킨다. 차량 설계 과정에서 자동차 제조업체는 연료전지의 크기에 따라 연료 차량의 동력을 정의하고, 연료 탱크의 크기에 따라 저장될 에너지의 양을 정의할 수 있다. 이는 사용 가능한 에너지량과 전력량이 모두 배터리 크기와 밀접한 관련이 있는 전기차와 다른 점이다.



〈그림 2〉 Generating Electricity with Hydrogen and Oxygen

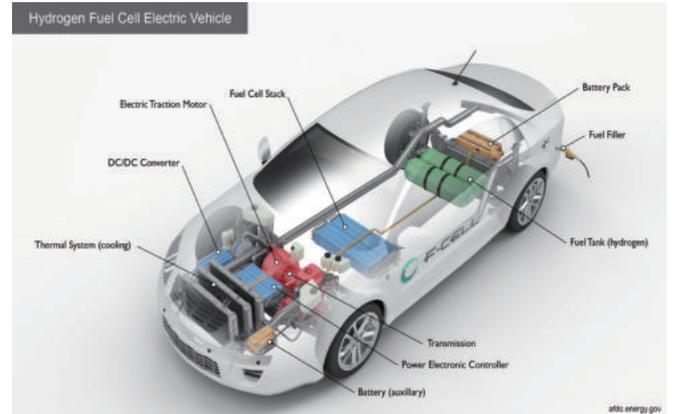
출처 : Toyota, "FCV Fuel Cell Vehicle" [Online]. Available: [https://www.toyota-global.com/innovation/environmental\\_technology/fuelcell\\_vehicle/](https://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/).

### 수소전기차의 구조

- **보조 배터리** : 수소전기차에서 보조 배터리는 트랙션 배터리 (Traction Battery)가 작동되기 전 자동차에 시동을 걸 수 있는 전기를 제공하고 차량 부속품에 전원 공급
- **배터리팩** : 배터리는 회생제동장치(Regenerative Braking)에서 생성된 에너지를 저장하고 전기 견인 전동기에 보조 전원 공급
- **DC-DC 컨버터** : 고전압 직류변환장치로, 견인 배터리팩으로부터의 고전압 DC 전원을 통해 차량 부품을 구동하고, 보조 배터리를 충전하는 데 필요한 저전압의 DC 전원으로 변환
- **전기 트랙션 모터(FCEV)** : 연료 전지 및 견인 배터리팩의 전원을 사용해 차량의 휠을 구동하며, 일부 차량은 구동 및 재생 기능을 수행하는 전원 발전기(Motor Generators) 사용
- **연료전지 스택(Fuel Cell Stack)** : 수소와 산소를 이용해 전기를 생산하는 전원 발생 장치
- **연료 필터** : 탱크에 연료를 추가하는 데 사용되는 필터 또는 노즐
- **연료 탱크** : 수소전기차에 수소를 저장하기 위한 장치
- **전력제어기(FCEV)** : 연료전지 및 견인 배터리에 의해 전달되는 전기에너지의 흐름을 관리해 전기 트랙션 모터의 속도 제어
- **열관리시스템(Cooling)-(FCEV)** : 연료전지, 전기모터, 전력전자 및 다른 구성요소의 적절한 작동 온도 범위 유지
- **변속기(Electric)** : 변속기는 전기 트랙션 모터로부터 발생하는 동력을 기계적 동력으로 전환해 휠을 구동

### 미국의 수소 관련 인센티브 제도<sup>1)</sup>

**Airport Zero Emission Vehicle(ZEV) and Infrastructure Incentive** – 공항의 무공해자동차(ZEV) 및 인프라 파일럿 프로그램



〈그림 3〉 수소전기차의 핵심 구성요소

출처 : U.S. Department of Energy, "Fuel Cell Electric Vehicles," [Online]. Available: [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html).

램은 연방정부가 공항의 ZEV 취득에 소요된 비용의 최대 50%를 지원해 이용을 장려하고 있다.

**Alternative Fuel Tax Exemption** – 미국 국세청은 대체 연료에 관한 연방 연료세를 면제한다. 일반적인 비과세 대상으로는 농업 용도의 농장 차량, 시외 및 지방 버스, 학교 버스, 비영리 교육기관 차량, 주정부 관용 차량 등이 해당한다.

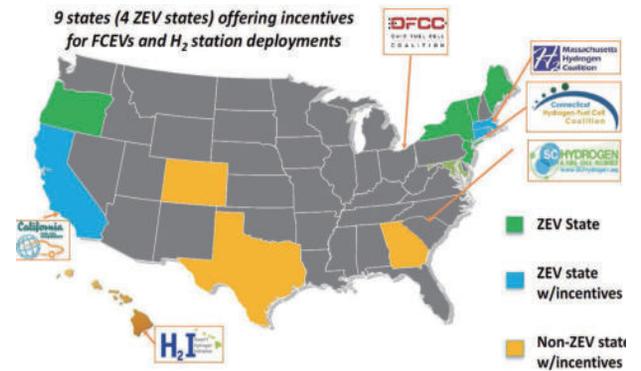
**Alternative Fuel and Advanced Vehicle Technology Research and Demonstration Bonds** – 주 및 지방정부는 대체에너지나 에너지 절약 등 환경을 배려하는 목적으로 채권을 발행할 수 있다. 특히 재무부는 자격을 갖춘 에너지 프로젝트에 예산을 지원한다. 예를 들어 셀룰로스 에탄올, 첨단 배터리 제조 기술과 같은 비화석 연료에 관한 연구개발 및 시연에 대한 지원을 포함한다.

**Improved Energy Technology Loans** – DoE는 대기오염 및 온실가스를 줄이고, 바이오 연료 및 대체 연료 차량을 포함한 첨단 기술이 상업적으로 연결될 수 있도록 대체에너지 관련 프로젝트에 지급보증 프로그램을 제공한다. DoE는 적절한 프로젝트에 대출 금액의 100%를 정부에서 지급보증해 주고, 정부가 80%가 넘는 대출을 보증할 경우 재무부의 연방금융은행(FFB)이 자금을 조달한다.

**Low and Zero Emission Public Transportation Research, Demonstration, and Deployment Funding** – 지방, 주, 연방정부는 기존의 가솔린 차량과 비교해 에너지 소비 및 유해가스 배출을

1) U.S. Department of Energy, "Hydrogen Laws and Incentives in Federal" [Online]. Available: <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/HY?state=US>

## State and Regional Incentives



〈그림 4〉 State and Regional Incentives

출처 : Green Transportation Summit & Expo, "Hydrogen Fuel Cells and Fuel Cell Electric Vehicles: Emerging Applications and Safety Management" [Online]. Available: <http://gtsummitexpo.socialenterprises.net/program/2018presentations/NickBarilo.pdf>

크게 줄이는 대중교통 사업자, 민간 및 비영리단체, 고등 교육기관을 대상으로 예산을 지원한다.

### 미국의 수소 관련 법률 및 규정

**대체 연료의 정의** - 1992년 개정된 에너지정책법(EPAct)에 따라 대체에너지는 순수 메탄올, 에탄올 및 기타 알코올, 85% 이상의 알코올과 가솔린의 혼합물, 천연가스, 천연가스로부터 생산되는 액체 연료, 프로판, 수소, 전기, 바이오 디젤 등 비석유 분야로 상당한 안보 이익을 주며 환경에 미치는 영향이 적은 에너지로 정의한다.

**대체 연료 라벨링** - 대체 연료를 제공하는 소매점은 연료의 이름과 연료 주성분 함량에 대한 정보를 소비자에게 제공해야 한다. 라벨링에는 메탄올, 변성 에탄올, 메탄올을 85% 이상 함유한 혼합물, 에탄올 함량 10% 초과 83% 미만인 혼합물, 천연가스, 프로판, 수소, 전기 등이 표시된다.

**HOV(High Occupancy Vehicle) Lane 통행료 면제** - 정부는 인증된 대체 연료 차량 및 PEV의 HOV Lane 즉, 다인승 차량 전용 차선의 통행료를 면제한다. 인증된 대체 연료 차량이란 메탄올, 변성 에탄올, 메탄올 함량 85% 이상의 혼합물, 천연가스, 프로판, 수소 등을 연료로 쓰는 차량이다. 전기차는 외부로부터 충전할 수 있으며 적어도 4kW/h의 배터리 용량을 가진다. 대체 연료 차량 및 플러그인 전기차는 미국 환경보호청(EPA)의 인증을 받고 HOV Lane 사용을 위한 라벨을 부착해야 한다. 또한 미국 교통부(DoT)는 EPA가

설정한 저배출 및 에너지 효율 차량 기준을 포함해 HOV 프로그램을 계획하고 구현하는 업무를 담당한다. 대체 연료 차량 및 플러그인 전기차의 HOV Lane 통행료 면제는 2025년 9월 30일 만료된다.

**대체 연료 회랑 지정** - DoT는 대체 연료 차량의 이동성(Mobility)을 개선하기 위해 주요 고속도로의 전략적 요충지에 플러그인 전기차 충전소 및 수소, 프로판, 천연가스 회랑을 지정한다. DoT는 회랑을 갱신 및 재지정할 것이며, 2020년 말까지 지정된 회랑에서의 충전 및 대체 연료 인프라를 확인하고, 대체 연료 공급자와 구매자를 위한 대체 연료 표준을 분석하며 대체 연료 인프라의 전략적 배치 목표 수립을 위한 보고서를 발급할 것이다.

**연방정부의 차량 취득 및 연료 사용 요건** - 1992년 개정된 EPAct에 따라 연방정부가 연간 취득한 경량 차량의 75%는 AFV여야 한다. AFV는 하이브리드 전기차, 연료전지차 및 첨단 린번(Lean Burn, 희박과급) 자동차를 포함한다. 또한 바이오 디젤이 적어도 20% 포함된 혼합연료를 사용하는 차량은 크레디트를 얻을 수 있다.

**주(State) 및 대체 연료 제공자의 차량 취득 및 연료 사용 요건** - EPAct에 따라 특정 주정부 및 대체 연료 제공자 차량은 경량 차량 취득 요건을 충족하기 위해 AFV를 취득해야 한다. 특히 미국 내 50대 이상의 경량 차량을 운영하고 임대하는 기관은 EPAct를 준수해야 하며, 50대의 차량 중 적어도 20대는 대도시 지역에서 운행되면서 중앙집중식으로 연료를 공급받을 수 있어야 한다.

### 글로벌 시장 분석 및 예측

글로벌 컨설팅 및 시장조사 기관인 Allied Market Research 조사에 따르면<sup>2)</sup>, 전 세계 수소전기차 시장 규모는 2016년 2억7800만 달러였으며, 2017~2023년 연평균 성장률(CAGR)은 72.4%로 121억 3300만 달러에 이를 것으로 예상했다. 수소전기차는 디젤 및 가솔린 엔진 차량과 달리 차량 작동 중 인체에 유해한 온실가스를 배출하지 않는다는 점에서 수요 확대에 긍정적인 영향을 미치고 있다. 또한 전 세계 수소전기차 시장은 수소 인프라 확충을 위한 정부의 이니셔티브 추진 및 환경 문제에 대한 인식이 확산되면서 앞

2) Allied Market Research, "Hydrogen Fuel Cell Vehicle Market by Vehicle Type (Passenger Vehicle and Commercial Vehicle) and Technology (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Phosphoric Acid Fuel Cells, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017-2023" [Online]. Available: <https://www.alliedmarketresearch.com/hydrogen-fuel-cell-vehicle-market>

으로 급성장할 것으로 전망된다. 특히 수소충전소(HRS)에 대한 정부의 보조금 지원과 세금 감면은 시장 성장을 더욱 촉진할 것으로 예상된다.



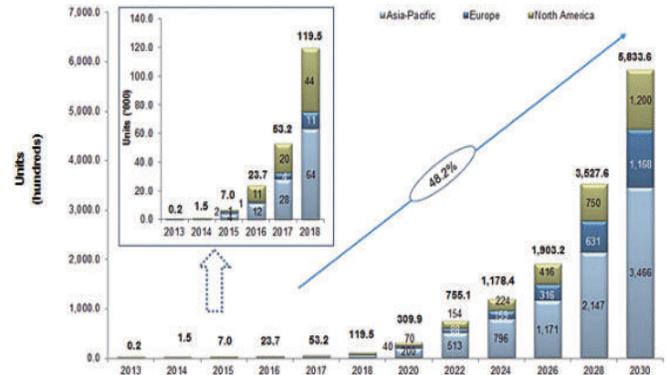
〈그림 5〉 글로벌 수소전기차 시장 동향, 2017~2023년

출처 : Allied Market Research, "Hydrogen Fuel Cell Vehicle Market by Vehicle Type (Passenger Vehicle and Commercial Vehicle) and Technology (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Phosphoric Acid Fuel Cells, and Others) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017–2023" [Online]. Available: <https://www.alliedmarketresearch.com/hydrogen-fuel-cell-vehicle-market>

미국 비즈니스 컨설팅 업체 Frost & Sullivan의 수소전기차에 관한 보고서<sup>3)</sup>에 따르면, 일본의 도요타와 혼다, 한국 현대자동차는 자동차 회사의 전문성을 활용해 수소전기차 시장에서 리더십을 발휘할 것으로 예상된다. 수소충전소 투자와 이를 위한 자금 조달은 일본과 미국이 앞서고 있으며, 특히 캘리포니아 주는 수소전기차의 주요 시장으로 부상할 것이라고 예측했다. 2030년까지 전 세계 수소전기차 시장은 일본과 한국이 각각 21만8651대와 8만440대, 유럽과 북미 시장의 경우 각각 11만7000대와 11만8847대로 약 58만 3360대에 이를 것으로 전망된다.

2018년 4월 기준으로 전 세계 수소전기차는 8000대에 이르는 것으로 조사됐다. 그중 캘리포니아 주는 ZEV 지원 프로그램의 영향에 따라 절반이 넘는 4500대로 가장 많았고, 일본과 독일 프랑스가 그 뒤를 잇고 있다.

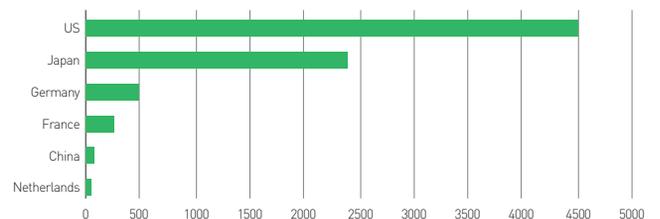
현재 전기차보다 수소전기차의 배치는 느리지만, 최근 수소 에너지



〈그림 6〉 글로벌 수소전기차 시장 동향, 2013~2030년

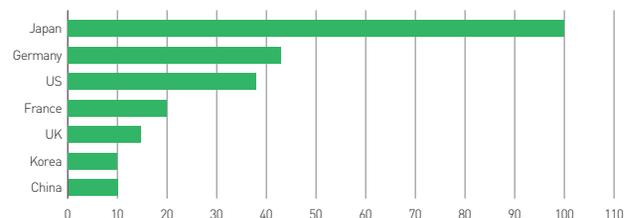
출처 : Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

지원과 관련한 국가 정책과 관심이 수소전기차 확산에 영향을 미치고 있다. 2017년 12월 일본이 발표한 '기본 수소 전략(Basic Hydrogen Strategy)'은 수소전기차, 수소충전소에 대한 야심 찬 목표를 가진 최초의 수소 집중 정책이다. 2018년 6월 프랑스는 2028년까지 수소의 효율적인 생산 및 수소 전기분해 비용 감소를 위해 '에너지 전환을 위한 수소 배치 플랜'을 발표했다. 또한 유럽에서는 효과적으로 풍력과 태양광발전으로 인한 전기분해를 통해 수소 생산에 대한 관심이 증가하고 있다.



〈그림 7〉 수소전기차 국가별 현황(2017년 기준)

출처 : International Energy Agency "Hydrogen, Tracking Clean Energy Progress" [Online]. Available: <https://www.iea.org/tcep/energyintegration/hydrogen/>.



〈그림 8〉 국가별 수소충전소 현황(2017년 기준)

출처 : International Energy Agency "Hydrogen, Tracking Clean Energy Progress" [Online]. Available: <https://www.iea.org/tcep/energyintegration/hydrogen/>.

3) Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>

National FCEV targets

	2020	2023	2025	2028	2030
US	13 000	40 000			800 000
Japan	40 000		200 000		
France		5 000		20 000-50 000	
China	5 000		50 000		1 000 000
Netherlands	2 000				
Korea	10 000		100 000		630 000

National hydrogen fuelling station targets

	2020	2023	2025	2028	2030
US	80	100			
Japan	160		320		
France		100		400-1 000	
China	100		300		500
Germany	100		400		1 000
Korea	100		210		520

〈그림 9〉 국가별 수소전기차 및 수소충전소 예측

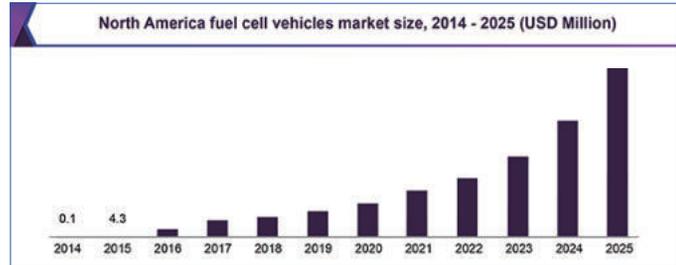
출처 : International Energy Agency "Hydrogen, Tracking Clean Energy Progress" [Online]. Available: <https://www.iea.org/tcep/energyintegration/hydrogen/>.

Grandview Research의 보고서<sup>4)</sup>에 따르면, 유럽의 수소전기차 시장은 예측 기간(2018~2025년) 38% 이상의 높은 연평균 성장률을 보일 것으로 예상됐다. 주된 성장 요인 중 하나로, 유럽연합 집행위원회는 유럽 네트워크에 6년 이내 약 1200대의 수소전기차 및 20곳의 수소충전소를 확충하기 위한 투자 계획을 발표했다.

아시아는 예측 기간 중 24% 이상의 연평균 성장률을 보일 것으로 예상했다. 일본의 경우, 2020년 도쿄 올림픽을 염두에 두고 수소전기차를 4만 대까지 확대할 계획이며 6000대 판매 및 충전소 160곳 설립 목표를 세우는 등 수소전기차 및 관련 인프라 개발을 위해 박차를 가하고 있다.

미국의 시장 분석 및 예측

Grandview Research의 보고서<sup>5)</sup>에 따르면, 미국은 2017년 수소전기차 시장에서 시장지배적인 점유율을 차지했는데 이는 수소충전소와 같은 연료전지 인프라 구축에 속도를 냈기 때문이다. 북미 수소전기차 시장은 예측 기간(2018~2025년) 36% 이상의 연평균 성장률을 보일 것으로 예상했다. 특히 DoE의 연료전지 개발을 위



〈그림 10〉 미국 수소전기차 시장 예측

출처 : Grand View Research, "Fuel Cell Vehicle Market Size, Share & Trends Analysis Report By Region (Europe, North America, Asia Pacific), Competitive Landscape, And Segment Forecasts, 2018 - 2025" [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fuel-cell-vehicle-market>.

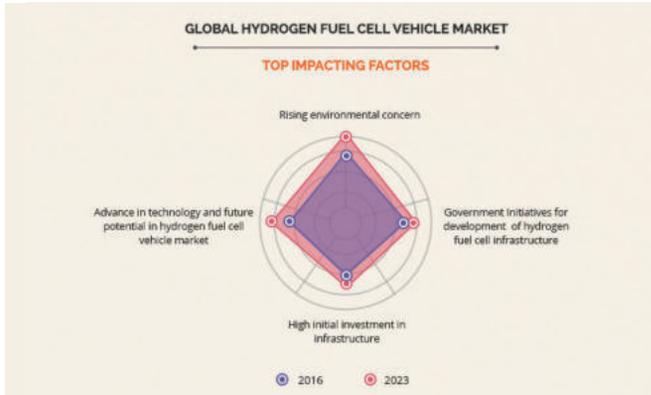
한 투자가 시장 성장의 가장 큰 요인이며 뉴욕, 캘리포니아, 코네티컷, 네브래스카 등 주정부도 수소전기차 관련 인센티브 제공 프로그램을 통해 수소전기차 보급을 확대하고 있다.

Frost & Sullivan의 보고서<sup>6)</sup>에 따르면, 향후 10년 동안 도요타, 다임러, BMW 등 자동차그룹과 개인 투자그룹은 수소전기차 기술 및 인프라 개발에 100억 달러 이상을 투자할 것으로 예상되며, DoE는 2030년까지 약 50만 대의 연료전지 차량 확충을 목표로 정부의 인센티브 정책을 통해 수소전기차 발전에 힘을 실어주고 있다. 캘리포니아 주정부는 이미 2017년 말 수소충전소 배치에 연간 2000만 달러의 투자를 승인했으며, 혼다와 GM 등 OEM 업체는 미시간에 제조시설 설립 및 연료전지 기술의 공동 개발을 통해 수소전기차 시장 공략에 힘쓰고 있다. 특히 혼다와 GM은 각각 8500만 달러를 투자해 연료전지 및 수소저장시스템을 위한 합리적인 상업용 솔루션을 개발할 계획이다.

수소전기차 시장 영향요인

글로벌 컨설팅 및 시장조사 기관인 Allied Market Research<sup>7)</sup>의 조사에 따르면, 전 세계 수소전기차 시장에 영향을 줄 것으로 예상되는 요인은 다음과 같다.

4) Grand View Research, "Fuel Cell Vehicle Market Size, Share & Trends Analysis Report By Region (Europe, North America, Asia Pacific), Competitive Landscape, And Segment Forecasts, 2018 - 2025" [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fuel-cell-vehicle-market>.  
 5) Grand View Research, "Fuel Cell Vehicles Market Worth \$1.75 Billion By 2025" [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-fuel-cell-vehicles-market>.  
 6) Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.  
 7) Allied Market Research, "Hydrogen Fuel Cell Vehicle Market by Vehicle Type (Passenger Vehicle and Commercial Vehicle) and Technology (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Phosphoric Acid Fuel Cells, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017-2023" [Online]. Available: <https://www.alliedmarketresearch.com/hydrogen-fuel-cell-vehicle-market>



〈그림 11〉 글로벌 수소전기차 시장에 영향을 주는 요인

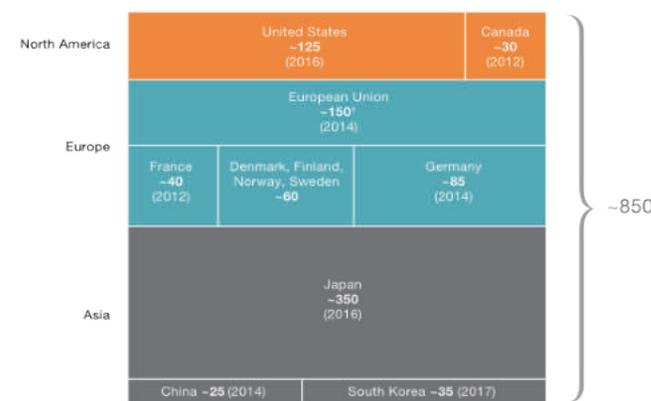
출처 : Allied Market Research, "Hydrogen Fuel Cell Vehicle Market by Vehicle Type (Passenger Vehicle and Commercial Vehicle) and Technology (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Phosphoric Acid Fuel Cells, and Others) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017–2023" [Online]. Available: <https://www.alliedmarketresearch.com/hydrogen-fuel-cell-vehicle-market>

**환경적 관심 증가**– 환경 파괴, 자원 고갈과 같은 환경 위기의식으로 친환경 개념을 지원하는 다양한 기술이 떠오르고 있다. 이미 사람들은 대기오염, 온실가스 배출, '탄소 흔적(Carbon Footprint)'의 부작용을 인식하고 있으며, 기존 화석연료를 사용하지 않는 환경친화적인 수소전기차에 대한 수요가 급증할 것으로 예상하고 있다.

**수소 연료전지 인프라 개발을 위한 정부 이니셔티브** – 수소전기차의 채택은 수소충전소의 글로벌 네트워크 구축을 모색하는 기업

Governments are investing around \$850 million annually in hydrogen.

Selected government spending on hydrogen and fuel-cell programs, \$ million



〈그림 12〉 수소 및 연료 전지 프로그램을 지원하는 각국 현황

출처 : McKinsey & Company, "Hydrogen: The next wave for electric vehicles?" [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/hydrogen-the-next-wave-for-electric-vehicles>

의 투자와 소비자의 수용성을 증대시킬 정부 정책 및 강력한 인센티브 제도에 따라 추진될 것이다.

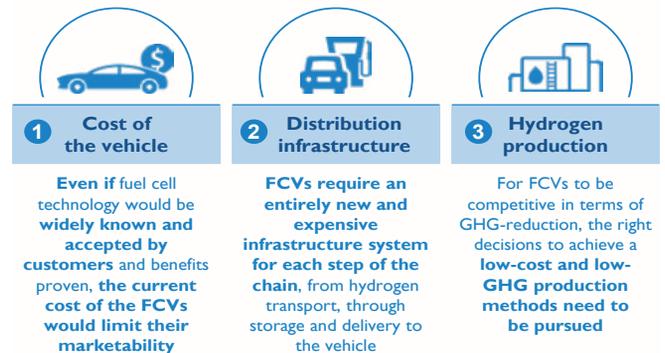
**인프라 구축을 위한 초기 투자**– 수소전기차 기술의 핵심은 온실가스, 질소산화물, 미세먼지와 같은 유해한 오염물질을 방출하지 않는 친환경 파워트레인이다. 하지만 연료전지 스택에 쓰이는 백금이나 연료탱크를 만드는 탄소섬유 등 고가의 재료로 인해 차량 가격이 비싸고 충전 인프라가 부족한 것이 저변 확대에 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 따라서 수소전기차 생산 공장 증설 및 충전소 확대 등 인프라 조기 구축이 성공의 관건이 될 것이다.

**수소전기자동차 시장의 잠재력 평가 및 기술의 발전** – 현재까지는 친환경차 분야에서 전기차가 앞서고 있지만, 앞으로 정부와 업계가 전략적 협업을 통해 수소 생산, 운송 및 저장, 충전소 관련 기술이 뒷받침된다면 기존의 가솔린 차량이나 하이브리드 그리고 전기차까지도 대체할 수 있을 것이라 전망이 나오고 있다.

### 수소전기차 시장 장애요인 및 대책 현황

〈그림 13〉에서 보는 바와 같이 수소전기차 시장에서 ① 연료전지 스택 등 핵심적인 부품 생산으로 인한 높은 수소전기차 가격 ② 수소 충전소 등 인프라 부족 ③ 저가 무공해의 수소 생산 등이 현재 가장 크게 당면한 장애요인이다. 이를 극복하기 위해 정부의 다양한 대책 마련과 시장 장애 요인을 해결하기 위한 기업의 노력이 필요하다.

#### Main obstacles to FCV adoption



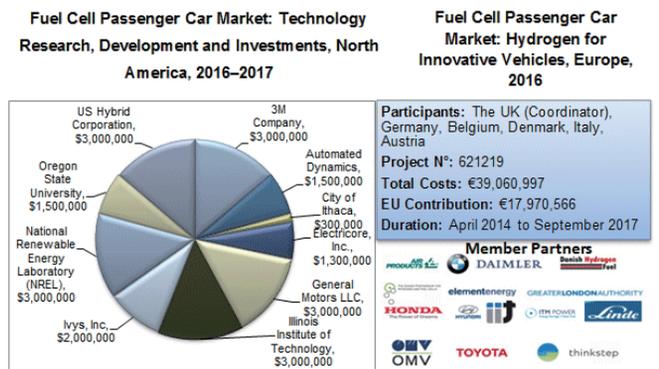
〈그림 13〉 수소전기차 시장의 주요 장애요인

출처 : Arthur D Little, "What's in the future for fuel cell vehicles?" [Online]. Available: [http://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL\\_Future%20of%20Fuel%20cell%20vehicles.pdf](http://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL_Future%20of%20Fuel%20cell%20vehicles.pdf).

Frost & Sullivan의 보고서<sup>7)</sup>에 따르면, 캘리포니아 에너지위원회 및 유럽 연료개발 프로그램(HyFIVE)은 수소충전소 네트워크에 자금을 지원하기로 했다.

Country/Region	H2 Stations Target (year)
California (US)	100 (2020)
Germany (EU)	400 (2023)
United Kingdom	~800 (2030)
Scandinavia	~150 (2020)
Japan	320 (2025)

〈그림 14〉 연료전지 자동차 시장: 수소충전소 설립 목표 2020~2025년  
출처 : Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.



〈그림 15〉 민간기업의 연료전지 기술 투자 현황  
출처 : Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

〈그림 15〉를 보면 미국에서는 약 2100만 달러, EU에서는 약 1700만 달러의 수소전기차를 위한 민간기업 투자가 이루어져 왔음을 알 수 있다. 하지만 수소충전소 건립 비용으로 75만~100만 달러가 소요되며 이는 여전히 인프라 확장의 주요 걸림돌이 되고 있다. 이를 극복하기 위해서는 350~700bar 가변 충전 압력을 가진 수소 저장 탱크 탑재 기술과 핵심 부품 개발 및 생산 기술이 확보되어야 한다.

셀, 리카르도, 연료전지 및 수소에너지협회, 세븐일레븐, 유럽의 HyFIVE, 린데, 캘리포니아 연료전지 파트너십, 발라드 및 영국 수소연

료전지차 도입 프로젝트(UK H2 Mobility)와 같은 민간회사, 기타 산업 단체 및 네트워크는 OEM 업체와 파트너 관계를 맺고 수소 생산, 수소 충전소 네트워크 배치 및 투자에 대한 전문성을 높이고 있다. 특히 연료전지 스택의 공동 개발과 연료전지시스템의 최적화는 수소전기차 상업화에 결정적인 요인이므로 이들은 수소전기차의 높은 에너지 밀도와 수소차가 가격의 하향 조정을 위해 주력할 것으로 보인다.

DoE는 80kW 연료전지 스택 시스템 가격을 약 30~40달러대로 낮추는 것을 목표로 세웠으며, 고분자전해질막(PEM)을 이용한 수소소제조 원천 기술을 확보해 수소 생산비용을 kg당 2달러 이하로 낮추기 위한 노력도 진행 중이다.

### 주요 업체 동향

Frost & Sullivan 보고서<sup>8)</sup>에 따르면, 수소전기차의 본격적인 확대는 BEV에 대한 정부보조금이 폐지되는 2020년 시작될 것으로 보인다. 또한 원가 절감 및 인프라가 갖추어질 2025년에는 수소전기차의 성장이 기하급수적으로 확대될 것으로 예상된다. 글로벌 자동차 기업 중 한국의 현대·기아차 및 일본 혼다가 미국 캘리포니아에서 리스 옵션으로 제공되는 수소전기차를 가장 많이 판매할 것으로 보

〈표 1〉 2019 수소전기차 출시 현황  
↓

2019 수소전기차	차량 사양
Hyundai Nexa(2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>SUV / Hydrogen Fuel Cell</li> <li>Fuel Economy : 59 MPGe city / 54 MPGe hwy</li> <li>Engine : 95 kw electric motor; 240V Lithium Ion battery</li> <li>Transmission : Auto</li> </ul>
Honda Clarity(2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sedan / Hydrogen Fuel Cell</li> <li>Fuel Economy : 68 MPGe city / 66 MPGe hwy</li> <li>Engine : 130 kW electric motor; 346V Lithium Ion battery</li> <li>Transmission : Auto</li> </ul>
Toyota Mirai(2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sedan / Hydrogen Fuel Cell</li> <li>Fuel Economy : 67 MPGe city / 67 MPGe hwy</li> <li>Engine : 113 kW electric motor; 245V Nickel-Metal Hydride battery</li> <li>Transmission : Auto</li> </ul>

출처 : U.S. Department of Energy, "Fuel Cell Electric Vehicles." [Online]. Available: [https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel\\_cell.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html).

7) Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

8) Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

이다. 현재 북미, 유럽 및 아시아태평양 지역에 3개의 수소전기차만 상용화되고 있으나, 향후 5년 동안 약 20개의 연료전지 자동차 출시가 예상되며 특히 아시아 OEM 제조업체가 시장을 장악할 것으로 보인다. 예를 들어 도요타 수소전기차는 16만5000대, 현대·기아차는 2만 대로 모두 18만5000대가 판매될 것으로 예상된다.

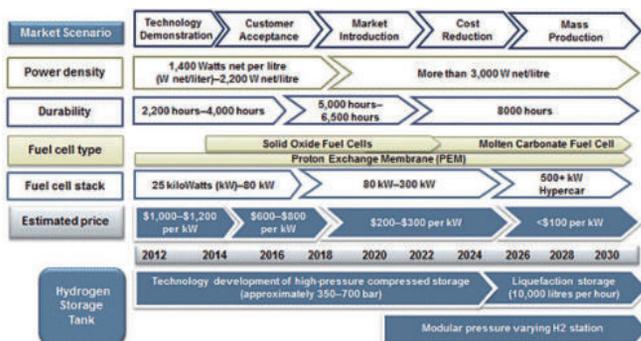
Company	2016	2017	2018	2019	2020	2021 onwards	Count
Toyota	Toyota Mirai					Toyota SUV	2
BMW						BMW i5 5 Series GT	2
Hyundai	Hyundai IX35		Hyundai Nexo	Hyundai Genesis		KIA FCV	4
Porsche					Porsche Pajun		1
Lexus					Lexus LS600		1
Honda		FCV Clarity					1
Daimler					B class F-Cell	GLC F-Cell	2
Volkswagen					Audi h-Tron	VW Passat VW Golf FCV	3
Nissan					e-NV FC RE		2
Ford						FCV	1
General Motors		Chevy Colorado ZHX - Army				FCV	2
Tata						Magic Iris Ziva	1

〈그림 16〉 업체별 2016년 이후 출시 예상되는 수소전기차

출처 : Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

### 전기차 vs 수소전기차 전망

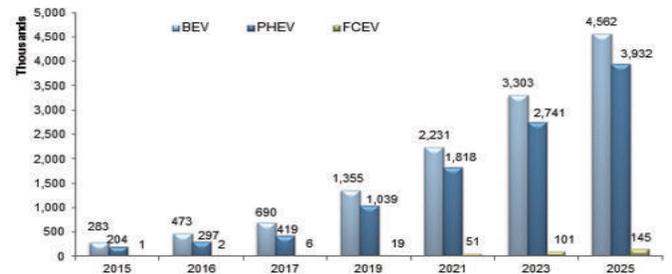
친환경차 시장은 전기차(EV), 하이브리드카(HEV), PHEV, 수소전기차(FCEV) 등으로 구분돼 있다. 현재는 BEV가 수소전기차에 앞서 있다. 이는 세계 시장에서 출시된 수소전기차 모델이 3개밖에 없어 수소전기차 사용 이점에 대한 소비자의 인식이 제한적이기 때문이다. 앞으로 주행 가능 거리, 향상된 충전 시간 및 안정성이 입증되고 개선된다면 BEV와의 격차는 계속 줄어들 것으로 예상된다.



〈그림 17〉 수소전기차 시장: 글로벌 기술 로드맵, 2012~2030년

출처 : Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

향후 도요타와 현대·기아차는 수소전기차 분야 글로벌 리더로서 연료전지 자동차 기술 발전에 중추적인 역할을 할 것으로 예상된다. 중국 일본 및 한국을 포함한 아시아 국가의 수소전기차에 대한 정부 지원과 함께 2020년부터 전 세계적으로 전기차 인센티브를 단계적으로 폐지하면 민간 투자에 대한 수문을 열고 연료전지 자동차 기술의 새로운 시작을 예고할 것이다.



〈그림 18〉 수소전기차(BEV), 하이브리드차(PHEV) 및 수소전기차(FCEV) 미래 시장 예측

출처 : Frost & Sullivan, "Fuel Cell Electric Vehicles: Genesis of a New Era or a Myth-Busting in New Energy Vehicle Technology?" [Online]. Available: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/fuel-cell-electric-vehicles-genesis-new-era-or-myth-busting-new-energy-vehicle-technology/>.

### 향후 자동차 시장, 친환경 수소전기차 위주로 재편

내연기관차 시대가 저물어가고 친환경차 시대가 도래하고 있다. 세계 각국의 환경 규제는 지속적으로 강화되고 있으며, 친환경 미래 에너지로 주목받는 수소에너지는 산업계의 큰 화두로 등장했다. 이 모든 조건을 갖춘 수소전기차야말로 궁극적인 미래 자동차에 가깝다고 볼 수 있다. 수소전기차의 가장 대표적인 장점은 유해물질이 전혀 배출되지 않는다는 점이다. 특히 수소전기차는 주행하면서 대기 중의 미세먼지를 정화하는 효과까지 있으며, 전기차와 비교해도 짧은 충전 시간 대비 주행 거리가 길다는 강점이 있다.

하지만 수소전기차는 높은 수소충전소 건설 비용 및 연료전지 스택에 사용하는 백금 등 고가 핵심 부품으로 인한 생산단가가 높다는 부담감, 생산을 위한 가장 효율적인 솔루션의 식별 및 표준화 수립이라는 숙제가 남아 있다. 세계 각국은 수소전기차를 포함한 수소경제 생태계 구축을 위해 애쓰고 있다. 정부는 운영비 지원 및 다양한 인센티브 제도를 통해 수소차 운행 및 충전소 구축 등을 추진하는 한편 적극적인 정부 지원 아래 기업들은 수소 생산, 저장, 운송 방식을 다양화함으로써 생산 비용을 낮춘다면 향후 자동차 시장이 친환경 수소전기차 위주로 재편될 가능성이 매우 클 것으로 예상된다.



TECH

## 차세대 유무선 가입자망 기술에 속도와 신뢰를 더하다

(주)캠옵틱스

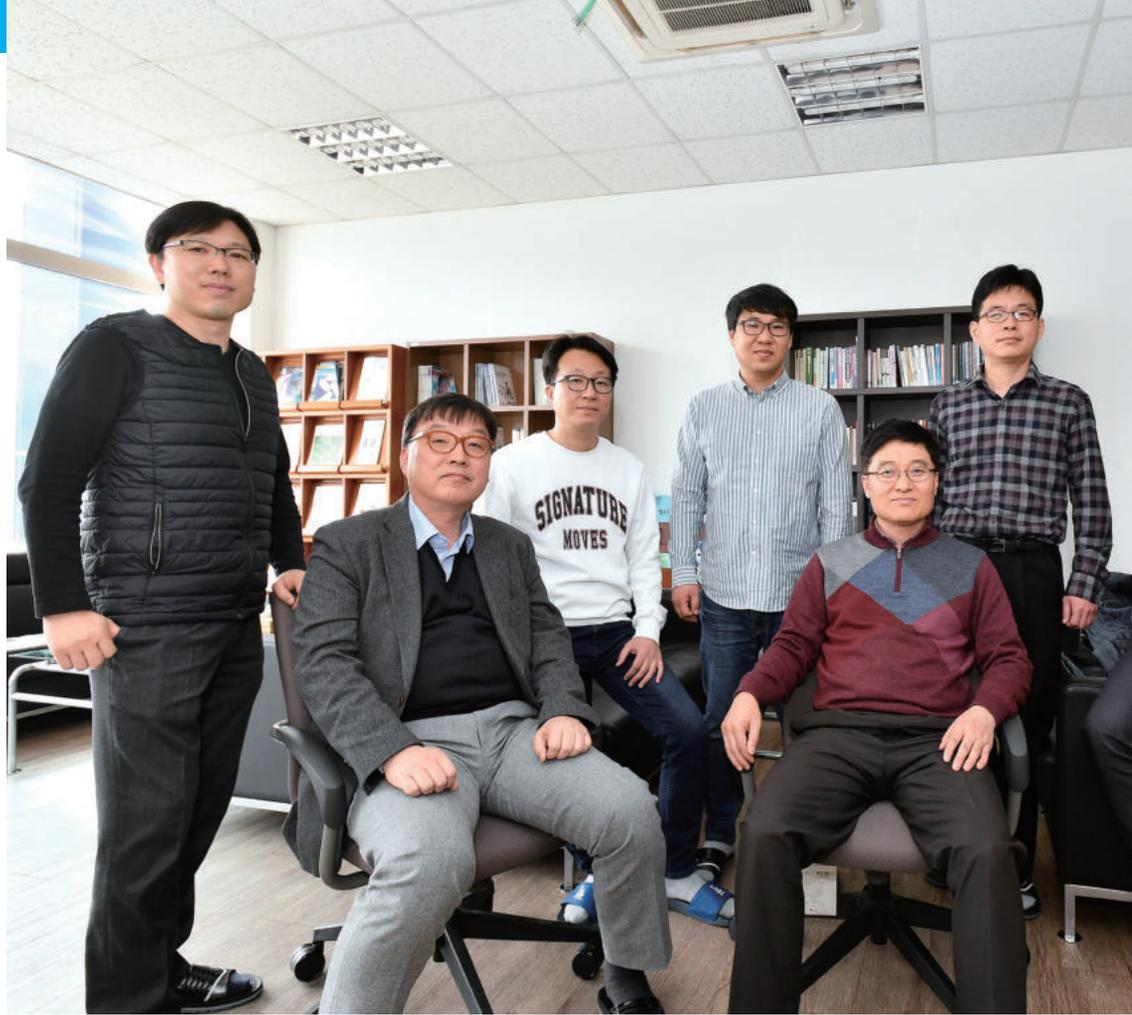
이달의 산업기술상은 산업통상자원부 연구개발(R&D)로 지원한 과제의 기술 개발 및 사업화 성과 확산과 연구자의 사기 진작을 위해 매월 수상자를 선정한다. 신기술 부문은 최근 최종 평가를 받은 R&D 과제 중에서 혁신성이 높은 기술 또는 해당 기간 성과물이 탁월한 기술을 뽑는다. (주)캠옵틱스가 'NG-PON2용 저가형 파장가변 BOSA-Transceiver 개발' 연구과제를 통해 차세대 유무선 가입자망 기술인 'NG-PON2용 파장가변 광트랜시버'를 개발했다. 이를 통해 기가인터넷, 대용량 방송통합 융합서비스 등에 응용할 수 있는 기술을 확보함으로써 폭발적으로 증가하고 있는 트래픽에 효율적으로 대응할 것으로 기대됨에 따라 영예의 장관상을 수상했다.



신기술 부문  
산업통상자원부 장관상

# 이달의 산업기술상

INDUSTRIAL  
TECHNOLOGY  
AWARDS



## 차세대 유무선 가입자망 기술에 속도와 신뢰를 더하다



5세대(5G) 이동통신 시대를 선도하기 위한 세계 각국의 경쟁이 치열하게 전개되고 있는 가운데 유무선 가입자 통신망 고도화를 위해 통신사업자들은 광섬유를 댁내 또는 댁내 인근까지 포설하는 광가입자망(FTTH) 기술을 사용하고 있다. 이러한 FTTH 기술은 2000년 중반 국내에 도입된 후 우리나라가 세계적으로 선도하고 있지만, 이 기술을 구성하는 핵심 소자인 광트랜시버는 저가의 외국산이 주를 이루고 있는 상황이다. 이에 광통신부품 제조·연구개발 등 기타 무선통신용 부품 전문 제조업체인 (주)캠옵틱스가 차세대 유무선 가입자망 기술인 'NG-PON2용 파장가변 광트랜시버' 개발에 성공해 주목을 받고 있다.

### 고성능 저가격 광가입자용 트랜시버를 처음으로 개발하다

도입 초기 회선당 속도가 100Mbps였던 FTTH는 현재 가입자당 최대 2.5Gbps를 나타내고 있으나 사용자가 많을 때는 속도가 크게 떨어지게 된다. 더욱이 최근에는 4K·8K UHD 비디오 서비스 및 클라우드 서비스 등 폭증하는 데이터 트래픽으로 인해 속도 저하가 잦아 가입자당 10Gbps급을 보장하는 업그레이드 기술이 요구되고 있다.



## 이학규

(주)캠옵틱스 전무

**사업명** 우수기술연구센터(ATC)사업  
**연구과제명** NG-PON2용 저가형 파장가변 BOSA-Transceiver 개발  
**적용제품** 파장 가변 레이저  
**개발기간** 2013. 6 ~ 2018. 5 (60개월)  
**총정부출연금** 2,100백만 원  
**개발기관** (주)캠옵틱스 / 대전광역시 유성구 테크노2로 261 042-344-0001 / www.chemoptics.co.kr  
**참여연구진** 이형중, 이학규, 박준오, 이종휘, 백남섭, 윤지성, 서준규

이에 따라 국제표준화기구인 ITU-T(국제전기통신연합 산하기관)에서는 NG-PON2(차세대 광가입자망 기술 · Next Generation Passive Optical Network 2)를 차세대 광가입자망 기술로 정하고 기술 표준안을 마련해 폭증하는 트래픽에 대응하도록 하고 있다.

이와 관련해 이번 연구과제의 기술 개발을 주도한 캠옵틱스 이학규 전무는 “NG-PON2 표준화 내용은 기존의 가입자당 회선에서 제공하는 대역폭을 시간적으로 할당해 사용하는 TDM(Time Division Multiplexing) 기반 기술에 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기술을 접목한 TWDM PON 기술과 가입자당 전용 파장을 할당해 가입자당 10Gbps가 보장되는 p-t-p WDM-PON(point to point WDM) 기술로 구성돼 있다”면서 “이번에 캠옵틱스가 개발에 성공한 ‘NG-PON2용 저가형 파장가변 BOSA-Transceiver’가 이러한 모든 기술 조건을 충족하는 최초의 트랜시버”라고 말했다.

### 기존 기술 한계 극복과 가격경쟁력 등 두 마리 토끼 잡아

현대의 광통신 시스템은 한 가닥의 광섬유에 전송할 수 있는 광 신호 용량을 극대화하기 위해 여러 가지 다중화 기술을 사용한다. 특히 다양한 광파장을 사용하고 각각의 파장에 고속화된 신호를

## How to

회사 설립 초기부터 원천 기술의 중요성을 강조하면서 기초기술 연구개발 및 실력 향상에 몰두했고, 이를 바탕으로 한 응용 기술 개발 및 제품화 경험이 본 과제 성공의 요인이 됐다. 무엇보다도 소재 및 부품 개발 전 과정을 캠옵틱스만의 우수한 자체 인력 활용과 기술력으로 소화할 수 있었다는 것이 가장 컸다.

인가하는 방법인 파장분할다중화(WDM) 방식은 대용량 시스템에서 보편적으로 사용되고 있다. 그리고 이러한 WDM 시스템에 사용하고자 개발된 것이 바로 파장가변 광트랜시버다. 하지만 기존의 파장가변 트랜시버는 80km 이상의 장거리 통신용이라 선진 광소자 회사를 중심으로 개발돼 왔으며, 광송신기 부분에만 파장가변 기능을 구현하고 광수신기 부분에는 없는 등 기술적 한계를 지니고 있었다.

이에 캠옵틱스는 기존 기술의 한계를 극복하는 한편, 최근 광통신 시장에서 가장 중요한 사항 중 하나로 꼽히는 가격경쟁력 확보라는 두 마리 토끼를 잡기 위해 연구개발 노력을 기울인 끝에 차세대 유무선 가입자망 기술인 NG-PON2/WDM-PON용 파장가변 트랜시버 개발에 성공한 것이다.

이 전무는 “본 과제를 통해 당사는 모듈에 사용되는 원재료인 저손실 폴리머를 개발해 폴리머를 사용하는 파장가변 칩 설계 기술 및 레이저를 구성하는 반도체 이득 물질과 폴리머 칩과의 결합 효율 최적화를





이학규  
 (주)캠옵틱스 전무

위한 하이브리드 집적화 기술, 외부 변조 기기가 필요 없는 직접 변조형 레이저 개발에 성공했다. 아울러 광대역 파장 필터 구현을 위한 폴리머 필터와 저가형 패키징 기술도 개발했다”고 밝혔다.

또한 “파장가변 레이저를 구현하는 방식은 크게 파장가변 격자와 이득매질이 한 기판에 모노리딕(Monolithic)하게 집적하는 방식과 파장가변이 작은 레이저 6~8개를 조합해 파장 가변 범위를 확장한 Array LD 방식, 이득매질과 전파장 영역으로 가변이 가능한 격자를 공간적으로 완전 분리해 사용하는 외부 공진 방식 등 세 가지로 구분된다”면서 “이 가운데 당사가 사용하고 있는 외부 공진 방식은 연속 파장 가변이 가능하고 광출력 파워를 결정하는 이득 부분과 파장 특성을 결정하는 필터 부분으로 분리되기 때문에 빠른 개발 주기를 갖는다”고 설명했다.

### 광트랜시버

Optical Transceiver.  
 전기신호를 광신호로 변환하거나 반대로 광신호를 전기신호로 변환하는 광통신 시스템의 핵심 광모듈을 말한다.

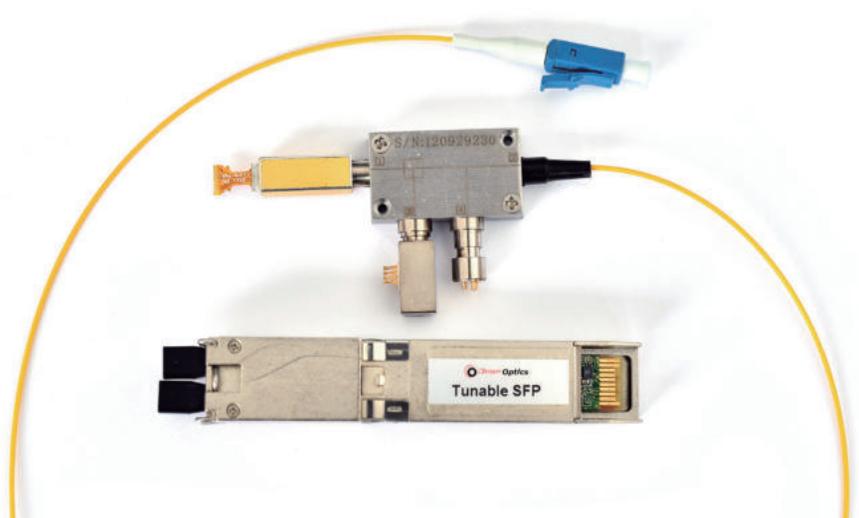
특히 이 전무는 “무엇보다도 당사가 사용하는 ‘폴리머 평면 광파 회로(PPLC)’ 기술을 이용한 외부 공진 방식은 열광학 효과가 커 파장 가변 범위가 넓고, 반도체 이득매질과 폴리머 칩을 간단한 정렬로 조립할 수 있기 때문에 저가화가 가능하다. 또 복잡한 광부품이 필요 없는 데다 기계적으로 이동하는 부분이 없어 신뢰성이 높다는 장점을 지니고 있다”고 강조했다.

### 올해 국내 5G망 설치 확대로 사업화에 청신호 켜져

한편 사업화와 관련해 캠옵틱스 이형종 대표는 “본 과제에서 개발한 파장가변 광송수신기 시장은 세계 유수의 광모듈 업체가 경쟁 중인 메트로·장거리 전송 시장과는 차별화해 FTTH와 같은 유선 액세스망과 4G·5G 백홀 등 모바일 액세스망을 주요 목표 시장으로 삼고 있다”면서 “현재 당사는 6Gbps급 직접 변조가 가능한 폴리머 기반 외부 공진 방식의 파장가변 트랜시버를 개발해 SKT 4G-Advance망에 공급했으며, 10Gbps 파장가변 트랜시버를 SKT 5G망에 지난해 말부터 공급하고 있다”고 말했다.

아울러 이 대표는 “올해부터 SKT 5G망이 전국적으로 설치되고 있기 때문에 당사의 파장가변 트랜시버 매출이 증가할 것으로 기대되며, 국내 상용화 레퍼런스를 기반으로 해 2020년부터는 본격적으로 해외 시장을 공략할 방침”이라고 밝혔다.

끝으로 앞으로의 계획과 목표에 대해 이 전무는 “10Gbps급 파장가변 트랜시버를 기본으로 차세대 통신망에 사용할 25Gbps, 50Gbps급 파장가변 트랜시버 모듈을 개발할 계획”이라고 말했다. 또한 이 대표는 “소재와 부품의 결합이라는 당사의 장점을 극대화해 모든 광소재 플랫폼의 표준이 되는 작지만 강한 강소기업으로서의 면모를 다져 당사의 사명인 ‘인류의 소통에 기여하는 기업’으로 자리매김할 수 있도록 최선을 다하겠다”고 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.  
화학 2개, 지식서비스 1개로  
총 3개의 신기술이 나왔다.

## 화학

- 섬유제품 안전성 확보를 위한 폼알데하이드, 6가 크롬 검출 보급형 Chromogenic 센서
- 압전·압정전용량 특성 부여 나노 웹과 신축성 섬유전극 개발을 통한 다주파수 전기 임피던스 단층영상 기반의 대면적 비격자 압력분포 감지시스템

## 지식서비스

- 다문화 구성원 대상의 스마트 러닝 교육 및 문화교류 지원 서비스

# 섬유제품 안전성 확보를 위한 폼알데하이드, 6가 크롬 검출 보급형 Chromogenic 센서

(주)알케미스\_제품안전기술기반조성

## 기술의 의의

전기용품·생활용품 안전관리법 등 소비자 보호 및 산업 재해 예방을 위해 간편하게 자율적으로 확인할 수 있는 보급형 유해물질 검출 키트 개발.

### 기술내용

가습기 살균제 사건 이후 유해물질에 대한 관심이 높아졌으며 이러한 유해물질 관리의 중요성에 따라 화평법, 화관법 등 관련 법규가 제정, 관리되고 있음. 유해물질에 대해 작업자의 안전 및 소비자 보호에 대한 법규의 제정이 시급하며 이러한 결과로 공급자 적합성 확인(KC인증) 등 제품 안전에 관한 안전인증이 전 산업 분야에 걸쳐 이루어지고 있는 상황임. 화학물질은 실험실에서 고가의 장비를 활용해 유해 여부를 확인할 수 있으나 일반인이 화학물질을 확인하는 것은 매우 어려운 실정임. 이를 위해선 전문적인 시험분석 기관에 의뢰해야 하는 데다 유해성 또는 위해성 화합물에 대한 대응이 어려워 화학물질로 인한 사고가 발생할 수 있음. 이에 대한 대책으로 일반인이 유해한 화학물질을 손쉽게 확인할 수 있도록 색 변환 센서의 개발이 시급히 요구됨. 이러한 색 변환 센서는 임신진단시약이나 소변검사 등 의학용 체외진단 색 변환 센서로

다양하게 이용되고 있으며, 최근 불산 유출 사고 등에 대응하기 위해 현장에서 예측되는 유해화학물질의 누출 시 즉각 반응해 시각적으로 화학물질의 누출을 손쉽게 확인할 수 있는 센서를 설치, 화학물질 유출에 따른 사고를 예방할 수 있음. 최근 개정된 전기용품·생활용품 안전관리법 등 소비자 보호 및 제품 안전인증에 대응하기 어려운 영세, 소상공인과 소비자를 위해 적은 비용으로 간편하게 확인할 수 있는 보급형 유해물질 검출 키트를 개발했음. 이 제품은 KC인증을 위한 유해물질 안전요건의 시험 대상인 유해물질(폼알데하이드, 크롬)과 반응해 색이 바뀜으로써 유해물질의 유무 및 함량을 확인하고 KC인증도 확보할 수 있음.

### 적용분야

화장품, 생활용품, 유아용품, 의류 등에 포함된 폼알데하이드와 6가 크롬 검출 키트, 소비자 및 영세사업자의 유해화학물질 유무 및 정량 검출 분야, 생활화학제품 등 관련 산업계.

### 향후계획

국내외에서 규제하고 있는 다양한 유해화학물질의 유무를 손쉽게 확인할 수 있는 다양하고 정밀한 색 변환 센서를 개발함으로써 유해화학물질로 인해 발생 가능한 위험으로부터 소비자를 보호하는 한편 산업 현장에서 유해화학물질의 누출로 인한 재해를 예방할 수 있는 원천 기술을 확보해 보급하고자 함.

### 연구 개발기관

(주)알케미스 /  
031-8041-1601 /  
www.alchemyth.com

### 참여 연구진

(주)알케미스 최하영, 구양서, 박재우, 한국건설생활환경시험연구원 조훈식, 송석호, 성균관대 배진영 외



# 압전·압정전용량 특성 부여 나노 웹과 신축성 섬유전극 개발을 통한 다주파수 전기 임피던스 단층영상 기반의 대면적 비격자 압력분포 감지시스템

경희대학교 산학협력단\_ 섬유외류

## 기술의 의의

세계 최초의 100% 섬유 기반 비격자형 동적·정적 압력분포 센서와 측정 방법 개발.

**기술내용** 인구의 고령화 및 스마트 산업의 발전에 따라 안전 및 건강 모니터링, 정보통신기술(ICT) 기기, 기타 응용 산업분야에서 높은 공간 해상도와 실시간성을 요구하는 다채널 압력 배열센서의 사용이 증가하고 있음. 하지만 많은 수의 변형률계를 격자 형태로 사용하는 기존 방식은 다수의 신호선 연결과 내장형 측정 장치의 사용으로 제조원가가 높고 개별 센서 고장 시 교환 및 관리, 유지에 소요되는 비용이 커 산업화가 제한적이었음. 또한 통기성·유연성 등의 제한과 동적·정적 압력 변화 측정을 위해 별도의 센서를 사용해야 함. 본 연구를 통해 100% 섬유 기반으로 통기성과 유연성을 유지하면서 내부의 별도 배선 없이 센서 주변부에서 측정된 데이터로부터 내부 대면적 센서의 압력분포를 영상화하는 기술을 개발함. 이러한 100% 섬유 기반 동적·정적 압력분포 변화의 실시간 영상화 기술과 관련해 탄성 회복률이 우수한 섬유원단 제작 기

술은 물론 압력분포 센서의 크기와 응용 분야의 민감도 요구에 적합한 전기 전도도 제어 코팅 기술, 다층 구조의 센서 형태 및 센서 제작 공정 기술을 확보함. 더불어 압전특성 및 가공성이 우수한 PLA 나노섬유 웹 제작 기술, 압정전용량 특성이 우수한 고휘도 PU 나노섬유 웹 생산 기술을 개발함. 이외에도 센서 주변부 인터페이스 설계 기술, 전류원 영상 및 전기 임피던스 단층영상화 기술 등을 확보해 대면적 비격자 형태의 압력분포 감지시스템을 개발함.

**향후계획** 전문 의복(군인, 소방관) 및 일상생활 중 압력 변화에 의한 생체 신호 모니터링(맥진기, 호흡, 심장박동 검출) 등 웨어러블 디바이스

의 핵심 센서로 활용 가능하고, 스마트 침대 시트나 카펫, 바닥재 및 재활기기 등에 적용해 라이프케어 용도로 사용 가능함.

**적용분야** 2018년 1월 도쿄 Wearable EXPO에서 개발 시스템을 전시했고, 중국·일본·미국 등 관련 분야 전문가 및 기업의 문의와 공동 상품화 개발, 기술출자회사 창업, 기술 이전에 대해 논의 중이며 이를 활용한 제품화를 계획 중임.

**연구 개발기관** 경희대학교 산학협력단 / 02-961-0554 / www.khu.ac.kr

**참여 연구진** 경희대 우응제, 김갑진, 김홍두, 오동인, 정유정, DYETEC 연구원 박성민, 김명순, 솔루에타 민의홍, (주)에프티이앤이 김석홍, 한국생산기술연구원 고재훈, 한국패션산업연구원 김대석 외



㉔ PU 나노웹을 이용한 70 x 70cm<sup>2</sup> 대면적 비격자 압력분포 감지 센서  
 ㉕ 보행 시 EIT(Electrical Impedance Tomography) 시스템을 이용한 실시간 영상 복원 이미지

# 다문화 구성원 대상의 스마트 러닝 교육 및 문화교류 지원 서비스

(주)스마트러닝코리아\_ 서비스산업융합고도화기술개발

## 기술의 의의

이민족 간 소통 장벽인 언어 이해 문제를 더 쉬운 한국어로의 한-한 변환 서비스를 통해 해결.

**기술내용** 다문화 구성원(특히 학부모)이 가정통신 문 등을 읽을 때 한자 어 등 어려운 한국어 때문에 문서를 이해하는 데 어려움을 겪고 있음. 이로 인해 다문화 구성원이 자녀 학습 생활에 대한 관여도가 떨어져 일반 학생에 비해 상대적으로 학습 수준이 낮게 조사됨. 한국어 사용에 어려움이 있는 다문화 구성원, 특히 결혼이주여성인 한국사회에 뿌리내릴 수 있는 가장 근본적인 방법이 교육의 효과성 제고임. 한편, 미흡한 의사소통에 의해 발생하는 오해와 소외로 인해 비행청소년 및 범죄율이 증가하고 있음

며, 이로 인해 다문화가정이 사회 문제 발생의 원인이라는 선입견이 확대됨. 따라서 다문화 구성원의 한국어 언어 이해능력 향상 및 교육기관과의 의사소통, 자국민의 다문화가정에 대한 인식 개선이 필요한 실정임. 이러한 가운데 본 연구 과제를 통해 다문화 구성원을 대상으로 한국어 의사소통을 지원하는 한국어 변환(한-한 변환) 및 다문화 구성원 맞춤형 콘텐츠 추천 서비스를 제작함. 이를 통해 다문화 구성원에 대한 포용 및 문화적 흡수를 인증 정책으로만 해석하지 않고 언어 습득을 통한 문화적 포용으로 자국민화를 가속화함.

**향후계획** 사용자의 학습능력을 기반으로 한 유형 분류를 통해 개별화된 학습관리 제공, 온라인을 통한 일대일 대면학습관리 서비스 지향.

**적용분야** 국내 다문화 구성원 대상의 스마트 교육 서비스와 함께 동남아 현지 한국어 교육에 본 서비스를 적용해 한국어로의 유학 및 결혼이주를 희망하거나 동남아 진출 한국기업으로 취업을 희망하는 외국인에 대한 한국어 교육 서비스를 지원해 현지인의 한국어 습득에 대한 진입장벽 완화.

**연구 개발기관** (주)스마트러닝코리아 / 02-572-0818 / www.slkedu.com

**참여 연구진** (주)스마트러닝코리아 김우식, 전병조, 이윤혁, (주)이티빌 엄기주, 우지룡, 선문대 노규성, (주)마이소 사이어티브 백승철, 트리니티(주) 이재경 외



# 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.  
기계·소재 3개, 화학 1개, 전기·전자 1개로 총 5개의 사업화 성공 기술이 나왔다.

## 기계·소재

- 복합기능성 인조피혁을 활용한 쿠션감 향상 크래시 패드
  - 건설기계용 저온연소 엔진의 고효율·저배기 기술
  - 보행자 보호용 높이 축소형 냉각모듈

## 화학

- 차세대 전자패키지용 고방열 용·복합 신소재 기술

## 전기·전자

- 전 광파장대 고효율, 소형화 LED용 패키지 제조기술

# 복합기능성 인조피혁을 활용한 쿠션감 향상 크래시 패드

(주)백산\_ 섬유생활스트림간협력기술개발사업

## 기술의 핵심

크래시 패드 감싸기에 적합한 천연피혁과 유사한 감성 및 촉감을 발현한 밀도 0.38g/cm<sup>3</sup> 이상의 장섬유형 고밀도 극세사 부직포 활용 인조피혁 개발.

**기술내용** 자동차 실내 분위기가 웰빙형을 비롯해 고급스러움을 추구하는 추세로 바뀌고 있음. 이와 관련해 천연피혁과 유사한 감성을 지니며 내광성, 내열성, 내가수분해성 등의 고물성을 나타낼 수 있는 인조피혁 제품의 필요성이 대두됨. 따라서 고내열성, 고내광견뢰도, 고내가수분해성 등의 물성 및 저수축률 등의 기능이 탁월하면서 천연피혁의 질감과 유사한 감성을 나타내는 VOC가 최대한 배제된 고기능성 · 고성능의 크래시 패드 감싸기용 인조피혁 제품의 개발이 절실함. 이러한 가운데 본 연구과제의 개발 제품은 천연피혁과 유사한 감성 및 촉감을 발현하기에 적합한 밀도 0.38g/cm<sup>3</sup> 이상인 장섬유형 고밀도 극세사 부직포를 섬유 기재로 활용함. 또한 100% 고휘분의 우레탄을 접착제로 활용, 유기용제 및 유해성분을 최대한 배제한 청정산업으로서 환경 규제에 대응할 수 있는 제조 기

술을 확보함. 이를 기반으로 고내광성, 고내가수분해성, 고내열성, 최소 수축변형률 등을 요구하는 자동차 크래시 패드, 스티어링 휠 커버 등의 고물성 · 고부가치성 제품으로 활용할 수 있음.

**사업화 내용** 2015년 사업화 종료 이후 자동차 내장재 크래시 패드 제품(싼타페 및 K9 적용)에 상용화함. 또한 쏘나타(2019년 상반기), 제네시스(2019년 하반기) 후속 차종에 고기능성 인조피혁 제품이 적용될 것으로 예상됨. 한편, 본 연구과제 개발을 통해 축적한 기술을 바탕으로 여러 차종으로 확대 적용할 수 있도록 기술을 안정화시키고, 향후 고급 · 고성능 자동차 내장재에 폭넓게 적용할 계획임.

**사업화시 문제 및 해결** 자동차용 크래시 패드에 적합한 0.38g/cm<sup>3</sup> 이상의 장섬유형 고밀도 극세사 부직포를 제조하고자

최적의 구성 섬유와 혼합률 선정, Needlepunching, Spunlace 등 공정별 부직포 제조 조건의 정량화를 통해 요구되는 물성을 충족시켰음. 또 물리 · 화학적 특성을 만족하는 100% 고휘분의 무용제형 우레탄 소재 개발을 위해 여러 가지 원재료의 최적 배합 연구로 자동차용 크래시 패드에 적합한 소재를 개발함. 한편 크래시 패드 부품 상태에서 기존 천연가죽 감싸기용 크래시 패드의 경우 에어백부 스티치 봉제, 휴먼에러, PSM 스킨 및 PU 폼 일체 발포 공정과 같은 단점이 발생함. 따라서 본 개발품은 사출 CORE(PPF), 섬유 쿠션재(필라멘트 클로스), 인조가죽 형태의 구조로 접촉 감성, 쿠션감, 고급스러운 패션성, Invisible 에어백 등의 특성이 향상된 고감성 크래시 패드 부품 기술을 개발해 양산화에 성공함.

**연구 개발기관** (주)백산 / 031-8084-0781 / www.baiksan.co.kr

**참여 연구진** (주)백산 차윤중, 안성득, (주)용산 김덕래, 문홍권 외



# 건설기계용 저온연소 엔진의 고효율 · 저배기 기술

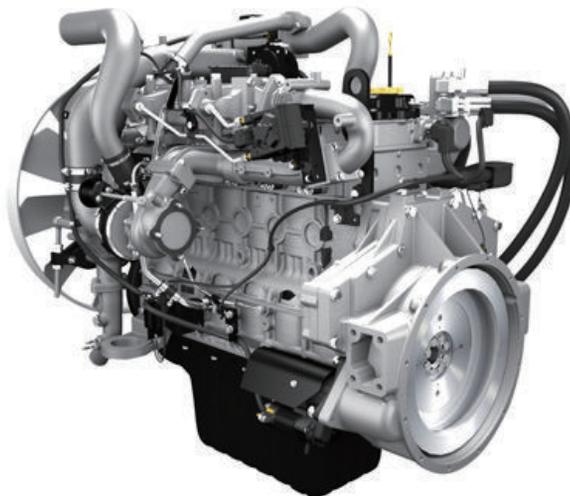
두산인프라코어(주) 기계산업핵심기술개발사업(생산시스템)

## 기술의 핵심

연소실 내부의 공기 · 연료 거동을 최대한 활용해 완전연소를 유도하는 산업용 Heavy-Duty 디젤엔진용 연소시스템의 설계 기술.

**기술내용** 본 기술은 비도로 산업용 디젤엔진의 연소실, 연료분사장치 및 공기시스템을 설계하고 이를 정밀하게 전자제어해 연소실 내에서 발생하는 미세먼지 배출을 최소화하면서도 고출력 · 고효율을 달성하는 기술임. 본 기술을 활용해 현재 세계에서 가장 엄격한 산업용 디젤엔진 배기규제인 Tier 4 Final을 별도의 미세먼지 저감 필터 적용 없이 만족시켰으며, 세계적으로도 미국, 독일 등 일부 업체만 동등 수준의 기술을 보유하고 있음. 연소 과정의 근본 원리부터 실제 엔진에서의 물리 · 화학적 현상 파악 및 다양한 운전 조건에서 안정적으로 성능을 구현하는 부분이 모두 유기적으로 달성되어야 가능한 기술로, 본 연구과제를 통해 산학연의 적극적인 협력으로 개발에 성공함. 특히 이 과정을 통해 전체 연소시스템 개발 프로세스를 독자화해 차기 배기규제 대응 및 신규 엔진 개발에 활용하고 있음.

**사업화 내용** 본 기술을 적용한 6L급 비도로 산업용 디젤엔진의 양산에 성공해 굴착기, 로더 등 건설장비에 탑재돼 국내 및 미국, 유럽 시장 등에 2014년부터 판매되고 있으며, 2017년 기준으로 이 기술이 적용된 엔진 및 건설장비 판매량은 연간 3000대 이상임. 초기 기술 개발은 6L급 건설기계용 엔진 기술 중심으로 추진됐으나, 기술 개발 이후 8L급 이상의 디젤엔진 및 차량용 엔진으로 확대 적용돼 미세먼지 배출 저감 및 연비 개선 등 상품성 향상에 기여하고 있음.



## 사업화시 문제 및 해결

배기규제를 만족시키지 못하면 시장 진입 자체가 원천적으로 불가능하므로 본 기술 개발이 실패할 경우 배기규제 대응을 위한 미세먼지 저감 필터 등 부가적인 장치 적용까지도 검토해야 하는 상황이었음. 실제 필터 적용을 개발 전략 중 일부로 검토하기도 했으나, 일부 경쟁사가 필터 없이 배기규제에 대응할 수 있는 엔진을 발표하면서 본 과제의 성공을 통해 반드시 경쟁력을 확보해야 하는 상황이었음. 정부 지원을 바탕으로 산학연 협력체계를 통해 연소실 내 미세먼지 발생 원인에 대한 근본 연구, 이를 개선하기 위한 다양한 아이디어 검토 및 실용화 가능성을 동시에 추진할 수 있었고, 이에 따라 짧은 시간 내 효과적인 대응 방안을 확보할 수 있었음.

## 연구 개발기관

두산인프라코어(주) /  
032-211-1114 /  
www.doosaninfracore.com

## 참여 연구진

두산인프라코어(주) 김득상, 왕태중, 유덕근, 이웅건, KAIST 배충식, 한국기계연구원 오승묵 외



# 보행자 보호용 높이 축소형 냉각모듈

한온시스템\_그린카 등 수송시스템산업핵심기술개발사업(자동차)

## 기술의 핵심

풍량 개선 팬 블레이드 형상 최적화, 팬 패키지 소형화 설계 기술, 팬 모터 설계 기술, 팬 모터 효율 개선.

**기술내용** 차량 전방 보행자 충돌 시 보행자의 상해를 저감시키기 위해서는 변형 가능한 공간을 확보해야 하며, 차량 전방에 위치한 냉각모듈은 보행자 UPPER LEG 보호 성능을 저해하는 요소임. 보행자 충돌 시 변형 가능한 공간을 확보하

기 위해서는 냉각모듈의 높이가 축소돼야 함. 이를 위해 소형화된 고효율 냉각모듈의 개발이 요구되며, 냉각팬의 경우 고회전, 고풍량 소형 냉각팬, 모터의 개발이 필요함. 기존 냉각팬의 풍량을 개선하기 위해 블레이드의 설계 최적화를 실시했으며, 블레이드 유효 직경을 늘



림으로써 풍량을 증대시킬 수 있음. 또한 냉각팬에서 열교환기까지의 이격 거리가 클수록 풍량 증대에 유리하므로 냉각팬과 쉬라우드를 역전시킨 설계안을 도출했음. 팬모터 소형화를 위해 고자력 마그넷 적용, 패키지 최적화를 실시했으며, 아마추어 회전자부 슬롯 축소, 권선패턴 변경을 통해 효율을 개선했음.

## 사업화 내용

본 기술을 적용해 기존 타입 대비 냉각팬 풍량, 소음, 모터 효율 측면에서 유리한 역전 슬림팬 개발에 성공해 국내 완성차업체에 최초로 적용했음.

## 사업화시 문제및해결

역전팬 구조 적용 시 팬 블레이드가 엔진 룸 측에서 노출돼 작업 시 상해가 발생할 우려가 있음. 이에 별도의 상해 방지 커버를 적용함으로써 문제를 해결함.

## 연구 개발기관

한온시스템 /  
042-930-6114 /  
www.hanonsystems.com

## 참여 연구진

한온시스템 정순안, 박성욱, 윤신원, 동양기전 정순중, 유호국, 군산대 강희찬, 자동차부품연구원 김성철, 정정훈 외

# 차세대 전자패키지용 고방열 용 · 복합 신소재 기술

전자부품연구원\_ 산업소재핵심기술개발사업(화학공정소재)

## 기술의 핵심

고열전도를 위한 무기물 필러 합성 기술, 고열전도 복합소재용 폴리머 합성 기술.

**기술내용** 본 연구과제를 통해 고밀도 전자부품의 전자 패키지에 각종 방열 대책으로 적용될 수 있는 고방열 회로 기판 및 사출부품, Die Attach Film, Thermal Spreader 등의 제품 개발에 필요한 고방열 절연시트 소재, 열가소성 고방열 복합소재, 고내열 탄소계 복합소재, 고방열 점착제, 고내열 점착제 등의 원천소재를 확보함. 이로써 10W/mK 이상의 고방열 절연 소재 개발을 통해 고방열 절연 회로 기판 소재 및 제조 공정의 핵심 기술을 확보함. 개발된 고방열 특성의 사출형 방열소재는 다양한 형상의 고열전도도 특성의 부품에 적용할 수 있으며, 이를 위한 원료소재로서 활용이 가능함. 또한 실리콘 수지 기반의 방열소재 및 점착소재 개발을 통해 고내열 실리콘 점착제 시장에 적용할 수 있게 됐으며, 이를 기반으로 대중국 수출 등을 통한 기업의 성장 이 기대됨. 본 기술 개발을 통해 55건의 특허를 국내외에 출원함으로써 핵심 기술의 권리를 확보함.

**사업화 내용** 고방열 복합소재는 스마트폰, 태블릿PC 등과 같은 다양한 슬림형 전자기기, 반도체 파워디바이스 모듈 패키지, EV 및 HEV 등 자동차 산업용 부품, 고출력 LED 조명부품 등에 적용 가능하며, 에너지산업, 산업기기 · 로봇, 가전제품 등으로 적용 분야를 확장할 수 있음. 고방열 절연 복합소재를 활용해 전기차용 방열 몰딩소재로 개발해 사업화를 추진 중임. 또한 고내열 점착제는 사업화까지 진행돼 디스플레이 분야에서 지속적인 매출을 올리고 있음. 본 과제의 참여 기업인 (주)에이치알에스는 자동차부품업체와의 협업으로 기업이 원하는 가공온도 및 가공 시간, 점착력 조절을 통해 사업화를 진행했으며, 제품의 다양화로 품질의 세분화가 이뤄지고 있어 사업화 목표를 차질 없이 진행 중임.

**사업화시 문제및해결** 고방열 복합소재는 필러의 표면 기능화에 의한 수지 중 분산에

서의 계면 열저항 저감, 수지소재 및 필러의 조직화 · 배향 · 배열에 의한 열전도 패스의 형성으로 종래 기술에서는 양립할 수 없었던 상반적 기능이 해소된 고방열 성능의 유무기 하이브리드 소재를 개발함. 특히 고내열 점착제의 경우 생산성을 높이기 위해 저온 타입을 원하는 업체와 고온 타입을 원하는 업체 등으로 분류돼 있어 업체별 조건에 따른 경화 속도와 점착 성능을 구현하는 데 문제점이 있었으나, Silicone Resin의 구조 및 함량을 조절해 업체의 요구 조건별로 최적화함으로써 사업화의 문제점을 해결함.

**연구 개발기관** 전자부품연구원 / 031-789-7000 / www.keti.re.kr  
(주)에이치알에스 / 031-655-8822 / www.hrssl silicone.com

**참여 연구진** 전자부품연구원 이우성, 박성대, (주)에이치알에스 함진규, 오세홍 외

고내열 탄소계 열 확산 필름 소재



# 전 광파장대 고효율, 소형화 LED용 패키지 제조기술

(주)포인트엔지니어링\_ 벤처형전문소재기술개발사업

## 기술의 핵심

아노다이징 공법을 이용해 알루미늄 기판을 물리적·전기적으로 분리할 수 있는 수직절연층을 형성함.

### 기술내용

LED PKG(Package)는 열이 많이 발생하는 고출력 LED 특성상 방열 및 광효율이 뛰어나야 함. 기존 LED PKG용 기판 재료는 고방열 기판으로 수지, 세라믹 등이 많이 사용되고, COB에 사용될 수 있는 MCPCB 기판 등이 개발되고 있으나 가격, 생산성 등의 문제로 적용률이 매우 낮은 상황임. 이에 반해 (주)포인트엔지니어링의 LED PKG 기술은 아노다이징 기술로 수직절연층을 형성해 기존 제품과는 달리 열 방출을 획기적으로 늘린 세계 최초의 기술로서 IR부터 UV까지 전 파장대의 LED에 응용이 가

능함. 더욱이 포인트엔지니어링이 개발한 알루미늄 LED PKG는 UV 파장에 대한 반사율이 뛰어나므로, UV LED의 높은 방열성과 낮은 광손실을 통해 타사 대비 높은 광특성을 나타내는 제품을 개발할 수 있었음.

### 사업화 내용

2014년부터 LED PKG 관련 특허를 100건 이상 출원했으며, 그중 절반에 가까운 특허들을 등록받으면서 사업화를 위한 준비를 착실히 함. 2015년 이후 IRPKG, UV-A,B,C PKG, LED BLU 및 LED 조명용 PKG 등의 제품을 사업화함. 특히 UV-C

PKG에 대한 효율성이 입증되면서 매출이 지속적으로 증가하고 있음. 최근에는 LED PKG 소재뿐만 아니라 UV 경화기 및 살균기 등의 완제품에 대한 사업화를 추진 중임.

### 사업화시 문제및해결

수직절연층의 접합강도가 문제가 됐으나 접착 소재 및 공정 개선을 통해 강도를 개선한 후 이를 해결했으며, Cavity의 반사율을 높이기 위해 다양한 후처리 외에도 반사면을 적층해 표면조도를 감소시켰음. 수분에 의해 전기적 단락이 되는 문제도 수평절연층 형성, 절단라인에 홈 형성 후 절연물질을 주입하는 등의 방법으로 해결함. LED PKG 기판 및 소재들의 매출이 지속적으로 증가하고 있지만 이에 만족하지 않고 완제품 형태로 사업화를 시작하면서 UV : ON, CUREX 등 관련 제품의 국내외 상표출원 및 등록과 함께 UV-LED 제품 전용 도메인(www.uvon.co.kr)을 개설해 사업분야를 넓히고 있음.

### 연구 개발기관

(주)포인트엔지니어링 / 041-546-5131~4 / www.pointeng.co.kr

### 참여 연구진

(주)포인트엔지니어링 박승호, 김문현, 변성현, 송태환, 한국광기술원 김원호 외



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)

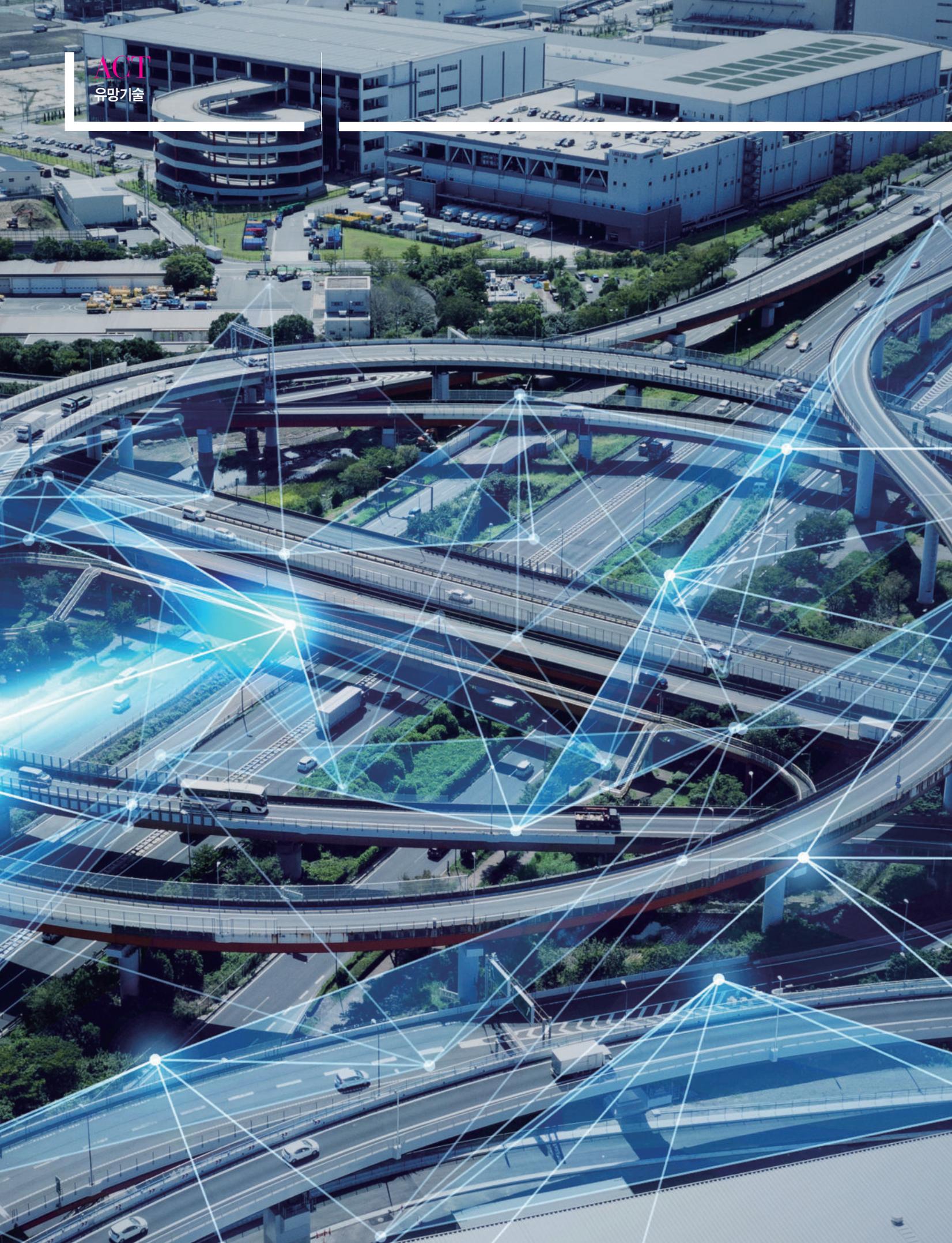
지역변호사회 연결을 통한 법률자문 서비스 등 기업에게  
꼭 필요한 다양한 프로그램을 제공합니다.

- 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.



ACT  
유망기술



# 실용화를 위한 ODD-RSD 기반 자율주행시스템

자율주행차는 인간의 운전을 지원하는 수준에서 사람의 손을 전혀 필요로 하지 않는 완전자율주행차 수준까지 여러 단계가 있으며, 자동화 레벨에 따라 기술적·법적 문제가 상이하므로 실용화를 위해서는 레벨별로 운전자의 시스템 제어에 대한 개입이 반드시 필요하다.

## 개발이 필요한 이유

자율주행차는 사고를 현격히 줄일 수는 있지만 완전히 없애는 것은 불가능하기 때문에 사고가 일어났을 때 법적 책임 소재를 명확히 할 필요가 있다. 우선 행정법상의 문제를 살펴보면 다음과 같다. 자율주행차의 실용화를 위해선 자율주행시스템의 신뢰성이 요구되므로 그 성능과 안전성을 보장하는 제도가 반드시 필요하다. 따라서 자율주행차가 교통법규를 준수하고 안전운행 능력을 확보하기 위해 국제법 및 국내법에 따르는 일정한 기준이 결정될 것으로 전망된다. 자율주행시스템이 그 기준을 충족하지 않을 경우 도로 주행이 허용되지 않을 것이며 자율주행시스템이 법정 기준을 충족하는지에 대해서는 공공기관의 인증 시험이 실시되어야 한다. 예를 들면 앞으로 운전면허시험은 실제 환경에서 자율주행하는 실기시험 이외에 자동차 내 컴퓨터와 시험관의 역할을 수행하는 외부 컴퓨터를 연결하고 가상공간에서 다양한 장면을 만들어 시뮬레이션으로 이루어지게 될 것이다. 또한 자율주행시스템은 제1종 보통면허 소지자의 평균적인 운전 수준을 최소로 해 상위 몇 단계에 해당하는 클래스(최고는 F)가 설정될 것으로 예상된다.

〈표 1〉 자율주행차 자동화 레벨의 정의

자동화 레벨	개요	안전운전에 관한 감시, 대응주체
운전자가 일부 또는 모든 동적운전태스크(DDT)를 실행		
레벨 0 운전자자동화 無	● 운전자가 모든 DDT를 실행	운전자
레벨 1 운전지원	● 시스템이 종방향 또는 횡방향의 하나에 대해 차량운동제어의 서브태스크를 한정영역에서 실행	운전자
레벨 2 부분운전자자동화	● 시스템이 종방향 및 횡방향의 차량운동제어의 서브태스크를 한정영역에서 실행	운전자
자율주행시스템이 (작동 시) 모든 DDT를 실행		
레벨 3 조건부운전자자동화	● 시스템이 모든 DDT를 한정영역에서 실행 ● 작동 연속이 곤란한 경우는 시스템의 개입 요구 등에 적절히 응답	시스템 (작동 기능이 곤란한 경우엔 운전자)
레벨 4 고도운전자자동화	● 시스템이 모든 DDT 및 작동 연속이 곤란한 경우의 응답을 한정영역에서 실행	시스템
레벨 5 완전운전자자동화	● 시스템이 모든 DDT 및 작동 연속이 곤란한 경우의 응답을 무제한(즉, 한정영역 내에서만이 아니라)으로 실행	시스템
용어	정의	
동적운전태스크 (Dynamic Driving Task : DDT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 도로교통에서 여정 계획 및 경유지 선택 등 전략상의 기능은 제외하고 차량을 조작할 때 실시간으로 행할 필요가 있는 모든 조작상 및 기술상의 기능</li> <li>● 이하의 서브태스크를 포함하지만 이것에 제한되지는 않음                     <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 조향에 의한 횡방향 차량운동제어</li> <li>2) 가속 및 감속에 의한 종방향 차량운동제어</li> <li>3) 물건·이벤트의 감지, 인식, 분류, 반응의 준비에 의한 운전환경의 감시</li> <li>4) 물건 및 이벤트에 대한 반응의 실행</li> <li>5) 운전계획</li> <li>6) 조명, 신호, 몸짓, 손짓 등에 의한 피시인성의 향상</li> </ol> </li> </ul>	
대상물·사고의 감지 및 응답(Object and Event Detection and Response : OEDR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 운전환경의 감시(대상물, 이벤트의 감지·인식·분류 및 필요에 맞춰 응답하는 준비) 및 이들 대상물·이벤트에 대한 적절한 응답(DDT 또는 DDT의 작동 연속이 곤란한 경우 응답을 완료하기 위해 필요에 맞춰)을 실행하는 것을 포함한 DDT의 서브태스크를 말함</li> </ul>	
한정영역(Operational Design Domain : ODD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 어떤 자동화 시스템 또는 그 기능이 작동하기 위해 설계된 특정한 조건을 말하며 운전모드를 포함하지만 이것에 한정되지는 않음                     <ul style="list-style-type: none"> <li>※1: 한정영역은 지리적, 도로면, 환경적, 교통, 속도상 또는 시간적 제약을 포함해도 좋음</li> <li>※2: 한정영역은 하나 또는 복수의 운전모드를 포함할 수 있음</li> </ul> </li> </ul>	

다음으로 형법상의 문제를 살펴보면 다음과 같다. 소위 불가항력에 의한 사고의 경우, 즉 우수한 운전자라고 해도 예견 또는 피할 수 없는 사고에 대해서는 제조사 및 개발자에게 형사책임을 물을 수 없다. 특히 운전자가 인간일 경우엔 형사책임을 물을 수 있지만, 자율주행차가 사고를 일으킨 경우엔 제조사는 형사책임을 면치 못할 것이라는 견해도 있을 수 있다. 그러나 형사책임을 추궁당할 환경은 자동차산업에 큰 마이너스 영향을 주기 때문에 자율주행차의 실용화를 곤란하게 만들 것이고 자율주행차가 실용화되면 사고 감소에도 불구하고 업체가 책임을 두려워한 나머지 실용화가 늦어질 가능성도 높다. 따라서 제도적으로도 자율주행시스템이 상술한 법정 기준을 충족한 경우에는 제조사 및 개발자가 사고의 형사책임을 져야 할 확률은 원칙적으로 없다고 생각되며 예외적으로 자율주행시스템에 결함이 발견되었음에도 불구하고 제조사 및 개발자가 합리적인 기간 내에 적절한 조치를 취하지 않은 경우에는 발생한 사고에 대해 형사책임을 져야 하는 경우가 늘 것으로 예상된다.

마지막으로 민법상의 문제를 살펴보면 다음과 같다. 자동차손해배상보장법은 자동차의 운행으로 사람의 생명 또는 신체를 침해한 경우 손해배상을 보장해주는 제도를 확립함으로써 피해자의 보호를 도모하고 아울러 자동차 운송의 건전한 발달에 이바지함을 목적으로 하고 있다. 자동차에 대한 보험 가입을 의무화해 인신사고가 발생한 경우 운행공용자에게 엄격한 손해배상 의무를 부과하고 배상금을 보험금으로 충당하도록 하고 있다. 따라서 자율주행차

가 인신사고를 야기한 경우에도 피해자 또는 그 유족은 보험금을 받을 수 있어야 하나 보험금액에는 제한이 있기 때문에 피해자 구제에 충분하지 않을 수 있다. 한편 현재 판매되고 있는 임의보험은 이른바 배상 책임보험으로 피보험자에게 민법상의 손해배상책임이 발생할 수 있는 보험금 지급 요건이 되기 때문에 보험금을 받기 위해선 피해자가 가해자의 과실을 증명할 필요가 있다. 또한 자율주행차가 일으킨 사고의 경우 피해자가 제조사의 과실을 입증하는 것은 어렵기 때문에 자율주행차의 보급을 위해서는 제조사 및 개발자가 그 한계성과 Fail 모드에 대해 명확히 해야 한다.

### 기술 개요 및 정의

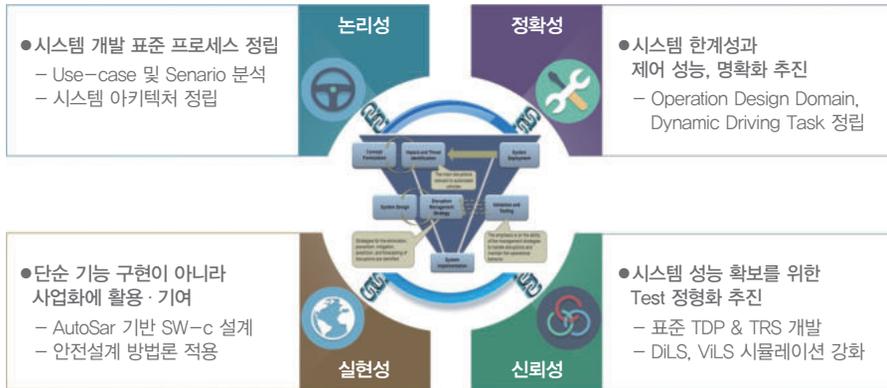
자율주행시스템에서 차량의 주변 정보와 관련한 다수의 데이터를 여러 가지 방법으로 수집함으로써 자율주행차의 조작성이 가능해진다. 주변 정보의 수집방법으로는 차량에 설치한 레이더, 영상센서, 라이다 등을 통하거나(자율형), 이동통신망을 통해 클라우드의 정보를 활용하는 방법(모바일형), 도로 인프라에 설치한 기기나 다른 차량에 설치한 기기와의 커뮤니케이션을 통해 정보를 수집하는 방법(협업협조

형, 전자는 노차 간 협조형이며 후자는 차량 간 협조형)이 있다.

이러한 기술은 서로 상반되는 것이 아니라 복수의 기술을 통해 다양한 정보를 바탕으로 고도의 자율주행시스템을 가능하게 하는 것이다. 특히 자율형에 의한 센서 정보에다 모바일형을 통한 클라우드의 데이터 맵 등의 정보를 쌍방향으로 교환함으로써 차량 제어를 수행하는 자율주행시스템이 개발되고 있다. 앞으로 완전자율주행으로 발전하는 시장환경에서 자율형과 협조형의 통합을 위한 제어전략이 요구되며, 자율주행시스템을 포함한 자율제어 활용형에서 자율형의 정보를 기본 시스템으로 하며 정보제공형으로 이용되는 모듈을 더해가는 것을 생각할 수 있다. 또한 자율주행시스템의 데이터 의존성이 높아지는 가운데 이러한 다수의 정보를 활용하면서 자율주행시스템의 데이터·아키텍처와 관련된 설계를 수행하게 되지만 성능과 안전성 확보 관점에서 Redundancy, Fail-safe(또는 Fail-operation) 등의 안전설계와 보안대책(필요한 디바이스나 운용관리 시스템 포함) 및 해당 대책을 평가하는 기술이나 평가환경(테스트베드)의 정비 등이 필요하다. 특히 자율형, 모바일형, 협업협

〈표 2〉 자율주행시스템 정보 수집 기술의 종류  
↓

정보 수집 기술의 종류	기술의 내용(정보 수집의 방법)
자율형	차량에 탑재된 레이더, 영상(카메라) 등으로 장애물 등의 정보를 인식
모바일형	GPS로 위치정보 수집, 이동통신망을 통해 클라우드상의 각종 정보(지도정보 포함) 수집
협조형	노차 간 통신형
	도로 인프라에 설치된 기기와의 통신에 의해 도로교통과 관련한 주변 정보 등을 수집
	차량 간 통신형
	타 차량에 탑재된 기기와 통신해 해당 차량의 위치·속도정보 등을 수집



〈그림 1〉 ODD-RSD 기반 자율주행시스템의 정의

조형에서 얻을 수 있는 다수의 정보에 대해 오류, 차단 등의 위험 가능성이 있으므로 해당 정보를 이용한 자율주행시스템의 책임에 대해 명확히 할 필요가 있다. 본 프로젝트에서는 실용화를 염두에 두고 성능과 안전성 확보를 위한 자율주행시스템 개발을 'ODD-RSD(Operation Design Domain-Responsible System Design) 기반 자율주행시스템 개발'로 정의했다.

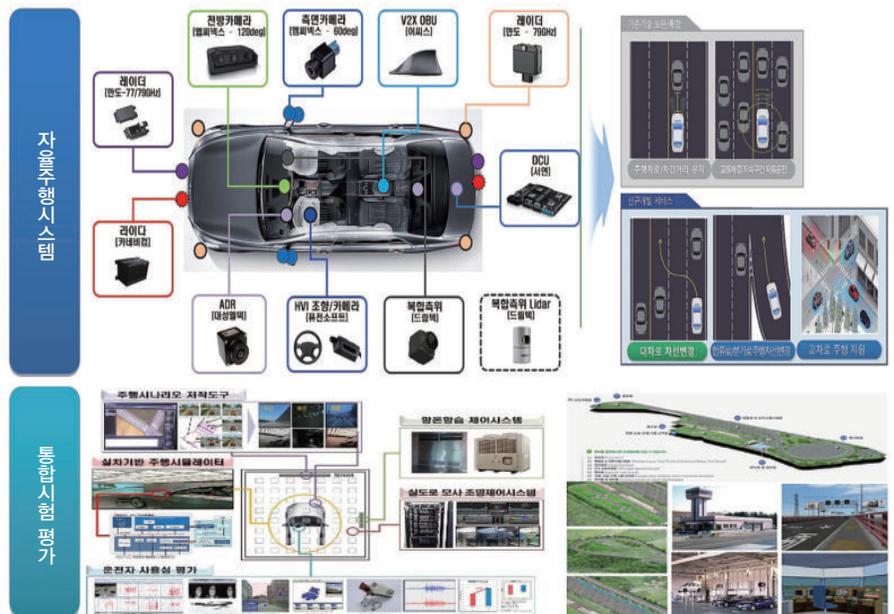
**핵심 기술 및 주요 연구내용**

ODD-RSD 기반 자율주행시스템 개발의 핵심은 자동차전용도로 및 도심로의 한정영역(ODD)에서 자율주행시스템(자동화 레벨 3) 개발과 통합시험평가 기술 개발(TRL : [시작] 3단계-[종료] 7단계)이다. 자율주행차의 실용화를 위한 기본 방향은 자율주행차의 하드웨어·소프트웨어 기술과 사업화의 양면에서 전략적으로 검토할 필요가 있다. 이런 관점에서 기술이 완전하게 확립된 시점에 처음으로 실용화하는 것이 아니라 제도나 인프라를 보충하면서 그 시점의 최신 기술을 이용한 실용화를 진행시켜 나가는 것이 효율적이다. 이를 위해 차량 측의 성능이 주행환경의 복잡성

을 뛰어넘는 것이 중요하므로 주행환경의 복잡성과 하드웨어·소프트웨어 성능의 유형화·지표화를 검토하고 그것을 바탕으로 기능의 선택, 필요한 성능의 검토를 진행시키는 것이 필요하다. 이런 지표화를 기초로 자율주행시스템이 기능해야만 하는 특정한 설계 조건인 ODD가 복잡한 주행환경을 포함하도록 확대시켜 나가고 자율주행기술의 진화 방향으로서는 다양한 교통상황에서 완전자율주행이 가능한 기술

의 실현을 위해선 다음의 2가지 어프로치가 있다.

첫째로, 넓은 ODD(예를 들면, 자동차전용도로 및 도심로의 다양한 교통상황)에 대응하는 것을 우선적으로 하고 서서히 자율주행 자동화 레벨을 올려가는 어프로치다. 본 어프로치는 시간·장소 등을 불문하고 주행하는 것이 일반적으로 요구되는 자율주행시스템의 개발 전략으로 이러한 자율주행시스템을 탑재한 차량에는 대부분 차량 내부에 이용자가 탑승하며 본 프로젝트의 개발 전략과 동일하다. 둘째로, 레벨 4의 원격형 자율주행시스템(완전자율주행)을 실현하는 것을 우선적으로 하고 좁은 ODD(좁게 한정된 교통상황)에서 개시한 후 ODD를 서서히 확대해 나가는 어프로치다. 본 어프로치는 시간·장소 등을 제한해 서비스를 제공하는 것이 가능한 사업용(지역 공공교통, 화물수송 등) 차량에 대한 자율주행시스템의 개발 전략이다.



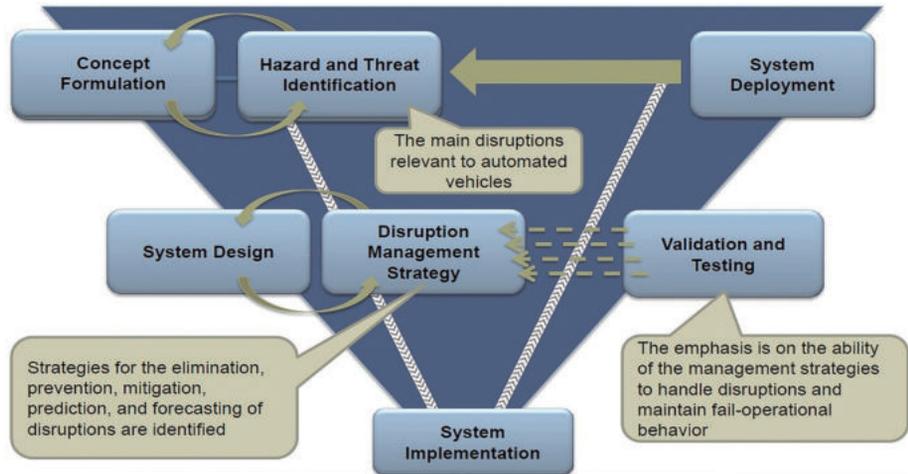
〈그림 2〉 ODD-RSD 기반 자율주행시스템의 주요 내용

이를 위해 우선 (논리성)시스템 개발 표준 프로세스의 정립을 추진한다. 콘셉트 설계, 시스템 요구 사양, SW 요구 사양, SW 구현, 시뮬레이션 평가, 실차 검증의 전 단계에 이르는 개발 표준 프로세스(V-사이클)를 정립하고 일정별·기관별 관리 및 성과물 관리를 추진한다.

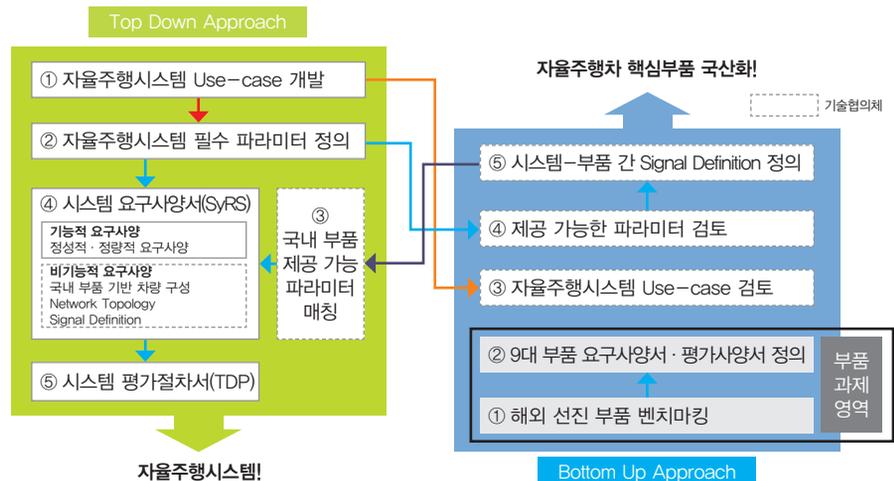
또한 (정확성)시스템 한계성과 제어 성능 명확화를 추진한다. 자율주행시스템 필수 Parameter 인지 범위 기반 시스템 동작 ODD 정의, 자율주행시스템별 요구 기능 만족을 위한 Functional Architecture 개발, 기능적 구조도의 기능 블록과 실제 개발을 위한 SW 모듈 단위별 역할 정의, DFMEA(Design Failure Modes and Effects Analysis)를 통한 시스템 및 소프트웨어의 안전성을 분석한다.

더불어 (실현성)단순 기능 구현이 아니라 사업화에 활용·기여할 수 있도록 추진한다. OEM 안전 콘셉트 및 SAE, NHTSA 가이드라인 분석 기반 자율주행시스템 기능 안전 확보, 3단계 안전설계(1단계: 핵심 부품 고장 기반 Supervisor State 정의 및 Transition 조건 정의, 2단계: 주행 중 안전 신호 관련 In Vehicle Network 신호 이상 시 자율주행기능 정지 및 해당 Minimum Risk Manoeuvre 설계 전략 수립, 3단계: 차량 구동계 신호 고장 시 대처방안 수립)로 자율주행시스템의 안전성을 확보한다.

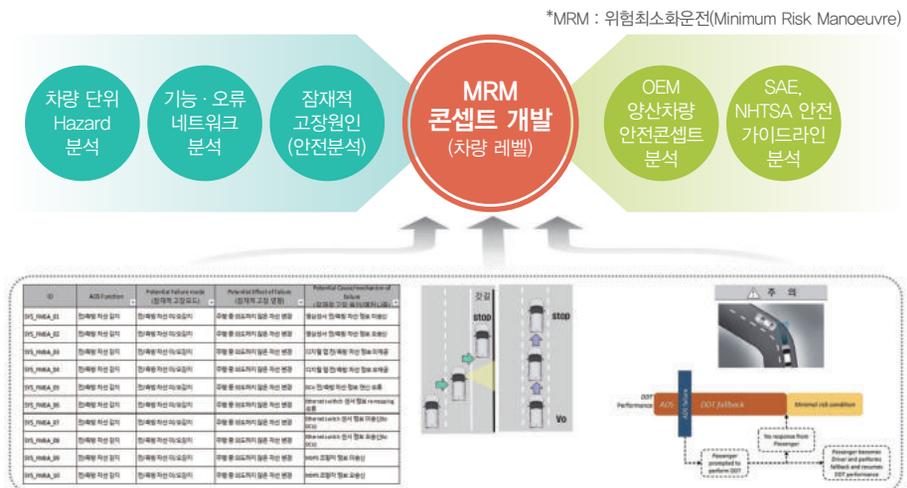
이외에도 (신뢰성)시스템 성능 확보를 위한 테스트 정형화를 추진한다. 가상현실 Driver In Loop Simulation 기반 통합시험평가 기술 개발(가상현실 기반 자율주행시스템 HILS 개발, 자동차전용도로 및 도심로 가상환경 시나리오 DB 구축, 운전자 사용



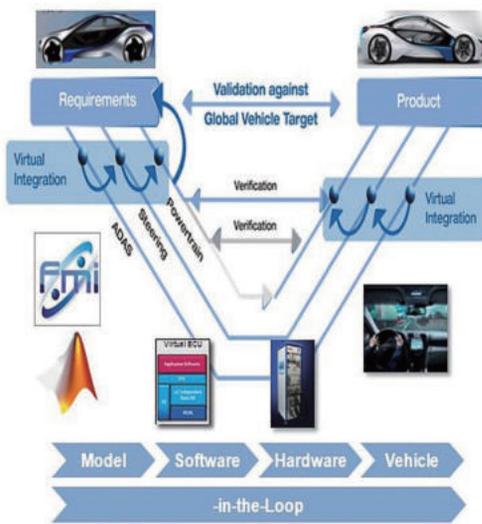
〈그림 3〉 시스템 개발 표준 프로세스 정립



〈그림 4〉 시스템 한계성과 제어 성능 명확화 추진



〈그림 5〉 단순 기능 구현이 아니라 사업화에 활용·기여



※DiLS : 가상현실 기반 운전자 행동·사용성 평가  
 ※ViLS : P.G. 실차 기반 시스템 제어 성능 평가  
 ※T/Car : 실도로 실차 기반 시스템 평가



DiLS : Driver in the Loop Simulator, ViLS : Vehicle in the Loop Simulator, T/Car : Test Car

항목	장비명	DiLS	ViLS	T/Car
차량 동역학		Virtual	Real	Real
도로 및 주변 환경		Virtual	Virtual + Real	Real
주변 교통류 재현		Virtual	Virtual	Real
악의환경(날씨 등) 구현성		높음	낮음	낮음
충돌·사고 위험성		없음	낮음	높음
주행 상황 재현성·반복성		높음	높음	낮음
주행 시나리오 구현 다양성		높음	다소 높음 (터널, 위험 상황 제외)	보통

〈그림 6〉 시스템 성능 확보를 위한 테스트 정형화 추진

성 평가 TDP·TRS 개발, 자율주행시스템 운전자 사용성 평가, 실차(T/Car) 기반 통합시험평가 기술 개발(Vehicle in Loop Simulator) 기반 실차평가환경 구축, 실차 기반 Target Vehicle 자동화시스템 개발, 실차 기반 자율주행시스템 성능평가 TDP·TRS 개발, 주행시험장 시험환경 개선(현실모사 및 악의조건), 실차 기반 자율주행시스템 및 운전자사용성을 평가·검증한다.

### 기대 및 파급효과

실용화를 위한 ODD-RSD 기반 자율주행시스템 개발을 통해 고부가가치 자율주행시스템 시장을 선점·대응하기 위한 시스템 엔지니어링 개발 역량을 확보하고 자율주행차 핵심 부품의 국산화를 지원하기 위한 자율주행시스템 산업표준 플랫폼(자

동차전용도로 및 도심로 시험차량 포함)의 확보를 기대할 수 있다. 자율주행시스템(특히 레벨 3 이하)은 빠르게 보급될 것으로 예상되며 이에 따라 향후 사회에 큰 임팩트를 줄 가능성이 있다. 구체적으로 자율주행시스템은 일반적으로 사람에 의한 운전보다 더 안전하고 원활한 운전을 가능하게 하며, 그 결과 교통사고 감소, 교통 정체 완화, 환경 부하 경감 등 기존의 사회적 과제 해결에 크게 이바지할 것으로 예상된다.

또한 자율주행시스템은 이러한 과제를 해결하는 것에 더해 운전자의 부담을 대폭 줄여줄 것으로 보여 이동과 관련해 지금까지 풀지 못했던 사회적 과제에 대한 새로운 해결 수단을 제공할 가능성이 있다. 더불어 산업적으로 범용성이 높은 기술을 베

이스로 해 주변 산업을 포함해 그 규모가 크고 파급효과도 높다고 할 수 있다.

이외에도 높은 신뢰성이 요구되는 자율주행시스템을 개발하기 위한 전체 과정에 대한 평가·검증 기술 개발 및 범국가적인 개방형 개발환경의 구축이 가능하다. 이와 관련해 자율주행시스템 통합화와 SW 대 규모화에 따라 시스템의 성능과 오류, 운전자 사용성을 평가할 수 있는 시뮬레이션(Lab→DiLS→ViLS) 원천 기술 및 개발환경 확보, 중소벤처기업 맞춤형 기술 지원이 가능하다. 더불어 센서, ECU, 액추에이터, 제어로직 등으로 구성된 통합시스템에 대해 시험차량 및 주행환경을 통제할 수 있는 주행시험장에서 실차 평가 기술 확보 및 국내 자율주행시스템의 성능과 안전성 강화가 가능하다.

# 최고의 기술력으로 수소경제의 심장을!

## 일진복합소재

다가올 수소경제의 에너지원이 될 수소. 수소는 어디에나 있지만 그것을 저장하는 일은 결코 쉽지 않다.  
일진복합소재는 바로 그 쉽지 않은 과제를 해내고 있다.

현대 경제를 가리켜 석유경제라고 부른다. 석유를 주연료로 사용해 돌아가는 경제 체제이기 때문이다. 그러나 석유는 많은 문제가 있는 연료다. 우선 화석연료이므로 매장량이 제한돼 있고 지역적 편재도 심하다. 게다가 석유가 많이 매장돼 있는 나라는 정치적으로 불안정한 경우가 많다. 1973년 중동전쟁에서도 알 수 있듯 이러한 정치

적 불안정은 곧바로 석유 공급의 불안정으로 이어질 수 있다.

또한 석유는 연소하면서 이산화탄소를 발생시킨다. 이산화탄소를 비롯한 온실 가스는 지구 온난화를 일으킨다. 따라서 석유보다 더욱 안정적으로 공급받을 수 있으면서도 환경 파괴를 일으키지 않는 에너지가 필요한 것이다. 그런 에너지는 없을까?

수소는 바로 그런 에너지 중 하나다. 물에 얼마든지 녹아 있으므로 지구상의 물





유계형 일진복합소재 연구소장

이 사라질 때까지는 고갈될 염려가 없다. 바다를 면하지 않은 국가는 드물기 때문에 지역적 편재도 적은 편이다. 그리고 수소는 연소시킬 때 물을 제외하면 어떤 배출물도 나오지 않기 때문에 지극히 환경친화적이다. 따라서 이러한 수소를 주연료로 사용하는 경제 체제에 대한 연구가 일찍부터 시작됐다.

그러나 수소는 저장에 어렵다는 단점이 있다. 강과 접촉하면 강의 연성을 떨어뜨려 약화시키는 취화가 일어나기 때문이다. 이 때문에 취화에 대한 내구성이 금속보다 훨씬 우수한 복합 소재로 용기를 만들어 저장해야 한다. 일진복합소재는 바로 그러한 복합 소재 수소 저장 용기 개발 및 제작에 세계적인 노하우를 보유한 기업이다.

### 탁월한 연구 노하우를 보유한 젊은 기업

일진복합소재는 1999년 11월 한국복합재료연구소로 먼저 출발했으며 당시 블루오션으로 판단된 복합소재의 고압 용기를 개발하고자 설립됐다. 이후 2011년 2월 일진그룹에 인수된 이후 본격적인 복합소재 고압 용기 개발 및 양산 체제를 구축했다. 주된 연구개발 분야로는 수소 탱크, CNG 탱크를 비롯한 복합소재의 고압 용기다.

그중에서도 수소 탱크는 특히 그 발전 양상이 눈부시다. 2009년부터 1세대 700bar(압력 단위)급 수소 탱크를 연구해 2014년 투싼 양산 수소차에 탑재하는 데 성공했다. 기존에는 350bar급 수소 탱크만 있어서 석유 차량 및 전기 차량에 비해 주행 성능이 딸리고 경쟁력이 없었다. 이를 타개하기 위한 700bar급 수소 탱크 연구 개발은 이후 2세대 수소 탱크 개발에도 많은 영향을 주었다. 일진복합소재의 수소 탱크는 또 다른 수소 양산차인 넥쏘에도 탑재됐다. 또한 승용차에 비해 훨씬 많은 공해를 일으키는 버스 및 트럭용 수소 탱크 개발도 활발하게 이루어지고 있다. 아울러 수소 기체를 합금에 스며들게 해 종래의 기체 압축 탱크보다 더 큰 저장 밀도와 주행거리를 지닌 고체수소저장 기술도 연구하고 있다.

이렇게 활발하게 진행되고 있는 기술 개발의 요인으로는 우선 '스스로 해결하자'는 사명을 들 수 있다. 앞서도 언급했듯 복합소재 고압 수소 용기를 제작하는 주요 소재 중에는 에폭시 수지와 탄소섬유가 있다. 이 중 탄소섬유는 기존 제품을 가져다 써도 됐지만 에폭시 수지는 개발이 불가피했다. 기존 시판 제품이나 타 메이커의 특제품은 원하는 성능이 나오지 않았기 때문이다. 따라서 에폭시 수지 브랜드까지 개발한다는 취지로 원하는 성능의 고강도 에폭시 수지를 자체 개발하기에 이르렀다.

그 다음으로는 '경험이 기술'이라는 인식이다. 아직 복합소재 수소 탱크를 양산하는 업체는 드물며, 특히 타입 4(전체 복합소재) 탱크를 양산하는 곳은 일진복합소재와 도요타뿐이다. 일진복합소재의 기술력은 도요타와도 경쟁이 가능할 정도다. 그것은 모두 시기 상조라고 할 만큼 수소 탱크에 관심이 없었던 때에 과감하게 투자를 시작했기 때문이다. 이에 따라 다른 어떤 업체보다도 긴 15년 이상의 경험을 바탕으로 축적된 기술을 보유하게 됐다. 또한 안전시험을 법정한도를 초과하는 조건하에서 진행해 높은 안전성을 보장한다.

일진복합소재는 직원의 평균 나이도 젊다. 연구원의 연령대는 20~40대 초반이다. 그리고 이 중 80% 이상이 5년 이상 근속자다. 따라서 조직의 활력을 유지하면서도 연구 노하우의 손실도 막을 수 있다. 일진복합소재는 이렇게 개발한 기술을 수소 버스, 드론 등의 제품에 적용하고 있으며 향후 자동차뿐 아니라 산업 전반에 수소 탱크를 보급할 계획이다.

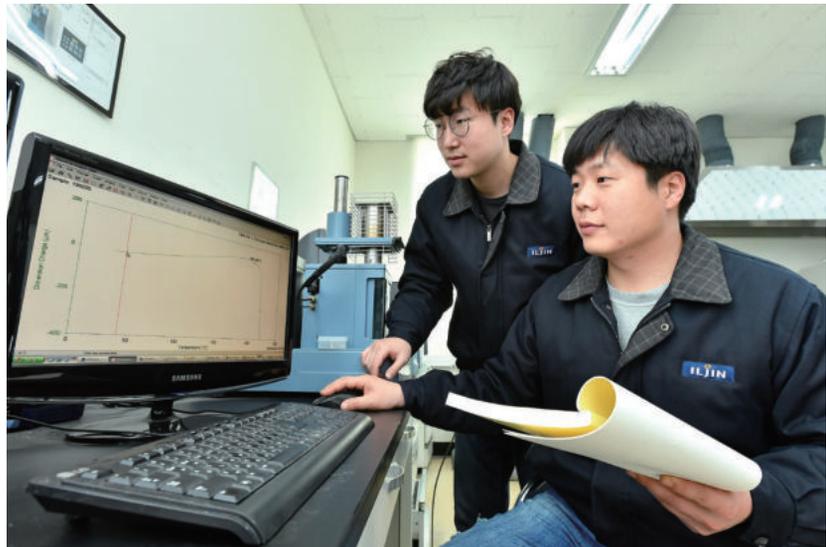
### 엄격한 보안과 미비한 연구 여건

수소 탱크 연구는 모든 것이 다 보안이라고 할 만큼 보안 체제가 엄격하다. 현재도 치열한 연구개발 경쟁이 이루어지고 있는 데다 미래 수소경제의 핵심 영역이자 국가 핵심 기술이니만큼 어찌 보면 당연한 얘기다. 국

가정보원에서 보안교육을 오기도 했다. 기자도 이곳에서 휴대전화 카메라를 막는 보안 스티커를 발급받았을 정도다.

그 외에도 이들의 연구를 가로막는 장애물은 은근히 많았다. 1세대 수소 탱크는 안전을 가장 우선시해 필요 이상으로 무겁고 튼튼하게 만들었기 때문에 성능과 경제성이 나빴다. 따라서 무게를 40% 이상 줄이는 것을 목표로 연구개발에 돌입했다. 특히 수소가스에 직접 닿는 내부 용기는 차단성이 우수해야 했다. 기존에 출시된 여러 재료를 비교 검토해 최종적으로 선정한 재료로 내부 용기 개발을 완료했다. 그러나 한국에는 이에 필요한 700bar급 실험 설비조차 제대로 없었다. 그런 미비한 여건 탓에 연구원의 생명을 담보로 안전성이 확보되지 않은 간이 시험 장비만으로 실험을 해야 했다. 그러나 무려 1년이나 연구 개발한 그 수소 탱크의 내부 용기는 수소 충전 및 배기 과정 3회만에 깨지고 말았다. 애당초 고압 용기에 적용한 적이 없던 재료를 선택한 것이 화근이었다. 결국 이 회사 운영길 상무(일진머티리얼즈 출신)가 제안한 것으로 재료를 변경해 현재까지 사용하게 됐다.

현재 일진복합소재는 고압 용기 외에 기타 산업용 복합소재 분야도 연구개발을 진행하고 있다. 대한항공과 함께 항공기 도어용 샤프트를 1차 개발해 시험평가를 진행했다. 실제 항공기에 적용하는 것이 목표다. 또한 복합재료 고압 전선 분야도 아직 초기 단계지만 연구개발 중이다.



## 본격 수소경제 시대 개막에 발맞춰 적시에 연구개발을

일진복합소재의 연구개발 철학은 '시간이 돈'이라는 명제에 있다. 연구개발은 시간과 자금이 많이 소요된다. 아무리 공들여 만들어도 적절한 출시 시기를 놓치면 헛된 것이 되고 만다. 적절한 시기에 투자하고 다른 경쟁 기업에 비해 시간을 더 잘 활용한 후 개발했기 때문에 현재의 위치에 서게 됐다. 최고 수준의 기술을 더욱 더 갈고닦아 고압 용기 분야 글로벌 기업으로 성장하는 것이 일진복합소재의 목표다. 이를 위해 신공법 적용, 연구원 역량 강화, 전문가 육성 등에 집중할 것이다.

한편, 1월 정부는 수소경제 활성화 로드맵을 발표했다. 수소차와 연료전지를 실용화해 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약하는 것이 목표다. 특히 수소차 분야의 경우 올해 신규 수소차 4000대 이상 보급을 시작으로, 2025년까지 연간 10만 대 정도 생산할 수 있는 상업적 양산체계를 구축한 후 수소차 가격을 내연기관차 수준으로 내릴 계획이다. 그 외에도 수송 분야의 보급을 확

대하고 운영보조금 신설을 검토해 충전소도 자립할 수 있도록 꾸준히 지원해 나갈 예정이다. 일진복합소재는 이러한 정부 계획에 맞춰 2022년까지 연구개발에 막대한 비용을 투자, 산업 전반에 수소 용기를 보급할 계획이다. 또한 수소차 대량 생산에 맞춰 2025년까지 수백 억 원의 예산을 투입, 수소 용기의 생산성을 향상시킬 것이다. 수소 자동차의 미래는 고품질 저가격 수소 용기의 보급에 달려 있기 때문이다.

현재로서는 전기자동차용 인프라가 더욱 널리 보급돼 있지만, 충전에 시간이 덜 걸리는 수소는 적절한 인프라가 갖춰질 경우 대규모 운용에 있어 전기보다 더 유리하다. 그리고 자동차의 수소경제 시대는 2030년 이후로 보고 있다. 일진복합소재는 그 5년 전인 2025년까지 복합소재 수소 고압 용기 분야에서 세계 최고의 기술력을 확보한다는 계획이다. 일진복합소재의 건투를 기원한다.





# 미래 친환경차 시장 놓고 ‘대격돌’

## 전기차 vs 수소차

전기자동차(EV)와 수소전기자동차(FCEV) 등 미래 친환경차 시장의 주도권을 차지하려는 글로벌 자동차업체의 경쟁이 갈수록 치열해지고 있다. 진영은 크게 전기차와 수소차로 양분되는 분위기다. ‘모델3’를 앞세운 미국 테슬라모터스와 중국 내수 시장을 등에 업은 비야디가 전기차 진영의 대표 기업이다. 나라별로 보면 중국이 세계 전기차 시장을 주도하고 있다. 한국과 일본에선 현대자동차와 도요타, 혼다 등이 수소차 양산 규모를 늘리며 또 다른 진영을 구축하고 있다.



테슬라 모델3

### 친환경차 패권 경쟁

‘테슬라 신드롬’의 주인공 모델3는 4000만 원대로 가격이 비싸지 않은 데다 한 번 충전으로 350km 이상 달릴 수 있어 소비자에게 호응을 얻고 있다. 비야디는 전기차와 플러그인하이브리드카(PHEV) 등 다양한 라인업을 앞세워 시장을 선점해 가고 있다. 두 회사의 전기차 시장 쟁탈전은 그야말로 ‘전쟁’ 수준이다. 비야디는 지난해 24만7800대의 전기차를 팔았다. 테슬라도 24만5200대를 판매해 근소한 차로 뒤따랐다.

여기에 미국 스타트업(신생 벤처기업) 패러데이퓨처가 1000마력의 힘을 갖춘 콘셉트 슈퍼 전기차 ‘FFZERO1’을 공개하며 테슬라에 도전장을 냈다. 메르세데스벤츠와 BMW, 현대차 등 글로벌 완성차업체도 전기차 주행거리 확대 경쟁에 동참했다. 현대차는 ‘아이오닉 EV’를 내놓은 데 이어 2020년 400km를 달릴 수 있는 전기차를 양산한다는 목표다.

나라별로 따지면 중국의 ‘전기차 굴기’가 가장 매섭다. 중국은 세계 최대 전기차 시장으로, 지난해 전기차 판매량은 58만 대다. 2위인 미국의 3배에 달했다. 대기오염 감소, 전기차산업 부흥 등을 위해 정부가 막대한 보조금을 준 덕을 봤다.

한국과 일본 등에선 또 다른 진영이 구축돼 있다. 현대차는 2013년 세계 최초로 ‘투싼ix’ 수소차 양산에 성공했다. 한 번 충전으로 400km 넘게 달릴 수 있는 차다. 현대차는 지난해 차세대 수소차 ‘넥쏘’도 내놨다. 5분 정도 걸리는 한 번 충전으로 609km를 달릴 수 있다. 지금까지 세계에 나온 수

소차 중 주행거리가 가장 길다. 경쟁 차종인 도요타 '미라이'(502km)와 혼다 '클라리티'(589km) 등은 아직 500km대에 머물러 있다. 넥소의 복합연비는 수소 1kg당 96.2km(17인치 타이어 기준)다. 5분 충전으로 채울 수 있는 최대 수소량은 6.33kg이다.

수소차 시장 선점을 위한 글로벌 완성차 업체의 움직임도 빨라지고 있다. 현대차에 이어 2014년 세계 두 번째 양산 수소차 미라이를 출시한 도요타는 2020년 도쿄 올림픽 개최에 맞춰 차세대 모델을 내놓을 계획이다. 혼다도 2016년 양산 모델인 클라리티를 선보이며 주도권 경쟁에 뛰어 들었다.

한동안 손을 놓고 있던 메르세데스벤츠와 제너럴모터스(GM), BMW 등도 글로벌 합종연횡을 통해 수소차 시장에 뛰어 들고 있다. 막대한 개발 비용을 줄이고 규모의 경제를 실현하기 위한 '적과의 동침'이 이뤄지고 있는 것이다.

## 전기·수소차당분간 공존

부품의 70%가량이 겹치는 전기차와 수소차에 대한 전망은 엇갈린다. 전기차 진영 맹주인 테슬라의 일론 머스크 최고경영자(CEO)는 "수소차 사회는 오지 않는다"고 단언한다. 반면 현대차 CEO들은 "궁극적으로 수소차가 전기차를 대체하게 될 것"이라고 말한다.

장단점은 분명하게 나뉜다. 전기차는 배터리만 없으면 돼 수소차보다 수천만 원 더 싸다. 상대적으로 충전 등 인프라도 어느 정도 구축됐다. 다만 전기를 채워 넣으려면 급속충전기에서 20~30분, 가정에서 충전할 때(완속)는 4시간 이상 걸린다. 주행거리는 한 번 충전으로 보통 300~400km 중반대를 갈 수 있는 수준이다.

수소차는 충전시간이 5분 내외로 짧다. 한 번 충전으로 통상 500~600km 이상을 갈 수 있다. 별도 에너지 없이 수소와 산소

를 반응시켜 전기를 만든다는 점에서 '궁극의 친환경차'로도 불린다. 반면 생산비용이 많이 드는 게 문제다. 1kg에 1억 원이 넘는 백금을 전기 생산을 위한 촉매제로 대당 70g 안팎씩 써야 한다. 생산단가 자체가 훨씬 비싸다. 수소충전소를 한 곳 건설하는 데도 약 30억 원이 필요해 인프라 구축도 쉽지 않은 편이다.

전문가마다 시각의 차이는 분명 있다. 다만 당분간 전기차와 수소차는 공존할 것이라는 게 대체적인 진단이다. 지금은 전기차와 수소차가 공존하는 과도기로 어느 하나를 선택해야 하는 문제가 아니라는 것이다. 전기차는 소형·단거리에 강점이 있고, 수소차는 아직 충전소 건설비용이 비싸 대형 버스나 택시 같은 차량부터 상용화하는 분위기다.

## 전기차로 '친환경 질주' 해볼까

전기차 대중화 시대가 빠르게 다가오고 있다. 지난해 국내 시장에서 판매된 전기차는 전년(1만3541대) 대비 두 배 이상 늘어난 2만9632대로 집계됐다. 5년 전과 비교하면 판매량이 40배 이상 증가했다. 정부의 보조금 정책이 전기차 판매량을 끌어 올리는 데 큰 역할을 했다. 정부는 2022년까지 전기차 누적 보급대수 35만 대를 돌파한다는 목표를 세우고 올해도 최대 1900만 원의 보조금을 지급하기로 결정했다. 완성차업체는 앞다퉈 신형 전기차를 내놓으며 시장 선점에 나서고 있다.

환경부는 올해 친환경차 구매보조금 예산을 전년(3만2000대)에 비해 76% 늘어



현대차 넥소

난 5만7000대로 늘려 잡았다. 대당 보조금은 국비와 지방비를 포함해 전기차 최대 1900만 원, 수소차 최대 3600만 원, PHEV 최대 500만 원, 전기이륜차 최대 350만 원이다. 환경부는 친환경차 운전자의 편의를 돕기 위해 전기차 급속충전기도 1200기 추가로 설치하기로 했다. 업계 관계자는 “보조금 지급으로 전기차의 실제 구매가격이 내연기관차와 비슷한 수준으로 떨어진 데다 충전 인프라도 촘촘하게 구축되자 전기차 구매를 고려하는 소비자가 늘고 있다”고 말했다.

완성차업체는 전기차로 눈을 돌리는 소비자를 위해 발 빠르게 움직이고 있다. 국산 차중에 올해 가장 먼저 신형 전기차를 내놓은 업체는 기아자동차다. 기아차는 3세대 신형 쏘울 부스터의 전기차 모델을 선보였다. 이 차량은 한 번 충전으로 386km를 달릴 수 있다. 기아차 전기차 모델 중 1회 충전 주행 가능 거리가 가장 길다. 출력은 기존 모델과 비교해 80% 이상 향상됐다. 차량 가격



현대차 더 뉴 아이오닉

은 트림(세부 모델)별로 4600만~4900만원에서 책정될 예정이다. 보조금을 최대로 받으면 2000만 원대에도 구매할 수 있다.

현대자동차는 지난 1월 3년 만에 아이오닉 PHEV 부분변경 모델을 선보이며 상반기 내 전기차 모델 출시를 예고했다. ‘더 뉴

아이오닉 EV’는 배터리 용량과 동력 성능 등이 이전 모델에 비해 대폭 강화된 것으로 알려졌다. 한국GM도 2019년형 볼트 EV의 사전계약을 시작했다. 한국GM은 2년 연속 완판 기록을 이어가고 있는 볼트 EV의 올해 수입 물량을 지난해에 비해 50% 가까이 늘렸다.

기아차  
쏘울 부스터 EV



### 전기차 시장 뛰어든 수입차업계

수입차업계의 전기차 신차 공세도 매섭다. 지난해 수입 전기차 판매량은 191대에 그쳤다. 대부분의 지방자치단체가 선착순으로 보조금 지급 신청을 받아 하반기에 전기차를 들여온 수입차업체는 거의 차를 팔지 못했다. 재규어랜드로버코리아는 지난해 수입차업계의 실패를 반면교사 삼아 일찌감치 지난 1월 재규어의 첫 순수 전기차 ‘i-페이스(PACE)’를 선보였다. 5인승인

I-페이스는 차량 앞뒤로 두 개의 전기 모터를 장착해 최고출력 400마력, 최대토크 71.0kg·m의 힘을 내는 고성능 스포츠유틸리티차량(SUV)이다. 정지 상태에서 시속 100km에 도달하는 시간인 '제로백'은 4.8초에 불과하다. 차량 가격은 트림별로 1억1040만~1억2800만 원이다.

BMW코리아는 올 1분기 내 배터리 용량을 늘린 'i3' 부분변경 모델을 내놓을 계획이다. 한 번 충전으로 주행할 수 있는 최대 거리(260km)는 기존 모델에 비해 30% 가까이 늘어났다. 차량 크기와 적재 공간은 그대로 유지하면서 배터리 용량을 늘리고 연료 효율을 개선했다는 게 회사 측 설명이다. 한국닛산도 '리프'의 2세대 신형 모델을 정식으로 선보인다. 리프는 누적 판매량 37만 대를 넘어선 세계 최초의 양산형 전기차다. 한국닛산은 지난해 11월부터 사전계약을 받기 시작했다. 이 차량의 1회 충전 주행 가능 거리는 231km다.



닛산 리프

### 수소산업 차세대 동력 육성

정부가 지난 1월 발표한 '수소경제 활성화 로드맵'은 수소차와 수소발전산업을 차세대 성장동력으로 키우겠다는 의지를 담았다. 수소가 막대한 경제적 가치를 갖고 있고 온실가스를 줄여야 하는 시대적 과제에도 부합한다는 판단에서다. 정승일 산업통상자원부 차관은 "수송용 연료와 전기 생산에 필요한 에너지를 수소로 대체하면

다양한 산업을 키울 수 있다"고 설명했다.

로드맵에 따르면 수소차는 작년 2000대에서 2040년 620만 대로 생산량을 대폭 늘릴 계획이다. 국내 내수용 승용차만 275만 대를 공급하는 게 목표다. 지난해 서울시와 세종시의 전체 승용차 대수와 맞먹는 규모다. 여기에 선박과 열차, 드론까지 수소에너지를 적용해 미래 유망 품목으로 키운다는 방침이다.

수소로 전기를 생산하는 수소발전산업도 육성한다. 2040년 수소발전을 통해 5만 6000GW의 전기를 생산할 계획인데 이는 2017년 전체 발전량의 10% 수준이다. 수소를 태양광이나 풍력 못지않은 재생에너지 원으로 키우겠다는 얘기다. 수소경제가 성공적으로 자리를 잡으려면 수소를 원활히 공급하는 것이 무엇보다 중요하다. 정부는 이를 위해 수소 공급량을 2018년 13만 t에서 2040년 526만 t으로 확대하기로 했다.



재규어 I-페이스



BMW i3

# 수소차는 세계 1위인데 발전은 기술력 뒤져

한국 정부가 육성을 추진 중인 수소연료전지발전산업이 외국 기업에 잠식당할 것이라는 우려가 커지고 있다. 수소발전은 수소자동차와 함께 수소경제의 핵심축이다. 수소차는 세계 1위 기술력을 확보하고 있지만, 수소발전은 뒤져 있다. 기초기술 확보를 위한 투자가 부족한 탓이 크다.

## 기술 경쟁력 확보부터 서둘러야

문재인 대통령은 지난 1월 '수소경제 활성화 로드맵'을 발표하며 "수소차와 연료전지 모두 2030년까지 세계 1위를 차지하겠다"고 공언했다. 문 대통령이 언급한 연료전지는 수소를 통해 전기를 공급하는 발전산업을 말한다. 정부는 현재 0.3GW 수준인 수소발전 설비용량을 2040년 8.0GW까지 늘리기로 했다. 원자력발전소 8기분에 해당한다. 수소발전을 태양광 못지않은 신재생에너지원으로 키우겠다는 정부 의욕이 반영돼 있다.

수소발전 보급 목표  
(단위 : GW)



※1GW는 원전 1기 발전량에 해당

출처 : 산업통상자원부



하지만 정부의 야심찬 육성책에도 수소발전업계는 웃지 못하고 있다. 원천 기술 확보가 부족한 상황에서 정부가 수소발전 확대 정책을 추진하다 보니 결과적으로 우리보다 기술력이 뛰어난 외국 기업만 좋은 일 시켜줄 처지에 놓였기 때문이다. 업계 관계자는 "재생에너지 확대를 밀어붙이기보다 기초기술 확보부터 서둘러야 한다"고 말했다.

## 블룸에너지 등 외국사 국내 진출 본격화

충청북도는 지난해 7월 진천군에 세계 최대 규모(80MW급)의 수소연료전지 발전소를 추진한다고 발표했다. 현재 최대 시설인 경기그린에너지(58.6MW) 규모를 훌쩍 뛰어넘는다. 불과 5개월 뒤엔 이 기록마저 깨졌다. 한국동서발전이 충북 보은에 100MW급 연료전지 발전소를 건립한다고 밝혔기 때문이다.

수소발전소를 짓는 데는 연료전지 발전설비가 핵심이다. 하지만 정작 이 핵심설비 공급권은 국내 업체가 아니라 미국 에너지업체 블룸에너지가 가져갈 것이 유력하다. 블룸에너지는 세계에서 가장 앞선 연료전지 기술을 보유하고 있는 것으로 평가받는다.

국내 수소발전 시장은 포스코에너지와 두산이 양분하고 있는데 블룸에너지가 진천과 보은 사업을 따내면 단숨에 국내 시장 점유율 1위에 오른다. 블룸에너지의 국내 판권을 SK건설이 갖고 있지만

유통 마진 등만 챙기는 구조여서 한국 판매에 따른 실익은 블룸에너지가 챙겨간다. 업계 관계자는 “일본의 미쓰비시히타치파워시스템(MHPS), 후지전자 등도 한국 진출을 적극 타진하고 있다”고 전했다. 포스코에너지와 기술 이전 계약을 맺고 국내에 설비를 공급해온 미국의 퓨얼셀에너지(FCE)도 단독 공급을 추진 중이다.

발전용 연료전지는 기술 발전 단계에 따라 1세대 인산형연료전지(PAFC), 2세대 용융탄산염형연료전지(MCFC), 3세대 고체산화물연료전지(SOFC)로 나뉜다. SOFC가 가장 발전된 기술이다. SOFC의 전기 효율은 약 60%로 PAFC(43%), MCFC(50%)를 크게 웃돈다. 미국 블룸에너지와 일본 MHPS가 효율이 높은 3세대 SOFC 상용화 기술을 확보한 데 비해 국내 기업은 1, 2세대 기술에 머물러 있다. 두산은 PAFC, 포스코에너지는 MCFC를 생산한다. 중소기업 미코가 최근 SOFC를 개발했지만 생산 능력이 아직 소규모 가정·건물용 설비에 공급하는 수준이다.

LG그룹이 2012년부터 연료전지를 차세대 성장동력으로 키우기 위해 LG퓨얼셀시스템즈라는 자회사를 설립해 SOFC를 개발해 왔으나 이렇다 할 성과를 내지 못한 채 회사를 청산하기로 했다. 수소발전 시장이 조만간 외국산으로 잠식될 것이란 우려가 나오는 이유가 여기에 있다. 연료전지업계의 한 관계자는 “발전설비에서 전기 효율 10~20%포인트는 엄청난 차이”라며 “블룸에너지 등은 국내 판매 가격도 자국에서보다 상당히 낮추겠다는 전략이어서 한국 기업은 경쟁 상대가 되지 못할 것”이라고 말했다.

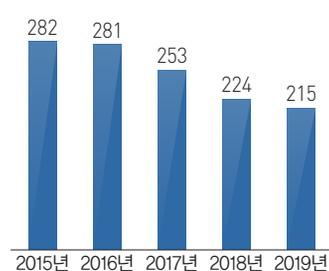
전문가들은 의욕만 앞선 정부의 신재생에너지 정책이 외국 기업의 배만 불러주는 결과를 반복하고 있다고 지적했다. 2014년 외국산 점유율이 0%였던 풍력발전기는 지난해 9월 70%로 치솟았다. 태양광 모듈

기술 경쟁력 떨어지는  
발전용 연료전지  
(단위 : %)



※각 사의 연료전지 전기효율 출처: 업계

연료전지 R&D 예산은  
갈수록 줄어  
(단위 : 억 원)



※2019년 예산안은 초안으로 조정 가능  
출처: 산업통상자원부

역시 같은 기간 외국산 점유율이 17.1%에서 33.4%로 증가했다. 풍력과 태양광 시장도 수소발전과 마찬가지로 기술 경쟁력이 부족한 상황에서 공급만 대폭 늘리다 보니 외국산의 먹잇감이 된 것이다.

수소발전이 같은 전철을 밟지 않으려면 기업은 물론 정부도 나서 원천 기술 개발을 서둘러야 하는데 관련 연구개발(R&D) 예산은 미미하다. 산업통상자원부에 따르면 올해 연료전지 R&D 예산은 215억 원으로 2017년(253억 원), 2018년(224억 원) 예산보다도 적다. 김진우 제3차 에너지기본계획 워킹그룹 총괄위원장(연세대 특임교수)은 “연료전지에 R&D 투자를 대폭 늘리고 외국 유망 기업과 인수합병(M&A)을 추진해 최신 원천 기술을 확보하려는 노력이 시급하다”고 강조했다.

## 수소 · 연료전지 엑스포

2월 27일부터 3월 1일까지 도쿄에서 ‘제15회 수소 · 연료전지 엑스포’가 열렸다. 일본을 비롯한 각국 업체가 수소전기차와 연료전지 신기술을 경연하는 자리였다. 일본에서 유통되는 수소의 70%가량을 공급하는 수소충전소 사업자 이와타니는 전시회에 차세대 수소지게차를 새롭게 선보였다. 이와사와 리쿠 이와타니 과장은 “지게차는 승용 및 상용차와 비교해 상대적으로 적은 수소로 움직일 수 있어 실용성이 높다”고 설명했다. 이와타니의 수소지게차는 보조금 혜택을 받으면 500만 엔(약 5000만 원) 정도에 구매할 수 있다. 일본 정부는 2030년까지 1만 대의 수소지게차를 보급해 산업 현장에서 수소경제를 이룬다는 계획이다.

일본 완성차업체 혼다는 수소전기차뿐만 아니라 가정용 수소 충전기 개발에 집중하고 있다. 혼다가 개발한 소형 고압 수소충전기 '스마트 수소 스테이션(SHS)'은 하루에 1.5kg의 수소를 생성해낸다. 이렇게 나온 수소를 15kg까지 저장할 수 있다. SHS는 경차 한 대와 비슷한 크기로 아파트 주차장 및 공동 주택에 설치할 수 있다. 모리야다카시 혼다 기술연구소 연구원은 "비용 문제만 해결되면 조만간 일반 가정에서도 수소충전기를 설치할 수 있을 것"이라고 기대했다.

이번 전시회에는 해외 기업도 눈에 많이 띄었다. 올해 전시회에 참가한 270여 개 업체 중 해외 기업 비중은 40%에 달하는 것으로 알려졌다. 독일과 호주, 노르웨이, 캐나다 등은 별도 공간을 마련해 자국 기업 홍보에 나섰다. 중국 업체도 크게 늘었다. 이이타 마사토 엑스포 사무국 차장은 "해외 기업 참가가 꾸준히 증가하고 있다"며 "최근 2~3년 새 중국 업체 및 방문객 수가 무서운 속도로 늘어나고 있다"고 말했다.

한국에서는 코오롱인더스트리와 STX중공업 등 6개 업체가 참가했다. 세계 최초로 수소전기차 양산에 성공한 현대자동차도 내년 엑스포 참가를 긍정적으로 검토하고 있다. 세계 각국에서 참가하는 업체의 기술력을 살펴보고 협력을 강화하기 위해서다. 현대차는 지난 2월 상용 수소전기차의 대용량 고압충전 표준 부품을 개발하기 위해 도요타, 쉘, 에어리퀴드, 넬, 니콜라 등과 글로벌 컨소시엄을 구성하고 업무협약을 맺기도 했다. 현대차를 포함한 6개사는 상용 수소전기차와 수소충전기에 들어가는 호스 및 노즐, 수소 주입구 등을 함께 개발할 예정이다.

일본 도쿄에서 열린 '국제 수소·연료전지 엑스포'에서 관람객들이 완성차업체 혼다가 개발한 가정용 수소충전기 '스마트 수소 스테이션(SHS)'을 둘러보고 있다.



이와타니 수소충전소 시바코엔역점. 충전소 뒤로 도쿄타워가 보인다. 이 충전소 반경 3km 안에 의회의사당과 정부청사도 있다.

### 日 수소경제 현장을 가다

일본 도쿄 고토 구에 있는 에네오스(일본 정유업체)의 수소충전소 시오미코엔점. 입구에 '수소(水素)'와 '급유(給油)'라는 글자가 나란히 적혀 있다. 일반 주유기와 수소충전기를 함께 운영하는 복합충전소다. 수소전기차는 하얀색 화살표를, 내연기관차는 빨간색 화살표를 따라 충전소로 들어가는 모습이 일상처럼 당연해 보였다. 이 충전소는 도쿄 시내 한복판에 자리잡았다. 걸어서 5분 거리에 고토 구립 에다가와 초등학교가 있다. 10분가량 걸어가면 시오미 전철역이 나온다. 도쿄에선 수소충전소가 이미 일상 속에 자연스럽게 녹아들어가 있었다.

일본 전역에는 113곳의 수소충전소가 있다. 이 중 도쿄에 설치된 충전소는 14곳. 한국(서울 2곳, 지방 12곳)에 있는 전체 충전소 수와 같다. 일본은 도쿄올림픽이 열리는 내년까지 도쿄 내 수소충전소를 35곳으로 늘릴 계획이다. 도쿄 시내 어디서든 수소충전소까지 15분 안에 도착할 수 있도록 하기 위해서다. 2025년 320개, 2030년 900개까지 수소충전소를 늘려 기존 주유소를 대체해 나간다는 게 일본 경제산업성의 목표다.

한국과 달리 일본에서는 수소충전소 건립 장소에 제약이 거의 없다. 일왕이 거주하는 궁내청, 대규모 공연장으로 쓰이는 무도관에서 걸어



에네오스 수소충전소 시오미코엔점 입구에는 '수소(水素)'와 '급유(給油)'라는 글자가 적혀 있다.

서 5분 거리에 수소충전소가 있다. 이와타니의 수소충전소 시바코엔 역점에서는 일본의 랜드마크인 도쿄타워가 한눈에 들어왔다. 이 충전소의 반경 3km 내에는 의회의사당과 정부청사가 있다. 충전소 관계자는 “초기엔 안전을 우려한 주민의 반대가 심했지만 정부가 적극적으로 설명하고 설득한 덕분에 지금은 불안해하지 않는다”고 설명했다. 일본 지방자치단체는 충전소 부지 확보를 위해 보유하고 있는 토지를 빌려주는 등 도심 내 수소충전소 확보에 적극적으로 나서고 있다.

한국에서 일본처럼 도심 한복판에 수소충전소를 세우려면 거미줄 같은 규제와 맞닥뜨린다. 상업지역이나 준주거지역에는 수소충전소 건립이 금지돼 있다. 유치원과 대학 등 학교 부지가 200m 이내에 있어도 안 된다. 철도 시설이 30m 이내에 있어도 마찬가지다. 지방자치단체가 나서 부지를 제공하고 있는 일본과 달리 각종 제약 탓에 충전소를 지을 땅조차 확보하기가 쉽지 않다.

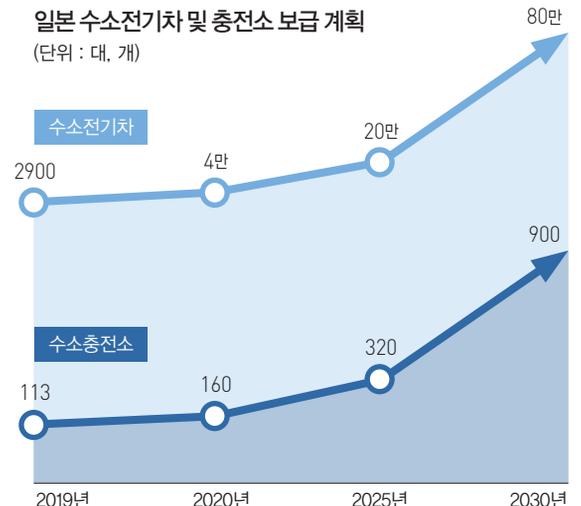
한국 정부는 지난 2월 규제 샌드박스 제도를 통해 국회에 수소충전소를 짓기로 했지만 임시방편일 뿐이라는 지적이 나온다. 관련 규제가 완전히 없어지지 않으면 충전소 사업자가 매년 규제 샌드박스를 신청해 건별로 승인을 받아야 하기 때문이다.

일본은 내년 도쿄올림픽을 ‘수소올림픽’으로 치르겠다는 목표를 세우고 몇 년 전부터 수소충전소 관련 규제 혁파에 힘쓰고 있다. 일본

경제산업성은 3만여 개의 주유소에 수소충전기를 함께 설치해 운영할 수 있도록 시설 규제를 완화했다. 주유소에서 최소 10m 이상 떨어진 곳에 수소충전기를 설치하도록 한 소방법도 수정했다. 도로와 수소충전시설 사이 거리도 기존 ‘8m 이상’에서 벽을 하나 설치하면 5m까지 허용하도록 규제 문턱을 낮췄다.

일본과 한국이 동시에 넘어야 할 산도 있다. 프랑스를 비롯한 유럽 국가와 달리 두 나라에서는 아직까지 수소 셀프 충전이 금지돼 있다. 한국에선 고압가스안전관리법상 수소충전소에 고용된 직원만 충전할 수 있다. 안전책임관리자도 충전소에 상주해야 한다. 업계 관계자는 “일본은 2014년 ‘수소사회 원년’을 선언한 뒤 로드맵에 따라 인프라를 확충하고 있다”며 “한국 정부는 지난 1월 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고 관련 규제 개혁에 나서겠다고 발표했지만 일본에 비하면 갈 길이 멀다”고 지적했다.

일본 수소전기차 및 충전소 보급 계획 (단위: 대, 개)



※한국은 2022년 310개, 2040년 1200개 충전소 설립 목표  
출처: 일본 경제산업성



## 한눈에 보는 세계 최대 모바일 전시회 'MWC19'

세계 최대 모바일 전시회 'MWC19'가 2월 25일부터 28일까지 스페인 바르셀로나 피라 그란비아에서 열렸다. 이번 행사에서는 기존 '모바일월드콩그레스(MWC)'라는 옛 명칭을 MWC19로 바꿨다. 통신의 활용 범위가 산업 전반, 생활 전분야로 넓어진 것을 담기 위한 변화다. 전시장 규모는 9개관과 스타트업(신생 벤처기업) 기술홍보관 등 총 10개관에 야외 포함 22만2000㎡ 면적에 달했다. 올해 MWC에는 200여 개국 2300개의 글로벌 업체가 참가해 혁신 제품과 미래 기술을 공개했다.




1 삼성의 폴더블폰 갤럭시 폴드가 전시됐지만 직육면체 유리관 안에 머물렀다. 2 LG전자는 경쟁사와 달리 V50의 듀얼 스크린 체험 기회를 제공해 호평을 받았다. 3 화웨이는 아웃폴딩 방식의 메이트 X를 선보였다.

## 지능형 연결 (Intelligent Connectivity)

이번 MWC의 주제는 '지능형 연결(Intelligent Connectivity)'로, 올 상반기 서비스되는 5G(5세대 이동통신)를 활용한 사물인터넷(IoT)과 인공지능(AI), 자율주행 등이 소개됐다. 디바이스에서는 업체들이 5G를 적용한 폴더블폰(접히는 폰)이 전면에 배치됐다.

삼성전자는 AI와 IoT를 활용한 지능형 연결을 주제로 다양한 솔루션을 제시했다. 폴더블폰 갤럭시 폴드가 전시됐지만 직육면체 유리관 안에 머물렀다. LG전자는 5G 스마트폰 V50 씽큐와 G8 씽큐 알리기에 집중했다. 또 '5G, LG와 함께 시작'을 슬로건으로 5G 시대를 이끌어 갈 LG전자의 전략과 비전을 소개했다. 경쟁사와 달리 V50의 듀얼 스크린 체험 기회를 제공해 호평을 받았다. 소니, TCL의 움직임도 돋보였다.

소니는 스마트폰 최초로 21:9 화면비 4K 디스플레이를 탑재했고, TCL은 폴더블폰 드래곤 힌지를 공개해 눈길을 사로잡았다.

## 막 오른 5G 전쟁

지난해 12월 5G 이동통신을 세계 첫 상용화한 국내 통신사들은 이번 행사에서 5G 기반 미래상을 앞서 보여주며 선두 기업 이미지를 각인시키는 데 힘을 쏟았다.

SK텔레콤은 5G를 중심으로 일상생활과 산업 현상이 바뀌는 미래상을 제시했다. 제3홀 중심부에 10년째 단독 전시관을 마련한 SK텔레콤은 5G 커넥티드 스페이스, 5G 커넥티드 팩토리, 5G 커넥티드 소사이어티, 5G 커넥티드 비히클 등 4개 테마로 공간을 구성했다. 5G 하이퍼 스페이스 플랫폼(프로젝트 'eSpace')에서는 가상현실(VR) 기기를 착용하고 현실 세계를 그대로 복제한 호텔, 사무실, 쇼핑몰을

체험할 수 있었다. 관람객은 손에 쥘 센서를 활용해 레스토랑 · 호텔을 예약할 수 있다. 또 집 안 인테리어를 바꿔보거나 회의를 진행하고 가상공간 안에서 내비게이션을 따라 이동하거나 전혀 다른 공간으로 순간 이동할 수도 있다. SK텔레콤은 5G 대중화에 맞춰 'eSpace'를 커머스 · 교육 · 엔터테인먼트 등 다양한 분야에 활용할 계획이다.

세계 1호 5G 상용 솔루션 '5G-AI 머신비전'도 첫 공개했다. 5G-AI 머신비전은 공장 생산라인에 고화질 카메라와 5G 네트워크, AI를 접목해 제품 결함 여부를 빠르게 확인할 수 있는 기술이다. 컨베이어벨트를 지나는 부품을 여러 각도에서 촬영해 클라우드 서버로 전송하면 고성능 AI가 사진을 순식간에 판독해 품질을 검사한다. 근로자는 AI와 협업을 통해 1인당 생산성을 최대 2배까지 높일 수 있다. SK텔레콤은 이번 전시 기간 유럽 최대 통신사인 도이치텔레콤과 서로의 부스를 가상현실로 연결하는 기술도 시연했다.

KT는 '5G 현실로 다가오다'를 주제로 전시관을 꾸몄다. 5G 스카이십, 5G 리모트 콕핏, 5G 팩토리, 5G 플레이그라운드, 5G 360도 비디오, 5G AI 호텔 로봇 등 6개 존으로 부스를 구성했다. '5G 스카이십'은 바르셀로나와 부산 해운대를 실시간으로 연결해 주목 받았다. KT는 해운대 상공을 비행하는 '5G 스카이십'이 촬영한 고해상도 영상을 KT의 5G 네트워크와 국제 전용회선을 통해 바르셀로나 MWC 행사장 내 KT 부스에서 실시간 확인할 수 있게 했다. 촬영된 영상과 비행 정보는 부산에 구축된 KT의 3.5기가헤르츠(GHz) 5G 네트워크와 부산에서 바르셀로나까지 약 2만 km의 국제 회선을 통해 바르셀로나로 실시간 전달됐다. '5G 스카이십 존' 내 5G 스카이십 조종석도 마련했다. 관람객은 바르셀로나에서 부산에 있는 스카이십의 카메라를 원격으로 조종해볼 수 있었다. 관람객이 직접 조종하는 방향에 따라 실시간으로 원하는 각도의 부산 야경도 감상할 수 있었다.

5G 팩토리존은 산업 현장에 적용할 수 있는 5G



4



5



6

4 SK텔레콤은 MWC19에서 공간 한계를 극복하는 5G VR, 반도체를 검수하는 AI 등 첨단 기술이 적용된 생활상을 선보였다.

5 KT 직원과 모델들이 스페인 바르셀로나 벵커에서 MWC19 기간 선보인 5G 스카이십, 5G 리모트 콕핏, 5G AR 서포터 등을 소개하고 있다.

6 LG유플러스는 MWC19에서 진화된 프로야구, 골프, 공연 서비스를 선보이며 5G가 가져올 일상의 변화를 알리는 데 주력했다.

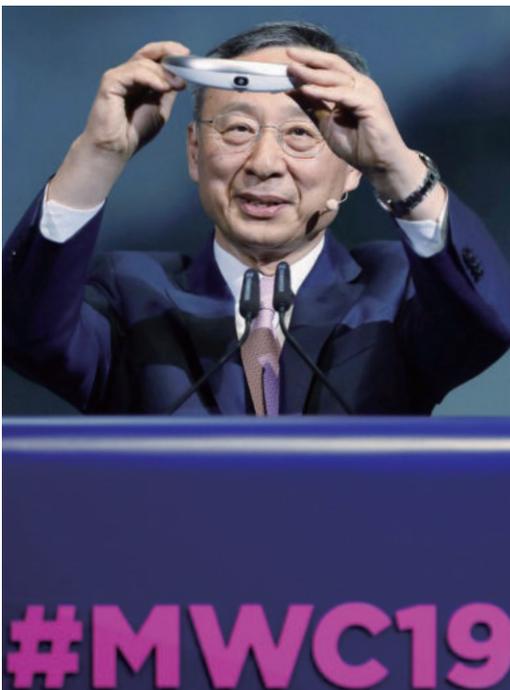
커넥티드 로봇, 5G 증강현실(AR) 서포터, 오픈 엔터프라이즈 라디오 등으로 구성됐다. 5G 커넥티드 로봇은 공장에 있는 컴퓨팅 장치에 의존하지 않고 5G 네트워크를 통해 외부의 지능 서비스와 연결돼 생산공정의 변화에 유연하게 대처할 수 있는 기술이다. 호텔 투숙객이 주문한 어메니티(Amenity)를 로봇이 자율주행으로 배달하는 '5G AI 호텔 로봇' 시연도 눈길을 끌었다. 로봇은 카메라 영상인식을 통해 만든 3차원(3D) 실내 공간 맵으로 목적지까지 자율주행한다. KT는 5G AI 호텔 로봇을 올해 내 상용화할 계획이다.

LG유플러스는 LG전자와 'LG와 함께 시작하는 5G'를 주제로 제3홀 내 전시관을 마련했다. 5G 초고속 · 초저지연 데이터 전송 기술을 체험할 수 있는 5G 콘텐츠 서비스가 중심을 이뤘다. 진화된 U+프로야구,

U+골프, U+아이돌라이브(Live)를 비롯해 VR·AR, 홀로그램 스피커 서비스도 선보였다. LG유플러스는 5G 상용망 서비스에 맞춰 U+아이돌라이브의 화질을 초고화질(HD)에서 최대 4K(4000픽셀)로 업그레이드한다. 영상을 확대해도 아이돌 스타의 작은 몸짓과 표정까지 깨짐 없이 감상할 수 있다. 5G를 접목한 U+프로야구 서비스는 전체 야구 경기장을 초고화질 4K 영상으로 촬영해 전송한다. '경기장 줌인(Panoramic View)' 기능으로 중계하거나 실시간으로 확대해도 끊김 없이 고화질 영상을 시청할 수 있다.

LG유플러스는 MWC19에서 새로운 AR·VR 콘텐츠도 선보였다. K팝 댄스, 요가, 예능 AR 콘텐츠와 360 VR 콘텐츠, 홀로그램 스피커 등이 마련된 미디어 체험 테이블을 만들어 5G로 달라지는 미디어 경험을 직접 경험할 수 있게 했다. 전시관 내 15.5m 사다리 타입 대형 LED(발광다이오드) 미디어월도 구축했다. LG유플러스 5G 기술로 구현되는 일상 변화를

황창규 KT 회장이 MWC19 기조연설에서 중소 협력사와 함께 개발한 5G 기반의 빅밴드를 소개하고 있다.



출근길에서부터 회사 업무, 가족과의 여가 시간까지 시각적 즐거움과 프레젠테이션으로 연출했다.

## 제조업 파괴적 혁신 가져올 것

“5세대(5G) 이동통신은 인류에 공헌하는 기술이 돼야 합니다. 생명을 구하고 제조업의 패러다임을 변화시키는 등 사회적·산업적으로 깜짝 놀랄 변화를 가져올 것입니다.” 황창규 KT 회장이 MWC19의 기조연설을 통해 ‘5G 혁신 플랫폼’을 기반으로 인류 공영과 사회 발전에 기여하겠다는 비전을 제시했다. 2015년, 2017년에 이어 세 번째 MWC 기조연설이었다.

기조연설 주제는 ‘마침내 5세대(5G) 이동통신과 차세대 지능형 플랫폼을 실현하다’였다. 2015년 ‘5G, 미래를 앞당기다’, 2017년 ‘5G 너머 새로운 세상’에 이어 줄곧 5G에 초점을 맞췄다. MWC19에선 눈앞의 현실로 다가온 5G가 인류에 공헌하는 기술이 돼야 한다고 강조했다. 5G가 이뤄낼 장밋빛 미래를 제시한 이전의 기조연설보다 한 발 더 나아간 내용이다. 그는 2015년 “2018 평창 동계올림픽에서 세계 최초로 5G 시범서비스를 선보이겠다”고 밝혀 글로벌 통신업계에 5G를 화두로 부각시켰다. 2017년엔 “2019년 세계 최초로 5G를 상용화하겠다”고 선언했다. 2020년 5G 상용화를 목표로 표준화가 추진되던 때였다. 황 회장의 기조연설 이후 5G 표준화 일정이 1년 이상 빨라졌다는 게 KT 측 설명이다.



〈표 1〉 황창규 KT 회장의 MWC 역대 키노트 주요 내용



시기	주제	주요 내용
2015년	5G, 미래를 앞당기다 (5G & Beyond, Accelerating the Future)	2018년 평창 동계올림픽에서 세계 최초 5G 시범서비스
2017년	5G 너머 새로운 세상 (New World Beyond 5G)	2017년 세계 최초로 5G 상용화 선언
2019년	마침내 5G와 차세대 지능형 플랫폼을 실현하다 (Now a Reality, KT 5G and the Next Intelligent Platform)	세계 최초 5G 상용화로 한국이 글로벌 5G 주도한다

황 회장의 이날 기조연설은 대형 재난 상황에서 5G 기술이 어떻게 생명을 구하는지 보여주는 동영상으로 시작했다. 재난이 발생한 현장으로 드론 기술을 융합한 재난 안전 무인비행선 '5G 스카이십'이 출동해 네트워크를 복구한다. 5G 기반 AR 글라스와 카메라 장착 넥밴드를 착용한 구조대원이 관제센터의 지시를 받아 조난자를 구출하고 위기 상황에서 벗어난다. 관제센터는 5G 네트워크의 도움을 받아 구급차가 이동하는 최적 경로상 운전자에게 길을 비켜주도록 유도한다.

황 회장은 과거 두 차례 기조연설 내용을 언급하며 이 같은 동영상 내용도 실현될 것이라고 말했다. "KT가 과감한 도전으로 지난해 세계 최초로 5G 올림픽을 평창에서 선보이는 데 성공했다"며 "KT는 세계 최초로 진정한 5G 모바일 서비스를 선보이려고 한다"고 선언했다. 그러면서 그는 품속에서 삼성전자 갤럭시S10 5G 스마트폰을 꺼내 "이 제품이 KT 규격을 기반으로 개발한 세계 최초 5G 스마트폰"이라고 강조했다. 5G 스마트폰에선 4K, 8K 초고화질 영상과 홀로그램이 가능하고 소비자는 더 생생한 실시간 커뮤니케이션을 할 수 있다. 1인 방송도 모바일 다중접속시대로 진화하고 게임도 클라우드를 기반으로 새로운 경험을 선사한다.

황 회장은 5G 혁신이 기업 간(B2B) 분야에서도 두드러질 것이라고 강조했다. '세계 최초 5G 조선소'로 진화 중인 현대중공업 사례를 영상으로 제시했다. 여의도 면적(약 290만㎡)의 2.4배에 이르는 현대중공업 생산현장이 5G 네트워크로 제어되는 내용이다. 현대중공업 기술자들은 5G에 연결된 AR 글라스와 지능형 폐쇄회로TV(CCTV)로 생산현장의 각종 문제를 빠르게 해결하고 선주는 태블릿으로 발주한 선박의 건조 상황을 실시간 확인한다. 황 회장은 "최첨단 5G 네트워크로 제조업 패러다임에 파괴적 혁신이 일어날 것"으로 내다봤다.

그는 전용 네트워크를 구축하기 어려운 중소기업

을 위해 사용량만큼 비용을 내는 5G 스마트 팩토리 서비스도 언급했다. '머신비전'은 로봇이 다양한 작업을 할 수 있도록 만들어 중소기업의 생산성을 높인다. 기업 전용 5G는 네트워크 슬라이싱 기술을 활용해 중소기업이 전용 기업망을 구축한 것과 같은 효과를 낼 수 있다. 황 회장은 "5G 생태계를 조성하기 위해 '5G 오픈랩'을 개설해 KT 협력사가 5G 기반 아이디어와 제품을 테스트하고 새로운 사업 기회를 찾고 있다"고 덧붙였다.

KT는 5G를 혁신 플랫폼으로 진화시키는 것을 목표로 설정했다. 그는 "5G 혁신 플랫폼이 산업 분야에선 디지털 도입 및 사업모델 혁신을 가속화하고 각종 사회문제 해결에도 기여할 것"이라고 말했다. "5G를 기반으로 한 4차 산업혁명의 성과가 모든 산업 분야와 개인에게 골고루 돌아가도록 하겠다"는 비전이다.

## MWC에서 발견한 흥미로운 제품들

중국 통신장비회사 ZTE는 피아노와 드럼을 합추하는 '로봇 뮤지션'을 선보였다. 악기만을 연주하기 위해 개발된 로봇은 아니지만 프로그래밍된 악보를 넣으면 로봇 팔이 움직여 악기를 직접 연주한다.





7 중국 통신장비회사 ZTE는 피아노와 드럼을 합주하는 '로봇 뮤지션'을 전시해 눈길을 끌었다. 이 제품은 힘, 속도, 템포를 정교하게 조절해 수준 높은 연주가 가능하다. 8 캐터필러는 러기드(Rugged) 스마트폰 4종을 전시했다. 캐터필러는 신제품의 내구성을 강조하기 위해 관람객이 제품을 밟고 다닐 수 있게 했다. 9 스웨덴의 허스크바나는 자율주행 잔디깎이 로봇을 전시했다. 글로벌 잔디깎이 시장 견인하고 있는 허스크바나는 강한 내구성에 IoT, 장애물 감지 센서, AI를 적용했다. 10 건전지 업체 에너지아저는 1만8000mAh의 초대형 배터리가 탑재된 신제품으로 눈길을 끌었다.



손가락 모양의 도구나 드럼 스틱을 사용했지만 악기에 따라 다양한 응용이 가능하다. 전시장 앞은 악기를 연주하는 로봇을 보기 위한 관람객으로 붐볐다. ZTE 관계자는 “로봇 뮤지션은 로봇을 활용한 다양한 시도 가운데 하나”라며 “힘, 속도, 템포를 정교하게 조절할 수 있어 수준 높은 연주가 가능하다”고 말했다.

미국 중장비업체 캐터필러는 공사장 등에서 안전하게 사용할 수 있는 러기드(Rugged) 스마트폰 4종을 선보였다. 캐터필러 스마트폰에는 IP 68등급의 방진·방수, 밀스펙 810G의 내구성, 열화상 카메라, 오염물질 감지 센서(휘발성 유기화합물)가 적용됐다. 캐터필러는 자사 제품의 내구성을 알리기 위해 관람객이 제품을 밟고 다니게 했다. 전시장에서 만난 캐터필러 관계자는 “정확히는 캐터필러가 디자인하고 영국 불릿이 제조한 제품”이라며 “영국 자동차 업체 랜드로버의 이름을 딴 랜드로버폰도 함께 만들고 있다”고 귀띔했다.

모터사이클로 유명한 스웨덴의 허스크바나는 자율주행 잔디깎이 로봇을 전시했다. 글로벌 잔디깎이 시장을 견인하고 있는 허스크바나는 강한 내구성에 IoT, 장애물 감지 센서, AI를 적용한 제품으로 높은 관심을 받았다. 회사 관계자는 “고슴도치 등 야생동물 보호하고 사용자의 편의성을 높이기 위해 잔디깎이 로봇에 다양한 스마트 기능을 적용했다”며 “스마트폰 앱을 통해 언제 어디서나 간편하게 제어할 수 있다”고 말했다.

미국의 건전지 제조업체 에너지아저는 1만 8000mAh 용량의 초대형 배터리를 채용한 파워팩스 'P18K Pop' 스마트폰을 선보였다. 이 제품은 6.2인치 풀디스플레이, 팝업카메라 등을 사용해 활용성을 높였다. 힘 세고 오래가는 이미지를 적극 활용한 에너지아저 스마트폰은 손가락 한 마디가 넘는 18mm 두께로 아쉬움을 남겼지만 일반 스마트폰 대비 4배가 넘는 배터리 용량으로 주목받았다.

# 현실로 다가오는 수소자동차

**맹물로 가는 자동차. 누군가에게는 실없는 농담처럼 들릴지도 모른다. 그러나 21세기인 현재 이 말은 결코 농담일 수 없다. 한계가 분명한 화석연료를 대신해 물에서 얻은 수소에너지가 자동차의 에너지원으로 쓰이는 시대가 눈앞에 있기 때문이다. 수소자동차, 과연 어떻게 움직이는 물건일까?**



최초의 (수소)내연기관인 드 리바 엔진을 실은 자동차. 수소 내연기관의 역사는 의외로 오래됐다.



석유, 석탄, 가스 등의 화석연료는 문제가 많다. 지하자원이니 언젠가는 고갈될 것이 분명한 점은 둘째치더라도, 연소 과정에서 환경을 파괴시킨다. 특히 화석연료의 연소 과정에서 나오는 이산화탄소는 지구온난화를 가속화한다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 화석연료를 버리고, 재생 가능하면서도 공해가 없는 대체에너지로 전환하지 않으면 안 된다.

하지만 대체에너지 중 우리가 매일 사용하는 교통수단의 에너지원으로 바로 쓰일 수 있는 것은 그리 많지 않다. 상당수의 대체에너지는 화석연료에 비해 에너지 밀도가 너무 낮기 때문에 교통수단의 작은 엔진에 투입하기에는 무리가 있다. 화석연료만 한 에너지 밀도를 가지고 있으면서도 고갈 및 환경 파괴 우려가 없는 에너지는 있을까?

소설 '파랑새'에서 행복의 파랑새가 알고 보니 주인공 곁에 있었듯 의외로 그런 에너지는 우리 가까이에, 그리고 엄청나게 많이 있다. 바로 수소(H)가 그것이다.

수소는 지구 표면의 70%를 차지하는 바닷물 속에 잔뜩 녹아 있다. 물의 화학식이 H<sub>2</sub>O. 즉, 수소 2개와 산소 1개이기 때문에 물을 분해하면 수소를 얼마든지 얻을 수 있다. 그리고 연소된 수소는 산화돼 다시 물이 된다. 적어도 이론상으로는 환경을 파괴하는 물질이 일절 배출되지 않는다. 따라서 에너지원으로서 지극히 매력적이다.

또한 수소는 열량도 동일 질량 휘발유의 3~4배에 달하는 등 에너지 밀도도 높아 교통수단의 에너지원으로는 이상적이다. 이 때문에 수소를 교통수단의 에너지로



사용하려는 연구는 의외로 오래전부터 시작됐다. 이번에는 그중에서도 수소자동차를 중점적으로 다루어 보기로 하겠다.

## 수소 내연기관 차량

수소차의 작동 방식은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 수소 내연기관 차량과 수소연료전지 차량이다. 수소 내연기관 차량부터 설명해 보겠다.

Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicle의 약자로 HICEV로도 불리는 수소 내연기관 차량은 그 기본적인 작동 원리상 기존 화석연료 내연기관차와 별 차이는 없다. 연소실에서 연료를 폭발시키고, 그 힘으로 바퀴를 돌려 전진하는 것이다. 다만 연료로 화석연료 대신 수소를 사용한다는 것이 결정적인 차이점이다. 그리고 더욱 매력적이게도 기존의 화석연료 내연기관차를 조금만(?) 개조하면 수소 연료를 사용할 수 있다.

수소 내연기관의 역사는 생각 이상으로 엄청나게 오래됐다. 1806년 등장한 인류 최초의 내연기관인 드 리바 엔진(프랑수아 이삭 드 리바가 발명)이 바로 수소·산소 혼합물을 연료로 이용해 달리는 수소 내연기관이었기 때문이다. 1970년에는 폴 디제스가 가솔린 엔진을 수소 내연기관으로 개조하는 방법으로 특허를 받았다. 그해 일본 도코대 역시 수소 내연기관을 개발하기 시작했다. 일본의 마쓰다는 더욱 저렴한 수소 내연기관을 만들기 위해 수소를 연소시키는 반켈 엔진을 개발하기도 했다. BMW도 수소 내연기관으로 작동되는 고급 승용차 하이드라진 7을 만들어 2005~2007년 실험을 통해 시속 301km까지 속도를 냈다. 오스트리아 알제트에서는 수소와 석유를 따로 또는 동시에 연소시킬 수 있는 하이브리드 수소 시스템을 개발하기도 했다. 이 시스템은

↑  
아스톤마틴 래피드 S는 수소 내연기관의 성능을 경주에서 입증했다.

뉘르부르크링 24시간 경주대회에 출전한 영국 애스턴마틴의 '래피드 S'에 탑재됐다. 이 차량은 그 대회를 최초로 완주한 수소차가 됐다.

앞서도 밝혔듯이 새로운 메커니즘을 만들 필요 없이 기존 내연기관차의 엔진과 연료 계통을 수소 연료에 맞게 개조하기만 해도 수소 내연기관차가 된다는 것이 매력이자 특징이다. 강화된 밸브, 밸브 시트, 커넥팅 로드, 비플래티넘 팁 스파크 플러그, 고전압 점화 코일, 액화연료 분사장치, 더 큰 크랭크 샤프트 흡진재, 더 강한 헤드 가스킷 소재, 슈퍼차저용으로 개조된 흡기 매니폴드, 정압 슈퍼차저, 고온 엔진오일 등의 개량 과정을 거치면 된다. 이러한 개량 비용은 가솔린 엔진 자체 가격의 1.5배 정도다. 개량하고 나면 기존에 가솔린을 사용했을 때와 마찬가지로 수소연료를 쓸 수 있다.

그렇다면 이렇게 개조된 수소 내연기관차의 성능은 기존의 화석연료 내연기관차와 비교하면 어느 정도인가? 공기·연료 비율과 연료 분사 방식에 따라 다르다. 수소연료를 완전 연소시키기 위한 이상적인 공기·연료 비율은 34 대 1이다. 이 비율대로라면 연소실에서 수소가 차지하는 비율은 29%. 나머지 71%는 공기이며 따라서 기존 가솔린 연료에 비해 에너지양이 모자라게 된다. 이런 문제를 막기 위해 카브레터와 포트 분사 방식으로 공기·연료 비율을 재조절해 연소실에 투입한다면 가솔린 엔진의 최대 85% 정도의 출력을 얻을 수 있다. 연소실 흡기밸브가 닫힌 후 연소실에 공기가 100% 찼을 때 공기와 연료의 혼합을 실시하는 직접 분사 방식을 쓴다면

가솔린 엔진의 최대 115%의 출력을 얻을 수 있다. 그러나 화학량론적 공기·연료 비율을 사용한다면 연소실 온도가 너무 높아져 오염물질인 질소산화물이 대량 발생하므로 수소 내연기관은 화학량론적 공기·연료 비율을 쓰지 않게 설계되는 것이 보통이다.

그 대신 수소의 완전 연소에 필요한 공기량보다 두 배가량의 공기를 사용하게끔 설계된다. 이는 질소산화물을 거의 0에 가깝게 낮출 수 있지만, 엔진 출력도 동급 가솔린 엔진의 절반 수준으로 떨어뜨리는 문제가 있다. 이렇게 떨어지는 효율 문제를 보완하고자 수소 내연기관은 동급 가솔린 엔진보다 부피가 훨씬 크게 설계되고, 터보차저와 슈퍼차저가 붙는 경우가 많다. 후술할 수소 연료전지차에 비해 연구개발이 덜 활발한 이유도 에너지 효율이 비교적 나쁘기 때문이다.

### 수소연료전지 차량

사실 어떻게 보면 수소 연료전지차는 수소 내연기관차보다도 설명할 것이 없다. 기존의 전지 대신 수소연료전지로 전력을 생산하고, 그 전력으로 모터를 돌려 움직이는 전기차이기 때문이다. 이 때문에 차보다는 수소연료전지를 주로 설명하는 것이 옳겠다.

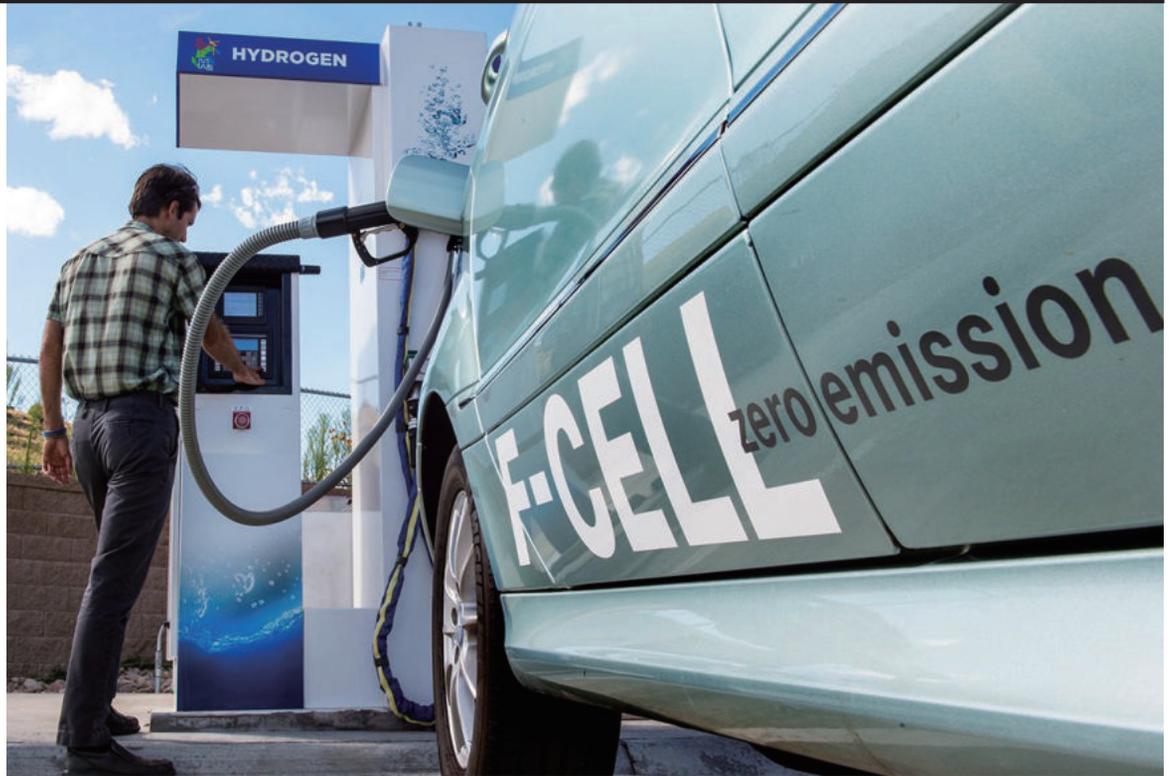
수소연료전지 차량인 현대 ix35.



수소연료전지는 수소연료의 전위에너지를 이용해 전기를 발생시키는 전기화학 전지다. 즉, 수소연료가 산소 또는 다른 산화제를 만났을 때 발생하는 전기화학 반응을 이용해 전기를 발생시키는 것이다. 기존 전지는 자체 내장된 화학물질에서 에너지를 얻으므로 화학물질이 소진되면 외부로부터 재충전을 받지 않는 한 전력을 생산할 수 없다. 그러나 수소연료전지는 외부로부터 수소연료와 산소를 계속 공급받는 한 이론상 무한히 전력을 생산할 수 있다는 점이 가장 큰 차이다.

수소연료전지에는 여러 종류가 있지만 모두 양극, 음극, 전해액이라는 기본 구성을 갖추고 있다. 양극에서는 촉매가 수소연료의 산화 작용을 일으켜 양으로 대전된 수소이온(양자)과 전자를 생성시킨다. 이 중 양자는 양극에서 나와 전해액을 통해 음극으로 들어간다. 동시에 양극을 나온 전자는 외부 회로를 통해 음극으로 가면서 직류 전류를 발생시킨다. 음극에서는 또 다른 촉매가 수소이온, 전자, 산소를 반응시켜 물을 만든다. 수소연료전지는 전해액 종류와 시동 시간에 따라 양성자 교환막(PEM, 시동에 1초 정도가 소요된다) 방식, 고체 산소(SO, 시동에 10분 정도가 소요된다) 방식 등이 있다. 수소연료전지는 전력을 만들어낼 때 기본적으로 물과 폐열 이외에는 어떤 배출물도 생성하지 않는다. 이 중 폐열을 회수해 발전에 재사용한다면 원래 40~60%이던 에너지 효율을 무려 85%까지도 높일 수 있다.

이러한 수소연료전지의 개념은 무려 1801년 영국 화학자 험프리 데이비가 처음 제시했으나, 작동 가능한 수소연료전지를



처음으로 선보인 것은 1838년 역시 영국 화학자인 윌리엄 그로브였다.

수소연료전지를 이용해 달리는 전기차, 즉 연료전지차를 Fuel Cell Vehicle(FCV) 또는 Fuel Cell Electric Vehicle(FCEV)이라고 부른다. 그 효시는 1959년 앨리스 차머스의 농업용 트랙터를 개조해 15kW급 연료전지를 탑재하면서부터였다. 그리고 몇 년 지나지 않은 1966년에는 제너럴모터스가公道주행이 가능한 최초의 수소연료전지 차량인 쉐보레 일렉트로밴을 선보였다. PEM 방식의 거대한 수소연료전지(차량의 후방 차체 전체를 차지했다)를 싣고 있던 이 차량은 최고 속도 시속 112km, 항속 거리 192km의 성능을 지니고 있었다. 탑승 인원도 운전자와 조수 단 2명뿐이었다. 시제품 단 1대만 생산됐고, 과도한 비용과 낮은 실용성 문제로 양산되지는 않았다. 그러나 이 차량을 계기로 이후 1970년대 들어 제너럴일렉트릭을 비롯한 여러 기업에서 수소연료전지 개발에 매달렸다. 수소연료전지는 제미니 우주선을 비롯한 우주개발 프로그램에도 활발히 사용됐다. 1970년대 아폴로 계획이 종료되면서 여기에 중사하던 수소연료전지 기술자들이 민간 업계로 대거 이직하는 것도 해당 분야 연구를 더욱 활성화시켰다. 1990년대 들어 자동차 회사들이 수소연료전지 차량에 관심을 보이기 시작하고, 2001년에는 최초로 700Bar급 수소 저장 탱크가 나오면서 수소 저장 용량과 탱크

의 부피 면에서 큰 발전을 이뤘다. 수소연료전지 차량은 2017년 현재 전 세계적으로 약 6500대가 보급됐으며, 혼다의 클라리티, 도요타의 미라이, 현대자동차의 ix35 등이 주종이다.

무공해 재생에너지를 장점으로 내세우는 수소차지만 단점도 있다. 무엇보다도 인프라가 문제다. 아직은 수소 충전 인프라가 충분히 구축되지 않았기 때문에 연료가 떨어졌을 때 기존 화석연료 자동차만큼 쉽게 재보급을 받을 수 없다. 또한 수소로 생산한 에너지로 수소를 만들어내는 완벽한 수소경제 체제로 돌입한 것도 아니기 때문에 수소의 생산과 운반, 저장에는 의외로 큰 비용과 공해 요소가 존재한다. 그러나 충분한 수소 인프라가 구축되고 본격 수소경제 체제에 돌입한다면 이런 문제는 대부분 해결이 가능할 것이다.

↑ 수소충전기. 수소 인프라가 충분히 구축되고 진정한 수소경제 시대가 열리려면 아직 갈 길이 멀다.

# ‘미션 임파서블 고스트 프로토콜’에서 빛난 BMW i8 하이브리드차

‘미션 임파서블(Mission : Impossible)’이라는 원제보다 ‘제5전선’이라는 한국 번안명이 더욱 친숙한 이유는 뭘까? 반세기가 훨씬 넘는 역사와 전통에 빛나는 첩보물인 ‘미션 임파서블’. 첩보영화답게 ‘신문물’의 채용에도 결코 몸을 사리지 않았다. 그중에는 하이브리드차도 포함된다.



영화에 출연한 BMW i8은 미래적인 외관만큼이나 뛰어난 성능으로 깊은 인상을 남겼다.

‘미션 임파서블’은 실로 전통 있는 첩보 영화 시리즈다. 원래 TV 드라마로 기획 제작된 이 시리즈의 오리지널판은 1966년 미국 CBS방송에서 처음 방영된 이래 1973년 까지 7개 시즌 동안 171화가 방영됐다. 또 1988년 미 ABC방송에서 리메이크돼 2개 시즌 35화가 방영됐다. 1996년부터는 배우 톰 크루즈가 주연을 맡아 영화화돼 현재까지 6편의 영화가 만들어졌다.

IMF(Impossible Missions Force의 머리 글자)라는 미국의 가상 첩보 조직 요원들

을 주인공으로, 세계 곳곳을 누비며 다양한 적에 맞서 싸운다는 내용이다. 첫 방영 당시에는 시대적 배경에 맞게 냉전적 색채가 강했지만, 소련 붕괴 이후 등장한 영화 판에서는 분위기를 일신했다. 전통적인 팀 플레이가 퇴색되고 톰 크루즈(이선 헌트 역)의 원맨쇼 성격이 더욱 짙어진 느낌도 없진 않지만, 이번에 소개할 영화 ‘미션 임파서블 : 고스트 프로토콜’은 시리즈 4번째 작품이다. 부다페스트, 모스크바, 두바이, 뭄바이 등을 오가면서 러시아 핵 병기를

탈취해 미국과 러시아 간 핵전쟁을 일으키려는 악당 커트 헨드릭스(미카엘 니코비스트 분)의 음모를 저지한다는 내용이다.

이런 첩보영화에서 빼놓을 수 없는 볼거리가 바로 첨단과학이 적용된 각종 첩보 장비들이다. ‘007’ 시리즈에서 전통적으로 ‘본드 카’가 나오듯 이 시리즈에도 이런저런 자동차가 나와 추격전을 벌인다. 사실 자동차 추격전과 총격전이야말로 모든 액션 영화의 메인 코스 요리이기는 하지만.

그리고 본작을 화려하게 빛낸 자동차 중에는 BMW i8도 있었다. 이번에는 이 차 이야기를 주로 해 보려고 한다.

## 하이브리드차도 화끈할 수 있다

그리고 이 차를 고른 이유는, 이미 충분히 짐작하시피 이 차량이 하이브리드차이기 때문이다.

하이브리드차는 그 이름에서도 알 수 있듯 내연기관과 전기모터를 모두 동력원으로 사용하는 차량이다. 보통 내연기관을 돌려서 생산한 에너지, 또는 외부 전원으로 배터리를 충전하고, 이 배터리를 전기모터의 작동에 사용한다. 저속 시에는 전기모터만 사용하고, 고속 시에는 전기모터와 내연기관을 동시에 쓰는 것이 일반적인 작동법이다. 기존의 내연기관차와

# MISSION: IMPOSSIBLE GHOST



전기차의 중간 단계에 있는 차라고 할 수 있다. 그리고 이런 설계를 쓰는 이유는, 적어도 현재까지의 기술로는 전기모터만으로는 내연기관만 한 주행 성능(항속거리, 속도, 가속성, 파워 소스의 높은 에너지 밀도)을 내기가 힘들기 때문이다. 그러나 전기모터도 나름대로 장점이 있다. 무엇보다도 내연기관에 비해 연비와 유지성, 환경보호, 에너지 효율 측면에서 우수하다. 또한 내연기관에 비해 쉽게 전후좌우진이나 속도 제어를 할 수 있다. 내연기관에 비해 변속장치를 덜 복잡하게 만들 수 있고, 아예 구동 바퀴마다 모터를 하나씩 다는 식으로까지 설계할 수도 있기 때문이다. 이런 장점이 있기에 하이브리드차는 꽤 일찍부터 연구돼 왔다.

하지만 하이브리드 스포츠카, 그것도 액션 영화에까지 출연한 차량은 이 i8 이전에는 유례가 드문 편이다. 바꾸어 말하면 i8의 '미션 임파서블' 등장은 하이브리드차

의 기술도 충분히 발전, 강해지고픈 인간 욕망의 상징이 될 만큼 화끈해졌다는 증거 일지도 모른다.

영화에 등장한 i8은 양산차가 아니었고, BMW가 2011년에 내놓았던 콘셉트카였다 (i8의 첫 콘셉트카는 2009년에 나왔다). 하지만 콘셉트카다운 외관은 나중에 나온 양산형보다도 더욱 미래적인 느낌을 주었다.

동력장치는 전륜축에 달린 전기모터 1개 (129마력)와 후륜축에 연결된 과급기 장착 3실린더 가솔린 엔진(220마력)이다. 전기모터 작동에 필요한 7.2kWh 리튬 이온 배터리 1개가 달려 있으며, 이것만으로도 35km의 항속거리가 보장된다. 4개의 바퀴 모두에 회생제동장치가 있어 제동 시 발생하는 에너지로 배터리를 충전한다. 최고속도는 시속 250km이며, 이 속도를 넘지 못하게 전자적으로 제어된다. 제로백(정지 상태에서 시속 100km까지 가속하는 데 걸리는 시간)은 4.6초다. 연료소비효율은 L당 34.5km에 달하며 배터리 완충 시간은 220V 전압 사용 시 2시간 이하다. 주행 성능으로 봐도 같은 해 출시된 다른 스포츠

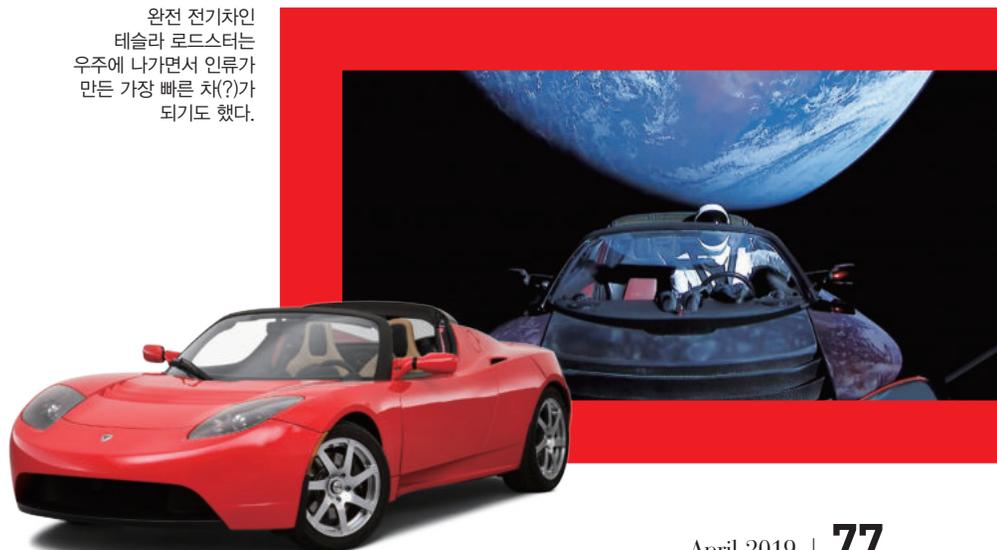
카들에 비해 손색이 없다. 영화 속 성능도 그리 큰 과장은 아닌 셈이다.

### 발전하는 전기자동차

그런가 하면 내연기관을 쓰지 않는 100% 전기차의 기술도 꾸준히 발전하고 있다. 2008년부터 양산 개시된 테슬라의 '로드스터'는 여러모로 기념비적인 존재였다. 세계 최초로 양산형 공도주행이 가능한 완전 전기식 리튬이온 배터리 차량이었다. 제로백 시간 3.7초, 항속거리 393km, 최고속도 시속 201km, 에너지 효율 88% (기존 내연기관차의 3배) 등의 성능을 자랑했다. 여담이지만 로드스터는 2018년 2월 펄컨헤비 로켓에 실려 우주로 발사돼 태양 궤도를 최대 시속 12만1005km로 돌고 있기도 하다. 즉, 다소 억지를 부리자면 인류가 만든 제일 빠른 차는 전기차인 것이다!

자원 고갈과 환경 파괴를 일으키는 화석 연료는 장차 그 사용이 제한될 수밖에 없다. 하이브리드차와 전기차 등의 새로운 탈것들이 그 이후 펼쳐질 신재생에너지 경제의 막을 열어젖히기를 기대한다.

완전 전기차인 테슬라 로드스터는 우주에 나가면서 인류가 만든 가장 빠른 차(?)가 되기도 했다.



# PROTOCOL

# 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 042-712-9421,  
'이달의 신기술' 담당  
김은아 기자

(주)에이티앤에스그룹(atsg.co.kr)

### R&D 프로젝트 PM 모집

- 담당업무: R&D 프로젝트 관리, 정부과제 사업 관리
- 응모자격 및 우대사항: 정부과제 R&D 프로젝트 관리 경험자, 프로세스 기획 및 서비스 기획 경험 보유자, 기술제안서 및 R&D 과제 산출물 작성 가능자, 보고서 작성 가능자, 프레젠테이션 가능자, 웹 기반 서비스를 위한 기술 설계 및 구현 경험자 우대
- 근무형태: 정규직
- 근무처: 서울 서초구
- 모집기간: 상시모집
- 문의전화: 02-581-2918

(주)세스스코(cesco.co.kr)

### 연구실 신뢰성파트(선행 R&D) 경력 직원 채용

- 담당업무: 공기질, 수질 등 선행 기술 확보, 주요 인증·구격 모니터링 및 실험설계, 요소 기술(Sensor, IC, Filter, Fan·Motor 등) 확보 및 적합성 검토, 원천 기술 개발, 제품 신뢰성 시험평가(시험설계, 시험·검증, 분석, 디버깅)
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상, 전기·전자공학 관련 학과(공학 계열), 경력 3년 이상, 영어 데이터 시트 독해 능력자, MS Office 활용 가능자, 생활가전 제품 및 가전제품 개발 경험자, 신뢰성 관련 시험 설계·평가 경험자, 전자·기구부의 기술적 이해 가능자, 국내외 규격서 이해 능력자, 대기·수질 시험 및 분석 가능자 우대
- 근무형태: 정규직(수습 3개월)
- 근무처: 서울 강동구
- 모집기간: 4월 17일까지
- 문의전화: 02-2140-0049



(주)모트렉스(motrex.co.kr)

### 자동차부품 생산관리 분야 신입사원 모집

- 담당업무: 생산계획 기준 작업 지시, 생산 공정별 계획 대비 실적 관리, 공정 불량 수리 자재 출고 관리, 제고 관리, 생산현장 3정 5S 관리
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상, 신입, 인근 거주자, 컴퓨터 활용 능력 우수자, 산업공학, 전자, 기계, 자동차 전공자 우대
- 근무형태: 정규직(수습 3개월)
- 근무처: 천안시 동남구
- 모집기간: 4월 28일까지
- 문의전화: 070-4892-6066

아모제푸드(amoje.com)

### 컨디션본부 메뉴 R&D 담당자(경력) 모집

- 담당업무: 신메뉴 개발
- 응모자격 및 우대사항: 학사 이상, 경력 8년 이상, 유관 업무 경험자, 문서 작성 우수자, 관련 자격증 보유자, 유관 업무 경력자
- 근무형태: 정규직
- 근무처: 서울 강남구
- 모집기간: 5월 11일까지
- 문의전화: 02-2185-7700



### 66호 정답 및 당첨자

미라이(미라이 봇넷)



최석준, 이호준, 박상환, 박정민, 김대중

allo 메탈  
보조배터리



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

1900년대 초반까지 증기차와 내연기관차를  
제치고 시장을 주도했다가 1930년대 즈음  
거의 사라졌던 □□□가 오늘날 친환경 자동차로  
다시 각광받고 있다. □□□는 내연기관차보다  
수십 년 앞선 1832~1839년경 로버트 앤더슨이  
발명했다. □□□는 무엇일까요?

# 2019

## 산업기술혁신사업

## 연구지원전문가

## 제도 안내

### 도입목적

R&D 성과 제고를 위한 연구몰입 분위기 조성 및 R&D 분야 일자리 창출을 위한 연구 지원 전문인력 양성 필요에 따라 연구지원전문가 제도 도입(2011. 8) 및 지식경제 R&D교육센터 설립(2012. 7)

### 관련제도

정의 중소기업에서 기존 인력 또는 신규 채용을 통해 연구비 관리 정산, 지적 재산권 관리, 보고서 작성, 물품기자재 구매 및 관리, 데이터 관리 등을 담당하는 R&D 지원 인력으로서 한국산업기술평가관리원이 실시하는 소정의 교육을 완료한 자

※관련근거 : 산업기술혁신사업 사업비 산정, 관리 및 사용, 정산에 관한 요령 제2조(용어의 정의) ①항23호(산업통상자원부 고시 제2018-89호(2018. 4. 30.))

주요내용 연구지원전문가 인건비는 간접비의 인력지원비에서 기업당 1명에 한해 지원하되, 신규 채용 인력은 급여총액의 100%, 기존 인력은 급여총액의 50% 이내 현금 계상 가능

### 교육안내

- 교육과정 - 기본과정(연구지원전문가 수료증 발급 과정)
- 교육대상 - 대한민국 국민은 누구나 신청 및 수강 가능
- 교육신청

#### 산업기술 R&D 정보포털(iTECH)

iTECH(<https://itech.keit.re.kr>)

고객(교육)센터

R&D 교육센터

교육신청

※교육 신청 안내는 회원 e메일 및 교육센터 내 공지사항 참조

- 교육형태 - 온·오프라인 교육 병행

#### 온라인 선수강

5과목 35차시  
(1차시 25분 내외)

#### 오프라인 수강

2일 6과목 10시간,  
수료시험 1시간

- 교육장소 - 대구, 서울, 대전, 광주 등
- 참고 - 2019년부터 교육신청, 교육수강 및 시험, 수료증 발급까지 전 과정을 온라인화할 예정



### 채용마당 운영

연구지원전문가 수료생 대상 채용정보 게시판으로 연구지원전문가와 기업 채용 담당자 간 소통을 통한 취업 연계 방식으로 운영

- ① iTECH(<https://itech.keit.re.kr>)
- ② 고객(교육)센터
- ③ R&D 교육센터
- ④ 연구지원전문가 채용마당

## 수소충전소 SPC 출범, 민간 수소충전소 시대 개막

산업통상자원부는 3월 11일부터 '수소충전소 특수목적법인(SPC)'이 공식 출범했다고 밝혔다. 특수목적법인의 공식 명칭은 '수소에너지네트워크(주)(Hydrogen Energy Network : HyNet, 이하 하이넷)'이며 한국가스공사, 현대자동차 등 국내외 수소 연관 사업을 선도하는 13개 회사가 공동으로 설립했다. 이렇듯 기술과 역량을 갖춘 국내외 13개 기업이 의기투합해 수소충전소 확산 사업에 본격적으로 뛰어든 만큼 민간 중심의 수소충전소 구축·운영 모델을 정립하고 제도 개선을 도모함으로써 더 많은 민간의 참여를 이끌어 내는 계기가 될 것으로 예상된다. 특히 하이넷은 올해 1월 울산에서 발표한 '수소경제 활성화 로드맵' 등 정부의 수소차 확산 목표의 실현에 적극 기여한다는 방침이다. 정부는 2022년까지 국내 수소차 누적 6만7000대(수소버스 2000대)를 보급하는 한편 전국에 310곳의 수소충전소를 구축할 계획이다. 이에 하이넷은 2022년까지 정부의 수소충전소 목표량의 30% 이상인 100곳을 구축·운영할 계획이다. 더불어 하이넷은 2028년까지 10년 동안 운영하면서 수소충전소의 효율화 및 규제·제도 개선, 서비스 향상 등도 추진한다. 이외에도 참여기업 간 협력에 따른 효율성 향상 등을 통해 수소충전소의 구축비용을 절감하고, 수소충전소 확산을 저해하는 각종 규제의 발굴·개선 및 수소차 소유자들의 불편을 완화하기 위한 서비스 개선에도 적극 나설 방침이다.

문의처 산업통상자원부 자동차항공과(044-203-4322)

## EU 등 8개국 시행하는 15건의 해외 규제 해소

산업통상자원부 국가기술표준원과 식품의약품안전처는 스위스 제네바에서 열린 2019년 제1차 세계무역기구(WTO) 무역기술장벽(TBT) 위원회 정례회의(3월 5~7일)에 참석해 우리 기업의 수출에 걸림돌이 되고 있는 해외 기술 규제와 관련, 규제 당사국들과 해소 방안을 협의했다. 이번 회의에서 우리나라는 해외 기술 규제 36건에 대해 18개국과 양자 협의를 실시했고, 그중 업계의 우려가 큰 중국의 사이버보안 규제 등 6건의 사안에 대해서는 미국 등 입장이 같은 국가와 함께 다자회의에서 공식 안건(STC)으로 이의를 제기했다. 해외 규제 당사국들과 양자·다자협의를 실시한 결과, 유럽 등 8개국 15건의 규제 애로사항에 대해 규제 개선 또는 시행유예 등의 합의를 이끌어냈다. 유럽연합(EU)은 2021년부터 신설 및 강화되는 에너지효율 분야 규제에 대해 그동안 우리 측이 지속적으로 요구해 온 6건의 불합리한 규제 조항을 철회하거나 규제 수준을 완화하기로 했다. 중국은 2019년 3월부터 시행되는 전기전자제품의 유해화학물질규제에 대해 제조자가 스스로 적합성을 선언하는 방식으로 인증 절차를 간소화하고, 우리 기업의 규제 준비를 위해 올해 9월까지 시행을 유예하기로 했다. 그밖에 캐나다, 태국, 걸프지역표준화기구(GSO), 인도, 페루 등도 우리 수출기업들을 괴롭히던 규제를 개선 또는 완화하기로 했다. 한편 국가기술표준원은 외국의 불합리한 기술 규제로 인해 어려움을 겪고 있는 수출기업의 경우 1381 콜센터 또는 TBT 정보포털([www.knowTBT.kr](http://www.knowTBT.kr))로 상담 신청을 하면 된다고 밝혔다.

문의처 국가기술표준원 기술규제정책과(043-870-5523)

'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](mailto:jsung2@keit.re.kr)

# APRIL 2019

## 정기구독 안내



계좌번호

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

전화

02-360-4845

구독료

50,000원 (연간)

온라인 신청

<https://goo.gl/u7bsDQ>

이메일 접수

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

VOL.  
**67**

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



# 기술강국코리아를 향한 R&D지원글로벌 리더 *Keit*



R&D 골든타임을 찾다! -기획-

-평가- R&D 가치를 높이다!

-관리- R&D 성과를 창출하다!