KISTEP 기술동향브리프 2018-20호

수소전기차









Contents

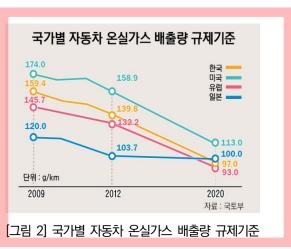
| 제1장 | 개요1 |
|-----|---------------------|
| 제2장 | 기술동향9 |
| 제3장 | 산업동향17 |
| 제4장 | 정책동향26 |
| 제5장 | 정부R&D투자동향 ·······33 |
| 제6장 | 결론36 |

제1장 개요

1.1 작성배경

- 친환경차는 자동차 산업 패러다임 전환의 한 축을 담당하고 있으며 특히 환경 문제에 대한 관심이 높아짐에 따라 그 중요성이 조명 받고 있음
 - 4차 산업혁명 시대의 도래와 함께 자동차 산업은 안전성, 편의성 제고를 중심으로 하는 자율주행 자동차와 배기가스 저감을 중심으로 하는 친환경차라는 2가지 트렌드로 패러다임이 전환 중
 - 친환경차는 국제 환경규제 강화*와 더불어 해당 연구개발 확대 및 기술 상용화 속도가 증가하고 있으며 자동차 산업에서 지속 고도화해야 할 핵심 기술임
 - * 내연기관차 판매 금지(노르웨이, 네덜란드, 영국, 프랑스 등), 디젤차 운행 제한(독일 슈르트가르트, 프랑스 파리), 친환경차 의무판매제(미국 캘리포니아쎄, 캐나다 퀘벡쎄 등) 등



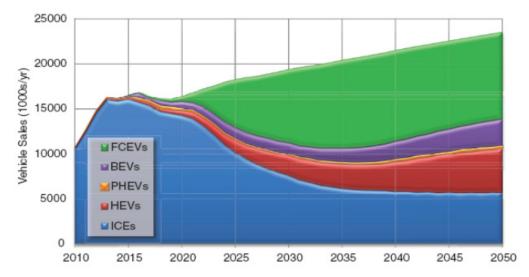


- 미래 친환경차로서 다양한 후보들이 거론되고 있으며, 친환경차 시장은 점차 확대될 것으로 기대됨
 - 우리나라에서는 친환경 자동차(이하 친환경차)를 전기자동차, 태양광자동차, 하이브리드 자동차, 연료전지자동차(이하 수소전기차) 등으로 정의*하고 있음
 - * 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관하 법률(약칭: 친환경자동차법): '18년 9월 21일 시행

플러그인하이브리드차 주행거리확장전기차 하이브리드전기차 배터리전기차 수소전기차 (HEV) (PHEV) (BEV) (FCEV) (eREV) Trans-mission Trans-mission Trans-mission E-motor Trans-mission E-motor E-motor Power elec-tronics ICE E-motor Power Power electronics Power electronics E-motor Power 구조 ICE Gene-rator Energy battery elec-tronics Energy BOP1 Plug-in charger 하이브리드와 같은 소형 엔진(발전기 내연기관과 구동 방식이지만, 역할)으로 배터리 내연기관 없이 수소를 사용하여 구동방식 전기에너지를 발생시킨 전기로 외부 전력 연결로 충전하여 모터로 배터리와 모터로 및 특징 동력원으로 사용. 배터리 재충전이 구동(대표차종 -모터를 구동 구동 외부 충전 불필요 가능 GM 볼트(Volt)) Plug-in Hybrid extended-Range Fuel Cell Hybrid Battery 영문명칭 Electric Vehicle Electric Vehicle Electric Vehicle Electric Vehicle Electric Vehicle

〈표 1〉 친환경차 주요후보별 구조 및 특징 요약

자료: 과학기술일자리진흥원(2015) 재구성



자료: National Research Council(2013)

[그림 3] 친환경차 판매량 확대 추이

- 다양한 친환경차 후보군은 전기차를 중심으로 확산 되어가고 있으나 여전히 자동차 시장은 내연기관 자동차를 중심*으로 형성되어 있음
 - * 전체 자동차 생산량 중 내연기관차 비중은 감소추세이나 여전히 90%를 상회 : 96%('16) → 95%('18) → 94%('20) (KPMG, '17)
- 향후 시장을 주도할 궁극적인 모델에 대해서는 다양한 의견이 있으며, 수소전기차 시장이 형성 단계임을 고려할 때 기술 리더십 확보(First mover)가 중요한 시점

- 친환경차 후보기술 중 수소전기차는 긴 주행거리, 짧은 충전시간 등 장점을 가지며, 수소사회로의 전환을 지향한다는 점 또한 주목할 만한 요인
 - 친환경차 기술 중 수소전기차는 전기자동차 기술에 포함되나, 이차전지를 사용하여 전기에너지를 충전하고 동력원을 조달하는 대신 저장된 수소를 전기에너지로 변환하여 동력원으로 조달한다는 점에서 타 전기자동차 기술과 구분됨
 - 수소전기차는 부품 안정성, 높은 생산 원가, 연료 조달 등의 여러 기술적 난제에도 불구하고 긴 주행거리, 짧은 충전시간, 친환경성, 대형차 적용가능성 등으로 인해 관심을 받아옴
 - 전기차에 비해 짧은 충전시간, 긴 주행거리, 높은 연비에서 장점을 나타내며, 하이브리드 차, 플러그인하이브리드 차에 비해 친환경성에 있어 장점이 있음



최고속도

전기차









[그림 4] 타 친환경차 대비 수소전기차의 강점(환경부, 2015)

- 특히 최근 수소전기차에 대한 관심의 증가는 자동차 동력원의 전환과 더불어 사회적 관점에서 수소 에너지의 화석연료 대체 및 보완 가능성에 대한 관심에서 비롯됨
 - 미래학자 제레미 리프킨은 저서 수소혁명¹⁾('02)을 통해 수소가 환경문제를 유발시키는 화석연료를 대체할 대안이 될 수 있다고 진단
 - 일본, EU 등 글로벌 선진국이 수소 사회로의 전환을 지향하는 점 역시 향후 친환경차의 대안 중 하나로 수소전기차가 각광받게 하는 요인

¹⁾ 원제 Hydrogen Economy

- 🥯 미래 친환경차의 주요 대안으로서 수소전기차의 중요성을 감안하여. 현 수준을 진단하고 전략적 투자를 위한 정책적 함의를 도출할 필요가 있음
 - 수소전기차는 기술적 난제 및 시장 확보의 불확실성이 존재함에도 불구하고 친환경성과 수소 에너지가 가지는 미래 에너지원으로서의 가능성으로 인해 지속적 관심과 기술 확보가 요구됨
 - 특히 최근 정부에서 수소전기차 생태계에 '22년까지 2조6천억원 투자를 발표 ('18. 6월)하는 등 연구개발 지원과 관련 투자가 증가할 것으로 예상
 - 수소전기차 분야에 대한 전략적 연구개발 투자를 위해 현 수소전기차 기술, 산업, 정책 동향을 살펴보고 진단함으로써, 정책적 함의를 도출할 필요

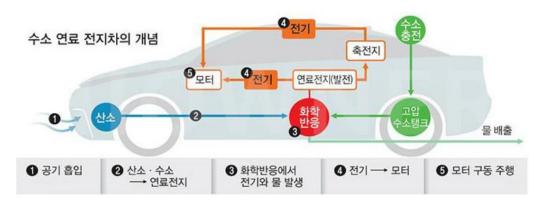
1.2 기술의 정의 및 범위

수소전기차의 정의

- 수소전기차(Fuel Cell Electric Vehicle)는 수소를 사용하여 발생시킨 전기에너지를 동력원으로 사용하는 자동차로서 연료전지(fuel cell)를 배터리 대신 사용하거나 배터리 또는 수퍼 커패시터와 함께 사용하여 온보드 모터에 전력을 공급
- •본 동향브리프에서 다루는 기술 범위는 수소전기차 구동을 위한 에너지 변환(스택), 구동, 운전 및 저장 기술에 한정되나, 정책 및 산업 동향에서는 일반적인 수소 생산 및 인프라 관련 기술을 함께 언급

수소전기차의 구조 및 요소기술

• 수소전기차는 대기 중의 공기를 흡입하여 연료전지에서 산소와 수소의 화학반응을 통해 전기 에너지를 발생시켜 모터를 구동 및 주행



자료 : KB금융지주 경영연구소(2017) 재인용

[그림 5] 수소전기차 구조

- ※ 수소전기치(FCEV)는 타 전기자동치(xEV)와 달리 발전용 연료전지와 축전용 이차전지(배터리)를 함께 사용함. 그러나 이차 전지는 소량 축전을 위한 것이므로 작은 용량만이 요구됨
 - 수소전기차를 구성하는 요소기술은 아래와 같이 4가지 주요 부품군을 중심으로 구성



자료 : 한국산업기술평가관리원(2015)

[그림 6] 수소전기차 주요 부품군별 요소기술

① 스택(연료전지) : 수소와 산소를 반응시켜 전기를 발생시키는 장치

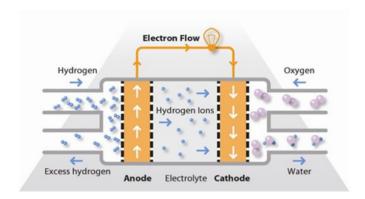
② 운전장치 : 차량의 운전 상태에 맞게 수소와 공기를 공급하고 열관리를 하는 장치

③ 전장장치 : 생성된 전기를 구동에 맞게 변환하는 장치

④ 수소저장장치 : 연료인 수소를 저장하는 장치

교소기술별 주요 부품군의 개념 및 범위

스택



자료 : 호라이즌퓨얼셀코리아 [그림 7] 연료전지(스택) 내 전기 발생 과정 개념도

- 다수의 단위전지를 적층하여 차량 구동에 적합한 수준의 전기를 발전시키는 부품
- 막전극접합체, 기체확산층, 분리판, 가스켓 등으로 구성
- 연료전지 내 전기 발생 과정
- ① 기체확산층을 통해 양(+)극에 수소(H2) 공급
- ② 촉매(백금)반응 작용으로 인한 이온분리 및 전자 방출($H2 \rightarrow 2H++2e$)
- ③ 음(-)극으로 생성된 전자(e) 이동
- ④ 공급된 산소(O2)를 이온화($\frac{1}{2}$ O2 + 2e $\rightarrow \frac{1}{2}$ O-)
- ⑤ 대전된 산소 및 수소 이온의 결합으로 물 생성(2H+ + O- → H2O)
- ⑥ 전기 발생

운전장치²⁾

- 스택에 공기(산소)와 수소를 공급하는 수소공급장치3), 공기공급장치로 구성
- 스택에서 발생하는 열을 방출하는 열관리장치와 이를 활용하는 공조장치까지 포함

• 전장장치

- 차량주행을 위한 구동모터, 감속기, 주행과 각종 전자기기 구동에 적합한 전력의 변환을 위한 전력변환시스템을 포함하며, 윤활장치, 냉각장치, 진동저감장치 등까지 포함
- 내연기관차, 전기차(BEV)와 유사하며, 공유(공용화)가 가능한 부품 있음

²⁾ 여기서 운전장치는 운전자에 의한 차량의 운전(Steering)이 아닌 연료전지에서 스택을 제외한 부품을 일컫는 말(BoP, Balance of Plant)

³⁾ 에어필터, 소음기, 에어블로워, 가습기, 압력조절 밸브 등으로 구성. 수소전기차의 공기청정기 기능에 해당하는 부품

• 수소저장장치

- 스택에 공급할 수소를 저장하는 장치로 내연기관차의 연료공급장치에 해당
- 수소저장용 고압용기와 이를 스택에 공급하기 위한 고압밸브, 배관류로 구성되며, 고온, 고압에서 수소 방출 및 용기파손 방지를 위한 안전장치와 수소충전장치⁴⁾까지 포함

🦛 관련 기술(수소 생산 및 인프라 기술)

• 수소생산기술

- 수전해(water electrolysis) : 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 방식, 전기분해에 사용되는 전력원(원자력·화력발전, 재생에너지 등)에 따라 에너지효율, 친환경성의 차이가 있음
- 화석연료 개질(reforming) : 석탄, 천연가스 등 화석연료를 개질하여 수소를 생산하는 방식
- 부생수소(by-product hydrogen) : 석유화학공업의 부산물로 발생하는 수소가스를 활용하는 방식
- 생물학적 수소생산 : 수소생산 사용되는 원료물질에 따라 물, 유기물 가스로 구분되며 미생물의 다양한 매커니즘에 따라 여러 가지 기술이 존재. 대표적으로 녹조류, 효소, 박테리아 등이 있음

• 수소이송·저장기술

- 이송 및 저장되는 수소의 형태는 액화수소와 수소가스로 구분
- 수소연료의 이송은 크게 가스파이프를 통한 직접 이송, 튜브트레일러, 수소저장물질 (암모니아⁵⁾ 등)과의 결합 기술 등이 활용됨

• 수소충전기술

- 수소공급방식에 따라 Off-site(중앙공급방식)와 On-site(현지공급방식)으로 구분
- Off-site : 일정지역에서 수소를 대량생산하여 수소충전소까지 파이프라인 또는 튜브 트레일러로 이송하는 방식
- On-site : 수소충전소에서 CNG, LPG 등을 개질하거나 또는 수전해하여 수소를 생산하는 방식

⁴⁾ 고압수소 충전 시, 충전소 압축기 압력, 공급유량, 고압용기 상태 등을 모니터링하여 제어하는 시스템

⁵⁾ NH₃에 수소를 결합시켜 이송, 저장한 후 니켈 등의 촉매반응을 통해 수소를 분리하여 연료로 활용하는 기술

〈표 2〉 수소공급방식에 따른 수소충전기술 분류 및 장단점

| | 수소공급방식 | 장점 | 단점 |
|----------|--|--|-----------------------|
| Off-site | 일정지역에서 수소를 대량생산하는 방식이송형태에 따라 파이프라인, 튜브트레일러 등으로 구분 | | 수소 이송비용이 추가적으 로 발생 |
| On-site | 수소충전소에서 수소를 생산하는 방식수소생산방식에 따라 화석연료 개질, 전기 분해 등으로 구분 | 수소생산지와 충전소 간 원 거리인 경우 이송비용 절약 가능 | |

제2장 기술동향

2.1 주요 요소 부품별 국내 기술 동향 진단

2.1.1 스택

- 수소전기차 원가의 핵심 요소로서 막전극접합체 기술 개선 등을 통해 원가 절감을하는 것이 주요 기술 개발 목표로 기술 개발 중
 - 스택은 수소전기차 원가의 40% 가량을 차지하며 주된 가격 요소는 백금 등 희귀 금속류임
 - 기술발전으로 스택에 사용되는 백금의 양은 점차 줄어들고 있어 가격저감 효과 기대 : 200g('02년) → 80g('13년, 투싼ix) → 30g('15년, 미라이) → 11g('16년, 클래리티)
 - 백금 대신에 사용할 수 있는 그래핀, 금속 카바이트 등의 저가 소재로 대체하거나 백금을 외부에 코팅하는 방법을 통해 사용량을 절감하는 방법을 연구 중
 - 우리나라는 스택 기술에서 기체확산층 기술 수준이 미흡하다는 진단이 있으며, 막전극접합체,
 스택 등 주요 부품의 기술수준 또한 확실한 우위를 점하지 못함
 - 기술수준이 미흡한 부품의 국산화, 막전극접합체 기술 개선을 통한 원가절감, 스택 기술 확보를 통한 확실한 기술 리더십 확보를 목표로 함

2.1.2 운전장치

- 센서 기술 개발을 통한 수소 및 차단의 정확도 개선이 진행 중이며, 부품이 가장 많고 특허 경쟁이 치열한 분야
 - 수소공급장치 : 수소차단밸브와 재순환기술은 가격과 기술수준 면에서 우위 지니고 있으나,
 수소농도센서의 경우 측정신호가 부정확한 등 미흡한 수준이므로 독자기술 확보 목표
 - 공기공급장치 : 에어필터 부품의 기술수준이 미흡하여, 향후 국산화가 요구되며, 경쟁력을 확보한 공기압축기와 가습기 기술은 스택 성능과 효율에 미치는 영향이 크므로 지속적인 개발이 요구

- 열관리장치 : 제어밸브, 히터 등 부품 기술은 글로벌 수준에서의 경쟁이 가능함. 그러나 이 온필터의 경우, 외산 부품 의존도가 높아 독자기술 확보가 필요
- 우리나라가 가장 높은 기술 수준을 보유하고 있는 분야('18년.3월, 대한석유협회, 수소연료 전지차 관련 국내외 동향 및 정책 제안)

2.1.3 전장장치

- 🥯 다른 친환경차와의 부품 공용화 가능한 분야에 대한 원가 절감이 진행 중
 - 스택의 적층수 저감이 가능한 직류변환기술이 부재하여 이에 대한 개발이 요구됨. 다만. 다른 친환경차와의 기타부품 공용화6)가 가능하다는 점은 긍정적
 - 다만, 차량 종류에 따라 사용되는 전압이 다르므로 인버터, 컨버터, 고전압 부스터 등은 공용화가 어려움
 - 공용화가 가능한 부품은 지속적인 개발을 통해 경쟁 수준의 기술 확보하였으나. 추가 개선을 통한 부품 공용화를 통해 가격경쟁력 확보 가능
 - 공용화가 어려운 컨버터 기술은 독자기술 개발 필요

2.1.4 수소저장장치

- ₷ 소재 단위에서의 기술개발을 통한 경량화와 비용절감이 진행중
 - 수소저장장치는 비용, 무게, 부피, 효율, 내구성, 충전시간, 안전성 등을 만족시키는 기술개발이 주된 동향
 - 수소저장시스템을 구성하는 소재의 경량화와 비용 절감이 요구됨
 - 또한 고압용기의 손상 하에서 변형 방지 및 안전성 유지를 위한 내구성을 확보할 필요가 있음
 - 우리나라의 경우 고압용기의 경우 부품 수준에서 국산화를 달성했으나, 탄소섬유 등 소재의 수입의존도는 여전히 높음

⁶⁾ EV(모터, 감속기), HEV(배터리), PHEV(전력분배장치) 등

2.1.5 수소 생산 및 인프라 기술

- - 수소생산기술은 크게 화석연료의 이용과 비이용 기술로 구분되며, 하위 세부기술로 구분됨

| 구분 | 방법 | 원료 에너지원 | | 기술수준 |
|------------|----------|----------------|--------------|------|
| | 수증기 개질 | 천연가스, LPG, 나프타 | 열 | 상용 |
| 크니어그 | 이산화탄소 개질 | 천연가스 | 열 | _ |
| 화석연료 이용 | 부분산화 | 중질유, 석탄 | 열 | 상용 |
| 410 | 자연개질 | 천연가스, LPG, 나프타 | 열 | 상용 |
| | 직접분해 | 천연가스 | 열 | 상용 |
| | 전기분해 | 물 | 전기 | 상용 |
| 비화석연료 | 열화학 분해 | 물 | 고온(원자력, 태양열) | 연구중 |
| 이용 | 생물학적 분해 | 물 또는 바이오매스 | 열, 미생물 | 연구중 |
| | 광화학적 분해 | 물 | 태양광 | 연구중 |

〈표 3〉 수소생산기술의 분류

자료: 산업통상자원부(2014), 신재생에너지 백서

- 우리나라는 석유화학산업 강국으로 부생수소 생산량이 많아 초기 연구개발에 장점이 될 수
 있음. 그러나 향후 목표하는 수소전기차 운행에 소요되는 수요를 감당하는데 한계 존재
- 화석연료개질을 통한 수소생산이 불가피함. 이 과정에서 에너지효율 개선, 원가 절감 기술 개발이 요구

2.2 완성차 기술동향

- 1960년대 우주기술 개발과 함께 연료전지의 개발이 활성화되었으며, 2000년대 이후 환경규제 이슈로 인해 이를 적용한 수소전기차 개발이 본격화
 - 연료전지 기술은 미-러 우주개발 경쟁과 함께 발전하여, 우주선에서 물과 전기를 동시에 발생시키기 위해 제미니 프로젝트(Project Gemini)와 아폴로 등 우주선에 우선 적용됨
 - 이후 각국의 다양한 완성차 업체들이 수소전기차 모델들을 출시하였으나, 양산 및 대중화에는 한계
 - ※ 양산 전 수소전기차(연도/국가/업체/모델명) : '01/한국/현대차/싼타페 FCV → '02/일본/혼다 /FCX-V4 → '03/미국/포드/Focus FCV → '03/일본/닛산/X-Trail FCV04 → '04/독일/벤츠 /F-Cell → '07/미국/GM/Equinox FC → '08/일본/혼다/FCX Clarity

- 🥯 '13년 2월 현대차에서 수소전기차를 양산한 이래 10개 내외의 글로벌 완성차 업체가 수소전기차 양산을 진행 또는 계획 중
 - ※ '18년 현재, 전세계적으로 수소전기차를 양산하는 기업은 3곳뿐이며, 그 중 우리나라 기업이 기술적으로 가장 앞선 모델을 출시함
 - '13년 현대차에서 양산형 수소전기차 "투싼 ix"를 출시한 이래 토요타(Mirai, '15), 혼다 (Clarity, '17)가 양산 또는 준 양산 체제 구축
 - '18년 현재. 전세계적으로 수소전기차를 양산하는 기업은 3곳뿐이며. <mark>그 중 우리나라 기업이</mark> 기술적으로 가장 앞선 모델을 출시함
 - 다임러벤츠, 닛산, BMW, 아우디, GM 등에서 '20년 내외에 양산형 모델을 출시 계획 중이며, 이로 인해 수소전기차 기술경쟁이 가속화될 가능성이 존재
- 🥯 현대차의 수소전기차 양산체제 구축은 글로벌 업체보다 2년이 빠른 것으로 양산차 기술의 글로벌 선도 역할을 하는데 크게 기여
 - 수소전기차 시범 보급을 위한 기반 작업 및 배터리와 제어기술 개발에 대한 지속적 투자의 결과로 '18년 현재 국내 수소전기차(완성차 기준) 국산화율은 95% 수준*
 - * 국토교통부('18.2.6, 국제수소에너지 산업포럼)
 - 투싼 ix의 엔진은 '14년 12월 미국의 자동차 전문 미디어 '워즈오토(Ward's Auto)'가 선정하는 '2015 세계 10대 최고 엔진'에 선정
 - 워즈오토는 "최고 기술력의 파워트레인⁷⁾이 탑재된 투싼 ix는 전 세계 친환경차 기술 수준의 새로운 도약을 알리는 중요한 모델"이라고 평가
- 글로벌 기술 개발 방향은 주행거리 향상, 연료전지 시스템의 고도화와 더불어 가격 저감을 위해 양산성 제고를 위한 노력이 진행
 - 단순 기술개발로는 내연기관차 대비 2.5배 수준인 가격 저감에 한계가 있으며, 생산규모의 증가와 부품 개발의 병행을 통한 시장성 제고가 진행중
 - ※ 미국 에너지부(DOE, Department of Energy)는 수소전기차 생산이 대량 생산체제로 전환될 경우 연료전지시스템(스택+운전장치) 가격이 약 50%까지 감소하는 것으로 분석
 - 완성차 가격에서 큰 비중을 차지하는 스택(40%) 기술 향상 및 수소저장장치(20%) 부품의 대량생산 기술 확보 등을 통한 가격 저감에 주력

⁷⁾ 자동차의 동력발생부터 동력전달까지를 담당하는 기관을 지칭. 일반적으로 엔진, 변속기, 기어, 축, 바퀴 등이 포함됨

- 이 외 전장장치와 같이 xEV용 부품과 공용이 가능한 수소전기차용 국내 부품기술은 기 확보된 xEV 기반기술과의 공용화 추진을 통한 가격저감 유도 가능
- - 수소전기차 부품 국산화율은 95% 수준에 이르렀으나, 충전소 부품 국산화율은 40%에 그침 (국제수소에너지 산업포럼)
 - 고압용기 부품의 소재와 수소저장장치의 핵심부품은 수입에 의존하고 있음
- - 지금까지 수소전기버스는 주로 행사 지원 차량 등 단기간 시범 운행 수준의 기술 개발이 진행되어 왔으나, 최근 수소전기버스가 실제 노선에 투입되는 등 본격적 개발 및 상용화 진행 중
 - '17년 3월에 양산형 수소전기버스인 도요타 "Sora"가 도쿄 올림픽을 앞두고 시내버스 노선에 투입



[그림 8] 세계최초 양산 수소전기차 현대 투싼 ix



[그림 9] 양산형 수소전기버스 토요타 Sora

2.2.1 주요 수소전기차 양산 모델별 기술동향

'08년 클래리티(혼다) 출시 이후 '13년 세계최초 양산 수소전기차 투싼 ix(현대차),'16년 미라이(토요타)를 거쳐 '18년 넥쏘(현대차) 출시되며 기술 개발과 경쟁의속도가 가속화되고 있음

〈표 4〉 주요 완성차 기술동향 및 주요 제원

| 모델 (업체명, 출시연도) | 기술 수준 및 의의 | 최고 출력 (hp) | 최대 토크 (kg·m) | 1회 충전 시 주행가능거리 (km, 미국 EPA ⁸⁾ 기준) | 수소 저장 용량 (kg) |
|------------------------|--|------------------|--------------------|---|------------------------|
| 클래리티 (혼다, '08) | '08년 연료전지 사용하는 1세대('08~'14) 출시 '15년 2세대 모델 출시와 함께 하이브리드, 플러그인하이 브리드 모델로 라인 확장(非양산 모델) 최초의 수소전기차 모델로서 의의를 가지나, 가격저감 및 양산성 측면에서 대중화에는 한계를 보임 | 174 | 30.6 | 589 | 5.46 |
| 투싼 ix (현대차, '13) | '11년, '12년 실증 완료 후 '13년 연간 1,000대 규모세계 최초 준양산라인 구축 세계최초 양산 수소전기차로 핵심 부품(연료전지, 구동모터, 인버터 등) 모듈화 및 소형화 성공 → 생산 효율성 및 정비 편의성 향상 -20℃ 시동 가능, 14개 수소저장장치⁽⁹⁾ 인증시험(파열, 화염, 낙하시험 등) 및 13개 안정성 인증(충돌, 고전압, 수소 누출 등) 확보 → 신뢰성 및 안전성 확보 | 136 | 30.6 | 415 | 5.6 |
| 미라이 (토요타, '16) | '16년 부산모터쇼에서 공개 당시 전기차 중심의 친환경차 패러다임을 수소전기차로 환기시켰다는 의의를 가짐 당시 전기차에 비해 갖는 짧은 충전시간, 긴 주행거리 (502km)와 더불어 내연기관차에 버금가는 가속성능 (최대마력 154hp, 최고출력 34.2kg·m)과 정숙성으로 주목 | 154 | 34.2 | 502 | 5.00 |
| 넥쏘 (현대차, '18) | '18년 1월 CES에서 최초 공개한 모델로 완성차 업체 중 최초의 두 번째 양산 모델 5분 내 충전시간과 주행거리는 현재 출시된 양산 모델 중 최고 수준의 성능이며, 이전 모델인 투싼 ix에 비해 40% 이상 향상 내연기관차와 동일한 수준인 영하 30℃에서 시동이 가능하게 기술 개선됨 또한 고내구성 스택 기술로 기존 내연기관차 수준인 10년 16만km의 내구성능 확보 현재까지 출시된 주요 완성차 중 가장 가벼우며(공차중량 1,328kg, 타 모델은 1,800kg대), 최대토크, 주행거리, 수소저장용량에서 우위를 보임 | 163 | 40.1 | 595 | 6.33 |

자료 : 언론보도, 각사 홈페이지 재구성

- 수소전기차 기술의 수소전기버스로의 적용은 기술적, 시기적으로 적절하며, 국내외 주요 완성차 기업들은 수소전기버스 개발 및 출시를 진행 중
 - 수소전기차 기술은 전기차에 비해 긴 주행거리와 낮은 연료 무게로 인해 버스 등 대형 차량 적용에 기술적인 장점을 가짐

⁸⁾ 미국 환경보호국(EPA, Environmental Protection Agency)

⁹⁾ 수소저장용기를 고강도 탄소섬유 복합재료로 감싸 안전성 확보

- 차량과 충전소의 보급이 모두 미비한 현재 상황을 고려할 때, 노선이 정해져 있어 인프라 구축에 장점을 갖는 수소전기버스 도입은 수소전기차 보급확산 측면에서 시의적절함
- 글로벌 완성차 업체들은 수소전기버스를 출시하거나 출시 계획 중
 - (다임러벤츠) 도심용 수소전기버스 Citaro Fuel Cell-Hybrid 모델을 시험운용하여 상용화 컨셉을 실증
 - (토요타) '17년 3월, 세계최초 양산형 수소전기버스인 미라노스(miranos)의 시범운행을 시작하였으며, '18년 3월 일본 최초의 수소전기버스 인증을 받은 소라(sora)¹⁰⁾를 도쿄 시내버스로 투입함
- 현대차는 '04년부터 수소전기버스를 개발하여, 현재 시범 운행 및 일부 노선 투입 중이며,
 '20년부터 4세대 수소전기버스 양산 예정
 - 이미 '06년 독일월드컵에서의 시범운행 이후 '10년 G20 정상회의, '12년 여수세계박람회, '18년 평창올림픽 등 국제적 행사에 수소전기버스를 운영차량으로 지원한 바 있음
 - 수소전기버스를 올해 '18년 5월 서울(1대)에서 시범운행 하였으며, 정규노선 버스로서 울산 (10월, 3대)과 서울(11월, 7대)에서 운행을 시작하여 '19년까지 전국 30대* 투입 예정 * 울산(3대), 서울(7대)를 포함하여 광주(6대), 창원(5대), 서산(5대), 아산(4대) 등 전국 6개 도시 대상



[그림 10] 울산의 정규노선 운행 수소전기버스(출처: 연합뉴스)

- 향후 3세대 스펙(충전 용량 25kg, 1회 충전 시 최대 713kg 주행 가능)보다 개선된 성능의 4세대 모델 출시 및 양산 예정

^{10) 1}회 충전 시, 200km 주행 가능

〈표 5〉 현대차 수소전기버스 제원

| | 개발시기 | 연료전지 | 수소탱크 압력(bar) | 구동(휠모터) |
|-----|------|-----------|--------------|------------|
| 1세대 | '06년 | 80kW(2개) | 350 | 240kW(1개) |
| 2세대 | '09년 | 100kW(2개) | 350 | 100kW(37ዘ) |
| 3세대 | '17년 | 100kW(2개) | 700 | 120kW(2개) |

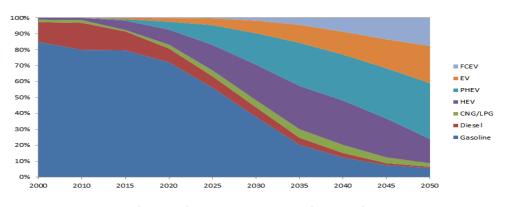
자료 : 언론보도 재구성

제3장 산업동향

3.1 해외

3.1.1 시장전망

- 전체 자동차 판매 중 친환경차의 비중은 확대될 것으로 전망되며, 그 속도 또한 증가할 것으로 보임
 - IEA(International Energy Agency)의 전망에 따르면, '15년 이후 친환경차의 비중이 꾸준히 증가해 10년 내 내연기관차 시장을 넘어설 것으로 예상되며, 시장 장악 속도 또한 빨라질 것으로 예상



[그림 11] 자동차 세계시장전망(IEA, '12)

- ♠ 수소전기차 시장은 '20년 초기 시장형성이 예상되며 이후 꾸준한 시장 확대가 예측됨
 - IEA의 시나리오¹¹⁾에 따르면 '20년에 시장이 형성되어, 수소전기차 판매가 전체 자동차 판매에서 차지하는 비중이 '30년 1.8%, '40년 8.7%, '50년 17.7%에 달할 것으로 예측

¹¹⁾ Blue Map Scenario('12): 온실가스 배출이 감소하는 지속 가능한 에너지시스템 달성을 가정한 시나리오

〈표 6〉 수소전기차 보급 예상

| | 2000 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수소전기차 시장점유율 (%,판매대수 기준) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 1.8 | 4.4 | 8.7 | 13.5 | 17.7 |

자료: IEA('12) 재구성

- 파이크리서치(Pike Research)의 전망에 따르면, '20년 수소전기차 누적 판매대수 280만대 예측, 판매수익도 매년 2.390억 달러에 이를 것으로 예측
 - 주요시장은 서부유럽(37%), 아시아태평양지역(36%), 북미지역(25%)이 될 것이며, 수소 충전소는 '20년경 5.200개소 이상 운영될 것으로 예측
- 🥯 세계 각국에서 친환경차로써 전기차와 더불어 수소전기차에 대한 관심이 증대
 - '18.1월 수소전기차 보급 현황 6.665대 규모이며 국내에는 500대로 서서히 보급이 진행
 - 수소전기차, 수소충전소의 보급은 미국과 일본에서 가장 빠르며, 유럽 주요국도 빠름
 - 북미, 일본, 유럽 등 수소충전소 구축이 진행된 국가 위주로 급속한 성장이 전망

〈표 7〉 주요국 수소전기차/충전소 보급현황(미 에너지부(2018) 재구성)

| _ | 17L | '18.1월 기준(최대 현황) | | | |
|----------|-----|------------------|----------|--|--|
| | 감가 | 수소전기차(대) | 수소충전소(기) | | |
| | 국 | ~3,500 | ~80 | | |
| 독 | 일 | ~205 | ~42 | | |
| 일 | 본 | ~2,200 | ~100 | | |
| <u>п</u> | 랑 스 | ~200 | ~18 | | |
| 중 | 국 | ~60 | ~10 | | |
| 한 | 국 | ~500 | ~25 | | |
| 총 | 계 | ~6,665 | ~275 | | |

3.1.2 주요국 산업 동향 - 완성차 업체 중심으로

- (미국) 환경규제에 대한 현실적 대응으로 다양한 글로벌 기업과 협력개발 추진
 - '64년 수소전기차 개발 시작하여 '97년 신트라(Sintra) 개발 후 '02년 1월 북미국제모터쇼에서 플랫폼 타입 컨셉트카 '오토노미(AUTOnomy)' 공개

1) GM

- 오토노미 공개 당시, 스케이트보드 섀시 형태의 플랫폼형 차체와 바퀴에 위치시킨 모터, 핸들과 페달이 아닌 전자제어식 운전시스템 등 기존 내연기관차 패러다임과 완전히 다른 형태를 제안



[그림 12] 오토노미(GM) 공개 현장

- 혼다와의 공동개발로 '20년 이쿼녹스(Equinox) 출시 예정
- ② Ford
- '08년 다임러와 공동개발을 위한 공동출자회사를 설립
- '13년 1월, 르노와 닛산이 제휴에 참여하여, 포드(전반적 개발 계획)-닛산(배터리 개발)-르노 (양산 비용 절감 기술)-다임러(연료전지시스템 개발) 역할 분담
- 공동개발 결과물은 각 사가 고유 브랜드 신규차량에 적용하고, 부품과 차체구조를 공동사용하여 개발비와 부품비를 절감시킬 계획
- (일본) 정부의 강력한 정책의지와 함께 토요타, 혼다 중심으로 수소전기차 기술 개발 및 보급 주도
 - ① 토요타
 - '92년 수소연료 개발 착수, '96년 첫 수소전기차를 공개하는 등 꾸준한 연구개발
 - 미라이 출시('15년) 후 전세계 수소전기차 판매 1위('17년 기준, 4.268대)
 - BMW와의 파트너십으로 '20년 이후 양산용 모델 추가 출시 계획
 - 토요타가 전장장치, 저장장치 기술 제공하고 BMW는 경량화 기술을 제공키로 협의

- '18년 7월, 미국에서 기존 자사 수소트럭에 비해 주행거리 1.5배 개선된 모델 공개하는 등 승용차량 외 수소상용차량 개발도 진행
 - '19년, 편의점 세븐일레븐에 수소트럭 공급할 것이라 발표

② 혼다

- '16년 클래리티 출시 후 꾸준한 기술개발을 통해 후속 양산 모델 출시 예정
- 정부의 수소사회로의 정책의지에 대응하여. 수소의 사용 측면에서의 수소전기차 연구개발을 꾸준히 진행 중

🥌 (중국) 정부 지원 하에 기업 참여 활발히 진행 중

- 상하이자동차. 치루이자동차 등 10여개 기업이 수소전기차 개발. 양산 예정
- 캐나다 수소전기차업체 발라드 등 글로벌 기업과의 협업을 통해 기술력 확보 시도
- 중국 4대 택배업체인 선통(STO. 申誦)택배 수소화물차를 물류배송에 활용. 중국 2대 전자 상거래 기업인 징둥(京東)그룹과 순펑(順豊)택배 역시 수소화물차 도입 고려 중

🥯 (독일) 주요 메이커들 중심으로 지속적인 연구개발을 통해 프로토타입을 제시

① 다임러벤츠

- '94년 5월 최초의 수소전기차 "NECAR 1" 발표 후, '02년 10월 양산형 수소전기차 F-Cell 공개
- A-Class F-Cell은 '03년부터 '04년까지 일본, 독일, 미국, 싱가포르에 기업과 단체를 대상으로 60대가 공급되었으며. 국제적 프로젝트인 'F-Cell 글로벌 프로그램'을 통해 실용 테스트 진행
- '05년 3월 B-Class F-Cell 발표
 - 이전의 A-Class F-Cell 보다 모터 출력, 스택의 피크 출력 향상 등 내구 신뢰성이 개선된 모델
 - B-Class F-Cell은 '12년~'13년 리스를 통해 미국에 70대 공급됨
- 또한, '08년 세단 모델 컨셉트카인 '에코보이져(ecoVoyager)'를 공개한 바 있음

● 지난 11월 세계 최초 수소 PHEV 모델인 GLC F-Cell 공개



[그림 13] 세계 최초 수소 PHEV : GLC F-Cell

- 수소연료전지 파워트레인과 플러그인 하이브리드 시스템을 결합한 세계최초 수소 PHEV 모델
- 4.4kg 탱크 용량에 NEDC¹²⁾ 기준 약 430km 주행가능하며, 이차전지를 사용 최대 51km 추가 주행 가능
- 수소충전소 인프라가 충분하지 않은 현재 상황에서 자동차산업의 패러다임이 수소전기차로 넘어가기 전 단계를 공략하기 위한 모델로 인식됨

② BMW

- '78부터 수소자동차에 대한 기술개발 수행하였으나, 내연기관에 가솔린 대신 수소를 사용하는 수소연료자동차(Hydrogen Fueled Car) 연구에 주력함
 - 2000년대 버튼으로 휘발유와 수소를 교체 사용하는 Hydrogen7을 개발하여, 국내 도로 주행까지 하였으나, 연비 문제 등을 해결하지 못해 2000년대 말 양산 포기
- 이후, '03년부터 양산용 수소전기차 모델 BMW 745h의 테스트 시작하였으며, '05년 경주용 수소전기차 H2R 개발
- BMW는 토요타와의 기술협력을 통해 양산형 수소전기차 개발은 진행하고 있는 동시에, 내연기관차(디젤 포함)의 꾸준한 시장점유를 전망하고 내연기관차 효율 향상에 더욱 주력하는 모습

¹²⁾ 유럽연비측정방식(NEDC:New European Driving Cycle)

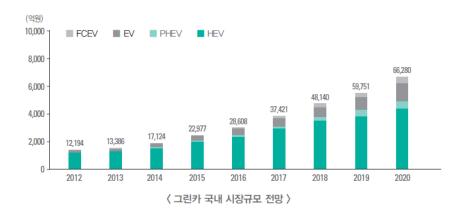
③ 아우디

- '14년 LA 오토쇼에서 수소전기차 컨셉트카 A7 H-tron 공개
 - 4도어 쿠페형 모델로 3분이 걸리는 1회 충전 시 480km 주행이 가능함
 - 전기 하이브리드 모델로 전기 충전만으로도 50km의 주행이 가능함
- '16년 1월, 북미국제오토쇼에서 H-tron 콰트로 공개
 - 연료전지와 배터리 성능 향상, 연료탱크 외부를 탄화섬유강화폴리머(CFRP)와 유리섬유 강화폴리머(GFRP)로 감싸 내구성 향상
 - 1회(완충 4분) 충전 시, 600km 주행 가능하다고 발표, 차량 하단부에 연료탱크를 배치해 넓은 실내공간 확보

3.2 국내

3.2.1 시장전망

☞ 친환경차 시장 성장 전망



- 친환경차 시장의 꾸준한 확대와 더불어 '20년 수소전기차 시장은 5,000억원 규모 예상
- ●시장확대 → 규모의 경제 달성 → 원가 절감 및 가격 인하 → 수소전기차 보급 확대 기대

3.2.2 산업 동향

☞ 국내 수소전기차 및 충전소 보급은 초기 수준이나 증가 추세

• '18년 6월 기준, 등록된 수소전기차는 358대로 여전히 보급률이 낮은 상태

〈표 8〉 수소전기차 보급현황

| | '15 | '16 | '17 | '18(6월 기준) |
|----------|-----|-----|-----|------------|
| 수소전기차(대) | 29 | 87 | 170 | 358 |

자료 : 국토부 통계누리, 등록대수 기준

- 또한, 수소충전소 보급현황도 부족한 상황
 - 한국수소산업협회에 따르면 수소충전소는 '18년 현재 29기가 보급되었으나, 폐기 및 미운영 상태인 10기와 건설 중인 8기를 제외하고 11기 운영 중

〈표 9〉 수소충전소 현황('18.12월 기준)

| | 설치 지역 | 생산방식 | 운영시기 | 충전압력 (bar) | 충전소 종류 | 운영현황 |
|----|----------|--------------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| 1 | 화성 | 부생수소(튜브트레일러) | 2001년 5월 | 350 | off-site | 폐기 |
| 2 | 용인 | 부생수소(튜브트레일러) | 2005년 9월 | 350/700 | off-site | 운영중 |
| 3 | 대전 | NG 개질 | 2006년 8월 | 350 | on-site | 사업종료(폐기) |
| 4 | 서울 | NG 개질 | 2007년 9월 | 350 | on-site | 사업종료(폐기) |
| 5 | 인천 | NG 개질 | 2007년 11월 | 350 | on-site | 운영중 |
| 6 | 대전 | LPG개질/NG개질 | 2007년 10월 | 350 | on-site | 사업종료(폐기) |
| 7 | 서울 | 부생수소 이동식 | 2008년 7월 | 350 | off-site | 사업종료(폐기) |
| 8 | 화성 | 부생수소(튜브트레일러) | 2008년 12월 | 350/700 | off-site | 운영중 |
| 9 | 울산 | 부생수소(튜브트레일러) | 2008년 1월 | 350 | off-site | 사업종료(미운영) |
| 10 | 여수 | 부생수소(파이프) | 2009년 8월 | 350 | off-site | 사업종료(미운영) |
| 11 | 화성 | 부생수소(튜브트레일러) | 2009년 | 700 | off-site | 운영중 |
| 12 | 제주도 | 수전해 | 2010년 | 350 | on-site | 사업종료(미운영) |
| 13 | 서울 | 부생수소(튜브트레일러) | 2010년 5월 | 350/700 | off-site | 운영중 |
| 14 | 서울 | 매립가스 개질 | 2011년 5월 | 350 | on-site | 운영중 |
| 15 | 부안 | 수전해 | 2011년 | 350 | on-site | 사업종료(미운영) |
| 16 | 울산 | 부생수소(튜브트레일러) | 2012년 11월 | 350/700 | off-site | 운영중 |
| 17 | 대구 | 수전해 | 2013년 10월 | 350/700 | on-site | 가동정지 |
| 18 | 광주 | 부생수소(튜브트레일러) | 2014년 | 350/700 | off-site | 운영중 |

| | 설치 지역 | 생산방식 | 운영시기 | 충전압력 (bar) | 충전소 종류 | 운영현황 |
|----|----------|--------------|--------------|---------------|-----------|------------|
| 19 | 충남 | 부생수소(튜브트레일러) | 2015년 10월 | 350/700 | off-site | 운영중 |
| 20 | 창원 | 부생수소(튜브트레일러) | 2017년 3월 | 350/700 | off-site | 운영중 |
| 21 | 울산 | 부생수소(튜브트레일러) | 2017년 10월 | 700 | off-site | 운영중 |
| 22 | 광주 | 부생수소(튜브트레일러) | | | off-site | 건설중(이엠솔루션) |
| 23 | 강릉 | 부생수소(튜브트레일러) | 2018년 1월(예정) | 700 | off-site | 건설중(이엠솔루션) |
| 24 | 평창 | 부생수소(튜브트레일러) | 2018년 1월(예정) | 700 | off-site | 건설중(이엠솔루션) |
| 25 | 울산 | 부생수소(튜브트레일러) | 2018년 3월(예정) | 700 | off-site | 건설중(효성) |
| 26 | 울산 | 부생수소(튜브트레일러) | 2018년 3월(예정) | 700 | off-site | 건설중(효성) |
| 27 | 울산 | 부생수소(튜브트레일러) | 2018년 3월(예정) | 700 | off-site | 건설중(효성) |
| 28 | 창원 | 부생수소(튜브트레일러) | | 700 | off-site | 건설중(이엠솔루션) |
| 29 | 창원 | 부생수소(튜브트레일러) | | 700 | off-site | 건설중(이엠솔루션) |

> '22년까지 수소차 1만 5천대 보급 목표

〈표 10〉 수소전기차 및 충전소 보급계획 : 누적(당해연도)

| | '18 | '19 | '20 | '21 | '22 |
|-----------|----------|--------|---------|---------|----------|
| 수소전기차(천대) | 0.9(0.7) | 2(1.1) | 5(3) | 9(4) | 15(6) |
| 수소충전소(개소) | 39(18) | 80(41) | 130(50) | 200(70) | 310(110) |

- 정부 관계부처에서는 '22년까지 5년간 수소전기차를 15,000대까지 보급할 계획
- 보조금 지원을 통한 내연기관차와의 가격차이 해소로 보급확산 도모
- 보조금은 대량생산에 따른 규모의 경제 달성 시점까지 지속적 지원하며, 향후 내연기관차와의 가격 수준, 핵심부품 기술 확보 등을 고려하여 단계적 단가 인하 계획

🥯 인프라 구축을 통한 기술개발과 산업활성화를 위한 규제개선 등 추진

- 정부연구개발 인프라를 구축하여 기술개발을 지원하고 있으며, 생태계 조성 및 관련 산업 활성화를 위한 규제개선도 동시에 추진하고 있음
 - ※ (사례) 충청남도: '21년까지 5년간 수소전기차 부품 실용화 및 산업 기반 육성 사업을 통해 총 708억 원(국비 349억 포함) 투자(내포 신도시에 상업용 수소충전소 준공 운영 중)

- - 연료전지 분야는 가치사슬 내 기업수가 적으며*, 중소·중견기업 또한 비교적 낮은 비중을 차지하며 주로 부품업계에 분포**
 - * 가치사슬 내 기업 수 : 태양광(253개), 풍력(102개), 연료전지(67개) ※ 연료전지 기업은 수송용, 건축용, 발전용, 선박용 모두 포함
 - ** 중소·중견기업 비중 : 태양광(90%), 풍력(78%), 연료전지(70%) 소재, 부품 분야 중소중견기업 비중 : 소재(78%), 부품(83%)
 - 수소전기차는 소재부터 완성차까지 다단계의 가치사슬로 구성되었지만, 국내산업은 아직
 초기단계로 높은 수준의 완성차 기술에 비해 소재 및 부품산업 영역의 가치사슬 구성 미흡
 - 전반적인 수익성*은 양호하지만, 성장성**이 저조하여, 장기적 발전을 위해 해외 시장 개척 등을 통한 성장동력 확보가 필요
 - * 수익성 : '13~'15년 평균 영업이익률
 - ** 성장성 : '13년 대비 '15년 매출액 증가율
 - 완성차 수준에서의 기술수준은 높은 편이나 내구성 및 가격 측면의 개선 여지가 있음
 - 스택부품 기술수준은 선진국에 근접하나, 내구성 및 가격 측면에서 미흡한 수준
 - 소재/부품이 원가에서 차지하는 비중은 30~40%로 매우 높아, 원가절감 효과를 극대화 할 수 있는 분야

제4장 정책동향

4.1 주요국 정책 동향

4.1.1 미국

- 캘리포니아 무공해차 의무 판매 규제(Zero Emission Vehicle, ZEV)
 - '09년, 주지사 행정명령으로 시행되어 '25년까지 친환경차 150만대 도입 목표
 - 업체별 판매량에 따라 전기차. 전기원동기. 하이브리드차. 플러그인하이브리드차. 고효율 내연기관차 등을 일정비율(크레딧) 이상 판매하도록 규제
 - 의무 할당량을 채우지 못하면. 1크레딧 당 5.000달러의 과징금 부가
 - ZEV 크레딧은 업체간 거래 가능(탄소배출권 거래와 유사)
 - '18년부터 제도 강화 계획
 - 대상 확대 : 중형트럭 판매량도 포함
 - 대상 기업 범위 확대 : (기존) 6만대 초과 → (강화) 2만대 초과
 - 규제대상 분류기준 추가 : 전세계 매출액 규모 포함한 기준 추가
 - 친환경차 범위 축소 : 순수전기차와 하이브리드만으로 축소
 - 의무비중 확대 : 11%('09) → 14%('17) → 22%('22)

4.1.2 일본

- 🥌 수소사회로의 이행 선포과 적극적 예산편성 및 지원
 - '02년 고이즈미 총리 수소경제에 대한 의지 표명을 시작으로 '17년 4월, 아베 정부 '세계 최초 수소시대'선언
 - 신에너지·산업기술 종합개발기구(NEDO)를 통해 연료전지 기술과 수소 이용 기술을 꾸준히 개발

- '14년 6월 경제산업성은 「수소연료전지 전략 로드맵」을 통해 수소전기차 시장 정비와 더불어 수소 수요 확대 및 공급망 구축의 필요성을 강조하며, 수소사회 실현 의지의 구체적 대처 방안을 마련
 - 구체적으로는 수소 생산, 수송, 저장, 수소전기차까지 필요한 조치의 착실한 수행과 산학관 혐의체에 의한 꾸준한 모니터링을 목표함
 - 수소생산의 경우, 부생수소 및 재생에너지의 활용과 더불어 지정학적 리스크가 낮은 지역 (호주 등)으로부터의 공급을 검토하고 있음
- 향후 국제표준화 등 적극적인 해외전개를 주도하여 수소전기차 세계시장을 선도하겠다는 전략
- 정책을 요약하면, 1) 자동차 산업의 경쟁력 강화를 위해 새로운 시장을 주도하겠다는 장기 지속적 전략을 택함, 2) 수소생산, 저장, 이송, 이용까지 관련 영역 전반에 대한 대량공급, 저가화 기술개발을 지속 추진, 3) 수소전기차 및 인프라 보급대책을 중앙정부의 적극 지원과 지자체 및 산학관 협력으로 정리됨

🥯 수소전기차 보급을 위한 충전소 인프라 관련 규제에 대한 적극적 완화표명

● 인프라 조기 보급을 위한 규제 개선(수소사회 실현 정책 2013년 12월 에너지기본계획 개정안)



[그림 14] 일본 수소충전소 규제 완화 사례

- 현재 운영 중인 주유소와 일정 거리 떨어져 있어야 하는 현행 규제로 입지 선정 등에서의 애로를 주유소 내 동시 설치(융합형 충전소)를 허용하도록 규제 개선
- 충전소 내 편의점 등의 운영을 허가하고 24시간 직원이 상주해야 하는 현행 규제를 무인화가 가능하도록 개선하여 충전소 구축 초기 수익 다각화 계획

- 반드시 충전소 지하에 설치해야 하는 탱크를 지상에 설치가능케 함으로써 충전소 설치 비용이 낮아질 수 있도록 함

주요 정책 정리

〈표 11〉 일본의 수소전기차 관련 주요 정책

| | 주요내용 |
|----------------|---|
| | (정책방향) 수소전기차 보급 확산과 수소충전소 구축을 주축으로 삼음 - 수소공급비용 저감, 수소전기차 주행거리 증가 및 가격저감 기술개발 지원 - '25년 경, 대중소비시장(Volume Zone) 겨냥 보급형 차종 출시 계획 - (수소전기차) '25년 20만대, '30년 80만대 보급 목표 - (수소충전소) '20년까지 수소충전소 비즈니스 자립화, '50년 수소충전소 320개소 구축 목표 |
| 제5차 에너지기본계획 | (수소사회 확장) 수소전기차 및 수소충전소 시장과 산업 확장 - 개발 완료된 연료전지 기술의 수평적 확장과 수소충전 인프라 활용도 제고 목표 - 상용화 시작된 수소전기버스, 수소지게차 외에도 트럭, 선박, 기차 등 사용처 개발 병행 - '30년까지 수소전기버스 1,200대, 수소전기차 10,000대 보급 목표 - 일본 철도종합기술연구소(RTRI), '06년 세계최조 100kW급 철도차량용 연료전지 개발 - 일본해상기술안전연구원(NMRI)과 얀마(YANMAR) 등으로 구성된 컨소시엄은 '18.2월 수소선박 실증 운행 진행 |
| | (도쿄올림픽) '20 도쿄올림픽을 기점으로 수소사회 진입을 발표 - 올림픽을 일본 수소사회의 쇼케이스로 활용할 구상 |
| 수소기본전략 | '17년 제4차 에너지기본계획을 바탕으로 수소기본전략 발표 - 수소사회 실현을 위한 '30년까지의 행동계획 - 수소에너지 비용을 가솔린, LNG 등 기존 에너지원과 비슷한 수준으로 낮추는 것을 목표 - 수소생산부터 이용까지 여러 부처의 정책을 하나로 통합 |
| 수소 2030 로드맵 | (통합 로드맵) 수소 생산에서 이용까지 전 영역에 대한 전주기적 로드맵 - 1단계(~'20년) : 충전소 160곳, 수소전기차 4만대 운영 계획, 수소전기차 연료비용을 하이브리드차보다 낮은 수준으로 맞출 예정 - 2단계(~'25년) : 충전소 320곳, 수소전기차 20만대 운영 계획, 수소전기차 차량 비용을 하이브리드차보다 낮은 수준으로 맞출 예정 - 3단계(~'30년) : 대규모 수소발전소 건설, 수소 해외조달망 확보, 수소차 80만대 (+ '40년에는 탄소포집장치(CCS)와 재생에너지 활용으로 수소생산과정에서의 CO2 발생 차단) |

4.1.3 중국

☞ 중국 - 수소차 굴기, 중앙정부부터 지방 정부까지 대규모 투자

- (중앙정부) 중국 공업정보화부, '수소차 발전규획' 발표('16.10)
 - '20까지 수소전기차 5,000대 및 충전소 100개, '30년까지 수소전기차 100만대 및 충 전소 1,000개까지 늘릴 계획

- 국무원, 13차 5개년('16~'20) 국가전략 신흥산업 발전규획
 - 체계적인 수소전기차 연구개발과 산업화로 '20까지 수소전기차 대량생산 실현할 것
- 정부, 상용차 위주로 시장 형성 후, 승용차 본격 보급 계획
 - 버스, 트럭 등 주행거리가 넓고 사회적 효과가 큰 상용차 위주로 시장 조성
 - '20년부터 승용차 보급 및 경쟁력 확보 계획
- (지방정부) 상하이, '상하이시 수소연료전지차 발전규획' 발표('17,09)

〈표 12〉 상하이시 수소연료전지차 발전규획 주요 목표

| | '17~'20 | '21~'25 | '26~'30 |
|-----------|---------|------------|----------------------------|
| 수소전기차(대) | 3,000 | 30,000 | 수소연료전지산업 연간 생산가치 3,000억 위안 |
| 수소충전소(개소) | 5~10 | (추가적으로) 50 | 도달(한화 약 51조 7,000억원) |

- (지방정부) 후베이(湖北)성 우한(武漢). '18~'20까지 100개 이상 수소전기차 산업체 유치
 - 수소전기차 산업 연간 생산액 100억 위안 이상 목표
 - 또한, '25까지 글로벌기업 3~5개 육성 및 충전소 30~100개 건설, 생산액 1,000억 위안 돌파 목표

4.1.4 유럽

- 유럽 각국에서 수소전기차 보급, 수소충전소 인프라 확산 등을 위해 공공-민간 협업 체제 하에 다양한 프로젝트를 진행 중
 - EU의 제퍼 프로젝트*는 약 500만 유로 예산으로 브뤼셀, 런던, 파리에 택시, 경찰차량, 민간 고용차량 등을 중심으로 180대의 수소전기차 시범 도입 계획
 - * 제퍼(ZEFER. Zero Emission Fleet vehicles for European Roll-out)
 - EU의 H2ME 프로젝트*는 공공-민간 공동투자로 수소전기차 상용화 및 기술 완성도 제고 등을 주요 내용으로 하며, 수소전기차 사용자를 대상으로 유럽 내 충전소 네트워크 제공
 - * H2ME(Hydrogen Mobility Europe)
 - Horizon2020 프로그램 및 공공-민간 파트너십인 FCH JU(Fuel Cells Hydrogen Joint Undertaking)의 공동 투자로 총 1억 7,000만 유로 투입

- •독일은 장기적인 로드맵을 수립하여 정부와 민간 역할을 분담하여 수행 중
 - '04~'15 클린에너지파트너십(CEP)에 따라 수소충전소 확보 및 수소전기차 시범 주행
 - 국가수소기구(NOW, National Hydrogen Organization¹³⁾)의 NIP(National Innovation Program)를 통해 4억유로 규모로 지원
 - 수소생산(P2G 프로젝트¹⁴⁾)부터 수소충전인프라 구축(H2Mobility¹⁵⁾), 수소전기차 개발 (완성차 기업)까지 장기 로드맵 하 역할 분담하여 수행
- 스페인은 헤라클레스 프로젝트는 스페인 과학혁신부와 민간기업 간의 합작 컨소시엄 형태 공동 프로젝트로 수소전기차 가능성 검증을 위해 추진됨
 - 정부 '06년부터 약 4년간 총 800만 유로 지원
 - 에너지기업(Abengoa사), 자동차기업(Santana사) 등 민간기업 5개사 및 3개 공공 연구 기관 참여 중이며, 수소충전소 시범운영(태양열 발전 → 수소연료 생산·저장)과 수소전기차 개발. 두가지 분야로 구분됨

4.2 국내

🥯 수소전기차 보급확산을 위한 목표 설정 및 제도 정비

- (보급현황) '13~'17년 수소전기차차 177대 누적 보급 및 '18년 746대 추가 보급 계획, 수소충전소* 12개소 운영중
 - * '18.6월 현재 9개소 설치 진행 중, '18년도 10개소 추가 설치 계획
- (보급목표) '22년 누적 수소전기차 15,000대, 수소충전소 310개소 보급 목표

〈표 13〉 수소전기차 보급확산을 위한 목표

| | '18 | '19 | '20 | '21 | '22 |
|-----------|-----|-------|-------|-------|--------|
| 수소전기차(대) | 900 | 2,000 | 5,000 | 9,000 | 15,000 |
| 수소충전소(개소) | 39 | 80 | 130 | 200 | 310 |

¹³⁾ 독일어로는 Nationale Organisation WasserstoffundBrennstoffzellentechnologie

¹⁴⁾ 신재생에너지(태양광, 풍력 등)를 수소 생산에 활용하여 기존 가스 그리드에 공급하는 프로젝트

¹⁵⁾ 독일 다임러, 오스트리아 OMV, 네덜란드 쉘, 프랑스 에어리퀴드, 토탈 등이 공동 출자회사 설립, 수소충전소 계획, 설치, 운영 담당 / NOW와 H2Mobility 참여기업이 자금 지원

- (지원정책) 수소전기차 보급 확대를 위한 관계부처의 제도 정비
 - 수소전기버스 취득세 감면(50%)을 '21년 12월까지 연장 검토(행안부)
 - 준주거·상업지역 내 수소 충전소 입지제한 완화 검토(국토부), 민간보조 충전사업 참여 기업 제한 완화(환경부)
 - 수소산업 전주기 제품 안전성 실증센터 구축(산업부), 수소충전소 운영자금 저리 융자지원 (금융위)

저비용 고효율 인프라 구축 확대

- '20년까지 중점 보급도시 중심 수소 충전소 80기 구축
- 수소전기차 중점 보급도시 선정 후 부생수소, 도시가스 개질, 신재생에너지 등 지역 특성화된 수소충전소 건설
- 수소충전소 건설비용(30~40억 원) 절감방안으로 주유소, 압축천연가스(CNG) 충전소, 수소 충전소를 함께 건설하는 '융합형 충전소'와 각종 충전소 부품을 모듈화한 형태로 압축 제작해설치 공간을 축소한 '모듈형 충전소' 건설 실증사업을 내년부터 본격 추진
- 최근 정부는 수소전기차 분야에 대한 투자 계획을 확대하여. 정책 의지 표명
 - 그린카 발전 로드맵('10, 범부처)에 따르면 '30까지 총 1조 2천억원 규모의 투자 계획

〈표 14〉 그린카 발전 로드맵에 따른 투자 계획

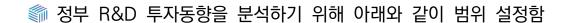
| | '11~'15 | '16~'20 | '21~'30 | 총계 |
|------------|---------|---------|---------|--------|
| 정부투자계획(억원) | 5,924 | 3,380 | 2,766 | 12,070 |

- '18년 6월, 정부와 관련업계가 2조 6천억원을 투자하겠다고 밝힘으로써 투자 활성화가 예상됨
- '18년 8월, 혁신성장을 위한 플랫폼 경제 구현을 위해 빅데이터, 인공지능(AI)와 함께 수소 사회를 3대 전략투자 분야로 선정



[그림 15] 플랫폼 경제 구현을 위한 3대 전략투자 분야(혁신성장 관계장관회의,'18.8)

제5장 정부R&D투자동향



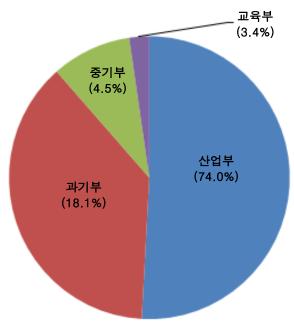
- 수소전기차에 적용되는 연료전지 기술을 중심으로 분석 대상 선정
- ○'17년도 국가연구개발조사분석(NTIS) 데이터를 기준으로 분석과제 선정
- 검색키워드: FCEV, 수소차, 수소자동차, 수소전기차, 수소전기자동차, 수소연료전지차, 연료전지차 등
- 과제명 대상 키워드 검색하여 1차 선정
 - 검색키워드: FCEV, 수소차, 수소자동차, 수소전기차, 수소전기자동차, 수소연료전지차, 연료전지차 등
- 1차 선정 과제 중 연구목표, 연구내용 검토하여 최종선정
 - 연료전지 기술 중 자동차에 적용되는 과제를 대상으로 함
 - 미생물연료전지, 바이오연료전지 등 과제도 제외함

• (주요사업) 신재생에너지핵심기술개발사업, 자동차산업핵심기술개발사업, 권역별신산업육성 사업을 중심으로 수소전기차 R&D가 수행되고 있음

〈표 15〉 수소전기차 주요사업

| 주요사업 | 정부R&D(백만원) | 과제수 |
|-------------------|------------|-----|
| 신재생에너지핵심기술개발 | 12,822 | 17 |
| 자동차산업핵심기술개발 | 4,778 | 7 |
| 권역별신산업육성사업 | 2,536 | 7 |
| 개인기초연구(미래부) | 2,060 | 24 |
| 에너지국제공동연구(전력기금) | 1,700 | 3 |
| 엔지니어링핵심기술개발 | 1,600 | 1 |
| 소재부품기술개발 | 1,500 | 1 |
| 한국에너지기술연구원연구운영비지원 | 1,137 | 1 |
| 집단연구지원 | 962 | 2 |

• (부처별) 부처별 투자 비중은 산업부(74.0%), 과기부(18.1%), 중기부(4.5%), 교육부(3.4%) 순으로 산업부 중심에 투자가 되고 있음.



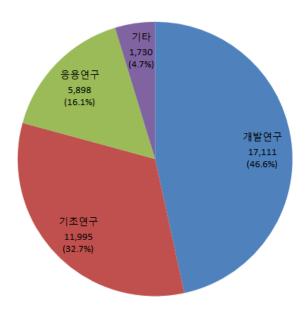
[그림 16] 부처별 투자비중

• (연구수행주체별) 중소기업(23.4%), 대학(22.4%), 중견기업(19.2%), 출연연(18.7%), 기타 (11.9%), 대기업(4.4%) 순임

| 중소기업 | 대학 | 중견기업 | 출연연 | 기타 | 대기업 |
|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 8,602 | 8,236 | 7,036 | 6,881 | 4,379 | 1,600 |
| (23.4%) | (22.4%) | (19.2%) | (18.7%) | (11.9%) | (4.4%) |

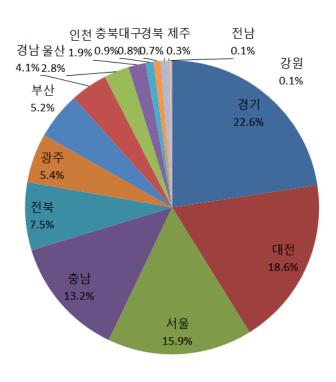
[그림 17] 연구수행주체별 투자비중

• (연구개발단계별) 개발(46.6%), 기초(32.7%), 응용(16.1%), 기타(4.7%) 순으로 개발, 기초 중심연구가 80%에 달함



[그림 18] 연구개발단계별 투자비중

• (지역별) 경기(22.6%), 대전(18.6%), 서울(15.9%), 충남(13.2%) 중심으로 투자되고 있음



[그림 19] 지역별 투자비중

제6장 결론

6.1 요약

- 🥯 수소전기차는 제로 에미션, 긴 주행거리와 짧은 충전시간 등의 특징을 가지고 있어 많은 관심을 받아옴
 - 수소전기차를 구성하는 주요 요소기술인 스택, 운전장치, 전장장치, 수소저장장치의 수준을 진단함과 더불어 수소전기차 기술과 밀접한 충전인프라 기술에 대한 현황을 진단
- 🥯 (기술) 선도적 기술 수준과 높은 부품 국산화율을 확인할 수 있었으나, 주요 핵심 부품의 국산화 및 양산성 제고(가격 저감 및 내구성·안정성 확보) 측면에서의 기술개발 과제가 남아있음
 - 수소전기차 보급 확산의 관점에서는 수소 생산 및 충전 인프라 구축 또한 주요한 요인이며 이를 위해서는 정부 차원의 정책 및 예산적 지원 지속 필요
- 🕯 (산업) 전 세계적으로 수소전기차 개발은 주요 메이커의 양산 계획 및 인프라 확대 등을 고려할 때. '20년을 전후로 본격적인 경쟁이 도래할 것으로 예상
 - '18년 현재 전 세계적으로 양산 수준 수소전기차를 생산하는 업체는 현대차, 토요타, 혼다 등 3곳 정도에 불과하지만, 수소전기차 시장이 본격적으로 열릴 것으로 전망되는 '20년 내외를 목표로 다수의 완성차 업체들이 수소전기차 모델 출시 계획
 - 글로벌 경쟁업체 간 협력이 활발히 이루어지고 있다는 것은 주목할 만한 점이며, 이는 시장이 형성되지 않은 상황에서 시장 전체의 파이를 키우기 위한 업체 간 전략적 제휴로 보임
- 🥯 (정책) 미국, 유럽을 중심으로 하는 환경규제 강화에 대응하여 글로벌 각국은 수소전기차 기술개발 및 보급확산을 정책적으로 지원 중
 - 미국의 무공해차 의무 판매 규제(ZEV) 강화되고 있으며 유럽 내 일부 국가는 내연기관차 판매 금지 등 친환경차 정책이 실현 중

- 일본은 에너지정책을 중심으로 하여 수소사회 진입을 목표하고 있음. 수소의 이용 측면에서 수소자동차 기술개발과 보급확산을 정책적으로 지원하고 있으며, 수소충전소 인프라 구축과 자립을 위한 제도 개선 등이 진행 중
- 중국은 중앙정부부터 지방정부까지 대규모 투자를 통해 시장 형성 및 경쟁력 확보에 주력하고 있으며, 유럽 각국은 수소 생산부터 수소전기차 상용화 및 보급까지를 다양한 프로젝트를 통해 정책적으로 지원하고 있음

6.2 시사점

- (로드맵 수립) 수소전기차 연구개발이 산업적 성과로 효과적으로 이어지기 위해서는 관련 기술과의 연계*된 로드맵을 수립하고 이에 기반하여 진행할 필요
 - * Well to Wheel: 수소자원 확보부터 차량의 운행에 이르기까지 요구되는 기술 전반
 - 수소전기차는 기존 내연차 기술과 같은 차체 및 부품 기술 뿐 아니라 수소의 생산, 저장, 이송 등 운행을 위한 요소들에 대한 전주기적인 연계성이 필수적
 - 특히 수소전기차가 제시하는 친환경성은 차량 운행에 한정된 개념으로 온전한 친환경성이 확보되기 위해서는 전주기적 관점에서 기술 고도화가 필요
 - ※ 차량 운행 시 배출(Tank-to-Wheel)되는 이산화탄소, 미세먼지 등은 0에 가까우나, 수소 생산을 위한 개질 과정에서 발생하는 배출물까지 고려하면 현재 수준에서 완전한 친환경성이 보장되는 것은 아님
 - 따라서 궁극적인 수소사회 혹은 수소경제로 전환하고자 하는 정책적 목표 하에 자원, 소재, 부품, 차량기술에 대한 상호 연계성 있는 로드맵의 수립이 시급
- (기술고도화) 우리나라가 기술적 리더십을 확보한 차량 부품 및 완성차 기술개발은지속 고도화를 통해 가격저감과 내구성 및 신뢰성이 확보할 필요
 - 부품 신뢰성과 지속 가능한 대량생산을 위해서는 주행거리 향상, 희소 금속 등 고가 소재에 대한 대안적 기술 확보 및 장거리 운행 안정성 등의 확보가 필수
 - 기술수준 향상이 상용화로 이루어지기 위해서는 시험평가 및 인증 체계의 고도화가 필수적 이므로 해당 부처 및 기관에서는 이에 대응한 연구개발 투자도 이루어질 필요가 있음

- 🥯 (시장형성) 시장의 수용성 강화를 위한 방안을 지속적으로 타진하되 개방형 협업을 통해 산업적 성과 창출 및 산업생태계 고도화 방안 마련할 필요
 - 차세대 주력산업 분야로서 수소전기차의 효용성있는 기술 고도화를 위해서는 지속적인 기술 고도화와 충전 인프라 확충 등을 통한 시장 수용성의 타진이 균형있게 이루어져야 함
 - ※ 수소전기차의 고도화가 이루어지더라도 수소충전 인프라가 구축되지 않으면 시장 보급에 문제가 발생하며, 반대로 인프라 구축이 완료되어도 수소전기차 기술 개발이 따라오지 못하면 무용
 - •시장 형성과 기술적 공감대 제고를 위해서는 생산, 보급확산, 인프라 등을 담당하는 다양한 주체 및 영역 간의 개방적인 협업이 이루어질 필요
 - 컨트롤타워로서 민관 컨소시엄의 역할 중재 및 적기 투자, 연구개발 주체 간 긴밀한 소통과 파트너십을 통한 기술개발과 인프라구축, 법제도 개선의 보조가 이루어질 때 시장 창출 시점을 앞당길 수 있음
- 🥯 (정부역할) 정부-민간 협업체계 하에 정부는 버스 및 상용차 중심 보급. 수소 충전소 인프라 지원. 법·제도 정비 역할 수행이 요구됨
 - 버스 및 상용차(택배 및 화물 트럭 등)의 경우 승용차에 비해 이동경로 및 노선이 고정적이며. 이동거리가 길다는 점에서 초기 수소전기차 보급에 적합
 - 수소전기버스 보급은 단위 투입 당 이용자가 많아 수소전기차에 대한 불안 해소 등 국민 인식 개선에 도움이 될 것으로 판단되며, 이는 다시 보급확산에 긍정적인 요인으로 작용
 - 충전소 입지 선정을 위한 수소전기차의 이동경로 및 인프라 수요 파악은 정부 주도로 수행 하는 것이 효율적이므로 시장 확대 시점까지 정부 역할 수행이 요구됨
 - 수소전기차 산업의 지속가능한 발전을 위해 법·제도 공백 영역을 발굴 및 개선 필요
 - 수소전기차 및 수소충전소 소재·부품 등에 대한 안정성, 내구성 시험 기준 및 인증 마련 필요
 - 수소이송 및 수소충전소 설립, 운영, 관리에 대한 법·제도 부재로 현행 고압가스안전관리법을 준용하는 현실을 개선하기 위한 수소 생산 및 활용에 대한 법·제도 마련 필요
 - 산업 활성화를 위한 민간 투자의 불확실성 해소 및 투자규모 유지를 위해서는 초기 보급 확산 단계에서의 보조금 및 세제혜택에 필요한 재원의 지속성 확보 필요

| 참고문헌|

- KPMG(2017), Global Automotive Executive Survey 2017
- National Research Council. 2013. Transitions to Alternative Vehicles and Fuels. Washington, DC: The National Academies Press.
- Sunita Satyapal(2018), Hydrogen and Fuel Cells Update, U.S. Department of Energy,
 Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2018.01
- 관계부처합동(2018), "Innovative Platform" 혁신성장 전략투자 방향, 2018.08.13
- 국토부 통계누리(http://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do)
- 산업부(2018), 전기·수소차 보급 확산을 위한 정책방향, 2018.06
- 환경부(2015), 친환경 자동차, 2015.12
- KB금융지주 경영연구소(2017), 재주목 받고 있는 수소전기차, 어디로 가고 있을까?, KB지식 비타민 17-89호, 2017.11
- R&D정보센터(2015), 친환경차/자율주행차 R&D현황과 자동차부품/소재산업 경량화전략, 지식 산업정보원, 2015.12
- 구영모 외(2015), 수소연료전지차의 시장 도래, KEIT PD Issue Report Vol 15-7, 한국산업 기술평가관리원, 2015.07
- 김재경(2018), 수소연료전지자동차(FCEV) 충전용 수소 시장조성을 위한 정책연구, 에너지경제 연구원, 2018.03
- 김종원(2014), 신·재생에너지 원별 기술동향, 2014 신·재생에너지 백서, 2014
- 뉴시스(2018), 수소혁명 시작됐다 시리즈(http://www.newsis.com)
- 대한석유협회(2018), 수소전지차(FCEV) 관련 국내외 동향 및 정책 제안, 2013.03
- 서울Pn(2013), 2020년 연비 20km 넘는 車만 팔 수 있다는데… , 2013.07.16
- 이슈퀘스트(2014), 친환경 자동차 그린카 시장 실태와 개발전망 (기술, 시장편), 2014.07
- 임은영(2017), 전기동력 시대:FCEV 현대차의 반전카드, 삼성증권 Sector Update, 2017.08.29
- 주오심(2011), 수소생산기술현황, Korean Chem.Eng.Res.(화학공학), 49(6), 688-696, 2011.12
- 한국산업마케팅연구소(2017), 신재생에너지 분야별 시장/기업 동향과 유망 기술개발 현황(2017), 2017.11
- 한국수소산업협회(http://www.h2.or.kr/)
- 한국에너지기술평가원(2013), 2013-2014 에너지기술 국내시장 전망, 한국에너지기술평가원, 2013.12

수소전기차

- 한국에너지기술평가원(2017), 신재생에너지 가치사슬 분석을 통한 R&D 투자방향, KETEP Insight 2017. 8월호, 2017.08
- 호라이즌퓨얼셀코리아(http://www.horizonfuelcell.co.kr/bbs/board.php?bo_table= hsub06_03&navi=06&lnb=04)

| KISTEP 기술동향브리프 발간 현황 |

| 발간호 | 제목 | 저자 및 소속 |
|---------|------------------|------------------------------|
| 2018-01 | 블록체인 | 유거송(KISTEP), 김경훈(KISDI) |
| 2018-02 | 독일의 연구개발 동향 | 이주석·김승연(KISTEP) |
| 2018-03 | 휴먼 마이크로바이옴 | 황은혜·김은정(KISTEP) 남영도(KFRI) |
| 2018-04 | 신육종기술(NPBTs) | 박지현·홍미영(KISTEP) 한지학(㈜툴젠) |
| 2018-05 | 2차원소재 | 함선영(KISTEP) |
| 2018-06 | 이산화탄소 포집·저장·활용기술 | 김한해·배준희·정지연(KISTEP) |
| 2018-07 | 줄기세포 | 김주원·김수민(KISTEP) |
| 2018-08 | 일본의 연구개발 동향 | 유종태(KISTEP) |
| 2018-09 | AR/VR 기술 | 임상우(KISTEP), 서경원(UBC) |
| 2018-10 | 미국의 연구개발 동향 | 강문상(KISTEP) |
| 2018-11 | 빅데이터 | 김수연·도지훈·김보라(KISTEP) |
| 2018-12 | 스마트시티 | 황건욱(KISTEP) |
| 2018-13 | 방사선 이용기술 | 변영호·정혜경(KISTEP) |
| 2018-14 | 자동차용 경량소재 | 김준수·조나현(KISTEP) |
| 2018-15 | 우주발사체 | 문태석·이재민(KISTEP) |
| 2018-16 | 인공지능(SW) | 나영식·조재혁(KISTEP) |
| 2018-17 | 가축전염병 | 고기오(IPET) |
| 2018-18 | 페로브스카이트 태양전지 | 정예슬·여준석(KISTEP) |
| 2018-19 | 무인기 | 김보라·도지훈·김수연(KISTEP) |
| 2018-20 | 수소전기차 | 이선명·김선재(KISTEP) |

|저자소개|

이선명

한국과학기술기획평가원 성장동력사업센터 연구원

Tel: 02-589-3327 E-mail: sunmlee@kistep.re.kr

김선재

한국과학기술기획평가원 성장동력사업센터 부연구위원

Tel: 02-589-5268 E-mail: sjkim@kistep.re.kr

본 원고 작성에 국민대학교 이성욱 교수님, 대덕대학교 이호근 교수님께서 도움을 주셨습니다.

KISTEP 기술동향브리프 | 2018-20호

수소전기차