

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

산업테마보고서

수소연료전지차

수소경제 활성화에 따른 성장동력 확보

요약

산업 생태계 분석

업계 환경 분석

기술 심층 분석



작성기관

(주)나이스디앤비

작성자

서성혁 선임연구원

■ 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.

■ 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것입니다. 또한 작성기관이 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로부터 얻은 것이나, 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다.
따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.

■ 본 보고서에 대한 자세한 문의는 (주)나이스디앤비(TEL.02-2122-1300)로 연락하여 주시기 바랍니다.



한국IR협회

수소연료전지차, 수소경제의 한축

- ▶ 수소경제 활성화 정책으로 수소연료전지차 성장동력 얻어
- ▶ 전기차와 경쟁인가? 공존인가?
- ▶ 수소연료전지차 원가 절감과 인프라구축이 기술개발의 핵심

수소연료전지차는 수소경제 활성화 정책과 동반 성장중

수소연료전지차는 친환경 자동차의 한 종류로 수소를 연료로 연료전지에서 산소와 반응하여 생성된 전기로 구동하는 자동차를 뜻한다. 수소연료전지차는 약 10년 전 전기차의 도입과 비슷한 양상을 보이며, 국가 정책과 맞물려 빠른 성장세를 보이고 있다. 그러나 친환경차인 전기차와의 경쟁이 불가피할 것이며, 충전 인프라구축의 미비함뿐만 아니라 기술적인 부분에서도 한계성을 나타내고 있다. 그러나 연료로서 수소의 장점을 기반으로 전기차와 수소연료전지차는 휘발유차와 경유차처럼 공존할 것으로 예상된다. 또한, 연료전지의 핵심기술과 소재기술을 보유한 후방산업에서, 충전소 건설 및 완성차 업계까지 동반성장이 예상된다.

2020년 기점으로 시장 형성 전망

전 세계적인 환경규제 이슈에 힘입어 친환경 자동차의 육성 정책과 동반한 친환경차는 급격한 성장을 이룰 것으로 전망되나, 완성차 업계에서는 수소연료전지차들의 출시를 미루고 있는 실정이다. 수소연료전지차는 2018년 기준, 단 3종의 상용차만을 판매하고 있으며, 각국의 완성차 업계는 2020년을 기점으로 수소연료전지차를 양산할 계획에 있다. 2016년 수소연료전지차는 전 세계적으로 약 3,100대가 판매되었으나, 평균 82% 성장하여 2021년에는 약 6만 2,000대의 수소연료전지차가 판매될 것으로 예상되며, 시장의 형성이 이루어질 것으로 예측된다. 수소연료전지차는 현재 일본과 한국이 선도국으로, 정부의 강력한 정책에 힘입어 인프라구축과 차량 보급이 추진되고 있다. 독일, 중국, 미국 등도 수소경제에 관련한 로드맵을 구축하고 관련 정책을 추진 중이다.

원가 절감과 인프라구축 위주의 연구개발

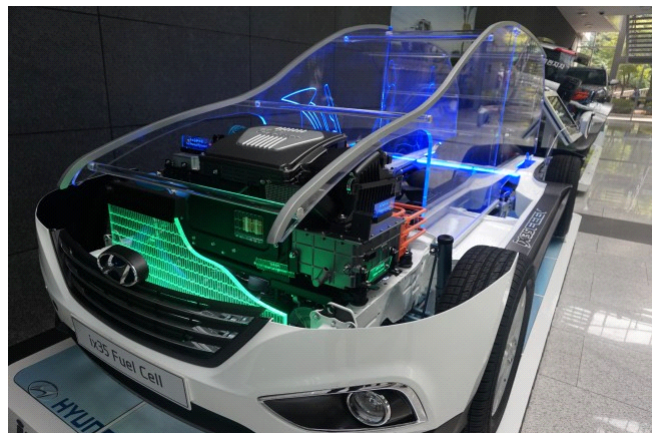
수소연료전지차는 내연기관 대비 2.5배가량의 가격과 인프라구축의 미비함이 보급 및 확산의 가장 큰 걸림돌이다. 수소연료전지차 가격의 40%를 차지하는 연료전지 스택의 촉매, 막전극접합체, 분리판 등의 원가 절감을 위한 연구개발이 진행 중이며, 수소연료전지차의 장점을 활용할 수 있는 버스나 트럭 등의 상용차 개발도 진행 중이다. 국내 수소연료전지차 기술 수준은 세계에서 선두그룹에 속하고 있으며, 부품 국산화율이 95%에 달한다고 분석된다. 그러나 소재 부분에서는 아직 해외 의존도가 높아 소재에 원천기술의 연구개발이 필요한 실정이다. 후방산업인 수소의 생산과 운송에서는 국내 기술 수준은 미흡한 실정으로 해외기술이 수소 생산 및 운송, 충전 등에 적용되고 있어 지속적인 연구개발이 필요하다.

I. 산업 생태계 분석

환경문제 대두와
함께 주목받는
수소경제의 한 축
수소연료전지차

친환경 자동차는 자동차 산업 패러다임 전환의 한 축으로서, 환경문제의 중요성이 대두됨에 따라, 그 중요성이 함께 조명받고 있다. 친환경 자동차는 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률(약칭: 친환경자동차법, 2018년 9월 21일 시행)에 의해 전기자동차(이하 전기차), 태양광자동차, 하이브리드자동차, 연료전지자동차(이하 수소연료전지차) 등으로 정의된다. 수소연료전지차는 수소를 수소탱크에 충전하며, 수소와 산소를 연료전지에서 반응시켜 전기를 발생시키고, 이 전기로 모터를 구동하여 운행하는 차로서, 수소경제 정책의 한 축으로 차세대 성장동력 산업으로 평가받고 있다.

[그림1] 수소연료전지차



*출처: 녹색기술센터

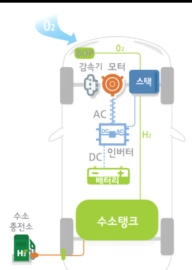
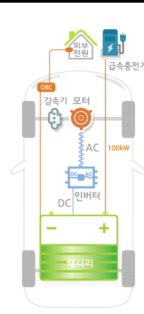
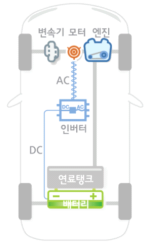
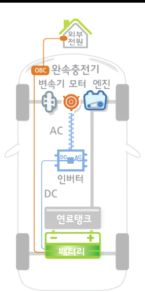
연료전지는 1839년 영국의 물리학자 그로브(William Robert Grove)가 발명한 가스 전지가 시초이며, 이후 우주 분야를 중심으로 개발이 진행되었다. 그 이유는 우주선을 작동시키기 위해서는 많은 양의 에너지를 제한된 공간에서 오염물질이 발생하지 않아야 하는데, 그 조건을 충족한 것이 연료전지였다. 이로 인해 1960년대 미국에서 우주 항공프로젝트에 활용되었고, 이후 1970~1980년대 에너지 파동과 환경문제가 대두되면서 본격적인 개발이 시작되었다. 2000년대에 이르러 미국 등 에너지선진국을 중심으로 발전되어, 현재는 발전용, 건물용, 가정용, 차량용 등에서 상용화가 이루어졌으며, 다양한 분야에 적용 가능성을 타진하고 있다.

기존의 내연기관과 달리 연료전지를 이용하는 수소연료전지차는 배기가스가 전혀 나오지 않고, 운행 중 물만 배출하며, 운행 중 미세먼지를 수집하여 정화하기 때문에 내연기관보다 친환경성이 매우 뛰어나다. 열 효율적인 측면에서도 화석연료의 연소를 통해 화학 에너지를 열에너지로, 다시 운동에너지로 바꾸는 기존 내연기관차와 달리 수소연료전지차는 화학에너지를 전기에너지로 바꾸고, 이를 모터를 통해 운동에너지로 전환하기 때문에 내연기관 대비 우위에 있다.

전기차 대비 충전 시간과 주행거리 에서 우위

현재 친환경차 시장을 주도하고 있는 전기차와 시장에 진입하려고 하는 수소연료전지차는 여러 면에서 경쟁 관계로서 비교될 수밖에 없다. 수소연료전지차는 전기차와 유사하게 동력원이 전기이며, 모터에 의해 구동되는 기계적 구조이나, 전기차가 배터리(2차전지)에 충전된 전기를 사용하는 것에 비해 수소연료전지차는 수소의 화학 반응으로 생산된 전기를 동력원으로 사용한다. 순수 전기로만 운행하는 전기차와 수소차의 비교 시, 수소연료전지차는 1회 충전 주행가능거리와 충전시간에 장점이 있고, 전기차는 차량 가격과 연료의 가격, 충전 인프라구축 면에서 장점이 있다.

[표1] 친환경차의 종류와 특징

수소연료전지차 (FCEV)	배터리 전기차 (BEV)	하이브리드전기차 (HEV)	플러그인 하이브리드차 (PHEV)
 BOP(Balance Of Plant) : 공기 공급, 수소 공급, 열 관리 시스템으로 이뤄진 연료전지 운전 장치			 OBC(On-Board Charger) : 차량에 탑재되는 충전기
수소를 사용하여 발생시킨 전기로 모터를 구동	내연기관 없이 배터리와 모터로 구동	내연기관과 전기에너지를 동력원으로 사용. 외부 충전 불필요	하이브리드와 같은 구동 방식이지만, 외부 전력 연결로 배터리 재충전가능
Fuel Cell Electric Vehicle	Battery Electric Vehicle	Hybrid Electric Vehicle	Plug-in Hybrid Electric Vehicle

*출처: 현대자동차, (주)나이스디앤비 재가공

수소연료전지차는 내연기관의 엔진에 해당하는 연료전지에서 전기를 만들며 내연기관의 휘발유나 경유와 같은 연료를 수소로 대신하며, 전기차의 구동 방식인 모터로 구동축을 회전시킨다고 이해하면 쉽다. 이러한 구조는 전통적인 내연기관 차량의 장점인 긴 주행거리와 연료충전의 편리성과, 전기차의 친환경성을 가진 수소연료전지차만의 장점으로 나타난다. 그러나 전기차와 내연기관의 장점만을 가질 수도 있으나, 두 가지의 구조를 모두 가져야 하는 단점으로 비용의 상승과 구조적 복잡함을 동반하는 단점도 가지고 있다.

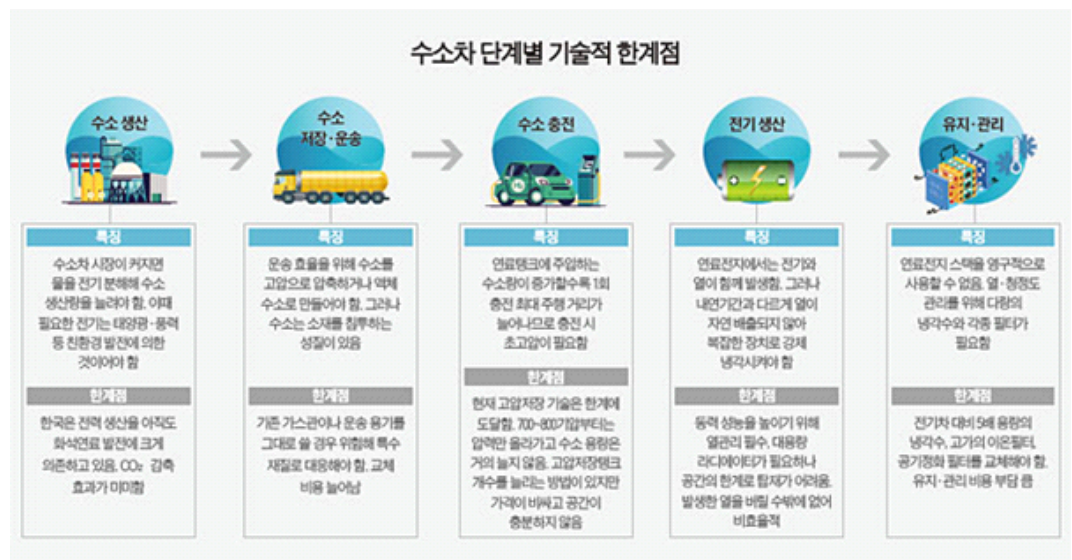
수소연료전지차관련 업계에서는 수소연료전지차의 주행거리와 연료 가격, 환경적 측면에서 전기차에 비해 크게 뒤지지 않음에도 보급이 힘든 이유는 충전 인프라의 부족으로 보고 있다. 전 세계적으로 글로벌 전기차 충전기는 현재 약 50만기인데 반해, 수소충전소는 300여 곳에 그치고 있다. 이중 절반이 일본과 미국 캘리포니아

에 존재하고, 한국의 충전소는 14곳에 불과하다. 물론 수소연료전지차는 3~5분 충전에 주행거리가 길기 때문에, 수소충전소 1기가 완전가동 시 1일 제공 가능한 주행거리는 60개의 전기차 급속충전기가 제공하는 주행거리와 유사하나, 충전소 부족으로 인한 지리적 불편함은 수소연료전지차 선택에 있어 큰 걸림돌이 된다. 충전소 인프라 구축은 수소연료전지차 보급에 있어서 불가분의 관계로, 수소연료전지차 보급 및 확산을 위해 충전소의 인프라를 먼저 구축하느냐와, 수소연료전지차가 보급 및 확산이 되면 시장에 의해 인프라가 보급 및 확산이 될 것이냐는 전형적인 “닭이 먼저냐, 달걀이 먼저냐”의 문제다. 수소충전소는 건립비용이 25~30억 원으로 전기차 급속충전소(약 1억 원) 대비 비용부담이 높기 때문에 수소연료전지차 보급이 더딘 현 상황에서 경제성을 보고 접근하기는 힘들며, 마찬가지로 충전소 부족이 수소연료전지차 구매를 망설이게 하므로, 상호 간 보급을 저해하는 요소다.

인프라 및 가격, 기술적 문제들의 복합적 요인으로 인한 보급의 저해

수소연료전지차 보급에 문제는 단순히 인프라에만 있는 것이 아니다. 현재 전 세계 수소전기차 차량 가격은 약 6~8천만 원 선으로 내연기관 대비 약 2.5배 정도 높은 수준이며, 수소연료전지차의 여러 기술적 문제는 아직 해결되지 않은 상태이다. 전문가들이 주장하는 수소연료전지차의 가장 큰 한계점 중 하나는 수소저장 탱크로 수소연료 자체는 단위 질량 당 내연기관 연료의 3배의 열량이 나오나, 단위 부피당 열량은 내연기관 연료보다 작아, 완성차의 경우 실제 주행거리는 내연기관 차량에 미치지 못하고 있으며, 구조상으로도 700기압의 높은 압력으로 수소를 저장하기 때문에 고압저장 탱크가 필요하다. 제한적인 자동차 구조상 수소저장 탱크를 무한정 늘릴 수 없으며, 현대에서 개발한 넥쏘에는 개당 300만 원의 수소저장 탱크 3기를 탑재하여 주행거리를 늘렸다. 이는 넥쏘 차량 가격의 15%에 해당하는 비용이며 고압의 수소용기 특성상 15년 이상을 사용할 수 없는 단점도 존재한다.

[그림2] 수소차 단계별 기술적 한계점



*출처: 조선일보, 2019. 02. 25

다른 문제점으로는 차량 구조의 복잡성이다. 수소연료전지차는 전기차와 거의 동일한 구동 원리를 가지고 있으나 전기의 생산 방식만이 다르다고 이해하면 쉽다. 그러나 전기차와 다르게 수소연료전지차는 2차전지와 모터 외에 발전장치인 연료전지가 추가로 필요하며, 이는 제작 및 정비의 복잡성을 증가시키고, 비용상승의 요인이 된다. 또한, 차량의 구조가 복잡하므로 고장의 요인이 되고, 연료전지의 정비 시 수소를 완전히 방출해야 하는 위험한 작업이 필요하여 높은 전문성이 요구되며, 연료전지의 내구성 및 사고 시의 안전성은 아직 검증이 필요하다. 또한, 이러한 구조적 복잡성은 높은 시장 진입장벽을 만든다. 전기차는 배터리와 구동모터라는 구조적인 단순함이 완성차 업체뿐만 아니라, 다양한 스타트업 기업이 시장에 참여하게 했으나, 수소연료전지차는 높은 기술력이 필요하여, 기존 완성차 업체에서도 시장 진입이 쉽지 않아, 현재 양산되고 있는 차는 단지 3종에 불과하다.

수소연료의 생산 및 운송, 그리고 충전에서의 문제도 남아있다. 한국에서 사용하는 수소연료전지차 충전방식은 대부분 부생가스에 의존하고 있다. 화석연료 기반의 수소 추출 방식은 규모의 경제가 따라오지 않는 이상 경제성이 낮기 때문이다. 또한, 화석연료를 이용하여 친환경적이지 않으며, 재생에너지를 이용하여 친환경적인 수전해 방식을 사용해 수소를 생산하게 되면 전기를 수소로, 다시 수소연료전지차에서 수소를 전기로 사용하게 되어, 실제 에너지효율은 급격히 낮아지고 생산 비용도 올라가게 된다. 현재 충전소에서 판매하는 수소연료의 가격은 1kg당 약 8,000원 수준으로, 1kg의 수소로 약 100km를 운행할 수 있다. 동일하게 100km를 운행 시 전기차는 1,350원의 충전비용이, 경유차는 8,000원의 연료비가 소모되며, 수소연료의 가격은 경유차와 비슷한 수준으로 책정되어 있다. 그러나 현재 수소연료의 생산자 가격은 제조가격 3,099원, 운송가격 7,656원, 충전소 저장 및 운영비용 44,263원이 소요되어 55,019원으로 분석되며, 수소연료전지차 확산과 정부의 지원 등을 통해 약 8,000원대까지 하락할 것으로 예측되나 여전히 전기차에 비해서 비싼 연료비를 지불해야 한다.

수소의 부피가 크므로 저장과 운송을 고압수소나 액화수소로 하게 되는데, 이는 곧 수소연료 가격의 상승으로 이어져, 수소연료의 가격에서 운송비용이 차지하는 비중은 수소연료의 생산자 가격이 정책 가격인 8,000원대로 하락 시에도 약 30~40%를 차지할 것으로 예측된다. 또한, 수소의 운송과 관리, 저장은 허가된 인력만이 할 수 있고, 충전소에서도 허가된 인력만이 수소를 충전할 수 있는 점 역시 수소연료 보급에 저해요인이다. 수소연료전지차의 충전은 약 5분이 걸리지만 1시간에는 단지 3대만 충전이 가능한데, 그 이유는 수소를 충전소에서 수소연료전지차에 적합한 압력으로 압축하는데 약 20분의 시간이 걸리기 때문이다.

전기차 대비 높은 시장성을 가진 상 용차

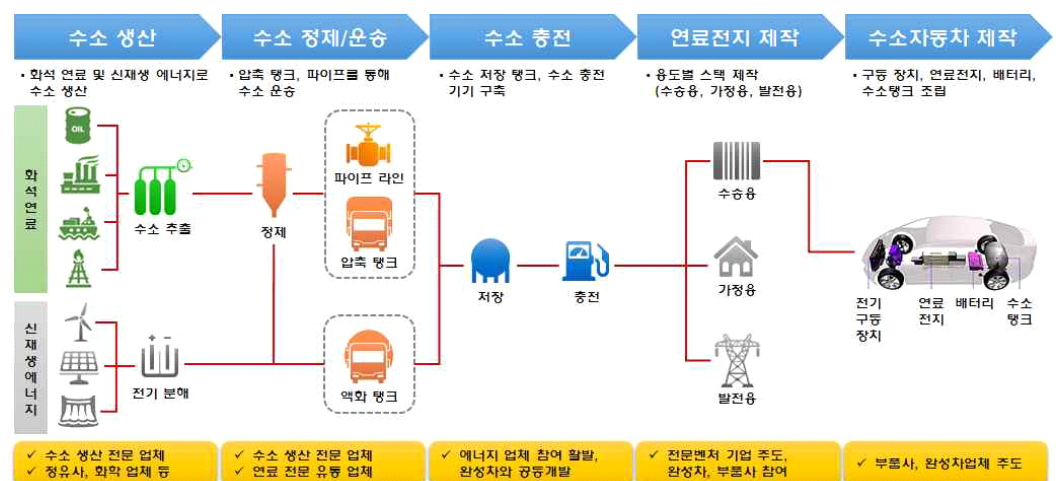
수소연료전지차의 승용차에서는 전기차의 쉬운 충전 인프라 구축의 미비함과 충전비용에 밀려 시장성이 떨어지나, 버스, 트럭, 기차 등 적재공간이 충분한 차량에는 전기차에 비해 높은 시장성을 가진다. 장거리 운행을 위해서는 전기차는 많은 배터리를 탑재해야 하며 이는 곧 무게의 증가로 나타나게 된다. 한 예로 40톤의 트럭이

600km를 주행 시 전기차는 현재 기술력으로 최소 8톤의 배터리가 적재돼야 하는 반면, 수소차는 수소용기를 늘리면 되기 때문에 1톤 이하로 충분하다. 즉 차량의 무게가 무겁고 장거리 운행이 요구될 경우, 전기차는 많은 배터리 용량이 필요하고, 배터리 용량이 증가함에 따라 배터리의 무게도 계속 증가하는 모순에 빠지게 된다. 또한, 배터리의 부피와 무게로 인해 적재 용량이 줄어드는 단점이 발생하는데 반해, 수소연료전지차는 연료탱크를 적재하기만 하면 되기 때문에 상업용 자동차 시장에서는 전기차보다 경쟁력이 있다. 또한, 공유 자동차 시장에서도 수소연료전지차는 전기차보다 매력적이다. 충전시간이 완속 충전 시, 10시간 이상 걸리는 전기차에 비해 수소연료전지차는 5분 이내에 충전이 되어, 차량 공유 시간이 증가한다.

수소연료전지는 에너지 운반, 저장체

수소연료전지차의 산업 구조를 이해하려면 수소에너지의 공급 사슬에 대한 이해가 필요하다. 수소는 다양한 원재료와 방식을 통하여 제조가 가능한 원소로서, 우주에 75%를 차지할 정도로 흔한 원소이나, 에너지로 사용하기 위해서는 적절한 가공이 필요하다. 따라서 수소에너지는 화석연료와 같은 원료 에너지로 보기보다는 전기에너지와 같은 에너지의 저장 및 운반체로 접근하는 방식이 더 적합하다.

[그림3] 수소연료전지차 가치사슬



*출처: 충남테크노파크

현재 전 세계의 수소 생산량은 현재 연간 6,500만 톤 규모로 추정되며, 열화학적, 전기화학적, 바이오매스 등의 다양한 생산 방식에도 불구하고 IHS Chemical 2015 보고서에 따르면, 2014년 기준 전체 생산량의 96%가 탄화수소 계열의 화석연료로부터 열화학적 생산 방식으로 추출되고 있다. 가장 많이 활용되고 있는 수소생산 원료는 천연가스로 전체 원료 중 49%를 차지하며, 액화 석유가스(LPG) 등이 29%, 석탄 18%를 차지하고 있으며, 나머지 4%를 재생에너지를 이용한 전기분해나 제철 공정 등의 부생가스에 의해 생산된다. 국내의 수소 생산량은 2015년 기준

연간 190만 톤 규모로 원유 정제공정에서 약 75%가 생산되며, 나프타분해에서 약 13%가 생산된다. 이렇게 생산된 수소는 대부분 정유 공정에 재사용되며, 약 14%인 26만 톤 정도가 정유공장 외부로 공급되고 있다. 이러한 국내 수소 생산의 구조적 특성으로 인해, 대규모 석유화학단지가 위치한 울산, 여수, 대산 등이 국내 수소의 주된 산지로서, 해당 3개 지역에서만 국내 전체 생산량의 86.3%인 164만 톤이 생산되었으며, 정유공장 외부로 유통되는 26만 톤의 수소 중 88%인 22.9만 톤은 주로 파이프라인을 통해 유통되고 있어, 원거리 운송에 제약이 있다. 국내에 운영 중인 수소 운송용 튜브 트레일러는 약 500여 대로 추산되며, 이를 통해 이송되는 수소 공급물량은 파이프라인 이송물량의 13.5%인 3.1만 톤 정도로 추산된다. 수소 연료 전지 차량의 충전을 위해서는 수소를 파이프라인이나 고압으로 압축하여 트레일러를 통해 충전소로 이송하거나, 충전소에서 재생에너지나 심야전기를 이용해 수전해 방식으로 자체적으로 수소를 생산하여, 충전소의 고압 저장탱크에 보관하였다가 수소연료전지차에 충전한다. 수소연료의 운송비용은 수송트레일러의 적재량, 장비의 가격, 압축하는 데 소모되는 비용 등을 고려 시 아직 다른 내연기관 에너지나 전기와 비교하면 매우 높은 수준이며, 트레일러 방식과, 운송파이프 방식 등의 다양한 운송 방식에 대한 아직 안전성이 검증되지 않았다.

수소연료전지차를 제조하는 완성차 업체는 약 2만여 개 부품을 조립하여 차 한 대를 생산한다. 이 2만여 개의 부품 중, 수소연료전지차의 제조에 특화된 부품은 연료전지 스택, 운전장치, 전장장치, 수소저장장치로 크게 구분할 수 있다. 자동차 산업의 특성상 공용으로 사용되는 부품들이 많으나, 이 부품들은 내연기관과 자동차 및 전기차와 거의 공용으로 사용하지 못하며, 수소연료전지차의 후방산업을 담당하고 있다. [표2]에는 수소연료전지차의 전방산업인 완성차부터 후방산업인 부품 제조와 인프라구축을 담당하는 후방산업인 수소에너지 충전소까지의 수소연료전지차의 시장 확산을 통한 수혜가 예상되는 대표적인 업체를 나열하였다. 해외업체는 일본을 제외하고 주요 자동차 업체들의 본격적인 양산이 시작되지 않았기 때문에 일본의 완성차 업체만을 나열하였다.

[표2] 수소연료전지차 가치사슬

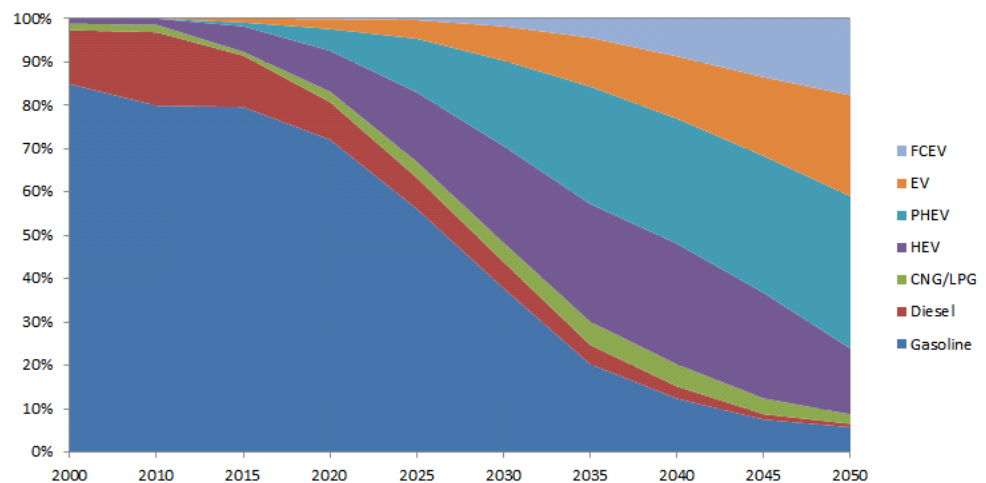
분류		기업명	생산제품
완성차		현대자동차(005380. KS) Toyota(7203. JP) Honda(7267. JP)	수소연료전지차 넥쏘(NEXO) 양산 미라이(Mirai) 양산 클래리티(Clarity) 양산
부품	스택	현대모비스(012330. KS) 현대제철(004020. KS) 코오롱인더스트리(120110. KS) 동아화성(041930. KQ)	수소연료전지차 스택 수소연료전지차용 금속분리판 막전극전합체(MEA) 연료전지 스택 개스킷 공급

	운전장치	한온시스템 (018880. KS) 우리산업 (215360. KQ) 유니크 (011320. KQ)	열관리 시스템 전기히터 수소조절 밸브(수소제어 모듈)
	전장장치	뉴로스 (126870. KQ) 지엠비코리아(013870.KS)	수소연료전지차용 공기압축기 전동식 워터펌프(EWP)
	수소용기	일진다이아(081000. KS) 유니크 (011320. KQ) 세종공업(033530. KS)	연료저장탱크 수소조절 밸브(수소제어모듈) 수소센서, 압력센서
수소충전소		효성중공업(298040. KS) 이엠코리아(095190. KQ) 엔케이(085310. KS)	수소연료전지차 충전소 설립 수소연료전지차 충전소 설립 특수가스 고압용기

수소연료전지차 시장은 2050년까지 성장 지속 예상

산업화 이후 기후 상승폭을 2℃ 이하로 유지하는 것을 골자로 하는 파리 기후협약 이후 각국은 연비 규제와 CO₂ 배출감축을 목표로 하면서, 세계 각국은 친환경차 의무 판매제를 시행하고 있다. 즉, 친환경차를 싸게 해서라도 일정 비율을 무조건 팔아야 하는 상황이 온 것이다. 따라서 완성차 업체는 친환경차는 의무 판매제를 시행하는 국가 시장에 진입을 위해서는 친환경차의 제조는 필수가 되었으며, 그에 따라 친환경차 시장은 지속적으로 성장할 것이다.

[그림4] 파워트레인별 세계 자동차 시장 예상 점유율

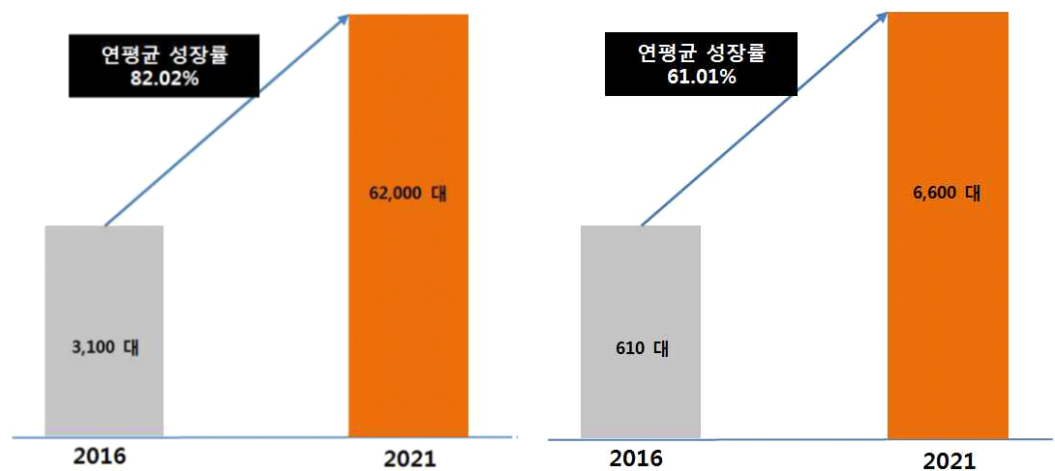


*출처: 세계에너지기구(IEA), 2012

2012년 세계에너지기구(IEA)에서 발표한 “Blue Map Scenario”에 의하면 10년 이내에 친환경차가 내연기관 자동차의 시장을 넘어설 것으로 예상하였고, 2050년 전기차와 플러그인 하이브리드차가 전체시장의 50% 이상을 점유할 것으로 내다보았으며, 2020년을 기점으로 내연기관 자동차의 급속한 점유율 하락을 예상하였다. 수소연료전지차 시장은 2030년 1.8%, 2040년 8.7%에 이어 2050년 약 350만대인 17.7%로 전망하였다. 미국 에너지부(DOE)에서는 미국 내 수소연료전지차 시장

을 2050년 27%로 예측하여 세계에너지기구보다 높은 비중을 차지할 것이라 내다 보았다. 친환경차의 점유율 확대는 적극적인 환경 정책과 함께 친환경차의 비중이 증가할 것은 자명한 사실이나, 궁극적인 친환경 모델이 무엇이 될지에 대해서는 아직 많은 논란이 있는 상태이다. 그러나 많은 전문가들은 휘발유차와 경유차가 다양한 분야에서 공존하였듯이 전기차와 수소차도 서로의 장단점을 보완하며 공존할 것이라 예측하고 있다.

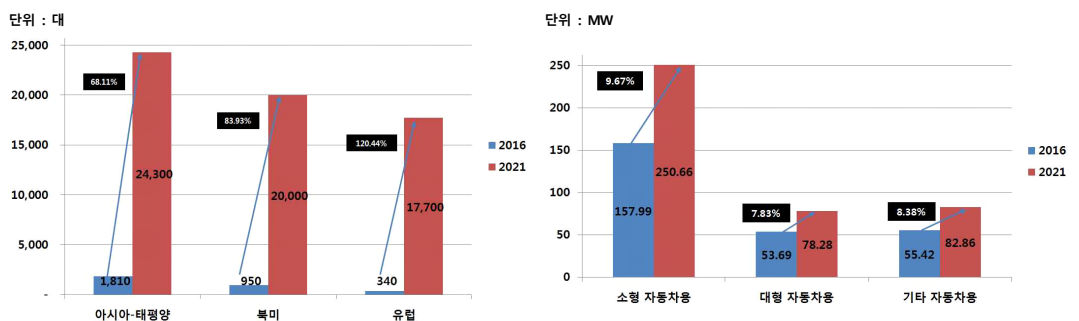
[그림5] 수소연료전지차의 세계 시장 성장률(좌)과 국내 시장 성장률(우)



*출처: TechNavio, Global Fuel Cells Market For Automotive Industry, 2017

TechNavio는 2017년 Global Fuel Cells Market For Automotive Industry 보고서에서 세계 수소연료전지차 시장은 2016년 3,100대에서 연평균 성장률 82.02%로 증가하여, 2021년에는 62,000대에 이를 것으로 전망하였으며, 국내 수소연료전지차 시장은 2016년 610대에서 연평균 성장률 61.01%로 증가하여, 2021년에는 6,600대에 이를 것으로 전망하였다. 국내의 성장률이 세계시장의 성장률보다 낮은 이유는 국내에 수소연료전지차가 세계 시장에 비해 일찍 도입되었기 때문이나, 2021년 국내 시장은 전세계 시장의 10% 이상 차지하는 주요 시장으로 분석된다.

[그림6] 수소연료전지차의 지역별 시장 성장률(좌)과 차량별 시장 성장률(우)



*출처: TechNavio, Global Fuel Cells Market For Automotive Industry, 2017

세계 수소연료전지차 시장을 지역별로 살펴보면 아시아-태평양 지역이 2016년을 기준으로 58.39%로 가장 높은 점유율을 나타내었으며, 아시아-태평양 지역은 일본과 우리나라에만 시장이 형성되어 있음을 감안하면 일본과 한국이 가장 선도적 시장을 점하고 있는 것으로 분석된다. 아시아-태평양 시장은 2016년 1,810대에서 연평균 성장률 68.11%로 증가하여, 2021년에는 24,300대에 이를 것으로 전망하고 있으며, 북미 지역은 2016년 950대에서 연평균 성장률 83.93%로 증가하여, 2021년에는 20,000대에 이를 것으로 전망하고 있다. 유럽 지역은 2016년 340대에서 연평균 성장률 120.44%로 증가하여, 2021년에는 17,700대에 이를 것으로 전망되어 가장 급격한 성장세를 나타낼 것으로 전망하고 있다.

세부적으로는 전 세계 자동차 산업용 연료전지 시장은 사용 용도에 따라 소형 자동차용과 대형 자동차용으로 구분하여 조사한 결과, 소형 자동차용이 59.15%로 가장 높은 점유율을 나타내었다. 소형 자동차용 연료전지는 2016년 157.99MW에서 연평균 성장률 9.67%로 증가하여, 2021년에는 250.66MW에 이를 것으로 전망하고 있으며, 대형 자동차용 연료전지는 2016년 53.69MW에서 연평균 성장률 7.83%로 증가하여, 2021년에는 78.28MW에 이를 것으로 전망하고 있다. 농업용, 지게차 등과 같은 기타 자동차용 연료전지는 2016년 55.42MW에서 연평균 성장률 8.38%로 증가하여, 2021년에는 82.86MW에 이를 것으로 전망하고 있다.

해외 각국에서는 수소연료전지차의 생태계 구축을 위한 관련 정책 발표

수소연료전지차는 보급 및 확산될 것인가에 대한 의문은 수소에너지 정책에 대해 살펴보면 그 답을 찾을 수 있다. 현재 수소에너지 시장의 근간은 수소연료전지차에 의해 이루어지고 있다고 해도 과언이 아니며, 에너지 시장의 육성은 정책에 의해 이루어지게 됨에 따라 수소연료전지차의 시장도 곧 정책에 의해 좌우된다고 볼 수 있다. 과거 석탄, 원자력 발전, 천연가스, 재생에너지, 전기차 등 모든 에너지 관련 산업의 성장에는 정책의 지원이 있었듯, 에너지 산업은 정부 정책에 의해 방향성과 추진 속도가 결정되게 되는데, 각국의 정부에서는 수소경제를 에너지전환 정책의 한 목표로 하여 수소관련 로드맵을 구축하여 적극적으로 육성하고 있다. 최근 전기차 또한 전 세계적인 환경규제 강화와 친환경차 산업 육성에 힘입어 전기차가 활성화되었고, 그 배경에는 현재의 수소연료전지차와 마찬가지로 미국, 중국 등의 신산업 육성 정책과 에너지 정책이 동반되었기 때문이다.

수소경제 활성화 가장 적극적 국가는 일본

수소경제라는 말은 2002년 Jeremy Rifkin이 화석연료 고갈 환경문제 대두에 따라 동명의 저서에서 처음 사용하였으며, 2015년 세계에너지기구가 화석연료를 대체할 수 있는 미래 에너지로 수소를 언급함으로써 그 중요성이 주목받았다. 수소경제에 있어 가장 선도적인 역할을 하는 국가는 일본으로, 2011년 동일본 대지진으로 인해 에너지 자급률이 10% 이하로 내려간 일본은 자국 정서로 인해 원자력 발전이 힘들어지게 됨에 따라 아베정부는 온난화문제의 해결과 자국 산업 활성화를 위해 수소에너지 집중 개발 계획을 수립하여 2018년 ‘수소 2030 로드맵’을 발표하였

다. 그 이후 수소의 공급부터 운송까지의 밸류체인 전체에 대한 적극적인 지원을 아끼지 않고 있으며, 일본의 수소경제의 활성화는 토요타의 미라이와 혼다의 클래리티가 상징적인 역할을 하고 있다. 2020년 올림픽을 기점으로 수소경제 사회로의 전환을 공표하려는 계획으로, 이 로드맵에 따르면 2030년 기준 일본의 수소연료전지차 누적보유목표 대수는 승용차 80만 대, 버스 1,200대이며, 이를 위한 충전소는 900기를 건설할 계획이다.

중국 강력한 정부 주도의 정책 추진

중국 정부도 2017년 수소연료전지차 로드맵을 확정하여 2030년 수소연료전지차 100만 대 시대를 공식화하였다. 세계 전기차 시장의 성장을 주도한 국가는 단연 중국이며, 국가의 강력한 정책이 이를 뒷받침하고 있다. 세계 최대의 자동차 시장으로 발돋움한 중국은, 전기차 시장에서도 다른 국가들을 압도하면서 시장의 절반을 차지하고 있으며, 중국의 전기차 시장의 성장으로 인해 세계 완성차 업체들의 전기차 개발이 빨라지는 현상이 나타날 정도로 중국 시장의 영향력은 크다. 중국의 강력한 전기차 육성전략은 수소연료전지차에도 적용될 전망으로, 중국은 현재 약 1,200대의 수소연료전지 상용차만 보급된 상태이나 2030년에는 누적으로 약 1백만 대의 수소연료전지차를 확보하는 것을 목표로 수소연료전지차에 최대 70만 위안(상용차기준)의 보조금을 지급하고 있고, 이 정책은 2025년까지 지속할 것으로 보도되고 있다. 중국은 충전소 보급 확대를 위해 구축 비용의 60%를 지원하며, 전담 관리 부서까지 운영해 인프라 확충을 독려하고 있다. 또한, 전기차와 마찬가지로 자국 완성차 업계에 수소연료전지차 상용화를 위한 지원을 아끼지 않고 있어, 2020년 FAA의 Hong qi 브랜드로 수소연료전지차의 출시가 예정되어있고, SAIC도 수소연료전지차 생산에 돌입하였다.

독일 강점은 신재생 에너지 인프라

유럽 각국도 다양한 수소연료전지차 확산정책을 가지고 있으나 특히 유럽 최대의 자동차시장인 독일이 가장 적극적으로 수소연료전지차 보급에 움직임을 보인다. 독일 정부는 ‘국가 수소 및 연료전지 기술혁신 2단계 프로그램(NIP2)’을 통해 수소연료전지 연구개발과 인프라구축을 지원하고 있으며, 여러 주요 부처가 함께 추진하고 있는 범정부 프로그램이다. 독일은 6개 자동차 및 에너지 기업이 공동 출자하여 H2MOBILITY라는 회사를 설립하여 수소충전소 보급을 급속히 확대하고 있으며, 이를 지원하기 위해 독일 정부는 수소충전소설치비의 50%와 운영비의 50% 이상을 지원하고 있다. 독일은 현재 약 200대에 불과한 수소연료전지차를 보유하고 있지만, 50개의 충전소를 이미 확보하고 있으며, 2019년 말까지 두 배로 늘릴 계획이고, 2020년까지는 400개, 2030년에는 1,000개까지 확충할 계획이다. 독일은 재생에너지가 활성화된 국가로, 수전해 방식으로 수소의 확보가 유리하며, 기존의 자동차 관련 인프라가 뛰어나기 때문에 정책지원까지 더해져 수소연료전지차 시장의 다크호스로 부상하고 있다. 2019년 독일의 첫 수소연료전지차인 메르세데스-벤츠의 GLC F-cell이 대여로 판매가 되고 있으며, 2020년에는 폭스바겐그룹의 Hy motion 브랜드와 H-tron 등 수소연료전지차의 시장진입이 확대될 예정이다.

미국은 전기차 우선 정책

미국의 경우 수소에너지 R&D 및 실증연구는 미 에너지부 중심으로 추진하고 있으나 전기차 중심의 친환경차 정책에 가려 수소연료전지차에 대한 정책은 아직 미비한 상황이다. 미국은 테슬라를 비롯한 전기차의 아성이 높아 그 동안은 수소연료전지차의 보급이 매우 더뎠으나, 지난해 캘리포니아가 2045년까지 100% 클린에너지 달성을 선언하면서 수소연료전지차 시장이 확대될 것으로 전망된다. 100% 클린에너지를 달성하기 위해서는 분산전력원인 수소연료전지 발전설비의 보급이 확대될 수밖에 없기 때문이며, 이를 위한 수소 제조와 운송, 충전 인프라의 확충은 자연스럽고 수소연료전지차의 증가로 나타날 것으로 판단된다. 미국의 수소연료전지차 시장은 캘리포니아에만 열려 있다고 할 수 있으나, 캘리포니아만으로도 현재까지는 세계 최대의 수소연료전지차 시장으로, 2030년까지 수소연료전지차 100만 대 보급과 충전소 1,000개 건설을 계획하고 있다.

국내에서는 2019년 수소경제 활성화 로드맵을 통해 수소연료전지차 생태계 구축 추진

국내 정책 상황을 살펴보면 2019년 문재인 대통령은 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 발표하여 2022년까지 한국에 전기차 43만대, 수소연료전지차 6.7 만대를 보급할 계획을 수립하였다. 이 계획은 산업계와 정부의 협력에 의한 시장 창출을 목표로 하고 있으며, 일본과 중국, 유럽 등도 유사한 형태의 생태계가 창출되고 있다.

[표3] 수소경제 활성화 로드맵 요약

		2018년	2022년	2040년
수소연료전지차 (수출) (내수)		1.8천대 (0.9천대) (0.9천대)	8.1만대 (1.4만대) (6.7만대)	620만대 (330만대) (290만대)
수소연료 전지차	승용차 (수출)	1.8천대 (0.9천대)	7.9만대 (6.5만대)	590만대 (275만대)
	택시 (수출)	—	—	12만대 (8만대)
	버스 (수출)	2대	2,000대	6만대 (4만대)
	트럭 (수출)	—	—	12만대 (3만대)
수 소 공 급		13만톤/年	47만톤/年	526만톤/年 이상
수 소 가 격		—	6,000원/kg	3,000원/kg

*출처: 산업통상자원부, (주)나이스디앤비 재가공

수소경제 활성화 로드맵에서는 국내 업체가 강점이 있는 ‘수소연료전지차’와 ‘연료전지’를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계를 구축하고 있으며, 수소연료전지차 누적 생산량을 2018년 약 2천 대에서 2040년 620만 대(내수 290만 대, 수출 330만 대)로 확대하고, 세계시장 점유율 1위 달성을 목표로 하고 있다. 이를 위해 2019년에만 4,000대의 수소연료전지차를 신규 보급할 계획이

며, 특히 장거리 운행에서 강점이 있는 상용차를 집중적으로 확산할 계획이다. 또한, 관련 인프라 확충을 위해 수소충전소를 2019년 14개에서 2040년까지 1,200개로 확충하고, 이를 위해 산업통상자원부는 ‘도심지역 수소충전소 설치’를 규제 샌드박스 제1호 안건으로 국회에 수소충전소 설치를 신청하여 올 8월 완공 예정이다. 국내 기술 기반이 약한 후방 산업인 수소의 생산과 수송에도 투자하여 2040년 수소 생산 공급량 526만 톤/년, 가격 3,000원/kg을 목표로 하고 있으며, 지난 4월에는 ‘수소경제 표준화 로드맵’을 구성하여 수소경제의 국제표준을 위한 기반을 확충하고 있다. 물론 국내 수소경제 정책에 대한 수치가 지나치게 낙관적이며, 수소의 생산, 운송에 대한 업계와의 괴리, 기술적 문제에 대한 해결방안의 부재 등에 대한 비판이 있으나, 정부가 수소경제 활성화에 강력한 추진 의지를 나타낸 것만은 틀림없다.

포트폴리오 분석

수소경제 정책과 밀접한 연관 확인

수소연료전지차와 관련이 있는 종목 중 산업 뉴스 및 주요 산업/시장 보고서 등을 기반으로 수소연료전지 자동차 산업 관련도 상위 업체 20개 기업으로 포트폴리오를 구성하였을 때 최근 5년간 수익률은 [표4]와 같다. 또한, 관련 포트폴리오 구성 중 현재 수소연료전지차 이슈에 민감하게 변동하며, 향후 해당 시장 성장에 따라 영향력이 클 것으로 기대되는 3개 기업(일진다이아, 한온시스템, 이엠코리아)에 대한 포트폴리오 분석을 수행하였다.

포트폴리오 분석은 종목별 동일 비중으로 구성하고, 매분기 말 리밸런싱하며, 거래비용은 없는 것으로 가정하였다. 벤치마크지수는 KOSDAQ지수를 적용하였다. 수소연료전지차 포트폴리오 지수는 2019년 1월 이후부터 벤치마크를 초과하는 수익률을 기록하고 있다. 이는 정부의 ‘수소경제 활성화 로드맵’ 발표와 무관하지 않으며, 수소연료전지차의 포트폴리오가 정책과 밀접한 연관성을 가지고 있음을 알 수 있다. 감수하는 위험 수준과 비교해서 어느 정도 위험프리미엄(또는 초과수익률)을 보상으로 얻을 수 있는가를 측정하는 샤프지수는 0.28로 나타나 KOSDAQ 시장은 연간 24.10%의 주가변동을 감수하는 대가로 6.73%의 위험프리미엄을 요구하는 것으로 보인다. 한편, 개별기업 정보를 반영하고 있는 CAPM(베타)가 0.73으로 포트폴리오 구성기업들의 주가 수익률 움직임이 코스닥 시장수익률 변동성 대비 낮은 민감도를 나타내고 있다.

[표4] 포트폴리오 성과분석

항목	포트폴리오	벤치마크(KOSDAQ)
수익률(연평균)	6.73%	3.64%
표준편차	24.10	19.23
샤프 비율	0.28	0.19
CAPM(알파)	4.43	0
CAPM(베타)	0.73	1
최대하락폭	-42.33% (2018.01.25 - 201810.29)	-32.07% (2018.01.29 - 201810.29)



*출처: DeepSearch

포트폴리오 구성기업			
현대모비스	일진다이아	삼화전기	엔케이
LG전자	우리산업	뉴로스	동아화성
한온시스템	이엠코리아	세종공업	화진
현대제철	유니크	지엠비코리아	EG
S&T모티브	삼화전자	대우부품	뉴인텍

일진다이아 포트폴리오

종목 구성 비중은 일진다이아(081000) 100%로 구성하며 리밸런싱 및 거래비용은 없는 것으로 가정하고 벤치마크는 KOSPI로 선정하였다. 일진다이아는 2017년 하반기 이후부터 지속적으로 벤치마크를 초과하는 수익률을 기록하였다. 감수하는 위험 수준과 비교해서 어느 정도 위험프리미엄(또는 초과수익률)을 보상으로 얻을 수 있는가를 측정하는 샤프지수는 0.8로 시장은 연간 59.60%의 주가변동을 감수하는 대가로 47.82%의 위험프리미엄을 요구하는 것으로 보인다. 한편, 개별기업 정보를 반영하고 있는 CAPM(베타)가 1.22로 1보다 크게 나타나 일진다이아의 주식수익률은 KOSPI시장 수익률 1% 변동에 1.22% 변동하는 보다 많은 변동성에 노출되어 있다고 보인다.

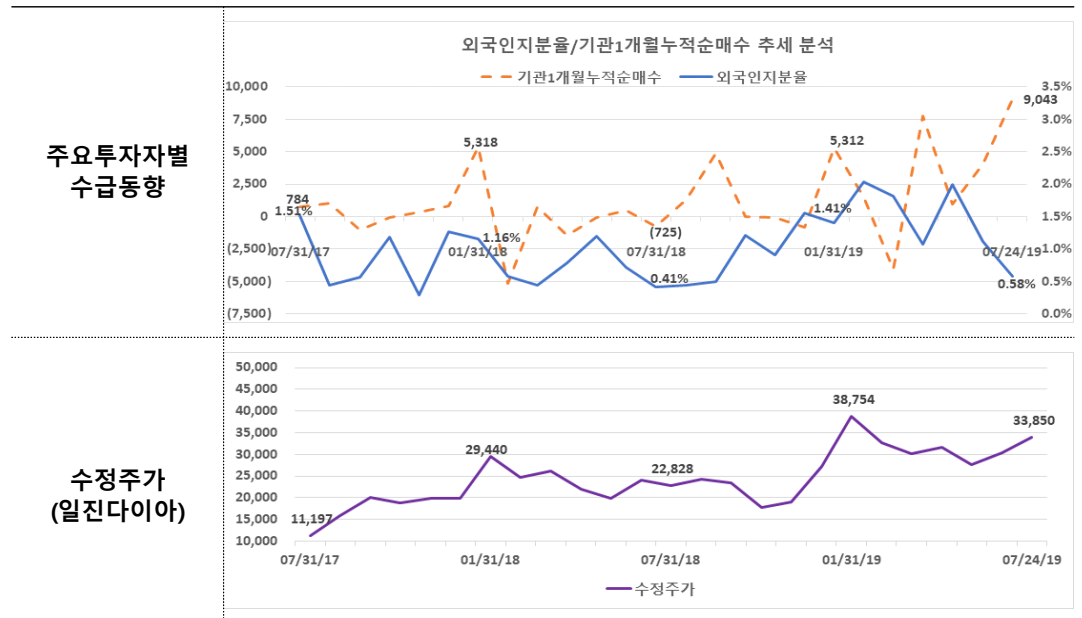
[표5] 일진다이아 성과분석

항목	포트폴리오	벤치마크(KOSPI)
초과수익률(연평균)	47.82%	-0.33%
표준편차	59.60	12.13
샤프 비율	0.8	-0.03
CAPM(알파)	48.63	0
CAPM(베타)	1.22	1
최대하락폭	-49.11% (2018.01.29 - 2018.10.29)	-23.27% (2018.01.29 - 2019.01.03)



*출처: DeepSearch

일진다이아		
시가총액(19.06.19 기준)	매출액(2018)	영업이익(2018)
3,907.8억 원	1,339.6억 원	151.8억 원
당기순이익(2018)	총자산(2018)	자본(2018)
76.8억 원	1,599억 원	1,032.5억 원



*출처: (주)나이스디앤비

2017년 7월 이후부터 분석 기준일인 2019년 7월 24일까지의 외국인 수급 현황을 살펴보면 2019년 2월 2.04%(주가: 32,577원)로 가장 높았으며 이후 외국인지분율은 전반적인 감소 추세로 분석기준일 현재 0.58%(주가: 33,850원)를 나타내었다. 한편, 동 기간 기관의 수급현황을 살펴보면, 2019년 7월 분석기준일 현재 월 누적 순매수 9,043백만 원으로 가장 높게 나타났다.

한온시스템 포트폴리오

종목 구성 비중은 한온시스템(018880) 100%로 구성하며 리밸런싱 및 거래비용은 없는 것으로 가정하고 벤치마크는 KOSPI로 선정하였다. 한온시스템은 2019년 1월 이후부터 현재까지 벤치마크를 초과하는 수익률을 기록하였다. 감수하는 위험 수준과 비교해서 어느 정도 위험프리미엄(또는 초과수익률)을 보상으로 얻을 수 있는가를 측정하는 샤프지수는 0.24로 시장은 연간 40.31%의 주가변동을 감수하는 대가로 9.59%의 위험프리미엄을 요구하는 것으로 보인다. 한편, 개별기업 정보를 반영하고 있는 CAPM(베타)가 0.80으로 1보다 작게 나타나 한온시스템의 주식수익률은 KOSPI시장 수익률 1% 변동에 0.80% 변동하여 상대적으로 보다 낮은 변동성에 노출되어 있다고 보인다.

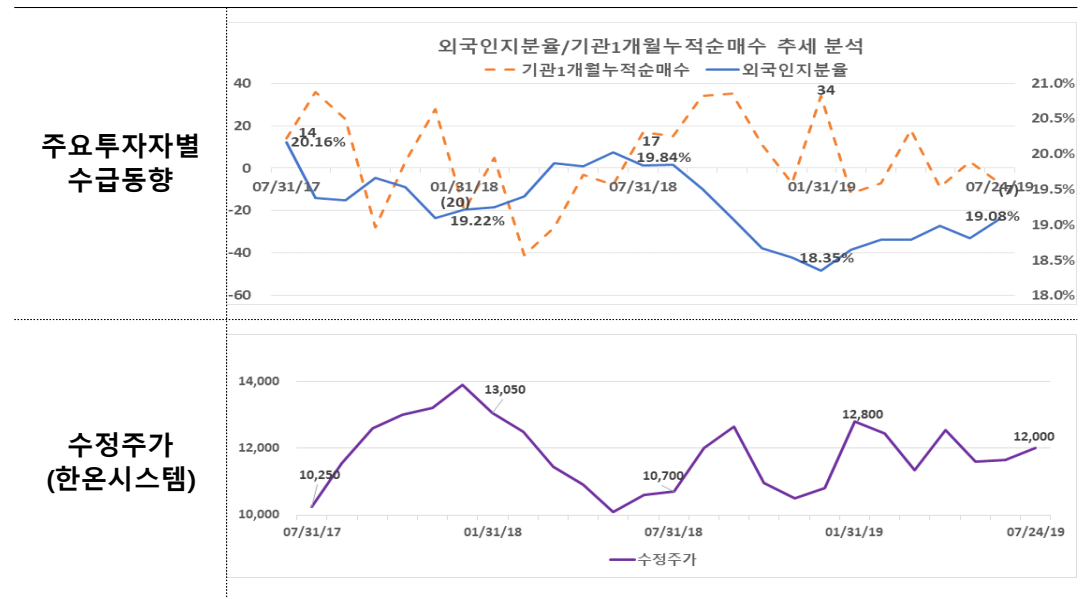
[표6] 한온시스템 성과분석

항목	포트폴리오	벤치마크(KOSPI)
초과수익률(연평균)	9.59%	-0.33%
표준편차	40.31	12.13
샤프 비율	0.24	-0.03
CAPM(알파)	9.91	0
CAPM(베타)	0.80	1
최대하락폭	-40.02% (2014.09.23 - 2015.06.05)	-23.27% (2018.01.29 - 2019.01.03)



*출처: DeepSearch

한온시스템		
시가총액(19.06.19 기준)	매출액(2018)	영업이익(2018)
6조 3,255억 원	59,376억 원	4,338억 원
당기순이익(2018)	총자산(2018)	자본(2018)
2,837억 원	5조 3,5578억 원	2조 1,317억 원



*출처: (주)나이스디앤비

2017년 7월 이후부터 분석 기준일인 2019년 7월 24일까지의 외국인 수급 현황을 살펴보면 2017년 7월 20.16%(주가: 10,250원)로 가장 높았으며 이후 외국인지분율은 1% 내외로 비슷한 수준을 유지하고 있으며 분석기준일 현재 19.08%(주가: 12,000원)를 나타내었다. 한편, 동 기간 기관의 수급 현황을 살펴보면, 2017년 8월에 월 누적 순매수 36억 원으로 가장 높았으며 분석기준일 현재 7억 원 월 누적 순매도로 나타나 관망 포지션을 보이고 유지하는 것으로 보인다.

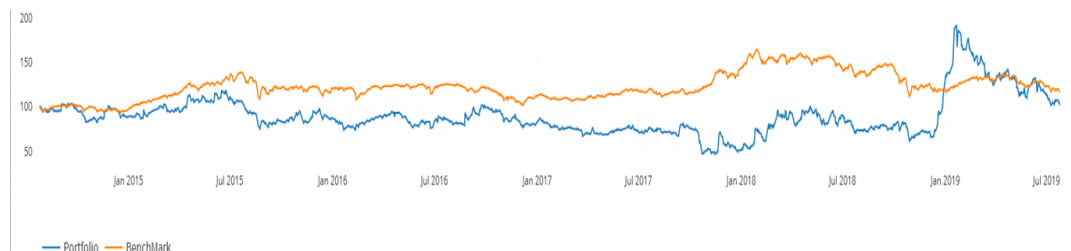
이엠코리아 포트폴리오

종목 구성 비중은 이엠코리아(095190) 100%로 구성하며 리밸런싱 및 거래비용은 없는 것으로 가정하고 벤치마크는 KOSDAQ으로 선정하였다. 위험 수준과 비교해서 어느 정도 위험프리미엄(또는 초과수익률)을 보상으로 얻을 수 있는가를 측정하는 샤프지수는 0.23으로 시장은 연간 52.84%의 주가변동을 감수하는 대가로 12.24%의 위험프리미엄을 요구하는 것으로 나타났다. 한편, 개별기업 정보를 반영

하고 있는 CAPM(베타)가 0.91로 1보다 다소 낮게 나타나 회사 내부 요인 등으로 인해 이엠코리아의 주식수익률은 시장수익률에 변동에 덜 민감하게 반응한 것으로 보인다.

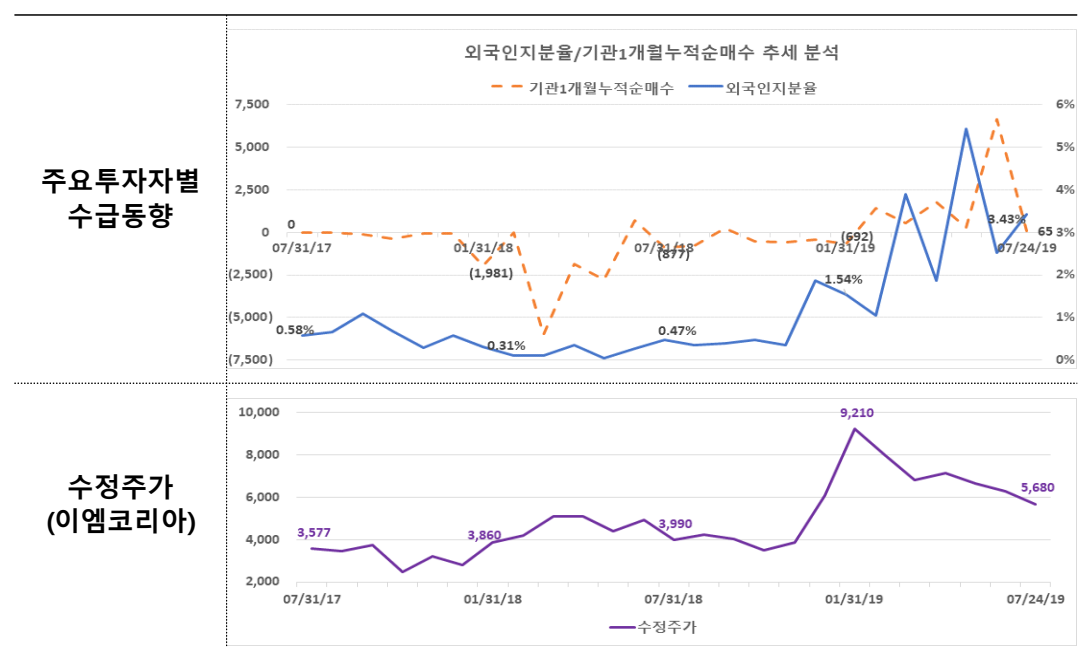
[표기] 이엠코리아 성과분석

항목	포트폴리오	벤치마크(KSDAQ)
초과수익률(연평균)	12.24%	3.64%
표준편차	52.84	19.23
샤프 비율	0.23	0.19
CAPM(알파)	9.34	0
CAPM(베타)	0.91	1
최대하락폭	-60.58% (2015.06.23 - 2017.11.15)	-32.07% (2018.01.29 - 2018.10.29)



*출처: DeepSearch

이엠코리아		
시가총액(19.06.19 기준)	매출액(2018)	영업이익(2018)
1,922.0억 원	1,074.8억 원	-13.4억 원
당기순이익(2018)	총자산(2018)	자본(2018)
-27.3억 원	1,819.4억 원	870.6억 원



*출처: (주)나이스디앤비

2017년 7월 이후부터 분석 기준일인 2019년 7월 24일까지의 외국인 수급 현황을 살펴보면 2019년 5월 5.43%(주가: 6,660원)로 가장 높았으며, 분석기준일 현재 3.43%(주가: 5,680원)를 나타내고 있다. 한편, 동 기간 기관의 수급 현황을 살펴보면, 2019년 6월에 월 누적 순매수 6,630백만 원으로 가장 높았으며 분석기준일 현재 65억 원 월 누적 순매수로 매수 포지션을 유지하고 있다.

II. 업계 환경 분석

2020년을 기점으로 세계 완성차 업체들간의 본격 경쟁

세계 완성차 업체들은 대략 2020년 기점으로 수소연료전지차 양산을 준비하고 있다. 전통 자동차 업체들은 기존 내연기관 자동차의 경쟁 심화로 많은 비용이 지출되고 있고, 또한 대부분 전기차와 하이브리드차의 개발과 양산에 많은 비용을 투자하고 있어, 아직 시장이 형성되지 않은 수소연료전지차의 양산은 최대한 지연시키고 있는 상황이다. 현재 상용화된 수소연료전지차는 단 3종에 불과하며, 아직 대중에게 다가서지 못하고 있다. 2019년 상반기 미국에서 가장 많이 판매된 수소연료전지차는 혼다의 클래리티 FCV로 3077대가 판매되었으며, 다음은 토요타의 미라이로 616대가 팔렸다. 같은 기간 현대 넥쏘는 59대에 불과하였다.

[표8] 상용화된 수소연료전지차의 비교

수소연료전지차 (FCEV)	현대자동차 넥쏘	토요타 미라이	혼다 클래리티
			
타입	중형 SUV	중형 세단	중형 세단
주행거리 (미국EPA기준)	595km(북미)	502km(북미)	589km(북미)
수소 1kg당 주행거리	93.9km	100.4km	107.8km
출시	2018.03	2014.12	2016.03
최고출력(hp)	163	154	174
수소탱크 용량	6.33 kg	5.00 kg	5.46 kg
가격	약 7000만 원	약 6300만 원	약 7600만 원

*출처: 현대자동차, (주)나이스디앤비 재가공

최초로 2세대 수소연료전지차를 시장에 선보인 현대자동차는 가장 긴 주행거리를 내세우며 세계 최고의 기술력을 보유하고 있다고 말하고 있으나, 전문가들은 연료전지의 효율, 경량화, 소형화 등을 종합적으로 보면 일본 완성차 업체에 미치지 못한다는 의견이 지배적이며, 선두그룹 정도에는 속한다고 하는 평가이다. BMW, 렉서스, GM 등의 세계 완성차 업체들은 2020년을 기점으로 수소연료전지차를 출시할 계획에 있어, 본격적인 경쟁이 시작될 것으로 예상된다.

세계 완성차 업계 에서 토요타, 혼 다가 선두 기업

현재 세계 수소연료전지차 개발을 선도하고 있는 것은 일본 자동차업체로, 정부의 적극적인 지원과 상용화 정책에 힘입어, 혼다, 토요타, 닛산 등 3대 완성차 업체가 앞다투어 신형 수소연료전지차를 출시하고 있으며, 세계시장을 선점하고자 미국, 독일의 완성차 업체와 협력하여 수소연료전지차를 개발하고 있다. 그 외에도 독일의 메르세데스-벤츠, 미국의 GM 등이 적극적으로 수소연료전지차 개발에 나서고 있으나, 아직 양산 규모가 작으며, 시장성을 이유로 출시가 미루어지고 있다. 그에 비해 최근 2019년 4월 토요타는 세계 최대의 자동차 시장인 중국의 수소연료전지차 시장을 선점하기 위해 산학 협력 체계 구축과 함께 중국 자동차 제조사 푸톈자동차(北汽福田汽車)와 연료전지개발 업체인 베이징시노하이테크(北京億華通科技)에 연료전지 시스템과 수소탱크를 공급하기로 결정하였다. 또한 세계 최대 자동차부품 회사인 독일 로버트 보쉬가 1억 유로를 투자해 수소연료전지차 부품의 개발을 시작해 2022년에 양산에 들어갈 계획이라고 발표하여, 독일의 완성차 업계도 본격적인 수소연료전지차 양산에 들어갈 것으로 예측된다. 또한, 유럽은 환경규제와 관련하여, 친환경 상용차의 개발을 서두르고 있는 만큼, 유럽내 주요 수소 관련 기업들은 H2bus컨소시엄을 구성하여 수소연료전지버스를 보급하기로 결정하였다.

[표9] 최근 해외 수소연료전지차 이슈

2019년 04월	토요타 중국의 자동차 제조사에 연료전지 공급 결정 중국 진출 본격화
2019년 07월	독일 로버트 보쉬사 1억 유로를 투자해 수소연료전지차 부품 의 개발을 시작, 2022년 양산 계획
2019년 07월	유럽 H2bus컨소시엄을 구성하여 수소버스 보급 계획

*출처: 주요 일간지, (주)나이스디앤비 재가공

[일본/토요타] 토요타는 일본에 상장된 시가총액 세계 1위(2019년 7월)의 완성차 업체로, 1992년 수소연료 개발 착수하여 1996년 첫 수소연료전지차를 공개하는 등 꾸준한 연구개발을 하고 있다. 15년 1월, 수소연료전지차 글로벌 특허 5,680건을 무상개방하며 토요타 자체 수소연료전지차 생태계를 구축하기 위해 노력하고 있으며, 승용에 이어 상용까지 수소연료전지차의 범위를 확대해 나가고 있다. 2015년 미라이를 출시하여 2017년 약 1200대를 판매하여 전 세계 수소연료전지차 판매 1위를 기록하였으며, 거점형 충전이 가능한 상용버스(SORA)를 출시하여 2020년까지 100대를 운용대수를 확보할 계획이다. 또한, BMW와 파트너십을 맺어 2020년 양산형 모델을 추가로 출시계획에 있으며, 고급브랜드 렉서스의 수소연료전지차를 2020년까지 출시하여 다양한 라인업을 구축할 계획에 있다.

[일본/혼다] 혼다는 일본에 상장된 시가총액 세계 6위(2019년 7월)의 완성차 업체로 1999년에 처음 수소연료전지를 탑재한 차량을 선보였으며, 2005년부터 자체적

으로 개발한 연료전지를 탑재한 차량을 리스 판매하였다. 2016년 클래리티 출시 후 꾸준한 기술개발을 통해 후속 양산 모델 출시 예정이다. 2003년 최초로 영하 20℃에서 시동 가능한 수소연료전지차를 개발했으며, 최초로 슈퍼 커패시터를 장착한 차량을 운행하는 등 수소연료전지차 분야에서 가장 앞선 기술을 보유한 기업으로 평가 받는다. 또한, 연료전지 요소 부품 업체들과의 공동 개발을 통해 금속 분리판 및 고온 이온 교환막을 개발하여 차량뿐만 아니라 연료전지 스택 기술에 있어서도 세계 최고의 기술력을 보유한 것으로 평가받고 있다.

[아우디]아우디는 독일에 상장된 시가총액 세계 10위(2019년 7월)의 완성차 업체로, 2014년 LA 오토쇼에서 수소전기차 컨셉트카 A7 H-tron 공개하였다. 이 차는 수소연료전지와 전기 하이브리드 모델로 전기 충전만으로도 50km의 주행이 가능하며, 3분 충전에 480km를 운행이 가능하다고 발표하였다. 2016년 1월, 북미국제 오토쇼에서 H-tron 콰트로 공개하였으며, 차량 하단부에 수소저장장치를 배치하는 기술을 선보였다. 2018년에 현대자동차와 연료전지 기술협력을 체결하여 양사의 연료전지 기술과 특허를 서로 공유하기로 하였으며, 2020년까지 수소연료전지차를 출시할 계획을 갖고 있다.

[폭스바겐]폭스바겐은 독일에 상장된 시가총액 세계 2위(2019년 7월)의 완성차 업체로, 2018년 프랑크푸르트 국제모터쇼에서 수소연료전지를 장착한 상용밴인 크래프터 하이모션(Crafter Hymotion)모델을 선보였고 이 모델과 파사트 모델의 상용 수소연료전지차를 2020년경 출시할 계획이다. 또한, 같은 그룹 내 상용차인 Scania가 연료전지 전문 기업인 Hydrogenics를 통해 양산을 준비 중인 것으로 알려졌다.

[메르세데스-벤츠]메르세데스-벤츠는 독일에 상장된 시가총액 세계 3위(2019년 7월)의 완성차 업체로, 1994년 4월 13일 유럽 최초의 수소연료전지차인 ‘네카(NECAR)’를 공개하였다. 네카는 ‘새로운 전기차(New Electric Car)’라는 의미를 압축해 담은 명칭으로서 그 이후 꾸준한 연구를 통해 현재까지 300대 이상의 수소연료전지차(연구용 포함)를 만들었으며, 이 차들은 총 1800만 km 이상의 주행테스트에 투입되었다. 벤츠는 이를 통해 얻은 데이터를 기반으로 진보된 수소연료전지차 개발에 힘을 쏟고 있으며, 2018년 말에 수소연료전지와 전기차의 장점을 합친 수소 플러그인 하이브리드 시스템을 갖춘 SUV인 GLC F-Cell 모델을 출시하였으나, 생산원가가 높고, 차량 가격이 높게 책정되었기에 리스용으로만 한정하여 판매 중이다.

[GM]GM은 미국에 상장된 시가총액 세계 4위(2019년 7월)의 완성차 업체로, 1970년대부터 수소연료전지차를 포함해 다양한 파워트레인에 대해 많은 연구가 이뤄졌으나, 실제로 모두 실행되지 않았다. 1997년 신트라(Sintra)를 시작으로 연료전지 자동차 개발에 착수하였으나 후속 연구가 이루어지지 않았으며, 현재는 혼다와 연료전지 기술 파트너십을 맺어, 2017년 JV인 FCSM(Fuel Cell System

Manufacturing)을 디트로이트에 설립하였다. GM은 수소연료전지를 적용한 군용차를 먼저 개발해 고정 시장을 확보하고, 인프라 구성 등 관련 기술력을 획득하여 이를 일반 소비자용 차량으로 확대하는 전략을 세웠으며, 2017년 10월 군용으로 활용 가능한 신형 수소연료전지 플랫폼 ‘서러스(SURUS)’를 공개하였다. 이후 혼다와의 공동개발을 통해 2020년 이쿼녹스(Equinox) 출시 예정이다.

[표10] 상용화된 수소연료전지차의 비교

업체명	토요타	아우디	메르세데스-벤츠	GM
				
모델명	SORA	H-tron	GLC F-Cell	Surus
타입	버스	중형 SUV	중형 SUV	군용

*출처: 각사 홈페이지, (주)나이스디앤비 재가공

국내에는 현대자동차와 정책에 의해 국내 부품 업체들의 약진

국내의 수소연료전지차 개발은 현대자동차를 중심으로 이루어지고 있으나, 최근 기아자동차도 2020년 수소연료전지차의 출시계획을 발표하였다. 현대, 기아자동차는 부품경쟁력 강화를 위해 수천 개의 협력사를 육성 지원하여, 부품의 95%의 국산화를 달성하였으나, 부품을 구성하는 핵심 소재는 아직 일본이나 독일 등의 의존도가 높다.

현대자동차는 2018년 12월 ‘FCEV 비전 2030’ 공개하고 수소경제라는 글로벌 에너지 변화의 퍼스트무버로서 시장을 선도해 나갈 계획임을 발표하였다. 세부적으로는 2030년까지 50만대의 FCEV 생산체제를 구축할 계획이며, 연구개발(R&D)과 설비확대에 총 7조 6,000억 원을 투자할 계획을 발표하였으며, 미국에 2세대 수소연료전지차인 넥쏘를 판매하기 시작하였다. 2019년 1월에는 문재인 정부는 신년사를 통해 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 발표하여 ‘수소차’와 ‘연료전지’를 양대 축으로 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약하는 비전을 제시하였으며, 그 다음달인 2019년 2월 산업통상자원부는 11일 ‘제1차 규제특례심의위원회’를 개최하고 현대자동차가 신청한 국회 수소충전소 설치에 대해 실증특례를 부여하기로 의결하였다. 2019년 4월에는 정부 주도로 ‘수소경제 표준화 로드맵’이 발표되었으며, 다음 달인 5월 국내 최초로 국제전기기술위원회(IEC)에 제안한 ‘마이크로 연료전지 파워시스템’ 표준안이 IEC 국제표준(IEC 62282-6-400)으로 등록되었다. 2019년 6월에는 현대자동차가 사우디아라비아의 글로벌 종합 에너지 화학 기업인 사우디 아람코사(社)와 수소에너지 및 탄소섬유 소재 개발 등에서 전략적 협력을 강화하기로 협약을 맺으면서 아랍권에 수소연료전지차 시장에 교두보를 열었다.

[표11] 최근 국내 수소연료전지차 이슈

2018년 12월	현대자동차 'FCEV 비전 2030' 공개 현대자동차 미국에 수소연료전지차 넥쏘 판매 시작
2019년 01월	정부 '수소경제 활성화 로드맵' 발표
2019년 02월	산업통상자원부 제1호 실증샌드박스로 '수소충전소 설치' 선정
2019년 04월	정부 '수소경제 표준화 로드맵' 발표 수소 기술의 국제 표준 확보방안 마련
2019년 06월	현대자동차 사우디 아람코와 수소에너지, 탄소섬유 개발 협력 MOU 체결

*출처: 주요 일간지 (주)나이스디앤비 재가공

[현대자동차] 현대자동차는 유가증권시장 상장 기업으로 1997년부터 수소연료전지차 개발에 착수해 수소연료전지차 상용화와 부품내재화 프로젝트를 동시에 진행해 왔다. 또한, 2030년까지 총 7.6조원(R&D, 관련 부품사 투자 포함)을 투자해 연 50 만대 수소연료전지차 생산 체제를 구축할 계획에 있다. 단기적으로는 충주 제 2 연료전지 공장 증설로 2022년까지 연 4만대 생산 능력을 확보할 계획이며, 2018년 수소연료전지차 넥쏘(NEXO) 출시로 수소연료전지차 대중화를 노렸으나 판매대수는 상대적으로 미비하였다. 정부의 적극적인 인프라 투자 정책과 현대자동차의 수소연료전지차 비전 2030을 통해 2030년에는 약 70만대의 연료전지 스택을 생산하여 50만대의 승용차와 20만대의 상용차에 적용할 계획이다.

[현대 모비스] 현대 모비스는 유가증권시장 상장 기업으로 현대자동차 그룹의 핵심 부품 공급자 역할을 하고 있으며 수소연료전지차와 전기차에 공통적으로 적용되는 부품인 전력변환/전력공급장치, 배터리시스템과 배터리관리장치 등 배터리 모듈을 공급하고 있다. 수소연료전지차에서는 부품 공급 영역이 확대되어 수소공급장치와 연료전지스택을 공급하게 되며, 연료전지스택은 수소연료전지차 원가의 40%를 차지하는 핵심부품으로서, 전장부품과 연료전지 스택은 수소연료전지차의 원가에 60%이상이 될 것으로 추정된다. 이를 미루어 추정해보면 수소연료전지차는 2019년 6,500대 수준으로 물량이 증가해 2,230억 원의 매출이 발생할 것으로 전망된다. 또한 2025년 약 50만대 연료전지차가 생산시 현대모비스의 매출액은 2025년에는 약 9조 원, 2030년에는 15조 원을 초과할 것으로 예상된다.

[한온시스템] 한온시스템은 유가증권시장 상장 기업으로 열관리 시스템의 선두 기업이다. 수소연료전지차는 연료전지 스택을 제외하고 일반적으로 주변부품은 전기차와 유사하다. 수소연료전지차는 내연기관이 없기 때문에 전기차와 마찬가지로 전동 컴프레서, PTC히터 등 전동화 부품군이 적용되며, 구동 모터와 배터리시스템을 위한 열관리 시스템도 장착된다. 수소연료전지차 단독으로는 고전압 쿨링팬모터, 원

심식 공기압축기, COD히터 등 이 공급되며, 수소와 산소를 반응시키기 위한 압축 공기 공급장치, 연료전지스택의 열관리를 위한 장치들이 필요하다. 특히, 연료전지스택은 열관리가 필수이며 한온시스템은 그 기술력을 보유하고 있다. 한온시스템은 공조장치 전반에 걸친 제품군과 기술력을 보유하고 있고, 현대자동차에 부품을 공급하고 있어 수소연료전지차의 성장과 함께 크게 성장할 것으로 전망된다.

[뉴로스] 뉴로스는 코스닥 상장 기업으로 유체기계 분야 중 하나인 송풍기 및 압축기를 생산하는 업체로, 스택의 핵심 주변장치인 공기압축기(Centrifugal AirCompressor)를 완성차로 공급하고 있으며, 이는 수소연료전지차가 외부에서 공급받은 수소가 전기를 생산하기 위해 필요한 산소를 외부에서 안으로 들여보내는 핵심 부품이다. 뉴로스는 수소연료전지차에 들어가는 소형 공기 압축기 개발, 국내 수소연료전지차에 납품 중에 있으며, 비접촉식 공기 포일 베어링은 고속회전에 적합하면서 내구성이 뛰어나기 때문에 스택의 효율적인 발전과 더불어 수명 증가에 큰 역할을 하고 있다. 국내 수소연료전지차에 납품 중인 소형 압축기는 고분자 전해질용 연료전지(PEMFC)에 장착중이며, 수소연료전지차용 소형 공기압축기 양산라인을 이미 구축하여 생산능력 확대를 위한 증설 추진 중이다.

[이엠코리아] 이엠코리아는 코스닥 상장 기업으로 공작기계 완성품 및 부품 제작 기업으로 방산/발전/에너지설비/환경 플랜트 부품/설비 등을 국내 주요 업체들에게 납품 중에 있다. 자회사로 이엠솔루션을 보유하고 있어, 수소연료전지 충전소 및 유기성폐기물 처리장치 사업 영위하고 있다. 이엠솔루션은 수소충전소 구축 분야에서는 효성과 함께 국내 1위 그룹 형성하고 있으며, 특히 평창동계올림픽 개최 시기에 평창/강릉 지역 수소충전소 구축 사업자로 선정되었으며, 가장 앞선 기술력 보유기업으로 인정받아, 현재 현대자동차와 함께 도심형 수소충전소 구축 논의 중에 있다.

[유니크] 유니크는 코스닥 상장 기업으로 유압 솔레노이드 밸브, 시거잭, 자동차용 시계 등을 생산하는 자동차 부품 제조업체로 수소연료전지차용 수소제어밸브 개발하였으며, 2017년 연료전지 2세대용 수소제어밸브를 개발하였다. 유니크는 현대자동차에 수소를 스택으로 공급하고 제어하는 등 차량의 상태에 따라 수소량을 제어하는 핵심 장치인 수소제어모듈을 독점 공급하고 있으며, 2018년 현대자동차와 공동으로 국책사업인 ‘고출력 고분자 전해질형 연료전지(PEMFC)시스템 실용화 기술개발’을 완료하였다.

[일진다이아] 일진다이아는 유가증권시장 상장 기업으로 2004년에 설립, 공업용 합성다이아몬드를 제조하는 회사이나, 자회사 일진복합소재에서 연료저장용 복합재료 고압용기 생산하고 있다. 해외에 의존하던 기술을 현대자동차와 공동으로 개발하여 독점 납품중으로 향후 수소연료전지차 시장의 확대시 매출 성장 크게 기대된다.

[표 12] 수소연료전지차테마 기업 현황

분류	세부	업체명
수소연료전지차		현대자동차, 토요타, 혼다
부품	연료전지스택	현대모비스, 현대제철, 코오롱인더스트리, 동아화성 , 평화산업
	운전장치	한온시스템, 우리산업 , 유니크 , 인지컨트롤스, 대우부품
	전장장치	LG전자, 뉴로스 , 지엠비코리아, 뉴인텍 , 삼화전기, S&T모티브, 대원강업, 코다코
	수소용기	일진다이아, 유니크 , 세종공업, 모토닉, 화진, EG
수소충전소		효성중공업, 한국가스공사, 이엠코리아 , 엔케이, 디케이락 , 제이엔케이히터

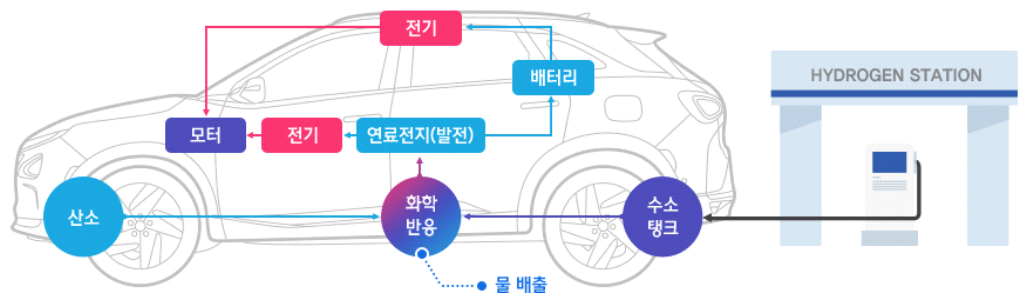
*볼드 및 밑줄친 기업은 코스닥기업임

Ⅲ. 기술 심층 분석

수소연료전지차의 구성 장치

수소연료전지차는 기존 자동차의 엔진에 해당하는 연료전지 스택과 운전장치, 전장장치, 수소저장장치로 구성되며 구동원리는 [그림7]과 같다.

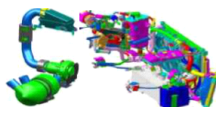
[그림7] 수소연료전지차의 구동원리



*출처: 현대자동차

수소연료전지차는 고압수소탱크에 저장된 수소가 연료전지 스택으로 공급되는 동시에 대기로부터 유입된 산소도 연료전지 스택으로 유입되어 연료전지 내부에서 산소와 수소가 전기화학 반응을 통해 전기를 생산하게 된다. 이 전기는 구동모터로 공급되어 회전에너지를 발생시키며, 이 에너지는 감속기 등을 통해 적절한 속도로 바퀴에 구동력을 전달하게 된다.

[표13] 수소연료전지차의 구성

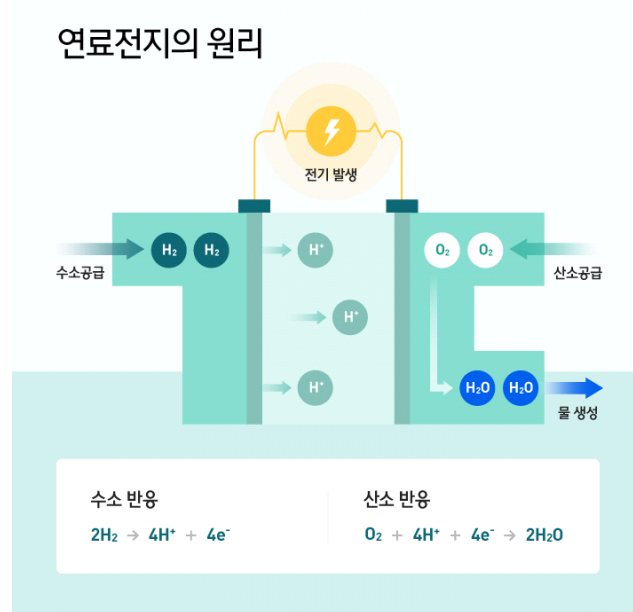
수소연료전지차	구성
 연료전지스택	전해질 막, 촉매 분리판 등으로 구성된 셀이 여러개 층으로 적층된 형태로 막전극 접합체, 기체확산층, 분리판, 가스켓 등으로 구성
 운전장치	스택에 수소와 외부 산소를 공급하며, 열관리를 하는 장치로 수소공급장치, 공기공급장치, 열 및 물관리장치 등으로 구성
 전장장치	스택에서 생성된 전기를 회전 에너지로 변환하는 장치로 구동모터, 감속기, 전력변환시스템 등으로 구성
 수소저장장치	고압수소를 저장하고 공급하는 장치로 고압용기, 도압밸브, 안전장치로 구성

*출처: 한국산업기술평가관리원, (주)나이스디앤비 재가공

연료전지 기술
수소연료전지차의
핵심
소재 개발이 핵심

스택(Stack)은 일반적으로 수백 개의 셀(단위전지)을 직렬로 쌓아 올린 연료전지 본체를 일컫는다. 연료전지의 스택은 수소연료전지차 원가의 40%의 비중을 차지하는 핵심부품으로서 다수의 셀을 적층하여 차량 구동에 적합한 전기에너지를 발생시키는 역할을 한다.

[그림8] 연료전지의 원리



*출처: 호라이즌퓨얼셀코리아

수소연료전지 스택의 1개 셀이 생산하는 전기는 약 0.7V 수준이며, 이에 1kW의 전기생산을 위해서는 50여개의 셀이 필요하다. 연료전지스택은 촉매와 막전극접합체(MEA: Membrane/Electrode Assembly), 기체확산층, 분리판(plate), 가스켓 등으로 구성되어 있으며, 특히 고분자전해질막 연료전지(PEMFC; Proton Exchange Membrane Fuel Cells)의 핵심부품 막전극접합체는 수소와 산소의 화학 반응이 이루어지는 곳으로 수소연료전지의 핵심부품이다. 연료전지는 연료와 산화제를 전기화학적으로 반응시켜 전기에너지를 발생시키는 장치로, 화학 반응은 촉매층 내에서 촉매에 의하여 이루어지며 일반적으로 연료가 계속적으로 공급되는 한 지속적으로 발전하여, 전기와 열을 동시에 생산이 가능하다.

연료전지는 전해질의 종류에 따라 인산형 연료전지(PAFC), 용융탄산염 연료전지(MCFC), 고체산화물 연료전지(SOFC), 고분자전해질 연료전지(PEMFC), 직접메탄올 연료전지(DMFC), 알칼리 연료전지(AFC)등이 개발되어 있으나, 차량용으로는 에너지밀도가 커서 소형/경량화가 가능하고 운전온도가 낮아 대기온도에서 사용할 수 있는 연료전지 시스템으로 고체 고분자 연료전지, 즉 고분자 전해질형 연료전지가 널리 사용된다.

[표 14] 셀(단위전지)의 구성

스택구성부품	역할
	수소에서 전자를 분리하거나 수소이온과 산소를 결합시켜 물을 발생시키는 역할
막전극접합체	
	수소, 산소 및 물을 공급하고 배출하는 장치
기체확산층	
	연료전지에 공급된 산소, 수소를 기체 이송관을 통해 기체확산층에 공급하고, 수소와 산소의 화학반응으로 생성된 물을 외부로 배출하는 장치
분리판	
	전해질 막과 분리판 사이에서 기체누설(수소, 공기)이 생기지 않도록 밀봉하는 역할
가스켓	

*출처: 한국산업기술평가관리원, ㈜나이스디앤비 재가공

막전극접합체는 전극(촉매)과 전해질 막의 일체형으로 접합되어 있는 구조로서 수소에서 전자를 분리하거나 수소이온과 산소를 결합시켜 물을 발생시키는 역할을 한다. 이때 양이온을 전달하는 전해질에 특히 강한 산성을 띄는 공기극에 대부분의 전이금속이 녹아나오게 되므로 이를 견디낼 촉매의 조건을 만족시키는 것은 쉽지 않아 백금, 팔라듐 등의 희귀금속류가 주로 사용된다.

가스확산층(Gas Diffusion Layer)은 수소, 산소 및 물을 공급하고 배출하는 장치로, 수소가 압력차에 의해 가스확산층을 지나 촉매 쪽으로 이동하게끔 한다. 탄소 소재의 Carbon Cloth, Paper, Felt의 형태로 이루어져 있으며 다공성이고 전기전도체이며, 소수성이며, 일정 기계적 강도가 확보되는 소재를 사용하여야 하기 때문에 주로 독일과 일본의 소재가 사용되고 있다. 연료전지의 성능은 산화 및 환원 반응이 빠르게 혹은 많이 일어나면 향상되므로, 흐름 조절판을 통해 반응 가스를 촉매층 위의 활성 영역에 도달시켜 촉매층 반응에 영향을 주며, 가스확산층은 촉매층과 분리판 사이에 전자를 투과시키는 전기적 전도체의 역할을 한다,

분리판(Plate)은 연료를 공급하고 화학반응에 의해 발생한 물을 배출하도록 유로(Flow Field)가 형성되어 홈이 파인 형태의 플레이트로, 막전극접합체 외측 다공질 탄소막인 가스확산층에 접합연료가스와 공기를 차단하는 동시에 외부 회로에 전류를 전달하는 역할도 하므로, 높은 전기전도성, 내식성, 열전도성과 함께 낮은 기체 투과성이 요구된다. 따라서 분리판은 상기 물질이 섞이는 것을 방지하고 음극(Anode)에서 발생한 전자를 양극(Cathode)로 전달하는 전자전도체 기능도 하기에 열전도가 우수해야 하므로, 수지가 함침된 흑연판, 탄소복합체판, 금속판 등으로 제

작된다.

가스켓(Gasket)은 전해질막과 분리판 사이에서 기체누설(수소, 공기)이 생기지 않도록 밀봉하는 역할과 냉각수의 누설을 방지하는 역할을 한다. 수소연료전지차용 가스켓은 온도, 습도, 산 조건에서의 높은 내구성, 전기적인 절연제, 전기화학적인 불활성(Inertness), 연료전지시스템과의 상용성, 스택디자인에 대한 자유도 확보를 위한 높은 기계적 강도 및 신축성, 높은 가공성(점도, 몰딩능력 등)을 가져야 하며, 가스켓 재료로는 불소계 고무가 주로 사용되고 있다.

운전장치 기술 연료전지의 열관 리가 핵심

운전장치는 스택에 산소와 수소를 공급하는 수소공급장치 공기공급장치로 구성되며 스택에서 발생하는 열을 방출하는 열관리장치와 이를 활용하는 공조장치까지 포함한다.

[표 15] 운전장치의 구성

운전장치 구성부품	역할
 공기공급장치	연료전지 스택에 수소와 반응을 할 공기(산소)를 공급하는 시스템으로 에어클리너, 공기공급기(Air Blower/Air compressor), 습도조절시스템 등으로 구성
 수소공급장치	스택에 수소를 공급하는 시스템으로, 수소 탱크, 압력 조절기, 수소재순환기 등으로 구성
 열 및 물 관리장치	전체 시스템에서 필요로 하는 물 균형을 유지하며, 반응 시 스택이 발생하는 열을 적절한 온도로 유지하는 역할

*출처: 한국산업기술평가관리원, ㈜나이스디앤비 재가공

연료전지 운전장치는 수소연료전지차의 연료전지 주변에서 자동차의 운전 상황을 탐지하여 판단하여 연료전지에 필요한 양의 연료와 공기를 공급해 주고, 적절한 온도와 습도를 유지해 주면서 출력전압도 조절하며 연료전지를 구동할 수 있는 장치로, 스택과 함께 연료전지시스템의 성능을 결정짓는 핵심기술이므로 연료전지와 최적으로 조합 하여 시스템을 구성하는 것이 곧 기술력이다.

공기공급계(APS: Air Process System)는 대기 중의 산소를 스택에 공급하는 역할을 하며, 대기 중에 포함되어 있는 황산화물을 비롯한 불순물과 먼지 등을 걸러주는 필터가 장착되어 있다. 내연기관의 공기공급장치와 거의 비슷한 부품이 들어가며, 에어클리너, 에어필터, 에어블로워 등의 거의 모든 부품이 동일하게 들어간다. 공기를 공급하는 장치로는 터보블로워 방식과 압축기 방식이 주로 사용되고 있

으며, 터보블로워 방식은 압축기 방식에 비해 소음이 적고 소모전력이 낮은 장점이 있으나, 운전 가능한 최대 압력이 낮은 단점이 있다.

수소공급계(FPS: Fuel Process System)는 고압탱크에 저장된 수소연료의 압력을 연료전지에 사용 가능한 압력으로 낮추는 기능을 하며 정밀한 센서와 압력조절이 필수이다. 고압 레귤레이터와 저압 레귤레이터 사이에는 수소의 흐름을 조절하기 위하여 솔레노이드 밸브가 설치되어 있으며, 스택에 공급되는 수소는 효율 향상을 위해 과량의 수소를 공급하므로, 배기가스에는 수소가 포함되어 있어 이를 재순환시키는 재순환라인이 형성되어 있다.

열 및 물 관리계(TMS: Thermal Management System)는 연료전지 스택의 안정적인 작동온도(55~90℃) 유지를 위해 필요한 냉각 시스템으로, 높은 유량을 일정하게 유지할 수 있는 고유량 펌프가 필수적이다. 연료전지 시스템의 경우, 연료전지의 효율이 대략 50% 정도로, 출력만큼의 에너지가 열로 방출됨에 따라, 연료전지 사용 중에 고열이 발생되었을 경우 빠른 냉각이 되지 않으면 연료전지의 수명 및 출력저하가 일어난다. 내연기관의 경우 엔진으로부터 발생하는 동력을 이용해 펌프를 구동할 수 있으나, 연료 전지 시스템의 경우 회전부가 없으므로 전기모터로 구동되는 펌프를 사용하여 열을 관리해야만 한다.

전장장치 기술 구동모터 기술이 핵심

전장장치는 발생한 전기를 운동에너지로 변환하는 구동모터, 구동모터의 토크를 증대시켜 주는 감속기가 있으며, 스택에서 발생하는 DC 전압을 구동모터에 사용할 수 있게 AC 전압으로 변환하거나 운전장치 등에 필요한 DC 전압으로 변환하는 전력변환시스템으로 구성되어 있다.

[표16] 전장장치 구성부품

전장장치 구성부품	역할
 구동모터	전기적인 에너지를 기계적인 에너지로 변환하여 구동력을 생산하는 구동 시스템의 핵심부품
 감속기	구동모터의 회전에너지를 차량운행에 적절하게 증폭 및 감속 역할
 전력변환시스템	연료전지 스택에서 발생한 직류 전기를 교류전기로 변환

*출처: 한국산업기술평가관리원, ㈜나이스디앤비 재가공

구동모터는 기존 내연기관의 엔진 역할을 수행하며, 전기적인 에너지를 기계적인 에너지로 변환하여 구동력을 생산하는 구동 시스템의 핵심부품으로써 혼다와 토요타는 영구자석 동기모터, 현대는 유도모터를 사용하고 있다. 자동차에 사용되는 모

터는 최대속도가 10,000rpm 이상 고속운전이 가능해야 하며, 회전력(Torque)에 대해 저속에서 고속까지 정밀제어가 가능해야 한다. 영구자석 소재에 사용되는 Nd 및 Dy 등 희토류 금속의 공급안정성과 가격상승에 대한 우려가 있으며, 이를 대체할 수 있는 소재 개발에서도 일본과 미국이 주도적이다.

감속기는 내연기관의 미션의 역할을 하는 장치로 구동모터 자체 토크만으로는 차량의 출발, 가속, 등판 주행 등의 주행 시 부족한 구동력의 보완과, 항속 주행 시에는 연료의 절감이 가능하게 차량운행에 적절한 회전력으로 모터 토크를 조절하는 장치이다.

전력변환장치는 스택으로부터 얻어지는 DC 전력을 모터 구동 전압 수준으로 변환하거나, 고전류의 AC 구동모터를 구동 및 제어하기 위해 DC 전력을 AC 전력으로 변환하고 차량 내 각종 전자기기들을 구동하기 위한 전압으로 전환하는 역할을 한다.

수소저장장치 기술 고압용기가 핵심 탄소소재가 핵심

수소저장장치는 스택에 공급할 수소를 저장하는 장치로 내연기관차의 연료공급장치에 해당되며, 고압 수소를 저장하고 압력을 조절하는 장치로 수소탱크, 압력조절밸브, 탱크내장형 솔레노이드 밸브, 압력센서, 수소 센서 등으로 구성된다.

[표17] 수소저장장치 구성부품

수소저장장치 구성부품	역할
 고압용기	고압 수소를 저장하는 역할로 수소의 부식성을 이유로 탄소섬유 등의 재료로 이루어져 있음.
 고압밸브	
 안전장치	수소의 누출 및 발열 등의 센서를 통해 감지

*출처: 한국산업기술평가관리원, (주)나이스디앤비 재가공

수소저장 방식은 액화수소 저장방식, 압축수소 저장방식, 수소저장합금 방식, 화학수소화물방식, 초저온 고압 수소저장 방식 등 여러 가지 기술들이 경합을 해왔으나, 현재 대부분의 완성차 업체는 압축수소 저장방식을 적용하고 있다. 압축수소 저장방식으로는 700bar의 고압 탱크 시스템을 주로 적용하고 있으며, 그 이상의 압력으로 저장하여도 더 이상 부피가 줄어들지 않기 때문에, 주행거리를 늘리기 위

해서 저장탱크의 개수를 늘리는 방법이 사용되고 있다. 금속을 부식시키는 수소의 성질을 극복하기 위해 탄소섬유로 만든 용기를 사용하고 있으며, 라이너와 복합재 소재로 이루어져 있다. 고압 수소저장탱크의 생산비 구성은 탄소섬유가 약 75%를 차지하고 있고, 탄소섬유는 일본 도레이사가 전 세계의 시장의 70%를 점유하고 있으며, 소재의 원천기술을 보유하고 있어, 한일 무역 관계 악화에 가장 타격을 받는 부품에 해당된다.

인프라 기술

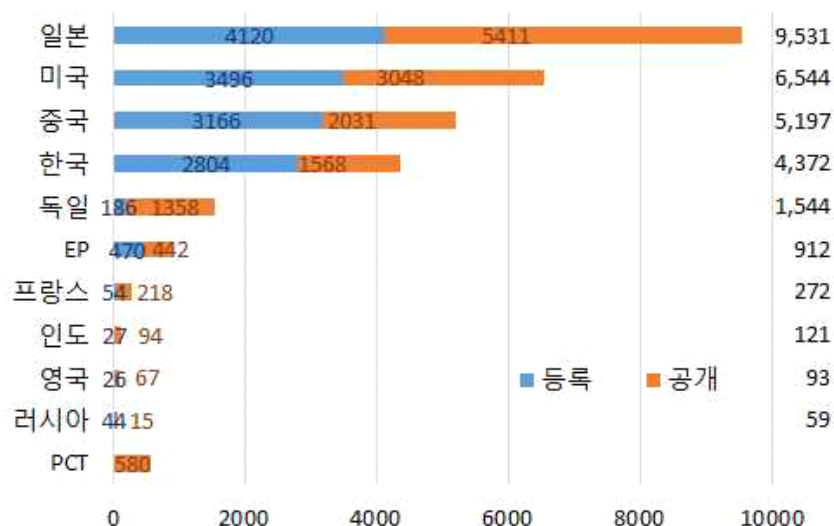
수소생산기술은 매우 다양한 방법이 있다. 수전해는 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 방식, 전기분해에 사용되며, 전력원(원자력·화력발전, 재생에너지 등)에 따라 에너지효율, 친환경성의 차이가 있다. 화석연료 개질은 석탄, 천연가스 등 화석연료를 개질하여 수소를 생산하는 방식으로, 대부분의 수소는 화석연료 개질 방식을 통해 생산된다. 부생수소는 석유화학공업의 부산물로 발생하는 수소가스를 활용하는 방식이며, 생물학적 수소생산은 수소생산 사용되는 원료물질에 따라 물, 유기물 가스로 구분되며 미생물의 다양한 매커니즘에 따라 여러 가지 기술이 존재. 대표적으로 녹조류, 효소, 박테리아 등이 있다.

수소이송 및 저장기술은 이송 및 저장되는 수소의 형태는 액화수소와 수소가스로 구분하며, 수소연료의 이송은 크게 가스파이프를 통한 직접 이송, 튜브트레일러, 수소저장물질을 이용한 저장방식 등이 있다.

특허 동향

수소연료전지차와 관련한 유효 특허의 출원이 가장 많이 이루어진 국가는 9,531건의 특허가 확인된 일본이고, 그 다음으로 6,544건의 미국, 5,197건의 중국, 4,372건의 한국 등 순이다.

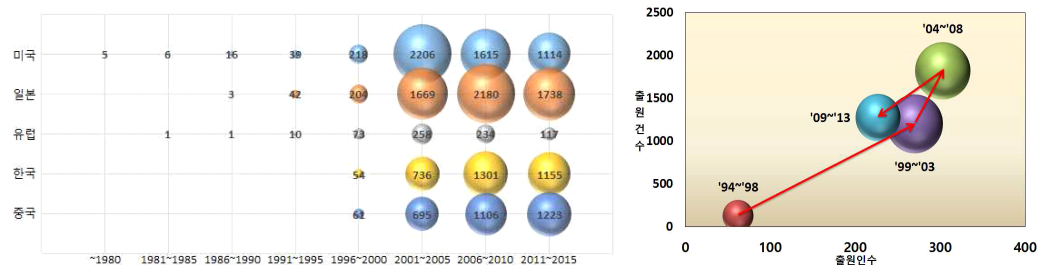
[그림9] 수소연료전지차 관련 특허출원 현황



*출처: WIPSON, 2017

수소연료전지차와 관련한 유효 특허는 2000년 이후 출원이 급증하여 지속적으로 많은 신규 기술이 공개되고 있으며, 전반적으로 2006~2010년 사이에 최대치에 이르렀다가 2011~2015년 사이에 다소 줄어든 상태로서, 세부적으로는 기술 개발이 비교적 앞서 이루어지기 시작한 미국과 유럽 등 서구권에서는 2000년대 초반에 특허 출원이 가장 많이 이루어졌다가 2005년 이후 줄어드는 추세이며, 기술 후발 주자인 중국의 경우는 2010년 이후에도 특허 출원 건수가 줄어들지 않고 연간 200건 이상으로 다수 유지되고 있다.

[그림10] 수소연료전지차 관련 주요 5개국 특허출원 현황(좌)과 기술성장 단계(우)



*출처: WIPSON, 한국과학기술평가원, 2017

‘연료전지자동차’의 특허 결과를 기준으로 분석했을 때, 특허 출원 수는 2007년을 기점으로 감소 추세에 있으며, 출원인 수도 줄고 있어, 특허와 관련한 기술개발 동향은 쇠퇴기에 있는 것으로 판단되며, 수소연료전지차와 관련하여 가장 많은 특허 출원이 이루어진 기술 분야는 전지 관련 에너지 변환 기술 분야가 압도적인 것으로 나타나며, 그 외에 상위 기술 분야로 연료전지 스택 부품 제조 및 처리, 모터, 수소 제조 및 저장, 냉각, 부품 제어 등의 기술이 있다.

세계적으로 수소연료전지차와 관련하여 가장 많은 특허를 보유한 출원인은 토요타와 혼다, 닛산 등 일본의 완성차 업체로, 각 국가별 일본 기술의 강세 속에서 국내 기업인 현대자동차와 삼성SDI 등이 출원 비중이 높다. 수소연료전지차와 관련한 국내 특허의 주요 출원인은 현대자동차와 삼성SDI를 비롯하여 기아자동차, 토요타, 닛산 등 한일 완성차 업체와 한온시스템, 엘지화학, 삼성전자, 현대오트론, 현대모비스, 고베 세이코쇼 등 한일 자동차 부품업체 외에 한국에너지기술연구원, 한국과학기술원, 한국과학기술연구원 등 정부출연 연구기관 등이다.

국내 정부 주도 수소연료전지차의 기술개발 방향은 보급 및 확산이라는 큰 명제하에 정부의 주도로 이루어지고 있다. 수소연료전지차의 기술개발은 연료전지, 모터, 새로운 구동계, 새시, 안전 설계기술, 소음 진동 저감 기술, 차체 설계기술, 차량 경량화 기술, 모듈화 기술, 부품배치 최적화 설계기술, 차량 제어기술 등 매우 다양한 분야의 부품 및 차량기술을 필요하기 때문에 정부와 완성차 업체, 부품업체까지의 협력을 통해 연구가 진행되는 양상이다.

**세계 각국은 정부
주도 연구 활발**

세계 각국의 정부 주도의 기술개발 동향은 차량의 가격과 성능에 영향을 미치는 핵심 기술인 수소연료전지 관련 기술은 한국, 미국, 일본, 유럽의 주도로 개발이 진행되고 있으며, 특히 수송용 연료전지인 고분자전해질 연료전지에 대한 개발에 박차를 가하고 있다. 또한, 수소연료전지차의 확산을 위해서 수소 충전 인프라에 대한 기술 역시 우선 지원하여 수소전지차의 보급속도에 맞는 인프라구축을 계획하고 있다.

**부품은 국산이나
소재는 해외기술
: 소재개발 절실**

국내 산업계의 기술개발 동향을 살펴보면, 수소연료전지차의 핵심기술 대부분은 국산화가 완료된 상태(95% 국산화)로 분리막, 기체확산층의 국산화도 막바지에 돌입하였다고 업계에서는 이야기하고 있으나, 촉매, 막전극접합체, 분리판, 수소저장용기 등의 핵심소재는 해외 의존도가 높다. 국내 자동차 부품업계의 수소연료전지 및 수소연료전지차 소재 개발의 필요성이 증대되고 있으나, 독자개발 능력이 부족하여 친환경차 관련 핵심소재 제조 기반이 매우 취약한 상황이며, 개발된 제품의 내구성 및 신뢰성 확보 등에 관련된 기술도 부족한 상황이다. 또한, 개발 단계의 막대한 투자 위험성을 감내할 여력이 부족한 부품 제조 업체가 연구개발 및 시설투자를 기피하여 부품을 이루고 있는 핵심 소재의 국산화에 차질을 빚게 됨에 따라, 완성차 업체와의 국책과제를 통한 일부 기업에 역량이 집중되고 있으며, 기술력도 경쟁국에 비해 취약하여 선점된 특허 회피기술 개발에도 대응하지 못하고 있다. 제품가격을 낮추기 위한 연구개발도 상당한 어려움이 있는 상태로서 부품 자체는 국산이나 부품에 들어가는 핵심소재가 거의 해외수입에 의존하기 때문에 근본적인 원가절감이 힘들기 때문이다. 이로 인해 국내 업체들은 수소연료전지차 원가의 핵심 요소로서 막전극접합체 기술 개선 등을 통해 원가절감을 하는 것이 주요 기술 개발 목표로 하고 있으며, 수소저장시스템을 구성하는 소재의 경량화와 비용 절감을 목표로 연구 중이다.

**산업계는 보급 및
확산 위한 원가절
감 연구활발**

수소연료전지차의 각 구성 부품별 기술개발 동향을 살펴보면, 산업계에서는 수소연료전지차의 보급 및 확산을 위해 원가 절감을 위한 연구개발을 목표로 하고 있다. 현재 시판되는 수소연료전지차에 적용된 연료전지는 모두 고분자전해질 연료전지이며, 가격 및 내구성 문제를 극복하기 위해 연구 중에 있으며, 수소전기차 원가의 핵심 요소로서 막전극접합체 기술 개선 등을 통해 원가 절감을 하는 것이 주요 기술개발 목표로 기술개발 중이다. 수소연료전지차의 촉매는 현재 백금을 사용하고 있으며 2002년 차 한 대당 약 200g의 백금 촉매가 사용되었으나, 그 사용량은 점차 줄어들어 2016년 출시된 혼다의 클래리티에는 단 11g의 백금 촉매만이 사용되었다. 그러나 여전히 촉매가 원가에 미치는 영향이 많아 백금 대신에 사용할 수 있는 그래핀, 금속 카바이드 등의 저가 소재로 대체하거나 백금을 외부에 코팅하는 방법을 통해 사용량을 절감하는 방법을 연구 중에 있다. 또한, 고압용기의 손상 하에서 변형 방지 및 안전성 유지를 위한 내구성을 확보 연구 우리나라의 경우 고압용기의 경우 부품 수준에서 국산화를 달성했으나, 탄소섬유 등 소재의 수입의존도

는 여전히 높다. 탄소섬유를 주재료로 하는 가스확산층은 일부 탄소섬유 제조사들에 의해 개발되었다고 전해지나 기술공개를 꺼리는 상황이다. 운전장치는 센서 기술 개발을 통한 수소 및 차단의 정확도 개선이 진행 중이며, 부품 수가 가장 많고 특히 경쟁이 치열한 분야로서, 다른 친환경차와 부품 공용화 가능한 분야에 대한 연구를 통해 원가절감 진행 중에 있다. 전장장치는 다른 친환경차와 공용화가 가능한 부품이 많아, 지속적인 개발을 통해 경쟁 수준의 기술 확보하였으며, 추가적인 부품 공용화를 통해 가격경쟁력 확보를 목표로 연구를 진행 중이다.

상용차 연구 활발

글로벌 완성차 업체들의 기술개발 방향은 주행거리 향상, 연료전지 시스템의 고도화와 더불어 가격 저감을 위해 양산성 제고를 위한 노력이 진행 중이다. 단순 기술 개발로는 내연기관차 대비 2.5배 수준인 차량 가격 저감에 한계가 있어 시장 규모의 확대를 통한 양산성을 통해 가격의 저감에 주력하고 있으며, 완성차 가격에서 큰 비중을 차지하는 스택(40%) 기술 향상 및 수소저장장치(20%) 부품의 대량생산 기술 확보 등을 통해 가격 저감에 주력하고 있다. 또한, 최근에는 수소연료전지차는 승용뿐만 아니라, 전기차에 비해 신 주행거리와 낮은 연료 무게를 가져, 장거리 운행이 유리하며, 거점 충전방식에 적합한 상용차에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 글로벌 완성차 업체들은 수소연료전지 버스를 출시할 계획을 가지고 있으며, 특히 중국은 거의 모든 수소연료전지차 개발을 상용차 위주로 하고 있으며, Nikola Motors는 오로지 상용트럭만 생산 계획을 하고 있는 스타트업 업체이다.

수소경제와 동반 한 기술의 발전 예상

수소연료전지차는 환경규제에 따른 친환경차 보급과 수소경제 활성화 정책에 따른 동반성장이 예상되며, 그에 따른 수소경제 전반의 수소생성, 저장, 운송과 함께 수송용 연료전지 기술개발도 꾸준한 지원으로 기술개발이 이루어질 전망이다. 수소연료전지차의 정책적 보급과 확산, 그리고 산업계의 신사업 발굴의 이해관계가 일치하는 만큼, 우선적 과제인 시장 형성과 보급을 위해 원가 절감 위주의 연구개발이 지속될 것이며, 수소연료전지차의 기술적 한계성은 소재 한계에 있다는 전문가의 견해에 따라 관련 소재 개발이 활발히 진행될 것이다. 또한, 전기차와의 경쟁에서는 상호 보완적인 방향으로 연구개발이 이루어지고 있어, 전기차가 접근하기 어려운 상용차에서의 연구개발이 활발히 이루어질 것으로 전망된다.