

충남 수소연료전지 응용산업 활성화 방향: 지게차를 중심으로

홍 원 표 충남연구원 미래전략연구단 책임연구원

wonpio@cni.re.kr

강 수 현 충남연구원 미래전략연구단 연구원

sh3737@cni.re.kr

이 연구는 충남의 수소연료전지 응용산업의 활성화 방향을
조망하고 PEMFC 연료전지지게차 육성을 충남의 미래사업으로
제시하는데 목적이 있음

CONTENTS

1. 과제의 배경과 목적
2. 수소연료전지산업의 특징
3. 수소연료전지 응용산업 발전 방향
4. 수소연료전지지게차 산업 여건
5. 충남 수소연료전지지게차 개발·실증 사업

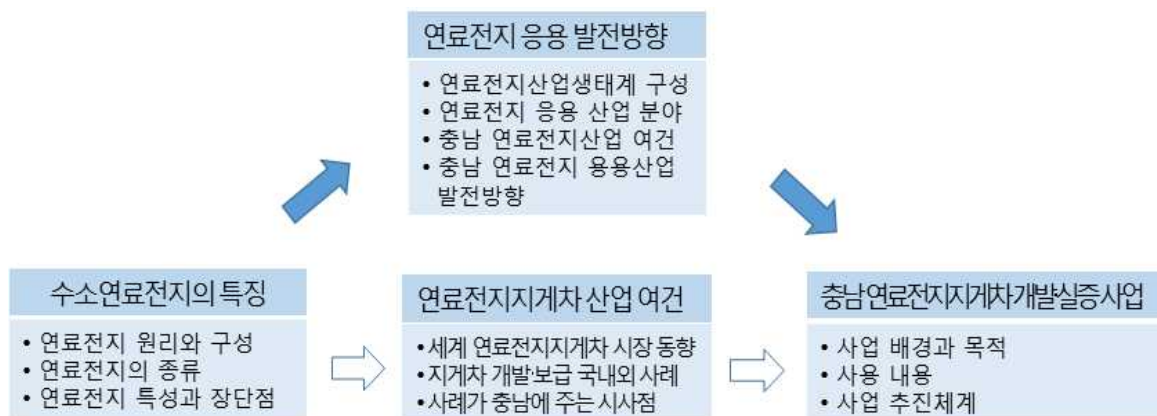
- 연료전지는 충전시간이 짧고 장거리 운행이 가능하며 수소를 연료로 하여 오염물질을 배출하지 않아 매우 큰 성장잠재력을 갖고 있으며, 응용산업은 크게 휴대용, 수송용, 발전용으로 나뉨
- 충남은 수소에너지산업 관련 양호한 산업 기반을 갖고 있으나, 연료전지산업의 경우 두드러지는 우위가 없음. 그러나 최근 수소 전기차 관련 국책과제 수행, 수소에너지 중심 국가혁신클러스터 지정 등 일정한 선발 이익을 갖고 있음
- 충남은 향후 차량, 열차, 선박, 항공기 등 다양한 분야를 안고 있는 수송용 분야를 중심으로 연료전지 응용산업을 확장하는 것이 바람직하고 현실적임. 특히 당진항 선박수리단지 계획, 태안, 서산의 항공레저 등을 디딤돌 삼아 선박과 항공 분야를 진출하는 것이 전략적으로 의의가 있음
- PEMFC 지게차를 개발하고 편대를 이루어 실증하는 사업을 충남의 미래사업으로서 제안하며, 이를 통해 PEMFC지게차를 개발하고 실증하여 내수 충족 및 수출 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대함

01

과제의 배경과 목적

- 연료전지는 수소와 산소의 전기화학반응을 통해 전기를 생산하는 발전장치로서, 청정에너지인 수소를 연료로 사용하는 친환경 발전장치로서 각광을 받고 있음
 - 수소는 산소와 전기화학 반응을 하여 전기에너지와 열 그리고 물을 배출하기 때문에 수소를 연료로 사용하는 경우 오염물질 배출에 따른 문제들을 근본적으로 해결할 수 있음
 - 연료전지는 수소에너지를 받아들여 전기를 생산하는 발전장치로서 발전장치에 사용되며, 모터, 인버터, 컨버터 등 구동장치와 결합하여 동력장치로 사용할 수 있는 특징을 갖추고 있으므로 미래의 수송용 엔진으로 각광을 받고 있음
- 충남은 미래먹거리산업으로 수소에너지와 연료전지산업을 전략적으로 육성하고 있으며, 그 시너지를 극대화하기 위해서는 연료전지가 적용되는 연료전지산업의 전방효과를 의식적으로 육성할 필요가 있음
 - 충남도는 신성장동력산업 육성의 일환으로 수소에너지 육성을 설정하고 2017년부터 국책과제인 『수소연료전지자동차 부품실용화 · 산업기반 육성 사업』(2017-2021)을 시행하고 있음
 - 최근 국가균형발전위원회는 충남 내포 일원에 수소에너지를 중심으로 하는 국가혁신클러스터 지정을 계획하는 등 충남이 수소에너지와 연료전지산업에서 전국적으로 유리한 여건들을 조성하고 있음
 - 연료전지는 구동장치와 결합하여 사실상 모든 내연기관을 대체할 수 있으므로 연료전지는 발전용뿐 아니라 수송용 동력장치로서 성장 잠재력이 매우 크며, 이는 연료전지산업의 핵심적인 발전 방향임

- 실효성 있는 연료전지 응용산업의 육성을 위해서는 연료전지 응용산업의 분야별 발전단계에 걸맞은 사업방안을 도출하고 시행하는 것이 긴요함
 - 『수소연료전지자동차 부품실용화 · 산업기반 육성 사업』은 5개년 사업으로 사업의 중반으로 접어들고 있는데, 충남의 수소연료전지 관련 중장기 계획은 아직 마련되어 있지 않은 상황임
 - 당 사업의 후속사업으로서 추진 가능한 사업을 발굴하는 것은 시의성이 높으며, 이는 충남의 중장기 연료전지산업 발전 마련과 긴밀하게 연계되어야 함
- 본 과제는 충남의 수소연료전지산업 응용 활성화 방향을 연료전지지게차산업 육성을 중심으로 제시하는 것을 목표로 함
 - 본 과제의 목표는 연료전지산업의 대략적인 발전방향을 제시하고 그 일환으로서 연료전지 지게차개발 및 실증사업을 미래 사업으로 제안하는 것임
 - 이를 위해 수소에너지, 수소연료전지산업의 특징, 연료전지사업 응용산업 활성화 방향을 살펴 보고 연료전지지게차의 특성과 관련 업계현황 등을 바탕으로 충남의 연료전지지게차산업 육성 방안을 제시하고자 함
 - 충남의 수소에너지 및 수소연료전지산업 활성화 방향은 독립적인 중장기 로드맵 수립이 필요 하며, 이는 본 과제의 연구범위를 넘어서는 것으로 다루지 않음
- 연구 수행 절차는 연료전지의 특성, 연료전지 응용산업 발전 방향, 연료전지지게차 산업 여건 등을 종합하여 충남의 연료전지지게차 개발·실증사업을 제안함



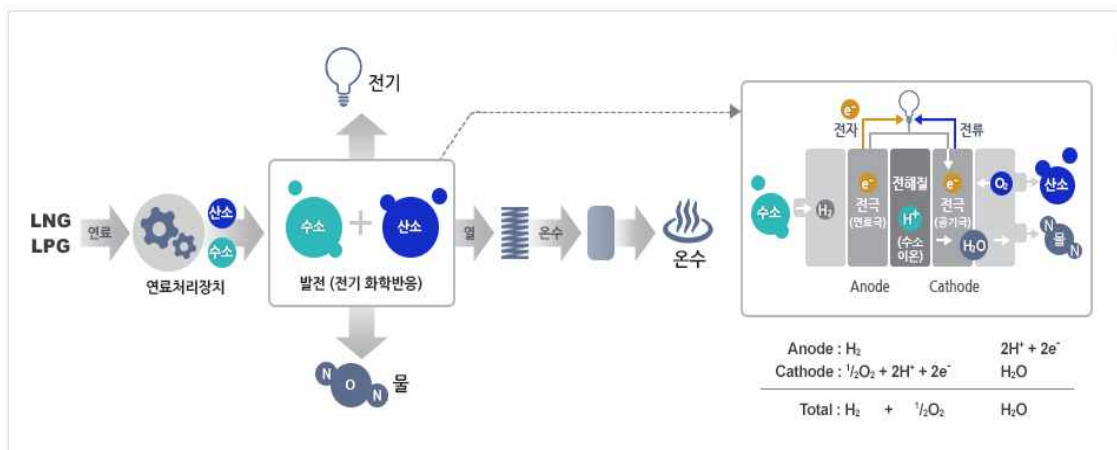
(그림 1) 연구수행 흐름도

02

수소연료전지산업의 특성

1. 수소연료전지의 원리와 구성

- 수소연료전지는 수소와 산소의 전기화학반응을 일으켜 전기에너지를 생산하는 발전장치임
 - 연료전지는 수소와 공기 중의 산소의 전기화학반응으로 전기와 열을 생산하는 발전장치임.
 - 연료극에 유입된 수소는 백금촉매에 의해 산화되어 수소 양이온과 전자로 분해되고, 연료극에서 발생된 수소 양이온은 전해질막을 통해 공기극으로 이동함.
 - 전자는 외부회로를 통해 공기극으로 이동하여 전기를 생성하며, 공기극으로 이동한 수소양이온과 전자는 산소와 결합하여 물 생성



〔그림 2〕 수소연료전지의 작동 원리

출처: 두산퓨얼셀 홈페이지

- 수소연료전지는 전기에너지를 생성하는 과정에서 열과 물을 부산물로 배출함

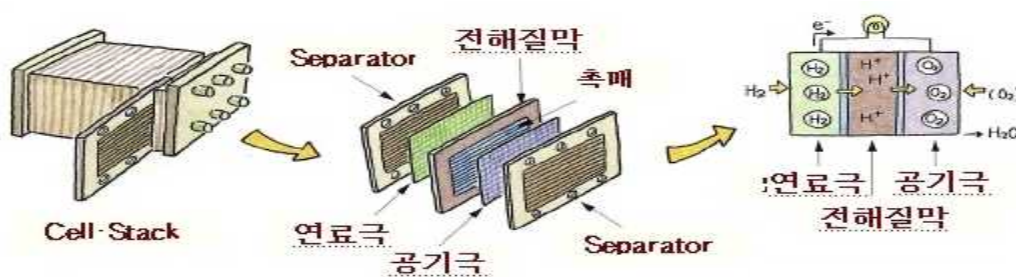
- 수소연료전지는 전기에너지를 생성하는 발전장치인 동시에 부산물로서 열과 물을 배출함
- 배출되는 열을 그대로 폐기하지 않고 재활용하여 전체적인 에너지 효율을 높이는 방안이 활발히 연구되고 있으며, 이는 수소연료전지의 전체 에너지효율을 올리는데 중요한 요소임. 한편 발생되는 물을 효율적으로 처리하는 기술도 현재 개발 중임
- 결과적으로 물을 배출하기 때문에 대기오염 문제가 전혀 없으며, 이러한 특성으로 인해 친환경 발전 및 동력장치로서 각광을 받고 있음

- 수소연료전지시스템은 소재부품 → 셀(cell) → 스택(stack) → 시스템으로 구성

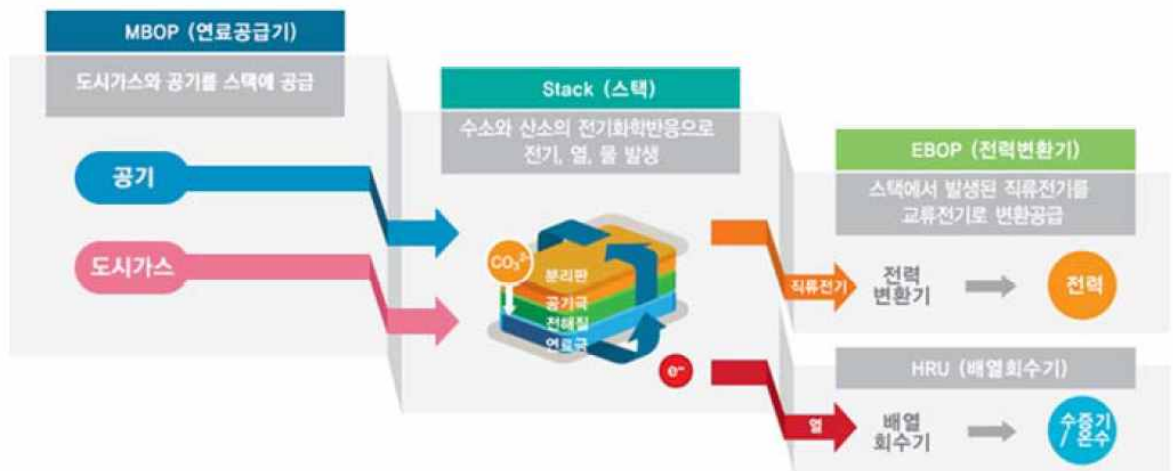
- 수소연료전지는 연료극, 공기극, 전해질막, 촉매, 분리판 등으로 구성된 셀(cell)을 기본단위로 하며, 셀들이 집적된 것이 스택(stack)임. 수소연료전지시스템은 스택을 비롯하여 MBOP, Stack, EBOP로 구성됨
- 스택은 연료전지 발전에서 가솔린 발전의 엔진과 같은 핵심 파트로서, 다수의 단위 전지(Cell or MEA)를 직렬로 적층하여 구성되며 발생하는 전류는 셀의 면적에 비례하고 전압은 셀의 적층 수에 비례

※ MEA는 Membrane Electrode Assembly로서 전해질막과 양극 및 음극으로 구성됨

- MBOP(Mechanical Balance of Plant)는 연료 공급기로서 수소와 공기 중의 산소를 Stack에 공급하는 역할을 하며, 필터, 탈황기, 가습기, Pre-Converter, 내부개질기 등으로 구성
- EBOP(Electrical BOP)는 전력변환기로서 Stack에서 발생된 직류전기를 교류전기로 변환해서 수요처에 전기를 공급하는 역할



(그림 3) 수소연료전지 스택의 구성

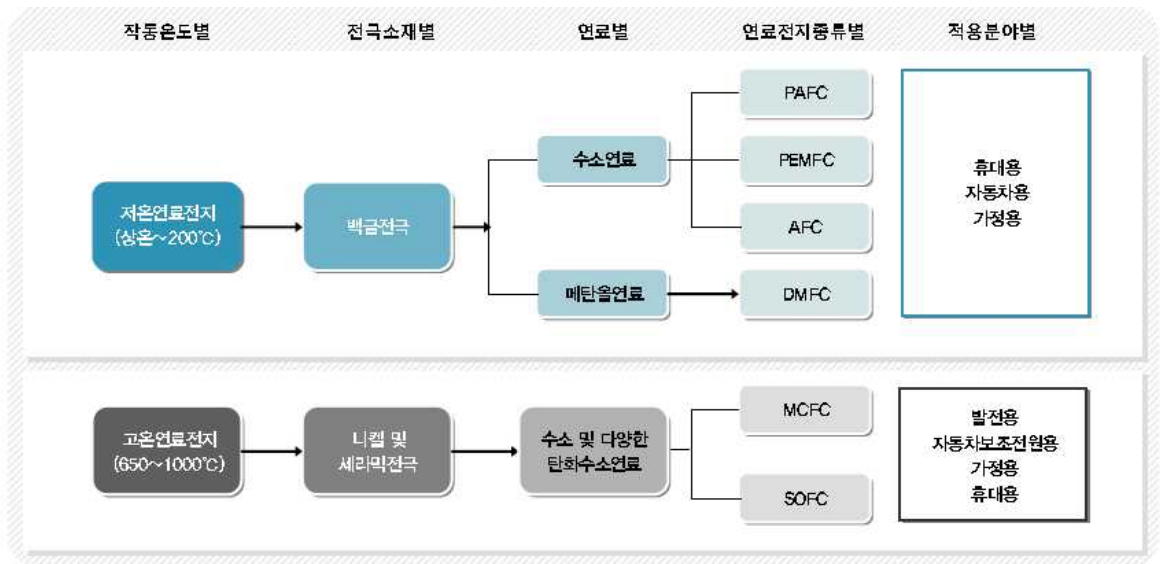


[그림 4] 연료전지시스템 구성

출처: 지목현(2014)

2. 연료전지의 종류

- 연료전지의 종류는 작동온도와 전해질 종류로 구분함
 - 연료전지가 작동하기 위해서 필요한 온도에 따라 상온연료전지(상온~200℃)와 고온연료전지(650~1000℃)로 구분함
 - 한편 연료전지는 전해질의 종류에 따라 다양한 구분이 있음. 대표적으로 고분자전해질연료전지, 용융탄산염연료전지, 고체형연료전지 등이 있음
 - 한편, 개발단계에 따른 세대구분에 따르면, 1세대 연료전지는 고분자 전해질을 사용하는 PEMFC(Proton Exchange Membrane Fuel Cell), 2세대는 반고체 전해질을 사용하는 MCFC(Molten Carbonate Fuel Cell), 3세대는 고체 전해질을 사용하는 SOFC(Solid Oxide Fuel Cell)로 구분
- 작동온도에 따라 저온연료전지와 고온연료전지는 그 활용분야가 정해져 있는데, 이는 작동을 위한 예열 시간 및 예열에 투입되는 장치구비 필요에 따른 것임
 - 대표적인 저온연료전지인 고분자전해질 연료전지는 80℃에서 작동하며, 비교적 상온에서 작동하기 때문에 예열이 간단하고 짧기 때문에 주로 휴대용, 자동차용, 가정용 등에 사용됨
 - 대표적인 고온연료전지인 용융탄산염 연료전지는 650℃에서 작동하며, 발전용 등으로 사용됨



(그림 5) 작동 온도에 따른 연료전지의 분류 방식

출처: 지목현(2014)

- 연료전지에 쓰이는 전해질 종류에 따라서 알칼리, 인산염, 용융탄산염, 고체산화물, 고분자전해질, 직접메탄올 등으로 구분함
 - 이중 용융탄산염 연료전지(MCFC)는 동작온도가 높아 고온에서 전해질 휘발에 따른 수명 단축 문제를 해결할 필요가 있음
 - 고체산화물 연료전지(SOFC)는 고온 동작에 따른 초기 시동시간 단축 및 on-off에 따른 열사이클 충격에 대한 세라믹 소재의 파손 문제를 개선해야 함
 - 고분자전해질 연료전지(PEMFC)는 기술적으로 안정적이나 백금촉매를 사용하기 때문에 발전용과 같은 대형시스템 구성시 비용 상승 부담이 큼

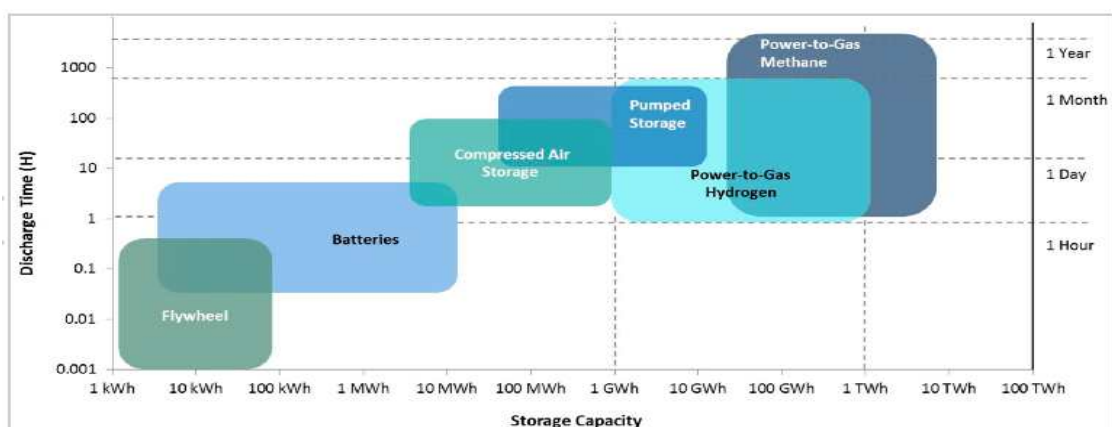
구분	알칼리 (AFC)	인산염 (PAFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체산화물형 (SOFC)	고분자전해질형 (PEMFC)	직접메탄올 (DMFC)
전해질	알칼리	인산염	탄산염	세라믹	이온교환막	이온교환막
동작온도(°C)	120 이하	250 이하	700 이하	1,200 이하	100 이하	100 이하
효율(%)	85	70	80	85	75	40
용도	우주발사제 전원	중형건물 (200kW)	중·대형건물 (100kW~MW)	소·중·대용량발전 (1kW~MW)	가정·산업용 (1~10kW)	소형이동 (1kW 이하)
특징	-	CO 내구성 높음 열병합 대응 가능	발전 효율 높음 내부개질 가능 열병합 대응 가능	반전효율 높음 내부개질 가능 복합발전 가능	저온작동 고출력밀도	저온작동 고출력밀도

(그림 6) 전해질 종류에 따른 연료전지 분류

출처: 지목현(2014)

3. 수소연료전지의 특성과 장단점

- 수소연료전지의 특성과 장단점은 비교 대상에 따라 상이한 측면을 갖고 있는데, 이는 에너지저장매체로서 수소와 이차전지의 차이, 발전용 장치로서 연료전지발전과 타 발전 방식, 그리고 수송용 엔진으로서 연료전지엔진과 타 엔진 등 측면을 포함
 - [에너지저장매체] 대표적으로 활용되는 것이 수소와 이차전지가 있음
 - [발전용 장치] 연료전지발전과 타 연료 발전이 있음
 - [수송용 장치] 연료전지차와 배터리전기차가 주로 비교되고 있음
- [에너지저장매체]로서 수소는 이차전지보다 저장 용량 및 방전시간에서 우월한 것으로 알려져 있음
 - 수소는 저장용량이 1GWh~1TWh로 이차전지의 1KWh~10MWh보다 훨씬 큰 저장능력을 가지고 있음
 - 수소는 방전시간이 1시간~1개월 정도로, 이차전지의 0.1~10시간보다 훨씬 오랜 기간을 저장할 수 있음
 - 따라서 대용량으로 장시간 에너지를 저장하는 매체로서 수소는 이차전지보다 기술적으로 우월하다고 할 수 있음



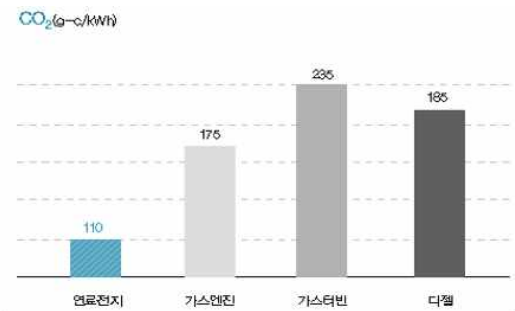
[그림 7] 이용 가능한 저장기술 비교

출처: school of engineering, RMIT University(2015), 위키미디어커먼스에서 재인용
(<https://commons.wikimedia.org>)

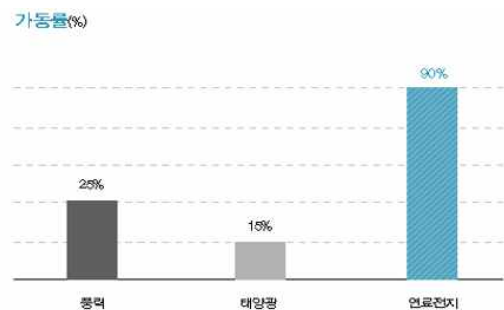
- [발전용 장치]로서 수소연료전지는 타 발전 방식보다 우월한 것으로 알려져 있음
 - 수소는 대표적인 기존 발전방식인 디젤 발전에 비해 NOx, CO2배출이 현저하게 작은 것으로 알려져 있음
 - 한편 연료전지발전의 가동율은 평균 90%로, 15~30%대 가동율을 보이는 태양광, 풍력 등 신재생에너지를 이용한 발전보다 가동율이 훨씬 높음
 - 연료전지의 설치 면적도 태양광이나 풍력에 비해 적은 것으로 알려져 있음



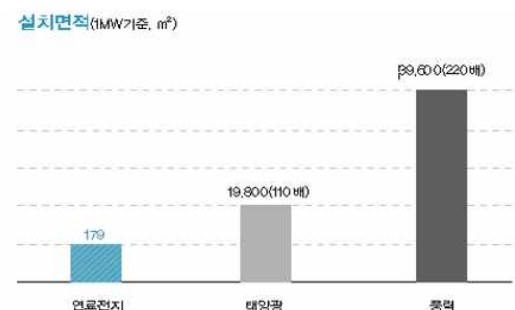
[그림 8] 연료전지 vs.기존발전 NOx배출량



[그림 9] 연료전지 vs.기존발전 CO2배출량



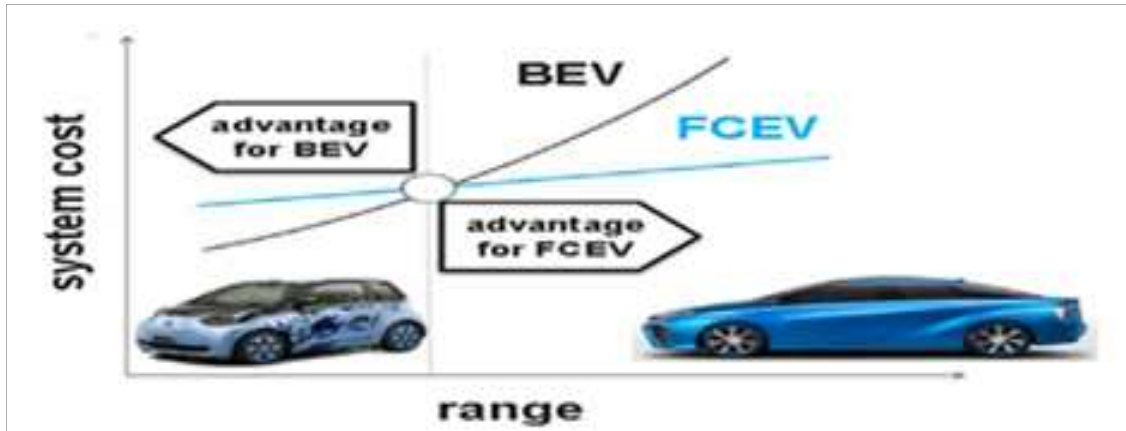
[그림 10] 연료전지 vs.기존발전 연평균 가동율



[그림 11] 연료전지 vs.기존발전 설치면적

출처: 지목현(2014)

- [수송용 장치]로서 연료전기차는 주행거리가 길수록 배터리전기차에 비해 효율적인 것으로 알려져 있는데, 이는 1회충전에 따른 주행거리, 충전에 드는 시간 등으로 나타남
 - 1회 충전으로 수소연료전기차는 600km를 주행할 수 있는 반면, 배터리전기차는 최대 300km로 나타남
 - 충전시간도 연료전지전기차는 5분, 배터리전기차는 최소 30분이 소요됨



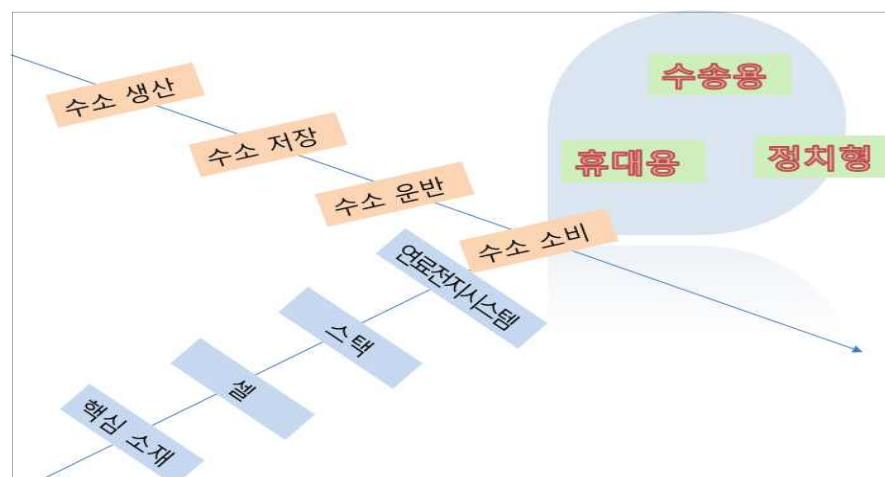
〔그림 12〕 배터리 전기차와 연료전지 전기차의 주행거리 및 시스템비용 비교
출처: Herbert(2018)

03

수소연료전지 응용산업 발전 방향

1. 수소연료전지의 산업 생태계 구성

- 수소연료전지의 산업생태계는 수소에너지 생태계와 연료전지산업 생태계를 구분해야 함
 - [수소에너지산업 생태계]는 수소의 생산, 저장, 운반, 소비 과정에 관련된 산업으로서 연료전지에 투입되는 수소 연료에 관한 것임
 - [연료전지산업 생태계]는 연료전지를 제조하는데 필요한 소재, 셀, 스택, 시스템 등의 제조과정에 관한 것과 연료전지가 타 산업의 발전장치나 구동장치로 사용되는 것을 포함
 - 수소에너지산업 생태계와 연료전지산업 생태계는 밀접한 연관이 있으나 엄연히 구분되는 것으로 상호 독자적인 생태계가 있음. 연료전지는 수소의 사용분야 중 일부이며, 연료전지의 시각에서 보면 수소는 투입연료임



(그림 13) 수소에너지산업과 연료전지산업 및 그 응용산업 도해

- 연료전지산업 생태계는 연료전지시스템을 기준으로 그 전 공정을 후방산업, 그 후 공정을 전방산업으로 구분할 수 있음
 - 후방산업은 소재부품 → 셀 → 스택 → 시스템에 이르는 제조과정에 관련된 산업군을 가리키는 것으로,
 - 후방산업은 연료전지시스템이 투입물로 사용되는 산업분야를 가리키는 것으로 이 산업의 입장에서 보면 연료전지시스템은 부품에 해당함

- 연료전지산업의 응용분야는 라고 하는 것은 바로 연료전지시스템이 부품으로 들어가는 산업들을 가리키는 것으로 크게 휴대용 분야, 수송용 분야, 발전용 또는 정지형(stationery) 분야로 구분됨
 - 휴대용은 주로 휴대폰, 노트북 등 전자기기의 전력을 공급(충전)하는 용도를 의미하며, 이차전지와 경쟁관계를 형성하고 있음. 휴대용 분야 중 수소연료전지가 주로 쓰이는 곳은 군사용에서 가장 두드러짐
 - 수송용은 차량, 열차, 선박, 항공기, 우주선 등 움직이는 모든 것의 동력장치로 사용되는 것을 말함. 용량이 작은 소형차의 경우 연료전지는 이차전지와 경쟁구도를 이루고 있으며, 출력이 커질수록 연료전지가 유리한 상황임
 - 발전용 또는 정지형은 주로 위치가 고정되어 있는 응용분야를 말하며, 대표적인 것은 발전, 비상발전, 보일러 등임. 이 분야에서는 이차전지 이외에도 전통 발전 방식인 디젤, 가스 등과 경쟁구도를 형성하고 있음

- 연료전지산업의 응용분야는 연료전지산업의 수요부문으로, 연료전지산업이나 수소에너지산업 자체에 비해 큰 시장규모를 갖고 있음
 - 연료전지를 필요로 하는 응용분야는 연료전지의 수요부문인데, 가령 차량의 경우 이차전지시스템은 구동장치 부품(또는 모듈)으로 인식되고 있음
 - 자동차산업, 선박산업, 항공기산업, 발전 산업 등은 연료전지산업보다 산업 규모가 크며, 자체의 작동 논리를 갖고 있으므로 이들 응용분야의 수요 증대는 연료전지산업 생태계에 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨

2. 연료전지의 응용산업 분야

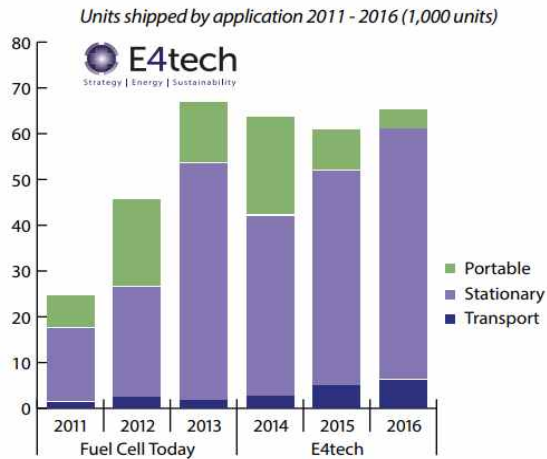
● 연료전지 응용 분야 중 중요한 분야는 휴대용, 수송용, 발전용임

- 휴대용 분야는 휴대용 전자기기에 전원을 공급하는 장치로 사용되는 것을 말하며, 주로 휴대폰, 노트북 등 전자기기의 보조전원장치로 사용됨
- 수송용 분야는 수송장치의 동력장치로서 연료전지가 사용되는 것을 의미하며, 차량, 열차, 선박, 항공기 등 분야가 광범함
- 발전용 분야는 발전소, 비상전원공급장치, 보일러 등에 발전용으로 사용되는 것을 말함

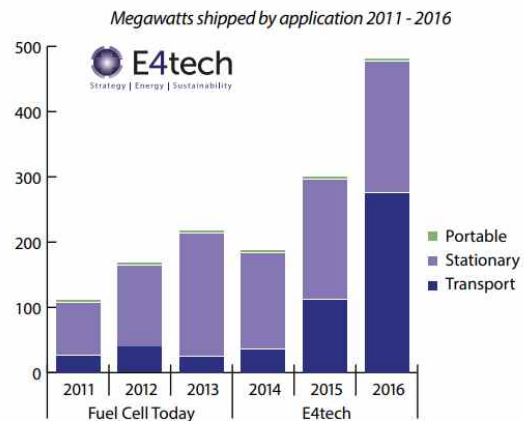
구분	휴대용	수송용	발전용
주요 분야	휴대폰, 노트북 등 전자기기	차량, 열차, 선박, 항공기	발전소, 비상전원공급장치, 보일러
시장규모	중간	큼	큼
경쟁제품	이차전지	이차전지, 디젤	디젤, 천연가스

〔표 1〕 연료전지산업 응용분야 구분

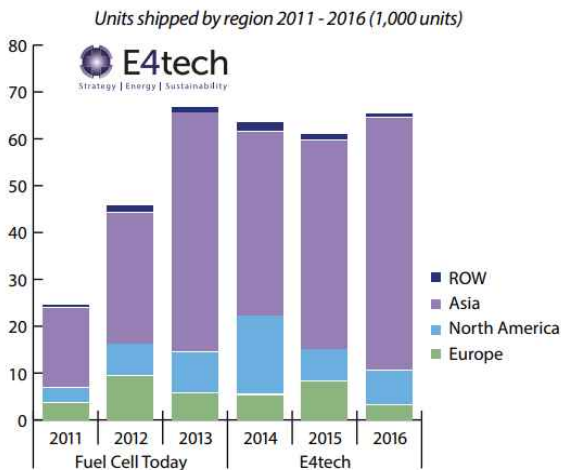
- 최근 발전 추세를 보면, 수송용 분야가 급속도로 성장하고 있으며, 휴대용은 축소되고 있고, 발전용은 완만하게 성장하고 있음
 - 2010년대 전반기까지 발전용과 휴대용이 대부분을 차지하고 있었으나, 2015년 이후에는 수송용 시장이 급속도로 성장하고 있음
 - 발전용은 2010년대 전반기에 가장 큰 비중을 차지하고 있었으나, 2015년 이후에는 비록 절대 규모는 증가하고 있으나 상대적 비중은 축소되고 있음
- 세계 지역으로 보면, 전통적으로 북미지역이 가장 큰 시장이었으나, 최근 아시아 지역이 성장하여 가장 큰 시장을 형성하고 있음
 - 북미지역은 연료전지를 제조하는 가장 큰 공급지이자 소비지였으나, 최근 공급자 지위를 아시아에 내주었음
 - 그럼에도 불구하고 소비지로서 북미지역은 여전히 가장 큰 영향력을 확보하고 있는데, 아시아가 공급과 수요에서 급성장하고 있음



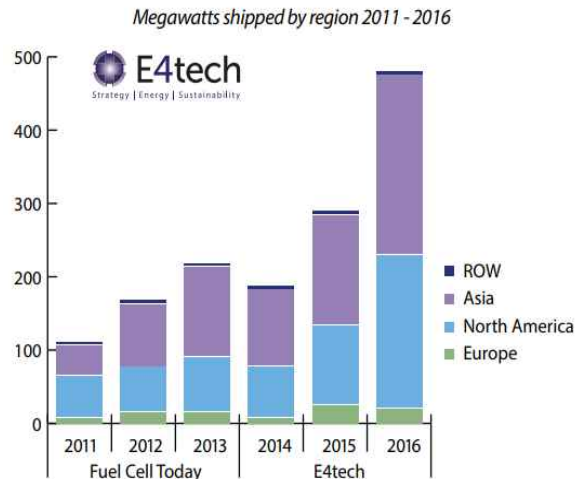
[그림 14] 응용분야별 선적량(2011-2016)



[그림 15] 응용분야별 용량(2011-2016)



[그림 16] 대륙별 선적량(2011-2016)



[그림 17] 대륙별 용량(2011-2016)

3. 충남의 수소연료전지 산업 여건

- 충남의 연료전지산업 여건은 수소에너지산업과 연료전지산업을 포함해서 검토해야 함
 - 연료전지산업이 현재 초기단계로서 그 연료인 수소를 생산하는 수소에너지산업의 상황이 큰 영향력을 미침. 특히 수소에너지 생산이 지역적으로 편중되어 있는 상황이기 때문에 이 요인은 초기에 더욱 중요
 - 현재 연료전지 제조 관련 기술이 보편화된 것은 아니기 때문에 지역적으로 편중되어 있으며, 이는 지역의 연료전지산업 육성 관련 매우 중요한 요인으로 작용

□ 충남 수소에너지산업 여건

- 우리나라에서 수소를 생산하는 방식은 크게 개질, 부생수소, 수전해 등이 있음
 - [개질] 메탄이나 천연가스 등으로부터 수소를 추출하는 방식임
 - [부생] 기존 석유화학이나 제철 공정의 특성상 생성되는 것으로 말함
 - [수전해] 물을 전기분해하여 수소와 산소를 생산하는 방식

 - 부생 수소의 생산은 그 특성상 특정지역에 집중되어 있음
 - 부생수소는 대부분 석유화학이나 제철 공정에서 발생하는 것인데, 전국적으로 울산, 여수, 서산당진에 집중되어 있음
 - 서산, 당진은 전국에서 부생수소 생산량이 3위를 기록하고 있음
 - 부생수소는 대부분 자체 소비하며(90%), 일부만이 가스제조사에 판매(10%)
- ※ 제철소 부생수소는 저(低)순도로 주로 제철공정에서 활용

구 분	합계	울산	당진,대산	여수	기타
생산량(천㎥/hr)*	2,443	1,198	269	841	135
만톤/년*	192	94	21	66	11

〔표 2〕 국내 부생수소 총생산량(신소재 경제신문, 2018)

* 24시간/일, 년 365일 가동 기준 적용

지 역	업체명	생산능력(㎥/hr)	만톤/년*
전 국		311,400	24.5
울산	덕양, SPG케미칼, SDG	127,800	10.1
대산	덕양, SPG케미칼, 린데, 창신화학	27,200	2.1
당진	SPG케미칼	1,500	0.1
여수	덕양, SPG케미칼, 에어리퀴드	143,500	11.3
군산	덕양	5,000	0.4
안산	SPG케미칼	2,000	0.16
기흥	린데	1,200	0.09
파주	대성산업가스	2,000	0.16
포항	린데	1,200	0.09

〔표 3〕 전국 주요 지역 수소생산량

* 24시간/일, 년 365일 가동 기준 적용

출처: 충남수소산업 현황(2018)

● 도내 수소를 생산유통하는 업체는 4곳으로 주로 대산, 당진에 입지하고 있음

– 대산에 3곳, 당진에 1곳임

연번	업체명	주 소	생산능력 (㎥/h)
	계		28,700
1	(주)덕양(서산공장)	서산시 대산읍 독곶1로 41	12,000
2	(주)SPG케미칼(대산공장)	서산시 대산읍 독곶2로 88	10,000
3	(주)SPG케미칼(당진공장)	당진시 송산면 막부리길 201-18	1,500
4	창신화학(대산공장)	서산시 대산읍 독곶1로 52-3	5,200

〔표 4〕 도내 주요 수소가스 생산·유통업체

출처: 충남수소산업현황(2018)

● 충남 석유화학단지 및 제철소에서 부생수소가 생산되는 것은 수소에너지산업 및 연료전지산

업 발전의 초기단계에서 매우 중요한 선발우위로 작용함

– 전국에서 충남의 대산, 당진은 3대 부생수소 공급기지로서 위상을 가지고 있음. 특히 수도권에 인접한 지역으로서 전국적으로 매우 중요한 생산기지임

– 수소 생산이 보편화되지 않았으며 수소원가가 비싼 현 상황에서 부생수소공급기지로서 충남의 지위는 연료전지산업 발전의 유리한 여건을 조성하고 있음

□ 충남의 연료전지 응용산업 여건

- 충남은 에너지매체(energy carrier)인 이차전지, 연료전지의 기반을 모두 갖추고 있어서 미래 신성장동력 확보에 유리한 조건을 보유하고 있음
 - 이차전지는 LG화학, 삼성SDI, SK이노베이션, 코캠 등 주요 이차전지제조업체 중 3곳이 충남에 소재하고 있으며, 2015년 출하량 기준 전국의 절반을 넘고 있음(홍원표, 2016)
 - 연료전지는 현대제철(구 현대하이스코) 등 현대자동차 연료전기차 개발에 참여한 업체가 다수 포진하고 있음
 - 이차전지, 연료전지는 상호보완성을 갖고 미래 에너지산업의 중요한 매체로서 그 역할과 지위가 높아질 것으로 예상됨
- 휴대용, 수송용, 발전용 등 연료전지의 응용 분야 중 현재 충남은 수송용 분야와 발전용 분야에서 모두 강점을 갖고 있으나 그 구체적 함의는 상이함
 - 수송용 분야는 충남이 전통 자동차부품산업이 전국 3위 비중을 차지하고 있으며, 최근 수소연료전지자동차 부품실용화 기반사업 조성 사업을 추진하는 등 일정한 선발우위를 갖고 있음.
 - ※ 최근 충남은 국가균형발전위원회로부터 수소에너지를 중심으로 하는 국가혁신클러스터로 지정받을 것으로 보도됨
 - 발전용은 충남에 화력발전소가 다수 입지하여 발전용 연료전지의 잠재수요가 많다는 것을 의미하는데, 공급 측면보다는 수요 측면에서 강점이 있다고 판단됨

연번	업체명	주소	비고
1	파워셀코리아(주)	보령시 신설6길 22	수냉식 PEMFC
2	(주)호라이즌퓨얼셀코리아		공랭식 PEMFC
3	(주)케이세라셀	금산군 복수면 용진리 257-12	SOFC
4	SAC(주)	아산시 인주면 인주산단로 123-81	MgH2
5	보림(주)	천안시 서북구 성환읍 연암로 333-24	MCFC

[표 5] 도내 연료전지기업 현황

출처: 충남수소산업현황(2018)

- [차량용 연료전지] 현재 승용차와 버스를 중심으로 시장이 형성되고 있으며, 현대자동차와 그 협력업체가 주도하고 있음
 - 현대자동차는 2014년부터 수소연료전기차 SUV(투싼, 넥소 등)를 상용화했으며, 국내 판매대수가 아직 연 간 천대 규모를 넘지 못하고 있음
 - 현대차의 수소연료전기차는 울산공장에서 양산할 것으로 알려져 있으며, 수소버스는 전주공장에서 생산될 것으로 예상됨
 - ※ 최근 연료전지시스템을 현대모비스가 충주 공장에서 핵심부품을 생산 및 조립할 것으로 알려져 있음
 - 충남은 연료전지차 개발에 현대제철 등 20여개 업체가 참여했으나, 연료전지차 가치사슬 상 충남의 지위가 두드러지지 않고 있음

- [선박용 연료전지] 우리나라에서 선박용 연료전지는 아직 상용화단계에 이르지 못한 것으로 평가됨
 - 선박용 연료전지 개발 및 실증사업이 지난 몇 년간 수행되었으나, 실제 연료전지를 탑재한 선박이 현장에 투입된 바는 없음. 그럼에도 불구하고 해상 오염물질 배출 및 CO2 배출 기준이 갈수록 엄격해지고 있어서 친환경선박의 수요가 증가할 것으로 예상
 - 제3차전국항만기본계획수정계획(2016-2020)에 남 평택·당진항에 선박수리단지를 건립하는 계획이 올라가 있음. 이 계획은 충남에 조선 관련 유일한 국가계획임
 - ※ 조선업은 크게 신조, 수리, 개조 등 분야가 있으며, 평택·당진항의 선박수리는 수리 분야의 계획임
 - 당진시의 수리조선을 노후선박의 엔진교체 수요와 연결하여 선박개조로 특화하면 연료전지를 매개로 조선업에 진출할 수 있는 길이 확보됨

- [항공용 연료전지] 항공기에 연료전지를 탑재하는 노력은 시도되고 있으나, 국가 차원보다는 기업차원에서 수행되고 있으며, 현재 드론에 연료전지를 탑재하는 움직임이 활발하게 벌어지고 있음
 - 충남에는 태안, 서산 등지에 항공레저를 즐길 수 있는 기반이 구축되어 있음. 특히 한서대를 중심으로 항공레저 전문 인력을 배출하고 있음
 - 레저용 항공기, 경비행기 제조 등 산업이 서산, 천안에 입지하고 있는 바, 이를 기반으로 항공기에 연료전지를 장착하여 비행하는 것이 가능성 있음
 - 한편, 배터리 드론의 체공시간 제약(20분 정도)을 극복하는 방편으로 연료전지 드론을 개발하는 움직임이 있으므로 드론 산업에서 연료전지 수요가 증가할 것으로 예상

4. 충남 수소연료전지 응용산업의 발전 방향

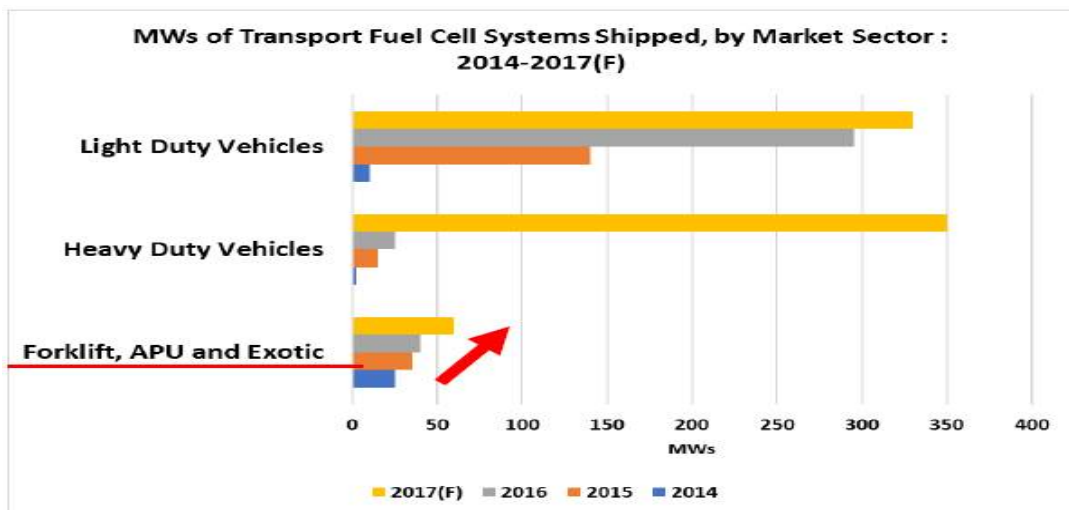
- 충남은 수송용 분야를 중심으로 연료전지 발전 산업 방향을 설정하는 것이 타당
 - 수송용 분야는 발전용이나 휴대용에 비해 성장성이 뛰어난 분야이며, 전력 그리드와 연결되지 않은 작동 환경이므로 연료전지의 우위성이 가장 두드러지는 분야임
 - 또한 수송용 분야는 산업의 규모가 매우 크기 때문에 연료전지의 성장성도 뛰어난 분야임. 자동차산업이나 조선, 항공 분야는 전력산업과 비교해서 훨씬 큰 규모를 자랑함
 - 충남은 차량용 연료전지의 기반이 일정정도 구비되어 있으며, 조선, 항공 등 산업 기반은 부족하나, 연결 고리가 일정하게 확보되어 있음. 즉 선박수리단지나 항공레저 기반 등은 충남의 연료전지산업이 조선, 항공으로 확장되는데 디딤돌 역할을 할 수 있음
- 수송용 분야도 다양한 세그먼트가 있으므로 이에 대한 준비가 필요
 - 차량, 열차, 선박, 항공기 등 다양한 분야가 있음. 상용화 정도를 따라서 보면, 차량용이 가장 앞서 있으며, 열차, 선박, 항공은 연구개발 단계 내지 실증 단계에 와 있는 것으로 파악됨
 - 차량 세그먼트에서도 경차량(Light Duty Vehicle), 중차량(Heavy Duty Vehicle), 특수차량(Special Purpose Vehicle) 등으로 구분됨
 - 차량 대수에서는 경차량(승용차 포함)이 가장 많은 비중을 차지하나, 트럭, 버스 등 중차량이 출력량에서는 상대적으로 많은 비중을 차지할 것으로 보임
- 충남은 선박용 연료전지 개발을 선도적으로 준비해야 하며, 이를 미래 성장 동력으로 전략적 육성을 추진해야 함
 - 충남에는 석유화학, 제철이 입지하여 선박수리단지 조성을 위한 양호한 여건을 가지고 있으며, 특히 수도권에 인접한 선박수리단지로 급부상할 가능성이 큼
 - 선박용 연료전지 개발을 통해 선박수리 수요뿐 아니라 선박개조 수요를 적극적으로 받아 안아야 선박수리업을 고부가가치산업으로 발전시킬 가능성이 있음
 - 이를 통해 충남은 선박의 동력장치산업에 진출하여 차량용 연료전지산업과의 시너지 창출 및 신성장산업 육성으로 나아가야 함

- 충남의 항공기용 연료전지 개발은 드론부터 시작하여 경비행기를 거쳐 중대형 비행기로 그 적용범위를 확장해 나가야 함
 - 현재 항공분야에서 연료전지 시장은 드론을 중심으로 형성되고 있음. 이차전지를 탑재한 드론의 체공시간이 20분가량으로 이러한 체공시간으로는 상업적 가치가 낮기 때문에 대안을 찾아야 하는 상황임
 - 연료전지를 동력원으로 탑재한 드론은 1시간 이상 체공시간을 확보할 수 있으므로 드론의 상용화에 크게 기여하고 시장에서 이차전지와 경쟁할 수 있을 것으로 예상
 - 향후 경비행기, 소형비행기에 연료전지를 동력장치로 탑재하는 것은 다양한 실증사업을 거쳐서 중장기적으로 상용화에 이를 것으로 예상되며, 이에 대한 단계적이고 체계적인 준비가 필요함

04 수소연료전지 지게차 산업 여건

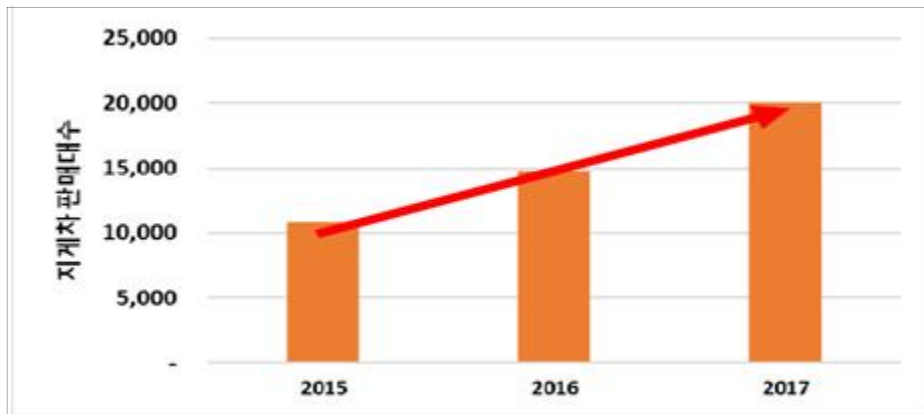
1. 전 세계 연료전지지게차 시장 동향

- 연료전지지게차 시장은 충전 대신 주유를 하는 편리성으로 인해 판매가 계속 확대되고 있음
 - 95% 이상의 시장점유율을 갖고 있는 미국의 플러그파워(Plug Power)사가 공급을 주도하고 있으며, 2017년에 아마존과 월마트와의 파트너십을 체결하여 최대 6억 달러 규모의 판매계약을 확보함
 - 전 세계 연료전지지게차 판매량은 연평균 23% 증가 추세



[그림 18] 시장 구분에 따른 선적된 연료전지 용량(2014-2017)

출처: 4thenergywave(2017)



[그림 19] 연료전지지게차 판매대수(2015-2017)

출처: (주)프로파워 제공

- 배터리지게차와 비교하여 연료전지지게차의 경제성은 저렴한 소유 비용으로 나타남
 - 처리량이 많은 창고에서 연료전지지게차는 배터리지게차 대비 10% 낮은 소유비용을 가져오는 것으로 보고되고 있음(미국 NLRE)
 - 이외에 짧은 급유 노동 시간, 공간절약성 등이 두드러짐. 급유시간은 6-8분으로 배터리지게차의 30-45분 보다 현저히 짧음

Green Text = Advantage	10kW Class I Forklift		3kW Class III Pallet Jack	
	Fuel-Cell Powered	Battery-Powered	Fuel-Cell Powered	Battery-Powered
Annual Cost of Ownership Per Lift (Total)	\$17,800	\$19,700	\$11,700	\$12,400
Fuel Cell / Battery System Maintenance	\$2,200	\$3,600	\$500	\$400
Facilities Space for Refueling / Recharging Infrastructure	\$500	\$1,900	\$500	\$1,900
Cost of Fuel / Electricity	\$2,400	\$500	\$1,400	\$400
Labor Cost of Refueling / Recharging	\$800	\$4,400	\$500	\$3,200
Annual Cost of Infrastructure Capital & Maintenance	\$3,700	\$1,400	\$3,700	\$1,300
Annual Cost of Fuel Cell / Battery Systems	\$2,600 (\$3,700 w/o tax credit)	\$2,300	\$1,300 (\$1,800 w/o tax credit)	\$1,300
Annual Cost of Lift Truck Capital & Maintenance	\$5,600	\$5,600	\$3,900	\$3,900
Operational Characteristics				
Time for Refueling / Changing Batteries	6-8 min/day	30-45 min/day	3-5 min/day	25-35 min/day
Number of Fuel Cell / Battery Systems for Multiple Shift Operations	1	2-3	1	2-3
Total Fuel Cycle Energy Use (total energy consumed/kWh delivered to the wheels)	~12,000 Btu/kWh	>14,000 Btu/kWh	~12,000 Btu/kWh	>14,000 Btu/kWh
Fuel Cycle Greenhouse Gas Emissions (g CO ₂ equivalent)	800 g/kWh	1,200 g/kWh	800 g/kWh	1,200 g/kWh
Estimated Product Life	8-10 years	4-5 years	8-10 years	4-5 years
No Harmful Air Emissions at Point of Use	✓	✓	✓	✓
Quiet Operation	✓	✓	✓	✓
Wide Ambient Operating Temperature Range	✓	✓	✓	✓
Constant Power Available Over Shift	✓	✓	✓	✓

[그림 20] 연료전지지게차와 배터리지게차의 연간소유비용 비교

출처: DOE Energy Efficiency and Renewable Energy(2014)

- 연료전지지게차의 글로벌 공급사슬은 현재 소수의 기업들이 관여하고 있는 상황임
 - 스택제조는 Ballard와 Nuvera가 주도하고 있음
 - Hydrogenics, Proton Motor, Julich 등은 스택과 시스템을 모두 만들고 있으며, 시스템제조사로는 Plug Power, H2Logic 등이 있음
 - 지게차 차체를 생산하는 기업은 TOYOTA, RAYMOND, STILL, LiftOne 등이 있음



〔그림 21〕 연료전지지게차 글로벌 공급망

출처: (주)프로파워 제공

2. 지게차 개발 및 보급 관련 국내외 사례

- 전세계에서 미국은 연료전지지게차 최대 시장을 형성하고 있음
 - 2008년 플러그파워(Plug Power)사가 220대 연료전지지게차를 식료품유통기업 센트럴그로서스(Central Grocers)에 판매 개시
 - 2009-2014년 기간 총 5,867대가 판매되었으며, 2014년에만 1,490대가 판매. 2015년에는 8000대가 보급

- 미국 아마존은 이미 연료전지지게차를 본격 투입 사용 중임
 - 2016년 3분기부터 물류창고에 연료전지지게차 도입
 - 2017년 4월 연료전지업체 플러그파워 지분 23% 인수, 2017년 모든 물류센터에 지게차 배치
 - 연료전지지게차의 친환경성 및 배터리 수명 연장으로 비용절감 기대
- 아마존의 라이벌인 월마트도 연료전지 지게차 수요를 확대하고 있음
 - 2017년 플러그파워사의 지게차와 창고용 차량을 10개의 물류창고에 배치하고 8천만 달러 투자하기로 발표
 - 월마트는 2017년 기준 이미 플러그파워사의 제품 약 5천대를 22개 창고에서 사용 중이며, 이는 2016년 플러그파워사 매출의 34% 차지
 - 연료전지지게차의 친환경성 및 배터리 수명 연장으로 비용절감 기대(출처: The Wall Street Journal, 2017.7.25.)
- 일본은 토요타를 중심으로 연료전지지게차 보급에 박차
 - 2016년 연료전지지게차 개발 완료
 - 2017년 1월 아이치현 소재 모토마치 공장에 연료전지지게차 2대 도입. 2018년까지 20대 추가 도입, 2020년까지 170-180대 도입 목표

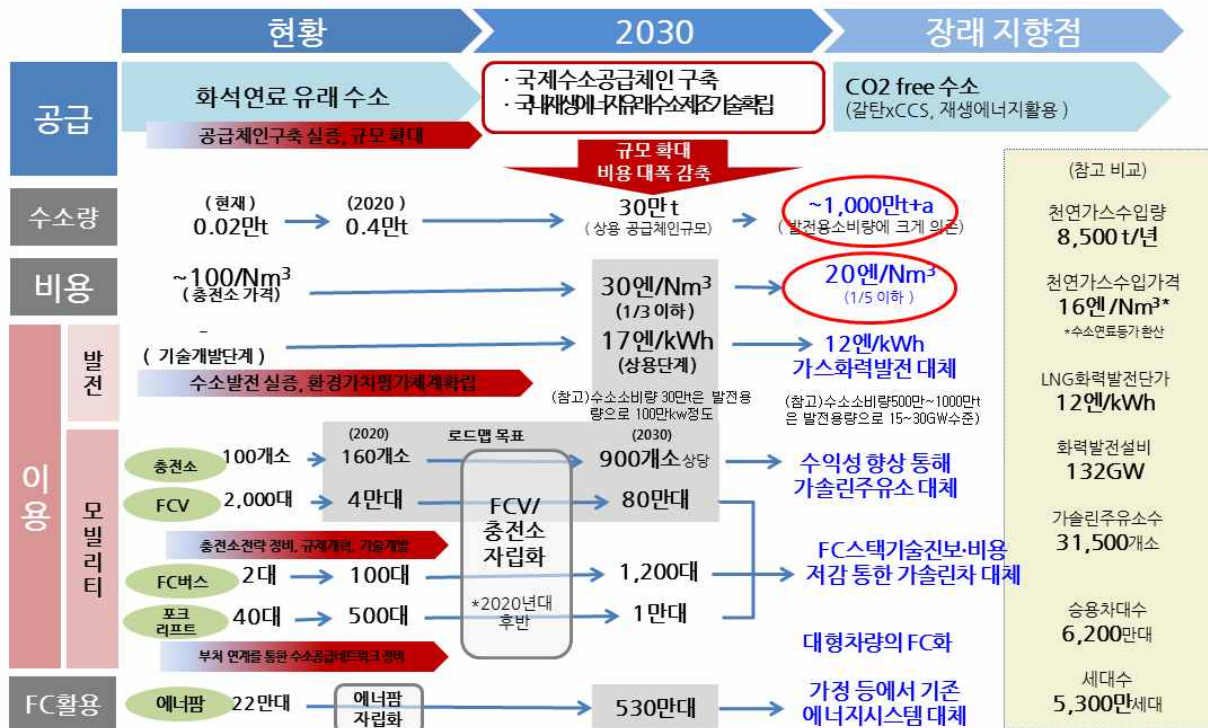


〔그림 22〕 아마존 물류창고 연료전지지게차



〔그림 23〕도요타 공장 연료전지지게차

- 일본은 정부차원에서 연료전지지게차를 승용차, 버스와 동등한 수준으로 전략적 의의를 부여하면서 육성정책을 펴고 있음
 - 〈일본수소기본전략〉(2017.12.26.)은 포크리프트를 수소 이용의 독립 분야로서 충전소, 차량, 버스와 함께 열거함
 - 연료전지지게차를 2017년 기준 40대에서 2020년 500대, 2030년에는 1만대로 보급할 계획



〔그림 24〕 일본수소기본전략(2017.12.26)

출처: 홍원표·강수현(2018) 재인용

- 유럽은 연료전지지게차 도입이 미국에 비해 늦은 상황으로 현재 프랑스가 연료전지지게차 보급에 앞장서고 있음
 - HyLift Demo 프로젝트(2012-2013) 기간 덴마크, 독일, 벨기에에 10대의 연료전지지게차가 투입된 것이 시초임
 - 유럽은 FCH JU 프로젝트에서 연료전지지게차 실증사업을 추진하고 있음. 주요 사이트는 프랑스에 집중되어 있음. 36대가 신규로 프랑스 오를레앙에 인접한 FM 물류창고에 배치되어 기존 10대를 포함 총 48대가 배치되고 있음

3. 국내 연료전지 지게차 개발 현황

- 국내에는 연료전지지게차가 실증 및 표준, 인증 등 제도적 기반을 형성하고 있는 단계로서 아직 본격적인 상용화가 이루어지지 않고 있음

- 국내시장은 아직 실증사업이 완료되지 않은 상황임
- 또한 상용화를 위한 표준, 인증 규정이 완비되지 않은 상황임

- 최근 일련의 실증사업이 수행되어 기술적 검증이 완료되었음

- 지식경제부 에너지기술개발 지원사업 연료전비 분야 ‘실내 물류운반차용 연료전지 파워팩 상용화 기술개발’ R&D사업(2012.11~2016.11)이 실시됨

[실내 물류운반차용 연료전지 파워팩 상용화 기술개발]

- 전북 소재 (주)프로파워가 주관기관으로, 전북테크노파크 연료전지핵심연구센터 및 에너지기술연구원 부안센터 등이 참여
- 2013~2016년 기간 총 80억6,000만원(국비 57억4,000만원, 전북도 2억원, 완주군 2억원, 민자 19억2,000만원)의 사업비 투자
- 핵심부품개발과 시스템 상용화에 총력을 기울여 연료전지 지게차는 1.5kW직접메탄올 연료전지시스템과 3.5kWh 리튬배터리 ESS가 결합된 하이브리드 시스템이 탑재
- 이외 수소를 연료로 활용하는 연료전지 지게차도 개발하고 있음

- 에너지기술연구원은 신재생에너지기술 연료전지연구의 중점분야로 ‘군용, 물류처리용, 항공기용 연료전지시스템 설계 기술 개발’ 지속 추진

- 인증 등 제도적 기반을 위한 과제가 현재 막바지에 이르고 있음

- 한국에너지공단은 2015년 ‘신재생에너지 표준화 및 인증지원사업’ 신규과제로 DMFC 인증기관 구축사업 수행
- 사업성으로 도출된 KS DMFC 표준안은 에너지공단의 표준화 과정을 거쳐 인증기관 선정 후 본격적인 DMFC의 ‘KS 인증’ 진행예정
- 향후 국가기술표준원 심의 통과 후 인증기관 선정되면 인증표준 마련 절차 완료

[국내 연료전지지게차 상용화 장애 요인]

1. 연료전지 시스템 탑재 실내운반물류차량의 인증제도 필요
 - DMFC지게차: KS(안) 전문가 검토 중
 - PEMFC지게차: 없음(가스안전공사, 자동차연구원 등)
 - 기술표준원(화학서비스표준과): IEC ^2282-4-102 → KS C IEC 예정
 - 산업통상자원부, 국토교통부 협동으로 연료전지지게차 인증 규격 제정 검토 중
※2017년11월9일 <건설기계 안전기준에 관한 규칙> 일부개정, 2018susakf 입법 예고
2. 연료공급에 관한 규제완화 필요
 - 고압가스안전관리법, 위험물(MeOH) 취급법
 - 이동형/간이 수소 스테이션 규제완화 필요
3. 수소저장용기의 인증

(출처: 프로파워 제공)

● 현재 연료전지지게차 관련 사업은 국내업체 2곳이 주도

- 프로파워는 전북 소재 중소기업으로서 ‘실내 물류운반차용 연료전지 파워팩 사상용화 기술 개발’ R&D사업(2012.11~2016.11)의 주관기관임
- LIG넷스원은 전신인 LG이노텍 시절부터 이 분야 관련 솔루션을 연구해 왔음
- 현대차는 PEMFC를 바탕으로 스택제조 기술을 보유하고 있으나, 지게차 시장에는 아직 진입하지 않고 있음

4. 국내외 사례가 충남에 주는 시사점

- 연료전지지지게차 시장이 가지는 전략적 의의에 대해 숙고할 필요가 있음
 - 우선 배터리지게차와 비교하여 시장 경쟁력이 있는 응용분야이기 때문에 초기시장 확대 차원에서 큰 의의가 있는 시장임
 - 한편, 연료전지지지게차는 건설장비로 확장하는 징검다리의 의미가 있음. 연료전지지지게차는 향후 굴삭기, 중장비 등으로 넘어가는 초기 단계 제품으로 연료전지지지게차의 안착은 향후 건설장비 시장으로 확대하는 전초기지로서 역할을 할 것임
 - 따라서 연료전지지지게차 시장은 잠시 형성되었다가 사라질 시장이라기보다는 전략적으로 접근할 필요가 있는 제품군임
- 세계적으로 연료전지지지게차 시장은 초기단계에 있으므로 우리나라 기업이 연료전지지지게차를 수출산업으로 육성할 가능성도 있음
 - 현재 글로벌 시장이 형성되었다기보다는 대륙별로 자체 시장에서 성장하고 있다고 판단됨. 따라서 아시아 시장에서는 일본이 국내시장에 주력하는 것 이외에 우리나라나 중국시장에 대해서는 아직 지배적인 기업이 없는 상황임
 - 우리나라 기업들이 연료전지지지게차를 개발할 경우 내수뿐 아니라 수출 시장에 진출할 가능성이 있다고 판단됨. 특히 아시아 지역 시장은 성장가능성이 클 것으로 기대됨
- 연료전지지지게차 상용화를 위한 제도적 준비가 완성단계에 이르렀으므로 현 시기에서 연료전지지지게차 시장에 진입하는 것은 시의적절함
 - 표준, 인증 등 제도가 갖추어지기 직전으로 시장진입후 곧장 시장화가 가능한 조건임
 - DMFC와 PEMFC가 약간 상이한 상황이라는 하나, 같은 업종의 기계임을 감안하면 큰 문제가 되지 않을 것으로 예상됨
 - 특히 향후 충남이 기술개발 및 실증사업을 추진할 때 표준, 인증 해결도 함께 추진한다면 보다 효율적으로 시장 진입 가능
- 충남은 PEMFC 연료전지지지게차 시장에 진입하는 것으로 목표로 삼는 것이 바람직함
 - DMFC 시장은 이미 (주)프로파워 등 기업들이 선점한 상황이기 때문에 국가적으로 사업을 추진할 동력이 약함

- 한편 PEMFC 시장은 세계적으로 가장 많은 연료전지시스템차가 보급되어 있으며 기술적 안정성도 검증되어 있다고 판단됨
 - 현재 현대자동차 주도로 개발한 수송용 연료전지가 PEMFC이기 때문에 지게차 분야도 PEMFC방식으로 채택하는 것이 기술적 연속성과 확장성에도 도움이 됨
 - 충남에 적지 않은 기업들이 현대자동차의 연료전기차 개발사업에 참여한 바 있으므로, 충남이 사업 주체를 확보하는 측면에서도 PEMFC방식이 유리할 것으로 판단됨
- 수요 측면에서 충남에 산재해 있는 대규모 물류창고는 좋은 테스트베드 역할을 할 것으로 기대됨
 - 외국의 사례에서 알 수 있듯이 연료전지시스템차의 주요 수요자는 대형 물류창고이며, 외국에서는 아마존이나 월마트 같은 유통기업들이 주요 고객임
 - 충남에는 대형 플랜트가 적지 않게 입지해 있으므로 이들 사이트를 테스트베드로 활용하면 실효성 있는 실증사업을 전개할 수 있음

05

충남 연료전지지게차 개발·실증 사업

- PEMFC 연료전지 지게차 개발 및 실증 사업
 - 내용: PEMFC연료전지를 동력으로 하는 지게차를 개발하고 현장에서 실증하는 사업
 - 목표: 사업을 통해 제품을 개발하고 국내 수요 충족 및 해외수출 기반 조성
 - 기간: 3년(필요에 따라 최대 2년 연장)
 - 예산: 80억 원(DMFC 사업 선례에 따름)

1.사업의 배경과 목적

- 연료전지 응용분야 중 지게차는 상업성이 뛰어난 분야임
 - 실내 지게차의 현 동력원은 내연기관이나 전기배터리인데, 연료전지는 이들에 비해 많은 장점을 보유하고 있음
 - 외국에서는 연료전지 지게차가 이미 보급되어 운행 중에 있음
- 국내 상용화를 위한 제도적 준비가 막바지에 와 있으므로 현 단계에서 개발·실증사업은 곧장 상용화로 이어질 수 있음
 - 일련의 실증사업을 통해 기술적 검증을 마쳤으며, 현재 인증체계 구축 단계에 있음. 즉 인증 표준이 마련되고 있고 현재 인증기관 선정단계에 있음
 - ※ 단 현재 인증단계는 DMFC에 국한되어 있음
- 본 사업은 충남의 연료전지 산업화 촉진을 목표로 함
 - 현재 연료전지산업의 가장 큰 과제는 수요의 창출인바, 자동차용 연료전지 이외에 다른 시장 세그먼트인 지게차 시장 수요를 창출함으로써 연료전지산업의 성장을 촉진

- 본 사업은 충남 연료전지 관련 기업의 협력 플랫폼을 제공할 것으로 기대됨
 - 상용화를 목전에 둔 사업을 중심으로 협력업체들의 적극적인 참여를 이끌어낼 수 있음
 - 참여업체들이 실적을 축적할 기회를 제공하여 국내외 시장 진출에 유리한 여건을 마련

2. 사업 내용

- PEMFC 지게차를 개발하고 편대 단위로 현장에 실제 투입하여 적용 가능한 최적의 시스템을 구축
- 시스템 구성
 - ① 물류 창고: 충남 소재 중소형 물류창고를 선정하여 테스트 진행
 - ② PEMFC 지게차 편대: 3-4대 편대를 현장 투입하여 운행
 - ③ 수소 공급 시스템: 수소의 생산, 운반, 저장, 배분 전 과정
 - ④ 시스템 모니터링: 운행의 효과성 및 효율성 측정
 - ⑤ 관련 제도 인프라: 지게차, 수소 저장 관련 안전법규 및 인증, 허가 사항
- 관련 총 예산은 미상이나, “실내 물류운반차용 연료전지 파워팩 상용화 기술개발” 예산 80억에 상당할 것으로 가정
 - PEMFC 지게차 개발
 - 수소 공급 시스템 구축
 - 편대 모니터링 시스템 운영
 - 컨소시엄 운영
- 사업기간 : 3년(필요시 최대 2년 연장)
 - 사업기간 종료 시 협의에 따라 연장 가능토록 함

3. 사업추진체계

- PEMFC 지게차 개발 컨소시엄 구성

- PEMFC시스템 개발업체, 지게차 제조업체 등을 중심으로 개발관련 컨소시엄 구성·운영
- 충남의 중소기업의 참여 장려하나, 대기업과 중소기업의 상생방안으로 현대차의 PEMFC를 유리한 조건으로 받아서 개발하는 방식도 검토 가능

- PEMFC 지게차 운행 컨소시엄 구성

- 창고(또는 공장), 지게차 업체, 수소 공급업체, 모니터링 업체, 제도 인프라 관련 기관 등이 참여하여 구성
- 충청도 산하 기관, 관련 연구소(한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 자동차 부품연구원 등)의 참여 필수

4. 충청도의 역할

- 사업의 시동을 거는데 주도적 역할 발휘

- 지역 중소기업 간 혹은 중소기업과 대기업 간 상생협력 개발실증 사업으로 추진
- 수소융합얼라이언스 등 대표성 있는 단체와의 협업을 통해 정부의 지원 유도
- 대기업과 중소기업의 동반성장 기조를 유지해야 함. 현대차나 현대제철 등 대기업의 참여가 사업 추진을 위해 효율적일수 있으며, 지역 중소기업의 적극적 참여를 가능케 하는 컨소시엄 구성 및 역할 분담을 면밀히 구상하고 조정해야 함

- 관련 예산 확보 위해 다방면의 노력 경주

- 국비지원 신청: 정부의 예산 지원 확보 위해 다양한 모색(수소융합얼라이언스 활용)
- 충청도의 지원: 상징적 수준이나 마중물 역할
- 연구기관 참여: 지게차, 수소 저장 관련 안전법규 및 인증, 허가 사항

참고자료

- 지목현, 2014, 연료전지 성장은 이미 시작되었다, 오버웨이트(2014. 3. 24), 메리츠증권증권 리서치센터
- 홍원표, 2015, 충남도 중대형 이차전지산업생태계와 발전전략, 충남연구원
- 홍원표 · 강수현, 2018, '국내외 사례연구를 통한 수소버스 활성화 방안', 제3회수소에너지국제포럼(2018.11.2.), 충청남도
- Herbert, Thorsten, 2018, Deployment of Hydrogen and Fuel Cell Technology in Germany, EHEC(2018.3.15.)
- E4TECH, 2017, The Fuel Cell Industry Review 2016, E\$TECH
- 4thenergywave, The Fuel Cell and Hydrogen Annual Review, 2017, 4thenergywave