

지속가능한 미래에너지와 자동차산업 세미나 발표자료

수소에너지 사회로의 전환을 위한 전략

에너지경제연구원

김 재 경



개 요

1. 수소경제의 의미와 여건
2. 수소경제 활성화 국가비전
3. 수소경제 활성화 추진방안



1. 수소경제의 의미와 여건

□ 수소 경제의 정의

- “수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제”
- ▷ 새로운 성장 동력으로 미래경제의 핵심 + 친환경 에너지 혁명

□ 수소차 · 연료전지 효율 비교

- 수소 및 내연기관 비교

구분		제품			출력	
종류	연료					
수소차	수소 (100)	<div>연료전지스택 → BOP/전력변환기/모터</div> <div>64 % 95 %</div>			60	
	내연기관차	경유 (100)	<div>엔진(경유) → 동력전달 → BOP</div> <div>35 % 95 % 95 %</div>			32
		휘발유 (100)	<div>엔진(휘발유) → 동력전달 → BOP</div> <div>25 % 95 % 95 %</div>			23



1. 수소경제의 의미와 여건

1.1. 국내 수소경제의 가능성

□ 수소 활용 분야에서 세계적 수준의 기술력 확보

- 수소차 : 13년 세계 최초 수소차 양산 성공 → 세계 최장 주행거리, 핵심부품 99%(부품수 기준) 국산화 등 글로벌 경쟁력 확보

□ 수소 활용 분야에서 세계적 수준의 기술력 확보

- 대규모 석유화학단지(울산·여수·대산)를 중심으로 수소 파이프라인, 고순도 수소생산 기술을 보유하고, 수소를 활용 중 (연간 약 164만 톤)
- 충분한 수소 수요와 경제성을 확보하는 경우, 설비증설, 공정전환 등을 통해 대규모 부생수소 공급 여력 충분

* 현재 추정되는 부생수소의 생산 여력은 약 5만 톤 (수소차 약 25만대 분량)

□ 발달된 LNG 공급망을 활용한 전국 단위 수소 공급 가능성 보유

- 전국 LNG 공급망에 추출기를 설치하여 추가적인 인프라 투자 없이도, 쉽게 안정적이고 경제적인 수소 생산·공급 가능

* 전국 4개 인수기지(인천, 평택, 삼척, 통영)에서 공급받은 천연가스를 적정 압력으로 조정하는 정압관리소(143개소) 등을 중간 생산·공급기지로 활용



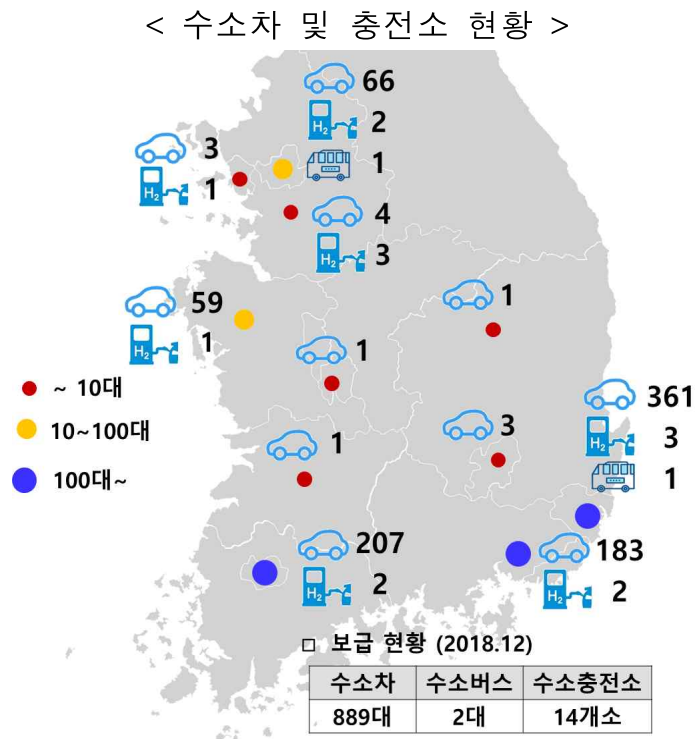
1. 수소경제의 의미와 여건

1.1. 국내 수소경제의 한계

□ 최고 수준의 기술력에도 수소차 및 연료전지 시장규모는 아직 미미

- 수소차 : 가격부담(7천만원), 대중교통 적용의 어려움, 충전인프라 부족 등으로 수소승용차는 889대에 불과, 버스는 2대만 운영 중

* 2018년 수소충전소는 총 14개소(일반인 충전 가능 10개소, 4개는 연구용)



1. 수소경제의 의미와 여건

1.1. 국내 수소경제의 한계

□ **선박 열차·드론 등은 연구개발 시작단계로, 실증 및 상용화 단계인 미국·유럽 등에 비해 미흡**

○연구 / ●실증 / ●상용화

구 분		국내	일본	미국	유럽
이동형	수소차	●	●	●	●
	기타	○(선박, 열차 등)	○(열차, 선박 등)	●(지게차 등)	●(열차 등)
연료전지발전		●(가정·건물용)	●(가정·건물용)	●(가정·건물용)	●(가정·건물용)
		●(발전용)	○(수소터빈발전)	●(발전용)	-

□ **생산 : 부생수소 외에 천연가스 추출수소 및 수전해 등에 대한 핵심 원천기술과 상용화 실증 부족**

	수소 생산 애로사항
부생	부생수소 특성상 생산가격이 저렴하다는 장점이 있으나,
수소	석유화학단지(울산, 여수, 대산)의 공정전환 없이는 추가 공급 어려움
추출	既 구축된 천연가스 공급망과 연계할 수 있는 잠재력이 있으나,
수소	기술력 부족으로 대형 추출기는 獨·日이 기술 보유, 소형추출기는 초기 단계
수전해	선진국에 비해 대규모 재생에너지 단지가 부족하여 재생에너지 활용
	수전해 기술개발 및 실증·상용화 기술 확보 지연

* 생산가격(천원/kg) : 부생수소 1.5~2 / 추출수소 2.7~5.1 / 수전해 9~10

- 장기적으로 재생에너지 연계 대규모 수전해 방식(P2G)이 필요하나, **국내 기업의 기술경쟁력은 미흡** (선진국 대비 60~70%)



1. 수소경제의 의미와 여건

1.2. 국내 수소경제의 한계

□ 저장·운송 : 고압기체 저장운송은 가능하나, **장거리·대용량 운송에 필요한 액화·액상 기술***은 개발단계

* (액화) -253℃로 초저온 액화, (액상) 암모니아 등의 형태로 상온에서 보관

- 고압기체는 500bar 수준의 저장·운송 상용화 기술을 확보
- 해외 생산·수입을 위해 필요한 액화·액상기술은 중소기업에서 기술개발중이나 아직은 미흡

▷ 액화기술은 유럽과 미국이 앞서 있으나, 액상기술은 세계적으로 개발단계

		○연구 / ●실증 / ●상용화			
구 분		국 내	일 본	미 국	유 럽
저장 방식	기 체	●	●	●	●
	액 화	●	●	●	●
	액 상	○	●	●	●

- 운송방식으로 파이프라인과 튜브트레일러가 가능하고, 운송비용 절감을 위해 고압, 대용량화 등이 필요

▷ 석유화학단지 인근에 약 200km (美 2,000km)

▷ 튜브트레일러 : 약 500대 운영 중



2. 수소경제 활성화 국가비전

< 비 전 >

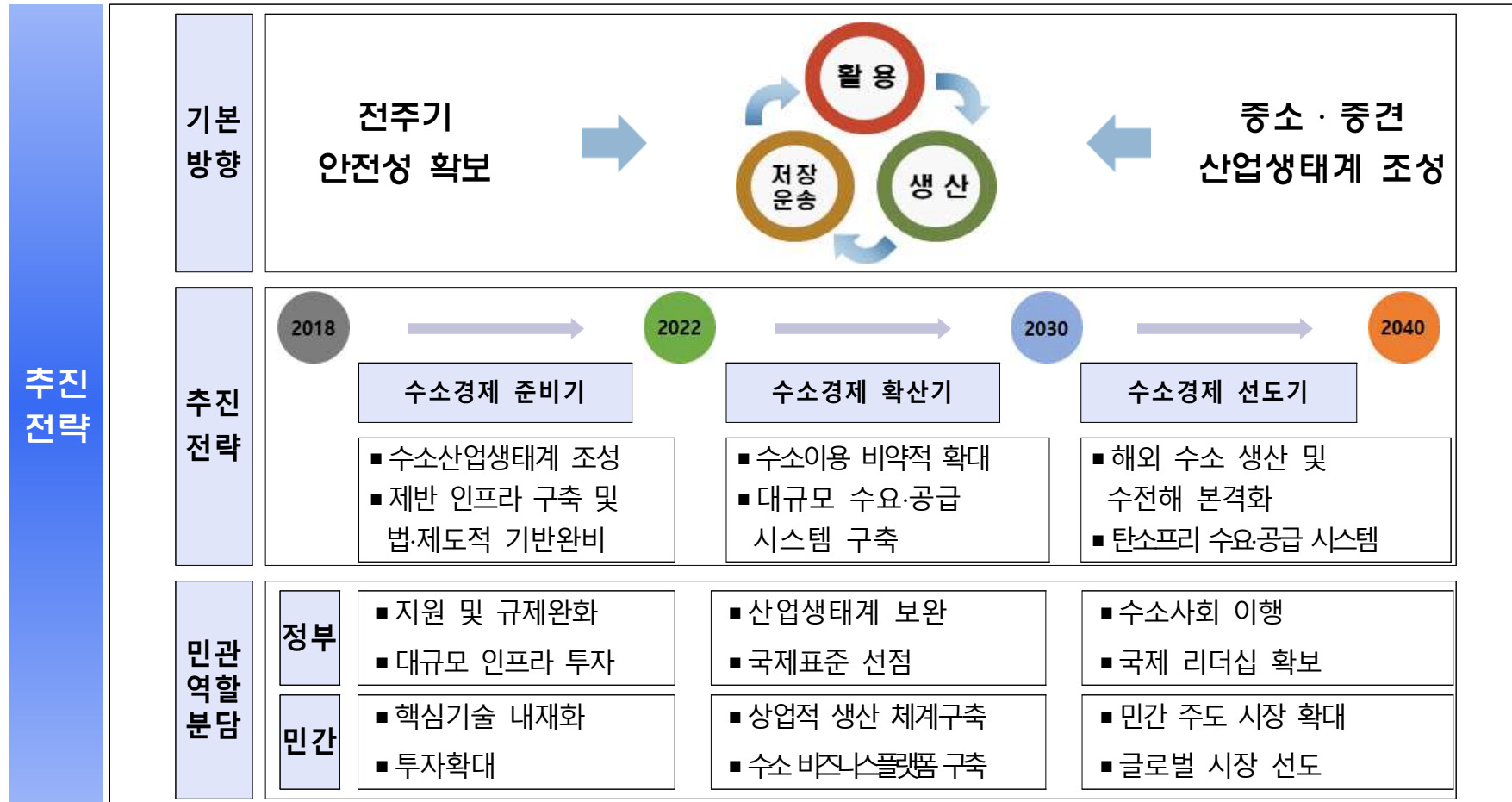
세계 최고수준의 수소경제 선도국가로 도약

- 수소차·연료전지 세계시장 점유율 1위 달성
- 화석연료 자원 빈국에서 그린 수소 산유국으로 진입

목표			2018년	2022년	2040년
	수 소 차 (수출) (내수)		1.8천대 (0.9천대) (0.9천대)	8.1만대 (1.4만대) (6.7만대)	620만대 (330만대) (290만대)
	연 료 전 지	발전용 (내수)	307MW (전체)	1.5GW (1GW)	15GW (8GW)
		가정·건물용	7MW	50MW	2.1GW
	수 소 공 급		13만톤/年	47만톤/年	526만톤/年 이상
	수 소 가 격		-	6,000원/kg	3,000원/kg



2. 수소경제 활성화 국가비전

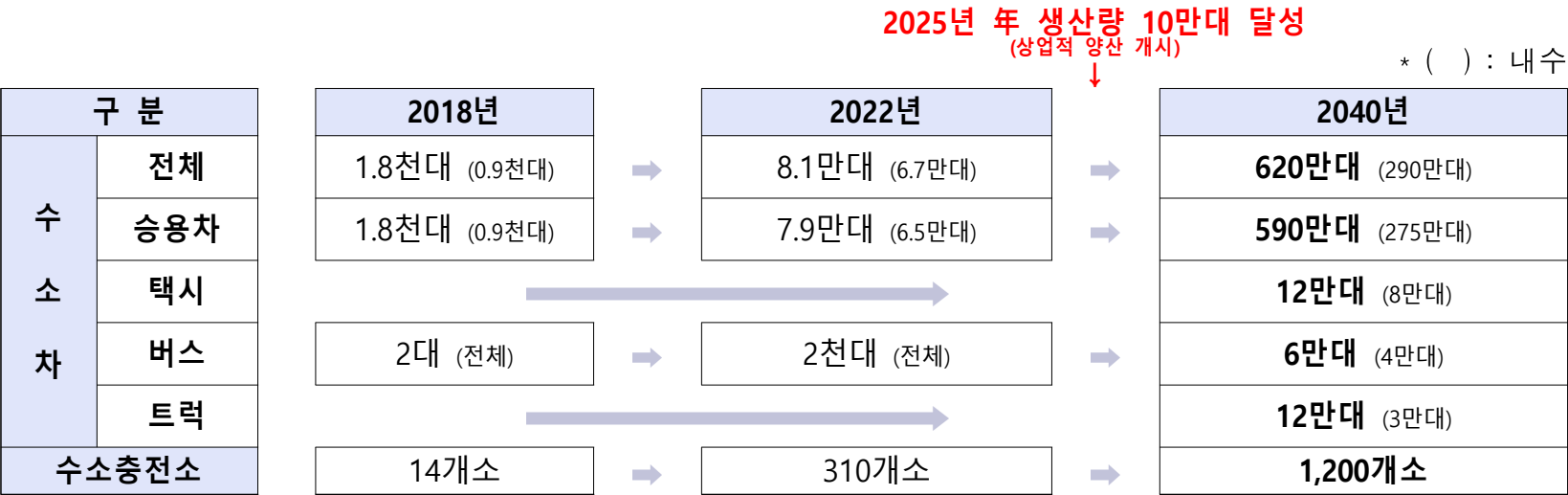


3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

□ 수소차(수송부문)의 목표 : “청정 교통 인프라 구축”

- 수소차 및 수소충전소 보급목표(누적)



※ 수소전기차 보급정책은 정당한가?

□ 수소전기차는 주행과정에서 배기가스로 대기 환경을 오염시키지 않는 무배출 차량(제1종 저공해자동차), 보급정책의 정당성은 분명하면서도 확고함.

- 수소전기차 보급정책의 정당성의 기초는 수소전기차의 ‘친환경성’, 특히 주행과정에서 자동차 배기가스로 대기 환경을 오염시키지 않는 무배출 차량이란 점임.

※ 수소전기차 보급정책의 중심은 구매보조금 제도이며, 그 법적 근거는 「대기환경보전법」 제58조 제3항 제1호, 그 내용은 정부(환경부) 및 지방자치단체가 「수도권 대기환경개선에 관한 특별법」 제2조 제6호 및 동법 시행규칙 제3조 저공해자동차 배출허용기준(별표2)에 따른 제1종 저공해자동차, 즉 ‘무배출 차량(Zero Emission Vehicle)’ 에게 지급하는 보조금임.

<현행 제1종 저공해자동차(수소전기차, 전기차) 배출허용기준>

일산화탄소	질소산화물	탄화수소 (배기관가스)	입자상물질	측정방법
0g/km 이하	0g/km 이하	0g/km 이하	0g/km 이하	「대기환경보전법」 제50조제1항

주 : 2016년 12월 1일 이후 제작된 차량 적용

자료 : 수도권 대기환경개선에 관한 특별법 시행규칙 제3조 별표2

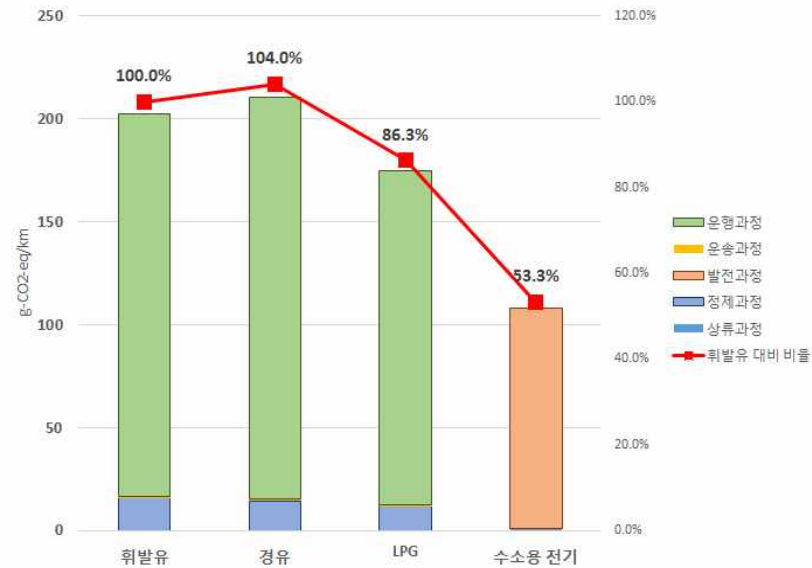
- 수소전기차가 주행과정에서 무배출 차량이라는 점은 분명하기 때문에 수소전기차를 보급하는 정책의 법적 정당성은 충족됨.



□ 다만, 친환경차 보급정책의 정당성에 대한 의문이 제기, 이는 차량 배기구를 통한 직접 배출를 넘어, 연료(수송용 수소나 전기) 생산과정 등에서의 간접 배출도 고려 필요 지적.

□ 전기차의 충전용 전기(수송용 전기)의 대기오염물질(특히 온실가스) 배출량 전과정(Well-to-Wheel) 분석 이미 2017년 수행.

- 전기차 1km 주행시 온실가스(CO₂-eq) 배출 거의 전량 전기 생산과정(특히, 석탄화력발전)에서 발생,
- 휘발유차의 약 절반(53%) **108g/km** 배출 (2016년 국내 전원믹스, 한국전력거래소 전력거래량 기준).



<전기차(수송용 전기)의 온실가스(CO₂-eq) 배출량 전과정 분석결과>

□ 객관적 비교를 위해, 국내에서 직접 생산되고 있는(또는 생산될) 수송용 수소에 대한 대기오염물질(특히 온실가스) 배출량 전과정(Well-to-Wheel) 분석, 즉 탄소발자국(Carbon footprint) 분석도 필요함.



※ 수소전기차 보급의 CO2 저감효과

- 수소 생산과정에서의 CO2 배출 고려, “수소경제 활성화 로드맵”에 따라 경유차를 수소전기차로 대체, 보급할 경우 수송부문에서의 CO2 저감효과 추정
 - 수소전기차는 주행과정에서 배출은 없지만, 주행과정에서 소비되는 수소를 생산하는 과정에서 일부 CO2가 배출
- 수소전기차로 1km를 주행할 때, 2020년 평균적으로 CO2 73g/km이 배출되며, 2040년에는 24g/km까지 줄어들게 됨.
 - CO2가 발생하지 않는 Green수소(재생에너지 연계 수전해, 수입수소 등) 공급 확대로 수소 1kg 생산 시 발생하는 평균적인 CO2 배출량이 2020년 7.2kg에서 2040년 2.4kg으로 감소

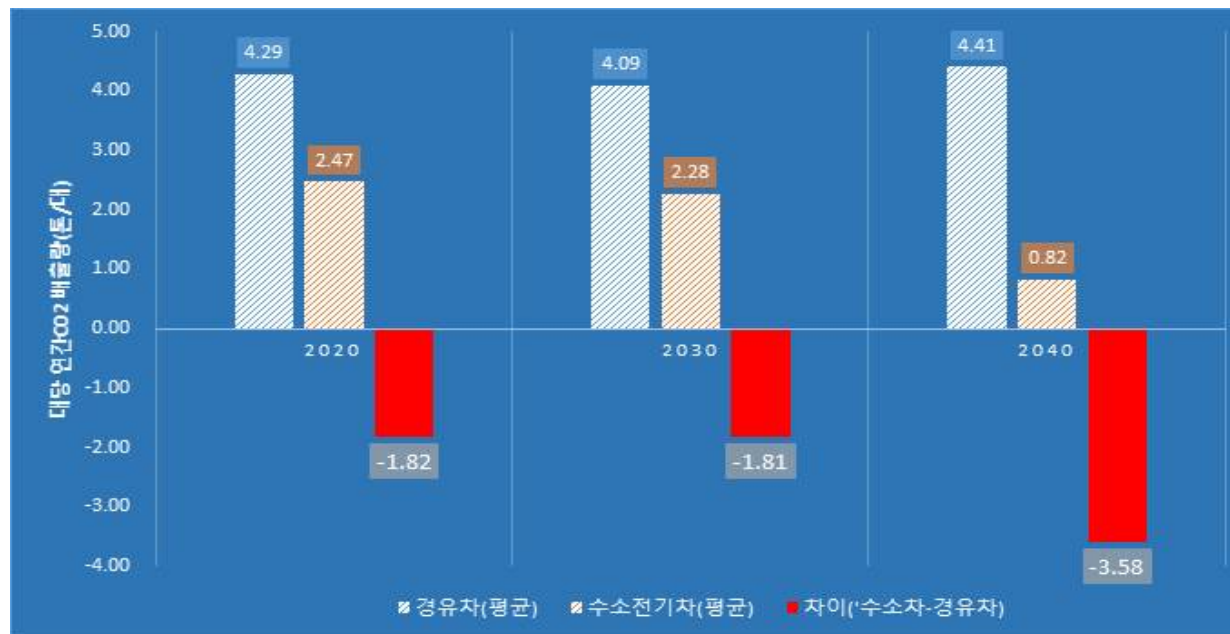


<수소전기차 1km 주행시 CO2 배출량(g) 변화추이>



□ 수소전기차로 경유차 대체, 차량 1대당 2020년 연간 CO2 1.8톤 감소, 2040년에는 3.6톤까지 저감

- 경유차 1대 평균적으로 대략 연간 4톤 이상의 CO2를 배출 전망(제3차 에기본 반영 자료 활용)
- 반면, 수소전기차 1대의 연간 CO2 배출량은 2020년 2.5톤/년에서 2040년 0.8톤/년으로 약 67% 정도 감소 전망.



<수소전기차로 경유차 대체 시, 차량 1대당 연간 CO2 배출량(톤/년) 저감효과>



□ 로드맵 누적목표에 따라 수소전기차를 보급할 경우, 2020년 연간 CO2 3만 톤 감소, 2040년 약 1천만 톤까지 저감.



<수소전기차 보급 목표달성 시 연간 CO2 배출량(만톤/년) 저감효과>

□ 결국 수소경제 활성화를 위한 수소전기차 보급 확대는 국내 온실가스 저감에 확실하면서도 분명히 기여 가능함.



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

3.1.1 수소승용차

□ 2022년 年 생산량 3.5만대 달성하고, 2025년까지 상업적 양산 수준인 年 10만대(내수 6만대+수출 4만대)로 확대

- ▷ 수소차 가격 하락 : 年 생산량 3.5만대 달성시 5천만원 수준 → 10만대 달성시 내연기관차 수준까지 하락
- ▷ 수소차 가격 하락에 맞춰 구매보조금을 단계적으로 축소하고, 내연기관차 수준의 경쟁력 확보시 보조금 완전 폐지

□ 수소차 생산 확대 전망 : 2022년 年 생산량 3.5만대 달성시 5천만원 후반까지 가격 하락 예상,
2030년 내연기관차 수준 (5천만원 미만)

구분	현재	2022년	2040년
수소승용차 생산량(누적)	996대	6.5만대	275만대
수소차 가격	7,000만원	5,000만원 수준	내연기관차 수준

- 수소차 양산에 따른 부품 양산 기술을 개발하고, 핵심부품(스택, 수소탱크 등) 가격 저감 기술 확보 (~ 2022년)



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

3.1.2 수소택시

□ 시범사업(서울) 실시 후 전국으로 확대

- 도심형 수소충전소와 연계, 수소택시 시범사업 추진(서울) → (2021) 주요 대도시에 수소택시 보급 → (2023) 전국으로 확대
- 시범사업 : 수소택시 10대를 실도로 환경에서 내구한계(20만km) 까지 운행하여 핵심부품* 성능을 실증 및 분석·개선
- 사업기간 : 2019.7월~2022년6월 (2년간 실증운행 + 1년 데이터 분석)
- 택시업체 참여유인 제공을 위해 수소차 임대 및 연료비 등 지원*(총 사업비 50억원, 2019년 15억원)

* 핵심모듈인 연료전지 스택, 운전장치(공기공급, 수소공급, 열관리계), 수소저장장치, 전장장치 등 내구성능에 영향을 미치는 10여종 부품

□ 수소택시 실증 R&D 추진 (2019년)

- 수소택시 10대를 실제 도로 환경에서 대당 20만km이상* 운행하여 핵심부품 성능 분석 개선 (2022년 내구성 30만km 이상)

* 택시 주행거리(9년) : 개인택시 약 53만km / 법인택시 약 72만km



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성



3.1.3 수소버스

□ 정부·지자체 요구에 대응하여 국내 시장을 타겟으로 기술개발 중

▷ 시내버스 : 2019년 시범운행 후(35대) 스택 내구 개선하여 양산

* 내구 : (2019년) 10만km → (2020~2022년) 25만km → (2023~) 50만km

▷ 대형버스 : 산업부 경찰수송버스 개발 중(2019년 2대, 2021년부터 연 100대)

시내버스(2020년 소량양산)	경찰버스(2021년 양산)
	
시내버스, 승객수송	경찰병력 수송

□ 수소버스 보급 확대를 위한 시범사업 실시

- (시내버스) 2019년 7개 주요도시*에 수소버스 35대 보급을 시작으로, 2022년까지 시내버스 2,000대를 수소버스로 대체

* 서울(7), 부산(5), 울산(3), 광주(6), 창원(5), 아산(4), 서산(5), ** (2019) 35대 시범사업 → (2020) 300대 → (2021) 665대 → (2022) 1,000대

▷ 광역버스 : 수소버스 생산 확대, 수소충전소 등과 연계하여 2021년 광역버스 보급을 시작으로, 2030년까지 쏘 노선에 수소버스 투입



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

□ 경찰버스를 수소버스로 대체

- 2019년 수소버스 2대 개발* 후 2020년 말까지 실증

* H社は 경찰버스 특성(승차인원, 적재공간 등)에 맞는 전경용 수소버스를 개발 중이며, 2019년 하반기 개발을 완료하여 경찰청에 인도 예정

- 실증 이후, 2021년부터 소요연한(8년)이 경과한 버스부터 우선적으로 교체하여, **향후 경찰버스 전체 교체**

□ 수소버스 인프라 구축

- 수도권 주요 교통축별로 충전·정비 인프라를 갖춘 **수소복합환승센터를 구축** (2021~)하고, 경유하는 신규·증차 노선에 수소버스 적용
- 고속도로 휴게소, CNG 충전소, 혁신도시 등에 수소충전소 구축

* 버스 공영차고지 등에 수소충전소 구축 MOU 체결(2019, 지자체·운송연합회 등)



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

3.1.3 수소트럭

□ 대형 트럭 수출시장 선점을 위한 수소전기트럭 개발 검토 중

- 중형트럭(정부과제) : 2019년 선행차 제작/시범운행 후 소량생산 추진(2대)
- 대형트럭 : 스위스 물류트럭 요구(1,000대)에 대응한 개발 중

중형트럭(2021년 출시)	대형트럭(2025년 출시)
	
쓰레기수거차 /노면청소차	풀카고



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

□ 공공부문 화물특수차의 수소트럭 전환

- 2020년까지 5톤급 수소트럭(화물특수차*) 기술 개발 및 실증 완료

* 화물특수차 : 청소차(쓰레기수거 포함), 노면청소차, 살수차 등

- 2021년부터 공공부문을 중심으로 수소트럭 시범사업 실시

▷ 국내 관용 화물특수차(약 1.4만대) 중 5톤급부터 순차적으로 수소트럭*으로 전환 추진

* 5톤급 수소트럭에 쓰레기수거, 노면청소, 살수 등의 특수장치를 장착·확대

▷ 시범사업 성과분석을 토대로 공공부문 친환경차 의무구매 대상에 상용차 포함 검토

□ 민간부문 화물일반차의 수소트럭 전환

- 2020년까지 10톤급 수소트럭 부품 기술개발을 완료, 2022년까지 실증

▷ 화물 일반차를 수소트럭으로 전환하는 물류운송 실증사업 추진(2021~)



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

3.1.4 수소충전소 : 조기 확충 및 경제성 확보

□ 수소충전소 확충 : 지원 확대 ⇨ 자생력 확보

- 초기 수소충전소 설치 확대를 위해 **설치보조금 지원**

- ▷ 시·도별 수소차 보급과 연계하여, 도심지·고속도로 휴게소 등 교통망 거점 및 버스·택시 차고지 등에 수소충전소 구축

- * 수소충전소 지원현황 : (환경부) 1개소당 설치비용의 50% (15억원 한도)

- (국토부) 고속도로 1기당 7.5억원 지원

- 수소충전소 **운영보조금 신설을 검토**하고, **구축비용 절감 및 추가 수익 창출 유도**

- ▷ 민관 SPC*에서 다수의 충전소 계약 허용, SPC 금융 지원**, 수소충전소에서 가능한 비즈니스 모델 개발 (수소차 리스 등)

- * HyNet(Hydrogen Network): 가스공사, 현대차, 공급업체, 충전설비업체 등이 참여하여 정부지원을 통해 2022년까지 수소충전소 약 100기 구축

- ** CNG충전소 : 충전소 규모에 따라 기준대수를 설정하고 미달 시 보조금 지급

- 민간중심의 **자생적인 수소충전소 보급 확대**

- ▷ 민간주도 시장자율형 충전소를 확대하고, LPG·CNG 충전소를 수소충전이 가능한 **융복합 충전소로 전환***하여 경제성 제고

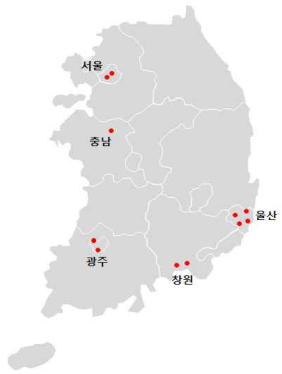

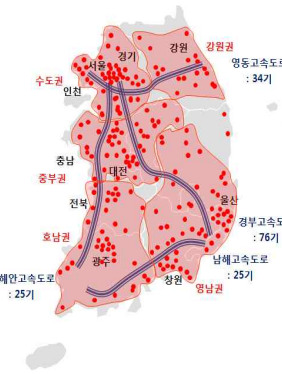
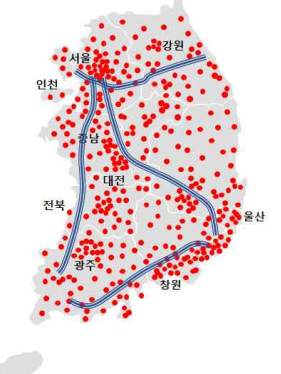
- * 전국 2,027개 LPG 충전소(2018.10 기준)를 융복합 충전소로 활용



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

< 수소충전소 구축전략 >

2018년	2019년	2022년	2040년
			
◆ 거점도시 중심으로 충전소 14기 구축	◆ 권역별 교통망 거점에 충전소 86기 구축	◆ 권역망 확대·연결로 전국 310기 구축	◆ 전국에 수소충전소 1,200기 구축

□ 종류별 차량 대수 및 충전소 개소

구분		차량	충전소
수소		891 대 (수소차 889대, 수소버스 2대)	14 개소
전기		53,685 대	3,818 기
내연 기관	휘발유	10,613,400 대	11,585 개소
	경유	9,903,758 대	
하이브리드	휘발유+전기	377,164 대	2,030 개소
	경유+전기	125 대	
	LPG+전기	17,494 대	
LPG		2,042,895 대	

* 차량대수 출처 : 국토부 자동차 등록자료 통계(2018.11)
 ** 주유소 및 LPG 충전소 출처 : 오피넷, 한국LPG산업협회(2018.12)
 *** 전기차 충전소 출처 : 환경부 전기차충전소(www.ev.or.kr)(2019.1.10)



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

3.1.5 수소충전 가격 목표

(단위 : 원/kg)

구분	현재	2022년	2030년	2040년
가격	- (정책가격)	6,000 (시장 초기 가격)	4,000	3,000

□ 국가별 수소(충전)가격 현황 및 전망

(단위 : 원/kg)

구분	현재	2022	2030	2040
한국	약 8,000	6,000	4,000	3,000
일본	9,600 ~ 10,500	-	3,392	2,262
중국	9,900 ~ 13,300	-	-	-
미국	10,600 ~ 13,800	-	-	-
독일	약 13,000	-	-	-

주 : 중국, 미국, 독일 가격 정보 없음



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.1. 수소활용 수송부문 육성

□ 가격목표 추진과제 : 생산, 저장·운송과 연계

- ① 생산 : 추출수소 대규모 생산을 통한 규모의 경제 실현, 수전해 효율향상, 대량 수소 수입 등 수소 생산비용 절감
- ② 저장·운송 : 액화·액상수소 기술개발을 통한 저장 효율 제고, 수소 파이프라인을 활용한 대규모 운송 등을 통해 운송비 절감
- ③ 수소충전소 : 수소가격이 목표한 수준이 될 때까지 수소충전소 설치 보조금을 유지하고, 운영 보조금을 신설
- ④ 수소가격 안정화 : 수소의 적정 기준가격을 제시하고, 수소 수급관리 및 거래시스템 구축을 통해 시장가격 안정화



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

□ 수소 생산 구성 및 공급 목표

구분	현재	2022년	2030년	2040년
구성	①부생수소 ②추출수소	①부생수소 ②추출수소 ③수전해	①부생수소, ②추출수소 ③수전해, ④해외생산 ※ ①+③+④ : 50% ② : 50%	①부생수소, ②추출수소 ③수전해, ④해외생산 ※ ①+③+④ : 70% ② : 30%
	-	수도권 인근 대규모 생산	해외 수소 활용	CO ₂ free 수소 대량 도입
공급	13만톤/年	47만톤/年	194만톤/年	526만톤/年



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

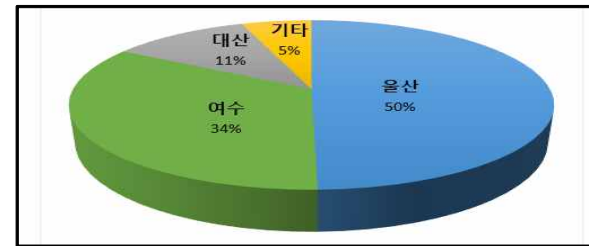
3.2.1 부생수소

□ 석유화학단지를 중심으로 생산 : 수소경제 준비 물량으로 활용

- 현황 : 울산, 여수, 대산 등 석유화학단지를 중심으로 부생수소를 생산중이며, 시장 상황에 따라 대규모 공급 여력 보유

▷ 국내 수소생산능력(2017) : 약 192만톤 (울산 : 50%, 여수 : 34%, 대산 : 11%, 기타 : 5%)

지역	생산능력 현황(톤/년)
울산	949,677
여수	645,626
대산	210,222
기타	106,764
합 계	1,912,289



[지역별 생산비율]

▷ 실제 생산량(2017) : 약 164만톤 (자체 소비 141만톤 + 외부 활용 23만톤)

- 여유생산능력 : 약 5만톤* (수소차 약 25만대에 필요한 수소량)

* 석유화학 공정의 가동률과 연계되는 부생수소의 특성상, 부생수소의 생산량은 큰 변동이 없을 것으로 전망

▷ 장기적으로는 외부 유통량(약 23만톤)도 활용할 수 있을 것으로 전망

- 수소공급방식 : 수소 파이프라인, 튜브트레일러

* 산업체 사용 수소의 대부분은 파이프라인으로 공급, 일부만 튜브트레일러로 공급

공급방식	수소 파이프라인		수소 튜브트레일러	
	물량(톤/년)	비율(%)	물량(톤/년)	비율(%)
공급량	214,655	92.7	16,967	7.3

3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

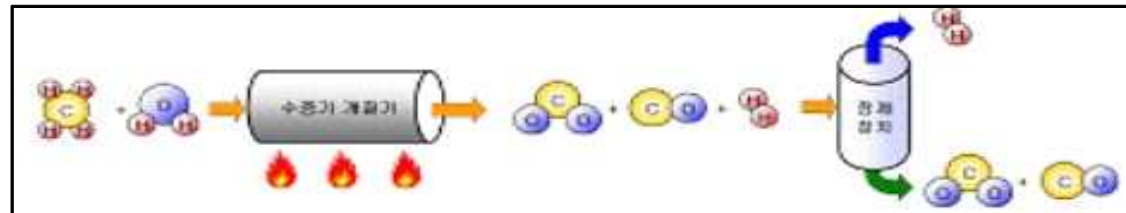
3.2.2 주출수소

□ 석유화학단지를 중심으로 생산 : 수소경제 준비 물량으로 활용

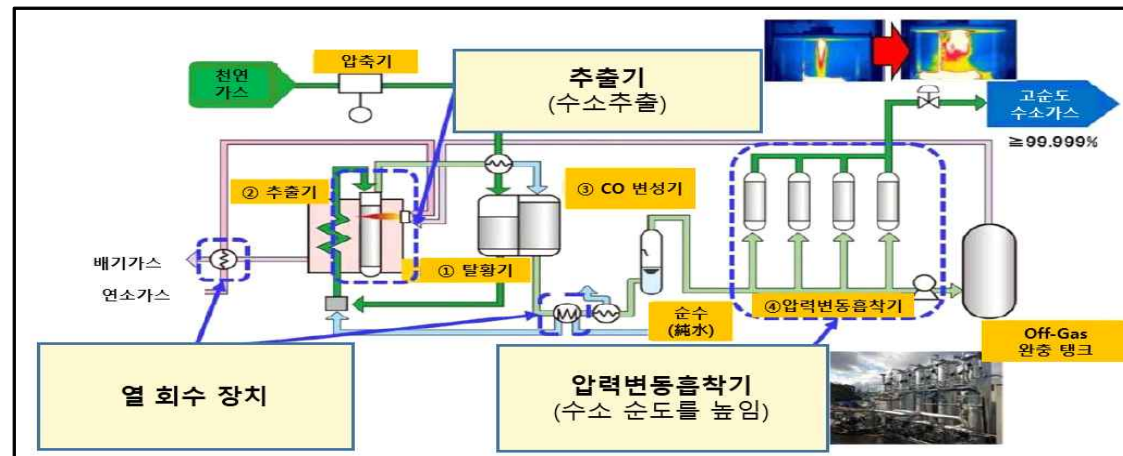
● SMR : 수증기메탄추출(Steam Methane Reforming)방식으로 현재 가장 많이 하는 추출법

▷ 천연가스와 물을 연료로 700℃ 이상의 고온에서 촉매 반응시켜 수소 추출

* 흡열 반응으로 외부에서 열공급이 필요하며 정제 장치와 연계하여 고순도 수소 제조 가능



● 수소추출과정

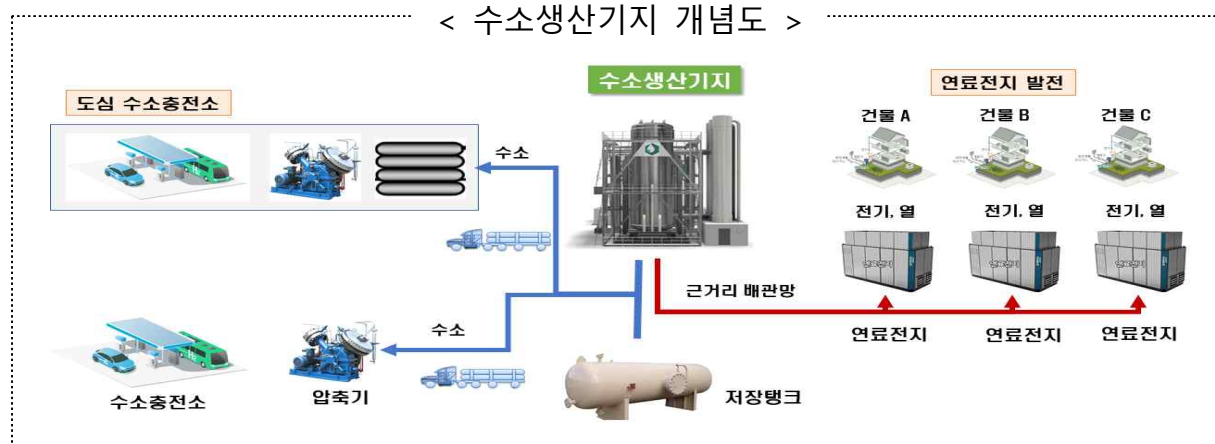


3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

□ 수소 대량공급 기반 : 초기 수소경제 이행의 핵심 공급원

- **거점형 중·대규모 수소생산기지** : 천연가스 공급망에 300~ 1,000Nm³/h 이상급 수소 추출기를 구축하여 수소 대량 생산
 - ▷ 수소 생산 후보지 : 가스공사 정압관리소 (142개소)
 - ▷ 수소 생산기지 구축 목표(누적) : 2019년 1기를 우선 구축하고, 수소수요를 감안하여 연차적으로 확대
 - * 정압관리소에 가스공급시설 외 다른 시설물 설치가 불가능하므로 실증평가 후 도시가스법령 개정
- **분산형 소규모 수소생산기지** : 수요처 인근 도심지 LPG·CNG 충전소 또는 CNG 버스 차고지 등에 300Nm³/h급* 수소 추출기 구축
 - * 1일 수소 생산량 500kg (수소버스 20대, 수소차 90~100대 분량)
 - ▷ 도시가스 배관망을 활용하여 추출수소를 생산하고, 권역별로 충전소에 공급하는 Mother station으로 운영
 - ▷ 수소 생산기지 구축 : (2019년) 3개(총 150억원) → 수소차 확산, 충전소 구축 등과 연계하여 연차적으로 확대

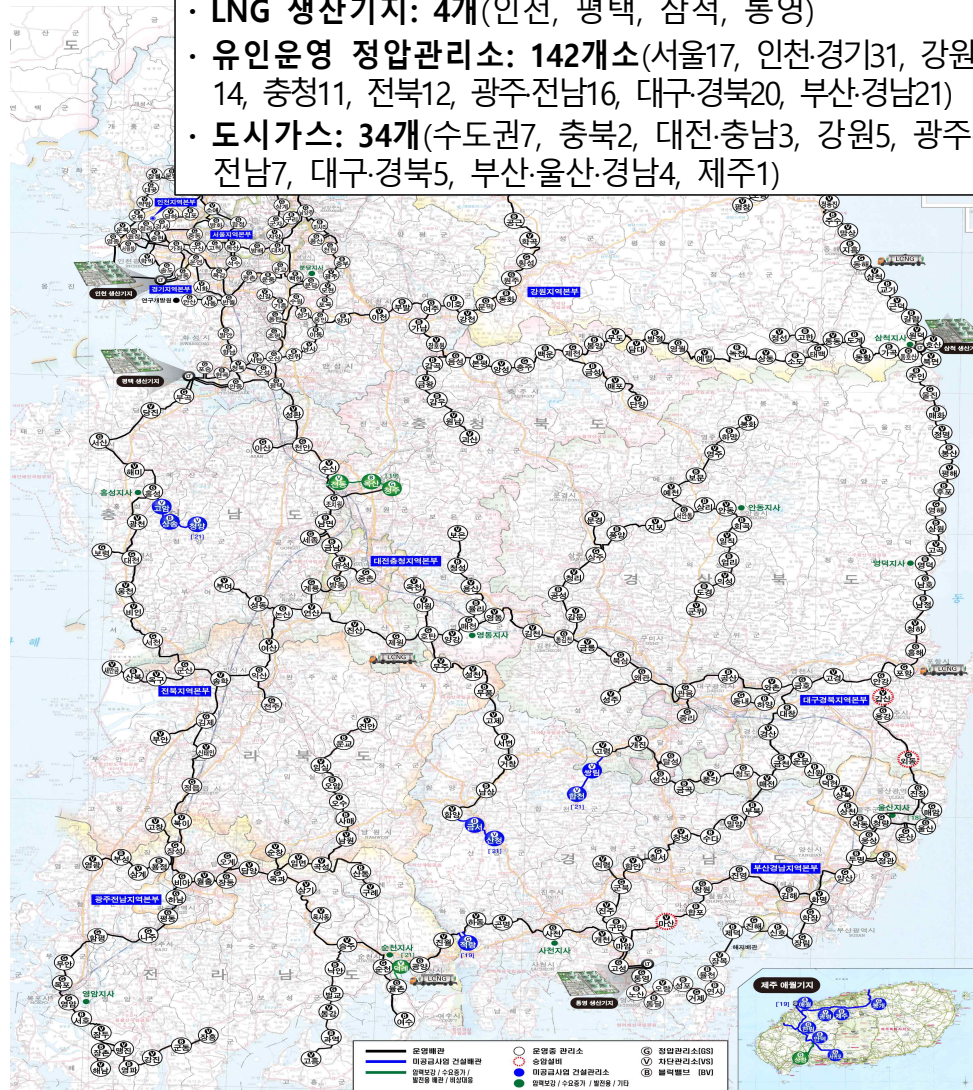


3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

수소생산기지 구축 후보지

- LNG 생산기지: 4개(인천, 평택, 삼척, 통영)
- 유인운영 정압관리소: 142개소(서울17, 인천·경기31, 강원14, 충청11, 전북12, 광주·전남16, 대구·경북20, 부산·경남21)
- 도시가스: 34개(수도권7, 충북2, 대전·충남3, 강원5, 광주·전남7, 대구·경북5, 부산·울산·경남4, 제주1)

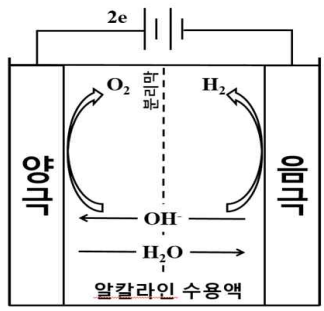
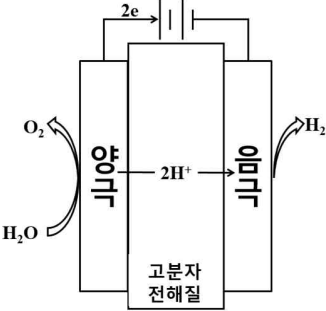
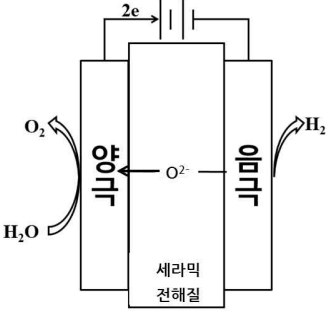


3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

3.2.3 수전해 : 재생에너지 전력 활용

- 물 전기분해 방법은 수소발생 반응에 필요한 전해질의 종류에 따라 알칼라인, 고분자 전해질(PEM), 고온수증기 분해(SOEC)기술로 구분됨
- 알칼라인, 고분자 전해질 수전해 기술은 현재 상업적으로 이용되고 있으며, 장치수명은 약 10년, 전력-수소변환 효율은 70~80%
 - 고온수증기 분해 기술은 높은 효율(95%)을 보이지만 소재 내구성 문제 및 낮은 수명으로 인하여 연구단계에 머물러 있음

구분	알칼라인 수전해	고분자전해질(PEM) 수전해	고온 수증기분해 수전해
개념	 <p>양극: $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 1/2\text{O}_2$ 음극: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$</p>	 <p>양극: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ 음극: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$</p>	 <p>양극: $\text{O}^{2-} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$ 음극: $\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}^{2-}$</p>
효율	~80%	~80%	~95%
작동온도	20~100℃	20~100℃	700~1000℃
특징	저가 소재(가격경쟁력高) 대면적&대형화 가능 변동성 흡수능력 중간	귀금속 소재(가격경쟁력低) 대면적&대형화 가능 변동성 흡수능력 높음	세라믹 소재(가격경쟁력中) 낮은 수명(연구 초기 단계) 변동성 흡수능력 낮음

* 변동성 흡수능력이 높을수록 재생에너지 등 변동성이 큰 전력공급 환경에서 안정적으로 수전해 가능



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

□ 수전해 수소 저장 효율



□ 대규모 · 고효율 수전해 기술개발

- 2022년까지 **MW급 재생에너지 연계 수전해 기술을 개발**하고, 100MW급 재생에너지 연계 실증 추진

< Power to Gas(P2G) : 재생에너지 전력 → 수소 생산(수전해) >

구분	1단계 R&D (2019 ~ 2021)	2단계 실증 (2022 ~ 2023)
P2G	<ul style="list-style-type: none"> · 수전해 및 제어기술 개발 · 전력·가스 등 그리드 연계 	<ul style="list-style-type: none"> · MW급 실증플랜트 구축·운영 (1,000시간 이상)

- 수전해 수소의 대용량 장기 저장기술 개발(MWh 이상급, ~2025)
- 수전해 **효율향상**(55→70%, ~2022) 및 **경제성 확보**를 위한 기술개발

□ 재생에너지 발전단지와 연계

- 해상풍력* 등 대규모 재생에너지 발전단지에서 수소 대량 생산

* (예) 지멘스社は 풍력발전을 활용한 P2G 실증플랜트 참여

- 폐도로 · 도로상부, 매립지 · 매립예정지 등에 대규모 태양광을 설치하고, 수소를 생산하는 ‘태양광+P2G’ 추진



3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

3.2.4 해외 생산 수소 활용 : 2030년 본격 도입

□ 수소 수요 증가 전망에 따라 **안정적·친환경 공급** 필요

- 대량의 수소 공급에 따라 국내 수소 가격의 안정화에도 기여
- 수소 상태로 수입·운반되어 수소 생산에 필요한 인프라 불필요

□ 화석연료 기반 수소에서 CO₂-free 수소 수입으로 온실가스 감축

* (예) 일본은 호주 갈탄에서 수소 추출시 CCS를 활용, 호주에 탄소 포집·저장

< 해외 생산 수소 도입 방안 >

해외 생산		수입(운반)		대량 공급
거점 지역 수소 생산 기지 건설	→	생산 수소 수입	→	국내 인수 기지 건설 및 공급

□ 수소 **액화·액상기술, 수소운반선박, 액화 플랜트** 등 관련 인프라·기술개발 등을 통해 해외 생산 수소 인수기지 건설(2022~)

▷ LNG 인수기지 건설 기술 및 경험을 바탕으로 액화수소 우선 추진, 이에 필요한 핵심 기술 개발 및 국산화 추진

□ 해외 **수소수입(~2025)** 및 **‘재생에너지+수소생산’ 거점 구축(~2030)** 등으로 글로벌 수소경제 선도

* (예) ‘갈탄 추출수소-액화운송’, ‘석유 추출수소-액화운송’, ‘LNG 추출수소-암모니아 운송’ 등을 협력·실증



※ 일본 수소 해외 생산(수입) 프로젝트

□ (日- 호주) 갈탄 활용 수소 프로젝트 (액화방식*)

- (내용) 호주 빅토리아에 매장된 갈탄에서 수소를 생산하고 저장, 운송, 이용까지 한 번에 가능한 **액화 수소 공급망 구축****

* 액화방식 : 초저온 유지 및 증발가스 저감을 위한 기술적 난이도 높음

** 일본 (NEDO) 시범 프로젝트로써, 가와사키 중공업등 일본 4개사 공동협업 추진

▷ 갈탄의 가스화, 액화수소의 장거리 대량운송, 액화수소 하역 등기술을 개발 진행하여 2030년 상용화 계획

- **HySTRA*** : 일본 경제산업성(METI)의 수소공급망 수립전략 로드맵(2014.6)에따라 NEDO에서 프로젝트 시행 (2015.6)을 위해 가와사키 중공업, J파워, 이와타니 산업, 쉘 재팬 등에 의해 설립(2016.2)

* CO2-free Hydrogen Energy Supply-Chain Technology Research Association

- **협업내용** : 액화 수소 공급망 구축과 관련, 각 기업의 특화 기술 협업체제, 2030년 상용화를 내다보고 기술 확립 및 실증 실험 진행

· J파워 : 호주 현지에서 갈탄에서 수소추출(가스화 플랜트),

· 이와타니 산업 : 수소 액화 및 탱크저장, 유통

· 가와사키 중공업 : 액화 수소 수송선 개발,

· 쉘 재팬 : 해상운송 담당

□ (日- 브루나이) LNG추출 수소 프로젝트(액상방식*)

- 내용 : 미쓰비시의 브루나이 LNG 생산기지에 치요다가 전용시설 건설, LNG에서 수소분리, 니폰유센이 선박이용 **일본으로 수입****

* 액상방식 : 기존 석유 인프라활용 통해 초기투자비용이 적어 경제성 확보 용이

** 2020년부터 수소 수송을 개시, 실증단계에서는 4만대분(210톤/년)의 수소 공급

▷ 현지에 건설 중인 수소화 플랜트에서 MCH로 변환, 일본에 수송한 후 가와사키에 탈수소 플랜트를 건설하고 가스터빈 발전의 연료로 사용

- **(AHEAD*)** 치요다 화공건설 등 일본계 4사는, 본 실증 사업에 수반해 차세대 수소에너지 체인 기술연구 조합

* Advance Hydrogen Energy Chain Association for Tech.Develop



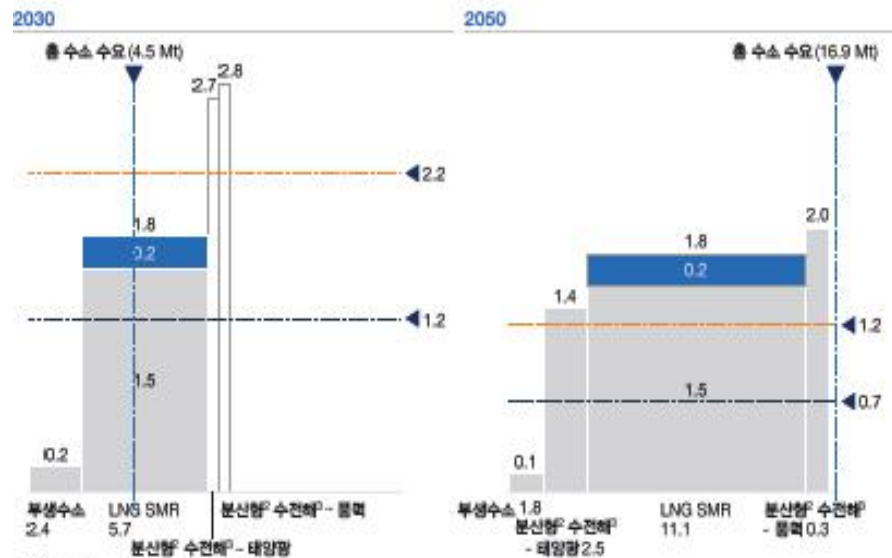
3. 수소경제 활성화 추진방안

3.2. 수소생산 부문 육성

< 해외수소 도입가격 전망(호수산 기준) >

수소 생산 비용 및 수량

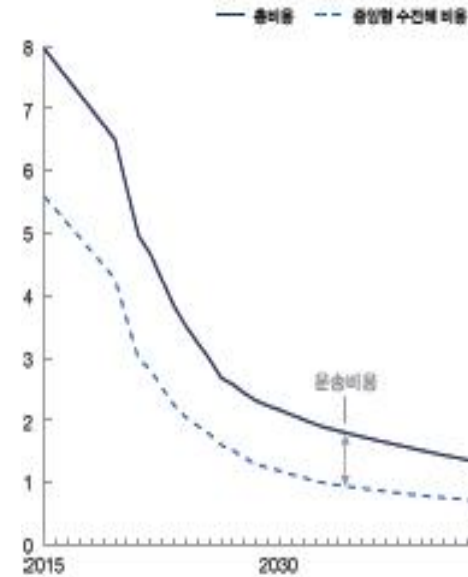
백만 톤 (x 축), 수소 kg 당 달러가격¹⁾ (y 축)



1 2015년 현재 기준
2 분산형 수전해에 필요한 수전해가 많은 신재생 에너지원을 활용하여 신재생 에너지의 사용하는 것으로 가정한 분산형 수전해 기준치를 함
3 신재생 수전해는 각 신재생 에너지원을 수소 생산에 적용하는 것에 따른 비용

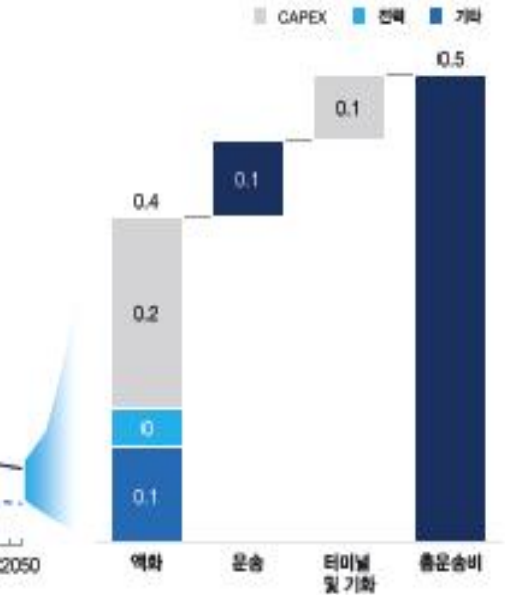
수입 수소 가격 (호수산)

수소 kg 당 달러가격¹⁾



수소 운송 비용 (호수-한국)

수소 kg 당 달러가격¹⁾



자료: 메킨지(2018)

3. 수소경제 활성화 추진방안

3.3. 수소 운송·저장 부문 육성

□ 저장 방식별 비교

구분		고압기체	액화	액상(암모니아)
특징		수소기체를 고압으로 압축	극저온 상태로 수소를 액체화	암모니아(NH ₃) 등 화합물 형태로 액상 저장
저장조건		700 기압	-253 °C	-33.4 °C
수소저장 (wt.%)		100	100	17.8
저장밀도 (kg/m ³)		39.6	70.8	120
운송방식		튜브 트레일러	탱크로리, 수소선박 등	기존 가솔린(디젤), 인프라, 선박 등
장점		<ul style="list-style-type: none"> - 기존 인프라 활용 - 고순도 수소 저장 	<ul style="list-style-type: none"> - 고가 압축기 불필요 - 고순도의 수소 저장 및 대용량 운송 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 암모니아 인프라 활용 가능 - 일반 압력용기 저장 가능 - 직접 연료로 사용 가능
단점		<ul style="list-style-type: none"> - 고압 저장에 에너지 소모 大 - 낮은 에너지 저장밀도 	<ul style="list-style-type: none"> - 액화에 에너지 소모 大 - 장기간 저장 및 기화 가스 제어 어려움 - 액화플랜트 설치비용 大 	<ul style="list-style-type: none"> - 수소 발생에 에너지가 필요하고 유독 폭발 부식성이 있음
기술 수준	국내	실증단계	초기 개발 단계	초기 개발 단계
	국외	실증단계 (미국, 캐나다)	상용화 완료 (독일, 프랑스, 미국 등)	실증 단계 (일본, 호주 등)



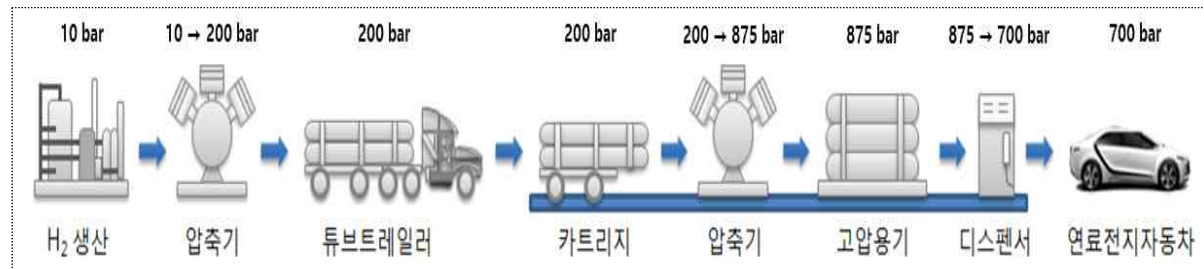
3. 수소경제 활성화 추진방안

3.3. 수소 운송·저장 부문 육성

수소 저장·운송 주요 목표

구분	현재	2022년	2030년 이후
튜브 트레일러	500대	대규모 기체 저장·운송	액화, 액상 및 고체 수소 저장·운송
파이프라인	200km	부생수소 거점(울산, 여수, 대산) 인근에 수소파이프라인 구축	전국 단위의 고압용 수소 파이프라인 구축 검토
추진방향	-	수요처 중심 공급 기반 구축	전국 단위 공급 인프라 구축

□ 튜브트레일러 : 고압 기체 운송에서 액상·액화 운반으로 확대



< 수소 저장·운송 과정 >

- 고압기체수소 저장·운송 용량 향상 및 트레일러 경량화*를 통해 **운송비용을 절감**하고, **수소 공급 가능지역 확대** (~ 2022년)

▷ 수소충전소 경제성 확보를 위해 1톤 수준**의 수소 운송이 가능한 700bar 이상의 튜브 활용 확산

* 현재 튜브트레일러 중량은 40t으로 서울시내 교량 이용에 제한 → 20t으로 감축

* 1대로 중소규모 도시의 버스차고지 대응 가능한 수준, 운송비를 63%까지 절감 가능

- 장기적으로, **액상·액화 운반**(탱크로리)을 통해 **운송 효율성 제고** (~ 2030년)

3. 수소경제 활성화 추진방안

3.3. 수소 운송·저장 부문 육성

□ 파이프라인 : 주요 수요처 중심 파이프라인을 전국으로 확대

- 국내에 설치된 수소 파이프라인은 약 200km정도로, **공급압력 향상***과 **수명 증가를 위한 소재 개발**** 등 추진

* 現 공급압력 약 20bar → 100bar 이상(美 에너지부 목표)으로 향상

** 수소 전용 파이프라인 재질 개발(50bar 이상, 취성 극복)

- 주요 수요처에 파이프라인을 우선 설치하고, 중장기에는 LNG 생산기지, 수소 인수기지 등 **대규모 공급과 연계하는 주배관 구축***

* 수소 전용 파이프라인 구축 비용 : 약 4억원/km

▷ 수소 수요가 많은 도시는 민간 주도로 파이프라인 구축(~2022)

▷ 수입기지에 파이프라인을 구축하여 인근에 대규모 수소 공급(2025~)

▷ 장기적으로 수소 수요 증가에 대응하여 전국을 연결하는 수소 주배관 건설(2030~)



감사합니다.

