

지속가능한 미래에너지와 자동차산업 세미나 발표자료

# 수소에너지 사회로의 전환을 위한 전략

에너지경제연구원

김재경



# 개 요

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



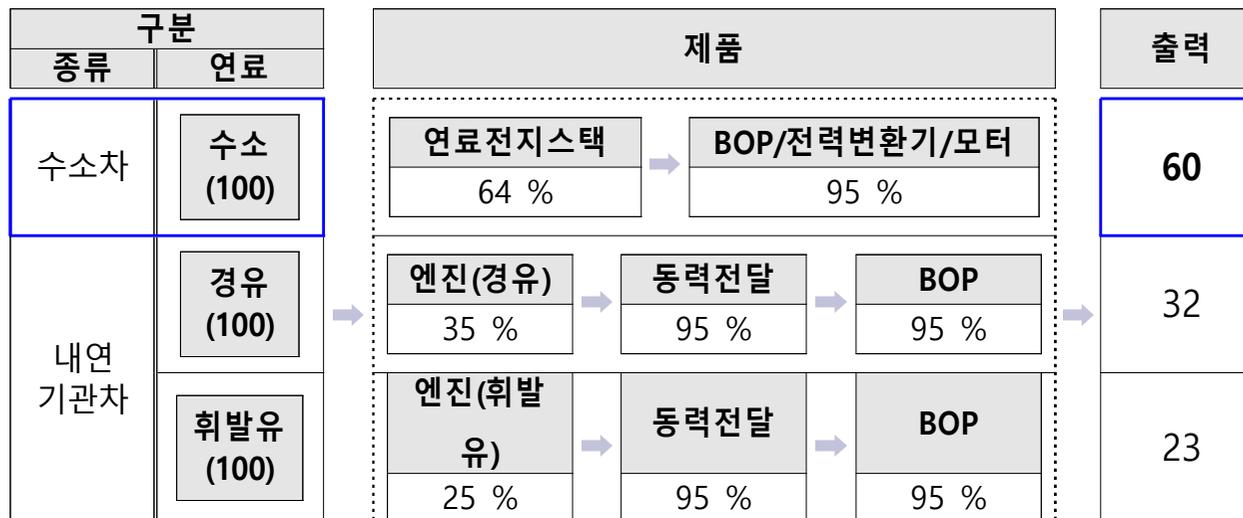
# 1. 수소경제의 의미와 여건

## □ 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



# 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



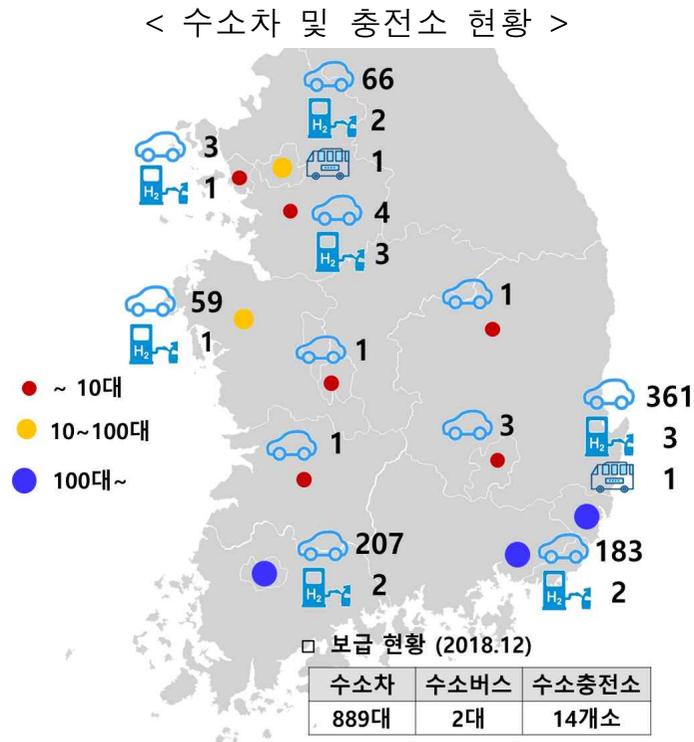
# 1. 수소경제의 의미와 여건

## 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 추출	석유화학단지(울산, 여수, 대산)의 공정전환 없이는 추가 공급 어려움 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 >

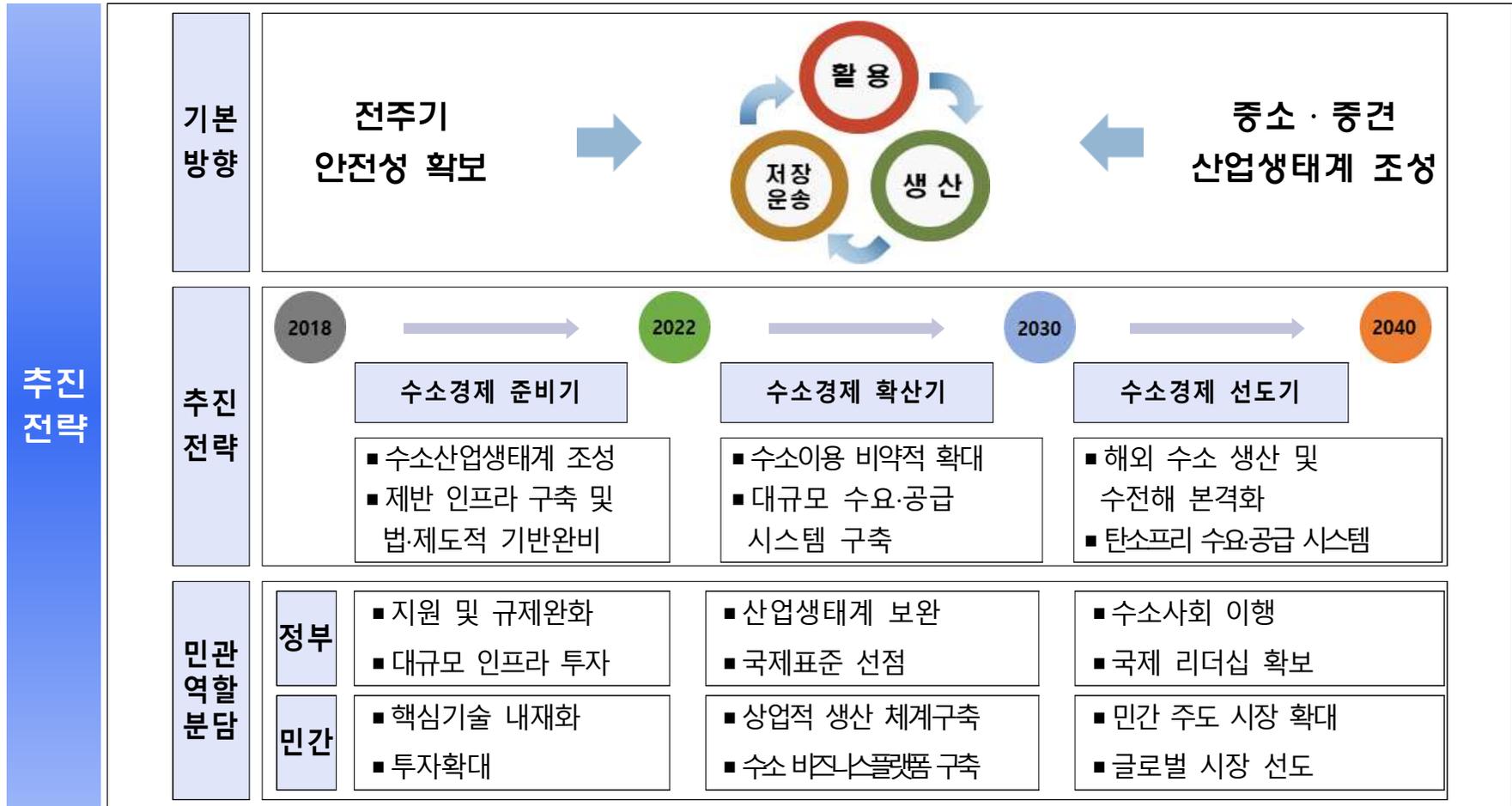
#### 세계 최고수준의 수소경제 선도국가로 도약

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

		2018년	2022년	2040년	
		목표	수 소 차 (수출) (내수)	1.8천대 (0.9천대) (0.9천대)	8.1만대 (1.4만대) (6.7만대)
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

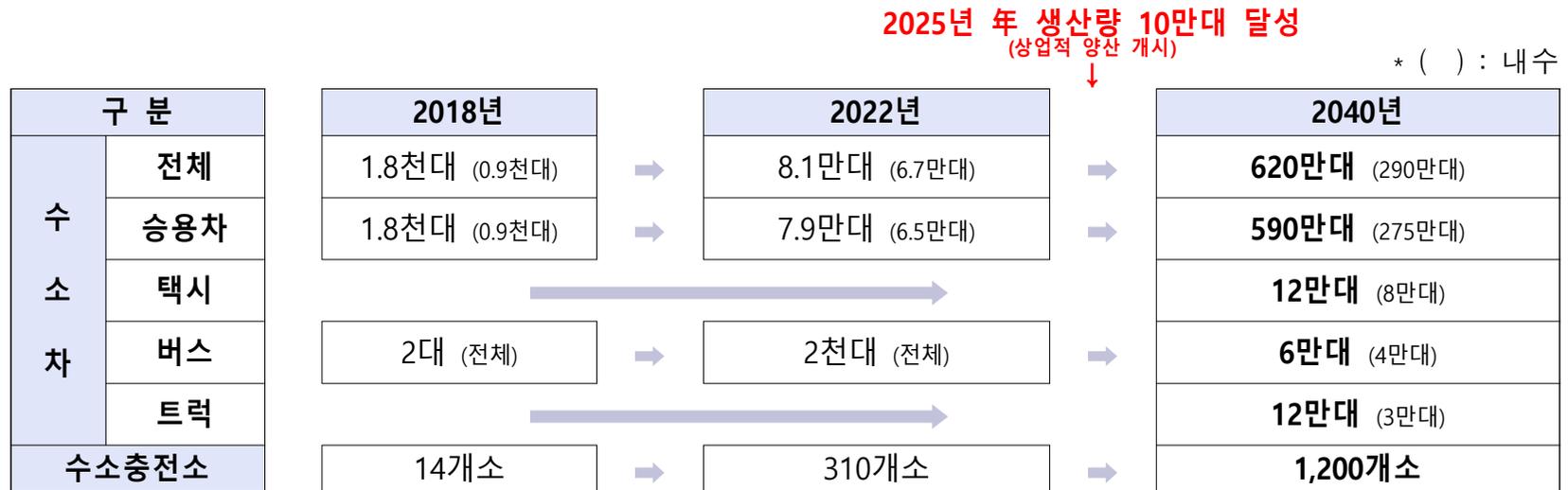


### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 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 배출을 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).



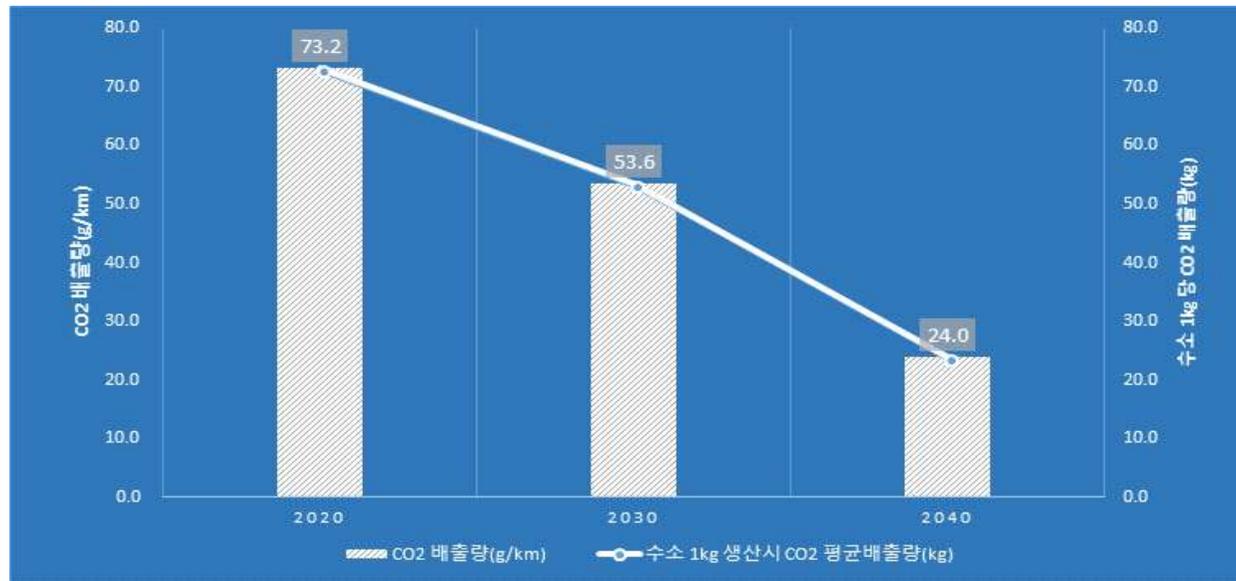
<전기차(수송용 전기)의 온실가스(CO2-eq) 배출량 전과정 분석결과>

□ 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

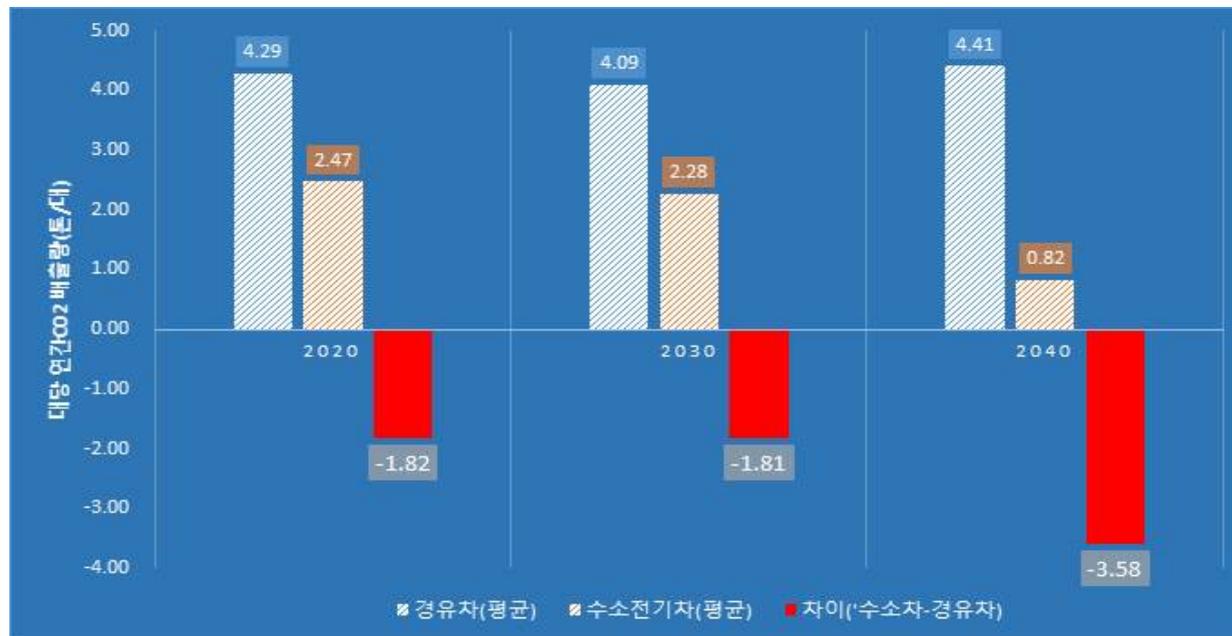


<수소전기차 1km 주행시 CO2 배출량(g) 변화추이>



□ 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 시범운영 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 쉼 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 **수소복합환승센터**를 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/시범운영 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

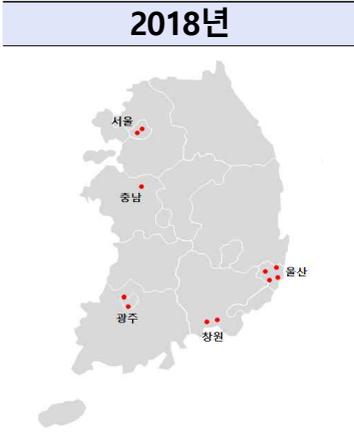
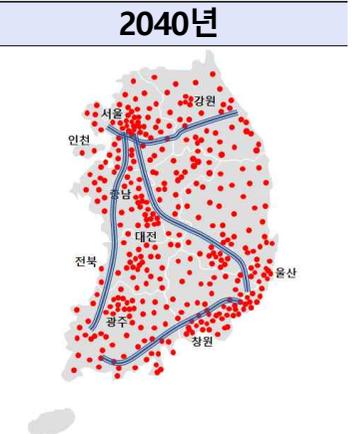
- \* 전국 2,027개 LPG 충전소(2018.10 기준)를 융복합 충전소로 활용



### 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	
	경유+전기	125 대	
	LPG+전기	17,494 대	
LPG		2,042,895 대	2,030 개소

\* 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 생산**을 통한 규모의 경제 실현, **수전해 효율향상, 대량 수소 수입** 등 수소 생산비용 절감
- ② 저장·운송 : **액화·액상수소 기술개발**을 통한 저장 효율 제고, **수소 파이프라인**을 활용한 대규모 운송 등을 통해 **운송비 절감**
- ③ 수소충전소 : 수소가격이 목표한 수준이 될 때까지 **수소충전소 설치 보조금을 유지**하고, **운영 보조금을 신설**
- ④ 수소가격 안정화 : 수소의 **적정 기준가격을 제시**하고, 수소 **수급관리 및 거래시스템 구축**을 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 <sub>2</sub> free 수소 대량 도입
공급	13만톤/年	47만톤/年	194만톤/年	526만톤/年



### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 3.2. 수소생산 부문 육성

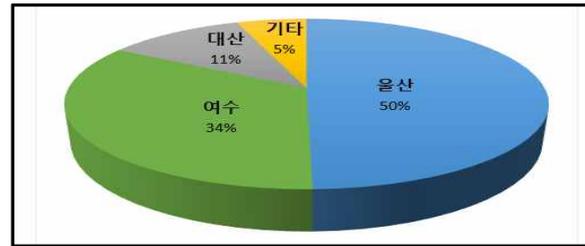
##### 3.2.1 부생수소

□ 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

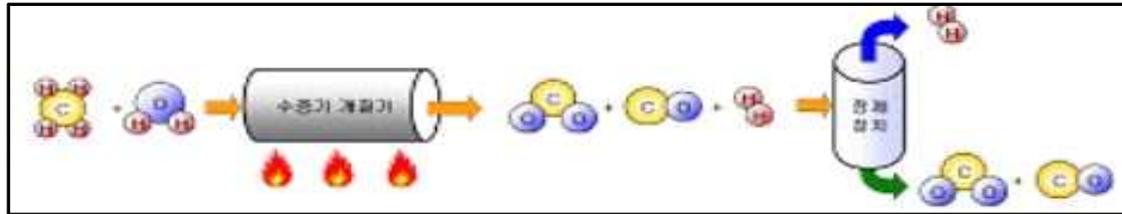
##### 3.2.2 주출수소

□ 석유화학단지를 중심으로 생산 : 수소경제 준비 물량으로 활용

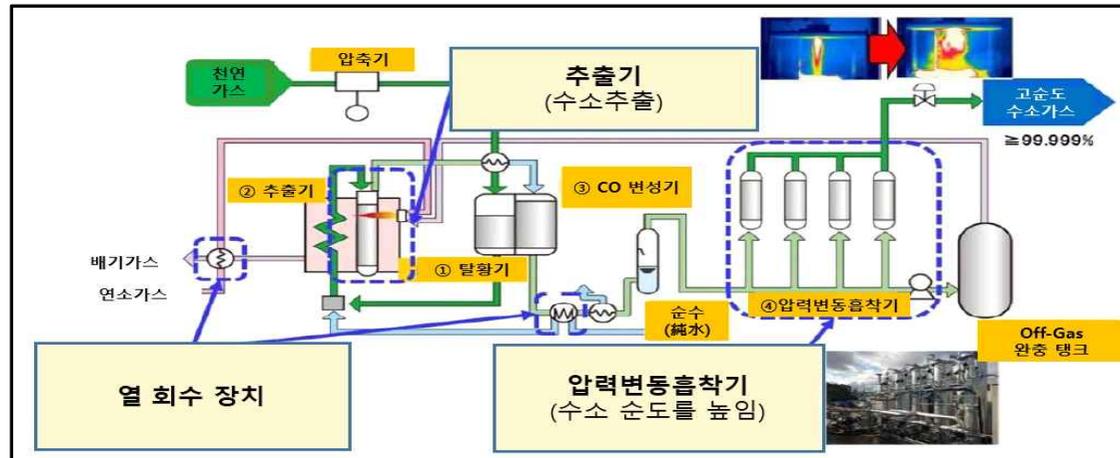
● SMR : 수증기메탄추출(Steam Methane Reforming)방식으로 현재 가장 많이 하는 추출법

▷ 천연가스와 물을 연료로 700°C 이상의 고온에서 촉매 반응시켜 수소 추출

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



● 수소추출과정

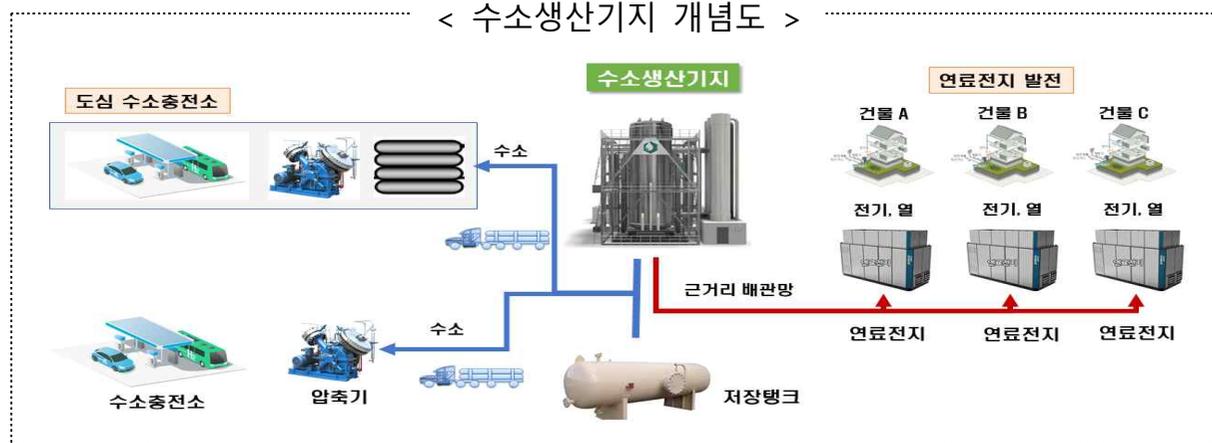


### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 3.2. 수소생산 부문 육성

##### □ 수소 대량공급 기반 : 초기 수소경제 이행의 핵심 공급원

- **거점형 중·대규모 수소생산기지** : 천연가스 공급망에 300~ 1,000Nm<sup>3</sup>/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 300Nm<sup>3</sup>/h급\* 수소 추출기 구축
  - \* 1일 수소 생산량 500kg (수소버스 20대, 수소차 90~100대 분량)
  - ▷ 도시가스 배관망을 활용하여 추출수소를 생산하고, 권역별로 충전소에 공급하는 **Mother station**으로 운영
  - ▷ 수소 생산기지 구축 : (2019년) 3개(총 150억원) → 수소차 확산, 충전소 구축 등과 연계하여 연차적으로 확대

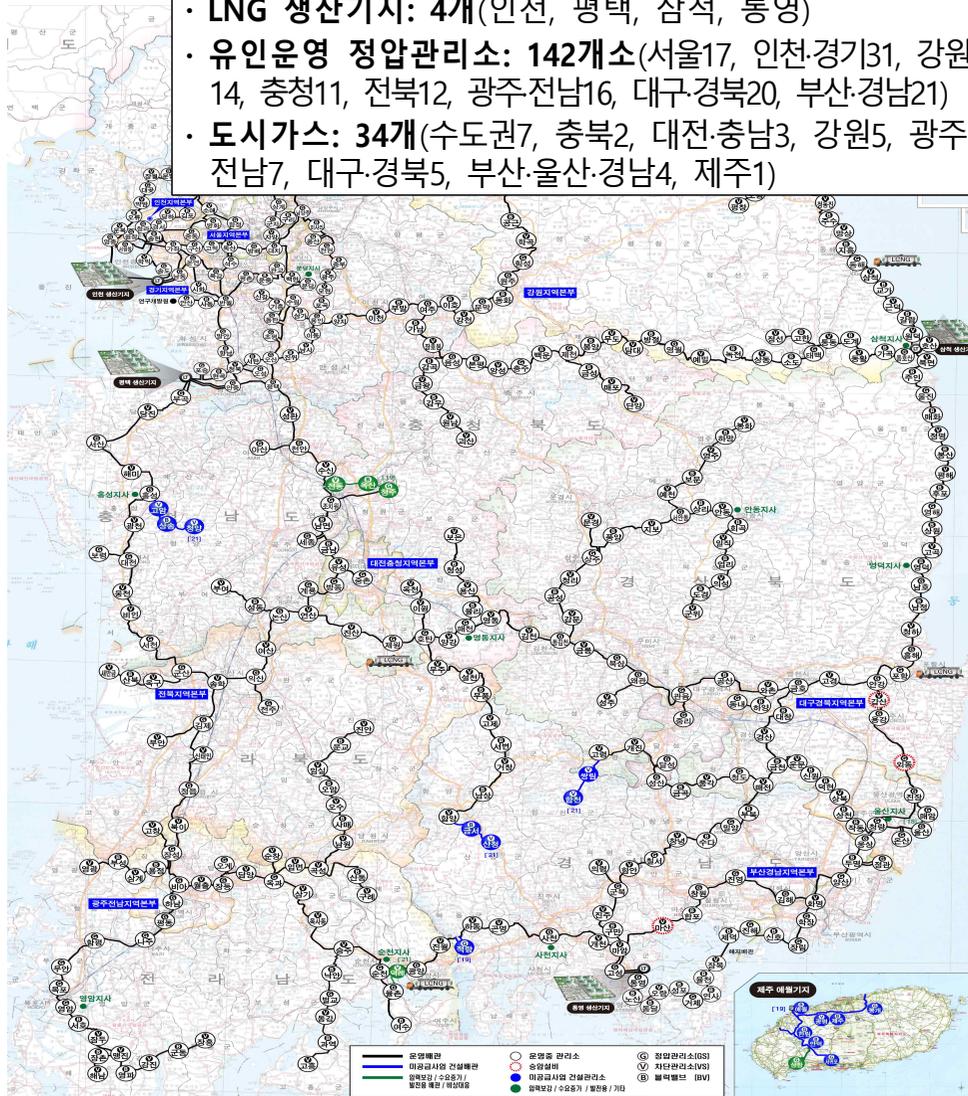


### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 3.2. 수소생산 부문 육성

#### 수소생산기지 구축 후보지

- LNG 생산기지: 4개(인천, 평택, 삼척, 통영)
- 유인운영 정압관리소: 142개소(서울17, 인천·경기31, 강원14, 충청11, 전북12, 광주전남16, 대구·경북20, 부산·경남21)
- 도시가스: 34개(수도권7, 충북2, 대전·충남3, 강원5, 광주·전남7, 대구·경북5, 부산·울산·경남4, 제주1)



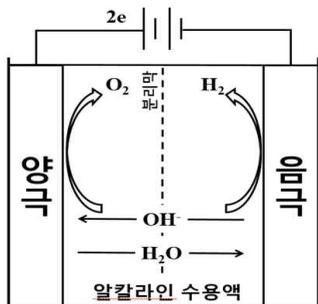
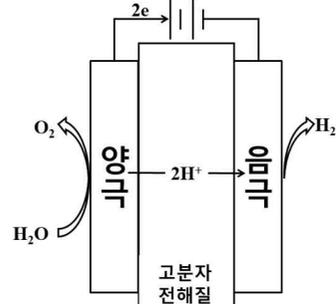
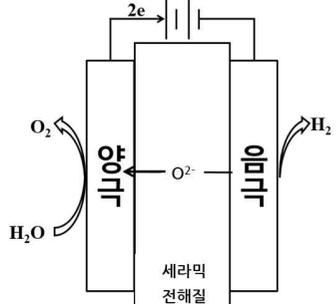
### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 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: <math>2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 1/2\text{O}_2</math> 음극: <math>2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2</math></p>	 <p>양극: <math>\text{H}_2\text{O} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-</math> 음극: <math>2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2</math></p>	 <p>양극: <math>\text{O}^{2-} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-</math> 음극: <math>\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}^{2-}</math></p>
효율	~80%	~80%	~95%
작동온도	20~100°C	20~100°C	700~1000°C
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 개발하고, 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"> <li>· 수전해 및 제어기술 개발</li> <li>· 전력·가스 등 그리드 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· MW급 실증플랜트 구축·운영 (1,000시간 이상)</li> </ul>

- 수전해 수소의 대용량 장기 저장기술 개발(MWh 이상급, ~2025)
- 수전해 효율향상(55→70%, ~2022) 및 경제성 확보를 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

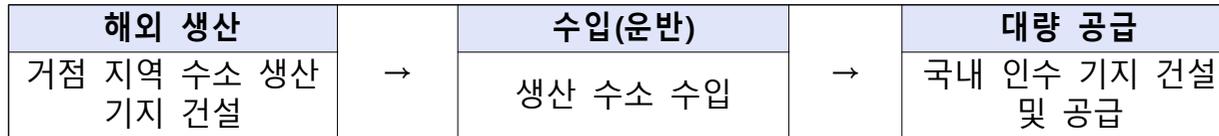
□ 수소 수요 증가 전망에 따라 **안정적·친환경 공급** 필요

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

□ 화석연료 기반 수소에서 CO<sub>2</sub>-free 수소 수입으로 온실가스 감축

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

##### < 해외 생산 수소 도입 방안 >



□ 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



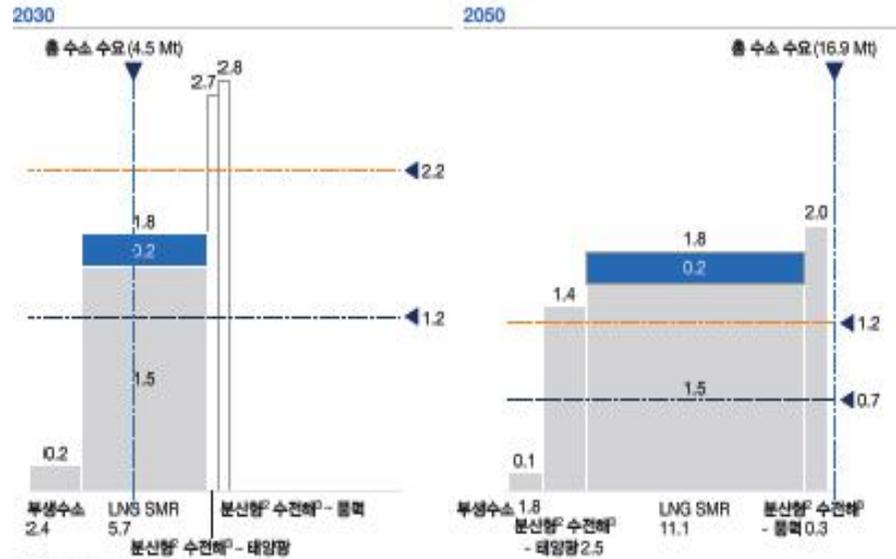
### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 3.2. 수소생산 부문 육성

< 해외수소 도입가격 전망(호수산 기준) >

수소 생산 비용 및 수량

백만 톤 (x 축), 수소 kg 당 달러가격 (y 축)

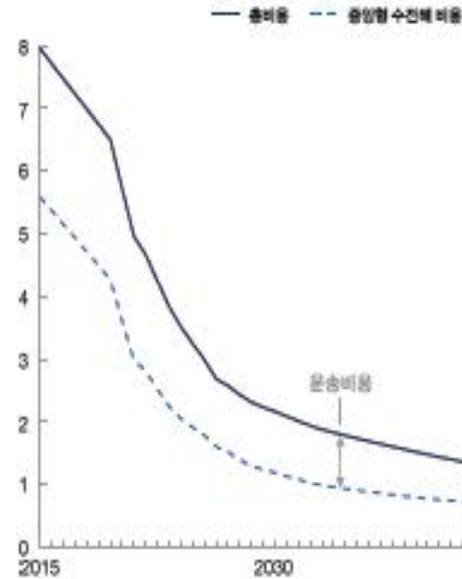


1 2010년 현재 기준  
 2 분산형 수전해에 필요한 수전해기 같은 신재생 에너지원을 활용하여도 신재생 에너지의 시장화는 전례 없이 빠른 분산형 수전해용 기술 개발로  
 3 신재생 수전해는 수산자원을 에너지원으로 수소 생산에 필요한 전력 비용

자료: 메킨지(2018)

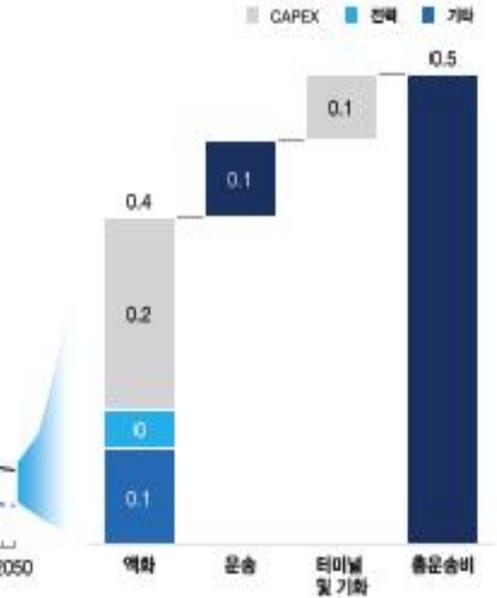
수입 수소 가격 (호수산)

수소 Kg 당 달러가격<sup>1</sup>



수소 운송 비용 (호수-한국)

수소 Kg 당 달러가격<sup>1</sup>



### 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 <sub>3</sub> ) 등 화합물 형태로 액상 저장
저장조건	700 기압	-253 °C	-33.4 °C
수소저장 (wt.%)	100	100	17.8
저장밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	39.6	70.8	120
운송방식	튜브 트레일러	탱크로리, 수소선박 등	기존 가솔린(디젤), 인프라, 선박 등
장점	- 기존 인프라 활용 - 고순도 수소 저장	- 고압 압축기 불필요 - 고순도의 수소 저장 및 대용량 운송 가능	- 기존 암모니아 인프라 활용 가능 - 일반 압력용기 저장 가능 - 직접 연료로 사용 가능
단점	- 고압 저장에 에너지 소모 大 - 낮은 에너지 저장밀도	- 액화에 에너지 소모大 - 장기간 저장 및 기화 가스 제어 어려움 - 액화플랜트 설치비용 大	- 수소 발생에 에너지가 필요하고, 유독 폭발 부식성이 있음
기술 수준	국내	실증단계	초기 개발 단계
	국외	실증단계 (미국, 캐나다)	상용화 완료 (독일, 프랑스, 미국 등)



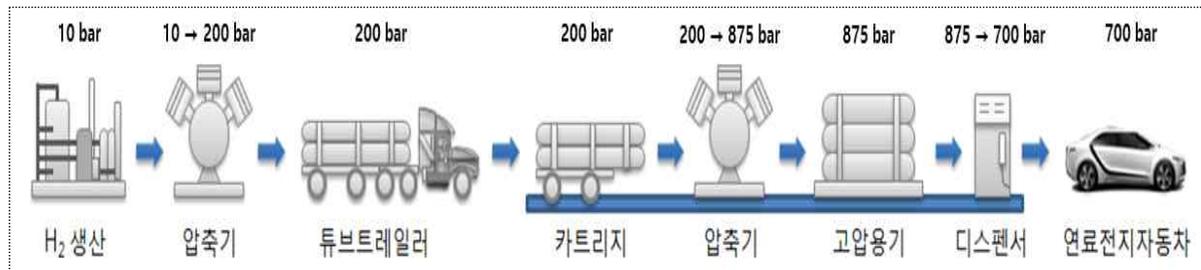
### 3. 수소경제 활성화 추진방안

#### 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, 증장기에는 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.**

