

에너지경제연구원 개원 33주년 기념 세미나 발제자료

# 수소경제 로드맵 이행을 위한 세부전략과 과제

2019. 8. 30.

김재경 연구위원



# 개 요

- I. 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계
- II. 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략
- III. 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.1. 수소경제의 의미

- “수소경제”는 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제를 의미함.

<수소경제와 탄소경제 비교>

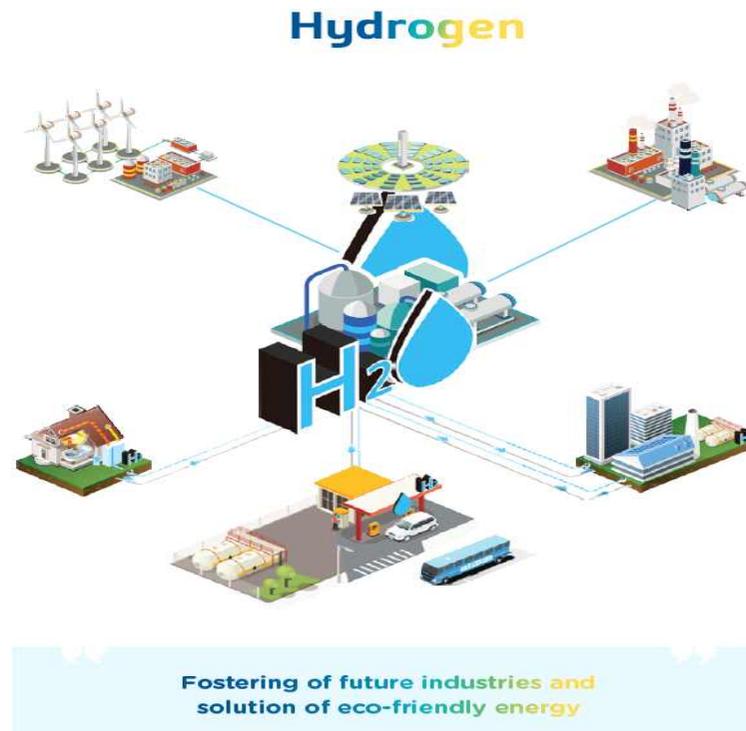
	탄소경제	수소경제
에너지 패러다임	탄소자원(석유, 석탄, 가스 등) 중심 수입 의존(99%)	탈탄소화 수소 중심 국내 생산으로 에너지 자립 기여
에너지 공급	대규모 투자가 필요한 중앙집중형 에너지 수급 입지적 제약이 크고 주민 수용성이 낮음	소규모 투자로 가능한 분산형 에너지 수급 입지적 제약이 적고 주민 수용성이 높음
경쟁 양상	자원개발 및 에너지 확보 경쟁	기술경쟁력 확보 및 규모의 경제 경쟁
환경성	온실가스, 대기오염물질 배출 * Co2, NOx, SOx 등	온실가스 배출이 적어 친환경적 * 부산물 = 물(H <sub>2</sub> O)



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.2. 수소경제의 경제적 중요성과 기대효과

- 경제적 측면에서 혁신성장의 동력인 동시에 에너지를 보다 친환경적으로 사용하도록 이끌어주는 수단으로서 수소가 지닌 무한한 잠재력이 실제 구현된 사회를 지향한다는 의미임.



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.2. 수소경제의 경제적 중요성과 기대효과

- 우선 경제적 측면에서 수소 활용산업은 수소전기차를 중심으로 한 수송 분야에서 전기, 열 등 에너지 분야까지 다양한 새로운 미래 신산업으로 육성이 가능함.
  - 수소승용차에서 상용차, 열차, 선박, 드론, 건설기계 등 모든 수송 분야에 수소가 활용될 수 있으며, 새로운 산업 생태계 조성이 가능함.
  - 특히 2017년 기준 2조 달러 규모의 세계 자동차 시장을 고려 시, 이 중 약 10% 만 수소전기차로 전환되어도 디스플레이시장(1.3천억달러)의 약 1.5배, 반도체시장(4.2천억달러)의 약 1/2 규모가 될 수 있음.
  - 연평균 22% 이상 성장하고 있는 세계 연료전지 시장을 고려할 경우, 분산전원의 최적 에너지전환 기술 및 설비로서 친환경이면서 고효율로 전기와 열을 생산하는 연료전지의 경제적 가치도 있음.
- 그리고 이러한 수소 활용산업의 육성은 수소 생산-저장·운송-활용 등의 밸류체인 전반에 걸쳐 다양한 산업과 연계되어, 상당한 부가가치 및 고용유발효과를 거둘 수 있다는 또 다른 장점도 존재함.
  - 수소전기차와 연료전지의 협력부품업체가 대부분 중소·중견기업으로, 활용 확대에 따라 협력기업의 성장과 고용창출로 연계 가능하며, 수소 생산, 운송·저장, 충전소 등 인프라 구축은 금속·화학·기계설비 등 관련 산업의 투자와 시장 및 고용 확대를 유발할 수 있다.
- 한국의 수소경제가 성장할 경우, 2040년 수소경제로 말미암아 발생하는 부가가치 유발규모를 2017년 우리나라 GDP의 약 2.5%를 초과하는 43조원으로, 고용유발인원을 2018년 자동차 산업 고용인원의 75%를 초과하는 42만명으로 추산됨.



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.3. 수소경제의 환경적 중요성과 기대효과

- 또한, 에너지 측면에서 수소를 활용할 경우 온실가스 감축 및 미세먼지 저감 등을 통해 깨끗하고 안전한 청정사회 진입을 촉진하는데 기여할 수 있음.
  - 수소를 활용함으로써 에너지 소비의 탈탄소화로 온실가스 감축에 크게 기여하고, 수송 및 발전 등 다양한 분야에서 미세먼지 저감으로 사회적 비용을 줄일 수 있음.
- 한국의 수소경제가 성장할 경우, 2040년 수소를 활용함으로써 대체되는 최종에너지의 규모는 2040년 최종 소비에너지의 약 5%인 10.4백만TOE(석유환산톤)이며, 이는 2016년 기준 국내 가정에서 사용하는 천연가스 소비량에 맞먹는 규모가 됨.

Hydrogen ratio of gross energy

5%  
2040



Greenhouse gas reduction

27 million tons  
2040



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.3. 수소경제의 환경적 중요성과 기대효과

- 이를 통해 500MW급 석탄 발전 9기의 배출량에 해당하는 약 2,728만톤의 이산화탄소가 감축되고, 2015년 도로에서 발생하는 미세먼지 배출량의 6.1%에 해당하는 2,373톤이 줄어들 것으로 추정된다.



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.4. 우리나라 수소경제의 잠재력과 한계

- 이 같은 사회적 가치를 지닌 수소경제 활성화를 **국내에서** 추진하기에 **충분한 여건은 이미 조성되어** 있음.
  
- 먼저, 우리나라는 수소경제의 물적 기반이 잘 갖추어져 **효과적으로** 수소경제를 활성화시킬 수 있음.
  - 현재 대규모 석유화학단지(울산·여수·대산)를 중심으로 수소 파이프라인과 고순도 수소생산 기술이 확보되어 있으며, 이미 연간 약 164만톤 정도의 수소가 생산, 유통, 활용되고 있음.
  - 이로 인해 수소 공급에 필요한 석유화학 및 플랜트 산업 기반과 경험이 풍부하여 충분한 수소 수요와 경제성이 확보될 경우, 설비증설, 공정전환 등을 통해 대규모 부생수소 공급이 가능함.

South Korea has the potential to lead the hydrogen economy



However, this golden time will exist for only **three to four years**



**01** World-leading technology including hydrogen vehicles and fuel cells



**02** Petrochemical plant infrastructure and rich experience



**03** Potential for existing LNG supply network to deliver hydrogen across

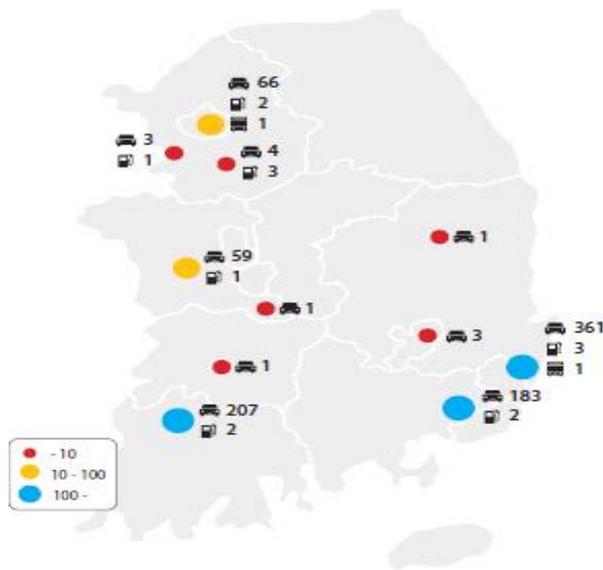


# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.4. 우리나라 수소경제의 잠재력과 한계

- 더구나 발달된 LNG 공급망을 활용할 경우, 추가적인 인프라 투자 없이도 쉽게 안정적이면서도 경제적으로 전국단위의 수소 생산 및 공급체계 구축이 가능함.

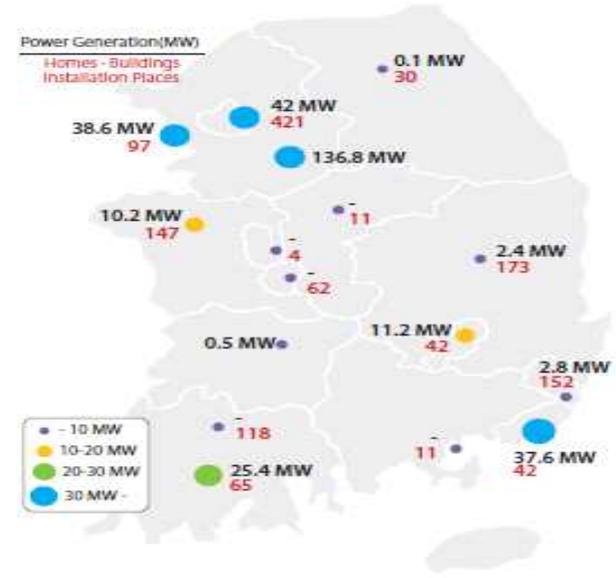
<수소차 및 충전소 현황>



H <sub>2</sub> Cars	H <sub>2</sub> Buses	H <sub>2</sub> F.S.
889	2	14

(as of December 2018)

< 연료전지 현황 >



Sector	MW	Places
Power gen.	307.6	41
Homes/Buildings	7.05	3,167

(as of December 2018)



# I 우리나라 수소경제의 중요성, 잠재력 및 한계

## 1.4. 우리나라 수소경제의 잠재력과 한계

- 이러한 물적 기반과 함께 수소 활용산업도 이미 **세계적 수준의 기술력이 확보된 상태임.**
  - 수소전기차의 경우, 2013년 세계 최초 양산에 성공한데 이어 세계 최장 주행거리를 자랑하는 일반보급형 보급모델이 2018년 출시된 바 있음.
  - 연료전지 부문에서도 원천기술을 보유한 국내외 기업과의 제휴 및 M&A 등을 통해 최고 수준의 기술력을 보유하고 있음.
- 그러나 수소전기차는 가격부담, 대중교통 적용의 어려움, 충전인프라 부족 등으로 인해, 연료전지는 설치비 부담, 높은 연료비 등으로 인해 아직 **‘시장’** 이라고 이름붙이기 민망한 수준임.
- 이를 타개하기 위해 적극적인 수요창출과 보급 확대를 통해 **경제성 확보와 자생적 확산의 동력 창출이 요구됨.**
- 또한, 수소생산 분야에서 부생수소 외에 천연가스 추출수소 및 수전해 등에 대한 핵심 원천기술과 상용화 실증도 부족하며, 저장, 운송 분야에서 고압기체 저장운송은 가능하나 장거리·대용량 운송에 필요한 액화·액상기술은 아직 개발단계이므로 조속한 기술경쟁력 제고가 요구됨.
- 정책적 측면에서도 수소차, 충전소, 연료전지 개발 및 보급 등 단편적인 지원은 있으나, 종합적인 수소경제 활성화 전략과 법적 지원 기반이 부족한 것이 사실임.
- 결국 이러한 **시대적 요구가 반영되어 구체화된 것이 바로 한국 정부의 “수소경제 활성화 로드맵” 임.**



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.1. 수소경제 활성화 로드맵의 비전

- 한국의 수소경제 활성화 로드맵은 “수소전기차 및 연료전지 세계시장 점유율 1위 달성” 을 목표로 수소 활용산업에서의 시장창출과 육성에 우선적인 방점을 찍었음.
- 물론 수소를 활용하는 제품은 수소전기차(발전용, 자가용), 연료전지 외에도 선박, 열차, 드론 등 광범위함.
- 그러나 현 시점에서 기술성숙도 측면에서 이미 상용화되었으며, 일정 정도 정부의 지원 노력이 있을 경우 바로 시장창출이 가시적으로 가능한 세 가지 부문을 중심으로 우선적으로 육성하고 기술개발 지원을 통해 기술적 성숙도를 높이는 한편, 추후 충분히 성숙할 경우 선박, 열차, 드론 등 기타 활용산업으로 지원범위를 확대할 예정임.

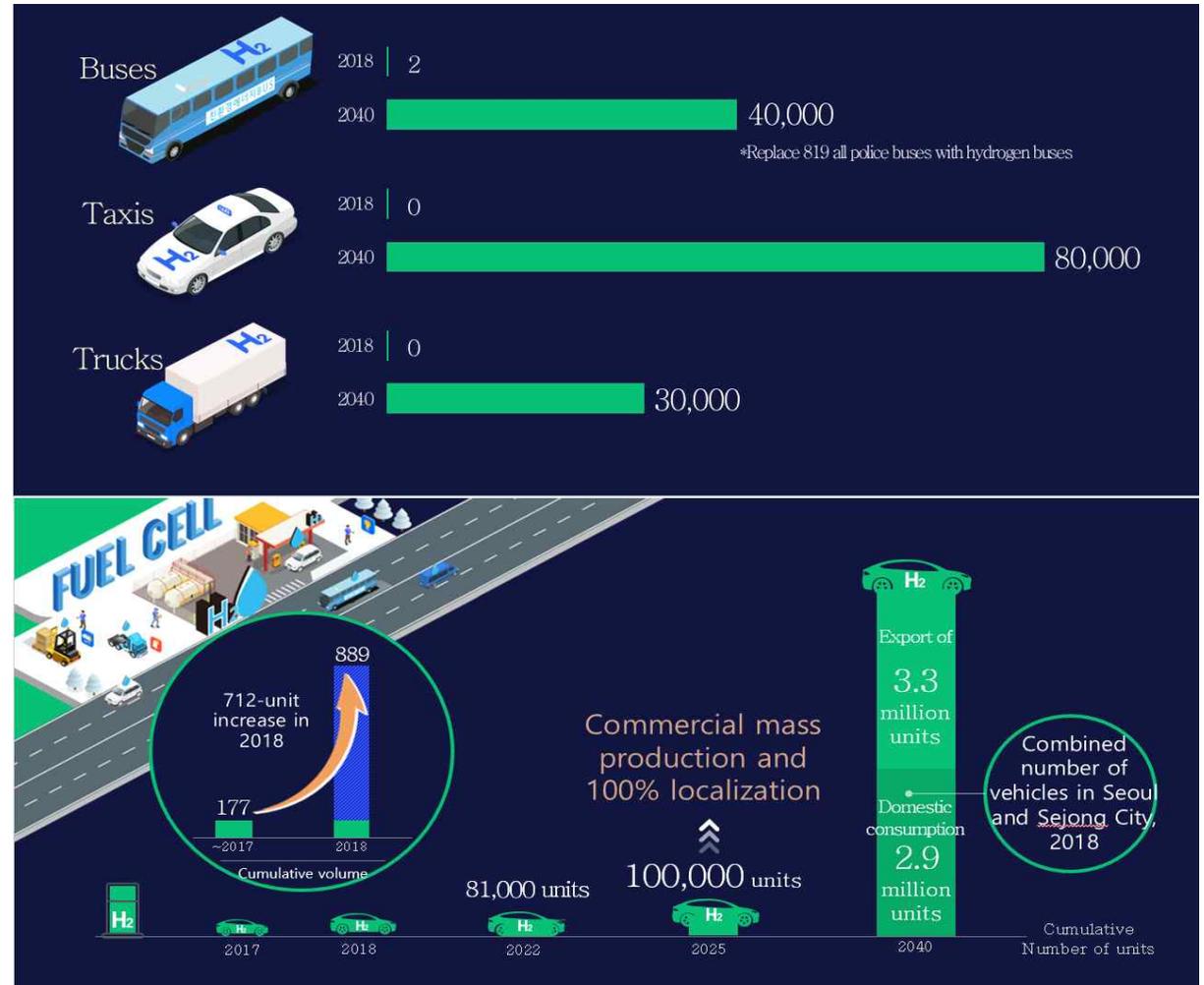


## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.2. 수소전기차 부문

□ 먼저 수소전기차의 시장창출을 위해 수소차 양산체계 구축 및 보급 확대, 수소 택시·버스 등 대중교통 전환, 공공부문 수소 트럭 활용 등이 구체적인 방안으로 시행될 예정임.

□ 이를 통해 내수 및 수출물량 포함 2018년 약 1,800대인 수소전기차 시장의 규모를 **2022년 8만천대, 2040년에는 620만대 이상** 규모로 확대시킬 계획임.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.2. 수소전기차 부문

- 물론 수소전기차는 차량만으로 운행이 불가능하며, 충전용 수소를 공급할 수 있는 인프라, 특히 수소충전소가 함께 확대 구축되어야 함.
- 이를 위해 2018년 14개소에 불과한 충전소를 **2022년 310개소, 2040년에는 1,200개소**까지 확대할 예정임.
  - 초기에는 시·도별 수소차 보급과 연계하여, 도심지·고속도로 휴게소 등 교통망 거점 및 버스, 택시 차고지 등에 수소충전소 구축하고 충전소 유형별로 차등화되는 설치보조금과 함께 운영보조금을 지급하는 등 구축 및 운영을 일정정도 정부가 부담함.
  - 그러나 충분한 수소전기차 보급이 달성되면, 정부주도에서 민간주도로 전환 시장자율형 충전소를 확대하고, LPG·CNG 충전소를 수소충전이 가능한 융복합 충전소로 전환하여 경제성을 제고해 나갈 계획임.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.3. 연료전지 부문

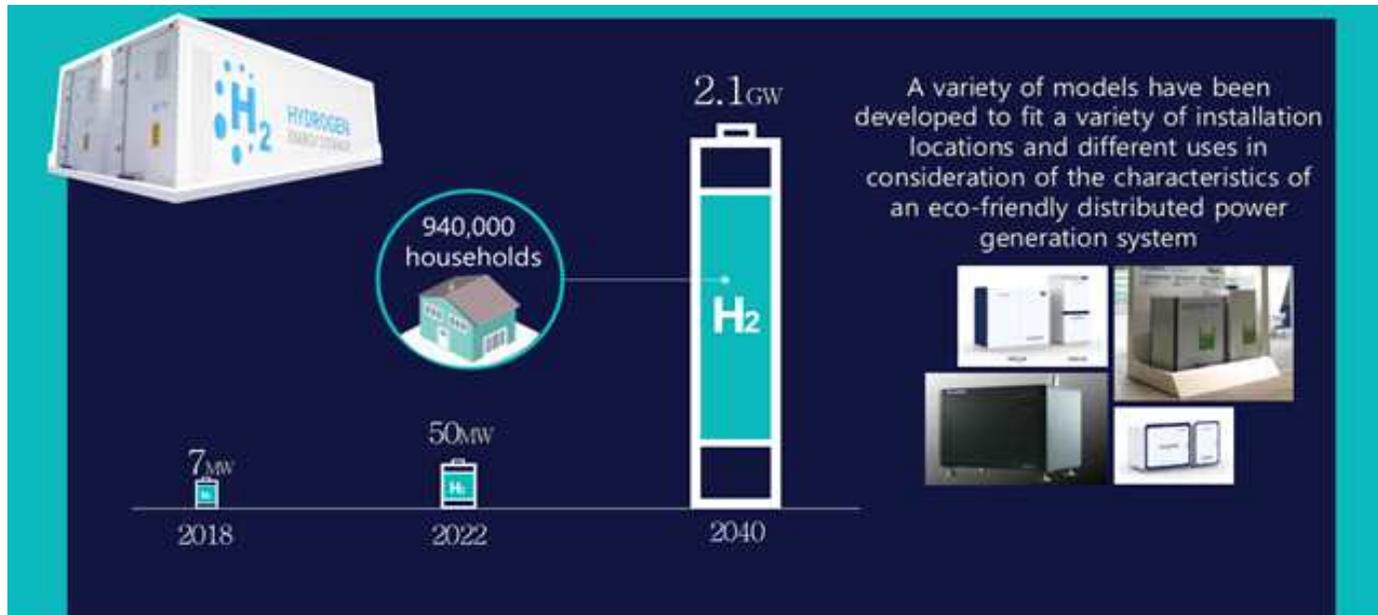
- 다음으로 발전용 연료전지는 연료전지 전용 LNG요금제를 신설하고, 일정기간 연료전지의 신재생공급인증서(REC) 가중치를 유지하여 투자 불확실성 제거 및 경제성 확보를 지원함으로써, 발전용 연료전지의 설치 확대를 유도함.
- 설치 규모를 현재 307.6MW에서 2022년 1.5GW 수준으로 확대하며, 양산을 통해 설치비와 발전단가를 대폭 절감하여 2025년경에는 중소형 가스터빈 수준까지 인하하여 2040년 수출 및 내수물량을 합산하여 15GW 이상으로 확대할 계획임.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.3. 연료전지 부문

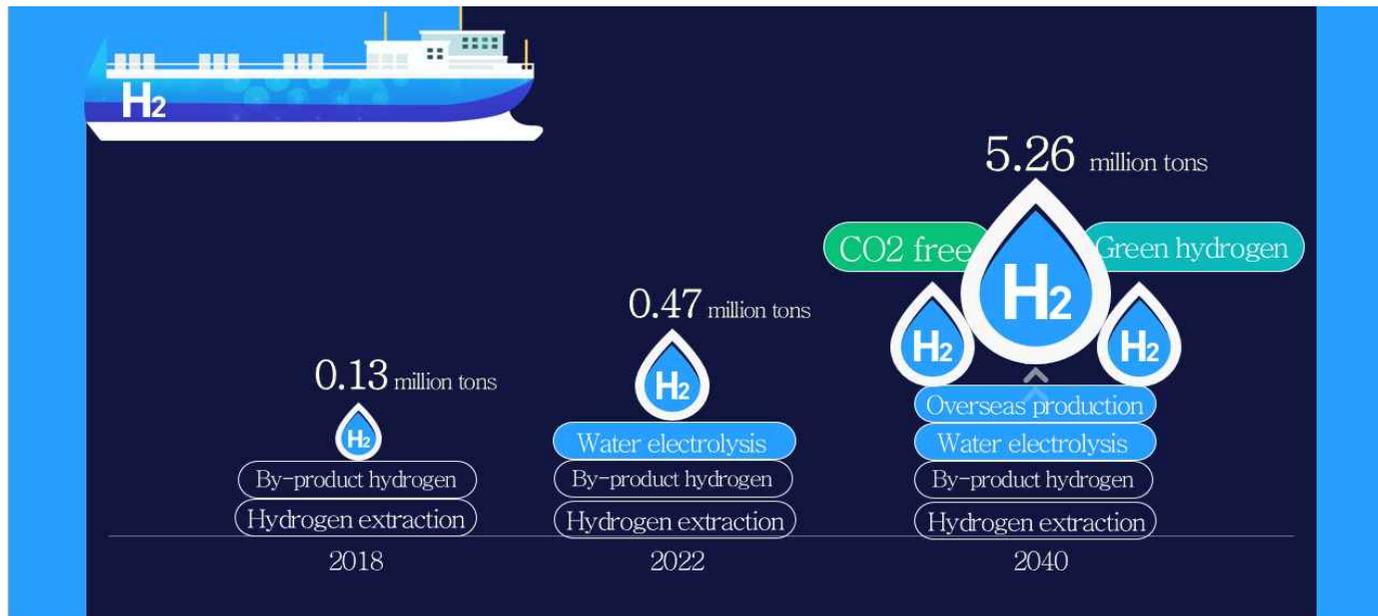
- 자가용 연료전지는 정부 보급사업 예산의 단계적 확대, LNG 전용 요금제 신설, 전력계통 부담 완화에 따른 전기요금 특례제도 연장 등 경제적 인센티브 제공과 공공기관, 민간 신축건물에 연료전지 의무화를 통해 확산을 지원할 예정임.
- 이를 통해 현재 7MW 정도의 보급규모를 2022년 50MW, 2040년에는 2.1GW 이상으로 확대하려 함.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.4. 수소공급 부문

- 만일 정부의 의도대로 수소 활용산업이 육성, 확대되면, 파생수요인 수소 자체에 대한 수요가 확대되며, 자연스럽게 에너지 부문을 중심으로 수소시장의 규모도 커짐.
- 현재 수소전기차와 연료전지 등 수소 활용산업에서 창출되는 수소수요는 연간 13만톤 정도이지만, 정부 로드맵대로 수소 활용산업이 성장할 경우, **2022년에는 연간 47만톤, 2030년에는 194만톤에서 2040년에는 526만톤까지 확대될** 전망이다.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.5. 수소공급 부문

- 수소수요가 이와 같이 확대되면, 수소 생산단가가 가장 저렴한 생산방식(기술)부터 수요를 충족시키기 위한 공급이 이루어짐.
  - 현재 수소전기차에는 석유화학 공정 등의 부산물인 부생수소가, 연료전지는 주로 천연가스 추출수소가 공급됨.
- 수소수요가 충분치 않은 초기에는 천연가스 추출수소를 핵심 공급원으로 삼아, LNG 공급망, 수요처 인근 등에 규모별 수소생산기지를 구축해 나갈 예정임.
- 그러나 수소수요가 확대될 경우, 상대적으로 생산단가가 높아 현재는 경제성이 낮은 재생에너지 잉여전력을 활용한 친환경 수소 생산이 확대될 수 있음.
- 이를 대비하기 위해 2022년까지 대규모 재생에너지 연계 수전해(P2G) 연구개발 및 실증이 추진될 예정이며, 해상풍력, 태양광 등 대규모 재생에너지 발전단지와 연계한 수소 생산도 추진될 계획임.
- 추가적으로 제한적인 친환경 수소 생산여력을 감안하여 2030년부터는 해외 재생에너지, 갈탄 등을 활용하여 생산된 친환경 수소를 수입, 부족분을 보충함으로써 2040년에는 전체 수소수요량의 70%를 이산화탄소가 발생하지 않는 친환경 수소로 공급할 계획임.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.6. 수소 저장 및 운송 부문

- 이와 같이 수소 활용산업 육성은 수소생산을 확대시키고, 그 과정에서 자연스럽게 저장 및 운송 부문의 성장을 유도함.
- 현재 500대 정도 운행 중인 중저압기체 튜브트레일러가 대규모 운송을 할 수 있도록 고압(700bar) 용기를 개발하고, 현재 울산, 여수 등 수요처 인근 약 200km 정도 구축된 수소 파이프라인도 **고압용 수소 전국망으로 확대 구축**할 예정임.
- 궁극적으로는 대량 저장 및 운송에 필요한 액화수소나 액상기술을 개발, 탱크로리로 대체해 나갈 계획임.

<수소 저장 및 운송부문의 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



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.6. 수소경제 생태계 조성

- 결국, 이러한 저장 및 운송 부문의 성장은 다시 수소 활용산업의 효율화로 이어져 해당 부문의 성장을 촉진하는 **선순환 구조**가 형성됨.
- 그리고 이러한 시장창출과 성장은 시장에서 요구되는 **기술개발을 촉진, 시장유도형 혁신체제를 구축**하게 된다는 것이 이번 수소경제 활성화 로드맵의 기본적 구조임.
  - 이처럼 시장유도형 혁신체제 구축을 위해, 구체적으로 수소차, 연료전지 핵심부품, 생산 및 저장·운송부문 원천기술 개발부터 실증·상용화, 안전성 확대 기술개발 등 전 밸류체인 상의 기술개발을 지원할 기술개발 로드맵을 별도로 마련할 예정임.
  - 또한, 수소경제 전 주기 안정성 확보 차원에서 안전기준을 마련, 법제화하는 한편 수소경제 활성화를 지원할 “수소경제법”을 제정함으로써, 수소경제 활성화를 위한 법적 제도적 뒷받침에도 힘쓸 예정임.
- 이처럼 수소경제 활성화 로드맵을 통해 분명히 들어난 한국정부의 지원의지를 실행해 옮기기 위해, 범정부 컨트롤타워의 역할을 할 “수소경제 추진위원회”와 추진단도 구성하여 표준화나 전문 인력 양성, 중견중소기업 육성 및 지원, 국제협력 등 수소경제 생태계 조성을 위한 프로그램들의 실제 이행을 추진함.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.7. 2019년 주요 추진 계획

제도 구축	수소경제 기반 형성
중장기 로드맵 수립('19.1)	친환경 수소 생산 및 저장·운송(액화, 메탄화 등) R&D 시범사업
"수소경제법" 제정	수소 생산기지 구축 (3개소)
"제3차 에너지기본계획"에 수소 반영('19.6)	수소버스 시범 도입 (35대) * 추경안 2대 추가
수소경제위원회(위원장 : 총리) 구성	수소전기차 4,000대 신규 보급 * 추경안 1,467대 추가
	수소충전소 40개소 신규 구축 * 추경안 25개소 추가
	수소기차, 수소선박 기술개발

※ 2019년말 수소경제 모습



약 6,500대



39대



약 50개소 내외

# II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

## 2.7. 2019년 주요 추진 계획

### 제3차 에너지기본계획 발표(2019.6)

구분	구분
I. 기본계획 개요 및 2차 계획 평가 ..... 1	VII. 중점과제 3. 분산형·참여형 에너지시스템 확대 ..... 66
II. 국내·외 여건 변화 ..... 8	1. 분산형 에너지 공급시스템 확충 ..... 67
1. 글로벌 동향 ..... 9	2. 소용량 참여 분권형 거버넌스 구축 ..... 73
2. 국내 여건 ..... 17	3. 에너지복지 지원체계 개선 ..... 76
III. 기준수요 및 목표수요 ..... 22	VIII. 중점과제 4. 에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화 .. 78
1. 기준수요 전망 ..... 23	1. 재생에너지산업 경쟁력 강화 ..... 79
2. 목표수요 ..... 26	2. 수소경제 구현을 위한 수소산업 육성 ..... 83
IV. 기본방향 ..... 29	3. 효율 연계산업 육성 ..... 87
V. 중점과제 1. 에너지 소비구조 혁신 ..... 31	4. 원전 산업 핵심생태계 육성 ..... 89
1. 산업·건물·수송 등 부문별 수요관리 강화 ..... 32	5. 석유 가스 등 전통에너지산업 경쟁력 강화 ..... 92
2. 수요관리 시장 활성화 ..... 37	IX. 중점과제 5. 에너지전환을 위한 기반 구축 ..... 96
3. 에너지 가격체계 합리화 ..... 41	1. 에너지 시장제도 개선 ..... 97
4. 비전력 에너지의 활용 확대 ..... 44	2. 에너지 기술개발 및 인력양성 ..... 101
VI. 중점과제 2. 깨끗하고 안전한 에너지믹스로 전환 ..... 48	3. 에너지 데이터 플랫폼 구축 ..... 103
1. 지속가능한 에너지 믹스 달성 ..... 49	X. 향후 계획 ..... 105
2. 공급 안정성 제고를 위한 에너지 안보 강화 ..... 56	별첨. 제3차 에너지기본계획 수립 절차 ..... 110
3. 에너지 안전 관리 강화 ..... 62	

① 수요지 인근 분산전원 확대

□ (발전용 연료전지 수요지 인근 설치 유도) 연료전지 열을 집단 에너지 열공급과 연계(발전대 설치 또는 사업자간 연계)

- 집단에너지사업자 연료전지 설치계획: 100MW (18년말 허가기준)
- 규모의 경제를 통한 발전단가 저감, 핵심부품 국산화 지속 추진
- 발전용 연료전지 보급 목표: (22) 1GW → (40) 8GW

② 프로슈머형 에너지생산기반 확대

□ (가정·건물용 연료전지) 인센티브를 부여하여 보급 확대 촉진, 지역 난방 연계 부지임대형 사업, 대여사업 등 사업모델 발굴

- (예) (수소비저는 부지를 임대하고 사업자가 연료전지를 설치 운영하여 연료전지 열을 저체소비하거나 인근 사업자에 판매 유도
- ③ 발전·데이터센터 비상전원 등의 용도로 연료전지 대여
- 연료전지용 가스요금 신설, REC 개선, 보급지원사업 단계적 확대
- 그린수소 활용시 REC우대, 장기(20년) 고정가격 계약제도 도입 검토

나 에너지 믹스 정책방향

① 재생에너지      ④ 원자력

② 천연가스      ⑤ 석탄

③ 수소              ⑥ 석유

□ (의의) 장기간·대용량 저장이 가능한 특경전화제 에너지이체 체계 확대로 활용 초기 단계

□ (활용현황) 울산·여수·대전 등 대규모 석유화학단지를 중심으로 부생수소는 생산(17, 164만톤)하여 대부분 자체 소비

- 수소차(89대, 18) 연료전지(0,200대, 18) 시장규모는 아직 미미

□ (정책방향) 수송연료·발전용 활용을 확대하고, 수소경제 활성화 로드맵(19.11)을 바탕으로 '40년 국내에서 526만톤의 수소 활용

제3차 에너지기본계획

2019. 6

산업통상자원부

2. 수소경제 구현을 위한 수소산업 육성

★ 수소를 중요한 에너지원으로 활용하여, 산업혁신과 온실가스 감축을 위한 새로운 모델링 확보

가 수소경제 의미와 중요성

나 주요 과제

- ① 세계 최고수준의 수소활용 환경 조성
- ② 안정적이고 보편적인 수소공급 시스템 확충
- ③ 수소경제 선도를 위한 생태계 조성
- ④ 수소경제 전주기 안전관리 체계 확립

## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.7. 2019년 주요 추진 계획

#### 수소경제법의 조속한 제정

##### 수소경제사회 이행 촉진을 위한 기반 조성

- 수소전문인력 양성
- 수소관련 제품의 표준화
- 수소관련 통계 작성
- 국제협력과 해외시장진출 지원
- 수소산업 관련 기술개발 지원
- 사회적 공감대 형성
- 종합정보관리시스템의 구축
- 한국수소산업진흥원 설립 등

##### 수소산업의 체계적 육성 도모

- 수소경제이행기본계획 수립
- 수소경제위원회
- 수소경제 이행 재원 확충
- 수소전문기업 육성
- 수소전문투자회사
- 조세 및 부담금의 감면
- 수소연료공급시설의 설치
- 연료전지의 설치
- 수소특화단지 지정
- 연료전지용 천연가스 요금체계
- 수소유통센터 설립 등

##### 수소의 안전 관리

- 수소용품 제조사업 허가
- 외국수소용품의 제조 등록
- 안전관리 규정
- 안전관리자
- 수소용품 제조시설의 완성검사
- 수소용품의 수입 및 검사
- 안전교육
- 수소연료 사용시설의 검사
- 한국수소안전기술원 설립 등

국민경제의 발전

공공의 안전 확보



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.8. 수소경제 활성화 로드맵이 지닌 기존 마스터플랜과의 차별성

- 2005년 정부는 “친환경 수소경제 구현을 위한 마스터플랜” 을 수립, 다만, 2019년 발표된 로드맵은 다음 세 가지 점에서 2005년 마스터플랜과는 차별화됨.
- 우선, **중점의 차이가** 존재함.
  - 2005년 당시 수소 활용제품(수소차, 연료전지 등)이 아직 기술개발 단계로서 기술개발을 위한 정부 지원 전략이 필요한 시점으로서, 기술개발 로드맵이 중점이 될 수밖에 없었음.
  - 반면 이번 로드맵은 수소 활용제품(수소차, 연료전지 등)이 이미 상용화 단계에 진입하여 시장 창출 및 육성을 위한 전략 마련이 필요한 시점에 수립되었으며, 이를 위한 정부 정책방향에 방점이 찍혀있음.
- 또한, **범위의 차이가** 존재함.
  - 2005년 마스터플랜은 수소경제의 범위를 수소차와 연료전지로 한정함.
  - 이번 로드맵에는 현재 개발 중인 수소선박, 수소열차, 수소드론, 가스터빈 등 수소활용 신기술 영역까지 확대 포함됨.



## II 우리나라 수소경제 활성화 비전과 추진전략

### 2.8. 수소경제 활성화 로드맵이 지닌 기존 마스터플랜과의 차별성

- 이보다 가장 중요한 차이는 **정책 환경의 변화**임.
  - 사실, 2005년 무렵에는 화석연료 중심의 에너지수급 구조를 탈피할 뚜렷한 에너지전환 정책이 마련되지 않은 상태였으며, 이로 인해 당시 마스터플랜은 에너지정책 기조와는 별도로 수립된 일종의 신산업 육성 전략의 하나에 불과함.
  - 그러나 2017년부터 그 동안의 화석연료 중심에서 신재생에너지로의 전환이라는 명확한 에너지정책 기조가 수립되었으며, 이는 수소경제 활성화의 밑바탕이 마련된 것으로 볼 수 있다. 그 만큼 이번 로드맵은 정책적 정합성이 높음.
- 더욱이 로드맵은 2019년 수립될 제3차 에너지기본계획과 제9차 전력수급계획에 반영될 예정으로서, 마스터플랜에 비해 실제 실효성은 한층 강화됨.
- 그만큼 2005년의 실패가 재현될 가능성은 낮아진 것이며, 그만큼 **성공가능성도 높아짐**.



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.1. 수소경제 이행 추진의 환경적 측면에서의 정당성 문제

- 정부의 수소경제 활성화 로드맵은 수소차와 발전용자가용 수소 연료전지 등 수소 활용산업에서의 시장창출과 육성에 우선적인 중점을 두고 있어 에너지 정책적 측면보다 현 문재인 정부의 혁신성장 정책의 일환인 첨단산업 육성정책에 무게 중심이 있으며, 그 만큼 수소경제의 경제적 가치가 중요하게 고려됨.
- 만일 환경적 측면에서 수소경제 이행 추진이 정당성을 갖기 위해서는 중장기적으로는 반드시 **친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 공급 확대**를 추진, 달성하겠다는 수소경제 활성화 로드맵의 약속이 이행되어야 함.
  - 만일 이 약속이 제대로 지켜지지 않는다면, 수소경제 이행 추진이 정당한 것인지에 대해 적어도 환경적 측면에서는 재평가가 불가피해질 수밖에 없음.

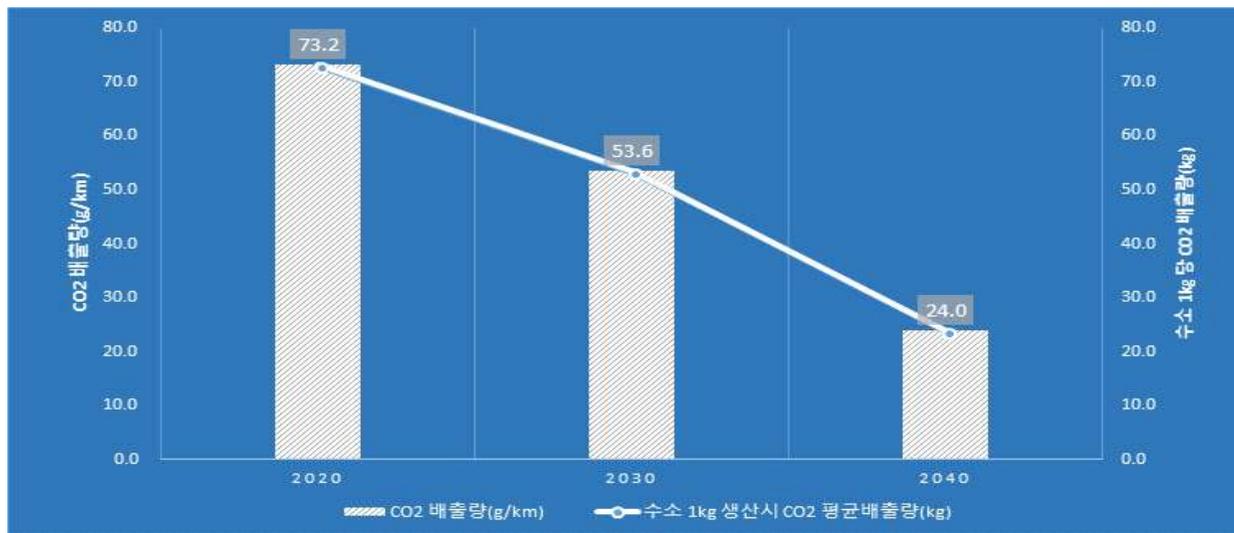


### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### ※ 수소차 보급의 CO2 저감효과(1)

- 객관적이면서 공정한 평가를 위해서, 수소 생산과정에서의 CO2 배출을 고려하여 “수소경제 활성화 로드맵”에 따라 경유차를 수소전기차로 대체, 보급할 경우 수송부문에서의 CO2 저감효과를 추정함.
  - 수소차는 주행과정에서 배출은 없지만, 주행과정에서 소비되는 수소를 생산하는 과정(특히 천연가스 추출 생산과정)에서 일부 CO2가 배출됨.
- 수소차로 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 감소함.

[수소차 1km 주행시 CO2 배출량(g) 변화추이]

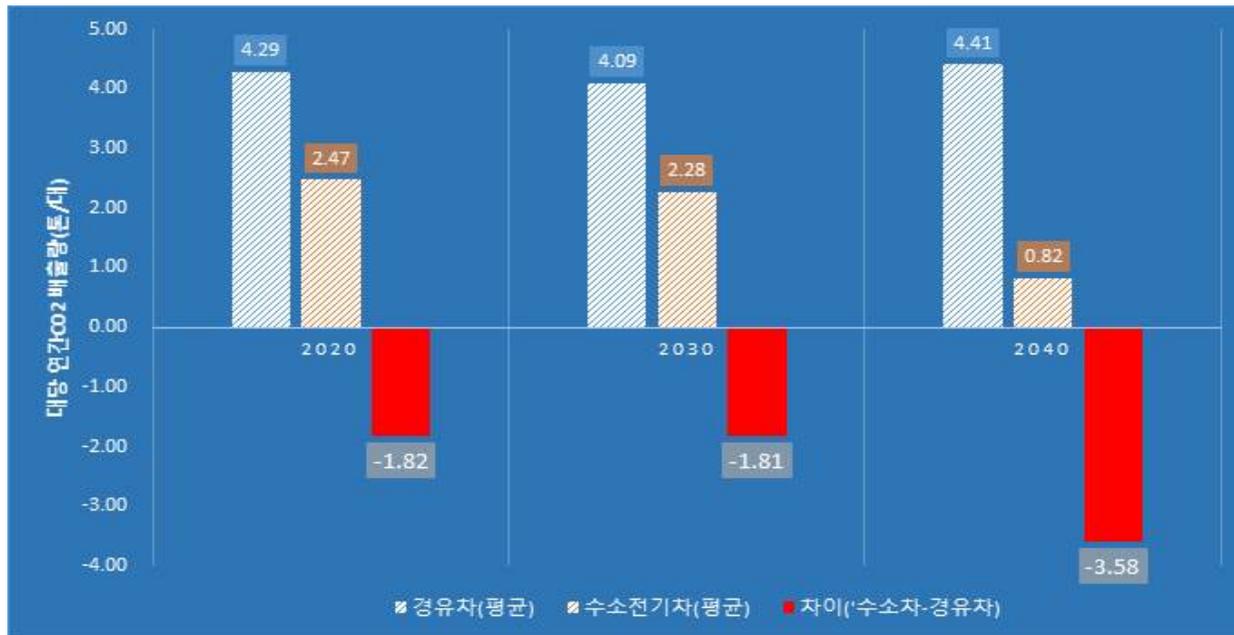


### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### ※ 수소차 보급의 CO2 저감효과(2)

- 한편, 경유차를 수소차로 대체할 때, 차량 1대당 1년동안 배출되는 CO2의 양은 2020년에 1.8톤, 2040년에는 3.6톤까지 줄일 수 있음.
- 경유차 1대는 평균적으로 대략 연간 4톤 이상의 CO2를 배출할 것으로 전망됨.
- 반면, 수소차 1대의 연간 CO2 배출량은 2020년 2.5톤/년에서 2040년 0.8톤/년으로 약 67% 정도 감소할 것으로 보임.

[수소차로 경유차 대체 시, 차량 1대당 연간 CO2 배출량(톤/년) 저감효과]



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### ※ 수소차 보급의 CO2 저감효과(3)

- 결국 로드맵 누적목표에 따라 수소차를 보급할 경우, 2020년에는 1년 동안 배출되는 CO2를 약 3만 톤까지 줄일 수 있으며, 2040년에는 약 1천만 톤까지 줄일 수 있음.

[수소차 보급 목표달성 시 연간 CO2 배출량(만톤/년) 저감효과]



- 결국, 정부 수소경제 이행 추진의 환경적 측면에서의 정당성을 확보하기 위해서라도 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산 및 공급 확대를 위한 구체적인 전략이 필요함.



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.2. 수소경제 활성화 로드맵 수소 생산 및 공급 전략상의 추가과제

- 수소 활용산업인 수소차 및 발전용자가용 연료전지 각 부문별 수소 조달계획이 부재하며, 전체적인 수소 생산방식의 믹스(포트폴리오) 목표가 구체적으로 설정되어 있지 않음.
- 특히, 소위 ‘**그린수소**’로 분류된 수전해 방식과 해외수입 간의 공급 비중 배분 역시 설정되어 있지 않아 구체적으로 어떤 그린수소를 얼마나 공급할지는 아직 목표나 계획이 분명하지 않음.
- 또한 수소경제 활성화 로드맵은 CO<sub>2</sub>-free (그린) 수소 생산방식을 “재생에너지 생산 수소(P2G), 해외 수입 등 온실가스 미배출 수소”로 단순히 간주하고 있지만, 실제 CO<sub>2</sub>-free 그린 수소 생산방식이 무엇인지, 어떤 기준으로 확정할지에 대해서는 규정하고 있지 않음.
- 이로 인해 실제 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 공급 확대를 위한 정책 설계를 위해서는 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산방식을 구체적인 기준을 바탕으로 확정하는 작업이 추가적으로 요구됨.

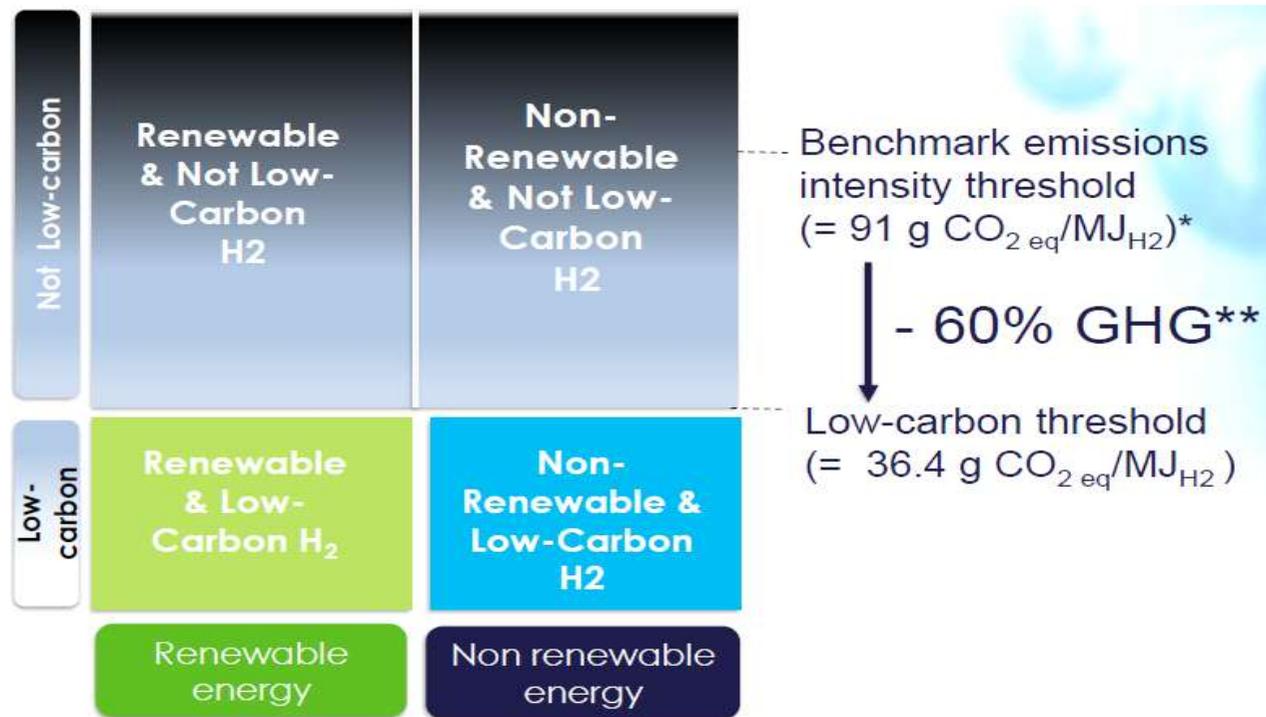


### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.2. 수소경제 활성화 로드맵 수소 생산 및 공급 전략상의 추가과제

- 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산방식 확정 기준과 관련하여 유럽연합(EU)에서 추진하고 있는 그린수소 인증제도(CertifHy Guarantee of Origin(GO)), 보다 정확하게는 그린수소 원산지 표시제도에서 활용하고 있는 “CertifHy 프리미엄 수소”의 확정방식을 참고 가능함.

[EU CertifHy 프리미엄 수소 인증기준]



자료 : CertifHy (2016)

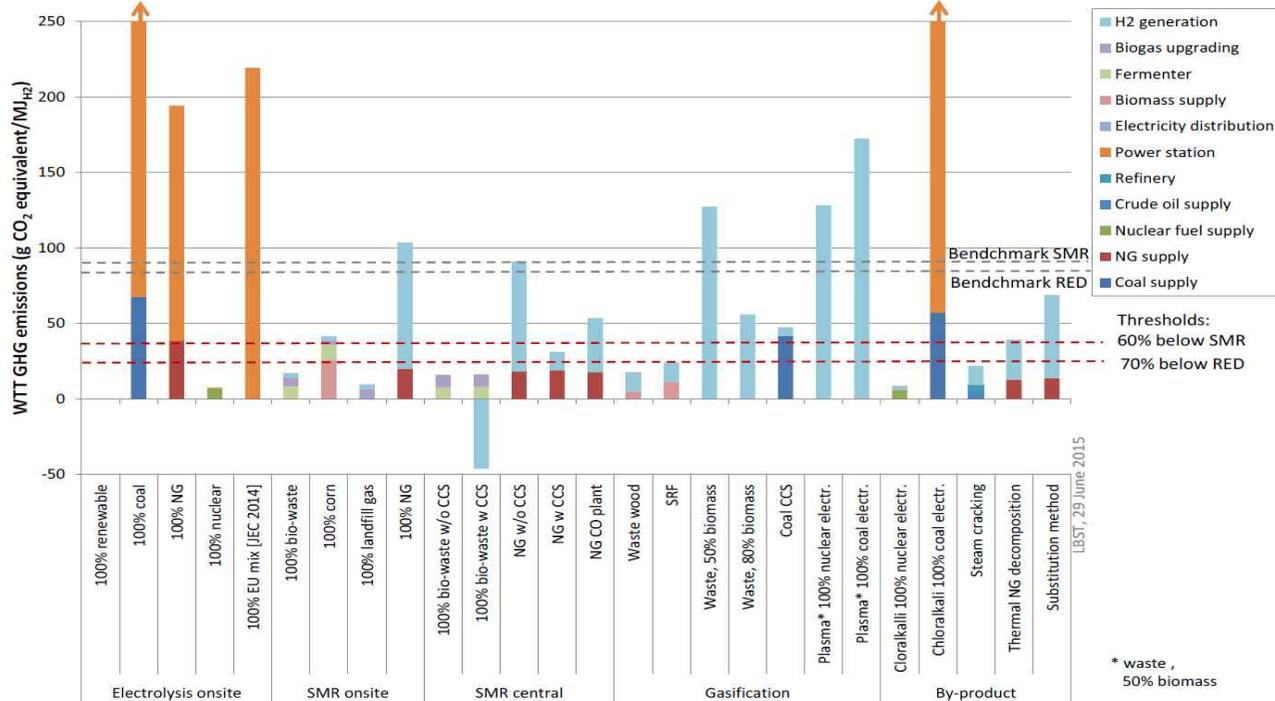


# 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

## 3.2. 수소경제 활성화 로드맵 수소 생산 및 공급 전략상의 추가과제

- EU CertifHy 프리미엄 수소 인증기준에 따르면, 수소생산의 전과정적 차원에서 온실가스가 전혀 배출되지 않는 수소방식 즉, '完全(완전)' 한 CO2-free 수소 생산방식은 적어도 현재까지는 **재생에너지 발전의 전기를 활용한 수전해 수소 생산방식이 유일함.**

[수소 생산방식별 전과정 온실가스 배출계수 비교(EU 기준)]



자료 : CertifHy (2016)



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.2. 수소경제 활성화 로드맵 수소 생산 및 공급 전략상의 추가과제

- EU CertifHy 프리미엄 수소 인증기준은 원자력 기반 수소생산 방식이나 탄소포집 및 저장(CCS) 설비가 추가된 천연가스 추출수소 등 현실적으로 활용 가능한 저탄소 수소 생산방식의 중요성도 인정, 이를 ‘저탄소 수소’ 로 인증·지원함.
- 현실적으로 경제성 등을 감안하여 단기적으로 확대하는데 장애가 있는 재생에너지 연계 수전해 수소생산 방식만을 고집하기 보다는, 수소 생산과정에서 발생하는 온실가스를 줄이는데 비용 효과적인 다양한 방식들도 함께 지원하는 체계를 구축함.
- 이처럼 현실적으로 비용 효과적으로 수소 생산과정에서 온실가스를 줄이는 대책은 재생에너지 연계 수소 생산과 별도로 원자력 기반 수소생산방식이나 CCS 설비가 추가된 천연가스 추출수소 등 활용 가능한 저탄소 수소의 생산도 함께 육성 및 지원해주는 것임.



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.3. 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산 및 공급 확대를 위한 정책 제언

- 물론 장기적으로는 ‘**완전(완전)**’ 한 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산체계를 지향하는 것이 바람직하며, 이에 도달하는 이행 과정에서는 현실적인 장애요인을 감안하여 점진적으로 수소를 깨끗하게 만드는 방향으로 나아가는 것이 수소경제 이행 추진의 실현 가능성을 고양하는 방향이 될 수 있음.
- 유럽연합(EU)에서 추진하고 있는 그린수소 인증제도(Certify Guarantee of Origin(GO)), 보다 정확하게는 그린수소 원산지 표시제도를 벤치마킹한 ‘**친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 인증제도**’의 국내 도입을 제안함.
- 특히 이러한 ‘친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 인증제도’와 연계하여 **발전용 연료전지 REC 가중치 조정 등** 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산 및 공급 확대를 지원할 경제적 인센티브 체계를 만들어 나아갈 필요가 있음.

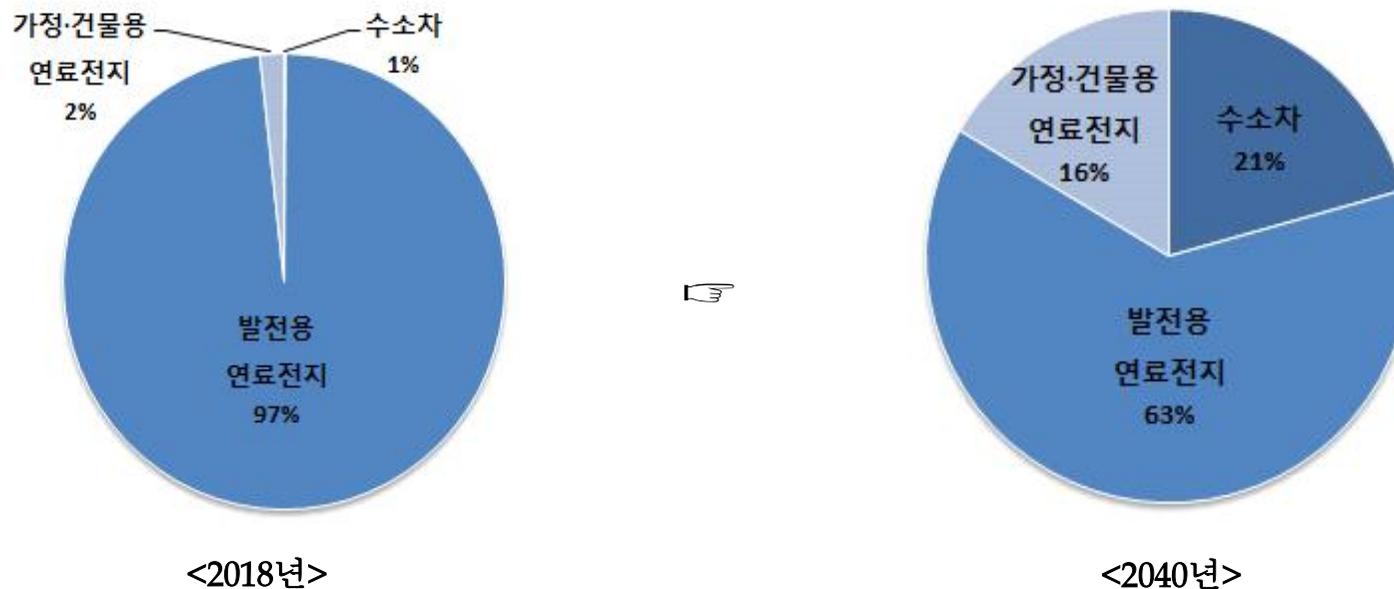


### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.3. 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산 및 공급 확대를 위한 정책 제언

- 현재 수소 활용산업에서 창출될 상당량의 수소 수요는 발전용 연료전지를 통해서 창출될 것으로 보인다. 그래서 발전용 연료전지에 대한 수소 조달계획이 어떻게 설정되느냐에 따라 전체 수소 생산 및 공급계획, 특히 수소 생산방식의 믹스(포트폴리오)가 결정될 밖에 없음.
- 연료전지의 원료로써 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소를 소비하게 하여 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산 확대를 유도하는 것이 필요함.

[수소경제 활성화 로드맵 상 수소 활용 분야별 수소 수요 비중]



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.3. 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 생산 및 공급 확대를 위한 정책 제언

- 발전용 연료전지 신재생공급인증서(REC) 가중치를 친환경 CO<sub>2</sub>-free 수소 소비와 연동해서 조정방안을 제안함.
- 이때 투입되는 원료를 천연가스, 일반수소, 저탄소 인증 수소, 그린 인증 수소로 구분하고 각 원료별 가중치를 다르게 적용함. 예를 들어 천연가스 가중치는 '1', 일반수소 가중치는 '1.5', 저탄소 인증 수소는 '2', 그린 인증 수소는 '3' 등으로 각 단계별로 차등적인 가중치를 적용하는 방안을 중장기적으로 도입 가능함.
- 그린 인증 수소에 높은 REC 가중치가 적용될 경우, 그린 인증 수소 활용으로 인해 발생하는 부가수익을 발전사업자가 그린 인증 수소 생산자(재생에너지 연계 수전해 수소 생산자)에게 일정정도 배분해 줌으로써 재생에너지 연계 수전해 수소 대상 REC 상당액 보상방안으로 활용도 가능함.



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.4 친환경 수소의 해운이송을 통한 국내 도입 및 공급

- 사실 수소는 에너지(원)이 아닌 “에너지 운반체(energy carrier)” 임.
  - 수소는 에너지가 아닌 에너지 전환과정의 에너지 전달 매개체(유사기능 : 구리전선, 배터리 등)로서, 특히 전기나 열 등을 대규모로 저장, 장거리로 운송할 수 있는 기능이 내장됨.
- 국제적으로 수소경제가 활성화되면, 에너지 운반체(energy carrier)로서 수소는 수소의 “대규모 저장과 장거리 운송” 능력에서 진가를 발휘, 궁극적으로 에너지 교역의 패러다임의 변화를 주도할 수 있음.
  - 수소의 대규모 저장과 장거리 운송 능력은 해운을 통해 바다 건너로 전기나 열 등 최종에너지, 특히 재생에너지로 생산된 전기나 열을 수소에 체화시켜 이송 가능케 함.
  - 이를 통해 수소를 매개로 국가나 대륙 단위로 저렴하게 생산된 전기나 열을 다른 국가나 대륙으로 운반하여 거래할 수 있게 해줌으로써, 새로운 에너지 교역상품으로 등장할 가능성이 높음.
  - 기존 석탄, 석유, 천연가스 등 에너지원 중심의 교역상품이 에너지 운반체인 수소로 대체될 경우, 장기적으로 에너지 교역 패턴 자체의 변화를 유발할 수 있음.
  - 석유나 천연가스 주산지인 중동을 중심으로 한 교역이 태양광이나 풍력 등 재생에너지 주산지(예: 호주나 사하라 내륙 사막 등) 중심으로 전환이 가능함.
- 국제적인 수소경제 활성화로 인한 에너지 교역 패러다임 변화에 대비하기 위한 중장기적인 준비가 요구됨.



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.4 친환경 수소의 해운이송을 통한 국내 도입 및 공급

- 또한 국내에서 제한된 친환경 수소 생산여력을 감안할 경우, 2030년부터는 해외 재생에너지, 갈탄 등을 활용하여 생산된 친환경 수소를 수입, 상당량의 부족분을 보충해야 할 필요가 있음.
- 수소경제 활성화 로드맵은 해외 친환경 수소의 국내 도입을 위해, 액화수소 운송 선박 핵심기술(극저온 단열 기술, 적하역 기술, BOG 처리 기술)을 집중적으로 지원, 2030년 개발과 실증을 완료하여 시험운항 및 상용화한다는 계획임.

<수소운반선박 개발 기술목표>

구분	현재	2022년	2025년	2030년 이후
기술목표	화물창 기술시작	화물창 설계 및 단열, 적하역, BOG 처리기술 확보	실증선박 건조	시험운항 및 상용화

<액화수소에 필요한 핵심기술 개발 추진과제>

연도	추진과제
~ 2022	암모니아 분해/액상유기수소 저장·추출 기초 및 실증 연구 수행
~ 2025	상용급 암모니아 분해/액상유기수소 저장·추출 기술 실증 및 확보 액화수소운송선박 상용화 및 국산화
2025 ~	암모니아 분해/액상유기수소 저장·추출 상용화 수소수입 핵심 기자재 100% 국산화 수입수소 수송용 대용량 탱크 개발



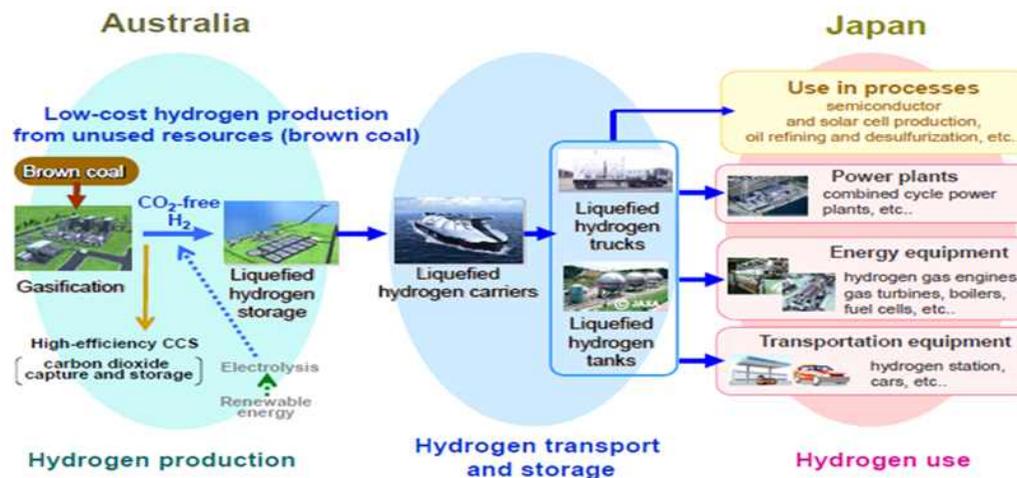
### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.4 친환경 수소의 해운이송을 통한 국내 도입 및 공급

##### □ 일본 - 호주 갈탄 추출수소의 액화방식 운송 프로젝트(HySTRA 프로젝트)

- 호주 빅토리아에 매장된 갈탄에서 수소를 생산하고 저장, 운송, 이용까지 한번에 가능한 액화 수소 공급망 구축을 하는 일본(NEDO) 시범 프로젝트를 일본 4개사 공동으로 HySTRA를 설립, 각 기업의 특화 기술을 중심으로 협업을 추진 중임.
- HySTRA (CO<sub>2</sub>-free Hydrogen Energy Supply-Chain Technology Research Association)은 일본 경제산업성(METI)의 수소 공급망 수립전략 로드맵 (2014.6)에 따라 NEDO에서 프로젝트 시행(2015.6)을 위해 가와사키 중공업, J파워, 이와타니 산업, 쉘 재팬 등에 의해 설립(2016.2)된 협의체임.
- 갈탄의 가스화, 액화수소의 장거리 대량운송, 액화수소 하역 등 기술을 개발 진행하여 2030년 일본 도입을 목표로 추진 중임.

[HySTRA 프로젝트 개념도]



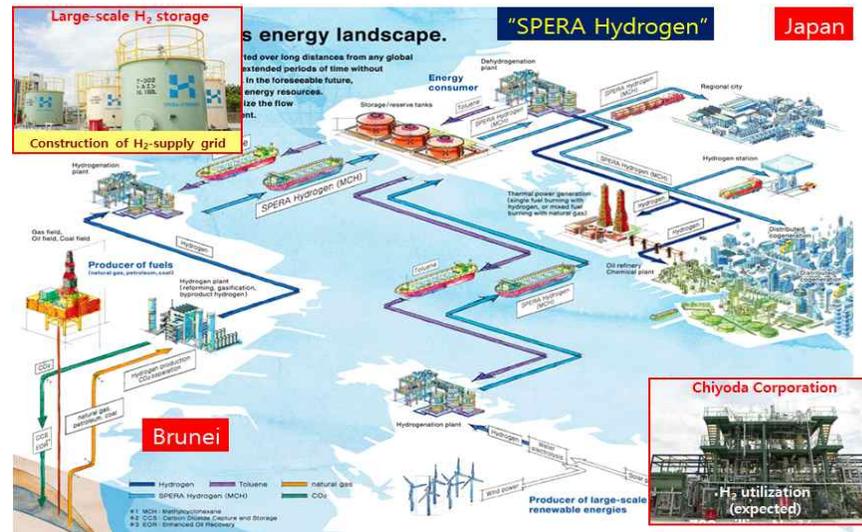
### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.4 친환경 수소의 해운이송을 통한 국내 도입 및 공급

##### □ 일본 - 브루나이 천연가스 추출수소의 액상(MCH) 방식 운송 프로젝트 (SPERA 프로젝트)

- 미쓰비시의 브루나이 생산 천연가스의 LNG액화기지에 치요다 화공건설이 수소화 플랜트시설 건설, 천연가스에서 수소분리, 니폰유센이 선박을 이용하여 일본으로 2020년부터 수소 수송을 개시할 계획으로 진행 중이며, 실증단계에서는 4만대 분(210톤/년)의 수소가 공급될 예정임.
- 치요다 화공건설 등 일본계 4사가 AHEAD(Advance Hydrogen Energy Chain Association for Tech.Develop) 수소에너지 체인 기술 연구조합을 결성하여 프로젝트를 수행 중임.
- 특히 치요다 화공건설이 현지에 건설 중인 수소화 플랜트에서는 천연가스 추출수에 톨루엔을 첨가, 액상 MCH(Methylcyclohexane)로 변환하여 일본으로 수송하고, 일본에 하역 후 가와사키에 탈수소 플랜트를 건설하고 다시 수소로 전환하여 가스터빈 발전의 연료로 사용할 예정임.

[일본의 SPERA 프로젝트]



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.4 친환경 수소의 해운이송을 통한 국내 도입 및 공급

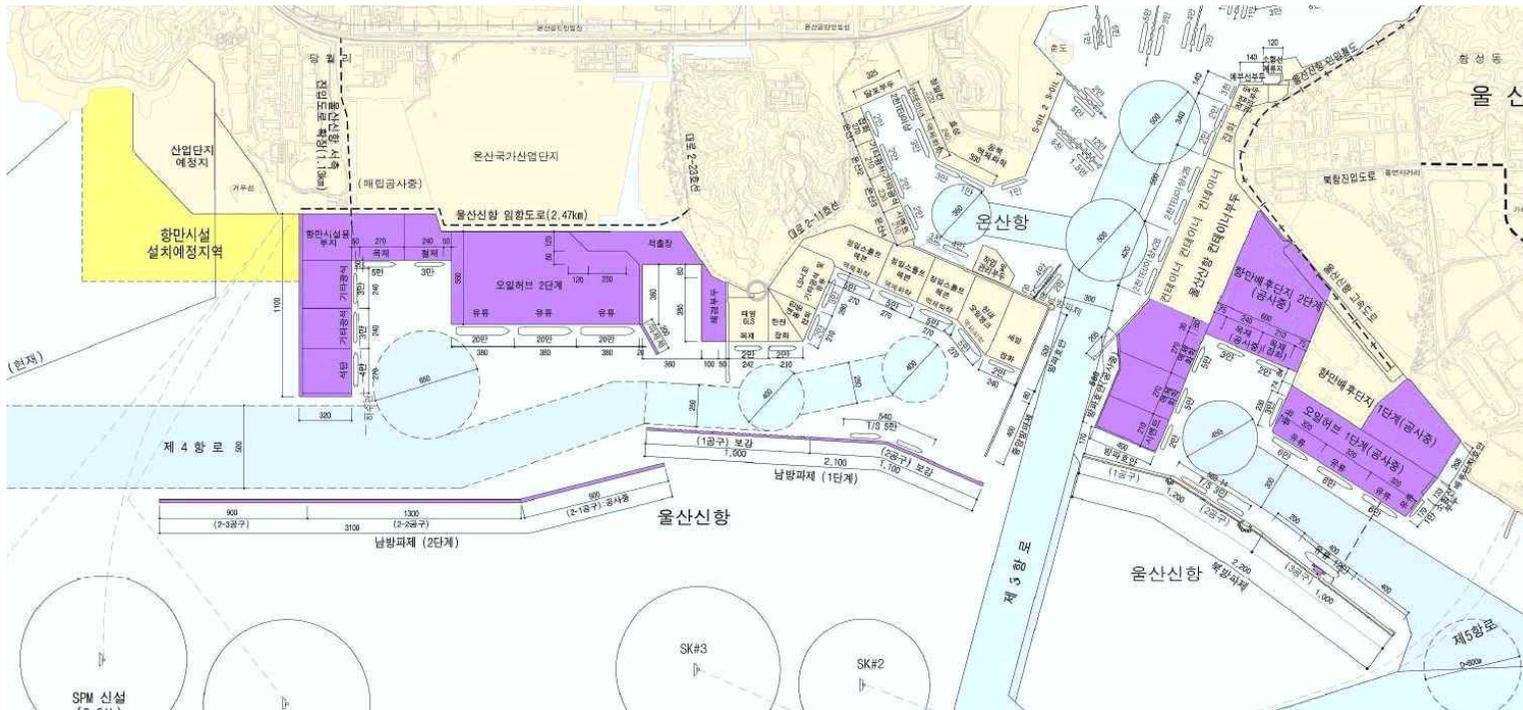
- 2030년 해외수소 도입을 위해, 수소운반선박 개발과 함께, 수소 운송상 벨류체인별 특화 기술을 함께 개발하는 종합적인 수소 해운이송 프로젝트가 필요함.
- 현재 수소운반선박, 특히 액화수소 운반 기술개발에 초점이 맞추어진 수소경제 활성화 로드맵에서 한발 더 나아가 수소 운송 상 벨류체인별로 특화 기술을 개발할 수 있는 추가적인 기술개발 로드맵 마련이 필요함.
- 수소경제 활성화 로드맵의 실효성 고양을 위해, 수소 수출의향이 있는 국가와 직접 연계하여 프로젝트 기획이 요구됨.
- 특히 2030년 호주 빅토리아 갈탄에서 추출한 수소를 직접 시범적으로 도입하는 목표 설정, 2040년까지는 캐나다 재생에너지(수력) 기반 수소 도입으로 목표 확대를 제안함.



### III 수소경제 활성화 로드맵의 향후과제

#### 3.4 친환경 수소의 해운이송을 통한 국내 도입 및 공급

- 해외수소 국내 도입시 요구되는 수소 인수기지 건설에 동북아 오일허브 울산사업 2단계 남항사업 부지 활용을 제안함.
  - 2030년 이후 수입수소가 국내로 도입되기 위해서 수소 인수기지가 요구되며, 수소경제 활성화 로드맵은 2022년부터 액화 플랜트 등 관련 인프라 및 기술개발 등을 통해 해외 생산 수소 인수기지 건설 추진을 계획함.
  - 현재 동북아 오일허브 울산사업 1단계 북항사업은 에너지허브라는 이름으로 LNG인수기지를 일부 포함하도록 사업을 변경함.
  - 향후 추진예정인 동북아 오일허브 울산사업 2단계 남항사업 부지에 수입수소 인수기지를 포함시키는 방안 검토할 수 있음.



**감사합니다.**

