
수소경제 활성화 로드맵

2019. 1

관계부처 합동

목 차

I . 수소경제의 의미와 중요성	1
II . 수소경제 추진동향	4
III . 수소경제 활성화 국가비전	16
IV . 수소경제 활성화 추진방안	18
1) 세계 최고수준의 수소 활용체계 구축	19
2) 안정적 · 보편적 공급 시스템 확충	39
3) 수소경제 산업생태계 조성	50
4) 수소경제 안전성 확보	61
V . 수소경제의 미래 모습	65

I. 수소경제의 의미와 중요성

수소경제

수소의 특성

- ▶ 원자번호 1번인 수소는 우주물질의 75%를 차지할 정도로 풍부
- ▶ 기술적 난이도는 높지만 ❶지역적 편중이 없는 보편적 에너지원, ❷장기간·대용량 저장(Energy-carrier), ❸산소와 화학반응으로 열·전기 생산 후, 부산물도 물(H₂O)밖에 없어 환경친화적(CO₂ free)

수소경제

- ▶ 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제
- ⇒ 새로운 성장동력으로 미래경제의 핵심 + 친환경 에너지 혁명

탄소경제와 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 * CO ₂ , NO _x , SO _x 등	온실가스 배출이 적어 친환경적 * 부산물 = 물(H ₂ O)

◇ 전 · 후방 경제적 · 산업적 파급효과가 큰 미래 성장동력

□ (전방산업) 차량을 중심으로 한 수송 분야와 전기, 열 등 에너지 분야까지 다양한 새로운 미래산업 창출 가능

○ (수송) 승용차에서 상용차, 열차, 선박, 드론, 건설기계 등 모든 운송 분야에 수소가 활용되어 새로운 산업 생태계 창출

* 세계 자동차 시장규모('17) : 20,000억불 → 10%만 수소차로 전환해도 디스플레이시장(1,251억불)의 약 1.5배, 반도체시장(4,190억불)의 약 1/2 규모

○ (에너지) 친환경이면서 고효율로 전기와 열을 생산하는 연료전지가 분산전원의 최적 에너지전환 기술 및 설비로 부상

* 세계 발전용 연료전지(MW) : ('13) 215 → ('15) 299 → ('17) 670 (연평균 22% ↑)

< 석탄 및 가스발전과 연료전지 비교 >

구분	석탄	가스(복합)	연료전지
용량	800~1,000MW	400MW 이상	1KW~100MW
전기효율(%)	38~45	55~60	36~60(열포함90)
환경성	SOx(ppm)	50	없음
	NOx(ppm)	50	
	먼지(Mg/Sm ³)	10	
건설기간/입지조건	수년/입지 제약이 큼		수개월/도심내

□ (후방산업) 협력 부품업체가 많고, 수소 생산-저장·운송-활용 등의 밸류체인 전반에 걸쳐 다양한 산업과 연계

○ 수소차 및 연료전지의 협력부품업체가 대부분 중소·중견기업으로, 활용 확대에 따라 협력기업의 성장과 고용창출로 연계 가능

* 차량별 부품 수 : 내연기관차 3만개, 수소차 2.4만개, 전기차 1.9만개

* 연료전지 부품 수 : 발전용 연료전지 약 1만개, 가정·건물용 4천개

○ 수소 생산, 운송·저장, 충전소 등 인프라 구축은 금속·화학·기계 설비 등 관련 산업의 투자와 시장 및 고용 확대를 유발

* 수소 생산, 운송·저장 등의 밸류체인 고도화(수전해, 초고압, 액화·액상)를 위한 R&D와 투자 확대 → 새로운 시장 형성

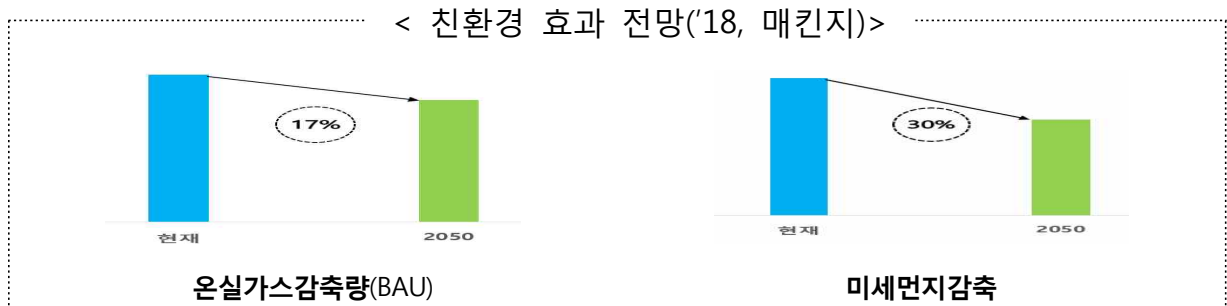
◇ 온실가스 감축 등 친환경 에너지로 에너지 자립에 기여

- (친환경 에너지) 온실가스 감축, 미세먼지 저감 등을 통해 깨끗하고 안전한 청정사회 진입을 촉진

* 우리나라 온실가스 감축 목표 : '30년 BAU 대비 37% 감축

- 에너지 소비의 탈탄소화로 온실가스 감축에 크게 기여하고, 수송·발전 등 다양한 분야에서 미세먼지 저감으로 사회적 비용* 절감

* 수도권 자동차 운행 제한, 노후 석탄화력발전 가동 제약 등



- 태양광·풍력 등 재생에너지의 단점을 극복하고 활용도를 제고할 수 있는 보완관계 가능

* 재생에너지로 생산된 전기를 수소로 전환하여 저장·운송(P2G: Power to Gas)

- (에너지 자립) 에너지원의 다각화, 해외 에너지 의존도 감소 등을 통해 에너지공급 리스크를 완화하고 에너지 자립 제고

- 화석연료를 대체하여 수소를 에너지원으로 활용하고, 다양한 방식으로 국내 생산이 가능하여 수입 의존도를 낮출 수 있음

* 현재 전력 에너지원인 화석연료의 97%이상을 수입에 의존

- 에너지자급률('16년) : 18%로 OECD국가(35개국) 중 33번째로 낮은 수준

- 국내 생산 외에도 해외에서 수소를 생산한 후 수입도 가능하여 중동 등 특정지역·국가 의존도를 낮추고 수입 다변화도 가능

Ⅱ. 수소경제 추진 동향

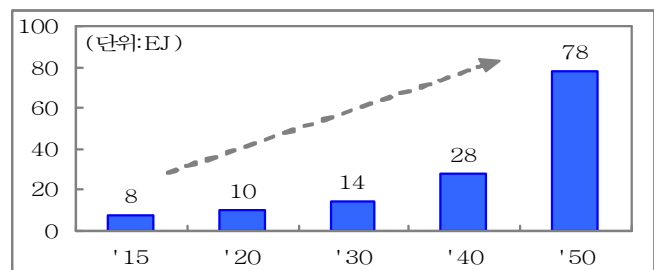
1 세계 수소경제 전망

◇ 2050년 年 2.5조달러 시장과 3,000만개(누적) 일자리 창출

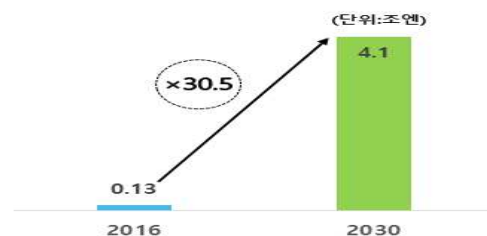
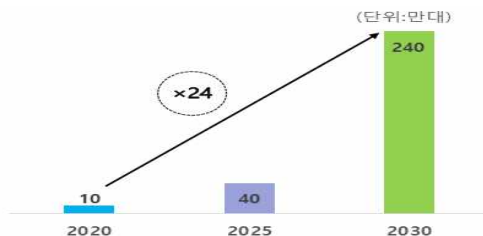
- 전세계 수소 수요가 급증하여 '50년 수소산업은 年 2.5조달러의 부가가치와 누적 3,000만개의 신규 일자리 창출 전망(매킨지, '17)

- 전세계 수소에너지 수요는 '15년 8EJ에서 '50년 78EJ로 급속하게 증가

< 글로벌 수소에너지 수요 >



- 에너지수요의 18%를 차지 (수소위원회, '18)



- (수소차) '17년 기준 전세계 약 7,800대* 보급, 국가별 경쟁** 치열

* 국가별 보급현황('17) : 美 3,562대, 日 2,591대, EU 725대, 韓 170대

** 국가별 보급목표('20→'30년, 만대) : (獨) 15 → 180, (日) 4 → 80, (中) 0.5 → 100

- (연료전지) 아시아 지역이 성장을 주도하고, 기술경쟁이 심화

* 세계 연료전지 보급량('17년) : 아시아 지역이 80% 차지

- 수송 및 발전분야의 수소 활용 증대로 2050년 CO₂ 필요 감축량의 20%(年 60억t) 감축

2 주요 국가 동향

◇ 日・美 등 국가별 경쟁(H₂ Race)이 치열하나, 아직 초기단계

○ [일본] 수소기본전략 채택('17.12) ⇨ 2050년까지의 방향성 제시

- 후쿠시마 사고 後 자립형 에너지 공급을 위해 수소경제 집중 육성
- '30년까지 목표 : 수소차 80만대, 수소버스 1,200대, 수소충전소 900개소, 가정용 연료전지 530만대, 수소 발전단가 17엔/kWh
- 수소차와 가정용 연료전지(에네팜)의 확대를 기반으로 저비용 수소 이용과 액화수소, P2G, 해외 생산 등 수소 공급 체인 개발에 주력

	일본 로드맵 주요내용
공급	<p>▶ 국제 수소 공급망 구축 : 호주 갈탄 등 해외 미이용 에너지를 활용</p> <p>* '30년 이후 연간 30만톤 조달, 공급비용 30엔/Nm² 수준으로 저감</p> <p>▶ 재생에너지, 미이용 지역자원(폐플라스틱, 부생수소 등) 적극 활용</p>
활용	<p>▶ 수소발전을 통한 안정적, 다량 소비</p> <p>* '30년 상용화, 17엔/kWh, 수소 조달 연간 500만~1,000만(발전용량 15~30GW) 목표</p> <p>▶ 수소차, 선박, 기차, 지게차 등 모빌리티 분야의 수소 이용 확산</p> <p>* (FCV) '25년 20만대, (충전소) '25년 320개소 구축</p> <p>▶ 가정용 연료전지(Enefarm)를 활용한 에너지 절감</p> <p>* '20년 시장자립화 실현, '30년 530만대 도입 달성</p>

○ [미국] 캘리포니아州 주도로 수소정책 추진 중

- 캘리포니아州와 연방정부(에너지부)를 중심으로 '민·관 파트너십'을 결성하여 수소에너지 정책 추진
 - * (캘리포니아州) CaFCP, (연방정부) H2USA 등
- '30년까지 목표(캘리포니아州) : 수소차 100만대, 수소충전소 1,000개소
- 풍력발전의 잉여전력 및 천연가스 인프라를 활용한 수소 생산·공급
 - * Wind2H2 프로젝트('07~'10) : 에너지부 주관, 풍력 발전으로 수소 생산 → 천연가스 망을 통해 공급

○ **[독일] 재생에너지의 활용 극대화를 위해 수소경제 추진**

- 재생에너지 보급('30년 50%) 기반과 수소경제를 융합한 정책 추진
- '30년까지 목표 : 수소차 180만대, 수소충전소 1,000개소
- 태양광·풍력의 잉여전력 활용 수전해(P2G) 수소 생산* 및 가스 그리드 활용** 프로젝트 추진

* 라인란트정유소에 세계최대 규모(연간 1,300만톤)의 수전해 시설 건설('17~'20)

** Audi社 e-gas 프로젝트: 가스 그리드에 메탄가스(수전해 수소+CO₂) 공급 실증('16)

○ **[호주] 수소 로드맵 수립('18.8) ⇨ 수소의 수출 자원화 도모**

- 풍부한 자원을 활용하여 세계 최대 수소생산 및 수출 전략
- 갈탄에서 수소 추출 후 일본에 수출하는 프로젝트*를 진행중이며, 州정부별 연료전지 발전소 구축 및 수소차 보급 추진

* HESC Project : 빅토리아州 Latrobe Valley에서 생산된 갈탄으로 수소 생산
→ 액화하여 일본 고베市로 수송(~'21년까지 실증)

○ **[중국] 중국제조 2025('15) 및 수소 이니셔티브 선언('17)**

- '중국제조 2025'에서 신에너지자동차를 핵심 사업으로 선정하고, 국제 연료전지차 대회를 통해 '차이나 수소 이니셔티브' 선언
- '30년까지 목표 : 수소차 100만대, 수소충전소 1,000개소
- 신재생에너지 및 원자력 이용, 메탄의 개질 등을 통한 수소 제조 기술 중점 개발

* 허베이성: 풍력 연계 수전해 수소 생산 추진('16년 4MW완료, '18~'20년 10MW)

◇ 기업 간 기술 경쟁과 협력이 전개되고 있으나, 선도 기업은 부재

□ 수소차 시장 선점을 위한 기업 간 경쟁이 가장 치열하고 연료전지는 한국과 일본기업 간 경쟁구도

○ (수소차) 양산 선두업체 외 후발 메이저 업체의 시장진출이 가속화

< 3개社 모델 비교 >

	현대자동차	도요타	혼다
차량명	넥쏘	Mirai	Clarity
차급	SUV(중형)	세단(중형)	세단(중형)
주행거리	609km	502km	483km
차량가격	7,000만원대	7,779만원 (724만엔)	8,234만원 (766만엔)

* 수소차 출시 목표 : 벤츠('19년), 아우디('20년), BMW·GM·닛산('21년),

○ (연료전지) 일본기업(파나소닉, 아이신 등)-가정용, 한국기업(D社, P社 등)-발전용 등의 기술개발·상용화 경쟁 전개

□ 수소산업 밸류체인별 기업 및 국가 간 글로벌 협력 플랫폼 확산

○ 개별기업 간 협력 : 생산, 운송·저장, 활용 등 전 분야에서 확대

* (생산) HySTRA(일) + AGL에너지(호) : 호주 갈탄에서 수소추출, 일본으로 운송
(저장·운송) 하이드로지니어스(독) + 중산대양전기(중) : 수소 액상운송기술 개발
(활용) 블룸에너지(미) + 소프트뱅크(일) : 블룸에너지 재팬이 한국 시장 진출

○ 수소위원회(Hydrogen Council) : WEF 산하 수소·연료전지 기업 협의체 ('17, 의장사 : 현대자동차, 33개 기업 참여중)

○ 국가 간 협력 : 국제 수소에너지 파트너십(IPHE)*, 수소각료회의** 등

* International Partnership for the Hydrogen Economy('03년 ~), 한·미·일 등 총 18개국이 참여하는 IEA 내 협의체

** 일본 주도 협의체로 한·미·호주·UAE 등 참여('18년 ~) → 수소 기술개발, 표준 협력, 안전 등 협력 선안(도쿄선언문)

3 우리의 가능성과 현황

- ◇ 수소경제는 에너지원 外 경제·산업 구조의 근본적 변혁을 요구
 - 세계적으로 초기단계, 누구도 가보지 않은 '새로운 길'로 선점 중요
- ◇ 세계 최고 수준의 활용분야와 우리의 강점을 살린다면 글로벌 수소경제를 선도하고 미래 핵심산업이 될 잠재력과 가능성 충분
 - 다만, 각국의 경쟁이 치열해지고 있는 바, 골든타임은 향후 3~4년

1 수소활용 분야에서 세계적 수준의 기술력 확보

- (수소차) '13년 세계 최초 수소차 양산 성공 → 세계 최장 주행거리, 핵심부품 99%(부품수 기준) 국산화 등 글로벌 경쟁력 확보
- (연료전지) 원천기술을 보유한 국내외 기업과의 제휴·M&A 등을 통해 최고 수준 기술력 보유

* P社 : FCE社(美) 기술제휴, D社 : CEP社(美) 및 퓨얼셀 파워(韓) M&A

2 수소 공급에 필요한 석유화학·플랜트 산업 기반과 경험이 풍부

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

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

3 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

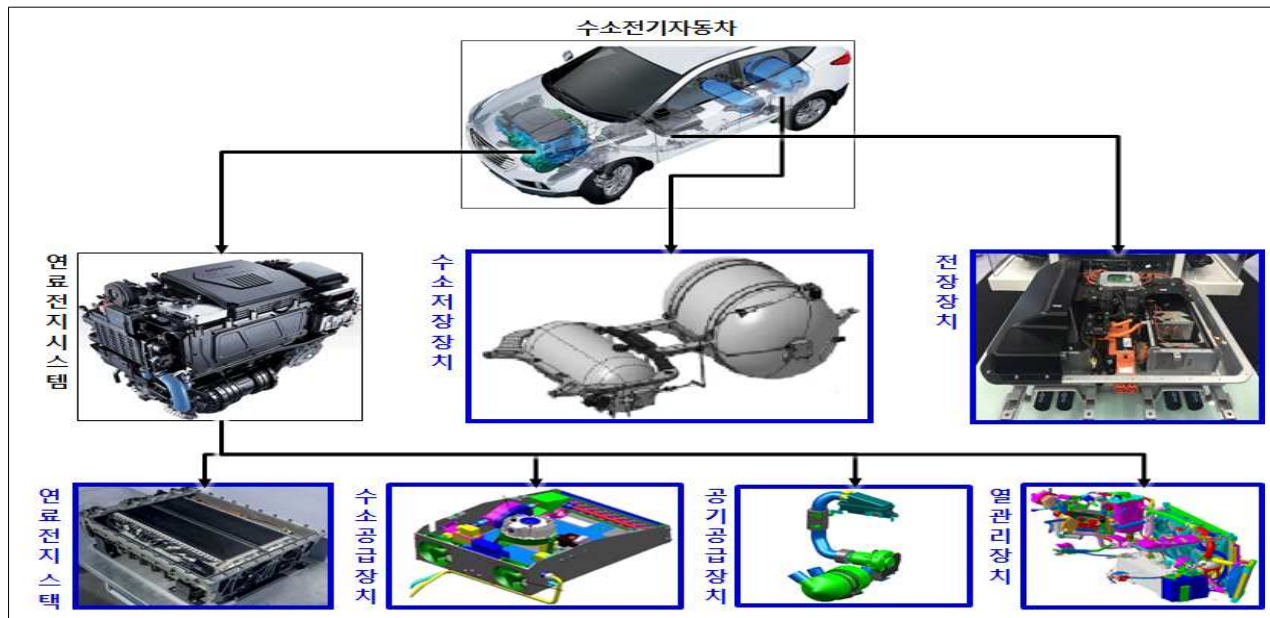
참고1

수소차 핵심부품 분석

□ 주요 핵심부품은 ❶연료전지시스템, ❷수소저장장치, ❸전장장치로 구성

* 연료전지시스템은 스택, 수소공급장치, 공기공급장치, 열관리장치로 구분

< 수소차 핵심부품 >



< 핵심부품 정의 >

- ▶ ❶ (스택) 수소와 공기를 반응시켜 전기를 생산하는 장치
(수소 및 공기 공급장치) 연료전지 스택에 수소 및 공기를 공급하는 장치
(열관리장치) 스택에서 발생하는 열을 제거하는 장치
- ▶ ❷ (수소저장장치) 수소를 저장하고 공급하는 장치
- ▶ ❸ (전장장치) 연료전지 스택에서 생산된 전기를 모터 및 전장부품으로 분배하는 장치

□ 핵심부품은 스택, 수소저장장치 비중이 높으며, 단일부품으로는 막전극접합체(스택)와 고압용기(저장) 비중이 가장 높음

< 수소차 가격비중 및 주요 수입부품 >

구분	스택	운전장치	수소저장장치	전장장치	차체 등
가격비중(%)	40	15	20	10	15
가격비중이 높은 부품	막전극접합체	공기압축기	고압용기	공용부품	
수입부품	전해질 막	-	카본복합소재	전력소자	

□ 부품기술은 해외대비 동등 또는 이상이나, 소재기술은 미흡

- 부품기술은 스택의 막전극접합체, 수소저장장치의 고압용기에서 뒤쳐져있으나 부품수가 많은 운전장치는 전세계 최고 기술 보유

< 주요핵심부품 국산화 상황 >

- ▶ **(막전극접합체)** 국내 기술은 '15년에 확보하여 H社에서 생산계획, 일본 대비 기술 수준은 미흡하지만 기술개발 중
- ▶ **(기체확산층)** 해외부품 전량 수입, 국산화 추진중
- ▶ **(고압용기)** '15년에 부품국산화는 성공하였으나 핵심소재인 카본복합소재를 수입에 의존하여 가격경쟁력 열위

< 수소차 핵심부품(기술)별 현황>

구분	핵심기술 핵심부품	국내 기술 현황	부품 수입현황			사유	
			국산화율	주요수입부품	국가	가격	기술
스택	막전극접합체	추격	50%	막전극접합체 국내 생산 (단, 전해질 막 소재수입) '20년 국산화 예정 (단, 소재는 수입)	미국		○
					미국		○
	기체확산층	추격	-	'19년 국산화 예정 (단, 소재는 수입)	독일	○	○
					일본	○	○
	분리판/가스켓	경쟁	100%	(부품기준)			
	셀전압 모니터링	경쟁	100%	(부품기준)			
운전 장치	체결기구	경쟁	100%	(부품기준)			
	인클로저/인터페이스	경쟁	100%	(부품기준)			
	공기공급장치	경쟁	95%	화학필터, 고속베어링 소재부품 수입	미국		○
					독일	○	○
	수소공급장치	경쟁	100%	(부품기준)	캐나다	○	○
	열관리장치	경쟁	99%	이온제거 소재	미국		○
전장 장치					일본		○
	공조장치	경쟁	100%	(부품기준)			
	구동모터	경쟁	100%	(부품기준)			
	감속기	경쟁	100%	(부품기준)			
	전력변환장치	경쟁	40%	파워소자, IC, Cap 필름 등 소재 수입	일본	○	○
					일본	○	○
수소 저장 장치					독일	○	○
	EMI/윤활/냉각	경쟁	100%	(부품기준)			
	ECU 및 제어장치	경쟁	100%	(부품기준)			
	수소저장용기	추격	50%	카본파이버 소재수입	일본	○	○
	고압 밸브/배관/ 레귤레이터	추격	90%	고압실링소재 수입 '20년 국산화 예정	미국	○	○
					미국	○	○
수소 저장 장치					캐나다	○	○
	안전장치	추격	90%	고압실링부품 수입 '20년 국산화 예정	미국	○	○
					캐나다	○	○
					유럽	○	○
	수소충전/ 수소저장제어기	경쟁	100%	(부품기준)	유럽	○	○

참고2

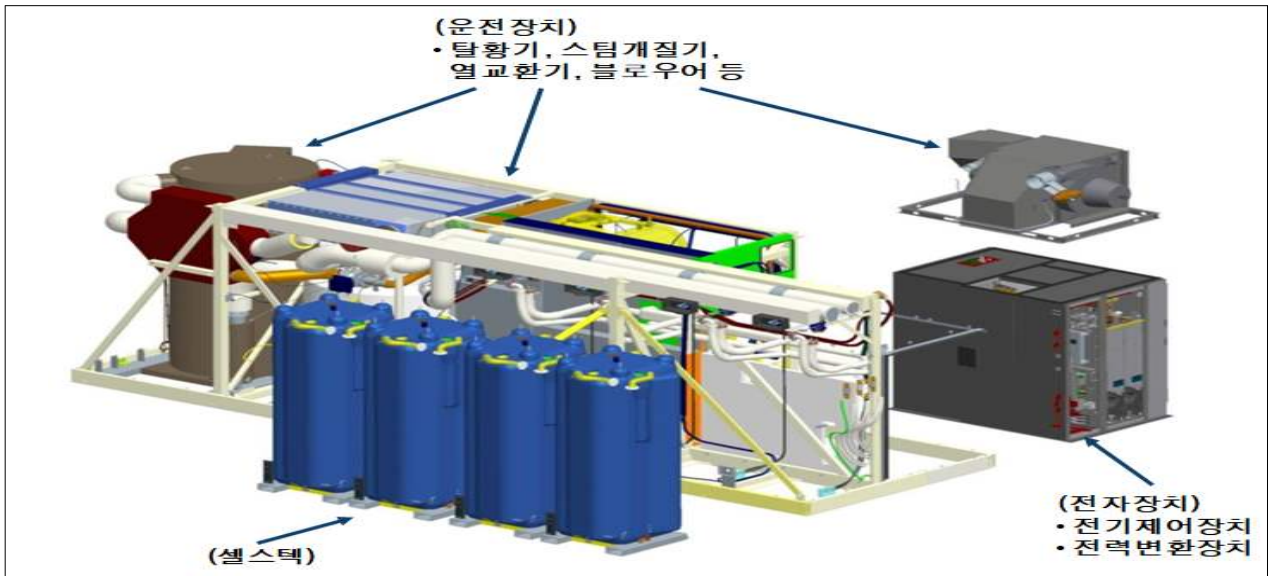
연료전지(발전용) 핵심부품 분석

□ 주요 핵심부품은 ❶ 셀스택, ❷ 운전장치, ❸ 전자장치로 구성

* 운전장치는 탈황기, 스팀개질기, 열교환기, 블로워 등

** 전자장치는 전기제어장치, 전력변환장치로 구분

< 발전용 연료전지 핵심부품 >



< 핵심부품 정의 >

- ▶ ❶ (셀스택) 수소와 공기를 반응시켜 전기를 생산하는 장치
- ▶ ❷ (운전장치) 연료변환기 및 BOP(공기공급장치, 열관리장치 등)으로 구성된 장치
- ▶ ❸ (전자장치) 연료전지 스택에서 생산된 전기를 계통으로 공급하는 장치

□ 스택, 연료변환기, BOP 및 전장 비중이 비슷하나, 부품으로는 전극 촉매(백금) 및 연료변환 촉매(니켈) 비중이 높음

* 전극촉매(소재수입), 변환촉매(작은 시장규모로 국내 기업 未 진출)

< 발전용 연료전지 가격비중 및 주요 수입부품 >

구분	셀스택	연료변환기	BOP	전자장치	기타
가격비중(%)	30	35	15	12	8
가격비중이 높은 부품	전극, 촉매 분리판	촉매(개질, 탈황) 반응기	밸브, 블로워 류	전력변환기, 제어기	전선류
수입부품	전극, 촉매	촉매(개질, 탈황)	밸브, 블로워 류	전력변환기, 제어기	

* BOP(Balance of Plant) : 연료전지에서 스택을 제외한 구성 부품 및 주변 기계장치

□ 시스템 제작 및 운영기술은 동등 수준이나 부품·소재기술은 미흡

- 스택의 셀 전극·촉매, 연료변환기 촉매는 전량 수입 의존 중이나, 대부분의 열교환장치, 공기공급장치 및 전자장치 등은 단기간 내 100% 국산화 달성 가능

< 주요핵심부품 국산화 상황 >

- ▶ (셀 전극·촉매) 국내에서 전극, 촉매 제조 기술 개발 중, '19~'22년중 확보 가능
- ▶ (연료변환기 촉매) 전량 수입, 국내 기술 부족보다는 시장규모에 따른 국내 기업 未 진출

< 발전용 연료전지 핵심부품(기술)별 현황 >

구분	핵심기술 핵심부품	국내 기술 현황	부품 수입현황			사유	
			국산화율	주요수입부품	국가	가격	기술
셀 스택	전극/촉매	추격	-	'19년 촉매/전극 제조 기술 국 산화 (단, 소재는 수입)	영국		○
					싱가포르		○
	분리판/가스켓	추격	50%	가공 국산화 완료 (단, 소재는 수입)	미국	○	○
	매트릭스	경쟁	50%	'20년 가공 국산화			○
	체결기구	경쟁	100%	(부품기준)			○
연료 변환기	인클로저/ 인터페이스	경쟁	100%	(부품기준)			
	촉매기술	추격	-	'20년 국산화 단 소재는 수입	일본	○	○
	개질기	경쟁	100%	(부품기준) 반응기 설계 제작 국산화	미국	○	○
BOP	탈황기	경쟁	100%	(부품기준) 반응기 설계 제작 국산화	미국	○	○
	공기공급장치	경쟁	50%	국내 조립, 단 부품 수입			
	연료공급장치	경쟁	50%	'20년 국산화 100% 예정	일본	○	
	열관리장치	경쟁	100%	(부품기준)			
전자 장치	공조장치	경쟁	100%	(부품기준)			
	전력변환장치	경쟁	50%	전력변환장치 국내제작 핵심소재 수입	미국		○
					일본		○
	제어장치	추격	20%	(부품기준)	독일		○
					독일	○	○
					미국		○

◇ 수소경제 선도국가 도약을 위해서는 ①적극적인 시장 창출, ②활용 분야에 비해 취약한 생산 및 저장·운송분야 기술경쟁력 제고와 산업생태계 조성, ③제도기반 정비 등이 시급

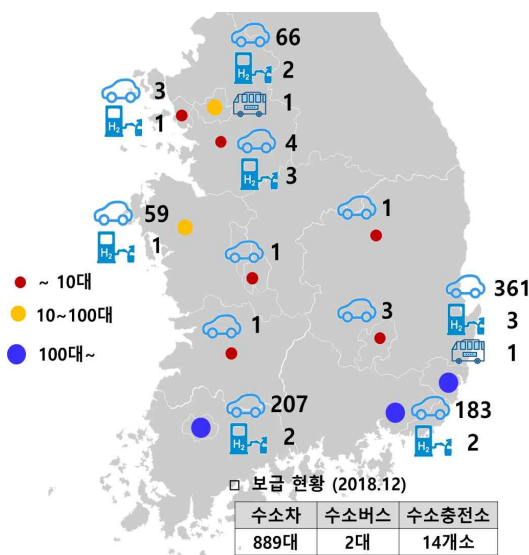
1 수소 활용분야 시장 창출 ⇨ 경제성 확보 및 자생적 확산

□ 최고 수준의 기술력에도 수소차 및 연료전지 시장규모는 아직 미미

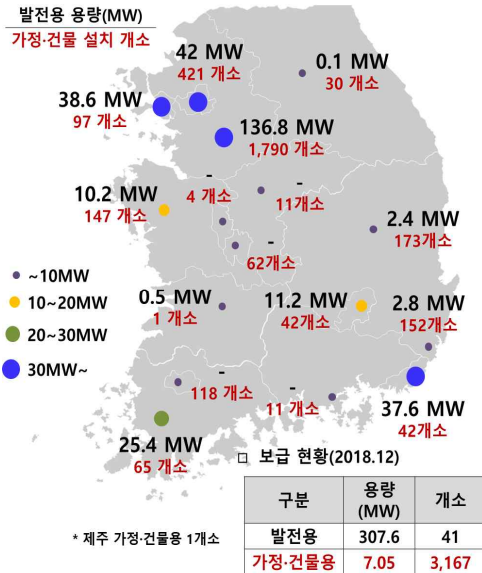
- (수소차) 가격부담(7천만원), 대중교통 적용의 어려움, 충전인프라 부족 등으로 수소승용차는 889대에 불과, 버스는 2대만 운영중
* '18년 수소충전소는 총 14개소(일반인 충전 가능 10개소, 4개는 연구용)

- (연료전지) 설치비 부담*, 높은 연료비 등을 정부의 REC 지원으로 보완하여, 발전용 307.6MW(41개소), 가정·건물용 7MW(3,167개소) 보급
* 가정·건물용 연료전지 설치단가 부담 (2,700만원/KW, 일본 1,100만원/KW)

< 수소차 및 충전소 현황 >



< 연료전지 현황 >



□ 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)	-

② 생산 및 저장·운송분야 기술경쟁력 제고 ⇨ 산업생태계 확충

- (생산) 부생수소 외에 천연가스 추출수소 및 수전해 등에 대한 핵심 원천기술과 상용화 실증 부족

	수소 생산 애로사항
부생수소	부생수소 특성상 생산가격이 저렴하다는 장점이 있으나, 석유화학단지(울산, 여수, 대산)의 공정전환 없이는 추가 공급 어려움
추출수소	既 구축된 천연가스 공급망과 연계할 수 있는 잠재력이 있으나, 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%)

- 미국, 독일 등이 상용화 수준으로 가장 앞선 기술 보유

* 일본은 수력발전을 활용한 수소생산설비 구축(홋카이도)

○실증 / ●상용화

		한국	일본	미국	유럽
생산	부 생	●	●	●	●
	추 출	○	●	●	●
	수전해	○	○	●	●

- (저장·운송) 고압기체 저장운송은 가능하나, 장거리·대용량 운송에 필요한 액화·액상*기술은 개발단계

* (액화) -256℃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 기술 개발중이나 아직은 미흡

* H社 : 자체개발한 액화수소 저장기술을 드론에 적용 실증
M社 : 극저온 액체수소 연구개발 진행중

- 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

* 파이프라인 : 석유화학단지 인근에 약 200km (美 2,000km)
* 튜브트레일러 : 약 500대 운영중

- 일본, 미국, 유럽 등은 글로벌 경쟁력을 갖춘 다수 업체가 기술개발 및 상용화를 적극 추진 중이나,

- 우리는 활용분야와는 달리 기술개발 역량과 투자 여력이 부족한 소수의 중소기업 위주로 산업생태계가 형성

③ 법·제도적 기반 완비 ⇨ 수소경제 이행 추동력 확보

- (정책) 수소차·충전소, 연료전지 개발·보급 등 단편적인 지원은 있으나, 보다 종합적인 수소경제 활성화 전략 부재
- (법·제도) 체계적인 수소경제 활성화를 지원하고, 국민이 안심할 수 있는 수소 소주기 안전관리에 대한 법·제도적 기반 필요

Ⅲ. 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
목표	수 소 차 (수출) (내수)	1.8천대 (0.9천대) (0.9천대)	8.1만대 (1.4만대) (6.7만대)	620만대 (330만대) (290만대)
	연 료 전 지	307MW (전체)	1.5GW (1GW)	15GW (8GW)
	발전용 (내수)			
	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

추진 전략

기본 방향	<div>전주기 안전성 확보</div> <div></div> <div>중소 · 중견 산업생태계 조성</div>			
추진 전략	<div>‘18</div> <div>수소경제 준비기</div> <div><ul style="list-style-type: none">▪수소산업생태계 조성▪제반 인프라 구축 및 법·제도적 기반완비</div>	<div>‘22</div> <div>수소경제 확산기</div> <div><ul style="list-style-type: none">▪수소이용 비약적 확대▪대규모 수요·공급 시스템 구축</div>	<div>‘30</div> <div>수소경제 선도기</div> <div><ul style="list-style-type: none">▪해외 수소 생산 및 수전해 본격화▪탄소프리 수요·공급 시스템</div>	
민관역할분담	정부	<ul style="list-style-type: none">▪지원 및 규제완화▪대규모 인프라 투자	<ul style="list-style-type: none">▪산업생태계 보완▪국제표준 선점	<ul style="list-style-type: none">▪수소사회 이행▪국제 리더십 확보
	민간	<ul style="list-style-type: none">▪핵심기술 내재화▪투자확대	<ul style="list-style-type: none">▪상업적 생산 체계구축▪수소 비즈니스플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none">▪민간 주도 시장 확대▪글로벌 시장 선도

◇ 수소경제 이행 로드맵

□ 수소 모빌리티 (누적)

* () : 내수

		2018년	2022년	2040년
모 빌 리 티	수소차	1.8천대 (0.9천대)	8.1만대 (6.7만대)	620만대 이상 (290만대)
	승용차	1.8천대 (0.9천대)	7.9만대 (6.5만대)	590만대 (275만대)
	택시	-	-	12만대 (8만대)
	버스	2대 (전체)	2,000대 (전체)	6만대 (4만대)
	트럭	-	-	12만대 (3만대)
	수소충전소	14개소	310개소	1,200개소 이상
열차·선박·드론		R&D 및 실증을 통해 '30년 이전 상용화 및 수출프로젝트 추진		

* 위 수소차 목표는 내수와 수출을 포함한 생산량임

□ 수소 에너지 (누적)

* () : 내수

			2018년	2022년	2040년
에 너 지	연 료 전 지	발전용	307.6MW	1.5GW (1GW)	15GW 이상 (8GW)
		가정·건물용	7MW	50MW	2.1GW 이상
	수소가스터빈		'30년까지 기술개발 완료 → '35년경 상용 발전		

□ 수소 공급 및 가격

		2018년	2022년	2030년	2040년
공 급 · 가 격	공급량 (=수요량)	13만톤/年	47만톤/年	194만톤/年	526만톤/年 이상
	공급방식	①부생수소(1%) ②추출수소(99%)	①부생수소 ②추출수소 ③수전해	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④해외생산 ※ ①+③+④ : 50% ② : 50%,	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④해외생산 ※ ①+③+④ : 70% ② : 30%,
	수소가격	- (정책가격)	6,000원/kg (시장화 초기가격)	4,000원/kg	3,000원/kg

IV. 수소경제 활성화 추진방안

◆ 강점이 있는 수소차·연료전지를 양대 축으로 수소경제 선도

활 용	■ 모빌리티, 에너지 등 수소 활용 가속화			
	모빌리티	① 수소차 양산체계 구축 및 보급 확대 ② 수소 택시·버스 등 대중교통 전환 ③ 공공부문 수소 트럭 활용 ④ 수소충전소 전국 확대 및 자생력 확보 ⑤ 선박, 열차, 드론 등 기타 활용분야 확대		
	에너지	① 발전용 연료전지 보급 확산 및 수출산업화 ② 가정·건물용 연료전지 확대 ③ 수소가스터빈 기술개발 및 상용화		
생 산	■ Grey 수소에서 Green 수소로 생산 패러다임 전환			
	Grey 수소	부생수소 활용 및 대규모 추출수소 생산		
	Green 수소	① 수전해 대량 생산 및 경제성 확보 ② 해외 CO ₂ free 수소 본격 도입		
저 장 · 운 송	■ 안정적이고 경제성있는 수소 유통 체계 확립			
	저장	고압기체 외에 고효율 액체·액상·고체 저장으로 다양화		
	운송	파이프라인 전국망 구축, 수소운반선 등 대규모 유통 추진		
안 전	■ 수소안전에 대한 국민 인식 제고 및 수소 전주기 안전관리 체계 확립			
산 업 생 태 계	기술혁신	범부처 기술로드맵 수립	전문인력	안전 및 핵심기술인력 양성
	표준화	글로벌 수소 표준 선점	기반조성	수소경제 이행 기반 구축
	법적기반	수소경제법·안전법 완비	국제협력	선도국가로 적극 참여·주도
	수출산업	대·중소기업 동반진출	생태계	축축한 밸류체인 구축

1 세계 최고수준의 수소 활용체계 구축

1. 모빌리티

1 수소차 : 청정 교통 인프라 구축

수소차 보급목표 및 주요과제

1 수소차 및 수소충전소 보급목표(누적)

'25년 年 생산량 10만대 달성
(상업적 양산 개시)

* () : 내수

구 분		2018		2022		2040
수 소 차	전체	1.8천대 (0.9천대)	→	8.1만대 (6.7만대)	→	620만대 (290만대)
	승용차	1.8천대 (0.9천대)	→	7.9만대 (6.5만대)	→	590만대 (275만대)
	택시					12만대 (8만대)
	버스	2대 (전체)	→	2천대 (전체)	→	6만대 (4만대)
	트럭					12만대 (3만대)
수소충전소		14개소	→	310개소	→	1,200개소

2 주요 추진과제

- (보급) 수소 승용차, 버스, 택시 등 청정 교통인프라 확대(~'22) 및 이를 위한 수소충전소 대폭 확대
 - 승용차, 버스, 택시, 트럭 등 수소차 쏘 차종의 생산라인 구축(~'30)
- (제도) 수소차 차종별 보조금을 차등 지급하고, 버스, 택시 등 수소 상용차의 연료비 보조
 - 수소차 및 수소 충전 가격 하락에 맞춰 단계적으로 보조금 축소
- (수출) 차량용 연료전지 시스템 모듈을 단독 판매·수출하여 차량용 연료전지 시장을 선점하고, 중소·중견 동반성장을 유도

1. 수소승용차

◆ 국내 보급(누적) : ('22) 6.5만대 → ('40) 275만대

◆ 수소차 생산능력 확충 및 핵심부품 100% 국산화

◇ 연간 수소차 생산능력 확충을 통해 가격 경쟁력 확보

- '22년 年 생산량 3.5만대 달성하고, '25년까지 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 양산에 따른 부품 양산 기술을 개발하고, 핵심부품(스택, 수소탱크 등) 가격 저감 기술 확보(~'22)

◇ 수소차 핵심부품 100% 국산화

- 기술개발 지원 확대를 통해 핵심부품 국산화율 100% 달성(~'22)
 - 부품 기술력 제고 및 생태계 조성을 위한 R&D 추진(3천억원, 예타중)
 - * 충전기술(40%→80%), 막전극접합체, 기체확산층, 공기압축기, 수소탱크 등 개발

< 미흡한 핵심부품 현재 상황 >

- ▶ (막전극접합체) 국내 기술은 '15년에 확보, 아직 일본 대비 미흡하지만 기술개발 중
- ▶ (기체확산층) 현재 해외부품 전량 수입, 국산화 추진중
- ▶ (고압용기) '15년 부품국산화 성공, 핵심소재(카본복합소재) 수입 의존

◇ 수소차 수요 확대를 위한 기반 확충

- 수소차에 대한 통계를 기반으로 전용 보험상품 개발 지원(~'20)
 - * 현재 수소차 대중화 부족, 통계 자료 취약 등으로 보험상품 개발에 한계
- 충돌·전복·화재 대비(~'22), 수소저장밀도 향상(~'30) 등 안전성 제고

2. 수소택시

- ◆ 국내 보급(누적) : ('40) 8만대
- ◆ '19년 시범사업 이후, '23년부터 전국으로 확대

◇ 시범사업(서울) 실시 후 전국으로 확대

- 도심형 수소충전소와 연계, 수소택시 시범사업 추진(서울) → ('21) 주요 대도시에 수소택시 보급 → ('23) 전국으로 확대
- 시범사업 : 수소택시 10대를 실도로 환경에서 내구한계(20만km) 까지 운행하여 핵심부품* 성능을 실증 및 분석·개선
 - * 핵심모듈인 연료전지 스택, 운전장치(공기공급, 수소공급, 열관리계), 수소 저장장치, 전장장치 등 내구성능에 영향을 미치는 10여종 부품

- 수소차 임대 등 택시 실증에 필요한 비용을 지원

- * 차량가격 : LPG택시 약 2,500만원, 수소차: 3,700만원 (보조금 지원 포함)
- ** 수소택시 9년 운영시 최소 1~2회 스택(5천만원) 등 부품 교환 필요
 - 택시 주행거리(9년) : 개인택시 약 53만km / 법인택시 약 72만km

< 국내외 사례 >

- ▶ (프랑스) 파리에 수소택시 100대(투싼 75대, 미라이 25대) 운영중
 - '20년까지 600대로 확대 예정
- ▶ (스웨덴) 택시업체 Taxi O2O社가 시범운영중(스톡홀름, 투싼)
- ▶ (울산) '16~'18년간 10대 운영(3개 회사)

- 수소택시 내구성 향상 기술개발 추진 : ('18) 16만km → ('22) 30만km → ('30~) 50만km 이상
- 주행거리가 긴 수소택시를 통해 수소차의 내구성 및 성능 입증, 수소차 및 부품업체의 수요·생산 증대에 기여

3. 수소버스

- ◆ 국내 보급(누적) : ('22) 2천대 → ('40) 4만대
- ◆ 전국 시내버스 및 광역버스에 수소버스 보급 확대

◇ 수소버스 보급 확대를 위한 시범사업 실시

- (시내버스) '19년 7개 주요도시*에 수소버스 35대 보급을 시작으로, '22년까지 시내버스 2,000대를 수소버스로 대체

* 서울(7), 부산(5), 울산(3), 광주(6), 창원(5), 아산(4), 서산(5)

** ('19) 35대 시범사업 → ('20) 300대 → ('21) 665대 → ('22) 1,000대

- (광역버스) 수소버스 생산 확대, 수소충전소 등과 연계하여 '21년 광역버스 보급을 시작으로, '30년까지 쏘 노선에 수소버스 투입

◇ 경찰버스를 수소버스로 대체

- '19년 수소버스 2대 개발* 후 '20년말까지 실증

* H社は 경찰버스 특성(승차인원, 적재공간 등)에 맞는 전경용 수소버스를 개발중이며, '19년 하반기 개발을 완료하여 경찰청에 인도 예정

- 실증 이후, '21년부터 소요연한(8년)이 경과한 버스부터 우선적으로 교체하여, 향후 경찰버스 전체 교체

◇ 수소버스 인프라 구축

- 수도권 주요 교통축별로 충전·정비 인프라를 갖춘 수소복합환승 센터를 구축('21~)하고, 경유하는 신규·증차 노선에 수소버스 적용

- 고속도로 휴게소, CNG 충전소, 혁신도시 등에 수소충전소 구축

* 버스 공영차고지 등에 수소충전소 구축 MOU 체결('19, 지자체·운송연합회 등)

◇ 수소버스 경제적 · 제도적 지원 강화

- 수소버스의 미세먼지 저감 효과 등을 감안하여, 연료비 지원은 연구 용역 등을 거쳐 검토하고, 기존버스 대·폐차시 버스 구입비용 지원
 - * CNG 버스 지원 : 구입비(정부, 지자체), 충전소 보조금(지자체), 버스연료비, 유가보조금 등 다양
- 수소버스 등 친환경차 도입시 버스운송사업 면허기준 완화, 광역 급행버스 사업자 선정시 가점 부여 등의 인센티브 제공('19.上)
 - * 시내버스 운송사업 면허대수(예 : 시내버스운송사업 40대 이상) 산정시 수소버스 등 친환경 버스에 대한 가중치 상향 검토 등

◇ 수소버스 연비 · 내구성 제고 및 안전 강화

- (연비/내구성) 현재 대비 연비 50% 이상, 내구성 5배 이상 향상
 - * 연비 : ('18) 10km/kg → ('22) 12km/kg → ('30~) 15km/kg 이상
 - 내구성 : ('18) 16만km → ('22) 50만km → ('30~) 80만km 이상
- (안전성) 수소버스 전복·충돌 상황에 대한 안전성 제고를 위해 기술개발 및 안전기준 마련
 - 수소버스의 승객 등을 보호할 수 있는 차량 및 부품 관련기술을 개발하고, 국제기준*에 반영하여 국제적으로 수소차 기술 선도
 - * GTR(Global Technical Regulation)
- (전용부품) 수소버스용 스택, 모터, 고압용기, 고전압 컨버터 등 개발

4. 수소트럭

- ◆ 국내 보급(누적) : 수소트럭 개발 후 '40년까지 3만대 보급
- ◆ '21년 중형트럭(5톤급) 출시, '25년 대형트럭(5톤이상) 출시 전망

◇ 공공부문 화물특수차의 수소트럭 전환

- '20년까지 5톤급 수소트럭(화물특수차*) 기술 개발 및 실증 완료
 - * 화물특수차 : 청소차(쓰레기수거 포함), 노면청소차, 살수차 등
- '21년부터 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

- '20년까지 10톤급 수소트럭 부품 기술개발을 완료, '22년까지 실증
 - 화물일반차*를 수소트럭으로 전환하는 물류운송 실증사업 추진('21~)
 - * '18년 기준 등록대수(만대) : 화물일반 253(소형 207, 중형 31, 대형 15)
- '25년 대형(5톤이상) 수소트럭 전용부품의 가격저감 기술을 확보*, '30년까지 수소트럭 부품 국산화율 100% 달성
 - * 전장부품, 모터·감속기, 연료전지 스택 성능 개선을 위해 예타사업 진행 중

② 수소충전소 : 조기 확충 및 경제성 확보

◆ 국내 보급(누적) : ('22) 310개소 → ('40) 1,200개소

◇ 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

- 지역 특성에 맞는 다양한 수소충전소 보급 확대를 위해 충전소 유형별로 설치보조금 차등

< 수소충전소 유형 및 설치비용 >

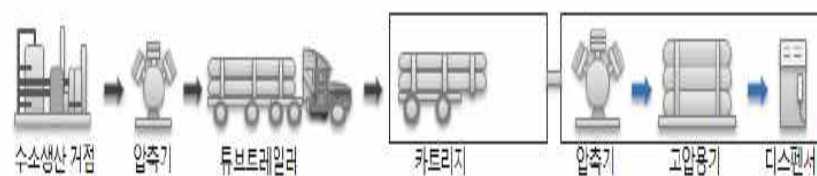
① 수소 파이프라인 연결형 (3개 도시 기준 구축망 활용, 200km)



◆ 약 27억원 소요

- ▶설비 구축비용 : 18억원
- ▶현장 공사비용 : 9억원

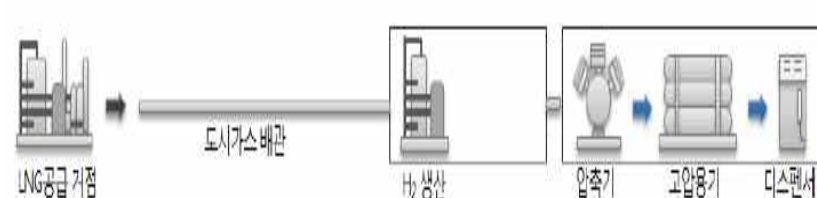
② 수소가스 운반형 (튜브트레일러 활용)



◆ 약 26억원 소요

- ▶설비 구축비용 : 17억원
- ▶현장 공사비용 : 9억원

③ 도시가스 추출형 (추출기 설치)



◆ 약 56억원 소요

- ▶추출기 구축비용 : 22억원
- ▶설비 구축비용 : 21억원
- ▶현장 공사비용 : 13억원

○ 수소충전소 운영보조금 신설을 검토하고, 구축비용 절감 및 추가 수익 창출 유도

- * (日) 설치보조금 : 충전소 유형별 설치비의 50~66%(약 18~29억원) 지원
운영보조금 : 전년도 운영비를 기준으로 66%(최대 2.2억원) 지원

- 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 '22년까지 수소충전소 약 100기 구축

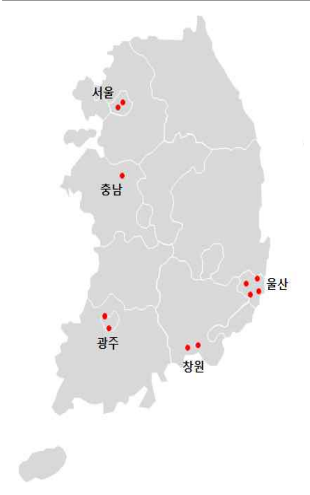

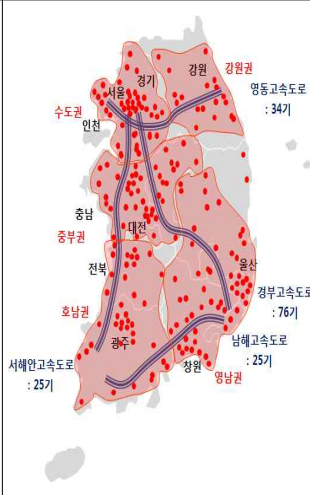
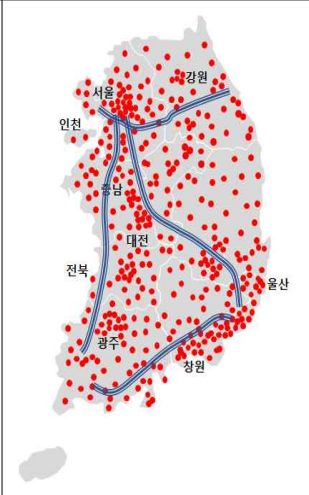
** CNG충전소 : 충전소 규모에 따라 기준대수를 설정하고 미달 시 보조금 지급

○ 민간중심의 자생적인 수소충전소 보급 확대

- 민간주도 시장자율형 충전소를 확대하고, LPG·CNG 충전소를 수소충전이 가능한 융복합 충전소로 전환하여 경제성 제고

- * 전국 2,027개 LPG 충전소('18.10 기준)를 융복합 충전소로 활용

< 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

'22년까지 수소충전소 구축 로드맵

['18년] 거점도시 중심으로 충전소 14기 구축

- '18년 말까지 전국 14기의 충전소 구축·운영
- 서울 등 수도권과 함께 지자체의 수소차 보급 의지가 강한 울산, 창원, 광주 등에 분포

구분	서울	울산	창원	광주	홍성	계
수소차	61	361	204	207	28	861
충전소	2	3	2	2	1	10*

* 연구용 4기 제외



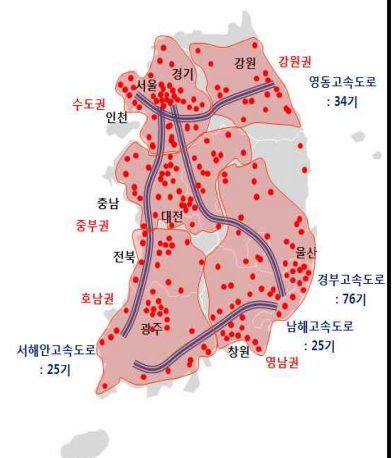
['19년] 권역 충전망 및 교통망 거점으로 충전소 86기 구축

- 지역별 수소차 및 충전소 보급계획을 고려, '19년 말까지 누적 86기*의 충전소 구축 예정
- * '18년 기 구축 14 + '18년 이월 29 + '19년 신규 43
- 5개 권역(수도권, 중부권, 영남권, 호남권, 강원권) 별 인근 도시와 연계, 충전소 권역망 구축 → 68기*
- * 수도권 17(서울6, 경기6, 인천5), 중부권 12(충남4, 충북5, 대전3), 영남권 15(울산7, 경남6, 부산2), 호남권 9(광주8, 전북1), 강원권 5, 민간 10 등
- 차량 통행량이 많은 경부고속도로 등을 따라 교통망 거점 충전소 구축 → 18기



['22년] 권역망 확대 및 연결을 통해 전국 충전소 310기 구축

- '22년까지 총 누적 310기의 충전소 구축 예정
- * 수소충전소 민간SPC를 통해 100기 구축('19년~)
- 5개 권역별 충전소를 대폭 확대, 권역망 확장 및 권역내 촘촘한 충전소 구축 → 150기
- 경부·서해안·영동·남해 등 주요 고속도로 및 교통거점에 구축, 권역 간 연결 → 160기
- * 주요 고속도로 통행량('17) : 경부 49만대, 서해안 16만대, 영동 22만대, 남해 16만대 등



◇ 수소충전소 규제완화

○ 입지제한 및 이격거리 완화, 운전자 셀프충전 방안 마련 등 규제완화

- * 既 완료 : 융복합충전소 및 이동형 충전소 설치 허용, 액화수소 충전소 설치기준 마련, 개발제한구역 內 버스차고지 수소충전소 설치 허용 등

< 수소충전소 규제완화 내용 >

세부과제	완화내용	소관	일정
▶ 친환경차 충전소에 광고(자사 타사) 허용	수소충전소에 자사·타사광고 허용 → 부가수익 창출	행안부	'19.1
▶ 수소충전소 설치시 철도로 부터 30m 이격거리 완화	연구용역으로 안전성 검증 후 규제완화	산업부	'19.3
▶ 국·공유지 內 친환경차 충전소 설치시 수의계약 허용	「친환경자동차법」 개정을 통해, 국·공유재산 임대시 수의계약 허용, 임대료 경감	산업부	'19.3
▶ 수소운반용기(Type4) 기준 개선	충전압력(35→45Mpa)과 내부용적(150→450L) 상향	산업부	'19.3
▶ 수소차 운전자 셀프충전 허용 방안 마련	연구용역 및 업계 의견수렴 후 규제완화	산업부	'19.3
▶ 수소충전소(3,000m ³ 초과)를 도시 계획 시설 결정 없이 설치	도시계획시설 결정 없이 수소충전소 설치 허용	국토부	'19.6
▶ 준주거·상업시설 內 수소충전소 설치 허용	지자체 협의 등을 통해 준주거·상업지역지 제한 완화 추진	국토부	'19.6
▶ 수소충전소 안전관리자 자격 요건 개선	가스기능사 외 양성교육 이수자도 허용	산업부	'19.6

○ 규제완화 전까지는 「산업융합촉진법」의 '규제샌드박스'를 활용하여 도심지, 공공청사(정부세종청사 등) 등에 수소충전소 설치 추진

◇ 수소충전소 기술 고도화 및 안전성 제고

○ 압축기, 고압밸브, 저장용기 등 핵심부품과 충전기술 국산화 등을 통해 '30년까지 수소충전소 국산화율 100% 달성

○ 1일 1~2톤급 수소 충전 기술, 액화수소 충전소 기술 등 대규모 수소충전 기술개발을 통해 수소충전소 설비비용 절감

- * ('18) 1,000만원/kg → ('22) 600만원/kg → ('30~) 300만원/kg 이하

○ 충전소 성능 및 부품 안전성 평가기술 등 안전성 제고방안 마련

수소충전소 충전가격 안정화 방안

1 수소충전 가격 목표

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

* 일본 : (현재) 11,308원/kg → ('30) 3,392원/kg → (미래) 2,262원/kg ('19.1월 환율 기준)

2 가격목표 추진과제 : 생산, 저장·운송과 연계

- ❶ (생산) 추출수소 대규모 생산을 통한 규모의 경제 실현, 수전해 효율향상, 대량 수소 수입 등 수소 생산비용 절감
 - 바이오매스, 미생물 등 수소 생산 방식의 다양화를 통해 경제성 있는 수소 생산 포트폴리오 구성
 - * (예) 해양 바이오수소 생산기술 개발('09~'19, '19년 38억원)
 - 각 지역별 특성에 맞춰 가장 저렴한 수소 생산방안 마련
 - * (예) 부생수소(울산·여수·대산), 추출수소(서울·경기·강원 등), 재생에너지(전남·경남·제주 등)
- ❷ (저장·운송) 액화·액상수소 기술개발을 통한 저장 효율 제고, 수소 파이프라인을 활용한 대규모 운송 등을 통해 운송비 절감
 - 주요 거점별 수소 저장설비를 구축하여 수소 수급을 안정화하고, 일정한 가격으로 수소를 유통할 수 있는 기반 마련
- ❸ (수소충전소) 수소가격이 목표한 수준이 될 때까지 수소충전소 설치 보조금을 유지하고, 운영 보조금을 신설
 - 수소 가격 인하 수준에 맞춰 점진적으로 보조금 축소
- ❹ (수소가격 안정화) 수소의 적정 기준가격을 제시하고, 수소 수급 관리 및 거래시스템 구축을 통해 시장가격 안정화

③ 수소선박, 수소열차, 수소드론 등 기타 모빌리티

1. 수소선박 : 친환경 선박을 미래 유망 품목으로 육성

구분		현재	2022년	2025년	2030년 이후
기술 목표	연안 선박	선박 기술개발 추진 중	▶ 선박 적용 연료 전지 시스템 검증	▶ 실증을 통한 기술 검증 및 성능개선	▶ 실선 적용 확대
	대양 선박		▶ 스택 모듈화 기술 개발	▶ MW급 대용량 연료 전지 시스템 검증	▶ 대형 선박 확대

□ (필요성) 유럽을 중심으로 IMO 환경규제에 대응하여 연료전지를 선박의 발전·추진동력으로 사용하는 기술개발 및 실증 진행중

□ (기술현황) 우리나라는 '17년부터 기술개발 및 실증 추진중

* 미세먼지 무배출 선박용 PEMFC 시스템 개발 및 실증('17~'21, 한국선급, 63억원)

○ 글로벌 전장기업과 연료전지 제조사간 기술 제휴를 통해 수소 선박 연료전지 기술 개발중 (대형, PEMFC)

* Siemens(독)-PowerCell(스)은 연료전지기반 선박용 발전시스템을 개발하고 DNV GL에서 AIP 획득('18.6)

* ABB社(스)-Ballard社(캐)가 3MW급 선박용 연료전지를 공동개발 시작('18.6)

□ (개발방향) 연안선박(중·소형)과 대양선박(대형)으로 구분하여 기술 개발 방향을 수립하고 이에 대한 인프라를 동시에 구축

○ (연안선박) 수백 kW이내 선박용 연료전지시스템('22) → 실증을 통한 기술 검증('25) → 민간분야로 확대('27)

* 관공선 대상으로 우선 적용, 기술 검증 후 민간으로 확대 보급

○ (대양선박) 스택의 모듈화, 통합시스템 개발('25) → MW급 연료전지 시스템의 성능 및 안전성 확보('27) → 대형선박 적용('30)

* 대형선박은 시스템 용량에 따라 보조전원과 추진동력원으로 구분하여 적용

○ (인프라) 수소연료전지 선박에 대한 벙커링 인프라, 법·제도적 지원, 선박에 연료전지 적용에 따른 지원금 운영

2. 수소열차 : 안전하고 깨끗한 철도 환경 조성

구분	현재	2022년	2025년	2030년 이후
기술목표	수소열차 R&D진행	▶ 수소연료전지-2차 전지 하이브리드 동력시스템 개발	▶ 실증을 통한 기술 검증 및 성능개선	▶ 디젤열차를 수소 열차로 대체하는 등 보급 확대

□ (필요성) 온실가스 배출 저감을 위해 비전철 구간에 친환경 열차를 운행하고, 전력인프라 절감을 위한 에너지 독립형 철도 차량 필요

□ (기술현황) '18.4월부터 수소 열차 R&D*가 진행 중이며, 안정성 및 효율성 등에 대한 검증을 통해 상용화 추진 계획

* 수소연료전지 철도 운용 기술개발(한국철도기술원, '18~'22, 총 260억(정부 230))

○ 佛 알스톰社の 수소열차가 독일에서 시험운행 중('20년 운행 목표)

* 알스톰-하이드로제닉스, 지멘스-발라드 등 철도제작사와 연료전지 업체가 협력하여 실증 사업 진행중

□ (개발방향) 디젤열차부터 점진적으로 수소열차로 대체, 수소동력 철도차량 운영방안 마련 : '22년까지 기술개발 후 실증 추진

○ 현재 운용 중인 디젤열차(4400호대, 59량) 대체시 연간 탄소배출 3만톤, 질소산화물 486톤, 미세먼지 89톤 저감 등 환경개선 효과 예상

○ 경전철 구축 계획에 따른 신규노선(9곳, 85.32km)에 수소열차 도입시 기존 급전방식 대비 연간 탄소배출 5,000톤 추가 저감 기대

○ 수소열차 도입시 기존 전기기관차에 필요한 변전소, 전차선 등 전력 인프라 건설·유지보수비용 절감* 및 안전사고 예방** 가능

* 전력인프라 건설비용 : 24.3억원/km, 유지보수비용 연간 5억원/km

** 철도감전사고 : ('14) 7건, ('15) 7건, ('16) 4건

3. 수소드론 : 장거리 · 장시간 · 원격비행 장점 적극 활용

구분	현재	2020년	2025년	2030년 이후
기술목표	▶ 비행안전성, 신뢰성 확보 검증	▶ 실증을 통한 유망 서비스 시장 진출	▶ 물류, 재난용 드론서비스 상용화	▶ 수소연료전지 시장 활성화

- (필요성) 리튬배터리 드론에 비해 장시간 비행이 가능하여 농업용 등 비행시간 확대가 필요한 상업용 드론을 중심으로 시장 진출 가능

* 비행시간 : 리튬배터리 드론(30분), 수소연료전지 드론(1~2시간)

- 다만, 높은 가격*으로 초기시장 창출을 통한 양산시기 단축 필요

* 리튬배터리 드론(2,500만원) vs. 수소연료전지 드론(5,000만원)

- (기술현황) 대기업(D社)에서 자체 개발('16~'18)한 드론용 연료전지와 중소기업의 드론플랫폼을 결합한 수소드론 개발 완료('18년말)

* 中, 英 등 주요국은 드론 및 수소연료전지 기업을 중심으로 연료전지 드론을 개발중이나, 대부분 R&D 단계

- (개발방향) '19년 전력설비 진단 등 공공분야 실증을 통해 안정성·신뢰성 확보, '19년말 제품 출시 및 '20년 이후 양산(年 100대) 추진

- 제한된 비행시간으로 시장 확대에 어려움을 겪는 물류배송 등의 분야를 중심으로 수소드론 진입 가능

- (농·임업) 광범위한 지역의 작황 파악 및 병해충 예찰 ('20~)

- (물류) 도서산간 지역 도입으로 배송시간 단축 및 비용 절감 ('21~)

- (안전) 재난발생시 인명수색 등 초동대응용 드론 상용화 ('22~)

4. 수소건설기계 : 물류창고 · 지하공간 작업용 소형 건설기계에 활용

구분		현재	2022년	2025년	2030년 이후
기술 목표	굴삭기	파워팩 R&D	▶ 소형 굴삭기 파워팩 상용화 개발	▶ 실증을 통한 기술 검증 및 성능개선	▶ 보급 확대
	지게차	표준· 인증	▶ 물류기지 도입 (자체 수소충전 인프라)	▶ 물류기지 도입 (공공 수소충전 인프라)	▶ 기존 및 활용 영역 확대

□ (필요성) 물류창고, 지하공간 건설 등 장시간 친환경 작업이 요구되는 대규모 건설·물류 작업에 활용 가능성 부각

□ (기술현황) 지게차 및 굴삭기*를 중심으로 상용화 개발 중이며, 인증, 표준화 및 수소 인프라 제한으로 보급은 미비

* 실내 물류운반차용 연료전지 파워팩 상용화 기술개발('12~'16)

** 2톤급 전동식 건설 중장비용 연료전지 파워팩 개발('16~'19)

○ 주요국은 상용화 지게차 개발(Linde, Still), 연료전지 모듈 개발(PlugPower) 및 활용* (코카콜라, 아마존, 월마트 등) 단계로 확산

* '09년부터 미국에서만 15,000여대의 연료전지 지게차 판매

□ (개발방향) 지게차 및 소형 건설기계용 연료전지 팩 상용화 개발, 인증·표준·내구 신뢰성 기술개발 등

○ (지게차) 충전시간(6시간→5분), 작업시간(2배 이상 증가) 및 운전비용(10% 감소, 10년 사용) 측면에서 개선 효과 예상

○ (굴삭기) 지하 및 도시공간 작업시 매연 미배출 및 소음 저감

< 수소 건설기계 >



2. 에너지

① 연료전지 : 친환경 분산형 전원

연료전지 보급목표 및 주요과제

① 발전용 및 가정·건물용 연료전지 보급목표(누적)

구 분	현재	2022	2040
발전용 연료전지	307.6MW	1.5GW (1GW)	15GW (8GW)
가정·건물용 연료전지	7MW	50MW	2.1GW

'25년 중소형 가스터빈
Parity 달성

* () : 내수

② 주요 추진과제

- 연료전지 설치 확대를 통해 설치비, 발전단가를 중소형 가스터빈 수준으로 대폭 절감
 - 설치 확대와 연계하여 부품 국산화율 100% 달성을 통해 산업 생태계 조성
- 연료전지 전용 가스요금제 도입, 그린 수소 REC* 우대 등을 통해 투자 불확실성 제거 및 경제성 확보 지원
 - * 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate) : 신재생에너지 설비를 통해 전기를 생산·공급하였음을 증명하는 인증서
 - 분산전원의 장점을 활용할 수 있는 지원 제도 설계
- 중장기적으로 수소가스터빈 발전 기술개발을 통해 '30년 이후 상용화 추진

1. 발전용 연료전지

◆ 국내 보급(누적) : ('22) 1GW → ('40) 8GW

◆ 발전용 연료전지 설치 확대를 통해 경제성 확보 및 수출 산업화

◇ 연료전지 규모의 경제 달성 ⇒ 글로벌 경쟁력 강화

- '22년 누적 1GW 보급시 규모의 경제를 통한 단가 절감이 가능하며, '40년에는 현재 대비 설치비 35%, 발전단가 50% 수준 달성

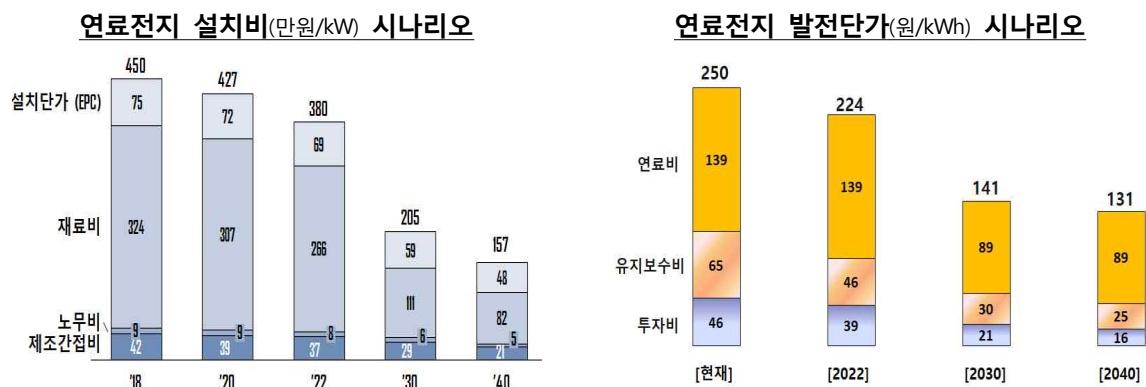
* 설치비 : ('18) 450만/kW → ('22) 380만원/kW → ('40) 157만원/kW

발전단가 : ('18) 250원/kWh → ('22) 224원/kWh → ('40) 131원/kWh

- 특히, '25년에는 중소형 가스터빈 발전단가*와 대등한 수준 도달

* 현재 중소형 가스터빈 발전단가 : 190원/kWh ~ 200원/kWh

< 연료전지 설치비·발전단가 절감 시나리오 >



- 새만금 연료전지('22년, 100MW) 등 국·내외 대규모 사업을 추진하고, '30년까지 밸류체인 전반의 생태계 확충

* 부품 협력업체 수 : ('18) 224개 → ('22) 400개 → ('25) 600개 → ('30) 1,000개

- 중장기적으로, 산업단지 등 전력다소비 시설에 보급 확대도 검토

◇ 연료전지 경제성 확보

- 연료전지 전용 LNG요금제를 신설하고, 일정기간 연료전지 REC를 유지하여 투자 불확실성 제거
- 중장기적으로는 ‘그린 수소’*를 활용한 경우 REC 우대

* 재생에너지 생산 수소(P2G), 해외 수입 등 온실가스 미 배출 수소

< 연료전지 전용 LNG요금제(안) >

- ▶ (배경) 현재 연료전지는 열병합용 가스요금 적용중
- ▶ (내용) 전용요금제를 신설하고, 연료전지 가스요금을 인하
- ▶ (계획) 가스공사 「천연가스 공급규정」 개정(~'19.3월) → 요금신설 및 적용(~'19.5월)

- 안정적으로 연료전지 사업을 추진할 수 있도록 장기(20년) 고정가격 계약제도 도입(現 태양광에만 적용) 검토

◇ 연료전지 핵심부품 국산화율 100% 달성

- '22년까지 촉매(백금) 등 수입소재를 제외한 쏘부품 국산화를 완료하고, 장기적으로 수입소재(촉매, 전극, 분리판) 기술개발 추진
- 연료전지 부품 표준화·공용화를 통해 설비가격 인하 및 협력업체 규모의 경제 확보

< 미흡한 주요핵심부품 현재 상황 >

- ▶ (셀 전극·촉매) 국내에서 전극, 촉매 제조 기술개발 중, '19~'22년중 확보 가능
- ▶ (연료변환기 촉매) 전량 수입, 기술은 있으나 작은 시장규모에 따른 국내 기업 未 진출

2. 가정·건물용 연료전지

◆ 국내 보급(누적) : ('22) 50MW → ('40) 2.1GW

◆ 분산전원의 장점을 활용한 설치 확대를 통해 수출기반 마련

◇ 주택·건물 분산전원 보급 확대

○ 정부 보급사업 예산*의 단계적 확대로 보급 확산 지원

* 신재생에너지보급지원('19, 126억) : 주택 23.4백만원/kW, 건물 22.4백만원/kW

○ 병원, 데이터센터 등에 활용중인 비상전원(디젤, 가솔린 등 사용 발전기)을 '건물용 연료전지+ESS 시스템*'으로 대체

* 비상전원용 ESS의 배터리 효율 감소에도 대응(수소를 저장용기에 저장하는 경우, 장기간 동일한 양으로 보관 가능)

○ '연료전지 대여사업*', 연료전지 열 및 전기 중개사업** 등 새로운 비즈니스 모델 발굴

* 사업자가 주택에 설비 설치·관리 → 임대료+인센티브 수익으로 투자비 회수

** 중개사업자가 연료전지로 생산 열·전력을 모집·관리 後 거래 중개

◇ 시장 창출 제도 정비

○ LNG 전용 요금제 신설, 전력계통 부담 완화에 따른 전기요금 특례제도 연장 검토 등 추가적인 인센티브 마련(~'22)

○ 공공기관 가스냉방 의무화 제도*를 참고하여, 공공기관, 민간 신축 건물에 연료전지 의무화도 검토

* 1,000m²이상 공공기관 신축·증축 건물 냉방수요의 60%를 도시가스로 의무 사용

◇ 수요자 맞춤형 모델 개발

○ 설치장소 또는 사용유형별 특징을 고려한 다양한 모델 출시

* (가정) 1kW → 700W 경량화 모델, (건물) 모듈화, 대용량(10kW → 25kW) 등

○ IoT 기술과 연계하여 원격, 자동으로 연료의 사용과 생산된 전기·열의 활용을 관리·향상하는 스마트 관리시스템 개발

② 수소가스터빈 : '30년 이후 상용화

구분		현재	2022년	2025년	2030년 이후
기술목표	수소 혼소	-	▶ 수소 혼소비율 최대 30% 연소기 설계변경기술 및 운영기술개발	▶ 수소혼소 연소기 개조 및 적용	▶ 상용 적용 추진
	수소 터빈 (전소)		▶ 수소터빈 연소 기술개발	▶ 대형수소터빈 연소기 기본설계 (혼소/전소) ▶ 1MW 터빈 개발	▶ 대형수소터빈 연소기 실증 (혼소/전소) ▶ 상용 적용 추진

□ (필요성) 재생에너지 단점을 보완하는 수소가스터빈 필요성 증대

□ (기술현황) '20년부터 수소 혼소·전소용 가스터빈 R&D 추진 예정

* 대형가스터빈 대상 수소 혼소 운영기술 및 연소기 설계변경 기술개발

** 미래형 마이크로그리드 연계 1MW급 수소 혼소/전소 가스터빈 개발 등

○ 일본은 글로벌 중·소형 가스터빈 제작사인 가와사키중공업에서 '18.4월 1MW급 수소터빈 연소기 실증(NEDO 프로젝트)

* ('17.12) 수소-천연가스 혼소 운용(수소 20% 포함) → ('18.4) 수소 100% 사용

□ (개발방향) 수소 혼소(대형)와 수소 전소(소형)로 구분하여 기술개발을 추진하고, 실증 인프라도 동시 구축

○ (혼소) 수소 혼소 연소기 설계기술 및 운영기술 개발('22) → 시제품 실증을 통한 기술 검증('24) → 대형 가스터빈 적용 확대('26)

* 국내 운용중인 F급(발전 용량 150MW급) 가스터빈 대상 연소기 개조에 적용

○ (전소) 가스터빈 연소진단 실증기술('22) → 연소기 설계·제작기술('24) → 1MW 수소가스터빈 공동개발·실증('26) → 사업화('28)

○ (인프라) 개발된 수소가스터빈 기술을 적용한 발전소 실증을 통해 수소 혼소기술 확대 적용

- 마이크로그리드 연계형 소형(1MW급) 수소터빈 실증 및 중소기업 기술이전을 통한 공급망 구축

2 안정적 · 보편적 공급 시스템 확충

1. 수소 생산

◇ 부생수소 및 추출수소 활용 ⇨ 재생에너지 수전해, 해외 생산

수소 생산 목표 및 주요과제

◆ 2030년 재생에너지 기반 수소 산유국으로 도약

1 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

2 주요 추진과제

- (부생수소) 석유화학 공정 등의 부산물인 부생수소 활용
 - '17년 석유화학 등 공정내 사용량(산업용 Feedstock) 164만톤, 여유 생산능력은 약 5만톤(수소차 25만대 분량)
- (추출수소) 수소 수요처 인근을 중심으로 수소생산기지 구축
 - 전국 LNG 공급망을 활용하여 거점형 수소생산기지 구축
 - 도심지 LPG, CNG 충전소 또는 CNG 버스 차고지 등을 활용하여 수요처 인근에 소규모 추출형 수소생산·충전소 구축
- (수전해) 재생에너지 잉여전력을 활용한 친환경 수소 생산 확대
- (해외생산) 해외 재생에너지, 갈탄 등 활용 수소생산 및 운송('30~)

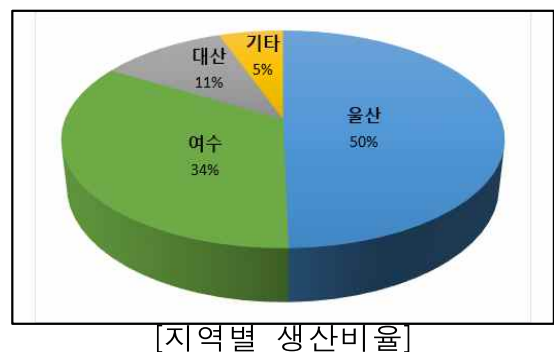
1. 부생수소

◇ 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('17) : 약 192만톤 (울산50%, 여수34%, 대산11%, 기타5%)

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



- 실제 생산량('17) : 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

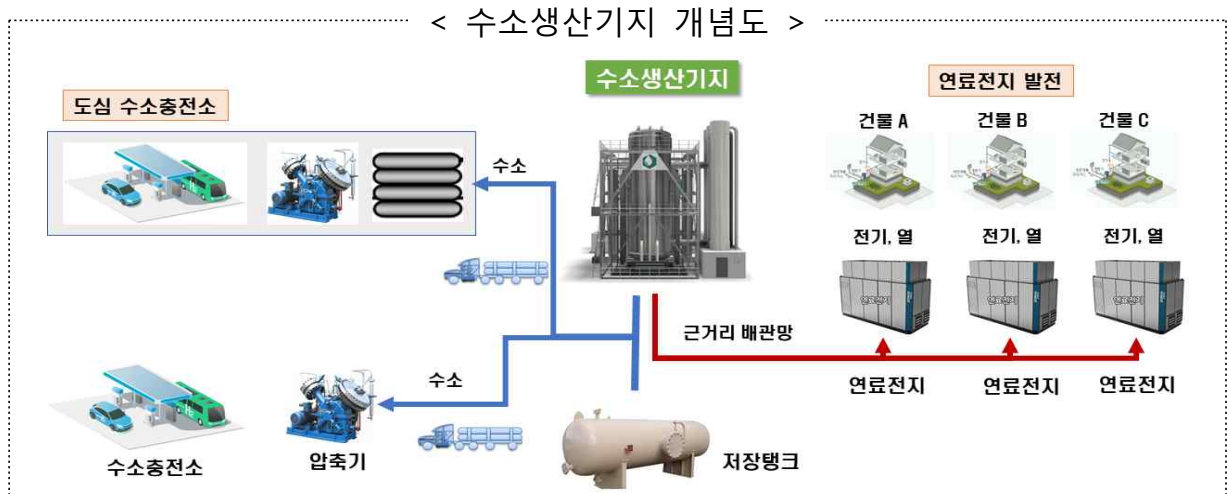
* 산업체 사용 수소의 대부분은 파이프라인으로 공급, 일부만 튜브트레일러로 공급

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

2. 추출수소

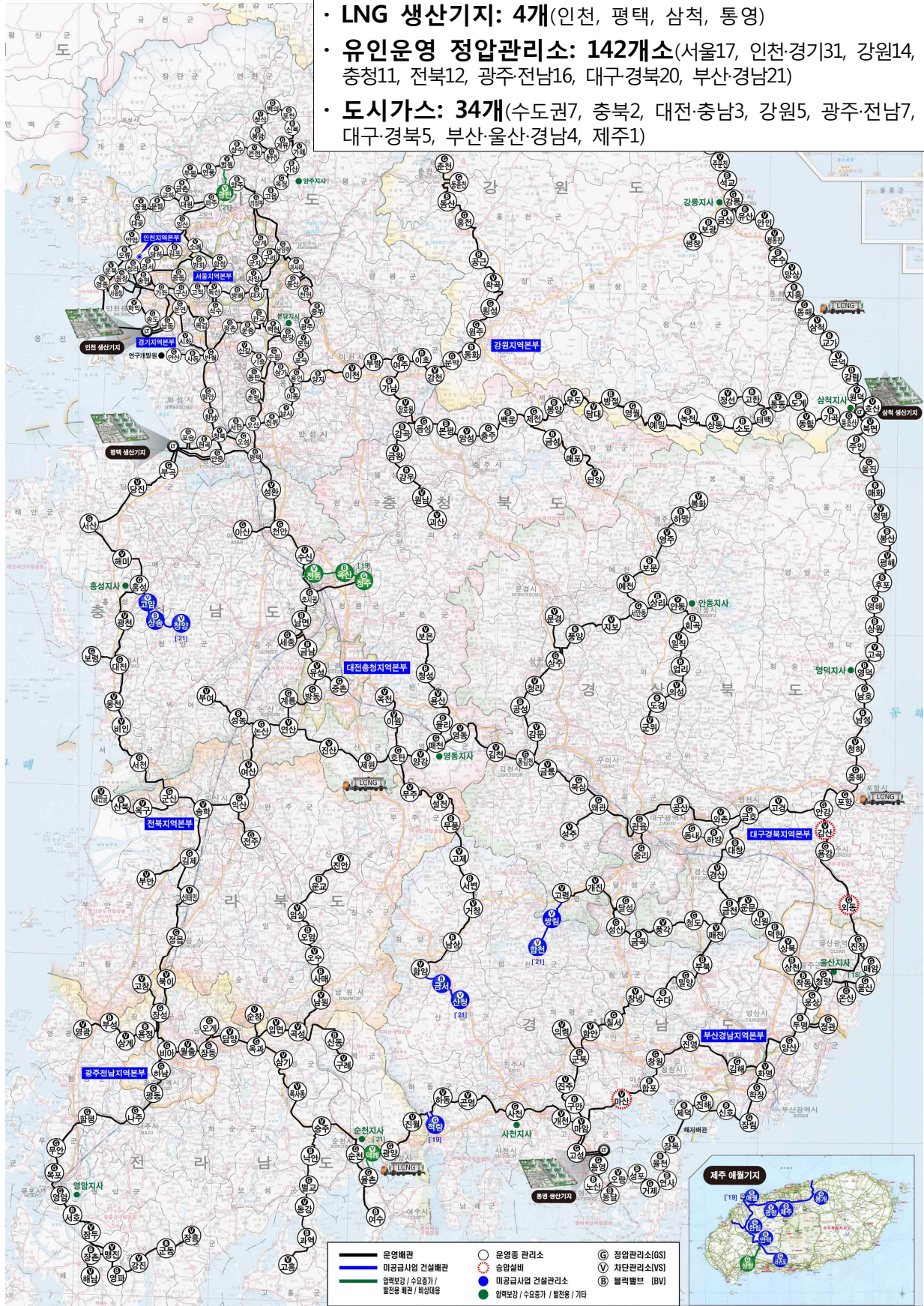
◇ 수소 대량공급 기반 : 초기 수소경제 이행의 핵심 공급원

- (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) : '19년 1기를 우선 구축하고, 수소수요를 감안하여 연차적으로 확대
 - * 정압관리소에 가스공급시설 외 다른 시설물 설치가 불가능하므로 실증 평가 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 station**으로 운영
 - 수소 생산기지 구축 : ('19) 3개(총 150억원) → 수소차 확산, 충전소 구축 등과 연계하여 연차적으로 확대



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)

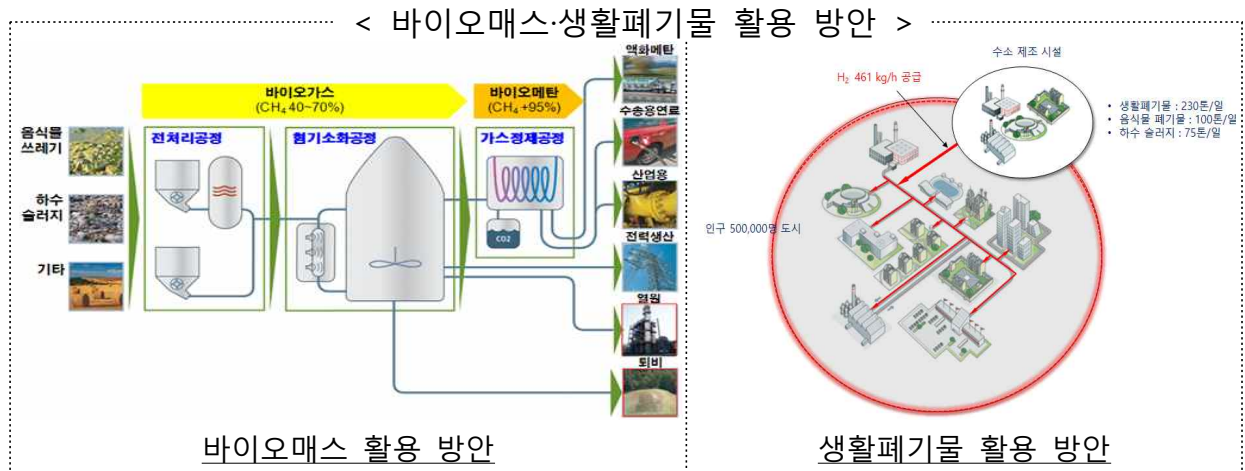


◇ 수소추출기 국산화 및 효율제고

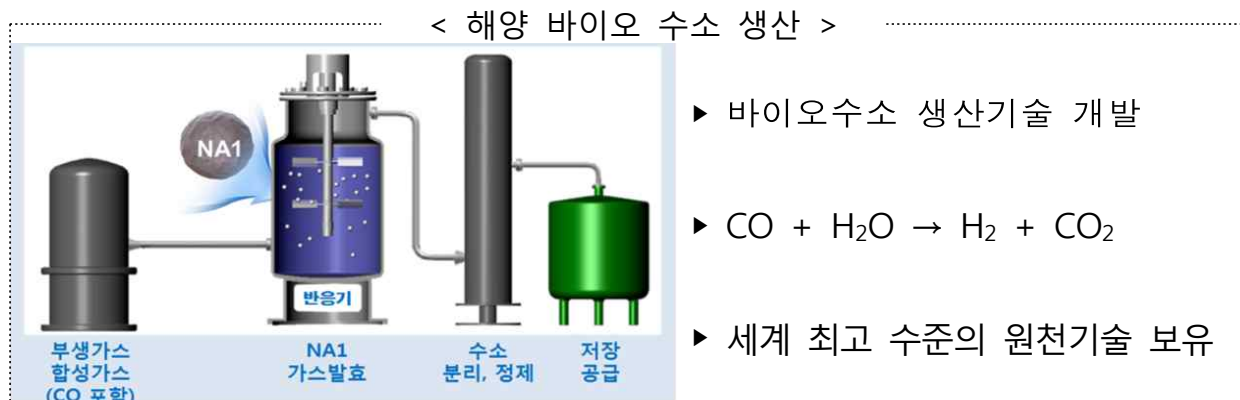
- 고효율·대규모 추출 기술을 확보하고, 수소추출기 국산화를 통해 수소생산기지 구축비용을 절감
 - * 현재 오사카가스(소형 추출기), 린데(중대형 추출기) 등이 선도
- 충전소용 수증기 추출시스템 기술(25kg/h 이상) 확보(~'22), 대규모 추출기술(1,000kg/h 이상) 확보 및 효율 75% 이상 달성(~'30)

◇ 추출수소 생산 방식 다양화

- 하수슬러지·생활폐기물 등 바이오매스 활용 수소 생산기술개발
 - * 에너지기술연구원에서 생활폐기물, 하수슬러지로 합성가스 생산 연구 수행



- 해양미생물(NA1)을 촉매로, 일산화탄소와 해수를 원료로 수소 생산



3. 수전해 : 재생에너지 전력 활용

◇ 재생에너지 연계 수전해 상용화는 ^①CO₂ free인 그린 수소 생산·공급, ^②재생에너지 이용 확대 등 진정한 수소경제로의 이정표

◇ 대규모 · 고효율 수전해 기술개발

- '22년까지 MW급 재생에너지 연계 수전해 기술을 개발하고, 100MW급 재생에너지 연계 실증 추진

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

구분	1단계 R&D ('19~'21)	2단계 실증 ('22~'23)
P2G	· 수전해 및 제어기술 개발 · 전력·가스 등 그리드 연계	· MW급 실증플랜트 구축·운영 (1,000시간 이상)

- 수전해 수소의 대용량 장기 저장기술 개발(MWh 이상급, ~'25)

< 추진과제 >

- ▶ (~'22) 재생에너지 연계 비기계식 수소 압축 및 저장 기초·실증 연구 수행
- ▶ (~'25) MWh급 이상 비기계식 수소 압축 및 저장 기술 확보, 전력망 연계 실증
- ▶ ('25~) 비기계식 수소 압축 및 저장 기술 기반의 대용량 전력저장 상용화

- 수전해 효율향상(55→70%, ~'22) 및 경제성 확보를 위한 기술개발

< 추진과제 >

- ▶ (~'22) 대용량 알칼리 수전해 기술(단일스택 기준 15kg-H₂/h 이상) 확보
고분자전해질 수전해 기술(단일스택 기준 15kg-H₂/h 이상) 실증
- ▶ (~'30) 수전해시스템 전력소비량 50kWh/kg-H₂ 이하 달성
수전해 기반 수소 생산 플랜트 상용화 및 국산화
- ▶ ('30~) 수전해시스템 전력소비량 43kWh/kg 대 달성

◇ 재생에너지 발전단지와 연계

- 해상풍력 등 대규모 재생에너지 발전단지에서 수소 대량 생산

* (예) 지멘스社は 풍력발전을 활용한 P2G 실증플랜트 참여

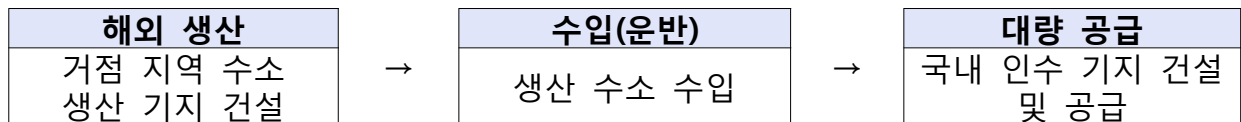
- 폐도로·도로상부, 매립지·매립예정지 등에 대규모 태양광을 설치하고, 수소를 생산하는 '태양광+P2G' 추진

4. 해외 생산 수소 활용 : 2030년 본격 도입

◇ 수소 해외 생산은 ①안정적 수소 수급과 가격 안정, ②국내 온실가스 감축, ③수소운반선박 등 관련산업 육성, ④수소경제 선도 등에 기여

- 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 >



- 수소 액화·액상기술, 수소운반선박, 액화 플랜트 등 관련 인프라·기술개발 등을 통해 해외 생산 수소 인수기지 건설('22~)
 - LNG 인수기지 건설 기술 및 경험을 바탕으로 액화수소 우선 추진, 이에 필요한 핵심 기술 개발 및 국산화 추진

< 추진과제 >

- ▶ (~'22) 암모니아 분해/액상유기수소 저장·추출 기초 및 실증 연구 수행
- ▶ (~'25) 상용급 암모니아 분해/액상유기수소 저장·추출 기술 실증 및 확보
 액화수소운송선박 상용화 및 국산화
- ▶ ('25~) 암모니아 분해/액상유기수소 저장·추출 상용화
 수소수입 핵심 기자재 100% 국산화
 수입수소 수송용 대용량 탱크 개발

- 해외 수소수입(~'25) 및 '재생에너지+수소생산' 거점 구축(~'30) 등으로 글로벌 수소경제 선도

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

수소운반선박 개발 · 활용

◆ 2030년 수소 해외 생산 및 수입과 연계하여 개발 · 실증 완료

구분	현재	2022년	2025년	2030년 이후
기술 목표	화물창 기술시작	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 화물창 설계 ▶ 단열, 적하역, BOG 처리기술 확보 	▶ 실증선박 건조	▶ 시험운항 및 상용화

□ (필요성) 장기적인 수소 대량소비에 대비하여 해외 수소를 액체 또는 액상(유기화합물) 형태로 저장해서 선박으로 대량 운송 필요

* (액화) 극저온(-253℃) 저장을 위한 단열기술이 핵심, 가장 많은 수소 저장·운송 가능
(액상) 화합물에 화학결합을 통해 수소를 저장, 기존선박 이용 가능(암모니아 등)

□ (기술현황) '16년부터 액화수소 화물창에 대한 기술개발을 시작하여 설계기술, 극저온 단열기술, 안전성 평가 등 수행 중

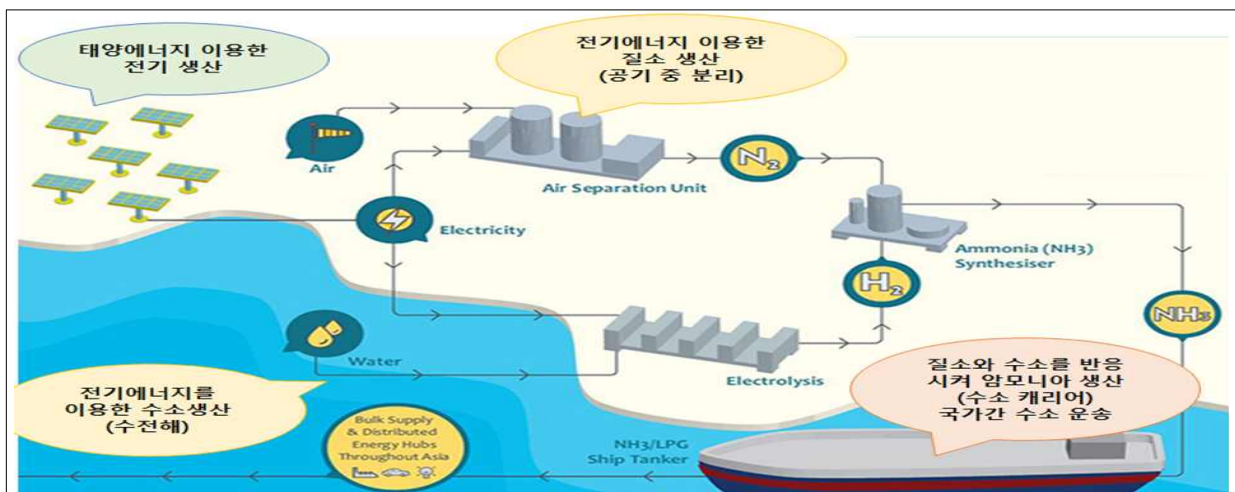
* 한국선급 주관으로 조선3사, 대학이 참여하여 기술 개발 중('16~'20, 26억원)

□ (개발방향) 액화수소 운송 선박 핵심기술*을 집중적으로 지원하고, 액상(유기화합물) 운반선에 대한 장기적인 기초연구 진행

* 3대 핵심기술 : ❶극저온 단열 기술, ❷적하역 기술, ❸BOG 처리 기술

○ 조선 3사가 핵심기술 개발을 주도하고, 기자재업체와의 협업을 통해 대·중소 상생 산업생태계 조성

< 미래의 수소 공급 방안 (예) >



2. 수소 저장 · 운송

◇ 경제성 있고 안정적인 수소 유통체계 구축

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

1. 수소 저장 방식 다양화 · 고도화

◇ (기체) 고압 저장 · 운송 효율성 확대

- 500bar 이상의 고압저장용기(튜브트레일러) 기술을 이미 확보하고 있는 바, 압력기준 등 관련 규제 완화를 통해 효율성 제고

* (現) 충전압력 35MPa(=350bar), 내부용적 150L → 45MPa 이상, 450L 이상으로 상향

◇ (액화) 수소 대량 저장 · 공급에 필요한 핵심기술 국산화

- 액체수소는 안전성, 경제성 측면에서 기체수소 보다 유리
 - * (안전성) 기체수소는 200bar 이상의 고압으로 저장, 액체수소는 대기압 저장 (경제성) 추가비용(1,680원/kg)이 소요되나, 기체 대비 부피 1/800, 운송비용 1/10
- 미국, 유럽, 일본 등은 수소액화 플랜트를 상용 운영 중이나, 국내 수소액화 플랜트는 없는 바, 핵심기술 국산화 추진

< 추진과제 >

- ▶ (~'30) 액화 플랜트 및 액화탱크, 펌프, 밸브 등 국산화 기술 개발

* 국내 기술수준(최고기술 보유국 100) : 압축기 53, 플랜트 설계·건설·운영 55~59 등

◇ (액상·고체) 안전하고 안정적 수급에 필요 : 기술개발 지원 확대

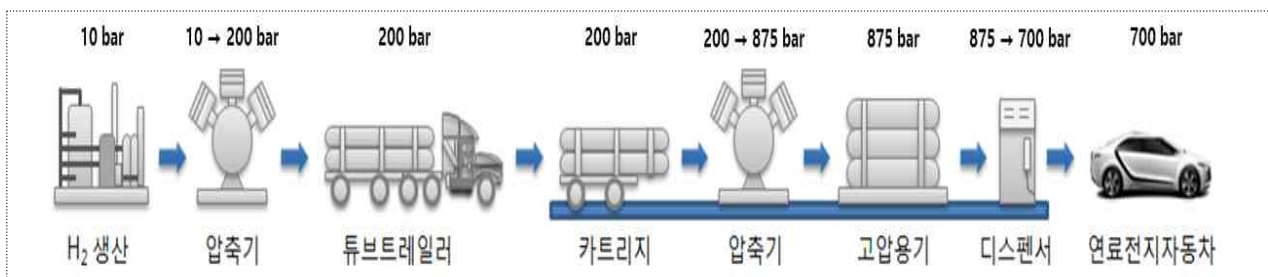
- (액상) 톨루엔, 암모니아 등 유기화합물의 형태로 수소를 변환하면, 상온·상압 수준에서 수소를 안전하고 대량으로 저장·운송 가능
 - 현재 추진중인 일부 원천기술개발을 확대하고 지속적으로 지원
- (고체) 수소저장합금 등 고체물질의 내부 또는 표면에 수소를 고체 형태로 안전하고 효율적으로 저장·운송
 - * 고체저장은 수소 저장 방식 중 가장 안전 → 잠수함 등 특수목적용으로도 활용
 - 세계적으로 아직 초기 단계이므로 장기적으로 기술 확보 지원 확대

< 추진과제 >

- ▶ (~'30) 액상 및 고체 저장기술 상용급(27kg-H₂/h) 실증·상용화

2. 수소 운송 방식 효율화

◇ (튜브트레일러) 고압 기체 운송에서 액상·액화 운반으로 확대



< 수소 저장·운송 과정 >

- 고압기체수소 저장·운송 용량 향상 및 트레일러 경량화*를 통해 운송비용을 절감하고, 수소 공급 가능지역 확대(~'22)
 - * 현재 튜브트레일러 중량은 40t으로 서울시내 교량 이용에 제한 → 20t으로 감축
- 수소충전소 경제성 확보를 위해 1톤 수준*의 수소 운송이 가능한 700bar 이상의 튜브 활용 확산
 - * 1대로 중소규모 도시의 버스차고지 대응 가능한 수준, 운송비를 63%까지 절감 가능

< 해외 튜브트레일러 현황 >

	주요내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 500bar 튜브트레일러 상용화 → 700bar 튜브트레일러 실증중 ▶ 용기의 용량 제한이 없으므로, 용기 용량 확대를 통해 대용량 운송 가능
일본	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 450bar 튜브트레일러 상용화 ▶ 용기 용량 제한(350L) → 400kg/회 운송으로 버스용 등 대용량 충전소 이용 불가
한국	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 200bar 튜브트레일러 상용화 → 340kg/회 운송 가능 ▶ 용기 용량 제한(150L)

- 장기적으로, 액상·액화 운반(탱크로리)을 통해 운송 효율성 제고(~'30)

◇ (파이프라인) 주요 수요처 중심 파이프라인을 전국으로 확대

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

* 수소 전용 파이프라인 재질 개발(50bar 이상, 취성 극복)

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

- 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(~'22)
- 수입기지에 파이프라인을 구축하여 인근에 대규모 수소 공급('25~)
- 장기적으로 수소 수요 증가에 대응하여 전국을 연결하는 수소 주배관 건설('30~)

3 수소경제 산업생태계 조성

1. 기술경쟁력 제고 : 범부처 기술로드맵 수립 · 추진

□ 산업부, 과기정통부 등 관련부처 공동으로 수소경제 이행 상세 기술로드맵 수립 : 범부처 수소기술개발 예타 추진 ('21~'30, 2조원)

- ① 수소차·연료전지 글로벌 초격차 유지를 위해 핵심기술 국산화
- 업계 의견수렴을 통해 경제적·기술적 파급효과가 큰 분야 도출

	국산화 분야
수소차	막전극접합체(전해막질), 기체확산층, 고압용기용 카본소재 등
연료전지	(발전용) 셀 전극 및 촉매, 연료변환기 촉매 / (가정·건물용) 막전극접합체

- ② 생산, 저장·운송분야는 기초·원천부터 실증·상용화 쏠주기 R&D 연계
- 액화·액상 등 원천기술 확보가 시급한 분야는 해외 선진기업과 공동개발 등 유연한 기술획득 전략 추진

분야	기초·원천	부품·제품	확산 지원
생산	알칼리·PEM 수전해 기술 등	P2G 기술개발 및 실증	부지제공 (폐도로 등)
운송·저장	액화 초진공 액화수소 저장 등	액화 탱크로리 및 충전기술	도심內 대규모 실증
	액상 수소↔유기화합물(암모니아) 변환	액상 유기화합물 운송기술	
선박	추진 전극·촉매소재 등	선박용 연료전지 제조 등	항만에 수소공급 및 저장 인프라 구축
	운반 극저온 단열 적하역 기술 등	저장용기 등 기본설계	

- ③ 차세대 기술 및 서비스 상용화를 위한 대규모 실증 플랫폼 구축

구 분	기대 효과	주요 내용
수소융복합단지	산업경쟁력 제고	<ul style="list-style-type: none"> 수소기업, 연구기관과 인프라가 밀집된 지역 대상 기반시설 조성, 특화기업 지정, 전문인력 등 지원
특화실증	선도기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> 생활폐기물 등 바이오매스 활용 수소 생산 실증

- ④ 수소경제를 안정적으로 뒷받침하는 밸류체인 쏠분야의 안전성 확보

	주요 내용
연료전지·수소차 부품	발전용 연료전지 제품에 대한 안전성 시험 및 인증기준 마련 저장용기 등 차량용 부품 및 충전 시스템 안전성 제고
수소열차·선박	상용화 기술개발과 연계하여 안전성 검증 및 안전기준 개발

수소 기술로드맵(안)

구 분		주 요 과 제	기 술 개 발 시 기 → 상 용 화 시 기											
			'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30~
생 산	개질	천연가스이용 수소추출 기지 국산화 및 효율 향상												
	수전해	알칼리												
		대용량 알칼라인 수전해 기술 확보												
		알칼라인 수전해 부품 국산화 및 표준화												
		PEM												
		대용량 고분자전해질 수전해 기술 확보												
		고분자전해질 수전해 부품 국산화 및 표준화												
		재생전력 연계 수전해 통합시스템 기술 확보												
저 장	기체	수소가스 대규모 기체 저장·운송 실증(450bar)												
		수소충전소용 고압(900bar 이상) 복합용기 개발												
	액화	액화수소 저장·운송 관련 설계 및 핵심 부품 개발												
		운송용 고체수소저장(탱크로리) 기술개발												
	고체	고압기체-고체, 액상-고체 하이브리드 저장 기술 개발												
		액상화합물 소재 발굴 및 저장·운송 기술 개발												
	액상	액상화합물 저장·운송 기술 실증												
운 송	파이프라인	근거리 배관 공급 인프라 구축(10km이내)												
		배관 이송 수소도시 실증												
		대규모 수소 공급 배관 구축(인수기지-소비처)												
	TT	초고압(450, 900bar) 튜브트레일러 개발												
	탱크로리	저압(3bar) 액화수소 운송(탱크로리) 및 충전기술 개발												
	선박	액화수소 저장 인수기지 구축												
		액화수소 수송선 개발(LNG선 건조기술 활용)												
활 용	수소차	충돌·전복·화재 안전 향상 연구												
		버스용 수소고압용기, 고전압 컨버터 기술 확보												
		수소택시 실증을 통한 부품 내구성 분석 및 향상												
		5톤 및 10톤 수소트럭 개발												
		전장부품(인버터, 컨버터) 국산화 기술개발												
		핵심부품(인버터, 컨버터) 국산화 기술개발												
		부품 양산 및 핵심부품 가격저감(스택 백금촉매 수소탱크 등)												
		충전소 성능 및 부품 안전성 평가방법 개발												
		수소저장밀도(w%) 향상 및 안전사고 최소화 기술 개발												
		광역 수소버스(전세버스) 기술 개발(설계, 모터, 수소용기 등)												
	충전소	충전용량 1일 1~2톤급 수소 충전 기술개발												
		액화수소 충전소 기술개발												
		수소충전소용 고압(900bar이상) 복합용기 개발												
	기타 운송	수소 연료전지 선박 핵심기술 개발 및 실증												
		수소 열차 효율성 향상 및 안전성 검증												
	연료 전지	고출력 연료전지 기술개발												
		발전용 연료전지 소부품 국산화 및 부품 표준화												
		부생수소를 활용한 상업용 수소발전 상용화												
		가정/건물용 부품 수명 및 효율 향상기술개발												
		연료, 열 이용을 극대화 위한 IoT 연계 제품 개발												
		수소가스 터빈 기술개발 및 국산화												
		발전용 연료전지 제조 자동화 기술 개발												

2. 전문인력 양성 : 안전관리 및 핵심기술개발 중심

◇ 안전관리 전문인력 양성 : 전문 교육 프로그램 신설·운영

- 수소 생산, 저장·운송, 활용 등 전주기에 걸쳐 수소 안전을 전문으로 관리하는 국가전문자격(수소안전관리자(가칭)) 신설
 - * 수소 법적기반 마련시 전문자격시험의 운영 등에 관한 내용 반영 추진
- 충전소 설계·운영 및 안전 관리 등 수소충전소 관리자 육성
 - * 가스안전공사 위탁 또는 교육기관에 「수소충전소 관리자(가칭)」 과정을 신설·운영
- 부품(저장용기) 설계·생산단계 안전검사 관련 특화 교육과정 신설
 - * 용기·특정설비 위탁교육 또는 전문교육 과정 신설·운영

◇ 핵심기술 개발인력 양성 : 석·박사급 지원 프로그램 운영

- 부품협력 업체 기술 고도화에 필요한 전문인력 파견 및 채용 지원
 - * ‘기술혁신형 중소기업연구인력지원사업’을 통해 공공연구 인력의 중소기업 파견지원(기업별 1회, 최대 3년) 및 연구인력 채용지원(기업별 1~2명, 최대 3년)

- ① (생산) 수전해 기술 (에기연·KIST 등 - 중소기업)
- ② (저장) 액화/액상기술 고도화 (KIST·기계연구원 등 - 중소기업)

- 수소차·연료전지 등의 설계, 생산 프로세스, 정비 등의 교육 프로그램 신설하여 수소산업 인력 수급 안정화 도모

- ① (수소차) 제조·생산기업 등-폴리텍대학(마이스터고 포함)간 교육프로그램 운영
- ② (연료전지) 제조·생산기업과 대학간 협업 인턴프로그램 운영

3. 국제표준 선점 : 글로벌 시장 선도

◇ 국제표준 제안 : '30년까지 15건 이상(전체의 20% 이상)

* ISO/TC197(수소기술), IEC/TC105(연료전지) 및 GTR(Global Technical Regulation) 등

○ 수소기술 분야 : ('22년까지) 2건 → ('30년까지) 총 5건 이상 제안

분야	주요 내용
수소 제조	① 대용량(300m ³ /hr) 추출기의 성능·안전성 평가기술(~'22) ② 연료전지 기반 고효율 전가열·수소 생산시스템의 성능·안전성 평가기술(~'30)
저장 용기	③ 충전소 저장용기 Type 3, 4*에 대한 안전성 평가기술(~'30) * Type3(금속에 탄소섬유를 감은 용기), Type4(비금속재료에 탄소섬유를 감은 용기)
충전 시스템	④ 수소충전 시스템의 종합 성능·안전성 평가기술(~'22) ⑤ 이동식 수소충전소의 성능·안전성 평가기술(~'25)

○ 연료전지 분야 : ('22년까지) 3건 → ('30년까지) 총 10건 이상 제안

분야	주요 내용
건설 장비용	굴삭기, 건설용트럭 등 건설장비 분야에서 연료전지 파워시스템에 대한 일반 요구사항 및 성능 평가기술 등 3건(~'22)
운송용	드론, 선박, 기차 등 이동용·운송용 연료전지 분야에서 일반 요구사항 및 성능·안전성 평가기술 등 4건(~'30)
차세대 기술	既 제정된 고정형, 마이크로형 연료전지 분야에서 국제표준 개정에 필요한 차세대 고효율 성능 평가기술 등 3건(~'30)

◇ 국제표준화 활동 주도

○ 수소경제표준포럼('18.12월 출범)의 분과* 운영을 통해 국제표준 검토·제안, 산업계 지원 로드맵 개발 등 전략적 국제표준화 추진

* 정책, 수소기술(제조, 저장, 충전 분과 등), 연료전지(발전용, 수송용 분과 등)

- 수소경제 이행 R&D 사업 연계 및 산업계의 국제표준화 대응 지원

○ 국제 세미나·포럼 등을 통한 산업계 참여 확대, 한중일 표준협력* 체계 구축 등 추진

* 국제표준 제안 통과조건은 5개국 이상이 작업반 참여에 찬성해야함

4. 수소경제 활성화 이행기반 구축 : 추진체계 및 지원기관

◇ 범부처 수소경제 추진체계

- (구성) 수소경제 관련 법 제정과 연계하여 정책 총괄·조정 기구로 범부처 수소경제 추진위원회* 구성·운영

* 위원장 : 국무총리, 위원 : 관계부처 장관 및 민간전문가

- (필요성) 정부내 여러 부처와 관련되는 로드맵의 초기 차질없는 이행과 성과창출을 위해 관련 부처 및 민·관 협력 추진체계 필요

- 수소경제 이행 정책방향 수립, 부처간 역할 및 협력방안 조정, 이행 목표(기술개발, 인프라, 산업생태계 등) 점검, 규제 개선 등 논의

- (지원체계) 우선 산업부 자체적으로 추진하고, 향후 정책 수요 등을 고려하여 관계부처 협의를 거쳐 범부처 지원체계*로 확대 검토

* 법·제도 제·개정, 규제완화, 지원예산 확보, 수송 및 에너지분야 활용 확대, 수소 생산, 저장·운송, 충전소 등 인프라 구축, 기술개발·실증 등 수행

- 중장기적으로 수소경제 산업육성을 전담할 전문기관도 검토

* 현재 민관 협의체인 수소융합얼라이언스추진단('16년)이 있으나 제한적이고, 관련 기능은 에너지공단, 에너지기술평가원 등이 분산 수행중

** (독일) NOW(The National Organisation Hydrogen and Fuel Cell Technology) 설립('08년)

※ 수소유통센터 설치도 검토

- (목적) 안정적 수소 수급 및 공정하고 효율적인 유통질서 확립
- (주요 기능) ❶수소의 유통 관련 수급관리, 물류관리, 정보관리, ❷판매용 수소의 수요-공급 동향 및 지역별 가격차이 등에 대한 정보 제공 등

◇ ‘수소산업 클러스터’ 조성(’21~)

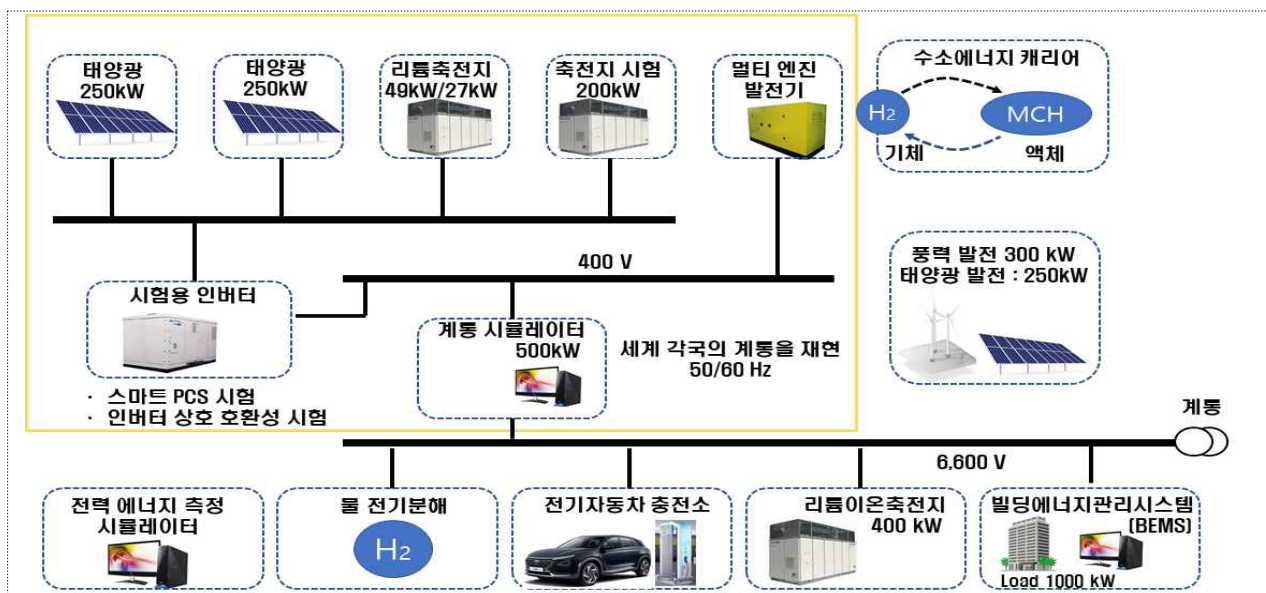
- (목적) 수소의 생산, 저장·운송, 활용 등 소 벨류체인 관련 기관·기업·연구소가 집적된 클러스터

* (예) 재생에너지 수전해, 차세대 연료전지(가정·건물·발전), 수소차·드론·철도 등

- (주요 기능) 수소 전반의 기술개발 및 대규모 실증 테스트베드

- 클러스터 내에 수소 생산, 저장·운송, 인프라를 구축하고 기업·연구소 공동 R&D 및 대규모 실증

* 실증단지 설계를 위한 타당성 검토 R&D 추진 (20억원, ’19.3~’20.8)



◇ 수소 도시(H₂ City) 조성 : ’22년까지 3개 시범도시 구축

- (목적) 수소 활용 기술·제품·시스템을 실제 적용한 수소 도시 조성
- 수소경제의 조기 구현 모델로 도시 내 주거, 교통, 사업 등 수소 활용이 가능한 전 분야에 수소가 적용되는 수소도시 조성

- (구축 전략) 신도시·혁신도시, 수소 활용 선도지역 등을 대상으로 수소 시범도시를 조성하고 인프라 구축 지원, 규제특례 등 제공
 - 수소차, 연료전지, 수소메가스테이션 등 수소 생산, 저장·운송, 활용 등을 실제 도시에 적용
 - 수소시범도시 설계('19.6) → 도시별 수소 생산·공급 여건, 수용성 검토('19.下) → 1기 시범도시 선정('19.下) → 2기 시범도시 선정('20)



5. 수소경제 지원 법 제정 : 제도적 기반 완비

- '19년중에 「수소경제법(가칭)」 제정
 - * 현재 다수의 수소경제법안이 발의된 상태
- 수소경제 기본계획 수립, 수소전문기업* 지원, 규제 개선, 안전관리 기준·규정 등 수소경제 활성화 법적 기반 마련
 - * 수소 관련 선도적 중견·중소 기업 → R&D·사업화·인력·세제·금융 등 종합 지원

< 수소경제법 주요 내용(안) >

- 수소경제사회 이행을 위한 5개년 기본계획 및 연도별 시행계획 수립
- 수소경제 관련 법령의 개선 권고 (산업부장관 → 해당 중앙행정기관의 장)
- 수소전문기업 지원(보조금, 세제 등), 특화단지 지정, 충전소설치 촉진, 인력양성 등
- 수소 관련 제품·시설 등의 안전관리 규정, 사업자의 안전 등록·허가 기준

6. 전략적 국제협력 : 글로벌 수소경제 협력 주도

◇ 민·관 글로벌 수소경제 협력네트워크 구축

- 수소경제 국제파트너쉽(IPHE), 수소위원회(Hydrogen Council) 등 국제 협력체에 적극 참여하여 글로벌 기업들과 협력 강화
- 한·중·일 협력 강화를 통한 글로벌 수소경제 주도권 확보
 - 수소차 개발을 선도하는 한·일 공동으로 제3의 신시장 개척, 한·일 산업장관회의(산업부-경산성) 등 고위급 회의 개최 및 논의 추진
 - 한·중·일 수소 협의체 구성, 기술교류 및 해외 공동 사업 등을 추진
 - * 국가간 인증기관 교류협력 강화 및 한·중·일 공동 국제표준화 대응체계 구축

◇ 해외 수소 생산 거점 구축을 위한 전략적 협력 강화

- 저렴한 갈탄을 활용(호주 등)하거나, 태양광·풍력 등 재생에너지(동남아, 중동, 중남미 등)를 활용하여 현지에서 수소생산 후 국내 운반
 - * 자원협력위(장·차관급)를 활용하여 수소 실무협력채널 구축하고 협력 의제화(수전해 기술 공동개발 → 해외 대규모 재생에너지 단지에서 실증)

◇ 수소경제 밸류체인별 분야별 기술 협력 확대

- 생산 및 저장·운송 : 수전해 기술, LNG 추출형 수소생산기지를 위한 탄소포집기술, 중대형 액체수소 생산 플랜트 기술
- 수소 활용 : 유럽시장 진출을 위한 기술협력, 수소가스터빈 기술 개발 및 실증 등
 - * (예) 獨 프라운호퍼-KIST간 공동연구 등

7. 수출산업화 지원 : Hydrogen Korea

◇ 수소차 수출을 위한 공공·민간의 역량 결집

- 신흥국(인도, 동남아 등)에 수소차(버스, 트럭, 택시)와 수소인프라(생산, 운송, 충전)가 연계된 최적의 패키지 모델 형태로 수출 지원
 - * 동 패키지 모델에 필요한 자금 확보를 위해 AIDB 등 국제 자금 확보 지원
- 현대차-아우디 간 특허공유 사례를 다른 글로벌 자동차 회사로 확대하여 국내 수소차 부품기업의 해외 수출 지원
 - * 현대차-아우디 간 특허공유 계약서 합의('18.6월) → 효력 발휘('18.9.12) 통해 국내 19개 부품기업(스택 제외) 해외수출 지원 (산업기술유출방지법 승인)
- 프랑스 수소차 수출을 계기로 타 국가로 수소차 수출이 확산될 수 있도록 무역보험* 등을 통한 리스크 공유 및 수출 지원
 - * 수소차 수출은 무역보험 한도 1.5배 우대, 중소·중견 부품업체는 보험료 20% 할인

◇ 연료전지+부품·소재 동반 진출

- 발전공기업과 해외 발전사업 동반진출, 부생수소(중소)·플레어가스(카자흐스탄 등) 등 저가연료 활용 대규모 발전사업 진출
- 기술개발 해외 실증사업과 연계하여 국내 연료전지 신뢰성 담보 Track-Record 확보 및 수출 프로젝트 추진
 - * (국내) 연료전지 부품·시스템의 시험·실증·평가를 위해 공동장비 구축 및 평가센터 지원 → (국내외) Track Record → (해외) 수출
- 정부 및 공공기관(금융기관 등)에서 협약보증 금융상품을 개발하여 해외 대규모 프로젝트 참여 지원
 - * (예) 해외 진출에 필요한 장기 저리 금융지원, 해외기업 M&A 지원 등

8. 소재·부품분야 중소·중견기업 육성 : 산업생태계 강화

◇ 소재·부품 중소·중견기업 혁신역량 강화 : 기업 성장 생태계 강화

① 구매 조건부 연계형 R&D 추진으로 부품·소재기업 성장 지원

○ 수소차, 연료전지 생산 대기업은 필요한 부품·소재 사양 제시

- 수소차는 성장 초기산업이므로 부품·소재 업체의 초기 투자에 대한 불확실성 해소를 위한 수요기업의 구체적 기술 사양 제시 중요

* 기존 내연차와 달리 연료전지 스택, 수소공급장치, 공기공급장치 등 새로운 부품·소재에 대한 수요기업의 구체적 요구기술 공유와 협력이 필요

- 연료전지는 형태(MCFC, PAFC, SOFC, PEMFC 등)에 따라 협력업체가 분산되어 있으나 공용부품에 대한 기술공유로 업계 대형화 가능

○ '정부 R&D 지원 → 수요기업의 구매 → 실증' 선순환 지원

- 수요기업과 부품·소재 기업이 공동 연구개발 이후, 수요기업의 구매·실증 테스트로 연계되도록 정부지원 설계('19~)

* 신재생에너지 핵심기술개발, 수소 연료전지차부품 실용화사업 등에 시범실시

- R&D 결과물이 구매 및 실증 테스트로 연계되어 부품·소재 기업의 전문화·대형화 지원

② 수소차 및 연료전지 부품·소재 협력업체 전용 기술역량 프로그램 운영

○ 수소차, 연료전지 생산업체가 자체 상생협력센터 등을 통해 전문 기술 교육과정 신설 및 신기술 전시회 등 운영

* 수요기업 기술지원단 운영을 통해 부품소재 개발 상시 현장지도 실시

③ 출연연구 및 전문연구 등의 핵심 고급인력 지원 프로그램 실시

- 출연연구와 전문연구가 확보한 원천기술과 실증·상용화 기술을 협력 부품업체에게 이전할 수 있도록 협력 프로그램 신설

◇ 투자 설비 및 운영 자금 지원

- 수소차 협력업체 장기 저리 정책자금 융자 및 투자비 지원
 - 대규모 양산까지 협력업체의 경영 어려움이 예상되는 바, 장기저리 정책자금 및 수요기업의 협력사 지원 등을 통해 동반성장 촉진
 - * 평균이자 1.75%, 5년거치 10년 분할상환, 시설투자비의 90%이내(산은 등)
 - ** 수요기업은 협력부품업체에 최대 400억원 투자비 지원 예정
- 전력신산업펀드(5,000억원) 등을 활용하여 연료전지 협력업체 지원
 - 연료전지 중소·중견기업의 양산 설비 구축을 위한 금융지원 추진

◇ 중소·중견기업의 글로벌 히든챔프 성장 지원

- '수소 Hidden Champ 20(가칭)' 추진
 - 수출가능성, 기술역량(R&D투자 비중) 등 일정 요건을 갖춘 수소 소재·부품 분야 중소·중견 기업을 글로벌 기업으로 육성
 - * 선정기준(예) : 매출액 400억원~1조원, 수출비중 30%(또는 R&D 투자비중 3%)
 - '20년부터 매년 4~5개 기업을 선정하여 20개까지 확대
- 선정 기업에 대해 R&D-인력-수출-금융 등을 종합적으로 지원
 - 기업이 필요로 하는 지원을 우대하고, 패키지로 지원하여 글로벌 시장에서 경쟁할 수 있는 혁신역량 확보

4 수소경제 안전성 확보

1. 체계적 안전관리 제도 마련

- 국민들이 안심하고 사용중인 ‘천연가스’ 수준으로 안전성을 확보할 수 있도록 수소산업 안전관리에 대한 법적 근거 마련 (‘19)

* 현재 10bar 이상의 고압 수소는 「고압가스안전관리법」 적용 → 수소산업의 중요성·특성을 고려하여 저압 수소까지 포함하는 별도 안전관리법 제정

** 현재 2건의 수소안전법안이 발의된 상태

- 수소산업 쉼주기(제조, 저장·운송, 활용)에 대한 안전성을 확보하는 제도적 기반을 마련하여 안전한 수소 산업생태계 조성

< 주요 내용 >

- 수소의 안전한 이용·보급을 위한 수급상황 예측 및 이용·보급시책 수립
- 수소의 제조·충전·저장·판매·사용 시설 및 관련 제품의 안전관리규정
- 수소사업자 등의 등록·허가기준 및 제반 품질기준, 시설기준, 기술기준 등

2. 수소 부품 및 제품 안전성 기준 강화

- 충전소, 부품, 시스템 등의 안전기준을 국제기준에 맞게 제·개정

수소 충전소	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수소충전소 부품이 초고압(82Mpa ↑)에 견딜 수 있도록 KS기준 개정 ▪ IoT 기술을 활용한 수소충전소 모니터링 및 원격제어 시스템 개발
튜브 트레일러	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 압력용기 허용압력 기준을 일본, 미국 수준으로 상향 (35 → 45Mpa ↑)
발전용 연료전지	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대규모 확산이 예상되는 발전용 연료전지 제품(스택)에 대한 안전성 시험 및 인증기준 신설

- 향후 수요가 증가할 것으로 예상되는 P2G, 액화수소 등에 대한 안전기준을 조속히 마련

P2G	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재생에너지의 잉여전력을 활용하여 물분해를 통해 수소를 생산하는 수전해 기술에 대한 안전성 평가 기술 개발
액화수소 저장운송	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 액화수소 저장·이송 핵심부품(액화장치, 저장탱크, 배관, 밸브 등)에 대한 안전성 시험 및 인증기준 마련 ▪ 충전소용 액화수소탱크-주차장 이격거리(일본 2m) 등 시설기준 마련

3. '수소 전주기 제품 안전성 지원센터' 구축(~'21)

- 생산, 저장·운송, 충전 등 수소산업 전 주기의 관련 부품 및 제품 안전성 제고를 위한 기술 개발과 성능 평가 지원
 - 안전성 '기술개발 → 인증 → 표준' 체계 수립 및 안전성 확보를 위한 소재·부품·기계·기술의 내구성·신뢰성 등 평가
- 중소 부품업체의 안전성 기술개발 및 국내기준의 글로벌 표준화 지원
 - 미국 등과 수소안전에 대한 공동연구 및 국제기준 마련 협력 추진
 - * 韓(가스안전공사)-美(SNL) 공동 수소충전소 위험성 평가 기술 개발중('17~'20)

4. '수소안전'에 대한 국민 인식 제고 및 신뢰 확산

- '수소안전 가이드북' 보급 및 교육과정 반영
 - 가이드북을 통해 수소에 대한 정확한 정보를 전달하여 안전에 대한 우려를 해소하고, 학교 안전교육 프로그램에 반영
 - < 수소안전 가이드북(안) >
 - (수소폭탄) 수소분자는 수소폭탄의 물질 및 작동원리와 전혀 다름
 - (화재폭발) 수소는 공기보다 14배 가벼워 누출 시 빠르게 확산, 폭발가능성이 낮음
 - (인체영향) 수소는 독성가스를 배출하지 않아 질식과 화상위험이 낮음
- '수소의 날' 지정 및 박람회 개최
 - '수소의 날'을 지정하고 우수기업, 우수충전소 등 유공자 포상 및 Best Practice 발굴·홍보, 웹툰·디자인 공모전 개최
 - * 미국은 '15년부터 10.8일을 수소의 날로 지정(상·하원에서 '18년부터 공식지정)
 - 수소 안전기술 전시회, 비즈니스 프로그램, 수소드론·수소자전거 등의 신제품 체험프로그램 등의 박람회 개최
- 수소안전 체험관 구축
 - 수소업계, 지자체 등과 협력하여 주요 도시에 수소안전 교육과 안전 문화 확산의 거점으로서 수소안전 체험관 건립 추진
 - * 일본 : 수소정보관(도쿄)과 수소학습관(돗토리)을 구축·운영중

수소의 안전성

1 수소는 안전관리 노하우가 이미 축적된 분야

□ 수소는 석유화학, 정유, 반도체, 식품 등 산업현장에서 수십년간 사용해온 가스로써 이미 안전관리 노하우가 축적된 분야

□ 수소의 폭발 가능성 검토

○ 과학적으로 ‘폭발(explosion)’은 ❶물리적, ❷화학적 폭발로 구분

- (물리적 폭발) 고압에 의한 저장용기 균열 등에서 발생

⇒ 수소차의 수소저장용기는 에펠탑 무게(7,300톤)도 견딜 수 있는 수준으로, 파열, 화염, 충격, 낙하 등 17개 안전성 시험 실시

* 철보다 10배 강한 탄소섬유 강화 플라스틱으로 제조, 수심 7,000m 에서도 안전

- (화학적 폭발) 연소 반응으로 누출 → 가스구름 → 발화원의 3요소가 충족되었을 경우 발생

⇒ 수소는 가장 가벼운 기체로(공기보다 14배 가벼움) 누출시 빠르게 확산되어 가스구름이 생성되기 어렵고, 공기중에 쉽게 희석되어 3요소 충족이 어려움

□ 전문기관*에 따르면 수소의 종합적인 위험도 분석(자연발화온도, 독성, 불꽃온도, 연소속도 등) 결과 도시가스보다 위험도 낮음

* 한국산업안전공단 MSDS(Material Safety Data Sheet), 미국화학공학회 DIPPR(Design Institute for Physical Property)

【 종합적 위험도 평가 : 가솔린 > 프로판 > 메탄 > 수소 】

주요 평가요소	가솔린	LPG(프로판)	도시가스(메탄)	수소
자연발화온도	4	3	2	1
연료 독성	4	3	2	1
불꽃 온도	4	2	1	3
연소 속도	1	2	3	4
상대적 위험도(수소 = 1)	1.44	1.22	1.03	1

2 수소차 및 수소충전소의 안전성

- (수소차) 수소차의 연료인 수소는 수소폭탄에 사용되는 중수소·삼중수소와 다르며, 자연상태에서는 수소가 중수소·삼중수소가 될 수 없음

* 구성 : (수소) 양성자, (중수소) 중성자+양성자, (삼중수소) 중성자2+양성자

** 수소폭탄은 1억℃ 이상의 온도 필요(수소차 운전 온도는 약 70℃)

- 수소차는 안전을 위해 긴급시 수소 공급차단 및 대기방출 장치 등 다양한 안전장치를 탑재
- 수소차는 각국 국가 공인 인증기관의 안전성 평가를 거쳐 출시
- (수소충전소) 현재 미국(56개), 유럽(100개), 일본(77개) 등 선진국은 수소충전소를 10년 이상 운영중 → 현재까지 안전사고는 없었음
- 우리나라도 선진국과 동일하게 ISO 국제기준에 따른 안전검사를 통과한 부품 사용, 충전소 구축 후 안전검사 실시, 방폭 및 안전 구조물 설치, 안전관리자 상주 등의 안전 조치를 시행
- 아울러, 수소충전소 시설에는 압력 이상 발생시 긴급차단장치, 가스누출 경보장치 등 이·삼중의 안전장치가 설치됨

< 수소충전소 안전장치 종류(예) >

긴급차단장치



수소누출감지센서



※ 폭발하한계의 1/4농도에서 감지 및 경보작동

<설치위치>

- 압축설비주변
- 충전설비 본체
- 배관접속부
- 저장탱크 주변
- 계기실 등

수소불꽃 감지기



<설치위치>

- 충전기 주변
- 압축장치
- 압축가스설비 주변

V. 수소경제의 미래 모습

개 인 수소를 쓰는 생활 (Homo Hydrogenus)

✓ 수천년간 의존해 온 화석연료에서 벗어나
수소를 주요한 에너지원으로 사용

수소승용차 275만대

- ▶ '18년 전체 승용차의 15%
(서울시+세종시 승용차 규모)

가정용 연료전지 600MW

- ▶ 전체 94만 가구 보급
(‘17년 서울시 가구수의 25% 규모)
(‘17년 대구 전체 가구수 규모)

사 회 도심 청정 교통 인프라

✓ 탄소배출 대중교통 시스템이
CO₂ free 청정 수소로 패러다임 전환

수소택시 8만대

- ▶ '18년 전체 택시의 약 33%
(서울시 택시 규모)

수소버스 4만대

- ▶ '18년 국내 전체 노선버스의 85% 이상

수소트럭 3만대

- ▶ '18년 국내 관용 화물차 전체 수준

미세먼지 연간 2,373톤

- ▶ '15년 수송용(도로) 미세먼지 배출량의 6.1%

✓ 수소가 저소비형 친환경 에너지원이면서
부가가치와 일자리 창출의 새로운 성장 동력

고용창출 42만명

▸ '18년 자동차 산업 고용인원의 75%

경제효과 43조원

▸ '17년 우리나라 GDP의 2.5% 이상

수소로 생산한 에너지

10.4백만TOE

▸ '40년 최종 소비에너지 중 약 5%
▸ '16년 국내 천연가스 최종소비의 40% 이상
(가정에서 사용하는 천연가스 소비 규모)

온실가스 감축

2,728여만톤

▸ 500MW급 석탄 발전 9기의 온실가스 배출량 수준

발전량 55,949GWh

▸ '17년 국내 전체 발전량의 10% 이상