

Business Focus

수소 시대의 도래, 기업의 13가지 기회

June 2023

—
삼성KPMG 경제연구원



Contacts

삼성KPMG 경제연구원

김나래

수석연구원

T 02-2112-7095

E nkim15@kr.kpmg.com

엄이슬

책임연구원

T 02-2112-3918

E yeom@kr.kpmg.com

정미주

선임연구원

T 02-2112-4802

E mijujung@kr.kpmg.com

본 보고서는 삼성KPMG 경제연구원과 KPMG member firm 전문가들이 수집한 자료를 바탕으로 일반적인 정보를 제공할 목적으로 작성되었으며, 보고서에 포함된 자료의 완전성, 정확성 및 신뢰성을 확인하기 위한 절차를 밟은 것은 아닙니다. 본 보고서는 특정 기업이나 개인의 개별 사안에 대한 조언을 제공할 목적으로 작성된 것이 아니므로, 구체적인 의사결정이 필요한 경우에는 당 법인의 전문가와 상의하여 주시기 바랍니다. 삼성KPMG의 사전 동의 없이 본 보고서의 전체 또는 일부를 무단 배포, 인용, 발간, 복제할 수 없습니다.

Contents

I. 수소경제의 의미와 동향	2
II. 수소경제 밸류체인과 주요 이슈	8
III. 13가지 수소경제 비즈니스 기회	16
IV. 수소경제 발전 단계와 초기 시장 대응 전략	33



다시 돌아온 수소에너지

1970년에 존 보크리스에 의해 처음으로 언급된 수소에너지는 제레미 리프킨의 저서를 통해 대중에게 알려졌으며 우리나라는 2020년 수소법을 제정하면서 ‘수소경제’에 대한 정의를 명문화

1970년대 처음 언급되어 2000년대부터 본격적으로 논의된 수소에너지

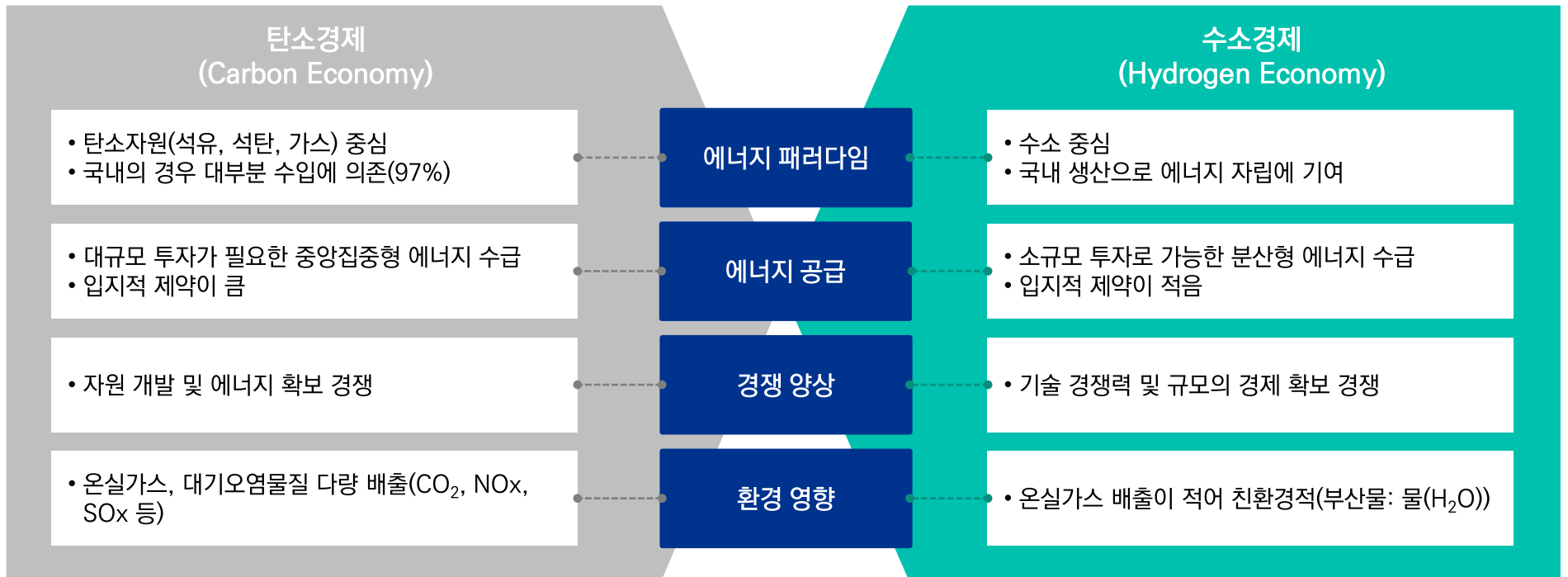


Source: 삼정KPMG 경제연구원

탄소경제 vs. 수소경제

수소경제는 기존에 영위해오던 탄소경제에서 벗어나겠다는 에너지 전환의 의미를 담고 있으며, 이에 따라 에너지 패러다임, 에너지 공급, 경쟁 양상, 환경 영향 측면에서 탄소경제와 차이가 뚜렷

에너지 패러다임, 에너지 공급, 경쟁 양상, 환경 영향 측면에서 차이 존재

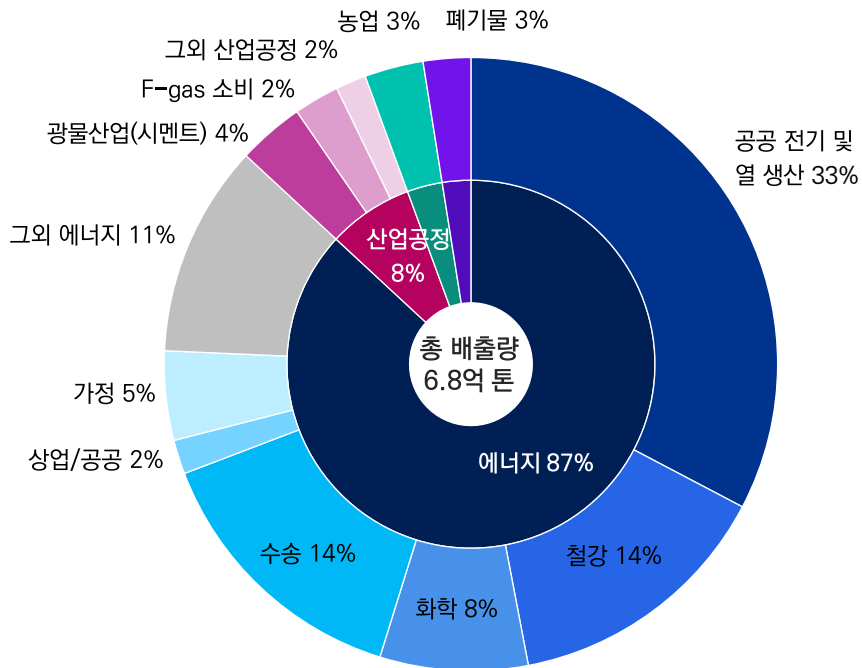


Source: 수소경제 활성화 로드맵, 관계부처 합동, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

탄소경제에서 수소경제로 가기 위한 시장의 노력

2021년 국내 온실가스 배출량(6.8억 톤) 중 87%가 에너지 분야에서 발생함에 따라 발전, 석유, 정유, 철강 등 온실가스 다배출 업종은 탄소중립을 달성하기 위한 방안으로 수소사업에도 주목

2021년 국내 산업분야별 온실가스 배출 비중



Source: 환경부

탄소중립 달성을 위한 방안으로 수소사업 주목

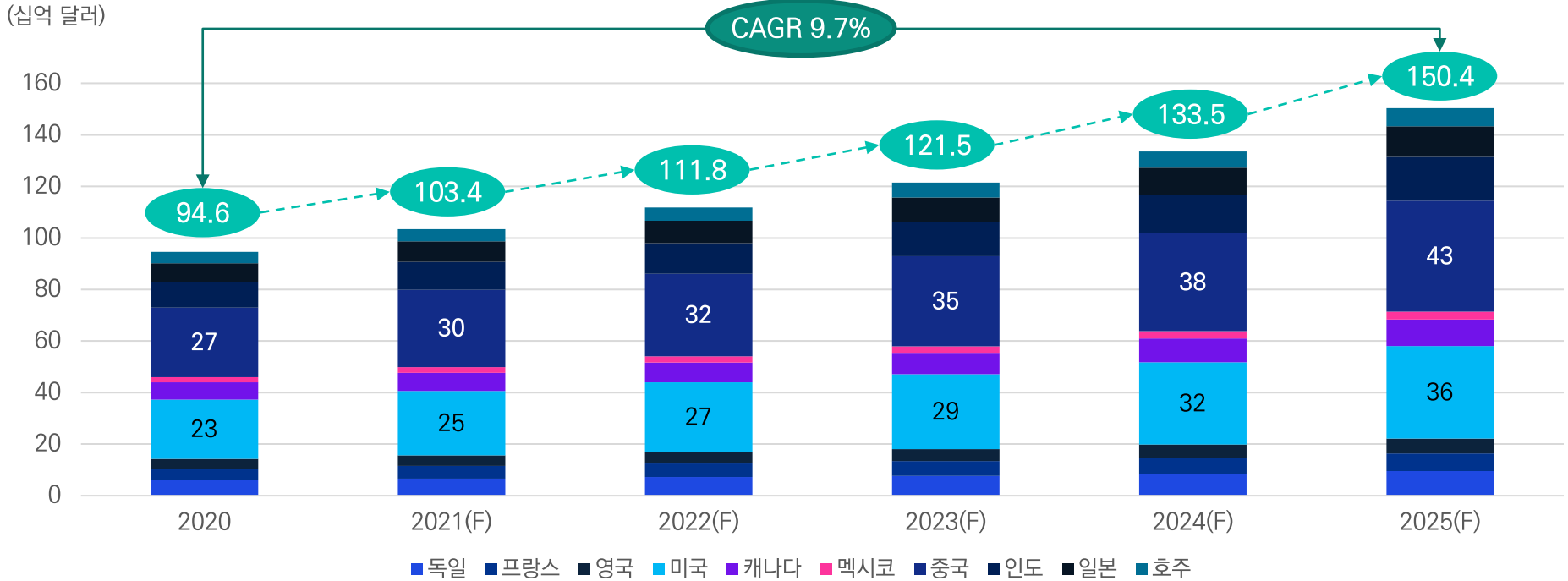
한국수력원자력	<ul style="list-style-type: none"> 수소 전주기 사업 발굴 및 시장 선점 목표 수소 생산: 블루수소 및 그린수소 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - 수전해 그린수소 생산기술 실증 - 이산화탄소 포집 및 저장기술 확보 수소 저장: 대규모 저장 생태계 조성 수소 활용: 모빌리티 비롯 융복합 사업 <ul style="list-style-type: none"> - 삼척 수소시범도시 인프라 기술개발 실증
HD현대오일뱅크	<ul style="list-style-type: none"> 블루수소 포함 친환경 미래 사업 집중 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 에너지 사업의 플랫폼으로 전환 - 2025년 블루수소 10만 톤 생산 목표 및 수소충전소와 연료전지 발전 사업 집중
포스코	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 자체적인 수소환원제철 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 화석연료 대신 수소를 사용한 제철 기술인 수소환원제철 상업화 가능성을 확인하기 위해 2028년까지 포항제철소에 연산 100만 톤 규모 실험설비 건설 예정

Source: 각 사 홈페이지 및 언론보도, 삼성KPMG 경제연구원 재구성

글로벌 수소 생산 시장 규모

글로벌 주요 국가의 수소 생산 시장은 2020년부터 2025년까지 연평균 9.7%로 성장하여 약 1,500억 달러 규모의 시장이 될 것으로 전망. 미국과 중국을 양강 체계로 인도, 일본, 독일 등이 주요 플레이어로 예상

2020~2025년 내 글로벌 수소 생산 시장 규모 변화 전망



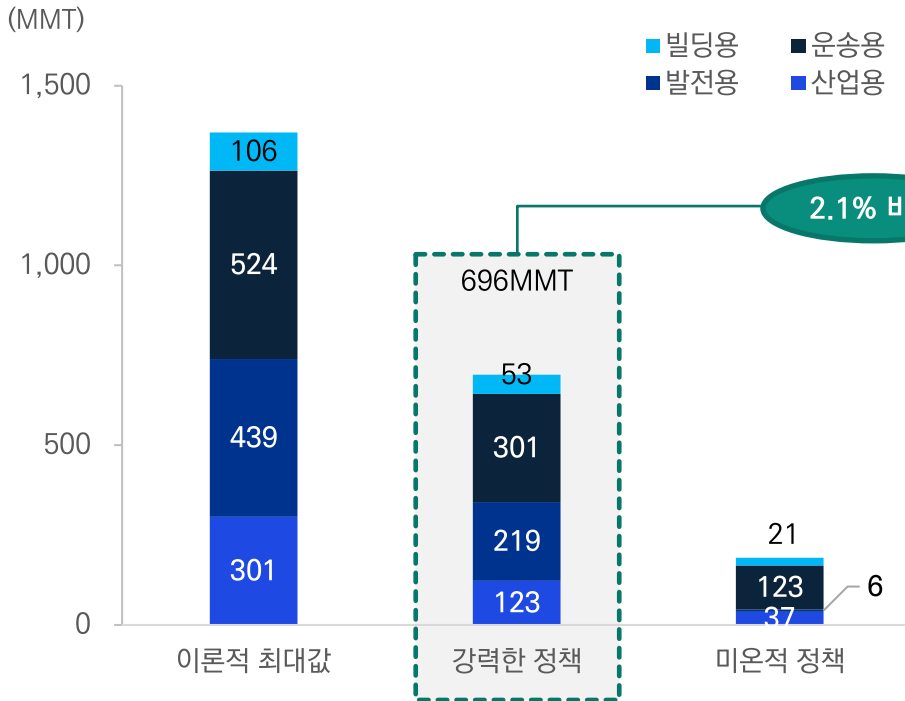
Source: KOTRA, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

Note: 수소 생산 시장 조사 국가는 미국, 중국, 독일, 프랑스, 영국, 캐나다, 멕시코, 인도, 일본, 호주로 총 10개국 대상

글로벌 및 국내 수소 수요량

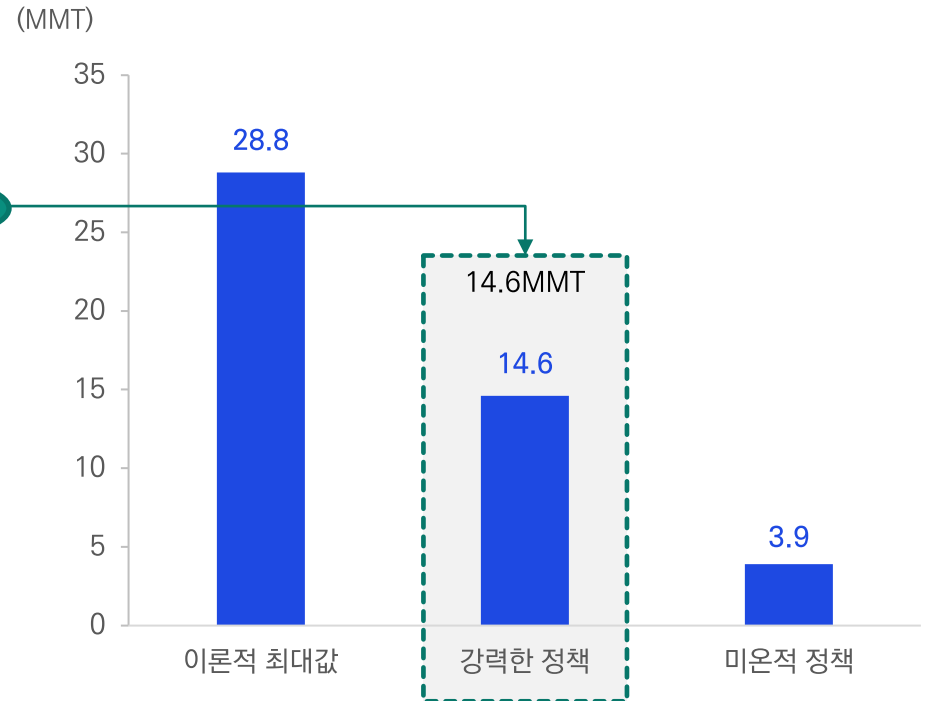
각 국가가 강력한 수소 정책을 실행할 경우 2050년 글로벌 수소 수요는 696MMT까지 증가할 것으로 전망, 글로벌 에너지 수요 중 한국 점유 비중을 고려 시, 우리나라는 14.6MMT 수준의 수요량 발생

2050년 글로벌 수소 수요 전망



Source: Bloomberg
 Note: 1MMT(million metric tonne)으로 1MT=1000kg임을 감안 시 696MMT=6,960억kg으로 환산

2050년 국내 수소 수요 전망



Source: Bloomberg
 Note: 1MMT(million metric tonne)으로 1MT=1000kg임을 감안 시 14.6MMT=146억kg으로 환산

Contents

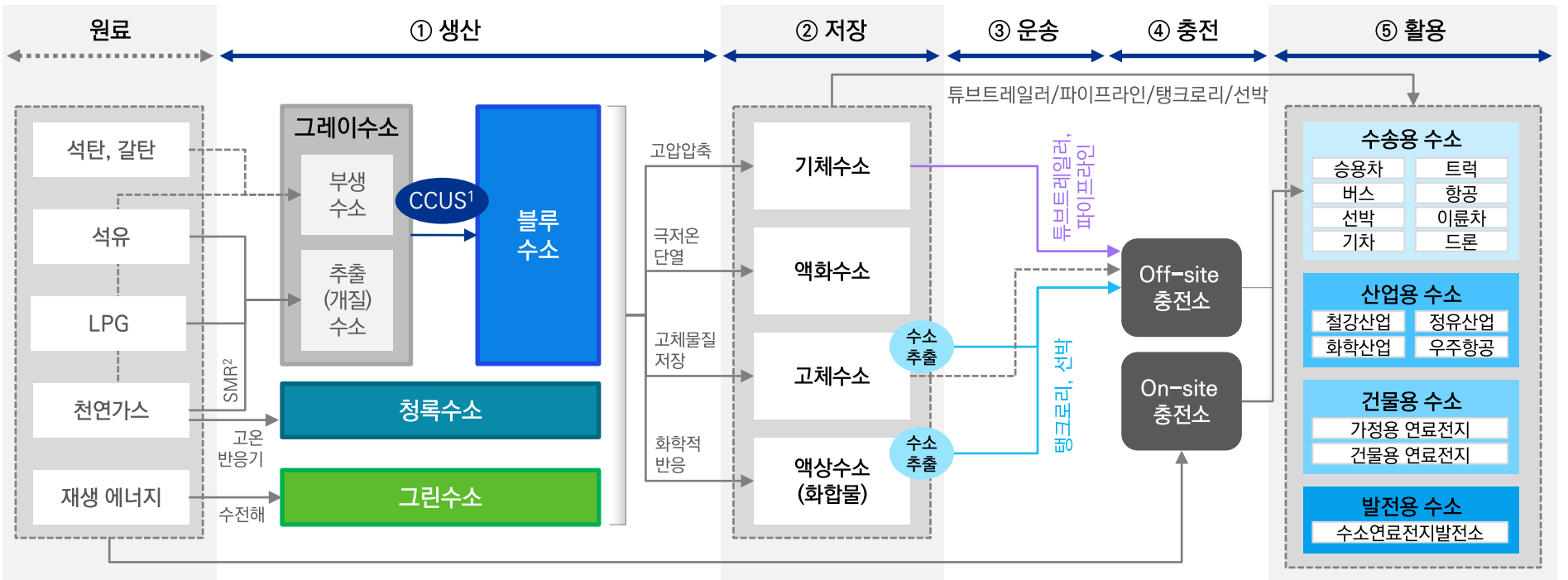
I. 수소경제의 의미와 동향	2
II. 수소경제 밸류체인과 주요 이슈	8
III. 13가지 수소경제 비즈니스 기회	16
IV. 수소경제 발전 단계와 초기 시장 대응 전략	33



수소경제 밸류체인

수소경제 밸류체인은 크게 수소 생산, 저장, 운송, 충전, 활용으로 구성. 단, End-user가 수소를 에너지원으로 이용 시, 수소 충전소를 거쳐 활용하는 경우 뿐 아니라 충전소를 거치지 않고 바로 최종 활용처로 운송하기도 하므로 충전 단계는 선별적으로 포함

5단계로 구성되는 수소경제 밸류체인



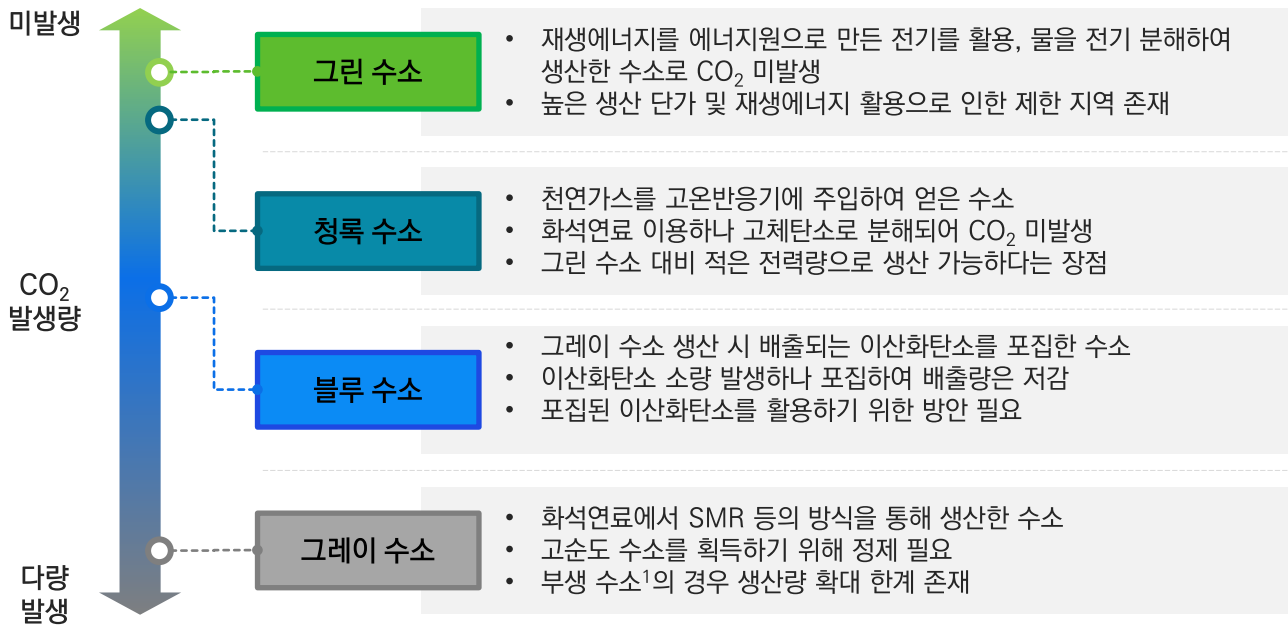
Source: 삼정KPMG 경제연구원

Note 1: Carbon Capture Utilization and Storage / Note 2: 스팀 메탄 개질 방식(Steam Methane Reforming)

생산 - 수소의 유형과 주요 이슈

이산화탄소 발생량 및 수소 생산 방식에 따라 주요 수소 유형은 그린·청록·블루·그레이 수소로 구분되며, 그린 수소 시장에 대한 대응 방안 및 경제성 있는 수소 생산 방식에 대한 고민이 생산 단계의 주요 화두로 도출

주요 수소 유형 4가지



시장 내 주요 이슈

① 결국 목표는 그린 수소

- 넷제로를 이루기 위한 수단으로서 수소를 고려한다면, 궁극적 목표인 그린 수소 필수
- 확대되는 그린 수소 시장을 어떻게 대응해야 할까?

② 경제성 있는 수소 생산 방식은?

- 단기적으로 경제성이 갖춰진 수소 시장이 주목받고 있음
- 이를 위해 그레이 수소 중 CO₂ 배출량이 적은 추출 수소와 CO₂를 포집한 블루 수소에 주목

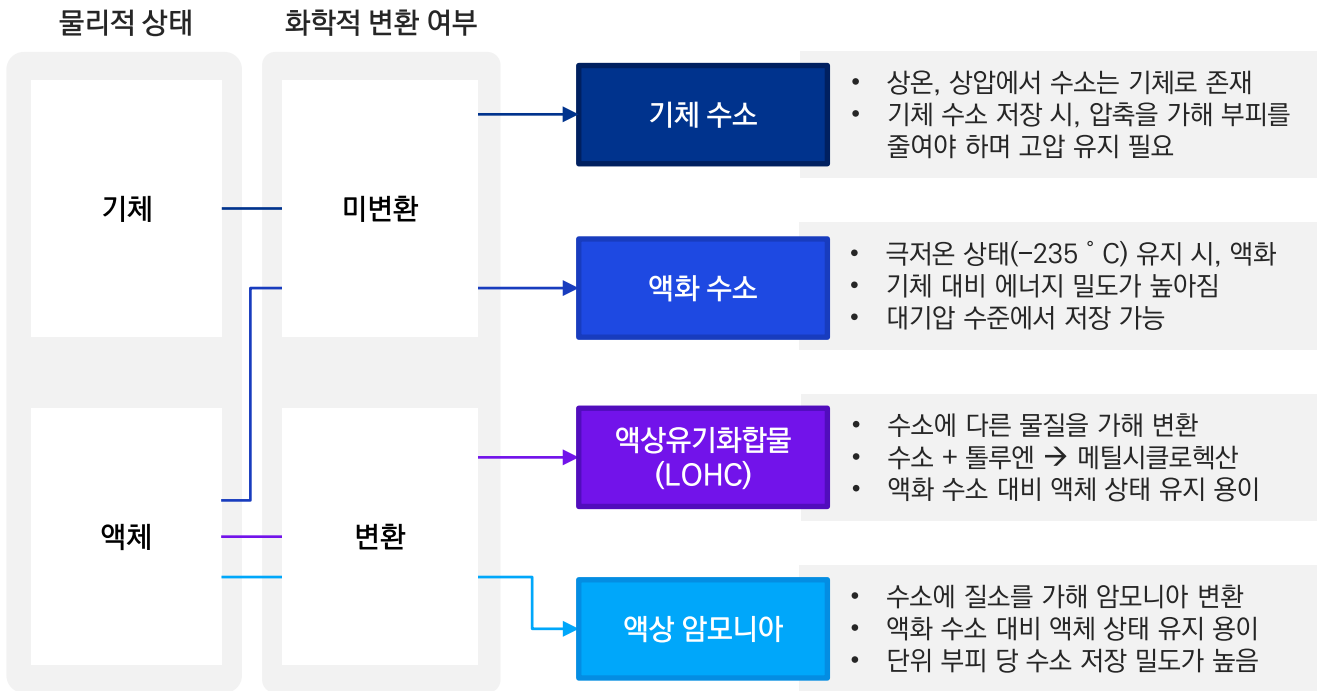
Source: IRENA(국제재생에너지기구), 삼정KPMG 경제연구원 재구성

Note 1: 석유화학 공정 등 특정 공정에서 부산물로 발생하는 수소

저장 - 주요 저장 방식과 이슈

물리적 상태와 화학적 변환 여부에 따라 수소 저장 방식은 크게 기체 수소, 액화 수소, 액상유기화합물, 액상 암모니아로 구분되며 수소 저장 용량 증가 방안, 친환경성과 경제성을 모두 보유한 저장매체가 필요하다는 점이 주요 이슈

수소의 물리적 상태와 화학적 변환 여부에 따른 주요 저장 방식



시장 내 주요 이슈

③ 저장 용량을 올리기 위해서는?

- 수소 활용의 필요성이 제고되면 대용량의 수소를 저장해야 할 필요성도 동시에 증가
- 이를 위해 액화 수소 시장이 주목받고 있음

④ 친환경성·경제성 보유 저장매체

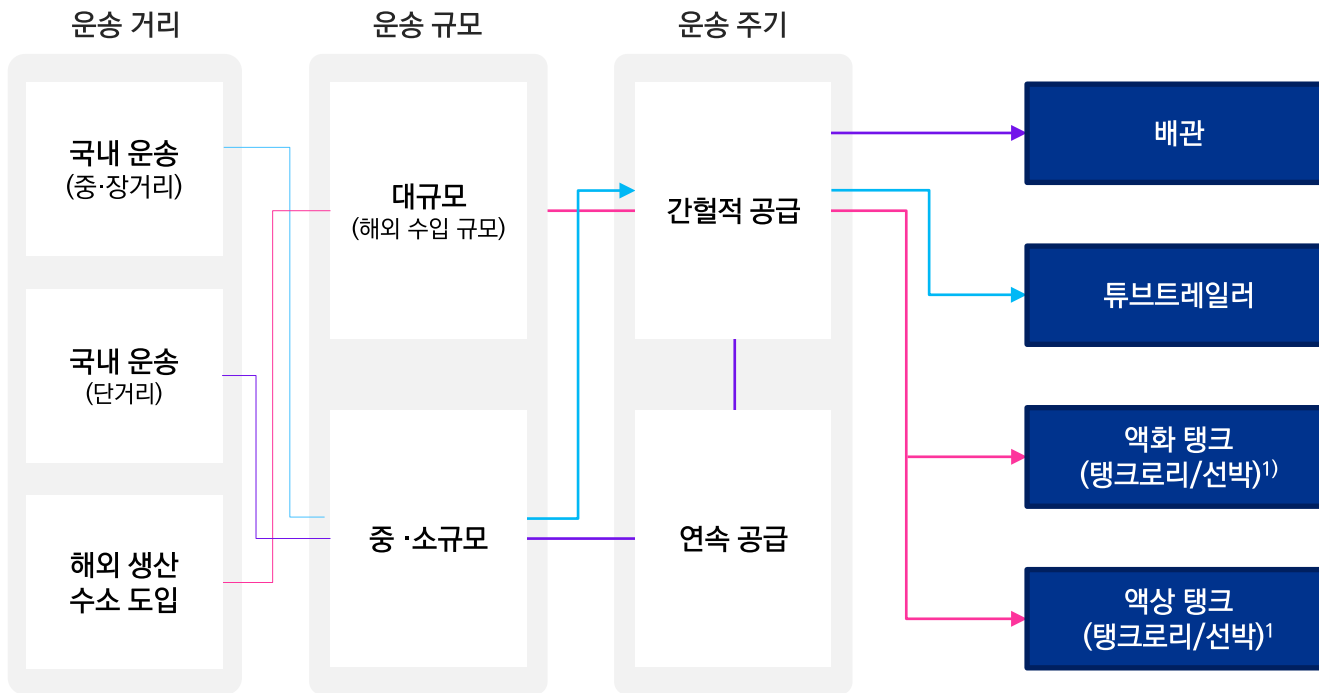
- 저장 방식별 추가 비용 예상. 기체 및 액체 수소는 관련 인프라를, LOHC와 암모니아는 화학적 재변환을 위한 비용
- 청정수소를 도입하기에 유리한 수소 저장매체(Carrier) 필요

Source: 삼정KPMG 경제연구원

운송 - 주요 운송 방식과 이슈

운송 거리, 1회 운송 시 규모, 운송 주기에 따라 배관, 튜브트레일러, 액화 탱크로리, 액상 탱크로리 등이 주로 사용되며 국내 및 해외 생산 수소 운송 방안에 대한 효율적인 방안을 찾고자 하는 니즈 존재

운송 거리·규모·주기에 따른 주요 운송 방식



시장 내 주요 이슈

⑤ 국내에서 효과적 운송 방안

- 국내에서는 주로 배관 또는 튜브트레일러로 수소 운송
- 한 번 운송 시 최대 용량을 안전하게 옮기는 방안에 대한 고민 존재

⑥ 해외 생산 수소 운송 방안

- 국내 수소 공급량 목표치 달성을 위해서는 해외 수소 공급 필수
- 해외에서 수소를 들여올 때, 효율적인 수소 운송 방안 필요

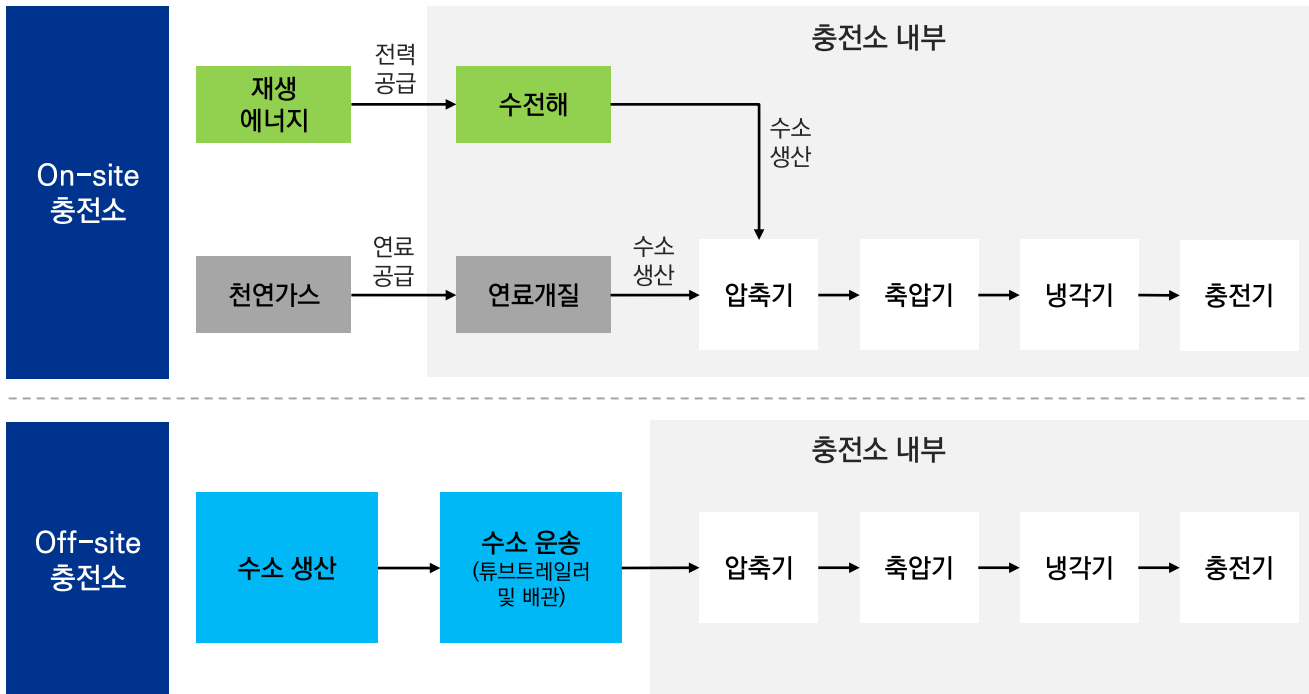
Source: 삼정KPMG 경제연구원

Note 1: 육상에서는 액화 탱크 또는 액상 탱크 기반의 탱크로리가, 해상에서는 전용 선박을 활용하여 운송 가능

충전 - 충전소 유형 및 주요 이슈

현지공급 방식의 On-site 충전소와 중앙공급 방식의 Off-site 충전소로 구분되는 가운데, 충전 단계에서는 충전소 확충의 문제와 구축된 충전소에 수소 공급이 불안정하다는 점에서 개선방안 필요

충전소 유형: Off-site(중앙공급) 및 On-site(현지공급)



시장 내 주요 이슈

⑦ 수소 충전소 구축 수준 미비

- 정부가 기 설정한 수소 충전소 확충 목표 대비 확보된 수소 충전소 규모는 현저히 낮은 수준
- 향후 시장 성장에 필요한 수준의 충전 인프라를 어떻게 확보할 것인가?

⑧ 충전소 내 수소 공급 불안정

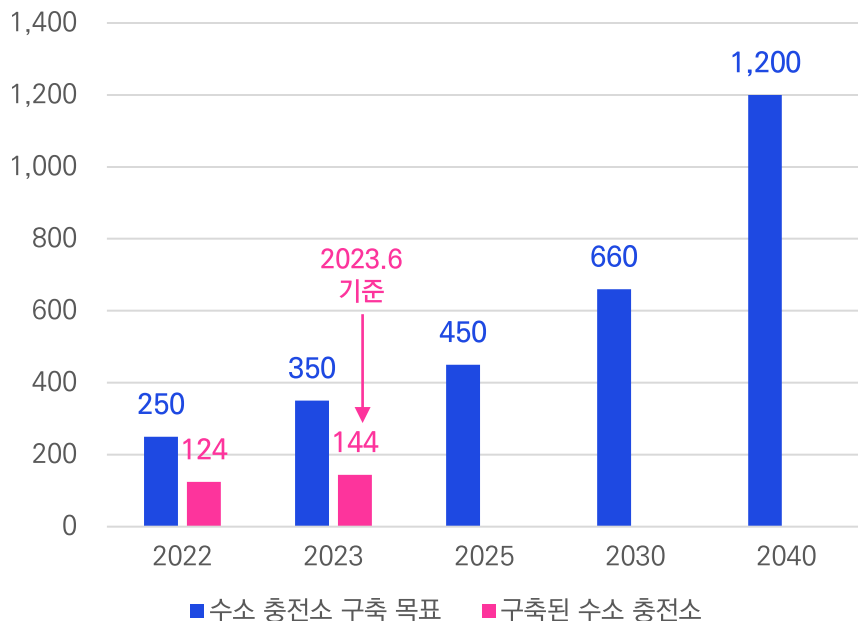
- 구축된 수소 충전소에 공급되는 수소가 부족한 현상 발생
- 수소출하센터 내 장비 고장 등으로 이상현상 발생할 경우, 운영 차질 발생

Source: 삼정KPMG 경제연구원

[참고] 충전소 구축 및 운영 현황

'23년 6월 기준 전국에 구축된 수소 충전소는 144개로 '22년 목표치였던 250개 보다 적은 상황. 한편, 수소 충전소를 이용하는 소비자들은 수소 수급 부족 문제 등으로 이용에 불편을 겪고 있는 가운데 정부는 수소 수급 현황을 모니터링하면서 수소 생산량을 늘리거나 수송용으로 활용할 수 있는 수소 물량을 확보하기 위한 정책 시행 중

수소 충전소 현황: '22년 목표 250개, '23.6 기준 144개 구축



Source: 환경부, 무공해차 통합누리집, 삼정KPMG 경제연구원 재구성
 Note: 목표치는 '22.10.24 환경부 보도자료 기반, 구축된 수소 충전소 개수는 23.6.12 기준 무공해차 통합누리집 내 수소충전소 현황 검색 기준

수소 충전소 이용 시 소비자 불편사항 발생 및 대응 현황

소비자 불편사항

- 수소 충전소 수소 수급 부족 문제 발생
 - '22.10 기준 가장 많이 활용되는 수소는 부생 수소이나 유가가 급등해 석유화학 공장 가동률이 낮아지면서 부생 수소 양 감소
 - 신규 수소출하시설 증설 공사 지연으로 인해 증가한 수소 수요량 미충족
 - 일부 수소출하시설 내 부품 고장이 발생할 경우, 정상화까지 일정 시간이 필요

불편사항 관련 대응 방안

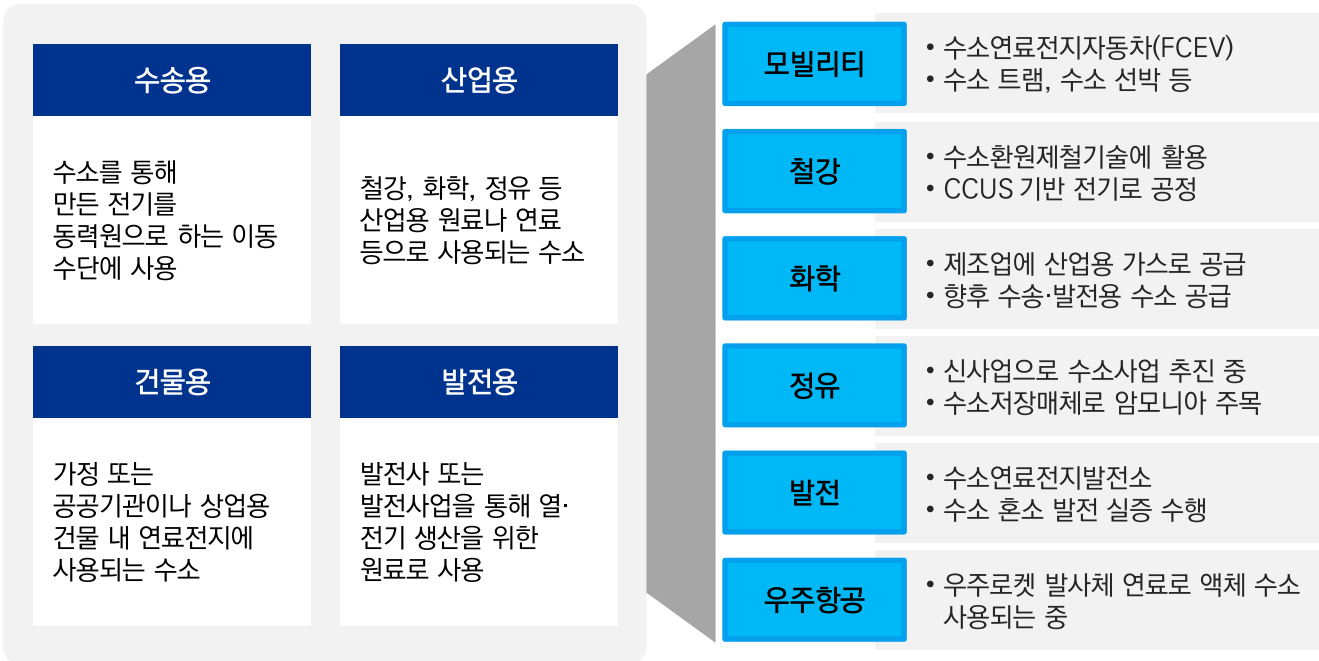
- 정부 차원의 수소 수급 부족 상황 점검 및 대응
 - 관련 기관에 수소 수급 부족 문제를 관리하는 조직을 만들고 출하시설 가동현황 및 유통상황 등을 모니터링하는 등 대응체계 가동
 - 수소 생산기지 조기 가동을 위해 검사기간 단축 등 수소 추가 생산을 위한 정책 시행
 - 수소 활용 용도 변경(산업용→수송용)을 통해 신규 물량 확보 검토

Source: 언론보도 종합, 정부 보도자료

활용 - 수소 적용 산업과 이슈

수소는 수송용, 산업용, 건물용, 발전용으로 모빌리티, 철강, 화학, 정유, 발전, 우주항공 분야에 주로 쓰이는 가운데, 시장 성장성 및 탄소중립 달성에 필수적인 시장을 찾는 것이 주요 화두

수소 활용 용도와 주요 적용 산업



시장 내 주요 이슈

⑨ 수소 연관 시장 중 성장 영역

- 수소는 에너지원으로서 사회 전반 다양한 분야에 활용
- 최종처에서 수소가 활용될 때 어떤 하위 시장이 성장성 측면에서 유망할 것인가?

⑩ 탄소중립에 필수적인 시장은?

- 시장 성장성 외에도 정책적으로 반드시 육성해야 하는 시장도 존재
- 어떤 시장에서 수소를 활용하는 것이 탄소중립 달성에 필수인가?

Source: 삼정KPMG 경제연구원

Contents

I. 수소경제의 의미와 동향	2
II. 수소경제 밸류체인과 주요 이슈	8
III. 13가지 수소경제 비즈니스 기회	16
IV. 수소경제 발전 단계와 초기 시장 대응 전략	33



수소경제 밸류체인으로 본 비즈니스 기회

수소 생산부터 활용까지 밸류체인별 총 10가지 이슈가 도출되었으며 이를 극복하는 과정에서 13가지 비즈니스 기회가 대두되고 있는 상황

생산부터 활용까지 밸류체인별 주요 이슈에 대응하기 위한 13가지 비즈니스 기회

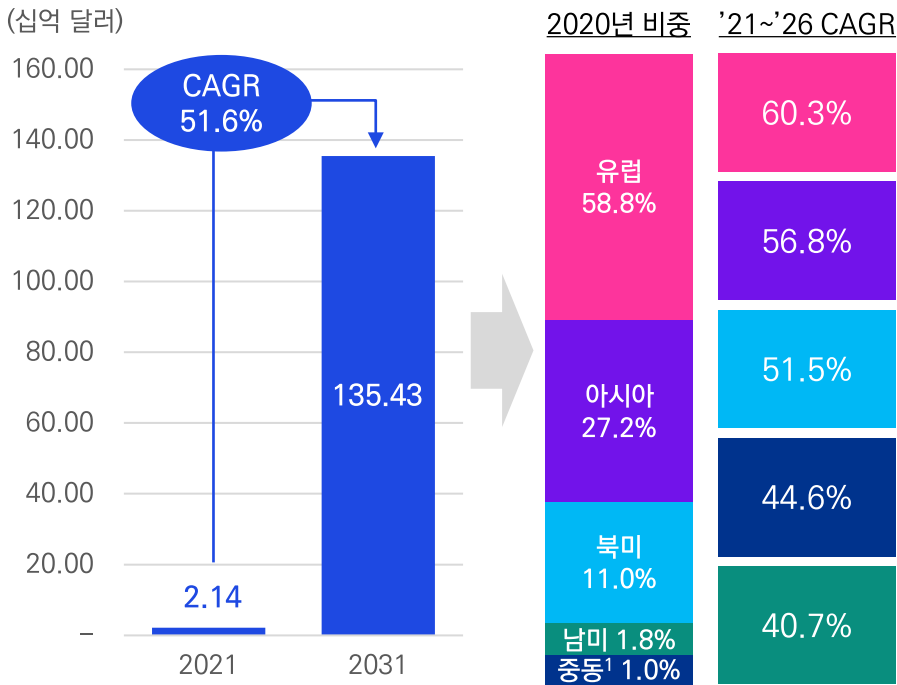


Source: 삼정KPMG 경제연구원

① 그린 수소 생산 수전해 설비

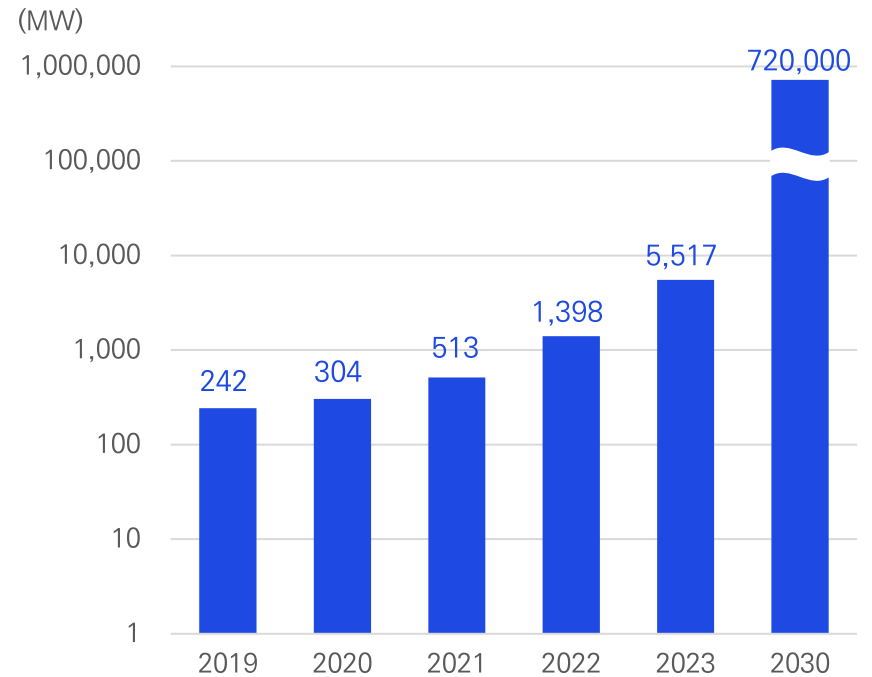
전 세계 그린 수소 시장이 2021년부터 2031년까지 연평균 51.6%씩 성장할 것으로 전망됨에 따라 수전해 설비 수요도 증가하는 추세. 수전해 설비는 수전해 셀 스택, 물 공급기, 냉각장치, 수소 처리 장치로 구성되며 수전해 셀이 핵심 부품

그린 수소 시장 규모 전망 및 지역별 비중



Source: Statista, 한국과학기술정보연구원, 삼성KPMG 경제연구원 재구성
 Note 1: 중동 및 아프리카 포함

전 세계 수전해 설비 설치 규모 전망

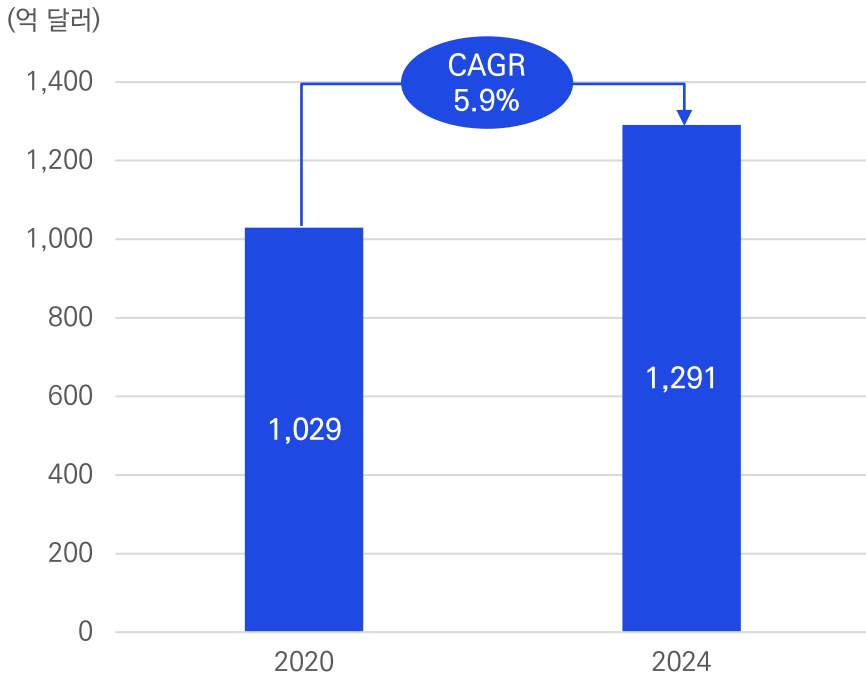


Source: IEA
 Note: 2022년과 2023년 전망치는 현재 구축 중이거나 구축 예정연도가 공개된 프로젝트들 대상 합산. 2030년 전망치는 Net Zero Emissions by 2050 Scenario에 기반하여 도출

② 천연가스 기반 수소 생산

천연가스를 개질하여 생산되는 추출 수소 시장도 확대될 것으로 전망. 추출 수소는 수소 생산 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집 시 블루 수소가 되므로 그린 수소 사회로 이행하는 과정에서 징검다리 역할을 할 것으로 기대

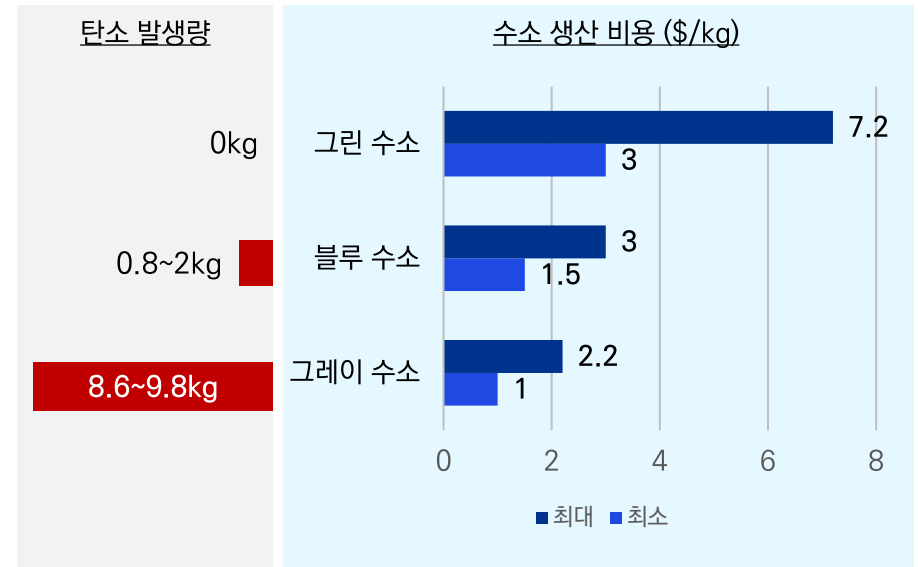
전 세계 천연가스 개질 기반 추출 수소 시장



Source: 한국과학기술평가원, 삼성KPMG 경제연구원

추출 수소에서 이산화탄소 포집 시 블루 수소 생산

탄소 발생량과 생산 비용을 고려 시, 추출 수소에 이산화탄소를 포집한 블루 수소 활용이 효율적

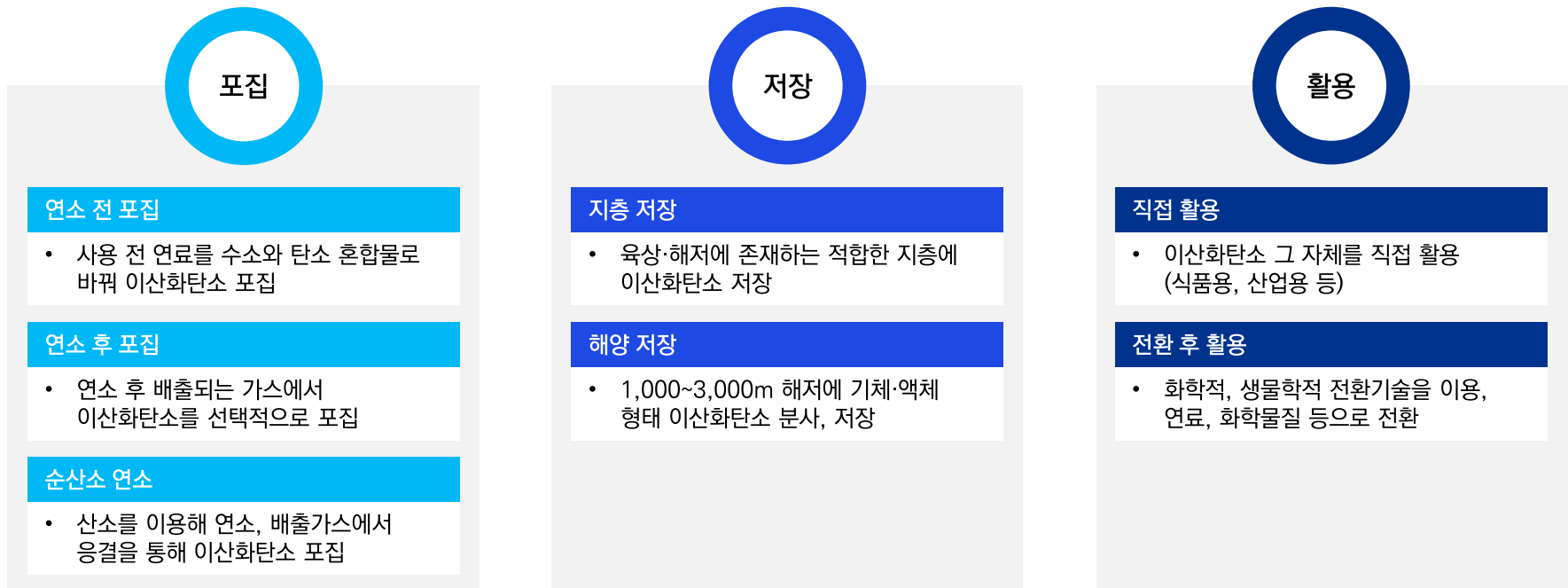


Source: 언론보도 종합, 삼성KPMG 경제연구원 재구성

③ 이산화탄소 포집·저장·활용(CCUS¹) 시장 (1/2)

CCUS는 블루수소와 연관. CCUS 중 포집 기술은 공정 순서에 따라 연소 전 포집·연소 후 포집으로 구분, 저장 기술은 위치에 따라 지층 저장·해양 저장으로 나뉘며, 활용은 이산화탄소 직접 활용 방식 및 전환 후 활용하는 방식으로 분류

이산화탄소 포집·저장·활용 기술 분류²



Source: 한국에너지기술연구원

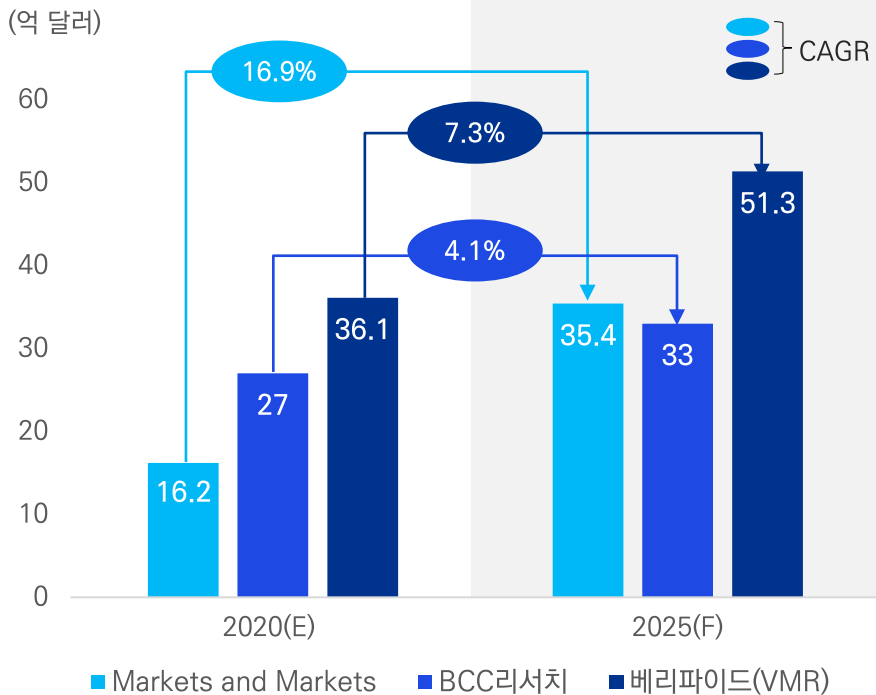
Note 1: Carbon Capture, Utilization, and Storage

Note 2: 해양 저장 기술은 생태계 파괴 및 해양 환경 위해성 문제로 사용이 금지되었으며, 이산화탄소 활용 시 전환 기술은 개발 초기 단계

③ 이산화탄소 포집·저장·활용(CCUS) 시장 (2/2)

CCUS 시장은 초기 단계나 연평균 4~17% 수준으로 성장할 것으로 예상되는 가운데, 2020년부터 약 16%씩 탄소 포집 용량이 증가하여 2030년에는 연간 1억 9,400만 톤의 탄소를 포집할 것으로 전망

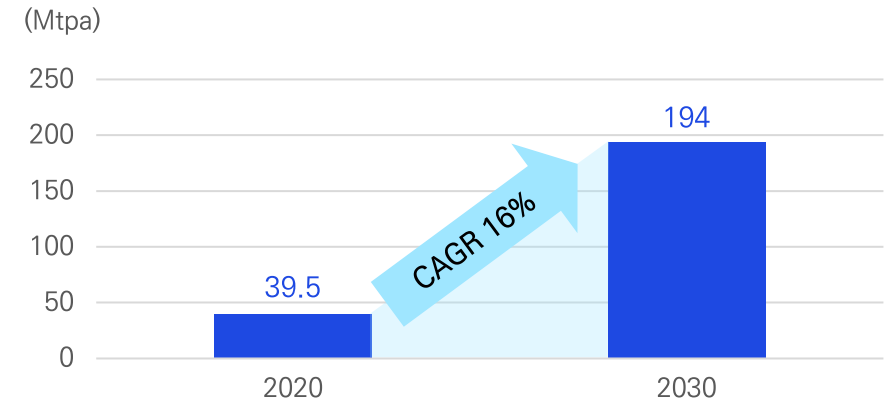
기관별 전 세계 CCUS 시장 전망



Source: 한국에너지기술연구원

전 세계 이산화탄소 포집 용량 전망

- 1972년 대용량 CCS 사업 시작 후 2019년까지 CCS CAGR 약 10% 수준으로 증가하여, 2020년 전 세계 탄소 포집 용량은 39.5Mtpa (전 세계 배출량 중 0.1% 차지)
- 2018년부터 프로젝트 계획 발표 급증하여 2030년까지 CCUS 확대 계획을 발표한 국가 중 미국, 영국, 네덜란드가 두각을 나타냄



Source: BNEF, 한국에너지기술연구원

④ 액화 수소 플랜트 (1/2)

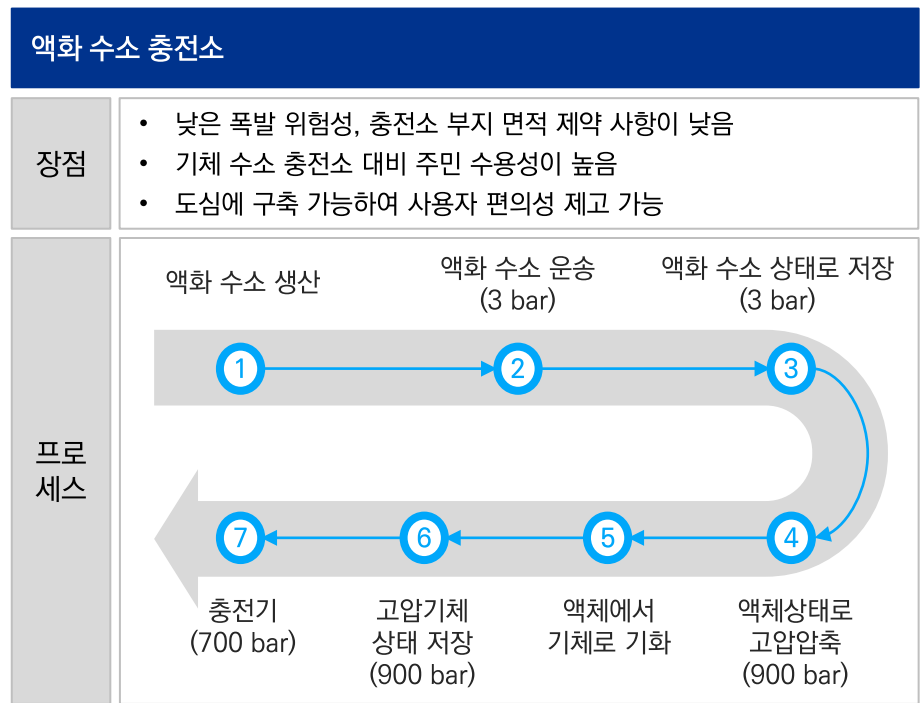
액체 형태의 수소는 수소 저장·운송·충전·활용 관점에서 기체 수소 대비 장점을 보유하고 있어 현재 활용되고 있는 국가적 전략 사업을 비롯, 액화 수소 충전소를 통한 운송용 연료로서 쓰임새가 높을 것으로 전망

물리적 상태에 따른 특징

	기체 형태의 수소	액체 형태의 수소
수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> 상온에서 저장 고압 압축 필요 (200~700bar) 고압 용기 필수 	<ul style="list-style-type: none"> 대기압에서 저장 액화 상태 유지하기 위해 -253 °C의 극저온 단열 필수
수소 운송	<ul style="list-style-type: none"> 고압 수소 운송 → 폭발 위험성 高 튜브트레일러 또는 파이프라인 적합 	<ul style="list-style-type: none"> 대기압에서 운송 → 폭발 위험성 低 탱크로리로 운송
수소 충전	<ul style="list-style-type: none"> 액화 수소 충전소 대비 충전소 부지 면적 大 	<ul style="list-style-type: none"> 기체 수소 충전소 대비 충전소 부지 면적 小
수소 활용	<ul style="list-style-type: none"> 산업용, 발전용 등 다양하나 주로 파이프라인을 통해 공급받는 산업용은 기체 수소 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 대부분 운송용 연료 국가적 전략 사업 (로켓 추진 연료 등) 에도 활용

Source: 삼정KPMG 경제연구원

액화 수소 주요 활용 분야

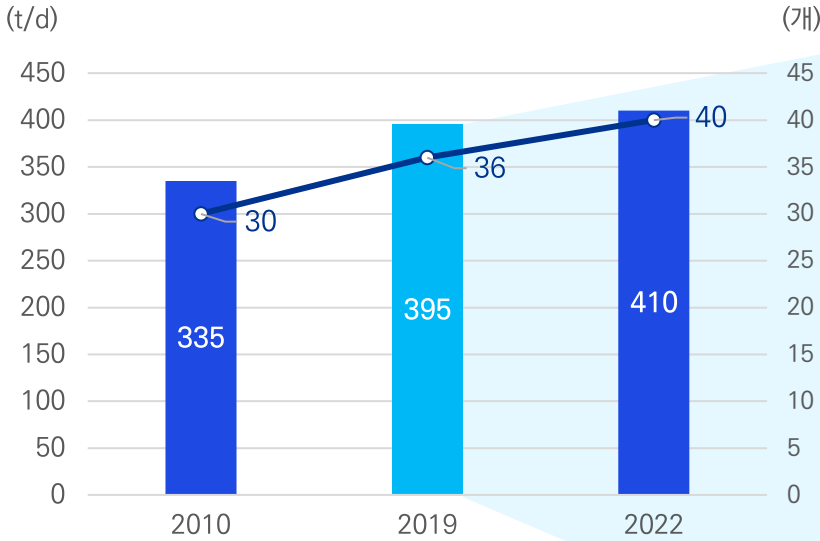


Source: 특허청, 한국가스기술공사

④ 액화 수소 플랜트 (2/2)

액체 형태 수소를 필요로 하는 분야가 증가함에 따라 전 세계 상용급 액화 수소 플랜트도 증가하고 있는 추세로, 2022년 기준 북미·유럽·아시아 내 40개 사이트에서 매일 410톤의 액화 수소를 생산 중

전 세계 상용급 액화 수소 플랜트 증가 및 운영 현황



일별 액체 수소 생산량이 335 t/d에서 410 t/d로 증가, 상용급 수소액화 플랜트 역시 30개에서 40개로 확대

2019년 기준 액화 수소 플랜트 현황

	북미	유럽	아시아	
주요 회사	Air Products, Linde (Praxair), Air Liquide, BOC 등	Air Products, Linde, Air Liquide	Linde, Iwatani	Iwatani, KHI
사이트	16개	4개	11개	5개
일별 생산량	300 t/d	25 t/d	25 t/d	25 t/d
국가	캐나다, 미국	프랑스, 독일, 네덜란드	인도, 중국, 일본	일본

Source: 상용급 액체 수소 플랜트 연구단, 언론보도 종합

⑤ 액화 수소 운반선

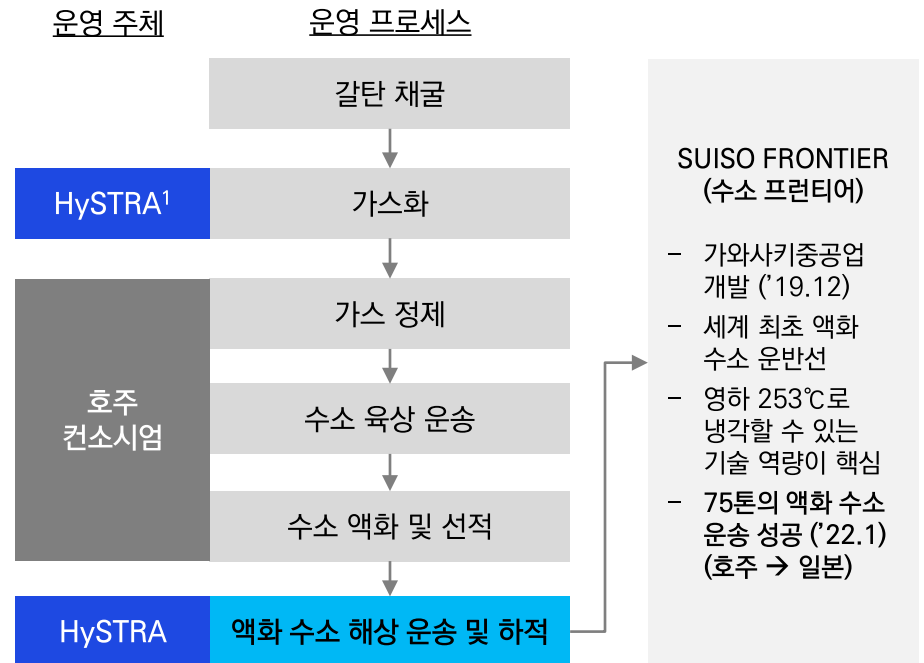
한국은 수소 분야에서도 순수입 국가로 분류될 것으로 보이며 해외 생산 수소의 도입이 필수. 한국과 유사한 상황인 일본은 액화 수소 운반선을 세계 최초로 개발하여 '22년 1월 호주에서 생산한 액화 수소를 일본까지 운송하는 데 성공

한국은 2050년 기준 수소 순수입국가로 예상

무역 허브		(지역/대륙) 유럽 연합
순수출 국가		(지역/대륙) 북 아프리카
순수입 국가		(지역/대륙) 남아메리카
한정된 무역 국가		(지역/대륙) -

Source: IRENA, 삼성KPMG 경제연구원 재구성

한국과 유사한 상황인 일본은 세계 최초로 액화 수소 운송 성공



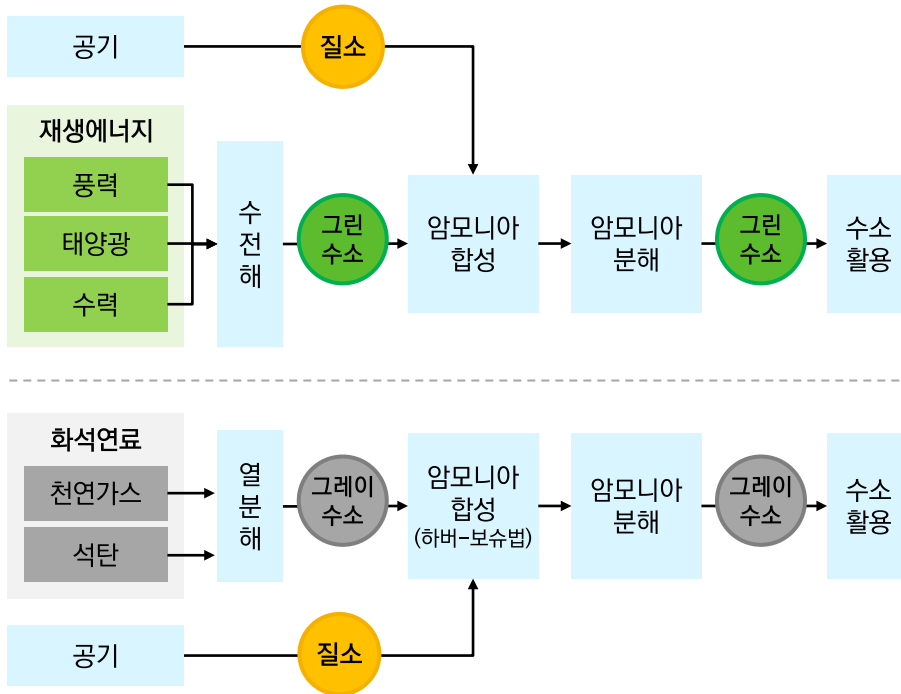
Source: 언론보도 종합, 삼성KPMG 경제연구원 재구성

Note 1: 일본 수소에너지공급망기술연구협회(Hydrogen Energy Supply-chain Technology Research Association)

⑥ 블루·그린 암모니아 시장

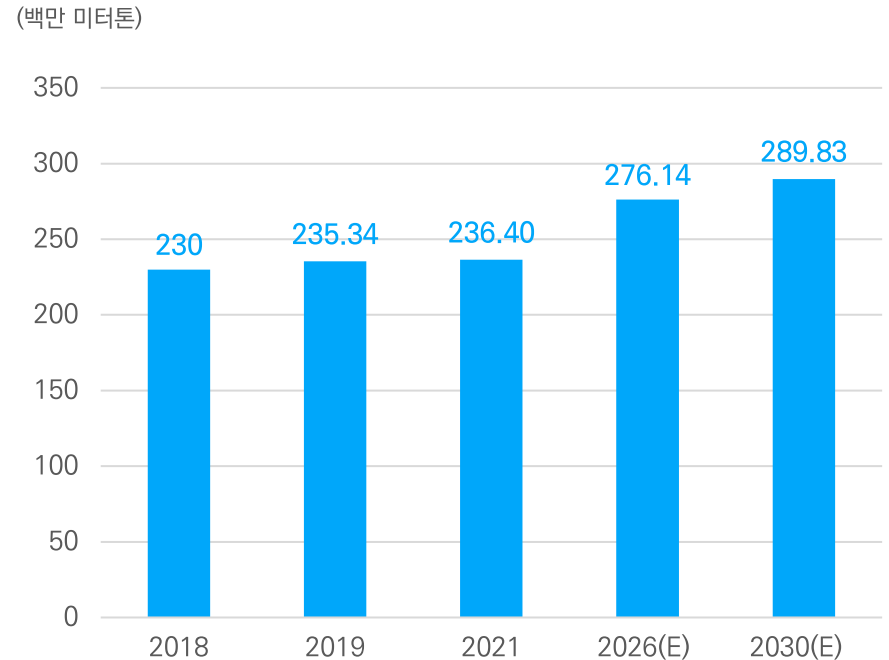
재생에너지와 연계하여 그린 수소를 생산, 질소와 합성시키면 그린 수소 저장 매체로서 활용할 수 있다는 점에서 암모니아에 주목. 또한 암모니아는 수소 캐리어 외에도 그 자체로도 비료 등으로 활용할 수 있다는 점이 장점

수소 저장 매체인 암모니아



Source: 산업통상자원부, 삼성KPMG 경제연구원 재구성

전 세계 암모니아 생산량 추이 및 전망



Source: Statista

⑦ 암모니아 운반선 및 암모니아 연료 추진선

암모니아는 부피당 수소 밀도, 주요 공정 기술 성숙도, 비용 측면에서 수소 캐리어(Carrier)로서 효율적인 수단. 2030년 이후부터 수소 저장 매체/무탄소 에너지원으로 수요처가 본격화될 것으로 전망. 암모니아 연료 추진선 시장의 경우 2030년부터 2050년까지 연평균 11.9%씩 수요가 확대될 것으로 예상

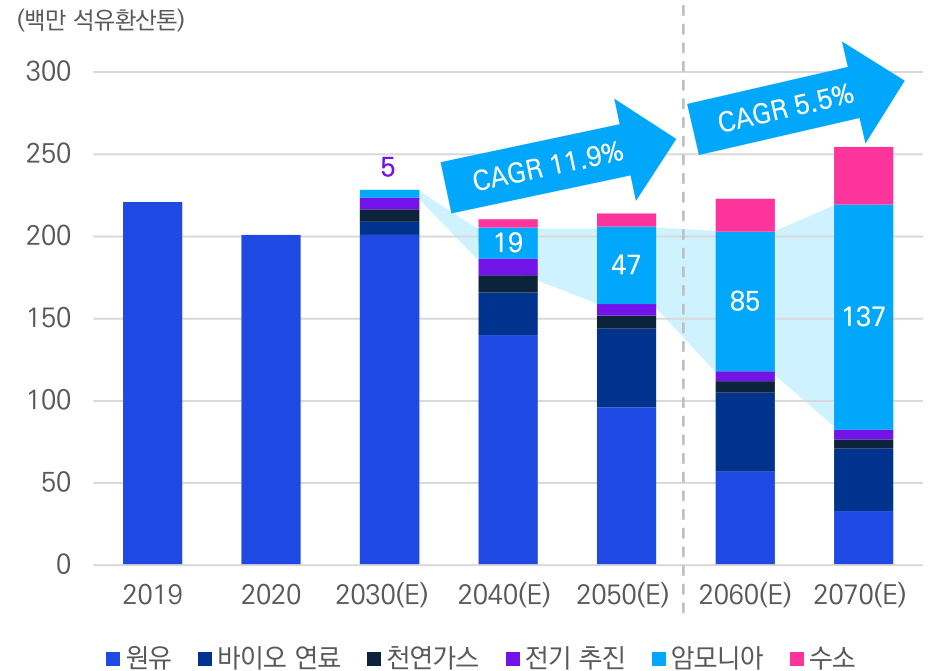
대용량 수소 장거리 운송에 암모니아 활용 효율적

		액화 수소	암모니아	LOHC (MCH)
부피당 수소 저장 밀도(kg/m³)		70.8	121	47.3
주요 공정 기술 성숙 수준	전환	高/低	高	中
	탱크 저장	高	高	高
	운송 (선박/배관/트럭)	低/高/高	高/高/高	高/高/高
	재전환	高	中	中
	공급망 연계 수준	中~高	高	中
비용 (USD/kgH ₂)	전환 + 운송 비용 - 1,500km 거리를 선박으로 운송 시	2.0	1.2	0.6

부피당 수소 저장 밀도, 주요 공정의 기술 성숙도, 비용 측면에서 암모니아가 대용량 수소의 장거리 운송 관점에서 효율적

Source: IEA, 삼성KPMG 경제연구원 재구성
 Note: 암모니아, LOHC의 경우 수소화 시키는 비용 추가 고려 필요

2019~2070년 선박용 연료 시장 내 암모니아 수요량 전망



Source: IEA

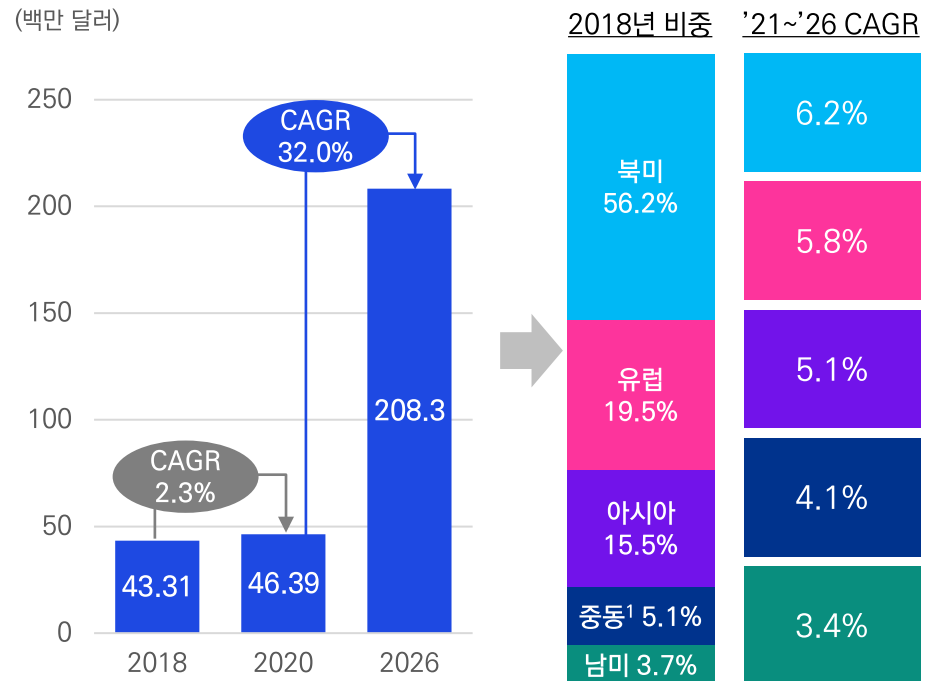
⑧ 타입4 수소 튜브트레일러

수소 운송을 위한 수소 튜브트레일러(특장차) 수요도 타입4를 중심으로 증가 중. 튜브트레일러의 핵심인 수소탱크 시장은 2020년 4,639만 달러 규모에서 2026년 2억 8백만 달러 규모의 시장으로 급성장할 것으로 전망

타입1 vs. 타입4 수소 튜브트레일러

		타입1(Type1) 수소 튜브트레일러	타입4(Type4) 수소 튜브트레일러
수소 튜브트레일러란?		<ul style="list-style-type: none"> • 특장차에 기체 수소 저장 용기가 장착된 차량을 의미 • 기체 수소 저장 용기에 따라 구분 	
기체 수소 저장 용기	재질	<ul style="list-style-type: none"> • 타입1 저장용기 사용 • 용기 전체가 금속재질 라이너(내측)로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> • 타입4 저장용기 사용 • 플라스틱과 같은 비금속 라이너(내측)에 탄소섬유 복합재료로 용기 전체를 보강한 형태
	압력	<ul style="list-style-type: none"> • 주로 200bar 사용 • 대체로 150~300bar까지 저장 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 제조사 별 상이 • 대체로 350~700bar까지 저장 가능
수송 용량		<ul style="list-style-type: none"> • 최대 수송용량: 340kg • 수소 튜브트레일러 중량 대비 수소 저장량이 작음 	<ul style="list-style-type: none"> • 최대 수송용량: 634kg ~ 1,000kg (개발 중) • 기존 대비 운송비 절감

전 세계 수소탱크(350bar~700bar) 시장 규모 전망



Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

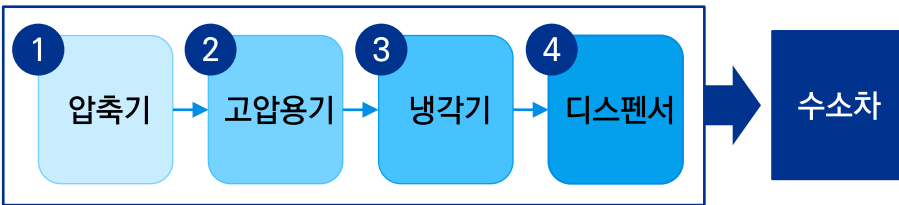
Source: 한국과학기술정보연구원, 삼정KPMG 경제연구원 재구성
Note 1: 중동 및 아프리카 포함

⑨ 이동식 수소 충전소

수소 시장은 초기 단계 시장으로 충전 수요량 예상에 한계 존재. 고정식 충전소와 더불어 이동식 수소 충전소를 가용하며 비상 수요에 대비 가능. 일본은 이동식 수소 충전소를 상용화하여 도쿄를 비롯한 일부 도시에서 활용 중

이동식 수소 충전소란?

“수소 충전을 위해 필요한 설비가 차량에 장착돼 있어 이동이 가능한 것으로서 처리 능력이 30m³ 이상인 것”



- 1 수소차 탱크에 충전하기 위해 대용량 수소를 압축
- 2 고압을 가해 특정 용기 내 저장
- 3 고압으로 압축된 수소는 고온이므로 상온으로 냉각
- 4 충전기를 통해 고압의 수소를 수소탱크에 주입

Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

일본 내 이동식 수소 충전소 사례

니모히스(Nimohyss): 이동식 수소 충전소

- 니모히스(일본의 이동식 수소충전소의 준말)는 도요타통상, 이와타니산업, 타이요닛산 등 3개 회사가 '15.02 공동 설립한 비즈니스 모델
- 수소 공급: 수소연료는 이와타니산업이 공급, 부생수소를 주로 이용 중
- 주 고객: '22년 말 기준, 수소 연료전지차 중 렌터카가 주로 이용
- 관리: 충전서비스와 충전소 관리를 위해 직원 1명이 니모히스에서 근무
- 수익성: 비즈니스 모델은 적자나 정부 차원에서 보조금을 지원 중



Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

⑩ 액화 수소 충전소

액화 수소의 이점(충전소 부지 면적 감소, 1회 운송량 증가, 대기압에서 운송)에 주목하여 국내 액화 수소 시장 태동 중. 민간은 연간 최대 4만 톤 가량 액화 수소 생산 예정. 정부는 액화 수소 수요 창출 지원 정책 등 시장 활성화 방안 제시

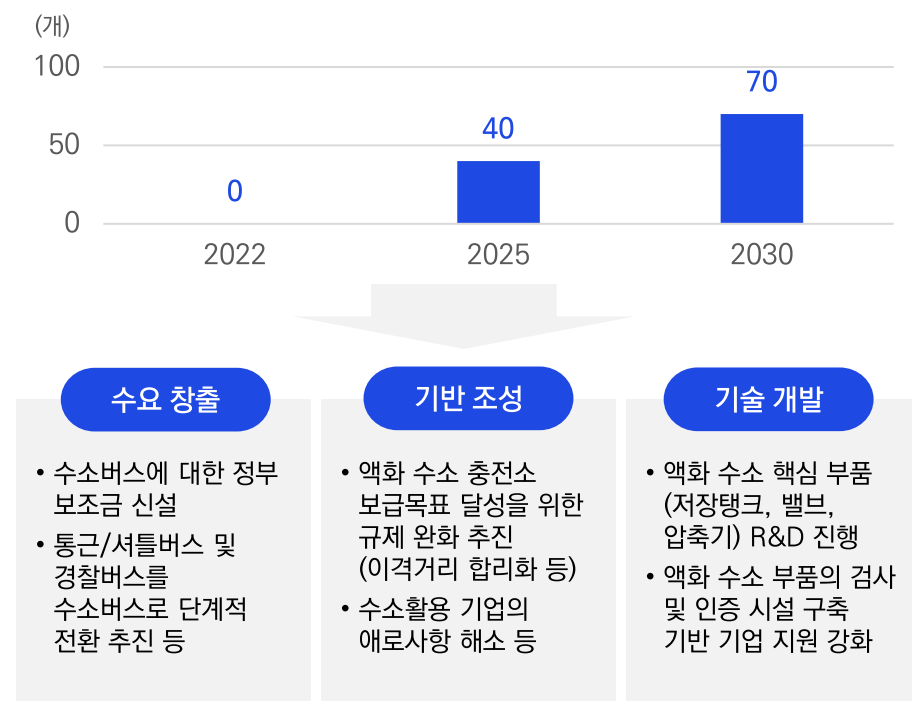
국내 액화 수소 플랜트 구축 현황

	생산 규모	설치 지역	생산 시기 (예정)
SK E&S	<ul style="list-style-type: none"> 90 톤/일 3만 톤/년 	<ul style="list-style-type: none"> 인천 (SK인천석유화학공장) 	<ul style="list-style-type: none"> 2023년 10월
효성, 린데	<ul style="list-style-type: none"> 15 톤/일 5,200 톤/년 	<ul style="list-style-type: none"> 울산 (효성화학 용연3공장) 	<ul style="list-style-type: none"> 2023년 12월
두산에너지빌리티, 창원산업진흥원	<ul style="list-style-type: none"> 5 톤/일 1,700 톤/년 	<ul style="list-style-type: none"> 창원 (두산에너지빌리티 공장) 	<ul style="list-style-type: none"> 2023년 상반기

2023년 내 연간 최대 4만 톤 가량의 액화 수소 생산

Source: 산업통상자원부

국내 액화 수소 충전소 보급 목표 및 시장 활성화 방안

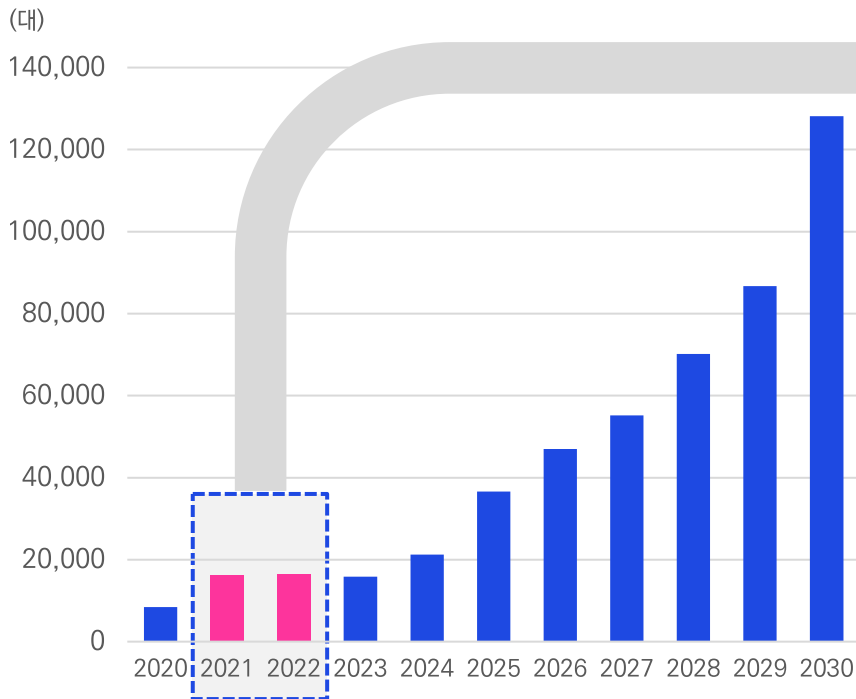


Source: 산업통상자원부

⑪ 수소 상용차 시장

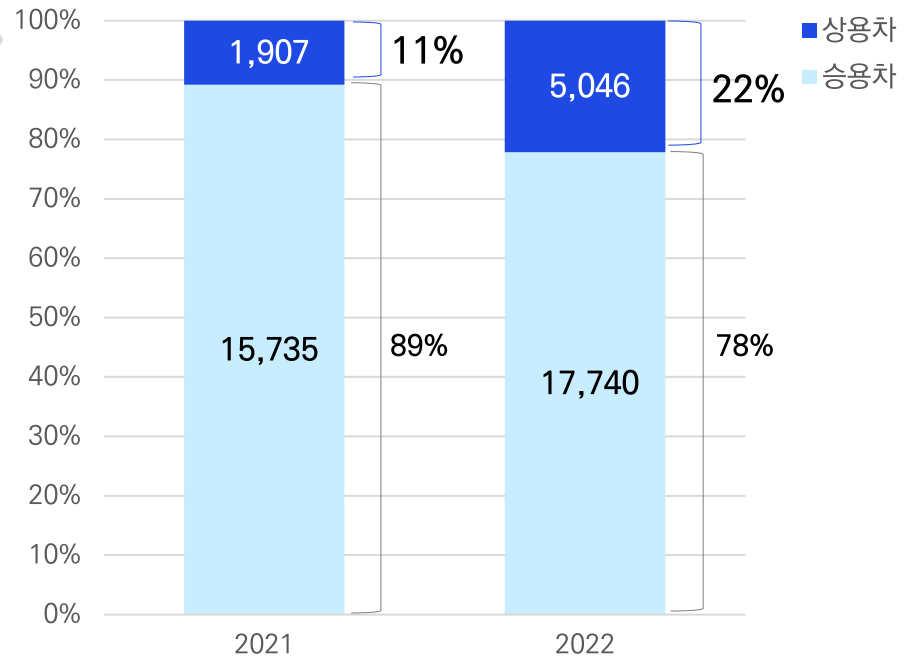
수소차는 짧은 충전 시간과 1회 충전 당 긴 주행거리 등의 이점때문에 인프라 부족이라는 단점에도 불구하고 상용차에서 선호되는 경향 존재. 2022년 전 세계 수소 상용차 판매량 비중은 전년 대비 상승. 더불어 전 세계 수소차 시장 점유율 1위인 현대자동차그룹의 수소 트럭 중심 판매 전략 등으로 상용차 시장이 각광받을 것으로 기대

전 세계 수소차 시장 현황 및 전망



Source: LMC Automotive (2023.1분기)

전 세계 수소 상용차 판매량 비중 전년('21년) 대비 상승



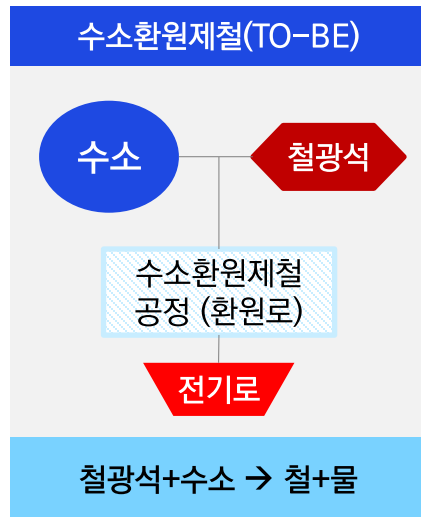
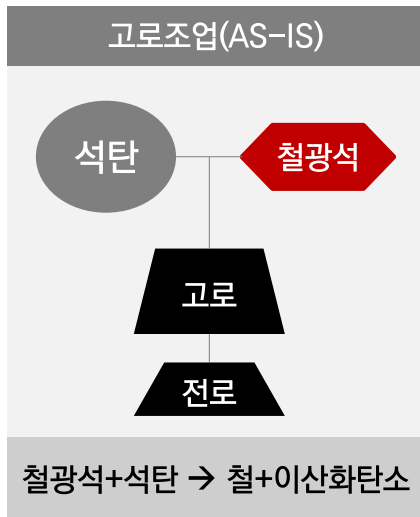
Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성
 Note: 그래프 수치 단위는 자동차 대수

⑫ 수소환원제철

수소환원제철은 화석연료를 사용하여 철강 제품을 만들어내던 것을 수소로 대체하여 만들어진 철강 제품·공정 의미. 전 세계 그린 스틸 시장은 각 철강사의 탄소배출 절감 활동 및 각 국의 탄소중립 정책에 힘입어 크게 성장할 것으로 전망

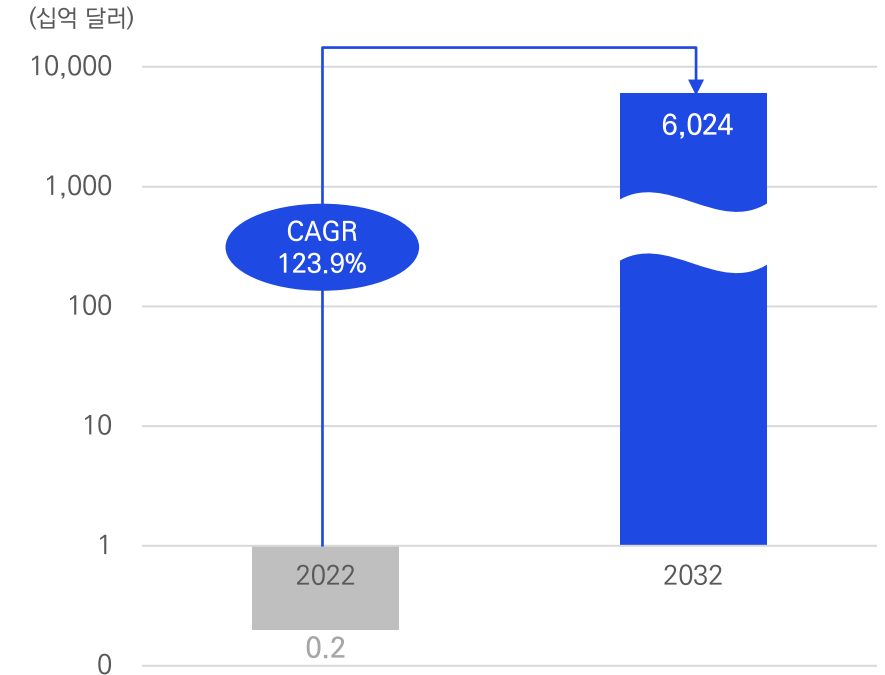
수소환원제철이란?

수소환원제철이란 철(Fe)을 생산하기 위해 사용하는 환원제를 기존에 활용하던 화석연료 대신 수소를 이용해 만들어진 저탄소 철강 제품 또는 저탄소 철강 제품을 만드는 공정



Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

전 세계 그린 스틸¹ 시장 전망



Source: 언론보도 종합

Note 1: 수소환원제철을 포함, CCUS 활용 등 다양한 방식의 탄소중립 기법을 활용하여 만든 철강

⑬ 수소 연료전지

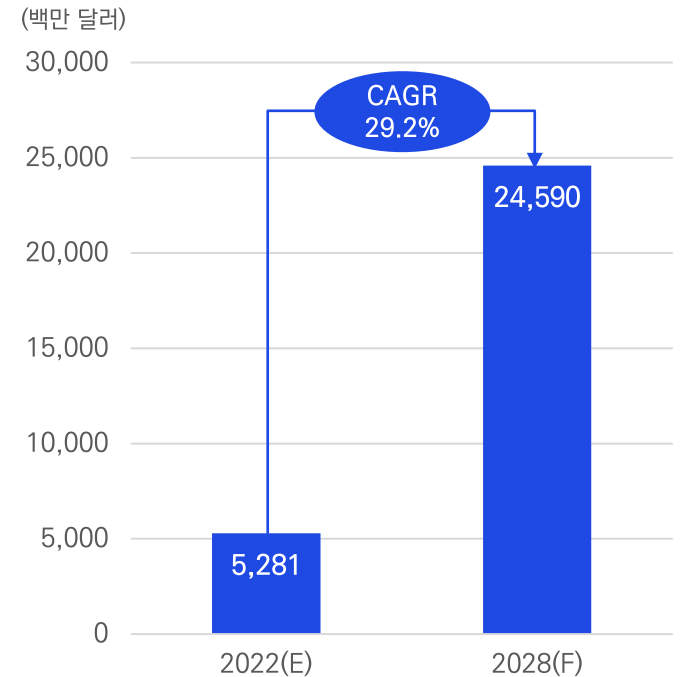
산업용 원료로 쓰이는 수소를 제외하고 대체로 수소는 연료전지 형태로 사회 전반에서 활용됨에 따라 연료전지 중요성 부각. 전 세계 연료전지 시장은 2022년 52.8억 달러에서 2028년 245.9억 달러로 연평균 29.2% 성장할 것으로 전망

수소 연료전지의 종류

구분	저온형 연료전지			고온형 연료전지	
	인산형 (PAFC)	고분자전해질형 (PEMFC)	알칼리형 (AFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체산화물형 (SOFC)
전해질	인산염	이온교환막	수산화칼륨	용융탄산염	세라믹
운전 온도	150~250 °C	50~100 °C	0~230 °C	550~700 °C	550~1,000 °C
주 촉매	백금	백금	백금/금	페로브스카이트	니켈
전기 화학적 반응 효율	45~55%	40~60%	60~70%	45~55%	40~60%
주 용도	중형건물 분산전원 (200kW)	수소전기차, 가정용·건물용, 소규모 분산발전용 (1~10kW)	우주발사체 전원	중대형 건물 복합 발전, 열병합발전 (100kW~MW)	소·중·대용량 복합 발전, 열병합발전 (1kW~MW)
특징	수소의 불순물인 일산화탄소(CO)에 대한 내구성 높, 열병합 대응 가능	저온작동, 고출력밀도	이산화탄소에 민감, 순수한 수소와 산소 사용 필요	내부개질 가능 ¹ , 열병합 대응 가능	내부개질 가능 ¹ , 복합발전 대응 가능

Source: 한국과학기술연구원, 삼성KPMG경제연구원 재구성
 Note 1: MCFC, SOFC는 연료를 천연가스로 사용 시 내부개질 방식을 통해 수소로 전환 가능

전 세계 연료전지 시장 전망



Source: QYResearch Korea

Contents

I. 수소경제의 의미와 동향	2
II. 수소경제 밸류체인과 주요 이슈	8
III. 13가지 수소경제 비즈니스 기회	16
IV. 수소경제 발전 단계와 초기 시장 대응 전략	33



수소경제 발전 단계

수소경제는 초기 스케일업 구간을 지나 수소 기술·적용 산업이 다변화되는 시기를 거쳐 국가적 차원에서 활용되는 시기를 맞이할 것으로 전망

초기 단계 스케일업 → 기술 다변화 및 산업 다양화 → 국가적 차원의 광범위한 활용으로 수소경제 발전

구분		초기 단계 스케일업 (2023~2025)	수소 기술 다변화, 적용 산업 다양화 (2026~2030)	국가적 차원의 광범위한 활용 (2031년 이후)
주요 동인	정책 지원	<ul style="list-style-type: none"> 수소 생산 규모 스케일업 및 충전 네트워크 확보를 위한 정책 지원 필수 핵심 산업의 규제 완화 선결 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 운송, 발전 외 철강, 항공, 데이터 센터, 가스 등 분야에서 수소 사용 확대 → 산업별 맞춤형 인센티브 제공 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 일부 산업에서 수소 활용 비용이 화석연료 대안과 동등 → 발생 가능한 외부효과에 대해 정책적 조정 필요
	수소 생산	<ul style="list-style-type: none"> 수전해 기반 수소 생산 스케일업, On-site 충전소 수소 생산 도입 SMR+CCS 기반 수소 생산 확산 	<ul style="list-style-type: none"> 수소 생산 단가 경쟁력 제고로 관련 제품(연료전지 등) 생산 규모 확대 대규모 CCUS 시설 확산 	<ul style="list-style-type: none"> On-site 수소 생산(충전 설비) 확충, SMR+CCUS과 비용 경쟁 수소 밸류체인 인프라 업그레이드
	수소 저장	<ul style="list-style-type: none"> 기체수소 중심으로 수소 활용 액화수소 시범적 활용 블루암모니아 중심 수소캐리어 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 사회 전반에 액화수소 활용도 확산 블루암모니아 외 그린암모니아를 수소캐리어로 활용하는 비중 제고 	<ul style="list-style-type: none"> 액화수소 비용과 그린암모니아 비용의 경제성 확보 이에 따른 수소캐리어 표준 경쟁
	수소 운송	<ul style="list-style-type: none"> 타입4 튜브트레이일러 활용 점진적 확대 해상 운송 시 액화수소 및 암모니아 운반선 시범 활용 등 초기 단계 시장 형성 	<ul style="list-style-type: none"> 타입4 튜브트레이일러 활용도 제고 액화수소 운반선 및 암모니아 운반선 활용 비중 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 타입5 튜브트레이일러 활용 시작 액화수소 및 수소캐리어로서 암모니아 활용 비용이 화석연료 경제성 수준으로 감소
	수소 충전 및 활용	<ul style="list-style-type: none"> 기체 수소 충전소에서 점차 액화수소 충전소 시장 개화 각 산업별 수소 활용 기술 연구 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 액화수소 충전소 비중 확대 발전용 연료전지 활용 제고 수소환원제철 등 수소 활용방안 지속 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 액화수소, 수소 복합 충전소 비중 지속 확대 발전용 연료전지 활용 확대 수소환원제철 기술 지속 개발/일부 실증

Source: 삼정KPMG 경제연구원

초기단계 스케일업 구간에서 기업의 전략방향 (1/3)

수소 관련 사업은 높은 기술적 진입 장벽 존재하므로 기업 외부 역량을 활용하여 시장에 진출하는 방식을 적극적으로 검토 필요. 초기 단계 수소경제 시장에 진입한 기업은 지분 투자, 합작법인 설립, 인수합병을 통해 각 시장에 진출

① 외부 역량 적극적 활용하여 수소 시장 진입

	지분 참여	합작 투자				인수합병
기업	<ul style="list-style-type: none"> SK(주), SK E&S → 미국 플러그파워 (Plug Power) 	<ul style="list-style-type: none"> 르노그룹 & 플러그파워 	<ul style="list-style-type: none"> 효성중공업 & 독일 린데(Linde) 	<ul style="list-style-type: none"> 두산에너지빌리티 & 프랑스 에어리퀴드 (Air Liquide) 	<ul style="list-style-type: none"> SK에코플랜트 & 미국 블룸에너지 (Bloom Energy) 	<ul style="list-style-type: none"> 한화종합화학이 미국 PSM¹, 네덜란드 ATH² 를 인수
진출 시장	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 수소 연료전지 시장 	<ul style="list-style-type: none"> 유럽 중소형 수소 상용차 시장 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 액화수소 플랜트 시장 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 액화수소 플랜트 시장 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 SOFC 연료전지 시장 	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 수소 혼소 발전 시장

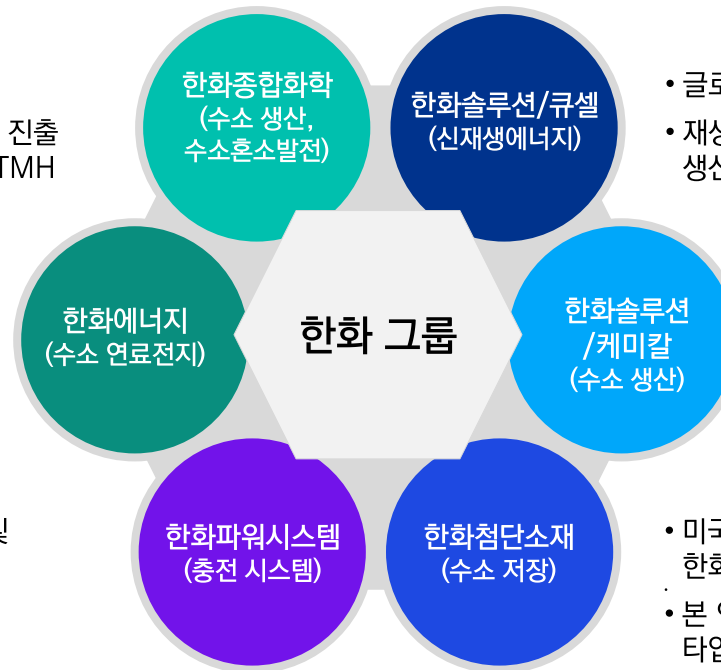
Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성
 Note 1: Power System Manufacturing / Note 2: Ansaldo Thomassen

초기단계 스케일업 구간에서 기업의 전략방향 (2/3)

수소경제는 초기 단계 시장이므로 가시적인 재무적 효과 달성까지 일정 시간이 걸릴 것으로 예상. 따라서 기업은 기존 핵심 사업을 수소 사업과 연계하고, 수소경제 밸류체인 전반을 아우르면서 시장 개척에 소요되는 비용 감축 필요

② 기존 핵심 사업과 수소 사업 연계, 밸류체인 전체를 아우르는 수직적 통합 모델 추구

- 석유화학 공정에서 발생하는 부생수소 활용
- 발전연료로 수소를 활용한 수소혼소발전 분야 진출 (수소 가스터빈 기업인 미국 PSM, 네덜란드 TMH 인수합병)
- 한화토탈에서 공급받은 부생수소 활용하여 한국동서발전, 두산퓨얼셀과 함께 수소 연료전지 발전소 운영 중
- 수소 압축기 등 수소 충전 시스템 설비 개발 및 생산 담당



- 글로벌 1위의 태양광 모듈 제조업체
- 재생에너지를 활용하여 친환경 수소(그린 수소) 생산 체계를 만들 수 있는 기반 보유
- 큐셀 부문의 태양광발전 뿐 아니라 케미칼 부문에서 수전해 기술 확보하여 그린 수소 생산 계획
- 미국 고압탱크 업체인 시마론(Cimarron) 인수 → 한화시마론, 수소 연료탱크 생산 공장을 미국에 구축 중
- 본 인수로 기존 타입4 연료탱크 대비 10% 이상 가벼운 타입5 연료탱크 기술 확보 완료, 상용화 준비 중

Source: 각 사 홈페이지, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

초기단계 스케일업 구간에서 기업의 전략방향 (3/3)

정부의 수소경제 추진방향에 따르면 수소 상용차, 액화 수소 충전소, 청정수소 기반 발전 시장이 정책적 지원을 받을 것으로 예상. 현대자동차그룹, SK그룹 등은 각각 수소 상용차와 액화 수소 충전소 시장에 진입하며 시장 선점에 노력

③ 기업 R&D 방향을 정부 정책과 긴밀히 연계

3대 추진전략 및 9대 추진과제(안)

청정수소 생산기술 국산화	<ul style="list-style-type: none"> ① 주요 수전해 생산기술 국산화 ② 차세대 수전해 생산기술 확보 ③ 미래 수소생산기술 원천 연구
수소 저장 및 운송 기술 고도화	<ul style="list-style-type: none"> ① 해상 운송 및 저장 기술 고도화 ② 전국 수소 보급기술 국산화 ③ 국제 표준 및 인증체계 확보
수소 활용 기술 글로벌 1위 공고화	<ul style="list-style-type: none"> ① 수소전기차 기술 초격차 확보 ② 차세대 모빌리티 기술 선점 ③ 청정수소 발전 핵심 기술 개발

정책적 지원이 예상되는 주요 분야

수소 상용차	<ul style="list-style-type: none"> • 수소버스 및 수소트럭을 2030년까지 3만 대 보급할 예정 • 현대자동차그룹은 수소차 사업 재편하여 수소트럭 보급에 집중할 방침 ('23.1)
액화 수소 충전소	<ul style="list-style-type: none"> • 2022년 말 기준 전무한 액화 수소 충전소를 2030년까지 70개소 보급할 계획 • SK 플러그 하이버스는 국내 주요 수요처 인근에 액화수소 충전소 구축 계획 발표 ('23.1)
청정수소 기반 발전 시장	<ul style="list-style-type: none"> • 2022년 말 기준 0%인 청정수소 발전 비중을 2036년까지 7.1%로 확대 목표 • '23년 6월 수소발전 입찰시장 개설 공고 완료, 발전 5사, 현대차, 삼성물산, SK그룹 등 관심

Source: 과학기술정보통신부

Source: 언론보도 종합, 삼정KPMG 경제연구원 재구성

Business Contacts

수소 산업 전문팀

Audit

변영훈
부대표
T 02-2112-0506
E ybyun@kr.kpmg.com

황재남
부대표
T 02-2112-7609
E jaenamhwang@kr.kpmg.com

위승훈
부대표
T 02-2112-0620
E swi@kr.kpmg.com

강정구
부대표
T 02-2112-7629
E jeonggukang@kr.kpmg.com

최세홍
전무
T 02-2112-7628
E sehongchoi@kr.kpmg.com

지동현
상무
T 02-2112-7662
E dchi@kr.kpmg.com

최연석
상무
T 02-2112-0129
E ychoi@kr.kpmg.com

한정우
상무
T 02-2112-7672
E jungwoohan@kr.kpmg.com

이규홍
상무
T 02-2112-6916
E kyuhonglee1@kr.kpmg.com

차용재
상무
T 02-2112-6616
E ycha@kr.kpmg.com

Deal Advisory

김광석
부대표
T 02-2112-0723
E kwangseokkim@kr.kpmg.com

김효진
전무
T 02-2112-0393
E hkim68@kr.kpmg.com

이동근
전무
T 02-2112-7764
E dlee@kr.kpmg.com

홍민성
상무
T 02-2112-3564
E minsunghong@kr.kpmg.com

정유철
상무
T 02-2112-7753
E yuchuljeong@kr.kpmg.com

home.kpmg/kr

The information contained herein is of a general nature and is not intended to address the circumstances of any particular individual or entity. Although we endeavor to provide accurate and timely information, there can be no guarantee that such information is accurate as of the date it is received or that it will continue to be accurate in the future. No one should act on such information without appropriate professional advice after a thorough examination of the particular situation.

© 2023 KPMG Samjong Accounting Corp., a Korea Limited Liability Company and a member firm of the KPMG global organization of independent member firms affiliated with KPMG International Limited, a private English company limited by guarantee. All rights reserved.

The KPMG name and logo are trademarks used under license by the independent member firms of the KPMG global organization.