전략제품 현황분석

고효율
수소생산시스템



Contents

전략 제품

고효율 수소생산시스템

1. 개요 ····· 6
2. 산업 및 시장 분석 ····· 13
3. 기술 개발 동향 ····· 19
4. 특허 동향 ····· 29
5. 요소기술 도출 ····· 39
6. 전략제품 기술로드맵 ····· 45

고효율 수소생산시스템

정의 및 범위

- 수소경제는 수소생산, 저장, 운반으로 분류되며, 친환경 수소생산 시스템은 수소공급 충전설비나 파이프라인을 통해 소비자에게 수소를 제공하는 것을 포함함
- 부생수소를 이용한 수소생산방식은 탄화수소의 개질(Reforming)과정을 거쳐, 수소로 전환하여 수소를 대량생산하는 방식으로, 경제적인 생산방식임. 수소생산 기술은 단기적으로 부생수소의 활용, 중기적으로 천연가스 개질, 궁극적으로 재생에너지를 활용한 수전해를 목표로 함

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
• (해외) 9.20%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2019년에 1,180억 달러에서 2025년에는 2,018억 달러 규모에 이를 것으로 전망 • (국내) 5.0%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2019년 1.54조 원에서 2025년에는 2.07조 원 규모에 이를 것으로 전망	• 수소에너지는 친환경적으로 지속가능한 에너지시스템 수단으로 활용 가능한 에너지임 • 수소생산 산업은 친환경 고에너지원으로써 급속한 성장이 전망되어, 신규 수익창출 및 고용이 기대되는 분야임
정책 동향	**기술 동향**
• 2018년 8월 '혁신성장전략투자방향'에서 수소경제를 3대 전략투자 분야 중 하나로 선정하고 '수소경제추진 위원회'를 구성 • 2019년 1월 17일 〈수소경제 활성화 로드맵〉을 발표	• 고용량 수소저장합금 및 수소 방출 장치, 열화학 사이클을 통한 수소생산, 메탄을 이용한 수소생산 및 전기분해에 의한 장치 및 촉매 등 연구개발이 활발 • 수소의 가격 경쟁력 개선 및 수소의 양산공정 발전을 위해 연구개발이 진행됨
핵심 플레이어	**핵심기술**
• (해외) JX NIPPON OIL & ENERGY, TOSHIBA, TOKYO GAS, PANASONIC • (대기업) 현대자동차, GS칼텍스, 퓨얼셀파워, 효성, 현대하이스코 • (중소기업) 덕양, SPG케미칼, 창신화학, 대성산업가스, 제이엔케이히터	• 고내구성·고효율·재생에너지연계성 수전해 시스템을 이용한 수소 발생 기술 • 열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응 • Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술 • 물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매 • 바이오 수소 생산

중소기업 기술개발 전략

➜ **국내 중소제조업의 수소생산을 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립**

➜ **독점성이 높은 수소생산 부품 및 관련 소재에 대한 중소기업 국산화 추진**

➜ **고효율·대용량 수전해 시스템 제조방식을 궁극적 목표로 기술개발 및 재생에너지원과 연계실증 추진**

➜ **중소기업에서는 수소인프라에 대한 대규모 투자가 쉽지 않으므로, 대·중소기업간 공정한 협력·경쟁 관계 조성하고, 지방중소기업의 산·학·연 협력관계를 적극적으로 촉진 요구**

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

☐ 수소를 기반으로 운영되는 경제체계를 의미하는 '수소경제(Hydrogen Economy)'는 한국의 혁신성장의 핵심 분야로 주목받고 있음. 수소충전소, 수소 파이프라인 등 관련 인프라 구축 과정에서 수소 생산을 위한 화학·기계설계 분야와 배관·용기 등의 소재·부품 분야 등 다양한 분야에서 고부가가치 창출이 가능함

☐ 수소경제의 수소생산, 저장, 운반은 수소공급 충전설비나 파이프라인을 통해 소비자에게 수소를 제공하는 것을 포함함. 수소 생산 방법에는 부생수소, 천연가스 개질, 물 전기분해(수전해) 방식이 존재함

☐ 부생수소를 이용한 수소생산방식은 탄화수소의 개질(Reforming)과정을 거쳐, 수소로 전환 하여 수소를 대량생산하는 방식으로써, 현재 국내에서 많이 사용하며, 경제적인 생산 방법임

- 탄화수소 중 메탄은 천연가스의 대부분을 이루는 성분이며, 바이오매스 발효에 의해 생성되는 바이오가스의 약 60% 정도를 차지하는 성분임. 메탄을 개질할 경우 비교적 적은양의 이산화탄소 배출로도 수소 생산이 가능함
- 메탄을 개질하는 방식은 메탄을 고온(600~800℃)에서 수증기와 반응하여 수증기를 개질하는 방법으로, 공기에서 산소분리 후 이를 약 400~500℃ 정도에서 메탄과 반응하는 부분산화 방법임
- 수증기 개질 및 부분산화에 의해서 개질된 메탄은 수소와 일산화탄소의 혼합가스인 합성가스로 전환되며, 이 중 일산화탄소에 다시 수증기를 가해 일산화탄소를 다시 수소를 전환하는 수성전환반응이 진행됨. 이 때 생성된 가스는 분리 및 정제하여 고순도의 수소를 생산하게 됨. 현재 메탄 개질은 대부분 수증기개질 방식을 사용하고 있음

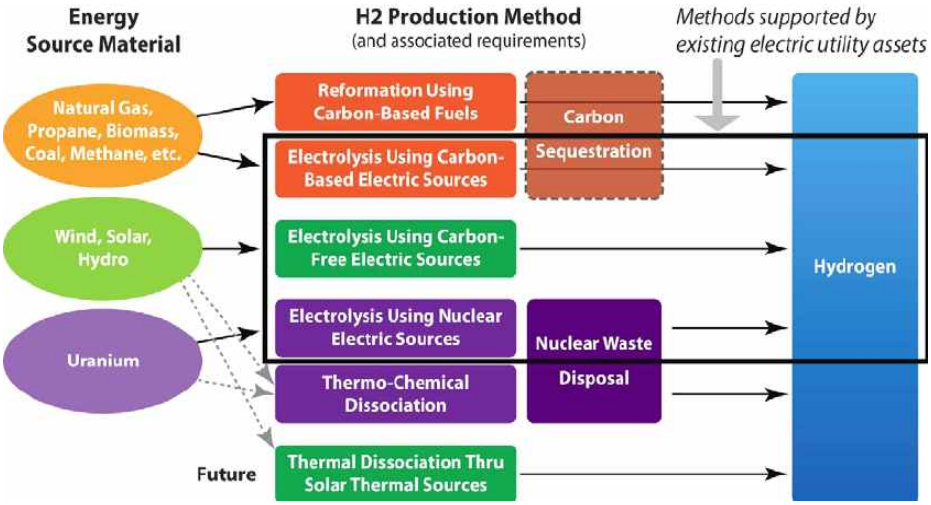
☐ 화학공정 등에서 부산물로 나오는 부생수소를 회수하여 수소생산이 생산되고 있으며, 파이프라인이나 튜브트레일러에 20㎫(200bar) 정도 압축돼 극히 일부만이 유통되고 있음

- 수소는 단위 부피당 무게가 가벼운 기체이기 때문에 튜브트레일러 1개의 모듈로는 약 200㎏의 수소의 저장·운송만 가능하므로, 운송료 부담으로 인해 실제 수소판매가격이 높아지고 있음. 대부분 부생수소가 나오는 화학단지에 수소를 필요로 하는 산업에서는 필요한 수소를 파이프라인으로 공급받아 사용하나, 이외 지역에서는 튜브트레일러를 통해서 수소를 공급받아 사용할 수밖에 없어 운송료 부담이 큰 편임
- 수소사용을 해결하기 위해 도시가스 배관이 연결된 곳 혹은 바이오가스가 생산되는 곳에 소규모의 개질기를 설치하여 현지에서 직접 수소를 생산하고, 공급하는 온사이트 수소생산 방식이 요구됨

☐ 수소는 열화학적 또는 광촉매를 활용하여 혹은 생물학적 기술로 제조할 수 있음

- 수소 생산방법은 태양광을 이용하여 물에서 수소를 얻는 방법인데 이를 위하여 광촉매활용 기술, 열화학적 수소제조, 생물학적 기술로 가장 풍부한 자원인 물과 태양에너지를 이용하여 수소를 생산하는 기술을 확립하기 위해 연구개발이 진행되고 있음

[수소생산방식 개념도]



* 출처 : NREL, Electrolysis: Information and Opportunities for Electric Power Utilities

[신재생에너지에서 고효율 수소생산 시스템]



* 출처 : 구글 이미지, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

(2) 필요성

☐ 현재 발전 및 수송 등 산업 전반에 있어, 석탄, 석유 등 탄화수소 사용을 지양하고 신재생에너지로의 에너지 전환을 강구하고 있으며, 그 중 청정 에너지원인 수소에 대한 관심이 높아지기 시작함

- 수소는 연소과정에서 온실가스인 이산화탄소를 배출하지 않는 청정에너지로 대부분의 수소는 사용되는 지점에서 생산되고 있으며, 생산된 수소의 약 50%는 암모니아 합성에 사용되고 약 30%는 원유정제에 이용되고 있음

☐ 미국 DOE(Department Of Energy)는 2050년까지의 단기, 중기 및 장기로 수소이용 확대를 예측함

- 단기에는 주로 천연가스 고효율 스팀 개질기가 개발되어 수소를 제조하고, 중기에는 천연가스 개질에 더하여 석탄 가스화나 바이오매스 열분해를 통해 수소를 제조하는 경향이 증가하게 되고 장기적으로는 태양전지나 풍력발전을 이용한 물의 전기분해로 수소가 제조될 것으로 예측하고 있음

- 2050년까지 전 세계 기준 1일 약 2천만 배럴(약 32억L)의 석유를 수소가 대체할 것으로 전망되며, 기술 고도화로 온실가스를 배출하지 않는 수전해 방식(물을 전기분해해 수소를 얻는 방식)이 보편화되면 수소 에너지 사용으로 인한 배기가스 감소량은 약 4억 4천만 톤으로 예상됨

☐ 기후변화협약파리협정이 2016년 11월에 발효됨에 따라, 현재 지속가능한 에너지 활용을 위한 대책 마련이 시급해 지고 있으며, 이를 위한 대책으로, 수소사회로의 전환이 제시됨

- 일본·미국·독일 등 주요 수소경제 선진국들은 수소에너지 전환에 대한 구체적인 로드맵과 목표를 제시하고 있으며, 국제에너지기구(IEA)의 수소실시협정, 수소경제국제파트너쉽(IPHE)와 같은 국제기구를 통해 수소경제사회의 국제적 어젠다를 형성하려는 노력을 지속하고 있음

☐ 수소에너지는 자원고갈 및 공급불안에 따른 에너지 안보 문제를 해결할 수 있으며, 저탄소 방식으로 수소에너지를 생산할 경우 온실가스 배출 문제를 해결할 수 있음. 경제적 효용 측면에서도 다른 친환경 에너지 대비 강력한 잠재력을 가짐

- 저탄소 에너지를 위한 수소생산에는 비용이 막대하게 수반될 것으로 예상되나, 수소에너지 도입 비용을 낮추고, 수소 인프라를 구축하기 위해 기반 구축 연구가 수행될 필요가 있음

- 2017년 세계경제포럼 개최 기간 중 설립된 수소위원회는 수소가 2050년까지 전 세계 에너지 수요의 18%를 차지할 것으로 전망함. 이는 약 2조 5천억 달러(약 2,800조 원) 규모의 관련 시장을 창출하고, 전 세계 3천만 개의 일자리를 만들어 낼 것으로 기대됨

☐ 정부는 2015년 12월 '수소차 보급 및 시장 활성화 계획'을 시작으로 2018년 6월 '친환경차 보급 확산을 위한 정책 방향'까지 지속적으로 수소전기차 보급 대책을 강구하고 있음

- 수소경제로드맵에 기반하여 한국은 2040년까지 연간 526만 톤의 수소 생산을 목표로 하고 있음(2018년 기준 13만 톤 생산). ㎏당 평균 수소 생산 비용을 3천원(미 달러 2.59) 수준으로 낮출 수 있다면 수소는 경제적인 친환경 대체 연료로 각광받을 것으로 전망함

☐ '수소경제 활성화 로드맵'에 따라 정부가 수소생산기지 구축사업을 본격화할 전망임. 수소생산기지는 거점형 중·대규모 수소생산기지, 분산형 소규모 수소생산기지로 구분됨

- 천연가스 공급망에 300~1,000N㎥/h 이상급 수소추출기를 구축해 수소를 대량생산하는 중·대규모 수소생산기기는 수소 수요를 감안해 연차적으로 확대한다는 계획에 있음. 중·대규모 수소생산기지는 2,000N㎥/h 규모 1기와 5,000N㎥/h 규모 1기 총 2기를 구축할 계획에 있음
- 분산형 소규모 수소생산기지는 LPG·CNG 충전소 또는 CNG 버스 차고지 등에 1일 수소 생산량 500㎏ 수소추출기를 구축해 수소를 생산·공급함. 권역별로 충전소에 공급하는 'Mother station'으로 운영하는 방식으로, 도시가스 배관망을 활용해 추출수소를 생산함
- 수소생산기지 구축사업은 수소생산 및 공급 인프라를 버스차고지나 인근부지, 가스공사의 정압시설에 구축하는 사업으로 2020년에 294억 4,000만원이 편성되며 2019년 대비 144억 4,000만원이 증액됨

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

□ 수소에너지는 화석연류 및 재생에너지원에 의한 수소 생산단계와 생산된 수소를 가공해 저장하는 단계, 저장된 수소를 수요처로 이송하는 단계와 수요처에서 실수요자에게 전달하는 단계, 실수요자가 전달받은 수소연료를 연료전지를 이용해 사용하는 최종단계로 분류됨

□ 고효율 수소생산 시스템 분야에서 전방산업으로 에너지 생산·저장이 주목받고 있음. 소규모 지역 전력망에 많이 활용될 분산전원, 발전소가 더욱 커질 것으로 전망됨. 후방산업은 부생수소가 발생하는 중화학공장, 산업가스 발생하는 산업이 이에 해당함

[수소 생산시스템의 가치사슬]

후방산업	H_2 생산	전방산업		
Source		H_2 전환	H_2 저장 및 운송	H_2 활용
• 태양광 • 풍력 • 수력 • 원자력 • 천연가스 • 석탄 • 바이오가스	• 알칼라인 수전해 • AEM • PEM 수전해 • SOEC • 수증기 개질+CCS • ATR+CCS • 메탄 열분해 • 열화학수소	• 액화수소 • 압축 수소 • 암모니아 • LOHC	• 파이프라인 • 트레일러 • 선박 • 기체, 액화 수소 충전소	• 수송분야(승용차, 버스, 트럭, 선박, 열차) • 발전(연료전지, 가스터빈) • 제철 • 보일러 • 비료

* 출처 : 한국석유공사(2021), “수소에너지산업의 현재와 미래”

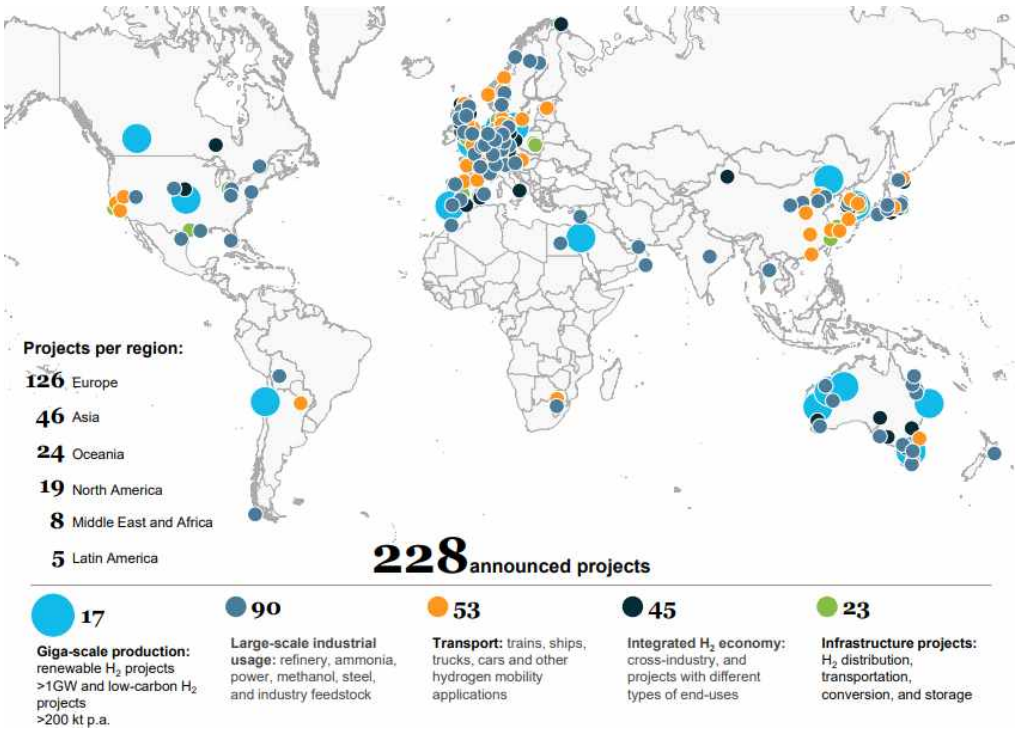
□ 수소에너지의 가치사슬 구조는 수소의 생산, 저장·운반과 관련된 공급부문과 수소의 이용용도에 따른 수요부문으로 구분이 가능함

- 공급부문은 수소의 생산, 저장·운반을 위한 다양한 장치산업 및 인프라로 구성됨
- 수요부문은 크게 가정용, 발전용 및 수송용 부문으로 구분할 수 있으며 수소의 이용을 위한 연료전지 관련 산업이 중심임

□ 수소산업의 가치사슬에 해당하는 228개 이상의 대규모 수소 프로젝트가 발표되었으며, 이 가운데 85%가 유럽, 아시아 및 호주 지역에서 진행되고 있는 것으로 나타남. 특히 유럽이 전체 국가 중 55%의 비율로 가장 높으며, 호주, 일본, 한국, 미국 및 중국 등도 부가적으로 수소산업 허브를 구축함

- 유럽에는 2021년 기준 105개의 생산 프로젝트가 진행 중에 있으며, 이는 미드스트림 및 다운스트림을 포함한 전체 수소 가치사슬을 포괄함
- 밸류체인별 진행 중인 프로젝트들은 대규모 수소생산, 산업용 연료(정제, 발전, 철강 등), 운송 및 수송(기차, 선박, 자동차 등 모빌리티), 복합 적용, 인프라(유통, 충전 등) 분야임. 특히 한국, 일본 등은 녹색 암모니아, LH_2, LOHC 프로젝트 등 수송 응용 프로젝트에 중점을 두고 있음

[가치사슬에 따른 글로벌 수소 프로젝트]



* 출처 : Mckinsey&Company(2021), “Hydrogen Insights”

(2) 용도별 분류

☐ 생산된 수소는 연료전지를 이용하여 가정·산업 부문의 분산형 에너지시스템 및 수송용 기기 등 소비 부문의 에너지원으로 이용 가능함

[생산된 수소의 시계열적 소비용도]

현재	실용화 단계	미래
공업용 프로세스에서 석유정제 등, 광화이버 제조, 우주 : 로켓연료	수송(연료전지자동차(FCV)) 가정용 연료전지	업무·산업용 연료전지(수소발전), 가정용(포터블 연료전지), 냉동트럭 등의 특수차량(보조전원), 수송

* 출처 : 수소 연료 전지 전략 협의회(2016), “수소 연료 전지 전략 로드맵” 재인용

◎ 기술별 분류

☐ 수소생산 기술은 단기적으로 부생수소의 활용, 중기적으로 천연가스 개질, 궁극적으로 재생에너지를 활용한 수전해를 목표로 함

- 현재 대부분의 수소는 화석연료인 천연가스, 석유/잔사유, 석탄의 수증기개질, 열분해, 가스화를 통해서 생산되고 있으며, 신재생에너지를 통한 물분해, 광을 이용한 직접분해, 원자력에너지를 이용한 물의 열화학 분해, 고온전기분해를 통해 수소를 생산하는 연구 등이 진행되고 있음

[수소 생산에 대한 기술별 분류]

분류	상세 내용
화석연료개질	• 천연가스에서 수소를 생산하는 재래방식의 기술은 증기개질, 비촉매 부분산화, 자열개질, 이산화탄소 개질, 직접분해기술 • 세계적으로 생산되는 수소의 약 50%를 제조하는 메탄 수증기 개질공정 기술을 이용 • 첨단방식으로 천연가스에서 수소생산 방식은 촉매부분산화, 플라즈마 촉매개질, 흡착부과 반응 등이 존재하며, 최근에 대체에너지원을 이용하여 수소를 생산하려는 다양한 기술들이 연구가 진행되고 있음
생물학적 수소생산	• 생물학적 수소생산 기술은 다양하여 기질로 사용되는 원료 물질에 따라 물, 유기물, 가스로 크게 구분되며, 미생물의 기작에 따라 기술이 다양함 • 녹조류(green algae)가 빛을 흡수하여 물로부터 양성자와 전자를 공급받아 수소를 생산하는 직접 물 분해(direct photolysis) 수소생산 기술 • 질소고정효소에 의한 광합성작용으로 물을 분해하여 산소를 발생하고 동시에 공기 중의 이산화탄소를 고정하며 수소를 발생하는 효소관여 수소생산 기술 • 유기물로부터 purple non-sulfur 박테리아의 광합성 발효에 의한 수소생산 기술 • 광이 존재하지 않은 조건에서 혐기 미생물에 의해 유기물자체가 에너지원으로 사용되는 발효에 의한 수소생산 기술
열화학 싸이클에 의한 수소생산	• 금속 산화물을 이용한 다단계 열화학싸이클을 이용하여 물로부터 수소를 생산 • 열원으로는 고온의 가스로, 집열된 태양열 및 핵반응로가 가능하며 흡열반응에 필요한 열과 발열을 상쇄하면 이론상 전기분해법보다 높은 열효율을 얻을 수 있음
물 전기분해 수소생산	• 상업적으로 개발되어 사용되는 방법은 알칼리전해질을 이용한 물전기 분해 기술 • 고분자 전해질 물전기분해의 경우 알칼리 수전해보다 에너지효율이 높으며 그 이론효율은 80~90%에 달함 • 이온의 이동을 위해 사용하는 알칼리 전해질 대신 고체산화물을 전해질로 사용하여 고온에서 물을 분해하는 기술
태양광을 이용한 물분해 수소생산	• 태양에너지를 이용해 물로 부터 수소를 생산하는 기술 • 전기를 만든 후 물 전기분해, 직접 물분해, 광촉매를 이용한 물분해, 광생물학적 방법을 이용한 물분해, Non-O_2(예: 산소발생 과전압이 높기 때문에 H_2S를 이용해 수소와 황을 생산하는 반응) 발생 시스템을 이용한 수소생산 등이 있음

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 수소경제 활성화 본격화

□ 국내 정부는 코로나19로 인해 침체된 에너지시장의 위기극복과 친환경에너지 보급 확대의 일환으로 그린뉴딜 정책을 추진하고 있으며, 이는 스마트 그린도시 및 친환경차의 보급 확대 정책을 포함

- 산업통상자원부는 에너지소비효율을 향상시키고 재생에너지, 수소경제 등 에너지신산업을 확산시켜 저유가를 산업구조 혁신과 에너지전환의 기회로 활용할 방침을 포스트 코로나19 대응과제로 제시함

□ 코로나19로 침체된 경제회복과 탄소배출량감소목표 달성을 위한 해결책으로써, EU 집행위원회는 수소경제 활성화의 중요성을 강조하며, 에너지 부문의 온실가스배출량 감축을 위한 EU에너지시스템통합전략과 수소전략을 발표

- 2020~2024년 동안 유럽연합 내 6GW의 수전해 설비를 설치하여 1백만 톤의 수소생산을 지원할 예정임. 2025~2030년까지 최소 40GW의 수전해설비를 확보하고 생산량을 최대 1만 톤까지 늘리겠다는 계획임

- 2030~2050년에는 화학, 철강분야에서 대규모로 활용 가능해짐에 따라, 수소의 비중이 2050년까지 에너지공급원구성(Energy Mix)의 23% 이상으로 늘어날 전망

◎ 친환경 지속가능 에너지시스템으로 전환에 중요한 수단인 수소에너지

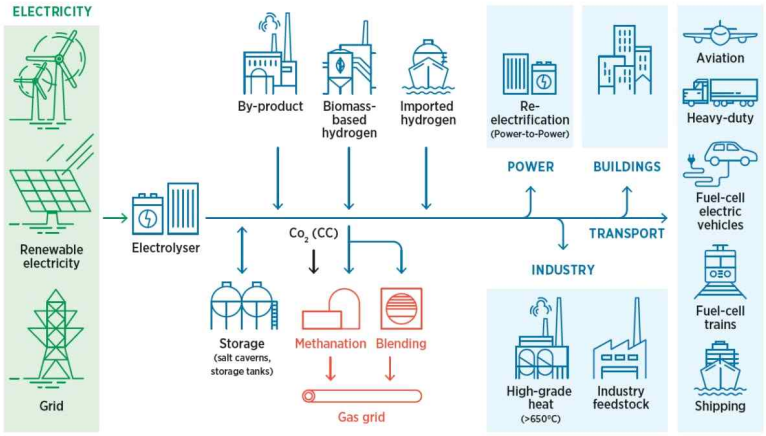
□ 수소에너지 시스템에서 수소는 연료전지와 수전해 장치를 통하여 전기에너지로 전환이 가능하며 화석연료, 핵, 재생에너지원으로부터 얻을 수 있음. 수소는 가스나 액체로 만들어 쉽게 수송할 수 있고 다양한 형태로 저장 가능함

□ 수소 가치사슬을 활용하면 화석연료 중심에서 수소에너지 중심으로 에너지 시스템의 전환이 가능함. 수소는 연료전지를 통하여 전기에너지로 변환이 가능하므로, 태양광·풍력과 같은 재생에너지에 운송된 수소를 연료전지로 발전하면 전력에너지 저장장치로 활용 가능함

- 수소는 1차 에너지원으로부터 얻을 수 있고, 수전해, 천연가스개질, 석탄가스화 방법 등이 상용화 되어있음. 생산된 수소는 고압기체로, 액화상태 및 액상 화합물과 금속수소 화합물과 같은 방법으로 저장되며, 이용기술로 발전용 연료로 연료전지, 가스터빈 등을 사용하여 전력을 생산함. 수소전기차, 내연기관, 기관차, 로켓엔진 등 수송용 연료로 이용 가능함

- 잉여전력은 수전해를 통해 수소로 전환되어 저장되고, 필요시 연료전지를 통하여 수요지에 전력, 열 및 수소전기자동차용 연료로 공급하게 되며, 저장된 수소는 단거리, 장거리 파이프 망을 통하여 지역에 공급되어 같은 방법으로 활용이 가능함

[Power-to-gas 시스템]



* 출처 : IRENA(2019), “International Renewable Energy Agency”

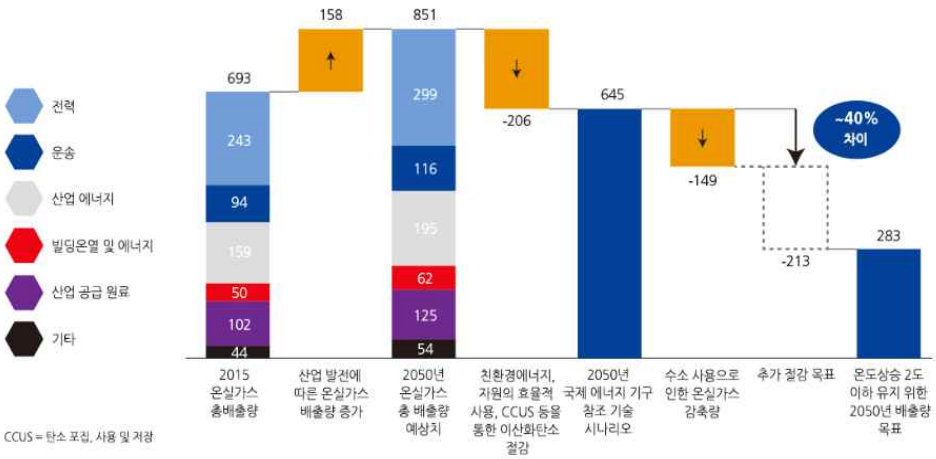
◎ 고용, 수익창출 및 친환경 에너지원으로써 전망되는 산업

☐ 수소 경제로의 전환은 신규 산업을 창출하고 경쟁력을 보유한 국내 산업 성장을 도모할 수 있을 것으로 전망됨

- 맥킨지의 조사에 의하면, 수소 경제는 신규 고용 창출의 원동력이 될 것으로 예측함. 수소 경제로의 전환은 2050년까지 60만 명 수준이며, 전체 밸류체인 측면에서는 수소의 생산부터 유통, 수소차 판매 등 소비의 관점으로 봤을 때, 2050년까지 유관산업 매출 70조원 수준을 기대하고 있음

☐ 2050년까지 전력 발전, 난방 시스템, 산업용 원료 등 수소의 사용처가 확대되면, 2050년에 발생될 것으로 예상되는 온실가스를 약 60% 정도 감소할 것으로 예상되며, 2030년까지 180만대의 수소차를 운행한다면 미세먼지의 양이 약 10%가 감소될 것으로 전망

[2050년 적용분야에 따른 CO_2e 예상 감축량(단위 백만 톤)]



* 출처 : 이스트스프링자산운용 코리아(2019)

▢ 중화학공업 기업들은 수소의 저장, 유통 및 생산 기술 개발을 통해 수소에너지 시장을 공략

- 철강 및 석유화학 기업은 향후 추가적인 수요에 필요한 부생수소 생산설비 확대할 수 있음. 조선/플랜트 기업은 액화천연가스 및 수소 운반 체계에서 추가적인 사업기회, LNG를 활용한 수소 생산 시설 건립, 향후 디젤 선박을 대체할 수소 동력 선박 건조에 적용가능

◎ 전통 및 비전통부문의 수소 소비량 확대

▢ 수소는 주로 석유화학산업, 전자, 재료, 반도체 제조, 제철 및 우주항공 등의 산업용으로 사용되어 왔으며 응용분야가 지속적으로 확대되고 있음

▢ 가정용, 건물용, 발전용 및 수송용 연료전지 보급이 확대될 경우 선진국들의 온실가스 감축 의무 이행에 따른 비전통적 부문의 수소수요도 급격히 확대될 것으로 예상됨

▢ 현재의 발전용수요 중심에서 가정용 및 수송용, 건물·상업용 등 다양한 분야로 수소에너지 수요가 확대될 것으로 전망됨에 따라, 수소생산이 확대될 것으로 예측됨

◎ 정책적 지원 강화

▢ 코로나19로 인해 침체된 경제를 부양하기 위해, EU는 환경 인프라 투자의 일환으로 유럽 수소전략을 발표함. EU 수소경제 규모를 2020년 기준 20억 유로(약 2조 6,970억 원)에서 2030년까지 1400억 유로(약 188조 8,140억 원)로 높이는 것이 목표임

- EU는 역내 각국과 에너지·자동차·화학·운송 등 각 분야기업 총 200개 이상이 참여하는 민관 '수소연합'을 결성

▢ 일본은 미이용 에너지를 이용해 수소를 생산·조달하는 수소 서플라이체인을 구축하기 위해 관련 기술 개발 및 국제 협력을 강화하고 있음. 일본의 수소전략은 수소 공급 부문에 초점을 두고 있으며 사업자립화 및 수익성이 확보된 이후 CO_2-Free 수소 생산에 집중할 방침

▢ 중국은 수소전기차 개발 및 보급에 가장 적극적인 나라 중의 하나로, 2020년 '수소에너지 산업파크'를 조성해 100곳 이상의 수소전기차 관련 기업을 유치했으며, 광둥성과 후베이성을 수소전기차 발전 중심도시로 지정하여 정책적으로 투자 및 지원 중임

▢ 국내정부는 코로나19로 침체된 경제를 살리기 위해, 수소경제에 대한 정책적 지원을 강화하고 있음. '수소경제위원회'에서는 수소경제 선도국가로 도약하기 위해 수소발전 의무화제도 도입방안을 검토하고 있으며, 수소시범도시 기본계획 및 수소도시법 제정방안을 계획할 예정

- 2018년 8월 '혁신성장전략투자방향'에서 수소경제를 3대 전략투자 분야 중 하나로 선정하고 '수소경제추진 위원회'를 구성, 2019년 1월 17일 〈수소경제 활성화 로드맵〉을 발표함
- 발전, 수송, 건물, 산업 및 산업용 원료 부문이 수소 기반 경제로 이동하면 향후 2025년에 국내 기준으로만 약 70조 원의 경제효과를 발생할 것으로 전망
- 국내 발전의 경우 우리나라는 이미 수소 연료전지 발전 상용화에 성공했고, 여기 더해 수소 터빈 발전까지

도입된다면 2050년 국가 전체 발전량의 약 10%에 해당하는 전력을 생산할 수 있을 것으로 추정

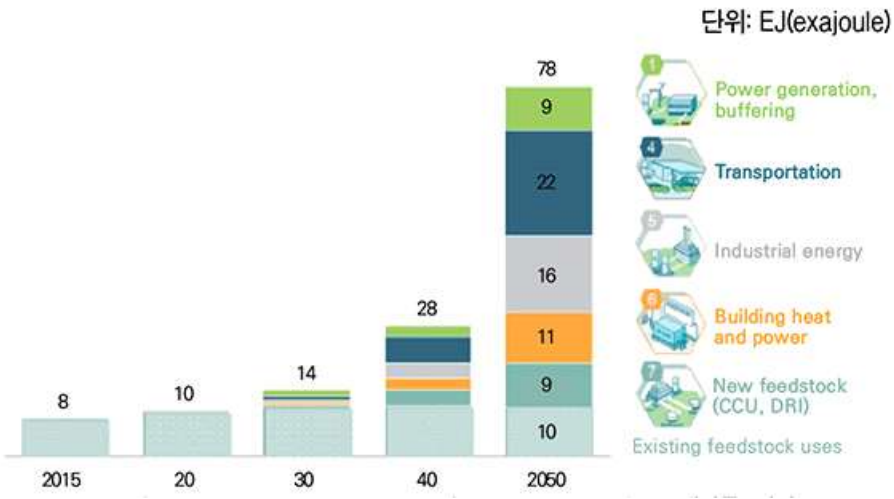
나. 시장 분석

(1) 세계시장

☐ 수소위원회의 'Hydrogen, Scaling up' 보고서에서는 수소에너지가 2050년에 전 세계 에너지 수요량의 대략 20%를 담당하면서 CO_2가 매년 약 60억 톤이 감축될 것으로 전망함

- 2050년까지 수소와 관련된 산업 분야에서 연간 2조 5,000억 달러의 시장가치 유발효과 및 3,000만개 이상의 일자리 창출이 가능할 것으로 예측. 2050년까지 수송부문이 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망되며, 그 중 수송용 연료전지가 연료전지 시장 성장을 주도할 것으로 예상

[세계 수소시장 전망]



* 출처 : 한국가스신문(2019), "수소시장 전망과 가스업계 대응 방안"
* 1EJ: 수소 7백만 톤=전력 278TWh

☐ 일본의 수소시장 전망치에서는 2030년에 1차 에너지 공급량 중 LNG가 가장 큰 비중을 차지하고 다음으로 원자력과 수소가 많은 비중을 차지

- 향후 1차 에너지 공급량 중 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망되는 수소에너지는 2050년에 대략 40% 정도를 차지할 것으로 예측됨

- 일본정부는 2030년까지 수소전기차는 80만대, 수소버스는 1,200대, 수소지게차는 만대를 보급할 계획이며, 업무·산업용 연료전지 판매를 확대하고 가정용 연료전지인 '에네팜'의 보급 확대에도 주력할 예정임. 일본의 수소시장 규모는 2030년에 1조엔(약 10조원), 2050년에 8조 엔으로 예측

☐ 세계 수소생산시장은 2019년~2025년간 9.20%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2019년에 118,000백만 달러에서 2025년에는 201,800백만 달러 규모에 이를 것으로 전망됨

[고효율 수소생산 시스템 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	CAGR
합계	118,000	130,000	141,900	155,000	169,300	184,900	201,800	9.20

* 출처 : Markets and markets(2021), "Hydrogen generation market"

□ 세계적으로 강화된 환경규제로 수소에 대한 니즈가 증가하고 있으며 코로나 19로 인한 경제위기를 수소 인프라·실증 확충 및 기술개발 지원을 통해 이겨내고 있는 추세로, 수소 에너지 관련 시장규모는 향후에도 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

(2) 국내시장

□ 정부는 '혁신성장전략 투자방향'에서 수소경제를 3대 전략투자분야로 선정하였으며, 에너지경제연구원에 따르면, 한국의 수소경제가 성장할 경우 2040년 수소경제로 말미암아 발생하는 부가가치 규모를 2017년 우리나라 GDP의 약 2.5%를 초과하는 43조원으로, 고용유발인원을 2018년 자동차 산업 고용인원의 75%를 초과하는 42만 명으로 추산함

- 수소활용 단계에 있어 수송분야의 경우 2040년까지 수소차 620만대 보급 및 수소충전소 1,200개소 확충, 에너지 분야의 경우 2040년까지 발전용 15GW, 가정·건물용 2.1GW 연료전지 공급을 계획함. 이에 따라 수소 공급량은 2040년 연간 526만톤 이상이며, 수소가격은 ㎏당 3,000원이 될 것으로 전망됨

[수소경제 활성화 로드맵에 따른 수소 공급 및 가격]

구분	'18년	'22년	'40년
공급량	13만톤/年	47만톤/年	526만톤/年 이상
수소가격	-	6,000원/㎏	3,000원/㎏
공급방식	초기: Grey수소(부생·추출수소 중심) → 성숙기:Green수소(수전해·해외수입수소 중심)		

* 출처 : 국회예산정책처(2019), "수소경제 활성화 로드맵에 따른 2020년도 주요사업 및 향후 고려사항"

□ 글로벌 수소시장 5위 규모인 국내의 2020년 기준 수소 수요는 444만 톤에 달한 것으로 예측됐으며, 이 가운데 정유 부문에서 86% 발생한 것으로 추산됨. 우드맥킨지에 따르면 그린 수소 생산 비용이 2030년까지 최대 50%까지 감소될 것으로 전망하면서 한국의 수소경제 활성화 정책에 힘을 실어줄 것이라고 예측

□ 정부는 최근 2050년까지 수소 경제를 구축하겠다는 계획을 발표하였으며 2022년까지 3개 수소도시 구축, 연료전지자동차(FCV) 보급의 가속화 등을 포함하고 있어, 이를 통해 국내 관련 분야의 수소 투자 경쟁이 촉발될 것으로 분석

- 수출을 포함한 연료전지차 생산량은 2020년 2,000대 이하에서 2022년까지 81만대, 2040년에는 620만대로 증대할 계획

☐ 우드 맥킨지는 향후 10년 간 한국의 재생에너지 분야 투자규모가 460억 달러 이상으로 예측하였으며, 2030년까지 460억 달러 이상이 재생에너지분야에 투자돼 풍력 및 태양광 발전 점유율이 13%로 4배 증가하며 바이오매스와 기타 재생에너지로부터 6%가 추가돼 한국이 목표한 재생에너지 발전비율 20%에 근접할 것으로 예측

☐ 국내 수소생산시장은 2019년~2025년간 5.0%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2019년 15,425억 원에서 2025년에는 20,670억 원 규모에 이를 것으로 전망됨

- 한국판 그린뉴딜을 발표하며, 재생에너지 3020보다 상향한 목표를 제시했으며, 경제 활력의 요소로 신재생산업이 확대되고 있으며, 전반적인 국내 수소생산 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상됨

[고효율 수소생산 시스템 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	CAGR
합계	15,425	16,196	17,006	17,856	18,749	19,686	20,670	5.0

* 출처 : 맥킨지 인코포레이티드(2018), "한국 수소 산업 로드맵", 윕스 재가공

3. 기술 개발 동향

□ 기술경쟁력
- 고효율 수소생산 시스템은 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 69.3%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.1년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 61.0%, 기술격차는 2.7년으로 평가
- EU(93.6%)>미국(91.9%)>한국(69.3%)>중국(66.2%)의 순으로 평가

□ 기술수명주기(TCT)[1)]
- 고효율 수소생산 시스템은 6.58의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

가. 기술개발 이슈

◎ 수소의 가격 경쟁력 개선 및 수소의 양산공정 발전

□ 수소의 양산공정에서는 메탄(CH_4)에 고온의 수증기를 이용하여 개질하는 방식이 주된 제조 방법 이였음. 수증기 개질 방식으로는 수소의 비용적인 측면에 한계가 있으며, 이는 천연가스의 비용에 개질 비용과 추가비용이 들기 때문임

□ 새로운 수소사회에서는 수소생산의 주요 시나리오는 재생가능에너지로 발전한 전력을 이용하여 '수전해(물 전기분해)'함으로서 전력을 수소 가스로 변환하는 것이기 때문에 "Power to Gas(P2G)"라고도 불림

- 수소 생산에 이용함으로써 생산비용을 낮출 수 있고 수소 연료전지의 친환경적 요소를 강화할 수 있어 일부 국가에서 가장 비용이 낮은 에너지로 자리매김할 가능성 있는 방법으로 전망하고 있음

□ 전 세계적으로 재생에너지를 이용하여 P2G 방식으로 수소를 양산하는 것에 주목하고 있음

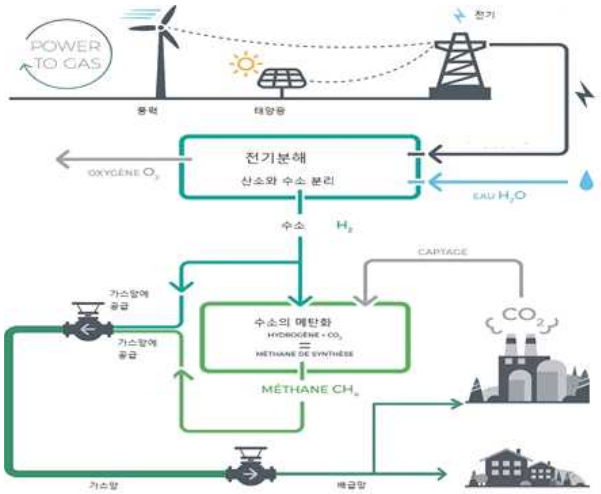
- 프랑스의 Jupiter 1000은 수전해로 생산된 수소를 가스망을 이용해 운송하는 P2G 시스템임. 프랑스 남부 론(Rhone) 지역에 1㎿급의 500만 ㎾h까지 생산 가능한 설비시설을 3년 내 건설하는 것을 목표로 하고 있음

- 일본은 2019년 1월 말에 후쿠시마 재생에너지 연구센터에서 연료전지 자동차를 시행했으며, 이는 2020년 7월에 후쿠시마현에서 본격 가동할 예정인 P2G 연구 시설 'FH2R'의 사전 시연으로 진행된 것임. 대규모로 수소를 제조하기 위해 건설 중인 수전해 시설인 FH2R(Fukushima Hydrogen Energy Research Field)는 최대 10㎿의 전력으로 시간당 1200Nm^3(표준 체적) 규모로 수소를 제조할 수 있다고 알려짐

- 독일에서는 100㎿ 규모의 P2G 시설 건설 프로젝트가 2018년에 추진되었으며, 2022년을 전후하여 가동될 전망임, 독일 정부는 2G~3GW급 P2G를 2030년까지 실현하는 것의 타당성 검토를 시작함

1) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명 예측

[프랑스 Jupiter 1000 프로젝트]



* 출처 : KOTRA 해외뉴스시장(2020), “프랑스 수소 에너지 시장 현황 및 전망”

◎ 열화학 사이클을 통한 수소생산

☐ 열화학적인 물 분해 수소 생산은 대용량의 수소를 생산하기 위한 기술로써, 중간체를 사용한 화학적, 물리적 공정은 오염물질의 배출 없이 물로부터 수소와 산소를 분리해 낼 수 있음

- 황-요오드(S-I) 사이클은 가장 대표적인 열화학 사이클로 파일롯 레벨까지 스케일을 높였고, JAEA(Japan Atomic Energy Agency)는 30 L/h의 수소를 생산해 내는 것으로 보고된바 있음

☐ 풍부한 원료, 단순성, 열화학적 가능성, 안전성 등을 고려했을 때 S-I, Cu-Cl, Ce-Cl, Fe-Cl, V-Cl, Cu-SO_4, 하이브리드 Cl 사이클이 수소 생산에 가능성이 있는 것으로 보고됨

- 이론적으로 증명이 완료되었고 화학적으로 실현 가능성이 존재하지만, 800℃ 이상의 고온이 필요하여 550℃ 이하에서 적용 가능한 Cu-Cl 사이클이 주목받고 있음
- Cu-Cl 사이클은 물로부터 수소와 산소를 분해하는 것을 목적으로 하며, 구리와 염소가 중간체 화합물로 이용되고 있으며, Cu-Cl 열화학 사이클을 이용하여 수소를 제조할 경우 화력발전을 이용한 전기분해보다 효율 면에서 33% 이상 증가된다고 보고됨

☐ Cu-Cl 사이클을 이용하여 수소를 생산하기 위해 스케일 업을 위한 원자력 발전소와 수소 플랜트의 연결이 요구됨

- 원자력발전소의 폐열을 수소 생산에 사용하는 것을 최종목표로 SCWR(Super-Critical Water Reactor)은 전기와 수소를 동시에 생산할 수 있게 설계되고 있음

☐ 원자력 발전소와 Cu-Cl 사이클을 결합시킴으로써 기존 전기분해 방법 대비 경제성을 확보할 수 있을 것으로 평가받고 있으며, 특히 Cu-Cl 사이클은 저온에서 진행될 수 있어 폐열을 활용할 수 있을 것으로 전망됨

◎ 메탄을 이용한 수소생산(열 또는 플라즈마 이용, 메탄·이산화탄소 반응 이용)

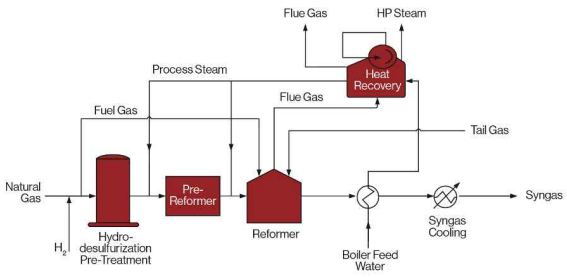
□ 메탄을 분해하여 생긴 수소는 기존의 수증기 개질 공정 대신에 촉매를 사용하여 메탄을 직접 분해함으로써 원소형태의 탄소와 고순도 수소를 획득할 수 있음

□ 플라즈마 개질은 이산화탄소와 메탄으로부터 플라즈마를 이용해 수소와 일산화탄소를 생산하는 방식임

- 온실가스가 배출되는 화학공장, 시멘트공장 등에 이산화탄소 포집설비를 설치하고, 메탄은 천연가스 파이프라인을 통해 공급받음. 포집된 이산화탄소를 메탄과 혼합한 다음 플라즈마를 통해 수소와 일산화탄소로 전환이 가능. 플라즈마 개질은 이산화탄소를 없애며 수소를 생산가능하게 하는 기술임

[증기 메탄 개질-수소 생산]





* 출처 : Air Liquide 사 홈페이지

◎ 전기분해에 의한 수소발생장치 및 수소발생용 촉매

□ 전기를 가했을 때 물이 분해되어 수소와 산소를 발생하는 반응인 물 전기분해 기술은 알카라인 물 전기분해, 전해질막, 고온수증기 등의 방법이 존재함

- 전해질인 알카라인 용액(NaOH, KOH)을 사용하여 물에 전기를 통하게 하면서, 양극과 음극 사이에 격막을 통하여 생성된 가스를 분리하는 알카라인 물 전기분해(Alkaline Electrolysis) 방식임
- 고효율 수소 및 산소 발생 반응을 위한 촉매개발 기술은 미국, 일본, 유럽 등에서 연구가 진행되고 있으며, 다양한 촉매들 및 격막을 이용한 연계기술이 확립되면, 신시장 창출에 직접적인 기술적 파급효과가 있을 것으로 전망됨

□ 국외에서 알카라인 수전해 방식의 수소생산은 현재 IHT, Hydrogenics, NEL Hydrogen, Hydro technik, Accagen 등 많은 회사에서 개발되어 상업적으로 사용되고 있는 기술임

□ 고분자전해법(Polymer Electrolyte Membrane Electrolysis, PEM Electrolysis)이라고 불리우며, 고체 고분자 전해질막을 사용하는 방법임

- 양이온 교환막 수전해의 경우, Proton, Giner, Kurchatov, Siemens 등에서 최근 많은 개발이 이뤄지고 있으며, 높은 전류밀도와 효율을 얻을 수 있지만, 귀금속 및 불소계 고분자막의 사용으로 인한 높은 비용과 산화전극의 부식이 여전히 문제로 여겨지고 있음

- 음이온 교환막 방식의 시간당 최대 1,000L의 수소를 생산 가능한 시스템 및 스택을 상용화하여 판매하는 업체는 이탈리아의 ACTA 사로써, 산화·환원 전극용 비(非)귀금속 산화물 촉매 및 MEA 제작에 사용하는 음이온 교환 ionomer 용액도 개발함. 막의 성능, 신뢰성 및 부식에 대한 문제로 인해 음이온 교환막 수전해 기술은 상용화에 한계가 있으며, 음이온 교환막 수전해 방식의 시스템과 스택 상품을 개발해 상품화가 어려운 실정임

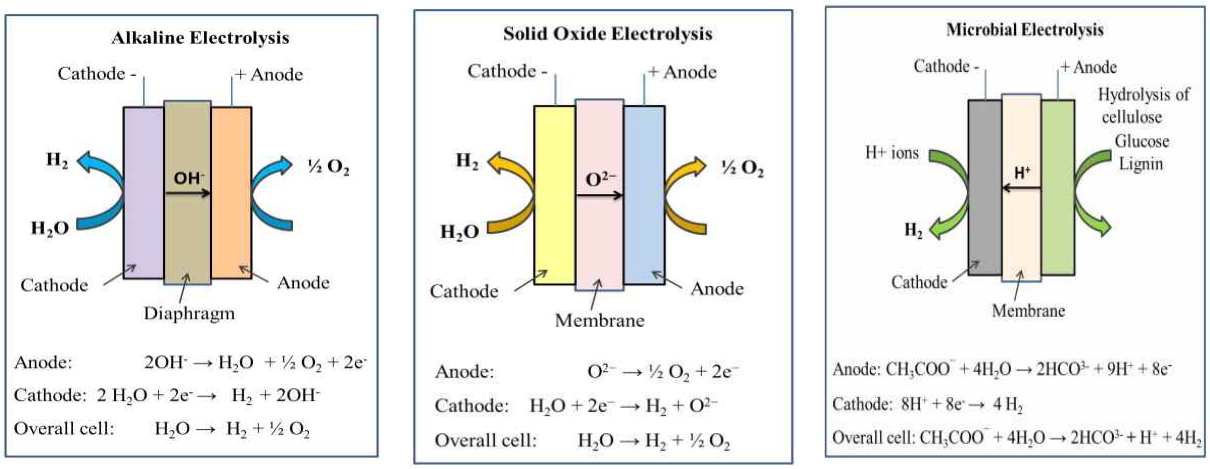
☐ 고온 수증기를 이용한 물 전기분해(High Temperature Electrolysis, HTE)는 물 분해에 필요한 에너지 중 전기에너지에 해당하는 이론 분해전압이 고온에서 저하되는 현상을 활용한 방법임

- 물을 분해하기 위해 필요한 전기에너지가 고온에서 더 낮아지는 현상을 이용한 방법을 이용함. 고체산화물전지(SOFC, Solid Oxide Fuel Cells)와 구조와 원리가 같아 전력 저장을 위한 시스템으로 구성이 가능함. 고온의 작동조건을 가지므로 고온에서 충분한 내구성을 가지는 고체전해질에 대한 개발이 요구되며, 수증기를 700℃ 이상으로 가열하는데 추가열원이 필요함

☐ 미생물 전기 분해 전지 (Microbial electrolysis cell, MEC) 기술에 의한 수소생산은 재생 가능한 바이오매스 및 폐수를 포함한 유기물에 의해 달성 될 수 있으며, 2005년 네덜란드 펜실베이니아 대학 및 Wageningen 대학에 의해 도입됨

- MEC에서 전기에너지는 화학에너지로 변환되며, 전류의 영향으로 유기 물질로부터 수소를 생산함

[전기분해에 의한 수소발생장치]



* 출처 : Materials Science for Energy Tech(2019). “Hydrogen production by PEM water electrolysis - A review”

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

☐ 미국 에너지부 산하의 SLAC 국립 가속기 연구소와 스탠포드 대학

- 저가의 수소생산 촉매제를 개발함. 코발트 인산염 촉매의 생산을 확장함으로써, 저렴한 촉매제가 상업 장치에서 물과 수소 가스를 분리해 지속적으로 수소가스를 발생시킬 수 있는 연구를 발표함

☐ 미국 스탠포드 대학교와 중국 베이징 화학기술 대학

- 다공성 니켈 폼(NiFe/NiSx-Ni)에 형성된 황화니켈(NiSx) 층에 균일하게 코팅된 니켈-철 수산화물(NiFe) 전극촉매 층으로 구성된 다층 양극을 제시하여, 전류밀도(0.4~1A/㎠)에서 1,000시간 동안 작동하는 구동 알칼리 해수 전기분해 시스템을 개발함[2)]

☐ 독일 프라운호퍼 IWS와 다임러

- 연료전지 금속 분리판 카본 코딩 기술을 개발함. 물리기상증착(PVD) 방식을 통해 0.05~0.1㎜ 두께의 얇은 스테인리스 강판에 금 대신 카본(흑연) 복합체를 나노미터 두께로 코팅함으로써 비용을 크게 줄이고 대량생산이 가능케 함[3)]

☐ 일본 신에너지산업기술 종합 개발기구(NEDO)

- 도시바 에너지시스템, 이와타니 산업 등과 협력하여 그린수소의 상용화를 위한 연구에 착수하였으며, 2020년 2월 재생에너지를 활용해 10㎿의 수전해 장치를 보유한 〈후쿠시마 수소에너지분야 연구 필드(FH2R)〉가 설립돼 가동을 시작함. 이 기관은 시간당 13.4톤의 수소를 생산하는 능력을 보유하고 있어, 이를 이용하여 청정 수소 제조기술의 비용 절감 등을 연구하며 청정 수소 기술을 개발 중임[4)]

☐ 일본 PANASONIC

- 순수한 수소를 전제로 한 연료전지 발전 장치를 개발함. PANASONIC은 가와사키시에 수소 스테이션 1호기를 설치하고 스테이션에서 발전한 전력을 그 쇼룸에서 이용하고 있음. 수소 스테이션 인근의 편의점이나 아파트 등에 수소파이프라인을 부설하고 FC 발전기로 발전하는 것을 계획 중임

☐ 일본 JX NIPPON OIL & ENERGY

- JX NIPPON OIL & ENERGY(JXTG)는 Chiyoda Corporation, 도쿄대학, Queensland University of Technology(QUT)와 공동으로, 저렴한 비용으로 수소를 공급하는 Organic hydride기술을 검증

2) Green Car Congress(2019), “Stanford researchers develop new electrolysis system to split seawater into hydrogen and oxygen”

3) 월간수소경제(2020), “집중 탐구, 독일 수소전략 ”

4) KOTRA(2021), “일본 수소산업 인프라 및 서플라이체인 구축 전략”

- JXTG (organic hydride electrolytic synthesis technology), QUT (high efficiency tracking solar photovoltaic power generation system), Chiyoda (dehydrogenation technology) 기술을 기반으로, 도쿄대학교가 수소 공급망을 구축하는 것을 목표로 공동연구를 진행함

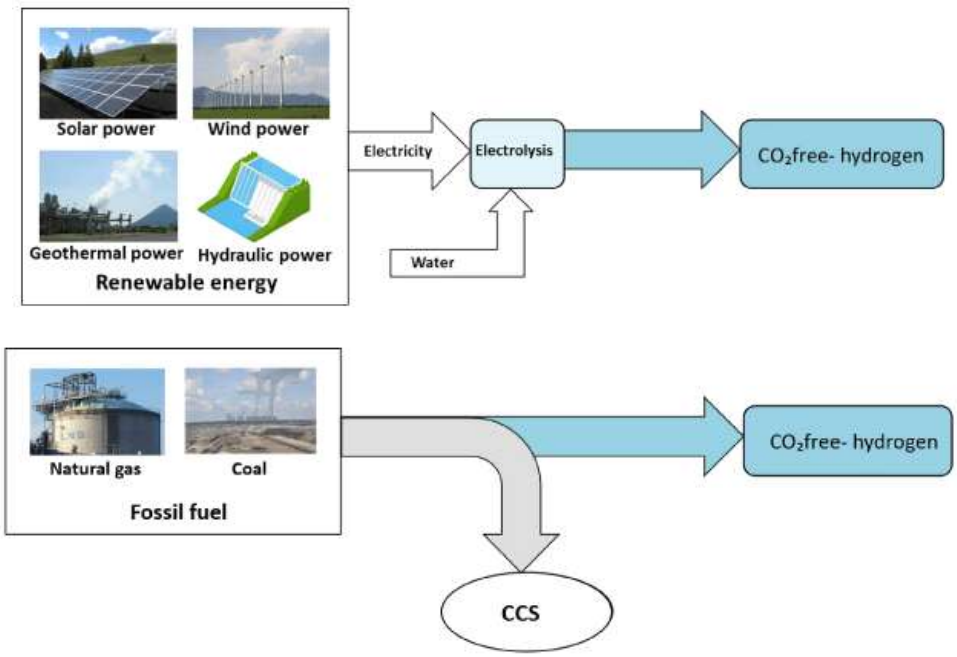
- 수소 비용을 낮추기 위해 메틸 사이클로 헥산(MCH)의 생산 공정을 특징으로 하며, 이 "Electrochemical synthesis of organic hydride" 방법은 MCH 생산장비의 50% 비용을 절감함

☐ 일본 TOKYO GAS

- CO_2를 절감한 화석연료(fossil fuels) 및 CO_2 지하저장(CO_2 underground storage)을 기반으로 한 수소생산방법을 개발하고 있음

- 일본 TOKYO GAS는 태양 및 풍력과 같은 재생 가능 에너지원에서 생성된 전기를 사용하여 물을 전기 분해하고 수소를 생산하는 방식을 취함. 또는 천연 가스 및 석탄과 같은 저비용 화석 연료에서 수소를 생산하고 이 공정에서 일부로 배출된 CO_2를 분리/수집하는 탄소포집 및 저장방법을 사용하여 CO_2를 지하에 저장시키고 있음

[일본 TOKYO GAS의 수소생산 방식]



* 출처 : Tokyo-gas 사 홈페이지

(2) 국내 플레이어 동향

☐ 한국에너지기술연구원

- 한국에너지기술연구원은 2019년 8월 '복합막 형태의 팔라듐 분리막 기반 수소 생산·정제 핵심 기술'을 개발, 천연가스·바이오매스를 포함한 합성가스에서 고순도 수소를 생산하고 정제가 가능
- 또한 태양광, 풍력 등 재생에너지의 전력을 이용해 안정적으로 수소를 생산하는 '부하변동 대응형 수전해 스택'을 개발하였으며, 재생에너지의 간헐성과 변동성에 대응하기 위해 내구성과 효율을 높인 전극과 분리막을 자체 개발한 스택을 적용한 수전해 시스템을 모듈화하는 데도 성공함[5)]

☐ 한국화학연구원

- 탄소자원화연구소 CO_2 에너지벡터연구그룹은 백금촉매 대신 이황화몰리브데넘 촉매를 통해 수소생성 반응의 활성 및 성능을 높일 수 있는 기술을 개발함. 간단한 표면처리 방법을 통해 이황화몰리브데넘의 표면을 변화시켜 수소생성반응의 성능을 높임. 이를 통해 1000℃ 이상의 고온에서 산화제 없이 메틸 라디칼을 제어하면서도 에틸렌과 벤젠 등의 화학원료로 99% 전환하는 비산화 메탄 직접 전환기술로 산화제 없이 메탄을 에틸렌과 수소 등으로 99% 전환할 수 있음
- 탄소자원화연구소 환경자원연구센터는 수소를 적은 비용으로 안전하게 저장·운송할 수 있는 '액상 유기물 수소 저장체 기술(Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC)과 관련해 액체 물질 및 촉매제조원천기술을 개발함

5) 월간수소경제(2020), "수소 연구개발 동향@한국에너지기술연구원"

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[고효율 수소생산 시스템 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국에너지기술연구원	수소연구실 연료전지연구실 에너지소재연구실 연료전지실증연구센터	• 수소충전소용 가압형 고순도 수소생산 시스템 설계 • 고체산화물/고분자 연료전지, 고온 수전해 시스템 • 천연가스, 암모니아 개질을 통한 수소제조 공정 • 수전해(알칼라인, PEM, 음이온교환막) 및 해수/암모니아 수전해 시스템 설계 • 광화학 기반 그린수소공정 기술
한국과학기술원	청정신기술연구소 고온연료전지 연구팀 저온연료전지 연구팀 수소 생산/저장 연구팀	• 재생에너지 연계 수소생산(수전해), 화학적 수소저장 • 분산발전용 고온 연료전지 (용융탄산염 연료전지) • 연료전지용 수소 생산/저장
한국화학연구원	탄소자원화연구소 환경자원연구센터 에너지융합소재연구단	• 액상 유기물 수소 저장체 (LOHC) 기반 수소저장기술 • 지속가능원료기반 나노시스템 개발 및 이를 이용한 탄성 복합시스템 개발 • 리튬전지 신소재 및 전지의 고용량/고안정화 기술 • 에너지변환용 이온전달소재, 고안정성 단위셀 등 수전해
서울대학교	재료공학부	• 외부자극 반응 화학물질 기술 • 유기/무기착화합물 합성기술

(2) 기관 기술개발 동향

☐ 한국에너지기술연구원

- 가압형 모듈화 고순도 수소생산 유닛 설계기술개발을 통해 시장보급형 고순도 수소생산 유닛의 고효율/컴팩트/저가화 원천설계 기술 국산화 및 기술실증을 통한 수소 기반 경제의 핵심플랫폼 융합기술 개발 및 신산업 시장 선도

☐ 한국과학기술원

- 기존 효율을 20배 높일 수 있는 수소생산 나노 촉매(2020) 개발 기술은 3차원 프린팅과 비슷한 원리인 초미세 전사 프린팅 적층 기술을 적용, 3차원 이리듐 촉매 구조를 성냥개비 탑 모양으로 인쇄함으로써 촉매의 높은 활성을 유지할 수 있도록 하여, 전해질막 수전해 기술의 전기분해 장치 양극에 사용되는 값비싼 이리듐(Ir) 촉매 사용량을 획기적으로 줄이면서도 전기분해 장치의 성능을 높임

☐ 한국화학연구원

- 바이오 플라스틱용 단량체 및 수소 생산이 가능한 전기화학 촉매 반응 연구 및 복합적 친환경 전기화학적 시스템 구축 개발을 통해 바이오매스 기반의 바이오플라스틱용 단량체 제조 및 수소생산이 동시에 가능한 전기화학 시스템의 촉매 개발

☐ 서울대학교

- 물 분해 수소 생산을 위한 고성능 유기 초분자 광촉매 소재 개발을 통해 태양광을 이용하여 물로부터 효율적인 수소 생산이 가능한 독창적인 유기 초분자 광촉매 시스템을 구현하는 것을 최종 목표로 함

◎ 고효율 수소생산 시스템 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국기계연구원	포톤제어기술에 의한 스케일업 PEC 수소생산 고효율화 핵심원천기술 개발	2019 ~ 2020	• 이산화탄소 발생 없이 수소를 생산하는 친환경 수소생산기술 • 태양광 기반 광전기화학적 (PEC) 수소생산은 물을 원료로 태양광을 연계하여 저전력 수소생산을 구현하는 친환경 CO_2-free 수소생산 기술
연세대학교	국내 미활용 바이오매스를 이용한 수익창출형 그린수소 생산 시스템 개발	2019 ~ 2023	• 국내 미활용 바이오매스로부터 외부 에너지 공급 없이 경제적으로 수소를 생산하는 수익 창출형 통합시스템 개발 • 담체나 membrane을 전혀 사용하지 않아 설치 비용, 운전 비용, 역세척 요구량을 획기적으로 감소시킬 수 있는 신개념 고생산성 바이오수소 생산 공정 개발
한양대학교	부하변동 대응형 고활성, 고내구성 cation engineering 기반 수전해 수소발생 촉매 핵심기술 개발	2019 ~ 2022	• 값비싼 촉매인 백금 촉매를 대신하기 위한 니켈, 코발트, 철 등을 촉매로 하는 수소 생산 촉매를 개발하고, 높은 전극 활성도를 위해 촉매 구조를 다공성, 나노와이어 및 나노그래스로 제조하여 기존 백금 촉매에 준하는 과전압 150 ㎷ @ 10㎃ ㎠$^{-2}$ 수준의 수소 생산 촉매 개발
한국과학기술연구원	바이오매스 유래 미이용 C5 유기 화합물로부터 신재생 수소 생산 공정 개발	2019 ~ 2023	• 바이오매스 유래 미이용 C5 이상 유기화합물(자일로스 등)로부터 고순도 수소 생산용 전처리/액상개질기/분리막 연계 공정 개발
한국생산기술연구원	해조류 바이오매스 이용 수소 및 바이오 고분자 동시 생산 원천기술 개발	2017 ~ 2020	• 해조류 바이오매스 이용 수소 및 바이오 고분자 동시 생산 원천기술 개발 • 메타지노믹스를 활용한 수소/PHA (polyhydroxyalkanoate) 생산 유전자 및 증대 메카니즘 규명 • 해조류 바이오매스로부터 가용화 탄수화물 확보를 위한 전처리 기술 개발

4. 특허 동향

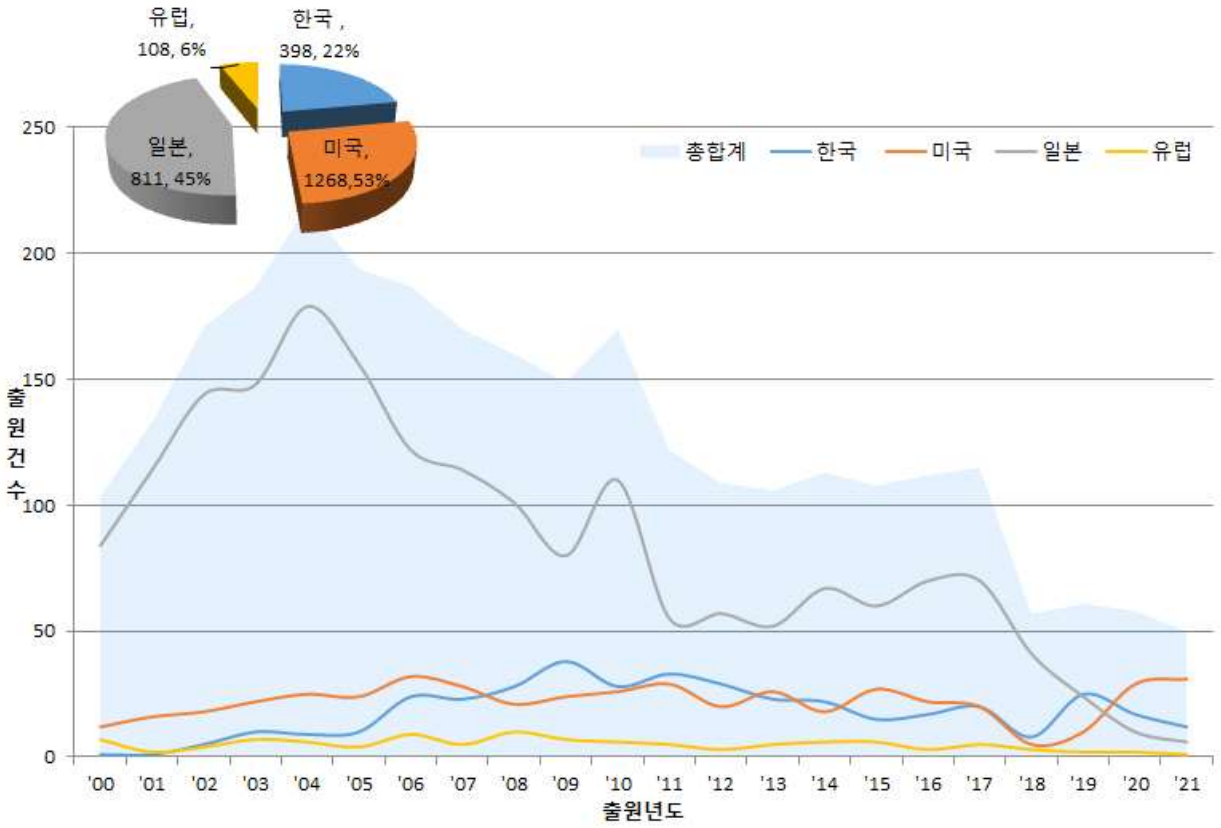
가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

☐ 고효율 수소생산시스템의 지난 20년(2000년~2019년)간 출원동향[6]을 살펴보면, 2000년대 초반에 급격한 증가추세를 보이다가 2000년대 중후반부터 최근까지는 감소하는 경향을 보이고 있음. 미국의 출원 동향이 전체 수소생산관련 특허출원동향을 주도하면서, 미국시장을 대상으로 한 특허출원동향이 전체 해당 기술의 특허출원동향을 반영

☐ 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 전체의 53%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 고효율 수소생산시스템 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 일본은 45%, 한국 22%, 유럽 6% 순으로 나타남

[연도별 출원동향]



6) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2020, 2021년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 내·외국인 출원현황

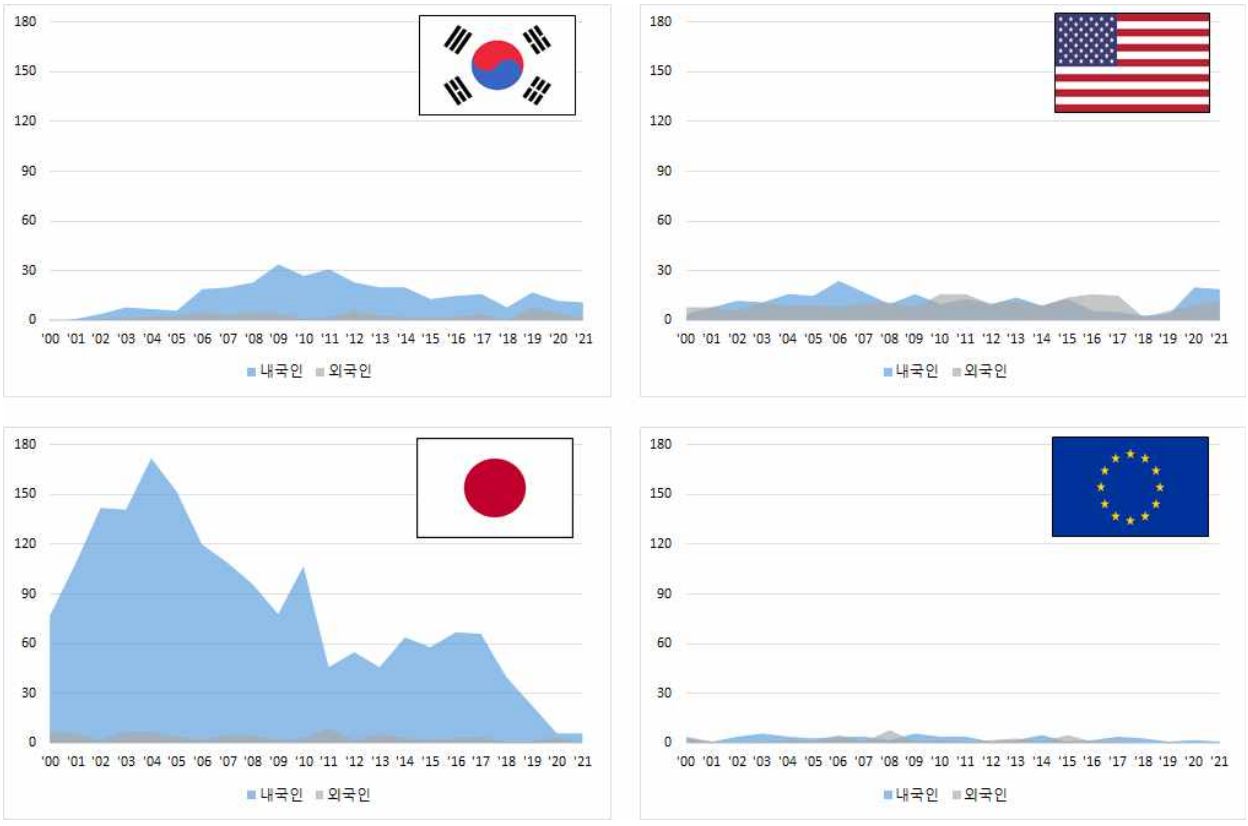
☐ 한국의 내외국인 출원현황을 살펴보면, 고효율 수소생산시스템과 관련하여 2005년도 이후 출원건이 증가하였으나 절대적인 출원 수가 일본에 비해 저조한 상황이며, 내국인 위주의 출원이 진행되고 있는 것으로 확인됨

☐ 미국의 출원현황은 2000년 이후로 꾸준히 출원활동이 이루어지고 있으며, 전반적으로 외국인과 내국인의 비중이 유사한 것으로 보임

☐ 일본의 내외국인 출원현황은, 분석기간 전 구간에 걸쳐 내국인의 출원활동이 활발한 것으로 조사됨에 따라 고효율 수소생산시스템과 관련하여 일본 자국민의 기술개발 활동이 우세인 것으로 분석됨

☐ 유럽의 경우, 절대적인 출원 수가 타 주요시장국에 비해 저조한 상황으로, 내외국인의 출원활동이 비슷한 수준인 것으로 보임

[국가별 출원현황]



나. 주요 기술 키워드 분석

(1) 기술개발 동향 변화 분석

☐ 고효율 수소생산시스템에 대한 구간별 기술 키워드 분석을 진행하였으며, 전체 분석구간에서 수소 가스, 개질 가스, Producing Hydrogen, 고순도 수소, 연료 전지 시스템, 수증기 개질, 개질 촉매, 수소 분리막, 오프 가스, 수증기 개질 반응, 수소 제조용 촉매 등 고효율 수소생산시스템 관련 키워드들이 다수 도출됨

- 최근 분석구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간에는 수소 가스, Producing Hydrogen, 고순도 수소 가스, 개질 가스 등의 키워드가 도출되었으며, 2구간에서는 수소 가스, 개질 가스, 수소 정제기, 오프 가스, 수소 제조용 촉매, 혼합 가스 등 1구간의 주요키워드와 유사한 키워드가 도출됨

[특허 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]

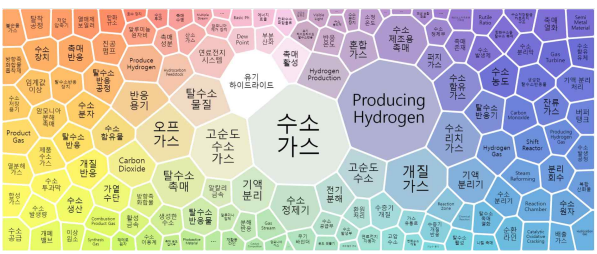
전체구간(2000년~2021년)



- 수소 가스, 개질 가스, Producing Hydrogen, 고순도 수소, 연료 전지 시스템, 수증기 개질, 개질 촉매, 수소 분리막, 오프 가스, 수증기 개질 반응, 수소 제조용 촉매, 혼합 가스, 개질 반응, 수소 함유 가스, 전기 분해, Hydrogen Production, 반응 용기, Fuel Cell, 고순도 수소 가스, 촉매 활성, 수소 정제기

최근구간(2013년~2021년)

1구간(2013년~2016년)



- 수소 가스, Producing Hydrogen, 고순도 수소 가스, 유기 하이드라이드, 개질 가스, 오프 가스, 수소 제조용 촉매, 수소 정제기, 탈수소 물질

2구간(2017년~2021년)



- 수소 가스, 개질 가스, 수소 정제기, 오프 가스, 수소 제조용 촉매, 혼합 가스, 제품 가스, 다중 통형 개질기, Hydrogen Production, 수소 농도

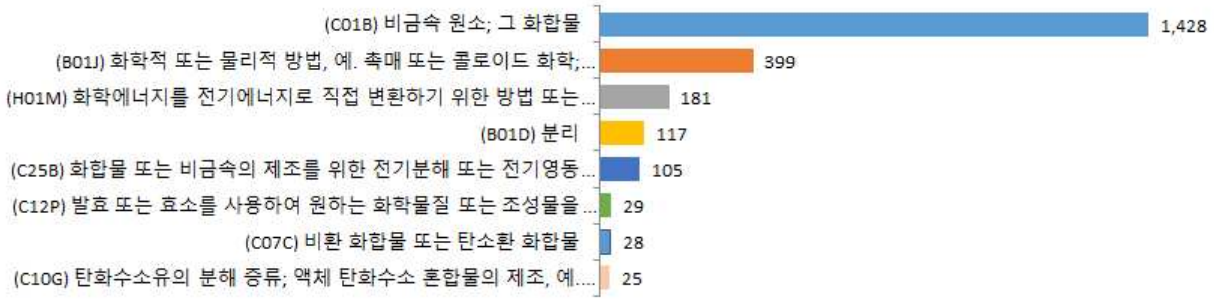
(2) 기술-산업 현황 분석[7)]

☐ 고효율 수소생산시스템에 대한 Subclass 기준 IPC 분류결과, (C01B) 비금속 원소; 그 화합물과 (B01J) 화학적 또는 물리적 방법, 예. 촉매 또는 콜로이드 화학; 그들의 관련 장치로 다수의 특허가 분류되는 것으로 조사됨

☐ KSIC 산업분류 결과, 다수의 특허가 (C20121) 산업용 가스 제조업 및 (C20499) 그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업 해당산업으로 분류되는 것으로 조사됨

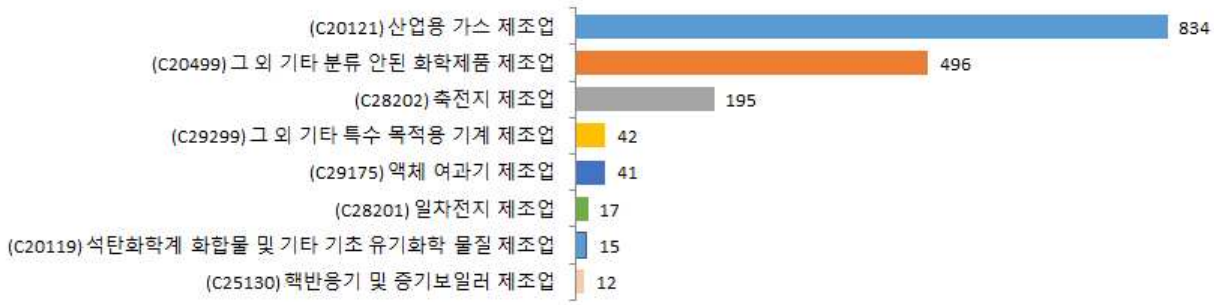
[기술-산업 분류 분석]

IPC 특허분류별 출원건수



▪ (C01B) 비금속 원소; 그 화합물	1,775
▪ (B01J) 화학적 또는 물리적 방법, 예. 촉매 또는 콜로이드 화학; 그들의 관련 장치	399
▪ (H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단	181
▪ (B01D) 분리	117
▪ (C25B) 화합물 또는 비금속의 제조를 위한 전기분해 또는 전기영동 방법; 그것을 위한 장치	105

KSIC 산업분류별 출원건수



▪ (C20121) 산업용 가스 제조업	834
▪ (C20499) 그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	496
▪ (C28202) 축전지 제조업	195
▪ (C29299) 그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	42
▪ (C29175) 액체 여과기 제조업	41

7) 해당제품 특허데이터를 대상으로 윕스 보유 기술·산업·시장 동향 분석 플랫폼 'Build' 활용

다. 주요 출원인 분석

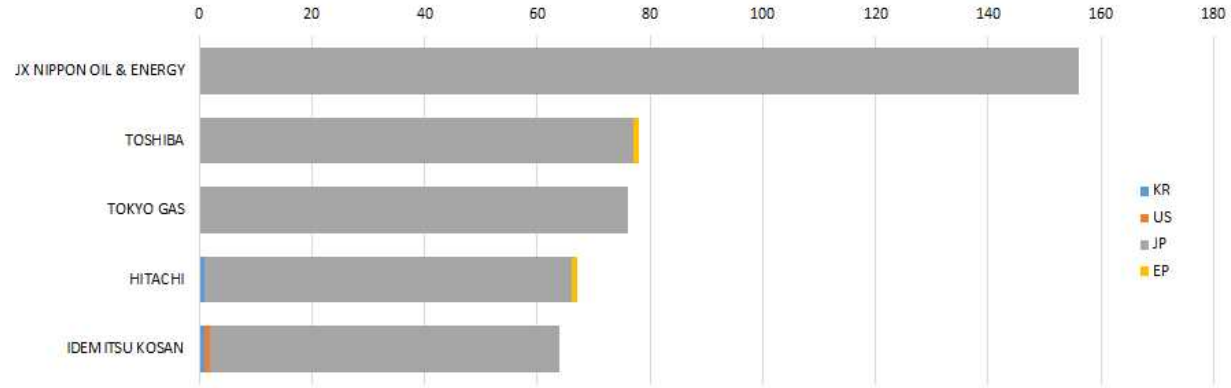
☐ 고효율 수소생산시스템의 전체 주요출원인(Top 5)을 살펴보면, 일본 국적 출원인 5명으로 구성되어 있는 것으로 나타났으며, 제 1 출원인은 일본의 JX NIPPON OIL & ENERGY로 나타남

- JX NIPPON OIL & ENERGY는 글로벌 석유, 가스 생산 및 E&P 사업체로, 일본에 집중적으로 특허출원을 진행하고 있는 것으로 나타남

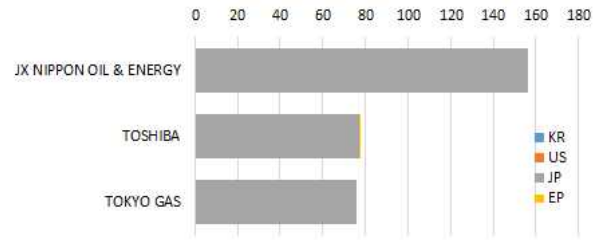
☐ 고효율 수소생산시스템 관련 국내 주요출원인으로 한국에너지기술연구원, 서울대학교 및 한국과학기술연구원이 도출되었으며, 국내 위주로 출원하고 있는 것으로 나타남

[주요출원인 동향]

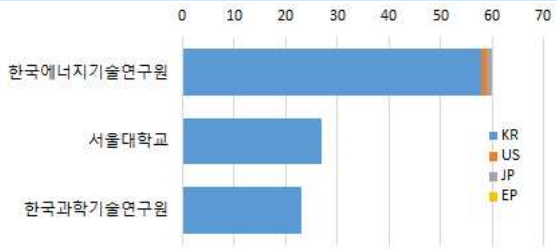
전체 주요출원인



해외 주요 출원인



국내 주요 출원인





- 개질 가스, 연료전지 시스템, 수소 분리막, 수증기 개질 반응, 개질 촉매, 오프 가스, 고순도 수소



- 고순도 수소 가스, 수소 제조방법, 지르코늄 전구체, 고순도 수소, 수소 선택도, 수소 생산량

(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석[8)]

☐ JX NIPPON OIL & ENERGY

- 일본 기업으로, 고효율 수소생산시스템과 관련하여 156건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 5039426 (2007.05.07)	수소 제조 및 이산화탄소 회수방법	함탄소 연료로 수소를 제조함과 동시에 이산화탄소를 회수하는 수소 제조 및 이산화탄소 회수 방법	6	4
JP 5554102 (2010.03.23)	수소 제조 장치 및 수소 제조 방법	유기 화합물의 탈수소화 반응을 이용하는 수소 제조에 있어서 용이하게 탈수소 촉매의 활성 저하를 억제하는 수소 제조 장치	1	4
JP 5072841 (2007.06.11)	수증기 개질용 촉매, 수소 제조 장치 및 연료전지 시스템	수증기 개질용 촉매를 이용한 수소 제조 장치 및 상기 수소 제조 장치를 가지는 연료전지 시스템	0	5

☐ TOSHIBA

- 일본 기업으로, 고효율 수소생산시스템과 관련하여 78건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 4557849 (2005.09.14)	에탄올로부터의 수소 제조 방법	에탄올로부터의 수소 제조 방법 중 개질용 촉매와 리튬 복합 산화물을 포함한 이산화탄소 흡수재가 충전된 반응기를 사용	4	5
JP 4468092 (2004.06.30)	수소 제조 장치	반응 용기 안의 피측정 유체의 경계면 위치나 유체의 성분 농도를 비접촉에서 정밀하게 측정하는 수소 제조 장치	2	2
JP 4810138 (2005.06.30)	수소 제조 장치	발전소의 증기 발생 설비에서 발생한 증기의 열을 이용하는 수소 제조 플랜트	2	4

8) 최근 출원특허 중, 등록특허를 기준으로 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

☐ TOKYO GAS

■ 일본 기업으로, 고효율 수소생산시스템과 관련하여 일본에 76건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 5412232 (2009.10.20)	이산화탄소 분리 회수 장치를 수반하는 수소 분리형 수소 제조 시스템	수소 분리형 수소 제조 시스템에 있어서 탄화수소계 연료 유래의 이산화탄소를 효율적으로 회수	8	1
JP 4184037 (2002.10.29)	수소 제조 장치	원통형 반응관 및 평판형 반응관을 구비하여 개질 촉매가 불필요한 수소 제조 장치	32	1
JP 4130603 (2003.04.03)	수소 제조 시스템의 운전 방법	정지 상태에서 정상 운전까지 시스템 내를 환원상태로 조성하여 개질 촉매 및 CO변성 촉매의 열화를 억제하며 장기간 운전이 가능한 수소 제조 시스템	46	1

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석[9)]

☐ 한국에너지기술연구원

■ 고효율 수소생산시스템과 관련하여 한국, 일본, 미국을 위주로 60건의 특허를 출원하고 있음

[주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
KR 1336764 (2011.10.28)	반응분리 동시공정에 의한 수소제조모듈 및 이를 이용한 수조제조반응기	제1개질촉매, 수소분리막과 마주하는 제2 개질촉매를 포함하는 단위셀 다수를 적층하고 내압챔버에 장착해 고압 운전이 가능한 수소제조장치	0	4
KR 1807112 (2015.09.01)	쉘-앤-튜브형 천연가스 개질용 반응기 및 이를 이용한 합성가스 또는 수소가스의 제조방법	운전효율이 우수하고 반응과 고순도 수소생산 및 이산화탄소 포집이 가능한 수소가스의 제조	7	4
KR 1103594 (2009.08.07)	가스화 합성가스를 이용하는 다단 유동층 수성가스 반응장치 및 이를 이용한 수소생산방법	합성가스를 촉매 하에 물과 반응시켜 수소를 생산하는 다단 유동층 수성가스 반응장치 및 이를 이용한 수소 생산	12	2

9) 최근 출원특허 중, 등록특허를 기준으로 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

□ 서울대학교

■ 고효율 수소생산시스템과 관련하여 한국에 27건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
KR 0980590 (2009.03.10)	다공성 이트리아 안정화 지르코니아 담체에 담지된 니켈 촉매, 그 제조방법 및 상기 촉매를 이용한 에탄올의 자열개질반응에 의한 수소 제조방법	촉매를 에탄올 자열개질반응을 통한 수소제조 공정에 이용할 경우 담체의 구조적 및 열적 안정성과 표면적이 증가하게 되어 니켈촉매가 고분산되므로 수소 선택도가 증가	6	1
KR 1040657 (2009.07.10)	중형기공성 니켈-알루미나 혼성촉매, 그 제조방법 및 상기 촉매를 이용한 액화천연가스의 수증기 개질반응에 의한 수소가스 제조방법	촉매를 이용하여 액화천연가스로부터 안정적으로 고농도의 수소가스를 제조하는 방법	3	1
KR 1392996 (2012.09.03)	중형기공성 니켈-알루미나-지르코니아 제어로젤 촉매 및 상기 촉매를 이용한 에탄올의 수증기 개질 반응에 의한 수소 제조 방법	에탄올의 수증기 개질 반응을 통해 수소가스를 생산하기 위한 니켈-알루미나-지르코니아 촉매	5	1

□ 한국과학기술연구원

■ 고효율 수소생산시스템과 관련하여 한국에 23건의 특허를 출원하고 있는 것으로 조사됨

[주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
KR 1291601 (2011.08.09)	고체산을 이용한 물 분해 수소 제조 방법	내열 및 내압 재질로 이루어진 반응기 내부의 온도를 유지시킨 상태에서 물이 흡착된 고체산을 연속적으로 반응기 내부로 투입하고, 고체산에 흡착된 물을 분해하여 수소를 생산	3	2
KR 1199775 (2010.09.14)	DME 부분산화개질을 위한 마이크로 채널 반응기용 촉매 활성판, 이를 포함하는 마이크로 채널 반응기 및 이를 이용한 수소 제조방법	활성 촉매판, 이를 포함하는 마이크로 채널 반응기 및 이를 이용한 수소제조방법	1	1
KR 1260454 (2010.10.12)	디젤의 수증기 개질반응용 니켈계 하이드로탈사이트 촉매, 이의 제조방법 및 이를 이용한 디젤의 개질반응에 의한 수소의 제조방법	디젤 개질반응 시 탄소침적에 의한 촉매의 비활성화를 개선하고 탄소침적에 대한 내구성을 향상시키는 고성능 촉매	7	1

라. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석[10)]

☐ 고효율 수소생산시스템에 대한 시장관점의 기술독점 집중률 지수(CRn) 분석 결과, 상위 4개 기업의 시장점유율이 11로 독과점 정도가 낮은 것으로 분석되며, 향후 시장이 커지면서 다양한 업체에 의한 경쟁구도가 생성될 수 있을 것으로 전망됨

☐ 국내시장에 있어서 중소기업의 특허점유율은 14.32로, 고효율 수소생산시스템에 대하여 중소기업의 점유율은 높지 않은 것으로 분석됨에 따라, 해당 기술에 대한 중소기업의 진입장벽은 높은 것으로 파악

[주요출원인 및 한국 중소기업 집중력 분석]

	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
주요 출원인 집중력	JX NIPPON OIL & ENERGY(일본)	156	4.7	5	
	TOSHIBA(일본)	78	2.4	7	
	TOKYO GAS(일본)	76	2.3	9	
	HITACHI(일본)	67	2.0	11	4
	IDEMITSU KOSAN(일본)	64	1.9	13	
	MITSUBISHI HEAVY(일본)	63	1.9	15	
	한국에너지기술연구원(한국)	60	1.8	17	
	TOYOTA MOTOR(일본)	58	1.8	19	
	PANASONIC(일본)	57	1.7	21	
	OSAKA GAS(일본)	52	1.6	22	
	전체	**1,428**	**100%**	**CR4=11**	
국내시장 중소기업 집중력	**출원인 구분**	**출원건수**	**특허점유율**	**CRn**	**n**
	중소기업(개인)	57	14.3	14.32	중소기업
	대기업	41	10.3		
	연구기관/대학	235	59.0		
	기타(외국인)	65	16.3		
	전체	**398**	**100%**	**CR중소기업=14.32**	

10) 상위 몇 개 기업의 특허점유율을 합한 것으로, 특허동향조사에서는 통상 CR4를 사용하며, CRn값이 0에 가까울수록 시장 독과점 수준이 낮은 것을 의미하고, CR4 값이 40에서 60일 경우(CR1 지수는 50 이상일 경우, CR2 또는 CR3 지수는 75 이상일 경우) 시장의 독과점 수준이 높은 것으로 해석됨
CRn(집중률지수, Concentration Ratio n) = (1위 출원인의 특허점유율) + ... + (n위 출원인의 특허점유율)

(2) IP 경쟁력 분석[11)]

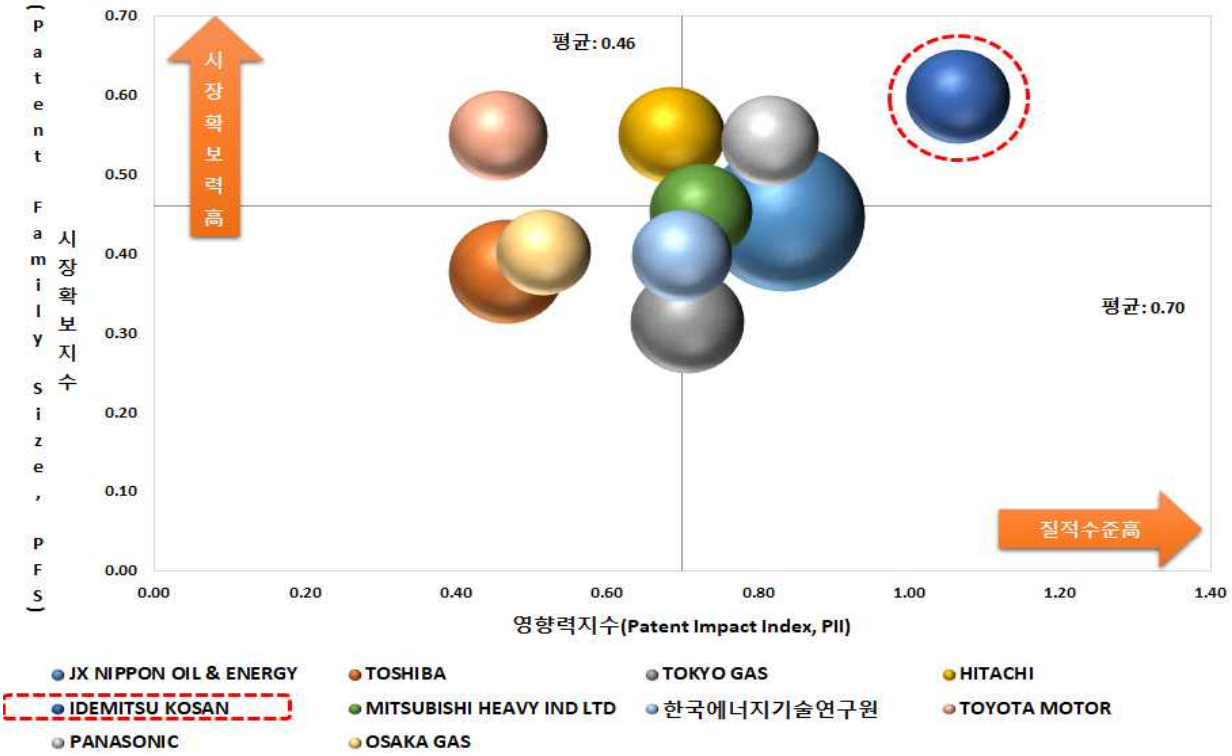
☐ 고효율 수소생산시스템의 주요출원인들의 IP 경쟁력 분석결과, IDEMITSU KOSAN의 기술영향력 및 시장확보력이 가장 높은 것으로 분석됨

- IDEMITSU KOSAN : 영향력지수(PII) 1.06 / 시장확보력(PFS) 0.60

☐ 1사분면으로 도출된 IDEMITSU KOSAN, PANASONIC, JX NIPPON OIL & ENERGY, HITACHI, MITSUBISHI HEAVY IND LTD의 특허가 시장확보력 및 질적 수준이 높은 특허, 특 기술적 파급력과 상업적 가치가 큰 것으로 해석됨

[주요출원인 IP 경쟁력 분석]

IP 경쟁력(기술성 v. 시장성)



IDEMITSU KOSAN	▪ (JP 4641138) 수소 제조 방법 ▪ (JP 4568448) 수소 제조 플랜트 및 수소 제조 방법 ▪ (JP 4936645) 수소 제조 장치 및 연료전지 시스템

* **영향력지수(Patent Impact Indes, PII)**: 다른 경쟁주체의 기술수준이 고려된 특정한 주체의 '상대적인' 기술적 중요도 또는 혁신성과의 가치 정보가 포함된 기술수준으로, 특허의 피인용 횟수를 특정 기술분야 내에서의 상대적인 값으로 전환시킨 지수임

* **시장확보지수(Patent Family Size, PFS)**: 특정 주체가 특정 기술분야에서 소수의 특정 국가에서만 시장확보를 하고자 하는지 아니면 다수의 세계 주요 국가들에서 시장확보를 하고자 하는지에 대한 분석으로, PFS가 높은 특허는 그만큼 상업적 가치가 큰 기술에 대한 특허인 것으로 해석될 수 있으며, PFS가 높은 출원인은 세계 여러 국가에서 사업을 하고 있는 출원인인 것으로 해석될 수 있음(2020 공공 R&D 특허기술동향조사 가이드라인, 한국특허전략개발원)

* **버블크기** : 출원 특허 건 수 비례

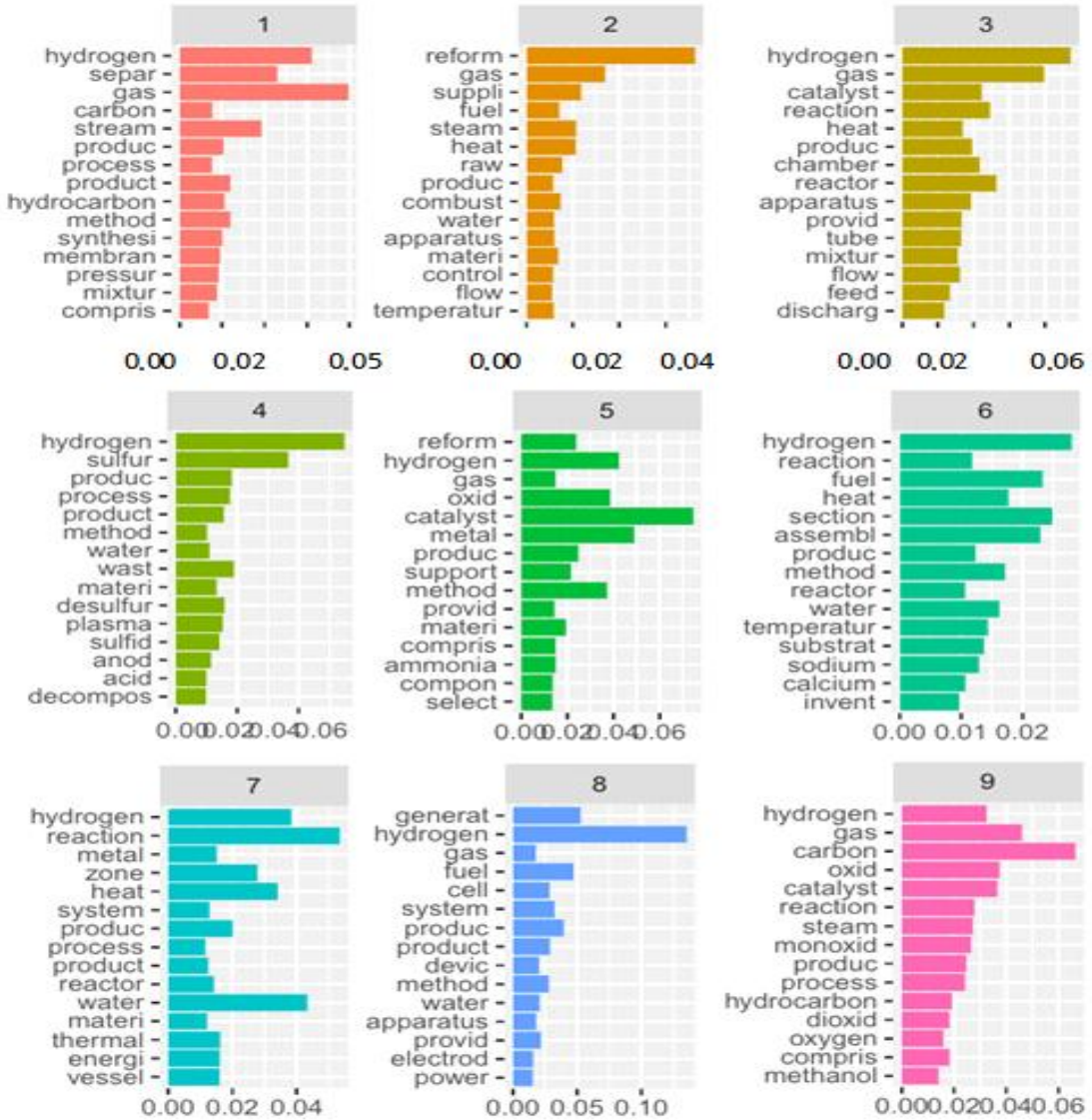
11) PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가 수 / 전체 평균 패밀리 국가 수
PII = 특정 주체 보유특허의 피인용도[CPP] / 전체 유효특허의 피인용도

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

☐ 1,428개의 특허의 내용을 분석하여 구성 성분이 유사한 것끼리 클러스터링을 시도하여 대표성이 있는 토픽을 도출

[고효율 수소생산 시스템에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA[12] 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	psa canist helium xerogel tungstat	• Method and unit for the production of hydrogen from a hydrogen-rich feed gas • Pressure swing adsorption process for the production of hydrogen • Process for Producing Hydrogen with Various Levels of Purity by H_2 PSA • APPARATUS AND PROCESS FOR MANUFACTURING HIGH PURITY HYDROGEN BY CATALYTIC DECOMPOSITION OF PETROLEUM WASTE GAS • METHOD FOR PREPARING HYDROGEN HAVING HIGH PURITY FROM COKE OVEN GAS	천연가스 개질을 통한 수소생산에서 발생된 수소를 고순도로 정제하기 위한 압력순환흡착(PSA) 기술
클러스터 02	particle fine particul cuo device	• ON-START UP OPERATION METHOD FOR HYDROGEN -CONTAINING GAS PRODUCING APPARATUS • HYDROGEN PRODUCING APPARATUS, ITS DRIVING METHOD, AND FUEL-CELL SYSTEM • HYDROGEN-CONTAINING GAS PRODUCING APPARATUS • Apparatus for Generation and Storage of Hydrogen using Photocatalytic Decomposition of Water • Method for Producing Hydrogen for Fuel Cell	수소함유 가스 생성 장치기동 운전방법 및 연료전지 시스템
클러스터 03	heat metal hydrogen generat reactor	• HYDROGEN PRODUCTION/STORAGE APPARATUS • APPARATUS FOR PRODUCING GASEOUS HYDROGEN • Method for producing hydrogen storage material and hydrogen storing and desorbing apparatus • Hot solids gasifier with CO_2 removal and hydrogen production • Use of methanol in the production of hydrogen and fuel, processes and plants for the production of hydrogen and fuel	촉매 상에서 메탄가스를 분해시키는 수증기 개질 공정, 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응을 통한 수소 생산
클러스터 04	raw gas iron reform heat	• Process For Stimulating Production Of Hydrogen From Petroleum In Subterranean Formations • Process for the production of hydrogen from water • Process for production of hydrogen from anaerobically deomposed organic materials • Method for hydrogeon production from anaerobic fermentation of organic compoound • Process for hydrogeon production from biological reaction of organic wastes	Anaerobically 분해된 유기 재료, 석유함유 미생물 등의 생물학적 기술을 이용한 물분해 수소제조

12) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 05	mixtur alloy activ catalyst section	• Catalyst for production of hydrogen • AUTOTHERMAL REFORMING CATALYST AND METHOD FOR PRODUCING HYDROGEN OR SYNTHESIS GAS • Carbon monoxide oxidation catalyst, and method for production of hydrogen-containing gas • CATALYST AND PROCESS FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN FROM AMMONIA BORANES • MANUFACTURING METHOD OF CdS PHOTOCATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION	수소함유 기체의 생산을 위한 촉매(탄화수소 개질용 촉매 등) 제조를 위한 방법
클러스터 06	desulfur alloy scrub carbon atom	• HYDROGEN GENERATOR WITH REPLACEABLE FUEL UNIT AND A METHOD OF PRODUCING HYDROGEN GAS • Method of producing hydrogen-storing alloy and electrode making use of the alloy • Method of producing hydrogen-storing alloy from a zirconium-tin starting material • Nickel-zirconium-titanium complex metal oxides catalyst, preparation method thereof, and method for producing hydrogen by autothermal reforming of ethanol using the same • METAL CATALYSTS SUPPORTED ON ALUMINA XEROGEL SUPPORT, PREPARATION METHOD THEREOF AND HYDROGEN PRODUCING METHOD BY STEAM REFORMING OF LNG USING SAID CATALYST	고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치
클러스터 07	atom cylindr crush oxid form	• REACTOR VESSELS WITH PRESSURE AND HEAT TRANSFER FEATURES FOR PRODUCING HYDROGEN-BASED FUELS AND STRUCTURAL ELEMENTS, AND ASSOCIATED SYSTEMS AND METHODS • Direct contact heat transfer in the thermolysis reactor of hydrogen production Cu-Cl cycle • Apparatus for Recovering Sensible Heat and Method Thereof • Hybrid HI decomposer for Nuclear Hydrogen Production and the continuous sepatation process using the same	원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산
클러스터 08	sodium reaction channel zone cylind	• STAND-ALONE HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM • HYDROGEN PRODUCTION APPARATUS AND HYDROGEN PRODUCTION PROCESS • Hydrogen production device and method for producing hydrogen • Energy self-contained watercar system using electrolyzer and hydrogen fuel cell • A OFFSHORE PLANT FOR PRODUCTING HYDROGEN	독립형 수소제조 시스템

클러스터 09	liquid product gaseous control fuel	• Process for the production of hydrogen and the co-production of carbon dioxide • PROCESS FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN • PROCESS FOR PRODUCING HYDROGEN INCLUDING A WATER GAS SHIFT REACTION • The manufacturing method of the hydrogen using this and metal sulfide system optical catalyst in which the semiconductor particle is dipped and a manufacturing method thereof • MxM'yS Photocatalyst for Hydrogen Production and Preparation Thereof and Method for Producing Hydrogen Use of the Same	수용액에서 수소를 생성하는 산화물, 황화물 광촉매 개발기술

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

❑ 고효율 수소생산시스템 관련 유효특허의 메인 IPC 분석을 통한 요소기술 후보 도출

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	**(메인그룹) 내용**	**요소기술 후보**
(C01B) 비금속 원소; 그 화합물 (이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 요소의 준비를 위한 효소사용 또는 발효 과정	(C01B-003/00) 수소; 수소화물; 물; 탄화수소에서의 합성가스	바이오가스를 이용하는 고순도 수소 생산 장치 및 방법
	(C01B-006/00) 금속의 수소화물; 모노보란 또는 디보란;그 부가 착화합물[2]	수소화 반응 시 저온조건에서 안정한 고순도의 금속수소화물 제조
(C10J) 산소 또는 증기를 수반하는 부분 산화법에 의해, 고체 탄소질 물질로부터 일산화탄소와 수소를 포함하는 가스의 제조	(C10J-003/00) 산소 또는 증기를 수반하는 부분 산화법에 의해, 고체 탄소질 물질로부터 일산화탄소와 수소를 포함하는 가스(예. 합성 가스 또는 도시 가스)의 제조	전기분해장치로부터 생산된 고압의 산소가스를 탄화수소연료의 플라즈마 부분산화공정 및 수소가스분리공정에 공급하여 수소가스를 생산하는 장치
(C25B) 화합물 또는 비금속의 제조를 위한 전기분해 또는 전기영동 방법; 그것을 위한 장치	(C25B-001/00) 수소 또는 산소	전기화학적 탈수소화 반응기를 이용하여 수소를 제조하는 방법
	(C25B-009/00)탱크 또는 탱크의 조립체; 탱크의 구조부분; 구조부분의 조립체 예를들면 전극-격막 조립체	전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치
(B01J) 화학적 또는 물리적 방법, 예. 촉매 또는 콜로이드 화학; 그들의 관련 장치	(B01J-023/00) 그룹 B01J-021/00에 분류될 수 없는 금속 또는 금속산화물 또는 금속수산화물로 된 촉매	물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매
	(B01J-035/00) 형태 또는 물리적 성질에 특징이 있는 촉매 일반	수소 발생 반응에 필요한 귀금속 촉매를 대체할 경제적이고 효율적 촉매
	(B01J-019/00) 화학적, 물리적 또는 물리화학적 프로세스 일반; 그것들에 관련한 장치	-
(B01D) 분리(습식법에 의한 고체와 고체의 분리)	(B01D-071/00) 재료에 의해 특징지어지는 분리공정 또는 장치를 위한 반투막; 이를 위해 특별히 적합한 생산공정	막 구조물을 사용하여 수소 기체를 분리하는 기술
	(B01D-053/00) 가스 또는 증기의 분리; 기체로부터 휘발성 용제증기의 회수; 폐가스, 예를 들어 엔진배기가스, 매연, 연기굴뚝연기 등의 화학적 또는 생물학적 정화; 또는 에어로졸(응축에 의한 휘발성 용제의 회수)	-
(B22F) 금속 분말의 가공; 금속분말로부터 물품의 제조; 금속분말의 제조	(B22F-001/00) 금속분말의 특수처리, 예. 가공을 촉진하기 위한 것, 특성을 개선하기 위한 것; 금속분말 그 자체, 예. 상이한 조성의 입자의 혼합	박막의 금속 치밀막을 형성하여 얻어진 수소분리막 제조방법
	(B22F-009) 금속분말 또는 그 현탁액의 제조; 특별히 그에 적용되는 장치 또는 장비	-
(H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법	(H01M-004/00) 전극	-

라. 최종 요소기술 도출

☐ 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처 로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출

☐ 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

[고효율 수소생산 시스템 분야 요소기술 도출]

분류	요소기술	출처
장치	고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가추천
	전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치	특허 클러스터링, 전문가추천
	전기분해장치로부터 생산된 고압의 산소가스를 탄화수소연료의 플라즈마 부분산화공정 및 수소가스분리공정에 공급하여 수소가스를 생산하는 장치	특허 클러스터링, 전문가추천
	막 구조물을 사용하여 수소 기체를 분리장치	특허 클러스터링, IPC 기술체계
	SMR(Steam Methane Reforming) 방법을 이용한 추출수소 생산방식	특허 클러스터링, 전문가추천
공정	열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응	특허 클러스터링, 전문가추천
	원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산	특허 클러스터링
	Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	촉매 상에서 메탄가스를 분해시키는 수증기 개질 공정	특허 클러스터링
	추출수소 생산을 위한 추출기의 공정최적화 및 안정성 기술	특허 클러스터링
소재	물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매	특허 클러스터링
	수소함유 기체의 생산을 위한 촉매(탄화수소 개질용 촉매 등) 제조를 위한 방법	특허 클러스터링, 전문가추천
	수용액에서 수소를 생성하는 산화물, 황화물 광촉매 개발기술	특허 클러스터링
	수소 발생 반응에 필요한 귀금속 촉매를 대체할 경제적이고 효율적 촉매제조기술	특허 클러스터링, 전문가추천

6. 전략제품 기술로드맵

가. 핵심기술 선정 절차

□ 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정

□ 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성

- 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

[핵심기술 선정 프로세스]

① 요소기술 도출	→	② 핵심기술 선정위원회 개최	→	③ 핵심기술 검토 및 보완	→	④ 핵심기술 확정
• 전략제품 현황 분석 • LDA 클러스터링 및 특허 IPC 분류체계 • 전문가 추천		• 전략분야별 핵심기술 선정위원의 평가를 종합하여 요소기술 중 핵심기술 선정		• 선정된 핵심기술에 대해서 중복성 검토 • 미흡한 전략제품에 대해서 핵심기술 보완		• 확정된 핵심기술을 대상으로 전략제품별 로드맵 구축 개시

나. 핵심기술 리스트

[고효율 수소생산시스템 핵심기술]

핵심기술	개요
고내구성·고효율·재생에너지연계성 수전해 시스템을 이용한 수소 발생 기술	수전해 시스템의 효율을 선진국 수준인 80% 이상으로 강화, 재생에너지와 연계하여 수전해 시스템의 경제성 있는 운전시간과 ㎿급 단위 모듈 생산 기술개발
열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응 기술	열에너지 플라즈마로 촉매를 이용하여 메탄을 직접 분해하여 순도 높은 수소와 카본으로 분리하는 기술로 장기 안정성과 가격경쟁력이 확인 가능한 방식의 메탄 직접분해 및 이산화탄소 개질 시스템 최적화 기술개발
Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술	폐 알루미늄 등을 NaOH 등과 반응 시키게 되면 알루미늄의 표면에 전기화학적인 Local cell이 형성되고 그 기전력으로 인해 알루미늄이 산화되어 수용액의 수소이온이 환원되는 방식으로 수소를 생산하는 기술개발
물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매	수전해시스템의 상용화를 위해 경제성과 내구성을 두루 갖추고 있으며, 음극과 양극에 모두 적용 가능한 비 귀금속 기반의 Bifunctional 수전해 촉매기술로, 재생에너지와 연계되어 극심한 전류밀도 변화와 산이나 염기 수용액 환경에서도 안정성과 내구성이 검증된 촉매 기술개발
바이오 수소 생산	주로 미생물과 미세조류를 이용하여 수소를 생산하는 기술로 혐기발효 또는 광합성 미생물 및 조류에 의한 수소 생산 기술개발

다. 중소기업 기술개발 전략

- ☐ 선진국 대비 효율과 내구성 및 생산단가 등이 높은 재생에너지 연계형 수소생산 시스템의 경쟁력 강화
- ☐ 국내 중소제조업의 수소생산을 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립
- ☐ 독점성이 높은 수소생산 부품 및 관련 소재에 대한 중소기업 국산화 추진
- ☐ 고효율·대용량 수전해 시스템 제조방식을 궁극적 목표로 기술개발 및 재생에너지원과 연계 실증 추진
- ☐ 중소기업에서는 수소인프라에 대한 대규모 투자가 쉽지 않으므로, 대·중소기업간 공정한 협력·경쟁관계 조성하고, 지방중소기업의 산·학·연 협력관계를 적극적으로 촉진 요구

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[고효율 수소생산시스템 기술개발 로드맵]

고효율 수소생산시스템	재생에너지와 연계한 수소생산 시스템의 효율과 내구성 개선으로 재생에너지의 간헐성 극복과 경쟁력 있는 수소 생산단가 확보 등 기술 경쟁력 강화					
	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	최종 목표
고내구성·고효율·재생에너지 연계성 수전해 시스템을 이용한 수소 발생 기술	→					재생에너지와 연계된 고효율, 고내구성의 MW급 수전해 시스템 단위 모듈 기술개발
열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응 기술	→					장기 안정성과 가격경쟁력이 확보된 메탄 직접분해 및 이산화탄소 개질 시스템 최적화 기술개발
Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술	→					폐 알루미늄 등과 알칼리 수용액을 이용한 수전해 시스템 기술개발
물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매	→					고효율 수소발생특성을 가진 귀금속 저함유 및 저가의 비귀금속계 촉매 개발
바이오 수소 생산	→					혐기발효 또는 광합성 미생물 및 조류에 의한 수소 생산 기술 개발

(2) 기술개발 목표

□ 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[고효율 수소생산시스템 핵심기술 연구목표]

핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표					최종목표	연계R&D 유형
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
고내구성·고효율·재생에너지연계성 수전해 시스템을 이용한 수소발생 기술	선진국 수준의 효율과 내구성 및 가격경쟁력이 확보된 단위모듈 기술	E-BOP 및 M-BOP 개발	BOP 성능 평가	재생에너지 연계성 및 내구성 평가	MW급 단위모듈 연계기술 개발	수전해 수소생산 시스템 적용 및 최적화	재생에너지와 연계된 고효율, 고내구성의 MW급 수전해 시스템 단위 모듈 기술개발	기술혁신
열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응 기술	촉매를 이용한 메탄 직접 분해기술	촉매 기술 개발	반응기 기술 개발	공정기술 개발	시스템의 장기안전성 기술 개발	운전조건 최적화 및 촉매 재생 기술 개발	장기안정성과 가격경쟁력이 확보된 메탄 직접분해 및 이산화탄소 개질 시스템 최적화 기술개발	상용화
Local Cell 타입 알루미늄 수전해기술	슬래그 형성 억제 기술	알루미늄 펠렛 제조 및 반응기 설계	반응기 제작	수소 분리, 건조 및 정제 공정 기술 개발	반응물의 재사용 및 공정 최적화 기술 개발	월300톤 규모의 최적화된 AI 수소 생산시스템 개발	폐 알루미늄 등과 알칼리 수용액을 이용한 수전해 시스템 기술개발	창업성장
물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매	낮은 수소 및 산소 발생 과전압과 내구성을 갖춘 낮은 귀금속 함량의 촉매 제조 기술	촉매 재료 설계	기계적 특성 및 전기화학적 특성 평가	적용 환경에서의 내구성 평가	촉매 제조 양산화 기술 개발	수전해장치 적용 실증	고효율 수소발생특성을 가진 귀금속 저함유 및 저가의 비귀금속계 촉매 개발	기술혁신
바이오 수소 생산	미생물 및 조류에 의한 수소 생산기술	적용 미생물 및 조류 선정	반응기 기술개발	공정 기술개발	공정 최적화 기술 개발	수소생산 시스템 양산화 공정 실증	혐기발효 또는 광합성 미생물 및 조류에 의한 수소 생산 기술 개발	기술혁신