

The background features a light blue gradient with various abstract elements. In the top left, there are overlapping squares in light blue and white, with a dashed line extending downwards. A network of blue and white dots connected by thin lines is visible. In the bottom right, a large, complex circular diagram with concentric rings, arrows, and various geometric shapes (squares, circles, lines) is present, suggesting a technical or scientific theme.

전략품목 현황분석

수소 연료전지 시스템

CONTENTS

전략품목

■ 수소 연료전지 시스템

1. 개요	6
2. 동향 조사 분석	11
3. 특허 동향	30
4. 전략품목 기술로드맵	40



수소 연료전지 시스템

전략품목 정의 및 범위

- 수소와 공기의 전기 화학 반응을 통해서 전기를 발생시키는 기술을 지칭함
- 인산형 연료전지(PAFC), 용융 탄산염연료전지(MCFC), 이온 교환막 연료전지(PEMFC), 고체 산화물 연료전지(SOFC)가 있음

전략품목 관련 동향

◎ 시장전망 및 제품 동향

- **(시장전망)** '21년 38억 5천만 달러였던 수소 연료전지 시스템 세계시장 규모는 '26년 236억 7,300만 달러로 증가할 것으로 전망됨
- **(제품동향)** 수소 연료전지 시스템은 수소경제의 활용단계에서 핵심적인 역할을 하는 기술로 수송, 발전 등 다양한 산업 분야에 적용 가능하여 성장이 기대됨

◎ 기술개발 및 플레이어 동향

- **(기술동향)** 수소 연료전지 시스템 가격저감 및 내구성 향상 관련 기술 개발이 활발하며 미국, 일본은 연료전지의 핵심부품 기술력이 높은 것으로 평가되고, 연료전지 관련 특허 출원 건수는 미국이 가장 많음
- **(플레이어)** TOYOTA(일), HONDA(일), Ballard Power Systems(캐), Bloom Energy(미), FuelCell Energy(미), Panasonic(일), Plug power(미), 현대자동차(한), 두산퓨얼셀(한), 포스코에너지(한), 코오롱인더스트리(한)
- **(중소기업)** 에스퓨얼셀, 미코파워, 프로파워, 블룸SK퓨얼셀, 시노펙스 등

◎ 핵심기술

- 가격경쟁력 확보를 위한 금속촉매 기술
- 고 내구성 MEA 기술
- 고효율·고내구성·저가형 연료전지 스택 기술
- 수소 연료전지 추진 선박용 주요 기자재 국산화 개발
- 수소 연료전지용 백금촉매 제조를 위한 정밀제어 제조장치 기술개발
- 수소전기차 연비향상 및 소형화를 위한 고효율/대용량 수소 재순환 시스템 기술

중소기업 기술개발 전략

- ➔ 연료전지 스택 개발 시 CAPEX/OPEX 최소화를 위한 방안 확보가 무엇보다 중요하며, 귀금속 촉매 최소화/대체 방안, MEA/Stack 제조 방법 고도화 및 내구성 증대 방안 확보가 시장 진입을 위한 최소 조건임
- ➔ 핵심기자재인 스택 제조기술 및 이와 연계되는 BOP 설계/제조 기술, 시스템 제어기술, 용량 증대를 위한 Unit 통합을 위한 제어기술에 관한 종합적인 설계 개발이 필요함
- ➔ 수소 연료전지 시스템의 End-User는 육·해·공 모빌리티용 또는 발전용 산업으로, 해당 적용처 맞춤형의 시스템 열성능 최적화를 위한 열적 통합설계가 필요함
- ➔ 수소 연료전지 특성 및 시스템 적용 환경에 적합한 각종 BOP 류들의 개발과 연료전지 스택 연계에 필요한 Interface 최적설계가 중요함. 또한 O&M 사용자 편의성을 고려한 모듈러 타입 설계, 저소음 설계 등이 제품 선정 시 사용자 입장에서 중요한 고려 대상이 되므로, 이에 대한 대응이 필요함
- ➔ 수소법 발효로 인한 법규 준수 및 각종 인허가에 따른 대책수립과 안전설계가 수반되어야 함

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 수소 연료전지 시스템은 수소를 활용하여 전기를 생산하는 장치로서, 내연기관의 엔진에 해당하는 수소전기차의 핵심 부품임
 - 수소전기차는 수소저장시스템, 연료전지 스택 및 스택에 공기나 수소를 공급하고 스택의 온도를 조절하는 운전장치, 스택에서 생산된 전기를 변환시켜주는 전력변환기, 모터 및 감속기, 스택의 운전을 보조해주는 보조 전원 등으로 구성됨
 - 연료전지 스택 : 수소와 산소가 만나서 전기를 발생시키는 장치
 - 운전장치 : 스택에 수소와 공기를 공급, 제어하고 발생되는 물과 열을 제거하는 장치
 - 전장장치 : 스택 발생전기를 모터에 공급하고 전력을 제어하는 장치
 - 수소저장장치 : 고압수소를 저장하고 압력을 조절하는 장치
 - 위의 기본 구성 중 전장장치와 수소저장장치를 제외한 연료전지 스택, 운전장치가 수소 연료전지 시스템에 해당됨
- 수소전기차에서 연료전지 시스템은 연료전지 스택, 수소공급 장치, 공기공급 장치, 열 및 물 관리 장치로 구성됨

[수소 연료전지시스템 구성]



* 출처 : 한국자동차연구원 (2020)

- 수소 연료전지 시스템은 신재생에너지 분야에서 다양한 분야 적용을 위한 전략품목으로, 시장 진입이 일정 이루어져 청정에너지로의 주요 활용처가 되고 있으며, 신재생에너지 분야에 있어서 수소 에너지 공급 안정성 확보를 통해 차별화된 경쟁력 획득 및 다양한 산업생태계 창출이 가능할 것으로 전망됨

[신재생에너지 품목로드맵 내 수소 연료전지 시스템]



* 출처: 자체작성

(2) 필요성

- 에너지원의 확보는 경제 및 산업 발달에 필수적인 핵심요소
- 산업 발전, 인구 증가 등으로 세계 에너지 수요가 급격히 증가하고 있지만, 수십 년 내에 화석에너지원이 고갈될 것으로 예측
 - 우리나라는 현재 에너지 소비량 세계 10위, 석유 소비량 6위권의 에너지 다소비 국가이며 에너지 소비의 약 97%를 수입에 의존하고 있음
 - 따라서 에너지 자원 빈국에서 에너지 기술 강국으로 도약하여 안정된 에너지를 확보하기 위해 연료전지 기술 개발에 국가적 총력을 기울이는 것이 필요함
- 연료전지 시스템은 경제발전의 핵심 에너지 기술
- 연료전지 기술은 미래의 '수소 경제' 구도에 있어서 풍력, 태양에너지 등과 같은 자연 에너지의 수급 불균형을 가장 효율적이며 경제적으로 조절, 보완할 수 있는 전력 산업용 에너지 기술임
 - 또한 자동차 동력원 및 휴대전원용 등 그 응용 범위가 매우 넓어 향후 에너지 시장을 주도할 대표적 기술로 평가되고 있음

- 온실가스 감축을 위한 각국의 규제 및 정책 지원 강화도 연료전지 경쟁력 확보 및 시장 형성을 촉진시킬 전망이다. 가정, 상업, 수송 부문의 온실가스 감축 노력이 시급하며, 이들 부문은 연료전지의 적용 시도가 집중되고 있는 분야임
- 국가별로 차이는 있으나 신재생에너지에 대한 연구개발 지원에서부터 보조금 지원, 신재생 에너지 발전차액지원제도, 신재생 에너지 의무 할당제, 수소에너지 인프라 구축 지원 등 다양한 제도가 실시 중이거나 실시될 예정이므로, 연료전지의 시장 형성에 도움을 줄 것으로 예상됨
- 석유 경제 시대에 내연기관이 개발되어 20세기의 산업발전을 주도하였듯이, 다가오는 수소 경제 시대에는 환경 친화적인 연료전지 기술이 지속가능한 산업발전을 이끌 것으로 전망되고 있음. 따라서 현재 연료전지의 수요는 막대하며 장기 성장 전망은 매우 밝음

□ 연료전지 시스템은 외부에서 연료 및 공기를 공급하면 연속적으로 전기를 발생시키는 발전기이며, 전력 사용이 요구되는 모든 영역에서 적용이 가능함

- 연료전지 시스템은 수소, 천연가스 또는 다른 탄화수소 연료의 화학적 에너지로 전기를 생산하기 위한 장치임. 배터리와 달리, 연료전지 시스템은 에너지를 저장하지 않고 내연기관에서 디젤, 산소의 지속적인 공급에 의존하는 방법으로 연료와 산소를 지속적으로 공급하면 전기를 발생함
- 연료전지 시스템은 사용자에게 전기, 수소 등 원하는 연료 공급원의 가격에 따라 수소, 배터리 또는 이 둘의 최적조합 등 유연하게 에너지를 선택 할 수 있는 다양한 운영 전략을 제공함
- 현재 연료전지 시스템은 에너지 밀도가 높고 연료 재급유 속도가 빠르기 때문에 장거리 운행에 필요로 하는 애플리케이션에 더 적합함
- 또한 연료전지 시스템은 모듈식 설계로 시스템 및 저장탱크를 다양한 시장과 응용장비의 요구에 부합하도록 설계할 수 있는 뛰어난 유연성을 제공하고, 전기분해 과정을 통해 물분자를 수소와 산소로 분리, 탈 탄소 에너지원으로 사용이 가능함

□ 연료전지 시스템은 수소전기차 뿐만 아니라 전기를 필요로 하는 모든 어플리케이션 적용이 가능함

- 적용 가능 분야 : 수소승용전기차, 수소상용전기차, 지게차, 이륜차, 건설기계, 건물용, 발전용, 선박용, 항공용, 철도용, 레저용 등 다양한 분야 적용 가능

[수소 연료전지 시스템의 필요성]

구분	석탄	복합가스	연료전지
용량	800~1000	400이상	0.1~수십GW
건설기간/입지	수년/해안, 인구 비 밀집지역	수개월/도심 내	
전기효율(%)	38~45%	~55%	42~60%이상
전기 + 열공급	X	X	O
NOx 발생량(ppm)	50	20	-
소음(dB)	110	110	-
송배전 손실	~4%	~4%	-

* 출처 : 전기화학 판서

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- ☐ 전력이 필요한 전 산업 분야에서 수소 연료전지 시스템이 구축될 경우 에너지 산업 융합이 가속화되어 전 산업 분야에서 추가적 부가가치 창출이 가능
 - 수소 연료전지 시스템 기술을 이용하여 산업별 다양한 요구사항에 따라 최적의 어플리케이션을 적용하여 에너지 및 운영비용 절감을 통한 경제 발전 예상
 - 수소 연료전지 시스템은 에너지밀도가 타 발전시스템에 비해 높아 자동차를 비롯한 다양한 산업에 적용이 가능함

[수소 연료전지 시스템 품목 산업구조]

후방산업	수소 연료전지 시스템	전방산업
금속 및 세라믹 분말 소재, 분리판 성형을 위한 금속 박판 소재, 연료 합성 산업, 연료전지 제조 공정/검사/자동화 설비 등	펌프 제조 공정, 열교환기 관련 소재, 가습기 패키지, 열 교환기 제어 등 제조업 및 전력 기반 산업	자동차, 조선, 건설, 기계, 에너지

* 출처: 자체작성

(2) 용도별 분류

- ☐ 연료전지에서 생산되는 전류는 반응 면적에 비례하며 전압은 셀 적층 개수에 따라 자유롭게 조절이 가능하여 다양한 분야에 사용될 수 있고, 용도에 따라 다음과 같이 분류할 수 있음
 - 고정형(Stationary) : PEMFC, PAFC, MCFC, SOFC
 - 수송형(Transport) : PEMFC, MCFC, DMFC, SOFC
 - 휴대형(Portable) : PEMFC, DMFC

2. 동향 조사 분석

가. 시장 분석

◎ 연료전지 관련 업체들은 가격 저감과 기술의 신뢰성확보를 위해 노력하고 있으며, 이에 도달하기 위한 정책적 뒷받침이 필요한 상황임

- ☐ 연료전지 시장은 대부분 국제유가의 영향을 많이 받으며, 현재 단가가 높은 점 때문에 각 시스템 기업들은 가격 저감과 기술의 신뢰성확보에 주력하고 있는 실정임
 - 연료전지의 경쟁력 확보를 위해 일관성 있는 연료전지 육성정책과 그 후속으로 연료전지 시장 확대를 위한 가스가격의 지원정책 등의 필요성이 대두되고 있음
- ☐ 소규모 연료전지 수요가 증가하고 있으나, 아직까지 큰 시장을 형성하지 못하는 가장 큰 이유는 기술수준을 보다 높이고 어떻게 시장을 창출할 것인가에 대한 비즈니스 모델이 존재하지 않기 때문임
 - 국내 대부분의 업체가 해외에서 추진한 사례를 기반으로 이를 국내에 적용하고자 하고 있으나 환경이 다른 국가의 모델보다는 국내 환경에 적합한 비즈니스 모델의 발굴이 시급함
 - 자전거, 비상전원, 장애인용 휠체어 등 시장진입에 필요한 구체적인 비즈니스 모델을 설계하여 업계의 경제활동이 가능한 프로그램 지원이 필요함
- ☐ 신뢰성 테스트에는 많은 비용과 인력이 필요하므로, 상용화까지 이어질 수 있도록 평가 제도와 인증제도가 필요함
 - 시장형성 초기단계로 국제표준 제정에 적극 참여하며 표준을 통한 신뢰성확보가 필요함
 - 활용분야에 따라 요구하는 기준이 다르므로 종류별 체계화된 안정성, 신뢰성 평가 시스템이 요구됨

◎ 국가별로 진행되는 수소산업 지원 정책으로 수소시장이 커짐에 따라 민간 기업 투자가 활성화되고 있음

- ☐ 2021년 수소 산업에 SK, 포스코, 현대차, 한화, 효성에서 총 43조원 투자함
 - 국내 연료전지 자동차의 기술은 현대자동차가 대표적이며, 그 수준은 완성차수준 세계 정상급으로 수소 연료전지자동차 모니터링 사업 등을 통해 신뢰성을 확보하여, 현재 북유럽 4개국에 시범보급 및 독일·미국 등에 보급 중에 있음
 - 연료전지 스택의 핵심 부품인 MEA, GDL 소재는 외국에 의존하고 있어, MEA 성능 향상과 가격 저감을 위해 스택 성능을 획기적으로 향상시키는 기술을 집중적으로 개발 중임
- ☐ 수소전기차 중심의 수송형 연료전지와 발전용 연료전지 위주로 시장이 성장할 전망임

◎ 타 산업 파급효과

- ☐ 타 산업에 적용 가능한 수소 연료전지 시스템 기술 확보 시, 기존 수소차외 수소분야로 확대가 가능하여 새로운 시장 확대가 가능함
- ☐ 2025년 이내 중국, 독일 등의 경쟁국 수소전기차 출시가 예상되고 있으며, 그동안 기술적 우위를 선점하여 경제적·산업적 측면에서 경쟁력을 확보해야 함
- ☐ 수소경제 활성화 및 수소 산업 확대
 - 수소전기차는 국내를 포함한 유럽·북미 등에서 시장이 창출되어 2025년에는 자동차 시장의 30%까지 증가할 것으로 전망되며, 이에 따라 수소 경제 활성화가 기대됨
 - 연료전지 스택 부품 개발에 있어서, 중소·중견기업이 높은 비중을 차지하고 있으므로 신성장 동력 확보, 가치사슬 내 중소·중견기업의 역량 강화, 수소 산업 확대 등이 기대됨
- ☐ 시장 확대 및 고용 창출
 - 연료전지 스택용 금속 분리판, 기체확산층, 가스켓 부품 관련 국내 시장 확대가 기대되며, 각 부품별 다양한 신기술 개발이 이루어질 것으로 예상됨
 - 수소전기차 시장 외에 가정용, 산업용 등의 연료전지 시장으로 확대되고 있으며, 이는 인력양성 및 대규모 고용 창출에 크게 기여할 것으로 보임

◎ 정책적 지원 강화

- ☐ 독일
 - 2020년 6월 독일 연방정부는 수소시장의 주도권을 확보하고 온실가스 감축 글로벌 리더십을 강화하려는 목표로 연방내각회의에서 “국가수소전략(National Hydrogen Strategy)”을 채택함
 - 독일 정부는 수소가 재생에너지를 저장하는 다목적 에너지 운반체를 위한 필수요소로 판단했으며 재생에너지를 전력원으로 활용할 수 없는 분야에서 부문간 결합(sector coupling)을 통해 재생에너지 전력을 수소 합성연료 형태로 저장할 수 있는 수단으로 인식하여 독일 탈탄소 전략의 핵심으로 판단함
 - 수소차를 위해 2020년에 충전소 100개소를 건설한 후, 연평균 10~15개소를 추가하는 등 인프라를 구축 중이며, 2030년까지 수소차 180만 대, 수소충전소 1,000개소 규모로 갖춰질 것으로 예상됨
- ☐ EU
 - EU 집행위원회는 '21년 연료전지 산업에서 EU를 중심으로 '합종연횡'을 추진하겠다고 발표함. '17년 10월에는 EU가 규정하는 경쟁 정책에서 산업 제휴 공동체인 유럽 배터리 연합(European Battery Alliance, EBA)이 출범하면서, 유럽의 배터리 산업에서 민간과 정부 기관 등이 협력하여 혁신을 창조하고자 함
 - 2050년까지 유럽을 최초의 탄소중립 대륙으로 만들기 위한 수소 생산능력 제고를 목표로 기업, 정부, 산업전문가로 구성된 '유럽 청정수소 동맹(European Clean Hydrogen Alliance)'을 결성함. 이를 통해 투자재원 확보와 R&D를 적극 지원하여, 시장 참여자를 지원하고 수소 시장을 구축하고 있음

□ 중국

- 연료전지 및 수소기술에 대한 정책적 지원이 시작된 것은 비교적 최근으로 기술개발과 동시에 적극적인 보급 확산 위주의 정책을 추진하고 있음
- 에너지정책의 범위에서 제도적으로 수소에너지를 다루고 있으며 연료전지 기술은 해외 선도기업과의 협력을 통해 공동 개발 및 도입을 추진하고 있음
- 2020년 국가발전개혁위원회와 사법부에서 “녹색생산과 소비법규정책체제에 대한 의견”을 발표하며 수소산업 등 신에너지 산업 집중 육성을 발표했으며, 2020년 4월 국가에너지국에서 “에너지자원법”을 통해 기존 위험화학품으로 분류되던 수소를 주요 에너지원으로 편입시킴
- 지방정부 차원에서는 상하이, 장쑤성 루가오시, 후베이성 우한시 등이 중앙정부의 정책에 부응하여 수소차를 중심으로 한 정책을 적극 추진하고 있는 추세임
- 상하이는 “수소전기차 발전계획”을 발표하며 2020년까지 100여 개 이상의 연료전지 부품기업을 유치할 계획임

□ 호주

- 2020년 3월 싱가포르와 저탄소 기술 협력 MOU를 체결하고 수소를 포함한 저탄소 기술 협력을 강화하기로 하였으며 미국 수소안전센터 회원가입으로 미국과의 협력기반을 구축함
- 각 주 정부별로도 생태계 구축을 위해 연료전지 발전소를 건설하고 수소차를 보급하고 있음

□ 일본

- 일본의 수소경제 정책은 가정용 연료전지 보급확산을 통해 연료전지와 수소 시장의 조속한 자립화를 목표로 하는 것이 특징이며 가정용 연료전지 설치 목표는 2020년 140만대에서 2030년 530만대까지의 확산임
- 2020년 수소차 판매가격을 낮추고, 수소 발전기술을 구체화하며 수소충전소 등 인프라 보급 확대 등을 포함하는 3번째 수소 지원 정책인 “수소 연료전지 전략로드맵”을 발표하였음
- 이를 통해 2030년까지 가정용 연료전지 530만대와 수소 발전단가 17엔/kWh라는 목표를 제시했으며, 수소전기차와 가정용 연료전지 확대를 중심으로 수소가격 저감 및 수소경제 활성화에 주력하고 있음
- 민생용 연료전지 도입 지원사업은 주택용 연료전지를 대상으로 설치 보조금(300~400만원/대)을 지원하는 정책으로 가정용 연료전지 보급에 큰 효과를 보이고 있음
- 발전용 연료전지의 경우 2020년경 자가발전용 수소발전의 본격적 도입을 시작으로 2030년 발전 사업용 수소 공급시스템을 도입할 계획에 있음
- 일본의 1단계 에너지 공급분야의 목표는 가정용 연료전지 시장을 조속히 자립화시키는데 있어 가정용 연료전지 설치 목표는 2020년에 140만 대, 2030년에 530만 대로 설정했음. 연료전지 자동차의 보급목표는 2020년까지 약 4만 대, 2025년까지 약 20만 대, 2030년까지 약 80만 대로 설정함
- 신흥국 중산층시장을 목표로 연료전지 자동차를 2025년에 도입, 동종의 하이브리드 자동차와 가격경쟁이 가능하도록 차량 가격을 낮추도록 함
- 신에너지산업기술 종합개발기구(NEDO)를 설치하고 신수소 프로젝트 등을 활용하여 연료전지를 꾸준히 개발하였으며, 가정용 연료전지(Ene-Farm, 에네팜) 보급을 위해 정부보조금 지원함

- 일본 정부는 “수소·연료전지 전략 로드맵” 3차 개정안을 발표함. 수소가격과 요소별 기반기술 성능·가격, 실행방안을 구체화하였으나, 수소 생산 부분에서 자급률이 낮아 해외에 의존하는 부분 및 연료전지와 모빌리티를 위주로 한 정책이 많아 우리나라와 상황이 매우 유사함

[일본 수소 연료전지 전략 로드맵]

기본전략에서의 목표		목표 설정	목표달성을 위한 정책
에너지	FCV 20만대@2025 80만대@2030	2025년 ● FCV와 HV가격차 (300만엔→70만엔) ● FCV 주요시스템 가격 (연료전지 약 2만엔/kW→0.5만엔/kW) (수소판매회 약 70만엔→30만엔)	● 철저한 규제개혁 및 기술개발
	충전소 320곳@2025 900곳@2030	2025년 ● 정비·운영비 (정비비 3.5억엔→2억엔) (운영비 3.4천만엔→1.5천만엔) ● 충전소 구성기기 가격 (압축기 0.9억엔→0.5억엔) (축압기 0.5억엔→0.1억엔)	● 전국적 ST 네트워크, 주말 영업 확대 ● 주유소/편의점 병설 ST 확대
	버스 1200대@2030	20년대초반 ● FC 버스차량 가격 (1억500만엔→5250만엔) * 트럭, 선박, 철도분야에서 수소이용확대를 위해 지점 수입 및 기술개발 등 추진	● 버스 대응 충전소(ST) 확대
	상용화@2030	2020년 ● 수소 단일발전 발전효율 (26%→27%) ※1MW급 가스터빈	● 고효율 연소기 등 개발
FC	그리드 패리티 빠른 실현	2025년 ● 업무·산업용 연료전지의 그리드 패리티 실현	● 셀 스택 기술개발
	수소비용 30엔/Nm3@2030 20엔/Nm3@미래	20년대초반 ● 제조 : 갈탄가스화에 의한 제조비용 (수백엔/Nm3→12엔/Nm3) ● 판매·수송 : 액화수소 탱크 규모 (수천 m³→5만 m³) 수소액화효율 (13.6kWh/kg→6kWh/kg)	● 갈탄가스화로 대형화·고효율화 ● 액화수소 탱크 단열성 향상 대형화
	물 전기분해 시스템 비용 5만엔/kW@미래	2030년 ● 물 전기분해장치 가격 (20만엔/kW→5만엔/kW) ● 물 전기분해 효율 (5kWh/Nm3→4.3kWh/Nm3)	● 니마하(Ni)와 고지(高知)지역 실증 성과를 활용한 모델지역 실증사업 추진 ● 물 전기분해 장치 고효율화·내구성 향상 ● 지역자원을 활용한 수소공급망 구축

* 출처: 김양균, KICTzine 2022 Vol.2 수소산업 육성을 위한 국내외 정책동향 (2022)

□ 미국

- 에너지부(Department of Energy) 주관으로 수소 경제로의 전환에 대한 “H2@Scale” 프로젝트를 추진 중임. 동 프로젝트는 미국이 수소 생산, 활용에 있어 어떤 자원을 이용하고, 효과적으로 활용할지에 대한 연구에 관한 것임
- 미국은 지게차와 연료전지 등 비수송 부문에서 수요창출에 어느 정도 성공을 거두었고, 현재 약 2만 6,000대의 연료전지 지게차가 월마트 등에 보급돼 물류창고에서 사용되고 있음. 고정형 연료전지 분야는 개발 중이며 이동통신타워 등에 고정형 연료전지 설비가 설치되어 있음
- 상업용 전기 자동차(EV) 및 연료전지 전기 자동차(FCEV) 세금 공제 정책을 통해 2023년 1월 1일부터 기업은 새로운 EV 및 FCEV를 구매할 때 세금 공제를 받을 수 있으며, 수소차 및 전기차는 차량구매금액의 30%, 플러그인하이브리드 전기차는 차량구매금액의 15% 세금 공제를 받을 수 있음
- 교통부의 연방 교통국(FTA)은 저공해 또는 무공해 보조금 프로그램을 관리하며 무공해 대중교통 버스의 구매 또는 임대를 위해 지방 및 주 정부 기관에 재정 지원이 제공됨
- 주정부 차원에서 캘리포니아주의 자가발전 인센티브 제도(Self-Generation Incentive Program, SGIP)가 대표적인 정책이며 SGIP 제도는 피크부하 저감을 목적으로 하는 자가발전 분산전원 보급 제도로 최저효율, 온실가스 배출량, 오염물질 배출량 등 기준 추가를 통해 연료전지의 보급 촉진을 기대할 수 있음
- 에너지부가 주관하는 수소와 연료전지 프로그램에서는 원천기술 관련 R&D에 집중하고 응용기술과 상업화 관련 기술은 민간섹터에 일임함. 특히 소재 개발의 측면, 그 중에서도 백금을 사용하지 않는 촉매(platinum-free catalysts)와 수소 저장용기와 관련된 소재 개발을 지속할 예정임

□ 영국

- 기후변화위원회는 영국정부에 수소 분야의 수소 활용 증진을 통한 탄소배출 제로 전략을 제시하였으며 이는 승용차 외 버스, 트럭과 같은 상용차(Heavy Goods Vehicles) 대상 수소 활용 전략을 2020년 하반기에 마련하여 조속한 테스트 베드 구축 필요성을 강조하였음
- 온실가스 배출량 감축을 위해 수소 연료전지 허브를 시행하여 연료전지 효율화와 이슈해결을 위해 노력 중임
- 2020년 6월 영국 정부가 '녹색경제회복' 정책의 일환으로 자동차산업의 녹색기술 개발에 7,350만 파운드를 지원키로 결정함에 따라, 재규어랜드로버는 이 일부를 지원받아 수소 연료전지차 개발 프로젝트 'Project Zeus'에 착수, 2030년까지 수소 SUV 개발을 목표로 하고 있음

□ 국내

- 2020년 2월 세계 최초로 “수소법(수소 경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률)”을 제정하며 법적기반을 마련함
- 2022년 5월 청정수소의 판매·사용 의무화와 청정수소 발전의무화제도(Clean Hydrogen Portfolio Standards, CHPS제도) 도입을 주요 내용으로 하는 수소법 개정안이 통과되었음
- 수소 선도국가로의 도약이라는 정책적인 목표 하에, 청정수소의 사용 촉진을 위한 기존 신·재생에너지 발전 의무화제도(Renewable Portfolio Standards, RPS제도)에서 수소발전을 분리하여 별도로 청정수소로 생산한 전기의 일정 비율 이상의 판매 의무화를 위한 근거가 마련됨. 이에 따라 수소경제 가속화의 동력이 될 것으로 전망됨
- 온실가스 및 미세먼지 감축수단을 목적으로 저공해자동차 대상 보조금 및 세제 혜택을 지원함
- 『대기환경보전법』 제58조의 3에 따라 행정 및 공공기관 의무구매제도가 수도권 지역에서 전국으로 확대됨. 자동차 10대 이상을 구매하고 있는 국가기관, 지방자치단체 및 공공기관은 새로 구매하는 차량을 저공해자동차로 구매 또는 임차하여야 하며, 위반 시에는 과태료가 부과됨
- 저공해 자동차란 대기오염물질의 배출이 없는 자동차 또는 『대기환경보전법』 제 46조에 따른 제작차 배출허용기준보다 오염물질을 적게 배출하는 자동차로서 대통령령으로 정하는 자동차임
- 수소전기자동차 구매 시 정부보조금 및 지자체보조금을 지원받도록 하며, 개별소득세, 교육세, 취득세의 세금 감면 등의 혜택을 지원함

[수소전기차 구매 혜택 ('22년)]

차량구매 보조금		세금감면			기타혜택
정부보조금	지자체보조금	개별소득세	교육세	취득세	
2,250만 원	최대 1,750만 원	최대 400만 원	최대 120만 원	최대 140만 원	혼잡통행료 면제 공영주차장 요금 감면 고속도로 통행료 50% 할인

* 출처 : 손동희·김태은, 친환경자동차 지원 사업 분석 (2022.07)

- 수소 연료전지기술개발을 주도하기 위해 6개 정부부처¹⁾ 및 소관 연구관리전문기관²⁾이 ‘범부처 수소 R&D 협의체’ 구성하여, 부처별 R&D 추진현황 및 성과 공유, 신규 R&D 투자 수요 검토, 개발된 기술의 조기적용을 위한 규제 개선사항 발굴 등을 추진 중에 있음
- '19년 1월, 정부가 『수소경제 활성화 로드맵』 발표를 통해, 친환경 분산전원으로 부상하고 있는 발전용 연료전지를 '40년까지 15GW(수출 7GW 포함) 이상으로 확대하고 수출산업화를 추진한다고 밝힘. 가정·건물용 연료전지도 '40년까지 2.1GW(약 94만가구) 보급을 계획함

[수소경제 활성화 로드맵 목표]

구분	세부내용		2018	2022	2040
수소 모빌리티	수소차	승용차	1,800대	7.9만대	590만대
		택시	-	-	12만대
		버스	2대	2,000대	6만대
		트럭	-	-	12만대
	계		1,800대	8.1만대	620만대
	수소충전소		14개소	310개소	1,200개소
수소에너지	발전용 연료전지		307.6MW	4.5GW	15GW이상
	가정/건물용 연료전지		7MW	50MW	2.1GW
수소생산	공급량		연간 13만 톤	연간 47만 톤	연간 526만 톤 이상
	공급방식		부생수소, 추출수소	+수전해	+해외생산
	수소가격		정책가격	6,000원/kg	3,000원/kg

* 출처 : 산업통상자원부 (2020)

1) 과기정통부(주관), 산업부, 국토교통부, 해양수산부, 환경부, 특허청

2) 연구재단, 에너지기술평가원, 국토교통과학기술진흥원, 해양수산과학기술진흥원, 환경산업기술원, 특허전략개발원

(1) 세계시장

- 2021년 38억 5천만 달러였던 수소 연료전지 세계시장 규모는 2026년 236억 7,300만 달러로 증가할 것으로 전망됨
 - 2020년부터 2026년까지의 연평균 성장률은 43.80%로 전망

[수소 연료전지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR ('20~'26)
세계시장	2,780	3,850	5,536	7,961	11,448	16,463	23,673	43.80

* 출처 : RESEARCHANDMARKETS, Hydrogen Fuel Cells Global Market Report 2021: COVID-19 Growth and Change (2021.11) 자료를 재구성하여 추산

- 국가별 세계 수소차 판매 현황에 따르면, '20년과 '21년 모두 한국이 판매대수 및 점유율 면에서 수소전기차 및 연료전지 시스템 시장을 선도하고 있는 것으로 확인됨
 - 국내 완성차 업체의 수소전기차 점유율은 2021년 기준 49%로, 미국 19%, 일본 14%, 중국 10%, 유럽 4% 등에 비해 우위를 차지함
 - 다만, 2021년도 수소전기차 판매비율은 미국이 가장 높은 증가율인 243%를 기록하며 선두에 있으며, 그 뒤로 일본이 219%의 증가율로 판매가 증가함

[세계 수소차 판매 현황 ('21년)]

(단위 : 대, %)

구분	2020년		2021년		'20년 대비 판매비율
	판매대수	점유율	판매대수	점유율	
한국	5,848	56%	8,557	49%	46%
미국	977	9%	3,347	19%	243%
일본	775	7%	2,471	14%	219%
중국	1,177	11%	1,772	10%	51%
유럽	517	5%	770	4%	49%
기타	1,101	11%	725	4%	-34%
합계	10,395	100%	17,642	100%	70%

* 출처 : 투데이에너지, 韓, 3년 연속 수소차 판매시장 1위 차지 (2022.02)

- 수소시장 전문기관 H2 리서치의 주요 플레이어별 세계 수소차 판매현황 분석에 따르면, 한국 국적의 현대자동차의 수소차 판매가 세계 1위를 점유하고 있음
 - 현대자동차 판매대수는 '21년 기준 9,300대로 집계되었으며, 미국 3,347대, 일본 2,471대, 중국 1,772대, 유럽 770 대에 비해 높은 판매량을 기록함

[주요 플레이어 수소차 판매 현황 ('21년)]

(단위 : 대, %)

구분	2020년		2021년		성장률
	판매대수	점유율	판매대수	점유율	
현대	6,500	69.0%	9,300	53.5%	41.9%
도요타	1,600	17.0%	5,900	34.2%	268.9%
포톤	100	0.6%	400	2.1%	503.3%
혼다	200	2.5%	300	1.7%	23.0%
기타	1,000	10.9%	1,500	8.5%	43.7%
합계	9,400	100.0%	17,400	100.0%	83.0%

* 출처 : 트럭타임즈, 2021년 연간 전세계 수소차 판매량에서 현대차 1위 수성 (2022.02) (원출처: 2022년 2월 Global FCEV Monthly Tracker, SNE리서치)

(2) 국내시장

- 연료전지 국내 시장규모는 2021년 4,606억 원에서 2026년 1조 1,948억 원으로 증가할 것으로 전망됨
 - 2020년부터 2026년까지의 연평균 성장률은 21.00%로 전망

[연료전지 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR ('20~'26)
국내시장	3,807	4,606	5,574	6,744	8,161	9,874	11,948	21.00

* 출처 : 김호건, K 뉴딜산업 INSIGHT 보고서-3 연료전지 개요와 현황 (2021.08) 자료를 재구성하여 추산

- 2020년~2021년 국내 연료전지 기업 매출과 영업이익에 따르면, 국내 건물용 연료전지 대표기업인 에스퓨얼셀은 순이익에서 급격한 성장세를 기록하였으며, 발전용 연료전지를 전문으로 공급하고 있는 두산퓨얼셀의 경우 전체적으로 역성장을 기록함

[국내 연료전지업계 실적현황]

(단위 : 억 원)

	2020년		2021년		증감률	
	매출	영업이익	매출	영업이익	매출	영업이익
에스퓨얼셀	469.91	22.16	473.05	22.58	0.7%	1.9%
미코파워	-	-	135.26	-51.00	-	-
두산퓨얼셀	4,618.38	260.33	3,814.12	179.90	-17.4%	-30.9%
범한퓨얼셀	319.00	49.56	460.74	61.65	44.4%	24.4%
한국퓨얼셀	386.35	-30.61	460.53	42.93	19.2%	흑자전환
에이치엔파워	20.14	-29.44	22.48	-46.31	11.6%	적자유지

* 출처 : Kharn, 원자재·전쟁·코로나19...악재 가중된 2021년 '악몽' [연료전지] (2022.05)

- ☐ 국내 연료전지 발전설비 제조업(연료전지용 단위 셀 및 스택 제조업, 연료전지 발전 시스템 제조업, 연료전지 발전용 기타 부품 및 장비 제조업)의 사업체 수는 2020년을 기준으로 21개이며 총매출액은 7,144억 원으로 평균적으로 사업체 당 357.2억 원의 매출액을 기록함
- ☐ 국내 연료전지 발전설비 제조업의 평균 매출액은 국내 신재생에너지 발전설비 제조업의 평균 329.6억 원보다는 큰 규모, 대규모 장치산업인 풍력 768.1억 원 보다는 낮은 규모임

[연료전지 관련 산업 주요 현황 ('20년)]

세분류	사업체 수 (개)	종사자 수 (명)	매출액 (억 원)				투자액 (억 원)
			총 매출액	내수	수출	해외공장	
연료전지용 단위 셀 및 스택 제조업	4	39	59	58	0	-	27
연료전지 발전 시스템 제조업	9	739	5.461	6.461	-	-	3
연료전지 발전용 기타 부품 및 장비 제조업	8	376	1.624	824	800	-	-
연료전지 발전 설비 건설업	36	552	8.063	8.063	-		17
연료전지 발전업	63	289	6.007	6.007	-		6.600

* 출처 : 서울시 녹색산업지원센터, 2022 녹색산업 인사이트 연료전지 (2022.07) (원출처: 산업통상자원부·한국에너지공단
신·재생에너지센터(2021a))

나. 기술개발 동향 분석

☐ 기술경쟁력

- 수소 연료전지 시스템은 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 91.5%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 0.9년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 68.7%, 기술격차는 2.4년으로 평가
- 일본(97.8%)>한국>유럽(89.5%)>중국(72.8%)의 순으로 평가

☐ 기술수명주기(TCT)³⁾

- 수소 연료전지 시스템은 5.82의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

(1) 기술개발 이슈

◎ 친환경차 시장의 조기 선점을 위하여 수소 연료전지차 개발 및 상용화 경쟁이 치열해지고 있으며, 주요기업 간의 원가절감 및 양산화를 위한 협업이 증가됨

- ☐ 해외에서는 현재 내구수명 20만km와 영하 30℃ 시동기술이 확보되어 기술적으로는 상용화 수준에 있으나, 시장진입의 걸림돌인 7천만 원 이상의 차량가격을 낮추는데 연구를 진행 중임
- ☐ 일본의 TOYOTA는 친환경 개발에 현재 확보된 하이브리드차 기술을 접목하여 수소 연료전지차(Fuel Cell Vehicle, FCV) 가격을 저감시키고자 노력 중이며, 신차 주행 시 배출 CO₂를 90% 저감시키고, 2050년까지 재생 및 수소 에너지를 활용하여 글로벌 공장에서 배출되는 CO₂를 zero 수준으로 감축 예정임
- ☐ 일본의 HONDA는 2021년 미국의 GM사와 전기차 모델 차체와 핵심 부품의 구조 정보가 담긴 플랫폼을 공유하기로 합의하며, 북미 전기차(EV) 시장선점에 나섬
 - 플랫폼은 차량의 동력장치인 파워트레인의 배치, 중량 배분과 무게 중심 등을 포괄하는 핵심 구조물임
 - 혼다는 자사의 중형 전기차 모델에 적용하기 위해 개발 중인 '이 아키텍처플랫폼(e Architecture platform)'을 GM에 제공하고, GM은 혼다에 EV 전기 동력 장치 개발에 필요한 기술을 제공하며, 이를 통해 전기차 부품의 절반 이상을 공유함

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

◎ 국내 수소전기차 및 연료전지 시스템 기술 동향

□ 국내 수소승용차 개발 동향(싼타페)

- '00년 싼타페를 바탕으로 최초의 수소전기차를 개발함
- '03년 미쉐린 환경 친화 자동차 대회에 금메달 3개와 은메달 1개를 수상함
- '05년 연료전지 시스템 국산화 성공, 주행거리 380km를 달성함
- 세계 최초로 350bar 고압 수소 저장 탱크 탑재로 주목됨
- '02년 캘리포니아 몬테리에서 싼타 바바라까지 3일 동안 300마일(약 480km) 연속 주행으로 '2002 퓨얼셀 로드 랠리'에서 연료전지 자동차로서의 성능을 입증함

□ 국내 수소승용차 개발 동향(투싼)

- '13년 세계 최초 수소 양산차를 출시함
- 1회 충전 주행거리 약 600km으로 향상
- 1억 5천만 원의 고가의 비용과 충전 인프라 부족으로 185대 판매
- 100kW급 연료전지와 2개의 수소 저장탱크 탑재 및 160km/h의 최고 속도
- 영하 20도 이하의 저온 시동성 확보로 효율성을 갖추

□ 국내 수소승용차 개발 동향(넥쏘)

- 해발 2220m 프랑스 산맥 평균 109km/h 속도로 총 666km, 6시간 주행에 성공으로 수소차 실용성 증명
- '22년 중국 시장 진출을 위해 기존 넥쏘 기반 1회 충전 주행거리 600km의 '중국형 넥쏘' 출시예정
- '24년 넥쏘 부분변경 모델 출시 예정

□ 국내 수소상용차 개발 동향(엑시언트)

- '20년 전세계 최초 수소전기트럭 양산체제 구축
- '22년 7월 스위스 23개 회사에 공급('20년~'22년 6월)한 47대 차량 누적 주행거리 400만km 돌파
- '22년 8월 독일 물류·제조분야 7개사에 엑시언트 수소전기트럭 27대 수출

□ 국내 수소상용차 개발 동향(일렉시티 FCEV)

- '22 ~ '25 가격 할인 등 추가 인센티브 지원 및 연간 100대 이상 보급 추진
- '22년 해외 최초 오스트리아 시내버스 정규노선 투입
- 우수한 성능을 갖춘 연료전지 시스템, 동급 최고 용량 수소 탱크 적용으로 1회 충전 약 550km 주행 가능

◎ 국외 수소전기차 및 연료전지 시스템 기술 동향

☐ 미국 수소승용차 개발 동향

- GM 2세대 연료전지 시스템 개발 및 군사용 수소전기차 시험
- 2세대 연료전지 개발에 혼다와 협업
- 군사용 연료전지 트럭 필드 실험
- 포드 폭발력 제어 및 '초회박 연소'가 가능한 터보차저를 함께 사용하는 수소 엔진 기술 특허 출원

☐ 미국 수소상용차 개발 동향

- 뉴플라이어, 연료전지 굴절버스 개발 예정
- 발라드/하이드로제닉스, 수소버스용 연료전지 시스템 개발
- '22년 니콜라 1회 충전 800km 주행, 70kg 수소저장이 가능한 수소 연료전기 트랙터 '트레 FCEV' 프로토타입 공개
- '23년 니콜라 미국 애리조나 쿨리지 공장에서 '트레 FCEV' 생산 계획

☐ 유럽 수소승용차 개발 동향

- 벤츠 연료전지 GLC F-Cell 연료전지 플러그인 하이브리드 모델
- BMW-도요타와 협업하여 X6, X7 모델에 적용 예정
- BMW 6kg 수소 탱크, 고효율 연료전지 시스템, 최고출력 275kW 모터 장착한 IX5 hydrogen 개발완료로 '25년부터 양산예정
- BMW IX5 hydrogen 영하 20% 스웨덴 혹한 테스트로 수소차 핵심 연료전지 스택, 수소탱크, 배터리 팩, 전자장비 등의 핵심 부품 정상 작동 테스트 완료
- 르노 16kW 연료전지 탑재, 1회 충전 800km 주행 가능 SUV 수소전기차 '르노 마스터밴 FCEV' 차량 시제품 공개

☐ 유럽 수소상용차 개발 동향

- 다임러트럭 '27년부터 양산 예정인 수소트럭 'GenH2' 독일 실도로 실증 테스트 돌입
- 'GenH2' 1회 충전 1,000km이상 주행가능 하도록 개발 진행 중
- 볼보 한 쌍의 연료전지로 300kW 전기 생성, 최대 1,000km 주행가능한 수소 연료트럭 시범 운행

☐ 일본 수소승용차 개발 동향

- '20년 도요타 항속거리 30% 향상된 미라이(Mirai) 출시
- '20년 말 도요타 1회 충전 850km(유럽기준)의 긴 주행거리를 지닌 미라이(Mirai) 2세대 출시

□ 일본 수소상용차 개발 동향

- 수소전기 택시 도입(후쿠오카). '21년 도쿄올림픽 운영과 함께 수소버스 관공서 도입
- 수소전기차 국제 통합 안전기준 확립 및 국가 주도의 수소전기차/충전소 보급 계획
- 도요타 히노와 함께 차세대 연료전지 및 수소탱크 6개 장착, 1회 충전 500km 주행 가능한 36톤급 대형 수소전기트럭 '클래스8(Class8)' 개발완료
- '20년 이스즈와 혼다 공동 연구개발 계약 체결 및 혼다 연료전지 기술 이스즈 트럭에 적용해 수소 연료전지 트럭 개발 진행 중
- 이스즈, 덴소, 도요타, 히노 및 합작사 CJPT(Commercial Japan Partnership Technologies Corporation)는 대형 상용차용 수소엔진 개발 계획 및 기초 연구 시작
- 이스즈 2023년부터 도쿄와 후쿠시마 유통·물류 현장에 60여 대의 준중형급(2~3톤급) 수소트럭을 보급예정으로 도요타, 히노, CJPT와 함께 신형 수소트럭 냉장·냉동 탑차 개발 예정

□ 중국 수소승용차 개발 동향

- 장궈바오르 장관이 전기차 대안으로 수소전기차 가능성 의사 표명
- 상하이자동차그룹(SAIC) 연료전지 R&D 팀 구성 및 '25년까지 최소 10종의 수소전기차 출시 계획
- 제일자동차 홍치 상하이 FCVC 2021에서 수소 연료전지 세단 'Hongqi H5-FCEV' 발표
- 장성자동차그룹 '25년까지 C급 SUV를 포함 수소전기차 3종 출시예정

□ 중국 수소상용차 개발 동향

- 1,000대 이상 규모의 친환경 버스 보급 목표 (수소 및 전기차)
- '22년 베이징 동계 올림픽 1,000대 이상 수소 연료전지차 동원
- SAIC Hongyan 수소전기트럭 생산 개시 및 '22년 1월 첫 번째 수소 전기 트럭 생산
- 상하이자동차그룹(SAIC) '20년 9월 3세대 수소 연료전지 미니버스 Maxus EUNIQ 7 출시
- 장성자동차그룹 '25년까지 수소전기대형트럭 100대 생산·판매 예정

(2) 생태계 기술동향

◎ 해외 플레이어 동향

☐ TOYOTA(일본)

- 1996년 첫 연료전지 차량을 선보였고, 2002년부터 차량 및 스택을 미국과 일본 내에 리스 판매를 시작함. 2014년 'Mirai'라는 승용형 연료전지 차량을 양산하여 판매를 시작하였고, 2020년 하반기 주행거리를 대폭 늘린 2세대 Mirai를 출시함
- 2020년 10월 HONDA와 협업 하에 재난현장에 수소버스로 전력을 공급하는 시스템인 '무빙 이(Moving E)'를 출시함. 수소버스에 장착된 대용량 수소탱크와 높은 발전기 위력으로 전기를 공급하는 방식이며, 이를 통해 수소버스 및 수소충전용 배터리의 새로운 가능성을 제시함
- 2020년 11월 연료전지 2개를 장착해 600km 주행이 가능한 대형 수소전기트럭을 개발하여 2021년 주행 실증을 실행함

☐ HONDA(일본)

- 2007년 'FCX Clarity'라는 연료전지 차량을 처음으로 발표하고, 2008년부터 미국 캘리포니아에서 리스판매 시작. 2018년에 개선된 Honda Clarity를 발표하고, 현재 스택의 소형화 및 고출력화를 위해 지속적인 개발을 수행 중에 있음

☐ Ballard Power Systems(캐나다)

- 청정에너지 솔루션 공급 업체로 세계적인 양성자 교환막 연료전지 기업으로 인정받고 있음
- 2018년 9월, 차세대 고성능 액체 냉각 제로 배출 연료전지 스택인 FCgen-LCS를 출시

☐ Bloom Energy(미국)

- 독점적인 연료전지 기술을 기반으로 하는 현장 발전 시스템을 개발 및 제조하고 있음
- 제조한 서버는 Google, Staples, Walmart, eBay 및 The Coca-Cola Company와 같은 다양한 기업에서 사용
- 청정 연료전지로 생성된 전기만으로 가동되는 플렉서블 리튬이온 배터리 출력을 갖춘 시설의 에너지 요구를 충족시킬 수 있는 통합 에너지저장 제품군을 보유하고 있으며, 연료전지 기술로 마이크로그리드를 설계, 설치 및 유지 보수함

☐ FuelCell Energy(미국)

- 연료전지 발전소의 제조, 설계, 설치 및 서비스와 관련된 통합 연료전지 기업으로, 2018년 11월 Dominion Energy로부터 미국 코네티컷 브리지 포트에 있는 기존 14.9MW급 연료전지 파크를 인수함
- FuelCell Energy의 연료전지 제품군에는 '3.7MW DFC4000', '2.8MW DFC3000', '1.4MW DFC1500', '300kW DFC300', 'Multi-MW DFC-ERG' 등이 있으며, 정부, 산업, 석유 생산, 정제, 기타 현장 및 그리드발전 애플리케이션에 사용됨

☐ Panasonic(일본)

- 파나소닉은 2009년 천연가스에서 추출한 수소를 사용해 발전하는 세계 최초 가정용 연료전지 열병합 발전시스템인 에네팜(ENE-FARM)을 출시함
- 2021년 10월 고순도 수소와 산소와의 화학반응을 통해 발전시키는 5kW 건물용 수소 연료전지 발전기 'H2 KIBOU'를 출시함. 'H2 KIBOU'는 에네팜의 출력(700W)보다 7배 이상 높으며, 여러 개의 유닛 연결을 통한 전기 출력 확장 및 옥상이나 좁은 공간에 설치할 수 있는 제품임
- 온수저장장치를 'H2 KIBOU'에 연결할 경우 연료전지에서 발생하는 열을 온수로 변환하여 사용할 수 있으며 열회수 설비를 추가할 경우 총 에너지 효율은 95%에 달해 낭비 없이 에너지를 효율적으로 활용할 수 있음

☐ Plug Power(미국)

- 플러그파워는 수소 전 분야 밸류체인으로 사업영역을 확대하고 있음. 이동형, 고정형 수소 연료전지 제조부터 그린수소 생산, 유통, 저장, 충전까지 수소 밸류체인 전반에 걸쳐 사업을 영위함
- 플러그파워는 인천 청라지역에 연료전지와 수전해 설비를 생산하는 기가팩토리를 구축하여 2024년부터 제품 양산을 개시할 예정임

◎ 국내 플레이어 동향

☐ 현대자동차

- 2013년 현대차에서 국내 수소전기차를 처음 양산하였으며, 2018년 전용 플랫폼을 가진 넥쏘 수소전기차가 출시되어 민간보급이 시작됨
- 2023년 기존 수소 연료전지 대비 크기와 가격을 낮추고 출력과 내구성을 높인 차세대(3세대) 수소 연료전지 시스템 개발을 목표로 하고 있으며, 2028년부터 현대자동차에서 생산하는 버스와 트럭 등 모든 상용차에 수소 연료전지차 모델을 배치하기로 계획함

☐ 두산퓨얼셀

- 2021년 9월 중국 광둥성 포산시 난하이구에 분산형 전원으로 발전용 연료전지 1.8MW(4기)를 설치하여, 400가구 아파트와 1개 동 상업건물에 전기와 냉·난방용 열을 공급함. 이는 정부의 2019년 1월 '수소경제 활성화 로드맵' 지원을 통한 기술개발의 결과로, 국내 수소 연료전지발전 해외 첫 수출의 쾌거로 기록됨

☐ 포스코에너지

- 연료전지 사업을 떼어내 연료전지 전문기업 '한국퓨얼셀'을 설립하며, 연료전지 제조, 연료전지 발전소 운영 사업에 주력하고 있음
- 미국 퓨얼셀에너지사와의 전략적 협력을 강화해 발전용 연료전지 중 하나인 용융탄산염연료전지(MCFC) 시장선점에 나서고 있음
- 다만 포스코에너지는 연료전지 국산화에 성공하였으나, 스택에서 결함이 발생한 후 발전사와의 계약이 끊기는 난제를 겪음. 이에 따라 연료전지의 안정성, 효율성 개선에 대한 기술개발에 대한 투자를 확대함

☐ 코오롱인더스트리

- 수소전기차용 연료전지의 핵심 소재인 멤브레인(고분자전해질막, Polymer Electrolyte Membrane, PEM)양산 체제를 구축함. PEM을 양산함으로써 이를 전극과 결합해 만드는 막전극접합체(Membrane Electrode Assembly, MEA) 생산 기반도 갖추게 되었음
- 국내에서 PEM과 MEA를 동시 생산하는 기업은 코오롱인더스트리가 유일해 시장 초기의 원료 수급, 성능, 가격 등의 불안 요인도 해소할 수 있을 것으로 기대됨. 업계 추산에 따르면 수소전기차 생산이 본격화하는 2025년 전 세계 연료전지 시장에서 MEA가 3조 원 이상, PEM이 1조 원 이상 규모를 차지할 전망으로, 이후 기업 성장도 동반될 것으로 전망됨

◎ 국내 중소·중견기업

☐ 에스퓨얼셀

- 산업통상자원부의 지원 하에 2021년 12월 'CO₂ 포집연계형 저탄소 연료전지' 개발에 착수하였으며, 개발에 성공할 시 향후 수소경제 로드맵과 연계해 CO₂ 포집기를 탑재한 연료전지 1,000대를 보급할 계획임
- 제일연료전지발전소를 인수하여, 수소 연료전지 제조 및 이로부터 생산된 에너지를 공급할 기반을 마련함

☐ 미코파워

- 미코의 TUCY 모델은 2kW급과 8kW급 두 가지 용량이 있으며, AC 220V 전력으로 KGS 인증기준 발전효율 51.3~52%, 열효율 47~48.6%, 종합효율은 90% 이상인 고효율 발전시스템임

☐ 프로파워

- 국내 최초로 수소 연료전지 지게차, 수소 연료전지 스쿠터 등을 개발하였으며, 연료전지 배터리 하이브리드시스템 기술을 보유하며 연료전지 특수시장을 견인 중에 있음

☐ 블룸SK퓨얼셀

- SK에코플랜트는 2020년 1월 고체산화물 연료전지(SOFC)의 핵심부품 국산화를 위해 연료전지 및 수소 생산 분야의 선도 기업 Bloom Energy와 합작법인으로 블룸SK퓨얼셀을 설립함
- 경북 구미에 위치한 블룸SK퓨얼셀 제조공장은 2021년 50MW의 생산목표를 25% 초과 달성했으며, Bloom Energy 및 SK에코플랜트와의 지속적인 협력 강화를 통해 블룸SK퓨얼셀 공장을 증설하여 2023년부터 연산 200MW 이상 완제품 공급이 가능하게 될 예정임

☐ 시노펙스

- 멤브레인 소재 필터 전문회사 시노펙스는 수소전기차 연료전지에 들어가는 핵심 멤브레인 2종(고분자전해질막, 가습막)을 '22년 개발함
- 고분자전해질막(제품명 'SYNO PEM-1')은 수소차의 엔진 역할을 하는 스택의 수소이온을 전달하는 핵심 멤브레인임. 수소 연료전지의 효율적인 운전을 위해 스택 내부의 온도와 습도를 일정하게 유지하는 막가습기에 들어가는 멤브레인으로, 시노펙스는 국내 및 해외 수소자동차 회사와 부품회사를 대상으로 마케팅을 진행할 예정임

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[수소 연료전지 시스템 주요 연구조직 현황]

기관	연구분야
울산대학교	• 유체 마찰전기 기반의 에너지 수확 기전 연구
경기대학교	• 수소 연료전지 하이브리드 철도차량 내 수소 누출 안전 확보를 위한 수소 제거 촉매 시스템 개발
숙명여자대학교	• 새로운 합침법을 이용한 고성능·고신뢰성 고체산화물연료전지 나노구조 연료극 개발
부산대학교	• 탄소중립(Zero-emission) 지향 신조선·해양산업 생태계 선도 연구중심대학 구현
한국과학기술연구원	• 자동차용 연료전지 가격 저감을 위한 비 백금 촉매 원천기술 개발

(2) 기관 기술개발 동향

☐ 울산대학교

- 기존의 고체-고체 마찰기반 마찰전기 발전기의 단점인 마모 및 내구성을 극복하기 위하여 유체기반 마찰전기발전기를 개발함
- 유체마찰 발전기의 성능 최적화를 위하여 PDMS-rGO 나노 복합체 필름을 개발하였음. 전자친화도가 크게 차이가 나는 두 부도체를 이용하여 유체마찰전기 발전기의 성능을 극대화함
- 선회 에너지 회생 기능을 갖는 수소 연료전지 굴삭기를 개발 완료함

☐ 경기대학교

- 수소 연료전지 하이브리드 철도차량 내 수소 누출 안전 확보를 위한 수소 제거 촉매 시스템을 개발 완료함. 구체적으로 상온 구동형 수소 산화촉매 기반 수소 연료전지 안전기술 및 열 회수 시스템에 관한 것임

☐ 숙명여자대학교

- 열적·화학적 안정성이 우수하고 전기 전도도가 높으며 큰 전력 밀도를 가지는 페로브스카이트 구조를 가지는 대칭형 고체 산화물 연료전지와 대칭형 고체 산화물 수전해 셀을 개발 완료함

☐ 부산대학교

- 내연기관인 디젤엔진을 배제하고 친환경 연료인 수소를 이용한 수소연료전지를 통해 전기 모터 및 워터젯을 구동 및 추진하여 환경을 오염시키지 않고 육상 및 해상 환경에서 수륙양용으로 자유롭게 활용 가능한 수소 연료전지 추진 수륙양용차량을 개발 완료함

□ 한국과학기술연구원

- 페로브스카이트형 금속 화합물을 포함하는 촉매를 캐소드에 포함하여 전자 이동도 및 이온 전도도를 향상시키고, 알칼라인 전도막 기반 연료전지(AAEMFC)의 성능 개선 및 자동차용 연료전지 가격 저감을 위한 비백금 촉매 원천기술을 개발함
- 백금 및 전이금속으로 이루어진 합금을 포함하여 3차원적으로 상호 연결된 프레임워크를 갖는 메조다공성 구조체로, 안정성이 우수하고 산화환원 반응에 대한 활성이 월등하게 증가된 자가-지지 다공성 나노금속촉매를 개발 완료함

◎ 국내 수소 연료전지 시스템 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국자동차연구원	수소전기차용 고성능 고내구성 가스켓용 탄성소재 및 적용기술 개발	2020 ~ 2024	• 가스켓 부품을 위한 박막 및 고정밀 부품 제조 기술 확보 • 친환경적이며 고유동 및 고탄성이 요구되는 열가소성 탄성소재 적용 • 일체형 가스켓 탄성소재의 생산기술 및 불량 저감을 위한 공정 최적화 기술 개발 • 산성 분위기에서의 기계적 물성 및 용출성을 고려한 기능성 첨가제 기술 개발
(주)현대모비스	14톤급 건설 중장비용 수소 연료전지 파워 시스템 개발 및 실증	2020 ~ 2024	• 수소 연료전지 파워시스템 개발 • 연료전지/슈퍼-캐패시터 간 에너지 분배 기반 기술 개발 • 수소 연료전지 장착 굴삭기의 동력성능 feasibility 테스트 진행 • 굴삭기용 수소 연료전지 파워시스템 설계 • 연료전지/슈퍼-캐패시터 간 에너지 분배 기반 알고리즘 구축
(주)빈센	120kW급 선박용 수소 연료전지 모듈 개발	2021 ~ 2022	• 120kW급 수소 연료전지 모듈화 설계 • 완성차 수소 연료전지 시스템 모듈화 및 집적화 기술개발을 통한 선박용 120kW급 선박용 수소 연료전지 모듈 개발 • 수소 연료전지 모듈 및 시스템 성능평가 방안 마련 • 120kW급 연료전지 모듈 제작 및 조립 • 연료전지 모듈시스템 구성 • 수소 연료전지 시스템 온도변화 계측
(주)일신정밀	친환경 수소 연료전지의 Anode&Cathode Plate 부품 국산화 개발	2020 ~ 2022	• Anode Plate 내 Bus-bar 모듈에 대한 사양 분석 • 국산 대체소재 검토 및 수배를 통한 물성 검증 • 각종 요소부품에 대한 시험 테스트베드 구축 및 기준안 마련(수요처 공동)
인천대학교	수소 생산 및 활용을 위한 고성능 금속지지형 양방향 고체산화물 단위전지 개발	2021 ~ 2022	• 연료극 기능층 소재 및 전극화 공정 기술 개발 • 전해질 소재의 후막 및 박막화 기술 • 단위전지의 전기화학적 성능평가 기술 확립 • LSV(Linear Sweep Voltammetry)를 통해 연료전지 및 전해전지 모드에서 단위전지 overpotential에 따른 전류밀도 분석 및 최대 출력밀도 평가

* 출처: 자체작성

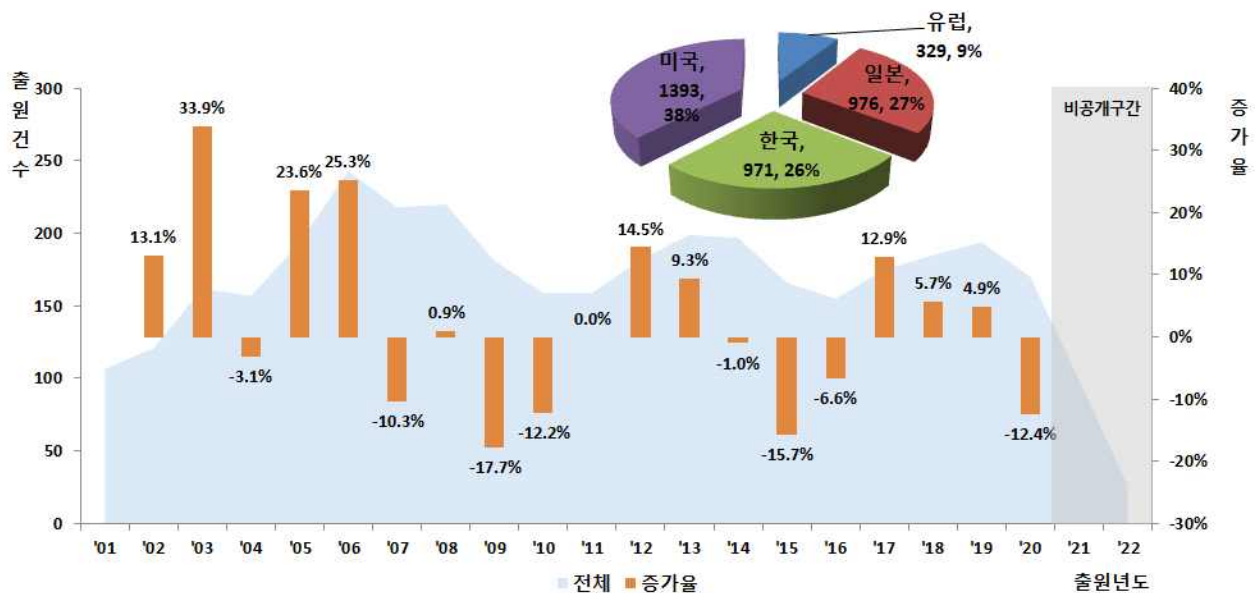
3. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 특허 증가율

- ☐ 과거부터 최근까지 해당품목에 대한 특허기술 출원의 양적 트렌드 분석을 통해 해당품목의 기술개발 동향 파악⁴⁾
- ☐ 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 특허기술 출원 점유율 분석을 통해 해당품목을 선도하는 국가 파악

연도별 출원증가율

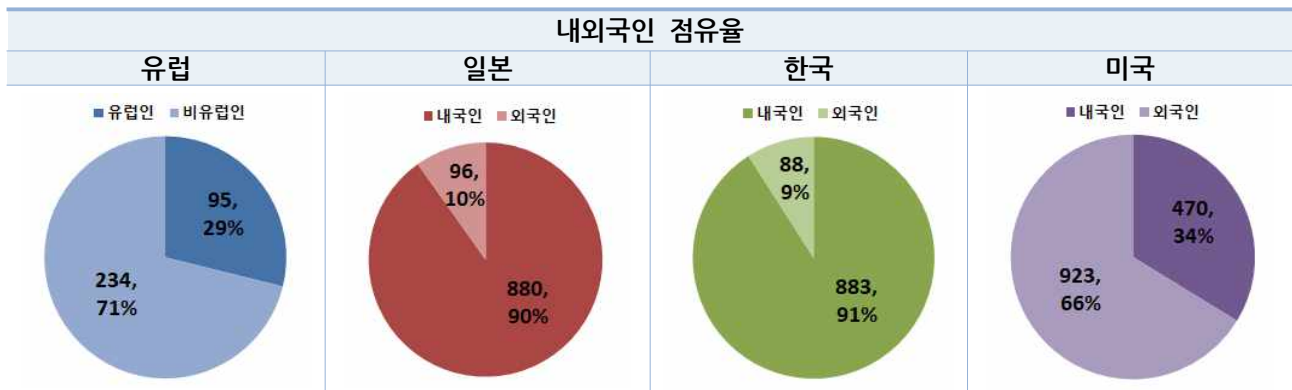


- 수소 연료전지 시스템은 지난 20년(2001년~2020)간 꾸준히 출원활동이 진행된 것으로 나타남
- 전년대비 증가율을 보았을 때 분석 초창기 시점인 2000년 중반까지 출원이 급격히 증가한 것으로 보이며, 이후 감소한 것은 2009년 세계 금융위기 영향을 받아 연료전지 관련 R&D 및 출원 활동도 침체된 시기로 보임. 다만, 최근 10년 동안 소폭의 증감율을 띠면서도 일정 수준의 특허가 꾸준히 확보되고 있으며, 최근 5년 동안 증가율이 감소하고 있는 점은 대기업의 출원 방향이 양적 특허에서 질적 특허로 변환하는 추세에 따른 영향으로 분석됨
- 국가별 특허출원 점유율을 분석 시 수소 연료전지 시스템 품목은 미국이 기술개발을 선도하는 것으로 판단됨

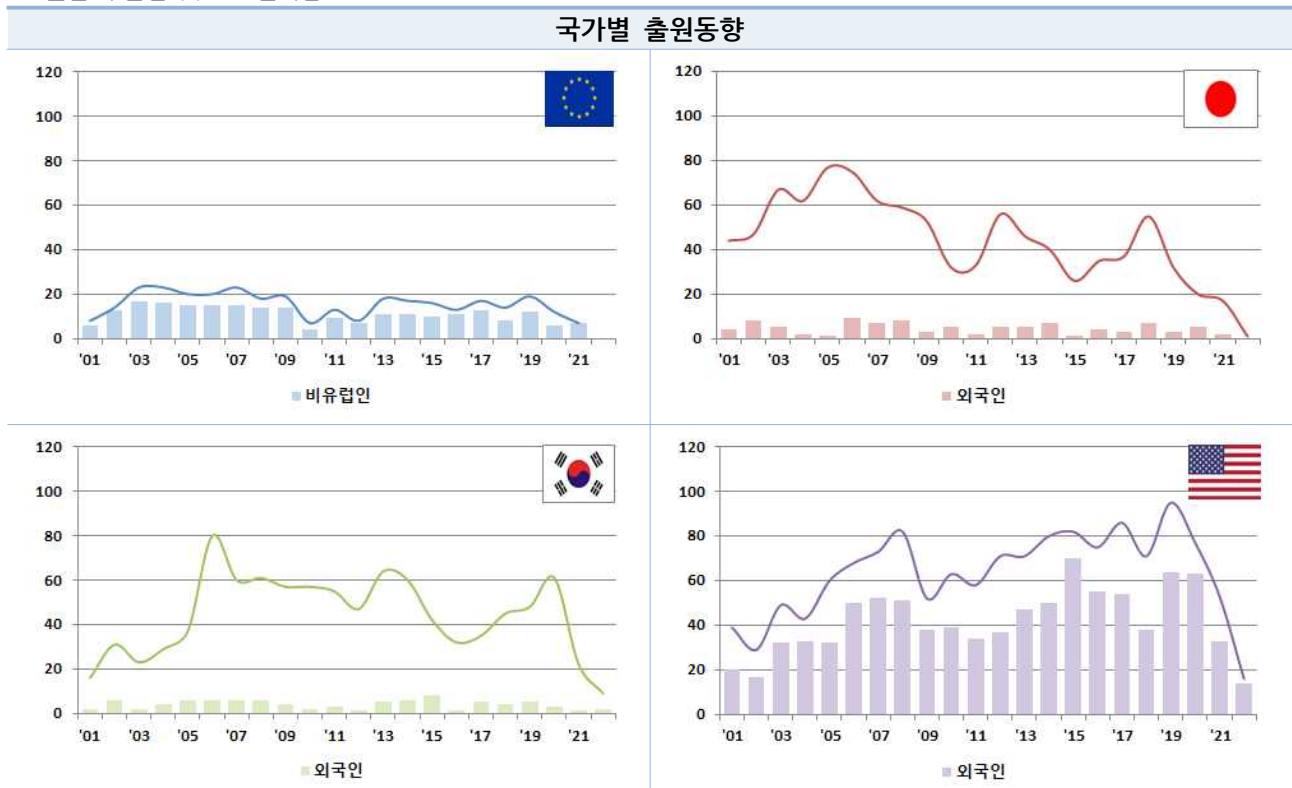
4) 특허출원 후 1년 6개월 경과 후 데이터가 공개되는 특허제도의 특성상, 2021년과 2022년에는 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터의 존재로 유효데이터가 적게 나타날 수 있음에 유의해야 함

(2) 특허 점유율

- 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 내·외국인의 출원분포를 파악하여 해당 국가 내 국외기술의 유입상황 및 국외기술에 대한 의존도 여부, 자국 기술력 등을 유추



- 수소 연료전지 시스템 품목에 있어, 한국과 일본은 내국인의 출원점유율이 더 높은 것으로 나타났으며, 유럽과 미국은 외국인의 출원점유율이 더 높은 것으로 확인됨
- 수소 연료전지 시스템 품목에 있어 한국, 일본 순으로 기술자립도가 높은 것으로 평가되었으며, 다만 그 격차는 크지 않은 것으로 보임. 미국과 유럽의 경우 외국인의 진입이 활발한 것으로 나타나 해당 국가시장에 대한 시장 매력도가 높은 수준인 것으로 분석됨



- 지난 20년간 미국의 출원활동이 가장 활발히 진행된 것으로 나타나며, 유럽의 출원 활동은 대부분 외국인에 의해 진행된 것으로 나타남

(3) 특허 영향력

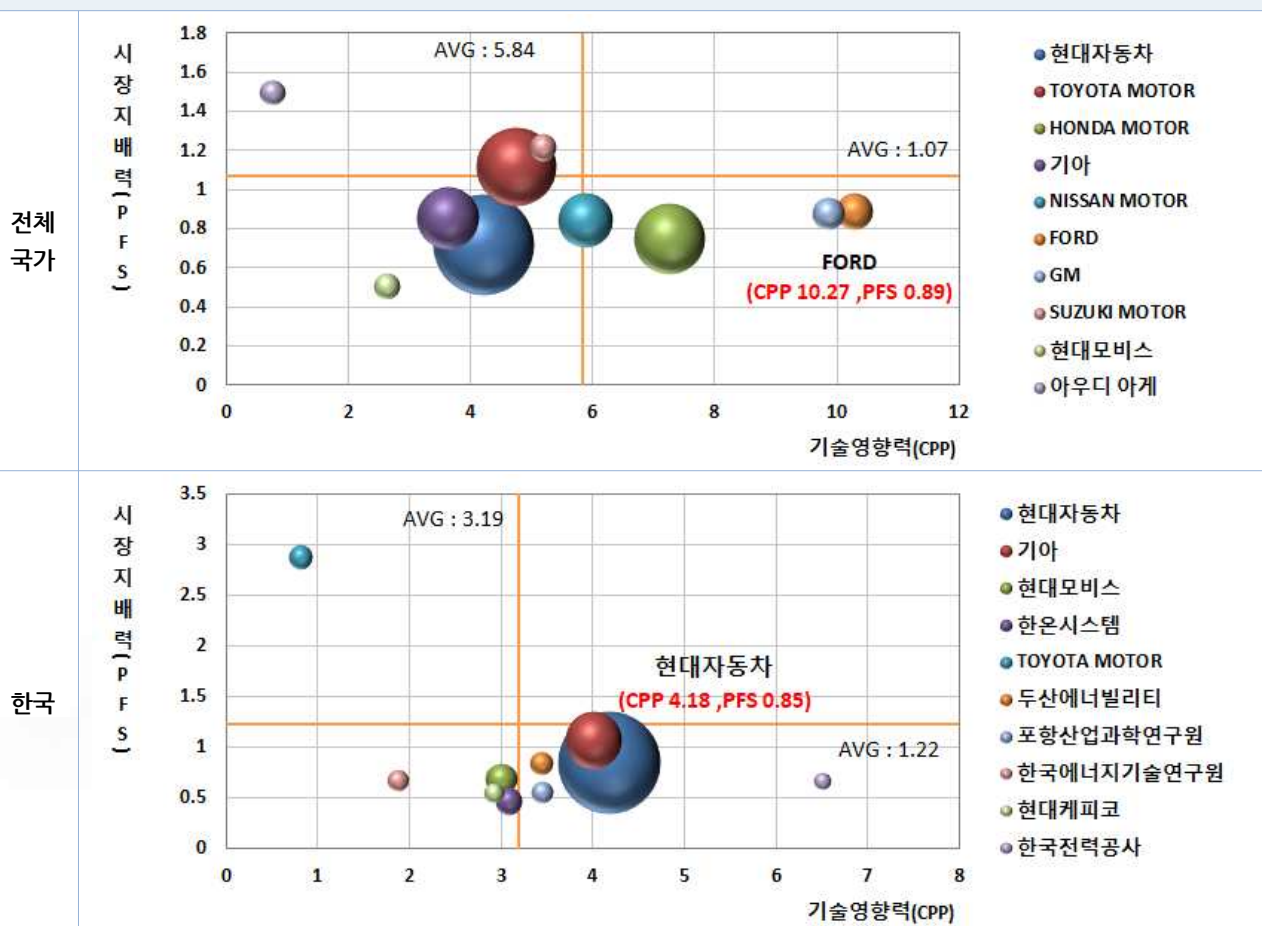
- 기술영향력(CPP) 지수는 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타내며, 특허권자의 입장에서 이 값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단

* $CPP = \text{특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수} / \text{해당 주체의 등록특허 수}$

- 시장지배력(PFS) 지수는 출원인 국적별 패밀리국가수를 분석하는 것으로, 해당품목에서 글로벌 시장을 타겟팅한 출원인이 누구인지 파악 가능

* $PFS = \text{특정 주체의 평균 패밀리 국가수} / \text{전체평균 패밀리 국가수}$

주요출원인 IP 경쟁력(기술성 vs 시장성)



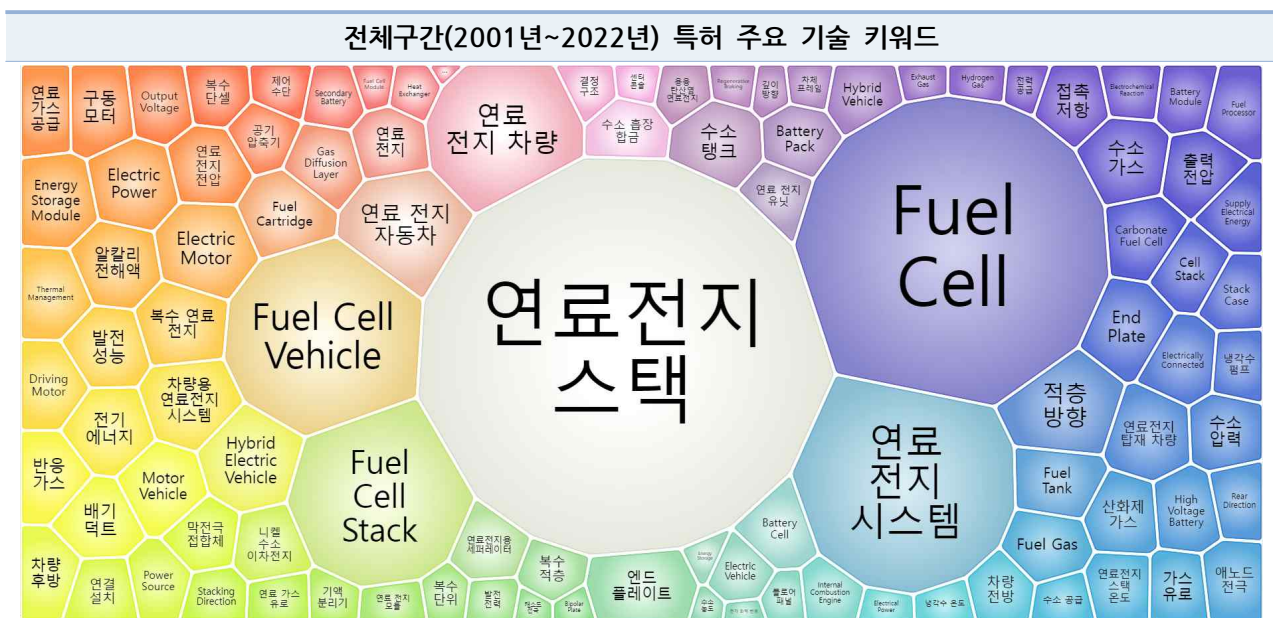
- 수소 연료전지 시스템 품목에 대한 주요출원인들의 IP 경쟁력 분석결과, 전체 국가에서는 FORD가 기술영향력 및 시장확보력이 가장 높은 것으로 나타남. 한국에서는 현대자동차가 기술영향력 및 시장확보력이 가장 높은 것으로 나타남
- (전체) FORD : 기술영향력(CPP) 10.27 / 시장확보력(PFS) 0.89
- (한국) 현대자동차 : 기술영향력(CPP) 4.18 / 시장확보력(PFS) 0.85
- 한국출원인 중에는 전체 국가 및 한국에서 모두 현대자동차의 기술영향력 및 시장확보력이 가장 높은 것으로 분석됨
- (전체) 현대자동차 : 기술영향력(CPP) 4.21 / 시장확보력(PFS) 0.72
- (한국) 현대자동차 : 기술영향력(CPP) 4.18 / 시장확보력(PFS) 0.85

나. 주요 기술 키워드 분석

(1) 기술개발 동향 변화 분석

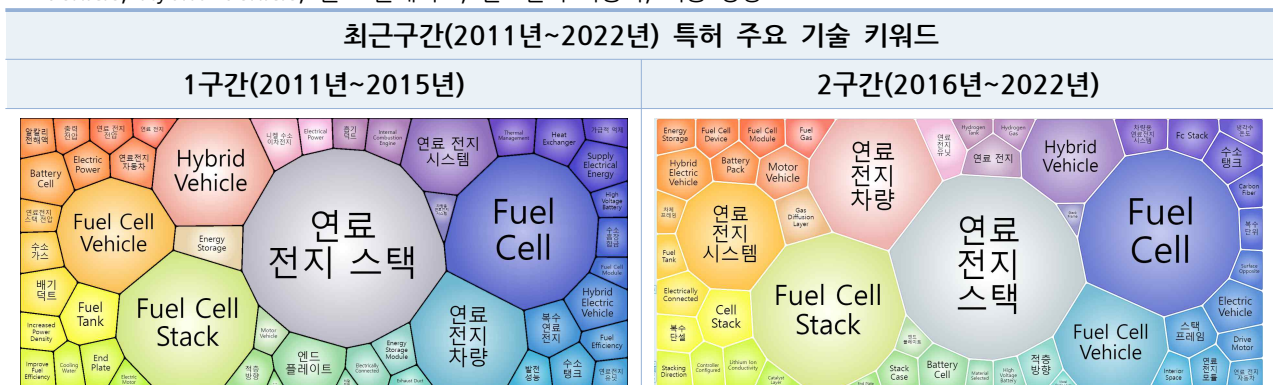
- AI 알고리즘을 활용하여 해당품목의 분석구간의 특허 기술 키워드를 비주얼 차트로 나타낸 것으로, 키워드 확인을 통한 집중연구 분야를 파악할 수 있으며, 구간별 기술 키워드 확인을 통해 해당품목에 대한 구간별 연구 트렌드 변화를 유추

* 분석범위 : 요약, * 키워드 구성 : 구문, * 키워드 출력수 : 전체구간 100개, 최근구간 50개



- 수소 연료전지 시스템 품목에 대한 지난 20년간의 특허 주요기술 키워드 분석결과, 연료전지 기본 기술 관련 키워드가 주로 도출되었으며, 연료전지 핵심 부품인 'Fuel Cell Stack' 및 주요 활용처인 'Fuel Cell Vehicle' 관련 키워드가 도출된 것으로 조사됨

(전체구간 주요 키워드) 연료전지 스택, Fuel Cell, Fuel Cell Stack, 연료전지 차량, 연료전지 시스템, Fuel Cell Vehicle, Hybrid Vehicle, 엔드 플레이트, 연료전지 자동차, 적층 방향



- 수소 연료전지 시스템 품목에 대한 최근구간 특허 주요기술 키워드 분석결과, 1구간에는 '연료전지 스택'이 주요 기술키워드로 도출되었고, 2구간에서도 역시 '연료전지 스택'이 주요 기술키워드로 도출됨

(1구간 주요 키워드) 연료전지 스택, Fuel Cell, Fuel Cell Stack, Hybrid Vehicle, 연료전지 차량

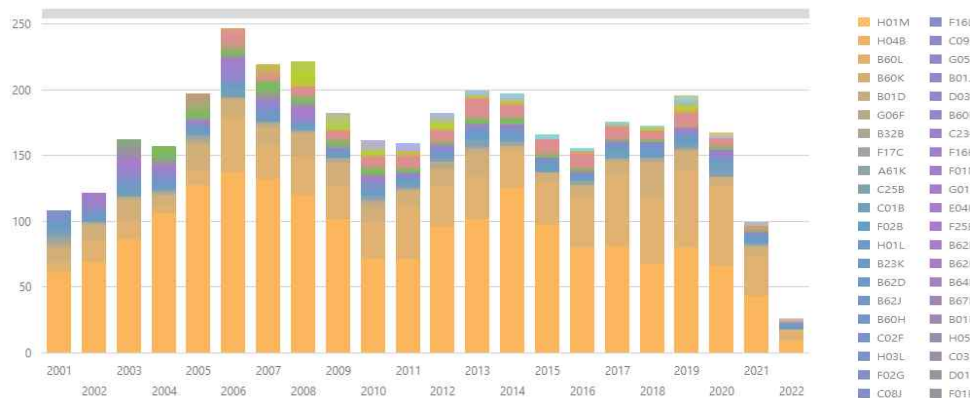
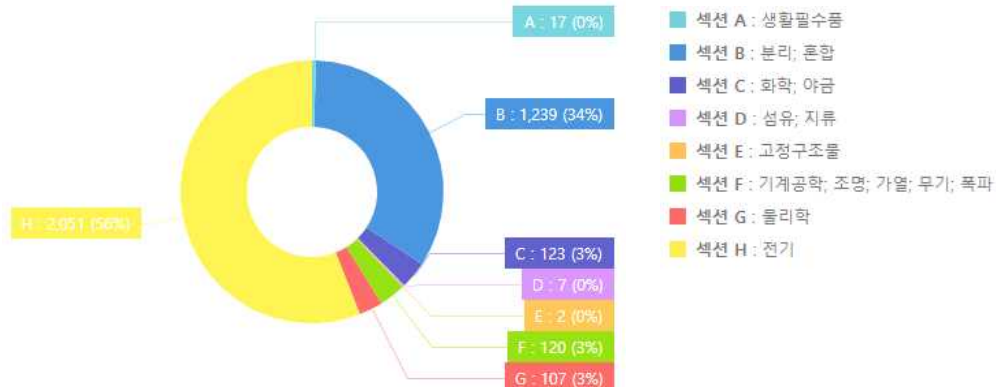
(2구간 주요 키워드) 연료전지 스택, Fuel Cell, Fuel Cell Stack, 연료전지 차량, Fuel Cell Vehicle

(2) 기술 현황 분석

- 전 세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류를 통해 해당품목의 기술현황 및 집중기술 분야를 확인할 수 있으며, 연도별 기술현황 변화추이를 확인함으로써 해당품목에 대한 기술변화 트렌드 변화를 유추

* IPC(International Patent Classification) : 국제특허분류

IPC 특허분류별 출원건수



- 수소 연료전지 시스템 품목은 섹션 H 전기 기술분야의 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그중에서도 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 예. 배터리(H01M) 기술분야에서 집중 연구가 진행되고 있는 것으로 분석됨
- 연도별 기술현황 변화추이를 보았을 때, 최근에는 (H01M) 기술분야인 '화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 예. 배터리' 관련 분야와 (B60L) 기술분야인 '전기 추진차량의 추진' 관련 분야에서 출원이 진행된 것으로 나타남

IPC - Sub Class	출원건수
• (H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 예. 배터리	1,925
• (B60L) 전기 추진차량의 추진	669
• (B60K) 차량의 추진 기관 또는 변속기(트랜스미션, transmission)의 배치 또는 설치	262
• (B60W) 다른 종류 또는 다른 기능의 차량용 부품의 관련 제어	91
• (H01L) 반도체 장치	59

(3) 기술 집중력 분석

- 주요출원인에 의한 특허점유율을 분석하여 기술집중력(시장 독과점 수준)을 판단하는 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)

주요출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	현대자동차	758	20.7	21	
	TOYOTA	490	13.4	34	
	HONDA MOTOR	364	9.9	44	
	NISSAN MOTOR	217	5.9	50	4
	FORD	98	2.7	53	
	GM	91	2.5	55	
	SUZUKI MOTOR	51	1.4	56	
	현대모비스	48	1.3	58	
	삼성에스디아이	39	1.1	59	
	AUDI	39	1.1	60	
	전체	3,669	100%	CR4 = 50	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	92	9.5	9.47	중소기업
	대기업	679	69.9		
	연구기관/대학	112	11.5		
	기타(외국인)	88	9.1		
	전체	971	100.0%	CR중소기업 = 9.47	

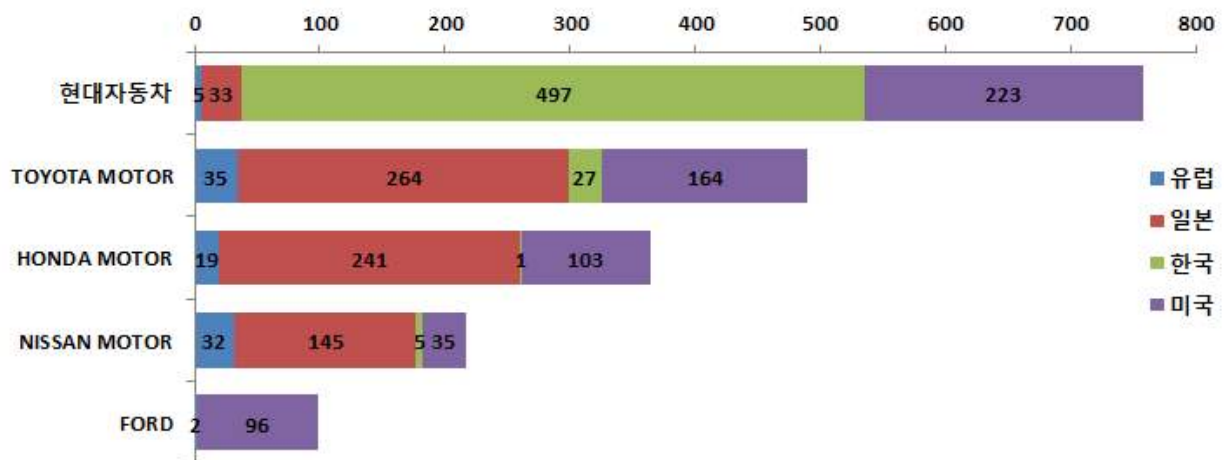
- 수소 연료전지 시스템 품목에 대한 시장관점의 기술독점 집중률 지수(CRn) 분석결과, 상위 4개 기업의 시장점유율이 50으로, 주요출원인에 의한 독과점 정도는 어느 정도 심화되고 있는 것으로 분석됨
- 국내시장에 있어서 중소기업의 특허점유율은 9.47로, 수소 연료전지 시스템 품목에서 중소기업의 점유율은 높지 않은 것으로 분석되고, 외국인에 의한 출원점유율 및 출원건수가 중소기업과 비슷한 수준으로 국내시장에서 중소기업의 진입장벽은 높지 않을 것으로 판단됨

다. 주요 출원인 분석

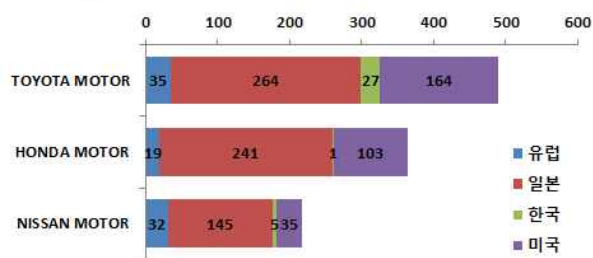
(1) 주요 출원인 동향

- 주요출원인을 기준으로, 해당품목에 대해 기술개발을 주도하고 있는 기관 및 기업을 파악하고, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 출원현황 분석을 통해 주요출원인들이 고려하고 있는 주요시장국이 어디인지 예측하여 거시적 관점의 향후 트렌드를 전망
- 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 연구개발에 있어 비중 있는 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

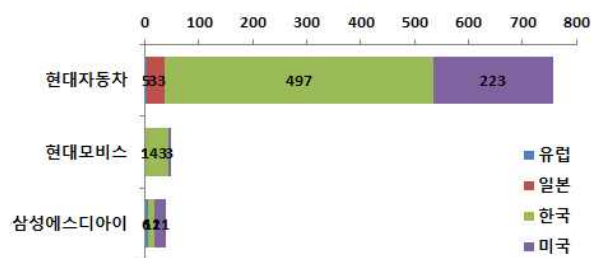
전체 주요출원인 동향



해외 주요 출원인



국내 주요 출원인



- 수소 연료전지 시스템 품목의 주요출원인 Top 5를 살펴보면, 한국, 일본, 미국 국적의 출원인이 포함되어 있는 것으로 나타나며, 특히 일본 출원인에 의해 기술개발이 주도되고 있는 것으로 나타남
- 한국국적의 출원인으로는 현대자동차가 유일하게 주요출원인에 포함되었으며, 이외 일본국적의 출원인인 TOYOTA MOTOR, HONDA MOTOR, NISSAN MOTOR 3명이 포함됨. 미국의 FORD도 5위의 주요출원인으로 나타남
- 국내 주요출원인은 현대자동차를 비롯하여 현대모비스, 삼성엘스디아이로 도출되어, 기업 위주로 기술개발이 진행되고 있는 것으로 분석됨

주요 키워드 및 주요특허 분석



- Fuel Cell, 연료전지 스택, Fuel Cell Stack, 연료전지 차량, 연료전지 시스템, 엔드 플레이트, Fuel Cell Vehicle, Hybrid Vehicle, Fuel Tank, 연료전지용 세퍼레이터

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 4432958 (2010.01.08.)	연료전지를 탑재한 이동체	연료전지를 탑재한 이동체에 의해 침수 노상 등을 이동하기 위한 기술	6	11
JP 5767090 (2015.06.26.)	이동체	이동체가 탑재하는 연료전지로부터의 생성수를 외부에 방출할 때 생성수가 비산하는 것을 억제하는 기술	3	10
JP 5240240 (2013.04.12.)	연료전지 시스템	연료전지 시스템의 보기류, 배관 등을 확실하게 보호하고, 보기류, 배관 등에서 유체가 외부로 새어나오는 것을 확실하게 억제하는 기술	4	7

- TOYOTA MOTOR는 수소 연료전지 시스템 품목과 관련하여 Top 2 출원인으로, 일본과 미국을 위주로 출원을 진행하였으며, 수소 연료전지 스택 관련 유체 누수를 제어 및 억제하는 기술에 대한 기술력이 높은 것으로 조사됨

주요 키워드 및 주요특허 분석



- 연료전지 스택, Fuel Cell, Fuel Cell Stack., 연료전지 시스템, 연료전지 차량, 엔드 플레이트, Hybrid Vehicle, Fuel Cell Vehicle, 연료전지 자동차, 구동 모터

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 4727323 (2011.04.22.)	연료전지 자동차 구조	차량의 플로어 패널 하에 설치한 서브 프레임상의 연료전지용 보조 엔진에 대한 노면으로부터의 뛰어 인상에 의한 영향을 억제할 수 있는 연료전지 자동차 구조를 제공하는 기술	18	2
JP 4082597 (2008.02.22.)	연료전지 차량	유일한 공기 공급 수단만으로 연료 스택을 효율적으로 냉각하고 연료 스택으로 충분한 반응 가스를 공급하는 기술	8	8
US 10479434 (2019.11.19)	Saddle-riding-type electric vehicle fuel cell stack fixation structure	안장 승강 유형의 전기 차량 연료전지 스택 고정 구조 기술	2	5

- HONDA MOTOR는 수소 연료전지 시스템 품목과 관련하여 Top 3 출원인으로, 일본과 미국을 위주로 출원을 진행하였으며, 연료전지 안정 구동 및 연료전지 스택 제어 관련 기술력이 높은 것으로 조사됨

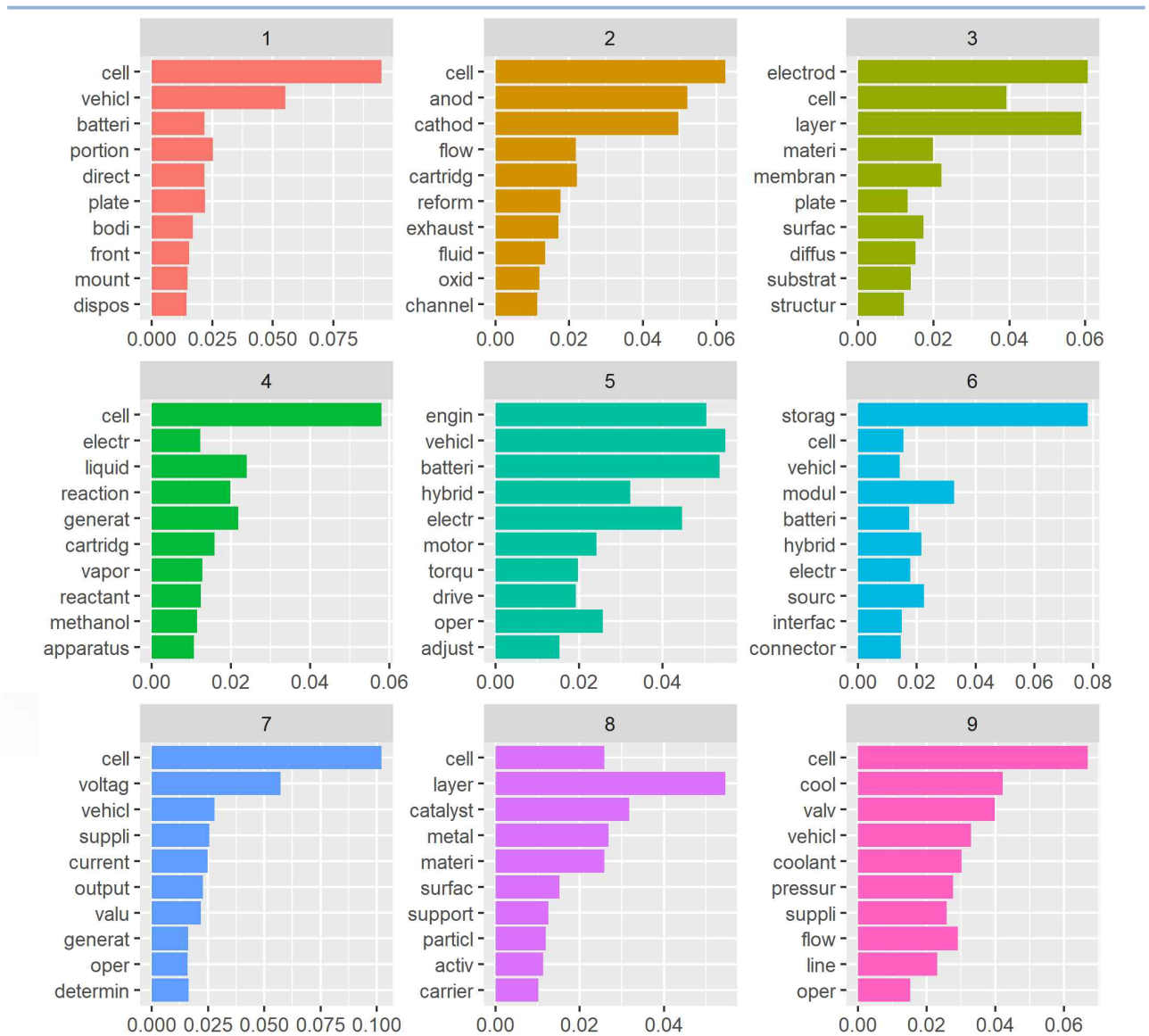
4. 전략품목 기술로드맵

가. 핵심기술

(1) 요소기술 도출

◎ 특허 키워드 클러스터링 기반 요소기술 후보도출

[수소 연료전지 시스템 토픽 클러스터링 결과]



* 출처: 자체작성

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 후보도출]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	cell vehicle battery mount direct	- Vehicle mounting structure for fuel cell - FUEL CELL DEVICE AND VEHICLE WITH THE SAME MOUNTED THEREON	연료전지 스택 마운팅 기술
클러스터 02	cell anode cathode cartridge flow	- FUEL CARTRIDGE FOR FUEL CELL AND PORTABLE ELECTRONIC APPARATUS USING FUEL CARTRIDGE - Cartridge with fuel supply and membrane electrode assembly stack	수소발생 연료 카트리지
클러스터 03	electrode cell membrane surface layer	- MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY, FUEL CELL STACK, AND VEHICLE COMPRISING SUCH A FUEL CELL STACK - METHOD FOR PRODUCING A MEMBRANE-ELECTRODE ASSEMBLY	고내구성 MEA 기술
클러스터 04	cell electro reaction generate methanol	- Reinforced matrix for molten carbonate fuel cell using porous aluminium support and method for preparing the molten carbonate fuel cell comprising the same - METHOD FOR FABRICATING ELECTROLYTE LAYER OF DIRECT CARBON FUEL CELL USING VACUUM SLURRY COATING METHOD AND METHOD FOR FABRICATING DIRECT CARBON FUEL CELL THEREWITH	탄소 연료전지 제조 방법
클러스터 05	engine electric hybrid vehicle adjust	- Engine start control system for hybrid electric vehicle - Engine control method and system of hybrid electric vehicle	하이브리드 전기차 엔진 제어 기술
클러스터 06	storage cell electric vehicle module	- FUEL CELL MODULE FOR VEHICLES - Energy storage system for hybrid electric vehicle	차량용 연료전지 및 에너지저장 모듈
클러스터 07	cell voltage vehicle current output	- Fuel cell and battery voltage controlling method and system - Vehicles with modular parallel high voltage batteries	연료전지 배터리 전압 제어 기술
클러스터 08	catalyst metal active material carrier	- CATALYST CARRIER AND FUEL CELL USING THE SAME - Conductive carbon carrier for fuel cell, electrode catalyst for fuel cell and solid polymer fuel cell comprising same	연료전지용 촉매 담체 기술
클러스터 09	cell cool vehicle flow pressure	- Exhaust apparatus of air-cooled fuel cell vehicle - Cooling system for fuel cell stack shutdown	연료전지 냉각 기술

* 출처: 자체작성

◎ 특허 분류체계 기반 요소기술 후보도출

[IPC 분류체계에 기반 요소기술 후보도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단	(H01M-008/04) 보조 수단, 예. 압력의 제어를 위한 것, 또는 유체 순환을 위한 것	-
	(H01M-008/00) 연료전지; 그의 제조	-
	(H01M-008/10) 고체 전해질이 있는 연료전지	-
	(H01M-008/14) 용융전해질이 있는 연료전지	-
	(H01M-008/24) 연료전지의 그룹화 예. 연료전지의 적층	-
	(H01M-008/06) 반응물질의 제조 또는 잔여물의 처리를 위한 장치와 연료전지와의 결합	수소전기차 연비향상 및 소형화를 위한 고효율/대용량 수소 재순환 시스템 기술
(B60K) 차량의 추진 기관 또는 변속기(트랜스미션, transmission)의 배치 또는 설치	(H01M-002/02) 케이스, 자켓(jacket), 또는 포장재	수소 연료전지 시스템 케이스
	(B60K-001/00) 전기적 추진장치의 배치 또는 설치	-

* 출처: 자체작성

◎ 최종 요소기술 도출

- ☐ 기술·시장 분석, 기술수요, 기술(특허)분석, 전문가 추천을 바탕으로 요소기술 후보 도출
- ☐ 요소기술 후보를 대상으로, 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술 확정

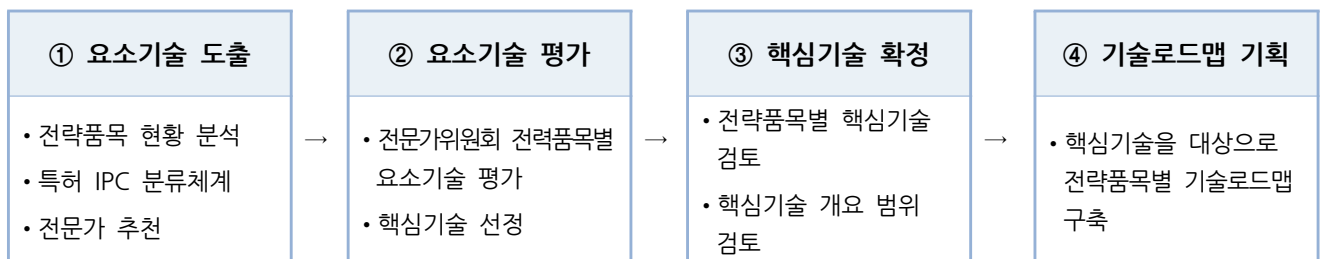
[수소 연료전지 시스템 요소기술 도출]

요소기술	출처
가격경쟁력 확보를 위한 금속촉매 기술	전문가추천, 특허 클러스터링
고 내구성 MEA 기술	전문가추천, 특허 클러스터링
고효율·고내구성·저가형 연료전지 스택 기술	특허 클러스터링
수소 연료전지 추진 선박용 주요 기자재 국산화 개발	전문가추천
수소 연료전지용 백금촉매 제조를 위한 정밀제어 제조장치 기술개발	전문가추천
수소전기차 연비향상 및 소형화를 위한 고효율/대용량 수소 재순환 시스템 기술	전문가추천, IPC 분류체계

(2) 핵심기술 선정 및 기술로드맵 기획 절차

- ☐ 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 기술시장분석을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술 등을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 전문가위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- ☐ 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성

[핵심기술 선정 및 기술로드맵 기획 프로세스]



(3) 핵심기술 리스트

[수소 연료전지 시스템 핵심기술]

핵심기술	개요
가격경쟁력 확보를 위한 금속촉매 기술	수소는 연료극 촉매표면에서 빠르게 산화되어 수소 양이온과 전자로 분해되는데 촉매성능이 우수한 백금 소재는 고가로, 백금 사용량을 줄이는 코어셸형 또는 이중금속간 합금화, 백금을 대체하는 전이금속 및 비 귀금속 촉매를 개발하는 기술
고 내구성 MEA 기술	막전극접합체(MEA; Membrane Electrode Assembly)는 전기 화학반응으로 전기 생산하는 연료전지의 핵심 부품으로, 수소를 산화시켜 수소 이온과 전자 생성하는 수소극, 수소 이온을 공기극으로 전달 및 연료 분리하는 전해질막, 수소 이온 이용하여 공기 환원시켜 물을 생성되는 공기극으로 구성되는 기술
고효율·고내구성·저가형 연료전지 스택 기술	연료전지 스택 성능을 증대시키기 위해서는 스택을 구성하는 다양한 핵심부품들의 성능 고도화 및 이들을 조합하여 최대 성능을 이끌어 내기 위한 최적설계 방안이 도출되어야 함에 따른, 연료전지 스택 내구성과 초기 투자비용과 밀접한 관련이 있는 수소/공기분자 이온화 및 수소이온 전달, 전자 이동, 물 및 열 제거 등 스택 설계, 제조, 운전에 대한 고도화 기술
수소 연료전지 추진 선박용 주요 기자재 국산화 개발	- 수소 연료전지 추진 선박의 핵심 구성요소는 동력을 생산하는 수소 연료전지 시스템과 수소 연료 공급을 위한 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템으로 분류할 수 있으며, 수소 연료 저장·공급 시스템은 연료저장탱크와 연료공급시스템으로 구성되어 있음 - 수소 연료전지 추진 선박의 특성 상 선박 환경에 특화된 고성능·고내구성 연료전지 개발 및 제조기술과 수소 연료 저장·공급 시스템에 대한 핵심 기자재 개발 기술
수소 연료전지용 백금촉매 제조를 위한 정밀제어 제조장치 기술개발	- 수소 연료전지 내 백금촉매의 담지량은 스택의 가격 결정에 있어 핵심 요소로, 백금 촉매의 담지량 최소화, 제조 및 양산화 방안이 매우 중요함 - 생산원가의 상당 부분을 차지하고 있는 백금촉매의 제조를 위한 담지량 최소화를 비롯한 백금촉매 성능 극대화를 위한 생산 공정 정밀제어 및 고도화된 제조장치 개발 기술
수소 전기차 연비향상 및 소형화를 위한 고효율/대용량 수소 재순환 시스템 기술	- 스택에서 미반응된 수소를 스택 입구로 재순환하면 연료전지 시스템 성능과 효율이 증가하고 스택 크기는 감소함 - 수소 재순환으로 차량 연비가 개선되고 배기되는 수소의 양이 줄어들어 대량의 수소 배기에 의한 환경영향을 최소화하기 위한 기술

나. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[수소 연료전지 시스템 기술개발 로드맵]

핵심기술	수소 연료전지 시스템 통합설계에 필요한 각종 BOP 류들의 국산화 및 시스템 제어기술 및 격상기술의 고도화			
	'23년	'24년	'25년	최종 목표
가격경쟁력 확보를 위한 금속촉매 기술				귀금속 촉매 사용량 최소화 및 비귀금속 촉매 개발
고 내구성 MEA 기술				저비용 고내구성 MEA 코팅기술 및 양산화 기술 개발
고효율·고내구성·저가형 연료전지 스택 기술				연료전지 스택 핵심부품들의 효율 및 내구성 증대를 위한 최적설계와 제조 및 운전 기술 고도화
수소 연료전지 추진 선박용 주요 기자재 국산화 개발				선박용 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템 국산화
수소 연료전지용 백금촉매 제조를 위한 정밀제어 제조장치 기술개발				백금촉매 담지량 최소화 및 생산 공정 정밀제어를 위한 제조장치 고도화
수소 전기차 연비향상 및 소형화를 위한 고효율/대용량 수소 재순환 시스템 기술				연비 향상 및 최적 스택 용량 선정을 위한 고효율/대용량 미반응 수소 재순환시스템 개발

* 출처: 자체작성

(2) 기술개발 목표

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

[수소 연료전지 시스템 핵심기술 연구목표]

핵심기술	기술 요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계 R&D 유형
		1년차	2년차	3년차		
가격경쟁력 확보를 위한 금속촉매 기술	귀금속 촉매 사용량 최소화 및 비귀금속 촉매 개발	귀금속 촉매 사용량 최소화 또는 비귀금속을 활용한 촉매 설계	귀금속 촉매 사용량 최소화 또는 비귀금속을 활용한 촉매 제작	귀금속 촉매 사용량 최소화 또는 비귀금속을 활용한 촉매 특성평가 및 upgrade	귀금속 촉매 사용량 최소화 및 비귀금속 촉매 개발	창업성장 기술혁신 산학연 상용화
고 내구성 MEA 기술	저비용 고내구성 MEA 소재 개발과 대량 생산 기술 확보	저비용 고내구성 소재 기반 MEA 및 코팅 방안 설계	저비용 고내구성 소재 기반 MEA 제작 및 특성평가	저비용 고내구성 소재 기반 MEA upgrade 및 양산화 기술 개발	저비용 고내구성 MEA 코팅기술 및 양산화 기술 개발	창업성장 기술혁신 산학연 상용화
고효율·고내구성·저가형 연료전지 스택 기술	연료전지 스택 핵심부품들의 최적설계, 제조 및 운전 기술 고도화	연료전지 스택 핵심부품들의 효율 및 내구성 증대를 위한 최적설계	최적설계된 연료전지 스택 핵심부품 제작	최적설계된 연료전지 스택 핵심부품 특성평가 및 upgrade	연료전지 스택 핵심부품들의 효율 및 내구성 증대를 위한 최적설계와 제조 및 운전 기술 고도화	창업성장 기술혁신 산학연 상용화
수소 연료전지 추진 선박용 주요 기자재 국산화 개발	수소 연료전지 시스템, 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템 국산화	선박용 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템 설계	선박용 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템 제작	선박용 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템 특성평가 및 upgrade	선박용 수소 연료 저장·공급 시스템 및 추진·제어 시스템 국산화	창업성장 기술혁신 산학연 상용화
수소 연료전지용 백금촉매 제조를 위한 정밀제어 제조장치 기술개발	백금촉매 담지량 최소화 및 생산 공정 정밀제어를 위한 제조장치 고도화	담지량 최소화를 위한 백금촉매 설계	담지량 최소화를 위한 백금촉매 제작 및 특성평가	백금촉매 생산 공정 정밀제어를 위한 제조장치 고도화	백금촉매 담지량 최소화 및 생산 공정 정밀제어를 위한 제조장치 고도화	창업성장 기술혁신 산학연 상용화
수소전기차 연비향상 및 소형화를 위한 고효율/대용량 수소 재순환 시스템 기술	연비 향상 및 최적 스택 용량 선정을 위한 고효율/대용량 미반응 수소 재순환시스템 개발	미반응 수소 재순환장치 (Ejector 등) 최적설계	미반응 수소 재순환장치 (Ejector 등) 제작 및 시운전	최적 스택 용량 선정을 위한 미반응 수소 재순환 장치 시스템 통합 및 운영 특성평가	연비 향상 및 최적 스택 용량 선정을 위한 고효율/대용량 미반응 수소 재순환시스템 개발	창업성장 기술혁신 산학연 상용화

다. 중소기업 기술개발 전략

- ☐ 연료전지 스택 개발 시 CAPEX/OPEX 최소화를 위한 방안 확보가 무엇보다 중요하며, 귀금속 촉매 최소화/대체 방안, MEA/Stack 제조 방법 고도화 및 내구성 증대 방안 확보가 시장 진입을 위한 최소 조건임
- ☐ 핵심기자재인 스택 제조기술 및 이와 연계되는 BOP 설계/제조 기술, 시스템 제어기술, 용량 증대를 위한 Unit 통합을 위한 제어기술에 관한 종합적인 설계 개발이 필요함
- ☐ 수소 연료전지 시스템의 End-User는 육·해·공 모빌리티용 또는 발전용 산업으로, 해당 적용처 맞춤형의 시스템 열성능 최적화를 위한 열적 통합설계가 필요함
- ☐ 수소 연료전지 특성 및 시스템 적용 환경에 적합한 각종 BOP 류들의 개발과 연료전지 스택 연계에 필요한 Interface 최적설계가 중요함. 또한 O&M 사용자 편의성을 고려한 모듈러 타입 설계, 저소음 설계 등이 제품 선정 시 사용자 입장에서 중요한 고려 대상이 되므로, 이에 대한 대응이 필요함
- ☐ 수소법 발효로 인한 법규 준수 및 각종 인허가에 따른 대책수립과 안전설계가 수반되어야 함