

2024년도
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

연료전지

목 차

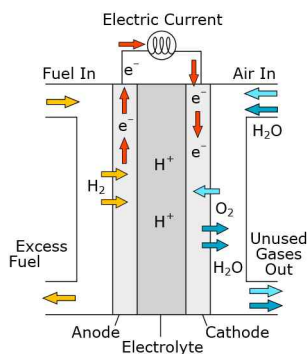
I . 동향분석	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출	35
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 기술개요서	

1. 개 요

□ 개 념

연료전지

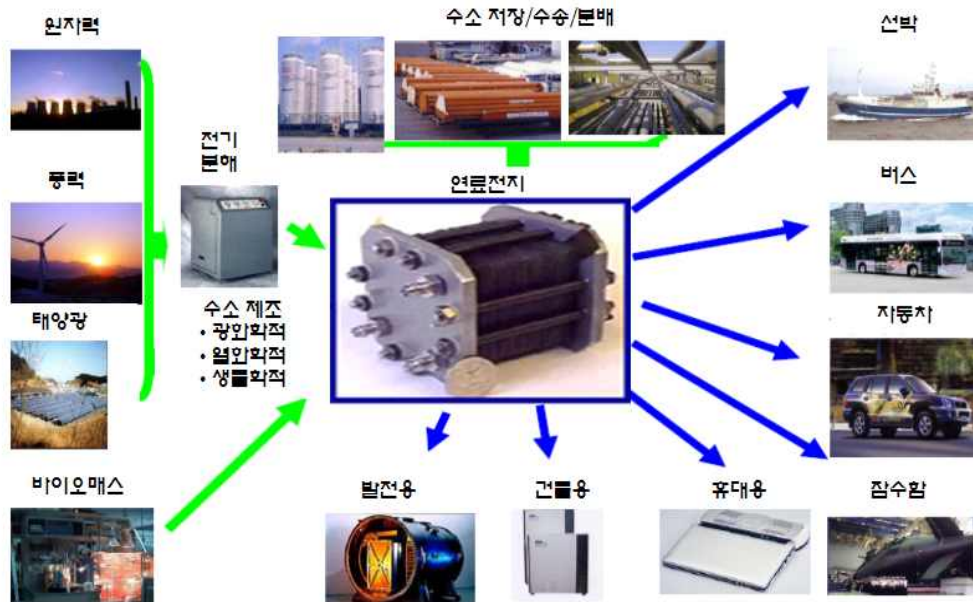
- (정의) 연료전지는 연료(수소, 암모니아 등)가 가진 화학에너지를 전기 및 열로 직접 전환하는 고효율 청정 발전 기술로 셀(연료극/전해질층/공기극으로 접합), 스택(셀 적층), 주변장치, 전력변환기, 제어모듈 등으로 구성
- (원리) 수소와 산소로부터 전기와 열을 생산하는 전기화학적 발전장치로, ¹⁾연료인 수소를 연료극으로 공급하면 촉매층에서 수소이온(H^+)과 전자(e^-)로 산화가 일어나고, ²⁾공기극에서는 공급된 산소와 전해질을 통해 이동한 수소이온과 외부도선을 통해 이동한 전자가 결합하여 물을 생성(산소환원반응)하여, ³⁾전자의 외부 흐름이 전류를 형성하여 전기를 발생시킴



출처: en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell

[연료전지의 기본 원리 및 구성]

- (특징) 연료전지는 건물용·발전용, 수송용 등 다양한 용도로 적용이 가능하며, 기존의 내연기관보다 높은 효율(발전효율 40~60%, 생성되는 열을 회수·이용시 전체 에너지효율 80~95%)로 광범위한 적용성, 다양한 연료로의 사용, 유해가스 배출이 거의 없어 친환경 신성장동력 기술임



[수소연료전지 용도와 연관분야]

건물·발전용 연료전지

○ (분류) 작동 및 운전온도에 따라 저온형 및 고온형 연료전지로 분류

- (저온형 연료전지) 다양한 재생에너지의 간헐성 및 출력변동성에 대응하고 건물 및 분산전원에 적용할 수 있으며 전기와 함께 온수, 난방 및 냉열을 활용할 수 있는 PEMFC으로 구성

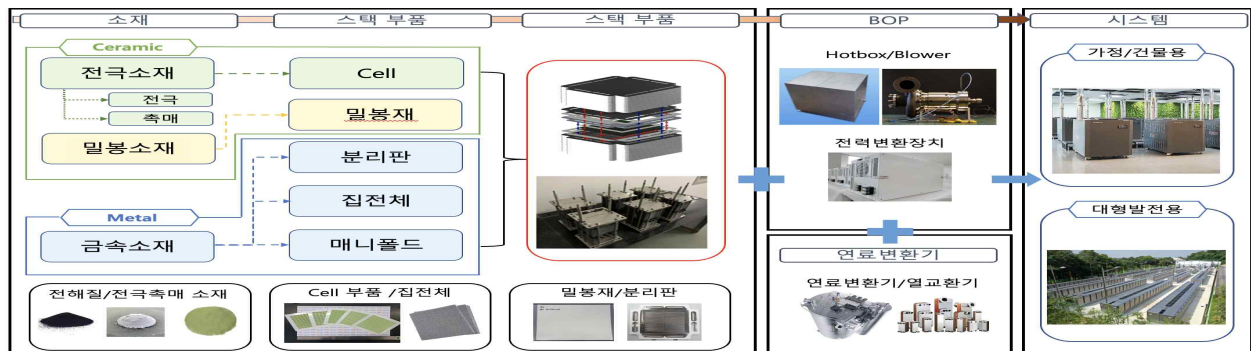
* 전극촉매, 전해질막으로 구성된 MEA, MEA와 기체확산층, 가스켓, 분리판을 적층하여 만든 스택, 스택에 필요한 연료공급장치, 공기공급장치 등의 주변장치와 전력변환장치 등으로 구성



[저온형 연료전지(PEMFC) 모식도]

- (고온형 연료전지) 고온에서의 연료전지 구동을 통해 열활용과 고효율 전력 발전이 가능하며 건물 및 분산전원에 적용할 수 있는 SOFC 등으로 구성

* 전극촉매, 전해질 등의 세라믹 소재부품과 집전체, 금속분리판 등으로 구성된 금속 소재부품으로 적층 구성된 스택, 스택 주변장치로 고온 공기 및 연료순환 블로어 등 고온에서 스택구동을 위한 Hot BOX, M-BOP, E-BOP와 열교환기, 연료변환공급장치 등의 주변장치와 전력변환장치 등으로 구성



[고온형 연료전지(SOFC) 모식도]

모빌리티용 연료전지

- (정의) 수송모빌리티는 수소의 화학에너지를 연료전지시스템을 통해 전기 에너지로 전환하여 모터를 구동하여 추진력을 얻는 교통수단
- (분류) 수소 기반 수송수단은 크게 육상용, 해상용, 항공·우주용으로 분류
 - (육상용) 도로(자동차 및 개인이동 수단, 건설기계 비도로형 산업기계, 특수차량 등)와 철도(고속/일반/도시/특수 철도차량)를 포함
 - (해상용) 해양의 선박 사용목적에 의해 연안선박(상선, 특수작업선, 군사용함정, 어선, 부유식 해상구조물 등)과 대양선박(대륙간 이동 선박)으로 분류
 - (항공용) 항공기의 비행기, 헬리콥터, 비행선, UAN 등을 포함

□ 주요이슈

수소모빌리티 신시장 창출

① **(K-국방 수소동력화)** 정부는 수소 등 다양한 에너지원의 확대를 통한 에너지 신산업·신시장 창출과 전·평시 및 국가 재난위기 시 국민의 생명과 안전을 보호하기 위한 친환경 전력공급체계의 개발 필요

- **(이동형 수소연료 발전기)** 발전용 연료전지 기술을 기동무기체계에 적용 시 위기 상황에서 신속한 이동, 장시간 연속작동, 저소음, 야지에서 기동 등 작전지속지원 능력 향상으로 국방력을 향상시킬 수 있으며, K-방산의 핵심적 전략요소로 수출화 가능

* 수소연료 발전기는 압축수소를 활용하여 정격출력 100kW급으로 최대 250kW 출력이 가능하고, 16시간 작동에 금속수소화합물 활용 시 24시간 연속작동이 가능한 수소저장 및 공급장치 개발로 상황과 여건을 초월한 민군 공동활용을 통한 이동형 전력공급장치 개발 필요

② **(친환경 선박 산업 육성)** 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 '50년 선박 온실가스 배출량 net-zero 요구 및 수소로의 에너지 패러다임 전환에 따라, 친환경 연료전지시스템 등 전기추진방식으로의 전환 시급

* 선박에서 배출되는 온실가스 배출량을 '30년까지 40%, '50년까지 50% 감축, CO₂는 '30년까지 40%, '50년까지 70% 감축을 목표로 함

- **(선박용 연료전지 파워팩)** IMO 온실가스 감축과 국내 친환경선박 개발 등을 위해, 기존 화석연료 선박을 탈피한 친환경 연료 적용(수소 및 암모니아)이 필요하며, 해당 연료를 활용할 수 있는 동력원인 연료전지 기술 적용 필요

* 선박은 타 모빌리티와 달리 수미터(소형 선박)~수백미터(대형 선박) 크기로 사이즈 및 용도가 상이하며, 엔진과 달리 확장이 용이한 연료전지의 특성을 활용하여 초기 소규모 시장에서의 경쟁력 확보를 위해 범용적인 용량(수백kW급)의 연료전지 모듈 개발 필요

* 단위 모듈을 확대하여 대양 선박에 적용하기 위한 MW급 연료전지 BOP 설계 및 제어 기술개발 병행 필요

참고	친환경 선박의 기술개발 필요성
○ 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)와 세계 각국의 환경규제 강화로 인해 친환경 선박의 핵심기술 개발에 대한 필요성이 대두되면서 수소로의 에너지 패러다임의 전환으로 글로벌 선박 시장의 수소에너지 패러다임 변화가 촉진되고, 친환경 선박 시장이 확대될 것으로 전망 - '30 & '50 GHG(온실가스) 규제 도입으로 '08년 대비 '30년까지 선박 탄소집약도(tCO2/ton-mile)의 40% 감축을 요구하고 있으며, '50년에는 선박의 온실 가스 배출량 net-zero를 요구하면서 배출가스 규제 기준이 급격하게 높아지고 있음 - IMO는 각종 환경규제를 MARPOL 협약에 반영하고 선급검사를 비롯한 항만국 통제(PSC) 및 IMO 회원국 감사제도(IMSAS)를 통해 제재를 취하고 있어, 친환경 선박 핵심기술개발을 통한 국내 조선해운 산업의 친환경 선박 건조 및 운항 시급 - 탄소 집약도(효율)가 개선되고 있음에도 불구하고, 해상 운송량이 지속적으로 증가함에 따라 '15년 이후 선박분야 전체 온실가스 배출량은 지속 증가하여 '08년 대비 '50년까지 최대 130%까지 증가할 것으로 예상(제4차 IMO GHG 연구보고서) - 수소 및 암모니아와 같은 무탄소 연료 사용과 친환경시스템(배터리, 연료전지 등)을 이용한 전기추진방식으로 전환 필요 ○ IMO 규제 대응력 확보 및 연안, 대양 선박의 동시 글로벌 미래시장 선도를 위해 정부에서는 “환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률(친환경 선박 법)”를 제정하여 환경 친화적 선박 개발 및 보급을 촉진하기 위한 기술개발 및 여건 조성에 집중	

연료전지 품질 및 경제성·신뢰성 제고

- ③ (양산기술 고도화) 글로벌 그린수소 생산 정책 시행이 본격화되고, 국내 청정수소 발전 정책 및 수소전기차 시장의 상용화 확대에 따라, 발전용 및 모빌리티용 연료전지 불량률 저감, 대용량화·대량생산을 통한 경제성 확보 시급
- (발전용 연료전지 검사장비) RPS, REC, CHPS 등 신재생에너지 공급 정책에 힘입어 SOFC 시장은 20MW~300MW 이상이 될 것으로 예상됨에 따라, 발전용 연료전지에 대한 요구는 설비구축 비용과 유지비용 감소, 대형화를 통한 생산단가 저감 등 경제성 확보 필요
 - (모빌리티용 연료전지 검사장비) 수소전기차의 경우, 현재 연간 1만대 수준의 생산 대응 체제에서도 불구하고 필드 불량이 발생하고 있으며, 향후 10만대 생산 체제 및 연료전지시스템의 다양한 분야로의 확대 전개를 위해 고도화된 양산 기술개발 필요

참고	발전용 연료전지 필요성
○ 발전용 연료전지는 분산발전형 전원으로 40~65%의 고효율 발전을 제공하며, 외부 요인에 의한 간헐성의 배제 및 설치면적의 감소로 수요지 근처 분산전원으로 적합하며, 일반수소(추출수소) 뿐 아니라 청정수소를 활용하여 무탄소 전원을 공급할 수 있는 청정 분산 발전 기술임 ○ 통상 수백 kW급 단위 모듈을 기본으로 수MW-수십MW급 규모로 구성할 수 있으며, 고효율 분산발전원일 뿐 아니라 고품질의 열(고압스팀)을 제공할 수 있고, 다양한 연료원(청정수소, 암모니아, 바이오가스등) 공급을 기반으로 무탄소 발전을 구현하여 타 에너지 기술과 연계한 복합발전의 실현이 가능함 ○ 국내에 청정수소 활용의 확대와 보급을 위한 수소발전 입찰시장(CHPS)이 '23년부터 개설되었고 '24년부터 청정 수소를 이용한 청정 수소 발전 시장도 개설될 예정으로 발전용 연료전지의 양산 기술 국산화가 중요함	

입찰시장 개설연도	2023년		2024년		2025년	
	상업운전 개시연도	개설물량 (GWh)	상업운전 개시연도	개설물량 (GWh)	상업운전 개시연도	개설물량 (GWh)
일반수소 발전시장	2025년	1,300 주)	2026년	1,300	2027년	1,300
청정수소 발전시장	-	-	2027년	3,500	2028년	3,000

[수소발전 입찰시장]

- 발전용 연료전지는 CAPEX/OPEX의 동시 저감으로 발전단가를 획기적으로 낮출 수 있어야 하며, 이를 달성하기 위해서는 효율 및 내구성 향상과 더불어 대량생산 및 대용량화를 통한 시스템과 스택의 생산단가 저감, 품질안정성을 확보하는 양산 품질의 확보가 필수적임

④ (친환경 신소재 개발) 발전용 연료전지 기술의 성숙도 향상과 불소계 고분자막 퇴출 등 환경규제에 대응하기 위한 차세대 탄화수소계 고분자막 상용화 선점 필요성 대두

- (탄화수소계 양이온 고분자막*) 불소계 고분자막 생산에 필요한 과불화 화합물(Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances, PFAS)은 환경을 파괴하고 인체에 유해한 영향을 줄 수 있어 선진국 중심 사용을 제한하고 있으며, 이를 대체하기 위한 탄화수소계 양이온 고분자막 개발로 국산화·상용화 및 기술우위 선점 필요

* 국내 기술로 개발한 다양한 탄화수소계 고분자막의 원천 소재가 보고되고 있으나, 상용화를 위한 기술개발 및 성능·내구성 검증 필요

참고	양이온 고분자막
○ (정의) 연료전지 셀의 핵심 구성요소로 수소극에서 발생한 수소 양이온을 공기극으로 전달하는 역할과 동시에 수소와 공기의 투과를 차단	
○ (특징) 고분자 전해질의 화학적 구조에 따라 과불소계와 탄화수소계로 구분되며, 과불소계는 전기화학 성능과 내구성이 우수하지만 가격이 비싸고 공정에서 환경오염을 일으킬 수 있는 반면, 탄화수소계는 제조가 용이하여 가격이 저렴한 장점과 과불소계 대비 성능과 내구성이 낮음	

참고	발전용 연료전지의 핵심소재 국산화 필요성
○ 발전용 연료전지는 기후위기 대응, 에너지안보 확보, 탈탄소 경제체계 구축을 위해 필수적으로 필요한 기술이나 핵심 소재의 국산화를 통한 비용 절감 및 성능과 내구성의 신뢰성 확보가 필요	
○ 수소는 에너지 생산-전달-소비 전주기 활용이 가능하며, 신산업 창출과 전통 산업의 재도약 기회를 제공할 수 있으며, '50년 12조 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 예측되어 연료전지 핵심소재 확보 및 제조기술 고도화를 통해 시장을 선점하는 것이 중요	
○ 발전용 연료전지의 경우, 국내 기업의 제조·설치·운전 역량을 바탕으로 세계 최고 수준의 보급·운영 경험을 가지고 있으므로 미국·유럽 등 수출을 확대하고자 함에 있어 고효율·고내구성 연료전지 개발 필요	

2. 산업·기술 동향

□ 해외 동향

수소모빌리티 신시장 창출

- ① (이동형 수소연료 발전기) 미국, 일본 등 주요국에서는 이미 군 무기 체계에 수소에너지를 사용하고 있으며, 미군은 '06년부터 하와이 공군기지 수소화 시범사업을 추진하면서 '08년부터 청정에너지 구축계획과 협력 중
- (미국) '15 ~ '16년간 (약 9개월) 미군은 하와이 해상 냉동 컨테이너용 수소 연료전지 발전기 실증과 수소 72kg을 저장할 수 있는 100kW급 발전기를 운용하여 현재 안전·법규 이슈 검토 중
 - (일본) 도요타에서 개발한 이동형 발전기는 100kW급 (60kW급 2개의 연료 전지시스템 사용)으로 군에서 요구하는 출력과 유사한 사양을 가지고 있으며, 사용 시 고정하여 압축수소를 공급하는 방식으로 개발됨
 - * 도요타는 유럽과 호주에서 EoDev와 함께 수소 발전기를 출시하였고, (완전)조립된 장치를 소매 파트너인 블루다이아몬드 머시너리를 통해 판매할 계획을 가지고 있음
 - (한국) GM은 혼다의 연료전지를 활용하여 2세대 하이드로텍 수소 연료전지 파워큐브를 기반으로 수소연료 발전기를 군용 및 전기차 충전, 데이터 센터, 상업 시설 등에 적용하기 위해 개발 중
 - * EMPOWER 전기차용 급속충전기는 8개의 수소 연료전지를 활용하여 최대 4대의 전기차를 20분 내 동시 충전할 수 있도록 개발하였고, 최대 100대 이상 전기차를 충전할 수 있는 발전기를 개발하고 있음
 - * 미국 GM에서 군 운용개념과 유사한 수소연료를 이용한 MPG (Mobile Power Generator)를 개발하여 2022년부터 미군에서 사용 중이며, PEMFC 방식의 연료전지를 이용하고, 출력은 60 ~ 600kW로 확장 가능함
- ② (선박용 연료전지 파워팩) 최근 심화되는 환경규제에 대응하기 위해 자동차용 및 발전용 연료전지 개발을 진행하던 주요 업체들이 선박 및 해양산업의 요구에 맞춰 기술·시장을 선점하기 위한 기술개발을 진행 중

< 선박 연구개발 주요기업 및 내용 >

국가	기업	내용
노르웨이	TECO 2030	○ 400kW의 고용량 연료전지 모듈을 기반으로 800kW, 1.6MW 등 선박용 PEMFC 제품을 개발 중이며, DNV의 제품 승인 획득 예정('24)
노르웨이	Hyon AS	○ 세계 최초 DNV-GL로부터 기본승인을 받은 선박용 확장형 100kW 연료전지 모듈을 노르웨이 Pilot-E 프로그램의 고속 페리 프로젝트(Project ZEFF/SeaShuttle)에 공급('18)
캐나다	Ballard Power Systems	○ ABB(스웨덴)와 공동개발로 선박용 연료전지시스템은 FC Wave* 출시 및 연간 15MW 이상 규모를 생산할 예정 * 200kW급 PEMFC, DNV 개념승인 획득 * 해상 상황에서 적용이 가능한 연료전지 시스템을 개발하였으며, 수소선박 실증프로젝트(Hyseas IIIProject, FLAGSHIPSPProject)에 공급
스페인	PowerCell	○ MW로 확장 가능한 선박용 200kW 컴팩트 연료전지 시스템 (Marine System 200)을 개발('21)하였으며, 이를 적용한 3MW zero-emission 추진 시스템을 DNV-GL로부터 기본승인을 획득하였음('20)
일본	가와사키중공업	○ 세계 최초 액체수소운송선(1,250m ³ 급)을 건조·진수('20)하였으며, 160k급 운송선에 대한 개념인증 획득('21) - 미국 국가연구기관인 Sandia Energy는 고속 수소연료전지 추진 (4.92MW PEMFC)여객선을 개발하는 SF-Breeze 프로젝트 진행
미국	Sandia Energy	○ 미국 국가연구기관으로 고속 수소연료전지 추진(4.92MW PEMFC)여객선을 개발하는 SF-Breeze 프로젝트 진행
	-	○ New York Hornblower Hybrid프로젝트를 통해 풍력, 태양광, 수소 연료전지(32kW PEMFC) 발전설비가 복합적으로 탑재된 하이브리드 여객선을 개발 중

연료전지 품질 및 경제성·신뢰성 제고

③ (연료전지 검사장비) 스택의 품질이 신뢰성과 양산성에 직결됨에 따라, 글로벌 선두 업체는 자체적으로 독자적 스택의 기술과 양산 능력을 보유하고, 자체적으로 고도의 검사 기술을 개발·활용 중

① (발전용) Bloom Energy(미), 두산 퓨얼셀(한), Fuel Cell Energy(미)는 스택 기술 및 양산 능력을 확보하여 국내 발전용 연료전지 시장을 주도 중

* 통상적으로 스택 기준 4만여 시간의 수명을 상용 기준으로 제시하고 있으며, 스택 신뢰성에 직결되는 단전지 및 구성부품 검사 기술, 스택 성능 검사는 비공개됨

< 발전용 연료전지 검사장비 연구개발 주요기업 및 내용 >

국가	기업	내용
미국	Bloom Energy	○300kW급 SOFC시스템을 기반으로 한국, 미국, 일본, 유럽 등 전세계 시장에 300MW 규모의 연료전지 발전 시스템을 공급하였으며, 연간 1GW의 생산설비를 구축완료
일본	MHPS	○SOFC와 마이크로 가스터빈을 연계한 250kW급 가압 하이브리드 시스템을 개발하였고 일본 내 사무실, 상업시설, 공장 등에 분산형 전원으로 공급
에스토니아	Elcogen	○SOFC셀과 스택의 제조기술을 보유하고 있으며, 2026년까지 90MW의 생산설비 구축
독일	Solid Power	○극지지형 셀 제조기술을 기반으로 스택 및 시스템을 개발하였으며, 1.5kW급과 5kW급 시스템을 상용화하여 마이크로소프트(Microsoft)의 데이터센터에 SOFC 시스템을 설치하여 운용
일본	Kyocera	○3kW급 건물용 연료전지를 판매하고 있으며, 오사카가스 및 도쿄가스 등 대형 가스회사를 통한 소규모 음식점, 복지시설, 편의점 등 전력소모가 많은 곳을 중심으로 공급. 700W급 가정용 열병합 발전시스템은 오사카 가스와 협력하여 누적 3만대 이상을 공급
미국	FuelCell Energy	○250~400kW급의 스택을 개발하였으며, 음극지지형 SOFC셀의 QC를 자동화하였으나 딥러닝 기반 AI비전 검사는 아님

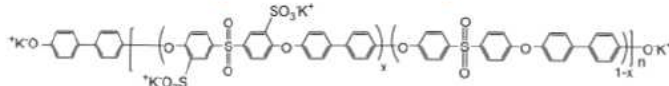
② (모빌리티용) 모빌리티용(PEMFC) 스택 시장은 ('20) 282억 엔 → ('30) 7,749억 엔으로 급성장 예상됨(후지경제, '20)에 따라 연료전지 품질 관련 검사장비에 대한 수요도 급증할 것으로 예상

- (일본) NEDO 과제를 기반으로 스택 주요 부품인 MEA와 분리판의 품질 향상·관리를 위해 연속공정상에서의 결함 최소화를 위한 고도화된 영상검사기술을 지속 개발 중

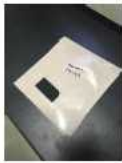
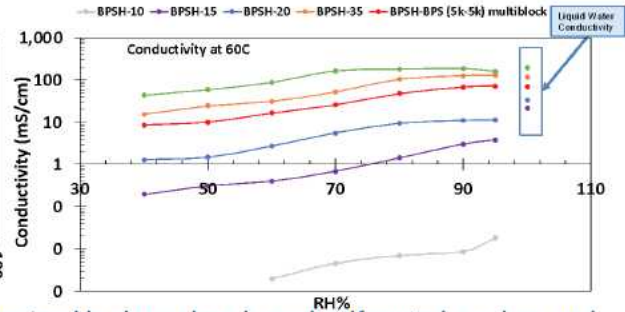
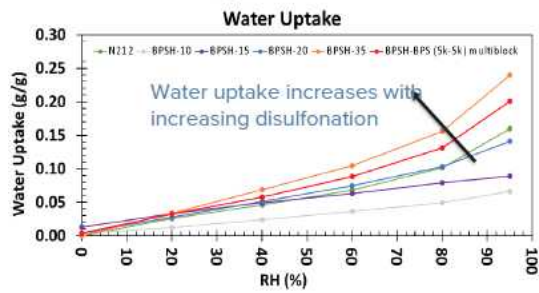
④ (탄화수소계 양이온 고분자막) 선진국(미국, 일본)은 고내구성 탄화수소계 고분자막 개발 연구가 진행중으로 고성능·안정성 소재를 개발

- (미국) '23년 미국 DOE 연구성과 발표에서 탄화수소계 블록공중합체 및 고분자막 내구성 향상을 위한 첨가제 기술개발 결과를 보고
- (일본) 탄화수소계 고분자막을 상용화 한 경험을 기반으로, 고내구성 폴리페닐렌계 고분자막 개발 연구를 진행중이며, 우수한 성능과 안정성을 갖는 원천 소재 개발 결과를 다수 보고

Hydrocarbon based Polymer membrane & ionomers



Disulfonated biphenol based
poly(arylene ether sulfone)
BPSH-XX where X= degree of disulfonation



Ink Formulation	Target %
BPS-50 Polymer	0.5
IPA	10
Water	90

- Synthesized hydrocarbon based sulfonated random and multiblock copolymers at NREL with varying degree of disulfonation
 - ↳ Established successful formulation for preparing hydrocarbon-based ionomer ink (higher sulfonation helped)
- In progress- multiblock synthesis as a function of block lengths, IEC & developing structure-property & further optimization of ionomer ink formulation

출처: DOE AMR(2023)

[탄화수소계 블록공중합체 개발 결과]

□ 국내 동향

수소모빌리티 신시장 창출

- ① (이동형 수소연료 발전기) 국내 자동차 계열사 등이 이동형 수소연료 발전기를 개발 중에 있으며, 특히 '2020 수소 모빌리티+쇼'에서 현대 자동차는 이동형 수소연료전지 발전기(연료전지 스택 2기 결합)를 공개하며 기술개발 추진 중

* 보조 전력저장장치 없이 연료전지 스택만으로 전기를 공급하는 방식이며, 정전 등 비상상황이 발생하였을 때 전력공급 가능

< 이동형 수소연료 발전기 주요기업 및 내용 >

기 업	내 용
현대자동차	○차량용 연료전지를 기반으로 발전용 수소 연료전지 패키지 개발을 통해 이동형 발전기나 항만용 육상 전력공급장치 개발 중
현대모비스	○상용 수소차 넥쏘에 사용되는 연료전지 시스템으로 PEMFC 방식을 이용하여 50kW급 발전기를 개발하였고, 낮은 작동온도(약 60~80℃)를 통해 수소용(이동용)으로 사용 가능한 연료전지 시스템 개발
세종공업(주)	○액화석유가스(LPG) 연료를 수소가스로 변환 후 다시 전기로 전환시켜 전력을 공급하는 수소 연료전지 발전기 시스템으로 친환경 이동형 발전기 개발 중
한국 토요타자동차	○수소차 미라이의 연료전지를 활용해 100kW급 발전기 개발 중

- ② (선박용 연료전지) 대양 선박의 경우, 국내 조선 3社를 중심으로 연료 전지 개발 및 적용에 대한 연구가 진행중이며, 소형 선박의 경우, 차량용 연료전지를 활용하여 보트, 관광선 및 연근해 운항 선박에 대응하는 기술개발 및 실증 연구가 진행 중

< 대양 선박 연구개발 주요기업 및 내용 >

기 업	내 용
HD한국조선해양	○두산퓨얼셀과 MW급 연료전지를 탑재한 대양선박 개발을 위한 MOU 체결('21) 및 설계를 진행하고 있으며 이와 동시에 자체 선박용 연료전지 시스템 개발을 위하여 핀란드의 스택 제작업체(엘코젠)와 MOU 체결 후, 시스템 설계/제작을 진행 중
삼성중공업	○미국 Bloom energy와 연료전지 보조전원 및 주추진 선박을 개발 중이며, 각각 선급 승인을 획득 *보조전원용 A-MAX급 유조선에 대해서는 주추진용 174K급('19)과 LNG 운반선에 대해서는 DNV 선급 승인('20)임 ○액화수소 연료전지 추진시스템에 대해서 DNV 선급의 기본 승인 획득('22)
대우조선해양	○연료전지를 적용하기 위한 초대형원유운반선(VLCC)에 대한 개념 설계 완료('20)

< 소형 선박 연구개발 주요기업 및 내용 >

기 업	내 용
HD한국조선해양	○연근해 선박 및 대형 선박을 위한 연료전지 발전/추진시스템 개발중
빈센	○소형 수소 연료전지 추진 보트(최대 탑승가능인원 6명) 개발완료('21) 하고, 한국선급으로부터 100kW 해상용 연료전지모듈 기본설계 인증 완료('23)

연료전지 품질 및 경제성·신뢰성 제고

③ **(연료전지 검사장비)** 국내 발전용 연료전지의 핵심 기술인 단전지, 스택을 생산하는 기업이 부재하므로 해당 검사 기술이나 상용화 시장은 미미한 수준으로, 현대자동차, 미코파워 등 스택 제조 기업을 중심으로 품질 검사 기법과 시스템에 대한 활용과 개선이 진행 중

- ① **(발전용)** 현재 발전용 시장을 점유하는 시스템의 스택 및 구성품은 국내에서 생산하고 있지 않으므로 관련 품질 검사기에 대한 공급망 형성이 미비
- 스택 제조 업체 중심 표면검사 기기 및 기능 검사 장비가 도입되어 생산에 활용중이나 양산확대를 위한 관련 기술/장비 개발이 시급

< 발전용 연료전지 검사장비 연구개발 주요기업 및 내용 >

기 업	내 용
SK 에코플랜트	○'19년 미국 Bloom Energy와 SOFC 생산과 공급을 위한 합작법인 및 국내 생산 공장 설립에 관한 합작투자계약을 체결 ○경북 구미에 생산설비를 설치하고 생산규모를 연간 50MW로 시작하여 향후 400MW까지 점진적으로 확대할 계획
두산퓨얼셀	○영국 세레스파워의 스택기술을 이전받아 10kW급 SOFC시스템을 개발 ○300kW급 발전용 SOFC시스템을 개발하고 있으며, 새만금 사업단지에 50MW 규모의 SOFC 공장을 착공하여 '24년 완공 예정
미코파워	○'08년부터 SOFC의 개발을 시작하여 단전지, 스택 및 시스템의 전주기 자체기술을 보유하고, '18년 2kW과 '21년 8kW시스템의 개발을 완료하여 누적 약 300kW의 건물용 SOFC 시스템을 보급 ○'22년부터 150kW급 이상의 분산 및 발전용 SOFC시스템을 개발하고 있으며 평택 브레인시티 일반산업단지에 50MW급 SOFC 양산 라인을 단계적으로 구축할 계획

② **(모빌리티용)** 현재 연료전지 품질 관련 검사장비 시장은 연료전지 제조업체가 국한되어 매우 미미한 수준이나, 향후 모빌리티용 연료전지시스템이 수소 전기차 이외 트럭·버스·산업/건설기계(지게차, 굴착기)·선박·드론 등 다양한 어플리케이션으로 확대 전개될 것으로 예상됨에 따라 관련 장비의 수요가 급증할 것으로 예상

- 다양한 어플리케이션에 대한 연료전지시스템의 수요 증가는 MEA를

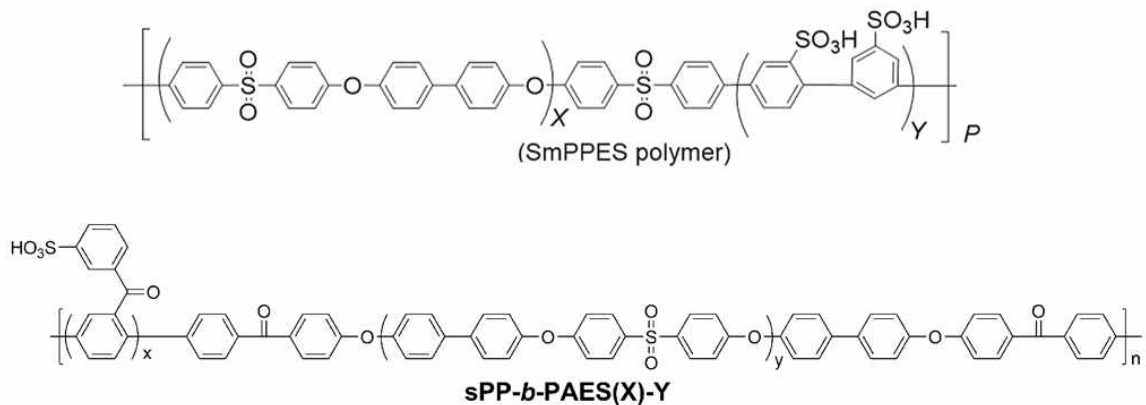
포함한 단위셀과 스택의 제조 시간 단축 및 생산 수율 증가 등의 생산성 향상이 필요하며, 이를 위해서는 생산기술 및 품질 안정화를 위한 자동화 품질검사설비에 대한 연구개발 병행이 필요

* 모빌리티용 연료전지 셀 전용 자동화 품질검사설비에 대한 연구개발은 없음

< 모빌리티용 연료전지 검사장비 연구개발 주요기업 및 내용 >

기 업	내 용
현대자동차	○MEA 및 스택 자동화 생산 라인을 기반으로 세계 최대 규모인 연간 2만 3천대의 연료전지시스템을 제조할 수 있는 생산 능력을 보유
동진세미켐	○자체 개발한 MEA 핵심기술인 슬러리 분산 및 코팅 기술등을 바탕으로 '15년 5kW급 건물용 MEA 시장 진출하였으며, 가격저감 및 품질 안정화를 위한 제조공정라인 개선을 지속적으로 추진중
비나텍	○CNF 특허를 기반으로 한 고내성 MEA용 지지체와 촉매, MEA 원가 절감기술 및 대량생산기술을 바탕으로 글로벌 협력사와의 전략적 파트너십 계약을 논의중

- ④ (탄화수소계 양이온 고분자막) 고성능·고내구성 고분자막 제조를 위한 박막 형태의 탄화수소계 강화복합막을 제조하는 기술은 연구실 수준으로 개발 중이며, 다양한 합성 방법을 이용하여 고내구성 폴리페닐렌계 고분자막을 개발하였으나, 상용화를 위한 성능 및 내구성 검증이 요구



출처: Journal of Membrane Science(2015, 2022)

[다양한 폴리페닐렌계 블록공중합체 구조]

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술 * (실증형 사업)일 경우에만 작성

① (이동형 수소연료 발전기)

- 고압가스를 사용하는 실증방안으로 자체 안전성 평가를 실시하고, 그 결과를 반영하여 실증 안전기준을 마련한 후, 실증 안전기준을 포함한 자체 안전관리 계획수립 및 준수 필요
 - 안전관리형 과제로 중량물 및 전기, 고압가스 취급 등의 안전법규와 안전수칙 준수 필요
 - 안전성 확보를 위해 실증 단계별로 안전관리 계획의 적정성 및 계획 이행 여부 등을 확인하고, 그 결과를 자체 안전위원회 및 관련 기관 승인 필요
- 이동형 수소연료 발전기 개발목표 달성을 위해 고압수소 저장장치와 확장식 수소 공급장치 개발을 포함하고 있어 관련 안전성 확보 필요
 - 발전용 연료전지의 실증 안전기준을 마련하고, 동 기준에 따라 연료전지를 설계하여 한국가스안전공사 검사 및 승인 필요
 - 수소용기 제조 사업자는 「고압가스 안전관리법」에 따른 등록, 검사 및 재검사 등 안전관리체계 준수 필요

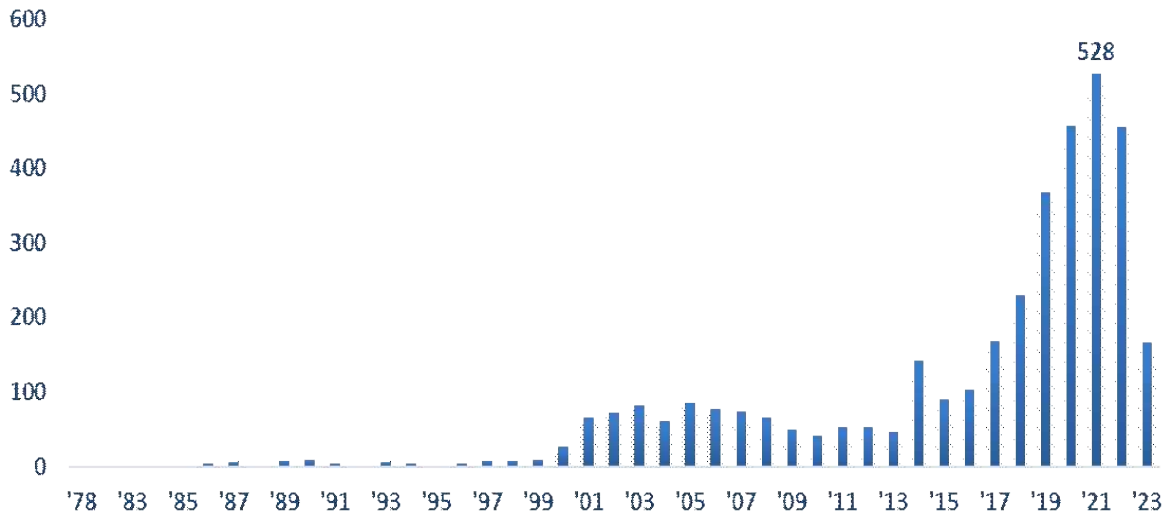
3. 특허 동향

□ 해외 동향

모빌리티용 연료전지

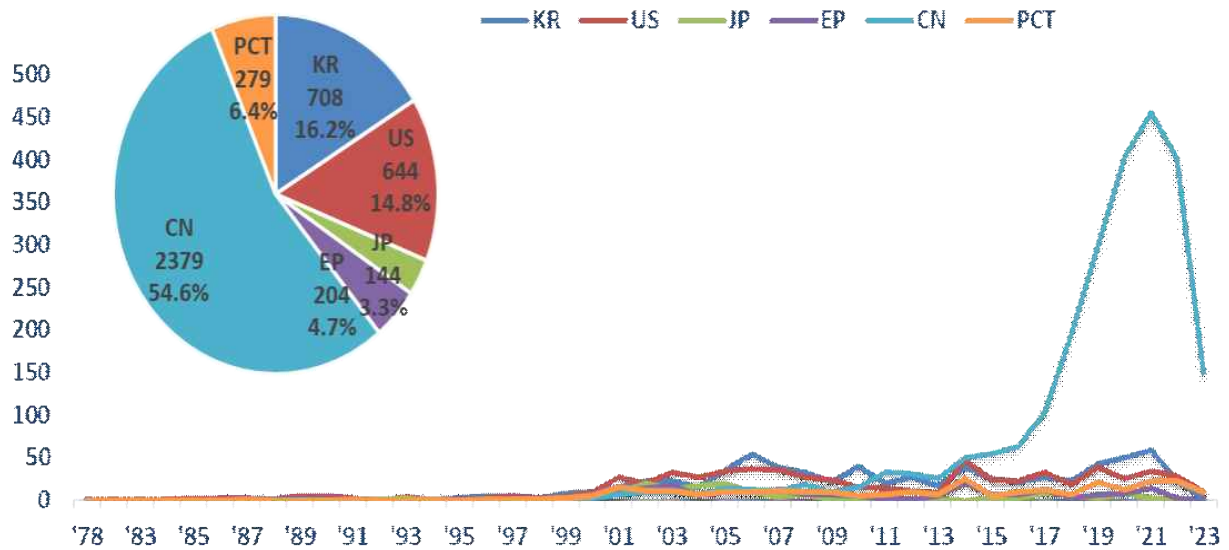
- (연도별 동향) 해외 기술의 연도별 출원 동향은 1978년부터 시작되어 '00년대 증가 추세를 보이고 '21년 528건으로 최다 특허가 출원되었으며, '22년 이후 '23년은 급격하게 감소하고 있는 것으로 보이나 이는 미공개 특허로 인한 것으로 예상됨

* 특허 출원 후 1년 6개월 이후 공개되는 특성으로 인해 미공개 특허가 존재하므로, 최근 특허수는 추후 증가할 수 있음을 고려해야 함



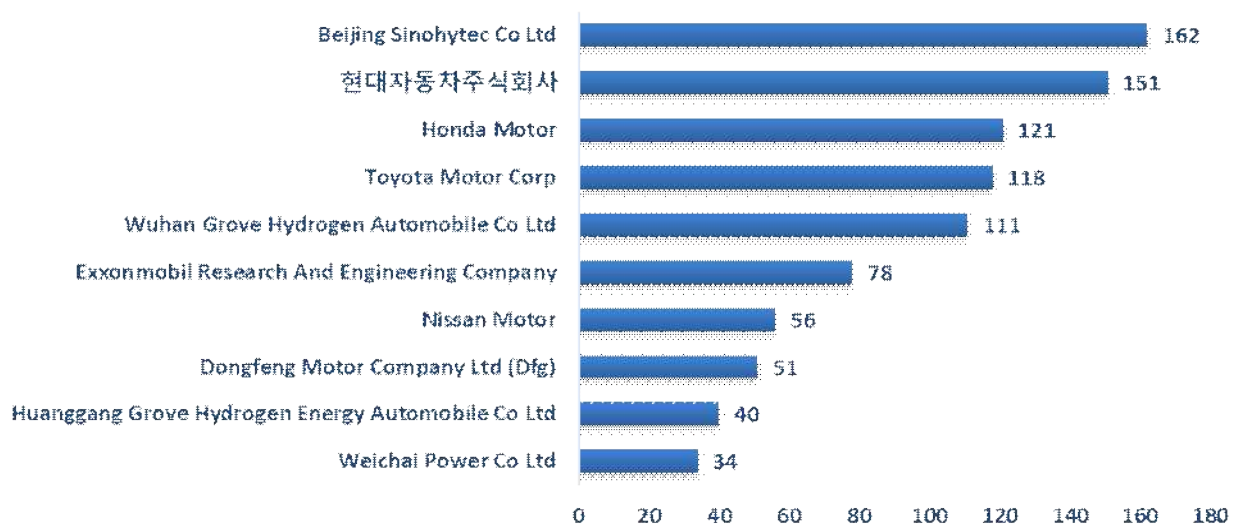
[연도별 모빌리티용 연료전지 특허동향]

- (국가별 동향) '10년 중반 이후 중국이 다른 국가 대비 특허 출원이 급증하면서 국가별 점유율은 중국이 54.6%로 가장 비중이 높고, 한국 16.2%, 미국 14.8%, PCT 출원 3.8%, 유럽 4.7%, 일본 3.3% 순을 보임
- 중국을 제외하면 미국은 '00년대 초반부터, 한국은 '00년대 중반부터 출원이 증가하였으며, 이후 증가와 감소를 반복하면서 횡보하는 추세임



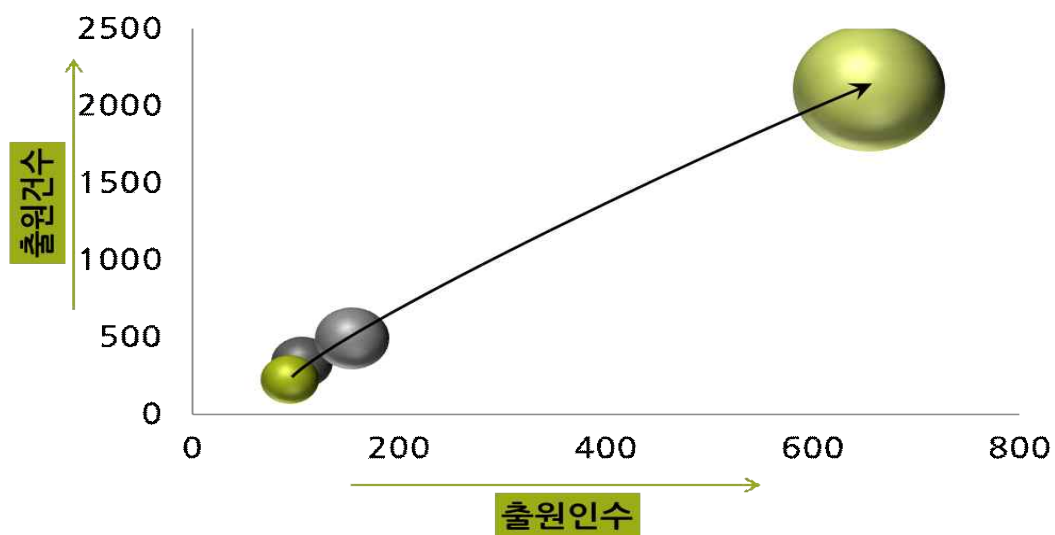
[국가별 모빌리티용 연료전지 특허동향]

- (상위출원인 동향) 미국, 일본, 유럽 및 중국 특허청에 출원한 특허 대상으로 상위출원인을 살펴보면, Beijing Sinohytec 162건, 현대자동차 151건, Honda Motor 121건, Toyota Motor 118건, Wuhan Grove Hydrogen Automobile 111건, Exxonmobil Research And Engineering 78건, Nissan Motor 56건, Dongfeng Motor 51건, Huanggang Grove Hydrogen Energy Automobile 40건 및 Weichai Power 34건 순임



[모빌리티용 연료전지 상위출원인 동향]

- (기술성장단계 분석) 최근 '20년을 5개년씩 4구간(1구간 '03~'07, 2구간 '08~'12, 3구간 '13~'17 및 4구간 '18년이후)으로 구분하여 출원인수 및 출원 건수를 바탕으로 기술성장단계(포트폴리오)를 살펴보았을 때, 1구간에서 4구간까지 출원인 및 출원건수가 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있어 성장기의 모습을 나타내고 있으며, 최근 3구간 대비 4구간의 증가폭이 월등하게 높은 것으로 보아, 최근 시장의 급성장, 연구분야의 관심 증가, 시장 및 선도/선점을 위한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있을 것으로 예상됨

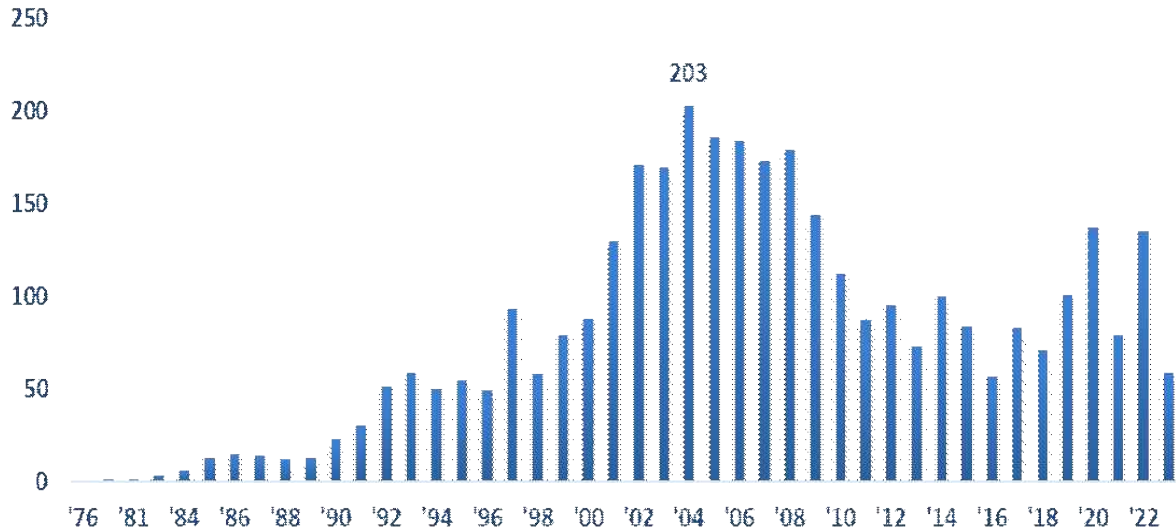


[모빌리티용 연료전지 기술성장단계]

발전용 연료전지

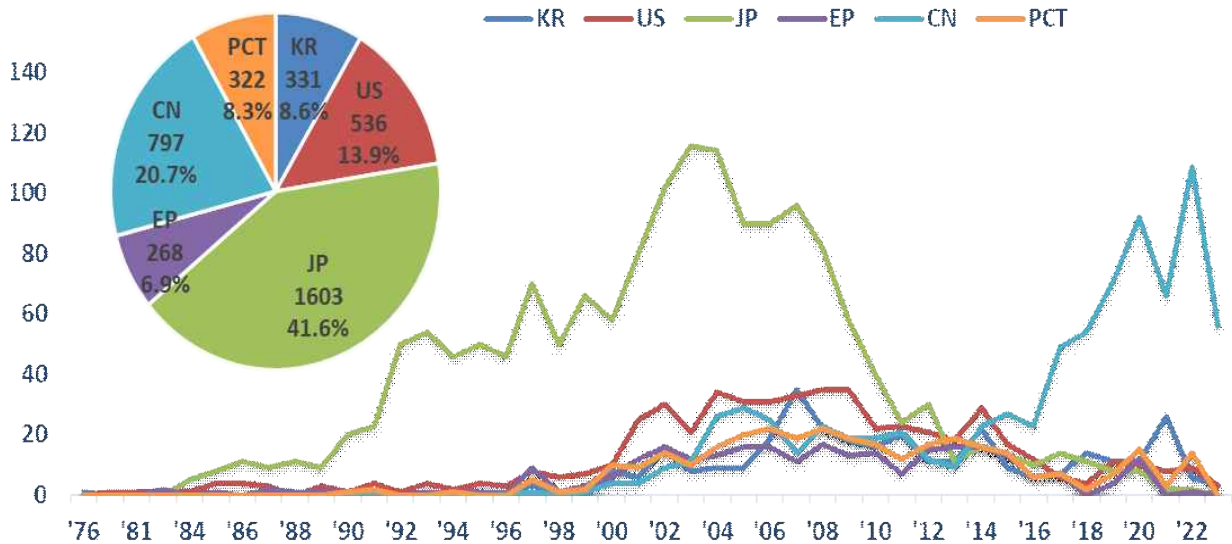
- (연도별 동향) 해외 기술의 연도별 출원 동향은 1977년부터 시작되어 1990년대부터 출원이 증가하는 추세를 보이며, '04년 203건으로 최다 특허를 출원하였으며, '22년 이후 '23년은 급격하게 감소하고 있는 것으로 보이거나 이는 미공개 특허로 인한 것으로 예상됨

* 특허 출원 후 1년 6개월 이후 공개되는 특성으로 인해 미공개 특허가 존재하므로, 최근 특허수는 추후 증가할 수 있음을 고려해야 함



[연도별 발전용 연료전지 특허동향]

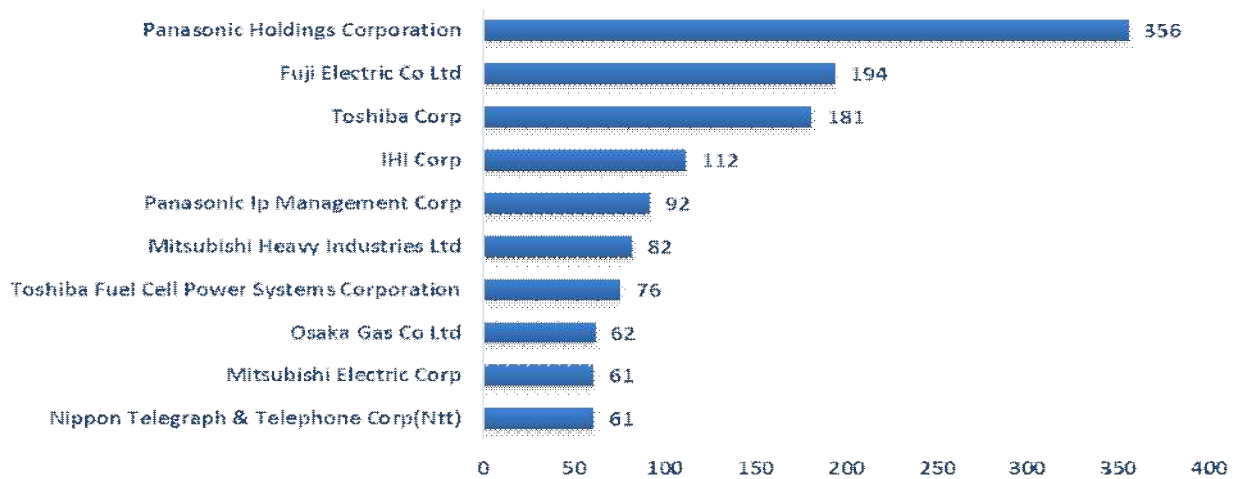
- **(국가별 동향)** 1980년대부터 '10년대 초반까지 일본이 다른 국가 대비 특허 출원이 높은 비중을 차지하고 있으며, '10년 중반 이후부터 중국의 출원이 증가 추세로 국가별 점유율은 일본 41.6%로 가장 비중이 높고, 중국 20.7%, 미국 13.9%, 한국 8.3%, PCT 출원 8.6%, 유럽 6.8% 순을 보임



[국가별 발전용 연료전지 특허동향]

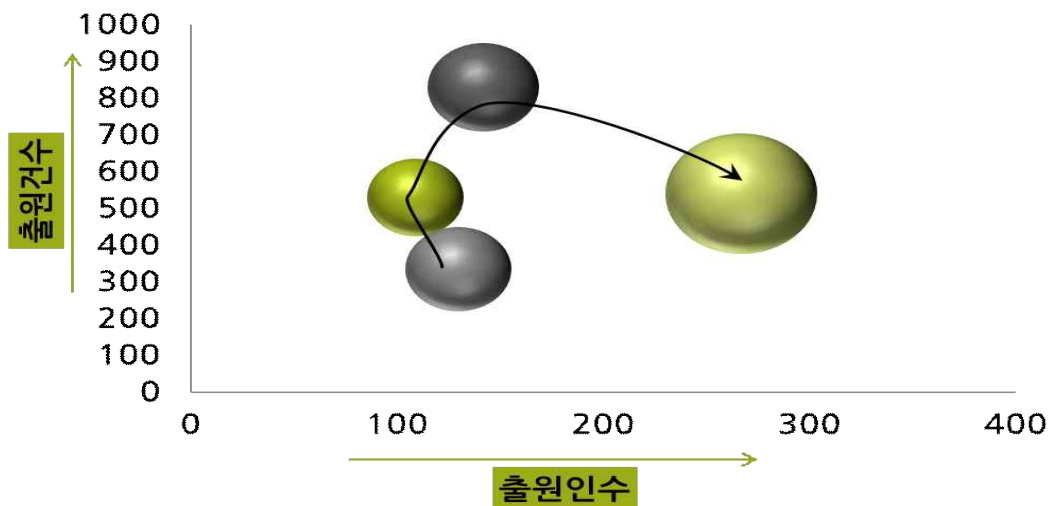
- **(상위출원인 동향)** 미국, 일본, 유럽 및 중국 특허청에 출원한 특허 대상으로 상위출원인을 살펴보면, Panasonic Holdings 365건, Fuji Electric 194건, Toshiba 181건, IHI 112건, Panasonic Ip Management 92건, Mitsubishi Heavy Industries 82건, Toshiba Fuel Cell Power Systems

76건, Osaka Gas 62건, Mitsubishi Electric 61건 및 Nippon Telegraph & Telephone(NTT) 61건 순임



[발전용 연료전지 상위출원인 동향]

- (기술성장단계 분석) 최근 20년을 5개년씩 4구간(1구간 '03~'07, 2구간 '08~'12, 3구간 '13~'17 및 4구간 '18년이후)으로 구분하여 출원인수 및 출원 건수를 바탕으로 기술성장단계(포트폴리오)를 살펴보았으며, 1구간에서 3구간까지는 출원건은 증가하면서 출원인은 정체하고 있으나, 최근 3구간에서 4구간은 출원건은 다소 감소하였으나, 출원인이 증가하는 것으로 나타나, 성장기 또는 성숙기로 판단



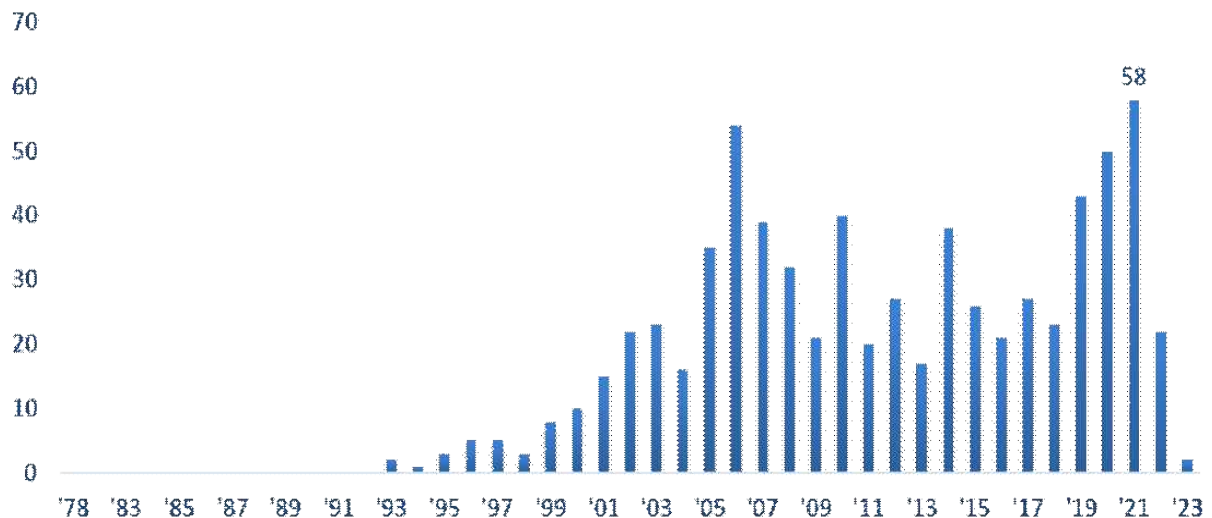
[발전용 연료전지 기술성장단계]

□ 국내 동향

모빌리티용 연료전지

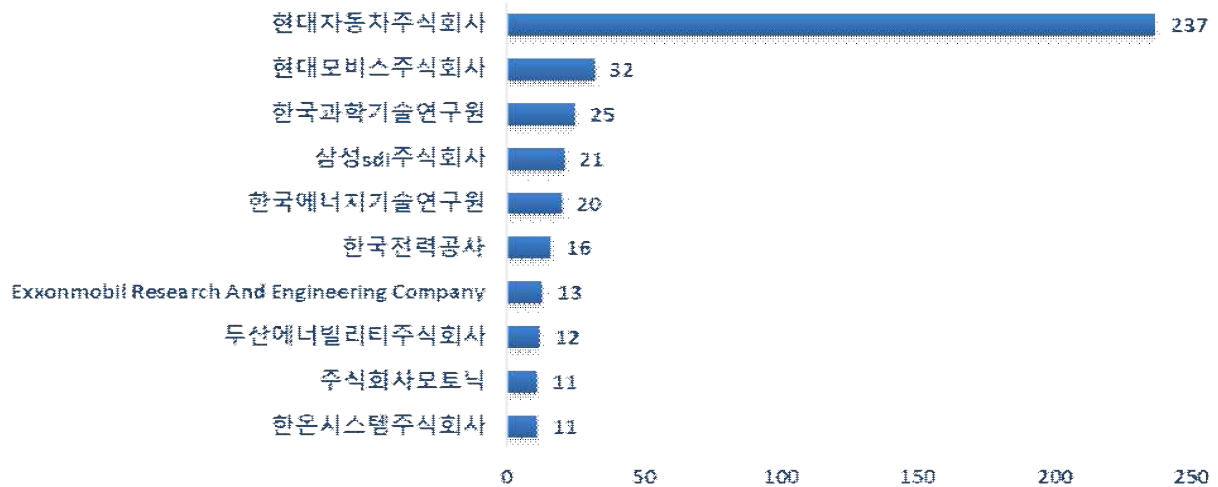
- (연도별 동향) 국내 기술의 연도별 출원 동향은 1993년부터 시작되어 '00년대 중반부터 증가 추세를 보이며 '21년에 58건으로 최다 특허를 출원하였으며, '22년 이후 '23년은 급격하게 감소하고 있는 것으로 보이거나 이는 미공개 특허로 인한 것으로 예상됨

* 특허 출원 후 1년 6개월 이후 공개되는 특성으로 인해 미공개 특허가 존재하므로, 최근 특허수는 추후 증가할 수 있음을 고려해야 함



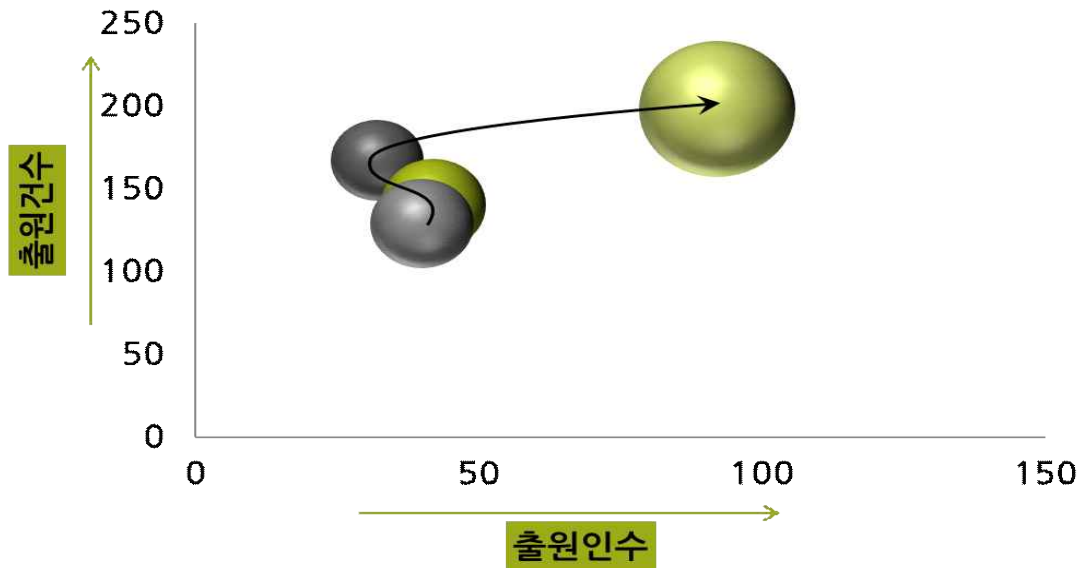
[국내 연도별 모빌리티용 연료전지 특허동향]

- (상위출원인 동향) 한국 특허청에 출원한 특허 대상으로 상위출원인을 살펴보면, 현대자동차 237건, 현대모비스 32건, 한국과학기술연구원 25건, 삼성SDI 21건, 한국에너지기술연구원 20건, 한국전력공사 16건, Exxonmobil Research And Engineering 13건, 두산에너지빌리티 12건, 모토닉 11건 및 한온시스템 11건 순임



[국내 모빌리티용 연료전지 상위출원인 동향]

- (기술성장단계 분석) 최근 20년을 5개년씩 4구간(1구간 '03~'07, 2구간 '08~'12, 3구간 '13~'17 및 4구간 '18년이후)으로 구분하여 출원인수 및 출원 건수를 바탕으로 기술성장단계(포트폴리오)를 살펴보았으며, 1구간에서 3구간까지는 정체하는 추세이나, 3구간에서 4구간은 출원인 및 출원 건수가 증가하는 추세를 보이고 있어, 성장기의 모습을 보임

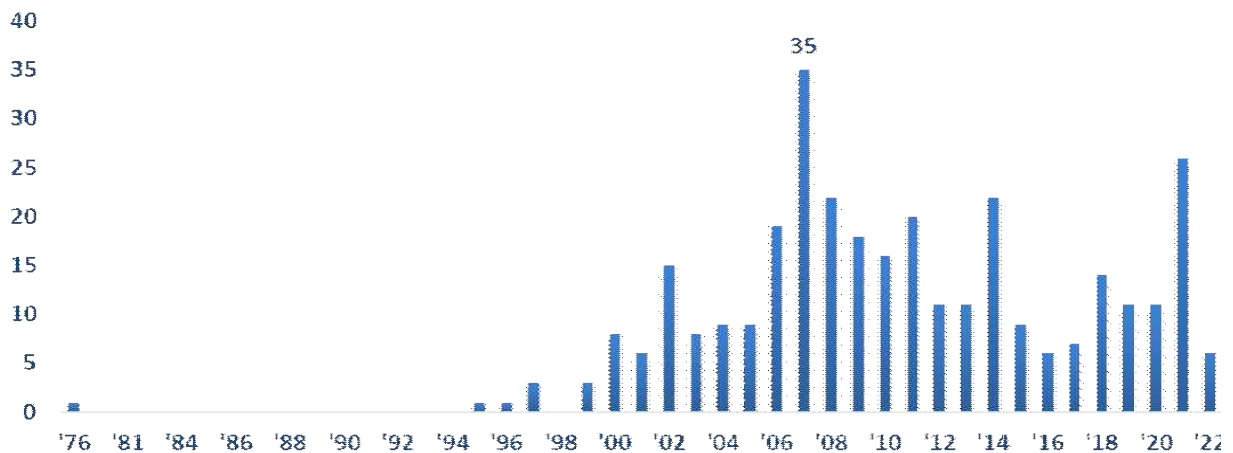


[국내 모빌리티용 연료전지 기술성장단계]

발전용 연료전지

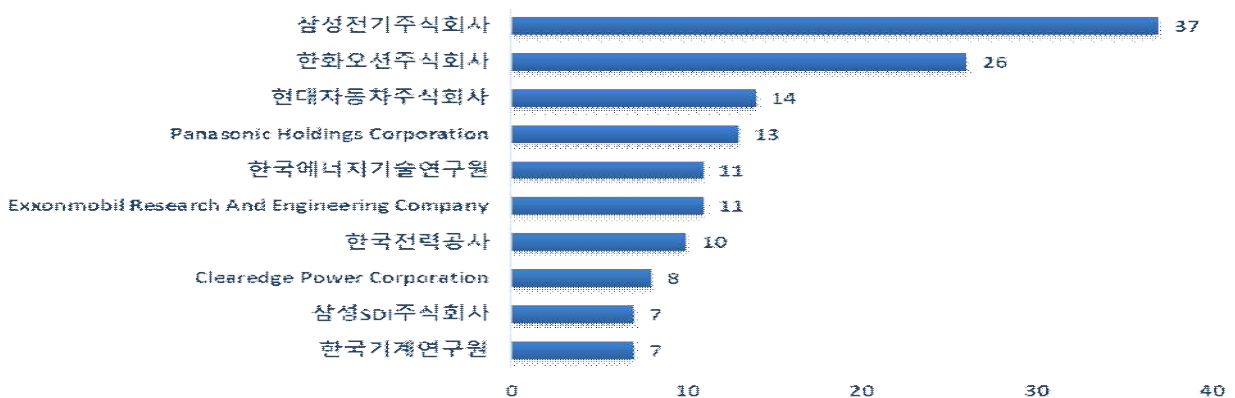
- (연도별 동향) 국내 기술의 연도별 출원 동향은 1976년부터 시작되어 '00년대 초반에 들어서면서 증가하는 추세를 보이다 '07년에 35건으로 가장 많은 특허가 출원되었으며, '22년 이후 '23년은 급격하게 감소하고 있는 것으로 보이나, 미공개 특허로 인한 것으로 예상됨

* 특허 출원 후 1년 6개월 이후 공개되는 특성으로 인해 미공개 특허가 존재하므로, 최근 특허수는 추후 증가할 수 있음을 고려해야 함



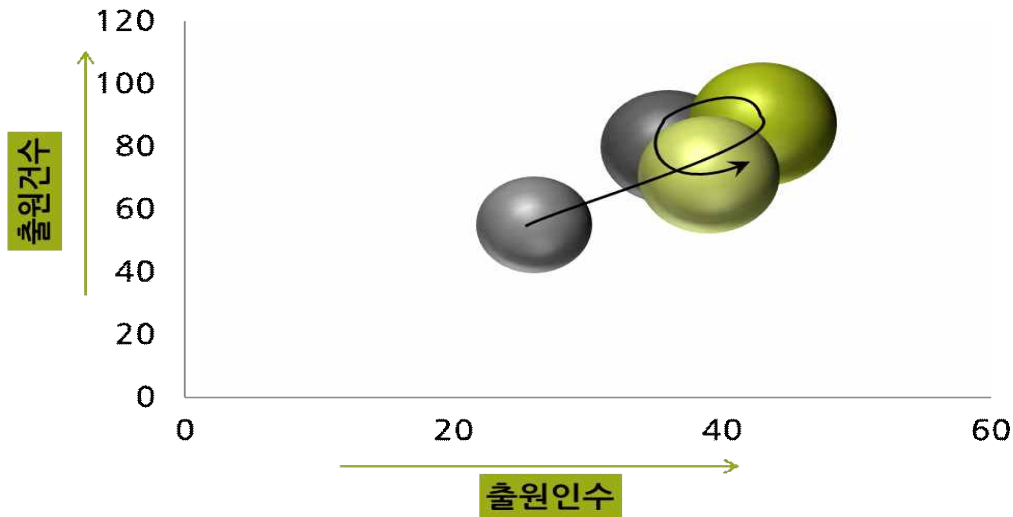
[국내 연도별 발전용 연료전지 특허동향]

- (상위출원인 동향) 한국 특허청에 출원한 특허 대상으로 상위출원인을 살펴보면, 삼성전기 37건, 한화오션 26건, 현대자동차 14건, Panasonic Holdings 13건, 한국에너지기술연구원 11건, Exxonmobil Research And Engineering 11건, 한국전력공사 10건, Clearedge Power 8건, 삼성SDI 7건 및 한국기계연구원 7건 순임



[국내 발전용 연료전지 상위출원인 동향]

- (기술성장단계 분석) 최근 20년을 5개년씩 4구간(1구간 '03~'07, 2구간 '08~'12, 3구간 '13~'17 및 4구간 '18년이후)으로 구분하여 출원인수 및 출원 건수를 바탕으로 기술성장단계(포트폴리오)를 살펴보았으며, 1구간에서 2구간은 증가, 2구간에서 3구간은 감소, 3구간에서 4구간은 다시 증가하는 추세를 보이고 있어 성장기 또는 성숙기로 예상됨



[국내 발전용 연료전지 기술성장단계]

참고	기술성장단계										
○ 통상적으로 특허건수에 따른 시계열적 분석은 Arthur(1981)의 기술수명주기 개념을 이용하는 방법이며, 경쟁의 정도는 분석구간의 출원인 수로 정의하며, 생산의 효율화는 출원량 또는 출원 증가량으로 대체하여 이의 추세를 시계열적으로 분석하고, 각 단계는 아래와 같이 정의 *1) Little, A.N.D. "The Strategic Management of Technology". Cambridge: 1981. < 출원인수와 출원건수를 이용한 기술성장 단계의 정의 > <table border="1"> <thead> <tr> <th>기술성장 단계</th><th>현상</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>도입기</td><td>출원인의 출현 및 출원건수의 출현</td></tr> <tr> <td>성장기</td><td>출원인수 증가 및 출원건수 증가</td></tr> <tr> <td>성숙기</td><td>출원인수 정체 및 감소, 출원건수의 정체 및 감소</td></tr> <tr> <td>쇠퇴기</td><td>출원인수의 급감 및 출원건수의 급감</td></tr> </tbody> </table>		기술성장 단계	현상	도입기	출원인의 출현 및 출원건수의 출현	성장기	출원인수 증가 및 출원건수 증가	성숙기	출원인수 정체 및 감소, 출원건수의 정체 및 감소	쇠퇴기	출원인수의 급감 및 출원건수의 급감
기술성장 단계	현상										
도입기	출원인의 출현 및 출원건수의 출현										
성장기	출원인수 증가 및 출원건수 증가										
성숙기	출원인수 정체 및 감소, 출원건수의 정체 및 감소										
쇠퇴기	출원인수의 급감 및 출원건수의 급감										
[특허출원건수-출원인수를 통한 기술성장단계 분석]											

4. 표준화 동향

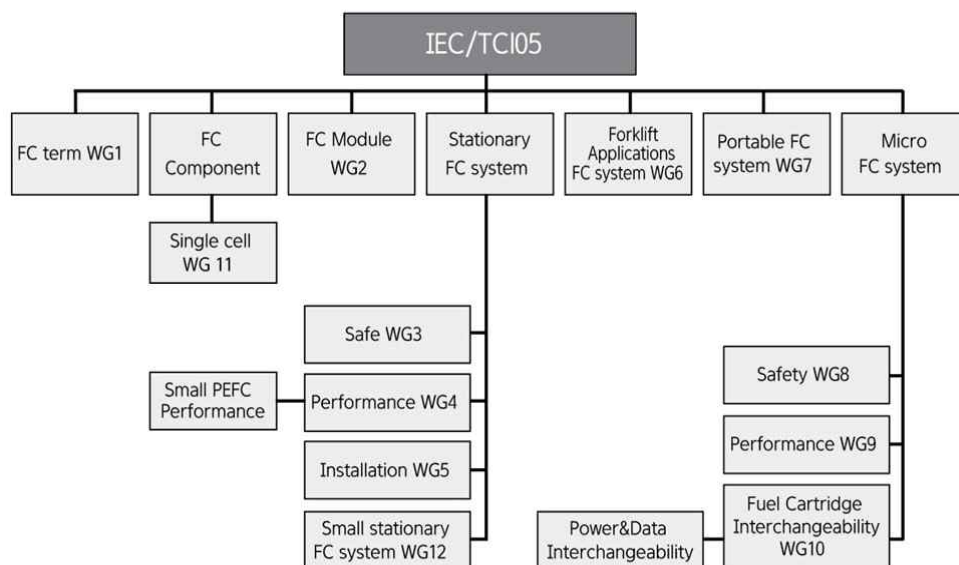
□ 해외동향

- 수소분야 국제표준화는 ISO, IEC, 기업 컨소시엄 주도로 진행 중이며, 각 기구별/국가별 중점 표준화 분야에 차이가 존재
 - (ISO, 수소기술위원회) 수소 생산·저장·충전 인프라 제품 및 부품 표준화로 수소기술의 시장 접근성 향상을 위한 차량용 설비, 수소공급 시설 및 부품 (모빌리티, 수소품질·수소발생기 등)에 관한 표준을 개발
 - 재생에너지 이용 수전해(P2G), 액체수소 설비 등 차세대 모빌리티·수소 공급 분야에서 '30년까지 26건 표준 개발이 전망
 - 캐나다는 수소차량용 설비, 일본은 수소품질·충전소 설비에서 강세를 보이며, 최근 미국이 충전소 부품·수소발생기 표준 개발에 적극 참여함
 - (IEC, 국제전기기술위원회) 가정·건물 등 연료전지 제품 및 그 부품 표준화로 상용차에 이어 향후 5~10년간 상용화가 전망되는 드론·선박 등 신수요 제품 분야에 대한 표준개발이 진행중
 - 드론·선박·열차·건설기계 등 연료전지와 배터리 하이브리드 시스템 등 융합기술 분야에서 '30년까지 38건의 표준 개발이 전망
 - 미국은 연료전지 안전, 일본은 고정형 연료전지 활용, 유럽은 산업용 트럭 등 응용분야 표준 개발에서 우위를 보임
 - (글로벌 컨소시엄) '19.3월 수소상용차용 고압 대용량 충전 표준 부품 개발 및 표준화를 위해 현대차·도요타 등 6개 업체가 연합하였으며, 수소 주입구, 주입구와 연결된 노즐, 호스 등 부품개발과 SAE 표준개발을 추진중
 - * 컨소시엄: 프랑스 에어리퀴드(수소생산), 노르웨이 넬(충전설비), 미국 니콜라(수소 트럭), 네덜란드 쉘(에너지)
 - (연료전지 기술위원회, IEC TC105) 연료전지 기술과 관련한 국제표준을 주로 담당하고 있으며, 1999년 설립 이후 일본, 프랑스, 독일에서 의장국을 수임하였으며, '23.9월부터 한국이 의장국(우석대 이흥기 교수)을 맡음
 - (참여국가) 총 32개국으로 구성되며 그 중 일본, 독일, 미국, 프랑스, 중국, 한국이 주도적으로 국제표준 개발에 참여('23)

- (작업범위) 발전용, 가정용, 수송용 보조전원, 휴대용 등 연료전지 분야에서 안전과 성능시험방법, 설치, 호환 등 국제표준 개발이며, 연료전지 기술이 쉽게 시장에 접근할 수 있도록 관련 표준화 도입이 필요한 분야를 우선적으로 선정·표준화* 개발을 하고 있음

참고	표준화 내용
	○ 보조전원시스템에 대한 연료전지 시스템 표준화 ○ 열병합발전시스템(CHPs)을 포함한 모든 기술의 연료전지 시스템 표준화 ○ 연료전지 시스템과 다른 형태의 전기저장장치(배터리, 플라이휠 등)와의 상호작용을 고려한 표준화 ○ 연료전지 시스템과 전력부하와의 상호작용을 고려한 표준화 ○ 마이크로연료전지 시스템과 전지저장, 의학기술, 산업서비스, 군수지역, 자동차의 상호작용을 고려한 표준화 ○ 모든 전기방식이 장착된 비행기, 배와의 상호작용을 고려한 표준화 ○ reverse operation에서 연료전지 시스템의 표준화 ○ 장기적으로 연료전지 시스템과 열엔진(가스터빈, 스팀엔진 등)과의 하이브리드 표준화 등

- '21.10월, 12월 국내에서 수소기술(ISO/TC197) 및 연료전지(IEC/TC105) 국제표준 총회개최 등 표준 주도를 위한 국제협력을 강화하였으며, 굴삭기용 연료전지, 노트북용 연료전지, 재생에너지 연계 수전해 설비 분야에서 3건의 국제표준 제안을 완료



[IEC/TC105 조직도]

< 연료전지 국제표준 작업반 현황 >

Working Group	Title	Convenor
WG105	General safety standard for fuel cell power systems	Eckhard Schwendemann
WG106	Calculation of rated power and power density of a stack/module	Pierr Loiret
WG211	Energy storage systems using fuel cell modules in reverse mode - Performance of power-to methane energy systems	Hiroyuki Uchida
WG212	Stationary fuel cell power systems - Performance of small systems with/without supplementary heat generators for multiple units operation by an energy management system	Yasushi Yamaguchi
WG303	Fuel cell power systems for excavators - Performance	Hongki Lee
WG304	Fuel cell power systems for unmanned aircraft systems - Performance	Zhigang qi
WG402	Micro fuel cell power systems - Safety	Karen Quackenbush
WG406	Power, data interchangeability and performance test methods for Fuel Cell Power Systems for laptop computers	Hongki Lee

- (유럽) '08년 설립된 연료전지 및 수소기술 개발과 시장도입을 지원하는 공공·민간협력기구인 FCH-JU(Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)는 EU 연료전지 및 수소 민관파트너십 합동사업을 통해 사업을 전개하고 인증 프로그램을 개발
- 최근 프랑스는 수소열차 상용화에 대비하여 국제표준 제안을 추진
- 수소 부문의 25개 선도 조직으로 구성된 유럽 'StasHH 컨소시엄'이 올해부터 대형트럭용 연료전지 모듈에 대한 최초의 유럽 표준을 정의하고 개발하며, 테스트를 진행
 - * 버스와 트럭, 기차, 선박, 지게차, 건설장비 같은 중부하 작업에 필요한 스택이나 통합 셀 모듈에 대한 표준을 정하게 되며, 이는 'HH 시리즈'로 명명되어 표준화된 모듈 설계에 반영되고 테스트될 예정(총 예산 약 205억 원)
- (일본) 연료전지 관련 국제표준은 일본을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 실제 일본 기업과 협회를 중심으로 국제표준 대응을 위한 조직적인 활동이 전개중
- 자국의 표준을 국제표준으로 반영하기 위해 'METI-NEDO 프로젝트'를 진행하고 R&D와 code&standard를 연계하여 R&D 결과를 표준과 연결해 신뢰성을 높임으로써 실질적인 연료전지 국제표준화를 주도하는 전략을 추진중
 - * 연료전지 상용화 시점에 일본의 기술과 제품이 세계 시장을 전망할 가능성 존재

- (미국) 수송용 연료전지 원천기술을 우선적으로 확보하기 위한 개발을 지원(연료전지 지게차 등 적용 확대*)하고 있으며, 타당성 조사, 표준 및 법제화(충전 프로토콜 표준 주도 등) 등 제도적 인프라 구축을 병행중
 - * 연료전지 지게차 약20,000대 도입을 진행중이며, 캘리포니아주는 수소전기차, 전기차를 ZEV(ZeroEmissionVehicle) 대상으로 한정
- (중국) 1985년 '수소 이용 안전기술 규정'을 제정해서 처음으로 수소산업에 대한 표준체계를 마련하였으며, 2008년에 개정하고 2020년 7월 기준, 90개에 달하는 수소 관련 표준을 수립하여 기본적인 틀을 갖추고 있으며, 현재 수소 연료전지 및 수소차와 관련한 국가 표준화 작업이 추가로 진행 중
- 지방정부 단위에서도 수소 표준을 제정하고 있으며, 이 중 광둥省 포산시(市)는 수소충전소 및 수소연료전지 관련 표준을 비준 받았으며, '20.5월 수소버스 및 물류차와 관련한 4가지 표준을 개정
 - * 안전·관리·표준·지원 제도 관련 '20.4월 중국 에너지법(안)에서 위험화학품으로 분류되던 수소가 중국 법률로 처음으로 주요 에너지원에 포함

□ 국내동향

- 산업통상자원부 국가기술표준원(이하, '국표원')은 '19.4월 '수소경제 표준화 전략 로드맵'을 통해 '30년까지 국제표준 선점을 통해 수소산업 글로벌 시장을 선도하겠다는 비전과 국내 최고 기술을 국제표준으로 15건 이상 제안하는 목표로 수립·발표
 - * 수소모빌리티: '30년까지 국제표준 8건 이상 제안, KS 인증 20건 이상 품목 제정 / 수소에너지: '30년까지 국제표준 4건 이상 제안, KS 인증 10건 이상 제정
- 국내 업계는 수소차 분야에서 표준보다 법규와 같은 강제기준이 중요한 점과 표준화를 통해 축적된 기술데이터가 유출 될 수 있다는 점 등의 이유로 그간 표준화에 소극적인 입장을 보였으나,
- 수소 승용차에 대한 국제표준 개발이 완료되었으며, 상용차에 대해 현대차·도요타 등 업체간 컨소시엄 형태로 기술표준 경쟁이 이루어지고 있음
 - 시장 선점을 위해 기술표준을 활용하고자 업체간 연합하고 있으며, SAE(미국자동차공학회)는 전세계 기업·학계 전문가들의 참여를 통해 자동차 표준을 사실상 주도하고 있음

< 수소모빌리티 분야 표준화 목표 >

구분	분야	목표
국제 표준	충전소	• 이동식수소충전소 성능·안전 1건 • 수소충전소 안전 모니터링 1건
	드론/선박/기계 등	• 드론용 연료전지 요구사항, 건설기계용 연료전지 요구사항 및 성능 등의 분야에서 1건 • 건설기계용 연료전지 안전 1건 • 드론용 연료전지 성능·안전 2건 • 선박용 연료전지 안전 등 2건
KS 인증	충전소	• 밸브류(체크, 수동, 유량제어) 3건 • 호스, 디스펜서 등 4건 • 충전소 압축기, 수소탱크 등 4건
	드론/선박/기계 등	• 지게차용 연료전지(DMFC) • 드론용 연료전지 • 건설기계용 연료전지 • 기타 굴삭기·농기계 등 6건

< 수소에너지 분야 표준화 목표 >

구분	분야	목표
국제 표준	발전용 가정·건물용 등	• 전기·열·수소생산시스템, 트라이젠 연료전지시스템, 연료전지복합발전 시스템 등 분야의 성능표준 1건 • 전기·열·수소생산시스템, 트라이젠 연료전지시스템, 연료전지복합발전 시스템 등 분야의 안전표준 2건
KS 인증	가정·건물용 등	• 연료전지(DMFC, SOFC, ~10kW) 2건 • 연료전지(PEMFC, ~50kW급) 3건 • 연료전지(SOFC 등, 10~50kW) 2건 • 연료전지(PEMFC, 등, 100kW급) 3건

< 국내 수소 연료전지 관련 KS 표준 현황(용어 정의 포함) >

표준번호	표준명	개정/확인일
KS C 8569	연료전지 시스템	2020-07-07
KS C IEC62282-1	연료전지 기술 - 제1부: 용어	2019-12-24
KS C IEC62282-2	연료전지 기술 - 제2부 : 연료전지모듈	2023-11-15
KS C IEC62282-3-100	연료전지 기술 - 제3-100부 : 정치형 연료전지 발전시스템 - 안전	2019-12-24
KS C IEC62282-3-200	연료전지 기술 - 제3-200부 : 정치형 연료전지 발전시스템 - 성능시험방법	2019-12-24
KS C IEC62282-3-201	연료전지 기술 - 제3-201부 : 정치형 연료전지 발전시스템 - 소형 연료 전지 발전시스템 성능 시험	2019-12-24
KS C IEC62282-3-300	연료전지 기술 - 제3-300부 : 정치형 연료전지 발전시스템 - 설치	2019-12-24
KS C IEC62282-5-1	연료전지 기술 - 제5-1부 : 휴대용 연료전지 시스템 - 안전	2020-12-22
KS C IEC62282-6-200	연료전지 기술 - 제6-200부 : 마이크로 연료 전지 파워 시스템 - 성능평가방법	2019-12-24
KS C IEC62282-7-1	연료전지 기술 - 제7-1부 : 고분자 전해질 연료전지 (PEFC) 단위전지 시험방법	2023-11-15
KS C IECTS62282-7-2	연료전지 기술 - 제7-2부 : 시험방법 - 고체 산화물 연료 전지(SOFC)에 대한 단전지 및 스택 성능 시험	2021-10-20
KS C IEC62282-4-101	연료전지 기술 - 제4-101부 : 도로 주행용 차량과 보조 전원 장치(APU) 이외의 추진용 연료전지 발전 시스템 - 산업용 전동 트럭의 안전	2021-10-20
KS C IEC62282-4-102	연료전지 기술 - 제4-102부 : 산업용 전동트럭용 연료전지 시스템 - 성능 시험방법	2023-03-14
KS C IEC60050-485	국제전기기술용어 - 제485부 : 연료전지기술	2021-10-29
KS C IEC62282-6-400	연료전지 기술 - 제6-400부 : 마이크로 연료전지 발전 시스템 - 전력과 데이터 호환성	2023-03-14
KS C IEC62282-8-102	연료전지 기술 - 제8-102부 : 역방향 모드로 연료전지 모듈을 사용하는 에너지 저장 시스템 - 가역 작동을 포함하여 양자 교환막이 있는 단일 전지와 스택의 성능 시험절차	2023-03-14
KS C IEC62282-8-101	연료전지 기술 - 제8-101부 : 역 모드 연료전지 모듈 에너지 저장 시스템 - 가역 운전을 포함한 고체 산화물 단전지 및 스택 성능 시험 절차	2023-11-16
KS C IEC62282-8-201	연료전지 기술 - 제8-201부 : 역 모드 연료전지 모듈을 이용한 에너지 저장 시스템 - 전력 대 전력 시스템의 성능 시험 절차	2023-11-16

5. 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

※ 산업부에서 지원한 신재생에너지핵심기술개발사업('06~'29, 일물관리혁신)에 한하여 작성하였으며, 연료전지 분야는 수소산업 육성 전략에 따라 건물·발전용 및 신산업 분야인 수소 모빌리티(자동차, 선박, 건설·산업기계, 방산 등) 기술개발을 지원

- (그간 지원현황) 수소경제 활성화 로드맵('19) 등 이후 수소 활용 분야인 연료전지(가정·건물, 발전, 모빌리티 등)의 다양한 분야를 지원하고자 투자예산은 지속적으로 증가하였으며, 최근 수소 모빌리티 및 대형화 등 신산업 분야 창출을 위해 가정·건물용 분야 지원을 축소

< 정부R&D 지원현황('19~'23) >

[단위: 백만원]

구분	'19		'20		'21		'22		'23	
건물·발전	16,111	73.7%	27,487	83.3%	33,310	69.4%	33,010	59.0%	25,955	49.8%
발전용	10,272	47.0%	17,876	54.2%	22,051	45.9%	22,210	39.7%	18,225	35.1%
가정·건물용	5,839	26.7%	9,611	29.1%	11,259	23.4%	10,800	19.3%	7,498	14.5%
모빌리티	5,745	26.3%	5,500	16.7%	14,721	30.6%	22,939	41.0%	26,169	50.4%
합계	21,856	100.0%	32,987	100.0%	48,031	100.0%	55,949	100.0%	51,892	100.0%

* 가정·건물용 연료전지는 '22년 이후 신규 과제로 지원되지 않았으며, '22년 이후 포함된 예산은 계속과제 대상임

* ~'22년 예산은 결산 기준이며, '23년 예산은 예산요구 기준임

- (향후계획) 차세대 연료전지 추진동력 개발 등을 통한 선박, K-방산 등 신산업 창출과 연료전지 발전시스템 대형화 지원을 추진

□ 기술개발 현황

수소모빌리티 신시장 창출

- ① (이동형 수소연료 발전기) PEMFC는 차량용과 발전용이 요구되는 수명, 성능, 효율 등에 차이가 있어 발전용으로 장시간 활용을 위해서는 스택과 시스템 내구성의 확보가 우선되어야 하며, 발전용으로 활용을 위한 부품 및 시스템 구성에 대한 기반기술은 일부 확보 되었으나, 이동형 발전기로 활용을 위한 시스템 통합 및 운전제어에 대한 내구성 검증과 실증 기술개발 요구

- 이동형 수소연료 발전기의 활용을 위한 국내 활용 연료전지 시스템은 자동차용으로 개발된 PEMFC로 발전용 시스템 활용에는 일부 미흡한 부분이 있어 스택, 시스템, 차량탑재, 운용환경 조건에서 운전에 부합하는 부품의 최적화와 연료전지시스템 운용을 위한 제어, 전력공급을 위한 전력변환기, 이동형 확장식 수소 공급장치를 활용한 수소연료 발전기의 실증 적용기술 확보 필요

< 이동형 수소연료 발전기 분야 주요 R&D 현황 >

과 제 명	부처명	기간
고체수소 MgH_2 연료전지 발전시스템	중소기업청	'17 ~ '18
저압 수소 저장장치를 적용한 1kW급 수소 연료전지형 휴대용 발전기	중소벤처 기업부	'22 ~ '23
건설용 25kW급 이동식 액체연료 개질형 연료전지	산업부	'15 ~ '18
건설현장용 10kW급 탄소제로 이동형 저압 메탈하이드라이드 수소 연료전지 전력공급장치	산업부	'22 ~ '25
모듈 / 이동형 수소 생산·저장·공급 및 전력공급 시스템	산업부	'21 ~ '24

② (선박용 연료전지) 선박용 연료전지 기술 개발은 주로 소형 연료전지 시스템 레벨에서의 시스템 구축 및 원천기술 확보 방향으로 진행되었으며, 해상 환경에서의 시험 평가 및 선급 인증을 목표로 한 기술은 많지 않음

- 선박의 적용성 및 활용성을 높이기 위한 다양한 기준 성능을 확보한 제품 개발과 이를 사용하는 조선사의 요구사항 및 개발 제품의 선급 인증 필요

< 선박용 연료전지 분야 주요 R&D 현황 >

과제명	부처명	기간
120kW급 선박용 수소연료전지 모듈 개발	해수부	'21~'23
미세먼지 무배출 선박용 PEMFC 하이브리드 시스템 개발 및 실증	산업부	'17~'21
선박(유람선) 추진용 50kW급 하이브리드 PEMFC 시스템 개발 및 실증	산업부	'12~'15

연료전지 품질 및 경제성·신뢰성 제고

③ (연료전지 검사장비)

- ① (발전용) 셀 및 스택의 소재 개발과 제조기술은 개발되었으며, 이를 기반으로 발전용 연료전지 및 부품 개발을 진행중이나, 셀 및 스택의 대량 양산기술과 품질향상 기술개발은 미흡한 수준

< 발전용 연료전지 검사장비 분야 주요 R&D 현황 >

과제명	부처명	기간
고내구성 SOFC 단전지 대면적화 기술 개발	산업부	'14~'17
SOFC 상용화를 위한 고출력 평판형 단전지 제조 핵심기술 개발	중기부	'16~'17
분산 발전용 고 신뢰성 SOFC 스택 제조 기술 개발	산업부	'16~'20
200kW 이상급 발전용 중저온형 고체산화물 연료전지 시스템 개발	산업부	'20~'24
분산형 연료전지 시스템 신뢰성 평가 기술 개발	산업부	'22~'26
고온 소성가공 기반 400 cm ² 급 후판형 SOFC 분리판 설계 및 제조 기술 개발	산업부	'21~'24
친환경 고효율 연료전지용 핵심 소재부품 개발	산업부	'22~'25

- ② (모빌리티용) 셀(MEA 등), 스택, 시스템 설계 및 제조 기술개발은 지속 진행되고 있으며, 국책 과제로 수소차 연료전지 셀 및 스택 검사시스템 개발에 투자중*이나, 대량생산체제 구축을 위한 양산기술 및 품질향상 기술 개발은 대규모 투자가 가능한 일부 업체(현대자동차, 동진세미켄 등)를 제외하고 전무

< 모빌리티용 연료전지 검사장비 분야 주요 R&D 현황 >

과제명	부처명	기간
수소차 연료전지 Cell Stack 검사용 고속, 고정밀 검사 시스템 개발	중기부	'22~'24

- ④ (탄화수소계 양이온 고분자막) 고성능·고내구성 고분자막 제조를 위한 박막 형태의 탄화수소계 강화복합막을 제조하는 기술은 연구실 수준으로 개발중이며, 다양한 합성 방법을 이용하여 고내구성 폴리페닐렌계 고분자막을 개발하였으나, 상용화를 위한 성능 및 내구성 검증이 요구

< 탄화수소계 양이온 고분자막 분야 주요 R&D 현황 >

과제명	부처명	기간
건물용 차세대 고효율 연료전지 상용화를 위한 핵심원천 기술 고도화	과기부	'22~'25
친환경 도심형 발전소 확대를 위한 성능 300mA/cm ² @0.8V, 내구성 8μV/h를 갖는 발전용 PEMFC MEA 핵심 소재기술 개발	산업부	'20~'24

6. 시사점

수소모빌리티 신시장 창출

① 이동형 수소연료 발전기 개발을 통한 K-국방 수출동력화

- 최근 글로벌 안보환경 및 남북관계의 위협이 날로 증가되는 상황과 전 세계적으로 첨단기술을 적용하기 위한 연구개발 투자, 대규모 무기 조달 및 군 현대화 프로젝트 등이 증가 추세에 있으며, 미래 에너지 및 전동화, 저피탐기술 수요가 증대되고 있으며, 미국을 중심으로 군 활용 연료전지 / 수소 동력 차량과 무인기 등의 기술개발 및 전투실험이 다양하게 이루어지고 있으므로, 동 기술개발을 통한 상용화로 국방 분야의 수소에너지 활용과 기술선도 국가로의 초석 마련 필요
- 이동형 수소연료 발전기는 기존 발전기의 소음 및 고발열을 해결하여 피탐성을 낮춘 첨단과학군 건설에 기여하고, 공병의 최첨단 전력공급 장비로 국방전력의 강화와 K-국방 수출 동력원으로 활용 가능
 - * 개발과정에서 충분한 평가 및 실증을 통해 수소연료의 안정성을 입증하여 수소 연료 사용의 수용성을 확보하고, 민간에서 특수목적의 이동형 발전기로 시장형성 및 활용방안 마련 필요

② 선박용 연료전지 파워팩 개발을 통한 친환경 선박 산업 육성

- IMO 환경규제, 국내 친환경선박 개발 등 친환경 선박으로의 전환에 대한 필요성 증가와 현재 국내외 선박/실증 적용에 사용되는 파워팩은 자동차용으로 개발된 스택으로 선박 추진 시스템 최적화에 한계를 가지므로 해양 운전 환경 운전에 부합하는 선박용 범용 파워팩(수백kW급) 개발 및 MW급으로 확장 가능한 실증 적용 기술 확보 필요
 - * 연안선박과 대양선박은 서로 다른 운전 특성을 가지므로 선박의 용도 및 크기별 특징을 분석하여, 최대한 공통적인 특성을 지닌 파워팩 설계·개발 필요
 - * 단위 모듈을 확대하여 대양 선박에 적용하기 위한 MW급 연료전지 BOP 설계 및 제어 기술도 병행 개발 필요
 - * 수소추진선박에 필수적인 수소 병커링, 탑재기준 등이 전무하므로 연안선박, 대양선박을 기준으로 수소와 연료전지, 전기구동시스템, 안전관리를 종합적으로

설계할 수 있는 시뮬레이션 및 검증기술 확보 필요

- * 수주기반의 선박산업에서 투자비가 높은 단독 기술개발은 어려운 실정이므로, 최종 제품으로 납품할 조선사와 협력을 통한 기술개발로 활용성 증대 필요

연료전지 품질 및 경제성·신뢰성 제고

③ 발전용·모빌리티용 연료전지 검사장비 개발을 통한 양산기술 고도화

- (연료전지 제조공정 혁신) 국내 연료전지 산업구조는 셀 및 스택 생산 역량이 부족한 시스템 제조업체로 대부분 구성되어 있어, 시스템 단가의 경제성, 신뢰성, 스택 수급 안정성 확보를 통한 사업의 확장성 확대가 요구됨에 따라 부품·소재·장비 업체의 안정적인 공급망과 셀 및 스택의 대량 양산기술 확보 필요

- * 발전용 및 모빌리티 연료전지의 생산성 향상, 초고효율 시스템 및 열원 활용 극대화, 고내구성 스택 및 시스템 기술개발 필요

④ 탄화수소계 양이온 고분자막 개발을 통한 차세대 친환경 신소재 확보

- (친환경 고분자막 확보) 국내 연료전지 기술수준과 시장점유율은 우수한 편이나, 친환경적이고 제품 단위의 기술에서 소재·부품 등 원천기술 단위의 확보로 접근이 필요

- 현재 연료전지 소재 및 부품을 양산 수준으로 생산하는 국가와 기업이 제한적이나, 향후 수소 활용 측면에서 발전용 연료전지 시장 확대 및 친환경 셀 소재(고분자막) 개발 요구에 따른 경쟁은 심화할 것으로 예상되며, 이에 따른 핵심 원천 소재 및 생산기술을 확보하여 기술 조기 선점에 기여

- * 국내는 현재 과불소계 고분자막을 해외 수입에 의존하여 사용하고 있으므로, 탄화수소계 고분자막 국산화로 기술자립도 향상이 가능하고, 환경 및 인체 유해성 물질을 대체한 진정한 의미의 친환경 에너지 소재 개발이 가능

II.

기획대상연구개발과제 도출

1. 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 수소모빌리티 신시장 창출
- 연료전지 경제성 및 신뢰성 확보

□ 신규 예산 지원 계획안

(단위 : 억원, () : 개수)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
지정공모	-	-	-
품목지정	28 (2)	75 (2)	103 (4)
자유공모	-	-	-
계	28 (2)	75 (2)	103 (4)

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소공급장치 개발	민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소공급장치 개발	○ 정부정책 - (제1차 수소경제 이행 기본계획, '21.12) 수소 모빌리티 다양화 - (세계 1등 수소산업 육성 전략, '22.11) (K-방산) 상용차 연료전지 기술을 기동무기체계에 적용·수출 지원 - (에너지 新산업 수출동력화 전략, '23.7) 수출 유망품목 : 발전용 연료전지 - (방위산업 발전협의회, '22) 민군협력을 통해 국가 안보 및 산업 경쟁력을 강화하고, 방위산업을 수출 선도형 산업으로 전환하기 위한 안건 중, 기동무기체계 적용 수소 연료전지 추진체계 확보 전략 상정 ○ 기술수요조사명 - 이동형 수소 연료전지체계 항공기 지상전원 공급장치 (반영)
선박용 연료전지 범용 파워팩 개발	200kW 이상급 선박용 연료전지 파워팩 개발	○ 정부정책 - (제1차 수소경제 이행 기본계획, '21.12) 수소모빌리티 세계시장 선도 목표로 수소추진 선박 확대

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
		정책을 수립 : 소형선박 벙커링 인프라 구축(∼'30), 이후 대형선박으로 적용 확대('31∼) - (세계 1등 수소산업 육성 전략, '22.11) 연료전지 모빌리티 선박 효율 60%(∼'30) - (수소기술 미래전략, '22.11) 수소 모빌리티 대형화 대비 선박 생산기술 확보 및 무탄소 수소선박 위주 선박시장 전환 대비 기술 확보 ○ 기술수요조사명 - 대양선박용 연료전지 파워팩 모듈 개발 (일부반영)
연료전지 셀 양산기술 및 품질 안정화 기술개발	연료전지 셀 제조 품질 안정화 기술개발	○ 정부정책 - (제1차 수소경제 이행 기본계획, '21.12) 수소 전차종에 대한 생산능력 확보(∼'28) - (세계 1등 수소산업 육성 전략, '22.11) 연료전지 모빌리티 상용차 효율 65%(∼'30) - (탄소중립 기술혁신 전략로드맵, '22.11) 국산 시스템 양산 기술 확보 ○ 기술수요조사명 - 연료전지 스택 품질검사장비용 영상인식 검출 기술개발 (반영) - SOC 단전지와 스택의 핵심부품 및 생산성과 내구성 향상기술 개발 (반영) - MW급 연료전지 분산발전을 위한 SOFC의 생산성 및 내구성 향상기술 개발 (일부반영)
차세대 양이온 고분자막 상용화 기술개발	탄화수소계 양이온교환 고분자막 양산 기술개발	○ 정부정책 - (세계 1등 수소산업 육성 전략, '22.11) 연료전지 발전단가 160원/kWh(∼'30), 고효율, 고내구성 모델 개발로 미국, 유럽 등 수출 확대(∼'30) - (탄소중립 기술혁신 전략로드맵, '22.10) 수백kW 급 복합발전 시스템(전기효율 65% 이상), MW급 고효율 열병합 시스템(종합효율 80% 이상)(∼'30) - (수소기술 미래전략, '22.11) 국산 기술로 연료전지 발전시스템을 대량양산하기 위한 기반기술 개발(∼'30) ○ 기술수요조사명 - R22규제 대응 수전해 및 연료전지용 차세대 전해질막 기술개발 (반영)

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준 ²⁾	인증 ³⁾
		등록특허		소프트웨어	기타 ¹⁾		
기획대상 주제명	기획대상연구개발과제(품목)명	해외	국내				
민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소공급장치 개발	민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소공급장치 개발	△	○	○	○	△	△
선박용 연료전지 범용 파워팩 개발	200kW 이상급 선박용 연료전지 파워팩 개발	○	○	○	○	△	○
연료전지 셀 양산 기술 및 품질 안정화 기술개발	연료전지 셀 제조 품질 안정화 기술 개발	×	○	○	×	×	×
차세대 양이온 고분자막 상용화 기술개발	탄화수소계 양이온 교환 고분자막 양산 기술개발	△	○	×	×	×	×

* 1) 실용신안, 디자인, 상표 등 기타 지식재산권

2) 국제표준, 국가표준, 단체표준의 제·개정(표준화연계형 과제는 보통 이상으로 제시 必)

3) 법적임의 인증(KS인증, 고효율에너지기자재인증, 신제품인증(NEP), 신기술인증(NET), 녹색인증, 제로 에너지건축물인증, 소프트웨어품질(GS)인증 등)

2. 개발위험 관리방안

민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소 공급장치 개발

□ 기술개발 위험요인

- 연구개발 기간 내 성과물의 제작 및 실증을 위해 관련법에서 규정한 시설 및 기술 기준에 따른 안전기준 검토 필요

* '23. 11월 기준, 성과물 제작 및 실증을 위해서는 KGS Code 획득, 규제 샌드박스 허가 신청이 필요하나, 수소 안전관리 안전로드맵 2.0('23)에 따른 규제 개선에 따라 샌드박스가 불필요할 수 있으므로 규제 개선 모니터링 필요

□ 사업화 애로사항

- 동 과제로 개발된 성과물인 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 트레일러는 세계 최초 개발이자 군사용 최초 개발로 안전성 평가 및 인증 기준이 미비한 상황으로, 각 최종 제품에 대한 차량 및 안전과 실증인허가 획득을 통한 시장진입 필요

□ 사회환경 위험요인

- 현재 수소에 대한 폭발 위험성, 화재 등 안전에 대한 사회적 수용성이 부족함(수소에 대한 막연한 두려움 및 부정적 인식 등)에 따라 생태계 조성에 걸림돌이 있어, 연구개발 성과물에 대한 실증 및 충전에 대한 단계적 검증을 통해 운용방법 등 안전성을 입증하여 수용성 확보 방안 필요

□ 기술영향 검토

- 기존 내연기관 발전기는 내구성 및 안전성이 확보된 반면, 동 과제의 성과물은 친환경 에너지인 수소 기반의 발전기로 도전적이며, 목표성능 구현에 대한 기술적 한계가 발생할 우려 존재

□ 기술개발 위험요인

- 선박용 연료전지 파워팩은 차량용 대비 잦은 로드 변경 및 고부하, 장시간 연속 운전이 가능하여야 하므로, 이에 적합한 고내구성 스택이 요구
- 운영환경은 염분이 많은 해양 환경으로 파워팩을 구성하는 스택, BOP는 염분에 대한 내구성 확보 필요
 - * 공기 공급계의 고성능 필터 체결을 통한 스택의 MEA에 대한 내구성 확보
 - * 파워팩의 주요 BOP(연료공급계, 수소공급계, 열관리계, 전력변환계 및 제어기)의 내식성 확보
- 선박 운전환경 특성상, 사용처의 요구 조건에 부합하는 장/단주기 진동 및 횡요(roling), 종요(piching), 상하동요(heaving) 등에 대한 파워팩의 내진동성 및 내구성 확보/검증이 필수적
- 연안선박과 대양선박이 서로 다른 운전 특성을 지니므로 선박의 용도 및 크기별 특징을 분석하여, 최대한 범용적으로 적용할 수 있는 설계 및 개발이 필요

□ 사업화 애로사항

- 연료전지 파워팩을 선박시장에 적용하기 위해서는 선급의 인허가 및 형식 승인이 필요하므로, 기술개발 단계부터 국내 선급이 참여함으로써 선박 적용 시 발생 가능한 문제를 사전에 방지하는 것이 필요
- 보수적인 선박 시장 특성상, 초도 시장 진입을 위해서는 Track record가 중요하므로, 개발된 파워팩에 대한 실증 선 적용을 위한 정부/지자체와의 협력*이 필요
 - * 노후 관공선에 대한 수소연료전지 선박 전환, 국내 노후 예인선 및 여객선 등 대상 수소연료전지 선박으로 전환시 지원금 부여
- 연료전지 파워팩이 기존 선박엔진 대비 친환경/고효율 특성을 가지지만

초기 단계에 상대적으로 고가의 동력원으로 예상됨에 따라, 가격 및 규제 심화에 따른 초기/중기/장기에 따른 사업화 전략 수립 필요

* 초기 단계에는 연안 배출 가스 규제 및 진동/소음에 민감한 선종(연안 관광선, 크루즈 등)에 적용

□ 사회환경 위험요인

- 국내 항만 수소 병커링 시설 미비로 수소 선박의 활용성이 낮으므로(선박용 연료전지 파워팩의 사업성이 현저히 낮음) 항만 수소 병커링 시설에 대한 규약을 정비하고 확충이 필요
- 연료전지 파워팩 및 선박의 안정성을 확보하기 위해서는 현존하는 안전 기준에 부합하는 제품이 설계되어야 하며, 병커링 및 사용자를 위한 규약 완비와 교육이 필요
- 수소 연료 공급 인프라 구축이 미비할 경우 사업화 지연 가능성이 있으며, 수소 기반 연료전지 선박의 고압, 발화, 폭발 등 안전성 확보를 위한 대응 필요
 - * 소형선박은 기체 수소, 대형선박은 액체 수소 등 인프라 구축에 많은 투자가 필요한 현실임
 - * 액체수소의 경우, 기존에 취급하던 LNG와 비교하여 훨씬 낮은 온도에서 운영되므로 초극저온 관련 선박의 안전성 검증기술 확립 필요
- 해상에서 연료전지를 주전원으로 사용시, 선내 교육과 연료전지 운전 시나리오에 대한 매뉴얼 제공 필요
 - * 연료전지 주전원으로 사용시, 전기추진 선박으로 추진용 전기모터, 각종 인버터 등에 대한 선내에서의 취급 교육 필요
 - * 해상에서의 연료전지 유지보수, 운전, 비상 대응, 재가동 등 각종 연료전지 운전 시나리오에 대한 매뉴얼 제공 및 선원 대상 교육 필요

□ 기술영향 검토

- 현재 국내외 선박 실증/적용에 사용되는 파워팩은 자동차용으로 개발된 스택으로 선박 추진 시스템 최적화에 한계를 가지므로, 동 과제를 통해 도출되는 선박용 범용 파워팩은 현재 LNG 선박 및 주요 장비를 선도하는 국내 선박 업체가 새로운 에너지 패러다임의 핵심인 연료전지

분야에서도 기술을 선도할 것으로 기대

- 수소연료전박은 세계 조선해양산업의 무탄소 배출을 위한 새로운 에너지 패러다임의 핵심기술로 새로운 고부가가치 창출 시장으로 성장 가능
- 기존 선박의 건조 기술과 함께 상당 수준의 유관 기술(극저온, 선박 제어 기술)을 보유하여 국내 주요 조선소를 통해 수소 선박 시장 주도 가능

□ 기술개발 위험요인

- 국내 발전용 및 모빌리티용 연료전지 제조사는 독자적인 제조공정 및 양산에 대한 노하우가 있으나, 독자기술로 공개를 꺼려하여 벤치마킹 등에 제약이 존재
- 타 분야(전자부품, 이차전지, 반도체, 디스플레이, 모바일, 자동차, 물류 및 소재 금속 등)에서는 AI 비전 검사 솔루션이 적용되고 있으나, 연료전지 분야에서는 적용 사례가 전무하여 적용가능성 확보가 중요
- 동 과제 컨소시엄 구성시, 참여기관(연료전지 제조 업체)이 제조공정, 품질 관리 기준 및 성능에 관한 자료를 주관기관(AI 비전검사 솔루션 업체 및 대학·연구소 등 머신러닝 모델 개발) 에 제시하여 유기적인 협력 관계를 형성 하는 것이 중요

□ 사업화 애로사항

- 발전용 및 모빌리티용 연료전지의 시장성장성은 충분하나, AI 비전검사 시스템의 범용성과 유사 산업분야로의 확장성을 확보하여 사업성을 확보하는 것이 요구
 - * AI 비전검사 시스템은 특정 연료전지 셀 및 부품에 대한 전용성보다 범용성 확보 필요
- 또한, 발전용 연료전지의 소비자 효용성 향상을 위해 수소연료전지 무 정전 계통전환 시스템의 연속운전이 가능하도록 시설·기술·검사 기준 (AH371) 개정이 필요

□ 사회환경 위험요인

- 현재 연료전지는 천연가스를 연료로 사용하여 종합효율을 고려할 때 이산화탄소 배출 저감의 효과를 얻을 수 있으나, 향후에는 수소·암모니아 및 바이오가스 등 친환경 연료로의 완전한 전환이 필요
- 도심 인근의 분산발전을 설치하기 위해서는 일반 시민에게 발전용 연료

전지 시스템, 연료 저장 및 공급시스템의 안전성에 대한 홍보 및 인식 제고로 국민수용성 확보가 필요

□ 기술영향 검토

- 정부가 제시한 분산발전 목표 달성을 위해서는 재생에너지의 보급만으로 한계가 존재하기에, 화석연료를 개질한 수소의 고효율화, 외부요인에 의한 간헐성 배제 등으로 배출가스를 최소화하는데 기여 가능
- 연료전지 셀 및 부품의 대량생산과 고품질화는 이산화탄소 배출이 없는 그린수소를 생산하는 수전해와 연결되어 탄소중립사회를 실현하여 수소에너지 시대 전환의 기반 제공이 가능

탄화수소계 양이온교환 고분자막 양산 기술개발

□ 기술개발 위험요인

- 불소계 고분자 전해질과 유사한 성능 및 내구성을 갖는 탄화수소계 고분자 전해질 대용량 합성 기술개발 결과가 없으므로, 대용량 합성 기술개발 시 균일한 품질의 재현성 확보가 필요
- 전해질막 응용을 위한 탄화수소계 다공성 지지체의 요구 특성(기공크기, 공극률, 기계적 물성 등)에 대한 명확한 기준 규명 필요
- 내열성 탄화수소계 고분자막을 이용한 대면적 MEA 제조 공정이 부재하므로, 제조 공정 확보 요구
- 탄화수소 기반의 고분자막 및 MEA 성능 및 내구성 평가 프로토콜 확립 요구

□ 사업화 애로사항

- 탄화수소계 양이온 고분자막 및 MEA 활용하는 수요기업의 요구 특성(성능 및 내구성 등)이 상이하여 개발 제품의 사업화를 위한 수요기업 검증 필요

□ 사회환경 위험요인

- 탄화수소계 고분자막은 친환경적인 소재로 사회·환경적으로 초래할 수 있는 부분은 없음

□ 기술영향 검토

- 수소경제 사회의 핵심 기술인 연료전지의 핵심 소재 개발과 대량 보급을 통한 탄소중립 실현 및 수소경제 활성화 가능
- 연료전지 기술의 한계인 핵심 소재 국산화를 통한 비용 절감 및 기술 자립도 향상 가능
- 불소계 고분자막 대체로 인한 환경 및 인체 유해성 문제 해결 가능
- 탄화수소계 고분자막 개발은 발전용 연료전지 및 수전해에 적용하여 에너지 자립도 향상 및 전력계통 안전성 도모 가능

3. 기획연구개발과제 기술개요서

[품목지정공모 (기술개요서)]

품목명 : 민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소공급장치 개발	46
품목명 : 200kW 이상급 선박용 연료전지 파워팩 개발	47
품목명 : 연료전지 셀 제조 품질 안정화 기술개발	48
품목명 : 탄화수소계 양이온교환 고분자막 양산 기술개발	49

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-연료전지-품목-1		
연구개발과제유형	원천기술형()	혁신제품형(○)	
		실증형()	
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제(○)		
품목명	민군 공동 활용을 위한 정격 100kW급 이동형 수소연료 발전기 및 확장식 수소 공급장치 개발 (TRL : [시작] 6단계 ~ [종료] 8단계)		
1. 지원필요성	○ 제1차 수소경제 이행 기본계획('21.12), 세계 1등 수소산업 육성 전략('22.11)에 따라 상용차 연료전지 기술을 군 기동무기체계에 적용하여 군 무기체계 첨단화를 통해 K-국방 수출화 기대		
2. 품목정의	☐ (최종목표) 민군 공동 활용을 위한 이동형 수소연료 발전기 및 작동시간 연장을 위한 확장식 수소 저장·공급 트레일러 개발 ☐ 연구내용 ○ PEMFC 방식의 연료전지를 이용한 수소 발전기 개발 - PEMFC 방식 연료전지를 이용하고, 압축수소를 활용한 정격출력 100kW급으로 최대 출력 250kW용 수소 발전기 개발(교류출력 220~380V, 직류 12~38V) - 연속작동 최소 16시간 이상 운용을 위한 제어기 개발 - 8시간 추가 운용이 가능한 별도의 트레일러에 총 2종(압축수소, 수소저장합금)을 각각 이용한 수소 저장·공급장치 기술개발 ○ 야지(野地) 기동에 적합한 군 운용환경에서 탑재 차량으로 실증 - 연료전지와 수소 저장장치를 차량에 탑재하여 군 운용환경에 수소발전기 실증 (구동방식 : 전륜(6x6), 운용온도 : -32~42℃, 원격 및 장비 직접 제어기능, 내진동성, 소음 50db 이하 등) ○ 고압가스 사용 안전성을 입증하고 관련 규제 샌드박스 신청 및 승인획득 필요 - 수소 충전, 도로 주행, 전기생산 등 관련된 규제 사항 점검 및 승인 획득 필요 ☐ 개발위험 극복방안 ○ 기술개발 성과물의 시험평가 및 실증을 위해 관련법에서 정하고 있는 시설 및 기술 기준에 따른 안전기준 검토(규제 샌드박스 필요 유무 모니터링 필요) ○ 실증을 위한 시작품(최소 2대 이상) 수량 제작 및 최소수량을 육군과 협의하여 추가 결정 ☐ 안전관리 사항 ○ 본 연구개발 과제는 「안전관리형 연구개발 과제」로 연구개발 계획서 제출 시 '연구개발 과제별 안전관리계획' 제출 필요(적정성을 검토하여 부적정 시 지원 제외) - 위험물질 취급 연구개발 과제 여부 : 고압가스(수소)		
3. 지원기간/추진체계	○ 기간 : 48개월 이내 (1차년도 정부지원연구개발비 : 40억원 내외, ○ 정부납부기술료 : 징수 총 정부지원연구개발비: 200억원 내외) ○ 주관연구개발기관 : 기업 ○ 기타사항 : 과제선정 이후 수요처인 육군 관련 부서 참여 및 협력체계 필요		

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-연료전지-품목-2		
연구개발과제유형	원천기술형()	혁신제품형(○)	
		실증형()	
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제(○)		
품목명	200kW 이상급 선박용 연료전지 파워팩 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)		
1. 지원필요성	○ 강화된 해양 환경규제에 대응을 위해 미래 무공해 대체에너지원인 수소 사용과 함께 연료전지와 같은 고효율 추진/발전시스템 개발 필요성 대두		
2. 품목정의	☐ (최종목표) 해상환경 대응 선박용 연료전지 200kW 이상 파워팩 개발 및 선급 인증 ☐ 연구내용 ○ 해상환경에 적합한 선박용 연료전지 대용량 스택(PEMFC) 개발 - 해상환경 및 선급 규정(시험/검사)에 적합한 스택 설계 및 시험/검증 - 선박운전 환경용 장시간 고부하 적합한 Heavy Duty 스택 개발 (최대출력 대비 50%이상 부하, 12시간 이상 연속 운전 시 스택 효율 50%이상) ○ 선박용 연료전지 파워팩 모듈 개발 - 200kW급 이상 선박용 연료전지 단위모듈 개발 및 MW급 이상 확장 가능한 BOP 설계 - 선박 유틸리티 및 추진 시스템과의 연동을 고려한 연료전지, BOP 통합 모듈의 공정, 제어, 전력계통 설계 - 해상환경(진동, 경사 및 온도/염분/수분)을 고려한 MW급 이상의 파워팩 통합모듈시스템 설계 - 연안선박용 수소연료전지 200kW이상급 파워팩 단위모듈 시제품 제작(3set) ○ 선박용 수소연료전지 파워팩 성능 확보 및 선급 인증 - 해상환경 및 선급 규정(시험/검사)에 따른 성능 확보 및 선급 인증 획득 - 주요 2종(type) 이상 선박의 운항 프로파일에 따른 성능 확보 ○ Multi-Module 구조 MW급 연료전지 시스템 병렬 운전 및 장수명 운전제어 개발 - 다수의 파워팩 운영 시 안전성, 효율성, 내구성 확보 측면에서의 운영방식 개발 ☐ 개발위험 극복방안 ○ 주요 조선사의 선박 특성/요구사항 반영 및 제품의 인증/승인을 위한 국내 선급 참여 필요 ○ 과제 종료 시 연구성과물의 확보 방안(실 선박 실증을 위한 단계별 실증, 실증선 확보 등) 마련 필요 ☐ 안전관리 사항 ○ 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 ‘연구개발과제별 안전관리계획’을 제출해야 함 (적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함) ○ 위험물질 취급 연구개발 과제 여부 : 고압가스(수소)		
3. 지원기간/추진체계			
○ 기간 : 36개월 이내 (1차년도 정부지원연구개발비: 35억원 내외, ○ 정부납부기술료 : 징수 총 정부지원연구개발비: 140억원 내외) ○ 주관연구개발기관 : 기업 ○ 기타사항 : 수요기업으로 조선사 참여 및 선박 요구사항 반영 필요			

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-연료전지-품목-3	
연구개발과제유형	원천기술형(○)	혁신제품형()
		실증형()
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제()	
품목명	연료전지 셀 제조 품질 안정화 기술개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 5단계)	
1. 지원필요성	○ 수소경제 이행 기본계획('21.12)의 수소차 생산능력 확보, 탄소중립 기술혁신 전략로드맵('22.11)의 국산 시스템 양산 기술 및 가격경쟁력 확보를 요구하고 있으며 최고 수준의 양산기술 확보로 현 기술 우위성 유지 및 세계 시장 선도 필요	
2. 품목정의	☐ (최종목표) 연료전지 품질향상을 위한 셀 및 핵심부품의 고속자동 검사기술 개발 ☐ 연구내용 ○ 자동 영상검사를 위한 기구부 설계 및 대량양산을 위한 고속검사장비 개발 - 미세분해능 사용에 따른 영상 떨림 최소화를 위한 진동 방지 기술 및 광학부 설계 - 제품 로딩/언로딩부 설계, 최적의 이송 및 고속 검사 장치 기술 ○ 자동 영상검사를 위한 광학기술개발 - 초고해상도/난반사 대응 검사 광학계 및 불량 유형 별 조명 설계 - 멀티 카메라 방식 적용한 사이클 타임 최소화 방안 설계 ○ 자동 영상검사를 위한 이미지 프로세싱 기술개발 - 셀과 핵심부품의 영상 데이터의 분류 및 수집 기술 개발 ○ 머신 러닝(Machine Learning) 모델개발 및 학습 - 셀과 핵심부품 자동검사 및 QC요인과 성능평가를 이용한 딥러닝 모델 개발 - 단일유형 검사 및 복합유형 검사의 복합 검사 기술 개발 ○ 소프트웨어와 하드웨어 개선 및 UI개발 - 영상 시스템과 소프트웨어의 인터페이스 모듈 개발 ○ AI 비전 검사장비의 운영결과 평가 - AI 기반의 품질·공정이상 판정 시스템 운영결과 평가 ☐ 개발위험 극복방안 ○ 다양한 분야에서 품질판정에 활용되고 있는 AI 기반의 영상시스템 기술을 활용하고 국내·외 기술 분석 및 IP 확보 전략 수립 필요	
3. 지원기간/추진체계	○ 기간 : 24개월 이내 (1차년도 정부지원연구개발비: 18억원 내외, ○ 정부납부기술료 : 징수 총 정부지원연구개발비 : 40억원 내외) ○ 주관연구개발기관 : 제한없음 ○ 기타사항 - 셀 구성품 제조 수요기업(PEMFC 및 SOFC) 참여 필수 - 셀 품질 검사를 위한 비전검사 이외 기술 제시 가능(수요기업 수요 필요)	

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-신재생-연료전지-품목-4		
연구개발과제유형	원천기술형(○)	혁신제품형()	
		실증형()	
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제()		
품목명	탄화수소계 양이온교환 고분자막 양산 기술개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 7단계)		
1. 지원필요성	○ 연료전지 및 수전해 분야에 주로 사용되는 불소계 고분자는 R-22(chlorodifluoromethane) 모노머를 기반으로 제조되나, 국제 오존층 보호대책으로 R-22는 단계적 폐지될 예정으로 불소계 전해질의 수급에 큰 타격이 예상되므로 탄화수소계 고분자막 개발을 통한 대응책 마련 시급		
2. 품목정의	☐ (최종목표) 연료전지 및 수전해용 폭 50cm이상의 탄화수소계 고분자막 롤투를 양산 기술 개발 ☐ 연구내용 ○ 고내열성 탄화수소계 전해질의 스케일업 기술개발 - 전습도 영역에서 상용 불소계 전해질과 동일한 이온전도도 특성을 갖는 소재 개발 - 90℃ 이상에서 사용이 가능한 블록공중합체 스케일업 기술개발 ○ 강화복합막의 제조를 위한 올레핀계 매트릭스 개발 - 탄화수소 전해질 함침 가능한 고다공성 올레핀계 박막/후막 매트릭스 제조 기술개발 - 탄화수소 전해질의 함침 특성 향상을 위한 매트릭스 전처리 기술 및 첨가제 개발 ○ 상용화 수준의 탄화수소계 광폭 강화복합막 롤투를 양산 공정 개발 - 상기의 전해질과 매트릭스를 사용한 광폭 강화복합막 롤투를 공정기술 개발 - MEA 제조 공정이 가능한 우수한 기계적 물성을 갖는 강화복합막 개발 ○ 탄화수소막 MEA의 성능 및 내구성 검증 - 개발 막을 활용한 연료전지 및 수전해용 MEA 성능/내구성 평가 기술개발 - 전해질막과 전극과의 계면안정성 향상 기술개발 ☐ 개발위험 극복방안 ○ 불소계 고분자 전해질과 유사한 성능 및 내구성을 가진 탄화수소계 고분자 전해질 원천 소재 및 재현성 있는 대용량 합성 기술 및 기업 참여 권장 ○ 차세대 양이온 고분자막 상용화를 위한 수요기업 요구사항 반영(Roll-to-roll 제조 공정 폭, 두께 편차, 기계적 물성, 내구성 등) 필요		
3. 지원기간/추진체계	○ 기간 : 48개월 이내 (1차년도 정부지원연구개발비: 10억원 내외, ○ 정부납부기술료 : 징수 총 정부지원연구개발비: 80억원 내외) ○ 주관연구개발기관 : 기업 ○ 기타사항 : 개발된 제품의 수요기업 검증 필수		