

친환경자동차의 연구동향 분석을 통한 미래 발전방향 제안 (Part 1)

안규환* · 고장혁**

**삼육대학교 대학원 융합과학과

Future Research Direction through Reviewing Recent Trends in Environment-friendly Vehicles Research (Part 1)

Ahn, Kyu Hwan* and Ko, Jang Hyok**

**Department of Convergence Science, Graduate School, Sahmyook University

ABSTRACT

In this paper, we analyze the current research technology trends through the literature reviews of technical outlines of electric vehicles and hydrogen fuel cell vehicles, domestic and overseas policy trends, etc. After analyzing the literature, we found out while the re-use and recycling of waste batteries and the in-wheel motor systems are essential areas for the development of electric vehicles and hydrogen fuel cell vehicles, the related research is not quite sufficient, so the direction for further research is proposed at the conclusion.

Key Words : Environment-friendly Vehicles, Battery Electric Vehicles, Hydrogen Fuel Cell Vehicles, Policy Trends of Eco-friendly Vehicles

1. 서 론

세계기상기구 자료에 의하면 산업혁명 이전보다 지구 평균기온이 약 1.1도 높아졌으며 2015년부터 2019년까지 5년 단위의 기록상 가장 따뜻한 한 해로 기록되었다고 발표하였다.

기후변화에 대한 방안으로 국제사회는 2015년 파리 기후변화협약을 체결하면서 산업화 이전 수준 대비 지구 평균온도가 2°C 이상 상승하지 않도록 온실가스 배출량을 단계적으로 감축하는 목표를 설정하고 국가별로 규약을 강화하고 있으나 이산화탄소 배출량은 매년 증가하고 있다. 운송 부분은 전 세계 에너지 소비량의 27%를 차지하고 있으며 2035년까지 50% 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 대부분의 운송 수단에 주로 사용되는 화석연료

소비를 줄이기 위해 선진국과 기업들을 중심으로 친환경 자동차에 대한 관심이 높아지고 있다(C. B. Park, 2017). 2021년 글로벌 친환경자동차 총 판매량은 660만 대로 2019년 판매량인 220만 대 대비 3배 이상 성장하였다

전기자동차의 단점으로 지적된 고가의 비용, 배터리의 효율, 긴 충전시간 문제 등이 상용화에 걸림돌로 작용하여 전기자동차 보급에 현실적인 어려움이 있었다. 그러나 최근 기술적인 발전과 함께 친환경자동차 지원 및 보급 정책이 이전보다 확대되면서 친환경자동차 보급을 활성화하는데 큰 기여를 할 것으로 보이며 전 세계 국가들과 기업들의 친환경자동차에 대한 관심은 더욱 고조될 것으로 전망된다.

본 논문을 통해 친환경자동차의 국가별 보급 및 정책 동향을 분석하고 기술 동향을 분석하여 이를 통해 부족한 연구 분야의 향후 필요한 추가 연구 방향에 대하여 제안하고자 한다.

†E-mail: plasma89@naver.com

2. 친환경자동차의 기술 및 정책 동향

2.1 친환경자동차 특징 및 기술 동향

최초의 전기자동차는 1830년대 스코틀랜드에서 개발되었으며 당시에는 충전 기술이 없었기 때문에 실제로 사용할 수 있는 납축전지가 발명된 1859년 이후부터 만들어지게 되었고 1884년 Thomas Parker는 Elwell-Parker Ltd.가 만든 충전식 배터리를 사용하여 실용적인 전기자동차를 만들었다(M. Guamieri, 2012). 19세기 후반부터 유럽과 미국을 중심으로 보급이 확대되었고 내연기관 자동차에 비교해 진동과 소음에 대한 장점이 있었으나, 배터리 기술적 한계와 내연기관 자동차의 급속한 발전으로 인하여 개발이 중단되었다(M. Ehsani, K. V. Singh, H. O. Bansal, & R. T. Mehriardi, 2021).

친환경자동차란(Fig. 1) 에너지 소비 효율이 우수하고 무공해 또는 저공해 기준을 충족하는 자동차를 의미하고 대표적으로 전기자동차(Battery electric vehicle, BEV)와 수소연료전지자동차(Fuel cell electric vehicle, FCEV), 하이브리드자동차(Hybrid electric vehicle, HEV), 플러그인 하이브리드자동차(Plug-in hybrid electric vehicle, PHEV)가 있다.

HEV와 PHEV는 두 가지 이상의 구동계를 사용하도록 만들어진 자동차로서 일반적으로 전기모터를 같이 쓰며 순수 전기자동차와 달리 내연기관인 엔진을 함께 사용한다.



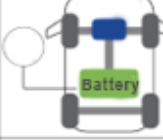

Type	Principle	Concept	Characteristics
HEV	Driving -Engine, Motor Fuel - Fossil Fuel, Electricity Battery 0.5-1.8 KWH		Charging/ discharging battery while driving
PHEV	Driving -Engine, Motor Fuel - Fossil Fuel, Electricity Battery 4-16 KWH		Powered by external power source
BEV	Driving -Motor Fuel - Electricity Battery 10-20 KWH		Powered by Electric Energy W/O Engine
FCEV	Driving -Motor Fuel - Hydrogen Battery 0.9-1.2 KWH		Electricity Production and Driving by hydrogen/ Oxygen electrochemical reaction in fuel cell



Fig. 1. Types and Features of Eco-Friendly Vehicles (Ministry of Environment, 2015).

BEV란 화석연료의 연소가 아닌 순수 배터리의 전기에너지로부터 동력을 얻는 자동차이며 핵심 부품으로는 배터리, 구동모터, 감속기, 인버터, 충전기 등으로 구성된다.

수소연료전지자동차란 수소를 사용하여 발생시킨 전기에너지를 동력원으로 사용하는 자동차를 말한다. 부산 물로는 순수한 물만 배출되고 공기 정화 효과까지 있어 친환경자동차에 가장 부합하는 차량으로 평가된다. 수소연료전지자동차는 연료전지 스택에 공기와 수소를 공급하고, 스택의 온도를 조절하는 운전장치, 연료를 저장하는 연료탱크, 스택에서 생산된 전기를 변환시켜주는 컨버터, 모터, 운전을 보조해주는 보조전원 배터리 등으로 구성되어 있다(Y.M.Koo, 2019).

친환경자동차는 온실가스, 미세먼지 저감 등의 수단으로 주목받고 있으며(C. S. Bae, 2019), 친환경자동차로 상용화되어 있는 국내 전기자동차와 수소연료전지자동차에 대한 비교는 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Comparison between BEV and FCEV

	Electric Vehicle	Fuel Cell EV
	 Hyundai IONIQ 5	 Hyundai NEXO
Avg. Mileage (Fully Charged)	430km	600-800km
Avg. Charging Time	30 min.: when fast charging 4~5 hrs.: when fully charging	Around 5 mins.
Charging Station Infra.	113,584	180
Advantages	Eco-friendly, better at reducing noise and vibration compared to internal combustion engines, excellent space utilization, excellent maintainability	
Disadvantages	Short mileage	Higher fuel prices compared to BEVs
	Long Charging Time Battery performance deterioration in winter	Lack of charging infrastructure

2.2 국내 및 해외 친환경자동차 보급 및 정책 동향

2.2.1 국내 친환경자동차 보급 및 정책 동향

정부는 2050 탄소중립(Net zero)을 목표로 기존 교토의정서 체제의 한계를 극복하고 새로운 기후변화 대응 체제인 파리협정을 채택함에 따라 2030 국가 온실가스 감축 목표(NDC, Nationally determined contribution) 로드맵을 수립하고 감축 목표를 이행하기 위해 2021년 7월 탄소중립 추진기반 구축 시스템인 그린 뉴딜 2.0을 발표하였다. 주요 정책은 전기자동차 보급 확대, 충전 인프라 확충, 신

재생 에너지 보급 지원 등 저탄소, 친환경 전환 기반으로 마련했다.

정부는 2025년 전기자동차 보급 113만 대, 수소연료전지자동차 20만 대와 충전 인프라 개선을 위한 전기자동차 충전기 51.7만기, 수소충전소 450기를 추가 보급목표를 계획하고 있다(Joint with relevant ministries, 2021).

국내 온실가스 배출량은 2019년 기준 701백만 톤으로(Greenhouse Gas Information Center, “2020 National Greenhouse Gas Inventory Report”, 2021), 2018년 대비 40% 감축을 목표로 2030년 온실가스 배출 전망치를(BAU, Business as usual) 436.6백만 톤으로 상향안을 발표하였으며 그중 수송 부분 감축 온실가스 감축 목표는 61.0백만 톤이다(Joint with relevant ministries, 2021). 탄소배출량을 줄이기 위한 다른 정책으로 산업통상자원부(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2019) 발표자료에 의하면 수소경제 선도국가로 도약하기 위해 2019년 1월 수소경제 활성화 로드맵을 발표하였고 2040년까지 수소경제 활성화를 위한 정책 방향성과 목표를 나타냈다(Figs. 2 & 3). 그러나 수소산업 활용 분야에 대한 단기 방안이며, 장기 육성 방안은 사실상 부재했다(KIET, 2019)는 지적도 존재했다.

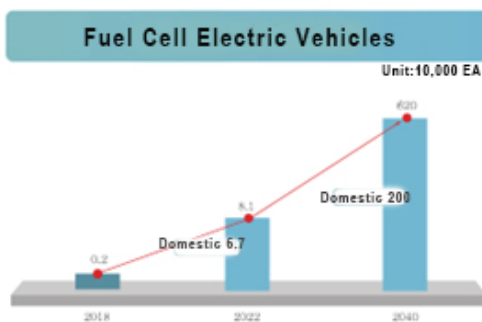


Fig. 2. Production Outlook for Fuel Cell Electric Vehicles (Ministry of Trade, Industry and Energy, 2019).

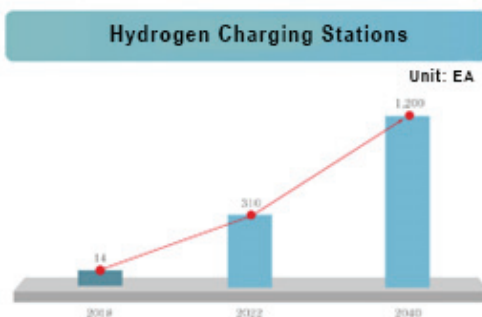


Fig. 3. Prospects of Hydrogen Charging Infrastructure (Ministry of Trade, Industry and Energy, 2019).

2.2.2 해외 친환경자동차 보급 및 정책 동향

유럽의 경우 2019년 12월 신 EU 집행위가 출범함에 따라 새로운 6대 핵심정책을 발표하였고 그중 기후변화 대응 부분 유럽 그린딜이 최우선 정책으로 2050년까지 탄소 배출량 제로를 목표로 제시하였고(KOTRA, 2020) 2021년 Fit for 55를 발표하여 1990년의 55% 수준까지 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 기존에 있던 배출권 거래시스템의 문 제점을 보완하여 상향안 탄소국경조정제도(Carbon border adjustments mechanism, CBAM)을 발표해 2023년부터 2025년까지 계도기간 후 2026년부터 본격적으로 시행할 예정이다(Korea Energy Corporation, 2022).

탄소 국경조정제도는 온실가스 배출에 대한 국가 간 감축 의욕의 차이를 보정하는 무역 제한 조치를 의미한다. 그로 인해 내연기관차를 이용한 연비개선과 이산화탄소 배출량 감소를 추진하던 기업들은 기술개발이 의미가 없게 되었고, 신 EU 집행위는 유럽 친환경자동차 이니셔티브 민간협력(European green vehicles initiative, EGVI)을 창설하여 연간 300억 유로에 달하는 자동차 산업의 R&D 예산에 방향성을 제시하고 있다(S. W. Ahn, 2020).

중국의 경우 2009년부터 세계 자동차 산업의 1위 시장이자 생산국가로 성장했다. 그러나 현재 중국은 현재 세계 최대의 온실가스 30%를 차지하는 배출국이다.

중국 자동차 산업 친환경차량은 급성장하고 있으며 친환경자동차 판매 비중 목표를 2020년 7%, 2025년 15%, 2030년 40% 이상으로 제시하고 있다(KIET, 2019). 중국 정부는 탄소 피크 및 탄소 중립을 발표하여 2030년을 정점으로 이산화탄소 배출량을 최대한 억제하며 2060년까지 탄소를 중화하는 국가 역점 사업을 달성하고자 한다(KOTRA, 2021).

미국의 경우 연방 정부는 현재 2020년 기준 전기차 구매자에게 7,500달러의 세금공제 혜택을 제공하고 전기차 구매 혜택으로 세금공제 또는 구매 인센티브를 제공하는 정책을 시행 중이다(KOTRA, 2022).

2017년 6월 트럼프 대통령 당시 기업에 부담을 주는 환경보호 규제를 철폐하고 파리 기후협정 탈퇴를 선언하고(Korea Institute of Environmental Policy Evaluation, 2017), 2019년 11월 탈퇴를 통보하였다. 한국경제연구원(Korea Economic Research Institute, 2021)에 의하면 조 바이든 대통령은 2020년 취임 첫날 파리협약에 재가입을 하며 2050년 탄소중립 목표를 제시하고 전기 및 수소연료전지자동차 등 친환경 자동차에 대규모 보조금을 지급하기로 공약하여 향후 자동차용 수소연료전지, 배터리 관련 R&D가 탄력받을 것으로 전망하였고 한국자동차연구원(Korea Automobile Research Institute, 2021)에 의하면 2030년 승용차, 트럭 신차

중 BEV, PHEV, FCEV를 포함한 무공해 자동차(Zero emission vehicle, ZEV)의 비중을 50%로 높이는 목표를 제시했으나 ZEV 50% 수치는 법적 구속력이 없는 목표며 전동화 목표치는 제시되지 않았다고 문제점을 지적했다.

일본의 경우 2011년 대지진 이후 원자력 발전의 위험성과 이로 인한 수급문제를 해결하기 위해 가장 적극적으로 수소에너지 정책을 펼치고 있다(C. S. Bae, 2019).

2030년 중반까지 모든 신차를 친환경자동차로 판매의 무화를 추진 중이며 2050년까지 탄소중립을 선언했다. 2050년까지 차량 1대당 온실가스 80% 정도 감축을 목표로 2030년까지는 승용차의 50~70%를 친환경자동차 보급을 목표로 하고 있다.

해외 친환경자동차 주요 보급 및 정책 동향은 다음과 같다 (Table 2).

Table 2. Major Dissemination and Policy Trends of Eco-friendly Vehicles in Overseas (Joint with relevant ministries, 2021).

Germany	Goal) 7 to 10 million BEVs and FCEVs, 1 million charging stations by 2030 Policy) Promoting installation of electric vehicle chargers at all gas stations, promoting multilateral policies, banning sale of internal combustion engines by 2030
France	Goal) Cumulative supply of 3 million BEVs and FCEVs by 2028 Policy) Banning ICE sells in 2040
UK	Goal) 50-70% of BEV and PHEV passenger vehicle sales by 2030 Policy) Purchase subsidies for each veh. type (up to £3,000 for passenger vehicles)
USA	Fed. Gov.) Up to \$7,500 tax credit for BEVs State Gov.) Internal combustion engine sales ban in California by 2035
China	Supply Goal) 20% by 2025, 40% by 2030, 50% by 2035
Japan	Targeting 100% of electric vehicle sales for new passenger cars by mid-2030s at latest Targeting 800,000 FCEVs and 900 charging stations by 2030

3. 친환경자동차의 선행연구 분석

전기자동차와 수소연료전지자동차 기술 동향에 관한 선행연구에서는 주로 선진국들이 이끌어가는 정책 또는 시장 인프라 동향을 분석하여 향후 시장을 예측하거나,

기업들의 친환경자동차 특허를 분석하여 향후 친환경자동차의 기술을 전망하는 것에 집중하고 있다.

유승을(S. E. Yoo, 2017)은 전기자동차용 2차배터리 개발 동향에 대해 국가별 시장 동향과 현재 상용화되어있는 2차배터리 문제점에 대해 분석하고 차세대 2차배터리인 리튬-황배터리 리튬-공기배터리에 대한 개발 동향과 향후 자동차 시장을 예측했다.

Y. Miao, P. Hynan, A. Von Jouanne & A. Yokochi(2019)는 리튬이온 배터리에 대한 개요와 기존 리튬이온 배터리의 성능은 소재와 열적 특성에 의해 결정된다고 분석했으며, 배터리 열관리에 관한 추가적인 연구의 필요성을 제시하며 배터리의 수명과 용량을 향상할 수 있다 제안하였다.

황재호(J. H. Hwang, 2021)는 2차배터리의 에너지밀도를 증가하기 위한 기술과 안전성, 내구성을 향상하기 위한 배터리 기술을 전고체배터리와 LTO배터리(Lithium Titanium Oxide Battery)로 분류하여 분석하였다. 전고체배터리는 분리막 기술, 음극판의 소재 및 가공 방법 등의 개선 시도가 있었으나 대규모 양산에는 용량의 확보, 내구성, 동작 성능 등의 문제를 지적하였고 LTO배터리는 낮은 에너지밀도 등의 단점을 가지고는 있으나 빠른 충전속도와 긴 수명 그리고 열폭주에 의한 폭발 및 발화 위험이 없는 안전성을 강조하고 하이브리드자동차 등의 높은 충전성능이 요구되는 친환경자동차 배터리의 대안이 될 것으로 분석하였다.

J. A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martinez, & J. M. Marquez-Barja(2021)은 BEV의 배터리는 EV의 폭넓은 선택을 막는 주요 장애물로 구분하고 더 우수하며 경제적인 고용량인 배터리의 개발은 차량의 자율성을 확장하며 내연기관 자동차를 대체할 수 있다고 분석하였으며, 긴 충전시간과 국가별로 다른 커넥터를 사용하여 안전성 및 유지비 증가 등의 충전 프로세스 외 다양한 문제점을 지적하여 배터리 교환 스테이션 활용과 전 세계가 공통으로 사용할 수 있는 커넥터를 만드는 것과 무선 충전 기술 등을 대안으로 제안하였다.

손영욱, 허건수(Y. W. Son & G. S. Heo, 2017)는 전기자동차 주요 기술 방향은 차량 가격 인하와 공정혁신 강화, 배터리 개발 경쟁의 가속화로 분류하여 해외 기술 동향을 분석하고 전기자동차 핵심기술을 구동시스템, 배터리, 고전압 부품, 공조장치, 소재 경량화, 충전 인프라로 구분하여 핵심 부품개발에 대한 중요성과 국내 전기자동차 기술개발 목표를 제안하였다.

이성욱, 박병주(S. W. Lee & B. J. Park, 2019)는 국가별 친환경자동차에 대한 정책과 시장 동향, 환경적, 경제적 측면에서 접근하였으며, 수소연료전지자동차의 경우 현재 수

소 충전가격은 내연기관 자동차와 비교해서 주행거리가 길지 않은 이상 이점이 없다는 문제점을 지적했으며 전기자동차는 짧은 주행거리 긴 충전시간 등의 문제와 수소연료전지자동차는 수소 가격이 하락하고 충전소 인프라를 확충하며 신재생 에너지를 이용한 발전량이 증가해야 친환경자동차가 대중화할 수 있다고 분석하였다.

배충식(C. S. Bae, 2019)은 전기자동차와 수소연료전지자동차가 시장성을 확보하는데 필요한 기술에 대해 분석하였다. 전기자동차의 경우 배터리팩 에너지밀도 향상을 통한 주행거리 향상, 배터리 전기자동차 가격 하락, 불안정한 리튬 및 코발트 가격 개선, 발전원 공해 문제 해소, 충전 인프라 구축 등의 과제를 해결해야만 하며 수소연료전지자동차의 경우 차량 가격, 수소생산 시 발생하는 공해 문제, 연료 가격 하락, 충전 인프라와 수소연료 가격 등의 문제를 제시하고 향후 친환경자동차 시장을 예측하였다.

X. Yuan, Y. Cai(2021)는 친환경자동차에 대한 환경적 측면, 시장 수요, 기술 동향과 정부 정책을 분석하였으며 1997년부터 2016년까지의 특허 출원을 IPC별로 분석하여 기술 수명주기와 기술 확산속도, 확장 가능성과 특허력 4가지 기준을 고려하여 향후 기술 동향을 예측하였다. 그러나 정부 정책이 변경되면 예측결과가 달라져 정부 정책 변화에 관심을 가지는 추가적인 연구가 필요하다고 제안하였다.

김중훈, 박성윤(J. H. Kim & S. Y. Park, 2020)은 배터리 시스템을 효과적으로 관리하고 상태를 진단하기 위해 배터리 관리시스템(Battery management system, BMS)의 필요성이 대두되고 있다고 제시하며 BMS를 배터리 충전상태(State of charge, SOC), 건전성(State of health, SOH), 출력성능(State of power, SOP) 등의 기술을 분류하여 분석하였다. 전기자동차는 독립적인 운송 수단이 아닌 자동차와 다른 인프라의 통신을 통하여 다양한 센서 및 통신 기술이 요구되며, EV와 사물간의 통신(Vehicle to everything communication, V2X) 기능이 확장됨에 따라 BMS를 기반으로 에너지관리시스템 및 자율주행 시스템과 연계를 통한 BMS 기술 연구가 필요하다 제안하였다.

이희동, 임옥택(H. D. Lee & O. T. Lim, 2021)은 폐배터리 산업의 정책화 현황을 분석하여 폐배터리의 인프라의 부족, 단계별 책임 소재에 대한 불명확화, 관리체계 미흡, 재활용 재사용에 대한 법적 기반 부족 등의 문제점을 지적하고 단계별 법적 기반 마련화, 책임소재 명확화, 인프라 및 선별 진단 등의 정책 방향성을 제안하였다.

최준혁(J. H. Choi, 2017)은 전력변환장치는 차량의 주행거리 향상과 차체 무게 감소를 위한 고밀도화 및 고효율화

를 핵심으로 분류하고 국내외 기술 동향을 분석했다.

고효율화 및 소형 경량화를 위해 신소재 전력반도체 시장이 확대되고 파워모듈 냉각 기술, 고전압 전력모듈 기술, 커패시터 경량화와 같은 연구가 활발히 진행될 것으로 전망했다.

이명규(M. K. Lee, 2021)는 부품 소재 경량화를 통한 전기자동차 개발은 전비향상과 에너지 효율성 극대화를 위해 필수적으로 선행되어야 할 부분이라 제시하며 경량화를 위한 기술은 구조설계, 신공법 개발, 신소재 개발로 분류하여 분석하였다. 국내 소재사의 기술력은 세계적 수준을 보유하고 있으나 철강소재에 대한 비중은 여전히 수입에 의존하기 때문에 철강소재의 가성비를 높이기 위한 3세대 초고장력강과 같은 소재개발과 알루미늄, 마그네슘 등의 가벼운 금속, 이종소재 기반의 경량화 기술도 필요할 것이며 국내의 독자적인 경량 전기자동차 차체 실증 프로그램을 도입하여 소재 및 부품기술을 고도화할 필요가 있다고 전망하였다.

여영길(Y. G. Yeo, 2015)은 단일 구동모터로는 최적의 운전 조건을 만족할 수 없으며 최근에는 변속기를 적용하는 추세고 2단 이상의 변속을 구현할 시 동력 성능 확보 및 연비개선이 가능할 것이라 분석했다. 또한 차세대 전기자동차의 핵심기술은 In-Wheel Motor 시스템으로서 휠 안에 구동 및 제동 장치를 일체화함으로 동력 장치가 필요하지 않으며 경량화를 통한 연비개선 및 공간 활용성도 극대화할 수 있는 향후 전기자동차의 중요한 기술이라고 전망했다.

임준균, 이동용(J. K. Lim & D. Y. Lee, 2021)은 국내외 무선 전력 전송 기술 동향을 분석하고 전기자동차 무선충전시스템은 전자파에 대한 인체 유해성 여부가 대두되고 시험환경 및 조건, 대상, 규정 등이 인체 유해성을 판별하기 위해 고려되어야 하며 무선 충전 분야는 활발한 연구가 진행되고 있음을 제시하고, 무선 충전시대를 맞이하기 위해서는 이물질 탐지 및 회피기술, 충전소와 차량간 통신 기술, 과금 시스템 등의 규정 및 표준이 완성되어야 한다고 분석했다.

이충열(C. Y. Lee, 2019)은 초고속 충전기(Hyper charger, HPC)에 대한 국내외 기술 동향에 대해 분석하였고 초고속 충전을 위해서는 고전압에서 충전이 가능한 전력 변환부, 고출력 충전 안정성이 확보된 컨버터, 충전케이블의 기술이 필요하며, HPC 관련 기술개발 및 인프라 확충은 EV가 내연기관차와 경쟁할 수 있는 기반을 마련할 수 있다고 제안했다.

유지형(J. H. Yoo, 2020)은 미래의 수소 경제 활성화를 위해서는 2040년까지 500만 톤 이상의 수소를 생산해야 하

며 현재의 화석연료 기반의 생산 방식에서 청정에너지로 전환의 필요함을 환경적인 측면에서 접근하였다. 또한 수소연료전지자동차의 열관리는 수소에너지 시스템 성능과 효율을 결정하는 데 있어 중요한 역할을 할 것이고 수소연료전지자동차 개발을 위해서 반드시 고려해야 할 설계 변수임을 제시했다. 수소연료전지자동차는 연료전지 성능과 열관리를 함께 고려할 부분으로 이를 해결하기 위한 연구개발이 필요함을 제안하였다.

4. 결 론

앞서 선행연구를 살펴본 결과 전기자동차 요소기술 효율 증대 및 신소재 개발 동향, 전기자동차 및 수소연료전지자동차의 배터리와 연료전지 기술 같은 경우 보급 및 정책 동향이나 보다 높은 에너지밀도, 경량화, 열관리, 전비 개선과 내구성 문제 등 배터리 효율 증대에 관한 연구가 주를 이루었고 또한 충전 기술 분야 같은 경우 충전기의 효율적인 보급을 위한 연구가 아닌 표준화 작업 및 높은 효율 및 기계적 사양을 갖게 하는 연구가 집중되어 있다. 그러나 전기자동차 사용 후에 나오는 폐배터리 처리 문제, 인휠 모터 시스템 기술 분야 등은 전기자동차와 수소연료전지자동차 개발에 매우 필요 불가결한 분야임에 반해 의외로 개발 및 연구가 활발히 진행되지 않았다.

이어지는 다음 논문[34]에서는 이 기술들의 자세한 내용을 다루고, 향후 추가 연구에 대한 방향을 제안하고자 한다.

참고문헌

- C. B. Park, "Technology Trends and Development Cases for Micro Electric Vehicles", *J. of Electricity World*, 66(7), 21-26. 2017.
- M. Guarnieri, "Looking Back to Electric Cars", *Third IEEE History of Electro-Technology Conference (HISTELCON)* (pp. 1-6). 2012.
- M. Ehsani, K. V. Singh, H. O. Bansal & R. T. Mehrjardi, "State of the art and trends in electric and hybrid electric vehicles", *Proceedings of the IEEE*, 2021.
- Ministry of Environment, "Eco-friendly Vehicles", 2015.
- Y. M. Koo, "Development of Hydrogen Electric Vehicle Technology", *Auto Journal*, 41(2), 33-36. 2019.
- C. S. Bae, "Prospects of Battery Electric Vehicles and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles", *Electrical Journal*, 37-43, 2019.
- Joint with relevant ministries, "Korean New Deal 2.0 – The country that makes the future, Republic of Korea", 2021.
- Greenhouse Gas Information Center, "2020 National Greenhouse Gas Inventory Report", 2021.
- Ministry of Trade, Industry and Energy, "Becoming the world's leading hydrogen economy", 2019.
- KIET, "Ecosystem Analysis and Development Tasks of the Hydrogen Industry in Korea", 2019.
- KOTRA, "Trends and Implications for Green Deal in Europe", 2020.
- Korea Energy Corporation, "The EU's Carbon Border Adjustment Scheme", 2022.
- S. W. Ahn, "The EU's Response to Climate Change in Transport: Electric Vehicle Policy", *International Regional Studies*, 24(4), 209-234, 2020.
- KOTRA, "Global Mobility Market Trends 2021", 2021.
- KOTRA, "The prospect of major European Union policies in 2022", 2022.
- Korea Institute of Environmental Policy Evaluation, "The U.S. Declaration of Withdrawal from the Paris Agreement and the Prospect and Response of the New Climate System", 2017.
- Korea Economic Research Institute, "The keynote of the Biden administration's climate change response policy and the response of our companies," 2021.
- Korea Automobile Research Institute, "The U.S. eco-friendly car industry promotion policy that reveals the outline," 2021.
- S. E. Yoo, "Development Trends of Secondary Batteries for Electric Vehicles", *Auto Journal*, 39(4), 48-53, 2017.
- Y. Miao, P. Hynan, A. Von Jouanne & A. Yokochi, "Current Li-ion battery technologies in electric vehicles and opportunities for advancements," *Energies*, 12(6), 1074, 2019.
- J. H. Hwang, "Secondary Battery Technology and Market Trends", *Auto Journal*, 43(10), 31-35, 2021.
- J. A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martinez & J. M. Marquez-Barja, "A review on electric vehicles: Technologies and challenges", *Smart Cities*, 4(1), 372-404, 2021.
- Y. W. Son & G. S. Heo, "Trends of domestic and foreign electric vehicle technology development and strategies for developing core parts technology for domestic electric vehicles", *Journal of the Power Electronics Society*, 22(5), 373-381, 2017.
- S. W. Lee & B. J. Park, "The Current Status and Development Direction of Pollution-Free Automobile Technology," *Convergence of Cultural Technology*, 5(1), 377-384, 2019.
- X. Yuan & Y. Cai, "Forecasting the development trend of low emission vehicle technologies: Based on patent data", *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120651, 2021.
- J. H. Kim & S. Y. Park, "Introduction of Technology for Estimating the Status of Battery Management Systems

- for Electric Vehicles”, *Auto Journal*, 42(10), 26-30, 2020.
27. H. D. Lee & O. T. Lim, “Policy Proposal to foster the battery reuse industry after using electric vehicles,” *Journal of Korean Society of Hydrogen and New Energy*, 32(4), 263-270, 2021.
28. J. H. Choi, “The Latest Technology Trends in Inverters for Electric Vehicles,” *Auto Journal*, 39(5), 25-28, 2017.
29. M. K. Lee, “Lighter Material Technology in Response to the Age of Electric Vehicles,” *Auto Journal*, 43(1), 38-40, 2021.
30. Y. G. Yeo, “Trends in Transmission Development for Electric Vehicles”, *Auto Journal*, 37(5), 35-39, 2015.
31. J. K. Lim & D. Y. Lee, “Technical Trends and Analysis of Wireless Charging System for Electric Vehicles”, *Journal of Korean Electronics and Telecommunications Society*, 16(2), 255-260, 2021.
32. C. Y. Lee, “Electric Vehicle Superfast Charging Technology and Prospects,” *Auto Journal*, 41(12), 27-31, 2019.
33. J. H. Yoo, “The Need for Energy and Thermal Management of Hydrogen Electric Vehicles”, *Auto Journal*, 42(10), 22-25, 2020.
34. K. H. Ahn & J. H. Ko, “Future Research Direction through Reviewing Recent Trends in Environment-friendly Vehicles Research (Part 2)”, *to be published in Journal of the Semiconductor and Display Technology*, 2022.
-
- 접수일: 2022년 12월 12일, 심사일: 2022년 12월 15일,
게재확정일: 2022년 12월 20일