

수소차 활성화를 위한 수요요인 우선순위 추정 연구

Study on Estimating Priority of Demand Factors for Hydrogen Car Activation

임기원¹, 김형규^{2*}

Ki-Won Lim¹, Hyung-Kyu Kim^{2*}

요약

교통 수송 분야에서의 탄소배출량은 지속적으로 증가하고 있다. 전적으로 석유에 의존하고 있는 운송수단에 대하여 교통산업에서도 변화의 필요성이 제시되고 있는 상황이다. 수소연료 전기차의 보급 확대와 관련하여, 수소차 선택에 있어 주요 요소들의 상대적 우선순위를 선정하여 사용자 측면에서의 수소차 및 차량 에너지 전환 의사 및 지불의사 금액을 측정하여 장래 수소경제 활성화를 위한 정책 기초자료로 활용하고자 한다. 현행 차량 실구매 가격과 연료충전방식에서는 전기차와 화석연료(유류)차와 비교시 전체 차량 구매대상자의 12.4%만이 수소차 구매의사가 있다고 분석되었다. 수소차의 단점을 보완할 경우 27.2%로 크게 향상할 것으로 나타났다. 우선순위 선정을 위한 계층은 2계층 구조로 설계하였으며, 1계층은 운전자가 수요차를 구매 후 운행하면서의 연료충전관련 편의성, 차량 구매시 발생하는 비용, 1회 주유 후 주행거리 등의 차량 성능 3개 항목으로 구분하였다. 분석결과, 수소차 실수요자 입장에서 유지보수, 차량 구매와 같이 비용적인 측면의 지원이 가장 필요한 항목으로 나타났다. 반대로 충전시간, 거리와 같이 구매 후 발생하는 편의성 저하 요인은 상대적으로 낮은 지원 우선순위를 나타냈다. 수소차 활성화를 위해서는 차량 구매 대상자를 위한 정책 지원과 구매 후 지속적인 운영을 지원할 수 있는 정책을 모두 진행할 필요가 있다.

핵심어 : 수소차, AHP 분석, 탄소 중립, 우선순위, 수소경제

Abstract

Carbon emissions in the transportation sector are continuously increasing. The transportation industry is also suggesting the need for change in the means of transportation that are entirely dependent on oil. In relation to the expansion of the supply of hydrogen fuel cell electric vehicles, the relative priorities of major factors in selecting hydrogen vehicles and the willingness and willingness to pay for hydrogen vehicles and vehicle energy conversion from the user's perspective will be selected and used as basic data for policies to activate the hydrogen economy in the future. In terms of the current actual vehicle purchase price and refueling method, only 12.4% of all vehicle purchasers are willing to purchase hydrogen vehicles

1 Department of Highway and Transportation Research, KICT, Gyeonggi-do, Korea [Postdoctoral researcher]
e-mail: kiwon@kict.re.kr

2 Department of Highway and Transportation Research, KICT, Gyeonggi-do, Korea [Principal Researcher]
e-mail: hyoungkyukim@kict.re.kr (Corresponding author)

* 본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었음.
(과제번호 20240176-001, 수소도시 기반시설의 안전 및 수용성 확보기술 개발)

Received(September 10, 2024), Review Result(1st: September 29, 2024), Accepted(October 11, 2024), Published(October 31, 2024)



© 2024 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

compared to electric vehicles and fossil fuel (oil) vehicles. It was found that if the shortcomings of hydrogen vehicles are supplemented, this will significantly increase to 27.2%. The hierarchy for selecting priorities was designed as a two-tier structure, and the first tier was divided into three vehicle performance items such as convenience related to refueling while the driver purchases the vehicle, cost incurred when purchasing the vehicle, and driving distance after one refueling. The analysis results showed that support in terms of cost, such as maintenance and vehicle purchase, was the most necessary item from the perspective of actual users of hydrogen vehicles. On the other hand, factors that reduce convenience after purchase, such as charging time and distance, showed relatively low support priorities. In order to activate hydrogen vehicles, it is necessary to implement both policy support for vehicle purchasers and policies that can support continuous operation after purchase.

Keyword : hydrogen cars, AHP analysis, carbon neutrality, priorities, hydrogen economy

1. 서론

세계적으로 환경에 대한 관심이 증가함에 따라 세계 주요국들은 2015년 유엔기후변화협약 (UNFCCC) 당사국 총회에서 탄소중립을 선언하였다. 이에 따라 주요 국가들은 2050년까지 탄소배출량을 제로로 만들기 위한 Net Zero Emission(NZE) 달성 목표를 수립하고 관련 정책을 수립하고 있다. Net Zero Emission은 대기 중으로 배출되는 온실가스의 양과 대기로부터 흡수되는 온실가스의 양이 같은 상태가 되는 것을 의미한다.

탄소중립을 위해 세계에서는 친환경차 의무 판매제도, 내연기관차 판매금지와 같은 정책들을 수립하고 있으며, 탄소배출에 대한 패널티는 더욱 엄격해질 전망이다. 정부는 탄소중립 전환의 중요성을 강조하면서 2050 탄소중립 추진전략을 발표하였다. 탄소중립 추진 전략은 탄소 중립 도시와 국토의 탄소중립의 전환을 강조하고 있다. 또한 기획재정부는 수소 경제 유망 산업 육성 계획을 발표하였다.

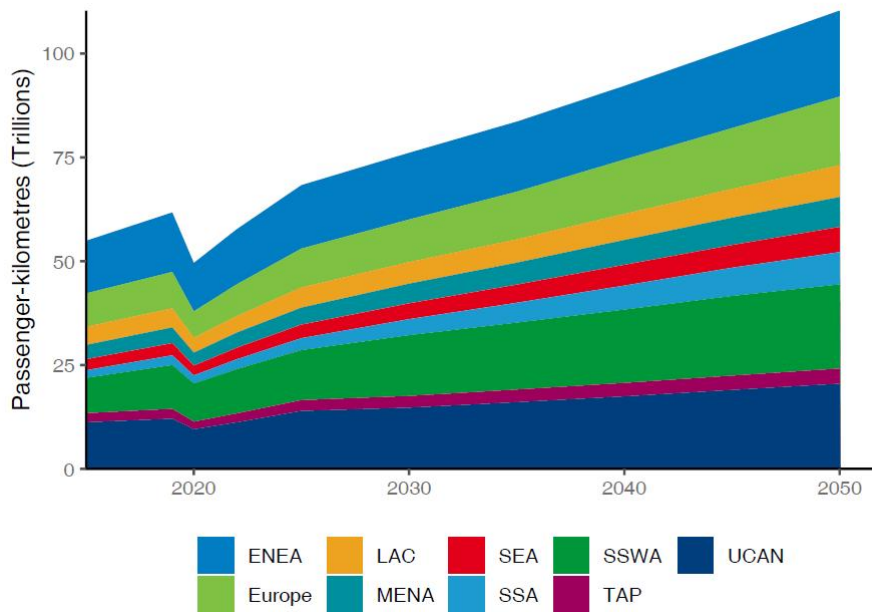
수소경제는 수소를 중요한 에너지원으로 활용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적인 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경에너지의 원천이 되는 경제를 의미한다. 국내뿐만 아니라 세계적으로 수소경제 달성을 위한 다양한 전략과 정책이 수립·시행되고 있다.

미국은 대규모 청정수소 공급망 구축을 통한 에너지 리더십 강화 목표를 기반으로 국가 청정수소 전략 및 로드맵을 발표하였으며 청정수소 생산역량을 확보하여 2050년 탄소중립을 실현하겠다고 선언하였다. 유럽연합은 에너지 자립 및 탄소중립을 위해 수소에너지 사업을 전반적으로 확대하며 REPower EU 계획을 발표하였다. 일본은 2017년 세계 최초로 국가수소전략을 채택하고 재생 에너지를 활용한 수소 공급시스템을 개발하였으며 호주는 탈탄소화 및 청정수소 수출을 확대하기 위해 수소의 생산, 저장, 운송, 활용의 전주기 지원하고 그린수소 단가 목표치를 설정하였다.

탄소중립을 달성하기 위한 에너지로 수소는 화석 연료를 대체할 수 있는 가장 강력한 수단으로 평가받는다. 이는 다른 재생에너지가 간헐성, 경직성, 지역 간의 편차라는 한계로 생산량을 제어할 수 없고, 재생에너지로 생산한 전력이 저장과 수송이 용이하지 않다는 점에 기인한다. 수소는 기존

의 친환경에너지와 비교하였을 때 많은 양의 에너지를 효율적으로 저장이 가능하다는 장점이 있다 [1]. 또한 태양력 및 풍력 에너지에 비해 기후의 영향을 적게 받으며 생산시기와 소비장소가 일치하고, 다른 에너지로의 전환이 용이하다 [2]. 수소에너지의 이점을 기반으로 수소에너지는 산업, 수송, 건물, 발전 부문 등으로 그 활용범위를 넓히고 있다.

교통 수송 분야에서의 탄소배출량은 지속적으로 증가하고 있다. 전적으로 석유에 의존하고 있는 운송수단에 대하여 교통산업에서도 변화의 필요성이 제시되고 있는 상황이다. 다음 [그림 1]과 같이 국가별로 2050년까지 여객운송 수요는 최대 80% 증가가 예상되며, 탄소 중립을 위해서는 수송 연료의 전환을 통해 온실가스 배출을 감소시켜야 한다 [3].



[그림 1] 2050년 국가별 교통 여객수요 예측 [3]

[Fig. 1] 2050년 국가별 교통 여객수요 예측

수소 차량의 보급이 부족한 이유로 수소 차량에 대한 인식의 부족, 차량 및 연료의 가격, 충전소와 같은 인프라 가용성의 부족 등을 논의할 수 있다. 수소 차량 및 수소 기술의 보급과 확산을 위해서는 이해관계자들의 사회적 수용과 인식이 필수적이다 [4]. 수소차량의 잠재 수요자들의 수소 에너지 수용 요인으로 기능적 적합성, 비용, 충전인프라 및 차량 엔진의 신뢰/안정성이 있으며 전환하지 않는 요인으로는 적합하지 않은 기능, 신뢰성과 안전문제, 비용, 충분하지 않은 충전 인프라를 제시하였다 [5]. 특히 수소충전인프라 부족이 수소 차량을 선택하지 않는 주요 원인이라고 지적되었다. 수소차의 확산을 위해서는 정부의 보조금과 같은 정책적 지원 이외에 충전소 등의 인프라

라 가용성이 가장 먼저 극복해야할 과제이다 [6]. 수소차량이 시장에서 점유율을 확보하기 위한 다양한 방면에서 극복해야할 요인들이 존재하며, 그 중 수소 충전소와 같은 인프라 문제도 해결해야 할 과제이다 [7].

이를 위하여 본 연구에서는 수소연료 전기차의 보급 확대와 관련하여, 수소차 선택에 있어 주요 요소들의 상대적 우선순위를 선정하여 사용자 측면에서의 수소차 및 차량 에너지 전환 의사 및 지불의사 금액을 측정하여 장래 수소경제 활성화를 위한 정책 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 수소차량 수요요인 우선순위 선정을 위한 분석 방법론

2.1 우선순위 선정을 위한 설문조사 설계

수소차량 수요요인 분석을 위하여 차량 구매 의사가 있는 우리나라 전국 성인 남녀 500명을 대상으로 2023년 10월 30일부터 11월 8일까지 설문조사를 진행하였다. 표본은 전국 단위 특성을 확인할 수 있도록 다음 [표 1]과 같이 설계하였다.

[표 1] 설문조사 표본설계
[Table 1] 설문조사 표본설계

지역	남자					여자					계
	20대	30대	40대	50대	60대 이상	20대	30대	40대	50대	60대 이상	
서울	5	6	6	6	5	5	6	6	6	5	56
경기	6	5	6	6	5	6	5	6	6	5	56
대전	5	6	5	6	6	5	6	5	6	6	56
충북	6	5	6	5	6	6	5	6	5	5	55
광주	5	6	5	5	6	5	6	5	6	6	55
전북	5	6	6	6	5	5	6	6	5	5	55
부산	6	5	6	5	6	6	5	6	5	6	56
대구	6	5	5	6	6	6	5	5	6	6	56
강원	6	6	5	5	5	6	6	5	5	6	55
전체	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	500

조사내용은 [표 2]와 같이 응답자 현황 및 신차 구매시 고려사항, 차량 구매시 선택 우선순위로 구분되어 있으며, 특히 수소 차량 수요요인에 대해서는 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 통해 선택 우선순위 평가가 가능하도록 하였다.

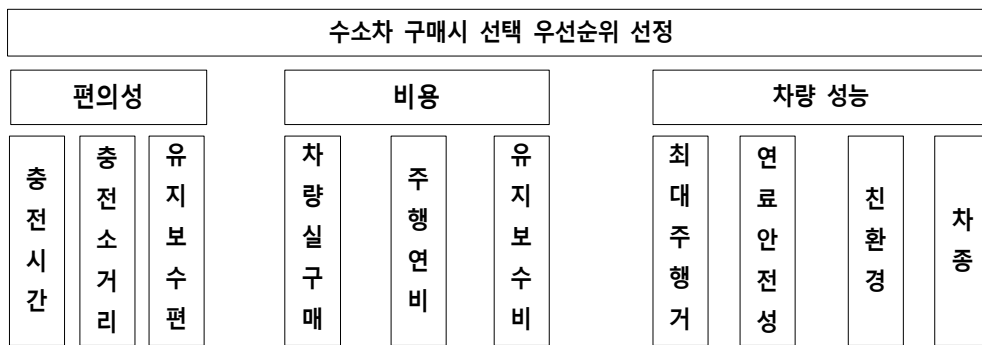
[표 2] 설문조사 주요 내용

[Table 2] 설문조사 주요 내용

구분	항목
응답자 구분	성별, 연령, 거주지, 학력, 월평균 소득, 운전 경력 등
신차 구매 시 고려 사항	차량구매 시 고려 사항 중요도
	향후 구매 차량 종류
	수소 차량 인프라 개선에 따른 구매 의향
	수소 차량 구입이 꺼려지는 이유
	선호하는 수소 차량 가격 및 보조금 정책
수소 차량에 대한 지불 의사 금액	수소 차량에 대한 지불 의사 금액
	수소 차량을 화석연료 차량 가격이상 지불할 의사가 없는 이유
수소 차량구매 시 선택 우선순위	AHP를 이용한 수소 차량구매 시 선택 우선순위 평가

2.2 우선순위 선정을 위한 AHP 분석 계층 설계

우선순위 선정을 위한 계층은 2계층 구조로 설계하였으며, 1계층은 운전자가 수요차를 구매 후 운행하면서의 연료충전관련 편의성, 차량 구매시 발생하는 비용, 1회 주유 후 주행거리 등의 차량 성능 3개 항목으로 구분하였다. 2계층은 각각의 1계층의 세부 항목을 [그림 2]와 같이 구분하였다.



[그림 2] 수소차량 구매 우선순위 선정 계층 구조

[Fig. 2] 2050년 국가별 교통 여객수요 예측

2계층에 대한 세부 내용은 [표 3]과 같이 작성하여 설문대상자들의 이해를 돕도록 하였다.

[표 3] AHP 조사 항목 별 주요 검토 내용

[Table 3] 설문조사 주요 내용

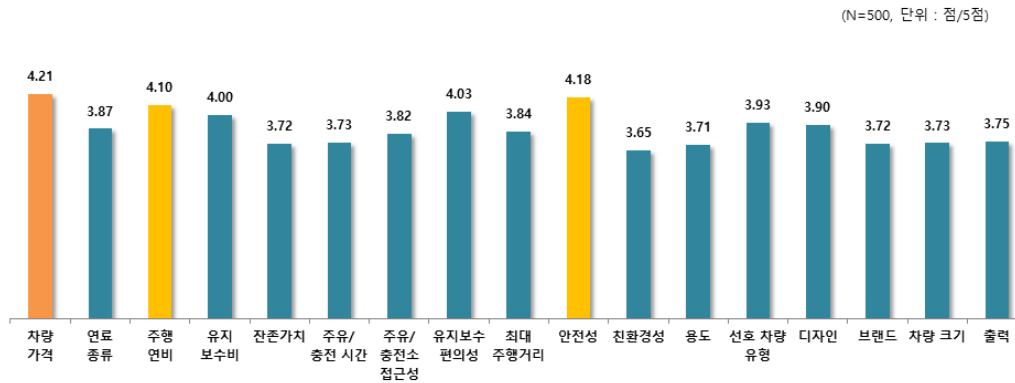
구분	주요 검토 내용
편의성 충전시간	차량 연료 충전에 필요한 시간 충전시간이 짧을수록 평가점수 높음

	충전소 거리	주이동경로 또는 거점 기준 충전소 접근 편의성 충전소까지 거리가 짧을수록 평가점수 높음
	유지보수 편의성	유지보수를 위한 서비스를 제공 편의성 유지보수 서비스 제공이 받기 쉬울수록 평가점수 높음
비용	차량 실구매가격	보조금은 제외한 차량의 원가 차량가격이 낮을수록 평가점수 높음
	주행연비	연료비 대비 주행거리 주행거리 1km 당 연료비가 낮을수록(연비가 좋을수록) 평가점수 높음
	유지보수 비용	유지보수에 발생하는 비용 1년당 발생하는 유지비용이 낮을수록 평가점수 높음
성능	최대 주행거리	연료 완충시 주행가능 최대거리 최대이동거리가 길수록 평가점수 높음
	연료 안전성	차량 연료의 안전한 정도 위험도가 낮을수록 평가점수 높음
	친환경성	차량의 대기오염 발생량 탄소배출량이 적을수록 평가점수 높음
	선호 차량유무	차종, 크기, 브랜드, 디자인 등 선호하는 차량의 존재유무 용도나 선호도가 높은 차량에 가까운 모델이 있을수록 평가점수 높음

3. 수소차량 수요요인 우선순위 분석 결과

3.1 운전자들의 차량 구매시 주요 고려사항

과거 차량을 구매하였거나 앞으로 구매한다면, 각 항목별로 어느 정도 중요하게 고려하겠는지에 대해 ‘전혀 중요하지 않음’ 1점, ‘중요하지 않음’ 2점, ‘보통’ 3점, ‘중요함’ 4점, ‘매우 중요함’ 5점으로 환산하여 평균을 산출하였다.



[그림 3] 차량구매 시 중요 고려 사항 중요성

[Fig. 3] 2050년 국가별 교통 여객수요 예측

과거 차량을 구매하였거나 앞으로 구매한다면, 각 항목별로 어느 정도 중요하게 고려하겠는지에 대한 결과, [그림 3]과 같이 ‘차량 가격’이 4.21점으로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘안전성’ 4.18점, ‘주행 연비’ 4.10점, ‘유지보수 편의성’ 4.03점, ‘유지보수비’ 4.00점 등의 순으로 높게 나타났다.

향후 차량구매 시 어떤 차량을 구매하겠는지에 대한 1순위 결과, [표 4]와 같이 ‘전기 차량’이 44.4%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘화석연료(유류) 차량’ 43.2%, ‘수소 차량’ 12.4% 순으로 높게 나타났다.

[표 4] 향후 차량 구매시의 연료 선호도 분석 결과

[Table 4] 설문조사 주요 내용

구분		사례수	수소 차량	화석연료(유류) 차량	전기 차량
전체		(500)	12.4%	43.2%	44.4%
성별	남자	(250)	11.6%	43.2%	45.2%
	여자	(250)	13.2%	43.2%	43.6%
연령	20대	(100)	13.0%	41.0%	46.0%
	30대	(100)	15.0%	52.0%	33.0%
	40대	(100)	11.0%	40.0%	49.0%
	50대	(100)	11.0%	38.0%	51.0%
	60대 이상	(100)	12.0%	45.0%	43.0%
소득	200만원 미만	(35)	11.4%	40.0%	48.6%
	200~400만원	(274)	11.3%	46.4%	42.3%
	400만원 이상	(191)	14.1%	39.3%	46.6%
경력	10년 미만	(180)	13.9%	45.6%	40.6%
	10~20년	(107)	15.0%	42.1%	43.0%
	20년 이상	(213)	9.9%	41.8%	48.4%

수소 차량의 인프라 수준 개선 및 차량의 모델 다양화 등 단점 부분이 개선되어 충분히 만족할 만한 수준이 된다면, 향후 차량구매 시 어떤 차량을 구매하겠는지에 대한 1순위 결과, [표 5]와 같이 ‘전기 차량’이 37.2%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘화석연료(유류) 차량’ 35.6%, ‘수소 차량’ 27.2% 순으로 높게 나타났다. 수소 차량의 단점 부분이 개선되어 충분히 만족할 만한 수준이 된다면, 수소 차량의 구매 의향은 12.4%에서 14.8%p 증가한 27.2%로 나타났다.

[표 5] 수소차 단점 보완시 향후 차량 구매시의 연료 선호도 분석 결과

[Table 5] 설문조사 주요 내용

구분		사례수	수소 차량	화석연료(유류) 차량	전기 차량
전체		(500)	27.2%	35.6%	37.2%
성별	남자	(250)	25.2%	35.2%	39.6%
	여자	(250)	29.2%	36.0%	34.8%

연령	20대	(100)	27.0%	35.0%	38.0%
	30대	(100)	27.0%	40.0%	33.0%
	40대	(100)	30.0%	32.0%	38.0%
	50대	(100)	24.0%	31.0%	45.0%
	60대 이상	(100)	28.0%	40.0%	32.0%
소득	200만원 미만	(35)	31.4%	31.4%	37.1%
	200~400만원	(274)	25.5%	39.1%	35.4%
	400만원 이상	(191)	28.8%	31.4%	39.8%
경력	10년 미만	(180)	29.4%	34.4%	36.1%
	10~20년	(107)	22.4%	38.3%	39.3%
	20년 이상	(213)	27.7%	35.2%	37.1%

3.2 수소 차량구매 시 선택 우선순위 분석 결과

수소 차량의 구매에 있어서 1계층 3개 항목에 대한 상대적 중요도 분석 결과, ‘차량 성능’이 0.385로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘비용’ 0.365, ‘편의성’ 0.250 순으로 나타났다.

2계층 분석에서 ‘차량 성능’ 측면의 중요도 4개 항목에 대한 상대적 중요도는 연료 안전성’이 0.288로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘선호차량 유무’ 0.252, ‘최대 주행거리’ 0.245, ‘친환경성’ 0.215 순으로 나타났으며, ‘비용’ 측면의 2계층 중요도는 ‘유지보수 비용’이 0.361로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘차량 구매가격’ 0.344, ‘주행연비’ 0.295 순으로 나타났다.

‘편의성’에 대한 2계층 중요도 분석결과는 유지보수 편의성’이 0.387로 가장 높게 나타났고, 다음으로 ‘충전소 거리’ 0.335, ‘충전시간’ 0.278 순으로 나타났다.

1계층과 2계층 중요도 분석결과를 종합하여 평가할 경우, [표 6]과 같이 ‘유지보수 비용’이 가장 높았고, 다음으로 ‘차량 실구매가격’, ‘연료 안전성’, ‘주행연비’ 등의 순으로 높게 나타났다.

[표 6] 수소 차량의 구매 고려사항 중요도 종합평가 결과

[Table 6] 수소 차량의 구매 고려사항 중요도 종합평가

1계층		2계층		종합	순위
항목	중요도	항목	중요도		
편의성	0.250	충전시간	0.278	0.0696	10
		충전소 거리	0.335	0.0838	8
		유지보수 편의성	0.387	0.0967	6
비용	0.365	차량 구매가격	0.344	0.1255	2
		주행연비	0.295	0.1077	4
		유지보수 비용	0.361	0.1318	1

차량 성능	0.385	최대 주행거리	0.245	0.0942	7
		연료 안전성	0.288	0.1108	3
		친환경성	0.215	0.0828	9
		선호차량 유무	0.252	0.0970	5
합계			1.0000		

4. 결론

우리나라의 탄소중립 정책의 성공적인 정착을 위해서는 현재 가시적인 상용화가 진행된 수소 경제 분야 중 운송분야에서의 수소차의 점유율 향상이 동반되어야 한다. 하지만, 현재 수소차는 수요자 측면에서 다양한 요인에 의해 구매의사가 저하되고 있다. 현행 차량 실구매 가격과 연료충전 방식에서는 전기차와 화석연료(유류)차와 비교시 전체 차량 구매대상자의 12.4%만이 수소차 구매 의사가 있다고 분석되었다. 수소차의 단점을 보완할 경우 27.2%로 크게 향상할 것으로 나타났다.

수소차의 주요 단점은 충전인프라 부족, 높은 초기 비용, 운송의 비효율성 등이 있으며, 본 연구에서는 편의성, 비용, 성능 측면으로 구분하여 개선되어야 할 단점을 분류하였고, 수소차 경쟁력 확보를 위한 지원 우선순위를 선정하였다.

분석결과, 수소차 실수요자 입장에서 유지보수, 차량 구매와 같이 비용적인 측면의 지원이 가장 필요한 항목으로 나타났다. 반대로 충전시간, 거리와 같이 구매 후 발생하는 편의성 저하 요인은 상대적으로 낮은 지원 우선순위를 나타냈다. 이는 조사 대상이 차량을 구매하고자 하는 사람들을 대상으로 진행되어 구매시 직접적인 영향이 있는 차량 가격과 같은 비용 측면이 높게 나타난 것으로 판단된다. 향후 실제 수소차 이용자들을 대상으로 조사를 진행할 경우 편의성 항목의 우선순위가 높게 나타날 것이다. 이는 조사 목적에 의해 변경될 수 있는 부분으로 정책측면에서는 차량 구매 대상자를 위한 정책 지원과 구매 후 지속적인 운영을 지원할 수 있는 정책을 모두 진행할 필요가 있다.

References

- [1] E. J. Ahn, J. H. Jo, S. S. Kim, "A Study on the Development of an Optimal Location Model for Hydrogen Charging Stations for Hydrogen Fuel Cell Trucks", *Korean Journal of Logistics*, vol. 29, no. 2, January 2021, pp. 27-41, doi: 10.15735/cls.2021.29.2.003.
- [2] S. M. Bae, E. H. Lee, J. I. Han, "Multi-period planning of hydrogen supply network for refuelling hydrogen fuel cell vehicles in urban areas", *Sustainability*, vol. 12 no. 10, May 2020, 4114, doi: 10.3390/su12104114.
- [3] V. Sohu, O. Mccarthy, P. Blanco, J. Macharia, T. Bunsen, N. Caros, R. Fisher, *ITF Transport Outlook 2023*, Organisation for Economic Cooperation and Development, 2023.
- [4] N. M. Huijts, E. J. Molin, L. Steg, "Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework", *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 16 no. 1, January 2012, pp. 525-531, doi: 10.1016/j.rser.2011.08.018.
- [5] K. O. Bae, T. T. Nguyen, J. Park, "Temperature dependency of hydrogen-related impact energy degradation of type 304 austenitic stainless steel", *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 37, June 2023, pp. 2891-2901, doi: 10.1007/s12206-023-0515-5.
- [6] N. V. Emodi, H. Lovell, C. Levitt, E. Franklin, "A systematic literature review of societal acceptance and stakeholders' perception of hydrogen technologies", *International journal of hydrogen energy*, vol. 46 no. 60, September 2021, pp. 30669-30697, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.06.212.
- [7] K. Ramea, "An integrated quantitative-qualitative study to monitor the utilization and assess the perception of hydrogen fueling stations", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 44, July 2019, pp. 18225-18239, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.05.053.