

창원 수소충전소의 수소판매량 분석

강부민^{1,2} · 강영택¹ · 이상현¹ · 김남석¹ · 이경은¹ · 박민주³ · 정창훈³ · 정대운^{2,3,†}

¹(재)창원산업진흥원, ²창원대학교 토목환경화학융합공학부, ³창원대학교 친환경해양플랜트 FEED 공학과정 환경·화공시스템공학

Analysis of Hydrogen Sales Volume in Changwon

BOO MIN KANG^{1,2}, YOUNG TAEC KANG¹, SANG HYUN LEE¹, NAM SEOK KIM¹, KYEONG EUN YI¹,
MIN-JU PARK³, CHANG-HOON JEONG³, DAE-WOON JEONG^{2,3,†}

¹Changwon Industry Promotion Agency, 46 Changwon-daero Uichang-gu, Changwon 51395, Korea

²School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon 51140, Korea

³Department of Eco-friendly Offshore FEED Engineering, Environmental and Chemical System Engineering, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon 51140, Korea

†Corresponding author :
dwejong@changwon.ac.kr

Received 19 July, 2019
Revised 13 August, 2019
Accepted 31 August, 2019

Abstract >> Since the government announced the roadmap to revitalize the hydrogen economy, we are constantly making the effort to expand the use of fuel cell electric vehicles (FCEV) and hydrogen charging stations. There is however a significant issue to build and operate the hydrogen charging station due to the lack of the profit model. Many researchers believe that the supply of FCEV will be increased in the near future and finally ensure the economy of hydrogen charging stations. This study shows that the sales changes of hydrogen gas and consumption patterns by the operation of the hydrogen charging station in Changwon City. The results will be used as the evidence to support for operating the hydrogen charging station by private businesses and the validity of additional establishment of hydrogen charging stations.

Key words : Paryong hydrogen charging station(팔룡수소충전소), By-product hydrogen(부생수소), Fuel cell electric vehicle(수소전기차), Hydrogen sales volume(수소판매량), Hydrogen charging amount(수소충전량)

1. 서론

전 세계적으로 2015년 파리 기후변화 협약 이후, 환경적 문제를 개선하기 위한 노력이 꾸준히 진행되고 있다. 현재 환경적 오염과 더불어 매장량이 한정된 주 에너지원인 화석연료 대신 태양광이나 풍력,

조력, 수력과 같은 신재생에너지에 대한 관심이 높아지고 있는 실정이며, 그중에서도 최근 가장 이슈가 되고 있는 것이 미래 청정에너지원인 수소이다^{1,2)}. 다른 신재생 에너지원의 경우 생산된 에너지를 이송하는 과정에서 손실이 발생하거나 저장용량의 한계로 버려지는 에너지가 존재하는 것과는 달리 수소는 에

너지 효율이 높고 오염 물질을 배출하지 않는 청정 에너지원으로써 각광받고 있다^{3,4)}. 우주 전체 질량의 70% 이상, 바닷물에 10% 이상 포함되어 있는 수소는 탄소에 비해 지구상에 3배 이상 많은 양이 존재하고 있다. 또한 버려지는 에너지를 수소로 대체하여 저장하고 필요시에 쓸 수 있다는 장점이 수소가 미래에너지원이라는 근거로 작용한다. 이러한 수소에너지 산업은 수소전기차 및 수소충전소 보급과 밀접한 관계가 있으며, 정부의 수소산업 활성화 로드맵 발표 이후 빠르게 성장하고 있다. 이에 창원시는 정부 로드맵에 발맞추어 창원시 수소산업 육성 정책 수립은 물론 수소 경제 활성화를 위해 앞장서고 있다.

본 연구에서는 창원시 수소전기차 보급에 따른 수소충전소(부생수소 보급) 운영 현황을 제시하였으며, 현재 운영 중인 수소충전소의 다양한 데이터 분석을 통해, 향후 수소전기차의 대량 보급 시 발생하는 문제점을 미리 예측하고 대응하기 위한 결과를 도출하였다⁵⁾.

2. 수소충전소

2.1 수소충전소 개요

창원시는 2018년 204대, 2019년 7월 기준 총 420대의 수소전기차가 보급되었으며, 2019년 말까지 총 704대의 수소전기차를 보급할 계획이다. 또한 수소전기차 비중을 높인 친환경차 보급 계획에 따라 전기차 보급 비율에 맞춰 2022년까지 수소전기차 5,000대와 수소버스 100대를 도입할 계획을 발표하였다. 수소전기차 보급이 빠르게 진행됨에 따라 민간 사업자 주도의 수소충전소 구축 및 운영이 시급한 실정이지만, 현시점에서 민간사업자가 직접 수소충전소를 구축하고 운영하기는 쉽지 않은 상황이다^{6,7)}. 무엇보다 수익에 대한 명확한 비즈니스 모델이 정립되지 않는 한 민간의 수소충전소 운영은 어려운 실정이다.

2.2 팔룡수소충전소

창원시에서는 현재 울산에서 생산된 부생수소를 수소튜브트레이일러를 통해 보급하고 있으며 수소전기차(5 kg/1대) 50대를 충전할 수 있도록 설계되었다. 디스펜서에 내장된 코리올리 타입(MFM)을 이용하여 차량 내의 수소 유량 및 주입되는 수소의 유량을 눈으로 확인할 수 있게 제작되었다. 현재 창원에는 팔룡수소충전소 및 성주수소충전소 2기가 운영되고 있으며 본 논문은 2017년 3월 준공된 팔룡수소충전소의 데이터를 바탕으로 작성되었다(Fig. 1).

창원시는 2019년 12월을 기점으로 2기의 수소충전소를 추가 확보하여 수소충전소 이상 발생 시 수소가스 공급 및 수소전기차 보급에 차질이 발생하지 않도록 계획 중이다. 2017년 3월에 준공된 팔룡수소충전소의 운영시간은 평일 기준 6시부터 22시까지이며 토요일은 9시부터 18시까지 운영하고 있다(Table 1).



Fig. 1. View of Paryong hydrogen charging station in Changwon

Table 1. Operation hours of the Paryong hydrogen charging station in Changwon

Day of the week	Time
Monday to friday	06:00 ~ 22:00
Saturday	09:00 ~ 18:00

3. 수소전기차 및 수소 판매량 분석

3.1 수소판매량 기준

창원팔룡충전소를 운영하면서 충전일시, 차종, 충전 시작 압력, 충전 후 압력, 충전량 등의 정보를 보관하였다. 본 논문에서는 2017년 3월 팔룡수소충전소 준공 이후 수소전기차 보급 확산을 위해 수소가스를 무료로 지급했던 2017년을 제외하고 2018년 1월 1일부터 12월 31일까지의 데이터와 수소경제 활성화 로드맵이 발표된 2019년도 1월부터 6월까지의 데이터를 바탕으로 작성하였다. 대상 차량은 창원시에서 운영 중인 수소전기차(2018년 기준 204대, 2019년 기준 380대)를 대상으로 결과를 도출하였다. 참고로 창원 인근 경남지역은 수소전기차 보급이 이루어지지 않아 실제 충전소 이용객은 창원시 소재 관공소 및 개인이 대부분이었다. 하지만 특별행사(2018년 10월 창원 국제수소에너지전시회 및 포럼) 개최에 따른 차량 유입이나 일부 관외 이용객들 차량도 함께 대상에 포함하였음을 미리 알려둔다.

3.2 수소전기차

수소와 산소만을 사용하여 구동되는 수소전기차는 물 이외에 어떠한 배기가스 배출이 없는 친환경 자동차로써⁴⁾ 기존의 내연기관 차량과는 달리 미래형 자동차로 각광받고 있다. 또한 공기 중에 포함된 미세먼지를 수소전기자동차의 필터를 통해 99.9% 이상 제거하고 청정공기만을 배출하여 공기정화 효과^{4,5)}도 있다.

현재 국내에는 현대자동차에서 생산된 2종의 수소전기차가 보급되어있으며 투싼ix Fuel Cell과 최근 출시된 넥쏘(NEXO)가 이에 해당된다. 투싼ix Fuel Cell은 3-5분 충전을 통해 최대 415 km를 주행하나 넥쏘(NEXO)의 경우에는 609 km 주행이 가능하다.

3.3 수소충전소 운영 데이터 분석

시민을 대상으로 차량보급이 많이 이루어진 2018년 10월부터 12월까지 창원팔룡수소충전소를 운영하면서 판매한 수소와 이용현황을 분석하여 정리하였다 (Table 2).

팔룡수소충전소의 운영일은 공휴일 및 일요일을 제외하고 총 77일이며, 충전소를 방문한 차량은 총 1,379대다. 또한 3개월 동안 판매한 총 수소량은 4,513.09 kg인 것으로 나타났다. 따라서 하루 평균 방문 차량대수는 17.9대이며, 2018년 12월 31일인 월요일에 55대의 차량이 방문하여 총 157.74 kg의 수소를 판매한 것으로 분석되었다. 이는 연말 및 새해 충전소 휴무를 대비하여 사용할 수소연료를 미리 충전한 것으로 판단된다. 하루 평균 충전량은 58.6 kg 나타났으며, 분석한 결과 차량 한 대 기준 3.273 kg으로 2018년 1월부터 12월까지 집계된 차량 한 대 평균 충전량 3.44 kg보다 낮은 수준으로 나타났다.

Fig. 2는 2018년 10-12월까지 팔룡수소충전소를 운영하는 동안 방문차량 소속 및 비율을 나타낸 것이다.

충전소를 방문하는 사람들의 소속을 살펴보면 수소전기차를 자가 소유하거나 기업에서 보유하고 있는 차를 운영하는 개인(citizen)이 전체 60%를 차지하고 있으며, 관공서에 해당하는 창원시청 및 진흥원

Table 2. Analysis data for Paryong hydrogen charging station (fourth quarter, 2018)

Item	Data
Average number of visiting cars per day	17.9 cars/day (without Sunday)
Average hydrogen sales per day	58.6 kg/day (without Sunday)
Average amount of hydrogen sales per car	3.273 kg/car
Maximum number of visiting cars per day	55 car/day (Mon.)
Maximum hydrogen sales per day	157.74 kg/day
Maximum amount of hydrogen per car	5.14 kg/car
Total number of visiting car	1,379 cars
Accumulate sum of hydrogen sales	4,513.09 kg

(CWIP) 직원이 32%, 그 외 관외 이용객이 약 8%로 분석되었다. 이를 통해 수소전기차 보급증가에 따라 개인 방문차량의 비율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

개인은 NEXO를 통해 충전소를 이용하며, 관공서와 창원산업진흥원은 투싼ix Fuel Cell과 NEXO를 사용하고 있었다. 현재 현대자동차 차량제원에 따르면 NEXO는 6.33 kg의 저장탱크를 보유하고 있어 TUCSON 대비 약 1 kg의 수소를 더 충전할 수 있다. 이로 인해 향후 NEXO 차량이 많이 보급되면 수소충전소의 수소판매량에도 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3.4 수소전기차 충전량

창원시에서 수소전기차에 공급되는 수소판매량을 조금 더 자세하게 알아보기 위해 2018년 1월부터 12월까지의 수소전기차 보급에 따른 팔룡수소충전소 데이터를 분석하였으며, 이를 통해 월별 총 충전량, 일평균 충전량, 일평균 충전대수, 한 대당 평균 충전량 등을 산출하여 제시하였다(Table 3).

수소판매량은 수소충전소 운영에 있어 매출과 직접적인 연관이 있어 매우 중요한 인자로 활용된다.

Institution name	Percent
Citizen	60%
Changwon City Hall	32%
Other	8%

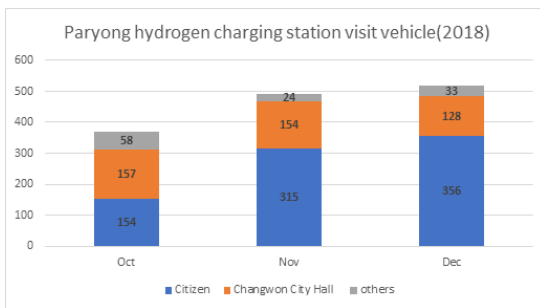


Fig. 2. Paryong hydrogen charging station visited vehicle (fourth quarter, 2018)

그 외에 일평균 충전량 및 월별 총 충전량은 향후 수소 판매 가격에 영향을 미칠 것이며, 차량 한 대당 평균 충전량은 수소충전소 가스 입출고 파악에 중요한 요소로 작용한다.

수소전기차의 경우 2018년 1월 47대에서 12월 204대로 확대 보급됨에 따라 변화되는 데이터를 반영하여 결과를 도출하였다(Fig. 3).

Table 3. Current state of charge at Paryong hydrogen charging station in Changwon, 2018

Charging status of Paryong hydrogen charging station				
	Total monthly charge (kg)	Daily average charge amount (kg)	Average number of charging units per day (units)	Average amount of charge per unit (kg)
Jan	614.63	23.64	6.65	3.55
Feb	365.6	24.37	7.27	3.35
Mar	560.34	24.36	7.09	3.44
Apr	540.05	27	7.65	3.53
May	654.33	26.17	6.52	3.76
June	661.85	31.52	8.76	3.6
July	1,003.24	38.59	10.62	3.63
Aug	913.45	43.5	12.95	3.36
Sep	880.63	36.69	11.25	3.26
Oct	1,204.82	48.19	14.76	3.27
Nov	1,618.34	62.24	19.72	3.28
Dec	1,688.9	67.556	20.68	3.27

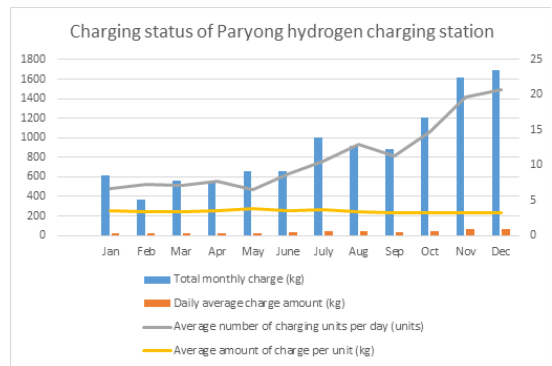


Fig. 3. Charging status of the Changwon Paryong hydrogen charging station

수소전기차 한 대당 평균 충전량은 3.44 kg로 1월부터 12월까지 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 연료탱크 기준 투싼ix Fuel Cell의 경우 64-65%, 넥쏘(NEXO)는 54-55% 수준에 해당되는 양이다. Fig. 3의 결과를 통해 수소전기차 보급이 확대될수록 일일 충전대수 및 일일 충전량에 따른 월별 총 충전량의 증가를 쉽게 알 수 있다.

Fig. 4와 Fig. 5는 수소경제 활성화 로드맵 발표 이후 수소전기차 보급이 확대된 2019년 1월부터 6월까지의 결과를 바탕으로 충전횟수 및 충전량을 분석하

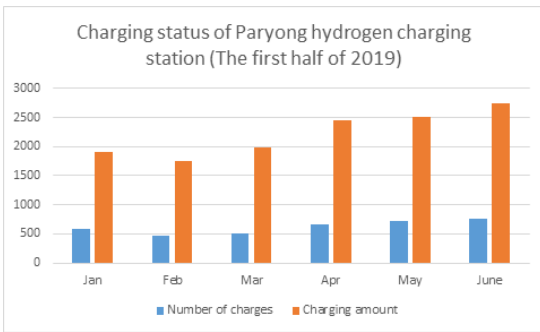


Fig. 4. Current state of charging of Paryong hydrogen charging station in first half of 2019

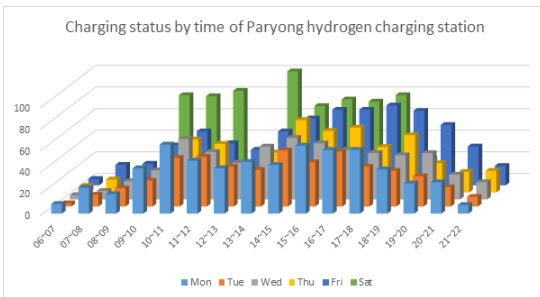


Fig. 5. Charging status by time zone at Paryong hydrogen charging station in Changwon

Table 4. Number of vehicles per day of the week at the Paryong hydrogen charging station

Charging status by day of the week at Paryong hydrogen charging station						
Day	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
Car	645	503	575	587	732	667

여 시간대별로 나타낸 결과이다. 1월부터 6월 중 2월은 설날이 포함되어 있고, 운영일수가 적은 관계로 충전횟수 및 충전량에서 차이를 보이거나 전체적으로는 수소전기차 보급률 증가에 따라 증가한다는 것을 알 수 있다.

6월까지 누적 보급된 수소전기차 380대를 대상으로 6개월간의 수소 총 충전량(2,750 kg) 및 충전횟수(761회)를 분석한 결과, 차량 한 대당 한 달 평균 7.2 kg 정도의 수소를 사용하고 충전은 2회 정도하는 것으로 나타났다.

Table 4는 2019년 1월부터 6월까지 팔룡수소충전소의 일주일(월요일-토요일)간 요일별 차량 충전현황을 나타낸 것이며, Fig. 5와 Table 4를 통해 창원 팔룡수소충전소를 이용하는 차량을 분석한 결과 방문대수는 금요일, 토요일, 월요일 순으로 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 주말에 차량 사용을 고려하여 미리 충전을 하거나 주말 동안 수소전기차 사용 이후 충전하는 것이 반영된 결과로 사료된다. 또한 충전 시간은 점심시간 전후나 저녁시간 전후를 이용하여 충전하는 것으로 나타났으며, 이는 현재 수소전기차 보급이 관공서를 중심으로 이뤄졌으며 민간의 경우 직장인이 대부분이라는 점이 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 사료된다.

이러한 데이터를 바탕으로 향후 수소전기차 보급이 확대됨에 따라 수소 판매량이 급증할 것임을 예측할 수 있으며, 본 연구의 결과는 수소충전소 증설에 있어 참고자료로 활용될 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 수소전기차 보급에 따라 수소충전소에서 판매되는 수소의 양과 일일평균 충전대수 및 일일평균 충전량에 대한 상관관계를 분석하였다. 본 연구 결과는 향후 수소전기차 보급 확대에 따른 수소충전소 구축 필요성을 미리 예측할 수 있을 뿐만 아니라, 발생할 수 있는 문제점을 미리 파악하고 대응하기 위한 자료로 사용할 계획이다.

1) 수소충전소 운영을 통해 수소전기차 한 대당

평균 충전량은 3.44 kg으로 나타났으며 이는 월별 데이터를 통해 일정한 경향성을 나타내는 것을 확인하였다.

2) 창원시에 현재 보급된 수소전기차 380대를 기준으로 팔룡수소충전소 운영시간에 맞춰 데이터를 분석한 결과 차량 한 대당 한 달 평균 7.2 kg의 수소를 사용하고 이를 위해 한 달 기준 평균 2회의 충전을 하는 것으로 나타났다.

3) 일주일을 기준으로 충전횟수는 월요일, 금요일, 토요일 순으로 높았으며, 특히 명절이나 휴일 전 충전하는 경향이 높게 나타났다. 이는 현재 부족한 수소 충전소 보급으로 인해 수소전기차를 충전할 수 있는 곳이 부족한 현실이 반영된 결과이며, 이에 휴일을 대비해 사전에 충전을 하거나 휴일 이후 충전을 하는 것으로 나타났다. 향후 수소충전소 추가 증설이 진행될 경우 이와 같은 문제는 점차 해결될 것으로 판단된다.

4) 정부 수소산업 로드맵 실행을 위해서는 수소전기차 보급에 따른 수소충전소 추가 증설이 시급한 실정이며, 또한 관련 법규가 조속히 정리되어 지자체 중심이 아닌 민간사업자 중심의 수소충전소 구축 및 운영이 적극 이루어져야 할 것이다.

후 기

이 연구는 산업통산자원부 에너지기술개발사업의 수소 융복합스테이션 위험성 평가 및 연구사업(과제번호:20162220100180)의 연구비 지원으로 수행되었다.

References

1. C. E. Thomas, "Fuel Cell and Battery Electric Vehicles Compared", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34, No. 15, 2009, pp. 6005-6020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.06.003>.
2. P. Corbo, F. Migliardini, and O. Veneri, "Dynamic Behaviour of Hydrogen Fuel Cells for Automotive Application", *Renewable Energy*, Vol. 34, No. 8, 2009, pp. 1955-1961, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.12.021>.
3. X. Zhang, O. J. Kwon, and B. S. Oh, "A Design of the Cooling Channel in the Bipolar Plate of PEMFC Using Experimental Design Method", *Trans. of KSAE*, Vol. 23, No. 5, 2015, pp. 545-552, doi: <https://doi.org/10.7467/KSAE.2015.23.5.545>.
4. K. Y. Chu, K. C. Jo, M. H. Sunwoo, and S. H. Choi, "Optimization of Air Supply for Increased Polymer Electrolyte Fuel Cell System Efficiency", *Trans. of KSAE*, Vol. 19, No. 3, 2011, pp. 44-51. Retrieved from <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201113663904304.page>.
5. S. K. Heo, S. B. Yoon, B. S. Kim, and S. H. Lee, "Trends of Diffusion and Development of Hydrogen Filling Stations and Fuel Cell Electronic Vehicles at Domestic and Overseas", *Auto Journal KSAE*, Vol. 40, No. 4, 2018, pp. 72-76, doi: http://www.ksae.org/search/index.html?page=2&board_bundle=10&subid=8&sub=4&search_no=30485.
6. W. W. Lee, "Hydrogen Economy Law (Bill No. 12992)", *Personalized Legislative Contents Searching System*, 2018, pp. 4-8. Retrieved from <http://likms.assembly.go.kr/bill/BillSearchResult.do>.
7. C. I. Lee, "Hydrogen Economy Revitalization Act (Bill No. 13699)", *Personalized Legislative Contents Searching System*, 2018, pp. 3-9. Retrieved from <http://likms.assembly.go.kr/bill/BillSearchResult.do>.