

시장수요예측 모델을 활용한 서울시 수소차 충전시설의 입지선정 우선순위에 관한 연구

김진식, 장국진, 이주연*, 정명석**
아주대학교 산업공학과

A Study on the Priority of Site Selection for Hydrogen Vehicle Charging Facilities in Seoul Using a Market Demand Prediction Model

Jin Sick Kim, Kook Jin Jang, Joo Yeoun Lee*, Myoung Sug Jung**
Department of Industrial Engineering, Ajou University

Abstract : Hydrogen is expected to be widely applied in most sectors within the current energy system, such as transportation and logistics, and is expected to be economically and technologically utilized as a power source to achieve vehiclebon emission reduction.In particular, the construction of hydrogen charging station infrastructure will not only support the distribution of hydrogen electric vehicles, but also play an important role in building a hydrogen logistics system. Therefore, This paper suggest additional charging infrastructure areas in Seoul with a focus on supply according to the annual average growth rate (CAGR), centering on Seoul, where hydrogen vehicles are most widely distributed. As of February 2022, hydrogen charging infrastructures were installed in Gangseo-gu, Gangdong-gu, Mapo-gu, Jung-gu, and Seocho-gu in downtown Seoul. Next, looking at the number of hydrogen vehicles by administrative dong in Seoul from 2018 to 2022, Seocho-gu has the most with 246 as of 2022, and Dongjak-gu has the highest average growth rate of 215.4% with a CAGR of 215.4%. Therefore, as a result of CAGR analysis, Dongjak-gu is expected to

Received : October 24, 2022 / **Revised** : November 23, 2022 / **Accepted** : December 8, 2022

* Joo Yeoun Lee / Ajou University / jooyeoun325@ajou.ac.kr

** Myoung Sug Jung / Ajou University / mschung333@gmail.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non- commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

supply the most hydrogen vehicles in the future, and Seocho-gu currently has the most hydrogen vehicles, so it is likely that additional hydrogen charging infrastructure will be needed between Dongjak-gu and Seocho-gu.

Key Words: Hydrogen-Economic, Hydrogen Vehicle, Public Big data, CAGR

1. 서론

온실가스 배출에 따른 지구 온난화, 미세먼지로 인한 대기오염 등 세계적으로 환경 위기의 심각성이 대두되고 있다. 이 가운데 기존의 화석연료를 대체하기 위해 청정에너지원에 대해 관심이 높아지고 있다.[1]

이러한 청정에너지원 중 수소에너지는 현재 가장 각광받는 에너지원으로 화석연료와 다르게 연소할 시 수분 이외의 부산물이 발생하지 않기 때문에 청정에너지로 분류된다. 따라서 수소는 교통과 물류 등 현재의 에너지 체계 내의 대부분의 부문에서 널리 적용될 것으로 기대되며, 탄소 배출 저감을 달성하는 동력원으로 경제적·기술적인 활용이 가능할 것으로 기대가 된다.[2] 이미 선진국인 미국과 일본, 유럽 등의 국가들은 이미 정부 차원에서 수소 산업과 관련한 기술 투자를 정책적으로 지원하고 있으며, 민간 차원에서도 이에 발맞추어 적극적인 투자를 진행하고 있다. 국내의 경우에도 미래의 수소 경제를 선도하기 위해 2019년 산업통상자원부에서 「수소 경제 활성화 로드맵」을 발표하며 수소차 충전 시설 설치와 수소차 보급을 공언하였다. 주요 내용으로는 수소 자동차를 2030년까지 85만 대, 2040년까지 290만 대를 보급하고 수소차 충전시설을 2022년 310기, 2030년 660기, 2040년에는 1,200기 건설할 것이라는 목표를 밝혔다.[3] 이처럼 수소는 국내외로 주목받는 청정에너지원이며 앞으로 그 활용 분야가 증대될 것으로 예상된다.[4]

이러한 수소차의 안정적인 공급을 위해서는 수소차 충전시설 등의 인프라 구축이 선행적으로 해결되어야 한다.[4] 수소차를 구매할 잠재 고객들에게 수소차 충전시설은 반드시 보장되어야만 하는데 수소

충전시설은 설치비용이 1개소당 대략 3~60억 원이라는 높은 비용 때문에 인프라 설치에 제한적일 수밖에 없는 실정이다.[4] 수소차 충전시설은 전기차 충전시설과는 다르게 수소 생산지와 연결되어야 하므로 신중하게 위치를 결정해야 한다. 즉, 각 지역의 수요를 충족하는 최적 위치 이외에도 장기적인 관점에서의 수소 수요에 대한 계획 수립이 필요할 것이다.

수소차 충전시설의 최적 입지에 대한 결정 문제는 기본적으로 Facility Location Decision(시설 입지 의사결정)에 해당한다. 수소차 충전시설의 입지가 적절하지 않거나 충분하지 않을 경우 수소차가 보급되는데 큰 장애물이 되기 때문이다. 따라서 수소차 충전시설의 최적 입지를 다루는 여러 연구들은 대부분 수리적 모형을 기반으로 하여 최적화 기법을 방법론으로 활용하였고 수소차 충전시설 관련한 여러 변수들을 고려하여 의미 있는 연구성과를 이루어 냈다.[5] 이는 시설 입지 선정 문제가 전통적으로 최적화 분야에서 연구되어 왔기 때문에 수소차 충전 시설 입지를 결정하는데도 이와 같은 최적화 기법들이 활용될 수 있다. 하지만 최적화 기법을 기반으로 한 연구의 경우 대부분 최적 입지 후보지들에 대한 지리적인 변수들만 고려했다는 점에서 한계점을 지닌다.[6] 따라서 수요의 특성들을 고려하는 방법론도 필요하다.

따라서 앞으로 불확실한 미래 수요를 토대로 전국 범위의 장기적인 충전시설 배치 계획을 수립할 경우, 수소차 충전시설 이용의 효율을 증대시킬 수 있는 최적 위치 선정과 원활한 수소차 수요예측 연구가 함께 진행되어야 할 것이다.

본 논문은 국내 연구자, 정책 결정자 및 관련 분야 실무자들이 참고할 수 있도록 수소차 충전시설

관련 기본 개념과 국내외 현황을 소개하고, 수소차 및 충전시설 관련 연구를 소개하여, 향후 국내 연구에 고려해야 할 중점 사안을 제언하기 위한 목적으로 작성하였다. 나아가 수소차가 가장 많이 보급되어 있는 서울시를 중심으로 연평균 성장률(CAGR)에 따른 수요에 초점을 맞추어 서울지역 내 추가적인 충전시설 필요 지역을 도출하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제2절에서는 선행연구를 검토하고 제3절에서는 수소차, 수소차 충전시설, 수소 수요에 대한 기본 개념을 기술하였다. 제4절에서 국내외 수소자동차 도입 및 수소차 충전시설 구축 현황을 요약한다. 제5절에서는 공공데이터포털에서 제공하는 서울시 수소차 현황데이터를 분석하여 제6절에서는 향후 국내 수소차 충전시설 관련 연구 방향에 대해 논의한 후 결론 및 시사점, 그리고 본 연구의 한계에 대해서 밝힌다.

2. 선행연구

2.1 선행연구 검토

본 절에서는 수소차 충전시설 및 인프라 구축과 관련된 연구 동향을 살펴봄으로써 추후 연구의 방향에 대해 제언하고자 한다. 우선 연구자들의 이해를 돕기 위해 최근 리뷰 논문을 바탕으로 수소차 충전시설과 관련된 연구의 범위를 확인하였다. 또한, 시스템엔지니어링 관점에서 다룰 수 있는 수소차의 수요·공급을 분석한 기존 연구를 정리하였다

강부민 외(2019)는 수소 충전시설에서 판매되는 수소의 양에 따른 일일 평균 충전량 및 일일 평균 충전대수에 대한 상관관계를 분석하였다. 수소차 한대의 평균 충전량은 3.4kg이며 시계열 분석을 통해 월별로 일정한 경향성이 있음을 확인하였다.

김점산(2019)은 경기도에서 수소버스를 도입하는 시기를 민선 7기로 예상하며, 추후 본격적인 도입을 위한 저해요인을 해소하고 수소버스의 표준모델을 개발할 것을 제안하였다.

강철구 외(2019)는 경기도의 수소차 보급을 위

한 충전시설 구축방안을 제시하였다. 수소차 충전시설의 입지제한 및 이격거리 유지의 규정을 완화하고 수소제조생산시설과 교통요충지에 충전시설을 추가로 설치할 것을 제안하였다.

박지원 외(2017)는 수소차 충전시설의 빠른 확대를 위해서 도심지 내 LPG충전소를 활용하여 수소융합 충전소를 구축할 것을 제안하였다. 패키지형 충전시설과 복층형태의 충전시설을 도입할 것을 제안하였다.

한주옥(2022)은 수소차 보급에 따른 수소충전소의 적정 공급량을 전망하였다. 본 연구의 방법은 수소충전소의 예측의 기초자료인 수소충전소와 수소차의 정책 및 문헌자료를 검토하고 주유소와 휘발유/경유차량, LPG충전소와 LPG차량 그리고 수소충전소와 수소차의 현황 조사 분석을 통하여 수소충전소의 수요와 공급을 분석하였다.

해외에서도 수소차 충전시설 및 인프라 구축에 관한 다양한 연구들이 진행되어 왔다.

Brey et al.(2014)은 스페인 안달루시아 지방의 2030년까지 단계적인 수소 충전소 배치 시나리오를 제시하였다. 행정 지역별로 충전소의 규모, 개수, 비용, 기술적 가용성을 함께 제시하였다. 하지만 수소충전소의 명확한 위치가 아닌 행정구역 단위로만 분석하였다.

Fuse et al.(2021)은 일본의 요코하마를 대상으로 하여 단기적인 관점에서 이동형 충전소 입지 분석을 실시하였다, 수소차 증가를 3가지 시나리오로 나누어 구분한 후 GIS를 통해 각각의 지역별 수요 공급을 함께 분석하였다. 행정구역을 수요지로 설정한 후 공간적인 수요 분포를 수요 모델로 추정하였다. 이후 약 500m 거리 내의 위치한 기존 주유소를 후보지로 설정하였다. 이 중에서 수요가 높은 순으로 충전소를 선택한 다음, 시나리오별로 최대 개수를 만족하는 최적의 충전소 개수를 계산하였다.

2.2 선행연구 검토결과

기존 연구를 살펴본 결과 다양한 충전시설 배치 모델에 관한 연구가 진행되었으나 수소차 수요를 함

게 고려하면서 충전시설을 배치한 연구는 많지 않음을 알 수 있다. 특히, 수소차 충전시설 입지 결정을 위한 단계적인 수요 예측은 장기간보다 10년 이내의 단기 예측을 하는 경우가 많았다. 수소자동차의 본격적인 양산과 더불어 수소차 충전시설 및 수요배관망 배치 최적화 관련 연구는 지속적으로 필요하다. 따라서 국내 실정에 맞는 장기적인 수소차 충전시설 및 수요배관망 계획수립을 위해 보다 구체화하고 정교화해야 하는 부분이 존재한다.

따라서, 본 연구에서는 수요·배치의 측면에서 향후 연구에 고려해야 할 종합적인 연구 방향을 제안하고자 한다. 본 논문이 출발점이 되어 보다 많은 연구자들이 국내의 현황을 반영한 수소차 충전시설 관련 연구를 시도하고 수소자동차 도입 활성화 방안을 제시할 수 있기를 기대한다.

3. 국내 수소차 산업 현황

3.1 수소차 산업의 특징

수소차는 자동차 산업과 일자리 측면에서도 의미가 크다. 내연기관 자동차의 부품은 3만 개가 넘는 반면에 전기 자동차의 부품은 2만여 개에 불과하다. 내연기관 자동차가 모두 배터리 전기자동차로 바뀔 경우 1만여 개의 부품을 만드는 협력 업체들은 생존이 어려울 것이다.[8] 그러나 수소차의 경우 그나마 부품이 2만 4천여 개로 전기자동차보다는 많다는 장점이 있다. 각국 정부와 지자체가 수소차에 관심을 갖는 이유는 이러한 산업적 파급력과 일자리 때문일 것이다.

이러한 수소차 산업적인 매력이 충분하지만 수소차 충전시설은 환영받지 못하고 있다. 충전시설설립의 저해요인으로는 충전소의 부지 부족과 수소의 위험성, 안전거리 관련 법규 및 기준의 비미함 등이 있다. 특히, 수소는 폭발범위가 넓고 전파속도가 매우 빠른 가연성 가스로서 제조, 수송, 저장 시 누출, 확산 및 폭발 등의 위험성을 가지고 있다. 이로 인해 사망, 상해 등의 인적손실과 생산가동정지로 재

투입 비용도 증가하여 경제적 손실 등을 초래할 수 있으며, 폭발차단, 방호기술 및 설비 개발에도 상당한 제약이 있다. 이와 같은 특성 때문에 수소차 충전시설 규제도 매우 복잡하게 되어 있다.[7]

3.2 수소차 충전시설의 유형

수소차 충전시설은 수소의 공급 방식, 구축 방식, 입지에 따라 구분한다. 먼저 수요 방식에 따라 저장식(off-site), 제조식(on-site)으로 구분된다. 수소를 트럭에 싣고 와서 탱크에 저장해뒀다가 판매하는 것은 저장식이고, 수소의 원료를 가져와서 판매처에서 만들어 팔면 제조식이다.[8] 즉, 제조식은 도시가스, LPG 가스 등을 공급받거나 물을 전기 분해해 수소를 만들어 파는 방식이다.[8]

제조식과 저장식의 또 다른 차이는 운송비이다. 제조식의 경우 수소운송비가 많이 들지만 저장식의 경우 도시가스, LPG 가스 등의 기존 인프라를 이용할 수 있기 때문에 운송비가 적게 든다. 하지만 도시가스 등에서 수소를 추출하는 설비를 갖춰야 하기 때문에 초기 투자비용이 크다. 저장식은 석유화학단지처럼 수소를 운송하기 용이한 곳 근처에 조성하는 것이 유리하다. 반면에 제조식은 강원도처럼 수소를 운송하기 불편한 지역에 유리하다.[8]

수소차 충전시설은 구축 방식에 따라 일반 주유소처럼 건설하는 일반형, 저장탱크와 냉각기 및 충전기를 하나의 패키지로 묶어 건축비를 줄이는 패키지형으로 구분된다. 또 수소 보관 트럭이 수소를 싣고 다니다가 수소차 충전을 해주는 이동형도 존재한다.[9]

입지에 따라서는 단독형 복합형, 융합형으로 나눈다. 단독형은 수소차 충전시설이 단독으로 설치되는 경우이다. 복합형은 기존 주유소, LPG 충전시설 부지에 수소충전기를 설치하는 형태이다. 융합형은 복합형처럼 LPG 충전시설 기존 부지에 수소차 충전시설을 설치하지만 LPG를 개질해서 수소를 생산한다. 정부는 2004년 이후 실증 사업을 통해 부생수소를 활용한 저장식, 천연가스 개질 방식, 물을 전기 분해하는 수전해 방식 등 다양한 수소차 충전시설을

실제로 설치하여 2008년까지 운영해본 바 있다.[9]

3.3 서울시 내 수소차 충전시설설치 필요성

환경부는 5년마다 친환경 자동차의 개발 및 보급을 위해서 기본계획을 지속적으로 수립하고 있으며 매년 친환경 자동차 보급 시행계획을 수립하여 발표하고 있다. 이에 따라 친환경 수소차 구매 시에 그리고 수소차 충전시설설치 시에 보조금을 지급하며 여러가지 세제 혜택을 지원하고 있다.[10] 2022년 친환경차 국고보조금 본예산은 총 349,458백만 원으로 책정되었다. 그중에 수소차 구매 보조금 227,250백만 원(약 10,000여 대), 수소버스 구매 보조금은 27,000백만 원(약 180여 대) 그리고 일반 수소차 충전시설과 수소버스 충전시설 설치 보조금으로 40,500백만 원(약 27개소), 54,600백만 원(약 13개소)을 각각 지원한다. 수소차 구매 보조금 2,750만 원을 2017년까지는 법인과 지자체에게만 지원을 했으나 2018년부터는 일반인에게도 지원하기 시작하였다. 수소차 보조금 지급 대상자는 수소차와 수소버스를 신규 구입 한 국내 신규 등록자이며 지원 금액은 1대당 2,250만 원의 구매 보조금을 지원하고 있다. 대상 차종은 수소차 중 현대자동차(주)의 넥쏘와 수소버스로 한정되어 있다. 보조금은 국고보조금에 지방비 보조금을 추가하여 지원하고 있기 때문에 지방자치단체의 예산사정 및 보급 여건 등에 따라 지자체별로 지급금액이 다르게 지급되고 있다. 승용차의 경우 최저 3,250만 원에서 최대 4,250만 원까지 지원하고 있다. 인천, 광주, 충북, 세종이 3,250만 원을 지원하고 있으며 강원도가 4,250만 원으로 가장 많이 지원하고 있다. 승합차(대형)는 경기, 대구, 광주, 충북, 충남, 경남, 전북이 1억 5천만 원을 지원하고 있다.[11]

일반 수소차 충전시설 1기당 설비비용은 최대 50%인 1,500백만 원을 국고로 지원하고 50%는 지방비로 지원하여 총 3,000백만을 지원하고 있다. 수소버스 충전시설은 1기당 70%인 4,200백만 원을 국고로 지원하고 30%를 지방비로 지원하여 총

6,000백만 원을 충전시설 민간보급을 위해 지급하고 있다.[11]

3.4 서울시 내 수소차 충전시설설치 필요성

2020년 8월 서울시에 보급된 수소차는 2,100여 대인데 이는 충전시설 한 곳당 527대 수소차 충전을 담당해야 하는 수준인 것이다. 2022년 서울시의 목표 수소차가 5천 여대 이지만 이러한 경우 충전시설 1대 당 1234대를 수용해야 한다는 계산이 나온다.

이처럼 충전 수요에 비해 서울시 내 충전시설은 현저히 부족한 상황이므로 향후 수소차 상용화를 위해서는 현재의 수소차 보급 수준에 걸맞은 충전시설 설치가 반드시 이루어져야 할 시점이다.

4. 연구설계

4.1 분석을 위한 시장수요예측 모형

본 연구에서는 서울시의 수소차 수요를 예측하기 위하여 연평균성장률(CAGR) 모형을 활용하였다. 연평균 성장률 예측모형은 현재 공공기관 및 시장조사 기관에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 방법론으로써, 적은 자료를 이용하여 대략적인 시장수요를 예측할 수 있으며, 적용이 매우 쉽다는 장점을 지니고 있다. CAGR 모형은 표본기간동안 발생한 평균적인 시장수요의 증가율이 향후 일정 기간 동안 발생한다고 가정한다. 과거의 시장규모 증가율에 비례하여 미래의 시장규모가 증가한다는 점에서 기본적으로 자기상관성(auto-regressive)을 지니고 있으며, 시장수요의 증가가 누적적인(compound) 성격을 지니고 있다는 특징이 있다. CAGR의 계산 방법은 다음과 같으며 여기서 $V(t_0)$ 는 시작값, $V(t_n)$ 는 끝값, $t_n - t_0$ 은 년수이다.[12]

$$CAGR(t_0, t_n) = \left(\frac{V(t_n)}{V(t_0)} \right)^{\frac{1}{t_n - t_0}} - 1$$

[Figure 1] CAGR Model

주의를 요하는 것은 연평균성장률에 의한 수요예측방법은 표본기간(sample period)을 어떻게 설정하느냐에 따라 시장의 수요 예측이 과소 또는 과대 예측(under-estimate or over-estimate) 될 가능성이 높다는 점이다. 또한 시장이 아직 형성되지 않았거나 아주 초기 단계에 있는 경우, 분석 자료 자체가 존재하지 않는다는 단점이 존재한다.[12]

4.2 분석데이터

수소차 충전시설현황은 공공데이터포털에서 제공하는 ‘한국가스안전공사 수소차 충전시설현황’ 데이터를 활용하였다. 마찬가지로 CAGR 분석에 사용한 데이터는 공공데이터포털에서 제공하는 2018년부터 2022년 까지의 ‘서울특별시 행정동별 친환경자동차 현황’ 데이터를 활용하였다. 해당데이터는 ‘기준년월’, ‘사용본거지’, ‘차명’, ‘연료’, ‘최초등록일’, ‘현소유자의 출생년도’, ‘제원관리번호’로 구성되어 있으며 이 중 ‘연료’컬럼의 수소만 정제하여 분석에 활용하였다. 분석 Tool은 Python3.2와 Excel을 이용하여 분석하였다.

<Table 1> Data used for analysis

구분	참고	
	친환경 차	수소차 (비율)
2018서울특별시 행정동별 친환경자동차 현황	84,541대	84대 (0.1%)
2019서울특별시 행정동별 친환경자동차 현황	106,751대	600대 (0.5%)
2020서울특별시 행정동별 친환경자동차 현황	140,016대	1,667대 (1.1%)
2021서울특별시 행정동별 친환경자동차 현황	184,539대	2,452대 (1.3%)
2022서울특별시 행정동별 친환경자동차 현황	189,586대	2,501대 (1.3%)
2022 자동차 등록현황	/	
2022 한국가스안전공사 수소차 충전시설현황		

행정안전부(공공누리포털, 검색일:2022.10.)

5. 분석결과

5.1 전국 수소차 및 충전시설 분석 결과

수소차 충전시설은 2020년 70기, 2021년 125기로 전년 대비 64기 증가하였다. 경기도가 23기로 가장 많고 다음으로는 충남 16기, 경남 14기, 울산 17기, 충북 9기, 전북 6기, 서울, 강원이 5기 구축되어 있다.[13]

수소차 현황을 살펴보면 정부의 미세먼지 감축을 위한 친환경 차 보급 정책과 고연비에 대한 국민들의 요구에 따라 수소차 등록대 수는 2016년 87대로 전년 대비 200%로 증가하였다. 2018년과 2019년에는 각각 723대, 4,190대로 전년 대비 약 5배 이상 큰 폭으로 증가하였다. 2021년 수소차는 19,404대로 전년 대비 77.9%로 증가한 것으로 나타났다. 이는 자동차 전체 등록대수의 0.39%에 해당되어 미미한 수준이나 정부의 보조금 지원과 세제 지원 등 정부의 친환경 정책에 따라 앞으로 더 증가할 것으로 판단된다.

따라서 충전시설 도입이 선행되어야 하지만 전국 기준으로 수소 충전시설 1곳당 약 155대를 수용하고 있는 실정이다. 특히, 서울시의 경우 1곳당 571대를 수용하고 있어 전국 평균 대비 3배 넘는 수용률을 보이고 있다. 따라서 서울 시내 수소 충전시설 조성이 시급하다고 볼 수 있다.

<Table 2> Hydrogen vehicle acceptance rate per charging station

지역	2021년 수소차 대수	수소차 충전시설	충전시설 1곳 당 수소차 수용 대수
경기	3209	22	145.86
서울	2285	4	571.25
울산	2203	17	129.588
강원	1642	5	328.4
경남	1541	13	118.53

5.2 서울시 행정동별 수소차·충전시설 분석 결과

$$CAGR_{(2018,2022)} = \left(\frac{2022 \text{ number of hydrogen vehicle}}{2018 \text{ number of hydrogen vehicle}} \right)^{\frac{1}{(2022-2018)}} - 1$$

[Figure 2] Model with CAGR applied

2022년 2월 기준 서울 시내에는 강서구, 강동구, 마포구, 중구, 서초구에 각각 수소 충전시설이 설치되었다. 다음으로 2018년부터 2022년까지의 서울시 행정동별 수소차 등록 대수를 살펴보면 서초구가 2022년 기준 246대로 가장 많으며 CAGR은 동작구가 215.4%로 가장 높은 평균성장률을 보이는 것으로 분석되었다. 다음으로는 양천구, 구로구 순으로 높은 평균성장률을 보였다. 또한 2018년부터 2022년까지 서초구에서 가장 많은 수소차를 등록하고 있었으며 다음으로 강남구에서 가장 많은 수소차를 등록하고 있는 것으로 나타났다.

따라서, CAGR 분석결과 동작구가 추후 수소차 수요가 가장 많을 것으로 예상된다. 또한 동작구 위치가 마포구, 구로구, 양천구 등 평균성장률이 높은 법정동의 중간위치이기 때문에 수소차 충전시설 구

축이 타당해 보인다. 나아가 서초구의 경우 현재 가장 많은 수소차가 등록되어 있으므로 동작구와 서초구 부근에 추가적인 수소 충전시설 조성이 필요할 것으로 보인다.



[Figure 3] Schematic of analysis results

6. 결론

6.1 연구요약

기후변화 시대 대비를 위해 세계적으로 탄소중립국이 대세가 됐다. 정부는 ‘친환경 미래 모빌리티’를

<Table 2> Current Status of Hydrogen Vehicle Registration in Seoul

법정동	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR	법정동	'18	'19	'20	'21	'22	CAGR
동작구	1	15	67	98	99	215.4%	중랑구	1	7	28	46	47	161.83%
양천구	1	24	59	85	86	204.53%	영등포구	4	33	110	162	163	152.66%
구로구	2	23	143	161	162	200%	금천구	1	12	20	35	36	144%
강동구	3	23	132	206	225	194%	성북구	2	10	35	67	68	141.47%
마포구	2	35	96	146	147	192.8%	서대문구	3	30	63	83	85	130.71%
관악구	1	11	45	65	66	185.03%	동대문구	2	9	37	52	54	127.95%
강서구	2	24	88	131	132	185%	강북구	1	2	16	25	26	125.81%
노원구	1	10	33	62	63	181.73%	도봉구	1	9	23	25	26	125.81%
용산구	1	15	44	61	63	181.73%	성동구	3	13	34	58	58	109.69%
은평구	2	35	81	106	106	169.82%	중구	3	14	32	39	39	89.88%
송파구	4	46	116	184	189	162.18%	종로구	6	28	52	70	72	86.12%
광진구	1	15	30	47	47	161.83%	서초구	21	84	158	246	246	85%
							강남구	18	73	125	192	196	81.65%

한국판 뉴딜 10대 사업으로 선정하였으며 전기차 수소차 등 그린 모빌리티에 2025년까지 20조 원 이상 투자하여 전기차 113만 대, 수소차 20만 대를 보급할 예정이다.[14] 이에 따라 본 연구에서는 수소차 보급에 따른 수소차 충전시설의 적정 수요량을 분석하였다. 현재 on-site 방식 또는 off-site 방식 수소차 충전시설인 경우 1기 기준으로 충전 능력은 50kg/h으로 현대차 넥쏘를 기준으로 시간당 10대를 충전할 수 있고 수소버스는 시간당 2대를 충전할 수 있다.[13] 현재 운영 중인 수소차 충전시설의 평균 운영시간 8시간을 기준으로 하면 하루 평균 110대의 수소 자동차를 충전할 수 있는 것이다. 이를 기준으로 1기를 갖춘 수소차 충전시설의 적정 수요량을 분석하면 2021년 수소차 19,404대가 보급되어 적어도 충전시설은 176기가 설치되어야 하나 134기가 설치되어 적정량에서 42기가 부족한 상황이다. 정부의 보급정책에 따르면 2022년에는 수소차 67,000대, 2040년에는 290만 대를 보급할 계획으로 이에 따른 수소차 충전시설의 적정 수요량은 2022년에는 609기, 2040년에는 26,363기이여 한다. 그러나 보급될 수소차 충전시설의 수는 2022년 310기 그리고 2040년 1,200기로 299기, 25,163기가 각각 부족하게 된다. 특히 서울시의 경우 충전 시설 1곳당 571대를 수용하고 있어 전국 평균 대비 3배 넘는 수용률을 보이고 있다. 따라서 서울 시내 수소 충전시설 조성이 시급하다고 보고 서울시의 행정동별 CAGR을 분석하였다. 그 결과, 215.4%의 가장 높은 평균성장률을 보이는 동작구와 246대의 가장 많은 수소차를 보유하고 있는 서초구 사이에 충전시설을 설치할 것을 제안하였다. 다만 수소차의 충전시간 단축과 수소의 제조 및 이용에 관한 기술 개발 여부가 충전 인프라 조성의 변수가 될 것으로 판단된다.

앞으로는, 해외 수소 도입 타당성 연구를 바탕으로 국내에서 수요 가능한 시나리오를 설정하고, 추후 해외 수입 수소 경로에 관한 연구를 추가적으로 진행하여 원활한 수소 수요가 이루어지도록 계획을 수립해야 할 것이다.

6.2 연구의 한계점

본 연구에서는 서울시를 한정으로 하여 공간적 범위의 한계가 있다. 또한 5년 치의 데이터만 활용하여 분석했다는 한계를 지닌다. 이 외에도 실제 행정동별 수소차 대수는 구입자 주소지 기준으로 진행한 것으로 판단되지만 실제 운행하는 지역은 다를 수 있을 것이다. 이와 더불어 수소차의 용도에 따라서 충전 패턴도 다를 것이지만 본 연구에서는 다루지 못하였다. 따라서 실현 가능한 수소차 충전시설 및 수요배관망 배치 최적화를 위해서는 국내 수소자동차 시장을 잘 반영한 시기별(단기, 중장기), 지역별(전국, 시군구 단위), 수소차 용도(승용차, 택시, 버스 등)에 따른 수소 수요량 예측이 필요한 만큼 향후 수소차 수요 예측을 정교화하기 위한 추가 연구가 진행되어야 한다.

사 사

이번 연구는 과학기술정보통신부의 지원을 받아 수행되었다. 과학기술정책 전문인력 양성 및 지원사업 (N2020-0295).

References

1. 외교부, 기후변화협상, 2015.
2. Gielen D, Gorini R, Wagner N, Leme R, Gutierrez L, Prakash G, Renner M Global energy transformation: a roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019.
3. 김정화. 수소경제 활성화 로드맵 달성에 따른 교통 부문의 대기오염원 저감 효과 분석. 한국수소 및 신에너지학회논문집. 31권 6호, pp.523-530, 2019.
4. 김수환, 류준형. 수소차 충전시설 최적 위치 선정을 위한 기계 학습 기반 방법론. Korean Chemical Engineering Research. Vol.58, no.4. pp.574-

- 579, 2020.
5. Shah S A A, Aziz W, Arif M, Nadeem M S A. 2015.
 6. 강부민, 강영택, 이상현, 김남석, 이경은, 박민주, 정창훈, 정대운, 창원수소차 충전시설의 수소 판매량 분석, 한국수소 및 신에너지학회논문집 Vol.28 No.4, pp.356-361, 2019.
 7. 강철구·빈미영·전소영, 「경기도의 수소차 보급 활성을 위한 충전인프라 구축방안 연구」, 경기연구원, 2019.
 8. 김봉진·국지훈·조상민, 지리정보시스템을 이용한 고속국도에서의 수소차 충전시설구축방안, 한국수소 및 신에너지학회논문집, pp.255-263, 2014.
 9. Brandon N P, Kurban Z, Clean energy and the hydrogen economy. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical. Physical and Engineering Sciences. 375(2098): 1-17, 2017.
 10. 서두현, 김태훈, 이광원, 최영은, Off-Site 패키지형 수소차 충전시설의 FTA 분석, 한국수소 및 신에너지학회논문집 Vol.31 No.1, pp.73-81, 2020.
 11. 한주옥, 수소차 충전시설의 수요공급 분석, 한국부동산법학회, Vol.31 No.1, pp.205-211, 2022.
 12. 오상영, 미래 수요시장의 예측 방법론, 한국디지털정책학회, 디지털융복합연구 제18권 2호, pp.205-211, 2020.
 13. 박지원, 허윤실, 강승규, “국내 LPG충전 시설 내 수소 융복합충전시설 구축가능 부지 연구”, 「한국수소 및 신에너지학회논문집」, Vol.28 No.6, pp.642-648, 한국수소 및 신에너지학회, 2017.
 14. 환경부, 2020년 수소연료전지차 보급 및 충전시설 설치사업 보조금 업무처리지침, 2019.
 15. Brey, J. J., Carazo, A. F., and Brey, R., Analysis of a hydrogen station roll-out strategy to introduce hydrogen vehicles in Andalusia, International Journal of Hydrogen Energy, 39(8), pp.4123-4130, 2014.
 16. Fuse, M., Noguchi, H., and Seya, H., Near-term location planning of hydrogen refueling stations in Yokohama City, International Journal of Hydrogen Energy, 46(23), pp.12272-12279, 2021.