

국내 LPG 충전소 내 수소 용·복합충전소 구축 가능 부지 연구

박지원 · 허윤실 · 강승규[†]

한국 가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Site to Build Hydrogen Multi Energy Filling Station in Domestic LPG Station

JIWON PARK, YUNSIL HUH, SEUNGKYU KANG[†]

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation, 1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong 27738, Korea

[†]Corresponding author :
skkang@kgs.or.kr

Received 27 September, 2017

Revised 21 November, 2017

Accepted 29 December, 2017

Abstract >> The use of fossil is causing enviromental all over the world. So hydrogen energy is attracting attention as one of the alternative. The government announced that 30% of the air pollution is because of the Internal Combustion Engine Vehicle. In addition, they plans to reduce Internal Combustion Engine Vehicles by 2030 and increase (electric vehicles, EV) or (fuel cell vehicle, FCV). The FCV is evaluated as a next-generation green car because it has a long driving distance and short charging time. However, the hydrogen industry is not able to expand due to the lack of refueling infrastrucutre. This paper predicts the site of hydrogen refueling stations for the expansion of the hydrogen industry and proposes a method to supply hydrogen multi energy filling stations.

Key words : Internal combustion engine vehicle(내연기관 자동차), EV(전기차), FCV(수소전기차), Hydrogen refueling station(수소충전소), Hydrogen multi energy filling station(수소용·복합충전소)

1. 서 론

화석연료의 사용으로 인한 산업혁명으로 생활 환경의 개선에 많은 영향을 미쳤으나 온실가스 배출로 인한 환경문제로 인해 에너지 소비구조 개선의 필요성을 실감하고 있다. 1973년 1차 석유위기를 계기로 국제에너지기구(IEA)가 수소 이행협정을 출범시켜 탈석유시대를 위한 논의가 시작되었다¹⁾. 해외 여러 국가에서는 태양광, 태

양열, 풍력, 수력, 지열, 조력 등 대체에너지원의 개발에 힘쓰고 있으며, 현재 에너지 밀도가 높고 운반 가능성 및 생산원료의 다양성과 친환경성을 갖추고 있는 수소에 대한 관심이 높아지고 있다²⁾. 수소는 화석연료인 메탄가스를 개질하거나 정유·제철 공장을 통한 부생수소 그리고 신재생 에너지를 통한 전기분해 등으로 생산이 가능하다. 생산된 수소는 연료전지를 통해 가정·산업 부분에서 에너지원으로 사용이 가능하다^{3,4)}. 또한

수송분야의 배출가스 저감을 위해 일본 등 여러 국가에서 수송용 연료전지 개발에 집중하고 있다. 수소전기차(fuel cell vehicle, FCV)는 긴 주행 거리와 편리한 충전 및 기존 전력부하에 부담이 없다는 점에서 내연기관차를 대체할 친환경차로 평가된다.

수소 경제활동이 활성화되고 있는 미국은 초저배기가스차(ultra low emission vehicle, ULEV)와 초초저배기가스차(super ultra low emission vehicle, SULEV)로 배기가스와 관련된 환경기준을 강화하고 2060년대에는 수소전기차가 시장의 약 30-50%를 점유할 것으로 보인다⁵⁾. 국내의 경우 수소전기차는 2040년에 6만대 이상에 이를것으로 전망되며⁶⁾ 이를 충족할 수 있는 충전소를 구축해야 할 것으로 보인다. 정부는 2016년 제10차 무역투자진흥회의에서 수소충전소(hydrogen refueling station, HRS)를 2020년까지 100기를 구축하기로 발표하였고 2030년 내연기관차 판매중지 결의안도 제출되었다. 그러나 대조적으로 현재 수소충전소 구축현황을 비추어 봤을 때 수소충전소 보급계획의 실현가능성은 미지수이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 충전소 인프라 확대를 위한 건설비용 축소 및 부지 확보에 있어 효율적이고 경제적인 인프라 구축방안이 필요할 것으로 보인다.

본 논문은 국내 수소 및 수소충전소 현황과 인프라확충 가능방안을 제시하고자 한다.

2. 수소에너지 현황과 전망

수소는 1차에너지원이 없는 국가에서도 생산이 가능한 에너지로써 에너지산업의 패러다임에 큰 변화를 가져올 것으로 보인다. 하지만 수소 기술을 확대함에 있어 세계 최초로 수소전기차 양산이 이뤄졌음에도 불구하고 인프라 확대와 자동차 확대 우선순위를 정하는 과정에서 여전히 혼란을 겪고 있다. 하지만 우리나라를 제외한 다른 나라에서는 충전소 보급을 우선적으로 확대해 나가고 있어 국내도 서둘러 충전소 인프라

를 구축해 나가고 있다.

2014년 기준으로 전 세계 182개소 수소스테이션이 가동 중에 있으며 2025년에는 약 3,000개소가 운영될 것으로 목표하고 있다⁶⁾. 미국은 2023년에 123개소, 유럽은 2020년까지 100개소, 일본은 2025년까지 320개소의 수소스테이션 구축을 목표로 하고 있다⁷⁾. 이처럼 각국에서 수소에 대한 관심과 투자가 이어지고 있고 수소에 대한 기술력이 앞으로 더 발전된다면 인프라 보급 및 파급력은 더욱 높아질 것으로 판단된다.

2.1 수소충전소 형태

현재 국내 수소충전소는 단독, 병설, 복합, 융합충전소 형태로 분류된다. 단독충전소는 수소충전소를 단독으로 운영하는 것을 말하며 병설은 도로경계를 두고 수소충전소와 다른 에너지원의 충전소를 구축하는 형태를 의미한다. 또한 **복합충전소 및 융합충전소는 2016년에 산업통상자원부고시 제2016-130호 ‘용·복합 및 패키지형 자동차충전소 시설기준 등에 관한 특례기준(안)’을 제정하면서 이에 대한 용어를 정의하였고** 내용은 다음과 같다. 기존의 CNG(압축천연가스) 또는 LPG(액화석유가스) 등과 같은 다른 에너지원의 충전소와 수소충전소를 하나의 사업소로 설치·운영을 하는 것을 복합충전소, 제조식 수소충전소를 하나의 사업소 내에 설치·운영하는 것을 융합충전소라고 정의하였다. 이와 같이 4개 형태로 분류되며, **고시를 통해 융합 및 복합충전소 형태의 충전소 구축이 가능해지면서 정부주도 하에 수소충전소 인프라 보급을 빠르게 확대해 나갈 것으로 판단된다.**

2.2. 현 국내 수소충전소 보급 전략

전 세계적인 온실가스 규제에 인하여 친환경차 시장은 많은 관심을 끌고 있다. EU는 기업평균 온실가스 배출량을 2024년까지 95 g/km로 규

제 하였고⁸⁾ 미국(캘리포니아)은 무공해 자동차 판매비율을 2025년까지 22%로 확대할 계획에 있다⁹⁾. 국내 또한 2020년까지 신차의 30%를 친환경차로 보급하기로 발표하였다.

이처럼 친환경 정책의 일환으로 수소가 활용되고 있으며 수소전기차 보급 활성화를 위해 선제적인 충전인프라 확충을 추진 중에 있다. 국내는 2020년까지 충전소 100기를 구축하고 2025년까지 복합충전소 200개소를 조성할 계획이다. 접근성이 좋은 고속도로, 국도, 순환도로 등에 충전소를 구축하고 산업경쟁력을 확보하는 방향으로 나아가는 중이다. 현재 수소충전소는 22개소(‘17년 기준)가 설치되어 있으며 이들 중 절반은 운용 불가 상태이며 남은 외각 지역에 구축되어 있어 이러한 문제점들을 해소하기 위한 방안인 것으로 볼 수 있다(Table 1).

그 외에 국가보조사업을 통한 충전소 구축비

지원과 도로점용 허가, 위치제공 및 대국민 홍보를 통해 인프라를 구축하는데 있어 문제점으로 지목되었던 부지확보 문제와 국민의 인식개선을 해소하여 빠르게 인프라를 구축해 나아갈 계획을 갖고 있다.

2.3. 국내·외 충전소 보급전략 비교

앞서 국내 수소충전소에 대한 보급전략을 언급하였고 이를 바탕으로 타 국가들의 충전소 보급전략들을 비교하고자 한다. 이를 위해 보급전략을 크게 충전소 보급계획, 정책 지원, 규제개선 및 홍보 등으로 분류하였다.

첫 번째로 충전소 보급계획은 국내가 2020년 100기를 구축 계획을 발표하였고 일본은 160개소, 미국은 100개소를 목표로 하고 있다¹⁰⁾. 하지만 Table 2에 나타나 있는 것처럼 국내는 현재 구축되어 있는 충전소의 개수는 목표량에 30%도 도달하지 못한 상황이다.

두 번째로 앞에 언급한 문제점들을 해결하기 위해 정책지원들이 활발하게 이뤄지고 있다. 국고보조사업으로 정부 15억, 지자체 15억을 지원하여 수소충전소를 구축하고 있으며 일본 또한 ‘연료전지 자동차용 수소 공급 설비 설치 보조사업’으로 28억엔 상당의 보조금을 교부하고 있다. 일본은 보조금 교부를 받은 수소 스테이션은 일정한 수소 공급 능력과 세계적으로 통일된 충전 프로토콜에 입각한 설계가 이루어지고 있다. 때문에 실증 단계는 아니라고 판단하고 상용 스테이션이라고 불리고 있으며 아직 실증 사업 형태로 진행되고 있는 국내와 차이를 보이고 있다. 이와 다른

Table 1. HRS status in Korea

No.	City	Pressure	Supply System
1	SongDo	35 (Mpa)	Tube trailer
2	YongIn	70	Reforming (LNG)
3	HwaSeong	70	Tube trailer
4	HwaSeong	70	Tube trailer
5	HwaSeong	70	Tube trailer
6	YangJae	70	Tube trailer
7	SangAm	70	Reforming (landfill gas)
8	MaeAm	70	Tube trailer
9	JinGok	70	Tube trailer
10	NaePo	70	Tube trailer
11	ChangWon	70	Tube trailer

Table 2. Plan and Status of HRS

	Plan to expand HRS(2020)	Number of HRS	Location of HRS	City for expanding supply of HRS
Korea	100	22	Suburb	4 cities
Japan	160	91	Downtown area	23 prefecture
USA	123 (2023)	68		California
Germany	400 (2023)	33		3 states, 2 cities

형태로 미국과 유럽은 Special Purpose Company (SPC)의 펀딩과 국가의 보조금을 통해 수소충전소를 지원하는 형태로 수소충전소를 확대하고 있다.

세 번째 수소충전소 인프라 확대를 위한 규제 개선에 있어 국내는 일본을 많이 비슷한 점을 보이고 있다. 국내는 수소충전소 건립시 해당되는 고압가스 안전관리법 시행규칙과 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행규칙 등을 특례를 통해 규제를 완화하였다. 하나의 사업소 내에 다수의 에너지원 충전 가능, 도로와의 경계, 1종 보호 시설과의 이격거리, 사업소 경계면까지의 거리 등이 방호벽을 통해 부지확보에 대한 어려움을 해소하게 되는 내용이다. 일본도 국내와 마찬가지로 2014년에 방호벽을 활용해 기준개정을 마련하고 매뉴얼 등을 작성해 충전소 구축에 있어 규제로 인한 충전소 확대 난항들을 해소하고 현재는 사고방지를 위한 기준들에 시선을 두고 있다.

마지막으로 홍보이다. 국내는 대북관계가 악화됨에 따라 수소에 대한 인식이 부정적이다. 그에 대한 인식 개선을 위해 대국민 홍보를 하는 정책들을 추진 중에 있으며 일본을 포함한 다른 국가들은 수소에 대한 홍보는 이미 마친 상태이다¹¹⁾.

3. 수소충전소 확대 방안

국내는 지역별 특성을 감안하여 충전소를 구축해 나가고 있다. 하지만 외각에 위치해 있어 접근성이 용이하지 못하다. 상반되게도 해외 국가들은 도심지역에 많이 위치해있다.

미국은 캘리포니아주를 중심으로 확대를 해나가고 있고 일본은 214개의 지자체 중심으로 수소충전소를 확대해 나가고 있다. 두 국가의 공통점은 인프라를 보급하는데 있어 용·복합충전소가 가능한 부지에 대해서 조사를 먼저 실시하고 보급된 충전소가 할당할 수 있는 반경을 예측하여 앞으로의 충전소 보급계획을 제정하고 있다. 계획에 맞춰 설치된 충전소들은 현재는 정비 계획을 추진 중에 있다. 이와 같이 국내도 충전소 구

축 가능 부지를 조사하고 배치 계획을 실시하여 권역별 수소자동차 충당 범위 조사가 필요할 것으로 판단된다.

3.1 충전소 부지 면적

수소충전소 구축에 있어 부지확보에 대한 어려움이 있었으나 특례기준이 제정되면서 해소되었다고 볼 수 있다. 수소충전소 구축시 991-1,322 m²이 요구되며¹²⁾ 충전소 도심지역일 경우 부지를 확보하는 데 어려움이 있다.

기존 저장식 수소자동차 충전 시설 기준에 따라 1종 보호시설과의 거리는 17 m, 사업소 경계면과의 거리는 10 m, 도로와의 경계는 5 m를 반드시 이격해야만 한다. 특례기준은 상기 기준들을 두께 12 cm 이상의 철근 콘크리트 또는 이와 같은 강

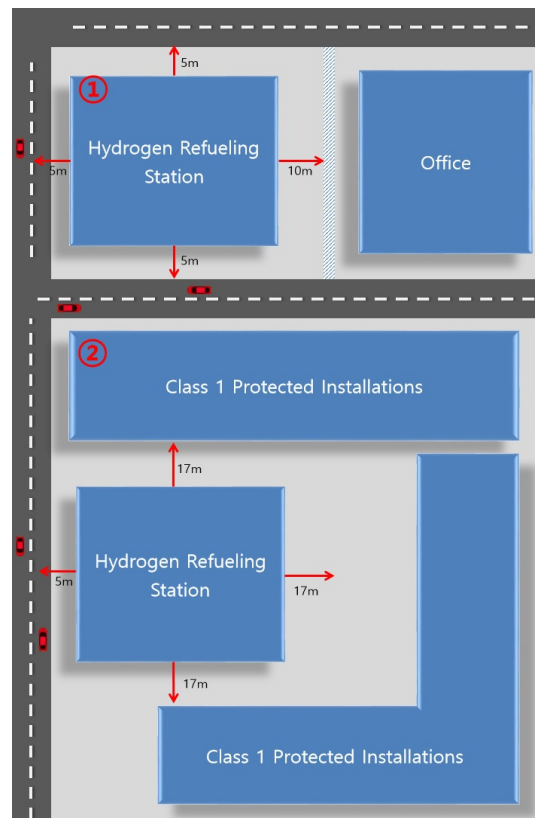


Fig. 1. Prediction of HRS

도의 방호벽을 통해 이격거리를 유지하지 않을 수 있도록 재정되었다. 이를 통해서 부지면적 축소가 가능하게 되었으며 이에 따른 축소된 면적에 대해 분석하였다.

충전소는 차도 측에 구축될 것이며 반드시 도로 경계까지의 거리 5 m는 유지해야 한다. Fig. 1 ①와 같이 3면이 도로인 충전소가 있다고 가정하였을 때 각면이 5 m의 거리를 유지하여야 하며 뒤편은 사업소 경계면과의 거리 10 m를 유지해야 할 때 최소의 부지 면적이 된다고 볼 수 있다. 또한 Fig. 1 ②와 같이 차도를 정면에 두고 3면이 1층 보호시설로 둘러싸인 형태는 부지를 최대한 필요로 하는 형태라고 볼 수 있다. Fig. 2와 같이 국내 설치된 수소충전소 평균 면적 약 660 m²를 기준으로 부지로 인해 늘어난 면적은 최소 면적은 792 m², 최대 면적은 2,186 m²이다. 이 면적들은 방호벽 설치를 통해 축소 가능한 면적으로도 볼 수 있다.

향후 수소 저장시설 및 처리시설들의 기술이 발달되고 시설들에 대한 면적들은 축소될 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 사고에 대한 안전성을 확보하기 위해서는 이격거리 기준을 준수해야 한다. 따라서 주변시설의 형태들을 파악하고 그에 맞는 부지를 선정하는 것은 수소충전소 구축을 확대해 나가는 데 있어 분석해야 할 조건들로 판단된다.

3.2. 용·복합충전소 가능 부지 예측

충전소는 크게 디스펜서, 압축기, 저장용기, 기계실, 전기실로 나눌 수 있다. 구축시 5개의 배치는 크게 변하지 않는다. 이를 바탕으로 Fig. 2와 같이 수소충전소의 배치도를 Fig. 3처럼 각 지도의 척도에 맞게 대입하여 충전소 건립이 가능한 부지를 조사하였다. 전국 약 1,900개소의 LPG 충전소와 16,000개소의 주유소가 구축되어 있다. **하지만 아직 주유시설과의 용·복합충전소 사례가 없어 이를 제외한 LPG 충전소와의 구축 가능한 부지**를 Fig. 2와 같이 도면을 도식화하여 지도

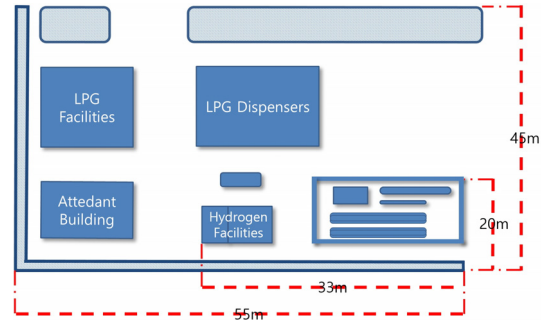


Fig. 2. Hydrogen multi energy filling station layout



Fig. 3. Example of hydrogen multi energy filling station site research

에 척도에 맞춰 대입하였다.

국내 LPG 충전소는 2016년 가스안전공사 등록 기준 1,900개소이며 1,500 m² 이하의 충전소는 용·복합충전소 형태로 구축이 불가능하다고 판단되어 899개소의 충전소들을 통해 조사를 진행하였다. 이 중 설비간 방호벽을 설치할 수 있는 최소한의 이격거리를 포함하여 약 800 m²를 병설할 수 있는 충전소는 349개소로 조사되었고 도심지역(광역시) 내에 용·복합충전소 구축이 가능한 곳 또한 조사를 실시하였다.

앞서 언급하였던 내용과 같이 국내 수소충전소는 외곽에 편중되어 있다는 단점을 갖고 있으므로 도심 내에 수소충전소 구축이 가능한 곳 위주로 조사하였다. 광역시내 LPG 충전소는 415개소이며, 그중 1,500 m² 이하의 LPG 충전소와 수소충전소 800 m²가 들어 올 수 있을 만한 곳을 선정하였을 때 66개소로 축소되게 된다. 이 중에서도 방호벽을 설치하여 최소한의 이격거리를 유

Table 3. Possible site for Hdrogen multi energy filling station construction

	Seoul	Daejeon	Daegu	Busan	Ulsan	Incheon	Gwangju	Sum
Total number	11	1	5	12	20	17	-	66
Possible	3	-	2	-	4	7	-	16
Potential	3	1	3	7	7	9	-	30
Impossible	5	-	-	5	9	1	-	20

지하여 융복합 형태로 구축이 가능한 LPG 충전소를 조사하기 위해 위성지도에 도식화된 도면을 각각에 충전소에 대입하였다.

Table 3과 같이 수소충전소 설치 가능한 곳은 possible, 세차장 및 주차장 등으로 인해 부지가 부족하지만 해결 가능성이 있는 곳은 potential, 전혀 불가능한 부지는 impossible로 구분하여 조사하였다. 수소충전소를 바로 구축이 가능한 부지를 갖고 있는 곳은 16개소, 부지 활용 등을 통해 구축 가능성을 갖고 있는 충전소는 30개소로 조사되었다.

이와 같은 방식을 활용하여 미국은 캘리포니아주 내에 있는 174개의 주유소들을 조사하여 분석을 하여 제시한 사례가 있다. 국내 또한 설치 부지 계산을 통해 충전소를 보급해 나가는데 있어 지역별 구체적인 보급전략을 세워나가야 할 것으로 판단되며 이는 그에 필요한 계산방법 중 하나인 것으로 사료된다.

3.3 패키지형 충전소 및 복층형 수소충전소

융·복합충전소뿐만 아니라 부지 면적을 축소하고 구축 비용을 축소할 수 있는 방안으로 복층형 수소충전소와 패키지형 수소충전소도 고려해 볼 사항이다. 복층형 충전소는 다른 에너지원의 충전소 캐노피 위에 저장, 처리 설비들을 설치하여 부지의 면적을 축소할 수 있는 방안 중 하나이다.

고압가스안전관리법 시행규칙 별표5에 따라 충전소는 지상에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 하지만 김해시와 인천시에 복층형으로 CNG 충전소를 구축한 사례가 있다. CNG 충전소 또한 도법

시행규칙 별표6의 2에 따라 지상에 설치하는 것을 원칙으로 하나 지상에 설치하는 것과 동등 이상의 안정성을 확보하였다고 판단하여 구축이 가능하였던 것으로 보인다. 미국 캘리포니아에 주유소와 융·복합 형태로 구축을 하여 수소 처리시설을 복층형으로 구축한 사례가 있는 만큼 국내에서도 고려해 볼 수 있는 방법 중 하나라고 판단된다.

다음으로 패키지형 수소충전소는 해외에서 개발되어 수출 진행 중에 있는 기술로 모든 설비가 컨테이너 안에 설치된 형태이다. 이러한 형태의 충전소는 고법 시행규칙 별표5에 따라 가스설비와 충전설비 사이에 12 cm의 콘크리트 방호벽을 설치해야만 한다. 하지만 이와 동등한 구조물을 설치하게 되면 패키지 형태의 충전소를 설치할 수 있게 된다. 패키지형 충전소는 일반 충전소에 비해 충전 용량은 적으나 초기 보급단계에 활용하기 좋은 방법 중 하나이다.

수소충전소는 현재 초기 보급단계로 수용성이 많이 떨어진다. 도심지역 위주로 인프라를 확대함으로써 수용성을 높일 수 있으나 구축할 수 있는 부지가 부족하다. 복층형과 패키지형 수소충전소를 활용해 접근성이 높은 도심지역에 인프라를 확대해 나간다면 운용수익 증대를 통한 수소 산업의 활성화를 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문은 국내 수소 인프라를 확대하는 데 있어서 가능한 충전소 부지 조사를 실시하였다. 인프라 확대에 있어서 충전소 구축 가능한 부지를 조사하는 것은 해외에서 이미 선행적으로 진행

해 왔던 사례들이다. 국내 또한 부지 활용을 최대한으로 할 수 있는 용·복합충전소 구축이 가능한 부지 조사들을 통해 인프라 확대 계획을 구체적으로 실행할 필요가 있다.

해외와 다르게 국내는 도심에 충전소가 없다는 단점을 해결하기 위해 용·복합충전소 가능 부지에 대한 조사를 하였다. 기준 개선을 통해 용·복합충전소 구축시 최소 792 m², 최대 2,186 m²의 부지 면적이 축소되었으나 광역시 LPG 충전소 415개소 중 가능 부지로 선정된 곳은 66곳이었다. 도심지역에 구축이 가능한 부지는 총 16개소로 그리 많지 않은 것으로 조사되었다. 방호벽을 통해 수소충전소의 이격거리를 최소화하였음에도 불구하고 도심지역에 수소 용·복합충전소를 빠르게 확대해 나가는 것은 어려울 것으로 보인다. 따라서 부지 면적을 최소화할 수 있는 복층형태의 충전소와 패키지형 수소충전소들을 도입하여 수소충전소 인프라를 빠르게 확대해 나가는 것이 필요할 것으로 사료된다.

수소 기술력 발달로 인한 충전소 용량 증대 및 가격이 절감되는 것은 단기적으로 실행 가능성이 있는 과제들은 아니다. 그러므로 개선된 기준을 통해 부지 비용들을 예측하여 충전소 구축비용을 최소화해야 할 것이다. 국내는 수소 산업 육성을 위해 규제 개선 및 실증연구를 진행하고 있으나 현재까지의 개선사항으로는 2020년 100기의 수소충전소 구축 목표를 수행하기에는 쉽지 않을 것으로 예측되고 있다.

본 연구는 수소 인프라 확대를 위한 선진화된 모델을 제시하고 그에 따른 충전소 구축 가능 부지 예측을 통해 수소충전소 확대 목표에 방향성을 제시할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 에너지

기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 ‘수소 용·복합 스테이션 위험성 평가 및 연구’ 과제의 일환으로 수행되었다(NO.20162220100180).

References

1. E. L. Miller, "IEA-HIA Task 26 research and development progress in renewable hydrogen production through photoelectrochemical water splitting", *Energy Procedia*, Vol. 29, 2007, pp. 438-444.
2. K. S. Hun, "Analysis of the World Energy Status and Hydrogen Energy Technology R&D of Foreign Countries", *Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society*, Vol. 18, No. 2, 2007, pp. 216-223.
3. H. S. Choi, "Optimization of Reaction Conditions for the High Purity Hydrogen Production Process Using By-Product Gases in Steel Work", *Trans. of the Korean Hydrogen and New Energy Society*, Vol. 27, No. 6, 2016, pp. 621-627.
4. Z. Sharaf, "An Overview of fuel cell technology: Fundamentals and Applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 32, 2014, pp. 810-853.
5. S. Zhao, "Study on the Mercury emission and transformation in an Ultra-low Emission Coal-fired Power Plant", *The Science and Technology of Fuel and Energy*, Vol. 199, 2017, pp. 653-661.
6. Korea Energy Agency, "2016 New & Renewable Energy White Paper".
7. J. Sakamoto, "Leakage-type-based Analysis of Accidents Involving Hydrogen Fueling Stations in Japan and USA", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 41, 2016, pp. 2156-21570.
8. A. Emrani, "Improving Multi-Voltage Electrical System Performance with Smart Step-Down Converters", *SAE Technical Paper*, 2017-01-1668.
9. J. Linn, "The Role of State Policies Under Federal Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards", *Resource for the Future*, 2017.
10. O. Ehret, "Hydrogen as a fuel and energy storage: Success factors for the German Energiewende", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 40, 2015, pp. 5526-5533.
11. NEDO, "Hydrogen Energy White Paper".
12. Kiat, "Possibility of Growth and Development of Hydrogen Industry Opening New Energy Age".