

## 국내 수소스테이션과 수소연료전지차의 모니터링 현황

\*이 영철<sup>1)</sup>, 이 중성, 한 정옥, 박 달영, 최 정환, 김 재동, 조 영아, 전 상희, 홍 성호

### Current Progress of Monitoring of Hydrogen Refueling Station and Hydrogen Fuel Cell Vehicle in Korea

\*Youngchul Lee, Jeungung Lee, Jeongok Han, Dallyoung Park, Chunghwan Choi, Jaedong Kim, Youngah Cho, Sanghee Jeon, Sungho Hong

**Abstract** : 수소에너지의 무궁한 가능성 때문에 관련 기술은 미래 국가 경쟁력을 좌우할 것이며, 이러한 수소에너지의 핵심으로 수소제조공정 및 수소스테이션 관련 기술은 국가연료전지 시장을 비롯한 수소연료전지자동차 산업 전반에 커다란 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 그러므로 세계 각국은 수소에너지를 미래에너지원으로 개발하기 위하여 대규모로 기술개발 및 실증연구를 실시하고 있으며, 주로 수소연료전지자동차 개발과 아울러 수소스테이션 개발에 대한 인프라 구축에 대해 이루어지고 있다. 국내에서도 국가주도로 수소스테이션 건설이 이루어지고 있으며, 본 연구에서는 수소연료전지자동차를 이용하여 수소인프라와의 모니터링에 대한 현황에 대해 논의하고자 한다.

**Key words** : Hydrogen, Refueling station, Monitoring, Fuel cell vehicle, Generator, Dispenser,

#### subscript

LFG : land-fill gas  
CaFCP : California fuel cell partnership  
JHFC : Japan hydrogen fuel cell  
CUTE : clean urban transport for Europe  
ECTOS : ecological city transport system

### 1. 서론

수소에너지는 그 청정성과 미래에너지원으로서 주목을 받아왔지만 수소의 특성과 생산, 수송 및 저장에서의 특이성으로 인하여 이용에 제한을 받아왔다. 그러나 주요활용분야로서 수소연료전지 보급이 가시화됨에 따라 이러한 문제점을 해결하려는 노력들이 이루어지고 있어 친환경적인 수소가스에 대한 대규모 수요가 예상되고 있다. 현재까지 수소에너지의 주요 생산 방법으로는 천연가스, 석유, 석탄 및 중질잔사유 등의 화석연료와 바이오매스 등의 탄화수소를 이용한 스팀리포밍 등의 생산기술과 풍력, 태양열 및 원자력을 이용한 물분해 에 의한 수소제조기술, 생물 광분해, 광합성 및 발효성 박테리아에 의한 유기화합물 광

분해, 유기화합물 발효 등에 의한 생물학적 수소 생산기술 등으로 구분할 수 있다. 이들 수소생산 기술 중 최근의 고유가 및 환경문제와 관련하여 이산화탄소 발생이 없는 풍력, 태양열 및 원자력을 이용한 물분해 수소제조기술 등과 같은 대체에너지 이용기술에 대한 연구가 진행되고 있으나, 기술의 특성상 에너지 공급이 한계가 있기 때문에 아직까지 경제성 확보가 어려우며 상용화를 위한 기술개발 노력과 시간이 요구되고 있다. 반면, 화석연료를 이용한 수소생산기술은 천연가스, 나프타 및 액화석유가스(LPG)와 같은 고급탄화수소 연료를 이용한 개질과 석탄, 중질잔사유, 폐기물 및 바이오매스와 같은 저급 탄화수소 연료의 가스화를 통한 방법 등 많은 방법이 있다. 이와 같은 기술들은 수소제조를 위한 주반응기 이외에 탈황, CO2 분리공정, 수성가스 전환반응기(water-shift reactor), H2 분리 및 정제 등 추가적이고 복잡한 공정이 필수적으로 요구된다.<sup>1)</sup>

또한 전세계 수송에너지의 소비는 전체에너지 소비의 약 40%를 소비하고 있다. 따라서 이러한

1) 한국가스공사 연구개발원  
E-mail : leeyc1@kogas.or.kr  
Tel : (031)400-7490 Fax : (031)406-1495

수송에너지의 사용에 따른 SOx, NOx 등 대기오염 배출물질의 감소를 위한 친환경 에너지 시스템이 요구되고 있다. 이에 대한 수소에너지의 사용이 대안으로서 제기되고 있으며, 특히 수소연료전지 자동차와 수소인프라인 수소스테이션의 조합이 가장 이상적인 수소연료전지시스템으로 거론되고 있다. 수소스테이션은 외형상으로 일반 주유소와 같으나 수소연료전지자동차에 수소를 주입하도록 구성되어 있다. 수소스테이션의 구분으로는 현지에서 수소를 제조하는 방식(on-site)과 외부에서 수소를 제조하여 트레일러 또는 배관으로 수송하여 공급하는 방식(off-site)으로 구분하고 있다. 국내외에서는 그 특색에 따라 이 두가지 방식을 각각 채택하여 운영중에 있다.

## 2. 국 내외 수소스테이션 현황

2008년 10월 현재 전세계에서는 약 174개소의 수소스테이션이 운영중에 있고 60개소의 수소스테이션이 건설중에 있다. 가장 활발하게 수소스테이션 건설이 이루어졌던 미국, 독일, 일본 등 일부 선진국의 주도하에서 진행된 수소에너지 연구가 전세계 각국에서 앞 다투어 수행 중에 있으며, 현재는 이러한 수소자동차 관련 연구가 연구실 수준의 R&D단계를 넘어 실증단계로 들어섰음을 의미하는 것이기도 하다.<sup>2)</sup>

### 2.1 국외 수소스테이션 현황

미국의 경우 CaFCP(California Fuel Cell Partnership)에 의해 가장 활발히 실증 프로젝트가 진행되고 있으며, 자동차사, 에너지사 및 부품업체 등이 참여하여 미국 서부 캘리포니아를 중심으로 실증을 추진하고 있다. 2007년까지 2단계 사업이 진행되어 충전소 25개소와 연료전지자동차 175대로 실증을 실시하고 있다. 미국내의 다른 프로젝트로서는 DOE주관으로 진행되는 National Hydrogen Light Duty Program으로 자동차사와 에너지업체가 4개의 팀을 이루어 2009년까지 충전소 28개소와 연료전지차 128대로 실증을 실시하고 있다. 그 외 National Fuel Cell Bus Program이라는 실증도 2003년부터 진행되고 있다.

또한 미국 다음으로 활발히 실증이 이루어지는 나라는 일본으로서 JHFC(Japan Hydrogen Fuel Cell)프로젝트로서 충전소 12개소와 연료전지차 60대로 2006년부터 2단계 사업이 진행되고 있다.

그리고 유럽에서는 EC가 주관이 되어 진행된

CUTE(Clean Urban Transport for Europe)프로젝트로서 2005년도까지 9개 도시에서 약 27대의 버스로 실증을 실시하였다. 또한 그 2단계 사업으로 Hydrogen for Transport Program으로 2006년부터 2008년까지 버스, 승용차 및 소형운송차량 등 총 200대로 실증을 진행하였다. 그 외 유럽에서 진행 중인 실증 프로젝트 중에서 아이슬란드에서 진행된 ECTOS(Ecological City Transport System) 실증 등이 있다.

아시아에서는 이미 언급한 일본 이외에 총 8개국이 수소스테이션 실증을 실시하고 있으며, 그 가운데 중국이 활발하게 실증중에 있는데, 수소연료전지BUS 실용화 시범사업이라는 프로젝트를 통해 2004년부터 연료전지버스 12대로 북경과 상하이에서 5년동안 실증 사업을 진행하고 있다.<sup>1)</sup>

### 2.2 국내 수소스테이션 현황

2009년 6월 현재 국내에서 수소스테이션은 약 7개소가 운영중에 있으며, 3개소가 건설중에 있고 4개소가 건설 예정이다. 수소스테이션의 구축에 대한 정부의 의지는 강력하여 현재까지 정부주도로 수소스테이션 건설 및 실증에 많은 연구개발비를 투자하여 기술개발이 진행중에 있다. 가장 최초로 건설된 수소스테이션은 교육과학기술부의 고효율수소에너지 제조저장이용기술개발사업단에서 건설하고 운영중인 수소스테이션이다. 이 수소스테이션은 천연가스를 이용하여 직접 수소를 제조하는 방법을 채택하였으나, 인허가 등의 어려움으로 현재는 외부에서 수소를 가져다 공급하는 off-site(또는 truck-in)방식으로 운영중에 있다. 그 외에 지시경제부의 수소연료전지사업단에서 실시한 실증사업으로 건설된 3개소의 on-site 수소스테이션이 운영중에 있다. 그 중 하나는 한국가스공사에서 인천 LNG생산기지에 건설하고 운영중인 수소스테이션으로 천연가스를 사용하여 직접 수소를 제조하여 공급하는 on-site방식으로 운영중에 있다. 두 번째는 GS칼텍스에서 서울 연세대내에 건설하고 운영중인 수소스테이션으로 납사를 사용하여 수소를 제조하여 공급하는 on-site방식으로 운영중에 있다. 세 번째가 SK로서 대전연구소내에 건설하고 운영중인 수소스테이션으로 LPG를 이용하여 수소를 제조하여 공급하는 on-site방식을 운영하고 있다. 그리고 그 외 현대자동차 남양연구소와 마북연구소에 off-site방식으로 건설하여 운영중인 수소스테이션이 2개소가 있다. 또한 서울 흥릉 한국과학기술연구원내에 건설하여 운영중인 이동식 수소스테이션 1개소를 포

함하여 총 7개소의 수소스테이션이 운영되고 있다. 그 중 3개소의 on-site 방식과 4개소의 off-site 방식이 운영중에 있는 것이다.

또한 실증사업에서 건설된 수소스테이션 외에 2006년 7월부터 현대기아차(주) 주관으로 실시되고 있는 ‘수소연료전지자동차 모니터링 사업’으로 국내에서 앞으로 2개소의 수소스테이션이 건설중에 있으며 1개소가 건설 계획을 갖고 있다.

그 중 동덕산업가스(2009년 9월 현재 가동)에서 울산에 건설중인 off-site방식의 수소스테이션과 SPG산업(2009년 8월 현재 가동)이 여수에 건설중인 off-site방식의 수소스테이션이 있다. 그리고 제주도에 건설예정인 풍력을 이용한 수전해방식의 수소스테이션이 있다. 이와는 별도로 지자체인 서울시에서 상암동 월드컵 경기장 주변에 LFG(Land-Fill Gas)를 이용한 수소스테이션을 건설중에 있다. 모든 수소스테이션이 건설이 완료되면 국내에 운영이 될 예정인 수소스테이션은 모두 11개소가 된다. 이렇게 국내에서도 수소인프라 구축을 위해 각계에서 많은 노력이 이루어지고 있다.



Fig. 1 current progress of hydrogen refueling station in Korea

### 3. 수소스테이션 운전 및 충전

수소스테이션의 단위공정 구성은 고효율 수소 생산을 위한 리포머 시스템, 수소분리용 PSA 그리고 고압 압축, 저장 및 충전(dispenser) 시스템으로 구성되어 있다. 수소스테이션의 규모는 대략 약 20 ~ 100Nm<sup>3</sup>/hr급의 용량으로 일일 수소연료전지버스 1-3대 정도와 수소연료전지자동차 약 20-30대정도를 충전할 수 있는 규모로 결정하고 있다. 따라서 현재 국내에서는 결정된 용량으로는 30Nm<sup>3</sup>/hr 급의 수소스테이션이며 수소연료전지 자동차에 35MPa로 충전이 가능하며, 저장장치의 용량은 70-123kg으로 구성되어 있다. 그러나 향후

경제성 확보를 위해서는 on-site 형태의 수소스테이션의 생산량을 증대시켜야 할 것으로 사료된다.

수소스테이션 설치 부지를 선정하는데 있어서 관련법규는 2005년 4월 14일에 제정된 “수소자동차 연구개발용 수소 자동차충전소의 시설기준 및 기술기준 등에 관한 특례기준”의 제 4장에 있는 “고정식자동차충전소에 관한 시설기준 및 기술기준”에 명시된 고압가스안전관리법 시행규칙에 의거해서 건설되고 있다. 물론 설치 장소에 대한 안전성 평가를 실시하여 주위에 설치된 또는 설치될 설비에 대한 안전여부를 판단하는 평가를 실시하여야 한다.

KOGAS 수소스테이션은 크게 3부분으로 구분할 수가 있다. 첫 번째는 천연가스와 물이 들어가 수소와 일산화탄소 등의 합성가스로 개질하여 고순도 수소가스로 분리하는 Pressure Swing Adsorption(PSA)으로 이루어진 수소제조장치부, 그리고 고순도 수소 가스를 45MPa까지 저장하는 저장장치와 수소연료전지자동차에 35MPa로 수소가스를 주입하는 디스펜서로 이루어져 있다. 이때 저장된 고순도 수소가스의 규격은 캘리포니아 연료전지 파트너쉽(CaFCP)에 의거하여 최소 99.995% 이상이 되어야 하고, 일산화탄소의 함량은 최대 1ppm이하로 관리되어야 하며, 황(S) 성분은 최대 50ppb이하로 관리되어야 한다. 수소저장은 저장시 3단의 캐시캐드 타입으로 고순도 수소가스를 저장하여야 한다. 그리고 고압의 수소 저장탱크에서 수소연료전지자동차에 공급하는 디스펜서의 경우에는 자동차와 상호 커뮤니케이션이 될 때와 그렇지 않을 때에 각각 충전이 되어야 하고 충전속도는 서로 다르게 관리되어야 한다.<sup>3)4)</sup>

### 4. 모니터링 사업 현황

다른 한편으로 수소경제사회 실현을 위한 수소 인프라 이외에 수소연료전지자동차의 확보방안을 위한 노력도 적극적으로 이루어지고 있는데, 2009년 10월 현재 수소연료전지자동차 모니터링 사업에서 버스 4대 포함 연료전지차 30대 등 총 34대가 수소스테이션 운영업체들과 관련 지자체에 의해 운영중이다.

우리나라를 비롯해 미국과 일본 등 자동차 선진국들은 수소자동차 개발에 경쟁적으로 참여해 생산비용 절감을 통해 경제성을 확보하려고 노력하고 있으며 이르면 2015-2020년께 상용화될 수 있을 것이란 전망이 나오고 있다.<sup>5)6)</sup> 하지만 수소 연료탱크 개발과 인프라로 대변되는 수소스테이션

의 설치 등 상용화까지는 숭한 난관이 도사리고 있다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부에서 주관하며 한국에너지기술평가원에서 실시하는 수소연료전지자동차 모니터링 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## References

- [1] Kothari R, Buddhi D, Sawhney, R.L., 2004 Source and Technology for Hydrogen Production: a Review. Int. J. Global Energy Issues ;Vol.21;No.1/2:154-178
- [2] <http://www.fuelcell.org/info>, '08.10
- [3] Julia A, Valle F, Dominguez J, Wolff, G., 2004, The Hydrogen Refuelling Plant in Madrid: 2004 International Gas Research and Conference, November 1-4, Vancouver, Canada. Association Publishers.
- [4] Takumi T, Takaaki A, Toyokazu T, Takayuki A., 2004, Development of Compact Hydrogen Production Systems: 2004 International Gas Research and Conference, November 1-4, Vancouver, Canada. Association Publishers.
- [5] Joan M. Ogden, 1999, Developing an Infrastructure for Hydrogen Vehicles : a Southern California case study, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.24, 709-730.
- [6] J.O'M. Bockris, 1999, Hydrogen Economy in the Future, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.24, 1-15.