

수소 충전소

서 동 주

한국에너지기술연구원 수소 제조·저장 연구센터(djseo@kier.re.kr)

윤 왕 래

한국에너지기술연구원 수소 제조·저장 연구센터

수소 충전소는 연료전지 자동차의 운영을 위한 수소 공급 인프라로서 현재 구축되어 있는 대부분의 실증용 수소 충전소는 압축 수소 방식의 저장법을 사용하고 있다. 수소 충전소의 종류는 수소 제조 방식에 의해 구분할 수 있으며 현장에서 수소를 생산하는 현장 생산 방식(on-site production type)과 원격지에서 생산된 수소를 수송하여 공급하는 방식(off-side production type)의 두 가지로 구분할 수 있다. 이러한 수소 제조 방식은 운영하는 수소충전소의 목적에 따라 선택하고 있으며 수소 제조 기술 개발 및 수소 공급 인프라 실증을 위한 수소 충전소는 전자의 방식을 주로 사용하고 있고 연료전지 자동차 실증 운행 및 모니터링에 중점을 두는 수소 충전소는 후자의 방식을 사용하고 있다.

수소 생산 방식에 따른 수소 충전 인프라 전망

수소 충전 인프라는 초기 진입단계에 있어서는 분산형의 소형(시간당 20~100 Nm³/h) 수소충전소(액체수소, 압축수소, 화석연료의 개질, 물분해) 기술이 주가 될 것이지만 성숙단계에서는 수소 분배를 위한 인프라 구축과 더불어 대형(시간당 10,000~100,000 Nm³/h)의 중앙집중식 수소충전소가 필요하게 될 것

이다. 기존의 휘발유 주유소와 같은 소형 수소충전소는 소용량 생산 규모이므로 자체 생산 및 현장주유가 가능하므로 분배를 위한 수송 인프라가 필요 없다. 반면 중앙집중식의 대형 수소생산설비는 수송 및 분배 거리가 매우 중요한 비용요소가 되며 파이프라인 혹은 고압 및 액상수소 수송용 트럭, 튜브트레일러, 바지선, 철도 운송과 같은 인프라 시설을 필요로 한다.

일반적인 수소공급 시나리오는 수소경제 진입 초기단계에 있어서는 분산형의 소형 수소생산시스템(부생수소, 천연가스 개질, 물전기분해)이, 보급/확산 단계에서는 중앙 집중형의 대형 수소생산설비(천연가스, 석탄, 바이오메스)가 그리고 점차적으로 신재생에너지원을 이용한 물분해기술 - 광화학 및 광합성 미생물을 이용한 기술 - 고온의 원자력 폐열 및 태양열을 이용한 열화학적 물분해 기술 등이 보급될 것으로 전망되고 있다.

수소 충전소의 주요 구성요소

수소충전소의 기본적인 구성은 수소발생장치, 고순도 수소 분리시스템, 고압압축기(400 기압 이상), 고압 저장조 및 주유시스템(dispenser) 그리고 동력발생기 등 6가지 가운데 일부의 조합으로 이루어진다.



실증 보급 단계
2010년

시장 도입 단계
2020년

보급 확산 단계
2030년

생산 방식



소규모 현장 생산
20~100 Nm³/h



대규모 중앙집중 생산
10,000~100,000 Nm³/h



신재생 에너지
전기 열 원자력

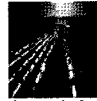


생물학적 물분해
광화학적 물분해

운반 방식



압축수소 트레일러
3~300 kg/day



압축수소 파이프라인
10~10,000 kg/day

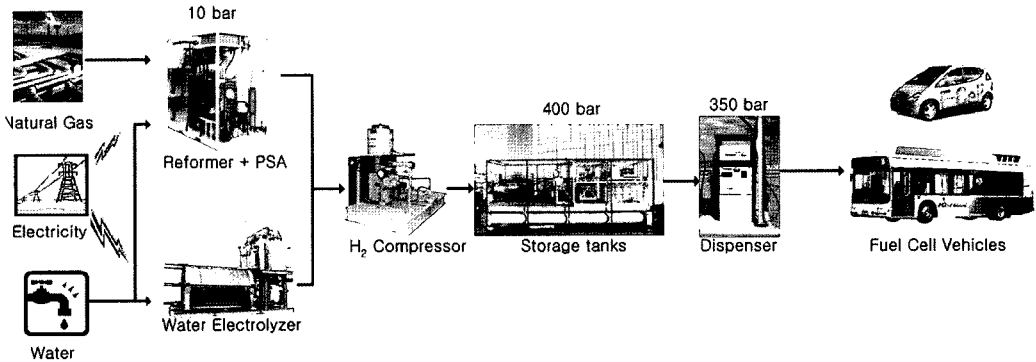


액화수소 트레일러
10~3,000 kg/day



액화수소 파이프라인
10~10,000 kg/day

[그림 1] 단계별 수소 인프라 보급 전망



[그림 2] 현장 생산 방식 수소충전소 구성요소

수소경제 진입 초기에 공급 가능한 현장 생산 방식 수소제조 방식은 화석연료의 개질 기술과 물 전기분해 기술이 적용될 수 있다. 전자는 고순도 수소발생 장치로서 수소생산용 개질기 및 고순도 분리장치를 후자는 전기분해조가 필요하며 후단의 고압압축, 저장 및 주유시스템 구성은 동일하다.

수소 충전소 국내 구축 현황

- 현대 자동차 수소 충전소 : 현대 자동차는 2001년 5월 경기도 화성의 남양 연구소 내 정치형 수소 충전소를 구축하였다. 본 수소충전소는 고순도 수소를 400 bar로 압축 저장하고 350 bar로 연료전지

차량에 충전 가능한 시스템이다. 수소 72 Liter 충전 시 15분이 소요된다. 2005년에는 이동식 수소충전소 설비 구축을 완료하고 인허가 작업을 진행하였다. 이동식 수소충전소도 충전압력은 350 bar이며, 충전용량은 40대/일의 규모이다.

현대 자동차는 용인시 마북 지역의 환경기술 연구소 내에 700 bar 수소충전소를 건설 예정이며 연료전지 버스와 연계 운영을 계획 중이다¹⁾.

• **KIER 수소 충전소** : 한국에너지기술연구원 내에 설치된 KIER 수소 충전소는 수소에너지사업단의 지원으로 2003년 10월부터 2006년 3월까지의 1단계 기술개발 사업에 의해 설치되었으며, 2006년 8월 25일 준공식을 개최하였다. KIER 수소 충전소는 천연가스 수증기 개질 방식의 수소 제조 장치를 이용하여 현장에서 수소를 제조하는 현장 생산형 수소 충전소에 해당한다. 2006년 4월부터 개시된 2단계 사업에서는 천연가스 수증기 개질 방식의 20 Nm³/h급 고순도 수소 제조 장치 국산화 기술개발이 진행 중이다. 한국에너지기술연구원은 자체 개발된 고분자연료전지 시스템을 탑재한 근거리용 연료전지 차량과 소형 연료전지 버스를 이용하여

수소충전소와 연료전지 자동차를 연계 운영하고 있다.

• **한국가스공사 수소충전소** : 한국가스공사는 수소연료전지 사업단의 지원으로 30 Nm³/hr급 충전소 건설 및 실증 연구를 2004년 9월부터 진행하여 2006년에 가스연료를 이용한 수소 제조 장치를 포함한 수소 충전소 구성 설비를 인천 연구부 LNG 인수 기지 내 부지에 도입, 설치 완료하였고, 인허가 작업을 진행하였다. 2007년에는 수소충전소 실증 운전과 요소기술 개선을 목표로 하고 있으며 현대자동차 참여로 연료전지 자동차를 이용한 실증 테스트를 계획하고 있다²⁾.

• **GS 칼텍스(주) 수소충전소** : GS 칼텍스는 액체 원료를 이용한 수소충전소 건설 및 실증 연구를 수소연료전지 사업단의 지원으로 수행하고 있으며 납사 개질법을 이용한 수소 발생 장치를 수소 공급원으로 계획하고 있다. 2004년부터 입지 선정 및 수소 충전소 설계 작업을 거쳐 2007년에는 30 Nm³/hr급 수소 발생 장치, 수소 가압 장치 및 저장 설비 제작/설치 작업을 진행 중이며 향후 연료전지 자동차 시범 운전을 계획하고 있다. GS 칼텍스는 기술적인 측면 외에 수소경제 홍보효과를 극대화할 수 있는 서울 중심지인 서대문구 신촌동 도로변에 수소 충전소의 입지를 선정한 것이 특징이다³⁾.

• **SK(주) 수소충전소** : 앞서 소개한 한국가스공사, GS 칼텍스(주) 수소충전소와 마찬가지로 수소연료전지 사업단의 지원으로 구축되는 수소 충전소로서 SK는 수소 충전소 구축과 병행하여 수소 충전소 국산화 기술 개발을 진행하고 있다. 수소 제조 방식은 LPG를 이용한 30 Nm³/hr급 현장 생산 방식을 이용하게 되며 수소 제조 장치의 국산화 기술 개발을 위하여 수소충전소를 위한 개질 가스의 수소 분리/정제 요소 기술 개발(KIST), 촉매 연소형 reforming system 원천 기술 개발(KIER), 수소 충전소용 LPG 및 액체연료용 고성능 탈황 기술



[그림 3] KIER 수소 충전소 및 연료전지 자동차

1) "수소 충전소", 가스저널 2004 12 16.
 2) "30 Nm³/hr급 수소스테이션 건설 및 실증 연구", 수소연료전지 사업단 workshop 발표자료, pp. 45~51, 2007년 4월 19일 ~ 20일, 광주 김대중 컨벤션 센터
 3) "액체원료를 이용한 수소스테이션 건설 및 실증연구", 수소연료전지 사업단 workshop 발표자료, pp. 55~64, 2007년 4월 19일 ~ 20일, 광주 김대중 컨벤션 센터

개발(KRICT)을 국내 주요 관련 기관과 협동으로 연구하고 있다. 구축될 수소 충전소는 대전 SK 기술원내 건설 중이며 2007년 10월 준공 예정이다⁴⁾.

수소 충전소 국외 구축 현황

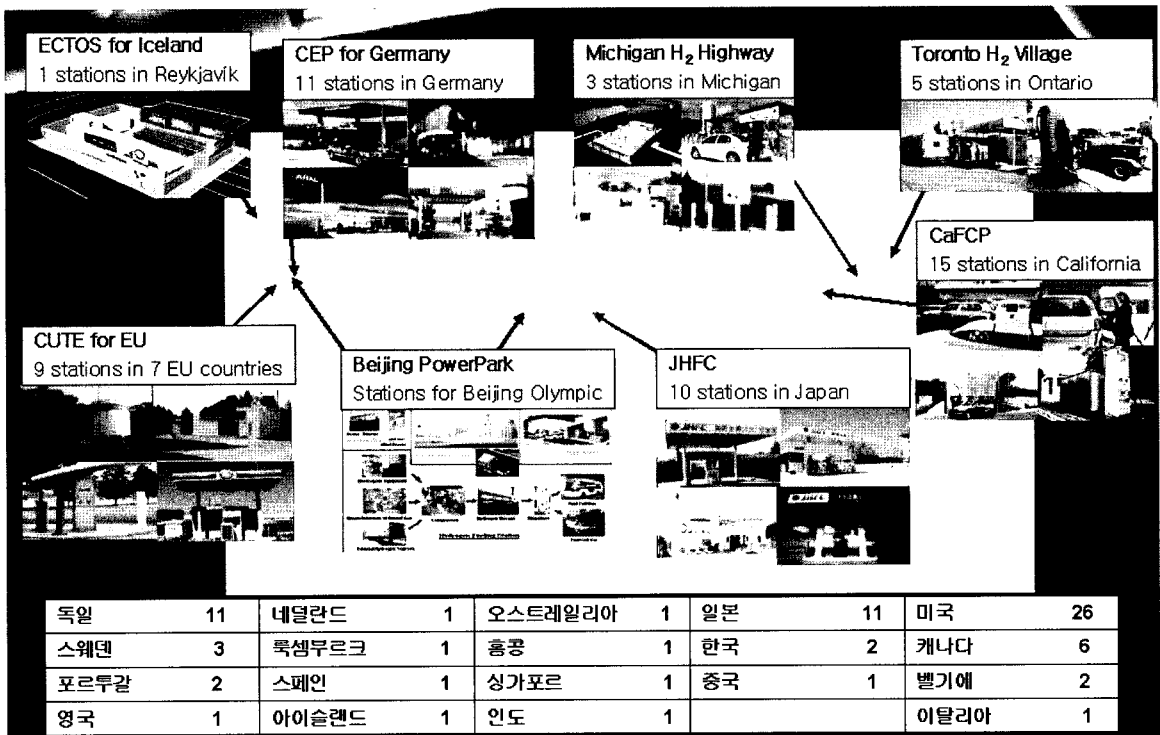
전세계적으로 2000년 이후 수소충전소의 구축이 활발한 상태이며 2005년 기준 국내의 수소충전소 구축 현황은 그림 4와 같다. 주요 수소 충전소 구축 및 실증 사업 현황을 일본, 미국, EU로 구분하면 다음과 같다.

- **일본** : 일본은 2020년의 연료전지 자동차(FCV) 본격 보급 단계까지 FCV 500만대, 수소스테이션 3500개소의 공격적인 보급 목표를 설정하고 Japan

Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project(이하 JHFC)을 2003년부터 2005년까지 수행하고 이 기간 동안 연료전지 자동차, 수소스테이션의 기반 정비와 기술실증 시험을 실시하였다⁵⁾.

JHFC는 일본 경제산업성 산하 (재)일본자동차연구소(JARI)의 연료전지자동차(FCV) 실증연구 부분과 (재)엔지니어링 진흥협회(ENAA)의 FCV용 수소 공급 설비 실증연구의 두 부분으로 구성되어 있다. 국가 보조액은 2003년 20억엔, 2004년 25억엔, 2005년 20억엔 규모였으며 당초 실증사업 기간은 2005년까지였으나 1년 연장하여 2006년까지로 예정되어 있다. JHFC의 수소스테이션 구축 및 실증 현황은 그림 5와 같다.

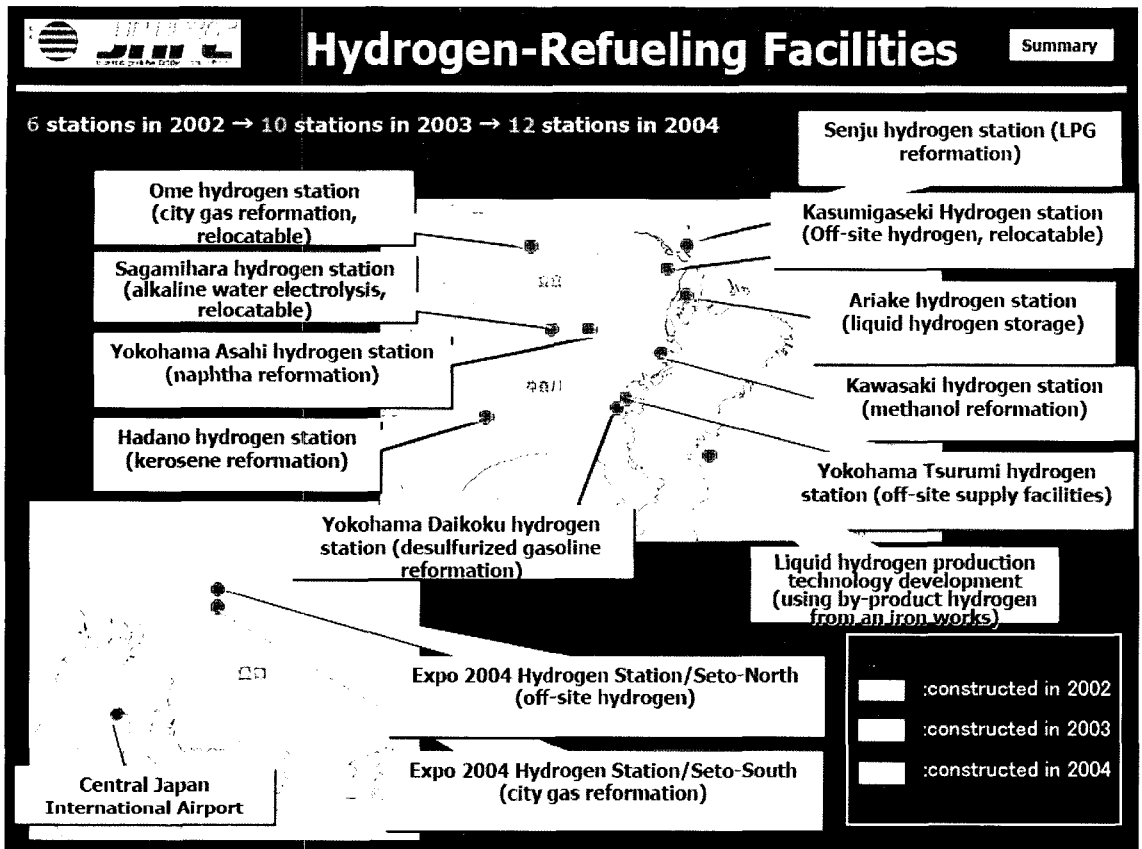
- **미국** : CaFCP (California Fuel Cell Partnership,



[그림 4] 국내외 수소충전소 구축 현황

4) "수소 Station 국산화 기술개발", 수소연료전지 사업단 workshop 발표자료, pp. 67~76, 2007년 4월 19일 ~ 20일, 광주 김대중 컨벤션 센터

5) www.jhfc.jp



[그림 5] JHFC 수소충전소 구축현황(2005년 현황)

USA), phase 1은 1999년 부터 4년 계획으로 개시 되었다. 자동차 회사, 에너지 회사, 연료전지 회사와 정부가 참여하였다. 2004년 개시된 phase 2는 DOE와 기업의 투자로 2007년까지 진행될 예정이다. 본 사업은 공공도로에서의 연료전지 승용차와 버스의 운행 실증을 통하여 실제적인 코드 및 표준화 촉진, 일반인에 대한 교육 효과를 목표로 하고 있다⁶⁾.

2005년 기준 65대의 FCV, 15개소의 수소스테이션이 캘리포니아주에서 운영되고 있으며 2005년 말까지 추가로 9개소의 수소스테이션을 개장 예정이다. CaFCP는 연료전지 승용차와 버스의 운행 실증

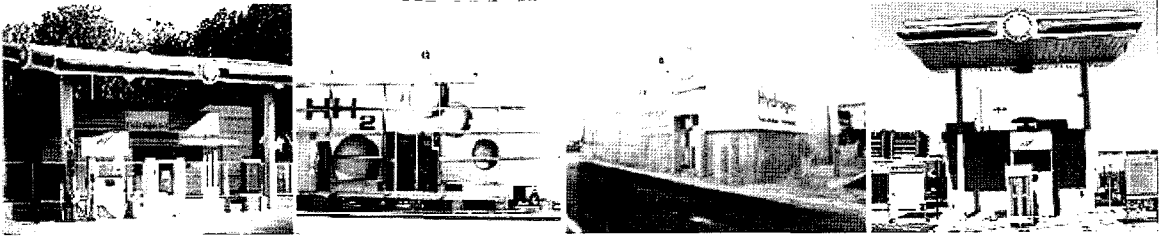


[그림 6] CaFCP 수소스테이션과 연료전지 자동차 수소 충전 장면

6) Fuel Cell Market Survey: Automotive Hydrogen Infrastructure, Alexandra Baker, Fuel Cell Today - 25 May 2005.



수소 충전소



[그림 7] Fuel Cell Bus Club에서 운영중인 수소충전소 전경

이 주목적으로 수소스테이션은 주로 부생수소를 이용한 오프 사이드 방식으로 충전 용량이 큰 경우 액화수소 저장 방식을 사용하고 있다.

• EU : EU내에서 진행 중인 연료전지 버스 실증 프로그램인 CUTE(Clean Urban Transport for Europe), ECTOS(Ecological City Transport System), STEP(Sustainable Transport Energy for Perth) 프로젝트는 33대의 다임러크라이슬러의 시타로(Citaro) 연료전지 버스를 11개 도시에서 운영하고 있다. 이들 프로그램은 “Fuel Cell Bus Club”이라는 명칭으로 연료전지 버스 실증 사업을 조직화 하여 운영하고 있다. 개별 도시는 다양한 방법으로 제조된 수소를 사용하는 수소충전소를 보유하고 있다. 수소충전 인프라와 관련하여 주요 참여 기업은 BP, Norsk Hydro, Shell이다.

2005년 4월까지 CUTE, ECTOS, STEP 프로그램의 차량군의 누적 주행은 50,000시간을 초과하였다. 프로젝트의 보고에 따르면 버스 기술은 잘 작동하였으나 수소 충전 기술은 그만큼 안정적이지 못하였으며 지속적인 추가 연구개발이 상용화 전까지 필요하다고 한다.

수소 충전소 설비 관련 전망

현재 구축된 수소 충전소의 대부분을 차지하는 고

압 압축식 수소 충전소를 구성하는 주요 설비는 운전 압력에 따라 10 기압 이하에서 운영되는 저압부와 수백기압의 고압으로 운영되는 고압부로 나눌 수 있다.

저압부는 주로 현장 생산 방식의 수소 제조 공급 설비이며 초기 현장 생산 방식으로 운영될 소량의 수소 생산 규모에서 수소 제조 효율 향상 및 단가 저감을 위한 연구 개발이 활발한 상황이며 기존 상용 공정과는 규모 및 생산 가스 품질 기준(대부분 99.99% 이상의 순도 요구)이 상이하므로 선진국에서도 대외비로 개발이 진행 되고 있다.

고압부는 수소 압축기, 고압 수소 저장조, 수소 디스펜서 등의 설비이다. 이러한 설비는 전통적인 기계 공업 강국인 미국, 일본, 독일 등의 몇몇 회사가 독점 공급하고 있으며 대상 기체가 수소 인 경우 그 시장성의 불확실성 등에 의해 후발 기업의 공격적인 기술 투자가 용이하지 않은 특성이 있다.

선진 각국은 수소 충전소 실증 시험을 통해 표준화, 코드, 안전 기준 등 산업화에 필요한 데이터 확보를 통하여 자국 산업 경쟁력 강화에 주력하고 있으므로 국내에서도 핵심 기술 확보 등의 체계적인 준비가 있어야 미래 에너지로서 수소 에너지가 시장에 보급될 때 기술 종속의 위험을 줄일 수 있을 것이다. (28)

7) www.fuel-cell-bus-club.com