

수소에너지 기술 현황

김종원, 심규성, 한상도
(에너지기술연구원 수소에너지연구센터)

1. 서론

에너지는 국가의 안전 및 경제 사회발전을 이룩하는데 있어 절대적인 요소이자, 미래 산업을 유지하는 원동력임을 감안할 때, 에너지 자원이 부족한 우리나라에서의 신에너지 제조 기술 개발은 가장 우선적으로 다루어져야 할 연구 분야이다. 현재 사용되는 석유, 석탄, 천연가스 등과 같은 화석연료는 사용 후 재생이 불가능하고 매장량이 한정되어 있으며 연소 시 발생하는 각종 공해물질로 인해 환경문제를 야기하고 있기 때문에 화석연료의 의존에서 벗어나 자원이 무한하고, 깨끗하며 안전한 대체에너지에 대한 개발로 새로운 에너지 시스템을 구축하여 이를 사회 전반에 정착시켜야 한다. 이러한 맥락에서 차세대의 이상적인 대체에너지로써 가장 주목을 받고 있는 것이 바로 수소에너지이다. 향후 에너지 수급전망에 따르면 수소의 생산단가가 화석연료의 생산단가보다도 낮게 되는 시점인 2010년을 전후해서 수소에너지 시대가 도래할 것이라고 예측한 바 있다.^[1] 에너지원 이용 추세로 보더라도 산업혁명이후 석탄, 석유 등 탄소수가 많은 연료로부터, 탄소수가 1인 천연가스로 변화하고 있으며, 21세기에는 탄소가 없는 수소가 가스 연료로서 각광을 받을 것이다.^[2] 즉, 점차 전기와 가스 등을 근간으로한 에너지 이용 체제로 변화하여 갈 것이다.

따라서 미래의 에너지원인 효율적 수소생산기술, 수소 저장 및 수송기술, 안전성기술과 아울러 수소를 이용한 응용기술에 주안을 두고 각 분야의 연구를 상호 유기적으로 결합하여 미래 21세기 에너지안보 및 국가 경쟁력을 결정하는 중요한 요소가 될 수소에너지 기술을 확보할 필요가 있다. 본 고에서

는 수소에너지기술에 개요와 국내·외 현황에 대하여 정리하였다.

2. 수소에너지 특징

수소에너지는 태양광, 태양열, 석탄이나 석유와 같은 1차 에너지를 변환시켜 얻을 수 있는 2차 에너지에 해당된다. 이 수소는 모든 에너지 자원으로부터 에너지변환에 의하여 얻을 수 있는 효율적인 에너지 변환 매체이며, 다양한 합성원료이자 연료가 된다. 수소는 표 1에서와 같이 화학제품의 원료 및 화학공장의 공정가스로 널리 사용되고 있으며, 표 2에 화석자원을 이용한 생산공정이나 전기분해 등 이미 상용화된 기술 이외에 연구중인 기술을 비교하였다.

수소는 그림 1에서 보인 바와 같이 천연가스를 원료로한 스팀개질(SMR, steam methane reforming)이나 부분산화(PO, Partial oxidation)공정에서 대략 6~8 \$/GJ수준으로 제조되고 있으며,^[4] 원료(천연가스)의 2배 이상의 가격이다. 열량당 가격만으로 비교하면 원유가의 3배정도 가격이다. 기타 방법으로 제조하는 경우의 수소 제조 비용은, 더욱 높아서, 바이오매스 원료인 경우 10~17\$/GJ, 석탄인 경우 10~12\$/GJ, 전기분해법인 경우 20~24\$/GJ, 태양전지-수소(PV-Hydrogen)40\$/GJ, 풍력-수소(Wind-Hydrogen) 20\$/GJ 수준이다. 따라서, 에너지원으로는 특수 용도를 제외하고는 거의 쓰이지 않으며, 대부분 산업용이다. 수소에너지체제로 가는데 있어 가장 큰 걸림돌은 수소의 가격이며, 이를 해결하기 위해 노력하고 있다.

궁극적인 미래 대체에너지원 또는 에너지 매체(Energy

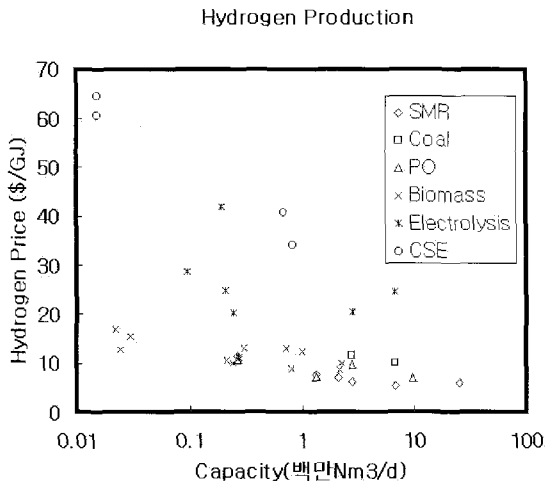


그림 1 수소의 제조 가격 비교. (CSE는 concentrated solar energy로서 태양광 집열장치를 이용한 발전임)

carrier)로서의 수소의 장점은 다음과 같다.

첫째, 수소는 연료로 사용할 경우에 연소시 극소량의 NOx 발생을 제외하고는 이산화탄소와 같은 온실효과를 나타내는 가스의 발생이 없을 뿐만 아니라, SOx, NOx, 분진 등의 대기오염물질의 방출이 없다.

둘째, 수소는 가스나 액체로서 쉽게 수송할 수 있으며, 고압 가스, 액체수소, Metal hydride (금속수소화물 또는 수소흡장합금) 등의 다양한 형태로 저장이 용이하다.

셋째, 수소는 궁극적으로는 무한정인 물을 원료로 하여 제조할 수 있으며, 사용후에는 다시 물로 재순환이 이루어진다.

넷째, 수소는 산업용의 기초 소재로부터 일반 연료, 수소자동차, 수소비행기, 연료전지 등 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용될 수 있다. 수소는 가스 상태로 주거용, 난방용, 발전용으로 쓸 수 있으며, 가스연료를 대신하여 그대로 사용할 수 있다. 다만 발열량은 부피기준으로 천연가스의 1/3 수준이나, 버너 구조 개조로 쉽게 이용가능하다. 액체수소연료는 단위무게로 볼 때 매우 높은 열량을 가지고 있으므로, 보다 큰 연료탱크를 필요로 한다고 하는 단점에도 불구하고 jet fuel과 경쟁력이 있으며, 로켓연료로는 널리 쓰이고 있다.

장기적으로 수소는 그림 2의 예에서와 같이, 태양에너지를 이용하여 물을 분해하여 얻는 것을 목표로 하고 있지만, 단기적으로는 현재 가장 경제적이고, 기존 시스템에 큰 충격없이 원천적으로 이산화탄소 등을 상당 부분 제거하여 화석연료의 청정화 이용에도 기여한다는 점에서, 수소원으로서 화석연료가 상당한 비중을 차지하게 될 것이다. 무한정인 물과

유기물질(바이오매스)을 원료로 하여 수소를 제조 이용한다면, 재순환되므로 자원 고갈 우려가 없어, 화석연료 자원이 빈약한 국가에 적합한 에너지원이다.

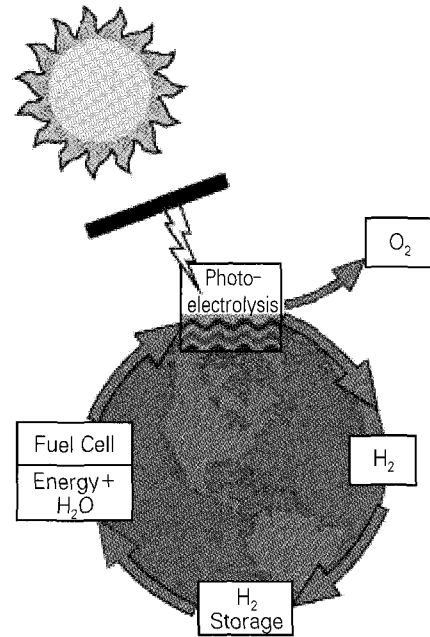


그림 2 태양에너지를 이용한 수소제조 및 순환 사이클

수소에너지 기술은 제조, 저장, 수송 및 이용 방법에 이르기까지 그림 3과 같이, 많은 분야의 기술이 종합적으로 연관되어 있으며, 아직까지 경제성이 확보되지 않은 기술들이 대부분이어서 많은 연구 노력이 필요한 분야이다.

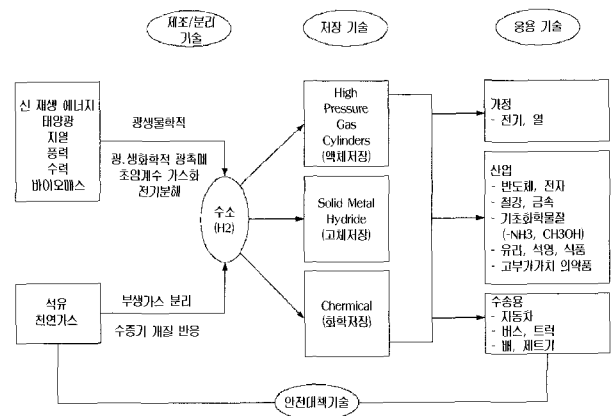


그림 3 수소에너지 제조 및 이용 체계도

3. 수소에너지 연구 현황

3.1 외국의 연구 현황

이미 1960년대에 우주개발의 필요로 수소추진 로켓, 액체수소의 저장과 수송, 연료전지 이용기술 등이 미국 등 선진국에서 일부 실용화되어 있고, 선진국을 중심으로 수소에너지 공동 개발 추진 및 수소에너지 시스템 실증 등이 이루어지고 있다. 대규모 실용화를 목표로 1980년대 중반 독일에서 시작된 수소기술 개발계획은 이후 미국과 일본에서도 본격적인 계획 수립에 착수하여 미국은 1990년, 일본은 1993년을 기점으로 각각 대규모 수소기술 개발 프로그램(WE-NET)을 시작하였다. 또한 아이슬랜드는 세계 최초로 수소에너지 경제권의 창조를 목적으로 국가프로젝트를 시작하였다.

수소에너지에 대한 각국의 연구개발 동향으로 볼 때, 정부

표 1 국내의 수소 제조 및 이용현황

제조 (%)		이용 (%)	
화석연료	96	석유정제	36
가성소다제조	3	암모니아합성	50
기타	1	기타 석유화학공업	11
(전해, coke oven gas)		기타	3
총 약 220,000 톤 ($2,464 \times 10^6 \text{ m}^3$)			

☞ 자료: 열화학법에 의한 수소제조기술 연구, 한국에너지기술연구소 보고서, 1990

표 2 수소 제조 기술 비교³⁾

Production process	Status of technology
- Steam reforming of natural gas	Mature
- Catalytic decomposition of natural gas	Mature
- Partial oxidation of heavy oil	Mature
- Coal gasification	R&D-mature
- Steam-iron coal gasification	R&D
- Electrolysis of water	Mature
- Thermochemical cycle(pure)	R&D
- Thermochemical cycle(hybrid)	R&D
- Photochemical processes	Early R&D
- Photoelectrochemical processes	Early R&D
- Photobiological processes	Early R&D
- Integrated process	R&D-mature

나 주정부 등 공공기관이 개발 자금을 부담하여 적극적으로 개발을 지원하고 있고, 기존 기술을 활용하여 실용시스템을 구성하여 문제점 해결과 시민에 대한 계몽을 함으로서 장래 시장 도입을 용이하게 할 수 있도록 기반을 조성하고 있으며, 이용분야에 있어서는 환경개선 효과가 큰 수소 이용자용차를 개발 도입하는데 중점을 두고 있다는 공통적인 특징이 있다.

3.1.1 미국

1960년대에 우주 개발에 필요한 일부 기술이 실용화된 바 있다. 미국에서의 수소에너지 기술개발은 1990년 이른바 마츠나가 수소연구개발법안(Matsunaga Hydrogen Research and Development Act)이 성립된 후, 1992년 DOE의 "Hydrogen Program"이 확정되고서부터 본격적인 기술개발이 시작되게 되었으며 연 평균 1800만\$를 투자하고 있다. 현재, DOE는 단기, 중기, 장기로 나누어 수소 도입량 계획을 설정하고, HTAP(Hydrogen Technical Advisory Panel)와 산업계, 학계의 협력을 얻어 그 실현을 도모하기 위한 연구개발을 추진하고 있다. DOE program은 2030년까지 연차적으로 가정 연료로서의 확대 공급을 할 예정이다.

표 3 DOE의 단계별 수소 도입계획

연도	목표
2005년	자동차용, 화학공업용 0.6Q/년(석유 5400만 배럴)의 수소를 도입(1Q = 1.005 Exajoule)
2010년	① 미국에서 판매되는 자동차의 25%를 수소자동차로 한다 ② 바이오매스와 도시쓰레기의 가스화로 0.2Q/년의 수소를 도입 ③ 기술개발을 통하여 대기오염물 배출량을 다음과 같이 저감한다: NO _x : 61,000ton/년, CO: 1백만 ton/년, CO ₂ : 4,600만ton/년
2050년	재생가능 에너지에 의해 10Q/년의 수소를 도입

☞ 자료: DOE/GO-10095-197, DE95009213, The Green Hydrogen Report

시범 사업으로서는 Chicago시에서 3대의 수소연료전지 버스를 1997년에 운행개시하였으며, 장래 2000대의 시 버스를 수소연료전지버스로 전환할 계획이다. Augusta시에서도 수소엔진 하이브리드를 1997년부터 운행을 개시하였다. 이밖에, Nevada주에서 수소에너지 등을 이용하는 Clean City 계획이 검토되고 있다.

표 4 기술 개발 분야

분야	개발 항목
수소 제조	열분해 또는 가스화, 태양reactor기술에 의한 할로젠으로부터의 수소 제조, 태양전지에 의한 수소제조, 도시쓰레기의 가스화, 고온수전해, 광촉매에 의한 물로부터의 수소 제조, 개량형 메탄수증기 개질
수소 저장	상온 저장 carbon nanostructures, 경량·저온의 수소 흡장합금, 가스 정제와 차량용 glass microspheres, 냉각압축수소저장, 배송 시스템
수소 이용	하이브리드차량용 수소엔진, 연료전지용 탑재형/이동식 수소발생장치, 수소 제조·저장의 안전해석, 누설검사용 센서, PEM용 연료전지 stack, 연소 process, 안전대책기술, 수소연료 공급스탠드, remote전원
시스템 해석	신뢰성, 안전, 코스트, 저장, 인프라, 타연료와의 시스템 비교, 재생가능 수소제조 기술 및 경제성 평가

* 자료: DOE/GO-1-95-099, DE95004024, March 1995

DOE의 단계별 수소 도입계획과 기술 개발 분야는 다음 표 3 및 표 4와 같다.

3.1.2 일본

일본정부(통상산업성 산업과학기술청)는 1993년 기존의 Sun shine 프로그램(신에너지기술 연구개발계획, 1974 ~ 1991년 동안 수행), Moon light 프로그램(에너지절약기술 연구개발계획), 환경기술 연구개발 프로그램의 3부문을 통합하여 새로운 에너지/환경기술 연구개발계획인 뉴 선샤인 프로그램(New Sunshine Program)을 시작하였다. 이 가운데 수소에너지기술 연구개발 계획(Japanese Hydrogen Program)인 WE-NET(World Energy Network)이 있으며, 일본은 이 WE-NET을 중심으로 수소와 관련되는 모든 국책연구사업(민간관련 포함)을 수행하고 있다. 이 계획은 1993년부터 2020년까지 28년간에 걸쳐 2.5billion \$를 투자하여 수행될 예정이며, 연구개발기간은 모두 3단계로서, 이미 1단계 연구개발 기간을 마치고 2단계 연구개발 기간(1999~2005)에 들어가 있는 상태이다. WE-NET의 목적은 수소를 이용하는 재생 에너지의 효과적 공급, 수송 그리고 이용을 위한 세계적 에너지 네트워크를 건설하는 것이다.⁽⁵⁾ 일본정부의 수소관련 연구개발 예산은 매년 증가하고 있으며, 1996년의 경우 17억 9천만엔(197억원)으로서 그해 뉴 선샤인계획 전체예산 560억8천5백만엔(6169억원)의 3.2%에 달하고 있다.

WE-NET의 1단계 연구개발분야는 ①전체적인 통합조정, ②국제 협력, ③전체 시스템의 개념설계, ④수소 생산기술, ⑤수소 수송 및 저장기술, ⑥저온 재료, ⑦수소 이용기술, ⑧수소 연소터빈, ⑨혁신기술의 9개부분으로 구성되어 있다.

3.1.3 독일

독일 정부의 수소와 연료전지관련 기술개발 예산은 1997년 2500만DM(Deutsche Mark)(=약 160억원)이며, 2000년에는 3100만DM(200억원)으로 증가될 예정이다. 그 외에 Bavaria 주정부도 2000년까지 1억 5000만DM(약 975억원)을 수소프로젝트에 투입할 계획으로 있다. Bavaria 주정부는 1986년에 태양-수소에너지 시스템기술을 개발하는 SWB프로젝트(Solar Wasserstoff Bayern)를 발족시킨 이후 기술개발을 적극적으로 지원하고 있다. 수소저장 합금의 개발, 수소자동차의 개발 외에 대체전원(PV system)으로부터 수소의 제조와 저장, 그리고 연료전지, 수소보일러, 수소자동차 등의 이용에 연결하는 수소에너지 시스템기술의 플랜트를 설치, 운전하여 수소에너지 시대의 도래에 대비하고 있다.⁽⁶⁾

Bavaria 주정부는 1995년부터 공항내에서 사용하는 버스와 소형차 등을 수소자동차로 대체하는 계획을 발족시켰다. 공항내에 설치되는 수소 제조/저장 설비, 각종 수소자동차는 기존의 것, 혹은 다른 프로젝트에서 개발한 것을 이용하여 1998년말 까지는 수소자동차의 운행을 개시하고 1999년까지 버스 3대, 미니버스 16대, 수리용 차량 16대, 특별차량 6대를 도입할 것이다. 이 프로젝트의 목적은 수소이용기술이 현재에도 이미 실용화 수준에 있다는 것을 보여주는 데 있다. 수소자동차 보급의 문제점인 수소연료의 경제성을, 수소제조와 공급시스템을 결합한 인프라로 실증하고, 수소자동차의 청정성을 입증할 것이다. 또한 수소연료에 의한 수송시스템의 운전경험을 조기에 축적하여 세계시장에서 유리한 입장에 설 것이다. 신뢰성이 있고 위험성이 적은 기존기기에서 출발하고, 수소의 인프라를 확대함으로써 다른 수소이용시스템의 도입을 가능하게 할 것으로 보고 있다.

3.1.4 캐나다

EQHHPP계획(EU-캐나다 수소기술개발 공동프로젝트)은 대표적인 수소프로그램이다. 이 계획은 캐나다에서 100MW의 수력발전에 의한 전력으로 수소를 16,000톤/년 생산하고, 유럽으로 해상 수송하여 에너지로 이용하는 것을 목적으로 한 것이며, EU 각국과 캐나다(Quebec주)와의 공동프로젝트로서 1986년에 발족하였다. 1단계(1986~1987)에서는 계획의 수립 및 평가, 2단계(1989~1991)에서는 시스템 연구, 3단계(1992~1998)에서는 수소의 대량수송과 이용기술의 연구개발, 수소자동차의 실증을 목표로 하였다.

당초 목표로 한 수소의 대량수송은 자금문제 등으로 가능하지 못했지만 수송방법의 검토, 액체수소의 저장탱크의 모델 시험, 자동차/항공기/선박/제철 분야 등에서 수소이용기술의 개발을 수행하고, 수소자동차는 독일에서 1996년부터 도시버스로 사용하는 등의 성과를 거두었다. 또한 당초 계획을 1년 연장하여 1998년으로 프로젝트를 종료하였다.⁽⁷⁾ EQHHP에 캐나다정부는 CANMET(Canada Center for Minerals and Energy Technology)가 CNHP(Canadian National Hydrogen R&D Program)를 맡아서 하고, 실제 연구개발은 NRCAN(Natural Resources of Canada)를 추진하고 있다. 이 계획에서는 알칼리 수전해, 하이탄가스(H₂ 20%, CH₄ 80%), 자기 냉동, 수소저장, 센서, 저온재료, PEM 연료전지, 연료전지버스의 개발과 실증 등의 연구개발이 수행되고 있다.

3.1.5 덴마크

덴마크의 수소 에너지 프로그램은 미래의 에너지 시스템에서 수소 기술에 대한 구체적인 가능성을 입증할 목적으로 1998년에 만들어졌다. 연료 전지와 같은 수소 관련 기술에 대한 연구는 덴마크 에너지 연구 프로그램을 통해 이미 약 20년간 이루어져 왔으며, 덴마크 에너지 관리국에 의해 관리되고 있다.⁽⁸⁾ 수소 에너지 프로그램은 수송 분야에서의 수소 사용, 수소 저장, 안전성과 액체수소 저장에 근거한 운송 수단으로 구성되었다. 덴마크는 풍력에 의한 발전이 매우 활발한 국가이다. 풍력 시스템에서의 전기 생산 변동이 크므로, 미래의 덴마크 에너지 시스템에서는 다량의 전기 이용 가능성을 제한하였다. 수소는 과잉 풍력 전기를 이용하여 생산되어질 것이며, 현재 천연가스 수송을 위해 쓰이는 수송 라인을 통해 유통될 것이다. 많은 빌딩들은 전기 grid를 통한 과잉 전력 수출을 위해 또는 그것으로부터 수소를 생산하기 위해, 전력과 열을 공동 생산할 수 있는 가역 연료 전지 장치를 설치할 것이다.

3.2 국내 연구 현황

한편 우리나라에서는 수소에 관한 연구는 1970년대 말부터 관련 기초연구가 시작되었으며, 1989년 과기처의 지원으로 한국에너지기술연구소(2001년 1월 한국에너지기술연구원으로 개칭)가 연구를 총괄하여 수소에너지 관련 기초연구를 대학 및 연구소에서 공동으로 수행하였으나, 1단계의 연구지원으로 마감되었으며, 이후 G7 과제에 채택되지 않음에 따라 대체에너지 기술개발사업 및 관련 연구소에서의 중장기 연구 계획에 따른 연구가 수행되고 있다. 1989년부터 1992년까지 특정과제로 추진되었던 연구내용은 수소의 제조기술, 수소의 저장기술 및 수소의 안전대책기술 관련으로 9개의 연구과제가 수행되었다. 한편 1988년부터 시작된 대체에너지 기술개

발사업에 따라 1992년부터 수소에너지 분야의 연구개발도 지원되기 시작하였는데, 대부분이 대학에서 기초연구 수준으로 진행되고 있다. 한국에너지기술연구원에서는 지속적으로 수소에너지 관련 연구를 수행하고 있으며, 열화학법에 의한 수소제조기술, PV시스템을 이용한 수소제조기술, 고체고분자전해질 이용 수소제조기술, 저가의 청정연료 제조기술, 금속수소화물을 이용한 열수송기술 등의 연구가 수행되었거나 진행중에 있다.

실용화라는 측면에서보면 용접 또는 절단용의 수전해에 의한 수소가스발생기나 연료전지용 수소제조 장치 등이 일부 보급되어 있고, 실험실 가스크로마토그래피 분석기용 수소제조 장치 등이 실용화 가능 수준에 이르고 있다. 재생 가능 자원으로부터 보다 값싸게 수소에너지를 얻는 것은 중요한 기술이기 때문에, 수소제조가격을 낮출 수 있는 기술개발을 위해 2000년 10월부터 과기부에서 5년간 60억을 지원하여 고효율 수소제조기술개발을 시작하였다. 대상 기술은 열화학적, 생물학적 및 광촉매를 이용한 물로부터 수소를 제조할 수 있는 기술로서, 장기적 안목에서 추진하고 있다.

4. 이용기술에 대한 전망

각 분야별 수소 이용에 대한 전망은 다음과 같다.

4.1 전기생산 분야

수소 연료전지는 깨끗하고 조용할 뿐만 아니라, 효율도 높아 다용도로 쓰일 전망이다. 분산형 전원으로서, 크기는 대형발전소에서 전력 생산에 이용될 수 있다. 이러한 독특한 성질들 때문에 수소 연료전지의 발전 용량은 빠르게 늘어날 것이다.

4.2 자동차

수소의 성질은 수소내연기관용과 전기 동력의 자동차 모두의 연료가 될 수 있으며, 현재 실증이 활발히 이루어지고 있는 분야이다.

4.3 해군에서의 활용

독일 해군은 차기 잠수함 연료 동력을 위해 수소연료전지 공장을 합병시키기로 결정하였으며, 호주, 캐나다, 이탈리아 해군에서는 잠수함에 수소연료전지 이용을 실험하고 있다.

4.4 우주 개발 프로그램

1974년 이전에 이미 수소가 다른 것에 비해 월등하다는 이유와 비교되지 않는 수소의 성질-가장 가벼운 연료- 때문에 각국의 우주개발프로그램에서 주연료로 수소를 사용하고 있다.

4.5 항공 우주선

'slush hydrogen'-액체와 고체 수소의 혼합물-의 효과로 기대되는 aerospike 로켓 엔진을 사용하여, 수소의 다른 독특한 성질을 사용하며 저장소의 축소를 가져오게 됨으로서 기존의 3분의 1 크기의 우주선을 제조할 것이다.

4.6 비행기

수소의 가벼운 무게와 우수한 연소 성질 및 환경 친화성 때문에 수소는 비행기에게 이상적인 연료이다. 독일과 러시아는 수소를 연료로 쓰는 항공 수송의 개발에 협력하기로 동의하였다. 일본은 수소가 연료로 사용되어질 것으로 기대되는 초음속의 수송에 대한 연구와 개발 작업에 들어갔다.

4.7 수소화물 활용

수소화물에 열이 공급될 때 수소는 방출된다. 각각의 다른 금속과 합금에 따라 온도와 압력 특성은 변한다. 많은 전기 화학적 그리고 열화학적 활용에 있어서 이러한 성질들은 이점으로 작용한다. 보다 작은 수소-수소화물 배터리, 그리고 전기 자동차의 보다 큰 배터리들은 이미 상업화되었으며, 냉동기와 열펌프에서의 수소-수소화물의 에어컨 프로젝트가 있다.

4.8 촉매 연소

수소의 또다른 독특한 성질은 platinum 또는 palladium 과 같은 적은 양의 촉매 존재하에서 무화염 연소 또는 촉매 연소를 한다는 것이며, 안전한 수소이용을 도와줄 것이다.

5. 결 론

수소에너지 관련 기술들은 장차 화석연료의 시대가 지나고 새로운 에너지시스템으로의 전환이 이루어질 경우 필연적으로 요청되는 기술이다. 이들 산업의 성장 잠재력은 무한하나 앞으로 얼마만큼 화석에너지 시대가 지속할 것인지에 따라, 또한 지구의 환경공해의 심각성과 그 진전 정도에 따라 시급성이 결정될 문제이다. 그러나 아직까지 화석연료의 가격은 이를 원료로한 수소보다는 훨씬 저가이므로 수소에너지의 이용은 당분간 어려울 전망이다. 그러나 화석연료의 사용에 따른 지구온난화 문제가 가시화 될 경우에는 화석연료의 사용제한이나 탄소세 등의 문제가 구체화되어 의외로 빨리 에너지시스템이 대체에너지를 근간으로 하는 수소에너지 체계로 전환될 수도 있다. 특히 최근의 배럴당 30\$이상 계속되는 고유가 행진과 중동지역의 정치적 불안에 의한 에너지 수급 불안정에 대한 우려는 대체에너지의 개발 경제성을 높여주고 있음도 간과할 수 없다.

불과 25년전, 1974년 3월 미국에서 수소 에너지에 대한

최초 국제 회의(THEME conference)가 열리고, IAHE (International Association of Hydrogen Energy) 설립되기 전에는 에너지 매체로서의 수소에 대한 투자는 거의 없었으며, 'Hydrogen Energy', 'Hydrogen Economy', 'Hydrogen Energy System'의 인식조차 없었으나, 현재에는 미국, 일본, 오스트레일리아에 이르기까지 18개의 수소 전담 기관이 있다. 또한, 1990년에 스위스 제네바에 근거를 둔 국제표준기구(ISO)는 수소에너지 기술에 대한 국제적 표준을 준비할 시기가 도래했다고 판단하였다. 그들은 그러한 표준을 준비키 위해 ISO/TC-197이라는 위원회를 발족시켰다. 그 첫 모임에서 수소에너지 기술의 표준에 대한 작업을 위해 10개의 하부위원회가 형성되었다.

이상과 같은 움직임으로 볼 때 수소에너지 시스템 기술을 포함하는 각 분야의 요소기술 산업의 성장전망은 상당히 밝은 것으로 평가되고 있다. 국내에서도 대체전원으로부터 수소를 제조하고, 이를 저장 및 이용하는 실증시스템이 소규모 이기는 하지만, 산업자원부의 대체에너지프로그램으로 진행 중에 있고, 과기부에서도 고효율 수소제조기술개발사업단을 구성하여 연구 지원하고 있다.

이용 분야에 있어서도 이미 G7 과제로 수소내연기관 자동차를 개발한 실적이 있을 뿐만 아니라, 연료전지 및 연료전지자동차 개발을 수행하고 있어 미래의 에너지시스템으로서의 수소시대에 대비하고 있어 좋은 결실을 기대하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Int.J.Hydrogen Energy, 12(2), 99~129 (1987).
- [2] R.A.Hefner: Int.J.Hydrogen Energy, 20(12) 945~948 (1995).
- [3] Rosen,M.A. and Scott,D.S.: Int.J.Hydrogen Energy, 17(3), 199~204 (1992).
- [4] NREL/TP-570-27079, Survey of the Economics of Hydrogen Technologies (September 1999).
- [5] C.Mitsugi, A.Harumi and F.Kenzo: Int. J.Hydrogen Energy, 23(3) 159~165 (1998).
- [6] A.Szyszk: Int.J.Hydrogen Energy, 23(3) 849~860 (1998)
- [7] A.Bahbout, D.Kluyskens, R.Wurster: in Proceedings of the 12th world hydrogen conference, Buenos Aires, Argentina, June 21~26, , 1998.
- [8] B.Sorensen and F.Sorensen: in Proceedings of the 13th World Hydrogen Energy Conference, Beijing, China, June 12~15, 2000.

- (9) T.N.Veriroglu: in Proceedings of the 13th World Hydrogen Energy Conference, Beijing, China, June 12~15, 2000.

〈 저 자 소 개 〉



김종원(金鍾元)

1978년 연세대학교 화학공학과(학사). 1980년 한국과학기술원 화학공정공학과(석사). 1987년 한국과학기술원 화학공학과(박사). 현재 한국에너지기술연구원 책임연구원/ 수소에너지연구센터장. 고효율수소제조기술개발사업단장.



심규성(沈揆聖)

1970년 성균관대 화학과(학사). 1979년 성균관대 화학공학과(석사). 1988년 프랑스 루이파스퇴르대(박사). 현재 한국에너지기술연구원 책임연구원 · 한국수소에너지학회 회장.



한상도(韓相道)

1975년 경북대 물리학과(학사). 1982년 충남대 물리학과(석사). 1994년 프랑스 보르도대(박사). 현재 한국에너지기술연구원 책임연구원 · 한국센서학회 이사.