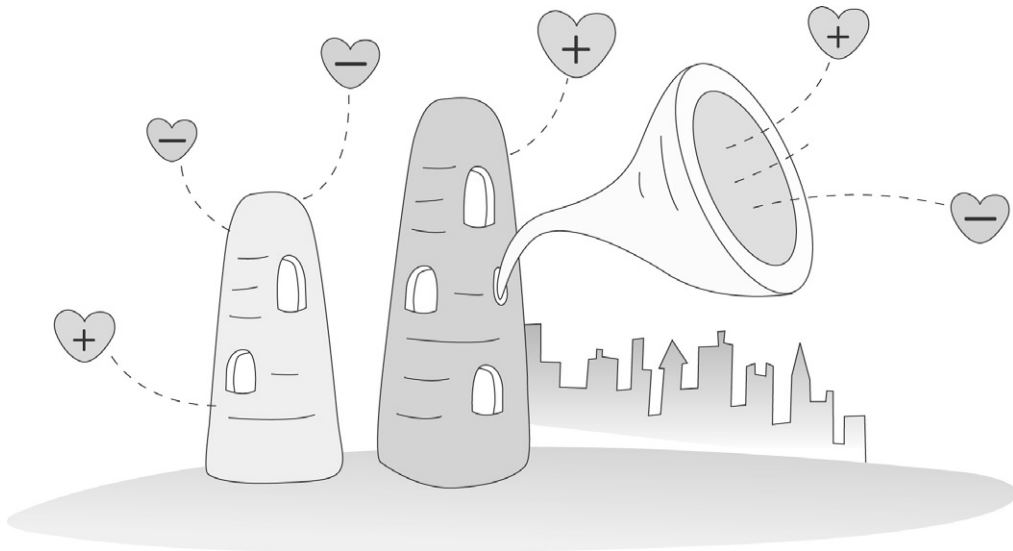


2012년 연료전지 상용화 기지개

이종수 / 투데이에너지 기자(차장대우)

2008. 12월호	지열에너지
2009. 1월호	태양광에너지
2009. 2월호	풍력에너지
2009. 3월호	바이오에너지
2009. 4월호	연료전지



전 세계적으로 수소연료전지에 대한 관심이 집중되고 있다. 이미 미국, 일본, 캐나다 등 선진국에서는 수송용, 가정·상업용, 휴대용 등 다양한 용도의 연료전지 기술개발 및 보급에 나서고 있다.

우리나라는 아직 연구개발 및 실증단계에 머물러 있다. 정부는 2012년까지 연료전지 자동차 3,200대, 가정용 1만기, 상업용 2,000기, 분산전원용 300기를 보급한다는 목표로 연료전지 보급을 추진하고 있다. 연료전지 전문가들은 이러한 보급을 통해 급속한 가격인하가 예상돼 경쟁력 있는 기술과 상품으로 거듭날 것으로 전망하고 있다.

특히 동양건설산업이 세계 최초로 경기도 남양주에 연료전지 공동주택을 2010년 준공할 예정이어서 건설업계의 연료전지 주택 보급 활성화의 계기가 될 것으로 예상된다. 연료전지 자동차의 경우 수소충전소가 필요하다. 이러한 점에서 중장기적으로 수소충전소 설비 건설 분야가 설비건설업계의 새로운 시장이 될 가능성을 기대해볼 수 있다.

이번 호에서는 연료전지 기술 및 동향, 시공사례를 살펴본다. <편집자 주>

◆ 연료전지기술

연료전지는 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학 에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술을 말한다.

생성물이 전기와 순수(純水)인 발전효율 30~40%, 열 효율 40% 이상으로 총 70~80%의 효율을 갖는 신기술이다.

연료전지 발전원리(단위전지)를 살펴보면 연료 중 수소와 공기 중 산소가 전기화학 반응에 의해 직접 발전하는 원리다. 즉 연료극(양극)에 공급된 수소는 수소이온과 전자로 분리되며 수소이온은 전해질층을 통해 공기극으로 이동하고 전자는 외부회로를 통해 공기극으로 이동한다.

공기극(음극)쪽에서 산소이온과 수소이온이 만나 반응 생성물(물)을 생성한다. 최종적으로는 수소와 산소가 결합해 전기, 물 및 열을 생성하는 것이다.

먼저 개질기는 화석연료(천연가스, 메탄올, 석유 등)로 부터 수소를 발생시키는 장치이다. 시스템에 악영향을 주는 황(10ppb 이하), 일산화탄소(10ppm 이하) 제어 및 시스템 효율향상을 위한 compact가 핵심기술이다.

스택은 원하는 전기출력을 얻기 위해 단위전지를 수십장, 수백장 직렬로 쌓아 올린 본체이다. 단위전지 제조, 단위전지 적층 및 밀봉, 수소공급과 열회수를 위한 분리판 설계·제작 등이 핵심기술이다.

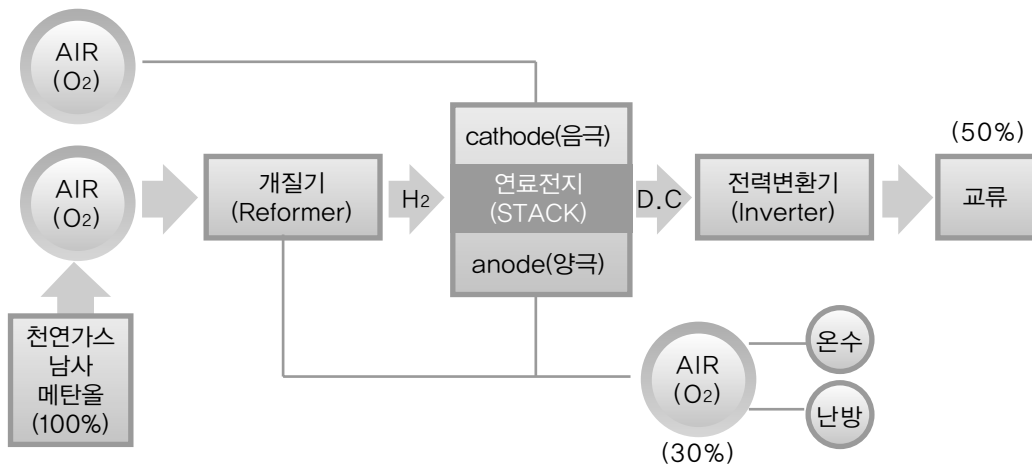
전력변환기는 연료전지에서 나오는 직류전기(DC)를 우리가 사용하는 교류(AC)로 변환시키는 장치를 말한다. 주변보조기기는 연료, 공기, 열회수 등을 위한 펌프류, Blower, 센서 등을 말하며 연료전지의 특성에 맞는 기술이 미비한 상황이다.

◆ 연료전지의 특징

연료전지는 저공해라는 특징이 있다. 기본적으로 수소와 산소(공기)를 전기화학적으로 반응시켜 전력을 발생시키는 발전장치이기 때문에 화력 발전이나 디젤 발전기에서와 같이 연소과정이 없으며, 발생하는 것은 전력과 물, 그리고 열 뿐이다.

◆ 연료전지 발전시스템 구성

연료전지 발전시스템은 크게 개질기(Reformer), 스택(Stack), 전력변환기(Inverter), 주변보조기기(BOP: Balance of Plant)로 구성된다.



▲ 연료전지 발전시스템 구성도

수소를 발생시키는 개질과정에서는 이산화탄소를 발생시키지만 에너지 효율이 높기 때문에 전기 출력 당 배출량은 상대적으로 적고 내연기관에 비해 60~80%에 지나지 않는다. 또한 프로세스 중에 고온 연소를 포함하지 않기 때문에 질소산화물(NOx)의 발생은 전혀 없고, 황산화물(SOx)의 배출도 거의 없다.

다음으로 저소음성이라는 특징을 갖고 있다. 수소와 산소의 반응이 전기화학반응이기 때문에 내연기관에서 나오는 폭발현상이 없는 조용한 변환기이다. 만약 소음이 발생한다면 그 원인은 운전 장치(블로워, 컴프레서 등)에서 비롯된다는 것이 전문가들의 판단이다.

마지막으로 발전효율이 높다는 점이다. 종래의 발전 방식은 연료의 에너지로부터 전기를 얻기까지의 과정에서 열 및 운동에너지를 포함하고 있기 때문에 여러 곳에서 에너지 손실이 발생한다. 연료전지의 이상적인 효율은 80% 이상의 높은 수치를 나타내고 있으며, 운전 장치 또는 열 손실 등을 감안한 실제 효율도 30~60% 이상이다.

디젤엔진, 가솔린엔진, 가스터빈의 경우 출력 규모가 클수록 발전효율이 높아지는 경향이 있으나 연료전지의 경우 출력 크기에 상관없이 일정한 높은 효율을 얻는 것도 큰 장점이다.

◆ 연료전지의 종류

연료전지는 이온의 통로인 전해질의 종류에 따라 분류된다. 그 중에서도 현재 적극적으로 개발이 진행되고 있는 것은 △고분자 전해질 연료전지(Proton Exchange Membrane Fuel Cell 또는 Polymer Electrolyte Fuel Cell : PEMFC 또는 PEFC) △인산형 연료전지(Phosphoric Acid Fuel Cell : PAFC) △용융탄산염 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell : MCFC) △고체 산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell : SOFC) △알칼리 연료전지(Alkaline Fuel Cell : AFC)

△직접 메탄올 연료전지(Direct Methanol Fuel Cell : DMFC) 등이다.

연료전지는 종류에 따라 동작온도가 크게 다르며 출력 규모나 이용 분야 등도 각각 다르다. 예를 들면 PAFC(인산형 연료전지), PEMFC(고분자 전해질 연료전지)는 비교적 저온에서 동작하므로 저온형 연료전지로 구분되며, 분산형 열병합(코제너레이션) 전원이나 자동차용 동력원으로서 적용된다. 또한 MCFC(용융탄산염 연료전지) 및 SOFC(고체 산화물 연료전지)는 각각 600℃ 이상 및 800~1,000℃의 고온에서 동작하므로 중규모 발전 플랜트로서 이용되는 경우가 많다. DMFC(직접 메탄올 연료전지)의 경우 휴대전화나 랩탑 컴퓨터용 전원으로서 실용화하고자 하는 경향이 나타나고 있다.

◆ 국내외 기술개발 동향

수송용 연료전지



▲ 현대자동차에서 개발한 연료전지 자동차

포드는 지난 1997년 12월 다임러 클라이슬러와 발라드의 자본 제휴에 참여해 2000년 10월 고압수소형 FCV 'P2000'을 발표했다. 이후 2002년 3월 뉴욕 국제 모터쇼에서 발라드의 새로운 연료전지 스택을 탑재한 고압수소형 하이브리드 FCV 'Focus'를 발표한 바 있다.

다임러 클라이슬러는 1994년과 1996년에 각각 최초의 연료전지 차량인 NECAR I 과 NECAR II 를 개발, 발

표했다. 이를 계기로 자동차산업계의 연료전지 기술개발 투자는 급격한 증가를 보이고 있다. 2000년까지 다임러 클라이슬러는 연료전지 자동차 개발에 약 10억달러를 투자했다. 2002년 10월 다임러 클라이슬러는 350bar 고압 수소형 연료전지차량 'F-Cell'을 발표하며 2005년까지 약 60대를 세계시장에 내놓고 있다.

도요타자동차는 지난 2001년 하이브리드 연료전지 자동차인 'FCHV-3, 4, 5'를 차례로 발표했다. 이 FCHV에는 고출력과 조용한 주행성능을 확보하기 위해 자체 개발한 90Kw 연료전지와 21Kw 니켈 수소 배터리를 동력원으로 사용하는 하이브리드 동력 제어기술이 적용됐다. 2005년 6월에는 혼다와 더불어 세계 최초 형식 승인을 인정받아 양산화의 기틀을 마련해 가장 앞서나가고 있다.

국내의 경우는 현재 80Kw급 승용차용 연료전지 시스템과 200Kw급 버스용 시스템이 개발돼 실증 단계에 이르고 있다. 운전온도가 저온이며, 출력 밀도 및 시동 특성이 우수한 고분자 전해질 연료전지를 적용해 연료전지 자동차, 연료전지버스의 주 동력원으로 사용하고 있는데 현재 핵심기술인 스택기술의 조기 확보 및 핵심부품 국산화 실현을 통한 가격저감과 내구성 확보가 중요한 과제다.

지난 1998년부터 2002년까지 수행된 G7 사업에서 현대자동차와 KIST의 주도로 차량용 25Kw급 PEMFC 연료전지 시스템 개발이 이뤄진 바 있으며, 2004년부터 2012년까지 연료전지 성능 및 제조가격 측면에서 대량 생산이 가능한 연료전지 시스템 제작기술 개발을 목표로 정부의 연구 개발 프로그램이 본격적으로 시작돼 '자동차 구동용 80Kw 발전모듈 개발'과 '200Kw 버스용 고분자 연료전지 시스템 개발' 과제가 진행되고 있다.

또한 2006년 수송용 연료전지 모니터링 사업을 시작했다. 이 사업은 승용차 4대, 버스 1대를 시작으로 2009년까지 승용차 30대, 버스 4대를 대상으로 연료전지차 성능을 평가해 기술개발의 기초 자료로 확보하고 기술개

발로 얻어진 부품들을 적용해 국산화 비율을 높이면서 국내 실도로 주행조건에서 차량을 평가해 차량과 부품의 기술적 문제점을 검증하는 데 목적을 두고 있다.

다양한 환경에서 연료전지 차량을 실도로에서 운행하기 위해서는 수소충전소 구축이 필수적이며, 지역적 특성 및 다양한 연료공급 방식을 고려해 현재 인천(한국가스공사-LNG), 대전(SK-LNG, LPG), 서울(GS칼텍스-나프타)에 수소충전소를 구축해 수도권 및 중부권에서 4대의 연료전지차와 1대의 연료전지 버스를 운행하고 있다. 또한 제주도의 풍력단지와 연계하여 물을 전기분해해 수소를 생산하는 수소충전소 및 석유화학 단지에서 생산되는 수소를 직접 활용하는 truck-in 방식의 수소충전소가 현재 건립되고 있다.

수송용 연료전지의 개발 이슈는 연료전지 스택을 포함하는 연료전지 시스템의 가격저감, 연료전지의 내구성 향상, 냉시동 운전, MEA를 포함한 핵심부품 및 주변기기 국산화, 수소저장탱크 개발, 값싼 수소를 생산할 수 있는 수소 인프라 구축 등이 있다.

수소·연료전지사업단 관계자는 "산업화 시기는 기술 개발 속도 및 가격저감 정도에 달려 있으나 2020년 전후로 본격적 산업이 형성될 것으로 예상된다"고 설명했다.

가정용·발전용 연료전지



▲ 총리공관에 설치된 가정용 연료전지

가정용 연료전지

에바라발라드는 에바라와 발라드 파워 시스템에서 설립한 합병회사로 일반 가정용, 소규모 발전 시스템을 개발을 추진하고 있다. 2000년부터 가정용 1Kw급 고체고분자 연료전지 열병합 발전 프로토타입 제조, 2001년에는 프로토타입 2형, 2003년 1월에는 가정용 1Kw급 준상용기-1형의 개발을 완료했으며, AC송전단 효율 34%(LHV), 용적 227ℓ를 달성하고 있다. 2005년 2월에는 도쿄가스와 함께 세계 최초로 가정용 연료전지 실용화를 이루어냈다.

마츠시타 전기는 지난 91년부터 PEMFC 개발을 시작했다. 2003년에 AC 송전단효율 35%(LHV)의 본체 크기가 작은 시스템 개발을 완료하고, 2005년 2월 도쿄가스와 함께 상용화 해 판매하고 있다.

신일본석유는 99년부터 종래의 축적 기술을 활용해 석유계 연료를 사용, PEMFC 시스템의 실용화를 진행하고 있다. 그 일환으로 나프타를 원료로 하는 5Kw급 PEMFC 열병합 시스템을 개발했다. 2002년 4월에는 LPG를 원료로 한 1Kw급 PEMFC 열병합 시스템 개발을 진행해 필드 시험을 실시했으며, 2005년에는 LPG 연료로서는 세계 최초로 실용화에 성공, 대규모 실증시험을 수행하고 있다.

도쿄가스는 98년부터 가정용 PEMFC 열병합 시스템의 본격적인 개발에 착수했다. 99년 6월에는 자사개발의 연료처리장치와 PEMFC를 조합한 도시가스를 원료로 하는 1Kw급 시스템을 세계 최초로 공개하고 연료 처리 기술, 열병합 발전 운영 기술 등 독자요소기술개발을 토대로 2005년 처음으로 에바라발라드, 마츠시타 전기와 함께 실용화에 성공했다.

오사카가스는 2006년 가정용 PEMFC 열병합 연료전지 시스템의 상품화를 목표로 개발사업을 수행하고 있다.

국내의 가정·건물용 연료전지 연구는 신뢰성 및 내구성 확보, 수명연장과 저가 고성능화를 위해 지난 94년

부터 시작됐으며, 2002년부터 GS퓨얼셀, 퓨얼셀파워 등과 함께 3Kw급 가정용 연료전지 시스템 개발을 국책 과제로 수행해 2005년에 개발을 완료, 2006년부터 가정용 연료전지 모니터링 사업이 진행되고 있다. 이 사업은 2006년 40대를 시작으로 2009년까지 총 210대의 소형 열병합 가정용 연료전지를 도시가스회사와 지자체를 중심으로 보급해 전국적으로 다양한 조건과 환경에서 실증함으로써 가정용 연료전지 실제 상용화를 위한 데이터 축적 및 분석, 기술표준체계를 마련하기 위한 것이다.

발전용 연료전지



▲ 포스코파워가 설치한 250Kw급 MCFC형 연료전지

가정·건물용 연료전지의 개발 이슈는 연료전지 스택 및 연료 프로세스의 가격저감 및 내구성 향상, MEA를 포함한 핵심 부품 및 주변기기의 국산화이다.

동양건설산업은 세계 최초로 연료전지시스템을 도입한 공동주택을 선보일 계획이다. 오는 2010년 준공예정인 남양주시 호평동 '호평 파라곤 테라스하우스' 40세대에 연료전지시스템을 보급키로 했다.

발전용 연료전지는 수백 Kw이상 기존 발전설비를 대체할 수 있는 기술로 용융탄산염(MCFC), 고체산화물 연료전지(SOFC)로 구분된다. 이중 고체산화물 전지는 아직 연구 개발단계에 머물러 있으며, 용융탄산염 연료전

지가 기술적이나 경제적으로 가장 상용화에 근접해 있는 상황이다.

현재 용융탄산염연료전지(MCFC)의 경우 미국의 Fuel Cell Energy(FCE)가 시스템 수명 2만시간, 시스템 제조가격 \$5,000/Kw로 괄목할만한 기술적 진보로 250Kw시스템을 상용화했으며, 이외에도 일본의 IHI와 독일의 MTU, 이태리의 ENEA 등에서도 MCFC의 상용화를 위한 개발을 진행 중에 있다.

국내에서는 지난 93년부터 전력연구원과 KIST의 주도로 MCFC 개발에 착수해 99년 25Kw급 스택을 개발하고 상용화를 위한 기반 기술을 확보한 상태이며 상용화를 위한 최종 모듈 크기인 250Kw급 시스템을 개발하는 과제가 2004년 하반기에 시작돼 개발을 진행 중이다.

포스코파워는 미국의 선도기업인 FCE사와 전략적 제휴를 통한 조기 산업화를 시도하고 있으며, 2008년 1단계 사업으로 포항시에 50Mw급 BOP 생산 공장을 준공했다.

수소·연료전지사업단 관계자는 “현재 국책 개발 사업으로 진행되고 있는 두산중공업의 연료전지 스택 국산화 개발이 성공적으로 수행될 경우 국내 기술에 의한 본격적인 보급 사업이 2012년부터 가능하리라 예상된다”고 말했다.

특히 서울시는 지난해 12월 세계최대의 연료전지발전소를 건립할 계획이라고 밝힌 바 있어 주목된다. 서울시는 2010년 3월까지 목동·노원 집단에너지사업장 부지에 민자를 유치해 5.2Mw 규모의 수소연료전지발전소를 건립키로 했다. 수소연료전지발전소 건설사업 우선협상대상자로 포스코파워를 선정했다.

서울시는 이번 사업에 이어 택지개발지구, 뉴타운지구 등에 연료전지 도입을 확대할 계획이며 2015년까지 1단계 사업 완료 예정인 마곡지구에도 10Mw(최대 20Mw) 규모의 연료전지를 도입할 계획이다.

휴대용 연료전지



▲ LG화학이 개발한 연료전지로 구동하는 노트북 컴퓨터

미국 모토로라(Motorola)는 DMFC형 휴대폰 충전기와 PDA용 DMFC 전원을 개발했으며, Los Alamos 국립연구소와 공동으로 잉크 카트리지형 연료를 이용한 DMFC 휴대폰 충전기와 PDA를 구동시키는 셀을 제작했다.

메디스 테크놀로지(Medis Technologies)는 제너럴 다이나믹스(General Dynamics)와 함께 직접 에탄올 연료전지를 이용한 군수용 휴대형 전지의 충전기를 개발했다.

해리스&MTI 마이크로 퓨엘셀(Harris Corporation & MTI Micro Fuel-Cells)은 Harris' Falcon II 소형 무전기용 마이크로 연료전지 시스템의 시제품을 개발했다. 볼 에어로스페이스(Ball Aerospace)는 미 국방부의 여러 기관들을 지원하고 있으며, 휴대용 연료전지의 상업화를 선도하고 있다. 튼튼하고 부피가 작은 50W, 100W 고분자 연료전지 시스템을 개발했으며, 이는 발열량이 적고 조용한 특징을 가지고 있어 주로 미군의 야전에서 사용되고 있다.

유럽 CEA사는 2000년부터 소형 연료전지 프로그램(MiniPAC CEA)을 진행하고 있으며, 마이크로 전자 공정을 이용해 고분자 연료전지를 개발하고 있고 몇 개의 특허가 출원됐다. 현재 CEA는 휴대 기기용 소형 수소 마이크로 연료전지를 개발하는 280만유로 규모의 유럽

연합 프로그램을 주도하고 있다.

독일의 프라운호퍼 연구소는 랩탑 및 캠코더용 고분자 전해질 막 연료전지 전원을 개발했다. 스마트 퓨엘셀(Smart Fuel-Cell)은 카메라, 랩탑, PDA 등과 같은 휴대 기기용 DMFC 전원을 개발했다.

일본에서는 NEC가 과학기술진흥사업단 및 산업창조 연구소와 함께 카본 나노 튜브를 전극으로 이용한 휴대 기기용 소형 연료전지를 개발했다. 카시오(Casio)는 독자적인 방식으로 휴대기에 이용 가능한 소형 고성능 연료전지의 연구개발에 성공했다.

도시바(Toshiba)는 PDA용 DMFC 전원과 랩탑용 연료전지 전원 개발을 진행하고 있다. 최대 출력이 8W이며 메탄올 10ml로 최장 40시간까지 동작이 가능해 리튬 전지에 비해 사용시간을 5배까지 증가시킬 수 있는 노트 북용 연료전지를 개발하고 있다.

국내의 휴대용 연료전지는 휴대가 가능한 수W~수십W 급 소형 전자기기용 전원 시스템 및 휴대용 충전 시스템에 대한 적용을 목적으로 개발하는 연료전지 기술이다. 주로 휴대폰, DMB폰, 캠코더, 노트북, 군수용 배터리로 사용되던 기존의 2차 전지 대안으로서 전력 밀도가 훨씬 높은 직접메탄올 연료전지나 고분자 전해질 연료전지를 휴대용 동력원으로 새로운 산업을 창출할 것으로 기대되고 있다.

국내에서는 전기, 전자 분야 대기업과 KIST 등의 국책연구소에서 휴대용 DMFC, PEMFC의 상용화를 위해 고출력, 신뢰성과 가격 경쟁력 확보를 위한 연구를 활발하게 진행하고 있다. 휴대용 연료전지가 차세대 발전기술로 자리 잡기 위해서는 요소기술, 스택 제작기술, 실용화를 위한 가격 저감 등의 연구가 필요하다.

◆ 시장 전망

수소·연료전지사업단 관계자에 따르면 기관마다 다소간의 차이는 있으나 연료전지 시장이 크게 성장할 것

이라는 사실에는 이견이 없다.

일본 日經 Electronics에 따르면 2010년 연료전지 자동차는 5만대 정도 판매될 것으로 예상되며, 2020년에는 500만대, 2030년에는 1,500만대의 황금시장을 예상하고 있다. 가정용 연료전지는 2010년 총 120만대를 보급해 총 220만Kw(중소형 발전용 포함)를 보급할 것으로 예상되고 있다.

2030년 출시되는 신제품에 연료전지가 모두 탑재될 경우 연료전지 시장 규모는 1,500억달러 정도가 될 것으로 추산된다. 시장규모는 자동차용 71%, 가정용 18%, 휴대용 11%순이며, 이는 2차 전지, 보일러, 엔진 등 기존 시장의 대체 수요만을 고려한 보수적인 전망이다. 이외에도 야외용 전원 등이 신규로 창출될 수 있는 시장으로 평가받고 있다. 수소 생산, 저장, 운송 및 연료전지 교체 수요 등을 포함하면 연간 1조 달러를 훨씬 상회할 것으로 예상된다.

우리 정부도 이러한 시장 전망에 맞는 보급 목표를 세워 적극적으로 추진책을 마련하고 있다. 보급 목표에 따르면 2012년까지 연료전지 자동차 3,200대, 가정용 1만기, 상업용 2,000기, 분산전원용 300기를 보급할 예정이다. 이러한 보급을 통해 급속한 가격인하가 예상돼 경쟁력 있는 기술과 상품으로 거듭날 것으로 전망되고 있다.

수소·연료전지사업단 관계자는 “연료전지는 다른 분야보다 국가의 정책적 지원이 절실히 요구되고 있으며 장치 그 파급효과가 막대할 것”이라며 “장기적 안목을 갖고 인내심을 발휘해 지속적 지원이 이뤄질 때 확고한 미래 에너지 기술로 부각될 것이 분명하다”고 말했다.

◆ 연료전지 설비 설치기준

설치위치

통풍이 잘 되는 장소에 설치해야 하며 실내에 설치할 경우에는 환풍기를 설치해야 한다. 설치할 주위의 벽 등

이 화재로부터 안전한 장소인가를 확인해야 하며 안전거리를 충분히 확보할 수 있는 곳에 설치해야 한다.

재료 및 구조

구조물은 내연성, 내풍성, 내산성에 견딜 수 있도록 설치해야 하며 사람이 접할 우려가 있고 감전, 상해 등의 우려가 있는 가동부분은 안전장치(보호망 등)를 설치해야 한다.

구조물의 재질은 내식성 또는 코팅재를 사용해야 한다. 다만 석면이 포함된 재료를 사용해서는 안 된다. 전기 절연물 및 단열재는 최대사용온도에 충분히 견디고 흡습성이 적은 것을 사용해야 한다.

도전재료는 동, 동합금, 스테인리스강 또는 동등이상의 것을 사용해야 한다. 다만 탄성이 필요한 부분 및 적용이 불가한 부분은 제한하지 않는다. 연소 배기가스가 통과하는 부분은 불연 재료를 사용해야 한다. 단 패킹류, 씰 등의 기밀유지가 필요한 부분은 제한하지 않는다.

연료전지시스템

내식성과 전기 안정성을 갖고 있어야 하며 압력, 진동, 열 등에 의해 생기는 응력에 충분히 견디는 구조이어야 한다.

연료가스 및 개질가스가 통과하는 부분은 불연재를 사용해야 한다. 단 패킹류와 씰 등의 기밀유지가 필요한 부분은 제한하지 않는다. 인버터는 센터에서 인증한 인증제품을 사용해야 하며 해당용량이 없을 경우에는 센터에서 지정한 공인시험기관의 시험항목에 합격한 제품을 사용해야 한다.

관련부품 및 기기

배관의 지지 및 고정 철물은 설계도면과 같이 제작해

설치하고 관의 자유로운 신축을 방해하는 구조로 해서는 안 되며 기울기에 변화가 오지 않도록 시공한다.

고정철물, 지지철물, 인서트 등은 워터해머, 신축 응력관의 자중 등에 대해 충분히 견딜 수 있는 구조로 한다. 물 배관, 온수배관은 기밀성이 손상되지 않는 구조이어야 하며 씰부는 열화를 충분히 견딜 수 있는 구조 및 재료이어야 한다.

배수배관은 고온의 물이 흐를 수가 있으므로 내열성 재료를 사용해야 하며, 물이 원활히 흐를 수 있도록 설치해야 한다.

연료 배관공사는 전문자격자에 의해 시공해야 하며 가스배관 접속 후에는 가스의 누설이 없는지 확인하고 기기를 사용하는 장소에 가스누설경보기를 설치해야 한다.

전기장치와 배선은 열적 영향이 적은 위치에 있어야 한다. 기구간을 접속하는 전선이 단락, 과전류 등의 이상이 발생했을때 작동하는 퓨즈, 과전류보호장치 등을 구비해야 한다.

연료전지 발전시스템은 연계운전 및 독립운전시의 부하 단락시에 안전하게 정지할 수 있는 안전장치 또는 보호하는 기능을 갖추어야 한다. 연료전지 스택은 외부 기기로부터 전류가 유입되지 않아야 한다.

기타

모든 기기에는 용량, 제작자 및 그 외 기기별로 나타내야 할 사항이 명시된 명판을 인버터 전면에 부착해야 한다.

전기안전기준에 의한 사용전점검 또는 사용전검사에 하자가 없도록 시설을 준공해야 한다. 설비제어장치는 자동 및 수동운전이 가능해야 하며 모니터링 설비는 모니터링시스템 기술기준에 적합하게 설치해야 한다.

전문기업은 설비 소유주에게 소비자 주의사항 및 운전매뉴얼을 제공하고 운전교육을 실시해야 한다. ㉠

연료전지시스템 설치 우수사례

사례① 대구도시가스(주)

가정용 연료전지 자체개발, 설치



▲ 대구도시가스(주)가 개발한 가정용 고분자 연료전지 시스템

대성그룹의 주력사인 대구도시가스(주)는 지난 2004년 3월 자사가 개발한 2kW급 가정용 고분자 연료전지 시스템을 설치해 실증연구를 진행했다.

실증연구를 통해 시스템의 내구성과 신뢰성을 확보하고 최적 운전 조건을 도출해 상품화 가능한 시스템을 개

발할 계획이다.

대구도시가스(주)가 개발한 2kW급 가정용 연료전지 시스템은 계열사인 대성청정에너지연구소가 국내 개질기 전문기업인 온시스와 공동으로 개질기를 개발했고, (주)퓨얼셀파워가 자체 개발한 고분자 연료전지 셀스택을 적용해 시스템화 했다.

개발된 연료전지는 높이 155cm, 폭 95cm로 소형 냉장고와 같은 크기다. 도시가스 배관을 통해 공급된 천연가스를 이용해 수소가스를 만들고 이를 공기 중의 산소와 반응시킴으로써 전기를 발생시키는 방식을 사용한다.

대구도시가스(주)는 실증연구를 통해 시스템 점검 및 파트별 수정·보완, 시스템 모니터링 및 데이터 수집 등의 작업을 수행했다.

대구도시가스(주)는 에너지관리공단 신재생에너지센터가 주관하는 가정용 연료전지 시범보급사업 참여기업으로 선정돼 일반주택에 가정용 연료전지를 설치, 운용한 바 있다. 또 한국가스공사가 주관하는 가정용 연료전지 모니터링 사업에도 참여해 가정용 연료전지 분야에서 기술력을 높여가고 있다.

대구도시가스(주)는 연료전지를 통한 전기생산은 화력과 원자력 등 기존의 발전소를 통한 전기 생산과 비교했을 때 송전 및 배전시설 비용을 절감하면서도 전력수급의 안정을 도모할 수 있어 전력부족 문제의 해결 및 에너지 안보에도 기여할 것으로 보고 있다.

사례② (주)포스코건설

연료전지 발전소 건설 ‘활발’



▲ (주)포스코건설은 최근 다양한 용량의 연료전지 발전소건설을 활발히 추진하고 있다.

(주)포스코건설은 최근 연료전지 발전소 건설을 활발히 추진하고 있다. 지난해 연료전지 공장 및 포항 연료전지 발전소(2,400kW : 1,200kW×2기)를 건설한 이후 서울시 수소연료전지 발전소(5,200kW, 2010년 4월 준공), 부곡 연료전지 발전소(2,400kW, 2009년 7월 준공), 울촌 연료전지 발전소(4,800kW, 2009년 8월 준공) 건설을 추진하고 있다.

특히 (주)포스코건설은 지난해 포항시 영일만 산업단지에 세계 최대 발전용 연료전지 공장을 준공해 화제가 된 바 있다. 이 공장은 연산 50MW 규모의 발전용 연료전지를 생산한다. 이는 기존 최대인 미국 FCE(Fuel Cell Energy)사 공장의 2배 규모로 약 1만7,000가구가 쓸 수 있는 전력량이다. 2007년 10월 1단계로 연산 50MW 규모의 발전용 연료전지 생산공장 및 테스트시설 착공에 들어가 지난해 9월 완공했다. 포스코 연료전지공장에서는

세계 최초로 국내기술을 적용해 개발한 BOP (Balance of Plants, 연료공급기)를 탑재한 MCFC(용융탄산염 연료전지)제품을 양산하게 된다.

(주)포스코건설은 아시아지역에서 최초로 건설된 이번 발전용 연료전지 공장의 설계와 시공을 담당했다.

(주)포스코건설은 국내 대형건설회사로는 최초로 2006년 12월 에너지사업본부를 신설해 화력, 조력, 풍력, 태양광, 연료전지 및 RDF(생활폐기물 재생연료)에 이르기까지 신재생에너지 사업영역을 넓혀가고 있다.

(주)포스코건설은 세계적인 경쟁력을 갖춘 포스코의 일관제철소를 건설하며 축적한 플랜트 엔지니어링 기술과 노하우 및 경험인력을 토대로 글로벌 E&C(Engineering & Construction) 기업을 지향하며 지난 94년 12월 출범한 종합건설회사이다.

대한설비건설협회 연료전지 시공 회원사 현황 ('09년 1월 현재)

※ 신·재생에너지센터 등록 연료전지 전문기업 86개 업체 중
대한설비건설협회 회원사 36개 업체(약 42%)

서울지역(10개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
대현산업기술(주)	윤영근	02-2628-0777
성림산업개발(주)	김동욱	02-856-1014
엘아이지엔설팅(주)	최승기	02-6900-4700
(주)롯데기공	임종현	02-3270-0377
(주)새아테크	노영창	02-704-3001
(주)에이스테크시스템	김재천	02-475-3366
지멘스(주)	조셉 마일링거	02-3450-7486
한국하니웰(주)	박성호	02-799-6114
한전산업개발(주)	권정달	02-2250-2795
LG전자(주)	남용	02-3777-2917

부산지역(2개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
(주)한진중공업	송화영	02-450-8114
(주)뉴코아건설	유세열	051-645-3113

대구지역(3개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
대구도시가스(주)	정충영, 김영훈	053-606-1000
대성글로벌네트웍(주)	박원진	053-606-1544
(주)동서기연	이진호	053-752-8236

인천지역(1개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
아이씨에너텍(주)	최혁준	032-260-3385

광주·전남지역(4개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
금호산업(주)	이연구	061-333-7612
네오테크(주)	구본훈	062-381-5040
(주)신우이엔지	하민호	062-376-1055
(주)유니테크	윤유하	061-794-3111

대전·충남지역(5개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
주)유니슨	이태화	041-620-3333
금성E&C	구본철	041-741-7301
삼양에코너지(주)	김윤호	041-575-5611
(주)대경에너텍	방관수	02-523-0806
티이에너지(주)	오은실	042-477-3799

울산·경남지역(1개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
해원산업(주)	이용재	052-222-8421

경기지역(2개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
일진전기(주)	최진용	032-770-2383
(주)대우엔지니어링	윤형근	031-738-0823

강원지역(4개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
삼양이엔피(주)	송양희	033-253-5417
(주)거화	엄기현	033-662-2204
(주)동호엔지니어링	정교석	033-651-7257
혁신건설(주)	최선주	033-643-2111

충북지역(1개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
영광기업(주)	장순경	043-274-5591

경북지역(3개사)

업 체 명	대 표 자	연 락 처
(주)대원지에스아이	서용교	054-973-2221
(주)케너텍	정복임	054-261-8040
포철산기(주)	최규성	054-220-9710



무한지식

과학적 상상력을 자극하는 ‘루브 골드버그 장치’

“최소한의 비용으로 최대의 효과를 거둬라.”
 이것은 누구나 동의하는 경제의 원칙이다. 그런데 이것과 정반대되는 원칙도 있다.
 “최대한의 노력으로 최소한의 성과를 거둬라.”
 뭐가 잘못되어도 한참 잘못된 것 같은 이 원칙은 바로 ‘루브 골드버그 장치’의 철학이다. 루브 골드버그 장치란 쉽고 간단한 일을 수행하는 복잡하고 번거로운 기계를 말한다. 예를 들면 식사 후에 입을 닦아주는 기계 같은 것인데, 간단히 냅킨으로 해결하면 될 일을 쓸데없이 옷장만 한 거대한 기계를 들여놓고 입을 닦게 하는 게 여기에 해당한다. 찰리 채플린의 영화 <모던 타임스>에서 본 기억이 있을 것이다.
 이런 기계를 루브 골드버그 장치라고 하는 이유는 루브 골드버그라는 미국의 만화가가 이런 장치들을 즐겨 그렸기 때문이다. 그는 이런 장치를 통해 편리함에 중독되어 점점 복잡한 기계장치를 개발하고 있는 현대 산업사회의 모습을 풍자하고자 했다.
 그런데 얼마 전 우리나라 최초의 우주인을 선발하는 과정에서 바로 이 루브 골드버그 장치 만들기 테스트가 있었다. 10명의 후보가 치른 이 테스트의 과제는 ‘최소한 열다섯 단계를 거쳐 로켓의 발사 단추를 누르는 장치 만들기’였다. 예를 들어 전원 스위치를 넣으면 골프공이 발사되고, 그것이 굴러가서 어디론가 떨어지면 성냥에 불이 붙고, 그

불이 알코올램프에 붙여져서 그 위에 있던 시험관이 끓어 오르는 등 여러 단계를 거쳐 제일 마지막에는 구슬이 굴러 떨어져 발사 단추를 누르는 식이다.
 우주인을 선발한다면 대체 왜 이런 황당한 테스트를 했을까? 그 이유는 이런 장치를 만드는 과정이 과학적 상상력을 자극할 뿐 아니라, 축적된 공학적 지식을 마음껏 발휘해야 하기 때문이다. 온갖 장치를 움직이려면 물리학 지식이 필요하고, 화학약품이 동원된다면 화학적 지식도 요구된다. 거기다가 이 장치가 가지는 가장 큰 매력이 ‘재미’라는 것을 생각한다면 유머 감각도 필수이다.
 이런 이유 때문에 미국의 퍼듀 대학에서는 해마다 ‘루브 골드버그 대회’를 열곤한다. 저금통에 동전 넣어주는 기계 만들기, 알람시계 꺼주는 장치 만들기, 사과껍질 벗겨주는 도구 만들기 등등 주최 측이 제시하는 주제는 우습고 어이없지만 젊은 과학도들의 지식과 재치를 겨루기엔 그만이라고 할 수 있다.
 미국의 중·고등학교 과학 교사들은 방학 숙제로 학생들에게 이런 장치를 만들어오게 하는 경우도 많다. 학생들은 이 장치를 만드는 과정을 재미있게 즐기면서 과학을 배우게 되는데, 우리도 우주인을 선발할 때만이 아니라 학교에서 과학을 즐겁게 배우는 데 루브 골드버그 장치가 한몫 해내지 않을까 한다.

- 「정재승의 도전! 무한도전」 중에서