

발전용 연료전지 기술 현황

임희천 (전력 연구원 책임연구원)

1. 머리글

전기에너지는 인류 문명사회를 지탱하는 중요한 에너지원으로 이를 안정적으로 공급하는 것은 아주 중요하다. 이러한 전기에너지는 현재 그 대부분이 석탄, 석유, 천연가스 등과 같은 화석연료를 연소시켜 발전하는 “화력발전” 방식으로 생산되고 있다. 화력발전 방식은 건설비가 비교적 싸고 연료를 구하기 쉬워 급속히 증가되는 전력수요에 능동적으로 맞출 수 있는 장점이 있기 때문이다. 그러나 화력발전 방식은 연소 시 다량의 질소 산화물, 이산화탄소 등을 생산하기 때문에 지구 온난화 문제 등 공해 문제에 자유롭지 못하다는 단점이 있다.

또한 최근 불거진 유가강세는 화석연료 고갈에 대한 우려와 함께 전체 에너지의 97(%)를 외부에 의존하고 있는 우리로서는 에너지 안보에 대한 관심을 더욱 더 크게 하고 있다. 이에 따라 최근 부각되고 있는 화석연료를 대체하는 새로운 에너지 체계에 대한 관심은 새로운 에너지 패러다임 변화를 예고하고 있다. 즉 화석연료 경제에서 수소를 중심으로 하는 수소 경제에 대한 관심이 높아지고 있으며, 연료전지 기술은 이러한 수소에너지 시스템의 근간을 이루고 있어 기술적인 면에서 뿐 아니라 경제적인 면에서도 중요성으로 인하여 활발한 기술 개발이 진행되고 있다.

연료전지는 연료가 가지고 있는 화학에너지를 직접

전기에너지로 변환시키는 직접 발전방식이다. 직접발전 방식이기 때문에 에너지 변환효율이 높아 CO₂ 배출량을 획기적으로 줄일 수 있으며, 연소과정이 없어 오염 물질 발생이나 소음, 진동 등 공해요인도 없다. 특히 연료전지는 발전시 나오는 고온 증기를 발전에 이용, 더욱 높은 효율을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이외 고온에서 동작하는 발전용 연료전지는 연료로 석탄가스를 사용할 수 있어 에너지원의 다양화를 도모할 수가 있다. 연료전지 발전은 빠른 부하응답성 및 전 부하 영역에서의 높은 효율 등 양호한 전기적 특성도 함께 가지고 있다. 따라서 발전용 연료전지는 도심에 위치하는 분산 발전 설비로부터 대규모 중앙 집중 화력 발전소까지 다양한 형태로 활용될 수 있다. 연료전지 발전 기술은 환경을 중시하는 미래 청정사회에서 저공해, 고효율의 가장 적합한 새로운 발전방식으로 제시되고 있다. 본고에서는 발전용 연료전지 기술의 개요와 그 개발 현황에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

2. 연료전지 발전 시스템 구성

연료전지 발전 시스템은 기본적으로 전기를 생산하는 연료전지 본체(fuel cell power section : Stack), 연료인 천연가스, 메탄올, 석탄, 석유 등을 수소가 많은 연료로 변환시키는 연료 처리계(fuel

특집 : 연료전지 응용기술

processor), 발전된 직류 전기를 교류 전기로 변환시키는 전력 변환장치(power conditioner) 로 구성된다. 이외 이들 시스템을 종합적으로 제어하고, 나오는 부산물인 고온의 물을 이용하여 난방을 하거나 다시 전기를 만들어 내는 배열이용 장치(heat recovery system) 등이 부가된다.

DC 전기를 생산하는 가장 기본적인 요소는 단위 전지(unit cell)이다. 단위전지는 전극(Anode, Cathode), 전해질(Electrolyte) 및 분리판(Separator) 등 구성요소로 이루어져 반응가스가 반응에 관여하여 발전이 이루어지는 가장 기본적인 요소이다. 이 단위전지에서 전류를 인출하는 경우, 통상 0.6에서 0.8(V) 정도의 아주 낮은 전압을 얻게 되기 때문에 이 상태로 이용할 수가 없다. 따라서 우리가 원하는 전기 출력을 얻기 위하여 이 단위전지들을 여러 장 쌓아 올려 필요로 하는 만큼 전압을 상승시켜 전기를 인출하여야한다. 이를 위하여 연료 전지 본체는 단위전지들을 수백 장을 쌓아 직렬로 연결하여 그 크기를 보통 100에서 500(kW) 규모의

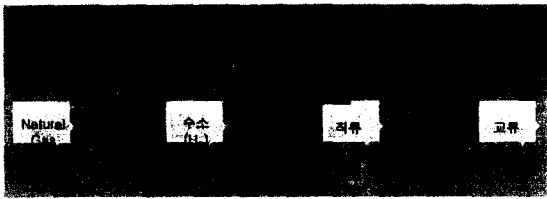
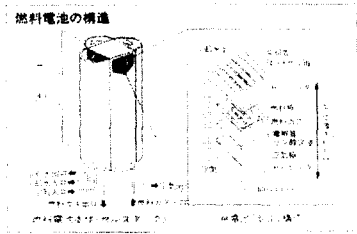


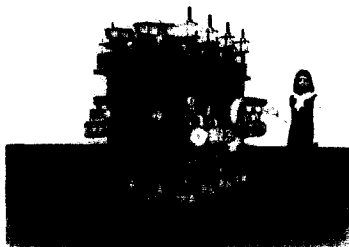
그림 1. 연료전지 전지 발전 시스템 기본 구성



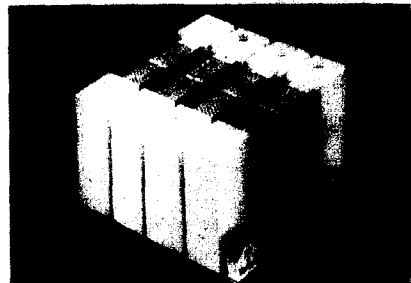
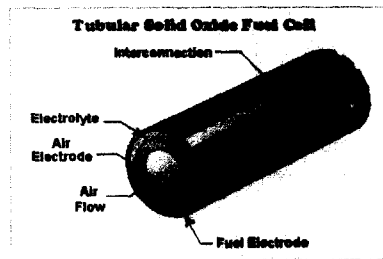
인산형 연료전지 스택



고분자 연료전지 스택



용융탄산염 연료전지 스택



고체전해질 연료전지 스택

그림 2. 각종 연료전지 스택 형태

스택으로 만들어 소규모 발전설비로 이용하거나, 이들 스택을 병렬로 연결하여 수만에서 수십만 (kW)를 생산하는 대규모 발전용 플랜트로 구성할 수도 있다.

연료전지는 수소를 산소와 결합시켜 물과 전기를 만들어 내는 발전장치이다. 발전을 위하여 수소를 제조하는 방법 중 가장 보편적으로 사용되는 방법은 천연가스, 석탄, 메탄을 등과 같은 화석 연료로부터 얻어내는 방법이다. 연료전지 본체에서 필요로 하는 수소, 일산화탄소, 이산화탄소 등을 만들어 내는 장치를 연료처리(Fuel Processing) 장치라 하고, 연료 처리 장치는 사용되는 화석연료 종류에 따라 구분된다. 천연가스, 또는 메탄을 등 연료에 수증기를 집어넣어 수소와 일산화탄소, 이산화탄소 등을 얻는 수증기첨가 개질 방법 (Steam Reforming)을 이용하여 수소를 생산한다. 석탄을 원연료로 사용하는 경우에는 석탄을 가스화하여 일산화탄소 및 수소를 발생시켜 사용하는 석탄 가스화 장치(Coal Gasifier)를 이용하게 된다. 석탄을 가스화하여 사용하는 경우, 석탄가스 내에 연료전지 발전에 악영향을 미치는 불순물들을 제거하기 위한 석탄가스 정제 시스템을 갖추어야만 한다.

연료전지에서 나오는 전기는 직류 전기이다. 우리가 일반적으로 사용하는 전기는 교류 전기이기 때문에 전력 변환장치를 통하여 직류로 발생되는 전기를 교류로 변환시키는 장치가 필요하다. 이를 인버터(Inverter)라고 부르는데 보통은 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), GTO(Gate turn Off Thyristor)라고 부르는 반도체 스위칭 소자를 고속으로 개폐 동작시켜 전류를 변환시키는 방법을 사용한다. 연료전지에서 나오는 전기는 전압은 낮지만 나오는 전류가 상대적으로 크다는 특징에 맞게 설계 제작되고 있다. 인버터에는 자력식과 타력식이 있는데 연료전지 인버터에서는 자력식을 많이 사용하는 것으로 알려지고 있다.

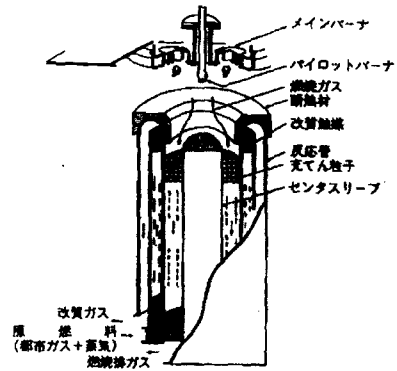


그림 3. 천연가스 개질기 구조

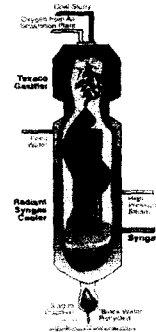


그림 4. 석탄 가스화로 구조

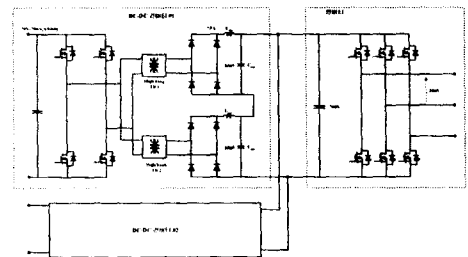


그림 5. 100(kW)급 MCFC Inverter topology

연료전지 발전소가 이들 부분 시스템이 유기적으로 동작하여 발전이 이루어지기 위하여 이들 부분 시스템에 명령을 주어 전체를 제어하는 계통이 필요하며, 이 제어 계통을 통하여 발전출력, 공급되는 수소 및 공기의 양, 회수되는 배열 양들을 종합적으로 조정하여 필요한 양만큼 발전이 이루어지게 된다.

3. 발전용 연료전지 이용 형태 및 종류

연료전지는 일반적으로 동작온도 및 전해질 종류에 따라 구분하며 발전용으로 사용될 수 있는 연료전지는 공급하는 규모 및 전기를 필요로 하는 수요 조건에 따라 구분할 수 있다. 일반적으로 발전용 연료전지는 저온 연료전지인 인산형(phosphoric acid fuel cell), 고분자 전해질형 연료전지(polymer electrolyte fuel cell) 등이 소규모 발전용 및 분산형 전원으로, 그리고 용융탄산염 연료전지(molten carbonate fuel cell), 고체 산화물 연료전지(solid oxide fuel cell)등 고온 연료전지가 대형 발전용으로 이용될 것으로 예측하고 있지만, 초기 보급시 분산 전원이 주를 이룰 것으로 예상되기 때문에 이러한 구분은 크게 나타나고 있지 않다. 발전용 연료전지 이용은 전력수요 증가, 환경 문제 등의 전력공급 제약 요인 및 전기를 필요로 하는 수요처에서 요구되는 에너지 패턴 등에 따라 화력발전 대체용, 분산형 전원 그리고 가정용 전원 등으로 구분하여 운용된다.

3.1 발전용 연료전지의 이용형태

3.1.1 화력 발전 대체용 연료전지(Centralized Power Plant)

현재 가장 발전비율이 높은 발전방식은 아직은 화

력발전으로 이와 같은 경향은 적어도 가까운 장래에 크게 변화하지는 않을 것이다. 화력 발전 방식에서 가장 큰 제약조건은 지구 온난화 문제로 CO₂ 발생을 억제하는 것이다. 가장 현실적인 CO₂ 억제대책은 고효율 발전방식의 도입으로 연료전지 발전방식은 고효율 발전방식으로 화석연료를 사용하는 화력발전을 대체할 수 있는 유일한 발전방식이다. 연료전지의 CO₂ 배출량은 같은 규모의 연료를 사용하는 화력발전 방식에 비하여 20에서 30(%)정도를 줄일 수 있는 것으로 알려지고 있다. 이 외에도 연료전지는 발전시 나오는 고온의 스팀을 이용하여 복합발전을 하는 경우 최대 발전 효율을 65(%) (기존 40(%) 정도)까지 얻을 수 있어 고효율에 의한 발전비용을 낮출 수도 있다.

화력발전 대체용 연료전지는 천연가스를 이용하는 경우 용융탄산염 및 고체산화물 연료전지가 복합 발전방식으로 활용이 가능하고, 발전 효율은 55~65(%) 정도가 기대된다. 반면 석탄 가스를 이용하는 경우에는 그 발전효율은 50~60(%) 정도로 천연가스 발전소보다 낮으나 풍부한 자원인 석탄을 깨끗하고 효율 좋게 사용한다는 점에서 아주 중요하다고 판단된다. 화력 발전 대체 용 연료전지 발전소는 그 규모가 수천 (kW)에서 수십만 (kW) 규모로 보급될 수 있을 것으로 예측된다.

표 1. 발전용 연료전지의 종류 및 특징

구분	고체고분자 전해질	인산형	용융탄산염형	고체전해질형
전해질	Nafion	인산	용융탄산염	안정화지르코니아
이온종류	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ⁻²	O ²⁻
재질	Carbon, Plastic	Carbon	Nickel, Stainless Steel	Ceramics
동작온도	50~80(°C)	160~220(°C)	600~700(°C)	~1000(°C)
연료	NG, 메탄올, H ₂	NG, 메탄올, LPG	NG, LPG, 메탄올, 석탄가스	
적용	자동차, 가정용	빌딩, 공장용 열병합 설비	대형화력, 분산형	대형, 분산, 소형
효율(전기)	45~60	35~45	45~50	50~60
개발상황	실증시험	실용화단계	실증시험 ~ 실용화단계	실증시험

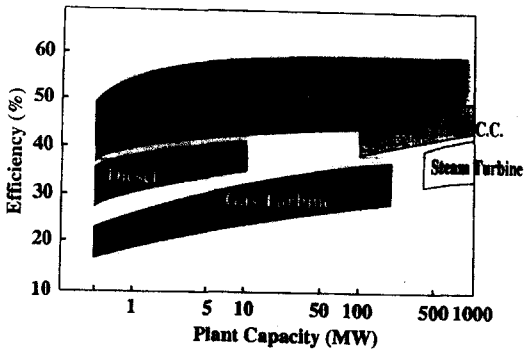


그림 6. 발전용 연료전지와 타 발전 방식과의 효율 비교

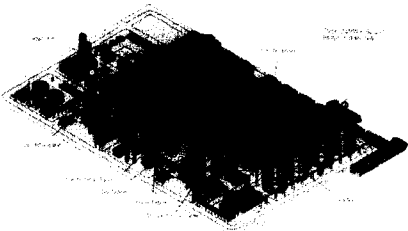
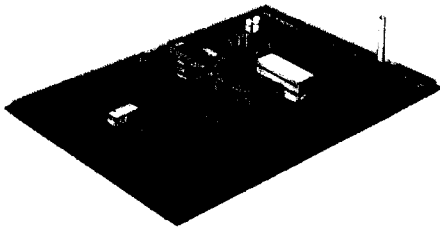


그림 7. 천연가스 및 석탄가스 이용 화력발전 대체 MCFC 발전소 상상도형

3.1.2 분산연료전지(Distributed Fuel Cell Power Plant)

지금까지 화력발전은 대규모화로 발전효율을 높이고 경제성을 향상시키는 방향으로 진행되어 오고 있으나 공해요인으로 인하여 장소선정이 용이하지 않다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 발전설비를

소형화하여 건설기간을 축소하고, 급격한 전력 수요에도 빨리 대응할 수 있는 전원이 필요하게 된다. 소규모 열병합 연료전지 발전 방식은 열과 전기를 필요로 하는 수요자 요구에 직접 연결되며, 송배전 설비 사용을 줄여 전력사용 비용을 저감할 수 있다. 반면 발전사업자는 짧은 기간, 적은 투자비로 필요한 전원을 확보할 수 있는 장점을 가지게 된다. 이와 같은 형태, 즉 일정한 지역, 즉 아파트 단지나 고층 빌딩 등 열 및 전기를 필요로 하는 일정 수요지 근처에 수백 [kW]에서 수천 [kW] 정도가 되는 연료전지를 설치하여 열과 전기를 동시 공급하는 발전소를 분산형 전원(Distributed type)이라고 한다. 이와 같은 소규모 연료전지 발전소는 대규모 화력 발전 설비를 보완할 수 있으며, 전력 계통 신뢰성을 갖게 하는 장점도 가지고 있다.

3.1.3 가정용 연료전지 발전설비(Residential Fuel Cell)

전기에너지 생산은 항상 열 생산을 수반하기 때문에 전기와 함께 열을 같이 사용할 수 있는 열병합 발전은 에너지를 효율적 이용에서 가장 이상적인 형태가 된다. 가정은 열과 전기를 동시에 생산 소비할 수 있는 가장 좋은 장소로, 파이프로 공급되는 도시가스를 이용하여 배기가스가 적고 소음이 없는 현지 설치 소형 연료전지 발전시스템을 이용 열과 전기를 생산하여 사용한다면 가장 이상적인 가정용 에너지 시스템이 될 수 있다. 가정용 연료전지 발전 시스템은 발전효율이 높고, 저온에서 동작하면서 전체 시스템이 고체로 되어 있는 고체 고분자형 연료전지 및 고체 전해질 연료전지가 그 대상이 된다. 통상 수 [kW] 규모에서 수십 [kW]급 용량의 발전설비가 개발되고 있다. 가정용 연료전지 외에도 소규모 연료전지 발전시스템은 전원 계통과 떨어져있어 전기가 공급되지 못하고 있는 낙도 전원으로도 또한 호텔, 병원, 음식점 등에서도 광범위하게 적용될 수 있다.

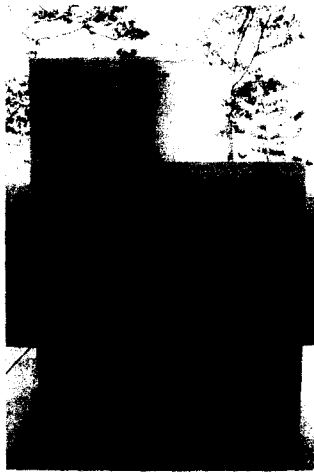


그림 8. 가정용 연료전지(국내 CETI)



그림 11. Siemens-W.H 220(kW) SOFC 시스템

3.2 발전용 연료전지 종류 및 개발현황

3.2.1 인산형 연료전지(Phosphoric Acid Fuel Cell)

인산형 연료전지는 가장 실용화가 앞서있는 발전용 연료전지이다. 미국 ONSI(IFC사와 일본 도시바 합작)사의 250(kW) 시스템은 전 세계 약 300여기가 보급 운용되고 있다. 이용형태는 빌딩 및 건물에 열 및 전기를 공급하는 열병합 분산 전원으로 보급이 기대되고 있으며 이외 소화가스(Digestive Gas), 폐 가스 등 다양한 연료를 사용하는 시스템으로 개발되고 있다. 미국 ONSI사의 250(kW) PC25C의 경우 열효율 36(%), 배열회수 167(°C) 이상의 고온 수 회수가 가능하여 종합 열효율은 80(% 이상을 기대할 수 있다. 앞으로의 전망은 시장확대를 위하여 건설비용 저감 노력 및 표준화 보급 규제 완화 등이 필요한 것으로 생각된다.



그림 9. 분산 MCFC 시스템(FCE)

3.2.2 용융탄산염 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell)

용융탄산염 연료전지는 연료로 천연가스 또는 석탄 가스를 사용할 수 있으며 효율이 높고, 배열이 고온이기 때문에 이를 이용하여 가스터빈과 연결하는 경우 고효율 발전이 가능하기 때문에 장래 화력 발전 대체



그림 10. FCE 250(kW) MCFC 시스템

용 전원으로 기대된다. 미국 FCE(Fuel Cell Energy)의 경우 내부 개질형(Internal Reforming) 250(kW)급 시스템을 상용화하고 있는데 현재 약 35기 정도가 보급되어 운용되고 있으며, 최장 22,000시간의 운전 및 종합 효율 90(%)를 보여주고 있다. 일본의 경우에는 외부 개질형(External Reforming) 시스템 개발이 진행되고 있는데 (MW)급 실증설비를 중부전력의 가와고에 발전소에서 건설 실증시험을 실시한 후 고효율 발전시스템 개발을 목적으로 300, 750(kW)급 열병합 시스템에 대한 기술개발을 진행하고 있다. 현재 750(kW)급 시스템 설치가 진행 중이다. 이 시스템의 발전효율은 52(%) 종합효율은 70(%) 정도를 예상하고 있다. 유럽의 경우에는 이태리에서 스페인과 함께 미국 기술을 기반으로 100(kW)규모의 실증시험을 실시하고 있으며, 500(kW)급 시스템 건설이 진행되고 있다. 특히 독일 MTU(MTU CFC Solution)에서는 미국 FEC 스택을 이용하여 독자적인 설계 모델(HOT Module)인 280(kW) 규모의 열병합 발전 시스템을 제작 RWE Essen FC Pavillion 등 12곳에서 실증시험을 진행하고 있는데 이용률 90(%)의 신뢰성을 보여주고 있다.

3.2.3 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell)

고체산화물 연료전지는 연료전지 중 가장 효율이 높고, 시스템의 소형 간소화 때문에 장래 분산형 및 가정용 전원으로 보급이 크게 기대되고 있다. 고체 산화물 연료전지의 경우 원통형과 평판형으로 구분되는데 미국 SW(Siemens-W.H)사에서 개발한 원통형 220(kW)급이 미국 캘리포니아대학의 National Fuel Cell Research Center에서 75(kW)급 MGT를 설치하여 운전시험을 시작하고 있으며, 이 시스템 효율은 57(%) (LHV 기준)를 목표로 하고 있다. 아직 開發

단계에 있는 평판형 경우 독일이 합병 전 Siemens에서 20(kW)급 시스템을 개발 실증시험을 진행하여 왔으나 현재 W.H와의 합병으로 더 이상의 進行은 보이고 있지 않다. 日本은 NEDO 주관으로 평판형 스택을 개발하고 있으며, 1(kW)급에서 5(kW)급을 개발하고 있으며, 100(kW)급 개발을 진행 중이다. 반면 유럽에서는 독일 외에 네덜란드, 덴마크 등에서 수 (kW) 규모의 스택을 제작 실증시험을 실시하고 있으며, 특히 스위스 Sulzer-Hexis 에서는 가정용 소형 열병합 발전 시스템을 개발 운전시험 예정이다.

3.2.4 고체고분자 전해질 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)

고체고분자 전해질 연료전지는 1980년 전류밀도가 비약적으로 향상됨에 따라 Ballard사를 중심으로 전기자동차로 응용으로 크게 각광 받기 시작하여 현재 연료전지 개발에서 가장 주목을 받고 있다. 자동차용으로 개발되는 외중에 소형, 경량, 그리고 저온 동작에 따라 저 코스트화가 가능하고, 배열회수에 따라 60(°C) 정도의 온수가 얻어지기 때문에 일반적으로 가정용 소형 열병합 발전시스템으로 실현이 기대되고 있다. 주택용 연료전지 시스템은 미국 Plug Power, IFC, Nuvera와 일본의 Toshiba, Sanyo, 오사카 가스 등이 참여하고 있으며, 1에서 3(kW) 정도의 전기출력과 같은 규모의 열출력을 목표로 하고 있다. 시스템 발전효율 목표는 35(%), 정도배열회수 이용시 70(%) 정도를 기대하고 있다. 한편 분산 전원으로 캐나다 Ballard사에서는 250(kW)급 열병합 시스템을 스위스 EBM사 등에 설치 운전시험을 실시한바 있다.

3.3 국내 발전용 연료전지 개발현황

국내 연료전지발전은 1985년에는 한전 전력연구원에서 소규모 인산형 연료전지 발전시스템을 구성하

여 국내에서는 최초로 연료전지에 의한 발전운전에 성공함으로써 본격적인 발전 연료전지 연구개발이 시작되었다. 현재 인산형의 경우 2001년 LG Caltex 정유에서는 50(kW)급 시스템을 개발 운전시험을 진행하고 있다. 시스템 도입은 한전에서 1993년 일본 Fuji사 50(kW)급 시스템을 그리고 IFC 200(kW)급 시스템을 도입 각각 8,000시간 및 25,000시간 운전 시간을 기록하고 있다. 또한 현대중공업에서도 미국 IFC사로부터 200(kW)급 설비를 2기를 도입 1997년 및 1999년 연구소 및 울산 다이아몬드 호텔 구내에 설치 운전시험을 진행하였다.

용융탄산염 연료전지는 높은 전력사업 적용가능성으로 1993년부터 정부 선도 기술개발사업으로 100(kW)급 외부개질형 시스템의 개발을 추진하고 있다. 이 사업은 한전이 주관 기관으로 하여 KIST, 대학들과 공동으로 개발을 진행하고 있는데 1996년 7월 2(kW) 스택을 개발함으로써 용융 탄산염 연료전지 발전기술의 기초기반을 확립하였다. 이를 바탕으로 2005년까지 100(kW)급 MCFC 시스템을 개발을 진행하고 있다. 이 개발 계획에서 1999년 25(kW)급 시스템 개발을 운전시험을 완료하였고, 이를 바탕으로 현재 Pilot plant 건설을 완료하고 2005년 5월부터 본격적인 운전시험을 진행할 예정이다.

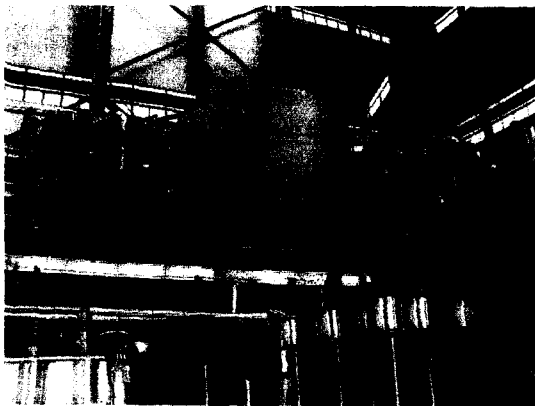


그림 12. 100(kW)급 MCFC 시스템(한전 전력연구원)

고체 산화물 연료전지의 경우에도 평판형 연료전지 개발을 진행하여 왔고, 현재에는 가정용 (kW) 규모 가정용 연료전지 시스템 개발이 한전을 중심으로 진행되고 있다. 이외 원통형 스택인 보조전원용으로 그리고 외국스택을 이용 가스터빈과 복합할 수 있는 시스템 개발이 에너지연구원을 중심으로 진행되고 있다.

고체 고분자 전해질형 연료전지 경우에도 소형 스택 개발을 위한 연구가 진행되고 있다. 고체 고분자 연료전지 경우 현대 자동차에서 차량용으로 미국 IFC사와 공동으로 85(kW)급을 개발 운전시험을 진행 진행하고 있으며, 발전용의 경우 가정용 1~3(kW)급 설비가 벤처 기업인 CETI 등에서 개발 보급을 도모하고 있다. 이외에도 가정용 연료전지의 경우에는 FCP, 대구도시가스 및 가스공사 등에서도 시제품을 제작 운전시험을 실시하거나 외국에서 실증기를 도입 운전시험을 진행하고 있다.

5. 결 론

발전용 연료전지 기술은 화석 연료를 사용하는 발전소가 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 미래의 신 발전 방식이지만 아직은 많은 연구 개발비와 연구 노력이 필요한 새로운 기술이다. 그러나 이미 용융탄산염 연료전지는 신뢰성 및 효율 등에서 실증을 마치고, 이미 보급되기 시작하여 실용화를 눈앞에 두고 있다. 실제 환경 중시하는 21세기에 들어가면서 초기에는 전세계 발전량의 10(%) 정도가 연료전지로 보급되는 경우 22,000(MW)의 정도의 시장규모가 있는 것으로 보고 되고 있고, 그 경우 연료전지의 수명은 40,000시간, 45(%) 이상의 발전효율과 (kW)당 1,200\$ 정도의 건설단가 등의 목표가 이루어져야 할 것으로 예상된다.

표 5. 세계 연료전지 개발 현황

세계 연료전지 개발 현황			
PAFC	ONSI(미국)	200(kW)급 236대 (약 1.8억불)	구입비 1/3 정부보조
	후지/도시바 등 (일본)	50~100(kW)급 81대 (약 80억엔)	
	LG-Caltex/KIER (한국)	50(kW)급 개발중	2007년 실용화
MCFC	FCE/MTU (미국/독일)	300(kW)~1MW 실증운전 중	2005년 상용화
	IHI(일본)	300~750(kW)급 개발중	2005년 IGMCFC
	한전 (한국)	100(kW)급 개발중	2010년 실용화
SOFC	Siemens-W.H (미국)	200(kW) 시험중	2015년 상용화
	Sulzer-Helix (스위스)	1~3(kW) RPG	2002년 시판예정
PEMFC	Ballard(캐나다)	스택개발완료	Chrysler 납품
	GM/Toyota (미국/일본)	시험차량 운행중	2003년 양산
	현대차/IFC/KIST (한국/미국)	시험차량 운행중	2008년 국산화
DMFC	Manhattan Sci. 등 (미국)	휴대폰용 및 군수용	2003년 상용화
	미쓰비시, 소니 (일본)	PDA용 개발중	
	LG화학, 삼성중기원 등 (한국)	이동용 전원 개발중	2006년 상용화

◇ 저 자 소 개 ◇



임희천(林希天)

1956년 5월 15일생. 성균관대학교 기계공학과 졸업. 충남대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사, 박사). 현재 한전 전력연구원 책임연구원.

2004 ~ : 수소연료전지사업단 운용위원.

2004 ~ : 수소 및 신에너지학회 부회장.

2000 ~ : 전기화학회 연료전지부문 운용위원.

2005 ~ : 신 재생에너지 학회 이사.

표 6. 국내 연료전지 개발 현황

세부 기술	현 기술 수준
PAFC	50(kW)급 발전시스템 실증 단계
MCFC	스택 기술 경쟁력 보유 100(kW)급 데모 plant 건설 중(2004년 완공) 250(kW) 열병합 발전 시스템 개발(2010)
가정용 PEMFC	3(kW)급 상용 prototype 개발 중(2004년)
수송용 PEMFC	Hybrid FCV 개발(2001년) 80(kW)급 FCV 개발 중(100% 국산화, 2010년)
DMFC	200(W) 급 휴대형 전원 pack 개발 중 배터리 대체용으로 시장 진입(2005년)
SOFC	{kW}급 규모의 스택 기술 보유 RPG 및 차량용 APU, GT-FC 분야 유망