



# 발전용 연료전지 기술

글 ■ 임희천 / 전력연구원 신에너지그룹, 책임연구원 e-mail ■ fclim@kepri.re.kr

이 글에서는 발전용 연료전지 기술의 개요와 그 개발 현황에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

1897년 에디슨이 전기를 통하여 전 세계에 빛을 밝힌 이래 전기에너지는 인류의 문명사회를 지탱하는 중요한 에너지원으로 확고하게 자리 잡고 있으며, 이러한 전기를 안정적으로 공급하는 것은 현대 문명을 유지시키는 아주 중요한 요소이다. 이러한 전기 에너지는 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 전력 수요에 능동적으로 맞출 수 있는 장점이 있었기 때문이다.

그러나 이와 같은 화력발전 방식은 연소시 다량의 질소산화물, 이산화탄소 등을 발생산시키기 때문에 지구 온난화 문제 등 공해 문제에 자

유롭지 못하다는 단점이 있다. 현재, 온실가스 배출량이 세계 10위권인 우리나라의 경우, 지금과 같은 비율로 전기에너지 사용이 증가한다면 2010년경에는 1990년 대비 160% 증가를 예측하고 있다. 따라서 이와 같은 공해요인을 없애고 현재 에너지 시스템을 유지하면서, 우리가 필요로 하는 전기를 충분히 얻기 위하여, 공해요인이 없으며, 효율을 극대화할 수 있는 직접 발전방식이 필요하다. 이러한 발전 방식이 바로 연료전지 발전 방식이다.

연료전지는 연료가 가지고 있는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 직접 발전방식이다. 그림 1에서 표시된 것과 같

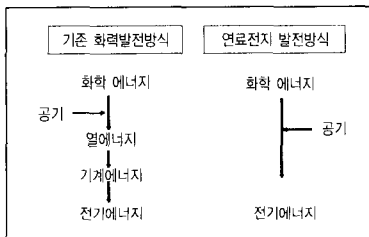


그림 1 연료전지와 기존 화력 발전 방식 비교

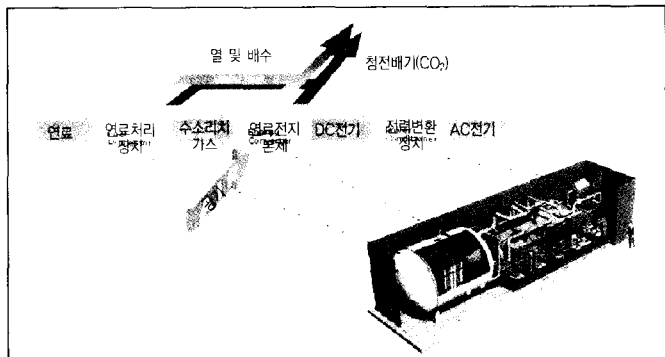
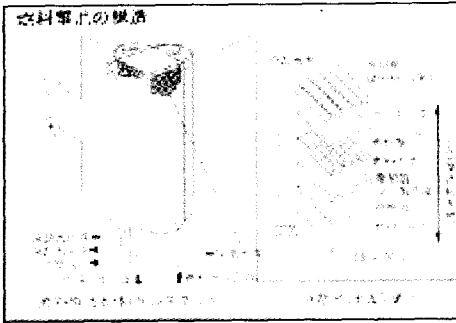
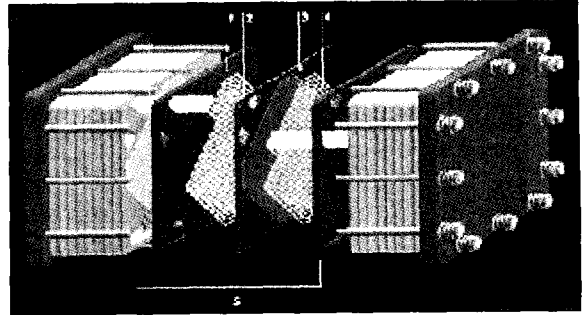


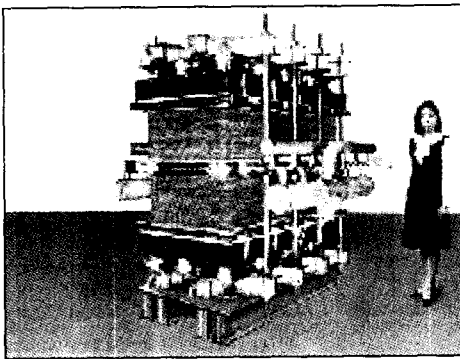
그림 2 연료전지 전지 발전 시스템 기본 구성



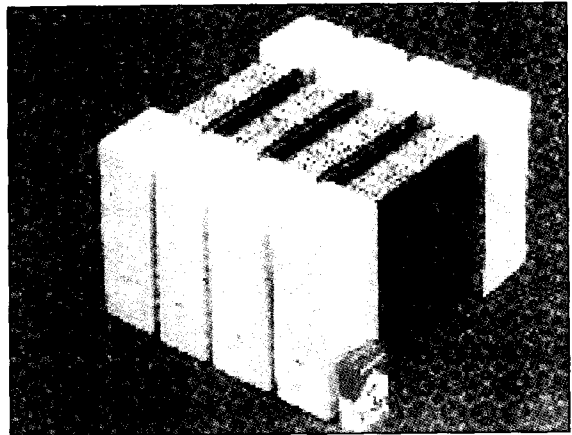
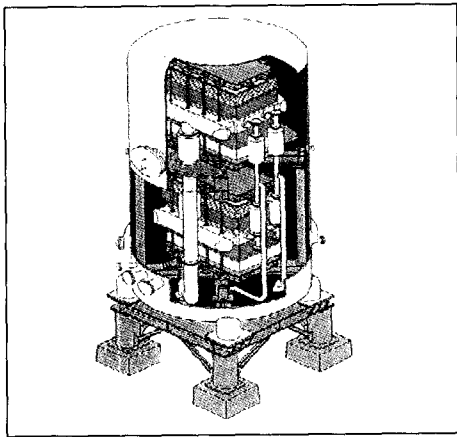
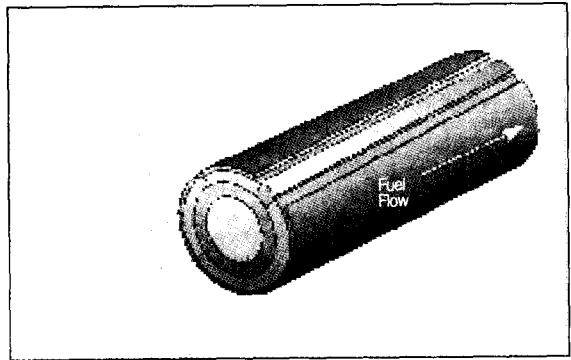
인산형 연료전지 스택



고분자 연료전지 스택



용융탄산염 연료전지 스택



고체전해질 연료전지 스택

그림 3 각종 연료전지 스택 형태

이 화력발전은 연료가 갖는 화학에너지를 연소과정을 통하여 열에너지, 그리고 이를 다시 기계에너지인 터빈 회전력을 통하여 전기에너지를 발생시키는 다단계 에너지 변

환 과정을 갖는다. 에너지 보존법칙에 따라 많은 변환 과정을 갖게 되면 효율이 저하된다. 단 한 번의 에너지 변환과정을 갖는 연료전지는 에너지 변환효율이 좋아, CO<sub>2</sub>와



같은 온실가스 배출량을 획기적으로 줄일 수 있으며, 연소과정이 없기 때문에 황산화물, 질소산화물과 같은 오염물질 발생이나 소음, 진동 등 공해요인도 없다. 특히 연료전지는 발전후 나오는 부산물인 고온의 물을 복합발전에 이용함으로써 더욱 높은 효율을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이외에도 고온에서 동작하는 연료전지는 발전용 연료로 석탄가스를 사용할 수 있다. 석탄은 석유나 천연가스와는 달리 아직도 300년 이상 사용할 수 있는 양이 존재하기 때문에 발전용 에너지원의 다양화를 도모할 수가 있다. 연료전지 발전은 전 부하영역에서 높은 열 효율을 얻을 수 있고, 빠른 부하응답성 등 발전설비로서 양호한 전기적 특성도 함께 가지고 있다. 이와 같은 이유로 연료전지 발전은 도심에 위치하는 소규모 발전소에서부터 대규모 중앙 집중 화력발전소까지 다양한 형태로 활용될 수 있다. 연료전지 발전 기술은 환경을 중시하는 미래 청정사회에서 저공해, 고효율의 가장 적합한 새로운 발전

방식으로 제시되고 있다. 이 글에서는 발전용 연료전지 기술의 개요와 그 개발 현황에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

### 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 processor), 발전된 직류전기를 교류전기로 변환시키는 전력 변환장치(power conditioner)로 구성된다. 이외 이들 시스템을 종합적으로 제어하고, 나오는 부산물인 고온의 물을 이용하여 난방을 하거나 다시 전기를 만들어내는 배열이용장치(heat recovery system)등이 추가된다.

그림 2는 일반적인 연료전지 발전시스템 구성을 보여주고 있다. DC 전기를 생산하는 가장 기본적인 요소는 단위전지(unit cell)이

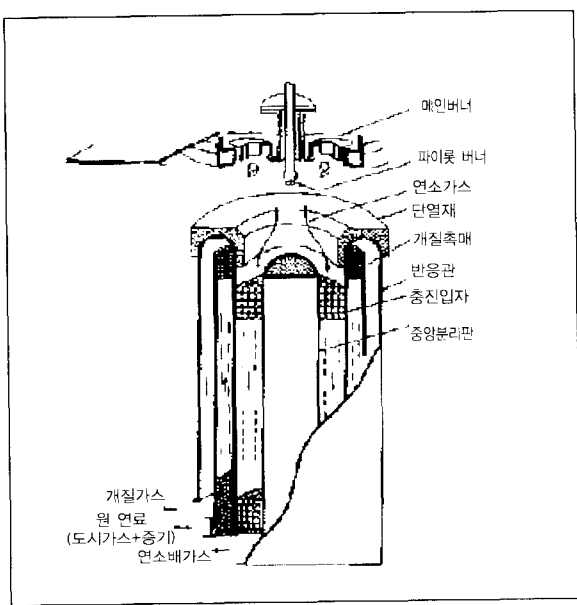


그림 4 천연가스 개질기 구조

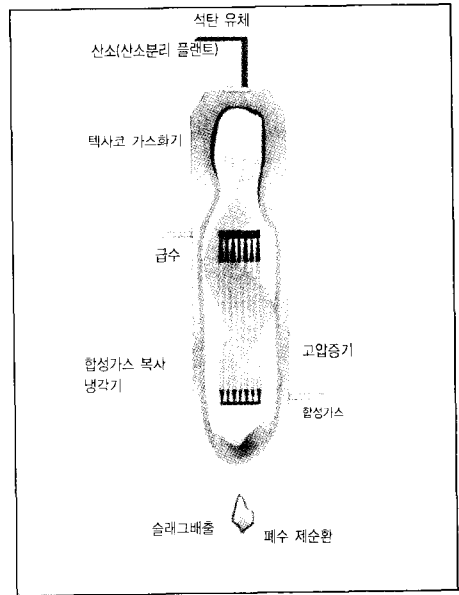


그림 5 석탄가스화로 구조



다. 단위전지는 전극, 전해질 등 구성요소로 이루어진 발전이 이루어지는 가장 기본적인 요소이다. 이 단위전지에서 전류를 인출하는 경우, 통상 0.6~0.8V 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 인출하여야 한다. 이를 위하여 연료전지 본체는 단위전지들을 수백 장을 쌓아 직렬로 연결하여 그 크기를 보통 100kW~500kW 규모로 만들어 이용한다. 이를 우리는 스택이라고 말하며, 스택의 모습은 그림 3에서 보는 바와 같이 마치 시루 위에 얹어 놓은 시루떡의 모습으로 상상할 수 있다. 스택은 이와 같이 100kW~500kW 규모로 제작하여 소규모 발전설비로 이용하거나, 이들 스택을 병렬로 연결하여 수만에서 수십만 kW를 생산하는 대규모 발전용 플랜트로 구성할 수도 있다.

연료전지는 근본적으로 수소를 산소와 결합시켜 물과 전기를 만들어내는 발전장치이다. 수소를 만들어내는 방법은 여러 종류가

있지만, 가장 보편적으로 사용되는 방법은 천연가스, 석탄, 메탄올 등과 같은 화석 연료로부터 얻어내는 방법이다. 연료전지 본체에서 필요로 하는 수소, 일산화탄소, 이산화탄소 등을 만들어내는 장치를 연료처리 장치라 하고, 연료처리장치는 사용되는 화석연료 종류에 따라 틀리다. 천연가스, 또는 메탄올 등 연료에 수증기를 집어넣어 수소와 일산화탄소, 이산화탄소 등을 얻는 수증기첨가 개질 방법(steam reforming)을 이용하여 수소를 생산한다(그림 4). 석탄을 원 연료로 사용하는 경우에는 석탄을 가스화하여 일산화탄소 및 수소를 발생시켜 사용하는 석탄가스화 장치(coal gasifier)를 이용하게 된다(그림 5). 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

표 1 발전용 연료전지의 종류 및 특징

구 분	고체고분자 전해질	인산형	용융탄산염형	고체전해질형
전해질	나피온(이온교환막)	인산	용융탄산염	안정화지르코니아
이온종류	H <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	O <sup>-2</sup>
재 질	탄소, 플라스틱	탄소	니켈 스테인리스 스틸	세라믹
동작온도	50~80°C	160~220°C	600~700°C	~1000°C
연 료	NG, 메탄올, H <sub>2</sub>	NG, 메탄올, LPG	NG, LPG, 메탄올, 석탄가스	
적 용	자동차, 가정용	빌딩, 공장용 열병합 설비	대형화력, 분산형	대형, 분산, 소형
효율(전기)	45~60	35~45	45~50	50~60
개발상황	실증시험 실용화단계	실용화단계	실증시험~실용화단계	실증시험

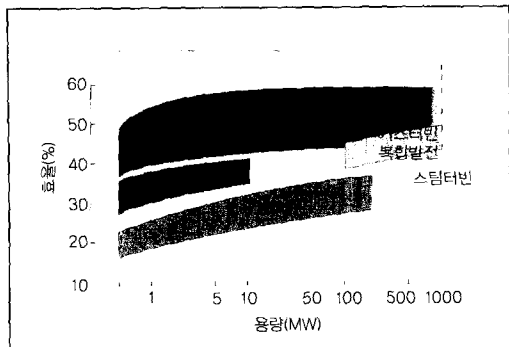


그림 6 발전용 연료전지와 타발전 방식과의 효율 비교

(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 알려져 있다. 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 종합적으

로 조정하여 필요한 양만큼 발전이 이루어지게 된다.

### 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), 고체전해질 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.

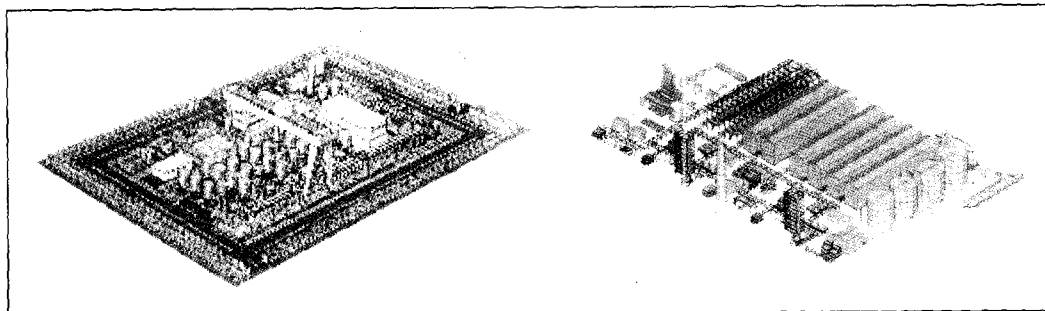


그림 7 천연가스 및 석탄가스 이용 화력발전 대체 MCFC 발전소 상상도

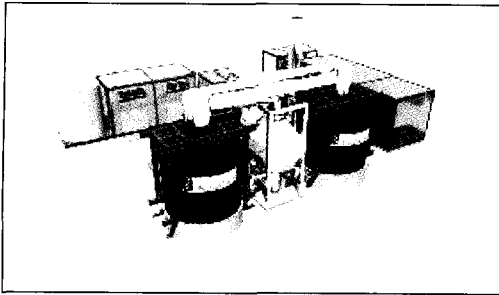


그림 8 분산 MCFC 시스템(FCE)

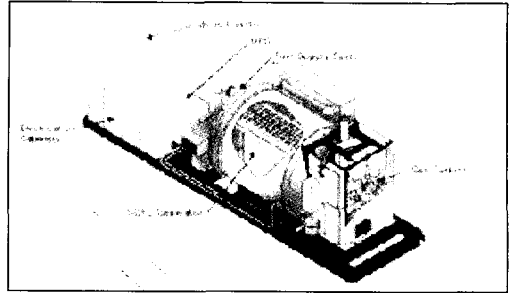


그림 9 SOFC-가스터빈 복합 발전(WH-Siemens)

### 가) 발전용 연료전지의 이용형태

#### 1) 화력발전 대체용 연료전지(Centralized Power Plant)

국내에서 발전 비율이 가장 높은 발전 방법은 석유, 천연가스, 석탄을 이용하는 화력 발전 방식으로 이는 건설비가 비교적 적어 경제 성장이 높은 우리나라와 같은 경우 전력 공급의 기간 전원으로 커다란 역할을 담당하고 있기 때문이며, 이와 같은 경향은 적어도 가까운 장래에 크게 변화하지는 않을 것이다. 그러나 이러한 화력발전 방식은 지구온난화 문제로 CO<sub>2</sub> 발생을 억제하는 것이 아주 중요하다. 화력발전 CO<sub>2</sub> 억제 대책은 고효율 발전 방식을 도입하는 것이 가장 현실적인 대책으로 바로 이런 점에서 연료전지 발전 방식은 고효율 발전방식으로 화석 연료를 사용하는 화력발전을 대체할 수 있는 유일한 발전방식이다. 연료전지 발전소 CO<sub>2</sub> 배출량은 같은 규모의 연료를 사용하는 화력발전 방식에 비하여 20~30% 정도를 줄일 수 있는 것으로 알려지고 있고, 질소산화물의 경우에도 10분의 1 정도에 불과하다(그림 6). 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.

화력발전을 대체하는 경우 사용될 수 있는

연료전지 발전 방식은 연료 종류에 따라 구분할 수 있다. 주로 천연가스를 이용하는 경우 응용 탄산염 및 고체 전해질형 연료전지 복합 발전방식으로 활용이 가능하고 전체 발전소 효율은 55%~65% 정도가 기대된

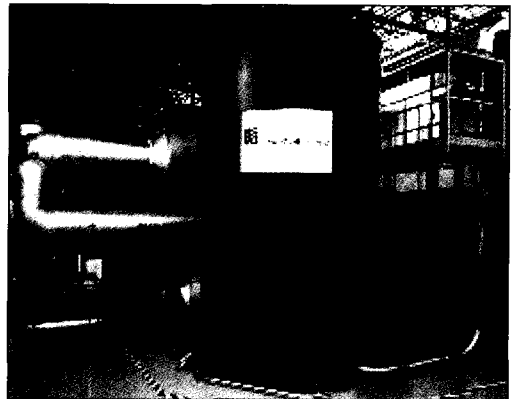


그림 10 FCE 250kW MCFC 시스템

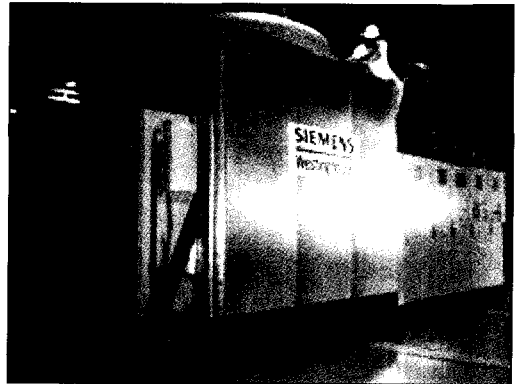


그림 11 Siemens-W.H 220kW SOFC 시스템

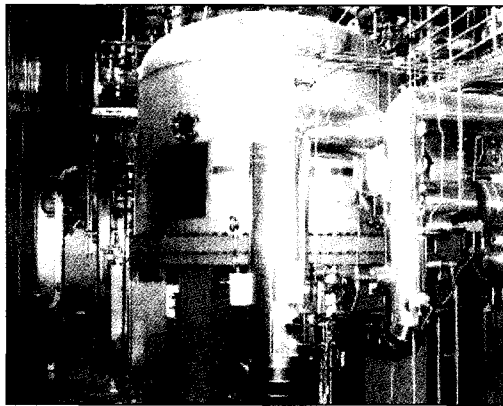


그림 12 한전 전력연구원 25kW MCFC 시스템

다. 반면 석탄 가스를 이용하는 경우에는 그 발전효율은 50%~60% 정도로 천연가스 발전소 보다 낮으나 풍부한 자원인 석탄을 깨끗하고 효율 좋게 사용한다는 점에서 아주 중요하다고 판단된다. 그림 7에 화력발전 대체용 연료전지 발전소 조감도를 보여주고 있는데 그 규모가 수천 kW에서 수십만 kW 규모로 보급될 수 있을 것으로 예측된다.

## 2) 분산형 연료전지(Distributed FuelCell Power Plant)

지금까지 화력발전은 대규모화로 발전효율을 높이고 경제성을 향상시키는 방향으로 진행되어 오고 있으나, 공해요인으로 인하여 장소 선정이 용이하지 않다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 발전설비를 소형화하여 건설기간을 축소하고, 급격한 전력 수요에도 빨리 대응할 수 있는 전원이 필요하게 된다. 또한 전력산업 구조조정에 따라 발전 및 송전이 분리되어 발전사업자는 송전망을 이용 직접 소비자에 전기를 공급하게 되며, 이 경우 소비자는 좋은 품질 및 값이 싼 전원을, 발전 사업자는 환경문제에 대응이 가능하고, 짧은 기간에 적은 투자에 의한 발전 설비를 갖추기를 원하게 된다. 소규

모 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 kW에서 수천 kW 정도가 되는 연료전지를 설치하여 열과 전기를 동시에 공급하는 발전소를 분산형 전원(distributed type)이라고 한다(그림 8). 이와 같은 소규모 연료전지 발전소는 대규모 화력발전 설비를 보완할 수 있으며, 전력 계통 신뢰성을 갖게 하는 장점도 가지고 있다.

## 3) 가정용 연료전지 발전설비(Residential Fuel Cell)

가정에서 사용하는 에너지는 전체 국가 사용 에너지의 약 20% 정도를 차지하기 때문에, 가정에서 사용되는 전기의 효율적 사용 국가 에너지 절약 및 공해요인 저감에서도 아주 중요하다. 전기에너지 생산은 항상 열 생산을 수반하기 때문에 전기와 함께 열을 같이 사용할 수 있는 열병합발전은 에너지를 효율적 이용에서 가장 이상적인 형태가 된다. 가정은 열과 전기를 동시에 생산·소비 할 수 있는 가장 좋은 장소로, 파이프를 공급되는 도시가스를 이용하여 배기가스가 적고 소음이 없는 현지 설치형 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 수kW 규모에서 수십kW급 용량의 발전설비가 개발



되고 있다. 가정용 연료전지 외에도 소규모 연료전지 발전시스템은 전원 계통과 떨어져 있어 전기가 공급되지 못하고 있는 낙도의 전원으로, 또한 호텔, 병원, 음식점 등에서도 광범위하게 적용될 수 있다.

## 나. 발전용 연료전지 종류 및 개발 현황

### 1) 인산형 연료전지(Phosphoric Acid Fuel Cell)

인산형 연료전지는 가장 실용화가 앞서 있는 발전용 연료전지이다. 미국 ONSI(IFC 사와 일본 도시바 합작)사의 250kW 시스템은 전 세계 약 2,500여 기가 보급 운용되고 있고 이중 10여기 이상이 40,000시간 이상 운전 실적을 달성 신뢰성을 가지고 있다. 이용 형태는 빌딩 및 건물에 열 및 전기를 공급하는 열병합 분산 전원으로 보급이 기대되고 있으며, 이외 소화가스, 배가스 등 다양한 연료를 사용하는 시스템으로 개발되고 있다. 미국 ONSI 사의 250kW PC25C의 경우 열효율 36%, 배열회수 167°C 이상이고 온수 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.

### 2) 용융탄산염 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell)

용융탄산염 연료전지는 연료로 천연가스 또는 석탄가스를 사용할 수 있으며, 효율이 높고, 배열이 고온이기 때문에 이를 이용하여 가스터빈과 연결하는 경우 고효율 발전이 가능하기 때문에 장래 화력 발전 대체용 전원으로 기대된다. 미국 FCE(Fuel Cell Energy : 구 ERC)의 경우 산타 클라라 시에 2MW급 MCFC 발전 Plant를 '96년부터 '97년까지 7,000여 시간의 운전을 마쳤고,

1998년부터는 상용형 250kW(그림 10) 급 시스템을 LA LADFWP 사무실과 Alabama 벤즈 사 공장에서 실증운전을 진행하고 있으며, MW급 실 증시험도 준비하고 있다. 일본의 경우에도 New Sunshine 계획에 따라 MW급 실증설비를 중부전력의 가와고에 발전소에서 건설 실증시험을 실시하였다. 1999년 IHI, Hitachi 사에서 각각 250kW 급 스택 2기 씩을 설치 총 4,000여 시간 운전후 운전시험을 종료하였다. 이후 고효율 시스템 개발을 목적으로 750kW급 열병합 시스템에 대한 기술 개발 계획을 진행하고 있으며, 현재 300kW급 시스템 설치가 진행 중이다. 이 시스템의 발전효율은 52% 종합 효율은 70% 정도를 예상하고 있다. 유럽 경우에는 이태리에서 스페인과 함께 미국 기술을 기반으로 100kW 규모의 실증시험을 실시하였으며, 500kW급 시스템 개발을 계획하고 있다. 특히 독일 MTU에서는 미국 FEC 스택을 이용하여 독자적인 설계를 통하여 280kW 규모의 열병합 발전 시스템을 설계하여 RWE Essen FC Pavillion 등에서 실증시험을 진행하고 있으며, 시험후 본격적인 보급을 도모하고 있다.

### 3) 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell)

고체산화물 연료전지는 연료전지 중 가장 효율이 높고, 내부개질에 의해 발전이 가능하기 때문에 연료처리장치가 필요 없다는 특징이 있다. 시스템의 소형 간소화 때문에 장래 분산형 전원으로 보급이 크게 기대되고 있다. 또한 최근 마이크로 가스터빈(MGT : Micro Gas Turbine)과 조합하여 복합발전(combined cycle)하는 경우 발전 효율 65% 배열회수 시스템까지 합하는 경우 종합 열효율은 75%까지 달성 가능하다고 생각된다. 고체산화물 연료전지의 경우



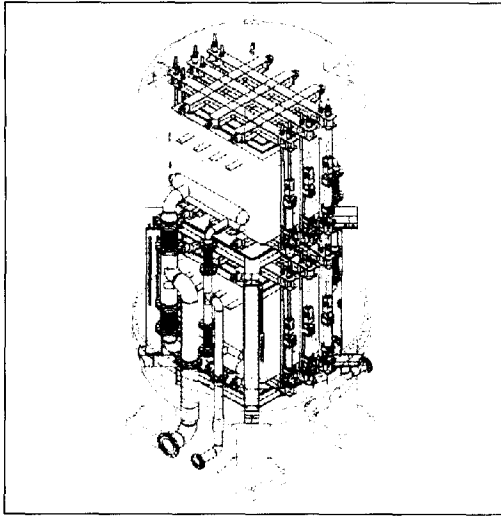


그림 13 100kW급 MCFC 스택 조감도(한전 전력연구원)

원통형과 평판형으로 구분되는데 미국 SW (Siemens-W,H) 사에서 개발한 원통형 100kW급 EDM/ELSAM 시스템이 네덜란드에 설치되어 10,000시간의 운전을 기록하였고, 캐나다 Ontario Hydro 사에서도 실증시험이 진행되고 있다. SW의 연료전지는 수명을 7년을 예상하고 있으며, 소규모 단위전지 시험에서 이미 이를 달성하고 있다. 미국 캘리포니아 대학의 National Fuel Cell Research Center에서는 2000년부터 220kW SOFC 시스템(그림 11)과 75kW급 MGT를 설치하여 운전시험을 시작하고 있으며, 이 시스템 효율은 57%(LHV 기준)를 목표로 하고 있다. 또한 EU에서는 프랑스 독일이 Marbach에서 1MW급 시스템 Demonstration을 준비하고 있으나 마이크로 가스 터빈 문제로 지연되고 있다. 아직 개발 단계에 있는 평판형 경우 독일이 합병전 Siemens에서 20kW급 시스템을 개발 실증시험을 진행하여 왔으나, 현재 W,H와의 합병으로 더 이상의 진행은 보이고 있지 않다. 일본은 NEDO 주관으로 평판형 스택을 개발하고 있으며, 1kW급에서 5kW급을 개

발하고 있으며, 25kW급 개발을 진행 중이다. 반면 유럽에서는 독일 외에 네덜란드, 덴마크 등에서 수kW 규모의 스택을 제작 실증 시험을 실시하고 있으며, 특히 스위스 Sulzer-Hexis에서는 가정용 소형 열병합 발전시 시스템을 개발하여 900여 기를 운전 시험 예정이다.

#### 4) 고체고분자 전해질 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)

고체고분자 전해질 연료전지는 1980년 전류밀도가 비약적으로 향상됨에 따라 Ballard 사를 중심으로 전기자동차로 응용되기 시작함으로써 크게 각광 받기 시작하여 현재 연료전지 개발에서 가장 주목을 받고 있다. 자동차용으로 개발되는 와중에 소형, 경량 그리고 저온 동작에 따라 저코스트화가 가능하고, 배열회수에 따라 60°C 정도의 온수가 얻어지기 때문에 일반적으로 적용이 어려운 가정용 소형 열병합 발전시스템으로 실현이 기대되고 있다. 주택용 연료전지 시스템은 미국 Plug Power, Ballard, H power, IFC Nuvera와 일본의 Toshiba Sanyo 등이 참여하고 있으며, 1~3kW 정도의 전 기출력과 같은 규모의 열출력을 목표로하고 있다. 시스템 발전효율 목표는 35% 정도 배열회수 이용시 70% 정도를 기대하고 있다. 한편 분산 전원으로 캐나다 Ballard 사에서는 250kW 급 열병합 시스템을 스위스 EBM 사 등에 설치 운전시험을 실시하고 있다.

#### 다. 국내 발전용 연료전지 개발현황

국내 연료전지발전은 1985년에 한전 전력 연구원에서 소규모 인산형 연료전지 발전시스템을 구성하여 국내에서는 최초로 연료전지에 의한 발전운전에 성공함으로써 본격적인 인산형 연료전지 연구개발이 시작되었다.



이어 1987년부터 정부사업으로 본격적 개발을 시작하여 에너지 기술연구원에서 1992년 1kW급 공랭식 연료전지 본체개발, 그리고 1994년 호남정유(현 LG Caltex)에서 40kW급 스택에 대한 실증시험을 실시하였다. 이어 선도기술 개발과제로 50kW급 시스템 개발이 추진되어, 2001년 LG Caltex 정유에서는 50kW급 시스템을 개발 운전시험을 진행하고 있다. 시스템 도입에 있어서는 한전에서 1993년 일본 Fuji 사에서 제작한 50kW급 시스템을 도입하여 각종 운전시험을 실시하였고, 한국 가스공사에서 IFC 200kW급 시스템을 도입 약 25,000시간 운전시간을 기록하고 있다. 또한 현대중공업에서도 미국 IFC 사로부터 200kW급 설비를 2기를 도입 1997년 및 1999년 연구소 및 울산 다이아몬드 호텔 구내에 설치 운전시험을 진행하였다.

용융탄산염 연료전지는 높은 전력사업 적용가능성으로 1993년부터 정부 선도 기술개발사업으로 100kW급 외부개질형 시스템의 개발을 추진하고 있다. 이 사업은 한전이 주관기관으로하여 KIST, 대학들과 공동으로 개발을 진행하고 있는데, '96년 7월 2kW 스택을 개발 총 3,250시간의 연속시험에 성공함으로써 용융 탄산염형 연료전지 발전기술의 기초기반을 확립하였다. 이를 바탕으로 2005년까지 100kW급 MCFC 시스템을 개발하고 있는데, 중간 단계로 1999년 말 25kW급 발전 시스템(그림 12)을 개발 전력연구원 구내에 설치하여 운전시험을 실시하였다. 본 시스템은 운전조건 3기압, 650°C에서 28.6kW로 출력을 보여주었다. 이를 바탕으로 100kW급 발전 시스템(그림 13)개발을 추진하고 있으며 현재 전체 시스템 설계가 완성되어 2003년부터 보령 화력발전소 구내에서 본격적인 건설에 착수할 예정이며, 2004년부터 본격적인 운전시험을

진행할 예정이다.

고체 전해질형 연료전지의 경우에도 정부의 선도기술개발 사업으로 평판형 연료전지 개발을 진행하여, '97년 말 100cm<sup>2</sup>급 단위전지를 10매 적층한 100W급 소형 스택을 제작하여 운전시험을 실시하였으나, 이후 기업의 참여가 없어 수kW 규모 연료전지 스택 개발이 지연되고 있다. 한전의 경우 학술재단의 지원으로 저온형 200W급 소형 스택 개발을 진행하고 있다. 고체 고분자 전해질형 연료전지 경우에도 소형 스택 개발을 위한 연구가 진행되고 있다. 고체 고분자 연료전지 경우 현대자동차에서 차량용으로 미국 IFC 사와 공동으로 75kW급을 개발 운전시험을 진행하고 있으며, 동시에 자체 기술로 25kW급 스택을 개발 운전시험을 병행하고 있다. 발전용의 경우 가정용 5kW급 설비 실용화 기술 개발을 완료하였고 이어 벤처 기업인 CETI에서 미국기업과 공동으로 개발한 3kW급 설비에 대한 보급을 꾀하고 있다.

### 맺음말

발전용 연료전지 기술은 화석 연료를 사용하는 발전소가 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 미래의 신발전 방식이지만 아직은 많은 연구 개발비와 연구 노력이 필요한 새로운 기술이다. 그러나 이미 인산형 연료전지를 시초로 하여 실용시스템들이 이미 보급되기 시작하여 실용화를 눈앞에 두고 있다. 실제 환경 중시하는 21세기에 들어가면서 초기에는 전 세계 발전량의 10% 정도가 연료전지로 보급되는 경우 4,000MW의 정도의 시장규모가 있는 것으로 보고 되고 있고, 그 경우 연료전지의 수명은 40,000시간, 40% 이상의 발전효율과 kW 당 1,200\$ 정도의 건설단가 등의 목표가 이루어져야 할 것으로 예상된다.