

연료전지의 기술현황

성 준 용

호남정유(주) 기술연구소



●1947년생
●프로세스개발기술, 대체에너지 생산기술 공정 상업화 기술에 관심이 있다.

1. 머리말

전력수요의 지속적 증가추세와 더불어 최근 페르시아만 사태로 인하여 석유 수급이 불안해지면서 에너지의 효율적 이용기술 및 대체에너지 개발에 대한 관심이 국내외적으로 높아지고 있는 실정이다.

1970년대 1, 2차 오일쇼크를 겪으면서 다졌던 에너지절약 의지는 1980년대 저유가 시대를 거치면서 점점 퇴색되었다. 석유값 동향에 에너지절약을 생활화하고 화력발전방식의 대체 또는 발전효율의 향상을 도모하며, 대체에너지 개발정책을 꾸준히 추진해야 했으나 지금까지의 현실은 그러지 못한 것으로 나타나고 있다. 대체에너지 개발 사업 및 에너지 절약 정책의 추진은 개인적인 노력에 의해서만은 큰 성과를 내기가 어려우며, 정부의 정책적인 노력과 맞물려야만 큰 실효를 거둘 수가 있다.

국가차원에서의 에너지 절약 정책은 크게 두 가지로 분류된다. 하나는 에너지 효율이 좋고 환경오염이 없는 새로운 에너지원인 대체에너지를 개발하고 이의 이용 기술을 개발하는 것이고, 다른 또 하나는 공학적 기술개발을 통해 에너지 생산효율 및 이용효율을 향상시키는 것이다.

무공해 대체에너지원으로는 태양광, 태양열, 풍력, 조력, 지열, 바이오메스, 수소등이 있

나, '89년말까지 우리나라가 대체에너지 개발로 얻은 총에너지는 전체에너지 소비량의 0.26%에 불과하다. 대체에너지개발은 기술적으로 어려울 뿐만 아니라 경제성면에서 기존 에너지 생산방법에 비해 떨어지기 때문에 상업화 하는데 여러가지 문제가 있다.

이러한 상황에서 동자부는 우리나라에 풍부하게 부존하고 있으나 이용되지 못하고 있는 대체에너지 자원을 적극 개발함으로써 우리의 생존과 번영에 필수불가결한 에너지 공급문제를 해소하고 장기·거시적인 국가발전의 기반을 구축코자 "대체에너지 개발 촉진법"을 법률 제3990호('87. 12. 4) 제정·공포하였다. 이러한 정책의 추진력 확보를 위하여 2001년까지 국내 에너지 수요의 3% 수준을 공급토록 한다는 목표를 설정하고 기술개발 및 보급을 위한 계획을 실행에 옮기고 있다.

또한 등 정책의 일환으로 범국가적 대체에너지 개발 사업을 추진중이며 이의 해당 분야로 태양광 발전분야와 인산형 연료전지 시스템 개발을 산·학·연으로 추진중에 있다.

이에 본 글에서는 가까운 장래에 실용 가능한 연료전지 발전시스템의 현황에 관하여 서술하고자 한다.

연료전지 발전은 납사, 천연가스 및 매탄올 등과 같은 연료에 포함된 수소와 공기중의 산소가 전기화학반응(산화 환원 반응)에 의해 연소 과정없이 연속적으로 전기에너지로 변환시

키는 전력생산 발전기술로서, 발전된 직류전류는 교류로 변환시켜 사용하게되며, 발전시에 발생하는 열을 회수 이용하면 총열효율이 70~80%까지 가능한 효율적 에너지 발전시스템이다.

연료전지 발전은 기존 화력발전에 비해 발전효율이 높으며, 거의 변함없는 효율로 수십 kW급에서 수백 MW급에 이르기까지 발전이 가능하며, 공해물질의 배출이 없기 때문에 실수요지 부근에 설치할 수 있어 송·배선 비용을 줄일 수 있는등 여러가지 장점을 갖는 발전시스템이기 때문에 선진 각국에서 이의실용화를 위해 많은 연구개발을 추진중에 있다.

2. 연료전지 개발의 배경

최초의 연료전지는 1839년 윌리엄 글로브 경에 의해 발견되었는데 두 백금전극을 황산에 담구어 한쪽극에는 산소를, 다른극에는 수소를 공급하여 전기를 발생시켰다. 이 실험은 물의 전기분해에 관한 연구를 하던중 그 역반응도 가능하리라는 발생에 의한 것이었다. 그후 1932년 베이컨은 H₂/O₂연료전지 개발을 시작하여 1952년 5kW급 연료전지 발전소를 세웠으며, 이 베이컨의 연료전지 시스템이 아폴로 우주선에 연료전지가 사용된 이후 본격적인 연구가 진행되었다.

현재 연료전지 개발에 있어서 많은 발전 및 업적을 보이고 있는 미·일의 개발 현황을 보면 다음과 같다.

2.1 미국의 개발 현황

(1) 우주선용으로 1960년대 개발하여 아폴로 우주계획에서 제미니 3호의 전원으로 최초로 사용하였다.

(2) 연료전지의 일반 발전시스템으로의 이용은 1967년 미국의 28개 가스업체가 모여 추진한 TARGET(team to advance research for gas energy transformation) 계획이다.

(3) 연료전지 기술개발에 있어서 위험부담이

큰 주요 구성요소 기술개발은 정부가 전적으로 지원하며, 기타 요소개발 및 상용화는 기업이 주도한다는 원칙하에 에너지성(DOE) 산하의 METC(morgantown energy technology center)가 정부 차원에서 주도하며, EPRI(electric power research institute)와 GRI(gas research institute)가 민간부문에서의 기술개발을 주관하고 있다.

(4) 정부차원에서의 기술개발은 초기에는 인산형 연료전지의 경우 NASA-lewis research center가, 용융탄산염 연료전지는 argonne national laboratory가 각각 수행하였으며, 인산형 연료전지 기술의 실용화를 위한 민간기업의 역할이 커지면서 현재는 METC에서 주관하고 있다.

(5) 1967년부터 9년동안 UTC(united technology Co.)에서 기초, 응용 및 실용화 연구를 수행하여 12.5kW급의 PC-11기종이 개발되었으며, 1977년 부터 PC-11의 야외시험 결과를 토대로 GRI(gas research institute)주관하에 폐열회수 기능을 갖춘 40kW급 인산형 연료전지 발전시스템인 PC-18기종이 개발되었다.

(6) GRI는 DOE지원하에 현지설치형 인산형 연료전지의 상용화를 목표로한 200kW급 PC-25를 개발하고 있으며, 현재 international fuel cell corporation(미국 UTC와 일본 도시바의 합작회사)에서 1차 프로토타입을 개발하여 실증시험 중에 있다.

(7) 전력사업용으로의 응용계획은 1971년에

표 1 미국의 인산형 연료전지 개발 추진 현황

			'70	'75	'80	'85	'90
연료전지 개발 현황	수명식	1MW	[GRI]				
	DOE, EPRI	4.5MW	[TARGET]				
	UTC	11MW	[TARGET]				
수명식	DOE	120KW	[TARGET]				
	EPRI, WH/ERC	7.5MW	[TARGET]				

미국 9개 전력회사와 UTC(현재의 IFC)에 의해 시작되었으며, 1973년부터 에너지성(DOE) 지원하에 1MW급과 4.5MW급 2기가 각각 실증시험을 하였다.

이와같이 미국의 인산형 연료전지 개발사업은 현지설치형 연료전지사업과 전력사업용 연료전지사업으로 나누어 추진중에 있으며, 추진 현황을 보면 표 1과 같다.

2.2 일본의 개발 현황

(1) 1981년부터 신에너지 산업기술 종합개발기구(NEDO)에서 주관한 대형 에너지 절약 기술개발을 위한 문라이트(moonlight)계획의 중요과제로 연료전기 개발을 추진 중임.

(2) 인산형 연료전지의 경우 1981~1987년의 6개년 기간중 총 120억엔 규모의 예산을 투입하여 각 요소기술 및 발전시스템 운전 연구를 수행하였으며, 1990년 까지 낙도전원용 및 현지설치형 200kW급 설비를 개발할 계획이다.

(3) 1983년부터 분산설치 및 전력사업용으로 1MW급 인산형 연료전지 발전 설비가 일본자체 기술로서 설계 및 제작되었다. 부하집중 지역에 전력을 공급할 목적의 저온저압형 연료전지는 후지전기, 미쓰비시전기에서 스택을 개발하였으며(관서전력 설치), 화력발전 대체용의 고온고압형 연료전지는 도시바와 히다찌에서 개발하였다. (중부전력 설치)

(4) 9개 전력 회사가 연료전지 기술의 이용에 커다란 관심을 갖고 있으며, 특히 동경전력의 경우는 미국의 IFC에서 인산형 연료전지 스택을 도입, 4.5MW급 발전설비를 시험가동 중이며, 11MW급 발전설비를 설계 완성하여 실증 시험에 들어갈 계획이다.

(5) 도시가스 연료의 이용확대를 목적으로 가스회사에서도 현지설치형 연료전지 개발을 추진중이며, 특히 동경가스와 대판가스 PC-11(12.5kW급), PC-18(40kW급)의 현장시험을 적극 추진중이며, 최근 후진전기의 자체기술로 개발된 50kW급 인산형 연료전지의 운전평가를 실시 완료하였다.

2.3 국내의 개발 현황

(1) 정부는 대체에너지개발 촉진법에 따른 대체에너지개발 사업의 일환으로 40kW급 인산형 연료전지 시스템개발을 범국가적 사업으로 설정, '89년 부터 추진중이며 '93년말까지 동시시스템의 프로토타입(proto-type)을 개발할 계획이다.

(2) 동 40kW급 인산형 연료전지는 호남정유가 스택(stack), 유공이 개질기(reformer) 급성산전이 DC/AC 변환기(converter)를 개발할 계획이며, 한국가스공사가 각각 개발된 시스템을 토대로 연료전지 발전시스템을 종합화하여 실증시험을 할 계획이다.

3. 연료전지의 원리 및 특징

3.1 연료전지의 원리

연료전지는 연료와 산화제를 전지내부에 저장하지 않고, 필요시에만 전지내로 연료를 공급, 발전하는 시스템으로 통상의 열기관과 비슷하다. 그러나 종래의 대부분의 에너지 변환장치는 화학에너지→열에너지→기계에너지→전기 에너지의 단계를 거치나 연료전지에서는 반응물의 화학에너지가 열에너지를 경유하지 않고 직접 전기에너지로 변환시킬 수 있는 매우 효율적인 에너지 생산방식이다. 중간에너지 단계로 열을 거치는 동안 모든 열기관은 카르노 사이클 효율에 의해 제한을 받게 되어 전체 에너지변환효율은 감소하게 되나 연료전지는 카르노 사이클 효율에 의해 제한을 받지않아 높은 효율의 발전을 할 수 있다.

그림 1에서 보듯 연료전지는 연료전극(anode), 산화전극(cathode), 그리고 이온 전도성 전해액으로 구성된다.

연료전극에서 수소가 이온화되어 수소이온의 형태로 전해액을 통해 산화전극으로 이동하고 이온화시 발생한 전자는 외부회로를 통하여 산화전극으로 흘러가게 된다. 산화전극에서 만난 산소, 수소이온 그리고 전자가 반응하여 물을 생성한다. 전극의 산화환원 반응에서 평행기전

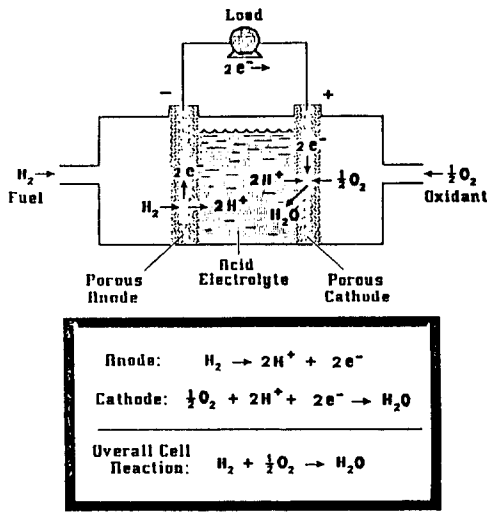


그림 1 연료전지 작동 원리

력 E는 Nernst방정식으로 계산되고 수소-산소의 평형기전력은 25°C에서 1.229V이다.

그러나 실제로 전지를 운전하여 전류를 방출시키면 소위 분극현상 때문에 연료전지를 작동전압 V는 평형기전력 E보다 과전압(overpotential) 만큼 낮아진다.

이 과전압에는 활성화과전압(activation overpotential), 농도과전압(concentration overpotential) 및 저항과전압(resistance overpotential)이 있다. 이중 활성화 과전압이 다른 둘보다 크며, 특히 산소환원 속도가 매우 늦기 때문에 산화전극(cathode)에서의 과전압을 줄이기 위한 연구가 중점적으로 진행되고 있다.

3.2 연료전지 발전시스템의 구성

연료전지 발전시스템중 현재 실용화에 가장 접근한 인산형 연료전지 발전시스템의 구성을 보면 크게 3가지 요소로 이루어진다. 천연가스, 남산 및 메탄등을 수증기 개질시켜 수소를 발생시키는 개질기(reformer)와 발생된 수소를 공기중의 산소와 전기화학 반응시켜 전류를 발생시키는 연료전지 본체 그리고 전지에서 발

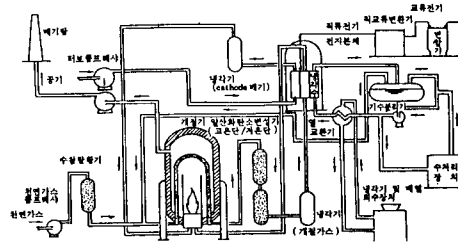
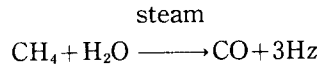


그림 2 인산형 연료전지 발전시스템

생된 직류를 교류로 변환시키는 변환기(DC/AC converter)이다.

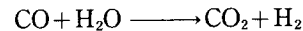
그림 2는 이 3가지 구성요소를 접속시켜 연료전지 발전시스템을 나타낸 프로세서로서 각각의 기능을 설명하면 다음과 같다.

메탄(CH₄)를 주성분으로 하는 천연가스를 개질기에 보내면 개질기에서는 수증기 개질반응(steam reforming)에 의해 일산화탄소와 수소가스를 발생시킨다.



이때 발생하는 CO는 stack내에 있는 백금촉매에 피독(poisoning)현상을 일으켜 백금 촉매의 성능을 감소시키므로 CO의 농도를 1 Vol%이하로 줄이는 것이 필요하다.

이와 같은 반응을 진행시키기 위해 개질기에서 나오는 연료가스(fuel gas)중의 CO를 H₂와 CO₂로 변환시키는 CO변성반응을 시킨다.



이러한 과정을 거친 연료가스는 1 Vol%이하의 CO를 가지며 대략적인 조성은 표 2와 같다.

이때 수증기의 조성은 개질기에 투입되는 H₂O/CH₄의비에 따라 변화하여 대략 H₂O/CH₄의 몰비는 3인 것으로 알려져 있다.

연료전지 본체(stack)를 보면 다음과 같다.

표 2 연료가스 성분분포

성분	H ₂	H ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂
조성 (%)	70~75	8~10	15~20	1.0	1.0	0.1

개질공정에서 생성된 수소를 다량 함유한 원료가스는 스택의 연료전극(anode)에 공급되고, 산소가스는 가스 컴프레서에 의해 산화전극(cathode)으로 공급된다. 이때 스택내에서는 전기화학 반응에 의해 직류가 발생되며 이 직류전류는 외부회로를 통해 인버터를 거쳐 교류로 변환된다. 이때 최초의 연료가스로 부터 교류로 변환되는 효율은 약 40%이며, 나머지는 열로서 방출되거나 시스템을 유지하기 위한 열원으로 사용된다.

인산형 연료전지에서 이용할 수 있는 열원은 개질반응기를 거쳐 스택으로 들어가는 연료가스의 현열(sensible heat), 스택내부에서 발생하는 반응열 그리고 스택의 산화전극(cathode)에서 나오는 오프가스(off gas)등이 있는데 이러한 폐열 및 오프가스(off gas)를 효율적으로 사용할 경우 연료전지의 에너지 이용효율을 80%이상 향상시킬 수 있다.

3.3 연료전지의 특징

연료전지는 많은 특징을 가지고 있으며, 이는 다음과 같다.

- (1) 카르노 사이클의 제약을 받지 않아 높은 발전효율이 기대된다(그림 3).
- (2) 발생효율의 감소없이 비교적 높은 온도의 유용한 부생열을 동시에 얻을 수 있다.
- (3) 연료의 개질장치에서 반드시 탈황을 하며, 연소반응 과정을 거치지 않으므로 공해물질 발생이 거의 없다.
- (4) 회전부분이 없기 때문에 조업중 소음이 없다.
- (5) 부하 변화에 따른 효율의 변화가 거의 없다(그림 4).
- (6) 크기조절이 용이하다. 전극의 크기 등을 쉽게 조절할 수 있고, 용량에 따라 이것을 쉽

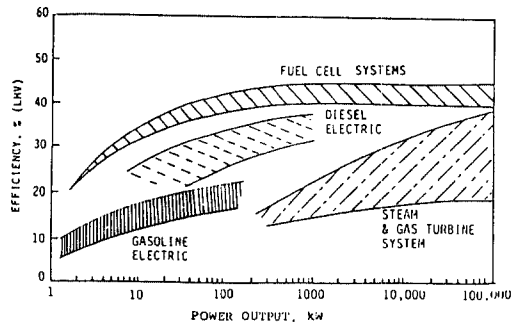


그림 3 전력생산시스템 효율비교

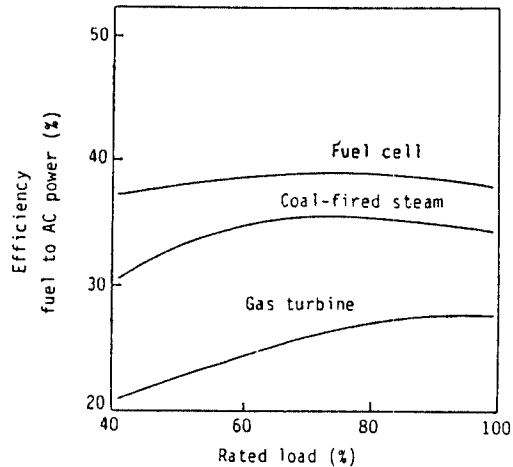


그림 4 부하변화에 대한 전력 생산 효율비교

게 바꿀 수 있다.

- (7) 발전소 시설장소의 선정조건이 용이하며 소요면적이 적다.
- (8) 현지설치형 발전소로 이용될 경우 송전설비 절감 및 송전손실을 줄일 수 있다.
- (9) 시동 시간이 아주 짧으므로 비상용으로 사용하기가 적합하다.
- (10) 건설기간이 짧고, 현장시공이 적으며, 구성품의 대량생산이 쉽다.

4. 연료전지의 종류

연료전지의 기본원리는 그 종류에 관계없이 동일하며 그 구조는 2개의 전극과 그 사이의

전해질로 구성되어 있다.

연료전지는 연료나 산화제의 형태, 작동 온도, 전해질의 종류에 따라 구분할 수 있다. 그중 가장 일반적인 분류는 전해질의 종류에 따른 분류이다.

전해질의 종류에 따라 알칼리 연료전지 (alkaline fuel cell), 인산형 연료전지 (phosphoric acid cell), 고체고분자전해질 연료전지 (solid polymer electrolyte fuel cell)로 분류할 수 있으며, 현재의 기술수준과 효율을 고려하여 1세대, 2세대, 3세대로 구분되기도 한다.

그러면 이들 연료전지의 각각의 작동원리 및 구성요소를 보면 다음과 같다.

4.1 알칼리 연료전지(AFC)

알칼리성 수용액을 전해질로 사용하는 전지로서 연료가스 및 산화제로는 순수한 산소가 필요하다. 다른 연료전지에 비해 높은 효율을 기대할 수 있으며, 60°C~80°C의 비교적 저온에서 운전을 한다. 이와 같은 특징때문에 우주선 및 잠수함등의 특수한 분야에서 실용화되고 있다.

그러나 CO₂가스 1 ppm이상에서는 반응효율이 약화되기 때문에 개질시켜 얻은 수소연료를 사용할 때는 CO₂의 제거설비를 별도로 설치하여야 한다.

4.2 고체고분자전해질 연료전지(SPEFC)

고체고분자전해질 연료전지는 이온교환성을 갖는 perfluoro sulfonic acid mebrane(nafion)과 같은 고분자 또는 무기물을 전해질로 사용하여 50~300°C에서 운전한다. 이 전지는 우주용으로 개발되었으며, 고분자 또는 전해질의 높은 비용, 전극촉매로 백금 사용의 과다, 낮은 CO가스 저항성, 낮은 온도에서 작용됨에 의한 열의 재이용이 불가능한 점등 여러가지 단점이 있다.

4.3 인산형 연료전지(PAFC)

인산형 연료전지는 농축된 인산용액을 전해

질로 이용하며, 170~210°C에서 작동하는게 보통이다. 이론적으로 온도가 높을수록 반응속도가 커져 큰 출력을 얻을 수 있지만, 온도가 높아질수록 산소의 용해도가 줄어들어 온도를 210°C 이상은 올릴 수가 없다.

인산형 연료전지는 미국과 일본에서 현재까지 집중적으로 연구를 진행되고, 기술적인 면에서 거의 실용화 단계에 있는 발전시스템이다. 현재 국내에서 연구 개발에 관심이 높은 인산형 연료전지에 대해 좀 더 자세히 알아보자.

먼저 인산형 연료전지 스택의 구조를 보면 제조업체마다 각각의 특징이 있으며, 이를 보면 다음과 같다.

(1) UTC(united technologies corporation) 연료전지

1978년경 UTC에서 개발한 PAFC는 그림 5에서 보듯 샌드위치 형태이며, 산소와 수소가 교차하면서 흐르도록 cross-flow형태의 리브(rib)가 사용되었다. UTC형의 또 하나의 특징은 전해질 고갈을 막기 위하여 전해액 레저보어(reservoir)를 사용한 것이다. 즉 전해액이 레저보어에서 매트릭스(matrix)로 모세관 현상에 의해 움직여서 전지내의 전해액 부피가 조절된다.

UTC에서 고전적으로 reservoir로 이용한 것은 카본페이퍼인데 페이퍼의 두께가 증가할수록 움저항이 커지므로 전해액 저장 능력이 한계점에 도달하게 된다. 이런 단점을 보완한 형

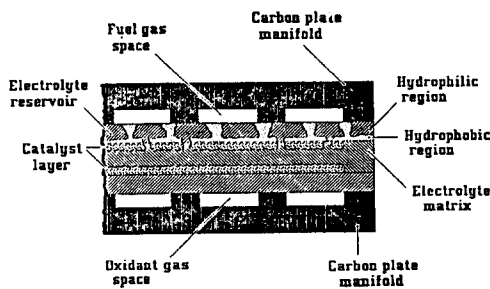


그림 5 UTC PAFC ribbed substrate cell

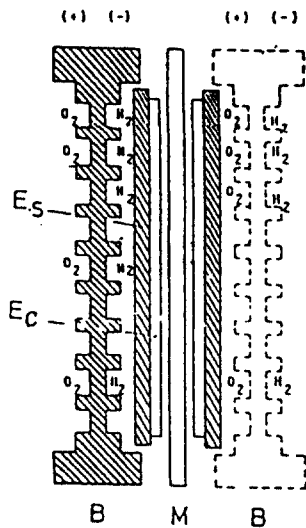


그림 6 UTC PAFC 바이폴라 셀

태가 리브(rib)가 달린 형이다. 전해액은 리브에 저장되며 리브가 없는 부분, 즉 홈이 파진 부분은 얇기 때문에 기체가 액티브 사이트(active site)인 촉매에 도달하는데 큰 저항이 걸리지 않는다. 그러나 동 전지구조의 가장 큰 단점은 각각의 셀(cell)을 분리판(separator plate)을 사용하여 연결시켰다는 점이다. 즉 많은 분리판을 사용하기 때문에 값이 비싸지고 무게가 무거워진다. 이런 단점을 보완하기 위한 구조가 리브드 바이폴라(ribbed bipolar) 구조인데 이는 그림 6에 나타나 있다.

바이폴라 플레이트(bipolar plate)의 제질은 전도성이 좋은 물질(예를 들면 poly propylene-carbon black composite)이며, 이판은 대량생산을 하여 싼 값으로 이용이 가능하다.

(2) Engelhard연료전지

Engelhard연료전지는 UTC와 비슷한 바이폴라 플레이트(bipolar plate) 구조이지만 그림 7에서 보듯 ABA형태의 특징을 갖고 있다. A부분은 다공성의 기체확산전극(porous gas diffusion electrode)이며, 레이온 펠트(rayon felt)를 카본화 시킨다음 CVD(chemical vapor deposition)공정을 이용하여 만든 파이롤리틱



그림 7 Engelhard 연료전지

카본(pyrolytic carbon)을 재질로 하고 있다. B부분은 PEEK 또는 PFA태프론 필름을 이용하여 발수 시킨다.

바이폴라 플레이트의 가격은 저렴해야 하는데 \$43/m²을 넘어서는 안되며 이 판에 의한 IR-drop은 150mA/cm²의 전류밀도에서 3mV 이하가 되도록 하고 있다.

위의 두 제조회사의 예와 같이 다공성 기체 확산 전극은 보통 세부분으로 나누어 지는데 3층의 구조를 보면 다음과 같다.

- 첫째층 : 백금 촉매/카본 블랙+PTFE(5~15%)
- 둘째층 : 카본 블랙+Ptfe(15~40%)
- 세째층 : 카본 페이퍼(또는 금속망)+PTFE(40~60%)

첫째층은 촉매층(catalyst layer)이라고 하며, 촉매층을 제조할 때 종종 PTFE(또는 파리핀, 폴리에틸렌)등의 발수제에 촉매가 덜허버려 반응에 참가하지 않는 경우가 있다. 이를 방지하기 위하여 이소프로필 알콜을 넣기도 한다.

둘째층은 기체확산층(gas diffusion layer)이라고 하며, 세째층은 지지층(backing layer)라고 하는데 충분한 기공을 만들기 위해 암모늄 카보네이트(ammonium carbonate)를 첨가한다.

연료전지 전극의 제조에 있어서 중요한 점은 높은 효율을 얻기위해 전극 두께를 박막화하면서 기계적 강도를 높이는 것이다.

또한 안정성을 증가시키기 위해 부식에 강한 물질을 사용해야 한다.

전극의 각층을 제조하는 방법에는 로울링법(rolling), 프레스법(pressing), 스프레이법(spraying), 테이프 캐스팅법(tape casting) 등이 있다.

최근 와타나베(Watanabe), 무토(Motoo) 등에 의하면 핫-프레스(hot-pressing) 방법을 사용하여 백금 촉매의 활성을 높였다고 보고되고 있다.

그들은 기체확산 전극에 있어 전극성능에 영향을 미치는 가장 중요한 인자는 전극반응이 일어나는 촉매층에 있다고 보고 이층을 약 0.1mm의 반응층과 발수성 가스공급층의 두층으로 만들어 25°C에서 누른다음 다시 360°C, 5kg/cm²의 조건으로 핫-프레스하여 전극을 제작하였다.

4.4 용융탄산염화 연료전지(MCFC)

제2세대 연료전지로 불리는 용융탄산염화 연료전지는 용융된 알칼리 탄산염을 전해질로 이용하여, 연료로는 수소 이외에 일산화탄소, 메탄등이 사용 가능하기 때문에 천연가스, 납사, 석탄등의 폭넓은 연료가 사용될 수 있다.

동전지는 600~670°C의 고온에서 운전되기 때문에 반응성이 매우 좋으며, 전지내부의 저항이 적고, 일산화형 연료전지와 같이 고가의 백금촉매를 사용하지 않으며, 비교적 값싼 니켈/니켈산화 촉매가 되어도 높은 효율을 얻을 수 있다. 반면에 고온 운전에 따른 연료전지의 재

료부식 문제가 발생되기 때문에 신소재의 개발 없이는 상업화하는데 어려움이 따를 것이다.

그림 8은 용융탄산염화 연료전지의 스택을 나타내고 있다.

재료개발을 위주로하여 1-2kW급 전지 개발은 기초연구로 거의 완성한 단계이며, 최근 일본의 IHI사는 10kW급 용융탄산염화 발전시스템을 세계 최초로 시험 제작하여 2,300시간 연속운전에 성공하였으며, 일본의 14개 회사가 기술 연구조합을 설립하여 1MW급 발전설비 개발을 위해 박차를 가하고 있다.

4.5 고체산화물 연료전지(SOFC)

제3세대 연료전지라 불리는 고체산화물 연료전지는 미국의 웨스팅하우스사에서 처음으로 개발되었다. 이 전지는 1000°C에서 운전되고, 이온전도성을 갖는 지르코니아(ZrO₂)와 같은 금속산화물을 전해질로 사용한다.

여러가지 다양한 연료인 천연가스, 납사, 석탄 등을 사용할 수 있으며, 액체 전해질 때문에 생기는 여러가지 문제점을 해결할 수 있으나, 높은 온도에서 운전하기 때문에 내열성, 내구성, 내전도성을 가진 재료의 개발이 필요하며, 이러한 신소재 개발이 주요 연구대상으로 되고있다. 동 전지의 효율은 폐열을 이용하지 않을 경우 약 40%, 정도이나 폐열을 이용하면 약 60%까지 높일 수 있다.

미국의 웨스팅하우스사의 Science & Tech-

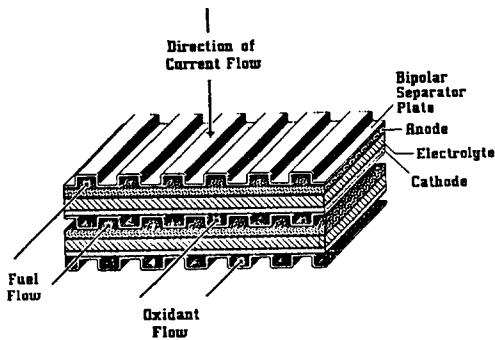


그림 8 용융탄산염화 연료전지 스택 구조

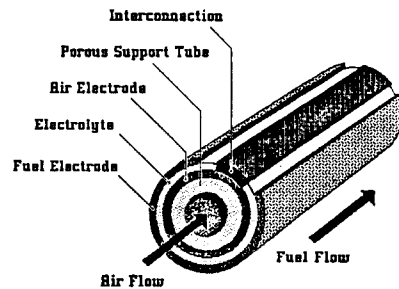


그림 9 웨스팅하우스사의 관형고체산화물 연료전지

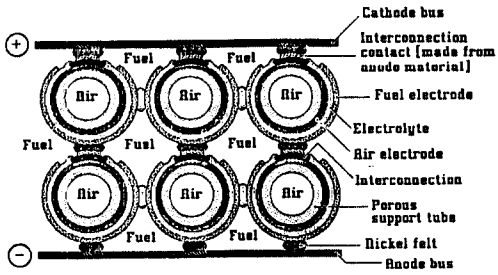


그림 10 웨스팅하우스사의 관형 연료전지 묶음의 단면도

nology 센터에서는 현재 최대출력 20kW급의 고체산화물 연료전지를 제작할 계획인데, 이는 지금까지 시험한 3kW 시스템에 비하여 용량면에서 크게 진전된 것이다. 동 연료전지는 길이 50cm에 직경이 1.5cm이고 최고출력 38W인 고행튜브로 구성이된다. 각 튜브는 yttria-stabilized zirconia 전해질을 포함한 5개의 주요 부품으로 구성되며, 576개의 전지가 18개씩 묶여 배열이 되어 원통다관식(shell and tube) 열교환기와 같은 형태를 취하고 있다.

그림 9 및 그림 10은 이들을 잘 나타내고 있다.

5. 맺음말

연료전지 발전시스템은 발전효율이 높고, 공해물질이 없는 등 많은 장점을 갖는 에너지생산 방식에 따라 장래의 이용이 크게 기대되고 있다. 현재 연구개발에 많은 성과를 보이고 있는 미국·일본에서는 인산형 연료전지의 상업화를 위해 수 MW급의 발전시스템의 신뢰성 실험

을 진행 중에 있으며 용융탄산염형 연료전지, 고체산화물형 연료전지의 기초연구를 거의 완성단계에 있다.

국내에서도 연료전지발전은 화력발전의 한계, 발전연료의 다원화에 따른 천연가스의 수입이용이 대폭 확대될 전망에 따라 이용의 필요성이 많이 대두되고 있다. 특히 많은 섬과 산간지방 등 고립분산지역을 갖고 있는 국내 여건으로 볼 때, 송전·배전시설이 필요없는 온사이트형 연료전지 발전설비가 설치될 경우 많은 이점을 가져올 수 있기 때문에 동 분야의 연구개발이 필요한 상황이다.

전력은 국가의 핵심에너지로서 전력생산기술의 자립은 매우 중요하다. 특히 우리나라도 선진화되면서 새로운 첨단기술의 도입에 의한 에너지생산기술의 확보가 선진국들의 기술보호정책에 의해 장애를 받고 있다. 연료전지기술의 경우도 일본이 동 분야를 국책과제로 지정한 뒤 각기업이 연구개발에 나서고 있는데, 이미 1980년대 초에 미국과 기술제휴를 하면서 아시아지역 전체에 대한 전매권을 확보한 상태이며, 다른 타국과의 기술제휴 및 기술이전을 거부한 채 실용화를 위한 경제성 확보의 시기를 기다리고 있다. 이와같은 이유로 극복하기 위해 집중적인 투자를 확대하여 독자적인 기술을 확보해야한다.

동 기술의 개발을 위해서는 막대한 연구투자가 소요되기 때문에 정부의 지원하에 장기적인 관점에서 산·학·연 합동의 범국가적 사업으로 추진해야 할 것이며, 관련 전문인력의 양성과 확보를 위해 많은 노력을 해야할 것이다.