

연료전지의 기술개발 현황 및 실용화 단계



김홍건
전주대학교



강영우
전주대학교



김유신
전주대학교



황성원
전북 지방
중소기업청



유기현
전북 지방
중소기업청

1. 서론

화석연료의 고갈과 대기오염의 문제성을 극복하기 위한 여러 방법이 대두되고 있는데, 수소연료는 현재의 화석연료를 대체할 에너지원으로서의 가능성이 크다. 미래의 대체 에너지원으로서 수소를 이용하는 자동차 및 각종 동력 시스템이 미국, 일본, 독일 등 선진국 중심으로 활발히 진행 중이다. 특히 연료전지 시스템은 수소 연료의 이용 측면에 있어서 많은 장점을 가지고 있기 때문에 빠른 진전을 이루고 있다¹⁾.

연료전지는 연소반응 없이 화학적으로 에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 장치이다. 연료전지를 자동차 동력기관으로 적용할 경우 카르노 사이클의 제한이 없고 현재의 내연기관에 비해 효율이 높으며 조용하고 안정적이다.

연료전지의 연료로서는 수소, 메탄올, 천연가스, 가솔린 등이 될 수 있으나 최종적으로 수소가 연료전지에 들어가므로 순수한 수소가 가장 적합하다. 수소를 제외한 연료는 탄소성분을 함유하고 있어 이산화탄소의 배출을 피할 수

없으며 고순도의 수소를 얻기 위해 Reformer가 필요하다. 수소를 연료로 사용하면 배기가스가 순수한 물만 배출되므로 완전 무공해이다²⁾.

연료전지를 하이브리드화할 경우 고부하시 Battery로 연료전지의 출력을 보조함으로써 작은 연료전지를 사용할 수 있다. 현재의 시점에서 연료전지의 가격이 고가이기 때문에 연료전지 하이브리드화는 초기 비용을 줄일 수 있다. 또한 제동시의 에너지를 회수하여 Battery에 저장할 수 있고, 연료전지 시스템의 효율이 높은 영역에서 연료전지를 작동하게 하는 등의 장점이 있다. 그러나 하이브리드화는 시스템이 복잡해지고, 무게가 증가하고, 구동에 많은 에너지가 소모되며 복잡한 제어 전략을 필요로 한다. 현재 운행되고 있는 승용차의 출력은 75KW정도이다^{3,4)}.

2. 연료전지 개발 동향

연료전지는 1960년대 우주선의 동력원으로 최초로 AFC가 사용되었으며 다양한 형태의 연료전지에 대한 연구가

활발히 수행되고 있다. Dupont사가 Nafion membrane 을 개발하면서 PEM 연료전지 연구는 급속도로 발전하였으며 1980년대 후반 자동차에 PEM 연료전지를 적용하면서 미래의 동력원으로서 연구는 급진전을 이루고 있다. 1990년대 초반 캐나다의 Ballard사는 PEM 연료전지 기술 개발에 많은 자본과 인력을 투자하면서 성능의 향상과 적용 분야의 확대에 중요한 역할을 하고 있다. 현재 연료전지의 개발에 관한 연구는 membrane, 전극, 스택의 제작, 시스템화 기술, 자동차 전력원에 대한 응용 등의 분야에서 활발히 진행되고 있다. Major사들은 다양한 응용분야에 대한 PEMFC, DMFC의 개발에 집중하고 있으며, 특히 Risk Sharing을 위한 Alliance 및 자원 집중을 위한 전략 활동을 추진하고 있다. 연료전지 개발에서 자동차 Maker를 중심으로 System 기술의 자체개발, Material, MEA, Stack 기술확보를 위한 활발한 Alliance 추진, 미래시장 선점을 위한 R&D 자원 투입 증대 및 사업영역 확대 등을 주요한 전략으로 하고 있다. 국내 연료전지의 개발 동향은 1985년 인산형 연료전지 본체를 수입하고, 이를 이용하여 발전시스템을 구축하고 성능 실험을 실시함으로써 시작되었다.

이를 계기로 국내에서도 연료전지 개발의 중요성이 인식되었고 최근 들어 연료전지에 대한 연구개발이 활성화되었으며 특히 고분자 전해질형 연료전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 표 1은 최근 국내의 연료전지 개발동향을 나타낸 것이다.

1990년대 중반 에너지기술연구원, KIST, 포항공대, 한양대 등에서 전지의 소재 및 스택, 시스템화 기술에 대한 연구가 진행되었다. 현재 국내 연료전지 소재는 연료전지 자동차 개발을 포함한 G7과제 관련 연구로 개발되고 있으며, 2005년 RPG 시장과 2010년 FCV 시장을 겨냥하여 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. LG, 삼성 등은 DMFC 및 소형 PEM 연료전지의 개발에 관한 연구를 하고 있으며, 한화는 membrane을, SK는 Reformer에 대한 연구를 수행하고 있다. 현대는 자동차에 적용하기 위한 스택 및 이 용기술 연구에 초점을 맞추고 있으며 최근 25KW급 연료 전지를 개발하였으며 연료전지 자동차를 UTC와 협력하여 개발 시범운행하고 있다. 연료전지 상업화를 위한 벤처기업으로 세티는 3KW급 RPG를 개발하고 있고 Fuel Cell Power는 MEA의 제조 기술에 초점을 맞추고 있다.

표 1. Recent Domestic Development of Fuel Cell

회사별	내용별	연구/개발분야	기술개발	주요 기술
LG	- 100W DMFC 스택개발중 - RPG 및 자동차용 MEA		PEMFC DMFC	- MEA 제조 - 촉매, 고분자막 가공
삼성	- 2W DMFC pack 개발 - Micro Fuel Cell 개발중 - RPG 및 자동차 전용중		PEMFC DMFC	- MEA - Small Stack Pack
SK	- 10KW Reformer 개발 - 소형 DMFC 스택 개발		PEMFC DMFC	- 촉매 - Reformer
현대	- 75KW 급 FCV 개발		PEMFC	- System Integration - Power management system
(주)세티	- 3KW 급 RPG 개발		PEMFC DMFC	- Stack System Integration
KIER	- 3KW 급 RPG 개발 - 100W DMFC 개발 - 50KW PAFC 개발		PEMFC DMFC, PA, FC, SOFC	- Stack System Integration
KIST	- 10KW PEMFC 개발 - 100W DMFC 개발		PEMFC, DMFC, MCFC, SOFC	- Stack System Integration
FCP tech	소형 연료전지		PEMFC, DMFC	

3. 연료전지 자동차 개발 동향

수년 전만해도 연료전지 자동차가 기술적으로 타당하리라고 생각한 사람은 많지 않았다. 현재는 대부분의 자동차 회사들이 연료전지 자동차에 대한 연구를 진행중이며 4~5년 이내에 상업화를 하려고 하고 있다.

Daimler Chrysler와 Ballard Power System은 세계 산업의 선도자들과 함께 연료전지 생산과 이요에 주도적인 역할을 하고 있다. Daimler-Benz는 1994년 밴을 기본으로 한 Nekar1을 소개하였다. Nekar1은 연료전지 시스템과 성능 감지 시스템이 많은 공간을 차지하여 운전자 한 사람만이 탈 수 있었다. 두 번째의 시제품인 Nekar2는 1996년도에 소개되었으며 메르세데스 V-급 자동차로서 전환형 밴과 유사하지만 6인이 탈 수 있는 공간이 충분히 확보되었다. Nekar1, Nekar2는 고압기체수소연료를 사용하였다. 1997년에 NEBUS인 연료전지 버스도 선보였다.

1999년 3월 액체수소 연료 전지 자동차인 Nekar4를 발표하였다. Nekar4는 최고속도 145km/h, 한번 연료의 공급으로 460km를 운행할 수 있다. Nekar4의 연비는 25km/l gasoline으로 비슷한 크기의 60KW 가솔린 엔진 차량의 연비 14km/l 나 44KW 디젤엔진 차량의 연비 22.2km/l 보다 훨씬 높다. Nekar4의 NEDC 사이클 주행시의 효율은 37.7%로 가솔린 16~18%, 디젤 22~24% 정도인 것에 비하면 2배 이상 향상된 것이다. 연료전지 차량이 무겁지만 더 연비가 좋은 이유는 차량의 효율 향상 때문이다. 또한 2000년에는 Nekar5를 개발하였다.

Ballard Power System은 PEM 연료전지 기술분야에서 가장 앞서 나가고 있으며 Ballard의 연료전지는 DaimlerChrysler, General Motors, Honda, Volvo 등의 무공해 자동차 엔진으로 사용되고 있다. Ballard는 1993년 세계 최초로 90KW급 무공해 연료전지 버스를 만들었고 1995년에는 275마력의 연료전지 버스를 만들었다.

Toyota는 Frankfurt Auto Show에서 연료전지 자동차의 원형인 RAV4 FCEV를 선보였다. 하이브리드형태의 이 차는 25KW의 연료전지와 작아진 battery를 함께 작동하는 것으로 500km의 주행거리를 주행하였다. battery는 연료전지와 브레이크로부터 재생된 전기로 충전된다.

Toyota의 설계는 가속시 battery로부터 전류를 공급받으며 battery는 순간적인 동력을 공급함으로써 시동시간을 단축시킨다. 최근에는 FCHV-4의 개량형을 개발하고 있으며 2003년 여름 자동차를 실용화할 계획이다.

포드자동차는 1999년 1월 Detroit Auto Show에서 P2000 연료전지 자동차를 소개하였다. P2000은 Ballard 25KW급 연료전지 3개를 직렬로 연결하여 동력 시스템으로 사용하고 압축수소를 연료로 하고 있다. 최고속도는 128km였으며 0~48km/h까지의 가속시간은 4.2초 WOT에서의 최고 토크를 얻는데 0.8초가 걸려서 현재의 내연기관 엔진과도 견줄만한 성능을 보였다. 2002년에는 수소연료를 사용한 FOCUS를 개발하였다.

국내의 경우 2000년 대우자동차가 에너지기술연구소의 10KW급 연료전지를 장착한 연료전지 자동차를 선보였다. 이 차는 압축수소를 사용하였으며 최고 속도 125km/h를 기록하였다. 현대자동차는 SK의 메탄올 Reformer를 스포티지 자동차에 장착한 연료전지 자동차를 선보였으며, IFC의 75KW급 연료전지를 산타페에 장착한 연료전지자동차를 제작하여 시험 운행하고 있다. 또한 수소 충전 시설을 갖추고 있다.

연료전지 자동차의 상업화 및 타당성 검증을 위한 노력이 일본, 미국, 유럽, 캐나다 등지에서 행하여지고 있으며, 선진 각 국은 연료전지 자동차의 상업화를 위한 연구 개발을 활발히 진행하고 있다.

미국의 경우 2001년 6월 Freedom Car 계획을 발표하였다. 이 계획은 연료전지 자동차의 개발에 대한 지원을 연가 1.15억 달러를 지원하며, 주요한 목적은 수소연료전지 차량 개발, 석유 소모와 환경 피해를 최소화하는 기술들에 대한 지속적인 지원, 다양한 승용차 및 경트럭에 적용 가능한 기술 개발이다. 3단계의 추진 계획을 가지고 있으며 처음 단계에서는 실 주행 시험 및 상업화 방안을 모색하는 것이며 최종 단계인 2012년까지 차량 성능 평가 및 상용화 여부를 결정하기 위한 연구개발 및 평가를 하는 것이다. 캘리포니아 연료전지 파트너십(CaFCP) 프로그램으로 승용차 50대, 시내버스 20대 운행중이며, 여기에는 DC, Ford, GM, Toyota, 현대 자동차 등이 참여하고 있다.

일본의 경우 New Sunshine과 Millenium 프로그램의

일환으로 연료전지 자동차 상업화에 대한 연구 개발이 진행 중이다.

유럽의 경우 Clean Urban Transport in Europe (CUTE)라는 프로젝트의 일환으로 DC, Ballard가 참여하여 유럽 주요 10대 도시에서 연료전지 자동차를 시범 운행할 계획이다. 이 프로젝트의 목적은 상업용 버스에 연료전지 기술적용, 기술 선도, 고용창출, 시장 경험 확보 등이다.

4. 연료전지의 특성 및 작동원리

연료전지는 대개 작동온도와 전해질의 형태에 따라 구분되며 알칼리형(AFC), 인산형(PAFC), 용융탄산염형(MCFC), 고체산화물형(SOFC), 고분자 전해질형 연료전지(PEMFC)등으로 구분된다. 표 2는 작동온도와 전해질의 형태에 따른 연료전지의 종류를 나타낸 것이다. 각 연료전지의 일반적인 특성을 고려해 볼 때, 고분자 전해질형 연료전지는 다른 연료전지들보다 낮은 온도에서 작동하며 신속한 작동과 단위 부피와 무게에 비해 높은 에너지 효율을 가지고 있기 때문에 이동용 전원장치로서 가장 높이 평가되고 있다⁶⁾. 이러한 고분자 전해질형 연료전지는 타 연료전지와 비교하여 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 단위부피 및 무게당 높은 에너지 변환효율을 갖는다.
- 낮은 작동온도 및 신속한 운전조건을 갖는다.
- 제작이 용이하다.
- 다양한 재료 선택이 가능하다.
- 고분자 전해질을 사용함으로써 침식, 부식작용을 막을 수 있으며 액체 전해질 연료전지와 관련된 안전성 여

부가 크게 문제되지 않는다.

- 실험의 급속한 성장과 설계로 다른 연료전지보다 비용 절감의 가능성이 크다.

석탄과 같은 고체연료가 사용되는 시대에는 외연기관, 액체연료 시대에는 내연기관이 가장 적합한 동력장치였다. 미래의 연료로서 기체연료가 사용된다면 또 다른 새로운 개념의 동력장치가 필요하게 될 것이다. 연료전지는 내연기관의 연소방식이 아닌 전기 화학적 반응에 의해 일을 얻어내는 장치이다.

수소 고분자 전해질형 연료전지로 구동되는 자동차의 특징은 환경 친화적 성격을 갖으며 타 연료전지에 비해 운전온도가 상온에서 100℃정도로 낮으므로 시동시간이 상당히 짧고 구성품은 고온의 재질을 필요로 하지 않으므로 관리가 간단하다. 메탄올이나 가솔린, 천연가스를 이용한 연료전지는 실제로 Reformer 장치가 필요하게 되고 실제 Reforming 과정에서 생성된 CO는 연료전지의 성능을 저하시키게 되며 자동차 무게당 출력밀도가 상당히 떨어지게 된다. Battery로 구동되는 전기 자동차는 현재의 화력발전소와 같은 전기공급원을 고려한다면 그다지 환경친화적 자동차라고 할 수가 없을 것이다. 따라서 태양전지, 풍력발전기로부터 얻어지는 직류전기를 전기분해 장치를 이용하여 수소를 생산하고 이를 연료전지자동차에 적용하는 것이 진정한 환경 친화적 자동차라고 할 수 있을 것이다.

4.1 알칼리 연료전지

알칼리 연료전지는 전해질로써 수산화칼륨과 같은 알칼리를 사용한다. 알칼리 연료전지는 1960년대에 NASA의 우주 계획의 일환으로 개발되었다. 아폴로 우주선에서의 모든 생명 유지 장치는 알칼리 연료전지 시스템에 의하여 동력을 공급하였다. 우주의 응용 부문에서는 연료로서 순수 수소를 쓰며, 산화제로서는 순수 산소를 쓰고, 일산화탄소와 이산화탄소의 관리는 중요하지 않다. 운전온도는 대기압에서 60~120℃이다. 개량된 고성능 알칼리 연료전지는 우주 왕복선 계획에 사용되었다. 알칼리 연료전지는 알칼리가 이산화탄소에 민감하기 때문에 인산형 연료전지의 개발보다 늦게 개발되었다.

표 2. Major difference of the fuel cell types

구분 종류	전해질	전극 촉매	전하 전달자	운전온도
알칼리형(AFC)	수산화칼륨(액체)	백금	OH ⁻	65~220
인산형(PAFC)	인산(액체)	백금	H ⁺	200
용융탄산염형(MCFC)	용융탄산염	니켈	CO ₃ ²⁻	650
고체산화물형(SOFC)	Ytria-stabilized Zirconia	Perovskites	O ²⁻	600~1000
고분자전해질형(PEMFC)	고분자 전해질막(Nafion)	백금	H ⁺	25~80

4.2 인산형 연료전지

인산형 연료전지는 인산을 전해질로 사용하기 때문에 이름되어 졌다. 또한 많은 운전시간으로 연료전지 시스템에서 가장 안정되고 믿을 만한 시스템으로 확립되었다. 이 기술은 전기 생산에 비교적 순수한 수소(70%이상)를 요구한다. 천연가스 또는 메탄올을 개질한 연료가 수소원으로 사용된다. 인산형 연료전지 내의 전극은 탄소 지지체의 표면적 위에 촉매로써 백금이나 백금 혼합물을 포함한다. 전극은 지지층 혹은 가스확산층, 전극촉매층 전해질의 지지를 위한 도체층 그리고 전류 도체층을 포함한다. 지지층은 전극 촉매와 가스 상태의 연료 및 가스 생성물 사이의 경계를 제공한다. 인산형 연료전지의 운전 온도는 약 200℃이다. 이것은 인산 전해질의 안정도를 위하여 허용하는 최대값이다. 이 기술로 현재까지 순수한 발전 효율은 40~50%정도이다. 이 수준보다 높은 효율을 갖기 위해서는 전지와 스택 구성품의 지속적인 개발에 의한 종합시스템 제어에 의존하여야 한다. 인산은 저온 연료전지를 위한 전해질로써 필요한 수명을 가진 그런 유일한 물질로 알려져 있다. 이것은 낮은 이온 도전율을 가지고 있다 할지라도 이것의 안정도는 전류 상태를 증진시키는 전지 개발에 기여하였다. 인산형 연료전지 응용은 휴대용, 자동차용 및 고정용 전원을 포함한다.

4.3 용융탄산염형 연료전지

과거 10년 동안의 연료전지 연구는 용융탄산염형 연료전지가 크기의 확장(대형화)과 상업화에서 연료전지 기술에서 강력한 후보자로 만들었다. 전해질은 낮은 용융점을 가지는 탄화리튬과 탄화포타슘의 혼합물이다. 용융탄산염의 전해질은 리튬알루미나이트의 다공성 시트의 기공에 머물러 있다. 전극은 다공성 니켈로 만든다. 전극의 부식성과 내구성은 아직 개발에 중요한 애로점이다. 전극은 기공성의 상실을 늦추는 다른 금속 물질로 안정화되어 있다.

용융탄산염형 기술은 산 또는 알칼리 연료전지 기술보다 뚜렷한 장점을 가지고 있다. 그것은 일산화탄소, 이산화탄소 및 수소에 대하여 내성이 있다. 이것은 일산화탄소와 이

산화탄소를 분리하는 공정을 필요로하는 다른 것들보다 초기 투자비가 낮고 시스템 설계가 매우 단순해지는 결과를 가져온다. 용융탄산염형 연료전지의 운전온도는 약 650℃이고, 전지 스택의 열로 전지 내부의 탄화수소 기체의 개질을 허용한다. 그러므로 외부개질장치는 선택적이다. 내부개질의 장점은 30% 또는 그 이상의 비용을 감소시킨다. 용융탄산염형 연료전지는 경쟁자인 인산형 연료전지보다 효율이 높다. 이미 50~54%의 효율에서 시범 보여졌으며, 더 높은 준위에서 최적화되었다.

용융탄산염 연료전지를 상업화하기 전에 내구성과 신뢰도를 개량시킬 필요가 있다. 운전온도가 높아 정상운전되는 동안 용융탄산염 전해질의 결핍과 증발로 인하여 양이 줄어들기 때문이다. 이것이 운전의 안정성과 현재 용융탄산염형 연료전지의 유효 수명의 제한점이다.

4.4 고체산화물형 연료전지

고체산화물형 연료전지는 1950년대 이후에 연구되었다. 최근 5~10년 사이에 고체 산화물형 연료전지는 대중성이 증가되었고 더욱 매력적으로 받아들여졌다. 고체 산화물형 연료전지의 매력적인 특징은 탄화수소를 직접 전기를 변화시킬 수 있는데 있다. 전해질은 안정화된 산화이트륨으로 가스가 스며들지 않은 산 이온이 효율적으로 접촉하고 있는 얇은 산화지르코늄층이다. Cathode는 안정된 산화이트륨으로 된 지르코늄으로 만들어졌고, Anode는 니켈-지르코늄 세라믹 합금으로 만들어졌다.

고체산화물형 연료전지의 가장 독특한 특성은 운전온도는 약 1000℃로서 매우 높다는 것이다. 이 온도에서는 수소와 일산화탄소의 전기 화학적 산화반응이 일어나고 촉매 없이 연료가 개질된다. 이것이 역시 높은 전류 밀도를 얻기 위하여 필요하고 효율은 약 50%로써 용융탄산염형 연료전지와 비슷하다. 운전온도는 1000℃에서 금속 재료의 적당한 열적-기계적 강도를 요구하기 때문에 가스 누출 방지가 가장 중요한 애로사항이다. 세라믹 재료 기술의 개발은 고체산화물형 연료전지가 상업적으로 발전을 시작하기 전에 필요한 기술이다. 고체산화물형 연료전지의 대규모 상용화는 20년 이상 개발이 필요할 것으로 판단된다. 고체산화물

형 연료전지는 상업적으로 자동차 응용에 연구되어지고 있다. 자동차에 사용하기 위한 이 전지 기술의 모형화가 축전지 전원 공급형 자동차가 아닌 전위밀도를 요구하는 것과 접목시키는 것이 궁극적인 목적이다.

4.5 고분자전해질형 연료전지

연료전지의 기본원리는 물의 전기분해 역반응을 이용하는 것으로 일반 전지와는 아주 다른 특성을 갖고 있다. 일반 전지는 전극에 저장된 아연과 같은 전기 화학적으로 활

성화된 매질을 소모하면서 전기를 발생시키지만 연료전지는 화학적 반응을 일으킬 연료를 외부에서 필요에 따라 고정된 전극에 공급하여 전기를 발생시킨다.

고분자 전해질형 연료전지는 고분자 전해질(polymer membrane), 전극(electrode), 탄소천(carbon cloth), 가스켓(gasket)으로 구성되어진다^{6,7)}. 그림 1은 고분자 전해질형 연료전지스택을 나타낸 것이다. 고분자 전해질형 연료전지(PEMFC)는 이온전도성 고분자막으로 된 고분자 전해질막과 그 양쪽에 다공성 가스확산전극이 설치되어 있는 구조(MEA)로 이루어져 있으며 전극의 지지를 위해 카본 천이나 카본 종이 사용된다. 탄소판 또는 금속판은 가스나 공기가 흐르는 통로를 제공하며 전도성물질로서 전해질과 전극을 지지해주는 역할을 한다. 이와 같은 구조의 각 단위 전지를 분리판으로 서로 연결 결합시킴으로써 스택이 이루어진다^{8,9)}.

그림 2는 고분자 전해질형 연료전지의 작동원리를 나타낸 것이다. 연료극(Anode)으로 공급된 수소(H₂)는 전극의 백금촉매층에서 활성화되어 2개의 H⁺이온과 2e⁻ 전자로 분리된다. 이온화된 수소는 이온 전도성 고분자 전해질막을 통과하여 공기극(Cathode)으로 이동하고 고분자 전해질막을 통과하지 못하는 전자는 외부회로를 통과하면서 전기를 발생하게 된다. 공기극(Cathode)에서는 외부에서 공급된 공기중의 산소(O₂)가 연료극에서 나온 수소이온(2H⁺) 및 전자(2e⁻)와 반응하여 순수한 물이 생성되며 공기극 쪽

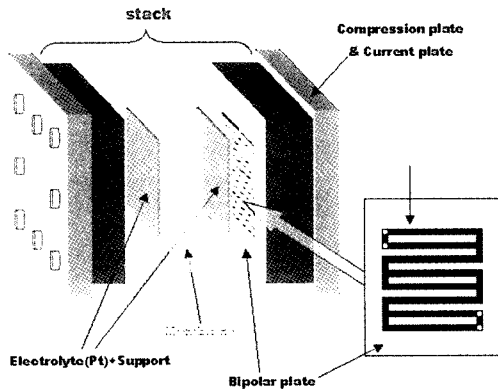


그림 1. Schematic diagram of proton exchange membrane fuel cell stack

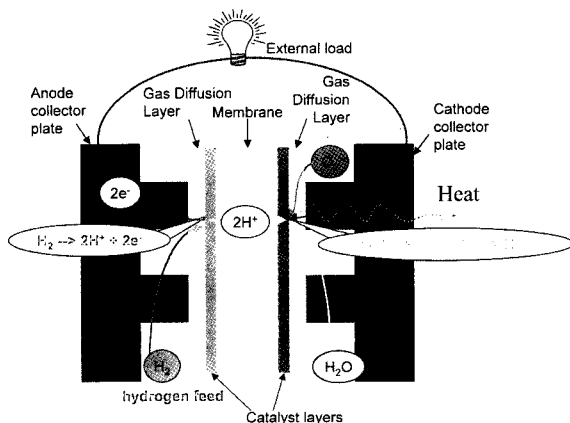


그림 2. Operating principle of PEM fuel cell

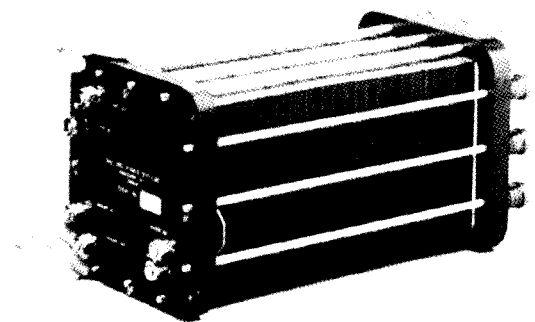


그림 3. Assembly of unit cell and stack

에서 외부로 방출된다. 그림 3은 단위전지 및 스택의 제작된 형태이다.

5. 이동용 연료전지 응용사례 및 실용화 사례

자동차 응용에 적합한 연료전지의 선정을 위해서는 현재 또는 가까운 장래에 연료전지 기술이 확립되어 응용할 수 있는 기술을 대상으로 해야된다. 이런 의미에서 용융탄산염형, 고체산화물형 연료전지는 고온형으로서 아직까지 기술적으로 해결해야 할 부분이 많이 남아 있어서 대상에서 제외한다. 저온형 연료전지인 알카리형, 인산형, 고분자전해질형 연료전지 등은 자동차의 동력원으로 사용이 가능할 것이다. 연료전지 스택의 효율에 영향을 미치는 중요한 인자는 스택내에서 발생하는 급격한 부하 변동을 축전지로 보상해 주는 것이 효과적이다. 그러나 아직도 고분자전해질형 연료전지를 승용차에 탑재하기 위해서는 간격을 줄이

고 성능을 최적화시켜야 하는 기술개발과 개선이 필요하다. 연료전지의 이터열의 재사용 능력이다. 용융탄산염형과 고체산화물형 연료전지 모두 연료를 개질하는 도중에 효율을 높일 수 있는 높은 온도의 열을 발생한다.

일반적인 내연기관 자동차에서 액체 연료에 포함되어 있는 에너지가 자동차의 추진력으로 변화될 수 있는 최대 효율은 평균 18%이다. 이에 비하여 비슷한 손실을 가지는 연료전지는 적어도 24%의 변환효율을 갖는다. 현재의 개발 단계로서는 버스나 트럭과 같은 대형차의 경우에는 인산형 연료전지와 축전지를 결합한 구동형태를 갖는 동력원을 구성하는 것이 바람직하다. 또한 소형 승용차의 엔진으로는 대기상태에서 시동을 할 수 있어 예열이 필요없고, 동력 밀도가 높아 소형으로 동력원을 구성할 수 있는 고분자 전해질 연료전지가 가장 유망하다.

다만 연료전지는 자동차에 요구되는 동력변화에 따라 전기적으로 신속히 반응할 수 있지만, 전류가 증가하거나 감소할 때 연료 개질량 또는 연료공급량도 따라가 주어야 하

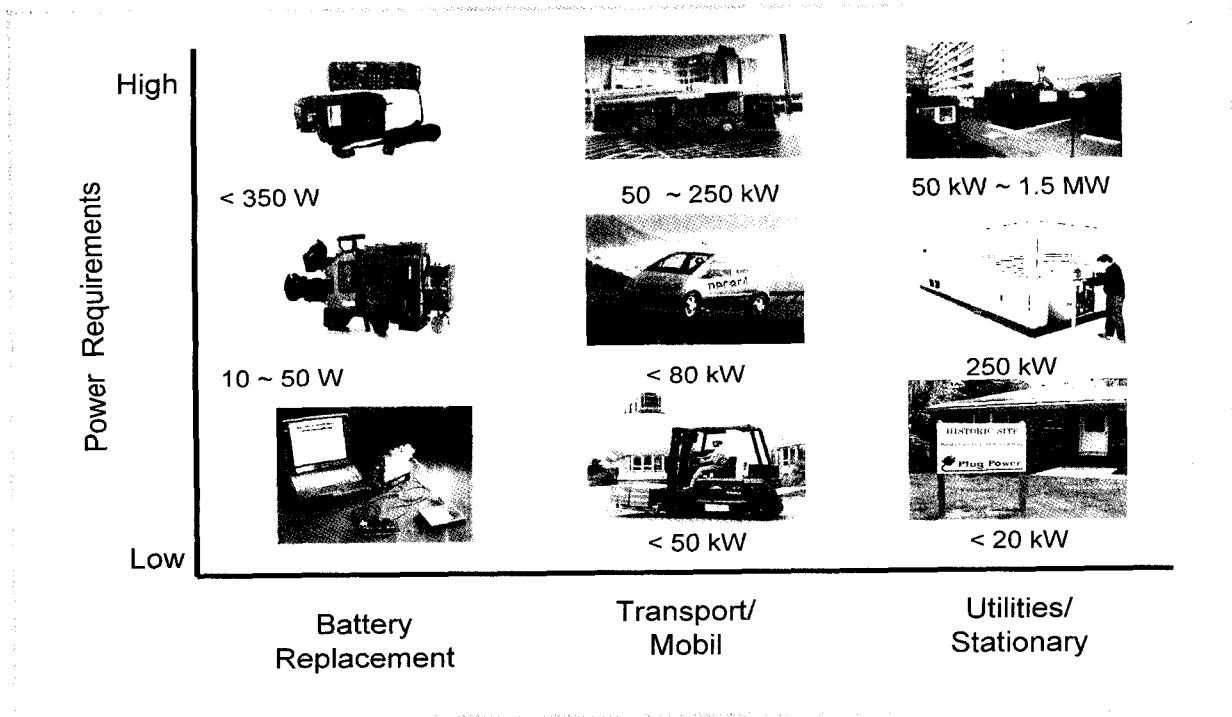


그림 4. Scale of Fuel Cell Applications

며, 전지의 열방출량도 제어되어야 하는 문제가 있다. 원칙적으로 이들 양은 조절 가능하지만, 현재 기술로서는 연료전지를 정격상태로 운전하는 것이 바람직하며, 한 여러 가지 특성 및 성능과 향후 개발 상황 예측 및 각각의 장단점

을 비교 분석하고, 자동차에 적용가능성을 검토하여 자동차 적용에 가장 적합한 연료전지를 선정하여야 될 것이다. 그림 4는 현재 개발되고 있는 연료전지의 분야를 나타낸 것이다. 특히 이동용 전원으로 개발되고 있는 사례는 그림

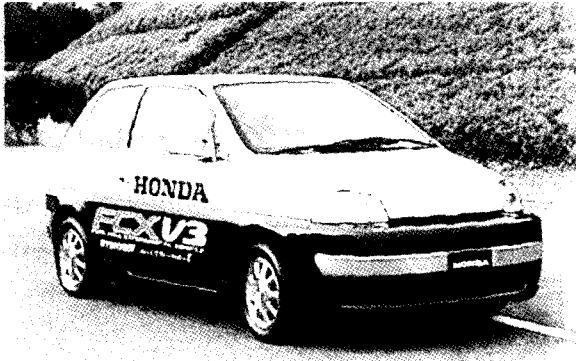


그림 5. Honda FCX-V3



그림 6. General Motors HydroGen3



그림 7. Volkswagen Bora Hy-Power

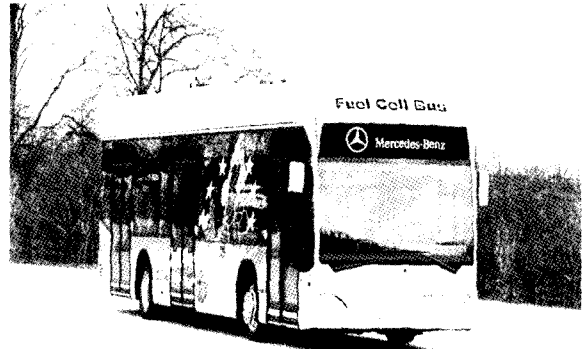


그림 8. Mercedes-Benz Citaro Fuel Cell Bus



그림 9. Scania's Fuel Cell Bus

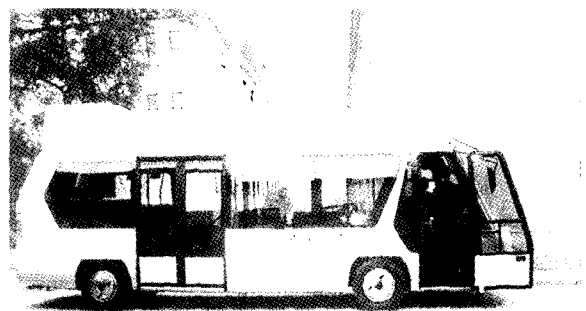


그림 10. Proton Motor Fuel Cell Bus