

연료전지 기술개발과 보급전망

김 창 수

한국에너지기술연구소 책임연구원

이 글은 지난 7월 7일 한국가스연방 주최 제17회 가스산업 워크숍에서 발표된 내용을 개제된 것이다.

1. 서 론

연료전지는 무공해, 높은 발전효율과 폐열이용 등으로 전체 에너지효율의 향상을 도모할 수 있어, 신에너지의 선두주자로 부상하고 있다. 수력, 화력, 원자력에 이어 제4세대 발전 기술로써 기대되고 있으며, 환경적인 면에서 NOx, SOx 등을 거의 발생하지 않아 환경보호에 공헌함으로써 본격 도입이 기대되고 있는 기술이다.

특히 고분자 연료전지는 타 연료전지에 비하여 저온 동작, 소형화가 용이함으로 차세대 자동차의 새로운 동력원, 주택용 전원, 분산전원, 비상전원 및 휴대전화, 노트북 컴퓨터의 전원으로서 실용화 가능성이 높아 전세계적으로 개발이 왕성하게 진행되고 있다. 또한 자동차업계는 배기가스의 영향에 의한 지구온난화, 환경악화가 문제가 되어 종래의 내연기관을 대신할 수 있는 저공해 동력원 탑재 자동차 개발이 시급히 요구되고 있다. 차세대 동력원으로 가장 주목과 기대를 받고 있는 고분자연료전지는 학계, 정부 및 산업계의 개발 노력으로 최근 5년에 세계적

인 개발 경쟁이 크게 전개되고 있는 실정이다.

현재 그 변화나 발전 속도가 급격한 고분자 연료전지 기술에 있어 선진국과의 기술 격차를 줄이고 나아가 경쟁성을 확보하기 위한 방향을 국내외 개발 현황 분석 및 보급 현황 분석을 통하여 제시하고자 한다.

2. 국내외 기술수준 현황 분석

1) 기술개요

연료전지(fuel cell)는 전기화학 반응에 의하여 연료가 갖고 있는 화학에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 발전장치이다. 따라서 원리상 열기관이 갖는 열역학적인 제한(Carnot 효율)을 받지 않기 때문에 기존의 발전장치보다 발전효율이 높고 무공해, 무소음으로 환경문제가 거의 없으며 다양한 용량으로 제작이 가능하고 전력 수요지 내에 설치가 용이하여 송변전 설비를 절감할 수 있는 등 전력계통의 운영 측면에서도 기대가 큰 첨단기술이다.

연료전지의 개발은 처음에는 우주선이나 군사용의 목적으로 시작되었으나 70년대 초의 오일 파동 이후 본격적으로 민수용 개발이 진행되어 오고 있다. 알칼리 연료전지는 1965년 미국의 아폴로 우주계획에서 제미니 3호의 전원

으로 채택되어 최초로 실용화되었다.

연료전지 발전시스템은 전기를 생산하는 연료 전지 본체(fuel cell stack)와 연료인 LNG, 석탄가스, 메탄올 등을 수소로 개질하여 수소가 많은 연료가스로 만드는 개질기(reformer), 발전된 직류전기를 교류로 변환시키는 직교류 변환기(Inverter) 및 제어장치 그리고 배열이용 시스템 등으로 구성되어 있다. 연료전지 본체는 적층된 수백 장의 셀(cell)들로 구성되어 있으며 연료와 공기 등의 반응가스가 각 셀로 공급되도록 설계되어 있다. 기본적으로 각 셀은 전해질(electrolyte)에 의하여 분리된 연료극(anode)과 공기극(cathode)의 두 전극으로 구성되었고 각 셀은 분리판(separator)에 의하여 분리되고 있다. 연료전지에 공급되는 반응가스를 공급하는 장치인 연료개질장치는 사용되는 연료 특성에 따라 개발되고 있으며 연료전지의 저전압, 고전류 특성에 맞는 직교류 변환장치 및 배열을 이용하여 열효율을 향상시키는 배열이용시스템 등이 연료전지 발전시스템의 개발에 필요한 주요 기술들이다.

연료전지는 전해질의 종류 및 동작온도에 따라 분류되는데 인산 연료전지, 용융탄산염 연료전지, 고체산화물 연료전지는 민수용 전력 대체용으로 개발되고 있으며 알칼리 연료전지 및 고분자 연료전지는 단위 무게당 에너지 출력이 커서 수송용, 군사용, 우주선 등의 용도로 개발되고 있다.

고분자 연료전지는 동작온도가 약 80°C로 낮고, 고분자막 즉 플로톤 교환막의 성능향상 등의 면에서 소형, 소용량 전원으로서 최적이다. 또한 저공해 동력원이 요구되고 있는 자동차의 차세대 동력원으로서 기대되고 있으며, 연구개발도 가열되고 있다. 고분자 연료전지 연구개발의 주요 핵심 기술은 적극, 전해질, 분리판 등 구성요소 제조기술, 적층, 널각, 유로 및 밀봉

등의 연료전지 본체의 설계 및 제작 기술, 연료전지 발전 시스템의 종합 설계, 제작 및 운전기술로 분류할 수 있다.

2) 국외현황

고분자연료전지는 주택용, 소형 이동원용, 자동차용 등으로 응용이 가능하며, 현재는 실용화를 목적으로 연구가 진행되고 있다.

(가) 주택용 고분자연료전지

주택용 고분자연료전지 분야에서는 미국의 Plug Power사가 선도적으로 연구를 해 왔으며, 현재 미국 뉴욕주의 20가구에서 7kW출력의 고분자연료전지 시스템을 현장 실험중에 있다. 이 회사는 미국 내에서 주택용의 상용화 시점을 2001년 이후로 잡고 LNG, LPG, Heating oil 등을 연료로 하는 1-10kw급 고분자연료전지를 주택, 아파트, 소규모 식당 및 숙박시설, 통신용 전원 등에 적용시키기 위한 연구개발 중에 있다. 또한, 미국의 GE사와 합작하여 GE Microgenerator사를 설립하고, 독일의 Valliant사와도 합작하여 주택용 고분자연료전지의 상용화 연구에 앞장서고 있다. Northwest Power사는 최근 미국 전역에 70기의 현장 실험 계획을 발표한 바 있으며 고분자 막의 기술을 보유한 DAIS사와 스택 기술을 보유한 Analytic Power사는 각사의 경쟁력 있는 기술을 공유 DAIS-Analytic사를 설립 주택용 연료전지 개발에 참여하고 있다. 또한 이태리의 대표적인 스택 제조 업체인 De-NORA사와 미국의 개질기 제조 업체인 Epyx사는 공동 출자하여 Nubera사를 설립 하였으며 미국의 H-Power사도 역시 주택용 연료전지 시장에서의 진입을 선언한 바 있다.

기 관	개 발 내 용
Ballard Power System(캐나다)	10kW(천연가스 사용)
	30kW(수소사용)
	250kW(천연가스 사용)
ANALYTIC POWER(미국)	10kW 주택용 prototype스택
Plug Power L.L.C(미국)	7kW주택용 발전 시스템
Siemens AG(일본)	분산형 소형 정치형 장치
Toshiba(일본)	30kW소형 빌딩용 cogeneration 시스템(NEDO)
Sanyo electgc(일본)	2kW 주택용 cogeneration 시스템(NEDO)
Kansai electgc power(일본)	Cogeneration 시스템(Fuji electric, NEDO)
BEWAG(독일)	250kW Ballard Cogeneration plant(Demonstration)
Cinergy(미국)	250kW Ballard Cogeneration plant(Demonstration)

캐나다	Ballard, 250kW, 30kW, 10kW 발전 시스템, 1997. 08 -GEC Alstom(유럽). 1998.06 EBARARA Co. (유럽). 1998.05	일본	Osaka Gas Co., 1kW Natural gas, 1999.02 Sanyo Electric, 2kW system (NEDO), 가정용, 1996 Toshiba, 30kW system(NEDO), 빌딩용, 1996
	미국		Avista Lab. Inc., US DoC, Multi fuel processing, 2kW, 1998.10 Engergy Partners, NUI Co, Epyrn 및 Dox, 2kW natural gas, 1998.12 General Electric과 Plug Power 공동 개발, 7kW 시스템. 1992.02

〈일본 고분자 연료전지 개발 현황〉

전 지 종 류	국 가 프 로젝트	독 자 개 발	비 고
PEFC	가정용 시스템(2kW) 휴대용 전원(10kW) 정치형 시스템(30kW)	휴대용(마쯔시다전공) 가정용(松下電器産業) (東京가스) (大阪가스) (日本가스協會)	1999년말 마쯔시다 전공 은 휴대용 발매예정

(나) 소형 이동원용 연료전지

소형연료전지는 높은 시동/정지 반복 안정성, 짧은 시동시간, 설비 구조의 단순화 등의 특징을 가지며, 이동용 전원, 도서 산간벽지의 전원 또는 비상전원, 군용 전원으로 응용에 적합한 형태의 연료전지이다. 소형 연료전지 분야에서 유명한 미국의 H Power사는 1995년 랩탑용 컴퓨터케이스에 내장할 수 있을 만큼의 초소형 40W급 고분자연료전지를 개발했으며, 계속해서

portable 고분자연료전지 연구개발에서 앞서 나가고 있다. 1996년에는 도로 표식용 고분자 연료전지를 개발하였고, 1998년에는 출력 1kW이하의 초소형 제품의 생산을 개시하고 있으며, 전문가용 비디오 카메라 등에 응용 가능한 수준까지 기술이 와 있다.

아래 표에서는 대표적인 연구개발 단체의 상황, 상온에서 작동 가능한 소형 연료전지 기술 연구개발 현황을 볼 수 있다.

국 가	개 발 기 관	개 발 내 용	기 타
캐나다	Ballard	Laptop Computer용	
미 국	H Power	군용, 전자기기용, 백업용	35, 50, 100, 200, 500W
	DCH	라디오, CD player용	10W(12V), 공기호흡형
	ELectroChem	200W 시스템	18cells, 12V
일 본	Sanyo	전자기기용	
유 럽	FhG(독일)	Laptop Computer용	10h 작동
	NovArs(독일)	7, 25, 100W	경량 분리관, Laptop
	PSI(스위스)	100W, 300W	Gore MEA

(다) 자동차용 연료전지

연료전지 자동차는 환경대응의 최후의 방법으로 각광을 받고 있으며, 다임러 크라이슬러를 시작으로 개발에 주력하고 있다.

자동차용 연료전지의 연구는 Ballard Power

System이 유명하다. 벤츠가 Ballard에 자본 참가한 무렵부터 연료전지가 주목받게 되었으며, 1997년 12월에 포드가 벤츠·발라드 프로젝트에 참가한 이래, 구미 각 사가 개발을 추진하여 경쟁적으로 실용화 시기를 발표하게 되었다.

미 국	GM	1990	메탄올 고분자연료 전지 개발
		1998	메탄올 FCEV개발, 2004년 실용화 목표
	포드	1994	수소 고분자연료저지 개발
		1997	메탄올 FCEV(P2000 모델) 발표(다임러와 공동개발)
	다임러 크라이슬러	1994	수소 고분자 연료저지 개발
		1997	가솔리 연료전지 개발
		1998	크라이슬러, 다임러와 합병 발표
		1999	지프 FCEV발표, 액체수소연료 NECAR-4 발표

유
리
전
지

VM	1997	메탄올 연료전지 발표
	1998	2000년에 신제품 제작예정 발표
다임러 크라이슬러	1994	수소 FCEV, NECAR-1 발표
	1996	수소 FCEV, NECAR-2 발표
다임러 크라이슬러	1997	Ballard에 자본참가, 포드와 공동개발
		메탄올 FCEV, NECAR-3 발표
		압축수소 FCEV, NEBUS 발표
	1998	아임터, 크라이슬러와 합병 발표
		2004년 FCEV 실용화 발표
1999	액체수소연료, NECAR-4 발표	
OPEL	1998	파리쇼에 미니밴 Zafira베이스, 메탄올 FCEV발표
르노등	1998	액체수소 FCEV 왜건 발표(보조전원으로 배터리 사용), FEVER 계획

3) 국내현황

(가) 국내 기술개발 현황

국내에서는 1990년 초 포항공대를 시작으로 하여 연세대, 한양대 등 일부 대학에서 고분자 연료전지에 대한 기초연구를 수행하여 왔다. 1995년에는 한국가스공사에서 전극 및 고분자 전해질막을 수입하고 분리판을 자체 제작하여 1kW스택에 대한 운전 연구를 수행한 바 있다. 1996년부터 한국에너지기술연구소, 한화그룹 종합연구소, 연세대, 한양대, 경북대에서 연구를 시작하여 5kW 고분자 연료전지 시스템 개발에 성공하였다. 특히 현재 개발된 MEA 제조 공정은 선진 기술과 견줄 만한 성능을 나타내고 있으며 한화종합화학 중앙연구소에서 개발한 고분자 막은 고가의 고분자막의 수입 대체를 이룰 수 있어 국산화 개발에 크게 기여 한 것으로 평가된다. 경북대에서의 개질기 연구는 5kW 용량은 개발완료 하였다. 또한 1999년부터 KIST와 에너지기술연구소는 산자부의 지원 하에 차세대자동차 과제에 자동차용 연료전지 스택 개발 연구를

하고 있다. 그러나 국내의 연구개발 수준은 아직은 구성요소나 스택 제작기술의 부족 등으로 인해 선진국 수준에 비해 크게 뒤떨어진다고 볼 수 있다. 따라서 국내에서의 연구개발은 외국 기술의 모방 및 일부 기술의 국산화 단계로 실제 연료전지가 실용화에 필요한 저 가격화, 소재의 국산화, 경량화, 시스템 신뢰도 등에 대한 연구는 아직 이루어지지 못하고 있는 형편으로 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

4) 향후 연구방향

(가) 본체 구성 요소(이온교환막)

① 막두께

막두께를 얇게 함으로써 전지 본체의 콤팩트화가 가능해진다. 현재의 50~120 μ 의 막을 20~40 μ 의 두께로 조절하는 연구를 수행하고 있다.

② 막의 강도

막강도의 보강을 위해서 최근 PTFE 섬유로 보강하는 연구가 진행되고 있다.

③ 저온에서의 내구성

-40~80°C의 범위에서 막특성을 유지할 목표로 연구가 수행중이다.

④ 불순물

불순물에 의한 발전성능 저하의 문제를 해결하기 위한 연구가 필요하다.

⑤ 가격

향후 고분자연료전지를 보급하기 위한 최대의 과제로 현재가격의 1/10로 감소시킬 필요가 있다.

(나) 주택용 연료전지

① 가격

현재 대당 수백만 \$에 달하는 연료전지의 범용 부품, 간소한 제어 시스템의 채용 등으로 가격의 저하가 필요하다.

② 소형화

시스템 각 장치의 소형화로 면적 1㎡내에 설치 가능하게 소형화 연구가 필요하다.

③ 개질기의 효율화

현재 인프라가 잘 되어 있는 천연가스, 도시가스 등에 대한 연료효율이 높은 개질 시스템의 개발이 필요하다.

④ 내구성

일상적 사용 상태에서 수명 5천시간을 목표로 연구가 진행 중이다.

⑤ 폐열회수기의 고효율화

개질기의 콤팩트화에 따른 열손실의 개선을 위한 폐열회수기의 고효율화가 필요하다.

⑥ 법적규제

각종 인허가 신청 등 각종 규제의 해제나 완화와 함께 행정 측면에서의 지원이 필요하다.

(다) 소형 이동원용 연료전지

소형 이동원용 시스템의 과제는 연료전지 시스템의 기술적 측면에서 가정용과 거의 비슷하다. 다만 가정용은 코제너레이션 시스템으로써 사용하는 것을 전제로 하고 있지만, 소형 이동원용은 거의 전원으로서의 이용에 한정되어 있기 때문에 그만큼 실용화는 쉬울 수 있다.

① 인프라 정비

연료전지의 연료로 사용되는 수소, 메탄올, LPG, 부탄가스, 가솔린, 등유 등의 공급망의 정비가 필요하다.

② 법적 규제의 해결

가정용과 마찬가지로 규제의 완화, 해제가 필요하다.

③ 공적 지원 조치

환경보호에 공헌하는 시스템이라 생각한다면, 그 보급을 위해 가정용과 같이 행정 측면에서의 지원이 필요하다.

<고분자 연료전지 문제점 및 해결 방안>

전지종류	과제	현상태	목표치·해결방안
PEFC	저가격화	전해질막 50-60천엔/㎡	동5-6천엔/㎡가 목표 가정용 제품으로 500천엔 이하
	전해질막의 두께	50-120μ	20-40μ를 개발중
	세퍼레이터	카본 절삭가공	카본 성형가공
	법규제의 해제	많은 신청, 인허가가 필요	규제의 해제·완화

〈가정용 연료전지의 과제와 해결방법·해결목표〉

항 목	현재의 과제	해 결 방 법	해 결 목 표
가격저하	수백만엔/대	범용 부품채용(가전에서 사용하고 있는 분젠버너 등), 간소한 제어 시스템 채용	목표수립 되어 있지 않음
전체시스템으로서의 소형화	가정에 설치 가능한 사이즈(1m ² 이내)	시스템 각 장치의 소형화	2003~2004년
개절기의 효율화	연료 이용효율 70% 콤팩트화에 의한 열손실	2kW급에서 개절을 96% 열효율 85%달성(미쯔이전기)	일단 목표가 수립되어 있음
일상적 사용 상태에서의 내구성	기동·정지 반복 상황에서의 내구성	당분간 2kW급에서 DC발전 효율 35%, 수명 5천시간	2000년
폐열회수기의 고효율화	개절기의 콤팩트화에 의한 열손실 개선	폐열 회수기의 고효율화	미정
법규제의 재검토	전기사업법 등의 법적규제	각종 인허가 신청등의 재검토	미정
공적 조성 조치	없음	자금지원, 세금감면	미정

3. 수요 및 전망

1) 세계시장

연료전지의 고효율, 무공해 발전 특성으로 2000년 이후 연료전지의 급속한 보급이 이루어 질 것으로 예측되며, 참고로 일본의 경우 2000년에는 총 전력 수요의 0.2%, 2010년에는 1%를 연료전지 발전으로 할 계획이며, 전세계적으로 이러한 추세는 비슷할 것으로 판단된다. 시장진입을 위한 기술개발의 장기전망을 분석해 보면 앞의 표에 나타낸 바와 같이 국외적으로 2000년 까지 실증시험용 시스템의 보급을 통한 최소시장을 확보한 후 2000년부터 대량생산을 통한 기업화 단계를 거쳐, 정부지원으로부터 완전독립된 시장확보 단계로 진입할 것으로 판단된다. 국내적으로도 시기적으로 약간 느리지만 이러한 과정을 거칠 것으로 진단된다.

다음 표에 연료전지의 세계시장전망을 나타 내었다. 예를들어 2000년의 경우 총 발전시장이 82,114MW이며, 이 가운데 연료전지가 적용 가능한 분산전원용, 산업용 등의 부분이 25%를 차지할 경우 20,528MW의 시장이 형성된다. 이 시장영역에서 연료전지가 실제 적용 가능한 발전시스템 분야인 1.5MW이하의 영역이 33%이기 때문에 6,843MW의 시장이 형성된다. 이 가운데 15%정도를 연료전지가 점유할 경우 1,026MW의 실제시장이 전망된다. 이러한 시장은 연료전지의 기술이 더욱 개발되고 가격이 저하됨에 따라 2005년에는 45%인 3,570MW의 시장이 형성될 것으로 예상된다. 고분자 연료 전지의 경우는 이중 40%의 시장 점유율이 예상되므로 세계적으로 1,428MW의 시장이 전망 된다.

아래 표에서 연도별 연료전지의 세계시장에 대한 전망을 볼 수 있다.

〈연료전지 세계시장 전망〉

구 분	1998	2000	2002	2005	2008
Total Worldwide additions(M/yr)	77,400	82,114	87,114	95,192	104,019
Target Distributed, Industrial & Commercial	25%	25%	25%	25%	25%
Additions(MW/yr)	19,350	20,528	21,779	23,798	26,005
Target:Size Less Than 1,5MW	33%	33%	33%	33%	33%
Total Additions(MW/yr)	6,450	6,843	7,260	7,933	8,668
% Fuel Cell Penetration	5%	15%	20%	40%	45%
% PEM Fuel Cell Penetration	0%	6%	15%	30%	40%

2) 국내시장

주택용 연료전지에 대한 국내 시장분석을 통한 예상 수요조사에 따르면, 시장형성이 예상되는 2001년 이후 신규 주택의 10%, 기존 주택의 2% 정도를 연료전지가 점유한다고 가정시 매출액은 신규주택의 경우 연간 1,027억원, 기존주

택의 경우는 연간 3,780억원에 이르며, 총액은 연간 4,807억원에 달할 것으로 예상하고 있다. 아래의 조사 자료는 LG-Caltex에서 자체 조사한 자료로 연료전지 가격을 \$1,580/1.3kW로 생각한 경우의 값이다. 이때 환율은 1,300원/\$로 가정하였다.

〈국내시장 분석을 통한 예상 수요〉

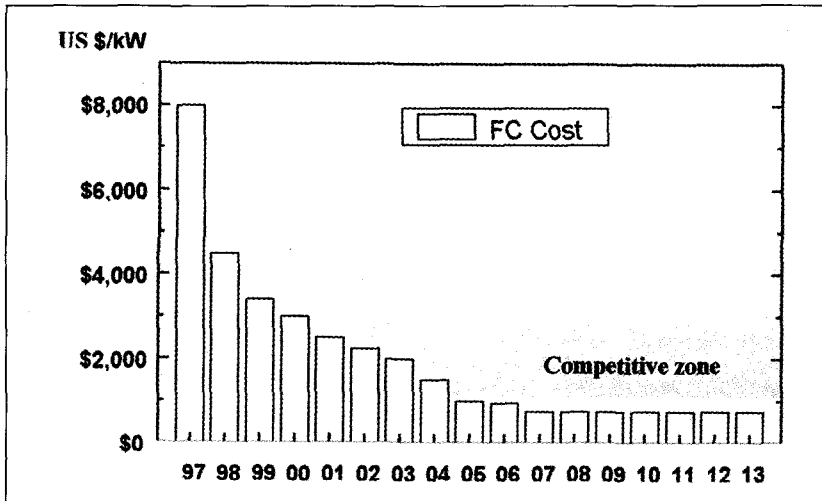
예상 Market	Market Size	예상시장 진입시기	예상 매출액
신규주택	500,000호/년 (1998~2000년 예상)	2001년 이후	1,027억원/년
기존주택	약920만호 (1995년 인구주택조사)	2001년 이후	3,780억원/년
계			4,807억원/년

3) 경제성 및 타 경쟁기술과의 비교

타 기술들과 비교할 때 전력 1kW생산시 \$1,500까지 생산단가를 낮춘다면, 고분자 연료전지가 경제성을 가질 수 있다고 보고되고 있다. Electric diesel이나 gas turbine system과 비교

하면, 아직 생산 단가가 높긴 하지만 환경적인 면 등을 종합적으로 고려할 때 충분히 시장성을 가질 수 있으며, 아래의 표에서 보듯이 고분자연료전지의 경우 2005년경에 타 기술과 비교하여 우위를 가질 것으로 예상된다.

구 분	Capital Cost/kW
Fuel Cells	US \$ 1,500
Electric Diesel	US \$ 750~US \$ 1,100
Gas Turbines	US \$ 900~US \$ 1,400



4. 국내 기술개발 전략

고분자연료전지는 가정용, 휴대용, 자동차용, 정치형으로서 현재 가장 주목받고 있는 연료전지이다. 이는 전해질로서 이온 교환막을 사용하는 형태의 연료전지이며, 상온 또는 이에 가까운 온도에서 작동되고, 소형화가 가능한 것이 가장 큰 특징이다. 이러한 특징을 살릴 수 있는 분야로써 가정용, 휴대용, 자동차용 등으로 예상되며, 그 잠재성을 기대할 수 있다.

1996년부터 제2단계 연구로 들어간 일본 NECD에서 추진 중인 연구 개발의 방향은 다음과 같다. 30kW급은 소형 빌딩용, 2~3kW급의 가정용, 10kW급의 가반형 발전시스템 그리고 자동차용으로 20kW급 발전시스템에 대한 연구를 추진 중에 있다.

일본 NTT사 등의 경우, 휴대용을 이미 판매

하고 있다. 하지만 연료공급의 인프라, 높은 가격 등의 문제로 아직 많은 수요는 없지만, 실용화 시기가 다가왔음을 알 수 있다.

가정용 연료전지는 아직 개발단계로 시작품의 제시단계에도 이르지 못하고 있으며, 보급을 위해서는 성능, 내구성, 안전성 등에 관련해서 해결해야 할 과제가 많아 아직 실용화에는 시간이 필요할 것으로 예상하고 있다. 가정용의 경우 연료가 천연가스, 도시가스 등으로 상정되어 연료 공급 면에서 인프라 정비는 그다지 문제되지 않지만, 소형화와 가격이 가장 큰 문제점이다. 이 경우에는 가정용보다 먼저 실용화가 예상되는 자동차용의 보급에 따라, 그 기술을 흡수하는 것이 필요하다고 보여진다. 가정용 연료전지의 실용화 시기는 2003~2004년 정도로 예상하고 있다.

자동차용 구동기관으로써 연료전지를 사용한다는 생각은 최근 많은 주목을 받고 있다. 이는

배출가스 중의 유해물질을 대폭 저감할 수 있기 때문이다. 현재 세계 유력 자동차메이커가 치열한 개발 경쟁을 펼치고 있다. 주요 각 사가 예측하고 있는 실용화, 상용화 시기는 2003년에서 2005년내로 잡고 있으며, 양산화 시기는 2010 경으로 예상하고 있다.

고분자연료전지의 국내 연구개발은 1990년 초 포항공대를 시작으로 연세대, 한양대 등 일부 대학에서 기초연구를 수행해 왔으며, 1995년 한국가스공사에서 전극 및 고분자 전해질 막을 수입하고 분리판을 자체 제작하여 1kW급 스택에 대한 운전 연구를 수행하였고, 1996년부터 한국에너지기술연구소, 한화그룹 종합연구소, 연세대, 한양대, 경북대에서 연구를 시작하여 1998년 5kW급 고분자연료전지시스템 개발에 성공하였다.

한화종합화학에서 개발한 고분자 전해질 막은 고가의 전해질 막에 대한 수입 대체를 이룰 수 있어 국산화에 크게 기여한 것으로 평가되며, 경북대에서는 5kW급 용량의 개질기 개발을 완료하였다. 그러나 아직 구성요소나 스택 제작 기술 등의 부족으로 선진국 수준에 비해 뒤떨어지고 있다. 앞으로 실제 연료전지의 실용화에 필요한 저가격화, 소재의 국산화, 경량화, 시스템의 신뢰도 등의 면에서 연구개발이 필요한 실정이다.

고가의 재료비 및 연구비 등의 문제로 현재 고분자연료전지 개발은 정부 주도하에 이루어지고 있다. 에너지기술연구소에서는 1996년에서 1998년에 5kW급 고분자연료전지시스템이 개발되었고, 계속해서 산자부에서는 이 기술의 실용화 연구를 대체에너지 과제로 99년부터 지원하고 있다. 이동 전원용 소형 연료전지 관련은 1999년부터 과기부의 특정과제인 국가지정 연구실을 운영하며 연구에 지원하고 있다.

또한 1999년부터 KIST와 에너지기술연구소는 산자부의 지원 하에 차세대자동차 과제로

자동차용 연료전지 스택 개발연구를 하고 있다.

이러한 바탕에서 국내 고분자연료전지 기술개발은 정지형, 휴대용 자동차용에 대해서 각각의 전략을 세울 수 있다. 정지형의 경우, 많은 전력이 필요치 않는 주택용은 현재 개발된 5kW급 고분자연료전지 시스템의 실용화로 연구가 진행되어야 하고, 빌딩 등에 적용하기 위해서는 전력생산량의 증대에 대한 연구가 진행되어야 하며 50kW급 정지형 고분자연료전지 발전 시스템의 개발을 위한 연구개발 전략이 필요하다. 휴대용 및 이동전원용의 소형 고분자연료전지 시스템은 실용화를 앞당기기 위한 목적의 연구가 필요하다. 이와 함께 간과해서는 안될 문제가 전극/전해질 접합체 등 핵심 구성 요소기술 개발을 위한 기초연구이다. 고가 재료의 국산화 및 가격저감 등을 통한 국내 기술의 경쟁력 제고를 위해 반드시 함께 고려해야할 문제이다.

5. 보급 전망

1) 고분자 연료전지의 실용화시기 예측 및 수요전망

가) 주택용 소형 연료전지

- 주택용 연료전지는 주택용 전원 및 온수공급시스템으로 개발되고 있으며 현재 국가 프로젝트로서 제2단계가 진행 중이며, 한국에너지기술연구소에 의해 5kW급 연료전지 시스템 실용화 연구를 수행중이다. 주택용 연료전지 시스템은 2005년경 실용화되어 판매 가능 할 것으로 전망된다. 일본의 수요 전망 자료에 의하면

- 양산화 이후(2010년 이후) 대수 : 연간 백만대 이상(대상 300만원)

〈고분자 연료전지의 판매실적·실증시험실적〉

전지종류	판매 실적		주요 시험 실적		비고
	대수	금액			
PEFC	미쯔이전기/NTT퍼실리티즈		가정용(미쯔이전기)	2kW(예정)	판매실적은 이동형
	누계 실적 20대		30 백만원	휴대용(미쯔비시전기)	
			휴대용(마쯔시다전공)	0.25kW(同)	
			정지용(도시바)	30kW(同)	

나) 정지형 연료전지

- 정지형 연료전지는 주택용 및 자동차용 연료전지 시스템과 연계하여 개발중이며 2007년경에 실용화가 가능하리라 생각된다. 가격문제, 개질기 문제 및 시스템 소형화 등의 문제를 가지고 있어 2010년경에 양산이 가능하리라 생각된다.

측하고 있지만 수요가 어느 정도일지는 미지수이다. 그러나 아직 가격을 비롯한 문제도 안고 있어 본격적인 보급은 2007년 이후로 예상된다.

다) 자동차용 연료전지

- 자동차용 연료전지는 대우자동차와 한국에너지기술연구소, 현대자동차와 한국과학기술연구원과 공동으로 개발 중에 있다. 2007년경 자동차용 연료전지가 실용화될 것으로 예상되고 있다. 자동차용은 주택용 보다 정밀한 기술 수준과 적정가격 수준이 요구됨으로 2007년에 실용화가 가능하리라 되더라도 본격적인 장치의 등장은 2010년 이후로 예상된다.

2) 고분자연료전지의 시장성

각 기관별 시장 예측은 다소 차이가 있으나 도시바가 평가한 일본의 연료전지의 잠재적 수요는 자동차 분야에서 2005년에 295억엔, 2010년에는 700억엔에 이른다. 가정용 시장에서 연료전지의 수요는 320억엔으로 평가되고 휴대용 장비 시장에서는 435억엔으로 평가 된다.

라) 이동전원용 연료전지

- 이동전원용 연료전지는 한국에너지기술연구소에서 국가지정과제로 1단계가 수행중이다. 주택용 연료전지에 비하여 시스템이 간단하여 실용화시기는 2005년 정도로 예

6. 결 론

최근 들어 국가 프로젝트 뿐만 아니라 민간 기업체에서도 많은 참여를 하고 있는 세계적인 추세에서 고분자연료전지분야의 기술 발전과 그 변화는 매우 급격하다. 이에 현재의 선진국과 격차를 줄이고 나아가 경쟁성을 확보하기 위해서는 체계적인 지원이 필수적이다.

- 주택용 연료전지는 민생용 기지로 이를 보급시키기 위해서는 필요한 성능, 내구성, 안전성 등에 관련하여 해결하여야 할 과제가 많다. 가장 큰 문제는 가정에 설치할 정

- 도의 소형화와 가격이다. 이를 달성하기 위해서는 정부의 공적지원이 필요하리라 생각된다.
- 자동차용 연료전지의 가장 큰 문제는 가격이다. 이를 해결하기 위해서는 우선 고분자 전해질막의 가격을 낮추는 것과 저가의 바이폴라 플레이트를 개발하는 것이다. 그리고 연료전지 시스템의 소형화, 경량화가 필

요하며 연료공급체계의 정비, 개질기 개발 등의 해결해야할 문제가 있다.

- 이동전원용은 전원으로서의 이용에 한정되어 있기 때문에 다른 연료전지에 비하여 문제는 적다고 할 수 있다. 보다 원활한 보급을 위하여 손쉽게 연료를 구입할 수 있는 인프라 구조를 정비하는 것과 공적지원 조치가 필요할 것으로 생각된다.

구 분	민생용	정지형	승용차	공공용 차량
출력규모	0.5-3kW	30-200kW	20-50kW	20-250kW
용도	주택용, 휴대용	호텔, 병원	업무용, 일반승용차	공공 수송기관
용구치 발전효율 수명 기동 정지시간	30-40% 6-10만 시간 수천회	30-40% 4만 시간 수회 정도	30% 5,000시간급 1만회 정도	30% 5,000시간급 수만회
기술과제	저가격화 저소음화	보수의 간소화 열이용 향상	저코스트, 경량, 콤팩트화 변잡한 기동정지에의 구내구성물의 동결방지 가솔린 개질기술	
가격대	10만엔/kW	15만엔/kW	1-2만엔/kW	5만엔/kW
2010년 일본시장규모	500억엔/년	500억엔/년	2000억엔/년	50억엔/년

〈고분자 연료전지 용도 및 수요전망〉

전지종류	용도	수요전망	비고
PEFC	<ul style="list-style-type: none"> • 가정용 코제너레이션용 • 휴대용 <ol style="list-style-type: none"> ① 재해시 긴급전원 ② 휴대형통신기·계측기 전원 ③ CPU백업전원 ④ 야외의 임시작업·레저용 전원 ⑤ 병원등의 예비전원 • 정지형(분산 배치용) 	<ul style="list-style-type: none"> • 코스트가 과제이지만, 고급 가전과 같은 100~200천엔/대를 실현할 수 있다면, 연간 백만대 돌파 • 휴대용은 실용화가 가까우며, 관공소에서의 재해시 긴급전원용에 기대. 미쯔이전기에서는 월 300대로 출발. 1999년말 발매할 마쯔시다전공은 연 500대를 목표 	