

특집

고분자 전해질 연료전지 (PEMFC & DMFC) 기술개발동향

심종표(군산대학교 신소재나노화학공학부)

I. 서론

원료 물질이 가진 화학에너지를 기계적인 에너지로 변환시키지 않고 전기화학적 변환방법을 이용하여 직접 전기에너지로 변환시키는 연료전지는 장시간의 충전과정을 거치는 2차 전지와는 달리 연료가 외부에서 지속적으로 공급되는 한 계속해서 전기를 발생시킬 수 있는 일종의 발전장치이다. 최근에는 화석연료의 과도한 사용에 따른 환경오염과 석유 가격 급등의 영향으로 환경오염원의 배출이 적고, 에너지 효율이 높은 연료전지에 대한 관심이 높아지고 있다.

연료전지는 1842년 영국의 물리학자 W. Grove에 의해 최초로 발명되었으며 그는 황산에 담근 2개의 백금 전극에 수소와 산소를 공급하여 전류를 만드는 실험에 성공하였으나 전류가 매우 작아 실용화에 성공한 증기기관의 그늘에 가려 실용화 연구로 연계되지 않았다. 1922년 Rideal과 Evans에 의해 연료전지 개념이 정리되었으며 1932년 Bacon에 의해 급속도로 발전하게 되었다. 1960년대 초반부터 우주선 및 잠수함과 같이 단위 부피당 높은 발전 출력이 요구

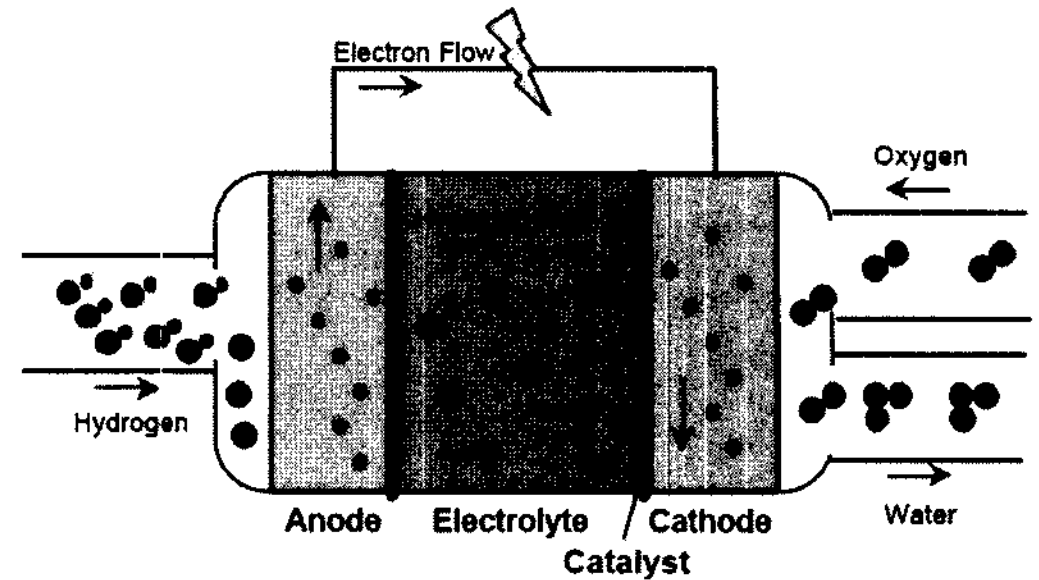
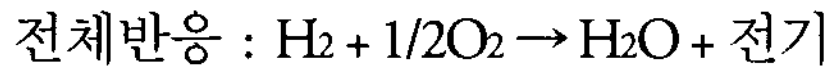
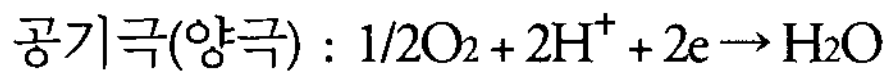
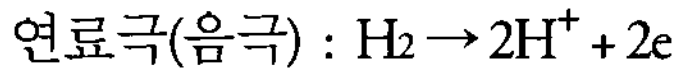
되는 곳에 응용하기 위해 활발히 연구되었으며, 1969년 달 탐사선인 아폴로 우주선에서 전기를 공급하는 장치로 채택되어 달나라에 다녀오기도 하였다. 우리나라에서는 1980년대 후반부터 정부 주도의 프로그램을 운영하면서 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

연료전지는 작동온도에 따라 여러 가지로 구분할 수 있으나, 본 지에서 중점적으로 다루고자 하는 고분자 전해질 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, PEMFC)와 직접 메탄올 연료전지(Direct Methanol Fuel Cell, DMFC)는 상온부터 100°C 이하에서 작동하며 전해질로 고분자 물질을 사용하는 연료전지로서 에너지 밀도가 높고 휴대가 가능하거나 소규모 발전이 가능하여 새로운 에너지원으로 각광받고 있다.

II. 연료전지의 기본원리와 종류

연료전지는 물의 전기분해와 반대되는 원리로 물을 전기분해할 때는 외부의 전기를 통해 물을 수소와 산소로 분해하는 반면에 연료전지

는 수소와 산소를 전기 화학적으로 반응시켜 전기를 발생시킨다. 이를 화학반응식으로 표기하면 아래와 같다. <그림 1>

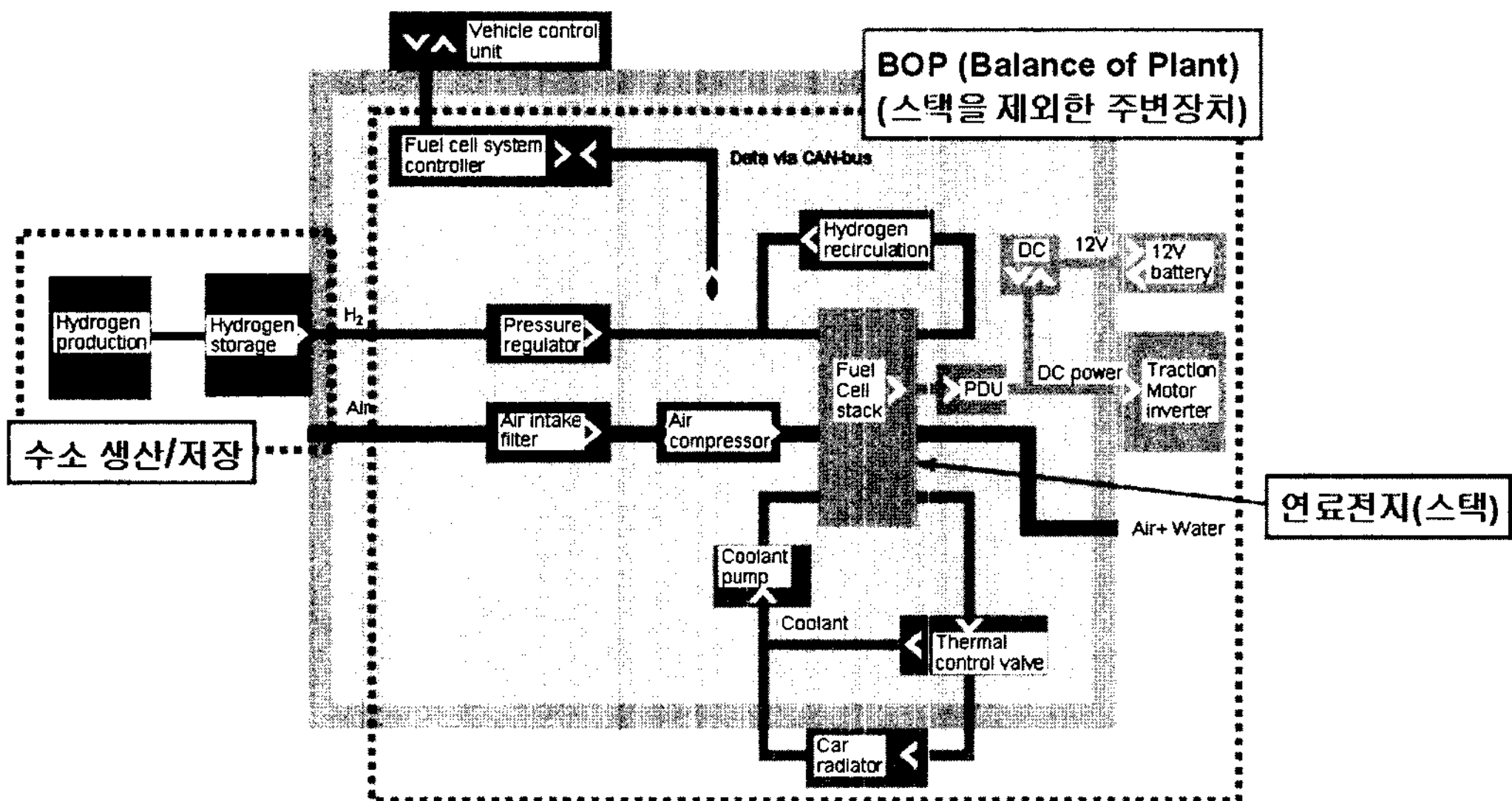


<그림 1> 연료전지 작동원리 및 기본구조

연료극의 연료로 사용되는 수소는 단독으로 자연계에 존재하기 않아 다른 물질로부터 추출해야 하는데 수소를 여러 가지 연료에서 추출하는 것을 ‘개질(改質)’ 이라고 하며, 가정용 연료전지의 병합발전(cogeneration)은 도시가스, LPG, 등유에서, 연료전지 자동차는 메탄올, 가솔린 등에서 수소를 추출하며 공기극에 공급되는 산소는 공기 중에 있는 것을 이용하게 된다. 연료전지 시스템은 연료인 수소의 저장(또는 공급) 부분, 수십 또는 수백 장의 단위 셀(cell, 하나의 전지)을 적층한 연료전지 스택(stack), 스택을

제외한 시스템을 작동시키는데 필요한 주변장치(BOP)로 구성되며 자세한 구성도는 <그림 2>에 나타내었다.

고분자 전해질 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, PEMFC)의 개발은 최초에 우주선이나 군사용의 목적으로 시작되었으나, 1970년대 초의 오일 파동 이후 본격적으로 민수용 개발이 진행되었다. 기본적으로 PEMFC



<그림 2> 자동차에 사용되는 연료전지 시스템 구성도

의 단위 셀은 고분자 전해질막(Polymer Electrolyte Membrane)에 의하여 분리된 연료극(음극, Anode)과 공기극(양극, Cathode)의 두 전극으로 구성되었고, 각 셀은 분리판(Separator)에 의하여 분리되고 있다. PEMFC의 전기화학 반응은 연료극(Anode)에서의 수소는 H^+ 와 전자를 공급하며, 이 전자가 외부회로를 통해 흘러서 음극에 도달하며, H^+ 는 수소 이온교환막을 통해 확산하여 음극에 도달하고 산소와 반응하여 물을 생성한다. 고분자 전해질 연료전지는 저온인 $60\sim 80^\circ C$ 에서 동작이 가능하며, 높은 전류밀도를 유지할 수 있다. 이러한 이유로 고분자 전해질 연료전지는 저온에서도 빠른 시동능력이 있으며, 소형화할 수 있으며, 가벼운 전지를 만들 수 있어서 이동 전원으로 매우 적합하고 사료되고 있다.

직접메탄올 연료전지(Direct Methanol Fuel Cell, DMFC)의 작동 원리는 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)와 같다. 다만 원료로써 H_2 대신 메탄올을 사용한다. DMFC는 메탄올을 직접, 전기화학 반응시켜 발전하는 시스템이다. 전해질은 이온 교환막을 사용한다. 작동온도는 상온에서 $100^\circ C$ 까지로서 비교적 저온이다. PEMFC와 비교하여 개질기를 제거할 수 있으며, 시스템의 간소화와 부하 응답성의 향상이 도모될 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 반응속도가 낮은 것에 의한 저출력 밀도, 다량의 백금 촉매의 사용과 메탄올과 산화제의 Cross Over(고체 고분자 막을 통과하는 것) 등의 단점도 있다. 직접메탄올 연료전지는 전해질 층을 사이에 두고 연료극과 공기극으로 구성된다. 이 두 전극은 탄소 섬유 종이와 같은 다공성의 전도성 지지체 위에 백금/탄소, 백금+루테튬/

탄소 등의 촉매층을 부착시켜 제조된다. 메탄올과 물은 전기화학적으로 반응하여(메탄올은 산화됨) 음극에서 이산화탄소, 수소이온 및 전자를 생성한다. 반응을 통하여 음극에서 생성된 수소이온은 고분자 전해질을 통과하여 양극으로 이동하여 산소와 반응(보통 공기로부터)하여 물을 생성한다. 음극에서 생성된 전자들은 화학반응의 자유에너지 변화와 함께 외부회로를 통해 이동한다. 메탄올과 산소가 반응하여 물과 이산화탄소를 생성한다.

인산형 연료전지 (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC) 기술은 20년 이상 개발되고 개선되어 왔고, 전기 생산에 비교적 순수한 수소(70% 이상)를 요구한다. 인산형 연료전지 내의 전극은 탄소 지지체의 표면적 위에 촉매로써 백금이나 백금 혼합물을 포함한다. 인산형 연료전지의 운전 온도는 약 $200^\circ C$ 이며 현재까지 순수한 발전효율은 40~50% 정도이다. 이 수준보다 높은 효율을 갖기 위해서는 전지와 스택 구성품의 지속적인 개발에 의한 종합시스템 제어에 의존하여야 한다. 일례로 인산형 연료전지의 반응이 발열반응이므로 연료전지가 반응온도인 $200^\circ C$ 로 유지함이 최적의 운전조건이 된다. 따라서 연료전지 반응 시 반응열을 냉각시켜야 하며 이때 생성되는 반응열을 이용하면 효율을 70% 이상 높일 수 있다.

용융 탄산염 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC)는 전해질로 낮은 용융점을 가지는 탄산리튬(Li_2CO_3)과 탄산포타슘(K_2CO_3)의 혼합물을 사용하며 전극은 다공성 니켈로 만든다. 전극의 부식성과 내구성은 아직 개발에 중요한 애로점이다. 용융탄산염 연료전지 기술의

장점은 일산화탄소, 이산화탄소 및 수소에 대하여 내성이 있는 점이다. 이것은 일산화탄소와 이산화탄소를 분리하는 공정을 필요로 하는 다른 것들보다 초기 투자비가 낮고 시스템 설계가 매우 단순해지는 결과를 가져온다. 용융탄산염 연료전지의 운전 온도는 약 650°C 이고, 전지 스택의 열로 전지 내부의 탄화수소 기체의 개질을 허용한다. 내부 개질의 장점은 30% 또는 그 이상의 비용을 감소시킨다.

고체산화물형 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)는 ZrO_2 의 고체산화물을 전해질로 사용하기 때문에 액체 전해질 때문에 생기는 제반 문제를 피할 수 있고, 작동온도가 1,000°C로 높아 용융탄산염 연료전지가 갖고 있는 장점을 모두 갖고 있다. 반면 고체산화물 연료전지는 높은 온도에서 내열성, 내구성, 내전도성을 가진 고온 재료의 개발이 필수적이며, 이러한 재

료의 개발 및 선정이 주요 연구 대상이 되고 있다. 고체산화물형 연료전지의 특징은 탄화수소를 직접 전기로 변화시킬 수 있는데 있다. 전해질은 안정화된 산화지르코늄 층이고 양극은 안정화된 산화이트륨으로 된 지르코늄으로 만들어졌고, 음극은 니켈-지르코늄 세라믹 합금으로 만들어졌다. 고체산화물형 연료전지의 가장 독특한 특성은 운전 온도는 약 800°C 이상으로써 매우 높다는 것이다. 이 온도에서는 수소와 일산화탄소의 전기화학적 산화 반응이 일어나고 촉매 없이 연료가 개질된다.

알칼리 연료전지 (Alkaline Fuel Cell, AFC)는 1960년대 우주선에 전력과 물을 공급하기 위해 개발된 연료전지로서 전해질로 수산화칼륨과 같은 알칼리를 사용하고 연료는 순수 수소를 쓰며 산화제로는 순수 산소를 사용한다. 알칼리 연료전지는 여타 연료전지에 비해 역사가

〈표 1〉 연료전지 종류와 특징

	AFC	PEMFC	DMFC	PAFC	MCFC	SOFC
전해질	KOH	고분자막	고분자막	인산	탄산염	고체산화물
이온전도체	OH^-	H^+	H^+	H^+	CO_3^{2-}	O^{2-}
작동온도(°C)	상온~80	상온~80	상온~80	150~200	600~700	800~1000
연료극	백금 또는 다공성 니켈	백금	백금-루테튬	백금	니켈-크롬	니켈
공기극	백금 또는 은(Ag)	백금	백금	백금	산화니켈	페로스카이트 (금속산화물)
발전효율(%)	~35	35~42	~35	35~42	50~65	50~65
산화제	공기	공기	공기	공기	공기+CO ₂	공기
연료	수소	수소	메탄올	수소	수소	수소
용도	우주선, 잠수함 등 특수용도	가정용, 자동차	휴대용 전자기기	건물용 발전시스템	발전플랜트	발전플랜트

가장 오래된 연료전지이지만 알칼리용액이 이산화탄소에 민감하여 개발이 늦어졌으나 우주선이나 잠수함과 같은 특수 용도로 사용이 가능하다. 또한, 저온에서 (80°C 이하) 작동하지만 PEMFC나 DMFC와 달리 귀금속 촉매가 아닌 니켈(Ni)과 은(Ag)을 사용하기 때문에 가격 경쟁력이 우수하다.

III. 연료전지의 특징

연료전지는 배기가 대단히 깨끗해 환경에 친밀한 특성을 가지고, 얼마의 소용량으로도 효율이 높고, 더욱이 폐열의 유효 이용에 의하여 종합 에너지 효율의 향상이 도모할 수 있어 신 에너지의 하나로 위치하고 있으며, 보급 촉진이 기대되고 있다. 연료전지의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

고효율 : 연료전지는 연료의 연소과정과 열에너지를 기계적 에너지로 변환시키는 과정이 없어 기존에너지원보다 효율이 10~20% 정도 높아진다.

무공해 : 연료전지는 연료로써 화석연료를 사용하므로 개질기에 의한 조작이 반드시 필요하다. 이 경우 탈황, 분진제거를 충분히 할 수 있어서 SO_x와 분진의 방출은 거의 없으며 이산화탄소의 발생량도 기존의 내연기관보다 월등히 낮다. 연료전지 반응의 생성물은 이론적으로는 물 뿐이기 때문에 연료전지로부터 발생하는 공해물질은 없다.

열의 유효이용 : 반응의 과정에서 발생하는 열

을 유효하게 이용하는 것이 가능하고, 전기와 열을 동시에 발생하는 코제네레이션(cogeneration) 시스템에 최적이다. 가정용 연료전지의 경우 투입한 도시 가스의 에너지의 약 40%가 전기로, 약 40%가 온수나 증기로 되고, 종합적으로는 약 80%가 유효하게 이용할 수 있는 뛰어난 장치이다.

설치의 간편성 : 전력의 요구 조건에 맞추어 용량의 조절이 용이하며 도서산간지역 또는 섬지역, 고립된 지역에 독립적인 설치와 운전이 가능하다. 또한 연료전지를 이용해 발전을 할 경우 공해요인이 없으므로 도심지 속에서의 건설이 가능하고, 다른 발전방식에 비해 소요면적이 적으며 지속적인 냉각수 공급이 불필요하기 때문에 발전소용 부지의 선정이 용이하다.

연료의 다양성 : 연료전지는 수소로 동작하나 수소는 개질과정에 의해 생성되기 때문에 다양한 종류의 연료가 이용 가능하다. 순수 수소 이외에 천연가스, 바이오가스, 메탄올, 에탄올 및 가솔린 등이 연료의 후보로 거론되고 있다. 또한 화력발전 대체 발전시설로 개발이 진행되고 있는 MCFC나 SOFC에서는 수소뿐만 아니라 CO를 연료로 사용되기 때문에 석탄가스의 사용이 검토되고 있다. 재생 가능 에너지로부터 수소를 생성하는 방법으로는 바이오 가스 개질 이외로 태양발전과 풍력발전에 의해 얻어진 전력으로 물을 전기분해하여 수소를 생성하는 방법이 있으며, 최근에는 고온가스로부터 물의 열화학 분해에 의해 수소를 생성하는 기술이 연구되고 있다.

저소음, 저진동 : 기계적 구동부분이 없고, 가

스공급기 등에 약간의 소음, 진동 등이 있을 뿐
이므로 기계식의 발전기와는 비교도 안 될 정
도로 적다.

IV. 고분자전해질 연료전지(PEMFC) 기술동향




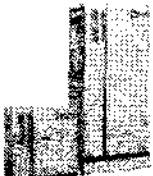
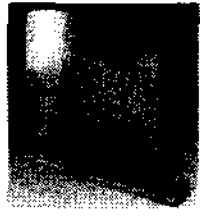
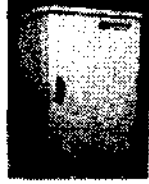











고분자전해질 연료전지는 수소이온 전도성
고분자전해질막을 사용하고 80℃ 이하에서 작
동하는 연료전지로서 높은 에너지밀도와 빠른
응답특성이 있으며, 소형화가 용이하여 수백W
에서 수십 kW까지 제작이 가능하고, 연료로서
천연가스, 메탄올, 가솔린 등을 개질하여 생산
된 수소를 이용하기 때문에 가정(5kW 이하)이
나 소규모 상업용 건물(10kW 내외)의 전기와
열 공급할 뿐만 아니라, 자동차용 연료전지
(80kW 내외)로 응용하여 가솔린이나 디젤을 사
용하지 않고 수소를 이용하여 공해배출이 전혀
없는 무공해 전기자동차의 주전력 공급장치로
서 개발되고 있다.

국내 가정용 연료전지 시스템의 경우 2004년
지식경제부(옛 산업자원부) 산하 수소연료전
지사업단을 통해 GS 퓨얼셀, 퓨얼셀파워, 대구
도시가스가 1kW급 시스템 기술개발을 수행하
였으며, 이를 바탕으로 2006년 가정용 연료전
지 모니터링 사업이 추진되었고 이와 더불어
10kW급 상업용 시스템의 개발이 시작되었다.
2008년 가정용 연료전지 모니터링 사업을 통해
100대의 고분자연료전지 시스템이 시험운전
중에 있으며 2015년 누적 100,000대 보급과 대
당 가격 5백만원 (정부보조금 2백만원)을 목표
로 추진 중이다. 해외에는 일본의 도시바, 산요,
후지, 마쯔시다, 에바라 발라드 등이 가정용 연



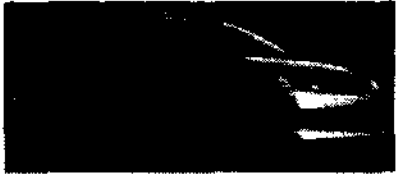

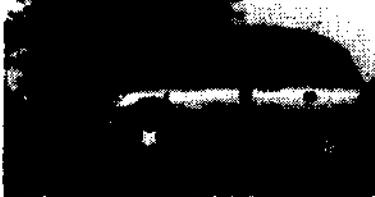
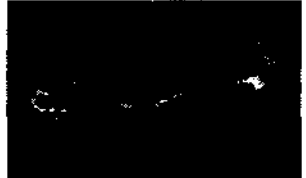






료전지 시스템을 생산하고 있으며, 미국과 캐
나다에서는 Ballard, Plug Power, Ida Tech, ReilOn
등에서 시제품을 제작하여 시험 중에 있다. 자
세한 가정용 연료전지 시스템의 개발현황은
<표 2>에 나타내었다.

화석연료의 고갈과 가격 급등, 다량의 공해
물질 배출로 인해 자동차 기업들은 중장기적인
저공해 차량의 개발 및 화석연료에 의존하지
않는 수소연료전지 자동차의 개발을 추진 중이
다. 또한 세계 각국의 환경보호정책에 따라 무
공해 또는 저공해 자동차(LEV)를 일정 비율 이
상 의무적으로 생산하도록 하는 방안을 실행하
고 있거나 추진 예정이다. 국내에서도 2020년
수소연료전지 자동차의 양산화를 목표로 연구
개발이 진행 중이며 첫 단계로 2006년 현대자
동차의 주관으로 수소연료전지 자동차 모니터
링 사업을 시작하였다. 2009년까지 승용차 30
대, 버스 4대, 수소충전용 스테이션 9기 설치를
목표로 하고 있으며 차츰 단계적으로 확대할
계획이다. 2000년 현대자동차는 미국의
UTCFC (United Technology Corp. Fuel Cell)와 공동
으로 75kW급 연료전지 스택을 탑재한 산타페
연료전지 자동차를 개발하였다. 미국 에너지부
(DOE)는 2002년 초에 연료전지 자동차 및 수소
공급 인프라 기술개발을 골자로 한 FreedomCar
project (석유로부터 자유로운 자동차)에 착수하
였고 2004년 캘리포니아에서는 California Fuel
Cell Partnership을 통해 현대자동차를 포함한 33
개의 자동차 회사와 정부기관, 연구소가 수소
연료전지 자동차를 시험 운행에 참여하고 있
다. 자세한 수소연료전지 자동차의 개발현황은
<표 3>에 나타내었다.

〈표 2〉 가정용 연료전지 시스템 개발 현황

기업	개발내용	제품단계	참고
Ballard (Canada)	1.2kW NEXA Power module 개발. AirGen fuel cell generator 판매 중.	양산	 
Ebara Ballard (Japan)	Ballard와 Ebara의 Joint venture. Ballard사의 제품 공급. 2005년 17개 site에서 시험운전 중.	양산	 
Fuji Electric (Japan)	1-5kW급 가정용 연료전지 개발 중.	시제품	
IdaTech (USA)	5kW CHP 연료전지 시스템 개발. RPG용 개질기 개발 중.	시제품	 
Matsushita (Japan)	NEF와 JGA와 공동으로 시험운전 중	시제품	
Nuvera Fuel Cells (USA)	3.7kW PEM "Avanti" fuel cell model 생산 중.	시제품	
Plug Power	5kW RPG (GenSys), 5kW backup power (GenCore) 생산 중.	시제품	
Sanyo Electric (Japan)	1-3kW급 RPG 개발 중	시제품	
ReilOn (USA)	Former Avista Labs. Independence 1000 (\$8,000) 시판 중	양산	
(주)GS퓨얼셀	3KW급 RPG 개발. 1kW급 가정용 연료전지 실증시험 중 (한국에너지기술연구원 공동)	Prototype	 
Fuel Cell Power	(귀뚜라미 보일러와 공동개발로) 가정용 연료전지 RPG 시스템 개발	Prototype	 
삼성 종기원	1kW급 가정용 연료전지 시스템	Prototype	

〈표 3〉 수소연료전지 자동차 개발 현황

기업	모델명	연료전지 용량	운행거리	연료	발효년도	사진
Daimler -Chrysler	NECAR5	85kW PEMFC	450km	메탄올	2001	
	EcoVoyager	45kW PEMFC	483km	압축수소	2008	
Ford	P2000 HFC	75kW PEMFC	160km	압축수소	1999	
	Explorer	60kW PEMFC	563km	압축수소 700bar	2006	
GM	Zafra	50kW PEMFC	483km	메탄올	1998	
	Provoq	88kW PEMFC	483km	압축수소	2008	
Honda	FCX-V1	60kW PEMFC	177km	수소	1999	
	FCX Clarity	100kW PEMFC	570km	압축수소	2007	
Toyota	RAV FCEV	20kW PEMFC	250km	수소	1996	
	FCHV	90kW PEMFC	290km	압축수소	2002	
현대	Santa Fe	75kW PEMFC	160km	압축수소	2000	
	i-Blue	100kW PEMFC	600km	압축수소	2007	

V. 직접메탄올 연료전지(DMFC) 기술동향

DMFC는 연료로 메탄올을 사용함으로 PEMFC와 달리 수소탱크와 수소생산을 위한 개질기가 필요 없고 소형화 할 수 있기 때문에 휴대용 전원으로 응용이 가능하다. 메탄올 연료를 카트리지 형태로 부착했다가 언제든지 교환할 수 있는 장점이 있어 노트북 컴퓨터나 PDA 등 휴대용 전자 기기에 실용화될 전망이다. 현재 휴대용 전자기기의 전원으로 사용하는 리튬 2차전지보다 출력밀도가 3배 정도 높아 사용시간이 훨씬 길며, 카트리지 교환과 같이 충전이 용이하여 리튬 2차전지와 같이 장시간의 충전시간이 필요치 않다. 그러나 메탄올이 인체에 유해하고 사용되는 촉매의 가격이 상당히 고가이고, 전극성능과 내구성이 좀 더 개선해야 할 부분이다.

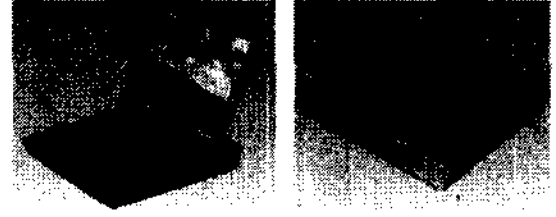
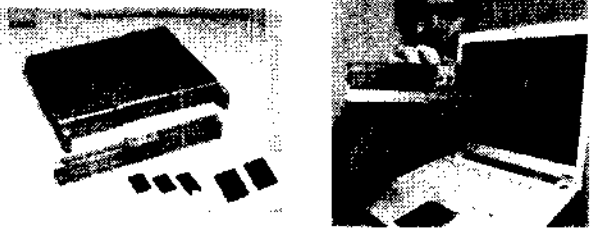





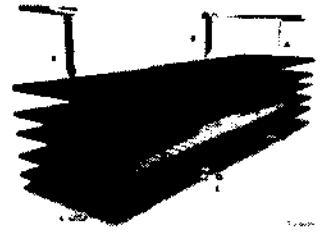
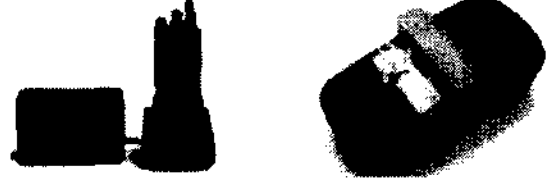

휴대용 연료전지의 세계시장은 2010년 12,500만 대로 금액으로 환산하면 25억 달러에 달한다.(LG경제연구원 자료) 이는 시장 초기와 중기의 성장과정은 리튬 2차전지와 비슷할 것으로 본 것이며 그 이후는 연료전지가 현재의 2차전지보다 고성능으로 제품화되어 기존의 2차전지를 대부분 대체할 것으로 전망된다. 휴대용 직접메탄올 연료전지 개발을 최초로 시도한 기업은 Manhattan Scientifics로서 연료전지를 소형화시키기 위해 박막 형태로 연료전지를 제작하였다. <표 4>에 나타낸 바와 같이 2000년 Motorola는 미국 Los Alamos National Lab과 함께 잉크 카트리지형의 연료를 이용한 연료전지를 개발하였으며 이를 이용하여 100W의 출력으로 PDA를 구동하였다. 일본에서는 도시바, 카시오, 소니, 히다치, NEC 등과 같은 여러 전자 회사들이 DMFC 개발에 참여하고 있으며 상당

한 기술적 성과를 올리고 있다. 독일에서는 Smart Fuel Cell이 소형 전자기기를 운전할 수 있는 용량의 소형 DMFC 시스템의 생산을 시작하였으며, 양산화 된 최초의 제품으로 생각된다. 국내에서는 한국에너지기술연구원, 한국과학기술원, 한국생산기술연구원 등의 정부출연 연구소와 삼성종합기술원, 삼성 SDI, LG화학, LG전자 등에서 활발히 기술개발이 이루어지고 있다. 2004년 정부 주도의 수소연료전지사업단을 통해 휴대용 50W급 DMFC 시스템 개발이 시작되었다.

VI. 결 언

앞으로 40~50년 후 석유자원이 고갈되고 나면 이를 대체할 새로운 에너지원이 분명히 존재해야 하며 그 중에서 가장 유력한 대안으로 떠오르고 있는 것이 수소에너지이다. 일부 지역에 한정된 석유자원과 달리, 수소에너지는 국가가 가진 기술력에 따라 자원화가 가능하기 때문에 우리나라와 같이 지하자원이 부족한 국가의 미래에너지원은 기술력에 달려 있다고 봐도 과언이 아니다. 유가가 급등하고 있는 이 시점에서 수소를 기반으로 하는 연료전지 기술은 이러한 문제를 해결할 수 있는 많은 장점을 가지고 있지만 실용화에 있어서는 여전히 해결해야 할 부분이 많이 남아 있다. 연료전지 기술 중 PEMFC와 DMFC는 실생활과 밀접하게 연결된 가정, 건물, 자동차, 휴대용 전자기기 등에 응용이 가능하며 향후 20년 이내에 실용화가 가능할 것으로 추측된다. 실용화를 앞당기기 위해서는 연료전지뿐만 아니라 수소의 생산·저장·공급, 개질기, 주변장치(기계부품, 전력변

〈표 4〉 휴대용 직접메탄올 연료전지 시스템 개발 현황

기업	개발내용	제품단계	참고
NEC	2005년 70mW/cm ² 의 출력밀도로 노트북을 10시간 가동 가능한 DMFC 발표	시작품	
Casio	휴대기기로 이용 가능한 개질형. 리튬이온 2차전지의 절반 무게로 약 4배의 전지 수명. 20W급으로 노트북 20시간 작동 가능.	시작품	
히다치	2005년 20W급 노트북용 및 PDA용 휴대용 연료전지 개발.	시작품	
도시바	2005년 MP3 플레이어용 300mW DMFC 개발. 2006년 PDA용 DMFC 개발	시작품	
삼성종합 기술원	2006년 노트북용 20W DMFC 개발. 2006년 카트리지 교체형 2W급 휴대용 연료전지 개발.	시작품	
LG화학	2005년 메탄올 200cc로 25W 전력을 10시간 동안 사용할 수 있는 제품을 개발	시작품	
Smart Fuel Cell GmbH	휴대용 DMFC 시스템을 판매 중. 50W급 A50 모델과 20W급 C20을 제작.	양산화	
Manhattan Scientifics	DMFC, 필름형 연료전지, 제품화 계획 2004년	시작품	
Motorola	Los Alamos Lab과 공동개발. Micro reformer 기술. 무전기 충전용 2W 급 시스템 시제품 개발 (2003년)	시작품	
MTI	마이크로 DMFC, 제품화계획. 2004년 Mobion 출시	시작품	

환, 전기전자제어 등)의 기술개발이 동반되어야 한다. 이를 위해서는 다양한 산업의 관련기술이 융합되어야 하며 관련 기업, 연구소, 대학이 새로운 비즈니스 영역을 창조하여야 한다. 연료전지 기술은 자동차산업과 마찬가지로 여러 부품들이 상호간에 의존성이 강하기 때문에 다양한 기업군의 적극적인 참여와 정보교류가 필요하다. 이러한 융합기술이 바탕으로 기술개발의 한계를 뛰어넘으면 연료전지의 실용화가 우리 앞으로 성큼 다가올 것이다.

참고문헌

- [1] 조만, "연료전지 개발동향," KISTI 첨단기술정보분석보고서, 2005
- [2] 수소연료전지 사업단, www.h2fc.or.kr
- [3] 소대섭, 강상규, 최원춘, "차세대 연료전지 기술에 관한 연구개발 동향 및 정보 분석," 공업화학전망, 9, 51, 2006
- [4] 이창래, 양철남, 문성모, 정용수, "수소경제시대 실현을 위한 고분자연료전지용 부품소재 기술," 전기전자재료학회지, 20, 26, 2007
- [5] 김창수, "고분자 전해질막 연료전지 현황 및 최근 연구동향," 고분자과학과 기술, 15, 550, 2004
- [6] Fuel Cell Today, www.fuelcelltoday.com
- [7] 김재윤, "에너지 혁명 : 연료전지 사업의 현황과 발전전망", 삼성경제연구소, 2004
- [8] S. Gottesfeld, "DMFCs power up for portable devices," Fuel Cell Review, 2004
- [9] 김종원, 송락현, 김창수, 윤왕래, "미래 에너지 기술," 제일문화사, 2004

저자소개



심 중 표

1993년 2월 한양대학교 공업화학과 학사
 1995년 2월 한양대학교 공업화학과 석사
 1999년 2월 한양대학교 공업화학과 박사
 2000년 4월-2003년 12월 Lawrence Berkeley National Laboratory, Postdoctoral Scientist
 2004년 1월-2005년 2월 한국생산기술연구원 선임연구원
 2005년 3월-현재 군산대학교 신소재나노화학공학부 교수

주관심 분야 : 신재생에너지, 연료전지, 리튬2차전지

용 어 예 설

데이터 이동

Data Portability, -移動 [통신서비스]

웹사이트들이 제휴하여 회원들이 자신의 프로필을 제휴 사이트에 공개하거나 공유할 수 있도록 해주는 것. 마치 이동통신 시장에서 번호를 바꾸지 않고도 다른 경쟁업체 통신 서비스를 이용할 수 있는 것처럼, 웹에서도 내가 속한 사이트를 떠나지 않고도 다른 사이트의 회원들과 교류할 수 있다. 웹 2.0의 확산과 더불어 데이터 이동도 급부상하고 있다.