

직접메탄올 연료전지 시스템의 응용과 연구개발 (R&D and application of direct methanol fuel cell system)

직접메탄올 연료전지(Direct Methanol Fuel Cell, DMFC)는 액체인 메탄올을 연료로 직접 사용하기 때문에 수소를 연료로 사용하는 연료전지에 비해 시스템과 작동이 간단하여 소형화가 가능하고 연료 교체가 편리하여 수형 전원으로 많이 개발되고 있다. 본 고에서는 DMFC의 응용과 연구개발 현황에 대해 소개한다.

백 동 현

한국에너지기술연구원 수소, 연료전지연구부(dhpeck@kier.re.kr)

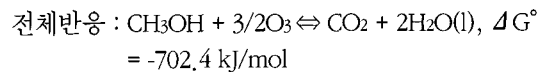
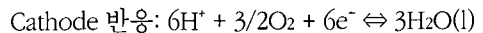
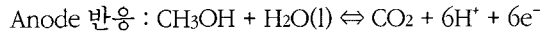
서론

직접메탄올 연료전지(Direct Methanol Fuel Cell, DMFC)는 액체인 메탄올을 연료로 직접 사용하기 때문에 수소를 연료로 사용하는 연료전지와 다른 점들이 많이 있다. 즉, 시스템과 작동이 간단하여 소형화가 가능하고 연료 교체가 편리하여 수형 전원으로 많이 개발되고 있다.^{1,4)} DMFC는 수소 대신 메탄올을 사용하기 때문에 수소의 제조와 저장 그리고 공급 라인에 관한 문제가 없다. DMFC 시스템은 수소를 사용하는 연료전지에 비하여 주변 장치(BOP)가 줄어들어 시스템의 중량을 상당히 감소시킬 수 있다.

DMFC의 문제점은 액체를 연료로 사용하기 때문에 연료극(anode)에서의 반응이 수소를 사용하는 경우보다 느리다는 것이다. 수소의 산화는 비교적 쉽게 일어나지만 메탄올의 산화반응은 복잡한 중간 단계를 거치고 반응 속도가 느려서 수소를 사용하는 경우보다 연료전지의 출력이 낮다는 단점이 있다. 그리고 전해질로는 수소이온 전도성 고분자막을 주로 사용하는데 메탄올이 고분자막에 쉽게 흡수되어 공기극(cathode)으로 넘어가서 반응하게 되어 연료전지의 성능을 저하시킨다. 이러한 문제들이 해결된다면 DMFC는 자동차와 같이 높은 출력을 요하는 곳에도 사용될 수 있지만, 이러한 기술적인 문제점들을 해결하는 데는 좀 더 시간이 필요한 실정이다. 따라서 DMFC 시스템은 수 W에서 수백 W의 출력을 요구하는 분야, 즉 핸드폰, 캠코더, 노트북컴퓨터 등이 좋은

응용 예가 될 것이다. 현재 이러한 전자기기에 사용되는 배터리의 대체품으로 사용하는 것이 기대되고 있다. DMFC 시스템 개발과 상용화를 위해서는 고출력화, 신뢰성과 가격 경쟁력 확보 등을 위한 연구개발을 국내외에서 활발하게 진행하고 있다. 최근에 와서는 또한 수백~수 kW 급의 이동수단용, 휴대용 전원으로 응용하려는 연구개발도 이루어지고 있다.

DMFC의 단위전지 구성은 고분자전해질을 중심으로 하여 연료극과 공기극으로 구성된다. 단위전지에서 일어나는 반응은 다음과 같으며, 연료극에서는 물과 메탄올이 반응하여 이산화탄소와 6 개의 수소이온, 6 개의 전자가 발생하고 연료극에서는 전해질 막을 통하여 이동되어온 수소이온과 외부회로를 통하여 이동되어온 전자가 산소를 환원시켜 물이 된다.⁵⁾



이때 표준 기전력은 다음과 같다.

$$U^\circ = -\Delta G^\circ / 6F = 1.21\text{V}$$

전체 반응식에서 엔탈피 변화는 $\Delta H = -726.5 \text{ kJ/mol}$ 이다. 이것을 화학에너지라고 생각하면 화학 에너지를 전기에너지로 변환하는 DMFC의 효율(η)은 다음과 같다.

$$\eta = -\Delta G^\circ / H^\circ = 0.97$$



즉, 이론적으로는 메탄올이 가지는 화학에너지 (연소시의 엔탈피변화에 해당)의 약 97%가 전기에너지로 변환되는 것을 알 수 있다.

메탄올 1 몰(약 32 g)로부터 얻어지는 전기에너지는 자유에너지 변화와 같고, 702.4 kJ의 값은 702.4 kWs 즉 195.1 Wh에 해당한다. 이는 1 W 급 휴대전화에 사용하는 경우 약 200 시간의 연속통화가 가능한 출력이다. 1 회 충전으로 연속통화 160 분 가능한 리튬이온 충전지와 비교하면 메탄올 4.4 g이면 100분의 연속통화가 가능하다. 물론 이것은 이론치고, 반응에는 메탄올 외에도 물이 필요하고 연료전지의 효율과 연료이용률 등을 고려하면 실제 시스템에서는 수 배의 메탄올이 필요하다.

본 원고에서는 소형 전원으로 응용 가능한 DMFC의 시스템과 응용 분야, 즉 이론적인 부분보다는 시스템을 구성하는 주변기기(BoP), 시스템 구성 그리고 개발 현황에 대하여 다루었다.

시스템 기술 개발

현재 DMFC 시스템은 높은 출력 밀도를 요구하는 수백 W- 수백 W급 이상의 이동용 및 정지형 시스템 개발과 비교적 낮은 출력밀도이나 휴대가 가능한 수 W - 수십 W급의 배터리 대체용 시스템으로 개발하고 있다.

DMFC는 1960년대와 1970년대에 Shell과 Exxon-Alsthom사가 각각 황산과 알칼리 전해질을 이용하여 개발하였으나, 느린 메탄올 산화반응속도와 연료인 메탄올의 투과(crossover) 문제를 해결하지 못하여 스택 성능 향상이 어려워 큰 진전을 보지 못하였다. 1990년대 초부터 고체 고분자 전해질막 (Polymer electrolyte membrane, PEM)을 DMFC용 전해질로 사용하면서 DMFC의 개발은 새로운 전환점을 맞이하였다. PEM을 이용하면 액체 전해질을 사용하던 시스템에 비하여 운전온도를 상승시킬 수 있기 때문에 메탄올의 산화시 생성되는 부반응에 의한 백금 촉매의 활성저하를 방지하고 메탄올의 산화 반응속도가 증가되며, 메탄올의 투과(crossover)가 적어서 성능 향상이 가능하였다.

또한 휴대용 전자기기에 사용하기 위한 DMFC의 시제품이 2000년대에 들어서면서 계속해서 발표되고 있다. 휴대용 연료전지 시스템으로는 메탄올의 고에너지 밀도와 저장 용이성 및 전체 시스템의 간편함 등으로 인하여 액체인 메탄올을 연료로 사용하는 직접메탄올 연료전지가 가장 활발히 개발되고 있다.

미국에서는 1990년대 초 JPL, Giner사 등에서 DMFC를 이동전원 및 국방장비의 1차 및 2차전지 대체용으로 개발하기 시작하였다. 미국 및 유럽의 DMFC 기술개발 현황을 표 1에 정리하였다.

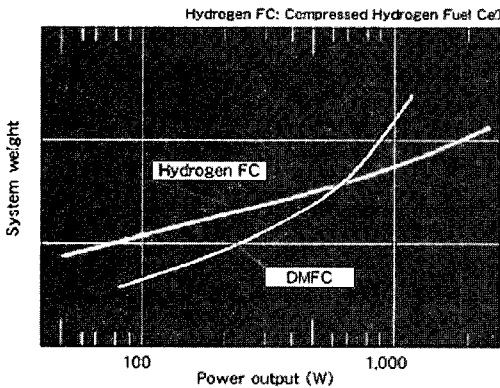
<표 1> 미국 및 유럽의 DMFC 개발 현황

국가	개발기관	용량	용도
미국, 캐나다	Jet Propulsion Lab. Ballard Giner Co. Manhattan scientifics Motorola Polyfuel Vectrix Los Alamos National Lab.	수 W~1 kW 3 kW 50~150 W 수 W 미만 수 W 미만 수 W 800 W 수 W~수십 W	배터리대체 독립전원 1인용 승용차 배터리대체 독립전원 휴대폰 배터리 전원, 충전기 휴대용 배터리 휴대용 전원 스쿠터용 전원 개발 군용, 휴대용 전원
독일	Smart fuel cell Research Centre Juelich Daimler-Chrysler	수 W~수십 W 수백 W~수 kW 3 kW	휴대용, 군용 스쿠터, 지게차 1인용 승용차
영국	Johnson Matthey Newcastle Univ.		촉매, MEA 개발 단위전지, 촉매개발
이탈리아	CNR-TAE DeNora	수 W~수 kW	소형 시스템개발 이동전원용
이스라엘	Medis El Ltd.	수 W	전자기용 배터리 대체

이동 수단용 시스템 기술 개발

연료전지 시스템을 적용하는 경우에는 제한된 공간에 대한 시스템 설치 가능성과 시스템의 중량을 고려하여야 한다. 그리고 주행 거리를 고려할 때는 연료 시스템, 발전 시스템, 부품 및 제어 시스템을 포함한 전체 시스템의 중량을 고려하여야 한다. 이러한 관계를 고려하여 압축 수소를 사용하는 PEMFC와 액체 메탄올을 사용하는 DMFC를 비교하여 그림 1에 나타내었다. 이 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 전기 출력 1 kW 혹은 그 이하에서 DMFC 시스템이 PEMFC 시스템보다 경량인 것을 알 수 있다. 그리고 PEMFC인 경우 수소 저장용 압축 용기 대신에 metal hydride cartridge를 사용하면 경량화가 어렵게 된다.

액체 연료를 사용하는 DMFC 시스템은 시스템 부

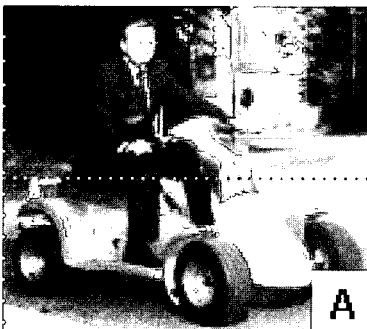


[그림 1] 연료전지 시스템의 출력과 시스템 중량의 비교

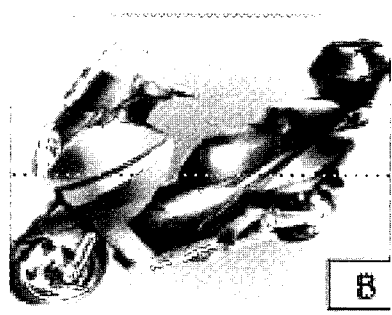
피, 중량 뿐만 아니라 안정성 측면에서 소형 모터사이클용으로 많은 장점을 가지고 있다. 메탄올은 가연성 물질이지만 증류수로 적정 농도로 희석하여 사용하면 가솔린이나 경유보다 사용이 더 용이하다. 그리고 공급을 위한 인프라 구조 구축 측면에서도 수소보다 유리하다.

이동수단용 DMFC 시스템은 캐나다의 Ballard사가 3 kW 급 1인용 승용차를 시운전에 성공한 적이 있으며 독일의 Daimler-Chrysler사에서도 유사한 기종을 개발하여 시운전하였다. 그리고 최근인 2004년 10월에는 독일의 Research Centre Juelich 연구소가 1.3 kW급 DMFC를 장착한 Scooter를 개발하였다(그림 2-a). 이 연구소는 최근에 1~2 kW급 출력의 DMFC 시스템을 소형 지게차(forklift)에 응용하려는 연구 개발을 진행하고 있다. 미국의 Vectrix사는 2003년 Fuel Cell Seminar에서 DMFC/Battery 하이브리드 스쿠터의 시제품을 선보였다(그림 2-b). 이때 연료전지만으로는 30 km/hr의 속력을 얻었으며 hybrid 시스템으로는 50 km/hr의 속력을 얻는데 3.6초가 걸렸고, 주행거리는 250 km를 넘을 수 있었다. 특히 이 스쿠터는 가속력이 150 cc 또는 400 cc 급의 가솔린동력 스쿠터에 비하여 동일하거나 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

최근에는 일본의 Yamaha Motor사에서는 DMFC 시스템을 적용한 소형 모터사이클을 개발하고 있다. 그림 3은 DMFC 시스템 적용 "FC06" 모터사이클의 Concept model(a)과 모터사이클용 DMFC 시스템 시작품(b)을 나타낸 것이다. 이 DMFC 시스템은



(a) Research Centre Juelich의 1.3 kW Scooter



(b) Vectrix사의 DMFC Scooter

[그림 2] 이동수단용 DMFC



정격 출력이 500 W, 정격 전압이 24 V이고 중량과 크기는 각각 20 kg과 400×400×400 mm이다. 이 시스템은 연료전지 스택, 열교환기, 공기와 연료 펌프, 메탄을 농도 센서, 연료탱크, 공기와 연료 필터 등으로 구성되어 있다.

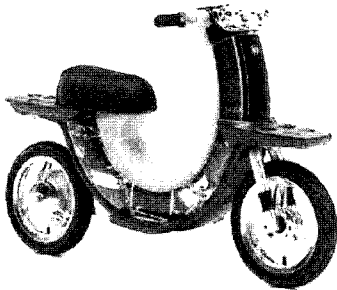
휴대용 시스템 기술 개발

휴대용 DMFC 시스템은 독일의 Smart Fuel Cell사가 최근에 SFC A50이라는 상품으로 상용 판매를 시작하였다(그림 4-a). 또한 20W급 충전용 시스템(SFC C20-CP)과 Marine Fuel Cell 시스템(AHD-100)의 상용화도 준비하고 있다(그림 4-b, c). A50 시스템의 주용도는 캠핑카용 배터리 충전기이며, 최근에는 산불방제 감시 시스템과 태양광 복합 시스템 등의 응용 분야를 확대하고 있다. 이 시스템의 출력은 50 W이고 충전용량은 1200 Wh/day이다. 이 시스템은 5 혹은 10 리터 메탄을 연료통을 사용하며,

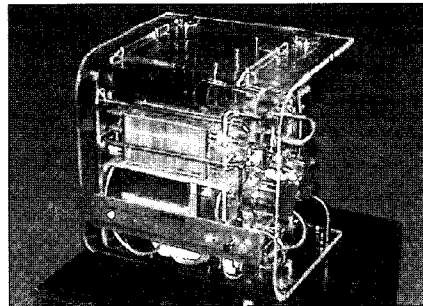
연료 소비량은 1.35 L/kWh이고 시스템 중량은 8 kg, 크기는 38×15×26 cm이다. SFC C20-CP 시스템은 정격 출력이 20 W (최대 출력 36 W)이고 중량과 크기는 각각 2 kg과 17x16x8.5 mm이다. 연료 카트리지(M500)는 500 ml이며 440 Wh의 발전이 가능하다. AHD-100 시스템은 SFC A50 시스템과 유사하며, 요트에 사용하기 적합하도록 제작한 것이다. 충전용량은 1200 Wh/day이며 출력은 48 W(4 A, 12 V)이고 시스템 중량은 7 kg, 크기는 38×15×26 cm이다.

소형 전자기기용 시스템 기술 개발

소형 전자기기용 DMFC로는 미국의 Manhattan Scientifics사, Polyfuel 등이 개발을 시작하여 각각 2 W급 휴대전화기용 DMFC 시작품과 메탄을 크로스오버를 50% 이상 줄이는 새로운 멤브레인 개발과 고성능의 MEA를 시장에 내놓고 있다. Motorola사는 휴대전화기용 충전기와 PDA용 전원을 개발하였으

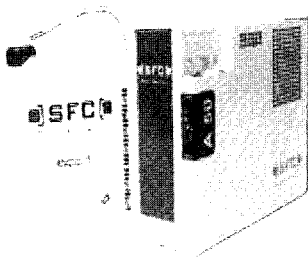


(a) Yamaha Motor "FC06" 모터사이클의 Concept model

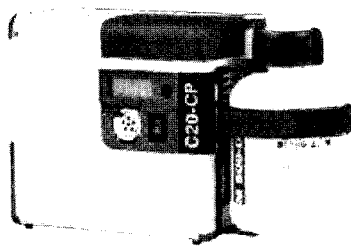


(b) 모터사이클용 DMFC 시스템 시작품

[그림 3] DMFC 시스템 적용



(a) SFC A50



(b) SFC C20-CP



(c) AHD-100

[그림 4] 독일 Smart Fuel Cell사의 휴대용 DMFC 시스템

며(그림 5-a), MTI사는 2 W급 휴대전화기용 전원(그림 5-b), 500 mW급 충전기, 20 W급의 군용 DMFC 개발을 보고하고 있다(그림 5-c). 유럽에서는 독일의 Smart fuel cell사가 레저용, 노트북용, 국방용으로 20~50 W급 DMFC 시스템(그림 5-d)을 개발하여 상용화를 위한 준비를 하고 있다.

일본에서는 1990년대 후반부터 휴대 전자제품용 전원으로 본격적인 연구 개발을 시작하여 일부 분야에는 미국의 연구 개발을 앞서나가고 있다. 휴대전화기용 DMFC의 경우 2006년 3월까지 휴대전화기에 내장하는 타입을 KDDI와 공동 제품화할 계획이며, 노트북용의 경우에는 국제 표준의 책정 상황에 맞추어 2007년까지 특정 기종에 의존하지 않는 외장형 타입을 제품화할 예정으로 개발하고 있다.⁶⁾

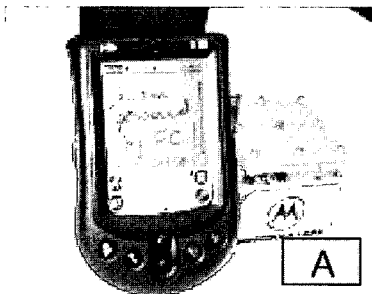
일본의 NEC는 카본나노튜브를 이용한 휴대기기용 DMFC를 개발하여 종래의 연료전지에 비해 출력을 약 20% 정도 향상시켰으며, 이를 이용하여 노트북 시장의 선점을 기획하고 있다.⁷⁾ Sony사는 2002년에 전해질로 탄소계 재료인 플러렌을 사용하여 소형

DMFC의 성능향상을 시도하고 있으며, 도시바도 소형 DMFC를 이용하여 IT용 전원을 개발하여 시제품을 보이고 있다.

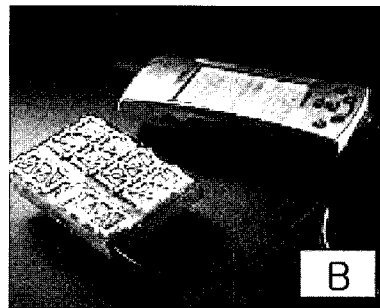
그림 6은 최근 NEC 및 도시바, 히타치에서 개발한 마이크로 연료전지 및 노트북 PC의 외형이며⁸⁾, Toshiba에서 개발한 PC용 특성은 표 2에 나타난 바와 같다. 도시바사는 2004년도에 22×56×4.5 mm 크기, 중량 8.5 g의 세계 최소형 DMFC 프로토타입

〈표 2〉 Toshiba 20 W DMFC 구동 PC 특성

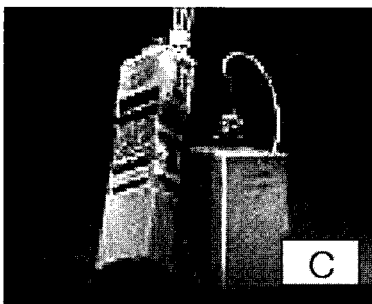
분 류	특성
제 품	DMFC PC
출 력	평균 12 W, 최대 20 W
전 압	11 V
크 기	275×75×40 mm (823 cc)
중 량	900 g
운전시간	평균 5 시간 (50 cc 용량), 10 시간 (100 cc 용량)
Cartridge중량	120 g (100 cc), 72 g (50 cc) (Approximate)
Cartridge크기	100 cc: 50×65×35 mm 50 cc: 33×65×35 mm



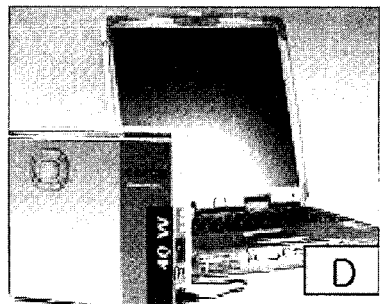
(a) Motorola



(b) MTI 500 mW 충전기



(c) MTI 20 W 군사용 배터리 대체



(d) Smart Fuel Cell 휴대용

[그림 5] 미국 및 유럽에서의 DMFC 개발 시제품

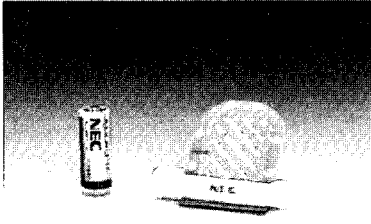


을 발표하였다. 이것은 출력이 100 mW이고 2 cc의 연료로 MP3 플레이어를 20 시간 작동할 수 있다고 발표하였다. 또한 Sanyo도 2005년대 양산을 목적으로 휴대폰용 DMFC 개발에 박차를 가하고 있다. 특히 히다치에서는 CEATEC 2004 전시회에서 휴대용 연료전지 시제품을 선보인바 있는데 1 W 급 휴대전화용 외장용(그림 6-c) 2 W급 휴대정보기기(PDA) 내장형, 10 W급 노트북형 외장형(그림 6-d) 등 3 종류를 출품하고 있다.

국내의 DMFC 개발은 1994년 한국에너지기술연구원이 국책연구기관의 고유사업으로 연구를 시작한 것이 효시이다. 이때에는 DMFC를 이동용 전원에서

용할 목적으로 연구가 진행되었으며(200 W급 미만) 촉매와 분리막에 대한 기초 연구와 시스템에 대한 연구를 주로 수행하였다. DMFC를 IT 및 휴대용 전원으로 사용하기 위한 연구는 2~3년 전부터 본격화되기 시작하였으며 현재는 삼성종합기술원, LG화학, LG전자, SK, GS Fuel Cell 등의 기업들과 KIER, KIST 등의 연구소와 여러 대학에서 DMFC 촉매, 전극, 분리막 등의 요소기술 개발과 시스템 개발에 주력하고 있다.

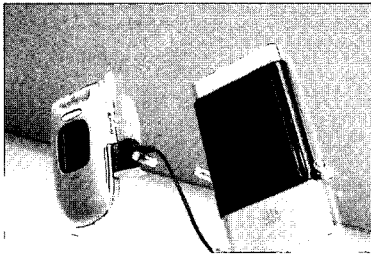
국내의 괄목할만한 연구 성과로는 삼성종합기술원과 LG화학이 각각 2004년과 2005년에 개발한 노트북용 PC용 DMFC 시스템(그림 7)과 KIER, LG화학,



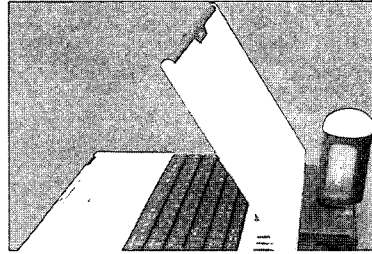
(a) NEC PDA 전원 공급기



(b) Toshiba 노트북 PC

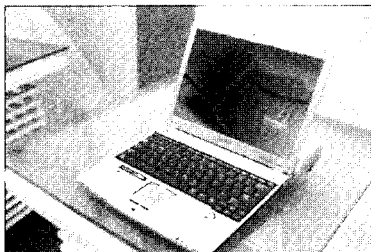


(c) Hitachi 1 W급 휴대폰용 전원

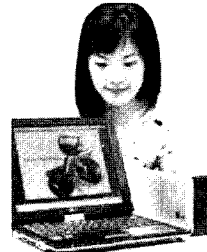


(d) NEC 노트북 PC

[그림 6] 일본에서 개발된 소형 직접메탄을 연료전지 시제품



(a) 삼성종합기술원



(b) LG화학

[그림 7] 삼성종합기술원과 LG화학이 개발한 노트북용 PC용 DMFC 시스템

LG전자, KIST 등이 공동으로 개발한 진공청소기용 200 W급 시스템이다.(그림 8)¹⁰⁾ 최근 삼성에서는 연료 카트리지가 하나(100 cc)로 10 시간 운전 가능한 DMFC 노트북을 시연하였다고 발표하였다.¹¹⁾ 장착한 DMFC는 촉매 사용량을 50% 감소하고 새로운 나노복합체 개념을 도입한 멤브레인으로 메탄올 크로스오버를 90% 이상 감소시켰다고 발표하였다. LG 화학이 개발한 노트북용 DMFC 시스템(그림 7-b)은 출력이 25 W이고 중량이 1 kg 이하이며, 200 cc 연료 카트리지로 10 시간 이상 작동이 가능하다고 발표하였다.

2004년도에는 그동안 달성하였던 연구 결과를 토대로 하여 과학기술부의 핵심 소재 기술 개발이 KIER, KIST, 화학연 등의 국가 출연 연구기관과 서울대, KAIST 등의 교육기관이 참여하여 시작되었으며, 노트북 PC용 50 W급 DMFC 시스템 개발은 LG 화학 주관으로 KIER, KIST 등이 참여하여 산업자원부 대체에너지 개발사업으로 진행하고 있다.

요소기술 연구 동향

DMFC는 상기의 휴대기기의 충전지 대체 전원, 소형 수송용 전원 이외에 국방용 기기 등으로의 응용

에 관심이 높다. 장래 가능성 있는 발전기술로 DMFC가 자리 잡기 위해서는 요소기술, 스택 제작 기술, 실용화를 위한 가격저감 연구 등이 필요하다. 표 3, 4는 미국 DOE에서 목표로 삼고 있는 수송용

<표 3> 미국 에너지성의 2004년 목표¹³⁾

	PEMFC	연료개질기	복합 시스템*	DMFC
에너지효율, %	60	80	48	50-60
에너지밀도, W/l	500	750	300	300
비출력, W/kg	500	750	300	300
가격, US\$/kW	35	10	50	45
내구성	5000	5000	5000	5000

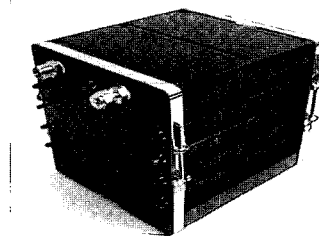
* 복합시스템은 연료개질기, 스택, 부속품 포함

<표 4> DMFC 구성 요소의 가격 비율

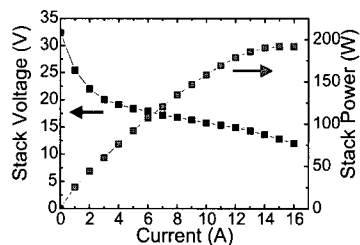
요소	비율, %
촉매	30-45
고분자막	2-10
전극	15-30
바이폴라판	15-25
냉각판	10-12
어셈블리	5-7



진공청소기 시스템 외형



200 W급 DMFC 스택



[그림 8] 200 W급 무선 청소기용 DMFC 시스템



PEMFC의 성능 및 가격 목표이다. 표에서와 같이 향후 5년간 DMFC를 PEMFC 시스템에 비하여 전체적인 성능이나 가격, 내구성 등이 PEMFC의 복합 시스템 수준에 도달시키는 것을 목표로 하고 있다.¹²⁾ DMFC의 요소별 가격은 아래 표 4에 나타난 바와 같이 촉매부분이 가장 많으며, 바이폴라 판, 전극 순서이다. 또한 고분자막은 DMFC의 성능을 좌우하는 중요한 요소이기 때문에 필수적으로 개발되어야 할 품목 중의 하나이다. 본 절에서는 DMFC의 성능향상을 위해서는 필수적으로 수행하여야 할 촉매, 고분자막의 현재 개발 현황 및 연구 동향에 대하여 간략히 소개한다.

촉매

DMFC의 성능과 가격을 결정하는 좌우하는 가장 중요한 요소 중의 하나는 촉매이다. 1960년대의 DMFC 연구는 주로 Pt를 사용하여 메탄올을 산화시켰으나, 낮은 메탄올의 산화성 및 CO에 대한 내식성이 우수하지 못하여 1990년도에는 PtRu 합금 촉매가 메탄올 산화 촉매로 주로 사용되고 있다. 현재에 촉매를 신속하게 시험할 수 있는 콤비내토리얼 방법이 개발되어 PtRuOsIr, RuSnMoSe 등의 메탄올 산화성이 우수한 4성분계 촉매를 비롯하여 연료극에서 투과(crossover)되어온 메탄올에 대한 저항력이 우수한 RuSnSe 계의 환원 촉매 등의 개발이 이루어지고 있다.¹⁴⁾ 메탄올 산화 성능 증가를 위한 새로운 합금 귀금속 촉매 개발을 비롯하여 촉매의 담지 능력과 분산성을 우수하게 하는 CNT(carbon nano tube), CNH(carbon nano-horn)를 사용한 새로운 전극의 개발도 진행되고 있다. 장시간 사용시 CNT를 촉매 담지체로 사용하면 Pt 입자의 응집이 일어나지만 CNH에서는 표면에 부착된 촉매입자가 CNH의 틈새에 들어가기 때문에 촉매의 분산성이 우수하고 촉매 입자간의 응집이 어렵기 때문에 종래의 활성탄을 촉매담지체로 사용한 촉매에 비하여 촉매의 사용량을 줄이고 전지성능의 저하가 적게 일어나는 것으로 평가되고 있다.

고분자 분리막

DMFC의 고분자 분리막은 우선 무엇보다도 수소전도성이 우수하여야 하고, 전자전도성이 없어야 하며,

수소이외의 타분자(메탄올, 물)의 투과나 확산이 적어야 하고, 가스 불침투성, 형상 안정성, 화학적 안정성 및 기계적 강도가 커야 한다. 고분자 분리막으로 사용되기 위해서는 이온전도도(Ionic Conductivity)와 먼저항이 각각 $1\sim 5 \times 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 $0.2\sim 2 \ \Omega\text{-m}^2$ 가 되어야 하며 80-120에서 작동이 가능하여야 하고, 메탄올 투과율이 없거나 아주 적어야 한다.

Nafion 117과 112는 이온 전도도가 우수하고 물의 이동성이 적어 현재 DMFC 분리막으로 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 메탄올의 투과율이 높아 메탄올 투과(crossover)에 의한 성능감소를 많이 유발시키기 때문에 메탄올의 투과성을 감소시키고 이온전도도가 우수한 새로운 분리막 및 복합 분리막의 개발이 필수적인 과제로 등장하고 있다. 실질적으로 LANL 등에서는 메탄올의 투과율이 Nafion에 비하여 50% 감소되는 분리막을 개발하여 실제 DMFC에 적용하여 시스템의 성능향상을 도모하고 있다.¹⁵⁾ 메탄올의 투과가 적고 물이 없이도 수소이온의 전달이 가능한 플러렌계의 수소이온전도체나 상온 용융염을 전해질로 응용하려는 연구도 진행되고 있다.¹⁶⁾ 그 외에도 고온에서 운전이 가능하여 촉매의 활성을 향상시킬 수 있는 새로운 고온 작동용 분리막의 개발도 이루어지고 있다.

결론

DMFC 시스템은 휴대의 간편성, 작동의 편리성, 연료 교체의 용이함 때문에 휴대용 전자기기나 소형 이동수단용 전원으로서 개발되고 있다. 응용 분야로는 수 W - 수십 W급의 소형 전자기기(노트북 혹은 휴대 전화(PDA))용 전원, 그리고 수백 W급(kW 혹은 그 이하)의 이동용 전원(소형 모터사이클, 소형 지게차)으로 가능할 것으로 여겨진다. 그러나 상용화되기 위하여서는 메탄올의 투과를 막을 수 있으면서 이온전도도가 높은 분리막의 개발, 메탄올 산화에 고효율이며 안정성이 큰 촉매 개발 및 배터리를 대체 가능한 소형화 및 최적화 설계, 제조 기술 등이 개발 과제로 남아 있다. 이러한 문제들이 해결된다면 시스템이 단순하기 때문에 상용화를 위한 시스템 제작이 다른 연료전지에 비하여 용이하다. 그러므로 학계나 연구소뿐만 아니라 기업체에서도 전지 성능

을 개선하기 위한 요소기술과 시스템 기술 개발에 매진하고 있으며, 최근에는 일부 제품들이 상용 판매되고 있으며, 연구 개발 분야에서도 성능 향상 기술들이 활발히 발표되고 있으므로 상업화는 더욱 가속화될 것으로 전망된다.

참고문헌

1. Kordesch, K. and Simader, G.: "Fuel Cells and Their Application", VCH Publishers, New York, 1996.
2. Appleby, A. J. and Foulkes, F. G.: "Fuel Cell Handbook", Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
3. Blomen, L., J. M. J. and Mugerwa, M. N.: "Fuel Cell Systems", Plenum Press, New York, 1993.
4. Hoogers, G., Ed.: "Fuel Cell Technology Handbook", CRC Press, 2003.
5. Larminie, J. and Dicks A.: "Fuel Cell System Explained", Wiley, UK, 2003.
6. KISTI 자료, 원본: nikkeibp.jp/wcs/leaf/CID/

- onair/jp/elec/335102.
7. Fuel Cells Bulletin, Volume 2003, Issue 8, August 2003, Page 1 (2003).
8. Fuel Cells Bulletin, Volume 2003, Issue 8, August 2003, Page 1 (2003).
9. Fuel Cells Bulletin, Volume 2003, Issue 10, October 2003, Page 5 (2003).
10. "100W급 직접메탄올 연료전지(DMFC) 개발에 관한 연구" 보고서, 2004, 산업자원부 과제 2001-N-FC01-P-02.
11. Fuel Cells Bulletin, Volume 2004, Issue 6, June 2004, Page 6 (2004).
12. Antonuchi, V., Fuel Cells Bulletins, Volume 2, Issue 7, Page 6 (1999).
13. <http://www.eere.energy.gov/>
14. Chan, B. C., et al., Fuel Cell Seminar, November 16-19, Palm Spring Convention Center, 1 (1998).
15. Kosek, J. A., Fuel Cell Seminar, November 18-21, Palm Springs USA, 482 (2003).
16. Fuel Cells Bulletin, Volume 2002, Issue 6, June 2002, Page 16 (2002). 