

휴대 및 배터리 대체용 소형 직접메탄올 연료전지

정두환, 김창수

한국에너지 기술연구소

Micro-direct Methanol Fuel Cell for Portable Power and Battery Replacement

Doo-Hwan Jung, Chang-Soo Kim
Korea Institute of Energy Research

1. 서론

연료전지는 수소 등의 기체를 사용하는 것과 메탄올 등의 액체를 연료로 사용하는 것으로 크게 구별된다. 수소 등의 기체를 연료로 사용하는 기체연료전지 중에서 고분자 연료전지는 고분자막을 전해질로 사용하므로 상온, 상압에서 작동이 가능하며, 전지로서의 특성이 높고 출력 에너지밀도가 큰 특징이 있다. 고분자 연료전지는 전기자동차의 배터리를 대체하는 수송용 동력원을 비롯하여 이동 및 비상용 전원, 현지설치형 전원, 군사용 전원 등으로 연구 개발을 활발히 진행하고 있다. 이에 비해 물과 혼합된 메탄올 등의 액체를 연료로 사용하는 직접메탄올 연료전지(Direct methanol fuel cell, DMFC)는 에너지밀도가 기체에 비하여 낮으나 연료의 취급이 용이하고 운전온도가 낮기 때문에 초소형화가 가능하다. 이와 같은 장점으로 인하여 극한상황에 대한 적용성이 뛰어나지 못하고 폐기 시 환경공해 물질인 1차 및 2차 전지를 대체하기 위한 최적동력원으로 DMFC가 주목을 받고있다.

본 논문에서는 상술한 잇점으로 인하여 점차 각광을 받기 시작하는 직접메탄올 연료전지의 개발 현황과 응용 기술에 대하여 기술한다.

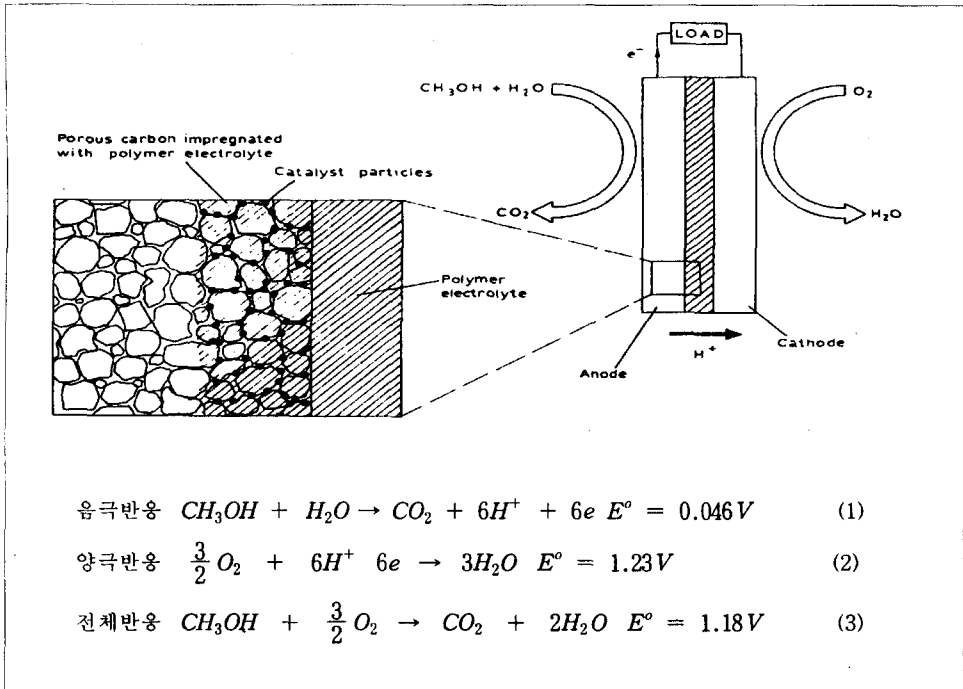
2. 발전원리

2.1 직접메탄올 연료전지의 원리

DMFC의 개략도는 [그림 1]과 같다. 그림에서와 같이 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) 식 (1) 같이 음극에서 이산화탄소, 수소이온 및 전자를 생성한다. 식 (1)과 같이 반응을 통하여 음극에서 생성된 수소이온은 고분자 전해질을 통과하여 양극으로 이동하여 산소와 반응(보통 공기로부터)하여 식 (2)과 같이 물을 생성한다. 음극에서 생성된 전자들은 화학반응의 자유에너지변화와 함께 외부회로를 통해 이동한다. 식 (3)과 같이 메탄올과 산소가 반응하여 물과 이산화탄소를 생성한다. 실제 시스템에서 이러한 반응은 전극 내에 백금기초 전극촉매 물질의 존재 하에서 일어난다.

이론적으로 메탄올은 음극 퍼텐셜이 0.046V vs. RHE 이상에서는 자발적으로 산화반응이 일어나며 산소는 양극 퍼텐셜이 1.23V vs. RHE 이하인 경우에 자발적으로 환원반응이 일어난다. 실제로 모든 연료전지에서 전극속도의 저하(속도론적 손실)는 전극반응에서 얻어지는 값들이 이론적인 열역학적인 값으로부터 벗어나는 원인이 되며 전지로부터 얻어지는 높은 이론적인 효율이 실제로는 감소하는 결과를 초래한다.



[그림 1] 고체 고분자 전해질을 이용한 직접메탄올 연료전지의 발전원리

수소 연료시스템은 음극에서 수소의 산화반응은 쉽게 일어나 전압손실이 적기 때문에 대부분의 전압손실은 양극에서 일어난다. 실제 H_2/air 고체고분자 연료전지(Polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC)는 0.6 ~ 0.7V의 전지전압에서 $500 \sim 600mW/cm^2$ 의 매우 높은 전지 전력밀도가 얻어진다. 그러나,

DMFC의 음극에서는 메탄올의 산화가 여러 가지 경로를 통해 일어나고 산화반응 속도가 수소에 비해 상대적으로 느리기 때문에 PEMFC에서보다는 높은 전력밀도가 얻어지지 않는다. 또한, DMFC에서는 연료개질기(관련된 부피와 효율손실)가 불필요하고 시스템이 PEMFC에 비하여 매우 간단하기 때문에 0.5V의 셀 전압에서 200에서 $300mW/cm^2$ 의 더욱 낮은 전력밀도도 PEMFC와 견주어 경쟁력이 있다.

3. 개발 용도

소형 직접메탄올 연료전지의 개발은 국방용 외도 민수 분야에도 응용이 가능하다. 민수 분야로서는 레저 또는 스포츠 용품(예, 골프 카트)의 이동용 전원, 가정용 이동 및 비상 발전, Computer backup 메모리 전원, 소형 수송용 전원(Motor bicycle), 전자기기용 휴대용 전원으로 응용이 가능하다. 국방용으로는 유무선 통신용 발전 전원, 군작전용 이동용 전원(디젤 발전 대체), 비상발전(이동 상황실 등), 군사용 장비 배터리 대체(KNN/PRC-77, PRC-99K/VRC-946K 등무전기 및 주변 장비),무소음 군작전용 발전기, 군사장비 2차전지 충전용 전원으로 활용이 가능하다. <표 1>에는 소형 직접메탄올형 연료전지를 군수 분야에 사용되고 있는 배터리와 대체할 수 있는 적용대상 및 용도에 대하여 정리하여 나타내었다.

3. 개발 현황

3.1 국외 개발 현황

3.1.1 소형 이동용 전원 개발

미국의 Advanced Research Projects Agency (ARPA)는 DMFC을 잠정적인 이동전원 및 미군에 의해 널리 사용되는 몇 가지 일차배터리의 대체용으로 고려하여 활발한 연구가 진행되고 있으며 주로 JPL(Jet propulsion laboratory) Giner Inc., LANL(Los Alamos national laboratory), DOD, IFC(International fuel cells) 등에서 개발 연구를 수행하고 있다. 유럽에서는 Joule 프로그램으로 약 10 년간에 걸쳐서 계속적으로 DMFC 연구를 수행하고 있으며, Siemens(독일)와 Newcastle Univ.(영국)이 선두적인 위치에서 연구를 수행하고 있다. 또한 Johnson Matthey는 최근 연료전지 스택 개발을 위해 Joule 3 프로그램에 참가

<표 1> 액체형 연료전지를 군수분야에 사용되고있는 밧데리와 대체할 수 있는 적용대상 및 용도

적용대상	용도	용량	군사 장비	기존 밧데리	비고	
군사무전기 용 밧데리 대체	휴대용	1.5w(12.5-15V, 780mA)	KAN/PRC- 77	Li-SOCl ₂ (BA68 21K),Li-MnO ₂		
	중대급 이상 휴대 및 차량용	저출력용	0.3W(12V)	PRC-999K/ VRC-946K	Ni-Cd(BB-851 K),Li-SOCl ₂ 851 K)	
		중출력용	5W(12V)			출력 증폭기 AR-95K 연결
		고출력용	50W(924V)			
	연대급 이상 차량용	저출력	0.5-10W(25V, 3A)	AN/VRC-12 , 46, 47, 49	Li-SOCl ₂ Ni-Cd	
		고출력	35-70W(25V-10A)			
원격조정용 밧데리 대체		12-15V (50mW, 45mA)	C-939K			
광대역 안테나용		100W	AS-990K			
무전기 충전용(전원공급)		11.6V-13.8V, 2A)	PRC-999K 충전			

하여 Siemens와 Innovision(Denmark)과 협력연구를 수행 중에 있다. <표 2>에
는 직접 메탄을 연료전지를 휴대용 및 밧데리 대체용 개발 현황을 정리하여 나
타내었다.

일본의 직접메탄을 연료전지 개발은 히타치(Hitachi)사에서 1980년대 초반부
터 소형 이동용 전원에 목적을 두고 개발을 시작되어 현재에는 기본적인 실험을
종료하고 골프카트(Golf cart) 등의 시제품 개발에 주력을 하고 있으며 점차 수
백 W급이 운반용, 수 kW급의 이동용 전원까지 보급을 목적으로 하여 연구를
수행하고 있다. 또한 가정용 및 일반용 전원으로 활용하기 위해 요소기술에 대
한 연구를 집중적으로 행하고 있다.

3.1.2 휴대폰용 밧데리 전원

밧데리는 랩탑 컴퓨터나 셀룰라 전화기 같은 휴대용 전자기기등의 성능을
좌우하는 중요한 부품이다. 밧데리는 고가이고 중량이 많이 나가고 자주 충전을
하여야 하기 때문에 실생활에 매우 번거롭다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여
휴대용 전화기를 대기신호 상태에서 몇주일 동안 켜놓을 수 있는 연료전지를 여
러나라에서 개발하고 있다. 액체형 연료전지를 휴대용 전원으로 사용하면 기존
의 니켈-카드뮴 밧데리 보다 50 배의 긴 수명을 갖을 수있으며 기존의 밧데리
가 2년 정도의 수명인데 비하여 20년간 사용할 수 있는 잇점이 있다.

<표 2>에는 액체형 연료전지를 이용한 셀룰라 폰 용 배터리 개발 현황을 정리하여 나타내었다.

<표 2> 배터리 대체용 액체형 연료전지 개발 현황

국가	용도	개발기관	용량	비고
미국	배터리 대체	Jet Propulsion Lab.	수 W - 1kW	Li 2차전지 대체, 이동 동력
		Department of Defence	수W-150 W	군사용 배터리 대체
		Army Research Office	150W	군사용 배터리 대체
		Giner Co.	50-150W	Li 2 차전지 대체
		Department of Energy	"	"
		International Fuel Cell Co.	150W	"
		Naval Research Lab.		촉매개발
		Univ. of South California		메탄올 crossover 분리막 개발
		Los Alamos National Lab.	수 W	군사용 배터리 대체, 휴대용 전자기기
독일	이동용	Siemens	수십W-1kW	전자기, 휴대용전원
영국		Johnson Matthey		소형 시스템개발
		Newcastle Univ.		소형 시스템개발
덴마크		Innovision		소형 시스템개발
이탈리아	수송용	CNR-TAE		소형 시스템개발
일본	이동용	Mitsubishi	수십 W	카트용 전원

< 표 3> 셀룰라 폰 용 직접 메탄올 연료전지 개발 현황

국 명	개발회사	용도	비고
미국	Energy Related Devices,	휴대용 전화	LANL와 협력 연구
미국	Motolollar	휴대용 전화	
이스라엘	Medis EI Ltd	휴대용 전화, 컴퓨터 전원	
영국	Newcastle 대학	휴대용 전화	

3.2 국내개발 현황

지난 85년 이래로 국내의 연료전지는 주로 인산형, 용융탄산염형 등을 위주로 개발에 박차를 가해 왔고, 어느 정도 이 분야의 기술 축적도 되어 온 것도 주지의 사실이다. 국내에서 직접메탄올 연료전지의 연구는 94년부터 한국에너지 기술연구소가 이동용 전원 개발을 목적으로 수백 W급 직접메탄올 연료전지 스택 개발 연구를 수행 중에 있다. 또한 휴대용 전화기, 컴퓨터 전원 등에 사용될 수 있는 소형 액체형 직접메탄올 연료전지 개발도 병행하여 개발되고 있다.

4. 결론

직접 메탄올 연료전지는 연료전지의 발전 형태 중 가장 초소형화가 가능하고 연료의 취급 및 운반이 용이하고 1 회 연료 주입에도 장시간의 운전이 가능하기 때문에 극한 상황 적응력이 요구되는 국방용 밧데리 대체, 컴퓨터 이동 전원 및 셀룰라 전화기의 2차 전지를 대체하는 차세대 에너지원으로 각광을 받기 시작하고 있으며 세계적으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 현재 한국에서의 연료전지 개발은 주로 현지 설치형, 수송용 전원 등의 동력원에 초점을 두고 개발되고 있으나 개발 시에는 폭발적인 수요가 예상되는 소형 직접메탄올 연료전지의 개발은 필수적이라 하겠다.

참고문헌

1. D. H. Jung et. al, *Journal of Power Sources*, 71, 169(1998)
2. 신 동열 외, "첨단 연료전지 개발", 과기부 보고서, KIER-972121, 1988
3. 정 두환 외, 한국에너지 공학회지, 7, 35(1998)
4. *Fuel Cells Bulletin*, 1, 1998