

IRMCFC의 연구개발 동향

김귀열^{o*}, 윤문수^{*}, 문길호^{**}, 연제홍^{**}

* 한국전기연구소 전기재료연구부 절연재료연구실

** 삼성전자 (주) 에너지사업팀

Research and Development status of IRMCFC

Gwi Yeol, Kim^{o*}, Mun Soo, Yun^{*}, Kil Ho, Moon^{**}, Je Hong, Youn^{**}

* KERI Division of Electrical Materials, Insulation Materials Lab.

** SAMSUNG Electronics Energy Business Team

ABSTRACT

The molten carbonate fuel cell is a new method for generating power which uses coal gasification gas and reformed liquid natural gas for fuel at very high efficiency and with minimal pollution.

The purpose of this research is to investigate principle, properties and research status of internal reforming molten carbonate fuel cell.

1. 서 론

지난 석유위기와 절프전쟁을 통해서도 느낀 바와 같이 에너지의 해외 의존성으로 부터 탈피는 국가적으로 중요한 문제이며, 최근 "리오 환경 회의"를 거치면서 "clean energy"는 대단한 관심으로 부각되고 있다.

연료전지는 공급된 연료가 갖는 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하는 화학발전 장치이며, 반응 물질을 전지내에 축적하여 전기를 만드는 1차 전지(건전지 등)나 2차전지(축전지 등)와는 달리 반응 물질의 공급이 계속되는 한 전기를 발생한다. " "

연료전지 발전 system은 발전효율이 높고, 더욱 배열을 이용하여 복합발전, 열병합 등을 행하는 것에 의하여 총합효율을 한층 향상시킬수 있으며, 환경영향 물질의 배출이 극히 적고, 또한 천연 gas, 석유, 매탄올, 석탄 gas 등의 다양한 연료를 사용할수 있는 특징이 있다. " "

용융탄산염형 연료전지는 인산형 연료전지에 이어 제 2세대 연료전지라 불리며, 발전효율이 외부 개질형에서 45~55%, 내부 개질형에서는 60% 정도이다. 또 작동온도가 650°C 전후로 높기 때문에 수백 MW급의 대용량 변전소용으로 생각해 볼수있다. "

또 현재 연구 개발이 진행되고 있는 석탄 gas화 process와 조합한, 대용량의 석탄 gas화 복합 발전소로서도 유망하다.

더욱 내부 개질형 등에 의한 100kW~수 MW급의 system에 대하여도, 배열온도가 높으므로, 대용량의 냉난방 부하 등으로 열병합이 가능한 분산 배치형 발전소나 민생용 cogeneration용, 공장내의 process 가열용 등으로서도 유망하다.

용융탄산염형 연료전지를 실제의 발전 system에 적용하기 위해서는 대면적화 기술, 적층화 기술, 주변의 system화 기술과 더불어 장수명화 (일반적으로 4만 시간의 수명이 필요한 것으로 되고 있다)를 위하여 전지 구성재료의 기술 혁신이 필요하다.

본 연구에서는 내부개질형 (Internal Reforming) MCFC의 원리, 특징, stack의 연구개발 동향을 분석하고자 한다.

2. 내부개질형 원리와 특징

내부 개질형 stack은 stack과 개질기가 일체로 된 구조이기 때문에 compact한 구성이 가능하다.

또 stack 내부의 개질반응(흡열)에 의한 냉각에 의해 냉각유량이 적게 되므로, 발전효율이 보다 높다.

내부 개질 방식에는 그림 1에서 보는바와 같이 개질 속매를 직접전지내에 설치하여 전지의 anode(연료극) 내에서 개질반응을 일으키게 되는 직접형(DIR)과 개질 속매를 별도의 용기에 넣어, 적층전지 사이에 끼우고 개질 반응을 일으키게 하는 간접형(IIR)이 있다.

직접형은 생성된 수소가 연료전지 반응에 바로 이용되고 연료전지의 발생열이 바로 개질부에 전달되므로 개질 반응 속도가 가속된다는 이점이 있다. 그러나 anode 바로 윗부분에 개질 속매가, 있어 전해질 층기에 의하여 촉매활성이 감소하게되는 단점도 있다.

한편 간접형은 연료전지의 cell과는 따로 떨어진 개질부에서 반응이 일어나므로 전해질 층기에 의한 촉매 활성 변화는 없으나 직접형과 같이 빠른 속도로 개질 반응이 진행되지 않아 천연 gas의 반응도는 직접형보다 낮다. 그러나 간접형은 직접 내부 개질형보다 초기 상용화가 가능하고, 직접형으로 기술 이전이 쉽다.

3. MCFC stack 개발 동향

MCFC에 대한 본격적인 연구는 미국과 일본에서 1970년대 말 1980년대초에 각각 시작되었다. 현재 대부분의 개발 회사에서 20kW급 연료전지에 stack이 시험 단계에 있으며, 1990년대 중반에 MW급 연료전지 발전시스템이 개발 될 전망이다. MCFC 기술 개발에 참여하고 있는 선진국의 대표적인 회사로는 미국의 Energy Research Corp. (ERC), International Fuel Cell Corp. (IFC), M-C Power (MCP), Institute of Gas Technology (IGT) 와 일본의 Hitachi, IHI, Mitsubishi, Toshiba, Fuji 그리고 네덜란드는 Energy Research Foundations ECN 등이 있고, 이들의 MCFC stack 개발 상황을 표 1에 나타내었다.

미국의 MCFC 개발은 Department of Energy, Electric Power Research Institute와 Gas Research Institute 등의 연구비 지원아래 이루어지고 있다. ERC에서는 현재 내부 개질형 연료전지 stack을 개발하고 있다. MCFC stack 내부에 있는 연료 개질부는 주 연료인 천연가스를 수소로 변환시키는 장치로, 천연가스는 여러 cell들 사이에 하나씩 있는

간접 개질부와 각 cell의 anode 부분에 있는 직접 개질부를 통과하면서 수소로 바뀌어 연료전지 반응에 이용된다.

ERC에서 제작된 20kW, 100kW급 내부개질형 MCFC stack은 Pacific Gas & Electric Company에 설치되어 성능시험이 진행되고 있으며, California의 공해 규제법과 연관되어 무공해의 본산 전원으로서 이용하려는 시도가 있다. ERC에서는 '95년 2MW MCFC plant를 실증시험할 계획이고, '97년 상용화를 목표로 기술개발을 진행하고 있다. ERC의 100kW stack은 쉽게 운반가능하며, 이 stack을 연결하여 MW급 발전 시스템을 구성할 예정이다.

ERC 이외의 미국 회사들은 외부 개질형 MCFC stack을 개발하고 있다. 외부 개질형 연료전지는 연료전지 stack 외부에 천연가스 등을 수소로 변환시키는 연료처리장치가 따로 필요하다. IGT와 MCP는 내부 manifold형 연료전지를 개발하고 있다. 이들 회사에서는 대형 전극과 matrix를 tape casting 방법으로 양산하는 기술을 개발하여 cell 면적을 1m²로 확대하는 작업을 완료하였다. 또한 내부 manifold형 stack제작에 필요한 대형 separator를 고안하여 양산화를 위한 연구 중에 있다. IFC에서는 외부 manifold형의 MCFC stack 개발하고 있다. 1986년 25kW MCFC stack을 시험하였으며, 최근 일본의 Toshiba와 공동 연구로 대형 연료전지를 개발중이다.

일본은 Moonlight 계획의 일부로 본격적인 연구를 시작하여 New Energy Development Organization (NEDO)의 주관아래 여러기관이 개발에 참여하고 있다. 일본의 여러회사들은 87년초 10kW급 연료전지 stack을 개발함으로써 제 1기 계획을 마무리하고, 제 2기 계획에서는 전지의 수명연장, 고압용 전지 개발, 가스 이용률 향상, stack 대형화 등을 목표로 1992년까지 100kW급 stack 개발, 1996년경에 1MW발전 시스템 개발을 계획하고 있다.

현재 NEDO가 중심이 되어 개발중인 cell 면적 1m² 이상의 stack에는 Hitachi의 복합 대용량형과 IHI의 변형 대용량형이 있으며, 고효율의 내부 개질형 연료전지 개발도 Mitsubishi에서 추진 중

이다. Mitsubishi가 전극 면적 5,000 cm² cell을 10 단 적층한 3kW급 및 899cm² cell을 50단 적층한 5kW급 DIR stack의 운전연구를 하고 있다.

한편 IIR stack은 Mitsubishi가 관서전력과 공동 연구로서 개발을 진행하고 있는데 현재까지 30kW급을 개발하고 있다.

4. 맺은말

·용융탄산염형 연료전지는 차세대의 연료전지로서 기대되는 고온형 연료전지이다. 내부개질형 MCFC는 50~60[%]의 높은 발전효율이 기대되고, plant의 간소화등 특징으로 인해 산업용, 분산배치 전력사업용 및 화력 대체용으로 실용화 전망이다. 따라서 국내에서도 산·학·연 공동연구로 MCFC의 선진기술에 접근과 조기 실용화를 앞당겨야 할 것으로 생각된다.

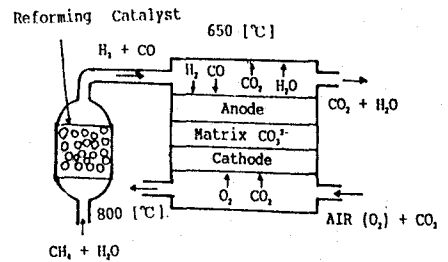
본 연구는 1992년도 동력자원부의 대체에너지 기술 개발사업의 일부분으로 수행되고 있으며, 재정적 지원을 해준 동력자원부에 감사드립니다.

표 1. 외국의 MCFC 전지본체 개발 연구 현황

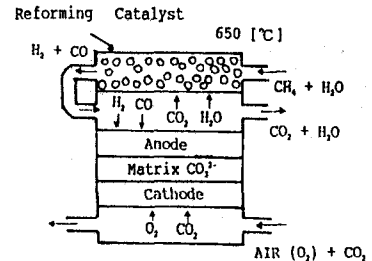
국가	회사	전지용량	전지 크기	년도	Manifold	Reforming
미국	ERC	20kW	3,700cm ² x 60 cell	1990	External	Direct/ Indirect
		100kW	5,574cm ² x 200 cell	1991		
"	IGT MCP	2.5kW	929cm ² x 22 cell	1990	Internal	External
		7kW	1,000cm ² x 70 cell	1991	Internal	
"	IPC	25kW	7,200cm ² x 20 cell	1986	External	External
일본	Hitachi	25kW	1.21m ² x 22 cell 복합내용방형	1989	Internal	External
"	IHI	10kW	1m ² x 10 cell	1989 1992	Internal	External
		3.4kW	1.4m ² x 2 cell			
		50kW	1.4m ² 변형내용방형			
"	Mitsubishi	3kW	5,016cm ² x 5 cell	1986 1990 1991	External	Direct Indirect Internal
		10kW	5,016cm ² x 24 cell			
		30kW	4,864cm ² x 62 cell			
			내부개질형			
"	Toshiba	11kW	1,600cm ² x 63 cell	1986	External	External
		1.2kW	2,500cm ² x 5 cell			
"	Fuji	7.1kW	2,500cm ² x 24 cell	1987 1988	Hybrid	External
		9.3kW	2,000cm ² x 40 cell			
네덜란드	ECN	1kW	1,000cm ² x 10 cell	1992	Internal	Internal
		10kW	4,000cm ²			

참고 문헌

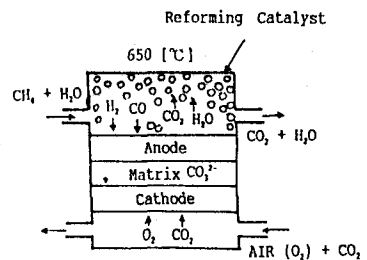
1. J. R. Selman, "Molten Carbonate Fuel Cell Technology", Vol. 84-13, The Electrochemical Soc., 1984
2. T. Tanaka et al, "Development of Internal Reforming Molten Carbonate Fuel Cell Stacks", JIEE Conference, PP 135-140, 1991
3. NEDO, "Development of Fuel Cell", NEDO News, 6. 1991
4. A. J. Appleby, "MCFC Technology-status and Future Prospects", IFCC. PP 141-153, 1992
5. T. G. Benjamin, "Handbook of Fuel Cell Performance", DOE. 1980



(a) 외부 개질방식 (ER)



(b) 간접 내부개질형 (IIR)



(c) 직접 내부개질 방식 (DIR)

그림 1. MCFC의 개질방식