

MCFC의 현황과 전망

* 본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

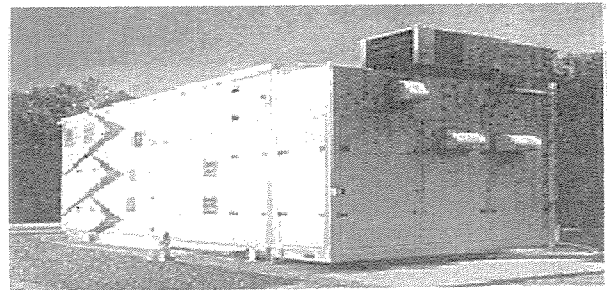
1. MCFC의 상용화

미국 FCE사 (FuelCell Energy Inc.)는 1999년에 自 社 內에 250kW 용융탄산염형연료전지 (MCFC : Molten Carbonate FuelCell)의 실증설비를 설치하고 약 12,000시간동안 계통연계 운전을 실시하였다. 이때의 설비가동율은 93.5%이고 스택에 설치한 시험계측장치의 트러블을 제외하면 96%를 초과한다. 또한 스택의 전압열화율은 0.3%/1000h 이하이고 개방검사의 결과에서도 부식이나 전해질의 누설이 거의 없었고 재가동이 가능한 상태였다.

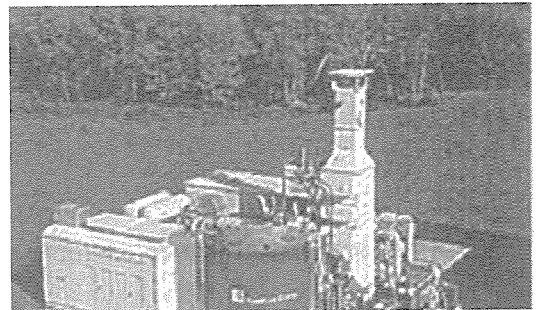
같은 시기에 FCE사의 특허권자인 독일의 MTU사가 Bielefeld 대학에서 250kW의 실증기를 운전, MTU사도 상용화의 가능성을 얻었다.

이것들은 모두 상압 내부개질방식의 MCFC 이다.

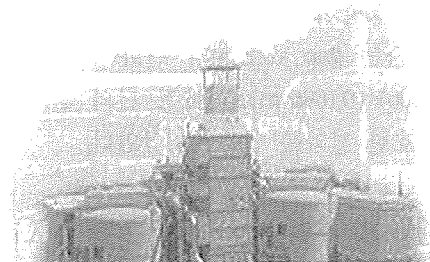
(250kW), DFC1500 (1000kW), DFC3000 (2000kW) 3개 기종으로 그의 송전단출력과 효율을 [표-1]에 표시하였다. 이 3개 기종에 사용된 스택은 동일한 250kW 스택으로 이로 인하여 양산에 의한 원가절감을 효과적으로 실시하고 있다.



DFC300



DFC1500



DFC3000

[표-1] 출력과 효율

기종	현황		개량형	
	출력	효율	출력	효율
DFC 300	250kW	47%	300kW	52%
DFC1500	1000	49	1500	56
DFC3000	2000	50	3000	57

丸紅은 2001년 6월에 FCE사와 업무제휴를 체결하여 FCE사가 개발한 MCFC의 일본 독점판매권과 중국, 동남아세아, 호주의 판매권을 취득하였다.

FCE사는 미국 내에 비 독점 판매대리권을 갖는 수개사의 파트너를 가지고 있고 세계적인 전략으로 일본 및 아시아지역은 丸紅(주)가, 유럽은 MTU사가 파트너로서 동일한 제품을 세계적으로 판매함으로써 제조원가를 다운시킬 계획을 갖고 있다.

제품은 [그림-1]에 표시한 바와 같이 DFC300

[그림-1] DFC 300,1500,3000 외관

[표-2] DFC 도입현황

【稼働実績】								
	導入年	導入先	ユニット出力 (kw)×台数	燃料	導入年	導入先	ユニット出力 (kw)×台数	燃料
미국	2001	メルセデスベンツ工場	250	天然가스	2003	로스앤젤레스시	250	天然가스
	2001	로스앤젤레스시	250	天然가스	2003	AME오프하이코르	250	炭氫메탄가스
	2003	셰라톤호텔(NJ)	250	天然가스	2003	오션컨트리대학	250	天然가스
	2003	로스앤젤레스시	250	天然가스	2003	셰라톤호텔(NJ)	250	天然가스
	2003	스타우드호텔	250×2	天然가스	2003	그랜드밸러주립대학	250	天然가스
	2003	코스트가드	250	天然가스	2003	에어대학	250	天然가스
	2003	하이테크파크(즈트)	250×2	天然가스	2003	키텔라-테크니컬센터	250	天然가스
독일	1999	비에레펠드대학	250	天然가스	2002	오프그리크대학	250	天然가스
	2001	호른크림病院	250	天然가스	2003	미슈러(EnBW)	250	天然가스
	2002	에나저파크(RWE)	250	天然가스	2003	E-on/Degussa	250	天然가스
	2002	도이츠텔레콤	250	天然가스	2003	VSE AG	250	天然가스
	2002	IZAR (船舶회사向け)	250	天然가스				
일본	2002	키린ビール	250	天然가스	2004	세이코어에프손	250×2	LNG
	2003	福岡市下水道局	250	消化가스				

【納入予定】								
	導入年	導入先	ユニット出力 (kw)×台数	燃料	導入年	導入先	ユニット出力 (kw)×台数	燃料
미국	2004	로스앤젤레스시	250	下水消化가스	2004	킹드카운티	1000	消化가스
	2004	웨스턴버지니아	250	下水消化가스	2004	DOE(켄터키)	2000	石炭가스화
	2004	아리조나주립대학	250	天然가스				

FCE사는 Torrington Ct. 에 스택생산공장을 가지고 있고 현재의 생산능력은 50MW/y 이며 400MW/y 까지 확대계획을 가지고 있다.

[표-2]에 DFC시리즈의 도입현황을 표시하였다. 현재 가동에 들어간것은 총 250kW Unit로서 독일 9기, 미국 14기, 일본 3기, 합계 26기이나 표에 기재되지 않은 납품예정인 것을 포함하면 상당한 수에 이른다.

또한 1000kW, 2000kW 機도 2004년 초에 가동될 예정이다.

연료는 대부분 천연가스이고 消化가스도 250kW가 2기, 1000kW 1기가 포함되어 있고 가동예정인 설비에 도 소화가스가 포함되어 있다.

2. 기린의 설비개요

[그림-2]에 기린맥주(株) 取手工場に 설치한 DFC300의 FlowSheet를, [표-3]에 DFC300의 사양을 각각 표시하였다.

DFC300은 스택을 중심으로 연료전처리, 공기공급, 수처리, 인버터, 제어장치 등 발전에 필요한 모든 기능을 하나의 컨테이너에 수납하고 FCE사의 공장에서 출하시험 후 그 상태로 Site에 수송하고 기본적으로 Site에서의 공사로 연료, 물, 전기의 접속만 하면 되도록 건설, 점검 등에 필요한 시간이 현저히 단축된다.

연료는 천연가스 또는 消化가스가 있으나 장래에는 LPG, Naphtha, 등유, 경유 이외에도 폐기물이나 석탄을 가스화 한 것 까지 폭 넓게 포함되게 된다.

[표-3] DFC300의 Plant 사양

정격출력	250kW(송전단)
운전방식	계통연계
전 압	440V
주 파 수	50Hz
연 료	소화가스
발전효율	47% (송전단 LHV)
증기회수	약 25% (설계치)
환경NOx	1ppm 이하
SOx	0.1ppm 이하
소음	60dB (10m)
Size	3.4mW×8.5mL×3.4mH
중 량	약 40t

소화가스는 대략 대기압으로서 탈황 후 수분 포화 상태에서 공급된다. DFC300에는 별도로 탈황장치가 있고 거기서 탈황된 크린가스는 연료가습기에서 가

열 및 수증기의 첨가가 이루어지고 Pre Converter에 도입된다. 여기서 가스 자신이 보유한 현열을 이용하여 일부 개질되고 그 소화가스는 연료과열기를 통하여 스택에 공급된다. DFC300은 내부개질방식이므로 개질은 거의 스택 내부에서 일어나고 다음으로 Anode에서 발전반응에 의하여 연료의 약 3/4이 소비된다.

따라서 Anode 배기중에는 약 1/4의 가연성가스가 잔류하고 있으므로 이것을 촉매 산화기에 넣어 공기로 산화하고 Cathode에 공급된다. Cathode에서는 일부의 산소와 이산화탄소가 소비되며 Cathode로 부터의 배기는 연료과열기에서 공급연료에 열의 일부를 주고 DFC300의 Unit로 부터 배출된다.

이 배기는 약 400°C 정도이므로 배열회수보일러에서 약 25% 정도의 열이 증기로 회수되고 최종적으로 대기에 방출된다. 이 결과 총열효율은 70% 이상에 달한다.

DFC300은 내부개질방식을 채용하므로써 상기의 공정 중에는 燃焼工程이 없고 따라서 대기오염물질이 거의 배출되지 않는 극히 깨끗한 발전설비이다.

또한 안전한 상압운전설비이므로 상시 감시가 불필요한 설비로 인정되고 있다.

주말에는 소화가스가 정지되므로 발전을 하지않고 다만 LPG에 의한 Hot Standby의 상태를 유지하고 있다.

3. 건설, 운전의 경위

[그림-3]에 기린맥주(주) 取手工場에 설치한 DFC300의 사진을 표시하였다.

平成14년 12월에 건설을 완료하고 1월에 調整을, 2월부터 발전을 개시하였다.

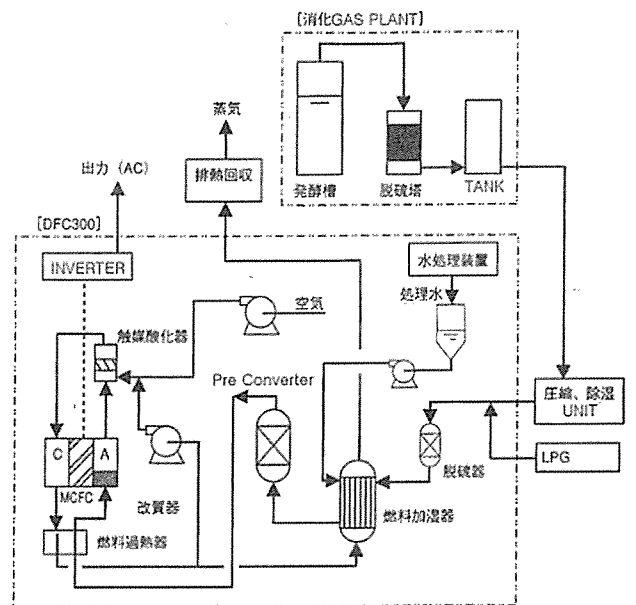
FCE사의 DFC300은 기히 10기 이상이 운전에 들어갔으나 기린맥주의 운전시점까지 실적이 있는 기기의 연료는 모두 천연가스로서 MCFC에 소화가스가 사용된것은 기린맥주의 取手工場이 세계에서 최초이다.

기본적으로 소화가스는 MCFC에 적당한 연료이므로 설계상 특별한 문제가 있는것은 아니지만 최초이므로 각 부하에서 Data를 얻어 평가하면서 서서히 부하를 올리는 방향으로 하였다. 또한 주말의 소화가스

정지시에 사용하는 LPG도 상용기에서 사용되는것이 최초가 된다.

연료전지 발전설비는 일반적으로 스택과 BOP (Balance of Plant)로 나누어 평가된다. 이번의 경우는 BOP는 다시 DFC300 내부, 소화가스 공급설비, 배열회수보일러 등의 추가보조설비로 나누었다.

먼저 스택에 대하여 기술한다. 스택의 각 Cell 전압 분포가 극히 양호하였다. 스택의 Anode, Cathode의 각 입 출구의 온도차 및 차압은 현재까지의 부하상태에서 운전상 문제점이 없는 범위이다. 또한 9월말까지의 운전시간 (스택의 고온유지시간)은 약 5300시간, 발전시간은 약 2850시간 임에도 이 사이에 스택의 전압열화는 거의 일어나지 않았다.



[그림-2] DFC300 Flow 및 관련설비

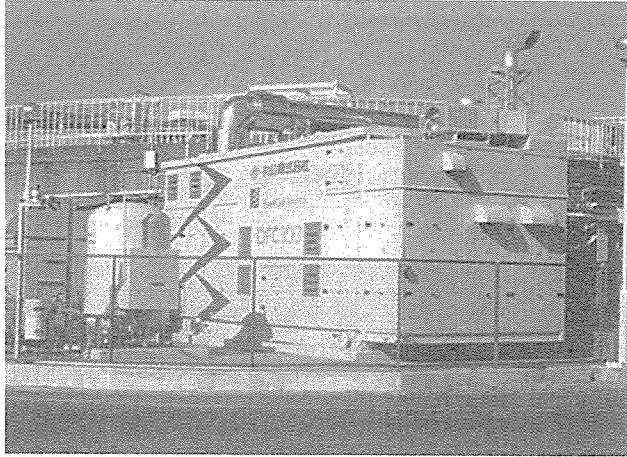
DFC300 내의 BOP는, 압축기 Seal의 마모 등이 연료전지처리계통에 영향을 주어 트러블의 원인이 되었지만 개량 후에는 문제가 발생되지 않았다.

한편 당초에 크게 염려한것 중의 하나인 소화가스 중의 메탄농도의 변동이 공정제어에 끼치는 영향이었으나 실제 운전에서는 메탄농도는 80% 전후로 비교적 안정적이었고 변동속도도 그다지 빠르지 않았으므로 메탄농도의 변동이 운전상의 문제로 되는일은 없었다.

또한 LPG를 소화가스라인에 그대로 흐르게 하면 황성탄에 흡착되고 그후 소화가스가 흐르면 그 시점

에서 LPG가 탈착되어 연료가스 조성에 영향을 끼친다는 것을 알게 되었다.

발전효율은 연료의 가스조성에 의하여 크게 영향을 받으나 발전부하 75% 이상에서 발전효율은 계획 47%가 달성되어 성능적으로는 큰 문제가 없었다.



[그림-3] DFC300 설치상황

高調波에 관해서는 電壓歪曲의 주 요인이 低次の 고조파이므로 13차까지 세밀히 내용을 검토한 결과 연료전지로부터 계통측에 유실되는 각 次數의 전압의 폭을 최대치는 다음의 표와 같고 가이드라인에 의한

제5차	0.6%
제7차	0.7
제9차	0.2
제11차	0.3
제13차	0.2

고압배전계통의 목표레벨 이하로서 문제점이 없는 값이었다.

4. 금후의 전망

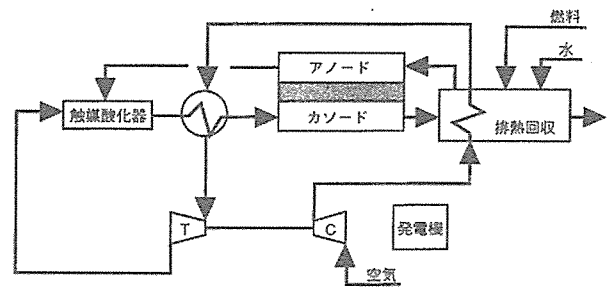
FCE사는 현재 MCFC와 가스터빈의 하이브리드시스템을 개발하고 있다. [그림-4]에 하이브리드시스템의 Flow도를, [표-4]에 미국 DOE로부터 위탁받은 Feasibility Study 결과를 표시하였다. 또한 [그림-5]에 그의 완성예상도를 표시하였다. 기하 250kW Plant에 Micro GasTurbine을 조합한 장치로서 개념의

실증을 완료하고 현재 대형 Hybrid System의 구체적인 설계가 이루어지고 있다.

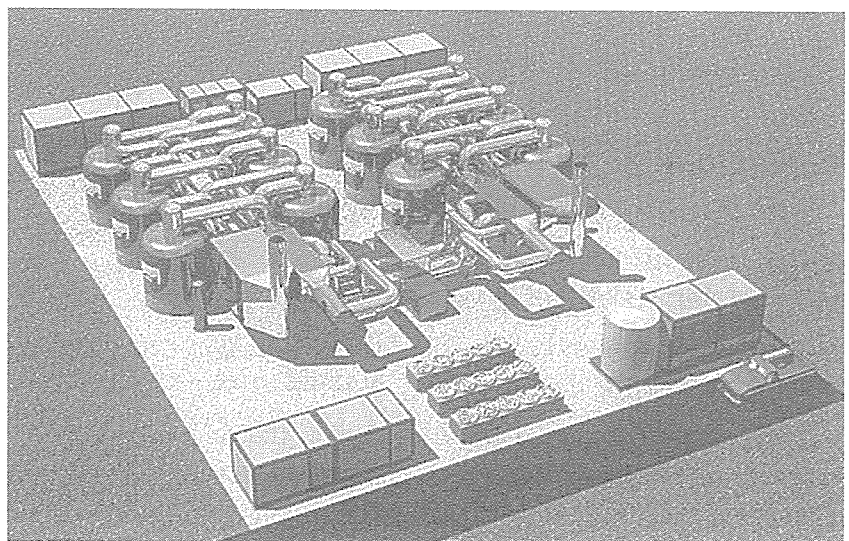
실용적으로는 발전효율이 [표-4] 보다 낮을 것으로 생각되나 가스터빈과 증기터빈의 Combind Cycle을 상회하는 효율의 달성 및 대형 MCFC 발전설비의 실현이 기대된다.

[표-4] DFC3하이브리드 시스템사양

FC 출력	17MW
GT 출력	3.44MW
소내동력	0.03MW
송전단출력	20.41MW
송전단효율	71%



[그림-4] Hybrid System Flow



[그림-5] Hybrid System 완성예상도