

# 250kW급 용융탄산염 연료전지 실증연구

전재호, 김승구, 전중환 | 포항산업과학연구원  
박재영, 조용희 | POSCO

## 1. 사업배경

본 사업의 목적은 250kW급 내부개질형 용융탄산염 연료전지(이하 MCFC) 발전시스템을 국내에 설치하고, 운전 및 실증연구를 통해 국내 상용화 기반기술 및 보급기반을 구축하는 것이다. 연료전지는 기존의 화력 발전방식과는 다르게, 연료가 가지고 있는 화학에너지를 직접 전기화학 반응에 의해 전기에너지로 변화시키는 고효율의 친환경 발전시스템이다. 한편 본 사업은 주관기관인 POSCO와 참여기업인 포철산기(주), (주)효성중공업, 한국가스공사 등이 참여하고 있으며, 포항산업과학연구원(RIST), 한국과학기술연구원(KIST), 한국전기연구원(KERI) 등의 연구기관에서 사업을 지원하고 있다. 본 사업의 내용은 미국 FCE(Fuel Cell Energy)사의 본체를 활용하여 250kW급 MCFC 발전시스템을 국내에 설치하고, 실증연구를 통해 MCFC의 설치 및 운전기술, 시스템 평가 및 분석기술, 연료 이용기술, 시스템 통합기술 등의 기술을 확보하여, 국내 상용화 기반기술을 마련하는 것이다.

정부는 안정적인 에너지원 확보 및 환경친화적 선진형 에너지구조로 전환하려는 국가에너지기본계획 정책의

일환으로 '신재생에너지 개발 및 이용·보급촉진법'을 마련하였으며, 신 재생에너지 공급을 2010년까지 총 에너지의 5%로 목표하고 있다. 이를 위해 발전전력 차액보전 제도, 공공기관 건물 신축시 신 재생에너지 투자 의무화, 발전 의무비율 할당제 및 세제감면 등의 각종 제도를 개선하여 시장기반 조성을 강화하고 있다. 특히 수소·연료전지, 태양광, 풍력을 정부의 신재생에너지 3대 중점 기술 개발 분야로 선정하여 집중 지원하는 등 정부의 에너지정책을 체계화하고 있다.

이러한 배경에서 POSCO는 연료전지 사업의 하나로, 국내 최초로 250kW급 MCFC 발전시스템을 설치하여 실증운전을 실시하게 되었다. POSCO는 본 발전시스템의 실증연구를 통해 연료전지의 운용 및 제조기술을 확보하여 상용화 기반기술을 구축하고, 더 나아가 국내에서 실용규모의 시스템 개발을 촉진시키며, 국내에서의 보급기반을 확보하는 목표를 가지고 있다.

## 2. 실증연구 내용

### 가. 실증기 MCFC 발전 시스템

본 사업에서는 미국의 FCE사의 본체를 활용하여, 250kW급 MCFC 발전시스템 3대를 국내에 설치하여 실증 실험을 진행 중이다. MCFC 발전 시스템 분야에서 선도적인 역할을 하고 있는 미국의 FCE는 1996년부터 상업화를 위한 실증연구를 추진 중에 있다. 현재 FCE사 모델은 전 세계에 약 40개의 사이트에서 설치되어 실증실험 중에 있으며, 향후 보급 및 양산단계로 구분하여 상업화를 추진 중이다. 또한 국제적 네트워크 구축을 통해 실증제품 판매에 주력하고 있으며, 여러 유통업체, 제조사, 혹은 전력 공급업체와 전략적 제휴를 체결하고 있다. 또한 그 수도도 하수처리장, 호텔, 대학, 공장, 공공시설, 병원, 발전소, 데이터 센터 등으로 다양화하고 있다.

현재 FCE사는 크게 250kW, 1MW, 2MW 등 세 가지 모



델의 MCFC 시스템을 생산하고 있다. 본 연구에서의 실증 연구 대상기는 가장 작은 규모의 250kW급 MCFC (모델명: DFC300A)이며, 크기(H×W×L)는 3.2×2.7×8.6(m)이다. DFC300A의 구성은 스택 운전에 필요한 연료, 공기 및 물을 공급하는 MBOP(Mechanical Balance of Plant) 분야와, 스택에서 만들어진 직류 전력을 수요가가 원하는 전압 및 주파수를 가진 교류 전력으로 전환하여 계통에 공급해주는 EBOP(Electric Balance of Plant) 분야가 있다. 그리고 가장 중요한 스택 부분은 394개의 셀로 구성되어 있으며, 이 기본 스택의 출력이 250kW이다. FCE에서 개발한 MCFC 시스템은 LNG 뿐만 아니라 ADG(Anaerobic digester gas), LFG(Landfill gas), 메탄올 등 메탄(CH<sub>4</sub>)을 주 성분으로 하는 다양한 연료를 사용할 수 있는 신재생 에너지 시스템이다. 그리고 별도의 외부 연료개질장치 없이 MCFC 연료극에 설치된 개질촉매를 이용하여 내부에서 연료를 개질하는 내부개질형 시스템으로 발전 과정에서 만들어지는 열에너지를 연료 개질에 이용하기 때문에 에너지 전환효율이 매우 높다는 점이다.

**나. LNG용 1호기 실증연구 현황**

LNG를 연료로 사용하는 250kW급 MCFC 1호기는 2005년 3월 경북 포항의 포항산업과학연구원(RIST)에 설치되어, 2005년 4월에 발전을 시작하였다.(그림 1) 측정결과, 소비되는 LNG의 유량은 약 50.4Nm<sup>3</sup>/h이며, 전기효율은 47.8%이다.(표 1) 2005년 9월 현재 250kW의 전력으로 4,000시간 이상 정상운전 상태에 있으며, 20,000시간의 장기운전을 목표로 하고 있다. 본 MCFC 1호기에서 발생한 전기는 포항산업과학연구원(RIST)의 실험동 및 포항공대(POSTECH) 방사광가속기에 공급되고 있다. 또한 MCFC 발전시스템에서 나오는 고온의 배열을 이용하여 발생한 온수 및 냉수도 포항산업과학연구원(RIST) 실험동에 공급될 예정이다.

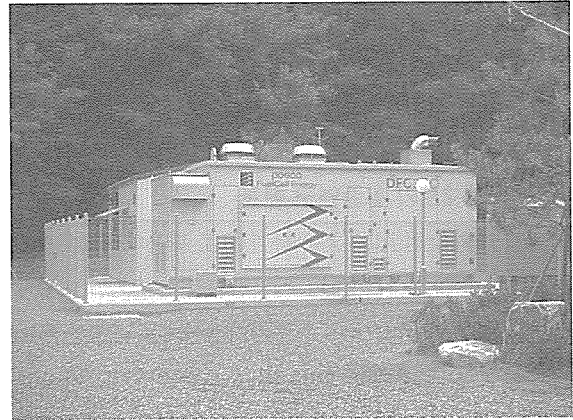


그림 1. 250kW MCFC 1호기 설치 전경 (포항 RIST 실험동)

표1. LNG용 1호기 실증내용

구분	내용
MEASURED FLOW RATE	50.4Nm <sup>3</sup> /h
NET AC POWER OUTPUT	250.2kW
ELECTRICAL EFFICIENCY(LHV)	47.8%
FUEL UTILIZATION	72.8%

실증기인 250kW급 MCFC 발전 시스템은 기본적으로 무인 운전 및 원격 제어를 기본 개념으로 설계된 장비이기 때문에 인터넷 통신 라인과 전화라인이 설치되어 있다. 인터넷 통신 라인은 PC-AnyWhere<sup>®</sup>를 통한 원격 제어 및 웹뷰(web-view) 기능을 통한 원격 성능 점검 기능을 지원하며, 전화라인은 각각 인터넷 통신라인 백업 및 페이지나 휴대폰 SMS를 통한 알람 기능에 사용된다. PC-AnyWhere<sup>®</sup>를 통한 원격 제어는 운전책임자 및 감독자가 전 세계 어디에서나 인터넷을 이용하여 실증기의 성능을 점검하고, 시스템 장애 발생 시 원격 제어를 통하여 문제를 해결할 수 있도록 지원하는 기능으로, 데이터 보안을 위해 VPN(Virtual Private Network)이 설치되어 있다.

본 250kW급 MCFC 1호기 실증연구를 통해 관련법규를 검토하고, 장기 운전기술, 시스템 평가 및 분석기술, BOP

요소 제작기술 등의 상용화 기반기술을 구축하여, 국내의 연료전지의 보급 및 시장 환경을 활성화하는데 힘쓰고자 한다.

#### 다. ADG용 2호기 실증연구 현황

소화조 가스인 ADG 가스를 연료로 활용하는 2호기는 서울특별시 하수처리장인 (주)탄천환경에 2005년 10월에 설치될 계획에 있다. 국내 하수처리장에서는 소화조 가스를 주로 보일러 및 가스터빈 발전기의 연료로만 사용되어 왔으나, 미국과 일본에서는 하수처리장에서 발생하는 소화조 가스를 연료전지에 적용하기 위한 다양한 연구가 이미 진행되어 왔으며, 현재 실용화 단계에 있다.

그림 2는 250kW급 MCFC 2호기가 설치될 탄천환경의 소화조 가스 저장탱크의 모습이다. 소화조 가스는 수처리 과정에서 발생한 고형물의 유기물 하수 슬러지를 여러 미생물의 분해 작용에 의하여 발생한 메탄(CH<sub>4</sub>)가스를 주 성분으로 한다. 현재 (주)탄천환경에서 배출되는 소화조 가스의 양은 하루에 6,000에서 24,000Nm<sup>3</sup>의 범위에 있으며, 이 중에서 약 110Nm<sup>3</sup>/h의 소화조 가스가 연료전지의 연료로 사용되게 된다. 메탄가스의 함량을 측정된 결과, (주)탄천환경의 소화조 가스 안에는 약 53%의 메탄(CH<sub>4</sub>)

그림 2. 250kW MCFC 2호기 설치 위치 (서울 탄천환경)



을 포함하고 있다. 현재 250kW급 MCFC 2호기 연료전지 본체와 함께, 소화조 가스에 포함된 H<sub>2</sub>S 등의 불순물을 제거하기 위한 연료전처리 설비가 설치되고 있으며, 2005년 11월에 발전이 시작될 예정이다.

소화조 가스를 이용한 2호기 실증연구를 통해 얻은 기술과 경험을 바탕으로, 향후에는 하수처리장 뿐 아니라, 생활쓰레기 처리시스템에서 발생하는 바이오 가스를 이용한 연료전지의 실증 및 보급 사업에 적극 응용할 계획에 있다.

#### 라. LNG용 3호기 실증연구 현황

LNG를 연료로 활용하는 MCFC 3호기 본체는 2005년 9월 22일 전남 광주광역시 조선대학교 대학병원에 설치되어, 현재 운전을 준비 중에 있다.(그림 3) 그리고 3호기에서 발생하는 전기와 배열회수 장치에서 발생하는 온수는 전라대학병원에 공급될 것이다.

병원은 민감한 고정밀 의료 기기 등이 많기 때문에 고품질의 전력과 온수가 필요한 중요시설이다. 따라서 대학병원에 설치되어 운전되는 3호기 연료전지가 신뢰성 있는 전원으로 뿐만 아니라 환경 친화적인 대체 에너지원으로 중요한 역할을 할 것으로 기대하고 있다.

그림 3. 250kW MCFC 3호기 설치 모습 (광주 조선대학병원)





### 3. 활용분야 및 시장전망

본 사업의 목적은 250kW급 MCFC 발전시스템의 실증 연구를 통해 국내 상용화 기반기술을 확보하고, 시장기반을 구축하는 것이다. 그리고 2007년 이후, 발전용 연료전지의 국내생산 및 판매를 통해 시장에 진입할 목표를 가지고 있다.

표 2는 MCFC 발전시스템의 활용분야 및 적용가능 시장을 정리한 것이다. 한 예로, 신축 공공건물의 경우 '대체에너지 개발 및 이용보급 촉진법 시행령'에 따라 건축공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설비에 투자하도록 의무화되어 있다. 따라서 신축 공공건물, 하수처리장, 매립지, 병원, 대형건물 등을 중심으로 시장을 확장하고 상용화를 촉진시킬 계획이다. 향후 2009년 이후에는 국내 고유모델 생산을 통해 전 세계로 시장을 확대할 전망을 가지고 있다. 그리고 국제적인 기술경쟁력 확보와 함께, 정부의 보조정책 수립 및 적극적인 보급지원이 연료전지의 상업화를 성공적으로 이끌어 갈 것으로 기대한다.

표 2. 활용분야 및 적용가능 시장

구분	내용
신축 공공건물	신축 공공기관(대체에너지 이용 의무화)
소형 열병합발전	병원, 호텔, 대학, 아파트단지, 기존 LNG발전소
하수처리장	전국 하수처리장
매립지	전국 생활폐기물 매립지
기타 부생가스	석유화학공장, 비료공장, 음식물 제조업체 등

### 4. 요약

연료전지는 전 세계적으로 상업화 초기 진입단계로서, 미국과 일본, 유럽을 중심으로 실증연구 및 보급이 진행 중에 있다. 국내에서도 기업, 대학, 연구소 등에서 정부의 신재생에너지의 개발 및 보급을 위한 적극적인 에너지 정책에 보조하여, 연료전지의 상용화를 위한 기술개발에 노력하고 있다.

이러한 국내의 환경 하에서, 본 사업에서 추진하고 있는 250kW급 MCFC 발전시스템의 실증연구는 국내 발전용 연료전지의 개발 및 보급을 활성화시키고, 빠른 시일 내에 시장에 진입하여 발전용 연료전지의 상용화를 촉진시키는데 기여할 것으로 확신한다.