

경기그린에너지 연료전지발전소 건설 및 운영 현황



이태호
경기그린에너지(주) 대표이사

1. 개황

정부는 2012년부터 신재생에너지 공급의무화제도(RPS, Renewable Portfolio Standard)를 시행함으로써 일정 규모 이상의 발전사업자들이 신재생에너지를 이용하여 전체 발전량의 일정부분을 의무적으로 발전하도록 제도화하였다.

경기그린에너지 연료전지발전소 건설사업은 한국수력원자력을 주축으로 포스코에너지, 삼천리 등 3개사가 공동으로 출자하여 경기도 화성발안산업단지 내에 설치한 세계 최대 규모의 연료전지발전소이다.

경기그린에너지 연료전지발전소는 경기도 화성시 향남읍 발

안공단로에 위치하고 있으며, 1기의 용량이 2.8MW 인 용융탄산염형(MCFC, Molten Carbonate Fuel Cell)의 연료전지 21기가 2만405㎡의 부지에 설치되어 있으며 전체 용량은 58.8MW이다. 건설사업은 2012년 11월에 착공하여 시공과 시운전을 완료하였고, 2013년 12월 준공되어 현재 정상 운전되고 있다.

2. 추진 경위

한수원 등 3사는 2011년 4월에 경기도와 신재생 에너지 개발을 위한 양해각서를 체결하여 2012년 1월, 산업통상자원부 전기위원회로부터 발전사업허가를 취득하고 2012년 11월에 공사를 착공하였다. 2013년 4월에 최초로 전원을 가압하여 시운전을 거친 후에 2013년 5월에 최초로 전력을 생산하여 송전하였다.

3. 전력 및 열 생산량

경기그린에너지 연료전지발전소에서 생산되는 연간 발전량은 약 46만4,000MW로 이는 약 14만 가구가

사용할 수 있는 전력량에 해당된다. 또한, 전력 생산과 더불어 약 2만 가구에서 사용 가능한 열(중온수)을 연간 약 19만5,000Gcal를 생산하여 공급할 수 있다.

4. 연료전지 발전원리

연료전지는 사용 연료인 도시가스(LNG) 중에 포함되어 있는 수소와 공기 중 산소의 전기화학반응을 통하여 전기와 열에너지를 생산하는 고효율·친환경 발전장치이다. 발전설비에 대응하는 발전원리 개략도는 [그림 2]와 같다.

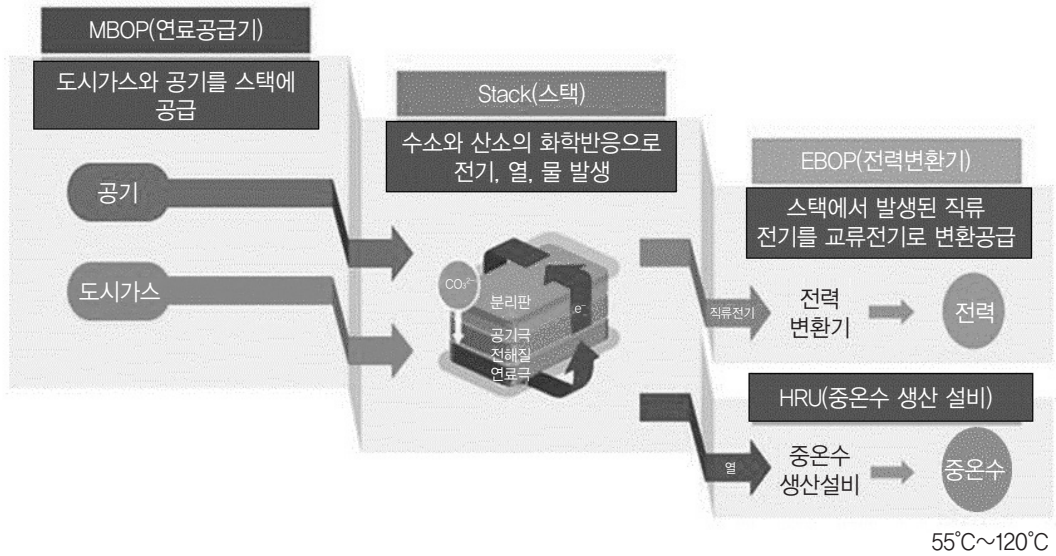
5. 연료전지발전의 특징

연료전지는 수소와 공기 중 산소의 화학반응으로 전기를 생산하는 발전 시스템으로 화석연료를 태워 전기를 생산할 때 나오는 공해물질이 거의 나오지 않는 친환경 무공해 에너지원이다.

특히 90% 이상의 높은 이용률을 자랑한다. 발전효율도 평균 약 47%로 고효율 운영이 가능하다. 아울러 발생된 열을 이용하여 약 2만 가구에 공급할 수



[그림 1] 경기그린에너지 연료전지발전소 전경



[그림 2] 경기그린에너지 연료전지 발전원리 계략도

[표 1] 연료전지 반응식

구분	반응식
공기극	$2O_2 + 4CO_2 + 8e^- \rightarrow 4CO_3^{2-}$
연료극	$4H_2 + 4CO_3^{2-} \rightarrow 4H_2O + 4CO_2 + 8e^-$

[표 2] 경기그린에너지 연료전지의 주요사양

제작사	발전효율/이용율	스택내부온도	열공급량(h)	LNG 사용량(h)	부지면적
포스코에너지 /FCE(미국)	47%±2% /90%이상	1090°F (680°C)	1.34Gcal/대	540Nm³/대	20,405㎡

있는 중온수 생산 등 부족한 자원 및 에너지 활용 극대화에 기여할 것으로 예측된다. 또한, 설치면적이 1MW당 180㎡로 높은 공간효율성을 갖추고 있어 설치조건이 열악한 도심지역에도 설치가 용이한 장점을 가지고 있다.

6. 건설 및 시운전 주요 추진실적

착공 지연으로 인하여 2013년 말 예정이던 준공 일정을 맞추기가 어려운 상황이었다. 하지만 지연공정 만회를 위해 전문가의 기술 검토를 거쳐 동절기에

도 주기기 콘크리트 패드 기초공사에 스팀양생공법 등을 전격 도입하고, 제작사와의 협의를 통하여 기기 제작 및 설치 일정을 조정하는 한편, 면밀한 리스크 분석으로 시운전 일정 단축을 유도하여 당초 공기대로 준공하였다.

본 건설공사는 2.8MW급 연료전지 21대의 설치를 위한 기초공사와 전기, 제어 및 기계설비의 설치공사, 소방 및 통신공사와 주기기 시운전으로 크게 구분할 수 있다. 이 중 주기기는 2012년 12월에 5대의 입고를 시작으로 2013년 8월에 21기 모두가 입고 완료되었다.

상업운전 전에 설치 완료된 기기의 종합 성능을 확인하기 위하여 실시하는 시운전 시험을 통하여 문제점을 사전에 파악해 해결하는 등 모든 설비의 최적화 유지에 최선의 노력을 기울였다. 시운전은 먼저 각 설비 간 전기적·기계적 연결 상태를 확인한 후 사용 전검사를 거쳐 본격적인 시운전을 수행하였다.

그 절차는 연료전지가 발전할 수 있는 운전온도인 1,090°F까지 승온시키는 Heat Up 단계와 단계별로 출력을 상승시키면서 모든 시스템을 최적화하는 Load Conditioning 단계, 그리고 연료전지의 성능을 입증하기 위한 최종 인수성능시험과 연료전지설비와 연계한 HRU(Heat Recovery Unit)의 성능시험 단계로 나누어 수행되었다.

연료전지발전소 주기기 1기의 시운전에는 보통 약 50일이 소요되며, 연료전지발전소 특성상 다수호기 설치 시에는 기기 설치와 시운전이 동시에 이루어지므로 기기설치와 시운전의 공정중첩을 고려한 면밀한 시운전계획을 수립하여 성공적으로 시운전을 완료하였다.

2013년 11월에 2.8MW급 연료전지 21대에 대한 종합 사업 개시 신고가 산업통상자원부에서 승인됨에 따라 세계 최초로 60MW급 연료전지발전사업의 시대가 개막되었으며 올 5월말 현재 21기 모두가 정상운전 상태로 전기 및 열을 생산 중에 있다.

8. 향후 추진과제

연료전지발전소는 신재생에너지 중에서도 초기 투자비가 비교적 높은 발전원이다. 현재 연료전지의 순공사비는 1kW당 약 500만 원(발전용)~5,000만 원(가정용) 수준으로 추산되는데, 이는 원자력, 복합화력 등은 물론 대수력 등의 청정에너지원보다 높은 수준이다.

미국 에너지성(DOE)은 연료전지발전소의 초기 투자비 수준이 20년 내에 200만 원/kW이내 수준으로 하락할 것으로 전망하고 있는데, 이 정도 수준의 설치 단가가 형성된다면 연료전지의 가격 경쟁력이 타 발전원에 충분히 견줄 수 있는 수준까지 올라 갈 것으로 예상된다.

그러나 최근 발표되고 있는 연료전지 단가 예측자료가 점점 상향조정되고 있으며, 실제 단가가 당초 예상만큼 떨어지지 않고 있는 점 등은 향후 연료전지 보급에 있어 설비 단가 인하를 위한 기술개발 등 제조생산 업계의 노력이 요구되는 상황이다.

주요 개선 과제로는 양산을 통한 규모의 경제 달성과 소재 및 부품개발을 위한 원천기술 확보, 그리고 초기 투자비 외 발전단가의 큰 부분을 차지하는 연료비의 절감을 위한 제도개선과 효율개선 등의 노력이 필요하다. 또한, 운전 유지비를 낮추기 위한 운영 및 기술 측면의 노력도 동반되어야 할 것으로 판단된다. 