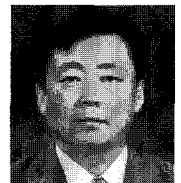


IGCC 현황과 전망



안달홍
한전 전력연구원 수석연구원

1. 개 황

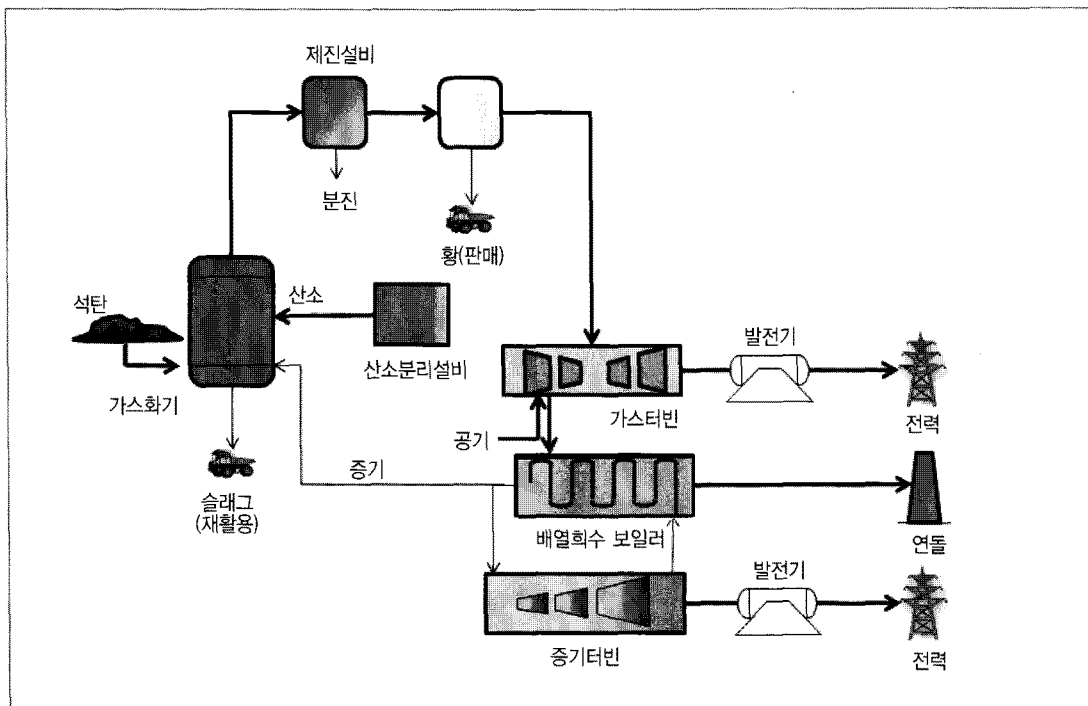
우리나라는 자원이 부족하고 또한 지구온난화로 인한 기후변화에 대응하고 에너지의 안정적인 수급을 위하여 세계적으로 매장량이 풍부한 석탄자원의 활용이 필수 불가결하다. 지구온난화 문제에 대응하기 위한 CO₂ 저감을 위해서 가능한 한 발전플랜트의 효율을 높일 필요가 있다. 석탄가스화 복합발전(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)은 고효율 발전기술이며 환경성능이 매우 우수하여 이러한 문제를 해결하는 데 기여할 수 있으며, 21세기 석탄이용 화력발전의 주역을 담당할 수 있는 유력한 발전 방식으로서 여겨지고 있다.

석탄가스화 기술은 1930년대 이후 유럽에서 석탄 간접액화를 위한 방법으로 많이 개발되었으나, 낮은 원유가격으로 인하여 기술이 사장되었다가 70년대 초반의 제1차 오일쇼크 이후에 미국과 유럽의 회사들이 전력생산을 위한 석탄가스화 기술을 개발하기 시작하였다. 또한, 일본도 1983년 이후 전력생산에 적합한 분류층 석탄가스화 기술 개발에 동참하였다.

석탄가스화 복합발전 기술은 석탄을 고온에서 부분 연소시켜 가스화하여 연료가스(CO 50%, H₂ 30%)로 전환하고 부식성 가스 및 분진을 제거한 후 가스터빈의 연료로 사용한다. 그리고 석탄이 가스화되는 과정에서 발생한 열과 가스터빈 배기가스 열을 회수하여 증기를 생산하여 증기터빈을 구동하는 복합발전방식이다. 석탄가스화 복합발전의 상용설비(600MW급)는 송전단 열효율이46%(HHV기준, 1500°C급 GT)로 높게 예측되고 있다.

또한 대기오염물질(황산화물, 질소산화물, 분진)저감 및 고효율에 의한 이산화탄소 배출량 감소 등 환경보전성이 매우 우수한 발전기술이다. 연료로는 석탄뿐만 아니라 중유, 오리멸전, 잔사유 및 바이오매스 등을 사용할 수 있다. 그러나 다수의 공정을 통합함에 따라 설비가 복잡하고 투자비가 다소 높은 단점을 가지고 있다.

IGCC에 필요한 공정으로는 석탄 전처리 설비, 가스화기, 석탄가스 냉각기, 가스정제 설비, 산소 분리기, 가스터빈, 배열회수(HRSG) 및 증기터빈이 있으며 일반적으로 가스터빈이 총 출력의 65%, 증기터빈이 35%의 전력을 생산한다.



[그림 1] 석탄가스화복합발전(IGCC)의 시스템 구성도

2. 동향

가. 미국

미국은 GE Energy사와 Conoco-Phillips사의 가스화기술을 이용한 250MW급 IGCC 실증플랜트 2기를 현재 10여년 동안 운전 중에 있으며, 2010년 이후 완공될 IGCC 플랜트로 Edwardsport 프로젝트, Mesaba 프로젝트, FutureGen 프로젝트 등 15,000MW 규모의 27개 IGCC 플랜트가 추진 혹은 계획 중에 있다. 2003년 부시정부는 석탄이용 발전분야에서의 온실가스 저감을 위해 의욕적으로 FutureGen 프로젝트(IGCC를 기반으로 CCS와 수소생산을 연계한 플랜트)를 추진하였으나 원래 계획보다 FutureGen 프로젝트의 건설비용이 증가하자 2008년 Restructured FutureGen 프로젝트로 개편키로 하였다.

그러나 2009년 6월 오바마정부는 10억불의 추경예산을 확보하여 당초 FutureGen에 지원하기로 하고, 현재 프로젝트 재추진을 진행하고 있다.

나. 유럽

유럽국가중 IGCC 발전기술에 대한 실증 및 상업용 플랜트에 대한 건설이 활발히 이루어지고 있는 국가는 독일, 네덜란드, 스페인 등을 들 수 있다. 특히, 혼합형연료(석탄+바이오매스/도시형폐기물)의 IGCC Plant를 성공적으로 수행하고 있으며, 최근들어 CCS와 연계된 IGCC 프로젝트들이 속속 계획되고 있다.

네덜란드의 경우에는 국가적으로 석탄화력이 차지하는 비중이 전체 전력생산량의 40%를 담당하고 있어 친환경 석탄발전기술에 대하여 많은 관심을 가지고 있으며, 전력생산성 주관하에 1994년초에 253MW급 석탄 IGCC 발전설비가 Buggenum에 건설되어 운전 중에 있다. 또한, 네덜란드 Eemshaven에 건설될 규모 1,200MW급 IGCC인 Nuon Magnum에 CO₂ 포집기술을 적용시키기 위하여 현재 운전중인 Buggenum에 R&D 프로젝트를 진행 중에 있다. Nuon Magnum 플랜트는 2011년 운전될 예정이다.

스페인의 경우에는 다국적법인인 Elcogas의 주도하에 300MW급 석탄 IGCC 발전설비를 준공하여 운전 중에 있으며, 이외에도 이태리의 경우 다수의 정유잔사유 IGCC 발전 설비가 운전 중에 있다.

독일은 RWE사가 CCS와 연계된 450MW급 IGCC를 Nordrhein Westralen에 건설할 예정이다. 연료는 갈탄을 사용하며 운전은 2014년에 시작할 예정이다. 영국은 CCS와 연계된 800MW급 IGCC가 영국 Tees valley에 건설되어 2012년부터 운전될 예정이다. 연료는 석탄을 사용하며, 전력생산에서 발생한 CO₂발생량의 85%를 포집하여 북해연안 유전층 EOR(Enhanced Oil Recovery)에 사용된다.

다. 일본

일본은 Sunshine 프로젝트의 일환으로서 1983년부터 정부에서 수조원을 지원하여 2톤/일급 설비로부

터 1997년에 200톤/일급 IGCC 시험플랜트에 대한 가동을 마쳤고, 200톤/일급 시험플랜트 건설에 소요되는 90%의 비용을 정부에서 지원하였다.

그리고 그동안 자체기술로 개발하여 온 가스화기술(MHI공정)을 일본 업체들의 설계와 제작을 거쳐 250MW급 석탄 IGCC 발전플랜트 건설에 소요되는 사업비 중에서 정부로부터 1/3 보조를 받아 2004년부터 건설하여 2008년부터 가동되고 있다.

현재 2,000시간 연속운전에 성공하여 일본 고유가스화기술의 확보에 성공한 것으로 판단된다. 또한 이 가스화기술(MHI공정)은 호주정부가 추진하고 있는 CCS연계 IGCC 플랜트인 ZeroGen 프로젝트의 가스화공정으로 채택되어 일본가스화기술의 첫 번째 해외진출을 이룩하였다.

라. 중국

중국은 Agenda 21 계획을 통하여 IGCC를 가장 중요한 기술항목으로 정하고 있으며, 이미 1994년도에 6개 정부기관으로 IGCC 운영위원회를 구성한 바 있다.

중국의 2007년도 발전용량은 713GW이며, 이중 석탄이용 발전이 75%를 차지하고 있다. 이러한 현실을 배경으로, 중국은 고효율 석탄이용 발전과 CO₂저감을 위해 CCS와 연계된 IGCC 플랜트인 GreenGen 프로젝트를 시작하였다. GreenGen 프로젝트는 2006년부터 2015년까지 3단계로 나누어져 있으며, 1단계에서는 250MW IGCC 플랜트 건설을 목표로 하고 있으며, 2단계에서는 IGCC와 Poly-Generation R&D 기술을 증가시키는 것을 목표로 하며, 3단계에서는 GreenGen 실증사업을 시작하는 것을 목표로 하고 있다.

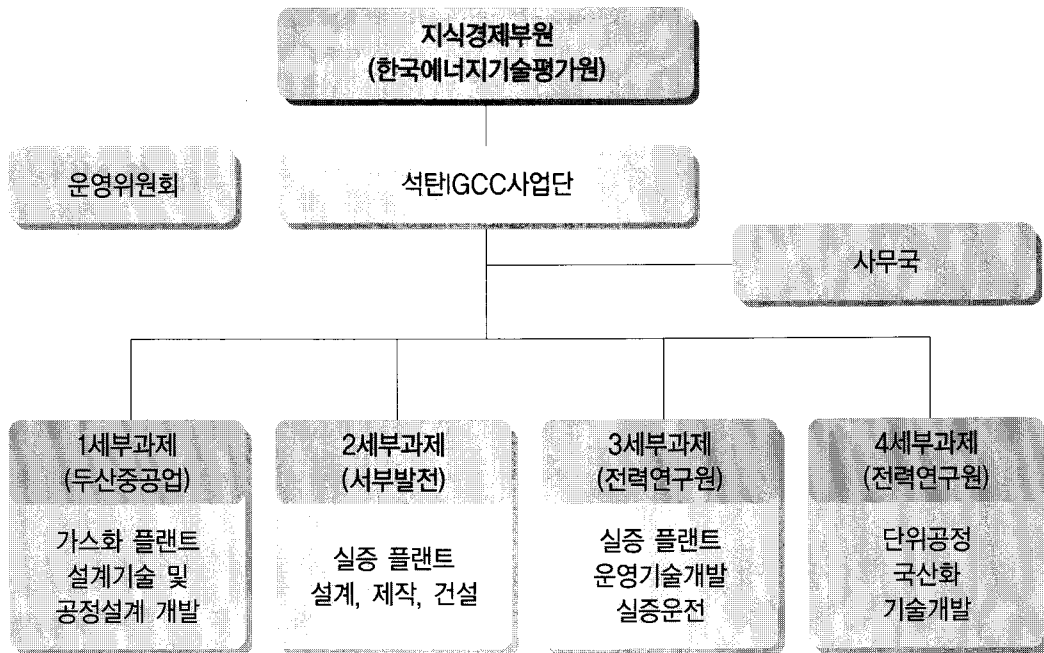
지난 2009년 7월 중국 독자기술의 가스화공정을 사용한 GreenGen IGCC 플랜트가 착공되었다. 이는 향후 석탄이용 발전의 전형이 될 것으로 기대되는 CCS 연계 IGCC 플랜트에서 중국이 실질적인 진전을 이루었음을 의미한다.

마. 국내

국내의 경우 석탄가스화 복합발전 기술개발은 G7사업 및 대체에너지기술개발사업 등을 통해 연구소 중심의 기초연구가 수행되었으나, 투자환경의 열세로 인하여 대규모 실증사업보다는 주로 기반기술 및 벤치급(1~3톤/일급) 설비의 설계, 건설 및 운전기술 개발이 중점적으로 추진되어 왔다.

2002년까지는 주로 석탄을 이용하여 양질의 합성가스를 제조하는 분야에 대한 연구를 주로 진행하였으나, 2003년부터는 안정적인 연속운전 기술 개발과 함께 소규모이지만 생산된 합성가스를 이용하여 전기 생산을 실증하는 합성가스 활용에 대한 연구도 진행하고 있다.

2006년 12월, 정부의 신재생에너지 발전량 7% 정책목표 달성과 전력수급기본 계획 300MW CCT 1호기의 준공계획을 실행하고, 한국형 IGCC 실용화 사업(8년)의 성공적인 관리를 위해 석탄IGCC사업단(지식경제부, 한국에너지기술평가원)이 발족하였다.



[그림 2] 석탄 IGCC 사업단의 구성도

한국형 IGCC 실용화 사업은 정부 및 7개 참여기업이 예산을 지원하고, 산업계, 학계 및 연구기관 등 20여 기관이 컨소시엄으로 참여하는 일괄 프로세스의 프로젝트형 사업으로 ▲ 실증가스화 플랜트 설계기술 개발(두산중공업) ▲ 300MW급 실증 IGCC 플랜트 종합설계, 제작 및 건설(서부발전) ▲ 실증 IGCC 플랜트 운영기술 개발(한전전력연구원) ▲ 300MW급 실증플랜트를 위한 테스트-베드(Test-Bed)구축 및 단위 공정 국산화 기술 개발(한국전력연구원) 등 4개의 세부과제로 구성되어 있다. 또한 향후 기술개발 추이를 감안하여 석탄액화(CTL)기술 및 이산화탄소 분리저장(CCS) 기술 등으로 확대 추진할 계획이다.

2008년 10월에 한국서부발전(그림 2 : 2세부과제수행기관)은 태안발전소에 건설될 우리나라의 첫 번째 IGCC 플랜트의 가스화공정으로 네덜란드 Shell사의 Shell Coal Gasification Process를 선정하였다. 2009년 현재 Shell사로부터 가스화 및 정제 공정에 대한 기본설계자료를 넘겨받아 IGCC 플랜트에 대한 엔지니어링 작업을 수행 중에 있다. 두산중공업(1세부과제수행기관)은 Shell사로부터 제공받은 기본설계 자료를 바탕으로 가스화플랜트의 FEED(Front End Engineering Design) 작업을 진행 중에 있으며, 가스화기, 합성가스 냉각기, 연결덕트 등과 같은 가스화플랜트의 핵심설비에 대한 Authorized Vendor 자격을 획득하기 위한 일련의 작업도 병행하여 추진하고 있다.

3. 전망

국내적으로는, 기후변화협약에 따른 온실가스감축 부담과 신재생에너지 보급목표(2012년 총발전량의 7%)의 달성을 위해, 중장기적으로 국내에 300MW급 IGCC 발전소 10기(3000MW) 건설을 목표로 하고 있

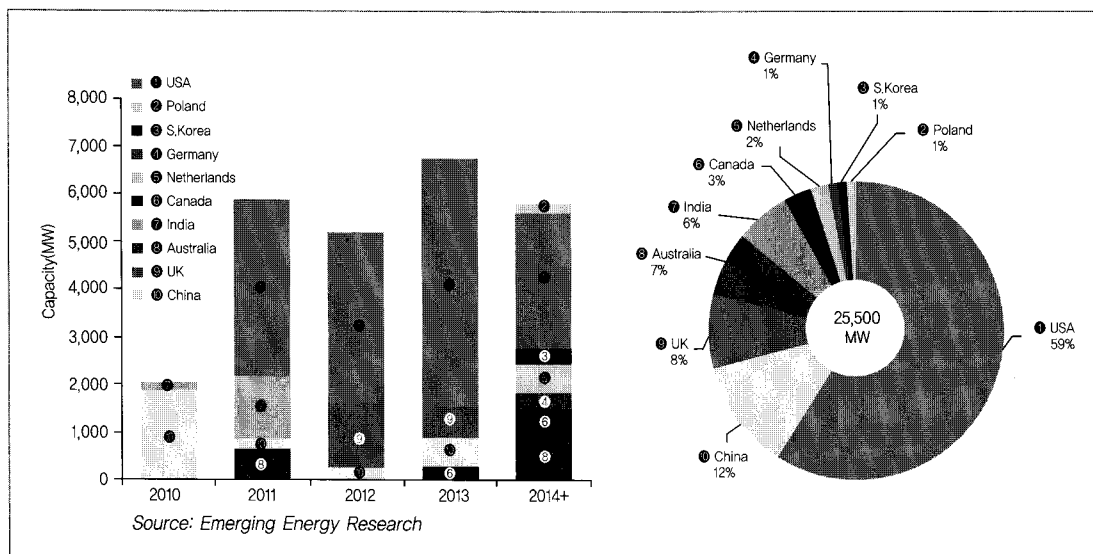
다. 2010년 이후 IGCC 발전이 미국, 일본, 한국 등을 중심으로 기존 화력발전을 대체할 것으로 예상된다.

전 세계적으로 가동 중인 가스화 플랜트는 총 117개(가스화기: 385개, 2004년 기준)이며 총 용량은 45,000MWth(열량으로 환산한 등가용량)이다. 이들 플랜트에서 사용 중인 연료는 석탄이 49%, 중질잔사유 36% 및 기타 15%로 구성되어있다. 이들로부터 화학원료 37%, 합성석유 36%, 전기 19%를 생산하고 있다. 세계적으로 가스화를 통한 합성가스 생산량이 급증하고 있는 추세인데, 전체 합성가스 생산량 중 석탄과 중질잔사유의 가스화에 의한 생산량이 대부분을 차지하고 있다. 석탄 가스화 플랜트 공정의 신뢰도가 80% 이상으로 여러 곳에서 실증 확인됨에 따라 2000년부터 급격히 대형 플랜트의 건설이 증가하였으며, 2010년까지 전 세계 합성가스의 생산원료 중 석탄이 가장 클 것으로 예상된다.

여러 선진국들이 많은 자금을 '80년대 초반부터 투자하였음에도 불구하고, 아직까지 상용화가 지연되고 있는 것은, 기술적으로는 각 기술을 시스템으로 연결시키는데 따른 어려움과 고체 시료를 용융상태에서 처리 취급함에 따른 열교환지수 등 운전자료의 부족과 LNG 발전이나 기존 석탄발전에 비교하여 건설비가 높았던 것이 그 이유이다. 그러나 온실가스의 증가 등 환경 대책의 일환으로 석탄 가스화 플랜트에 대한 건설이 증가하고 있다.

세계적으로 IGCC(석탄가스화 복합발전) 시장의 경우에는 향후 기술개발 결과에 따라 선진국의 몇몇 업체들에 의한 독과점 성격을 가질 수 있으며, 전력수요 증가, 석탄이용 지속 등으로 IGCC산업의 고성장이 예상되고 있다.

현재 전 세계적으로 14기의 IGCC 플랜트(4,000MW)가 운전중이며, '14년까지는 약 50기 25,500MW의 IGCC 플랜트가 건설 혹은 추진 중에 있다. 지속적으로 강화되는 환경규제 및 기후변화협약, 아시아지역의 경제성장, 노후석탄발전 대체설비 필요 등을 고려할 때 2030년경 약 250,000MW(약 8,300억불)의 거대 시장이 형성될 것으로 전망된다. KEA



[그림 3] 전 세계에서 계획(진행중)인 IGCC 건설사업 현황