



한국서부발전 태안 300MW IGCC Plant 건설 및 운전 현황



김대성
한국서부발전(주) 건설기술실 차장

1. 개황

2013년도 EIA¹⁾보고서에 따르면 세계적으로 전력 생산을 위한 연료원 중 석탄이 차지하는 비중이 2010년 40%에서 2040년에도 36%로 여전히 중요한

에너지원으로 사용될 것으로 예상되고 있다. 특히 석탄은 원유와 가스 같은 타 연료에 비해 가체 매장량이 풍부하고 가격변동이 크지 않아 발전용 연료로 수요가 계속 증가될 것으로 전망된다. 그러나 석탄을 연소할 때 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)이 발

1) EIA(Energy Information Administration): 미국 에너지정보청으로 매년 세계에너지 전망에 대한 보고서를 작성하고 있다.

생되고 최근 온실가스의 원인물질로 주목받고 있는 이산화탄소(CO₂)의 배출이 타 발전원 보다 상대적으로 많이 배출되는 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 각국은 청정 석탄 활용기술 중 하나인 석탄가스화복합발전(IGCC) 기술의 상용화 및 수출전략 산업 육성을 위해 정부와 민간이 공동으로 장기적인 전략수립을 바탕으로 기술개발에 박차를 가하고 있다. 현재 운전중인 IGCC 플랜트는 미국을 비롯하여 스페인, 독일, 일본, 중국을 중심으로 자체 기술을 개발 및 보유하고 있으나, 플랜트 가동률(availability)은 80~85% 수준으로 이를 90% 이상으로 향상시키기 위해 차세대 IGCC 용 가스터빈 기술개발과 단위공정 개발이 다양하게 추진되고 있다. 표 1에서 알 수 있듯이 세계적으로 2012년 기준 가동 중인 석탄가스화 플랜트 수는 2007년 대비 약 12% 증가하였고, 총 용량은 약 9% 증가하였다.

[표 1] 가스화시장 증가 추이(GTC 2012 워크숍)

구분		2007년	2012년	비고
플랜트		142	159	12%
가스화기		420	435	4%
용량(MWth)		56,000	61,000	9%
연료	석탄	55%	61%	-
	기타	32%	29%	-
생산물	화공물질	44%	52%	-
	액체연료	30%	28%	-
	전기	18%	13%	-

2. 기술특성

IGCC는 석탄을 증기 및 산소와 함께 고온고압의

가스화기에서 반응시켜 일산화탄소(CO)와 수소(H₂)가 주성분인 합성가스를 제조하고 가스터빈을 구동해 발전을 한다.

또한 가스화 반응열과 가스터빈 배열을 이용해 증기를 생산하고 증기터빈을 구동해 발전을 하는 복합발전 기술이다. 이처럼 생산된 합성가스를 가스터빈에 사용하기 위해 가스터빈 연소 전 오염물질 제거로 기존 미분탄 화력 발전방식에 비해 배가스 중 황산화물과 질소 산화물 및 먼지의 배출을 현격하게 줄일 수 있다.

특히 발전효율을 고려할 경우 평균 2% 정도 효율이 높아 동일한 전력생산을 위한 연료공급량이 줄어들기 때문에 지구온난화 가스인 이산화탄소의 배출량이 적다. 또한 합성가스 중 일산화탄소(CO)는 수성가스화반응(WGS)²⁾을 통해 수소로 치환이 가능하고 이때 발생하는 고농도의 이산화탄소(CO₂)는 별도 분리하여 제거가 가능하여 향후 이산화탄소 저감에 용이한 기술로 각광받고 있다.

IGCC 시스템에서 핵심기술은 가스화 기술로서, 가스화 공정에서 생산한 합성가스를 추가로 개질하여 석탄액화(CTL)³⁾, 합성천연가스(SNG)⁴⁾, 각종 화학원료 및 수소 등의 제조에 사용될 수 있으므로 고유가 상황에서 수소경제 시대가 올 때까지 석유, 천연가스와 같은 연료를 대체할 수 있는 중기적 대안으로써 기술개발 상용화가 추진되고 있다.

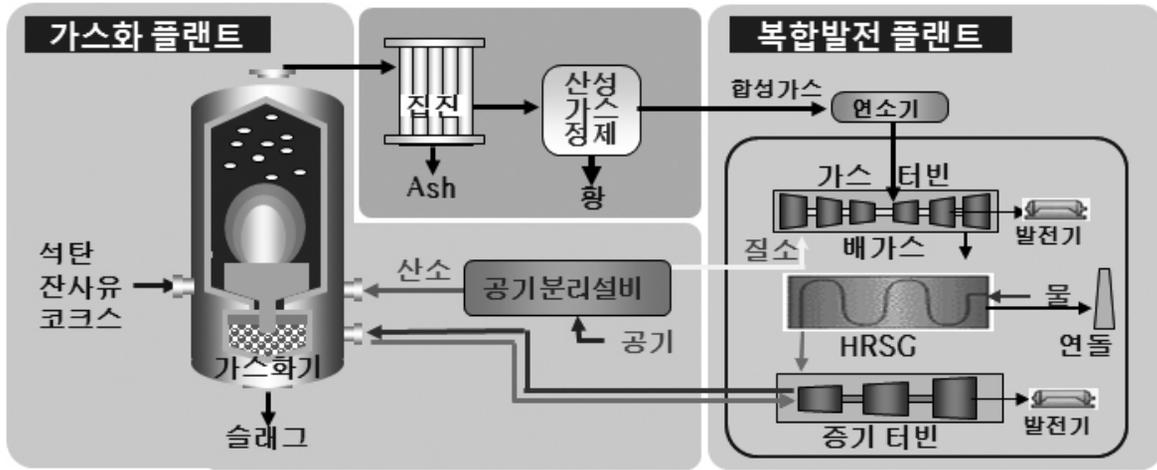
가스화플랜트 운영과 관련해서 미국에서는 2013년 6월부터 600MW급 Edwardsport IGCC가 운전되고 있으며, 석유생산과 관련하여 남아공에서도 SA-SOL 공정이 오래 전부터 운영되고 있고, 중국에서도 액체연료 생산 플랜트 기술을 개발하고 있다.

이렇듯 IGCC 가스화기술은 다양한 분야로 연계 및 확장이 가능한 미래 청정석탄 이용기술로 기대,

2) WGS(Water Gas Shift) : 일산화탄소와 물이 반응하여 수소와 이산화탄소로 변환하는 반응

3) CTL(Coal To Liquid) : 석탄을 가스화한 후 경유와 같은 액체 수송연료를 만드는 기술

4) SNG(Synthetic Natural Gas) : 석탄을 가스화한 후 메탄화 공정을 통해 메탄이 주성분인 가스연료



[그림 1] 석탄가스화 복합발전 계통 구성도

화공, 전기, 소재 등 산업전반의 종합 엔지니어링 플랜트 기술로 해외 수출산업화가 가능한 기술이다. 기존 IGCC 기술이 CO₂ 대응기술로 발전되어 무공해 석탄화력 발전기술로 완성되는 2020년 전후를 변곡점으로 시장크기가 확대될 것으로 예상되며, 향후 IGCC 건설비용을 효율적으로 저감시키는 기술개발과 관련하여 원천기술 보유가 시장지배력 확보에 중요한 요소가 될 전망이다.

향후 IGCC 플랜트에 1,500℃ 이상의 고온형 가스터빈을 적용하게 되면 발전효율을 48~50%까지 끌어올릴 수 있을 것으로 기대되며, 현재 발전효율, 건설단가 및 발전단가 등을 고려할 때 기술 수준면에서 다소 불리한 측면이 있다. 그러나 향후 건설기수 증가 및 가스터빈 용량 증가에 따른 건설단가 저감과 배출권거래제 또는 탄소세 적용 시 경제성의 우위가 가능하다.

따라서 석탄을 기반으로 하는 발전원 측면에서 단기적으로는 초초임계압(USC)⁵⁾의 비중을, 장기적으로는 IGCC의 비중을 서서히 늘려가는 정책을 세워

포트폴리오를 구성해 나가는 것이 바람직하다고 판단된다.

3. 기술개발 및 건설현황

한국서부발전은 정부의 신재생에너지 확대 정책 및 기후변화협약의 능동적인 대처를 위해 IGCC 설계, 제작, 운영기술의 조기 확보를 목표로 'IGCC 실증플랜트 기술개발사업'을 국책연구과제로 진행하고 있다. 현재 IGCC 기술개발 1단계 사업(2006. 12 ~ 2010. 4)은 종료되었고, 2단계(2011. 2 ~ 2016. 11) 사업을 추진 중에 있다. 이와 관련된 IGCC 기술개발 1단계 주요추진 사항으로 기술자립 및 경제성 측면에서 우수한 가스화공정 선정을 위해 체계적인 절차를 수립하여 진행하였다.

이를 위한 첫 번째 단계로 가스화플랜트 공정사 선정계획을 확정하고 제안입찰 요청서를 4개 업체(Phillips 66, GE, Shell, Uhde)에 송부하여 최종적으

5) USC(Ultra Super Critical) : 기존의 초임계압 석탄화력발전소에 비해 증기압력과 온도를 증가시켜 발전효율을 개선하고 CO₂ 배출 저감이 가능한 대용량, 고효율 친환경 석탄화력 발전기술

구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
주요 공정	1단계 착수	가스화 공정서 선정	가스화플랜트 공정설계	1단계 종료	2단계 착수	착공	복합발전 착공	가스화기 설치	스팀터빈 설치	시운전 준공	사업 종료
	'06.12	'08.10	'09.10	'10.4	'11.2	'11.11	'12.10	'13.8	'14.2	'15.5	'16.11
단계별 목표	1단계 실증플랜트 설계 및 요소기술개발					2단계 IGCC 실증플랜트 건설, 플랜트 성능향상					

[그림 2] IGCC 기술개발 단계별 주요 공정(Milestone)

로 2개 업체가 응찰하였다. 가스화기 공정사 평가 항목으로는 경제성 평가와 기술성 평가에 대해 평가하였으며, 기술성 평가는 기술개발의 개량 목표인 발전 효율, 환경성에 초점을 두고 비교 평가를 실시하였다. 평가 결과 세계 최초로 상용급 IGCC 발전소를 건설하여 운영하고 있으며, 타 공정에 비해 효율이 높고 운전 유지성이 탁월한 Shell 가스화공정이 채택되었다.

또한 가스화플랜트 핵심 기자재에 대한 제작기술 이전조건으로 발주한 본 계약을 통해 국내 제작사가 Shell사의 독점적 품질 유자격업체(Qualified Vendor)로서 자격을 확보함에 따라 향후 설비 국산화율 향상 및 해외 플랜트 수출에도 크게 기여할 것으로 예상된다.

현재는 IGCC 기술개발 2단계로 지난 2011년 11월에 가스화플랜트 착공식을 시작으로 2013년 10월 가스화플랜트 철골설치공사, 산소 및 복합발전 기초공사가 진행 중이다. 향후 2014년 수전 및 시운전을 착수하여 2015년 상업운전을 개시한 후 1년간 실증운전을 거쳐 2016년 11월 종합 준공하는 일정으로 추진될 예정이다. 2013년 9월 기준 IGCC 건설공사 종합 공정율은 56%로 가스화플랜트 분야는 핵심 기자재 중 가스화기를 설치하였고 가스화기 냉각기 등 주요설비를 올해 말까지 완료할 예정이다. 산소플랜트는 기초공사와 주요 매설배관 설치를 시작으로 2014년 7월까지 설치를 완료하여 11월부터 시험가동할 예정이다.

또한 복합발전플랜트의 경우는 냉각수 취·배수관

로 배관공사를 진행 중이며 2014년 2월에 증기터빈 설치, 2015년 5월에 합성가스 연소시험을 진행할 예정이다.

국내 최초로 건설되는 IGCC 실증플랜트 사업의 최적설계 및 운영을 위해 가스화플랜트 상세설계 시 3차원 모델(3D model)을 통한 설계 간섭 및 설계적 정성 검토를 사전에 실시하였다. 특히 현 Shell 가스화기 공정이 적용된 중국의 19개 플랜트 운영에 대한 최신 선진 사례 168건을 분석하여 146건을 설계분야에 반영하였고 최신 운영기술 접목을 위해 노력하였다. 또한 IGCC 합성가스의 폭발성, 유독성 특성을 감안하여 화공플랜트와 유사한 안전 설비로 건설하기 위해 유해화학물질 및 위험물에 대한 안전대책을 수립하는 등 실증플랜트 공정 안전 확보에 만전을 기하고 있다.

IGCC 전문 인력양성을 위해 설계분야 제1차(Shell사) 및 2차(Worley Parsons사) 교육을 시행하였으며, 현재 제3차(Jacobs사) 설계교육을 시행 중에 있다. 또한 무결점 시운전을 위해 가스화플랜트 시운전 인력교육을 Shell사에서 시행 중에 있으며, 복합발전플랜트 및 산소플랜트 분야의 시운전교육도 단계적으로 시행할 예정이다.

4. 향후 계획

앞서 언급했듯이 석탄은 가재 매장량이 풍부하고 공급 안정성이 우수하여 발전용 연료로 수요가 계속



[그림 3] 태안 IGCC 실증플랜트 조감도

증가될 것으로 전망된다. 또한, 셰일가스과 관련하여 에너지소비 최대국인 미국, 중국은 매장량이 많아 가스사용을 확대할 경우 오히려 국제 석탄가격의 하락이 예상되며 청정석탄 기술개발 기초는 큰 변화가 없을 것으로 전망된다. 전 세계적으로 IGCC 기술은 상업화 초기단계에 있어 기존의 미분탄 석탄 화력에 비해 현 단계에서는 경제성이 다소 낮은 상태이다. 그러나 IGCC 실증설비의 건설경험을 토대로 설계·제작 기술 자립 및 설비 개선을 통한 후속 호기 건설 시 경제성 개선의 토대를 구축할 수 있고, 향후 다수 호기 건설에 따른 건설단가의 저감 및 기후변화협약과 연계된 온실가스 저감 기술의 도입이 현실화 될 경우 기존 석탄화력 대비 경제성이 높아질 것으로 예상된다.

태안 IGCC 사업 이외에 석탄가스화 기술개발 관

련 프로젝트를 살펴보면 현재 국내 고유 가스화기 개발의 일환으로 20톤/일급 석탄가스화 Test-bed가 구축되고 있으며, 향후 태안 IGCC의 고가 소모성 자재에 대한 국산화 및 Trouble-shooting을 위해 이용될 예정이다.

포스코는 석탄가스화 SNG 2기를 2011년 6월에 착공하여 2014년 12월에 준공할 예정이며, SK에너지는 2010년부터 미국의 KBR사와 유동층 석탄 가스화기술 공동개발을 추진 중이다. 한국남부발전(주)에서도 복합화력용 SNG 생산을 위해 사업타당성 분석 등 관련 업무를 추진하고 있고, KEPCO와 독일 Uhde사는 2011년 7월 Joint Venture를 설립하고 SNG 분야의 엔지니어링 및 R&D 등에 대한 글로벌 사업을 추진 중에 있다.

한국서부발전은 태안 IGCC 발전소의 원활한 운영

을 위해 대기환경보전법에 배출시설 분류와 배출시설 허용기준을 신설하였으며, 가스화기에서 발생하는 가칭 석탄슬래그의 재활용을 위한 제도 개선이 진행되고 있다.

또한, 태안 IGCC 실증플랜트 운영과 관련하여 2013년 9월 시운전실을 구성하였고 시운전 단계(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)에 따라 추가적으로 배치할 계획이다.

이와함께, 향후 태안 IGCC 상업운전 시 경제적인 운영을 위해 정부의 정책적 제도가 필요한 만큼 외부

전문기관 용역을 통해 IGCC 발전원가 산정과 IGCC 발전기에 적용할 전력거래 제도 분석 등으로 IGCC 실증사업의 경제적 운영 방안을 검토해 나갈 예정이다. 국내 최초의 태안 IGCC 실증플랜트 건설사업은 IGCC 기술의 조기 습득과 한국형 IGCC 플랜트의 종합설계 및 기자재 기술규격 확정은 물론 국내 가스화 플랜트 관련 산업 육성과 기후변화와 관련된 CO₂ 포집 및 저장 기술개발을 위한 차세대 에너지기술개발의 전진기지로 활용할 수 있을 전망이다. 