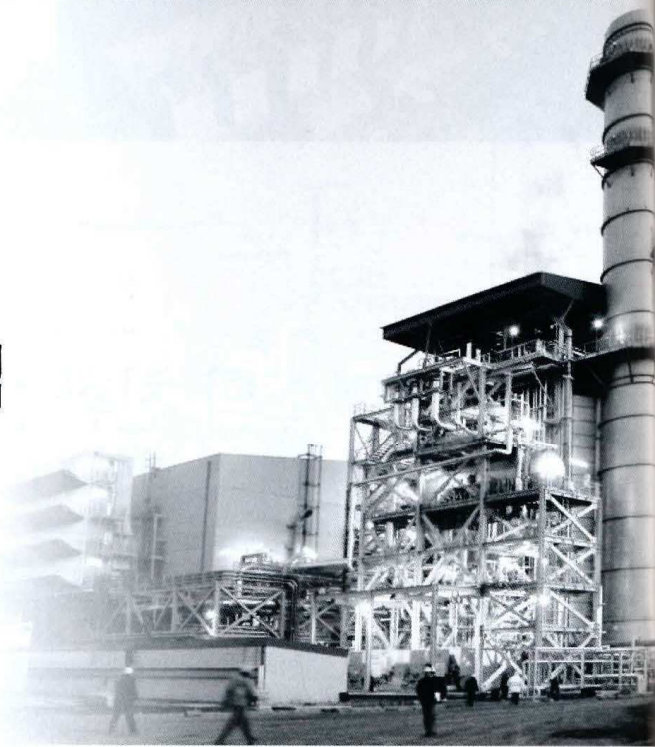


석탄의 새로운 가치, CO₂ 잡는 대형 플랜트산업

- 석탄가스화복합발전(IGCC)의 기술 특성과 국내외 사업 현황 -

차세대 복합발전은 궁극적으로 기존 화력발전이 오염물질 배출이 많아 최대한 이를 줄이는데 그 목적이 있다. 이러한 목적에 가장 부합하는 것이 석탄가스화복합발전(IGCC)이다. 그래서 선진국을 중심으로 활발하게 연구가 진행되는 분야다. IGCC 기술이 어디까지 왔으며 전 세계의 프로젝트는 어떻게 진행되고 있는지 알아본다. <편집자주>



윤용승 / 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

1. IGCC 기술 및 산업의 특성

IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle)는 석탄을 고온고압에서 가스화 시켜서 일산화탄소와 수소가 주성분인 합성가스를 만든 다음에 복합발전을 통하여 전기를 생산하는 복합 플랜트엔지니어링 기술이다. IGCC의 기반기술인 가스화는 공해물질이 될 수 있는 석탄에 포함된 S와 N 성분을 SO_x와 NO_x 대신에 유황/황산과 비료원료인 암모니아로 생산하고 CO₂ 포집에 유리한 장점이 있다. 국내 석탄발전 설비와 환경성능을 비교한 <표 1>을 보면 환경 측면에서 IGCC가 우수함을 볼 수 있다. 이러한 장점이 있는 반면에, 전체 시스템으로 연계된 IGCC 시스템에서는 아직 가용성(availability)과 건설단가, 운전비용 측면에서 지난 60년 이상 발전되어온 기존의 미분탄연소발전 기술에 비하여 개선될 부분이 많다.

기존 석탄화력발전기술을 대체할 차세대 신석탄기술에는 석탄가스화복합발전(IGCC), 가압 유동층연소기술(PFBC: Pressurized Fluidized Bed Combustion), 초초임계(USC: Ultra Supercritical)기술이 있는데, PFBC 방식은 유럽에서 상당한 기간 동안 기술이 개발되어 왔지만 구매하는 시장이 없어서 유럽에서는 기술을 포기한 상태이며 일본만이 일본정부 지원으로 자체기술화가 진행되고 있다.

PBFC와 USC기술은 CO₂가 최종 결과물인 연소방식에 의해 반응이 진행되고 질소가 79% 함유된 공기를 사용하게 되므로 농축된 CO₂가 요구되는 이산화탄소 포집 및 저장(CCS: Carbon Capture & Storage) 측면에서는 IGCC보다 불리한 측면이 있다. 차세대 석탄화력발전소 기술은 IGCC와 USC가 대세이고 CO₂ 규제가 본격화되기 이전에는 USC가 설비 규모와 건설단가 측면에서 IGCC 대비 유리하다.

IGCC는 원리적으로 기존 연소에 근간한 미분탄연소발전 방식에 비해서 CO₂에 대응하기가 유리하다. 그 이유는 크게 2가지인데,

<표 1> 석탄연소 발전설비 대비 IGCC의 환경성능 비교 [1]

오염물질	국내 배출규제치	보령화력 (500 MW)		IGCC		CFBC
	2005년 이후 (신규설비)	PC	PC+ FGD	Buggenum 250MW	Wabash 260MW	동해 200MW
SO _x (ppm)	80	502	150	15	6	180
NO _x (ppm)	80	227	200	60	31	250
분진 (mg/Sm ³)	30	176	40	1.4	6.4	40

〈표 2〉 석탄화력 대비 IGCC의 발전효율[1]

출처	석탄화력			IGCC		
	아임계	초임계	초초임계	GE	코노코필립스	Shell
NETL *	36.8%	39.1%	-	38.2%	39.3%	41.1%
MIT **	33~37%	37~42%	42~45%	40% 내외		

*NETL: National Energy Technology Lab., **MIT: Massachusetts Institute of Technology

IGCC가 고압에서 운영되기 때문이고 합성가스를 수소와 CO₂가 주성분인 상태로 전환이 비교적 쉽기 때문이다. IGCC는 25~50bar의 고압에서 운영되므로 CO₂를 포집하는데 물리적 용매 사용이 가능하다. 상압에서 운영되는 미분탄연소발전 방식은 압력차가 없어서 부득이 화학적 용매를 사용하여 CO₂를 흡수시키고 열을 가해서 탈착을 시켜야 한다. 이는 압력차에 의해서 작동되는 물리적 용매 대비 운영비용이 근원적으로 높을 수밖에 없다.

가스화에 의한 합성가스는 CO와 수소가 주성분이며 수첨(water-gas shift)반응을 통해서 CO가 수증기와 반응되어 수소와 CO₂로 변환이 가능하므로 최종적으로는 수소와 CO₂가 주성분인 가스를 만들 수 있다. 여기서 CO₂를 분리해서 고순도 CO₂를 생산할 수 있고 이를 운송해서 지하에 저장하던가 원유채굴에 활용할 수 있다.

현재 운영되고 있는 IGCC플랜트의 발전효율은 38~41% 수준으로 기존 석탄화력(아임계압 36.8%, 초임계압 39.1%)보다는 높은 수준이나, 2010년부터 한국에도 건설되는 차세대 발전기술 중 하나인 초초임계압(42~45%)과 비교해볼 때 설비 규모와 발전효율은 다소 낮은 수준이다 (〈표 2〉 참조).

위에 제시된 바와 같이 아직 기존기술 대비 신뢰도, 건설비 측면에서 불리한 점이 많은데 왜 굳이 IGCC 플랜트를 건설하려고 하는가라는 의문이 생기는데, 그 해답은 병산(poly-generation), CO₂ 발전효율에 있다. IGCC의 근간 기술인 가스화는 합성가스를 생산해서 전기를 포함한 화학원료 등 다양한 고부가가치 제품으로 만들 수 있고 조만간 가시화가 예견되는 CO₂ 저감에 대비하기에 유리하며 향후 20~30년 미래를 볼 때 IGCC의 발전효율이 50%대에 달할 것으로 예상되기 때문이다. 유가가 상승하면 석탄에서 천연합성가스, DME(Di-Methyl Ether), 메탄올 등을 전기 생산과 병산하여 이익률을 제고할 수 있고, 탄소세가 20~30불/CO₂톤 이상으로 가시화되면 기존 석탄화력플랜트 대비 건설비와 운영비 측면에서

오히려 저렴할 수 있다.

그리고 IGCC는 가스터빈과 스팀터빈이 연계된 복합발전을 적용하므로 가스터빈의 효율 상승이 그대로 IGCC 효율상승으로 이어지는데 20~30년 기간에 가스터빈 효율 상승이 크게 기대되기 때문이다. 대형 연료전기 기술까지 연계된다면 이론적으로는 IGCC 발전효율이 60%에 달한다.

장기적으로 IGCC 기술은 기후변화 대응과 수소경제 진입 등을 고려해서 청정합성연료(Clean-Synfuel) 기술, 차세대(Next-Gen) 발전기술, 이산화탄소 포집 및 저장(CCS, Carbon Capture & Storage) 기술 등과 같은 IGCC와 연계되는 플랜트 기술로서 중요도가 높다.

따라서 엔지니어링사와 건설사 입장에서는 1기가 5천 억~1조 원에 달하는 미래 플랜트시장으로서 매우 매력적인 부분이 있다. 즉, 지속적으로 강화되는 환경규제 및 기후협약 등을 고려할 때 IGCC 플랜트시장의 성장 가능성은 매우 크며 탄소세와 CO₂ 지하저장이 현실화될 것으로 예상되는 2020년 이후에 본격적으로 시장이 활성화될 것으로 예측되고 있다.

궁극적으로 석탄화력발전은 천연가스보다 더 청정한 전기 생산방식의 기술로 개발되고 발생된 CO₂는 100% 지하에 저장하여 향후 100~200년간 지하에 안정적으로 보관하는 방식으로 발전하게 된다. 석탄을 가스화 시켜서 수소와 CO₂만으로 구성된 합성가스를 제조하고 수소는 에너지원이나 화학산업 원료로 사용한 후 나머지 CO₂는 지하저장 하는 개념의 플랜트가 유럽연합 추세로 보아 2020~2030년 사이에는 상용 기술이 본격 보급되기 시작할 것으로 예상되고 있다.

2. IGCC 플랜트 시장 동향

2000년대 초반 하여도 전 세계적으로 상용급 석탄 가스화기 기술을 보유한 회사는 미국의 텍사코(현재의 GE에너지), 네델란드 쉘, 독일의 우데(Uhde)와 루르기 정도였다. 이러한 상황은 2000년대에 중국에서 상업용 규모 석탄가스화기를 미국과 유럽 기술을 도입하여 30기 이상을 건설 운영하는 실적에 힘입어, 이전에 석탄가스화 기술을 보유하였으나 사업을 포기하였던 회사들을 자극하여 시장에 재진입하게 하였다.

중국에서는 지난 10여년간 루르기사 석탄가스화기 2기, 쉘사 석탄가스화기 19기, GE에너지사 석탄가스



화기 10기를 제작 건설하였고 독일 지멘스사도 지난 2년 사이에 10여기를 수주하는 실적을 발표한 바 있다. 2009년에 예전 석탄 가스화기술 보유사였던 루르기사와 우데사가 다시 시장진입을 선언하였다. 이러한 중국의 석탄가스화기 대량 제작 건설에 의해서 IGCC플랜트의 핵심인 가스화 블록 이외의 설비는 여러 업체들로부터 재고품 구매(off-the-shelf)가 가능한 구매단계에 진입하고 있다. 따라서, 향후 건설비 저감 가능성이 높아졌다.

현재 석탄 가스화 플랜트 관련 세계시장은 미국의 GE에너지사와 Conoco-Phillips사, 네덜란드의 쉘사, 독일 지멘스사 등 주요 선진국의 회사들이 주도하고 있으며, 일본은 자체 기술력 확보를 통해 석탄 가스화 플랜트 시장에 진입하기 위하여 막대한 정부지원을 바탕으로 실증 플랜트를 건설 및 운전하는 프로젝트를 진행하고 있다. 국내에서는 서부발전이 태안에 300MW급 석탄IGCC 발전소 건설 프로젝트가 2011년부터 본격 건설이 시작되어 2015년말 완공 예정이다. 이외에 2009년부터 포스코와 SK이노베이션도 석탄가스화를 활용한 기술개발과 사업을 시작하였다.

IGCC 시장 동향을 요약하면 다음과 같다.

- 전력수요 증가, 석탄이용 지속, 기후변화 대응 CO₂ 저감 필요 증대로 IGCC 플랜트 시장 급성장 진행
 - 2030년 시장 예상규모 : 약 250 GW(약 8,300 억불)
 - 미국, 네델란드, 독일이 독과점. 현재 일본, 중국 가세
- 국내에서도 석탄 IGCC와 석탄가스화 SNG 플랜트 건설이 추진 중
 - 국내시장 규모 : 현재 2조원 2020년 5~7조원
 - 국내 중공업체, 에너지회사 IGCC 시장 참여 확대 중
- 국내 건설 예정인 석탄가스화 플랜트 설비/부품 국산화 시급
- 향후 기후변화협약 대비 IGCC+CCS연계가 핵심
 - CCS기술 개발시 신규 석탄화력발전 기술의 상당부분 담당

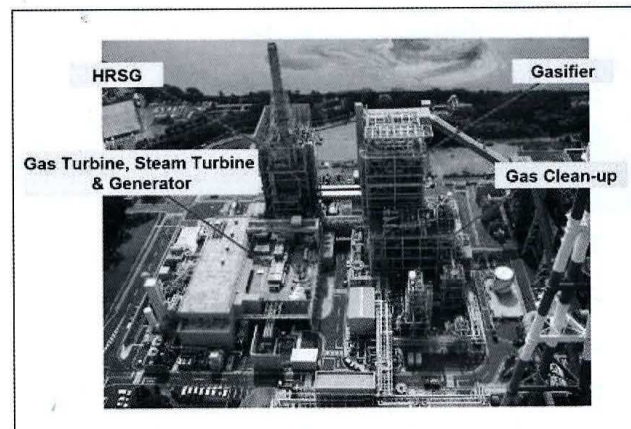
3. IGCC 국내외 플랜트 현황과 규모

세계시장의 규모를 2020년까지 보수적으로 잡아보면 석탄IGCC 발전소 20기, 석탄가스화 SNG플랜트

〈표 3〉 2010년 12월 제5차 전력수급기본계획에 반영된 국내 IGCC 건설 계획[2]

건설완료 연도	발전사	IGCC/CCT	규모 (MWe)
2015	서부발전	태안 IGCC	300
2017	남부발전	영남 IGCC	300
2019	중부발전	군장 IGCC	300

〈그림 1〉 일본 미쯔비중공업 2,000톤/일급 석탄IGCC 플랜트 전경[4].



5기, 석탄가스화 화학원료 생산플랜트 20기 정도로 추산되며 각 1기 평균 건설비용이 1조 원에 달하므로 총 25조 원(210억 불) 시장이다. 2020년 이후 탄소세가 정말 현실화한다면 그 이후에는 시장이 기하급수적으로 확대될 가능성이 높다. 이 경우 2020년 이후 연간 50~200억 불의 시장이 예상된다. 미국자료를 기준으로 산정해보면 건설비용이 kW당 3,300불까지 달하고 있으므로 2030년경에 8,300억 불의 큰 시장 규모가 형성될 수 있을 것으로도 예상된다.

기후변화협약에 따른 온실가스감축 부담과 신재생 에너지 보급목표 달성을 위해 중장기적으로 국내에서도 300MW급 석탄IGCC 발전소 5~10기의 건설 수요가 예상된다. 2010년 12월에 발표된 정부의 제5차 전력수급기본계획(2010~2024년)에 의하면 2022년까지 신재생에너지의무할당제(RPS)로 의무비율을 10%까지 신재생에너지로 대체하는 것을 목표로 하고 있으며, 이 목표를 달성하는데 IGCC 플랜트가 중요한 역할을 할 수 있다. 이 전력수급기본계획에 3기의 IGCC 플랜트 건설계획이 〈표 3〉과 같이 반영되어 있다.

전 세계에서 현재 운영 및 계획된 IGCC 플랜트 현황을 〈표 4〉에 요약하였다.

〈그림 1〉은 미쯔비중공업에서 운영 중인 250 MW 상용급 석탄 IGCC 발전소 전경을 보여주고 있다. 일본 석탄가스화기 자체기술 개발 프로그램의 시

〈표 4〉 전 세계 운영 및 계획 석탄 IGCC 플랜트 현황 (2011년 현재)[3]

플랜트	년도	국가	가스화기술	원료	석탄용량 (톤/일)	전력용량(MWe)
Polk County IGCC	1996	미국	GE	석탄, Petcoke	2,200	250
Buggenum IGCC	1994	네델란드	Shell	유연탄	2,000	253
Puertollano IGCC	1998	스페인	Uhde PRENFLO	석탄, Petcoke	2,600	335
Vresova IGCC	1996	체코	Lurgi Dry Ash	갈탄	2,040	350
Mesaba Energy	2013	미국	E-GAS	석탄	5,000	530
Nakoso IGCC	2007	일본	MHI Air-blown	석탄	1,700	250
Edwardsport IGCC	2011	미국	GE	석탄		630
PA Energy IGCC	2015	미국	Uhde PRENFLO	석탄		900
Genesee IGCC	2015	캐나다	Siemens SFG	석탄	500	270
Texas Clean Energy	2015	미국	Siemens SFG	석탄	4,000	400
Taylorville Energy	2013	미국	Siemens SFG	석탄	8,000	602
Nuon	2012	네델란드	Shell	석탄		
Powerfuel	2011	영국	Shell	석탄		900
Kemper IGCC	2016	미국	KBR Transport Reactor	석탄	13,800	583
Dongguan TMEP	2016	중국	KBR Transport Reactor	석탄		120
Taejan #1	2016	한국	Shell	석탄	2,600	300
Hangzhou Banshan	2012	중국	ECUST OMB	석탄		230

사점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 세계시장 확보를 위해 일본 통상성의 지원을 받아 20년 이상 투자한 결과 2008년에 300MW급 IGCC 자체기술을 보유하게 되었으며, 세계 기술추세인 산소 사용이 아닌 공기를 사용하는 독자방식을 고집하여 많은 시행오차를 겪은 후 실증에 성공하였다. 둘째, 10배씩의 기술 scale-up을 진행하였고, 200톤/일과 2,000톤/일 규모 실증을 통하여 IGCC 기술 실증능력을 보유하게 되었다.

중국은 자체기술 개발에 앞서 외국기술을 도입하여 가스화 플랜트를 건설하여 운전 중인데, 석탄 합성가스를 암모니아가스로 합성하여 비료를 생산하거나 가공하여 화학원료로 사용하는 것이 주요 목적이다. 중국은 미국, 유럽의 선진 석탄가스화기술을 일단 10여기 이상씩을 자국에 건설하면서 설계와 제작의 상당부분을 자체기술로 흡수하여 자국 IGCC 플랜트에 대한 능력을 키워왔다.

현재 중국은 TPRI(Thermal Power Research Institute)와 ECUST(East China University of Science & Technology) 2곳에서 2,000톤/일급 자체 석탄가스화기술을 설계 제작할 수 있는 단계에 도달하여 2010년 이후 중국에 건설되는 상당부분의 석탄가스화기를 자체 공급하고 있다.

〈그림 2〉는 TPRI가스화기를 적용한 300MW급 석탄 IGCC 발전소인 GreenGen 플랜트의 2010년 10월 건설현장 사진을 보여주고 있다.

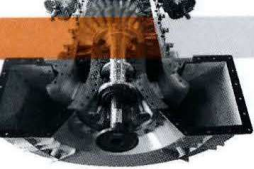
호주는 석탄 수출이 감소할 가능성을 타개키 위한 CCS 기술 실증의 필요성을 호주 정부와 호주 석탄업계가 공동으로 인지하고 호주 내에 CCS 실증 플랜트를 건설 운영기로 결정하여 IGCC와 CCS가 연계된 ZeroGen 프로젝트를 출범시켰다. 전 세계적으로 석탄 발전이 CO₂ 발생량의 30% 정도를 차지하는데 CO₂ 대처기술이 제공되지 않으면 석탄 사용량의 감소가 예상되므로, 석탄수출국인 호주는 이를 극복하기 위한 방

안으로 ZeroGen 프로젝트를 추진기로 한 것이다.

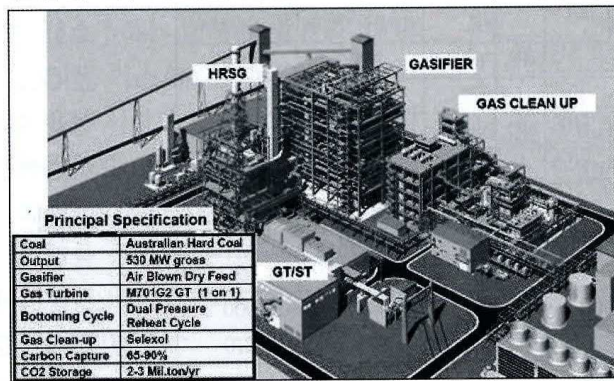
미국 FutureGen 프로젝트가 수소 분리 등 신기술 개발부분을 제외시키고 CO₂ 지하저장 (CCS) 부분만 정부지원을 하기로 2008년 1월 조정하기로 한 이후, 호주 ZeroGen 프로젝트도 1, 2단계로 구분하여 추진기로 2008년 3월 결정된 바 있다. ZeroGen 프로젝트의 초기 계획은 100 MW급 석탄가스화 + 가스 터빈 발전 + 42만톤 CO₂/년 저장의 내용이었다가 미국 FutureGen 프로젝트가 건설비의 큰 증가에 의해 지연되는 사정과 마찬가지로 1, 2단계로 구분하여 1 단계에서는 기존 석탄 IGCC기술과 CCS에만 집중하기로 조정되었다. 현재 GreenGen 프로젝트(그림 3 참조)는 일본 미쯔비시중공업사가 기술을 제공하고

〈그림 2〉 중국 300 MW급 IGCC 프로젝트인 GreenGen 플랜트 건설 사진[5]





〈그림 3〉 호주 ZeroGen 플랜트 조감도 및 기술 spec.[7]



건설을 담당하도록 2009년도에 계약되었다. 원래 네델란드 쉘사가 계약기로 한 프로젝트였지만 일본 미쓰비시중공업이 자체 4억 불을 투자하고 기술보증을 하기로 함에 따라 2009년도에 일본기술로 변경된 경우이다.

4. 상용급 기술보유사 현황

IGCC 플랜트의 주요 설비 중에서 석탄가스화 공정기술을 보유하고 있는지의 여부가 전체 플랜트 기술공급의 열쇠인데, 현재 상용(석탄 2,000톤/일급 이상) 규모 석탄가스화 기술을 보유하고 있는 곳은 미국의 GE社와 Conoco-Phillips社, 유럽에서는 Shell社와 Siemens社, Uhde社, 일본에서는 미쓰비시중공업이고, 중국은 해외기술을 접목시켜 2009년도부터 자체 기술로 2,000톤/일급 규모 석탄가스화기를 건설하고 있다. 현재 상용급 석탄가스화기 기술을 보유한 업체들의 명단은 〈표 5〉와 같다.

세계적 IGCC 프로젝트를 담당하는 기술사의 선정은 석탄가스화 기술보유사가 주도하고 있고, 석탄액화와 합성 천연가스 생산 등 다방면에 공통적으로 적용하는 기술이기 때문에 고유한 석탄가스화 기술의 보유는 플랜트 1기 건설비가 4~10억불에 달하는 향후 세계 석탄가스화 플랜트시장에서의 경쟁력 확보에 필수적이다.

세계적으로 석탄가스화 복합발전 시장의 경우에는 향후 기술개발 결과에 따라 선진국의 몇몇 업체들에 의한 과점 성격을 가질 수 있으며, 지속적으로 강화되는 환경규제 및 기후협약 등을 고려할 때 성장성이 크다고 할 수 있겠다.

5. CO₂ 대응 IGCC의 CCS 연계 현황

전 세계 산업부문에서 발생하는 CO₂ 중에서 전력생산 과정에서 약 30%가 발생하는데 석탄화력이 가장 큰 발생원이다. 따라서, CO₂의 감축문제를 논의하면서 석탄화력발전소에 의한 CO₂

문제는 가장 먼저 부각되는 대상이 될 수밖에 없다. 2005년 국제에너지기구의 통계에 의하면, 전기를 생산하는데 사용되는 석탄의 비중은 각국 별로 차이가 있지만 우리가 익히 알고 있는 대부분의 나라들에서 30% 이상에 달한다. 한국은 그 비율이 31%이고 일본은 28%, 미국은 50%, 독일 57%, 인도는 70%, 중국

〈표 5〉 전세계 석탄가스화기 제공 가능 회사 및 기관 현황

국가	회사/기관	비 고
미국	GE에너지	이전 텍사코사 기술
	코노코-필립스	이전 DOW사 기술, 국내 POSCO 도입 예정기술
	KBR	120 MW급 실증추진, SK에너지사와 벤처투자회사 설립
	Gas Research Institute	유동층 석탄가스화, 미국 미영리연구기관
유럽연합	셸	서부발전 300 MW급 석탄GCC발전소 적용기술
	지멘스	이전 Future Energy사 기술
	우데	이전 플렌프로 석탄가스화기술, 2009년 영업 재개
	루르기	Air Liquide 그룹이 인수, 2009년 영업 재개
일본	미쓰비시중공업	공기사용 석탄가스화기술
	히다치중공업	현재 150톤/일급, 1,000톤/일급 실증 추진
중국	TPRI	熱工研究院有限公司
	ECUST	華東理工大學, East China Univ. of Sci. & Tech.

〈표 6〉 전 세계 IGCC+CCS 프로젝트 추진 현황 (2010년 3월 기준)[8]

국가	프로젝트명	위치	MWnet	가스화기술	석탄종류	비고 (CCS 등)
미국	HECA	California	250	GE Quench	미국서부유연탄, Petcoke	CO ₂ to EOR (석유층 저장)
	Duke	Indiana	630	GE Radiant	Indiana	DOE 제안서
	So. California Edison	Utah	500	미정	Western	자연
	Southern	Mississippi	500	KBR Air blown	Lignite	
	Tenaska	Taylorville, Illinois	500	GE Quench	Illinois	SNG+NGCC
	Summit Power (NowGen)	Texas	300	Siemens	미국서부저급탄, 갈탄	
	FutureFuels	Pennsylvania	250	중국 TPRI	무연탄	
영국	Hatfield	Yorkshire	800	Shell	Various	CO ₂ to EOR (석유층 저장)
	Centrica	Teesside	800	미정	Various	CO ₂ to EOR (석유층 저장)
네덜란드	Essent	Rotterdam	800	Shell	Various	CO ₂ to gas fields (천연가스층 저장)
	Nuon Magnum	Eemshaven	800	Shell	Various	CO ₂ to gas fields (천연가스층 저장)
독일	RWE	Goldenburg	350	미정	Brown coal	Saline aquifer (암염 대수층 저장)
호주	ZeroGen	Queensland	400	MHI Air blown	Queensland	Saline aquifer (암염 대수층 저장)
	Wandoan	Queensland	350	GE Radiant	Queensland	
중국	GreenGen	Tianjin	250	중국 TPRI	중국탄	2011년 시작

80%, 호주 82%이다. 미국과 인도, 중국, 호주는 자국 내에 석탄매장량이 풍부하여 석탄화력에 의한 전기생산 비중이 현저히 높다.

석탄 IGCC에 CCS를 연계시켜 CO₂를 저감하는 방향은 2020년을 기준으로 필연적으로 보이므로, CCS

에 관련된 기술개발과 국제협력에 전향적인 자세 변화가 필요한 시점이기도 하다. 전 세계적으로 CCS의 대규모 적용기술이 정립되는 시기를 대부분 2020년으로 보고 있는 이유는 2008년 일본 도야코 G8 정상회담에서 2020년까지 100만 ton -CO₂/년 규모인 CCS 20기 건설을 추진하겠다는 건의문을 채택하였기 때문이다.

〈표 6〉은 2010년도에 추진되고 있는 석탄 IGCC에 CCS를 연계하는 프로젝트 현황을 보여주고 있다.

2009년부터 석탄화력발전소에서 발생하는 CO₂를 포집하여 제거하는 노력이 가시화되고 있다. 미국 캘리포니아주는 이미 CO₂ 발생 기준을 제시하고 신규 석탄화력발전설비는 맞추도록 하고 있다. 이 기준은 1,100 lb-CO₂/MWh로서 CCS 측면에서는 발생하는 CO₂의 50%를 포집 제거하면 만족이 된다. 천연가스를 사용한 복합발전에서는 770 lb-CO₂/MWh가 발생

되고 있으므로 석탄화력발전에서 발생하는 CO₂의 65% 정도를 제거하면 천연가스 복합발전에 준하는 CO₂ 발생량이 된다. 미국 에너지성에서 추진하는 90% CO₂ 포집비율은 천연가스 사용 복합발전보다 CO₂ 측면에서 현저히 환경 친화적이 된다. (P)

참고문헌

1. 윤용승 외 (2011), "그린에너지 전략보고서 - IGCC분야", 에너지기획평가원.
2. "제5차 전력수급기본계획(2010-2024년)", 지식경제부 공고 제2010-490호, 2010.12.29.
3. Gasification Technologies Council, "World Gasification Database", 2011.
4. Y. Ishibashi, "First Year Operation Results of CCP's Nakoso 250 MW Air-blown IGCC Demonstration Plant", Gasification Technologies Conference 2008, 2008.
5. X. Shisen, "GreenGen and CO₂ Capture Demonstration Projects", Sustainable Coal Utilization Summit 2011, Beijing China, 2011.
6. U. Farinelli, "A Sustainable Energy Strategy for China Based on Advanced Technologies", ETSAP Workshop on Energy Modeling for China, 2003.
7. K. Sakamoto, "Mitsubishi IGCC Project Updates," 2009 Gasification Technologies Conference, 2009.
8. J. Phillips, "CO₂ Capture Technologies: A Review of Fundamentals and Development Status," KSIEC Spring Annual Meeting, 2010.
9. N. Shilling, "IGCC: Its Role in Solving the Carbon Puzzle," Gasification Technologies Conference 2007.