

# 급부상하는 중국의 석탄화학산업

**중국은 석유의 대체재로 자국 내에 풍부하고 저렴한 석탄을 정책적으로 집중 육성하고 있다. 고유가 지속에 따른 석탄산업의 부활과 석탄이용 공정 기술 발전으로 중국의 석탄화학산업이 급성장하면서 국내화학업계를 위협하고 있다.**

성동원 책임연구원 dwsung@lgeri.com

중국의 석유 수요가 급속도로 증가하고 있다. 2005년 7백만 배럴인 석유 1일 소비량이 2030년에는 1,300만 배럴로 2배 가량 증가할 전망이다. 이에 따라 2005년에 43% 정도였던 석유 수입 비중은 더욱 증가할 것으로 보인다. 높아지는 석유 수입 의존도와 석유고갈에 대한 위기의식 등으로 중국의 에너지 자립에 대한 니즈는 지속적으로 증대되어 왔다. 더구나 최근의 고유가 지속 상황은 중국의 석유 대체 에너지 개발에 촉진제 역할을 하고 있다.

중국이 석유를 대체할 에너지로 선택한 것은 다름아닌 석탄이다. 고유가 지속 및 석탄산업의 기술 발전으로 석탄은 비단 중국에서만 아니라 세계 각국에서 석유의 대체재로 각광받고 있는 추세이다(주간경제 909호, '석탄, 포스트 오일로 급부상하고 있다' 참조). 자국의 풍부한 석탄을 활용하여 중국은 에너지 자립을 향한 꿈을 키워가고 있는 것이다. 이하에서는 중국 석탄산업의 기술 발전과 함께 석탄화학산업의 현황 및 전망에 대해 살펴보고 시사점이 무엇인지 짚어보기로 한다.

## 석탄산업 기술의 진화

석탄산업은 석탄을 채굴하여 연료 또는 화학산업의 원료로 가공하는 산업이다. 이러한 과정에서 직간접적으로 얻어진 원료를 다시 화학제품으로 가공하

는 산업을 '석탄화학산업'이라 한다. 과거 석탄이 경제성이 있을 때에는 유기화학산업에서 원료로 광범위하게 사용되어 왔으나, 20세기 중반 이후 석유화학산업의 발전과 더불어 점차 침체되었다. 또한 소규모 공정, 에너지 다소비, 저 부가가치 제품, 환경오염 유발이라는 문제점의 노출도 기존 석탄화학산업의 침체에 일조하였다.

그러나 최근 고유가가 고착화 되고 석탄가공기술이 발전하면서 석탄산업이 다시 주목을 받게 되었다. 석탄화학산업의 발전을 위해서는 석탄의 경제성 확보와 함께 석탄이용 기술의 발전이 필수적이라 할 때, 석탄화학산업이 다시 부상할 여건이 형성되고 있는 것이다. 따라서 이하에서는 석탄화학산업 발전의 기틀을 제공하는 석탄기술의 발전 동향에 대해 먼저 살펴보기로 한다(그림1 참조).

### ● 가스화 (Gasification)

가스화 공정은 석탄가공공정의 핵심 기술이다. 고체인 석탄을 기체 상태로 만드는 과정으로, 석탄을 고온 고압에서 처리하여 수소와 일산화탄소로 이루어진 합성 가스로 전환시킨다. 이 때 건조 상태에서 가스화시키는 기술(Shell, GSP 보유)과 슬러리(고체와 액체의 혼합물 또는 미세한 고체입자가 물 속에 분산된 현탁액) 상태에서 가스화시키는 기술(GE 보유)이 있다.

최근 발전을 거듭하고 있는 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle, 가스화복합발전)는 대표적인 가스화 이용기술이다. 기존 화력발전시스템에 비해 높은 발전효율(40~50%)을 가지며 기존 기술에 비해 황산화물 90% 이상, 질소산화물 75% 이상, 이산화탄소 25%까지를 저감할 수 있는 고품정 공정으로 발전하고 있다.

**석탄 가스화, 액화 기술의 발전으로  
석탄화학산업 발전이 가속되고 있다.**

● **석탄액화 (Coal to Liquid, 이하 CTL)**

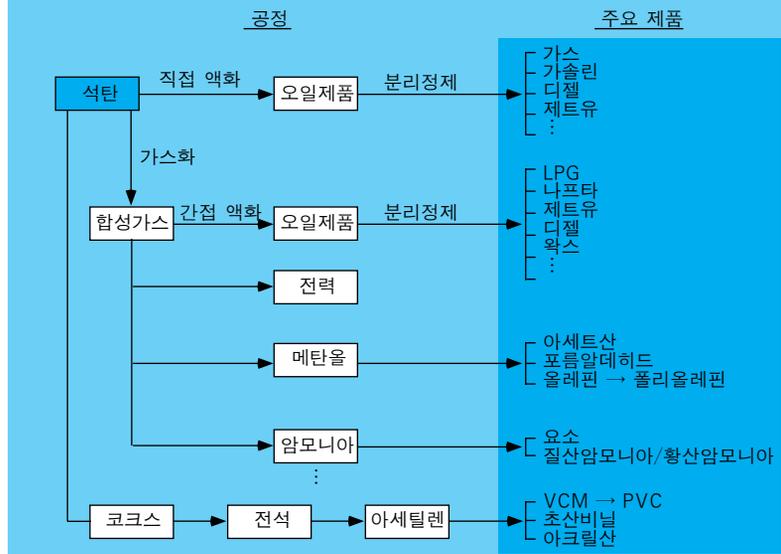
CTL 공정은 고체인 석탄을 액화시켜 오일 제품으로 전환시키는 과정이다. 보통 고체 상태의 석탄은 수소 함량이 5%인데 반해 액체 연료는 14%를 차지한다. 따라서 석탄을 액화시키기 위해서는 부족한 수소 함량을 높이기 위해 석탄에 수소를 제공해 주어야 한다.

CTL은 수소를 보충해 주는 방법에 따라 두 가지로 분류된다. 우선 직접석탄액화(Direct Coal Liquefaction, 이하 DCL)는 건조 분쇄된 석탄을 수소, 촉매와 함께 고온고압에서 처리하여 액화시키는 공정이다. 액화 후 정제 과정을 통해 가솔린, 디젤 연료 등을 생산한다.

간접석탄액화(Indirect Coal Liquefaction, 이하 ICL)는 가스화 과정과 이를 통해 만들어진 합성 가스를 가공하는 단계로 구성된다. 이를 통해 얻어진 생성물은 정제 처리를 거쳐 LPG, 나프타, 디젤, 왁스 등의 최종제품이 된다. 남아프리카공화국의 Sasol은 50여 년 전부터 ICL을 상용화시켜 공장을 가동 중에 있다.

CTL은 사실 이미 오래 전부터 사용되었던 기술로, 독일은 제 2차 세계 대전 이전부터 DCL 및 ICL 공장을 가동한 경험이 있다. 이후 저유가 시대로 접어들면서 CTL은 경제성을 상실하였으나, 70년대 오일쇼크를 겪은 미국, 일본, 독일 등의 국가에서는 DCL 신기술 개발을 위해 약 50억 달러를 투자하기도 했다. 1980년대 중반 이후 저유가가 지속되면서 CTL의 상용화가 활성화되지 못했으나, 최근 고유가가 장기화되면서 발전이 계속되고 있다. 예컨대

〈그림 1〉 석탄이용 공정 및 주요 제품



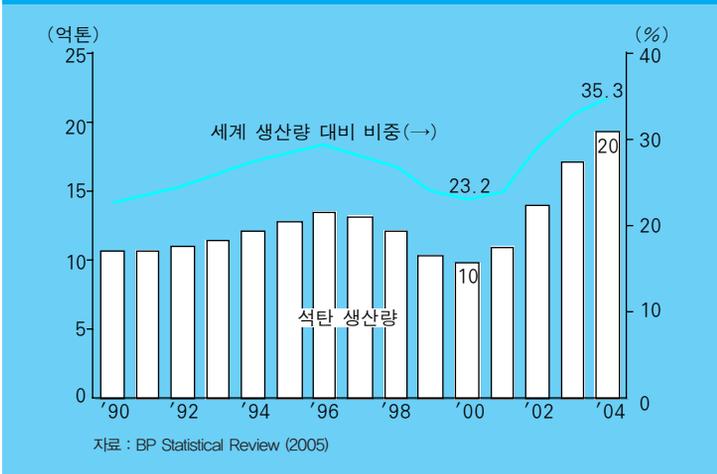
Poly-generation이라는 공정은 석탄 이용의 효율을 높이기 위하여 전력, 액체연료, 석탄화학제품을 생산하는 여러 공정을 조합한 것으로 현재 미국 등을 중심으로 개발 중에 있는데 환경 오염이 적어 차세대 미래석탄화학의 핵심공정이 될 것으로 기대된다.

**중국에서도 석탄이용 기술 발전**

중국은 세계 석탄 매장량의 13%를 점유할 만큼 풍부한 석탄을 보유하고 있다. 에너지 소비구조를 보면 석탄 67.1%, 원유 22.7%, 수력 7.4%, 천연가스 2.8%로 석탄이 압도적인 우위에 있다(2005년 기준). 중국의 석탄 생산량은 1990년대 후반 감소하다가 2000년 이후에는 다시 급격히 증가하는 추세이다(〈그림2〉 참조). 2004년 중국의 석탄 생산량은 19억5천6백만 톤으로 세계 생산량의 35.3%를, 소비량은 19억1천7백만 톤으로 세계 소비량의 34.4%에

세계 최대의 석탄 생산·소비국인 중국에서도  
석탄이용 기술이 나날이 발전하고 있다.

〈그림 2〉 중국의 석탄 생산량과 세계 생산량 대비 비중 추이



이르는 등 세계 최대의 석탄 생산·소비국이다.

중국은 석탄의 생산·소비 비중이 높아 다른 에너지 기술에 비하여 석탄가공기술이 상대적으로 높은 수준에 있다. 가스화의 경우 화동 이공대학과 앤조우(Yanzhou) 석탄회사가 공동개발한 슬러리 공정 기술이 상용화 되었다. 파일럿 공장 및 시범 공장이 루난(Lunan) 비료공장에 세워졌고, 산둥성 후아뤄형성(Hualuhengsheng) 그룹이 이 기술을 적용하여 상업화 하였다.

CTL과 관련해서는 중국과학원 산하 산시(Shanxi) 석탄화학협회가 중국 최초로 ICL 공정기술 연구를 추진하여 파일럿 공장에서 시범 가동을 마쳤다. 산시석탄화학협회의 기술을 적용하여 연산 오일 16만 톤의 상업 공장이 루안(Luan)에 지어질 예정이다. 또한 앤광(Yankuang) 그룹은 자체 개발한 기술을 이용하여 연산 오일 100만 톤의 ICL 공장을 설립할 계획이다.

한편 중국에서 진보된 석탄가공기술을 가장 적극적으로 상업화시키는 그룹으로는 선화(Shenhua)

그룹이 있다. 선화그룹은 중국 최대, 세계 제 3위의 석탄기업으로서 1995년에 설립된 국영기업이다. 주 사업영역은 석탄채굴, 전력, 운송사업으로 철로, 항구, 선박 등 물류 설비를 자체 보유하고 있다.

중국에서는 현재 총 27개의 CTL 프로젝트가 진행되고 있다. 선화그룹은 내몽고 지역에 연산 오일 108만 톤 규모의 DCL 시범 공장을 건설 중에 있는데, 2007년 후반이나 2008년 초에는 가동이 개시될 예정이다. 또한 Sasol과 함께 ICL 파일럿 공장의 타당성 조사 및 상업화를 위한 시범공장 건설에 대해 협의 중으로, 위린(Yulin)과 닝둥(Ningdong) 두 지역에 각각 연산 오일 3백만 톤 규모의 ICL 공장 건설을 계획하고 있다.

**중국 석탄화학산업의 현황**

풍부한 석탄 보유량과 기술 발전에 힘입어 중국에서는 이미 다수의 석탄화학제품이 생산되고 있다. 그 중 대표적인 제품이 PVC(폴리염화비닐), 메탄올, 암모니아 등으로 생산 능력이 빠르게 증가하는 추세이다.

● PVC

PVC를 제조하는 방법은 원재료에 따라 두 가지로 분류된다. 석유 기반의 에틸렌을 이용하는 에틸렌 법과 석탄 기반의 전석(또는 칼슘카바이드)를 이용하여 만드는 전석법(또는 아세틸렌법)이 그것이다. 이 때 전석은 석탄의 코크스와 탄산칼슘을 고온 처리하여 얻는다. 전석법은 환경 오염, 에너지 다소비의 문제로 대부분의 국가에서 거의 사용하지 않는 공법인데, 중국에서는 대부분의 PVC 공장이 전석법 공정을 통해 제품을 생산하고 있다.

최근에는 전석법 PVC의 환경 문제도 많이 개선된 것으로 알려지고 있다. 기존 개방형 전석법 설비의 경우 대기 오염 등 환경 문제가 심각한데 소규모 노후설비는 정부 규제 등에 의하여 점진적으로 폐쇄될 것으로 보인다. 또한 최근 신증설된 설비는 환경 기준을 충족시키도록 설계되어 문제가 발생할 여지 자체가 적다. 전석 생산 시 생기는 부산물인

수산화칼슘의 처리도 골칫거리였으나, 주변의 시멘트 회사에 원료로 공급하는 해결책을 찾았다. 한편 과거에는 에틸렌법 대비 전석법 PVC의 품질이 떨어져 특정 용도에서는 그 사용이 제한되는 문제가 있었으나, 최근 기술 격차가 좁혀지면서 적용되는 용도가 빠르게 증가하고 있다.

전석법 PVC의 경우 저유가 시대에는 에틸렌법 대비 원가 경쟁력의 열세로 가동률이 낮았었다. 그러나 2005년 이후 배럴당 40달러 이상의 고유가 시대가 정착되며 에틸렌법 대비 원가 경쟁력을 확보하게 되었다. 또한 기술 진입장벽이 낮고, 투자 비용이 상대적으로 적어 소규모 업체들의 참여가 용이하다. 그 결과 90여 개에 가까운 업체들이 연산 20만 톤 미만의 소규모 전석법 설비를 중국 전역에 걸쳐 가동하고 있다.

현재 중국 PVC 설비의 70%가 전석법 공정이고, 향후 2010년까지 예정되어 있는 신증설분의 90%가 전석법 설비로 그 비중은 더욱 커질 전망이다(〈그림3〉 참조). 한때 국내 PVC 업체를 비롯한 중국 에틸렌법 업체들은 환경 오염, 에너지 다소비 사업에 대한 중앙정부의 규제 등으로 중국의 전석법 설비 증설이 일시적인 현상에 그칠 것으로 보았다.

그러나 예상과 달리 지방정부의 경제 활성화 정책과 전석법 PVC의 기술 발전, 고유가 지속 등이 맞물려 전석법 PVC 설비는 계속 확대되고 있는 추세이다. 이에 따라 2004년 이후 중국의 PVC 자급률(PVC 설비생산능력/PVC 수요)이 100%를 넘어 서면서 2005년부터는 중국이 PVC 수출국으로 전환되었다. Sinopec의 자회사인 치루(Qilu), 상하이 C/A(클로르알칼리) 등 중국 로컬 에틸렌법 업체들도 저가의 전석법 PVC 물량 공세에 고전을 면치 못하고 있으며 그중 상하이 C/A의 경우는 전석법 PVC에 대한 투자를 결정하였다. 또한 최근 내몽고성의 이리(Yili)와 지란타이(Jilantai), 신장성의 티앤에(Tianye), 안휘성의 후아이베이 쿵예(HuaiBei Kuangye) 등의 업체가 연산 100만 톤 규모의 대형 전석법 PVC 설비의 증설계획을 발표했다. 이처럼 대형 설비의 건설로 중국 전석법의 경쟁력은 더욱 강화될 것으로 보인다.

현재 중국에서는 석탄기반의 PVC, 메탄올 등 석탄화학제품의 생산이 활발하며, 향후 생산능력이 더욱 증가할 전망이다.

● 메탄올

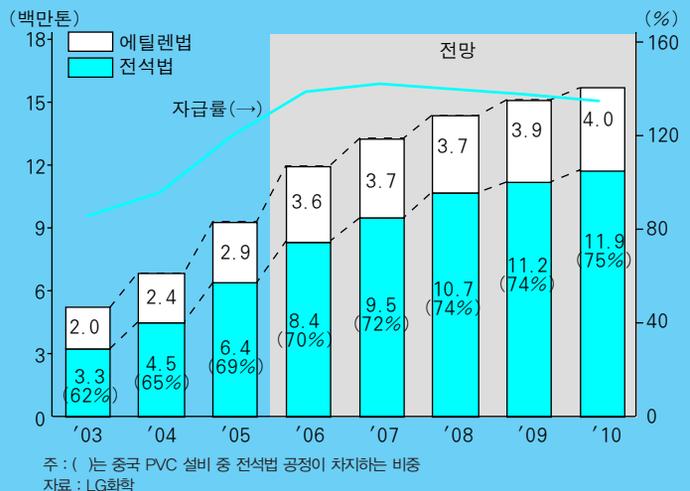
석탄을 기반으로 메탄올을 합성하는 공정은 1920년 대에 이미 개발되어 상업 공장도 가동되었다. 처음에는 고압공정으로 경제성에 문제가 있었으나, 1960~70년대 ICI와 Lurgi가 각각 저압 촉매 반응에 성공한 후 발전이 가속화되었다.

중국의 2005년 메탄올 생산 능력은 연산 536만 톤이었는데 현재는 연산 9백만 톤을 상회한다. 홍콩 종이(Zhongyi)그룹 200만 톤, 지우타이(Jiutai) 에너지 150만 톤 등 현재 진행 중인 증설과 향후 예정된 프로젝트까지 합치면 2010년 메탄올 총 생산능력은 1,700만 톤에 이를 것으로 보여 그 생산능력이 급속도로 증가할 전망이다.

신기술 적용을 통해 석탄화학산업 고도화 추진

중국 정부 및 기업들은 석탄이용기술의 발전과 함께 석탄화학제품의 다양화, 고도화를 적극적으로

〈그림 3〉 중국 PVC 공법별 생산능력 추이 및 전망



**중국의 석탄화학산업 발전은  
대중국 수출 의존도가 높은 국내 석유화학산업에  
위협 요인으로 작용할 수 있다.**

추진하고 있다. 이중 대표적인 기술이 메탄올 응용 기술이다. 메탄올은 아세트산, 올레핀(에틸렌, 프로필렌 등의 합성수지 원료)과 같은 화학제품의 원료를 만드는 데 사용될 수 있다. 메탄올로 올레핀을 합성하는 공정을 MTO(Methanol to Olefin)라고 부르는데, MTO 공정은 석유화학제품을 석탄화학제품으로 대체할 수 있는 핵심 기술로 꼽히고 있다. 현재 UOP/HYDRO의 MTO 기술과 Lurgi가 보유하고 있는 MTP(Methanol to Propylene) 기술이 있는데, MTO 기술의 상용화를 위한 프로젝트들이 다수 진행 중에 있다.

중국은 석유화학제품의 최대 수입국으로 특히 MTO 공정기술 연구에 대한 관심이 높다. 중국과학원 산하 대련화학물리연구소를 비롯한 중국의 연구기관들은 MTO 촉매에 관한 연구를 진행 중으로, UOP 기술에 근접하는 성과를 얻었다고 발표하였다. 대련화학물리연구소는 1990년 대부터 뤼양(Luoyang) 석유화학 엔지니어링 회사와 함께 MTO 프로세스 및 관련 엔지니어링 기술 개발을 진행해 왔다. 그 결과 2005년 1만 톤 규모의 MTO 파일럿 공장을 가동했는데, 이 공장은 성공적으로 가동되어 높은 메탄올 전환률과 올레핀 수율을 선보인 바 있다.

한편 CTL 프로젝트를 주도하고 있는 선화그룹도 MTO 연구에 대해서 적극적이다. 선화그룹은 Dow와 공동으로 UOP/HYDRO 공법을 적용하는 MTO 프로젝트를 공정기술 연구와 함께 추진 중에 있다. 또한 선화그룹의 자회사인 닝시아(Ningxia) 석탄산업은 Lurgi의 MTP 프로세스를 채택한 연산 50만 톤 규모의 PP 공장 건설을 위해 기초 설계를 진행 중에 있다.

이러한 MTO 프로젝트는 2009~2010년 완공될

것으로 보인다. 이렇게 되면 메탄올을 비롯하여 에틸렌 60만 톤, PE 30만 톤, PP 85만 톤 등의 석탄 베이스 올레핀계 제품 생산이 가능해 질 것으로 예상된다.

**국내 석유화학산업에 미치는 영향 주시 필요**

기존 석탄기술을 이용한 전석법 PVC나 메탄올의 경우 설비능력이 급속도로 증가하고 있다. 더욱이 최근에는 MTO 기술과 관련하여 적극적인 연구가 추진되고 있어 향후 귀추가 주목된다. 아직은 연구, 시범단계에 있는 MTO 기술의 상용화 가능성이나 파급효과에 대하여 선불리 판단하는 것이 무리일지도 모른다. 설사 상용화된다고 하여도 이미 안정적으로 생산되고 있는 석유화학제품 대비 규모, 품질, 원가구조의 측면에서 과연 얼마만큼의 경쟁력을 갖게 될지도 의문이다.

그러나 중국 정부는 제11차5개년 경제개발계획(2006~2010)을 통해 석탄화학산업의 육성 방침을 분명히 밝히고 있다. 석탄 기반의 오일제품 및 올레핀 사업화 가속을 위하여 파일럿 공장 및 시범공장의 건설을 장려하고, 원료와 최종 제품의 통합 발전이 가능한 대규모 석탄화학산업의 기반을 조성한다는 것이다. 대규모 증설에도 불구하고 수요의 지속적인 성장으로 중국의 석유화학제품 공급은 크게 부족한 상황이다. 따라서 중국의 석탄화학 공정 기술 연구 및 상용화 노력은 정부의 정책적 지원을 바탕으로 더욱 활발해질 전망이다.

중국의 석탄화학산업 발전은 대중국 수출 의존도가 높은 국내 석유화학산업에 위협 요인으로 작용할 수 있다. 이미 국내 PVC 업계는 중국 전석법 PVC의 영향으로 중국 수출 물량의 축소, 판가 하락에 따른 수익성 악화 등의 어려움을 겪고 있다. 따라서 국내 석유화학업계는 향후 중국의 석탄화학산업 동향을 지속적으로 모니터링할 필요가 있겠다. 특히 MTO 상용화 연구 진척 정도, 상용화 가능성이 높은 석탄화학제품의 범주나 규모, 시기, 경제성 등 파급효과에 대해 점검하면서 대응방안을 마련해야 할 것이다. 보다 적극적으로 중국 석탄기업과의 제휴를 모색하는 것도 하나의 방안이 될 수 있을 것이다. [www.lgeri.com](http://www.lgeri.com)