

# 石炭의 熱分解 및 部分가스화 技術

## = Pyrolysis and Mild Gasification of Coal =



朴 元 勳

韓國科學技術研究院  
環境研究센터장

石炭需要量은 2000년까지 거의 倍增될 전망이 다. 따라서 石炭활용의 효율화로 地球溫室 效果를 유발하는 CO<sub>2</sub>의 발생을 감소시킴과 동시에 大氣汚染을 防止하는 技術이 需要하다.

### 1. 石炭의 重要性和 制限性

걸프전쟁의 진행상황에 따라 油價가 오르내리는 것은 일시적인 현상으로 논의로 하더라도 에너지의 海外依存度가 90%를 상회하는 한국으로서 是長期的 에너지需給政策에 더 많은 관심을 쏟아야 한다. 수차에 걸친 에너지波動은 한마디로 石油資源의 고갈이 근본 원인이다. 50년이면 고갈이 예상되는 原油와 天然가스를 代替할 化石燃料은 石炭밖에는 없으나 石炭활용의 최대 장애요인은 石炭의 연소로 인한 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)가스의 발생이 地球溫暖化(Global Warming) 현상의 50%를 점유한다는 사실이다. 물론 석유나 천연가스를 연소해도 CO<sub>2</sub>가스는 배출되나 化石燃料중 石炭이 같은 열량을 내는데 炭素의 비율이 높기 때문에 CO<sub>2</sub>가스가 더 많이 발생하는 것이다. 1992년 6월 브라질의 리오데자네이로에서 개최되는 유엔환경개발회의에서 지구온난화를 유발하는 온실가스(Greenhouse Gases : CO<sub>2</sub>, 메탄, CFC's, N<sub>2</sub>O 등)를 2000년까지 현재수준으로 안정화시키려는 국

제협약이 체결될 전망이라 石炭사용의 제한이 예상된다.

한국의 입장에서는 에너지의 多源化라는 정책의 측면에서 石炭의 비중을 현수준으로 유지한다 하여도 石炭需要量은 2000년까지 거의 倍增될 전망이다. 따라서 石炭활용의 효율화로 地球溫室 效果를 유발하는 CO<sub>2</sub>의 발생을 감소시킴과 동시에 大氣汚染을 防止하는 技術이 需要하다. 또한 값이 싸고 國內企業이 海外開發중인 低級石炭의 活用도 절실히 요망된다.

### 2. 石炭 活用技術

石炭 活用기술은 加工技術과 變換技術로 구분된다. 加工기술에는 CCS탄(Coal Cartridge System탄, 微粉炭), COM(Coal Oil Mixture), CWM(Coal Water Mixture)등이 있는데, 石炭을 단지 외형적으로만 가공하여 석유를 대체하는 기술이다. 반면 石炭의 變換기술은 石炭을 열처리 및 반응공정을 거쳐 그 형태를 가스나 액체로 변환시키

는 기술로서 석탄의 乾溜, 熱分解 및 部分가스화, 석탄가스화, 石炭液化등이 있다. 특히 석탄차(Coal Char)를 생산하는 熱分解工程은 석탄가스화 및 석탄액화의 필수 기본단계일 뿐만 아니라 石油化學原料를 대체할 수 있는 부가가치가 높은 석탄 타르(coal tar)가 부산물로 얻어지고 환경오염물질을 공정중에 제거할 수도 있으므로 석탄 활용기술에서는 가장 중요하다.

### 3. 熱分解 및 部分가스화 技術

석탄의 熱分解技術은 원래 에너지경제가 석탄에 의존하던 구주 국가들에 의해(독일을 중심으로) 개발, 발전되었는데 도시가스(Town Gas)와 가정용 無煙固體燃料(Smokeless Fuel)를 생산하기 위해서였다. 그러나 제2차 세계대전 이후 석유와 천연가스에 밀려 취급이 불편한 고체연료의 사용은 줄어들었다가 1970년대의 石油波動으로 관심이 고조되고 이제는 石油代替를 위한 기술개발이 시작되었다.

석탄의 熱分解 및 部分가스화 기술은 석탄의 처리방식에 따라 여러가지로 세분되나 急速加熱을 이용한 連續工程이 가장 유리한 것으로 보고되어 있다. 특히 流動層 반응기를 이용한 방법은 석탄 입자를 不活性氣體나 가스화 기체로 流動化 시켜 열분해 시키는 것으로 기체와 석탄입자사이의 열

전달속도가 빠르기 때문에 氣流層보다 장점이 많을 뿐만 아니라 粘結性이 있는 低級石炭도 처리할 수 있다. 지금까지 알려진 우수한 공정과 그 특징을 요약하면 표 1과 같다.

이들 공정에 있어 가장 중요한 변수는 熱分解溫度와 流動化氣體이다. 석탄 타르는 열에 깨지기 쉬운 석탄의 휘발분중 炭化水素들의 混合物이므로 500°C이하에서 열분해하는 것이 유리하다. 타르는 또한 流動化氣體와 반응할 수 있으므로 타르의 수율을 높이거나 部分가스화를 조절하는 목적에 따라 산소(공기중 산소), 수증기, 또는 熱分解로 생성된 가스 자체를 순환시켜 유동화 매체로 사용한다. 그러나 석탄차의 휘발분 함량이 문제가 될 때는 熱分解溫度를 높여야 한다. 타르의 수율과 차의 품질이 trade-off됨을 알 수 있다.

이하에서는 韓國科學技術研究院 에너지工程研究室에서 科學技術處 國策研究事業으로 개발한 KIST 多段式 流動層 部分가스화技術을 중심으로 수입석탄의 국내종합활용방안을 요약 소개한다.

### 4. KIST 多段式 流動層 技術

석탄의 粘結性을 극복하여 효율적인 熱分解를 수행하기 위하여 KIST는 多段式 流動層 장치를 개발하였다. 원료석탄의 粘結度에 따라 유동층 반응기를 1~4개 직렬로 연결할 수 있으며 각 반응

표 1. 저온 부분가스화 공정들의 특징

Process	반응기형태 및 특징	석 탄	사용가스	생산제품
COED Process	multistage Fluidized bed Counter current	Bituminous, -10mesh(2mm)	산소 및 수증기	Product Gas, Synthetic Crude Oil, Char
US Steel Clean Coke Process	Two-stage fluidized bed	Bituminous, -20+65mesh	Recycled Hydrogen	Coke, Liquid fuel, Chemical Feedstock, Gas Fuel.
Occidental Pyrolysis Process	Entrained Bed (Short Residence Time)	Bituminous, -200mesh	Air	Char, Tar Product Gas.
Lurgi-Ruhrgas Process	Agitated Mixer	Bituminous,	Air	Fuel Gas, Oil, Coke Fines, Tar.

표 2. Proximate & Ultimate Analysis of Sample Coals

(단위 : wt%)

분석내용		탄종	인도네시아산갈탄	중국산 역청탄(대동탄)
공업 분석	수 분		18.4	7.0
	회 분		1.1	8.2
	휘 발 분		41.1	27.2
	고정탄소*		39.4	57.6
원 소 분석	C		57.3	71.8
	H		4.1	4.2
	N		1.0	1.0
	S		0.2	0.8
	O*		37.4	22.2
H/C			0.9	0.7

\* Balanced

기의 조건은 타르의 수율을 최대로 조정할 수 있다. KIST가 시료탄으로 채택한 석탄은 인도네시아의 파시르탄과 중국의 대동탄으로서 대동탄은 점결성이 있어 2단유동층으로 문제를 해결하였다. (표 2, 그림 1 참조)

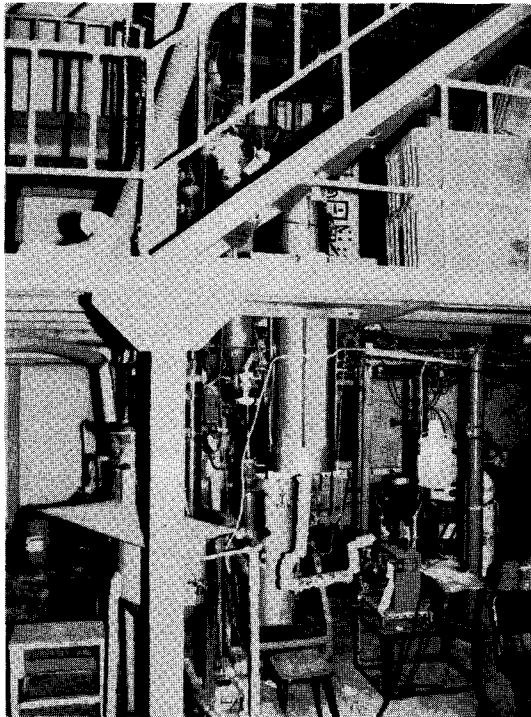


그림 1. KIST 2단유동층 열분해 플랜트

대동탄의 경우 제1차 500℃, 제2차 700℃의 熱分解로서 粘結問題를 극복함과 동시에 타르 收率 25 wt%를 얻을 수 있었다. 流動化氣體로는 수증기가 가장 적합한 것으로 판명되었으며 공기중 산소의 사용은 타르 收率에 악영향을 미쳤다.

다단식 유동층 장치의 기술적 난점을 반응기 사이에서 좌를 이송시켜주는 장치와 타르를 회수하는 장치의 연속적 조작에 있다. 이 조작이 원활치 않은 경우 균형이 깨져서 타르의 수율저하는 물론 전체 조업 자체가 불가능하게 된다.

생성된 타르를 시험분석한 결과는 표 3과 같다. 이것은 인도네시아 파시르탄을 제1차 500℃, 제2

차 700℃에서 열분해하여 얻은 타르의 경우로 다량의 유용한 성분을 확인할 수 있다.

표 3. 타르중의 유효성분 및 함량

타르 100	분별손실량	0.88
	Cresote & Heavy oil	23.34
	Anthracene	0.0001
	Indole	0.64
	Quinoline	0.89
	Cresol	0.14
	Naphthalene	13.19
	Indene	0.85
	BTX	7.47
	Pitch	52.38

가장 함량이 많은 피치는 점결제, 방수제, 방청제는 물론 전극제조에도 사용되며 BTX(Beuzene, Taluene, Xylene), 나프탈렌, 크레오소트는 중요한 석유화학원료이다. 이에서 도출되는 의약품, 정밀 화학제품, 농약, 염료등은 石炭化學工業의 전형을 이룬다.

이때 얻어진 석탄좌는 휘발분 함량이 10% 미만으로서 발열량이 기존 연탄의 거의 두배일 뿐만 아니라 구공탄에 혼합할 경우 평균 연소온도도 높아짐이 판명되었다. 현재 사용하는 수입 무연탄을 대체할 수 있어 국가경제에 도움이 될 것이다.

### 5. 石炭의 國內 綜合活用方案

이상을 종합하여 수입유연탄의 국내활용방안을 요약하면 다음 그림 2와 같다.

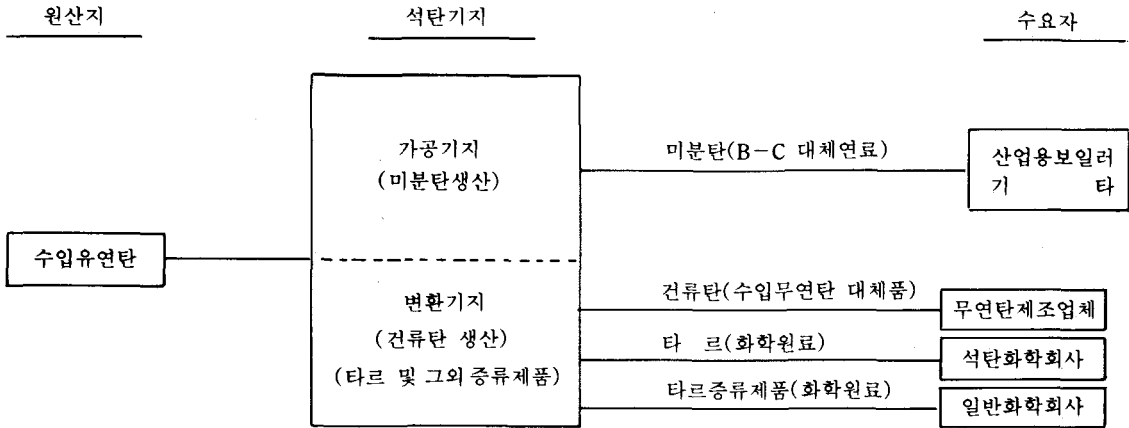


그림 2. 종합 활용방안에 의한 수입유연탄의 흐름도

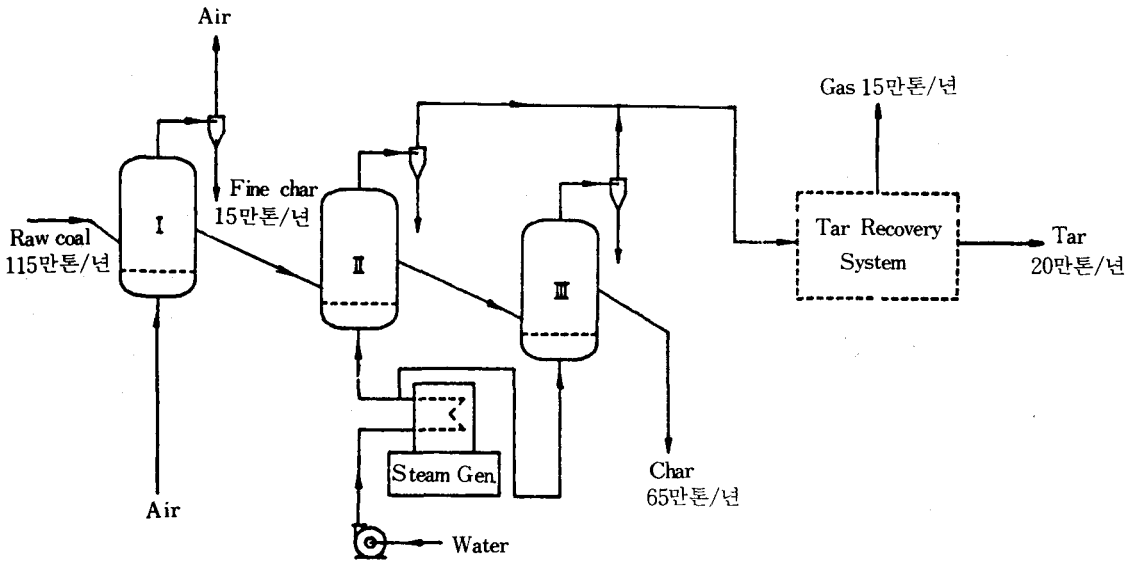


그림 3. Flow diagram of multi-stage pyrolysis reactors

전국적인 조직을 갖는 하나의 기업 또는 기구가 중심이 되어 CCS탄사업, 열분해사업, 타르 증류사업을 병행하는 것이 바람직하다.

熱分解事業의 經濟性을 1990년초 기준으로 예비분석한 결과(그림 3 참조)는 原炭 年 115만톤 처리로 석탄좌 65만톤/년, 석탄 타르 20만톤/년을 생산하는 경우 고정투자비 약 650억원, 납세후 내부수익률은 3.6%였다. 그러나 에너지産業은 國際油價와 國家政策에 좌우되므로 열분해사업은 매력력이 있다고 할 수 있다.

## 6. 結 語

國策研究로 KIST가 개발한 다단식 유동층 열분해시설은 대체에너지개발을 위한 석탄의 변환과정개발의 기준 시험장치로 이용될 수 있다. 특히 국내 기업이 해외에서 개발하여 수입하는 석탄의 평가는 물론 北方과의 經濟交流에 의한 中國炭이나 시베리아炭에도 그 기술이 그대로 적용가능하므로 海外資源開發에도 큰 몫을 차지하리라 기대한다.