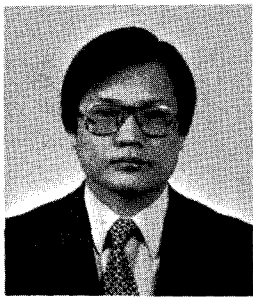


# 高灰分石炭活用 流動層 燃燒工程



孫 宰 翼  
(韓國動力資源研究所 廢資源研究室長·工博)

## 1. 序 論

세계적인 에너지需給의 불안정과 우리나라 경제의 높은 외채부담을 고려할 때 使用가능한 國內資源의 活用度를 높이고 부족한 에너지源으로 석유대신 비교적 값이 싸고 장기적으로 안정공급이 가능한 石炭을 이용하는 것은 국가적으로 絶실히 要望되는 일이 아닐 수 없다.

우리나라의 유일한 賦存 에너지資源인 石炭의 總埋藏量은 약 15억톤에 달하나 그중 약 40%에 해당하는 量이 4,000Kcal/kg이하의 高灰分의 低熱量炭이기 때문에 이들에 대한 活用問題는 國家資源의 效率的인 利用 측면에서 重大한 관심사가 되고 있다. 현재 高灰分 國內石炭의 活用은 3,000Kcal/kg이상의 제한된 범위에서 高質炭과 혼합하여 煉炭原料로 사용되거나 또는 微分炭化하여 병커-C油와 混燒하는 방식을 통해 發電用으로 使用되고 있다.

하지만 가정연료의 主宗인 煉炭이 LNG 등 도시가스의 대규모 도입계획과 이미 대도시 취사용 燃料가 gas로 바뀌어짐에 따라 그 需要를 잃어가고 있고, 또 병커-C油와 混燒하는 방

식도 燃燒裝置의 特性에 의해 供給되는 石炭의 熱量이 적어도 3,500Kcal/kg이상 유지되어야 하므로 3,500Kcal/kg이하의 源泉인 高灰分炭은 事實상 活用이 불가능한 實情이다.

따라서 이와같은 高灰分炭의 活用問題를 根源的으로 해결하기 위해서 流動層 原理를 燃燒분야에 導入한 새로운 燃燒技術으로써 高灰分炭活用 流動層 燃燒工程 開發에 대한 研究가 1980년도 초부터 動力資源研究所를 중심으로 수행되어 그동안 커다란 성과를 거둔 바 있으며 여기서는 이에 대해 간단히 소개하고자 한다.

## 2. 流動層燃燒의 原理 및 特性

(그림 1)과 같이 일정용기내에 모래나 石炭灰滓 등의 고체입자를 充填하고 하부로부터 공기를 불어넣으면 공기의 미는 힘에 의하여 고체입자는 마치 끓는 액체와 같이 격렬히 유동하게 되는데 이를 流動層이라고 한다.

流動層内에서는 공기와 고체입자간의 거의 완전한 混合狀이 되어 농도, 온도 등의 均一性이 유지되므로 流動層은 촉매분해반응, 石炭의

가스화, 액화, 기타 化學工業의 각종 반응조건에 아주 널리 利用되어 왔으며 특히 2차대전 중 부족한 가솔린을 얻기 위한 대규모 流動層 접촉분해 (fluidized bed catalytic cracking) 장치는 流動層 技術의 초석이 되고 있다.

流動層燃焼는 이러한 流動層의 原理를 연소 분야에 適用한 것으로 流動層内로 투입된 燃料는 열합량이 높은 流動層内에서 최대한 混合되면서 燃焼爐 하부로 들어오는 공기와 함께 燃焼가 일어나기 때문에 이동식 grate 위에 石炭을 받쳐놓고 연소시키는 스토카 연소나 미분탄 (Pulverized Coal) 연소방식과는 달리 燃料의 性狀과 입도분포 등이 다양하게 適用되며 이론적으로는 회재함량 85%, 發熱量 800~900Kcal/kg의 低質燃料까지도 연소가 가능한 것으로 밝혀져 있어서 高灰分炭이나 廢棄物과 같은 발열

량이 낮고 연소속도가 느린 物質의 燃焼에 우수한 效果가 있다.

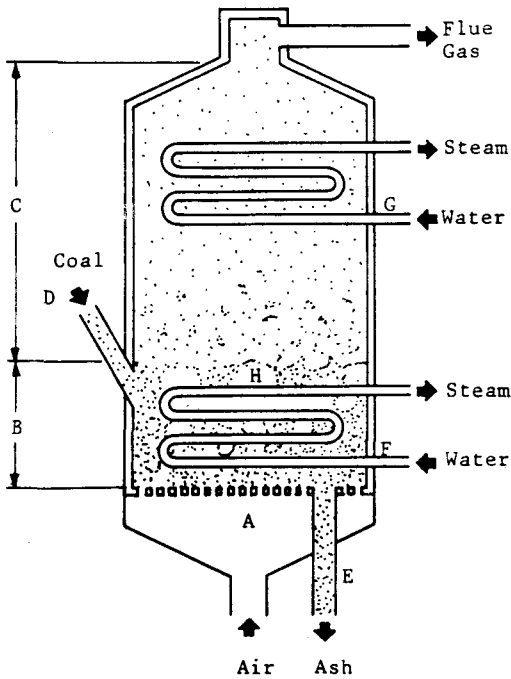
특히 燃焼溫度가 낮아(750~900℃) 공해물질인 질소산화물(NO<sub>x</sub>)의 生成이 억제되고 용융소결(Sintering, agglomeration) 등의 고온연소에 부수되는 문제점이 없으며 燃焼爐内에 석회석(CaCO<sub>3</sub>), 백운석[(CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] 등을 첨가제로 넣어 발생하는 SO<sub>2</sub>가스를 CaO+SO<sub>2</sub>+½O<sub>2</sub>→CaSO<sub>4</sub>↓의 化學反應에 의해 灰滓와 함께 침전 및 배출시킴으로써 공해방지 측면에서도 탁월한 효과를 지니고 있다.

### 3. 高灰分炭活用 流動層 燃焼工程

高灰分石炭의 燃焼活용을 목적으로 動力資源 研究所에서 設計 및 設置한 流動層 燃焼工程의 흐름도는 <그림 2>와 같으며 <그림 3>은 본 燃焼工程의 全景을 나타낸 것이다.

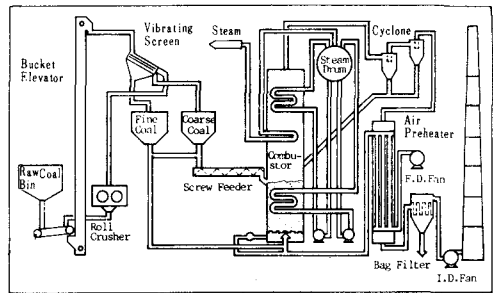
工程을 살펴보면 燃焼爐는 고체층이 조밀한 狀態로 유지되는 유동층(fluidized bed)과 飛散하는 작은 입자로 차 있는 회박층(freeboard)으로 構成되며 燃料인 高灰分炭은 Screen과 Crusher 등을 거치면서 10mm이하로 粉碎된 후 스크류방식이나 공기 수송(Pneumatic transport) 방식을 통해서 流動層 上部나 下部로 투입된다.

<그림 1> 유동층 연소로



- A: 공기분산관
- B: 유동층 (fluidized bed)
- C: freeboard
- D: 석탄공급관
- E: 하부회재배출관
- F: 유동층내전열관

<그림 2> 고회분탄 유동층 연소공정 흐름도



流動層内로 투입된 燃料중에서 연소가스에 의해 飛散되는 일부 작은 입자들을 제외하고는 대부분 流動層内에서 장시간 머물면서 지속적으로

燃焼가 일어나 거의 完全燃焼되므로 流動層内 탄소농도는 1% 미만으로 유지된다.

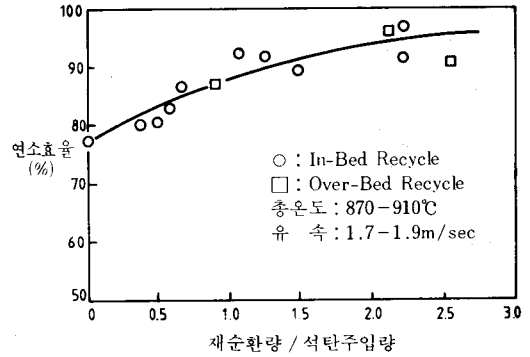
한편 飛散되는 작은 입자들은 충분한 높이를 갖추고 있는 freeboard에서 다소의 燃焼反應이 일어나나 좀더 높은 연소효율을 얻을 수 있도록 飛散流出되는 未燃炭素를 사이클론에서 포집하여 燃焼爐内로 재순환(recycle)시킴으로써 未燃炭素 損失을 크게 줄일 수 있도록 되어 있다.

발생되는 燃焼熱의 回收는 流動層과 freeboard, Convection bank 등지에서 이뤄지며 流動層内는 流動物質 (bed material)과 傳熱管과의 빈번한 접촉에 의해 熱傳達가 일어나므로 재래식 보일러의 5~10배 정도 높은 熱傳達率을 갖게 된다.

연소결과 生成되는 石炭灰滓는 流動層内에 누적되므로 流動層 높이의 증가현상과 함께 流動層 압력변화로 나타나며 일정한 유동층 압력을 기준으로 주기적으로 流動物質을 排出시킴으로써 流動層 높이를 調節하게 된다.

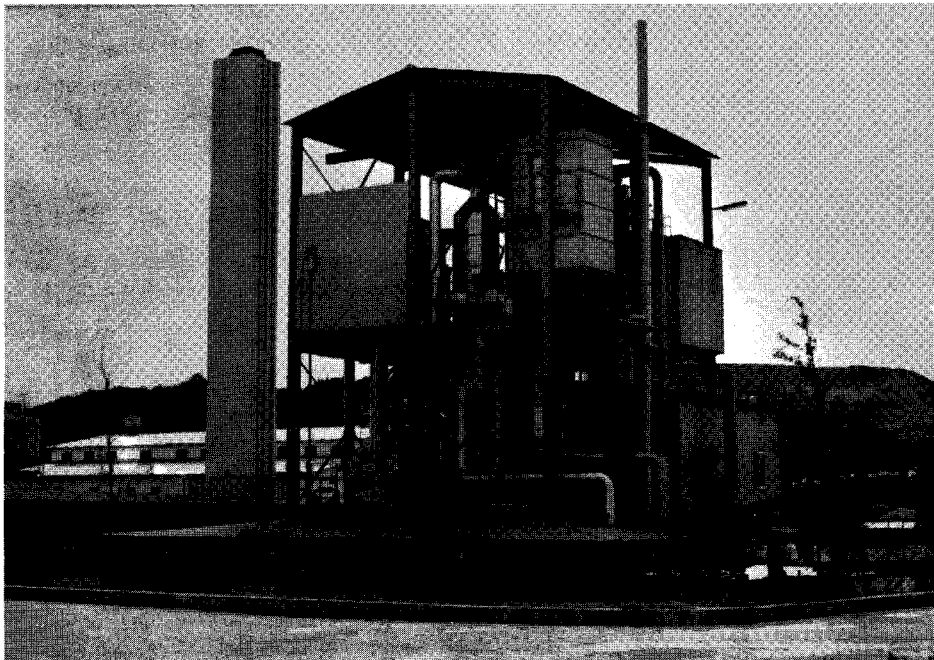
[그림 4]는 지금까지 전혀 活用이 불가능했던 發熱量 1800~2500Kcal/kg, 灰分含量 60~

<그림 4> 재순환비에 따른 연소효율의 변화



70%의 高灰分炭에 대한 본 流動層 燃焼工程에서의 燃焼實驗結果를 나타낸 것으로 飛散灰滓의 재순환연소에 의해 90% 이상의 높은 연소효율을 획득이 가능한 것을 보여 주고 있다.

이밖에도 下部로 排出되는 粗碎한 石炭灰滓는 98% 이상이 灰分으로서 시멘트 原料 첨가제로 사용하거나 회귀금속추출 등으로 아주 有用하게 活用될 수 있을 것으로 밝혀졌다.



<그림 3> 고회분탄 활용 유동층 연소공정 전경

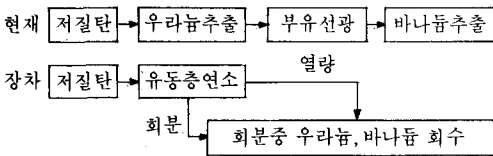
#### 4. 活用方案

이러한 燃燒工程은 그동안 高灰分石炭의 대표적 產地인 충남지역의 低質無煙炭에 대한 研究結果 확립된 高灰分炭活用 流動層 燃燒工程으로서 구체적으로는 <表1>과 같은 다각적인 活用分野를 통해서 石炭產地의 高灰分 低熱量炭 燃燒보일러로 活用되어 자체소요증기 및 電力生産에 利用되거나 産業用 보일러로 活用될 수 있다.

<표 1> 유동층연소로의 활용가능 분야

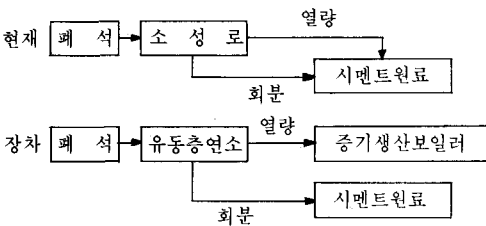
○괴산 저질탄

열량 : 1,600-2,000kcal / kg  
 용도 : 유가금속회수(우라늄, 바나듐)



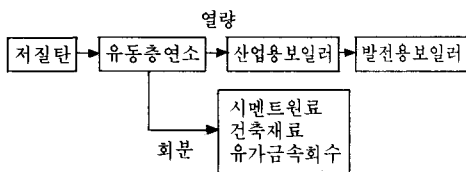
○폐석(버럭)

열량 : 1,000-3,200kcal / kg  
 총생산량 : 전체 석탄 생산량의 15-20%(채탄시의 부산물)  
 용도 : 시멘트 제조원료



○가재저질탄

열량 : 4000kcal / kg이하  
 매장량 : 전체 석탄 매장량의 40%(원천적 저질탄)  
 용도 : 열량 회수 및 회재이용



이 工程을 國內 低熱量無煙炭의 燃燒活用に 適用할 경우 채탄시 부산물로 野積放置되어 있어 심각한 환경공해를 야기하고 있는 폐석(버럭)등의 低質炭에 대한 效果인 活用은 물론 需要가 없어 채탄되지 못하고 있는 약 6억톤에 달하는 막대한 양의 低質炭活用に 획기적인 계기가 될 것이며 아울러 무공해 燃燒의 實現으로 고질적인 환경오염방지에 도 큰 몫을 할 것으로 기대된다.

또한 이러한 流動層 燃燒工程은 앞으로 그 처리문제가 날로 심각해져 가는 國內의 각종 도시 및 産業폐기물과 농·임·축산폐기물 등의 活용에도 널리 적용될 수 있을 것으로 보인다.

#### 5. 結 論

지금까지 流動層 燃燒工程을 利用한 高灰分石炭活用に 대해 살펴보았다. 앞서 언급한 바와 같이 이 工程은 에너지회수 및 공해방지가 가능한 공정인 만큼 각종 燃料의 燃料活用に 대한 本 工程의 응용도는 더욱 더 확대되리라고 본다.

앞으로 高灰分石炭 燃燒工程의 實用化 뿐만 아니라 각종 廢棄物의 效率인 處理를 위한 本 工程의 適用을 위하여 産業체, 연구기관의 유기적인 협력체제와 정부의 적극적인 지원이 필요하다고 본다.

