

燃料와 熱供給施設

金 鍾 奭

〈環境廳 大氣管理課長·技術士〉

3. 固體燃料

여기서 固體燃料란 천연 또는 人工의 고체상 연료 전반에 대하여 검토하기로 한다. 따라서 고체연료는 나무로 부터 우라늄에 이르기 까지 광범한 범위를 포괄한다. 아래표 11은 이와 같은 견지에서 분류한 고체연료 종류이다. 고체연료는 액체 및 기체연료에 비하여 그 취급이 불편하며, 발열량도 적고 또 매연 분진(粉塵) 등의 공해문제가 심하므로 그 용도가 감소 되었으나 최근 에너지과동 후 대치에너지의 개발 및 폐기물 재활용의 붐을 타고 새로운 의미를 부각하

고 있는 실정이다. 아래표 12는 1984년도 주요 고체연료 사용예정량(동자부)이다. 이 표 12에서 보는 바와 같이 고체연료중 흔히 사용되는 것은 무연탄과 석탄이며 이들은 주로 가정용 19공탄 및 산업, 발전용이라고 볼 수 있다. 산업, 발전용 석탄은 주로 유연탄이다. 고체연료중 유연탄은 비교적 높은 발열량과 매장량으로 이들에 대한 대치에너지의 가치 때문에 인공고체연료개발 사용이 서둘러지고 있다. 이외에도 인공고체연료로는 RDF등의 폐기물 재사용 문제와 연관된 것들도 다수 존재한다. 여기서는 이들에 대하여 간단하게 살펴보고자 한다.

〈표-11〉 고체연료의 종류

천연고체연료

- 1. 木材
- 2. 土炭(peat) 土炭(Peat)
- 3. 石炭(Coal) 石炭(Coal)

人工固體연료

- 1. 木炭
 - 2. 煉炭
 - 3. Coke & Colite
 - 4. 微분탄
 - 5. 콤(COM)
 - 6. CWF
 - 7. Petrocoal
 - 8. RDF (Refuse Deriued Fuel)
- } 석탄의 액체화한 새로운 연료

① 목재(木材)

목재는 자연상태의 나무를 연료로 사용하는 것으로 그 성분중 大氣汚染物質인 灰分과 黃분이 他고체연료에 비교하여 적게 함유된 장점이 있다. 새로이 채벌한 목재의 수분은 40~50%이며 건조상태의 것도 15~20%의 수분을 함유한다. 목재의 평균발열량 2800~2900kcal/kg(또는 무수상태발열량은 3500~3800kcal/kg)이다.

〈표-12〉 고체연료 사용 예정량(1984)

	무연탄 (10 ³ 톤/년)	유연탄 (10 ³ 톤/년)	신탄 (10 ³ 톤/년)
산업	417	8,885	—
가정 상업	18,932	—	8,443
공공 기타	118	—	—
발전	2,371	3,000	—

② 토탄(土炭 Peat)

토탄은 식물이 자연상태에서 탄화된것중 炭齡이 가장 어린것으로 다소의 土砂와 기타 無氣物이 혼입된 것이다. 토탄은 채굴시 水분이 70 ~ 90 %를 건조하면 17 ~ 20 %가 된다. 토탄은

건조상태에서 발열량이 2100 ~ 5300kcal/kg 정도이다.

③ 석탄(石炭 Coal)

石炭은 植物質이 堆積分解되어 生成된 가연성 岩石으로 公業적으로 燃料로 사용되는 것을 뜻

〈표-13〉 석탄분류와 그 組成

炭 種	工業分析項目		
	固定炭素 %	揮發分 %	水 分 %
褐 色 褐 炭	50 이하	50 이상	6 이상
黑 色 褐 炭	50 이하	50 이상	6 이하
低 級 瀝 青 炭	65.7 ~ 50	32 ~ 52	—
高 級 瀝 青 炭	75 ~ 65.7	27 ~ 35	—
半 瀝 青 炭	87.5 ~ 75	14 ~ 19	—
半 無 煙 炭	92.3 ~ 87.5	9 ~ 13	—
無 煙 炭	92.3 이상	3 ~ 7	—
黑 鉛	—	3 이하	—

〈표-14〉 산지별 석탄의 조성 및 특성

설 명	호주유연탄	알라스카유연탄	美서부유연탄	인도네시아리그린
Total Moisture (%Wt)	10	28.28	22.3	35
Calorific Value (Kcal/kg)	6,080	4,695	4,900	5,500
Ash Analysis (%Wt)	51.40	10.70	10.9	
- Al ₂ O ₃	29.20	28.73	17.7	
- Fe ₂ O ₃	4.40	9.92	6.7	
- MgO	0.90	11.76	3.6	
- CaO	2.70	0.50	15.6	
- Na ₂ O	0.30	2.61	2	
- K ₂ O	0.70	0.60	0.5	
- TiO ₂	1.30	0.83	0.9	
Fusion Temperatures (°C)	1,250	1,190	1,150	1,380

한다. 石炭은 炭化種類에 따라 아래와 같이 구분하게 된다. 석탄중 탄소는 固定炭素 또는 揮發分(炭化水素 계통)의 형태로 존재한다. 여기서 固定炭素형이란 숯과 같이 가연성탄소의 응결체를 뜻하며 揮發分이란 탄화수소를 형성하고 있는 탄소를 뜻한다. 石炭의 種類는 表-13에서 보는 바와 같이 固定炭素와 揮發分の 含量比에 따라 分類하고 있다.

[1] 석탄조성과 특성

아래표 14는 현재 우리가 사용하는 輸入炭의 조성과 그 특성을 분석한 것이다.

위표에서 보듯이 석탄의 공업분석(Ultimate analysis)의 주요 성분은 수분, 회분, 휘발분, 고정탄소등으로 대별된다. 석탄은 원래 나무가 탄화된 것이므로 섬유소 리그닌등이 다량함유되어 그 조성이 매우 복잡하나 석탄성분분석용재가 적당한 것이 없어 그 정확한 조성은 알려져 있지 않다. 석탄중 질소화합물은 열에 쉽게 분해되는 아미노화합물과 열에 안정한 피롤계화합물로 구성되고 있기 때문에 석탄을 乾溜또는 불완전연소 하게 되면 아미노화합물은 휘발성염기물질의 석탄 Tar가 되고 이때 온도가 550℃ 정도 고온이 되면 피롤계화합물이 분해되어 암모니아 및 시안, Tar 및 기타 열에 안정한 화합물이 발생한다.

석탄중 黃分은 황화철(FeS₂) 황산염 또는 유기황화합물의 형태로 존재하며 產地에 따라 0~3% 범위에 있다. 우리나라 輸入炭의 경우 黃分을 1%미만으로 택하고 있다. 석탄성분중 大氣汚染測定에서 강조되어야 할 또 다른 물질중 하나는 灰分이 있다. 灰分은 석탄이 식물로부터 탄화될때 原植物이 含有하고 있던 灰分과 외부로부터 혼입된 灰分으로 大分된다. 원식물로부터 유래된 회분양은 1~2% 정도의소량에 지나지않고 대부분 탄화도중 또 채굴시 외부로부터 혼입된 것들이다. 석탄의 회분 총량은 2~20%정도이며 회분함량에 따라 등급이 나누어지게 된다. 灰分の 組成은 珪酸과 아루미나가 주성분임으로 酸性이 되므로 석탄사용연소 시설의 내벽은 酸性耐火煉瓦인 사뭇트煉瓦나 珪

酸煉瓦를 사용하여야 한다. 灰分含量도 產地에 따라 變化하게 된다(表-14 참조).

석탄내 회분이 많으면 발열량이 저하하고 연소후 灰滓처리가 곤란하며 특히 灰分의 耐火도가 낮은 경우에는 燒結物(Clinker)를 生成하여 큰 熱損失을 초래하게 된다.

④ 微分炭(Pulverized coal)

천연고체연료의 불리한 점을 개량키위하여 乾溜, 成形, 粉碎등의 가공을 거친것을 人工固體燃料라하여 천연고체연료와 구분한다. 인공고체연료로는 목탄(charcoal) 코크스 및 콜라이트, 煉炭(Briquet), 微粉炭等이 있다. 이중연탄은 19공탄등의 제품으로 가정용 난방연료로서의 중요 위치를 점하고 있다. 이중 미분탄은 연탄을 공업적으로 사용키 위한 방법중 가장 주요한 것의 하나로 갈탄, 역청탄, 半成코크스등을 微粉化(pulverization)한것이다. 微粉炭은 적당량의 공기를 혼합연소하면 그 燃燒狀態는 氣體燃料에 가까와지며 아래와 같은 장점을 갖는다.

- i) 연소에 필요한 공기조절이 자유롭고 점화 消火가 용이하다.
- ii) 炭粒子가 微細하여 표면적이 炭塊의 800~900배가 되어 공기와 접촉혼합이 良好하게 연소속도가 빠르며 완전연소 하기 쉽다.
- iii) 과잉공기량이 적어 熱效率이 높다.
- iv) 저질탄 使用폭이 넓다.
- v) 炭의 微粉化 및 연료장치를 기계화하여 勞動力을 減小하고 混燒가 가능하여 炭의 연료用途를 增加시킨다.

最近에는 火力發電所보일러 및 일반보일러 에 흔히 사용하고 있다. 微粉炭燃燒는 우리나라에 흔한 무연탄에 대하여도 效果物으로 응용할 수 있고 액체연료 및 물등과 혼합사용될수 없어 더욱 큰 의의를 가지고 있다.

微粉炭을 만들기 爲한 石炭의 微粉化方法은 原料炭을 Rootary coal dryer에 導入乾燥한후 석탄微粉機로 粉碎한다. 微粉機에는 重力式, 遠心力式, 스프링式, 衝擊式 등이 있으며 이중 가장 많이 사용되는 원심식 微粉機는 짧은 원통형의 粉碎環滯內에 분쇄한 석탄을 鋼球(또는 R

oller)와 함께 넣어 회전시키면 석탄은 그 사이에서 회전하는 鋼球나 물러와 충돌하여 微粉化된다. 보통 微粉炭의 粒徑은 100~200 ㎛ 정도가 된다. 微粉炭의 燃燒는 液體燃料과 같이 버너를 使用하여 燃燒한다. 微粉炭燃燒버너는 공기분출상태에 따라 直流型, 交流型, 施回流型으로 分類된다. 微粉炭연소에서는 연소공기의 25~40%를 1차 공기로 사용하며 이 1차 공기에 미분탄을 浮動시켜 버너Tip으로 분사한다. 남은 연소공기는 노내로 분출된 미분탄기름(1차공기)의 주위로 들어가서 혼합완전 연소를 유발한다. 이때 미분탄과 1차공기의 혼합물 酸出速度는 火焰傳播速度보다 커야하며 보통 20~30m/sec 정도를 유지하여야 한다. 만약 분출속도가 화염전파속도보다 늦어지면 역화가 발생한다. 완전연소에 필요한 공기의 과부족은 2차공기로 조절할수 없으며 열효율을 높이기 위해서 2차공기는 예열된 것을 사용하는 경우가 많다.

⑤ 기타의 인공연료

기타의 인공연료에는 현재로서는 석탄유액 (coal slurry)와 폐기물연료가 대표적이다. 석탄유액은 값이 싸며 기름대신 그대로 사용가능하며 현재 사용하고 있는 액체연료저장운반시설을

그대로 사용할수 있다는 장점이 있다. 석탄유액은 1976년도 Energy shock후에 美國과 스웨덴등에서 연구 개발된 것으로 현재는 연구개발 단계를 벗어나 실용화 단계에 있는 것들도 다소있으며 한국, 이스라엘, 불란서, 스페인 등에서 활기를 띠고 있다. 석탄유액은 微粉炭(coke or petroleum coke)를 액체탄화수소 또는 물과 혼합하여 석탄유액을 만든 것이다. 석탄유액의 특징은

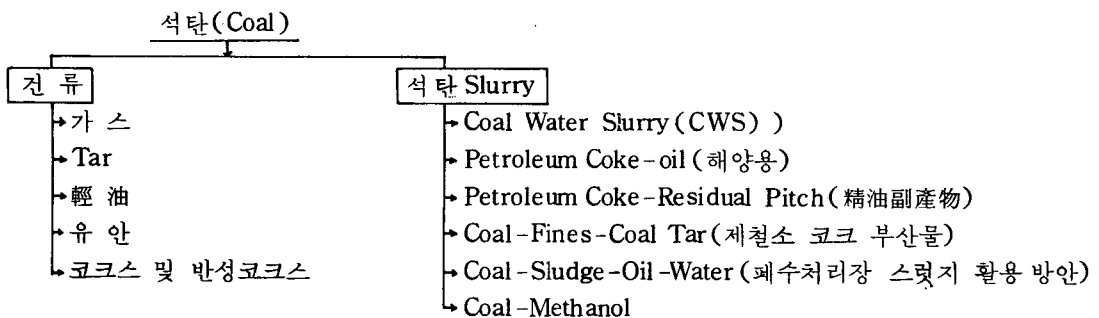
- 유액제조에 특별한 기술이 필요없다.
- 사용상 별다른 기술이 필요치않고 연료에 대한 자금회수가 빠르다.
- 석탄유액원료를 아주 쉽게 구할수 있다.

석탄유액의 종류는 아래표 15와 같이 분류되나 이중 연구개발단계를 지나 실용화된것은 COM, CMM, PCO 등이며 아직도 개발단계에 있는것은

- Petroleum Coke - oil (Marine)
- Coal fines - Coal Tar
- Coal Sludge - oil water
- Coal Methanol
- Petroleum Coke - Residual pitch 등

이다.

<표-15> 석탄유액의 종류



※ KOHAPLTD의 Coal Slurry Fuels for Korea(A joint Venture)

석탄유액의 제조는 그림 1의 공정을 거친다. 그림에서 보면 석탄유액은 석탄의 미분화 즉 固狀處理와 유액형성 즉 안정화과정을 거쳐 제조된다. 유액의 안정화는 석탄유액의 乳化의 안정

도를 높이기 위한 것으로 초음파(Ultrasonic Emulsify)와 첨가제를 첨가한 기계적 유화과정이 사용된다. COM은 초음파 유화과정을 거치며 CWM은 첨가제에 의한 유화과정을 거친다.

<다음호에 계속>

<그림 -4> Slurry 연료 제조 시설

