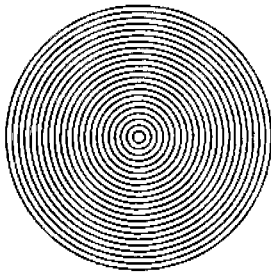


流動層燃燒 보일러의 經濟性 比較評價



Economic Feasibility of Fluidized Bed Combustion Boiler Compared to Other Industrial Boilers

孫 宰 翼

韓國動力資源研究所
廢資源 研究室長

共同研究者

成載碩(先任研究員)

金正德(研究員)

柳奎奎(國際엔지니어링
프란트事業部長)

1. 序 論

石炭利用에 따른 公害防止側面에서 有利하고 低質燃料를 燃燒시킬 수 있다는 長點 등으로 從來의 다른 燃燒方法에 비해 여러面에서 優秀하다고 認定된 流動層 燃燒技術을 産業보일러에 普及하고 同技術을 利用하여 代替에너지로서 國內 唯一의 賦存資源인 低質無煙炭을 에너지化 한다는 것은 石炭의 效果的인 利用과 國家資源 活用이라는 國家的인 次元에서 重要的 課題가 아닐 수 없다.

따라서 本 研究에서는 流動層 燃燒보일러(FBC Coal-Fired Boiler)에 대한 合理的인 代案(油類, 微粉炭, 火格子 燃燒보일러)을 設定하여 相對的인 經濟性을 알아 봄으로써 流動層 燃燒技術 開發에 대한 研究의 必要性을 客觀적으로 確認하는데 있다. 分析結果에 대한 보다 나은 客觀성을 부여하기 위하여 各 代案에 대한 投資費 및 運轉費 算定을 위한 基礎資料들은 국제종합엔지니어링주식회사에 의뢰하였다.

經濟性檢討 結果

가. 주어진 조건下에서 Steam生産量 30T/H 以上の Design Capacity를 갖는 보일러의 경우, FBC Coal-Fired Boiler의 經濟性이 다른代案들과 比較하여 충분히 높은 것으로 評價되어졌다.

나. 더우기, 環境汚染問題나 Ash로부터 稀貴金屬의 回收等を 전혀 고려하지 않은 Steam 만을 Product로 보고 評價한 狀況下에서도 FBC Coal-Fired Boiler의 經濟性이 높은 것으로 나타났으므로, 만일 위와 같은 부차적인 사항까지 고려한다면 상당한 Merit를 더할 것이다.

다. 따라서 國內賦存資源의 活用이라는 側面에서도 앞으로 이에대한 연구가 계속 이루어져, 小容量의 보일러에서도 충분히 경제성이 있으면서 安全하고, Operational Flexibility를 충분히 만족시킬 수 있는 보일러의 開發을 위해 지속적 研究開發이 이루어져야 할 것이다.

라. 本 經濟性 檢討는 아래와같은 假定(Assumption)을 前題로 하였다.

(1) 보일러는, 어느 경우나 보일러 單獨으로 技能을 다하는 것이 아니라, 熱併合發電所의 Steam 供給源이나, 一般 産業工場에서의 Utility의 一部

等으로서 運轉될 때 비로소 經濟性 評價의 對象이 되는 것이다.

(2) 따라서, 經濟性 이외에 Main Process의 運轉 條件에 따른 보일러의 Flexibility, Operability 등의 고려가 優先되어야 하는 것이므로,

(3) 본 研究의 경우와 같이 단순한 경제성만을 논한다는 것이 問題될 수 있겠으나, 앞으로의 에너지 관련 機器의 研究와 開發方向의 모색 및 類似한 보일러의 Type에 따른 相對的인 經濟性을 파악함으로써, 미래의 新設 製造工程의 建設을 위한 計劃 및 設計時 이를 반영시켜, 보다 경제적인 事業投資를 이룰 수 있으며,

(4) 또한 既存의 Oil Shock以前에 建設된 非效率的인 製造工程의 改修 및 工程改善時 이를 반영시켜, 보다 경제력있는 産業設備 製造工程으로 轉換시킬 수 있을 것이다.

(5) 引用된 모든 經濟性은 各各의 代案에 對한 相對的 經濟性일 수는 있으나, 모든 製造工程에 適用될 수 있는 절대적 경제성은 될 수 없음을 밝혀둔다.

2. 外國의 經濟性分析 事例

一般的으로 流動層 燃焼보일러는 종래의 보일러보다 單位體積當의 燃焼負荷가 크므로 燃焼室의 Compact化와 流動層 內의 높은 熱傳達로 인한 傳熱面積의 減少로 建設費가 약 10%정도 節減된다고 한다. 燃焼時 石灰石 等 添加劑를 利用하여 硫黃酸化물을 除去할 수 있는 장점때문에 脫黃裝置를 附着할 필요가 없으므로 全體的 經濟性이 좋아진다. 또한 流動層 보일러는 종래의 보일러에 비하여 燃料의 性狀에 좌우되는 傾向이 적으며 石灰의 選炭後 副產物로 生成되는 低質炭들도 使用이 可能하기 때문에 이를 利用하여 값싼 蒸氣를 生産할 수 있다는 利點도 있다.

가. 日本의 例

1978年 日本 石灰技術研究所에서 發表한 發電用 常壓流動層 燃焼爐(AFBC) 500MW×2 Units에 대한 經濟性分析結果에 의하면 微粉炭燃焼시스템과 비교하였을 때 建設費가 7~18%, 發電單價 12~22%節減이 可能하다고 한다 (表-1 참조).

〈表-1〉 常壓流動層 燃焼 500MW×2 基의 經濟性分析

燃焼方式	發電所建設費		發電原價	
	億 엔	(%)	엔/KWH	(%)
流 動 層 燃 燒 (濕式排煙脫黃)	1,638	(93)	8.51	(88)
(石灰石 廢棄)	1,441	(82)	7.60	(78)
(合成脫黃劑再生)	1,531	(87)	8.02	(83)
(石灰石 再生)	1,548	(88)	8.09	(83)
微粉炭燃焼(排煙處理 裝置附着)	1,752	(100)	9.71	(100)

나. 英國의 例

1980年 英國의 NBC(National Coal Board)에서 發電用 微粉炭燃焼시스템과 常壓 및 加壓 流動層 시스템(AFBC 및 PFBC)을 比較한 經濟性 分析結果를 보면, 投資費(Capital Cost)面에서, 常壓流動層 燃焼시스템(AFBC)과 微粉炭 燃焼시스템을 비교하였을 때 常壓流動層 燃焼시스템이 硫黃除去裝置를 附着한 微粉炭 燃焼시스템보다는 22%, 硫黃除去裝置를 設置하지 않은 微粉炭 燃焼시스템보다는 12% 經費節減이 可能한 것으로 나타났으며 加壓流動層 燃焼(PFBC)시스템과 微粉炭 燃焼시스템의 比較分析에서는 加壓流動層 燃焼시스템의 경우가 硫黃除去裝置附着 微粉炭 燃焼시스템보다는 10%, 硫黃除去裝置 未附着 微粉炭 燃焼시스템보다는 3% 經費節減이 可能한 것으로 나타났다.

또 運轉費(Operating Cost)面에서, 常壓流動層 燃焼시스템(AFBC)은 硫黃除去裝置 附着 微粉炭燃焼시스템보다는 9%, 硫黃除去裝置 未附着 微粉炭 燃焼시스템보다는 2% 經費節減이 可能하고, 加壓 流動層 燃焼시스템(PFBC)과 微粉炭 燃焼시스템의 비교에 있어서 加壓流動層 燃焼시스템은 硫黃除去裝置 附着 微粉炭 燃焼시스템 보다는 13%, 硫黃除去裝置 未附着 微粉炭 燃焼시스템 보다는 8%의 經費節減이 可能한 것으로 나타나,

流動層 燃焼시스템은 常壓, 加壓式을 막론하고 微粉炭 燃焼시스템 보다는 投資費(Capital Cost)와 運轉費(Operating Cost)의 兩面에 있어서 經濟性이 優秀하다는 것을 알 수 있다(表-2 참조).

다. 美國의 例

1979年, 美國產 無煙炭 廢石(Anthracite Culm ;

〈表-2〉發電用 微粉炭燃燒 시스템과 比較한 常壓 및 加壓 流動層 燃燒시스템의 經濟性分析

PULVERIZED COAL COMBUSTION FLUIDIZED BED COAL COMBUSTION	% Saving on Capital Cost of PULVERIZED Fuel Station		% Saving on Operating Cost of PULVERIZED Fuel Station	
	With Sulfur Removal	Without Sulfur Removal	With Sulfur Removal	Without Sulfur Removal
	(2)	(2)	(9)	(2)
ATMOSPHERIC PRESSURIZED	(10)	(3)	(13)	(8)

發熱量 1,600Kcal/kg, 灰分含量 70%정도로서 우리나라 低質無煙炭과 비슷한 性質을 保有)에 流動層 燃燒技術을 適用한 經濟性分析 結果에 의하면 同廢石을 이용한 流動層 燃燒技術은 래식 石炭燃燒시스템 (Stoker式 보일러)보다 26%의 經費節減 效果를 가져올 수 있을 뿐만 아니라, 같은 流動層 燃燒技術을 高質炭 流動層燃燒에 適用시켰을 때 보다는 20%의 經費節減 效果를 얻을 수 있다는 것이 입증된 바 있다(〈表3〉참조).

라. 其他資料

(1) "D. T. Beecher et al; E. C. A. S. (Energy Conversion Alternative Study) phase II Final Report Vol. III;1976"에 나타난 經濟性分析 結果에 의하면 流動層 燃燒시스템은 微粉炭 燃燒시스템에 비하여 建設費는 7%, 發電單價는 4% 節減되는 것을 알 수 있다 (〈表4〉참조).

〈表-3〉 蒸氣發生用 在來式 燃燒시스템과 流動式 燃燒시스템의 經濟性 比較分析

Item	Cost	U \$ per 1,000 lb of Steam Production		
		Fluidized-bed Boiler	Conventional Boiler	
Direct Cost	Coal or Culum	0.20	1.93	1.90
	Limestone	0.11	0.24	-
	Chemicals	0.24	0.44	0.24
	Lime	-	-	0.33
	Soda Ash	-	-	0.02
	Water	0.18	0.18	0.18
	(Total)	(0.73)	(2.59)	(2.67)
	Electricity	1.00	0.96	0.86
	Labor	0.42	0.13	0.29
	Maintenance	0.30	0.26	0.21
Waste Handling	0.20	0.03	0.11	
(Total)	(1.92)	(1.38)	1.32	
Indirect Cost (Insurance, Amortization, and Taxes)		1.91	1.76	1.99
Total Cost		4.56	5.73	6.18

〈表-4〉 微粉炭燃燒시스템과 流動層燃燒시스템의 經濟性 比較

項目	燃燒시스템	微粉炭燃燒	流動層燃燒
建設費	\$ / KW (%)	635 (1.00)	592 (0.93)
發電單價	Mills / KWH (%)	30.2 (1.00)	29.1 (0.96)

(2) D. H. Archer et al.; P. B. Report 211494;1971"에 의하면 流動層燃燒는 微粉炭 燃燒에 비하여 建設費13%, 發電單價 7%의 節減에 可能하다고 한다.

(3) GE (General Electric)가 80만kW發電Plant를 대상으로 微粉炭 燃燒와 流動層 燃燒를 比較한 結果로는 流動層 燃燒를 채택함으로써 發電效率이 6%上昇되고 發電單價面에서는 14%의 節減效果를 낼 수 있다고 한다(〈表5〉참조).

3. 經濟性 評價

가. COST ESTIMATION 一般基準

(1) CAPITAL COST (Fixed Capital Cost/Plant cost)

(가) Plant Cost와 同意語로 사용했으며, Initial Investment Cost로서 Hardware에 使用하는 費用으로 한정했다.

(나) 모든 Cost와 Price는 實際 國內에 建設하여 완벽하게 Operation할 수 있는 Boiler System을 基準으로 하였으므로 (82. 11. 現在價格 基準),

(다) 가능하면 과거에 實際로 建設했거나, 實際로 Boiler Maker와 施工業者로부터 받은 見積書에 基準을 두었다.

(라) 다만, Boiler Maker에 따라 價格차이가 상당히 있는 것이 우리나라 現實이기는 하나, 可能하면 平均的인 Boiler Quality의 價格과 Maker의

〈表-5〉 微粉炭燃燒와 流動層燃燒의 經濟性 比較

項目	燃燒시스템	微粉炭燃燒	流動層燃燒
發電效率	S/kW (%)	33.8 (1.00)	35.8 (1.06)
發電單價	Mills / KWH (%)	37.0 (1.00)	31.7 (0.86)

能力도 國內外的으로 보아 가장 平均的인 範圍內에 있는 Maker를 基準으로 하려고 노력했다.

(마) 또한 30T/H以上の 蒸氣生産規模의 Boiler에 있어서는 機資材의 國産化率이 상당히 떨어지기 시작하기 때문에 이는 Plant Cost Estimation에서도 상당한 Error Bound를 가질 것으로 추측이 되나, Sensitivity Analysis에서 이를 補完하려고 노력했다.

(바) Oil-Fired Boiler와 Pulverized Coal-Fired Boiler에 대한 資料는 國內建設을 위하여 다수의 Boiler Maker가 제출한 아래 容量의 見積書와 小型 Oil-Fired Boiler에 대한 物價情報誌(82. 10月號, 韓國産業經營技術研究所)의 價格을 參考로 하였다.

아래

- a) 10 T/H
- b) 52 T/H
- c) 58 T/H
- d) 80 T/H

(사) FBC Coal-Fired Boiler와 Stoker Coal-Fired Boiler의 Plant Cost는 現實的으로 이들의 Actual Cost를 알기 어려우거나 不可能하므로 FBC Coal-Fired Boiler는 Atmospheric FBC Coal-Fired로 基準을 잡고 現在 KIER에서 1T/H의 Design Capacity로 Pilot Plant를 建設하고 있는 資源과 美國의 類似Plant에 대한 Cost를 Koreanization하여 國內現實化한 Cost로 하였다. (참고: Arup, K Malik, Computerized Cost Estimation of Industrial Boilers, "Cost Engineering", Vol. 24/No. 5, Oct. 1982, USA). Stoker Coal-Fired Boiler의 경우는 小型의 10T/H미만의 Boiler Cost는 國內에서 稼動中이므로 쉽게 Estimation 할 수 있으나, 그 以上の 容量에 대해서는 FBC의 경우와 같이 Estimation했다.

(아) 우리나라의 環境基準을 만족시키는 大氣 및 水質汚染 防止裝置를 완벽하게 갖추는 것으로 모든 경우를 假定하였다.

(2) WORKING CAPITAL

(가) Boiler의 Operation만을 위한 最小 技術者와 技能工에 해당하는 一箇月分의 人件費와 一箇月分의 Maintenance Material購入費, 自体所要 電

氣動力費 및 가장 큰 比重을 차지하는 Fuel (Bunker-C Oil, Domestic/Imported Coal)의 一箇月分에 상당하는 量을 備蓄하는 것으로 假定했다.

(나) 技術者와 技能工 以外の 一般管理費等 Overhead는 모든 代案에서 제외시켰다.

(다) 또한, 比較代案(Alternatives)에 共通으로 所要되는 Chemicals Cost, Boiler Feed Water의 Make-up Cost 등은 除外하였다.

(3) MANUFACTURING COST

○Variable Cost와 Fixed Cost로 나누어 표시했으며 Manufacturing Cost에各 Alternative들에 共通으로 所要되는 Plant Overhead Cost 등은 除外하였다.

○輸入炭과 國內炭의 國內販賣價格은 <表 6>에 나타난 바와 같이 原價面에서 2倍以上 값비싼 輸入炭의 國內市平價格이 政府의 石炭價格政策으로 國內炭 販賣價格보다 저렴하다.

따라서 非現實的인 國內 販賣價格보다는 國內炭 및 輸入炭의 原價를 Fuel Price로 定했다.

○FBC Coal-Fired Boiler의 Fuel인 2,500Kcal/kg以下の 發熱量을 갖는 國內低質無煙炭의 商來가 없어 價格形成이 되어 있지 않으나 이를 ₩ 20,000/Ton으로 假定하여 Estimation하였다.

○또한 모든 Cost는 1982年 10月 現在의 우리나라 Cost로 現實化하려고 노력했으나 實際價格과는 얼마간의 차이가 있을 것으로 예상되어 Sensitivity Analysis에서 10%와 15%의 變動을 주어 各代案들의 Selection을 위한 Decision Making에 合理性을 잃지 않도록 유의하였다.

(가) Variable Cost

① 各 Alternative들의 Boiler Type과 Design Capacity에 따라 Total Boiler Efficiency를 推定하여 결정하였으며, 이에 따라 各代案들의 1Ton Steam/H를 生産하는데 所要되는 Fuel Cost와 動力費인 Electricity Cost만을 포함시켰다.

② 各代案들의 年間 Operation Time은 8,000Hr/Year를 基準으로 하였다.

③ 生産되는 Steam과 Boiler Feed Water의 溫度는 다음과 같은 Specification을 갖는 것으로 했다.

다 음

〈表- 6〉 國內炭과의 價格比較

(單位: 원 / M / T)

區 分 \ 年度	1978	1979	1980	1981
國內炭 原價 (A)	12,685	15,729	21,307	26,643
輸入炭 原價 (B)	27,341	32,190	46,918	55,322
B / A	2.16	2.05	2.20	2.08
國內炭 販賣價 (A')	13,530	17,670	25,080	39,000
輸入炭 販賣價 (B')	13,715	16,913	22,975	29,851
B' / A'	1.01	0.96	0.92	0.77
輸入炭赤字 (B' - B)	13,626	15,277	23,943	25,471
赤字總額 (百萬원)	7,467	27,040	41,108	83,494

(註) 1. 國內炭原價는 年間 10萬M/T以上の 生産規模 14個業체를 綜合한 平均値임.

2. 販賣價格은 炭質 3級 1號 (5,450-5,599Kcal/kg) 基準

3. 輸入炭赤字 (B' - B)에는 輸入炭 補助資金이 包含되어 있음

4. 赤字總額은 輸入炭赤字 (B' - B) × 年間販賣量임.

(資料提供: 經濟브리프스246호, 82. 6. 30. 韓國産業銀行)

- ㉑ Steam Pressure : 10kg/cm²G., Sat
- ㉒ Boiler Feed Water Temperature : 15°C
- ㉓ Differential Enthalpy of Steam : 649.96Kcal /kg

㉔ 따라서 10kg/cm²G. 이상의 High Pressure Steam을 生産할 경우와 Lower Pressure Steam을 生産할 경우의 各 代案들의 比較를 위해서, 前述한 바와 같이 Variable Cost와 Capital Cost (즉, Fixed Capital Cost) 및 다음項의 Fixed Cost에 대해서 ±10%와 ±15%의 Sensitivity Analysis를 行하였다.

(나) Fixed Cost

① 各 代案들의 Type과 Design Capacity에 따라 다음 Cost를 포함하는 것으로 하였다.

- ㉑ Operating & Maintenance Labor Cost
- ㉒ Maintenance Material Cost
- ㉓ Depreciation
- ㉔ Insurance
- ㉕ Interest

② Depreciation

各 代案들의 Type과 Design Capacity에 관계없이, 共히 10年을 Straigat Line Method에 따라 Depreciation하는 것으로 했으며, 共히 Scrap Value 0으로 하였다. 물론 現實的으로 各 代案들에 따라 15~20年의 Operation이 가능할 수도 있으나,

Model의 단순화를 위하여 이와 같은 假定下에서 行하였다.

③ Insurance

Operation만을 위한 技術者(Supervisor), 技能工(Operator) 및 整備工(Maintenance Man) 등의 傷害 / 產災保險 等과 Boiler System의 火災保險 等이 포함되는 것으로 하였으며, 이는 各 代案들 共히 Initial Investment Cost Capital Cost의 1%를 年間

〈表- 7〉 CALCULATION BASIS OF CAPITAL AND OPERATING COST OF OIL-FIRED BOILERS

	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. Efficiency, boiler, %	88.0	88.6	89.9	89.0
2. Depreciation period, year	10	10	10	10
3. Interest on initial investment cost, %	10	10	10	10
4. Fuel price, Bunker-C oil, W/Litree sp. gr. = 0.95	216	216	216	216
5. Heat value of fuel, Kcal/kg	9,700	9,700	9,700	9,700
6. No. of operator, person/24Hr	8	12	16	20
7. Operator's fee, W/Month-person	350,000	350,000	350,000	350,000
8. No. of supervisor, person/24Hr	4	4	4	4
9. Supervisor's fee, W/Month-person	450,000	450,000	450,000	450,000
10. Maintenance cost, % of initial investment cost/Year	2	2	2	2
11. Electricity consumption, KWH	48	94	231	455
12. Electricity price W/KWH	46.50	46.50	46.50	46.50
13. Insurance cost, % of initial investment cost/Year	1	1	1	1
14. Differential Enthalpy of steam, 10kg/cm ² g, sat. Kcal/kg	649.06	649.06	649.06	649.06
15. Operation time, Hr/Year	8,000	8,000	8,000	8,000

〈表- 8〉 CAPITAL AND MANUFACTURING COSTS OF OIL-FIRED BOILERS AS OF NOV. 1982, KOREA

		Unit : ₩10 ⁶			
		10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
I. TOTAL CAPITAL COST		₩303.19	₩518.12	₩1,285.67	₩3,678.66
1. FIXED CAPITAL COST		₩180	₩200	₩700	₩2,500
2. WORKING CAPITAL		₩123.19	₩238.12	₩585.67	₩1,178.66
1) Fuel		₩115.30	₩226.40	₩564.11	₩1,130.75
2) Electricity		₩1.49	₩2.92	₩7.16	₩14.11
3) Operating & Maintenance labor		₩4.60	₩6.00	₩7.40	₩8.80
4) Maintenance mat'l		₩1.80	₩2.80	₩7.0	₩14.11
II. MANUFACTURING COST W/Year		₩1,497.5	₩2,888.4	₩7,104.7	₩14,418.9
W/Hr		(₩187,188)	(₩361,050)	(₩888,088)	(₩1,802,363)
1. Fuel, W/Year		₩1,383	₩2,717	₩6,769	₩13,569
W/Hr		(₩172,875)	(₩339,625)	(₩846,125)	(₩1,696,125)
2. Electricity, W/Year		₩17.9	₩35.0	₩85.9	₩169.3
W/Hr		(₩2,238)	(₩4,375)	(₩10,738)	(₩21,163)
3. Operating & Maintenance labor, W/Year		₩55.2	₩72.0	₩88.8	₩105.6
W/Hr		(₩6,900)	(₩9,000)	(₩11,100)	(₩13,200)
4. Maintenance, W/Year		₩3.6	₩5.6	₩14.0	₩50.0
W/Hr		(₩450)	(₩700)	(₩1,750)	(₩6,250)
5. Depreciation, W/Year		₩18.0	₩28.0	₩70.0	₩250.0
W/Hr		(₩2,250)	(₩3,500)	(₩8,750)	(₩31,250)
6. Insurance, W/Year		₩1.8	₩2.8	₩7.0	₩25.0
W/Hr		(₩225)	(₩350)	(₩875)	(₩3,125)
7. Interest, W/Year		₩18.0	₩28.0	₩70.0	₩250.0
W/Hr		(₩2,250)	(₩3,500)	(₩8,750)	(₩31,250)

※ Figures in Parentheses are not abstracted but normal ones.

Insurance Cost로 보았다.

④ Interest

上記 Capital Cost에 대한 Interest를 支拂하는 것으로 하였으며, 이는 各 代案들 共히 Capital Cost의 10%를 年間 Interest로서 支拂하는 것으로 假定하였다. 물론 Interest의 변동이 尙後 10年 사이에 豫想되나, 이는 各 代案들에 같은 Level로서

〈表- 9〉 MANUFACTURING COSTS OF STEAM GENERATED FROM OIL-FIRED BOILERS (10kg/cm² g. sat)

ITEM	CAPACITY	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. Fixed capital cost per metric ton of steam per hour W/Ton/Hr		18,000,000	14,000,000	14,000,000	25,000,000
2. Total capital cost per metric ton of steam per hour W/Ton/Hr		30,300,000	25,900,000	25,700,000	36,800,000
3. Manufac'ng cost per metric ton of steam, W/Ton		18,700	18,100	17,800	18,000

適用되는 것이기 때문에, Decision-Making에는 別 영향이 없으리라 사려된다. 단, 前項에 前述한 바와 같이 Interest Cost의 변동에 대한 Sensitivity Analysis에서 각 ±10%와 ±15%의 경우를 고려하였다.

나. OIL-FIRED BOILER

(1) Bunker-C Oil을 Fuel로 使用하는 것으로 했으며,

(2) Capital Cost는 다음의 Cost를 포함한다.

(가) Design Engineering

(나) Equipment

— Mechanical

— Piping

— Electrical

— Instrument

— Architectural

— Civil

(다) Construction Supervision

(라) Construction

(마) Precommissioning

(3) Capital Cost가 포함하는 Scope of Battery Limit은 다음과 같다.

(가) Boiler Body Unit

(나) Fuel Storage System

(다) Fuel Handling System

(라) Electricity Substation

(마) Boiler Feed Water Treatment System

(바) Environmental Protection System (for Air & Water)

(4) Capital Cost와 Manufacturing Cost等の 計算을 위한 設定 Base와 Design Capacity別 Cost 는 다음과 같다.

다. FBC COAL-FIRED BOILER

(1) 現在 우리나라의 KIER와 先進各國에서 心血을 기울여 研究하는 過程中에 있는 시스템이기 때문에, 그 Capital Cost, Manufacturing Cost 等の Estimation에 Error Bound가 클 수도 있으나, 이미 小型 Boiler System에서는 商用化가 이루어진 상태이므로, 本研究에서는 韓國動力資源研究所에서 研究中인 Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC) Coal-Fired Boiler System Model을 基準

으로 하였다.

(2) Fuel인 Coal은 現在 國內에서 高質 無煙炭의 採炭時에 附隨的으로 生産되고 있는 2,500Kcal/kg 發熱量 以下の 低質無煙炭을 使用하는 것으로 했으며,

(3) Fuel Cost價格은 現在 商去來가 이루어져 본적이 없어, 價格形成이 되어 있지 않으나, 이를 ₩ 20,000/Ton으로 假定하여 行하였다. 이미 炭鑛밖에 採炭된 狀態로 野積되어져 있는 上記 低質炭의 Cost는 운반비 정도에 그칠 수도 있으나, 이의 수요가 많아, 地下에 埋藏되어 있는 低質炭을 生産品으로 採炭할 경우의 Cost는 상당한 原價일 수도 있을 것이다.

따라서, 本 經濟性檢討에서 가장 關鍵이 되는 것이 國內低質炭의 Cost라 할 수 있다.

(4) 그러나, 다른 代案들과 比較를 위해서 FBC Coal-Fired Boiler System에, 現在 國內에 輸入되고 있는 熱量 5,500 Kcal/kg의 高質有煙炭을 使用하는 것을 代案의 하나로 하였기 때문에, FBC System의 經濟性 판단에 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

(5) Capital Cost 의 내용과 Scope of Battery Limit은 Oil-Fired Boiler와 같다.

〈表-10〉 CALCULATION BASIS OF CAPITAL AND OPERATING COSTS OF FBC COAL-FIRED BOILERS

	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. Efficiency, boiler, %	87.2	88.6	89.0	89.0
2. Depreciation period, year	10	10	10	10
3. Interest on initial investment cost, %	10	10	10	10
4. Fuel price, ₩/Metric ton-coal	20,000	20,000	20,000	20,000
5. Heat value of coal, Kcal/kg	2,500	2,500	2,500	2,500
6. No. of operator, person/24Hr	16	24	30	64
7. Operator's fee, ₩/Month-person	350,000	350,000	350,000	350,000
8. No. of supervisor, person /24Hr	4	4	8	12
9. supervisor's fee ₩/Month-person	450,000	450,000	450,000	450,000
10. Maintenance cost, % of initial investment cost/Year	2	2	2	2
11. Electricity consumption, KWH	106	207	508	1,001
12. Electricity price, ₩/KWH	46.50	46.50	46.50	46.50
13. Insurance cost, % of initial investment cost/Year	1	1	1	1
14. Differential Enthalpy of steam, 10kg/cm ² ·g, sat, Kcal/kg	649.06	649.06	649.06	649.06
15. Operation time, Hr/Year	8,000	8,000	8,000	8,000

〈表-11〉 CAPITAL AND MANUFACTURING COSTS OF FBC COAL-FIRED BOILERS AS OF NOV 1982, KOREA

* Figures in Parentheses are not abstracted but normal ones.

	10T/H	20T/H	50T/H	10T/H
I. TOTAL CAPITAL COST	₩1,569.15	₩2,221.02	₩3,565.65	₩5,095.90
1. FIXED CAPITAL COST	₩1,500	₩2,100	₩3,300	₩4,600
2. WORKING CAPITAL	₩69.15	₩121.02	₩265.65	₩495.90
1) Fuel	₩39.70	₩78.17	₩194.50	₩388.90
2) Electricity	₩3.30	₩6.40	₩15.80	₩31.00
3) Operating & Maintenance labor	₩7.40	₩10.20	₩14.10	₩57.50
4) Maintenance mat'l	₩18.75	₩1,630.9	₩41.25	₩18.50
II. MANUFACTURING COST ₩/Year	₩956.7	₩1,630.9	₩3,467.7	₩6,342.8
1. Fuel ₩/Year	₩/Year (₩119,588)	₩/Year (₩203,863)	₩/Year (₩433,463)	₩/Year (₩792,850)
2. Electricity, ₩/Year	₩/Year (₩39,4)	₩/Year (₩77)	₩/Year (₩189)	₩/Year (₩372.4)
3. Operating & Maintenance labor, ₩/Year labor	₩/Year (₩88.8)	₩/Year (₩122.4)	₩/Year (₩169.2)	₩/Year (₩222.4)
4. Maintenance, ₩/Year	₩/Year (₩11,100)	₩/Year (₩15,300)	₩/Year (₩21,150)	₩/Year (₩27,800)
5. Depreciation, ₩/Year	₩/Year (₩4,688)	₩/Year (₩6,563)	₩/Year (₩10,313)	₩/Year (₩14,375)
6. Interest, ₩/Year	₩/Year (₩150.0)	₩/Year (₩2100)	₩/Year (₩330.0)	₩/Year (₩460.0)
7. Interest, ₩/Year	₩/Year (₩18,750)	₩/Year (₩26,250)	₩/Year (₩41,250)	₩/Year (₩57,500)
8. Interest, ₩/Year	₩/Year (₩15.0)	₩/Year (₩21.0)	₩/Year (₩33.0)	₩/Year (₩46.0)
9. Interest, ₩/Year	₩/Year (₩1,875)	₩/Year (₩2,625)	₩/Year (₩4,125)	₩/Year (₩5,750)
10. Interest, ₩/Year	₩/Year (₩150.0)	₩/Year (₩210.0)	₩/Year (₩330.0)	₩/Year (₩460.0)
11. Interest, ₩/Year	₩/Year (₩18,750)	₩/Year (₩26,250)	₩/Year (₩41,250)	₩/Year (₩57,500)

〈表-12〉 CALCULATION BASIS OF CAPITAL AND OPERATING COSTS OF FBC COAL-FIRED BOILERS

FBC Case-2

	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. Efficiency, boiler, %	87.2	88.6	89.0	89.0
2. Depreciation period, Year	10	10	10	10
3. Interest on initial investment cost, %	10	10	10	10
4. Fuel price, ₩/Metric ton-coal	55,322	55,322	55,322	55,322
5. Heat value of coal, Kcal/kg	5,500	5,500	5,500	5,500
6. No. of operator, person/24Hr	16	24	30	34
7. Operator's fee, ₩/Month-person	350,000	350,000	350,000	350,000
8. No. of supervisor, person/24Hr	4	4	8	12
9. Supervisor's fee, ₩/Month-person	450,000	450,000	450,000	450,000
10. Maintenance cost, % of initial investment cost/Year	2	2	2	2
11. Electricity consumption, KWH	106	207	508	1,001
12. Electricity price, ₩/KWH	46.50	46.50	46.50	46.50
13. Insurance cost, % of initial investment cost/Year	1	1	1	1
14. Differential Enthalpy of steam, 10kg/cm ² ·g, sat., Kcal/kg	649.06	649.06	649.06	649.06
15. Operation time, Hr/Year	8,000	8,000	8,000	8,000

〈表-13〉 CAPITAL AND MANUFACTURING COSTS OF OIL-FIRED BOILERS
AS OF NOV. 1982, KOREA

* Figures in Parentheses are not abstracted
but normal ones.

Unit : ₩10 FBC Case-2

	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. TOTAL CAPITAL COST	₩1,659.15	₩2,298.85	₩3,710.13	₩5,335.65
1. FIXED CAPITAL COST	₩1,500	₩2,100	₩3,300	₩4,600
2. WORKING CAPITAL	₩159.15	₩198.85	₩410.13	₩735.65
1) Fuel	₩90.00	₩156,000	₩338.98	₩628.65
2) Electricity	₩3.30	₩6.40	₩15.80	₩31.00
3) Operating & Maintenance labor	₩7.40	₩10.20	₩14.10	₩18.50
4) Maintenance mat'l	₩18.75	₩26.25	₩41.25	₩57.50
II. MANUFACTURING COST	₩/Year	₩/Year	₩/Year	₩/Year
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
1. Fuel, ₩/Year	₩1,079.7	₩1,871.9	₩4,067.7	₩7,543.8
	(₩134,963)	(₩233,980)	(₩508,463)	(₩942,975)
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
2. Electricity, ₩/Year	₩39.4	₩77	₩189	₩372.4
	(₩4,925)	(₩9,625)	(₩23,625)	(₩46,550)
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
3. Operating & Maintenance labor, ₩/Year	₩88.8	₩122.4	₩169.2	₩222.4
	(₩11,100)	(₩15,300)	(₩21,150)	(₩27,800)
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
4. Maintenance, ₩/Year	₩37.5	₩52.5	₩82.5	₩115.0
	(₩4,688)	(₩6,563)	(₩10,313)	(₩14,375)
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
5. Depreciation, ₩/Year	₩150.0	₩210.0	₩330.0	₩460.0
	(₩18,750)	(₩26,250)	(₩41,250)	(₩57,500)
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
6. Insurance, ₩/Year	₩15.0	₩21.0	₩33.0	₩46.0
	(₩1,875)	(₩2,625)	(₩4,125)	(₩5,750)
	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr	₩/Hr
7. Interest, ₩/Year	₩150.0	₩210.0	₩330.0	₩460.0
	(₩18,750)	(₩26,250)	(₩41,250)	(₩57,500)

〈表-14〉 MANUFACTURING COSTS OF STEAM
GENERATED FROM FBC COAL-FIRED BOILERS
(10kg/cm² · g sat)

ITEM	CAPACITY	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. Fixed capital cost per metric ton of steam per hour, ₩/Ton/Hr	150,000,000	105,000,000	66,000,000	46,000,000	
2. Total capital cost per metric ton of steam per hour, ₩/Ton/Hr	156,900,000	111,100,000	71,300,000	50,900,000	
3. Manufacturing cost per metric ton of steam ₩/Ton		11,960	10,190	8,670	7,930

〈表-15〉 MANUFACTURING COST OF STEAM
GENERATED FROM FBC COAL-FIRED BOILERS
(10kg/cm² · g sat)

ITEM	CAPACITY	10T/H	20T/H	50T/H	100T/H
1. Fixed capital cost per metric ton of steam per hour, ₩/Ton/Hr	150,000,000	105,000,000	66,000,000	46,000,000	
2. Total capital cost per metric ton of steam per hour, ₩/Ton/Hr	156,900,000	111,100,000	74,200,000	53,400,000	
3. Manufacturing cost per metric ton of steam ₩/Ton		13,496	11,699	10,169	9,430