

發電用 燃料과 發電原價에 關한 考察

〈燃料問題와 現行 燃料價格을 中心으로〉

韓國電力株式會社·常務理事 金 善 集

1. 發電燃料의 種類

汽力發電所의 燃料에는 固體燃料인 無煙炭(anthracite), 有煙炭(bituminous coal)과 液體燃料로 原油, 海軍重油(navy special oil), C重油(bunker C)가 있으며 氣體燃料에는 地下에서 나오는 天然가스와 鎔鑛爐에서 나오는 가스 등이 쓰이며 그 외에 原子力과 地熱이 利用되고 있다.

韓電의 現在 稼動中인 汽力發電所 中 發電機를 除外하고는 모두 無煙炭을 主燃料로 하고 있으며 起

動時와 火焰安定用으로 重油를 얼마씩 混燒하도록 設計되어 있다.

發電機는 重油만을 專燒하고 있다.

(1) 無煙炭(anthracite)

南韓에서 生産되는 唯一한 燃料源인 無煙炭은 發電用 外에도 家庭用 및 産業用으로 널리 쓰이고 있다.

韓電에서 使用하고 있는 發電用 無煙炭의 平均成分 및 熱量은 表-1과 같다.

(表-1) 無 煙 炭 成 分

水 分	揮 發 分	固定炭素	灰 分	硫 黃	熱 量 *	灰融解溫度
6~10 %	3~4.5 %	60~45 %	30~40 %	1% 未滿	4,200~5,200 kcal/kg	1,200~1,500°C

* dry base인.

無煙炭의 燃燒方式은 現在 工事が 進行되고 있는 唐人屋 1, 2號機의 浮遊燃燒方式(ignifluid combustion process)을 除外하고는 모두 微粉炭燃燒方式이다.

燃燒에는 揮發分, 灰分, 着火速度, 爐內溫度, 燃料과 空氣와의 接觸, 炭粒子的 크기 등이 影響을 미치며 灰分이 많을수록 unburned carbon이 增加되고 微粉機容量을 減少시킨다. 이에 關하여는 第3節에서 詳細히 說明한다.

이 外에 boiler內의 clinker生成, 灰處理 등은 液體 或은 氣體 燒燒時에는 없는 重要한 問題들이다.

(2) 重油

重油는 原油 精油過程에서 LPG, naphther, 揮發油, 燈油, 輕油를 빼낸 나머지를 말한다.

揮發性이 큰 揮發油, 燈油 등을 빼내었기 때문에

原油보다 安全하며 또한 價格도 揮發油, 燈油를 비싸게 팔수 있으므로 原油보다 싸다.

이 重油는 燃料 뿐만 아니라 石油化學의 原料이기도 하다.

重油의 長點은 無煙炭에서와 같이 巨創한 操炭設備, 微粉裝置가 必要 없고 clinker와 灰處理 등의 問題가 없으며 成分과 熱量도 거의 一定하다는 것이다. 現在 大韓石油公社에서 生産하는 C重油(bunker C)의 規格은 表-2와 같으며 韓電에서는 모두 이것을 쓰고 있다.

燃燒方式은 重油를 豫熱시킨 다음 atomizer로 噴霧化하여 燃燒시키며 過剩空氣(excess air)도 無煙炭燃燒時보다 적다.

重油燃燒 設備는 寧越第1火力이 20%까지, 寧越第2火力이 40%까지 混燒할 수 있으며 그 外의 모든 火

(表-2) Bunker C 重油 製品規格

項 目	規 格	試驗基準 (ASTM標準)
比 重	15°/4°C, 0.955	D-287
粘度, SFS @ 50°C (122°F)	250 以下	D-88
Flash point, FM °C(°F)	66(150) 以上	D-93
水分 및 沈澱粉 (%)	1.0 以下	D-96
硫 黃 分 (%)	4.5 以下	D-129

(大韓石油公社 提供)

力發電所는 100% 油類專燒도 할 수 있게 되어 있다.

그러나 boiler는 모두 無煙炭을 燃料로 하여 設計 되었기 때문에 油類專燒에는 適合치 못하다.

2. 韓國產 無煙炭 및 重油의 生産需給狀況

(1) 無煙炭

南韓의 無煙炭 埋藏量은 約 10億噸 以上으로 推定하고도 있으나 可採性을 考慮하고 있지 않기 때문에 그다지 큰 意義가 없다.

PMC(Pierce Management Corporation) 調査團은 1966年 1月 1日 現在의 韓國의 總可採石炭埋藏量을 5億噸으로 推算하고 있고 한편 石炭公社에서는 可採量을 이보다 4千萬噸이 많은 5億4千萬噸으로 推定하고 있는데 그 內譯은 表-3과 같다.

(表-3) 南韓 無煙炭埋藏量 總括表

(單位: 1,000MT)

區 分	潛在可採量	K S에 依한 可採埋藏量
國 營	87,000	58,189
民 營	大 單 位	113,050
	其 他 民 營	115,636
營 計	453,000	228,686
合 計	540,000	286,875

(商工部「綜合에너지需給計劃」· 1966. 7. 30)

政府는 元來 1966年度의 石炭需要를 1,180萬噸線으로 豫測하였고 生産計劃에서는 66年의 石炭生産이 1,100萬噸을 若干 上廻할 것으로 豫想하여 石炭의 不足量을 79萬噸으로 推算하고 있었으나 65年 겨울부터 나타나기 始作한 石炭不足現象으로 石炭供給計劃을 大福 修正하여 1966年의 總需要를 1,180

萬噸에서 1976년에는 2,312萬噸으로 增加하는 것으로 보고 있다. 그中 發電用으로는 1966년에 200萬噸에서 1976년에는 427萬噸으로 增加하는 것으로 豫測하고 있으나 韓電의 長期電源開發10個年計劃에서는 重油專燒發電所를 많이 計劃하고 있어 254萬噸으로 보고 있다.

(表-4) 無煙炭의 年別 需要供給 豫測

年 別	發電用炭需要	總需要	生 産
1966		11,840	11,270
1967	2,363	13,140	12,000
1968	2,710	14,300	12,600
1969	3,109	15,490	13,270
1970	2,909	16,200	14,090
1971	2,594 (2,686)	16,910	15,030
1972	2,610 (3,153)	18,300	15,360
1973	2,802 (3,538)	19,610	15,830
1974	2,611 (3,923)	20,920	16,000
1975	2,302 (3,803)	21,730	16,000
1976	2,054 (4,272)	23,120	16,000

(商工部「綜合에너지需給計劃」 1966. 7. 30)

註: () 內 數字는 1971年 以後 竣工計劃인 發電所를 石炭-重油混燒式으로 할 경우의 所要量인.

우리나라의 石炭은 大韓石炭公社 傘下 6個 礦業所와 大單位 炭座를 包含한 200餘個에 達하는 群小民營炭礦에 依하여 生産되고 있는데 1954年 以來로 石炭生産은 增加一路에 있으며 特히 1962년부터는 石炭生産史上 그 類例를 찾아볼 수 없을 程度의 急激한 躍進을 올리고 있다. 이와 같은 事實은 他 에너지資源의 缺乏으로 因한 無煙炭需要의 急増과 過去 石炭事業의 收益性이 良好하였던 期間에 石炭礦에의 投資가 많았던 結果가 나타난 것이라 보여진다.

그러나 앞으로 11年間의 生産(供給)展望을 보면 無煙炭 需給蹉跌은 앞으로 每年 그 隔差가 漸漸 더 커지리라는 것을 알 수 있다.

PMC 調査團의 石炭開發에 關한 建議書에 依하면 石炭의 統制價格을 解除하여 適正價格을 設定하고 政府가 石炭礦 開發投資要因을 造成하며 適切한 輸送對策을 마련한다면 1973년에는 生産量이 2,000萬噸으로 增加될 수 있고 1990년까지 年間 2,000萬噸의 生産이 繼續 維持된다고 主張하고 있다.

表-4에서와 같이 政府가 豫測한대로 每年 需要와 供給差가 커지면 必然的으로 이의 油類代替는 不

可避할 것이며 家庭用炭을 優先적으로 供給할 경우 火力發電에 있어서 油類使用의 增加는 거의 確實視된다.

(2) 重油

發電用 重油로서는 그間 外國에서 navy special oil을 輸入, 使用하여 왔으나 1964년에 처음으로 蔚山精油工場이 建設되어 이보다 廉價인 bunker C油가 生産됨에 따라 汽力發電用 重油는 이로 全面 代替하였고 아울러 無煙炭不足으로 各種 新設工場用 燃料로서도 bunker C油가 使用됨에 따라 그 需要가 急激히 增加되고 있다. 表-5는 政府가 豫測한 bunker C油의 需要表이다.

(表-5) Bunker C油 需要 豫測

(單位: 1000 t)

年度別	發電用需要	總需要
1967	184,567	959,100
1968	201,050	1,160,300
1969	271,530	1,625,900
1970	614,720	2,192,000
1971	878,254 (928,430)	2,546,200
1972	949,689 (1,246,680)	3,081,100
1973	1,011,904 (1,414,240)	3,613,600
1974	1,055,640 (1,772,760)	4,175,700
1975	1,391,878 (2,212,210)	4,767,500
1976	1,471,195 (2,683,260)	5,388,900

(商工部「綜合에너지需給計劃」1966.7.30)

註: ()內 數字는 1971年 以後 竣工計劃인 發電所需 全部 油類專燒할 경우임.

世界的인 資源狀況을 보면 技術과 設備의 發達로 確認埋藏量은 每年 增加하고 있다. 即 過去 原油 確認埋藏量의 推移를 보면 1938年 340億 bbl에 不過했던 것이 1945年 580億 bbl, 1950年 943億 bbl, 1955年 1,900億 bbl, 1960年 2,657億 bbl, 1962年 3,000億 bbl, 1963年 3,266億 bbl, 1964年 3,418億 bbl이다.

이와 같이 埋藏量이 每年 增加하고 있으므로 今後 調査의 進展과 採鑛, 採掘技術의 發達 등으로 더욱 많은 埋藏量이 確認될 것이므로 可採年數도 따라서 增加할 것인 바 資源面에 있어서의 原油供給의 安定性은 當分間 保證된다고 보겠다.

蔚山精油工場이 容量 日當 35,000 bbl로 現在 國內需要를 充足시키고 있으나 앞으로 繼續 增加하는 需要를 供給함에는 現 精油工場의 容量을 擴張해나감으로써 보다 더 低廉한 製品을 供給하여야 할 것

이다.

여기에 問題가 되는 것으로서는 첫째 原油의 購入과 둘째 精油工場의 擴張 및 增設, 세계 原油購入資金 等이다.

原油의 埋藏量은 쿠웨이트와 사우디아라비아를 中心으로 한 中東地域이 全世界의 62.8%를 차지하고 있으며 이들 產油國들이 自體 消費하는 것이 아니고 그 大部分을 輸出하여 다른 여러 國家들이 使用하고 있다.

그러나 이것도 產油國과 採油國의 政治的 事情에 影響을 받지 않을 수 없다. 即 地域的인 局部戰爭이나 內亂 및 敵性國化 같은 경우에는 原油供給이 杜絶될 可能性이 많은 것이다.

그러나 우리나라는 唯一한 energy資源인 石炭의 不足으로 現在 energy政策이 石炭으로부터 油類로 轉換하여야 하는 時點에 놓여 있으며 國家安全上 不利하기는 하나 重油需要의 增加는 不可避하다. 이 急激한 需要에 맞추기 爲하여 政府는 現在 35,000 bbl의 蔚山精油工場의 施設을 日產 110,000 bbl로 擴張할 것과 第2, 第3 精油工場의 建設을 서두르고 있다.

3. 韓國產 無煙炭 및 重油의 特性和 그 問題點

(1) 韓國產 無煙炭의 種級

一般的으로 無煙炭은 다음 3種으로 分類된다.

- ① meta-anthracite
- ② anthracite
- ③ semi-anthracite

乾燥鑛物質 除外基準으로 하여 固定炭素가 98%以上(揮發分 2% 未滿)인 石炭을 meta-anthracite라 하며 固定炭素가 92~98%(揮發分 2~8%)의 石炭을 anthracite로, 固定炭素가 86~98%의 石炭을 semi-anthracite로 分類하고 있다.

南韓에서 生産되는 無煙炭은 거의 meta-anthracite에 屬하는 high rank炭이며 其他 若干의 anthracite와 江陵, 開慶地區의 黑鉛質炭(graphitic coal)이 生産되고 있다.

Semi-anthracite는南韓에서는 生産되지 않으며 meta-anthracite인 high rank(高種級)炭에는 揮發分이 없으므로 이의 燃燒를 돕기 爲하여 補助燃料等이 必要하다.

商工部는 熱量別로 韓國 無煙炭의 炭級을 設定하

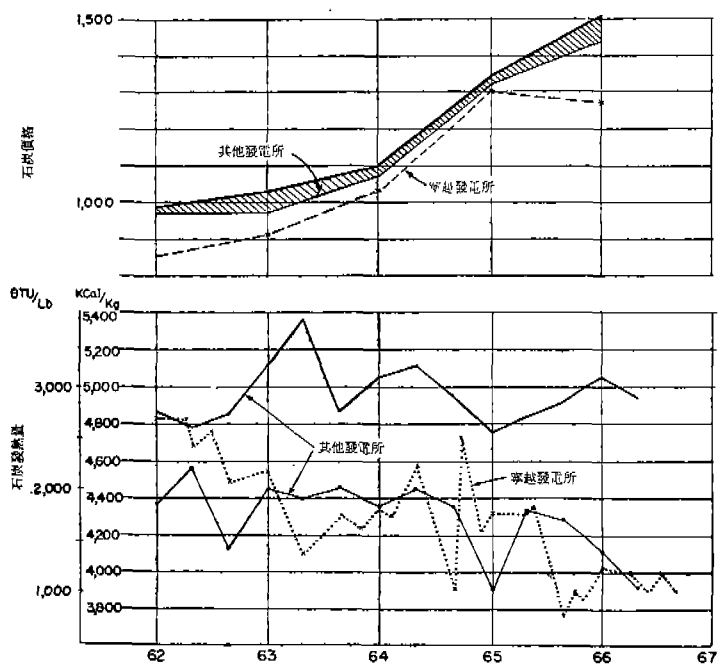
고 있으며 表-6과 같이 4級炭(5,100~5,299)을 基準으로 하여 上下로 300kcal/kg마다 1級差를 두고 있으며 6,200kcal/kg 以上の 發熱量을 가진 石炭을 特級炭으로 規定하고 있다.

實際로 韓電에서 使用된 1962~1966年 間的 石炭의 月別 平均 發熱量은 寧越發電所에 있어서는 3,800~4,800 kcal/kg(引受時 基準)이고 其他 發電所에 있어서는 4,200~5,400kcal/kg의 範圍이다

(表-6) 無煙炭 等級表 (乾式基準)

單位 \ 炭級	5 級	4 級	3 級	2 級	1 級	特 1 級	特 2 級
發 熱 量 (kcal/kg)	4,800~5,099	5,100~5,299	5,300~5,599	5,600~5,899	5,900~6,199	6,200~6,499	6,500~6,799

(圖-1) 年度別 發電用炭 價格 및 平均發熱量表



(韓電 火力發電課 調査)

近年에 이르러 入荷炭의 炭質이 漸漸 低下되는 傾向을 나타내고 있으며 今年에는 더욱 石炭需給事情이 惡化되어 炭質이 顯著하게 低下되었다.

韓國產 無煙炭은 그 成分이 大部分 固定炭素로 되어 있으므로(灰分 除外) 圖-2에서 보는 바와 같이 거의 一定 關係에 있어 發熱量에 따른 灰分含有量의 概數를 判定하는데 이 表를 便利하게 利用할 수 있다.

(2) 石炭燃燒時의 問題點

燃燒에 關係되는 石炭의 特性은 石炭의 成分에도 關係되지만 發電用 大容量 boiler에서와 같은 微粉

炭 燃燒設備에 있어서는 다음과 같은 要素에 依하여 크게 支配된다.

- ① 石炭의 燃燒速度
- ② 灰分
- ③ 微粉度
- ④ 爐內溫度
- ⑤ 燃燒空氣의 配分
- ⑥ 燃料의 爐內滯留時間

이것에 關하여 項自別로 燃燒效率을 높이기 爲한 여러 問題點을 생각하여 본다.

- ① 石炭의 燃燒速度(reactivity)

(圖-2)

發電量—灰分含有量 曲線

燃燒速度는 石炭이 가진 固有의 特性으로서 石炭燃燒의 難易度에 關한 比較指數이다. 一般의 石炭 high rank coal일수록 燃燒速度가 느리며 low rank coal은 燃燒速度가 빠르다. 石炭의 灰分中에 含有된 어떤 礦物質은 燃燒促進의 觸媒作用을 하며(때로는 反觸媒) 燃燒速度에 影響을 줄 수도 있다.

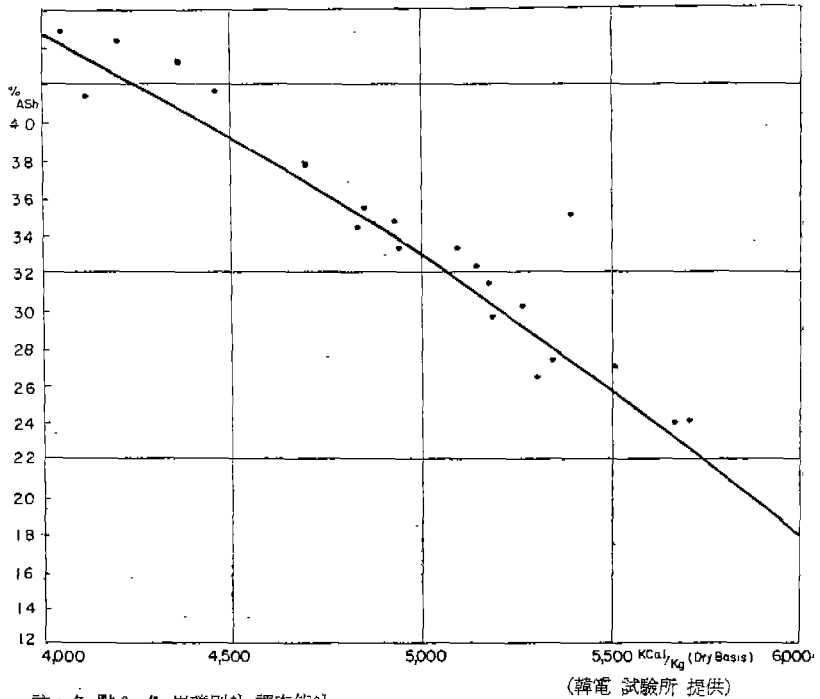
燃燒速度를 表示하는데 「CRL reactivity index (T 15)」를 使用하며 index 425 以下는 良好한 燃燒速度를 나타내고 425 以上은 難燃燒를 意味한다.

寧越發電所에서 使用하고 있는 磨礮石炭은 低發熱量炭이지만 index 340으로서 比較的 燃燒는 容易한 石炭이라 하겠다. 黑鉛質인 聞慶炭은 燃燒速度가 index 533으로서 難燃燒炭이며 江陵地區의 石炭도 燃燒速度는 大端히 느리다.

新寧越發電所에서 使用된 石炭(咸白炭)은 index 450~475로서 平均燃燒速度가 느리고 또 約 40%의 灰分을 含有한 低質炭이지만 補助燃油 없어도 a sh中的 未燃燒炭素分 7% 以下로 燃燒시킬 수 있다는 것을 볼 때 韓國 無煙炭은 燃燒가 매우 어렵다는 一般的 觀念은 그릇된 것이라고 할 수 있으며 앞으로 建設될 石炭boiler 設計에 있어서는 이 點이 充分히 考慮되어야 할 問題이다.

② 灰 分

灰分含有量은 無煙炭質의 良否를 가리는 直接的인 指標인 同時에 汽罐燃燒 및 運轉時에 가장 問題되는 要素이다. 即 灰分의 增加는 石炭發熱量의 低下를 意味하는 同時에 燃燒觸媒의 役割이 되기도 하지만 커다란 熱의 搬出媒介로서 熱損失을 가져오며 또한 未燃燒炭素分의 運搬體로서 作用한다. 特別히 低融點의 灰分은 clinker生成의 原因이 되며 汽罐運轉의 커다란 障害가 되고 때로는 汽罐의 運轉



停止에까지 이르게 한다.

이러한 灰分增加에 따른 熱損失과 爐內溫度降下를 補充하기 爲하여는 補助燃油의 增加, 燃料의 爐內滯留時間의 延長 및 refractory lining의 增加 등의 方法으로 爐內溫度의 上昇을 圖謀한다.

一面 灰分의 增加는 運搬費, 粉碎費, 灰處理費를 增加시키며 特別히 灰分의 磨礮浸蝕性(abrasiveness)은 grindability와 함께 微粉機, 通風機 등의 保守費에 크게 影響을 준다.

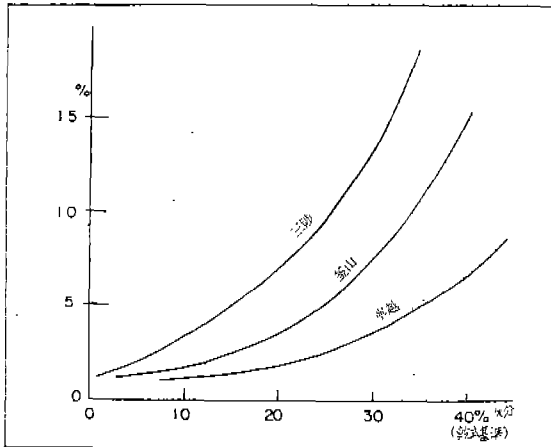
灰分 增加에 따른 汽罐效率低下特性은 圖-3에서 보는 바와 같이 指數函數的으로 急激한 上昇率을 나타낸다. 約 10%의 灰分變化는 實際로 3~6.5%의 汽罐效率變動을 가져온다. 圖-3은 三陟 #2, 釜山 및 寧越의 3個 發電所에서 試驗한 結果이며 發電所別의 差異는 炭質 및 爐의 設計에 起因되는 것이다.

이렇게 石炭中의 灰分의 影響은 發電所 運轉에 미치는 바가 大端히 크므로 經濟運轉의 要素로서 炭質向上은 現在 絶對的인 것이다.

③ 微粉度

韓國 無煙炭에는 揮發分이 적기 때문에 燃燒를 促進시키는 方法으로 微粉炭 燃燒方式을 一般의

(圖-3) 灰分—未燃燒炭素 損失曲線



(PMC. Mr. Mulcey 報告書에서 拔萃)

로 採擇하고 있다.

微粉度は炭質에 따라 決定되며 anthracite에 있어서는 200 mesh (75 μ) 80% 程度, meta-anthracite에 있어서는 200 mesh 90% 程度의 微粉度が 燃燒에 가장 適當하다는 것이 一般 通念으로 되어 있다.

微粉度は 높을수록 燃燒効率が 좋으나 粉碎費 亦是 增加하므로 가장 經濟的인 微粉度の 決定, 特히 炭質에 따른 微粉度の 決定問題가 繼續 研究되어야 할 것이다.

微粉度の 增加에 따른 灰分中의 未燃燒分 炭素의 減少로 因한 汽罐効率 增加는 微粉度 每 1%當 効率變化 0.25~0.67%의 範圍라는 것이 三陟 및 寧越發電所의 實驗에서 나타나고 있다.

燃燒速度는 石炭의 內的特性이지만 微粉度에 따른 이의 變化率에 關한 研究도 興味있는 課題라고 생각한다.

④ 爐內溫度

燃燒速度가 낮은 石炭일수록 完全燃燒를 期하기 爲하여 爐內의 燃燒中心部의 溫度를 높이 維持하여야 燃燒効率が 좋아진다. 爐內溫度를 높이는 方法으로서는 熱의 發散을 防止하는 refractory lining 및 補助燃油의 使用 등이 있다. 約 10%의 補助燃油를 使用할 때 refractory lining은 furnace의 管壁의 約 50%를 덮고 補助燃油를 使用하지 않을 때는 60% 이상을 덮음으로써 韓國無煙炭 燃燒는 効率的으로 이루어진다.

⑤ 燃燒空氣의 配分

燃燒空氣와 燃料의 接觸을 效果的으로 하여 주고

燃燒効率을 올리기 爲하여는 適切한 燃燒空氣量의 問題 뿐 아니라 燃料과 空氣와의 適當한 攪拌, 爐內의 空氣導入口 및 空氣의 配分 등이 크게 問題가 된다. 汽罐運轉時 運轉員이 常時 觀察하여 燃燒狀態를 調節하여 주어야 하며 boiler 設計에 있어서도 空氣配分問題가 韓國無煙炭 特性에 맞추어 考慮되어야 할 것이다.

寧越發電所의 實驗에 依하면 低級炭 燃燒에는 1次空氣量을 增加할수록 燃燒效果가 좋다는 것이 判明되었고 外國에서도 이와 類似한 實驗結果가 報告되고 있다.

⑥ 燃料의 爐內滯留時間

燃料가 燃燒하는데 所要되는 爐內滯留時間은 火爐의 크기와 燃料 및 空氣의 供給率에 依하여 決定된다.

各 發電所에서 行한 試驗結果로 보아 滯留時間의 燃燒効率에의 影響은 커다란 支配的인 要素는 못되나 微粉度, 爐內溫度 및 空氣配分과 密接한 聯關性이 있으므로 이의 關係는 또하나의 研究課題이다.

以上 項目別로 說明한 中에서 灰分에 依한 燃燒効率에의 影響이 가장 重要하고 또한 發電原價의 支配的 要素이므로 이에 關한 考察을 後記하였다.

(3) 重油燃燒時의 問題點

① 汽罐 高溫部 및 低溫部의 腐蝕

低質油中에는 腐蝕에 關係되는 vanadium 및 硫黃分이 相當量 存在하여 汽罐 各部의 腐蝕의 큰 原因이 되고 있다.

boiler 高溫部의 異常腐蝕은 重油中의 vanadium 化合物(主로 V_2O_5 로서 存在)을 主成分으로 하고 있는 灰分이 高溫部 金屬表面에 附着, 溶融하여 金屬材料를 猛烈히 酸化, 消耗시키는 現象으로서 vanadium attack라 불리워지는 것이다. 이는 主로 高溫 過熱器의 壽命을 短縮시키며 事故의 原因이 되는 것으로서 이의 防止에 關한 研究가 各國에서 活潑히 進行되고 있다.

高溫腐蝕의 防止對策으로서는 重油添加劑를 使用하며 vanadium pentoxide (V_2O_5)를 氣化性의 $VaCl_5$ 로 變化시켜 管壁에의 附着을 防止하고 爐外로 放出케 하는 方式이 있다.

硫黃分은 燃燒에 依하여 亞硫酸氣체(SO_2)로 되며 나아가서 酸化에 依하여 無水硫酸(SO_3)으로 되어 이것이 여러 障害를 일으키는 것은 一般的으로 알려져 있는 事實이다. 排氣가스 中의 SO_3 개스는 露

點에 達하였을 때 氣中의 水分에 溶解되어 硫酸(H₂SO₄)으로 되고 強腐蝕性을 나타낸다. SO₂에 의한 腐蝕은 주로 低溫部에서 일어나며 空氣豫熱器, 節炭器 等に 損傷을 준다.

SO₂가스에 의한 腐蝕防止對策으로는 다음과 같은 여러가지 方法이 있다.

i) 排氣가스를 露點 以上으로 維持하는 方式으로서 表-2 에서 보는 바와 같이 硫黃分이 4.5% 程度인 低質油에 있어서는 空氣豫熱器 出口의 氣溫을 180°C 以上은 維持하여야 하므로 定格 160°C보다 20°C가 높아 汽罐 效率低下를 가져온다.

ii) 다른 方法으로서는 SO₂ 發生을 抑制하기 爲하여 過剩空氣量을 줄이는 所謂 低O₂ 運轉法이 試圖되고 있는데 이에 隨伴하는 技術的 問題는 적어도 重油中의 水分含有量이 0.05~0.08% 未滿이어야 滿足한 燃燒效率을 達成할 수 있으며 良質의 重油일 것과 重油의 水分分離 等이 必要하게 된다. 水分分離에는 抗乳劑가 든 重油添加劑가 使用된다.

iii) 其他 SO₂의 發生을 抑制하는 各種 添加劑의 研究가 活潑하며 또 實用되고 있고 韓電에서도 重油使用量이 增加됨에 따라 釜山, 馬山, 埠頭 發電所에서 重油添加劑가 試用되고 있다.

② 重油中의 sludge

重油中의 水分은 重油和 乳化되어 sludge를 形成하며 이것이 配管內面에 附着하여 流動性을 阻害하고 strainer의 閉塞障害 및 burner에서의 噴霧狀態를 粗惡하게 함으로써 오는 完全燃燒의 障害, 重油加熱器의 熱傳導의 障害로 오는 效率低下 等의 여러 惡影響을 미친다. 또한 重油의 不完全 燃燒는 爐內에 soot를 生成케 하여 排氣가스通路의 閉塞, 出力의 低下 等의 障害를 誘發한다. 이의 對策으로서는 亦是 重油添加劑의 使用이 重要한 役割을 하고 있다.

(4) 重油價格 및 石炭價格의 比較

① 石炭 및 重油價格의 趨勢

i) 石炭價格의 趨勢

1960년부터 現在까지의 石炭價格의 趨勢는 表-7과 같다.

1960년부터 1966. 6. 15까지 炭價가 約 倍로 上昇하였으나 今年度에는 特히 越冬用炭의 不足, 石炭需給의 不圓滑로 急激한 上昇率을 示顯하고 있으며 明年度에는 約 2千圓台까지 上昇할 氣勢를 보이고 있다.

(表-7) 石炭價格의 趨勢

年度	法定價格 (圓/MT)	施行日字	備 考
1960	780	1957. 1. 4	乾式 5,100~5,299 kcal/kg 基準
1961	950	1961. 4. 16	鐵道運賃調整
1962	1,010	1962. 6. 1	"
1963	1,010	1962. 6. 1	"
1964	1,070	1964. 3. 1	"
"	1,230	1964. 11. 5	"
1965	1,260	1965. 1. 1	全面改正
"	1,420	1965. 6. 7	"
1966	1,520	1966. 6. 15	民營炭, 韓電價格 4,900~5,299kcal/kg 基準
"	1,750	1966. 12. 1	民營炭唐人里發電所渡價格 4,900~4,999kcal/kg 基準

ii) 重油價格의 趨勢

1962年 以來 現在까지의 重油價格의 趨勢는 表-8과 같다. 1965년까지 navy special oil 價格은 120%의 上昇이나, 1965년부터 navy special oil 代身 bunker C oil로 代替되었고 bunker C oil 價格은 免稅措置의 德澤으로 約 23%의 下落을 보여 全體의 價格上昇은 25%에 지나지 않다.

(表-8) 重油價格의 趨勢

(單位: 圓/l)

施行日字	bunker C油	NSFO
1962. 1. 1	—	2.86
6. 10	—	3.27
1963. 9. 1	—	2.86
10. 1	—	3.27
11. 1	—	3.15
1964. 1. 1	—	4.61
7. 8	4.19	5.19
1965. 1. 1	4.61	6.23
1966. 1. 5	4.16	6.23
8. 28	3.78	6.23
1966. 11. 9	3.56	6.23

(韓電 燃料課 調査)

1965년에는 NS油와 BC油가 併用되었는데 그 比率은 다음과 같다.

bunker C oil 消費量 85,723,000 l (71.5%)

navy special oil " 34,309,000 l (28.5%)

iii) 韓電에 있어서의 石炭 購入實績價格

寧越에 있어서는 磨礮里 및 咸白地區의 低質炭을 使用하고 있으므로 寧越發電所와 其他 發電所를 區別하면 表-9와 같다.

(表-9) 韓電의 石炭 購入實績價格

年度	寧 越		其他 發電所	
	원/MT	원/10 ⁶ kcal	원/MT	원/10 ⁶ kcal
1962	855	180.47	983	207.44
1963	909	191.85	996	210.19
1964	1,030	217.36	1,095	231.13
1965	1,299	274.08	1,336	281.76
1966.1	1,276	269.22	1,476	311.34

(韓電 燃料課 調査)

1966年 上半期の 寧越發電所의 石炭價格이 前年度보다 下落된 것은 未清算金額이 包含되어 있으므로 年間 平均値가 되지 못하며 不確實한 數值이다.

入荷石炭의 年度別 平均發熱量 및 石炭價格은 前揭 圖-1과 같다.

iv) 韓電 重油 購入實績價格 및 輸送費

(表-10) 重油 輸送費

(單位: 원/l)

年度 發電所	1962	1963	1964	1965	1966.1	1966.9	1966.11	備考
寧 越	—	0.68	0.68	0.85	0.85	0.85	—	
唐人里	0.34	0.31	0.71	1.03	1.03	1.03	—	
馬 山	0.13	0.18	0.24	0.39	0.39	0.26 (0.39)	—	() 안은 山 渡 價 格 입
三 陟	0.31	0.39	0.55	0.57	0.57	0.55 (0.57)	—	
埠 頭	—	—	—	0.30	0.30	0.13 (0.30)	—	
釜 山	—	—	—	0.35	0.35	0.15 (0.35)	—	

重油 輸送費 및 重油費 (單位: 원/l)

平均輸送費 (寧越除外)	0.26	0.29	0.50	0.56	0.58	0.49	0.49
平均重油價	3.07	2.94	4.90	5.07	4.16	3.78	3.56
合 計	3.33	3.23	5.40	5.63	4.74	4.27	4.05
원/10 ⁶ kcal	350	340	569	593	499	450	427

(韓電 燃料課 調査)

(圖-4)

重油 輸送費 및 價格 趨勢圖

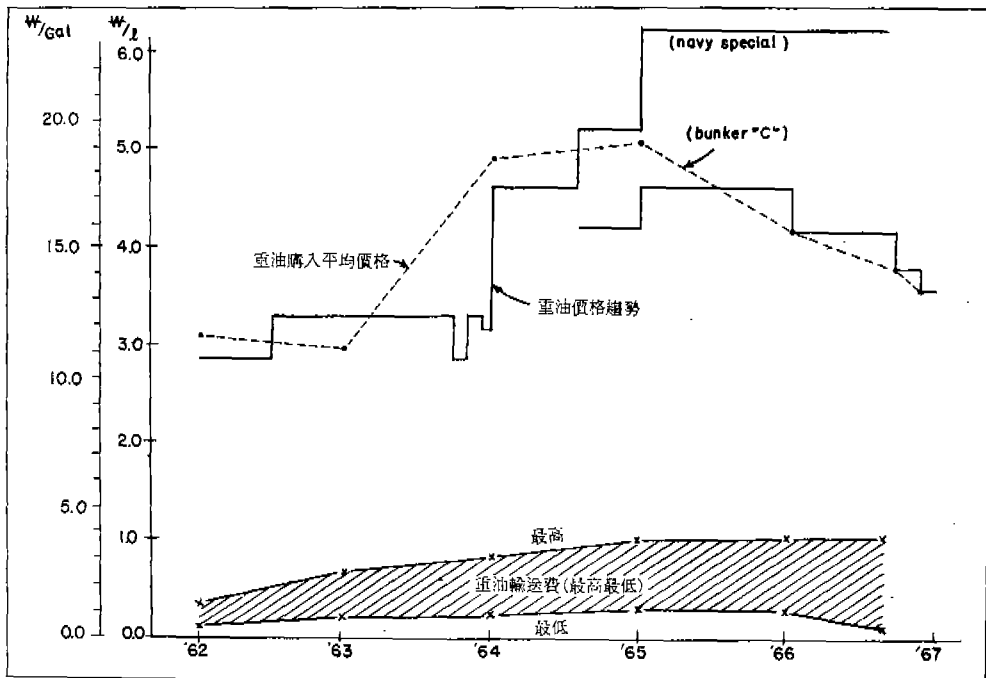
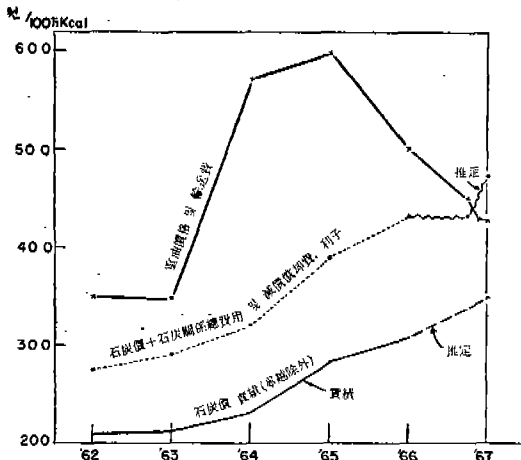


圖-4에서 보는 바와 같이 重油價格은 1965年度에 最高價格이었고 66年度에는 下落되고 있다. 反

面 石炭價格은 63年 以來 上昇一路에 있으며 百萬 kcal當으로 圖示하면 圖-5와 같다. 下部의 線은 石

炭價格 實績曲線이며 上部의 線은 輸送費를 包含한 重油價格 曲線이다. 中間의 點線曲線은 石炭價와 石炭操作費, 石炭粉碎費, 灰處理費 및 發電所設備의 15% (石炭燃燒設備)에 對한 減價償却費와 利子를 勘案한 費用의 推定曲線이다. 이 曲線과 重油曲線은 1966年 11月 現在로 交叉되어 있다. 다시말하면 重油發電所를 建設하는 것과 石炭發電所를 建設하는 것과는 現時點에서는 發電原價가 同一하며 將來에는 重油發電所가 더 有利하고 經濟性이 있음을 概略的으로 說明하고 있다. 重油原價와 石炭原價를 좀더 詳細히 比較하여 보기로 한다.

(圖-5) 石炭 및 重油 價格 比較圖



(韓電 火力發電課 調査)

② 石炭燃燒에 따르는 諸費用

石炭燃燒時에는 重油燃燒時에 所要되지 않는 諸費用이 따른다. 即 重油燃燒時에는 重油加熱費, 蒸汽噴霧費, 重油 pump 動力費 및 保守費 程度 밖에 所

(表-11) 1965年度 石炭 操作費, 粉碎費, 灰捨費 實績

區分 發電所	總水分 (%)	發 熱 量		操作費 원/Ton	粉碎費 원/Ton	灰捨費 원/Ton
		乾 基 kcal/kg	燃 燒 基 kcal/kg			
唐 人 里	10.53	4,939	4,419	58.29	130.62	24.94
馬 山	10.66	5,042	4,504	74.25	131.89	40.19
三 陟	11.00	5,182	4,610	40.80	140.48	47.23
釜 山	9.58	4,923	4,451	35.72	137.59	68.58
平 均	10.25	5,009	4,495	48.00	134.26	51.82

(韓電 火力發電課 調査)

要되지 않으며 이는 現存 設備에 있어서는 重油燃燒時가 石炭燃燒時보다 效率이 上昇됨으로써 거의 相殺되지만 石炭燃燒에는 石炭操作費(下炭, 貯炭, conveyor費), 微粉粉碎費, 灰處理費, 保守費, 所內 動力의 約 30~40%에 該當하는 電力費 等이 所要된다. 이를 表-11과 같이 3個 費用으로 分類하여 調査한 바 1965年度의 實績은 위와 같다.

i) 石炭發熱量과 操作費*

앞에서 說明한 바와 같이 石炭發熱量과 灰分과는 거의 一定한 關係에 있고(圖-1) 發熱量의 增減은 操作費에 影響을 준다. 即 良質炭일수록 操作費는 減少될 것이다.

(*앞으로 操作費라 함은 別途 說明 없는 限 操作費, 粉碎費, 灰處理費를 말한다.)

이를 分析하여 보면

ㄱ) 石炭發熱量에 따른 石炭價格 :

純發熱量當(kcal當) 石炭價格은 다음 式으로 주어진다.

$$\text{石炭價格} = \text{基準價格} \times \frac{\text{石炭發熱量}}{\text{基準發熱量}} \dots\dots\dots (1)$$

ㄴ) 操作費, 粉碎費에 의한 價格修正 :

다음 式으로 算出되는 價格을 (1)式의 石炭價格에 加減해 주어야 熱量 增減으로 因한 得失이 評價된다.

$$\frac{\text{基準發熱量} - \text{石炭發熱量}}{\text{基準發熱量}} \times (\text{操作, 粉碎費} <\text{基準值}>) \dots\dots\dots (2)$$

ㄷ) 灰處理에 의한 價格修正 :

圖-2로 灰分%를 求하여 다음 式에 適用 算出하여 ㄴ)項과 같은 方法으로 加減한다.

$$\text{基準灰處理費} \times \frac{\text{基準發熱量의 灰分\%} - \text{石炭發熱量의 灰分\%}}{\text{基準發熱量의 灰分\%}} \dots\dots\dots (3)$$

ㄹ) 發熱量 變化로 因한 汽罐效率變化에 따른 價格修正 :

汽罐에 따라 每 1% 灰分에 0.3~0.65%의 效率變化가 있으므로 이를 適用한다.

$$\text{基準石炭價} \times (\pm \text{效率變化\%}) \dots\dots\dots (4)$$

即 發電所로 볼 때 가장 適切한 發熱量에 따른 石炭價格은

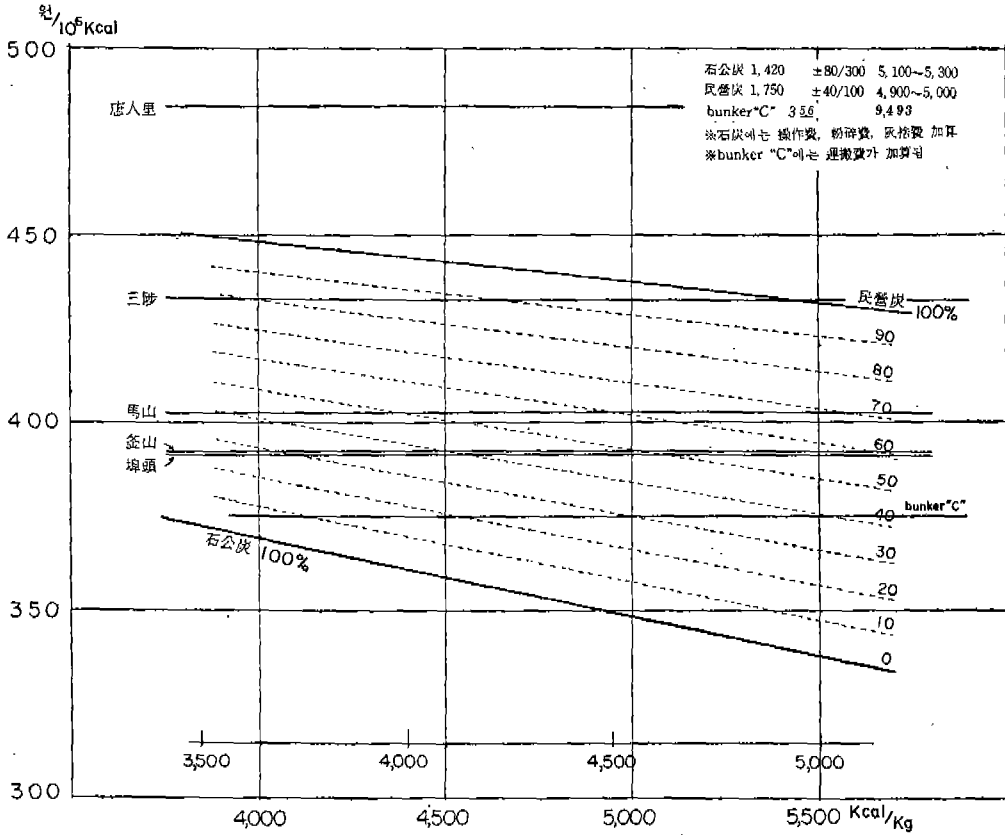
$$(1) \pm (2) \pm (3) \pm (4) \dots\dots\dots (5)$$

로 表現된다. 여기서 (+)는 基準發熱量보다 높을 때, (-)는 基準發熱量보다 낮을 때를 意味한다.

實例로서 다음과 같은 數值를 適用하여 圖表를 作

(圖-6)

石炭과 重油 價格比較(寧越除外)



(韓電 火力發電課 調査)

成하면 圖-6과 같다. 이것은 1966年 11月 現在 發電所別 石炭-重油價格 比較表로서 發電所別 重油-石炭燃燒의 經濟性을 直讀할 수 있다.

○ 石炭價格

民營炭 1,750원 : 4,950 kcal/kg (乾式基準)
 石公炭 1,420 " : 5,200 " (")

○ 操作費 粉碎費, 灰處理費

表-11의 1965年度 値에 物價 上昇率 17%를 適用

○ 重油價格: 表-10의 4.05원/l를 適用

○ 效率變化: 釜山發電所의 例로 灰 10%當 3%의 變化를 適用

現行 石炭價格制에 있어서는 民營炭은 每 100 kcal 當 40원/MT, 石公炭은 每 300 kcal 當 80원/MT씩 增減하는 階段式이지만 이것을 直線으로 表示하였다. 上部斜線은 民營炭 100%를 意味하며 下部斜線은 石公炭 100%일 때이며 中間線은 民營炭과 石公炭

의 使用比이다. 水平線은 各 發電所의 輸送費를 包含한 重油價格이다. 이 表에 依하면 唐人里는 輸送費高로 越等히 重油燃燒時가 비싸며 石公炭은 重油價보다 싸다.

이 圖表에서 알 수 있는 바와 같이 石炭價格(100萬kcal當)이 發熱量이 높을수록 싸다는 것은 現炭價制度의 絶對的 矛盾을 말해주고 있으며 良質炭의 生産獎勵 및 確保를 爲하여는 그 反對가 되어야 할 것이다. 現在 發電所에의 入荷炭의 質이 漸漸 低下되어 가고 있는 큰 原因이 石炭需給難에도 있다 하겠으나 이러한 不合理한 石炭價格制度에도 그 影響이 크다고 생각되며 하루速히 是正되어야 할 것으로 생각된다.

ii) 發電原價가 같아지는 石炭價格 對 重油價格 一般式

汽力發電所 中 低質炭發電所인 寧越發電所를 除外한 馬山, 唐人里, 三陟, 釜山의 4個 發電所에 有

어서 重油燃焼와 同一한 發電原價가 될 石炭價와 重油價의 關係式을 誘導하면 適正 石炭價格의 決定 및 重油, 石炭의 經濟的 使用에 參考가 될 것이다.

1) 基準 및 假定 :

- 石炭燃焼에 所要되는 費用은 效率變化, 石炭費, 操作費, 粉碎費, 灰處理費로 보았으며 石炭施設에 對한 減價償却費, 利子 等은 考慮하지 않음.
- 現行 石炭價는 現場渡價格이므로 輸送費를 考慮하지 않음.
- 重油는 噴霧用 蒸汽費, 下役操作費를 考慮하지 않음.
- 一般的으로 重油燃焼時가 石炭燃焼時보다 汽罐效率이 上昇되는 것을 考慮치 않았으며 石炭은 引受時 基準, 總水分 8.9%로, 重油는 9,493kcal/kg로 봄.
- 石炭操作費는 1965年 實績의 17% 上昇으로 보았음 (234원/MT).

前節에서와 같은 方法으로 熱電當 操作費 一發熱 量曲線을 圖式的 方法으로 求하여 이것을 一次의 關係에 있다고 假定한 近似曲線의 方程式은 다음 式으로 주어진다.

$$y_x = 278 - 0.048x \dots\dots\dots (1)$$

但 $y_x = x \text{kcal/kg}$ 炭 使用時 10^6kcal 當 操作, 粉碎, 灰捨費의 合計 (원/ 10^6kcal)

$x = \text{使用炭의 發熱量 (kcal/kg: 引受時 基準)}$
 重油의 10^6kcal 當 價格曲線을 L라 하면 發熱量이 一定하다고 假定할 때

$$L = \frac{10^6}{9,493} \times y \dots\dots\dots (2)$$

$y = \text{重油價 (원/l) (輸送費 包含)}$

이므로 式 y_x 와 L의 差가 石炭價와 重油價가 同一한 發電原價가 되는 石炭價로 된다. 따라서 이 同一發電原價가 되는 石炭價格 Z는

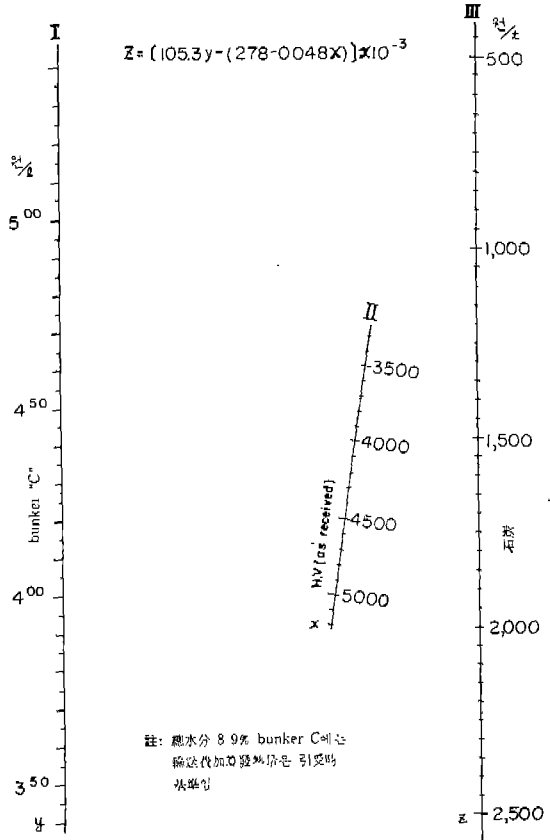
$$Z = L - y_x$$

$$= \{105.3y - (278 - 0.048x)\} \cdot x \cdot 10^{-3} \text{ (원/MT)}$$

이다. 이 關係式의 使用을 簡單化하기 爲하여 nomograph로 그리면 圖-7과 같다.

이 nomograph에 依하면 重油價格을 現在의 3.56 원/l + 輸送費 0.49 = 4.05으로 볼 때 4,500 kcal/kg의 石炭價格은 1,640원/MT이 되므로 이것이 韓電에서 的平均 石炭價格의 最高限度라 하겠고 이것보다 비싸질 때는 重油燃焼를 하는 것이 經濟性이 있을 것

(圖-7) 重油價格 對 石炭價格



(韓電 火力發電課 調査)

이다. 그러나 石炭이나 重油나 하는 問題는 發電所 別로 定하여야 한 問題이며 重油輸送費가 表-10의 1966.9의 價格과 같다고 할 때 (括弧 안의 蔚山渡 價格) 發電所別 石炭最高限度價格은 nomograph로 쉽게 다음과 같이 얻을 수 있다.

(表-12) 發電所別 石炭 最高限度價格

唐人里	1,900원/MT	(4,500kcal/kg 基準)
馬山	1,600 "	"
三陟	1,680 "	"
釜山	1,580 "	"

4. 發電用燃料 및 發電原價의 展望

(1) 發電用燃料의 展望

現時點에 있어서 無煙炭이 韓國의 唯一無二한 國產燃料이며 其他 燃料는 貴重한 外貨를 消費하여야

얻을 수 있는 燃料이다. 따라서 韓國의 發電所들은 모두 無煙炭 燃燒式으로 設計 建設되었고 이들中 新設發電所들은 아직도 耐用年限 20年 乃至 30年을 가지고 있다.

도리켜 볼 때 昨年인 65年度만 하여도 重油價格이 石炭價格보다 120%나 비싸서 (navy special oil의 경우) 重油消費節減에 依한 發電原價節減이 運營合理化의 커다란 目標 中の 하나였다.

앞에서 詳述한 바와 같이 重油價格의 低下와 石炭價格의 昂騰으로 石炭燃燒時와 重油燃燒時의 發電原價가 現在 거의 接近하여 가는 現狀이다.

그러나 여기서 생각하여야 할 것은 重油價格의 下落이 重油生産規模의 增加와 生産原價의 低下 乃至 國際時勢의 下落에서 온 것이 아니라 政府의 緊急 燃料需給對策에 依한 輸入重油免稅措置에서 온 人爲的인 것임을 想起한다면 重油價格을 評價함에 있어 10%의 輸入稅를 加算하여 比較하여 보아야 할 것이며 이렇게 하면 아직도 石炭價格이 低廉한 것임을 쉽게 判斷할 수 있을 것이다. 商工部의 「綜合 에너지需給計劃」에 依하면 10年後인 1976年度에 가서도 bunker C油 價格이 10% 課稅된다면 3.90원/l線을 下落하지 않을 것으로 내다보고 있다. 또 各國의 bunker C油 價格을 比較하여 보면 表-13에서 보는 바와 같이 韓國의 bunker C油 價格이 第一 低廉함을 알 수 있다. 그러나 石油工業이 發達하게 되면 bunker C油 價格은 더욱 上昇하게 될 것이 明白하다.

(表-13) Bunker C油 價格

(單位: 弗/bbl)

韓 國	日 本	美 國	英 國	佛 蘭 西	利 太 利
2.19	2.94	3.13	4.59	3.93	2.41

(大韓石油公社 提供)

表-14 「各國의 石炭 輸出價格表」에 依하여 石炭 價格을 본다면 韓國은 日本의 半도 안됨을 알 수 있다.

(表-14) 各國의 石炭 輸出價格表 (1965年末)

國別 單位	美 國	英 國	西 獨	日 本	和 蘭	벨 지 음	韓 國
弗/MT	13.98	17.36	14.95	20.47	20.19	21.28	10.00
원/MT	3,850	4,770	4,110	5,630	5,550	5,852	2,750*

(大韓石炭公社 提供)

*墨湖港 日本輸出價格.

이렇게 본다면 韓國의 無煙炭이 아직도 低廉하며 國家安全의 原則에서도 앞으로 重油價格이 더 低下된다 하여도 重油에만 依存할 수는 없는 것이다.

日本 및 西獨 등에서 石油에 쫓기는 石炭의 危機를 救하고 石炭産業을 保護하기 爲하여 政府에서 積極的인 財政의 後援을 하여 「에너지政策」의 中心을 石炭에 두고 있다.

石炭 埋藏量으로 보아 우리나라는 앞으로 20~30年 쓸 것은 있으며 또 現有 發電設備가 石炭設備로 되어 있음을 생각한다면 이의 遊休化 亦是 國家의 人 損失이 될 것이고 總石炭需要量의 10~15% 밖에 안되는 發電用炭은 干先 供給되어 既存設備에서는 앞으로 石炭燃燒를 할 수 있게 되기를 希望한다.

그러나 앞으로 新設될 發電所에 있어서는 現在와 같은 燃料價格 趨勢로 보아 重油專燒로 하는 것이 經濟性이 있을 것으로 내다보이며 收支均衡面은 重油側이 有利할 것이다.

發電用으로 石炭을 燃燒함에 있어 低灰分炭(高發熱量炭)을 燃燒時는 3章에서 論한 바와 같은 理由로 發電原價가 節減되는데 PMC의 建議에 依하면 元貨約 7~10億원 및 外貨約 4~6百萬弗의 投資로 選炭施設을 하고 約 20%의 良質炭을 生産함으로써 年間 3~10億원의 發電原價節減의 可能性을 示唆하고 있다.

(2) 發電原價의 展望

韓電에서는 發電原價節減活動을 通하여 運營合理化를 圖謀하기 爲하여 1962년에 發電原價節減對策委員會가 構成된 以來 熱效率의 向上, 燃料費의 節減 等 積極的인 活動으로 多大한 成果를 거두었다.

火力發電所의 熱效率을 보면 1963年度의 22.5%에서 1966年 上半期에는 26%로 上昇되었고 1965年度에는 發電原價節減 最高實績인 1億2,500萬원을 舉揚하였다.

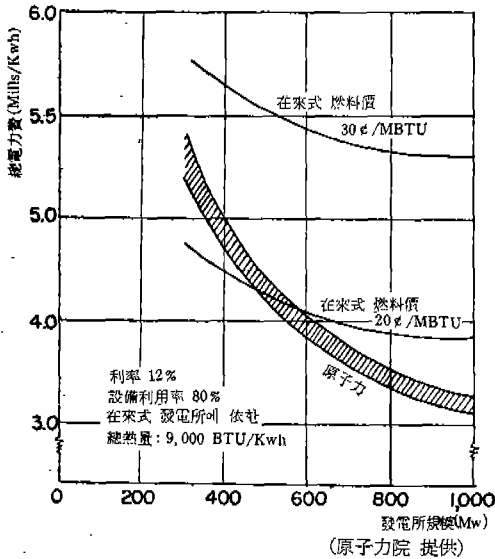
火力發電所에 있어서 發電原價中 가장 큰 比重을 占하는 燃料費 原價의 年度別 實績은 1965年度가 1.151원/Kwh, 1966年 1~9月 實績이 1.202원/Kwh로 나타났으며 1967년에는 發電用炭 160萬噸을 重油로 代贖할 것으로 보아 現在의 燃料價格이 維持된다고 볼 때 1.443원/Kwh 程度로 豫想된다.

今年 4月1日에 改正된 電氣料金 策定當時의 燃料費原價의 基準이 1.21원/Kwh이었음을 想起하면 明年에는 純燃料費에 있어서만도 約 19%의 上昇이 될 것이므로 電氣料金에도 影響을 미칠 것으로 보

인다.

重油價格이 現行價格보다 低廉하여질 수 없고 石炭價格이 앞으로 繼續 昂騰됨을 豫想할 때 發電原價는 더욱 上昇될 것이고 發電用 燃料의 中心은 重油가 될 것은 世界的 趨勢이라 하겠으나 國內 石油資源의 全無性에 비추어 우리나라에 있어서도 原子力發電의 開發은 不可避하리라 고 본다. 原子力發電所의 經濟性은 圖-8에서 보는 바와 같이 約 300 Mw級 以上에서 經濟性이 認定되고 있다. 大容量

(圖-8) 原子力發電所와 在來式 發電所의 發電原價 比較



일수록 在來式 燃料보다 顯著하게 經濟性이 나타난다.

原子力의 電力系統에 對한 挿入可能容量은 一般의 系統容量의 10~20%로 考慮할 때 1970年代 初期에 가서 (長期電源開發10個年計劃에 依하면 1970年末 施設容量 1,747Mw) 約 300Mw級의 原子力發電所를 電力系統에 投入하는 것은 可能하다. 外國의 경우 在來式 燃料價를 20~30¢/MBTU로 보아 原子力과 比較한 것이 圖-8이다. (우리나라의 現重油價格은 圖-5에서 보는 바와 같이 (輸送費 包含) 450원/10%kcal로 보면 約 41¢/MBTU이다. 이것에 依하면 原子力發電所의 經濟性은 公 認定할 수 있을 것이다.

또한 原子力發電은 在來式 火力보다 信賴度가 높고 安定性도 크며 核燃料 燃燄度의 向上, 出力密度의 增加, 이로 因한 爐體縮少의 可能, 核燃料 및 建設費의 低下 등으로 1970年代에는 經濟性이 있음이 國內外 調査團에 依하여 報告되고 있다. 이러한 見地에서 結論지운다면 既設 石炭設備發電所에 있어서는 國策上의 意味에서 石炭燃燄를 保障하여야 할 것이며 1970年代부터는 重油火力和 原子力을 다 같이 開發하여야 할 것이며 增殖爐의 經濟性이 實現될 것으로 豫想되는 1980年代부터는 國內資源으로서 重要價値를 지니고 있는 토륨의 效率的인 利用을 期하기 爲한 原子力發電의 開發에 置重하여야 할 것으로 믿는다.

(原) (稿)

第7號의 原稿를 募集합니다.

- 業績 또는 國體 消息
- 研究事項
- 評論·提言
- 隨筆·隨想

枚 數: 制限 없음 (但 橫書)

마 감: 1967年 3月 10日

送付處: 大韓電氣協會 事務局

備 考: 掲載分 稿料贈呈

(募) (集)

大韓電氣協會 마아크圖案

懸賞募集 結果에 關한 알린

電氣協會誌 第4號 및 第5號 掲載 公告로 實施한 當 協會 마아크圖案 懸賞募集에는 相當數의 應募가 있었으나 審査 結果 哀惜하게도 當選作 및 佳作을 뽑지 못하였습니다.

追後 適當한 時期에 다시 懸賞募集에 붙일 것을 期約하면서 一但 本件을 結未지었음을 會員 및 應募者 여러분에게 알려드리는 바입니다.

社團法人 大韓電氣協會 事務局