

國內 無煙炭의 需要開發 可能性 分析

崔基鍊* · 姜喜政**

An Analysis of the Demand Expansion Options for the Domestic Anthracite Coal

Choi, Kiryun and Kang, Heejung

Abstract

The determination of production level of the domestic anthracite coal is an important issue in the national energy strategy. It is also closely related to the energy mix scenarios in the future. The objective of the paper is to discuss and analyze the options of expanding anthracite coal demand in the utility sector. The observed options are including: (1) New pulverized system of the 200 and 500 MW level, (2) Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC), and (3) Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC). Special emphasis is placed on the considerations in estimating the effects on the electric system costs and government subsidies when the options are introduced in the utility sector.

I. 序 論

向後 國內 에너지需給의 가장 큰 問題點은 輸入 依存度의 增加를 어쩔 수 없이 수용함에 따라 에너지 戰略의 不確實性이 더욱 커질 것이라는 점이다. 이를 克服, 補完하기 위하여 政府는 오랫동안 國內 에너지供給에 대한 보호 장치를 지속하여 왔다. 더구나 지난 70年代 두차례의 에너지 危機는 에너지 安定供給 施策의 重要性을 지나치게 증폭시켜 需要與件 조차 충분히 고려하지 않은 供給體系의 量的擴大를 가져오게 하였다. 國內 唯一의 에너지원인 無煙炭의 경우에도 長期限界生産費 概念의 도입에 의한 生産費 決定, 他燃料와의 경쟁수준 設定, 消費에 따른 外部效果의 評價에 대한 고려없이 補助를 근거로 한 增産體系가 이루어져 왔으나 1986年 이후 民需部門에서 所得向上 및 價格機能의 미흡에 따른 潛在 需要의 현실화로 고급 에너지의 사용이 크게 增加하여 최근 수년동안 급격한 國內 無煙炭産業의 構造調整

을 초래하게 되었다. 無煙炭 産業의 지나친 축소는 여타 에너지産業의 擴大를 要求한다는 점에서 無煙炭 消費者 이외의 국민이해에 대한 고려, 資源 死藏化에 의한 價値喪失, 海外에너지 資源의 供給 不安定性에 대비하기 위한 完충 역할 등이 배제되어서는 안될 것이다. 無煙炭産業의 適正化를 위한 투자 확대는 需要의 安定化 없이는 不可能하다. 특히 저급 에너지원으로서의 공급형태를 탈피하기 위해서도 需要開發의 노력은 절실히 요청된다 하겠다. 이때 生産部門에 대한 支援이라는 既存施策의 中心이 需要部門으로의 移動이 필요하다. 이에 본 研究에서는 精確한 需要開發 投資費用 設定을 위하여 限界費用을 기초로한 國內 無煙炭 需要開發에 대한 可能性을 發電部門을 中心으로 分析 檢討하기로 한다.

II. 無煙炭 需要開發 方案의 檢討

1. 産業部門

産業部門에서의 無煙炭 消費量은 1990年 146千

*New Energy Development Center, The Korea Energy Management Corporation, Seoul, Korea.

**Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Seoul, Korea.

表 1. 有煙炭 流動層燃燒의 無煙炭 混燒 可能性.

基準年度	蒸氣容量 (Ton/h)	有煙炭使用量 ¹⁾ (千噸)	混燒率에 ²⁾ 따른 消費 可能性(千噸)		
			20%	50%	100%
1990	1,432	300	60	150	300
1991	1,902	398	80	200	398

註: ¹⁾ 産業部門 熱併合發電 總 有煙炭 需要推定值임.
²⁾ 重量比 基準.

資料: 에너지관리공단, 集團에너지事業 및 産業體 有煙炭 普及推進 現況, 1991.

TON으로서 전체에너지 消費量 가운데 불과 0.4%를 차지 그 기여도는 극히 낮다. 또한 總 無煙炭 消費量 가운데 産業部門이 차지하고 있는 比重도 0.82%에 불과하여 1986年 이후 年平均 9.2%의 減少率을 보이고 있다(石炭産業合理化事業團, 1991). 無煙炭 消費下落的 主要原因은 無煙炭 코크스제조의 減少와 油價下落에서 찾아볼 수 있으며 油類製品의 石炭代替가 無煙炭보다는 有煙炭에 치중되어 왔기 때문이다. 따라서 産業部門의 無煙炭 需要創出은 거의 제한적일 수 밖에 없다. 그 이유로는 (1) 有煙炭보다 높은 價格 水準, (2) 環境 關聯費用의 增加, (3) 최근 製造業分野 人件費 上昇, 國際 競爭力弱화로 인한 投資 忌避 現象의 심화, (4) 輸送, 使用에 대한 不便性, (5) 單位 需要處理能力이 제한적이기 때문이다. 現在까지 검토되고 있는 需要擴大案으로서는 (1) 시멘트産業의 有煙炭 사용을 無煙炭으로 代替 및 混燒, (2) 有煙炭使用 燃燒設備에서의 無煙炭으로의 代替 및 混燒, (3) 産業體 熱併合發展 시스템에서의 無煙炭 混燒시스템의 導入 등으로 요약되는데 설계 단계부터 燃燒設備가 無煙炭燃燒로 되어 있지 않을 경우에는 無煙炭으로의 代替 및 混燒에 대한 세밀한 技術的 評價와 妥當性 分析이 必要하다. 대체안중 최우선 순위로는 熱併合發電 設備가운데 현재 有煙炭燃燒로 설계되어 있는 上壓流動層 보일러에 대한 無煙炭燃燒일 것이다. 1991年末 總 19기의 설비가 설치되어 있으며 蒸氣供給容量은 1,902 Ton/h에 달한다. 産業部門에서 熱併合發電 設備로서의 流動層燃燒의 長點은 우선 燃燒 특성상 混燒에 대한 문제점 제거가 가능하고 炭質不均一, 低熱量 國內 無煙炭의 不利한 점을 어느정도 해소할 수 있기

때문이다. 스토커와 微粉炭使用 流動層燃燒 設備를 제외한 有煙炭使用만의 無煙炭 混燒可能性을 추정해보면 다음의 表 1과 같다.

2. 發電部門

1990年 基準 無煙炭 發電設備 容量은 1,020 MW(9기)로서 전체 發電容量의 4.9%를 점유하고 있으며 發電量은 2,630 GWH로서 總 發電量 가운데 2.45%를 차지하고 있다. 無煙炭 發電所로부터 생산되는 전력량은 5,018 GWH인데 重油混燒率이 47.6%를 차지하고 있다. 燃料소비량을 살펴보면 같은 기간 2,013천톤을 消費하여 國內 總 無煙炭消費量的 9.6%를 發電部門이 담당하고 있다(韓國電力公私, 1991). 總 發電設備 9기 가운데 200 MW급 이상은 서천화력 1, 2호기, 영동화력 2호기 뿐이며 나머지는 모두 소용량에 불과하다. 또한 完工年度가 대부분 60년대이며 90년대 중반이후 폐지 예정으로¹⁾ 되어 있다. 發電部門에서 현재까지 제시되고 있는 無煙炭 需要擴大案을 정리하면 (1) 既存 無煙炭 發電所의 設備補完 및 利用率 提高, (2) 既存 無煙炭 發電所의 炭質개선으로 인한 混燒率의 개선, (3) 既存 및 新設 有煙炭 發電의 無煙炭混燒, (4) 新規 無煙炭發電所 建設, (5) 新技術(流動層燃燒 發電 等) 導入 등이다. (1, 2)는 주로 현재 가동중인 無煙炭發電所를 최대로 활용하자는 방안으로서 無煙炭 發電量이 증가하고 그만큼 無煙炭消費의 확대를 가져올 수 있으며, 별도의 추가시설이 필요치 않아 간편한 방법중의 하나이다. 그러나 無煙炭消費 증가량은 극히 제한적이고 또한 1997年 폐지예정인 發電所가 많아 현실적으로 設備補完은 어려울 것이다. 따라서 本 研究

1) 설비 노후화로 1977년 부산화력 1, 2호기(120 MW), 영월화력 1, 2호기(100 MW) 및 군산화력(75 MW)이 폐지 예정으로 되어 있다. 또한 영동 1, 2호기(125 MW)는 1998-2001년 사이에 폐지될 전망이다.

에서는 新規 無煙炭 發電所 建設만을 다루기로 한다.

無煙炭 發電所의 신설은 立地條件만 허락된다면 産炭地에 近接시킴으로서(Mine-Mouth) 輸送費 節減, 公害防止 등의 效果를 얻을 수 있다. 産炭地 부근에 建設되는 發電所의 용량은 입지선정시 대부분의 탄전이 江原道 및 忠北 北部地域에 위치해 있는 國內의 地理的條件에 影響을 받는다. 立地選定시에는 특히 冷却水 可容量, 可用敷地 및 灰處理能力, 工業用水, 輸送能力 및 便利性, 國土開發計劃 등이 포함되어야 한다. 200 MW 용량을 기준으로 MW당 400-459 m²의 敷地面積이 所要되며 별도의 회사장도 필요하다. 江原道 및 일부 忠北地域의 12개 地點에 대해 조사한 결과(韓國電力公私, 1984) 總 600 MW의 發電所建設은 무난한 것으로 판단되며 立地選定의 가장 큰 問題點은 회처리장 면적과 냉각수부족으로 나타나 냉각탑의 설치(일부지역)가 필요한 것으로 나타났다. 만일 海岸에 立地를 선정한다면 單位容量 規模에 대한 制約條件은 解消될 것이며, 또한 發電事業의 主體가 民營化가 可能하다면 立地選定 문제해결에 커다란 도움이 될 것으로 판단된다.

流動層燃燒(Fluidized Bed Combustion : FBC)는 石炭利用 技術中에서도 現在 技術的, 經濟的으로 가장 各광을 받고 있는 技術이다. 環境汚染 改善效果가 탁월할 뿐만이 아니라 燃料사용의 伸縮性 增加, 敷地面積 減少를 기대할 수 있다. 특히 燃料사용의 伸縮性은 國內無煙炭의 炭質不均衡 現象을 해소시켜줄 수 있을 것으로 판단된다. 上壓 流動層燃燒方式

(AFBC)은 이미 常用化가 상당부분 진척되어 있는 상태이고, 加壓流動層(PFBC)은 아직 研究段階에 있다. 國內에서의 AFBC는 産業體 熱併合發電에 이미 널리 보급되어 있고 Utility 分野에서는 주로 Scale-Up에 초점이 맞추어져 있는데 최근에는 200 MW급 이상의 容量도 가능한 것으로 보고되고 있다(Dry & La Nause, 1990). 本 研究에서는 發電部門에서의 需要開發 可能性을 分析하기 위하여 200 MW 및 500 MW급의 新規 微粉炭燃燒 發電, 200 MW급의 AFBC와 PFBC를 對象 發電시스템으로 選定하였다.

III. 無煙炭産業의 供給曲線 推定

無煙炭 生産部門의 擴大爲主에서 需要部門(發電部門)에 國內에너지원 生産産業의 진출을 유도하고 生産部門에 대한 지원을 需要部門으로 이동시키기 위한 檢證을 위해서는 限界費用曲線(供給曲線)의 推定이 필요하다. 이 경우 需要開發費用(發電費用)을 계산하고 지원액을 산정함에 보다 더 편리한 方法이 될 수 있다. 國內 石炭産業의 供給曲線은 “石炭産業의 合理的 育成을 위한 評價모델에 관한 研究”(에너지經濟研究院, 1989)에서 제시된 것을 기초로 하여 분석 기준연도인 1990年の 供給曲線으로 再推定하였다. 위의 供給曲線은 1986年度를 기준으로 하여 작성된바 그동안의 生産量 및 原價資料를 利用 統計的 方法으로 導出하였다. 이에 대한 基本前提 및 假定은 아래와 같다.

表 2. 生産原價別 生産量 및 累積生産量(1990年 基準)

(單位: 千噸)

生産原價(원/噸)	石公炭鑛		民營炭鑛	
	生産量	累積生産量	生産量	累積生産量
30,000 以下	—	—	1,616	1,616
~40,000	—	—	4,830	6,446
~45,000	80	80	2,396	8,842
~50,000	513	593	2,396	11,238
~55,000	1,677	2,270	2,378	13,616
~60,000	1,758	4,028	1,874	15,490
~65,000	1,085	5,113	1,537	17,027
~70,000	263	5,376	1,149	18,176
~75,000	24	5,400	610	18,786
75,000 以上	—	5,400	814	19,600

生産原價 (천원/톤)

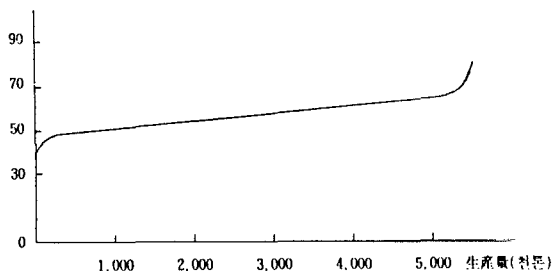


그림 1-a. 石公系列炭鑛의 供給曲線.

生産原價 (천원/톤)

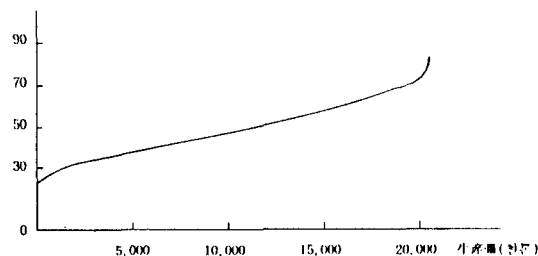


그림 1-b. 民營炭鑛의 供給曲線.

1) 1990年 石公과 民營炭鑛의 生産量과 生産原價의 실적치를 적용함.

2) 無煙炭 生産可能量의 範圍는 0-2,500만톤/年으로 가정하였으며, 2,500萬톤은 生産實積比率에 따라 民營炭鑛에 19,600톤/年, 石公系列의 炭鑛에 5,400만톤/年이 할당되었고, 生産原價의 범위는 民營炭鑛이 3萬원/톤 以下-94,000원/톤, 石公炭鑛이 41,100원/톤-71,900원/톤으로 가정하였다.

3) 石公炭鑛의 경우 炭鑛別 生産原價의 偏差는 民營炭鑛에 비해 적으며, 1990年 平均 生産原價인 56,554원/톤을 平均으로 하고 標準偏差가 5,133원/톤인 正規分布를 따른다→N(56,554, 5,133).

4) 民營炭鑛의 경우 生産원가에 대한 偏差가 매우 심하며, 經濟性이 아주 양호한 炭鑛으로부터 대단히 열악한 炭鑛에 이르기까지 넓게 분포되어 있어 1990年 平均 生産原價인 47,170원/톤을 平均으로 하고, 標準偏差가 15,667원/톤인 正規分布를 이룬다고 가정하였다→N(47,170, 15,667).

이상의 前提條件과 假定을 바탕으로 國內 無煙炭의 生産原價別 生産可能量 및 累積 生産可能量을

推定한 결과는 表 2에 보인바와 같으며 일부는 보간법을 利用하여 산출하였다.

以上에서 추정된 生産原價別 生産量 자료를 利用하여 石炭産業의 供給曲線을 표시하면 그림 1-a, 그림 1-b와 같다. 한편 탄질에 따른 生産원가의 資料利用은 불가능하며 平均炭質(石公: 4,700 Kcal/Kg, 民營: 4,248 Kcal/Kg)로 가정한다.

IV. 發電部門 需要開發의 費用分析

1. 評價方法 및 入力資料

一般的으로 電源計劃用 投資經濟性 分析에는 均等化 發展費用(Levellized generating cost) 比較法을 많이 利用한다. 이는 發電所 壽命期間(火力發電所인 경우 보통 25年) 동안 發生되는 固定費, 運轉維持費, 燃料費 등을 割引率에 의하여 기준시점의 現在價値로 환산하고 利用率 등을 미리 가정하여 單位 電力生産當의 費用을 구하는 方法으로 다음과 같이 표시된다.²⁾

發電 費用(원/kwh) = 固定費(運轉維持費 包含) + 燃料費

$$\text{固定費} = \frac{\text{建設費用} (\$/kw) \times \text{固定費率} \times \text{換率} (\text{Won}/\$)}{8760 \text{時間} \times \text{均等化 利用率} \times (1 - \text{所內消費率})}$$

$$\text{燃料費} = \frac{\text{熱消費率} (\text{kcal}/\text{kwh}) \times \text{燃料費 單價} (\text{生産原價})}{\text{發熱量} (\text{kcal}/\text{kg}) \times (1 - \text{所內消費率}) \times 1,000}$$

無煙炭發電所 建設費의 추정은 최근의 실적치가 없어 費用曲線(cost curve)을 利用하였다. 이를테면 V_1 : 추정하고자 하는 發電所容量, V_2 : 基準이 되는 發電所容量, W_1 : 發電所 V_1 의 建設費用, W_2 : 發電所 V_2 의 建設費用이라 한다

$$W_2 = W_1 \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{1-p}$$

로 계산된다. 위 關係를 乘則이라 부르는데 이는 同種의 發電所形式의 계산에만 국한된다. 추정치 p 의 값은 보통 0.7-0.75의 값을 갖는 것으로 알려지고 있는데 같은 石炭火力中 有煙炭 500 MW급 1,093 $\$/kw$ 을 基準으로 p 가 0.75일때 無煙炭發電所 200

2) 均等化 發電費用을 구하는 데에는 여러 方法이 개발되었지만 여기에서 제시된 것은 비교적 간단한 방법 가운데 하나이다.

表 3. 發電設備別 建設費用.

	200 MW 微粉炭	500 MW 微粉炭	AFBC	PFBC
US \$ /KW	1,375	1,093	1,508	1,665
總費用(億원)	1,970	3,915	2,161	2,386

註：換率 716.4원/US \$

MW급 建設費用은 kw當 1,375\$ 이 된다. 위의 建設費用에는 배연탈황설비인 FGD(Flue Gas Desulfurisation)가 포함되었는데 FGD가 부착되지 않는 경우에 비하여 20% 정도의 建設費上昇을 초래하는 것으로 알려지고 있다. 流動層燃燒 發電을 포함한 各 發電 設備別 建設費用의 추정은 表 3과 같다.

고정비용은 자본회수계수에 의하여 산출되는 투자 자본의 회수 및 매년 고정적으로 발생하는 비용을 말한다. 國內에서는 資本費用, 減價償却費, 法人稅, 保險料를 包含하는 建設投資費에 대한 年間 回收費用에 부가하여 운전유지비용도 고정비용에 포함시키고 있다. 石炭火力의 고정비용은 일반적으로 石油火力, 原子力, 水力發電보다 높아서 割引率 8%기준시 13.18%이다(韓國電力公私, 1990). 國內 無煙炭發電所의 熱消費率은 설비노후, 저열량탄사용 등으로 他 發展源에 비하여 비교적 높다. 그러나 高發熱量 無煙炭의 燃燒時에는 효율향상의 효과가 기대되어 열소비용은 2320 Kcal/Kwh로 가정하였다. 단 PFBC의 경우에는 2200 Kcal/Kwh로 하였다.

2. 均等化 發電費用의 計算

앞서의 發電費用의 계산방법과 入力資料를 利用하여 200 MW 및 500 MW 微粉炭燃燒와 200 MW AFBC 및 PFBC에 대한 均等化 發電費用(利用率 60% 基準)을 1990年 價格水準으로 計算하면 表 4와 같다.

發展費用 계산시의 無煙炭價格은 III장에서 제시된 石公과 民營炭鑛의 평균 생산원가 자료를 각각 적용한 것이다. 表 4에서 比較하여 보면 500 MW 용량규모의 發電費用이 200 MW보다 Kwh당 5.5원 정도 저렴하여 약 10% 정도의 減少가 가능하다. 그러나 500 MW 용량의 無煙炭發電設備의 建設은 國內에서 아직 그 例가 없으므로 技術的檢討가 뒤따라야할 것으로 보인다. 流動層燃燒 發電(AFBC)은 200 MW 微粉炭燃燒의 發電費用과 거의 같은 수준에

表 4. 均等化 發電費用 (單位：원/Kwh)

	200 MW	500 MW	AFBC	PFBC
石 公	57.19	51.69	57.90	63.36
民 營	54.85	49.34	55.63	61.21

있어 AFBC의 도입으로 인한 경제적 불이익은 없을 것으로 판단된다. 특히 微粉炭燃燒 發電의 單位容量이 소규모인 200 MW 이하일 때를 比較할 경우 流動層燃燒 發電의 經濟的 妥當性은 더욱 증가될 것이다. 年間 無煙炭 소비능력은 200 MW 微粉炭燃燒 및 流動層燃燒 發電이 약 50만톤 정도이고 500 MW 용량의 微粉炭燃燒 發電은 약 130-140만톤이 된다.

3. 敏感度 分析

(1) 利用率 變化에 따른 比較

無煙炭 發展의 利用率 제고는 消費擴大 및 發電 費用에 직접적인 影響을 미친다. 200 MW 용량에서 利用率을 10% 증가(60%→70%)시키면 年間追加 無煙炭 消費量은 86.4千톤이 增加한다(石公炭 基準). 發電 設備의 利用率이 높으면 높을수록 그리고 일정하게 유지하는 것이 경제적이나 실제로는 경제급전 이나 기타 요인에 의하여 변화하게 된다. 기준안인 利用率 60% 이외에 30%-80%의 범위내에서 發電 費用을 구해보면 그림 2-a, 그림 2-b와 같은데 利用率 增加와 더불어 流動層燃燒 方式이 相對的으로 유리 해지는 것을 알 수 있다.

(2) 割引率 變化시 發展 費用

國內 電源計劃에서 적용되는 割引率 8-10%는 外國에 비하여 높았던 것으로 보이는데 이는 各國이 처한 投資環境 및 經濟與件에 따라서 결정된다는 이유도 있지만 資本費用(Cost of Capital)을 근거로 산출했다는 점이 더욱 큰 이유가 되었다고 볼 수 있다(韓國原子力 研究所, 1990). 割引率의 選擇은

發電費用에 아주 민감하다. 즉, 화폐의 시간적 가치를 결정하여 주는 變數로서 電力事業과 같은 國家投資環境의 경우에는 정책적 관점과 투자보상율의 두가지 면에서 적절히 결정되어야 한다. 여기서는

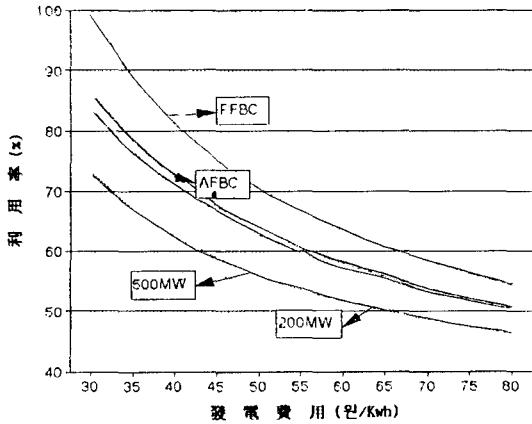


그림 2-a. 利用率 變化에 따른 發電費用(石公).

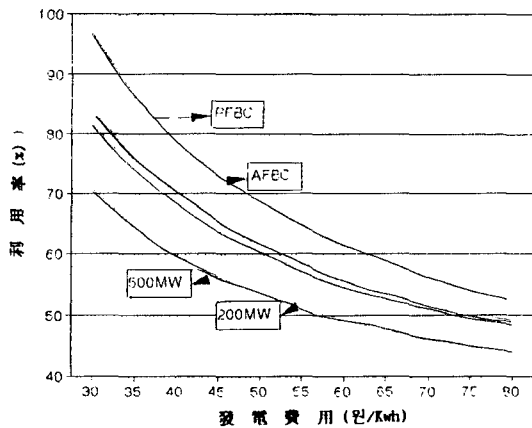


그림 2-b. 利用率 變化에 따른 發電費用(民營).

8%를 基準안으로 하였으며 割引率 變化에 따른 發電費用을 表 5에서 보여주고 있다. 5%의 割引率을 적용해본 이유는 보다 無煙炭發電의 政策的 割引率 適用이라는 점에서이다. 低率의 割引率은 에너지節約 技術開發과 生産, 熱併合發電 및 地域暖房事業과 같은 에너지節約施設 資金融資(利子率 5%)의 例에서 찾아볼 수 있다. 國內無煙炭의 發電源 投資에 따른 할인율의 下향조정 가능성은 國家 에너지자원의 有效 適切한 利用, 海外 依存度 減少 等の 정책적 目標 아래 검토되어야 할 사항이다.

(3) 發熱量에 따른 發電費用

新規 無煙炭 發電所에서 消費되는 炭質이 變化할 때의 發電費用을 살펴보면 그림 3-a, 그림 3-b와 같다 (生産原價 및 其他資料는 固定). 發熱量 增加로 인한 效率 向上, 運轉維持費 減少 等を 發電所 설계자료를 통하여 精確하게 구한다면 약간의 차이가 있겠지만 대체적으로 炭질이 개선됨으로서 發電費用은 감소한다. 石公炭 200 MW 기준으로 현재의 平均탄질 4,700 Kcal/kg에서 5,000 Kcal/Kg로 증가된다면 發電費用은 Kwh당 1.82원이 감소된다.

4. 無煙炭發電의 開發利益 및 補助金 算定

III장에서 계산된 바와 같이 無煙炭 生産原價가 特定の 確率分布로 주어진다고 하면, 發電費用 역시 다른자료(利用率, 發熱量 等)가 一定한 경우 같은 確率分布를 갖게 된다. 즉 確率變數인 生産原價가 正規分布를 이룬다고 할 때(石公: N(56,554, 5,133); 民營: N(47,170, 15,667) 發電費用의 確率密度函數는 다음과 같이 주어지게 된다.

$$f(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (1)$$

表 5. 割引率 變化에 의한 發電費用 比較

(單位: 원/Kwh)

	石 公				民 營			
	200 MW	500 MW	AFBC	PFBC	200 MW	500 MW	AFBC	PFBC
5%	52.48	47.93	52.88	57.82	50.12	45.59	50.61	55.67
8%(基準案)	57.19	51.69	57.90	63.36	54.85	49.34	55.63	61.21
9%	58.90	53.03	59.70	65.35	56.54	50.69	57.43	63.19
10%	60.64	54.42	61.56	67.40	58.29	52.08	59.29	65.25
12%	64.24	57.29	65.39	71.63	61.90	54.95	63.12	69.48

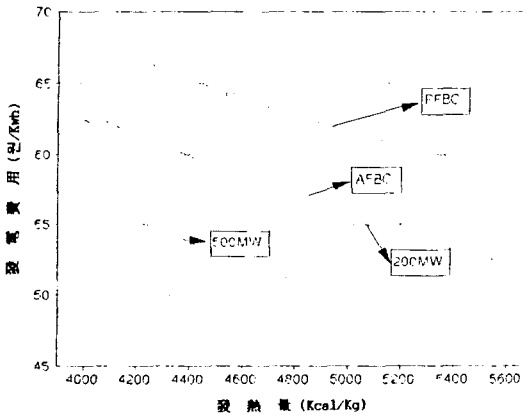


그림 3-a. 發熱量別 發電原價 比較(石公).

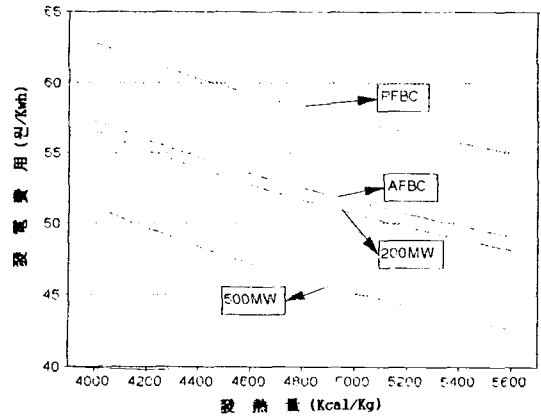
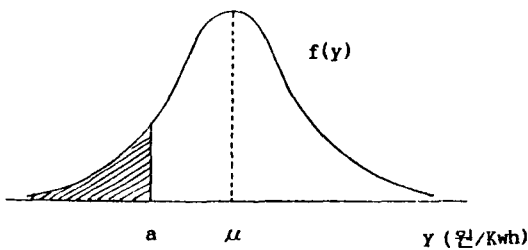


그림 3-b. 發熱量別 發電原價 比較(民營).

따라서 200 MW 容量基準으로 石公의 경우 發電費用 分布는 Kwh당 $N(57.19, 2.947)$ 民營炭鑛은 $N(54.85, 8.26)$ 이 된다. 無煙炭 發電事業의 主體를 關聯業界로 假定하여 주어진 利用率과 條件下에서 生産된 電力을 모두 電力會社에 販賣하고 이때의 單位電力 販賣單價가 아래 그림에서 a로 주어지는 경우 無煙炭發電의 需要開發 利益確率은 다음과 같이 (2)式으로 구할 수 있다.

$$P(y < a) = \int_{-\infty}^a \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dy \quad (2)$$



즉 $P(y < a)$ 는 總 電力販賣量中 利益이 發生되는 比率을 의미한다. 石公과 民營炭鑛의 販賣單價(혹은 韓電으로부터의 購入單價)에 대해 開發利益이 발생되는 確率 즉, 發電費用 < 販賣單價의 確率을 구하면 表 6과 같다(200 MW 基準).

表 6에서 만일 販賣單價가 50억원일 때 民營炭을 利用한 年間 電力販賣量 中 27.76%가 판매단가 이하의 生産費用으로 發展이되며 55원일 때는 50.8%에 해당된다. 판매단가가 平均發電費用보다 낮게 策定

表 6. 販賣單價에 따른 開發利益 發生確率.

販賣單價(원/Kwh)	石公	民營
30	0	0.0013
35	0	0.0082
40	0	0.0367
45	0	0.1170
50	0.0073	0.2776
55	0.2327	0.5080
60	0.8289	0.7324
65	0.9960	0.8907
70	1.0000	0.9664
75	-	0.9927
80	-	1.0000

表 7. 敏感度 分析을 위한 case 設定

case	利用率(%)	割引率(%)	無煙炭質 (Kcal/kg)
Reference	60	8.0	4,700*
case I	75	8.0	4,700*
case II	75	5.0	4,700*
case III	75	5.0	5,000

註: 民營炭鑛은 4,248 Kcal/kg.

된 경우 損益分岐點까지 補助金이 주어진다고 할 때 販賣單價 變化에 따른 發電方式別 補助金額과 開發利益額(販賣單價가 平均發展費用보다 높을 경우)의 變化를 그림 4-a오 그림 4-b에 나타내었다(200 MW 용량 기준). 여기에서의 補助金額은 發電費用에서

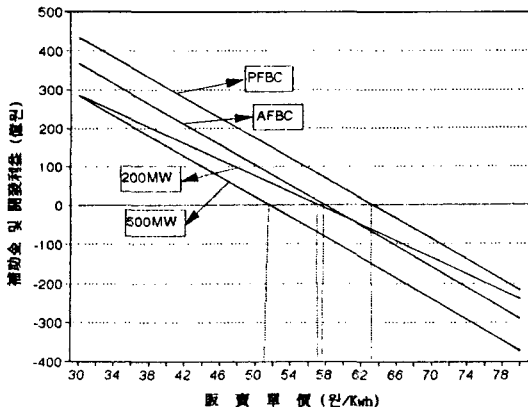


그림 4-a. 販賣單價 變化에 따른 發電方式別 補助金額과 開發利益額의 變化(石公).

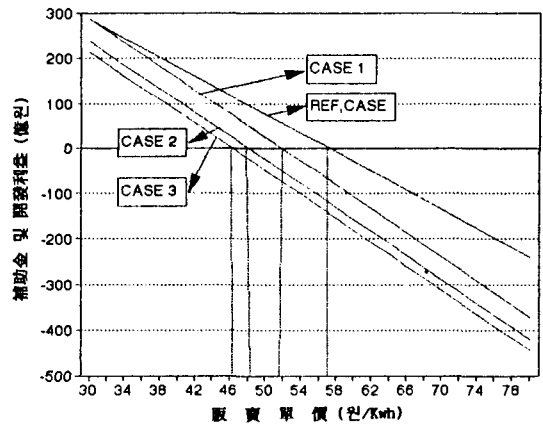


그림 5-a. Case別 補助金額과 開發利益額(石公).

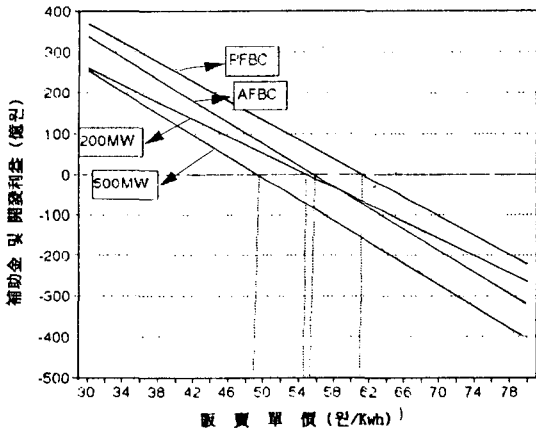


그림 4-b. 販賣單價 變化에 따른 發電方式別 補助金額과 開發利益額의 變化(民營).

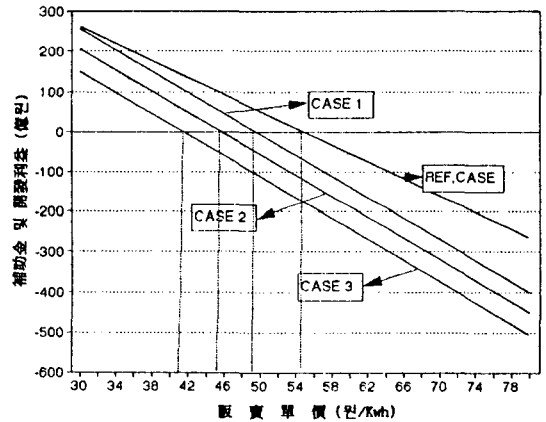


그림 5-b. Case別 補助金額과 開發利益額(民營).

차지하는 燃料費用 대신 無煙炭 生産費用으로 구하였기 때문에 生産部門 補助(資本補助 및 經營補助)가 필요치 않는 需要開發費用에 대한 全體補助額을 나타낸다.

III장에서는 利用率, 割引率, 無煙炭秩의 發展費用에 영향을 미치는 요인을 獨立의으로 變化시킨 민감도 분석을 수행하였다. 需要開發量을 좀 더 확대시키고 無煙炭 發電에 대한 經濟性을 改善시키기 위하여 3要因을 동시에 고려하고자 200 MW 기준 다음과 같은 case를 設定하였다(表 7 參照). 表 7의 각 case에 대한 결과를 그림 5-a, 그림 5-b에 나타내었다.

5. 環境에의 影響

表 8. 發電源別 汚染物質 排出量 比較.(單位: g/kwh)

	無煙炭	有煙炭	油 類
SO _x	10.13	6.27	8.06
NO _x	6.85	2.97	3.32
CO	0.30	0.21	0.19

資料: 環境處, 大氣汚染物質 排出量(90), 1991.
韓國電力公私, 經營統計, 1991.

現在 運營中인 無煙炭 發電所에는 탈황설비나 집진기 등의 環境設備은 아직 미부착된 상태이나 비교적 汚穢成分이 낮은 無煙炭을 사용하여 汚染排出許容基準 以下로 運轉(一部 發電所는 汚染物質 排出金 賦果)되고 있지만 設定된 許容基準 자체가 先進國에 비하여 낮은 水準임을 감안할 때 적극적인 배출억제 노력이 필요하다. 이에 정부에서는 新規

發電所에 대한 탈황설비 등의 부작을 모색하고 있다. 1990年 기준 發展源別의 생산전력 kwh당에 대한 汚染物質 排出을 比較하여 보면(表 8)과 같은데 無煙炭發電이 아황산가스나 질소산화물 배출량에서 油煙炭이나 有類發電보다 높다.

그러나 有煙炭, 無煙炭, 油類를 사용하는 新規發電所 건설시에 탈황설비나 탈질설비의 부작이 의무화된다면 無煙炭發電의 확대에 의한 現場에의 부담은 없을 것이다. 단지, 지구온난화 문제에 관련하여 일산화탄소의 배출량이 有煙炭發電보다 다소 높다고 볼 수 있지만(이산화탄소 배출량수준은 거의 비슷함) 無煙炭發電의 需要擴大는 向後 發電源의 주종을 이루게 되는 有煙炭發電과 같은 수준이 될 수는 없으므로 이에 대한 큰 영향은 없을 것으로 판단된다. 다만 無煙炭의 灰分含量이 많아 이의 處理에 追加費用이 발생된다. 流動層燃燒 發電은 流動層에 投入된 石炭이 유동매체입자(석회석)가 下部의 다공판에서 上部로 유동운동을 하면서 微粉炭燃燒보다 낮은 약 850°C -900°C 정도의 低溫에서 燃燒된다. 이와같은 移動燃燒는 完全燃燒를 유도하고 탈황용 석회석을 연속적으로 투입하면 反化學反應에 의해 깨끗한 燃燒가 가능하다. 既存의 微粉炭燃燒方式(세정기 미설치)과 비교한 汚染源 배출(SO_x, NO_x, 분진)을 比較하면 公害防止 효과에서 매우 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나 세정기가 부착된 微粉炭燃燒方式과는 비슷한 배출계수를 보이고 있다(Booras *et al.*, 1991).

V. 結 論

國內 無煙炭産業의 適正水準을 유지하기 위해서는 需要部門에 대한 소비창출 가능성이 連繫되어 검토되어야 할 것이다. 本 研究에서는 民需部門의 需要減少로 産業, 發電部門에서의 消費擴大 가능성에 대해 검토하였고 無煙炭産業의 適正化 施策의 需要部門으로 확대되고 生産部門에 대한 지원 역시 需要部門으로 점차 전이되는 경우의 타당성을 분석하였다. 産業部門의 신규수요개발 가능성은 현실적으로 희박하기 때문에 發電部門으로의 수요전환이 必需的이라 할 수 있다. 無煙炭發電의 經濟性은 크게

技術的要因과 政策的要因에 의해 좌우되는 바 특히 利用率 增大 等を 통한 發電用炭 消費擴大와 發電費用 減少에 政策的 支援이 必要하다고 보겠다. 環境에 대한 규제강화시 有煙炭과의 경쟁력은 유지 가능할 것으로 판단된다. 技術的으로는 發電容量의 大規模化(Scale up)에 대한 검토가 이루어져야 하며 生産部門에서도 炭質向上, 生産原價 切感等의 經營合理化 努力이 요구된다. 發電事業主體가 關聯業界로 選定될 때는 無煙炭 追加需要의 創出이 적극화되고 저탄장의 二重投資防止, 石炭利用 技術開發의 적극성, Mine Mouth 建設시의 長點 극대화에 따른 社會的費用 節約 등이 가능하다. 또한 「韓電」의 구입전력 단가에 대한 적절한 政策的支援 가능성에 대한 研究가 뒤따라야 할 것이다. 本 研究에서는 언급되지 않았지만 현재 建設中인 有煙炭 發電所에서의 無煙炭混燒 實驗設備를 조속히 完工하여 이의 可能性이 현실화될 수 있도록 노력하여야 한다. 莫大한 新規投資費의 節約, 發電事業者의 전문성유지 및 단기간내에 실시가능하다는 많은 長點을 갖고 있기 때문이다.

參考文獻

1. 石炭産業合理化事業團, “石炭統計年譜”(1991).
2. 에너지經濟研究院, “石炭産業의 合理的 育成을 위한 評價模型開發에 관한 研究”(1989).
3. 에너지管理工團, “集團에너지事業 및 産業體 有煙炭 普及 推進現況”(1991).
4. 環境處, “大氣汚染 物質 排出量('90)”(1991).
5. 韓國原子力研究所, “原子力 經濟性分析 研究”(1990).
6. 韓國電力公社, “經營統計”(1991).
7. 韓國電力公社, “發電原價 算定技法 解說”(1990).
8. 韓國電力公社, “國產 低質無煙炭 活用技術 開發研究 綜合研究報告書”(1984).
9. G. Booras, G. Olkhouskij, & B. Rukes, “Advanced Fossil Technologies for Electricity Generation,” Senior Expert Symposium on Electricity and the Environment, Helsinki, Finland (1991).
10. R. J. Dry, & R. D. La Nause, “Combustion in Fluidized Bed Chemical Engineering Progress,” (1990).