

石油代替에너지源으로서의 石炭使用上の問題點과 対策

Problems at the use of Coal as
Alternative Energy Resources in Power Generation

韓 達 洙
韓國電力公社 發電部次長

序 言

1973年과 1979年의 두차례의 石油危機以後에 대두된 長期的인 에너지源의 不足에 대한 危機感은 말할 수 없이 高潮되어 왔으며 世界各國은 石油代替 에너지源의 開發과 新에너지 技術開發을 통한 脫石油政策의 推進과 에너지源의 安定的 確保에 腐心하고 있는 實情이다.

表1에서 보는 바와 같이 石油는 約 30年, 天然가스는 47年이 可採年數가 이를 잘 나타내고 있다. 韓電公社도 電源의 脫石油化를 위하여

- ① 國產 無煙火力發電所의 最大稼動
- ② 國產低品位無煙炭의 使用을 위한 發電所建設 (西海火力: 200MW級 2基)
- ③ 海外有煙炭 專燒發電所의 建設 (三浦浦火力560MW級 2基, 高亭火力 500MW級 2基)
- ④ 既設의 重油專燒發電所의 海外有煙炭 燃燒를

위한 改造 (湖南火力 280MW×2基, 麗水火力 200MW 및 300MW 各1基)

⑤ 天然가스 燃燒發電設備의 建設 및 重油專燒設備 天然가스로의 燃料轉換 改造等 化石燃料로서의 脫石油와 原子力發電所의 繼續建設에 의하여 電源의 脫石油化를 積極的으로 推進하고 있다.

이와 같은 에너지源의 多樣化 및 脫石油化의 追究로 5次 및 6次 電源開發計劃이 完了되는 1986年과 1991年의 電源의 에너지源別 構成比는 表2에서 보는 바와 같으며 1991年度에는 原子力 52.1%, 有煙炭 20.7%, LNG 11.8%, 石油 10.2%, 水力 3.3%, 無煙炭 1.9%가 될 展望이며 發電設備의 構成은 表3과 같은 比率로 될 展望이다.

本稿에서는 石油代替 에너지源으로서의 石炭燃料의 使用上 問題點 및 그 対策을 火力發電所를 中心으로 記述하고자 한다.

(表-1) 世界에너지源 賦存現況

에너지源	單位	確認可採埋藏量	年生產量	可採年數	窮極可採埋藏量
石 油	億 Bbl	6,416	219	29.3	20,000
天然가스	兆 m ³	71	1.5	47	142~170
石 炭(上品位炭)	億屯	6,370	32	203	10,000
		4,900	24.1		
우라늄(自由世界)	萬屯	225	34	(爐型에 따라 다름)	未 詳
Tar Sand	億 Bbl	4,000	小 量	大	7,000~8,000
Oil Shale	"	2,000	"	"	30,000

(資料) 1. 石油, 天然가스는 I. P. E (1979)
2. 其他 世界石油會議(1979)

〈表-2〉電力의 Energy源別 構成

	Ratio of Energy			備 考
	'81	'86	'91	
原子力	7.2	38.9	52.1	
有煙炭	-	22.8	20.7	海外炭
無煙炭	6.3	3.5	1.9	國內炭
L·N·G	-	12.6	11.8	
石 油	79.8	17.9	10.2	
水 力	6.7	4.3	3.3	
計	100	100	100	

[資料] Electric Power in Korea (韓電弘報資料)

〔1〕石油代替에너지源으로서의 石炭

石炭資源은 石油, 天然가스等 各種의 化石에너지 資源中에서 그 埋藏量이 가장 많으며 (表1 參照) 또한 偏在하지 않고 地球上에 고루 分布埋藏되어 있다.

1977年의 國際에너지會議 資料에 의하면 世界의 石炭埋藏量은 地質學的 理論埋藏量이 約 10兆톤, 經濟的 採掘可能한 可採埋藏量은 約 6400億톤으로 發表하고 있으며 또한 主要國家別 可採埋藏量은 表 4와 같다.

반면에 우리나라에 賦存해 있는 石炭埋藏量은 現在까지 알려진 바에 의하면 無煙炭은 地質學的 埋藏量이 約 15億21萬톤이며 可採埋藏量이 約 6億 5千萬톤이며 有煙炭埋藏量은 거의 없는 것으로 나타나 있다.

또한 年間生産量은 現在 約 2千萬톤 内外이며

〈表-3〉1991年度 發電設備

源 別	容量(MW)	構成比(%)	備 考
石 炭	6030	22.3	火力: 12523 (46.4%)
石 油	3943	14.6	
LNG	2550	9.5	
水 力	1665	6.2	水力: 3265 (12.1%)
揚 水	1600	5.9	
原子力	11216	41.5	原子力: 11216 (41.5%)
計	27004	100	

[資料] Electric Power in Korea (韓電弘報資料)

〈表-4〉主要石炭生産國의 現況 (單位: 百萬噸)

國 名	可採埋藏量	1975年度生産量
U. S. A	177,588 (27.8)	568
USSR	109,900 (17.3)	485
中 共	98,883 (15.5)	470
英 國	45,000 (7.1)	129
西 獨	34,419 (5.5)	97
India	33,700 (5.2)	96
Australia	27,353 (4.2)	62
南Africa	26,903 (4.2)	69
Poland	21,790 (3.3)	172
其 他	61,395 (9.6)	220
計	633,929 (100)	2,368

世界動力會議 1977年 資料 () 內는 百分率

(既開發炭鉱) 이中에서 大部分은 民需用으로 使用되고 發電用炭으로 使用되는 量은 消費炭 基準으로서 約 17% 内外이며 年度別 使用實績은 表5와 같다.

또한 表6은 無煙炭發電所의 概要를 表7은 海外有煙炭發電所의 設計炭의 概要를 나타낸 것이다.

〔2〕國產無煙炭 使用上의 問題點과 對策

發電用炭으로 供給되는 無煙炭은 乾炭高位 發熱量이 3,500~4,400KCal/kg 程度인 低品位炭이며, 이와같은 無煙炭의 灰分含有量은 40~50% (重量比)이며 揮發分은 不過 3% 内外이다 (그림1 參照).

〈表-5〉發電用 石炭消費實績 및 展望 (單位: 噸)

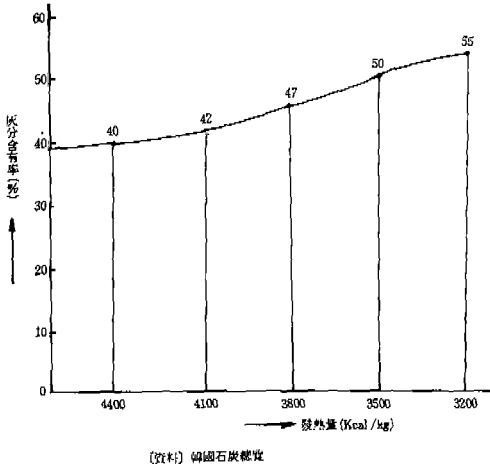
	國內無煙炭	輸入無煙炭	海外有煙炭
1976	1,178,787	-	-
1977	1,059,692	-	-
1978	717,984	-	-
1979	80,1225	97,239	-
1980	1,245,691	399,384	-
1981	1,259,229	462,768	-
1982	1,364,000	327,000	-
1983	1,939,000	355,000	1,917,000
1984	2,337,000	-	4,061,000
1985	2,304,000	-	5,700,000

〈表-6〉 無燃炭 發電設備의 概要

	釜山 #1,2	群山	寧越 #1,2	嶺東 #1	嶺東 #2	馬山 #1,2	三陟 #1	三陟 #2	西海 #1,2	
發電容量(MW)	2×60	75	2×50	125	200	2×25	25	30	2×200	
微粉機型式	Tube Mill	Tube Mill	Tube Mill	Tube Mill	Tube Mill	Roller Mill	Roller Mill	Roller Mill	Tube Mill	
貯炭場型式	屋內	屋內	屋內	屋內	屋內	屋內	屋內	屋內	屋內	
輸送方法	船 舶	鐵 道	鐵 道	鐵 道	鐵 道	船 舶	鐵 道	鐵 道	鐵 道	
灰處理方式	埋 立	委託收去	委託收去	埋 立	埋 立	委託收去	埋 立	埋 立	埋 立	
集塵效率	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	99.5	
設 計 炭	發熱量(Dry Base)	5556	4930	3500	4400	3800	5444	5444	5450	3500
	水分	10.0	10.0	3.5	10.0	11.0	5.0	5.0	5.79	4.2
	灰分	27.54	29.3	55.5	40.0	46	28.7	28.7	29.56	51.36
	揮發分	4.09	3.4	4.0	4.0	4.0	4.3	4.3	3.80	2.71
	H. G. I	54	60	40	50	50	45	45		70
混燒率	90	90	100	90	70	90	90	90	80	
灰融點(IDT)	-	ST1293 ~1527	1200 ~1300	1320	1320 ~1240	FT 1538	FT 1538	FT 1500	1270	

〈表-7〉 Basic Data for Design

항 목		발전소	고정화력	삼천포화력	서해화력
총 수 분 (%)			Max 15	Max 15	-
공 업 분 석	수분(Air Dry %)		Max 10	Max 10	4.2
	휘발분(")		22~36	36	2.6
	고정탄소(")		50~60	60	44.0
	회분(")		Max 17	17	49.2
발 열 량 Air Dry Kcal/kg			-	6000	3500
회 용 점	I. D. T(환원기류)		1250	1250	1390(산화기류)
	S. T(")		-	-	1450(산화기류)
	H. T(")		-	-	-
	F. T(")		-	-	1450(산화기류)
유 황 분(Air Dry %)			Max 1.0	Max 1.0	0.1
분 해 도(H. G. I)			Min 45	Min 45	70
원 소 분 석	탄소(Dry Ash Free%)		Min 75	Min 75	45.5
	수소(")		Max 5.5	Max 2.5	0.7
	질소(")		Max 2.0	Max 2.0	0.1
	산소(")		Max 20	Max 20	2.1
	유황(")		Max 1.2	Max 1.2	0.2



(그림-1) 無煙炭의 熱量別 灰分 含有率

이러한 低品位 無煙炭의 使用에 있어서의 問題點은 다음과 같은 點을 들 수가 있다.

1. 高灰分에 의한 障害

가. 各種機器의 磨耗率 增加

石炭燃焼보일러에 있어서의 灰分에 의한 傳熱面의 磨耗는 設備의 經年劣化 및 部品의 壽命減少等의 信賴度 低下를 招來한다.

磨耗는 灰中의 SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 등의 成分에 의하여 支配되는 灰自体의 磨耗性과 灰의 量 및 가스流速에 의하여 左右된다.

磨耗의 量은 일반적으로 다음과 같이 表示된다.

$$\text{磨耗量} = f(V^{2.5} \cdot K \cdot (\rho s^3 / s^2) \cdot C \cdot T)$$

단 V : 가스流速

K : 磨耗를 받는 材料常數

ρ : 灰粒子의 比重

s : 灰粒子의 直徑

C : 가스中의 灰粒子量

T : 가스流에 露出된 時間(運轉時間)

또한 Mill 部品(Liner, Wedge, Ball 또는 Roller 등)과 微粉炭管의 磨耗障害도 發電設備의 信賴度를 低下시키므로 無視할 수가 없는 것이다.

이러한 灰에 의한 磨耗對策으로서는

- ① 가스流速의 適切한 選定(灰의 磨耗性 및 含量에 따라)
- ② 가스流速 및 가스中 灰分布의 均一化
- ③ Protector의 取付
- ④ 耐磨耗性 材質의 採用

등을 들 수가 있다.

나. 灰處理場의 用地確保

無煙炭 消費量의 約 半정도가 集塵器灰, 爐底灰 등으로 發生하므로 灰捨場用地 確保가 必要하다.

1983年度의 경우를 例로 들면 無煙炭 消費量 1939千噸의 平均灰分을 47%로 推定하면 年間 911,330噸의 灰가 發生하며 乾比重(含水狀態)을 0.9로 할 때 약 100萬 m^3 의 容積이다.

平均 10m 깊이로 埋立한다고 하면 10萬 m^2 (3萬坪)의 灰捨場이 必要하게 된다.

灰捨場에의 埋立도 바다埋立인 경우에는 새로운 農土나 用地를 얻을 수 있으나 發電所의 立地條件上 埋立은 制約되는 것이므로 灰의 利用技術開發을 통하여 再活用하는 것이 바람직하다.

2. Slagging 및 Fouling 障害

設計基準에 未達하는 低品位炭의 使用에 따라 燃焼安定을 위하여 重油混燒量의 增加가 불가피하며 이 때문에 爐內溫度가 上昇하고 最終過熱器 및 爐壁에 熔融灰가 附着, 熱吸取를 妨害함으로써 灰附着은 加速化하여 大形크링커事故로 發展하는 경우도 있다.

또한 爐出口 가스溫度가 上昇하여 灰融點(IDT) 以上으로 되면 後部 傳熱面에 灰가 凝縮附着하는 Fouling 障害가 일어나 燃焼가스 通路를 閉塞하여 繼續運轉이 不可能하게 된다.

對策으로서는

- ① 火爐出口 가스溫度를 灰軟化點 以下로 維持
- ② 還元분위기에서의 燃焼防止
- ③ 火爐斷面積當의 熱負荷 低減
- ④ Soot Blower의 適切한 配置

等이 設計時에 考慮되어야 하며 또한 燃焼添加劑의 使用과 重油混燒量의 低減을 위한 對策 檢討가 필요하다.

또한 Slagging, Fouling 障害는 石炭의 燃焼에서 일어나는 일반적인 屬性이며 海外有煙炭의 燃焼時에 더욱 쉬우므로(회용점이 낮음) 設計時에 充分히 考慮되어야 한다.

3. 燃焼不安定

低揮發分이고 着火溫度가 높으며 (450℃ 정도) 燃焼가 어렵고 不安定하며 또한 未燃分發生이 容易하므로 보일러 效率低下의 原因이 된다.

対策으로서는 燃燒過程에서 微粉炭의 爐内帶留時間이 충분하도록 大形火爐, 下向버너, 爐壁内面の 保温等 特殊한 火爐의 設計 및 버너의 配置가 必要하다.

4. 粉塵対策

가. 炭塵

炭塵은 주로 輸送되어온 石炭이 發電所에 下炭하는 곳, 즉 船舶輸送의 경우에는 揚炭機에서(馬山火力 및 釜山火力) 鐵道輸送의 경우에는 下炭橋에서 發生한다.

炭塵의 飛散은 發電所 周邊의 公害와 屋外變電所等 設備의 汚染을 招來하므로 撤水設備等 適切한

炭塵抑制策의 講究가 必要하다.

나. 灰粉塵

모든 發電所가 飛灰를 捕集하기 위하여 電氣集塵器를 設置하여 粉塵排出 濃度を 規制値 500mg/Nm³로 維持하고 있다.

高灰分의 低品位炭 燃燒로 集塵器 入口粉塵濃度の 增加로 또한 設備의 老朽로 인한 集塵性能의 低下로 規制値를 超過할 우려가 있으므로 石炭混燒率의 調節이나 設備의 徹底한 維持補修가 必要하다.

또한 앞으로 環境規制値가 嚴格해질 경우에는 集塵器의 增設의 必要 與否를 檢討하여 措置해야 할 것이다.

(다음쪽에 계속)

● 알림 ●

電氣保安担当者 教育機關으로 指定

本協會, 7.28 日附

動資部로 부터

本協會는 1982年 7月 28日 附로 動力資源部로부터 電氣事業法 第42條 및 同施行規則 第51條의 規定에 依한 保安担当者 教育機關으로 指定을 받았다.

協會는 指定教育機關으로서 安全事故의 豫防과 新技術의 普及은 勿論, 電氣의 合理的인 利用技法을 普及함으로써 國家 產業發展에 先導的 役割을 다할 것이다.

