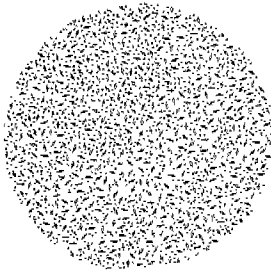


石炭利用技術의 展望

— 電力事業에의 活用 —

Coal Utilization Technologies and their Application on Electric Generation Field



崔 基 鍊

韓國動力資源研究所 에너지政策研究部長

I. 世界 石炭資源의 概況

産業革命 以後 1960年代까지 石炭은 人類 文明體系를 유지시키는 主宗에너지源의 役割을 하여왔다. 그 後 固體燃料라는 限界性에 기인하여 液體燃料인 石油에게 主宗에너지源의 位置를 넘겨주었으나 1973年 石油波動을 계기로 또 다시 石炭의 有用性이 確認되어 그 消費가 增大되고 있다(표1 參照).

그 使用과 操作에 있어 여러가지 不便함이 많은 石炭이 石油波動을 계기로 그 有用性이 再考되는것은 그 埋藏量이 莫大하기 때문에 高에너지價格體系下에서 比較적 安定的인 價格下에 需要增加에 대처할 수 있는 거의 唯一한 石油代替燃料인 點에 기인한다.

〈표-1〉 世界 에너지源別 需要 構成比 變化推移

(單位%)

	1950	1960	1970	1980	1984
石 油	24	31	43	44	39.5
石 炭	60	53	37	30	30.3
天然가스	12	14	19	18	19.6
水力 및 기타	4	2	1	6	6.7
原子力	-	-	-	2	3.9

資料 : UN統計年鑑
B. P Statistics

다음 표2에서와 같이 세계 에너지資源의 賦存과 生産與件을 비교할 때 石炭은 余他에너지源에 비해 可採期間이 길고 賦存分布의 偏重度가 낮아 供給安定度가 양호한 것으로 평가되고 있다. 더구나 窮極埋藏量은 現在 經濟與件과 技術水準에 근거한 確認埋藏量의 近20배에 達하고 있다. 이에 技術開發을 통한 石炭活用與件 改善에 따라서는 石油時代 이후 에너지供給 不安定期에 短時口內 活用 가능한 에너지源으로서의 力割을 石炭이 擔當할 뿐 아니라 아직까지 정확히 糾明되지 않은 人類窮極에너지源(例 : 再生 가능한 核融合 또는 水素에너지等)이 實用化 되기까지 余他에너지源이 充當하지 못하는 에너지需要를 石炭이 擔當할 能力이 있는 것이다. 이에 에너지計劃上 石炭의 役割이 再評價되고 原子力開發이 經濟社會的 適應性에 기인하여 예상보다 不振하고 再生에너지源의 活用이 技術開發의 미흡으로 지

〈표 - 2〉 세계에너지자원 賦存現況

	石 油	石 炭	天然가스	우 라 핵	新再生에너지中化石燃料(탄센드, 오일샌드, 오일셰일)
窮極埋藏量	1.4兆~ 3.1兆배럴	10兆屯	295兆~ 340兆m ³	9.7~24.4 百萬屯	—
確認埋藏量(R)	6,693億배럴	6,870億屯	90兆m ³	2,860千屯	4,100億屯
OECD	8.9%	46.6%	14.8%	59.9%	97.6%
OPEC	64.5%	0.2%	31.4%	10.6%	—
共產圈	12.6%	38.6%	42.0%	0.3%	1.4
開途圈	14.0%	14.6%	11.8%	29.2%	1.0
生産量(P) (1983年)	207.5億배럴	40億屯	1.56兆m ³	36,426屯	少 量
可採期間(R/P)	32.3年	171.8年	57.7年	78.5年	—

자료: W. E. C Report (1980) 外

체되고 있는 狀況에서 石炭은 “손에 잡히는 신뢰할 수 있는 供給源”으로 평가되는 狀況에 있다. 이러한 狀況을 가장 잘 表現한 것이 國際에너지機構(I. E. A)가 1979年 결의한 “石炭에 관한 IEA諸國의 行動原則(Principles For I. E. A Action On Coal)”과 이를 確認한 東京先進國經濟頂上會談(Tokyo Summit)를 들 수 있다.

石油輸出國機構(O. P. E. C)의 油價戰略에 대응하기 위한 石油輸入國의 共同戰略을 수립하기 위해 결성된 I. E. A는 당초 石炭, 原子力, 에너지節約을 石油代替의 세가지 方案으로 간주하였으나 가장 손쉬운 方案이 石炭活用 增大인 것으로 결론지었다. IEA는 대부분의 에너지消費分野에서 石炭이 石油와 經濟性面에서 對等한 位置에 있으며 時間이 갈수록 우월성이 높아진다고 評價했다. 이에 상기 I. E. A 行動規則에서는 IEA 會員國의 燃料炭(Steam Coal)의 需要로 1976年 475百萬T. O. E(石油換算톤)

에서 1990年 900百萬T. O. E, 2000년에는 1,500百萬 T. O. E로 增大시키는 것이 필요하다고 보고 會員國들간의 石炭活用 擴大를 위한 政策開發을 권고한 바 있다. 특히 I. E. A는 石炭火力發電所의 건설과 활용증대(base-Load化)를 권장했으며 公害防止技術開發과 輸送, 貯藏, 國際交易擴大에 필요한 投資와 制度改善에 會員國들의 共同參與를 촉구하였다. 이에 世界石炭需要는 표3과 같이 燃料炭을 中心으로 1970年代 石油波動 이후 年平均 2%台 이상 높은 增加率을 시현하였다. 또한 앞으로도 高油價基調가 1982年 이후 弱화되어 石炭需要의 급증은 기대되고 있지 않으나 石炭價格이 다른 에너지源에 비해 安定的이기 때문에 꾸준한 需要增加가 現在까지의 여러 展望에 비추어 예상되고 있다.

最近들어 國際石油價格이 暴落함에 따라 石炭의 未來에 대한 회의적인 見解가 있을 수 있으나 에너지 전문가들의 예측은 現油價下落 趨勢가 短期的인

〈표 - 3〉 世界石炭消費 實積 및 展望

(單位: 百萬屯)

	1973	1983	1985	1990	1995	2000	年平均增加率 (%)			
							1974	1985	1991	1996
							1983	1990	1995	2000
燃料炭	2,547	3,414	3,590	4,070	4,546	5,050	3.0	2.6	2.2	2.1
原料炭	548	504	524	522	525	525	△0.1	△0.1	0.1	—
計	3,095	3,918	4,114	4,592	5,071	5,575	2.4	2.2	2.0	1.9

자료: W. O. C. O. L. Report. M. I. T. Press

것으로 간주되기 때문에 電力部門 같은 대규모 석탄수요처에서 石炭에서 石油로 燃料轉換은 거의 없을 것으로 보고 있다.

現油價下落의 원인이 石油 過剩供給이지만 世界年間 石油消費量이 約 28億屯인데 비해 過剩供給量은 約 1億屯에 불과하고 OPEC과 非OPEC等 全產油國이 協同의 可能性이 있다. 더구나 現油價 弱勢에 비추어 北海油田(한계생산비 \$15/bbl 이상)같은 新規油田의 開發擴大가 불가피한 點에 비추어 長期油價展望은 上昇이 不可避한 實情이다. 대체로 油價는 北海原油生産費, 石油代替燃料의 總費用, 中東OPEC의 生産能力을 종합하여 볼 때 長期均衡價格은 최소한 \$18 이상이다.

一部 石炭專門家들은 短期的으로도 油價下落은 景氣를 부양시켜 電力, 시멘트, 鐵鋼등 石炭大需要部門의 成長을 支助하여 오히려 石炭需要를 增大시키고 中, 長期的으로도 石炭과 경쟁관계에 있는 石油製品인 重油의 供給擴大에 한계가 있고 油價下落이 石炭生産原價와 輸送費에 「플러스」要因이 되기 때문에 燃料轉換에 따른 投資「리스크」를 감안할 때 石炭市場에 대한 油價下落의 영향은 예상외로 적다고 보고 있다. 여기서 重油의 供給限界성은 70年代 이래 석유정제시스템상 重油生産比重이 低下된 것으로 OECD의 경우 70年代 초반 重油生産은 石油製品生産의 30%를 차지했으나 1984년에는 19%에 불과한 點을 말한다. 따라서 重油需要 增大는 重油價格 上昇으로 연결되고 供給이 價格彈力성이 적은 石炭과의 경쟁에 있어 당분간 重油의 경제성은 기대하기 힘든 것이다.

II. 石炭活用技術의 現況 및 展望

上述한 바와 같이 에너지市場에서의 石炭의 位置는 石油 및 余他 石油代替源(原子力, 에너지節約 및 新再生에너지)과의 競爭에서 풍부한 埋藏量을 背景으로 安定된 供給基盤이 強點이나 活用上의 不便함과 公害排出等 制約要因이 있기 때문에 活用技術開發이 關건이 되고 있다.

이에 向後 石炭의 地位는 固体燃料라는 點에서 液体나 氣體燃料 形態의 競爭財와의 관계 개선여부에 달렸으며 좀더 현실적인 觀點에서는 中·短期的으로 原子力과의 發電部門에서의 競爭力 與否, 그리

고 長期的으로는 液化 혹은 氣化技術開發이 現안과 제이다.

一般的으로 石炭關聯技術은 이론바 成熟된 技術로 分類되고 따라서 획기적인 변모나 新技術體系가 提示될 可能性은 적은 것으로 간주되고 있다. 다만 從來 그 概念이 알려졌으나 實用化의 必要性이 적었기 때문에 R & D活動이 적었던 分野를 汎用化하기 위한 研究가 대부분이다.

世界 主要國의 石炭關聯 短期 및 中期研究開發分野를 살펴보면 發電分野等에서의 石炭燃燒의 安全性 및 效率性 提高를 주축으로 다음과 같은 分野가 관심의 대상이 되고 있다.

- 石炭燃燒, 轉換, 가스化의 基礎理論 定立의 高度化

- 石炭 燃燒前 處理(選炭, 세척등) 經濟性 提高

- NOx排出 減少를 위한 보일러 設計技術 開發

- 公害防止用 FGD(Flue Gas Desulphurisation) 經濟性 提高

- 流動床燃燒(Fluidised Bed Combustion) 技術의 電力部門 活用

- 抗內 石炭生産性 및 安全性 提高

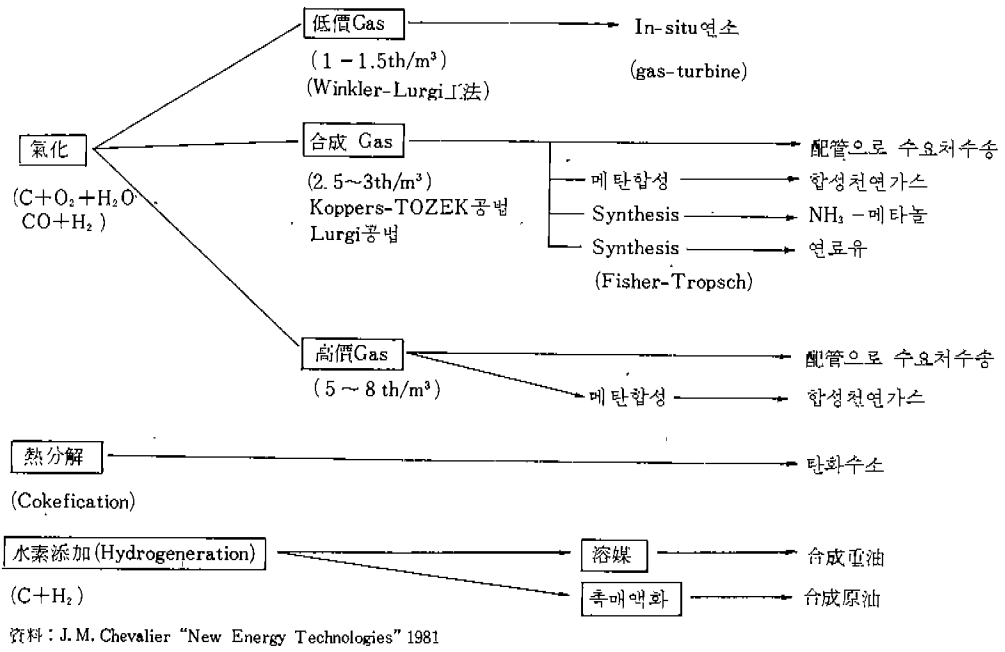
- CLM(Coal-Liquid Mixture) 技術開發을 통한 固体燃料型態 脫皮 및 石油專燒發電所 燃料代替

- 石炭 物量 運送 및 操作의 經濟性 提高

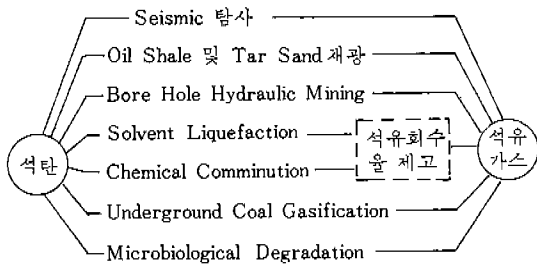
한편 長期技術開發은 石炭에너지活用 形態를 現在의 固体에서 液体나 氣體로 轉換하는 方向에서 推進되고 있다. 이 分野에 關連된 技術은 이미 이론적으로는 證立되어 있으며 石炭의 液化 및 氣化 概念은 그림 1과 같다.

그림 1과 같은 石炭形態 轉換技術은 經濟性 確保가 現시점에서 미비하기 때문에 새로운 轉換工程 開發이 요구되고 있다. 예컨대 氣化技術과 液化技術을 연계시키는 Fluidised-bed Gasfier를 Lurgi-Winkler 工法을 개선해서 개발하는 방안이나 水素 소비를 감축하는 Direct Liquefaction기술 개발등이 추진되고 있다.

이같은 石炭轉換技術의 開發狀況은 현재 에너지問題의 미래는 에너지關聯技術問의 市場占有率 調整에 의해 그 큰 흐름의 방향이 정해질 것이며 특히 2차에너지에 대한 소비자의 選好傾向이 높아갈 것이라는 點과 연계해 볼때 향후 석탄의 위치를 결정하는 중요한 과제가 될 것이다. 더구나 현재 전



〈그림 - 1〉 石炭의 액화 및 기화 개념도



〈그림 - 2〉 화석연료 기술의 동질성

기, 油類製品, 石炭製品, 가스 등으로 分類되는 2차 에너지 형태가 無意味해지고 固体, 液体, 導線(Grid) 형태 에너지로 分類되고 조만간에 液体 2차 에너지 選好가 導線 2차에너지 選好로 바뀔 것이라는 點은 많은 示唆點을 주고 있다. 전기, 파이프라인 가스, 지역난방 같은 導線에너지 생산을 위한 Fossil Fuel-to-Fuel Conversion 기술의 개발이 불가피할 것이며 종래 에너지生産技術 위주에서 수송공해물질 통제熱배출 통제, 저장등에 대한 신기술에 중점을 두어야 할 것이다.

또한 종래의 石炭技術은 상당부분이 石油 및 가스技術과 같이 기술적 동질성에 따라 化石燃料技術

혹은 Drillable Carbon Compound 技術로 廣域化되어 開發될 가능성이 크다 (그림 2 참조).

Ⅲ. 石炭技術의 發電部門 活用

發電部門에서의 石炭技術活用 與否는 무엇보다 發電設備 經濟性 評價에서 石炭發電의 與件과 환경 보전을 위한 對策의 適用 程度에 달려 있다.

發電設備別 經濟性評價는 評價方法, 時期, 場所에 따라 그 結果가 달라지지만 一般的인 趨勢를 나타내는 것으로는 다음 표 4에 요약되어 있다. 이는 OECD가 推算한 것으로 割引率, 建設工期, 石炭價格의 高低에 따라 原子力發電과 石炭發電의 經濟性 對比 結果는 매우 달라진다. 原子力發電은 5% 割引率 適用時 石炭에 비해 확고한 경제적 우월성을 지니게 되고 反面에 石炭은 10% 割引率 適用時 低價石炭確保地域(\$38톤/)에서 原子力發電보다 有利한 結果를 보이고 있다. 물론 이 경우는 가동을 70%, 건설기간을 석유발전소 3년, 석탄발전소 4년으로 가정하고 I.P.C.(건설기간 중 이자)를 포함한 투자비(kw당)를 石油 807「달러」, 石炭 1,103「달러」, 原子力發電 6년 공기 1,505「달러」, 10년 공기1,659

〈표-4〉 發電源別 發電原價 比較(基低負荷)

(단위: 1984 US mills/kWh)

		한인율 (실질)	
		5%	10%
1	原子力(P. W. R 2×100MW)		
	(a) 건설기간: 6년	29.2	42.2
	(b) 건설기간: 10년	30.8	47.9
2	석탄(2×600MW. 90%FGD부착)		
	(a) 高石炭價(\$55/t)		
	1) 미래석탄가: 실질기준불변	36.4	44.3
	2) 미래석탄가: 1990년이후 년 2% 실질상승	41.9	48.3
	(b) 低石炭價(\$38/t)		
	1) 미래 석탄가격: 실질기준불변	30.7	38.6
	2) " : 1990년 이후 년 2% 실질상승	34.7	41.5
3	石油(2×600MW. 90%FGD부착)	55.6	61.0

자료: OECD (IFA): 전력부문 1985보고서

〈표-5〉 新規 有煙炭 火力發電所의 環境保護費用

汚染과 統制方法	시설투자비 \$/kw	연간총비용(건설 및 운영)		
		mills/kwh	\$/유연탄톤	발전비용중 비중(%)
분진통제 ESP Fabricfilter	10-40	1-3	2-8	1-3
	25-50	2-4	4-10	2-4
황산통제 FGD ¹⁾	70-180	5-12	14-30	5-15
질산통제 연소수정 배연가스탈질소화 ²⁾	5-10	1	1-2	1
	35-40	3-6	8-16	3-6
수질오염통제 화학적水處理	5-10	1	1-2	1
固体廢棄處理 (FGD廢棄)	15-30	1-3	2-6	1-3

註1): 1. FGD 建設費用은 國別로 상당한 差異를 보이고 있어, OECD제국의 경우 90% 脫黃을 기준으로 \$130~180kw로 평가되고 있으며 독일의 경우는 \$70/kw로 비교적 적은 편임.

2. 배연가스의 탈질소화는 아직까지는 일본에서만 사용되고 있음.

3. 1982년 US달러

資料: OECD, 1983.

「달러」로 前提한 것이기 때문에 상경적인 事例에 불과하다.

또한 上記 對比에서 石炭發電所에 FGD를 부착하는 경우만을 想定하였는바, FGD 부착의 經濟的 效果(발전원가에 대한 부담율)을 고려할 때 低硫磺 含有石炭을 使用한 경우는 달라질 수도 있다. 一般적으로 石炭火力發電에서 環境보호비용의 비중은

총발전원가에서 15~25%를 차지하는 것으로 OECD 環境위원회는 추정하고 있다. (세분된 石炭화력 발전소 추가부담 비용 표5 참조).

이외에도 流動床 燃燒法을 통한 유황성분의 방출 억제 방안도 고려되고 있으며 장기적으로는 石炭氣化「가스」를 이용한 Combined-Cycle 發電도 연구되고 있다. *