

原子力發電과 有煙炭 火力發電과의 經濟性 및 環境影響 比較

全豐一 · 崔炳泰 · 李韓明 · 楊孟鎬

韓國에너지研究所 原子力政策研究部

(1985. 7. 18 접수)

I. 序 論

에너지가 國民經濟에 미치는 影響은 至大하다. 特히 우리나라는 重化學工業의 育成에 따른 에너지 消費量의 增加로 에너지가 國民經濟에서 차지하는 比重은 表 1에서와 같이 1978년 6.0%에서 1980년에는 13.1%, 1983년에는 11.5%로서 5년 사이에 거의 2배가 增加하고 있다.^{1,2)}

그러나 國內 調達이 가능한 에너지는 無煙炭, 水力等 少量으로 大部分의 에너지를 輸入에 의존함으로써 總輸入額中 에너지 輸入額의 比重은 1978년 16.1%에서 1983년 27.1%로 70億弗을 超過하고 있으며 輸入에 에너지의 依存度는 계속 深化될 것 같다.³⁾

에너지源別 使用比率는 石油가 57%, 國內 無煙炭 19%, 輸入 有煙炭 13%, 原子力 5%順으로 石油에 너무 치우쳐 있으며 그나마 國內 無煙炭은 煖房外에는 사용이 곤란하고 점점 深化되는등 探炭여건마저 惡化되고 있다.

잘 아는바와 같이 近代自主國家의 基本條件은 自主國防, 經濟自立, 自主精神과 더불어 에너지自立이 必須的이다. 때문에 에너지政策은 매우 重要하며 慎重을 要求하고 있다. 그동안 政府와 韓電은 石油의 偏重을 줄이기 위하여 석유소비가 가장 많은 發電分野부터 脫

表 1. 國民總生產額中 에너지 比重^{1,2)}

年 度	國民總生產額 (百萬US\$)	1次에너지 金 額 (百萬US\$)	比 率 (%)
'78	51,960	3,107	6.0
'79	62,374	4,927	7.9
'80	61,203	8,037	13.1
'81	67,191	9,373	13.9
'82	70,797	9,052	12.8
'83	75,108	8,625	11.5

石油政策을 추진하여 1978년 全體 電力源의 83.7%를 차지하였던 石油火力發電量을 1984년에는 48.7%로 줄이는데 성공하였고 2000년도에는 약 10%까지 減縮할 계획으로 있다.⁴⁾ 즉, 短期的 에너지政策으로는 現在 推進되고 있는 것과 같이 에너지 消費節約과 에너지源의 多元化로 石油依存度를 줄이는 정책이 필요할 것이며, 長期的으로는 에너지의 對外依存을 最小化하여 에너지의 準自立을 達成할 수 있는 戰略 即, 資源消費型에너지 위주에서 技術依存型 에너지로 轉換하여 根本的으로 外貨流出을 防止하는 戰略이 필요할 것이다. 技術依存型에너지에는 核分裂 및 核融合에너지, 自然 및 바이오매스 에너지등이 있는데 現在 技術이 確立되어 實用段階에 있는 에너지는 核分裂에너지인 原子力 밖에 없다.^{5,6,7,8,9)}

현재 우리나라에서 사용하고 있는 輕·重水爐型原子力發電을 石油, 石炭發電과 外貨流出面에서 比較하면 그림 1에서와 같이 100% 技術自立이 達成되더라도 燃料를 외국에서 수입해야 하는 우리나라로서는 石油發電은 69%, 石炭發電은 37%의 外貨가 流出되는 반면,

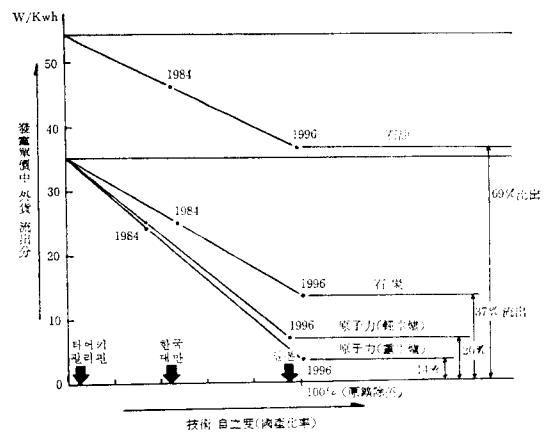


그림 1. 電力費中 外貨 流出分比較

原子力發電은 輕水爐의 경우 20%, 重水爐의 경우는 14%로서 原電이 外貨流出 측면에서 훨씬 유리하며 따라서 國際收支를 개선하기 위해서도 原電의 계속적인 건설·운영이 바람직함을 알 수 있다.

政府는 얼마전에 1996년까지의 電源計劃을 發表한 바 있다. 本計劃에 의하면 1996년까지 有煙炭火力 12機, 原子力 2機, 揚水 2機, 水力 1機등, 總 17機의 新規發電所를 建設할 計劃이며³⁾ 이는 有煙炭火力 中心의 電源供給計劃임을 알 수 있다. 그러나 既存 發電所까지를 합하면 電源供給을 原子力과 有煙炭中心으로 轉換하여 2000년대에는 電源部門에서 石油依存度를 10% 정도로 줄여 나갈 계획으로 되어 있다.

다시말하면 電源 構成比를 原子力發電 40%, 有煙炭發電 40%, 其他 20%로 計劃하고 있다.

따라서 여기서는 原子力發電과 有煙炭火力發電의 經濟性, 廢棄物이 人體 및 環境에 미치는 影響 및 社會間接資本面에서의 影響을 分析하여 參考資料로 提示하고자 한다. 먼저 兩發電所의 經濟性比較는 外國 專門機關에서 分析한 結果를 例示하고 우리나라의 現況과 問題點, 앞으로의 展望등을 言及하고자 한다. 또한 環境汚染問題는 原子力과 石炭火力의 汚染源을 比較 分析한 후 環境汚染의 主要原因이 되고 있는 石炭火力發展에 대하여 具體的으로 그 影響을 分析하고자 하였으며 다음 社會間接資本側面에서의 影響에 대하여 言及하고자 한다.

II. 本 論

1. 原子力發展과 有煙炭火力發電의 經濟性 比較

가. 概要

長期的 觀點에서 兩發電所의 經濟性 分析을 위하여는 全壽命 期間에 걸친 發電費用을 現價化하여 比較하는 Levelized Cost 산정方法이 가장 適合하며 大部分의 經濟性 比較에 사용되고 있다. 그러나 이 方法을 사용하는데 있어서도 여러가지 變數, 即 建設費, 燃料費, 運轉維持費 및 資本費用등을 어떻게 적용하는가에 따라 경제성이 좌우되며 이러한 費用은 利子率, 利用率, 換率등에 의하여 決定된다. 이러한 變數들은 源泉의 不確實性요인을 內包하고 있기 때문에 正確한 豫測은 매우 어렵다. 그렇기 때문에 過去의 實績이나 앞으로의 豫測을 토대로 미리 前提條件을 設定하여 여기에 따라 經濟性을 分析하는 것이 通例로 되어 있다.

따라서 兩發電의 經濟性 比較値는 比較를 遂行하는 機關에 따라 差異가 생기게 되며 經濟性分析資料의 正確度는 前提條件을 얼마나 精確하게 설정하느냐에 따

라 좌우되는 것이다.

때문에 여기에서는 外國의 權威있는 專門機關에서 分析한 結果를 먼저 考察하고 다음 우리나라의 경우를 分析하고자 한다.

나. 外國의 經濟性 分析

먼저 우리나라와 같이 輸入炭을 사용하는 日本의 경우를 考察하면 1984년 3월 日本에너지經濟研究所에서 研究·分析한 “將來에 있어서 發電用 燃料의 需給構造·電原 構成” 報告書¹⁰⁾에 의하면 前提條件으로 建設費는 1983년 實績值 基準으로 1983년 稼動 石炭火力(60萬 kWe)은 23萬엔/kWe, 原子力(100萬 kWe)은 30萬엔/kWe로 보았으며 2000년도에 稼動하는 兩發電所에 대한 建設費 推定은 建設費 上昇率을 年 3.9%로 假定하여 計算하였다.

燃料費는 有煙炭은 混炭베이스, 6,200kcal/kg 基準으로 할 때 1983년 價格은 13,800엔/톤으로 이를 기준으로 燃料費 上昇率을 年 4.9%로 假定하였을 때 2000년도 石炭價格은 43,300엔/톤(환율 238엔/\$)이 된다. 原子力發電의 核燃料費는 우라늄精鍊, 變換, 濃縮, 成

表 2. 電力源別 發電單價

<1983년도 運轉開始>

70% 이용율

구 분	건설단가 (천엔/kWe)	발전단가(엔/kWh)			
		자본비	운전비	연료비	계
원 자 력	300	5.77	2.49	4.13	12.39
석 탄 화 력	230	4.53	2.26	7.22	14.01
석 유 화 력	130	2.56	1.04	16.17	19.77
L N G 화 력	180	3.54	1.33	12.76	17.63

<2000년도 運轉開始>

70% 이용율

구 분	건설단가 (천엔/kWe)	발전단가(엔/kWh)			
		자본비	운전비	연료비	계
원 자 력	520	10.01	4.29	8.70	23.0
		10.01	4.29	7.53	21.83
석 탄 화 력	440	8.67	4.30	23.99	36.95
		8.67	4.30	18.14	31.11
석 유 화 력	250	4.91	1.98	49.29	56.19
		4.91	1.98	37.74	44.44
L N G 화 력	340	6.68	2.49	38.66	47.83
		6.68	2.49	29.24	38.41

* 상단 : 238엔/\$

하단 : 180엔/\$

型加工, 使用後核燃料 輸送, 再處理등으로 區分하여 計算하였으며 價格上昇率도 工程別로 區分·算定하였다.

또한 利用率은 兩 發電所 共히 70%, 投資報酬率은 8%로 假定하였으며 發電量 증 所內消費率은 原子力 4%, 石炭火力은 9%로 前提하였다.

上記와 같은 前提條件하에 發電單價를 計算한 結果 1983년 運轉 開始한 原子力發電은 12.39엔/kWh, 石炭火力은 14.01엔/kWh, 石油火力은 19.77엔/kWh, 그리고 LNG火力은 17.63엔/kWh로써 原子力發電이 石炭火力에 比하여는 11.5%有利하며 石油火力보다는 37.3%

나 有利한 것으로 나타났다. 또한 2000년도에 稼動되는 石炭火力은 原子力에 比하여 1.6倍 高價일 것으로 分析되었다.

한편 美國 原子力産業會議(Atomic Industrial Forum)에서 發表한 “A Comparison of Future Costs of Nuclear and Coal-fired Electricity” ('84.11)에¹¹⁾ 의하면 過去 60년대, 70년대의 建設工期, 利用率, 建設費, 燃料費등 實績을 分析하여 다음과 같은 前提條件을 設定하였다.

區 分	基準機數및容量	稼 動 年 度	建 設 費	燃 料 費	運轉維持費	解 體 費	利 用 率
原 子 力	1200MWe×2기	1기 : '94 1기 : '96	2,420百萬弗	38 \$ /lb	62.9 \$ / kWe/yr	125百萬弗	65%/yr
有 煙 炭 火 力	800MWe×3기	1기 : '94 1기 : '95 1기 : '96	1,948百萬弗	北·東部炭 : 53.46 \$ /ton 西部炭 : 37.12 \$ /ton	北東部炭 : 73.2 \$ /kWe /yr 西部炭 : 62.9 \$/kWe/yr	15百萬弗	65%/yr

表 3. 原子力과 石炭火力의 發電單價比較

· Northeast region (High Sulfur Coal)

—Nuclear Advantage 18% (¢/kWh)

	Nuclear	Coal
Carrying Charge	5.12	4.08
Fuel	2.44	7.48
O&M, Insurance, Prop. Tax	2.60	2.10
Decommissioning & Backfitting	2.08	1.17
Total	12.23	14.83

· Farwest region (Low Sulfur Coal)

—Nuclear Advantage 8% (¢/kWh)

	Nuclear	Coal
Carrying Charge	6.55	4.91
Fuel	3.19	8.72
O&M, Insurance, Prop. Tax	3.40	2.23
Decommissioning & Backfitting	2.67	1.41
Total	15.81	17.27

美國 原子力産業會議의 分析結果에 의하면 原子力發電은 美國 東北部의 硫黃含有量이 比較의 많은 石炭을 사용하는 石炭火力보다는 18% 有利하고 西部의 Low Sulfur Coal을 사용하는 石炭火力보다는 8% 有利한 것으로 나타났다. 여기에서 美國은 自國炭을 사용하기 때문에 우리나라와 比較할 때 輸送費등 間接費 負擔이 적다는 것을 간과해서는 안될 것이다.

다음에는 1984년 1월 OECD에서 加盟國 12個國과 IAEA, IEA, EC의 專門家가 共同 調査 分析한 資料, “The Cost of Generating Electricity in Nuclear and Coal-fired Power Stations”¹²⁾로 이에 의하면 Discount Rate를 10%로 할 경우와 5%로 할 경우를 구분하여 國家別 發電單價를 比較하였다.

이에 의하면 Discount Rate를 10%로 設定할 경우 美國에서만은 石炭火力이 有利하고 나머지 國家에서는 石炭火力이 原子力에 比하여 1.09배에서 1.50배까지 高價인 것으로 나타났다. 그리고 Discount Rate를 5%로 設定할 경우에는 모든 國家에서 石炭火力이 原子力發電에 比하여 1.01배에서 1.75배까지 比싼 것으로 計算되었다.

다음 臺灣의 경우 1985년 1월 臺灣電力廳이 發表한 資料에 의하면 石炭火力은 原子力發電에 比하여 1.84倍 高價인 것으로 나타나 있다.¹³⁾

다. 우리나라에서의 經濟性 分析

마지막으로 우리나라에서의 原子力發電의 經濟性을 檢討하고자 한다. 一般적으로 우리나라에서의 兩 發電所의 經濟性比較는 原子力 2號機와 三千浦火力發電을 例로들어 比較하고 있으나 兩 發電所의 運轉實績이 日淺하고 건설契約 당시의 다음과 같은 問題點으로 兩 發電所의 運轉實績值만으로 經濟性을 比較하는 것은 상당한 問題點을 內包하고 있다.

即, 兩 發電所 建設時 國內外的 政治·經濟的 背景을 考察하면 原子力 2號機는 1차석유과동 이후 原子力發電設備 價格이 暴騰하였던 1976년에 購買契約을 締

表 4. 原子力과 石炭火力的 發電單價比較
 <Discount rate 10%> 10⁻² ECU per kWh at January 1st, 1981

Country	NUCLEAR				COAL				Ratio Coal Nuclear
	Invest- ment	O & M	Fuel	Total	Invest- ment	O & M	Fuel	Total	
Belgium	2.07	0.57	0.71	3.35	0.94	0.33	2.55	3.82	1.14
Canada	1.68	0.16	0.29	2.13	1.00	0.25	1.46	2.42	1.14
France	1.64	0.36	0.74	2.74	1.35	0.28	2.48	4.11	1.50
Germany, F.R.	2.65	0.46	0.80	3.91	1.25	0.60	3.27	5.12	1.31
Italy	1.59	0.22	0.83	2.64	0.85	0.19	2.38	3.42	1.30
Japan	2.22	0.48	0.84	3.54	1.53	0.43	2.46	4.42	1.25
Netherlands	2.71	0.38	0.95	4.04	1.33	0.42	2.67	4.42	1.09
Norway	2.18	0.44	0.80	3.42	1.35	0.44	2.21	4.00	1.17
Sweden	2.01	0.53	0.82	4.26	1.38	0.54	2.74	4.66	1.09
United Kingdom	4.10	0.35	1.22	5.67	2.53	0.35	3.81	6.69	1.18
United States	3.35	0.37	0.72	4.44	1.69	0.37	1.54	3.60	0.81

<Discount rate 5%> 10⁻² ECU per kWh at January 1st 1981

Country	NUCLEAR				COAL				Ratio Coal Nuclear
	Invest- ment	O & M	Fuel	Total	Invest- ment	O & M	Fuel	Total	
Belgium	1.26	0.57	0.68	2.51	0.59	0.32	2.59	3.50	1.39
France	1.02	0.36	0.69	2.07	0.83	0.29	2.50	3.62	1.75
Germany, F.R.	1.58	0.47	0.82	2.87	0.79	0.60	3.32	4.71	1.64
Italy	0.99	0.22	0.78	1.99	0.56	0.19	2.38	3.13	1.57
Japan	1.34	0.47	0.76	2.57	0.95	0.42	2.51	3.88	1.51
Netherlands	1.61	0.37	1.02	3.00	0.79	0.41	2.68	3.88	1.29
Norway	1.26	0.44	0.78	2.48	0.82	0.43	2.27	3.52	1.42
Sweden	1.75	0.45	0.85	3.05	0.84	0.49	2.74	4.07	1.33
United Kingdom	2.85	0.34	0.93	4.12	1.73	0.35	3.82	5.90	1.43
United States	1.85	0.37	0.67	2.89	1.03	0.37	1.52	2.92	1.01

표 5. 대만의 발전단가비교

Unit: US mill/kWh

年 度	石油火力	石炭火力	原 子 力	水 力	平均發電單價
1 9 8 4	56.8	44.6	24.2	20.9	36.9
1 9 8 3	54.9	46.4	20.5	15.6	37.8
1 9 8 2	58.4	46.2	21.8	16.6	43.4
1 9 8 1	52.7	42.4	16.6	14.5	40.2
1 9 8 0	43.9	31.5	13.2	19.1	36.9
1 9 7 9	26.3		12.5	10.8	23.7
1 9 7 8	21.7		16.6	8.9	20.8

Source: Accounting Report Jan. 1985, Taipower

(註): 제 5 차 PBNC 제출논문에서 인용.

結하였고 借款關係도 供給者에게 有利하게 契約되었으
 며, 1979~1982년의 二次 石油波動과 美國의 金利暴騰
 으로 巨額의 Escalation Cost (1977年 契約金額: 338,

767百萬元, '83年竣工價格: 595,815百萬元)를 負擔한
 당시로서는 가장 비싼 값으로 建設되었다. 反面 三千
 浦火力은 發電設備 價格이 最下水準까지 下落하였던

表 6. 1983년도 實績으로본 兩發電所의 發電單價比較

1983年度 現在價格

(發電原價는 원/kWh)

型 式	總建設費	發電原價	固 定 費 內 譯							燃料費	
			固定費	資本費	減價償却	諸 稅	保險料	撤去費	運轉維持		
原子力 2 號 機											
總 額	百萬元 595,815	원 35.15	원 28.20	원 14.66	원 8.36	원 0.40	원 0.73	원 0.21	원 3.84	원 6.93	
比 率(%)	100.00	100.00	80.27	41.73	23.80	1.14	2.08	0.60	10.90	19.72	
內 資	314,205	20.48	20.48	7.73	8.36	0.40	0.73	0.21	3.04	0	
比 率(%)	52.74	58.26	58.26	22.01	23.80	1.14	2.08	0.60	8.65	—	
外 資	281,610	14.67	7.73	6.93	0	0	0	0	0.84	6.93	
比 率(%)	42.26	41.73	21.99	19.72	0	0	0	0	2.76	19.72	
三千浦石炭發電											
總 額	百萬元 460,898	원 30.09	원 14.59	원 6.88	원 3.93	원 0.20	원 0.29	원 0	원 3.30	원 15.50	
比 率(%)	100.00	100.00	48.49	22.86	13.03	0.60	0.96	0	10.96	51.51	
內 資	256,102	11.14	11.14	3.82	3.93	0.20	0.29	0	2.91	0	
比 率(%)	55.57	37.02	37.02	12.70	13.03	0.60	0.96	0	9.67	—	
外 資	204,796	18.95	3.45	3.06	0	0	0	0	0.39	15.50	
比 率(%)	44.43	62.98	11.47	10.16	0	0	0	0	1.30	51.51	

자료: 한국전력공사(1984)

表 7. 國內發電所 資本 構成比率

內 資 (60%)			外 資 (40%)		
區 分	比 率(%)	利子率(%/·)	區 分	比 率(%)	利子率(%/年)
石油安定基金	48	10	公 共 借 款	65	8.5
國內借入分	32	10	商 業 借 款 1	20	12.75
自己資本	20	13	商 業 借 款 2	15	12.5
內 資 計	100%	10.6	外 資 計	100%	9.95

* 資料: 한전 경제성분석

資本構成比率에 의한 加重平均時, 割引率은 年 10.34%임

1978년에 購買契約을 締結하였으며 最初의 國內業者와 一括 供給 契約에 따른 危險負擔, 信賴性等이 問題가 되어 파격적인 低價와 Escalation Cost의 負擔이 없는 가장 싼값으로 契約된 것이었다.¹⁴⁾ 以上과 같은 점을 살펴볼 때 原子力 2號機와 三千浦火力의 實績値를 中心으로 兩 發電所의 向後 經濟性을 展望하는 것은 不合理하다.

한편 經濟性을 比較하는 데 있어서 經濟性을 左右하는 重要한 要素는 Discount Rate로서 現在 經濟企劃院에서는 年 13%로 定하여 施行하고 있다. 그러나 日本의 경우에는 年 3~4%, 미국은 年 5% 佛蘭西는 年 9%를 適用하고 있으며 一般的으로 資本構成이 內·外資로 이루어질 경우 加重平均을 사용하는 것이 通例로

되어 있다. 國內 發電所 建設時의 資本構成比率을 보면 內·外資比率은 60:40이며 利子率은 內資 10.6%, 外資 9.95%로서 加重平均時 割引率은 年 10.34%가 되어 實際 經濟企劃院에서 적용한 13%보다는 낮다. 또한 經濟企劃院 檢討에서는 燃料費上昇이 없을 것으로 보았으나 外國의 經濟性分析機關에서는 年 2~3%의 燃料費上昇을 展望하고 있다.

그래서 經濟企劃院에서 經濟性分析時 사용된 割引率 13%를 加重平均値인 10.5%로 조정하고 燃料費上昇을 年 2%로 조정할 경우 兩 發電所의 發電單價는 表 8에서와 같이 原子力의 40.37원/kWh, 石炭火力이 44.32원/kWh로써 原子力이 約 9% 有利한 것으로 나타났다. 分析結果 및 展望

表 8. 發電單價 比較

區 分	施設容量 (MWe)	建設費 (\$/kWe)	固定費比率 (%)	發電單價(mills/kWh)		
				固 定 費	燃 料 費	計
原 子 力	900	1,703	13.50	42.95 (33.50)	8.81 (6.87)	51.76 (40.37)
石 炭 火 力	500	1,049	14.87	30.10 (23.48)	26.72 (20.84)	56.82 (44.32)

註：()는 원/kWh

지금까지 外國 專門機關에서 分析한 經濟性結果와 우리나라에서의 經濟性問題를 살펴 보았다.

그러면 兩 發電所에 대한 經濟性 展望은 어떨것인가?

原子力發電所의 經濟性이 有利해 질것이라는 의견이 支配的이다. 그 理由로는

첫째, 原子力發電所의 建設工期의 短縮이다. 日本이나 佛蘭西의 경우 原電 建設工期를 7~8년에서 5~6년으로 短縮하여 經濟性을 提高하였고¹⁵⁾ 우리나라도 平均 78個月의 建設工期를 70個月로 短縮하기 위한 조사가 進行중에 있으며 그 이상의 단축도 가능할 것으로 豫見하고 있다.

둘째, 原子力發電所의 稼動率 向上을 위한 努力이다. 에너지 自立 達成을 위하여 原子力發電을 擴大 推進하고 있는 日本은 稼動率을 70%에서 80%로 높이기 위하여 定期檢査 期間의 短縮, 事前點檢에 의한 事故의 豫防 등의 方案이 檢討되고 있다. 우리나라는 原子力發電所 平均 稼動率이 '83년 平均 53.4%에서 '84년 70.1%로 무려 16.7%나 上昇되어 연간 약 3000억원의 경제성제고를 이룩했으나 아직도 稼動率을 더 높일 수 있는 여지는 있는 것으로 평가되고 있다. 현재 국내에서도 電力그룹協力會를 中心으로 稼動率 向上을 위한 對策이 수립중에 있다.

셋째, 原子力發電所 設計技術 自立 및 標準化와 機資材의 國産化率 提高에 의한 建設費 및 運營費의 節減이 約 8~20% 可能한 것으로 推産되고 있다. 현재 設計技術의 早期 自立 및 標準化를 위한 協議가 電力그룹協力會를 中心으로 활발히 進行중에 있다.

넷째는, 先進國을 中心으로한 改良型 原子爐의 開發로써 현재 APWR, ABWR, AHTGR 등이 開發되고 있으며 불원간에 實用化가 기대되고 있다.¹⁶⁾ 改良型 原子爐 開發팀의 報告書에 의하면 約 20%이상의 經濟性이 提高될 것이라고 한다.

마지막으로 核燃料費의 展望을 보면 Yellow Cake는 OECD發表에 의하면 1995년까지는 需給이 保合을 이루거나 小幅 上昇을 豫想하고 있다. UF₆變換 및 成型 加工費는 現狀態를 유지하고 濃縮費는 新技術의 開發

등으로 상당히 下落할 것으로 豫想하고 있다.

反面, 石炭火力發電의 經濟性 展望은 原子力發電만큼 밝지는 않은 것 같다.

첫째, 社會·經濟의 發展에 따라 사람들은 快適한 環境을 要求하게 되고 따라서 環境汚染에 대한 規制는 더욱 強化될 것이며 環境費用도 증가될 것이다.

둘째, 石炭價格은 비교적 安定勢가 유지될 것으로 예상되나 일반적으로 石炭價格은 石油價格과 連動되어 오르고 내리기 때문에 1990년대 이후에는 점차 가격 상승이 예상되며 또한 採掘, 輸送, 荷役費등은 계속 上昇할 것이다. 石炭火力은 燃料費가 차지하는 比重이 크기 때문에 小幅의 燃料費 上昇도 發電單價에는 상당한 影響을 미치게 될 것이다.

지금까지 外國 專門機關에서 分析한 經濟性 比較 內容과 우리나라의 現況 그리고 앞으로의 經濟性 展望등을 살펴 보았다.

앞의 分析資料에서와 마찬가지로 모든 국가에서 原子力發電이 有煙炭火力發電에 비하여 經濟性이 有利한을 알 수 있으며 유난히 우리나라 경우만은 原子力發電이 不利한 것으로 發表되고 있으나 앞에서 설명한 바와 같은 여러가지 조건들을 감안하면 우리나라에서도 결코 원자력발전이 不利하지 않다는 것을 알 수 있다. 특히 우리나라는 '90년대 中半까지는 原子力發電 技術을 自立할 計劃과 建設工期의 短縮, 稼動率 向上 등 經濟性 提高를 위한 努力이 電力그룹協力會를 中心

表 9. 建設豫定發電所의 單價 比較

區 分	原子力	有 煙 炭	重油專燒
容 量(千kW)	900	900	500
建設單價(\$/kW)	1,412	782	902
發電原價(원/kWh)	33.41	33.80	37.43
— 固 定 費	27.43	18.07	20.85
— 燃 料 費	5.98	15.73	16.58

• 原子力은 事後處理費 1.51원/kWh 包含

• 有煙炭은 脫黃設備 未附着

資料：原子力關係參考資料, 動資部(1984)

으로 積極的으로 推進中에 있기 때문에 原電의 經濟性은 더욱 提高될 것으로 보인다.

마지막으로 動力資源部에서 推定한 建設豫定發電所의 發電單價를 例示하면 原子力發電이 33.41원/kWh, 有煙炭火力發電은 脫黃施設 未附着시에도 500MWe의 경우 37.43원/kWh로써 原子力發電보다 1.1倍 高價일 것으로 豫見하고 있다.

2. 原子力發電과 有煙炭火力發電의 環境影響 比較

가. 原子力發電이 人體 및 環境에 미치는 影響

長期 電力供給 계획 수립시에는 經濟性, 技術性 및 사회경제적 波及效果 외에도 에너지 사용시 필수적으로 수반되는 廢棄物 處理·處分 문제도 반드시 고려되어야 한다. 따라서 본란에서는 原子力發電과 石炭火力發電이 人體 및 環境에 미치는 影響을 比較하고자 한다.

먼저 原子力發電의 경우 100萬 kWe의 原電을 1년간 운영함으로써 발생되는 放射性廢棄物은 PWR의 경우 固體廢棄物 550m³, 液體廢棄物 140m³, 氣體廢棄物 0.1 m³와 使用後核燃料 25톤이다. 原電에서 배출하는 廢棄物의 특징은 放射性物質이 함유되어 있어 이의 安全한 處理·處分은 대단히 중요하다.

原子力發電所는 放射能物質의 누출 위험을 사전에 막기 위하여 그림 2에서 보는 것처럼 多重防護裝置 設計 概念을 도입함으로써 大氣中에 방출되는 방사선량은 연간 약 5mrem으로써 自然放射線量の 1/20에 불과하다. 5mrem의 방사선량은 의학적 진단이나 치료시 피폭되는 연간 약 20~100mrem에 비하면 거의 무시할 수 있는 被曝量임을 알 수 있다.

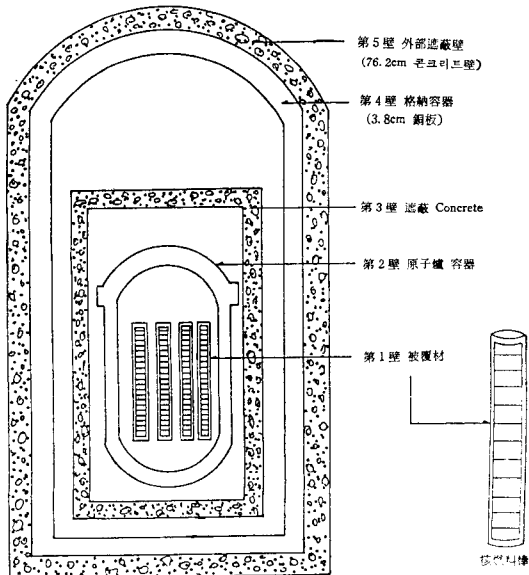


그림 2. 原子力發電所의 多重防護壁

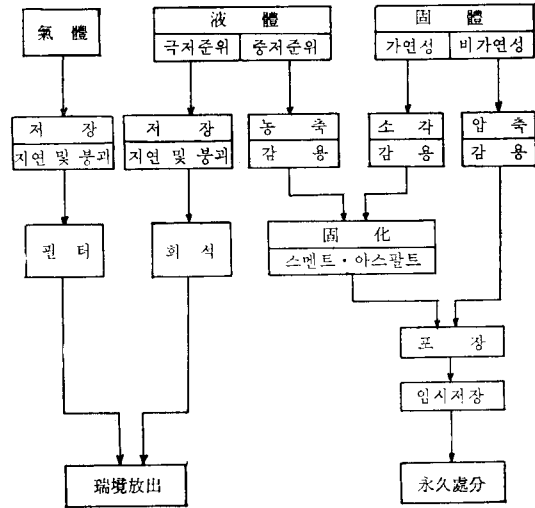


그림 3. 核施設運轉廢棄物 處理徑路

原子力發電所에서 運轉中 발생되는 廢棄物은 그 放射性準位가 中·低準位로서 氣體, 液體 및 固體廢棄物에 대한 處理徑路는 그림 3과 같다.

즉 氣體廢棄物은 감쇠탱크에 일단 저장하여 방사능이 감쇠된 후 Charcoal Filter, HEPA Filter등을 통과시켜 방출하는데 古里 1號機 방출실적은 년 평균 331Ci로써 IAEA 방출규제치의 3.1%에 불과하며 고리 2호기, 월성 1호기는 더 낮은 수준을 보여주고 있다. 液體廢棄物은 極低準位의 경우 저장탱크에서 일정시간 저장하여 방사능이 기준치 이하로 감쇠된 후 희석하여 방출하고, 中·低準位液體廢棄物은 蒸發器로 농축하여 固化처리후 방출하는데 古里 1號機의 경우 연간 3.5Ci로써 방출규제치의 2.5%에 불과하였다. 固體廢棄物은 소각 또는 압축하여 부피를 줄인 다음 시멘트나 아스팔트로 固化, 드럼에 포장한다. 우리나라 원자력 1, 2, 3 호기에서 배출된 중·저준폐기물은 85년 4월 현재 약 8,000드럼으로써 10년분이상 임시저장이 가능하며 1990년까지 永久處分場을 建設할 계획으로 있어 별 문제가 없을 것이다.

結論的으로 現在의 原子力發電方式은 放射能이라는 有毒物質을 內在하고 있지만 多重防護의 設計概念 導入과 完璧한 處理·處分으로써 危險性을 배제하고 있기 때문에 거의 안전하다고 볼 수 있다. 예를들어 美國 NRC에서 發表한 危險度 推定值를 比較하여 보면 大氣汚染으로 인한 死亡確率은 年間 1~2萬名中 1名이며 火力發電으로 인한 위험도는 100萬名당 18名인데 반하여 100機의 原子力發電을 稼動할때의 危險度는 50億名당 1명으로 推定하고 있다.

또한 世界保健機構(WHO)의 報告書에 의하면 1,000

表 10. 石炭火力發電의 環境汚染物質發生量
(1,000MWe 1機基準)

汚染物質		發生量
氣體廢棄物	Sulphur Oxides	11 × 10 ⁴ TON/年
	Nitrogen Oxides	2.7 × 10 ⁴ //
	Particulates	3 × 10 ³ //
	Carbon Monoxides	2 × 10 ³ //
	Hydrocarbones	400 //
	소 계	142,400TON/年
液體廢棄物	Organic Materials	66.2TON/年
	Sulphuric Acid	82.5 //
	Chloride	26.3 //
	Phosphate	41.7 //
	Boron	331 //
	Suspended Solids	497 //
소 계	1,044.7TON/年	
固體廢棄物	Bottom ash + fly ash	3.6 × 10 ⁵ TON/年
Thermal Pollution		30m ³ /sec

〈前提條件〉 石炭燃焼量: 3 × 10⁶TON/年
에너지 함유량: 2.74 × 10⁷KJ/TON
硫黃含有量: 2%, 熱效率: 38%
資料: 에너지 轉換期의 環境政策, 日本環境廳(1981)

Mwe出力의 發電所를 1년간 稼動할 경우의 危險度(燃料需給過程포함)는 石炭發電일때 0.54~5名, 石油發電일때 0.14~1.3名, 그리고 原子力發電일 경우에는 0.01~0.86名이라고 推定하였다.¹⁷⁾

以上과 같이 原子力發電으로 인한 人體영향과 環境汚染은 在來式 火力發電에 비해 무시할 정도로 적다.

나. 石炭火力發電이 人體 및 環境에 미치는 影響

1) 概要

石炭火力發電所는 有毒物質인 SO_x, NO_x, 粉塵을 비롯하여 HC, CO, CO₂ 등과 비스, 카드뮴, 水銀등 重金屬의 氣體廢棄物과 黃酸, 鹽酸, 有機物等 液體廢棄物 및 30萬톤에서 50萬톤에 이르는 固體廢棄物을 排出하고 있다. 이러한 廢棄物은 呼吸器, Food Chain 및 酸性雨를 통하여 人體 및 環境에 莫大한 被害를 주고 있다.

1,000 MWe 石炭火力發電所에서 年間 排出하는 汚染物質量은 表 10과 같다.

環境汚染物質의 發生源을 보면 大部分이 化石燃料의 燃焼에 의하여 生成되며 問題가 되는 SO_x의 경우 全體 發生量의 73%, NO_x는 50%, 그리고 粉塵은 31%를 차지하고 있어 環境汚染의 主犯이 化石燃料임을 알 수 있다.

表 11. 石炭에 含有된 微量元素

元素名	記號	濃度(ppm)	備考
砒素	As	14.02	
硼素	B	102.21	
카드뮴	Cd	2.52	
크롬	Cr	13.75	
弗素	F	60.94	
니켈	Ni	21.07	
鉛	Pb	34.78	
鹽素	Cl	1,400	

資料: N.Y. Lim, Trace Elements from Coal Combustion Emissions, IAEA Coal Research, London, ICTIS/TR05 (1979.5)

• 12. 環境汚染物質의 發生源

〈百萬噸/年〉

源別	SO _x	NO _x	粉塵	CO	HC	計
輸送分野	0.8	8.1	1.2	63.8	16.6	90.5
化石燃料燃焼	24.4	10.0	8.9	1.9	0.7	45.9
産業分野	7.3	0.2	7.5	9.7	4.6	29.3
廢棄物處分	0.1	0.6	1.1	7.8	1.6	11.2
기타	0.6	1.7	9.6	16.9	8.5	37.3
合計	33.2	20.6	28.3	100.1	32.0	214.2

資料: NAPA Inventory of Air Pollutant Emission (1970)

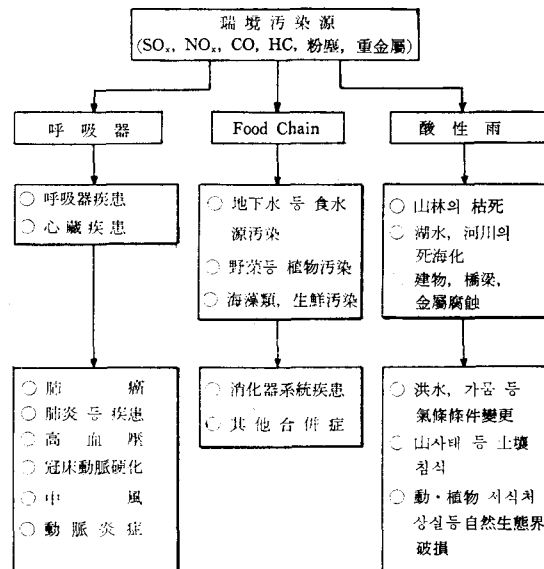


그림 4. 環境影響經路

環境汚染이 사람에게 影響을 미치는 徑路는 一次로 大氣汚染에 의한 循環器系統 疾患과 二次로 Food Chain 을 통한 消化器系統의 疾患, 酸性雨에 의한 山林, 農作物의 被害, 湖水 및 河川의 汚染과 地下水 汚染, 建物 및 金屬物의 腐蝕등이 있으며 이들로 인한 自然生態界의 破壞를 들 수 있다.

2) SO_x의 影響

環境汚染源中 가장 問題가 되는 SO_x는 全體 發生量中 73%가 化石燃料의 燃燒에 의하여 發生되며 이중 60%는 石炭燃燒에 의하여, 14%는 石油燃燒에 의하여 發生된다. 即, SO_x 全體 發生量의 約 44%가 石炭燃燒에 의하여 發生되는 것이다.

SO_x는 大氣를 汚染시켜 人體의 循環器系統(기관지, 폐, 심장)의 疾患을 誘發시키는데 SO_x의 濃度가 年平均 0.05ppm 이상이면 呼吸器疾患이 發生하고 0.1ppm 이상이면 金屬物, 建物等의 腐蝕率이 增大되며 0.3ppm 이 8시간 이상 계속되면 死亡率이 急増하는 것으로 發表되고 있다. 또한 SO_x는 粉塵, NO_x와 함께 Smog 現象의 原因이 되며 4,000여명의 人命을 앓아간 1952년 London Fog는 SO_x와 粉塵의 影響으로 밝혀졌다.

우리나라 서울의 경우 아황산가스 농도는 1979년 0.093ppm에서 1983년 0.051ppm으로 낮아지다가 1984년에는 0.066ppm으로 다시 增加하고 있다. 이는 日本 도쿄의 0.02ppm, 런던의 0.04ppm, 뉴욕의 0.03ppm 에 比하면 상당히 높은 수준이며 規制値를 超過하고 있는 實情으로 이미 限界에 도달하고 있다.¹⁸⁾

더우기 84년 서울의 粉塵 汚染度는 267 μ g/m³(基準値 150 μ g/m³)으로서 SO_x, NO_x와 混合하여 生成되는 Smog 現象이 늘어나고 있으며 近來 呼吸器 및 循環器系統의 疾患으로 인한 死亡率이 急増하는 것과 깊은 연관이 있을 것으로 생각된다.

다음 表는 아황산가스의 濃度別 影響과 우리나라 各

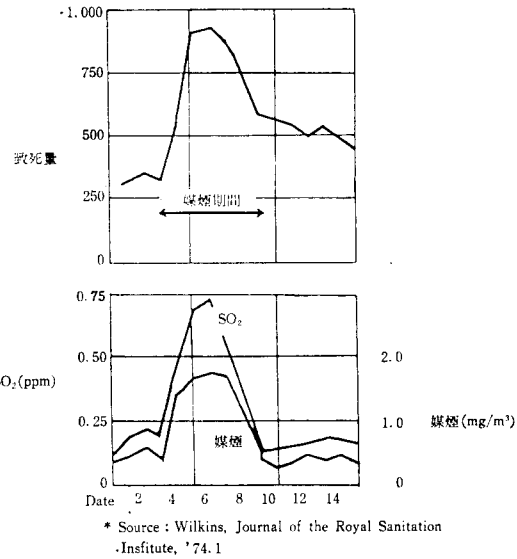


그림 5. SMOG에 의한 人體影響

地域別 測定値를 나타내고 있다.

大氣汚染이 人體에 미치는 影響에 대하여 美國을 中心으로한 先進國에서 여러가지 측면으로 研究·分析되고 있다. 즉, 大氣汚染과 나이와의 관계, 個人所得과의 관계, 人種과의 관계등 많은 論文들이 發表되고 있는데 여기에서는 Carnegie-Mellon University의 經濟學者인 Lave and Seskin이 發表한 黃酸鹽과 致死率과의 關係를 참고로 제시하고자 한다.²⁰⁾

$$MR = 3.3 (\text{Lave. } SO_4) / 10^6$$

여기에서 MR=死亡率, Lave.=平均水準에서의 SO₄ 量의 增加率을 뜻하며 黃酸鹽이 1 μ g/m³이 增加하면 10 萬名당 3.3名이 死亡한다고 發表하였다.

結論적으로 SO_x의 어느정도 量이 人體 및 環境에 어느정도 影響을 미치느냐는 아직도 研究중에 있으나 분

表 13. SO₂의 濃度別影響, 許容基準 및 大都市 汚染程度

SO ₂ 濃度 (ppm)	影 響	許容基準 (ppm)	地域別測定値
0.03 (년평균)	○ 단성식물 성장저해	0.05ppm/년평균 0.15ppm/24시간평균	<'83 기준> 서울: 0.051ppm 부산: 0.051ppm 대구: 0.046ppm 인천: 0.037ppm 울산: 0.033ppm
0.037~0.092(년평균)	○ 호흡기질환 및 폐질환 유발 (분진 185 μ g/m ³)		
0.11~0.19 (24시간)	○ 노인의 병원 입원 증가 ○ 금속의 부식율 증대		
0.25 (24시간)	○ 1일 사망을 및 이환율 증가 (분진 750 μ g/m ³)		
0.3 (8시간 계속)	○ 식물의 낙엽 발생		
0.52 (24시간)	○ 사망을 급증		<'84 기준> 서울: 0.066ppm

資料: 환경청 ('85.3)

당한 것은 汚染된 空氣에 장기간 露出될 경우 呼吸器 등 循環器系統의 疾患에 감염되기 쉽고 특히 老弱者와 어린이의 경우 이로 인한 피해는 심각할 것으로 發表되고 있다.

3) NO_x의 影響

窒素酸化物은 硫黃酸化物보다 더 毒性이 강한 汚染物質이며 1969年 美國의 경우 全體發生量의 約 42%가 石炭火力發電所에서 排出된 것으로 發表하고 있다.

窒素酸化物은 앞에서 言及한 바와 같이 SO_x, 粉塵과 結合하여 Smog現象을 招來하며 이는 循環器系統과 視力에 極深한 被害를 준다고 한다.²¹⁾ 最近 美國 캘리포니아 技術研究所가 發表한 바에 의하면 캘리포니아에서 發生한 안개의 pH를 측정한 결과 정상적인 안개보다 酸도가 2,000배나 강한 pH 2.2를 기록하였으며 이러한 안개는 목과 눈에 致命的인 影響을 미쳐 많은 患者가 發生하였다고 발표하였다.

또한 NO_x는 SO_x와 함께 酸性雨가 되어 山林, 農作物, 湖水, 河川等 自然環境에 극심한 피해를 주고 있다.

NO_x의 濃度別 影響 및 우리나라에서의 測定値는 表 14와 같다.

4) 粉塵의 影響

粉塵은 주로 石炭의 燃燒와 産業分野 및 黃砂現象 등으로 發生되며 粉塵이 人體에 미치는 影響은 粒子半徑에 따라 크게 좌우된다. 즉 粉塵의 粒子半徑이 1 μ m이상이면 肺에서 自動 排出되기 때문에 큰 문제가 없으나 粒子半徑이 1 μ m~0.1 μ m이면 肺에 深한 影響을 주게 되며 粒子半徑이 0.1 μ m 以下이면 肺에 附着되어 血液 및 림프선을 擴張시켜 人體에 극심한 被害를 주게 된다고 한다. 더우기 現 醫學으로는 아직 治療가 不可能한 것으로 報告되고 있으며²²⁾ 微粒炭 Boiler 즉 石炭火力에서 發生되는 粉塵의 크기는 아래 그림 6에서와 같이 大部分이 微粒인 것으로 나타나고 있어 이의 피해는 앞으로 심각할 것으로 보인다.²³⁾

表 15는 粉塵의 濃度別 影響과 우리나라 地域別測定値를 나타내고 있다. 表에서 보는바와 같이 許容基準은 年平均 150 μ g/m³인데 비하여 實測値는 서울의

表 14. NO_x의 濃度別 人體에 미치는 影響

NO _x 濃度(ppm)	影 響	許容基準(ppm)	우리나라의 測定値
0.075~0.26	암 순환의 변화를 일으킴	0.50ppm/년평균 0.15ppm/1시간평균	<'71~'78 평균> 0.21~0.28ppm
0.12	냄새를 맡을 수 있는 최저농도		
1.5~2.0	15~45분노출시 기관지 이상증세		
5.0	생리적 및 병리적 이상		
40~50	사망발생		
150 以上	사람의 급성치사		

資料 : 환경청 ('84.9)

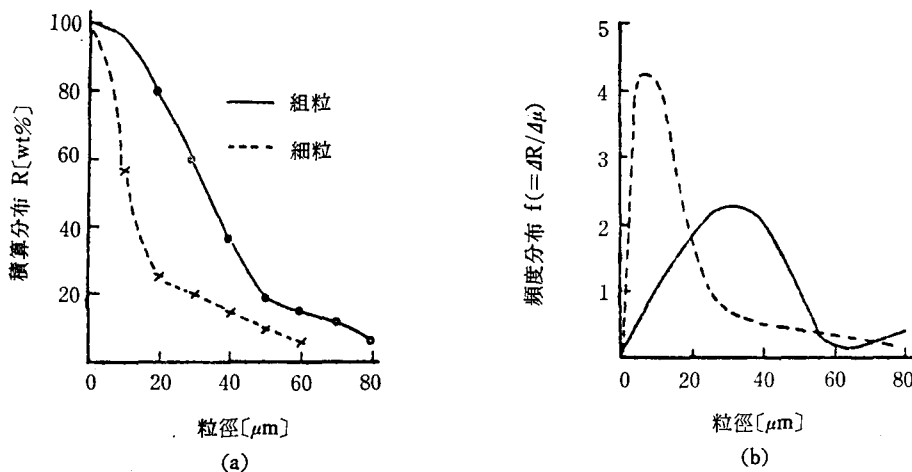


그림 6. 微粒炭 Boiler Dust의 粒徑分布

表 15. 粉塵의 濃度別 人體에 미치는 影響

粉塵濃度(μg/m ³)	影 響	許 容 基 準	地域別測定值
년평균치 100μg/m ³	○기관지 氣道 이상증가 ○만성 기관지염 증상증가 ○시정은 8km이하가 되며 視界飛行곤란 ○病弱者, 老人의 死亡率 增加	(년평균 150μg/m ³ 24시간평균 300μg/m ³)	<'84.5月 기준)
년평균치 150μg/m ³			서울: 267μg/m ³
24시간평균치 150μg/m ³			부산: 355μg/m ³
1시간평균치 300μg/m ³			대구: 238μg/m ³ 울산: 270μg/m ³

資料: 環境廳(1984.9)

경우 267μg/m³('84.5月 기준)으로 이미 限界値를 招過하고 있다.

5) 酸性雨의 影響

酸性雨는 大氣中 SO_x와 NO_x가 水蒸氣와 結合하여 生成되며 石炭使用이 많은 地域에서 그 程度가 심하게 나타나고 있다.

各國의 酸性雨 現況을 보면:

pH 4.0: 유럽 西北部 地域(독일, 영국 동남부, 스칸디나비아반도 남부)

pH 4.5: 日本 中部, 유럽 北部, 美國 東北部

pH 5.0: 韓國, 日本, 美國 東部 및 西中部, 유럽 全地域으로 우리나라도 이미 危險水準에 도달되어 있다.

우리나라에서의 大氣汚染 및 酸性雨 原因은 石油類와 無煙炭 使用에 의한 것으로 밝혀지고 있다. 問題는 公害의 主要原因이 되는 有煙炭을 사용하기도 전에 이미 環境汚染이 問題가 되는 現在의 與件하에서 앞으로 年間 13,000톤이라는 有煙炭을 사용할 경우 環境汚染은 심각한 문제로 대두될 것이다.

酸性雨로 인한 環境影響은 山林의 枯死, 湖水, 河川의 死海化, 建物 및 金屬物의 腐蝕, 地下水源 汚染등을 들 수 있다.²⁴⁾

첫째, 酸性雨에 의한 山林被害는 大氣汚染이 長期間 繼續된 西獨등 유럽 北部와 美國 東北部등이며, 酸

性雨에 민감한 反應을 보인 樹種은 Spruce, Pine, Fir 등 針葉樹로 나타났다. 酸性雨에 의하여 山林被害가 심한 國家의 被害現況은 表 16과 같다.²⁵⁾

酸性雨가 山林에 被害를 주는 過程은 酸性雨의 酸性分을 中和시키기 위하여 土壤中의 陽이온(Ca⁺, Mg⁺, Al⁺등)이 損失되며 不足한 陽이온을 補充하기 위하여 土壤에서 스스로 陽이온이 生成되는데 이때 生成되는 陽이온의 Al⁺이온이 植物의 根뿌리를 녹여 없애기 때문에 나무가 서서히 죽게 된다고 한다. 그런데 土壤에서 生成되는 陽이온은 長期間에 걸쳐 서서히 生成되기 때문에 山林의 枯死 또한 長期間 지속되는 것이 特徵이며 治療가 거의 不可能하다고 한다. 예를들면 山林被害가 심한 美國, 스웨덴, 캐나다등에서 강력한 SO_x의 規制政策을 실시하여 削減할 만한 大氣中 SO_x의 低減效果를 가져왔는데도 山林의 被害는 계속 증가하고 있다고 한다. 그 이유는 그동안 지하에 累積된 酸性雨의 影響으로 분석되었다.²⁶⁾²⁷⁾

우리나라의 경우 酸性雨에 의한 피해는 工業團地를 중심으로 部分的으로 나타나고 있으나 具體的인 被害 정도는 아직 발표된 바가 없다. 그러나 우리나라 山林의 대부분이 산성우에 약한 針葉樹인 소나무이고 현재 산성우의 pH가 5.0~5.2의 比較的 強酸이며, 酸性雨의 影響은 일단 나타나기 시작하면 강력한 環境規制로 도 治療가 어렵다는 점을 감안하여 지금부터 적절한 豫防措置가 필요한 것이다.

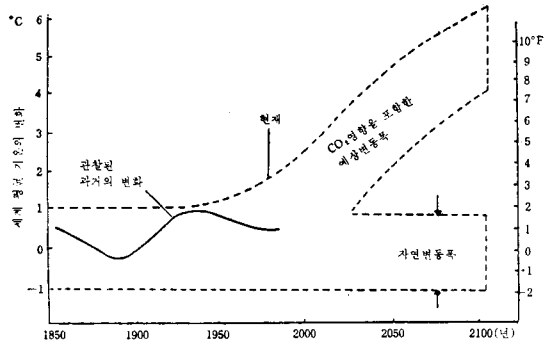
다음 湖水의 被害는 스웨덴이 가장 심각한 상태로서 總 85,000 個의 湖水중 18,000여개의 湖水는 이미 조금씩 산성우의 피해가 나타나고 있으며 4,000여개는 매우 심각한 상태로 死海化되어가고 있다고 스웨덴 정부는 발표하고 있다.²⁴⁾ 또한 스웨덴 정부는 사해화되어 가고 있는 湖水의 치유를 위하여 막대한 豫算을 투입하고 있으나 그 效果는 큰 진전이 없는 것으로 발표하고 있다.

水中 生物의 pH濃度에 의한 影響은 水中 pH濃度가 pH 6일 경우 달팽이류 및 곤충류가 죽고 pH 5.7일 경우 연어, 송어가 살 수 없으며 pH 5.5에서 프랑크톤

表 16. 酸性雨에 의한 山林被害現況

國 名	山 林 被 害
西 獨	○'82: 1.4百萬 Acres(全山林의 8%) '83: 4.2百萬 Acres(" 24%)
美 國	○New York, New Hampshire, Vermont지역 코지대의 Spruce, Pine, Fir등 枯死
스 위 스	○'83: 全山林의 4% '84: " 18%
유 럽 北 部	○全般的으로 山林被害 심각

資料: Environ. Sci. Technol. Vol. 18, No. 5 ('84) Acid Rain Meeting in Ottawa



* 出 : The Newsmagazine of science, May 1984.

그림 7. 石炭火力的 CO₂영향에 의한 平均溫度變動幅

이 致死하는 것으로 조사되었다. pH 5 이하가 되면 모든 魚貝類가 죽으며 흰이끼등이 번식하여 死海化되는 것으로 연구·보고되고 있다.²⁸⁾

6) 其他 汚染物質에 의한 影響

가) CO₂의 影響

1,000MW. 石炭火力에서 年間 발생되는 CO의 量은 2,000톤이며 CO₂의 量은 約 6百萬톤에 달하는 것으로 조사되었다. CO의 毒性은 煙炭가스 事故를 통하여 우리가 잘 아는 바이고 CO₂의 영향은 地球의 溫室效果로 要約될 수 있다. 즉, CO₂의 增加에 의한 地球溫度의 上昇은 2050년경에는 2°C, 2100년경에는 약 5°C가 예상된다고 하며 이로 인한 氷河의 解氷과 大氣圈變動에 의한 颱風과 降水量變動등 氣象災害를 예고하고 있다.

나) 重金屬의 영향

表 17. 發癌物質과 發癌危險率

오 염 물 질		암 발생율(정상조건에 대비)	
비	소	폐암 발병율	3~8배
벤	젠	폐렴 발병율	2~7배
비닐클로라이드		간암 발병율	4배
		뇌 및 간염 발병율	1.9배
크	롬	후두 및 폐암 발병율	3~40배
산	화	후두 및 폐암 발병율	2~5배
니	켈	폐암 발병율	5~10배
정	유	후두 및 폐암 발병율	2~6배

資料 : Acidification Today and Tomorrow (Sweden '83)

石炭火力에서 發生하는 重金屬은 앞에서 본 바와 같이 極微量이지만 大部分의 重金屬이 發癌物質 내지는 有毒物質이기 때문에 問題가 되고 있으며, 代表的인 發癌物質과 發癌危險率은 表 17과 같다.

다) 炭塵 및 石炭灰에 의한 영향

炭塵은 수송 및 荷役, 貯藏時에 發生되고 飛散에 의한 浮遊炭塵은 呼吸器疾患과 生活에 不快感을 주며 沈澱時 水質 및 土壤을 汚染시킨다.

石炭灰는 石炭의 質에 따라 약간의 차이는 있으나 보통 10~20%로서 1,000MW. 1기의 경우 약 300,000톤에서 500,000톤 정도 발생된다. 석탄재는 선진국의 경우 도로포장용 및 건축자재 등으로 사용되고 있으나 대부분의 경우 바다 연안 등에 埋立하고 있다.

석탄재는 그 量이 많을 뿐 아니라 빗물에 녹으면 강알카리성의 有毒物質이 排出되어 海水 및 地下水 등을

表 18. 除染施設 및 費用

汚染源	TAKEHARA #3 ¹⁾				MATSUSHIMA ²⁾			
	除染施設	除染效率	除染費用		除染施設	除染效率	除染費用	
			施設投資費	運營費			施設投資費	運營費
SO _x	FGD	90%	136.8 US \$ /kWe	7.6 mills/kWh	FGD	71% ³⁾	95.7 US \$ /kWe	6.0 mills/kWh
NO _x	Combustion Modification		37.0 US \$ /kWe	1.7 mills/kWh	Combustion Modification		—	—
粉塵	ESP	99%	38.5 US \$ /kWe	1.7 mills/kWh	ESP	99%	24.4 US \$ /kWe	1.1 mills/kWh
廢水	폐수 처리시설	—	26.5 US \$ /kWe	1.2 mills/kWh	—	—	14.2 US \$ /kWe	0.9 mills/kWh
合計			238.8 US \$ /kWe	12.2 mills/kWh			134.3 US \$ /kWe	8.0 mills/kWh

1) TAKEHARA #3 : 700MW., '83.3 가동, 수입탄사용
 2) MATSUSHIMA : 500MW.×2機, '81.7가동, 수입탄사용
 3) MATSUSHIMA 脫黃施設容量은 75%임.

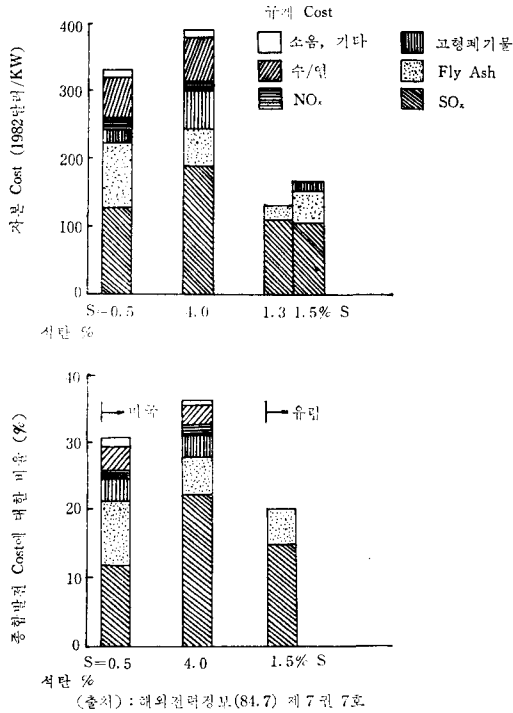


그림 8. 오염규제 시스템에 관한 자본비와 운전비용

汚染시킨다고 한다.

7) 除染費用

除染費用은 除染方法과 發電所에 따라 相異하여 일정한 기준을 정하기가 매우 어렵다. 그래서 여기에서는 우리나라와 똑같이 수입유연탄을 사용하고 비교적 근래에 준공되어 가동되고 있는 日本의 TAKEHARA 3호기와 MATSUSHIMA 有煙炭發電所의 除染施設投資費와 運營費에 대하여 살펴 보기로 하겠다.

TAKEHARA 3호기는 700MW_e로서 수입탄을 사용하며 1983년 3월부터 가동되고 있으며 除染設備은 脫黃脫窒 및 除粉塵施設과 廢水處理施設을 갖추고 있다.

MATSUSHIMA 발전소의 용량은 1,000MW_e (500MW_e × 2機)이고 1981년 7월부터 가동되고 있으며 除染設備을 전부 갖추고 있다.

양 발전소의 오염원별 제염시설과 비용은 表 18과 같다.

一般的으로 除染施設에 관한 資本費用과 運營費는 그림 8과 같으며 脫黃 및 除粉塵施設만도 發電所 全體建設費의 20% 以上인 것으로 發表되고 있다.

3. 社會間接資本 側面에서의 問題

가. 敷地面積

石炭火力 500MW_e × 4기에 소요되는 敷地面積은 대

表 19. 발전소 계획 부지 면적

구분	규모	비고
본관및부대설비	2,000MWe	설비설치 면적의 1.9배로 가정 (500MWe × 4기)
저탄장	173,000m ²	
변전소용지	129,000m ²	
냉각수로용지	107,000m ²	
부두면적	73,000m ²	
회사장용지	22,000m ²	
회사장용지	4,080,000m ²	
계	4,584,000m ²	약 139만평

자료: 석탄화력 격증에 따른 문제점 검토; KOPEC ('84.9)

략 表 19와 같다.

또한 2,000년대에 石炭火力이 全發電容量의 40%를 점유할 경우의 석탄 사용량과 입지면적을 보면 다음과 같다.

<2,000년대 개발 예상 발전용량 및 입지면적>

발전용량	석탄사용량	입지면적
16,700MWe (전용량의 40%)	30,227,000Ton	72,344,700m ² (약 2,192만평)

나. 附帶施設 및 工事費

1) 항로 및 부두

石炭 運搬을 위하여 필요한 航路의 水深은 10만噸級 선박을 기준으로 17m, 水路幅은 40m가 필요하며 부두의 길이는 약 310m, 폭은 35m, 荷役裝備로는 시간당 1,500톤을 하역할 수 있는 장비가 2臺 필요하다.²⁰⁾

2) 灰사장 축조

500MW_e 4기의 석탄 화력발전소에 소요되는 회사장 면적은 약 4百萬m²로서 이의 축조비는 약 126여원이 소요되며, 발전소 입지조성을 위한 토목공사비는 약

表 20. 발전소 입지조성을 위한 토목공사비(개략)

구분	규모	2,000MWe 당(백만원)	1kW당 (원)	비고
부지 조성 공사	18,330	9,165	공 통	
항로 및 부두	25,520	12,760	석탄발전소	
호안공사	5,096	2,548	"	
본관 기초 굴착	1,080	540	공 통	
공업 용수 설비	1,620	810	"	
냉각 용수 설비	7,774	2,887	"	
회사장 축조	12,636	6,318	석탄발전소	
계	72,056	36,028		

자료: 석탄 화력 격증에 따른 문제점 검토; KOPEC (84.9)

表 21. 原子力과 石炭火力的 부대설비 비교

부 대 설 비	원자력(900MWe×4기)	석탄화력(500MWe×4기)
항 만	별도 시설 필요 없음	10만 DWT급 접안 부두 필요
연료 비축 시설	//	1개월 비축시 129,000m ² 면적 및 저탄시설 필요
폐 기 시 설	//	회사장 면적 4.0Km ² 가 필요
수 송(해상)	//	년간 100,000DWT급 선박 70대분 수송이 필요함
수 송(육로)	//	하역설비 및 부지내 운탄 설비가 필요함

720억원이 소요된다.

3) 부대시설 비교

발전소 건설에 따르는 필요한 부대시설에 대하여 석탄 사용 발전소를 원자력발전소와 비교해 보면 表 20, 21과 같다.

다. 輸 送

석탄의 해상수송 및 하역에 차지하는 수송비 비율은 美國炭의 경우 30%, 캐나다 24%, 호주는 약 30% 정도이다. 2000년도 약 3,000萬톤의 석탄수송을 위하여 필요한 선박수는 운송일수 45일, 적재율 76%, 가동율 80%로 가정할 때 석탄화력용 70여척, 일반 산업용까지 포함할 경우 전용선박은 140여척이 필요하다.²⁰⁾

라. 豫想되는 問題點

1) 우리나라의 경우 대형 선박의 발전소 접근 항로 개설 및 적절 접안 가능한 대규모 하역시설(부두)을 갖출 수 있는 지역은 한정되어 있다.

2) 저탄장 및 회사장 축조를 위한 방대한 해안 개발이 용이한 지역이 한정되어 있다.

3) 국내 지리적 여건을 고려해 볼 때 입지 선정이 유리한 지역은 서해와 남해에 국한되므로 편중현상이 우려된다.

4) 항로·하역시설(부두), 저탄장 및 회사장 등 각종 부대시설을 해안에 축조해야 하므로 막대한 공사비가 소요된다.

II. 結 論

우리나라 經濟에서 에너지가 차지하는 比重은 매우 크다. 더구나 70%이상을 輸入에 의존하는 우리나라 입장으로서 에너지 問題를 妥善히 解決하느냐에 따라 國民經濟의 성패가 좌우된다고 볼 수 있다.

短期的 에너지政策으로서는 에너지 消費節約과 에너지源의 多元化 및 電力源에서부터 脫 石油政策이 요망되며 長期的으로는 技術依存型 準自立에너지源인 原子力發電의 積極的 推進이 요망된다.

原子力發電은 核燃料週期技術과 建設技術이 確保될 경우 燃料費 比重은 20%이하로서 거의 外國에 의존하

지 않아도 되며 다른 電力源보다 經濟性이 우수하며 環境汚染이 거의 없고 社會間接資本面과 技術波及效果 및 雇傭效果面에서 有利한 것으로 되어 있다.

또한 原子力發電의 經濟性은 改良型 原子爐의 開發과 稼動率 向上 및 建設工期 短縮等 經濟性 提高를 위한 努力이 積極 推進되고 있기 때문에 더욱 有利해질 것이며 특히 우리나라는 原子力發電 技術自立과 標準化를 통하여 發電所 建設費의 節減이 可能할 것이다.

反面, 石炭火力發電은 附隨的으로 發生하는 環境汚染物質이 問題이며 특히 大氣汚染의 主宗을 이루는 SO_x, NO_x, 粉塵은 20~40%가 石炭火力에서 發生되기 때문에 이의 철저한 對策이 요구된다. 더구나 石炭火力發電이 몇기없는 상태에서 環境汚染基準值를 超過하고 있는 實情으로 수십기의 石炭火力發電所가 建設될 경우 環境對策은 辛중을 기하여야 할 것이다. 물론 除染施設의 附着이 義務化되겠지만 除染效率이 90%水準이고 汚染의 治癒에는 長期間의 時日과 엄청난 投資가 필요하다는 점을 감안하여야 할 것이다.

結論的으로 우리나라의 電力供給은 우리와 與件이 비슷한 佛蘭西, 日本 등과 같이 原子力發電을 積極 推進하되 早期에 原子力發電技術을 自立하는 것이 時急한 課題이다.

따라서 原子力發電技術의 早期 自立을 위하여 動資部, 科技處의 政府和 韓電 및 에너지(研), 韓技(株), 韓重(株), 核燃料(株), 韓電補修(株)등 原子力産業體가 “電力그룹協力會”를 構成하여 協力會를 중심으로 早期 技術 自立을 위한 機關間 役割分擔과 推進戰略, 日程等 細部實踐計劃을 協議중에 있다.

參 考 文 獻

1. 國民所得計定, 韓國銀行(1984).
2. 에너지統計 年報, 動資(研)(1984).
3. 第五次 經濟·社會開發 5個年計劃, 動資部(1983).
4. 長期 電力 需要 및 發電所 建設計劃에 대한 檢討, 經濟企劃院(1985).
5. 長期 原子力發電計劃의 最適化研究, KAERI/RR-

- 269/80, 韓國에너지(研)(1981).
6. 原子力 開發 方案 設定研究, KAERI/RR-388/82 韓國에너지(研).
 7. 長期 原子力 對策研究, KAERI/RR-428/83 韓國 에너지(研).
 8. 2000년을 향한 國家 發展 長期 構想, 韓國開發研究院(1983).
 9. 原子力利用開發 綜合對策 設定研究, KAERI/RR-429/84(1985).
 10. 將來에 있어서 發電用燃料의 需給構造와 電源構成, 日本 에너지 經濟研究所(1984).
 11. A Comparison of Future Costs of Nuclear and Coal-fired Electricity, 美國 原子力產業會議(1984)
 12. The Costs of Generating Electricity in Nuclear and Coal-Fired Power Stations, OECD (1983)
 13. 原子力發電의 經濟性 評價, 臺灣電力公司(1985)
 14. 長期 電源開發에 관한 建議, 科技處(1985).
 15. How the Japanese are building PWR in 39 months at Takahama 3 and 4, Yoshiyasu Hori, NEI (1985).
 16. Economics of Nuclear Power Past Record, Present Trend and Future Prospects, ORAU/IEA (1983).
 17. 原子力發電과 環境汚染, 環境과 公害(1979).
 18. 環境廳 資料(1985).
 19. Comparative Risk from Different Energy Systems, Nuclear Safety (1983).
 20. 環境廳 資料(1985).
 21. Acid Fog, Environ. Sci. Technol. (1983)
 22. Health and Environmental Risks of Energy System IAEA (1984).
 23. 에너지 轉換期の 環境政策, 日本 環境廳(1981).
 24. Acidification Today and Tomorrow, Swedish Ministry of Agriculture and Environment (1983).
 25. Forest Decline from Air Pollution, Environ. Sci. Technol. (1984)
 26. Acid Rain Meeting in Ottawa; Reports of accelerated forest damage dominated the proceedings, Environ. Sci. Technol. (1984).
 27. Air Pollutants and Forest Decline, Environ. Sci. Technol. (1983).
 28. Acid Rain; A rapidly shifting scene, Environ. Sci. Tenhnol. (1983).
 29. 石炭 使用量 激增에 따른 諸般 問題點 檢討, 韓國 電力技術(株)(1984)