

原子力發電 展望에 關한 檢討

(Study on Prospect of Nuclear Power Generation in Korea)

解 說

16-1-1

金 鐘 珠*·文 熙 晨**
(Jong-ju Kim, Hee-sung Moon)

Abstract

Indigenous energy resources available in Korea are limited to the three major resources such as korean anthracite, hydraulic potential and wood and straws. As reported in various reports concerning energy problem in Korea, unfortunately these three major resources are not only poor in quality but also limited in quantity. The amount of energy to be imported, which will be increased at a considerably high rate by years due to the shortage in the supply by domestic sources against the demand, is studied in the view-point of sound and logical energy dependence upon the external sources. What would occur, if the imported energy would be exclusively limited to an energy source only, has an enough reason to be paid a significant consideration. As a result, the feasibility is discarded in favour of nuclear power plants after an extensive prospect for electric power development plan covering more than coming thirty years, i.e., up to the year of 2,000 A.D.

In briefing, this paper indicates that a measure to accommodate as large amount of nuclear power plants as possible in the electric power system is not only inevitable for a sound solution of the severe energy problem with which Korea is to be confronted but also leads to the national benefit.

1. 우리나라 原子力事業의 背景

1965년부터 1976년까지 우리나라 에너지 소비량은年平均約 6.5%의 성장률이豫想되며 이를充足시키기爲하여 國內 唯一의 化石燃料인 無煙炭 生産을 極大化한다 하더라도 年間 最大生産量이 需要에 未及 할 뿐더러 可採埋藏量 역시 制限되어있고 그 依存度는 앞으로 約 30年間으로 限定될 것이다.

水力資源 역시 豊富하지 못하며 앞으로 尖頭用 發電所로 開發하여 그 最大利用을 期한다 하더라도 방대한 에너지 需要成長에 比하면 크게 期待할만한 것이 못된다. 한편 原始燃料로서의 薪炭供給이 多少 期待되긴하나 薪炭의 에너지로서의 意義는 漸減하여 갈것이다.

따라서 앞으로 우리나라 에너지問題는 國內 固有 에너지에만 依存한 理想的 解決方案은 不可能한 反面, 輸入 에너지에의 依存度는 大幅으로 增加하여 갈것이다.

에너지産業의 窮極의 目的이 高度의 經濟成長과 國民生活의 向上에 있음을 勘案할때 에너지供給은 저렴하고

安全 確實해야 한다. 특히 叙上한 바와같이 大幅으로 輸入에너지 依存하여야만 할 우리나라 實情에서만 에너지 供給의 安全保障 問題는 強調되어야하며 輸入 에너지源 決定에 있어서 慎重을 期해야 할 것이다.

大體로 에너지 消費傾向은 固體에너지에서 液體에너지, 液體에너지에서 原子力으로 發展하는것이 普遍的 過程인바 특히 우리나라의 境遇 國內 에너지源의 缺乏은 固體 에너지에서 輸入石油에로의 發展速度를 더욱 加速하고있는 것이다. 비록 不可避 하더라도 輸入에너지의 單一化란 에너지供給의 安全上 充分한 檢討의 對象이 될뿐 아니라, 國內 無煙炭 埋藏量의 制限性에 비추어 차급적 原子力의 早期導入이 要望된다. 이는 特定 輸入 에너지源에만 過度의 依存함으로써 招來될 不安全한 에너지 産業 構造를 示정하는데 큰 意義를 갖는다.

이와같이 原子力發展事業의 必要性은 充分하지만 原子力發電所의 建設을 可能케 하는것은 결국 在來式 發電方式과 比較하여 良好한 經濟性의 立證인바 單位機 容量의 大型化에 따라 原子力의 經濟性이 높아진다는 點에서 어느程度 大容量의 單位機를 系統에 아무 無理없이 插入 할수 있는가 하는 問題도 결하여 考慮되어야 한다.

國民의 生活水準이 發展됨에 따라 二次에너지인 電力 需要는 더욱 增加되며거니와 多幸이 最近 우리나라의 電力

* 韓國電力株式會社 技術部, 理事.
Engineering Dept. Korea Electric Co. (D)

** 韓國電力株式會社 技術部, 正會員.
Engineering Dept. Korea Electric Co. (M)

需要는 非常히 높은 率로 成長하고 있어서 1970年代 中期에는 300~400 Mwe 級 原子力發電所의 系統並入이 實現될 수 있도록 系統規模의 擴張이 確實視된다.

以上과 같이 原子力 發電事業의 必要性을 오래前부터 認識하고 不遠한 將來에 原子力發電所의 建設을 目標로 하여 韓電은 原子力院과 共同으로 다음과 같은 基礎 業務를 遂行하여 왔다.

1962年	原子力發電對策委員會構成	原子力發電展望分析
1963年 10月	國際原子力機構(IAEA)原子力發電豫備查調團來韓(Mr. R. Krymn 外 3名)	原子力導入을 爲한 豫備調查施行 1970年代에 韓國에서 原子力發電의 可能性을 報告
1964年末	原子力 敷地選定을 爲한 數個 候補地點 選定調查	
1965年 6月	IAEA 敷地 調查團來韓(Mr, Mc Cullen 外 3名)	有望地點 3個所에 對한 調查施行
1966年 5月~7月	原子力 發展技術 調查團 9個國에 派遣	
1966年	原子力 發電計劃審議委員會 構成(大統領令 第 2322 號)	

2. 韓國의 에너지 問題와 將來

人類歷史는 實로 에너지 使用에 크게 힘입어 왔으며 經濟成長이나 生活水準의 向上이니 하는것도 使用에너지의 量的 增加와 質의 向上을 빼고서는 論議조차 할 수 없는 것이다. 人類가 에너지 問題로부터 永遠히 救濟되기 爲하여 보다 便利하고 科學的인 에너지源의 開發에 꾸준한 努力과 研究를 傾注하고 있는것도 바로 이런點에 있는 것이다. 우리나라의 產業發展과 經濟成長을 爲해서는 低廉하고도 安全한 에너지의 供給을 確保해야 하는바 여기에는 考慮되어야 할 몇가지 問題點이 있다.

即 現在의 國內 에너지源으로 低廉하고 安全한 에너지 供給이 將來에도 繼續 確保될 수 있겠는가 하는 問題이다. 이것이 不可能하다면 新에너지源의 開發이 必須의 이며 여기에 考慮될 수 있는 新에너지源은 經濟的 見地에서 在來式에너지와 競合할 수 있어야 할뿐더러 質의 面에서도 遜색이 없어야 할 것이다. 이러한 意味에서 原子力에 依한 에너지供給이 韓國에서도 脚光을 받게 될 것이며 現在의 모든 여건으로 보아 1970年代 初期에는 原子力開發을 實現시킴이 妥當 할 것으로 생각된다.

國內 固有에너지가 아닌 石油나 核燃料에 依한 에너지 供給을 計劃할 境遇, 當然히 國際的인 에너지 事情을 銳意 檢討하여야 한다.

以下 世界의 에너지 事情을 展望하고 우리나라의 特殊性을 略述코저 한다.

(1) 世界 에너지 事情

現在 世界의 埋藏되어 있는 化石燃料은 소위 永久 循環燃料인 水力, 薪炭等을 合하여 大體로 (5,300 kcal/kg 石炭換算) 4兆 내지 5兆噸으로 推定되고 있다. 現在의 人口增加와 에너지需要 增加 추세를 勘索하여 判斷한다면 앞으로 約 50年 내지 100年間의 壽命에 不過한 埋藏量이다.

이것은 勿論 量的 考察에 依한 것이지만, 萬一 經濟的 見地에서 생각한 경우 上記壽命의 後半期에 있어서는 大端히 價格이 높아질것은 明自하다.

여기에서 現在의 에너지源이 量에 있어서나 經濟的 供給面에서 將來 크게 期待할 수 없는 것이라면 무엇이 次代의 에너지源으로 登場할 수 있을 것인가?

太陽熱, 地熱, 風力, 潮力 등이 오래前부터 論議되어 왔으나 太陽熱을 除外하고는 人類가 必要로 할 莫大한 에너지供給源으로 될 展望은 거의 없으며 설사 可能하다고 그 分布가 地域의 限로 限定되어 있다. 여기에 原子力의 登場이 必然的인 現實로 나타나고 있는 것이다.

原子力發電은 核燃料로부터 방대한 量의 에너지를 造出하는 것이며 그 核燃料은 高速增殖爐가 實用되면 無限에 가까운 供給量을 갖게되는 結果가 된다. 따라서 人類는 에너지問題에 關한限 原子力利用에 依하여 永久히 救濟될 수 있다고

이와같이 原子力發電은 核 分裂反應에 依하여 行해지는 것이지만 먼 將來에는 核 融合에 依한 熱源도 實現可能視되고 있다. 太陽의 熱 에너지는 實로 이 核 融合에 依한 것이며 오직 그 數億分の 1이 地球에 到達하여 萬物의 生命源이 되고 있는 것이다.

(2) 韓國 에너지 問題의 特殊性

以上은 에너지에 關한 世界의 事情을 概觀한 것이나 韓國은 에너지 問題에 關한限 보다 切迫한 實情에 있다. 最近 高度의 產業發達과 經濟成長에 基因한 에너지 需要는 더욱 高率로 增加하고 있는 反面에 國內 無煙炭 埋藏量과 年間 最大 生産規模가 限界點에 육박하고 있다고 보면 앞으로 계속 增加할 莫大한 量의 에너지需要에 對備한 國內資源은 全無한 狀態라 하여도 過言이 아닐 것이다. 가령 水力을 充分히 利用하고 無煙炭을 年 1,600萬噸 生産한다 해도 國內에서 生産된 에너지가 全 에너지消費量中 占하는 比重은 1980年에 約 34% (1990年에는 約 18% 그리고 2000年頃에는 不過 10%) (表 4 參照)에 止하지 못할 것이며 더욱 심각한 것은 石炭 매장량도 今世紀末에는 거의 枯渴 되리라는 것이다.

殘餘 供給은 輸入 에너지源에 依存하여야 할 것인바 萬一 이것이 오직 輸入原油에만 依存할 경우 輸入量은 想像할 수 없을 程度로 莫大한 量에 達한 것이며 이에따른

輸送問題, 外貨 負擔問題 및 國家 安全保障上 심각한 問題를 提起할 것이다.

과연 莫大한 量의 石油가 장차 繼續 輸入 可能할 것인가? 또한 많은 油槽船이나 貯藏設備를 必要로 할 것인가 國內 港灣에 있어서, 또 工業地帶에 있어서 이러한 條件을 容易하게 許容할 수 있을 것인가?

또한 以上の 條件들이 解決된다 하더라도 如何한 海外 政勢變動에 對해서도 安全輸入이 可能 할 것인가? 石油事情이 國際市場에서 變하는 경우 國內産業이 敏捷하게 이에 對應할 수 있겠는가? 하는 問題들을 勘案할 때 石油一 邊倒의 依存狀態는 極히 不安한 要素를 內包한다고 판단된다.

觀點을 바꾸어 본다면 石油는 에너지源으로서 뿐 아니라 石油化學工業 등 多樣한 需要를 갖이고 있다.

앞으로 相當한 開發이 豫想되고 將來가 約束되는 石油 化學工業을 爲해서도 이것을 熱源으로 태운다는것은 זאת 애석한 일 이 아닐 수 없다.

以上에서 본 바에 依하면 우리나라는 可能한 限 短期에 原子力에 依한 에너지供給을 極大化 시키기爲하여 長期的 計劃을 수립하지 않으면 안된다는것이 明白하다.

多幸히 原子力에너지는 經濟性에 있어서 在來式 에너지에 比하여 優秀함이 立證되고 있는 形편이다. 또한 燃料의 輸送, 貯藏 및 外貨負擔面에 있어서 比較도 안될 만을 長點을 갖이고 있는것이 原子力이다.

將來 總 에너지中 原子力 比重의 增大는 輸入石油의 急增을 調節하는데 큰 效果가 있을 것이다.

現在 總 에너지消費量中 10% 未滿에 不過한 電力도 앞으로 40% (2000 年度)에 육박할 것으로 豫想된다. 特히

電力料金이 他 에너지價格에 比하여 低廉하면 (增殖爐의 實用으로 可能視됨) 저렴 할수록 그 可能性은 깊어질 것이다.

3. 原子力發電 開發의 意義

(1) 經濟性

原子力發電所의 經濟性은 單位容量의 增大에 따라 kW 當 建設單價가 在來式 火力보다 더욱 急激히 줄어들는데 그 理由로는 原子力發電所에서는 廢棄物 處理施設, 核裝備 및 調節, 燃料取扱裝置, 放射能測定 및 用地費 등이 發電所 規模에 關係없이 一定하기 때문이다.

一般적으로 原子力發電所는 上記와 같은 施設이 必要한 以外에 人體의 保護를 爲한 放射線차폐의 補完 등으로 因하여 初期投資費가 在來式 火力發電所보다 높은 反面에 核燃料는 石炭이나 石油보다 훨씬 低廉한것이 特徵이다.

다음 表 1은 現在 建設되었거나 建設中인 代表的 原子力 發電所의 建設內譯을 表示한다. 同表에서 日本의 美濱에 對한 發電原價는 初年度の 것으로 8.34 Mills/Kwh 이나 耐用年間 平均은 約 6.95 Mills/Kwh 로 展望 되고 있다.

日本의 경우 同 容量級の 原子力發電所 建設費가 美國보다 高價인 原因은 輸送費와 建設中 利자가 높으며 日本의 特殊한 地質條件에 對備하여 耐震上 土木 建築工事費가 많이 든 때문이다.

韓國에 建設될 경우 日本보다 약간 高價로될 展望이 지만 人件費의 低廉을 勘案하면 반드시 그렇다고만 할 수 없다.

表 1. 代表的 原子力發電所의 發電原價 및 建設費比較

爐 型 發電所名 內 譯	*BWR				**PWR			
	Bodega bay	敦 賀	Nine mile Point	TVA	美 濱	San onofre	Connecticut yan Kee	
容 量(MWe)	313	311	525	2,129	310	429	490	
總 建 設 費(\$ 10 ³)	60,880	90,000	90,000	247,000	83,000	87,224	85,000	
爐型 및 Steam發生裝置	23,429	24,100	30,775	83,940	—	—	33,287	
電氣發生裝置	13,277	24,650	18,750	61,908	—	—	17,920	
Kw 當 建 設 費	194	290	180	116	245	203	174	
發電原價 (Mill/kwh)	5.82	7.27	6.67	—	※ 8.34	6.59	—	

※ 美濱의 發電原價(8.34 Mills/Kwh)는 初年度の 것임.

* BWR...(沸騰水爐)

**PWR...(加壓水爐)

原子力發電을 할 경우 火力과 그 發電原價를 比較하고 經濟性을 檢討하기 爲하여 外國의 例를 表 2와 같이 引用한다.

表 2를 一見하면 現在의 重油火力發電에서는 熱效率이 거의 限界點에 到達하여 있으므로 비록 單位出力이 커진다 해도 燃料費는 別로 低減되지 않고 約 4 Mills/Kwh

表 2. 重油火力과 原子力發電의 原價比較

內 譯 型 式	發 電 所 名	出 力 (MW)	發 電 原 價 (Mills/Kwh)	燃 料 費 (Mills/Kwh)	參 考 (*는 推 定 值)	
					資 本 費 率 (%)	負 荷 率 (%)
重油火力	A	175	7.26	4.12	—	70
	B	350	6.78	4.03	※ 14	70
	C	600	6.50	3.97	※ 14	70
原 子 力 (輕水爐)	敦 賀	311	7.26	2.31	※ 9	80
	San Onofre	429	6.39	2.0	※ 13	※ 80
	Oyster Creek	640	3.78	1.61	11.88	88
	Dresden—II	793	5.0 以下	—	—	—
	Indian Point	870	3.8 以下	—	—	—
	TVA	1065×2	2.38 以下	1.25	5.7	85

程度로 固定되고 있다.

이에 反하여 動力爐에서는 單位容量이 大型化함에 따라 建設單價와 燃料費가 훨씬 低減되어 비록 韓國에서의 固定費率이 15% 以上되어 이에 依한 價格의 增加가 不可避하다 하더라도 前記한 型式의 輕水爐에서는 300~400 Mwe 級에서 約 7 Mills/Kwh 內외의 發電原價가 될 것으로 期待된다. 이는 現在의 重油火力 發電原價와 比較하여 큰 差는 없으나 原子力은 時日이 지날수록 低減되어 갈 것이 豫想될 뿐 아니라 앞으로 高速增殖爐가 實現된 경우 그 經濟性은 더욱 높아질 것이다.

現在 우리나라 電力系統은 1974 年頃에 300~400 Mwe 級의 單位容量이 系統에 無理없이 並入될 것으로 보이며 1970 年代 後半期에는 400~500 Mwe 級의 開發이 可能하여 이때의 經濟性은 더욱 優秀한 것으로 展望된다.

언젠가 建設될 國內 最初의 原子力發電所가 後續된 各 原子力發電所 建設에 기여할 役割을 생각하고 또한 不記事項을 아울러 考慮한다면 最初의 原子力發電所는 可及的 早期開發 될 것이 要望되는바 電力系統의 收容性이나 經濟性에서 判斷할 때 1974~1975 年竣工이 妥當視된다. 現在까지의 原子力發電所의 建設期間만 하여도 約 5 年이 걸린다는 點에 비추어 결코 充分한 時間的 餘裕가 있다고 할 수 없다.

- a. 原子力의 早期開發은 短期的 措置로서 國內의 缺乏된 資源을 解決하는데 큰 도움이 된다.
- b. 落後된 國內 原子力工業界의 技術開發을 促進함과 同時에 一般工業界의 質의 向上을 早速한 時日內에 實現하는데 도움이 된다.
- c. 學界 및 研究機關과의 緊密한 技術계휴를 早期에 가지므로써 國內技術 研究陣의 活潑한 參與를 期할 수 있다.
- d. 궁극적 에너지源은 核 에너지임을 國民에게 實感시킬 수 있고 國家의 에너지 政策上 國民의 支持를 용이하게

게 얻을 수 있는 捷徑의 하나가 될 것이다.

- e. 長期的 觀點에서 國內資源의 缺乏은 輸入燃料에 依存할 수 밖에 없으며 이에는 油類에만 依存할 수 없는 諸要素가 많다.

以外에도 原子力發電의 經濟的 有利性에 對하여 政策 判斷에 도움이 될 貯藏, 輸送 및 外貨負擔等 몇 가지點에 關하여 아래와같이 略述코자 한다.

(2) 燃料 貯藏

石油의 경우 非常時에 對備하여 적어도 二個月分의 貯藏을 必要로 한다. (우리나라는 軍事用을 除外하고도 韓美石油協定에 依據 50 日分을 貯藏한다).

가령 西紀 2000 年을 考慮할 때 다음 總에너지 需給 展望에서 보는 바와 같이 年間 約 6 億 5 千萬 BBL (5,300 Kcal/kg 石炭 換算으로 1 億 8 千 萬 噸 該當)의 石油가 必要하다고 보면 約 1 億 1 千萬 BBL의 貯藏設備를 確保하여야 된다는 結論에 到達하게 된다. 이것은 平均 20 萬 BBL (8,400,000 Gal)의 貯油槽 550 基를 貯藏目的으로 建設하지 않으면 안됨을 意味한다. 換言하면 1 基當 建設費를 約 20 萬弗(거이 全額이 資材임)로 보면 貯油目的을 爲해서만도 約 1 億弗 以上의 貯油設備를 保有하여야 함을 뜻한다. 이에 反하여 우라늄 燃料로 代替할 경우를 생각하면 問題는 용이하게 解決된다. 即, 原子爐 自身이 한편 核 燃料를 裝填하면 數年間 使用할 수 있으므로 石油와 같은 貯藏設備를 必要로 하지 않는다.

(3) 燃料 輸送

20 世紀末에 石油가 年間 約 9,500 萬噸(6 億 5 千萬 BBL, 이를 5,300 Kcal/kg 石炭으로 換算하면 1 億 8 千 3 百 萬 噸)이 必要하다고 보고 現在 우리나라 港灣의 總 荷役 能力 約 1,200 萬噸과 簡單히 比較하면 總荷役能力의 約 8 倍, 現 釜山港 荷役能力의 約 24 倍에 達하는 荷役能力이 石油荷役만을 爲해서 必要하게 된다는 結論이 나온다. 또한 이것을 全部 Quait 나 Iran 으로 부터 輸入할 경우,

一雙當 年平均 8 往復하는 것으로 보더라도 5 萬噸級 Tanker(油槽船) 240 雙을 要하게 됨을 뜻한다. 萬一 이들 Tanker 를 全部 保有하지 못한다면 外貨에 依한 運賃 支拂은 莫大한 額數에 達하게 될 것이다.

또한 이들의 內陸輸送은 莫大한 輸送量의 增加를 가져 올 것이다. 그러나 가령 이것을 全部 原子力으로 代置할 境遇를 假定한다면 대단히 簡單한 問題로 되고 만다. 現在의 輕水爐燃料로서 濃縮우라늄(2.5%) 1 屯은 石油 約 5 萬屯에 匹敵하므로 石油 9,500 萬屯에 對하여 19,00 屯의 우라늄을 輸送하면 된다. 다만 量의 差로 말한다면 이 數値는 小型 船舶 1 雙이면 充分한 것이다. 더욱기 原子力發電은 前述한 바와같이 輕水爐뿐만이 아니다. 世界各國이 窮極의 目的하고 있는 高速增殖爐가 完成되면 上記 1,900 屯의 所要우라늄은 約 100 分の 1 에 不過한

量으로 減少되고 만다. 卽, 約 20 屯의 核燃料(이 경우 天然우라늄)로서 上記 9,500 萬屯의 石油熱量을 置換할 수 있다.

(4) 外貨 負擔

外貨 負擔에 關하여는 여러가지 計算方法을 考慮할 수 있겠으나 現在의 우라늄 價格이 約 倍로 된다고 해도 石油에 比하여 대단히 僅少한 外貨負擔밖에 되지 않는다.

下記 表 3 의 所要外貨 比較는 全部 現在 開發되고 있는 輕水爐의 경우를 假定한 것이지만 萬一 高速 增殖爐가 實用化되면 石油에 比하여 1%에도 미치지 않을 程度로 僅少한 것으로 되고 만다.

卽, 燃料에 關한 限 外貨負擔이 거의 不必要한데 高速 增殖爐 開發의 큰 意義가 있음을 留意하여야 한다.

表 3. 所要 外貨 比較

區 分	年 度	1975 ※①	1980	1985	1990	1995	2,000
a. 原子力代身油類發電의 境遇 ※②							
油所要量累計 (1,000 k)		630	10,000	30,500	72,000	150,000	281,000
所要外貨 (1,000 弗) ※③		8,400 (100%)	133,000 (100%)	407,000 (100%)	965,000 (100%)	2,000,000 (100%)	3,750,000 (100%)
b. 原子力發電의 境遇							
核燃料所要量累計 (T) ※④		111	2,743	9,398	20,016	33,998	54,008
所要外貨 (1,000 弗)							
\$ 8/Lb (%)		3,360 (23%)	48,100 (36%)	165,000 (40.5%)	351,000 (36.4%)	600,000 (30%)	950,000 (24.3%)
\$ 16/Lb (%)		6,720 (46%)	96,200 (72%)	330,000 (81%)	702,000 (72.8%)	1,200,000 (60%)	1,900,000 (48.6%)

註 ※① 油 所要量 累計中 1975 年은 當年 1 年間의 所要 量인.

※② 原子力發電代身 油類發電에 依存할 경우 油類所 要量은 平均効率 30%로 取하여 消費率을 0.296 l/KWH 로 하였음.

※③ 原油 輸入價格(燕山) 約 \$ 13.33/k 로 所要外貨 를 推定했음.

※④ 核 燃料 所要量은 高速增殖爐 開發을 考慮하지 않았으며, 1986 年까지 輕水爐, 1986 年 後는 新型 轉換爐 開發을 前提하였음.

4. 原子力 發電設備의 推移

原子力에 關한 限 現時點은 아직도 本格的인 原子力時 代의 實現을 爲한 初期段階에 不過하다고 하겠다.

原子力 分野에서 落後하고 있는 우리나라 實情下에서 正確한 計劃을 樹立한다는것은 不可能하다. 다만 여기서는 앞으로 原子力이 우리나라에서 어떠한 比重을 占할 것인가를 展望하는데 그치고 그에 隨伴하는 問題點 解決

을 爲한 事前 關心事를 記述코져 한다.

前述한바와 같이 先進國에서도 本格的인 原子力 時代를 高速增殖爐가 實用化될 約 20 年後로 展望하고 있다. 卽 所謂 原子力에 依한 에너지 大革命이 約 20 年後에 일 어날것으로 豫測하고 있다.

이와같이 原子力 發電의 現況과 將來의 展望을 考慮하 여 볼때 우리나라 原子力 發電에 關한 檢討도 自然히 數十年의 長期間을 檢討의 對象으로 잡아야 한다. 여기서는 20 世紀末 까지의 우리나라 總 에너지 需給展望을 살피고 電力 持히 原子力의 位置를 展望코져 한다. 計數의 正確보다는 長期推勢를 判斷 하는데 그 目的이 있을 을 附屬하여 둔다.

(1) 總 에너지 需給展望

向後 10 年間(1976 年까지)의 總 에너지 需要는 年 平均 6.5%의 率로 增加할 것으로 豫測된다.

1976 年 以後 2000 年 까지 에너지 需要를 推定하는데 前提條件으로 다음과 같이 假定하였다.

1976~1980 年平均 增加率 6.5%

1981~1990 年平均 增加率 6.3%

1991~2000 " " 6.1%

이와같은 前提 및 假定에 立脚하여 表 4와 같이 總需要를 推定하고 이를 供給할 수 있는 國內 資源으로서는 石炭 水力 薪炭을 考慮하고 不足分을 輸入 에너지(一段 여기서는 石油로 봄)에 依存하는 것으로 計算하였다.

첫째 無煙炭 供給에 있어서는 앞에서 數次 言及한바와 같이 最大 生産規模가 限界點에 到達하고 있으므로 1947年 以後 年間 生産 約 1,600萬噸에 固定 되는 것으로 하였으며,

둘째 水力의 供給 可能性을 現在까지 밝혀진 總 包藏 水力(約 179萬 kw, 年間 約 67億 kwh)全部를 漸進의으

로 開發하는 것으로 하였다.

셋째 薪炭은 願하지 않는 所謂 原始燃料일뿐 아니라 山林綠化란 政策上 燃料로서의 意義는 漸減될 것으로 보았다.

以上과 같은 前提條件을 考慮하면 輸入 에너지에의 依存度는 1980년에 約 66%, 1990년에 約 82%, 2000년에는 尙未라도 約 90%에 達할것으로 推定된다. 한편 總 에너지 需要中 電力의 比重을 살펴보면 現在 10% 未滿에서 1980년에는 25% 以上, 1990년에는 33% 以上, 그리고 2000年頃에는 約 37%에 達함으로써 그 占有率은 漸增하여 갈것이다. 參考로 日本의 에너지 需要와 電力 需要 展望을 보면 表 5와 같다.

表 4. 總 에너지 需給展望

(單位: 無煙炭 1,000噸)

年 度	1965	1976	1980	1985	1990	1995	2,000
總 에너지 需要	23,842	46,740	60,300	82,300	112,400	152,000	205,000
供給展望(國內 에너지)							
無 煙 炭	10,188	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000
水 力	482	1,430	2,250	3,050	3,700	4,150	4,500
薪 炭	9,701	4,460	2,000	1,000	500	—	—
小 計		21,890	20,290	20,050	20,200	20,150	20,500
總 에너지에 對한 國內供給 比率(%)		47	34	24	18	13	10
輸入에너지	2,673	24,850	40,050	62,250	92,200	131,850	184,500
總 에너지에 對한 輸入比率(%)		53	66	76	82	87	90
電 力(GWH) 註 ①	3,250	16,320	25,000	39,200	59,900	86,700	120,000
(石炭換算) 註 ②	2,030	10,200	15,600	24,400	37,300	54,100	74,800
電 力 點 有 率 (%)	8.7	21.8	25.8	29.6	33.2	35.6	36.5

註: ① 電力需要成長率

1977~1980年 平均 增加率 11.2% 假定

1981~1985 " " 9.6% "

1986~1990 " " 8.8% "

1991~1995 年平均 增加率 7.8% 假定

1996~2000 " " 6.0% "

② 1MWH=0.624 Ton 石炭으로 換算

(5,300 kcal/kg의 石炭과 發電所 效率 26% 基準)

表 5. 日本의 에너지 需要의 電力需要

年 度	1965	1970	1975	1980	1990	2,000
에너지 및 電力需要						
에너지 需要 (100萬噸) (7,000 kcal/kg 石炭)	219	314	451	563	819	1,116
電力需要 (10億 kWh)	185	285	438	586	936	1,333
電力의 占有率 (%)	29.6	31.8	34.0	36.4	40.0	41.7

※ 註 青木均一著 "原子動力爐의 開發에 關하여"에서

以上の 狀況을 綜合 判斷 하면 우리나라 電源開發에 있어서 原子力의 導入은 不可避한 것이며 大容量 單位機의 系統 收容性도 1980年 以後에는 充分히 確保 될 것이다 以上の 計算을 前提로 하여 1990年 以後 水力을 除外

한 電力生産을 가령 原子力에만 依存한다 하더라도 輸入 에너지에의 依存度는 約 50%에 達할 것이므로 에너지 構造의 危弱性은 尙存할 것이다. 그러나 이 時期에는 原子力發電의 經濟的 技術的 改善이 크게 이루어져 各 에

너지 需要 分布를 刺戟하여 보다 加速的인 電力 需要 成長을 招來할 可能性도 豫想할 수 있다 따라서 上記 輸入 石油의 依存率도 原子力과의 競争 結果에 따라 減少될 可能性이 있는 것으로 豫測된다.

現 段階에서 明白한 事實은 互視의 觀點에서 原子力의 經濟性이 許容되는 限 우리나라 에너지 產業 構造에 原子力이 大幅的으로 採用 되어야 한다는 것이며 先進 外國에서의 原子力 發電의 急速한 價格低下 傾向은 그 可能性을 充分히 뒷받침 해주고 있다.

(2) 原子力 發電 計劃 展望

計算의 前提 및 原子力의 導入方式을 아래와 같이 推定 하였다.

最大電力需要 成長率을

1976~1980年	年平均 成長率	11.2%
1981~1985 "	年平均 成長率	9.6%
1986~1990 "	年平均 成長率	8.8%
1991~1995 "	年平均 成長率	7.0%
1996~2000 "	年平均 成長率	6.0%

로 하여 이 程度 安定段階에 들어가면 成長率이 漸減하는 것으로 하였으며 이를 充足하기 爲한 所要 系統 施設 容量은 豫備 約 10%를 勘案하여 最大電力 需要의 110%

로 決定 하였다.

新規 開發은 비단 成長 需要뿐만 아니라 老朽施設 廢鎖로 因하여 漸減될 發電力까지 網羅 하여야 하므로 原子力 導入量 推定은 아래와 같이 假定하여 計算하였다.

1975年 까지 約 300 Mwc

1976~1980	(需要增+廢止火力)×50%
1981~1985	(需要增+廢止火力)×55%
1986~1990	(需要增+廢止火力)×65%
1991~1995	(需要增+廢止火力)×85%
1996~2000	(需要增+廢止火力)×95%

이와같은 前提下에 2000年 까지의 電源構成을 展望하면 表 6과 같은바 原子力 發電 設備의 占有率은 1980年에 約 25%, 1990年에 約 35%, 그리고 2000年에는 約 71%로 展望 된다.

上記 原子力 設備의 占有率을 日本의 그것과(日本은 1980年에 16%, 1990年에 37%, 2000年에 66%) 比較하면 相當히 높은 率이다.

美國에 있어서는 이미 1966年에 發注된 發電所의 半이 原子力이던 段階에 達하고 있다.

原子力 發電 設備 容量 推移에 따른 에너지源 構成內譯은 表 7과 같다.

表 6. 電力需要와 原子力發電設備 推移

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
最大電力需要(MW)	1,431	2,606	4,450	7,050	10,700	14,900	20,000
施設容量(MW)	1,869	3,119	4,900	7,750	11,780	16,390	22,000
廢鎖容量(MW)	—	123	—	39	160	232	848
廢鎖容量累計(MW)	—	123	123	162	322	554	1,402
所要開發容量(MW)	1,100	1,373	1,781	2,889	4,190	4,842	6,458
原子力開發容量(MW)	—	300	900	1,500	2,700	4,100	6,100
在來式開發容量(MW)	1,100	1,073	881	1,389	1,490	742	358
原子力施設容量(MW)	—	300	1,200	2,700	5,400	9,500	15,600
原子力占有率(%)		9.6	24.5	34.8	46	58	71
(參考: 日本의 例(%))		(5.7)	(15.9)	(22.4)	(37.3)		(66.2)
原子力發電量(GWH)		2,100	8,450	19,000	38,000	66,800	110,000

註: 1966年 電力需要想定을 基準한 것이며 1967年 再想定結果는 上記 數値보다 上廻할 것이 豫想됨.

表 7. 에너지源別 構成內譯推定

(單位: 無煙炭換算 1,000)

年 內 譯	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2,000
石 炭 (%)	10,200 (43.6)	14,090 (44.2)	16,000 (34.2)	16,000 (26.5)	16,000 (19.4)	16,000 (14.2)	16,000 (10.5)	16,000 (7.8)
石 油 (%)	2,961 (12.7)	9,960 (31.3)	23,550 (50.3)	34,800 (57.8)	50,450 (61.4)	68,600 (61.0)	90,250 (59.4)	116,200 (56.7)
原子力 (%)	—	—	1,300 (2.8)	5,250 (8.7)	11,800 (14.3)	23,600 (21.0)	41,600 (27.4)	68,300 (33.3)

水力 (%)	480 (2.1)	720 (2.3)	1,430 (3.1)	2,250 (3.7)	3,050 (3.7)	3,700 (3.3)	4,150 (2.7)	4,500 (2.2)
其他 (%)	9,701 (41.6)	7,030 (22.2)	4,460 (9.6)	2,000 (3.3)	1,000 (1.2)	500 (0.5)	—	—
總計	23,342	31,800	46,740	60,300	82,300	112,400	152,000	205,000

(3) 原子力 發電 計劃과 核 燃料 所要量

轉換爐를 導入하는 境遇, 所要되는 總 核 燃料를 推算하 1975년까지는 輕水爐型을 導入하고 그後 부터는 新型 轉換爐를 導入하는 境遇, 所要되는 總 核 燃料를 推算하 1975년까지는 輕水爐型을 導入하고 그後 부터는 新型 轉換爐를 導入하는 境遇, 所要되는 總 核 燃料를 推算하

表 8-1. 核 燃料 所要量 試算(1986年 以分 新型轉換爐인 境遇)

年 度	1975	1980	1985	1990	1995	2000
輕 水 爐 設 備(MW)	300	1,200	2,700	2,700	2,700	2,700
新 型 轉 換 爐(MW)	—	—	—	2,700	6,800	12,900
U ₃ O ₈ 所 要 量 累 計 (Ton)	111	2,743	9,398	20,016	33,998	54,008

다음에 輕水爐를 繼續으로 2000年代까지 導入하는 發電體系를 假定하는 境遇, 核 燃料 所要量은 더욱 增加 되며 그 差異는 다음과 같다.

表 8-2 核 燃料 所要量 試算(輕水爐인 境遇)

	2000년까지의 累積 U ₃ O ₈ 量
輕水爐만 導入하는 境遇	86,468噸
1986년부터 新型轉換爐 導入하는 境遇	54,008噸

新型 轉換爐를 導入하는 境遇 核 燃料의 節減은 約 37% 以上 됨을 알수 있다. 高速 增殖爐의 開發 現況으로 미루어 보아 1980年代 後半期에는 韓國에서도 新規 原子力 事業은 高速度增殖爐에만 依存할 것일므로 1986年 부터는 高速 增殖爐만을 開發하는 것으로 보면 2000年 까지의 所要核 燃料 累計는 約 25,000噸을 超過하지 않을것으로 豫想된다.

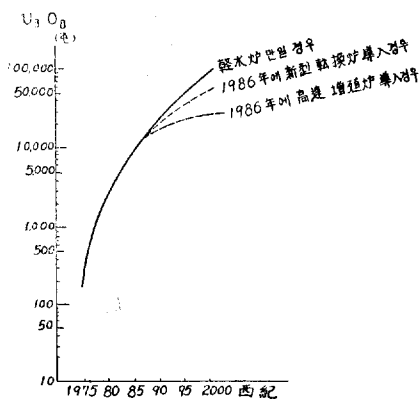


그림 1. 長期 우라늄 所要量 推算

이는 高速 增殖爐에서는 初期에는 濃縮 우라늄이 必要 하나 2000年代에 들어 가면서 부터 plutonium 生成量이 태를 거듭할수록 增殖되어 가기 때문이다.

(4) 核 燃料 問題

核 燃料 問題는 核 燃料 埋藏量과 價格問題로 나누어 考察할 수 있다.

a. 核 燃料 資源

1964年의 第三回 제네바 會議에서 發表된 바에 依하 던 低價格의 核 燃料의 世界的인 埋藏量은 天然우라늄約 60萬噸 程度라 한다. 이 60萬噸이란 數値는 萬一 이에 限定된다던 程 深刻한 問題를 惹起한다. 即 世界 各國이 모두 現在의 輕水爐型을 開發할 境遇를 生覺하면 60萬 噸이란 埋藏量은 겨우 앞으로 約 20年間의 總 所要量에 不過하기 때문이다.

그러나 1965年 美國 原子力委員會의 公式發表에 依하 던 美國內에서만 하더라도 價格 우라늄이 約 79萬噸 埋藏 되어 있다고 하며 캐나다에도 現 時點에서 可能한 追加 發見分을 合하면 50萬噸에 達한다고 한다. Australia, 南 阿, 其他 地域에서도 埋藏量에 關한 推定値는 增加 傾向 에 있다. 이것은 어디까지나 低價格 우라늄에 限 하였던 境遇의 이야기지만 價格이 上昇하면 低品位鑛의 開發이 可能하게 되어 어떤 意味에서는 價格上昇과 함께 大量으 로 늘어 나는것이 우라늄 資源의 特質이라 하여도 좋다. 그러나 現在의 方式에서는 燃料로서 大體로 低價格 或은 이에 準하는 우라늄에 限 하고 있다.

우라늄 關係者의 意見에 依하면 軍事需要가 旺盛한 時 期에는 各種의 獎勵政策도 있었지만 우라늄鑛이 續續 發 見되어 採掘되었다고 한다.

그後 우라늄 價格이 低下하여 收支 不均衡으로 閉鑛이 續出한 時期의 推定値가 前記한 60萬噸說이라 한다. 萬

一 政府가 다시 獎勵策을 取하고 稅金의 免稅(美國의 境遇 探掘權을 設定치 않음) 등의 政策을 取한다면 石油의 境遇와 마찬가지로 每年 埋藏量이 增加하여 갈 것이라든가 豫想할 수 있다.

最近 美國에서는 우리농業者 23社가 共同으로 約 2,500萬弗 豫算으로 探掘을 開始할 計劃을 樹立하였다고 報告되고 있다.

따라서 結論의 으로 어느程度 價格이 上昇하고 이에 따라 增產 獎勵策 등을 採擇한다면 우리농량은 充分히 世界需要를 充足할 수 있다고 생각하여도 좋을 것이다. 萬一 60萬噸說, 或은 이것에 近似한 量밖에 없다고 하면 原子力 發電의 意義 그 自體가 無意味한 것이다. 石油開發의 初期 段階의 事情과 同一하게 우리농鑛에 關한 資料는 不充分하다.

우리농 價格이 適正線에 達해서 世界的으로 續續 探掘된다면 그 埋藏量은 年年 增加할 것이 確實하다. 또한 最近 英國의 權威있는 發表에 依하면 海水中에는 約 40億噸의 우리농이 含有되어 있다고 하며 그 抽出費用은 pound當 高評價로 20弗 程度면 可能하다고 評價하고 있다. 한편 美國 原子力委員會에 依하면 pound當 20弗은 無理인 것 모르나 約 30弗이런 可能한 것으로 보고 있다. 이와같이 보면 우리농 埋藏量을 論議한다는 것은 그리 意義있는 것이 아니라 問題는 우리농 價格에 歸結된다.

核 燃料의 國內 調達 可能性은 先ず 資料의 有無와 原鑛으로 우리 燃料 要素까지 製造 할 수 있는 燃料 製造 設備 및 使用濟 燃料의 再 處理 設備의 保有 可能性에 關하여 檢討 되어야 한다. 國內 核 資源에 關하여는 아직 本格的 探掘 調査가 施行될바 없으며 1962年 까지의 地質調査所의 報告書에 依하면 托륨을 含有하고 있는 모나자이트鑛이 約 15萬噸 埋藏되어 있는 것으로 推定되고 있으나 그밖에 페그마타이트鑛 等 探掘價値가 없는 少量의 核 燃料가 埋藏되어 있는 것으로 推測되고 있다. 모나자이트鑛속에 含有되어 있는 托륨은 現在 開發途上에 있는 高速 增殖爐가 實用段階에 이르게 되면 重要한 役割을 하게 될지 모르나 우리나라 原子力 發電의 初期 段階에 必要한 우리농은 輸入에 依存하지 않을 수 없다.

b. 核 燃料 價格

核 燃料에 關한 또 하나의 題題는 價格問題이다. 核燃料의 價格이 上昇하여 燃料費가 上昇하면 發電原價가 높아짐으로 原子力發電은 魅力을 喪失케 된다. 假令 現在의 輕水爐로 發電하는 境遇 pound當 8弗의 U_3O_8 價格이 16弗로 激增되었다고 하고 80%의 負荷率로 計算하여 보면 Kwh當의 燃料費 增加는 0.5 Mill 程度에 不過한 것으로 이것은 單位機出力의 增大等에 依하여 充分히 補償되고도 남을 數值이다. 이 16\$/LB의 價格은 將來 實現될는지 確實치는 않지만 可能한 最高의 價格이라 想像된

다. 反對로 20年 經過한 後 이와같은 價格上昇이 出現될 可能性이 있다 하더라도 이때는 이미 高速 增殖爐나 新型 轉換爐가 實用化될 時代로서 核 燃料 埋藏量에 對해서나 價格에 關한 問題는 이미 解決된 時代라 생각된다.

따라서 當面 課題로서는 核 燃料을 長期的으로 安定하게 入手하는 方途를 講研함과 同時에 그것을 節約하고 有效하게 利用하는 方法을 研究하지 않으면 안된다.

c. 核 燃料의 確保

核 燃料의 確保를 爲해서는 다음과 같이 現在의 實情과 將來의 展望을 檢討 하지 않으면 안될 것이다.

(1) 우리나라 所要 核 燃料은 앞으로 相當 期間 輸入에 依存치 않을 수 없을 것이다.

(2) 核 燃料 輸入先으로서는 우리나라가 核燃料 製作 設備를 保有하지 않는 限 濃縮委託先은 英美 兩國을 생각할 수 있으나 美國에 거의 限定된 것이며 앞으로 開發 狀態에 따라서 地理的 條件이 有利한 日本도 考慮될 수 있을 것이다.

(3) 韓國이 將次 必要로 할 우리농 所要量은 石油처럼 無限定 增大 되는 것은 아니며 約 25,000噸에 限定될 것이다. (高速 增殖爐가 1980年代에 導入될 境遇)

(4) 世界 우리농 需要도 明確히 把握하지 않으면 안된다. 現實情으로 우리농 需要는 年年 大幅 改定되지 않으면 안될 實情인데 이에 對하여 世界 우리농 資源의 賦存 埋藏의 確認, 探掘量의 推定 調査가 不充分 하다. 이것은 해가 거듭됨에 따라 明白해 질 것으로 展望되고 있다.

(5) 美國에 있어서 軍事用 貯藏 우리농의 放出問題도 考慮하지 않으면 안된다.

(6) 將來 우리농 價格을 展望 하기가 大端히 困難하다. 다만 美國 原子力委員會가 1973年 6月末까지 U_3O_8 價格은 Pound當 8弗線을 維持할 것이라 言明하고 있다.

以上과 같은 前提條件을 念頭에 두고 생각하면 燃料에 關한限 지금 尙장 具體的 方針을 樹立한다는 것이 반드시 實明 하다고만 할 수 없으며 今後의 調査 研究에 依存해야 할 바 많은 것이다. 卽 核 燃料에 關해서는 아직 時間的 餘裕가 있으므로 今後 徹底히 調査 研究 하여야 할 것이다.

五. 結 論

1) 向後 10年間의 國內에너지 需要는 年平均 6.5%, 今世紀末에는 6.1%의 增加率을 보일 것인바 國內 에너지源의 缺乏으로 因하여 包藏水力(約 179萬 kW)을 全部開發하고 無煙炭 生産을 極大化(年產 1,600萬噸)한다 해도 1980年의 輸入에너지는 國內 總 에너지 需要의 約 66%를, 2,000년에는 約 90%를 占하게 되어 國內에너지 事

情은 全的으로 輸入에 依存치 않을수 없게 된다.

2) 輸入에너지의 大部分을 原油에만 依存하게 되는 境遇 輸送 및 貯藏에 必 필요한 莫大한 外貨負擔問題와 單一에너지 (例컨대 石油)만의 依存에 基因되는 供給上의 不安한 諸 要素를 考慮하면 原子力發電의 早期 導入이 妥當하다.

3) 原子力發電의 境遇 大容量일수록 同容量의 重油專燒式火力에 比하여 그 經濟性이 優秀하고 (640 Mwe의 美國 Oyster Creek 는 發電原價가 3.78 mills/KWH 로서 原子力發電의 轉換點을 이루었음) 年 平均 稼動率이 높으며 (輕水爐에서 90% 以上 可能), 安全한 點에서 (放射線障害에 依한 人命被害事故가 없었음) 韓國에서의 原子力專業은 그 展望이 매우 좋다.

4) 따라서 韓國 最初의 原子力發電所로서는 그 經濟性과 系統에의 並入 可能性을 考慮하여 300~400 Mwe 級 容量을 1975 年頃에 稼動함이 妥當하다.

5) 早速한 時日內에 종전의 原子力 關係法規를 整備하고 原子力發電所의 建設과 關聯되는 各種 法規를 制定하

여 原子力發電 導入의 基盤을 마련해야될 것이다. 이를 爲해 必要하다면 法律家 經濟學者, 技術者로 構成된 調査團을 設置해야 할 것이다.

6) 原子力發電 企劃과 發電所 運營을 爲한 要員들의 技術者養成을 爲하여 國內의 基礎課程과 海外的 專問教育 및 訓練이 要請된다.

7) 原子力發電所의 建設에 要하는 外資獲得을 爲한 妥當性調査(Feasibility Study)를 해야하며 이와 關聯하여 借款獲得을 爲한 交渉을 開始해야 될 것이다.

參 考 資 料

1. 原子動力爐의 開發について(青木均一著)
2. 綜合에너지 需給計劃(1966. 7. 30 商工部)
3. IAEA Seminar Course on Economic and Technical Aspects for Power Reactors (1966. 9. 5~14)
4. 오늘의 原子力(1966 年度 原子力院)
5. 原子力發電 (1966. 12 月 7 原子力院)

1967 年 4 月 11 日 接受