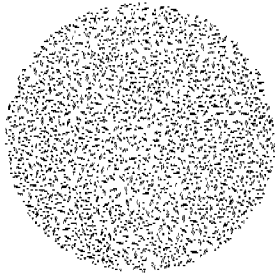


原子力發電技術 自立에의 길

Tips for the Self-Reliance in Nuclear Power Technology



金 相 演

韓國電力技術(株) 常任顧問

1. 序 論

에너지賦存資源이 不足한 우리나라는 石油 및 有煙炭 所要量의 全量을 輸入에 依存함으로써 總에너지의 海外依存度는 1983年 75%, 1991年 85%, 2001年 90%에 達할 것으로 展望된다. 特히 에너지 가운데 電力은 편리하고 清潔하며 利用效率이 높아 國民所得이 增加함에 따라 그 需要가 他에너지 보다 빠른 속도로 增加할 것이며, 總에너지中 電力의 比重은 1983年 9%, 1991年 12%, 2001年 16%에 이를 것으로 豫測되고 있다. 그러므로 低廉한 電力의 安定的인 供給이 國民生活水準 向上은 勿論, 輸出 依存도가 높은 國內産業의 生産原價를 節減하여 國際競爭力을 提高하기 위해서도 緊要하다 하겠다.

原子力發電은 發電原價中 燃料費가 차지하는 比率이 작아서 關聯技術만 確保한다면 準國産에너지라 할 수 있으며, 發電原價가 낮고 電力의 安定的인 供給이 가능하며 他産業에의 技術波及效果가 큰 點 等 많은 長點을 갖고 있다. 이와같은 必要성과 長點을 감안, 우리나라는 1978年 原子力1號機의 商業運轉開始 以來 原子力發電事業을 계속 추진하여 현재는 原子力發電所 4基가 運轉中에 있고 5基를 建設中이며 1996年 까지는 2基를 더 建設할 計劃에 있다.

그러나 原子力事業 推進實績에 比하여 關聯技術의 自立度는 滿足할만한 水準에 이르지 못하고 있는 實情에 있다. 따라서 脆弱分野에 한하여 外國業體의 도움을 받아 國內産業體가 主契約者로서 遂行할 原子力 11, 12號機 建設事業은 原子力技術 自立을 追求하고 있는 우리에게 더할 나위없이 좋은 機會를 제공하여 줄 것이며, 이를 充分히 活用하여 所期의 自立目標에 도달하기 위해 다시한번 우리의 現位置를 確認해 보고 앞으로의 技術自立方向에 대하여 생각해 보는 것도 뜻있는 일일 것이다.

2. 原子力技術自立의 必要性

가. 에너지 國産化

90萬kw級 加壓輕水爐型 原子力發電所의 경우 濃縮核燃料은 年間 25屯 程度가 所要된다. 따라서 原子力의 利用技術이 自立되어 있는 國家라면 資源貧

國이라 하더라도 이에 該當하는 우리나라精鑛 150 屯程度만 輸入하면 運轉이 可能하므로 95% 以上の國產化한 에너지로서 原子力을 利用한다고 볼 수 있다.

우리나라와 같이 에너지賦存資源이 不足한 프랑스나 日本 等은 國家的次元에서 原子力事業을 積極推進하고 關聯技術開發에 투자함으로써 原子力發電成功國家의 좋은 例가 되고 있다.

核燃料, 有煙炭 및 石油 等 發電燃料를 모두 輸入하고 있는 우리나라의 發電源別 發電原價는 表 1과 같으며, 이표에서 보는 바와 같이 發電原價中燃料費의 比重이 原子力의 경우 가장 낮고, '84 年度 實績으로는 약 12%에 不過하다. 다시 말하면 原子力發電所의 建設 運營에 필요한 機資材生産, 設計엔지니어링, 建設施工 및 運轉補修技術이 自立된다면 原子力發電의 國產化率을 極大化시킬 수 있다는 뜻이 된다. 더우기 現在 進行中인 核燃料成型加工이 國產化 되고 장치 變換技術까지도 自立하게 되면 더 높은 國產比率에 도달가능하므로 에너지의 國產化 側面에서도 原子力技術自立은 時急하다 하겠다.

〈표-1〉 發電源別 發電原價

(單位: 원/kWh)

區分	'84 實績			'85 計劃		
	固定費	燃料費	計	固定費	燃料費	計
原子力	26.09	3.56	29.65	27.43	4.15	31.58
有煙炭	15.09	16.86	31.95	16.49	19.88	36.37
重油	12.64	38.54	51.19	11.18	39.53	50.71

△參考資料: 原子力發電便覽 1985. 11 動力資源部

나. 技術波及 效果

原子力發電產業이 다른 플랜트產業과 根本的으로 다른점은 放射性物質을 다룬다는 점일 것이다. 核燃料를 使用함으로써 發生하는 放射性物質이 發電所從業員은 물론 隣近住民이나 周圍環境에 피해를 끼치지 않아야 되므로 電子力發電所는 엄격한 品質管理와 統制下에 設計, 建設, 運營되고 있다. 여기에는 耐震設計, 信賴性과 安全性確保, 品質保證, 自動化 및 遠隔化, 系統과 機器의 精密한 해석 및 設計製作 等의 技術을 필요로 한다. 이들 技術分野에는 各各 核工學, 電氣, 電子, 機械, 土木構造, 材料 및 統計學 等의 單位技術이 복합적으로 적용된

다. 原子力產業을 高度의 知識集約產業 또는 綜合技術產業이라고 칭하는 것도 이런 緣由에서이다. 그러므로 設計, 建設, 運營 및 廢止에 이르는 原子力發電所의 壽命期間동안에 필요한 技術의 自立을 통하여 國內產業의 高度化를 促進하고 나아가서는 정보통신, 로보트工學, 宇宙航空技術 等 最尖端 產業의 早期先進化도 도모할 수 있다.

다. 外貨節約

原子力發電所의 建設을 위하여는 막대한 初期投資費와 長期間의 工事期間이 所要된다. 例로서 90萬kw級 2基의 原子力發電所를 建設하기 위해서는 約 30億弗의 資金이 들 것으로 推定하고 있으며(표 2 參照), 첫 콘크리트 打設부터 商業運轉開始에 이르기까지만 해도 約 6年이라는 期間이 必要하다. 따라서 原子力發電所의 設計엔지니어링, 建設事業管理, 機資材生産, 補修 및 點檢, 廢止 等 各分野에 대한 國內技術이 自立되어있지 않은 狀態에서는 外國의 技術에 의존할 수 밖에 없으며 結果적으로 많은 外貨를 消費하게 된다. 또한 工事費를 節減하기 위한 工期短縮, 發電所의 利用率을 높여 發電原價를 낮추기 위한 補修期間과 核燃料交替期間의 短縮, 發電所의 不時停止減少 等을 期하기 위해서도 技術自立을 위한 꾸준한 努力이 있어야겠다.

〈표-2〉 原子力發電所 建設費 現況

區分 \ 號機	5·6	7·8	9·10
內資(10億圓)	917	1,207	1,597
外資(百萬弗)	1,139	1,156	1,178
計(10億圓) (百萬弗)	1,781 (2,378)	2,091 (2,703)	2,440 (3,413)

△參考資料: 原子力發電便覽, 1985. 11 動力資源部

3. 原子力發電技術現況 및 自立計劃

가. 技術現況

지금까지의 우리나라 原子力發電事業은 發注形態로 보아 크게 2世代로 區分지을 수 있다.

第1世代는 原子力發電所 建設經驗이 전혀 없고, 產業基盤이나 技術水準이 微弱한 狀況에서 一括發

注形式으로 建設한 60萬kw級으로서 웨스팅 하우스의 加壓輕水爐型인 原子力1, 2號機와 캐나다의 加壓重水爐型인 原子力3號機가 여기에 該當된다. 이들 發電所建設에 國內技術陣이 참여한 分野는 주로 認許可, 現場建設, 運轉 및 補修 등이었고, 國産化는 建設施工과 機資材設置 等 一部分에 국한됨으로써 機資材 國産化率은 原子力1號機 8%, 2號機 12.8%, 3號機 14% 程度에 不過하였다. 第1世代의 原子力發電所 建設經驗으로부터 韓電은 事業管理 및 技術傳受 等에 대한 事業主로서의 関여할 必要性을 인식하게 되었고 競爭의 入札方式을 摸索하게 되었는데 그 結果로 分割發注方式을 採擇한 第2世代의 原子力發電事業에 突入하게 되었다.

第2世代는 90萬kw級으로서 웨스팅하우스社의 加壓輕水爐型인 原子力9·10號機가 여기에 該當된다. 이들 發電所建設에 分割發注方式을 採擇함에 따라 비로소 國內技術陣이 設計 및 機資材製作分野에 參與하게 되었으며, 原子力9·10號機에 있어서는 國産化率이 機資材製作 40%, 設計엔지니어링 46%, 建設施工 99%에 도달하였다.

이상과 같이 原子力發電所9基를 導入하여 建設 또는 가동중인데 비하여 技術自立도가 相對적으로 낮은 이유는 國內産業基盤이 脆弱한 狀態에서 原子力事業을 始作한데다 外資에 依存한 建設方式, 發電所別 爐型 및 容量의 相異, 技術導入先의 多様함 (核蒸氣供給系統: 4個社, 터빈發電機: 4個社, 設計엔지니어링: 4個社), 多國籍 認許可基準의 適用 (美國, 프랑스, 캐나다 等) 이 機資材 製作經驗의 蓄積에 阻害要素로 作用하였고 技術人力의 分散을 초래한데 起因한 것이다.

나. 技術自立計劃

開發途上國에서의 技術自立은 一般的으로 先進國으로부터의 技術의 導入, 消化, 活用 및 改良의 段階를 거치고 있다.

原子力發電技術은 아직도 開發의 과정에 있으므로 技術情報, Know-How 等에 있어서 廣範圍한 國際的인 交流를 必要로 하여 선진국들 조차도 原子力事業을 進行하는 과정에서 外國의 技術과 엔지니어링을 導入하는 境遇가 흔히 있다. 더구나 開發途上國은 과학적, 기술적 能力을 保有한 國家들의 도움을 繼續的으로 필요로하므로 完全한 技術自立을

이룩한다는 것은 技術的으로나 經濟的으로 妥當하지 못하다. 따라서 우리의 境遇도 長期技術自立計劃을 樹立할 때 이러한 現實的인 制約을 慎重히 감안해야 할 것이다.

國內 原子力發電關聯 産業체들이 自體的으로 評價한 바에 따르면 現在의 原子力技術自立率은 機資材製作 60%, 設計엔지니어링 70%, 核蒸氣供給系統設計 45%, 建設損工 99%이며, 原子力13號機 부터는 原子力 11·12號機를 參照發電所로 한 標準化發電所로 建設한다는 前提下에 樹立한 關聯産業체들의 技術自立計劃에 의하면 1990年代 後半에 (15號機 基準) 機資材製作 90%, 設計엔지니어링 90%, 核蒸氣供給系統設計 85%, 核燃料成型加工 100%, 建設施工 100%로 되어 있다. 이 技術自立計劃은 經濟性이 있거나 戰略的으로 重要的인 機資材의 國産化, 設計엔지니어링技術의 自立과 安全性確保에 必要한 技術의 自立이라는 原則下에 現實的인 여건을 反映하여 樹立된 것으로 알고 있으나, 차질없이 目標에 도달하기 위해서는 앞으로 이 計劃은 계속 검토·보완되어야 할 것이다.

4. 原子力技術自立의 方向

우리나라의 原子力發電産業은 原子力發電의 經濟性提高와 安全性向上을 基本方向으로 해서 추진되어야 한다. 經濟性向上과 安全性確保는 長期的으로 技術自立의 바탕위에서만 可能的인 것이므로, 原子力技術自立을 早期에 達成하기 위해서는 國家的 次元에서의 支援은 勿論, 産業체 및 所屬員들의 技術自立을 成就하겠다는 強力한 의지와 협조가 있어야 할 것이다.

가. 自立体制의 鼎立

原子力發電産業은 綜合技術産業이므로 技術自立은 關聯産業의 均衡있는 發展에서 시작된다. 우리나라의 原子力産業은 產婆役인 韓國에너지研究所의 設立이래 아래와 같이 韓國電力技術(株), 韓國重工業(株) 等 많은 會社가 創立되어 事業主인 韓電을 主軸으로 役割을 分擔하여 推進되고 있다.

○韓國電力(公): 事業管理

○韓國에너지(研): 研究開發(NSSS와 核燃料設計包含)

- 韓國重工業(株) : 機資材製作
- 韓國電力技術(株) : 設計엔지니어링
- 韓國核燃料(株) : 核燃料生産 및 放射性廢棄物의 處理
- 韓國電力補修(株) : 發電所補修 및 豫防點檢

이들 産業체는 原子力技術自立이라는 共同目標 아래 機關間的 基本的인 業務分擔體制을 갖추었다고 하겠으나 原子力産業은 內容이 광범위하고 高度의 技術이 요구되며, 技術分野 및 연계부분이 많기 때문에 相互理解와 협조없이는 適期的 事業遂行과 早期의 技術蓄積이 어렵게 되어 있다. 따라서 '84年度에 設置하여 現在 運營해오고 있는 電力그룹協力會는 그룹社間 理解와 協助는 물론 原子力發電産業全般에 보한 意見收斂의 場으로서 向後 더욱 活性化되어야 할 것이며, 이를 통하여 技術自立의 體制도 補完整備되어야 할 것이다.

나. 技術自立計劃의 具體化

原子力 11·12號機부터는 國內會社를 主契約者로 하되 國內에서 遂行不可能한 分野에 限해서 技術移轉條件을 최대한 反映하여 外國會社에 하청을 주는 方式으로 추진하고 있다. 그러나 總量的인 技術移轉이란 現實으로 있을 수 없는 것이므로 技術能力을 提高하기 위해 同事業을 最大한 活用하기 위해서는 收容者 自身의 力量을 체계적으로 分析하고 傳授할 技術을 세분화하여 技術研修, 事業參與, 技術資料 및 電算코드移轉 等の 적합한 傳授方法과 時期를 賦與하는 作業이 先行되어야 한다. 한편으로는 技術自立度를 計數化하는 것이 어려운 일이긴 하나 自体評價시스템을 構築하여 週期的으로 평가함으로써 次號機事業을 통해서 傳授해야 할 技術分野의 導出 等 技術自立計劃을 계속적으로 發展시켜 나가야 할 것이다.

다. 標準原子力發電所의 建設

우리나라의 原子力發電所 建設 및 運營實績에 비하여 技術自立도가 比較的 낮은 이유는 産業基盤이 脆弱한데다 相異한 爐型 및 容量과 多樣한 技術導入先에 起因한다고 앞에서 言及한 바 있다. 따라서 이를 改善하기 위해서는 標準化的 導入이 必然的이며 現在 長期推進計劃을 수립하여 原電標準化 事業을 遂行中이고 原子力 13號機부터는 標準發電所로

建設할 計劃이다. 原電標準化的 根本趣旨는 標準設計를 利用하여 後續機를 建設함으로써 適用基準 및 規格의 劃一化, 主要機器의 單一化, 建設 및 運轉節次的 標準化 等に 있으며, 그 目的은 主로 原子力發電의 經濟性提高에 두고 있다.

그러나 우리나라와 같은 開發途上國에 있어서는 標準化를 통하여 同一한 設計, 製作, 運營技術을 反復的으로 取扱할 수 있어, 經濟性提高는 물론 短期間內에 國內技術의 自立基盤을 構築하기 위한 手段으로서도 活用이 可能하므로 原電標準化는 반드시 成就되어야 할 凡國家的 課題라 하겠다.

라. 技術資料의 電算化 및 共用化

原子力技術의 自立이란 發電所의 設計製作, 建設施工 및 運營을 自力으로 行할 수 있는 狀態를 뜻하며 넓은 意味로는 關聯技術의 基礎研究로부터 設計 및 製作技術을 改良, 다음 發電所에 Feed Back 시킴으로써 더 나은 性能의 發電所를 建設할 수 있는 能力을 保有하는 것이라 할 것이다.

우리는 原子力發電事業을 推進하여 오는동안 貴重한 資料와 經驗을 많이 蓄積한 것은 事實이나 体系的인 分析과 整理가 미흡하여 이를 충분히 活用하지 못하고 있는 實情이다. 原子力發電所의 資料는 設計圖面, 計算書, 機資材 및 建設仕樣書等 基本資料 以外에 建設時 發生한 設計나 機資材上의 問題點 및 改善內容, 運轉時 事件事故의 原因 및 結果, 補修時 余裕空間이나 通路의 問題點 等 그 量이 너무나 龐大하여 사람의 記憶에 의존하여 管理하는에는 限界가 있다.

따라서 어느 産業체에서든 必要時 언제라도 檢索하여 資料를 使用할 수 있도록 컴퓨터를 利用한 Data Base 構築이 時急하다 하겠으며 여기에는 技術情報까지도 포함함으로써 關聯産業체의 重複投資를 防止하여 名實相符한 Data Pool로서 活用할 수 있도록 推進해야 할 것이다.

마. 海外協力強化

原子力技術은 向後 發展의 余地가 많고 특히 人間工學을 응용한 制禦室의 改良, 除塩技術, 로봇의 擴大利用 放射性廢棄物의 處理處分, 資料의 데이터 베이스化, 發電所 壽命期間의 延長 및 廢止分野 等に 있어서는 先進國들에 의하여 活潑하게 研

究開發되고 있는 바, 이러한 海外技術動向을 계속 파악하고 關聯海外機關과의 技術協力を 점차 확대시켜 나가야 할 것이다.

다른 한편으로는 지난 5月 서울에서 開催된 PB NC에서의 合意에 따라 最近 發足된 太平洋 沿岸原子力協力委員會와 같은 協力体制에 적극 참여하여 技術을 共同活用함으로써 地域的인 協力を 강조해 나가는 것도 필요하다 하겠다.

5. 結 論

값싼 電力의 安定的인 供給을 위하여 政府에서는 原子力發電을 擴大推進하고 있으며 關聯技術의 自立化도 並行하여 推進하고 있다. 에너지 資源貧國인 우리나라의 에너지國產化側面과 國民의 관심사인 外債節減 및 技術의 波及效果를 위하고 高度産業社會를 指向하는 國家的 目標을 達成하기 위해서도 原子力技術의 自立은 필히 이루어야 할 것이다.

우리의 原子力發電技術自立도는 그 事業의 推進實績에 비하여 低調한 편이며 그의 根本原因은 一般産業基盤이 脆弱하고 技術人力이 부족한 상태에서 出發한데다 爐型 및 容量이 相異하고 技術導入先이 多様하였음을 들 수 있다.

現在 우리나라의 原子力發電産業은 電力그룹協力

會 會員機關과 建設施工業체에 의하여 그 役割이 分擔되어 的목적인 技術自立計劃이 樹立 推進되고 있다.

그런데 上記 技術自立計劃을 順調롭게 達成하기 위해서는

첫째, 産業體間 相互理解와 協助의 增進

둘째, 技術自立計劃의 細部實踐計劃樹立 및 自体評價시스템構築을 통한 계속적인 補完

셋째, 技術人力의 集中 및 反復生産体制 確立을 위한 原電標準化事業의 積極推進

넷째, 우리의 貴重한 原子力發電事業 技術經驗資料를 電算化하여 共同活用體系를 構築

다섯째, 先進國의 原子力技術開發動向의 追跡 및 海外協力の 強化 등이 필요할 것으로 생각한다.

原子力 11·12號機의 設計 및 主機器의 海外下請 業體選定을 위한 입찰안내서가 지난 11月初에 發給됨에 따라 國內原子力産業界는 새로운 技術跳躍의 契機를 맞이하게 되었다. 昨今 世界의 原子力發電産業이 매우 低調한 狀況下에서 原子力11·12號機의 建設은 經濟性 및 技術傳授面에서 우리나라가 매우 有利한 立場에 서게됨을 고려하여 이 機會를 통하여 原子力技術自立을 最大한 이룩하도록 關聯産業體가 渾然一體가 되어 所期의 成果를 거둘 수 있도록 힘써야 할 것이다. *

● 一月一訓 ● 『論語』에서

顏淵問仁한데 子曰 克己復禮爲仁이니 一日克己復禮면 天下歸仁焉하나니 爲仁由己니 而由人乎
안연문인 자왈 극기복예위인 일일극기복예 천하귀인언 위인유기 이유인호

哉아 顏淵曰 請問其目하노이다. 子曰 非禮勿視하며 非禮勿聽하며 非禮勿言하며 非禮勿動이니라
재 안연왈 정문기록 자왈 비예물시 비예물청 비예물언 비예물동

顏淵曰 回雖不敏이나 請事斯語矣하리이다.
안연왈 회수불민 정사사어의

克己：勝(克) 己：私欲 動：行動함

請事斯語矣：그말을 지키고 싶다는 뜻

풀이... 顏淵이 仁을 물었다. 孔子 「자기를 극복하여 禮를 행함이 仁이다. 단 하루 스스로를 이겨서 예를 행하면 天下가 仁으로 돌아갈 것이다. 仁은 자기에게 依存함이요 남으로 말미암이(의존) 아니다 「안연」이 細目을 물자 孔子曰 예가 아니면 보지말며 聽가 아니면 듣지말며 禮가 아니면 말하지 말며 예가 아니면 行動하지 말라. 顏淵 제가 비록 불민 하나나 이 말씀을 받들어 任務로 삼겠나이다.