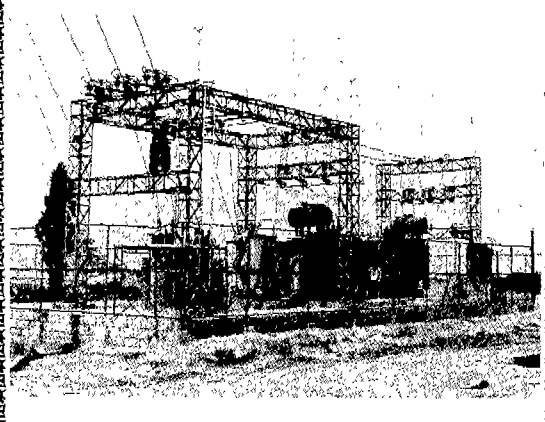
電源設備 大單位化의 傾向

The Trend of Growing Unit Size in the Generating Equipment



李 淳 秉

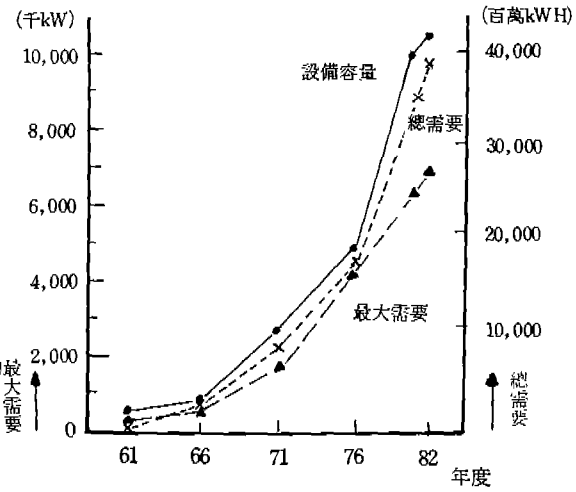
韓電 電源計劃部電源計劃課長

1. 머릿말

우리나라의 發電設備는 過去 國家經濟와 電力需要의 高度成長으로 急激히 增加하여 왔으며(그림1), 이에 相應하여 發電設備는 設備別 種類의 多元化와 함께 技術開發에 따른 單位機容量의 增加를 가져왔는데, 이는 蒸氣條件의 高溫 高壓化, 機器材質의 改善 및 運轉의 自動化등 技術的인 面에서 크게 進步, 發達한데서 起因하였다.

한편, 우리나라는 夏季 冷房需要의 實現과 Peak 料金制度에 따른 電力需要의 平準化로 높은 負荷率을 나타내고 있어, 그 어느 때 보다도 발전설비의 높은 信賴度를 要求하고 있으며, 現在와 같이 에너지資源이 國家經濟를 左右하는 國際與件下에서 에너지資源의 大部分을 輸入에 依存하는 우리나라로서는 앞으로 발전설비의 利用效率化 問題는 勿論, 單位機容量의 增加와 더불어, 單一地點에 多數基 建設에 따른 大規模 施設, 大容量化로 投資의 效率化와 限定된 國土의 效率的인 活用이 함께 檢討되어야 할 것이다.

〈그림- 1〉 電力需要 및 設備容量 推移



設備容量 \ 年度	61	66	71	76	82
水 力	143	215	341	711	1,202
火 力	224	554	2,287	4,099	7,836
原子力	—	—	—	—	1,266
計	367	769	2,628	4,810	10,304

2. 우리나라 發電設備 推移

經濟的인 水力地點이 적은 우리나라에서는 建設期間이 짧고, 建設費가 低廉한 火力發電所가 重點的으로 建設되어 왔다. 61年 3社 統合 以來 現在 '82年末까지의 火力設備의 增加는 年平均 18%나된다.

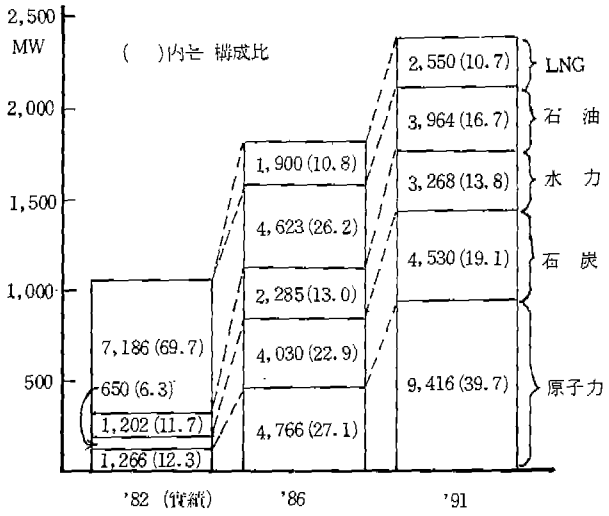
發電機器에 있어서도 當時 最新設備로서 '56年度에 竣工된 서울火力#3에 高溫 高壓機器(蒸氣壓力 63kg/㎠, 蒸氣溫度 482°C)가 採用된 것을 契機로 急速하게 進步되어, 그 後의 蒸氣壓力은 92kg/㎠, 134kg/㎠ 180kg/㎠으로까지 上昇되었고, 이에따라 蒸氣溫度도 515℃, 540℃, 571℃등으로 繼續 上昇하였으며,이미 美國, 日本등의先進國에서는 超臨界壓力을 採用함으로써, 160kg/㎠級 亞臨界壓에서는 限界로되는 熱效率을 向上시킬 수 있게 되었다.

이와 같은 蒸氣의 高溫 高壓化에 따라 單位機의 大容量化가 進行되어 25MW가 最大 機이었던 것이 '82年 末 現在 火力設備로서는 400MW, 原子力으로는 679MW級에 이르게 되었고(그림2), 火力設備의 大容量化, 高效率化로의 移動에 따라 熱效率, 建設單價등에서 顯著하게 改善되어, '61年度의 熱效率 22.64%가 '82年末 現在는 36.73%로 上昇하게 되었다.

한편, 最近에 建設되는 火力設備는, 單位機 容量의 增大, 蒸氣條件의 현저한 向上, 負荷 供給範圍의 多樣化에 따라, 尖頭, 中間, 基底負荷를 擔當하는 設備로 細分됨에 따라, 한층 複雜해져, 高度의 運轉技術이 要求되므로 漸次 電子計算機가 採用되었고, 이는 運轉員의 勤務條件改善 및 運轉信賴度의 向上에도 寄與하게 되었다.

過去 우리나라는 經濟性이 優秀하고 다루기 쉬운 重油專燒發電所를 中心으로, 60年代末부터 發電所 建設이 推進되어 왔었으나, 2次에 걸친 石油價格의 暴騰과 長期的인 石油資源 確保의 不確實性을 勘案하여 電源開發의 方向을 有煙炭과 原子力에 重點을 두어 開發하고 있으며, 現在 運轉中인 石油火力의 一部도 LNG 및 有煙炭으로 燃料를 代替하여 脫石油轉換을 推進하고 있다(그림3).

〈그림－3〉 年度別 發電設備



3. 電源設備의 大容量化에 따른 問題點과 展望

가. 技術開發現況과 大容量化 趨勢

單位機의 大容量化가 可能케 된 것은, 터어빈에 있어서는

1) 耐熱 金屬材料의 開發로 蒸氣條件의 向上.

2) 高溫 高壓蒸氣에 關한 蒸氣性質의 解明으로 高效率 熱段落 設計 可能.

3) 터어빈 最終端 날개의 改善.

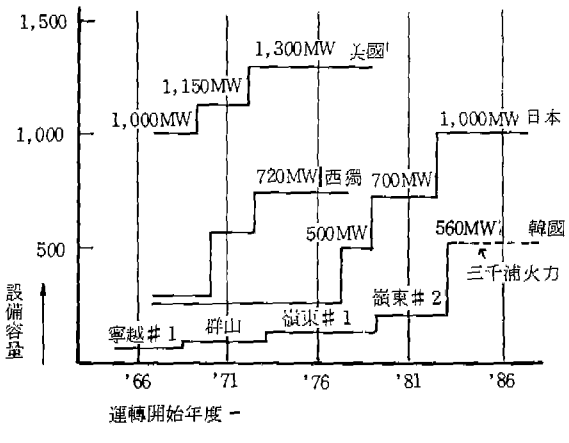
4) 베어링의 大口徑化

5) 電子式 油壓 Governor의 出現 등이며

發電機에 있어서는

1) 耐Heat cycle性이 높은 磁界 Coil과 固定子

MW 〈그림－2〉 單位機 容量推移(石炭火力)



註 : 日本, 西獨은 發注年度

Coil의 絶緣.

2) 靭性이 높은 Rotor素材의 開發.

3) Slot內 Coil振動 防止.

4) Coil溫度上昇의 減少 등의 開發에 起因한다.

이와 같은 設計, 製作技術의 向上 및 運轉技術의 向上은 大容量의 發電所 建設을 可能하게 하여, 이미 美國은 '69年, '72年에 各各 單位機容量 1,150 MW, 1,300MW級의 石炭火力을 建設하였고, 日本에서는 '74年 1,000MW級의 石油火力을, '79年 1,175MW級의 原子力 發電所를 建設하였으며, '87年 竣工을 目標로 1,000MW級 石炭火力을 建設中에 있다.

한편, 우리나라는 '78年, '82年에 各各 587MW, 679MW級 原子力發電所(古里#1, 月城)을 竣工하였고, 今年內로 560MW級 石炭火力(三千浦火力)및 650MW級 原子力(古里#2)을 竣工시킬 豫定이다.

또한, 現在 950MW級의 原子力 6基가 建設中에 있으며, 앞으로는 900MW, 1,200MW級의 原子力과 500MW, 900MW級의 石炭火力을 標準 單位機容量으로 하여 建設해 나아 갈 方針이다.

나. 大氣 環境保全 問題

發電所는 일찍부터 環境保全對策에 積極的으로 힘써 왔지만, 設備規模의 大容量化는 必然的으로 大量의 公害物質 排出에 따라 被害 規模가 커질 것이므로, 앞으로는 한층 더 努力, 改善이 要求되고 있다.

60年代 初부터 産業이 高度 成長함에 따라 大氣汚染이 社會問題로 되어, 3大 汚染物質 (SOx, NOx, 粉塵)의 하나인 硫黃酸化物(SOx) 濃度가 커다란 關心事가 되고 있다. 이의 對應策으로는 硫黃分이 적은 燃料를 使用하던가 燃燒 後의 排가스 中에 含有되어 있는 硫黃酸化物을 別途로 除去하는 2가지 方案이 있는데 具体的으로 어떤 方法을 選擇할 것인가는 汚染物質의 低減程度, 經濟性과 運用上의 問題點, 機器에 미치는 影響등을 檢討함으로써 決定되고 있다.

또한, 燃燒에 隨伴하여 亞黃酸가스 以外에도 窒素酸化物이 生成되는데, 現在까지 우리나라에서는 큰 問題가 되지 않았으나, 大容量 發電所가 稼動될 경우 相當한 問題가 豫想된다. 이에 대한 對策으로는 2段燃燒나 排가스 混合燃燒와 같은 燃燒裝置 改善에 依한 低減方案이 予先的으로 檢討되고 있다. 窒質素酸化物을 除去하는 技術로서는 여러가지가 있으나, 암모니아를 適當한 触媒下에 反應시켜 無害한 N_2로 分解하는 選擇的인 触媒 環元法이 外國의 경우 實用段階에 있으므로 이에 대한 檢討도 할 豫定이다.

가스形態 以外에 粒子形態의 物質로는 粉塵, 煤煙등이 있으나 高性能 電氣集塵機를 設置하여 粉塵과 有害가스를 同時에 處理할 수 있는 方案도 檢討되어야 할 것이다.

이 外에, 騷音이나 振動에 대하여는, 建物 또는 機器 配置上의 配慮, 低騷音機器의 採用등으로 對處해 나아 갈 수 있지만, 最近에 特히 問題로 되고 있는 것이 火力, 原子力發電所에 있어서의 冷却水의 取·放水에 의한 影響問題이다. 즉, 取水時의 魚卵稚魚, 프랑크톤등의 取入에 의한 魚·貝類등 바다生物에의 影響, 溫排水의 漁業에 對한 영향이 地域住民에게 不安感을 주는 바, 이의 對策으로서 取·放水口의 位置選擇, Curtain Wall등의 對策을 講究하는 등, 앞으로 地域住民의 不安을 解消함에 한층 더 努力하는 한편, 溫排水를 魚·貝類養殖, 農業에의 利用등 有用하게 使用하는 方法이 考慮되어야 한다.

다. 國産化 展望

한편, 發電設備 國産化 目標를 살펴보면, 500MW級 火力發電의 境遇 '83年 65%에서 '86年에는 90%를 目標로 하고 있으며, 900MW級의 加壓輕水爐는 '83年 50%에서 86年 70%程度를 目標로 하고있다.

이 중 터빈·發電機部門의 경우, 500MW(火力發電)은 '86年 80%를 目標로 하는 한편, 900MW級(原子力發電)은 50%程度를 目標로 定하고 있는바 이러한 趨勢로 發電設備의 國産化가 推進될 경우 90年代 初半에는 500MW級은 勿論 大容量設備의國産化率도 거의 100% 水準에 이르게 될 것으로 展望된다.

그러나, 現在 우리나라의 發電設備 製作은 韓國重工業(KHIC) 單一業体로 되어 있으며, 補助機器의 一部만이 專門系列化되어 있는 實情이므로 發電所의 國産化率 增加는 韓國重工業의 能力如何에 따라 決定된다고 볼 수 있어, 韓國重工業의 正常化

稼動이 發電設備 大容量化의 時期를 決定하는 重要 要素가 될 것이다. 이를 위해서는 끊임없는 努力으로 關聯技術을 蓄積해 나아가야할 것이며 高級 技術人力을 繼續確保하여 大容量化에 對備한 設計, 製作, 建設 및 運轉 등에 關하여 受容態勢를 갖추어야 할 것이다.

라. 大容量化에 따른 經濟性

發電所의 建設費는 單位機容量 增加에 따라 減少되며, 單一基地 內에 多數基를 建設함으로써 더욱 더 投資費를 減少시킬 수 있다.

여기에 單位機容量 增加에 따른 建設費減少를 數式으로 表現하면

$$\frac{\text{A基의 建設費}}{\text{B基의 建設費}} = \left(\frac{\text{A基의 容量}}{\text{B基의容量}}\right)^{P} \cdots\cdots (1)$$

이라고 할 수 있다.

美國 Westing House의 報告書(77年 8 月號, Power Engineering 誌에 揭載)에 의하면, 60年代末 까지는 單位機容量이 2 倍로 增加하면 建設費는 50%만이 增加하였다. 이것을 式(1)을 應用하여 比例指數(P)를 算出하면

$$1.5 = 2^{P} \cdots\cdots (2)$$

이므로 P≒0.6이 된다. 따라서,

$$\frac{\text{A基의 建設費}}{\text{B基의 建設費}} = \left(\frac{\text{A基의容量}}{\text{B基의容量}}\right)^{ab} \cdots\cdots (3)$$

이 되므로 이를 "Six-Tenth Law"라 한다.

그러나, '70年代에 들어와서는 大容量化에 따른 建設期間의 長期化(30個月에서 8～10年)로 因한 建設利子의 增加 인플레增加등으로 比例指數(P)는 0.6～1.0으로 되고 있다.

따라서 比例指數(P)는 建設費를 要素別(直接費, 間接費, 技術監理 및 運營費, 物價上昇, 建設利子 등)로 區分하여 各個의 比例指數(P)를 加重平均함으로써 算出되어야 하며, 이를 數式으로 表示하면

$$P = \Sigma M_i P_i \cdots\cdots (4)$$

P : 綜合 比例指數

P_i : 要素別

M_i : 要素別 費用의 構成費

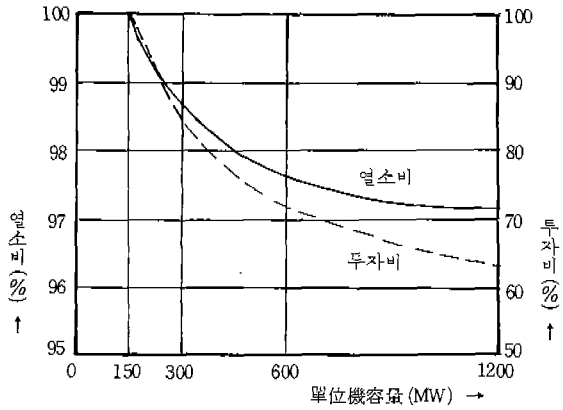
로 된다.

우리나라 石油火力의 경우, 比例指數(P)는 0.75로 推定하고 있다.

또한, '78年 西獨의 FICHTNER 社가 平澤火力#3.4(當時 牙山火力)의 妥當性 檢討 時 發電所容量과 投資費의 關係를 **그림 4** 와 같이 提示하였는바, 이는 "Six-Tenth Law"를 應用하여 算出한 投資費와 매우 비슷한 結果를 보여 주고 있다.

한편, 設備의 大容量化는 建設費의 節減(Scale merit)및 熱效率 向上, 運營費 節減등 利點이 있는 反面, 單位機의 大容量化로 設備의 構成要素가 增加되고 部品의 부피가 커짐에 따라 信賴度가 低下될 可能性을 가지고 있고, 또 電力系統 內에서 이들의 運用이 從來보다 過酷하게 되어 그 使用限界까지 運用하게 됨으로써 事故停止率이 增加하여 必要 豫備 電力 增加에 따른 投資費의 負擔이 增加하게 될 수도 있다.

〈그림－4〉 單位機容量增加에 따른 投資費와 熱消費變化推移(油專燒火力)



註 : 西獨 FICHTNER 社 資料

마. 適正 單位機容量의 選擇

이와 같이, 單位機容量을 增加시키면 建設單價를 낮출 수 있고, 運轉效率의 向上을 꾀할 수 있으나 設備의 信賴度 低下, 系統電壓 및 周波數 維持등의 어려움이 豫想되므로, 系統特性에 符合되면서 總經費가 最少로 되는 適正 容量을 選擇하여야 한다.

이 外에도 國產化와 關聯된 國內 製作能力, 發電所 建設經驗 및 運轉補修能力, 發電所 標準化와 將來 技術開發 推移등을 複合的으로 檢討하여 決定하여야 하며, 現在 이러한 여러가지 要素를 綜合的으로 考慮하여 將來의 設備擴充을 위한 標準 單位機容量으로 石炭火力은 500MW와 900MW級을, 原子力은 900MW와 1,200MW級을 適正 單位機容量으로 選定하여 系統設備 規模의 增加에 따라 選擇

할 豫定이다.

4. 맺는 말

이제까지의 電源開發은 供給力 不足 對策을 目的으로 適正 供給 豫備力의 確保에만 力點을 두어 왔다고 할 수 있다. 그러나 現在 우리나라는 에너지의 安定確保, 電源立地의 減少, 公害 問題 등을 안고 있어, 電源開發 方案에 대한 새로운 轉換期에 와 있다.

따라서, 앞으로는 大容量의 原子力과 石炭火力의 建設이 要求되고 있는바, 이들 設備에 對한 重點課題로서, 石炭火力에 對해서는

가) 排煙處理 技術確立을 위한 石炭의 Clean 에너지化로 環境保全의 向上과 熱效率 向上 圖謀.

나) 揚·運炭設備의 改善, 炭塵의 飛散防止, 大形의 港灣施設등 燃料貯藏 및 Handling技術의 開發.

다) 負荷 追從性을 向上시키기 위한 燃燒系統의 制御向上과 自動化를 推進하여야 하며

原子力發電에 對하여는

가) 安全性 및 信賴性 確保를 위한 對策强化

나) 設備檢查体制의 充實化 및 熱效率 向上 圖謀

다) 環境對策의 强化

라) 原子力의 安全性 必要性등에 關한 弘報活動으로 地域住民의 不安感 解消. 등에 積極 努力하여야 할 것이다.

*

故事와 現代經營 ⑱

一 衣 帶 水

漢文의 故事나 成語는 意味上 대체로 2字씩 잘라 읽는 것이 보통이다. 例를 들면 「刻求·舟劍」 「緣木·求魚」「刮目·相對」「四面·楚歌」等 모두가 2+2 形態이다.

그런데 여기 나오는 一衣帶水의 경우는 그렇지가 않다. 그 뜻으로 볼때 「一衣 帶水」가 아니고 「一·衣帶·水」로서 1+2+1로 읽어야 옳을 것이다.

그 뜻은 한가닥 (一) 옷띠와 같은(衣帶)개울(水二川)이라는 말로 간격이 좁고 격의가 없다는 말이다.

요즘 新聞紙上에 「韓國과 日本은 一衣帶水와 같다」든지 同業者間에 「一衣帶水의 사이」라든지 격의없는 사이를 表現할때 「一衣帶水之間」이라고 많이 쓰고 있다.

〔原典〕 陳書 : 陳後主荒淫, 隋文帝曰 豈可限一衣帶水 不拯之乎 乃代陳

〔解說〕 中國의 6世紀 南北朝時代에 北은 隋나라가 통치하고 南은 陳나라 땅이었다. 陳나라 백성들은 酒色에 빠져 있는 王에 의해 도탄에 빠져 고통스러운 생활을 하게 되었다. 이에 隋의 文帝는 "나는 百姓의 父母로서 어찌 一衣帶水의 限界로 이들을 구하지 않을 수 있겠는가"하고 陳을 정복하고 天下統一을 이룩하였다.

〔考察〕 故事에서 보는 南北朝의 경계는 본래 揚子江을 말하는 것이다. 揚子江이라고 하면 결코 한줄기 옷끈과 같은 작은 개울은 아니다.

여기서 뜻하는 것은 이와같이 거대한 장애물을 一衣帶水와 같은 작은 것으로 보고 이것을 극복해 나가려는 의지가 담겨져 있음을 象徵的으로 알아둘 필요가 있다.

우리가 企業을 經營함에 있어 對外國關係 對官關係 同業者間 또는 對內的으로 많은 장애물이 있고 이것을 숙명적으로 극복하지 않고서는 그 企業의 성공을 바랄수는 없다. 그러므로 이와같은 장애를 一衣帶水로 간파하고 이것을 넘어서 나간다는 의지가 오늘을 영위하는 現代經營에서 필요한 신념이라고 할 것이다.

(H. C. S)