

原子力5·6號機 試運轉 現況과 經驗



尹 炳 久

〈韓國電力公社 古里 第2發電所 建設所長〉

1. 序 論

原子力5·6號機 建設方式이 韓電主導型 事業體制로 轉換됨에 따라 試運轉行政 및 試驗業務도 先行發電所의 試運轉遂行 境遇와는 달리 試運轉試驗計劃의 樹立, 각종 試驗 즉 建設引受 試驗, 系統洗淨, 系統別 機能試驗 및 試運轉試驗 등 試運轉 全般에 걸친 業務運營이 韓電主導로 이루어졌다.

原電5·6號機 試運轉業務는 1982年 7月 試運轉 部署(2個部署)를 現場에 發足시켜 系統熟知 및 試運轉 準備業務를 담당하게 하였고 同年 12月에 試運轉班(5個部署)으로 組織 規模를 擴大, 補強하였으며 1984年 7月 第2發電所(8個部署)를 發足, 本格的인 試驗業務基盤을 마련하였다.

그동안 약 48個月間의 試運轉 試驗期間을 거치면서 主要工程段階別로 各種 試運轉試驗을 성공리에 마치고 5號機는 1985年 9月30日, 6號機는 1986年 4月29日에 竣工, 商業運轉中에 있다.

2. 試運轉 概要 및 推進日程

가. 試運轉 概要

發電所建設事業은 推進過程으로 볼 때 發電

設備의 基本設計, 관련 機資材의 購買, 施工 및 設置過程을 거쳐 試運轉段階에서 그 性能이 立證되고 商業運轉에 突入함으로써 事業이 마무리 되는 것은 電力事業의 從事者나 關心있는 一般人에게도 理解되는 建設事業의 一般概念이라 할 수 있겠다.

그 중에서 原子力發電所의 試運轉은 設備나 系統의 設置, 施工이 設計圖面에 따라 절적하게 遂行되었는지 여부와 設計仕樣이 要求하는 諸般 機能이 正常的으로 發揮되는지 여부를 承認된 試驗節次書대로 點檢試驗하여 發電設備나 機器의 信賴度를 確認하는 것이라 하겠다.

이 밖에도 發電所 事故時 放射線被害로부터 公衆을 保護하는 安全性 確認이 試運轉 試驗過程의 特記事項으로 들 수 있다.

따라서 試運轉 試驗過程을 거치는 동안 機器나 系統의 設計機能을 保證하여 缺陷이나 事故로 因한發電所停止나 補修를 最小化함으로써 原電의 安全性 向上과 利用率 向上을 提高할 수 있었다.

現場檢査와 試驗으로 機器의 設計上性能을 技術的으로 確認點檢한다는 視點에서 試運轉試驗은 原電의 品質保證과 安全性 信賴度를 確認하는 중요한 綜合試驗 段階라 할 수 있다.

나. 主要推進日程

區分 內 容	原子力5號機	原子力6號機
1. 電源供給設備 初期加壓	83. 1. 20	84. 1. 22
2. 物生産工場 稼働 시작	83. 5. 3	83. 5. 3
3. 보조보일러 初期點火	83. 7. 15	83. 7. 15
4. 蒸氣發生器 2次側水壓試驗	83. 11. 16~11. 19	84. 12. 16~12. 18
5. 原子爐冷卻材系統 水壓試驗	84. 2. 29~3. 5	84. 11. 30~12. 3
6. 격납용기 종합누설물 試驗	84. 5. 16~5. 21	85. 2. 10~2. 17
7. 터빈 起動試驗	84. 7. 29~7. 30	85. 4. 4~4. 7
8. 高溫機能試驗	84. 6. 14~8. 5	85. 3. 16~4. 22
9. 運營許可取得	84. 9. 29	85. 8. 7
10. 初期 核燃料 裝填	84. 9. 30~10. 4	85. 8. 13~8. 17
11. 初臨界 到達	85. 1. 1	85. 10. 26
12. 零出力 爐物理試驗	85. 1. 1~1. 6	85. 10. 26~11. 1
13. 系統並入	85. 1. 22	85. 11. 15
14. 原子爐出力 30% 試驗	85. 2. 21~2. 27	85. 11. 28~12. 3
15. 原子爐出力 50% 試驗	85. 3. 2~3. 13	85. 12. 4~12. 14
16. 原子爐出力 75% 試驗	85. 3. 15~6. 26	85. 12. 15~86. 1. 6
17. 原子爐出力 100% 到達	85. 7. 1	86. 3. 26
18. 原子爐出力 100% 試驗	85. 7. 1~9. 23	86. 3. 26~4. 14
19. 引受性能 試驗	85. 9. 16~9. 20	86. 4. 19~4. 23
20. 竣 工	85. 9. 30	86. 4. 29

3. 試運轉管理 運營體制

가. 試運轉 組織 및 機能

1) 試運轉 組織

試運轉 組織의 構成 및 運營方法의 決定은 當初 帛탈社가 提案한 機械, 電氣, 計器分野別로 試驗業務를 遂行하는 職能爲主와 主機器 供給契約에 따른 試運轉 支援 外國人의 支援分野에 따라 NSSF, BOP, T/G로 區分하는 機能爲主의 長短點을 檢討한 結果, 投入된 外國人 支援人力의 効率的인 管理와 分野別 技術傳受가 容易한 機能爲主의 組織으로 改編하였으며, 各 分野別로 계통책임 시험자(Responsible System Engineer)를 任命하여 試驗을 遂行토록 하였고, 韓電 System Engineer의 不足分野는 各 部署別로 投入된

外國人 技術人力의 支援으로 綜合管理 體制를 維持해 왔다. 한편, 大容量發電所 2基의 同時試運轉으로 加重되는 業務負擔을 輕減하기 위하여 試運轉 支援契約을 締結, 運營함으로써 現代建設(株)에서 試運轉에 必要한 支援人力을 提供받았고 試運轉 期間中 發生되는 故障 補修業務에 內實을 기하고자 韓國電力補修(株)부터는 補修 支援을 받았다.

또한 試運轉 發電部署를 試運轉班 組織의 編制下에 두어 運轉要員으로 하여금 系統 및 現場을 熟知토록 하는 한편 發電所 運轉節次書 作成 등 發電所 組織發足에 隨伴된 準備業務를 擔當케 하여 設備의 運營者 立場에서 運營改善이 必要한 事項에 대해서는 根本적으로 再檢討 交替 및 設備改善 計劃에 反映토록하여 機器의 信頼度 및 安全性을 提高하였다(표 1 참조).

2) 施工/試運轉/發電의 業務限界

原電1,2,3號機는 契約者가 事業着手에서부터 發電所竣工까지 事業主인 韓電에 發電所 性能을 保證하므로 韓電은 發電所 引受 이후의 運營에 必要한 事項인 運轉, 補修, 放射線管理, 安全性 등의 觀點에서 事前準備 및 役割을 遂行하였으나 原電5,6號機는 事業管理 全般을 韓電이 主導하여 事業 各 段階別로 業務를 分擔, 分野別로 遂行함으로써 部署間의 業務區分 必要性이 擡頭되었다. 따라서 原電事業 管理의 分擔推進을 통한 事業의 成功的 達成과 技術蓄積의 實效를 거두고 1년 간격으로 竣工되는 原子力後續機(原電7,8 및 9,10號機)의 試運轉 專門人力을 養成하기 위하여 이른바 試運轉 全擔制度를 原電5,6號機에 適用 試圖하였던 바, 設計用役者인 帛탈社가 區分하여 適用한 施工, 試運轉, 發電의 業務範圍 및 限界는 다음과 같다.

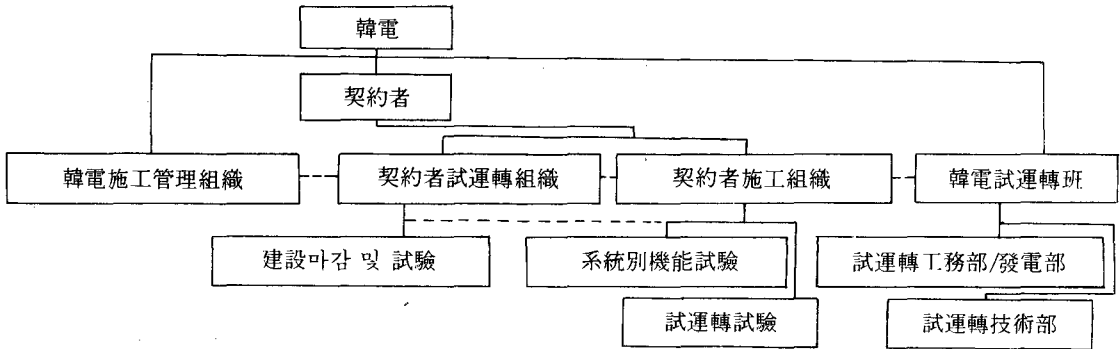
○ 施工 責任分野

- 建設完了(第一段階)
- 建設點檢(第二段階)

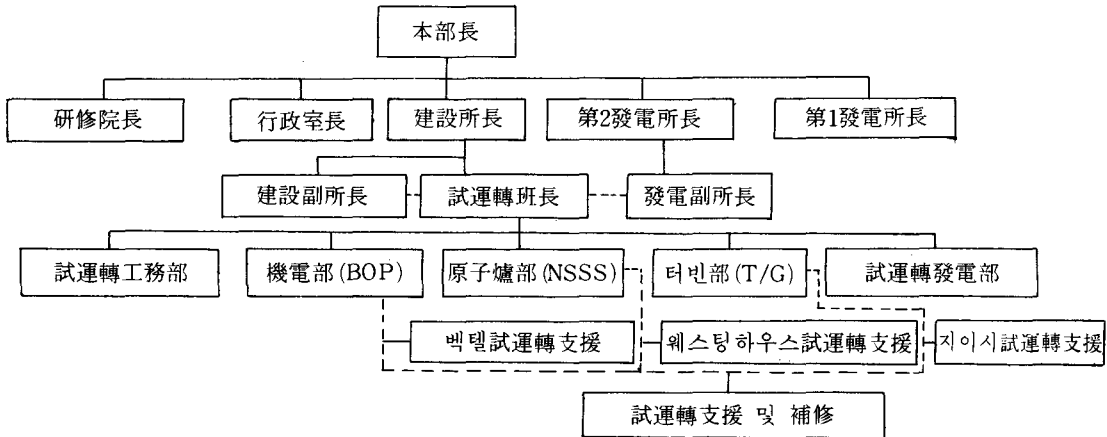
○ 試運轉 責任分野

〈表 1〉 原電1·2·3號機와 5·6號機의 試運轉運營體制 比較

○原電1·2·3號機 試運轉 運營體制



○原電5·6號機 試運轉 運營體制



- 機器檢査 및 建設引受試驗(第三段階)
- 初期 系統點檢 및 操作(第四段階)
- Phase I
- 系統別 機能試驗(第五段階)..... Phase II
- 發電責任分野
- 核燃料 裝填 및 出力試驗(第六段階).....
-Phase III

上記한 分野別 業務 責任限界로서 建設이 施工 設置를 完了한 後 試運轉試驗 優先 順位別로 發電所 運轉概念의 單位系統을 試運轉 部署에 引繼하고 試運轉 部署는 引受된 系統을 運轉狀態로 維持하면서 發電所 諸般與件이 初期 核燃料 裝填 可能狀態로 成熟되면 初期 核燃料裝填을 遂行하고 試運轉試驗(Initial Start-up Test)을 着手

하여 實證的으로 發電所 綜合性能을 確認, 完了 함으로써 事業은 마감되고 正常的인 商業運轉軌道에 突入되도록 區分되었으며, 分野別 事務遂行 過程中 組織相互間的 該當 設備 및 系統에 對한 管理責任을 分明히 區分하기 爲하여 管理가 轉換될 때는 轉換된 設備 및 系統에 管理轉換認識表(Turnover Tag)를 附着하도록 하였다.

參考로 原電1·2·3號機와 原電5·6號機의 建設 試運轉, 發電組織의 遂行業務範圍 및 限界를 比較하여 表 2 에 나타내었다.

3) 試運轉 投入 人員

試運轉業務 支援을 爲하여 投入한 人力으로는 國內契約者와 外國契約者로 區分할 수 있다. 國內契約者는 韓國電力技術(株), 韓國補修(株) 및

〈表 2〉 原電建設, 試運轉, 發電組織의 遂行業務範圍 및 限界比較

	建設完了 및 點檢	建設引受 試驗	系統洗淨	系統別機能試驗 (연료장전전까지)	試運轉試驗 (연료장전부터)	商業運轉
電原 1·2·3 號機	建設遂行			試運轉遂行		發電遂行
	契約者擔當					韓電擔當
原電 5·6 號機	建設遂行	試運轉遂行			發電遂行	
	韓電擔當					

現代建設(株)와 契約締結을 하였으며, 外國契約者로는 벡텔, 웨스팅하우스, GEC 및 發電所機器를 공급한 각 공급사들과 契約締結을 하여 試運轉業務를 遂行하였고 各 契約者別 投入人員은 表 3 과 같다.

나. 試運轉 體制

1) 試運轉 프로그램

(가) 試運轉 基本方向

- 建設試驗, 機能試驗, 試運轉 試驗 全般에 걸친 모든 試驗業務를 韓電이 主管
- 建設試驗 要員의 早期選拔訓練으로 專門化된 試運轉 全擔組織 編成(試運轉 全擔班 制度)
- 契約者로부터의 人力支援은 必須要員으로 制限

(나) 試運轉 行政節次 樹立

벡텔과의 用役契約에 따라 벡텔(OBI)로부터 試運轉 全般에 관한 節次書 草案, 웨스팅하우스와의 核蒸氣供給系統 供給契約에 따른 原子爐系統 試運轉 節次書 草案, 영국 지이씨의 터빈 供給契約에 의거 關聯系統 試運轉節次書 草案을 提出받아 試運轉班에 의해 再作成, 檢討, 協議 및 承認을 거쳐 試運轉 行政節次를 樹立 運營하게 되었다.

試運轉 行政節次書는 試運轉活動 全般에 걸쳐 關聯組織 및 人員의 任務, 節次, 方法 및 要領 등을 記述하였고 業務가 圓滿하게 遂行될 수 있는 아래 主要 細部節次와 프로그램이 包含되어 있다.

- 試運轉 行政體系 指針, 訓練 建設 / 試運

〈表 3〉 各 契約者別 投入人員

區 分	人員(名)	投入人力(M/M)	
韓國電力技術(株)	14	553	
韓國電力補修(株)	111	3,996	
現代建設(株)	102	2,448	
外國契約者	벡 텔	14	435
	지 이 씨	6	197
	웨스팅하우스	20	529
機器供給者	土 建	4	0.58
	機 械	42	56.3
	電 氣	1	0.48
	計 器	14	11.74

轉 / 發電 段階別 責任, 用語의 定義 등

- 試運轉組織 外部로부터의 支援體制, 文書 管理, 系統引繼, 引受活動
- 試運轉 節次書 作成, 檢討, 承認, 使用, 管理, 試驗結果 評價體制
- 試運轉 要員들의 安全한 作業遂行에 必要한 認識表, 作業許可 및 要求方法, 要領
- 裝備 및 設備의 維持管理, 試驗裝備의 點檢, 較正 및 試驗節次
- 試運轉 期間中 設備, 系統의 缺陷處理要領, 設計變更 處理體制
- 各種 資料 및 圖面作成, 引受 管理節次
- 其他 試運轉 業務에 隨伴되는 諸般行政處理 節次, 要領, 基準 등의 體制

2) 試運轉 試驗 節次書

初期 試運轉 試驗節次書 目錄은 最終安全性分析 報告書 14章에 따라 決定되었으나 이를 常溫機能試驗節次書와 高溫機能試驗節次書로 區分

하여 目錄을 再修正하였으며, 1982年 7月 試運轉 Kick-off Meeting에서 節次書 目錄은 確定되었고 백텔, 지이씨 및 웨스팅하우스로부터 提供된 節次書 草案 및 指針을 參考로 하여 試運轉試驗 最終案을 開發 作成하였다(表 4 참조).

3) 試運轉要員의 教育訓練

試運轉分野 業務를 보다 더 圓活하게 遂行하기 위하여는 業務에 대한 基本素養과 專門技術에 대한 經驗 및 知識을 兼備한 各分野의 人力이 廣範圍하게 所要되는 바 原子力 法令 및 最終安全性 分析 報告書 등에서 要求하는 試運轉 業務 遂行能力을 갖춘 人力을 養成하고자 海外 教育은 發電設備 供給者에게 委託教育을, 國內 教育은 社内外의 教育訓練 機關과 自體教育訓練 設備를 活用하였으며 모든 試運轉要員의 OJT에 力點을 두었다.

다. 試運轉 工程管理

初期 試運轉 工程計劃은 백텔이 作成 提出한 試運轉 綜合工程表(Start-up Summary Schedule)를 基準으로 운영하였으나, 試運轉 組織(試運轉 班)의 發足遲延으로 인하여 試運轉 試驗의 適期

(表 4) 節次書 關發現況

種類	現況	草 案			最終案 韓 電
		백 텔	지이씨	웨스팅 하우스	
建設引受 試驗節次書	電氣	72	2		84
	機械	2	5		20
	計器	30	-		148
	小計	104	7		252
系統洗淨節次書		37	9		112
機能試驗 節次書	常溫	96	19	95	166
	高溫	-	11		34
	小計	96	30		200
試運轉試驗節次書		-	-		70
總 計	計	237	46	95	658
	總計		378		

遂行이 어려웠으며 또한 試運轉 試驗工程의 管理 및 評價가 困難하여 工程의 遲延要素를 排除하기 위하여 試運轉綜合工程表를 單位系統의 引繼 優先順位 基準으로 施工進度狀況과 與件을 考慮하여 再調整하고 單位系統의 試驗遂行에 關聯된 先行系統과 後續系統의 試驗Logic을 表示하여 運營하였다.

試運轉工程管理를 위해 作成 運營되었는 主要工程表는 다음과 같다.

- 試運轉 綜合工程表(Start-up Summary Schedule)
- 試運轉 細部工程表(Start-up Logic Schedule)
- 試運轉 作業工程表(Start-up Working Schedule)

라. 品質管理

試運轉 段階에서의 品質活動은 建設段階에서 遂行한 安全性 關聯機器, 系統設備 및 構造物에 對한 性能 및 機能을 確認하여 發電所의 正常運轉을 保障하는 重要한 活動으로서 最終安全性 分析報告書 및 原子力發電所를 爲한 品質保證基準을 根幹으로 5·6號機 品質保證 計劃書를 樹立하여 品質保證 活動을 遂行하였다.

마. 設備改善

機器 및 設備의 單位機能試驗이나 系統 試運轉 試驗을 遂行하는 過程에서 設計, 製作, 設置, 施工, 管理上 各種 缺陷, 相互干涉(Interface), 不適合事項, 其他 問題點이 導出되게 된다. 이러한 事項들은 現場 試運轉 不滿足事項 報告書(Startup Field Report), 現場 試運轉 作業要請書(Startup Work Request), 設備改善要求書(Operation Improvement Request), 圖面變更通報書(Drawing Change Notice), 設計變更書(Design Change Package) 등의 節次書에 따라 是正, 措置, 改善하였다.

1) 現場 試運轉 作業要請書 (SWR)

주로 試運轉 試驗에 필요한 準備, 環境, 要件을 充足시키기 위해 韓電 試運轉班에서 建設 또는 補修業體에 關聯作業을 要求하는 制度.

2) 現場 試運轉 不滿足 事項報告書 (SFR)

設計變更 또는 圖面變更 檢討要求, 試驗運營上的 問題點 分析, 施工監督部署의 監督確認, 試運轉 各 關聯部署 活動(Activity)의 留保 또는 記錄措置, 機資材 및 施工上的 缺陷報告 등 諸般 不滿足事項을 導出하는 裝置로서 設備改善, 試運轉 品質保證 提高 및 設備系統의 信賴度 增進에 크게 寄與한 制度임.

3) 設備改善 要求書 (OIR)

주로 運轉便宜施設 要求事項으로서 設計製作 施工의 하자는 없으나 商業運轉 이후 發電所運營 및 利用率增進에 必要하다고 建設/發電所에서 認定하여 改善하는 制度.

4) 圖面變更通報書 (DCN)/設計變更書 (DCP)

상기 各種要求書 및 報告書는 試運轉試驗에 障礙要素가 되는 諸般 大小問題點 缺陷 등을 解決措置, 改善한 核心 메카니즘으로서 이를 통하여 建設, 試運轉이 마무리 되는데 큰 役割을 擔當하였다.

바. 規制機關檢査

規制機關檢査(使用前 檢査)는 原子力法 및 同 施行令에 의거하여 發電用 原子爐 設置者가 發電用 原子爐 및 關聯設備의 工事 및 性能에 對하여 科學技術處長官의 檢査를 받아 合格한 후 該當施設을 使用하도록 하는 法律的 節次로서 原電5·6號機의 使用前 檢査는 原子力法 關聯委託業務에 관한 規定에 따라 原子力安全센터가 科學技術處 長官을 代行하여 檢査業務를 段階別로 遂行하였다.

- 第一段階: 原子爐 및 關聯施設에 對한 構造, 強度 또는 漏泄에 關聯된

試驗이 可能할 때

- 第二段階: 原子爐의 燃料裝填에 到達할 때
- 第三段階: 原子爐가 臨界에 到達할 때
- 第四段階: 工事計劃에 따른 모든 工事が 完了될 때

使用前 檢査의 目的은 事業着工時 政府에 提出한 設計 및 工事方法 申告書에 따라 適切하게 行하여졌으며 性能이 最終安全分析 報告書 內容과 一致하는지를 確認하여 發電所 安全運轉 可能與否를 判斷하는데 있으며 原電建設 事業의 長期化 特徵과 組織의 遂行業務 內容 등을 甚案하여 第一段階는 施工部署, 第二段階는 試運轉, 第三, 四段階는 發電所 該當部署가 各各 分擔하여 受檢하였다.

특히 第二, 三, 四段階 使用前 檢査의 受檢과 並行하여 最終安定性 分析報告書 要件에 따라 試運轉組織은 試驗審議委員會(Test Working Group), 發電所 組織은 原子力安全委員會(Plant Nuclear Safety Committee)를 각각 構成하여 安全等級系統의 試驗 節次書承認과 試驗結果의 評價 등을 깊이있게 처리 함으로써 安全系統에 대한 信賴度 및 運轉性能 確認의 二重的 檢討體制를 堅持하였다.

여기서 짚고 넘어가야 할 事項은 安全等級系統의 試驗 重要性을 甚案하여 政府의 檢査要員, Moody社의 DAI (Designated Authorized Inspector), 웨스팅하우스社의 ANI (Authorized Nuclear Inspector) 및 韓電品質管理要員이 試驗過程을 立會하여 安全性 提高를 위한 指導와 鞭撻이 있었음을 添言한다.

4. 分野別 推進現況과 經驗

가. 建設引受試驗 (Construction Acceptance Test)

建設引受試驗은 單位系統別로 配管 및 計器 圖面(Piping & Instrument Drawing)에 分割表

示된 系統境界區域內的 諸般機器, 配管, 配線, 計測器 및 制御回路 등이 施工設置된 후 施工部署의 肉眼點檢, 水壓試驗, 電線의 絶緣試驗, 비파괴시험 등의 靜的試驗을 마친 후 施工部署와 試運轉部署間의 管理轉換 節次에 依하여 試運轉部署에 管理가 轉換된 다음, 試運轉要員에 依하여 機械, 電氣, 計器 등 各分野別로 遂行되는 單位機器別 動的試驗으로 單位系統境界 區域內的 機器(Component or Equipment)가 施工圖面에 따라 設置되고 設計仕様 또는 制作仕様과 一致하는 諸般機能을 發揮하는지 여부를 點檢, 確認하였으며 試驗現況은 表5 와 같다.

나. 系統洗淨(System Flushing)

系統洗淨期間中 백텔社가 原電의 系統洗淨規格(ANSI-N45.2.1)을 土臺로 作成한 系統洗淨基本計劃(System Flush Program)에 따라 洗淨의 適用方法과 單位系統別 洗淨等級을 確定하였고 同 基本計劃의 要件에 따라 承認된 系統別 洗淨節次書와 洗淨經路 表示圖面의 要件에 따라 承認된 系統別 洗淨節次書와 洗淨經路 表示圖面에 의거 洗淨業務를 遂行하고 洗淨이 完了된 系統의 配管措置에도 徹底를 기하여 管內部 부식에 따른 水質要件 沮害要素를 根本的으로 除去하였으나 洗淨過程에서 下記한 事由로 因하여 當初 豫想하지 못하였던 어려움 및 施行錯誤를 겪기도 하였으나 成功的인 系統洗淨의 成果를 이루

었다.

- 1) 施工段階에서 施行하는 水壓試驗過程中 油洗淨 또는 空氣洗淨方法을 適用하여야 할 系統의 一部를 물을 使用하여 水壓試驗을 遂行하여 管內部를 完全히 乾燥시킨 후에 油洗淨 또는 空氣洗淨을 하여야 하므로 洗淨期間의 長期化 招來.
- 2) 直管과 直管이 연결되는 曲管部位의 施工 難易度 因한 設置지연으로 臨時配管設置에 依한 洗淨遂行으로 洗淨效果에 滿足を 期하기 어려웠고,
- 3) 試運轉 組織이 機能爲主(Functional)로 運營되어 NSSS, BOP, T/G分野間의 Interface部分에 對한 洗淨누락 可能性을 배제할 수 없었고 Interface部分에 對한 洗淨確認이 곤란하였다(表6 참조).

다. 系統別 機能試驗(System Preoperational Test)

系統別 機能試驗(表7 참조)은 發電所設計概念의 系統分割區域內에 設置된 單位機器要素別 建設引受試驗과 系統洗淨이 完了된 後 最終的으로 系統의 運轉에 따른 安全性, 效率性 및 信賴性을 測定 確認하는 試驗으로 初期 核燃料裝填 以前까지 諸般設備 및 系統의 機能을 定常化하여야 하는 重要性을 勘案하여 常溫機能試驗과 高溫機能試驗으로 大分되어 推進되어 本段階를

〈表5〉 建設試驗 現況

區分 號 機	總系統數	建設試驗系統數	分野別 試驗項目 數量		備 考
			分 野	項目數量/系統	
原電5號機	269	241	機械	2133/133	*5·6號機共用系統은 5號機에 포함
			電氣	12799/201	
			計器	11056/169	
			計	25988/241	
原電6號機	232	202	機械	2013/131	
			電氣	9886/184	
			計器	11670/154	
			計	22969/202	

〈表 6〉原電 5·6 號機 系統洗淨 現況

區分 號機	總系統數	洗淨系統數	洗淨等級別 內容		備 考
			等 級	系 統 數	
原電 5 號機	269	112	Class-B	47	* Class-A는 제작공 장세정 등급임
			Class-C	43	
			Class-D	22	
原電 6 號機	232	89	Class-B	35	
			Class-C	37	
			Class-D	17	

〈表 7〉原電 1·2 對 5·6 號機 試驗種類別
試驗節次書 現況

試驗內容	號機別		
	原電 1 號機	原電 2 號機	原電 5·6 號機(各)
常溫 機能試驗 (CFT)	71	119	166
高溫 機能試驗 (HFT)	19	45	34
計	90	164	200

거치는 동안

- 發電設備의 施工遂行 狀態點檢
- 發電設備의 信賴度 및 正確度 證明
- 故障이나 誤機能에 따른 機器나 系統의 反應狀態證明
- 發電所 定常 또는 非定常 節次書의 適用精密度 確認
- 系統運轉 및 機器補修要員에 對한 熟練機會도 附與하였다.

1) 常溫機能試驗(Cold Functional Test)

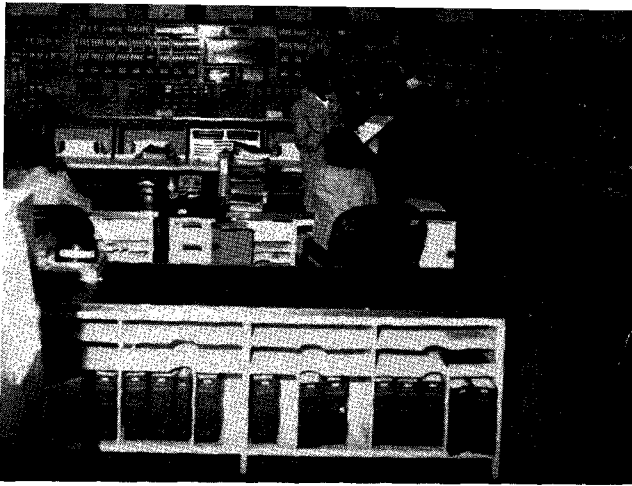
常溫機能試驗은 發電所 單位系統을 役割에 따라 主系統, 補助系統, 空氣調和系統, 電源需給系統 그리고 計測制御系統群으로 機能分野를 大分하고 系統群의 機能에 따라 點檢適用 하여야 할 試驗內容 및 方法等을 定하여 單位系統의 全般的인 運轉能力을 確認하고 確認된 單位系統의 運轉能力이 相互聯關되는 系統群과 並合하여 操作하였을 때 綜合的 機能을 다하는지 여부와 1, 2次 水壓試驗, 격납용기 健全性 및 綜合漏泄率 試驗等이 이루어지는 試驗段階이기도 하다.

(가) 蒸氣發生器 2次側 水壓試驗
(Secondary Hydro Test)

原子力發電所의 蒸氣發生器를 비롯한 蒸氣發生器 2次側 壓力境界 區域內的 配管, 벨브 등에 對한 強度와 견고성을 입증하기 위하여 實施하는 試驗으로 水壓試驗檢査區域內的 諸般 高應力 部位와 용접 接합부위 등에서 漏水가 없음을 確認함으로써 試驗對象이 되는 機器, 配管의 信賴度 確認 保證 및 試驗에 使用된 各 系統의 運轉能力을 再評價하는 段階이다. 2次側 水壓試驗은 2次系統中 11個系統을 使用하여 加壓하였고 最終加壓段階(104.1kg/cm²)에서 10分間 維持하여 蒸氣發生器 및 蒸氣發生器 2次側 壓力 境界 區域內的 機器 및 配管의 堅固성을 立證한 후 試驗壓力(83.3kg/cm²)으로 減壓하여 水壓試驗要件別 事項을 測定하고 漏水가 없음을 確認하였다.

(나) 原子爐 冷却材 系統水壓試驗
(Primary Hydro Test)

蒸氣發生器 2次側 水壓試驗과 同一한 시험 근거에 의하여 原子爐冷却材 系統壓力境界區域內的 試驗檢査對象이 되는 諸般 機器, 配管의 信賴度 保證 및 試驗에 關聯된 單位系統의 運轉能力을 確認하는 試驗으로, 90餘個의 系統이 水壓試驗에 利用되었으며 蒸氣發生器 2次側 水壓試驗時와 類似한 方法으로 加壓하였고 試驗壓力(175.8kg/cm²)을 維持하여 水壓試驗 要件別 諸般試驗 및 水壓試驗에 投入利用된 諸般系統의 安全運轉能力을 評價하였으며 原子爐冷却材



系統 및 原子爐壓力境界區域內의 機器 및 配管의 堅固性을 確認하는 最終加壓段階(218.6kg/cm²)의 到達은 化學 및 體積制御系統의 충전 펌프만으로 加壓이 不充分하여 高壓噴射機(Hydr-olaser)를 使用하여 試驗要求時間인 10分間 維持하였다.

2) 高温機能試驗(Hot Functional Test)

高温機能試驗은 系統의 充水 및 排氣, 昇溫 및 加壓, 高温機能試驗, 原子爐冷却材 系統配管內部 酸化被膜處理期間確保, 系統의 冷却 및 減壓, 系統復元順序로 遂行되었으며 原子爐冷却材系統의 溫度와 壓力이 原子爐零出力 定常溫度(291℃) 및 定常壓力(157kg/cm²)과 同一한 狀態로 到達되었을 때 이를 維持하면서 原子爐冷却材系統을 비롯하여 最終安全性 分析 報告書의 試驗要件에 따른 30餘 種類의 高温機能試驗 遂行과 並行하여 터어빈定格回轉數(1,800rpm)까지 起動하는 Turbine起動試驗과 發電所主要系統의 配管 및 配管支持臺에 대한 振動 및 熱膨脹試驗을 無事히 마침으로써 諸般系統의 安全運轉性을 最終적으로 確認 評價하였다.

高温機能試驗의 特徵은 原子爐 冷却材系統의 溫度를 260℃ 以上으로 適定期間(原電 5號機 - 33日, 原電 6號機 - 28日)동안 維持하여 原子爐 冷却材系統의 酸化被膜處理를 試圖한 點이라 하겠다.

라. 試運轉 試驗(Initial Start-up Test)

試運轉試驗은 發電所 諸般系統이 常溫機能試

驗과 高温機能試驗을 거치는 동안 發電所運營에 必要한 設計上 機能을 定常적으로 發揮할 수 있도록 造成한 후 政府의 原子爐施設의 運營許可에 따라 原子爐初期核燃料 裝填, 初臨界到達, 各 段階別 出力試驗을 遂行하여 實證적으로 發電所 全般의 安全運轉性能을 確認保證하는 試驗段階로 本 試運轉試驗이 完了되면 本格的인 商業運轉軌道에 突入되는 事業의 最終段階이기도 하다.

1) 核燃料 裝填試驗(Core Load Test)

核燃料 裝填前에 點檢하여야 할 事項 즉, 核燃料番號 및 삽입체의 位置確認, 2個의 1次中性子源을 該當 삽입연료에 용접, 3個의 臨時計測器較正 및 線源領域計測器의 계수율반응도 點檢 爐心 및 核燃料 移送系統의 봉산수充水後 초기 核燃料裝填節次書에 따라 157個 核燃料裝填을 成功的으로 끝마친 후 수증카메라로 核燃料番號와 삽입체番號를 녹화하여 核燃料裝填計劃의 裝填圖面과 一致함을 確認 함으로써 本 試驗을 終了하였다.

2) 初臨界 試驗(Initial Critical Test)

初臨界에 到達하기 위하여 停止群制御棒을 原子爐爐心으로부터 完全히 引出시킨 狀態에서 制御群制御棒은 A群부터 順次的으로 引出하기 시작하여 마지막制御群인 D群이 5號機의 경우 150Step, 冷却材 봉산농도가 1,143ppm, 6號機가 52Step, 11,17ppm에서 各各 初臨界에 到達되었고 곧 出力을 增加시켜 零出力 爐物理試驗範圍를 決定한 후 反應度計測器點檢을 完了함으로써 零出力爐物理試驗準備를 마쳤다.

零出力爐物理試驗에서 原子爐 核設計의 妥當性和 技術指針書(Technical Specification)의 安全性要件을 確認하기 위하여 最終點 봉산농도 測定, 等溫溫度計數 測定, 制御群과 停止群의 制御能 測定, 出力分布 測定 등을 試驗對象項目으로 선정하여 核設計 타당성을 確認하였으며 出力分布 測定, 정지여유도확인시험, 최고제어능

제어봉값, 冷却材 자연순환시험, 減速材溫度 계수시험 등을 遂行하여 原子爐安全性을 確認함으로써 第一週期 零出力 爐物理試驗을 모두 마쳤다.

3) 出力增發試驗(Power Ascension Test)

零出力 爐物理試驗 이후 蒸氣 및 給水流量計器의 較正, 原子爐制御系統의 較正, 化學試驗 등을 遂行한 다음 原子爐出力 약 1%에서 터빈運轉을 위한 2次系統의 加熱, 복수기진공형성, 증기덤프시험과 터빈과속도 정지시험 등을 順序에 따라 遂行하면서 最初系統併入을 行하고 系統併入以後 저출력시험 準備를 하여 各段階別(25%, 50%, 75%, 100%)로 출력계수확인, 出力分布測定, 제어봉가상인출 또는 낙하시험, 핵계장시험 등을 順次的으로 實施하고 各種 負荷變動 및 상실에 對한 試驗을 마침으로써 出力試驗期間中 確認하여야 할 諸般系統의 安全運轉性能確認을 마치고 ASME POWER Test Code(PTC-6)에 따라 發電所性能이 各 契約者와의 契約書 保證內容 및 설계값을 만족하는지 여부를 確認하기 위하여 原子爐出力을 100% 維持하여 全出力運轉能力, 발전단 최대전기출력시험, 열소비율측정 시험, 100시간연속운전시험을 實施하여 性能試驗을 성공리에 마쳤다.

5. 結 論

韓電主導 試運轉은 技術自立的 中間過程에서 반드시 겪어야 할 段階이기는 하나 經驗不足, 分野別 專門家不足, 運營管理未熟, 適期人力 投入困難, 國內技術支援處 制限 등 많은 어려움이 있었지만 工期遵守에 對한 經營陣의 強한 意志 및 支援, 試運轉 技術自立이라는 共同目標을 向한 使命感, 數年間 持續되었던 새벽 工程會議에서 쏟은 우리 모두의 精誠이 어려움을 解決할 수 있었던 原動力이 되었다.

또한 機能爲主的 試運轉組織, 外國技術陣과 混

合勤務體系, 緊急資材調達을 위한 現場 購買組織 및 現場設計組織運營은 工程短縮, 品質改善, 技術傳受의 促進劑였다고 말할 수 있다.

試運轉 過程에서 몇몇 機器의 點檢, 補修, 改造 등 예기치 않았던 일이 없었다면 試運轉 工期 短縮의 記錄을 남길 수 있었을 것이라는 아쉬움도 있으나 이러한 어려움을 겪으면서 얻은 많은 經驗과 技術은 後續機에 有用하게 活用되고 에너지自立을 위한 에너지피아建設에 한 몫을 할 것이라고 생각된다. 政府 및 關聯機關의 支援과 建設 및 試運轉過程에서 同參하였던 國內外業體職員들의 勞苦로 商業運轉 初年度에 原電5·6號機는 좋은 利用率과 連續運轉記錄을 나타내고 있다. 앞으로 教育訓練과 技術開發에 의한 安全運轉, 예방점검과 完全補修로 設備의 利用率向上을 다짐해 본다.

이달의 到着資料

- ◇ Nuclear News(ANS) 5月號, 6月號
- ◇ INFO(AIF) 5月號
- ◇ ATOM(UKAEA) 5月號
- ◇ Bulletin(BNF) 5月號
- ◇ Nuclear in Industry(AIF) 5月號
- ◇ Power(McGraw-Hill) 5月號
- ◇ Nucleonic Week(McGraw-Hill) Vol. 27, No. 18, 19, 20, 21, 22
- ◇ Nuclear Europe(ENS) 5月號
- ◇ Atoms In Japan(JAIF) 5月號
- ◇ Isotope News(日本 RI協會) 5月號
- ◇ '86 RADIOISOTOPES(日本 RI協會) 5月號
- ◇ 原子力工業(日本 原產) 5月號, 6月號
- ◇ 原子力文化(日本原子力文化振興財團) 5月號, 6月號
- ◇ 原子力檢査時報(日本原產) 6月號
- ◇ 原子力産業新聞(日本原產) 1330號~1339號
- ◇ 火力 原子力發電(火力原子力發電技術協會) 5月號, 6月號