

原電의 設計, 建設 高度化

井地 輝雄 (九州電力(株) 理事・原子力建設部長)

現在 日本에서 運轉中인 原子力發電所는 32기이고, 總設備容量은 24.52GWe이다. 이는 國家總發電設備容量의 16%를 차지하고 있어서 日本의 電力供給에 決定的인 役割을 遂行하고 있다. 近來 이들 發電所의 利用率이 꾸준히 증가되어 왔으며, 1985년에는 약76%를 기록하였다. 매년 定期點檢으로 인한 發電停止를 감안하면 이들 原子力發電所는 거의 最大 利用率로 運轉되고 있다고 할 수 있다. 이것은 日本이 國內 原子力發電技術을 開發하기 위해 기울여 온 비상한 努力의 成果로서 日本이 주로 輸入技術에 依存하였던 原子力發電 初創期에 發生한 問題를 극복한 結果이다.

日本은 原子力發電所의 設計, 建設 및 設置 段階에서 그동안 蓄積된 經驗을 토대로 設計 및 設置方法을 改善하고, 信賴性 向上, 經濟性 提高, 放射能準位 低減, 年例檢査期間 短縮 等を 目的으로 品質管理體系의 徹底를 強化하기 위하여 부단한 努力을 경주하였다.

다음은 加壓輕水爐型 原子力發電所의 設計, 建設, 設置段階에 影響을 준 技術上 改善事項들의 概要이다.

1. 設計 改善

1965年에서 1975年사이에 日本에서 建設을 始作한 加壓輕水爐型 原子力發電所는 美國에서 부터 輸入되었거나, 日本 國內에서 輸入技術에 주로 依存하면서 建設되었다. 이것들은 第1世代

PWR 發電所라고 불려진다. 1975年 以後부터는 第1世代 發電所를 建設하고 運轉하면서 얻은 經驗을 바탕으로 第2世代 PWR 發電所가 建設되었다. 國內 技術을 利用하여 安全性과 信賴性을 改善했고, 높은 利用率을 達成했으며 放射線被曝量을 低減시켰다.

現在 建設中이거나 建設計劃段階에 있는 第3世代 PWR 發電所에는 經濟性 提高, 우수한 運轉性 및 補修性과 높은 水準의 設計 合理化가 達成되고 있다. 그림 1은 日本에서의 原電 開發歷史를 보여준다.

(1) 技術經驗의 蓄積

日本에서 原子力發電의 初創期에는 技術支援 協定을 通하여 美國에서 부터 輸入된 技術을 받아들이는데 많은 努力을 기울였다. 그림 2에서 알수 있듯이 初創期에는 단지 약60%만이 日本에서 製作되었다. 그러나 近來에 國產化率은 國內 製作으로 轉換코자 하는 努力에 의해서 거의 99%까지 增加되었다. 發電所 輸入의 初創期段階에서 發生한 問題點들에 對해서는 각각의 原因이 철저히 규명되었고, 매우 適切한 措置가 취해졌다. 예를 들면, 核燃料봉이 휘는 어려움을 겪었으나, 改良된 支持格子스프링을 考案하여 使用하고 支持格子數를 增加시킴으로서 휘는 현상을 減少시켰다. 또한 蒸氣發生器의 경우, 熱傳達 튜브의 두께가 얇아지고 應力腐蝕 균열 問題를 경험했다. 그러나 水處理方法을 改善하고, 蒸氣發生器의 設計 및 製造方法을 改

善함으로서 이와 같은 初期의 問題點을 거의 完
전하게 解決할 수 있었다.

爐心内部構造物에 대해서도 制御奉案内管支
持핀의 應力腐蝕균열과 배플제트로 인한 核燃
料奉 損傷 등 問題에 봉착했다. 支持핀의 應力
腐蝕균열 問題는 熱處理方法의 改良과 형태의
變更에 의한 應力減少로 是正이 되었다. 또 배
플제트 問題는 爐心배럴과 배플플레이드 사이
로 上流시킴으로서 完全히 克服하였다.

問題의 原因을 調査하고 그 解決策을 강구하
는 過程에서 長期間 發電所를 停止시켜 한때는
發電所 利用率이 약40%까지 떨어졌다. 그러나
이러한 徹底한 態度가 信賴性 向上에 크게 寄
與했다.

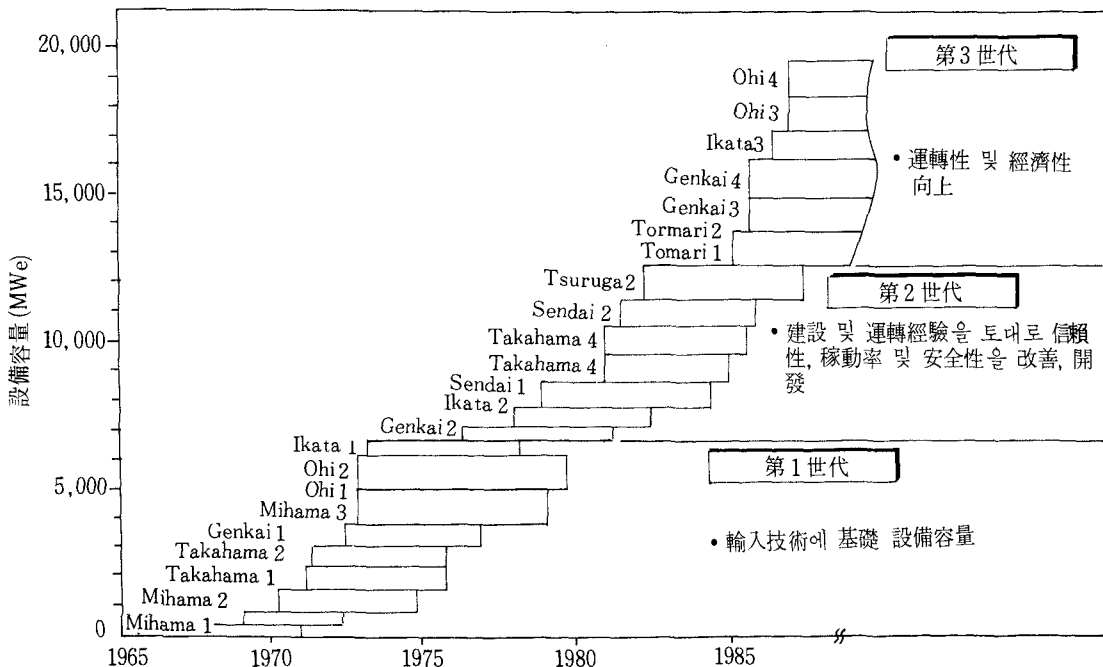
機器設計面에서는 信賴性 確保에 最優先權을
두었고, 確認되고 證明된 設計를 採擇하는데 重
點을 두었다. 同時에 技術的인 進歩過程에서 나
타나는 有用하다고 생각되는 新技術을 도입하
는 能動的인 政策을 維持해 왔다. 例를 들면,

設計의 철저한 試驗과 確認 및 製造技術의 進
步에 의해서 지원되는 티타늄튜브를 利用하는
콘덴서, 超大型 氣水分離器再加熱器, 一體型 低
壓-터빈로터, 原子爐容器 爐心領域의 金段造셀
등과 같이 많은 技術上의 革新이 현재 大容量
原子力發電所에 利用되어질 수 있다. 最近 電
子技術의 急速한 發達과 並行하여 計測 및 制
御裝置의 改良에 노력하였다. 이는 마이크로컴
퓨터를 利用한 制御系統, CRT 등을 갖춘 主制

〈그림 2〉 PWR 原電의 國産化

發電所	商業運轉	國産化率(%)
Mihama 1	1970	50
Mihama 2	'72	50
Takahama 1	'74	50
Takahama 2	'75	50
Genkai 1	'75	50
Mihama 3	'76	50
Ikata 1	'77	50
Ohi 1	'79	50
Ohi 2	'79	50
Genkai 2	'81	50
Ikata 2	'82	50
Sendai 1	'84	50
Takahama 3	'85	50
Takahama 4	'85	50
Sendai 2	'85	50

〈그림 1〉 PWR의 開發歷史



御表示盤과 같이 컴퓨터技術을 活用한 Solid-state protection circuit의 採擇이다.

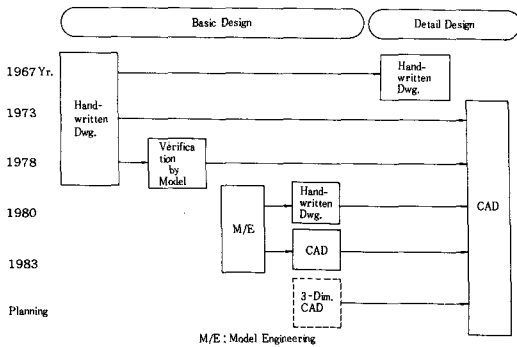
(2) 設計方法의 改善

前에는 設備, 配管, 덕트, 트레이 등에 대한 配置計劃은 經驗있는 技術者에 依해 設計되고 評價되었다. 그러나 이러한 방법은 현재 設計의 確認을 爲한 스케일 모델은 使用함으로써 利用되고 있지 않다. 近來 發電所 設計作業은 모델技術의 有用한 利用으로 遂行되고 있으며, 基本計劃段階에서 부터 詳細設計段階까지 廣範圍하게 컴퓨터가 使用되고 있는데 많은 改善이

基本計劃段階에서 부터 高度의 品質을 달성하도록 이루어졌다.

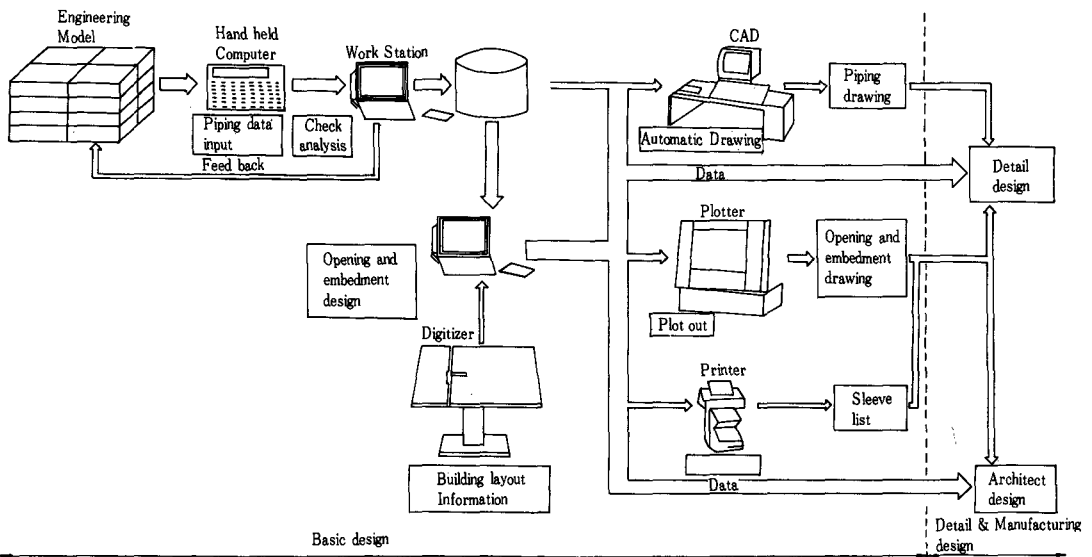
그림 3은 發電所 設計方法에서 취해진 變化이다. 모델技術面에서 보면, 發電所의 基本仕樣이 決定된 段階에서 1/25 크기의 모델이 만들어져서 각 機器의 位置設定, 配管덕트의 配置, 트레이 및 차폐에 대한 詳細設計作業이 이루어질때마다 研究, 檢討 및 修正作業이 繼續的으로 수행된다. 또한 이와 같은 方法은 運轉性과 維持補修性을 評價할 때와 機器의 設置計劃에서도 利用된다.

〈그림 3〉 플랜트 配置設計의 開發



發電所 設計作業의 컴퓨터化 觀點에서 보면, 機器配置 및 콘크리트打設計劃은 처음에 컴퓨터로 初案되고, 이것은 컴퓨터데이터 베이스로 각 分野에 퍼드백된다. 모델配置를 利用하여 概略的으로 결정된 配管設計과 相關한 모든 資料는 컴퓨터에 入力되며, 資料는 基本配管電算資料를 산출하는 相互作用系統을 利用하여 檢討·作成된다. 이 資料에 根據하여 컴퓨터는 全般的인 配管配置計劃을 수립한다. 完成된 資料는 다음 단계로 보내져서 詳細設計와 製造段階에서 利用된다. 全般的인 節次는 그림 4와 같다.

〈그림 4〉 運營 및 系統의 흐름



〈表 1〉 日本에서의 輕水爐 改良標準化 計劃

	Conventional plant(800MW, 1100MW Class)	First improved/standardized plant(800MW, 1100 MW class)	Second improved/standardized plant (800MW, 1100MW class)	Third improvement and Standardization Program
Reliabilty and capacity Factor	differs with plants	about 70% • improvements on steamgenerator	about 75% • improvements on fuel design	<ul style="list-style-type: none"> • Development and standardization of advanced light water reactor A-BWR, A-PWR • Improvements envisaged in the current type of light water reactor • Standardization program <ul style="list-style-type: none"> - Standization of modes of aseismic design - Standardization of modes of waste disposal, etc. - Development of basic specifications for standard plants.
Annual inspection period (without repair)	90~100days	about 85days • Adoption of larger containment vessel	about 70days • Development of integrated reactor vessel cover	
Occupational Radiation Exposure	Index(100%)	about 75% • Adoption of automatic S/G tube ECT system	about 50% • Development of steam generator manipulator and equipment	

컴퓨터화는 設計點檢을 單純하게 하고, 過程을 合理的으로 하며, 단순한 실수를 除去하여 많은 重要한 利得이 얻어진다.

(3) 設計作業의 合理化

1975년부터 通商産業省의 감독하에 電力會社와 發電所製作業體(發電所設計會社, 製造엔지니어링會社, 建設會社)는 輕水爐(LWR)의 信賴性和 稼動率을 향상시키고, 定期檢査期間을 短縮하며, 放射線被曝量을 低減시킬 目的으로 共同作業을 하여왔다. 日本에서의 輕水爐 改良標準化計劃은 表 1 과 같다.

1975년에서 1979년사이에 第 1次 改良標準化計劃이 遂行되었는데, 여기에서는 主로 核蒸氣供給系統을 包含한 基本設計政策과 基本仕樣이 標準化되었다. 大型 原子爐格納容器的 採擇으로 維持·補修에 필요한 공간이 마련되었으며, 이로 인해 職業上 放射線被曝量이 低減되고 作業效率도 向上되었다. 그밖에 核燃料支持格子 스프링의 改良을 위한 改善策과 改良型 CROM 냉각덕트 連結方法에 대한 研究가 遂行되었다.

1978년에서 1980년사이에 第 1次 改良標準化計劃에서 성취된 結果를 基반으로 標準化의 範

圍를 넓히기 위해 第 2次 改良標準化計劃이 遂行되었다. 第 2次 計劃에서는 原子爐容器 헤드 패키지가 開發되었고, 原子爐容器 UT裝備가 改良되었다. 이로 인해 放射線被曝量 低減되었으며, 稼動率도 增加되었다. 그외에 基本建物の 配置에 關한 研究도 이루어졌으며, 標準化의 範圍는 耐震設計 및 發電所補助系統의 標準化까지 확대되었다. 이런 改善策에 의해서 現在 定期檢査期間은 3루프의 경우 60~70日 이내 이다. 더욱이 檢査期間동안 放射線被曝水準은 100 man-rem以下로 減少가 可能하게 되었다.

1981년부터 시작된 第 3次 改良標準化計劃은 既存 輕水爐의 더한층 改良과 日本型 輕水爐의 확립이 목적이다. 지금까지 發電所의 設計는 보수적이었으며, 최우선은 설계에 큰 안전여유도를 갖는 安全性과 信賴性에 두었다. 그러나 第 3次 計劃에는 蓄積된 經驗과 研究開發活動의 成果를 반영하여 安全水準 確保란 基本原則을 維持하면서 發電所 전체에 대해 設計許容의 적합성을 포괄적으로 개정했으며, 이로 인해 經濟性이 向上되었다.

예를 들면, 현재 建設中인 第 3世代 PWR發

電所에서는 동일 부지에 두기의 발전소가 있는 경우 廢棄物處理系統의 共有 範圍를 增大시키고, 機器配管의 振動因子를 檢討하여 耐震設計를 合理化하며, LBB개념의 導入으로 配管設計의 合理化를 꾀하는 등 몇가지 改善策이 도모되었다. 表 2에 나타나 있듯이 바닥케이블덕트의 採擇, 機器크기의 檢討, 다양한 바닥높이 配置設計의 合理化를 통하여 建物の 規模를 縮小하였다.

國家電力系統에서 차지하는 原子力發電의 比重이 점점 증가함에 따라 效率의 提高를 위하여 負荷追從運轉의 改善이 要求되어, 현재 이 分野에 대한 研究·開發活動에 전념하고 있다.

放射線被曝量을 低減시키기 위해서 RTD바이패스라인을 除去하고, CVCS 淨化유량을 增加시키고, 蒸氣發生器에 TT690 熱傳達 튜브를 使用할 計劃이다. 아울러 定期檢査期間을 短縮시키기 위하여 多用途 마스터가 있는 使用後核燃料 피트 크레인, 原子爐 지브 크레인 및 신속한 카플링 시스템 스티드 텐션너 등을 採擇할 計劃이다. 이와 같은 措置에 의해서 放射線被曝量을 50man-rem까지 減少시키고, 定期檢査期間을

45일로 短縮시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다.

2. 設置方法의 改善

發電所가 建設되는 동안 土木工事, 建物建設工事 및 機器設置作業 등 여러가지 作業이 同時에 遂行되어 많은 作業이 서로 불가피하게 혼합된다. 이러한 狀況下에서 現場에서 각 개개의 作業에 改善이 局限되면 큰 效果를 기대할 수 없다. 發電所의 建設이 원활하게 短時日內에 이루어지기 위해서는 土建 및 機械作業을 包含해서 初期計劃段階에서 부터 廣範圍한 研究 遂行과 經濟性 및 信賴性側面에서 適切하게 잘 均衡을 이룬 建設工程을 樹立하는 것이 매우 重要하다.

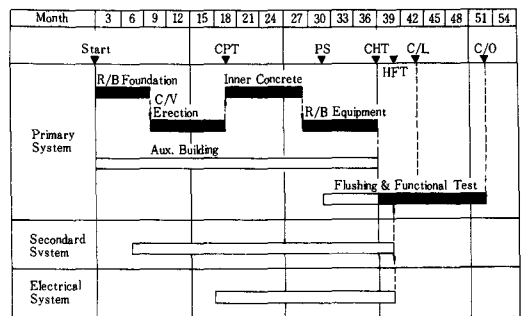
日本에서 現場 設置作業 改善에 對한 廣範圍한 研究가 電力會社, 土建會社 및 發電所 主契約者間의 協力으로 遂行되었다. 重要한 成果가 第2世代 發電所 建設工程의 短縮을 위해 適用되어 現場에서의 品質管理 및 作業能率의 向上에 유익한 影響을 주었다. 그 결과 기초콘크리트 타설에서 부터 商業運轉 開始까지의 建設期間을 3루프(800MW급)의 경우 약50개월, 4루프(1,100MW급)의 경우 약53개월로 短縮시키는 것이 可能했다.

그림 5는 3루프 發電所의 例를 나타낸 것이다.

〈表 2〉 發電所 配置設計의 合理化

Items	Contents	Results
Adoption of Floor Cable Duct	Concrete duct for cabling under main control room floor allows to eliminate a cabling room	Reduce of building height
Review of equipments size	Reviewing the size of equipment units to meet with the floor height	
Adoption of variable floor heights	Rationalizing the layout design of variable floor height	
Optimization of Equipments	Increasing in the extent of sharing of CVCS & Waste disposal system for twin plant	Reduce of building volume
Rearrangement of Seawater Piping Lay-out	Rearranging sea water piping roots from A/B to adjusting span between A/B and T/B	

〈그림 5〉 50個月 建設工程 (3루프 PWR)



第1世代 發電所와 第2世代 發電所를 比較하면 耐震設計의 向上, 放射線準位の 低減, 維持補修의 容易, 콘크리트와 철근, 配管, 電線等 使用資材量의 節約을 目的으로 原子爐格納容器, 機器, 配管과 計裝 등에 많은 改善이 이루어졌다. 즉, 모든 部門이 크게 改善되었다.

PWR 發電所의 建設過程에서 原子爐建物の 基礎作業, 格納容器의 設置, 格納容器內의 機器와 配管設置 内部콘크리트타설 및 性能試驗 등 일련의 작업이 critical path였다. critical path를 短縮시키기 위해 그림 6 과 같이 建設方法에서 많은 改善이 이루어졌다.

(1) 原子爐格納容器의 建設作業

○設置時 大型鋼板 使用

格納容器의 製造에 7m×10m 철판 代身 10m×10m 철판을 使用함으로써 3루프 發電所의 경우에 약50개의 철판 숫자를 줄였고, 약500미터

의 용접길이를 줄였다.

○大型側面크레인의 使用

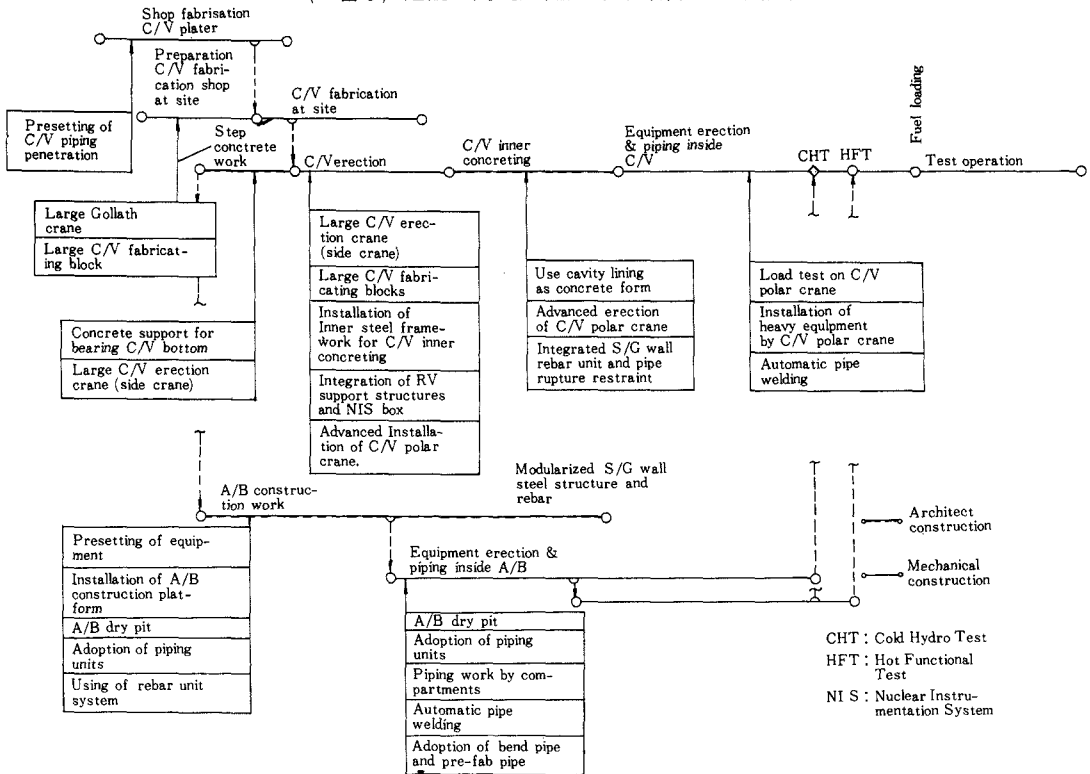
前に 原子爐格納容器의 建設時에 使用하던 크레인의 引上容量이 600ton·m였으나, 2,400ton·m容量으로 교체했다. 이로서 大型 철판과 폴러 크레인을 引上할 수 있었다. 크레인의 位置를 格納容器 中央(中央크레인方法)에서 밖으로(側面크레인方法) 變更함으로써 critical path로 크레인을 設置하고 해체할 수 있었다.

(2) 格納容器內에서의 콘크리트打設作業

○内部鐵構造物과 매설물의 早期設置

格納容器의 建設作業과 並行하여 内部콘크리트와 臨時 構造物을 爲한 스틸프레임이 設置되었으며, 이 構造物을 利用하여 미리 組立된 原子爐容器大型支持物과 爐心計裝系統하우징박스가 안으로 운반되어 大型側面크레인에 의해 設置되었다. 前에는 이와 같은 作業이 바설치작

〈그림 6〉 建設工期 단축을 위해 改善된 建設方法



업과 같이 수행되었는데, 시간 소비가 많았다. 그러나 지금은 이런 것들이 製作所에서 綜合體로 미리 製作되어 現場에서 設置되므로 critical path에서 除外되었다. 蒸氣發生器의 앵커볼트와 周邊 스틸 프레임이 결합되어 미리 現場으로 인도된다. 전에는 内部콘크리트 타설중에 수행되었던 이 과정도 critical path에서 除外되었다.

○ 支持壁의 早期設置

格納容器的 과도 彎曲을 防止하기 爲하여 前에는 内部콘크리트作業이 格納容器的 基部和 콘크리트基礎사이 部分으로 콘크리트타설이 끝난 地域으로 制限되었다. 그리하여 格納容器위와 밑에서의 콘크리트作業은 많은 時間을 消費시켰다.

改善된 方法을 利用하여 格納容器基礎 콘크리트作業의 경우에 미리 支持壁을 建築하여 콘크리트를 채우는 作業을 短縮시키는 것이 可能했고, 壓力試驗이 遂行된후 支持壁과 格納容器的 철판사이에 그라우트를 채워서 格納容기를 基礎에 딱 붙이도록 했다.

○ 캐버티 라이닝을 爲한 폼使用

前에는 原子爐(캐버티의 S/S 라이닝은 콘크리트타설후 모르타르作業으로 마무리된후 S/S 플레이트가 매설된 피팅에 용접되었다. 그러나 S/S 라이닝을 콘크리트作業의 폼으로 使用함으로써 이 과정이 크게 短縮되었다.

(3) 格納容器內 機器設置 및 配管作業

○ 폴러크레인의 早期設置

前에는 폴러크레인의 設置가 内部콘크리트가 끝난후에 遂行되었으나, 지금은 크레인 거더가 세 部分으로 나뉘어져 現場으로 인도되어 格納容器 建設作業과 同時에 組立된다. 이것으로 c-critical path의 短縮이 可能해 졌다.

○ 上部 蒸氣發生器壁의 事前 製作

蒸氣發生器와 加壓器의 上部 壁 建設은 1次系統 主要機器의 設置와 同時에 遂行된다. 在來

建設方法으로는 主蒸氣 配管, 主給水 配管 및 加壓器 上部 配管作業에 상당히 많은 時間과 努力이 要求되었다. 이런 狀況을 改善하기 爲해서 上部 壁 스틸 프레임과 박스 거더를 하나로 결합하여 製作所에서 미리 製作되었다. 建設現場에서 鐵筋, 스틸 플레이트 폼, 매설 플레이트, 앵커 볼트 등은 한 몽치로 맞추어져 格納容器內에 設置되었다. 이로 인해 時間을 크게 短縮했다.

(4) 原子爐補助建物 建設 및 機器設置作業

原子爐補助建物の 建設, 配管作業 및 機器設置는 2次 critical path이다. 그러나 이런 建設過程은 critical path建設作業의 速度에 맞추어 短縮되었다.

採擇된 主要 措置는 다음과 같다.

○ 臨時 방과제와 크레인의 準備로 作業效率 增加.

○ 鐵筋構造物을 미리 製作하고 鐵筋支持構造物을 設置하여 鐵筋配列을 改善.

○ 천장 및 바닥 建設作業時 데크 플레이트方法을 採擇함으로써 建物建設作業과 並行하여 탱크, 熱交換器 等の 早期設置를 許容.

○ 配管이 復雜하게 들어가는 部分은 製作所를 活用하는 體制를 採擇함으로써 配管作業이 미리 遂行되어 建物作業과 同時에 착수.

○ 製作所에서의 先行製作과 밴드배관을 採擇함으로써 現場 용접량 減少.

○ 現場에서 配管에 自動銲接方法을 使用하는 地域을 增加.

3. 建設管理의 改善

(1) 設計 및 建設作業間 協力

특히, 設計作業에는 다른 技術體系와 組織사이 共有領域이 많아 廣範圍한 協력과 調整이 必要하다. 또한 建設作業은 制限된 時間內에 다른 形態의 많은 機器의 製作과 設置를 要求한다. 더욱이 復雜하고 相互 聯關되는 建設作業

과 電氣機械의 設置作業이 遂行되어야 한다. 이번 어려움을 克服하고 建設作業을 원활히 進行하기 위해서는 早期에 設計作業을 始作하여 正確하고 正密한 詳細建設計劃을 수립하는 것이 必要하다.

日本の 인허가체제는 실제로 建設作業이 始作하기 前에, 原子爐 設置許可 및 建設許可를 얻어야 한다. 發電所 契約 前에 電力會社와 發電所 製作業體는 이러한 許可를 얻기 前에 미리 設計 및 詳細設計를 추진하기 爲하여 合同 研究그룹을 形成한다. 全般的인 事業計劃은 이 工程에 따라 이루어진다. 그림 7은 發電所 設計日程의 概要이다. 發電所 設計時 機器配置 및 配管位置의 最適化 決定은 復雜하면서도 重要的 作業이다. 前에는 이와 같은 設計作業은 2次元의 機器配置計劃을 使用하여 遂行되었으나, 近來에는 모델이 設計過程에 引用되어 電力會社, 發電所 製作業體 및 建設會社의 合同

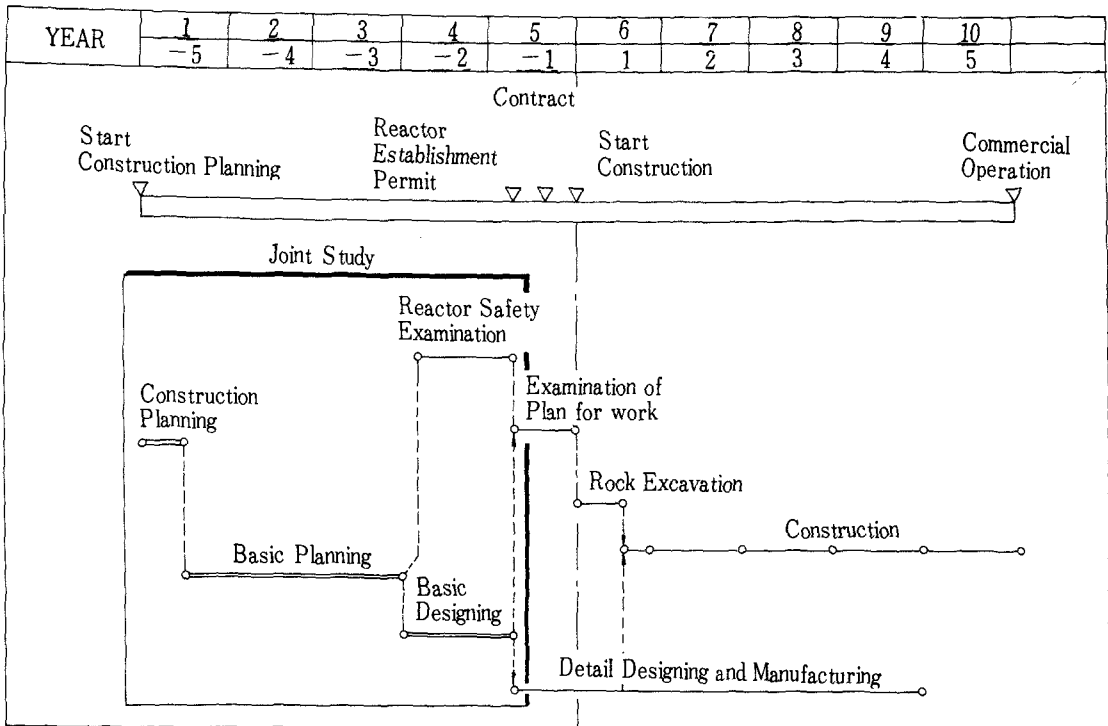
研究에 使用되고 있다. 最適화된 作業空間을 決定 設定하며, 建物內에서 要求되는 最適화된 機器配置와 調整이 考慮되었다. 이로 인해 建設 作業始作後의 設計變更을 크게 減少시킬 수 있었다.

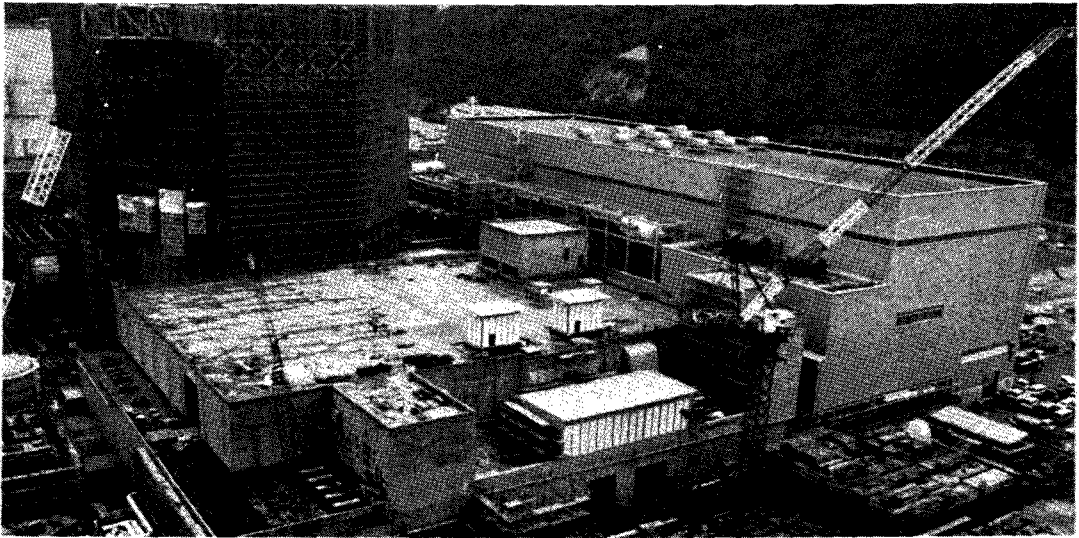
(2) 工程管理

發電所 基本計劃에 根據하여 現場建設工程의 里程標, 즉 商業運轉, 系統併入, 核燃料裝填, 低溫水壓試驗, 基礎콘크리트타설 및 建設作業始作日 등이 決定된다. 그리고 詳細設計, 各 機器의 仕様 및 使用된 建設方法에 根據하여 各 建物과 바닥이 작은 區域으로 나뉘어지고, 現場 建設工程이 建物建設工事와 機器設置運營을 爲해 세워진다.

첫째, 이 工程을 完成하기 위해서는 設計圖面, 資材, 機器 및 유닛 등이 알맞는 시기에 現場으로 搬入되는 것이 必要하다. 이를 達成하기 위해서 高度의 工程管理가 設計 및 製作

〈그림 7〉 原子力發電所의 設計日程





段階에서 要求된다. 發電所 製作業體는 工程管理을 履行하기 爲해서 컴퓨터화된 管理體系網을 使用한다. 그 결과 圓滑하게 現場建設을 進行시키는 計劃, 設計 및 製作過程의 正確성을 얻는 일이 可能해졌다. 또한 지연없이 部品을 現場에 搬入할 수 있을 뿐만 아니라 圖面의 發行時期도 명확히 할 수 있고 또한 이 모든 것이 豫定대로 現場建設作業이 進行되도록 保障하는데 重要한 기여를 한다.

둘째로, 成功의 關鍵은 建設業體 및 機械/電氣製作業體가 相互間에 問題를 일으키지 않고 安全하고 效率的으로 일할 수 있음을 確信시킬 수 있는 適切한 管理를 達成하는 것이다. 이를 성취하기 위해서는 建設作業 및 機械設置에 대한 詳細工程이 建物區域과 各 바닥에 對해 매 월 또는 매 주 단위로 考案되어야 한다. 이 工程에 根據하여 建物建設業體로 부터 發電所建設業體로 建物區域을 인계할 시기를 計劃할 수 있고, 建設方法을 調整할 수 있다. 必要時 設計 및 製作工程을 包含한 現場 建設工程의 改定이 遂行된다. 效率的인 調整을 達成하기 爲해 여러 業體사이의 建設活動을 調整하고 建設에 關聯된 全般的인 資料를 管理하도록 프로젝트 매

니저가 發電所製作業體에 의하여 指命된다. 週期的인 會議가 電力會社 및 發電所製作業體의 여러 부서간에 개최된다. 이는 週期的인 設計會議 및 工程會議를 包含한다. 이런 會議를 통하여 適切한 情報가 正確하게 모든 關聯者에게 交換되는가를 確認하게 되고, 相互間 圓滑한 調整을 돕는다.

4. 品質 管理

(1) 電力會社와 發電所製作業體間의 直接協力を 통한 品質管理 遂行

日本에서 原子力發電所의 品質保證活動은 電氣協會가 發行한 技術標準 JEAG4101에 定義된 概念에 根據하여 電力會社와 發電所製作業體間의 協力에 의해서 遂行된다. 이 標準은 品質保證을 위한 IAEA標準과 부합된다.

電力會社는 品質保證에 대해서 全的인 責任을 지며, 發電所製作業體는 電力會社에 의해 지워진 範圍를 보증할 責任을 진다. 品質保證活動의 수행과 關聯하여 發電所製作業體의 경우 이런 QA活動은 一般的으로 獨立된 第3者에 의해서 보증된다.

電力會社의 경우 普通 QA를 위한 特別한 獨

立된 組織은 없다. 이런 活動은 通常 作業過程의 一部로서 遂行된다. 普通 몇몇 사람이 品質保證管理 및 指針 履行에 配置된다.

(2) 重要도와 一致하는 合理的 檢査

機器의 重要도에 따라서 品質水準을 確信하기 위해서 生産檢査에 重點을 둔다. 電力會社, 發電所製作業體 및 通産省은 witness檢査를 遂行하며, 各 製作 및 設置段階에서 미리 決定된 hold point에서 確認事項을 記錄한다. 銲接部位에 對한 銲接檢査는 通産省을 代身하여 日本技術檢査協會에서 遂行한다. 檢査는 製作工場에서의 材料檢査, 製作 各 段階에서의 檢査 및 完製品檢査를 包含한다.

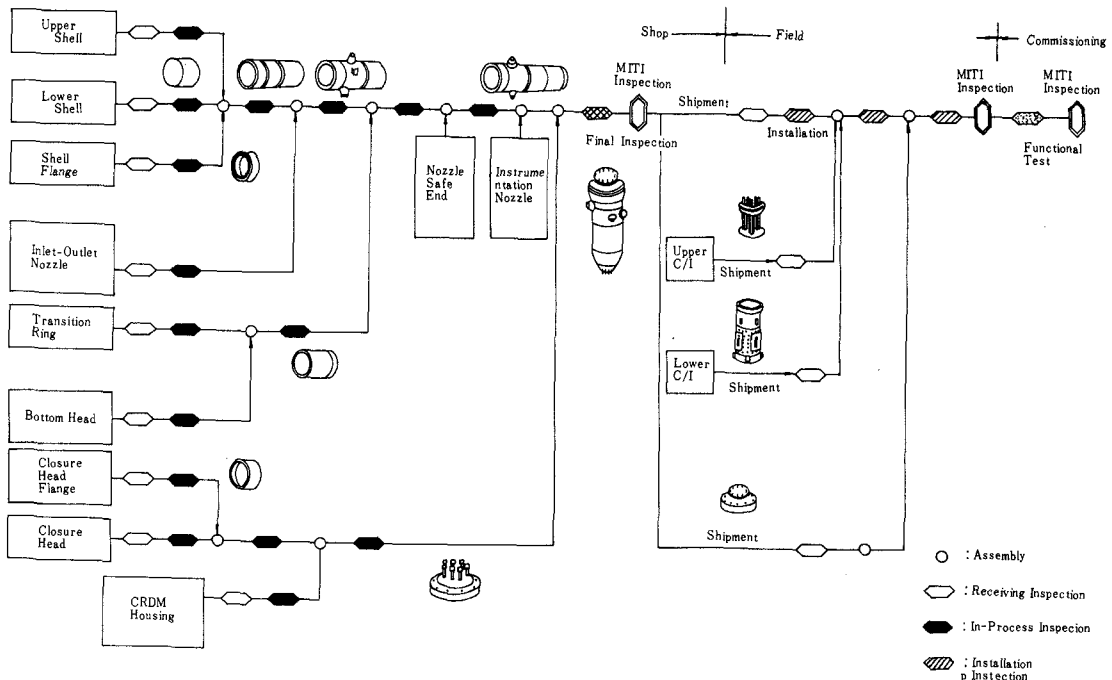
그림 8은 原子爐容器的의 경우 各 段階에서의 檢査를 나타내고 있다. 特히, 原子爐容器와 蒸氣發生器 等 主機器의 製作段階에서는 電力會社의 檢査員이 檢査 및 試驗을 위해 製作業體의 工場에 長期 駐在하고 있으며, 工場에서 매일 品質保證活動을 檢點한다.

建設現場을 보면 設置檢査 및 性能試驗에 追加하여 全般的인 再點檢이 核燃料裝填 前과 試運轉 동안에 遂行된다. 미리 決定되어 있는 時點에서 重要機器는 内部에 異物質이 없는지를 세밀하게 調查하고 確認한다. 이에 의해서 商業運轉이 安全하게 事故없이 이루어지는 것을 보장한다. 이런 全般的인 再點檢은 主로 電力會社의 主導下에 發電所製作業體의 設計陣 및 設置要員과 함께 遂行된다.

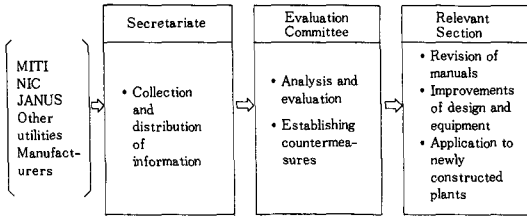
(3) 作業指示節次(計劃)의 樹立 및 철저한 確認 履行

現場建設作業時 많은 作業은 電力會社와 發電所製作業體의 相互協力을 基반으로 遂行되며, 그외의 많은 다른 下請契約建設業體도 어느 정도 介入된다. 그리하여 作業節次計劃을 樹立하고, 確認을 통해서 보증하는 것이 重要하다. 電力會社의 承認後 作業節次 및 指針書는 技士 및 作業者에게 傳達된다. 作業始作前에 모든 作業者가 遂行할 作業을 철저히 理解하고 있다는 것

〈그림 8〉 製作 및 設置段階에서의 檢査 흐름圖



〈그림 9〉 事故 및 故障情報의 評價體制



을 確信하기 爲해서 作業指針書를 使用하여 tool box meeting이 항상 열린다.

建設作業동안 事故를 防止하기 爲해서 모든 契約者는 現場에 있는 自社 組織內에 安全指針은 建設作業에 종사하는 모든 作業者에게 철저히 인식되도록 한다.

(4) 技術者/作業者의 訓練 및 技術能力 向上

建設作業의 높은 質을 達成하기 爲해서 프로젝트에 종사하는 技術者의 質的 向上이 必要하다. 이를 爲해 電力會社는 비파괴시험과 같은 QA 및 QC 方法에 대한 종사자들의 技術知識을 向上시키기 爲해 여러종류의 技術세미나에 參與시키는 政策을 고수한다. 이런 訓練을 통하여 그들로 하여금 QC의 重要性을 인식토록 한다.

發電所製作業體의 경우, 技術者의 教育 외에 비파괴시험과 같은 特別作業의 숙련도에 대해서는 資格을 부여한다. 이로 인해 技術者사이 에 높은 水準의 숙련을 고무시킨다. 作業現場에서의 品質서클活動은 높은 水準의 品質이 必要함을 일깨워주기 爲해서 遂行된다.

(5) 作業環境의 清潔維持

높은 水準의 品質管理를 達成하기 爲해서는 作業場을 매일 깨끗이 하고 이물질이 없이 잘 정돈되게 維持하는 것이 必要하다. 특히, 作業環境을 維持하고 改善하는데 重點을 두는 것이 重要하다.

例로 作業始作前 現場道路를 정리하고, 먼지를 없애며, 높은 水準의 清潔度를 維持하고, 設置後 機器를 보호하는 努力을 한다.

(6) 事故 및 問題點에 關한 情報 蒐集 및 活用

發電所 信賴性을 向上시킨다는 觀點에서 前에 發生한 事故 및 問題點을 再發防止하는 것이 極히 重要하다. 이를 爲해서 電力會社는 事故 및 問題點에 關한 情報를 蒐集하여 活用하는 적극적인 運營體制를 樹立해 왔다. 그림9에서 알 수 있듯이 日本內와 原子力情報센터 等에서 받는 海外에서 發生한 事故 및 故障의 詳細內容은 會社內 研究그룹에 依해 分析되고 評價된다. 그 結果는 維持·補修 關聯者 뿐만 아니라 發電所 設計·運轉 關聯者 모두에게 전달된다. 必要時 發電所製作業體와 協力하여 設計變更 및 運轉節次書의 改善 等 適切한 措置가 取해진다. 發電所製作業體도 日本 및 海外의 事故와 故障에 關한 情報를 蒐集하고 研究하는 體制를 樹立해 왔다. 유사한 事故가 發生하지 않도록 措置를 考案하는 철저한 研究가 履行된다. 그리고 發電所製作業體도 電力會社에게 措置할 수 있도록 提議하는 積極的인 體系를 維持하고 있다.

5. 結 論

原子力發電 進行上 보다 나은 開發을 爲해서는 近來 核燃料市場狀況에서 發生한 變化로 인해 他 發電源으로 부터의 挑戰을 감안하여 계속 높은 經濟性을 얻는 것이 必要하다.

現在 日本에서 政府가 主導하는 “輕水爐技術 高度化 計劃”이 있다. 이 계획의 目的은 現 輕水爐에서 더 높은 水準의 信賴性, 運轉性 및 經濟性을 達成하는 것 뿐만 아니라 다음 世代의 原子爐와 새로운 型의 輕水爐를 開發하는 것이다.

이와 같은 狀況에 對應하면서, 電力會社는 將來 發電所에 있어서 지금까지 얻은 改善事項에 만족하지 말고 요원을 訓練시키고, 現在 蓄積된 技術을 充分히 利用하면서 新技術을 開發하기 爲하여 앞으로 더욱 注力하여야 될 것이다.