

利用率(基底負荷플랜트에 대해서)이 됐던 Energy Availability가 됐던 또는 Capability Factor가 됐던 날자별로 比較해야 한다는 點에 留意하지 않으면 안된다.

단, 한가지 效果的인 評價基準은 經濟性이며 앞서서도 말한바와 같이 이것이 投資의 選擇이 이루어지는 全體의인 背景과 密接한 關係가 있기 때문이다.

스위스 原電의 停止時間 減少

스위스 原電유니트의 높은 稼動率은 훌륭한 設計가 建設을 通해서만 이루어진 것이 아니며 運轉員들이 事故豫防에 萬全을 期하고 事故發生時에는 迅速하고 效果的으로 解決할 수 있는 態勢를 갖추고 있기 때문이다.

스위스에서 現在 稼動中인 原電유니트는 5기이며 最初의 유니트인 Beznau 1號機는 15年前에 運轉開始되었으며 지금의 스위스原電全體의 運轉實績은 50爐·年以上에 이르렀다. 스위스의 原子力프로그램은 매우 特異한 것으로 特徵지을 수 있다. 型式에 있어서는 BWR와 PWR가 設計方式에서는 初期의 것과 最新의 것이, 1次와 2次系統에 대한 技術에 있어서는 유럽式(Brown Boveri와 KWU)과 美國式(GE와 Westinghouse)이 共存하고 있는 狀況이다.

이 플랜트들은 型式, 製作年度, 供給會社들이 다르기는 하지만 모두 良好한 安全實績과 매우 높은 稼動率을 達成했으며 多年間 스위스의 年間平均利用率은 世界에서 最上位를 차지해 왔다. 그렇다고 해서 스위스의 原子力發電플랜트들이 PWR와 BWR의 典型的인 技術의인 問題點을 갖고 있지 않은 것은 아니지만 運轉員들이 大體의으로 問題點에 대한 原因을 把握하는데 있어 迅速하고 이에 대한 對策을 講究하고 實行하는데 있어 매우 能率的이고 效果的이었다고 할 수 있다. 따라서 스위스의 플랜트들은 技術的인 事故에도 不拘하고 높은 利用率을 成就하였다.

특히 核燃料再裝填, 點檢 및 補修를 하기 위한 年次 停止期間이 比較的 짧고(大部分의 경

우 約30~35日間) 復水器튜브 交替, 給水탱크의 交替, 氣水分離器의 補修등과 같은 主要補修作業이 實際的으로 正常的인 年次停止補修期間中에 實施되었다.

스위스에서는 어떻게 해서 이와 같은 成果를 올릴 수 있었는가?

스위스의 各種플랜트들이 좋은 實績을 올리고 있는 理由는 스위스 電力會社들이 유니트들을 稼動시키고 있는 方法에서 찾아볼 수 있다. 훌륭한 플랜트의 機構와 管理, 좋은 運轉技術, 用意周到한 計劃, 補修/修理作業의 能率의인 施行, 安全과 稼動中檢査에 대한 實質的인 方法등 이 모든 것이 크게 寄與했다고 할 수 있다.

플랜트 人員

스위스電力會社들은 플랜트人員을 選拔하는데 있어 잘 編成된 嚴格한 基準과 節次, 正規的인 教室講義, 長期的인 現場實習프로그램, 模型과 시뮬레이터의 廣範圍한 利用에 의한 綜合的인 訓練과 再教育, 플랜트에서의 担當業務의 交替와 많은 業務活動(經常運轉만이 아니고)에의 參與를 통한 動機賦與 등을 實踐해 왔다. 또한 快適한 作業環境 및 友好的인 雰圍氣造成과 좋은 情報政策, 適材適所의 人員配置, 높은 給料水準등이 重要한 것으로 配慮되어 왔다.

플랜트의 機構構成

스위스電力會社들은 主要한 改造工事を 除外하고는 必要的 外部의 助力을 求하기 보다는 大部分의 作業에 대해 比較的 獨立的으로 人員을 配置하는 傾向이 있다.

따라서 스위스 플랜트에서는 플랜트人員들은 플랜트의 運轉, 放射性廢棄物의 取扱 및 再處理뿐만 아니라 檢査, 補修, 核燃料再裝填, 플랜트 改造와 補強作業에도 從事하게 되어있다. 結果의으로 이러한 業務에 從事하고 있는 사람들은 플랜트에 대해 더 熟達될 뿐아니라 管理者들도 各種業務에 그들 自體人員으로 充當할 수 있는 有利한 立場에 놓이게 되며 從業員自身들도 動機가 賦與되고 運轉上의 問題들도 現場에 恒常 比較的 많은 技術要員들이 確保되어 있으므로 더 빨리 解決할 수 있다.

運轉實績의 分析

機器의 動態와 異常은 全部 記錄되며 플랜트 要員은 運轉實績, 特히 電力損失을 가져오는 팩터들을 分析하게 된다. 또한 精巧한 휘트·백시스템이 플랜트管理者나 幹部人員들로 하여금 플랜트組織이나 節次를 改善할 수 있는 方法을 찾아낼 수 있게 하기 위해 設定되었다.

豫備部品 管理

가장 重要한 것은 現場에서 確保하고 있는 豫備部品과 消耗品의 種類와 數量에 대한 詳細한 資料를 包含하고 또한 豫備部品과 消耗品을 再發注할 時期를 나타내는(在庫量을 規定된 最少數量과 比較함으로써) 優秀한 電算化된 豫備部品管理시스템이다. 이 시스템은 必要的 豫備部品과 消耗品의 種類와 數量을 繼續的으로 現實化시키는 同時에 이것에 대한 充分한 豫算을 策定하는데 있어서도 貴重한 資料를 提供하며 이렇게 함으로써 充分한 數量과 品目이 恒常 現場에 備蓄되어 있게 한다.

플랜트補修戰略

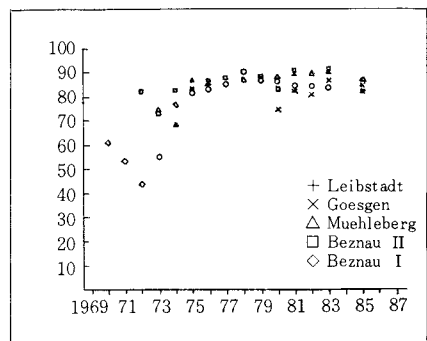
可及的 豫防補修를 基本戰略으로 삼는다. 現

在의 補修狀況은 가장 適切히 維持되고 있으므로 이 以上 더 停止時間을 줄인다는 것은 많은 追加費用을 使用함으로써 可能하다. 1年을 통한 連續的인 프로그램은 稼動性 問題를 야기시키는 機器를 判別하는데도 利用되며 그 다음에는 豫防補修프로그램에 의해 다루어진다. 大體的인 解決方法은 代替部品을 充分히 確保하고 플랜트性能에 惡影響을 미칠 것으로 보이는 損傷을 입은 機器에 대한 補修를 充分히 하는 것이다.

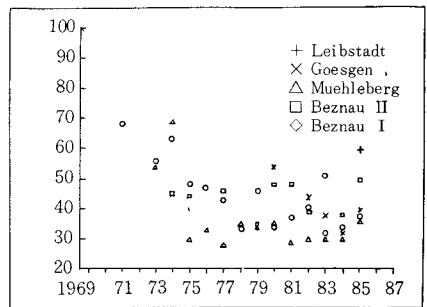
補修計劃作成

協調가 잘 이루어지는 모든 分野(運轉, 電氣, 計裝, 機械, 保健物理學, 原子爐物理學 등)의 代表者들로 構成된 그룹이 補修計劃作成에 대한 責任을 진다. 核燃料再裝填을 위한 停止計劃의 作成은 1年前에 始作하고 모든 節次와 業

〈스위스原電유니트들은 一律的으로 높은 利用率을 成就하였다〉



〈스위스原電유니트들의 年間停止日數는 大體的으로 下降傾向을 보였다〉



務內容은 事前에 아주 詳細하게 計劃하고 規定해 놓아야 하며 특히 크리티컬·패스와 關係되는 業務에 대해서는 더욱 그렇다. 一部 特殊한 業務에 대해서는 電算화된 計劃作成方式을 適用하지만 一般의으로 手動的인 計劃作成시스템을 利用하고 있으며 앞으로는 컴퓨터를 더 많이 利用하게 될 것이다.

改良된 工具와 機器의 使用

플랜트所有主들은 點檢補修를 위한 特殊工具, 計測器와 設備의 新規開發을 아주 가까이 쫓고 있으며 有用하게 使用될 可能性이 있는 品目の 購入에 대해 充分한 豫算을 配定해 놓고 있다. 또한 어떤 特定한 플랜트에게만 該當되는 點檢補修作業에 使用될 特殊工具들은 그 플랜트自體에서 開發하도록 많은 努力을 기울이고 있다. 例를 들면 Beznau 플랜트는 아주 初期에 蒸氣發生器튜브의 點檢과 Sleeve 附着作業을 위한 特殊工具를 開發하기 始作했었다.

플랜트 文書處理

플랜트의 運轉과 機器 및 系統의 點檢補修를 위한 總括的고 理解하기 쉬운 指導書와 便覽을 作成하는데 가장 留意하였으며 모든 플랜트機器들에 코드番號를 매기고 表記하고 銘板을 붙이기 위한 效果的인 시스템이 使用되었다. 시스템과 機器에 대한 仕樣은 잘 整理되어 있으며 變更이 있을 때는 直時 이것을 現實化시키고 있다.

電力會社間의 協調

電力會社間에 經驗과 이로부터 얻은 敎訓을 相互交換하기 위해 緊密한 接觸이 維持되고 있으며 必要時 그들의 製品과 서비스를 能率的이고 效果的으로 利用할 수 있도록 하기 위해 機器供給業者, 서비스會社, 技術諮問機關과도 緊密한 接觸을 維持하고 있다. 主要機器 메이커들은 勿論이고 原子爐와 터빈供給業者들은 大體로 플랜트의 技術的인 問題에 對處하는데 있어 매우 迅速하고 效果的이었다.

實質的인 許可取得節次

스위스에서의 安全과 許可取得節次는 아주 實質的이다. 電力會社에게 플랜트의 安全에 대해 全責任이 주어져서 關係機關에서는 重要한 安全問題가 適切히 다루어지고 있는지에 대해서만 點檢할 뿐이다. 이러한 方式은 다른 여러 나라들에서 하고 있는 것과는 다르며 이들 나라에서는 電力會社는 關係機關에서 賦課하는 많은 必須條件들을 充足시키지 않으면 안되게 되어 있다.

稼動中檢査에 關한 規制事項들은 그 分量을 制限하고 申請時 伸縮性있게 調節하고 있다. 플랜트에 대해 가장 잘 알고 點檢計劃을 運轉經驗에 따라 作成할 수 있는 電力會社에게 規制事項에 대해 幅넓은 解釋을 할 수 있게 한다.

電力會社에서 稼動中檢査에 臨하는 方法도 實質的이다. 무엇을 點檢해야 하고 얼마나 자주, 언제, 어떻게 點檢해야 하는지에 關한 問題들은 安全도와 所要時間을 다 같이 勘案해서 注意깊게 檢討하고 있다. 아주 廣範圍한 稼動中檢査를 實施하여 스크램과 不時停止의 發生頻度を 더 줄일 수 있을지는 몰라도 그 反面에 計劃停止, 發電原價, 放射線被曝量이 不均衡하게 增加할 수도 있는 것이다.

現在 施行하고 있는 稼動中檢査의 程度는 가장 適切한 것으로 보인다.

一般的으로 말해서 運轉員들과 許可機關과의 友好的이고 協調的인 關係 및 緊密한 交涉이 높은 稼動率과 安全도를 成就하는데 있어 크게 寄與하였다. 運轉員들은 多年間 旺盛한 責任感과 規律을 嚴守하였으므로 關係機關의 信任을 받았으며 關係機關은 安全性과 關聯된 問題를 다루는데 있어 非官僚的인 方法을 使用하였다.

設計基準

大部分의 스위스 플랜트의 設計는 많은 點에서 供給會社의 標準 原設計에서 많이 벗어나 있는데 이는 스위스電力會社들은 그들 自體의 設

計基準과 特別한 仕様을 注意깊게 選定하고 뚜렷이 明示하도록 相當한 努力을 하였기 때문이다. 또한 高品質의 機資材 選定, 臨界運轉시스템과 機器들의 큰 餘裕度와 쉽게 接近할 수 있는 餘裕空間등을 包含해 信賴性和 補修性에 關係되는 部分에 대해서는 特히 留意하였다.

運轉이 開始된 後에는 언제나 運轉性和 補修性을 改善하기 위한 繼續의이고 徹底히 作成된 프로그램이 마련되어 있었으며 많은 機器, 系統 및 構造物들이 運轉經驗에 비추어 改造되었다.

各플랜트의 運轉實績

○ Beznau 플랜트

Beznau 1號機는 運轉初期에는 가動率이 매우 低調했는데 이것은 주로 蒸氣發生機의 튜브 缺陷(5,200個中에서 1,000個以上을 Plugging함)과 2次系統의 一部 部品の 侵蝕과 腐蝕에 基因되는 것이었다. 그 後 이러한 問題들이 解決되어 지금은 매우 높은 利用率(1984년에는 거의 90%였으며 1985년에는 86.2%였다)로 運轉中이다. 1號機의 運轉經驗을 살리어 2號機는 1號機보다 運轉初期의 實績이 훨씬 良好했다.

○ Muehleberg 플랜트

Beznau 플랜트와 같이 이 플랜트도 運轉初期에는 稼動率을 低下시키는 技術的인 問題들에 當面하였다. 가장 큰 問題로는 給水 Sparger의 龜裂이며 結局은 1974년에 交替하였다(그 當時에는 플랜트實績에서 最低인 68.7%를 記錄하였다). 그 後로는 플랜트의 年間利用率은 世界에서 最上位를 繼續 維持했으며(1981~ 1985年間 거의 90%) 지난 10年間 核燃料再裝填, 補修, 點檢을 위한 年間 停止日數는 繼續 30~35日이었다. 이 플랜트는 再循環루프交替 作業을 위해 今年 6월에 停止했으며 9월에 再稼動되었다.

○ Goesgen 플랜트

이 플랜트는 初期의 技術的인 問題로 因해

〈스위스原電 保有現況〉

플랜트名	容量 (MWe)	爐 型	運轉 開始
Beznau I	350	WH PWR	1969
Beznau II	350	WH PWR	1972
Muehleberg	320	GE BWR	1972
Goesgen	920	KWU PWR	1979
Leibstadt	942	GE BWR	1984

稼動率이 낮았다. 가장 큰 問題는 2次系統의 材料破損이었으며 이를 是正하기 위한 作業으로는 새고있는 給水탱크의 交替作業과 復水器의 黃銅튜브를 스테인레스鋼으로 交替한 作業 등이 있다. 過去 5年間 꾸준히 플랜트 性能改善이 이루어졌으며 年間停止日數가 1980년의 54日에서 漸次 短縮되어 1984년에는 33日이 되었으며 利用率은 1980년의 74.4%에서 1984년에 88.9%로 增加하였다. 1985년 여름에 主要點檢補修作業이 39日間の 年次停止補修期間中에 施行되었으므로 이 해의 利用率은 84.2%였다.

○ Leibstadt 플랜트

이 플랜트는 1984년 12월에 商業運轉으로 들어갔으며 最初 6個月間の 運轉實績은 良好하여 이 期間中 利用率은 거의 100%에 가까웠다. 1985년 여름에 核燃料再裝填과 補修作業을 위해 停止하였으므로 42,000個의 復水器 黃銅튜브를 티타늄 튜브로 交替했다. 이러한 큰 補修作業이 있었음에도 不拘하고 이 플랜트의 初年度의 利用率은 81%로 滿足스러운 것이었다.

