

原子力發電所의 安全点檢

盧 潤 來

(韓國電力(株) 原子力發電部長)

1. 序 論

原子力發電所의 安全性에 關한 評價로서 現在까지 가장 널리 알려진 것은 美國 마사츄세츠工科大学教授인 라스뭇센博士의 研究發表인데, 同 報告書에 依하면 自然 또는 人爲事故와의 比較에 있어서 原子炉의 事故發生確率は 極히 낮은 것으로 되어있다.

라스뭇센報告書는 原子力發電所의 機器別 構成要素 하나하나에 對한 信賴度의 統計와 故障發生에 關한 確率論的 事故分析을 토대로 하여 作成된 것으로 一部에서는 統計資料의 不適當함과 統計處理上의 疑問을 提起하고 있으나 全面的으로 그 權威를 否定할 수는 없다. 가령 事故에 依하여 死亡者 10名을 發生시키는 原子炉 事故의 發生確率は 原子炉數가 100機인 경우 1,000年에 一回인 것으로 되어있어, 原子炉 1機當으로는 10萬年에 한번 있을까 말까 하는 事故의 頻度라는 라스뭇센教授의 말이다. 原子炉에 依한 이같은 事故의 頻度は 落雷에 依한 같은 事故死亡數의 頻度보다 훨씬 낮은 것으로 原子力보다 더 安全한 産業設備란 있을 수 없다는 얘기이다.

그런데 昨年 3月 트리마일 아일랜드(TMI) 原子力發電所 第2號機에서 重大한 核事故가 發生하여 世界의 耳目을 集中시킨바 있다. 물론 이같은 核事故에도 불구하고 死亡者가 단 1名도 發生치 않았다는 점에서, 또 오늘날 世界的으로 約 250機의 原子力發電所가 가동중이고 그 運轉經驗이 1,000原子炉·年(運轉中인 原子炉의 數와 稼動年數를 곱한 것)이 넘는다는 事實에서 라스뭇센報告書는 아직도 健在하다고 볼 수는 있으나, 問題는 TMI와 같은 核事故가 너무 일찍 發生하였다는 점이다. 따라서 原子力發電所의 安全系統을 点檢하고 不良한 것은 改善할 必要性이 있다.

2. 安全性의 基準

原子力發電所에 있어서 安全性의 基準은 무엇인가? 흔히 일컫는 核事故란 과연 어떤 것인가?

普通 물을 冷却材로 使用하는 輕水炉에서의 最大假想事故로는 冷却材喪失事故를 들 수 있는데, 이같은 事故가 發生되면 炉心内の 熱除去能力이 完全히 喪失되는 結果, 核燃料 被覆材가 溶融 또는 破損되어 放射性物質인 核分裂

生成物이 밖으로 放出되어 人命에 被害를 끼치게 된다. 따라서 原子炉 壓力系統의 異常으로 인한 放射能의 漏出 또는 核分裂制禦裝置의 機能喪失로 인한 核爆走와 이로 말미암은 放射能의 漏出 등이 原子力發電所の 安全性을 害치는 癈的要素라 하겠다.

그런데 原子力發電所에서 漏出되는 放射能은 一次의으로 原子炉와 이에 連結된 壓力系統의 機能喪失, 그리고 核分裂制禦系統置의 故障으로 인한 核爆走 등이 主要 原因이 되고 있는데, 그 좋은 例를 들면 加壓輕水炉에서 蒸氣發生器 노즐의 龜裂, 加壓器 릴리프 발브(PORV)의 開放固着 등을 들 수 있고, 沸騰輕水炉에서는 一次側 再循環管의 龜裂과 水壓式 制禦棒驅動裝置의 機能喪失을 그리고 重水炉에서는 原子炉 壓力管의 應力腐蝕에 따른 龜裂과 重水 使用에 따른 三重水素의 發生 등을 들 수 있다.

그렇다면 이와같은 問題點이 原子力發電所에서 發生되어 重大한 核事故가 일어나기 전에 充分한 安全点檢을 履行하여야만 되지 않을까? 이제 原子力發電所の 安全点檢을 爲한 活動을 設計에서부터 製作, 施工, 試運轉 그리고 運轉에 이르기까지 具體的으로 살펴보자.

3. 安全을 爲한 点檢活動

가) 設計에서 運轉에 이르기까지

(1) 設計

原子力發電所가 竣工되기까지에는 여러 段階의 工程을 거치게 되는데 그 첫번째가 設計作業이다. 原子力發電所の 安全設計를 爲하여 美國의 規制機關에서 法令으로 要求하고 있는 것은 10CFR50의 Appendix A에 明示된 設計基準를 따라야 된다는 事實이다. 이에 따라 처음으로 概念設計가 이루어지면 이에 基礎를 둔 豫備設計가 作成되는데 이 豫備設計는 設計를 直

接하지 않은 다른 設計部署에 依하여 確認을 받게 된다.

한편 同 豫備設計는 고객인 電力會社로 보내져서 設計에 對한 檢討와 意見을 조회하게 되고 契約 內容에 따라서는 電力會社의 承認을 받게 된다. 電力會社가 設計에 對한 承認權을 갖게 될 경우 設計에 對한 責任限界가 대개의 경우 設計會社로부터 電力會社로 이양되므로 電力會社의 技術能力이 不足할 경우에는 第三者에 依한 檢討를 받는게 慣例이다.

이렇게 여러 方面으로부터 設計에 對한 면밀한 檢討가 이루어지면 具體的인 細部設計가 完成되는데 이들의 設計는 規制機關 또는 政府의 諮問機關인 原子炉安全審査委員會의 承認을 받게되어 있어 二重, 三重의 点檢을 設計 段階에서 받게 된다.

(2) 製作

原子炉 및 이와 관련된 安全系統의 機器는 關係 法令 또는 規格에 認可된 製作工場에서 嚴格한 品質保證下에 生産된 것만이 使用케 된다. 앞서 言及한 10CFR50의 Appendix B에 따라 모든 原子力發電設備는 品質保證을 法的規制에 따라 履行케 되는데 이에 따르면 가령 非破壞檢査를 하나만 例로 들더라도 放射線透過에 依한 方法만이 아니라 超音波方法 이라든지 또는 液体染料를 使用한 方法 등을 使用하여 二重 또는 三重으로 安全性을 点檢토록 하고 있으며, 第三者에 依한 品質保證檢査를 製作工程의 各 段階마다 施行하고 있는 實情이다.

(3) 建設

原子力發電所の 敷地가 選定되면 規制機關으로부터 承認을 받아야 되는데, 이에는 立地條件을 滿足하는 地質調査, 氣象 및 海象調査, 耐震設計의 基準 등을 明示한 敷地承認申請書를 提出 그 妥當性을 立証해야만 된다.

다음에는 建設許可를 爲한 豫備安全分析報告

原子力發電所の 安全点檢

書와 運轉許可를 얻기 爲한 最終安全分析報告書를 作成한 다음 規制機關의 檢討를 거쳐 承認을 받아야만 認可를 받을 수 있게 된다. 이 安全分析報告書에는 앞서 說明한 敷地環境調査 以外에도 基礎構造物에 對한 耐震設計 原子炉와 原子炉冷却材系統, 工學的 安全設備, 計測 및 制禦系統, 電氣系統, 터빈發電機, 補助系統, 放射線管理系統, 發電所 運營上의 組織 및 管理, 試運轉, 各種 假想事故에 對한 安全分析, 技術指針과 끝으로 品質保證에 對한 詳細한 技術資料가 무려 4,000餘회에 걸쳐 記述되어 있어 이의 면밀한 檢討를 거친 다음에야 認可를 받게 된다.

대개 規制機關인 政府는 人力 不足과 能力의 限界 때문에 大學教授 또는 研究機關의 專門家로 構成된 原子炉安全審査委員會의 諮問을 받게 되며 必要한 경우에는 事業者인 電力會社에 對하여 直接 安全性에 關한 質問을 하기도 한다. 詳細한 設計概念, 事故時 發電所 週邊의 住民이 받게 될 被曝線量 및 安全評價에 關한 說明을 爲하여 電力會社는 경우에 따라 專用役業체로 하여금 代行케 하기도 한다.

이같이 原子力發電所는 많은 段階에 걸친 安全点檢을 거친 다음에야 建設許可를 받게 되며, 建設期間中에는 各 單位別 工事に 對한 工事方法의 確認을 받아야 된다.

한편 建設現場에는 工事執行部署와 獨立된 品質保證部署의 活動이 嚴格히 進行되며 政府는 駐在員을 現場에 派遣시켜 모든 工事が 계획되고 承認된 節次에 따라 執行되고 있는지를 常時 監査하고 있다.

(4) 試運轉 및 運轉

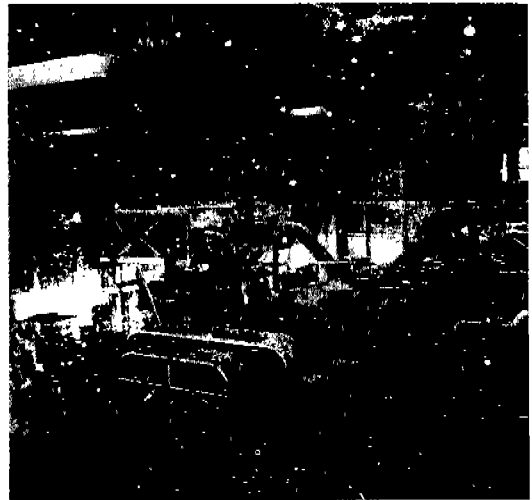
建設工事が 막바지에 이르고 核燃料의 炉內 裝填이 가까와지면 試運轉業務가 本軌道에 오르게 된다. 建設期間中 더럽혀진 各種 配管, 탕

크類 및 機器에 對한 洗淨作業이 끝나면 冷態 및 溫態機能試驗을 거친 다음 비로소 核燃料가 裝填되며 臨界試驗과 出力上昇試驗 등이 成功的으로 끝나게 되면 發電所의 引受를 爲한 性能試驗을 하게 된다.

이같은 一聯의 試驗이 完遂되면 비로소 商業 運轉을 하게 되는데 이 모든 段階에 對하여 주어진 節次에 따라 作業을 하게 되며 이에 벗어난 行動은 核事故發生의 原因이 될 수 있으므로 절대로 禁해야만 된다. 原子炉內에서 核分裂이 始作되면 放射能 漏出의 염려가 없지 않으므로 철저한 運營上의 管理가 必要한데, 이 때문에 모든 原子力發電所에서는 各種 節次書, 특히 이 가운데서도 安全点檢(Surveillance)을 爲한 節次書와 安全運轉을 爲해 그 制限值를 設定해 놓은 技術指針書(Technical Specifications)를 마련하고 있다.

나) 安全点檢節次書와 技術指針書

安全点檢이란 原子力發電所의 모든 安全系統에 對하여 그 機能이 常時 保存되어 있는가를 確認하는 作業이다. 사람은 萬物의 靈長이므로



毎事に 쉽게 익힐 수는 있으나, 같은 일을 몇 번이고 되풀이할 경우 요령이 생겨 주어진 방법을 無視하거나 또는 지나쳐 버리는 일이 가끔 있을 수 있으며, 이로 困하여 重大한 실수를 저지르게 되는 癖이 있다.

따라서 이같은 실수를 防止할 目的으로 原子力發電所の 重要한 安全系統을 点檢함에는 쉽고도 確實한 方法으로 点檢의 순서와 要領을 明示한 節次書를 마련하고 이를 절대로 遵守토록 하고 있다.

한편 技術指針書를 作成하여 이에 設定해 놓은 制限値를 벗어나지 않게 發電所를 運營함으로써 安全을 圖謀할 수 있다.

한편 同 技術指針書는 電力會社가 規制機關에 提出하여 發電所運營에 關하여 事前에 약속한 一種의 文書이므로 이를 履行치 않을 경우에는 規制對象이 된다.

다) 規制機關과 原子炉安全審査委員會

以上에서 原子力發電所の 安全点檢을 爲한 여러가지 形態를 各 工程別로 檢討한 結果, 이에는 法的 拘束力이 따르며 規制機關인 政府가 直接 깊게 關여하고 있다는 事實을 알게 된다.

美國의 경우, 原子力規制委員會가 그 機能을 發揮하고 있는데 總人員 약 2600名의 방대한 機構로서 各地域에는 連絡事務所가 있어 이로부터 그 地域内の 原子力發電所와 建設事務所에 監督官을 派遣하고 있다. 이 委員會는 建設許可 또는 運轉許可와 같은 認許業務는 물론, 原子力에 關한 연방정부의 規程을 制定하고 補完하는 한편 各 發電所로부터 報告받는 技術資料와 大小事故의 內容을 綿密히 調查하여 이른바 安全告示인 IE Bulletin 을 公布하고 모든 電力會社로 하여금 告示內容을 確認하고 그 結果를 委員會에 報告토록 規制하고 있다.

또한 安全問題가 심각한 事項에 對해서는 그

傘下の 研究機關으로 하여금 研究調査케 하고 그 結果에 따라 새로운 規制要件을 作成하기도 한다. 뿐만 아니라 認許業務에 所要되는 時間을 단축하고 規制業務의 效率을 높이며 電力會社로 하여금 보다 쉽고 便利하게 認許業務에 對處할 수 있도록 安全評價를 爲한 標準 檢討計劃書를 發刊하고 있다. 必要한 경우에는 公廳會에 그 代表를 出席시켜 一般大衆으로 하여금 特定 原子力發電所の 建設이나 또는 運轉이 住民에게 하등의 危險이 없다는 說明을 하기도 한다.

방대한 組織과 人員에도 불구하고 폭주되는 業務와 特殊分野의 專門的인 技術諮問을 爲해 原子力規制委員會는 순수한 諮問機關으로서 原子炉安全審査委員會를 두고 있다. 同 審査委員會는 大部分이 大學의 教授이거나 또는 研究機關의 專門家로서 構成되어 있으며, 特定 原子力發電所の 建設이나 運轉에 關련된 安全評價를 專門家的인 立場에서 檢討한 다음 規制委員會에 對하여 許可 또는 拒絕토록 勸告한다. 다만 審査委員會는 政府의 執行機關이 아니므로 어디까지나 規制委員會에 對한 勸告에 그칠 뿐이며 그 法的 強制力은 거의 없다. 그러나 審査委員會의 勸告가 專門家들의 私心없는 見解일 경우 그 勸告는 대개 規制委員會에 依해 받아들여지고 있다.

이제까지 살펴본 바와 같이 原子力發電所の 安全点檢에는 그 以上 더 어떻게 할 수 없을만큼 철저한 方法이 동원되고 있음을 알았다. 우리나라는 대체로 美國의 規制方式을 따르고 있으므로 安全点檢은 대체로 完壁하며 따라서 安全上の 問題는 없을 것으로 생각된다.

4. 무엇이 問題인가?

世界經濟는 1973年의 一次石油波動時에 큰 충격을 받았으며 昨年の 二次波動으로 困하여 아

原子力發電所의 安全点檢

직껏 回復의 氣勢가 엿보이지 않는 가운데 脫石油政策을 強力히 推進하고 있다.

우리나라도 例外일 수는 없어 韓電은 今年을 脫油電源開發의 해라는 슬로간 아래 石炭火力과 原子力發電開發에 온갖 힘을 쏟고 있으며 가스, 潮力, 揚水發電 등 代替에너지開發에 總力을 기울이고 있다. 그러나 빨라도 今世紀末까지의 脫油電源으로서는 단연코 原子力을 손꼽지 않을 수 없다.

原子力發電의 意義는 多角度的으로 찾아볼수 있는데, 첫째로 에너지源을 多元化할 수 있다는 戰略的 意味를 갖는다. 둘째로는 在來式發電에 比하여 가장 經濟的이라는 特長을 갖는데 예컨대 우리나라 最初의 原子力인 古里發電所 第一號機는 1978年 初에 가동된 以來 지난 8月 末까지 약 2年半에 걸쳐 總發電量 75億KWH를 生産하여 2500億원의 販賣実績을 나타냄으로써 初期投資費 1500億원과 其間에 燃燒된 核燃料費 120億원 등을 훨씬 上廻하고 있는 事實만을 보더라도 그 經濟性을 가히 짐작할 수 있을 것이다.

單位重量의 低濃縮우라늄은 化石燃料의 약 10萬배에 達하는 發熱量을 가지므로 輸送과 貯藏이 便利해서 非常時를 對備한 備蓄에도 큰 意義를 갖는다. 또한 化石燃料과 달리 煤煙에 依한 大氣汚染의 염려가 없어 公害問題面에서 有利한 發電方式이라 하겠다. 보다 重要的 것은 原子力開發에 있어서는 모든 分野의 技術이 綜合적으로 相互補完되면서 發展되어간다는 事實이다. 마치 二次大戰中の 맨하탄 계획이 戰後의 原子力平和利用에 기여했으며, 月世界로 向한 人類의 끊임 없는 執念이 아폴로계획을 통해 成功됨으로써 많은 關聯産業의 發展에 크게 貢獻했듯이 原子力發電의 開發은 高級技術者의 養成과 함께 모든 技術産業의 革新을 可能케 할 것이다.

그런가 하면 大容量의 原子力發電所는 豊富한 冷却水를 要하므로 自然히 큰 湖水나 海邊을 立地條件으로 扶하게 되어 아름다운 天然의 美的 資源이 今世紀 最高의 技術과 和合함으로써 觀光資源의 開發에도 큰 一翼을 담당하게 된다.

그렇다면 原子力發電이란 과연 肯定的인 面만 있는 것일까? 否定的 要素는 없는가? 있다면 과연 무엇이 問題인가?

筆者는 앞서 原子力發電所는 設計에서부터 竣工에 이르기까지 各種 安全点檢을 爲한 活動을 強化하고 있을 뿐만 아니라 規制機關으로서의 政府는 國民의 安全과 健康을 爲해 最善의 努力을 傾注하고 있으므로 核事故의 發生은 매우 희박하며 설사 TMI와 같은 事故가 일어난다고 해도 死亡者는 물론 放射線 被曝者가 단 一名도 發生치 않았던 事實에 비추어 매우 安全한 産業設備임을 強調하고 싶다.

그렇다고 해서 問題點이 없는 것은 결코 아니다. 그 問題點이란 發電所 設備의 自体라기 보다는 副産物로 生成된 放射性廢棄物의 處理라 하겠다. 原子力發電所에서 生成되는 放射性廢棄物은 氣體, 液体, 固體의 形態를 갖게 되는데, 이 가운데 氣體와 液体는 比較的 容易하게 安全處理된다. 問題는 固體廢棄物의 永久的인 貯藏이다. 核燃料의 再處理工場과 달라서 原子力發電所에서는 高準位의 固體廢棄物은 處理하지 않으므로 큰 多幸이나 固化處理된 中低準位의 廢棄物處理는 골치아픈 問題임에는 틀림없다.

過去에는 水深 3000m 以上되는 公海上에서 海底埋沒을 하기도 했으나 最近에는 國際機構를 포함하여 世界各國은 이를 反對하고 있어 地下埋沒이나 無人島를 利用한 廢棄方法밖에 생각할 수 없는 實情이다.

[p. 45에 계속]

[表 7] 公害排出濃度 規制値比較表

□ 은 서울화력 해당

項目	燃料別	國別	日 本	台 灣	우리나라	서울火力發電所			
						改 造 前	改 造 後		
硫黃酸化物 (SO ₂ ppm)	-	-	○ 地域別 差等規制 ($q=K \times 10^{-3} \times He^2$) 例) 換算値	2,000以下	1,800以下	1,800~2,400	150~200		
			煙突 (m)					容量 (mw)	地域別規制値 (K=1,17~17,5)
			70					100 300	90~1,400 35~520
			150					100 300	350~5,500 140~2,100
窒素酸化物 (NO ₂ ppm)	區分	新 設	既 設	1,000以下	新, 既設	250~500	120~200		
	重油	130以下	230以下		250以下				
	石炭	400以下	750以下		500以下				
粉塵 (mg/Nm ³)	區分	5,000kcal/kg 以上	5,000kcal/kg 以上	915以下	500以下	250~300	100~200		
	石炭	400以下	800以下						
검댕	-	-	Ringelmann chart 2度 以下	-	Ringelmann chart 2度以下	Ringelmann chart 2度以下	"		

6. 結 言

그동안 當會社에서는 여러가지 어려운 與件
 中에서도 40餘億원의 莫大한 費用을 投入하여
 1980年 8月末 公害防止施設을 完工하여 가동중
 에 있는데, [表 6]과 [表 7]에서 제시된 바

와 같이 排出汚染濃度는 外國에 比하여도 결코
 손색이 없다.

그러나 周圍에 公害源 즉 車輛公害 및 周圍
 工場에서 發生하는 公害가 그대로 發生하고 있
 는 限 環境汚染은 점차 增加될 것으로 史料되
 어 이에 대한 當局의 적절한 對策이 時急할 것
 으로 史料된다.

[p. 40에서 계속] 先進國인 美國이나 日
 本에서도 現在 研究가 進行되고는 있으나 가가
 來에 妙策이 發表될 展望도 없다. 放射性
 廢棄物中에는 半減期가 數10年이나 되는 核種
 이 있어 數百年間을 두고 崩壞되어야만 放射能
 으로부터 安全한 狀態가 되므로 이와같이 長期
 間을 두고 廢棄處理함에는 貯藏上의 어려운 問
 題가 제기된다. 콘크리트나 아스팔트 固化를 처
 음 使用했으나 安全한 永久廢棄가 問題視됨에
 따라 파이렉스 固化로 점차 轉換되고 있으며

一部에서는 瓷器에 依한 固化方案을 提示하고
 있다. 한편 廢棄物의 體積을 減少시킬 수 있는
 減容施設이 開發使用中인데 滿足할만한 設備가
 별로 없는 형편이다.

現在 우리나라에서는 發生되는 固体廢棄物을
 發電所 敷地內의 貯藏庫에 쌓아두고 있는데 放
 射線 障害防禦에 依하면 固体廢棄物의 永久
 廢棄基準은 政府(科技處)에서 指定토록 되어 있
 으므로 머지 않은 將來에 그 處理方案이 確立
 될 것으로 믿는다.