



原子力 安全과

TMI 事

原子力發電所의 熱源인 原子爐는 莫大한 潛在 에너지와 核分裂에 의해 생기는 多量의 放射能을 가지고 있어 그것의 設計, 建設 및 運轉에 있어 格別한 安全確保가 強調되어 왔다.

오늘날 原子力發電所의 安全確保를 위해서는 多重防護의 理念이 適用되고 있다. 그 첫째의 防護策은 原子爐와 關聯機器에 故障이 일어나지 않도록 하는 것이다. 이를 위하여 安全餘裕있는 設計를 하고 製作, 組立에 있어서는 嚴重한 品質管理를 하며 한편 施設, 機器가 設計대로 製作, 設置되었는가를 檢査를 한다. 運轉에 들어가서도 定期的으로 點檢을 實施하여 性能低下를 防止하도록 努力을 한다.

第2의 防護는 重大한 事故를 防止하는데 必要한 對策을 두는 것이다. 運轉中에 어떤 故障이나 誤操作이 發生되었을 때 이것에 對應할 수 있는 多重性과 獨立性을 가진 安全防護施設을 두어 必須施設의 破損을 防止하고 事故의 擴大를 抑制하는 것이다. 이를 위하여 原子爐系統에는 重複된 獨立의 計裝채널에 의한 스크램裝置, 制御棒脫出防止裝置, 非常爐心冷却裝置가 設置되고 있다.

第3의 防護는 多重性을 가진 위의 安全防護施設中 그 一部分가 作動하지 않는 등의 더욱 甚한 假想的 狀況을 設定하여 그런 경우에도 周邊 住民의 安全이 確保되도록 對策을 세우는 것이다.

이를 위하여 格納容器, 壓力低減裝置 및 非常用 沃素除去系統 등이 設置된다.

이 基本理念을 바탕으로 設計된 原子力發電所는 建設에 앞서 그 安全性이 規制機關에 의하여 檢討되고 審査된다. 即 原子力發電所를 建設하려면 事業者는 그것이 安全함을 記述한 安全分析書를 作成, 規制機關에 提出하여 審査를 받은後 그것의 安全性이 充分함을 認定받아야 建設許可를 얻는다. 建設中에도 設計대로 工事が 施行되고 있는 것을 點檢받으며 徹底한 品質保證活動이 並行된다. 建設終了段階에서 事業者는 最終安全分析書는 提出하여 그 安全을 再確認받은後 運轉免許를 받게 된다. 運轉中에도 事故의 未然防止를 위하여 定期的으로 點檢이 實施된다.

지금까지 原子爐安全分析에서는 생각할 수 있는 모든 事故가 解析되었으며 事故時에도 이것의 擴大를 防止할 수 있는 安全防護施設이 있어 冷却材 喪失事故와 같은 重大事故時에도 放射能 이 漏出되어 周邊公衆에 害를 주는 確率은 極히 적은 것으로 알려져 왔다. 그런데 지난 3月 28日 美國의 트리 마일 아일랜드(Three Mile Island) 原子力發電所에서 일어난 事故(以下 TMI 事故로 略記)는 지금까지의 原子爐安全分析에서 豫想하지 못했던 일로서 衝擊과 敎訓을 주고 있다.

事故의 發端은 지난 3月 28日 午前 4時 TMI

故의 敎訓

車 宗 熙

2 號機에서 二次給水系統의 主給水펌프가 突然 停止된 것이다. 그러나 故障等으로 이런 일은 普通 있을 수 있는 것이다. 問題는 給水喪失時 이를 뒷받침해 주는 非常給水系統이 適期에 作動되지 못했던 것이 事故를 惡化시켰다. 後에 알게 되었지만 平常時 열려있어야 할 볼록밸브가 그 當時 닫혀 있었다 하며 이런 일은 重大한 運轉規則違反으로 보고 있다.

二次系統의 給水가 停止되니 蒸氣發生器에서의 一次系로부터 二次系로의 熱傳達이 遮斷된 셈이며 이로 因하여 一次冷却材系統의 溫度와 壓力이 上昇되어 加壓器上端에 設置된 릴리프밸브가 開放되어 冷却材의 一部가 릴리프탱크로 流出되었다. 雪上加霜으로 一次系의 壓力이 下降하면 다시 自動閉鎖되어야 할 릴리프밸브는 不行히도 開放固着되어 事故를 더욱 擴大시켰다.

이로 因하여 一次系의 壓力은 계속 降下되어 非常爐心冷却裝置의 하나인 高壓安全注入펌프가 作動되어 非常冷却水가 爐內로 供給되기 始作하였다. 릴리프밸브의 開放으로 原子爐冷却材는 계속 流出되어 마침내 릴리프탱크의 破裂板이 破裂되어 放射性 冷却材가 格納容器內로 流出되었다. 이 冷却材는 格納容器內에 고여 어느 水位에 到達되어 自動으로 補助建物の 貯藏槽로 移動한 後 다시 넘쳐 흘러내려 大氣로 放出된 事態에 이르렀다. 이 때문에 格納容器內에서 隔離되어야 할 放射能이 環境으로 放出, 汚染시킨 것

이다. 多幸히도 이 放射能으로 因하여 人命을 損傷시킬 일은 없었다.

事故經過中 運轉員의 誤判斷과 誤操作이 있어 事故를 더욱 惡化시켰다고 指摘되고 있는데 그 하나는 運轉員이 加壓器에 달린 水位計의 指示만 보고 安全注入을 中斷시켜 爐心の 損傷을 招來할 수 있었으며 또한 氣泡로 인한 캐비테이션을 念慮하여 一次冷却材펌프를 手動停止시킨 것이다. 이 때문에 冷却不充分으로 核燃料에 損傷을 주었을 可能性이 있는 것이다. 事實 爐心の 冷却不足으로 核燃料의 表面溫度가 許容値를 超過되어 被覆材金屬과 水蒸氣와의 化學反應으로 水素가 發生하여 이것의 除去를 위해 어려움을 겪기도 하였다. 原子爐는 그 後 얼마동안 高溫高壓狀態가 계속되다가 4 月中旬에 冷却狀態로 收拾이 되었다고 한다.

지금까지 알려진 TMI 事故經緯에서 다음 事項이 問題되고 있다.

(1) 給水펌프가 停止된 後 非常給水系統이 作動되지 않았다. 2 週前부터 補助給水系統의 補修作業을 하고 있었으며 3 台的 非常給水펌프의 出口밸브를 모두 閉鎖했음에 後에 밝혀 졌는데 이것은 엄연한 運轉規則違反으로 보고 있다. 即 非常給水系統의 밸브를 닫고 原子爐出力運轉을 하는 것은 許容되지 않는 것이다. 이 事例로 非常給水系統이 正常狀態에 있을 때만 原子爐가 起動되도록 保護回路가 追加되어야 할 것으로 보고 있다.

(2) 加壓器 릴리프밸브의 開放固着되었으며 이것을 早期에 發見하지 못하였다. 原子爐의 停止前에 그 壓力上昇으로 因하여 加壓器의 壓力릴리프밸브가 열렸는데 故障으로 壓力이 降下한 後에 閉鎖되지 못하여 實質으로 冷却材喪失事故에 類似한 結果를 招來하였다. 이 事實을 運轉員은 2 時間後에 發見하였다. 하는데 이것의 早期發見法이 開發되어야 할 것이다.

(3) 非常爐心冷却系統의 高壓注入이 2 分後 作動되었는데 그後 이를 手動으로 停止시켰다. 非常爐心冷却裝置는 設計대로 高壓注入이 作動을 開始하여 原子爐內에 非常冷却水를 注入했는데 原子爐系統이 滿水狀態가 되었다고 速斷하여 約 4 分30 秒後 및 10 分30 秒後에 2 台를 모두 水動

停止시켰다. 이것은 加壓器 릴리프밸브가 開放 固着되어 冷却材가 放出되고 있음을 모르고 加壓器 水位計가 높아졌음을 보고 取한 것이다.

事故 經過中 運轉員은 非常爐心冷却裝置를 間歇的으로 作動시켜 冷却材 不足으로 核燃料의 一部를 損傷시킨 것으로 보고 있다.

(4) 一次冷却材펌프를 手動停止시켰다. 事故發生後 約 1時間15分~40分에서 運轉員이 發生氣泡로 인한 캐비테이션으로 펌프의 損傷의 憂慮가 있다고 判斷하여 原子爐冷却材펌프를 手動으로 停止시켜 燃料의 殘然除去를 거의 不可能하게 하였다. 더욱이 TMI 2號機의 蒸氣發生器의 出口가 原子爐의 位置에 比하여 낮기 때문에 冷却材펌프 停止時 自然循環에 의한 冷却效果는 期待하기 어려운 問題가 있다.

(5) 格納容器內 放射性水가 補助建物로 自動移送되었다. 格納容器底部의 섬프(溜池)에서 移送펌프가 섬프水位 上昇으로 인해 自動的으로 作動되어 核分裂性物質을 包含한 一次冷却水가 氣密性이 不充分한 補助建物로 옮겨져 排氣筒으로부터 大氣中에 放出되는 結果를 招來하였다. 普通은 非常爐心冷却裝置가 起動되면 格納容器로부터 外部로 나가는 配管은 모두 밸브로 遮斷되도록 되어 있는데 TMI의 경우는 格納容器內의 壓力이 4 spi.以上 上昇되어야 비로소 隔離되도록 設計되어 있어 事故後 約 5時間에 걸쳐 補助建物로 一次冷却材를 퍼낸 것이다.

(6) 水素氣泡의 發生. TMI事故中 큰 問題의 하나는 爐心에서 核燃料被覆材인 지르칼로이드와 물 또는 水蒸氣와의 化學反應에 의해 發生한 水素의 除去였는데 이것은 豫想外의 일로서 뚜렷한 對策이 마련되어 있지 못했다. 10數日간의 努力으로 爐內의 水素는 간신히 除去된 것 같다. 事故時 爐內에서 大量의 水素가 發生되는 경우 이것의 測定方法이나 積極的 除去方法은 아직 없는 形便이다.

한가지 特記할 일은 TMI事故經過中 事故現場과 規制機關(美國에서는 原子力規制委員會, NRC)間的 通信系統이 閉塞치 못했다는 것이다. 原子力發電所와 規制機關間的 通信系統의 確立은 事故收拾을 위해 事故現場의 情報를 規制機關이 迅速히 把握하고 이에 對한 對策을 傳達하는데 重要한 役割을 하기 때문에 必須的이다.

TMI事故는 지금까지 完全하다고 믿었던 原子力安全의 虛를 찢린 느낌이며 이를 敎訓삼아 더욱 그 安全性을 쟁겨 나가야 할 것이다. 事實 이번 事故의 原因은 TMI發電所의 安全設計에 잘못이 있었다기 보다는 非常給水系統의 出口밸브를 잠근채 運轉을 했다는 規則違反에 있다고 볼 수 있다. 이것과 겹쳐 加壓器 릴리프밸브의 故障, 運轉員의 誤操作 등이 事故를 惡化시켰던 것이다.

TMI事故直後 우리나라의 唯一한 原子力發電所인 古里 1號를 点檢한 結果 多幸히도 TMI發電所와 類似한 事故는 일어날 수 없음이 밝혀졌다. 그러나 TMI事故를 敎訓삼아 不意의 失手를 最少로 防止할 수 있는 管理上의 補完對策을 平時에 樹立해 두어야 할 것이다. 誤判斷과 誤操作이 없는 優秀한 運轉要員의 確保는 무엇보다 重要하다. 數億弗의 投資와 放射能을 지닌 原子力發電所의 運轉要員은 그것에 相應한 資質과 待遇가 있어야 할 것이다.

美國은 長期間의 集中的 原子力安全技術開發의 經驗을 가지고 있어 人力의 見地에서나 技術의 見地에서 世界 어느나라보다 優勢하며 따라서 TMI事故의 경우, 이 底力이 動員되어 收拾에 成功하였던 것이다. 이런 点에서 우리나라도 原子力開發計劃의 規模에 對應하는 原子力安全技術能力이 保有되어야 할 것이며 이를 위하여 次心을 달리한 集中的 原子力安全研究開發活動이 必要하다고 생각된다.