



# 체르노빌 事故 그후의 消息

## 1. 序 論

1986년 4월 16일 소련에서 체르노빌 原電 事故가 있는지 벌써 2년이 되었다. 그동안 全世界의 과학 기술계는 이 사고를 계기로 原子力의 안전성을 향상시키기 위한 敎訓을 얻으려고 철저한 研究, 分析을 진행해 왔다.

소련에서는 이 事故의 餘波로 原電의 플랜트의 管理와 運轉節次上에 커다란 변모를 가져왔으며 소련 당국은 이 事故의 사후조사에서 나타난 몇가지 설계상의 결함을 보완하기 위해 체르노빌형 RBMK 爐(輕水冷却, 黑鉛減速)를 개선할 것이라고 발표했다.

그러나 이 소련의 사고는 서방세계의 민간용 원자로 기술분야에는 별로 영향을 주지 못했다. 그간의 철저한 연구분석을 통해 정부와 산업계의 전문가들은 체르노빌형 原子爐의 설계는 獨特한 것이기 때문에 이 사고가 서방국가들의 原子力 設備에는 별로 관계가 없다는 결론을 내렸다.

그러나 원전플랜트의 안전성에 대한 주의를 환기시키기 위해 세계의 여러나라와 국제기구에서는 적절한 사후조치가 취해졌다.

## 2. 事故爐의 設計上 缺陷

체르노빌사고를 분석한 결과 RBMK 爐는 7가지의 主要한 설계결함이 있었던 것으로 나타났으며 이러한 결함들은 제어불능한 출력썩어지가 발생하도록 서로 엉기어 사고를 심화시켰는바 설계상의 결함을 열거하면 다음과 같다.

○正보이드係數: 이 계수는 RBMK 爐의 내적 물리현상의 한 特徵이다. 이 특성 때문에 만일 爐心內的 蒸氣量이 어떠한 理由로 증가하면 爐의 출력은 상승하고 보다 많은 물이 蒸氣로 바뀌며 이에 따라 出力이 더욱 上昇한다. 이 RBMK 爐가 20%

出力으로 運轉되고 있을 때는 경우에 따라 이러한 狀態는 아주 急速한 出力썩어지를 招來할 수 있다. 이러한 出力썩어지의 發生을 방지하기 위해서는 운전원들은 소정의 저출력운전영역을 피하도록 해야 한다.

○低速의 非效果的인 스크램 裝置: 이 爐의 저속 제어봉은 完全히 插入하는데 18-20秒가 걸리므로 사고시의 不完全한 運轉條件下에서 플랜트를 防護할 만큼 민첩하게 동작하도록 설계되어 있지 않다.

○「正의 스크램」현상이 일어나기 쉽다: 이것은 RBMK 爐에서 일어나기 쉬운 獨特한 현상으로 제어봉이 完全히 인출된 위치에서 插入될 때 反應度가 증가하는 것을 말한다. 이러한 特性은 RBMK 爐의 正보이드係數로 인한 초기의 出力 상승을 실제적으로 더 증대시키는 것이다.

○低速의 複雜한 모니터링 및 제어시스템. 이러한 시스템이 必要하게 되는 이유는 이 爐의 1661個의 燃料채널이 실제적으로 各各 極小型(mini) 원자로와 같이 作用하기 때문이며 특히 저출력에서의 조작을 어렵게 만들고 있다.

○제어시스템과 보호시스템간의 분리가 不適切하다: 이러한 설계상의 결함으로 제어시스템의 부적절한 동작이 보호시스템을 無效로 만든다.

○全體 格納容器的 缺如: 이 원자로는 원자로와 1次 冷却材系統을 完全히 둘러싸지 않고 부분적인 格納容器만을 갖고 있어 原子爐 鎊의 配管만을 둘러쌀 뿐이다. 한 分析에 따르면 만약 체르노빌 플랜트가 서방플랜트에서와 같은 大型格納容器를 갖추고 있었다면 이 사고를 내부에서 吸收할 수 있었을 것이라고 말하고 있다.

○反應度 익스커션 事故의 豫防이나 縮小가 전혀 고려되지 않았다: RBMK 爐에서는 反應度익스커션에 의해 많은 壓力 튜브들이 破裂될 可能性이 있는

데 이 플랜트의 부분 격납용기는 이러한 튜브破裂中의 어느 한쪽만을 지탱할 수 있을 정도이다.

### 3. RBMK 爐의 缺陷은 소련만의 問題

美國 정부와 원자력산업계, 그리고 원자력플랜트의 보험회사들의 분석에 따르면 美國型 商業用원자력플랜트는 체르노빌 事故를 유발시켰던 RBMK 爐와 같은 설계상의 주요결함들을 전혀 가지고 있지 않다고 보고 있다.

예를 들어 美國型 原子爐는 正의 보이드 계수에서 오는 爐心の 불안정으로 因한 제어 불가능의 출력 썩어지가 일어나지 않도록 設計되어 있는 것으로 美國에너지省의 分析에서는 결론을 내렸다.

이외에 美國型 輕水爐는 高速스크램 시스템을 갖추고 있어 「正의 스크램」現象이 일어나지 않으며 또한 어떠한 出力레벨에서도 RBMK 爐에서와 같은 運轉上の 不安定狀態를 가져오지 않는다. 또한 美國型 原子爐의 설계에서는 제어시스템과 보호시스템을 嚴格히 분리시키도록 되어 있다.

더우기 美國型 輕水爐는 全體 格納용기를 갖추고 있어 放射能漏出時에 이를 防禦하기 위한 최후의 수단으로 사용된다. 1979年 TMI 사고시를 例로 들면 原子爐 系統에서 漏出된 모든 放射能이 格納용器 内部에 갇혀 있었다.

체르노빌 사고는 원자력안전성과 관련된 사항에 대해 부단한 警戒의 必要性을 再強調하는 것이었지만 그 技術이 너무나 달라 美國에게는 重要的 技術的인 敎訓이 될만한 것이 없으며 사고에서 얻은 敎訓의 大部分은 소련에만 해당되는 것이다.

○管理體制의 改善: 원자력 플랜트의 管理體制를 改善하기 위해 原子力에너지를 담당하는 소련의 기관들은 재편성되었으며 이에는 소련 원자력산업의 基準을 고도화시키고 規則을 改善하기 위한 新設部署인 原子力엔지니어링省의 創設등이 包含된다. 소련 운전원들에 대한 訓練도 強化되고 있으며 TMI 사고 후에는 美國에서 採擇하고 있는 訓練테크닉의 일부를 採用하게 되었다.

○설계 및 운전면의 개선: 체르노빌 事故로 浮刻

된 RBMK 爐의 설계상의 缺陷의 一部를 修正하기 위해 소련은 重要的 改善作業을 實施하고 있다. 中の 중요한 것들을 소개하면 다음과 같다. 보다 빠른 對應時間과 보다 큰 안전여유도를 갖추게 하기 위해 RBMK 제어봉을 더 完全하게 插入될 수 있게 하고 恒常 最少限 80個(원래는 30個)의 제어봉이 插入되어 있도록 한다.

- RBMK 爐의 反應度 마진을 제어실에 表示되도록 한다.

- 安全시스템을 바이패스시키고자 할 때는 事前에 別個의 열쇠가 必要하도록 해 놓는다. 이 열쇠들은 제어실 내의 봉인된 상자속에 보관하도록 한다.

- 正보이드계수를 낮추기 위해 RBMK 爐의 우라늄燃料는 事故 當時 使用되었던 2.0% 대신에 2.4%로 濃縮된 것을 使用하고 吸收棒도 追加 插入한다.

그러나 이러한 計劃的인 改善이 이루어진다 해도 RBMK 爐의 설계는 美國에서는 許可되지 않을 것이며 소련에서도 時間과 함께 漸次 사라질 것이다. 소련 內에서의 RBMK 型 發電플랜트 數는 21基로 제한되어 있는데 13基는 現在 運轉 中이고 8基는 建設段階에 있다. 將來의 소련 原電플랜트는 소련 설계에 의한 VVER 型 加壓水爐가 될 것이며 이 爐型은 美國에서 適用하고 있는 原子爐技術에 가장 가까운 것이다.

### 4. 復旧工事

그동안 체르노빌 사고를 만회하기 위해 소련 내에서는 重要的 進전이 이루어졌다.

○甚한 損傷을 입은 4號機 原子爐는 체르노빌 事故 現場에서 防禦콘크리트構造物속에 永久的으로 매몰되었으며 放射線 放出은 問題視되지 않는 水準까지 減少시켰다.

○1987年 初 現在, 疎開面積을 縮少하여 住民들로 하여금 事故現場으로부터 半徑 10km까지는 再入 住 하도록 하였다. 大的인 除染作業이 발전소로부터 10km 以上되는 지역까지 실시되었다. 그러나 모든 疎開 住民들이 그들의 옛집에 復歸할 것 같

지는 않으며 많은 사람들이 再定着한 곳에서 머물기를 願하고 있다.

○1987年初 現在, 初期에 禁止區域으로 되어 있던 곳에서 農事를 繼續할 수 있도록 하기 위한 準備作業이 進行中이다. 감자와 같은 고농도의 세슘을 吸收하지 않는 것과 alike 뿌리를 내리는 農作物이 栽培될 것이다.

○체르노빌事故 現場에서는 損傷되지 않은 1, 2號機가 全出力으로 運轉中이다. 1號機는 86년 9月 29日 再稼動에 들어가 10月 1日 發電을 始作했고 2號機도 곧 이어서 再稼動되었다. 損傷된 4號機와 시설물을 공유하고 있는 3호기는 87년에 시운전을 시작하여 今年內로 全出力 운전에 들어갈 예정이다. 사고전에 着工했던 체르노빌現場에서의 5號機의 건설공사도 다시 시작되었고 今年內에 6호기 建設공사를 시작할 예정이다.

## 5. 犠牲者數 増加와 遲發健康障害 未檢出

사고 1年後 체르노빌事故로 인한 死亡者 數는 31명에서 變함이 없다.

○이 사고로 31名の 犠牲者를 냈으며 이들은 모두 發電所從業員, 소방원 및 사고收拾을 도왔던 구조반원들이었다.

○事故後 高準位の 放射線被曝과 火傷으로 인해 入院했던 203名の 發電所從業員 및 消防員들은 그 後 全員 退院했다. 심한 負傷으로 死亡하거나 入院한 사람들 中에는 一般市民은 한 사람도 없었다.

○사고로 인해 放射線에 被曝된 女性에게서 태어난 300名の 幼兒中에서도 健康上의 障害를 전혀 發見할 수 없었다.

事故後 發行된 4號機의 放射線量에 關한 研究 結果에 의하면 豫想되는 遲發健康 障害는 너무 낮아 科學적으로 檢出할 수 없을 程度였으며 실사 檢출된다 하더라도 初期의 概略的인 推算보다는 낮을 것으로 알고 있다.

○사고시 소개되었던 13萬 5千名の 소련 시민을 對象으로 한 美國環境廳(EPA)의 分析評價書에 따르면(이 機關에서는 保守的인 리스크 모델을

使用하고 있음) 체르노빌事故로 인한 被曝으로 앞으로 70年間 最高 320名の 암환자가 발생할 뿐이라고 한다. 이들을 普通 다른 原因으로 死亡하는 1萬6千名(추산인원)의 암死亡者 中에서 가려낸다는 것은 매우 어려운 일이다.

더구나 체르노빌原電 周邊地域으로 부터 소개된 주민중에서 約 2만 4천명만이 生理學的으로 어떠한 健康障害를 일으킬 정도의 被曝線量을 받았다. 그러나 지금까지 이 사람들 中에서 原子病的의 症狀를 보인 사람은 하나도 없다. 이 소련 서부지역 정도의 인구에서는 앞으로 70年間 約 1萬名の 암死亡者가 발생될 것으로 EPA에서는 내다보았다. 만약 이렇게 되는 경우에는 이 수자는 너무나 작아 소련에서 향후 70年間 이만한 人口에서 다른 原因으로 死亡할 것으로 예상되고 있는 950萬名の 암死亡者 中에서 이들을 檢출하기란 어려운 일이다. (서방과학자들이라면 一般적인 암死亡率을 더 높게 잡을 것이므로 체르노빌과 연관된 遲發健康障害를 檢출하기란 더욱 어려워질 것이다 )

○소련 밖의 사람들에게 대해서는 어떠한 遲發健康障害가 일어난다 해도 大部分은 그 정도가 매우 낮을 것이라고 IAEA의 Hans Blix事務總長이 말했다. 유럽國家 政府들이나 UN의 세계보건기구(WHO)에서 수집한 자료에 의하면 事故後 最初 1年間の 소련 밖의 사람들의 被曝線量은 가장 被曝이 심했던 사람들의 경우를 예로 든다 하더라도 비엔나에서와 오스트리아 北部地方에서의 自然 放射線 準位の 差 보다 더 크지는 않을 것이라고 Blix總長은 말했다. 오스트리아 北部地方에서의 自然環境放射線 準位는 이곳에 널리 퍼져 있는 火傷 암층 때문에 다른 地域보다 더 높은 편이다.

## 6. 美國技術의 優位性 立證

체르노빌사고는 미국의 상업적인 원자력 전력산업에는 별로 영향을 주지 못했다. 미국原子力規制委員會(NRC)幹部들은 1987年 2月의 報告에서 이 사고로 어떠한 卽刻的인 規制措置도 必要없는 것으로 결론을 내렸다.

○미국NRC의 研究結果 체르노빌과 같은 사고는 원자로설계, 정지마진, 格納容器 및 제어장치

등으로 미루어 美國의 상업용原電플랜트에서는 일어나지 않을 것으로 確認하였다. 그러나 미국은 체르노빌事故의 教訓을 간과하는 일이 없도록 長期的인 研究가 繼續될 것이다. IAEA의 資料에 따르면 이 사고로 체르노빌 4號機外에는 世界 어느 곳의 原電플랜트도 운전이 停止되거나 1986年 稼動에 들어갈 예정이던 플랜트의 稼動이 中止된 일은 없다.

체르노빌사고로 新規原子力플랜트를 計劃中이던 一部 國家에서는 計劃을 延期시켰지만 大體적으로 全世界의 主要 原子力에너지 使用國들은 이 사고가 서방원자력기술과는 別로 關係가 없는 것으로 結論지었다.

○英國 政府는 英國 中央發電廳(CEGB)에 의한 美國型加壓水爐인 Sizewell B 原子力 플랜트의 建設案을 승인했다. 國內에서 開發한 가스冷却爐 대신에 美國型技術을 採擇하기로 한 대처 首相政府의 決定은 한 輿論調查機關에서 原子力플랜트 建設이 安全하고 經濟적으로 이루어질 수 있다는 것을 保證하고 이 問題가 議會에서 論議된 後에 내려진 것이다. 이 Sizewell B 플랜트는 英國의 原子力發電 占有率을 2000년까지 지금의 20%에서 25%까지 擴大시키기 위한 英國中央發電廳의 計劃中의 最初의 原子力發電所가 될 것이다. Sizewell B 플랜트는 美國켄자스州的 Wolf Creek 原子力플랜트가 미주리州의 Callaway 原子力 플랜트에서 適用된 設計를 토대로 한 것이다.

○日本에서는 産業界와 政府의 共同計劃에 따라 2030년까지 100基 이상의 新規 原子力플랜트를 建設하게 되었으며 이들의 大部分은 美國型的 輕水爐가 될 것이다. 이 計劃에 따라 日本의 원자력발전 占有率은 58%가 될 것이며 이는 지금의 29%의 市場占有率이 2倍로 늘는 것이 된다.

○프랑스에서는 국영기업체인 프랑스電力公社(dF)가 每 18個月 마다 1대 꼴로 미국형 加壓水爐의 주문을 繼續할 것이다. 現在 프랑스發電量의 70%는 原子力에 의한 것이다.

○소련은 장래의 원자력원전開發計劃을 美國에서 適用하고 있는 방식에 보다 가까운 原子爐技術을 바탕으로 해서 決定했다. 사고 당시 이미 건설중이던 체르노빌型 RBMK爐들이 일단 完成되면 그 以後의 유닛들이 될 것이다.

○그러나 스웨덴에서는 政府가 1980年의 國民投票로 決定된 대로 原子力에너지의 장기적인 단계적 撤廢를 계속 추구해 나갈 것이다.

이러한 撤廢의 實施는 대체에너지의 使用可能性에 따라 유동적이다.

## 7. 安全性 通報에 關心集中

체르노빌사고는 비록 조사결과와 서방 원자력 발전 기술에 別로 關係가 없는 것으로 나타났지만 安全問題가 世界的인 關心事項을 再確認하는 契機가 되었다.

○비엔나의 國際原子力機構(IAEA)는 原子力安全에 관한 協力事業을 擴大시켰다. 以外에 113個 會員國들로 이루어져 있는 IAEA는 原子力安全 專門家팀을 構成하여 運轉狀態를 評價하기 위해 會員國들의 플랜트를 방문하는 事業을 크게 擴張하고 있는 중이다. 이들 「運轉安全評價團」(OSARTS)는 TMI事故 이후로 美國에서 實施중인 방식을 본딴 것으로 여기서 美國原子力發電運轉協會(INPO)에서 美國의 稼動중인 原子爐를 평가하기 위해 專門家팀을 파견하고 있다.

이외에 이 事故로 드러난 國際적인 公式機構의 虛點을 補完하기 위해 2가지의 새로운 國際協約이 設立되었다.

○IAEA의 「原子力事故時의 초기정보를 위한 국제협정」이 10月 27日 發效되었다. 60個國이 이 協定에 調印했으며 소련(1月 24日 認准)을 包含해 7個國이 이미 認准을 끝냈다. 이 초기정보협약은 국경을 넘어서 영향을 미칠 수 있는 原子力 플랜트 사고가 發生했을 때 加入國 相互間에 이를 即時通告하도록 義務化하였다. 사고발생시간, 場所, 방사선량, 기타 사고現況을 알리기 위한 資料를 IAEA에 報告해야 하며 IAEA에는 이미 事故情報의 흐름을 管理하기 위한 緊急措置班이 設置되어 있다.

○IAEA의 「原子力事故 또는 放射線醫學的인 緊急事態 發生時의 相互援助協定」이 1987年 2月 26日 發效되었으며 59個國이 이에 調印했다. 이에 따라 各國은 IAEA에 대해 原子力플랜트事故 發生時에 即刻 動員할 수 있는 專門要員, 設備, 其他 기자재에 대해서 通告하도록 되어 있다.