

# 原子力發電과 環境安全



## 第 4 篇 主要 參考資料

### I. 美國 TMI 原電事故

原電의 安全性을 더욱 강조하는 계기가 되었다.

#### 1. 概 要

1979년 3월 28일 미국 펜실바니아주 해리스버그에 위치한 트리마일 아일랜드(TMI)에서 미국 商業原電 역사상 최대의 사고가 발생했다. 이 섬에는 바브콕 앤 윌콕스(B & W)社에서 설계공급한 2基의 加壓輕水爐型 원자로가 운전되고 있었으며 사고가 난 제 2 호기는 전기출력 88만kW로서 사고발생 바로 1년전인 1978년 3월 28일 臨界에 도달해 같은해 12월 30일에 상업운전을 시작하였다.

TMI 원전사고는 운전원의 변실과 기계적 고장으로 인해 핵연료를 냉각시키는 냉각수가 상실되고 그 결과 핵연료를 둘러싸고 있는 피복재로와 연료 일부가 용융되어 밀폐된 격납용기내에 다량의 방사성 물질이 방출된 서방세계 원전 최대의 사고라는 점에서 우리에게 많은 교훈을 주었으며,

#### 2. 事故經緯

1979년 3월 28일 04:00 출력 97%로 운전중이던 TMI-2호기는 냉각계통 給水脫塩裝置의 이온교환수지 이송작업을 하고 있었다.

04:00:36 원자로 출력 97%로 운전중 2차측 給水系統 고장으로 급수펌프 및 복

<표4·1> TMI 2호기와 古里 3, 4 호기 設計比較

구 분	TMI 원전	古리 3, 4 호기
원 자 로 형	가압경수로	가압경수로
열 출 력 (MWt)	2,772	2,775
전 기 출 력 (MWe)	880	950
루 프 수	2	3
냉 각 재	경 수	경 수
감 속 재	경 수	경 수
격 납 용 기	있 음	있 음
제 작 회 사	B & W	웨스팅하우스

- 수기펌프정지, 증기발생기 저수위로 인한 터빈정지 및 원자로 냉각재온도, 압력 급상승됨.
- 04:00:39 원자로 냉각재계통 압력상승으로 가압기 방출밸브 열림.
- 04:00:44 원자로 냉각재계통 압력 급상승으로 원자로 정지
- 04:00:49 원자로 냉각재계통 압력이 떨어졌으나 가압기 방출밸브가 닫히지 않고 개방된 채로 固着됨.
- 04:00:50 비상급수펌프가 가동되었으나 급수계통의 밸브가 닫혀 있었음.
- 04:02:21 비상급수가 안되어 증기발생기 2차측 냉각수 증기화현상이 발생하고 가압기 수위가 상승함.
- 04:02:36 원자로 냉각재계통 압력의 저하로 非常爐心 냉각계통(고압 안전주입펌프) 자동 기동됨.
- 04:05:06 고압 안전주입펌프를 정지시킴.
- 04:06:06 원자로 냉각재 유량이 계속 감소하여 爐心에서 대량의 수증기가 발생됨.
- 04:08:36 증기발생기 비상급수의 공급이 시작됨.
- 05:14:00 수증기 증가로 냉각재 순환펌프가 심하게 진동하여 4대중 2대의 펌프를 정지시킴.
- 05:41:00 남은 2대의 펌프도 정지시킴.
- 06:00:00 핵연료봉 피복재 일부가 손상됨.
- 07:00:00 발전소 비상사태 선포됨.

### 3. 事故原因

모든 원전은 설계시 假想事故를 대비한 대응설비와 예방조치들이 충분히 고려되어 있으며 多重安全系統과 확고한 운전 제한치를 갖도록 설계되어 있다.

또한 발전소 보호계통은 운전원이 이런 제한조

치를 초과하지 못하도록 함으로써 운전원의 실수를 감소시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고 그렇게 큰 사고가 발전하게 된 직접적인 원인은 중앙제어실에서 근무중이던 운전원이 상황을 잘못 알고 그릇된 조치를 취하였기 때문이다.

그들은 연속된 사건들을 1차 냉각계통의 過壓現象(1차계통 냉각수가 과다하게 많아 체적밀도가 높아져 압력이 높아지는 것)으로 잘못 해석했다.

원자로 냉각재의 온도가 증가하여 냉각재를 팽창시키고 그 결과 압력이 상승되었으며 이 압력을 완화시키기 위해 가압기의 電子式 방출밸브가 개방되었는데, 이는 충분한 냉각재를 방출시킴으로써 계통의 압력을 정상적으로 복구시키기 위해서였다.

계통압력 조절을 위해 냉각재가 개방된 방출밸브를 통해 유출되는 동안 원자로는 자동적으로 정지되었다. 약 13초 후 원자로 냉각계통 압력은 정상으로 환원되고 밸브가 닫힌 것을 지시하는 指示燈이 켜졌다.

그러나 그 신호는 밸브에 닫힘신호가 주어졌다는 것을 나타낼 뿐 밸브가 실제 닫혔는지를 보여주는 신호가 아니었으며 그때 밸브는 개방되어 固着상태에 있었던 것이다.

TMI 사고는 운전원의 겹친 판단착오로 확대되었는데, 비록 방출밸브 닫힘 지시등이 켜지긴 했지만 밸브가 개방상태로 있다는 것을 다른 지시등이 나타내고 있었고, 이 신호에 의해 운전원은 얼마든지 手動으로 고착된 밸브를 닫을 수 있었다.

하지만 운전원들은 다른 지시등의 신호들을 무시해 버렸다.

냉각재 상실사고에 대비하기 위해 모든 원자로는 非常爐心 冷却系統을 갖고 있다. 방출밸브 개방으로 인하여 계통 水位와 압력이 떨어지면 비상노심 냉각계통이 자동으로 압력용기내에 물을 분사하여 계통 수위 및 압력을 조절하게 되는데 이때에도 이 비상계통은 설계된 대로 작동하였다.

이 비상냉각계를 작동시키는 펌프는 계통에 물을 운반하기 시작했고 냉각재압력은 다시 상승하기 시작했다.

비상계통이 작동을 시작한지 약 4분후, 운전원들은 그야말로 결정적인 판단착오를 범했다. 그들은 비상펌프 한 대를 감속시키기 시작했으며 나머지 한 대는 완전히 정지시켜 버린 것이다.

만일 운전원들이 펌프가 작동하도록 두었다더라면 TMI 사고는 피할 수 있었다.

방출밸브가 열렸을 때 가압기 상부 증기는 먼저 방출되었고 원자로 용기내의 압력이 떨어지면서, 용기 헤드 아래에 기포가 형성되어 용기로부터 가압기로 물이 대신 들어가게 되었다(정상운전시 加壓器 하부에는 물이 그리고 상부에는 증기가 채워진 상태로 되어 있다).

이것이 가압기 수위를 증가시켰으며 사건 발생 후 6분경에는 수위가 눈금을 초과해서 가압기가 물로 꽉 채워져 있는 것처럼 지시했고 가압기의 수위가 증가하는 동안 냉각재는 증기와 물의 혼합상태였으며 물의 양은 급격히 감소되고 있었다. 그러나 운전원들은 이 사실을 깨닫지 못했다.

TMI 발전소의 운전원들은 噴射流量을 줄여서 가압기의 滿水(가압기가 완전히 물로 채워져 있는 것을 뜻함)를 피하도록 훈련을 받았는데 가압기가 만수상태일 때 계통으로 물을 펌프하는 것은 설계압력을 규정치 이상 초과시키고 결과적으로 계통을 파열시킬 수 있기 때문이었다.

이에 따라 운전원들은 사고 발생 74분후 원자로 냉각재펌프 4대중 2대를 정지시키고 101분후에는 나머지 2대의 펌프도 정지시켰다.

결국 냉각재 부족으로 인해 핵연료가 노출, 부분적인 연료용융과 격납용기내로의 放射性物質 누출이 발생하였다.

#### 4. 事故의 影響

이 사고로 노심이 크게 손상되고 많은 방사성 核分裂 生成物이 격납용기 건물내로 방출되었으

나 주변환경으로 유출된 것은 무시할 만한 수준이었다.

사태가 수습된 이후에는 핵분열 생성물은 汚染된 원자로의 보조계통을 통해 일부 새어나갔으나 발전소 부지 경계면 밖에서 약간의 일시적인 放射能準位 증가가 있었을 뿐이다. TMI 사고가 원전주변에 끼친 영향을 살펴보면,

○노심일부 용융 및 냉각수 일부가 格納容器 내부로 누출됨.

○직접·간접적인 人命被害는 없었음.

○美國 원자력규제위원회(NRC)의 조사결과 (1980년 5월)

-발전소로부터 50마일 이내의 주민 2만명에 대한 總放射線 照입량은 1.7밀리렘에 불과함 (국제방사선방호위원회 권고치의 0.03%에 해당).

-개인 최고 방사선 照입량은 85밀리렘(自然放射能에 의한 개인방사선 照입량은 200~300밀리렘)

○TMI 사고에 관한 대통령위원회의 보고서(일명 Kemeny Report)

-사고 발생일인 3월 28일에서 6월 30일까지 발전소내에 있었던 근무자중 단지 3명의 작업자가 3~4렘의 방사선에 照입(NRC 분기당 제한치: 3렘).

-인근주민의 최대 照입량은 70밀리렘 이하임.

○NRC와 美 에너지부 및 펜실바니아주 환경성, 미국 환경보호청의 승인을 받아 실시된 환경방사능 감시계획에 따르면 지하수나 공기중에서 TMI 사고와 관련될 만한 방사능이 검출된 것이 없었음.

이런 모든 사실을 보아도 TMI 사고는 爐心損傷이라는 중대사고에 비해 인근주민들과 종사자들에게 대한 방사선 영향은 무시할 만큼 적음을 알 수 있다.

주민들에 대한 영향은 방사선 피해보다는 정신적인 점이 많았다고 생각된다. 이 사고에 의한 실제적인 영향을 정확하게 파악하기 위하여 당국에

서는 인근주민에 대한 疫學調查를 오랜기간에 걸쳐 꾸준히 추진하고 있다.

## 5. 事故後 措置事項

이런 사고가 어느 발전소를 막론하고 다시는 일어나지 않도록 사고원인을 조사 분석하고, 교훈을 도출하여 원자로의 안전성 향상에 기하자는 의견이 각계에서 강력하게 일어났으며, 당사국인 美國에서 뿐만 아니라 다른 나라에서도 공통 관심사가 되어 서로의 의견과 경험을 상호 교류하는 국제적인 운동이 자생적으로 일어나게 되었다.

美國 원자력규제위원회(NRC)는 TMI 사고 이후 원자력발전소의 운영과 관련하여 TMI 후속조치로 단기조치 권고사항 23항목, 종합조치 권고사항 216항목을 선정, 미국내 원전에 대하여 적용하도록 지시하였으며 이외에도 TMI 원전 및 인근지역에 대한 지속적인 방사선 감시계획 등을 수행하고 있다.

국내에서도 NRC가 제정한 TMI 後續措置를 적극 수용하여 운전중인 원전은 총 292건의 조치사항중 264건을 이미 완료하였으며(완결률 90%), 현재 건설중인 영광 3·4호기는 발전소 설계단계부터 반영하여 원전 안전성 확보에 만전을 기하고 있다.

현재 조치되지 않은 나머지 항목의 대부분은 사고 예방설비가 아니고 사고 발생시 그 상태를 파악하기 위한 예비설비들로써 이 항목들은 기존 원전에 적용하기 위해 장기간의 시일과 비용이 수반되는 사항으로 현재 중·장기 조치계획에 따라 진행중에 있다.

## II. 蘇聯 체르노빌 原電事故

### 1. 概 要

1986년 4월 26일 새벽 1시 23분에 발생한 소련

체르노빌 원자력 발전소사고는 商業用 原電의 原子爐가 파괴된 세계 최초의 대형사고로서 당사국인 소련에 많은 인명피해와 환경오염을 초래했을 뿐 아니라 스웨덴을 비롯한 인접국가들에게까지 방사능오염의 충격을 줌으로써 국제적 물의와 정치적 긴장까지 몰고온 큰 재난이었다.

체르노빌은 소련 우크라이나공화국 수도인 케에프市에서 북쪽으로 약 130km 정도 떨어진 프리파트치 江邊에 위치하고 있으며 소련에서 개발한 원자로형인 RBMK-1000型(용량: 100만kW급) 원자력발전소 4基가 가동중이었고 2基가 추가로 건설되고 있었다. 사고는 1983년 12월부터 운전되어 왔던 체르노빌 4호기에서 발생하였다.

격심한 원자로 出力暴走와 화학적인 燃燒爆發로 원자로와 원자로 건물의 파괴를 초래하였던 이번 사고는 안전지침서 위반, 운전원의 실수 및 안전설계의 경시 등이 복합적으로 작용하였던 결과로서 우리에게 다시 한번 원전의 안전에 대한 경각심을 불러일으키고 많은 敎訓을 남겨준 사고였다.

## 2. 事故內容

### 가. 試驗遂行 經緯

체르노빌에서 수행하려 했던 시험은 외부전원 상실로 인한 발전소 정지시에 발전소 안전을 위해 중요 안전관련기기에 비상전원을 공급하는 수단으로 정지되어 가고 있는 터빈의 慣性에너지를 이용하는 시험이었다.

이와 같은 비상전원 확보시험이 왜 필요했는지 그 배경을 살펴보면, 국내 원전의 경우 발전소 停電後 10초 이내에 비상용 디젤발전기가 가동되어 필수기기들에 대해 비상전원을 공급하는 반면, 체르노빌 원전은 비상디젤발전기 가동에 약 2~3분이 소요되므로 이 사이에 비상노심냉각기능이 확보되지 않아 自然循環으로만 노심을 냉각하게 되어 있다.

이러한 약점을 보완하기 위해 소련은 체르노빌

3호기에서 유사한 시험을 과거 2차례나 시도하였으나 모두 실패한 바 있어 이번에 발전기의 電壓調整器를 개량하여 체르노빌 4호기에서 세번째 시험을 시도하게 되었던 것이다.

## 나. 試驗 및 事故進行 經過

1986년 4월 25일 01:00경부터 운전원들은 2대의 터빈·발전기(#7, #8)중 #8에 대한 시험을 수행하기 위하여 원자로의 출력을 낮추기 시작하였다.

13:05분에 터빈·발전기 #7이 원자로출력 50%에서 정지되었고 이에 따라 4대의 主循環펌프와 2대의 主給水펌프를 포함하여 발전소 機器들의 대부분이 터빈·발전기 #8에 의하여 전력을 공급받게 되었다.

14:00, 시험계획에 따라 緊急 爐心冷却系統의 기능을 차단하였는데 이것은 이 계통의 우발적인 작동에 의한 시험방해를 사전에 방지하고자 하는 조치였다. 그러나 계획된 시험은 給電指令所의 電力供給 繼續要請에 따라 늦추어졌으며 터빈·발전기 #8만을 사용한 低出力運轉이 4월 25일 23:10분까지 계속되었다.

23:10분부터 出力減發이 再開되었다. 시험절차서에 따르면 발전기 시험이 原子爐 熱出力 70만~100만kW에서 시작하도록 되어 있었다. 운전원이 출력감발을 위하여 現場自動制御系統을 차단하고 自動制御형태로 전환하게 되었는데 이때 불균형이 발생하여 출력이 3만kW 이하로 떨어졌다.

4월 26일 01:00경 출력은 20만kW로 겨우 안정시켰으나 더 이상의 출력상승이 어려워지자 운전원은 절차서에서 허용된 이상으로 制御棒을引出하였다. 그러나 시험절차서에서 요구하고 있는 70만~100만kW로의 出力增發은 어려운 상황이었다.

01:03분 2대의 主循環펌프가 추가로 기동되어 8대 모두가 운전됨에 따라 原子爐心の 冷却水量

이 운전절차서에서 허용되는 최대치를 초과하였다.

냉각수의 유량증가로 인하여 연료채널내의 냉각수중 증기함량이 감소하게 되었고 이 결과로 증기드럼의 증기압력과 水位가 더 낮아지게 되었다. 이러한 조건 아래에서 운전원들은 증기드럼의 압력과 수위제어에 곤란을 겪게 되었고 이로 인한 원자로의 출력이 점점 내려감에 따라 20만kW 출력을 계속 유지하기 위하여 제어봉을 더 인출하게 되었다.

01:22:30초에 운전원들은 노심의 제어봉 정지여유도가 원자로의 비상정지를 위하여 요구되는 수준보다 훨씬 미달하는 것을 알게 되었다. 즉 절차서에서 요구되는 수준은 30개 제어봉에 해당되는데 이때는 6~8개 정도에 해당되는 양이었다. 그럼에도 불구하고 운전원들은 시험을 계속하였으며 또한 터빈발전기 #8이 정지할 때 발생하게 되는 원자로 자동정지신호를 차단시켰다.

이것은 시험이 실패할 경우 바로 이 시험을 다시 할 수 있도록 하기 위한 것이었다.

01:23:04초 #8 터빈·발전기의 비상조절밸브가 닫히고 시험이 시작되었는데 원자로는 이때까지 임계상태로 출력을 내고 있었다.

시험이 시작되자 4대의 주순환펌프도 관성에 의한 운전을 하게 되면서 그 속도가 떨어지게 되었다. 이렇게 되자 원자로에 공급되던 냉각수의 유량이 낮아지면서 爐心내에서 급격한 氣泡가 발생하게 되었고 노심내의 증기함량 증가는 기포계수에 의한 正反應度로 인하여 출력을 증가시키게 되었다.

01:23:21초에 운전원이 긴급정지버튼을 눌러서 나머지 정지제어봉들을 작동시키려 하였으나 이 정지제어봉들은 노심의 最上部 근처에 위치하여 있는 상태였으므로 출력은 계속 증가하였다. 이때 원자로로부터 폭음이 발생하였고 제어봉이 완전히 삽입되지 않았음을 알고 운전원이 제어봉의 낙하를 시도하였으나 2~3초후 두번째 폭음이 발생하였다.

첫번째 폭발은 급속한 증기압력의 증가가 압력 용기를 파괴한 것으로 해석되며, 이때 용기내의 증기가 감속제인 흑연과 화학반응을 일으켜 水素濃度를 증가시켰으며 수소는 대기중의 산소와 화학반응을 하여 원자로 폭발대를 날려버리는 폭발을 일으킨 것이다. 두번째 폭발은 또다른 증기폭발에 기인한 것으로 설명될 수 있다.

### 3. 事故原因

체르노빌 원전사고의 원인은 크게 다음 세 가지로 구분할 수 있다.

첫째, 安全設計의 輕視로서 운전원이 원자로보호계통과 비상노심냉각계통 등을 출력운전중에 임의로 차단시킬 수 있도록 설계하였다. 이로 인하여 필요시에 원자로를 정지시키지 못했으며 비상노심냉각계통도 작동하지 못하였다.

또한 미국 TMI 사고에서와 같이 방사성물질의 외부누출을 최후로 막을 수 있는 격납건물이 없었으며 주요계통 및 기기들의 운전은 자동화되어 있지 않았고 공학적 안전설비의 신뢰성과 완벽성 또한 부족했다.

둘째, 人爲的 실수로서 비상전원을 보완하기 위한 장치를 출력운전중에 시험함에 있어 발전소의 특성과 운전조건을 고려하지 않았으며 시험절차서가 적합하게 심의되고 논의되지 않았다. 또한 발전소 운전절차를 무시하였으며 운전능력을 과신한 상태에서 원자로보호계통과 비상노심냉각계통을 임의로 차단시키고 원자로를 조종하였으며 시험을 빨리 끝내려고 너무 서둘렀다.

셋째, 安全運轉指針의 違反으로서 원전운전의 기준이 되는 운전지침서 준수는 안전성에 직결되는 문제이며 사고예방대책의 기본이다. 그러나 체르노빌 원전운전원들은 다음과 같은 주요 안전지침을 위반하였다.

(a) 시험의 수행을 위한 출력감발중 규정치 이하로 내려가면 증기드럼의 압력과 수위가 불안정하게 되어 원자로보호계통을 작동시켜야 한다. 그

러나 불안정상태에서도 시험을 계속하기 위해 증기드럼의 압력·수위로 인한 원자로보호계통 작동신호를 차단시켜 적절한 시기에 원자로를 정지시킬 수 없었다.

(b) 시험중에는 계통의 모든 변수가 불안정하기 때문에 비상노심냉각계통이 잘못 작동될 수가 있다. 이러한 오동작을 방지하기 위하여 임의로 계통의 동작신호를 차단하였으므로 필요시에 비상노심냉각계통이 작동되지 않아 사고를 더 악화시켰다.

(c) 원자로의 출력을 역지로 올리기 위하여 대부분의 제어봉을 爐外로 인출시킴으로써 停止餘裕度를 허용치 이하로 내렸다.

(d) 시험절차서에서 요구하고 있는 출력인 70만 kW를 유지하지 못하고 원자로의 출력을 20만 kW로 감소시켰으며 이로 인하여 원자로가 불안정한 상태에서 운전되었다.

(e) 모든 主循環펌프를 가동시켜 노심의 유량을 정상유량 이상으로 유지하였기 때문에 노심이 過冷却되었으며 이로 인하여 事故時에 氣泡效果가 더 크게 작용하였다.

(f) 시험시에는 계통이 불안정하여 保護系統이 작동될 수가 있다. 이런 경우에는 원자로가 자동 정지되어 시험을 계속할 수 없게 된다. 그러나 체르노빌 운전원들은 시험 실패시에도 원자로를 정지시키지 않고 다시 반복하기 위하여 터빈으로부터의 원자로보호계통 동작신호를 차단시켰다. 이로 인하여 원자로가 적합한 시기에 정지되지 못하고 출력폭주현상이 발생하게 되었다.

### 4. 事故被害

노심폭발로 고온의 노심파편들이 원자로 건물 지붕 여러 곳과 공작실 등으로 튀어나감으로써 30개 이상의 장소에서 화재가 발생되어 화재진압으로 인한 많은 피해가 발생하게 되었다.

이번 사고로 발전소주변 반경 30km 이내의 주민 135,000명이 대피하였으며 31명이 사망(폭발

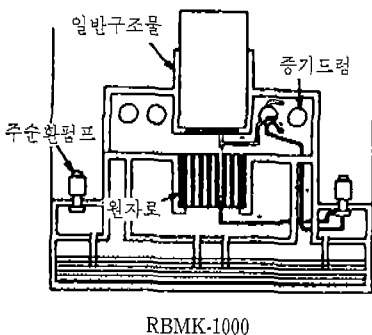
사고후 화재진압중 1명 사망, 1명 실종 포함)하였고  
 고 重傷 207명 및 入院 237명 등의 막대한 인명  
 피해를 초래하였다. 또한 폭발로 인해 원자로 손  
 상 및 원자로 건물 일부가 파손되었으며 노심내  
 放射能 總量의 3.5%인 5,000만퀴리가 원자로 건  
 물 파손부위를 통해 대기로 누출되어 인근주변에  
 상당량의 환경오염을 유발시켰다.

발전소 인근주민들의 總放射線 쫄임량은 약  
 160만렘·렘으로 추정되며, 1인당 쫄임량은 국제  
 방사선방호위원회(ICRP) 권고치인 연간 5렘의  
 2.4배에 달하는 정도였다. 더욱이 동사고는 280  
 억달러로 추정되는 막대한 경제적 손실을 초래하  
 고 서울면적의 약 2배에 달하는 1,000평방km를  
 오염시켰을 뿐만 아니라 스웨덴 등 인접국가들에  
 까지 방사능 오염과 충격울 줌으로써 국제적 물  
 의를 유발시키기도 하였다.

현재 같은 敷地內에 있던 체르노빌 1, 2, 3 호  
 기는 정상운전중에 있으나 사고가 발생하였던 4  
 호기는 그 주변을 콘크리트로 밀폐하여 생태계와  
 격리시켜 놓고 있다.

### 5. 事故後 우리나라 措置事項

체르노빌 사고 직후 우리나라에서는 정부주관  
 으로 전국 주요 6개 지역에서 環境放射能을 측정  
 하여 상태변화 유무를 감시한 결과 이상상태가



RBMK-1000

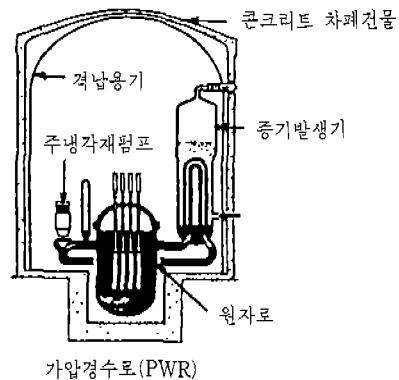
없음을 확인하였다. 또한 각계 전문가 25명으로  
 點檢班을 구성하여 우리나라 全原電의 安全性에  
 대한 종합점검을 실시하여 다음과 같은 결론을  
 내린 바 있다.

즉 우리나라의 원전은 最惡의 사고발생 경우에  
 도 소련의 체르노빌 원전과 같은 사고가 발생할  
 수 없으며, 우리나라 원전에서 일어날 수 있는 최  
 악의 사고는 인근주민에 대한 방사선 영향이 없  
 었던 미국 TMI 사고범주를 넘지 않는다는 것이  
 다.

그러나 원전은 안전성 강화를 위한 노력은 꾸  
 준히 진행되어야 할 과제로서 이번 사고를 교훈  
 삼아 운전원의 자질을 향상시키고 설비안전성 확  
 보를 위한 각종 개선대책을 통해 원전의 안전운  
 전에 만전을 기하고 있다.

### 6. 우리나라 原電과의 比較

체르노빌 원전은 소련이 독자적으로 개발하여  
 사고전까지 서방세계에 별로 알려지지 않았던 원  
 자로형인 RBMK-1000형으로써 냉각재로는 경수  
 를 쓰고 감속재로는 흑연을 사용하는 전기출력  
 100만kW(열출력 320만kW)의 비등경수형 원자로이  
 다. 이 발전소는 2% 정도 농축된 우라늄을 연료  
 로 사용하고 있으며 가동중에 핵연료를 교체할  
 수 있도록 되어 있고 전력생산 뿐 아니라 군사용  
 목적의 플루토늄을 생산하고 있던 것으로 판단되



가압경수로(PWR)

<그림 4·1> RBMK型和 加壓輕水爐와의 構造比較

<표4·2> 체르노빌 原電과 國內原電(古里 3, 4 號機)과의 比較

항 목	체르노빌	고리 3, 4 호기	비 고
원자로형	흑연 감속 비등경수로	가압경수로	
전기출력	100만kW	95만kW	
용 도	전력 및 플루토늄 생산(군사용)	전력생산(산업용)	
격납용기	대형사고시 방사성물질의 외부누출을 방지할 수 있는 격납용기가 없음.	철근콘크리트로 된 두께 약 1.2m의 격납용기가 있음.	고리 3, 4 호기의 경우 대형사고가 발생하더라도 사고가 격납용기내에 국한되며 방사성물질의 환경누출이 방지됨.
원자로 설계특성	正反應度 출력계수를 갖고 있어 低出力상태에서 출력제어가 어렵고 출력폭주의 위험을 갖고 있음.	負反應度 출력계수를 갖고 있어 출력이 상승되면 스스로 출력을 감소시키는 고유 안전성을 갖고 있음.	고리 3, 4 호기는 출력 상승으로 인한 폭주 가능성이 전혀 없음.
원자로 제어봉	복잡한 제어계통으로 제어봉 이동속도가 늦어 긴급정지기능이 미흡함.	출력제어가 용이하고 제어계통이 간단하며 속도가 빠름.	고리 3, 4 호기는 보다 신속하고 안전하게 출력을 제어할 수 있음.
중성자 감속재	흑연이 감속재로 들어 있어 화재위험성이 큼.	냉각수인 경수가 감속재 역할을 겸하고 있음.	고리 3, 4 호기는 감속재로 인한 화재가능성이 전혀 없음.
안전설비의 다중성	안전설비의 다중성이 미흡함.	모든 안전설비는 각각 2중으로 설치되어 있음.	고리 3, 4 호기는 단일 고장발생시에도 안전설비 본래의 기능을 완벽하게 수행할 수 있음.
비상전원 공급용 발전기	외부전원 상실시 신속한 비상전원이 공급되지 않아 2~3분간은 전원 공급기능 상실됨.	외부전원 상실시 10초 이내에 기동되어 비상전원을 공급함.	고리 3, 4 호기는 2대의 디젤발전기를 갖고 있어 신속하게 안전기에 전원을 공급함.

고 있다.

원자로는 스테인레스강으로 만들어진 수직원통형 모양으로 높이 7m, 직경 12m이며, 1,673개의 핵연료 집합체가 노심에 장전되어 있다.

RBMK형 원자로와 우리나라 원자로와의 설계 및 안전성에 관한 주요 설계 특성을 비교하여 보면 다음과 같다.

첫째, 우리나라 원자로는 출력을 증가하면 냉각수(물)의 밀도를 감소시켜 핵분열을 억제함으로써 출력을 낮추는 負反應度를 갖고 있다. 이 과정에서 출력은 자동으로 조절되고 원자로는 항상 안정상태를 유지하게 된다. 반면에 소련 원자로는 출력이 증가하면 물의 밀도를 감소시키거나 물의 밀도 감소는 출력의 증가를 가져오는 正反應度를 갖고 있어 출력폭주현상이 발생될 수 있다.

둘째, 우리나라 원자로는 감속재로 경수(가압경수로) 또는 중수(가압중수로)를 사용하므로 화재

의 발생가능성이 없으나 RBMK 원자로는 흑연을 감속재로 사용하므로 흑연화재의 가능성이 있다. 마지막으로 우리나라 원전의 경우 예기치 못한 사고 발생시에 방사성물질이 대기로 방출되는 것을 방지하기 위하여 철근콘크리트로 된 격납건물이 설치되어 있지만 소련의 경우는 격납건물이 없고 일반구조물 속에 원자로가 설치되어 있기 때문에 사고시에 생기는 높은 압력과 온도를 견디지 못하여 방사성물질이 외부로 새어나갈 수밖에 없다. 미국 TMI 원전에서 발생하였던 사고가 주변환경에 아무런 영향을 주지 않았던 것은 바로 이 격납건물이 훌륭한 차폐역할을 하였기 때문이다.

표4·2는 체르노빌 원전과 고리원자력 3, 4 호기와 설비안전성 측면에서 주요 차이점을 비교 분석한 것이다.

☛ 다음 호에 계속