

〈最新情報〉  
소련原電事故의 眞相은 이렇다!

# 체르노빌을 振動한

## 5000萬큐리의 膨大한

# —— 史上初有의 大事故 全貌를

지난 8월 중순, 소련은 「소련國家原子力委員會」의 이름으로 國際原子力機關(IAEA)에 全文 470페이지로 된 事故報告書를 제출했다. 이 소련事故보고서에 대한 國際原子力機關專門家會議가 지난 8월25일부터 29일까지의 5일간 50개국에서 500명이 참가한 가운데 本市에서 개최되었다. 동 보고서에 의해서 그동안 불충분했던 소련 原電사고의 眞相이 크게 밝혀졌다.

原子力發電所를 보유하고 있는 우리로서도 언제 어느 때 유사한 사고가 絶對 나지 않는다는 保障이 없는 이상 동사고의 眞相을 주의깊게 알아야 할 것이다.

本誌는 이러한 뜻과 함께 原電의 安全性에 대해 留意를 하고 있는 國民의 올바른 인식을 위해 여기 “소련 原電事故의 眞相은 이렇다”를 特輯한다. (註編輯者)

## 1. 체르노빌原子力發電所의 概要

체르노빌原子力발전소는 체널型 黑鉛減速 冷却沸騰水型爐, 통칭 “RBMK-1000型”이라고 부르는 전기출력 100만KW의 원자력발전소로서 이미 동발전소는 同型爐 1~4호를 운전하고 있었으며, 사고기는 이중의 최신예기의 4호기였다.

이 체르노빌 原子力발전소가 입지하는 소련 우크라이나의 지역은 전반적으로 인구밀도는 낮으며 원자력발전소의 30km 원내의 인구는 대체로 10만명 정도로서 이중 3km의 거리에 프리피치야市(인구 4만 9천명)가 있으며, 이 지방의 중심지 체르노빌市(인구 1만 2천 5백명)는 발전소에서 15km의 거리에 그리고 켈市(인구 250만)는 발전소에서 130km의 거리에 있다.

또한 체르노빌 원자력발전소에서는 문제의 4호기에 이어 5호기 및 6호기가 건설중에 있었다.

사고를 일으킨 4호爐의 RBMK-1000型爐는 운전

중에 연료의 교환이 가능하다는 것, 복잡하며 高價인 증기발생기가 불필요하다는 것등의 原子爐로서의 장점을 갖는 반면 문제점으로서의 큰 卍의 보이드 反應度 係數가 나타난다. 爐心の 출력분포를 안정시키기 위한 복잡한 制御시스템을 필요로 한다. 黑鉛爐에 대량의 熱에너지가 축적되는 터빈내에도 低放射能 증기가 함유한다는 등의 여러가지 點이 지적되고 있는 소련특유의 원자로이다.

이 RBMK-1000型 원자로는 현재 소련의 원자력발전소의 주류를 이루는 원자로로서 체널수를 증가시키는데 따라서 單基용량을 쉽게 증대할 수가 있었던 것이 이때까지 同爐가 크게 발전할 수 있었던 큰 이유와 배경이 되고 있으나 앞으로의 건설계획에 있어서는 同爐型은 斜陽化의 길을 걸게 될 것이라는 것이 주목할만한 사실이 되고 있다.

## 2. 事故의 進展經過

# 두번의 爆音

## 放射能 地球로 擴散

### 밝힌다

먼저 사고의 진전경과를 쫓아 보면 체르노빌原子力발전소 4號爐는 1983년 12월에 운전을 개시한 플랜트였으나 1986년 4월 25일, 예정된 수리를 위해 同機는 정지하기로 되어 있었다.

정지에 앞서 운전상태의 No. 8 터빈발전기(4 호爐는 각각 50만KW용량의 No. 7 과 No. 8 의 터빈발전기를 보유한다)의 시험이 계획되고 있었다.

이 시험의 목적은 송전정지의 조건아래에서 터빈발전기의 回轉子の 기계적 에너지(慣性에너지)가 어느정도 이용의 가능성이 있는가를 실질적으로 검증하는 것이었다.

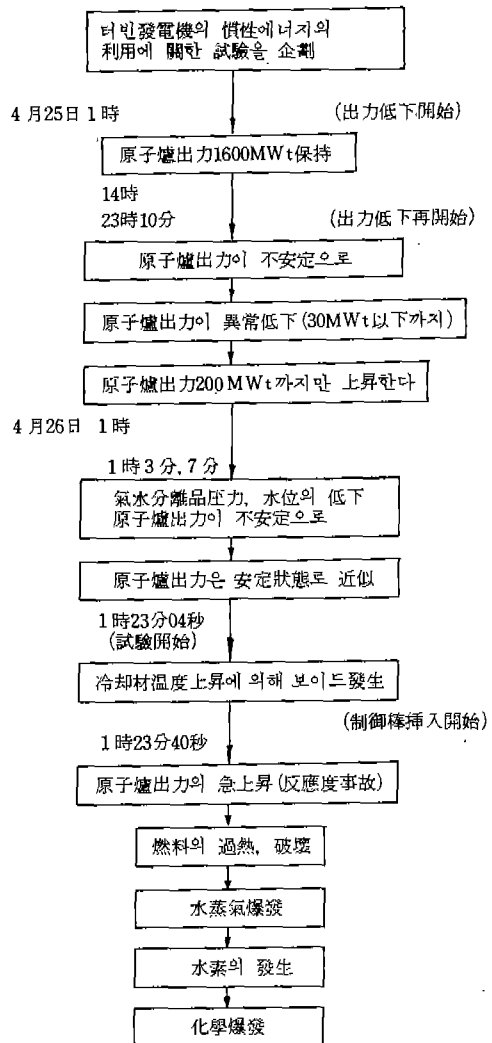
4월 25일, 한밤중의 1시 00분, 시험개시를 위해 종사원이 定常운전상태의 원자로의 출력을 내리기 시작했다. 13시 05분 No. 7 터빈발전기는 원자로의 열출력 1600MW (정격출력의 50%에 상당)일 때 回路에서 떼어냈다.

23시 10분, 출력의 저하는 계속되었는데 시험계획에 따르면 발전기의 慣性시험운전은 原子爐의 열출력 700~1000MW에서 실시될 예정이었다. 그러나 원자로 출력의 언밸런스는 충분히 제거할 수가 없어서 이때문에 출력은 열출력 30MW 이하의 값으로까지 低下하기에 이르렀다. 겨우 만하루째인 4월 26일 1시 00분에 열출력 200MW의 레벨에 안정시킬 수가 있었다.

여기에서 시험이 실행되었다. 즉 1시 03분과 1시 07분에 6대(한쪽 3대)의 운전중의 主循環펌프(원자로主冷却材 循環펌프)에 이어 豫備 2대(한쪽 1대)의 순환펌프를 각각 가동, 이때문에 원자로를

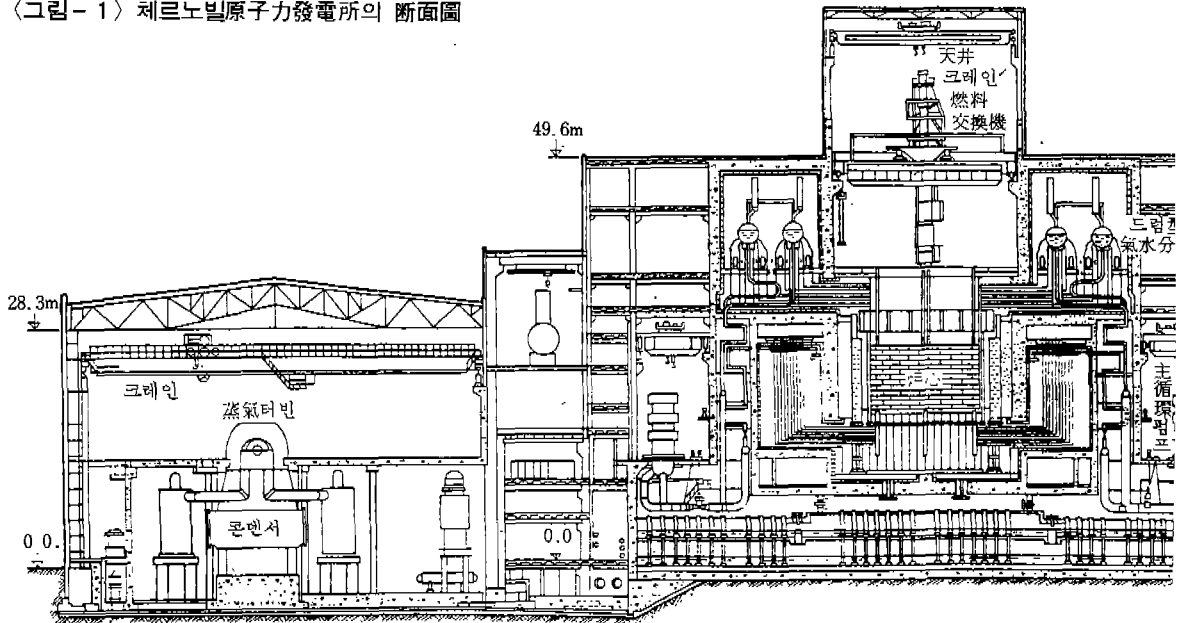


그림의 높은 돔 바로 右下側의 검게탄 부분이 사고로 파손된 4 호기이다.



〈그림-2〉 체르노빌 原子力發電所事故의 經過圖

(그림-1) 체르노빌原子力發電所의 断面圖



통과하는 流量은 56000~58000 톤/h까지 증가했다.

이와같은 운전상태는 펌프에서 爐心으로의 送水가 잘되지 않아 캐비테이션에 의해 主回路에 진동을 발생시킬 위험성마저 내포하고 있었다.

1시22분 30초, 운전원은 운전反應度 여유의 평가 프로그램의 프린트아웃을 보고 운전反應度 여유가 原子爐를 급거 정지시키지 않으면 안될 값이 되고 있는 것을 알게 되었다. 그러나 운전원은 원자로를 정지시키지 않고 소기의 시험을 시작했다.

1시23분 04초에 No.8 터빈발전기의 停止調整밸브가 닫혀졌다. 시험개시후 얼마후 原子爐출력이 상승하기 시작했던 것이다. 이때문에 1시23분 40초에 운전시프트責任者는 原子爐 緊急정지를 위한 「AZ-5」의 버튼을 누르는 지령을 내렸다. 이 신호에 의해 爐心에 모든 制御棒이 삽입되었다. 御制棒은 降下했으나 수초후에 충격음이 들리게 되었으며 1시24분께에 잇달아 두번의 폭발음이 들렸다. 이어 4호爐 위에서는 불꽃이 튀어 나오면서 화재가 발생했다는 것이다.

그림2에 사고 시이퀀스의 개요를 표시했으며 그림3에는 시험開始時의 원자로의 상태와 사고시의 원자로의 상태를 표시한다.

이 화재에 이르는 프로세스는 다음과 같이 보고되고 있다. 즉 극히 짧은 시간만 제어할 수 있는 급격한 出力上昇의 反應度 사고의 결과 격렬한 증기의 발생이 일어남으로써 연료의 과열, 연료의 손상 壓力管의 파괴, 그리고 두번에 걸친 폭발(증기폭발과 化學폭발을 유도)에 의해 原子爐와 건물의 일부가 크게 파괴되었다는 것이다.

그림4는 원자로 및 건물의 파괴상태를 표시한다.

### 3. 事故의 原因

前述한 바와 같이 체르노빌原子力발전소 4호기의 사고는 原子爐의 反應度가 과잉하여 일어난 「反應度事故」였다.

더우기 이 原子爐 反應度의 규모는 극히 짧은 시간에 最大定格 출력의 100배 내지 500배에 까지 출

력이 급상승한다는 큰 사고였던 것이다.

(1) 原子爐 特性

이 원자로를 포함하는 채널型 黑鉛減速 冷却沸騰 水型爐의 원자로 특성에 대해서 설명을 하면 원자로는 어떠한 원인으로 출력이 상승하면 爐心을 통과하는 冷却水중의 氣泡가 증가하는 원자로의 출력이 증대한다는 성질(정확하게 말하면 보이드反應度係數가 正에서 크다는 것)이 있다. 또 原子爐心이 크기 때문에 복잡한 원자로 출력제어를 하지 않으면 안되는. 시스템이라는 것과 특히 低出力시에 있어서의 出力分布를 안정시키는 것이 어렵다고 되어 있다.

또한 이 원자로는 긴급정지시에 원자로내에 삽입되는 制御棒의 삽입속도가 늦으며 40cm/S로서 7m나 되는 爐心에 제어봉을 삽입하는데는 10수초를 요한다는 특성을 갖고 있다.

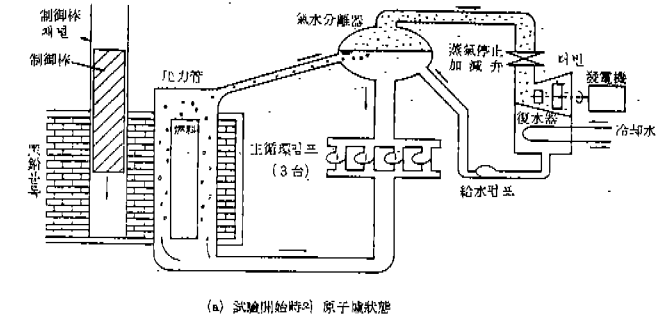
(2) 原子爐 操作

이 시험의 개시에 앞서 원자로의 配管과손등 냉각수가 유출하는 등과 같은 사고시에 원자로에 긴급히 냉각수를 주입하는 회로(통상, 비상용 원자로 冷却계통이라고 말한다)를 떼어내어 작동하지 않도록 조작하고 또 2대의 터빈발전기의 停止조정밸브 閉止의 경우 생기는 原子爐트립 保護장치(이 시험 실시때 원자로트립이 생길 가능성이 있다)도 블록되어 원자로가 자동적으로 정지하는 가능성이 없었으며 더욱이 이 원자로는 制御棒의 삽입이 불충분했으므로 효과적인 긴급정지가 불가능한 상태(30개 이하로 해서는 안되는 爐內 제어봉 개수가 6~8개)에 있었음에도 불구하고 운전하는중 안전운전규정 내지 운전조건의 위반이 있었기 때문이다.

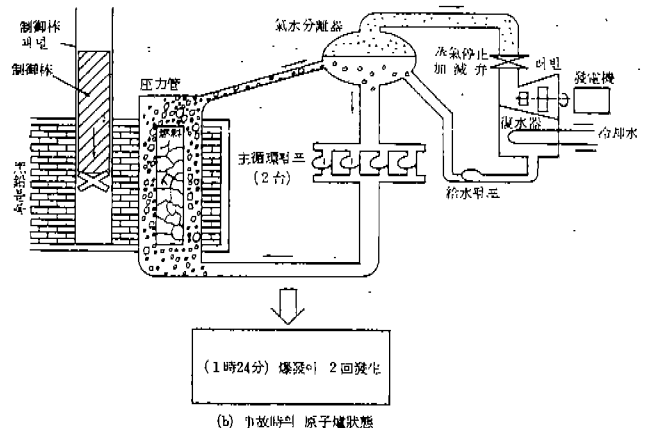
그리고 이같은 운전원의 행동의 기본에는 시험을 빨리 끝마치고 싶었던 마음이 있었던 것으로 되어 있다.

(3) 事故原因

전술한 (1), (2)와 같이 사고의 제 1원인은 발전소의 운전원으로서의 생각할 수 없는 운전규정의 위



(a) 試驗開始時의 原子爐狀態



(b) 事故時의 原子爐狀態

<그림-3> 事故發生의 經過圖

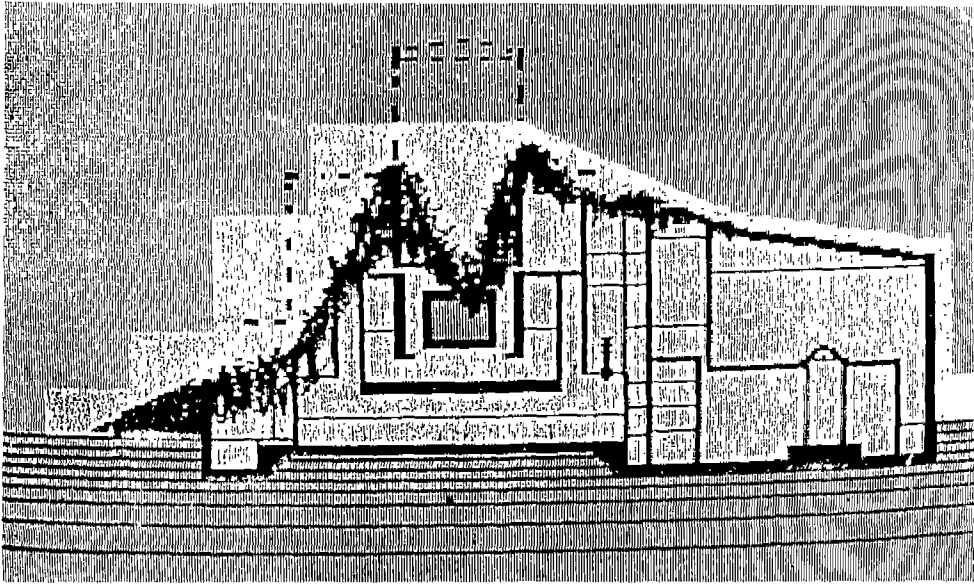
반과 운전조건의 위반을 했다는 점과 여기에 덧붙여 큰 正의 보이드反應度係數등의 원자로 특성이 중복하여 사고는 보도된 바와같이 대참사로 발전하게 된 것이다.

소련당국은 중대한 위반은 표 1에 표시하는 것과 같은 여섯가지가 있었다고 보고하고 있다.

4. 事故擴大의 防止對策

원자로에 사고가 발생한 후의 긴급과제는 이미 발생하고 있는 화재와 싸우는 일이었다고 말하고 있다.

원자로에 폭발이 생긴결과 高温으로 가열된 방사능물질이 원자로에서 방출되어 그 화재개소는 30개 이상에 달했다.



〈그림-4〉 原子爐의 破壞狀況

상오 1시30분, 사고현장에 프리피어치市와 체르노빌市에서 보안소방대의 당직대가 출발했다. 이들 소방대원에 의한 필사적인 소방활동 결과, 화재는 상오 5시까지 겨우 진화되었다.

사고의 확대를 방지하고 그 영향을 최소한으로 줄이기 위해 사고후 수시간 동안 연료상태와 시간경과와 함께 사태의 변화를 예측하는데에 많은 노력이 투입되었다.

사고후 수일간에 원자로에서 나온 방사능물질의 방출상황에서, 시간의 경과에 따르는 원자로내 연료의 온도변화는 단조로운 성향이 아님이 판명되었다.

5월 4, 5일경에 되어 겨우 원자로내 殘留연료 온도의 유효온도는 안정하기 시작 그후는 저하하게 되었다.

연료가 용해했다고 한다면 용해한 연료의 일부는 노심중앙에 모여 “臨界質量”이 되는 조건이 되어 자동으로 「連鎖반응이 발생한다는 최악의 사태」가 발생한다는 잠재적인 위험성이 想定되었기 때문에 그 위험에 대한 대책이 필요하게 되었다.

이 때문에 전문가들이 군용헬리콥터에서 事故爐

〈표-1〉 運轉員의 規則違反

No.	위 반	결 과
1	反應度の 조작 여유가 허용된 값보다도 훨씬 적었다.	爐의 緊急보호가 무효였다.
2	출력이 실현계획에 상정되어 있는 것보다 낮았다.	爐는 制御가 곤란한 상태에 이르렀다.
3	규정에 정해지고 있는 流量을 넘어 대기중의 순환펌프가 투입되었다.	재순환회로의 냉각재의 온도가 포화온도에 가깝게 되었다.
4	2基의 터빈발전기의 정지신호에 따른 爐의 보호신호를 바이패스 했다.	爐의 자동정지의 가능성을 잃었다.
5	氣水分離器내의 水位레벨과 증기압에 관한 보호신호를 바이패스 했다.	熱파라미터에 의한 보호신호는 모두 바이패스되었다.
6	최대의 想定사고를 보호하는 시스템(爐의 ECCS시스템)이 분리되었다	사고의 규모를 격제할가 능성을 잃었다.

를 향해 硼素化合物, 드로마이트, 모래, 粘土, 鉛등을 투하했다.

이와 같은 상황은 연일 TV, 신문등에 보도된 바 있다.

이 결과 5월 6일께 방사능의 방출은 본질적으로 멎고 수백큐리 / 시까지 저하하여 동월 초에는 수 10큐리 / 시로 저하했다.

동시에 또 연료의 연소저하를 위해 원자로 밑쪽의 공간에 콤프레셔실에서 窒素가 주입되었다.

그리고 4호기의 사고발생 후 1호기와 2호기는 4호기에서 거리적으로 떨어져 이상이 없었으므로 각각 4월 27일 오전 1시 13분과 2시 13분에 정지되었다.

3호기는 사고를 일으킨 4호로와 기술적으로 밀접한 관계에 있었으나 실제로 폭발의 피해는 받지 않았다. 그러나 4월 26일 오전 5시에 정지되었다.

또한 사고후 1~3호로에서 방사능 오염의 제어작업이 개시되었다. 除染작업의 결과 감마線의 레벨은 1/10~1/15로 저하했다고 한다.

## 5. 原子力發電所 주변의 放射線 被爆

체르노빌原子力발전소 주변의 주민이 이 사고로 인한 방사성 비폭線量에 대해서는 프리피야치 市民을 비롯하여 주변 30km권의 주민 13만 5천명이 피난에 의해 소정한도 이상의 비폭을 방지할 수가 있었으나 발전소내에서는 과도의 방사선 비폭자가 발

생했다.

사고 발생후 재해대책 활동에 종사했던 사람은 큰 비폭線量(100렘 이상)을 입었으며 또 소화활동에 종사한 사람은 화상을 입는등 긴급의료조치, 대책이 요구되었다.

7월이후 현재, 종업원중 화상 및 急性放射線 장애로 사망한 자의 총수는 28명, 이외에 100명을 훨씬 넘는 방사선 장애자가 있으나 주민에는 급성방사선 장애를 일으킬 정도의 방사선량을 받은 자는 없었다고 보도하고 있다.



소련에서는 이번 사고의 발생을 계기로 하여 체르노빌原子力발전소 4호로와 同型爐에 대해서 안전성을 보다 향상시키기 위해 우선 문제가 되고 있는 몇가지 點에 대해서 설계의 개선을 도모하는 제안이 나오고 있다.

- (1) 자동정지를 위한 制御棒의 성능을 높인다.
- (2) 보이드反應度 係數의 正의 값을 감소시킨다.
- (3) 운전원의 훈련강화를 도모하여 운전원의 자질 향상을 기한다는 등이다.

이 사고에 의해 방출된 방사능은 氙가스를 제외하고서도 5000만큐리 라는 방대한 량으로서 서구제국은 물론 멀리 떨어진 미국에도 방사능 오염이 미치는등 지구적인 규모로 확대된 有史以來의 最大의 原子爐 사고였던 것이다. \*

