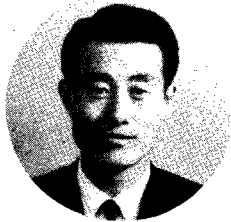


蘇聯 체르노빌原電 事故分析



鄭 甫 憲

〈韓國電力公社 技術安全支援室長〉

1. 序 論

지난 86.4.26 01:23에 發生된 蘇聯 체르노빌 原電4號機의 事故는 當事國인 蘇聯에 많은 人命 被害와 環境汚染 등을 招來하였을 뿐만 아니라 스웨덴을 비롯한 隣接國家에 까지 放射能 汚染으로 衝擊을 줌으로서 國際的 物議와 政治的 緊張까지 招來한 하나의 큰 災殃이었다.

다음은 同 事故에 대한 國際的 輿論과 壓力를 撫摩시키기 위해 蘇聯當國이 IAEA의 要求를 받아들여 86.8.25~8.29까지 IAEA본부(비엔나 소재)에서 世界各國의 原子力 關係 專門家를 招聘하여 發表한 事故調查結果 報告會에 參席하고 그 內容을 要約한것이다.

지금까지 同 事故關係 情報 및 推測 記事들이 散發的으로 入收되기는 했으나 全體的인 事故 內容 把握에 어려움이 있었는데 다음의 事故 要約內容이 事故內容 把握 및 理解에 다소나마 도움이 되기를 바란다.

2. 事故報告會 概要

가. 事故報告會 期間: 86.8.25~8.29

나. 場 所: IAEA본부(비엔나)

다. 參加國 및 參席人員

우리나라, 美國, 蘇聯 등 51개국에서 專門家 500여명과 報道陣 약150명, 非公式 參加者 등 약 800명이 參席하였다.

報道陣의 殺到로 미루어 이번 蘇聯 原電事故가 世界的인 關心事項을 알 수 있었다.

라. 報告會 開催 內容

會議 첫날은 蘇聯 代表가 事故調查 結果를 發表하였으며, 둘째, 셋째날은 2개 分科로 나누어 事故內容 및 結果 등을 보다 詳細히 發表한 후 質疑 應答을 交換하였고, 마지막 날은 分科別로 討議된 內容에 대한 綜合報告를 하였다.

3. 체르노빌 原電4號機 原子爐의 設計概要 및 長·短點

가. 原子爐構造 概要

CANDU型인 우리나라 月城原子爐와 유사하며 간단히 說明하면 月城原子爐는 核燃料채널이 수평으로 구성되어 있는데 반해 체르노빌 원자로(RBMK-1000형)는 수직으로 되어있고 2%의 濃縮核燃料과 감속재로서 중수대신 흑연을 사용하고 있다.

나. 原子爐 冷却材 系統 主要 설계 사양

항 목	설 계 사 양
1. 원자로형	沸騰 경수형 (RBMK-1000)
2. 電氣出力(MWe)	1,000
3. 熱出力(MWt)	3,200
4. 原子爐 冷却水系統	
○ 冷却水	輕水
○ 系統 壓力(psia)	1,015
○ 노심 入口溫度(°F)	509
○ 爐心 出口溫度(°F)	554
○ 冷却 루프數	2개
○ 루프당 채널數	840개(수직채널)
○ 루프당 循環 펌프數	4대
	(정상운전시 3대, 비상대기 1대)
○ 루프당 蒸汽分離器	2대
5. 減速材	흑연(Graphite)
6. 原子爐	
○ 직경(m)	11.8
○ 높이(m)	7
7. 核燃料	
○ 濃縮度	2%(U-235)
○ 연소도(MWd/kg)	20
○ 연료다발 형태	원통형
○ 장전량(톤)	192
○ 집합체 수	1,693
○ 집합체당 연료봉수	18
○ 총 연료봉수	30,474
8. 제어봉	
○ 총 제어봉수	211개
○ 제어봉 종류	1) 자동제어봉 2) 국부 자동제어봉 3) 수동 제어봉 4) 비상보호제어봉 5) 부분 제어봉
9. 격납용기	없음
10. 氣泡係數	2.0×10E-4% Steam

다. 체르노빌 原子爐(RBMK-1000)의 長·短 點

1) 長點

- PWR과 같은 原子爐가 없어 製作이 容易
- 蒸氣發生器 대신 간단한 構造의 Steam-Separator로 되어있어 경제적이며 S/G튜브 부식 문제가 없음
- 稼動中 核燃料를 교체함으로써 稼動率 側面에서 有利
- 채널別 核燃料 損傷與否 監視가 可能하며,

稼動中 漏洩 核燃料 교체가능

- 核燃料 週期的 유연성으로 核燃料 가격변동에 대처 용이
- 2) 短點
- 正反應度 氣泡係數를 가지고 있어 사고시 출력을 더욱 상승시켜 사고 악화 초래
- 출력분포의 안정유지가 어렵기 때문에 복잡한 제어계통이 필요(PWR에 비해 제어봉이 다양함)
- 총 1,680 개의 채널로 되어있어 냉각재 계통 및 열제거 계통이 복잡
- 沸騰爐이므로 터빈발전기 계통에 방사성증기 존재

4. 체르노빌 原子爐의 安全設備系統 概要

사고방지를 위한 안전설비는 아래와 같이 5가지 계통으로 具備되어 있다.

가. 안전보호 계통

- 비상노심 냉각계통 : 사고시 노심 잔열 제거
- 주냉각 순환회로의 과압방지용 방출계통 : 사고시 스팀을 減壓水槽(Suppression Pool)에 유도하여 凝縮시킴
- 비상상태시 원자로내부 과압방지 계통 : 1개의 핵연료 채널 파열시 원자로 과압방지를 위해 원자로 내부 공간의 증기와 기체를 감압수조내로 유도

나. 事故 局部化 安全系統

- 원자로 냉각수 계통 배관의 파열사고시 방사성 누출물을 철근 콘크리트의 密閉室內에 局限, 貯藏시키는 設備로서 原子爐 周圍에 대칭으로 배열되어 있으며 設計壓은 0.45 MPa임
- 同 철근 콘크리트 밀폐실과 蒸氣分配通路가

들어 있는 房은 蒸氣排出 채널을 통해 Bubble Condenser내의 물과 連結되어 있음.

○ Bubble Condenser는 아래 事故時 發生된 蒸氣를 응축하도록 設計되어 있음.

- 原子爐 冷却水 회로의 健全性 상실 사고, 즉 原子爐 냉각수 누설로 생긴 蒸氣
- 原子爐 냉각수 계통의 主安全밸브 작동을 통해 누출된 蒸氣
- 正常運轉中 主安全밸브를 통한 유량에 의한 蒸氣

다. 安全保證 系統(安全系統의 電源供給 設備)

○ 요구되는 電力供給 信賴度의 중요도에 따라 3개 그룹으로 區分되어 있다.

- 1) AC電源 상실시 부터 수초까지 電源供給되며 原子爐 非常保證 系統이 작동된 후에 電源供給 再開가 즉각 요구되는 그룹.
- 2) 상기 동일 조건(AC電源 상실)에서 수초에서 수분까지 電源供給 차단이 허용되며 原子爐 非常保證系統 작동후 電源供給이 되어야 하는 그룹.
- 3) AC電源 상실시 電源供給이 요구되지 않으며 正常運轉中 正常變壓器로 부터 待機變壓器(Standby Transformer)로 전환하는 동안 전원이 허용되는 그룹.

라. 安全制御系統

同 系統은 保證系統, 事故局部代系統, 安全保證系統들이 自動으로 작동되도록 설계되어 있으며, 이들 機能이 監視되도록 설계되어 있음.

마. 放射線制御系統

自動制御系統의 일부로서 發電所 內部 構造物內的 放射線 및 外部環境 放射能, 機器 및 회로의 狀態, 職員의 放射線 피폭 등에 관한 資料를

處理하여 指示하도록 設計되어 있음.

5. 事故內容

가. 事故發生經緯

外部 電源喪失時 터빈發電機 慣性으로 所內 非常電力供給 可能性試驗을 체르노빌 3號機에서 2회에 걸쳐 實施하였으나 T/G회전 관성력이 소진되기 전에 發電機 電壓이 低下되어 모두 失敗하였음.

따라서 이번 4號機에서는 3號機에서와 같은 失敗를 되풀이하지 않기 위해 改良된 發電機 電壓調整器(Regulator)를 使用하여 定期補修 停止 직전 出力을 減發하여 第 #8番 터빈 發電機로 試驗中 事故가 發生하였음.

나. 試驗進行 概要

세부 試驗進行 措置內容은 <표 1>과 같으며 이 중 重要 事項을 간략히 그림으로 表示하면 <그림 1>과 같다.

<표 1> 時間別 試驗進行

日 時	運轉員 措置	事由 結果
86. 4. 25 01:00	原子爐 出力減發 (定格出力)	試驗 準備 (試驗計劃出力: 700~1000MWt)
13:05	• #7 發電機 Switch off (原子爐 熱出力: 1600 MWt) • #8 發電機가 發電所 機器必要 電源供給	
14:00	• 非常爐心系統을 主冷却水 循環回路로 부터 遮斷	• 作業計劃書 要件
23:10	• 出力減發 繼續 • 局部自動 制御 棒을 停止시키고 受動 操作	• 爐出力 均衡維持에 長時間 所要 • 同 結果 出力이

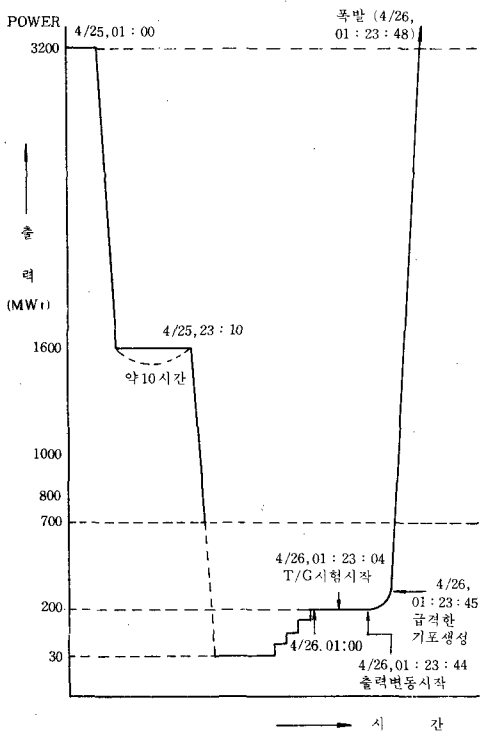
86. 4. 26 01:00	<ul style="list-style-type: none"> 熱出力 200MWt 安定維持 	30MWt까지 떨어짐	01:23:43		<ul style="list-style-type: none"> 挿入되지 않아 動力으로 떨어지도록 措置)
01:03 ~01:07	<ul style="list-style-type: none"> 상기 問題點(試驗出力要件違反)에도 불구하고 試驗強行 待機中인 主冷却材 循環펌프 1台 追加稼動 	<ul style="list-style-type: none"> 毒作用으로 因해 더 이상의 出力增加 不可 	01:23:44	<ul style="list-style-type: none"> 첫번째 出力變動 	<ul style="list-style-type: none"> 非常保護 機能 이 原子爐出力上昇을 막을 程度로 充分하지 못했음. (Shutdown margin이 적었음)
01:22:30	<ul style="list-style-type: none"> 手動으로 蒸氣 壓力 및 水位 調節 試圖 同 狀況에서 原子爐 非常停止를 防止코자 非常保護 信號 遮斷 運轉員이 非常停止가 즉각 要求되는 過剩反應度를 감지하고도 實驗繼續 	<ul style="list-style-type: none"> 低出力에서는 禁止事項 循環펌프 1台 追加運轉으로 冷却材 流量增加, 그 結果 스팀 生成量減少 및 他 原子爐 安全因子들이 變更됨 同 段階에서 이미 低水位 및 低 壓力으로 非常基準值보다 낮아짐 失敗 反應度 점차 떨어짐 實驗 強行 	01:23:45	<ul style="list-style-type: none"> 急激한 蒸氣 生成(氣泡 生成) 갑작스런 出力變動 冷却材 流量 急激히 減少 	<ul style="list-style-type: none"> 도플러 效果와 停止用 및 制御用 制御棒 挿入으로 正反應度 겨우 補償 冷却水 Boiling-up으로 갑작스런 正反應度 上昇 原子爐內 갑작스런 壓力上昇으로 Check valve 잠김 幕대한 量의 蒸氣 生成
01:23:04	<ul style="list-style-type: none"> #8 發電機의 非常調節 밸브잠금 (出力 : 200MWt) 	<ul style="list-style-type: none"> #8T/G 試驗 始作 試驗失敗 대비 	01:23:46	<ul style="list-style-type: none"> 蒸氣分離器 드럼내의 蒸氣壓力이 事故 Level보다 上昇 	<ul style="list-style-type: none"> 核燃料 채널 破裂 始作
01:23:40	<ul style="list-style-type: none"> 原子爐 非常停止 	<ul style="list-style-type: none"> 反復試驗을 위해 原子爐 非常保護 系統 遮斷(作業 計劃書 無視) 試驗始作되자 즉시 原子爐 出力 천천히 增加 爐內 非常 制御棒 挿入(衝擊으로 最低 位置까지 	01:23:47	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水 流量增加 始作 	<ul style="list-style-type: none"> 두번爆發 및 火災 發生
01:23:48			01:23:48	<ul style="list-style-type: none"> 熱 爆發 	

다. 事故原因

<표1> 및 <그림1>에서 보는 바와같이 事故原因으로서는

- 1) 制御棒을 모두 뽑아 爐停止餘裕度를 상실함으로써 過渡한 原子爐 反應度를 誘發한 것이 主要原因이었으며
- 2) Steam seperator의 異常 壓力 및 水位에 의한 原子爐停止 保護機能을 시험시 除去하였고
- 3) 局部 出力 自動制御裝置 機能을 除去하고 試驗
- 4) 非常爐心 冷却設備 機能을 차단시키고 試驗

〈그림 1〉 시험진행에 따른 출력변화



2	出力을 試驗計劃上的의 水準 미만으로 減發	運轉員 過失로 Local Auto. Control 스위치를 끄.	原子爐가 制御困難狀態로 됨.
3	各 펌프 吐出流量이 規定值 超過狀態에서 모든 原子爐 冷却水循環 펌프를 原子爐에 連結	試驗要件을 滿足시키기 위해	強制循環同路내의 原子爐 冷却水 溫度가 飽和溫度에 到達
4	터빈 發電機 2台 停止信號時 작동되는 原子爐 保護系統 遮斷	터빈 發電機를 停止시킨 狀態에서 慣性回轉力을 利用한 試驗을 必要시 反復하기 위해	原子爐自動停止 可能性 喪失
5	Drum separator의 水位 및 蒸氣壓에 의한 系統 保護機能 遮斷	不安定한 原子爐 運轉狀態에도 不拘하고 試驗을 遂行키 위해	熱變數 (Heat parameters)에 의한 原子爐 保護系統機能 完全除去
6	設計基準 事故에 對備한 保護系統의 스위치를 끄(非常爐心 冷却系統機能을 끄)	試驗中 非常爐心 冷却系統의 誤作動 防止	事故範圍 縮小 可能性喪失

5) 시험중 低出力에서 原子爐 循環水 펌프를 過多稼動시켰으며

6) 터빈 停止에 의한 原子爐 停止 保護機能을 차단하고 시험한데 있다.

소련 당국은 이번 사고 유발의 근본 원인이 설비의 결함 때문이 아니라 운전원들이 가능한한 試驗을 迅速히 完了하기 위해 운전지침 및 규정을 遵守치 않은데 있다고 강조 하고 있다.

소련 당국이 주장하는 운전규정 위반사항 내용을 부연하면 <표2> 및 <그림2>와 같다.

〈표2〉 運轉規程 違反事項 및 結果

順位	違反事項	動機(原因)	結果
1	運轉反應度 差 進을 許容值 이하로 減少시킴.	“Iodine Well”에서 벗어나기 위해 試圖	原子爐 非常保護系統의 無力化 招來

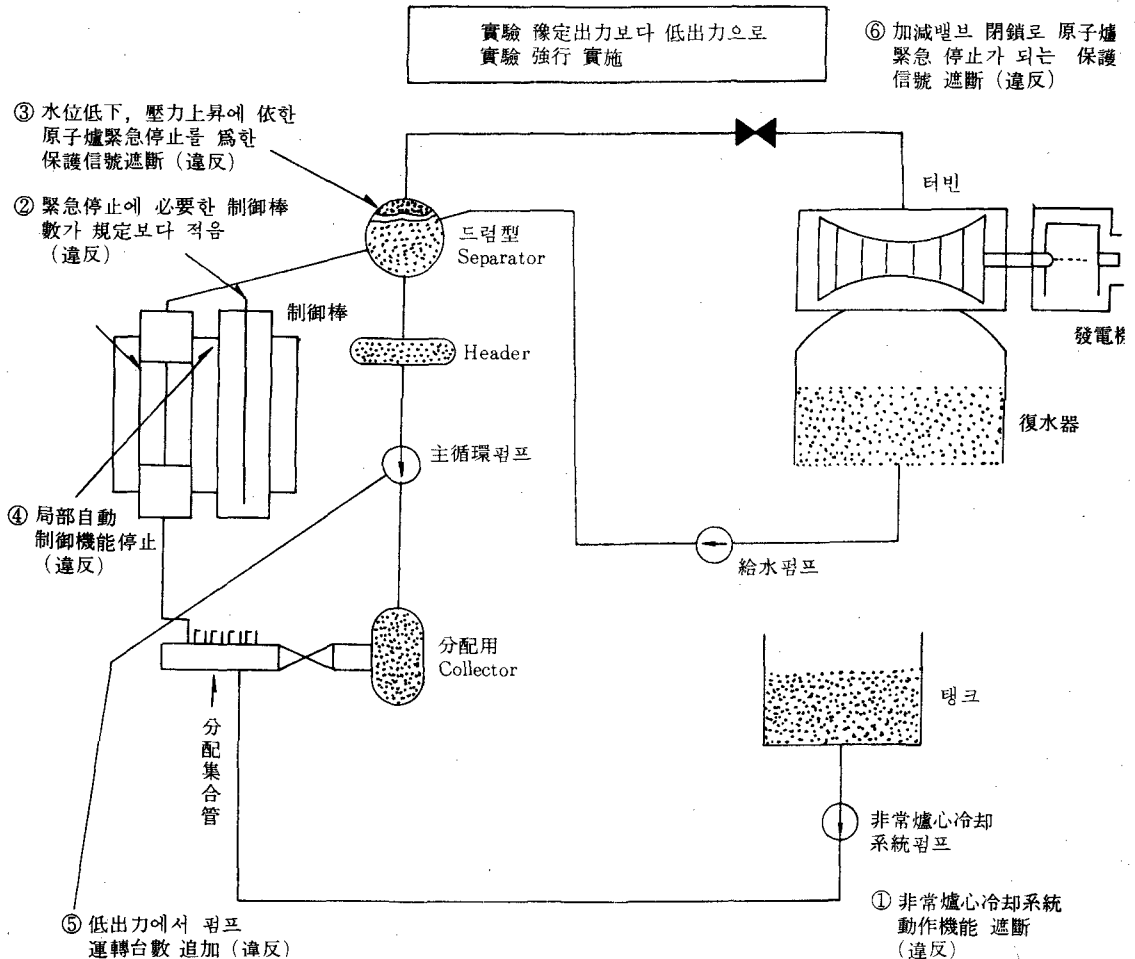
라. 事故原因 誘發 背景

- 승인되지 않은 시험 계획에 따라 시험을 進行하였고
- 시험 계획 내용 자체가 미비하였으며
- 시험 계획에 따라 시험을 수행치 않았음(시험출력수준 등)
- 원자력발전소(특히 原子爐 特性)에 대한 전문 지식이 부족한 電氣技士가 試驗을 主管 進行
- 試驗中 安全運轉規定 및 指針을 遵守치 않았고
- 위와 같이 違反하게 된 根本 動機는 가능한한 시험을 迅速히 完了하려고 한데있었음.

마. 事故結果

- 31명 死亡(爆發 事故後 鎮火中 1名 死亡, 1

〈그림 2〉 체르노빌原子力發電所系統圖 및 事故原因



- 名 실종 包含), 重傷 203名 및 入院 237名
- 原子爐 損傷 및 原子爐 建物 일부 파손
- 노심 보유 방사능 총량의 3.5%가 대기로 누출되어 隣近住民 피폭 및 現場汚染
- 一주민의 放射線 總被曝線量 160萬 Man-Rem
- 一人當 被曝線量은 ICRP 勸告值(5 Rem/yr)의 2.4배
- 스웨덴 등 隣接國家까지 放射能 汚染

6. 事故抑制 및 事故結果의 緩和 措置內容

가. 火災 鎮火

- 原子爐 事故後 가장 重要한 일이 鎮火 作業

이었음

- 爐心爆發로 高溫의 爐心破片들이 原子爐 建物지붕 여러곳과 工作室 등으로 튀어나감으로서 30個 이상의 場所에서 火災 發生
- 기름이 들어있는 配管, 電線의 合線 및 原子爐로 부터의 高密度 輻射熱 등으로 #7번 터빈 發電機 홀 건너편 工作室과 原子爐 홀, 原子爐 隣接 房 및 部分的으로 破損된 建物 등에서 火災가 集中 發生됨
- 01:03 當直 消防要員들과 隣近都市 (Pripyat and Chernobyl)의 消防隊 出動開始
- 제 3號機에 인접되어 있는 工作室의 상부를 따라 화재가 번질 경우의 위험성을 고려,

- 동 지역에 대한 鎮火를 신속히 강화하였음.
- 건물내부 鎮火는 내부에 設置된 消化設備 및 消火栓으로 鎮火 決定
 - 02:00:工作室 천정 鎮火完了
 - 02:30:原子爐室 및 인접구역 鎮火完了
 - 05:00:鎮火 完了

나. 事故後 核燃料 狀態評價

- 原子爐心이 部分的으로 破損되었고 原子爐 冷却水系統이 完全 파괴되었음. -原子爐 (Rx. Vault)狀態는 아래事項으로부터 유추 결론
 - 1) 核燃料에서 放出되는 殘熱
 - 2) 原子爐內(Rx. Vault)에서의 제반 화학 반응에 의해 발생하는 熱 (수소연소, 黑鉛 및 Zirconium 산화 등에 의한 熱)
 - 3) 原子爐心 주위의 밀폐 격실 (Compartments)이 파손되어 생긴 열린구멍 (開口部)을 통한 대기 冷却效果에 의해 原子爐로부터 제거되는 熱
- 事故擴大 防止와 事故 후유증을 줄이기 위해 事故發生 초기에 核燃料의 事故 狀態評價에 집중노력 경주
 - 核燃料 용융 가능성 평가(殘熱發生에 의한 용융)
 - 용융된 核燃料과 原子爐 구조재 및 原子爐 容器(금속, 콘크리트)와의 상호 작용 연구
 - 核燃料로부터 發生되는 熱로 인해 原子爐 구조물의 재질 및 原子爐 容器(Vault)의 용융 가능성 평가
- 우선 事故後 시간 경과에 따른 핵분열 물질의 누출을 우려 原子爐 容器內의 核燃料 狀態의 평가 계산 遂行
- 事故後 數日間은 原子爐로부터 漏出되는 核分裂 生成物의 特性分析結果 核燃料 溫度의 變化가 一定하지 않았음
 - 이는 核燃料 溫度에 影響을 주는 요인에 몇

단계가 있는 것으로 추정됨. 爆發 당시 核燃料은 加熱되었음

核燃料로 부터 Iodine核種의 相對的 漏泄에 근거하여 爆發後 原子爐 건물내에 남아있는 核燃料의 溫度를 計算한 結果 1,600~1,800°K로 推定되었음

-爆發後 수십분동안 核燃料 溫度는 폭연 및 구조재에 熱傳達로 減少되었고 따라서 核燃料로부터 휘발성 生成物質의 누출도 상응하여 減少

- 核燃料 狀態에 대한 計算結果는 다음과 같다
 - 核燃料 최고 溫度는 熔融溫度에 到達안됨
 - 核分裂 生成物들이 核燃料表面으로 다량 유출되었고 이로 인해 核燃料과 피복재 사이의 국부적 過熱 초래 가능
- 核燃料에서 이탈된 核分裂 生成物들은 응축되어 原子爐 주위의 구조물 및 기타 諸材質에 부착됨
- 결론적으로 전량의 Krypton, Xenon 核種은 외부로 방출되었고 일부 휘발성 核分裂 生成物(Iodine, Cesium) 등도 외부로 방출되었으나 기타 핵종은 모두 原子爐 건물내에 잔유

다. 爐心事故의 확대 방지 노력

- 용융된 核燃料가 응집 (Concentrate)되어 임계량 (Crit. Mass)에 도달됨으로서 연쇄반응을 일으킬 수 있는 위험성이 있어 적절한 注意 措置가 취해졌음. 또한 손상된 原子爐로부터 상당량의 방사성 물질이 대기로 누출되고 있었음
- 事故直後 非常補助給水 펌프로 爐心에 물을 供給
 - 목적: 1) 原子爐 容器內 溫度 減少
 - 2) 黑鉛 構造材의 發火 防止
 - 結果: 逆效果 招來

- 事故擴大에 따른 緊急措置 決定事項
 - 事故를 原子爐 건물로 국한시키기 위해 熱 흡수재 및 여과재(Filtering Material)로 原子爐 부위를 덮을 것
 - 原子爐 격납실내에서의 연소를 허용하여 화재가 동 부위내에서 저절로 鎮火되도록 함
- 일단의 專門家들이 軍用헬기를 이용 봉산, 백운석, 모래, 진흙, 납 등의 혼합물을 손상된 原子爐 건물에 투하
 - 86.4.27~5.10 사이에 약 5,000톤 투하 (4.28~5.2 사이에 대부분 투하)
- 86.5.6 : 방사성 물질의 누출이 수백 Ci까지 急激減少
 - 5월까지 주위가 매일 수십 Ci 정도씩 떨어짐
- 原子爐 溫度 및 산소농도를 減少시키기 위해 原子爐 容器(Vault) 하부 공간에 압축공기로 액체질소 주입
 - 86.5.6 : 原子爐의 溫度 上昇現象이 멈추며 原子爐心과 大氣間의 구멍을 통해 空氣對流가 安定的으로 維持됨
- 危險率은 매우 낮지만 構造物 하부의 붕괴(용융으로 인한 붕괴) 위험에 대비 原子爐 건물 기초 지하에 수평으로 熱除去 設備를 緊急, 건설키로 決定
 - 同 措置決定은 근본적으로 옳았음이 입증됨
- 5월말이후 상당한 安定이 유지됨
 - 原子爐 建物 손상부위가 安定狀態(Stable)를 유지하였고
 - 단기 반감기 核種이 붕괴되어 安定한 원소로 됨
 - 原子爐 隣接室, 工作室, 制御 및 保護區域等에서의 방사선량도 시간당 1R정도
 - 原子爐 여러부위의 最大溫度가 200~300°C 程度로 安定

(매일 0.5°C 정도로 冷却됨)

- 原子爐 容器(Vault) 기초의 건전성이 유지됨
- 核燃料가 대부분 原子爐 容器內에 잔존(약 96%)

라. 제 1, 2, 3 號機에서의 措置

- #1 號機 : 4.27 01 : 13 停止
- #2 號機 : 4.27 02 : 13 停止
- #3 號機 : 4.26 05 : 00 停止

마. 損傷된 4 號機에 대한 狀態監視와 對策

- 對策班 구성 및 아래 활동 遂行
 - 核燃料의 변위(Displacement) 감시방안 수립
 - 原電 인근지역의 汚染정도 결정
 - 事故 原電 구내의 손상정도와 방사선준위 평가 및 피해 건물내 잔존 구역에서의 작업 遂行 가능성 결정
 - 核燃料 및 核分裂 生成物 등의 확산 분포 狀態 결정
- 調査結果 原子爐 건물 하부의 구조물 및 기기가 남아 있음이 확인되어 初期對策 및 비상감시계측기 設置가 가능했음
 - 감마선 및 중성자 측정장비, 溫度 및 熱流量計(Heat Flow) 등을 터빈 감압 수조(Pr. Suppression pool)에 設置
- 감압수조 狀態評價 結果 구조물의 용융 위험이 없는 것으로 판단되어 原子爐 건물 지하에 방호용 스크라브 設置作業 遂行
- 초기단계의 主措置는 核燃料가 노심하부로 변위(용융)되었는지 여부 감시에 집중
 - 다음 問題點으로 對策 해결에 난항
 - 1) 정상 測定系統 완전 기능상실(파손 등)
 - 2) 작동되고 있을 것으로 추정되는 계측기는 접근 不可
 - 3) 건물내 각 구역 및 房의 狀態, 방사선 狀

態 정보확보에 한계

○ 제 2 단계 措置

- 原子爐 容器로 부터 튀어나간 核燃料 부스 러기의 분산위치 확인 및 同 核燃料의 溫度와 熱除去 狀態評價

바. 부지 제염

- 事故時 방사성 물질이 부지내에 흩어졌고 터빈 건물옥상, 第 3 號機 천정 및 배관 지지대 등에 떨어짐
- 벽, 천정 등 發電所 전체가 방사성 기체 및 분진 등이 침적되어 완전 汚染(汚染狀態가 균일하지 않음)
- 발전소 부지내에 떨어져 있는 방사성 분진의 확산을 減少시키기 위해 터빈 건물 옥상, 도로표면 등을 각종 용액으로 처리

사. 제 4 號機의 장기 매몰

- 매몰은 주변과 대기의 정상적인 방사선 狀態를 보장해야 하며 방사성 물질의 환경 누출 防止가 감안되어야 함.
- 同 목적으로 다음의 구조물 건설 예정
 - 건물 외곽을 따라 방호 외벽 設置
 - 제 3, 4 號機 사이의 터빈홀에 내부 콘크리트 차단벽 設置
 - 제 2, 3 號機 사이의 터빈홀에 철제 차단벽 設置
 - 터빈홀에 방호용 천정 設置
- 이외의 중앙홀 및 原子爐 격납실을 밀폐 예정
 - 非常爐心 冷却系統의 탱크 격납실과 原子爐 冷却 循環水 펌프실에 콘크리트를 부어 넣어 原子爐 격납실 부위로 부터의 방사선을 방호 예정
 - 방호용 콘크리트 두께는 1m 이상 예상

아. 30Km지역내의 제염 및 토지 재사용 문제

- 인근지역이 상당히 汚染되어있어 감시지역

설정, 住民疏開, 토지의 경제적 활용 금지 등 일련의 엄격한 措置 결정

○ 3 個 감시 구역 설정

- 10Km, 30Km범위의 특별 감시구역
- 동 구역내에서는 모든 수송물의 엄격한 방사선감시 및 제염장소 設置
- 30Km내의 방사선 狀態는 계속변화 예상 : 지형 특성에 따라 방사선 재분포가 일어나기 때문

○ 住民의 재거주 허용여부는

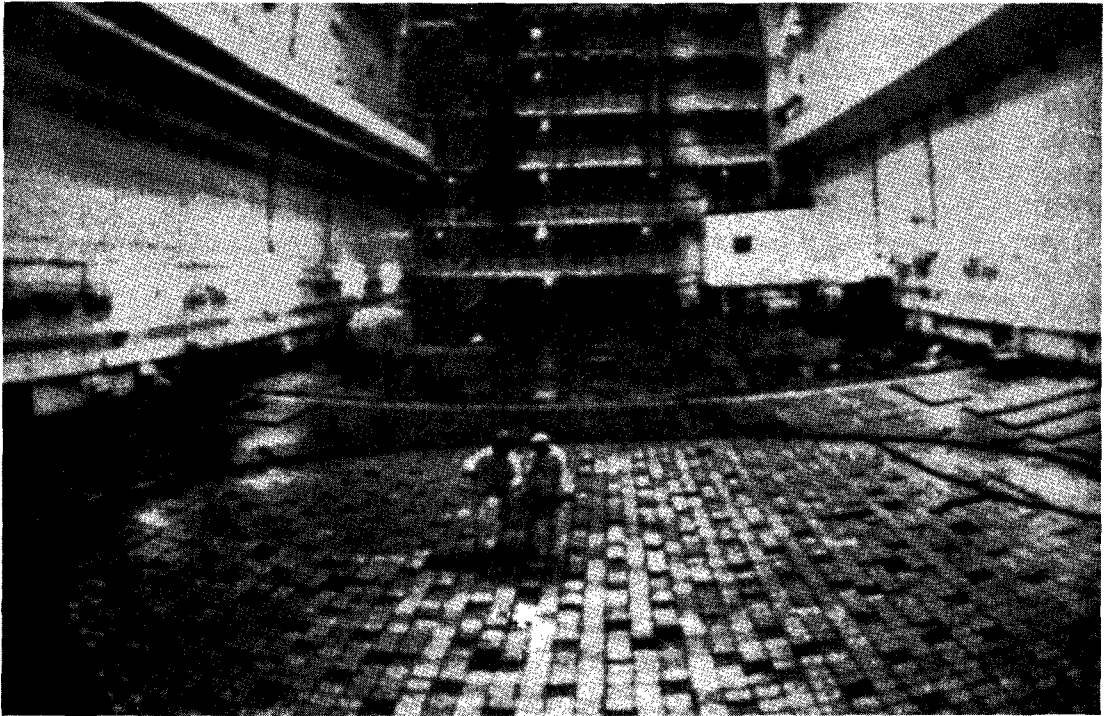
- 제 4 號機의 매몰
- 發電所 부지제염 및 高汚染地域 放射能의 流動防止措置 등에 의해 전체 汚染地域의 방사선 狀態가 安定된 후 결정될 것임.

○ '86.6 地下水 및 地表水의 汚染防止 측면에서 水處理 設備 건설 착수

- 發電所 부지 주변을 따라 여과벽 및 우물 設置
- 冷却水 연못에 배수 차단벽 設置
- Pripyat강둑에 배수 차단벽 設置
- 原電 부지 서남부위에 배수 수집벽 設置
- 배수된 물의 정화 設備 設置

7. 環境의 放射能 汚染 및 住民의 보건감시 措置內容

- 4 단계로 나누어 事故 原子爐로 부터 유출된 放射性 동위원소를 분석
- 事故當時 기상, 방사선 및 住民保健 監視系統은 運轉中 이었음.
- 事故가 보다 명백해짐에 따라 전문가 및 技術者를 추가 배치하여 감시망 강화
- 30Km 이내 및 30Km 외곽지역 住民의 被曝評價
 - 30Km 이상지역 住民들도 구역에 따라 허용치 초과 가능성이 우려됨.
 - 住民 및 職員들의 放射線 過被曝 防止를 위



〈事故前의 체르노빌原電 原子爐 홀 光景〉

해 措置 勸告

- 1) 住民 疎開
- 2) 放射能의 含量이 增加된 食品類 사용금지
- 3) 옥내 및 야외에 있을때의 被曝減少 措置

事項

- 30Km지역의 환경汚染 分析結果에 따라 隣 近住民 疎開 결정
 - 135,000명 소개(Pripyat시 및 기타지역 住民) 一同 措置 등으로 住民被曝量이 허용치 이내
- 차후 수십년간의 住民에 對한 방사선 影響 分析평가
 - 自然放射能에 의한 발암 등에 비해 別 영향 없을 것임
- 事故初期 수시간 동안 非常措置要員들이 高 放射線에 被曝(100Rem 이상)되었고 鎮火 작업중 희상
 - 이들에 對해 의료 措置
 - 4.26 06:00 ;
 - 1) 108명이 加료를 받았으며, 이들중 24명

이 입원

- 2) 1명이 鎮火중 사망
 - 3) 1명은 실종
- 129명 환자 ; Moscow 이송

8. 安全性 改善 對策

가. RBMK型 原子爐의 安定性 改善對策

- 制御棒의 引出停止 스위치 交替
 - 完全 引出位置에서 모든 制御棒이 爐心內 로 1.2m 挿入되도록 함으로서
 - 1) 制御棒의 출력 제어 유효
 - 2) 制御棒이 原子爐 上部 停止 位置로 부터 下部로 들어가는 동안 原子爐 下部에서 出力 增加 排除
- 爐心內에 항시 位置하는 吸收型 制御棒 (Absorber-type)數를 현재의 30個에서 70 ~80個로 增加시켜 氣泡係數(Void Coeff.)를 許容值이내로 減少

- 앞의 내용들은 原子爐心 初期 濃縮度를 현 2%에서 2.4%로 轉換하고 冷却水 密度 變化에 따른 正反應度 瞬時 增加值가 1을 超過하지 않도록 爐心內에 追加 Absorber를 挿入할 때 까지의 暫定措置가 될 것임.
- 原子爐 冷却水 循環펌프의 空洞現象 마진 (Cavitation Margin) 指示計들은 追加 設置중이며, 또한 非常停止信號 發生時 原子爐 反應度 自動計算裝置도 設備中.
- 技術的 改善措置외에 技術訓練 強化와 運轉, 品質改善 措置가 推進中임.

나. 科學的 및 技術的 측면에서의 安定性 改善 對策

- 체르노빌 原電 事故後 原電 安全性에 대한 이론적, 실험적 연구현황의 재검토 및 평가가 遂行 되었으며 安全性의 改善과 강화방안이 개발중임.
 - 각종 과도현상 및 事故 상황 분석 전산코드의 改善이 진행중임.
 - 어떠한 事故에서도 노심미 파손되지 않는 原子爐 개발연구 확대중
 - 정량적인 확률론적 安全分析 연구 확대 예정

다. 組織 및 技術的 側面에서의 改善 對策

- 소련의 原電 設計 및 運轉 관련자료와 외국 자료 比較結果 중요한 상이점 없음.
 - 총체적으로 原子爐 安全基準 변경 불요
 - 그러나 실제 적용시에 보다 주의깊은 確認 措置가 必要함
- 技術要員의 훈련 및 재훈련의 改善이 設計, 건설 요원들은 제작 및 시공과정에서 各 機器 의 品質을 보다 주의깊게 확인 必要

라. 國際的 對策

安全한 原電의 개발과 同 分野의 국제협력 확

대 강화를 주관할 국제 기구 설립 제의

9. 소련의 事故調查 結果報告書에 대한 綜合意見

結果的으로 事故原因을 綜合해보면 設計問題點과 設計概念에 缺陷이 있고 이 爐의 運轉員이 爐의 特性도 제대로 알지 못하고 爐를 위험한 狀態로 몰고 갔으며 運轉規定을 違反한 것이라고 할 수 있음. 이와같이 규칙을 違反하는 것은 職場規律 이나 管理體制에 重大한 결함 이 있기 때문으로 해석됨.

따라서 이번 事故를 거울삼아 우리는 소련과 같은 잘못을 저질러서는 안되므로 앞으로 이에 대한 우리의 對策을 생각해 보면,

發電所 運營上으로 垂直的 業務處理의 硬直된 방식보다 橫으로도 協調하는 부드러운 職場分團氣 造成과 原子力安全性 確保가 最于先하는 業務 推進 方式으로 轉換해야 되겠으며,

運轉員의 社會的 責任을 自覺하여 이러한 事故가 國家社會에 미치는 影響, 나아가서는 隣接國家 및 全人類에 미치는 影響을 自覺하여 責任있게 맡은 바 任務에 充實해야 되겠으며,

금후 運轉員 教育에는 社會에 對한 責任意識을 鼓吹시키도록 함과 동시에 인격 형성면에도 各별히 유의하여 스스로 중요한 일을 하고있다는 생각을 가질 수 있도록 教育시킬 必要가 있다고 생각됨.

아무리 훌륭한 設備를 해놓더라도 放心하고 있으면 人間이기 때문에 豫測못할 일이 發生하기 마련이므로 차제에 運轉員 教育의 重要性을 다시 強調하지 않으면 안되겠음.

長期的으로는 스웨덴의 格納容器 排氣裝置를 신중히 檢討해 보는 것이 바람직하다고 생각되며 Post Chernobyl Action Plan을 작성하고 국제간 협력 強化를 더욱 公고히 하여야 할 것으로 생각된다.