

原子力發電과 環境保全

(下)

Nuclear Power Generation and
Environmental Conservation

盧 在 植

韓國에너지研究所

原子力安全센터 首席專門委員

4. 原子爐事故와 그 代表的例

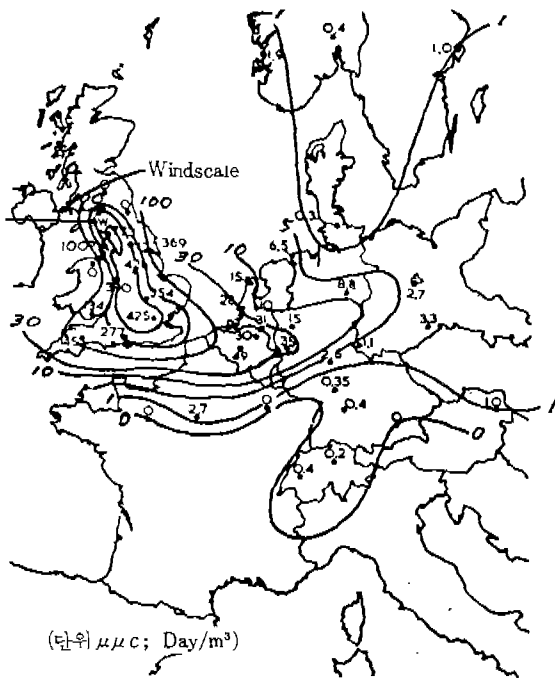
環境이 放射性物質로 深刻하게 汚染됨으로써 物議를 일으킨 原子爐事故는 1957年 10月 10日 英國의 Cumberland 所在 Windscale 原子爐事故에서 비롯된다. 즉 약 7.4×10^{14} Bq (= 2×10^4 Ci)의 放射性요오드 (Iodine-131)와 2.22×10^{13} Bq (= 600 Ci)에 달하는 세슘-137이 멀리 떨어진 오스트리아의 비엔나, 독일의 베를린 그리고 스웨덴의 스톡홀름까지 공기 1m³당 3.7mBq내지 10mBq (1내지 2.7pCi)의 방사성요오드로 汚染되는 등 유럽전역을 汚染시킨 바 있으며 (그림 3 참조), 동 원자로 인접 약 5백km²를 특히 심하게 오염시킴으로써 그 지역내에서 생산된 우유의 유통이 1개월간 금지 조치된 바 있었다. 이 사고후 동 원자로는 폐쇄되었으나 이 사고로 인한 방사선피폭 선량은 0.03Sv (3 rem) 이상 피폭자가 14명이었다고 보고되어 있다. 또 이 사고로

인한 癌發生에 의해서 최소한 33명쯤 죽게 될 것이라는 영국정부의 공식발표도 있었던 것으로 안다.

두번째 사고는 1979年 3月 28日 (현지시간) 미국 펜실베니아州 所在 Three Mile Island (TMI) 原子力發電소에서 발생하였는데 미국 原子力分野 歷史上 최악의 경우였다. 機器의 誤操作과 사람에 의한 失手 (Human Error) 및 不充分한 通話 (Poor Communication)가 원인이 되어 냉각제 상실사고 (Loss of Coolant Accident : LOCA)가 발생하였고 이것이 核燃料를 파괴시킴으로써 부분적인 原子爐心熔融 (Meltdown) 현상까지 야기시킨 경우였다.

약간의 방사성물질이 環境으로 누출되었으나 잠재적인 主要災害를 모면한 不幸中多幸한 경우였다.

TMI事故로 인한 地表高度에서의 최고空間放射線量率은 時間當 3.65mSv (365m rem) 였으며



〈그림 3〉 영국 윈드스케일에 있는 원자력 사고후 유럽을 오염시킨 I-131(1957년 10월)

死亡者는 하나도 없었으나 그 지역사회 주민에 대한 危害與否는 아직도 논란의 대상이 되고 있다.

세번째 사고는 1986年 4月 26日 소련 우크라이나共和國 Kiev市 北쪽130km地點에 있는 Chernobyl 原子力發電團地에서 일어난 事故이다.

Chernobyl 原子力發電所의 事故原因은 設計時의 安全性確保努力不充分으로 인한 安全設計無視, 運轉者의 安全性에 대한 重要性認識 不足으로 인한 安全運轉指針違反, 實驗遂行中의 사람에 의한 失手(Human Error)등으로 대별할 수 있으며 이들중 事故發生에 가장 결정적 역할을 한것이 미비된 實驗節次書에 의거한 無理한 實驗遂行이었다고 말할 수 있겠다. 그리고 事故擴大의 決定的要因으로서는 原子爐事故發生時 방사성물질이 밖으로 누출되지 않도록 가두어 놓

는 安全保護目的의 格納容器와 外部遮斷壁이 없었기 때문이었다고 평가된다.

어떻든 31名이 死亡(事故現場에서의 直接死 2名, 行方不明 1名 및 Kiev에 收容된 후의 死亡者 1名 計 4名外에 27名이 죽었음) 하였고 重傷者 203名, 入院患者 237名 등 막심한 人命피해를 초래한 Chernobyl 原子力發電所事故는 隣近住民의 總被曝線量이 約 160萬 man-rem으로推定됨으로써 1人當 被曝制限值(50mSv/年=5rem/年)의 2.4배에 달하였던 것으로 보고되어 있다.

동시에 약 280億달러(22兆9600億원)라는 막대한 經濟的損失과 서울面積의 約 2배에 가까운 1020km²을 汚染시켰을 뿐만 아니라 스웨덴 등 隣接 國家까지 放射能汚染을 誘發시킴으로써 穀物과 牛乳등을 廢棄시켜야 했으며 隣接國民들에게 까지 放射能恐怖를 초래시켜 國際的 物議를 誘發한 歷史的慘事였다.

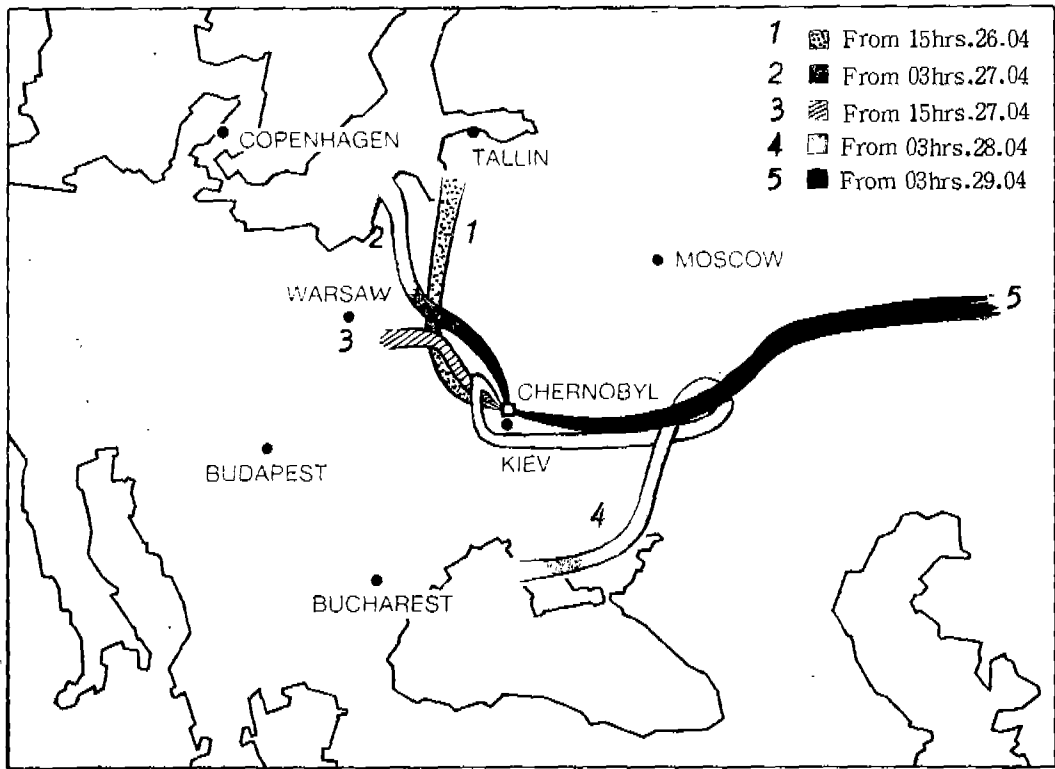
다행히 우리나라는 요오드-131에 의한 比물의 汚染이 370Bq(1000pCi)/ℓ以下였기 때문에 Chernobyl 原子力發電所事故로 인한 直接的인 被害는 없는 것으로 나타났다(그림 4 參照).

5. 우리나라 原子力發電所의 安全性과 環境保全努力

TMI 事故時와 Chernobyl 事故時의 環境影響에 큰 差異가 생긴 첫째 理由는 原子爐事故發生時 放射性物質이 밖으로 누출되지 않도록 가두어 놓는 安全保護目的의 格納容器와 外部遮斷壁의 有無에 있었다고 볼 수 있다. 즉 Chernobyl 原子爐인 경우에는 經濟性을 理由로해서 이 施設을 하지 않았기 때문에 放射性物質의 廣域擴散(그림 5 參照)이 유발된 것이다.

그러나 우리나라에서 稼動中이거나 建設中인 發電用原子爐는 西方各國의 發電用原子爐와 비슷이 安全對策에 最大限의 配慮가 되고 있음을 밝혀 두는 바이다.

즉 原子力發電所에서 事故가 發生하였을 때



(그림 4) 事故後 4 日間 700m 高度에서의 放射性物質 移動追跡圖

事故擴大를 緩和시키고 放射性物質의 環境內로의 漏出을 最少化시킴으로써 隣近住民의 健康과 資産을 保護하기 위하여 原子力發電所를 多重防禦(Multi-Barrier) 概念과 深層防禦(Defense in Depth) 概念에 의해서 設計·建設하였으며, 設計基準事故(Design Basis Accident)시의 安全對策도 강구되어 있기 때문이다.

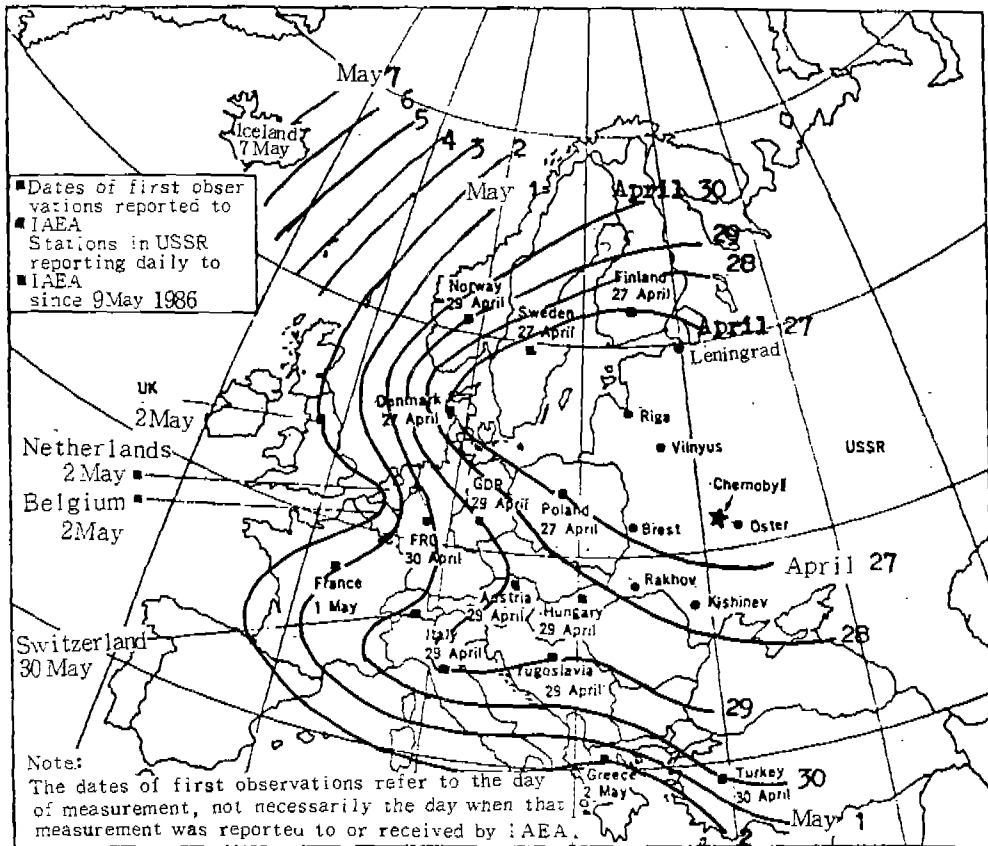
또 만약에 原子力發電所에서 事故가 實際發生하더라도 非常運轉節次書에 따른 運轉要員의 能動的인 活動에 의해서 事故自體의 충격이 緩和되며 非常對策에 따라서 住民을 대피시키게끔 되어 있다.

이에 더하여 우리나라 原子力發電所에 대해서는 다음과 같은 敷地選定基準이 엄격히 適用되고 있음을 밝혀 두는 바이다.

○ 敷地選定

原子力發電所의 敷地選定은 原子爐事故時 또는 正常稼動時에 放出될 潛在性이 있는 放射性物質로 인한 放射線被害로부터 一般大衆 및 自然環境을 安全하게 保全한다는 目的에 바탕을 두고 있다.

最近에는 또 環境保全問題뿐만 아니라 工學的, 地質學的, 社會經濟的 여러 因子에 대한 고려는 물론 建設·運轉中の 豫測可能事故, 原子爐施設物의 保安對策, 나아가서는 壽命이 끝난 후 解体하는 일에 대해서까지도 고려하고 있다. 즉 原子力發電事業者는 政府로부터 建設許可를 받기 위해서 豫備安全性分析報告書(Preliminary Safety Analysis Report : PSAR)와 環境影響評價書(Environmental Impact Assessment)를 제출하여 어떠한 設計基準事故에서도 大衆의 放射線被害가 없고 또 環境의 快適性保全이 위협받



(그림 5) 각 유럽국가가 IAEA에 放射能 測定 데이터를 처음 보고한 日자의 等時線圖

지 않는다는 것을 입증하게끔 되어 있다. 여기서 設計基準事故(DBA)란 敷地特性的의 評價 또는 安全防護施設을 評價하기 위하여 發生할 수 있다고 想定(Credible) 되는 事故中 最大의 災害를 일으키리라고 생각되는 事故를 말한다(아마도 1960年代初의 最大想定事故(Maximum Credible Accident:MCA)와 脈絡을 같이 하는 言葉일 것으로 본다).

한편 原子力發電所의 敷地基準은 표 2와 같은 데 나라에 따라 다소 다른 점이 있다. 우리나라의 경우 美國의 敷地選定基準인 10CFR 100 (Reactor Site Criteria)을 準用하고 있는데, 이 基準에 의하면 原子力發電所 敷地評價를 위해서는 假想事故를 想定하여 이러한 事故가 發生하

는 경우 隣近住民이 받게 되리라고 豫想되는 放射線被曝線量의 限度에 따라 다음과 같이 區分하고 있다.

(1) 非居住地域(Exclusion Area)

非居住地域이란 事故發生後 2時間이내에 받는 放射線被曝線量이 全身線量: 250mSv(25rem), 甲狀腺線量: 3 Sv(300rem) 以上되는 구역으로서 原子爐를 中心으로 해서 大략 600m 내지 1000 m되는 地域을 잡고 있다.

(2) 低人口地帶(Low Population Zone)

低人口地帶란 事故過程의 全期間中에 받는 放射線被曝線量이 全身線量: 250mSv(25rem) 甲

〈丑 2〉 原子力發電所의 敷地要件

項 目	敷 地 條 件	備 考
地 質	8 km 內에 길이 300 m 以上인 活性斷層이 없을 것.	
用 水 源	日當 8,000 톤 以上	900 MW 2 機 基準
冷 却 水	秒當 85 톤 以上	//
敷 地 面 積	約 100 萬坪	900 MW 4 機 基準
非居住地域	事故 2 시간내 放射線被曝線量 全身: 25 rem, 甲狀腺: 300 rem 以上	半徑 600 m ~ 1000 m
低人口地帶	事故過程全期間中 放射線被曝線量 全身: 25 rem, 甲狀腺: 300 rem 以上	

狀線線量: 3 Sv (300rem) 以上되는 區域으로서 假想事故 發生時 적절한 住民保護措置를 취할 수 있는 低人口密度의 地域을 말한다.

(3) 人口中心距離 (Population Center Distance)

原子爐로부터 人口 25,000 以上의 人口 密集地의 境界까지의 距離가 低人口地帶의 外廓境界까지의 距離의 4/3 倍以上이어야 한다.

한편 地震地帶를 피해서 敷地選定을 하도록 되어 있는데, 萬一 斷層이 있더라도 길이 300m 以上인 活性斷層으로부터 8km 以內은 原子力發電所 敷地로는 適合하지 않다고 規定하고 있다.

原子力發電所의 耐震성과 關聯해서 運轉基準地震 (Operating Basis Earthquake) 이란 것이 있는데 이것은 原子力發電所 壽命期間中 最少限 1회쯤은 일어날 可能性이 큰 地震을 말한다. 原子力發電所는 바로 이러한 強度의 地震이 發生하여도 安全하게 運轉을 계속할 수 있게끔 耐震設計를 하도록 요구되어 있다. 또 安全停止地震

(Safe Shutdown Earthquake) 이란 그 地域에서 예상할 수 있는 가장 강한 地震을 말하되 이런 強度의 地震이 발생하더라도 原子爐冷却機를 包含한 1次계통과 健全성이 立證되어야 하고 原子爐運轉을 安全하게 정지시킬 수 있고 또 事故가 發生해도 隣近住民이 放射線被害를 받지 않게끔 原子力發電所를 設計하도록 되어 있다 (在來式 火力發電所는 一般建物構造보다 耐震度를 50%만큼 더 높게 設計하는데 그치고 있으나 原子力發電所만은 강한 地震에도 견딜 수 있을 뿐만 아니라 地震活動이 끝나면 곧 再稼動할 수 있도록 設計·建設토록 規定하고 있다).

이것은 原子力發電所의 配管系統, 核燃料集合體, 圧力容器, 펌프, 밸브, 各種 탱크類가 심한 震動에도 充分히 견딜 수 있도록 設計, 製作·建設·運轉된다는 것을 뜻한다.

그리고 事業者에 의해서 실시되는 自体檢査와 環境監視에 더하여 規制當局은 이를 分析·評價하고 또 審査·檢査 (使用前 및 稼動中) 도 하고 있다. 또 環境實態確認調查도 실시함으로써 原

電安全性確保에 複數的對策에 盡力하고 있는 바 이러한 갖가지 措置와 手段이 결국은 環境保全과 直結되고 있음은 두말할 나위없다.

6. 結 論

原子核反應을 통해서 처음으로 電氣가 生産된 것은 지금부터 34年前인 1954年 7月 27日의 일이었다. 그 후 1960年代까지는 原子力發電 成長速度가 다소 느렸으나 年當 原子力發電所 發注數는 꾸준히 늘어 1973년에는 150MW 以上인 發電施設容量 總75機가 發注됨으로써 絶頂에 다른 바 있었다. 그러나 그 이후에는 다시 經濟的·環境的 그리고 社會的 理由로 인해서 심한 減少現象이 있었다.

어떻든 1979年 3月 現在 總 112GW 發電施設容量인 186機의 發電用原子爐가 가동됨으로써 全世界發電量의 약 8%가 原子力發電에 의해서 生産되었다. 그러나 1969年 3月 28日 發生한 TMI事故後에는 몇몇 국가(특히 美國)에서의 原子力發電計劃의 減縮이라는 시련을 겪게 되었다.

두말할 나위없이 原子力發電의 安全性과 環境影響에 관한 輿論이 深刻해진 때문이었다.

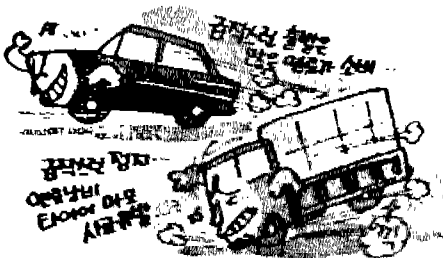
1987年 6月末 現在 가동중인 全世界 原子力發電爐數가 389機(2億 9067萬kWe)에 達하였는데 이는 前年度對比 8%가 增加한 것을 뜻하며 全世界電力供給量의 15% 以上이 原子力發電으로 生産되었음을 알려준다. 또 各國의 原子力發電 Share를 살펴보면 프랑스가 69.8%, 벨지움이 67% 그리고 스웨덴 : 50.3%, 스위스 : 39.2%, 핀란드 : 38.4% 등 世界各國의 原子力發電 比重이 커졌고 앞으로도 계속 늘 것이 確實視되고 있다. 그리고 Chernobyl 事故의 影響을 받지 않는다면 1990년까지 全世界는 3億7千萬 kWe(370GWe)에 達하는 發電施設을 갖추게 될 것이며, 2000년에는 世界原子力發電率이 오늘날의 22%에서 25%로 伸張될 것으로 展望되고 있다.

한편 한국에너지경제연구원이 分析한 바에 의하면 2010년까지 우리나라 에너지需要는 年平均 3.7% 增加로 展望하고 있는데 發電單價가 가장 低廉하게 되는 基底需要에 대한 供給을 原子力

自動車 에너지節約

서서히 출발하고 서서히
정차 합시다

- 급작스런 출발은 많은 연료가 소비됩니다.
- 급작스런 정지는 연료낭비와 타이어 마모는 물론 사고를 유발하게 됩니다.



도로면 상태를 잘 파악하여
운행 합시다

- 도로면 상태가 나쁠수록 굴림저항은 증가하여 비포장도로는 포장도로보다 35%가량 연료가 더 소비되며 불량한 아스팔트 보다는 15% 이상 더 소비됩니다.



이 擔當하는 것을 基準으로 하더라도 2010年까지 最少限 8기의 原子力發電所를 더 建設하여야 한다고 展望하고 있다.

그러나 原子力에너지開發과 關聯된 主要關心이 그 安全性과 放射性廢棄物 處分에 귀결되고 있는 한 原子力發電問題에서도 安全性確保를 위한 努力을 아낌없이 쏟음으로써 原子力 發電이 主役이 될 21世紀 문턱에서 노크하지 않고도 進入하여야 한다고 믿는다.

이점 얼마전까지는 環境問題를 마치 에너지需要나 供給에 대한 具體的制約要因이 될 可能性이 클 것으로 알고 왔지만, 國際的인 廣場에서의 環境問題에 관한 最近의 논의에서 興味있는 것은 開發과 環境保全問題를 一体的으로 고려하지 않으면 안된다는 認識이 世界共通의 事項으로 되고 있다는 事實이다. 즉 開發은 環境을 利用함으로써 그 目的을 達成하려고 하는 일이지만 環境保全은 그 環境의 利用이 持續될 수 있도록 하는데에 目的이 있기 때문이다.

이와같은 意識의 變化는 國內 각 地域社會에서도 適用되는 것이 바람직하다. 즉 한 地域社會의 環境을 잘 保全하는 일이 곧 그 地域 社會의 持續的發展을 위해서 不可缺하다는 認識이 특히 尖端의 綜合科學技術의 集大成임을 自處하는 原子力發電所가 位置한 地域社會에 더 깊숙히 침투해 들어가야 한다고 믿는 바이다.

蘇聯이 '86年 9月 IAEA에 提出한 Chernobyl 原子力發電所事故報告書 內容에도 強調되어 있듯이 Chernobyl 事故는 原子爐運轉者에 의한 수많은 規制違反이 重要한 要因의 하나인 것으로 밝혀진 以上 原子爐運轉管理上의 諸規則 遵守야 말로 安全性確保上 매우 중요하다고 말할 수 있을 것이다. 즉 原子力發電所 從事者 모든 個個人的인 높은 安全意識이 가장 重要하다는 뜻이다.

이 기회에 原子力發電所의 多重防禦概念과 深層防禦概念의 重要性을 다시금 強調하면서 그 어떤 경우에도 經濟性만 追求한 나머지 安全性 檢査를 소홀히 함으로써 原子力發電所事故

가 우리나라에서는 결코 일어나게 해서는 안될 것임을 強調하는 바이다.

現在 우리나라 原子力發電所 現場環境實驗室에 비치되어 있는 測定器機는 최신형의 훌륭한 것으로 듣고 있다.

그러나 環境保全에 대한 重要性은 아무리 強調해도 만족할 수 없는 것이며, 또한 말로만 強調해서는 아무런 所用이 없다는 點을 알아야 한다.

따라서 環境保全의 참 뜻을 깊이 再認識하여 環境保全業務 專擔 專門要員을 確保·配置하는 問題에 있어서도 추호의 蹉跌이 있어서는 안되리라 보고 본다. 또 商業稼動에 앞서 實施하게 되어 있는 試運轉을 위한 組織構成에 있어서도 環境擔當部署의 同參을 필수적인 要件으로 現實化 시킴으로써 實在 非常事態發生時에 신속히 對應할 수 있는 훈련 등 철저한 對備가 實行되어야 하겠다.

平時的 연습·실습을 터득해 놓아야 非常事態下의 유기적·效果的 支援이 가능하다는 事實은 하나의 상식이다. 그리고 原子力發電의 安全性 確保라는 次元에서 본 環境保全에 대한 投資 또한 인식해서는 아니된다고 믿는다.

Chernobyl의 경우 1億달러에 상당한다는 格納容器와 차단벽을 設置하지 않음으로써 280億 달러에 달하는 淸문학적 經濟的 被害를 받았다는 事實이 무섭기만 하다.

얼마전 美國 下院은 原子力規制委員會(NRC)의 FY88-89豫算 全額을 認·許되된 事業者負擔手數料로 充當케끔 可決한 바 있다. 참말로 흔쾌한 決心이라고 본다. 그간 NRC는 現在 運轉中 및 建設中인 原子力發電所 1基當 年間101萬 달러씩 手數料를 받고 所要 全豫算의 33% 未滿을 메꾸어 왔다. 國庫에만 依存하기에는 너무나 豫算上의 지원이 아쉬운 우리나라이기에 原子力發電所 安全性確保를 專擔하고 있는 安全規制機關에 대한 劃期的인 支援方案이 하루빨리 樹立되기를 바라면서 이 小考를 맺을까 한다.