

原子力發電과 環境保全

(上)

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

1. 序 論

에너지는 國民의 日常生活은 물론 國家의 産業經濟에 없어서는 안될 중요한 原動力이다. 즉 充分한 에너지를 供給하는 것이야말로 持續的인 社會·經濟發展에 必須的인 일일 것이다. 또 이와같은 表現이 先進工業國家에만 해당되는 것이 아니고 人口增加와 都市化가 빠른 속도로 이루어지고 있는 開發途上國에게는 더욱 다급한 문제로 등장하고 있다.

“開發途上國의 將來가 技術成長과 매우 단단히 연계되어 있다”고까지 言及한 사람도 있지만 이것을 다른말로 표현한다면 개발도상국에 있어서 에너지 供給量의 증가가 심각하게 요구된다는 내용으로 받아들여도 좋을 것이다. 사실 工業化를 통한 경제성장과 국민 생활수준의 향상은 에너지 需要를 급증시키고 있으며 누구나 바라는 福祉次元의 社會를 실현하기 위하여는 더 많은 에너지를 安定的으로 確保하는 일이 더욱 必須的인 要件이 될 것이다. 특히 에너지源을

輸入에 의존하고 있는 資源貧國인 경우에는 化石燃料을 代身할 수 있는 새로운 에너지源의 開發이야말로 오늘날의 각국 특히 우리나라가 직면하고 있는 主要課題가 되지 않을 수 없다.

이런 點에서 이른바 第3의 불이라고 일컬어지는 原子力을 發電手段으로 着想한 것이 1960년대初의 일이었으며, 當時의 原子力院內에 原子力發電課를 設置하여 計劃에서 推進段階로 挑躍한 것이 1967年の 일이었다. 이것은 1965년에 IAEA와 共同으로 發電所 候補數地를 選定하는 作業을 마무리짓는 즈음의 일이었다.

그리하여 1978年 7月 20日 60萬kW 發電施設 容量의 古里 1號機가 준공될 때까지 古里 앞바다의 海洋調査, 微氣象調査, 地質, 地盤調査 등 環境調査가 推進됨으로써 豫備安全性 分析 報告書가 準備되었는데 이것이 바로 우리나라에서의 原子力發電과 環境保全의 첫 因緣이 맺어진 것이었다.

한편 原電 8號機가 얼마전 商業稼動 됨으로써 原子力發電施設容量이 차지하는 比率이 30.1%

Chemical Ecosystem이라는 Total System에 영향을 미칠 수 있다는 점이다.

또 在來式火力發電所에서 보다는 훨씬 많은 冷却水(100kW發電施設容量인 경우 火力發電所에서는 秒當 30톤 정도가 필요하지만 原子力發電所에서는 50톤/초 정도가 된다)가 필요함으로써 야기되는 敷地選定·確保上的 立地 環境的 어려움과 그 많은 冷却水가 隣接水体(Water Body)로 放流라는 形態로 되돌려져 나올 때는 温排水化됨으로써 경우에 따라서는 放射能도 관여하는 環境영향을 미친다는 점이다.

즉 原子力發電과 관련된 環境영향은 앞에서 언급한 바와 같이 단순한 物理學的用語만 구사해서 表現할 경우 放射線의 放出과 熱의 排出로 인한 영향으로 압축시킬 수 있다. 특히 温排水로 인한 水体의 水温上昇이 水圈生態系에 미치는 영향이라든가 温排水 흐름에 의한 水底地形 및 底棲生物 등에 미치는 영향은 때로는 負的(Negative)일 수도 있고 때로는 陽的(Positive)일 수도 있는 二律性이 있음을 排除할 수 없으며, 大氣內로의 放熱로 인한 局地的 微氣象의 變化 및 排水水域의 水温上昇으로 인한 水質의 二次的變質 등도 고려대상이 되고 있는 것이다.

또 火力發電所와는 달리 都市나 工業團地에 隣接해 있는 在來式火力發電所를 原子力發電所로 置換한다는 단순한 接近이 아니기 때문에 이를 둘러싼 周邊의 自然環境과 文化環境과 文化環境 및 갖가지 施設 즉 周邊產業群과 公共施設 등의 役割 내지 性格까지 달라질 것이 예상되기 때문에 하나의 複雜한 有機體로서 탈바꿈할 可能性마저 隱微하고 있다는 점도 특징이다.

특히 原子力發電所와 그 關聯施設周邊에 常住하는 住民의 健康에 미칠 惡影響과 隣近周邊 生態系에 棲息하는 動·植物에 미칠 영향은 물론, 廣大한 土地空間을 原子力發電이라는 한가지 目的만으로 專有하여야 한다는 事業自體의 規模特性은 가뜰이나 國土가 狹小한 우리나라인 경우 地域社會에 미칠 갖가지 波及영향까지도 고려한

環境影響評價(Environmental Impact Assessment)가 事業計劃立案段階부터 事前調査 評價되어야 한다는 특징도 있음을 指摘하지 않을 수 없다.

이런 점 다른 一般環境問題도 그렇지만 放射線環境問題 또한 워낙 廣範圍한 것이어서 쉽게 接近하기엔 어려운 점이 적지 않음을 먼저 알아야 할 것이다. 즉 理·工學 및 生命科學을 포함한 自然科學分野뿐만 아니라 社會的, 經濟的, 文化的인 부문 등 많은 분야의 긍정적인 참여와 共感帶形成(가장 理想的인 것은 合意形式을 통한 一致된 結論)없이 는 所期目的 達成을 위한 원만한 解決點을 찾기 어려운 次元높은 問題임을 再照明치 않을 수 없다.

一般的으로 核 에너지 利用·開發行爲가 環境에 미치는 영향은 原子力發電所 가동에 따르는 發電所에서의 環境影響問題와 核燃料週期的 끝부분의 하나인 核燃料 再處理工場에서의 高準位 放射能으로 인한 環境影響問題로 大別된다고 볼 수 있는데 지금까지는 前者에 대한 고려만 배려한 것이 고작이었다. 따라서 앞으로는 放射性廢棄物의 處分과 관련된 環境影響을 포함한 核燃料週期 全般에 대한 環境영향평가를 강화함으로써 原子力發電中心의 電源供給體制로 들어가고 있는 우리나라의 環境保全에 萬般의 準備를 갖추어야 할 것이다.

아마도 이와같은 當爲性의 背景은 都市廢棄物이나 一般産業廢棄物에서 이미 우리가 체험한 실수를 다시는 반복해선 안되겠다는 人間的인 反省에 뿌리를 둔 것이 틀림없으며, 일반廢棄물이 갖는 化學的 毒性보다는 壽命이 훨씬 긴 放射性廢棄物(低·中準位廢棄物: 300年, 高準位廢棄物: 10萬年)에 의한 영향의 可能性에 더 큰 경각심을 스스로 불러 일으킨 良識의 產物이라고도 보고 싶다.

3. 放射性物質의 環境內로의 漏出과 그 영향

가. 放射性物質의 環境內로의 漏出

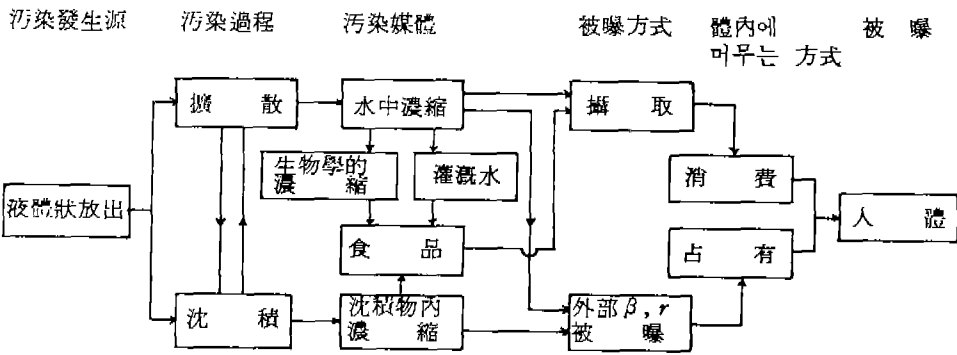
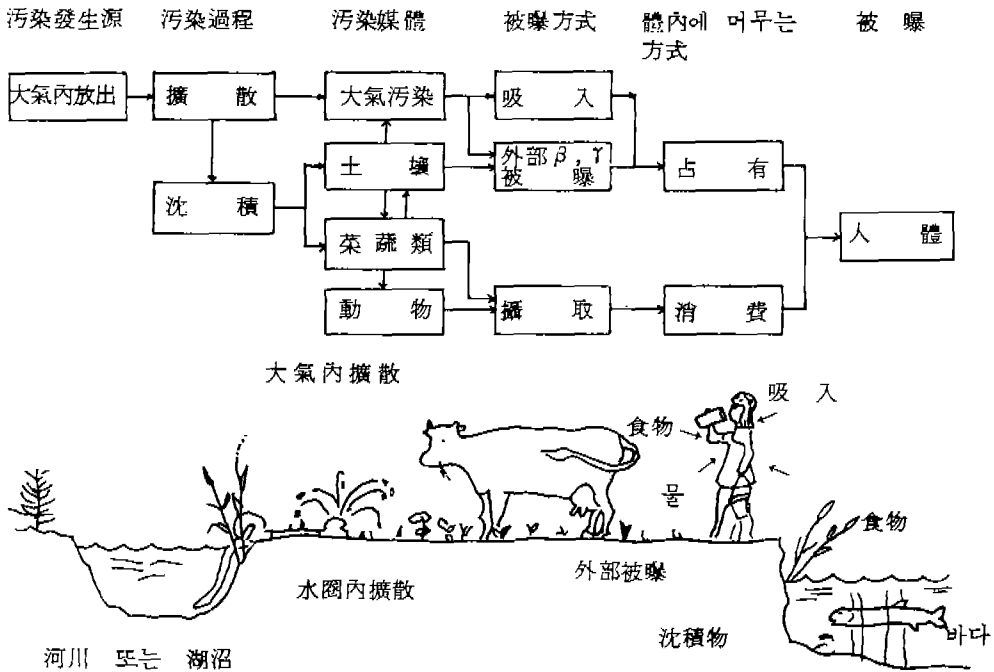
核燃料週期的 각 과정에서 유발될 수 있는 潛在的障害를 방어하는 최선의 안전대책은 다른一般環境汚染問題를 다룰 때도 그러하듯 그 發生源에서 源泉的으로 封鎖하는 노력일 것이다. 물론 Zero Discharge 라는 것이 현실적으로 어려운 일임을 모르지는 않지만 최소한 우리들의 環境保全目標로 設定해야 마땅할 것이다.

그림 2는 放射性物質이 일단 大氣內 및 地表·地表水로 放出된 다음 人體에까지 다다른 經路를 보여주는 것인 바 各樣各色的 經路를 거쳐

서 體內·外를 被曝시킴으로써 障害를 유발할 可能性을 示唆하고 있다.

즉 大氣內로 放出된 放射性物質은

- ① 体外 空氣內를 浮遊中임으로써 直接的인 全身外部被曝이 가능하며 또
- ② 이를 吸入함으로써 생기는 内部被曝
- ③ 牧草등에 沈積된 家畜을 거쳐 食用肉·牛乳로서 人體에 攝取된 다음의 内部被曝
- ④ 잎이 많은 野菜類에 沈着된 것을 人體가 攝取함으로써 생기는 内部被曝
- ⑤ 土壤에 沈積한 것이 植物을 거쳐 人體內로 攝取된 뒤의 内部被曝 등이 가능하며



〈그림 2〉 環境內에서 人體·被曝經路

88올림픽공식화가 블라드씨(영국인), 올림픽 개최식광경을 화폭에

88서울 올림픽의 공식 화가로 지명된 영국인 케리 블라드씨는, 오는 1990년 국제 올림픽 위원회 (IOC) 본부가 있는 스위스 로잔에 개관될 새 올림픽 예술박물관에서 중요한 구실을 하게 될 것이다.

금년 55세인 블라드씨는 9월 17일 서울에서 개막되는 올림픽 개최식 광경을 두 점의 대형 화폭에 담아 달라는 위촉을 받고 있다.

“하나 스타디움과 수천명의 각국 선수들의 파노라마를 배경으로 한 공식 개최식의 그림이 될 것이고, 나머지 하나는 한국 민속문화의 비공식적 전시가 특징을 이루

게 될 것입니다”하고, 그는 잉글랜드 중부 맨스필드에 있는 집에서 설명했다.

그는 대회 기간 동안 자유로이 드나들 수 있는 공식 신입장을 받아, 올림픽 선수촌에서 훈련하고 생활하는 선수들의 스케치 50여장도 그릴 수 있을 것이다.

블라드씨는 최근 후안 사마란치 IOC 위원장을 만나 복식 테니스 경기의 그림 한 점을 선사했다. 그가 전에 그린 스포츠 스타들에 관한 그림은 이제 값진 소장품이 되고 있는데, 그 가운데는 전 뉴질랜드 육상선수 피터 스펠, 전 영국 올림픽 선수인 패커와 로비 브라이트웰, 그리고 영국의

크리켓 타자 데이비드 고워 등이 들어 있다.

그가 국제적인 명성을 얻게 된 것은 20년전 투르 드 프랑스 자전거 경기의 극적인 끝인 장면을 그린 그림을 경기 책임자인 자크 고테씨에게 선사하고부터인데, 자신이 열성적인 사이클리스트인 블라드씨는 그 경기에 특히 흥미를 느꼈던 것이다.

이름난 풍경화이기도 한 그는 올림픽 지명화가가 된 것을 큰 영광으로 생각하고 있으며, 스포츠와 미술을 결합시키는 그의 솜씨를 과시할 좋은 기회가 될 것으로 보인다.

液体狀으로 水圈에 放出된 放射性物質은

① 水路(Water Way)를 거쳐 飲料水 形態로 人体內로 들어가 일으키는 内部被曝

② 水路를 거쳐 水産植物 또는 魚貝類로서 人体에 攝取된 다음의 内部 被曝

③ 水路→水圈植物→動物→人体內에 들어가 일으키는 内部被曝

④ 水路에서 直接 人体에 미치는 外部被曝

⑤ 水路를 거쳐 沈積物에 묻혀 있는 狀態에서의 外部被曝 등 허다하다.

따라서 排(放) 出源에서의 環境破壞要因量을 源泉의으로 最少化시키는 路만이 가장 경제적이며 最善의 單純方案임을 쉽게 이해할 수 있을 것으로 믿으며, 이와 같은 要領으로 항상 先決하겠다는 方法論上的 슬기가 요구된다.

나. 放射線의 影響

放射線에 被曝됨으로써 人体가 받게되는 影響을 大別한다면 방사선에 피폭된 당사자에게 미치는 이른바 身體的 영향(Somatic Effect)과 피폭된 사람의 子孫에게까지 미치게 될 이른바 遺傳的 영향(Genetic Effect)으로 나눌 수 있다.

바로 이 점이 몇몇 環境變異源(Environmental Mutagen)인 특수化學藥品을 除外하고는 一般環境汚染問題와 근본적으로 다른 점이다.

여기서 大量的 放射線에 피폭된 個體에 대한 影響 또는 障害에 대해서는 어느 정도 定立되어 있다고 볼 수 있으나(표 1 참조) 소련 Chernobyl 原電事故時 6 Gy (600rad) 以上の 被曝者로 推定되는 사람 가운데 致命的인 骨髓障害可能性이 있는 약 25명중 骨髓移植을 施行한 13명 가운데 生存한, 사람이 2명 (한 사람은 爐心에서 100m 떨어진 곳에서 9 Gy (900rad) 정도 피폭되었을 것으로 추정되는 25세의 技士이며, 또 한 사람은 爐心에서 500m되는 地點에서 3 Gy (300rad) 정도 피폭되었을 것으로 추정되는 69세의 남성)이 나 되었다는 例外도 있는 것 같다.

한편 自然放射線 또는 이보다 훨씬 낮은 極低準位放射線(10⁰~10¹μR/hr)에 피폭되었을 경우의 影響에 대해서는 아직도 直接的으로 確認된 바는 없다. 그렇다고해서 상당히 오랜 潛伏期間이 경과한 다음에도 白血病이나 癌이 발생할 가능성이든가 染色體에 미치는 影響까지 전혀 없다고 확실히 말할 수 있는 입장도 아니다. 이

〈표 1〉 全身被曝에 따른 急性影響 (X線 또는 γ 線)

1 回線量 (R : Roentgen)	障 害	基 準 量 (R)
25	거의 臨床的 症狀없음	緊急作業時 最大許容線量 : 100 事故時制限線量 : 25
50	若干의 血液變化 이외는 명백한 影響없음	
100	강한 宿醉, 대부분 한때 매스거림과 구역질 및 피로감을 느낌.	危險限界線量 : 100
150	宿醉 50% 매스거림과 구역질에 이어 放射線病的 症狀이 나타난다.	
200	長期的인 白血球減少	
250	死亡 10%, 대개의 사람은 매스거림 구역질을 일으키며 放射線病的 症狀이 있고, 被曝 후 2~6 週내 10%程度 死亡, 生存者는 3 個月內에 回復	
400	死亡 50% (30 日間), 生存者는 回復時까지 6 個月 所要된다.	半致死量 (50%) : 400
600	死亡 90% (14 日間), 少數의 生存者는 回復하는데 6 個月이상 걸린다.	
700	死亡 100%, 數時間內에 放射線病症狀이 나타난다.	致死量 (100%) : 700
1,000	1~2 時間내에 매스거림 및 구역질이 생기며 放射線病症狀이 나타난다.	

런 점, 국제방사선방호위원회(ICRP: International Commission on Radiological Protection)의 방사선방호에 관한 哲學은 다음과 같은 原則에 기초를 두고 있음을 밝혀둔다.

- 개개 방사선피폭원은 그것에 피폭됨으로써 얻게되는 利益과 比較해서 正當化되거나 다른 利用可能한 代案과 比較해서 正當化되어야 한다.

- 꼭 피폭되어야 할 방사선의 量은 合理的으로 이룩할 수 있는 限 가장 적은 量 (As Low As Reasonably Achievable : ALARA)으로 출어야

한다.

- 피폭되는 線量當量(Dose Equivalent)은 주어진 線量制限值를 초과해서는 아니된다.

- 앞으로의 發展을 위하여 餘裕度를 마련하여야 한다.

線量制限值를 勸告하는 對象으로서 ICRP는 個人別로 두가지의 카테고리로 구분하고 있다. 즉 職業上 作業中에 피폭되는 成人과 集團全體中的 個人으로 구분해서 권고하고 있다. 職業的인 放射線作業者를 放射線으로부터 防護하기

위하여 ICRP가 권고한 主要線量制限値는 年間 實效線量當量(Annual Effective Dose Equivalent)이 1年 동안에 어느 방사선작업자에 대해서도 50mSv(≈5 rem)을 초과해서는 안된다는 점이다. 실지 방사선작업자가 피폭되는 平均年間線量은 상당히 낮은 것이 사실이다. 또 두 번째 카테고리인 集團全體中の 개개인에 대한 年間制限値는 5 mSv(≈500mrem)인데, 위 두 경우 모두 自然放射線과 醫療上 피폭되는 방사선량은 除外한 制限値임을 알아두기 바란다.

그리고 이들 모든 피폭선량에 ALARA原則을 엄격히 적용하다보니 集團全體속의 個人에 대한 平均線量當量을 年間 0.5mSv(≈50m rem) 이하로 유지시켜야 한다는 결론이 나올 것 같은 이 값은 自然放射線(Natural Background)의 變動보다 훨씬 낮은 값을 알아야 할 것이다. 가령 Scotland에 사는 한 사람이 Edinburgh에서 Aberdeen으로 이동하면서 받게 되는 자연방사선의 年間增加量은 1mSv 내지 2mSv(100m rem 내지 200m rem)일 것이며, 미국내 東部州에서 Colorado로 이동하는 사람이 받게되는 자연방사선의 증가분은 1mSv~1.5mSv(100m rem ~150m rem 내지 250m rem)이나 될 것이다. 이와같은 차이는 表高의 差異와 그 地方의 鑛物成分의 差에서 나오는 差異이다.

그런데 최근에 와서는 ALARA原則下的 接近方法을 바탕으로 해서 이것보다도 더 엄격하게 규제하려는 경향마저 보이고 있다. 가령 미국에서는 輕水爐型 原子力發電所에 대한 放射性物質放出量低減技術과 設計가 技術적으로 확립되었기 때문에 發電用原子爐 1機당 年間 0.05mSv(5m rem)이하가 되도록 규제하고 있으며, 방사선에 민감한 日本에서도 이 원칙을 준용해서 原子力發電所에 대해서는 年間 0.05mSv(5m rem)이하가 되게끔 지침을 설정한 바 있다.

이것은 個체가 自然Background 방사선준위(10~25μR/hr) 정도의 낮은 線量에 피폭되었을 경우, 비록 확률론적 영향은 낮다고 볼 수 있겠

지만 集團을 構成하는 個體 모두가 그 정도로 피폭되었을 경우의 어떤 영향을 강그리 排除할 수 없기 때문에 한 民族全體의 健康이라는 측면에서 볼 때에는 결코 무시할 수 없다는 論理에 바탕을 둔 것이다.

따라서 우리는 방사선 被曝源이 되는 여하한 방사선물질의 환경에로의 漏出도 그 排出源에서 源泉의으로 最少化시키는 努力이 요구되는 것이다.

그러기 위해서는 發電用原子爐의 최대발전용량과 거기에서 방출될 방사선물질의 性質과 量, 原子爐設計에 적용한 公認設計基準, 事故發生時의 방사선물질 방출확률 및 그 영향, 原子爐事故에 대비시킬 施設 및 防禦壁의 安全特性을 골자로 하는 原子爐設計 및 運轉特性을 파악함은 물론 原子力發電所 주변 人口分布 및 敷地의 環境條件에 적합한 非居住地域의 設定, 低人口地帶 및 人口中心距離와의 연계성을 合理的으로 분석·평가하여야 할 것이며 敷地의 地形, 地質, 地震, 地下水, 氣象, 陸生生物, 環境事項, 河川湖沼, 自然景觀, 社會環境, 環境放射能, 海生生物 등의 特性을 事前 조사하여 健全한 環境 영향 평가를 해두어야 할 것이다. 그리고 原子爐의 安全運轉과 環境영향의 최소화를 도모한 工學的 安全措置(Engineered Safeguard)도 강구해서 보완해야만 할 것이다.

가령 原子力發電所 敷地 및 주변 환경에 대한 규제로서

- 地震, 洪水, 海溢 등의 自然災害發生 可能性이 없어야 하며
- 自然條件, 火災, 自体爆發 등 사고가 발생한 경우에도 주변인근에 여하한 방사선장해도 유발시키지 않도록 구조·설비를 강화·구비해야 한다는 것이다.

따라서 發電用原子爐는 가능한한 人口密集地帶 또는 日常住居中心地帶로 부터는 멀리 떨어진 곳에 위치하여야 한다는 것이 原則이다.

(계속)