

알기쉬운 원자력 이야기(II)

原子炉의 安全性

張 基 鎭

65. 모니터가 울면 放管이 날아온다.

原子炉의 平常運轉時, 作業員이나 周圍의 一般公衆을 放射線의 危險에서 지키기 위하여, ICRP의 생각에 基礎를 두어 法律에서 그 具體策을 規定하고 있다. 여기에는 管理区域과 周邊監視区域을 만들어서 管理하게 한다는 것이다. 管理区域이란 外部放射線量이 1週間に 對해서 30밀리렘을 넘든가, 空氣中, 水中의 放射性物質의 濃度, 혹은 汚染物의 表面의 더럽힘이 許容値를 넘을 듯한 区域, 이러한 場所는 모두 壁들로서 둘러싸서 嚴重하게 管理를 하지 아니하면 안된다는 것이다. 그리고 이 区域에는 原則으로서 從業員밖에 出入할 수 없다. 出入口는 1個所, 여기에 檢門所를 設置하여, 누가 들어갔으며, 누가 나왔는가를 엄중히 체크한다. 들어가는 사람은 모두 필름 बै지라든가, 포켓線量計 等の 被曝의 測定器를 持參시키며, 被曝이 있었는가, 얼마만큼 被曝 했는가를 詳細하게 追跡하여 기록한다. 다시 여기에는 汚染除去, 洗淨設備등을 設置해서 被曝防止의 管理가 질서정연하게 行해지게 한다. 또 出口에는 손이나 발을 모니터(檢査)하는 핸드·후드·모니터등이 놓여 있어서나오는 사람은 모두 이 위에 올라서서 2개의 구멍에 손을 넣는다. 만약 손, 발이나 의복 등에 汚染이 있으면 부저(buzzer)가 요란스럽게 울리고 放射線管理(放管)의 担当者가 파랗게 질린채 달려온다. 대체로 이와같이 되어 있다. 管理区域의 속에는 汚染이 있다 하더라도 절대로 이 区域 以外에는 汚染을 擴大시키지 않게 하기 위해서이다. 그리고 가령,

여기서 汚染이 兪見되었을 경우에는 야단이 난다. 이번에는 거꾸로 管理区域의 어디가 異常하게 汚染되어 있는가를 찾아다니며 原因의 追求가 行해지며, 措置가 取해지는 것이다.

管理区域의 外側에는 周邊監視区域, 境界에 柵을 設置해서 區劃하여, 그 속에서는 居住禁止, 原則으로는 從業員 以外의 出入은 禁止시킨다. 이 境界의 外側에는, 假令 1年中 거기에 서서 있더라도 年間의 放射線被曝量이 500밀리렘(0.5렘)을 넘어서는 안된다. 또 空氣中, 또는 水中의 방사능 濃도가 허용濃도의 10분의 1을 넘어서는 안된다고 定해져 있다. 따라서 原子炉에서나 附屬의 施設에서 가스나 液狀의 것을 버리려고 하더라도 이 値以下가 아닌것은 排出못한다. 그 以上の 것은 嚴重히 管理해서 内部에서 處理하지 않으면 안된다.

空氣中 또는 水中의 許容濃度 이것은 ICRP의 생각에 따라서 다음과 같이 해서 定해진다. 人間은 標準的으로 하루에 20立方미터의 空氣를 呼吸한다. 물은 2.2리터 마신다. 이때 이 空氣나 물속에 放射性物質이 混入되어 있으면, 肺나 胃를 통해서 身體의 여러 器管, 폐라든가, 간장이라든가, 甲狀腺(목)이나 뼈 等과 같은 중요한 器管에 沈着하여 放射線을 낸다. 그래서 이 沈着量이나 重要기관의 被曝量을 計算할 수가 있다.

그래서 이와 같은 器管마다에 沈着하는 放射能의 量을 安全을 고려하여 計算한다. 이렇게 해서 50年間, 이 汚染된 공기를 부지런히 呼吸하고 물을 마셔서 이로서 沈着된 放

射能이 그 器管을 계속 공격하게 된다. 그리고 그 被曝의 量이 許容値에 達하지 않게 하는 放射能의 攝取量, 即 空氣中이나 水中의 放射能의 濃度를 定하는 것이다.

이와같이 放射線의 許容値는 危險의 側의 假定에 서서 決定되어 있다. 그러나 ICRP는 다시 慎重하게 「어떠한 被曝이라도 어느 程度의 危險을 수반할 가능성이 있으므로 容易하게 達成될 수 있는 限에서는 되도록 被曝되는 線量을 적게 하여 불필요한 被曝을 피하도록 하시오」라고 말하고 있다. 물론 이와 같은 思想은 원자력발전소의 設計나 運轉에도 強하게 채택되고 있다. 이때까지의 運轉의 実績에서는 總量은 일반적으로 許容値보다도 二桁이 적게 되어 있다.

예를 들면는 外國의 한 沸騰水型原子炉에서는 敷地境界地点에서 年間 7밀리렘이었다. 그 後 다시 活性炭으로 된 放射能減衰裝置를 붙여서 이로서 放射能을 다시 몇十分의 一로 減少되게 하였다. 이와같은 実績을 쌓아 올리고 기술을 개발한 결과, 輕水型의 原子力發電所에 對해서는 周辺環境의 放射線을 現在의 基準値보다도 大幅으로 引下할 수 있다는 想定이 생기게 되었다. 그래서 美國의 原子力委員會는 1971年 7月, 輕水炉의 設計, 運轉의 目標로서 周辺의 一般公衆의 線量을 現在의 基準値 500밀리렘의 100分の 1, 5밀리렘으로 하자 라는 새로운 指針을 내게 되었다. 1年을 통해서 單5밀리렘이다. 보통, 自然放射線은 해마다 10밀리렘 程度는 變動한다. 비나 눈이 와도 곧 變한다. 空中의 라돈이라는 放射性 元素 때문이다.

자아, 이렇게 되면서 原子力發電所로 因한 放射線被曝量이라는 것은 自然放射線의 變動幅속에 들어가 버리고 만다. 即, 原子力發電所를 세우고 運轉하더라도 天然 自然의 放射線의 値에 實質的인 變化는 주지않게 되어 버리며, 原子力發電所가 없을 때와 같이 되어 버린다.

66. 묶은 것도 모여지면 진해진다.

이와같이 해서 放射線防護에 關해서 우선, ICRP가 생각하고 있는 것을 보여드리고 이에 따라 法律이 이것을 達成하게 하는 方向을 指示하였다. 그 뒤는 이것을 확실하게 실행하는 일이다. 그래서 放射線의 管理가 具體적으로 達成되어 있다 어떤가를 確實하고 健全한 管理基準을 維持해 가기 위해서는 방사선의 모니터링(monitering)이 行해지게 된다. 原子力發電所 속에는 從業員의 放射線防護나 施設의 運轉이 確實한가 어떤가를 確認하는 모니터링 施設이 設置되어 있다. 空間의 放射線의 線量, 放射線의 塵이나 가스, 排氣의 濃度 등을 恒常 測定하고 追跡하고 있다. 또 敷地外에서는 環境을 汚染하고 있지 않음을 確認하는 모니터링·포스트, 모니터링·스테이션 등이 設置되어 있다. 또 언제라도 어디에나 달려가서 大氣나 흙이나 물들의 放射能을 調査할 수 있는 모니터링·차량도 준비한다. 空氣中の 放射性가스 濃度等 以外에도 토양이나 바다나 河底의 沈着物의 放射能, 農作物이나 植物의 放射能, 빗물, 河川물, 海水 등의 放射能, 海岸의 生物이나 海産物의 放射能 등을 測定하여 異常이 없는가 항상 감시를 하고 있다.

여기서 注意해야 할 것은, 生物은 体内에 特定의 物質을 받아 들이는 性質이 있다는 것이다. 水銀中毒, 카드뮴中毒 등의 集團公害가 그 좋은 보기이다. 해조류에는 요오드나 루테튬이, 고기 뼈 속에는 스트론튬 등이 잘 吸收된다. 또 放射性物質을 攝取한 프랑크톤을 動物 프랑크톤이 잡아먹고 이를 작은 고기가, 이를 다시 큰 고기가 잡아 먹으므로 放射性物質은 점점 濃縮되어 이것이 마지막으로 사람의 입에 들어가게 되는 食物連鎖에도 注意하지 않으면 안된다. 얼마만 한 放射性物質이 물속에 있을時, 生物体内的 어느 部分에 얼마만큼 蓄積되는가 라는

研究는 世界 各國에서 行해지고 있으며 또 이것이 어떠한 經路를 通해서 人間의 体内로 들어오게 되는가 라는 것까지 包含해서 國際的인 交流도 활발하게 行해지고 있다.

生物에 의해서 사람의 입에 이르기까지의 問題의 實例는 英國의 윈즈켈 再處理工場에서 볼 수 있다. 여기서는 1970年의 1年間에 總計해서 9萬큐우리라는 放射性的인 廢水를 흘려보냈다. 이것은 英國式으로 생각해서 安全을 確認해서 흘려보낸 것인데, 이것은 放出한 放射性的인 核種이 어떻게 해서 얼마만한 사람들의 입에까지 達하는가, 또는 身體内的 被曝線量이 되는가를 綿密하게 追跡하는 것이었다. 排出하는 모든 放射線의 核種이나 모든 루우트에 對해서 실제의 測定을 통해 추적해본 結果, 第一로 問題가 되는 것이 루데늄이라는 것을 알게 되었다. 루데늄이 海藻에 濃縮되어서 사람들의 입에 들어가는 것이 最惡의 經路, 實際로 이 윈즈켈 가까운 곳의 일부 사람들은 海藻을 빵에 섞어서 먹는 習慣이 있다. 平均 하루에 25그램 정도, 그 中の 극소수는 75그램 가량 먹는다. 그래서 이 사람들이 每日 80그램의 海藻을 계속해서 먹는다고 하여 安全을 計算한다. 9萬큐우리 放出時, 人體에 섭취되는 放射線物質의 量은 ICRP의 勸告한 值의 100分の 6보다 크지 않다는 것을 確認할 수가 있었다.

우리나라는 이렇게까지 海藻을 多食하는 習慣은 없다. 거기에다가 原子力發電所에서 放出하는 放射能의 量은 그 2萬分の1以下라는 극히 적은 量이다. 원래, 海水中에는 天然의 放射能이 있다.

北太平洋에서는 1리터당 300피코 큐우리라는 數字가 報告되고 있다. 위에서 말한 바와 같이 元素의 保存則, 이것이 海洋에도 미쳐서 우라늄이라든가, 토륨 또는 라듐, 칼륨, 라돈 등이 녹아 있기 때문이다. 中國에서 核實驗을 한 後의 1972年 11月 11日부터 12日 사이에 내린 빗물 속의 放射能의 濃度

는 日本에서 800피코큐우리였다고 한다. 法律에서는 原子力施設에서의 排水의 許容値는 라돈等の 自然放射能의 分을 除外하고 10피코큐우리이다. 實地는 原子力發電所나 原子力研究所에서는 이보다 훨씬 적다. 어느 研究所의 連續測定의 實測例를 보면, 10피코큐우리 정도이다. 또 어떤 原子力發電所의 排水實績을 보면 排水口附近에서 年平均해서 0.4피코큐우리라는 적은 숫자였다고 한다.

따라서 核實驗後 排水를 빗물로서 물게 하면 물게 할수록 進해져버린다. 實地로는 放射能의 비도 이 정도의 放射能이 있다 하더라도 事實上의 害는 없다. 核實驗은 물론 절대로 있어서는 안되겠지만 放射能的으로 보면 그렇다는 것이다. 温泉이나 鑛泉에는 放射能濃度가 대단히 큰 것이 있다. 일본 어느 鑛泉은 約 300萬피코큐우리나 된다고 한다. 이들은 주로 温泉中에 녹아 있는 라돈에 起因하는 것이다.

ICRP의 規制된 것 중에서 가장 嚴한 것이 라듐으로서 外部 放出이 許容되는 許容値는 1리터당 10피코큐우리이다. 이 라듐 含有量으로서 日本에서는 382피코큐우리의 温泉이 있다 한다. 이들 温泉은 라듐泉이라 하면서 身體에 좋고 病을 고치는 作用이 있다고 하나 醫學的으로 證明되지 않는 것이다. 그렇다고 해서 害가 되는 것은 아니다. 每日 이와같은 물을 2리터나 3리터씩 平生을 두고 마신다면 모르되 이 정도의 미량의 放射能의 作用은 問題視되지 않는다.

外國의 어느 原子力發電所 가가이에서 코발트 60이 자주색 성계에서 發見된 일이 있다. 이것은 이 原子力發電所가 運轉을 시작하였을 時, 극소량의 放射性排液이 바다로 흘러들어갔기 때문이다. 이때 海水中의 코발트 60의 濃度는 1리터당 5 피코큐우리 程度라고 推定되었다. 이 程度의 코발트 60이 海水中에 排出되었다 하더라도 보통의 測定으로는 天然의 放射能과 구별못한다. 그런데 이 성계는 코발트를 잘 攝取하는 성질이 있

으므로 코발트 60을 体内에 농축했던 것이다. 성제는 대단히 精度가 좋은 檢出器의 役割을 한 것이다.

原子力發電所에서는 海産物의 種類에 따라서는 여러가지의 放射性物質을 잘 섭취하는 性質이 있는 것을 利用, 定期的으로 이와 같은 生物을 모아서 얼마만한 放射能을 体内에 蓋積하고 있는가를 항상 調査하고 있다. 그런데 이 자주색 성제는 살아있는 生体 1그램 중에 1피코큐우리가 포함되어 있었다고 한다. 그래서 原子力發電所에서 아주 적은 量이나마 放射性의 물을 흘리게 되면 곧 이와같이 폭로되어 버린다. 그래서 海洋의 生物이나 海産物을 測定한다는 것은 그런 뜻에서 대단히 중요한 것이다.

67. 잡고 늘려서 使用하는 原子力發電所의 廢棄物處理

原子力發電所의 運轉에 따라서 發生하는 廢棄物中에는 氣體, 液体, 固體의 세 종류가 있다.

原子炉의 型式에 따라 다르기는 하나, 結局은 冷却材中의 放射性物質의 一部가 세번째의 要塞, 冷却系로부터 밖으로 나온 것이다. 그 源泉을 찾아보면 그 하나는 燃料에서의 것이다. 두번째의 要塞, 燃料棒의 被覆管 中에는 原子炉의 運轉에 따른 타고남은 찌꺼기(核分裂生成物)모이게 된다. 이때 작은 구멍이라도 있으면 가스狀의 것, 揮發性의 것의 一部는 冷却材 속으로 나오게 된다. 또 하나는 原子炉 等の 構造物로부터 冷却材의 속으로 녹아나온 腐蝕生成物인데, 炉心 속을 흐를 때 中性子에 두들겨 맞아서 放射能을 갖게 된 것이다. 冷却材에 포함되는 이들의 放射性物質中, 가스狀의 것은 터어빈의 複水器로부터 抽氣, 其他의 脫가스의 과정에서 原子炉系 밖으로 나오게 된다. 이 가스中에는 몇 종류나 되는 放射性가스가 포함되어 있으며, 放射線을 내면서 부지런히

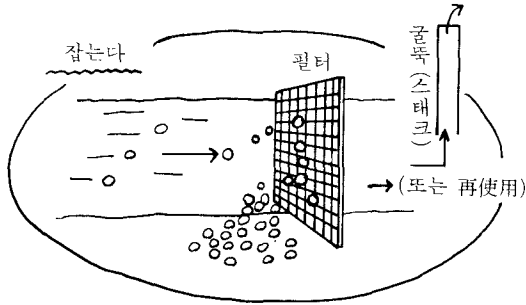
變身하고 있다.

그런데 이들 中에는 短時間에서 變身하여 無害로 되는 놈이 있으므로 廢가스를 一時 탱크속에 貯留하여 減衰시킨다. 혹은 또 차아콜(活性炭)로써 되는 捕獲裝置로써 잡아서 一時 拘留시켜 減衰시키기도 한다. 이로써 放射能의 量을 확 줄일 수가 있다. 그래서 放射能의 濃度를 許容濃度 以下로 낮게 하고 이를 監視하면서 스택크(굴뚝)를 통해서 外部로 내보낸다.

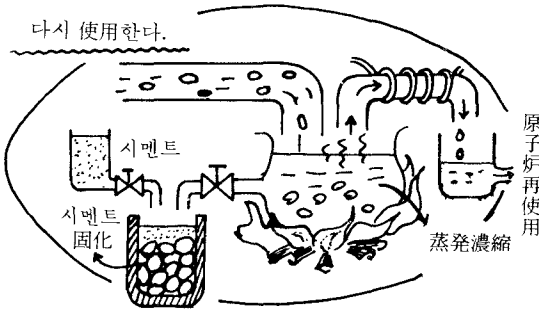
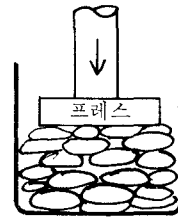
冷却系에는 많은 펌프, 밸브, 配管 등이 있고, 그 이음部들의 폐킹 등에서 미량의 물이나 蒸氣가 샅때가 있다. 또 原子炉의 起動, 停止때도 一部 排出되는 경우가 있다. 이와같은 것은 되도록 回收한다. 그리고 이온交換樹脂의 再生에 使用한 물이나, 原子炉나 터어빈의 建物에서 使用한 雜用水 등으로써 水質이 나쁘므로 原子炉에 그대로 되돌릴 수 없는 것은 處理施設에 모아서 處理한다. 예를 들면 濃縮裝置에서 蒸發시켜 蒸留水는 回收하여 原子炉의 再使用에 되돌려 준다. 이때 濃縮된 것은 드럼통에 채우고 시멘트 등으로 固化시켜 固體廢棄物로써 取扱한다.

한편 作業服 같은 것을 씻은 세탁물에도 극히 少量이나 放射能이 포함될 수 있으므로 이들은 탱크에 모아 두었다가 放射能을 測定해 보고 許容量 보다 充分히 낮은 것을 확인한 후 바다로 放出한다.

使用이 끝난 이온교환수지, 필터에 걸린 찌꺼기, 蒸發裝置의 濃縮廢液, 이와 같은 것들은 얼마동안 탱크에 저장하여 방사능을 減衰시킨 후, 드럼통 속에 시멘트와 함께 섞어서 固化시켜 固體폐기물로 한다. 그 외에도 固體폐기물로서는, 制御棒과 같은 炉心속에서 使用한, 放射能이 높은 器具들이 있다. 이들은 量이 적으므로 原子炉附屬의 깊은 푸울속에 保管하여 長期間 저장하여 放射能을 감쇠시킨다. 管理地區에서 使用한 衣服, 종이나 비닐같은 量은 많으나 放射能



웅치다



이 적은 것을 모아서 壓縮機로써 눌러서 부피를 減少(減容)시켜, 可燃性인 것은 태워서 재료 한 것을 콘크리트로써 固化시켜 드럼통 속에 채운다.

蒸發精製한 물이나 가스는 되도록이면 再使用한다. 環境에 放射性物質을 못나가게 하는 제일 좋은 方法이다. 이것이 두번째의 要点이다. 부피가 부풀어 있는 놈은 取扱이 곤란하다. 부숩버린다든가, 농축한다든가, 태운다든가, 어떻게 하든 되도록 減容시킨다.

이것이 세번째의 要点이다.

이와같은 固体폐기물은, 일반산업폐기물과 같이 量이 많지 않은 것이 큰 도움이 된다. 現在로는 부지내의 저장소에 一時 保管해 둔다. 우선은 부지가 넓으니까 安全하게 저장보관된다. 그러나 “保管”이라는 것은 最終處分한 것은 아니다. 그래서 各나라마다 協力해서 最終處分의 方法을 여러가지

로 研究하고 있다. 땅속에서 埋藏이나 深海에서 投棄等이 有望하다. 그러나 이렇게 하기전에 그 方法들이 眞實로 放射性物質을 “隔離” 시킬 수 있는 方法인지 分明하게 한 후에 하여야 할 것이다. 일단 격리한 것이 다시 人間世界로 나오면 곤란한 問題이다. 永久히 밀폐된 상태로 둘 수가 있겠는가, 또 다시 나온다면 充分한 時間이 걸려서 放射線을 減衰시켜 充分한 安全余裕를 가지고 無害한 것이 될 것인가를 따져보고 또 따져 봐야 할 것이다.

西独 等에서는 岩塩의 層에는 地下水도 없고 地層의 歷史도 確實해서 今後의 保証도 있어서 永久하게 밀폐한 狀態로써 가두어 두는데 대단히 유망한 것이다. 그러나 우리나라는 岩塩層도 없고 國土도 비좁다. 만약 安全確實하게 海洋投棄가 된다면 대단한 도움이 될 것이다. 물론, 이것은 放射能이 섞인 것이 적은 것, 低레벨의 것에만 限한다.

그러나 이런 것은 圧倒的으로 量이 많다. 現在 海洋投棄는 法으로 認定되고 있기는 하나 實地는 行해지지 않고 있다. 安全性의 確認이 不充分하기 때문이다. 投棄가 行해진다고 하면, 2,000미터 以下の 深海이다. 容器가 水压에 대한 強度等의 技術的인 問題, 또 深海에 던져진 放射性物質이 長期에 걸쳐 어떠한 舉動을 取할까, 고기나 海産物에 대해 絶對로 問題가 되지 않을까 等等의 問題를 確認하기 위해 積極的인 研究가 進行되고 있다.