



이다. 直徑 30센티, 籠球공보다 조금 큰 정도에서 臨界가 된다. 그래서 이를 두 서너개로 小分시켜 두고 - 이렇게 되면 그 하나 하나로는 臨界가 되지 못한다. - 이를 火藥으로서 瞬間에 點火시킨다. 더구나 이것을 비좁은 탄탄한 封筒속에서 이른다. 이렇게 되면 잘 아시다시피 굉장한 에너지가 솟아나와 大爆이 일어난다. 이것이 무서운 火藥의 正體이다.

이에 比해서, 原子力發電의 경우에는 長時間을 通해서 조금씩 에너지를 貯藏하는 것이 目的이다. 原爆이 倏忽 瞬間적으로 사는 것에 比해 原電은 가늘고 길게 사는 것이다. 連鎖反應에서 생긴 熱은 어떤 形式으로든 冷却材를 媒体로 해서 밖으로 貯藏시켜야 하는 것이다. 그래서 燃料은 熱을 貯藏시키기 쉽도록 棒이라고든가 板의 形으로 하고 그 사이에 冷却材를 通해서 除熱하게 하는 것이다. 輕水爐일 때에는 燃料棒 사이에 물을 通해서 除熱하며 여기서 얻은 熱로서 터빈을 돌려서 電氣를 만든다.

또 燃料도 다른 점이 많다. 우라늄 235의 경우, 농축한다 하더라도 기껏 2%에서 4% 정도, 低濃縮우라늄이다. 나머지는 徒食家인 우라늄 238, 原子爐와 原爆은 그 目的에서부터 自然이 이와 같이 다른 것이 되는 것이다.

이와 같이 原子爐의 爐心은 일반적으로 負의 溫度係數라는 것을 가지고 있다(前述) 이 점이 原爆과의 크게 다른 점이다. 이것은 무슨 理由로서 原子爐内の 溫度가 올라가면, 實效增倍率의  $k_{eff}$ 가 減少되기 始作한다는 性質이 있다는 것이다. 爐心속의 溫度가 올라가면, 우선 첫째로 모든 材料로 되는 原子核들은 一樣하게 熱中性子에 對한 食欲의 程度가 달라지게 되는 것이다. 여기에 加해서 溫度가 오르면 冷却材나 減速材의 密度가 작아진다. 이런 일들이 영향을 미쳐서 溫度가 오르면 오를수록 中性子를 더 많이 생산하고자 하는 성질, 實效增倍率  $k_{eff}$ 가 減해지는 것이다.

여기서 特記할 것은, 우라늄 238인데 이는 온도가 올라갈수록 앞에서 말한 變態性食欲, 即 共鳴吸收가 커진다. 그리고 95%나 存在하는 우라늄 238, 核分裂을 하지 않을 뿐더러 온도가 올라가면 더욱 신나게  $k_0$ 를 잡아 먹어 버린다.

이와 같은 점은 原爆과는 전혀 다르다. 또 輕水爐에서와 같이 물로서 冷却하고 있는 것은 온도가 올라가면 일제히 거품이 생기게 된다. 溫度가 올라갈수록 거품은 많아진다. 물은 減速材로서도 作用하고 있으므로 거품이 나오는 만큼 減速의 效果가 감소한다. 이렇게 되며는 熱中性子로 減速되는 效果가 적어져서 우라늄 235에 吸收되는 比率은 減少된다. 이것도 또한  $k_{eff}$ 를 잡아 먹도록 作用을 하게 된다. 이와 같이 온도가 오르면 오를수록 實效增倍率은 減한다. 그 결과로서는 核分裂의 比率이 減하며 이것이 逆으로 온도의 상승을 억제하게 한다. 이와 같은 性質을 負의 反應度라 하는 것이다.

술꾼들을 例로서 들어 보면, 같은 酒정병이에서도 正의 反應度の 사람과 負의 反應度の 사람이 있다. 사람이 술을 마시고, 술이 술마시고, 술이 사람을 마시는 惡循環, 이는 正의 反應도에 屬한다. 끝날줄 모르며, 가는 데까지 가고 만다. 그 結果는 大体로 想像이 간다. 그런데 처음 한잔째는, 속이 시원하게 맛이 있으나 5잔이 10잔이 되고 1홉이 2홉이 되면, 점점 醉해서 술 먹기가 고통스러워져서 남이 권하면 그 사람이 미워진다. 이것은 負의 反應도에 속한다. 이런분들은 남의 身勢를 끼치지 않고 자연스럽게 집으로 되돌아간다. 自己 制御性이다. 이런 분은 絶對로 문제를 일으키지는 아니한다. 이런 性質은 天性的인 것으로서 어떠한 酒席에서도 安全하다. 固有의 安全性인 것이다. 아주머니께서도 安心하고 酒席에 내보내신다.

原子爐의 경우의 負의 反應度, 이것도 自己 制御性, 固有의 安全性이다. 原子爐에서는 正의 反應도는 용서되지 않는다. 原子爐

가 다 되면 테스트를 하여 이 質의 反應度의 크기가 테스트 된다. 온도가 1도 오르면 얼마만큼  $k_{eff}$ 를 잡아 먹는가를 테스트하는 것이다.

美國의 砂漠의 한 가운에서 여러가지 型의 爐心을 만들어 大規模의 暴走試驗을 하였다. 보락스(BORAX) 實驗 또는 스파트(SPERT) 實驗이라 하여 有名한 一連의 實驗이다. 燃料를 잔뜩 넣어두고 制御棒을 되도록 빨리, 그리고 많이 빼내는 억지 實驗이다. 터무니 없는 實驗이었다. 그러나 이 實驗에서 原子爐의 逸走의 限度를 알게됨과 동시에 原子爐의 自己制御性과 安全性을 確認한 것이다. 어떻게 하든 暴走시키자, 爆發시키자고 努力한 결과는 原爆과는 전혀 닮지도 않은 에너지 放出의 결과밖에 되지 않았다.

결국은 고양이도 아니고 완구의 고양이만큼의 威力밖에 없었다. 現在는 爆發 이라는 것이 아니고 原子爐內의 放射性物質의 放出을 防止하게 한다는 點에 重点이 向하고 있다.

### 59. 네개의 要塞

原子爐가 運轉되면 爐心속에는 大量의 타고 남은 찌꺼기(核分裂生成物)가 모이게 된다. 이것은 大出力으로 運轉할수록 大量으로 모이게 된다. 核分裂에 의해서 찢어져서 생긴 여러가지의 核分裂破片, 種類로서는 約 200種에 달하며, 固狀의 것이 있는가 하면 氣體狀인 것도 있으며, 또 固體의 昇華性의 것도 있고 해서 天差万別이다. 알파線, 베타線, 감마線이라는 放射線을 내면서 次來로 變身하고 있다. 이것이 核分裂放射能의 本體, 核實驗에서 말하는 죽음의 재라고 稱하고 있는 것들이다. 사람이 가까이 가면 대단히 좋지 못한 짓을 한다. 人間界로부터는 嚴重하게 隔絶해 둘 필요가 있다.

原子爐의 安全性은 結局은 이와 같은 무리들을 人間管理下에 두게하여 外界로 못나가

게 하는 것이다. 어떤 過誤가 생기더라도 이러한 무리들이 世上을 헤메게 하는 일이 없도록 여러가지의 對策을 세워두어야 한다. 그리고 이와 같은 무리들은 도대체 어떻게 나올 것인가, 이에 對해 사람들은 어떠한 對策을 세워야 하는가, 이러한 것들에 대해서 이야기 해 보기로 하자.

動力爐의 燃料體는 거의가 우라늄의 酸化物, 酸化우라늄을 구워서 덩어리로 한 셀라믹燃料, 一種의 밥그릇 같은 沙器이다. 굵기는 鉛筆의 굵기에서 새끼 손가락 끝 程度, 길이는 1센티에서 2센티 程度의 円筒型의 작은 페렛트(粒), 이것을 金屬의 껍질속에 채워서 燃料棒을 만든다. 이 沙器로 되는 페렛트속에서 한량없는 核分裂로 因한 熱이 솟아나오게 되는 것이다. 이에 따라 타고 남은 찌꺼기(核分裂生成物)가 생긴다. 그러므로 타고 남은 찌꺼기의 大部分은 페렛트속에 남는다. 녹아있는 것이나 또 대단히 高溫이 되지 않으면 固性의 것은 물론, 가스모양의 것도 대부분이 이 沙器로 된 페렛트속에 갇혀져 있는 것이다. 이 沙器 自体가, 타고 남은 찌꺼기(核分裂生成物)가 밖으로 나가는 것을 防止해 주게 하는 첫번째의 要塞이다.

그러나 燃料를 태워가는 동안에는 이 페렛트에 많은 금이나 갈라지는 곳이 생기게 된다. 당연한 것이지만 페렛트의 表面에서나 금 또는 갈라진 곳을 通해서 가스狀의 物質이 밖으로 새어나온다. 그런데다가 페렛트의 中心은 相當한 高溫이다. 沙器도 대단히 高溫이 되면 속에 가스를 밀폐해 두는 힘이 減少된다. 그냥 빠져나가는 놈이 생기게 된다. 이렇게 저렇게 해서 核分裂에서 생긴 크립톤이라든가 키세논 등의 가스, 또는 요드와 같은 昇華性의 物質은 이 첫번째의 要塞에서 지키지 못한다. 그래서 이와 같은 페렛트는 金屬製의 단단한 튜우브, 被覆管에 채워서 溶接하여 嚴重한 密封을 하여서 燃料棒을 만들게 한다. 이것이 두번째의 要塞이다.

앞에서도 말한 바와 같이 우리들은 이 두

번째의 要塞를 死守하기 위해서 全力을 기울인다. 거기엔 타고 남은 찌꺼기(核分裂生成物)의 놈들도 호랑이의 우리, 被覆管속에 갇혀있는 동안에는 手足을 쓸수도 없는 것이다. 爐心の 熱設計에서는 爐心の 가장 熱條件이 嚴한 곳, 걱정頭目的 燃料에 正照準을 하여 어떤 경우에서도 十二分の 餘裕를 가지고 除熱을 할 수 있는 手段을 講求해 둔다.

그리고 이것을 10%나 초과해서 爐가 運轉되면 瞬間에 安全棒이 爐心에 꽂아지게 된다. 燃料棒의 製作에서는 被覆管의 材料부터 慎重하게 吟味를 한다. 品度는 어떠한가, 強度는 어떻게, 伸度는 어떠한가 等等 무엇이든지 細密하게 調査된 것을 使用하게 된다. 이들 各 部品은 各 製作工程마다 嚴重한 檢査를 또한 通過하여야 한다. 눈에 보이지 않는 손톱자극만한 흠이라도 있으면 불합격, 그야말로 피도 눈물도 없는 檢査다. 다 만들어진 것은 다시 最後까지 현미경에서도 보이지 않을만한 구멍이 있지 아니한가, 溶接部分에 弱해진 곳은 없는가 등의 구석구석까지 檢査가 실시된다. 이는 비단 燃料棒에만 한정되는 것은 아니다. 原子爐의 爐心の 要部, 壓力容器, 其他의 중요한 곳은 모두 이런 式이다. 原子力에서는 특히 이런 것들이 嚴하게 다루어진다. 다시 運轉時에서는 후울·프루프(fool proof), 잘못 操作하더라도 異常이 생기지 않도록 되어 있다.

또 假令, 잘못하더라도 壓力이나 溫度나 流速이나 發熱들이 10%의 規定値를 넘으면 即時로 安全棒이 꽂아져서 爐는 꼼짝도 못하고 그 자리에서 서 버린다. 중요한 計器나 裝置는 二重, 三重으로 되어 있다. 이들中 어느 하나가 不調가 된다면 爐는 中止되어 버리고 만다 라고 하는 用意周到, 이리 묶고 저리 묶여서 爐는 꼼짝도 못하게 되어 있다. (「또 그 뒤에 버티고 있는 것은……, 백 얼스크림裝置」)

그러나 몇千本, 몇万本이라는 爐心の 燃料棒, 그 중에서 혹시 잘못된 欠陷이 있지 아

니할까, 때에 따라서 運轉中에 損傷되는 일도 생길 것이다. 이러한 極情이 생기기도 한다. 이와 같은 경우에는 타고 남은 찌꺼기(核分裂生成物), 특히 이 中에서 가스狀의 놈은 冷却材 속으로 새어나오게 된다. 그런데 앞에서도 말한 바와 같이 冷却材는 壓力容器와 配管으로 되는 密閉된 系속을 빙빙 돌고 있다. 타고 남은 찌꺼기中의 이와 같은 놈갱이들이 이 密閉容器속에서 나와 새끼달린 이리베처럼 爐心에서 配管으로, 配管에서 爐心으로 정처없이 돌아다녀야 그 밖으로 나올 수는 없는 것이다. 채속의 罅이다. 역시 人間世界와는 隔絶되어 있다.

이 密閉의 系가 세번째의 要塞이다. 이 冷却材의 純度, 放射能의 濃度는 항상 測定되고 監視되어 있다. 또 冷却水를 淸淨하기 위한 淨化裝置가 設置되어 있어서 冷却材中의 核分裂生成物이라든가 不純物 等の 放射性物質을 除去하게끔 되어 있다.

그러나 긴 配管系中에는 많은 밸브, 펌프, 其他의 計器 等の 取付部가 있어서 洩部 등이 잘라져서 조그마한 漏洩이 일어날 것이라는 것은 日常적으로 있을 수 있는 것이다.

이때, 財數없게 구멍이 뚫린 燃料棒이 있어서 冷却材가 汚染되어 있으면 放射能이 밖으로 새어나오는 것이 아닌가, 옳은 말씀이다. 그러나 이를 위해서는 네번째의 要塞가 버티고 있는 것이다. 格納容器이다. 格納容器는 原子爐의 運轉과는 無關係한 防護設備으로써 原子爐를 몽땅 덮어씌운 鋼鐵 또는 콘크리트 製의 強固한 덮개이다. 뒤에서 말하겠지만 假想的인 大事故를 爲해서 準備된 것이다. 一次 冷却系의 파이프가 破損 되더라도 여기서 새어나온 放射性物質은 모두가 이 格納容器內에 갇혀버리게 된다. 직접 大氣中에 放出되지 않는다. 비록 조금의 放射性物質이 原子爐建物 쪽으로 새어나오는 것이 있다해도 이것은 필터를 通해서 放射性物質이 除去되게 하여서 外氣中에 放出된다.

原子力發電所에서 볼 수 있는 그 높은 굴

뚝은 이를 爲함이다. 이것을 스택크라고 한다. 가스狀의 廢棄物의 一部를 포함하는 위에서와 같은 모든 排氣는 필터를 통해서 이 굴뚝으로부터 하늘높이 放出시켜 버린다. 여기에도 放射能의 濃度를 재는 測定器가 있어서 恒時 測定하고 있다. 여기서는 알파線, 베타線, 감마線, 거기에다가 放射線의 粒子를 測定하는 各種의 모니터(計測器)들이 밤잠도 자지 않고 눈을 뚝뚝하고 있다. 수상하다 하면 곧 中央制御盤 위에서는 요란한 소리를 내면서 램프를 點滅시켜 일이 생긴 것을 가르쳐 준다.

## 60. 큰 메기의 嘆息, 끄덕도 않는 原子爐施設

어느 民族의 傳說에는 地震은 땅속의 큰 메기가 몸부림치므로 일어난다고 한다. 우리나라는 하느님이 保護하사 큰 地震은 거의 없다. 땅속의 메기가 양전한 모양이다. 그러나 原子爐設計에서는 우리나라에도 大地震이 일어날 수 있다고 假定을 한다. 爐心 속에 모여진 大量의 타고남은 찌꺼기(核分裂生成物), 이를 가둬두기 위한 모처럼 만들어진 네개의 要塞가 地震으로 인해 부서져 버리면 곤란하다. 이 타고 남은 찌꺼기들의 농도가 강패들이 밖으로 나와서 重大한 放射線 障害을 줄 수도 있는 것이다. 그래서 이 네개의 要塞는 地震에 대해서도 絶對로 死守되어야 할 필요가 있다.

첫번째와 두번째의 要塞는 페렛트와 被覆管인데, 이것들은 地震에 대해서도 問題되지 않을 만큼 단단하다. 平常時에도 몇 百배나 되는 酷使에 견디고 있다. 問題는 세번째와 네번째의 要塞이다.

이들 要塞 以外에도 地震으로 인해 부서지거나 움직이지 않게 되면 困難한 것들이 있다. 原子爐施設 中에서 原子爐格納容器와 함께 중요한 것은 安全棒이나 백 앞 스크림裝置 등의 브레이크類이다. 다시 原子爐 本体,

冷却系의 器機나 配管, 스택크(굴뚝), 緊急冷却系 等の 工学安全設備, 그 電源, 制御裝置들이다. 이를 機能喪失이 重大한 事故로 연결될 우려가 있는 모든 最重要項目의 A 크라스에 랭크된다. 그리고 이와 같은 것들은 地震에 대해서 特別하게 단단하게 만들어진다. 具體的으로 어떻게 하면…….

原子爐의 建物이나 格納容器, 其他의 構築物의 베이스는 強固한 岩盤위에 직접 支持하게 한다. 무엇보다도 土台가 重要한 것이다. 따라서 그 地域의 地震歷을 詳細히 調査하여 이 基盤에 대해서는 이 以上의 地震이 일어날 수 없다는 最大의 地震力(加速度)을 定한다.

다음에 이 위에 놓여질 建物, 構造物, 機械나 配管系의 모든 것을 安全上의 緊急度에 따라서 A, B, C의 세개 크라스로 나눈다. 더욱 詳細히 說明하면, 그들 中에서도 特別히 安全에 重大한 關係가 있는 것, 格納容器나 制御棒 等の 브레이크類는 超特級の As에 랭크된다. 그리고 A 크라스 以上의 建物이나 器機 配管類는 特別히 慎重한 取扱을 받게 된다. 우선 첫째로 앞에서 말한 이 以上 있을 수 없다고 생각되는 굉장한 地震이 이 建物이 실려있는 地盤을 뒤흔들었다고 하자, 이때 이 地盤위에 있는 爐建物이나 構築物 等の 흔들림을 綿密하게 컴퓨터로써 解析하여 그 어느 점을 取하여 보더라도 이와 같은 大地震에 대해서 充分히 安全하게 設計하는 것이다.

超特級 As에서는 다시 그 1.5배, 생각할 수도 없는 큰 地震力에서도 그 機能이 상실하지 않음을 確認하여야 한다. 두번째로 이와 같이 해서 設計된 것이 적어도 建築基準法에서 一般의 빌딩建築에 要求되어 있는 地震力의 3배 견디는 것을 確認하여야 한다(器機配管은 그 20% 增加한 3.6배).

B 크라스가 되면 多少 쉬워지나 그래도 一般 빌딩建築의 1 배半, C 크라스에 와서 겨우 一般建築物 程度의 強度로 設計한다. 그

결과로서는 格納容器나 冷却系 등은 특히 단단하게 만들어지므로 原子爐 建物이나 重要な 器機의 支柱 등은 보통 建物에서는 볼 수 없는 그 뼈대가 굵직 굵직하게 견고히 만들어져 있는 것이 눈에 띈다.

實地로 大地震이 万若 일어났다면……, 原子爐 附近의 建物들은 모두 부서져 버리지만 유달이 廢虛속에 原子爐 建物 만이 우뚝히 남아 있을 것이다. 땅속의 메기란 놈이 제 아무리 놀아나드라도 原子爐 施設에는 잇빨이 들어가지 않는다.

### 61. 그렇더라도 길로틴破斷을 生覺한다

세번째의 要塞, 原子爐의 壓力容器나 冷却系配管은 壓力에 견디게 하기 위해 두께가 두꺼운 鋼鐵로써 만든다. 全溶接製이다. 染色探傷, X線, 水壓, 이와 같은 여러가지의 試驗들의 嚴한 檢査를 거쳐서 만들어진다. 두께가 두꺼운 配管이라는 것은 잡아 당겨지는 힘에 대해서도 대단히 강인한 것이다. 鋼鐵製의 配管이 가운데가 난데없이 두 동강이로 찢라져 버린다는 것은 技術的으로 도저히 생각할 수 없는 것이다. 상상될 수 있는 欠陥으로서서는 이것이 溶接될 時의 熱로써 材料中에 局部的인 비트러짐(歪)이 남아 있어서 여기에 무리가 가서 腐蝕으로 인한 금이 생기지 않을까 라는 程度이나, 기껏해야 무리가 겹쳐서 점차로 약각의 부식부가 생기는 정도가 고작일 것이다. 이럴 때는 어떠한 措置도 손쉽게 취할 수가 있기 때문에 큰 問題가 되지 않는다.

그러나 原子爐의 경우에는 이유여하를 막론하고 덮어놓고 이와 같은 큰 配管들의 가운데가 갑작스러히 두동강이로 끊어져 버리면 어떻게 하나라고 묻는다. 그리고 緊急時 爐心冷却系가 設置되는 것이다. 이를 길로틴破斷이라 한다. 불란서 大革命時 루이 16世의 목을 바싹 찢른 그 有名한 길로틴(斷頭台).

主配管이 이와 같이 바싹 잘라지면……, 정말 야단이다. 冷却水는 폭포처럼 솟아나오며 순식간에 생기는 壓力低下, 流量의 降下, 冷却水溫度의 上昇, 水位의 低下.

이와 같은 狀態를 感知한 各各의 計測器들로부터의 信號가 모두 安全棒에 殺到하여 瞬時에 安全棒은 爐心에 꽂아지고 어떻게든 爐의 停止해 버린다. 溫度나 거품의 負의 反應度로 爐는 서버린다. 連鎖反應은 中止되고, 核分裂의 熱은 急速하게 終息한다. 그러나…… 崩壞熱이라는 놈이 있다. 타고 남은 찌꺼기(核分裂生成物)가 變身(崩壞)해 감에 따라 여겨서 나오는 放射線, 이것은 결국 熱의 形態가 된다. 停止直後에는 出力時의 정도밖에 되지 않는다. 一分後에는 4%로 減少하며 1時間 後에는 2%, 하루 後에는 0.7% 정도로 시간이 지남에 따라서 감소해 간다. 그래서 보통시에는 爐를 停止시킨 뒤는 펌프로써 冷却水를 그대로 돌려주고 있는 것이다.

그런데, 이 主配管이 갑작스러히 펑! 하고 破斷이 된다면, 말 많소사, 冷却水는 왈각 왈각 쏟아져 나와 30秒 후에는 爐心은 발가벗은 채 大氣中에 그 몸둥아리를 나타낸다. 그렇게 되면 물밖에 내놓은 深海魚이다. 두번째의 要塞인 燃料棒의 겹질(被覆管)은 冷却水를 잃어버리자 즉시로 高温이 되어 녹아버린다. 當然히 우리속에 갇혀있던 호랑이(核分裂生成物) 놈들은 好機到來라고 뛰어나오게 된다. 雪上加霜으로 高温에서 被覆管의 金屬이 蒸氣와 接觸하면 化學反應을 일으켜서 反應熱을 내며 水素가 發生하게 된다는 弱點이 加重하게 된다. 技術的으로는 일어난다고 想像조차 할 수 없는 갑작 스펀게 생기는 길로틴破斷이지만 事故의 結果의 樣相은 처참하다. 그래서 여기서 設置해둔 것이 緊急時 爐心冷却系이다. 非常이 걸리면 大量의 물을 原子爐 容器內에 注入시켜 爐心을 冷却시키는 것이다.

이 系統은 安全上 가장 중요한 裝置로써 겹쳐서 들어 있다. 우선, 첫째로 充分한 爐

心冷却能力을 가지는 緊急冷却系가 二重 三重으로 準備되고 있다. 이들은 서로 獨立되어 있으므로 그중 하나가 故障을 일으켜도 다른 것들은 그대로 가동한다. 2개가 동시에 故障을 일으킬 可能性은 극히 희박하다. 다시 外部電源이 잘라지더라도, 即 停電時에도 自己가 가지고 있는 發電機로써 電氣를 일으켜서 이 系統을 움직이게 하지 않으면 안되게 되어 있다. 停電으로 인해 움직이지 못하는 것을 絶對로 避하고 있다.

이 裝置를 使用하는 것은 原子爐의 평생에서 앞에서 말한 것 같은 사고는 한번도 없을 것이다. 또 있어서는 큰일이다. 그러나 만일이라는 경우에 對備하여 이 系統이 필히 잘 작동될 수 있도록 해두어야 한다. 그래서 定期的으로 試驗을 하게끔 되어 있고 또 실제로 試驗이 의무화되고 있다.

네번째의 要塞, 原子爐格納容器는 이러한 때야말로 그 眞價를 發揮하게끔 만들어져 있다. 이와 같은 터무니없는 억지 事故를 想定하면, 燃料의 一部가 破損한다든가 溶損될 수가 있을지 모른다. 그리고서는 호랑이(核分裂生成物)의 一部가 튀어나올지도 모른다.

이와 같은 것을 完全히 包圍하여 大衆을 이들 放射線의 災害로부터 지키도록 命令을 받고 있는 것이 이 格納容器, 이를 위해서는 우선 길로틴破斷에서 放出되는 冷却材의 放出에너지 崩壞熱, 거기에다가 약해질대로 약해져서 지쳐버린 被覆管의 金屬과 물과의 反應熱, 水素가스에 의한 壓力, 이와 같은 모든 것에 原因이나 壓力이나 溫度의 上昇에 견디도록 設計한다,

事故時에는 格納容器的 開口部나 配管의 貫通部는 確實하게 폐쇄되어야 한다. 이를 위해서는 出入口는 平常時에도 모두 2重으로 되어 있어 한쪽이 닫히지 않으면 他쪽이 열리지 않게끔 되어 있다. 또 配管의 貫通部에는 必히 2個의 自動停止 밸브가 붙어 있다.

檢査도 또한 嚴重히 하고 있다. 특히 重要的한 것이, 새어나움(漏洩) 試驗이다. 日當의

漏洩率은 容器的 부피의 1,000분에 1에서 5 정도이다. 이것은 實地로 測定될 수 있는 限度까지의 漏洩率이다. 이것을 넘어서는 안된다. 다시 이와 같은 것이 爐의 평생을 통해서 그 以上으로 되지 아니함을 試驗하여 確認하는 것이 요구된다. 格納容器 속에는 壓力上昇을 막기 위한 冷却系가 準備된다. 이들은 모두가 二重으로 設置되어, 결코 設計 壓力을 超過해서 壓力이 上昇되는 일이 없도록 設計되는 것이다.

## 62. 原子力發電所의 安全度

原子爐의 設計에 있어서는, 이와 같이 安全에 安全을 겹쳐서 設計를 행하는데, 다시 「隔離」라는 것을 가지고 安全性의 마무리를 한다. 이것은 다음과 같은 思考方式에 基因하는 것이다. 原子爐의 設置에 앞서서 만일 큰 事故가 일어나면 어떻게 하나, 技術적으로 보아 이 以上の 事故가 일어나리라고는 생각할 수 없는 큰 事故를 想定하고, 이에 대해서 災害의 評價를 行하는 것이다. 이만큼의 安全施設이 準備되고 또 그만큼 公衆으로부터 “隔離”되어 있으면 失手를 하였을 때에도 放射線의 障害를 줄 수가 없다라는 安全을 確認하고서 비로소 設置가 許用되는 것이다.

예를 들면 原子爐의 立地條件으로써 다음의 條件을 滿足시킴이 필요하다. 우선 첫째로 技術적으로 보아서 그 以上の 事故가 일어나리라고는 생각할 수 없는 최대의 事故를 重大事故로써 想定하고 이에 대해서 安全에 安全을 겹쳐서 본 다음에 주위에 있는 사람들이 받을 수 있는 放射線의 量을 計算한다. 그리고는 어떠한 形態로든지 放射線 障害의 症狀이 나타나는 어느 被曝量(甲狀腺 小兒 1.5rem, 全身 25rem)을 정하고 이것을 넘는 범위를 「非居住區域」, 사람이 살지 않는 區域으로 한다라는 것이다.

이 重大事故에서는 冷却系의 主配管의 결

로틴破斷이 事故로써 想定되고 있다. 길로틴破斷 그 自体가 實로 技術的으로 보아 생각조차 할 수 없는 터무니없는 想定이다. 그러나 자아! 하고 생각해 보면 그 以上の 事故라는 것은 생각이 떠오르지 않을 것이다. 緊急爐心 冷却系가 作動하여 冷却水를 爐心에 放散하여 爐心の 溶損이 防止된다. 그런데, 또 여기서 결과적으로 一部の 被覆管이 破損한다고 엄하게 想定해 본다.

그런데, 또 여기서 결과적으로 一部の 被覆管이 破損한다고 엄하게 想定해 본다. 그 結果 爐心中의 放射性的의 가스的一部分가 格納容器 속으로 放出된다. 키세논이라든가 크립톤들과 같은 希有가스, 또는 요오드와 같은 昇華性的의 揮發가스들이다. 이것들이 格納容器로부터 새어나오는 量을 實際보다는 많은 양의 것이라고 想定한다. 필터를 통과하고 스택크等 豫想되는 經路를 통해서 外界로 放出되는데 途中에서 捕集되는 效率을 最低로 想定한다. 失手하더라도 이 以上 나오지 않는다는 精神으로 計算되는 것이다.

그런데 이들이 가장 나쁜 氣象狀況에서 外氣로 흩어졌다고 하자. 風速이나 風向이 變하는 方向에 따라 바람맞이 쪽에서 가스가 흩어지는 모양은 아주 달라지게 된다. 그런데, 이때 우연히 재수가 나쁜 사람이 있어서 가장 放射性的ガスの 濃度가 진한 地點에 있었다고 하자. 그리고 거기서 계속해서 事故난 直後부터 방사선을 맞고 또한 放射性的 가스를 계속 호흡하고 있었다고 計算해 본다. 不運에 不幸이 겹쳐졌다고 計算하여 가령 重大事故가 일어났다 하더라도 그 現實보다는 몇百배나 몇千배 엄하게 査定되어 있었을 것이다.

그러나 이와 같이 嚴하게 行한 被曝量의 計算의 結果가 限界被曝量의 數字를 넘는 곳은 모두 非居住로 하지 않으면 안된다는 것이다. 그런데 全身 25렘이라는 것은 被曝量인데, 이것은 白血球의 數가 變化하는지 안하는지라는 限度의 程度의 受線量이다. 이

하이면 아무런 症狀도 나타나지 않는다. 호흡에 의해서 体内에 대한 影響을 定하는 것이 요오드인데, 이것이 목, 甲狀腺의 被曝의 原因이 된다. 1.5렘 以下이면 小兒라도 障害를 일으키게 한 例는 없다라는 事實로부터 이 値가 定해져 있다.

또 더우기 重大事故에 의한 安全評價를 백얼하기 위해서는 假想事故라는 것을 想定한다. 이 경우의 事故는 이미 技術的인 可能性을 뛰어넘어서, 重大事故時에 기대하였던 安全保護 設備도 잘 움직여 주지 않는다 라는 極惡의 狀態를 假想하는 것이다. 이 假想事故에서는 緊急時 爐心冷却系의 效果를 無視한다. 結果로서는 燃料棒의 接질이 모두 溶融하여 爐心속의 放射性的 가스는 전부 格納容器속에서 放出된다.

이와 같은 事故에 대해서도 위에서와 같이 보고 安全을 미리 計算을 하여 주변의 公衆에 현저한 放射性的 災害를 주지않게 하기 위해서는 구체적으로는 甲狀腺 成人 30렘, 全身 25렘을 넘는 범위는 「低人口地帶」로 하지 않으면 안된다는 것이다. 이것이 第2의 條件이다. 이 범위를 인구밀도가 낮은 범위로 하자는 것은 설령 무슨 일이 있더라도 對策을 손쉽게 取할 수가 있다는 配慮에서 나온 것이다. 對策을 취하게 하므로써 被曝의 障害를 피할 수가 있다. 그리고 또 하나 바람맞이 쪽에 있는 모든 사람의 被曝量을 전부 끌어 모운다. 그리고서 그 値가 200萬人렘 (100萬人이 2렘 적어졌다는 뜻)보다 훨씬 적을 것이 要求된다. 그래서 결국은 人口稠密한 地域의 바로 가까이에는 原子爐를 設立하지 못하도록 2段構造의 「隔離」를 하게 하는 것이다.

이상은 주로 日本에서 하는 方式이나, 英國等에서는 이와 같은 事故가 얼마만큼 일어날 수 있는 위험도의 評價의 方法에 確率論이라는 것을 使用한다. 確率, 어려운 말 같기도 한데, 예를 들면, 주사위에서 1이 나오면 목을 자른다고 宣言을 받았다고 하자.



한번 던져서 목이 잘릴 確率은 6分の 1, 6分の 1의 위험도가 있다. 그러나 1이 계속해서 여섯번 나오면 목이 잘린다고 하면 그 위험도는 훨씬 減해진다. 여러번이나 계속해서 1이 나오다니, 나야 그런 일이 없겠지라고 생각되기 쉬우나 危險度가 없는 것은 아니다. 6分の 1의 6乘倍, 即 일어나는 確率은 4万 7千分の 1이다.

최근 美國에서 러스뭇센 教授를 指導者로 해서 60名の 科學者, 技術者를 動員해서 2年間 約 15億원을 들여서 原子力發電 플랜트의 事故의 모든 可能性을 調査, 그 危險度를 究明하였다. 有名한 러스뭇센 報告이다. 여기서는 社會 및 個人이 原子力發電 플랜트에서 얻는 위험도와 일상 생활에서 얻는 危險度를 數值的으로 比較하고 있다. 이 調査研究에 의하면 原子力플랜트에서 爐心이 溶損하여 주변의 公衆에 어떠한 放射能障害를 주게 할만한 事故는 17万年에 1回 있을까 말까 하는 程度이다. 또 原子爐 주변에 사는 個人이 1年間に 原子爐事故로써 死亡하는 確率은 3億分の 1이다.

이것도 美國에서의 他의 社會的인 危險度, 事故로써 死亡하는 確率과 비교하면 自動車 4千分の 1, 火災 2万 5千分の 1, 비행기(旅行) 10万分の 1, 感電死 16万분의 1, 落雷 200万분의 1……, 라는 것이다. 即 原子力發電所 주변에 산다고 하더라도 이로 인한 危險度는 번갯불에 맞는 쪽이 百倍以上, 車에 치이는 것이 10万倍 以上이나 危險도가 크다.

現在 世界에서 可動하고 있는 商業用 原子力發電爐의 數는 130個 이상이며 그중 35個 以上이 美國의 것이다. 美國에서는 다시 160個 以上이 建設中 또는 計劃中이다. 바다에는 主로 軍事目的의 艦艇인데 140隻 以上の 潛水艦을 포함하는 150隻 以上の 原子力 함정이 世界의 바다를 쫓아다니고 있다. 이중 美國이 90隻 以上으로 壓倒的으로 많다. 그런데, 美國의 原子力委員會(AEC)가 原子力

關係로서 생긴 事故에 대해서 詳細하게 調査한 報告가 있다. 1934년부터 1970年 까지의 28年間, AEC 關係의 모든 일에 종사하는 사람들을 총망라한 것이다. 事故의 種類, 原因, 結果, 死亡者나 傷害者, 시간적 또는 金錢的 損失에 대해서 細密하게 調査되었다. 여기에 따르면 이 期間中에 생긴 死亡者의 總數는 295人이다. 이는 死亡者의 數로서는 他의 一般產業에 비해 대단히 적은 것이다. 대체로 3분의 1 이하이다. 또 災害防止의 功績으로 몇번이나 大統領 表彰도 받고 있다. 그런데 이 295人 中の 98%가 非核的 事故, 即 原子力과 직접 관계가 없는 死亡者이다. 가장 많은 것이 建設關係, 다음이 運轉關係, 내용으로서는 落下事故가 86人, 業務上 自動車 事故 69人, 그리고 感電死 43人이라는 順序이다. 직접 原子力의 事故로서 죽은 사람은 전부 6人이다. 이것도 직접, 爐心이나 核燃料을 만지던 사람들 뿐이었다. 더구나 一般公衆에까지 미치는 事故는 있을 수도 없었던 것이다.

### 63. 먼저 敵을 알아라 · 危險性的의 認識

原子爐의 安全의 目標은, 平生運轉은 물론, 가령 큰 事故의 發生을 假定하였을 때에서도 一般公衆은 물론 종업원에 대해서도 放射線의 害를 미치지 않게 한다는 것이다. 이와 같은 放射線 防護의 思考方式은 國際放射線防護委員會(ICRP)의 勸告에 따르는 것이다.

1895年 독일의 物理學者 렌트겐이 X線을 發見하고 數年後에 퀴리夫妻가 강한 放射線을 내는 放射線元素 라듐의 分離에 成功하였다. 放射線의 연구가 왕성해짐에 따라서 放射線의 研究者 사이에 放射線障害를 받는 사람이 많아졌다. 그 사람들은 現在 一般的으로 規制하고 있는 數值的의 몇百倍의 방사능을 不知中에 쬐이고 있었던 것이다. 그후, 放

射線을 過度하게 被曝하였을 경우의 危險에 대한 認識이 점차로 높아져서 1928年, 世界의 放射線 研究者들의 모임인 國際 放射線學會에 의해서 放射線防護의 基準이 勸告되었다. 이때, 放射線防護를 專門的으로 하는 委員會가 設立되고 1950年에 「國際放射線防護委員會」라고 改編, 現在에 이르고 있다.

以後 20數年 이와 같은 分野의 전문가들이 모여서 放射線의 영향에 대해서 檢討를 계속하여 왔다. 그리고 이 때까지의 放射線으로 부터 人들을 지키기 위해서 수많은 貴重한 勸告를 하여왔던 것이다. 現在 放射線의 許容量에 대해서는 世界가 거의 모든 나라, 國際原子力機關 (IAEA), 世界保健機構 (WHO), 國際勞動機構 (ILO) 등 모두가 이 ICRP의 勸告를 採用하고 있다. 다른 有害物質과는 달리, 放射線에 關해서는 世界的으로 그 생각하는 方法이 統一되어 있다.

國際放射線防護委員會 (ICRP)는 우선, 放射線量은 아무리 微量이라도 이에 應해서 影響을 人體에 줄지 모르겠다는 危險의 認識, 한편 放射線의 利用이 利用者 自身 및 一般社會 人들까지 恩惠를 주는 것이며, 또한 필요하다는 認識, 이 두가지의 認識위에 서서 모든 것을 생각한다. 극히 慎重하게 다루고 있는 것이다.

危險性的의 認識, 이것은 重要的인 것이다. 戰爭을 할 때 敵을 잡는다든가 회롱한다든가 해서 이긴 예는 없다. 勇將, 智將일수록 敵에 대한 두려움을 잘 알고 있다. 重要的인 것은 危險性에 대한 認識이다. 敵이 무서운지를 모르고 또는 輕보고 對應하였다가 精神차렸을 때에는 어떻게 할 수도 없는 重大한 結果에 빠지고 만다. 特別히 公害病의 경우가 그렇다. 患者가 많이 생겨 큰 社會的인 問題가 되었을시 비로서 그 무서움을 認識하게 된다. 그러나 때는 이미 늦고 戰爭에서는 敗하여 많은 戰死傷者를 내고 不幸한 人들이 苦痛을 받아야 하는 것이다. 이와 같은 點에서 原子力産業은 이제까지의 産業과는 그 公害에 대

한 對應이 基本的으로 다르다는 것을 認識해야 할 것이다.

元來, 公害에서 발생이 되는 重金屬를 鉛, 砒素, 카드뮴, 水銀, 우라늄 등은 一般的으로 흡속에 包含되어 있는 元素들이다. 地球化學의 法則의 하나에 「元素保存의 法則」이라는 것이 있는데, 「量의 多少라는 點을 고려하지 않는다면 어느 元素라도 自然界의 어디서나 발견된다」. 그래서 河川이나 바다, 飲料水조차 微量이기는 하나 녹아 있다. 이 點이 混同되기 쉬운 點인데 敵을 착각하는 原因이 되기도 한다. 問題는 包含되어 있는 量에 있다. 이와 같은 天然에 있는 어떠한 有害物質의 濃度, 汚染의 程度를 백 그라운드라고 부르고 있다. 人들은 元來 多少의 汚染 백 그라운드의 더럽혀진 속에서 살고 있는 것이다. 그런데 公害病이라는 것은 이 백 그라운드를 超過해서 터무니없이 많은 公害物質이 大量으로 뿌려져 그 結果로서 身體中에 이상이 생기게 되는 것이다. 이 백 그라운드는 放射線에 대해서도 같게 말할 수가 있다. 卽이렇게 말하는 것은 人間은 뒤에서 다시 말하겠지만 항상 天然의 放射線을 쬐이고 있다. 이와 같은 點은 같다. 問題는 얼마만한 量의 放射線을 쬐이게 되는가에 있다. 그래서 危險性的의 認識이라는 것은 대단히 重要的인 것이다. 對應하는 方法이 問題인 것이다.

많은 量의 放射線을 쬐었을 경우, 放射線의 影響은 뚜렷하다. 그 量의 정도에 따라서는 곧 身體上에 여러가지 障害를 나타낸다. 表 1 에는 그 程度를 表示하였다.

量이 적을 때는 당장은 아무 影響이 없으나 몇 10年 지나서 처음으로 나타나는 晚發性인 것이다. 이것도 확실하게 알려져 있다. 遺傳的인 影響도 확실하게 알려져 있다. 그러나 放射線에 쬐이는 量이 훨씬 적어지면 그 影響도 減해서 晚發性인 것이나 遺傳的인 것이나 簡單하게는 나타나지 않는다. 간단하게 나타나지 않으니 實驗으로도 確認하기가 어렵고 또한 現實의 生活이나 現象中에

서도 分別이 어려워진다.

그러나 ICRP에서는 잘 알지 못하는 것은 모두 위험한 側으로 해서 생각하도록 하고 있다. 예를 들면, 아주 적은 量의 放射線에 쬐었을 경우, 生体에서는 回復作用이 있는 것이 확실하나 ICRP에서는 回復하지 못하고 자꾸 자꾸 蓄積해 간다고 생각한다. 또 어느 線量以下가 되면 쬐어져도 安全하다는 下限의 値가 있음이 豫想되는데, 이것도 비관적으로 생각해서 아무리 적더라도 安全의 下限은 없다. 總量에 比例한 危險性이 있다고 생각한다.

그러나 한편, 放射線(原子力)의 利用으로서 人間社會에서는 많은 利益을 가져오게 한다. 그 利益이 被曝을 받는 危險性의 마이너스의 面을 훨씬 초과하고도 남음이 있다면 그 마이너스는 견딜 수 있다. 이와 같은 思考로부터 放射線의 利用으로부터 얻어지는 利益으로 보아, 그 利用者 個人, 그리고 社會에 있어서 容認될 정도를 許容線量으로 한 것이다. 현재의 知識에 비추어 보아 身體의 障害, 또는 遺傳的인 障害가 일어나는 確率이 無視될 수 있는 程度의 線量を 勸告하고 있는 것이다. ICRP는 職業상의 被曝의 경우와 一般 公衆에 대한 경우를 區別하고 있다. 職業상의 被曝에 對해서는 他的 產業에서 생각될 수 있는 危險度, 安全管理가 잘 되어 있는 工場內의 一般的인 危險度보다 커서는 안 된다고 한다. 또 一般公衆에서는 日常生活에서 一般的으로 認定되는 他的 危險보다 커서는 안 된다고 하고 있는 것이다.

이와 같이 해서 ICRP는 勸告值, 即 許容線量を 全身外에도 身體 各部의 臟器別로도 定해져 있다. 가장 중요하다고 생각되는 全身의 値에 對해서는 職業人은 年間 5 램으로 하고 있다. 이 値는 終身토록 쬐이게 되더라도 障害의 發生은 無視될 수 있다고 定해진 것이다. 一般公衆에 對해서는 그 10분의 1을 取해서 年間 0.5 램(500밀리램)을 勸告하고 있다. 職業人과 一般公衆의 値가 다른 것

은, 첫째는 職業人에 對해서는 항상 安全과 健康의 管理가 行해져 있는 點, 두번째는 一般公衆 가운데는 成人보다는 放射線에 對해서 感受性이 弱한 胎兒가 포함되어 있기 때문이다.

#### 64. 原始人에도 放射能이 있었다

一般公衆에는 1年間에 0.5램이라는 許容量, 이것은 얼마만한 程度의 것일까? 1램이 1,000밀리램이므로 0.5램은 500밀리램에 相當한다. 우리는 一般的으로 하늘과 땅 사이에서 自己 自身의 身體속에서 1年間에 100밀리램의 自然放射線을 받고 있다. 또 人工의 放射線이라 함은 누구나 하는 가슴에 X-레이寫眞「자아! 숨을 쉬고, 멈추고, 찰카닥」여기서 20밀리에서 30밀리램을 받는다.

또 胃의 撮影, 經驗이 있으신 분들도 있겠지요. 그 백백하고 달콤한 흰죽 같은 것, 바름인가 무엇인가를 空腹에 잔뜩 마시게 해놓고는 「자아 찰카닥」하면 1回當 500밀리램에서 1,500밀리램(1.5램) 정도 받는다.

또 「자, 찰카닥」이 아니고 撮影中의 胃를 TV로 보면서 찍는 透視라는 것, 이것은 몸을 水平으로 했다가 옆으로 했다가 세우다가 하면서 胃속에 바름이 고루 퍼지게 한후, TV로 胃속을 들여다 보면서 찍고싶은 곳에 画面이 오면 「자아, 찰카닥」을 한다. 여기서는 1分間에 1,000밀리램부터 4,000(4 램) 程度 받게 되는데 透視는 3, 4分은 빠른 쪽이고 보통은 7分半이나 걸리므로 한번의 診察에서 받는 線량은 相當한 것이다. 職業人의 許容線量 程度는 가볍게 뛰어넘어 버린다.

이야기는 自然放射線으로 되돌려 보자. 담배의 재 1그램을 取해서 放射能을 測定해 보면, 每分 30카운트 정도이다. 이것은 담배재 속에 20%가량 함유되어 있는 칼륨속에 天然의 放射性 칼륨이 들어있기 때문이다. 植物의 生長에는 칼륨이 꼭 必要하여 이를 肥料로 주게 하는 것이다. 따라서 當然히 野菜

## 알기쉬운 원자력 이야기

나 草木에는 放射性 칼륨이 含有되어 이를 먹는 動物이나 사람도 모두 放射性 칼륨을 몸속에는 100그램 가량의 칼륨을 포함하고 있는데, 우리들의 몸을 그대로 큼직한 카운터 속에 넣고 放射線을 재어 보면 每分약 1万 5千 카운터 가량된다. 이는 核實驗이나 原子力 때문도 아니다. 이런 것들은 아무 것도 몰랐던 단군님의 백성들이나 原始人에서도 마찬가지였다.

여기서 나오는 放射線의 半分은 体内에서 吸收되어 内部被曝量이 되어, 이로서 身体가 받는 放射線被曝은 年間20밀리램이 된다. 나머지 半은 그대로 体外로 나가버린다. 理致로서 말하면 이 体外로 나가는 것은 他人에게 被曝의 原因이 될 것이다. 愛人끼리 너무 오래 키스를 하면 혼자 있을 때보다 2배의 放射能을 맞게 된다는 理致이다. 그러나 極情할 정도는 아니오니 安心하시기를,

우리들이 自然에서 받고 있는 外部 被曝의

또 하나의 原因은 宇宙線, 하늘에서 오는 것이다. 緯度에 따라 다르기는 하나 韓國에서는 대체로 30밀리램이다. 이것은 하늘높이 올라갈수록 放射線 레벨도 높아지는데 1,500미터 마다 倍增한다. 제트機 조종사는 이로서 받는 被曝이 年間 1,200밀리램에 달한다고 한다. 요컨대 사람은 보통의 地域에서 体内에서 20밀리램, 大地로부터 50밀리램, 하늘로부터 30밀리램, 計 100밀리램 정도의 방사선을 받고 있는 셈이다.

이렇게 생각하면 아무 의심도 하지 않고 조금만 이상하면 X레이를 찍어보라는 등의 말을 하는 사람은 無識의 所致이기는 하나 危險千萬한 것이다.

原子爐의 爐心을 20年間이나 取扱한 사람의 그 사이에 被曝된 線量을 모두 합치더라도 胃의 一回의 透視檢査의 數分の 1 밖에 되지 않는다고 한다.

### 〈이달의 到着 資料〉

#### ◆ 參考圖書

- 日原産의 活動과 計劃 “80” 〈日本〉
- 原産中共訪問代表團보고서 〈日本〉 80年 9月
- 訪中 放射線利用조사단보고서 〈日本〉 81年 8月
- 原子力年監 〈日本〉 80年版
- 第2回 韓日 세미나論文 〈日本〉
- 放射性同位元素 등에 관한 장애방지에 관한 法律 〈日本〉
- 유럽의 양어장시찰기 〈日本〉
- 제4기 관서 NDT사업자 간담회지 〈日本〉
- 原子力發電所일람표 〈日本〉 80年 6月30日

#### ◆ 定期刊行物

- 原子力産業新聞 〈日本〉 1048, 1049, 1050,

- 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065.
- 非破壞檢査 〈日本〉 80年 11, 12月号
- ATOMS IN JAPAN 〈日本〉 80年 11月号, 81年 1月号.
- 原子力文化 〈日本〉 80年 12月号, 81年 1月号
- 原子力調査時報 〈日本〉 NO. 38, 39, 40.
- 原子力資料 〈日本〉 NO. 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122.
- BULLETIN 〈英國〉 80年 11, 12月号
- ATOM 〈英國〉 80年 11, 12月号. 81年 1月号
- NUCLEAR NEWSLETTER FROM SWITZERLAND 〈스위스〉 NO. 51, 52
- KORT NYT 〈덴마크〉 NO. 169, 171
- Safo 〈스웨덴〉 80年 10月号