

# 原子力發電과 環境安全



## 第4章 環境保全

### I. 概 要

#### 1. 環境影響

우리가 삶을 영위하고 있는 이 지구는 우리만의 것이 아니며 우리가 선조로부터 물려 받았듯이 후손에게 온전하게 전해 주어야 할 귀중한 자산이다.

산업혁명이 있는 이래 우리의 생활양태는 엄청난 변화를 겪었으며 이러한 변화는 더욱 가속화될 것이 명약관화하다. 문화생활에 필요한 에너지 및 각종자원을 구하고, 사용하고, 버리는 과정에서 지구는 알게 모르게 영향을 받고 있음을 우리는 잘 알고 있다.

특히 우리가 사용하는 대규모 에너지 자원인 석유, 석탄, 가스 등의 化石燃料를 개발하고 사용하며 사후처리하는 과정에서 생태계의 훼손이 불가피하게 일어나고 있다. 즉, 하나뿐인 지구는 溫室效果로 말미암아 때아닌 氣象異變이 일어나고 홍수, 가뭄 등이 빈발하고 있으며 푸

르던 숲이 어느 사이에 말라들어가고, 사막이 넓어짐을 우리는 신문·방송 등을 통해 자주 듣고 있다.

#### 2. 原電 影響

이와 같은 地球 環境影響과 관련하여 일반적으로 논란의 대상이 되고 있는 원자력 관련 사항으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

○放射性廢棄物은 과연 安全하게 管理되고 있는가?

○原子力發電所 隣近에 사는 사람이 다른 지역에 사는 사람보다 방사선에 더 많이 노출되지 않는가?

○원자력발전소에서 바다로 내보내는 溫水 때문에 隣近漁場이 황폐화하고 畸形魚가 발생되고 있다는데 사실인가?

이에 대한 대답은 다음에서 구체적으로 논의될 것이다. 원자력발전이 인류와 생태계에 그 어떤 영향도 주지 않는다고 할 수는 없겠지만 원자력발전이 끼치는 영향은 석유, 석탄, 가스와 같은 다른 에너지보다 훨씬 적다는 것은 잘 알려진 사실이다.

放射性廢棄物의 발생량은 다른 산업폐기물에 비하여 비교가 안될 정도로 적고 발생장소마저도 극히 제한되어 있어, 생태계로부터 격리시킬 수 있는 최신기술을 이용하여 완벽하게 관리되고 있다.

발전소에서 나오는 온수가 인근 바다에 주는 영향은 발전소의 放出口 부근으로 극히 제한되고 있으며 이러한 온수는 원자력 뿐만 아니라 일반산업설비에서도 방출되고 있는 실정이다.

다시 말하자면 원자력발전으로 인한 폐기물의 발생, 온수의 영향 등은 우리세대가 電氣文明을 향유하기 위해 필수적으로 치루어야 할 최소한의 환경영향이라고 할 수 있겠다.

## II. 放射性廢棄物管理

### 1. 管理 概要

원자력발전소도 다른 산업시설과 마찬가지로 폐기물을 발생한다.

그러나 원자력발전소에서 방사능에 오염될 가능성이 있는 지역을 放射線區域 혹은 管理區域이라 한다. 방사능에 오염이 되어서는 안되는 지역을 원자력발전소에서는 淸淨區域이라고 부른다. 방사선구역 혹은 관리구역에는 원자로와 이를 둘러싼 원자로 건물, 원자로 운전엔 필요한 설비가 들어 있는 원자로보조건물, 그리고



<그림1·12> 雜固體廢棄物 壓縮包裝 모습

신체검사 및 엄격한 출입절차를 거쳐 방사선 작업복을 입은 후에야 가능하다. 방사성폐기물은 이 구역에서 발생되며 이 구역내에서 전문인력에 의하여 완전하게 처리된다.

한편 청정구역은 방사선구역과 완전하게 분리되어 있는 지역으로서 전기를 만드는 터빈·발전기 건물, 사무실, 전서관 등이 여기에 속한다. 이곳에서 발생하는 쓰레기 등 폐기물은 방사능에 오염되어 있지 않으므로 쓰레기 수거·처리업체 등에 위탁하여 청소하고 있다.

## 2. 廢棄物 區分

### 가. 氣體 廢棄物

放射性性質이 포함된 폐기물은 크게 보아 기체, 액체 및 고체폐기물로 구분된다. 기체상태의 폐기물에는 방사성 희유기체와 옥소 및 미립자가 포함되어 있다. 기체상태에 포함되는 방사능은 특수한 濾過處理設備를 이용하여 오염물질을 걸러내거나 또는 장기저장설비에서 일정기간동안 저장하여 방사능을 없앤 다음 대기로 방출한다. 방출구에는 방사능연속감시설비가 설치되어 있어 방출제한치를 넘지 않게끔 하고 있다. 이러한 여과처리 설비 또는 장기저장설비는 우리 생체의 허파파리나 기관지의 섬모에 해당한다고 보면 이해가 빠를 것이다.

### 나. 液體 廢棄物

액체상태의 폐기물에는 작은 粒子가 들어 있다. 액체폐기물은 특수한 여과처리설비, 증발기 또는 이온교환수지를 통과시켜 맑은 물로 만들어서 방사능 연속감시설비를 거친후 해양으로 방출한다. 액체폐기물에 포함되었던 찌꺼기는 시멘트를 섞어서 고체상태로 만든다. 이러한 여과처리설비, 증발기 또는 이온교환수지는 우리 신체의 콩팥이 하는 기능과 비슷하다.

### 다. 固體 廢棄物

고체상태의 폐기물은 방사능의 세기에 따라 中·低準位폐기물과 高準位폐기물로 구분한다.

중·저준위 폐기물에는 기체 및 액체폐기물 처리에 사용한 여과재, 이온교환수지, 그리고 증발기의 농축된 찌꺼기 및 관리구역내에서 사용한 방사선작업복, 종이 등의 잡고체가 있다. 사용후여과재, 사용후이온교환수지 및 농축찌꺼기는 시멘트를 혼합하여 고체상태로 만들고, 잡고체는 드럼내에 압축포장한다. 이 과정은 우리 신체의 소장이나 대장이 하는 일과 비슷하다. 중·저준위 폐기물드럼은 발전소부지내 폐기물 저장고에 저장중이다. 고준위폐기물에는 원자로에서 사용이 끝난 사용후핵연료가 있는데 열과 방사능이 계속 방출되므로 발전소마다 지진에 견딜 수 있게끔 설계된 대형수조("使用後核燃料貯藏槽"라 한다)에 저장보관한다.

방사성폐기물을 생태계로부터 완전하게 격리시키기 위하여 우리나라에서는 정부주도하에 중·저준위 폐기물 영구처분장을 1995년 말까지 준공하게 되어 있다. 따라서 이후부터는 발전소의 폐기물 저장고에 저장된 폐기물드럼을 운반해 처분하게 될 것이다. 사용후핵연료는 그 속에 우라늄, 플루토늄과 같은 유용한 물질이 많이 들어 있는 일종의 "資源"으로 볼 수 있기 때문에 바로 영구처분하지 않고 한 곳에 모아서 장기간 저장할 계획이다. 이 장기간 저장할 시설을 사용후핵연료 중간저장시설이라 하는데 1997년말까지 준공을 목표로 정부에서 건설을 추진중에 있다.

### 3. 氣體廢棄物 管理

#### 가. 發生 原因

원자력 에너지는 우라늄이 중성자와 반응하여 핵분열하는 과정에서 발생한다. 핵분열과정의 副産物로 생기는 핵분열생성물은 대부분 연료봉내에 남지만 극히 일부는 원자로 냉각재계통으로 유출되어 원자로와 원자로 건물, 보조건물내 각종 설비와 접촉하게 된다.

방사성기체는 원자로 냉각재계통의 냉각수를 깨끗하게 처리하는 과정에서 발생하는 것과 방사능에 오염된 액체폐기물을 수집처리하는 과

정에서 발생하는 것이 대부분이다.

#### 나. 處理 方法

##### (1) 一定期間 貯藏方法

고리제 1 발전소, 월성 및 울진 원자력발전소에서는 기계저장탱크에 기체폐기물을 압축·주입하여 45일 이상의 일정기간 동안 저장함으로써 방사능이 자연적으로 없어지게 한다. 방사성옥소 및 미립자는 특수 여과설비를 거쳐 걸러낸 후, 방사능연속감시기를 통해 공기중으로 방출시킨다. 만약 방사능이 안전기준치를 초과하면 자동적으로 방출이 중단된다.

##### (2) 活性炭 濾過法

고리 제 2 발전소 및 영광 원자력발전소에서 다량의 활성탄이 들어있는 여과탑에 기체 폐기물을 통과시킴으로써 방사능을 먼 물질을 활성탄에 흡착시켜 걸러낸 후, 방사능연속감시기를 통해 방출된다. 이 경우도 방사능이 안전기준치를 초과하면 자동적으로 방출이 차단된다.

#### 다. 放出 管理

##### (1) 發電所外部의 空氣中 放射能性質 最大許容濃度를 超過하지 않도록 한다.

공기중 방사능물질 최대허용농도는 원자력법 시행령 제110조에 의하여 과학기술처 고시 제 84-2호로 공포되어 있다. 기체폐기물은 방출하기 전에 기체폐기물 시료를 채취하여 방사능의 종류 및 농도를 측정하여 최대허용농도가 초과되는지를 확인하고 공기중으로 내 보낸다. 또한 만약에 대비하여 허용치 이상의 방출이 일어나면 자동으로 방출을 중단시키는 방사능연속감시기를 통해 방출시킨다.

상기와 같은 방출기준을 적용하여 관리한 결과, 경수로 1기를 기준으로 할 때 국내원전은 1989년에 평균 약 135큐리를 방출한데 비하여 프랑스는 약 440큐리, 일본은 약 240큐리, 대만은 약 30큐리 정도이다. 외국의 사례에 비하여 상대적으로 적은 양을 방출하였음을 알 수 있다.

(2) 發電所隣近 住民의 年間 放射線影響 基準  
 値를 넘지 않도록 한다.

발전소인근 주민에 대한 연간 방사선영향 기준치는 다음과 같다.

- 감마선에 의한 공간선량: 10밀리라드
- 베타선에 의한 공간선량: 20밀리라드
- 개인별 전신선량: 5밀리렘
- 개인별 피부선량: 15밀리렘
- 방사성옥소 및 미립자에 의한 단일 신체장기: 15밀리렘

발전소인근 주민에게 위의 기준치를 초과하는 방사능을 방출했는지 여부는 방사능의 총량, 기상상태, 반경 80 km 이내 지역사회의 각종자료를 “발전소 인근 주민 방사선 영향평가 컴퓨터 프로그램(ODCM)”에 입력하여 계산한 결과를 기준치와 비교 평가한다.

발전소인근 주민에 대한 방사선 영향을 최근 3년간 평가한 결과에 따르면 발전소 울타리 바로 옆에 거주하는 주민이 받은 전신선량은 1년에 기껏해야 0.35밀리렘 이하인 것으로 계산되었다. 이 값은 개인별 终身線量 기준치인 연 5밀리렘의 7퍼센트 이하로 극히 적다. 방사선에 관하여 세계 최고 권위기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반 시민에 대해 권고한 선량이 500밀리렘이고, 우리 인간이 원자력 발전소가 없이도 자연적으로 받는 개인선량이 1년에 240밀리렘 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원자력 발전소에서 나오는 기체폐기물에 의한 주민영향은 없다고 말할 수 있겠다.

#### 4. 液體廢棄物 管理

##### 가. 發生 原因

액체폐기물의 근원은 핵분열생성물이 들어 있는 원자로 냉각수이다. 원자로 냉각수를 깨끗이 처리하는 과정에서 발생하는 것과 펌프 벨브 등의 기기로부터 누설된 물을 수집한 것, 그리고 방사선작업복 등을 세탁한 물 등으로 구분할 수 있다. 액체폐기물은 포함된 방사능의 양, 화학적 순도에 따라 發生源에서부터 구분하여 수

집하도록 되어 있다.

##### 나. 處理 方法

원자로 냉각수의 처리과정에서 발생하는 액체폐기물에는 붕산이 다량 포함되어있으므로 붕산회수설비의 여과기, 이온교환수지 및 붕산 증발기를 사용하여 붕산을 회수하여 재사용한다. 방사능이 없어진 깨끗한 증류수는 발전소에서 다시 사용하거나 바다로 내보내게 된다. 증류수는 방출전에 방사능 농도를 측정하여 방출여부를 결정하고 방사능 연속감시기를 거치게 된다. 각종 기기로부터 건물바닥으로 누설된 액체 폐기물은 먼지 등 불순물을 다량 포함하고 있기 때문에 저장탱크에 수집하였다가 액체 폐기물 처리설비의 일부인 여과기, 이온교환수지 및 폐기물증발기를 사용하여 처리한다. 폐기물증발기 내의 농축찌꺼기는 시멘트와 혼합하여 고체로 만들고, 깨끗한 증류수는 방사능 농도를 측정하여 방출 여부를 결정한 후에 방사능 연속감시기를 거친후 방출시킨다.

방사선작업복을 세탁한 물과 방사선작업자들이 목욕한 물에는 방사능이 거의 없지만 비누성분이 많으므로 세탁배수 저장탱크에 따로 수집하였다가 방사능 농도를 측정하여 방출여부를 결정한다. 이 폐기물도 방사능연속감시기를 거치게 된다.

##### 다. 放出 管理

(1) 發電所外部의 物속 放射能性質 最大許容 濃度를 超過하지 않도록 한다.

물속에서의 방사능물질 최대허용농도는 원자력법 시행령 제110조에 의하여 과학기술처고시 제84-2호로 공포되어 있다. 액체폐기물은 방출하기 전에 시료를 채취하여 방사능의 종류 및 농도를 측정하여 방출여부를 결정한 후에 허용치 이상일 경우 자동으로 방출을 중단시키는 방사능연속감시기를 통해 방출시킨다.

상기와 같은 방출기준을 적용하여 관리한 결과를 보면 輕水爐 1기를 기준으로 할 때 국내원

전이 1989년에 약 0.03큐리를 방출한데 비하여 프랑스는 약 0.75큐리, 대만은 0.2큐리, 일본은 약 0.02큐리 정도로 외국의 사례에 비하여 상대적으로 적은 양을 방출하였음을 알 수 있다.

(2) 發電所隣近 住民의 年間 放射線 影響 基準 値를 넘지 않도록 한다.

발전소인근 주민에 대한 연간 방사선 영향기준치는 다음과 같다.

- 개인 전신선량 : 3밀리렘
- 기타 신체장기 : 10밀리렘

발전소인근 주민이 위의 기준치를 초과하는 방사능을 맞았는지의 여부는 앞에서 언급한 “발전소인근 주민 방사선 영향 평가 컴퓨터 프로그램(ODCM)”에 입력하여 계산한 결과를 기준치와 비교 평가한다.

발전소인근 주민에 대한 방사선 영향을 최근 3년간 평가한 결과, 발전소 울타리 바로 옆에 거주하는 주민이 받은 전신선량은 1년에 기껏해야 0.03밀리렘 이하인 것으로 계산되었다. 이 값은 개인 全身線量 기준치인 3밀리렘의 1% 이하로 극히 적다. 방사선에 관하여 세계 최고기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반시민에 대해 권고한 개인선량이 500밀리렘이고, 우리 인간이 원자력발전소가 없이도 자연적으로 받은 개인선량이 1년에 240밀리렘 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원자력발전소에서 나오는 액체폐기물에 의한 주민영향은 없다.

## 5. 固體廢棄物 管理

### 가. 中·低準位 廢棄物

#### (1) 發生 原因

고체 폐기물은 기체 및 액체폐기물 처리에 사용한 폐여과재, 폐이온교환수지, 폐액증발기의 농축찌꺼기, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 제염지 등 잡고체로 구분할 수 있다.

#### (2) 處理 方法

고체폐기물은 종류별로 처리방법을 달리하고 있다. 폐여과재, 폐이온교환수지 및 농축찌꺼기

는 시멘트와 혼합하여 드럼속에서 고체화한다. 잡고체 폐기물은 수집하여 약 10톤 규모의 압축기로 드럼내에서 압축·포장한다. 다만 월성 원자력발전소의 폐이온교환수지는 발전소내의 대형저장탱크에, 폐여과재는 폐기물저장고내의 특수 콘크리트 용기에 넣어 보관중에 있다.

#### (3) 貯藏 管理

드럼에 포장처리된 고체폐기물은 전용트럭에 실어서 발전소내 폐기물 저장고로 운송하여 폐기물 종류별로 저장하고 있다. 1989년도에 원자력발전소에서 발생한 폐기물 드럼은 모두 합쳐서 6,098드럼이었다. 고체폐기물 발생실적을 외국의 사례에 비교하여 보면 국내의 경우로 1기당 평균 발생량은 연간 617드럼으로서, 미국 및 프랑스의 연평균 840~1,000 드럼보다는 훨씬 낮은 수준이다. 그러나 일본의 연평균 420드럼에 비해서는 높은 수준인데 일본에서는 휴지, 갈레, 방사선작업복 등을 소각처리하거나 높은 압력으로 압축 처리하여 폐기물량을 줄였기 때문이다.

1989년도의 국내 원자력발전량이 약 474억 kWh이었으므로 국민 1인당 약 1,130kWh의 원자력전기를 사용하였다. 이 과정에서 국민 1인당 약 50g의 중·저준위 폐기물드럼이 발생된 셈이다. 지난해 서울시민 1인당 쓰레기 발생량이 약 700kg 이상임을 감안하면 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물량은 매우 적다고 할 수 있다. 고리 1호기가 1978년 4월 운전을 개시한 이래 1989년말까지 모든 원자력 발전소가 발생시킨 고체폐기물은 24,601 드럼에 이르는데 이는 저층 아파트 1동과 맞먹는 부피에 해당한다.

#### (4) 永久 處分

고체폐기물은 발전소에서 얼마간 저장하다가 영구처분시설이 완공되면 영구처분시설로 운송되어 생태계로부터 완전 격리된다. 정부에서 추진중인 지하 동굴방식의 영구처분 시설은 1995년 12월말까지 준공될 계획이다. 한전은 이 시설의 건설과 운영, 관련 연구 개발을 위해 방사성폐기물 관리기금을 정부에 납부하고 있다.

#### 나. 高準位 廢棄物

##### (1) 發生 原因

원자력발전소에서는 우라늄을 연료로 사용하는데 우라늄은 원자로내에서 중성자와 반응하여 핵분열하면서 열에너지를 내는 동시에 핵분열생성물이라 하는 다량의 방사성물질로 변환된다. 핵연료는 경수로에서는 약 3년, 중수로에서는 약 1년 정도 사용하면, 우라늄 235의 양이 줄어들어 연료로서의 가치가 없어진다. 원자로에서 사용이 끝난 핵연료를 使用後核燃料라 하여 방사성폐기물로 취급관리한다.

고리 1호기와 같은 60만kW급 경수로형 발전소에서는 1년에 약 16톤, 고리3, 4호기와 같은 95만kW급 발전소에서는 1년에 약 24톤의 사용후핵연료가 발생된다. 농축우라늄을 사용하는 경수로형 발전소와는 달리 천연우라늄을 정제하여 바로 사용하는 중수로(월성 원자력 발전소)에서는 1년에 약 90톤 정도의 사용후핵연료가 발생된다.

##### (2) 貯藏 管理

사용후핵연료는 그속에 포함된 다량의 핵분열생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 오랜기간 동안 강력한 방사선과 열을 발생한다. 그래서 방사선으로부터 발전소내 작업자와 인근주민을 보호하고 열을 제거하기 위하여 사용후핵연료는 발전소의 핵연료건물내의 대형 수조(이를 "사용후핵연료 저장조"라 한다)에 저장한다. 최근에는 물속에 저장하는 기술외에도 콘크리트로 방사선을 차폐하고 공기로 열을 제거하는 기술도 발달하여 해외의 여러 원전에서 사용되고 있다. 우리나라에서도 월성 원자력발전소에 이러한 空氣冷却式 貯藏 施設을 건설하고자 추진중에 있다.

1989년도에 발생된 사용후핵연료는 모두 233

톤이었으며, 고리 1호기가 1978년 4월에 운전을 개시한 이래 1989년말까지 모든 원전에서 발생된 누계 발생량은 1,143톤에 달한다. 지난해 생산된 원자력발전량이 약 474억kWh이었으므로 국민 1인당 약 1,130kWh의 원자력 전기를 사용하였다. 이 과정에서 국민 1인당 약 5g의 사용후핵연료가 발생된 셈이다.

##### (3) 中間貯藏 및 永久處分

사용후핵연료는 방사성폐기물이라는 하지만 우라늄 238 및 플루토늄과 같은 유용한 물질이 포함되어 있다. 그래서 영국, 프랑스, 서독, 일본 등지에서는 사용후핵연료로부터 우라늄과 플루토늄 등의 유용한 물질을 추출해서 다시 핵연료로 제작하여 원자로에 사용하고 있다. 이러한 유용물질 추출과정을 "再處理"라 한다.

우리나라는 아직 재처리 기술을 확보하지 못하고 있으나 앞으로 고속 증식로와 같은 신형원자로를 보유하게 되면 사용후핵연료의 재처리는 필연적이다. 따라서 미래의 자원인 사용후핵연료를 바로 영구처분하지 않고 상당기간 보관하기로 제220차 원자력위원회(1988. 7)에서 결정하였다. 원자력발전소의 자체보관능력이 제한되어 있기 때문에 정부에서는 3,000톤 규모의 대형수용장 형태의 저장 시설(이를 "중간저장시설"이라 한다)을 1997년말 목표로 건설을 추진중에 있다. 1998년초부터 원자력발전소에 저장되어 온 사용후핵연료가 중간저장 시설로 운송되어 저장될 예정이다. 사용후핵연료 영구처분장은 미국 및 서독과 같은 나라에서 2000년대 초 가동을 목표로 추진중에 있는데, 지하 수백미터 아래에 수평터널을 파서 사용후핵연료를 넣고 밀봉하여 생태계로부터 완전하게 격리하는 개념이다.

우리나라의 영구처분장도 2000년도 중반에 건설되어야 할 것으로 전망된다. 중간저장시설의 건설, 영구처분 기술의 개발 등을 지원하기 위해 한전은 방사성폐기물 관리기금을 정부에 납부하고 있다.

☞ 다음 호에 계속

