

원자력발전소의 방사선 안전관리 현황

한국전력공사 방사선재해대책부

박 연 선

1. 서 론

경제성장과 산업기술의 발전으로 에너지소비가 증가하고 있으며 최종에너지 소비중 전력이 차지하는 비율도 증가 추세에 있다.

오늘날 우리나라는 원자력발전소 9기를 가동하는 세계 10위의 원전 보유국으로 부상하여 우리가정의 전등 2등중 1등을 원자력으로 밝히고 있을 뿐 아니라, 방사선을 이용하는 관련산업 또한 원자력기술의 진전과 함께 매년 20% 정도씩 증가되어 이제 600여 기관에서 이를 비파괴검사, 병의 진단 및 압치료, 품종개량 등에 널리 활용하고 있는 등 우리는 본격적인 원자력 시대에 살아 가고 있다(그림 1 참조).

원자력의 이용이 이제 에너지의 안정적확보 차원에서는 물론, 산업의 질적수준향상과 생활의 편익증대에 이르기까지 광범위하게 활용되고 있는 반면 원자력발전소의 안전성이나 방사선안전관리에 대한 불신, 의구심, 불안감 등은 점차 커지고 있는 실정이다. 원자력 이용개발의 효율적인 추진을 위해서는 국민적 합의 형성이 매우 중요한 요소로 등장하게 되었으며 국민적 이해와 신뢰기반의 확충을 위한 노력이 절실히 요구되고 있다. 원전의 안전은 궁극적으로 방사선으로부터 인체 물체 및 환경을 보호하는데 목적이 있는 바, 이를 위하여 현재까지 방사선 안전관리를 철저히 수행하여 왔으나, 이에 대한 인식 부족으로 인하여 일반국민은 물론 원자력산업 관련자들까지도 원자력발전소의 안전성 및 방사선안전관리에 일부 의구심을 나타내고 있어, 이해와 인식 제고를 위해 원자력 발전소의 방사선관리 개념과 내용을 기술하고자 한다.

2. 방사선 안전관리의 기본개념

1) 기본 원칙

원자력 발전소의 안전은 궁극적으로 방사선의 안전이라 할 수 있으며 설계 건설 단계에서 부터 안전에 대한 세밀한 배려를 하고 있다.

원전의 3대 안전 목표

- 개인, 사회 및 환경을 보호하기 위하여 방사선 장해에 대한 효과적인 방호대책 수립, 유지
- 방사선 피폭 및 방사성 물질 유출을 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA) 그리고 제한치 이내로 유지
- 설계시 고려된 모든 가상 사고에 대하여 방사선 피해를 최소화해야 하며 심각한 방사능 피해를 유발하는 중대사고의 가능성을 극소화하는 높은 신뢰성 확보 및 보증

우리나라의 방사선 안전관리 기준은 국제방사선 방호 위원회(ICRP)의 권고를 참고한 원자력법 및 관련 규정에 명시하고 있다.

방사선 방호의 목적은 「비확률적인 유해한 영향을 배제하고, 확률적 영향을 용인할 수 있다고 생각되는 수준까지 제한」하는 것이다.

비확률적 영향의 방지를 위하여 방사선량을 충분히 낮게 설정, 문턱값(Threshold)을 초과하지 않도록 하고, 압등의 확률적 영향에 대해서는 원자력 이용에 따르는 방사선의 영향, 즉 리스크(Risk)가 이용에 따라 받는 이익에 대하여 서로 다른 산업의 경우에 비해 충분히 용인할 수 있는 수준까지 낮게 제한하고 있는데, 이와 같은 개념을 「합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA)의 정신」이라고 한다.

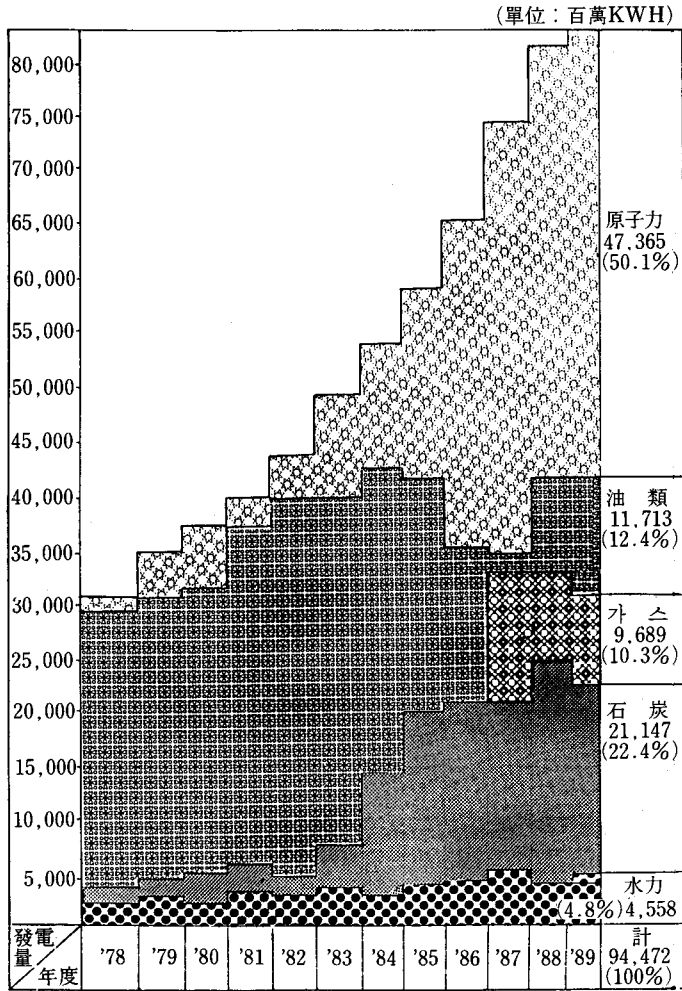


그림 1. 우리나라의 발전량

원자력 발전소에서는 각종 작업으로부터 받는 방사선량을 통상적으로 기준치 이하가 되도록 하고 있으나 ALARA 정신에 따라 불필요하게 방사선을 받지 않도록 설비 측면이나 작업에 대한 관리를 하고 있다. 또한, 발전소 주변의 일반대중에 대한 방사선량에 대해서도 달성 가능한 한 낮게 운영하고 있다.

2) 수행 방법

원자력발전소의 방사선장해 방지수단으로는 발전소에 설치하는 제반 방사선안전시설과 관리로 구분할 수 있으며, 방사선 안전시설로서 주요한 것은 외부피폭을 방지 또는 저감시키기 위한 차폐설비, 내부피폭을 방지하기

위한 환기설비, 원자로 시설의 운전상황과 발전소내의 작업환경 파악 및 주변환경의 안전확인등을 위한 방사선 감시설비, 발전소에서 발생하는 기체, 액체, 고체 폐기물을 안전하게 처리하는 폐기물 처리설비 등이 있다.

넓은 의미에서는 원자로시설 자체의 안전을 확보하여 방사선원의 이상발생을 억제하는 것까지 방사선안전시설에 포함되지만, 일반적으로는 이들 발전소의 운영에 따라 발생하는 방사선을 감시 관리하는 설비를 말하고, 발전소의 설계 건설단계에서 부터 충분히 고려하고 있다.

발전소에서 수행하는 방사선 안전관리로는, 발전소내를 구획하여 출입제한등의 조치를 취하는 구역관리와 설

비의 보수등 작업에 수반한 사람이나 물품의 출입관리, 피폭이나 방사능 오염의 방어조치를 취하는 작업관리, 작업자 각 개인의 방사선량을 측정, 평가 및 관리하는 개인 방사선량 관리, 발전소내의 방사선 상황을 파악하기 위한 방사선의 측정 및 감시, 기체 액체 폐기물의 방출상황을 파악하여 주변환경으로의 영향이 없음을 확인하기 위한 폐기물의 측정 및 감시가 있으며, 발전소 주변의 환경에 대한 방사선(능) 감시와 방사선 비상대책의 강구 등을 들 수 있다.

3. 원전의 방사선 안전관리

1) 구역의 설정 및 관리

(1) 관리 구역

원자로 건물, 사용후 핵연료 저장시설, 방사성폐기물 처리시설등의 장소로서, 그 장소에 대한 방사선량율, 공기중 또는 수중의 방사성물질 농도, 또는 방사성 물질로 오염된 물건의 표면오염도 등이 원자력법에서 정하고 있는 값을 초과하거나 또는 초과할 우려가 있는 구역은 모

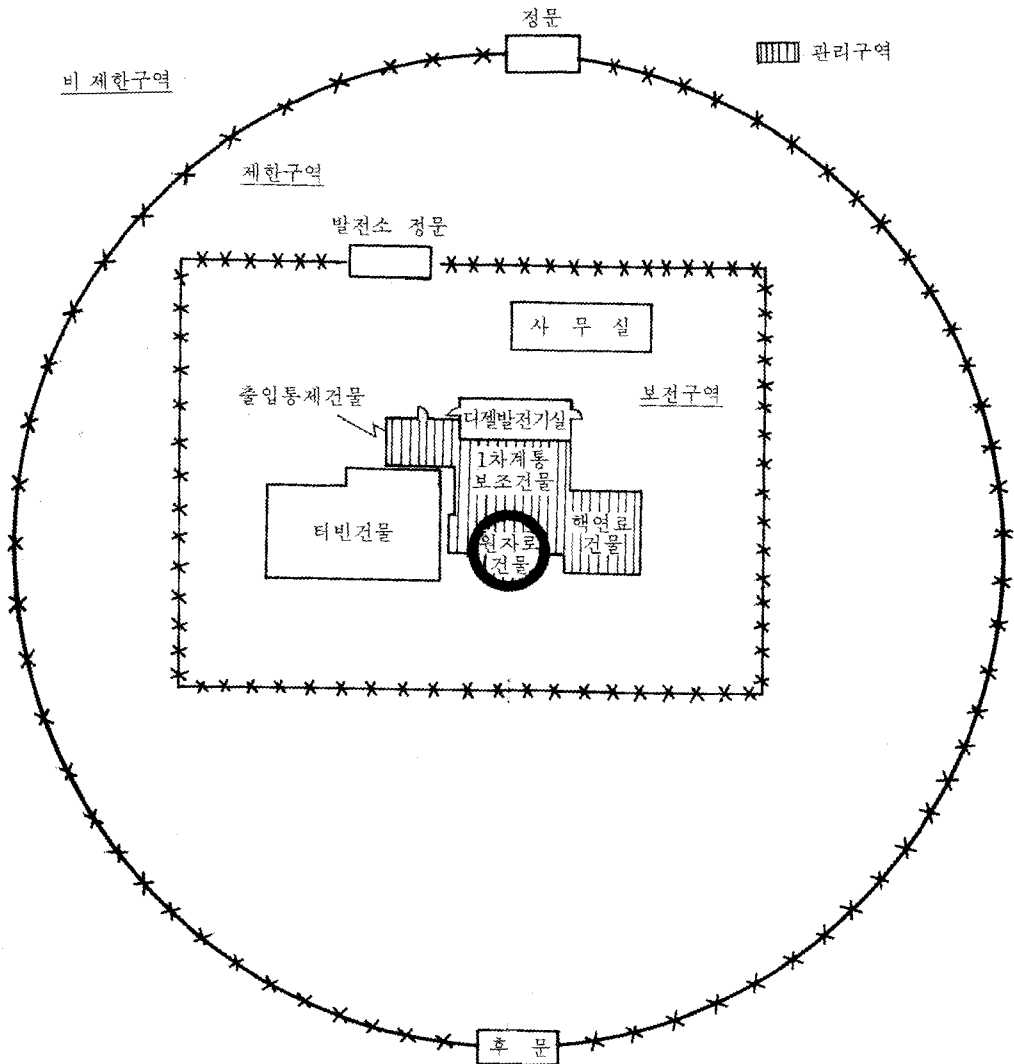


그림 2. 원자력발전소의 구역구분

두 관리구역으로 정하여 운영하고 있다. 관리구역에 대해서는 다음과 같은 조치를 취하고 있다.

첫째 : 벽, 울타리등으로 구획하거나 표지를 하여 다른 장소와 명백히 구별하고 방사선의 준위에 따라 사람의 출입제한 및 열쇠관리를 한다.

둘째 : 바닥, 벽, 그 밖에 사람이 접촉할 우려가 있는 물건은, 그 표면 오염도가 기준치를 초과하지 않도록 한다.

셋째 : 관리 구역에서 사람이 나오거나 물품을 반출하고자 할 때는, 그 사람의 신체 및 의복, 신발 등 신체에 착용하고 있는 물건 및 반출하고자 하는 물품의 표면오염도가 원자력법 및 관련 규정에서 정한 기준치를 초과하지 않도록 한다(그림 2 참조).

(2) 보전 구역

원자력발전소 시설의 보전 및 오염확산의 방지를 위하여 특별히 관리를 요하는 원자로 건물, 원자로 보조건물 중에서 관리 구역외의 구역과 터빈건물 등을 보전구역으로 설정하여 운영하고 있다. 보전 구역은 표지를 설치하는 등의 방법으로 다른 장소와 명백히 구별하고 필요에 따라 출입제한, 열쇠관리, 물품반출제한 등의 조치를 강구하고 있다(그림 2 참조).

(3) 제한 구역

원자력발전소의 설치 운영으로 방사선(능)에 의한 인체, 물체 및 공공의 재해를 방어하기 위하여 일정범위의 부지를 확보하여 이 구역내에서 일반인의 출입이나 거주를 제한하는 등의 제반통제 및 관리를 하고 있다. 제한 구역 경계에는 울타리 또는 표지를 하여 외부에서 제한 구역임을 알 수 있도록 함과 동시에 업무상 이외의 자의 출입을 제한하고 있다(그림 2 참조).

2) 작업 및 출입관리

관리 구역내에서 설비 및 작업환경의 관리를 충분히 하여 작업환경조건의 향상을 꾀하고 있지만, 종사자의 방사선량을 낮추기 위하여 엄격한 작업관리를 하고 있다(그림 3 참조).

(1) 사람의 출입관리

관리 구역으로 출입하는 장소에 출입통제시설을 설치하여 미리 지정된 자만이 출입하도록 제한하고 있으며, 관리구역에 출입하는 사람에게는 포켓선량계와 열형광선량계등 개인선량계를 착용토록하여 포켓선량계는 매출입시마다, 열형광선량계는 매월마다 종사자의 방사선

량을 측정하고 있으며 또한 마스크, 공기공급 플라스틱 슈트등 지정된 방호 장구류를 착용토록하여 내부피폭을 방지하고 있다. 또한 관리구역에서 벗어날 때는 신체오염 여부를 검사하여 오염된 상태로 관리구역 밖으로 나가는 것을 방지하고 있다.

(2) 관리 구역에서의 조치

관리 구역에서는 방사성 물질을 경구 섭취할 우려가 있기 때문에 음식 섭취 및 흡연을 금지하고 있으며 방사성 물질에 의한 오염이나 오염확대의 방지에 필요한 조치를 취하며, 신체나 바닥등이 오염되어 쉽게 제거할 수 없을 때에는 곧바로 방사선관리 담당자가 적절한 조치를 강구하도록 되어 있다. 또한 관리 구역에서 나올 때에는 오염여부를 검사하여 이상이 발견되면 곧바로 방사선관리 담당자가 제염등 적절한 조치를 취하게 된다. 오염여부 검사장비로는 전신오염감시기(Portal Monitor)와 손 발 오염감시기(Hand & foot Monitor)등을 사용하고 있다.

(3) 물품의 반출입 관리

관리 구역에서의 물품 반출입은 일반적으로 관리 구역의 출입구에서 관리하고 있다. 또 핵연료 및 대형기기의 반출입시에는 원자로건물, 원자로 보조건물등의 기기반입구에 임시출입 관리 설비를 설치하여 반출입을 관리하고 있다. 관리 구역에서 물품을 반출할 때는 물품의 오염검사를 하고 그 물품의 표면 방사능 오염도가 기준치를 초과하지 않도록 하고 있다.

(4) 관리 구역내의 구분

관리 구역은 외부방사선량을, 벽, 바닥의 표면오염도, 공기중 오염농도에 따라 공기오염 구역, 표면오염 구역, 방사선 구역, 고방사선 구역 등으로 구분 관리하고 있다.

(5) 작업 관리

관리 구역내에서의 작업은 다음과 같이 실시되고 있다.

① 사전에 개인의 피폭이력, 작업환경 및 그 변화를 고려하여 필요에 따라 일시적인 차폐의 사용, 제염등 종사자의 방사선량을 저감할 수 있도록 작업계획을 수립하고 동시에 작업방법, 절차등에 대하여 철저히 주지시킨다.

② 방사선 방어를 위하여 마스크등의 방사선 방호 장구류, 개인 선량계등의 착용 또는 시간제한 등 필요한 조치를 취한후 작업에 임하도록 한다.

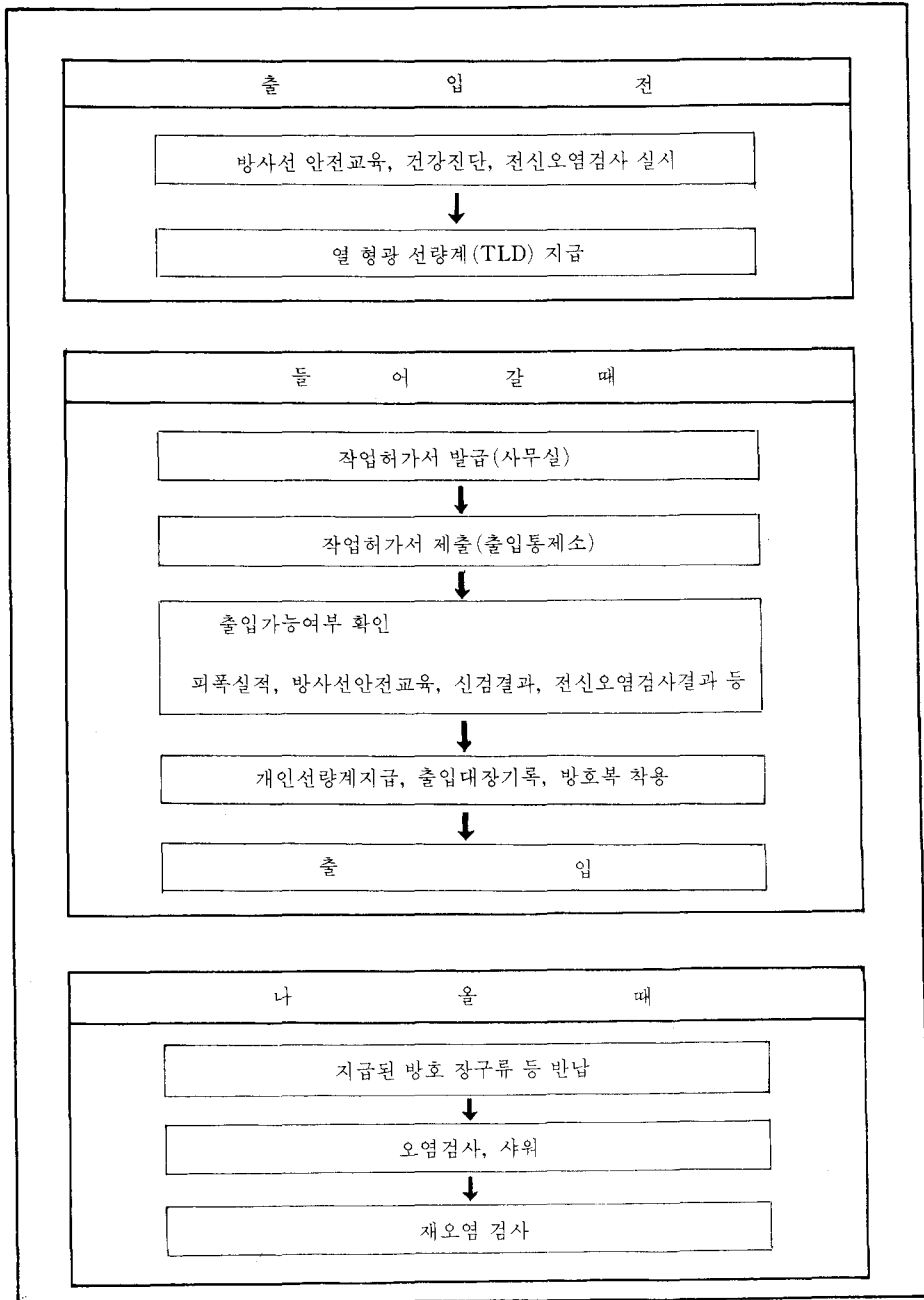


그림 3. 종사자 작업관리 절차

3) 개인 방사선량 관리

(1) 관리 구역 출입절차

방사선 작업에 종사하는 근무자에 대해서는 관리 구역

에 출입하기 전에 종사자로 지정하는 절차를 거치게 되는데 건강진단과 전신계측 및 방사선 안전교육을 실시하게 된다. 방사선 작업종사자로 지정되어 방사선 관리 구역에 들어갈 때는 방사선 작업허가서를 작성하여 승인을

받은 후 개인선량계 및 방호용품을 착용하고, 성명, 선량계 수치, 출입시간 등을 기재한 후 관리구역에 출입하게 되며 관리 구역에서 나올 때에는 들어가는 절차의 역순으로 하되 방사능 오염점사가 추가된다.

(2) 건강진단과 안전교육

① 건강진단

방사선 관리 구역에 처음 출입하게 되는 종사자는 출입하기전에, 상시 출입하는 종사자는 매 1년 마다 건강진단을 실시하고 있으며 최근 3개월간의 집적선량이 1.25렘을 초과하였거나 초과할 우려가 있는 종사자는 그때마다 건강진단을 실시하고 있다. 건강진단은 문진 및 검사 또는 점진의 방법으로 하며 진단항목은 아래와 같다.

***문진**

- 방사선 피폭증상의 유무
- 피폭증상이 있는 자에 대해서는 그의 작업장소, 작업내용, 작업기간, 집적선량 및 방사선장해의 유무
- 기타 방사선에 의한 피폭증상

***검사(검진)**

- 말초혈액 중의 철색소량, 적혈구수 및 백혈구수
- 말초혈액 중의 백혈구상(필요시)
- 피부(필요시)
- 눈 (필요시)

② 방사선 안전교육

원자력발전소 작업종사자의 방사선 안전 및 비정상시 행동 지침 숙지와 방사선 방어능력 배양을 위해 신규 및 전입자 교육과 정기 보수교육을 실시하고 있다.

***신규 및 전입자 교육 :**

- 주 기—방사선 관리 구역 처음 출입전
- 교육내용—방사선 기초 이론
 - 관리 구역 출입 절차 및 준수사항 등

***정기 보수 교육 :**

- 주 기—연 1회 이상
- 교육내용—방사선 피폭 관리
 - 방사선 작업 관리 및 오염관리
 - 방사성 폐기물 관리
 - 방사선 재해 대책 등

(3) 방사선량 관리

원자력발전소에서는 종사자의 자체 피폭선량 기준치(법정 기준치의 80%)를 초과하지 않도록 관리하고 있다(그림 4 참조).

외부피폭에 의한 선량평가는 1개월 단위로 1회 실시하

* 대만은 가압경수로와 비등수로 기준

** 필란드는 TVO 발전소 기준

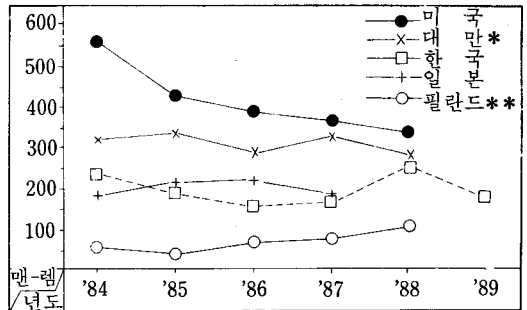


그림 4. 국가별 호기별 평균선량(가압경수로)

고 있으나 특수한 작업을 한 경우에는 작업직후 평가를 하고 있으며, 계측수단으로 열형광선량계(TLD)를 사용하고, 그 외에 자신 스스로 판독할 수 있는 포켓선량계(PD) 등을 보조수단으로 활용하고 있다.

종사자가 방사성 물질을 체내로 섭취하여 받는 내부피폭을 평가하기 위해 전신계측기(Whole body counter)를 사용 측정하고 있으며 종사자로 지정할 때와 매 1년마다 정기적으로 실시하고 있지만 그 외에 필요하다고 인정될 때 임시 측정도 실시하고 있다. 또한 α 선이나 β 선에 의한 내부피폭 평가는 뇨시료 측정등 Bioassay법을 사용하고 있다.

개인별 선량의 기록과 보관은 방사선량 관리의 중요한 업무로서 각종 교육이력, 건강진단 내용 등과 함께 전산화하여 종합 관리하고 있다.

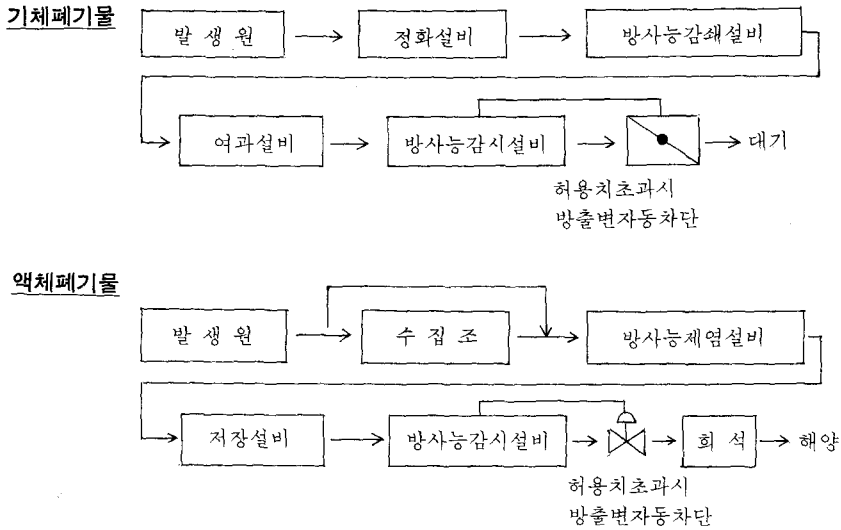
4) 방사성 폐기물 관리

(1) 기체 폐기물

원자력발전소내의 기체 폐기물은 지연, 붕괴법, 농축법(여과 흡착등)을 이용한 처리계통에서 방사성 물질을 제거한 후 방출 감시기의 연속감시 과정을 거쳐 대기로 방출하며 방출도중 허용치를 초과할 때 즉시 방출변이 자동 차단되도록 설계운용하고 있으며 기체 폐기물 계통에서 발생하는 폐여과재 및 폐수지등은 방사성 고체 폐기물로 분류하여 처리하고 있다.

(2) 액체 폐기물

액체 폐기물 발생원은 격납용기 바닥집수, 화학배수, 세탁 및 샤워 배수 등이며 여과, 탈염, 증발농축 등의 방법을 이용한 처리계통에서 방사성 물질을 제거한 후 방출 감시기의 연속감시 과정을 거쳐 해양 방출하며 방출



중 허용치를 초과할 때 즉시 방출변이 자동 차단되도록 설계 운용되고 있으며 액체 폐기물 계통에서 발생하는 폐여과재, 농축폐액, 폐수지 등은 고체 방사성 폐기물로 분류하여 처리하고 있다.

(3) 고체 폐기물

기체 방사성 폐기물 및 액체 처리 계통에서 발생하는 폐여과재, 폐수지 등의 처리매체 및 원자력 발전소 운전 보수과정에서 발생하는 잡쓰레기를 수집, 분류, 감용, 고화처리 과정을 거쳐 특수하게 설계된 저장고에 옮겨서 안전하게 저장하고 있으며 가연성 폐기물은 소각처리에 대비하여 압축감용후 별도 관리하고 있다(그림 5 참조).

사용후 핵연료는 내진설계된 소내 저장수조에 안전하게 저장 관리되고 있으며 국제원자력기구(IAEA)에서

정기적으로 방문하여 관리 상태를 점검하고 있다.

5) 환경방사능 관리

(1) 개요

원자력발전소 주변의 환경방사능 준위가 일반 공중의 방사선장해를 유발할 수도 있는 최대허용농도 이하임을 확인하고 주변 환경에서의 방사성 물질 축적 경향을 파악하며 방사성 물질의 방출에 의한 주변 환경의 오염여부를 판단하기 위해 원자력발전소 부지별로 환경 방사능 실험실을 운영하고 있으며 주기적으로 환경방사능 시료를 채취하여 자체 분석하고 일부 시료는 대외기관인 한국원자력연구소에 의뢰하여 환경방사능 분석결과와 신뢰성 확보와 객관성 제고를 꾀하고 있다(표 1 참조).

(2) 환경방사능 감시 현황

① 환경방사선 감시기의 설치 운영

인구 밀집지역, 대기확산 인자가 최대인 거주지역, 방사능이 높을 것으로 예상되는 상이한 방향의 3개 지점 및 최소 풍하지역인 2개의 비교지점 등 30 km 이내에 10대 이상의 감시기를 설치하여 공간 감마 선량율을 연속 감시하고 있으며 온라인으로 연결하여 중앙제어실과 환경 방사능 실험실에서 감시가 가능하도록 하고 있다.

② 열형광선량계 설치

원자력발전소 주변 30 km 이내 지역의 방사선량을 측정 평가하기 위하여 40개소 이상의 지점에 열형광선량계(TLD)를 설치하여 매 분기마다 집적방사선량을 조사하

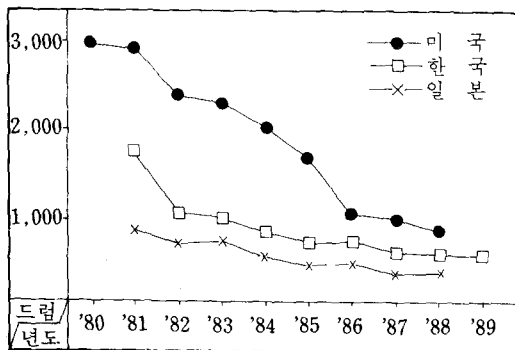


그림 5. 원자력발전소 1기당 고체폐기물 발생량 비교

고 있다.

③ 환경방사능 시료 채취, 분석, 평가

환경방사능 채취 및 분석은 과학기술처 고시 제 85-8 호 “원자력발전소 주변 환경조사 지침”을 근거로 실시하고 있으며 실제로는 더 많은 지점 및 항목을 조사해 오고 있다(표 2 참조).

④ 주변 주민 방사선량 평가

원자력발전소 가동으로 인해 주민이 받는 방사선량을 평가하기 위하여 부지내에 기상 관측탑을 설치하여 측정 한 풍향, 풍속, 대기 안정도와 인구 분포, 농수산물 생산량, 생활습성 등 사회환경 자료를 조사하여 주기적으로 주민의 방사선량을 평가하고 있으며 평가에는 국제적으로 사용되는 전산 프로그램을 사용하고 있다.

국내 원전의 주변 주민 방사선량은 평가 결과 1 mrem 미만으로 제한치인 500 mrem은 물론 운영 목표치 5

mrem을 훨씬 밑돌고 있다(그림 6 참조).

6) 방사선 비상대책

(1) 개요

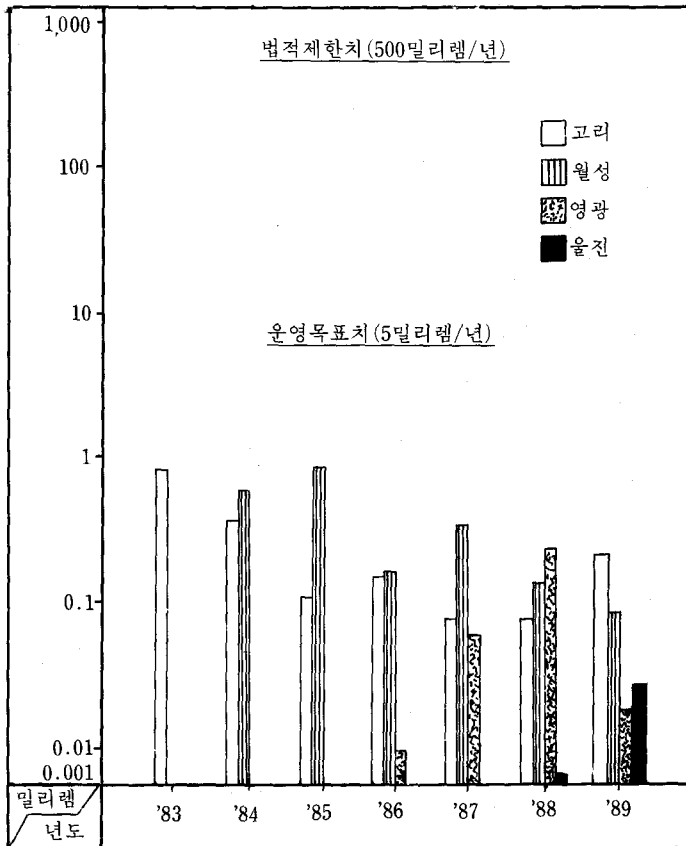
원전의 비상대책은 만의 하나 일어날 수 없는 것 일지라도 최악의 사태를 고려, 그러한 경우에도 주변 주민, 종사자 및 제반 시설의 피해를 방지하고 보호하는 대책을 강구하는 것이다.

(2) 방사선 비상훈련

비상대응 능력을 향상시키고 비상계획의 유용성을 입증하기 위하여 정기적으로 훈련을 실시하고 있으며 부지별로 매 3년마다 실시하는 합동훈련에는 관할 도, 군 등 대외기관도 참여하고 있다(표 3 참조).

(3) 비상대응 시설

직통전화, 모사전송기(FAX), 방송설비 등 각종 통



* 발전소 부지경계에서 성인이 1년간 발전소로 인해 전신에 받은 선량

그림 6. 원전인근주민의 개인 최대방사선량

표 1. 환경방사선(능) 감시체계

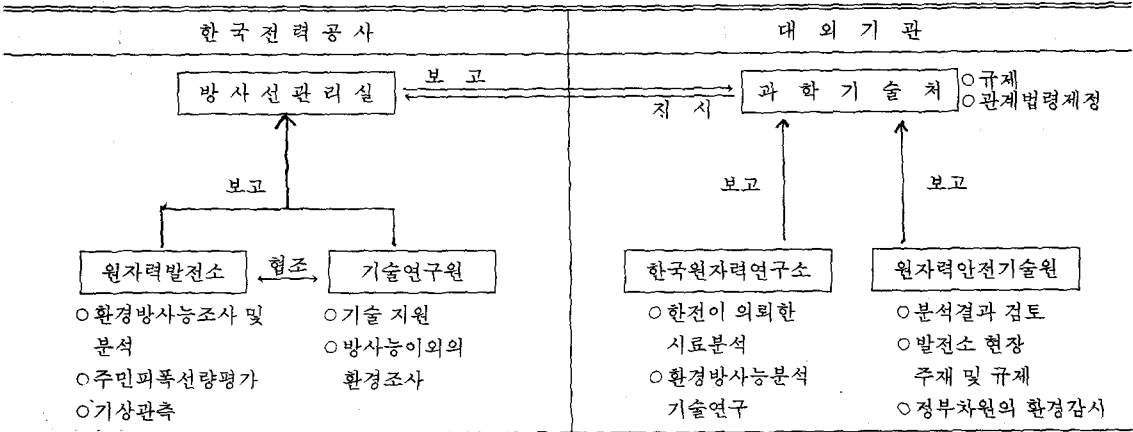


표 2. 환경방사능 시료채취 및 분석

시료별	대상	주기
공기중 미립자	전베타방사능	주 1회
	감마동위원소 *Sr-90	분기 1회
	방사성옥소	방사성옥소 주 1회
	공간집적선량	공간감마선량 분기 1회
육상 토양	전베타방사능	년 2회
	감마동위원소 *Sr-90	년 2회
	솔 일	전베타방사능 년 2회 감마동위원소 *Sr-90 년 2회
	물 해수	전베타방사능 월 1회 감마동위원소 월 1회 삼중수소 *Sr-90 분기 1회 *Sr-90 분기 1회
지하수	삼중수소	분기 1회
	전베타방사능	분기 1회
	감마동위원소	분기 1회
빗물	삼중수소	월 1회
	전베타방사능	월 1회
하천수	전베타방사능	분기 1회
	삼중수소	분기 1회
해저 해저침식물 및 저생지표 동식물	감마동위원소 *Sr-90	년 2회
	전베타방사능	년 2회

식품류	우 유	유	감마동위원소 *Sr-90	방사성옥소	월 1회	
어류 및 패류	감마동위원소	년 2회	전베타방사능	년 2회		
	곡 류	감마동위원소	년 1회	전베타방사능	년 1회	
채소 류	감마동위원소	년 1회	방사성옥소	년 1회	전베타방사능	년 1회
	가금류의 알	감마동위원소	년 2회	해 조 류	방사성옥소 년 2회 전베타방사능 년 2회 감마동위원소 년 2회	

*Sr-90은 Cs-137이 존재할 경우에 분석

표 3. 방사선 비상훈련 실적

훈련종류	고리원전	월성원전	영광원전	울진원전
합동훈련	6회 실시 '81, '82, '83, '84, '86, '89	4회 실시 '83, '85, '87, '90	2회 실시 '86, '89	1회 실시 '89
전체훈련	3회 실시 '85, '87, '88	4회 실시 '84, '86, '88, '89	2회 실시 '87, '88	1회 실시 '90
부분훈련	매분기 실시	매분기 실시	매분기 실시	매분기 실시

신설비를 완비한 비상대비설비(ERF)를 확보하여 만일의 사태에 대비하고 있다.

(4) 기타

원전 종사자는 물론 관할 도, 군 및 유관기관의 방재 대책 요원에 대한 교육을 매년 한국전력공사와 한국원자

력연구소에서 실시하고 있다. 또한 비상시 주민들이 신속하게 조치해야할 사항을 설명한 “주민 행동 요령” 등 홍보 책자를 발간 배부하고 있으며, 방사성 유소로부터 인체의 감상선을 보호하기 위한 약품을 원전별로 확보하여 관할 도, 군 및 발전소에 보관하고 있다.