



# 2004년도 방사선 안전 관리 실적

## - 종사자 방사선량 · 방사성 폐기물 · 환경 방사능 -

박 연 선

한국수력원자력(주) 안전기술처장



### 종사자 방사선량 관리 분야

#### 1. 종사자 방사선량 관리 실적

2004년 한 해 동안 19기의 원전을 운영하는 동안 각종 방사선 작업으로 인한 종사자의 총방사선량은 13.025만 · 시버트(man · Sv)로 집계되었으며, 호기당 평균 방사선량은 0.69만 · 시버트(man · Sv)로 나타났다.

이 같은 결과는 2003년도보다

다소 증가한 것으로서 그 원인은 발전소 정비 기간이 크게 늘어난 데 기인한 것으로 판단된다.

일반적으로 총방사선량(집단선량)은 각종 정비 작업이 수행되는 계획 예방 정비 기간중에 집중적으로 발생하게 되는데(연간 선량의 약 75% 차지) 2004년도에는 총16개 호기에서 연 715일간의 정비 작업이 수행되어 총13개 호기에서 연 575일간 정비 작업이 수행된 2003년도보다 증가하게 된 것이다.

그러나 이 값은 <표 1>에서 볼 수 있듯이 전 세계 원전과 비교해 볼 때는 매우 낮은 수준으로서, 우리나라의 원전 방사선 안전 관리 능력이 우수한 수준을 유지하고 있음을 보여주고 있다.

한편, 개인 선량에 있어서도 연간 20 밀리시버트(mSv)를 초과한 작업자는 1999년 이후 한 명도 발생하지 않았으며, 작업자의 대부분

인 약 76%가 연간 1 밀리시버트(mSv) 이하의 방사선량을 받은 것으로 나타났다.

특히 연간 15 밀리시버트(mSv)를 넘게 받은 작업자는 전체의 1% 수준에 불과하여 국제방사선방호위원회(ICRP)의 신권고(ICRP-60) 등 국제적 기준 및 국내 원자력 법령을 잘 만족하고 있음을 보여주었다.

<표 1>은 우리 나라 원전과 세계 원전과의 호기당 평균 피폭 선량을 보여준다.

이러한 결과를 얻기까지 한수원(주)는 1991년도에 중장기 피폭 저감화 프로그램인 「원전 방사선량 저감화 종합 개선 추진 계획」을 수립하여 원전 운전 방법 및 설비 개선, 신형 자동 보수 장비 확보, 제도 개선 등을 지속적으로 전개하여 왔으며, 1995년부터는 매년 「ALARA Workshop」을 개최하여

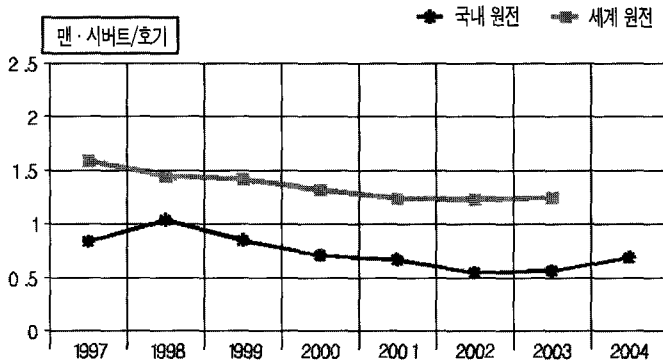


〈표 1〉 호기당 평균 방사선량 비교

단위 : 맨·시버트/년

연도	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
국내 원전	0.84	1.04	0.85	0.71	0.67	0.55	0.57	0.69
세계 원전	1.59	1.45	1.42	1.32	1.24	1.23	1.25	-

\* 세계 원전 : WANO Performance Indicator Report(전체 노형 평균값(mean))



〈그림 1〉 국내 원전과 세계 원전의 호기당 평균 선량 비교

각 원전에서 방사선 작업시 경험했던 방사선량 저감화 기법을 발전소 간 공유하고, 문제점에 대해서는 토론을 통해 개선 방안을 도출함으로써 꾸준히 방사선량을 저감할 수 있었다.

그러나 원자력발전소의 가동 연수 증가에 따라 계통의 방사선량률이 점차 증가하고 있고, 정비 대상 작업 또한 늘어나고 있는 점을 감안할 때 방사선량 저감화를 위한 추가적인 대책 수립이 필요하였다.

개인 선량에 있어서도 비록 법적 선량 한도 이내에서 잘 관리되고는 있으나 종사자의 건강과 안전을 위

하여 더욱 더 선량을 저감할 수 있도록 노력을 기울여 나갈 필요성이 제기되었다.

이에 따라, 한수원(주)에서는 2010년도까지 적용할 2단계 중장기 방사선량 저감화 프로그램을 2001년도에 수립하여 종사자의 방사선량 저감화를 위한 계획을 지속적으로 추진하고 있다.

2단계 중장기 계획에는 원자로 냉각재 온도 측정 계통 설비 개선, 원자로 수조 영구 밀봉링 설치, 원자로 냉각재 펌프 축 개선, 일체형 원자로 헤드 조립체 설치 등 설비 보강 및 개선 계획이 포함되어 있

며, 내부 피폭 선량 평가 프로그램 개선, 방사선 안전 관리 유공자 포상 방안, 원전 설계·건설 단계에서의 ALARA 검토 체계 정립 등 운영 제도 개선 사항도 반영되어 있다.

또한 매년 각 원전의 방사선 안전 관리 목표를 설정하여 발전소에 근무하는 종사자들이 방사선량 저감화를 위한 노력을 지속적으로 경주하도록 유도하고 있다.

## 2. 방사선 영향으로부터 종사자 보호

한수원(주)에서는 사내에 전문 의료 및 연구 기관인 방사선보건연구원을 설립하여 종사자 건강 관리 및 방사선이 인체에 미치는 영향에 관한 연구를 중점적으로 수행하고 있으며, 2002년도부터 전 직원을 대상으로 각 개인의 건강 검진 및 질병 이력을 데이터 베이스화한 「통합 건강 관리 시스템」을 구축하여 종사자의 건강 상태를 추적 관리하는 등 종사자 건강 관리에 각별한 노력을 기울이고 있다.

특히, 질병 발생 초기 단계에서부터 인체의 생화학적 변화를 감지하여 암을 조기에 진단하는 최첨단 의료 장비인 양전자 방출/컴퓨터 단층 촬영기(PET/CT)를 국내 최초로 도입하여 직원과 직원 가족에 대한 검사를 실시하고 있으며(2004년 실시자 수 : 730 명), 질병으로

의심되는 직원들에 대해서는 수술 등 조기 치료를 적극 유도하고 있다.

또한 방사선에 의해 유도되는 특이적 유전자 지표 개발 등 방사선에 의한 인체 영향 연구를 지속적으로 실시하고 있으며, 또한 저선량 조사(照射) 시설을 설치하여 방사선 호메시스 연구를 본격적으로 수행하고 있다.

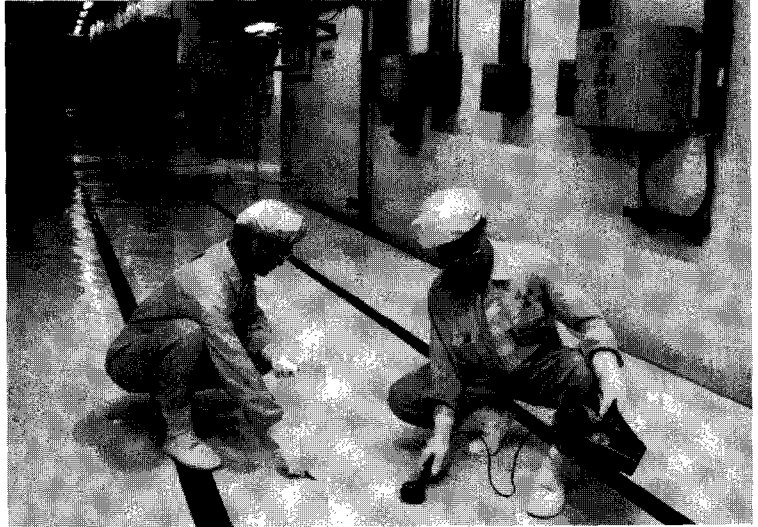
### 방사성 폐기물 관리 분야

원자력발전소의 운영중에 발생되는 방사성 폐기물은 물리적 형태에 따라 기체 방사성 폐기물, 액체 방사성 폐기물 및 고체 방사성 폐기물(중·저준위 및 사용후연료)로 구분할 수 있으며, 각 분야별 관리 실적은 다음과 같다.

#### 1. 기체 방사성 폐기물

과학기술부 고시 제2002-23호(방사선 방호 등에 관한 기준)에 의하면 기체 폐기물 방출은 발전소 부지 경계에서의 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 규정하고 있으며, 또한 원자력법 시행령에서는 방출로 인한 발전소 인근 주민의 방사선 영향이 선량 한도를 넘지 않도록 제한하고 있다.

한수원(주)에서는 이를 준수하기 위하여 기체 폐기물을 정밀한 여과장치 및 감쇄 장치로 깨끗이 처리하



2004년 한 해 동안 19기의 원전을 운영하는 동안 각종 방사선 작업으로 인한 종사자의 총방사선량은 13.025만·시버트(man·Sv)로 집계되었으며, 호기당 평균 방사선량은 0.69만·시버트(man·Sv)로 나타났다.

고 외부로 방출하기 전에 방사성 물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출 관리 기준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다.

만약 배기구에서의 방출 방사능량이 기준치에 도달하게 되면 배구에 설치되어 있는 연속 방사선 감시기가 이를 감지하여 자동적으로 방출이 차단되도록 하는 신호를 발생시킨다.

이와 같이 기체 폐기물을 처리하고 방출 기준을 적용하여 관리한 결과 2004년도에 가동중인 원전으로부터 방출된 기체 폐기물의 전 베타-감마 방사능량은 모두 43 테라베크렐(TBq)이며 발전소별 방출 내

역은 <표 2>와 같다(삼중수소 제외).

기체 방사성 폐기물이 발전소 인근 주민에게 얼마나 영향을 주었는지의 여부는 방출되는 방사성 물질의 종류별 방사능의 양, 기상 상태, 사람의 생체 신진 대사, 반경 80km 이내 지역 사회의 산업 활동 등 사회 생활 자료를 활용하여 국내 사회 환경에 적합하게 국제적인 기준으로 개발된 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 컴퓨터 프로그램(ODCM)을 사용하여 평가한다(<표 3> 참조).

#### 2. 액체 방사성 폐기물

액체 방사성 폐기물의 방출시에



〈표 2〉 2004년도 기체·액체 폐기물 방출량

구 분	기 체(TBq)	액 체(TBq)고리
고리 원전	6.02	0.01 미만
영광 원전	0.052	0.026
울진 원전	2.68	0.01 미만
월성 원전	33.8	"

〈표 3〉 2004년도 기체 및 액체 방출 방사능이 주변 주민에 미친 방사선 영향 평가

원전	고리	월성	영광	울진
선량(mSv)	0.00522	0.0046	0.006	0.0024

〈표 4〉 2004년도 중·저준위 고체 폐기물 발생량

단위:드럼

구 분	고 리	영 광	울 진	월 성	계	
2004 년 도 분	농축 폐액	76	98	132	0	306
	폐수지	110	65	40	122	337
	폐필터	6	0	16	10	32
	잡고체	694	866	827	456	2,843
	계	886	1,029	1,015	588	3,518
	감소*	-	-	868	-	868
누 계	33,036	13,043	13,445	4,689	64,213	

\* 초고압 압축에 의한 감소

도 기체 방사성 폐기물과 같이 발전소 부지 경계에서의 수중 방사성 물질의 농도가 과학기술부 고시 제 2002-23호에 정하는 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 규정하고 있으며, 액체 방사성 폐기물 방출로 인한 발전소 인근 주민의 방사선 영향이 원자력법 시행령에서 정한 선량 한도를 넘지 않도록 방출을 제한한다.

한수원(주)에서는 액체 폐기물을 방출하기 전에 증발, 여과 및 이온 교환 방법을 이용하여 깨끗이 처리

한 후 시료를 채취하여 방사성 물질의 종류 및 방사능 농도를 측정하여 방출 여부를 결정한다.

또한 배수구에서는 방출 방사능량이 기준치 이상이 되면 배수구에 설치되어 있는 연속 방사선 감시기가 이를 감지하여 자동적으로 방출을 중단시키도록 하는 신호를 발생시킨다.

원자력발전소에서는 액체 폐기물의 방출을 최소화하고자 자체적으로 배출 방사능 농도 제한치를 법정 허용치의 1/10로 낮추어 설정하고,

기존 처리 설비의 성능 향상, 절차서 보완, 종사자 교육 훈련 등을 통해 액체 폐기물 방출을 관리하고 있다.

2004년도에 가동중인 원전으로부터 방출된 액체 폐기물의 전 베타-감마 방사능량은 0.026 테라베크렐로 상당히 적은 양이다. 발전소별 방출 실적은 〈표 2〉와 같다.

발전소 인근 주민이 액체 폐기물에 의해 받은 방사선 영향이 기준치를 초과하였는지의 여부는 기체 폐기물과 같이 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 컴퓨터 프로그램(ODCM)에 해당 자료를 입력하여 평가한다(〈표 3〉 참조).

2004년도에 발전소 인근 주민이 기체 및 액체 방사성 폐기물에 의한 방사선 영향을 평가한 결과는 〈표 3〉과 같으며, 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 지난해에 받은 최대 전신 선량은 0.006 밀리시버트(mSv)로 계산되었다.

방사선에 관하여 세계 최고 권위 기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반인에 대해 권고한 선량과 원자력법에 정한 일반인의 선량 한도가 1년에 1밀리시버트이고, 원자력발전소가 없어도 우리 인간이 자연적으로 받는 개인 선량이 1년에 2.4밀리시버트 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원자력발전소에서 나오는 기체와 액체 방출 방사능 때문에 주민이 받는 방사선 영

향은 없다고 할 수 있다.

### 3. 중·저준위고체 방사성 폐기물

고체 폐기물은 기체 및 액체 폐기물 처리에 사용했던 여과재, 이온교환 수지, 폐액 증발기의 농축 찌꺼기, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 공구, 휴지 등 잡고체로 구분할 수 있다.

이들은 폐기물 종류별로 적절한 처리 방법을 사용하고 있어 원전 부지 내 임시 저장 시설의 이용 효율을 극대화하고 영구 처분 비용을 절감함과 동시에 방사성 폐기물 처리 작업의 품질 고도화를 도모하여 작업 종사자의 방사선 피폭을 줄이고 있다.

2004년도에 가동중인 원전에서 발생한 고체 폐기물 드럼은 총 3,518 드럼이나, 초고압 압축으로 868 드럼이 감소되어 전년 대비 고체 폐기물 드럼 순증가량은 2,650 드럼이며, 2004년 말까지 발생한 고체 폐기물 누계량은 모두 64,213 드럼이다. 2004년도 발생량은 <표 4>와 같다.

### 4. 사용후연료

사용후연료는 그 속에 포함된 핵분열 생성물 때문에 원자력에서 꺼낸 이후에도 오랜 기간 동안 방사선과 열을 낸다. 사용후연료는 발전소의 연료 건물 내의 물 속에(이를 사용후연료 저장조라고 부른다) 저장

<표 5> 2004년도 사용후연료 저장 관리 현황

단위 : 톤·U

구분	현재			확장 계획		
	저장 용량	저장량	저장 가능 연도	확장량	저장 용량	저장 가능 연도
고리	1,737	1,415	2008	466	2,203	2016
영광	1,696	1,140	2008	986	2,682	2016
울진	1,563	842	2007	787	2,350	2016
월성	4,807	3,889	2006	4,195	9,002	2016
계	9,803	7,286		6,434		

<표 6> 환경 방사능 조사 내용

대상 및 시료	조사 항목	주 기	지점수(원전별)
지상 1m 공간	방사선량률	연 속	10~11 개소
	방사선 집적 선량	분기 1회	40 개소 이상
공기	전베타,감마 핵종,I-131	주 1회~분기 1회	10 개소
표층 토양, 솔잎	전베타,감마 핵종	년 2회	5~15 개소
물 시료	감마 핵종,삼중수소	월 1회~분기 1회	2~3 개소 이상
해양 시료	전베타, 감마 핵종	년 2회	2 개소 이상
우유	감마 핵종, I-131	월 1회	2 개소 이상
농수산물	감마 핵종	년 1~2회	2~3 개소 이상

한다.

사용후연료 저장량이 증가됨에 따라 저장 효율을 높이기 위해 기존 저장조 내에 설치된 저장대를 조밀 저장대로 교체하고 있으며 2005년도에는 울진 2호기, 고리 4호기, 영광 1호기에 추가로 설치할 예정이다.

근래에는 수중에 저장하는 기술 외에도 콘크리트로 방사선을 막고 공기로 열을 제거하는 기술을 이용한 건식 저장 방법이 발달하여 해외의 여러 원전에서 사용되고 있다.

우리나라에서도 월성 원자력발전소에 이러한 공기 냉각식 콘크리트 구조물 형태의 건식 저장 시설을

1992년, 1998년 및 2002년 3회에 걸쳐 건설하였으며 2005년에 추가로 건설할 예정이다.

현재 원전 부지별로 2006~2008년까지의 저장 능력을 확보하고 있으며, 제249차 원자력위원회 의결에 따라 선진 외국과 같이 조밀 저장대 설치, 건식 저장 시설 건설 및 호기간 이송 등으로 2016년까지 원전 부지 내에 저장할 수 있도록 저장 능력 확장 계획을 단계적으로 수립하여 추진해 나갈 것이다.

2004년 말 현재 사용후연료의 저장 관리 현황이 <표 5>에 정리되어 있다.



2004년도에 가동중인 원전에서 발생한 고체 폐기물 드럼은 총3,518 드럼이나, 초고압 압축으로 868 드럼이 감소되어 전년 대비 고체 폐기물 드럼 순증가량은 2,650드럼이며, 2004년 말까지 발생된 고체 폐기물 누계량은 모두 64,213드럼이다.

**환경 방사능 관리 분야**

원전 운영으로 인하여 주변 지역 및 주민에게 방사선(능)의 영향이 있는지 조사하기 위하여 공기중의 방사선량률을 측정하고, 주변 지역의 표층 토양이나 채소류·곡류 등의 방사능을 분석하고, 인근 해역에서의 해저 퇴적물과 해수 그리고 어·패류를 채취하여 방사능을 분석하고 있다(환경 방사능 조사 내용 : <표 6> 참조).

또한 원전 주변 환경 방사능 조사 결과의 객관성과 신뢰성 확보를 위해 각 원전이 소재한 지역의 대학교에 위탁하여 환경 방사능 조사를 수행하고 있으며, 이 조사에는 부산대학교·경북대학교·광주과학기술

원·조선대학교가 참여하고 있다.

그리고 각 원전 지역별로 지역 주민이 독자적인 환경 감시를 수행하기 위하여 고리 원전, 영광 원전 및 울진 원전은 민간환경감시기구가 발족되어 원전 주변의 환경 조사·분석 등 감시 활동을 수행하고 있고, 월성 원전도 관할 지방 자치 단체가 중심이 되어 발족을 추진중에 있다.

2004년도 환경 방사선(능)을 조사 평가한 결과, 원전 주변 공간 감마 선량률은 월 평균 8.3~15.9  $\mu$ R/hr로서 예년과 유사한 값을 보이고 있으며, 원전 주변 각종 육상 및 해상 시료들의 방사능을 분석한 결과 공기중의 월 평균 전베타 방사능은 0.15~12.23mBq/m<sup>3</sup>로, 2003년

도 0.16~2.04 mBq/m<sup>3</sup>와 비슷하였다.

또한 표층 토양, 물, 농축산물, 해수, 해저 퇴적물 등 20여종의 환경 시료를 채취하여 방사능을 분석한 결과, 인공 방사성 핵종은 Cs-137이 표층 토양에서 최고 14.1 Bq/kg-dry, Sr-90이 슬얏에서 최고 4.54 Bq/kg-Fresh였으나, 이는 우리나라 전 국토에서 나타나는 일반적인 수준으로 과거 외국에서의 핵실험에 의한 방사성 낙진 등의 영향에 기인한 것으로 판단된다.

따라서 원전 운영으로 인하여 주변 지역 및 주민에게 미치는 방사선(능) 영향은 없는 것으로 나타났다.

원전 주변에 대한 환경 방사능 조사와 더불어 1986년부터 한전 전력연구원, 서울대학교 및 원전 소재 지역 대학이 참여하여 일반 환경 조사를 실시하고 있으며, 환경 조사의 객관성과 신뢰성 제고를 위해 2004년 5월에는 해양 분야 환경 단체인 바다사랑실천운동연합(바실련)과 협약을 체결하여 원전 주변 해양 환경에 대한 공동 조사를 실시하고 있다.

또한 원전에서 배출되는 온배수의 안전성을 알리고 어민 소득 증대에 기여하고자 온배수를 이용하여 어·패류 양식장을 운영하고 있으며, 양식한 어·패류는 매년 원전 주변 해역에 방류하고 있다.