



2003년도 방사선 안전 관리 실적

-종사자 방사선량 · 방사성 폐기물 · 환경 방사능 관리-

박 연 선

한국수력원자력(주) 안전기술처장



종사자 방사선량 관리

1. 새로운 기술 기준을 적용한 방사선량 관리

우리 나라는 2003년부터 국제방사선방호위원회의 권고(ICRP-60) 내용을 반영한 새로운 선량 관리 체계가 전면 시행됐다. 그 주요 내용은 일반인 및 직업상 피폭에 대한 선량한도의 하향 조정과, 선량 한도에 내부 피폭 선량을 합산(이전까지는 선량 한도에 외부 피폭 선량만을 적용하였음)하여 적용하는 것

으로 1998년도에 법제화되었으나 산업계의 이행 준비 기간을 고려하여 2002년까지 그 시행이 일부 유예되어 왔으나 2003년부터 전면 시행되고 있다(그림 1).

한수원(주)는 ICRP-60의 법제화에 대비하여 작업자 개인별 선량 한도를 1999년부터 연간 20mSv로 하향 조정하여 관리해오고 있다.

그리고 2000년부터 내부 피폭 선량을 ICRP-60의 기술 기준에 따라 평가하기 위하여 「내부 피폭 선량 평가 및 측정 신뢰도 향상 기술 개발」 연구를 통해 새로운 기술 기준에 부합하는 내부 피폭 선량 평가 프로그램(KIDAC : KHNP's Internal Dose Assessment Code)를 개발하여 2003년부터 한수원(주) 내부 피폭 선량 평가시 동 프로그램을 적용하고 있으며, 또한 국내 최초로 내부 피폭 선량 평가 신뢰도 향상을 위해 「내부 피폭 선량 평가 기술 기반 보고서」를 수립하여 과학기술부에 제출·운영함으

로써 ICRP-60 권고의 전면 시행에 대한 대비를 완료하였다.

2. 종사자 방사선량 관리 실적

2003년 한 해 동안 18기의 원전을 운영하면서 방사선 작업으로 인한 종사자의 총피폭 방사선량은 10.28 man·Sv이며 호기당 평균 선량은 0.57man·Sv/기였다.

이는 세계 원전 호기당 평균 선량 1.22 man·Sv/기(2002년도 WANO PI Report)의 47%로써 국내 원전의 종사자 방사선량 관리가 잘 수행되고 있음을 보여주고 있다.

한편 개인 선량에 있어서도 1999년 이후 연간 20mSv를 초과한 작업자가 한 명도 발생하지 않고 있다. 이러한 방사선량 실적은 방사선 안전 관리 능력이 우수함을 보여주고 있다.

이러한 결과를 얻기까지 한수원은 2001년도에 중장기 피폭 저감화 프로그램인 「원전 방사선량 저감화 종합 개선 추진 계획」을 수립하여



원전 운전 방법 및 설비 개선·신형 자동 보수 장비 확보·운영 및 제도 개선 등의 분야에서 ALARA 활동을 지속적으로 전개하여 왔으며, 방사선 분야 실무자들의 발전소간 교차 점검 실시 및 ALARA 워크숍 개최 등을 통해 문제점을 도출하고 개선 방안을 제시하며 타발전소의 우수 사례를 공유하여 전 원전의 방사선 관리 능력을 향상시켜 왔고, 또한 IAEA·WANO 등 원자력 관련 국제 기구와의 협력 사업을 통해 해외 원전의 방사선 관리 동향을 파악하는 등 방사선량 저감을 위한 ALARA 활동 활성화에 많은 노력을 기울여온 결과로 판단된다.

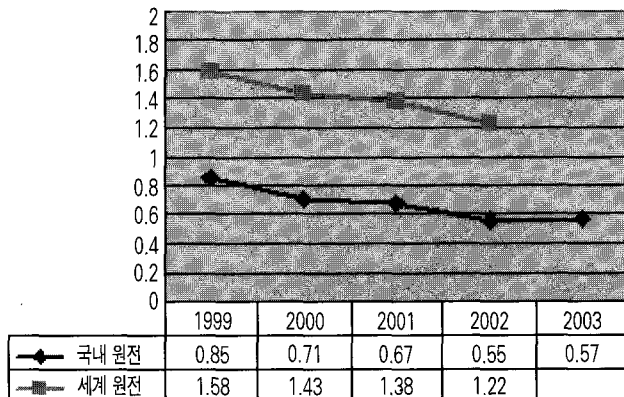
3. 방사선 영향으로부터 종사자 보호

원전 종사자에게 암 등의 질병 발생시 일차적으로 방사선 영향을 의심하게 되는 바 한수원은 사내에 전문 의료 기관인 「방사선보건연구원」을 설립하여 종사자 건강 관리 및 방사선이 인체에 미치는 영향에 관한 연구 업무를 수행해 하는 등 종사자 건강 관리에 각별한 관심과 노력을 기울이고 있다.

2002년도에는 전 직원을 대상으로 각 개인의 건강 검진 및 질병 이력을 데이터 베이스화한 「통합 건강 관리 시스템」을 구축하여 전 직원의 건강 상태를 추적 관리함으로써 질병의 조기 진단 및 치료를 가

시행 연도	1998년 이전	1998년~2002년	2003년 이후
종사자 선량 한도	연간 50mSv	연간 50mSv 범위내에서 5년간 200mSv	연간 50mSv 범위내에서 5년간 100mSv
일반인 선량 한도	연간 50mSv	연간 1mSv	연간 1mSv
선량 한도 의 의미	외부 피폭 선량만 고려한 값임		외부 피폭+내부 피폭

〈그림 1〉 원자력법의 선량 관리 체계 변화



〈그림 2〉 연도별 호기당 평균 선량 비교

능하게 하였으며, 질병 발생 초기 단계에서 인체의 생화학적 변화를 감지하여 암을 조기 진단하는 최첨단 의료 장비인 양전자방출/컴퓨터 단층촬영기(PET/CT)를 국내 최초로 도입하여 2003년부터 운영하고 있다.

그리고 저방사선량에 의한 인체 영향에 관한 연구를 실시하고 원전 종사자와 주변 주민에 대한 방사선 영향 역학 조사를 지속적으로 실시하여

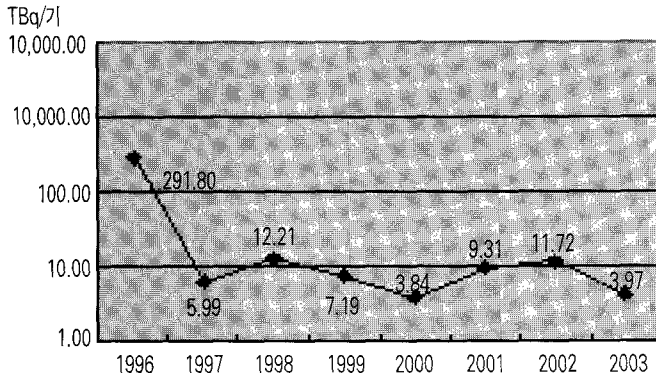
원전 안전성을 확보하고자 한다.

방사성 폐기물 관리

1. 기체 방사성 폐기물

기체 방사성 폐기물 배출은 다음 두 가지 방법으로 규제한다.

첫째, 발전소 부지 경계에서 과학기술부 고시 제2002-23호에 정하는 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 배출을 제한한다.



〈그림 3〉 연도별 호기상 기체 폐기물 배출량

〈표 1〉 2003년도 기체 배출 방사능이 주변 주민에 미친 방사선 영향 평가

원전	고리	월성	영광	울진
선량(mSv)	0.0021	0.0060	0.0059	0.0035

기체 폐기물은 정밀한 여과 장치 및 감쇠 장치로 방사능을 최대한 제거한 후 외부로 배출하기 전에 방사성 물질의 종류 및 농도를 측정하여 인근 주민이 거주하는 지역에서 법이 정한 배출 관리 기준을 초과되지 않도록 한다.

이와 같은 배출 기준을 적용하여 관리한 결과 2003년도 가동중인 원전으로부터 배출된 기체 폐기물의 감마 방사선량은 모두 71.5테라베크렐로 나타났다.

둘째, 발전소 인근에 거주하는 주민에 대한 방사선 피폭 허용 기준치를 넘지 않도록 배출을 제한한다.

발전소 인근 주민에게 얼마나 영향을 주었는지 여부는 배출되는 방

사성 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 전산 프로그램(KDOSE60)을 사용한다.

2003년도에 발전소 인근 주민에 대한 기체 방사선 영향을 평가한 결과는 〈표 1〉과 같으며 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 지난해에 받은 최대 전신 선량은 1년에 0.006밀리시버트로 계산되었다.

2. 액체 방사성 폐기물

액체 방사성 폐기물 배출 역시 기

체와 같이 다음 두 가지 방법으로 규제한다.

첫째, 발전소 제한 구역 경계의 수중 방사성 물질의 농도가 과학기술부 고시 제2002-23호에 정하는 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 한다.

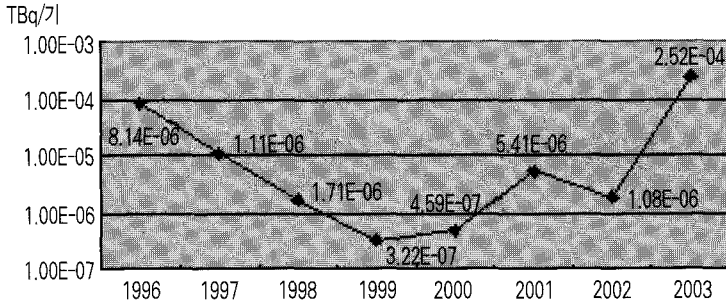
액체 폐기물은 증발, 여과 및 이온 교환 등의 방법으로 방사능을 제거한 후 배출하기 전에 시료를 채취하여 방사성 물질의 종류 및 방사능 농도를 측정하여 배출 여부를 결정한다.

또한 배수구에서는 허용 기준치 이상이 되면 방사능연속감시기가 자동적으로 배출을 중단시킨다.

원전의 액체 폐기물은 법적 허용치 이내로 배출하고 있으며 기존 처리 설비의 성능 향상, 절차서 보완, 종사자 교육 훈련 등을 통해 방사능 배출을 최소화하고 있다.

2003년도에는 액체 배출 방사능량이 다소 증가하였으나 2003년도 가동중인 원전으로부터 배출된 기체 폐기물의 감마 방사선량은 모두 0.0045테라베크렐로 나타났다.

둘째, 발전소 인근 주민에 대한 기준치를 넘지 않도록 한다. 발전소 인근 주민이 기준치를 초과하는 영향을 받았는지 여부는 기체 폐기물과 같이 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 컴퓨터 프로그램(KDOSE60)에 해당 자료를 입력하여 평가한다.



〈그림 4〉 연도별 호기당 액체 폐기물 배출량

〈표 2〉 2003년도 액체 배출 방사능이 주변 주민에 미친 방사선 영향 평가

발전소	고리	월성	영광	울진
선량(mSv)	6.81E-6	3.58E-5	9.00E-5	2.38E-5

〈표 3〉 2003년도 액체 및 기체 배출 방사능이 주변 주민에 미친 방사선 영향 평가

발전소	고리	월성	영광	울진
선량(mSv)	0.0021	0.0060	0.0060	0.0035

방사선 영향이 가장 큰 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 액체 방사성 폐기물 배출에 의해 전신에 받은 방사선의 양은 1년에 최대 0.00009밀리시버트 이하인 것으로 나타났다.

3. 총배출 방사능 영향 평가

2003년도에 기체 및 액체 방사성 폐기물 배출로 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 받은 최대 전신 선량은 1년에 0.006밀리시버트로 계산되었다.

이는 원자력법에서 정한 일반인의 연간 선량 한도인 1밀리시버트 및 우리 인간이 자연적으로부터 받는 개인 선량이 1년에 약 2.4밀리시버트인 점을 비교해 보면 원자력 발전소에서 배출되는 방사능 때문에 주민이 받는 방사선 영향은 무시할 정도다.

4. 고체 방사성 폐기물

고체 폐기물은 기체 및 액체 폐기물 처리에 사용했던 여과재, 이온교환 수지, 폐액 증발기의 농축 찌

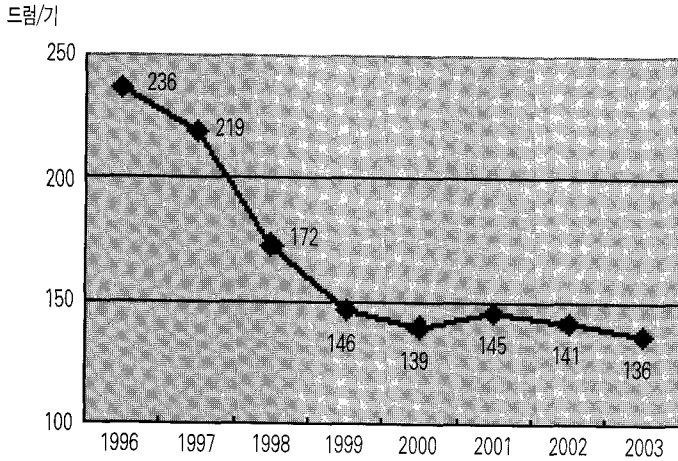
꺼기, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복·공구·휴지 등 잡고체로 구분할 수 있다.

이들은 폐기물 종류별로 적절한 처리 방법을 선정, 감용 처리하여 원전 부지내 저장 시설의 이용 효율을 극대화하고 영구 처분 비용을 절감함과 동시에 방사성 폐기물 처리 작업의 품질 고도화를 통하여 처분 안전성을 극대화하고 있다.

2003년도에 가동중인 원전에서 발생한 고체 폐기물 드럼은 총 3,592드럼이나, 초고압 압축으로 1,078드럼을 감소하여 전년 대비 고체 폐기물 드럼의 순증가량은 2,514드럼이며, 2003년 말까지 발생된 고체 폐기물 누계량은 모두 61,563드럼이다.

농축 폐액 건조 설비, 가열 압축 장비 등 최신 폐기물 처리 설비를 운영한 결과 폐기물 발생량이 1990년대 초 호기당 연간 500드럼에서 2003년도에는 140드럼 수준으로 대폭 감소하였으며, 이후에도 유리화 기술 개발 등 지속적인 설비 투자와 철저한 관리로 더욱 낮출 계획이다.

또한 한수원(주)는 2007년 실용화를 목표로 방사성 폐기물을 유리로 만드는 기술을 개발중에 있고 최초 상용 시설은 울진본부에 2006년 12월까지 설치하여 발생량을 보다 더 감소시킬 계획이다.



〈그림 5〉 호기당 중·저준위 폐기물 발생량 추이

〈표 4〉 원전별 중·저준위 고체 방사성 폐기물 관리 현황

(단위: 드럼)

부지	저장 능력	저장량	예상 포화 연도
고리	50,200	32,150	2014
영광	23,300	12,014	2011
울진	17,400	13,298	2008
월성	9,000	4,101	2009
계	99,900	61,563	-

〈표 5〉 2003년도 사용후연료 저장 관리 현황

구분	저장 능력		연간 예상 발생량*		저장량		현설비 저장 가능 연도
	톤	다발	톤	다발	톤	다발	
고리(4기)	1,737	4,225	65	108	1,347	3,347	2008
영광(6기)	1,696	4,038	113	184	990	2,372	2008
울진(6기)	1,563	3,723	113	187	764	1,791	2007
월성(4기)	4,807	254,352	381	21,028	3,487	184,204	2006
계	9,807	-	672	-	6,588	-	-

*기동중인 원전 대상

5. 사용후연료

사용후연료는 그 속에 포함된 핵분열 생성물 때문에 원자로부터 꺼낸 이후에도 일정 기간 동안 방사선

과 열을 낸다. 사용후연료는 발전소의 연료 건물내의 물 속에(이를 사용후연료 저장조라고 부른다) 저장한다.

원자력위원회의 의결에 따른 소내 저장을 2016년까지 하기 위해서는 부지에 사용후연료 저장 용량을 증대시켜야 한다.

그 방법으로 선진국들이 수행하고 있는 조밀 저장대를 설치하고 있으며, 고리 3호기 조밀저장대 설치가 2002년 2월에 완료되었으며, 2004년에 울진 2호기 조밀 저장대 설치 및 2005, 2006년에 고리 4호기, 영광 1호기 및 영광 3·4호기의 저장대를 조밀 저장대로 교체하기 위해 추진중에 있다.

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

우리 나라에서도 월성 원자력발전소에 이러한 공기 냉각식 콘크리트 구조물 형태의 건식 저장 시설을 1992년, 1998년 및 2002년 3회에 걸쳐 확장하였으며, 2006년에 추가로 건식 저장 시설을 확장할 예정이다.

현재 원전 부지별로 2006~2008년까지의 저장 능력을 확보하고 있으며, 상기 확장 작업이 종료되면 2016년 이후까지 원전 부지내에 저장이 가능해진다. 2003년 말 현재 사용후연료의 저장 관리 현황이 〈표 5〉에 정리되어 있다.



〈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 집적선량	분기 1회	40 개소 이상
공기	전베타, 감마핵종, I-131	주 1회~분기 1회	10 개소
표층 토양, 솔잎	전베타, 감마핵종	연 2회	5~15 개소
물 시료	감마핵종, 삼중수소	월 1회~분기 1회	2~3 개소 이상
해양 시료	전베타, 감마핵종	연 2회	2 개소 이상
우유	감마핵종, I-131	월 1회	2 개소 이상
농수산물	감마핵종	연 1~2회	2~3 개소 이상

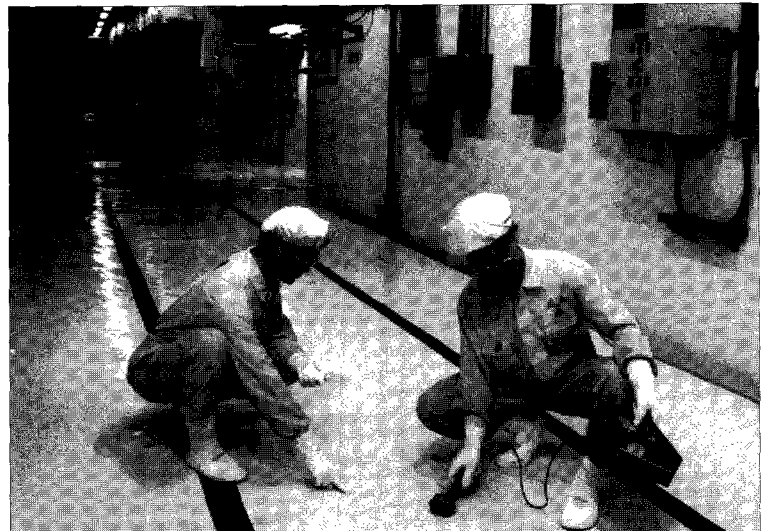
환경 방사능 관리

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 분석함으로써 원전에 의한 영향이 있는지 여부를 자체적으로 조사하고 있다.

한편 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·광주과학기술원·조선대학교가 참여하고 있다.

또한 각 원전 지역별로 지역 주민이 독자적인 환경 감시를 수행하기 위하여 고리 원전 및 영광 원전 민간 환경 감시 기구가 발족되어 원전 주변의 환경 조사·분석 등 감시 활동을 수행하고 있고, 울진 원전은 2003년 10월 민간환경감시기구가 발족되어 감시 활동을 준비중이며, 월성 원전도 관할 지방자치단체가 중심이 되어 발족을 준비중에 있다.

2003년도 환경방사선(능)을 조사 평가한 결과 원전 주변 공간 감마 선량률은 월 평균 8.3~14.4 μ R/hr로서 예년과 변화가 없으며,



2003년 한 해 동안 18기의 원전을 운영하면서 방사선 작업으로 인한 종사자의 총피폭 방사선량은 10.28 man·Sv이며 호기당 평균 선량은 0.57man·Sv/기였다. 이는 세계 원전 호기당 평균 선량 1.22 man·Sv/기(2002년도 WANO PI Report)의 47%로써 국내 원전의 종사자 방사선량 관리가 잘 수행되고 있음을 보여주고 있다.

원전 주변 각종 육상 및 해상 시료들의 방사능을 분석한 결과 공기중의 월 평균 전베타 방사능은 0.16~2.04mBq/m³로, 2002년도 0.09~2.85 mBq/m³와 차이가 없다.

또한 표층 토양·물·농축산물·해수·해저 퇴적물 등 20여종의 환경 시료를 채취하여 방사능을 분석한 결과 인공 방사성 핵종은 Cs-

137이 표층 토양에서 최고 36.99 Bq/kg-dry, Sr-90이 솔잎에서 최고 6.05 Bq/kg-Fresh 였으나 이는 우리 나라 전국토에서 나타나는 일반적인 수준이다.

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

