



## 종사자 방사선량, 방사성폐기물, 원전 주변 환경 완벽 관리

종사자 피폭 글로벌 Top 수준의 호기당  
평균 0.30 맨·시버트, 중·저준위 방폐물 4,400 드림 영구 처분

석기영

한국수력원자력(주) 안전처장



· 한양대 원자력공학과 졸업

· 한수원 고리본부 신고리 제2발전소  
시운전실장

· 고리본부 신고리 제2발전소장  
· 품질안전본부 안전처장('15~)

· 한국방사성폐기물학회 사업이사

### 종사자 방사선량 관리

#### 1. 종사자 방사선량 관리

2017년도에 한수원은 'Global Top 수준의 피폭 저감'을 위해 업무 프로세스 및 신기술 도입 등 방사선량 피폭 저감 방안을 추진하기 위해 중장기적으로 방사선량 저감을 위한 제4차 중장기('17~'26) 종사자 방사선량 저감 계획을 수립하였고, 제도·문화, 오염 확산 방지, 선량·선원항 저감 분야에서 추진 과제를 도출함으로써 방사선으로부터 안전한 작업 환경을 구현하여 종사자 안전 확보 및 대국민 신뢰도 제고에 기여하였다.

2017년도에 25기의 원전 운영에 투입된 방사선 작업 종사자 14,501명의 총 방사선량은 7.5 맨·시버트(man·Sv), 호기 당 평균 0.30 맨·시버트로 2016년 25기 총 방사선량 11.0 맨·시버트, 호기 당 평균 방사선량 0.44 맨·시버트보다 약 32% 낮은 수준을 유지하여 Global Top 수준의 피폭 저감을 달성하여 <표 3>과 같이 세계 원전의 평균 방사선량 대비 매우 낮은 수준을 유지하고 있다.

한편, 원전 종사자의 연간 개인 평균 선량은 0.50 mSv로 원자로 냉각재 펌프 완전 분해 점검 등 설비 개선에 의한 특별 작업이 추가됐음에도 불구하고, 원전 계획예방정비 기간 변경에 따른 주요 정비 작업 순연 등으로 '16년 대비 종사자의 개인 평균 선량이 저감되었다.

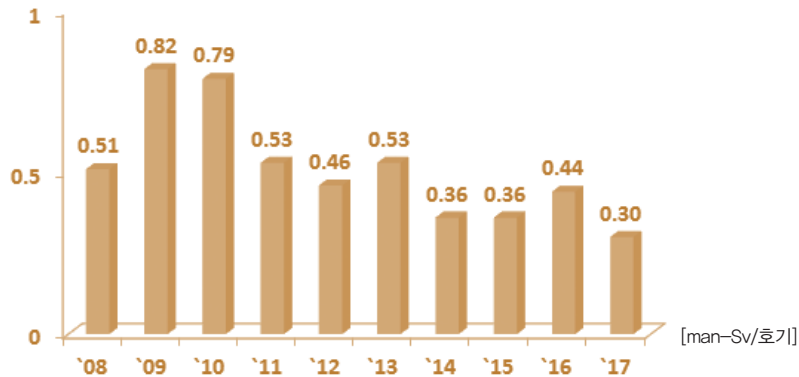
이와 같이 우수한 방사선량 관리 실적은 1991년부터 수립, 추진해온 중장기 방사선량 저감화 계획의 적극 이행과 방사선량의 대부분을 차지하



〈표 1〉 최근 10년 간 연도별 방사선량

연도	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
총방사선량 (맨·시버트)	10.1	16.3	15.9	11.2	10.5	12.1	8.3	8.9	11.0	7.5
호기당 평균 방사선량 (맨·시버트/호기)	0.51	0.82	0.79	0.53	0.46	0.53	0.36	0.36	0.44	0.30
종사자 수(명)	10,840	11,723	13,236	14,691	14,715	14,785	14,260	14,926	14,386	14,501

\*수시 출입자 제외



〈그림 1〉 최근 10년 간 연도별 방사선량 추이

〈표 2〉 최근 10년 간 연도별 종사자 개인 평균 선량

연도	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
개인 평균 선량(mSv)	0.94	1.39	1.20	0.76	0.71	0.82	0.58	0.59	0.76	0.52

\*수시 출입자 제외

〈표 3〉 최근 5년 국내 원전과 세계 원전 평균 방사선량 비교(WANO PI 실적 기준)

[man-Sv/호기]

연도	한국	미국	프랑스	일본	러시아	세계 평균
2012	0.46	0.80	0.67	0.43	1.54	0.76
2013	0.53	0.72	0.79	0.56	1.44	0.73
2014	0.36	0.73	0.72	-	1.55	0.73
2015	0.36	0.72	0.68	-	1.40	0.72
2016	0.44	0.56	0.76	-	1.47	0.66

〈표 4〉 2017년 액·기체 방사성폐기물 배출에 의한 주민 선량 평가

[mSv]

구분	고리/새울	한빛	월성	한울
기체	0.00757	0.01185	0.028	0.0143
액체	0.00000379	0.0000216	0.0001613	0.00000241

는 계획예방정비 기간 중의 방사선량 저감화를 위한 ALARA<sup>1)</sup> 위원회/실무위원회의 적극적인 저감 활동, ALARA 워크숍 등을 통한 방사선량 저감 기술 정보 공유 등 방사선 작업에 종사하는 조직과 구성원 전체의 체계적인 방사선 저감화 노력에 기인한 것으로 평가된다.

## 2. 방사선 안전관리 전문가 육성 및 기술 교류

2017년에도 사내 방사선안전관리요원의 기술 능력 향상을 통한 원전 방사선 관리 신뢰성 제고를 위하여 인재개발원의 기본 교육 과정 및 한국원자력안전아가 데미, 한국방사선진흥협회 등 21개 국내 위탁 과정으로 구성된 실무 교육 과정과 4개 해외 위탁 교육 과정으로 이루어진 전문 교육 과정을 운영함으로써 연인원 약 300여명의 방사선안전관리원이 교육을 이수하였으며, 국내외 위탁 교육자 전달 교육을 통해 교육 효과를 제고할 수 있도록 하였다.

또한 2017년부터 방사선취급감독자면허자(SRI) 양성을 위해 ‘SRI 면허대비 특별교육’을 신설하여 본부별로 운영 중에 있고, 2017년 10월에는 일본에서 개최된 ISOE Asian 심포지엄에 국내 전문가가 참석하여 국내 원전의 피폭 방사선량 저감 우수 실적 공유 및 해외 우수 사례 벤치마킹을 수행하였고, 2019년도에는 국내

에서 개최하여 일본과의 교류 기회를 더 많이 가지고 주도적으로 피폭 방사선량 저감에 노력하고자 한다.

이와 같은 교육, 훈련 강화 및 기술 교류를 통하여 원전 종사자의 총 방사선량과 개인 선량을 지속적으로 저감하고 원전의 방사선 안전성을 확고히 할 수 있었다.

## 방사성폐기물 관리

### 1. 액·기체 방사성폐기물

원전 운영중에 발생한 액·기체 상태의 방사성폐기물을 환경으로 배출하기 전, 처리 설비를 이용하여 방사성 물질을 제거하고, 방사성 물질의 시료를 채취·분석하여 발전소 부지 경계에서 원자력안전위원회 고시 제2016-16호(방사선방호 등에 관한 기준)에 따른 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 감시하면서 배출하고 있다.

이는 원자력안전법 시행령에서 액·기체 배출로 인한 발전소 인근 주민의 방사선 영향이 연간 선량 한도를 넘지 않도록 제한하기 위함이다.

발전소 인근 주민에게 얼마나 영향을 주었는지 여부는 배출되는 방사성 물질의 종류별 방사능의 양, 기상 상태, 사람의 생체 신진대사, 지역 사회의 산업 활동 등 사회생활 자료를 활용하여 국내 사회 환경에 적합

1) ALARA : As Low As Reasonably Achievable



〈표 5〉 2017년도 중·저준위 고체 방사성폐기물 발생량 및 처분 인도량

[단위 : 드럼]

구분		고리/새울	한빛	월성	한울	계
'17년도	폐수지	30	55	92	105	282
	폐필터	0	0	14	0	14
	잡고체	418	945	320	401	2,084
	합계	448	1,000	426	506	2,380
발생 누계		44,441	24,699	14,040	19,672	102,852
2017년도 처분 인도량		1,700	1,400	300	1,000	4,400
누계 처분 인도량('10~'17)		1,700	4,400	3,572	4,000	13,672

하계 국제적인 기준으로 개발된 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 프로그램(ODCM)<sup>2)</sup>을 사용하여 확인한다.

2017년도 기체 방사성폐기물은 호기당 평균 6.5 테라베크렐(TBq), 액체 방사성폐기물은 호기당 평균 7.6 테라베크렐(TBq)이 배출되었고, 이로 인한 발전소 인근 주민에 대한 방사선 영향을 평가한 결과는 〈표 4〉과 같다.

방사선에 관하여 세계 최고 권위 기관인 국제방사선방호위원회 및 원자력안전법에서 정한 일반인에 대한 연간 선량 한도 1 밀리시버트, 인간이 자연으로부터 받는 연간 선량 약 2.4 밀리시버트인 것을 고려하면 원자력발전소에서 나오는 액·기체 방사성폐기물로 인한 방사선 영향은 거의 미미한 수준이다.

한편, 2016년 원자력안전법 개정에 따른 신규 인허가 문서인 「액체 및 기체 상태의 방사성물질 등의 배출 계획서」를 개발 중에 있으며, 배출계획서는 부지별, 기간별, 핵종군별 배출 총량을 설정하여 방사성 물질 배출량을 제한함을 목적으로 한다.

## 2. 중·저준위 고체 방사성폐기물

고체 방사성폐기물은 액체 폐기물 처리에 사용된 여과재, 이온 교환 수지와 액체 폐기물 증발기의 농축 폐액, 그리고 방사선 작업자가 사용한 작업복, 공구, 제염지 등의 잡고체로 구분할 수 있다. 폐기물은 종류별로 적절한 처리를 통하여 안전성을 높이고 발생량을 줄일 수 있도록 노력하고 있다.

2017년도에 가동중인 원전에서 발생된 고체 방사성폐기물은 총 2,380 드럼(200 리터 드럼 기준)으로써 전년(2,004 드럼) 대비 376 드럼이 증가하였다. 불필요한 폐기물 발생 방지, 최적화된 감용 방법 적용 및 방사성폐기물 관리 절차를 강화하여 방사성폐기물 발생을 효율적으로 관리하고 있다.

또한 방사성폐기물의 경주 방폐장 처분 인도에 필요한 방사성폐기물의 안전성을 높이고자 방사성폐기물 드럼의 특성을 평가하고 관리함으로써 처분 안전성도 확보하고 있다.

2017년 중·저준위 방사성폐기물 발생량 및 처분 인도 현황은 〈표 5〉와 같다.

<sup>2)</sup> ODCM : Offsite Dose Calculation Manual



방사성폐기물 운반선 '청정누리호'

2010년부터 한울, 월성 원자력발전소를 시작으로 방사성폐기물을 경주 처분장에 안전하게 처분인도하고 있다. 특히 2017년도에는 최초로 고리본부의 방사성폐기물 1,700 드럼을 안전하게 처분 시설로 인도한 것을 포함하여 한울 1,000 드럼, 한빛 1,400 드럼 및 월성 300 드럼 등 총 4,400 드럼을 처분 인도하였으며, 현재까지 처분 관련 규정에 맞게 방폐물을 처리·포장하여 총 13,672드럼을 처분 인도하였다.

방사성폐기물의 처분을 위해서는 중·저준위 방사성폐기물 인도 규정에 따라 폐기물 종류, 물리적·화학적·생물학적 특성과 폐기물에 포함되어 있는 방사능 농도를 평가하는 등 철저히 안전성을 확인하여야 한다.

특히, 방사성폐기물 내의 방사능 농도 평가가 가장 중요하다. 방사능 농도는 방사선 계측에 의한 직접 측정과 척도 인자(Scaling Factor)를 활용한 간접 평가 등 2가지 방법을 사용하고 있다.

방사능 농도 직접 측정을 위해서 방사성폐기물 핵종 분석 장치(Radioactive Waste Assay System)를 원전

본부 별로 방사성폐기물 임시저장고에 설치하여 운영하고 있다.

2018년도에는 발전소에 보관중인 방사성폐기물 4,000 드럼에 대한 처분 적합성 평가를 수행하는 등 안전한 처분을 위해 철저히 준비 중이다.

### 3. 환경 관리

원자력발전소 운영으로 인한 주변 지역 및 주민에게 미치는 방사선(능) 영향을 조사하여 주민들이 받게 되는 방사선량이 연간 선량 한도 이내로 충분히 안전하게 유지되고 있는지 확인함으로써 주민 안전을 확보할 뿐만 아니라 만약의 경우 환경의 방사능 오염을 조기 탐지하여 오염이 최소화되도록 노력하고 있다.

조사는 원자력발전소에서 환경실험실을 운영하면서 환경 시료 채취 및 분석·평가를 시행하고 있으며, 조사 결과의 객관성과 신뢰성을 제고하기 위해 원자력발전소가 소재한 지역의 대학교에 환경 방사능 조사 업무의 일부를 위탁하고 있다. 한편 원자력발전소 소재지 별로 민



〈표 6〉 환경 방사능 조사 내용

구분	환경 매체	조사 항목	주기	지점 수(원전별)
환경 방사선	공간 선량률	감마선량(ERMS)	연속	10~16 개소
		집적선량	분기	26~41 개소
육상 시료	공기	전베타, 감마핵종, $^{14}\text{C}$ , $^3\text{H}$	주, 월	10 개소
	토양	감마핵종, $^{90}\text{Sr}$	분기, 반기	6~8 개소
	물	전베타, 감마핵종, $^3\text{H}$	월, 분기	2~8 개소
	우유	감마핵종, $^{14}\text{C}$ , $^3\text{H}$ , $^{90}\text{Sr}$	월, 분기	1~2 개소
	농산물	감마핵종, $^{14}\text{C}$ , $^3\text{H}$ , $^{90}\text{Sr}$	반기, 년	6~12 개소
	솔잎, 쑥	감마핵종, $^{90}\text{Sr}$	반기	2~8 개소
	육류	감마핵종, $^{14}\text{C}$ , $^3\text{H}$	반기	2 개소
해양 시료	해수	전베타, $^3\text{H}$ , $^{90}\text{Sr}$	월, 분기	2~13 개소
	해조류 등	감마핵종, $^{90}\text{Sr}$	반기	2~8 개소

간 주도로 민간환경감시기구가 설립되어 주요 환경 방사능 항목에 대한 독자적 감시를 수행하고 있다.

환경 방사능 감시 대상은 방사선량률 및 방사능 농도로 구분된다. 방사선량률은 원자력발전소 주변에 고정 설치된 환경방사능감시기를 통해 실시간으로 감시하고 있으며, 열형광선량계를 이용하여 분기별 누적 방사선량을 확인하고 있다.

방사능 농도는 원자력발전소 주변 지역의 공기, 토양, 물, 농산물, 해산물, 해수 등의 시료를 환경 방사능 조사계획에 따라 채취하여 시료별 전처리 과정을 거쳐 고순도 감마핵종분석기, 저준위 알파베타계수기 등을 이용하여 방사능을 분석하고 있다. 조사 내용은 〈표 6〉과 같다.

원자력발전소는 조사 결과를 「원자력발전소 주변 환경방사능 조사 및 평가보고서」에 수록하여 정부, 지자체 등에 배포하고 있으며 연간 1회 환경 방사능 감시

결과를 주민 설명회를 통해 이해 당사자에게 설명하고 있다.

2017년도 원전 주변 공간 감마 선량률은 원자력발전소가 없는 일반 지역과 유사한 값을 보이고 있으며 자연 방사선 수준과 차이가 없었다.

한편 원전 주변 토양, 물, 농축산물, 해수, 해저 퇴적물 등 20여종의 환경 시료를 분석한 결과  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$  등 원자력발전소 운영에 의한 인공 핵종이 일부 검출되고 있으나 그 양이 극히 미약하여 환경에 미치는 영향은 무시될 정도였다.

2017년도 한 해 동안 원전 주변에 대한 환경 방사선 조사 결과를 종합하면 예년과 대동소이하며, 방사성 물질 축적 정도도 무시할 수 있는 수준으로 원전 가동으로 인한 주변 주민 및 환경에 미치는 영향은 없는 것으로 평가되었다.

일반 환경 조사는 1986년부터 한전 전력연구원, 서



환경 방사선 감시 설비

울대학교 및 원전 소재 지역 대학 등이 참여하여 「원전 주변 환경조사지침」에 따라 원전 주변 인근 육상 및 해역에 대해 생물학적·화학적·물리학적 조사 등을 실시하고 있다. 지금까지(2015년)의 조사 결과, 4개 원전 주변 육상·해양 생태계 및 환경은 전반적으로 자연 생태계와 유사하였으며, 특이사항도 관찰되지 않았다.

또한 원전 주변 해역의 해양 생태계 서식 환경을 보호하기 위해 주변 해역에 방치되어 있는 그물 등의 폐어구, 불가사리와 같은 유해 생물 등을 주기적으로 제거하고 있으며, 원전에서 배출되는 온배수의 안전성과 유용성을 홍보하고 어민 소득 증대에 기여하기 위해 한빛·월성 원전 부지 내 온배수를 이용한 양식장에서 어민들이 선호하는 고급 어·패류를 양식하여 지속적으로 원전 주변 해역에 방류하고 있다.

### 맺음말

2017년도 원전 방사선 안전 관리는 종사자 방사선

량 관리, 중·저준위 방사성폐기물 등 모든 분야에서 알찬 성과를 거두었던 것으로 평가되어 보다 안정적인 원전 운영에 기여하였다.

그러나 이러한 결과에 만족하지 않고 원전의 방사선 안전성 확보는 한수원이 추구하는 최우선의 가치임을 깊이 새겨 최선의 기술과 설비/제도의 개선, 운영 능력 향상을 바탕으로 원전 방사선 안전 관리에 무결점을 추구하고자 한다.

2018년도에는 제4차 중장기 종사자 피폭 방사선량 저감 계획에 따라 원자로건물 내 차폐체 개선 및 ALARA 위원회 개최 선량 하향 조정 등 종사자 피폭 방사선량 저감에 기여할 것이며, 중저준위 방폐물 종합 관리 로드맵을 수립하여 원전 해체 폐기물 대량 발생 대비 및 방폐장 인수기준에 상응하는 운영 폐기물 관리로 우호적 국민 여론 조성에 이바지하고 또 계속되는 원전 수출의 든든한 기초 확보에 최선을 다하고자 한다. 🍎