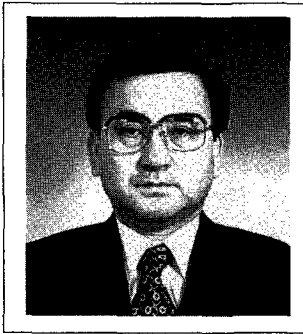


'95 원전주변 환경방사능 실태

환경방사선량 · 환경방사능 절대안전

임재호

한국전력공사 원자력안전실 실장



지난해 우리나라 총 전력생산량 중 36%를 원자력발전이 담당하였고, 그만큼 전력 생산에서 차지하는 원전의 비중이 커서, 그 중요성은 어느 때보다도 부각되고 있다. 현재 우리나라의 전력수요는 매년 10% 이상 급격히 증가하고 있고, 또 자원이 없는 우리나라로서는 원자력발전을 계속 추구할 수 밖에 없다. 그러나 원전에는 원료로 우라늄을 사용하고 있기 때문에 이 우라늄의 연소과정에서 방사성물질이 발생되고 또 이 중 일부가 방사성폐기물로 외부환경에 방출된다. 원전에서는 이런 폐기물 방출을 억제할 수 있는 시설이 충분히 갖추어져 있어 방출량이 극소량이 되도록 하고 있지만, 이런 소량 방출에도 원전 주변환경이 과연 안전하게 보전되었는지 지난해 수행한 환경방사능 조사결과를 요약·정리하면서 알아본다.

연

원전주변 환경방사능 감시는 원전이 전문인력·장비 및 시설 등을 갖추고 관련법령에 따라 주기적으로 조사를 실시하고 있으며, 과학기술처와 한국원자력안전기술원 등이 이를 확인 및 감독하고 있다.

또 환경방사능 감시에 대한 객관성을 높이기 위해 지역주민과 함께 환경시료를 채취, 공신력 있는 원전주변지역 지방대학이나 한국원자력연구소에 방사능분석을 의뢰하고, 분석결과는 분석대학에서 주민에게 직접 발표 또

는 설명하고 있다.

1년간 수행한 환경조사결과는 과학기술처에 연보로 종합보고되며, 과학기술처에서는 원전의 조사결과와 한국원자력안전기술원의 독자적인 조사결과를 상호 비교·평가하여 원전 주변환경이 영향을 받고 있는지 여부를 최종평가하게 된다.

환경조사계획

원전 환경방사능 관리는 기본적으로 과학기술처 고시 제85-5호 「원자

력발전소주변환경조사지침」에 따라 수행되는데, 이를 요약하면 <표 1>과 같다.

조사항목은 크게 공기중 환경방사선량 측정과 환경시료 방사능분석으로 나누어 수행하고 있다.

환경방사선량은 원전주변 10곳의 환경방사선감시기와 40여곳의 열형광선량계(TLD)로 측정하고 있다.

환경방사선감시기는 공간선량률을 연속적으로 측정하며, 열형광선량계로는 1분기 동안의 공간집적선량을 측정한다.

환경시료의 방사능은 공기미립자· 토양· 솔잎· 바닷물· 우물물· 쌀· 보리· 배추· 우유· 해조류(미역· 다시마· 김)· 어패류 등 시료를 주기적으로 채취하여, 감마선분광분석기· 액체섬광계측기· 기체비례계수기 등으로 이들 시료중 방사성핵종의 종류와 양을 분석한다.

연간 채취되는 시료의 수량은 발전소별로 대략 1,500여개에 달한다.



방사능 시료 채취 장면

환경조사결과

1. 환경방사선량

환경방사선량은 공간선량률과 공간 집적선량으로 구분하여 측정된다.

가. 공간선량률

공간선량률은 지상 1m 공간중에 존재하는 시간당 감마방사선량으로, 발전소 주변 10~11개소에 설치된 환경방사선감시기를 이용하여 연속으로 측정하였으며, 그 결과는 <표 2>와 같다.

95년도 원전주변의 방사선량률은 73.3~144.9nGy/h로 예년 변동치인 70.9~126.3nGy/h와 비슷하며, 한국원자력안전기술원이 측정한 우리나라의 전국 방사선량률 범위인 20.0~154.0nGy/h 이내에 들어 원전으로 인한 영향은 없는 것으로 판단된다.

95년도의 최고치인 144.9nGy/h는 영광군청에 설치된 감시기에서 측정된 수치인데, 이 감시기는 95년 10

<표 1> 환경방사능 조사내용

구 분	대상 및 시료	조사 항목	주 기	지점수(원전별)
환경방사선량	지상 1m 공간	선량률	연 속	10~11개소
		집적선량	분기 1회	40개소 이상
환경방사능	공 기	전베타·감마핵종·I-131	주 1회~분기 1회	10개소
	토양·솔잎	전베타·감마핵종	연 2회	5~15개소
	물시료	감마핵종·삼중수소	월 1회~분기 1회	2~3개소 이상
	해양시료	전베타·감마핵종	연 2회	2개소 이상
	우 유	감마핵종·I-131	월 1회	2개소 이상
	농수산물	감마핵종	연 1~2회	2~3개소 이상

주: 감마핵종 분석결과 Cs-137이 존재할 경우 Sr-90 분석

<표 2> 원전주변 공간선량률

(단위: nGy/h)

원 전 \ 시 기	시 기				
	91년	92년	93년	94년	95년
고 리	74.8~ 92.2	72.2~ 91.4	74.1~ 82.3	72.7~ 87.4	73.3~ 88.6
월 성	79.2~ 87.0	82.7~ 97.4	84.1~101.0	76.3~ 96.8	76.5~104.5
영 광	71.7~119.0	70.9~120.7	72.8~118.4	80.6~126.3	76.8~144.9
울 진	86.0~107.0	91.0~113.0	86.0~119.0	92.0~120.0	93.1~111.4

주: 1. 1nGy = 1/8.7μR
 2. 고리는 11개소, 기타는 10개소에서 측정
 3. 선량률은 각 지점의 1년간 평균치를 계산한 다음, 모든 지점중의 최대 및 최소치를 선정후 나타난 것임



비닷속의 환경조사시료를 채집·측정하는 모습

월 영광변전소에서 이곳으로 옮겨 군청청사와 벽돌담 사이에 설치되어, 이들 건축물에서 나오는 높은 자연방사선 때문에 다른 지역보다 다소 높게 측정된 것으로 판단된다.

나. 공간집적선량

공간집적선량은 3개월간 누적치로 발전소 반경 약 30km 이내 40여개 지점에 설치된 열형광선량계를 매 분기별로 회수·판독하여 조사한 것이며, 부지 외부의 주요지점에 대한 측정치는 <표 3>과 같다.

이 결과를 보면 발전소 부지 바깥지역에서의 연도별 증가현상은 없었으나, 원전별로 차이가 나는 것은 지역적으로 자연방사능이 차이가 있기 때문이다.

2. 환경시료의 방사능

원전별로 20여 종류의 시료를 채취하여 분석한 결과, 중요한 몇가지 항목에 대해 요약해 보면 다음과 같다.

가. 공기시료의 방사능

공기시료는 원전주변 10~11개소

에 설치된 공기시료채집기로 연속채취하여, 주 1회 단위로 전베타방사능과 방사성옥소를 분석하고, 또 공기중 미립자 포집여과지는 분기별로 모아서 감마핵종을 분석하였다.

그 결과를 보면 95년도의 공기중 전베타방사능은 0.45~1.39mBq/m³로, 94년도의 0.49~1.29mBq/m³와 비교하여 증가하지 않았으며, 공기중에서 방사성옥소와 인공 감마방사성 핵종은 검출되지 않았다.

그리고 공기중 전베타방사능은 겨울에는 높고 여름에는 낮은 경향을 나타냈는데, 이는 겨울에 대기가 안정되어 땅으로부터 발산되는 라돈가스가 확산되지 못해 지표부근에 모이기 때문에 지상의 공기중 방사능농도가 증가된 것이며, 여름에는 이와 반대현상으로 낮게 나타난 것이다.

나. 토양시료의 감마핵종

발전소별로 연 2회에 걸쳐 각 15개 지점의 토양시료를 채취·분석하였다.

분석결과 Cs-137의 최대치는 92년~94년도의 3.7~31.9Bq/kg·건토에 비하여 95년도에도 18.3~40.9 Bq/kg·건토로 나타났다.

Cs-137은 과거 핵실험과 옛소련의 체르노빌 원전사고에 의해 10¹⁰Bq 이상의 낙진이 지구상에 떨어졌기 때문에 전세계적으로 검출되는 인공핵종이다.

우리나라 전국 토양에 대하여 Cs-137을 한국원자력안전기술원에서 조

<표 3> 공간집적선량 측정치(부지외부 평균치)

(단위 : μGy/91일)

시 기 장 소	94.1/4	94.2/4	94.3/4	94.4/4	95.1/4	95.2/4	95.3/4	95.4/4
고 리	176	192	178	177	156	194	163	191
월 성	165	166	145	182	189	156	149	178
영 광	249	257	233	252	236	207	194	210
울 진	275	255	239	284	258	257	260	242

주 : 1μGy = 0.1mrad

사한 결과, 4.7~151.0Bq/kg·건토였다.

Cs-137과 동반하여 검출되는 Sr-90은 토양중에서 최대 0.59Bq/kg·건토가 검출되었다.

다. 해양시료의 감마핵종

해수·어패류·해조류·해저토·저생동물 등 해양시료에 대한 분석

〈표 4〉 해저토중의 감마핵종 농도

(단위: Bq/kg·건토)

원 전	검출량(최대치)
고 리	Cs-137 1.98
	Co-60 2.28
월 성	Cs-137 4.64
	Co-60 4.95
영 광	Cs-137 2.08
울 진	Cs-137 1.54

주: 비교지점 포함

〈표 5〉 울진 해양시료중의 감마핵종 농도

(단위: Bq/kg·생체)

시 료	지 점	검출량(최대치)
불 가 사 리	배수구·취수구	Ag-110m 6.56
		Ag-110m 51.61
골 뱅 이	배수구	Co-60 1.09
		Ag-110m 0.24
해 초	배수구	Ag-110m 0.24
삿 갓 조 개	배수구	Ag-110m 2.38

〈표 6〉 월성원전 주변공기중 삼중수소 추이(평균치)

(단위: Bq/m³)

시 기	91년	92년	93년	94년	95년
청경사택	2.35	2.23	1.82	3.33	4.37
직원사택	0.80	0.27	0.74	0.92	1.35
상 봉	1.33	1.15	1.07	1.73	2.04
경 주	0.39	0.26	0.08	0.23	0.18

주: 법적제한치(14,800Bq/m³)

을 실시한 결과, 발전소 배수구 지역의 일부 시료에서만 Cs-137, Ag-110m, Co-60이 소량 검출되었다(표 4).

해저토 중의 Cs-137은 토양에서와 마찬가지로 이유로 지구상 어디에서나 검출되고 있는 것이다.

Co-60은 액체폐기물 방출에 기인한 것으로, 고리원전과 월성원전의 발전소 제한구역내에서 각각 최대 2.28 Bq/kg·건토, 4.95Bq/kg·건토가 검출되었다.

이러한 양은 시료 자체가 가지고 있는 자연방사능의 1%도 되지 않는 극히 작은 양이고, 검출지역이 발전소 제한구역내에 한정되어 있어 그 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

울진원전은 〈표 5〉와 같이 Ag-

110m이 배수구에서 서식하는 불가사리·골뱅이·삿갓조개·해초에서 소량으로 각각 최대 6.58, 51.6, 2.38, 0.24Bq/kg·생체로 검출되었으며, Co-60은 골뱅이에서 최대 1.09 Bq/kg·생체가 검출되었다.

최대 51.6Bq/kg·생체가 검출된 배수구 골뱅이 시료중의 Ag-110m(허용치 18,760Bq/kg·생체는 주민선량으로 환산하면 0.003mSv/년으로, 일반인에 대한 선량제한치인 1mSv/년 대비 0.3% 정도였으며, 이외 고리의 경우 배수구 불가사리에서 Co-60이 최고 0.43Bq/kg·생체로 소량 검출되었다.

라. 공기중 삼중수소(월성)

월성원전은 중수로 특성상 삼중수소 방출이 경수로보다 다소 많으므로 월성에서는 별도로 공기중 삼중수소 분석도 함께 실시하였다.

즉 월성원전 주변 8개 지점과 비교 지점으로 경주와 울산을 선정하여 월 2회 측정하였는데, 이중 부지외부 4개 지점에 대한 조사결과는 〈표 6〉과 같다.

발전소 외부지역중 평균치 최대는 청경사택의 4.37Bq/m³로, 이는 과거 최고시상의 공기중 최대허용농도인 14,800Bq/m³의 0.0003% 정도에 해당된다.

한편 94년부터 2주 간격으로 채취·분석한 값 중에서 발전소 내의를 통틀어 최대값은 94년 10월 후문 동쪽의 58.9Bq/m³였으나, 이후 95년도



미립자시료 채취기 측정 장면

(표 7) 월성원전 주변 공기중 삼중수소 추이(분기별 최대치)

(단위: Bq/m³)

장 소 \ 시 기	94. 최대	95. 1/4	95. 2/4	95. 3/4	95. 4/4
취수구	19.58	13.73	13.55	26.94	21.68
폐기물고	9.92	12.82	10.94	16.92	3.56
후문동쪽	58.89	3.56	5.60	12.66	2.41
청경사택	9.77	3.36	12.45	19.16	2.40

(표 8) 빗물중 삼중수소 연간 평균농도

(단위: Bq/l)

장 소 \ 시 기	91년	92년	93년	94년	95년
고리(관측소)	6.1	7.7	6.2	0	0
월성(취수구)	155.6	166.3	202.6	171.9	398.5
영광(관측소)	23.9	16.3	9.8	0	26.6
울진(관측소)	9.3	10.1	0	0	0

주: 법적제한치(222,000Bq/l)

(표 9) 물시료중 삼중수소의 월별 분석치(월성원전)

(단위: Bq/l)

시료명 \ 시 기	95.1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
배수구 해수	ND	ND	ND	22	1,190	10	33	270	72	18.3	7.6	6.5
폐기물고 빗물	55	130	62	291	201	1,048	231	311	25	61	-	-

주: ND는 불검출, -는 시료없음을 나타냄

에는 이보다 적은 26.94Bq/m³(취수구)로 나타났다(표 7).

마. 빗물/물의 삼중수소

빗물중 삼중수소 농도는 월성원전 부지를 제외한 타 발전소는 상당히 낮은 값을 나타냈다(표 8).

월성의 경우 공기중과 마찬가지로 기체방출물에 의한 영향 때문에 빗물이나 주변의 물시료중에서 삼중수소가 지속적으로 약간 높게 측정되고 있다.

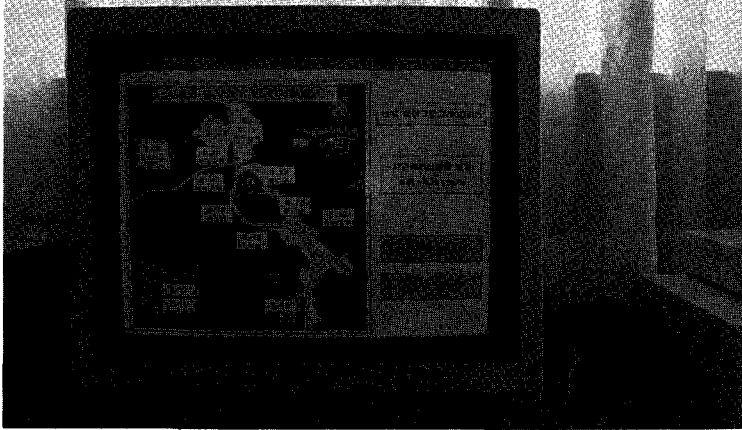
95년도에는 과거보다 높은 398.5 Bq/l였으나, 이는 수중 최대허용농도인 222,000Bq/l 대비 0.18%에 불과하여 안전한 것으로 판명되었다.

물시료중 월간 단위분석 결과를 보면 95년 5월 배수구 해수(1,190Bq/l)와 95년 6월 폐기물저장고 빗물에서 1,048Bq/l로 나타났는데, 배수구 해수는 발전소 정기보수기간중에 회석수가 부족한 상황에서 액체방출이 이루어진 때문이며, 빗물은 기체방출량이 많았던 원인과 또 이 기간중에 강수량이 부족한 것도 한 원인으로 생각할 수 있다(표 9).

3. 주민방사선량 평가

미량의 방사성기체 및 액체폐기물 방출에 의해 원전부지 경계지역에 거주하는 주민이 받게 되는 방사선량을 컴퓨터를 이용하여 평가하였다.

이 계산에 사용한 방사성물질 방출량은 (표 10)과 같다.



환경방사선감시 온라인시스템에 의해 원전주변의 환경방사선을 연속적으로 감시할 수 있는 환경방사능감시단말기

액체의 경우 모든 원전이 삼중수소가 주를 이루었고, 기체의 경우 불활성기체와 삼중수소가 대부분이었다.

폐기물 방출량을 사용하여 주민방사선량을 계산한 결과는 <표 11>과 같다.

고리원전의 부지경계선상 주민선량이 0.00686mSv/년·인으로 최대치를 나타내고 있으나, 이 값은 일반주민 선량한도 1mSv/년 대비 0.7% 수준에 불과해 방사선량이 미미한 것으로 평가되었다.

<표 10> 방사성폐기물 방출량

(단위: $\times 10^{10}$ Bq)

원 전		고 리	월 성	영 광	울 진
기 체	희 유 기 체	4.28	751.09	11.05	0.041
	삼 중 수 소	13.98	443.27	8.09	0.000085
	기 타	0.000017	0.0000052	0.015	1.92
액 체	삼 중 수 소	31.82	167.74	27.79	21.27
	기 타	0.00086	0.00017	0.00012	0.00057

주: 방사성옥소·방사성미립자 방출은 거의 없음(0.01TBq 이하)

<표 11> 원전부지별 주민전신선량

(단위: mSv/년·인)

원 전	고 리	월 성	영 광	울 진
선 량	0.00686	0.00424	0.00183	0.001246

종합평가

95년에 각 원전주변의 환경시료를 채취하여 방사능을 조사한 결과, 공간방사선량 및 전베타방사능은 예년치와 유사하였다.

인공 방사성핵종은 육상 토양시료에서 Cs-137이 최대 40.9Bq/kg·건토, 해저토에서 최대 4.64Bq/kg·건토로 나타났으나, 이는 과거 핵실험 및 체르노빌 원전사고에 의한 방사능 낙진 영향이며, 발전소 가동으로 인한 영향은 아닌 것으로 판단된다.

일부 해양생물 시료중에서는 Co-60과 Ag-110m이 최대 51.61Bq/kg·생체로 나타났으나, 이도 허용치 대비 0.3% 수준에 불과한 것이다.

월성원전 빗물중 삼중수소 농도는 일반지역에 비해 다소 높이나, 이것 역시 허용치 대비 0.18% 이내로 안전한 것으로 평가되었다.

폐기물 방출에 의해 주변주민이 받을 수 있는 방사선량을 전산프로그램을 사용하여 계산한 결과, 최대치는 고리원전의 0.007mSv/년으로 제한치 1mSv/년의 0.7%로 방사선량이 미미한 것으로 나타났다. ☞

주 1: 분석자료중 월성원전의 토양·해저토는 95년 상반기까지, 공기중 미립자의 전베타방사능은 95년 11월까지의 자료임
 주 2: 측정치중 '0'으로 표기된 것은 'ND(불검출)'를 의미함