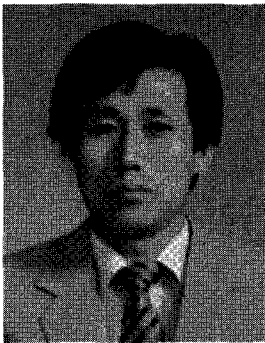


'94년도 원전주변 환경방사능 평가

1994년도에 각 원전주변의 환경시료를 채취하여 방사능을 조사한 결과, 인공방사성핵종은 육상토양 시료에서 Cs-137이 최대 31.9Bq/kg-dry, 해저토에서 최대 4.24Bq/kg-dry로 나타났으며, 일부 해양생물시료중 검출된 Co-58, Co-60, Mn-54 및 Ag-110m은 170Bq/kg 이내로 허용치 대비 0.08% 이내로 안전한 것으로 평가된다.

서론



양창국

한국전력공사
방사선안전실장

1994년도 국내 총전력생산량중 35.6%를 원자력발전이 담당하였으며, 나머지는 주로 석탄, 석유, 천연가스 등을 연소하는 화력발전이 담당하였다.

그러나 최근 이상난동, 폭우 등 기상이변이 속출하고 있으며 지구온난화가 그 원인의 하나로 거론되고 있다.

1994년 3월 발효된 기후변화협약은 지구온난화를 막기 위해 이산화탄소 방출을 억제하고 있다.

더구나 우리나라는 1995년 3월 경제개발협력기구(OECD)에 가입을 신

청할 예정이며, 그에 따라 기후변화협약에 의한 탄산가스 배출량 규제를 선진국 수준으로 받게 될 가능성이 있다.

우리나라의 전력수요는 매년 10% 이상 급성장을 계속하고 있으며, 현 기술수준으로 화석연료를 대신할 경제적이면서 지구온난화가스 배출이 없는 대체에너지원은 원자력에너지 뿐이다.

원자력발전소의 에너지원은 우리나라의 핵분열에 의한 것이므로, 방사성물질 생성은 불가피하다.

방사선을 환경으로부터 격리하는 기술은 잘 확립되어 있으며, 방사선

안전관리는 원자력발전 운영자의 최대의 명제이다.

1994년도 원자력발전소 운영에 따른 인공방사능의 환경에 미친 영향을 분석평가해 본다.

환경방사능 감시체계

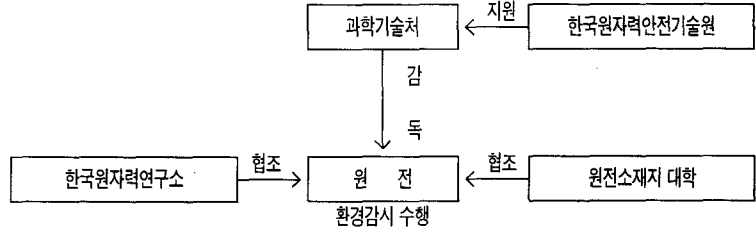
원전주변 환경방사능 감시는 사업자인 한국전력공사가 전문인력, 장비 및 시설 등을 갖추고 원전 가동전부터 현재에 이르기까지 관련법령에 따라 정기적인 조사를 실시하고 있으며, 과학기술처와 한국원자력안전기술원 등이 이를 확인 및 감독하고 있다(그림 1).

또 환경방사능 감시의 공정성과 신뢰성을 위해 지역주민이 원하는 시료를 채취, 공신력 있는 원전소재 지방대학이나 한국원자력연구소에 방사능 분석을 의뢰하고, 분석결과는 주민에게 직접 발표한다.

최종적으로 원전주변 환경방사능 조사결과는 과학기술처에 종합보고되며 과학기술처에서는 한국전력공사의 조사결과와 한국원자력안전기술원의 독자적인 조사결과를 상호비교, 원전주변 환경이 영향을 받고 있는지 평가하게 된다.

환경방사능 감시계획

원전 환경방사능 관리는 과학기술처 고시 제85-5호 '원자력발전소 주변환경 감시지침'에 따라 수행된다.



(그림 1) 환경방사능 감시체계

감시항목은 크게 공기중 환경방사선량 측정과 환경시료 방사능분석으로 나누어진다.

환경방사선량은 환경방사선감시기와 열형광선량계 등 2가지 방법으로 측정되며, 조사지점으로는 환경방사선감시기는 부지당 10여곳에, 열형광선량계는 부지당 40여개소에 달한다.

또 조사대상은 환경오염 여부를 쉽게 알 수 있고, 또 주민들 생활과 관련이 많은 시료로 공기미립자, 토양, 솔잎, 바닷물, 우물물, 쌀, 보리, 배추, 우유, 해조류(미역, 다시마, 김), 어패류 등을 하고 있으며, 발전소별로 연간 1,500여개 시료를 채취하여 분석한다. 주요 환경방사능감시계획은 표 1과 같다.

환경방사능 감시결과

1. 환경방사선량

환경방사선량은 공간선량률과 공간집적선량으로 구분하여 측정된다.

가. 공간선량률

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

표에서 보듯이 '94년도 원전주변 평균방사선량률은 77.7~104nGy/h로 예년 평균변동치인 77.4~100nGy/h와 비슷하며, 한국원자력안전기술원이 측정한 우리나라 전국 방사선량 범위인 20.0~154.0nGy/h 이내에 들어 발전소 가동으로 인한 방사선량 증가현상은 없는 것으로 평가된다.

자연방사선량 준위는 표 2와 같이 다소 변하는데 이는 자연현상인 강우, 강설, 뇌우, 적설 및 기상상태에 따라 변하는 것으로 동일지역의 경우 최대 20%까지 변동하는 것으로 나타나고 있다.

나. 공간집적선량

공간집적선량은 지상 1m 공간에서 감마방사선량의 3개월간 누적치로 발전소 반경 약 30km 이내 40여개 지점에 설치된 열형광선량계(TLD)를

(표 1) 환경방사능감시계획

대상 및 시료	조사 항목	주 기	지점수(원전별)
공기중	공간선량률	연 속	10~11개소
	공간집적선량	분기 1회	40개소 이상
공기미립자	전베타, 감마핵종, I-131	주 1회~분기 1회	10개소
토양, 솔잎	전베타, 감마핵종	연 2회	5~15개소
해수, 지하수, 빗물	감마핵종, 삼중수소	월 1회~분기 1회	2~3개 이상
해저침식물 및 저생지표 등 식물	전베타, 감마핵종	연 2회	2개소 이상
우 유	감마핵종, I-131	월 1회	2개소 이상
어패류, 곡류, 채소류, 달걀, 해조류	감마핵종	연 1~2회	2~3개소 이상

註. 감마핵종 분석결과 Cs-137이 존재할 경우 Sr-90 분석

매분기별로 회수, 판독하여 조사되며, 주요지점에 대한 공간집적선량 측정 결과는 표 3과 같다.

표에서와 같이 각 원전별 부지외부의 자연방사선량은 평상최대치인 218~330 μ Sv/분기내이며, 원전별 부지외부와 비교지점을 상호비교하여도 큰 차이를 보이고 있지 않아, 발전소가동으로 인한 선량 증가현상은 없는 것으로 판단된다.

또, '90년부터 '94년까지 연간집적선량을 비교해 보면 표 4와 같이 모두 예년과 유사하며 증가현상도 없다.

여기서 영광원전 주변의 최대치 1,528 μ Sv/년은 영광원전으로부터 5km 떨어진 상석지역의 것으로 이 지역 지각중에 자연방사성물질인 U, Th, K-40 등이 많이 내포되어 있기 때문이며 발전소 영향은 아닌 것으로 분석된다.

2. 환경시료의 방사능

각종 환경시료에 대한 방사능 분석은 원전별로 20여 종류에 대해 연간 약 1,500건을 하고 있으며 이 중 몇가지 항목에 대해 평가해보면 다음과 같다.

가. 공기시료의 방사능

공기시료는 원전주변 10~11개소에 설치된 대기시료채집기로 연속채취되며, 이를 주 1회 단위로 전베타방사능과 방사성옥소를 분석하고, 또 공기중 미립자 포집여과지는 분기별로 모아서 감마동위원소를 분석한다.

그 결과 표 5에서 보듯이 공기중 전베타방사능은 0.67~1.05mBq/m³로 이는 자연방사능 수준과 거의 같은 수준이며, '93년도의 0.57~1.13mBq/m³와 비교해 봐도 증가현상은 발견되지 않고 있다.

또 공기중에서 방사성옥소와 인공 감마방사성핵종은 검출되지 않았다.

공기중 전베타방사능이 겨울에 높고 여름에 낮은 경향을 나타내고 있는데, 이는 겨울에 대기가 안정되어 지상의 라돈가스가 확산되지 못하여 대기중 방사능농도가 증가하였기 때문이며, 여름에는 이와 반대되는 자연현상 때문인 것으로 분석된다.

나. 토양시료의 감마핵종

발전소별로 연 2회에 걸쳐 각 15개 지점의 토양시료를 채취, 분석하고 있

(표 2) 지역별 연간평균 공간선량률

(단위: nGy/h)

장소 \ 시기	'91년			'92년			'93년			'94년		
	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소
고리주변 (11개소)	79.6	92.2	74.8	78.1	91.4	72.2	77.4	82.3	74.1	77.7	87.4	72.7
월성주변 (10개소)	83.4	87.0	79.2	86.5	97.44	82.7	86.34	101	84.1	85.1	96.8	76.3
영광주변 (10개소)	96.9	119	71.7	97.0	120.7	70.9	96.6	118.4	72.8	102.4	126.3	80.6
울진주변 (10개소)	93.6	107	86.0	98.6	113	91	100	119	86.0	104	120	92.0

註. 1nGy(나노그레이)=1/8.7 μ R(마이크로 렌트겐)

〈표 3〉 1994년도 분기별 공간집적선량 측정치

(단위: $\mu\text{Sv}/\text{분기}$)

장 소	시 기	1/4	2/4	3/4	4/4	연평균	정상최대
	고 리 원 전	부지외부 (32개소)	176	192	178	177	181
비교지점 (2개소)		178	195	185	190.0	187	224
월 성 원 전	부지외부 (31개소)	228	218	186	226	215	256
	비교지점 (2개소)	219	217	185	226	212	238
영 광 원 전	부지외부 (34개소)	249	257	233	274	253	296
	비교지점 (2개소)	199	235	188	230	213	330
울 진 원 전	부지외부 (34개소)	275	255	239	279	261	277
	비교지점 (2개소)	219	222	201	200	207	218

註. 1. $1\mu\text{Sv}$ (마이크로 시버트)= 0.1mrem (밀리렘)

2. 비교지점은 발전소로부터 16km 이상 떨어진 지역

〈표 4〉 연간 공간집적선량의 연도별 비교

(단위: $\mu\text{Sv}/\text{년}$)

장 소	연 도	90년	91년	92년	93년	94년
고 리 주 변		792-1,112	740- 970	693- 993	763- 947	637- 954
월 성 주 변		932-1,240	884-1,128	843-1,109	816-1,100	772-1,032
영 광 주 변		950-1,470	760-1,510	770-1,630	652-1,650	726-1,528
울 진 주 변		752-1,488	732-1,420	732-1,260	694-1,228	720-1,348

註. 원전으로부터 32km 이내의 최소값과 최대값을 표시

〈표 5〉 공기중미립자 전배타방사능

(단위: Bq/m^3)

장 소	시 기	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	연평균	정상변동폭
고 리 주 변		0.76	0.62	0.49	0.82	0.67	1.04
월 성 주 변		1.29	0.97	0.77	1.16	1.05	3.44
영 광 주 변		1.08	0.92	0.68	1.11	0.95	2.36
울 진 주 변		1.25	0.83	0.70	1.17	0.99	2.08

註. 시료채취후 72시간 경과후 분석

으며 분석결과는 예년과 마찬가지로 일부 시료에서 인공방사성핵종인 Cs-137이 최대 31.9Bq/kg-dry로 나타났다.

Cs-137은 인공핵종으로 과거 지구상에 400여건의 핵실험과 구조련의 체르노빌원전 사고에 의해 1.0^{10} 배크렐(2천7백만큐리와 같음) 이상이 지

구상에 낙진으로 떨어졌기 때문에 전세계적으로 조금씩 검출되고 있는 핵종이다.

참고로 한국원자력안전기술원에서 우리나라 전국 토양에 대하여 Cs-137을 조사한 결과는 4.7~151.0Bq/kg-dry이었으며, 일본의 하마오카원전 주변은 3.6~18.1 Bq/kg-dry('87. 4~ '88. 4), 겐카이원전 주변은 3.8~29.0Bq/kg-dry('90년)이었다.

다. 해양시료의 감마핵종

해수, 어·패류, 해조류, 해저토, 저생 동식물 등 해양시료에 대한 분석을 실시한 결과 Cs-137, Ag-110m, Co-58, Co-60, Mn-54 등이 일부 시료에서 소량 검출되었다.

해저토중의 Cs-137은 토양에서와 마찬가지로 이유로 어디서나 검출되고 있는 것으로, 94년도는 최고 4.24Bq/kg-dry로 이는 토양의 경우보다는 훨씬 적은 수준이며, Cs-137 낙진이 해수면에 떨어지면서 해수에 희석되었기 때문이다.

또 Co-60이 고리에서 최고 17.45 Bq/kg-dry, 월성에서 2.85Bq/kg-dry, Mn-54는 월성배수구에서 1.35Bq/kg-dry 검출되었으나, 이는 주민선량으로 환산시 $0.005\mu\text{Sv}/\text{년}$ 이하로 주민허용선량 $1,000\mu\text{Sv}/\text{년}$ (100mrem/년)과 비교하면 무시할 정도이다.

이외 울진원전은 표 8과 같이 Ag-110m이 불가사리에서 0.71~26.8Bq/kg-wet, 패류에서 45.3~170.2Bq/kg-

(표 6) 토양중의 Cs-137 농도

(단위 : Bq/kg-dry)

장 소	시 기	'92년	'93년	'94년
고리 주변 (15개소)		N.D	N.D~23.1	N.D~27.7
월성 주변 (15개소)		N.D~32.9	N.D~23.3	N.D~31.9
영광 주변 (15개소)		N.D	N.D~3.7	N.D~13.2
울진 주변 (15개소)		N.D~20.0	N.D~12.3	N.D~14.2

wet이 검출되었고, 배수구 불가사리와 패류중에서 Co-58이 각각 0.45~0.63 Bq/kg-wet, 1.78~2.45Bq/kg-wet 검출되었다. 또 Co-60은 패류에서만 1.35~2.40Bq/kg-wet이 검출되었다

울진 배수구의 패류(골팽이)에서 검출된 최대 170.2Bq/kg-wet의 Ag-100m은 이를 주민이 섭취하였을 때의 선량으로 환산하면 0.04 μ SV/년으로 일반인에 대한 선량제한치 대비 0.004% 정도이다.

또 각 원전에서 Co-60, Co-58, Mn-54가 소량검출된 것은 해양시료채취방법의 강화 및 분석정밀도 향상에 따른 것으로 풀이된다.

상기와 같이 검출된 인공핵종은 일본 오토히, 다카하마, 미하마, 쓰루기원전 등이 적용하고 있는 허용농도인 어류 555Bq/kg-wet, 무척추동물 5,550 Bq/kg-wet, 해조류 2,923Bq/kg-wet, 채소류 4,440Bq/kg-wet과 비교하면 매우 적은 값이다(일본의 허용농도는 허용선량 50 μ Sv/년을 기준으로 책정한 값임).

(표 7) 해저토중의 감마핵종 농도

(단위 : Bq/kg-dry)

원 전	조사 장소	핵 종 명	검 출 량
고 리	원전주변 6개소	Cs-137	N.D~2.127
		Co-60	N.D~17.45
	비교지점(대송)	Cs-137	0.898
월 성	원전 배수구	Co-60	2.85
		Mn-54	1.35
영 광	원전주변 2개소	Cs-137	N.D~4.24
	비교지점 2개소	Cs-137	N.D~4.22
울 진	원전주변 2개소	Cs-137	0.50~1.74
	비교지점(임원)	Cs-137	0.37~0.39

註. 비교지점은 원전의 영향이 없는 7.5~16km 떨어진 지역임

(표 8) 울진 해양시료 중의 감마핵종 농도

(단위 : Bq/kg-wet)

시료종류	조사장소	핵 종 명	검 출 량
불가사리	취수구, 배수구	Ag-110m	0.71~26.8
	배수구	Co-58	0.45~0.63
어 류	배수구	Cs-137	0.20~0.26
	비교지점(임원)	Cs-137	0.10~0.29
패 류	배수구	Ag-110m	45.3~170.2
		Co-58	1.78~2.45
		Co-60	1.35~2.40
		Cs-137	N.D~0.19

라. 공기중 삼중수소(월성)

월성원전은 중수로형 원자로로 그 특성상 삼중수소 생성 및 대기권 방출이 경수로보다 다소 많아 공기시료에 대한 삼중수소 분석을 별도로 실시하고 있다.

즉, 월성원전 주변 8개 지점과 비교 지점으로 경주와 울산을 선정하여 월 2회 측정하고 있으며, 최근 5년간 부

(표 9) 월성원전 주변 공기중 삼중수소 추이

(단위: Bq/m³)

장 소	시 기	'90년	'91년	'92년	'93년	'94년
청 경 사 택		2.86	2.35	2.23	1.82	3.33
직 원 사 택		0.97	0.80	0.27	0.74	0.92
상 봉		1.71	1.33	1.15	1.07	1.73
경 주		0.52	0.39	0.26	0.08	0.23

註. 법적제한치: 14,800Bq/m³

(표 10) 빗물중 삼중수소 연간평균농도

(단위: Bq/l)

장 소	시 기	'90년	'91년	'92년	'93년	'94년
고 리 (관 측 소)		63.9	6.1	7.7	6.2	N.D
월 성 (취 수 구)		158.3	155.6	166.3	202.6	171.9
영 광 (관 측 소)		63.5	23.9	16.3	9.8	N.D
울 진 (관 측 소)		20.4	9.3	10.1	N.D	N.D

註. 법적제한치: 222,000 Bq/l

(표 11) '94년도 연간 방사성폐기물 방출현황

(단위: ×10¹²Bq)

구 분	원 전	고 리	월 성	영 광	울 진
기 체	희 유 기 체	14.0	11.9	5.035	0.44
	삼 중 수 소	12.1	483.3	3.355	1.86
	기 타	0.000066	0	0.0027	0.000082
액 체	삼 중 수 소	58.2	180.4	26.33	28.1
	기 타	0.00092	0.0309	0.00025	0.00136

註. 방사성옥소, 방사성미립자 방출은 거의 없음(0.01 TBq 이하)

(표 12) 원전 부지별 주민전신선량

(단위: μSv/년·인)

원 전	고 리	월 성	영 광	울 진
선 량	5.2	2.6	15.2	1.3

지주변 4개 지점에 대한 조사결과를 보면 표 9와 같다.

공기중 삼중수소는 발전소 외부지역중 청경사택이 3.33Bq/m³로 최대이나 이는 최대허용농도인 14,800 Bq/m³의 0.02% 정도에 불과하며, 이 최대농도지점에서 공기호흡에 의한 방사선량 계산결과 0.49μSv/년으로 일반인 허용선량 대비 0.05% 수준에 불과해 이에 의한 영향은 없는 것으로 본다.

연도별로 비교해 봐도 증가한 현상은 없고, 다만 발전소 인근지역이 비교지점인 경주보다 다소 높게 나타났으나 이는 역시 허용치 대비 극히 적은 값으로 무시할 정도이다.

마. 빗물중 삼중수소

빗물중 삼중수소 농도는 표 10과 같으며 월성원전부지를 제외하고는 모두 일반지역과 유사한 수준이다.

다만, 월성의 경우 공기중 삼중수소 농도와 마찬가지로 기체방출물에 의한 영향때문에 타지역보다 약간 높은 수치인 연평균 171.9Bq/l을 나타내고 있는 바, 이는 수중 최대허용농도인 222,000Bq/l의 0.08%에 불과하다.

3. 방사성폐기물 방출에 의한 주민 방사선량 평가

미량의 방사성기체 및 액체폐기물 방출에 의해 원전부지 경제지역에 거주하는 주민이 받게 되는 방사선량을 전산기를 이용, 평가하였다.



고리원전 주변지역의 방사능 측정장면

이 계산에 사용한 방사성물질 방출량은 표 11과 같으며, 액체의 경우 모든 원전이 삼중수소가 주를 이루고 있고, 기체의 경우 불활성기체와 삼중수소가 주를 이루고 있다.

상기 94년도 방출량으로 인한 발전소 부지 경계지역에서의 주민방사선량을 계산해보면 표 12와 같다.

그 내용을 보면 영평이 15.2 μ Sv/년·인으로 최대치를 나타내고 있으나 이값은 일반주민 허용치대비 1.5% 수준에 불과하다.

조사결과 종합평가

1994년도에 각 원전주변의 환경시료를 채취하여 방사능을 조사한 결과를 종합적으로 보면, 공간방사선량 및 전베타방사능은 예년치와 유사하였

다.

인공방사성핵종은 육상토양시료에서 Cs-137이 최대 31.9Bq/kg-dry, 해저토에서 최대 4.24Bq/kg-dry으로 나타났으나, 이는 과거 핵실험 및 체르노빌원전 사고에 의한 방사성 낙진 영향이며 발전소 가동으로 인한 영향은 아닌 것으로 판단된다.

일부 해양생물시료중 검출된 Co-58, Co-60, Mn-54 및 Ag-110m은 170Bq/kg 이내로 허용치 대비 0.004%에 불과하며, 또 월성원전 빗물중 삼중수소 농도는 일반 지역에 비해 다소 높은 수준이나 허용치 대비 0.08% 이내로 안전한 것으로 평가된다.

폐기물방출에 의해 주변주민이 받을 수 있는 방사선량을 전산프로그램으로 계산 예측한 결과, 최대치는 영

광원전의 15.2 μ Sv/년으로 이 값도 주민선량제한치의 1.5%의 값을 나타내고 있다.

향후 대책

원전주변 환경방사능감시에 대한 객관성과 공정성을 위해 지역주민 및 지역대학이 원전 환경방사능 감시에 계속 참여할 수 있도록 하는 한편, 1994년말에 설치한 각 원전 관할 행정관청의 환경방사선감시 전산단말기 활용도를 앞으로 더욱 높이도록 할 예정이다.

또 지방자치단체가 실질적으로 환경방사능관리업무에 관심을 갖도록 유도하기 위해 원전과 지방자치단체간 환경관련협의체를 구성, 환경 관련 사항을 심의평가하도록 하며, 금년도부터 월성원전을 필두로 각 원전에 대한 해양방사능 종합조사를 연차적으로 실시, 해양의 환경방사능 변동상태를 정밀하게 규명하고, 원전에 배수로 해양방사능감시기도 설치, 해양으로 방출되는 소량의 방사능도 감시할 수 있도록 설비보강을 추진할 예정이다.

원전주변 환경방사능감시에 대한 객관성과 공정성을 확보하기 위해 추진하고 있는 이러한 노력으로 주민과 지방자치단체로부터 신뢰를 회복해 나가겠지만, 선진국에 비해 아직도 미흡한 점이 있다면 계속 보완해 나가도록 할 예정이다. ☞