제3장 원전의 환경관리

제1절 환경관리 체계

1. 개 요

원자력발전소에서는 발전소 건설 및 운영으로 인하여 주민 및 주변환경에 미치는 영향을 예측하고 그 영향을 최소화하기 위하여 건설전부터 시작하여 건설 및 운영기간중 각종 환경관리 활동을 하고 있다.

발전소 건설전 환경관리는 발전소 건설사업을 수립·시행함에 있어 당해사업이 환경에 미칠 영향을 예측평가하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발사업이 되도록 함으로써 쾌적한 환경을 유지·조성함을 목적으로 하고 있다.

발전소 건설기간중 환경관리는 건설에 따른 환경피해를 방지하기 위하여 시행하고 있으며 발전소 운영중 환경관리는 발전소 운영으로 인해 주변환경에 미치는 영향 및 안전여부를 지속적으로 확인하기 위하여 실시한다.

환경영향평가 분야는 환경방사선 분야와 일반환경 분야로 되어 있으며 평가항목 및 방법은 관련법령에 규정되어 있다.

2. 환경조사 및 평가

발전소 건설전 및 건설중에 수행하는 환경영향평가와 사후환경영향조사는 환경영향평가법에 근거한다. 건설전 환경영향평가는 전문기관에 의뢰하여 실시하며, 평가서 작성시는 발전소 건설과 운영이 주변지역에 미치는 영향을 예측 평가하여 초안을 작성한

후 설명회나 공청회 등을 거쳐 평가대상 지역내 주민의견을 수렴하고 이를 평가서 내용에 포함시키고 있다.

이렇게 작성된 평가서를 정부에 제출하면 정부에서는 이에 대해 전문기관의 검토를 받아 환경에 미치는 영향을 무시할 수 있거나 영향저감화 방안이 충분하다고 인정될 경우에 협의를 하게 된다.

평가항목은 기상, 지형·지질, 동·식물상, 해양환경, 수리·수문 등 자연환경과 토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음, 진동, 악취 등 생활환경, 인구, 주거, 산업, 교육, 교통 등 사회·경제환경 등으로 되어 있으며, 방사선이 직·간접적으로 주민에게 미치는 영향과 발전소 온배수에 의한 해양동식물 등 수산자원에 대한 영향도 평가한다.

발전소 건설중 환경조사 항목은 해양환경, 대기질, 수질, 소음, 동·식물상 및 지형·지질 등이며 사업의 특성과 주변환경을 고려하여 선정한다.

원자력발전소의 운영중 환경관리는 원자력법에 의한(과학기술부 고시) 환경방사선 분야와 환경영향평가법에 의한(산업자원부 고시) 일반환경 분야로 구분하여 실시한다.

환경방사선 분야는 원자력발전소에서 환경으로 방출되는 미량의 방사성 기체나 액체로 인한 주민이나 환경의 영향정도를 평가하기 위하여 환경방사선 감시계획을 수립하여 발전소 주변의 방사능 농도와 방사선량을 조사·평가한다. 조사지점은 주변지역의 기상상태, 인구분포, 지형의 특성 등을 고려하여 선정되며, 선정된 지점에서는 지상 1m 높이의 방사선량률과 공기, 물, 토양, 해산물, 각종 식품류, 솔잎 등의 방사능 농도 등을 정해진 주기에 따라 조사한다. 원전 운영 영향을 평가하기 위한 기초자료는 원전 운영 수년전부터 수행되는 '운영전 환경방사선 조사'를 통하여 수집하며, 원전이 운영되지 않는 지점(비교지점)의 조사도 병행되고 있다.

일반환경 분야에서는 원전 운영이 주변 생태계에 미치는 영향 감시를 위해 육상 및 해양 생태계에 대하여 생물학적, 화학적, 물리학적 조사와 주요 수산물 생산 및 어획량을 조사하며 또한 원전 주변지역의 인구분포, 해양생물 및 수산시설 등의 분포도 주기적으로 조사·보고하고 있다.

3. 환경감시 체계

원자력발전소의 환경감시는 원전사업 주체인 한수원에 의하여 자체감시가 이루어짐은 물론 환경감시에 대한 신뢰성을 확보하고 조사자료의 객관성을 제고시키기 위하여 정부(산업자원부, 환경부, 과학기술부), 규제기관(원자력안전기술원), 연구기관(한국원자력연구소, 한국해양연구소 등), 지역대학 및 지역 주민, 학계 전문가, 의회대표 등이 참여하는 원전 민간환경감시기구가 참여하여 원전지역의 환경에 대한 조사·평가·점검·자문·확인을 실시하고 있다.

제 2 절 환경방사선 관리

1. 개 요

원자력발전소에서는 원자로 등 방사성물질의 생성 및 유동경로가 여러 겹으로 밀폐되어 있다. 또한 생성된 방사성물질은 그 종류에 따라 감쇄, 고화, 여과, 증발 등의 처리를 거친다. 원자력발전소 가동중에 발생되는 대부분의 방사성물질은 이러한 과정을 통하여 제거, 처리되고 환경에 위해가 되지 않는 극소량의 방사성물질이 환경으로 배출된다. 발전소의 설계 및 운영에 있어서 허용

하는 방사성물질의 방출량은 법으로 규정되어 있다. 원자력발전소의 환경방사선 관리는 이러한 방출이 규정에 맞게 이루어지고 환경과 주변주민의 건강과 안전이 확보되어 있는지를 실제 조사하여 확인하는 일이다.

이를 위해 과학기술부고시 제2001-25호 '원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정'에 따라 원전주변의 환경방사선을 조사하여 주민이 받는 방사선량이 과학기술부 고시 제2002-1호 '방사선방호 등에 관한 기준'에 규정한 선량한도를 충분히 만족하는지를 확인하고 있다.

2. 조사계획

환경방사선 조사대상은 고리, 월성, 영광 및 울진원자력발전소 부지 주변의 육상 및 해양의 방사선량과 각종 시료 중의 방사능농도이며, 육상의 선량 측정 및 시료채취 지점은 주로 발전소로부터 5km 이내에 집중되어 있고, 해양시료 채취지점은 각 발전소의 배수구 주변에 집중되어 있다. 또한 이들 발전소 인근지점 외에 발전소로부터 16km 이상 떨어진 비교지점(대조구)을 시료별로 1곳 또는 2곳을 선정하여 조사하고 있다. 원자력발전소별 시료종류, 조사빈도, 지점수, 측정방법 등 환경방사선 조사내용은 〈표 4-12〉와 같다.

환경 중의 방사선을 조사하기 위한 시료의 채취 및 분석에 있어 원자력발전소 부지의 바깥지역은 인근의 대학교에서, 부지 내 부지역은 각 원자력발전소의 환경실험실에서 수행하였다. 이중 일부지점은 조사결과의 신뢰성을 높이기 위해 대학교와 원자력발전소에서 이중으로 조사하였다. 한편 환경 중의 방사선의 측정은 발전소 주변에 고정 설치된 환경방사선감시기, 열형광선량계와 휴대용방사선량측정기를 사용하여 원자력발전소 환경실험실에서 수행하였다.

〈표 4-12〉 환경방사선 조사내용

조 사 대 상		빈도 (회/년)	원전당 조사지점수	측정수단, 측정항목
방사선	집적선량	4	42～43	열형광선량계
	선량률	4～12	24～49	휴대용 GM 또는NaI(Tl)
	선량률	연속	10～12	환경방사선감시기
공 기	미립자	52	10	전베타, 감마, 방사성 옥소
	수분(이산화탄소)	24(12)	10(2)	^{3}H, (^{14}C)
물	식수, 지하수, 지표수	4	2～4	감마, ^{3}H
	빗물	12	3～7	감마, ^{3}H, 전베타
육상시료	토양	2	3～10	감마, ^{90}Sr
	곡류, 채소	2	2～5	감마, ^{90}Sr, (^{14}C)
	우유	4～12	2	감마, ^{131}I, ^{90}Sr, (^{14}C)
지표생물	솔잎, 쑥, 불가사리	2	2～7	감마, ^{90}Sr
해양시료	해수	4～12	2～7	감마, ^{3}H, 전베타, ^{90}Sr
	해저토, 어류, 패류, 해조류	2	3～8	감마, ^{90}Sr

주) 1. 감마는 감마선 방출 핵종
2. (^{14}C)는 월성원전만 일부 시료에 대해 분석

3. 조사결과

가. 환경방사선

2001년도에 환경방사선감시기로 측정된 공간감마선량률은 〈표 4-13〉에서 보는 바와 같이 4개 원전 주변 41개 모든 지점의 연간 평균치가 77～119nGy/h로 측정되었으며, 이 값은 2000년도의 75～120nGy/h와 유사하며, 한국원자력안전기술원의 전국토 방사선량률 측정치 범위[1]인 67～124nGy/h 이내에 들고 있다.

1) 한국원자력안전기술원 보고서 KINS/AR-28(2000)

열형광선량계로 측정된 원전 부지 밖의 연간공간집적선량은 고리원전 주변 520~861μGy, 월성원전 주변 591~881μGy, 영광원전주변 708~1,192μGy, 울진원전 주변 615~1,055μGy로 나타났으며 이는 과거 3년간의 측정치인 525~747μGy, 600~812μGy, 648~1,040μGy, 672~1,152μGy와 비슷하다.

원전 부지 내부의 연간공간집적선량은 고리원전 516~1,152μGy, 월성원전 592~797μGy, 영광원전 696~749μGy, 울진원전 641~836μGy로 발전소 부지내부의 대부분의 지점도 부지 외부와 마찬가지로 자연방사선량 수준을 나타냈으나 방사성폐기물저장고 주변 등 일부지점은 약간씩 시설의 영향을 받은 곳도 있었다. 발전소 부지 외부의 연간공간집적선량이 지점별로 차이를 보이는 것은 지역에 따라 지각에 존재하고 있는 천연 방사성물질인 칼륨이나 라듐계열의 방사성핵종간의 농도차 또는 측정지점의 지형상의 특성 때문이며 발전소 가동과는 관련이 없는 것으로 판단된다.

〈표 4-13〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)

(단위 : nGy/h)

고리원전지역				월성원전지역				영광원전지역				울진원전지역			
측정지점		측정값(평균)		측정지점		측정값(평균)		측정지점		측정값(평균)		측정지점		측정값(평균)	
		'00	'01			'00	'01			'00	'01			'00	'01
부지내	1발전소	92	90	부지내	취수구	85	89	부지내	본부정문	90	91	부지내	후문	107	105
	2발전소	90	88		폐기물고	94	107		배수로	89	89		남서고지	94	96
	전시관	83	83		후문서쪽	75	84		청경사택	88	87		신화리	97	97
	관측소	77	78		후문동쪽	81	78		주사무실	88	89				
	정수장	80	79						본부후문	90	89				
부지외	월내	86	86	부지외	나산	82	77	부지외	서초교	82	83	부지외	취수댐	117	117
	임랑	78	77		직원사택	85	80		홍농사택	95	96		기곡동	120	119
	효암	84	83		청경사택	88	83		법성	108	109		죽변초교	104	106
	비학	81	78		상봉	88	87		영광	106	105		부구교량	106	105
	사택1	83	-		경주	83	82		고창	109	109		한전사택	118	119
	사택2	86	86		울산	86	82						매화초교	94	94
	명산	-	79										궁촌초교	95	94

주) 고리원전지역은 측정지점이 일부 변경됨.(사택→명산)

나. 환경방사능

(1) 공기중의 방사능

원전주변의 공기중의 방사능은 2001년도 조사결과에서도 예년과 마찬가지로 모든 원전주변에서는 원전에서 유래하는 인공감마방사선방출핵종이나 방사성옥소는 검출되지 않았다. 공기중 미립자에 인공방사성핵종이 검출되지 않았으므로 공기중 미립자의 전베타방사능은 순수한 자연 성분이라고 간주할 수 있으며 이 준위는 예년과 비슷한 경향을 보였다.

월성원전은 중수로 특성상 삼중수소 방출이 경수로보다 다소 많으므로 다른 원전과 달리 공기중 삼중수소를 분석하고 있다. 일반인 거주지역으로서 가장 높은 값을 보인 청경사택의 2.64Bq/㎥를 기준으로 주민에 미치는 영향을 평가한 결과 삼중수소 호흡에 따른 연간최대허용선량은 8.30E-04mSv/년으로 일반인에 대한 법적제한치 1mSv/년의 0.083%이하로서 발전소 주변지역에 공기중 삼중수소로 인한 환경방사능 영향은 무시할 만한 수준으로 평가된다.

삼중수소 이외에도 월성원전에서는 공기중 이산화탄소를 포집하여 ^{14}C을 분석하고 있다. 공기중 14C는 부지평균이 0.0431Bq/㎥이었는데 이는 자연준위인 0.046Bq/㎥과 유사한 수준이다.

(2) 육상 시료

2001년도에도 모든 육상시료에서는 자연방사성핵종인 K-40이 현저하게 검출되었다. 인공방사성핵종은 극미량 검출되었는데 그 내역은 〈표 4-14〉와 같다.

토양에서는 2001년도에도 인공감마선방출핵종으로 ^{137}Cs만이 유일하게 원전 주변과 비교지점의 거의 모든 시료에서 검출되었다.

^{137}Cs의 검출농도는 ND[2] ~26.66Bq/kg-dry로 지난 3년 동안(1998~2000)에 원전 주변에서 검출된 범위 ND ~27.20Bq/kg-dry와 비슷하다. ^{137}Cs은 과거 핵실험과 구소련의 체르노빌원전 사고에 의해 10^{18}베크렐 이상이 지구상에 낙진으로 퍼져 전 세계적으로 검출되는 인공핵종이며, 이에 따라 우리나라 전국 토양에서 1997년도에 156.0Bq/kg-dry[3]까지 검출되고 있다. 핵실험 등에 의해 토양에서 ^{137}Cs와 동반하여 검출되는 ^{90}Sr은 ND ~2.27Bq/kg-dry 범위로 검출되었다.

〈표 4-14〉 토양중 ^{137}Cs농도

(단위 : Bq/kg-dry)

조 사 지 역	'01	'98~'00
고 리 주 변	0.79~25.55	ND ~22.05
월 성 주 변	ND ~3.56	ND ~22.30
영 광 주 변	ND ~26.66	ND ~25.14
울 진 주 변	ND ~5.63	ND ~27.20

육상 지표식물인 솔잎이나 쑥에서 검출된 핵종도 자연방사성핵종인 ^{40}K과 우주선에 의해 생성된 ^{7}Be가 주를 이루고 있고, 과거 핵실험 등에 의한 영향으로 보이는 ^{90}Sr이 최대 7.61Bq/kg-fresh로 검출되었다. 이외 육상의 곡류(쌀, 콩 등), 채소(배추, 무 등), 과일(사과, 배 등), 꿀, 계란 등의 농축산물과 하천수, 식수, 지하수에서도 원전에 유래하는 인공감마선 방출 핵종의 검출은 없었다.

(3) 육상 물시료

월성원전은 공기에서와 마찬가지로 빗물, 지표수, 지하수 등 주변 물시료에서 ^{3}H가 검출되고 있다. 2001년도 측정결과 월성원전 부지주변의 빗물에서는 부지내부의 취수구는 최고치가

2) ND(Not Detectable)는 계측기로 측정이 불가능할 정도로 방사능이 적음을 말함.
3) 한국원자력안전기술원 자료 KINS/AR-409(1999)

941Bq/ℓ이었으며, 부지 외부의 거주지역인 직원사택지역이 296Bq/ℓ이었다. 월성원전 주변의 식수, 지하수, 지표수 중의 가장 높은 값은 각각 9.69Bq/ℓ, 9.53Bq/ℓ, 12.4Bq/ℓ로 측정되었다. 이외 육상의 물시료에서 인공방사성핵종의 검출은 없었다.

(4) 해양 시료

해수에서는 ^{3}H, ^{137}Cs 및 ^{90}Sr이 일부 검출되었다. 해수 중 ^{3}H의 최고치는 고리 23.7Bq/ℓ, 영광 109.9Bq/ℓ, 월성 30.7Bq/ℓ, 울진 29.7Bq/ℓ이었다. ^{137}Cs와 ^{90}Sr은 거의 모든 해수시료에서 검출되었으며 그 값은 각각 6.74mBq/ℓ, 4.04mBq/ℓ로 원전이 없는 일반 해양에서 검출되고 있는 수준[4]이었다. 해수중의 ^{137}Cs와 ^{90}Sr도 다른 시료와 마찬가지로 과거 핵실험이나 체르노빌 사고의 잔존 영향이다.

어·패류, 해조류, 해저토, 저생동식물 등에서도 ^{40}K이 가장 많고, 인공핵종으로는 일부시료에서 ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{110m}Ag과 ^{60}Co도 극소량 검출되었다. 즉, 해저토 중 ^{137}Cs과 ^{90}Sr은 토양이나 해수에서와 마찬가지 이유로 지구상 어디에서나 검출되고 있는 핵종으로 4개 원전 주변지역에서 고르게 검출되었는데 각각 최고 2.95Bq/kg-dry과 1.13Bq/kg-dry로 나타났다. 원전에 유래한 것으로 보이는 ^{60}Co은 고리원전의 제한구역내 해저토에서 0.34~1.96Bq/kg-dry범위로 검출되었다. ^{110m}Ag은 울진원전 배수구 주변의 연체류(골뱅이)에서 최고 1.65Bq/kg-wet가 검출되었다. 고리원전 주변 해저토의 ^{60}Co과 울진원전 주변 해양시료 중의 ^{110m}Ag은 검출지역이 발전소 제한구역내로 한정되어 있어 일반인에 영향은 없는 것으로 간주된다.

해양시료 중에서 위 핵종 외에 원자력발전소에 유래하여 검출된 핵종은 없었다.

4) 우리나라 해수 중 Cs-137 농도 : 1.64 ~ 7.00mBq/ℓ (KINS/ER-28,2000)

(5) 방사성물질 방출에 의한 주민방사선량

방사성물질 방출에 의한 주민방사선량을 전산 프로그램을 사용하여 계산한 결과 〈표 4-15〉와 같이 모든 원전의 부지경계선상 주민선량은 0.0064mSv/년을 넘지 않았다. 이 값은 법적한도인 1mSv/년의 0.64% 수준에 불과한 것으로 주민에게는 영향이 없는 것으로 평가된다.

〈표 4-15〉 주 민 전 신 선 량

(단위 : mSv/년)

원 전	고 리	월 성	영 광	울 진
선 량	0.0064	0.0044	0.0016	0.0023

4. 결론 및 대책

2001년도에 측정된 공간집적선량과 공간선량률 등 원자력발전소 주변의 환경방사선량은 과거 또는 일반지역과 비교하여 유의할 만한 상승이나 변동이 없었으며 자연방사선 수준과 차이가 없었다. 환경시료 중의 방사선은 과거 핵실험의 잔류 영향으로서 반감기가 긴 ^{137}Cs, ^{90}Sr이 예년과 마찬가지로 지속적으로 검출되고 있으나 그 양은 우리나라 전 국토에서 검출되는 수준 이하였다.

이와 같이 원자력발전소 주변 환경의 방사선 수준은 충분히 안전이 확보된 것으로 평가된다.

원자력발전소 주변 환경의 안전은 아무리 강조해도 지나치지 않으며, 지역주민과 국민이 보다 안심할 수 있도록 완벽한 환경방사선감시체제의 구축을 추진하고 있으며 기술 개발을 통하여 보다 철저한 환경관리와 이에 대한 신뢰성을 확보해 나갈 것이다.

제 3 절 일반환경 관리

1. 환경조사

운영중인 원자력발전소의 일반환경조사는 원자력발전소 가동이 주변환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여 산업자원부 고시 제 1996-330호 "원자력 발전소 주변 환경조사지침"에 규정된 바에 따라 1986년부터 전 원자력발전소의 인근 육상 및 해역에 대해 생물학적, 화학적, 물리학적 조사 등을 실시하여 왔으나 산업자원부에서 동 고시를 2001년 12월 31일 폐지 고시하면서 사업자인 한국수력원자력(주)에서 자체지침을 수립하여 운영하라는 지시에 따라 2002년부터 한국수력원자력(주)가 기존 조사지침의 내용 일부를 보완한 자체지침을 수립하여 시행하고 있다.

생물학적 조사로는 동·식물 플랑크톤(엽록소량 포함), 저서생물, 해조류, 어류 등의 종조성 및 현존량, 취수구 스크린에 충돌하는 생물체의 종류, 수, 무게와 냉각계통에 흡입되는 생물체의 종류 및 수에 대한 계절별 조사가 있다. 또한 육상 생태계중 희귀종 및 지표종 등 주요 종의 종류, 수 또는 양, 분포상태 등에 대해서도 4년주기로 조사를 실시하는 한편 원전별 특정 육상식물을 선정하여 종별 수, 양 또는 분포상태에 대하여 매년 조사하고 있다.

물리학적 조사로는 수온, 염분, 투명도, 해수유동(유향, 유속, 조석, 조위 등), 냉각수 취수량 및 기상상황(기온, 습도, 풍향, 풍속 및 강우량)에 대한 계절별 조사가 있으며, 취배수구 및 원전 주변 해역에서의 대표지점에서 수온을 연속적으로 조사하고 있다.

화학적 조사로는 해수의 수소이온농도(PH), 부유물질(SS), 용존산소(DO), 잔류염소는 월별로, 영양염류, 화학적산소요구량(COD) 및 취배수구에서 해양저질의 강열감량, 입도조성, 중금속 등을 계절별로, 기타 특정 유해물질 및 중금속(구리, 크롬 등)에

대하여는 반기별로 조사하고 있다.

일반환경조사의 분석방법은 해양수산부에서 고시하는 "해양환경공정시험방법"에 따르되, 동 고시에 규정되지 않은 사항에 대하여는 환경부고시 "수질오염공정시험방법" 또는 국제적으로 통용되고 있는 방법으로 실시하고 있다.

조사의 신뢰성을 높이기 위하여 1999년부터는 전력연구원과 원전주변지역 소재 지방대학이 조사항목의 약 50%를 분담 투명하게 조사하는 한편 동·서해안에 발전소 온배수가 영향을 미치지 않는 대조해역을 각 1개소씩 선정, 비교조사를 시행하고 있는데

〈표 4-16〉 원전 배수구 주변 해양수질의 연도별 변화

(단위 : mg/ℓ)

측정항목		'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
용존산소량(DO)	고리	6.31	6.64	6.78	6.92	7.18	10.30	8.60	8.36	10.8	6.17	7.30
	월성	6.99	6.50	7.42	7.04	7.13	9.79	9.00	8.29	10.9	6.70	8.18
	영광	7.03	8.83	7.76	7.42	7.13	9.81	10.10	9.39	10.9	6.75	7.45
	울진	7.03	8.72	7.21	7.53	8.32	10.95	9.50	8.65	8.50	7.08	8.13
화화적 산소 요구량(COD)	고리	0.28	2.00	1.31	1.56	1.61	1.04	1.13	1.75	1.06	1.14	1.60
	월성	0.86	1.28	1.07	1.83	1.31	1.38	1.29	1.70	1.19	1.09	1.57
	영광	0.78	1.08	1.71	1.68	1.31	1.49	1.79	1.95	1.87	1.51	1.69
	울진	1.20	1.60	1.03	1.43	1.02	1.08	1.06	1.37	0.94	1.22	1.46
총질소(Total-N)	고리	0.003	0.195	0.210	0.077	0.085	0.084	0.086	0.082	0.072	0.088	0.128
	월성	0.003	0.188	0.242	0.066	0.098	0.075	0.077	0.074	0.067	0.085	0.112
	영광	0.012	0.253	0.355	0.096	0.098	0.090	0.078	0.085	0.064	0.101	0.120
	울진	0.003	0.161	0.249	0.059	0.033	0.070	0.075	0.064	0.066	0.085	0.097
인산염인(PO_4^{3-}-P)	고리	0.009	Tr**	Tr	0.007	0.014	0.007	0.011	0.015	0.010	0.008	0.014
	월성	0.004	Tr	Tr	0.006	0.018	0.010	0.014	0.010	0.007	0.009	0.013
	영광	0.017	Tr	Tr	0.012	0.018	0.012	0.015	0.015	0.011	0.008	0.016
	울진	0.002	Tr	Tr	0.009	0.008	0.008	0.008	0.012	0.011	0.007	0.011

주) Tr**: Trace amount

조사결과는 방사선환경 분야와 연계하여 매년 주민설명회를 통하여 공개하고 있다.

고리, 월성, 울진원전 주변의 수질은 환경관계법에서 정한 해역별 수질기준Ⅰ등급에 해당되며, 영광원전은 일반적인 서해안 수질등급인 Ⅱ등급을 유지하고 있어 운영전·후가 비슷하게 나타나고 있다.

〈표 4-17〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화

(평균현존량 단위 : g·dry·wt/m^2)

항목 \ 연도		'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
출현종수(종)	고리	124	136	146	146	135	122	118	122	125	118	99	123	114
	월성	122	118	153	136	128	121	110	101	123	120	98	119	126
	영광	51	49	53	63	55	49	48	44	45	44	45	25	31
	울진	147	133	160	130	131	109	101	90	106	118	97	102	121
평균현존량	고리	-	657	222	169	282	213	340	349	361	230	155	352	264
	월성	574	862	152	213	550	503	554	419	416	340	278	444	270
	영광	189	639	60	69	139	81	76	87	63	44	15	9	11
	울진	391	1,349	401	261	558	563	703	778	581	358	554	517	501

〈표 4-18〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황

(개체수 단위: 개체/m^2)

항목 \ 연도		'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
출현종수(종)	고리	-	-	91	122	122	107	110	105	107	158	150	161	145	226
	월성	40	40	101	116	110	102	105	97	137	197	166	176	165	167
	영광	45	47	52	68	69	69	61	83	93	75	114	97	93	79
	울진	40	57	103	120	121	103	88	120	107	110	143	113	169	153
평균출현개체수	고리	-	-	111	154	348	275	393	387	474	295	392	380	286	536
	월성	59	85	265	408	271	639	2,519	824	765	567	272	271	247	206
	영광	68	154	161	188	327	411	343	594	721	233	151	184	461	205
	울진	202	206	1,363	1,081	997	843	1,456	998	1,470	735	793	805	430	225

해양생태계 중 온도변화에 민감한 해조류나 저서동물에 대한 조사결과(〈표 4-17〉, 〈표 4-18〉 참조)를 살펴보면 연도에 따라 다소 변화는 있으나, 이는 조사지점의 해양조건 즉 해수의 간·만조, 계절, 수온 등에 따라 차이가 나는 것으로 판단된다.

현재까지 15년간의 조사결과를 종합해 볼 때 원전 가동으로 인한 주변환경의 우려할 만한 변화는 관찰되지 않고 있으며 전반적으로 주변 자연생태계와 유사한 군집구조를 나타내고 있어 영향이 거의 없는 것으로 평가되고 있다.

이와 관련, 일본 후쿠시마 원전에서도 지자체와 공동으로 원전 온배수가 주변해양 환경에 미치는 영향을 장기간 지속적으로 조사하고 있는데 20년간 조사한 결과에 따르면 수질이나 해저지질에 주는 영향이 거의 없는 것으로 알려지고 있으며 어류 생물자원 조사결과에서도 일부 어종의 변화가 있었으나 총어획량은 오히려 증가한 것으로 보고되고 있다.

2. 환경오염방지시설 운영

원자력발전소에서는 부지내에서 발생되는 모든 오·폐수를 종합폐수처리설비 및 오수정화설비에서 처리하여 배출하고 있으며, 배출수질 관리업무를 엄격하게 수행하고 있다. 발전소에서 발생되는 소각 가능한 폐기물은 그동안 자체소각설비에서 처리하여 왔으나 다이옥신 등 대기오염물질 발생 최소화를 위해 2002년부터는 대형소각로를 운영하는 전문업체에 위탁하여 처리하고 있다.

또한 환경오염 및 폐기물 발생을 최소화하기 위해 각종 공사전에 환경성 사전평가및 관리하고 있으며 폐기물 분리수거 및 보관을 위한 폐기물보관시설과 분리수거장을 운영함은 물론 폐기물 재활용율을 높이기 위해 노력하고 있다.

고리·울진원전은 환경오염물질 발생 저감목표를 수립하여 적

극 이행한 결과 부산광역시 및 경상북도와 2000년 11월 자율환경 관리협약을 체결한 바 있으며, 월성 및 영광원전도 인근 광역지자체와 협약 체결을 추진하고 있다.

3. 해양환경 관리

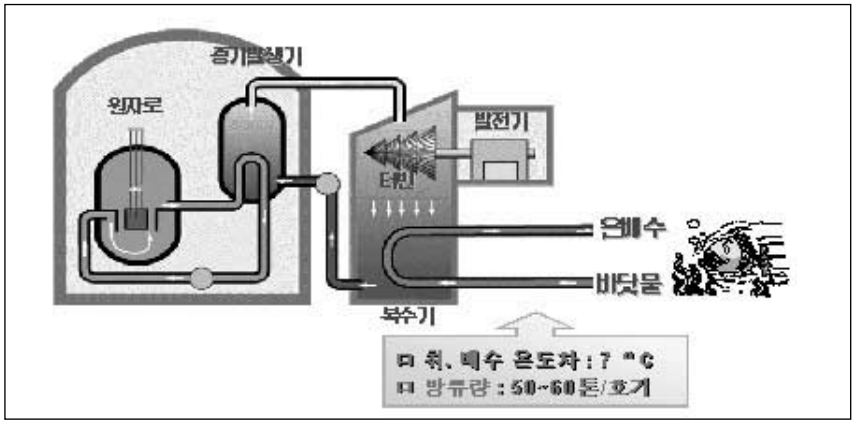
해양환경 상태를 연속적으로 감시하기 위해 영광원전 전면해역 11개소에 해수수온연속측정기를, 취·배수구에 종합수질분석기 및 유향·유속계를 설치하여 운영하고 있는데 관측결과는 무선 송수신 시스템을 이용하여 원격으로 감시하는 한편 인터넷에 공개하고 있다. 고리·월성·울진원전 취·배수구에도 수온·유속·유향 및 염분 연속측정기를 설치하여 해양상태를 감시하고 있으며 감시결과를 홍보전시관에 실시간으로 공개하고 있다.

특히 온배수 확산영역을 보다 정확하게 조사하기 위해 1997년 9월~2001년 11월 기간중 전문기관(한국자원연구소)에 의뢰하여 4개원전 주변해역에 대한 항공기 이용 원격 적외선 탐사를 실시한 바 있는데, 선박을 이용한 수온 실측 및 인공위성 자료분석을 병행하여 오차요인을 최소화 하였다. 그 외에 원전 주변해역의 온배수 확산양상을 동영상으로 확인할 수 있는 3차원적 연속산정 시스템을 개발('99. 4~'02. 3)하여 운영하고 있으며, 원전 주변해역 수온을 자동관측하여 데이터를 전산처리할 수 있는 연속조사시스템(HDMS)을 개발(한전 전력연구원), 원전주변 해양환경조사에 적극 활용하고 있다.

4. 온 배 수

가. 개 요

발전소의 냉각수로 사용되는 해수는 복수기 전열관을 통과하면서 수증기를 냉각·응축시켜 다시 물로 바꾸어 주는데 이 해수는 자연해수보다 수온이 약 7℃ 정도 상승되어 바다에 배출되며 이를 온배수(溫排水)라고 한다. 해역에 따라 차이는 있으나 일반적으로 배수구를 빠져나간 온배수는 자연해수와 혼합되거나 대기중으로 열을 발산시켜 곧 주위 바닷물의 온도와 같아진다. 국내에서 운전중인 원자력발전소는 냉각용수로 바닷물을 사용하며 100만 KW급의 발전소 1기에서 사용하는 해수의 양은 초당 약 50~60톤 정도이다.



〈그림 4-11〉 원자력발전소 온배수 순환도

나. 온배수의 영향

해양의 상태는 조류, 일조시간, 바람 등 자연적인 조건과 산업 및 생활하수 등의 인공적인 영향으로 항상 변하고 있으므로 이에 대한 온배수만의 영향을 명확하게 규명하는 데는 현대 과학기술

로는 상당한 어려움이 있다.

우리나라에서 자주 보도되고 있는 연안의 어패류 폐사, 어획량 감소, 해조류 양식 피해 등은 이와 같이 다양한 환경영향으로 인한 생태계 하부구조의 변동으로 인해 나타나는 경우가 대부분을 차지하고 있는 실정이다.

발전소 부근의 해수온도는 배수구 근처에서는 온배수로 인하여 다른 지점보다 다소 높지만 발전소에서 멀어질수록 조류 등에 의한 희석으로 주변 해수온도와 같아지게 된다.

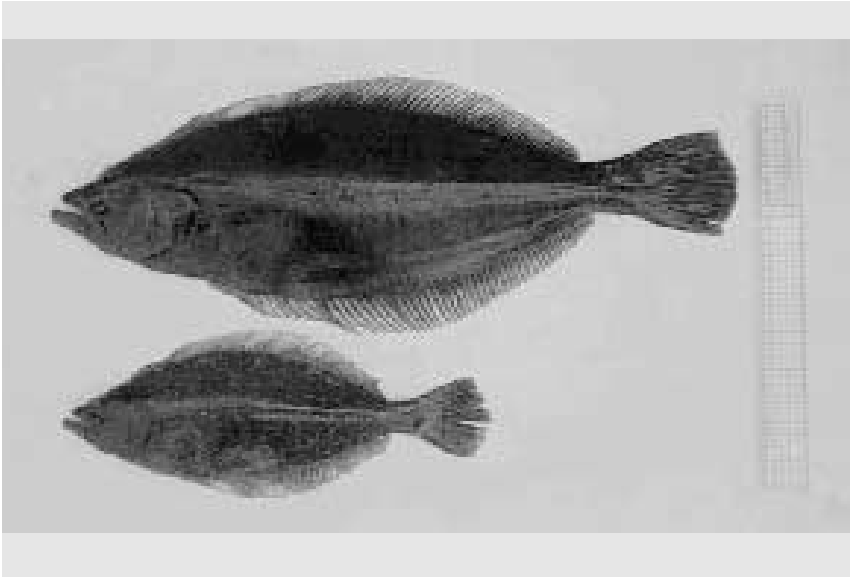
온배수는 해양생태계에 양면성을 갖고 있다. 지금까지 조사된 온배수 영향은 어류에 대해서는 더운물을 좋아하는 종은 모여들고 찬물을 좋아하는 종은 이동하나 전반적으로 볼 때 상업적 가치를 가진 대부분의 어류는 친온성이기 때문에 많은 어류가 배수구 부근에 모여드는 경향이 있는 것으로 나타나고 있다.

그러나 배수구 인근 해역에서 서식하는 미역이나 김 등 저온성 해조류에 대해서는 다소 영향이 있어 이에 대한 피해조사를 하여 보상을 하고 있으며 더불어 온배수 영향 저감화 대책을 추진중에 있다.

다. 온배수의 이용

온배수를 자원으로 재활용하는 사례는 수산생물 양식, 지역난방, 해수담수화, 온실난방 등이 있으며 특히 어류양식이 가장 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 어류의 성장과 수온의 관계에 대하여 연구된 바에 따르면 일반적으로 수온이 적당히 상승할 경우에는 ①성장이 좋아지고 ②산란시기가 빨라지며, ③어란이 부화하는데 필요한 시간이 단축되는 등 성장·성숙에 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

우리나라에서 현재 활발히 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어족이기 때문에 11월부터 이듬해 4월까지는 해수 수온이 낮아져서 자연해수로는 양식이 불가능하다. 그러나 발전소의 온배수



〈그림 4-12〉 온배수(위)/자연해수(아래)에서 월동한 넙치 비교

를 이용할 경우 겨울철에도 어류를 성장시킬 수 있을 뿐 아니라 봄, 가을철에도 여름철에 버금가는 성장을 기대할 수 있다.

이와 더불어 온배수를 어류의 종묘배양에 이용할 경우 자연상태보다 2개월 이상 빨리 종묘를 생산할 수 있어 그 효과가 매우 크다.

발전소 온배수를 어류양식에 활용하기 위한 연구는 50년대부터 일본, 미국, 독일 등 선진국에서 시작되었으며, 70년대부터 실용화하기 시작하였다. 일본은 후쿠시마, 다카하마 등 7개 원전을 포함한 20개 발전소에서 기업규모의 양식을 하고 있으며, 특히 후쿠시마현의 경우 지자체 산하의 재배어업센타와 수산종묘연구소가 넙치, 돔, 전복, 성게 등 다양한 품종을 종묘생산하여 양성시키고 있다. 미국은 22개 발전소에서 양식사업을 하고 있으며, 캐나다는 피커링원전 인근 양식장에서 송어를 양식하고 있는데 생산량의 40% 가량을 미국으로 수출하고 있다. 이외에도 영국, 프랑스, 독

일 등 20여개국에서 산업화를 서두르고 있다.

우리나라에서 발전소 온배수를 수산업에 이용한 것은 국립수산진흥원에서 1964년도에 진주조개를 부산화력발전소의 배수구에서 월동시킨 것이 효시라고 볼 수 있으며, 1984년에는 한국해양연구소에서 삼천포화력발전소 온배수를 이용하여 진주조개, 참돔 및 방어의 월동 및 사육실험을 실시하였다.

본격적인 양식사업은 1988년 4월 보령화력발전소 구내에 종묘생산시설을 갖추고나서부터 시작되었으며, 발전소 온배수를 이용하여 고급어류의 월동, 인공부화, 종묘생산 등의 각종 시험을 성공리에 마친 후 생산된 종묘를 발전소 인근 주민들에게 분양 및 연안에 방류하였다.

원자력발전소로서는 영광원전에 2,600㎡의 부지에 양식동과 부대시설을 갖춘 연간 성어 17톤 생산 규모의 온배수양식장이 1995년 건설되어 넙치, 우럭 치어를 입식하여 시험 양식한 결과 자연



〈그림 4-13〉 영광원자력 온배수이용 양식장

상태보다 약 2~4배 빠른 성장을 확인하였다.

시험양식 기간은 물론 정상가동 중에도 주기적으로 양식장 해수 및 어류시료를 채취하여 전문기관의 분석을 거침으로서 방사능으로부터 안전함을 확인하고 있으며, 어류 감정평가 결과 육질·성장도에서 최우수 등급 판정을 받아 일부를 수협에 판매한 바 있다.

또한 영광원전에서는 1997년~2001년까지 지역 어선어업인협회의 협조(어류 운반선 지원)를 받아 넙치 등 어류 약 20만 마리, 전복치패 2만 마리 및 대하 치어 7백만 마리를 송이도 등 영광인근 해역에 방류한데 이어 2002년 5월에는 영광군 및 수협의 협조아래 넙치 중간성어 3만마리와 점농어 1만5천마리를 방류함으로써 이제 온배수 양식사업은 온배수의 청정성·안전성 입증은 물론 지역과의 유대를 공고히 하는 가교역할까지 하고 있다.

월성원전은 1998년 5,290㎡의 부지에 종묘배양과 성어양식을 동



〈그림 4-14〉 월성원자력 양식어류 방류행사

시에 할 수 있는 시설을 준공, 2년간의 시험양식 (한국해양연구원)을 거쳐 넙치, 참돔, 황복, 전복 등 고급 어패류 10여종을 성공적으로 양식하고 있으며, 2000년~2002년 5월 바다의 날을 맞아 자체생산한 돌돔 등 어류 103만마리 및 전복치패 5만 마리를 인근해역에 방류하고 지역인사 초청 시식회를 가지는 한편 고리·울진원전 인근해역에도 55만 마리를 방류토록 지원한 바 있다. 앞으로 생산된 종묘의 일부는 자체 양식장에서 성어로 양성하고 나머지 종묘는 어민에게 분양하거나 발전소 인근해역에 방류, 어자원 증식에 의한 어민 실질소득 증대에 기여할 것으로 기대된다.

수산업의 국제경쟁력 강화를 위하여 정부에서는 경남 통영해역을 시범해역으로 선정하여 환경친화적 목장화사업을 추진하고 있으며 해조장 조성, 건강종묘 대량생산 등 관련기술 축적 후 전국연안까지 확대를 계획하고 있다. 한국수력원자력(주)에서도 한국해양연구원과 함께 『해양목장화 기반기술 연구』연구('96~'99)를 한 결과 울진원전 인근해역을 대상지로 선정하고 발전소 인근해역 수산자원 조성 및 생산기반 확립을 위한 해양목장의 모델을 개발한 바 있다. 앞으로 정부에서 주도하는 연안 해양목장화 현장적용기술이 확립되고 복합형 해양목장단지가 조성되면 여기에 발맞추어 원전의 온배수는 제2의 자원으로 각광받을 수 있을 것이다.