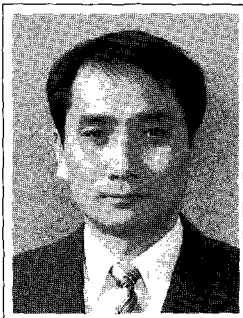


# 영광 원전의 온배수 이용 어류 양식

## -양식장 운영 현황과 전망-

서 원 선

한전 영광원자력본부 방재환경부장



**최** 근 들어 지구 곳곳에서 일어나고 있는 기상 이변은 예상롭지 않다. 지구가 더워지고 있는가? 1990년 「기후변화에 관한 정부간 위원회(IPCC)」 제1차 보고서에 의하면 지난 100년 동안 지구 표면 대기 평균 온도가 0.3~0.6°C 상승하였으며, 해수면 높이는 10~25cm 상승하였다고 한다. 이러한 현상을 작은 것으로 여길지 모르나 0.3~0.6°C의 평균 기온 상승은 지구 환경에 많은 문제를 야기시킨다.

WWF(World Wildlife Fund) 보고서에 의하면, 최근 30년 동안 북극에서는 거의 우리 나라 1/30 정도에 이르는 면적의 큰 빙산이 사라졌다고 하는데, 지금 지구 곳곳에서 일어나는 폭우·폭설·가뭄 등이 해가 갈수록 규모가 커지고 발생 빈도가 높아지는 현상과 무관하지 않은 것만은 사실이다.

79년 인간의 활동에 의한 기후 변화 가능성과 부정적 영향 방지를 위한 조치 강구 필요에 따라 제1차 세계 기후 회의 이후 기후 변화에 관한 여러 가지 협약과 선언이 있었고, 97년 12월 일본 교토에서 열린 제3차 당사국 총회에서는 규제 대상 온실 가스로 6가지(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFCs, HFCs, SF<sub>6</sub>)에 대해서 평균 5.2% 감축 합의와 함께 교토 메커니즘 - 청정 개발 체제(Clean Development Mechanism), 공동 이행 제도(Joint Implementation), 배출권 거래 제도(Emission Trading)의 도입이 합의

되는 등 기후 변화 방지를 위한 여러 가지 국제규제가 가시화 되고 있다.

이러한 국제 동향에도 불구하고 우리나라의 대응 수준은 어떠한가?

우리 나라의 에너지 소비량은 세계 11위이고, 석유 소비는 세계 6위(석유 수입은 세계 4위)이며, 경제 성장과 에너지 소비는 밀접한 관계가 있어서 90년 이후 국내 총생산(GDP)이 연평균 8.9% 증가함에 따라서 에너지 소비 증가율도 8.7%를 기록하였다.

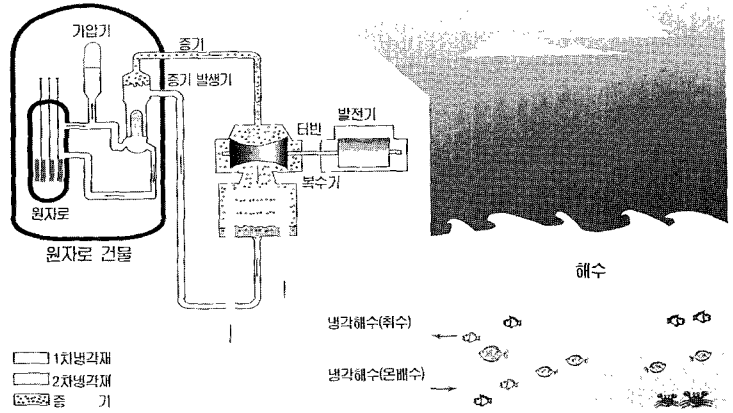
또한 1차 에너지의 해외 의존율은 97%를 넘고 있고 에너지 수입 대금도 271억 달러 규모를 넘어섰을 뿐만 아니라 1인당 에너지 소비량도 3.35TOE로 일본의 3.9TOE에 근접하고 있다.

과연 이러한 상태로 기후변화협약에 따른 여러 가지 국제 규제를 경제 성장을 지속하면서 준수할 수 있을 것인가?

온실 가스 대책은 바로 에너지 대

책이라고 해도 과언이 아니며, 기후 변화협약의 장기적인 대책이 원자력 및 천연 가스의 활용의 확대를 모아지고 있는 것은 지속 가능한 성장을 전제로 한 차선의 선택임은 부인할 수 없는 현실이다.

이러한 점을 감안할 때 발전소에서 무효 에너지로 배출되고 있는 방대한 양의 순환 냉각 해수의 폐열량을 재이용하여 어류 양식 사업을 추진하는 것도 여러 가지 측면을 고려할 때 매우 뜻있는 일이라 하겠다.



〈그림 1〉 원자력발전소의 온배수 순환도

## 온배수의 이해

### 1. 온배수의 개념

온배수란 아직까지 정확하게 정의된 바가 없는 용어로서 일부 학계에서 열오염(Thermal Pollution) 정도로 표현하고 있고, 법을 용어도 아니지만 복수기의 순환 냉각 해수로 사용한 후에 가온(加溫)된 상태로 배출되는 해수를 일컬어 발전소에서는 편의상 온배수(溫排水)라 부르고 있다.

이러한 점 때문에 일반인이 이해하는데 다소의 애로가 있으나 발전소에서 배출되는 온배수는 주변 자연 해수보다 약 7~8°C 정도 가온된 상태 이외에는 자연 해수와 다를 것이 없다.

### 2. 온배수 배출 기능

950MW급 원자력발전소의 증기 발생기에서 발생하는 열량은 시간당

약  $3.69 \times 10^9$  kcal(영광 1호기 100% 출력, 1% Blow-Down)에 이르며, 이 열량을 가진 증기가 터빈을 회전시켜 전기를 생산한다.

연속 발전 및 발전 효율을 증가시키기 위해서 터빈을 돌리고 난 증기를 복수기(復水器, Condenser)에서 냉각, 물을 재급수시킨다.

여기에서 사용하는 냉각수가 바닷물이며 4개 호기 가동시 초당 약 200톤(약 50톤/기)의 순환 냉각 해수가 복수기를 통과하는 10여초 동안에 열교환을 하여 온배수로 배출되며, 발전 효율을 35%로 볼 때 이 온배수에는 증기발생기에서 발생한 약 54.5% 정도의 열량을 가지고 있어서 자연 해수보다 약 7~8°C가 상승한 상태로 해역에 배출된다(그림 1).

### 3. 온배수의 영향

영광 원자력발전소 주변은 반일주

조 형태의 왕복성 조류 특성으로써 평균 유속은 초당 20~50cm의 해역이다.

유향(流向)은 창조시 북동 내지 북북동, 낙조시 남서 내지 남남서 방향으로서 수심이 낮기 때문에 다른 지역보다 남북으로 온배수의 확산역이 상대적으로 넓은 것이 사실이나, 온배수의 확산 상태는 시·공간적인 규모 면에서 매우 역동적인 운동 특성을 가지고 있어서 정량적으로 측정한다는 것은 현실적으로 불가능하다.

또한 온배수는 배출구에서 방류되면서 대류 등에 의한 희석, 대기로의 열 방출 등의 작용을 통해 주변 자연 해수 온도와 같아지게 된다.

온배수 확산역은 지금까지 여러 기관에서 조사한 자료와 실측 조사 결과를 볼 때 온배수 영향 최대 범위는 남북 약 25km 정도까지로 추정된다. 수온은 해양 생태계에 있어서 빛

다음으로 중요한 환경 요인으로 수온에 따라 해양 생물의 분포가 달라지게 된다.

해양 생태계에 배출되는 온배수가 발전소 인근 해역의 수온 분포를 변화시키기도 하지만 4계절이 뚜렷한 우리 나라에서는 계절에 따라 이로운 면도 있다.

영광 원전 주변 해역은 과거 10년 동안의 해양 조사 결과를 종합 평가한 자료에 의하면, 식물성 플랑크톤의 총출현 종수는 417종으로 발전소 가동 초기 감소 경향을 보이다가 온배수 환경에 적응되어 92년도부터 증가하고 있어(한전 전력연구원, '96. 9) 해양 생태계의 기초를 이루는 단계가 크게 변하지 않았음을 알 수 있다.

### 온배수를 이용한 어류 양식

#### 1. 양식장 개요

발전소 온배수를 농·수산업에 이용한 외국 사례는 많이 발표되고 있으나 서해안의 천해 해역인 영광 원전 같은 경우에는 이용에 제한이 많이 있다.

온배수 이용이 필요한 겨울철에는 조간대의 영향으로 해수 온도가 최저 4~5°C까지 내려가 복수기를 거친 온배수 온도가 11~12°C 정도밖에 되지 않기 때문에 직접 용수로 이용하는 어류 양식에 국한될 수밖에 없으나, 그 양은 방대하여 수(水)면적이 1,100m<sup>2</sup>인 현양식장을 기준으로 시

〈표 1〉 영광 원전 온배수 이용 양식장 현황

시설 내역	용량/규격	수 량	시설 내역	용량/규격	수 량
양성 수조	50톤	16기	시료 제조기	1톤/시간	1대
양성 수조	100톤	1기	관리실험동	60평	1동
온배수 펌프	200톤/시간	3대	기기/작업동	50평	1동
자연 해수 펌프	200톤/시간	3대	양식동 총면적	537평	1동
냉동기	-20°C, 20m <sup>3</sup>	1대	오수 정화 시설	73평	1동
공기 주입기	15m <sup>3</sup> /분	2대			

간당 400톤씩을 급수할 때 1,800개의 양식장을 운영할 수 있는 양이다.

원자력발전소에서 온배수를 이용한 어류 양식 사업의 목적은 잘 알려진 바와 같이 동절기(10~4월)에 방류되는 무효 에너지(폐열)만을 가지고도 어류 인내 한계 수온인 10°C 이상을 유지하며 어류를 생산할 수 있다는 유용성 확보와, 양식 어류의 방사선 축적 여부를 철저히 관리·규명함으로써 온배수에 대한 방사선 오염 우려를 불식시키는 등 청정성을 입증하고, 온배수에 의한 어류 양식 기술 축적과 이 기술을 필요로 하는 어민에게 전수함은 물론, 양식 어류를 주변 해역에 방류함으로써 수산 자원 증식을 통해 어민들의 소득 증대를 꾀하는 데 있다.

#### 2. 양식 시설

영광 원전 온배수 이용 양식장의 총 수조 용량은 900톤(수면적 1,100m<sup>2</sup>)으로, 연간 적정 생산 규모는 넓치 기준 17톤이며 주요 시설 현황은 〈표 1〉과 같다.

#### 3. 온배수 이용 시기

온배수를 어류 양식에 활용하는 시기는 지역에 따라 다소 차이는 있지만, 대체적으로 9월 중순에서부터 자연 해수에 온배수를 혼합하여 사용하기 시작하다가 해수 온도가 18°C 이하로 되는 시기부터는 전량을 온배수로 사용한다.

이러한 상태에서 다시 이듬해 춘계에 자연 해수 온도가 15~18°C로 오르기 시작할 때부터 온배수 급수량을 점점 줄여가다가 자연 해수 온도가 25°C가 되는 6월 중순쯤에서 온배수의 공급을 중단하고 자연 해수만을 공급한다.

이렇게 온배수와 자연 해수의 공급량을 적절하게 조절하는 기술은 양식 어류의 특성을 고려한 다년간의 연구 결과를 바탕으로 축적된 기술 중의 하나이다.

여름철에는 이상 기온에 따라 자연 해수 온도가 어류의 인내 한계 수온인 28°C 이상을 넘는 경우가 종종 있기 때문에 이때에는 비상용 지하 해수를 공급하여 수조의 수온을 떨어뜨

려 주어야 한다.

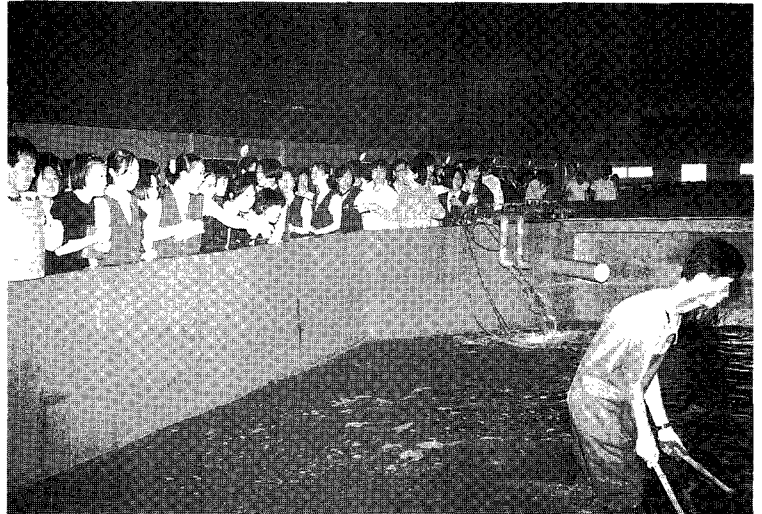
#### 4. 양식 실적

원전 최초의 한국해양연구소의 실험 양식이 종료된(93.9~97.3) 97년 3월에 영광 원전에서 시설을 인수한 이래 인근 해역에서 주로 많이 서식하고 있는 어종을 주로 양성하고 있으며, 99년 6월 말 현재 넙치·돌돔·숭어 등 약 4만 마리를 양성하고 있다.

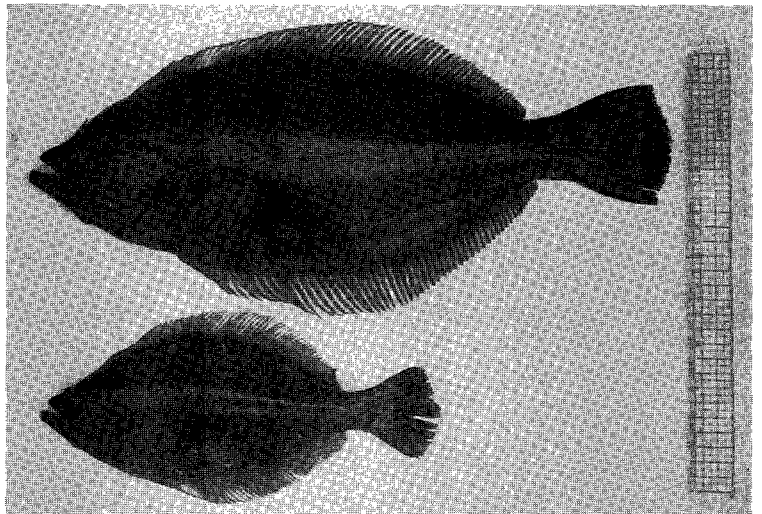
한편 영광 원자력본부에서는 한국 해양연구소로부터 양식장을 인수한 97년부터 현재까지 매년 총 3회에 걸쳐 넙치·점농어·조피볼락·대하치하 총 3,127,000 마리를 인근 해역에 방류함으로써 주변 지역 어민들로부터 커다란 호응을 얻고 있으며, 특히 99년 5월 21일 제3차 방류 사업 시에는 인근 어민과 합동으로 어민의 어선을 이용, 영광군에 의해 어초가 투입된 해역에 양식 어류를 방류하여 생존율을 높이고 어민들의 직접적인 소득 증대에 기여한 바 있다. 방류 현황은 <표 2>와 같다.

또한 98년 5월 11일에는 온배수 이용 양식 어류의 청정성 및 경제성 확보 차원에서 넙치 약 3톤(약 4,500마리)을 서남해수어류양식수산업협동조합(완도)에 시범 판매하여 32,855천원의 수입을 올려 경제성도 입증한 바 있다.

서남해수어류양식수산업협동조합의 감정 평가에서 가장 최상 등급인



양식장 모습. 원전 최초의 한국해양연구소의 실험 양식이 종료된(93.9~97.3) 97년 3월에 영광 원전에서 시설을 인수한 이래 인근 해역에서 주로 많이 서식하고 있는 어종을 주로 양성하고 있으며, 99년 6월 말 현재 넙치·돌돔·숭어 등 약 4만 마리를 양성하고 있다.



온배수로 월동한 넙치(위)와 자연 해수로 월동한 넙치(아래)의 크기 비교

'A' 등급을 받아 온배수 이용 양식 어류에 대한 어느 정도의 불신마저 해소하는 계기가 되었고, 감정 평가

결과는 전략적인 홍보 차원에서 양식 어류 일부를 영광본부에 근무하고 있는 전직원을 대상으로 시식 기



중요 배양장. 원자력발전소 특성상 방사선 영향에 따른 온배수 이용 양식 어류의 청정성과 안전성 확보 일환으로 월 1회 자체 분석과 분기 1회 광주과학기술원에서 해수·양식 사료·어류·패류 등의 방사능 분석을 실시한 결과, 방사능이 검출되지 않았거나 검출 하한치 이하로 분석되어 온배수와 방사능의 무관함이 입증되었다

〈표 2〉 온배수 이용 양식 어류 방류 현황

구 분	수량(마리)	크기(cm)	양식기간
넙 치	63,500	12~14	2.5개월
	12,500	25~30	8개월
점 농 어	45,000	10~12	2.5개월
조피볼락	6,000	25~28	21개월
대하치하	3,000,000	1.0~1.5	35일
합 계	3,127,000	-	-

〈표 3〉 서남해수어류양식수협의 감정 평가 결과

구 분	등 급			
채색	A	B	C	D
성장도	A	B	C	D
육질	A	B	C	D
감정 평가	A	B	C	D

회를 제공하여 자체 홍보 요원화를 꾀하는 한편 영광 본부 내방객 전용 방문 코스로 개방하여 투명성도 확보되었다(표 3).

그리고 원자력발전소 특성상 방사선 영향에 따른 온배수 이용 양식 어류의 청정성과 안전성 확보 일환으로 월 1회 자체 분석과 분기 1회 광주과

학기술원에서 해수·양식 사료·어류·패류 등의 방사능 분석을 실시한 결과, 방사능이 검출되지 않았거나 검출 하한치 이하로 분석되어 온배수와 방사능의 무관함이 입증되었다(표 4).

**맺는 말**

우리 민족이 남의 종살이를 하며 신음하던 수십년 전의 암흑 시절에 시인 타골(Rabindranath Tagore)은 "아시아의 옛 황금 시절 너 한국은 등불을 높이 켜두고 있었지. 이제 등남을 드높이 비추기 위해 너는 그 등불을 또다시 밝게 켜리라"하며 우리의 앞날을 밝은 빛으로 묘사한 글을 썼는데 그것이 바로 원자력 불로 비치게 되었다고 본다.

이러한 희망의 불을 인간이 지혜롭게 이용하다보면 편리하고 풍요로운 삶을 누리는 데 보탬이 되는 것 처럼 선진화 부산물인 원자력 발전의 온배수 또한 지혜롭게 관리한다면 우리에게 많은 혜택이 있으리라 본다.

우리 나라는 옛날부터 수산물을 애호하여 왔으며, 최근 수산물이 식생활에서 차지하는 비율이 급격하게 늘어나 국민 1인당 연간 소비하는 수산물은 약 40kg에 달하고 있으며, 전체 동물성 단백질 섭취량 중 48~50%를 수산물이 차지하고 있다.

현재의 양식 어류 주소비처가 요식업소에 머물고 있지만, 양식 어류의



온배수 이용 양식 어류 방류. 영광 원자력본부에서는 한국해양연구소로부터 양식장을 인수한 97년부터 현재까지 매년 총 3회에 걸쳐 넙치·점농어·조피볼락·대하치하 총 3,127,000 마리를 인근 해역에 방류함으로써 주변 지역 어민들로부터 커다란 호응을 얻고 있으며, 특히 99년 5월 21일 제3차 방류 사업시에는 인근 어민과 합동으로 어민의 어선을 이용, 영광군에 의해 어초가 투입된 해역에 양식 어류를 방류하여 생존율을 높이고 어민들의 직접적인 소득 증대에 기여한 바 있다.

〈표 4〉 온배수 방사능 분석 결과

구 분	방사능 농도(온배수)				평상 변동폭	
	99.1.25	99.2.27	99.3.31	99.4.30		
감 시	Mn-54	<0.037	<0.038	<0.066	<0.079	<0.070
	Co-58	<0.038	<0.038	<0.067	<0.080	<0.077
	Fe-59	<0.082	<0.089	<0.143	<0.194	<0.213
	Co-60	<0.041	<0.067	<0.076	<0.102	<0.085
	Cs-134	<0.036	<0.035	<0.062	<0.070	<0.063
	Cs-137	<0.039	<0.043	<0.063	<0.077	<0.077
참 고	Zn-65	<0.088	<0.100	<0.160	<0.204	<0.189
	Nb-95	<0.041	<0.040	<0.063	<0.088	<0.095
	Zr-95	<0.069	<0.069	<0.108	<0.140	<0.137
	Ag-110m	<0.035	<0.039	<0.058	<0.068	<0.069
	I-131	<0.045	<0.058	<0.065	<0.107	<0.310
	Ba-140	<0.165	<0.177	<0.203	<0.318	<0.649
천연 K-40		10.92	8.826	10.19	19.14	3.18~17.5

주 : 1) 방사능 농도(평상 변동폭 포함) 단위 : Bq/l

2) < : 검출되지 않았거나 검출 한한치 이하임.

가격이 낮아지고 품질이 향상되면 어느 가정에서나 부담없이 질 좋은 양식 어류를 식탁에 올려놓을 수가 있게 된다고 보면, 그 시장 잠재력은 매우 크다고 본다.

세계 곳곳의 이상 기상 현상(혹서·혹한 등), 산업화의 발달과 세계 각국의 자국 이익 극대화를 위한 여러 구역 분쟁 등으로 어업 생산력이 크게 감소되고 있는 이때에 온배수 이용 양식은 일반 양식에 비하여 모든 점에서 수익성이 높아 범국가적으로 적극 추진하는 것이 바람직하다.

하지만 온배수 이용 양식 사업이 활성화될 경우 일반 어업자의 재산성 악화가 필연적으로 수반될 것이므로 생산된 어류를 연안 어족 자원 형성을 위한 방류 사업으로 연계하는 것이 바람직하지 않나 생각한다.

끝으로 영광 원자력본부 온배수 이용 양식장 운영은 영광 3·4호기 환경협의 이행 조건에 따른 부차적 사업이지만 수익 차원에서 운영할 경우에는 일반 양식장 수준의 양식 밀도 증가로 수익 제고 효과를 극대화할 수도 있겠으나, 수익보다는 인근 지역 어민의 소득 증대와 원전 주변 해역의 어족자원 조성을 위하여 지속적으로 방류를 실시할 계획이며, 원전 주변 지역 어민이 운영하는 양식장에 온배수 이용 양식 기술 전수는 물론 고급 어종을 시험 양식 대상으로 지속적으로 연구·개발하여 나갈 계획이다. ☞