

2012년도 전략과제

## **충남 화력발전소 온배수 배출의 실태와 활용방안**

2012년 12월 31일

연구책임 : 환경생태연구부 이인희

**충 남 발 전 연 구 원**

# 발간사

현재 우리나라에서 운영되고 있는 발전소는 약 30 개소로 발전소에서 배출되는 발전온배수는 전국 연간 473 억 톤, 충남 연간 113.8 억톤에 이른다. 충남에는 보령(8 기), 서천(2 기), 당진(8 기), 태안(8 기) 등 총 26 기가 가동 중이며 기수 기준으로 전국 화력발전의 18%, 발전량 기준으로는 40%에 달하여 과도하게 많은 화력발전소가 입지하고 있다. 그 중 보령화력/복합과 태안화력은 전국 발전소 중 원자력발전소를 제외하면 발전소 당 가장 많은 온배수를 배출하고 있다.

발전 온배수는 바다에 도달하기 전 열의 회수가 이루어지지 않으면 주변 수온 상승으로 인해 동물플랑크톤의 감소, 해조류의 생장 저해, 저서생물의 종 감소, 생물상의 변화 등 해양생태계에 심각한 피해를 입히는 것으로 알려져 있다. 이러한 피해를 막기 위해서 발전 온배수의 관리가 필요하지만, 우리나라의 경우 관리가 미흡하여 이에 대한 대책이 필요하다. 또한 새로운 발전소가 계획되거나 건설 중에 있어서 해양생태계의 피해는 더욱 심화될 것으로 판단된다.

발전 온배수의 관리 대책 마련과 동시에 발전 온배수를 또 다른 재생 에너지원으로 인식하고 발전 온배수의 열 회수를 통해 농수산업 부문의 에너지원으로 이용할 필요가 있다. 에너지 비용의 상승으로 경영에 압박을 받고 있는 농수산업 부문의 발전 온배수의 활용은 새로운 에너지원의 확보를 가능하게 하여 농수산업 부문의 발전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 충남의 발전 온배수 배출의 실태와 문제점을 분석하여 그 관리를 강화할 수 있는 방안을 제시하고, 발전 온배수를 에너지원으로 활용할 수 있는 적용방안을 제시하고자 하였다. 본 연구는 발전 온배수 관리와 발전 온배수의 활용이라는 두 가지 측면에서 정책적으로 기여할 것으로 기대한다. 발전 온배수 관리방안의 제시를 통한 충남 서해안의 생태적 건강성과 지속가능성의 제고, 화력발전 온배수의 활용을 통한 농·어가의 생산 비용 절감이 그것이다.

본 연구의 연구책임자인 이인희 박사를 비롯하여 많은 조언과 참여를 아끼지 않은 자문위원에게 감사의 말씀을 전하며, 연구수행과정에서 적극적으로 협조해준 연구심의위원에게 특별한 감사의 말씀을 드린다.

2021년 12월 31일

충남발전연구원장 박진도

# 목 차

<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구배경 및 목적.....	1
가) 연구의 배경 및 필요성.....	1
나) 연구의 목적.....	2
2. 정책적 기여.....	3
<b>II. 발전온배수 배출 실태와 해양생태계에의 영향</b> .....	<b>4</b>
1. 충남의 발전소 입지와 온배수 배출 실태.....	4
2. 발전온배수에 의한 열 오염과 확산.....	6
3. 해양생물상의 피해.....	8
① 취수구조물에 의한 피해.....	8
② 냉각계통에서의 피해.....	9
4. 온배수 배출에 의한 어업피해.....	11
5. 발전 온배수 관리.....	13
가) 우리나라의 발전 온배수 관리 제도의 문제점.....	13
나) 외국의 발전 온배수 관리제도.....	13
<b>III. 발전 온배수의 활용 사례</b> .....	<b>15</b>
1. 외국의 발전 온배수 활용 사례 .....	15
가) 수산업 분야.....	15
① 일본의 온배수 활용사례 .....	16
② 유럽의 온배수 활용 사례.....	19

나) 농업 분야.....	20
① 일본.....	20
② 프랑스.....	20
다) 기타 부문에서의 온배수 활용.....	22
2. 우리나라의 발전 온배수 활용.....	23
가) 수산업 분야 활용.....	23
① 발전소 시행 시범사업 사례.....	24
② 민간 양식 사업 사례.....	26
③ 지자체 주도 사례.....	27
나) 농업분야 활용.....	28
다) 기타 분야 활용.....	29
라) 경제성분석 사례.....	29
① 수산업분야.....	29
② 농업분야.....	31
3. 소결.....	32
① 수산업부문 활용.....	33
② 농업부문 활용.....	34
③ 기타부문 활용.....	34
④ 경제성 분석.....	35
<b>IV. 심층 사례조사 .....</b>	<b>36</b>
1. 제주 원예농업 시범단지.....	36
가) 시범사업 개요.....	36
나) 추진 경과 및 시설.....	36

가) 작물재배 및 기대효과.....	38
2. 영광 원자력 발전소 양식장 및 아쿠아리움 .....	41
3. 영동화력발전소 양식장.....	45
4. 하동 화력발전소 섬진강 문화센터 및 양식장 사업.....	51
가) 섬진강 문화센터 .....	51
나) 양식장(민간).....	52
5. 경주시 온배수 활용 바다목장 시범사업.....	56
6. 소결.....	61
① 제주 원예 농업 시범단지.....	61
② 영광원자력(아쿠아리움과 양식장).....	62
③ 영동화력발전(민간양식).....	62
④ 하동화력(섬진강 문화센터, 민간양식).....	63
⑤ 경주시(바다목장) .....	64
<b>V. 온배수의 관리방안 및 농수산업 부문 활용 .....</b>	<b>67</b>
1. 발전온배수의 관리 방안.....	67
가) 발전온배수의 온도 규정 및 취·배수 방식의 변환 .....	67
나) 제도적 규제.....	69
2. 발전 온배수의 활용 추진 전략 .....	70
가) 발전 온배수의 농업부문 활용.....	70
① 농업부문 광열동력비의 증가.....	70
② 발전 온배수 활용의 조건.....	71
나) 수산업 분야 활용.....	72
① 발전온배수의 활용의 효과.....	72

② 발전온배수 활용의 조건.....	73
다) 정부의 에너지 정책의 활용.....	74
3. 소결.....	75
① 온배수 관리 방안.....	75
② 농업부문 활용.....	77
③ 수산업 분야 활용.....	78
④ 정부의 에너지정책 활용.....	78
<b>VI. 결론 및 정책 제언.....</b>	<b>79</b>
1. 결론.....	79
2. 정책제언.....	81
<b>부 록.....</b>	<b>83</b>

## 표 목차

<표 1> 충남의 화력발전소의 온배수량(2010년).....	5
<표 2> 발전온배수에 의한 온배수 확산 범위.....	7
<표 3> 어업별 손실액 산출방법.....	12
<표 4> 일본 발전소 온배수 이용 양식사업소 현황(2010).....	16
<표 5> 유럽의 수산업분야 발전소 온배수 이용사례(2010).....	19
<표 6> 유럽의 농업분야 발전소 온배수 이용사례(2010).....	21
<표 7> 우리나라 온배수의 수산업 활용사례.....	25
<표 8> 원전별 경제성 분석 결과.....	30
<표 9> 원예시설의 발전온배수 활용에 대한 경제성 분석.....	32
<표 10> 제주원예농업 시범단지 사례(2차사업).....	37
<표 11> 영광원전 아쿠아리움 및 양식장, 낚시터 사례.....	41
<표 12> 영동화력 인근 솔 영어조합의 사례.....	46
<표 13> 하동 문화센터의 온배수 이용 사례.....	51
<표 14 > 하동화력 인근 양식장 사례.....	53
<표 15 > 경주 바다목장 사업지의 위치.....	57
<표 16> 사례조사 지역 요약.....	65
<표 17> 발전 온배수 활용관련 정부의 보조금 지원 정책.....	74

## 그림 목차

<그림 1 > 발전 온배수 배출 경로 .....	6
<그림 2> 표층방류 온배수의 물리적 거동 .....	8
<그림 3> 고리원전 배수구 부근 미역(A)과 인근 문동리 해안의 미역(B,C)의 업체비교 .....	10
<그림 4> 이시가와현 수산종합센터 전복, 광어 종자 생육장 .....	17
<그림 5> 시가 사업소 내 온배수 활용 시설 .....	18
<그림 6> 시가사업소의 사육수와 자연해수, 발전 온배수 방수 루트 .....	19
<그림 7> 후로리 꽃 박물관 내 가든 하우스 .....	22
<그림 8> 발전온배수 활용 시스템 개념도 .....	37
<그림 9> 제주 원예농업 시범사업 시설 .....	40
<그림 10> 영광 원자력 발전소의 온배수 활용 시설 .....	45
<그림 11> 영동화력 주변 온배수 활용 민간 어류 양식장 관련 시설 .....	49
<그림 12> 영동화력 주변 온배수 활용 민간업체의 해삼종묘 육성 관련 시설 .....	50
<그림 13> 하동화력의 온배수 활용 시설 .....	55
<그림 14> 경주시 온배수 활용 바다목장 개념도 .....	56
<그림 15 > 경주시 바다목장 예정지와 발전온배수 확산 범위 .....	58
<그림 16> 경주 바다목장 시설배치도와 인공어초 .....	59
<그림 17> 경주시 바다목장 조성 사업 추진실적 .....	60
<그림 18> 경주 온배수활용 바다목장 내 전경 .....	60

# I. 서론

## 1. 연구배경 및 목적

### 가) 연구의 배경 및 필요성

발전소 온배수(thermal effluents)는 발전과정에서 발생한 폐열을 흡수하는 냉각수로 사용하기 위하여 취수한 해수가 수온이 상승된 상태로 방출되는 배출수를 일컫는다. 발전 온배수는 자연해수보다 수온이 연평균 약 7°C 정도 높으며, 유엔 해양법 협약에서는 온배수를 “직·간접적으로 인위적으로 해양환경에 유입되는 물질 또는 에너지로서 해양생물에 해롭거나, 해양의 쾌적한 이용을 저해시키는” 오염물질 중 하나로 정의하고 있다. 발전소 냉각수의 취·배수 온도차는 4~12°C로 연평균 7°C정도이며, 중부발전, 보령 화력/복합의 설계 온배수 온도는 6.4~7.0°C이다.

발전소의 온배수 배출은 발전소와 지역민간 갈등을 야기하여 새로운 발전소 건립은 물론 기존 발전소 운영에도 어려움을 주고 있다. 현재의 기술 하에서 원자력발전은 35% 내외의 열 효율을, 기력발전은 40%내외의 열 효율을 나타내며, LNG 복합화력발전은 70%로 열효율이 높은 편이다. 사용된 발전 연료의 일부만이 전기에너지로 전환되고 나머지는 폐열로 처리되는데 일반적인 화력발전소의 경우, 폐열의 20%는 굴뚝과 복사열로 소멸되고 나머지 40%는 냉각수로 전이된다.

2010 년 현재 우리나라에서는 1 일 평균 1 억 3,000 만 톤의 발전온배수가 배출되고 있다. 현재 우리나라에서 운영되고 있는 발전소는 약 30 개소로 최근 3 년간 배출량은 연간 473 억 톤에 이른다. 100 만 kW 급의 발전소 1 기에서 사용하는 해수의 양은 초당 약 50~60 톤이며, 충남의 경우 중부 발전, 보령 화력/복합 등 화력발전소에서 배출되는 발전 온배수량은 113.8 억톤/년에 이른다.

전력사용량이 증가함에 따라 발전 온배수도 증가하고 있으며, 지구온난화와 더불어 상승작용으로 주변 해양 생태계에 미치는 영향이 확대될 우려가 있는데, 우리나라는 온배수 배출 기준 및 관리지침이 없고 오염물질인 폐수의 배출온도를 40°C로 규정하고 있을 뿐이다.

충남의 경우 보령(8 기), 서천(2 기), 당진(8 기), 태안(8 기) 등 총 26 기가 가동 중에 있으며 기수 기준으로 전국 화력발전의 18%를 차지하고, 발전량 기준으로는 40%에 달하여 과도하게 많은 화력발전소가 입지하고 있다. 또한 발전소의 신설(신보령 1·2 호기, 태안 9·10 호기, 동부제철 화력발전소)이 계획되거나 건설 중에 있어서 현재도 심각한 해양생태계의 피해는 더욱 심화될 것으로 판단된다.

발전 온배수는 바다에 도달하기 전 열의 회수가 이루어지지 않으면 주변 수온상승으로 인해 동물플랑크톤의 감소, 해조류의 성장 저해, 저서생물의 종 감소, 생물상의 변화 등 해양생태계에 심각한 피해를 입히는 것으로 알려져 있다. 이러한 피해를 막기 위해서 발전 온배수의 관리가 필요하지만, 우리나라의 경우 이러한 발전 온배수에 대한 관리가 미흡하여 이에 대한 대책이 필요하다.

발전 온배수의 관리 대책 마련과 동시에 발전 온배수를 또 다른 재생 에너지원으로 인식하고 발전 온배수의 열 회수를 통해 농수산업 부문의 에너지원으로 이용할 필요가 있다. 다른 시·도에서는 시도되고 있는 이러한 발전 온배수의 이용이 충남에서는 전무한 상태이다. 에너지 비용의 상승으로 경영에 압박을 받고 있는 농수산업 부문의 발전 온배수의 활용은 새로운 에너지원의 확보를 가능하게 하여 농수산업 부문의 발전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 요약하면, 발전 온배수의 관리를 강화하는 방안을 마련할 필요가 있으며, 이와 더불어 발전 온배수를 에너지원으로 활용할 수 있는 방안을 마련할 수 있는 정책적 전략 제시가 필요하다.

## 나) 연구의 목적

본 연구의 목적은 충남의 발전 온배수 배출의 실태와 문제점을 분석하여 그 관리를 강화할 수 있는 방안을 제시하고, 발전 온배수를 에너지원으로 활용할 수 있는 적용방안을 제시하는 것이다. 구체적으로는 첫째 발전 온배수로 인해 영향을 받는 해양생태계의 문제를 문헌 조사를 통해 밝히고, 둘째 온배수 관리를 강화할 수 있는 방안을 제시하며, 셋째 문헌 조사를 통해 국내 및 해외 발전 온배수의 부문별 활용사례를 조사하여 시사점을 도출하며, 넷째 국내의 발전소 온배수 활용 사례를 심층 조사함으로써 충남의 화력발전 온배수의 활용에 관한 기본적 구상 수립을 위한 기초자료를 제공하고 정책적 적용 방안을 제시하고자 한다.

본 연구는 일견 상충되는 것으로 보이는 해양생태계 및 어업 피해를 최소화 하기 위한 발전 온배수의 관리와 발전 온배수의 에너지원으로서의 활용이라는 두

가지 문제에 초점을 맞추고 있다. 발전 온배수를 관리하면서 발전 온배수를 에너지원으로 활용할 수 있는가라는 질문에 대한 대답을 하기 위해 수행할 주요 연구내용은 i) 우리나라와 충남의 발전 온배수의 배출 실태, ii)발전 온배수가 주변해역 해양생태계에 미치는 영향, iii)우리나라 및 해외의 온배수 관리제도, iv) 국내 및 외국의 발전 온배수 활용 사례 v) 하동, 영동, 영광, 제주, 경주의 화력발전의 온배수 활용 사례조사, vi)정책적 적용방안의 제시 등이다.

본 연구는 발전 온배수로 인한 주변 해안생태계의 피해와 어업 피해에 관련하여 문헌 조사에 의존하는 한계점을 가지고 있다. 이와 관련한 연구는 다년도 연구로 추진되어야 할 것으로 본 연구는 그 출발점으로 삼을 수 있다. 2 차년도 연구로 인공위성 영상(remote sensing) 분석을 통한 충남의 발전 온배수의 영향 지역 추출과 발전 온배수로 인한 어업피해에 관한 조사가 이루어질 것이며, 3 차년도에는 발전 온배수 활용 시설의 경제성 분석 및 취수와 배출 시 해양생태계 피해를 최소화 하기 위한 관리 방안에 대한 심층 연구를 수행하고자 한다.

## 2. 정책적 기여

본 연구는 발전 온배수 관리와 발전 온배수의 활용이라는 두 가지 측면에서 정책적으로 기여한다. 첫째, 충남에 입지한 화력발전소에서 배출되는 발전 온배수 관리방안의 제시를 통해 충남 서해안의 생태적 건강성과 지속가능성을 제고하고, 수산업 피해를 최대한 줄일 수 있는 정책적 토대를 마련한다

둘째, 충남의 로컬 에너지인 화력발전 온배수의 활용 정책을 통해 농가 및 어가의 생산 비용을 절감함으로써 생산성을 높일 수 있는 가능성을 부여한다. 또한 발전 온배수의 이용은 바다에 직접 흘러 들어가 주변 해양 생태계를 파괴하던 온배수의 온도를 낮추는 정책의 시발점으로 주변 해양 생태계의 건강성을 증진한다. 발전 온배수의 활용은 최근의 폭염, 폭우, 한파, 폭설 등 이상기후로 대변되는 기후변화에 대응하는 농수산업 부문의 적응정책의 한 축을 담당할 수 있으며, 또한 농수산부문 온실가스 저감정책의 중심이 될 수 있다.

## II. 발전온배수 배출 실태와 해양생태계에의 영향

발전온배수는 발전소의 냉각수<sup>1)</sup>로 사용된 후 배출되는 해수를 말한다. 우리나라의 경우 발전소에서 터빈을 돌리고 나온 증기를 다시 물로 만들 때 냉각용으로 해수를 사용하는데, 냉각수로 사용되는 바닷물은 초당 약 50-60 톤(1000 만 kw 급 원전 1 기)이 소요된다. 이 해수는 복수기 전열관을 통과하면서 증기를 냉각·응축시키며 취수 시의 자연해수보다 연평균 약 7℃ 상승되어 바다에 배출된다. 방출된 온배수는 자연해수보다 수온이 높지만 대부분의 경우 배수구에서 200-300m 떨어지면 수온차이가 2-3℃로 떨어지는 것으로 알려져 있다.

온배수의 영향으로 찬 물을 좋아하는 어류는 이동하고 따뜻한 물을 좋아하는 어류는 발전온배수 배수역에 모여드는 경향을 보인다. 배수구 인근의 미역이나 김 등 저온성 해조류는 성장 저해 등의 온배수의 영향을 받게 된다. 온배수의 영향을 줄이기 위한 방안으로 신규 건설되는 발전소에서는 심층 취수, 배수하는 방식을 도입하기도 한다.

### 1. 충남의 발전소 입지와 온배수 배출 실태

2010 년 현재 우리나라에서는 1 일 평균 1 억 3,000 만 톤의 발전 온배수가 배출되고 있다. 우리나라에서 운영되고 있는 발전소는 약 30 개소로 관류냉각 방식을 채택하고 있어서 발전소 복수기 내 냉각수로 이용되고 배출되는 발전 온배수의 최근 3 년간 평균 배출량은 연간 473 억 톤에 이른다. 이 중 충남의 서해안에 연간 113.8 억톤이 배출된다<sup>2)</sup>. 100 만 kw 급의 발전소 1 기에서 냉각수로

---

<sup>1</sup> 담수와 해수 모두 사용 가능하지만, 담수자원이 부족한 우리나라는 해수를 냉매로 사용하여 폐열을 처리한 후 자연으로 배출한다. 발전온배수는 외부물질에 오염되지 않은 순수한 자연 해수이며, 단지 열 교환으로 자연 해수보다 수온이 상승한 상태로 다시 바다로 배출되는 것으로 알려져 있지만, 실제로는 취수구에 수생생물이 부착되는 것을 막기 위한 화학약품이 투여된다.

<sup>2</sup> 해역별 배출량을 살펴보면, 서해안이 206.9 억톤/년으로 가장 부하량이 크다. 서해안 내에서는 인천/경기 해역에서 34.3 억톤/년, 태안/보령 해역에서 98 억톤/년, 영광 해역에서 74.6 억톤/년이 배출된다. 남해안에는 총 73.5 억톤/년이, 제주해역에는 2.3 억톤/년이, 동해안에는 동해중부해역 66.4 억톤/년 및 동해남부해역 123.5 억톤/년 등 총 189.9 억톤/년이 배출된다.

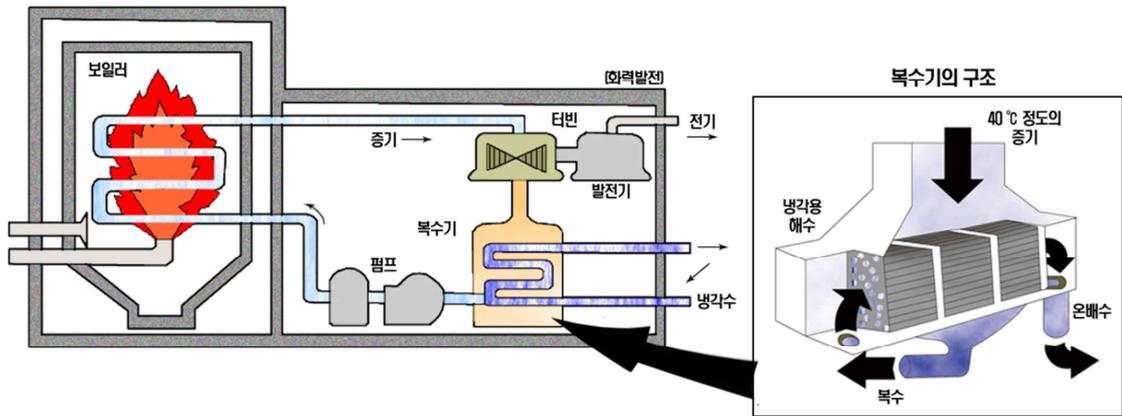
사용하는 해수의 양은 초당 약 50 ~ 60 톤에 이른다. 발전온배수 배출은 증가하는 전력수요에 따라 점차 증가할 것으로 판단된다.

충남의 경우 보령(8 기), 서천(2 기), 당진(8 기), 태안(8 기) 등 4 개 발전소에서 총 26 기가 가동 중에 있다. 기수 기준으로 전국 화력발전의 18%를 차지하고, 발전량 기준으로는 40%에 달하여 다른 지역에 비해 충남에 과도하게 많은 화력발전소가 입지하고 있다. 또한 발전소의 신설(신보령 1·2 호기, 태안 9·10 호기, 동부제철 화력발전소)이 계획되거나 건설 중에 있어서 현재도 심각한 해양생태계의 피해는 더욱 심화될 것으로 판단된다.

충남의 화력발전소에서 배출되는 발전 온배수는 연간 113.8 억톤에 이른다. 그 중 보령화력과 복합화력이 위치한 보령지역에서 연간 46.4 억톤의 발전 온배수가 유출되며, 다음으로는 태안화력이 연간 36.3 억톤의 발전 온배수를 해양에 직접 유출하고 있다. 보령화력과 태안화력은 전국의 발전소 중 원자력발전소를 제외하면 발전소 당 가장 많은 온배수를 배출하고 있으며, 당진화력의 경우는 하동화력(연간 33.3 억톤) 다음으로 전국에서 4 번째로 많은 발전온배수를 배출한다(부록 1 참조). 충남에 입지한 화력발전소는 발전소 당 발전온배수 배출량 기준 전국 1,2 위와 4 위에 해당한다.

〈표 1〉 충남의 화력발전소의 온배수량(2010 년)

업체명	온배수량(억톤/년)	ΔT(°C)	발전용량(MW)
태안화력(한국서부발전)	36.3	7.7	4,083
당진화력(한국동서발전)	28.6	6.4-6.8	4,000
보령화력/복합(한국중부발전)	46.4	6.4-7.0	4,000/1,350
서천화력(한국중부발전)	2.5	9.4	800



〈그림 1〉 발전 온배수 배출 경로

설계상 취·배수구의 해수온차이( $\Delta T$ )<sup>3)</sup>는 서천 화력이 9.4°C로 가장 크며, 그 다음이 태안화력이 7.7°C이다. 이 두 발전소는 국제적으로 인정되고 있는 취·배수구 수온차이인 7°C를 상회한다.

## 2. 발전온배수에 의한 열 오염과 확산

수온은 해양생태계에서 빛 다음으로 중요한 환경요인으로 온배수 형태로 해양생태계에 부하되는 막대한 에너지는 주변해역의 수온분포를 변화시켜 직·간접적으로 해양생태계에 많은 영향을 미친다. 발전 온배수로 대표되는 해양의 열 오염(thermal pollution)은 적정 수온의 범위 내에서는 수온 상승이 해양생물의 성장을 촉진하지만, 임계수온 이상에서는 해양생물의 생체리듬이 깨지면서 생산성 저하 및 서식 범위 축소 등을 유발하고 심지어는 해양생물의 사망을 초래한다. 열 오염은 생물의 군집구조가 변하거나 특정생물의 도피, 소멸 또는 새로운 종들의

<sup>3)</sup> 대부분의 발전소는 자연수온 변화에 따라 온배수  $\Delta T$  를 조절한다. 자연수온이 높은 7 월부터 10 월까지는 전체적으로 7°C 이하의  $\Delta T$ , 자연수온이 가장 높은 9 월의  $\Delta T$  는 5.7 도이다. 11 월에 자연수온이 내려가면  $\Delta T$  는 7°C를 넘어 점차 상승하며 자연수온이 가장 낮은 2 월에는 평균  $\Delta T$  는 8.9°C 내외로 최고에 달한다. 서해안에 위치한 발전소들은 겨울철  $\Delta T$  를 최대 16.1 도까지 상승시키기도 한다(한국해양연구원 2008).

발생을 초래하는데, 특히 정착성 어패류가 많이 서식하는 어장 및 양식어장에 온배수가 배출되면 생물의 도피가 어렵기 때문에 열 오염에 따른 피해가 발생한다.

수온 상승은 해수 밀도의 감소를 가져와서 해수 중 부유물질 침강율을 증가시키고 용존산소의 용해도를 감소시킨다. 발전소 온배수에 의해 해수온도가 27.2℃에서 31℃로 상승할 경우, 부착성 군집구조가 우세하게 되며, 37℃ 이상의 수온에서는 수주고동 및 따개비류를 제외한 모든 동식물이 소멸하게 된다(Suresh, 1993).

발전 온배수는 배수구 방출 시 일정 거리를 직진하다가 주위 해수를 연행하여 혼합되는데, 조류의 유속이 빠른 서해안에서 보다 멀리 확산된다. 온배수의 확산범위<sup>4)</sup>는 발전소의 위치에 따라 차이를 보이지만 대략 배수구로부터 1.5km~2.5km 에 달한다<sup>5)</sup>.

〈표 2〉 발전온배수에 의한 온배수 확산 범위

발전소	배수구로부터의 거리
고리원자력	1.5~2.2km
영광원자력	2.3~2.5km
울진원자력	2.0~2.4km
월성원자력	1.4~1.9km

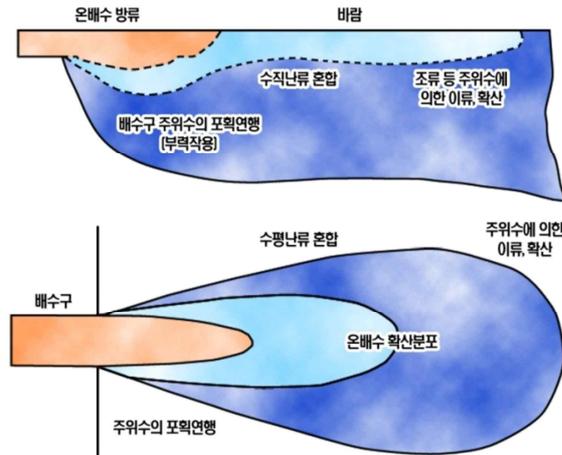
출처:(최만중 1993)

배수구에서 배출된 발전 온배수는 주위 해수와의 수온 차에 의해 부력이 발생하면서 점차 수면으로 부상하여 수평 확장하게 되며 주로 표층 수온을 상승시킨다. 주위 해수와의 난류혼합에 의하여 배출수가 갖는 운동력이 떨어지면 이후의 온배수 확산 분포는 주위해수의 유동 특성에 크게 좌우되며 이 때 주위

<sup>4</sup> 온배수에 의해 표층수온이 자연해수보다 1℃ 높게 나타난 발전온배수의 영향권을 나타내는 범위를 확산범위로 정의한다.

<sup>5</sup> 영광원자력 주변해역의 온배수 확산을 연구한 이연·박일흥·규(2002)에 따르면 온배수는 낙조 시 남서·서남서방향으로 배수구로부터 약 12km 정도를 이동하며, 3-4 회에 걸친 거듭된 낙조류에 따라 칠산도까지 도달할 수 있었다. 일반적으로 온배수는 배수구로부터 춘·추계에 약 5km, 하계는 약 10km 떨어진 지점에서 수온급강하가 일어나는 것으로 조사되었다.

해수로의 난류확산과 대기 중으로의 열 방출로 수온이 점차 강하되어 열 평형에 도달하게 된다.



출처: (최만중 1993)

<그림 2> 표층방류 온배수의 물리적 거동

### 3. 해양생물상의 피해

발전소에 의한 해양 생물의 피해는 i) 냉각수의 취수 구조물에 충돌로 인한 대형 생물의 치사, ii) 냉각계통을 통과하는 미소생물의 치사, iii) 주변 수온 상승 수역의 생물상 변화 등으로 구분된다.

#### ① 취수구조물에 의한 피해

우리나라의 경우, 취수 시설에 충돌하여 사망하는 해양생물<sup>6)</sup>에 대한 조사는 환경영향적 측면보다는 발전소 보호적 측면에서 다루어져 왔으며, 순수한 해양생태계 보호를 위한 조사는 초보적인 수준에 머물고 있다. 영광 원자력

<sup>6</sup> 냉각수 취수구에는 쓰레기 등 이물질의 유입을 방지하기 위하여 스크린이 설치되어 있다. 스크린의 그물 눈(망목)의 크기는 가로×세로 1cm<sup>2</sup> 로, 이보다 체형이 큰 해양생물은 스크린에 걸려 치사하며, 체형이 작은 생물은 스크린을 통과하여 복수기를 지나가면서 기계적, 열적 충격을 받게 된다.

발전소의 경우 1-6 호기 가동조건에서 시간당 42 개체 642g 의 어류가 충돌하여, 연간 약 2 백만 마리(약 30.5 톤)의 어류가 피해를 입는 것으로 보고되고 있으며, 동해안에 위치한 원자력발전소 등은 이보다 낮아 연간 8 만 8 천- 37 만 6 천 마리의 어류가 피해를 입는 것으로 보고되었다.

## ② 냉각계통에서의 피해

냉각계통 연행에서 수온변화, 냉각계통 내 부착생물 제거를 위한 염소 등의 화학물질 투여<sup>7)</sup>, 기계적 충격 (mechanical stress) 등에 의해 동·식물 플랑크톤이 손실되는데, 식물 플랑크톤의 경우 삼천포 화력발전소의 경우 7.5~58.9%, 고리 원자력 발전소의 경우 55% 정도 소멸된 것으로 조사된 바 있다. 식물플랑크톤은 고수온기와 저수온기를 제외하고는 기계적 충격에 의한 광합성 감소 효과와 수온상승에 의한 광합성 촉진 효과로 피해의 많은 부분이 상쇄된다.

동물 플랑크톤은 발전소 냉각계통에서 30~100% 사망하는 것으로 알려져 있으며, 배수구의 수온 상승폭이 10℃ 이상일 때 동물 플랑크톤이 냉각계통을 통과하면서 95%가 치사하는 것으로 조사되었으며(Kolehmainen 1975)<sup>8)</sup>, 일본 Takahama 원자력발전소의 경우 동물 플랑크톤인 요각류의 71~81%가 치사한 것으로 조사되었다(Anraku 1979). 우리나라의 경우, 2000 년 이후 울진원전 냉각계통 연행에서 복수기 통과 시 동물플랑크톤의 사망률이 30% 이하로 나타났지만, 고수온기에는 50% 이상의 사망률이 관측된다고 보고되었다.

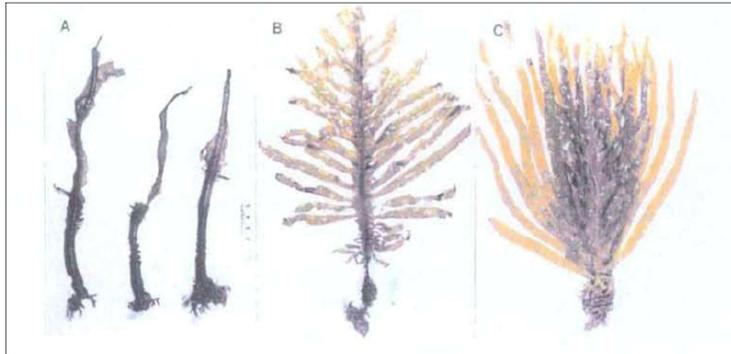
발전 온배수로 인한 주변지역의 해수온 상승으로, 수온이 높은 배수역과 1km 이내의 정점에서는 수온이 상승함에 따라 동물 플랑크톤의 현존량이 감소한다<sup>9)</sup>. 해조류는 온배수 영향을 받게 되면 생장이 저해되고 출현 종의 조성이 바뀌거나 소멸한다<sup>10)</sup>.

---

<sup>7</sup> 냉각기 계통에 박테리아나 해조류, 조개류 등의 부착을 방지하거나 억제함으로써 설비를 보호하고 냉각효율을 높이기 위하여 일반 용수처리에서도 널리 사용되고 있는 살균·소독제인 차아염소산소다(NaClO) 용액을 주입한다. 복수기 출구 측이나 배수로에서 거의 소모되어 방류구에서는 잔류 염소가 거의 검출되지 않는다고 발전소 측은 주장하고 있다.

<sup>8</sup> 냉각계통 연행에서 살아남은 동물 플랑크톤도 연행 중 입은 기계적 충격으로 더듬이와 부속지가 손상되어 이후 생존 가능성이 매우 낮다.

<sup>9</sup> 식물플랑크톤은 계절에 따라 다르게 반응하는데, 봄과 가을에는 자연 수역보다 온배수가 유입되는 해역에서 식물플랑크톤의 생산력이 증가하지만, 여름에는 떨어지며, 37℃ 이상이면



출처: 김영환(1990)

〈그림 3〉 고리원전 배수구 부근 미역(A)과 인근 문동리 해안의 미역(B,C)의 엽체비교

저서생물의 경우 종 감소 및 다양성이 저하된다<sup>11)</sup>. 어류는 운동성이 높고, 0.03~0.1℃의 미세한 온도변화도 감지할 수 있는 능력을 가지고 있어서 (Houston, 1982), 선호하는 온도에 따라 공간적으로 재 분포가 일어나게 된다. 우리나라의 경우 어류 종 교대 현상 (아열대성/난류성 어류)이 일어나는 것으로 판단된다. 울진원자력발전소의 조사에 의하면 온배수의 영향을 받는 배수로와 배수구 인근 해역에서 파랑돔, 독가시치, 자리돔, 뽕에돔, 잣방어 등의 아열대성 및 난류성 어종이 관찰되어, 종 교대현상이 뚜렷이 나타난 것으로 보인다. 김과 미역과 같은 해조류는 수온에 민감하여 타 품종에 비해 온배수의 영향을 크게 받을 수 있다.

---

장기적인 손상을 입게 된다. 동물플랑크톤은 자연 수온이 높은 계절에는 현존량이 감소하는 추세를 보이는데, 이는 온배수 영향으로 해수 온도가 동물플랑크톤의 최적 생육 온도의 제한선인 30℃를 넘기 때문이다. 동물플랑크톤의 감소에 따라 수산업 피해가 발생한다 (한국전력공사 전력연구원 1995).

<sup>10</sup>고리원전의 경우 가동 전에는 배수구 부근에서 참도박, 작은구슬산호말 등이 우점종이었으나, 가동 후에는 참도박의 생육이 감소하고 개서실은 출현하지 않은 반면 애기우뭇가사리가 우점종이 되었다(김영환 1980). 영광원전은 가동 전에 136g. dw/m<sup>2</sup>의 생육이 관찰되었으나, 가동 후에는 무게를 측정할만한 해조류가 전혀 출현하지 않았다(한국해양연구원 2008).

<sup>11</sup> 삼천포 화력발전소의 취수로에서는 연중 20 - 47 종이 출현하지만, 온배수 영향이 큰 배수로에서는 11-29 종만이 출현하며, 온배수 확산구역에서는 19-38 종이 출현하여 온배수 배출에 의한 수온상승에 따른 종 감소현상이 뚜렷이 나타난다. 조무래기따개비와 삼각따개비의 부착기간은 온배수의 영향으로 제 1 차 부착시기는 5-8 월에서 5-7 월로 1 개월 단축하고, 2 차 부착시기는 11 월에서 11- 12 월로 연장된다 (한국해양연구원 2008).

반면, 양식 대상종 중 굴, 바지락 등은 수온범위가 비교적 넓고 고온에서도 적응력이 강하며 저층에서 양식이 이루어지므로 온배수의 영향이 상대적으로 적은 것으로 알려져 있다. 발전 온배수는 어류 양식업에는 긍정적으로 작용하는데, 현재 우리나라에서 양식되고 있는 양식대상 어종은 대부분 온수성 어종으로 수온이 내려가는 늦가을부터 초봄까지는 발전 온배수를 이용한 양식을 통해 난방비를 절감할 수 있음은 물론 양식 어류가 빠르게 성장하기 때문에 짧은 기간 내에 생산을 실현할 수 있는 계기가 될 수 있다.

#### 4. 온배수 배출에 의한 어업피해

우리나라는 2008 년 현재, 발전소 입지에 의한 수산활동 제한구역이 2,3000 ha 에 이르며, 보상액은 1990~2005 년 기간 동안 3,230 억 (원전 1771 억, 화력발전 1,459 억)에 이른다. 일반적으로 발전소 측은 피해 지역에 대해 장기간 '지역발전기금'과 '장학금'을 지급하며, 보상의 대상은 면허어업, 허가어업, 신고어업이다. 어업별 손실액 산출방법은 아래 <표 3>과 같다<sup>12)</sup>.

충남 보령시의 경우, 온배수 확산으로 피해 범위는 발전온배수 배수구를 기준으로 북쪽 7km, 남쪽 13km, 서쪽 5km 로 판정되었다<sup>13)</sup>. 온배수 확산구역의 수산업 피해보상은 i)1989 년 4 월, 1, 2 호기 오천만 해태 피해 4.9 억원, ii)1995 년 6 월, 3-6 호기 어업 피해 154 억원, iii)2001 년 1 월, 1-6 호기 어업 피해 78.6 억원, iv)2006 년 1 월, 복합화력 어업 피해 41.2 억원이다. 보령시의 경우, 기존 발전기 인근에 신규 호기가 추가 건설될 예정인 바, 후속 발전기가 추가 가동됨에 따른 온배수의 피해범위는 확장 될 것으로 예상된다.

충남 원산도의 사례조사(유보경·김필동 2008)에 의하면 1970 년대부터 원산도 전체에서 매우 활발하게 이루어진 김 생산은 1980 년대 후반 무렵부터 점차

<sup>12</sup> 보령시 원산도의 경우, 1997 년 3 월 발전소 측과 보상에 대해 원칙적인 합의를 하였는데, i) 20 년을 유효 기간으로 하는 면허어업에 대해서는 평년 수익액의 8.3 년, ii) 5 년을 유효 기간으로 하는 허가어업 (개인) 에 대해서는 3.3 년, iii) 3 년을 유효 기간으로 하는 신고어업에 대해서는 2 년을 기준으로 하여 보상한다는 것이었다.

<sup>13</sup> 피해범위 판정은 한국해양연구소가 2 차례 수행하였다. 1 차 피해조사에서는 피해 범위가 발전소 배수구를 기준으로 북쪽 5.3km, 남쪽 6.8km, 서쪽 3.8km 이내 지역으로, 2 차 피해조사에서 피해범위가 배수구를 기준으로 북쪽 7km, 남쪽 13km, 서쪽 5km 로 판정되었다.

쇠퇴하다가 1990년대 중반 무렵에는 아예 자취를 감추었으며, 겨울철 수온 상승으로 자연산 김은 물론이고 양식조차 어렵게 되었다. 또한 김뿐만 아니라 미역, 파래, 말(듬북), 가사리 등의 해조류도 거의 사라졌다. 보령시 원산도의 경우(유보경 2008) 기력 1-6 호기 가동에 따른 피해보상(제 1 차보상)이 2001-2002년 점치 어촌계의 공동어업, 해태양식, 맨손어업에 대해 이루어졌다.

〈표 3〉 어업별 손실액 산출방법

어업의 종류	손실의 정도	손실액 산출방법(공식)	비고
면허어업	가. 어업권이 취소된 경우	평년 수익액 ÷ 연리 × 0.8 + 어선·어구 또는 시설물의 잔존가액	다만, '가'목에 따른 보상액을 초과할 수 없다.
	나. 어업권이 정지된 경우	평년 수익액 × 정지기간 + 시설물 등 또는 양식물의 이전·수거 등에 소요되는 손실액 + 어업의 정지기간 중에 발생하는 통상의 고정적 경비	
	다. 어업권이 제한된 경우	평년 수익액과 제한기간이나 제한 정도 등을 고려하여 산출한 손실액	
허가어업 및 신고어업	가. 어업권이 취소된 경우	평년 수익액의 3년분 + 시설물 등의 잔존가액	다만, '가'목에 따른 보상액을 초과할 수 없다.
	나. 어업권이 정지된 경우	평년 수익액 × 정지기간 또는 어선의 계류기간 + 어업의 정지기간 또는 어선의 계류기간 중에 발생하는 통상의 고정적 경비	
	다. 어업권이 제한된 경우	어업의 제한기간, 제한 정도 등을 고려하여 산출한 손실액	

자료 : 1997년 3월 현재의 「수산업법 시행령」 제 62 조 내용을 정리한 것임. 이 내용은 현재의 「수산업법 시행령」의 내용과 거의 같은 것이다. 유보경(2008)에서 인용

공동어업에 대한 피해보상액은 총 26 틀에 대해 9억 3,600만원, 해태에 대한 피해 보상은 복합양식어업(해태와 굴) 어장 총 76헥타르 중 피해 범위로 인정된 26헥타르(950책 상당) 7억 원이었으며, 맨손어업(신고어업)에 대한 피해액은 총 4천 3백만 원이었다. 복합 화력발전소의 가동에 따른 제 2 차 피해 보상 총액은 13억 2천만 원으로 보상은 2005년 10월 후에 이루어졌다. 보상금은 정치성 구획어업(낭장) 26 틀에 대해 7,920만원, 해태 총 950책 중 486책에 대해 4,300만원, 맨손어업에 대해 5천만 원이다. 이제까지 발전 온배수에 의한 어업 피해에 대한 세밀한 조사 및 연구가 거의 전무하다시피 하며, 이에 대한 정밀한 분석이 필요한 것으로 생각된다.

## 5. 발전 온배수 관리

### 가) 우리나라의 발전 온배수 관리 제도의 문제점

우리나라 발전 온배수 배출의 경우 i)발전 온배수 관리방안이 없으며, ii)냉각계통 선택의 제한, iii)생물 검정 자료의 부족, iv)온배수 관련 자료의 신빙성 부족 등의 문제가 있다. 우리나라 화력발전소의 냉각방식은 관류냉각 방식이 유일하기 때문에, 기존 발전소에 해양생물 보호시설 설치 및 시설 개선에 과도한 비용이 소요된다. 온배수 배출규제를 위해서는 먼저 배출해역에 서식하는 생물의 온도 반응을 알아야 하지만 이를 알아볼 수 있는 생물 검정자료가 부족하다. 또한 온배수 관련 조사의 표준이 없어 복수 연구기관이 조사할 경우 서로 다른 결과가 도출되고 재검정이 불가능하여 조사의 신뢰성이 부족하다.

우리나라는 발전 온배수 문제와 관련한 국가적 기준과 발전 온배수 관리시스템이 존재하지 않는다. 우리나라는 발전소 온배수에 대한 명확한 배출기준 없이 오염물질의 배출 온도만 규정하고 있는데, 『수질 및 생태계 보전에 관한 법률』 시행규칙 제 34 조에서 수질오염물질 배출 허용기준에 '배출수의 온도'를 40℃로 규정하고 있으며, 시행규칙 제 6 조(폐수배출시설)에 화력발전소가 포함되어 있다(단, 시간당 10 만kW 미만의 시설은 제외). 폐수배출시설이란 '수질오염물질을 배출하는 시설물, 기계, 기구 그 밖의 물체로서 환경부령이 정하는 것'이다. 이러한 발전소 온배수 배출기준 및 관리규정 부재는 각종 민원을 증가하게 하고, 갈등관리를 취약하게 한다. 또한 발전소 온배수 영향 조사는 발전소가 자체적으로 실시하고 있어서 신뢰성이 부족하며, 조사결과에 대한 처리 시스템도 없는 상황이다. 이로 인해, 매년 피해보상 민원 및 소송이 지속되고 있다(해양수산부 해양정책국, 2007).

### 나) 외국의 발전 온배수 관리제도

발전소 온배수 관리와 관련하여 선진국은 발전 온배수를 오염물질로 규정하면서 관련 규제 또한 강화되는 추세이며 엄격한 발전소 온배수 배출 기준을 채택하고 있다. 발전 온배수에 관한 정의로는 “원전냉각수 순환 시 발생하는 온배수 배출은 사람의 활동에 의하여 자연환경에 영향을 주는 수질오염 또는 해양오염으로서 환경오염에 해당한다”는 우리나라 대법원 판결이 있다(대법원 1998 년 9 월). 유엔해양법협약(UNCLOS)은 해양환경 오염을 '인간에 의해 직·간접적으로

해양환경에 유입되는 물질 또는 에너지로서 해양생물에 해롭거나, 해양의 쾌적한 이용을 저해시키는 것'으로 규정하고 온배수 또한 해양오염의 한 형태로 보고 있다. 캐나다는 『연방환경보호법(Environmental Protection Act)』에서 오염물질의 개념을 '열, 방사능 또는 다른 형태의 에너지'라고 규정하고 있다.

미국은 연방정부 『수질오염관리법』에 의한 규제와 주정부의 수질 표준에 의해 온배수를 관리하고 있으며, 기준치 초과 시 발전소 발전을 중단시킨다. 또한 『연방 맑은 물 법(Clean Water Act)』의 제 316 조에서 냉각수 배출에 대한 온도 제한의 범위에 대해 규제기관과 면밀히 협력할 것을 규정하고, 온배수 확산구역의 경계에서의 자연해수와 온배수와의 온도차이 ( $\Delta T$ )를 기준으로 삼고 있다. 이 온도 차이는 주마다 다른 기준을 보유하고 있는데, 해수온도의 변화가 적은 캘리포니아 주의  $\Delta T$  는 2.2°C, 계절변화가 큰 뉴욕 주는 여름철(5 월 ~ 9 월) 0.8°C, 겨울철(10 월 ~ 6 월) 2.2°C를 기준으로 한다. 미국 환경청(EPA)의 기준은 온대수역 온배수 배출수온 기준은 주 평균수온의 증가가 연중 1.0°C도를 넘지 않아야 한다는 것이다. 여름철 해수의 최고수온이 27.8-29.4°C도 이내이어야 하며, 순간적인 최고 수온 변화는 30.6-32.2°C도 이내이어야 할 것을 규정하고 있다.

일본은 『수질오탁방지법(水質汚濁防止法)』 제 2 장 배출수 항목에서 열 오염에 관한 내용을 규정하고 있다. 국가차원의 온배수 배출 규정은 없으며, 발전소 건설을 위한 환경심사 시 온배수  $\Delta T$  를 규정하여 발전소마다 다른 배출 기준을 취한다. 취수구 수온과 온배수 배수구의 수온 차( $\Delta T$ )를 기준으로 삼는데, 대부분 7 ~ 8°C 사이에서 결정된다. 이외 대만은 방출구로부터 500m 에서 온배수의 온도 상승치가 4°C 이하, 이태리는 방출구로부터 1 km에서 온배수의 온도 상승치가 3°C 이하가 되어야 한다고 규정하고 있다.

전 세계적으로 온배수 배출기준을 엄격하게 규정하고 있으나 아직까지 우리나라에는 아무런 규제 및 관리제도가 없다. 발전 온배수 배출 현황을 파악하고, 발전 온배수가 부하되는 해양생태계의 온배수 수용력을 평가하여 우리 나라 해양 생태계의 특성에 부합하는 환경 친화적 온배수 배출기준을 정하는 것은 매우 시급한 과제이다.

### III. 발전 온배수의 활용 사례

발전 온배수의 활용은 외국의 경우 1950년대부터 시도하여 1970년대에 실용화되었다. 일반적으로 수산업분야의 활용이 주를 이루고 있지만, 최근 유럽을 중심으로 농업분야에 발전 온배수를 활용하려는 시도가 늘고 있다. 발전 온배수의 활용이 수산업에 집중된 것은 15℃ 이상의 수온이 어류 생육에 필요한 온도로 가온 비용이 거의 들지 않는 반면, 농업은 식물생장 최적 온도가 25℃ 이상으로 가온비용이 많이 들기 때문이다. 이 장에서는 발전 온배수를 활용하고 있는 국내의 시설 들에 대해 각종 문헌을 정리하여 살펴보기로 한다.

#### 1. 외국의 발전 온배수 활용 사례

발전소에서 나오는 연간 1억 t의 온배수에는 원유 7만 t, 약 375억 원에 해당하는 엄청난 에너지가 숨어 있다(김호천 2011). 이 에너지를 활용하기 위하여 외국의 경우 1950년대부터 발전 온배수 활용을 시도하여 1970년대에 실용화되었으며, 일본을 비롯하여 많은 나라들이 주로 수산업 분야에 발전 온배수를 활용하고 있다. 또한 프랑스와 독일 등 유럽에서는 농업분야에 온배수를 이용하는 사례가 늘고 있다. 미국은 22개 발전소에서 굴, 바다가재, 새우 등을 양식하고 있으며, 독일은 10여개 발전소에서 메기, 잉어, 농어 양식을 기업화 하였고, 농업부문 특히 시설 화훼 분야에 온배수를 이용하고 있다. 프랑스는 어류 양식, 토마토 재배, 화훼 원예, 목재 건조 등에 활용하고 있고, 일본은 어패류 종묘 육성, 치어 사육 등에, 헝가리, 리투아니아, 슬로바키아, 불가리아, 스위스는 가정용 지역난방에 발전 온배수를 활용하고 있다.

##### 가) 수산업 분야

수산업은 대표적인 에너지 과다소비 산업으로, 발전소 온배수를 활용한 양식어업은 에너지 소비를 저감하기 때문에 저탄소 녹색성장의 개념에 일치하며, 양식어업의 경영비를 절감함으로써 농·어가의 소득 증대에 기여한다. 특히 겨울철에 온배수를 양식장에 활용할 경우 대상 어종의 성장 속도를 높여 연중

생산을 가능하게 하며, 또한 생산주기를 단축시킴으로 추가적인 경제적 이익을 실현할 수 있다.

### ① 일본의 온배수 활용사례

일본에서는 1963 년 센다이 화력발전소에서 전복, 치어의 시범사업을 시행하고, 1974 년 (재)온수양어개발협회가 도카이 발전소 온배수를 이용하여 돔, 보리새우, 전복 등을 시범적으로 사육한 이래, 최근 원자력발전소 7 개소와 화력발전소 13 개소에서 기업 규모의 양식장을 운영하며, 종묘 육성 및 치어 사육에 온배수를 중점적으로 이용하고 있다. 또한 온배수를 해상 가두리 양식에도 적용하여 쓰루가 발전소와 동연사업단(動燃事業團)의 후겐 발전소가 온배수를 배출하는 복정현 포저만(福井縣 浦底灣)에서는 복정현(福井縣) 수산시험장이 해면에 가두리 양식장을 설치하여 참돔, 넙치, 전갱이, 꼬치고기 등을 시험 양식하고 있다.

〈표 4〉 일본 발전소 온배수 이용 양식사업소 현황(2010)

사업소명	취수공급원		주요 어종
	발전소명	용량(만 kW)	
후쿠시마 재배어업협회	도쿄전력(주) 후쿠시마 제 1 원자력발전소	1 호기: 46.0 2~4 호기: 각 78.4	(종묘) 전복, 성게, 넙치, 은어
후쿠시마 수산종묘연구소	"	"	범가자미, 바지락, 은어, 넙치
(주)오오쿠마마치 수산진흥공사	"	"	(양성) 넙치
시즈오카현 온수이용연구센터	츄부전력(주) 하마오카 원자력발전소	3 호기: 110.0, 4 호기: 113.7, 6 호기: 126.7	(종묘) 참돔, 넙치, 꽃게, 전복, 대하, 자주복 등)
이시카와현 수산종합센터 생산부시가사업소	호쿠리쿠전력(주) 시가원자력발전소	1 호기: 54.0 2 호기: 120.6	전복, 넙치, 소라 종자 육성
칸사이 전력(주) 타카하마 발전소	칸사이전력(주) 타카하마 발전소	1~2 호기: 각 82.6 3~4 호기: 각 87.0	전복, 소라

자료: 전기사업연합회 홈페이지

이시가와현 수산종합센터 시가사업소는 현 내·외의 해양어업 육성을 위해 1988년 10월에 개설되었으며, 광어, 전복, 소라의 종자 육성을 통한 어업 소득 증대를 목표로 하고 있다<sup>14)</sup>. 자연해수의 온도가 낮은 동절기를 중심으로 시가 원자력발전소의 온배수 이용을 최대화하여 이용하고 있으며 온배수의 이용을 통한 종자 육성 생산은 약 13년 전인 1999년부터 준공하여 이용하고 있다. 생산능력은 전장 100mm의 광어 30만미, 직경 20mm의 전복 15만미, 직경 20mm의 바다소라 35만미 등이며 생산 공정은 매년 3월 ~ 6월에 광어·전복, 매년 10월~4월에 바다소라를 생산하고 있다. 생산물은 어업관계자들이 종묘를 구입해서 바다에 방류한다.



출처: 태안군 내부 문서

<그림 4> 이시가와현 수산종합센터 전복, 광어 종자 생육장

호쿠리쿠 전력(주)에서 운영하고 있는 시가 원자력발전소에서 수산종합센터<sup>15)</sup> 시가사업부로 방류하는 발전 온배수는 최대 750톤/h이며 자연 해수와 같이 섞어

<sup>14</sup> 수산양식 시설은 대지면적 13,347㎡(4,045평), 수조면적 5,337㎡(1,617평), 넙치 종묘 생산장 1,841㎡, 패류 종묘 생산장 1,976㎡, 먹이생물 배양장 1,577㎡, 부대시설(기계실, 펌프실, 저수조 등) 718㎡로 구성되어 있다.

<sup>15</sup> 운영현황은 종묘생산비 2,200만엔(수협에서 지원), 인건비 3,500만엔(이시가와현 지원), 시설관리비 2,500만엔(이시가와현 지원)으로 운영하고 있다. 운영조직은 정규직으로 소장 1명, 생산부장 2명, 연구사 3명, 전문직 4명, 사역인부 7명, 환경관리는 용역사에 위탁하고 있다.

사용하고 있다<sup>16)</sup>. 이용하고 있는 발전 온배수는 인근 자연해수보다 온도가 약 6~7°C 높아서 종자 생산과 육성에 도움이 된다. 광어의 배란 촉진을 가능하게 하여 단기간 생육이 가능한데, 광어의 먹이가 되는 아미에비 개체수가 많아서 6월에 광어를 방류하는 것이 가능하다. 천연 해수를 이용할 경우 자연 해수의 온도가 높은 하절기가 끝나면 생육이 종료되나 온배수를 이용할 경우 하절기가 되기 전에 생육을 종료할 수 있고, 동절기 중심으로 온배수를 이용할 수 있으므로 연료비 등 생육에 필요한 경비를 절감하는 효과가 있다.



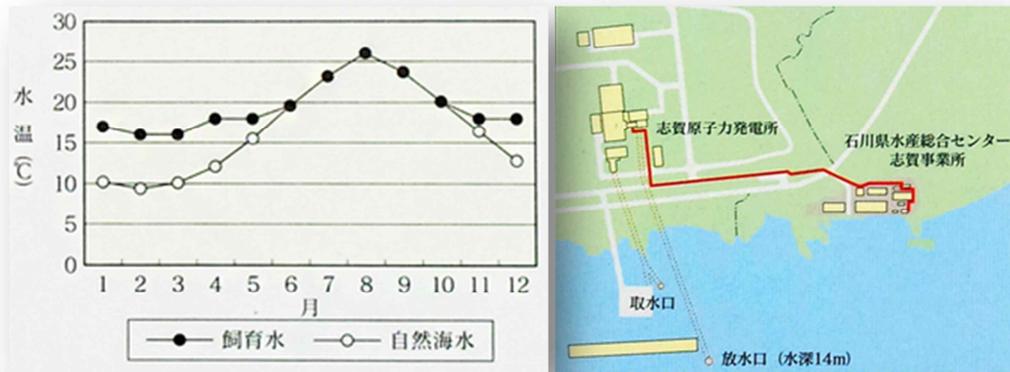
출처: 태안군 내부 문서

<그림 5> 시가 사업소 내 온배수 활용 시설

취·방수로는 지하터널 방식을 취하고 있으며, 원자력발전소에서 종묘 배양장까지 파이프(300m, 2EA)를 매설하였다. 발전소 전면의 해안보호를 위해 해저터널 방식을 취하고 있으며, 온배수 확산 범위를 가급적 적게 하기 위하여 바다 앞 500m~600m, 수심 14m~16m 위치에서 수중 방류하고 있다. 온배수는 1월에서 6월까지 이용하며, 자연해수가 따뜻한 하절기에는 사용하지 않다가 다시 자연해수의 온도가 내려가는 11월부터 다시 사용하고 있다. 이러한 온배수 활용으로 겨울에도 어류의 생육에 필요한 15°C 이상의 온도 유지가 가능하다<sup>17)</sup>.

<sup>16)</sup> 발전소에서 공급하는 온배수 안에 잔류 염소 등 유해물질과 관련해서는, 보건환경연구원에서 정기적으로 검사하고 있지만 물이나, 어류에서 방사능 등 유해물질은 없었다.

<sup>17)</sup> 종묘 배양장 온도 조절 방법은 전자 밸브를 활용한 혼합 수조방식을 사용하고 있다. 동절기 부족 온도는 보일러를 활용하여 추가 가열하고 있다.



출처: 태안군 내부 문서

<그림 6> 시가사업소의 사육수와 자연해수, 발전 온배수 방수 루트

## ② 유럽의 온배수 활용 사례

유럽에서는 온배수 활용으로 어패류가 성장하기 위한 최적온도 설정이 용이해짐으로써 성장을 효과적으로 촉진하며, 산란기를 조정할 수 있게 되는 등 발전 온배수 활용 효과가 있는 것으로 알려지면서 양식업에서 적극 활용하고 있다. 프랑스, 영국, 벨기에 등에서는 민간기업과 NGO 단체를 중심으로 발전 온배수를 이용한 양식업이 이미 상업화되었으며(표 5 참조), 양식 관련 연구소 설립과 함께 기술 개발도 활발히 진행하고 있다. 한 사례로 프랑스 그라블린(Gravelines) 원자력발전소는 도버 해협에 위치하여 해수를 발전소 온배수로 사용하는데, 폭 127m, 길이 1,200m 의 대형 양식장에서 농어와 돔을 양식하여 매년 2,000 톤 이상을 생산한다.

<표 5> 유럽의 수산업분야 발전소 온배수 이용사례(2010)

발전소명	출력 MW*기	냉각 방식	사용 용도
프랑스 Gravelines	951x6	해수	민간기업 2사가 돔, 농어, 광어 등 양식. 이용수량 13톤/초, 연 2천 톤 생산
프랑스 La Blayais	951x4	하천수	제3섹터가 철갑상어 양식시험에 의해 450톤/년의 어획가능을 입증 폐쇄해양연구소 건설, 본격적인 사업을 계획 중

벨기에 Tihange	934x3	냉각탑	5,400톤 수조와 1ha 연못에 온배수의 3%를 이용 틸라피아, 메기 등 연 400톤 생산
영국 HinkleyPoint	321x3 640x2	해수	광어, 장어 양식에 온배수 이용, 장어는 기업화에 성공
영국 Hanterstone	623x2	해수	민간 3사가 가자미, 서대 양식
영국 Wylfa	565x2	해수	서대, 연어 양식

## 나) 농업 분야

발전 온배수를 이용하여 관엽식물, 화훼, 토마토 등과 같이 가온 시설을 필요로 하는 고온성 작물의 경우, 난방비를 40~80% 정도 절약할 수 있어 농업분야의 온배수 활용이 증가하는 추세이다.

### ① 일본

수산업이 온배수의 주 이용부문이지만, 발전 온배수를 히트펌프로 회수하여 시설농업의 난방열원으로 이용하고 있으며, 작목으로는 화훼류, 관엽 식물류, 과채류, 엽채류, 근채류 등 다양하다.

### ② 프랑스

프랑스를 포함하여 유럽의 발전소는 내륙의 강가 주변에 위치하여, 냉각수로 하천수를 이용한다. 발전 온배수가 농·수산업 특히 바이오 관련 부문에 활용 가치가 높다는 것이 입증되면서 유럽의 각 정부는 관련 분야 사업에 있어서 온배수의 이용을 적극 장려하고 있다. 사업자가 온배수를 이용하고자 하는 경우 원전에서는 온배수를 무상으로 공급하고, 온배수 이용 관련 기술적 부분과 제반 시설에 드는 비용은 사업자가 부담하는 것을 원칙으로 하지만, 정부, 지방자치단체, 발전소에서 보조금이 지급되어 자부담은 그리 크지 않다.

프랑스의 로젠 열대식물원의 경우, 유리온실 7ha 중 5ha 는 뷔제 원자력 발전소에서 공급되는 온수를 난방열원으로 사용한다. 온배수 관의 길이는 2km 이며, 온배수는 시멘트 자재의 직경 1m 인 지하 파이프를 통해 공급된다. 온배수 이용에 투자된 비용은 1ha 당 1 억 2 천만 원~1 억 8 천만 원이었다. 주요 투자 주체는 정부, 지역행정당국(지역 자문회, 지역 기업연합 등), 프랑스

전기공사로서 이들이 대부분의 투자비용을 부담하였다. 공급되는 온배수의 온도는 최소 23℃에서 최대 32℃이다. 일부 온실은 겨울철에도 15℃까지 온도를 유지하기 위해 약 360 톤의 프로판 가스가 소요된다. 원자력 발전소 온배수를 이용함으로써 15%의 프로판 가스를 절약하였다.

〈표 6〉 유럽의 농업분야 발전소 온배수 이용사례(2010)

발전소명	출력 MW*기	냉각 방식	사용 용도
프랑스 Bugey	937x2	냉각탑	29ha 채소 재배 플랜트 중 4.8ha 유리온실에서 화훼, 관상용 식물 재배
프랑스 Chinon	919x4	냉각탑	민간 회사가 4.8ha 온실에서 토마토, 화훼 재배. 건설용 목재 건조공장에서 열 이용
프랑스 Cruas	921x4	냉각탑	5.8ha 온실에서 토마토 재배. 연간 출하량 2천 톤. 시청, 교회, 풀장에서도 열 이용
프랑스 Dampierre	937x4	냉각탑	인근 120ha 농원에 온배수 공급설비가 설치 15개 회사가 화훼, 채소 등 온실에 이용
프랑스 St.Laurent_Des_Eaux	956x2	냉각탑	0.53ha 온실에서 고품질 장미, 채소 생산, 커뮤니티 센터, 온수 풀장에도 온배수를 공급
프랑스 Tricastin	955x4	하천수	29ha 경지에 온배수를 이용하여 토마토, 장미, 베고니아 재배
스페인 Asco	930x2	냉각탑	발전소 온실에서 관상용 식물재배 온실 넓이 20~100m, 이용수량 100톤/시

드롬 악어농장 사례를 보면, 트리카스탱 원자력 발전소는 드롬 지방의 악어농장, 파베이롤의 42ha의 농업 온실, 피에르라뜨 시의 2,400 가구에 온배수를 공급하고 있다. 온배수는 드롬 농촌개발조합(1990년 설립)이 보유하고 있는 파이프 망을 통해 공급된다. 드롬 악어농장은 유럽 내 유일한 야생동물원으로 6,500m<sup>2</sup>에 이르는 열대 온실로 온배수를 이용하여 온실 내 온도를 섭씨 30℃로 유지한다.

#### 다) 기타 부문에서의 온배수 활용

수산업, 농업부문 이외 도로의 해빙작업, 건물의 난방, 해수의 담수화 등에 온배수가 시범적으로 이용되고 있다. 일본의 경우, 홋카이도 개발국은 총 연장 4.1km 의 도로 제설에 발전 온배수를 이용하고 있으며, 카와고에 화력발전소는 온배수로부터 얻은 회수열을 히트펌프로 조정하여 수영장의 실내난방에 이용하고 있다.



출처: 태안군 내부 문서

<그림 7> 후로리 꽃 박물관 내 가든 하우스

시가 원자력발전소는 「지역공생형 발전소 구상」 정책의 일환으로 후로리 꽃 박물관 난방의 열원으로 발전소의 온배수를 시설에 공급한다. 후로리 꽃 박물관은 일본 정부가 추진하는 「지역공생형 발전소 구상」 정책의 일환으로 2004 년 세워졌다(전국 1 호). 관할 지자체인 시가 정(町), 발전소를 운영하는 호쿠리쿠 전력(주), 시가농업협동조합에서 공동 출자하여 설립되었고, 운영방식은 지자체인 시가 정이 유한회사의 시설관리와 운영을 위탁하고 있으며, 화초의 재배와 관리는 전문 재배 관리 회사인 하코네 식물에서 하고 있다. 사업비는 ‘전원입지 초기대책 교부금’ 10 억 엔, ‘특별재정조정기금’ 10 억 엔, 일반재원 200 만 엔 등 총 20 여억 엔이다. 시설규모는 전시동인 엘리스의 정원 1,228m<sup>2</sup>, 온실동 가든하우스 1,093m<sup>2</sup>, 수경재배시설 1,361m<sup>2</sup>이 있고 그 밖의 시설은 수경재배 시설 창고, 작업실, 펌프실, 열 교환 기계실 등이 있다.

온배수의 이용시스템은 전시온실의 공조온도가 20℃ 이하가 되면 난방운전이 자동적으로 되도록 설계 되었으며, 시설 휴관 기간에는 전시온도가 5℃ 이상이 되도록 난방 운전을 설정하고 있다. 이러한 온배수의 열 공급 시스템을 열원 수요가 많은 겨울철과 중간기의 난방비 절감에 큰 효과를 거두고 있다<sup>18)</sup>.

주변 관광시설 등에 꽃박물관의 홍보용 책자 및 포스터를 전시해 놓고, 여행정보지, 전단지 등에 광고를 하고 있으며 인터넷 홈페이지 및 지역방송의 미디어를 이용한 홍보를 지속적으로 함으로써 관광객을 유치하고 있다. 관광객은 시가 정을 비롯한 인근 지역 주민으로, 연간 관람객 수는 약 5~6 만명이며, 비영리단체이기 때문에 이익적인 사업운영은 하고 있지 않다. 주변관광시설 및 숙박시설과의 협력을 통한 관광객 유치 연계를 하고 있으며, 지역주민 교류 활성화를 위해 지역 중학교의 음악 콘서트, 합창단 단체의 공연 발표의 장으로서도 활용하고 있으며, 꽃꽂이 교실 등을 개최하고 있기도 하다. 꽃 박물관은 인근 농가들이 농가민박을 개설하여 트위터, 페이스북과 같은 소셜 미디어 네트워크 (SNS)를 이용한 홍보가 활성화 되어 지역의 화제가 되기도 하였으며, 농가 외 소득을 기대하고 있다.

## 2. 우리나라의 발전 온배수 활용

### 가) 수산업 분야 활용

발전 온배수를 이용한 양식은 빠른 성장과 높은 사료 효율을 기대할 수 있다. 각각의 대상 생물은 적정 서식 수온 범위 내에서 주변 수온의 증가에 따른 생리대사 기능의 촉진으로 보다 빠른 성장 유도가 가능하다. 우리나라에서 양식 중인 어종은 대부분 온수성 어종으로 여름철부터 가을철 중반까지를 제외한 늦은 가을부터 봄까지 6 개월 이상은 어류 사육하기에는 수온이 낮아 어류 사육에

---

<sup>18</sup> 시가원자력발전소부터 이시카와현 수산종합센터로의 온배수 공급량 750 톤/h 중 일부인 30 톤/h 을 공급받는다. 꽃의 생육 온도 조절을 위한 냉난방 설비 시스템은 축열식(열을 축적하여 사용하는 방식)의 시스템을 사용하고 있으며, 약 300 톤의 온배수를 수조에 저장하여 사용하고 있다. 온배수 공급이 원활치 않거나 중단이 될 때에는 히트펌프 방식 시스템을 이용하고 있으며 하절기 7 월~ 9 월 3 개월 동안은 원자력발전소의 정기점검 기간이므로 이 시기에 주로 이용을 하고 있다.

적합하지 않기 때문에 이 기간 동안 발전 온배수를 활용하여 사육어류를 빠르게 성장 시킨다면 높은 수익을 짧은 기간 내에 실현할 수 있는 계기가 된다.

우리나라의 경우, 발전소 측이 대외 홍보용 및 지역발전 기여 측면에서 발전 온배수를 수산부문에 활용하는 것이 주를 이루는데 1964년 감천화력이 온배수를 이용하여 진주 조개 시범 양식장을 설치한 것이 최초이다. 우리나라의 온배수를 활용하기 위한 연구는 수산업 분야, 특히 내륙 양식부문에 가장 활발하였으며, 최근 바다목장 및 미세 조류에의 활용<sup>19)</sup>에 관한 연구도 진행되고 있다. 국내에서 주로 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어족으로 11월부터 4월까지는 해수 수온이 낮아져 자연 해수로는 양식이 불가능하다. 온배수를 이용할 경우 겨울철에도 어류를 성장시킬 수 있으며<sup>20)</sup>, 양식업의 유류비를 크게 줄일 수 있다. 따라서 최근 신축 발전소 들은 설계 당시부터 온배수를 활용하도록 만들고 있다.

우리나라에서는 감천화력의 진주조개 월동 실험 이후, 시험양식 사례가 늘어나면서 온배수를 활용한 양식기술이 개발되고, 대상어종 및 생산량이 확대되었으며, 그 주체도 2000년대 들어 민간 및 지자체로 확대되어 시험양식에서 성공적인 민간사업으로 확대되었고 활용 분야도 양식에서 수족관 및 바다목장사업 등으로 그 영역을 넓혀 가고 있다.

### ① 발전소 시행 시범사업 사례

현재 우리나라에서는 영동화력, 하동화력, 영광원전, 월성원전, 고리원전 등에서 온배수를 이용하여 어류 종묘, 치어, 성어 등을 양식하고 있다. 영동화력발전소는 1983년 온배수를 넘치 양식에 접목하였으며, 삼천포 화력발전소는 1984년 온배수를 이용해 진주조개, 참돔, 방어의 월동에 성공하였는데, 이를 계기로

---

<sup>19</sup> 바이오 에너지 분야의 미세조류와 온배수 활용사업이 융합될 경우, 미세조류 양식장은 최적의 조건에서 100톤의 물을 이용해 3일마다 10톤 가량의 수확물을 얻을 수 있다고 보고된 바 있다.

<sup>20</sup> 월성원자력 온배수 양식장의 사례를 보면, 넘치 월동기 성장 비교분석(10월~3월)에서 자연 해수에서는 200g, 발전 온배수에서는 600g 체중이 늘어났다. 전복의 경우도 월동기 성장이 자연해수에서는 25mm, 온배수에서는 50mm로 성장이 차이가 났다. 성어까지의 성장 비교분석에서는 연안바다에서는 8개월(5~12월) 성장한 반면(0.6kg, 1~4월은 성장 멈춤) 온배수 양식장에서는 12개월 동안 1.0kg 체중이 늘어 연안바다 대비 137%의 성장 촉진을 보였다.

우리나라에서 온배수 이용에 대한 연구가 주목 받기 시작하였다. 충남 보령 화력발전소는 1988 년 화력발전소 내에 시험어장을 설치해 어류, 꽃게, 전복 종묘를 양식하였으나 2000 년대 초반 경제성을 이유로 사업을 종료하였다.

〈표 7〉 우리나라 온배수의 수산업 활용사례

구분	시기	장소	이용방법	비고
태동기	1964	감천화력	확산구역	진주조개 월동
	1983	영동화력	육상수조	넙치양식
확대기	1988~1990	보령화력	육상수조	어류, 꽃게, 전복 종묘 생산
	1990~1993	보령화력	육상수조	어류 종묘 생산
	1994~1997	영광원자력	육상수조	성어생산
		보령화력	육상수조	어류종묘 생산
	1998~2000	월성원자력	육상수조	종묘 생산, 성어 생산
성숙기	2002 ~	삼천포화력	육상수조	넙치, 돌돔, 능성어 (민간업체)
	2003 ~	영동화력	육상수조	넙치, 해삼종묘 (민간업체)
	2004 ~	하동화력	육상수조	넙치, 감성돔, 돌돔 (민간업체)
	2004 ~	고리원전	해상제한지역	진주 양식(2007년 채취)
	2008 ~	영흥화력	육상수조	전복, 민어, 점농어 조피블락
	2010 ~	온배수를 활용한 수족관 개관, 온배수 활용 바다목장사업 선정		

월성 원자력발전소는 1991 년 원전 2~4 호기 건설 인·허가와 관련하여 환경영향평가 협의 시 환경부와 온배수 양식장 설치·운영에 합의하여 1997 년에 온배수 양식장이 건립되었다<sup>21</sup>. 냉각수로 이용되는 하루 1,400 만 t 중 2,400t 의 온배수를 이용하여 1,600 평 규모의 온배수 양식장에서, 치어 조(5 개), 성어 조 (7 개), 종묘 조(16 개), 전복 수조(64 개)를 설치하여 넙치, 참돔, 능성어(다금바리),

<sup>21</sup> 사업비는 25 억원(98 년 기준)이 소요되었으며, 경주시 양남면 나아리 260 번지에 위치한다. 현재는 (주)한국양식개발연구소가 운영하며, 온배수양식장에 적합한 신품종 어류양성, 전복 양성 등을 시도하고 있다. 수정란을 구입하여 육성한 후 인근 해역에 방류하고 있다.

돌돔, 농어, 전복을 양식하고 있다. 매년 바다의 날(5월 31일)에 치어 40만 마리, 전복 치패 15만미를 방류하고 있다<sup>22)</sup>.

고리 원자력발전소는 해상의 제한지역 인근 지역(월내만)의 진주조개 월동장에 온배수를 활용하여 2004년부터 육성하여 2006년 7월 진주를 채취하였다. 남해안 지역의 진주 양식은 겨울철이면 낮은 수온 때문에 제주도 서귀포 인근 해역에서 월동해야 했지만, 고리원전 앞바다는 통영지역 진주양식 어민들의 월동장으로 활용될 수 있을 전망이다.

영흥 화력발전소는 2008년 7월에 패류 생산동, 갑각류 생산동, 기타 종묘 생산동, 어류 생산동(720㎡) 등 10개 시설이 있는 양식장을 준공하였다<sup>23)</sup>. 양식 어종은 감성돔, 말쥐치, 황복 치어, 전복, 꽃게, 대하 등으로 2008년부터 치어들을 방류하여 2010년에는, 민어 6만 마리, 조피볼락 40만 마리, 전복 6만 마리를 방류함으로써<sup>24)</sup> 어족자원 증가와 어민소득 증대에 기여하고 있다.

## ② 민간 양식 사업 사례

하동 화력발전소<sup>25)</sup>는 온배수 배출량이 연간 33.3억 톤으로 3개 양식장(금성수산, 선일수산, 보성수산)이 발전소와 온배수 공급 협약을 체결하여 넙치, 감성돔, 돌돔 등의 양식 어업에 활용하고 있다. 온배수 배관의 길이는 800m~1km로 취수는 온배수 배출구 내 펌프와 배관을 통해 이루어진다. 온배수 사용기간은 11월~4월 정도로 연간 약 4~5개월 동안 공급된다.

---

<sup>22)</sup> 지금까지 치어와 전복 치패 등 약 60억 상당의 어패류를 인근 연안에 방류해 어족 자원 증가와 지역 어민들의 소득 증대에 크게 기여하고 있는 것으로 평가된다.

<sup>23)</sup> 영흥 [발전소 건설 및 운영관련 환경협정] 제 19 조(1997. 3. 14) “온배수의 영향을 최소화하기 위하여 지속적으로 노력하여야 하며, 온배수 방류수로 수산 생물의 양식장 및 기타 사용 후 방류 등의 방안을 강구 시행하여야 한다.”는 규정에 의거 시행되었다. 현재 사업자는 인천광역시 수산자원 연구소이며, 웅진군 영흥면 외리에 위치한다. 시설비, 전기료, 인건비 2인은 발전소 측이 부담하고 있다.

<sup>24)</sup> 2008년에는 조피볼락 20만 마리, 2009년에는 민어 18만 마리, 점농어 5만 마리, 전복 6만 마리를 방류하였다.

<sup>25)</sup> 제 1~4호기 및 5,6호기 [환경영향평가 협의] 내용 중 ‘온배수를 이용한 양식장을 설치하고, 인근 주민에게 온배수를 제공하라’는 조항에 근거한다. 협의 내용은 법적 의무사항이다.

영동 화력발전소의 경우, 4 개 업체(SH 수산, 솔 영어조합법인, 동일수산, 태평양수산)가 온배수를 취수해 해삼 및 넙치 양식어업에 활용하고 있다. 영동화력의 경우는 다른 발전소와는 달리 보상 차원이 아니라, 양식업자가 자발적으로 주변에 모여들어 단지를 형성한 것이 특징이다. 초기에는 별도의 공급협약 없이 온배수를 취수해 양식에 이용하다가 최근 들어 영동 화력발전소와 ‘공급협약’을 체결하였다.

삼천포 화력(3,240MW) 인근 남동수산<sup>26)</sup>은 발전 온배수를 활용하여 육상 수조에서 돌돔, 치어, 다금바리, 점농어, 넙치, 우럭 등을 양식하고 있다. 2002 년에 원형 수조 12 조로 시작하여 2012 년 현재 사각 수조 43 조의 수조를 운영하고 있다. 넙치 치어 100 만마리를 입식하여 종묘 구입비를 1 억원 절감하고 노동비를 연간 2 천만원 절감하는 성과를 달성하고, 온배수를 활용함으로써 성장량이 증가하여 3 억원의 수익을 창출하여 4 억 2 천만원 가량의 개선효과를 달성하였다.

### ③ 지자체 주도 사례

경상북도는 2010 년부터 15 억 원을 투자하여 2,000 평 면적의 양식장을 신설하고, 울진 원전에서 나오는 발전 온배수를 활용하여 연간 넙치 36 톤, 전복 30 톤가량을 생산할 예정이다. 또한 경주시는 100 원을 투입하여 발전소 온배수를 활용한 국내 최초 혼합형 연안 바다목장<sup>27)</sup> 조성을 추진하고 있는데, 보상이 끝나 방치되고 있는 월성 원전 인근 연안의 수산활동 금지 지역(2 만 1,330ha)을 대상으로 하고 있다<sup>28)</sup>.

<sup>26)</sup> 고성군 하이면 덕호리 986-9 번지에 위치한다(대표 박남도).

<sup>27)</sup> 바다목장이란 연안해역에 인공 어초 등을 투입, 물고기를 위한 인공 생태 도시를 만들고 이곳에 물고기 치어를 방류해 자연 상태에서 살아가도록 하는 친환경 생산시스템을 말한다.

<sup>28)</sup> 경주시는 '온배수활용 시범바다목장 모델개발 사업'에 대해 국가 시범사업을 신청하였다. 유희수면 활용 및 해양생태 복원으로 해양 녹색성장을 추진할 예정이다.

## 나) 농업분야 활용

우리나라에서는 발전 온배수의 활용이 주로 양식업에서 이루어져 왔으나 최근 온배수의 농업적 활용방안 특히 시설원예농업<sup>29)</sup>의 난방용 활용에 대한 연구가 이루어지고 있다. 시설작물의 적정 생육용도는 주간 25℃ 전후, 야간 15℃ 전후이지만, 발전 온배수의 온도 분포는 15℃ 이하 발생 빈도율이 연간 16.3%이며, 특히 1, 2 월에는 90 % 에 이른다. 따라서 발전 온배수를 난방 에너지원으로 이용하기 위해서는 별도의 보조장치가 필요하다. 현재까지 개발된 보조장치 중에서는 히트펌프 시스템이 이용가능성이 높고, 일본이나 유럽에서도 널리 사용하고 있다<sup>30)</sup>.

제주특별자치도는 2010년 7월 서귀포시 안덕면 화순리에 ‘발전소 온배수 이용 시설원에 시범단지’<sup>31)</sup>를 준공하였다. 이는 우리나라에서 발전소 온배수를 농업에 사용하고 있는 최초 사례이다. 기존 열풍난방 대비 80%정도 가온 비용을 절감하여 종전 3,000 평 시설농가의 경우 연 1 억원의 난방비용을 80% 이하인 연 2,000 만원 수준으로 절감시키면서도 적정온도 23℃를 유지함으로써 지열(15~19℃) 이용 히트펌프 시스템보다 효율성이 높을 것으로 판단된다.

국고·지방비 80%, 자부담 20%로 7 억 5,000 만원을 투입하였으며, 온배수를 이용한 냉·난방으로 작물재배 및 출하 조절이 가능하여 농가들에게 큰 호응을 얻고 있음에 따라 올해에 하우스 시설을 추가 확장할 예정이다.

제주시는 제주 화력발전소 주변 지역 상추농가(0.4km)와 조천읍 신촌리 화훼농가(3 km)에 온배수를 이용하여 난방을 공급하는 에너지 절감사업을 추진 중이다. 투자 비용은 상추농가의 경우 온배수 배관시설에 1 억원, 히트펌프 등

<sup>29)</sup> 광열동력비가 원예시설 경영비의 20~30% 이상을 차지하여, 광열동력비를 절감하는 것이 곧 시설 농가의 소득증대로 연결된다.

<sup>30)</sup> 히트펌프는 열의 회수, 저장, 변환, 수송 등의 기술을 활용한 냉난방 시스템이다. 발전 온배수를 이용할 경우 해수의 특성상 부식성이 강하기 때문에 고성능 소재로 설계해야 하고, 별도의 배관시설이 필요하기 때문에 설치비가 많이 소요되는 단점이 있다.

<sup>31)</sup> 사업자는 화순리 행복나눔영농조합법인(참여농가 7 가구)으로, 기반시설로는 시설하우스(망고, 감귤) 5,265㎡, 히트펌프 120RT, 고압수전 등으로 구성되어 있다. 발전 온배수 이용 방식은 i) 화력발전소 냉각수인 바닷물 온배수조(21~32℃)에 열 회수장치 설치, ii) 열이 회수된 물(15~27℃)을 송·배수관을 통해 히트펌프에 연결, iii) 히트펌프에서 물 온도를 55~60℃로 상승시켜 축열조에 저장, iv) 저장된 물을 fan unit 를 통해 공기난방 활용 → 열대과수 재배, v) 활용된 물은 다시 열 회수장치 → 히트펌프 → 하우스 순환하는 방식이다.

하우스 난방시설에 4 억 5 천만원이 소요된다. 신촌리 화훼농가(8 개)의 경우, 5 만 9 천 400 m<sup>2</sup>의 시설하우스 난방에 배관시설 5 억원과 히트펌프 등 난방시설에 총 54 억원이 소요된다. 예비 사업자를 물색하여 경제성을 검토한 뒤 2012 년도 국비지원사업인 [농어업에너지효율화사업]을 신청하여, 확정되면 2012 년 2 월에 사업을 시행할 예정이다.

#### 다) 기타 분야 활용

인천 서구는 발전 온배수를 제설작업에 활용하고 있다. 길거리에 쌓인 눈을 치우는 데 염화칼슘 대신 지역 내 4 개 발전소에서 냉각수로 쓴 온배수(32℃)를 이용한다. 발전소에서 차에 물을 담아주는 펌프시설만 설치하면 되고, 4 곳 발전소에서 나오는 온배수가 하루 560 만 t 이기 때문에 구청의 염화칼슘 구입비 30% 이상을 저감하였다<sup>32)</sup>. 2011 년 1 월 인천 북항 일대에서 시험·분석 작업을 하였는데, 온배수는 염분 농도가 약 3.5%로 차량/가로수에 입히는 피해가 크지 않고, 눈이 녹아 함께 하수구 등으로 흘러가기 때문에 눈이 도로에 남아있지 않고, 다시 얼어버리는 일도 거의 없었다. 다만 기온이 영하 5℃ 이하로 떨어졌을 때도 이만큼의 효과가 나타나는지는 아직 검증하지 못했으며, 당분간은 염화칼슘과 함께 이 방법을 쓰면서 효과를 좀더 검증하고 문제점은 보완해 차츰 사용을 늘려갈 방침이다.

#### 라) 경제성분석 사례

##### ① 수산업분야

김종만(2009)은 고리, 월성, 영광 원자력발전소 인근 지역을 대상으로 양식 사업의 경제성 분석을 수행하였다. 약 2,000 평 규모로 발전 온배수 취수가 용이한 배수구 인근 지역에 부지를 선정하고<sup>33)</sup> 어류는 넙치, 그리고 패류는

<sup>32)</sup> 지난 5 년 동안 겨울철 한해 평균 630t 의 염화칼슘을 구입하였고, 유독 춥고 눈도 많이 온 2011 년 겨울에는 990t(2 억여원) 을 소비하였다.

<sup>33)</sup> 취수 및 배수 시설만 입지여건에 따라 달리하여 검토하였고, 기타 기반 시설은 동일한 것으로 가정하였다.

전복을 대상으로 분석하였는데, 2006 년부터 10 년간 양식업을 수행할 경우 발생하는 현금 흐름을 추정하는 방식을 취하였다.

분석 결과 순 현재가치는 적정 요구수익률(6.44 %)을 상회하였으나(표 8 참조), 원전별로 차이가 나타났는데, 이는 원전별로 양식업을 수행할 경우 나타나는 자연 환경 제약으로 인한 토지 및 설비투자비의 차이가 나기 때문이다. 영광의 경우 순 현재가치가 (-)의 수치로 나타나는 이유는 조수 간만의 차이가 크고 탁도가 높아 추가 설비가 설치되기 때문이다. 서해안의 특성상 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양식의 경우 간조 시 취수가 현실적으로 불가능하여 성어 양식사업은 불가능한 것으로 판단하였다.

〈표 8〉 원전별 경제성 분석 결과

(단위: 100만원)

구분		울진	고리	월성	영광
사업기간		10년	10년	10년	10년
투자규모	면적	2,000 평	2,000 평	2,000 평	2,000 평
	취수길이	1,000m×2	2,000m×2	4,000m×2	700m
	투자비	1,542	1,725	1,847	2,492
생산규모 (연간)	넙치	36 톤	36 톤	36 톤	36 톤
	전복	30 톤	30 톤	30 톤	30 톤
경제성분 석(방법)	순현재가치법	633	517.8	344.9	(-)190.5
	내부투자수익율	11%	10%	9%	5%
타당성	유, 무	유	유	유	무

수산 양식에 관련하여 종합하면, 원전 온배수를 이용한 양식은 일반해수에 비하여 온배수 취수 설비 등 추가적인 설비 투자비가 발생하지만, 일반해수를 이용할 경우 발생하는 유류비 저감 효과가 존재하기 때문에 원전 온배수의 타당성이 존재하는 것으로 나타났다<sup>34)</sup>.

<sup>34)</sup> 시설비에 대한 투자액의 변화로 인하여 경제적 타당성이 변할 수 있다는 것에 주의하여야 한다.

## ② 농업분야

농업분야의 경우 시설 원예를 중심으로 발전 온배수 활용에 대한 경제성에 관한 문제가 존재하며, 이에 관련한 연구는 극히 미약하다. 농업분야의 발전 온배수 활용에 대한 경제성 분석을 수행한 연구로는 박현태(2005)와 김종만(2009)의 연구가 존재한다. 박현태의 연구에서는 가온 장치로 히트펌프를 이용할 때 연간 난방비(3,000 평 유리온실 기준)는 온수보일러를 이용할 때와 비교하여 연간 약 1 억 5 천 7 백만원의 난방비를 절감하는 효과가 있는 것으로 나타났다<sup>35</sup>. 히트펌프 이용 시설비는 배관(2km, 200mm 이열관) 설치비 7 억 1 천 1 백만원, 히트펌프 설치비 2 억 4 천 8 백만원 등, 총 9 억 5 천 9 백만원이 소요되며, 히트펌프 설치의 투자비 회수기간 6.1 년<sup>36</sup>이 걸리는 것으로 분석되었다. 히트펌프 설치에만 10 억 원 가까이 드는 초기 설치비가 농민들의 부담이 되고 있어 정부의 지원이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

김종만(2009)은 시설 농업의 경제성 분석을 위해 영광, 울진, 고리, 월성 화력발전소를 사례로, 3000 평 규모의 유리온실과 경질판 온실을 대상으로 자본회수기간법과 내부투자수익률법을 적용하였다.

자본회수기간법에 의한 분석결과, 모든 시설(온실, 히트펌프, 배관시설)에 대해 농가가 100% 자부담으로 투자할 경우 4 개 지역 모두 기대수익이 투자비를 회수하기 위한 필요 수익보다 낮아 투자의 경제성이 없는 것으로 나타났다.

유리온실 경영에서 농가가 투자비를 회수하기 위해서는 배관시설은 100% 외부 보조가 있고, 생산시설(온실 및 히트펌프)에 대한 지원이 있을 경우 50% 보조 하에서 이자율이 5%이하 일 때 가능한 것으로 나타났다. 경질판 온실 경영에서는 생산시설에 대한 50% 보조 하에서 이자율을 5% 이하로 유지하고 배관시설 설치에도 50% 이상의 보조가 필요한 것으로 나타났다.

내부투자수익률법에 의한 분석결과, 농가가 100% 자부담으로 투자할 경우는 수익률이 -4~0%로 경제성이 없는 것으로 나타났다. 모든 시설에 대해 50%보조가 있을 경우 울진의 경질판 온실은 내부수익률이 8%로 경제성이 있는 것으로

---

<sup>35</sup> 히트펌프를 가온 장치로 이용할 때 드는 전력 등의 비용은 약 5 천 2 백만원인데 반해, 온수보일러를 이용할 때 드는 난방비용은 약 2 억 1 천만 원이다.

<sup>36</sup> 9 억 5 천 9 백만원 ÷ 1 억 5 천 7 백만원 = 6.1 년

평가되었지만, 영광과 고리의 유리온실은 시중 이자율에 따라 경제성이 다른데 월성의 유리온실은 50% 보조 하에서도 여전히 경제성을 확보하기 어려운 것으로 평가되었다. 종합하면, 시설작물의 특성상 온배수 이용을 위해서는 난방 보조장치가 필요하며, 유리온실의 경우 외부 보조 없이는 투자에 대한 경제성이 없지만, 경질판 온실의 경우 경제성이 있는 것으로 나타났다.

〈표 9〉 원예시설의 발전온배수 활용에 대한 경제성 분석

(단위: 백만원)

		울진	고리	영광	월성
사업기간		20년	20년	20년	20년
온실유형		경질판온실	유리온실	유리온실	유리온실
재배작목		과채류(오이)	화훼류(장미)	화훼류(장미)	화훼류(장미)
투자규모	온실면적	3,000 평	3,000 평	3,000 평	3,000 평
	배관길이	1,000m	1,500m	1,500m	1,000m
	투자비	917	1,298	1,298	1,217
연간 기대수익(A)		9.3	10	8.2	9.3
투자비 회수위한	이자율 3%	6.2	8.7	8.7	8.2
	이자율 5%	7.4	10.4	10.4	9.8
연간필요수익(B)	이자율 3%	3.1	1.3	(-)5	1.1
	이자율 5%	1.9	(-)4	(-)2.2	(-)5
타당성 (C = A + B)	이자율 3%	유	유	무	유
	이자율 5%	유	무	무	무

### 3. 소결

발전소에서 나오는 연간 1억 t의 온배수에는 원유 7만 t, 약 375억 원에 해당하는 엄청난 에너지를 담고 있다. 발전 온배수의 활용은 외국의 경우 1950년대부터 시도하여 1970년대에 실용화되었다. 일반적으로 수산업분야의 활용이 주를 이루고 있지만, 최근 유럽을 중심으로 농업분야에 발전 온배수를 활용하려는 시도가 늘고 있다.

## ① 수산업부문 활용

수산업은 대표적인 에너지 과다소비 산업으로, 발전 온배수를 이용한 양식은 빠른 성장과 높은 사료 효율을 기대할 수 있어 빠른 성장 유도가 가능하다. 발전소 온배수를 활용한 양식어업은 경영비를 절감할 수 있고, 생산력을 높임으로써 농·어가의 소득 증대에 기여 한다. 일본의 경우 수산업 부문의 온배수 활용은 상당 수준의 상업화를 실현하였으며, 발전소에서는 부설 연구기관을 설립하여 온배수 이용에 대한 기술 개발을 적극 추진하고 있다. 일본에서는 1963 년 센다이 화력발전소에서 전복, 치어의 시범사업을 시행한 이래 원자력발전소 7 개소와 화력발전소 13 개소에서 기업 규모의 양식장을 운영하며, 종묘 육성 및 치어 사육에 온배수를 중점적으로 이용하고 있다. 생산물은 어업관계자들이 종묘를 구입해서 바다에 방류한다. 호쿠리쿠 전력(주)에서 운영하고 있는 시가원자력발전소에서 수산종합센터 양식장은 지하터널 방식의 취·방수로를 취하고 있으며, 온배수 확산 범위를 가급적 적게 하기 위하여 바다 앞 500m~600m, 수심 14m~16m 위치에서 수중 방류하고 있다.

유럽에서는 온배수 활용으로 어패류가 성장하기 위한 최적온도 설정이 용이해짐으로써 성장을 효과적으로 촉진하며, 산란기를 조정할 수 있게 되는 등 발전 온배수 활용 효과가 있는 것으로 알려지면서 양식업에서 적극 활용하고 있다. 프랑스, 영국, 벨기에 등에서는 민간기업과 NGO 단체를 중심으로 온배수를 이용한 양식업이 이미 상업화되었으며, 양식 관련 연구소 설립과 함께 기술 개발도 활발히 진행하고 있다.

우리나라의 경우, 발전소 측이 대외 홍보용 및 지역발전 기여 측면에서 온배수를 수산부문에 활용하는 것이 주를 이루는데 1964 년 감천화력이 온배수를 이용하여 진주 조개 시범 양식장을 설치한 이래 2000 년대 들어 민간 양식업체로 확대되어 상업화 양식을 시작하였다. 주로 해삼, 전복 치어 종묘, 넙치를 생산하고 있다. 화력발전소 주도의 사업은 종묘 육성 후 방류하는 것이 주요 내용이다. 민간업체는 해삼 등 치어를 육성하여 판매하거나(중간육성) 넙치, 돌돔 등 고가의 성어를 육성하여 판매한다.

## ② 농업부문 활용

발전 온배수를 이용하여 관엽식물, 화훼, 토마토 등과 같이 가온 시설을 필요로 하는 고온성 작물의 경우, 난방비를 40~80% 정도 절감할 수 있어 농업분야의 온배수 활용이 증가하는 추세이다. 일본보다 유럽에서 농업부문에 많이 활용하고 있다. 유럽의 경우, 하천수를 냉각수로 사용하기 때문에 온배수 온도는 해수보다 약 10~15℃ 높고, 불순물에 의한 기계 결함 문제가 적기 때문에 이용 가치가 매우 높아서 농업부문에 상당 부분 상업적 이용이 실현되고 있다. 온배수 활용을 위한 인프라 설치비는 정부, 지역행정당국, 발전소에서 많은 부분을 부담하고, 실질적으로 사업주체의 부담비율은 극히 적은 것이 특징이다. 정부, 지역행정당국, 발전소는 온배수 이용 가능성이 입증된 분야에 대해서 적극적인 홍보를 통해 이용을 장려하고 있다.

프랑스의 로젠 열대식물원의 경우, 원자력 발전소에서 공급되는 23℃-32℃ 온수를 난방열원으로 사용하는데 온배수 관의 길이는 2km 이며, 온배수는 시멘트 자재의 직경 1m 인 지하 파이프를 통해 공급된다. 주요 투자 주체는 정부, 지역행정당국, 프랑스 전기공사로서 이들이 대부분의 투자비용을 부담하였다.

일본의 경우, 발전소는 지자체에게 제공하는 지역 활성화 차원의 발전기금을 지역공생 차원에서 수영장, 꽃 박물관 등을 건립하는데 사용한다. 지역 주민은 지역공생시설을 문화시설 차원으로 이해하고, 발전소 측은 홍보활동의 일환으로 발전소 부지 내에 소규모 온실을 운영하여 지역 주민의 이해를 제고 시키고자 노력하고 있다.

우리나라에서는 최근 온배수의 시설원예농업의 난방에 활용하는 시범사업이 제주에서 최초로 시행되었다. 기존 열풍난방 대비 80%정도 가온 비용을 절감하여 종전 3,000 평 시설농가의 경우 연간 80%의 난방비를 절감하면서도 적정온도 23℃를 유지한다. 광열동력비가 원예시설 경영비의 20~30% 이상을 차지하여, 광열동력비를 절감하는 것이 곧 시설 농가의 소득증대로 연결된다는 점에서 시사하는 바가 크다.

## ③ 기타부문 활용

일보 홋카이도와 우리나라 인천 서구에서 도로의 해빙 작업에 발전 온배수를 이용하고 있으며, 수영장의 실내 난방(일본 카와고에 화력), 꽃 박물관의 난방(일본 시가 원자력)등에 발전 온배수가 이용되고 있다.

#### ④ 경제성 분석

우리나라의 경우, 원전 온배수를 이용한 양식은 일반해수에 비하여 온배수 취수 설비 등 추가적인 설비 투자비가 발생하지만, 일반해수를 이용할 경우 발생하는 유류비 저감 효과가 존재하기 때문에 원전 온배수의 타당성이 존재하는 것으로 나타났다. 다만 충남 등 서해안의 경우, 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양식의 경우 간조 시 취수가 현실적으로 불가능하여 성어 양식사업은 불가능한 것으로 판단되며 치어 및 종묘 양식에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

농업부문에서는, 시설작물의 특성상 온배수 이용을 위해서는 난방 보조장치가 필요하며, 3,000 평 규모의 유리온실의 경우 외부 보조가 있더라도 투자에 대한 경제성이 불투명하며, 경질판 온실의 경우 50%의 보조가 이루어진다면 경제성이 있는 것으로 나타났다. 히트펌프 설치에만 10 억 원 가까이 드는 초기 설치비가 농민들의 부담이 되고 있어 정부지원이 선행되어야 할 것이다. 이상의 경제성 분석은 난방비만을 비교한 것이기 때문에 생산물의 생산성까지도 포함한 보다 정밀한 분석이 필요하다.

## IV. 심층 사례조사

발전 온배수를 농업, 수산업 및 기타 부문에 활용하고 있는 제주 원예농업 시범단지, 영광원자력 양식장 내 아쿠아리움, 영동화력 및 하동화력 발전소 인근 민간 양식기업, 하동화력이 운영하고 있는 섬진강 문화센터, 경주시 바다목장 사업 등 대표적인 시설 6 곳을 방문하여 관계자와의 심층 면접을 수행하였다.

### 1. 제주 원예농업 시범단지

#### 가) 시범사업 개요

사업의 추진 주체는 제주특별자치도 농업기술원 서부센터이며, 현재 이곳의 관리는 영농 조합에서 하고 있다(행복나눔 영농조합법인, 참여 7 농가, 대표 양신석). 제주도 차원의 공모는 없었으며 지역 유지와 협의하여 진행하였다<sup>37)</sup>. 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 화순리 703 번지의 3 필지에 위치하고 있으며, 남제주 화력발전소(24 만 Kw)로부터 여름 32~34℃, 겨울 25~28℃의 발전온배수를 공급받고 있다. 현재 발전소 측이 공급하는 온배수 발전소에서 최종 배출 직전의 온배수이며, 총 온배수 배출량의 0.1% 정도이다. 발전소 내 저류조에서 모터펌프로 물을 끌어 올려서 공급하며<sup>38)</sup>, 배관길이는 하우스까지 150m 정도이다.

#### 나) 추진 경과 및 시설

발전소에서 바다로 버려지는 온배수를 활용하자는 제안 및 구상(2009 년)과 함께 1 차 사업을 2010 년에 시작하였다. 1 차 사업은 국고 보조 없이 순수 도비만이 투자되었다. 사업비 7 억 5 천만원 중 6 억 천만 원이 도비이고, 나머지는 조합 자부담(시설이 입지한 토지 현물 투자)이었다. 2 차 사업은 23 억 정도가 소요되었으며, 9 억 중 4 억은 도비이며, 국비 지원금 14 억 5 천만원이 농식품부 '에너지 효율화 사업'으로 지원되었다.

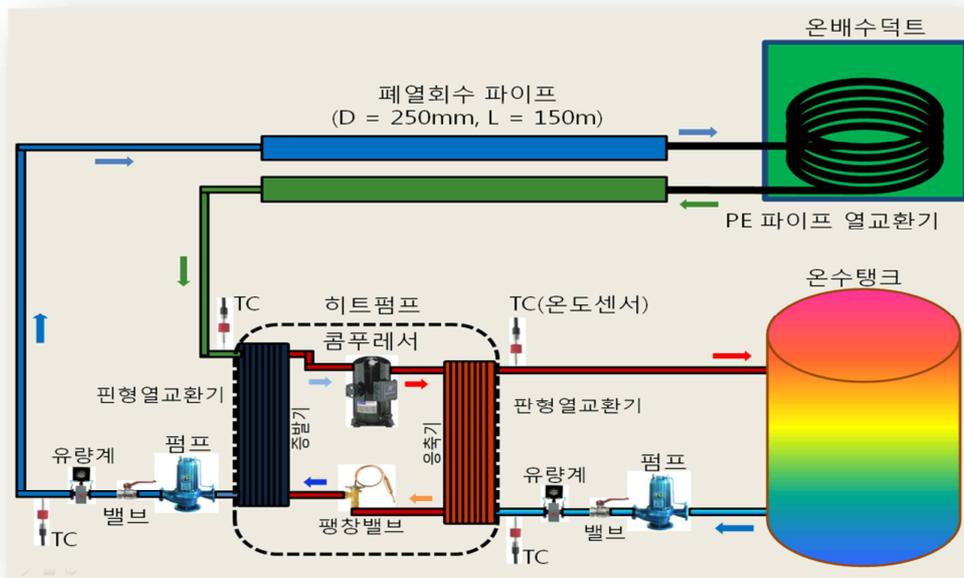
<sup>37)</sup> 이 점이 감사에 지적되었다.

<sup>38)</sup> 만약 온배수가 배출되는 곳의 지대가 높으면 낙하방식으로 물을 끌어내릴 수 있다.

〈표 10〉 제주원예농업 시범단지 사례(2 차사업)

운영주체	규모	온배수 이용량	총 설치비
행복나눔 영농조합법인	1.5ha (약 4,500 평)	8,000 톤/일 (배출량의 약 0.1% 활용)	23 억원 (하우스시설비, 펌프 및 배관 설치비, 히트펌프, 전기시설비, 팬코일, 묘목구입비)

시범단지의 면적은 1.5 헥타이며, 온실면적은 5,265m<sup>2</sup> 로서 투자비는 23 억원 정도가 소요되었다. 현재 연 6,800 만원 수익을 내고 있으며, 히트펌프<sup>39)</sup> 운영에 드는 전기 사용료는 연 990 만원 정도가 소요되고 있다.



〈그림 8〉 발전온배수 활용 시스템 개념도

히트펌프는 일본수입제품이며(일본의 경우 호텔에서 냉·난방기로도 사용하고 있음) 시설 내구성 10 년 정도를 예상하고 있고, 시스템 1 개당 4 천만원 정도

<sup>39)</sup> 히트펌프 용량은 120RT 로 시범사업 시 한 가구당 2 억 정도 부담하였다. 하자보수기간은 2 년이다.

예산이 소요되었다. 발전 온배수의 부식성과 온도 특성을 고려하여 가변형 폐열 회수 장치 설계 기술을 적용하였고, PE 파이프를 roll 형태로 제작함으로써 내부식성을 향상시키고 제작비를 크게 줄였다(그림 8 참조). 시설은 비닐 온실이며 농어촌공사에서 시공 및 설계를 담당하였다.

화력발전소 냉각수인 바닷물 온배수조(21~27°C)에 열 회수장치를 설치하고 열 회수된 물(15~27°C)을 송·배수관을 통하여 히트펌프에 연결하고 히트펌프에서 물 온도를 55~60°C로 상승시켜 축열조에 저장한 후, 필요할 때 저장된 물을 fan unit 를 통해 하우스 공기 난방에 활용하고 활용된 물은 다시 열 회수장치, 히트 펌프를 거쳐 하우스를 순환하는 시스템으로 이루어져 있다.

### 가) 작물재배 및 기대효과

발전 온배수 활용 시설원예의 경우 작물의 적정성이 중요하다. 평범한 작물은 효율이 없으며, 재배 비용의 80%가 난방비인 망고가 효율성이 가장 높은 것으로 나타났으며 현재 하우스 감귤(3,050m<sup>2</sup>)과 망고(2,215m<sup>2</sup>)를 재배하고 있다<sup>40</sup>).

기존 경유 난방 대비 난방에너지 비용 87% 절감효과가 있는 것으로 파악되고 있지만, 이는 경유난방기 사용 시(면세경유 구입비용 기준) 약 7 천 6 백만원이 소요되었으나 현재의 온배수 난방시스템 사용 시 약 9 백 9 십만원이 소요된다는 단순한 산정<sup>41</sup>)으로 이에 대한 더욱 정밀한 산정이 필요한 것으로 생각된다.

이외의 기대효과로는 시설원예 난방에너지원을 발전소 온배수로 대체함으로써 온실가스를 감축할 수 있고, 겨울철 시설원예 난방비 절감으로 농가소득 보전 및 안정 생산에 기여하며, 여름철 냉방 재배로 작물재배 및 출하 조절이 가능하게 됨으로써 소득 증대와 일자리 창출 및 수출 경쟁력을 제고할 수 있다는 것이다.

---

<sup>40</sup> 화훼도 가능성이 있으나 난방 에너지를 많이 필요로 하는 작물이어야 한다. 시기를 단축시켜서 얻는 이익이 있다면 가능하며 서해와 같이 영하로 내려가는 지역은 열원을 높이고 배관도 관리해야 한다는 점을 고려해야 한다.

<sup>41</sup> 온배수 이용 난방시스템의 전력사용량(전력요금)은 226,641 kWh (9,975,124 원), 경유 온풍난방기 사용시 면세경유사용량(경유구입비용)은 76,013 L (76,013,000 원). 면세경유 가격은 1,000 원/L, 전력요금은 농업용(병) 36.4 원/kWh, 경유발열량은 9,050kcal/L, 난방기 열이용효율은 85% 상정하여 계산하였다.



온배수관 약 150~200m



시설 원예단지



히트펌프



히트펌프





온배수 관련 부대시설들



시설하우스 내부

<그림 9> 제주 원예농업 시범사업 시설

## 2. 영광 원자력 발전소 양식장 및 아쿠아리움

영광 원자력발전소의 발전 온배수 활용시설은 발전소 설치 시 환경영향 평가에서의 협약과 원자력 발전의 홍보 차원에서 만들어졌으며, 아쿠아리움과 양식장, 낚시터 등의 시설이 있다. 아쿠아리움에서는 여름 30~31℃, 겨울 15℃ 정도의 온배수를 활용하고 있으며, 자연해수와 함께 사용 하고 있다. 특히 계절에 따른 온도 변화와 아쿠아리움 내 어종 별 적정온도 유지를 위하여 발전 온배수와 자연해수의 혼합 또는 단독으로 사용하고 있다. 보통 4~10 월말까지는 자연해수, 나머지는 온배수를 활용하고 있으나 월별 온도변화에 의해 혼합하기도 하고 있다. 배수관의 길이는 자연해수 2km, 발전 온배수 100~150m 로 되어 있으며, 자연해수 공급용으로 75 마력 펌프 4 대가 작동한다.

총 600 평 면적에 300 평은 아쿠아리움으로, 나머지 300 평은 양식장으로 운영하고 있으며, 양식장은 8m X 8m 규모의 8 개 수조에 감성돔, 점농어 등 4 만 마리를 양식하고 있다. 양식장에서 양식된 어류들은 판매하지 않으며, 직원 회식 및 홍보용 횡감으로 이용되고 있다.

〈표 11〉 영광원전 아쿠아리움 및 양식장, 낚시터 사례

구분	규모	온배수 이용량	총 설치비
발전소 직접관리	-약 0.2ha (아쿠아리움 0.1ha, 양식장 0.1ha) -지름 8m 수조 8 개	-이용량 공개불가 -펌프 4 대 운영 (75 마력 4 대)	-24 억 (취·배수시설비, 기초시설비 제외)
	- 낚시터 인원제한 : 최대 200 명까지	-매년 9 월~4 월말 주말, 공휴일만 운영	없음

주 : 수조의 높이는 1m 정도임

아쿠아리움은 99 년말 초기비용 24 억으로 사업을 시작하였으며, 현재는 유지를 위한 추가 비용이 들어가고 있다. 초기 비용에는 기초시설 즉 취·배수 시설이 되어 있는 상태에서 진행하였기 때문에 기초 시설비는 제외된 비용이다<sup>42)</sup>. 유지비는 인건비와 유지보수비로, 인건비는 연간 1 인당 3 천만원정도가 소요되고 있다. 현재

<sup>42)</sup> 원래 양식장으로 이용하던 것을 반으로 나누어 아쿠아리움을 설치하였다.

직원은 8 명으로(남자 7 명, 여자 1 명) 아쿠아리움 수조 청소(3 인 또는 4 인 1 조)를 위하여 잠수 라이선스를 필히 소지한 자를 채용하여 운영되고 있다. 유지보수비는 연간 1 억원 정도가 소요되고 있으며, 24 시간 가동 중인 펌프의 수리비가 대부분을 차지하고 있다.

아쿠아리움은 순환여과시스템으로 운영되고 있으며, 침전조, 열 교환기, 여과기, 펌프, 수조 등의 시설들로 이루어져 있다. 시설 시스템은 펌프 - 칠러 - 여과기 - 수조로 이루어지며 칠러는 온도 조절장치로 냉각 및 가열을 하는 시설이다. 또한 해수, 담수, 순환수 라인이 4 개가 있는데 담수 라인의 경우 청소 및 바다 기생충 소독에 활용되고 있다.

아쿠아리움과 양식장 이외의 시설로는 낚시터가 있다. 낚시터는 발전 온배수가 배출되는 지점에 조성되어 있으며, 지역 주민들의 개방 요청으로 인하여 매년 9 월에서 4 월말까지 주말과 공휴일에 운영하고 있다. 낚시터 이용은 인터넷으로 200 명까지만 신청을 받고 신분증 검사 등과 청원경찰에 의한 안전관리가 행해지고 있다. 신청 공지 후 이른 시간에 정원이 마감될 정도로 이용자들의 호응이 상당히 좋다. 아쿠아리움에는 하루 평균 200 명 정도의 관람객이 오고 있다. 또한 영광군청에서의 적극적인 협조로 인하여 원자력 발전소 홍보에 상당한 긍정적 효과를 유발하고 있다. 원자력 발전소 홍보시설(홍보)과 아쿠아리움(관람) 외에도 주변지역에 60 억원을 투자하여 한마음 환경 친화시설(공원 및 운동장)을 조성하여 발전소에 대한 긍정적 효과를 극대화하고 주민과의 상생을 추구하려고 하고 있다.

지역개발기금(지원사업비)으로 연 100 억원 정도가 균으로 지원되며, 발전소 반경 10km 이내의 가구에 전기요금을 보조하고 있다. 피해보상과 관련하여 원자력 발전소에서는 4 번 정도 피해 조사를 실시하였고 2005 년에 최종 보상을 하였다. 보상은 고창방면 17km, 영광 남쪽방면 20km 까지 보상하였으며 면허권 소멸보상 형태였다<sup>43</sup>). 배를 가진 선주의 경우 2 년 용자 보상을 하였으며, 현재 지속적으로 어업 중이다.

---

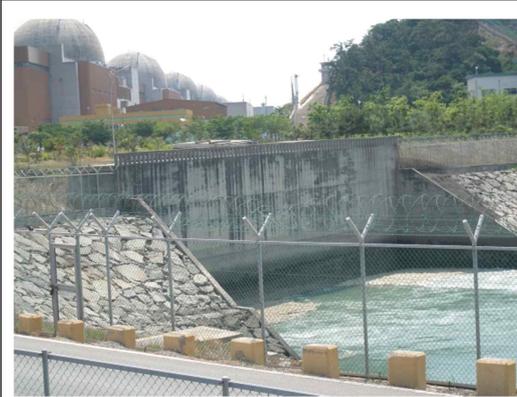
<sup>43</sup> 현재 어민들은 면허권의 부활을 요구하고 있는데 초기의 예상과는 달리 노랑조개, 바지락 등의 패류가 번식하여 이에 대한 수확을 원하고 있다.



에너지 아쿠아리움 운영 관련 시설



양식장 내부





온배수 배출지점 및 뉘시터



아쿠아리움 주변 기타 시설들

<그림 10> 영광 원자력 발전소의 온배수 활용 시설

### 3. 영동화력발전소 양식장

영동화력발전소에서 배출되는 온배수는 서해안과 남해안의 발전소에 비해 취수구에 이물질 부착이 적어 약품(염소) 사용량이 적다는 장점을 갖고 있다.

영동화력 인근 양식장 사업은 민간업체의 '자발적' 발전 온배수 활용 사업이라는 특성을 가지고 있다. SH 수산, 동일수산, 솔영어조합법인 등은 온배수를 해삼 종묘 생산에 성공적으로 활용함으로써 이전 일반 해수로 양식할 때 소요되는 가온비용(양식경비 중 60~70% 가량 차지)을 절감하였다. 또한 가온 없이는 봄에 입식하여 가을에 출하하는 방식으로 1년에 1회 정도 출하가 가능한 타 지역에 비해 1년에 2회에 걸쳐 해삼 종묘를 출하하고 있다.

사례 조사한 솔 영어조합법인(대표: 이서해)으로 10년 정도 되었으며, 현재 4천~5천평의 면적에서 양식업을 하고 있다. 4개 업체가 협동으로 운영하고 있으며, 산하 여러 팀들에게 임대 및 직영의 방식으로 어류 양식 6명, 해삼 종묘 3명, 사무 1명 등 총 10명의 직원으로 운영하고 있다.

광도다리와 돌가자미, 해삼 종묘 육성 등을 주요 사업으로 하고 있으며, 광도다리, 돌가자미의 경우 치어 알을 사서 이들을 양식 한 후 성어들에게서 나온 알을 다시 양식하는 방법으로 현재까지 정착시켰다. 양식장에는 자연 해수와 온배수 둘 다 사용 중이며, 치어의 경우 온배수를 직접 주지 않고 열 교환 방식을 이용하고 있다. 성어의 경우 가온 없이 온배수를 12월에서 5월말까지 총 6개월 동안 사용한다.

〈표 12〉 영동화력 인근 솔 영어조합의 사례

운영주체	규모	온배수 이용량	총 설치비
솔영어조합법인	·약 1.3ha(4,000 평) (해삼종묘: 0.2ha 지름 6m 수조 80개)	· 총이용량 알 수 없음 · 해삼종묘 : 200톤/일 펌프 5대 운영 100마력 5대	· 2억원 (해삼종묘만 해당, 수조 설치비, 펌프 및 배관 설치비 포함)

주 : 수조의 높이는 1m 정도임

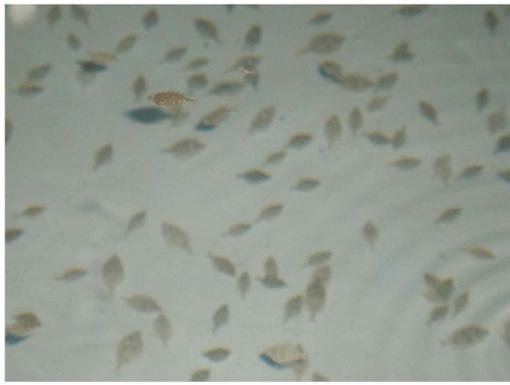
발전 온배수 취수관은 약 1km 정도이며, 기존 설치했던 배수관은 쇠관으로 노후화에 의한 녹물발생에 대한 위험도가 증가할 우려가 있어서 이를 플라스틱 PE 관으로 교체할 예정이다. 특히 해삼종묘의 경우 녹물 발생은 치명적이다. 발전소에서 공급받는 온배수 온도는 24~30℃ 정도로 100마력의 펌프 5대로 온배수를 공급하고 있다. 여름에는 29℃, 겨울에는 22~25℃의 온배수를

공급받는다. 해삼종묘는 6°C 정도 상승된 온배수의 열을 간접적으로 사용하고 있으며, 260 평 면적에 300 만 마리를 양식 중이다.

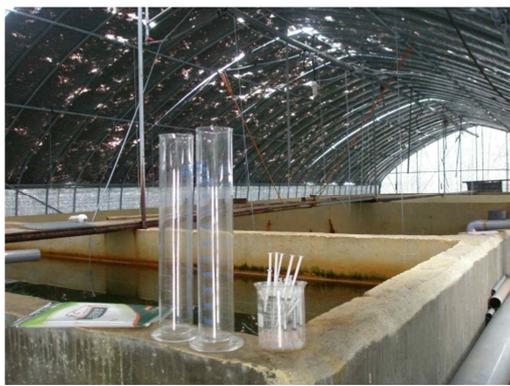
초기 해삼 종묘를 위한 수온은 18°C 이상(22~24°C가 적당함)이어야 하며, 하루 200 톤 정도의 물을 사용 중이다. 해삼 수조는 6m × 6m 크기이며, 현재 신축한 해삼 종묘 양식장의 경우 수조 80 개, 400 평 면적에 펌프, 배관 등의 시설비로 2 억 정도 소요되었다. 해삼 종묘의 민감성을 감안하여 온배수에서 순수하게 열 에너지만 추출하기 위해 열 교환기를 설치하였으며, 일반해수로 양식할 때 소요되는 가온비용(양식경비 중 60~70%)을 절감함으로써 2010 년 해삼 종묘의 판매단가를 절반 수준으로 낮출 수 있었다. 어류 양식의 경우 15t 수조, 500 평 면적에는 50 마력 펌프가 필요하였고 50 마력 펌프에 배수관 200m, 직경 300mm 기준으로 설치 시설비는 약 천만 원 정도 소요되었다.

4 천평의 양식장 면적에서 해삼종묘를 통하여 10 억 이상, 어류양식을 통하여 10 억 이상 수익을 얻어 연 20~30 억 이상의 수익을 창출하고 있다. 현재 히트펌프의 경우 국비 80%, 자부담 20%로 약 1 억원이 소요되고 있으나 이곳에서는 사용하고 있지 않다. 한 곳에 설치 중에 있으며, 국내산이지만 필수 부품은 일부 수입품이다. 현재 내구성은 5 년 정도로 보고 있다. 히트펌프보다는 열 교환기가 효율적이라고 인식하고 있다.





치어 양식장



양식장 내부 및 중간 성장단계의 어류

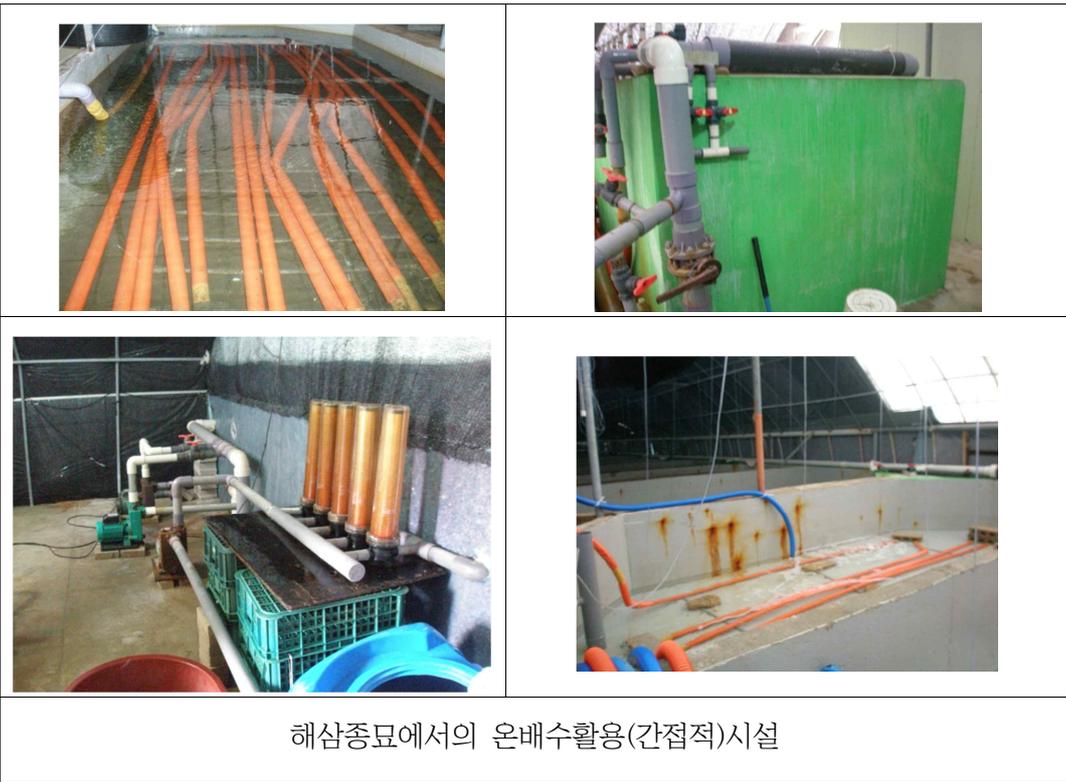


온배수 배출 펌프장 및 활용 온배수 배출구, 물탱크



성어 양식장

<그림 11> 영동화력 주변 온배수 활용 민간 어류 양식장 관련 시설



<그림 12> 영동화력 주변 온배수 활용 민간업체의 해삼종묘 육성 관련 시설

## 4. 하동 화력발전소 섬진강 문화센터 및 양식장 사업

### 가) 섬진강 문화센터

섬진강 문화센터는 당초 발전소 직원의 복지차원에서 계획되었다가 주민의 요구(하동 7, 8 호기 건립 시 문서화된 합의사항)가 함께 반영되어 건립되었으며, 현재 지역주민(8), 직원(2)의 비율로 주민의 이용 비율이 월등히 높다. 문화센터 건립비용은 약 898 평 면적에 총 136 억으로 발전소 측이 116 억, 주민 측이 20 억을 투자하였다.

문화센터 건립에 주민이 참여하게 된 이유는 7, 8 호기 건설 시 주민에게 하는 보상금을 받지 않는 대신 그 금액을 문화센터에 투자한 것으로 주민들이 문화센터에 대한 일정 지분을 갖게 된 것이다. 또한 발전소 측은 문화센터 건립 시 지자체에 지원하는 특별지원금을 활용하여 문화센터에 투자하였다. 문화센터의 연간 유지비는 인건비를 제외하고 2 억 정도가 소요되고 있다.

〈표 13〉 하동 문화센터의 온배수 이용 사례

구분	규모	온배수 이용량	총 설치비
발전소직접관리	0.3ha(898 평)	-하동 7,8 호기 온배수 배출량만 이용 (공개불가) -펌프 9 대 운영(해수 전용 심정 펌프 3 대, 히트펌프 6 대)	-136 억원 (해수전용 심정펌프 3 억원, 배수관 설치비 1 억원, 히트펌프 6 억원 포함)

문화센터 내 수영장 물의 가온과 센터 난방에 발전 온배수를 활용하고 있다. 온배수는 간접 열 교환 방식으로 활용되고 있으며, 열 교환기와 히트펌프, 배수관 등이 주요 시설이다. 히트펌프는 국내산으로 수영장 4 대, 목욕탕 1 대(급탕 전용), 예비펌프 1 대로 총 6 대가 설치되어 있으며, 내구성은 1 년을 예상하고 있고, 대당 1 억씩 총 6 억이 소요되었다. 온배수 펌프는 3 대로 해수 전용 심정 펌프이며, 국내산으로써 1 억원이 소요되었으며, 배수관의 길이는 1km 로 설치비는 1 억원이 소요되었다. 온배수의 온도는 여름 27~29℃, 겨울 15℃이며, 겨울의 경우 열

교환기로 23~25°C로 높여서 사용한다. 열 교환기는 해수열 열 교환기로 2 대를 사용 중이다.

문화센터의 경우 발전소 7, 8 호기의 온배수만 이용하기 때문에 1 년에 한 번 있는 발전소 정기 점검이 실시되는 때에는 온배수가 배출되지 않으므로 약 40 여일 정도의 휴관일이 발생한다. 문화센터의 경우 현재 발전소에서 운영하고 있으나 적자 상태이며, 차후 하동군 등의 지자체로 운영을 넘길 계획이다. 문화센터 내 수영장의 경우 온배수를 활용할 경우 온도관리 측면에서 열효율이 좋을 것으로 기대하고 있다.

#### 나) 양식장(민간)

하동 화력발전소의 온배수 배출량은 연간 33.3 억 톤으로, 관류냉각방식으로 설계상  $\Delta T$  가 6.4°C이며, 평균  $\Delta T$  는 7.1°C이다. 겨울철에 상대적으로 높은 온도 차로 양식업에 유리하게 작용한다. 하동 화력발전소는 2002 년 기존 전어 양식장에 대한 소멸보상 합의에 따라 온배수 공급설비를 설치하였고<sup>44)</sup>, 인근 지역의 4 개 민간 양식장(금성수산, 선일수산, 보성수산, 남부수산) 중 남부수산을 제외한 3 개 양식장이 2004 년 이후 하동화력발전소와 온배수 공급협약을 체결하여 치어양식에 온배수를 활용하고 있다. 남부수산은 협약체결을 하지 않았지만, 직접 온배수 배출구에 펌프를 설치하여 온배수를 취수하고 있다.

금성수산 등 3 개사는 현재 운영이 어려운 상태여서 남부수산을 대상으로 사례조사를 수행하였다. 양식장은 중간 육성의 양식사업을 운영하고 있으며, 치어를 중간단계까지 양식하여 제주도, 완도 등에 판매하고 있다. 양식장 설비는 1000 평 면적에 설치비용으로 총 16 억원이 소요되었으며, 수조는 10m × 10m(12 개), 11m × 11m(5 개), 8.4m × 8.4m(19 개) 등 총 36 개 수조에서 감성돔과 광어를 양식한다. 양식장에 발전 온배수를 공급하기 위한 배수관의

---

<sup>44</sup> 제 1~4 호기 및 5,6 호기 [환경영향평가 협의] 내용 중 '온배수를 이용한 양식장을 설치하고, 인근 주민에게 온배수를 제공한다'는 조항에 근거하여 시작하였으며, 협의 내용은 법적 의무사항이다. 영산강 환경관리청에서 협의 내용을 이행할 것을 요청함에 따라 온배수 양식장 설치가 적극적으로 고려되었다. 온배수 배관의 길이는 800m~약 1 km이며, 발전 온배수 취수는 온배수 배출구에 펌프와 배관을 통해 이루어진다.

길이는 약 300m 이며, 75 마력 4 대, 50 마력 3 대, 30 마력 3 대 등 총 10 대의 펌프를 이용하여 발전 온배수를 공급하고 있다.

〈표 14〉 하동화력 인근 양식장 사례

구분	규모	온배수 이용량	총 설치비
남부수산	약 0.3ha(1,000 평) 지름 11m 수조 5 개 지름 10m 수조 12 개 지름 8.4m 수조 19 개	25,000 톤/일 펌프 10 대 운영 (75 마력 4 대, 50 마력 3 대, 30 마력 3 대)	16 억원 (펌프설치비, 직경 300m 배관설치비 5 억원 포함)
금성수산	지름 10m 수조 20 개	겨울 : 15,000 톤/일 그 외 : 8,000 톤/일	
선일수산	지름 8m 수조 28 개 지름 11m 수조 5 개	20,000 톤/일 펌프 2 대 운영	
보성수산	지름 8m 수조 16 개	15,000 톤/일 펌프 2 대 운영	

주 : 수조의 높이는 1m 정도임

온배수를 수조에 직접 넣어 양식하고 있으며, 이는 감성돔의 경우 고온에서 잘 자라는 특성을 이용한 것이다. 3 월부터 7 월까지는 감성돔, 농어를 양식하며, 그 이후에는 광어를 양식하는데, 중간 교체기는 약 15 일 정도 소요되기 때문에 양식장은 365 일 계속 운영된다고 보아도 무방하다. 해삼 종묘 양식은 하지 않는다.

펌프 설치비와 직경 300mm 배관 설치비까지 총 5 억이 소요되었으며, 100% 자부담이었다. 하루 2.5 만톤에서 3 만톤의 온배수를 이용하고 있으며, 여름 28°C, 겨울 15°C의 온배수를 공급받고 있다. 발전 온배수를 이용함으로써 겨울철 유류비(난방비) 절약으로 전체 양식경비 중 30%정도 절감하는 효과가 있는 것으로 판단하고 있다.



문화센터 기계실 내부 히트펌프



문화센터와 양식장



<그림 13> 하동화력의 온배수 활용 시설

## 5. 경주시 온배수 활용 바다목장 시범사업

경주시는 바다목장사업을 시행하기 이전에 사전 조사를 수행하였으며, 조사 기간은 1년(2009.8~2010.7), 예산은 8천만원이 소요되었다. 경상북도 경주시 양남면, 양북면에 걸친 해역 510ha에 대한 실태조사, 적지 선정, 모델 및 개념 설정, 목표 및 기본방향 설정, 조성계획, 활용계획, 투자 및 자원조달 계획 및 투자효과 분석 조사를 실시하였다.

### ① 경주 연안바다목장의 위치 및 면적

경주 연안바다목장 예상 해역의 남쪽에는 기존 월성원전 배수구(표층배수)가 위치하고 중간해역에는 신월성원전 배수구(수중배수)가 위치하고 있어서 바다목장은 월성원전과 신월성원전의 온배수 확산구역<sup>45)</sup> 중간에 위치하고 있다. 봉길리 앞 해상에는 문무대왕 수중릉인 암초가 있지만 그 곳은 문화재 보호구역으로 경주 연안바다목장 해역에서 제외된 상태이다. 경주 연안바다목장 북쪽 끝에는 수량이 비교적 풍부한 대종천이 있어 담수가 공급되고 있으며, 그 하구에는 민물을 좋아하는 강도다리의 서식처를 형성하고 있다.



자료 : 경주시. 2010. 경주온배수 활용형(혼합형) 연안바다목장 조성 기본계획

<그림 14> 경주시 온배수 활용 바다목장 개념도

<sup>45</sup> 발전 온배수와 관련하여 월성원전 온배수배출구 주변 지역(감포읍, 양북면, 양남면, 총 510ha)에 신월성 1, 2 호기의 가동 시 어민 피해면적까지 추정하여 통합보상을 실시하였다..

경주 연안바다목장의 면적은 3.4km × 1.5km 로 5.1 km<sup>2</sup>(510ha)이며, 바다목장 구역의 경위도 좌표는 아래의 표와 같다.

〈표 15〉 경주 바다목장 사업지의 위치

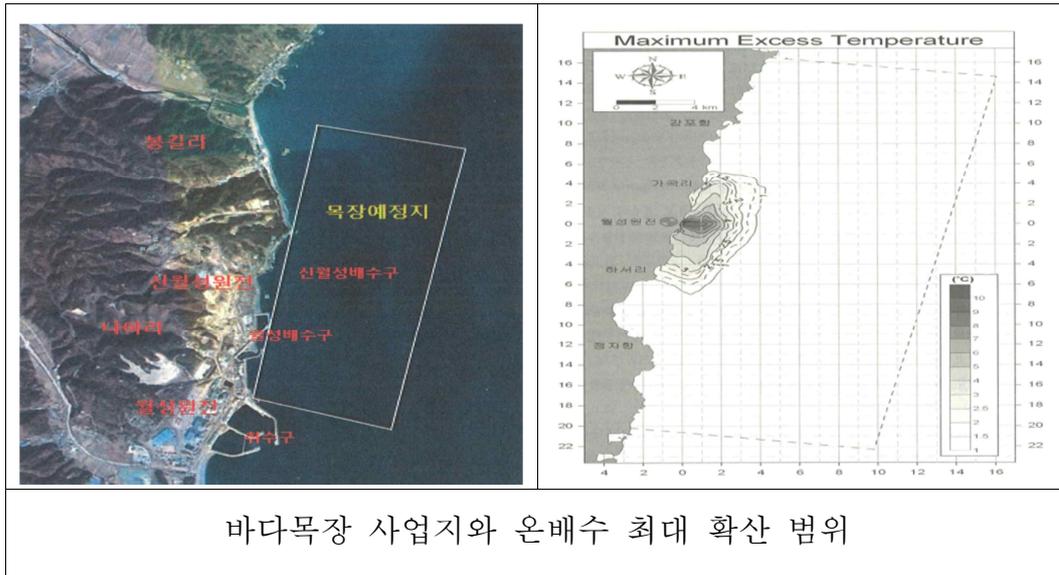
서남단	북위 35도 42분 22.1초	동경 129도 28분 53.1초
동남단	북위 35도 42분 6.1초	동경 129도 29분 49.4초
서북단	북위 35도 44분 6.4초	동경 129도 29분 37.7초
동북단	북위 35도 43분 50.4초	동경 129도 30분 33.8초

## ② 발전온배수의 수온과 확산범위

겨울철에는 발전온배수 최대 확산 범위에 있어 초과수온 2°C까지는 급격한 수온변화를 보이는데 이런 현상은 배수구 전면에만 국한되어 나타난다. 그 이하의 초과 수온은 완만한 감소를 보이며 외해로 향한다. 해수온보다 높은 초과수온 1°C는 남측으로 4.6km, 북측으로 2.5km, 동측으로 2.6km 까지 분포한다. 봄철에는 발전 온배수 최대 확산 범위에서 초과수온 1°C는 남측으로 6.9km, 북측으로 3.3km, 동측으로 3.3km 까지 분포한다. 발전온배수는 연안을 따라서 북북동-남남서 방향으로 길게 늘어져 있으며 남측으로 좀 더 멀리 이르는 것을 볼 수 있다.

여름철에는 온배수 최대 확산 범위에서 초과수온 1°C는 남측으로 5.6km, 북측으로 5.0km, 동측으로 3.6km 까지 분포한다. 초과수온 3°C 이상의 수온분포는 원형 형태로 배수구 전면에 분포하고 있으나, 그 이하의 수온은 거의 좌우 대칭의 모양으로 연안을 따라 확장하는 양상을 보인다. 가을철에는 온배수 최대 확산 범위에서 초과수온 1°C는 남측으로 4.5km, 북측으로 4.7km, 동측으로 2.7km 까지 분포한다. 3°C 이상의 수온은 원형태로 배수구 전면에 분포하고 있으며, 좁은 면적분포를 보이며, 2°C부터 수온구배는 급격히 작아진다.

종합하여 온배수의 최대 확산 범위를 살펴보면, 초과수온 1°C는 북측으로 5.3km, 남측으로 6.9km, 동측으로 4.3km 에 이르며, 전반적인 형태는 하계의 확산범위와 유사하다.



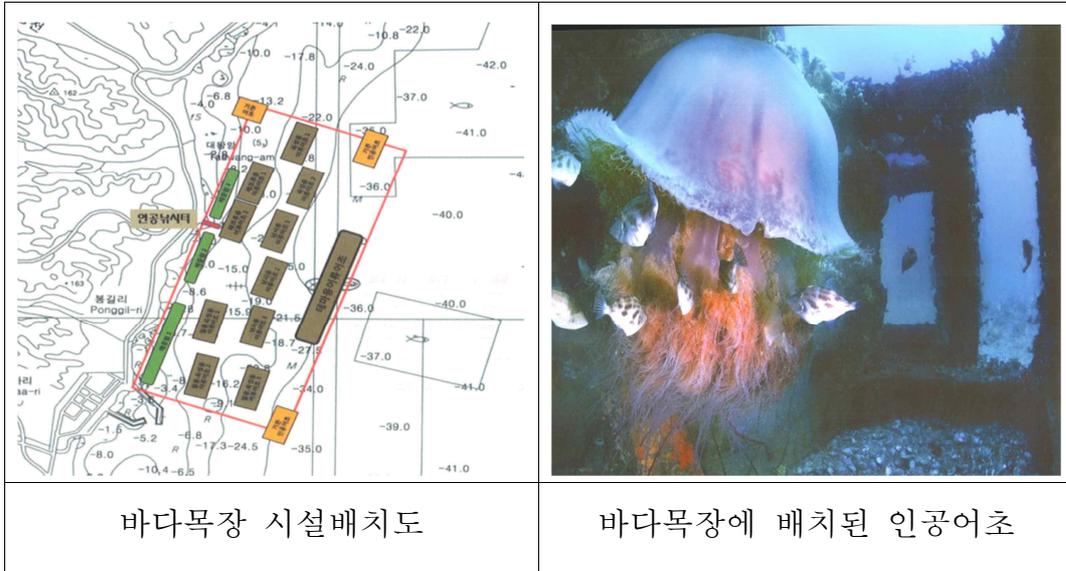
바다목장 사업지와 온배수 최대 확산 범위

자료 : 경주시. 2010. 경주온배수 활용형(혼합형) 연안바다목장 조성 기본계획

<그림 15> 경주시 바다목장 예정지와 발전온배수 확산 범위

### ③ 인공 어초

인공 어초는 어류나 패류 등을 끌어 모으고, 보호, 배양하는 것을 목적으로 바다에 설치되는 수중 구조물이다. 인공 어초 어장은 인공적으로 해중에 구조물을 설치하여, 대상 수산생물을 보호, 육성하는 것을 목적으로 하는 어장시설물이다. 어류, 패류 등의 수산생물이 암초, 침물선 등에 모이는 성질을 이용하여, 대상 수산생물의 어획 증대, 조업의 효율화 및 보호 육성을 도모하기 위하여 인공어초를 계획적으로 배치하여 조성한다. 인공 어초 재료로는 콘크리트, 석재, 철, 폴리에틸렌 등 여러 가지가 있지만, 유해 물질의 용출이 없으며, 환경 친화적이고 내구성이 높고 경제적이며 안정적으로 공급할 수 있는 것이어야 한다. 일반적으로 콘크리트 인공어초의 내구연한을 30~50 년으로 말하고 있지만 이에 대한 정확한 연구결과는 없으며, 철강재의 경우 대략 70 년 이상의 내구연수를 가진 것으로 연구된 바 있다.



자료 : 경주시. 2010. 경주 온배수 활용형(혼합형) 연안바다목장 조성 기본계획

<그림 16> 경주 바다목장 시설배치도와 인공어초

#### ④ 추진경과

경상북도 지자체에서는 녹색산업복합단지에 대한 사업계획들을 추진하고 있었으며, 포항시가 가장 적극적이었고, 경주시의 경우는 후발 주자로 사업계획을 추진하였다. 지자체 별 사업계획들이 비슷하여 경주시만의 독창적인 사업을 구상하기 위해 '발전 온배수를 활용한 바다목장 사업'이 계획되었고, 국비사업으로 선정되었다.

2011~2015 년까지 총 사업비 100 억원이 소요되며, 사업비 구성은 국비 50 억(농수산식품부), 지방비 50 억원으로, 지방비는 도비와 시비가 50:50 의 비율로 각각 25 억, 25 억이 소요될 예정이다. 사업주체는 경주시장이며, 『수산자원관리법』 41 조, 55 조 2 항에 근거하여 한국 수산자원 관리공단(구 국립 수산과학원)이 수행하는 기관대체사업이다.

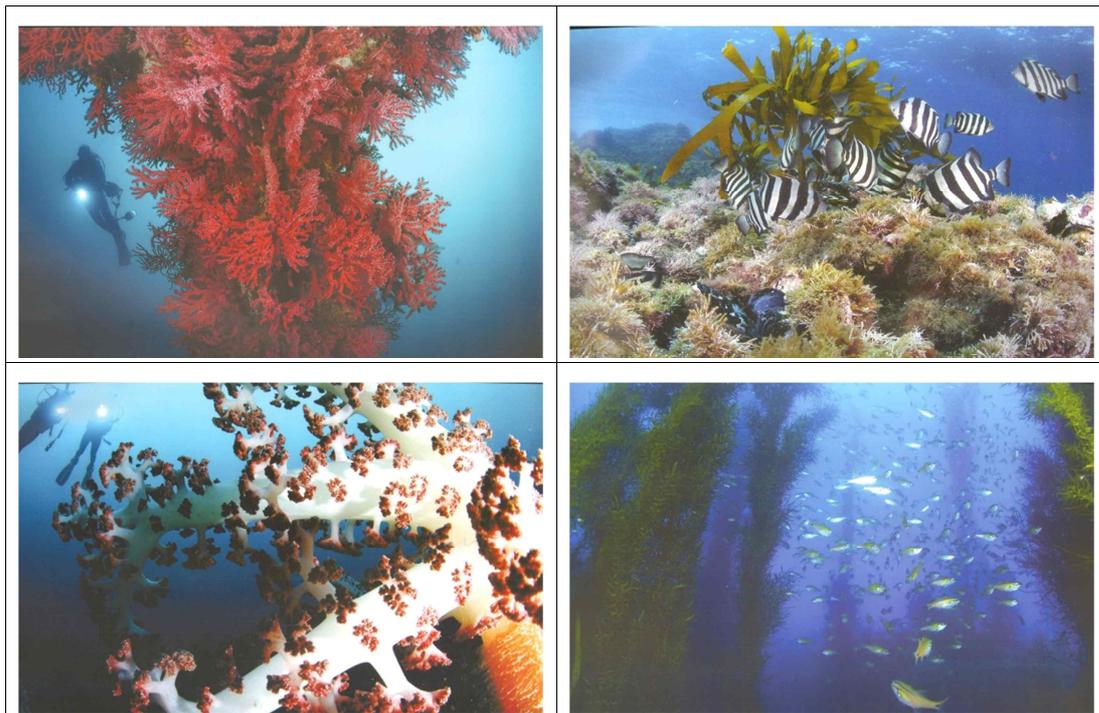
발전소 주변의 온배수 배출로 인한 해수온도가 9℃, 8℃, 7℃, ..., 2℃, 1℃로 낮아지는 지점까지의 거리를 측정하여 사업면적을 구상하였다. 주요 사업은 인공어초, 해조류, 해중림 구성 사업이며, 어류 운집이 주된 목적이다. 또한 해양생태계에서 최근 문제가 되고 있는 갯녹음, 백화 현상의 문제를 해결하기 위한

방편으로 사업이 진행되고 있다. 2011 년 1 년차 사업은 주로 어초사업으로 진행되었으며, 어초 6 기에 6 억이 소요되는 등 총 10 억원이 소요되었다.

<p>2011년 1년차 사업 추진실적</p>	<p>2012년 사업시설 예정지</p>

자료: 경주시. 2010. 경주온배수 활용형(혼합형) 연안바다목장 조성 기본계획

<그림 17> 경주시 바다목장 조성 사업 추진실적



<그림 18> 경주 온배수활용 바다목장 내 전경

동해의 경우 조석간만의 차가 작으며, 조류가 세지 않고 수심이 깊기 때문에 목장사업이 잘 추진되고 있으며, 바다목장의 일부가 원자력 보호구역 내에 있으므로 발전소와의 협력이 매우 중요하다. 사업관련 주민설명회를 개최하였으며 주민들의 반응이 상당히 긍정적이었다.

## 6. 소결

발전 온배수를 농업, 수산업 및 기타 부문에 활용하고 있는 제주 원예농업 시범단지, 영광원자력 양식장 내 아쿠아리움, 영동화력 및 하동화력 발전소 인근 민간 양식기업, 하동화력이 운영하고 있는 섬진강 문화센터, 경주시 바다목장 사업 등 대표적인 시설 6 곳을 방문하여 관계자와의 심층 면접을 수행하였다.

### ① 제주 원예 농업 시범단지

제주 원예농업 시범단지의 사업 주체는 제주특별자치도 농업기술원 서부센터이고, 현재 운영주체는 행복나눔 영농조합법인(7 농가)이다. 시설은 비닐 온실이며 농어촌공사에서 시공 및 설계를 담당하였다. 남제주 화력발전소로부터 여름 32~34℃, 겨울 25~28℃의 발전온배수를 공급받고 있다. 발전소 총 온배수 배출량의 0.1% 정도이고 발전소 내 저류조에서 물을 끌어올려서 공급하며, 배관길이는 150m 이다. 시범단지의 면적은 1.5 헥타이며, 온실면적은 5,265m<sup>2</sup>로서 투자비는 23 억원 정도가 소요되었다. 현재 하우스 감귤(3,050m<sup>2</sup>)과 재배비용의 80%가 난방비인 망고(2,215m<sup>2</sup>)를 재배하고 있다. 기존 경우 난방 대비 난방에너지 비용 87% 절감효과가 있는 것으로 파악되고 있지만, 이는 경유난방기 사용 시(면세경유 구입비용 기준) 비용 7 천 6 백만원과 현재의 온배수 난방시스템 사용 시 비용 9 백 9 십만원의 단순 비교로서 이에 대한 더욱 정밀한 산정이 필요한 것으로 생각된다.

## ② 영광원자력(아쿠아리움과 양식장)

영광 원자력발전소의 발전 온배수 활용시설은 환경영향 평가에서의 협약과 원자력 발전의 홍보차원에서 만들어졌으며, 아쿠아리움과 양식장, 낚시터 등의 시설이 있다. 아쿠아리움에서는 여름 30~31°C, 겨울 15°C 정도의 온배수를 활용하고 있으며, 자연해수와 함께 사용 하고 있다. 배수관의 길이는 자연해수 2km, 발전 온배수 100~150m 로 되어 있으며, 자연해수 공급용으로 75 마력 펌프 4 대가 작동한다. 총 600 평 면적에 300 평은 아쿠아리움으로, 나머지 300 평은 양식장으로 운영하고 있으며, 양식장은 8m X 8m 규모의 8 개 수조에 감성돔, 점농어 등 4 만 마리를 양식하고 있다. 양식장에서 양식된 어류들은 판매하지 않는다. 아쿠아리움은 99 년말 초기비용 24 억으로 사업을 시작하였으며, 현재는 유지를 위한 추가비용이 들어가고 있다.

아쿠아리움에는 하루 평균 200 명 정도의 관람객이 오고 있다. 또한 영광군청에서의 적극적인 협조로 인하여 원자력 발전소 홍보에 상당한 긍정적 효과를 유발하고 있다. 지역개발기금(지원사업비)가 연 100 억원 정도가 군으로 지원되며, 발전소 반경 10km 이내의 가구에 전기요금을 보조하고 있다.

## ③ 영동화력발전(민간양식)

영동화력발전소에서 배출되는 온배수는 서해안과 남해안의 발전소에 비해 취수구에 이물질 부착이 적어 약품(염소) 사용량이 작다는 장점을 갖고 있다. 영동화력 인근 양식장 사업은 민간업체의 자발적 발전 온배수 활용 사업이라는 특성을 가지고 있다. 온배수를 해삼 종묘, 광도다리 등 성어 생산에 성공적으로 활용함으로써 이전에 비해 양식경비 중 60~70% 가량 차지 가온비용을 절감하였다. 또한 가온 없이는 1 년에 1 회 정도 출하가 가능한 타 지역에 비해 1 년에 2 회에 걸쳐 해삼종묘를 출하하고 있다. 치어의 경우 열 교환 방식을 이용하고 있으나, 성어의 경우 가온 없이 온배수를 12 월에서 5 월말까지 총 6 개월 동안 사용한다. 발전 온배수 취수관은 약 1km 정도이며 여름에는 29°C, 겨울에는 22~25°C의 온배수를 100 마력의 펌프 5 대를 이용하여 공급하고 있다.

해삼종묘는 6°C 정도 상승된 온배수의 열을 간접적으로 사용하고 있으며, 260 평 면적에 300 만 마리를 양식 중이다. 해삼 수조는 6m × 6m 크기이며, 현재 신축한 해삼 종묘 양식장의 경우 수조 80 개, 400 평 면적에 펌프, 배관 등의

시설비로 2 억 정도 소요되었다. 가온비 절감으로 2010 년 해삼 종묘의 판매단가를 절반 수준으로 낮출 수 있었다. 어류 양식의 경우 15t 수조, 500 평 면적에 50 마력 펌프, 배수관 200m, 직경 300mm 기준으로 설치 시설비는 약 천만 원 정도 소요되었다. 4 천평의 양식장 면적에서 해삼종묘를 통하여 10 억 이상, 어류양식을 통하여 10 억 이상 수익을 얻어 연 20~30 억 이상의 수익을 창출하고 있다.

#### ④ 하동화력(섬진강 문화센터, 민간양식)

하동화력의 섬진강 문화센터는 당초 발전소 직원의 복지차원에서 계획되었다가 주민의 요구(하동 7, 8 호기 건립 시 문서화된 합의사항)가 함께 반영되어 건립되었으며 지역주민(8), 직원(2)의 비율로 주민의 이용 비율이 월등히 높다. 문화센터 건립비용은 약 898 평 면적에 총 136 억으로 발전소 측이 116 억, 주민 측이 20 억을 투자하였다. 문화센터 내 수영장 물의 가온과 센터 난방에 발전 온배수를 활용하고 있다. 온배수는 간접 열 교환 방식으로 활용되고 있으며, 열 교환기 2 대와 히트펌프 6 대(대당 1 억), 온배수 펌프 3 대(대당 1 억), 배수관(1km) 등이 주요 시설이다. 공급되는 온배수의 온도는 여름 27~29°C, 겨울 15°C이며, 겨울의 경우 열 교환기로 23~25°C로 높여서 사용한다.

하동 화력발전소의 평균  $\Delta T$  는 7.1°C이며, 겨울철에 상대적으로 높은 온도 차로 양식업에 유리하다. 화력발전소가 2002 년 기존 전어 양식장에 대한 소멸보상 합의에 따라 온배수 공급설비를 설치하였고 인근 지역의 4 개 민간 양식장에 온배수 공급협약을 체결하여 치어양식에 온배수를 활용하고 있다. 4 개 기업 중 남부수산을 대상으로 사례 조사하였다. 치어를 중간단계까지 양식하여 제주도, 완도 등에 판매하는 중간육성 양식사업을 운영하고 있으며, 설비는 1000 평 면적에 설치비용으로 총 16 억원이 소요되었으며, 수조는 10m × 10m(12 개), 11m × 11m(5 개), 8.4m × 8.4m(19 개) 등 총 36 개 수조에서 감성돔과 광어를 양식한다. 온배수를 배수관의 길이는 약 300m 이며, 총 10 대의 펌프를 사용한다. 온배수를 수조에 직접 투여하며, 펌프설치비와 직경 300mm 배관 설치비에 총 5 억이 소요되었다. 하루 2.5~3 만톤의 온배수를 이용하며, 여름 28°C, 겨울 15°C의 온배수를 공급받고 있다. 발전 온배수를 이용함으로써 겨울철 유류비(난방비) 절약으로 전체 양식경비 중 30%정도 절감한 것으로 판단하고 있다.

## ⑤ 경주시(바다목장)

경상북도 각 지자체에서는 녹색산업복합단지 사업계획들을 추진하고 있었으며, 경주시의 경우는 후발주자로 사업계획을 추진하였다. 경주시만의 독창적인 사업을 구상하기 위해 [발전 온배수를 활용한 바다목장 사업]이 계획되었고, 국비사업으로 선정되었다. 2011~2015 년까지 총 사업비 100 억원이 소요되며, 국비 50 억(농림수산식품부), 지방비 50 억원(도비 및 시비 50:50)이 소요될 예정이다.

경주시는 바다목장사업 계획 수립 이전에 사전 조사를 수행하였으며, 조사 기간은 1 년(2009.8~2010.7), 예산은 8 천만원이 소요되었다. 바다목장은 월성원전과 신월성원전의 온배수 확산구역 중간에 위치하고 있다. 면적은 3.4km × 1.5km 로 5.1 km<sup>2</sup>(510ha)이며, 온배수의 최대 확산범위는 북측으로 5.3km, 남측으로 6.9km, 동측으로 4.3km 에 이른다. 주요 사업은 인공어초, 해조류, 해중림 구성 사업이다. 2011 년 1 년차 주요 사업은 어초사업으로, 어초 6 기에 6 억이 소요되는 등 총 10 억원이 소요되었다. 서해의 경우 조수 간만의 차가 심하기 때문에 바다목장 사업에 주의를 기울여야 한다는 담당자의 조언이 있었다.

〈표 16〉 사례조사 지역 요약

지역	사업	온배수 공급온도	배수관 길이	총 면적	총 사업비		시설 내구성	연 수익	연간 유지비
					1차	2차			
제주 서귀포	원예농업 시범단지 (망고, 감귤)	여름 32~34℃	150m	약 4500평 (1.5ha)	1차	7억 5천만원	히트펌프 10년 예상  (수입산)	6800만원	전기요금(990만원)
		겨울 25~28℃		(2차 사업)	2차	23억원			
영광 원자력	양식장 (감성돔, 점농어), 아쿠아리움, 낙시터	여름 30~31℃  겨울 15℃	자연해수 2km  온배수 100 ~ 150m	600평 (약 0.2ha)  (아쿠아리움, 양식장 각각 300평)	초기비용 24억  소요(기초 시설비 제외)		수익사업으로  하지않음  (직원회식 및 홍보용 횡감)	총 3억 4천만원  (인건비 1인당 3천만원, 8명 유지보수비 1억원)	
강릉 영동 화력	양식장 (광도다리, 돌가자미, 해삼종묘)	여름 29℃  겨울 22~25℃	1km	4천평 (약 1.3ha)	해삼종묘 2억		히트펌프 설치중  5년 예상  (국내산)	20~30억원  (해삼종묘, 어류양식)	개인사업으로 꺼림

							각각 10억 이상)	
하동 화력	섬진강 문화센터	여름 27~29℃ 겨울 15℃ (열교환기로 23~25℃로 높임)	1km	약 898평 (약 0.3ha)	136억 (발전소 115억 주민 20억)	히트펌프 1년 예상	적자운영	2억원(인건비 제외)
	양식장 (감성돔, 농어, 광어)	여름 28℃ 겨울 15℃	300m	1000평 (약 0.33ha)	16억			개인사업으로 꺼림
경주 월성 원자력	바다목장	사업지 내 배출범위 포함	없음	약 154만평 (510ha)	100억 (국비 50억, 도비 25억, 시비 25억)	인공어초 콘크리트 30~50년 철강재 70년		사업진행에 따른 산출불가

## V. 온배수의 관리방안 및 농수산업 부문 활용

본 장에서는 i) 온배수 관리의 강화를 위한 기본 방안의 제시, ii) 발전 온배수의 농업 부문 활용 및 수산업 부문 활용, iii) 정부의 에너지 정책의 활용을 중심으로 서술한다. 온배수 관리제도와 관련하여서는 구체적으로 발전 온배수 배출기준과 피해관련 규정을 제정하고, 충청남도에 적합한 온배수 배출기준 규정하는 것이다. 둘째, 농업부문의 경우, 온배수 활용 시설농업 단지조성 가능성 여부는 온배수 이동 거리, 시설농업 여건, 주민 참여 의지 등 다양한 조건을 면밀히 검토한 후 온배수를 직접 사용하기보다는 온배수 열을 이용하는 시범사업을 시행한다<sup>46</sup>). 셋째, 수산부문의 경우 시범 사업을 시행하여 온배수 활용 양식장의 경험을 습득하고, 대상어종 특화를 통한 해역 특성을 반영한 양식장 사업계획을 구축한다<sup>47</sup>). 농·수산 부문 공히 초기비용 부담 감소를 위한 재정적 지원책이 마련되어야 하며, 발전소와 지역 주민간 공동체 의식을 제고하고, 적극적인 민간 참여를 유도하여야 한다.

### 1. 발전온배수의 관리 방안

#### 가) 발전온배수의 온도 규정 및 취·배수 방식의 변환

발전 온배수는 주변 해양생태계를 오염시키는 열 오염물질로 충남에 이미 소재한 화력발전소와 신규 설립 예정인 화력발전소의 발전 온배수에 대한 관리 강화할 필요가 있다. 온배수 배출구에서의 최대 허용수온을 35°C로 규정하고, 하절기에는 자연해수 온도와 7°C 차이를 넘지 못하도록 하며, 동절기의 겨우 온도 차 15°C를 초과할 수 없도록 규정해야 한다(한국해양연구원, 2008). 또한 온배수에 의한 열 부하량의 총량을 방류 해역이 온배수를 수용할 수 있는 환경용량 범위

---

<sup>46</sup> 농업부문의 경우 발전소 홍보 또는 주변 지역과의 공생관계를 감안하여 시설비의 일부분(50% 이상)을 관계 당국에서 보조할 경우 그 경제적 타당성이 존재하며, 시범 사업으로서 그 의미가 존재할 것으로 기존 연구에서 분석되었다.

<sup>47</sup> 농업부문과 수산업부문의 경제성은 두 산업이 요구하는 수익률이 다르므로 금액적으로 비교하기 어려우나 현금 유입의 현재가치와 현금유출의 현재가치를 동일하게 하는 내부투자수익률을 기준으로 시설농업과 양식업을 비교할 경우 모든 양식업을 수행할 경우 경제적 타당성이 높게 나타난다.

내로 규제할 필요가 있다. 신규 설립 예정인 충남 내 발전소의 경우, 인허가 과정에서 「발전소 건설 및 운영관리 환경협정」 또는 「환경영향평가 협의」 내용에 이에 대한 항목을 강제 규정으로 삽입할 필요가 있다.

발전소의 냉각수의 취수와 발전 온배수의 배수방식의 변환을 통하여 온배수로 인한 해양생태계의 피해를 줄이기 위한 방안을 발전소들이 강구하도록 조치할 필요가 있다. 주요 저감방안으로는 심층취수, 심층배수, 냉각지와 냉각탑의 적용이 있다. 심층취수는 심층의 저온수를 취수함으로써 온배수의 수온과 주위환경 수온과의 온도 차를 줄이는 방안으로 표층과 저층간의 수온 차가 클수록 효과가 크지만, 연안의 수심이 얕을 경우 취수관로를 위해 측 해저까지 연장해야 하는 경제적, 기술적 문제가 있다는 단점이 있다.

심층배수는 온배수를 수온이 낮은 심층으로 방류함으로써 온배수의 확산범위를 감소시키는 방법이다. 심층의 낮은 수온과의 혼합으로 표층수의 수온상승 범위를 줄이는 것으로, 심층에 방류된 온배수가 표층수보다 훨씬 낮은 수온과의 혼합을 통해 냉각되기 때문에 부력에 의하여 표층으로 상승하였을 때 표층수온과 거의 유사하게 될 수 있다. 이 방법은 일본에서 많이 채택되고 있으며 방류구를 심층까지 연장해야 하는 경제적, 기술적 부담과 함께 방류구 주위의 저서생물에 미치는 영향이 크다는 단점이 있다.

냉각지 적용 방법은 복수기에서 배출되는 온배수를 방류하지 않고 냉각지에서 어느 정도 냉각시킨 후 배출하거나 재 순환하는 방법으로 조성에 매우 넓은 면적을 필요로 한다는 단점이 있다<sup>48)</sup>. 냉각탑은 온배수와 외기와의 열 교환에 의하여 냉각시키는 방법으로 내륙의 수자원이 불충분할 경우 또는 소규모의 시설에서 채택된다. 이 방법은 냉각탑 및 부대시설의 설치에 필요한 초기 투자비와 운전비 소요가 대단히 크다는 단점이 있다<sup>49)</sup>.

기존 연구에 따르면 우리나라의 경우 심층배수, 심층취수 방식의 도입이 바람직하며, 구체적으로 신축되는 발전소에서는 해안에서 800m, 수심 20m 에서

---

<sup>48)</sup> 이 방법은 내륙지역에 설치된 발전소에서 주로 채택하는 방법으로, 냉각지 조성에 필요한 충분한 면적이 있어야 한다. 일반적으로 1MW 발전용량에 2,000 - 12,000m<sup>2</sup>의 냉각용지가 소요된다.

<sup>49)</sup> 이 외에 냉각탑에서 배출되는 수분에 의한 국지 기상의 변화, 인근지역의 농작물 피해 (해수 냉각 시 염분에 의한) 및 경관상의 문제점 등 또 다른 환경영향을 초래하게 된다.

저온의 냉각수를 취수하고 해안에서 약 600m, 수심 10~20m 에서 방류할 것을 제안하고 있다<sup>50)</sup>.

## 나) 제도적 규제

발전 온배수 관리를 위한 제도적 규제로는 i) 냉각수 취수허가제의 도입, ii) 온배수의 배출 및 확산구역 사용허가제의 도입, iii) 발전온배수 부담금 부과 및 온배수관리위원회 구성 등을 들 수 있다. 발전 온배수 관리방안의 첫 번째 제도적 규제는 발전소의 냉각수 취수에 대한 허가제도를 도입하는 것이다. 냉각수 취수는 수중 취수를 원칙으로 하며, 취수자는 냉각수량을 취소화하기 위한 모든 노력을 기울여야 하며 보편 타당성 있는 최신 기술을 사용하여 냉각계통을 설계하고 해양생태계 영향을 최소화하기 위한 시설을 설치하여야 한다는 규정을 제정한다.

둘째, 발전 온배수의 확산 구역 및 온배수의 배출 수온에 대한 제도적 규제가 필요하다. 이를 위해 온배수 배출 및 온배수 확산구역 사용허가 규정이 필요한 것으로 판단된다. 그 내용은 온배수 배출은 수중 배출을 원칙으로 하며<sup>51)</sup> 배출구뿐만 아니라 온배수 확산구역<sup>52)</sup>에서의 영향을 함께 고려하여 온배수 배출이 해양생태계에 미치는 영향을 예측하고, 예측된 영향에 대한 저감방안을 명기하여 온배수 배출 허가 및 확산구역 사용 요청서를 제출하도록 한다. 온배수 환경영향 평가는 생물검정 실험 결과와 확산구역 내의 수산업활동에 대한 피해보상 계획을 포함하도록 한다. 충남 연안의 수온 특성 및 현재의 발전소의 온배수 배출량 및 배출 수온을 감안하여 결정하되, 발전 온배수 수온은 배출구에서의 최대 허용수온 <math><35^{\circ}\text{C}</math>, 최대 허용  $\Delta T$  는 하절기  $\leq 7^{\circ}\text{C}$ , 동절기  $\leq 15^{\circ}\text{C}$ , 봄철과 가을철은 수온 변화에 따라 연동적으로 규정할 필요가 있다.

---

<sup>50</sup> 영광 원자력발전소에서 배출되는 온 · 배수 영향을 저감시키기 위한 방안 연구(신문섭, 박종화 외 2000) 결과 해도상의 수심이 10m 에서 저층 방류를 할 경우 온 · 배수확산 저감효과가 있는 것으로 나타났다.

<sup>51</sup> 수중배출을 계획하고 있는 신고리 원자력발전소는 우리나라 최초의 사례로 온배수 관리방안 수립에 좋은 지침이 된다.

<sup>52</sup> 온배수 확산구역은 정밀한 생물검정에 의하여 해역별 온배수 배출기준이 결정되기까지 잠정적으로 온배수가 자연해수와 혼합하여 그 차이가  $1^{\circ}\text{C}$ 에 도달하는 범위까지를 확산구역으로 정의한다.

셋째, 발전 온배수 부담금 부과 및 발전 온배수 관리위원회를 조직하고 운영할 필요가 있다. 발전 온배수 부담금 부과를 위하여 관리법 시행령에 환경개선부담금 징수대상으로 온배수를 정하고, 부담금 부과방법 및 징수방법 등 세부적 사항은 관리법 시행령과 시행규칙에 정하여야 한다. 지역 발전 온배수 관리위원회는 지역 어민대표, 발전 온배수 배출자, 지방자치 단체장이 임명한 온배수관련 전문가 등으로 구성하고, 온배수 배출에 대한 감시, 온배수 배출로 인한 영향에 대한 연차적 문제제기 및 배출자와의 협의, 온배수 배출로 인한 제반 영향에 대한 정밀조사 요청, 온배수 배출 부담금의 관리 및 사업 수행 등의 기능을 수행하도록 한다.

## 2. 발전 온배수의 활용 추진 전략

### 가) 발전 온배수의 농업부문 활용

#### ① 농업부문 광열동력비의 증가

1970년대 비닐 농법의 확산으로 시설원예가 본격화 된 이후 정부는 시설원예부문을 자본·기술 집약적 산업으로 육성하여 왔다. 원예작물 시설은 1900년대에 이르러 자동화 비닐 온실, 경질판 온실, 유리온실 등 인위적 환경 관리가 가능한 방향으로 발전하여 고비용·에너지 다소비적인 시설로 발전되어 왔다. 또한 원예작물 시설 및 장치도 자동화 온실, 관비·양액시설이 보급되고 있어 시설이 규모화·장치화되는 추세이다.

온실 난방은 석유에 의존하고 있는데, 최근의 석유값 급등<sup>53)</sup>과 관련하여 에너지 비용이 농가 경제의 부담이 되고 있다. 따라서 이러한 에너지 다소비적인 시설원예 부문에 발전 온배수를 이용함으로써 탄소배출이 적은 친환경적 시설원예 시스템을 개발할 필요성이 제기되어 왔다. 최근 시설농가의 최대 경영상 문제점은 난방비를 포함한 광열동력비의 비중이 경영비에서 차지하는 비중이 커지고 있다는 것이다. 경영비에서 광열동력비의 비중은 오이(축성) 32.2%, 토마토(축성) 31.9%, 장미

<sup>53)</sup> 2008년 배럴당 60 달러에서 2012년 현재 국제유가는 두바이유 113.69 달러, 브렌트유 116.41 달러이며, 국내 유가는 경유 1838.59 원으로 지속적으로 상승하였다.

30.5%, 카네이션 23.1%로 경영비의 20-30% 이상을 차지하고 있기 때문에 광열동력비를 절감하는 것이 곧 시설농가의 소득 증대로 이어지게 된다.

정부에서는 농업부문 신·재생에너지 활용 사업으로 시설농가에 지열히트펌프 방식<sup>54)</sup>을 권장하고 있다. 발전소 온배수 활용방법은 지열히트펌프 방식과 유사하나 지열이 아닌 온배수에서 열 회수를 한다는 점이 다르며, 온배수는 지열보다는 온도가 높고 물이기 때문에 열 회수 효율성이 높다. 또한 바다로 버려지는 발전소 온배수의 활용은 농어촌의 녹색성장을 위한 주요 방안이며, 발전소와 인근 주민이 대립적인 관계에서 협력적인 관계로 발전할 수 있는 계기가 될 것이다.

## ② 발전 온배수 활용의 조건

온배수를 활용한 시설농업 단지조성 가능성 여부는 온배수 이동 거리, 시설농업 여건, 주민 참여 의지 등 다양한 조건과 관련이 있어 이를 면밀히 검토해야 한다. 특히 높은 온도와 안정적인 발전소 온배수의 공급이 중요하다. 이를 위해 발전소 온배수가 바다로 배출되는 지점에서 발전 온배수를 공급받는 기존의 방식에서 벗어나 발전소 복수기 온배수 배출구에 가장 인접한 곳에 온배수 공급라인을 설치하여야 한다. 이는 온배수 관리의 강화 정책이 이루어지는 경우, 인근 해역에 방출되는 발전 온배수의 수온이 하강할 것이기 때문에 그 중요성이 크다. 발전 온배수가 공급되지 못할 비상시를 대비한 보조 가온시설을 설치하여야 한다.

또한 온배수의 이동 거리는 매우 중요한 변수로 작용한다. 발전 온배수를 활용한 시설농업은 초기 투자비용<sup>55)</sup>이 높고, 고도의 생산기술이 요구되는 바, 주변

---

<sup>54</sup> 지열히트펌프 방식은 시설하우스 토양 속에 수직 또는 수평으로 열 회수관을 매설하고 지열을 회수하여 히트펌프 장치에서 온도를 높여 온실에 공급하는 방식이다. 초기 농가들의 자부담이 크지만 한번 설치하면 난방비 부담을 대폭 줄일 수 있다.

<sup>55</sup> 온배수를 이용하기 위해서는 열의 회수, 저장, 변환, 수송 등의 기술을 활용한 냉난방 시스템인 히트펌프가 필요하다. 히트펌프를 이용하기 위해서는 히트펌프 설치를 위한 투자와 온배수를 끌어들이기 위한 배관시설이 선결되어야 한다. 히트펌프의 투자비는 3,000 평 유리온실을 기준, 히트펌프 설치에 8 억 3,800 만원, 보일러 설치에 5 억 9,000 만원이다. 온배수 이용을 위한 배관시설 설치비는 배관길이 2km, 배관직경 200mm 열관을 기준으로 할 경우 7 억 1,103 만원이 소요된다. 히트펌프 이용 시 연간 1 억 5,730 만원의 난방비를 절감할 수 있기 때문에 6.1 년 후에는 추가 투자비를 회수할 수 있다는 한국농촌경제연구원의 연구결과가 있다.

지역에 산재되어 있는 소규모 시설농가들을 조직화하는 것이 급선무일 것으로 판단된다. 또한 발전온배수 활용 시설농업으로 전환하는 농가들에게 생산기술에 대한 노하우 제공 방안을 수립하여야 하며 특히 초기의 투자비용에 대한 정부, 지자체, 발전소의 보조가 필요하다.

발전 온배수를 이용한 시설농업은 보조 장치를 부착할 경우 기술적으로는 난방의 에너지원으로 충분히 활용이 가능하지만, 난방 보조장치 설치와 온배수 이용을 위한 배관시설을 갖추는 데 상당한 투자가 소요됨으로써 농촌 현장에서 실용화를 어렵게 하고 있다. 현재의 기대수익으로는 농가단계에서 온배수 이용을 위한 시설투자가 매우 제한적일 수밖에 없다. 현재 여건하에서는 발전소 주변지역 가운데 상대적으로 경제성이 높고, 사업추진이 용이한 지역을 선정하여 망고, 화훼와 같은 에너지가 많이 소요되는 작물을 중심으로 소규모 시범사업을 시행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

## 나) 수산업 분야 활용

### ① 발전온배수의 활용의 효과

최근 수산업은 잡는 어업을 통한 수산물 생산량의 점유율은 점차 감소하는 추세이고 양식 수산물의 생산량은 증가하는 추세이다. 발전소 온배수를 활용한 양식어업은 저탄소 녹색성장 개념에 일치하고, 양식어업 경영비 절감 차원에서도 매우 필요하다. 특히 겨울철에 온배수를 양식장에 활용할 경우 비용 절감 이외에도 대상 어종의 성장 속도를 높여 연중 생산 혹은 생산주기를 단축시킴으로 추가적인 경제적 이익이 실현될 수 있다.

온배수의 수산업 분야 활용은 첫째, 온배수를 활용할 경우 기존 양식장보다 생산비용(난방비, 가온비 등)을 절감할 수 있고, 둘째, 온배수를 활용함으로써 기존 양식업의 유류 사용 및 이산화탄소 배출량 감축을 통해 저탄소 녹색성장 정책에 기여하며, 셋째, 폐자원으로 여겨지는 온배수를 양식장에 재활용함으로써 폐자원 활용 제고에 기여하고, 넷째, 양식산업 분야에 새로운 양식생산기법을 도입함으로써 새로운 고용 창출에 기여하며, 다섯째, 온배수 온도 저감을 통해 해양환경에 미치는 영향을 최소화한다는 기대효과가 있다.

## ② 발전온배수 활용의 조건

발전 온배수의 수산업부문 활용에는 기술적, 경제적, 제도적 제약요인이 존재한다. 기술적 요인은 첫째, 일부 발전소의 경우 온배수의 수온이 일정치 않을 수 있다는 것이다. 둘째, 해역에 따라, 발전소 위치 혹은 온배수 취수구 위치에 따라 온배수의 수질이 달라질 수 있으며, 셋째, 발전소의 연료 공급을 위한 대형 차량의 운행이 잦아, 진동 발생으로 인해 양식어류가 스트레스를 받아 성장이 늦어질 수도 있다는 점이다. 경제적 제약요인은 취수구에서부터 양식장까지의 취수관 설치 초기비용 부담이 매우 크다는 것과 발전소 주변의 지가가 다른 지역보다 상대적으로 높아 비용부담이 가중된다는 점이다. 안전성에 대한 인식문제(원전 온배수의 경우)로 출하 가격이 낮다는 것도 문제점이다. 제도적 제약요인으로는 향후 대량 폐사 등과 같은 예기치 못한 상황이 벌어질 경우에 발전소 측과 수산업자와의 갈등을 조정할 수 있는 제도적 장치를 만들어 줄 필요가 있다는 것이다. 법률적인 문건 같은 제도적 기반이 마련되어야 발전소 측이 향후 안정적이고 협조적으로 온배수를 양식업자에게 공급하는 것이 가능해질 것이기 때문이다.

성공적인 온배수 활용을 위해서는 온배수 활용에 따른 제약요인 해결을 우선적으로 추진하여야 한다. 구체적으로 첫째, 고온의 온배수 공급의 안정적 공급을 위한 제도가 마련되어야 한다. 이를 위해 농업분야의 경우와 마찬가지로 발전소 온배수가 바다로 배출되는 지점에서 발전 온배수를 공급받는 기존의 방식에서 벗어나 발전소 복수기 온배수 배출구에 가장 인접한 곳에 온배수 공급라인을 설치하여야 한다. 둘째, 시범 사업을 시행하여 온배수 활용 양식에 대한 경험을 습득하여야 한다. 셋째 초기비용 부담 감소를 위한 재정적 지원책이 마련되어야 한다. 넷째, 해역 특성을 반영한 양식장 구축 방안을 마련할 필요가 있다. 충남 서해안의 조수 간만의 차이가 크고 탁도가 높아 추가설비가 설치되기 때문에 해삼과 같은 고 부가가치 어종을 선택하여 한다. 또한 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양식의 경우 간조 시 취수가 불가능하여 실제적으로 양식사업이 불가능함으로 치어 및 치패 양식을 중심으로 사업을 시행하여야 할 것으로 판단된다. 마지막으로 후보지 선정에 주의를 기울여야 하며, 사업계획 수립 전 면밀한 경제성 평가를 시행하여야 한다. 즉 활용 가능 부지를 선정하여

검토하고<sup>56)</sup>, 시설의 규모를 정하고, 사업계획에 따라 필요한 제반 경비를 산정하고, 생산계획에 따른 대상 어종별 생산량을 기준으로 하여 경제적 타당성을 도출하는 로드맵을 수립하고 그에 따라 시행하여야 한다.

#### 다) 정부의 에너지 정책의 활용

정부의 에너지 정책 사업을 활용하여 농·어가의 자부담 비용을 줄일 수 있다. 관련 정책으로는 농식품부의 「농어업 에너지 효율화 사업」과 「제 3 차 수산진흥 종합대책(2010-2014)」이 있다. 수산진흥대책의 6 개 중점 추진과제에 ‘양식산업 에너지 절감’이 포함되어 있으며, 그 주요 내용은 양식장 배출수 폐열 회수장치 보급, 원자력 발전소의 온배수를 이용한 양식 등 양식산업과 전력산업의 융·복합화이다.

〈표 17〉 발전 온배수 활용관련 정부의 보조금 지원 정책

구 분	주관부서	주요 지원내용
지역에너지 절약사업	지식경제부	. 시설보조사업 소요자금의 70%이내 (한도 없으나, 2010 년 400 억 예산규모)
에너지이용 합리화사업		. 용자사업(소요자금의 80%이내) . 200 억원 이내, 3 년거치 5 년분할상환, 이자율 국고채 3 년물 연동
시설원에 에너지이용 효율화사업	농림수산식품부	. 에너지 절감시설 . 국비 30%, 용자 20%, 지방비 30%, 자부담 20%
농어업 기반정비사업		. 수산종묘 및 양식어장 (국고 50-80%)
시설원에 품질개선사업		. 육묘, 양액시설 등 시설 지원 (국고 20%, 용자 60%, 자부담 20%)

<sup>56)</sup> 부지 선정 시 고려되어야 할 사항은 온배수와 자연해수의 취수 및 배수가 원활한 곳, 양식시설이 발전소 고유 업무에 지장을 주지 않는 곳, 해일과 같은 재난재해로 인한 시설의 피해가 방지되는 곳, 교통 여건이 양호한 곳이어야 한다는 것이다.

사업관련 정부의 추진사업은 지식경제부 사업 2 종 (지역 에너지 절약사업, 에너지 이용 합리화 사업)과 농림수산식품부 사업 3 종(시설원에 에너지이용 효율화 사업, 농어업 기반 정비사업, 시설원에 품질개선 사업) 등이 있다. 열교환기 등 시설 자금의 경우 ‘지역에너지 절약사업’ 및 ‘시설원에 에너지 이용 효율화 사업’을 추진하고, 온실·양액시설 등 화훼시설은 ‘시설원에 품질개선 사업’추진을 통해 국비를 확보를 추진할 수 있다(사업별 주요 지원 세부내용은 부록 2 에서 6 참조).

### 3. 소결

발전 온배수 관리를 위한 제도적 규정의 주요 내용은 i)냉각수 취수에 대한 허가제도 도입, ii)발전 온배수의 확산 구역 및 온배수의 배출 수온에 대한 제도적 규제 도입, iii)발전 온배수 부담금 부과 및 발전 온배수 관리위원회의 조직 및 운영 등이다. 농업부문에 발전 온배수를 활용하기 위해서는 온배수 이동 거리, 시설농업 여건, 주민 참여 의지 등 다양한 조건을 면밀히 검토한 후 온배수를 직접 사용하기보다는 온배수 열을 이용하는 시범사업을 시행하여야 한다<sup>57)</sup>. 수산부문의 발전 온배수 활용의 경우 시범 사업을 시행하여 온배수 활용 양식장의 경험을 습득하고, 대상어종 특화를 통한 해역 특성을 반영한 양식장 사업계획을 구축하여야 한다<sup>58)</sup>.

#### ① 온배수 관리 방안

발전 온배수의 관리를 강화하기 위해서 발전온배수의 온도 규정 및 취·배수 방식의 변환과 같은 기술적 요인의 강화와 온배수 부담금 부과 및 관리위원회의 구성과 같은 제도적 규제가 필요하다.

<sup>57</sup> 농업부문의 경우 원전 홍보 또는 주변지역과의 공생관계를 감안하여 시설비의 일부분(50% 이상)을 관계 당국에서 보조할 경우 그 경제적 타당성이 존재하며, 사법 사업으로서 그 의미가 존재할 것으로 판단된다.

<sup>58</sup> 농업부문과 수산업부문의 경제성은 두 산업이 요구하는 수익률이 다르므로 금액적으로 비교하기 어려우나 현금 유입의 현재가치와 현금유출의 현재가치를 동일하게 하는 내부투자수익률을 기준으로 시설농업과 양식업을 비교할 경우 모든 양식업을 수행할 경우 경제적 타당성이 높게 나타난다.

온배수 배출구에서의 최대 허용수온(35°C)을 규정하고, 하절기와 동절기의 자연해수와의 온도차(하절기 7°C, 동절기 15°C)의 허용치를 규정해야 한다. 또한 온배수에 의한 열 부하량의 총량을 방류 해역이 온배수를 수용할 수 있는 환경용량 범위 내로 규제할 필요가 있으며, 신규 설립 예정인 충남 내 발전소의 경우, 인허가 과정에서 「 발전소건설 및 운영관리 환경협정 」 또는 「 환경영향평가 협의 」 내용에 이에 대한 항목을 강제 규정으로 삽입할 필요가 있다.

발전소의 냉각수의 취수와 발전 온배수의 배수방식의 변환을 통하여 온배수로 인한 해양생태계의 피해를 줄이기 위한 방안을 발전소들이 강구하도록 조치할 필요가 있다. 주요 저감방안으로는 심층취수, 심층배수, 냉각지와 냉각탑의 적용이 있다. 우리나라의 경우 심층배수, 심층취수 방식의 도입이 바람직하며, 구체적으로 신축되는 발전소에서는 해안에서 800m, 수심 20m 에서 저온의 냉각수를 취수하고 해안에서 약 600m, 수심 10~20m 에서 방류하는 것이 바람직하다.

발전 온배수 관리를 위한 제도적 규제로는 i) 냉각수 취수허가제의 도입, ii) 온배수의 배출 및 확산구역 사용허가제의 도입, iii) 발전온배수 부담금 부과 및 온배수관리위원회 구성 등을 들 수 있다. 발전소의 냉각수 취수에 대한 허가제도의 내용은 냉각수 취수는 수중 취수를 원칙으로 하며, 취수자는 냉각수량을 최소화하기 위한 모든 노력을 기울여야 하며 보편 타당성 있는 최신 기술을 사용하여 냉각계통을 설계하고 해양생태계 영향을 최소화하기 위한 시설을 설치하여야 한다는 것이다.

발전 온배수 배출 및 온배수 확산구역 사용허가 규정의 내용은 온배수 배출은 수중 배출을 원칙으로 하며 온배수 확산구역에서의 영향을 고려한 온배수가 해양생태계에 미치는 영향 예측, 예측된 영향에 대한 저감방안, 수산업 피해보상계획을 명기하여 온배수 배출 허가 및 확산구역 사용 요청서를 제출하도록 하는 것이다. 발전 온배수 수온은 배출구에서의 최대 허용수온 <35°C, 최대 허용  $\Delta T$  는 하절기  $\leq 7^\circ\text{C}$ , 동절기  $\leq 15^\circ\text{C}$ , 봄철과 가을철은 수온 변화에 따라 연동적으로 규정할 필요가 있다.

마지막으로 발전 온배수 부담금 부과 및 발전 온배수 관리위원회를 조직하고 운영할 필요가 있다. 발전 온배수 부담금 부과방법 및 징수방법 등 세부적 사항은 관리법 시행령과 시행규칙에서 정하며, 지역 어민대표, 발전 온배수 배출자, 온배수관련 전문가 등으로 지역 발전 온배수 관리위원회를 구성하고, 온배수

배출에 대한 감시, 온배수 배출로 인한 영향에 대한 연차적 문제제기 및 배출자와의 협의, 온배수 배출로 인한 제반 영향에 대한 정밀조사 요청, 온배수 배출 부담금의 관리 및 사업 수행 등의 기능을 수행하도록 한다.

## ② 농업부문 활용

원예작물 시설은 자동화 비닐 온실, 경질판 온실, 유리온실 등 인위적 환경관리가 가능한 방향으로 발전하여 고비용·고효율 에너지 다소비적인 시설로 발전되어 왔고, 또한 시설의 규모화·장치화되는 추세로, 시설원예 부문에 발전 온배수를 이용함으로써 화석 에너지 소비를 줄이고, 탄소배출이 적은 친환경적 시설원예 시스템을 개발할 필요성이 제기되어 왔다. 경영비에서 광열동력비의 비중은 20-30% 이상이기 때문에 이를 절감하는 것이 곧 시설농가의 소득 증대로 이어지게 된다.

발전 온배수를 활용한 시설농업 단지조성 가능성 여부는 온배수 이동 거리, 시설농업 여건, 주민 참여 의지 등 다양한 조건과 관련이 있어 이를 면밀히 검토해야 한다. 특히 수온이 높은 발전 온배수를 공급받기 위해 발전소 온배수가 바다로 배출되는 지점에서 발전 온배수를 공급받는 기존의 방식에서 벗어나 발전소 복수기 온배수 배출구에 가장 인접한 곳에 온배수 공급라인을 설치하여야 한다. 이는 온배수 관리의 강화 정책이 이루어지는 경우, 인근 해역에 방출되는 발전 온배수의 수온이 하강할 것이기 때문에 그 중요성이 크다. 또한 온배수의 이동 거리는 매우 중요한 변수로 작용하는데, 이동 시 발전 온배수의 온도가 하강하는 것을 줄이기 위해 지하매립 방식 등의 도입이 필요하다. 온배수 활용 시설농업은 초기 투자비용이 높고, 고도의 생산기술이 요구되는 바, 주변 소규모 시설농가들을 조직화하는 것이 필요하다. 또한 온배수 활용 시설농업으로 전환하는 농가들에 대한 생산기술 노하우 제공 방안을 수립하여야 하며 특히 초기의 투자비용에 대한 정부, 지자체, 발전소의 보조가 필요하다. 현재 여건하에서는 발전소 주변지역 가운데 상대적으로 경제성이 높고, 사업추진이 용이한 지역을 선정하여 망고, 화훼와 같은 에너지가 많이 소요되는 작물을 중심으로 소규모 시범사업을 시행하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

### ③ 수산업 분야 활용

최근 수산업은 잡는 어업에서 기르는 어업으로 변화하고 있다. 발전 온배수를 양식장에 활용할 경우 비용 절감과 어종의 연중 생산주기를 단축시킴으로써 경제적 이익이 실현될 수 있다. 성공적인 온배수 활용을 위해서는 첫째, 고온의 온배수 공급의 안정적 공급을 위한 방안이 마련되어야 한다. 농업분야 보다는 그 중요성이 적지만, 수온이 높은 발전 온배수를 공급받기 위해 발전소 복수기의 온배수 배출구에 가장 인접한 곳에 온배수 공급라인을 설치하여야 한다. 온배수 공급관은 발전 온배수의 온도 하강을 줄이기 위해 지하매립 방식을 도입한다. 둘째, 시범 사업을 시행하여 온배수 활용 양식에 대한 경험을 습득하여야 한다. 셋째 초기비용 부담 감소를 위한 재정적 지원책이 마련되어야 한다. 넷째, 해역 특성을 반영한 양식장 구축 방안을 마련할 필요가 있다. 충남 서해안은 조수 간만 차가 크고 탁도가 높아 추가설비가 설치되기 때문에 해삼과 같은 고 부가가치 어종을 선택하여야 하며, 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양식의 경우 간조 시 취수가 불가능함으로 치어, 치패 양식을 중심으로 한 중간육성 사업을 시행하여야 한다. 판단된다. 마지막으로 사업계획 수립 전 면밀한 경제성 평가를 시행하여야 한다. 즉 활용 가능 부지를 선정하여 검토하고, 시설의 규모를 정하고, 사업계획에 따라 필요한 제반 경비를 산정하고, 생산계획에 따른 대상 어종별 생산량을 기준으로 하여 경제적 타당성을 도출하는 로드맵을 수립하고 그에 따라 시행하여야 한다.

### ④ 정부의 에너지정책 활용

정부의 에너지 정책 사업을 활용하여 농·어가의 초기 시설 설치의 자부담 비용을 줄여야 한다. 관련 정책으로 농식품부의 「농어업에너지효율화사업」과 「제 3 차 수산진흥 종합대책(2010-2014)」이 있다. 수산진흥대책의 6 개 중점 추진과제에 ‘양식산업 에너지 절감’이 포함되어 있으며, 주요 내용은 양식장 배출수 폐열 회수장치 보급, 원자력 발전소의 온배수를 이용한 양식 등 양식산업과 전력산업의 융·복합화이다. 사업관련 정부의 추진사업은 지식경제부 사업 2 종(지역 에너지 절약 사업, 에너지 이용 합리화 사업)과 농림수산식품부 사업 3 종(시설원에 에너지 이용 효율화 사업, 농어업 기반 정비사업, 시설원에 품질개선사업) 등이 있다. 열 교환기 등 시설 자금의 경우 ‘지역에너지 절약사업’ 및 ‘시설원에 에너지 이용 효율화 사업’을 추진하고, 온실·양액시설 등 화훼시설은 ‘시설원에 품질개선 사업’ 추진을 통해 국비를 확보한다.

## VI. 결론 및 정책 제언

### 1. 결론

충남의 화력발전소에서 배출되는 발전 온배수는 연간 113.8 억톤에 이른다. 그 중 보령화력과 복합화력이 위치한 보령지역에서 연간 46.4 억톤의 발전 온배수가 유출되며, 다음으로는 태안화력이 연간 36.3 억톤의 발전 온배수를 해양에 직접 유출하고 있다. 보령화력과 태안화력은 전국의 발전소 중 원자력발전소를 제외하면 발전소 당 가장 많은 온배수를 배출하고 있다.

온배수로 대표되는 해양의 열 오염(thermal pollution)은 적정수온의 범위 내에서는 수온 상승이 해양생물의 성장을 촉진하지만, 임계수온 이상에서는 해양생물의 생체리듬이 깨지면서 생산성 저하 및 서식 범위 축소 등을 유발하고 심지어는 해양생물의 사망을 초래한다. 열 오염은 생물의 군집구조가 변하거나 특정생물의 도피, 소멸 또는 새로운 종들의 발생을 초래하는데, 특히 정착성 어패류가 많이 서식하는 어장 및 양식어장에 온배수가 배출되면 생물의 도피가 어렵기 때문에 열 오염에 따른 피해가 발생한다. 발전소에 의한 해양 생물의 피해는 i) 냉각수의 취수 구조물에 충돌하여 입는 대형생물의 치사, ii) 냉각계통을 통과하는 미소생물의 치사, iii) 주변 수온 상승 수역의 생물상 변화 등으로 구분된다.

충남 내 화력발전소 들은 엄청난 양의 발전 온배수를 배출하고 있으나 국가적, 지역적으로 이를 관리하는 제도적 장치가 미비한 실정이다. 이를 개선하기 위해 신규 설립 예정인 충남 내 발전소의 경우, 인허가 과정에서 「발전소 건설 및 운영관리 환경협정」 또는 「환경영향평가 협의」 내용에 발전소 취수·배수방식의 변환을 통하여 온배수로 인한 해양생태계의 피해를 줄이기 위한 방안을 발전소들이 강구하도록 조치할 필요가 있다.

발전 온배수의 제도적 관리방안으로 첫째, 냉각수 취수에 대한 허가제도를 도입하여, 취수자로 하여금 냉각수량을 최소화 하고 최신 기술을 사용한 냉각계통을 설계하고 해양생태계 영향을 최소화하기 위한 시설을 설치하는 노력을 기울이도록 규제할 필요가 있다. 둘째, 발전 온배수의 확산 구역 및 온배수의 배출수온에 대한 제도적 규제로 온배수 배출 및 온배수 확산구역 사용허가 규정을

제정할 필요가 있다. 온배수 배출은 수중 배출을 원칙으로 하며 배출구뿐만이 아니라 온배수 확산구역에서의 영향을 함께 고려하여 온배수 배출이 해양생태계에 미치는 영향을 예측하고, 예측된 영향에 대한 저감방안, 피해보상 계획을 명기하여 온배수 배출 허가 및 확산구역 사용 요청서를 제출하도록 한다. 발전 온배수 수온은 기존의 연구를 인용하여 배출구에서의 최대 허용수온  $<35^{\circ}\text{C}$ , 최대 허용  $\Delta T$  는 하절기  $\leq 7^{\circ}\text{C}$ , 동절기  $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 로 규정할 필요가 있다. 셋째, 발전 온배수 부담금을 부과하는 방안을 마련하고 (가칭)발전 온배수 관리위원회를 조직하고 운영할 필요가 있다. 발전 온배수 부담금 부과를 위하여 관련법의 개정이 필요하며, 지역 발전 온배수 관리위원회를 지역 어민대표, 발전 온배수 배출자, 지방자치단체장이 임명한 온배수관련 전문가 등으로 구성하고, 온배수 배출에 대한 감시, 온배수 배출로 인한 영향에 대한 연차적 문제제기 및 배출자와의 협의, 온배수 배출로 인한 제반 영향에 대한 정밀조사 요청, 온배수 배출 부담금의 관리 및 사업 수행 등의 기능을 수행하도록 한다.

온배수 활용을 위해 노력하고 있는 다른 발전소들과는 달리 충남 내 화력발전소 들은 온배수 재활용 사업이 전무하다. 이를 개선하기 위해 신규 설립 예정인 충남 내 발전소의 경우, 인허가 과정에서 「발전소 건설 및 운영관리 환경협정」 또는 「환경영향평가 협의」 내용에 발전소 온배수에 관한 활용 항목을 강제규정으로 삽입할 필요가 있다. 충청남도의 발전 온배수 활용 정책의 기본 전략은, 농업 부문 활용, 수산업 부문 활용, 정부의 에너지 정책의 활용이다. 구체적으로 농업부문의 경우, 온배수 활용 시설농업 단지조성 가능성 여부는 온배수 이동 거리, 시설농업 여건, 주민 참여 의지 등 다양한 조건을 면밀히 검토한 후 온배수를 직접 사용하기보다는 온배수 열을 이용하는 시범사업을 시행하여야 한다. 특히 높은 발전소 온배수의 공급받기 위해 발전소 온배수가 바다로 배출되는 지점에서 발전 온배수를 공급받는 기존의 방식에서 벗어나 발전소 복수기 온배수 배출구에 가장 인접한 곳에 온배수 공급라인을 연결하여야 한다. 이는 온배수 관리의 강화 정책이 이루어지는 경우, 인근 해역에 방출되는 발전 온배수의 수온이 하강할 것이기 때문에 그 중요성이 크다. 주변 소규모 시설농가들을 조직화하고, 온배수 활용 시설농업으로 전환하는 농가들에 대한 생산기술 노하우 제공 방안을 수립하며, 초기 투자비용에 대한 정부, 지자체, 발전소의 보조가 필요하다. 발전소 주변지역 가운데 상대적으로 경제성이 높고, 사업추진이 용이한 지역을 선정하여 망고, 화훼 등 고 에너지 소요 작물을 중심으로 소규모 시범사업을 시행하는 것이 적절하다.

수산부문의 경우 시범 사업을 시행하여 온배수 활용 양식장의 경험을 습득하고, 대상어종 특화를 통한 해역 특성을 반영한 양식장 사업계획을 구축하여야 한다. 농수산 부문 공히 초기비용 부담 감소를 위한 재정적 지원책이 마련되어야 하며, 발전소와 지역 주민간 공동체 의식을 제고하고, 적극적인 민간 참여를 유도하여야 한다. 발전 온배수를 양식장에 활용할 경우 비용 절감과 어종의 연중 생산주기를 단축시킴으로써 경제적 이익이 실현될 수 있다. 성공적인 온배수 활용을 위해서는 첫째, 고온의 온배수 공급의 안정적 공급을 위한 방안이 마련되어야 한다. 둘째, 시범 사업을 시행하여 온배수 활용 양식에 대한 경험을 습득하여야 한다. 셋째 초기비용 부담 감소를 위한 재정적 지원책이 마련되어야 한다. 넷째, 해역 특성을 반영한 양식장 구축 방안을 마련할 필요가 있다. 충남 서해안은 조수 간만 차가 크고 탁도가 높아 추가설비가 설치되기 때문에 해삼과 같은 고 부가가치 어종을 선택하고, 치어, 치패 양식을 중심으로 한 중간육성 사업을 시행하여야 한다. 판단된다. 마지막으로 후보지 선정에 주의를 기울여야 하며, 사업계획 수립 전 면밀한 경제성 평가를 시행하여야 한다. 경제적 타당성을 도출하는 로드맵을 수립하고 그에 따라 시행하여야 한다.

정부의 에너지 정책 사업을 활용하여 농·어가의 초기 시설 설치의 자부담 비용을 줄여야 한다. 관련 정책으로 농식품부의 「농어업에너지효율화사업」과 「제 3 차 수산진흥 종합대책(2010-2014)」이 있다. 사업관련 정부의 추진사업은 지식경제부 사업 2 종(지역 에너지 절약 사업, 에너지 이용 합리화 사업)과 농림수산식품부 사업 3 종(시설 원예 에너지 이용 효율화 사업, 농어업 기반 정비사업, 시설원예 품질개선사업) 등이 있다.

## 2. 정책제언

충남에 과도하게 집중 입지한 화력발전의 온배수 피해는 현재보다 더 심각해질 것으로 판단된다. 따라서 충남 서해안의 해양생태계 피해를 줄이기 위해 발전 온배수 배출기준과 피해관련 규정을 제정해야 한다. 배출기준 및 관리심의위원회를 신설하고 객관적 피해범위 산정 조사지침을 개발해야 한다.

신규 발전소의 경우 현재 가장 온배수 피해를 저감한다고 인정되고 있는 저층 취·배수 방식을 도입하도록 강제하고 기존 발전소 등도 시설을 개선토록 요구해야 한다. 충남에 적합한 온배수 배출기준(안)을 마련해야 한다. 온배수 배출구에서의

최대 허용수온을 35℃로 규정하고 하절기에는 자연해수 온도와 7℃ 차이를 넘지 못하도록 하며, 동절기의 겨우 온도 차 15℃를 초과할 수 없도록 규정해야 한다.

충남 연안의 온배수 환경용량 산정에 대한 연구가 필요하다. 온배수 환경용량이란 대상해역이 악영향을 받지 않고 수용할 수 있는 최대의 온배수 열 부하량을 의미한다(김광수, 최영찬 외 2000). 온배수에 의한 열 부하량의 총량을 방류 해역이 온배수를 수용할 수 있는 환경용량 범위 내로 규제할 필요가 있다.

어업피해에 대한 세밀한 조사 및 연구가 미흡하였으며, 이에 대한 정밀한 분석이 필요하다. 연안 생태계 오염 조사 기관의 독립성 및 전문성 확보로 피해조사의 신뢰성 구축 필요하다. 이를 위해 온배수배출 관련 협의체를 구성하여 영향 범위, 온배수온도 실측, 온배수의 수질 등 온배수배출 실태 조사와 온배수배출로 인한 지속적인 피해조사를 감독할 필요가 있다.

현재 충청남도에 전무한 발전 온배수 활용에 관해서는 사업 초기비용을 조달할 수 있는 방안을 도정이 마련하여야 한다. 또한 도 차원에서 시범사업을 시행하거나, 기초 지자체가 시범사업을 시행할 수 있도록 지원해야 할 필요가 있다. 연안에 배출됨으로써 해양생태계를 오염시키는 온배수를 우선 수산양식에 이용하고 농산물 재배는 시범적으로 추진하여 앞으로 닥칠 에너지 가격 폭등에 대비하고 세계적인 경쟁력을 가질 필요가 있다. 발전온배수 활용 사업을 계획할 때 충분한 사전조사를 할 필요가 있다. 단기적 구상이 아닌 시간을 가지고 계획해야 한다는 것으로 구상 시설에 대한 사례조사와 경제성 분석이 필요하다.

발전 온배수 부담금을 부과하는 방안을 마련하고 (가칭)발전 온배수 관리위원회를 조직하고 운영할 필요가 있다. 발전 온배수 부담금 부과를 위하여 관련법의 개정이 필요하며 필요한 경우, 대선 공약 또는 국회의원 공약으로 선정될 수 있도록 노력할 필요가 있다. 지역 발전 온배수 관리위원회를 구성하여, 온배수 배출에 대한 감시, 온배수 배출로 인한 영향에 대한 연차적 문제제기 및 배출자와의 협의, 온배수 배출로 인한 제반 영향에 대한 정밀조사 요청, 온배수 배출 부담금의 관리 및 사업 수행 등의 기능을 수행하도록 한다. 온배수 배출 부담금은 도 차원에서 각 기초 지자체의 온배수 활용 농수산업 부문 사업의 재원으로 사용되어야 한다.

## 부 록

[부록 1] 전국 발전소별 온배수 배출현황 (2010)

업체명	배출단위	배수량(억톤/년)	설계 $\Delta T(^{\circ}C)$	발전용량(MW)
남부발전(주)	하동화력	33.3	6.4	1,800
	영남화력	1.2	8.0-8.3	400
	신인천복합	10.7	7.0	1,800
	부산복합	6.1	8.2	1,800
	남제주화력	2.9	7.0	240
	소계	54.2		6,040
남동발전(주)	삼천포화력	27.3	6.4-9.5	3,245
	영동화력	2.5	9.2	320
	여수화력	1.3	6.4-9.4	529
	영흥화력	38.2	6.4	3,340
	소계	69.3		7,434
서부발전(주)	태안화력	36.3	7.7	4,000
	평택화력	7.6	10.0	1,880
	서인천복합	4.9	6.4	1,800
	소계	48.8		7,680
동서발전(주)	당진화력	28.6	6.4-6.8	4,000
	호남화력	6.4	8.8	500
	동해화력	4.0	7.2	400
	울산화력/복합	9.3	7.0-10.0	3,000
	소계	48.3		7,900
중부발전(주)	보령화력/복합	46.4	6.4-7.0	5,350
	서천화력	2.5	9.4	800
	인천화력/복합	5.6	7.0-10.2	1,150
	제주화력	2.1	7.0	285
	소계	56.6		7,585
한국수력원자력(주)	고리원자력	41.8	4.7	5,137
	영광원자력	81.6	7.4	5,900
	월성원자력	47.0	8.2	3,779
	울진원자력	80.0	7.2	5,900
	소계	250.4		20,716
합계		527.6		57,355

\* 원자력 발전용량은 2012년 9월 기준(한국수력원자력 홈페이지)

\*\*설계  $\Delta T(^{\circ}C)$ : 설계상 취배수구의 수온차이

## [부록 2] 지경부 지역 에너지 절약사업

- 정의: 지자체가 관할지역내의 에너지수급안정 또는 에너지이용합리화를 목적으로 추진하는 제반사업
  - 기반구축사업(지자체가 지역내의 에너지를 효율적으로 활용하기 위한 능력을 확충하기 위한 사업)
  - 시설보조사업(지역 내의 에너지수급 안정 또는 에너지이용합리화를 목적으로 설치하는 에너지관련 시설 및 설비를 지원하는 사업)
    - 발전소·공장·건물 등 대규모 사업장의 폐열을 다목적(난방·온수·농축산용 등)으로 이용하거나 인근지역에 공급하기 위한 시설
  - 정책기획사업(정부가 정책목표 달성을 위해 정한 특정분야의 시설 지원사업)
  
- 지원범위
  - 시설보조사업은 소요자금의 70%이내(한도 없음)  
(매칭펀드 국비 70%, 지방비 30%, 2010년 400억 규모)
  
- 평가 및 심의
  - 에너지관리공단 “지역에너지절약사업 평가위원회”(평가)
  - 지식경제부 지역에너지절약사업 심의위원회(심의)
  
- 사업계획 제출
  - 지자체의 장은 지역특성에 맞는 사업계획을 수립하여 매년 4월 15일까지 에너지관리공단 지역센터장에게 제출 → 4월말일까지 검토의견 첨부하여 본사 제출
  
- 사업의 선정 및 통지
  - 심의위원회의 심의를 거쳐 10월 15일까지 지자체에 통지

### [부록 3] 지경부 에너지이용 합리화 사업

- 용자사업
- 자금지원범위 : 소요자금의 80%이내
  - 시설자금은 부대설비의 구입비, 설치·개수공사비, 보수비·설계·감리비(기술도입비 포함) 및 시운전비 한정(다만, 부가가치세, 토지구입비 및 해당시설 설치에 필수적인 구축물을 수반하지 않는 건물공사비는 제외, 보수비는 시설자금을 받아 투자한 업체의 당해시설 1 회에 한하여 기 추천액의 50%이내)
- 자금지원조건
  - 시설자금 '에너지절약시설설치사업'  
(200 억원 이내, 3 년거치 5 년분할상환, 이자율은 국고채 3 년 유통물 평균 수익률에 연동하여 분기별 조정)
  - 자금지원대상자  
(해당 에너지절약시설을 신·증설 또는 개체하고자 하는자(다만, 동 지침 적용년도 기준으로 전전년도 에너지사용량이 2 천 toe 이상인 사업장의 경우 '자발적협약 참여의향서'를 제출한 사업장에 한함)
- 대상설비
  - 에너지 절약시설 설치사업의 공통설비  
(다항목의 폐열에너지 회수설비)
  - 폐열회수 열교환장치
  - 폐열회수형 버너
  - 폐열이용 보일러
  - 폐열 또는 폐압력 이용 발전장치
  - 공정 폐가스 이용장치
  - 잉여열이나 공정 발생열을 회수하여 다른 사업장에 공급하기 위한 설비와 공급받아 사용하기 위한 설비
  - 폐열회수형 히트펌프

[부록 4] 농림수산물부 시설원에 에너지이용 효율화 사업

- 사업목적
  - 유가 및 농자재 가격 상승으로 인한 시설원예(채소·화훼·과수) 농가의 경영비 부담 경감과 에너지이용 효율화 등을 위해 신재생에너지원인 지열 및 목재펠릿 난방시설과 에너지 절감시설을 보급
- 지원대상
  - 시설원예 농가 중 겨울철 보온 및 난방을 필요로 하는 농업인(법인)
- 사업내용
  - 지열난방 설비 설치 지원: 천공, 히트펌프, 배관 등 관련시설 지원
  - 목재펠릿 난방기 시범사업: 펠릿을 원료로하는 난방기로 향후 사업규모 확대
  - 에너지 절감시설 설치 지원: 고효율난방기 및 보온시설 설치 지원
- 재원 : 에너지 및 자원사업 특별 회계(에특회계)
- 자금유형
  - 265,500 백만원  
(국고 139,650 용자 13,100 지방비 59,650 자부담 53,100)
- 지원조건
  - 지열난방 설비 설치 지원 : 국고보조 60%, 지방비 20%, 자부담 20%
  - 목재펠릿 난방기 및 에너지 절감시설 설치 지원 : 국고보조 30%, 용자 20%, 지방비 30%, 자부담 20%.
- 사업주관기관 : 시장·군수(지열은 한국농어촌공사 위탁 시행)
- 사업담당부서 : 농림수산물부 채소특작과(02-500-2019)
  - 시·도(농산유통과, 친환경농업과 등), 시·군·구(농림과,농정과 등)
- 신청기관 : 시장·군수·구청장

## [부록 5] 농림수산식품부 농어업기반 정비사업

- 사업목적
  - 농어촌지역의 농수산업 생산 활동에 필요한 농업생산기반시설, 농업교육시설, 어항기반시설, 수산자원회복시설 정비 등 기초 인프라 기반 확충
- 지원대상
  - 농업생산기반정비, 농업교육, 어항기반시설정비, 수산자원회복 등
- 사업내용
  - 발기반정비, 대구획경지정리, 농업사관학교건립, 소형어선인양기설치, 지방어항, 복합다기능부잔교시설, 새만금대체어항, 양식어장관리, 인공어초, 수산종묘관리, 내수면어업생산시설 등
- 재 원 : 광역지역발전특별회계
- 자금유형
  - 지역개발계정 : 240,260 백만원
  - 제주특별자치도계정 : 44,044 백만원
- 지원조건
  - 국고 50~80%(‘10년도 신규사업부터 국고 80%, 지방비 20%)
- 사업주관기관 : 시·도지사
- 사업담당부서
  - 농림수산식품부 : 농업기반과(02-500-1831), 경영조직과, 수산개발과, 자원환경과 등
  - 시·도 : 농업정책과, 농산지원과, 농촌개발과, 수산개발과 등
  - 시·군 : 농업기반과, 건설과, 수산개발과 등
  - 한국농어촌공사 : 한국농어촌공사 지사
- 신청기관
  - 시·군, 한국농어촌공사 지사

[부록 6] 농림수산물부 시설원에 품질개선 사업

- 사업목적
  - 자유무역협정 등에 대비하여 원예전문수출생산단지의 시설 현대화, 규모화, 전문화를 지원하여 안정적인 수출 기반 조성
- 지원대상
  - 농림수산물부장관이 지정한 원예전문 수출생산 단지(채소·화훼)에 소속된 농업인(법인) 및 생산단체 중 시설 현대화 또는 증·개축을 원하는 자
- 사업내용
  - 시설개선 및 현대화: 공정육묘장, 양액시설, 양액 재활용 시설, 자동환경 제어시설, 에너지 효율형 냉·난방·보온시설, 유통개선 및 안전관리 시설 등
  - 단지 증·개축: 유리온실, 자동화 비닐온실 및 부대시설 증·개축
  - \* 증축은 기존설비의 30% 이내에서 가능
- 재 원 : FTA 기금
- 자금유형
  - '10 사업비 : 61,348 백만원(국고 12,440 용자 36,468 자부담 12,440)
- 지원조건
  - 지원비율: 국고보조 20%, 용자 60(금리 3%, 3년거치 7년 분할상환), 자부담 20
  - \* 용자부분은 농가부담의 경감을 위해 지자체에서 지방비 대체지원 권장
- 사업주관기관: 시장 · 군수
- 사업담당부서: 농림수산물부 채소특작과(02-500-2019)
  - 시·도(농산유통과, 친환경농업과 등), 시·군·구(농림과, 농정과 등)
- 신청기관: 시장 군수 · 구청장

[부록 7] 충남 화력발전 온배수 활용 시설 구상

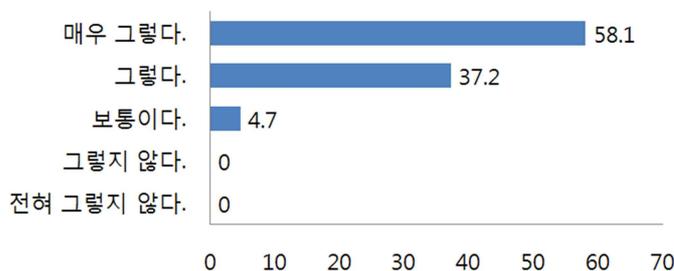
4 차례에 걸쳐 발전소 인근 지역 주민들과 간담회를 개최하였고, 소수이기는 하지만 참석한 주민들을 대상으로 발전 온배수 활용에 대한 인식 설문조사를 수행하였다. 또한 보령시, 태안군, 서천군, 당진군에 희망하는 시설에 대한 조사를 시행하였고, 해당 부처가 없는 당진군을 제외한 3 개 시·군으로부터 사업계획을 제출 받았다. 이들 사업들을 검토하여 수정 후 기본적인 구상을 수행하였다.

① 지역주민의 화력발전소 온배수 활용에 대한 인식조사

4 차례에 걸쳐 발전소 인근 지역 주민들과 간담회를 개최하였다. 간담회의 본래 취지는 발전소, 시·군, 주민간의 의사 소통과 발전 온배수의 활용과 관련한 협력 문제를 논의하기로 한 자리로 도청이 주관하여 본 연구자가 발전 온배수 문제에 대해 발표하고 각 시·군이 희망하는 온배수 활용 사업을 설명하고 관련 당사자들이 논의하는 것이었다. 그러나 발전소 측이 참석하지 않는 경우와, 시·군이 주민을 참석시키지 않고 발전소 측만 참석한 경우로 양분되어, 원래의 의도를 충족시키지 못하였다.

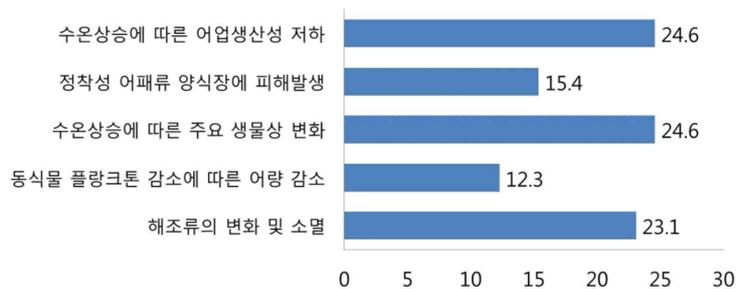
소수이기는 하지만 참석한 주민들을 대상으로 발전 온배수 활용에 대한 인식 설문조사를 수행하였다. 소수의 응답자를 대상으로 한 것이란 한계점이 있지만, 응답자가 간담회에 적극적으로 참석한 주민이라는 점에서 발전 온배수의 문제점과 활용방안에 대한 주민인식을 알아보는 출발점으로 삼고자 한다.

설문 대상인 간담회에 참석한 주민 중 총 45 명이 응답하였다. 직업 구성은 농민(47.7%), 어민(25.0%), 공무원(9.1%), 무응답 포함 기타 18.1%이다. 발전 온배수의 영향으로 어업활동 및 해양생태계에 피해가 있다고 생각하는 지에 대한 응답으로는 '그렇다' (37.2%), '매우 그렇다' (58.1%)로 응답하여 대부분(95.3%)이 피해가 있다고 인식하고 있는 것으로 나타났다.



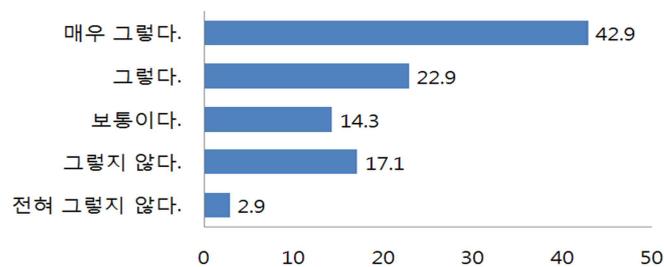
<그림> 발전온배수의 어업활동 및 해양생태계 영향 여부

발전온배수가 어떤 부분에 영향을 주었는지에 대한 응답으로는 수온상승에 따른 어업생산성 저하(24.6%), 정착성 어패류 양식장에 피해 발생(15.4%), 수온상승에 따른 주요 생물상 변화(24.6%), 동식물 플랑크톤 감소에 따른 어량 감소(12.3%), 해조류의 변화 및 소멸(23.1%)에 응답하여 어업생산성 저하와 주요 생물상 변화에 영향을 미쳤다는 응답이 가장 많았다.



〈그림〉 발전 온배수로 인한 피해

거주지에 발전온배수를 활용한 새로운 사업을 할 경우 찬반에 대한 응답은 찬성(97.3%), 반대(2.7%)로 온배수를 활용한 사업 시행을 원했으며, 각 시·군이 제시한 발전온배수 활용관련 사업 대한 타당성에 대한 응답은 '그렇다' 22.9%, '매우 그렇다' 42.9%로 응답하여 대체로 타당하다(65.8%)라고 응답하였다.



〈그림〉 시·군이 제시한 온배수 활용사업에 대한 타당성

발전소 온배수 활용관련 사업에 있어 지역주민의 희망사항의 주관식 응답은 원예 시설재배 사업을 가장 선호하였고, 다음으로 식물원 조성, 지역난방의 순으로 나타났다.

〈표〉 주민 희망 온배수 활용 사업(주관식)

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원예 시설재배 사업(8)</li> <li>- 관광단지 식물원 조성사업(3)</li> <li>- 지역난방시설(3)</li> <li>- 휴양 및 체육시설(2)</li> <li>- 바다목장 설치(2)</li> <li>- 수익성이 높은 사업을 통하여 지역피해를 최소화(2)</li> <li>- 온배수 관련 팀 구성으로 어패류 서식지 복원 등 지원</li> <li>- 전복, 해삼 양식 및 종묘생산업(특히 해삼종묘배양장-수출용)</li> <li>- 개별난방</li> <li>- 발전소 배관을 우선적으로 설치요망(발전소에서 담당)</li> </ul> |
|--|

**② 보령시 - 수산종묘(해삼) 배양장, 연안바다목장 조성**

보령시의 경우, 연안바다목장 조성과 수산종묘 배양장 사업을 희망하였는데, 수산종묘 배양장 사업의 경우, 중부발전의 보령화력 7,8 호기 건설 이행각서에 명기된 "수산종묘배양장"을 신축하기로 결정하고 시행시기는 2013 년으로 하고 운영방안 등은 보령시와 추후 협의한다"는 합의 공문만을 주고 받은 상태이다.

**〈수산종묘 배양장(해삼 양식) 시범사업〉**

보령연안은 조수 간만의 차가 크고 탁도가 높아 이에 관련한 추가설비가 설치되어야 함으로 비용이 일반 양식장 보다 많이 들기 때문에 고 부가가치 어종을 선택하여 한다. 또한 보령연안은 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양식의 경우 간조 시 취수가 불가능함으로 치어, 치패 양식을 중심으로 한 중간육성 사업을 시행하여야 한다. 따라서 현재 국내와 중국의 수요가 많고, 영동화력 인근의 양식장에서 기존 양식 경험이 축적된 해삼 종묘 양식을 사업으로 선택하는 것이 합리적일 것이다.

### 가. 사업개요

- 사업명: 보령화력발전소 온배수 활용 해삼 종묘 양식장 시범사업
- 사업장 위치 : 보령화력발전소 인접지역(배수구와 2km 이내)
- 사업비 : 4억원(국비, 지방비, 발전소 보조비)
- 시설면적 : 1,322 m<sup>2</sup>(400 평)
- 사업내용
  - 6m × 6m 해삼 종묘 수조 30 개
  - 발전 온배수 공급 펌프, 배관시설, 열 교환기 등

### 나. 추진체계 및 운영방식

- 공공개발 + 민간위탁
  - 해삼종묘 양식장 조성사업 - 공공
  - 시설운영은 민간위탁

#### 〈연안바다목장 조성〉

보령시 자체적으로 연구 용역을 통하여 해양수산과에서 수행하고 있어서 이를 수용하였다.

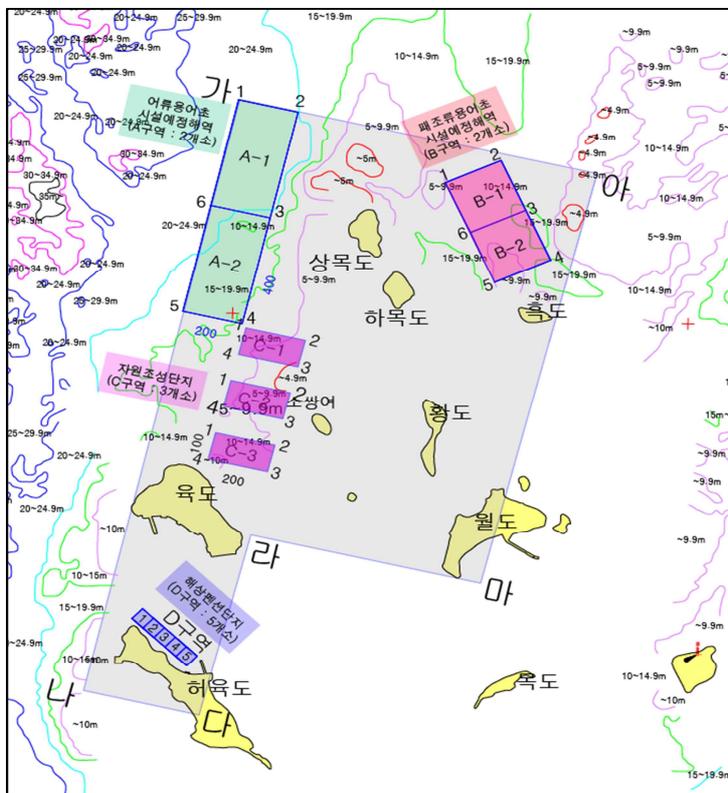
- 위치 : 오천면 효자도 지선(육도, 월도, 소도, 추도, 허육도)
- 사업량 : 1 개소(210ha-5 개년 50 억원)
- 사업기간 : 2013 ~ 2017(5 개년)
- 주요사업 : 인공어초시설, 수산종묘 방류 등 기반시설 조성, 선상 낚시터 및 해양 펜션 조성.

□ 투자 계획

(단위 : 억원)

재원	계	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년
계	50	10	10	10	10	10
국비	25	5	5	5	5	5
도비	7.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
시비	17.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

□ 연안바다목장 조성예정 해역도



□ 분야별 조성계획

- 어장조성 : 인공어초 시설은 5년의 사업기간 동안 1~4년에 걸쳐 조성(어류형 어초 4개소, 패조류용 어초 2개소)
- 복합 자원조성단지(투석시설) : 전복·해삼 자원조성을 위해 시설

### ③ 서천군 - 온배수 활용 시설원예단지 조성

서천군에서 희망한 [화력발전소 폐열 이용 4 계절 해수욕장 개발]은 겨울철 실외 풀장의 물을 데우기 위한 열 에너지를 공급하기에 충분한 열을 히트펌프로 얻기 위해서는 예상 사업비 100 억을 훨씬 초과할 것으로 판단된다. 또한 수요 예측이 되어 있지 않고, 한 번도 시행되지 않은 사업으로 성공 가능성을 판단할 수 없어 2 안인 [친환경시설원예단지조성] 사업을 채택하는 것이 합리적일 것이다.

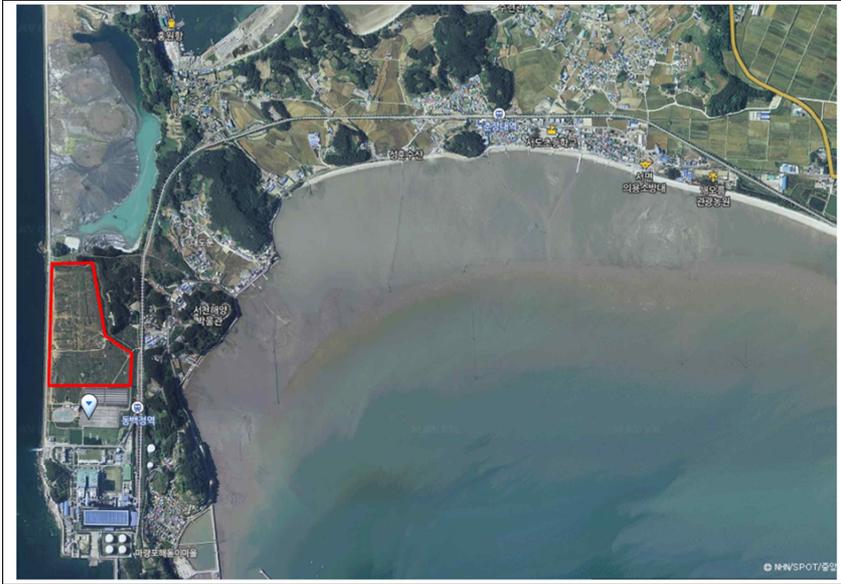
#### 가. 사업개요

- 사업명 : 화력발전소 온배수 이용 친환경시설원예 시범사업
- 세부사업명 : 온배수 활용 경질판온실<sup>59)</sup> 조성사업
- 사업대상 : 서천군 서면 마량리 313-2 번지
- 사업비 : 20 억원
- 시설면적 : 1ha(3,000 평)
- 사업내용
  - 경질판 온실 : 2 동
  - 온배수 히트펌프시설 2 식
  - 배관시설 등

#### 나. 위치도(서천화력발전소 0,3km)

---

<sup>59)</sup> 경질판 온실은 광 투과율이 높지만 유리온실보다 설치비 부담이 적어서 화훼의 경우 최근 많이 채택하고 있는 온실이다.



#### 다. 추진체계 및 운영방식

- 공공개발 + 민간위탁
  - 경질판온실 조성사업 - 공공
  - 시설운영은 민간위탁 - 방식

#### 라. 예산규모

- 사업비 : 20 억원
  - 시설사업 : 15 억(국·도 균비) - 시설운영 : 5 억(민간투자)

### ④ 태안군 - 이원특구 내 시설원예

#### 가. 사업개요

- 사업명 : 이원특구 내 시설원예단지 시범사업
- 세부사업명 : 온배수 활용 경질판온실 조성사업
- 사업대상 : 태안군 이원 개답지 내
- 사업비 : 20 억원

- 시설면적 : 1ha(3,000 평)
- 사업내용
  - 경질판 온실 : 2 동
  - 온배수 히트펌프시설 2 식
  - 배수펌프, 배관시설 등

나. 위치도 - 태안화력발전소와 4km



다. 추진체계 및 운영방식

- 공공개발 + 민간위탁
  - 경질판온실 조성사업 - 공공
  - 시설운영은 민간위탁 - 방식
  - 단계적으로 2,430,000 m<sup>2</sup>(총면적 4,556,000 m<sup>2</sup>의 53.3%)까지 확대
  - 시범사업 실시 이후 민간투자 형태로 전환

라. 예산규모

○ 사업비 : 20 억원

- 시설사업 : 15 억(국.도 준비) - 시설운영 : 5 억(민간투자)

## 참고문헌

- Anraku, M. & E. Kozasa (1979) The effects of heated effluents on the production of marine plankton (Takahama Nuclear Power Station-II). *Bull. Plankton Soc. Jap.*, 26, 77-86.
- Barnett, P. R. O. (1972) Effects of warm water effluents from power stations on marine life. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 180, 497-509.
- Briand, F. J., P. (1975) Effects of power-plant cooling systems on marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, 33, 135-146.
- Kolehmainen, S. E., F. D. Martin & P. B. Schroeder. (1975) Thermal studies on tropical marine ecosystems in Puerto Rico. In *Environmental effects of cooling systems at nuclear power plants*, 409-422. Vienna.
- Laws, E. A. (1981) Thermal pollution and power plants. In *Aquatic Pollution*, 482. Wiley-Intersci.Publ.
- Suresh, K., M. S. Ahamed, G. Durairaj & K. V. K. Nair (1993) Impact of power plant heated effluent on the abundance of sedentary organisms, off Kalpakkam. *East coast of India Hydrobiologia*, 268, 109-114.
- U.S. EPA. (1976) Quality Criteria for Water. In *EPA-440/9-76-023*.
- 김광수, 최영찬, 이문진 (2000) 화순화력발전소 주변해역의 온배수 환경용량 산정. *Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*, 3, 3-12.
- 김동규, 강대석, 정용현 (2009) 온배수를 열원으로 활용하는 생태산업단지 조성에 관한 기초 연구. *수산해양교육연구*, 21, 400-408.
- 김성길, 곽희상, 강주찬 (2002) 원자력발전소 온배수에 따른 우렁쉥이의 성장. *한국수산학회지*, 35, 71-76.
- 김영환 등. (2002) 원전 온배수 문제 종합대응방안 수립을 위한 연구. 한국수력원자력.
- 김진숙 (2010). 화력발전소 온수 이용한 '친환경 시설원에 시범단지' 준공. *제주포커스*.
- 김호천 (2011). 제주 화력발전소 온배수 재활용 추진. *매일경제*

- 노일, 윤성진, 허성희 고리원자력발전소 온배수가 주변해역의 동물플랑크톤 분포에 미치는 영향. 9-10.
- 박일흠, 이연구 (2002). 영광 원자력발전소 주변해역의 온배수 확산과 해황 특성. *한국해양환경공학회 추계학술대회 논문집*. 45-50.
- 박철원 외. (1999) 발전소 온배수 확산해역의 해양목장화 기반연구. 한국해양연구원.
- 박현대, 강창용, 윤종렬. (2005) 원전 온배수의 상업적 이용을 위한 타당성 조사. 한국농촌경제연구원.
- 서범석 등. (1997) 발전소의 온배수를 이용한 특용작물 재배가능성 조사보고서. 호남온실작물연구소.
- 신문섭, 박종화 외 (2000). 영광 원자력발전소의 온배수 확산저감방안. *대한토목학회 학술발표회 논문집*. 795-798.
- 심재형, 여환구 (1992) 한국 연안해역에 있어서 온배수 배출의 생태학적 영향 - II. 고리원자력발전소 냉각계통 통과에 따른 식물플랑크톤의 변화. *환경생물학회지*, 10, 1-8.
- 원두환, 김현제, 김윤경 (2009) 원자력발전 온배수 이용에 대한 소비자 보상액 추정. *경제연구*, 27, 189-209.
- 유보경, 김필동 (2008). "연안 환경오염에 대한 주민들의 대응과 어촌공동체의 변화 - 충남 보령시 오천면 원산도 2 리의 경우." *한국사회학* 42(7): 1-30.
- 이재창 등. (1992) 발전소 온배수의 농업이용에 관한 연구. 한국전력공사.
- 장창익, 이성일, 이종희 (2009) 원자력발전소의 온배수 배출량을 고려한 어업생산감소율 추정 모델. *한국수산학회지*, 42, 494-502.
- (재)전원지역진흥센터. *해외 여러나라의 공생발전소 사례집(지역과 발전소의 공생형태일람)*.
- 정갑식. (2008). *발전소 온배수 관리방안*.
- 조정희, 김대영, 이정삼. (2010) 발전소 온배수를 활용한 저탄소 녹색양식업 발전 방향. *정책연구 2010-05(수시)*. 한국해양수산개발원.
- 최만중 (1993). "原子力 發電과 溫排水 影響." *원자력산업* 13: 48-56.
- 편집부. (2011) '에너지 획기적 절감' 히트펌프 보급 - 양식어업·종묘 생산 24 개 어가에 47 억원 투입. *충남도정신문* 2011.4.25:도정소식.
- 편집부. (2011) 제주 화력발전소 온배수 재활용 추진. *매 일경제* 2011.2.28.

- 편집부. (2010) 경북도, 원전 온배수 활용 '바다목장' 개발. *매일신문* 2010.11.30.
- 편집부. (2010) 화력발전소 온수 이용한 '친환경 시설원에 시범단지' 준공. *제주포커스* 2010.7.27.
- 편집부. (2009) 원전 하수구에서 보물수가 팔팔 -바이오디젤 만들고 농사도 짓고... 온배수를 아시나요? *동아사이언스* 2009.11.18.
- 한국수력원자력. (2005) *원전 온배수의 상업적 이용을 위한 타당성 조사*.
- 한국해양연구원. (2008) 해양생태계 보전을 위한 온배수 관리 방안 연구.
- 해양정책국. (2007) 해양생태계 보호를 위한 온배수 관리방안 마련. 해양수산부.

■ 집 필 자 ■

연구 책임 .이인희 충남발전연구원 책임연구원

전략연구 2012- .충남 화력발전소 온배수 배출의 실태와 활용방안

글쓴이.이인희 / 발행자.박진도 / 발행처.충남발전연구원

인쇄.2012년 12월 31일 / 발행.2012년 12월 31일

주소.충청남도 공주시 금홍동 101 (314-140)

전화.041-840-1272(환경생태연구부) 041-840-1114(대표) / 팩스.041-840-1289

ISBN.

<http://www.cdi.re.kr>

© 2012, 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 연구보고서의 내용은 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.