

# 발전소 온배수를 이용한 농업과 수산업 활용



농림수산식품자료실



0018553

7  
9  
9-163



농림수산식품부

농어업·농어촌특별대책위원회

**발전소 온배수를 이용한  
농업과 수산업 활용**

**2009. 10**

**농 어 업 · 농 어 촌 특 별 대 책  
위 원 회**

# 발전소 온배수를 이용한 농업과 수산업 활용

2009. 10

## < 연구 참여자 >

- 연구책임자 김종만 박사(한국아쿠아포럼)
- 공동연구원 박철원 박사(한국해양연구원)

농 어 업 · 농 어 촌 특 별 대 책  
위 원 회

# 요약문

## 1. 개요

- 본 연구는 국내 원자력발전소(이하, 원전)에서 발생하는 온배수를 수산 양식업 및 시설농업에 활용할 경우 경제적인 측면에서 이용 가능성이 있는지에 대한 타당성 조사를 수행하는 것을 목적으로 하고 있음.
- 현재 원자력은 우리나라 총 발전량의 40%이상을 담당하고 있을 만큼 중요한 에너지원으로 자리 잡고 있으며, 원전에서 배출되는 온배수는 재활용 차원에서 농업과 수산 양식의 난방에 이용된다면 국가의 저탄소 녹색에너지 정책에 유익한 결과를 가져올 것으로 기대되는 바 이에 따른 연구가 필요하게 되었음.
- 본 연구는 수산양식 분야와 시설농업 분야 두 부문으로 나누어 각각 국내 4개 원전에 대하여 개별적으로 검토를 수행한 것임
- 연구 결과 수산 양식 분야에서는 온배수를 직접 활용하여 사업을 할 경우 온배수 만 공급해도 서해에 위치한 영광원전을 제외하고는 모두 이용 타당성이 존재하였으며, 시설농업의 경우 생산 시설비가 너무 많이 들기 때문에 시설비 지원이 있는 경우 일부 원전에서는 타당성이 있는 것으로 판단되었음.

## 2. 수산 양식분야

### □ 원전 온배수의 수산 양식분야 이용 가능성

- 온배수를 이용할 대상 생물이 모두 냉혈동물이고 다른 육상 동물과 같이 체온 유지에 필요한 에너지의 손실이 없으므로 온배수를 이용한 양식은 빠른 성장과 높은 사료효율을 기대할 수 있음. 따라서 각각의 대상 생물은 적정 서식 수온 범위 내에서 주변 수온의 증가에 따른 생리대사 기능의 촉진으로 보다 빠른 성장 유도가 가능함.
- 한편 우리나라에서 양식 중인 어종은 대부분 온수성 어종으로 여름철부터 가을철 중반까지를 제외한 늦은 가을부터 봄까지 6개월 이상은 어류 사육하기에는 수온이 낮아 어류사육에 적합하지 않기 때문에 이 기간 동안 온배수를 활용하여 사육어류를 빠르게 성장 시킨다면 높은 수익을 짧은 기간 내에 실현할 수 있는 계기가 될 것으로 판단됨.

### □ 양식사업의 경제성 분석

- 약 2,000 평 규모로 가능한 온배수 취수가 용이한 배수구 인근 지역에 부지를 선정하고, 원전별 경제성 검토를 위하여 어류는 넙치, 그리고 패류는 전복을 대상으로 검토함. 기타 기반 시설은 동일하며, 취수 및 배수 시설만 입지여건에 따라 달리하여 검토하였음.
- 2006년부터 10년간 양식업을 수행할 경우 발생하는 현금흐름을 추정하여 울진, 고리, 월성, 영광의 각 SITE 별로 경제성 분석을 수행함.
- 각 온배수 이용간 생육의 차이가 존재하지 아니한 것으로 가정함.

## 수산양식분야 기본모델 및 경제성 분석 결과

구분		울진	고리	월성	영광
사업기간		10년	10년	10년	10년
투자규모(*)	면적	2,000평	2,000평	2,000평	2,000평
	취수길이	1,000m × 2	2,000m × 2	4,000m × 2	700m
	투자비	1,542백만원	1,725백만원	1,847백만원	2,492백만원
생산규모 (연간)	넙치	36톤	36톤	36톤	36톤
	전복	30톤	30톤	30톤	30톤
경제성 분석(방법) (**)	순현재 가치(법)	633,000천원	517,800천원	344,940천원	(-)190,490천원
	내부투자 수익률(법)	11%	10%	9%	5%
타당성	유,무	유	유	유	무

(\*) 투자비 전액 자가부담.

(\*\*) 적정 할인율 6.44% 적용.

- 순현재가치를 비롯한 모든 평가방법에서 최적으로 선택된 것은 울진 원자력 발전소이며, 울진, 고리, 월성, 원전 순으로 온배수 이용시 경제적 타당성이 존재함.
- 상기 순현재가치는 적정 요구수익률(6.44%)을 상회하는 금액임. 또한 순현재가치가 원전별로 차이가 나타나는 원인은 원전별로 양식업을 수행할 경우 나타나는 자연 환경 제약으로 인한 토지 및 설비투자비의 차이 때문임.
- 영광의 경우 순현재가치가 (-)의 수치로 나타나는 이유는 조수 간만의

차이가 크고 탁도가 높아 추가설비가 설치되기 때문이며, 서해안의 특성상 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양식의 경우 간조시 취수가 불가능하여 실제적으로 양식사업이 불가능 한 것으로 판단됨.

## □ 수산양식의 종합의견

- 원전 온배수를 이용한 양식과 일반해수를 이용한 양식을 비교할 때 원전 온배수를 이용한 양식은 일반해수에 비하여 온배수 취수 설비 등 추가적인 설비 투자비가 발생하나, 일반해수를 이용할 경우 발생하는 유류비 절감 효과가 존재하기 때문에 원전 온배수의 타당성이 존재하는 것으로 판단됨.
  
- 온배수를 이용한 경제적 타당성 분석은 과거의 재무자료와 미래 추정자료를 근거로 수행되었으므로 환경의 변화로 인하여 분석 결과와 실제 결과는 차이가 발생할 수 있으며, 시설비에 대하여 한해연에서 제시한 기본설계가 아닌 상세설계를 수행하는 경우 시설비에 대한 투자액의 변화로 인하여 경제적 타당성이 본 보고서의 결론과 상이하게 도출될 수 있는 한계점이 존재함.



### 3. 농업 분야

#### □ 원전 온배수의 시설농업 이용 가능성

- 시설작물의 적정 생육온도는 주간 25℃ 전후, 야간 15℃ 전후임. 그러나 원전 온배수의 온도 분포는 15℃ 이하 발생 빈도율이 연간 16.3%이고, 특히 주로 온배수를 이용하는 1, 2월에는 90%에 이름.
- 온배수를 난방 에너지원으로 이용하기 위해서는 별도의 보조장치가 필요함. 현재까지 개발된 보조장치 중에서는 히트펌프 시스템이 이용가능성이 높고, 일본이나 유럽에서도 널리 사용 중에 있음.
- 히트펌프는 열의회수, 저장, 변환, 수송 등의 기술을 활용한 냉난방 시스템임. 다만 원전 온배수를 이용할 경우 해수의 특성상 부식성이 강하기 때문에 고성능 자재로 설계해야 하고, 별도의 배관시설이 필요하기 때문에 설치비가 많이 소요되는 단점이 있음.
- 히트펌프 이용시 연간 난방비(3,000평 유리온실 기준)는 약 5천2백만원, 온수보일러 이용시는 약 2억1천만원으로 히트펌프를 이용할 경우 연간 약 1억5천7백만원의 난방비를 절감하는 효과가 있음.
- 히트펌프 이용을 위해서는 배관(2km, 200mm이열관) 설치비 7억1천1백만원, 히트펌프 설치비 2억4천8백만원 등 총 9억5천9백만원이 소요됨.
  - 히트펌프 설치의 투자비 회수기간: 9억5천9백만원/1억5천7백만원 = 6.1년

## □ 시설농업의 경제성 분석

- 3,000평 규모의 유리온실과 경질판온실을 대상으로 자본회수기간법과 내부투자수익률법을 적용하여 시설농업의 경제성을 검토하였음. 울진은 주변 농가의 시설유형에 대한 의향조사에서 투자비가 적게 소요되는 온실을 선호하였고, 재배작목이 과채류이기 때문에 경질판온실을 기준으로 하였음.
- 자본회수기간법에 의한 분석결과는, 모든 시설(온실, 히트펌프, 배관시설)에 대해 농가가 100% 자부담으로 투자할 경우 4개 지역 모두 기대수익이 투자비를 회수하기 위한 필요수익보다 낮아 투자의 경제성이 없음.
- 모든 시설에 대해 50%의 외부 보조가 있을 경우는 지역과 이자율에 따라 경제성에 차이가 있음.
  - 이자율이 3%일 때 영광, 울진, 고리는 투자비 회수가 가능하고 이자율이 5%일 때는 울진만이 투자비 회수가 가능함. 월성은 이자율에 관계없이 투자비 회수가 불가능함.
- 유리온실 경영에서 농가가 투자비를 회수하기 위해서는 배관시설은 100% 외부 보조가 있고, 생산시설(온실 및 히트펌프)에 대한 지원도 50% 보조 하에서 이자율이 5%이하 일 때 가능함.
  - 경질판온실 경영에서는 생산시설에 대한 50% 보조 하에서 이자율을 5%이하로 유지하고 배관시설 설치에도 50%이상의 보조가 필요함.
- 내부투자수익률법에 의한 분석결과도 농가가 100%자부담으로 투자할 경우는 수익률이 -4~0%로 경제성이 없음. 모든 시설에 대해 50% 보조가 있을 경우, 울진의 경질판온실은 내부수익률이 8%로 경제성

이 있는 것으로 평가되고, 영광과 고리의 유리온실은 시중 이자율에 따라 경제성이 다를 수 있음. 월성의 유리온실은 50%보조 하에서도 여전히 경제성을 확보하기 어려운 것으로 평가됨.

### 시설농업분야 기본모델 및 경제성 분석 결과(투자비 50% 외부 보조시)

		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	3,000평	3,000평	3,000평	3,000평
	배관길이	1,000m	1,500m	1,500m	1,000m
	투자비	917백만원	1,298백만원	1,298백만원	1,217백만원
연간 기대수익(A)		9,300만원	10,000만원	8,200만원	9,300만원
투자비 회수 위한 연간 필요수익(B)(*)	이자율 3%	6,200만원	8,700만원	8,700만원	8,200만원
	이자율 5%	7,400만원	10,400만원	10,400만원	9,800만원
연간 이익금 (C=A-B) (**)	이자율 3%	3,100만원	1,300만원	(-)500만원	1,100만원
	이자율 5%	1,900만원	(-)400만원	(-)2,200만원	(-)500만원
타당성	이자율 3%	유	유	무	유
	이자율 5%	유	무	무	무

(\*) 농가 투자비에 대한 이자율.

(\*\*) 적정 할인율 8% 적용.

### □ 농업의 종합의견

- 시설작물의 특성상 온배수 이용을 위해서는 난방 보조장치가 필요함.
- 농업시설의 경우 외부 보조 없이는 투자에 대한 경제성이 없음.
- 원전 주변지역 농가의 특성상(노령화, 시설재배기술 미흡 등) 주변 농가의 시설농업 참여는 제한적임.

- 원전 주변지역 가운데 상대적으로 경제성이 높고, 사업추진이 용이한 지역을 선정하여 시범사업으로 전개할 필요가 있음.

#### 4. 결론

- 원전별 농업 및 수산양식 분야의 온배수 이용의 경제적 타당성 검토 결과

구분		울진	고리	월성	영광
대상 항목	수산양식	넙치/전복	넙치/전복	넙치/전복	넙치/전복
	농업	과채류(오이)	화훼류(장미)	화훼류(장미)	화훼류(장미)
사업 기간	수산양식	10년	10년	10년	10년
	농업	20년	20년	20년	20년
투자비 (*)	수산양식	1,542백만원	1,725백만원	1,848백만원	2,492백만원
	농업	1,834백만원	2,597백만원	2,597백만원	2,434백만원
내부투자수익률(**)	수산양식	11%	10%	9%	5%
	농업	0%	-2%	-4%	-2%
이용타당성 (*)	수산양식	유	유	유	무
	농업	무	무	무	무

(\*)100% 자가부담 가정.

(\*\*)수익률은 각각 농업8%, 수산양식6.44% 이상이어야 경제성이 존재함.

- 수산양식 분야에서는 온배수를 직접 취수하여 넙치와 전복을 육상양식하는 모델을 선정하여 4개원전별로 온배수의 이용 가능성을 검토하였으며, 시설 농업은 원전 온배수를 열원으로 이용하여 작물을 재배하는 형태의 온배수 이용 가능성을 검토하였음.

- 선정 부지는 농업부문과 수산업부문 각각 가장 적합한 지역을 선택 하였으며, 모두 해당 업종에 이용 가능한 것으로 파악된 상태임.
- 상기 투자비는 각각 100% 자기부담을 가정하였으며, 농업 분야의 경우 3,000평, 수산업 분야의 경우 2,000평을 대상으로 한 것임.
- 사업기간은 수산업의 경우 10년, 농업의 경우 20년을 선택하였으며, 이는 각각 투자 설비의 경제적 내용연수 동안 영업을 수행하는 것을 가정하였기 때문임.
- 농업부문과 수산업부문의 경제성은 두 산업이 요구하는 수익률이 다르므로 금액적으로 비교하기 어려우나 현금 유입의 현재가치와 현금 유출의 현재가치를 동일하게 하는 내부투자수익률을 기준으로 시설 농업과 양식업을 비교할 경우 모든 원전에서 양식업을 수행할 경우 경제적 타당성이 높게 존재함.
- 분야별 대상 항목은 경제성 분석의 비교 가능성을 높이기 위하여 수산업의 경우 넙치와 전복으로 통일하였고 농업분야의 경우 장미와 오이로 통일하였음. 비록 상기 작목이 원전별로 지역성을 감안한 가장 타당한 대상 항목을 나타내는 것은 아니나 결론적으로 농업분야에서는 타 부문의 보조 없이 시설농업을 수행할 경우 그 타당성이 존재하지 않으며, 수산업 분야의 경우 울진, 고리, 월성이 넙치와 전복을 양식할 경우 상업적 이용 타당성이 존재함.
- 농업부문의 경우 원전 홍보 또는 주변지역과의 공생관계를 감안하여 시설비의 일부분(50%이상)을 관계 당국에서 보조할 경우 그 경제적 타당성이 존재하며, 시범 사업으로서 그 의미가 존재할 것으로 판단 됨.

## 5. 정책제안

- 우리나라는 전력 생산을 위해 많은 발전소가 임해에 위치하고 있으면서 발전소 냉각기를 통과한 온배수는 그대로 바다로 방출되고 있음
- 이렇게 방출되는 온배수는 취수 해수에 열만 평균 7℃ 정도 상승되는 자연해수와 같은 수질을 유지하고 있음
- 우리나라는 4계절이 뚜렷하여 늦은 가을부터 이른 봄에 이르기까지 생물 생산을 위해서 막대한 에너지를 소비하고 있으나 공급원 대부분이 석유임
- 석유값은 매년 큰 폭으로 증가 하고 있으며 2010년에는 배럴당 100달러를 초과할 것이라는 추측도 나오고 있으며, 현재(2009년)도 60달러를 상회하고 있음.
- 우리나라 육상 수산양식과 시설재배 농업은 유류를 열에너지를 이용할 경우 수익성은 보장될 수 없다고 판단됨.
- 그러나 우리나라는 연안 곳곳에 온배수를 대량으로 방출하는 대단위 발전소(원자력, 화력)가 있어 여기에 나오는 열원을 이용한다면 정부가 추진하고 있는 저탄소 녹색성장의 정책에 크게 기여할 것임.
- 특히 연안에 버려지는 온배수를 우선 수산양식에 이용하고 농산물 재배는 시범적으로 추진하여 앞으로 닥칠 에너지 가격 폭등 대비하고,

세계적인 경쟁력을 가질 필요가 있음.

- 정부는 이러한 점을 착안하여 지금부터라도 발전소 온배수를 활용한 시범 사업을 추진해야할 것으로 판단됨
- 발전 온배수에 대한 대 국민 및 주변 어민들의 인식 전환과 지금은 단지 폐자원에 불과한 온배수가 활용 가능한 열 자원으로의 전환을 유도하는 획기적인 전환점이 될 수 있을 것임.

# 목 차

요약문  
표목차  
그림목차

## 제1장 수산양식

제1절 수산업분야의 원전 온배수 최적 이용 방안 .....	2
1. 온배수의 특성 및 이용현황 .....	2
2. 온배수를 수산업에 이용하려는 근거 .....	6
3. 온배수에 의한 수산자원 증대 효과 .....	11
제2절 온배수 이용 모델 제시 .....	15
1. 후보지 선정 및 평가 .....	15
2. 시설 및 생산 계획 .....	25
3. 온배수 양식의 경제성 분석을 위한 착안점 .....	27
제3절 원전별 온배수의 상업적 이용 타당성 검토 .....	31
1. 경제성 분석을 위한 평가방법 .....	31
2. NPV방법에 의한 경제성 분석 .....	33
3. 각 원전별 경제성 분석 .....	44
4. 수산업분야 경제적 타당성 분석의 결론 .....	46



## 제 2장 농업 부문

제1절 시설농업분야의 원전온배수 최적 이용방안 .....	48
1. 시설농업의 현황과 특성 .....	48
2. 온배수의 시설농업 이용 가능성 .....	55
제2절 원전 주변지역의 시설농업 도입 가능성 .....	64
1. 울진원전 .....	64
2. 고리원전 .....	67
3. 영광원전 .....	70
4. 월성원전 .....	73
5. 단지조성 가능지역별 요약 .....	76
제3절 온배수 이용 시설농업의 경제성과 전개방향 .....	77
1. 분석모형 .....	77
2. 온배수 이용 시설농업의 투자 타당성 분석 .....	84
3. 온배수 이용 시설농업의 전개 방향 .....	90
제4절 요약 및 결론 .....	96

## 제 3장 해외의 온배수 이용 사례

제1절 일본사례 .....	101
1. 바다목장 및 가두리 양식 사례 .....	101
2. 수산양식사례 .....	103
3. 어업 이외의 이용 .....	104
제2절 유럽의 사례 .....	108
1. 유럽의 온배수 이용 현황 .....	108
2. 프랑스 원자력 발전소의 온배수 재활용 사례 .....	111

### 참고문헌

1. 수산양식분야 .....	117
2. 농업분야 .....	120

## 표 목 차

표 1. 국내 온배수 이용사업 추진현황	4
표 2. 온배수 이용 양식 사업을 위한 양식동 규모	26
표 3. 대용배타의 산출	35
표 4. 연도별 매출액 추정	37
표 5. 넙치 판매가격 추정	38
표 6. 전복의 판매가격 추정	39
표 7. 종묘비와 사료비 추정	40
표 8. 인건비 추정	42
표 9. 기타경비의 추정	42
표 10. 입지별 투자비 차이	43
표 11. 경제성 분석 결과비교	44
표 12. NPV의 할인율 민감도	45
표 13. 화훼생산수출단지 조성사업 지원조건 변화	50
표 14. 원예작물 시설면적 변화 추이	50
표 15. 온풍난방과 온수난방의 비교	52
표 16. 주요 시설작물의 소득과 경영비	54
표 17. 시설농업의 에너지원별 특징	56
표 18. 주요 시설작물별 생육 적온과 한계온도	58
표 19. 온배수의 온도별 빈도 분포	59
표 20. 히트펌프와 온수보일러 난방비 비교	62
표 21. 히트펌프와 보일러 설치 투자비 비교	63
표 22. 고목리 농가의 연령분포	65
표 23. 길천리 농가의 연령분포	67
표 24. 양지, 죽동마을 농가의 연령 분포	70
표 25. 양지, 죽동마을 농가의 영농분야 분포	71
표 26. 나산리 농가의 연령분포	74

표 27. 원전 주변지역의 단지가능성 요약.....	76
표 28. 온실유형별 투자비 및 내구년수.....	80
표 29. 배관시설 투자비.....	81
표 30. 지역별 재배작물 및 기대소득.....	82
표 31. 농가부담 비율 시나리오.....	83
표 32. 유리온실(3,000평) 경영의 필요수익.....	84
표 33. 경질관온실(3,000평) 경영의 필요수익.....	86
표 34. 자본회수기간법에 의한 지역별 우선순위.....	87
표 35. 지원조건에 따른 지역별 내부투자수익률.....	89
표 36. 유가 상승 수준에 따른 경영비 증가율.....	91
표 37. 온배수 이용 시설농업 시범사업 전개방향.....	94
표 38. 온배수 이용 방류용 종묘생산량.....	104
표 39. 온배수의 어업 이외 이용.....	105
표 40. 후로리 꽃 박물관의 이용현황.....	105
표 41. 유럽의 온배수 이용 사례.....	109

## 그림 목 차

그림 1. 원전의 온배수 배출 경로.....	3
그림 2. 동절기 온배수 및 자연해수에서 사육한 넙치 체중의 변화.....	28
그림 3. 온배수 및 자연해수에서 동절기 5개월간 사육한 넙치의 성장 결과.....	29
그림 4. 에너지원별 난방기술 발전과정.....	57
그림 5. 히트펌프를 이용한 난방시스템 개념도.....	60
그림 6. 면세유 가격과 가온면적 동향.....	92
그림 7. 후로리 꽃 박물관의 실내정원.....	106
그림 8. 후로리 꽃 박물관의 실외정원.....	106
그림 9. 뷔제 원자력 발전소의 냉각수 이용방법.....	112
그림 10. 트리카스탕 원자력 발전소의 전경 .....	114
그림 11. 트리카스탕 원자력 발전소의 온배수 이용방법.....	115
그림 12. 악어농장에서 사육되고 있는 악어들.....	116
그림 13. 열대우림의 모습을 재현한 늪지대 .....	116

# 제 1 장 수산양식

# 제 1 절 수산양식분야의 원전 온배수 최적 이용 방안

## 1. 온배수의 특성 및 이용현황

### 1.1 온배수의 특성

- 온배수는 원자력발전소의 냉각수로 사용되어진 해수를 말함. 발전소에서 터빈을 돌리고 나온 증기를 다시 물로 만들 때 냉각용으로 해수를 사용하게 되는데, 냉각수로 사용되는 바닷물은 초당 약 50~60톤(100만 kw급 원전1기)이 소요됨
- 이 해수는 복수기 전열관을 통과하면서 증기를 냉각·응축시키며 취수시의 자연해수보다 약 7°C 상승되어 바다에 배출 됨.
- 방출된 온배수는 자연해수보다 수온이 높지만 대부분의 경우 배수구에서 200~300m 떨어지면 수온차이가 2~3°C에 이른다. 온배수의 영향으로 찬물을 좋아하는 어류는 이동하고 따뜻한 물을 좋아하는 어류는 배수구에 모여드는 경향을 보인다. 배수구 인근의 미역이나 김 등 저온성 해조류도 온배수의 영향을 받게 됨.

- 온배수의 영향을 줄이기 위한 방안으로 신규 건설되는 원전에서는 심층 취수, 배수하는 방식을 도입하기도 함.

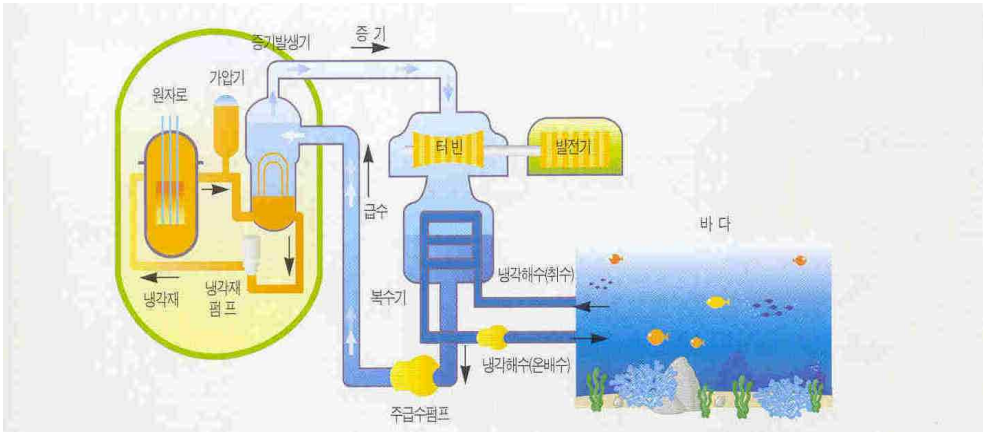


그림 1. 원전의 온배수 배출 경로

## 1.2. 온배수 배출 현황

- 온배수 배출량은 발전량에 따라 다르기 때문에 4개 원전별 온배수 배출량은 발전량이 가장 많은 영광원전에서 가장 많이 배출되고 있다. 영광원전의 온배수 배출량은 연간 약 75억톤으로 초당 약 238톤이 배출되어 고리원전보다 약 1.7배 많음
- 영광, 울진, 월성원전의 경우 해수를 원자로 기별로 끌어들여 사용하고, 발생되는 온배수는 1개 배수구로 배출되고 있다. 고리원전의 해수 취수구는 1발전소(1,2호기), 2발전소(3,4호기)로 구분되어 2개가 있으며, 배출구도 호기별로 2곳으로 구성되어 있음.
- 온배수를 작물에 이용하기 위해서는 온도가 연중 일정하게 배출되는



것이 바람직하나 현재 여건으로는 해결하기 곤란하다. 특히 영광원전의 경우는 서해안 해수의 특성상 배출수의 탁도가 높아서 온배수 이용에 문제점으로 지적되고 있음.

### 1.3 국내 온배수 이용 현황

- 우리나라에서는 지난 1964년 부산 감천화력 온배수 확산구역에서 어패류를 월동시킨 것이 최초의 온배수 이용사례임(표1-1).

표 1. 국내 온배수 이용사업 추진현황

	발전소	내용
1964.	감천화력	온배수 이용 어패류 월동 시도
1984. 2	삼천포화력	진주조개, 참돔, 방어 월동실험(한국해양연구소)
1988. 7	보령화력	어류양식 기술개발 착수
1991. 4	보령화력	종묘배양장 준공
1993. 9	영광원전	원전 온배수 이용 기술개발 착수
1995. 4	영광원전	온배수 양식장 준공 및 양식
1998. 10	월성원전	온배수 양식 · 종묘배양장 준공

자료: 김영환 외, 「원전 온배수 문제 종합대응방안 수립을 위한 연구」, 한국수력원자력(주), 2002. 7

- 2002. 7이후 1984년 한국해양연구소에서 정부 특정연구과제의 일환으로 삼천포화력 온배수를 이용한 진주조개 및 참돔, 방어의 월동이 성공하면서 온배수 이용에 대한 연구가 주목받기 시작하였음.

- 본격적인 온배수 이용은 1988년 보령화력발전소 내에 시험어장을 설치해 고급어류 양식기술 개발사업에 착수했고, 성어양식 기술개발은 영광과 월성원자력발전소의 온배수를 이용하여 수행되고 있음.
- 영광원전의 경우 1995년부터 발전소 부지내에 온배수를 이용한 양식장을 운영 중에 있고 2000년에는 월성 온배수 양식에서 넘치, 참돔 50만 마리의 어류종묘 생산과 성어 10톤을 양성하였다. 현재 온배수 양식장에 적합한 신품종 양성어류, 전복시험 양성, 윤충류의 고밀도 속성 배양기술개발 등이 시도되고 있다. 영광과 월성의 온배수 양식장은 시범사업으로 운영 중에 있음.
- 고리원전의 경우 현재 육상에서의 온배수 이용은 전혀 없고, 해상의 제한지역 인근지역(월내만)이 진주조개 월동장으로 2004년부터 활용되고 있다. 울진원전에서는 지역주민과 직원들을 위해 스포츠센터를 설치운영 중에 있는데, 스포츠센터내 수영장과 대형 수족관에 일부 온배수를 이용하고 있음.
- 그 동안 국내 온배수 이용은 수산양식분야에서 검토되고, 일부 발전소의 온배수를 이용하여 시험단계의 양식장 운영이 시도되었음. 그러나 농업부문에 있어서는 온배수가 해수라는 점과 온도가 그리 높지 않다는 점에서 주목을 받지 못한 상태임.

## 2. 온배수를 수산업에 이용하려는 근거

### 2.1 수온과 수산업

- 21세기를 향한 우리의 삶 중에 가장 간편하게 사용할 수 있는 에너지는 전기로서, 급격한 경제성장과 더불어 수요가 증대되어 이를 충족시키기 위한 전력시설의 확충은 국가 발전 및 삶의 질 향상에 필수요소가 되었음
- 발전은 모두 연료를 태워서 얻은 수증기의 힘으로 발전용 터빈을 돌려서 전기를 생산하며, 발전 과정에서 폐열의 발생은 불가피하며, 폐열 처리를 위한 냉각설비가 필요함.
- 발전소의 가장 보편화된 냉각 방식으로 현재, 강가에 위치한 영월화력발전소와 서울화력발전소는 강물을 냉각수로 사용하고 있지만, 담수 자원이 부족한 우리나라의 경우, 해수를 냉각수로 사용할 수밖에 없다. 따라서 대단위 발전소들은 모두 해안에 위치하고 있으며, 앞으로도 계속 해안에 발전소를 건설할 수밖에 없을 것임
- 1회 냉각 방식에서 냉각수로 사용하기 위하여 끌어올린 해수, 즉 냉각수는 발전용 수증기를 다시 응축하여 순수한 물로 바꾸기 위하여 복수기에서 해수를 활용, 열교환을 한다. 열교환을 마친 냉각수는 수온이 상승된 상태로 바다로 방출되며 이를 온배수라고 함
- 많은 사람들이 온배수는 해로운 오염물질로 오해하고 있지만, 냉각수로 사용되는 해수는 취수되어 복수기에서 열교환을 마치고 방출될 때

까지 완전히 폐쇄된 관을 따라 흐르도록 되어 있어 다른 물질로 오염되지 않은 순수한 자연해수이며, 단지 열교환으로 자연해수보다 수온이 다소 상승한 상태로 다시 바다로 배출되는 것임

- 바다라는 서식지에서 살고 있는 수산자원의 성장에 영향을 미치는 조건은 생물의 크기, 생식상태 등 내적 요인과 먹이, 수온, 염분, 광주기, 용존산소 등 주로 외적인 환경요인, 그리고 생물의 서식밀도, 서식조건 등 생물학적 요인이 있음. 이들 요인 중 온도에 관한 영향은 매우 중요하다. 즉, 수온은 물속에 살고 있는 생명체에 소화와 물질 대사 작용에 직접적인 영향을 끼치는 것으로 알려져 있고, 이러한 영향은 생물의 성장과 직접적인 관계가 있음(Jobling 1994a, 1994b).
  
- 한편, 어류 및 무척추동물은 변온동물로 외부의 수온에 따라 체온이 변하며, 서식 수온의 범위 이내에서는 수온이 증가할수록 신진대사가 빨라진다. 또한, 체온 유지를 위한 에너지 손실이 없기 때문에 육상의 항온동물에 비하여 먹이효율 즉 성장이 비교적 빠른 편이다. 우리나라와 같이 4계절이 뚜렷한 지역에서는 겨울철 저수온기(1월 ~ 3월)에는 대부분의 해양동물이 성장을 멈추고 동면에 들어가거나, 따뜻한 남쪽으로 월동 회유함. 따라서 이 기간 중 어류를 양식하기 위해서는 수온을 인위적으로 높여주어야 함.
  
- 바다에 살고 있는 동물의 경우 성장은 수온이 증가함에 따라 증가하다가 적정온도에서 최대성장을 나타내며, 반대로 높은 온도에서는 성장에 필요한 에너지가 감소된다. 성장이 최대가 되는 수온을 최적 성장온도라 하며, 이러한 최적 성장은 먹이 섭취가 최대가 되는 온도보다 약간 낮은 수온에서 관찰된다(Jobling 1994a, 1994b). 최적 성장온

도는 종에 따라 많은 차이를 나타낸다. 예를 들면 연어는 12~17 °C에서, 반면에 잉어류는 25 °C 근처에서 최적 성장온도 범위를 나타냄

- 또한, 최적 성장온도 구간은 같은 종(種)에서도 각각의 개체가 살아온 생활사에 따라 커다란 차이를 나타내기도 함. 예를 들면 송어의 경우 같은 종이라도 개체의 크기에 따라 또는 종의 생활사에 따라서 적응할 수 있는 최적온도 구간이 다르다. 이와같이 생물의 온도적응은 다소 복잡하고 다양한 기능에 대한 적응범위는 매우 한정적임(Langford 1990).
- 앞서 서술한 바와 같이 먹이는 성장에 필수요인이다. 그러나 같은 양의 먹이에서도 성장 정도는 수온에 따라 다르다. 예를 들면 먹이가 풍부할 때는 적정온도 구역에서 성장은 최대가 된다. 그러나 먹이가 적어질수록 최대 온도 구역은 점점 성장이 낮아짐.. 따라서 먹이가 제한요소가 될 경우 낮은 온도에서 최대 성장이 될 수 있고, 어류의 내성 범위는 온도가 높을수록 대사율이 증가하는 것으로 알려져 있음.
- 그러나 대사 활동이 활발한 것이 높은 에너지의 축적을 의미하지는 않음. 성장속도는 사육 수온이 최적 적정 수온 이하로 떨어지면 어체 내 물질대사 반응이 감소하기 때문에 늦어지나, 체내 에너지 효율면에서는 오히려 체내 에너지 물질 대사가 감소된 시기에 유리하고, 또한 수온과 소화 효율의 상호관계에 대해 사육수온이 소화관내의 이화학적 환경에 영향을 미침으로써 소화관의 소화력에도 영향을 미칠 수 있음이 보고되었음(Pandian 1967, Ferraris et al. 1986).
- 대부분의 어류는 냉혈동물로서 내성 한계범위는 어종에 따라 차이가

있고, 같은 종이라도 세대를 거듭하여 적응시키면 내성 한계범위는 어느 정도 극복될 수 있고. 살기 적합한 수온역에서는 수온이 높을수록 체온이 증가하여 생체 대사 활동이 활발하여짐

- 그러나 수온이 내성 한계범위를 벗어나게 되면 어느 범위까지는 생존 가능하나 스트레스를 받게 되고 그 이상 벗어나면 결국 죽게 된다. 열대성 어종인 틸라피아는 15 °C가 치사 하한계 수온이지만, 잘 적응된 것은 5 °C 가까운 수온에서도 견딜 수 있고, 무지개송어는 내성 상한 수온은 23 °C정도이지만 25~27 °C에서도 견딘다는 보고가 있음
- 이러한 상한과 하한의 경계는 대략의 경향을 나타낸 것이지 절대적인 수치는 아니다. 급격한 수온의 변화는 어류에 치명적인 영향을 줄 수 있지만 비록 변화의 폭이 크다 할지라도 수온의 점진적인 변화는 어류의 내성 한계범위를 확대시킬 수 있음을 의미함.
- 온대 수역인 우리나라 근해에 서식하는 대부분 어류들은 저수온기에는 성장이 정지되면서 월동에 들어가고 성장에 필요한 먹이 부족과 서식지 적정수온의 부적합에 따라 이동성 어류들은 서식지를 떠나는 경향이 있음. 그러나 만약 온배수 구역에서 살고 있다면 수온이 적정 온도로 유지할 수 있어 겨울 동안 좋은 생활환경이 되어 정착하고 있는 것을 관찰할 수 있음.
- 따라서 온배수를 이용할 경우 월동기인 겨울철에도 어느 정도 성장을 기대 할 수 있고, 또한 정상적인 대사활동이 유지되는 범위에서 성장을 기대할 수 있는 적정 성장 수온에 관한 연구가 절실히 요구되고 있음.

- 주변 수온과 어류의 성장에 관한 연구가 절실히 요구되어 많은 연구가 수행되었으나 이들 연구의 대부분은 사육 수온에 따른 어류의 성장 정도를 밝히고 있으나 수온의 변화가 대사율과 에너지 축적 및 체내 에너지 효율에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 미흡한 실정임
- 일반적으로 생물의 산소소비량은 수온 상승과 비례하여 증가함으로써 생물의 운동, 체내의 삼투조절, 환경변화에 대한 적응과 생명을 유지하는데 필요한 제반 활동들과 관련된 에너지 소비 즉, 에너지 대사를 말할 때 중요한 지표로 사용됨.

## 2.2 수온과 생체 대사 작용

- 어류는 온도가 심하게 높거나 또는 낮은 경우에 노출될 때 생리적 스트레스 때문에 그들의 대사활동은 감소 또는 증가하게 되며, 이러한 환경에서는 행동(Mehner & Wieser, 1994), 유영능력(Brett, 1971), 삼투능력(Reynolds & Casterlin, 1980), 성장률(Jobling, 1988; Morgan, 1992), 그리고 산소소비(Evans, 1990)가 감소하게 되고, “최대임계온도(critical thermal maximum: CTM)”는 어류의 분포와 성장에 가장 중요한 요소로 잘 알려져 있음(Lee & Rinne, 1980; Jobling, 1981).
- 서로 다른 온도에 순치시킨 생물의 산소소비 CTM을 측정하면 순치 온도에 따라 각각 다르게 나타나며(Cox, 1974). 즉 CTM은 높은 온도에서 순치된 어류에서 높게 나타남(Fernandes & Rantin, 1989; Gasca-Leyva et al, 1991; Mwangangi & Mutungi, 1994; Fernandes et al, 1995).

### 3. 온배수에 의한 수산자원 증대 효과

#### 3.1 취수 및 배수에 따른 연안해양 해수교환 촉진 효과

○ 온배수 배출로 인하여 주변온도가 상승하는 해역의 수산자원이 많아질 수 있는 환경조건이 조성되어 결과적으로 생산성의 증대라는 긍정적인 효과를 확인할 수 있음.

○ 그 내용을 다음의 네 가지로 구분하여 본 온배수 이용 타당성 조사의 이론적 기반근거는 다음과 같음.

첫째, 대량 취수 및 배수에 의한 海水流動이 야기하는 해수교환 촉진 효과.

둘째, 온배수 방류에 따른 확산해역에서의 수온 상승이 수산자원의 가입 및 성장 촉진 효과.

셋째, 발전소 주변의 연안구조물 축조에 따른 해류 변화가 주변 퇴적 환경의 변화를 가져오고 이로 인한 저서 생태계의 변화 효과.

넷째, 연안구조물 축조에 따른 부착생물상의 다양성 유도 효과

○ 해수교환 촉진으로 야기되는 일정해역(온배수 확산 해역)에서의 수질 개선 효과를 기대할 수 있고, 양식장 주변에서 적절한 해수 교환 조건은 양식업의 가장 중요한 환경 여건이라고 말할 수 있으며, 특히 본 조건은 개방적인 연안역보다는 리아스식 해안이나 비교적 폐쇄적인 내만에서 냉각수가 취수될 경우 아래와 같이 양식업의 최적 조건으로 평가받을 수 있는 요인임.



- 해수교환 효과 평가
- 주변해역의 양식 대상 생물 증대 및 양식장 적지 개발

○ 따라서 기대 효과는 대상해역의 규모와 취수 및 방류 수량에 의한 사전 예측 평가가 수반되어야 하고, 수질 개선에 따른 환경관리 방안과 이로 인한 생산성의 증대 방안이 수립될 수 있으며, 또한 환경 수용력을 평가하여 지속적인 생산의 극대화를 유도하는 사전 예측이 필요하고, 적절한 시설 배치 및 생산 기법이 확립되어야 함.

### 3.2 온배수 확산 해역의 어류군집 형성과 성장 촉진 효과

○ 일반적으로 우리나라 연안에 서식하는 수산 자원 생물은 소수 몇 종을 제외하고는 온수성 어종들이므로 온배수 확산구역에 계절별로 다양한 어종이 모여드는 현상은 이미 잘 알려진 사실임.

○ 또한 수온이 비교적 높은 지역에서의 성장 촉진 효과는 다양한 먹이 생물의 분포 및 생체의 대사생리의 활발한 촉진으로 야기되는 당연한 결과로 긍정적인 가능성을 확인할 수 있는 분야로 판단됨.

- 새로운 어류 군집 조성
- 성장 촉진
- 방수구 주변의 육성장 조성

○ 따라서 온배수가 갖는 어패류의 성장촉진 효과를 수산물의 증, 양식 기술 분야에 적용하여 계절에 구애받지 않는 종묘 생산, 중간 육성은 물론 친어관리에 의한 산란 촉진 유발, 산란장으로 활용, 그리고 온수

성 어종의 월동장 등 적절한 이용이 기대됨.

### 3.3 해안구조물에 의한 환경 개선 효과

○ 발전소 건설에 따른 연안의 구조물이 설치될 경우 수중에 위치하는 구조물들은 해조류가 자랄 수 있는 인위적 서식지가 형성되므로 새로운 해조장이 조성되고 이에 따른 주변 생태계를 변화시켜 긍정적 자원 증대 효과를 기대할 수 있다는 사실 또한 매우 중요한 해양목장 사업의 기반기술 분야로 평가되며, 부착생물 자원 증대의 가능성 등 매우 중요한 의미를 내포함.

○ 또한, 바닷가에 구조물을 설치할 경우 연안류 흐름의 변동에 의한 주변의 퇴적층 변화를 나타내는 현상도 잘 알려진 사실로 퇴적층에 서식하는 저서 생물상의 새로운 변화도 충분히 예견됨. 따라서 서식 환경변화에 따른 결과를 수산 자원 증식 차원에서 긍정적으로 활용할 수 있는 잠재 가능성 측면을 검토해 볼 가치가 충분히 있음.

- 인위적 해조장 조성
- 암초역의 해조장 조성
- 해조장 조성에 의한 부착생물과 자원생물 증식 효과
- 구조물 주변 퇴적층 변화
- 퇴적층에 저서생물 군집 형성
- 퇴적지역을 저서동물 양식장으로 활용 가능성

○ 이상 언급된 사실들을 적절히 검토하여 구조물 건설을 위해 투입되는 암초대에 의한 새로운 해조장 조성으로 주변에 모이는 자원생물의 적

절한 관리 기술이 유용 수산 자원의 생산성 증대로 유도될 수 있다. 그리고 구조물 설치에 따른 해수 유동의 변화가 새로운 주변 퇴적층을 형성하게 되므로 이로 인한 패류를 중심으로 저서생물의 새로운 생육장이 형성된다는 사실 또한 매우 중요한 어업환경 개선 효과로 유도할 수 있음.

## 제 2 절 온배수 이용 모델 제시

### 1. 후보지 선정 및 평가

- 발전소 온배수가 수산업 발전에 긍정적인 활용 가능성이 있다는 여러 가지 사실을 기초로 온배수를 수산업 중에 특히 고부가가치 양식 산업에 본격적으로 이용할 수 있는 경제 활동 차원에서의 방법론으로 자리매김이 가능함
  
- 각 원전별 활용 가능 부지를 선정하여 검토하고, 시설의 규모를 정하고, 사업계획에 따라 필요한 제반 경비가 산정되며, 생산계획에 따른 대상 어종별 생산량이 기준이 되어 경제적 타당성이 도출 될 것임. 따라서 우선 활용 가능한 부지의 조건을 언급하고, 설비규모 및 생산량 등을 결정하여 정확한 경제적 타당성을 평가하기 위한 기초자료로 활용하게 됨.
  
- 각 원전별 부지 선정 시 고려되어야 할 사항은 다음과 같음.
  - 온배수와 자연해수의 취수 및 배수가 원활한 곳
  - 양식시설이 발전소 고유 업무에 지장을 주지 않는 곳
  - 해일이나 황천 시 시설의 피해가 방지되는 곳
  - 교통 여건이 양호한 곳

- 한편 각 원전별 부지 및 사업규모는 상대적인 비교 검토가 가능하도록 동일한 조건을 제시하였고 추후 진행될 경제성 평가를 위한 사업 규모를 해양수산부(한국해양수산개발원, 2003)가 추진한 우리나라 기르는 어업의 잠재력 조사 및 발전 방안에서 검토된 내용 중 육상 수조식 양식장의 경영분석 결과 적정 시설 규모를 0.2 ha 이상으로 산정한 기초자료를 활용하였음.

## 1.1 영광원자력 발전소

- 영광원자력 발전소는 우리나라에서 유일하게 서해안에 위치하고 있는 원자력 발전소이고, 서해안 연안은 조수 간만의 차이가 크고, 갯벌이 많은 지역으로 온배수를 집중적으로 사용하는 겨울철에 더 한층 탁도가 높아지는 해역임
- 이러한 조건만으로도 영광원전 주변 지역은 육상 양식장을 운영하기에는 매우 열악한 조건을 가지고 있으며, 영광원전 주변 토지 여건과 온배수 및 자연해수 취수 및 배수 관계 등을 감안할 때, 온배수 양식 사업에 적합한 부지는 부득이 원전이 확보하고 있는 발전소 주변부지로 제한될 수밖에 없는 여건으로 후보지의 특성을 갖임

### 가. 대지 상태

- 활용 가치가 높은 도로변 개활지(유희지)로 토지의 일부는 지면이 낮아 대조 시 해수가 올라오는 습지를 형성 함.
- 따라서 기존대지 인근 구릉지를 절개하여 낮은 지역을 복토, 평탄작업하여 활용하고, 필요시 구릉지를 절개, 절개토를 복토로 사용

## 나. 부지 활용 계획

- 부지면적 : 2,000평(건폐율; 62 %, 활용 가능한 수면적; 30 %)
  - 관리동 : 60평(숙소, 사무실 등)
  - 양식동 : 850평(수면적 600평) 40m x 70m x 1개동 = 2,800 m<sup>2</sup>
  - 부대시설(창고 등) : 50평
  - 사료제조 및 냉동실 : 50평
  - 수질처리장 : 150평(여과기 및 배수처리장)
  - 기타 : 840평
- \* 투자 의지에 따라 보다 넓은 대지의 확보가 가능

## 다. 취수 및 배수

### ○ 취수

- 온배수 : 온배수 방수로 하부에서 현존 양식장과 동일한 방식으로 취수, 기존 양식장에서 송수거리 약 200m
- 자연해수 : 인접 해안에 집수정을 설치 직접 취수, 송수거리 500 m

### ○ 배수

- 현재 발전소 부지내 기존 양식장의 경계면을 따라 수로가 있어 온배수 배수로와 연결되어 바다로 유입되므로 이곳의 활용이 가능 함.

## 라. 양식기법 및 대상종

- 양식 기법 : 충분한 부지를 활용하여 완전 기업규모 양식장 설치가 가능(성어 양성)
- 양식 대상종 : 넙치, 전복

## 마. 기타 의견

- 서해안 특성 중에 하나인 간만의 차가 크므로 다량의 해수를 필요로 하는 성어 양성의 경우 간조 시 취수가 거의 불가능하여 실제적

- 으로는 경쟁력 있는 사업적 양식사업은 불가능한 것이 현실임.
- 1,000ppm 이상의 높은 탁도로 수질 관리 및 취수를 위한 기계 및 양식설비의 유지, 보수에 어려움.
  - 겨울철의 자연해수의 수온 저하(3-4℃)와 해황이 나쁠 경우 높은 탁도에 의한 성장장애와 여름철 고 수온기에 나타나는 폐사 현상 등은 일반 타 지역의 양식장 조건과 비교하여 수익률이 낮아질 가능성이 매우 높음
- 여러 가지 기반 조건을 평가할 때 서해안에 위치한 영광원전의 여건은 우리나라 타 지방 즉, 남해안, 동해안, 제주도 등과 비교하여 볼 때 경쟁력이 떨어지는 것으로 판단됨.
- 특히 영광원전의 온배수 시험 양식장은 영광원전 3, 4호기 및 5, 6호기 환경영향평가 협의내용 이행사업으로 우선 발전 온배수를 이용한 수산양식 사업의 가능성과 발전소 인근 지역 지원 사업(양식어류 방류사업 등), 그리고 온배수 자원 활용 및 홍보사업의 일환으로 1995년 한해연의 시험사업을 위하여 만들어진 양식장이었음
- 지금까지 양식장을 운영한 현황을 검토해 본 결과 산업적인 규모로 어민들의 이익창출이라는 측면에서의 양식 사업을 추진하기에는 여러 가지 문제점이 있었음. 그러나 기존 양식장이 현재 운영되고 있는 상황에서 현지의 여건에 맞는 양식시설을 홍보 차원에서 활용할 수 있는 적극적인 운영 지침의 전환으로 보다 효과적인 온배수 홍보 차원의 기능을 수행함이 검토해 볼 가치가 있는 방안으로 판단됨.

## 1.2 울진원자력 발전소

- 울진원자력 발전소의 주변 토지 여건과 온배수 및 자연해수 취수 및 배수 관계 등을 감안하여 후보지를 다음과 같이 선정하였음
- 울진 원전의 경우 타 지역과는 달리 신울진 원전 건설 부지와 접한 남단 바닷가 지역에 경북 울진군이 추진하고 있는 경북해양과학 연구단지 약 5 만평이 있음.
- 이곳에는 한해연 동해연구소, 경북해양바이오산업연구원가 설치되어 있고 그리고 체험형 해양교육관, 산업단지 등이 들어설 계획이 있음.
- 그 일환으로 온배수의 수산양식 이용 방안 연구 및 온배수가 해양생물에 미치는 영향을 과학적으로 정량화하기 위한 가칭 “온배수실증시험장”을 설치할 예정이고, 울진원전의 온배수 이용 사업은 한해연의 동해연구소과 연계하여 이루어지는 것이 매우 바람직한 상황임을 감안하여 검토함이 바람직함.

### 가. 대지 상태

- 비교적 넓은 농지를 활용하여 대단위 생산시설 입지가 가능함.

### 나. 부지 활용 계획

- 부지면적 : 2,000평(건폐율; 62 %, 활용 가능한 수면적; 30 %)
- 관리동 : 60평(숙소, 사무실 등)
- 양식동 : 850평(수면적 600평) 40m x 70m x 1개동 = 2,800 m<sup>2</sup>
- 부대시설(창고 등) : 50평
- 사료제조 및 냉동실 : 50평



- 수질처리장 : 150평(여과기 및 배수처리장)
- 기타 : 840평
- 기타 : 2,240평
- \* 투자 의지에 따라 보다 넓은 대지의 확보가 가능

#### 다. 취수 및 배수

##### ○ 취수

- 온배수 : 송수거리 약 1,000 m
- 자연해수 : 송수거리 1,000 m

##### ○ 배수

부지에 인접한 직접 바다로 유입되는 하천을 배수 수로로 활용

#### 라. 양식기법 및 대상종

- 양식 기법 : 충분한 부지를 활용하여 완전 기업규모 양식장 설치가 가능(성어 양성)
- 양식 대상종 : 넙치, 전복 등 일반적인 특산품종을 대상으로 함.

#### 마. 기타 의견

- 발전 온수를 이용하는 양식사업의 특성상 다른 어느 지역보다 부지 및 취, 배수 여건이 매우 좋고,
- 동해안의 수질 특성 등을 감안하여도 가장 가능성이 높은 잠재력을 갖고 있으며,
- 인근에 조성되는 한해연의 “온배수실증시험장(가칭)”과 연계하여 양식사업이 이루어 질 경우 기술적인 지원 및 기타 사회적 협조 분위기 속에 긍정적인 결과를 기대할 수 있는 최적지로 평가됨.

- 이미 언급한 여러 가지 기반 조건을 평가할 때 울진 원전의 온배수를 이용한 양식 사업은 남해안, 서해안 및 제주도와 비교하여 볼 때

가장 경쟁력이 높은 지역으로 판단되며 그 이유는 다음과 같이 요약할 수 있음

- 어류양식의 기본이 되는 수질이 좋으며, 수온의 계절적인 변화가 우리나라 다른 지역에 비하여 적고 안정적임
- 양식장에 공급하는 온배수 및 자연해수의 취수 및 배수의 기본 조건이 매우 양호하고, 다른 원전과 비교하여, 근거리에 이용 가능한 부지가 많으며, 토지 가격이 저렴함
- 한해연의 “온배수실증시험장”(가칭)에서 개발한 온배수 이용 기술을 인근 양식장에 보급하여 산업적으로 활용할 수 있음. 또한 해양과학 연구 단지를 방문하는 견학자와 일반 관광객을 대상으로 많은 홍보 효과를 얻을 수 있음.

### 1.3 월성원자력 발전소

- 월성원전의 경우 발전소 주변에 온배수 양식장 후보지를 선정하는 것은 다소 무리인 점이 있음. 월성원전 주변 부지는 이미 신월성 건설부지로 전환되었으며, 그 외측의 부지는 인구 밀집지역과 문화재 보호지역으로 개발이 어려운 상태임.
- 따라서 월성원전의 온배수 양식장 부지는 현재 월성원전의 남단의 유휴지가 유일한 선택임.

#### 가. 대지 상태

- 도로와 인접한 곳에 비교적 부지 정리가 잘된 유휴지 활용.

#### 나. 부지 활용 계획

- 부지면적 : 2,000평(건폐율; 62 %, 활용 가능한 수면적; 30 %)

- 관리동 : 60평(숙소, 사무실 등)
  - 양식동 : 850평(수면적 600평) 40m x 70m x 1개동 = 2,800 m<sup>2</sup>
  - 부대시설(창고 등) : 50평
  - 사료제조 및 냉동실 : 50평
  - 수질처리장 : 150평(여과기 및 배수처리장)
  - 기타 : 840평
- \* 투자 의지에 따라 보다 넓은 대지의 확보가 가능

#### 다. 취수 및 배수

##### ○ 취수

온배수 : 현재 운영 중인 온수 양식장이 취수하는 설비 라인에 추가로 배관을 하여 공급받는 것이 바람직함. 송수거리 약 4 Km.

자연해수 : 온배수를 부득이 현재 양식장에서 취수하는 설비 라인을 이용함이 경제적이거나 다소 취수 라인이 길다는 단점이 있음. 송수거리 4 Km.

##### ○ 배수

발전소 남단에 흐르는 기존 하천으로 배수

#### 라. 양식기법 및 대상종

- 양식 기법 : 성어 양성
- 양식 대상종 : 넙치, 전복

- 월성원전의 온배수 양식장 후보지로 추천되는 부지는 한수원 소유로 되어있는 발전소 남쪽 유희지 이외에는 적합한 부지를 확보하기가 어려운 여건임. 또한 온배수 취수 가능지역에서 양식장 후보지까지의 거리가 멀어 취수설비의 건설과 운영에 소요되는 경비가 큰 장애요인으

로 평가되어 현실화하기에는 다소 무리가 있음

- 따라서 월성원전의 온배수 양식사업은 신월성원전의 시설 배치 및 부지활용 계획이 수립되는 시점에서 봉길리 인근지역을 대상으로 부지 확보의 가능성을 검토함이 바람직하며, 신월성 부지 복단에 계획하고 있는 홍보시설과 연계하여 계획함이 바람직하리라 판단됨.

#### 1.4 고리원자력 발전소

- 고리원전 주변은 인구 밀집지역이며, 양식장으로 활용 가능한 부지는 모두 고리원전 혹은 신 고리원전 부지로 양식 사업의 후보지 선정은 매우 어려운 상황임.

##### 가. 대지 상태

- 도로와 인접한 논.

##### 나. 부지 활용 계획

- 부지면적 : 2,000평(건폐율; 62 %, 활용 가능한 수면적 ; 30 %)
- 관리동 : 60평(숙소, 사무실 등)
- 양식동 : 850평(수면적 600평) 40m x 70m x 1개동 = 2,800 m<sup>2</sup>
- 부대시설(창고 등) : 50평
- 사료제조 및 냉동실 : 50평
- 수질처리장 : 150평(여과기 및 배수처리장) 및 기타 : 840평

##### 다. 취수 및 배수

###### ○ 취수

온배수 : 현재 가동 중인 1, 2호기 배출구에서 취수함. 특히 고리 원전의 경우 예전부터 온배수 이용 양식 사업에 관한 사전

검토가 여러 차례 진행되며 검토된 결과 취수배관이 현재의 발전설비가 있는 부지 내를 통과하며 관로가 추가로 생기는 문제로 엄청난 예산을 소요해야 함으로 매우 불리한 조건으로 사료됨. 지금까지 검토된 결과 원전 부지 경계까지 취수 설비를 마련하는데 약 20억원이 소요되는 것으로 검토됨. 송수거리 약 2 Km.

자연해수 : 온배수 취수와 동일한 조건 임. 송수거리 2 Km.

○ 배수

배수 설비는 인근 장안천까지 약 500 m 정도 배수가 가능하나 도로, 주택, 철로 등 장애물이 많아 막대한 추가 예산이 소요될 전망이다.

**라. 양식기법 및 대상종**

- 양식 기법 : 성어 양성
- 양식 대상종 : 넙치, 전복

○ 고리원전은 취, 배수조건과 부지확보의 어려움으로 상업적 온배수 양식장 건설에 매우 어려운 여건을 가지고 있음

○ 따라서 온배수 양식 사업은 신고리 원전의 시설 배치 및 부지활용 계획이 수립되는 시점에서 재검토함이 바람직하고, 장기적인 계획을 수립하여 신고리 원전 건설과 병행하여 북쪽 부지 경계인 골매마을 인근지역에 대단위 온배수 양식단지를 조성하는 방안을 적극 추천함.

## 2. 시설 및 생산 계획

- 시설 및 생산 계획은 4개 원전 공히 동일한 여건이라는 전제 하에 같은 규모의 시설과 생산 계획을 수립하였음.
- 생산 품목은 성장이 빠르고 사료효율이 높을 뿐만 아니라 수요가 높아 각광을 받고 있는 넙치와 전복로 정하였으며, 양식방법은 육상 수조식을 택하였음

### 2.1 기본 시설 및 설비

- 본 생산 시설은 종묘에서 중간육성을 거쳐 출하크기까지 양성하는 사육수조를 준비하였으며, 각각 1개의 양식동으로 어류양식과 패류양식을 위하여 다음과 같이 구분하여 활용함.
  - 어류 육성동(1개동) : 40×70m (수면적; 1,815m<sup>2</sup>)
  - 패류 육성동(1개동) : 40×70m (수면적; 1,656m<sup>2</sup>)

### 2.2 생산설비

- 펌프 : 일간 5만 톤의 냉, 온 해수 취수용
- 공기 주입기 : 3마력/200 평 규모의 공기공급기
- 사료제조기 : 시간 당 1톤 규모의 사료 제조기
- 냉동, 냉장 설비 : 사료제조 및 보관 설비
- 고압여과기 : 비상 시(적조 발생 등)를 대비한 설비
- 비상발전기 : 비상 시 전원 공급용

표 2. 온배수 이용 양식 사업을 위한 양식동 규모

구분	규모	수조모양	수조크기	수면적	수량	총수면적
어면피어	양식동 (2,800㎡)	장방형	9m × 14m	126㎡	10개	1,260㎡
		원형	5m	20㎡	12개	240㎡
		사각형	7m × 9m	63㎡	5개	315㎡
	소계	-	-	-	27개	1,815㎡
패어면피어	양식동 (2,800㎡)	직사각형	2.5m × 9m	23.0㎡	72개	1,656㎡

## 2.3 생산계획

### 가. 넙치

- 육상수조식 성어 양식업의 경우 넙치는 다른 어종과 달리 바닥에 주로 서식하는 어종이므로 일반적으로 시설규모의 수면적 1㎡당 20kg을 생산하는 것을 기준으로 하였음
- 따라서 2,800평 규모의 양식장에서(수면적 기준으로 1,815㎡) 연간 성어 36톤을 생산할 수 있고, 이때 입식하여 최종 출하 시까지의 생존율은 70 %, 그리고 사료계수(일정기간 먹인 먹이량÷일정기간 증가한 어체의 체중)는 5~8 수준으로 설정하였음.

### 나. 전복

- 전복은 선호도가 매우 높아 부가가치가 크나 성장이 다소 늦어 일반 해수에서는 최소한 3년은 사육을 해야 상품크기로 성장할 수 있음. 특히 전복의 성장속도는 겨울철 수온 환경이 낮은 우리나라에서는 저수

온 기간이 길기 때문에 온배수를 이용할 경우 경쟁력을 내포하는 경제성이 큰 품종이라고 할 수 있음

- 전북의 경우는 마침 넙치와 동일하게 면적 당 생산량이 계산되므로 넙치 양식과 같은 맥락에서 검토한 결과, 사육 수조의 규모가 어류와는 상이한 직사각형(일명; race-way 식) 사육조(2.5m X 9m)를 활용하여 2,000 평 양식장에서 연간 30톤의 생산이 가능함.
- 다시 말해서 기준 사육 밀도는 사육 수면적을 기준으로 연간 30톤 /1,656m<sup>2</sup>을 생산할 수 있으며, 전북의 경우 생존율 70%, 그리고 사료 계수는 15 ~ 20 수준으로 설정하였음

### 3. 온배수 양식의 경제성 분석을 위한 착안점

- 온배수를 어류양식에 이용하여 오랜 기간 시험연구 사업을 진행한 결과 다음과 같은 효과가 있음이 확인되었음(한해연 1990, 1993, 1997, 2000).
- 어류의 성장과 수온의 관계에 대하여 연구된 바에 따르면 일반적으로 수온이 적당히 상승할 경우에는 ①먹이의 섭이가 활발해지고, ②생리, 대사 현상이 촉진되어, ③상품크기까지 성장에 필요한 시간이 단축되는 경제적 부가가치 상승에 직접적인 요인으로 알려져 있음
- 한편, 우리나라에서 현재 활발히 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어족이기 때문에 10월부터 이듬해 5월까지의 해수 수온이 낮아져



서 자연해수에서는 성장이 어렵기 때문에 발전소의 온배수를 이용할 경우 겨울철에도 어류를 성장시킬 수 있을 뿐 아니라 봄, 가을철에도 여름철에 버금가는 성장을 기대할 수 있음.

- 넙치를 대상으로 동절기 약 6개월간 온배수와 자연해수로 사육한 결과를 비교하면 온배수에서 사육한 것이 3배 이상의 성장 결과를 나타내었다(그림. 2-1, 2-2). 전복은 같은 기간 중 온배수에서 2배 이상의 성장이 빠름.

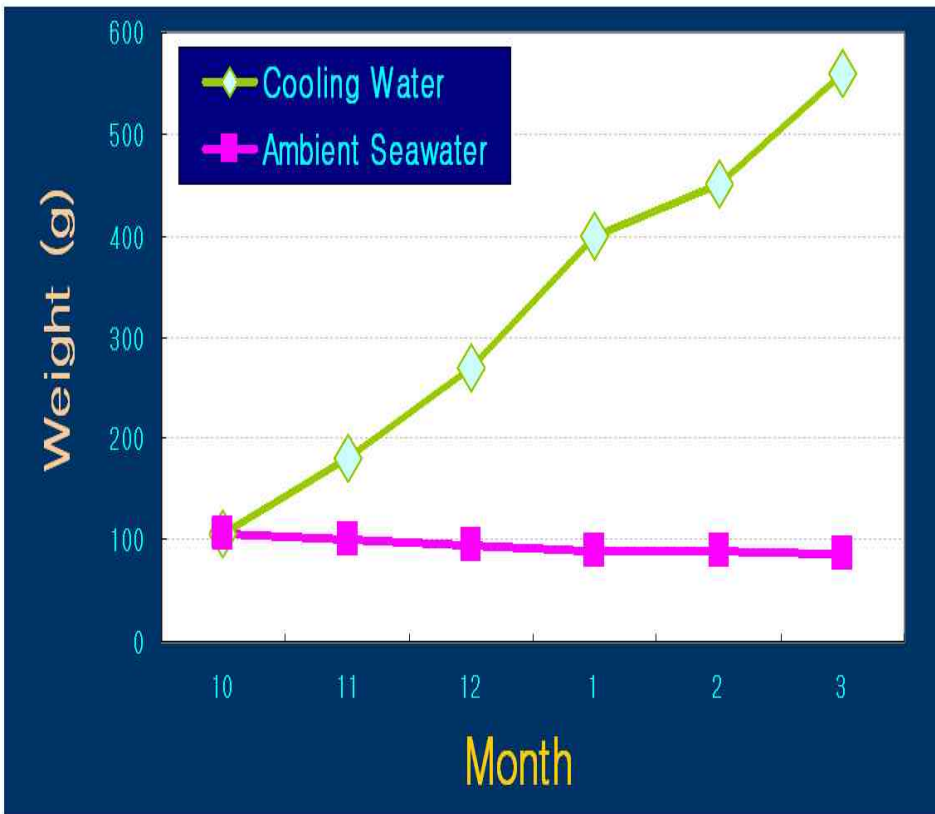


그림 2. 동절기 온배수 및 자연해수에서 사육한 넙치 체중의 변화.



그림 3. 온배수 및 자연해수에서 동절기 5개월간 사육한 넙치의 성장 결과.

○ 수산양식을 하기 위한 기본 조건은 다음과 같음

- 상품(양식어) 생산에 참여하는 인력의 질과 능력이 중요함. 일반 제조업에서는 불량률의 최대 허용치를 결정하고 그 이하로 불량률을 유지하도록 생산 관리하는 것이 가능하지만, 어류양식에 있어서 불량품이 발생한다는 것은 생산품 전량이 불량품이 된다는 결론임.
- 시장의 수요 및 공급에 따른 경제적 가치 변화에 민감도가 크다. 시장의 변동으로 출하가 어려우면 과도한 유지비용이 소모되며, 어장 환경 악화로 대량폐사가 일어나는 경우가 일반 양식장에서는 높은 빈도로 관찰되고 있음.

- 경제성 분석을 위한 요건은 어패류 육상 양식에 있어 생산원가는 시설투자비, 종묘비, 사료비, 인건비, 어장운영비(전기, 수도, 제 잡비) 및 의약품비 등 소모성 경비와 생물학적 요인인 사료계수, 성장률 및 사망률과 생산어의 판매가격이 종합되어 결정됨.
  
- 특히 인건비의 경우는 다음과 같이 구분하여 계상함
  - 총 관리 책임자 : 1인(300만원/월)
  - 상급 기술자 : 1인(200만원/월)
  - 중급 기술자 : 2인(150만원/월)
  - 일용직 : 1인(100만원/월)
  
- 마지막으로 양식장 모델의 기본 규모는 한국해양수산개발원(2003)이 주관이 되어 우리나라 기르는 어업의 잠재력 조사 및 발전 방안에서 검토된 육상 수조식 양식장의 적정 경영 규모를 0.2 ha(약605평) 이상으로 산정한 내용을 기초 자료로 활용하였음.

# 제 3 절 원전별 은배수의 상업적 이용 타당성 검토

## 1. 경제성 분석을 위한 평가방법

### 1.1 회수기간법(Payback period method)

- 이 방법은 투자에 소요되는 자금을 그 투자로부터 얻어지는 현금흐름으로 전부 회수하는데 걸리는 기간을 계산하여 판단하는 방법을 말함. 회수기간법은 각 투자안을 비교하여 가장 회수기간이 빠른 투자안을 선택하는 방법으로, 이를 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\text{회수기간} = \text{순투자액} \div \text{미래의 현금유입}$$

### 1.2 회계적이익률법

- 회계적이익률법이란 총투자액에 대한 연평균 순이익의 비율을 구하여 투자안을 평가하는 방법을 말한다. 회계적이익률법은 기업 자체의 최저기대수익률과 비교하여 이를 초과하게 될 때 투자를 선택하는 의사결정을 하게 되는 방법이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\text{회계적이익률법} = \text{연평균 순이익} \div \text{총투자액}$$

### 1.3 내부투자수익률법(Internal rate of return method : IRR법)

- 내부투자수익률법은 최초 투자에 소요되는 현금유출액의 현재가치와 그 후로부터 기대되는 현금유입액의 현재가치를 동일하게 만드는 할인율을 말하는데 이를 자본비용과 비교하여 이를 초과할 경우 투자안으로 채택하는 방법이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$I = \frac{U_1}{1+r} + \frac{U_2}{(1+r)^2} + \frac{U_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{U_n}{(1+r)^n}$$

$I$  : 초기설비투자액,  $U_n$  :  $n$ 년의 기대수익,  $r$  : 내부이익률

### 1.4 순현재가치법(Net Present Value method : NPV법)

- 순현재가치란 자본비용을 할인율로 하여 투자로부터 기대되는 현금유입액의 현재가치에서 현금유출액의 현재가치를 공제한 것을 말하며, 이 경우 순현재가치가 0 보다 클 때 이 투자안을 채택하는 방법이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\frac{C_1}{1+K} + \frac{C_2}{(1+K)^2} + \dots - \frac{C_n}{(1+K)^n} - C_0 = NPV$$

$C_n$  :  $n$ 기의 현금흐름,  $K$  : 위험조정할인율

### 1.5 수익성지수법(Profit Index method : PI법)

- 수익성지수법은 순현재가치법을 변형한 것으로서 순현재가치법이 차감의 형식으로 표시되는데 반해 이것은 분수의 형태로 표시됨. 특히 순현재가치법이 절대치로 계산되는 단점을 보완해 주기도 함

- 수익성지수법은 수익성지수가 1 보다 크면 그 투자안을 채택하는 방식이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$\text{수익성지수법} = \text{현금유입액의 현재가치} \div \text{현금유출액의 현재가치}$$

## 1.6 본 보고서에서 이용한 경제적 분석 방법

- 본 보고서에서는 상기의 경제적 분석 방법 중 순현재가치법(NPV 방법)을 이용하여 분석을 하고자 함. NPV 방법은 가치평가 방법론에 있어서 다른 대안과 비교 시 그리고 그 자체의 경제적 가치의 분석에 있어서 가장 우수한 방법임
- 비교의 목적으로 위에서 언급한 투자안의 평가방법을 보충적으로 제시하였음.

## 2. NPV방법에 의한 경제성 분석

### 2.1 가중평균자본비용(WACC)의 계산

#### 가. 가중평균자본비용의 정의

- 사채·차입금 등 타인자본비용과 자기자본비용을 산정한 후 자본구조의 선택에 의해서 가중평균자본비용을 산정하여 그것을 투자결정의 기준으로 삼음.
- 따라서 자본구조가 달라짐에 따라 가중평균자본비용도 달라지는데, 그것은 아래와 같은 식에 의해 계산됨.

- 타인자본비용은 경비로서 과세공제되지만 자기자본비용은 과세를 받게 되므로 자기자본비용은 타인자본비용을 상회하는 것이 상례임 그 때문에 부채비율을 높임으로써 가중평균자본비용은 점차 떨어지게 되며, 일정한 선을 넘어 부채비율이 상승하면 가중평균자본비용은 상승으로 전환하는 것으로 보고되고 있음
- 그러나 온배수이용의 경제적 타당성 분석의 경우 기본 모델로서 전액 자기 자본 조달을 가정하였는데 이는 자기자본 투자에 대한 반대 급부를 쉽게 파악하기 위함이며 이에 따라 가중평균자본비용은 곧 자기자본비용이 됨.

#### 나. 자기자본비용( $k_e$ )의 산정

$$k_e = R_f + [ E(R_m) - R_f ] \beta_{SL}$$

$R_f$ : 무위험이자율

$E(R_m)$ : 시장 수익률

$\beta_{SL}$ : 체계적위험

- $R_f$ 의 산출 :  $R_f$ 는 무위험이자율로서 세계적인 시장 조사기관인 Bloomberg 데이터 중 대한민국 국공채 3년의 이자율의 평균을 근거로 하여 산출하였음. 이에 따르면  $R_f = 3.8\%$ 으로 산출됨
- $E(R_m)$ 의 산출 :  $E(R_m)$ 는 시장수익률로서 증권거래소의 주가지수 수익률 및 배당 수익률의 자료를 이용하여 Expected Market Return in Korea를 산출하였고, 1980년부터 2004년말까지 한국의

시장 수익률은 14.27% 로 계산되었음.

- $\beta_{SL}$  의 산출 : 수산업을 대표하는 동원수산, 사조산업, 오양수산의 베타계수를 산정하고 이를 하마다 모형을 적용하여 *Unleverage beta*를 산정하였음.

표3. 대용베타의 산출

회사명	베타계수	부채비율	Unleverage beta
동원수산	0.5	109.43	0.27881
사조산업	0.51	164.22	0.23281
오양수산	0.86	342.38	0.24697
평균값			0.253

- 따라서 자기자본 비용은 다음과 같이 산출되었음

$$k_e = 3.8\% + (14.27\% - 3.8\%) \times 0.253 = 6.44\%$$

- 전술한 바와 같이 전액 자기 자본으로 조달하는 투자안의 평가방법에서 자기자본비용과 가중평균자본비용은 동일함으로 가중평균자본비용도 6.44%가 되었음.

- 만약 사업을 수행하는 자가 정책 자금을 받게 되는 경우 일반적으로 조달금리가 매우 낮기 때문에 가중평균자본비용은 6.44% 보다 낮게 될 수가 있으며, 이런 경우를 생각하여 투자안의 평가 시 자본비용의 변화에 따른 NPV를 3.3.2 가중평균 자본비용 변화에 따른 원전별 경제성 분석에서 제시하였음.



## 2.2 매출 등 영업계획

### 가. 개요

- 한해연에서 제시한 설비의 규모 및 매년 생산량을 기준으로 하여 넉치의 경우 36 톤, 전복의 경우 30 톤 을 기준으로 매출수량을 가정하였음.
- 또한 생산량과 매출수량이 동일하다고 가정하였으므로 완제품의 재고수량은 존재하지 않으며, 판매가능시점에 모두 매각 가능하다고 가정하였음.

### 나. 매출액 추정

- 본 보고서상 경제성 분석의 대상이 되는 수산업은 수요 및 공급의 비탄력성 등으로 대별되는 대표적인 업종임. 이는 가격의 변동에 따라 수요량 혹은 공급량을 단시간에 충족시킬 수 없어, 판매가격의 변동성이 심한 사업임을 의미함. 그러나 넉치와 전복의 경우 대표적인 한국의 어종이며 그 매출의 안정성이 어느 정도 보장 될 것으로 판단하였음.

표 4. 연도별 매출액 추정

(단위 : Kg,백만원)

년도		'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년
판매 수량	넙치	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	전복	-	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
매출액		311	1,677	1,681	1,685	1,688	1,692	1,696	1,700	1,704	1,708

매출액 = ∑ 어종별 (판매수량 × 판매단가)

- 매출액은 어종별로 판매수량에 판매단가를 곱하여 추정하였음. 매출 형태는 일반 소매의 경우 가격 변동이 심하며 유통과정에서 얻는 마진에 따라 양식업의 경제적 타당성이 달라질 수 있으므로 모두 도매로 전량 매각된다는 가정 하에 매출액을 추정하였음.

■ 판매수량 :

- 한해연에서 제시한 시설비에 대한 자료 및 생육에 관한 자료를 근거로 하여 넙치의 경우 매년 36톤의 생산 판매, 전복의 경우 매년 30톤을 생산하고 판매가 가능하다고 가정하였음.
- 넙치의 경우 일반 해수에서는 1.5년, 전복의 경우는 3년의 생육기간이 필요하나 온배수의 경우 겨울철 성장 속도가 일반해수보다 빠르므로 생육기간은 각각 1년 및 2년으로 단축됨.

- 따라서 넙치의 경우 종묘를 매년 초에 투입하여 매년 말에 출하가능하며, 전복의 경우 첫 사업연도에 30톤의 생육을 위한 종묘를 투입하고 매년 초에 동일한 종묘가 투입되어 두 번째 사업연도 말부터 30톤씩 출하가 가능하다는 형태로 경제성을 분석하였음.

■ 판매단가 :

- 넙치의 판매단가 추정은 제주도해수어류양식수협 의 자료를 통하여 2004년 1월부터 2005년 4월까지의 단가추이를 분석한 결과 1kg당 평균가격이 10,278원으로 도출되었고 이에 농수산물 물가상승율(5.03%)을 고려하여 판매단가를 추정하였음

- 이에 따라 1kg당 판매단가는 다음과 같음.

표 5. 넙치 판매가격 추정

(단위:원)

구분	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년
넙치	8,636	8,636	8,636	8,636	8,636	8,636	8,636	8,636	8,636	8,636

- 상기 추정한 가격에 따르면 매년 동일한 금액으로 나타나는데, 이는 2004년 1월부터 2005년 4월까지 평균 도매가격이 다소 하락하는 추세를 보였으며, 이러한 추세가 다소 지속될 것으로 판단되어 가장 최근 넙치가격이 고정되어 실질적으로 가격이 하락한다는 가정을 통해 보수적인 추정 방법을 선택하였음.

- 전복의 판매단가 추정은 노량진수산시장의 경락시세 자료를 통하여 2004년 1월부터 2005년 4월까지의 단가추이를 분석한 결과 1kg당 평균가격이 45,263원으로 도출되었고 이에 상기와 같이 추론한 결과 다음과 같은 결과를 얻었음.

표 6. 전복의 판매가격 추정

(단위:원)

구분	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년
전복	45,394	45,525	45,656	45,788	45,920	46,053	46,186	46,319	46,453	46,587

## 2.3 종묘비 및 사료비에 대한 검토

### 가. 개요

- 한해연에서 제시한 생존율과 사료계수를 근거로 하여 투입해야할 종묘수를 산출하였으며 사료계수를 근거로 하여 발생할 총 사료비를 추정하였음.

$$\text{종묘비} = \sum \text{어종별 (종묘 투입마리수} \times \text{어종별 종묘비 단가)}$$

$$\text{사료비} = \sum \text{어종별 (총중량} \times \text{사료계수} \times \text{어종별 사료비 단가)}$$

- 종묘 투입마리수 - 향후 매출 추정에 의해 산출된 어종별 예상판매수량을 이용하였으며 여기에 생존율(70%)을 반영하여 투입 마리수를 산출하였음.

○ 사료비 - 향후 매출 추정에 의해 산출된 어종별 예상판매수량을 이용하였으며 여기에 사료계수(넙치 :6 , 전복: 17.5)를 반영하여 필요한 사료량을 산출하였음.

○ 어종별 종묘비 단가 및 사료비 단가 - 현재 시세를 반영하기 위하여 직접 조사를 수행하였고 여기에 향후 농수산물 물가상승률(5.03%)를 반영하여 단가를 추정하였음.

### 표 7. 종묘비와 사료비 추정

<넙치>

(단위:천원,kg)

구분		'06년초	'06년말	'07년말	'08년말	'09년말	'10년말	'11년말	'12년말	'13년말	'14년말
종 묘 비	단가	400원	420원	441원	463원	487원	511원	537원	564원	592원	622원
	마리수	64,286	64,286	64,286	64,286	64,286	64,286	64,286	64,286	64,286	64,286
	금액	25,714	27,007	28,364	29,790	31,287	32,859	34,510	36,245	38,066	39,980
사 료 비	단가	500원	525원	552원	579원	608원	639원	671원	705원	740원	777원
	중량	262,287	262,287	262,287	262,287	262,287	262,287	262,287	262,287	262,287	262,287
	금액	131,143	137,734	144,657	151,927	159,562	167,581	176,003	184,849	194,139	203,896

<전북>

(단위:천원,kg)

구분		'06년 초	'06년 말	'07년 말	'08년 말	'09년 말	'10년 말	'11년 말	'12년 말	'13년 말	'14년 말
중 요 비	단가	460원	483원	507원	533원	560원	588원	617원	648원	681원	715원
	마리수	428,571	428,571	428,571	428,571	428,571	428,571	428,571	428,571	428,571	428,571
	금액	197,143	207,051	217,457	228,385	239,863	251,918	264,579	277,876	291,842	306,509
사 료 비	단가	296원	311원	327원	343원	360원	378원	397원	417원	438원	460원
	중량	318,750	637,500	637,500	637,500	637,500	637,500	637,500	637,500	637,500	318,750
	금액	94,373	198,231	208,194	218,657	229,646	241,188	253,309	266,040	279,410	146,726

## 2.4 인건비에 대한 검토

- 한해연에서 추정된 인원 소요계획에 따르면 총관리책임자 1명, 상급 기술자 1명, 중급기술자 2명, 일용직 1명이 관련 기간에 필요한 것으로 파악되었음.
- 상기 인원에 대한 인건비 금액에 명목임금상승률(7.48%) 반영하고 그 금액에 복리후생비(중간정산을 위한 퇴직급여 등 포함) 비율(인건비의 15%)을 반영하여 인건비를 추정하였음.

## 표 8. 인건비 추정

(단위: 천원)

구분	'06년초	'06년말	'07년말	'08년말	'09년말	'10년말	'11년말	'12년말	'13년말	'14년말	'15년말
인건비	108,000	116,081	124,767	134,103	144,138	154,924	166,516	178,977	192,369	206,764	222,236
복리후생비(15%)	16,200	17,412	18,715	20,115	21,621	23,238	24,977	26,847	28,855	31,015	33,335
총인건비추정액	124,200	133,493	143,482	154,218	165,759	178,162	191,493	205,824	221,224	237,779	255,571

## 2.5 기타경비(판매비와 관리비 등)의 추정

- 기타경비(이하 판관비)의 경우 판매 및 관리를 위해서 사용되는 모든 금액을 의미하며 이는 매출액과 비례하여 증가하는 것이 일반적임
- 본 보고서에서는 판관비의 추정을 위하여 내수면 어업과 관련된 5개의 사업계획서를 입수하였으며, 이를 검토한 결과 판관비가 매출액 대비 16%으로 산출되었음.

## 표 9. 기타경비의 추정

(단위:천원)

구분	'06년말	'07년말	'08년말	'09년말	'10년말	'11년말	'12년말	'13년말	'14년말	'15년말
판관비금액	48,965	264,077	264,698	265,321	265,945	266,571	267,200	267,830	268,461	269,095

## 2.6 시설비 및 감가상각비에 대한 검토

- 한해연에서 제시한 시설과 국립수산물과학원에서 제시한 표준시설의 규모차이를 반영하여 시설규모를 추정하고, 이에 현재의 설비비를 조사

하여 시설비를 추정하였음.

- 경제성의 판단에 있어서 입지 조건의 차이를 제외하고 다른 조건이 모두 동일하다고 가정하였으므로 각 원전별 토지의 가격과 온배수 취수를 위한 시설 그리고 영광의 탁도 및 조수간만 차이를 제거하기 위한 특수한 시설물을 제외하고 모두 동일하다고 가정하였음.

표 10. 입지별 투자비 차이

(단위:천원)

구분	울진	영광	고리	월성
토지	460,500	211,750	491,750	312,085
PE관(*)	137,500	48,125	275,000	550,000
침전시설(**)	-	1,179,098	-	-
기타시설비	944,194	1,053,166	957,944	985,444
합계	1,542,194	2,492,139	1,724,694	1,847,529

(\*)각 입지별 온배수와 해수 취수를 위한 PE관의 길이가 다른바 이의 효과를 반영하여 산출하였음.

(\*\*)영광의 경우 해수의 탁도가 높고 조수 간만의 차이가 존재하기 때문에 이를 정확할 수 있고, 썰물시 필요한 해수를 공급할 수 있는 시설이 필요한바 다른 곳과의 생육조건을 동일하게 하기 위하여 추가 시설의 비용을 고려하였음. 또한 상기의 자산 중 토지를 제외한 감가상각자산을 대상으로하여 건물과 기타 자산에 대하여 10년의 내용연수를 정하여 상각비를 계산하였음. 그리고 10년도말에 기존에 투자한 토지의 취득원가를 모두 회수 가능하다고 가정하였음.



### 3. 각 원전별 경제성 분석

#### 3.1 각 원전별 경제성 비교

○ 별첨에서 제시한 각 SITE별 현금흐름을 중심으로 하여 NPV법, 회계적이익율법, 내부투자수익율법, 수익성지수법, 회수기간법 등을 적용한 결과는 다음과 같음.

표 11. 경제성 분석 결과비교

(단위:천원)

SITE	울진	영광	고리	월성
NPV법(*)	633,012	(190,493)	501,783	344,949
회계적이익율법	13%	4.90%	11%	9.34%
내부투자수익율법	11%	5%	10%	9%
수익성지수법	1.26	0.94	1.2	1.13
회수기간법	4.24년	6.85년	4.56년	5.21년

(\*) 가중평균자본비용 6.44%를 기준으로 산정되었음.

○ 본 보고서에서 판단기준으로 한 NPV법에 따르면 NPV>0 인 울진, 고리, 월성이 온배수 이용의 경제성이 있는 것으로 판단되며, 그리고 각 원전별로 온배수 이용의 경제성을 비교해 보면 울진의 경우가 입지조건에 있어 최적 지역으로 판단되었음

○ 영광의 경우 경제성이 가장 낮게 나오는데, 이는 서해의 고유 특성상

탁도가 높아 침전시설비가 다른 원전에 비해 더 투자가 되기 때문이며, 또한, 고리와 월성은 PE 관 등 취수설비의 길이가 길어 울진보다 경제성이 낮았음.

### 3.2 가중평균 자본비용 변화에 따른 원전별 경제성 분석

표 12. NPV의 할인율 민감도

(단위:천원)

Site		WACC					
		4.50%	5.00%	5.50%	6.44%	6.50%	7.00%
NPV	울진	1,103,388	908,241	808,200	633,012	622,371	536,086
	영광	170,488	70,612	-24,354	-190,493	-200,577	-282,304
	고리	885,689	779,518	678,536	501,783	491,050	404,042
	월성	712,806	611,117	514,367	344,949	334,659	251,224

- 별첨에서 제시한 현금흐름을 전액 자기자본으로 조달하였을 때의 가중평균자본비용인 6.44%로 할인율 하계 되면 NPV(Net Present Value)는 울진 주변의 온배수 이용이 최적의 경제적 가치를 지니게 되었음
- 또한 전술한 바와 같이 타인자본이나 정책 자금을 이용할 시에는 조달하는 자본비용이 자기자본비용에 비하여 작기 때문에 가중평균자본비용(WACC)이 감소하게 되어 각 투자안의 NPV는 상승하게 됨

#### 4. 수산양식분야 경제적 타당성 검토 결론

- 원전 온배수를 이용한 양식과 일반해수를 이용한 양식을 비교할 때 원전 온배수를 이용한 양식은 일반해수에 비하여 온배수 취수 설비 등 추가적인 설비 투자비가 발생하나, 일반해수를 이용할 경우 발생하는 유류비 절감 효과가 존재하기 때문에 원전 온배수의 타당성이 존재함
- 비록 겨울철 가온을 수행하지 아니하고 일반 양식을 수행할 수 있으나, 이를 통한 수확량 감소는 가온을 통한 수확량 증가 효과보다 경제적으로 타당성이 떨어진 것으로 파악되었음.
- 온배수를 이용한 경제적 타당성 분석은 과거의 재무자료와 미래 추정 자료를 근거로 수행되었으므로 환경의 변화로 인하여 분석 결과와 실제 결과는 차이가 발생할 수 있음
- 시설비에 대하여 한해연에서 제시한 기본설계가 아닌 상세설계를 수행하는 경우 시설비에 대한 투자액의 변화로 인하여 경제적 타당성이 본 보고서의 결론과 상이하게 도출될 수 있는 한계점이 존재함.

## 제 2 장 농업 부문

# 제 1 절 시설농업분야의 원전 온배수 최적 이용방안

## 1. 시설농업의 현황과 특성

### 1.1 시설농업 현황

#### 1.1.1 시설농업 추진 배경

- 1970년대 비닐농법의 확산으로 시설원예가 본격화된 이후 원예작물의 수요 신장과 값싼 소재의 개발로 비닐하우스를 중심으로 하는 시설화가 진행되었다. 정부는 시설원예 부문을 국제경쟁력을 갖춘 자본·기술집약적 산업으로 육성하기 위해 시설현대화사업에 대한 지원을 강화하여 왔음.
- 정부의 시설원예 발전전략은 시설의 현대화·규모화로 원예산업의 경쟁력을 강화하는 것이었다. 특히 UR 이후 농가의 소득 보전을 위해 고소득 작물 개발과 원예작물의 수출 증대에 초점이 있었음. 시설현대화사업은 1994년부터 시작된 생산·유통지원사업에 의해 본격적으로 추진되었음.

- 원예작물 시설은 1990년대에는 자동화비닐온실, 경질관온실, 유리온실 등 인위적 환경관리가 가능한 방향으로 발전하고 있으며, 고비용·고효율·에너지 다소비적인 시설로 발전하고 있었으며, 현대화된 시설이 증가함에 따라 원예작물 시설·장치도 자동화온실, 관비·양액시설이 보급되고 있어 시설이 규모화·장치화되는 추세를 보이고 있음
- 유리온실 사업은 고투입·고효율·고소득 사업으로 생산성 향상은 가능하나, 초기 투자액이 높고 경영 성과에 대한 불확실성이 존재하는 특징을 지니고 있음.
- 시설원예 부문에 대한 정부지원은 1990년대까지는 시설면적 확대 및 시설현대화 등 생산기반 강화에 중점이 있었으나 2000년대 들어서는 유통기반 강화 및 수출확대에 중점을 두고 있음. 화훼의 경우 종전 생산유통지원사업은 폐지되고, 화훼생산수출단지 조성사업에 한해 지원되고 있으며,
- 화훼생산수출단지 조성사업은 집단화된 화훼생산 전문단지를 조성하여 소비자 기호에 부응하는 고품질 화훼를 집중 생산하고, 경제적 규모의 수송체계를 구축하여 화훼류 수출확대를 도모하려는 것임.
- 사업의 내실화를 기하기 위해 사업부지 확보와 시설설치 및 운영능력이 있는 농업경영체(생산자단체, 농가 등)를 사업대상자로 선정하고, 일관 생산, 선별, 수송, 수출이 가능하도록 집단화 단지가 가능한 지역을 선정(매년 1개)하여 지원하고 있음

- 정부의 지원조건은 2000년대 초반까지는 보조와 융자의 비율이 높았으나 2004년부터는 사업비 지원체계가 균특회계로 전환되면서 융자가 없어지고 보조와 자부담 비율이 50:50으로 바뀌었음(표 13).

**표 13. 화훼생산수출단지 조성사업 지원조건 변화**

단위: %

	보조			융자	자부담	계
	국고	지방비	계			
2002-2003	20	20	40	40	20	100
2004-2005	30	20	50	-	50	100

자료: 농림부, 「농림사업시행지침」, 2004.

### 1.1.2. 시설면적 변화

- 국민소득의 증대에 따라 원예작물의 소비가 다양화·고급화 되면서 시설면적은 증가하고 있다. 특히 1990년대 중반까지는 빠른 속도로 증가하였으며, 시설작물 면적은 1990년 약 2만5천ha에서 2000년에는 약 5만2천ha로 지난 10년간 2배 이상 증가하였다. 그러나 2000년대 들어서는 5만 2천ha내외에서 정체상태에 있음(표 14).

**표 14. 원예작물 시설면적 변화 추이**

단위: ha

	1990	1995	2000	2001	2002	2003
시설채소	23,698	40,077	48,853	48,749	48,535	48,589
화훼	1,752	3,054	3,336	3,385	3,338	3,560
계	25,450	43,131	52,189	52,134	51,873	52,149

자료: 농림부, 「농림업주요통계」, 「화훼재배현황」 해당 연도.

- 시설채소 면적은 2000년까지 지속적으로 증가하다가 2000년을 정점으로 다소 감소 추세에 있고, 화훼면적은 2000년 이후에도 소폭이기는 하나 증가하는 경향이며, 1997년말 외환위기 이후 환율 및 유가가 상승하고, 생산시설에 대한 지원이 약화되면서 2000년대 들어서는 시설면적이 정체상태에 있음

## 1.2. 시설작물의 특성

### 1.2.1 시설작물과 난방

- 시설에서 재배할 작물의 선정은 작물과 시설을 중심으로 내부적 요인과 외부적 요인을 고려하게 된다. 내부적 요인으로는 작물의 생육 환경, 시설유형, 시설구조, 시설 내 환경제어 장치 등이고 외부적 요인으로는 지역의 기후여건, 사용하는 용수의 수질, 노동력 조달 여건, 생산물의 가격, 수송 여건 등 생산 및 유통기반이 될 것임
- 시설에서 재배되는 주요 작물은 대체로 연중 생산이 가능하고 가격이 상대적으로 높은 과채류와 화훼류가 주를 이룬다. 작물별 생육환경은 매우 다르며, 주로 주간과 야간의 광조건과 야간의 온도, 습도 등이 작물 생육에 크게 영향을 미침
- 또한 작물의 생육단계나 품종에 따라서도 설정온도가 다르기 때문에 최적의 생산조건을 유지할 수 있도록 보온과 가온을 겸한 재배시설을 취하게 된다. 이와 같이 작물의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 환경은 온도이고 이러한 온도조절 수단으로써 난방은 중요한 역할을 담당하고 있음.



- 온실난방은 비닐온실이 널리 보급되기 시작한 1960년대 중반부터 석유온풍난방기가 도입되면서 본격적으로 이루어지게 되었으며, 이에 따라 난방기술과 난방기에 대한 다양한 연구가 수행되었고, 특히 두 차례의 석유파동을 거치면서 재생에너지 기술과 에너지원의 다양화를 위한 연구가 진행되고 있음.
- 그러나 석유 이외의 에너지원은 아직 기술적, 경제적으로 해결해야 할 문제점이 있고, 석유가격이 안정화되면서 여전히 석유가 중심이 된 온풍난방기를 주로 사용하고 있음.
- 온실의 난방은 대부분 석유온풍난방기를 사용하여 온실의 공기 자체를 가열하는 것임. 온수를 사용한 온수배관에 의한 난방도 이루어지고 있지만, 독특한 온도환경을 조성해 주어야 하는 작물에는 이용이 제한적임. 이것은 온풍난방에 비하여 설치비가 높을 뿐만 아니라 시스템 전체의 열효율도 낮기 때문에 운전경비가 높은 비율을 차지하기 때문임(표 15).

**표 15. 온풍난방과 온수난방의 비교**

	특징	단점
온풍난방	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설비비가 저렴함.</li> <li>· 예열시간이 짧고, 온도가 빨리 올라감.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시설 내 온도변화가 큼.</li> <li>· 온풍기의 이상 정지시에는 빨리 실온이 저하됨.</li> </ul>
온수난방	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시설 내 온도변화가 완만함.</li> <li>· 방사가 많고 엽온이 상승하기 쉬움.</li> <li>· 기구의 이상 정지시에도 열마동 안 실온 유지가 가능함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설비비가 고가이고 예열이 오래 걸림.</li> <li>· 운전 정지후에도 온수에 잔열이 남아 있음.</li> <li>· 시스템 전체의 열효율이 낮음.</li> </ul>

자료: 농진청 원예연구소, 「최신 시설원예 환경제어기술」, 2003.

- 공간난방에 비해서 지중난방은 육묘상이나 양액재배(양액가온용)시 겨울철에 일사량이 부족하고 지온이 낮은 지역을 중심으로 보급되고 있지만 아직 일부에 그치고 있음.

### 1.2.2 시설작물의 경영비 구조

- 주요 시설작물의 경영비는 품목과 재배방법에 따라 차이가 있음. 10a(300평) 당 토마토(축성)의 경영비는 500만원을 약간 상회하는 반면 장미는 1,300만원에 이르러 장미의 경영비가 토마토에 비해 2배 이상 높음(표 16).
- 경영비에서 큰 비중을 차지하는 항목은 품목에 따라 약간의 차이는 있으나 광열동력비, 제재료비, 시설상각비 등임. 특히 광열동력비는 대체로 경영비의 20~30%이상을 차지하고 있기 때문에 광열동력비를 절감하는 것이 곧 시설농가의 소득증대로 나타나게 됨.

표 16. 주요 시설작물의 소득과 경영비

	오이(축성)	토마토(축성)	장미	카네이션	
기준	연1기작/10a	연1기작/10a	연/10a	연1기작/10a	
조수입	16,720,829	11,001,400	21,640,178	18,456,166	
경영비	종묘비	702,969(8.6)	173,588(3.4)	1,318,412(10.2)	2,556,783(25.0)
	무기질 비료	279,636(3.4)	132,872(2.6)	554,733(4.3)	194,983(1.9)
	유기질 비료	415,200(5.1)	284,047(5.5)	249,523(1.9)	285,199(2.8)
	농약비	234,330(2.9)	100,678(2.0)	584,430(4.5)	541,853(5.3)
	광열동력비	2,620,608(32.2)	1,639,118(31.9)	3,944,498(30.5)	2,362,490(23.1)
	수리(水利)비	1,074(-)	1,389(-)	37,993(0.3)	25,119(0.3)
	제재료비	1,684,339(20.7)	1,354,217(26.4)	1,164,536(9.0)	810,611(7.9)
	소농구비	8,040(0.1)	7,746(0.2)	24,517(0.2)	4,734(0.1)
	대농구상각비	578,071(7.1)	350,484(6.8)	745,980(5.8)	422,073(4.1)
	시설상각비	864,299(10.6)	669,618(13.0)	2,710,484(21.0)	1,517,758(14.8)
	수선비	47,201(0.6)	53,622(1.0)	137,296(1.1)	115,850(1.1)
	기타요금	26,212(0.3)	6,390(0.1)	13,883(0.1)	5,588(0.1)
	임차료	75,043(0.9)	63,194(1.2)	326,737(2.5)	144,527(1.4)
	위탁영농비	8,393(0.1)	-	1,146(-)	1,429(-)
	고용노력비	605,222(7.4)	299,917(5.9)	1,124,810(8.7)	1,241,253(12.1)
	계	8,150,637(100)	5,136,880(100)	12,938,978(100)	10,230,250(100)
소득	8,570,192	5,864,520	8,701,200	8,225,916	

주: ( )내는 경영비에 대한 구성비(%)임.

자료: 농촌진흥청, 「농축산물표준소득자료집」, 2002.

- 경영비에서 광열동력비의 비중은 오이(축성) 32.2%, 토마토(축성) 31.9%, 장미 30.5%, 카네이션 23.1% 등임.
- 시설작물의 소득은 조수입에서 경영비를 제한 금액을 의미하며, 조수입은 생산량과 판매가격에 의해 결정되며, 생산량은 생산시설과 생산기술의 영향을 받기는 하나 큰 편차가 없는 반면 판매가격은 시장에서 결정되기 때문에 시장의 수급여건에 따라 차이가 크고 결국 작물의 소득 수준을 높이기 위해서는 경영비를 줄이는 것이 중요한 요소가 됨.

## 2. 온배수의 시설농업 이용 가능성

### 2.1 시설농업의 에너지원

- 현재의 시설농업에서 난방을 위한 에너지원은 대부분 석유(중유, 등유)이고 천연가스, 전기, 자연에너지(태양열, 지열, 지하수 등), 공장의 온배수 등이 일부 이용되기도 함(표 17).
- 석유과동이나 IMF외환위기 때에는 석유절감을 위해 각종 에너지원에 대한 연구가 활발하였고, 일부 실용화가 시도되었으나 설비비의 부담 증가와 온실 내 환경악화 등의 문제로 아직 실용화단계에는 이르지 못하고 있음.
- 이와 같이 난방에는 여러 가지 에너지원이 있으나 당분간은 석유를 주로 하는 화석연료가 난방 에너지원으로 계속 사용될 것으로 전망됨

표 17. 시설농업의 에너지원별 특징

에너지원		특징
석유		· 취급하기 쉽고 가장 널리 사용됨. · 한정된 자원이고 점차 매장량이 줄고 있어 대체에너지 개발이 추진될 필요가 있음.
천연가스		· 석유보다 에너지 단가가 고가임. · 연소에 따른 배기가스 오염이 적음.
자연에너지	태양열	· 에너지 밀도가 희박하여 많은 비용이 소요됨. · 효율적인 집열시스템과 축열재 개발이 시급함.
	풍력과 수력	· 에너지 밀도가 낮고 많은 비용이 소요됨. · 입지조건이 좋다면 국지적 발전 가능성은 충분함.
	지열과 온천수	· 고수온의 경우 방열관을 이용한 공간난방이 가능 · 저수온의 경우 열교환기를 이용하여 공간 및 지중난방
	지하수	· 저온성 작물재배와 커튼에 살포하여 보온성을 높이는데 이용 · Heat Pump의 열원에 이용됨.
온배수		· 30 ~ 50℃ 정도의 배수는 시설원에 난방에 이용될 수 있음. · 15℃ 이하의 경우는 보조 열원장치가 필요함.
코제네레이션 시스템		· 발전을 해서 동력을 조달하고, 배열을 이용하는 방식

자료: 원예연구소, 「최신 시설원에 환경제어기술」, 2003.

○ 그림 4에서 보는 바와 같이 난방을 위한 다양한 에너지원 가운데 태양열이 석유를 대체할 가능성이 가장 높고 2020년대에나 본격적으로 보급될 것으로 보인다. 공장 온배수의 경우는 이제 연구단계를 지나 지역적 보급단계에 있고 본격적인 보급은 2030년대 이후에나 가능할 것으로 보인다.

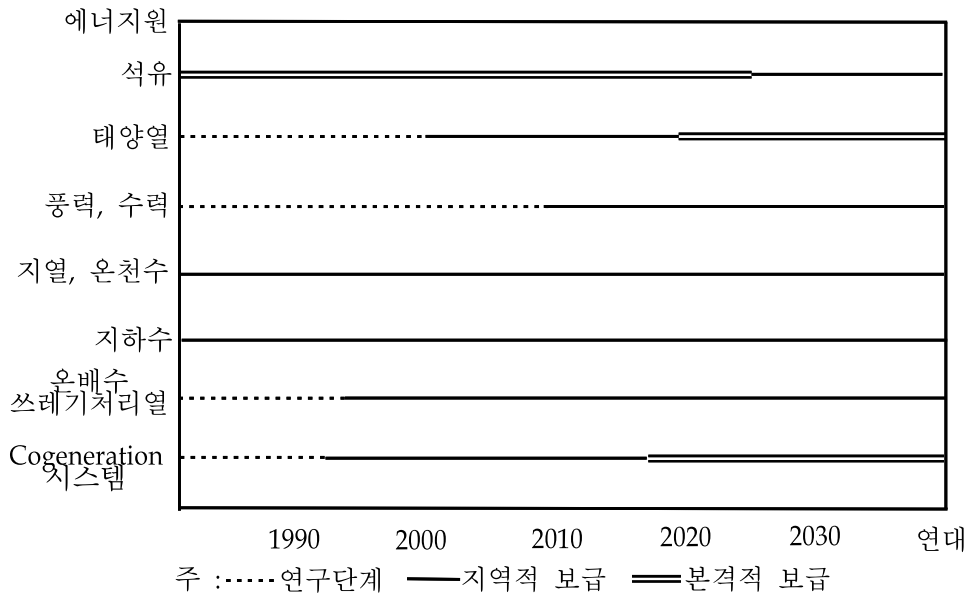


그림 4. 에너지원별 난방기술 발전과정

## 2.2. 시설작물의 적정온도와 온배수 온도

- 작물의 생육온도는 최저온도의 한계범위가 가장 먼저 고려되어야 함. 겨울철에 별도의 난방 시설 없이 온배수만을 이용하고자 할 때 작물별 최저온도보다 높은 열에너지를 취하지 못할 경우 온배수 이용은 불가능함.
- 대부분의 과채류는 생육적온이 25°C 전후이나 야간온도는 작물에 따라 차이가 크다(표 18). 특히 야간의 최저한계온도는 딸기, 토마토 등을 제외하면 10°C이상으로 온배수의 최저온도에 따라 이용가능성이 달라질 수 있음.

표 18. 주요 시설작물별 생육 적온과 한계온도

단위: °C

		낮 기온		밤 기온		지온
		최고한계	적온	적온	최저한계	적온
과채류	토마토	35	20~25	8~13	5	15~18
	가지	35	23~28	13~18	10	18~20
	오이	35	23~28	10~15	10	18~20
	멜론	35	25~30	18~23	15	18~20
	딸기	30	18~23	5~10	3	15~18
화훼류	장미	35	23~27	15~18	5	17~22
	국화	30	18~22	16~17	5	18~23
	카네이션	30	15~25	10~12	5	18~23
	거베라	35	16~20	10~16	5	15~22
	시클라멘	30	16~22	10~16		18~23

자료: 원예시험장 자료, 문운당, 「화훼원예학총론」에서 작성.

- 화훼류는 과채류에 비해 저온성 작물이 많고, 야간의 최저한계온도도 낮아 온배수 이용가능성은 과채류보다 크지만 그러나 품질향상을 위해서는 야간의 적온은 주간 적온보다 3~5°C 낮은 것이 일반적이기 때문에 가온은 필수적이라 할 수 있음.
- 한편, 온배수의 온도 분포를 보면 15°C 이하 발생 빈도율이 연간 전체의 16.3%이며, 특히 주 난방시기인 1, 2월에는 90%에 이르고 있다(표 19). 또한 31°C 이상의 온도로 배출되는 경우도 29.5%로 하계 냉방 열원으로써도 문제점을 안고 있음

표 19. 온배수의 온도별 빈도 분포

	온도 분포 (°C)							전체 조사수
	10이하	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36이상	
96.10	7(0.3)	18(0.7)	59(2.1)	467(16.7)	1,901(68.3)	332(11.9)		2,784(100)
11	51(1.8)	29(1.0)	399(13.8)	2,401(83.4)				2,880(100)
12	1(0.0)	41(1.4)	2,934(98.6)					2,976(100)
97.01	2(0.1)	2,676(90.0)	296(9.9)					2,974(100)
02	3(0.1)	2,338(87.0)	345(12.8)					2,686(100)
03		515(17.3)	2,461(82.7)					2,976(100)
04			541(18.8)	2,213(76.8)	126(4.4)			2,880(100)
05				639(21.5)	2,337(78.5)			2,976(100)
06					597(20.7)	2,283(79.3)		2,880(100)
07				5(0.2)	265(8.9)	2,061(69.3)	645(21.6)	2,976(100)
08					14(0.5)	867(29.1)	2,095(70.4)	2,976(100)
09				120(4.2)	758(26.3)	938(32.6)	1,064(36.9)	2,880(100)
계	64	5,617	7,037	5,845	5,998	6,481	3,804	34,846
(%)	(0.2)	(16.1)	(20.2)	(16.8)	(17.2)	(18.6)	(10.9)	(100)

자료: 영광원전 자료

○ 겨울철 온배수 온도가 12~17°C 정도로 주 난방으로 직접 사용하기에는 온도가 너무 낮음. 또한 수막시설 등의 이용 시에도 해수사용에 따른 기기의 부식, 해수 처리 문제 등 현실적 이용이 불가능함.

○ 이와 같이 온배수가 갖는 열적 특성 때문에 온배수 자체를 시설작물 생산시설의 난방이나 냉방 에너지원으로 활용하기에는 무리가 있음. 따라서 온배수를 시설농업에 이용하기 위해서는 별도의 적절한 보조장치가 있어야 가능함.



## 2.3 온배수를 이용한 히트펌프 시스템

### 2.3.1 히트펌프 시스템 개요

- 현재까지 개발된 시설농업의 난방 보조장치 중에서는 히트펌프 시스템이 이용가능성이 높고, 일본이나 유럽에서도 널리 사용 중에 있음.
- 하천수, 해수 등과 같이 그 열원이 통상 여름철에는 대기온도보다 낮고 겨울철에는 대기온도보다 높을 때 히트펌프를 이용하여 온도차 에너지를 냉난방에 활용할 수 있음(그림 5).

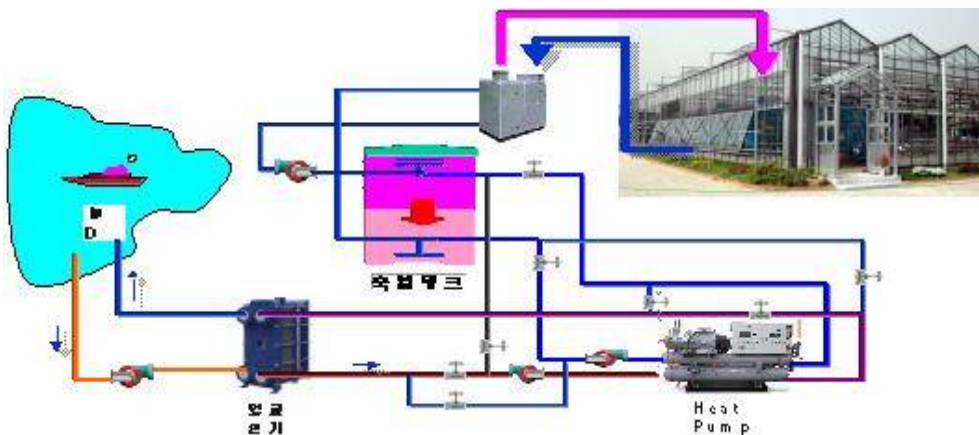


그림 5. 히트펌프를 이용한 난방시스템 개념도

- 온배수는 해수온도에 비해 7~10℃ 높기 때문에 히트펌프를 이용하기 위한 열원으로 적합하고 특히 겨울철 난방 이용 시 높은 효율을 나타낼 수 있음.
- 히트펌프는 열의 회수, 저장, 변환, 수송 등의 기술을 활용한 냉난방

시스템이라 할 수 있으며, 온실의 난방은 히트펌프를 가동하여 축열탱크에 온수를 저장한 후 저장된 온수를 난방 코일에 순환시킴으로써 온실 내부 온도를 일정하게 유지할 수 있음

- 그러나 원자력발전소 온배수를 히트펌프 열원으로 이용 시 해수의 특성상 부식성이 강하기 때문에 고성능 자재로 설계해야 하고, 별도의 배관시설이 필요하기 때문에 설치비가 과다하다는 단점이 있음.

### 2.3.2. 히트펌프의 난방비 절감 효과

- 3,000평 유리온실을 기준으로 했을 때, 히트펌프와 온수 보일러의 열량으로 본 난방비는 히트펌프의 경우 연간 52,437천원, 경유를 이용한 온수보일러는 209,739천원으로 히트펌프 이용시 연간 157,302천원의 난방비를 절감 할 수 있음(표 20).
- 열량으로만 본다면 히트펌프 이용이 온수보일러 난방비의 1/4에 불과하여 시설농가에 매우 유익한 에너지원이 될 수 있음. 그러나 히트펌프를 이용하기 위해서는 히트펌프 설치를 위한 투자와 온배수를 끌어들이기 위한 배관시설이 선결되어야 함.

### 2.3.3. 히트펌프의 투자비회수기간 가능성 검토

- 히트펌프 이용을 위한 투자비는 온배수를 이용하기 위한 배관시설 설치비와 히트펌프 설치에 따른 추가투자비의 합계로 나타남.

표 20. 히트펌프와 온수보일러 난방비 비교

	히트펌프	온수보일러	비 고
온실 면적(평)	3,000평	3,000평	3,000평 유리온실 기준
평당 난방열량	500kcal/h	500kcal/h	남부지방 기준
필요 난방열량	1,500,000kcal/h	1,500,000kcal/h	
일일 난방시간	16시간	16시간	
연간 난방일수	180일	180일	
연간 평균부하율	75%	75%	
연간 난방필요열량	3,240,000,000kcal	3,240,000,000kcal	
기준 열량	3,300kcal/1.3kw	8,280kcal/1ℓ	-1RT소비전력: 1.3kw -보일러효율: 90%적용
연간 사용 전력/경유	1,276,364kw	391,304ℓ	
전력/경유 단가	36.1원	536원	-전력: 농사용전력(병) -경유: 면세유
연간 전력기본요금	6,360,000원		500kw x 1,060원 x 12월
연간 운전비 계	52,436,740	209,738,944	
연간 운전비 차액	157,302,204원		

자료: 경인에너텍(주)의 자료를 바탕으로 작성

- 3,000평 유리온실을 기준으로 할 경우 히트펌프 설치를 위해서는 838,000천원, 보일러 설치시는 590,000천원이 소요되어 히트펌프 설치를 위해서는 248,000천원이 추가 소요됨.
- 온배수 이용을 위한 배관시설 설치비는 배관길이 2km, 배관직경 200mm인열관을 기준으로 할 경우 711,027천원이 소요되고 결국 히트펌프를 이용하기 위해서는 총 959,027천원이 더 소요됨(표 21).

표 21. 히트펌프와 보일러 설치 투자비 비교

단위: 천원

히트펌프(A)		보일러(B)		비고(A-B)
히트펌프장비설치	240,000	보일러장비설치	180,000	60,000
열교환기	90,000	열교환기	30,000	60,000
축열조설치공사	30,000	온수/기름탱크설치	20,000	10,000
펌프류	83,000	펌프류	25,000	58,000
축열, 내부배관공사	185,000	기계, 내부배관공사	185,000	-
전기공사	23,000	전기공사	23,000	-
자동제어공사	42,000	자동제어공사	22,000	20,000
자동밸브	35,000	자동밸브	25,000	10,000
이윤 및 부대경비	110,000	이윤 및 부대경비	80,000	30,000
계	838,000	계	590,000	248,000
온배수배관공사 구경200mm, 2km(이열)	711,027			711,027
총계	1,549,027	총계	590,000	959,027

주: 3,000평 유리온실을 기준으로 한 투자비임.

자료: 경인에너텍(주) 자료를 근거로 작성

○ 그러나 히트펌프 이용시 연간 157,302천원의 난방비를 절감 할 수 있기 때문에 6.1년 후에는 추가 투자비를 회수 할 수 있게 됨

추가투자비 회수기간: 959,027천원/157,302천원 = 6.1년

## 제 2 절 원전 주변지역의 시설농업 도입 가능성

### 1. 울진원전

#### 1.1. 주변지역의 영농개요

- 울진원전 주변지역인 고목리와 부구리는 울진군 북면에 속한 지역으로 풍광이 뛰어난 주변 산지와 청정 바다인 동해가 잘 어우러진 전통 농촌마을임.
- 고목리는 70세대가 농업에 종사하고 있고, 부구리는 원전과 매우 인접한 지리적 위치 때문에 현지주민의 영농비율이 매우 낮음. 농가의 연령분포는 60대 이상이 약 절반을 차지하고 있어 타 지역과 마찬가지로 노령화되어 있음(표 22).

표 22. 고목리 농가의 연령분포

단위: 명(%)

	30대	40대	50대	60대 이상	계
인원	0	9	23	38	70
비율	-	(12.8)	(32.8)	(54.4)	(100.0)

자료: 고목리 현지조사

- 영농활동은 논농사가 대부분을 차지하고 있고, 고목리의 경우, 대부분의 농가가 작목반을 중심으로 친환경 쌀을 재배하고 있음. 농법은 오리농법, 등겨농법 등이 사용되고 있고, 밭 작물로는 감자, 고추, 마늘, 콩 등이 주로 재배되고 있으며, 그 밖에 축산업은 대부분의 농가가 한우 1~2마리 정도를 사육하는 부업축산이고, 소수의 농가에 의해 소규모의 양봉과 버섯농사가 행해지고 있음.
- 농산물은 주로 지역농협, 삼척, 강릉에 있는 재래시장, 죽변시장 등에 출하되고 있으며, 이 지역은 지리적으로 도시와의 접근이 매우 어렵기 때문에 농산물의 도매시장 출하는 거의 이루어지지 않고 있음
- 기후, 토양, 온도 등 영농여건은 양호하지만, 농산물의 판로확보가 가장 큰 문제점으로 지적되고 있음.
- 덕천리는 신울진 원전 예정부지로서 지가가 논 평당 10만원에 거래되고 있음. 그리고 신울진 원전 지역과 인근에 있는 후정리는 평당 30만원에 거래되고 있으며, 덕천리의 경우, 젊은 층 대부분이 부산, 울산 등 대도시로 이주한 상태이고, 현재 인근 후정리로 이주가 결정됨

## 1.2. 온배수 이용 가능성 및 의향

- 온배수 이용 가능단지는 고목리의 논 9만평(단지 1), 후정리, 봉수리의 철도, 군대부지(단지2) 등이 있으며, 울진원전 온배수 배출구로부터 단지 1까지의 거리는 1km, 단지 2까지의 거리는 2km 정도임.
- 후정리, 봉수리는 신울진 원전이 건설되면 온배수의 이동거리가 상당히 단축되어 장기적으로 유력하게 검토해 볼 만한 부지임. 한편, 신울진 원전 건설기간은 2010년~2016년까지 계획하고 있음.
- 울진원전의 경우, 온배수의 에너지 자원 활용과 지역 협력 차원에서 온배수 이용사업에 대해 매우 적극적인 모습을 보이고 있고, 특히 신울진 예정 부지 외부에 한국해양연구원 동해연구소가 설치되어 있어, 온배수를 이용한 시험연구사업이 추진될 것으로 예상되어 농업적 이용도 함께 고려해 볼 수 있음.
- 원전 지역주민들은 발전소의 온배수에 대해 잘 알고 있지만 이를 이용한 시설농업 단지조성에 대해서는 소극적인 입장을 보이고 있음. 이는 농업종사자 대부분이 노령화되었고 지리적으로 판매여건이 매우 불리하기 때문이며, 시설농업에 대한 전문지식이 부족한 것도 큰 위험 부담으로 작용함.
- 희망작목은 신선채소 및 과채류가 가장 많고, 온실유형은 비닐온실, 농가당 온실규모는 600평 정도로 매우 작은 편이며, 온실규모가 작은 이유는 개별 농가의 시설투자비에 대한 자부담 여력, 기술수준, 경영능력에 따라 위험이 가중될 수 있기 때문임.

## 2. 고리원전

### 2.1. 주변지역의 영농개요

- 고리원전 주변지역에서는 길천리, 반룡리 등이 검토될 수 있음. 이들 지역은 기장군 장안읍에 속한 지역으로 전형적인 농촌마을임
- 길천리의 총 인구는 1,773명으로 이중 남자 920명, 여자 853명이고, 농업종사자는 총 269명으로 전체 인구 대비 약 15%를 차지함(표 23).

표 23. 길천리 농가의 연령분포

단위: 명(%)

	30대	40대	50대	60대	70대	계
인원	20	45	70	90	44	269
비율	(7.4)	(16.7)	(26.0)	(33.5)	(16.4)	(100.0)

자료: 길천리 현지조사

- 길천리의 총 경지면적은 128ha로 이 중 논이 110ha(86%), 밭이 18ha(14%)를 차지하고 있고, 영농활동은 대부분 논농사 위주이며, 소수 농가에 의해 미나리, 채소, 화훼 등이 재배되고 있음.
- 길천리 주변지역에는 화훼농가가 있으나 총 면적은 약 5,000평 정도에 불과하고, 농가별 시설면적은 300~1,000평으로 소규모이며, 시설재배 작목은 과채류, 채소류가 대부분이고 소규모의 홍콩야자, 메론 등이 재배되고 있음.



- 농산물은 주로 지역농협, 부산에 있는 도매시장, 소매시장 등에 출하되며, 기후, 토양, 온도 등 영농조건은 양호하고, 지리적으로 부산, 울산 등의 대도시와 30~40분 거리에 위치해 있기 때문에 농산물의 판로확보에는 매우 유리한 조건을 갖추고 있음.
- 반룡리의 농업종사자는 54명으로 길천리에 비해 매우 적고. 연령별 분포는 40대 2명, 50대 7명, 60~70대 45명으로 길천리에 비해 60대 이상의 비율이 높은 편임
- 반룡리의 경우, 논농사가 대부분을 차지하고 있고, 밭농사는 자급자족의 목적으로 행해지고 있다. 밭 작물로는 고추, 오이, 마늘 등이 있음.
- 반룡리도 농산물은 주로 지역농협, 부산에 있는 도매시장, 소매시장 등에 출하되며, 기후, 토양, 온도 등 영농조건은 양호하고, 지리적으로 부산, 울산 등의 대도시와 30~40분 거리에 위치해 있기 때문에 농산물의 판로확보에는 매우 유리한 조건을 갖추고 있음.

## 2.2. 온배수 이용 가능성 및 의향

- 온배수 이용을 고려할 수 있는 지역은 2개 지역으로 길천리의 논 2만평(단지1), 반룡리의 논 3만평(단지2) 등이 있으며, 온배수 배출구로부터 단지1까지의 거리는 1.5km, 단지2까지의 거리는 2.5km 정도임
- 단지1의 경우, 월내천 주변으로 평탄한 논이 잘 형성되어 있고, 소규모 시설농가가 산재되어 있다. 단지2의 경우 이동거리가 길고, 시설농업에 대한 기반이 전혀 형성되어 있지 않음.

- 이 지역 농업종사자들은 다른 원전주변 지역 주민들에 비해 온배수 이용에 대해 매우 높은 관심을 보였고, 온배수 이용의 가능성이 가장 큰 분야는 시설농업이고 다음이 저장시설, 건조시설 등으로 나타나고 있음
- 특히, 길천리 주변의 시설농가들은 온배수 이용에 대한 매우 높은 관심을 나타내며, 이는 시설농가들이 온배수가 높은 경영비를 절감시킬 수 있는 하나의 대안으로 인식함으로써 농가소득제고에 큰 역할을 할 것이라고 기대하고 있기 때문임
- 다만 발전소 인근 지역이 관광, 산업단지로 개발 예정이어서 높은 지가 때문에 부지확보가 어려울 것으로 보인다. 현재 농지의 경우 평당 30~50만원, 기타 부지는 50~200만원을 호가 하고 있음.
- 시설농가들의 영농규모가 매우 영세하기 때문에 고비용에 대한 투자 여력이 없는 것으로 보이며, 참여조건은 온배수 이용을 위한 시설투자(배관, 열교환기 등)의 일부를 발전소 또는 지자체 및 정부가 지원해 주어야 한다는 것임.
- 시설농업은 초기 투자비용이 높고, 고도의 생산기술이 요구되는 바, 우선 길천리 주변지역에 산재되어 있는 소규모 시설농가들을 조직화 하는 것이 급선무라 사료되며, 이와 더불어 시설농업으로 전환하는 농가들에게 생산기술에 대한 노하우를 제공할 수 있는 방법도 강구될 필요가 있음.
- 희망작목은 화훼가 가장 많고, 그 다음 신선채소, 과채류 순으로 나타

나고 있고, 온실유형 및 규모는 현재 상태를 유지하기를 희망하나 열 효율성 측면에서 가장 선호되고 있는 것은 유리온실이다. 현지 여건에 적합한 온실규모는 농가당 1,000평으로 보고 있음.

### 3. 영광원전

#### 3.1. 주변지역의 영농개요

- 영광원전 지역에서 시설농업 단지를 조성할 수 있는 지역은 성산리 특히 양지, 죽동마을로 볼 수 있으며, 이들 지역은 전통적인 농촌 마을 임에도 불구하고 원전 주변지역이라는 특성 때문에 농가 비율은 약 35%로 높지 않음.
- 양지마을은 90세대 중 27세대, 죽동마을은 75세대 중 30세대가 농업에 종사하고 있고, 나머지는 상가, 식당 등 자영업자, 회사원, 무직 등으로 나타나고 있으며, 농가의 연령분포는 60대 이상이 약 절반을 차지하고 있어 타 지역과 마찬가지로 노령화되어 있음(표 24).

표 24. 양지, 죽동마을 농가의 연령 분포

단위: 호(%)

	30대	40대	50대	60대 이상	계
양지	4(14.8)	5(18.5)	8(29.6)	10(37.1)	27(100)
죽동	3(10.0)	8(26.7)	2 (6.7)	17(56.6)	30(100)
계	7(12.3)	13(22.8)	10(17.5)	27(47.4)	57(100)

자료: 양지, 죽동마을 현지조사 자료

○ 토양, 기후, 지형 등은 영농활동에 큰 문제가 없으나 밭농사의 경우 농업용수가 부족한 실정이고, 밭 작물로는 고추, 마늘, 잡곡 등이 주로 재배되고 있음.

○ 시설농가는 성산리 전체 농가 중에서 1농가만이 국화와 백합, 아이리스를 재배하고 있을 정도로 이 지역은 논과 밭에 의존하는 일반 경종 농업 지역임(표 25). 화훼농가의 보유시설은 자동화비닐온실로 온풍난방시스템을 갖추고 있고, 온실 규모는 1,700평, 임차료는 3년에 1,000만원임

표 25. 양지, 죽동마을 농가의 영농분야 분포

단위: 호(%)

	일반경종	축산	과수	시설농업	임작업농	계
양지	15(55.6)	3(11.1)	1(3.7)	1(3.7)	7(25.9)	27(100)
죽동	21(70.0)	6(20.0)	3(10.0)	-	-	30(100)
계	36(63.2)	9(15.8)	4(7.0)	1(1.7)	7(12.3)	57(100)

주: 축산, 과수, 시설농가의 경우도 일부 논농사는 병행하고 있음.

자료: 양지마을 현지조사 자료

○ 지가는 양지마을의 경우 논은 평당 30,000원 내외, 밭은 20,000~25,000원 정도이나 거래는 활발하지 않은 편임. 죽동마을은 논, 밭 공히 평당 35,000원 정도로 영광군이 쓰레기매립장 건립을 위해 매입한 가격임.

○ 농산물 주 판매처인 광주까지의 거리는 60Km, 서해안고속도로 진입로까지는 20Km로 자동차 이용 시 각각 1시간, 30분이 소요되어 교통

여건은 양호한 편임.

### 3.2. 온배수 이용 가능성 및 의향

- 온배수 이용 가능단지는 2개 지역으로 양지, 신촌, 버든 마을 앞에 있는 논 3만평(단지1)과 죽동마을 앞에 있는 논 3만평(단지2)이 적정 부지가 될 수 있음
- 영광원전 온배수 배출구로부터 단지1까지의 거리는 1km이내, 단지2까지의 거리는 1Km정도이고, 시설농업 단지 조성은 거리 및 지가 면에서 단지1이 단지2보다 유리한 것으로 사료되지만 영광원전의 경우 온배수 수질 특히, 탁도 문제, 농업용수의 확보문제로 대단위 농업적 이용은 한계가 있을 것으로 보임.
- 마을 주민들은 발전소의 온배수에 대해 잘 알고 있고, 이 지역이 발전소 인근에 위치하고 있어 온배수 이용에 적합한 지역으로 보고 있음. 농업 분야에서 온배수 이용의 가능성이 가장 큰 분야는 시설농업이고 다음이 저장시설, 건조시설 등으로 보고 있음.
- 온배수를 활용한 시설농업 단지를 조성할 경우 30-40대 젊은 층의 50%는 조건부로 참여하겠다는 의향을 보이고 있는데, 참여조건은 온배수 이용을 위한 시설투자(온실, 배관, 열교환기 등)의 일부를 정부 또는 발전소가 지원해 주어야 한다는 것임.
- 투자 주체별 부담은 농가 30%, 나머지 70%는 정부 및 발전소가 부담해야 한다고 생각하고 있으며, 지역협력지원금에 의한 지원을 희망하

고 있음.

- 시설농업단지의 조성과 운영은 개별농가 단위가 아닌 작목반과 같은 조직단위의 추진이 바람직한 것으로 판단되며, 희망작목은 화훼가 가장 많고, 온실유형은 유리온실, 농가당 온실규모는 2,000평 정도임.

## 4. 월성원전

### 4.1. 주변지역의 영농개요

- 월성지역의 시설농업 단지 조성가능지역은 나산리와 나아리로 행정구역상 경주시 양남면에 속해 있으며, 나산리의 지리적 위치는 동쪽으로 나아리, 서북쪽으로 상라리에 인접하고 있고, 양남면에서 토질이 가장 훌륭한 영농적지임.
- 나아리는 남쪽으로 읍천리, 북쪽으로 봉길리, 서쪽으로 나산리와 인접하고 있고, 나아리 동쪽으로는 바다와 인접해 있어서 농어양식업이 상업화되어 있고, 해변은 유원지, 해수욕장 등으로 잘 조성되어 있음.
- 그런데 이 지역은 원자력발전소가 건립된 이후 옛 모습은 거의 없고, 현재 지역 대부분이 도시화되어 상업 활동이 주를 이루고 있으며, 나아리의 세대수는 403가구, 총 인구수는 979명이고, 이중 남자는 485명, 여자는 494명으로 주민 대부분이 상업에 종사하고 있고, 농업종사자는 22명으로 전체 인구대비 2%에 불과함.
- 나산리의 세대수는 136가구, 총 인구수는 343명이고, 이중 남자는 181

명, 여자는 162명이며, 농업종사자 수는 총 87명으로 전체 인구 대비 약 25%를 차지하고 있음. 연령별 분포는 40대 2명, 50대 18명, 60대 45명, 70대 22명이다(표 26).

표 26. 나산리 농가의 연령분포

단위: 명(%)

	40대	50대	60대	70대	계
인원	2	18	45	22	87
비율	(2.2)	(20.7)	(51.8)	(25.3)	(100.0)

자료: 나산리 현지조사

- 나산리의 총 경지면적은 18ha로 이 중 논이 16ha(89%), 밭이 2ha(11%)를 차지하고 있고, 농가 호당 경지면적은 0.3ha임. 영농활동은 대부분 논농사 위주이고, 밭 농사는 대부분 자급자족의 목적으로 행해지고 있음. 주요 밭 작물로는 마늘, 고추, 양파 등이 있음.
- 나아리의 경우 원전 건립 이후 영농활동이 거의 이루어지지 않고 있으며, 몇 농가에 의해 소규모 벼농사가 이루어지고 있는 실정이고, 밭 작물은 자급자족의 목적으로 주로 텃밭에서 고추, 오이, 마늘 등이 재배되고 있음.
- 농산물은 주로 지역농협, 경주 도심지에 있는 재래시장, 소매시장 등에서 판매되고 있으며, 기후, 토양, 온도 등 영농조건은 양호하고, 지리적으로 인접 대도시(울산, 포항 등)와 근접해 있기 때문에 농산물의 판로확보에는 매우 유리한 조건을 가지고 있음.

## 4.2. 온배수 이용 가능성 및 의향

- 온배수 이용에 적합한 단지는 2개 지역으로 나산리의 논 3만평(단지 1)과 나아리 논 1만평(단지2)이 적정부지로 고려될 수 있음
- 온배수 배출구로부터 단지1까지의 거리는 1.5km, 단지2까지는 800m 정도이나 농업기반, 지가 등을 고려했을 때 단지2보다는 단지1이 더 유리할 것으로 판단하지만 원전 부지 외부의 지가가 평당 100만원 이하가 거의 없을 정도로 고가여서 고리원전 지역과 마찬가지로 부지확보가 문제점으로 지적되고 있음.
- 온배수를 활용한 시설농업 단지를 조성할 경우 참여의사를 보이고는 있으나 영농규모가 영세하고 초기 투자비용에 대해 큰 부담을 느끼고 있으며, 또한 온실경영 및 재배기술 습득에 대해서도 큰 우려를 보이고 있음.
- 시설농업 단지 참여조건은 온배수 이용을 위한 시설투자(온실, 배관, 열교환기 등)의 일부를 발전소 또는 지자체 및 정부가 지원해 주어야 한다는 것이며, 희망작목은 화훼류, 과채류 순이고, 온실유형은 유리온실, 온실규모는 600평 정도로 보고 있음.



## 5. 단지조성 가능지역별 요약

- 온배수를 이용하기 위해서는 고성능 설비, 배관공사 등에 대해 많은 투자비가 소요됨. 이러한 점에서 단지조성 가능성 여부는 온배수 이동 거리, 시설농업 여건, 주민참여 의지 등 다양한 조건이 면밀히 검토되어야 함. 특히 온배수의 이동 거리는 매우 중요한 변수로 작용될 수 있음.
- 원전별로 시설농업단지 조성이 가능한 지역은 영광 성산리(양지), 울진 고목리, 고리 길천리, 월성 나산리로 요약될 수 있음. 이들 지역에서 배출구와 거리는 영광과 울진은 1,000m, 고리와 월성은 1,500m이 내 임
- 시설농업 단지를 조성했을 때 희망작목은 대체로 화훼류이지만 다만 울진의 경우는 시장접근성이 매우 열악하여 화훼류보다는 과채류를 더 선호하고 있음. 온실유형도 울진을 제외하면 유리온실을 선호하고 있음.

표 27. 원전 주변지역의 단지가능성 요약

	울진	고리	영광	월성
조성가능 마을	고목리	길천리	성산리(양지)	나산리
배출구와 거리	1,000m	1,500m	1,000m	1,500m
영농여건	토양양호 시설기술 미흡	소규모 영농 시설기술 중위	농업용수 부족 시설기술 중위	노령화 문제 시설기술 미흡
관로여건	매우 취약함	매우 양호	양호한 편	양호한 편
희망작목	과채류	화훼류	화훼류	화훼류
호당희망면적	600평	1,000평	2,000평	1,000평
온실유형	비닐온실	유리온실	유리온실	유리온실
단지참여의향	소극적	적극적	일부 젊은층	일부 젊은층

# 제 3 절 온배수 이용 시설농업의 경제성과 전개방향

## 1. 분석모형

- 시설농업은 시설 의존적이기 때문에 일반 경종농업에 비해 투자비가 많이 소요되는 특징을 가지고 있음. 특히 온배수를 이용할 경우 히트 펌프와 배관시설 설치에 따른 추가투자가 크게 필요함
- 따라서 투자비의 경제성 분석이 시설농가 및 사업주체의 의사결정에 매우 유익한 정보를 제공할 수 있을 것임.
- 본 장에서는 농업투자의 경제성 이론을 적용하여 원전 지역별 시설투자에 따른 경제성을 검토하고, 농가의 경영성과를 토대로 시설투자에 대한 상환여력을 검토해 보고자 함. 분석모형으로는 자본회수기간법, 내부투자수익률법(IRR) 등을 적용하였음.

### 1.1. 자본회수기간법

- 농가입장에서 농작물 생산용 온실설치 및 보조시설 등에 대한 설비투

자시에 가장 민감한 부분이 바로 투자금액에 대한 회수 여부임. 자본 회수기간법은 기계·건물 등 설비투자가 이루어진 경우 자금회수를 구하기 위해 사용하는 방법으로 매년 일정액의 필요 현금이익(현금수입 - 현금지출)을 계산하는데 이용되는 분석방법임.

- 예를 들어 일정한 투자액  $C$ 원을 내용기간  $t$ 년 안에 회수하려고 할 때 매년 필요한 현금이익이 얼마인가, 또는 어떠한 투자시 매년 일정한 현금이익  $S$ 가 발생한다면 일정기간( $t$ 년간)에 회수가능한 투자액은 얼마가 되는가, 그리고 투자액  $C$ 원을 투자하였을 때, 그 투자로 인한 수익이 매년  $S$ 원 발생한다면 이 투자액에 대한 회수기간은 얼마나 될 것인가 등을 분석할 때 주로 쓰이는 방법임.
- 자본회수기간법은 가능한 수법을 단순화하는데 그 목적이 있으며, 비교적 계산이 단순하고 그 결과의 해석 또한 쉽고 유용하여 복잡한 분석기법을 동원한 결과나 단순기법으로 나온 결과나 신뢰성 측면에서는 비슷하므로 일선 농가에서 매우 적용하기 쉬운 방법으로 단순하면서도 명쾌한 기법이라 할 수 있음.
- 투자가 경제적 타당성을 갖기 위해서는 첫째, 매년의 평균 자본회수 가능액과 이자율, 그리고 자본회수기간의 조건 하에서 계획된 투자액이 투자의 경제적 허용한계보다 낮아야 하며, 둘째, 초기투자액과 자본회수가능액, 이자율의 조건으로부터 구한 자본회수가능기간이 설비의 내구년수, 또는 투자 주체가 의도하는 자본회수기간 이내에 있어야 함.
- 자본회수기간법을 정식화하면 다음식과 같다. 여기서  $S$ 는 필요한 순

수익, C는 투자액, t는 회수기간, i는 이자율임.

$$S = C \cdot K$$

$$K(\text{자본회수계수}) = \frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

- 이 식을 통해서 최초투자액 C와 자본회수계수 K를 알면 회수기간 t년 안에 투자금을 회수하기 위해서 매년 얼마의 순수익(S)이 발생해야 하는지를 파악할 수 있음.

## 1.2. 내부투자수익률법

- 내부투자수익률법은 이익률이라는 단일가치로서 투자에 대한 의사결정을 평가하는 수법이며, 투자이익률법 또는 현금할인율법과 같은 의미로서 투자에 의해 기대되는 수익을 일정한 이익률을 이용하여 현재 가치로 할인하는 계산방법임.
- 투자분석 시 필요한 자료는 투자에 수반되는 자금의 흐름 및 투자지출액과 자본재의 내구년수 및 잔존가격, 이자율 또는 할인율 등임.
- 내부투자수익률법을 정식화하면 다음과 같음

① 연간 기대수익액이 다른 경우

$$K = \frac{U_1}{1+r} + \frac{U_2}{(1+r)^2} + \frac{U_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{U_n}{(1+r)^n}$$

K: 초기설비투자액,  $U_n$ : n년의 기대수익, r: 이익률

② 연간 기대수익액이 같다고 가정한 경우

$$K = U \left\{ \frac{1}{1+r} + \frac{1}{(1+r)^2} + \frac{1}{(1+r)^3} + \dots + \frac{1}{(1+r)^n} \right\}$$

### 1.3. 경제성 분석을 위한 지표 및 가정

#### 1.3.1. 생산시설 투자비

- 온배수를 이용하여 시설농업을 추진하기 위해서는 온실, 히트펌프 등 생산시설과 배관시설이 필요함. 온실은 유리온실과 경질판온실 등 첨단시설을 기준으로 투자규모를 파악하였으며 원전 인근에 조성되는 단지는 수출을 목표로 고품질 작물을 생산해야 하기 때문에 첨단시설이 필요하기 때문임.
- 온실 규모는 수출단지로서의 기능을 살릴 수 있도록 3,000평을 기준으로 하였음. 온실 평당 시설비는 유리온실 600천원, 경질판온실 400천원이고 온실의 내구년수는 각각 20년을 적용하였고, 유리온실 3,000평을 설치하기 위해서는 18억원, 경질판온실은 12억원이 소요됨 (표 28).

표 28. 온실유형별 투자비 및 내구년수

	시설면적(평)	평당시설비(천원)	시설투자비(천원)	내구년수(년)
유리온실	3,000	600	1,800,000	20
경질판온실	3,000	400	1,200,000	20

○ 배관시설 투자비는 직경 200mm파이프를 기준으로 배관거리를 고려해서 산정하였다. 배관거리는 영광과 울진은 1,000m, 고리와 월성은 1,500m를 기준으로 하였다. 따라서 영광과 울진 원전 주변지역의 배관시설 투자비는 386,313천원, 고리와 월성 주변지역은 548,670천원이 소요된다(표 29).

표 29. 배관시설 투자비

단위: 천원

	영광	울진	고리	월성	비고
배관거리(m)	1,000	1,000	1,500	1,500	직경 200mm 기준
PE이중단열관자재비(2열)	136,000	136,000	204,000	204,000	m당 68,000원
PE이중단열관시공비(2열)	59,194	59,194	88,791	88,791	m당 29,597원
해수공급용 펌프(2대)	34,000	34,000	34,000	34,000	해수용 25kw
도로굴착 및 복구	100,000	100,000	150,000	150,000	m당 100,000원
전기, 펌프설치공사	22,000	22,000	22,000	22,000	
이윤, 부대경비	35,119	35,119	49,879	49,879	(자재 + 노무)x10%
배관시설투자비 계	386,313	386,313	548,670	548,670	

○ 히트펌프 설치비는 3,000평 온실을 기준으로 히트펌프와 보일러 설치에 따른 차액인 248,000천원을 기준으로 하였음

### 1.3.2. 지역별 재배작물 및 기대소득

○ 온배수를 이용한 시설농업 추진시 화훼류와 과채류가 적합한 재배작목이나 원전 온배수에 대한 부정적 인식 때문에 과채류보다는 화훼류가 더 적합한 작목으로 보이며, 화훼류 중에서는 현재 우리나라에서 생산비중이 가장 높고 수출가능성도 높으며 비교적 고온성 품목인 장

미를 기준으로 하였음. 울진의 경우는 화훼류에 대한 생산기반과 판로(수출포함)가 매우 취약하여 오이(축성)를 기준으로 하였음.

- 작목별 10a(약300평)당 표준순수익은 농촌진흥청 지역별 농산물 소득 자료의 최근 3년간 평균소득을 이용하여 자가노임과 토지자본 용역비를 고려한 순수익 개념으로 산출하였고, 기대수익은 히트펌프를 활용할 경우 보일러시설 난방에 비해 난방비 절감 효과(이론적으로는 75%)가 크기 때문에 절감효과만큼 수익이 증가할 것으로 가정하여 산정하였음.
- 여기서는 히트펌프 이용시 보일러시설에 비해 70%의 난방 효과가 있는 것으로 있는 것으로 가정하고 품목별, 지역별 여건을 반영하였음.
- 유리온실 10a(약300평)당 기대수익은 영광 9,308천원, 울진 9,348천원, 고리 10,000천원, 월성 8,191천원임(표 30). 경질판온실의 기대수익은 유리온실의 95% 수준으로 가정하였음.

표 30. 지역별 재배작물 및 기대소득

단위: 천원/10a(약300평)

		영광	울진	고리	월성
재배작목		장미	오이(축성)	장미	장미
표준순수익(유리온실)		5,929	8,443	6,024	4,839
난방비 절감효과		3,379	1,397	3,976	3,352
기대수익	유리온실	9,308	9,840	10,000	8,191
	경질판온실	8,842	9,348	9,500	7,781

### 1.3.3. 농가 부담 비율

- 시설투자에 대한 농가의 부담비율을 크게 4경우로 가정하였음
- Case 1은 생산시설(온실 및 히트펌프)과 배관시설 투자비 모두를 농가가 부담하는 경우이고 Case 2는 생산시설의 50%는 외부로부터 보조를 받고, 배관시설은 100% 농가가 부담하는 경우이며, Case 3은 생산시설과 배관시설 모두 50%를 농가가 부담하는 경우이고, Case 4는 생산시설은 농가가 50% 부담하고, 배관시설 설치비는 전액 외부에서 보조해 주는 경우임(표 31).

표 31. 농가부담 비율 시나리오

단위: %

구분		case1 (생산시설및배관시설 100%부담)	case2 (생산시설 50% 및 배관시설 100%부담)	case3 (생산시설 및배관시설 각각 50%부담)	case4 (생산시설만 50% 부담)
온실 및 히트펌프	보조	0	50	50	50
	자부담	100	50	50	50
배관시설	보조	0	0	50	100
	자부담	100	100	50	0

- 여기서 생산시설에 대해 50%보조를 가정한 것은 화훼수출단지 조성 시 사업대상자로 선정될 경우 현행 지원조건하에서는 온실 설치비의 50%보조가 가능하기 때문임.
- 농가의 자부담 투자비는 용자를 통해 조달하는 것으로 가정하였고, 용자금에 대한 이자율은 3%와 5%를 가정하였음.



## 2. 온배수 이용 시설농업의 투자 타당성 분석

### 2.1. 농가의 투자비 회수가능성 검토

○ 유리온실 경영에서 case1의 경우 농가가 투자비를 회수하기 위해서는 이자율 3%일 때 영광과 울진 농가의 필요수익은 164백만원, 고리와 월성은 175백만원이고, 이자율이 5%일 때 영광과 울진 농가의 필요수익은 195백만원, 고리와 월성은 208백만원으로 더욱 높다. 그러나 유리온실 농가의 3,000평 당 기대수익은 82백만원에서 100백만원에 분포하고 있기 때문에 어느 지역도 투자비를 회수하지 못하는 실정임(표 32).

표 32. 유리온실(3,000평) 경영의 필요수익

(단위: 백만원)

		투자비	이자율 3%		이자율 5%		기대수익 (C)	과부족	
			자본회 계수	필요수익 (A)	자본회 수계수	필요수익 (B)		3% (C-A)	5% (C-B)
영광	case1	2,434	0.06722	164	0.08024	195	93	-71	-102
	case2	1,410	0.06722	95	0.08024	113	93	-2	-20
	case3	1,217	0.06722	82	0.08024	98	93	11	-5
	case4	1,024	0.06722	69	0.08024	82	93	24	11
울진	case1	2,434	0.06722	164	0.08024	195	98	-66	-97
	case2	1,410	0.06722	95	0.08024	113	98	3	-15
	case3	1,217	0.06722	82	0.08024	98	98	16	0
	case4	1,024	0.06722	69	0.08024	82	98	29	16
고리	case1	2,597	0.06722	175	0.08024	208	100	-75	-108
	case2	1,573	0.06722	106	0.08024	126	100	-6	-26
	case3	1,298	0.06722	87	0.08024	104	100	13	-4
	case4	1,024	0.06722	69	0.08024	82	100	31	18
월성	case1	2,597	0.06722	175	0.08024	208	82	-93	-126
	case2	1,573	0.06722	106	0.08024	126	82	-24	-44
	case3	1,298	0.06722	87	0.08024	104	82	-5	-22
	case4	1,024	0.06722	69	0.08024	82	82	13	0

- Case2의 경우는 울진만이 이자율 3%일 때 투자비 회수가 가능하나 이자율이 5%일 때는 회수가 불가능하고, 다른 지역은 이자율에 관계 없이 투자비 회수가 불가능함
- Case3의 경우는 영광, 울진, 고리에서 이자율 3%일 때 투자비 회수가 가능하고, 월성은 불가능하고, 만일 이자율이 5%일 때는 울진만이 겨우 투자비 회수가 가능하고 다른 지역은 회수가 불가능함.
- Case4의 경우는 이자율 3%뿐만 아니라 5%에서도 4개 지역 모두 투자비회수가 가능한 것으로 나타나고 있음.
- 이상의 결과를 종합해 볼 때, 유리온실 경영에서 현재의 기대수익으로는 농가가 배관시설까지 투자할 여력은 매우 희박하고, 생산시설에 대한 지원도 50% 보조 하에서 이자율이 5%이하이어야 투자의 여지가 있을 것으로 보임.
- 한편, case1 조건 하에서 경질판온실 3,000평 경영의 필요수익은 이자율 3%일 때 영광과 울진의 경우는 123백만원, 고리와 월성은 134백만원이지만 기대수익은 78백만원에서 95백만원의 분포를 보이기 때문에 투자비 회수가 불가능함. 이자율을 5% 적용할 경우는 필요수익은 더 늘어나기 때문에 농가의 투자비 회수는 더욱 불가능해 짐(표 33).

표 33. 경질판은실(3,000평) 경영의 필요수익

(단위: 백만원)

		투자비	이자율 3%		이자율 5%		기대수익 (C)	과부족	
			자본회 수계수	필요수익 (A)	자본회 수계수	필요수익 (B)		3% (C-A)	5% (C-B)
영광	case1	1,834	0.06722	123	0.08024	147	88	-35	-59
	case2	1,110	0.06722	75	0.08024	89	88	13	-1
	case3	917	0.06722	62	0.08024	74	88	26	14
	case4	724	0.06722	49	0.08024	58	88	39	30
울진	case1	1,834	0.06722	123	0.08024	147	93	-30	-54
	case2	1,110	0.06722	75	0.08024	89	93	18	4
	case3	917	0.06722	62	0.08024	74	93	31	19
	case4	724	0.06722	49	0.08024	58	93	44	35
고리	case1	1,997	0.06722	134	0.08024	160	95	-39	-65
	case2	1,273	0.06722	86	0.08024	102	95	9	-7
	case3	998	0.06722	67	0.08024	80	95	28	15
	case4	724	0.06722	49	0.08024	58	95	46	37
월성	case1	1,997	0.06722	134	0.08024	160	78	-56	-82
	case2	1,273	0.06722	86	0.08024	102	78	-8	-24
	case3	998	0.06722	67	0.08024	80	78	11	-2
	case4	724	0.06722	49	0.08024	58	78	29	20

○ Case2 조건 하에서 이자율이 3%일 때는 영광, 울진, 고리지역은 투자비 회수가 가능하나 월성은 불가능하지만 이자율을 5% 적용하면 울진만이 투자비 회수가 가능하고 나머지 지역은 불가능함.

○ Case3조건하에서 이자율이 3%일 때는 4개 지역 모두 투자비 회수가

가능하다. 이자율을 5% 적용할 경우에도 영광, 울진, 고리지역은 투자비 회수가 가능하나 월성지역은 여전히 투자비 회수가 불가능함.

- Case4 조건하에서는 4개 지역 모두 이자율이 5%이하일 경우는 투자비 회수가 가능함
- 경질판온실 경영은 유리온실 경영에 비해 기대수익이 다소 낮기는 하나 시설투자비 차이에 의해 필요수익이 낮기 때문에 그만큼 농가의 투자비 회수 가능성은 높아짐. 경질판온실 경영에서 농가가 투자비를 회수하기 위해서는 생산시설에 대한 50%보조 하에서 이자율을 5%이하로 유지하고 배관시설 설치에도 50%이상의 보조가 있을 때 가능한 것으로 보임.
- 지역별 농가의 필요수익과 기대수익만을 고려할 때, 지역별 투자비 회수에 대한 우선순위를 보면 유리온실, 경질판온실 모두 울진이 가장 우위에 있다. 다음은 고리, 영광, 월성의 순임(표 34).

**표 34. 자본회수기간법에 의한 지역별 우선순위**

	1순위	2순위	3순위	4순위
유리온실	울진	고리	영광	월성
경질판온실	울진	고리	영광	월성

- 울진의 순위가 높게 나타난 것은 온배수 이용을 위한 배관길이가 고리 및 월성에 비해 짧아 투자비는 적게 소요되기 때문임. 또한 오이재배에 따른 노임이 화훼류 재배에 비해 낮고, 토지용역비가 고리나 월

성에 비해 낮아 기대수익이 상대적으로 높기 때문임.

- 월성의 순위가 낮은 것은 배관길이가 길어 투자비는 많은 반면 기대수익은 낮기 때문임. 기대수익이 낮은 것은 장미 재배여건이 고리지역에 비해 열세하여 판매조수입은 낮은데 반해 경영비 특히 노임과 토지용역비는 고리지역과 비슷하기 때문임.
- 이상의 결과를 종합해 볼 때, 온배수를 이용한 시설농업의 경제성은 지역 및 작목 선정에 따른 기대수익에도 영향이 있으나 배관시설 설치에 따른 투자비가 더욱 민감하게 영향을 미친다고 할 수 있음. 즉 온배수를 이용하기 위한 배관시설 길이가 시설농업의 추진여부에 크게 영향을 미치고 있음.

## 2.2. 내부투자수익률법(IRR)에 의한 투자가능성 검토

- 내부투자수익률법에 의한 투자가능성도 자본회수기간법에서 적용한 가정과 지표를 이용하여 검토하였음.
- 제시된 내부수익률은 사업 20년차의 수익률이고, 내부투자수익률법에 의한 경제성 평가시 할인율은 8%를 적용하였음.
- 원전 주변지역 시설농업 투자에 대한 지원이 case1~case4의 조건 하에서 4개 원전지역 유리온실 투자에 대한 내부수익률은 -4%에서 7%로 할인율 8%에 미치지 못하여 경제성이 없는 것으로 나타나고 있음 (표 35).

표 35. 지원조건에 따른 지역별 내부투자수익률

단위 : 백만원, %

		투자비		내부투자수익률	
		유리온실	경질판온실	유리온실	경질판온실
영광	case1	2,434	1,834	-2	0
	case2	1,410	1,110	3	5
	case3	1,217	917	4	7
	case4	1,024	724	7	11
울진	case1	2,434	1,834	-2	0
	case2	1,410	1,110	3	6
	case3	1,217	917	5	8
	case4	1,024	724	7	11
고리	case1	2,597	1,997	-2	0
	case2	1,573	1,273	2	4
	case3	1,298	998	5	8
	case4	1,024	724	7	12
밀성	case1	2,597	1,997	-4	2
	case2	1,573	1,273	0	2
	case3	1,298	998	2	5
	case4	1,024	724	5	9

○ 그러나 최근의 저금리 추세가 지속될 것이라는 전제하에 할인율을 6% 적용할 경우 case4 조건하에서는 영광, 울진, 고리지역의 수익률이 7%로 나타나 어느 정도 경제성이 있는 것으로 평가되었음.

○ 경질판온실의 경우, 지원조건이 엄격한 case1과 case2에서는 수익률이 0%에서 6%로 4개 지역 모두 투자의 경제성이 없으며, 만일 지원조건이 case3로 농가의 부담이 더 작아질 경우는 울진과 고리지역에서 수익률이 8%로 겨우 투자의 경제성을 확보하게 되었음. 지원조건

이 case4로 농가의 부담이 더욱 줄어들 경우는 4개 지역 모두 내부수익률이 할인율 8%를 상회하여 경제성이 있는 것으로 평가되었음.

- 이상의 내부투자수익률을 기준으로 온배수를 이용한 시설투자에 대한 경제성 여부는 유리온실의 경우 경제성이 없는 것으로 평가되었음. 다만 유리온실 설치에 50%의 보조가 있고, 온배수 이용을 위한 배관시설을 외부에서 무상지원해 줄 때 시중이자율이 6%이하를 유지한다는 전제하에서는 경제성이 있는 것으로 평가되었음.
- 경질관온실의 경우는 같은 조건하에서 시중이자율이 8% 이하를 유지한다면 4개 원전지역 모두에서 경제성이 있는 것으로 평가되었음.
- 내부투자수익률법은 투자계획의 경제성을 평가하는 주요 지표로 활용되고 있고, 그 사업의 경제적 건전성을 판단하는 주요 척도라 할 수 있으며, 그러나 가상적 기대수익을 가정하고 있다는 점과 특히 장기간의 현금흐름을 대상으로 할 경우는 정확성이 떨어지는 문제점을 가지게 됨.

### 3. 온배수 이용 시설농업의 전개 방향

#### 3.1. 온배수 이용 시설농업의 필요성

- 시설농업은 기본적으로 가운을 전제로 하기 때문에 난방비 절감이 농가의 소득과 직결되지만 현재 난방을 위한 에너지원으로 석유를 대체

할만한 에너지원이 개발되지 않은 상태에서는 당분간 석유에 의존할 수밖에 없고, 현재 국제 유가는 지속적으로 상승하고 있으며, 앞으로도 계속 인상될 것으로 전망되고 있어 석유를 난방의 에너지원으로 사용하는 한 시설농가의 경영성과는 매우 불투명한 상태임.

- 시설작물은 재배품목이나 재배방법에 따라 유류비 차이가 크다. 예를 들면 오이(축성), 토마토(축성), 장미, 카네이션 등은 유류비가 경영비에서 차지하는 비중이 20~30% 이상으로, 쌀의 1.1%에 비해 유류비가 월등히 많이 소요되었으며, 또한 같은 품목인 경우도 반축성으로 재배할 경우는 축성에 비해 유류비 비중이 낮음.
- 유가가 10% 상승함에 따라 오이, 토마토, 장미, 카네이션 등의 시설재배를 위한 경영비는 2.3~3.2% 증가할 것으로 추정됨. 따라서 유가가 전년 대비 20% 높다면 이들 작물의 경영비는 4.6~6.4% 증가할 것이며, 만일 유가가 전년 대비 45% 높다면 경영비는 10.4~14.5% 증가할 것임(표 36).

표 36. 유가 상승 수준에 따른 경영비 증가율

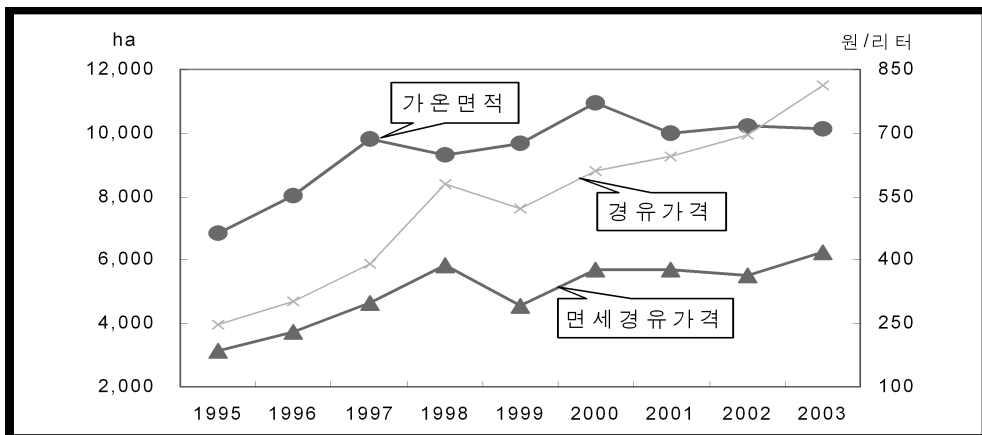
단위: %

	경영비에 대한 유류비 비중	유가상승에 따른 경영비 증가율		
		10%	20%	45%
오이(축성)	32.2	3.2	6.4	14.5
토마토(축성)	31.9	3.2	6.4	14.4
장미	30.5	3.1	6.1	13.7
카네이션	23.1	2.3	4.6	10.4



자료: 농촌진흥청, 2001년 표준소득자료의 유류비 비중 적용.

- 한편, 시설농업 면적은 그림 6에서 보는 바와 같이 1997년말 외환위기 이후에도 면세유 가격에 힘입어 감소하지 않았음. 2002년 후반기 이후 면세유가도 소비자가격과 함께 상승하였으나 시설재배면적은 감소하지 않고 정체 상태가 지속되어 왔음.
- 가온시설은 일단 설치하면 다시 원상태로 복원하기 어려운 투자의 불가역성을 지니므로, 농가는 유가 상승 시에도 같은 시설을 활용하여 상대적으로 유리한 타 작목으로의 전환을 모색하게 됨. 유가 상승 시, 오이 등 고온성작물의 재배면적은 감소하는 반면, 상대적으로 전년 가격이 높았던 저온성 작물의 재배면적은 증가하는 경향이 있음.



자료: 농림부, 채소생산실적, 각 연도(농협중앙회, 농협조사월보, 각 연도).

그림 6. 면세유 가격과 가온면적 동향

- 이와 같이 고유가 기조가 지속된다면 농업생산에 미치는 파급 영향은 매우 크며, 즉 재배작물의 전환에 따라 국가적으로는 품목별 수급불균

형을 초래하게 되고, 시설농가는 작목선정 등에 대한 혼란과 경영성과에 대한 불안감 등으로 농가의 경영이 매우 불안정하게 됨. 그러나 온배수를 난방의 에너지원으로 활용할 경우는 유가의 영향을 받지 않기 때문에 고유가 기조가 유지된다 하더라도 시설농가는 안정적인 상태에서 영농활동을 영위할 수 있을 것임.

### 3.2. 온배수 이용 시설농업의 전개방향

- 현재의 기술수준으로는 원전 온배수를 시설농업 난방에 직접 이용하는 것은 어려운 실정이지만 그러나 보조 장치를 부착할 경우 기술적으로는 난방의 에너지원으로 충분히 활용이 가능함. 다만 난방 보조장치 설치와 온배수 이용을 위한 배관시설을 갖추는데 상당한 투자가 요구되기 때문에 농촌 현장에서 실용화를 어렵게 하고 있음
- 그러나 국제유가가 고공행진을 계속한다면 온배수 활용에 대한 연구개발은 더욱 박차를 가하게 될 것이다. 또한 투자비를 줄이기 위한 노력도 계속될 것으로 전망됨.
- 온배수 이용에 대한 필요성은 인정하면서도 경제성 검토에서 보았듯이 현재의 기대수익으로는 농가단계에서 온배수 이용을 위한 시설투자가 매우 제한적일 수밖에 없음. 더욱이 원전 주변지역에 거주한 노령화된 농촌인력이 10억원 이상의 막대한 자금을 투자해 가면서 시설농업을 추진한다는 것은 기대하기 어려운 실정임
- 따라서 현재 여건하에서는 원전 주변지역 가운데 상대적으로 경제성이 높고, 사업추진이 용이한 지역을 선정하여 시범사업으로 전개할 필

요가 있음.

○ 시범사업은 크게 2가지 형태로 전개될 수 있을 것임(표 37).

**표 37. 온배수 이용 시설농업 시범사업 전개방향**

	협회의 시범사업	광의의 시범사업
사업주체	원전	지자체, 원전, 농협 등의 공동출자
사업목적	원전 온배수 이미지 홍보	주변지역과 발전소의 공생
운영형태	원전 직영	별도법인 설립후 위탁책임경영
		생산자조직 또는 개별농가에 임대
온실부지	발전소 부지 내부	발전소 부지 외부
온실면적	유리온실 1,500평	단지규모 20,000평 (유리온실 3000평 X 7개 동)
재배작목	화훼류(장미, 양난 등)	화훼류(수출품목 위주)
비 고	연구개발, 시험자료 제공	수출전문단지로 기능

○ 하나는 협회의 시범사업으로, 영광이나 월성원전이 수산양식장을 운영하는 것과 같이 농업부문에서도 원전이 운영주체가 되어 발전소 부지내에 시설을 설치 운영하는 형태임. 이 시범사업은 원전 부지내에 유리온실을 설치하여 화훼류 등을 재배함으로써 원전 온배수의 이미지 홍보를 목적으로 전개할 필요가 있음.

○ 광의의 시범사업은 원전 부지 외부에 시설농업 시범단지를 조성하여 운영하는 것임. 이 시범단지는 주변지역과 원전이 공생한다는 목적을 가지고 전개할 필요가 있음.

- 따라서 원전뿐만 아니라 해당 지자체, 생산자조직 등의 적극적인 참여가 필요하며, 이 경우 사업주체는 지자체, 원전, 농협 등이 공동출자하여 별도법인을 설립 후 위탁 운영케 하거나 실수요자인 농민이나 생산조직에게 임대하는 형태를 취할 수 있을 것임. 그리고 시범단지 규모는 수출단지로서 기능할 수 있도록 2만평 정도를 고려해 볼 수 있음.

## 제 4 절 요약 및 결론

- 원전 온배수는 원자력발전소에서 냉각수로 사용되어진 해수를 말한다. 이러한 온배수는 취수시 자연해수 보다 약 7°C 높게 배출되기 때문에 수산분야에서는 오래전부터 일부 어류양식 등에 이용되고 있음
- 그러나 온배수의 농업적 이용은 해수라는 특성과 기술적 문제 때문에 일본에서도 아직 상업화 단계에는 이르지 못한 것으로 알려져 있음.
- 우리나라의 시설농업은 1970년대부터 진행되어 왔으나 1994년 원예작물 생산·유통지원사업에 의해 본격적으로 추진되었다. 이에 따라 원예작물 시설은 인위적 환경관리가 가능한 고비용·고효율·에너지 다소비적인 시설로 발전하고 있음.
- 현재 시설농업에서 난방의 에너지원으로 석유의 의존도는 매우 높다. 그런데 국제 유가는 지속적인 상승추세를 유지할 것으로 전망되기 때문에 석유를 난방의 에너지원으로 계속 사용한다면 시설농가의 경영은 몹시 불안정하게 될 것임.
- 따라서 원자력 발전소에서 폐자원과 같이 배출되는 온배수를 재활용 차원에서 시설농업의 난방에 이용한다면, 시설농가의 소득증대 및 경영안정에 큰 도움이 될 것임.

- 온배수를 시설농업에 이용하기 위해서는 기술적으로 가능해야 하고, 경제적인 타당성을 가져야 함. 기술적인 문제와 관련해서, 시설작물의 적정 생육온도는 주간 25℃ 전후, 야간 15℃ 전후임.
- 그러나 원전 온배수의 온도 분포는 15℃ 이하 발생 빈도율이 연간 16.3%이고, 특히 주 이용시기인 1, 2월에는 90%에 이른다. 따라서 온배수를 난방 에너지원으로 이용하기 위해서는 별도의 보조장치가 필요함.
- 현재까지 개발된 보조장치 중에서는 히트펌프 시스템이 이용가능성이 높고, 일본이나 유럽에서도 널리 사용 중에 있음. 히트펌프는 열의 회수, 저장, 변환, 수송 등의 기술을 활용한 냉난방 시스템임.
- 그러나 원전 온배수를 이용할 경우 해수의 특성상 부식성이 강하기 때문에 고성능 자재로 설계해야 하고, 별도의 배관시설이 필요하기 때문에 설치비가 많이 소요되는 단점이 있음.
- 히트펌프 시스템을 온실 난방에 도입시 3,000평 유리온실을 기준으로 할 경우 연간 난방비는 5천2백만원이 소요되며, 경유를 사용하는 온수보일러 이용시는 연간 2억천만원으로 히트펌프를 이용할 경우 연간 1억5천7백원의 난방비를 절감하는 효과가 있음.
- 그러나 히트펌프 이용을 위해서는 배관(2km, 200mm이열관)설치에 7억1천1백만원, 히트펌프 설치에 2억4천8백만원 등 총 9억5천9백만원이 소요되며, 결국 히트펌프 설치에 따른 투자비를 회수하는 데는 6.1년이 소요되었음.

- 이러한 히트펌프 시스템을 이용한 시설농업을 4개 원전 주변지역에 도입한다고 가정할 경우 온실유형과 지역에 따라 다소 차이는 있으나 자본회수기간법에 의한 투자의 경제성은 그다지 높지 않음.
- 유리온실을 이용한 시설농업을 추진할 경우 현재의 기대수익으로는 농가가 배관시설까지 투자할 여력은 없음. 유리온실과 히트펌프 등 생산시설에 대한 지원도 50% 보조하에서 이자율이 5%이하이고 배관시설을 전액 외부에서 지원하여야 투자의 여지가 있는 것으로 나타나고 있음
- 경질판온실 경영에서 농가가 투자비를 회수하기 위해서는 생산시설에 대한 50%보조 하에서 이자율을 5%이하로 유지하고 배관시설 설치에도 50%이상의 보조가 있을 때 가능한 것으로 나타나고 있음.
- 온배수 이용의 시설투자에 대한 경제성 결과만을 보면 농가단계에서 시설투자는 매우 제한적이지만 현재의 고유가 기조가 지속된다면 농업생산에 미치는 과급 영향은 매우 클 것임.
- 즉 국가차원의 작목별 수급 불균형이 심화되고 시설농가의 경영이 매우 불안정하게 될 것이지만 온배수를 난방의 에너지원으로 활용할 수만 있다면 유가의 영향을 받지 않기 때문에 고유가 기조가 유지된다 하더라도 시설농가는 안정적인 상태에서 영농활동을 영위할 수 있을 것임.
- 현재 여건 하에서 많은 시설농가가 온배수를 이용하기 위한 시설투자를 하고 실제 온배수를 이용하기에는 경제적, 기술적 한계가 있음. 따

라서 온배수 이용에 대한 연구개발사업이 지속적으로 추진되어야 하고, 현 단계에서 원전 온배수를 이용한 시설농업을 추진하기 위해서는 원전 주변지역 가운데 상대적으로 경제성이 높고, 사업추진이 용이한 지역을 선정하여 시범사업으로 전개할 필요가 있음.

- 시범사업의 형태는 원전이 직접 운영주체가 되는 협의의 시범사업과 원전 인근에 지자체, 원전, 농협 등의 출자로 대단위 단지를 조성하여 운영하는 광의의 시범사업이 있을 수 있음.



## 제 3 장

# 해외의 온배수 이용 사례

# 제 1 절 일본의 사례

## 1. 바다목장 및 가두리 양식 사례

### 1.1 丹生灣에 있어 바다목장 사업사례

- 丹生灣은 福井縣 敦賀반도 앞쪽에 위치하는 직경 1 km 정도의 작은 만이다. 1970년 관서전력(주) 미하마발전소가 운전을 개시하여 만내에서 취수하여 만 밖으로 배수하고 있음
- 이 만은 발전소 가동 이전에는 해수의 교환이 원활치 못하여 여름철에는 적조가 발생하고 양식에 부적합한 만이었지만, 3기 발전기를 가동하고 약  $110 \text{ m}^3/\text{sec}$  의 냉각수를 만내에서 취수하면서부터 만내의 해수교환이 원활하게 되어 가두리양식이 가능하게 되었음
- 그래서 일본 정부의 조사 결과를 기초로 1989년부터 1990년까지 바다목장사업(연안 어장 정비사업, 해역 고도 이용시스템 도입사업 ; 사업비 279,580천円)이 실시되었으며, 이 계획은 발전소의 운전에 의해 해수교환이 촉진되어 만내를 그물 차단막으로 막아, 참돔종묘 중간육성을 약 1년간 시행하여 방류하는 것임. 나아가 만외에 설치된 음향급이 시설을 이용하여 3년생 어미를 어획하는 본격적인 바다목장의 형태임.

## 1.2 内浦灣의 양식장 조성사업

- 内浦灣은 福井縣 若狹灣 내부에 위치한 직경 3 km 정도의 만으로서 관서전력(주) 타카하마발전소가 만 외에서 냉각수를 취수하고 만내에서 온배수를 방류하고 있음. 해수의 온도는 시기와 장소에 따라 다르지만 배수구에서 3 km에 위치하는 日引어협사무소 앞쪽 해역은 보통 해역과 비교할 때 약 2 ~ 3 °C 높음.
- 日引 어협 인근 해역에서는 양식장의 활성화와 어업소득 향상을 도모할 목적으로 1990년부터 1993년까지 양식장 조성사업이 시행되었고, 이 사업에 의해 중력식 소파제 1기(L=25 m), 부유식 소파제 3기(L=228 m : 1993년 9월 완공)가 설치되어(방파제공사비 : 15억엔) 가두리의 이동, 설치가 추진되었음.

## 1.3 浦底灣의 어류양식

- 浦底灣 敦賀半島 동쪽 끝에 있는 浦底灣 길이 약 2.5 km, 입구는 약 1 km의 작은 만임. 이 만 안쪽에는 일본원자력발전(주)의 쓰루가발전소와 動燃事業團의 후젠발전소가 취수를 하고 온배수 일부를 만내에 방류하고 있음
- 이 만내에 있는 현 수산시험장 조사에 의하면 수산시험장 인접 해면(배수구에서 약 500 m)의 표면수온은 주변해역 수온보다 3~ 5 °C 높게 나타나, 이 해면에 가두리망을 설치하여 참돔, 자지복, 넙치, 전갱이, 꼬치고기의 양식시험을 하고 있음.

- 1974년부터는 쓰루가시 어업협동조합이 현 수산시험장의 양식시험 결과를 바탕으로 현 수산시험양식시설이 인접한 장소에 가두리망 36면을 설치하여 방어, 참돔, 자주복의 양식을 하고 있음
- 또한 해양생물환경연구소 실증시험장에서는 발전소로부터 배출되는 온배수를 사용하여 어류의 사육시험을 하여 온배수가 가지고 있는 성장촉진 효과에 대하여 연구하고 있음.

## 2. 수산양식 사례

- 일본에서는 온배수가 주로 수산업 분야에서 이용되고 있는데, 특히 온배수를 활용한 어패류의 종묘 육성과 치어 사육이 활발하게 진행되고 있음. 그러나 온배수를 이용한 양식업은 원전 주변지역에 국한되어 있기 때문에 제한적이고, 대규모 양식업은 아직 미흡한 단계임.
- 일본에서 최초로 온배수를 이용한 양식업은 1963년 (주)동북전력 센다이화력발전소에서 실시한 전복, 치어의 시범사업임.
- 원자력 발전소의 경우, 1974년 (재)온수양어개발협회가 (주)본원자력발전의 도카이발전소 온배수를 이용하여 돔, 보리새우, 전복 등을 시범적으로 사육한 것이 최초이며, 이후 지속적으로 여러 지역의 화력 및 원자력 발전소에서는 온배수를 이용한 광어나 전복 등의 종묘생산, 중간육성 양식이 이루어지고 있음
- 그 결과, 2000년 현재 온배수를 이용한 종묘생산은 갈대새우의 경우 전국 생산량의 11%에 이르고 있음(표 38, 39).

표 38. 온배수 이용 방류용 종묘생산량(2000년)

단위: 만개, 만마리, %

	전국 생산량(A)	온배수를 이용한 방류용 종묘 생산량(B)	전국 생산량 중 온배수 이용 생산량 비율(B/A)
광어	4,023	359	8.9
돔	2,091	74	3.5
보리새우	18,318	805	4.4
갈대새우	2,203	245	11.1
전복	3,163	341	10.8

### 3. 어업 이외의 이용

- 온배수는 취수온도보다 단지 7℃ 높고, 에너지 밀도가 매우 낮은 열원이기 때문에 온배수 이용분야가 다소 제한적임.
- 표 2에서 보는 바와 같이, 온배수는 주로 시설농업의 난방열원으로 이용되고 있음.
- 작목으로는 화훼류, 관엽식물류, 과채류, 엽채류, 근채류 등 다양하고, 일부지역에서는 발전소의 폐열을 히트펌프로 회수하여 난방에 이용되기도 하며, 그 밖에 온배수는 도로의 결빙작업, 건물의 난방, 열대 식물원, 해수의 담수화 등에 시범적으로 이용되고 있음.

표 39. 온배수의 어업 이외 이용 (1999년 2월 현재)

	발전소명	시설	비고
홋카이도(北海道) 개발국		도로 눈 해빙 총연장거리 4.1km	온수로 눈을 녹임
도호쿠(東北)전력(주)	能代화력발전소	빌딩, PR관(열대식 물원 포함)	발전소 폐열을 히트펌프 로 회수하여 난방에 이용
칸사이(關西)전력(주)	高浜원자력발전소	온실 120㎡×1동	관엽 식물류
칸사이(關西)전력(주)	宮津에너지연구소	온실 110㎡×3동, 160㎡×1동	화훼, 과채, 엽채류
쿠슈(九州)전력(주)	玄海원자력발전소	온실 167㎡×3동	관엽식물류, 과채, 엽 채, 근채류

자료 : 자원에너지청 편, 원자력발전편람99년판, 전력신보사(1999년10월),

- 후로리 꽃 박물관은 주민복지와 지역문화 향상에 큰 기여를 하고 있음. 시설은 남유럽풍의 해변과 정원의 이미지를 최대한 살려 어린이부터 어른에 이르기까지 편안하게 꽃과 즐길 수 있는 공간으로 연출되었음(표 40, 그림 7, 8).
- 운영주체는 (유)후로리이고, 지자체, 전력회사, 시가농업협동조합에서 공동출자하여 설립되었고, 운영방식은 지자체인 시가초가 유한회사에 시설의 관리·운영을 위탁한 형태임

표 40. 후로리 꽃 박물관의 이용현황

평균 방문객수	시설규모	영업시간	이용요금	
			어른	어린이
428명	30,334㎡	09:30~17:00	500엔	300엔



그림 7. 후로리 꽃 박물관의 실내정원



그림 8. 후로리 꽃 박물관의 실외정원

- 연간 시설관리 운영비용(인건비, 이벤트비, 광고비 등)은 약 4,530만엔 이고, 시설 설치자인 시가초가 유한회사에 연간 1천만엔의 위탁료를 지불하고 있으며, 사업비는 전원입지초기대책교부금 10억엔, 특별재정 조정기금 10억엔, 일반재원 200만엔 등 총 2,002,017천엔임.
  
- 시설 규모는 전시동 1,228㎡, 온실동 1,093㎡, 수경재배 시설 1,361㎡ 이고, 그 밖에 시설은 수경재배 시설 창고, 작업실, 펌프실, 열교환기실 등이 있음.
  
- 온배수의 이용시스템은 전시온실의 공조온도가 20℃이하가 되면 난방 운전이 자동적으로 되도록 설계되었으며, 그리고 시설휴관 기간에는 전시온도가 5℃이상인 되도록 난방운전을 설정하고 있음. 이러한 온배수의 열 공급시스템은 열원수요가 많은 겨울철과 중간기의 난방비 절감에 큰 효과를 거두고 있음.



## 제 2 절 유럽의 사례

### 1. 유럽의 온배수 이용 현황

#### 1.1 온배수 이용의 특징

- 유럽의 원자력발전소는 우리나라와는 달리 대부분 내륙의 강가 주변에 위치하고 있기 때문에 복수기의 냉각수는 해수가 아닌 하천수가 이용됨. 복수기의 냉각은 배관을 통해 냉각수를 공급하는 방법과 냉각탑을 이용해 냉각수를 만드는 방법이 있으며, 전자는 우리나라에서 사용하는 방법이고 후자는 주로 프랑스, 영국에서 사용하는 방법임(표7).
- 냉각탑에 의한 열교환 방법은 냉동기의 응축기에 사용하는 냉각수를 재차 사용하기 위하여 실외공기와 직접 접촉시켜 이 물을 냉각하는 것을 말하며, 이러한 냉각탑 열교환 방법은 프랑스 노장 원전, 영국의 콜더홀 원전에서 사용하고 있다. 하지만 이러한 시설을 갖추려면 약 1조 3천~4천억원의 막대한 비용이 소요됨

표 41. 유럽의 온배수 이용 사례

발전소명	출력 MW×기	형식	냉각 방식	사용용도
프랑스 Bugey	937×2	PWR	냉각탑	29ha 채소 재배 플랜트 중 4.8ha 유리온실에서 화훼, 관상용 식물 재배
프랑스 Cattenom	1362×4	PWR	냉각탑	1988년 해상양식실험설비를 설치함
프랑스 Chinon	919×4	PWR	냉각탑	민간 회사가 4.8ha 온실에서 토마토, 화훼 재배. 건설용 목재 건조공장에서 열 이용
프랑스 Cruas	921×4	PWR	냉각탑	5.8ha 온실에서 토마토 재배 연간 출하량 2천톤. 시청, 교회, 풀장에서도 열 이용
프랑스 Dampierre	937×4	PWR	냉각탑	인근 120 ha 농원에 온배수 공급설비가 설치 15개 회사가 종묘, 화훼, 채소 등 온실에 이용
프랑스 Gravelines	951×6	PWR	해수	민간기업 2사가 도미, 농어, 광어 등 양식. 이용수량 13톤/초. 연 1천톤 생산
프랑스 Le Blayais	951×4	PWR	하천수	제3섹터가 철갑상어 양식시험에 의해 450톤/년의 어획가능을 입증 폐쇄해양연구소 건설, 본격적인 사업을 계획 중
프랑스 St.Laurent-Des-Eaux	956×2	PWR	냉각탑	0.53ha 온실에 30km 배관, 장미, 채소 생산, 특히 장미는 고품질로 연간 35~40만본 출하 커뮤니티 센터, 온수 풀장에도 온배수를 공급
프랑스 Tricastin	955×4	PWR	하천수	29ha 경지에 온배수를 이용하여 토마토, 장미, 베고니아 재배
벨기에 Tihange	934×3	PWR	냉각탑	5,400톤 소조와 1ha 연못에 온배수의 3%를 이용 테라피아, 메기 등 연 400톤 생산
스페인 Asco	930×2	PWR	냉각탑	발전소 온실에서 관상용 식물재배 온실 넓이 20~100m, 이용수량 100톤/시
영국 Hinkley Point	321×2 640×2	GCR AGR	해수	광어, 장어 양식에 온배수 이용, 장어는 기업화에 성공
영국 Hanterstone	623×2	AGR	해수	민간 3사가 가자미, 서대기 양식
영국 Wylfa	565×2	GCR	해수	서대기, 송어 양식

자료: (재)전원지역진흥센터(편) : 해외 여러 나라의 공생발전소 사례집(지역과 발전소의 공생형태일람).

- 하천수 냉각은 바닷물과 비교했을 때, 수온이 10~15℃까지 상승되고, 냉각에 이용되는 냉각수의 양은 해수에 비해 적은 것이 특징이다. 따라서 이용가치는 하천수가 해수보다 온도차가 크게 나타나기 때문에 더 높다고 할 수 있음
- 한편, 프랑스 전력공사(EDF)는 1976년 이후 온배수 이용에 대한 연구 개발에 관심을 갖고 이용 가능성을 지속적으로 모색해왔다. 그 결과, 농수산업 특히, 바이오 관련부문에 활용 가치가 높다는 것이 입증되었고, 현재 관련분야 사업에 있어서 온배수의 이용을 적극 장려하고 있음
- 사업자가 온배수를 이용하는 경우 원전에서는 온배수를 무상으로 공급하지만 온배수 이용관련 기술적 부분과 제반시설에 드는 비용은 사업자가 부담하는 것을 원칙으로 하고 있음.

## 1.2 농업부문에서의 온배수 이용

- Closed Sakin 냉각시스템은 온배수 이용에 매우 유용한 설비이다. 이 냉각시스템을 이용한 하우스 재배는 20~40℃의 온수를 이용하기 때문에 경제성이 매우 높고, 특히, 채소, 종묘 등과 같이 추가적으로 가온시설을 필요로 하지 않는 저온성 작물재배는 작물의 로테이션을 빠르게 함
- 그리고 뿌리내림을 좋게 하고, 동결을 방지할 수 있다. 한편, 관엽식물, 화훼, 토마토 등과 같이 가온시설을 필요로 하는 고온성 작물의 경우, 난방비를 40~80% 정도 절약할 수 있음.

- 영국에서는 석탄 화력발전소에서 배출되는 온배수를 이용하여 12ha 규모의 세계최대 온실에서 채소재배가 이루어지고 있으며, 그 밖에 콩이나 버섯류 재배, 담배 건조, 목재 건조, 온수 풀 등 다양한 이용방법이 검토되고 있음.

### 1.3 수산업부문에서의 온배수 이용

- 수산업부문에서의 온배수 이용은 양식업에서 적극 활용되고 있다. 양식업에서 온배수를 이용하면 어패류가 성장하기 위한 최적온도 설정이 용이해져 성장을 효과적으로 촉진시킬 수 있다. 또한 산란기 조정 등 보조시설에도 효과적으로 이용이 가능함.
- 프랑스와 영국에서는 민간기업과 NGO단체를 중심으로 온배수를 이용한 양식업이 이미 상업화되어 있고, 양식관련 연구소 설립과 함께 기술개발도 활발히 진행되고 있다. 양식어종은 도미, 농어, 광어, 장어, 가자미, 서대기, 철갑상어에 이르기까지 매우 다양함.

## 2. 프랑스 원자력 발전소의 온배수 재활용 사례

### 2.1 로젠 프랑스 열대식물원 사례

#### 가. 뷔제 원자력 발전소의 개황

- 뷔제 원자력 발전소는 앵 지방 소속으로 리옹에서 동쪽으로 35km떨어진 론 강가에 위치하고 있으며, 2004년 총 전력 생산량은 2조 5,370 억kw로, 론 알프스 지방에서 사용된 전체 전기량의 40%를 차지하고

있음. 한편, 뷔제 원자력 발전소는 1989년부터 주변 지역에 위치한 온실에 온수를 공급하고 있음(그림 9).

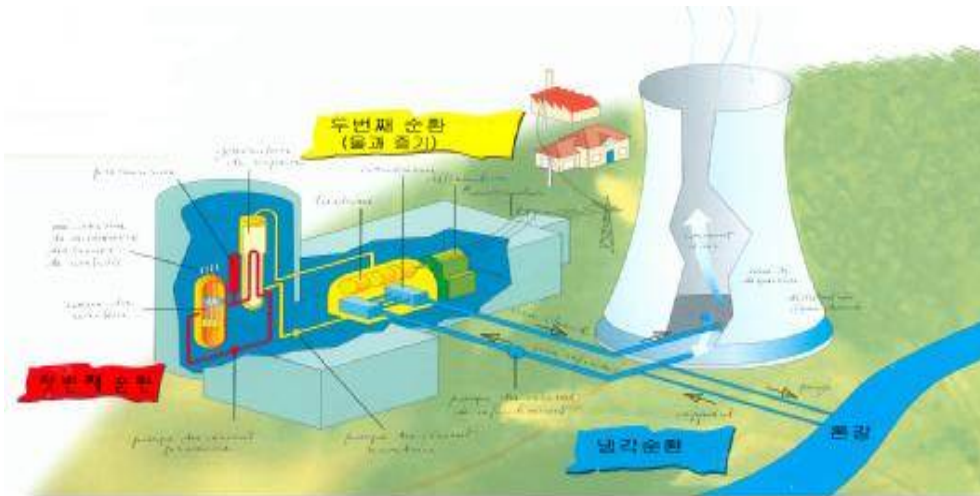


그림 9. 뷔제 원자력 발전소의 냉각수 이용방법

#### 나. 열대식물원 개요

- 로젠 프랑스는 열대식물재배업체로서 회사자본금은 약 14억원, 매출 규모는 연간 21억 6천만원~22억이고, 회사형태는 주식회사이며, 유리 온실의 총 면적은 7ha고, 이 중 5ha는 원자력 발전소에 공급되는 온수를 이용하고 있다. 온실에는 약 20여명이 근무하고 있음.
- 열대식물은 연간 300만 그루가 생산되고, 대부분이 독일, 네덜란드로 수출되고 있으며, 재배품목은 *Cycas revoluta*, *Cycas rumphii*, *Zamioculcas zamifolia*, *Raphis excelsa* 등 총 7종이고, 주로 종려과 식물과 거대 선인장이 재배되고 있음. 재배품목 중 몇몇 희귀종은 일본, 마다가스카르, 남미에서 수입되고 있음.

## 다. 온배수 이용 체계

- 로젠 프랑스는 뵤제 4호기와 5호기에서 배출되는 온수를 온실의 난방 열원으로 사용하고 있으며, 뵤제 원자력 발전소에서 온배수가 나오는 지점으로부터 로젠 프랑스가 온배수를 받는 지점까지의 거리는 2km 임.
- 온배수는 시멘트 자재의 최소 직경 1m인 지하 파이프를 통해 공급되고, 온실 내부에는 온배수 분배를 위한 순환 시스템이 추가적으로 설치되어 있음.
- 온배수 이용에 투자된 비용은 1ha당 1억 2천만원~1억 8천만원이 소요되었으며, 주요 투자주체는 정부, 지역행정당국(지역자문회, 지역기업연합 등), 프랑스 전기공사로서 대부분의 투자비용을 부담하였으며, 사업주체인 로젠 프랑스는 다른 기관들에 비해 투자비중이 적음.
- 온배수의 온도는 최소 23℃에서 최대 32℃까지 차이가 있으며, 이러한 온배수를 효율적으로 이용하기 위해서는 식물의 생육환경을 고려하여 난방 시스템을 최대한 이용하는 것이 중요함.
- 일부 온실은 겨울철에도 15℃까지 온도를 유지해야하는데 이를 위해서는 약 360톤의 프로판 가스가 소요되며, 따라서 로젠 프랑스는 원자력 발전소에서 공급되는 온수를 이용함으로써 15%의 프로판 가스가 절약되는 효과를 거두고 있음.

## 2.2 악어농장 사례

### 가. 악어농장의 온배수 이용현황

- 트리카스탱 원자력 발전소는 3개의 거대 경제지구인 론-알프, 프로방스-알프-코뜨다쥐르, 랑그독 루씨옹에 인접하고 있음(그림 10)



그림 10. 트리카스탱 원자력 발전소의 전경

- 1980년~1981년에 설치된 900MW급 4개 호기가 현재 가동 중에 있으며, 연간 전기 생산량은 24TWh로 프랑스 전체 전기 생산량의 약 5%를 차지하는데,
- 유로디프는 세계적으로 유명한 드롬지방의 악어농장과 파베이롤에 위치한 42ha의 농업 온실과 피에르라뜨시의 2,400가구에 에너지를 공급하고 있음(그림 11).

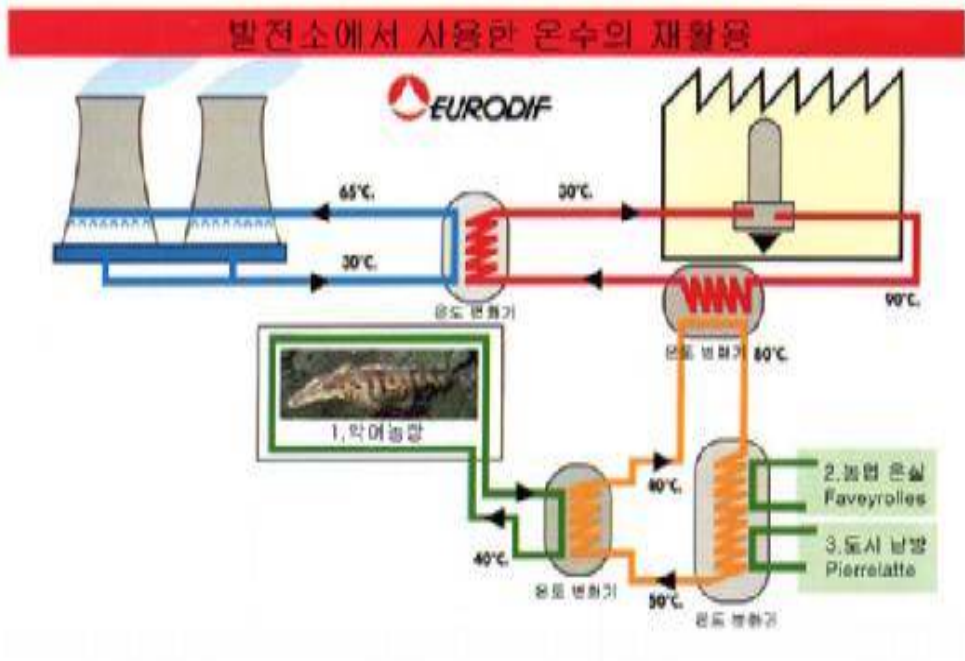


그림 11. 트리카스탱 원자력 발전소의 온배수 이용방법

- 악어농장은 프랑스 드롬 지방의 피에르라뜨시에 위치하고 있고, 1990년 뤼 푸제롤에 의해 설립되었으며, 이 악어농장은 유럽에서 유일한 야생 동물원으로서 6,500m<sup>2</sup>에 이르는 열대 온실에 500여 마리의 악어와 열대조류, 물고기 등이 서식하고 있음(그림 12, 13).
- 악어농장은 트리카스탱 원자력 발전소에서 공급되는 온수를 이용하여 항상 섭씨 30°C가 유지된다. 악어농장은 연중무휴이고, 연간 방문객 수는 60,000명임.





그림 12. 악어농장에서 사육되고 있는 악어들



그림 13. 열대우림의 모습을 재현한 늪지대

# 참고문헌

## 1. 수산양식 분야

한국해양연구소. 1987. 인공진주 양식 기술개발에 관한 연구. BSPG00042-159-3. 서울. 607 p.

한국해양연구소. 1987. 고급어종 양식개발에 관한 연구(III), BSPG00044-160-3. 서울, p. 418.

한국해양연구소. 1990. 연어. 송어류 양식기술 개발에 관한 연구(III), BSPG 00114-319-3, 서울, p.293.

한국해양연구소. 1990. 발전소 온수를 이용한 고급어류 양식기술 개발, BSPI00074-295-3, 서울, p.577.

한국해양연구소. 1993. 온수이용 종묘 대량생산 기술개발, BSPI00123-583-3, 서울, p.299.

한국해양연구소. 1997. 원전 온배수 이용 양식사업 개발, BSPI00191-974-3, 서울, p.438.

한국해양연구소. 2000. 월성 2, 3, 4 호기 온배수양식장 시험양식. BSPI-98260-00-1296-3, 서울, p.304.

한국해양수산개발원. 2003. 기르는 어업의 잠재력조사 및 발전방안에 관한 연구. 서울. p. 595.

박정식의, 「현대재무관리」, 다산출판사, 2004년.

- 이의경, 「재무관리」, 경문사, 2005년.
- 김영규외, 「재무관리」, 박영사, 2004년.
- Top copeland 외 지음, 박동원의 옮김, 「기업가치평가」, 2004년.
- 한국수산신문사, 「수산양식」, 각 월
- 해양수산부, 「통계연보」, 각년도
- 정명생외, 「주요 어류의 소비구조 분석에 대한 연구, 2004년」
- Brett, J. R., J. E. Shelbourn, and C. T. Shoop. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Onchorhynchus nerka*, in relation to temperature and relation size. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26 : 2363-2394.
- Cox, D. K. 1974. Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of bluegill. In: Gibbons, J. W, Sharitz, R.R.(eds) Thermal ecology. Proc Symp. Augusta. Georgia May 3-5, 1971. Tech. Infor. Center, U. S. Atomic Energy Commission, p 158-163.
- Evans, D. O. 1990. Metabolic thermal compensation by rainbow trout: Effects on standard metabolic rate and potential usable power. *Tans. Am. Fish Soc.* 119 : 585-600
- Fernandes, M. N, Rantin, F. T. 1989. Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) to environmental hypoxia under different thermal conditions. *J. Fish Biol.* 35 : 509-519.
- Fernandes, M. N., Barrionuevo, W. R, Rantin, F. T. 1995. Effects of thermal stress on respiratory responses to hypoxia of a South American Prochilodontid fish, *Prochilodus scrofa*. *J. Fish Biol.* 46 : 123-133.
- Ferraris, R. P., M. R. Catacutan, R. L. Mabelin, and A. P. Jazul.

1986. Digestibility in milkfish, *Chanos chanos* : Effects of protein source, fish size and salinity. *Aquaculture*, 59 : 93-105.
- Gasca-Leyva, J. F. E., Martinez-Palacios, C. A., Ross, L. G. 1991. The respiratory requirements of *Macrobrachium acanthurus* (Weigman) at different temperatures and salinities. *Aquaculture*, 93 : 191-197.
- Jobling, M. 1981. Temperature tolerance and the final preferendum - rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *J. Fish Biol.*, 19 : 439-455
- Jobling, M. 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquaculture* 70 : 1-19
- Jobling, M. 1994a. Environmental factors and growth. *Fish Bioenergetics* Chapman & Hall. London
- Jobling, M. 1994b. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In, *Fish Ecophysiology* (Ed. Rankin, L. C., and F. B. Jensen). Chapman & Hall, London.
- Langford, T. E. L. 1990. Experimental studies and the predicted biological effects of thermal discharges. In, *Ecological effects of thermal discharges*. Elsevier Applied Science, London.
- Lee, R. M., Rinne, J. N. 1980. Critical thermal maxima of five trout species in the southwestern United States. *Trans. Am. Fish Soc.*, 109 : 632-635.
- Mehner, T., Wieser, W. 1994. Effects of temperature on allocation of metabolic energy in perch (*Perca fluviatilis*) fed submaximal

- rations. J. Fish Biol., 45 : 1079-1086.
- Morgan, M. J. 1992 Low temperature tolerance of American plaice in relation to declines in abundance. Trans. Am. Fish. Soc., 121 : 399-402.
- Mwangangi, D. W., Mutungi, G. 1994. The effects of temperature acclimation on the oxygen consumption and enzyme activity of red and white muscle fibers isolated from the tropical freshwater fish *Oreochromis niloticus*. J. Fish. Biol. 44 : 1033-1043.
- Pandian, T. J. 1967. Intake, digestion, absorption and conversion of feed in the fishes, *Megalopos cyprinoides* and *Ophiocephalus striatus*. Mar Biol., 1 : 16-32.
- Reynolds, W. W., Casterlin, M. E. 1980. The role of temperature in the environmental physiology of fishes. In: Ali, M. A(ed). Environmental physiology of fishes, New York, Plenum Press, p 497-518.
- 温水養魚開發協會. 1994. 温水養魚の手引き(第1, 2 分冊). 財團法人 温水養魚開發協會, 東京, 59p.

## 2. 농업분야

경주시, 「통계연보」, 각년도.

구자형 외, 「발전소 온배수의 농업이용에 관한 연구(Ⅰ)」, 한국전력공사, 1992.

기장군, 「통계연보」, 각년도.

김영식 외, 「유리온실 원예산업의 경제적 타당성 분석」, 고려대학교

- 자연자원연구소, 1993.
- 김영환 외, 「원전 온배수 문제 종합대응방안 수립을 위한 연구」, 한국수력원자력(주), 2002. 7.
- 농림부, 「농림사업시행지침」, 2004.
- 농림부, 「화훼재배현황」, 각 연도.
- 농수산물유통공사 화훼공판장, 「양재동 화훼공판장 경매실적 및 가격동향 분석」, 각 연도.
- 농업공학연구소, “석유, 가스제품의 발열량 환산 기준”, 2003.
- 농촌진흥청, 「농축산물소득자료집」, 각 연도.
- 농협중앙회, 「시설농업자재 실무교재」, 1998.
- 박시현 외, 「방사성 폐기물 관리시설 주변지역 지원에 관한 연구」, 한국농촌경제연구원, C98-5, 1998. 10.
- 박현대 외, 「수출용 분화류 공정생산, 포장, 출하시스템 개발의 경제성 분석」, 한국농촌경제연구원, C2002-21, 2002.8.
- 산업자원부·에너지경제연구원, 「2004년 원자력발전백서」, 2004.
- 서범석 외, 「발전소의 온배수를 이용한 특용작물 재배가능성 조사보고서」, 호남온실작물연구소, 1997. 11.
- 서울대학교 환경계획연구소, 「성산리 개발타당성 조사」, 한국수력원자력(주) 영광원자력본부, 2004.
- 송미령 외, 「발전소 주변지역 지원제도 개선에 관한 연구」, 한국농촌경제연구원, C2002-18, 2002. 9.
- 시설원예연구소, 「시설원예연구」, 1994.
- 시설원예시험장, 「시설재배 에너지절감기술 사례집」, 2004.
- 에너지경제연구원, 「에너지 년별통계」, 각 연도.
- 영광군, 「통계연보」, 각 연도.
- 울진군, 「통계연보」, 각 연도.

- 이두순 외, 「유리온실의 경영실태 분석」, 한국농촌경제연구원, R400, 1999.12.
- 이두순 외, 「절화생산 농가의 경영실태 분석」, 한국농촌경제연구원, R389, 1998.12.
- 이수행 외, 「선진국형 화훼종합 유통단지 조성사업관련 타당성 조사 연구」, 과천시, 2004.
- 이재창 외, 「발전소 온배수의 농업이용에 관한 연구」, 한국전력공사, 1992. 11.
- 티.이엔(주), 내부자료(지열히트펌프의 개요), 2004.
- 家常高, 「農家の農業投資と經濟性」, 養賢堂, 1993.
- 龜谷昶, 「農業投資の理論と戰略」, 富民協會, 1977.