

2011-001

정책연구

# 영월천연가스발전소 온배수를 활용한 지역성장 사업 연계방안





# 목차

## 연구요약

### 제1장 서론 .....1

#### 제1절 연구의 배경 및 목적 ..... 3

##### 1. 연구의 배경 ..... 3

##### 2. 연구의 목적 ..... 5

#### 제2절 연구 내용 및 방법 ..... 8

##### 1. 연구 내용 ..... 8

##### 2. 연구 방법 ..... 9

##### 3. 연구 추진 절차 ..... 10

##### 4. 연구의 한계 ..... 11

### 제2장 발전소 온배수 발생 현황 및 사용실태 .....13

#### 제1절 발전소 온배수 발생현황 ..... 15

#### 제2절 영월천연가스발전소 개황 및 온배수 발생 현황 ..... 18

##### 1. 영월천연가스발전소 개황 ..... 18

##### 2. 영월천연가스발전소 온배수 발생현황 ..... 19

**제3장 발전소 온배수의 활용 사례 및 개선점 .....23**

제1절 국내 활용사례 ..... 25

- 1. 농업 부문 ..... 25
- 2. 수산업 부문 ..... 29
- 3. 기타 활용사례 ..... 39

제2절 해외 활용사례 ..... 40

- 1. 일본사례 ..... 40
- 2. 유럽사례 ..... 41
- 3. 기타 외국사례 ..... 43

제3절 발전소 온배수 활용 개선점 ..... 44

**제4장 영월천연가스발전소 온배수 활용의 기본방향 .....45**

제1절 영월군의 일반현황 ..... 47

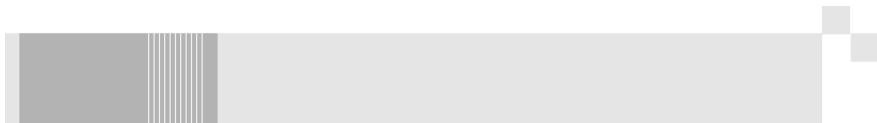
- 1. 자연지리적 여건 ..... 47
- 2. 인문지리적 여건 ..... 50
- 3. 관광자원 여건 ..... 52

제2절 영월천연가스발전소 주변현황 ..... 55

- 1. 팔괴1리 ..... 55
- 2. 팔괴2리 ..... 56
- 3. 정양리 ..... 57
- 4. 덕포8리 ..... 58
- 5. 덕포10리 ..... 59

제3절 영월천연가스발전소 온배수 활용의 비전 및 목표 .....	60
제4절 영월천연가스발전소 온배수 활용의 기본방향 .....	62
<b>제5장 영월천연가스발전소 온배수 활용의 로드맵 수립 및 시범사업 아이템 선정 .....</b>	<b>63</b>
제1절 영월천연가스발전소 온배수 활용 로드맵 수립 .....	65
1. 로드맵 수립의 기본원칙 .....	65
2. 로드맵 제시안 .....	66
제2절 영월천연가스발전소 온배수 활용의 시범사업 아이템 선정 .....	67
1. 시범사업 아이템 선정의 기본원칙 .....	67
2. 시범사업 아이템 후보 .....	68
<b>제6장 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업(안) 제시 및 타당성분석 .....</b>	<b>131</b>
제1절 시범사업(안) 제시 .....	133
1. 부지확보 .....	133
2. 공간구상 .....	137
3. 온배수 이송배관 배치 구상 .....	143
4. 사업 추진체계 .....	144
5. 사업 추진일정 .....	147
6. 1차년도 시범사업 예산 계획 .....	148
제2절 시범사업의 타당성 분석 .....	149
1. 기본 가정 .....	149
2. 분석 모델 .....	150

3. 분석 결과 .....	152
4. 시사점 .....	159
<b>제7장 결론 및 향후 정책 방향 .....</b>	<b>161</b>
제1절 결론 .....	163
제2절 향후 정책 방향 .....	167
<b>참고문헌 .....</b>	<b>171</b>
<b>부록 .....</b>	<b>173</b>

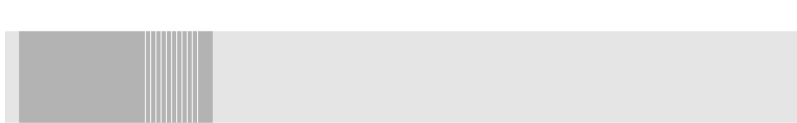


## 표목차

<표 II- 1> 우리나라 전력 수급 동향 및 전망 .....	16
<표 II- 2> 우리나라 발전단위별 온배수 배출 현황 .....	17
<표 II- 3> 영월천연가스발전소 온배수 배출 현황 .....	21
<표 III- 1> 우리나라 온배수의 수산업 활용 사례 .....	30
<표 III- 2> 화동 화력 발전소 온배수 이용 현황 .....	31
<표 III- 3> 영흥화력발전소 양식장 환수량 .....	37
<표 III- 4> 원자력발전소 관련 온배수 이용 양식사업소 현황 .....	40
<표 III- 5> 유럽의 발전소 온배수 이용 사례 .....	42
<표 III- 6> 기타 외국 발전소 온배수 이용 사례 .....	43
<표 IV- 1> 영월군 행정구역별 세대수 및 인구 .....	51
<표 IV- 2> 영월군 연도별 관광지 지정 현황 .....	53
<표 V- 1> 멜론의 생육단계별 온도관리 기준 .....	71
<표 V- 2> 토마토의 재배기간 .....	86
<표 V- 3> 고추의 최저, 최고, 최적 발아온도 .....	90
<표 V- 4> 침수시간이 고추의 품종별 생육 및 수량에 미치는 영향 .....	92
<표 V- 5> 고추 재배에 적합한 토양의 화학성 .....	93
<표 V- 6> 배지 규격에 따른 풋고추 생육 반응 .....	94
<표 V- 7> 풋고추 주요 배양액 .....	94
<표 V- 8> 고추 품종별 생육단계별 적정 배양액 농도 .....	95
<표 V- 9> 피망과 파프리카의 구분 .....	96
<표 V-10> 벨기에의 파프리카 배양액 .....	98
<표 V-11> 오이 주요 배양액 .....	104

<표 V-12> 오이 고품배지경에서 수확기 시기별 최적 급액 농도 및 급액량 .....	105
<표 V-13> 오이의 펄라이트 재배시 월별 평균 수분 요구량 추정과 월별 급액 설계 ...	106
<표 V-14> 딸기 배양액 조성 .....	108
<표 V-15> 상추 배양액 .....	112
<표 V-16> 시설원예부문 시범사업 아이템 후보 분석 .....	113
<표 V-17> 수산양식 부문 시범사업 아이템 후보 분석 .....	129
<표 VI- 1> 온배수 활용 시범사업에 필요한 최소 부지 .....	134
<표 VI- 2> 온배수 활용 시범사업을 위한 우선 구매 희망 지번 및 규모 .....	135
<표 VI- 3> 온배수 활용 시범사업을 위한 차선 구매 희망 지번 및 규모 .....	136
<표 VI- 4> 단계별 시범사업 확대에 따른 공간 확대 .....	139
<표 VI- 5> 단계별 시범사업 진행에 따른 위원회 구성 계획 .....	145
<표 VI- 6> 기초 통계량(철갑상어) .....	150
<표 VI- 7> 기초 통계량(멜론) .....	151
<표 VI- 8> 1단계 시범사업 경계성 평가 결과 .....	152
<표 VI- 9> 1단계 철갑상어, 경계성 평가 결과 .....	153
<표 VI-10> 1단계 멜론, 경계성 평가 결과 .....	153
<표 VI-11> 2단계 시범사업 경계성 평가 결과 .....	154
<표 VI-12> 2단계 철갑상어, 경계성 평가 결과 .....	155
<표 VI-13> 2단계 멜론, 경계성 평가 결과 .....	155
<표 VI-14> 3단계 시범사업 경계성 평가 결과 .....	156
<표 VI-15> 3단계 철갑상어, 경계성 평가 결과 .....	157
<표 VI-16> 3단계 멜론, 경계성 평가 결과 .....	157
<표 VI-17> 철갑상어, 민감도 평가 결과 .....	158
<표 VI-18> 멜론, 민감도 평가 결과 .....	158





## 그림목차

<그림 I- 1> 연구목적 개념도 .....	6
<그림 I- 2> 연구추진 절차 개념도 .....	10
<그림 II- 1> 영월천연가스 복합 발전소 조감도 .....	18
<그림 II- 2> 강원지역 발전현황과 영월천연가스발전소의 위상 .....	19
<그림 II- 3> 영월천연가스발전소 계통도 .....	20
<그림 II- 4> 영월천연가스발전소 온배수 배출구 .....	22
<그림 III- 1> 남제주 화력발전소 폐열 활용 열대작물 재배 i .....	26
<그림 III- 2> 남제주화력발전소 폐열 활용 온배수 시스템 도면 .....	27
<그림 III- 3> 남제주화력발전소 폐열 활용 열대작물 재배 ii .....	27
<그림 III- 4> 전남곡성 금호타이어 공장폐열 하우스 난방시스템 흐름도 .....	28
<그림 III- 5> 전남곡성 금호타이어 공장폐열 하우스 난방시스템 시설현황 .....	29
<그림 III- 6> 하동 화력발전소 온배수 취수 배관의 모습 .....	31
<그림 III- 7> 하동화력발전소 온배수 배관 및 양식 수조 .....	32
<그림 III- 8> 영동화력발전소 온배수 취수 배관 .....	33
<그림 III- 9> 영동화력발전소 온배수를 이용한 넙치 양식 .....	34
<그림 III-10> 영흥화력발전소 내 온배수양식장 전경 .....	38
<그림 IV- 1> 강원도에서의 영월군의 지리적 특성 .....	49
<그림 IV- 2> 영월군 지역별 현재 인구 현황 .....	49
<그림 IV- 3> 영월군 년도별 성별 인구 변화 추이 .....	51
<그림 IV- 4> 영월군 년도별 주요 관광지 입장객수 변화 .....	52
<그림 IV- 5> 영월천연가스발전소 주변 전경(팔괴 1리) .....	55
<그림 IV- 6> 영월천연가스발전소 주변 전경(팔괴 2리) .....	56

<그림 IV- 7> 영월천연가스발전소 주변 전경(정양리) .....	57
<그림 IV- 8> 영월천연가스발전소 주변 전경(덕포 8리) .....	58
<그림 IV- 9> 영월천연가스발전소 주변 전경(덕포 10리) .....	59
<그림 IV-10> 발전소 온배수 시범사업 비전, 목표 및 추진전략 .....	61
<그림 V- 1> 온배수 활용 시범사업 단계별 추진 개념도 .....	66
<그림 V- 2> 온배수 활용 시범사업 아이템 선정의 5대 기본 원칙 .....	67
<그림 V- 3> 온배수 활용 시범사업 아이템 선정의 부가 원칙 .....	68
<그림 V- 4> 정식 직후의 멜론, 멜론의 암꽃 .....	82
<그림 V- 5> 수확 직전의 멜론 .....	84
<그림 V- 6> 토마토의 이상줄기 .....	87
<그림 V- 7> 토마토의 황화증상 .....	89
<그림 V- 8> 딸기 배양액 원액조제 .....	108
<그림 V- 9> 철갑상어 양식 모습 .....	119
<그림 VI- 1> 온배수 활용 시범사업 예정 부지 .....	134
<그림 VI- 2> 온배수 활용 시범사업 차선 부지 .....	136
<그림 VI- 3> 온배수 활용 시범사업의 공간단위 개념도 .....	137
<그림 VI- 4> 온배수 활용 효용성 극대화 개념도 .....	138
<그림 VI- 5> 온배수 활용 시범사업 부지의 지형도 .....	138
<그림 VI- 6> 1단계 시범사업 부지 조감도 .....	139
<그림 VI- 7> 2단계 시범사업 부지 조감도 .....	140
<그림 VI- 8> 3단계 시범사업 부지 조감도 .....	140
<그림 VI- 9> 수산양식 비닐하우스 내부 공간 계획 .....	141
<그림 VI-10> 시설원에 비닐 하우스 팬 유니트 설치 평면도 .....	142
<그림 VI-11> 온배수 이송배관 시스템 구축 계획도 .....	143
<그림 VI-12> 온배수 활용 시범사업 추진 위원회 및 운영위원회 개념도 .....	145
<그림 VII- 1> 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 아이템 선정전략 .....	167
<그림 VII- 2> 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 생산품 유통 전략 .....	168
<그림 VII- 3> 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 이해 당사자의 역할 .....	169



## 영월천연가스발전소 온배수를 활용한 지역성장 사업 연계방안

현재 영월천연가스발전소에서는 폐열이 약 30℃의 온배수 형태로 시간당 3만 톤이 발생하고 있으나 효율적인 폐열 회수 시스템이 구축되어 있지 않아 일반 화석연료인 휘발유로 환산했을 때, 3,750 L/hr의 열량이 사용되지 못하고 버려지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 발전소가 위치하고 있는 지역의 사회·경제, 인문학적 특성과 지리적인 특성을 반영하여 발전소 온배수를 활용, 지역발전을 위한 시설원예농업과 수산양식업 분야의 저탄소 녹색성장 시범사업 기본계획(안)을 제시하고자 하였다.

연구결과 시범 사업 최적부지는 영월천연가스발전소 바로 뒤쪽에 위치하고 있는 정양리 576지번을 포함한 약 23,000 m<sup>2</sup> 정도이며 정양 산성 개발 및 보존사업이 이루어지고 있는 곳으로 전형적인 배산임수의 명당자리에 위치하고 있어 시설원예 농업과 수산 양식업의 부지로 적합한 것으로 밝혀졌다.

영월천연가스발전소 온배수 활용 목표는 고소득 지연 명품 개발 사업을 통해 발전소 주변지역을 단순한 농업의 생산기지에서 생산+가공+서비스의 복합산업(6차 산업) 현장으로 변모시킬 뿐만 아니라 전통과 자연, 인간이 함께하는 창조도시 영월의 4계절 관광 인프라와 연계한 지역발전의 지렛대 역할을 하는 것이다.

이러한 복합 산업은 기술과 자본이 결합된 종합산업(agri-business)이며 영월의 자원

과 문화를 활용한 지연 명품 특산물의 생산과 함께 이 생산품을 체험 및 관광으로 연계하여 지역판촉(place marketing)의 전략적 가치를 가질 것으로 사료된다.

발전소 온배수를 활용한 시범사업에서는 친환경 자원순환을 통해 청정성과 품질성을 확보하고 지역 브랜드화를 통해 지역 명품 특산물로 특화 육성시켜 주민의 자긍심을 고취시키고 시범사업 장소를 벤치마킹 목적 방문객을 유인하는 선진 견학장소로 부각시키고자 한다.

또한 시범사업 장소를 발전소 온배수 활용(넓은 의미의 기후변화대응 녹색 성장)의 메카로서 요식업을 포함하고 제반 관광요소를 가미시킨 온배수 활용 집적화 단지를 구축하여 발전소 인근지역 뿐만 아니라 영월군 전지역의 발전을 이루는 지렛대로 사용하고자 한다.

발전소 온배수를 활용하여 발전소 인근지역, 더 나아가 영월 지역을 발전시키고자 하는 시범사업의 로드맵을 수립함에 있어서 원칙은 사업 실패의 리스크와 운영주체의 비용부담을 최소화하기 위해 규모를 작게 시작해서 점차 확대시키는 방향으로 설정하였다.

1단계에서는 기본시설을 구축하고 운영노하우를 습득하는 토대구축 단계이며, 2단계에서는 1단계에서 습득한 온배수 활용 노하우를 확대하고 시범사업 참여 인원도 늘리며 최소 구성공간(unit zone)도 1개에서 3개로 확대하는 단계이다. 끝으로 3단계에서는 1~2단계에서 구축된 유·무형의 자산을 바탕으로 지역발전을 견인할 수 있는 소득 창출과 관광객을 유인하는 등 관광사업과 연계한 친환경 지연 명품 생산 집적단지를 만들고자 한다.

영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 아이템 선정은 본 연구에서 제시한 5대 기본원칙과 지역의 특수성을 고려한 부가원칙에 입각하여 농업부문과 수산양식업 부문으로 나누어 후보군을 선정하였다. 효과적인 시범사업 추진을 위해서 국고보조가 필수적으로 이루어져야 하고 계획 초기부터 전문가 기술자문 및 치밀한 행정적 뒷받침이 이루어져야 하기 때문에 2단계의 위원회 운영이 필요할 것으로 생각된다.

영월군 관계자, 운영주체 및 전문가로 구성되는 1단계 시범사업 추진위원회는 국고 보조 지원 획득과 관련된 정부 관계 부처와 의견을 조율하고 시범사업에 필요한 각종 인프라 구축, 사업운영주체 선정, 그리고 세부적인 사업운영안 마련에 관한 중요사항에 대해 결정을 담당함으로써 시범사업의 효율적인 업무 진행을 지원하는 기능을 수행하

면 될 것이다.

2단계 시범사업 운영위원회는 영월군과 사업운영주체 그리고 온배수 활용 전문가로 구성하여 실제 사업운영에 관한 전반적인 사항과 현장에서 발생하는 다양한 문제에 대해 해결하고 대안을 제시하는 역할을 수행하면 될 것이다.

국고보조사업비를 지원 받기 위해서는 지역 농업인으로 구성된 영농법인, 조합, 회사 등의 마을 공동사업체 법인이 결성되어야 하며 영리 목적의 회사법인보다는 공동이익을 추구하는 조합법인이 바람직하며, 영농조합법인은 협업적 경영체로서 마을 공동사업의 취지에도 부합할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 강원 영월천연가스 복합발전소에서 연중상시 발생되어 온배수 형태로 버려지는 폐열을 활용한 철갑상어 양식과 멜론 재배에 대한 경제성을 평가하였으며 사업규모를 기준한 단계별 평가 결과, 철갑상어 양식과 멜론 재배사업은 모두 규모의 경제효과가 있어 규모가 커지면 커질수록 경제성은 높아지는 것으로 추정되었다. 각 단계별 외부 차입규모에 따른 경제성 평가 결과, 1단계에서는 외부차입금 규모가 최대 27.8%를 넘어서지 않는 범위 내에서 경제성이 있는 것으로 평가되어 기본 인프라 구축비(10.5억원)에 대한 정부의 지원이 필요한 것으로 밝혀졌다.

하지만, 2단계·3단계 사업에서는 외부차입 규모가 총 투자비용 중 80%를 가정하더라도 B/C가 1.38, 1.50으로 나타나 경제성이 매우 높은 것으로 추정되었다.

본 연구에 이어 시범사업 세부이행 계획 작성 시에는 사전에 시범사업에 대한 운영규정을 정하고 출자자 및 참여자에 대한 이익 배분, 공동 활동의 비용 부담, 공동시설의 소유권 등을 정관 및 운영규정에 명확하게 밝혀 향후 분쟁의 소지를 없애는 것이 중요하다.

▣ **키워드** : 기후변화대응, 발전소 온배수 활용, 녹색성장, 시설원예농업, 수산 양식업, 시범사업



제 1 장

서 론





# 제 1 장

## 서 론



### 제1절 연구의 배경 및 목적

#### 1. 연구의 배경

현재 미 이용되고 있는 영월천연가스발전소의 온배수를 활용한 지역의 녹색성장 시범사업 기본계획(안)을 제시하고자 함

- 갈수록 심각해지는 전 세계적인 기후변화의 문제를 해결하고 탄소배출 규제 강화에 선제적으로 대응하기 위해 정부는 2010년 ‘저탄소 녹색성장 기본법’을 제정하고 녹색기술과 녹색산업을 국가의 신성장 동력으로 삼고자 함.
  - 녹색기술이란 온실가스 감축기술, 에너지 이용 효율화 기술, 청정에너지 기술, 자원순환 및 친환경기술(관련 융합기술을 포함) 등 사회·경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술을 말함.
  - 녹색산업이란 경제, 금융, 건설, 교통물류, 농림수산, 관광 등 경제활동 전반에 걸쳐 에너지와 자원의 효율을 높이고 환경을 개선할 수 있는 재화의 생산 및 서비스의 제공 등을 통하여 저탄소 녹색성장을 이루기 위한 모든 산업을 말함.

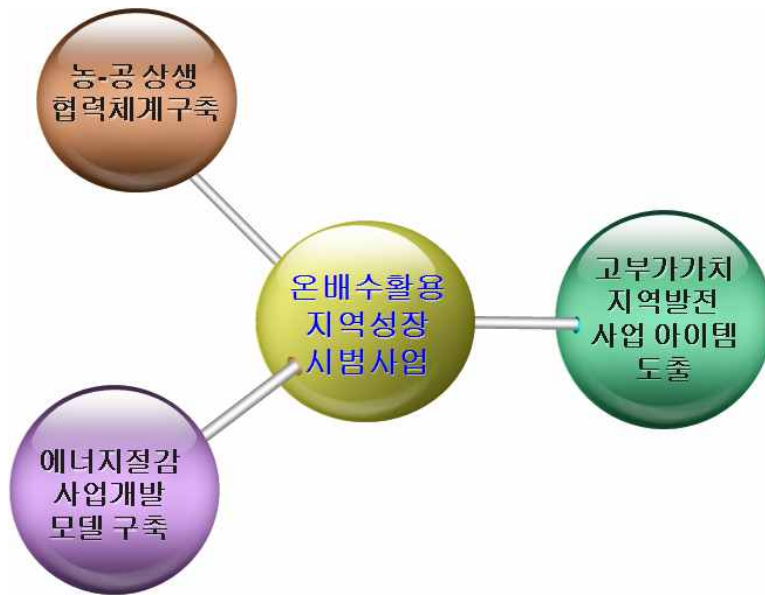
- 우리나라는 세계 10대 에너지 소비국이면서 에너지의 97%를 해외수입에 의존하고 있음.
- 수산 양식업 및 시설원예업은 겨울철 난방을 위해 많은 에너지를 투입하여야 하는 대표적인 에너지 과다 소비산업이며 우리나라에서는 에너지 효율을 개선시키고 에너지 투입이 적은 생산기술 개발에 박차를 가하고 있음. 이와 같은 국내외의 상황에 부응하여 최근 발전소 온배수를 수산업과 농업에 활용하고자하는 시도는 시기적절하며 유류절감, 생산기간 단축, 생산비용 절감 및 탄소배출 절감을 실현할 수 있음.
- 일반적인 발전소에서는 상당한 양의 부산물(by-product)인 폐열(waste heat)이 발생되며 효율적으로 회수, 재사용되지 않는 상태로 버려지고 있으며, 발전소의 열효율은 보통 약 40%로 투입되는 열에너지의 20%는 굴뚝과 복사열로 소멸되고 나머지 40%는 열기관을 냉각시키는 물로 전이되어 온배수로 방출됨.(한국해양연구원, 2008). 이렇게 버려지는 냉각용 온배수의 폐열은 발전소가 가동되는 한 연중 상시 발생하여 적절한 열회수 시스템을 구축하면 그 활용가능성이 매우 높음.
- 강원지역에는 다목적댐을 포함한 수력발전소가 7개, 양수발전소가 1개, 화력발전소가 3개 있으며 이중 온배수가 활용되고 있는 곳은 동해화력발전소와 영동화력발전소 2곳이며 영월천연가스발전소의 온배수는 아직 활용되고 있지 않음.
- 영월천연가스발전소는 액화천연가스(LNG)를 연소시켜 가스터빈을 이용 1차 발전을 하고 배열로 증기를 생산하여 증기터빈으로 2차 발전하는 복합발전 형태를 띠고 있음. 즉, 하나의 에너지원으로 2종의 상이한 작동 유체에 의해 각각의 열사이클을 결합하여 하나의 발전 플랜트를 구성함으로써 높은 열효율을 견지하고 있어 보통의 기력발전의 효율이 40% 전후인데 반해 영월천연가스 복합발전소는 51%에 이르고 있음. 하지만, 현재 영월천연가스발전소는 폐열이 동계기준으로 볼 때 30℃의 온배수 형태로 시간당 3만톤이 발생하고 있으나 효율적인 폐열 회수 시스템이 구축되어 있지 못한 실정임.

- 본 연구에서는 발전소가 위치하고 있는 지역의 사회·경제, 인문학적 특성과 지리적인 특성을 반영하여 발전소 온배수를 활용한 지역 발전의 저탄소 녹색성장의 시범사업 기본계획(안)을 제시하고자 함.

## 2. 연구의 목적

### 2.1. 지역성장 시범 사업 기본계획(안) 도출

- 현재 영월천연가스발전소 냉각탑 배수구에서 나오는 온배수의 보유열량은 1 cell 당 30,000,000 kcal/hr 로서 이를 화석연료인 휘발유로 환산해보면 3,750 liter/hr 에 해당하는 양임(최대 7개의 cell에서 배출되는 온배수 활용가능).
- 적절한 폐열 회수시스템을 구축하여 활용함으로써 겨울철 난방시 화석연료에 의존하는 것을 줄여 기후변화를 억제할 수 있고 다양한 지역성장사업을 연계할 수 있음. 이는 또한 에너지 자립(energy independence)과 안보(security)를 증진시키는 데 일조할 뿐만 아니라 환경을 보호하고 에너지 사용 효율을 높이는 계기가 될 것임. 이렇게 발전소에서 활용되지 않는 에너지를 인근농가에 공급하는 것은 또한 여러 가지 측면에서 바람직한 협력 사업이 될 수 있음
  - 지역주민과 기업체간의 농-공 상생협력체계 구축
  - 지역실정에 맞는 에너지절감 사업개발 모델 구축
  - 고부가가치의 지역발전 사업 아이템 도출



〈그림 1-1〉 연구목적 개념도.

## 2.2. 지역성장 사업 타당성 분석

- 영월천연가스발전소 온배수를 효율적으로 활용하기 위해서는 히트펌프와 온배수 배관 등 인프라시설 설치가 필요하며, 시설 설치와 시범사업 운영에 따른 투자비의 경제성 분석을 실시함.
- 사업 타당성은 현재 영월천연가스발전소 온배수 배수구에서 반경 1km이내에서 제안할 수 있는 있는 다양한 사업 아이템에 대하여 로드맵상의 단계별로 분석되었음.

※ 온배수 배수구에서 반경 1km가 넘는 지역에 온배수 활용 시설물을 설치할 경우에는 배관 설치에 드는 비용이 상승하고 온배수 자체의 열에너지 손실이 과다하게 발생하여 본 연구의 고려대상에서 제외시킴.

- 지역성장 시범사업 시나리오는 발전소 폐열 활용 시스템 구축 전문가, 원예작물 재배 전문가 및 사업주체가 될 주민의 의견을 반영하고 발전소 온배수 활용 유사 사례분석 결과를 토대로 제시되었음. 경제성 분석을 통하여 정책결정자 및 사업주체의 의사결정에 유익한 정보를 제공하고자 함.



## 제2절 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 내용

- 발전소 온배수를 활용할 수 있는 분야는 열원을 필요로 하는 다종다양한 사업이 있을 수 있으나 본 연구에서는 발전소에서 거리와 지역 여건을 감안한 사업타당성에 기반을 두어 시설원에 농업과 수산양식업으로 한정하였음.
- 본 보고서는 총 7장으로 구성되어 있으며 제1장은 연구 개요로써 연구의 배경과 목적, 연구의 내용 및 방법, 연구 추진절차, 연구의 한계에 대해서 기술하였고 제2장에서는 발전소 온배수 발생과 사용현황을 다루어 전국에 걸쳐 있는 발전소의 온배수 발생 현황과 영월천연가스발전소의 온배수 발생현황에 대해서 조사 정리하였음.
- 제3장에서는 발전소 온배수의 국내외 활용사례와 개선점에 대해서 문헌 조사한 내용을 정리하였고 제4장에서는 영월천연가스발전소 온배수 활용의 기본방향에 대해서 언급하였음. 발전소 온배수 활용의 목표 및 기본방향에 대해서 언급함으로써 향후 실제 시범사업을 진행할 경우를 대비해 사업방향을 제시하고자 하였음.
- 제5장에서는 영월천연가스발전소의 온배수 활용의 추진전략 및 사업 아이템 선정에 대해서 논하였음. 이어서 제6장에서는 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업(안)을 도출하였으며 도출된 시범사업(안)의 경제성 분석을 실시하여 향후 정책결정자들의 의사결정에 도움을 주고자 하였음. 마지막으로 제7장에서는 연구내용을 요약하고 발전소 온배수 활용에 필요한 향후 정책 방향을 정리하였음.

## 2. 연구 방법

- 본 연구는 문헌조사, 현지 실태조사, 전문가 자문 등의 연구방법을 적극 활용하였음.

### 2.1 영월천연가스발전소 온배수 발생 현황 및 활용방안

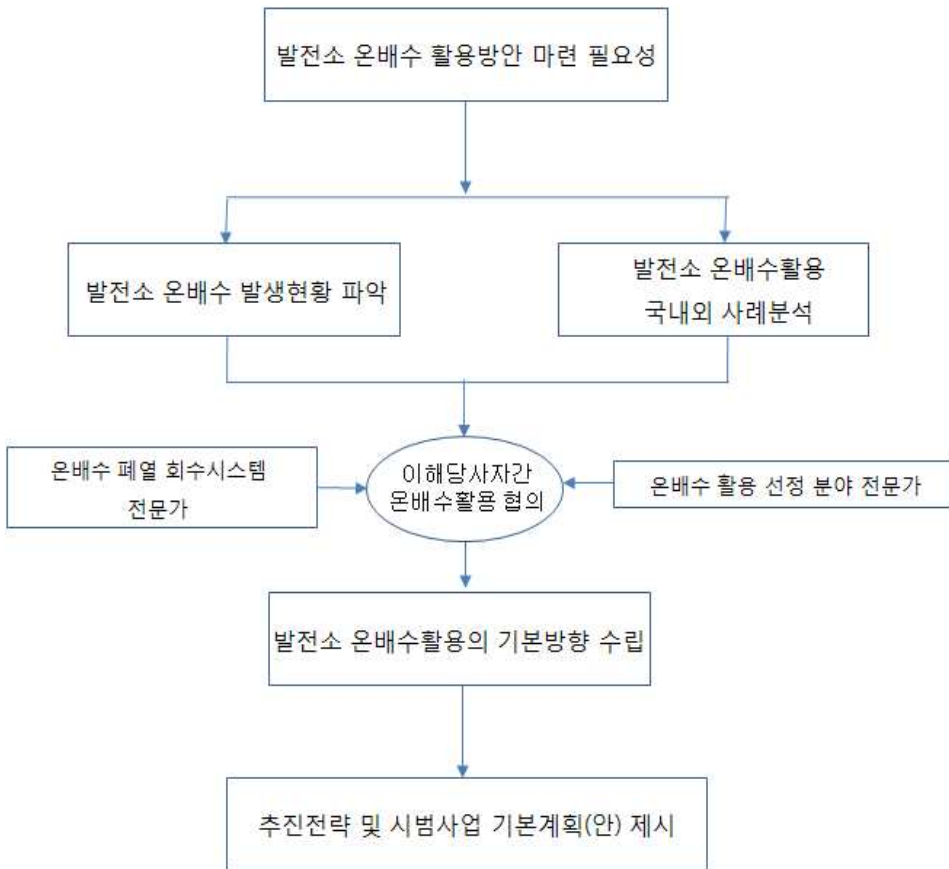
- 한국남부발전(주)에서 제공한 온배수 발생 정보를 활용하였고 영월천연가스발전소 현장을 방문하여 관계자 면담을 통해 배출수의 활용 가능성을 파악하였음. 영월천연가스발전소 온배수 활용 방안도출을 위해 실제 수산 양식업을 하거나 시설원에농업을 하는 경영주와의 면담을 통해 온배수의 효율적 활용에 대하여 다각적인 검토를 수행하였음.
- 발전소 온배수 활용 전문가, 시설원에 재배 전문가, 양식업 전문가들과 4차례에 걸친 자문회의 및 인터뷰를 실시, 사업의 리스크를 최소화할 수 있는 방안을 모색하였음. 발전소 온배수 활용 전문가로 부터는 온배수를 활용하기 위한 폐열 회수 시설 설치에 대해, 시설원에 재배와 수산 양식업 전문가들로 부터는 폐열 활용 시 고려해야 할 작물 선택 및 어종 선택, 실제 사업을 시행했을 때 일어날 수 있는 문제점 및 그에 대한 해결방안에 대해서 자문을 실시하였음.
- 국내외 발전소 온배수를 활용한 녹색성장 지역 발전 성공 사례 분석을 통해 영월천연가스발전소 지역은 물론 영월 지역 전체가 지속적으로 발전 가능한 현실적이면서도 실현가능한 시범사업 기본계획(안)을 도출하였음.

### 2.2 타당성 분석

- 투자 리스크와 재정부담을 최소화하기 위해서 규모를 작게 시작해서 점진적으로 확대하는 3단계에 걸친 시범사업계획의 경제성을 분석하였음. 경제성 분석은 사업은

영기간을 10년(2012~2021)으로 가정하고 현지조사로 확보한 기초통계량에 근거하였으며 각 단계별 비용, 생산량, 판매수익 등을 고려하여 운영 기간 내(10년) NPV (순 현재가) 및 경제성(B/C)을 추정하였음.

### 3. 연구 추진 절차



〈그림 1-2〉 연구추진 절차 개념도.



#### 4. 연구의 한계

- 발전소 온배수 활용에 관한 선행 연구자료와 통계자료가 미흡하여 정량적이고 체계적인 분석을 하지 못하였으며 선행 연구의 경우 발전소가 위치한 환경과 발전시스템, 온배수 활용 여건이 달라 일반화 할 수 없는 실정이었음.
- 발전소 온배수를 활용하여 고소득 지연 명품을 생산하고 지역발전을 이루고자하는 목적에서 도출된 본 연구의 경우 전체적인 시범사업 기본계획(안)만을 제시했을 뿐 실제적인 사업단계에서는 보다 치밀하고 세부적인 계획이 필요함.



제2장

발전소 온배수  
발생 현황 및 사용실태



## 제2장

## 발전소 온배수 발생 현황 및 사용실태



## 제1절 발전소 온배수 발생현황

- 발전소 온배수는 해수나 담수를 발전과정에서 발생한 폐열을 흡수하는 냉각수로 사용하여 수온이 높은 상태로 방출되는 배출수를 지칭함. 발전소 온배수 발생의 근본 원인은 낮은 열효율에 기인하고 있으며 현재의 기술 하에서 원자력발전의 경우 35%, 기력발전은 40%, 영월천연가스 복합화력발전은 약 51%의 열효율을 가지고 있음. 사용된 발전연료의 일부만 전기에너지로 전환되고 나머지는 폐열로 처리되고 이 열이 냉각수로 전이되어 온배수를 발생시킴.
- 2010년 현재 우리나라에서는 약 30여개의 발전소에서 1일 평균 1억 3천만 톤의 발전 온배수가 배출되고 있으며 3년간 배출량 통계를 살펴보면 연간 553억 톤에 이르고 있음. 100만 kw급 발전소 1기에서 사용하는 해수의 양은 초당 약 50-60 톤임. 우리나라의 전력사용량이 증가함에 따라 발전 온배수도 증가하고 있으며 지구 온난화를 가속화시킬 우려가 있으며 생태계에 미치는 영향이 확대될 수 있음.

〈표 II-1〉 우리나라 전력 수급 동향 및 전망

단위: 만 kW

구분	최대전력수요	전년대비 증감율 (%)	설비용량
2001	4313	5.2	4963
2002	4577	6.1	5280
2003	4739	3.5	5608
2004	5126	8.2	5913
2005	5463	6.6	6174
2006	5899	8	6478
2007	6229	5.6	6720
2008	6279	0.8	7035
2009	6680	6.4	7331
2010	6989	3.2	7441
2011	7262	3.9	7896
2012	7441	2.5	8171
2013	7621	2.4	8595
2014	7802	2.3	9087
2015	8001	2.6	9628
2016	8199	2.5	9884
2017	8391	2.3	10131
2018	8581	2.2	10157
2019	8961	4.4	10410
2020	8923	-0.4	10729
2021	9071	1.6	10857
2022	9211	1.5	11046
2023	9360	1.6	11229
2024	9504	1.5	11259

※제5차 전력수급 기본계획 참조



〈표 II-2〉 우리나라 발전단위별 온배수 배출 현황

업체명	배출단위	배수량(억 톤/년)	실계 ΔT (°C)
한국남부발전(주)	하동화력	33.3	6.4
	영남화력	1.2	8.0-8.3
	신인천복합	10.7	7.0
	부산복합	6.1	8.2
	남제주화력	2.9	7.0
	소계	54.2	
한국남동발전(주)	삼천포화력	27.3	6.4-9.5
	영동화력	2.5	9.2
	여수화력	1.3	6.4-9.4
	영흥화력	38.2	6.4
	소계	69.3	
한국서부발전(주)	태안화력	36.3	7.7
	평택화력	7.6	10.0
	서인천복합	4.9	6.4
	소계	48.8	
한국동서발전(주)	당진화력	28.6	6.4-6.8
	호남화력	6.4	8.8
	동해화력	4.0	7.2
	울산화력/복합	9.3	7.0-10.0
	소계	48.3	
한국중부발전(주)	보령화력/복합	46.4	6.4-7.0
	서천화력	2.5	9.4
	인천화력/복합	5.6	7.0-10.2
	제주화력	2.1	7.0
	소계	56.6	
한국수력원자력(주)	고리원자력	41.8	4.7
	영광원자력	81.6	7.4
	월성원자력	47.0	8.2
	울진원자력	80.0	7.2
	소계	250.4	
포항제철(주)		17.0	7.0-8.0
GS EPS 부곡복합		1.8	7.0
포스코파워 복합발전소		1.9	10-13.5
케이파워 광양복합화력발전소		1.9	5-6
메이아파워 울촌복합화력발전소		2.4	
합계		552.6	

\*자료: 한전 및 자회사 이외는 2006년도 온배수 배출량임



## 제2절 영월천연가스발전소 개황 및 온배수 발생 현황

### 1. 영월천연가스발전소 개황

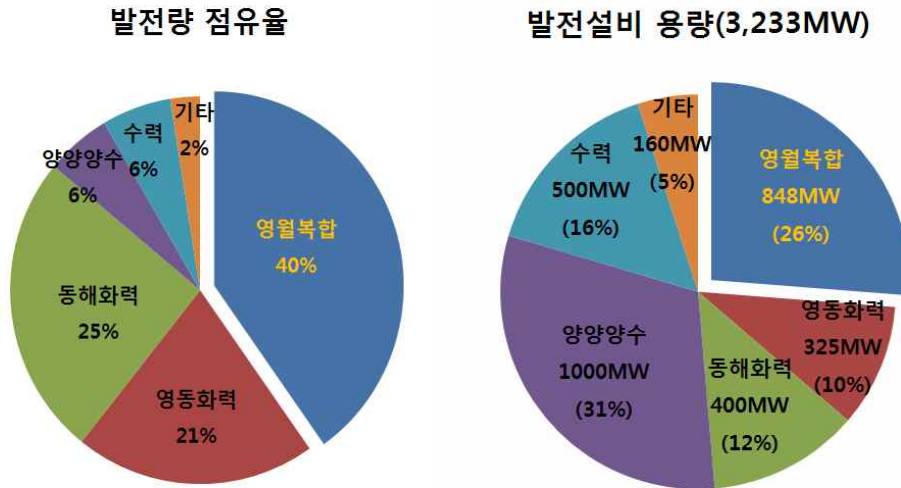
- 영월천연가스발전소는 2010년 11월 30일 준공된 국내 최초 국산 대용량 가스터빈을 사용하는 친환경 복합화력 발전소로서 강원지역 및 중부내륙에 안정적인 전력공급을 목적으로 설립되었음. 영월천연가스발전소는 강원도 영월군 정양리 702번지에 위치하고 있으며 246,000 m<sup>2</sup>의 부지에 총 848MW의 설비용량을 가지고 있으며 사용하는 연료는 천연가스임.



〈그림 II-1〉 영월천연가스 복합 발전소 조감도.



- 영월 LNG발전소는 강원지역에서의 총 설비용량 3,233MW중에서 약 26%를 점유하고 있으며 발전량은 약 40%를 차지하고 있음.

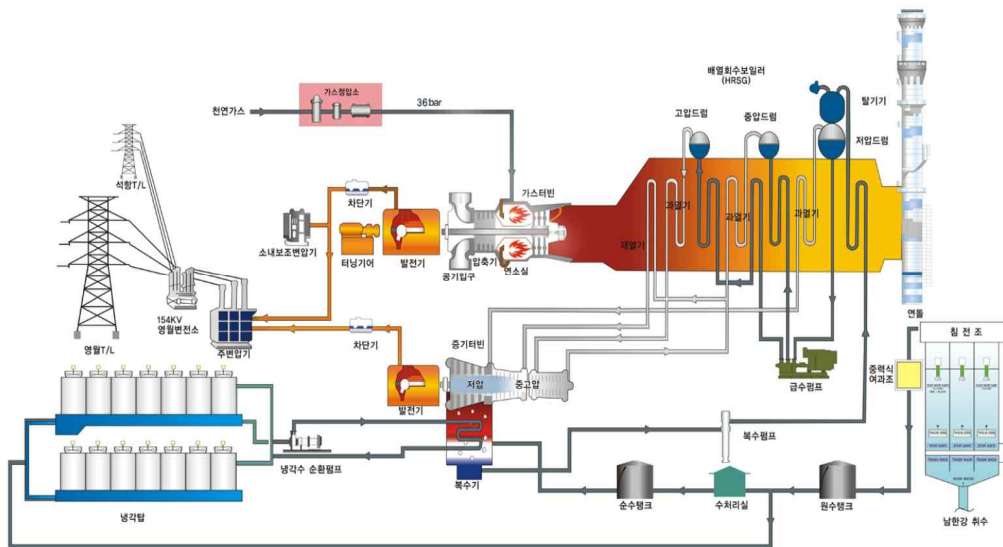


〈그림 II-2〉 강원지역 발전현황과 영월천연가스발전소의 위상.

## 2. 영월천연가스발전소 온배수 발생현황

- 영월천연가스발전소는 수도권 및 중부내륙의 부하변동에 신속 대응하는 첨두 부하형 발전소이며 복수기 냉각에 담수를 사용하는 냉각탑 방식을 채택하고 있으며 국내업체가 공급한 첫 번째 가스터빈이 설비되어 가동되고 있음.
- 영월천연가스발전소의 가스터빈 발전기는 단순개방사이클형식의 산업용 가스터빈 (Open Cycle Heavy Duty Industrial, Single Flow Type)으로서, 압축기, 연소기 그리고 터빈으로 구성되어 있으며 연료 공급 설비를 거친 연료는 압축기에서 압축된 공기와 혼합되어 연소기에서 연소되고 이때 얻어진 고온의 연소 가스는 터빈에서 팽창되어 터빈을 회전시킨 후 배열회수 보일러에서 열이 회수된 후 대기로 방출됨.

- 건식 질소저감 연소기(Dry Low Nox Combustor)에 의해 연소시 생성되는 질소산화물을 저감시키며 발전기는 전밀폐형, 원통형, 수소 냉각식, 2극, 3,600 rpm, 60Hz의 3상 교류 동기발전소임.. 배열회수 보일러의 형식은 수평형, 배열회수형, 삼압식, 재열, 옥내형, 비조연형이며 가스터빈 출력에 따라 증기 압력/온도/유량이 변화됨.
- 순환수 계통은 강물 취수펌프로 남한강물을 취수하여 중력식 여과기를 통과하여 원수저장탱크(Treatment Raw Water Storage Tank)에 저장되었다가 냉각수 보충수로서 냉각탑으로 보충되고, 순환수 펌프에 의해 복수기와 냉각탑을 순환하고 있음.
- 질소산화물을 저감시키기 위해 저 NOx 연소설비를 채택하고 있으며 배기가스의 대기확산으로 주변에 환경영향을 극소화시킬 수 있는 충분한 높이로 연돌(Stack)을 설치했으며 수질오염을 방지하기 위해 종합폐수처리설비를 설치했으며 기기를 옥내에 배치하여 소음 및 진동을 최소화했고 소음기 및 방음벽 등 방음설비를 구비하였음.



〈그림 II-3〉 영월천연가스발전소 계통도.

- 영월천연가스복합발전소에서 발생하는 온배수는 철저하게 환경오염원이 제거된 맑

고 깨끗한 남한강에서 취수된 물로서 시설원예농업이나 양식업에 활용될 때 수질의 환경문제가 발생하지 않을 것임.

※ 공업원수성분은 환경오염 설계기준에 부합하도록 철저히 관리되고 있으며 냉각탑 보충수는 여과된 원수(Treated Raw water)가 사용됨.

〈표 II-3〉 영월천연가스발전소 온배수 배출 현황(동계기준)

유량	30,000 ton/hr
온도	약 30℃
보유열량	30,000,000 kcal/hr(1 Cell당)

※ 향후 발전소 이용율에 따라 온배수 활용량은 변동적임

○ 영월천연가스발전소 냉각용 온배수의 유량은 약 30,000 ton/hr 이며 온배수의 온도는 약 30℃이고 발전소가 가동되는 한 연중 상시 공급이 가능함.

※ 발전소 정기점검(약 1회/2년, 1개월간), 긴급정비기간, 주말 및 심야 정지 등 정지기간 중 온배수 사용제한

○ 냉각탑은 HAMON KOREA에서 제작된 습식 향류형(건식 Provision)으로 총 14Cell의 냉각탑이 있으며 동계에는 10개의 Cell만 운영되고 있고 증발 손실은 온배수 유량의 1.634%로 약 490ton/hr 임.

○ 냉각탑 온배수가 보유하고 있는 열량은 다음과 같음.

$$\begin{aligned}
 Q(\text{열량}) &= m \times C \times dT \\
 &= 3,000 \text{ ton/hr} \times 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C} \times 10 \text{°C} \\
 &= 30,000,000 \text{ kcal/hr (1 Cell당)}
 \end{aligned}$$

○ 이를 화석연료인 휘발유로 환산해보면 3,750 liter/hr에 해당하는 양임(최대 7개의 cell에서 배출되는 온배수 활용가능).



〈그림 11-4〉 영월천연가스발전소 온배수 배출구.

제 3 장

발전소 온배수의 활용  
사례 및 개선점



## 발전소 온배수의 활용 사례 및 개선점



### 제1절 국내 활용사례

#### 1. 농업 부문

##### 1.1. 남제주 화력발전소

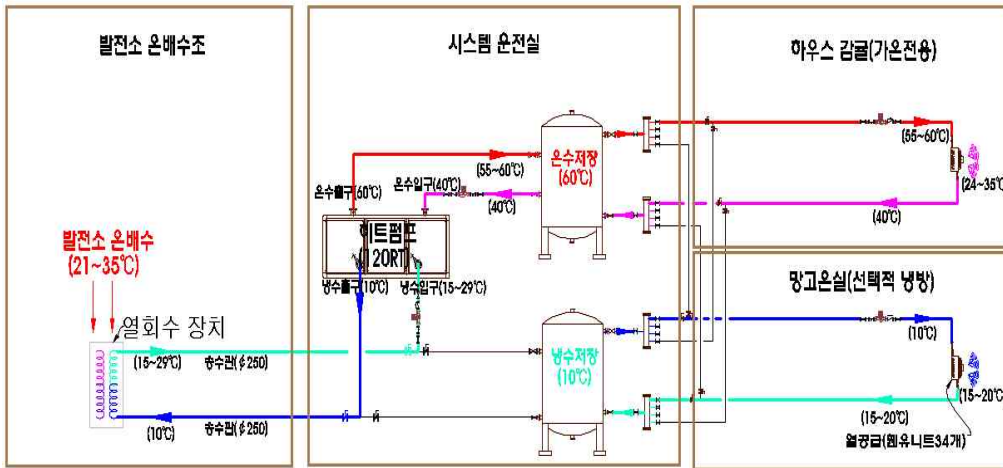
- 발전소 온배수를 시설원예농업에 직접 활용할 수는 없고 온배수를 난방 에너지원으로 이용하기 위해서는 별도의 보조 장치(보통 히트펌프)가 필요함. 우리나라에서 현재 발전소 온배수를 시설원예농업에 사용하고 있는 사례는 남제주 화력발전소가 최초임. 남제주 화력발전소는 제주도 서귀포시에 위치하고 있으며 한국남부발전(주) 소속의 소형 기력발전소로서 온배수 배출량은 연간 1.2억 톤임. 사업 장소는 서귀포시 안덕면 화순리이며 운영주체는 7개의 농가로 이루어진 행복니눔영농조합 법인으로 5,265 m<sup>2</sup>의 면적에서 망고와 감귤을 생산하고 있음.



〈그림 III-1〉 남제주 화력발전소 폐열 활용 열대작물 재배 i.

- 화력발전소 냉각수인 바닷물 온배수조(21~27℃)에 열회수장치를 설치하고 열회수된 물(15~27℃)을 송·배수관을 통하여 히트펌프에 연결하고 히트펌프에서 물 온도를 55~60℃로 상승시켜 축열조에 저장함. 저장된 물을 환유니트를 통해 하우스 공기 난방에 활용하고 열대과수를 재배하며 활용된 물은 다시 열회수장치, 히트 펌프를 거쳐 하우스를 순환하는 시스템으로 이루어짐.
- 동 사업을 통해 유류난방비를 70~80%이상 절감하고 냉·난방으로 작물재배 및 출하조절이 가능하여 지역농업인의 소득증대에 기여하고 일자리 창출이 가능해짐.





〈그림 III-2〉 남제주화력발전소 폐열 활용 온배수 시스템 도면.



발전폐열 이용 온실사진



히트펌프 난방시스템



시설감귤

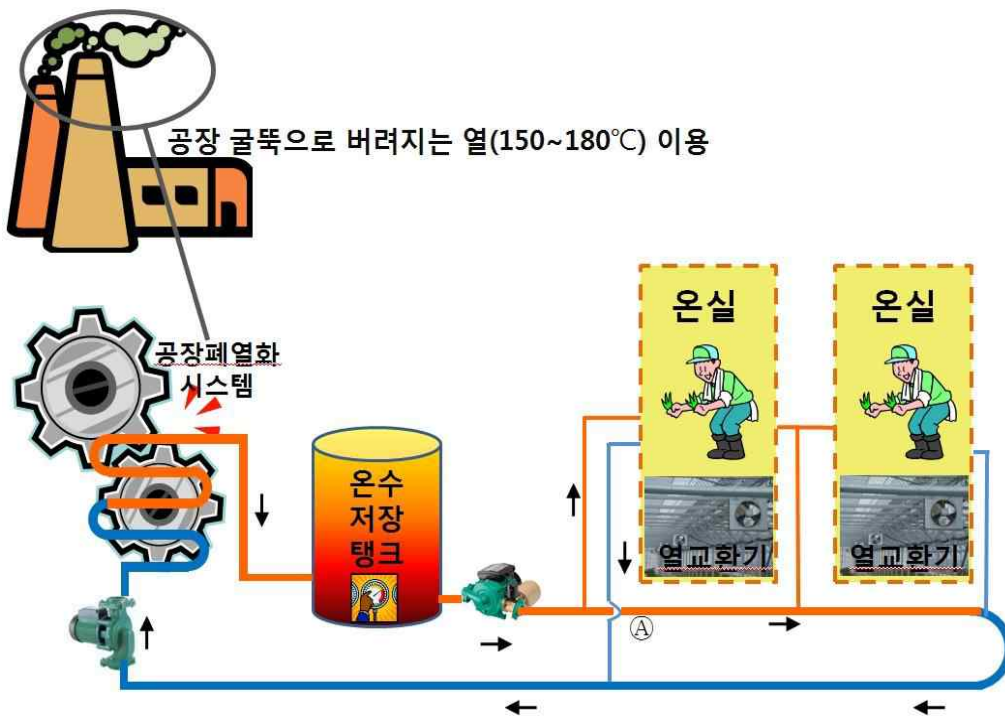


애플망고

〈그림 III-3〉 남제주화력발전소 폐열 활용 열대작물 재배 ii.

## 1.2. 전남 곡성 금호타이어 공장

- 전남곡성군은 2003년 지역농업특성화사업의 하나로 총사업비 18억을 들여 금호타이어 공장에서 나오는 폐열을 인근 2ha의 비닐하우스에 공급하는 시스템을 개발하였다.
- 금호타이어 공장의 연돌에 100만 kcal/h급 열교환기 2대를 설치하여 공장 연돌로 빠져나가는 폐열을 이용하였으나 현재는 1대만 가동되는 실정임. 난방열량은 측정 결과 평균 50만 kcal/h였으며, 최대 151만 kcal/h, 최소는 11만 kcal/h 수준이었음.



〈그림 III-4〉 전남곡성 금호타이어 공장폐열 하우스 난방시스템 흐름도.



공장폐열화 시스템(1,000,000 kcal)



온수저장탱크(680 M/T)



폐수처리시스템(500 kg/hr)



폐열이용 난방 온실(2 ha)

〈그림 III-5〉 전남곡성 금호타이어 공장폐열 하우스 난방시스템 시설현황.

## 2. 수산업 부문

- 발전소 온배수를 수산업 분야에 최초로 적용한 것은 1964년 감천화력발전소이며 일본에서 들여온 진주조개를 온배수 확산해역에서 월동시키는 시도가 이루어짐. 1983년 본격적인 발전소 온배수 양식이 영동화력발전소에서 이루어졌으며 대상어 종은 넓치로서 이후 온배수 활용범위가 넓어지고 대상 어종도 확대되어 본격적으로 사업이 이루어지기 시작하였음.

〈표 III-1〉 우리나라 온배수의 수산업 활용 사례

구분	시기	장소	이용방법	비고
태동기	1964	감천화력	확산구역	진주조개 월동
	1983	영동화력	육상수조	넙치양식
	1984~1987	삼천포화력	확산구역	방어, 진주조개 월동, 발전소 가동 중지로 폐사
확대기	1988~1990	보령화학	육상수조	어류, 꽃게, 전복 중요생산
	1990~1993	보령화학	육상수조	어류 중요 생산
	1994~1997	영광원자력	육상수조	성어생산
		보령화력	육상수조	어류 중요생산
	1998~2000	월성원자력	육상수조	중요생산, 성어생산
성숙기	2000년대 초반	보령:사업 종료, 영광: 직영, 월성:양식연구소 위탁운영, 영동화력, 화동화력:민간업체에 의한 온배수 양식확대		
	2010	온배수를 활용한 수족관 개관, 온배수 활용 바다목장사업 선정		

\*자료: 한국해양연구원, 2007

- 1983년 본격적인 발전소 온배수 양식이 영동화력발전소에서 이루어졌으며 대상어 종은 넙치로서 이후 온배수 활용범위가 넓어지고 대상 어종도 확대되어 본격적으로 사업이 이루어지기 시작하였음. 2000년대에 들어서면서 발전소 온배수에 대한 시험 양식에서 민간사업으로 확대되었고 활용분야도 단순 양식분야에서 바다양식이나 수족관 등으로 발전되었음.

### 2.1. 하동 화력발전소

- 경남 하동군 외곽에 위치한 하동 화력발전소 주변에는 4개의 양식장이 분포해 있는데, 이중 3개 양식장(금성수산, 선일수산, 보성수산)은 하동화력발전소와 온배수 공급협약을 체결하여 온배수를 취수해 양식어업에 적극적으로 활용하고 있음.



- 2002년에는 기존 전어 양식장에 대한 소멸보상 합의에 따라 온배수 공급설비를 설치하였고 2004년 1월에 현재의 금성수산과 온배수이용협약서를 체결한 후 온배수를 공급하기 시작하였으며 2005년과 2006년에는 인근의 선일수산과 보성수산의 요청에 따라 온배수 공급협약체결과 함께 온배수를 공급하기 시작하였음.

〈표 Ⅲ-2〉 화동 화력 발전소 온배수 이용 현황

구분	규모	온배수 이용량
금성	지름 10m 수조 20개	겨울: 15,000톤/일 그 외: 8,000톤/일
선일	지름 8m 수조 28개 지름 11m 수조 5개	20,000톤/일 용량 펌프 2기 운영
보성	지름 8m 수조 16개	15,000톤/일 용량 펌프 2기 운영

주: 수조의 높이는 1m 정도임

- 온배수 배관의 길이는 금성수산의 경우 약 1km, 선일수산과 보성수산의 경우 약 800m 정도이며 취수는 온배수 배출구에 펌프와 배관을 통해 이루어지고 있음.



〈그림 Ⅲ-6〉 하동 화력발전소 온배수 취수 배관의 모습.

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010



- 상기 3개 양식장은 모두 성어까지 양식하지 않고 중간 육성하여 판매하고 있고, 대상어종은 모두 넙치이며 온배수 사용기간은 대체로 11월~4월정도로서 연간 약 4~5개월 동안 공급하고 있음.

※ 온배수의 사용을 통해서 전체 양식경비 중 대략 30%정도가 절감되었음.



〈그림 III-7〉 하동화력발전소 온배수 배관 및 양식 수조.

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

## 2.2. 영동 화력발전소

- 강릉시 외곽에 위치한 영동화력발전소 주변에는 9개의 양식장이 분포해 있는데, 이 중 4개 업체(SH수산, 솔영어조합법인, 동일수산, 태평양수산)가 온배수를 취수해 양식어업에 적극 활용하고 있음.
- 타 발전소 주변의 양식장과 달리 보상 차원에서 설립된 것이 아니라 양식업자가 자발적으로 주변에 모여 들어 단지를 형성하게 되었으며 초기에는 양식업자들이 별도의 공급협약 없이 온배수를 취수해 양식에 이용하다가 최근 들어 영동화력 발전소와 공급협약을 맺었음.

- 영동화력발전소에서 배출되는 온배수는 서해안과 남해안의 발전소에 비해 취수구에 이물질 부착이 적어 약품(염소) 사용량이 작다는 장점을 갖고 있지만 1년에 2회(구정과 추석 연휴) 발전소 운전을 중단함으로써 동 기간동안에는 양식장 수온을 유지하기 위한 별도의 난방시설이 필요함.



〈그림 III-8〉 영동화력발전소 온배수 취수 배관.

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

- SH수산과 솔영어조합법인은 온배수를 해삼 종묘생산에 성공적으로 활용하고 있으며 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미로 인해 피해를 입은 양식업체를 인수하여 양식장을 북한산 조개의 물류기지로 활용하고 있음.
- 최근 들어 SH수산은 총 5개동 중 1개동을 활용하여 중국업체의 투자를 유치하였고 중국업체는 넙치 양식에 사용되던 양식장을 해삼 종묘생산용으로 리모델링하였음. 리모델링하는 과정 중에 온배수에서 열에너지만을 추출하여 일반 해수에 이전시키는 열교환기 장치를 설치하여 온배수 활용에 따른 수질 문제와 온배수 활용에 대한 부정적 이미지를 개선하였음.

- 동 양식장은 온배수를 활용함으로써 이전에 일반 해수로 양식할 때 소요되는 가온 비용(양식경비 중 60~70% 가량 차지)을 절감할 수 있었고 가온 없이는 봄에 입식하여 가을에 출하하는 방식으로 1년에 1회 정도 출하가 가능한 타지역에 비해 1년에 2회에 걸쳐 해삼종묘를 출하하고 있음.

※ 2010년에 해삼 종묘의 판매단가를 절반 수준으로 낮출 수 있었음.

- 동일수산은 영동화력발전소의 온배수를 활용하여 성공적으로 넙치양식을 운영하고 있으며 2009년에 수면적 3,900㎡(약 1,300평)에서 약 100톤가량의 넙치를 출하하였음. 동 양식장의 시간당 물 사용량은 900~1,200톤가량으로 온수와 해수를 수동으로 희석하여 수온을 조절해서 사용하고 있으며 가온 없이 온배수를 12월에서 5월 말까지 총 6개월 동안 사용하고 있음.



〈그림 III-9〉 영동화력발전소 온배수를 이용한 넙치 양식(동일수산).

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

- <그림 III-10>은 온배수 희석용 수조이며 대형 콘크리트 수조에 온배수와 해수를 투입하여 수동으로 희석하는 구조로 설계되어 있는데 최근에는 자동밸브를 활용하여 수온을 조절할 수 있어 수조 규모를 대폭 줄이는 것이 가능함.





〈그림 III-1〉 온배수 희석용 수조.

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

### 2.3. 월성 원자력 발전소

- 월성원전은 발전소 온배수의 청정성을 입증할 목적으로 발전소 자체의 양식장을 운영하고 있음. 초기에는 해양연구원에 위탁·운영하였으나 이후 활용방안 확대를 위해서 월성원전에서 인력을 확충하여 직접적으로 운영하기 시작하였음.
- 월성원전 양식장의 기본적인 역할은 수정란을 구입하여 종묘 부화 및 육성한 후 바다의 날 행사 전후에 인근 해역에 무상 방류하는 것으로 온배수의 청정성 입증과 더불어 지역 주민과의 관계 개선 및 소득증대를 위해 활용하고 있음. 월성 원전 양식장에서는 1999년부터 참돔, 돌돔, 조피볼락, 전복 등을 대상으로 총 403만 미(33억 원 상당)를 방류하였음.



〈그림 III-1〉 온배수 희석용 수조.

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

#### 2.4. 영흥 화력 발전소

- 인천광역시 옹진군 영흥면에 위치한 영흥화력발전소의 온배수 양식장은 영흥화력 발전소 건설 및 운영관련환경협정 제19조(97.3.14) “온배수의 영향을 최소화시키기 위하여 지속적으로 노력하여야 하며, 온배수 방류수로 수산생물의 양식장 및 기타 사용 후방류 등의 방안을 강구 시행하여야 한다”에 의거하여 2008년 7월에 준공되었음.
- 이후 2008년 8월에 조피불락 20만 미와 전복 6만 미가 입식되었으며, 9월에 조피 불락 20만 미가 방류되었고 운영주체는 인천수산자원연구소가 맡고 있으며 건축면적(연면적)은 1,861 m<sup>2</sup>(1,812 m<sup>2</sup>)로서 어류생산동에 원형수조(Ø 7 m×깊이 1.2 m, 40 ton) 8개, 딱이생물 배양수조(Ø 1.6m×깊이 1.5 m, 3 ton) 10개, 패류 생산동에는 사각수조(8×2×0.8m, 12.8 ton) 18개가 있음.
- <표 III-3>은 양식장의 환수량을 나타내고 있으며 타 온배수 양식장과 유사하게 하계(5~10월)에는 자연해수만 사용하고, 동계(11~4월)에만 온배수를 사용하고 있음.

〈표 III-3〉 영흥화력발전소 양식장 환수량

명칭	수조크기 (m)	단위저수량 (톤)	총저수량 (톤)	회전수	실저수량(80%) (톤)
패류생산동	2.0×8.0×0.8(18개)	12.8×18	230.4	15	2,764.8
어류생산동	Ø7.0×1.2(8개) Ø1.6×1.5(10개)	46.2×8 3.0×10	369.6 30	15 1	4,434.0 24.0
총계			630		7,222.8

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

- 온배수 이용 방법을 보면, 어류 생산동에서는 알에서 부화한 지 얼마되지 않은 자어의 경우 사육수 공급이 적고 수온조절에 어려움이 있어 사육수조에 온수배관(티타늄)을 시설하여 터빈 냉각과정에서 발생한 스팀을 이용수온을 조절하고 있음.
- 치어기 이후 사육수 환수량이 많아지면 열교환기를 통해 적정사육수온이 조절된 온배수를 사육수조에 직접 공급하며 패류 생산동에서는 고압여과기로 여과한 온배수를 사육수조에 직접 공급하고 적정사육수온보다 낮을 경우 에는 스팀을 열원으로 이용하는 열교환기(스팀)를 통해 수온을 조절하고 있음.
- 온배수양식장 설립 이후 생산량은 2008년에는 조피볼락 20만미, 2009년에는 민어 18만미, 점농어 5만미, 전복 6만미, 2010년에는 민어 6만미, 조피볼락 40만미, 전복 6만미가 예상되고 있음.



〈그림 III-10〉 영흥화력발전소 내 온배수양식장 전경.

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010

## 2.5. 영광 원자력 발전소

- 2010년 영광원자력에서는 온배수를 활용하여 25개 전시조를 갖춘 수족관을 개관하였으며 수족관은 총사업비 22억 원을 투입하여 한반도모양을 본뜬 25개 전시 수조로 구성되어 있고 총 900여㎡(280평)면적에서 우리나라 연근해에 서식하는 45종의 해양생물을 전시하고 있음. 또한 영광 원자력발전소에서는 온배수 양식장을 통해 어패류를 양식하고 매년 인근 바다에 방류하고 있어 제2의 자원을 키우는 역할을 톡톡히 해내고 있음.

### 3. 기타 활용사례

- 인천 서구청에서 길거리에 쌓인 눈을 치우는데 염화칼슘 대신 지역 내 4개 발전소로부터의 온배수를 이용하여 구청의 염화칼슘 구입비의 30%를 절감할 수 있었음. 온배수(32℃)의 양이 하루 560만톤에 이르고 있어 당분간 염화칼슘과 함께 병행하다가 효과검증, 문제점 보완 후 사용량을 늘려갈 계획임.
- 발전소 온배수를 이용하여 시설원에 및 양식업 이외에 악어의 사육, 담배의 건조, 목재의 건조, 수영장 등 여러 가지 이용방법이 검토되고 있음.
- 일본의 후로리 꽃 박물관은 발전소 온배수를 활용하여 운영되며 주민복지와 지역 문화 향상에 큰 기여를 하고 있음. 시설은 남유럽풍의 해변과 정원의 이미지를 최대한 살려 어린이 부터 어른에 이르기까지 편안하게 꽃과 즐길 수 있는 공간으로 연출되었음. 운영주체는 (유)후로리이고, 지자체, 전력회사, 시가농업협동조합에서 공동 출자하여 설립되었고, 운영방식은 지자체인 시가초가 유한회사에 시설의 관리·운영을 위탁한 형태임.
- 프랑스 드롬 지방의 피에르라뜨시에 위치하고 있는 악어농장은 트리카스탕 원자력 발전소의 온배수를 이용하여 유지되고 있으며 유럽에서 유일한 야생동물원으로서 6,500 m<sup>2</sup>에 이르는 열대 온실에 500여 마리의 악어와 열대조류, 물고기 등이 서식하고 있음. 악어 농장은 항상 섭씨 30℃가 유지되고 연중무휴로 오픈하며 연간 방문객수는 60,000명에 달하고 있음.



## 제2절 해외 활용사례

### 1. 일본사례

- 일본의 폐열 활용 사례를 <표 III-4>에 정리하였음. 일본에서는 발전소가 지자체에게 지역활성화차원에서 발전기금을 일부제공하고 이 기금을 통해 지자체는 지역농협 등 여러 기관과의 협력을 통해 지역공생차원에서 수영장, 식물원 등 공공복지 시설을 건립하는데 사용, 지역주민들의 여가생활의 질을 높이는데 큰 역할을 함.

<표 III-4> 원자력발전소 관련 온배수 이용 양식사업소 현황(2010)

사업소명	취수공급원		주요 어종
	발전소명	용량(만 kW)	
후쿠시마 재배어업협회	도쿄전력(주) 후쿠시마 제1원자력발전소	1호기:46.0 2~4호기: 각 78.4	(종묘) 전복, 성게, 넙치, 은어
후쿠시마 수산종묘연구소	도쿄전력(주) 후쿠시마 제1원자력발전소	1호기:46.0 2~4호기: 각 78.4	범가자미, 바지락, 은어, 넙치
(주)오오쿠마마치 수산진흥공사	도쿄전력(주) 후쿠시마 제1원자력발전소	1호기:46.0 2~4호기: 각 78.4	(양성) 넙치
이시카와현 온수이용연구센터	츄부전력(주) 하마오카원자력발전소	3호기: 110.0 4호기: 113.7 5호기: 126.7	(종묘) 참돔, 넙치, 꽃게, 전복, 대하, 자주복 등
이시카와현 수산종합센터 생산부시가사업소	호쿠리쿠전력(주) 시가원자력발전소	1호기: 54.0 2호기: 120.6	전복, 넙치, 소라
칸사이 전력(주) 타카하마발전소	칸사이전력(주) 타카하마발전소	1~2호기: 각 82.6 3~4호기: 각 87.0	전복, 소라

\*자료: <http://www.fepc.or.jp/present/chiiki/nuclear/onhaisui/index.html>

\*후쿠시마 제1원자력 발전소의 경우 2011년 12월 현재 가동되지 않고 있음.

- 발전소에서는 부지내 농업용 온실, 터치풀, 수족관, 연구시설 등을 운영하여 지역주민들에게 온배수 활용으로 발전소의 이미지 개선에 노력하고 있음. 어업 이외의 도로의 제설, 건물의 난방, 농업분야의 온실재배 등으로 활용되기도 하며 발전소에서는 부설연구기관을 설립하여 온배수 이용에 대한 기술개발을 적극적으로 추진하고 있음.

## 2. 유럽사례

- 유럽에서도 발전소의 온배수를 수산업 및 농업에 적극적으로 활용하고 있으며 발전소가 대부분 내륙에 위치한 관계로 냉각수가 해수가 아닌 담수를 이용하고 있음.
- 냉각 방식은 활용도 향상을 위해 냉각탑을 이용한 열교환방식을 취하고 있으며 특히 수산업과 관련해서는 프랑스, 영국, 벨기에 등이 발전소 온배수를 활용하여 돔, 농어, 넙치, 장어, 메기, 연어 등 고온성 어종을 양식하고 있음.
- 이중 프랑스 그레블린 원자력 발전소는 폭 127m, 길이 1,200m의 대형 양식장에서 농어와 돔을 양식하여 매년 2천톤 이상을 생산하고 있음. 프랑스의 경우 정부, 지자체, 발전소가 온배수 이용가능성이 입증된 분야에 대해서는 적극적인 홍보와 이용을 장려하고 있고 상당부분 시설비를 지원하고 있음(표 III-5).

〈표 III-5〉 유럽의 발전소 온배수 이용 사례

구분	발전소명	출력 MW×기	냉각 방식	사용 용도
수산업	프랑스 Gravelines	951×6	해수	민간기업 2사가 돔, 농어, 광어 등 양식. 이용수량 13톤/초, 연 2천톤 생산
	프랑스 Le Blayais	951×4	하천수	제3섹터가 철갑상어 양식시험에 의해 450 톤/년의 어획가능을 입증. 폐쇄해양연구소 건설, 본격적인 사업을 계획 중
	벨기에 Tihange	934×3	냉각탑	5,400톤 수조와 1ha 연못에 온배수의 3% 를 이용 틸라피아, 메기 등 연 400톤 생산
	영국 Hinkley Point	321×2 640×2	해수	광어, 장어 양식에 온배수 이용, 장어는 기 업화에 성공
	영국 Hanterstone	623×2	해수	민간 3사가 가자미, 서대 양식
	영국 Wylfa	565×2	해수	서대, 연어양식
농업	프랑스 Bugey	937×2	냉각탑	29ha 채소재배 플랜트 중 4.8ha 유리온실 에서 화훼, 관상용 식물재배
	프랑스 Chinon	919×4	냉각탑	민간회사가 4.8ha 온실에서 토마토, 화훼 재배, 건설용 목재 건조공장에서 열 이용
	프랑스 Cruas	921×4	냉각탑	5.8ha 온실에서 토마토재배, 연간 출하량 2 천톤, 시창, 교회, 풀장에서도 열 이용
	프랑스 Dampierre	937×4	냉각탑	인근 120 ha농원에 온배수 공급설비가 설 치 15개 회사가 화훼, 채소 등 온실에 이용
	프랑스 St. Laurent-Dex -Eaux	956×2	냉각탑	0.53ha 온실에서 고품질 장미, 채소 생산, 커뮤니티센터, 온수 풀장에도 온배수를 공 급
	프랑스 Tricastin	955×4	하천수	29ha 경지에 온배수를 이용하여 토마토, 장미, 베고니아 재배
	스페인 Asco	930×2	냉각탑	발전소 온실에서 관상용 식물재배 온실 넓이 20~100m, 이용수량 100톤/시

\*자료: 한국해양수산개발원, 2010



### 3. 기타 외국사례

- 미국은 2개의 원자력발전소를 포함한 22개의 발전소에서 새우, 바다가재, 메기, 뱀장어 등을 양식하고 있으며, 러시아, 캐나다, 중국 등이 기업규모의 양식하고 있거나 기술개발에 주력하고 있음(표 III-6).

〈표 III-6〉 기타 외국 발전소 온배수 이용 사례

( ): 원자력 발전소

국명	발전소	양식어종	비고
미국	22(2)	새우, 뱀장어, 메기, 틸라피아, 굴, 가리비	굴, 메기, 틸라피아 기업화
러시아	6	뱀장어, 송어, 잉어, 메기	소규모 기업화
캐나다	4(2)	송어, 틸라피아, 새우류	소규모 기업화
중국	7	뱀장어, 틸라피아	시험개발 중
기타	13(1)	담수산 어종	이스라엘, 멕시코, 칠레 등



### 제3절 발전소 온배수 활용 개선점

- 온배수를 활용하여 농업과 수산업 분야에서 기후변화대응 저탄소 녹색성장사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 기술적 요인, 경제적 요인, 제도적요인의 문제점을 해결하여야 함.
- 우선 기술적인 문제에 있어서는 첫 번째로 발전소의 수온이 일정치 않을 수 있다는 것과 최근 한때 문제가 되었던 정전사태등과 같은 외부교란 요인이 발생했을 때 정상상태 유지 여부임. 온배수를 활용하여 양식업 중 중요생산을 하는 사업의 경우 갑작스런 수온변화와 정전사태 등은 자칫 대량 폐사가 발생할 수 있음.
- 두 번째로 극복해야 할 것이 경제적인 문제임. 발전소 배수구로부터 사업장이 멀리 떨어져 있는 경우 배출구로부터 사업장까지 온배수 이송관을 설치 비용이 증가하게 되고 과도한 초기 투자를 초래함.
- 온배수를 활용한 수산 양식업이나 시설원예농업 사업을 통해 생산된 상품이 수요처가 확보되지 않을 경우 또는 경쟁력을 상실한 경우 제값을 받지 못하게 되고 경영악화로 이어져 경제적인 문제가 발생할 수 있음.
- 온배수를 활용한 지역성장사업을 힘 있게 추진하기 위해서는 무엇보다도 제도적인 기반이 마련되어야 함. 발전소에서 배출되는 온배수와 관련하여 분쟁이 발생하는 경우를 대비하여 조정방법이 선결되어야 함.
- 미활용에너지의 재활용 측면에서 제도개선을 통해 온배수를 자유로이 공급할 수 있도록 해야 하며 발전소 측에서도 이용자의 요청에 따라 온배수를 공급하고도 발생하는 피해 보상에 휘말리지 않도록 안전장치를 마련해야 함.

제4장

영월천연가스발전소 온배수  
활용의 기본방향



## 제4장

## 영월천연가스발전소 온배수 활용의 기본방향



## 제1절 영월군의 일반현황

## 1. 자연지리적 여건

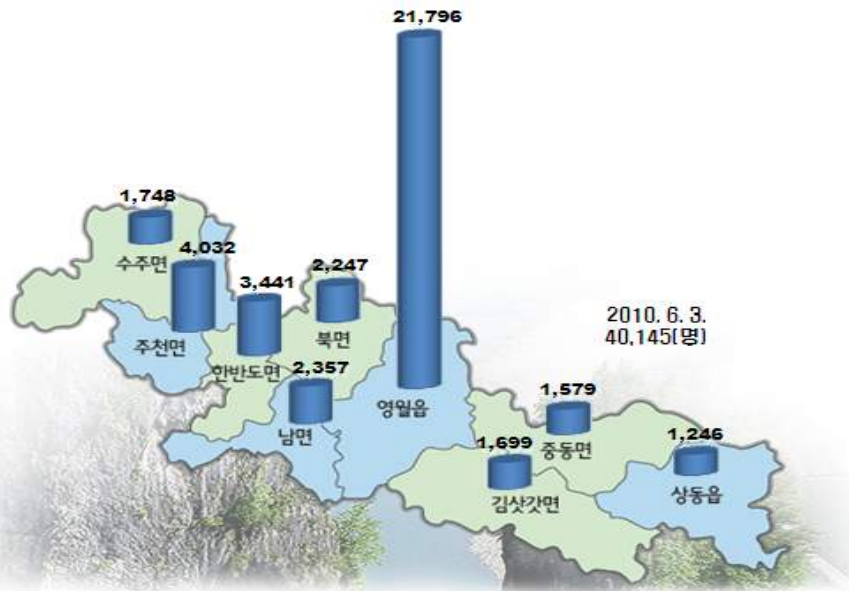
- 영월군은 한반도의 중부 내륙, 강원도 남부에 위치하였으며 동쪽은 태백시, 서쪽은 원주시와 횡성군, 남쪽은 경상북도 영주시와 충청북도 제천시, 북쪽은 평창군과 정선군에 접하고 있음.
- 경도와 위도상 위치는 북위 37도 2분에서 37도 24분 사이, 동경 128도 6분에서 128도 55분 사이에 걸쳐 있고 동쪽 끝은 상동읍 천평리, 서쪽 끝은 수주면 두산리, 남쪽 끝은 김삿갓면 내리, 북쪽 끝은 수주면 법흥리임.
- 교통편은 태백선 철도가 전철화 되었고 도로망이 중앙고속도로와 영동고속도로에 연결되어 있으며 면적은 1,127km<sup>2</sup>이고, 동서간 86.3km, 남북간 51.1km임. 북부에 차령산맥이 뻗치고, 남부에는 남서로 향한 소백산맥이 호위하고 있으며, 중동면 직동리와 정선군 남면 무릉리 사이에 위치한 두위봉 (1,465.9m)이 최고봉으로, 군 전체적 인 해발은 180~1,466m사이에 있음.
- 영월군의 북동쪽에는 태백산맥이 남북으로, 남동쪽에는 소백산맥이 분기하여 동서로, 북서쪽에는 차령산맥이 남서 방향으로 각각 뻗어 있어 그 산맥의 여파가 군내

각지에 미쳐 산악이 중첩한 산간 지역을 이루고 있음.

- 평지는 주천면 주천리와 영월분지가 있으며 주위의 높은 산지에는 옛 침식면인 고위평탄면이 넓게 발달해 있어 고랭지채소를 중심으로 하는 고랭지농업이 행해지고 있음. 군내에는 옥천신지향사대(沃川新地向斜帶)에 속하는 곳이 많아 석회석과 무연탄을 부존하는 조선누층군(朝鮮累層群)과 평안누층군(平安累層群)이 분포하고 있고 서면 용정리·쌍룡리, 남면 연당리, 하동면 각동리 일대에는 석회암 지역의 용식지형(溶蝕地形)인 카르스트 지형이 발달되었고 고씨동굴과 같은 석회 동굴도 여러 곳에 발달해 있음.
- 북서쪽에 백덕산(白德山, 1,426m)·두위봉(斗圍峰, 1,466m)·직운산(織雲山, 1,172m), 남쪽에 태화산(太華山, 1,027m)·어래산(御來山, 1,064m)·선달산(先達山, 1,236m)·구룡산(九龍山, 1,346m) 등이 주위를 둘러싸고 군내에도 매봉산(1,268m)·망경대산(望景臺山, 1,027m)·응봉산(鷹峰山, 1,013m)·봉래산(蓬來山, 800m) 등이 솟아 있음.
- 이들 산지 사이를 남한강의 지류인 주천강(酒泉江)과 평창강(平昌江)이 심한 곡류를 하면서 서면의 신천리 부근에서 합류하여 동류하다가 영월읍 하송리에서 한강 본류와 합류하고 있고 구룡산에서 발원한 옥동천(玉洞川)이 서류하여 하동면 각동리에서 한강 본류인 남한강에 흘러들고 있음.
- 남한강 본류의 주요 부분과 큰 지류들은 산록계상(山麓階狀)의 침식면 사이에 깊숙이 형성되어 있는 하곡을 곡류하고 있어 침식면과 하곡 사이에는 상당한 고도의 사면(斜面)들이 있고 이들 사면을 따라 완사면단구와 하성단구(河成段丘)들이 발달하였음. 남한강 본류에는 영월읍 일대에 여러 단(段)의 단구가 발달해 있고 영월읍의 방절리 일대(청령포부근)는 곡류의 절단으로 특색있는 지형을 이루고 있음.



〈그림 IV-1〉 강원도에서의 영월군의 지리적 특성.



〈그림 IV-2〉 영월군 지역별 현재 인구 현황.

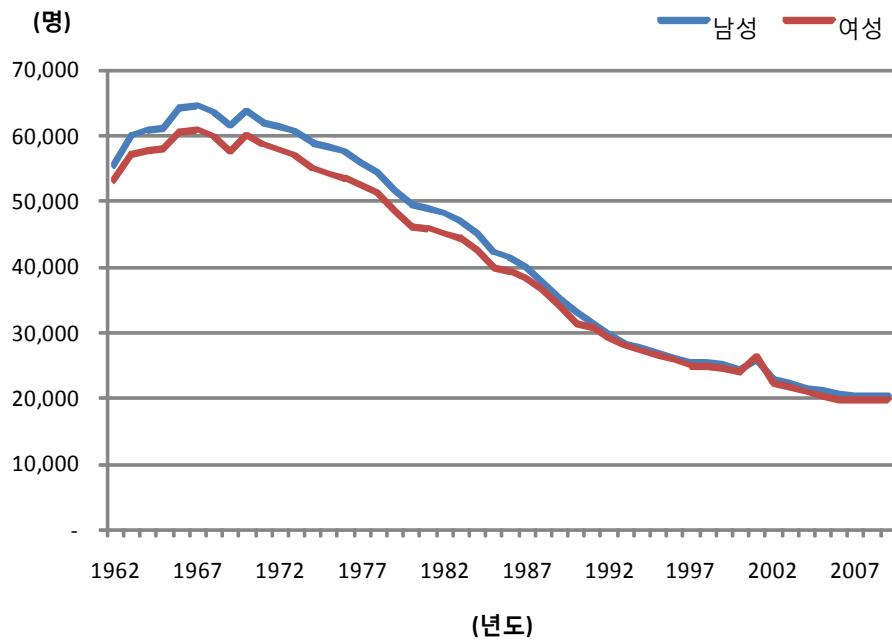
## 2. 인문지리적 여건

- 영월군의 현재 인구는 2010년 6월 기준 남성 20,456명, 여성 19,689명이고 전체 가구수는 18,039으로 총인구는 40,145명임. 행정구역별로는 영월읍이 영월군 전체 인구의 54.3%를 차지하여 가장 많은 인구가 밀집되어 있으며 주천면, 수주면이 그 다음을 이어 인구가 많은 것으로 나타났음.
- 1960년대 인구조사 이래에 1967년 125,414명으로 가장 높은 인구밀도를 보였고 이후 급격하게 인구가 감소하였으나 최근 전입이 증가하고 전출이 감소하는 현상과 함께 인구 감소세가 안정화를 보이고 있음. 65세 이상의 고령자는 1996년 전체 영월인구의 10.5%였으나, 현재는 21.2%로 2배 이상의 증가 추세를 보이고 있음.
- 영월군은 13개의 초등학교, 11개의 중학교, 6개의 고등학교, 1개의 전문대학이 있으며 초등학교와 중학교 졸업한 인구는 감소하였으나 대학이상 졸업한 고학력자의 인구는 증가하는 추세를 보이고 있음.
- 영월은 공간적으로 내륙에 위치하고 있으나 중앙고속도로, 38번 국도 개선 등으로 접근도가 향상되고 있는 강원남부의 관문지역임. 지리적인 영향으로 강릉 생활권에 서 원주 생활권으로 최근에는 충북 제천의 영향력 증가추세에 있음.
- 폐광지역에 속하여 침체를 겪고 있으나 상동철광의 재조명과 함께 농업 및 레저관광산업의 잠재력이 커지고 있는 지역 특성으로 근래에는 박물관 창조도시를 구호로 내걸고 문화창조산업의 적극적 추진하고 있으며, 동강 시스타 등 취약한 리조트 기반이 확충되고 있는 추세임. 단종애사와 함께 동강 등 자연자원과 천연기념물, 문화재 등이 분포되어 전통과 문화가 계승, 발전되고 있는 지역임.



〈표 IV-1〉 영월군 행정구역별 세대수 및 인구

읍면별	세대수	인 구			비율
		남	여	계	
계	18,039	20,456	19,689	40,145	100
영월읍	9,081	11,056	10,740	21,796	54.3
상동읍	641	632	614	1,246	3.1
중동면	757	799	780	1,579	3.9
김삿갓면	850	877	822	1,699	4.2
북면	1,089	1,170	1,077	2,247	5.6
남면	1,150	1,236	1,121	2,357	5.9
한반도면	1,655	1,798	1,643	3,441	8.6
주천면	1,875	2,008	2,024	4,032	10.0
수주면	941	880	868	1,748	4.4



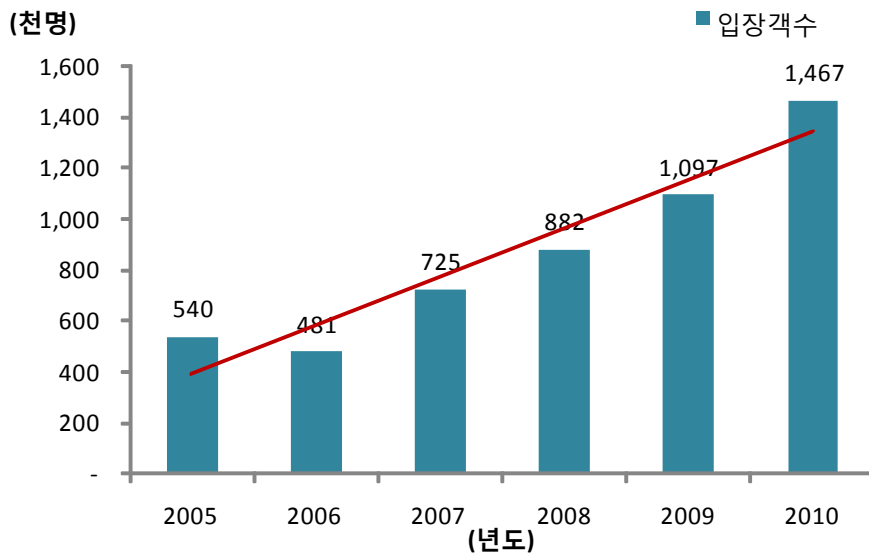
〈그림 IV-3〉 영월군 연도별 성별 인구 변화 추이.

### 3. 관광자원 여건

○ 영월군은 영월10경을 포함한 관광명소가 92 곳, 축제를 비롯한 연중 12개의 관광 관련 이벤트가 진행되는 반면 영월군에서 소개되는 먹거리는 고작 9개임. 그나마 다른 지역과 차별화할 수 있는 지연명품 먹거리는 없는 실정임.

※ 온배수를 활용한 지연명품 먹거리를 창출하여 관광산업과 연계할 필요 있음.

○ 영월군의 관광사업과 관련된 관광지가 증가하였고 이로 인한 관광객수가 증가하는 것으로 나타나 영월군만의 특색 있는 체험 및 관광의 다양한 상품을 개발하면 경제적 효과를 기대할 수 있음.



〈그림 IV-4〉 영월군 년도별 주요 관광지 입장객수 변화.

〈표 IV-2〉 영월군 연도별 관광지 지정 현황

2005	2006	2007	2008	2009	2010
5개소	6개소	12개소	15개소	19개소	22개소
고씨굴	고씨굴	고씨굴	고씨굴	고씨굴	고씨굴
장릉	장릉	장릉	장릉	장릉	장릉
청령포	청령포	청령포	청령포	청령포	청령포
천문대	천문대	천문대	천문대	천문대	천문대
박물관	박물관	박물관	박물관	박물관	박물관
	사진박물관	사진박물관	사진박물관	사진박물관	사진박물관
		곤충박물관	곤충박물관	곤충박물관	곤충박물관
		조선민화 박물관	조선민화 박물관	조선민화 박물관	조선민화 박물관
		국제현대 미술관	국제현대 미술관	국제현대 미술관	국제현대 미술관
		목산미술관	목산미술관	목산미술관	목산미술관
		호아지리 박물관	호아지리 박물관	호아지리 박물관	호아지리 박물관
		청전전각 박물관	청전전각 박물관		
			호안다구 박물관	호안다구 박물관	호안다구 박물관
			영월서강 미술관	영월서강 미술관	영월서강 미술관
			화석박물관	화석박물관	화석박물관
				약기박물관	약기박물관
				아프리카 박물관	아프리카 박물관
				동굴생태관	동굴생태관
				탄광문화촌	탄광문화촌
				종교미술 박물관	종교미술 박물관
					쾌연재
					베어가
					동강생태 정보센터

- 영월의 향후 관광산업의 발전방향은 지역 보유자원을 특화하여 자원·정서의 관광 상품화를 추진하고 4계절 체류형 관광 인프라를 추진하여야 하며 아울러 상대적으로 발전이 미진한 지연 명품 먹거리를 개발하여 관광산업과 연계하여 함.
- 특색 있는 지연명품 먹거리 개발을 통해 농촌관광 활성화 가능성을 제시하고, 먹거리와 연계한 영월이 가지고 있는 다양한 체험프로그램을 활용하여 영월의 지역 경쟁력을 강화할 필요가 있음.



## 제2절 영월천연가스발전소 주변현황

### 1. 팔괴1리

- 태화산을 끼고 있고 주변이 산으로 둘러싸여 있어 밭농사 중심의 농업이 이루어지고 있으며 토양, 기후, 지형 등은 영농활동에 큰 문제는 없으나 영월천연가스발전소 온배수 배출구로부터 약 1km정도 떨어져 있고 온배수 이용 배관을 설치할 경우 남한강을 넘어야 하는 문제가 있음.
- 온배수 배관이 남한강을 가로지는 다리를 따라 설치될 경우 이동하는 과정에서 열손실이 발생하기 때문에 사업추진에 어려움이 예상됨.



〈그림 IV-5〉 영월천연가스발전소 주변 전경(팔괴 1리).

## 2. 팔괴2리

- 팔괴2리 역시 태화산을 끼고 있고 주변에 산으로 둘러쌓여 있어 밭농사 중심으로 농업이 이루어지고 있으며 농공단지가 있음.
- 영월천연가스발전소 온배수 배출구로부터 약 0.5km정도 떨어져 있고 온배수 이용 배관을 설치할 경우 남한강을 넘어야 하는 문제가 있음. 온배수 배관이 남한강을 가로지르는 다리를 따라 설치될 경우 이동하는 과정에서 열손실이 발생하기 때문에 사업추진에 어려움이 예상됨.



〈그림 IV-6〉 영월천연가스발전소 주변 전경(팔괴 2리).

### 3. 정양리

- 영월천연가스발전소 바로 뒤쪽에 위치하고 있는 정양리는 정양산성 개발 및 보존사업이 이루어지고 있는 곳으로 전형적인 배산임수의 명당자리에 위치하고 있어 농업과 양식업의 부지로 적합함.
- 영월천연가스발전소 온배수 배출구와의 거리는 불과 수백미터에 지나지 않아 온배수의 열손실을 최소화할 수 있는 효율적인 폐열 회수 시스템만 설치된다면 온배수 활용 사업부지로서는 최적지임.



〈그림 IV-7〉 영월천연가스발전소 주변 전경(정양리).



#### 4. 덕포8리

- 영월천연가스발전소 냉각용 온배수 배출구와의 거리는 약 1km이며 덕포 외곽도로가 있으며 농업기술센터, 상하수도 사업소가 있음. 거주세대 거의 없음. 사업부지 마련이 쉽지 않으며 영월천연가스발전소 냉각용 온배수 배출구와의 거리도 멀어 온배수 이송시 열손실이 일어나 사업추진에 어려움이 예상됨.



〈그림 IV-8〉 영월천연가스발전소 주변 전경(덕포 8리).



## 5. 덕포10리

- 주로 주택가이고 한국전력 영월지점 및 한전사택이 있으며 영월천연가스발전소 온배수 배출구와의 거리는 약 1km이며 온배수 이송시 열손실이 일어나 사업추진에 어려움이 예상된다.

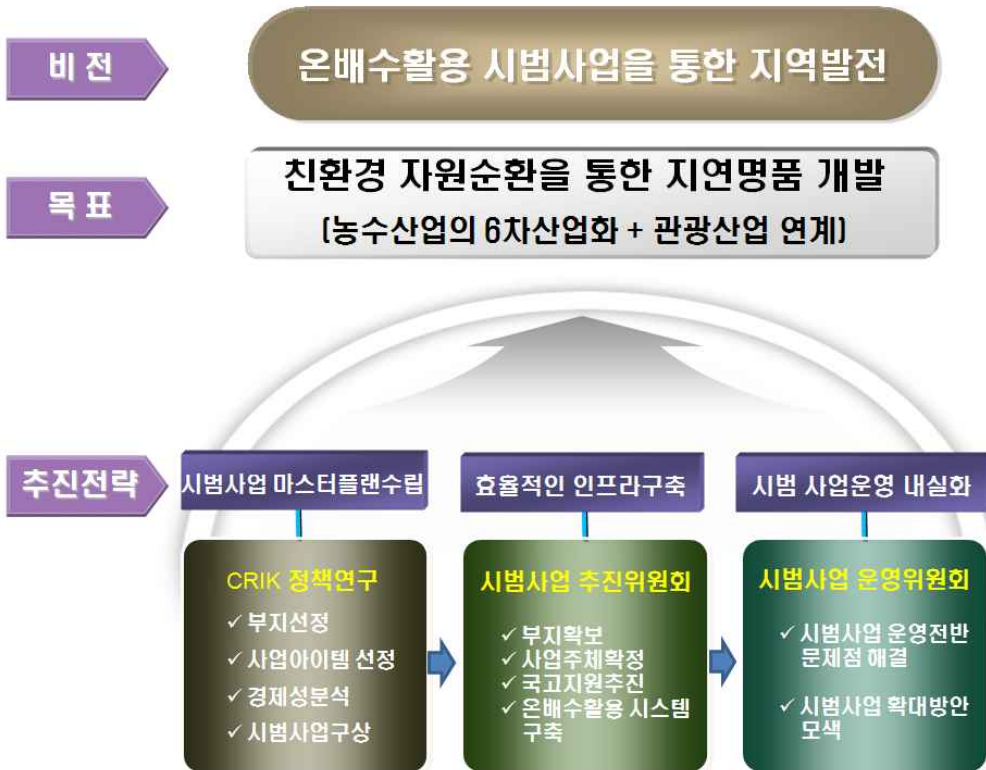


〈그림 IV-9〉 영월천연가스발전소 주변 전경(덕포 10리).



### 제3절 영월천연가스발전소 온배수 활용의 비전 및 목표

- 영월천연가스발전소 온배수를 활용한 고소득 명품사업개발로 해당지역을 단순한 농업의 생산기지에서 생산+가공+서비스의 복합산업(6차산업)현장으로 변모시킬 뿐만 아니라 전통과 자연, 인간이 함께 하는 창조도시 영월의 4계절 관광인프라와 연계시켜 지역발전을 이루고자 함.
- 이러한 복합산업은 기술과 자본이 결합된 종합산업(agri-business)이며 영월의 자원과 문화를 활용한 지연 명품 특산물의 생산전략과 체험관광으로 연결되어 지역판촉(place marketing)의 전략적 가치를 가질 것임.
- 발전소 온배수를 활용한 시범사업에서는 친환경 자원순환을 통해 청정성과 품질성을 확보하고 지역 브랜드화를 통해 지연명품 특산물로 특화 육성시켜 주민의 자긍심을 고취시키고 시범사업 장소를 벤치마킹 목적 방문객을 유인하는 선진 견학장으로 부각시키고자 함.
- 그리하여 발전소 온배수 활용(넓은 의미의 기후변화대응 녹색성장)의 메카로서 요식업을 포함하고 제반 관광요소를 가미시킨 온배수 활용 집적화 단지를 구축하여 발전소 인근지역 뿐만 아니라 영월군 전 지역의 발전을 이루고자 함.



〈그림 IV-10〉 발전소 온배수 시범사업 비전, 목표 및 추진전략.

※ 6차 산업: 단순한 농어업 생산이 아닌 생산+가공+서비스의 복합 산업



## 제4절 영월천연가스발전소 온배수 활용의 기본방향

- 발전소 온배수를 활용하는 것은 사용되지 않고 버려지는 열에너지 자원의 가치를 제고시키는 것으로 화석연료에 대한 의존을 줄이고 에너지 자립과 안보확립으로의 길을 열수 있으며 일자리 창출과 경제적인 이득을 가져다 줄 뿐만 아니라 환경을 보호하며 에너지효율을 높이는 저탄소 녹색성장의 실현 효과를 가지고 있음. 발전소 온배수 활용에 대한 연구의 기본방향은 다음과 같음.
1. 발전소 온배수 활용은 물리적으로 발전소 부지 밖에서 이루어져 향후 사업운영에 있어서 독립성과 자율성을 보장하며,
  2. 지역의 경제발전을 위해 신설구조물을 활용한 사업을 할 수 있는 온배수 활용 집적화단지(waste heat enterprise zone)를 구축하며,
  3. 온배수가 가지고 있는 열에너지원의 가치를 극대화하여 지역발전사업 아이템 개발로 연계시키기 위해서는 온배수 집적화단지(waste heat enterprise zone)에서 펼칠 사업에 대한 다양한 시나리오 도출, 분석한 후 최적안 제시함.
  4. 기존의 고탄소 고비용 구조의 농·수산업에 발전소 온배수를 활용케 함으로써 폐에너지 재활용을 통해 탄소배출량을 절감을 통한 사회적 비용감소 및 경영 비용 절감을 통한 경쟁력을 확보하는 방안을 마련함.

제 5 장

영월천연가스발전소 온배수 활용의  
로드맵 수립 및 시범사업 아이템 선정



제5장

## 영월천연가스발전소 온배수 활용의 로드맵 수립 및 시범사업 아이템 선정



### 제1절 영월천연가스발전소 온배수 활용 로드맵 수립

#### 1. 로드맵 수립의 기본원칙

- 발전소 온배수를 활용하여 발전소 인근 지역, 더 나아가 영월지역을 발전시키고자 하는 시범사업 로드맵을 수립함에 있어서 원칙은 사업 실패의 리스크와 운영주체의 비용부담을 최소화하기 위해 규모를 작게 시작해서 점차 확대시키는 방향으로 설정하였음.
- 발전소 온배수 활용 지역성장 사업을 3단계로 하여 기본 인프라 시설을 구축하고 운영노하우를 충분히 습득한 후에 그 학습효과를 바탕으로 규모를 확산시키고 결국 목표로 하는 온배수 활용 집적화 단지를 구축하는 전략을 수립.

## 2. 로드맵 제시안

- 1단계에서는 기본시설을 구축하고 운영노하우를 습득하는 토대구축 단계임. 온배수 활용 시범사업을 성공적으로 추진하기 위해서는 최적의 온배수 활용 시스템의 구축 뿐만 아니라 온배수를 활용하는 측면에서의 전문기술 확보가 관건임.
- 2단계에서는 1단계에서 습득한 온배수 활용 노하우를 확대하고 시범사업 참여 인원도 늘리며 최소 구성공간(unit zone)도 1개에서 3개로 확대하는 단계임.

※ unit zone은 500평의 시설원예농업 비닐하우스와 수산양식업 비닐하우스가 결합된 최소 구성단위

- 3단계에서는 1~2단계에서 구축된 유·무형의 자산을 바탕으로 지역발전을 견인할 수 있는 소득 창출과 관광객을 유인하는 등 관광사업과 연계한 친환경 지연 명품 생산 집적단지를 만들고자 함.



〈그림 V-1〉 온배수 활용 시범사업 단계별 추진 개념도.

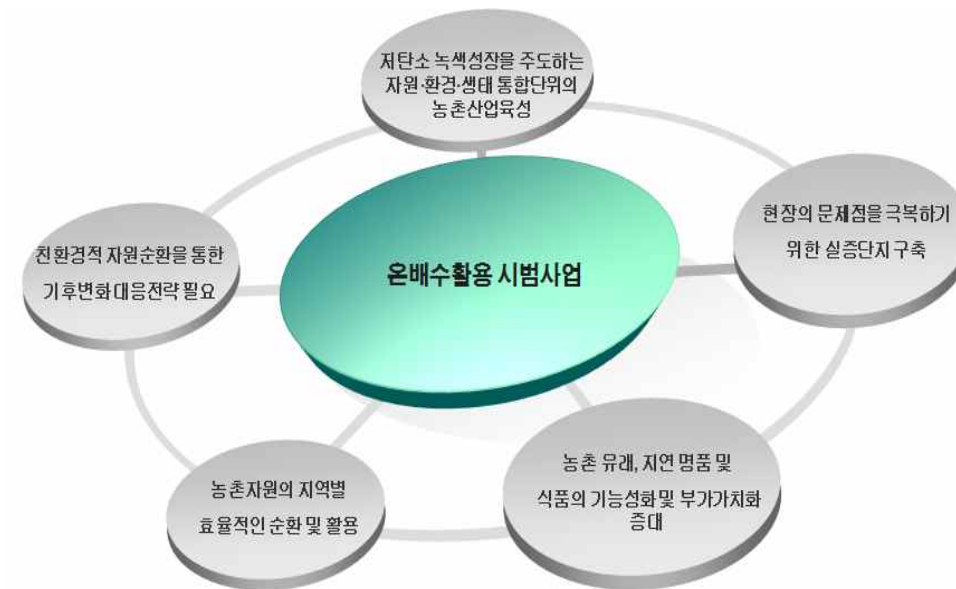




## 제2절 영월천연가스발전소 온배수 활용의 시범사업 아이템 선정

### 1. 시범사업 아이템 선정의 기본원칙

- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 아이템 선정을 <그림 V-2>의 5대 기본 원칙과 <그림 V-3>의 부가원칙에 입각하여 농업부문과 수산양식업 부문으로 나누어 후보군을 선정하였음.



<그림 V-2> 온배수 활용 시범사업 아이템 선정의 5대 기본 원칙.



〈그림 V-3〉 온배수 활용 시범사업 아이템 선정의 부가 원칙.

## 2. 시범사업 아이템 후보

### 2.1 농업 부문

- 영월천연가스발전소 온배수를 활용한 시설원에 시범사업 아이템 후보로는 멜론, 토마토, 고추, 파프리카, 오이 및 딸기 등이 있음.

#### 가. 멜론

- 學名 : Cucumis melo L.
- 英名 : melon

##### (1) 원산지와 특성

- Cucumis melo L.의 야생종은 이집트 북부와 인도에 수종이 있는데, 이들이 다원적

으로 오늘날 멜론의 조상일 것으로 추정하고 있으며 참외와 멜론은 원산지로부터 전파된 분포지역에서 환경조건에 적응한 생태형으로 되어 서양계 멜론과 동양계 참외로 분리되어 발달되어 왔음.

- 우리나라에는 1954년 우장춘 박사가 처음으로 중앙원예기술원에서 새로운 작물을 소개하는 수준으로 처음 재배하였으며 멜론의 수분을 제외한 성분이 탄수화물이며, 탄수화물의 대부분은 가용성 당성분이다. 수확하여 후숙을 시키면 특이한 감미로운 향기가 남

(2) 재배환경관리

가) 온도관리

- 온도관리는 넓은 의미로는 생육 전과정의 온도를 생육단계별로 조절하는 것을 말하고, 좁은 의미로는 매일 매일의 주야간 온도를 조절하는 것을 말하며 온도조절의 목적은 멜론의 생육을 좋게 하고 수확되는 과실의 품질을 향상시키기 위한 것인데, 생육 전과정을 보면 육묘기, 영양생장기, 착과기, 과실비대기, 성숙기별로 적온이 다르고, 또 재배하는 품종과 재배하는 계절에 따라서도 알맞은 온도에 차이가 있음.
- 하루의 온도는 밤낮으로 나누어지며, 낮 온도는 잎이 광합성 작용을 최대한으로 유지할 수 있도록 온도를 조절해 주어야 하고, 밤에는 낮에 만들어진 동화생산물을 낭비 없이 필요한 기관으로 이동시킬 수 있도록 하고, 동화산물의 전류가 끝난 다음에는 호흡에 의한 동화양분의 소모를 줄이는 방법으로 관리되는 것이 이상적임.
- 낮에 고온관리를 하면 광합성에 의한 양분의 생산량은 많아지지만 호흡에 의해 없어지는 양도 많아지므로 양분축적량은 적온관리를 할 때 보다 적어지며 밤에 필요한 이상의 고온관리를 하면 호흡이 증가되어 양분소비량이 많아질 뿐만 아니라 양분이 지상부에 많이 분배되어 식물체가 웃자라게 됨.
- 이렇게 되면 잎이 서로 겹쳐지기 때문에 햇빛을 제대로 받지 못하므로 광합성 능률

이 떨어지고 병해에 대한 저항성도 약해짐. 반대로 온도가 지나치게 낮으면 잎에서 만들어진 양분이 거의 이동하지 않기 때문에 성장속도가 늦고 잎에만 양분이 축적되어 잎이 두터워 보이고 엽색이 바랜 것처럼 보이며 잎이 아래 방향으로 처짐.

- 멜론의 광합성에 적당한 낮 온도는 대체로 28~30℃의 범위이며 과실비대는 이보다 다소 높은 온도에서 촉진되는 것으로 알려져 있고 밤 온도는 생리적 적온과 경제적 적온이 있는데 외기온도가 높아서 가온할 필요가 없을 때는 생리적 적온으로 관리하는 것이 좋고, 외기온이 낮아서 가온재배를 해야 할 경우에는 경제적인 온도가 수익성 면에서 보다 더 중요함.
- 멜론재배에 있어서 야간의 생리적 적온은 대개의 경우 25℃까지는 높을수록 좋음. 즉 밤 온도를 이 범위까지는 높은 쪽으로 관리할 때 생육이 빠르고 과실의 비대도 좋음. 착과 전에 지나치게 생육이 왕성하면 초세가 과번무쪽으로 기울어져 착과시킴이 어려운 경우도 있지만 착과시킨 후에는 과실의 비대가 왕성함.
- 경제적으로 적당한 온도는 난방 또는 보온비용을 최대한 줄일 수 있는 온도이며 이 경제적 적온에는 품종에 따라 상당한 차이가 있음. 광합성 산물을 원활히 이동시키기 위한 초저녁의 온도는 20℃정도가 좋지만 밤 10~11시 이후의 온도는 온실멜론과 같이 고온을 요하는 품종에서는 17~18℃가 좋고, 하우스멜론의 저온에 견디는 품종과 무네트멜론의 일부 품종은 12℃이상으로만 유지하여 주어도 상품생산이 가능함.
- 멜론에서 온도관리를 잘 한다는 것은 목표 착과절위에 튼튼한 암꽃을 피게 하여 수정을 잘 시킬 수 있고, 착과시킨 후에는 과실의 비대를 촉진하여 상품성이 높은 과실의 생산이 가능하게 하며, 수확기 경에는 당의 축적을 높여 당도가 높은 과실을 생산할 수 있는 온도관리를 하는 것을 말하는데 일반적으로 시설재배에서는 저온기의 밤 온도 관리가 문제가 됨.
- 열풍기 등의 난방기를 이용할 때는 어느 시기에나 적온의 유지가 가능하지만 무가

온 재배를 할 때는 품종의 특성이나 피복재의 보온력을 참고로 하여 생육적온의 유지가 가능한 시기를 찾아서 파종기를 결정하는 것이 중요함.

- 멜론의 생육 단계별 온도관리 기준은 <표 V-1>과 같음.

<표 V-1> 멜론의 생육단계별 온도관리 기준

구분	시기	낮 온도(℃)	밤 온도(℃)	최저필요온도	
				기온	지온
정식기	정식 10일전부터	밀폐	밀폐	밀폐	밀폐
활착기	정식부터 7일간	35~35	20이상	16	18
덩굴신장기	개화 5일전까지	27~33	18~20	12	16
교배기	개화전후	30~33	18~22	16	18
과실비대기	착과후 35일간	28~30	18~22	15	18
성숙기	이후 수확까지	23~28	14~16	12	16

- 생육적온은 낮과 밤이 다른 것은 물론 오전과 오후에도 차이가 있고 또 생육단계에 따라서도 차이가 있고 실제재배에서 중요한 온도는 밤 온도이므로 밤 온도 관리요령을 생육단계별로 요약하면 다음과 같음.
- 정식에서 교배기까지 이상적인 밤 온도는 18℃정도겠지만 동화 산물의 전류시간대가 지난 밤 온도는 이보다 낮아도 생육에는 큰 지장은 없음. 어얼스 계통의 품종은 16℃이상만 유지해 주면 큰 지장이 없고 하우스 멜론 중에서 저온에 견디는 품종은 10℃이상만 유지해 주어도 되는 품종도 있음.
- 정식 시부터 활착할 때까지는 밤 온도를 20℃이상으로 유지하여 활착을 촉진하여야 하지만 일단 활착이 되고 나면 온도를 낮추어 웃자라는 것을 방지함. 밤 온도 관리의 낮 온도에 따라 달리하는 것이 좋은데 예를 들어 낮에 햇빛이 충분하여 광합성량이 많은 날은 밤 온도를 다소 높여 광합성산물의 전류를 촉진하고 낮에 햇빛이 적게 비친 날은 밤 온도를 약간 낮추는 것이 좋음. 교배기가 가까워지면 밤 온도를

생육적온에 가까워지도록 하여 충실한 암꽃을 피워야 함.

- 교배기에 밤 온도가 낮으면 아침에 꽃잎이 활짝 퍼지지 않고 화분이 터지는 시간도 늦어짐. 보다 더 온도가 낮으면 화분이나 배(胚)가 저온장해를 받아 착과율이 떨어 지므로 교배기에는 18℃ 이상을 목표로 하고 최저 16℃이상은 유지해 주어야 함.
- 과실비 대기 때는 밤 온도가 높을수록 과실비대가 좋으므로 온도를 높이도록 노력 해야 함. 과실의 크기는 교배기 전후와 과실비대 초기의 밤 온도의 영향을 많이 받 으므로 가능하면 20℃정도까지는 온도를 높이는 것이 좋고 최저한 17℃이상은 유 지해 주어야 함.
- 그러나 하우스 내의 밤 최저온도가 24~25℃까지 올라가는 여름철에는 밤 온도가 높아서 문제가 되므로 이 시기에는 온도를 낮추도록 노력하여야 하며 밤 온도가 높 으면 과실비대는 촉진되지만 비대초기에 과실을 너무 크게 키우면 넷트멜론은 넷트 형성이 영성하게 되므로 밤 온도 관리는 과실의 비대상태를 보아가며 조절해야 함.
- 과실경화기와 넷트 발현기에는 과실을 비대시킬 때보다 약간 낮게 관리하며 과실의 경화가 시작되는 시기는 과피색과 과실의 모양 등으로 판단할 수가 있는데 경화가 정상적으로 진행될 때에는 밤 온도를 비대기보다 1~2℃ 정도 낮게 관리하고, 경화 가 잘 진행되지 않을 때는 2~3℃까지 낮춤.
- 품종에 따라 넷트발생 시기에 차이가 있으므로 경화를 위하여 온도를 낮추는 시기 에도 차이를 둬. 즉 넷트가 빨리 나오는 품종은 교배 후 10일경, 늦게 나오는 품종 은 교배 후 15일경부터 온도를 낮춤. 무넷트형 멜론은 경화처리를 할 필요가 없음.
- 넷트발생시기부터 밤 온도를 조금씩 높여 과실비대를 촉진시킴. 이 시기에 비대가 원활히 이루어져야만 넷트가 고르게 나오므로 어얼스계통의 품종은 20~22℃, 하우 스멜론의 품종은 18~20℃까지 온도를 높이는 것이 좋음.

- 온도와 습도를 높이는 것이 과실표면의 네트 발생과 콜크조직 형성에 유리하지만 경화기에서 갑자기 온도를 높이고 물을 많이 준다든지 하면 과실표면이 세로로 굽게 갈라져서 네트라기보다는 열과에 가깝게 되므로 온도를 서서히 높여야 함.
- 습도를 높이는 것도 물을 많이 주어서 높이는 것은 위험하므로 통로에 약간씩 물을 뿌리고 하우스의 환기를 억제하는 방법으로 높여야 하며 습도를 너무 지나치게 높인다든지 오랫동안 다습 처리를 하면 식물체가 연약해져서 병 발생의 위험이 있으니 주의해야 함.
- 과실의 경화처리나 네트 축진을 위한 연화처리는 많은 경험과 기술을 필요로 하므로 네트가 쉽게 나오는 하우스멜론의 품종에서는 쓰지 않는 것이 좋을 것으로 판단되며 네트가 과실표면으로 솟아오르기 시작하면 온도를 낮추어 과실이 충실히 자라도록 해야 함.
- 과실 성숙기에는 밤 온도를 다소 낮추는 편이 당도를 높이는데 있어서 유리하나 지나친 저온관리를 하면 식물체의 대사작용이 원활히 진행되지 않아 당도가 오르지 않으므로 수확기 가까이 까지는 15~18℃로 유지해 주고 수확기가 되면 이보다 더 온도를 낮추어도 지장이 없음.
- 그러나 수확기라 하여 갑자기 온도를 낮추면 품종에 따라서는 열과가 생길 염려가 있으므로 무가온재배에서는 일부러 온도를 낮출 필요는 없음. 어느 시기를 막론하고 온도를 갑자기 높이거나 낮추는 것은 작물생리로 보아 결코 바람직한 일이 아니므로 온도는 서서히 변화시켜야 함. 수확기에 밤의 최저온도가 20℃를 넘으면 당도가 떨어지는 경향이므로 고온기에 수확하게 될 때는 밤 온도를 낮추도록 노력해야 함.
- 낮 온도는 멜론의 광합성 적온인 28~30℃로 관리하는 것이 일반적이지만 정식초기나 과실비대초기는 이보다 3~4℃ 높게 관리하는 것이 좋음. 낮 온도는 28~30℃가 적온이라 하지만 자동온도조절장치가 설치되어 있지 않은 경우에는 환기창의 조절로서 계속 같은 범위의 온도를 유지시킨다는 것은 무리이므로 33℃에서 환기를

시작하고 27℃에서 환기창을 닫는 식으로 관리하는 것이 좋음.

- 저온기에 밤 온도를 생육적온으로 유지하기가 어려운 때에는 낮 온도를 35℃까지 높이는 것이 생육이 빠를 때도 있으며 낮의 알맞은 온도는 밤 온도관리 여하에 따라서 다를 수 있다는 뜻임.
- 3월 이후가 되면 외부기온이 낮더라도 햇빛이 좋으면 시설 내 온도가 급상승하는 경우가 더러 있음. 이런 때 환기창을 한꺼번에 많이 열면 잎이 찬바람을 맞아 시드는 경우가 있으므로 조심해야 하며 바람이 부는 날은 바람 부는 반대편의 환기창으로 온도를 조절하는 것이 좋음.
- 또한 흐린 날이 계속된 뒤 또는 몇 일간 비가 온 뒤 날씨가 좋아질 때는 환기시각이 늦어지면 앞에서의 증산량에 비해 뿌리의 수분 흡수량이 적어 잎이 시드는 때가 있음. 일시적으로 시들고 곧 회복되면 아무 문제가 없으나 정도가 심하면 이후 같은 증상이 반복되며 결국 좋은 상품의 생산이 어렵게 됨.
- 그러므로 온도가 특히 낮지 않는 한 흐린 날이나 비오는 날이라도 약간씩 환기를 시켜 하우스 내의 습도도 낮추고 잎의 증산 작용도 도와 뿌리가 활동 상태에 있도록 하는 것이 중요함. 흐린 뒤 날씨가 개이면 아침부터 환기창을 열어 온도가 급격히 높아지는 것을 막아야 함.

#### 나) 광관리

- 광 포화점은 50~60klux, 보상 점은 1klux 정도이므로 봄부터 가을까지는 햇빛 때문에 재배에 곤란을 받는 경우는 드물지만 늦가을부터 초봄까지의 일조시간이 짧은 저온기에는 햇빛이 생육과 품질에 큰 영향을 미침.
- 이 시기에는 시설의 빛 환경을 개선하여 빛 투과율을 최대한 높게 하고 재식거리를 넓혀 수광태세를 좋게 하는 방법만이 상품생산의 지름길이며 특히, 광합성 능률이 높은 오전 중의 햇빛을 충분히 이용하도록 해야함. 햇빛은 작과에 큰 영향이 있어서



일조시간이 긴 여름철이라도 착과기에 흐린 날이 며칠간 계속되면 착과율이 현저하게 떨어지므로 개화기에는 조금이라도 많은 햇빛을 받을 수 있도록 관리해야 함.

#### 다) 수분관리

- 건조한 기후를 좋아하는 멜론은 다른 채소에 비해 훨씬 적은 양의 관수에도 잘 적응하며 토양수분이 많으면 과가 번무하기 쉽고 덩굴마름병, 노균병 등의 다습한 조건에서 발생하는 병이 많이 발생하고, 그 피해가 심각한데 다른 과채류에 비해 물관리가 품질에 미치는 영향이 큰 편임.
- 토양수분이 부족하면 과실의 비대가 불량하여 크기가 작게 되기 쉽고 반대로 과다하면 수확기까지 초세가 과번무하여 당도를 떨어뜨리기 쉬우며 멜론의 토양수분관리 기본개념은 아주심기 후 활착을 하고나면 교배가 끝날 때까지는 물주는 양을 줄이고 과실의 비대기에는 수분이 부족하지 않게 관리하여 과실비대를 촉진시키고 과실 성숙기 이후에는 수분흡수량을 줄여서 당도를 높이는 것이 기본적인 방법임.
- 토양수분은 시설 내의 온도처럼 급방 조절할 수 있는 것은 아니며 관수량을 늘려서 토양수분 함.량을 높이는 것은 간단하지만 토양을 건조시키는 데에는 많은 시간이 걸림. 한꺼번에 너무 많은 양을 관수하거나 반대로 지나치게 건조시켜 잎이 시들 정도가 되면 뿌리가 피해를 받아 이후의 포기세력이 급속하게 약해져서 과실의 품질이 떨어지거나 과육이 빨리 연화하여 유통기간이 짧아짐. 그러므로 재배조건에 따라 계획적인 관수를 하여야 하며 여기에는 많은 재배경험이 필요함.
- 줄기신장기(활착기에서 교배전까지)에는 관수량을 줄이거나 억제하여 뿌리가 잘 뻗도록 해야 함. 정식하기 전에 심을 구덩이에 필요한 양을 관수하여 활착에 지장이 없도록 하고 활착하고 난 뒤에는 교배기까지 될수록 관수를 억제함. 그러나 물빠짐이 좋은 사질토양에서는 주기적으로 필요한 양을 관수하는 것이 좋으며 교배기 전에 세력이 약해 보이면 착과예정지가 1cm 정도 자랐을 때 약간 관수하여 착과지의 생육을 촉진시켜야 함.

- 교배기에 세력이 왕성하면 착과율이 떨어지기가 쉽고 착과된 과실도 과경이 길어지고 꽃자리가 커져서 과실의 상품성이 떨어짐. 그리고 공중습도가 높아지므로 어린과실에 덩굴마름병이 발생하기 쉬운 조건이 됨. 따라서 교배기간에는 되도록 관수하지 않는 편이 좋지만 생육이 불량한 경우에는 적당량을 관수하여 세력을 회복시키는 것이 도움이 됨.
- 교배가 끝나고 과실이 자라기 시작하면 충분히 관수하여 과실비대를 촉진시킴. 멜론의 생육기간 중 이 때가 수분을 가장 많이 필요로 하는 시기이며 시간이 지나면서 과실의 비대속도가 점차 둔해지고 과피가 단단해지거나 네트멜론에서는 과피색이 녹색에서 점차 흰빛을 띠기 시작하면 관수량을 줄여서 네트가 잘 형성될 수 있는 조건을 만들게 됨.
- 여름 고온기와 같이 과실이 지나치게 커지기 쉬운 작형에서는 이 시기에 과실의 비대를 약간 억제시키는 것이 유리할 경우가 있음.
- 교배일자가 빠른 과실의 과실표면에 작은 균열이 생기기 시작하면 시설 내의 습도를 높이는 기분으로 약간 관수하여 네트발생을 촉진시키고 과실 전체에 네트가 발생하면 다시 관수량을 늘려서 과실비대를 촉진시킴. 네트가 형성되는 정도와 굵기는 네트발생 후부터 네트 완성기까지 과실을 어느 정도 키우느냐에 따라 결정되므로 이 시기에는 과실 비대가 충분히, 그리고 충실히 되도록 관리해야 함.
- 품종의 속기와 온도조건에 따라 차이는 있지만 대개 교배 후 35~40일까지는 물이 부족되지 않게 관리해야 하며 네트 발생시의 물주기 방법은 품종의 특성에 따라 다름. ① 온실멜론과 같이 네트발생이 쉽지 않은 계통의 품종은 물주는 양을 늘림과 동시에 환기를 적게 하여 온도를 높이고 하우스 내의 공중습도도 높여야 함.
- 물만 많이 주고 낮과 밤의 온도는 낮게 관리하면 과실표면이 열과(裂果)처럼 깊게 갈라질 염려가 많음. 그러므로 물주는 양을 조금씩 늘리는 대신 온도와 하우스의 공중습도를 조절하여 네트발생을 촉진하는 것이 무난함.

- ②반대로 넛트발생기에 하우스의 습도가 높거나 토양수분이 많으면 열과성의 넛트가 형성되기 쉬운 품종이 있음. 하우스재배용 품종은 이런 타입의 품종이 많은데 이러한 품종은 넛트발생을 위해 특별한 관리를 하지 않아도 넛트가 잘 형성됨. 넛트발생을 촉진시킬 목적으로 고온다습관리를 하면 오히려 열과성의 넛트가 발생하기 쉬우므로 시설 내를 건조시켜야 함.
- 과실의 비대가 거의 완료되고 나면 물주는 양을 줄여서 양분의 흡수를 억제시키며 수확기까지 양분흡수가 활발히 일어나면 숙기가 늦어지기도 하고 당도가 낮아지며, 심하면 열과가 되어 상품가치가 없어져 버림. 수확 5일 전쯤은 맑은 날의 한낮에 잎이 약간 시들 정도가 되어도 오후에 생기를 회복하면 아무 지장이 없음.
- 수확기에는 양분과 수분의 흡수를 억제시키는 것이 당분의 축적을 촉진시키나 과실은 수확할 때까지 적은 양이지만 생장을 계속하기 때문에 지나치게 토양을 건조시키면 오히려 역효과가 남.
- 뿌리가 장애를 받을 정도로 관수를 줄이면 당도가 떨어지고 과피가 빨리 변색되고 과실의 저장력도 약해지므로 수확기라 하여 지나치게 건조시키는 것은 좋지 못하며 약간의 열과가 생길 염려가 있더라도 어느 정도까지는 토양수분이 있는 편이 당도도 높아지고 저장력도 증가됨.
- 성숙 후기에 수확기를 앞당길 목적으로 하우스를 밀폐하여 온도를 높이면 수확기는 몇일 단축시키겠지만 당도를 떨어뜨리고 저장력도 나쁘게 하므로 절대 삼가야 함. 그러나 실제로는 매일매일 일정한 양의 관수를 할 때 재배가 잘 되는 것을 자주 경험할 수가 있고, 토양수분관리는 토양조건에 따라 매우 다를 수 있으므로 토양특성에 맞는 수분관리법을 체득하여야 함.

### (3) 유인 및 정지

- 덩굴의 유인방법은 세워서 키우는 방법(지주재배), 반 세워 키우는 방법(생육초기에

는 넓혀 키우다가 착과절 부근에서 세워 키우는 방법), 그리고 참외나 수박처럼 넓혀 키우는 방법(포복재배) 등이 있음.

- 이러한 방법들은 각각 장단점이 있는데 세워 키우기는 관리가 쉽고 품질은 좋으나 보온에 불리하여 난방비가 많이 드는 결점이 있고, 넓혀 키우기는 터널피복이 가능하여 보온재배에는 유리하지만 품질 면에서 세워 키우기는 미치지 못함. 그러므로 온도조건이 좋은 늦봄부터 초가을까지는 세워 키우기를 하고, 난방비가 많이 드는 저온기에는 보온하기 쉬운 넓혀 키우기를 하는 것이 경제적인 재배방법이 됨.
- 세워 키우기란 지주재배라고도 하며 멜론의 덩굴을 위로 세워서 키우는 재배방식을 말하며 세우는 방법으로는 3~5m 간격으로 파이프 등을 이용하여 받침대를 세우고 위에 철사줄을 연결함. 이 철사줄에서 수직으로 유인끈을 내리고 유인끈에 멜론 줄기를 고정하여 위로 감아올리는 방식임.
- 유인틀을 설치하기가 번거롭지만 유인작업이 간단하고 병충해의 피해가 적고 과실의 품질도 넓혀 키우기에 비해 좋음. 네트멜론은 대부분 지주재배를 하고 무네트멜론도 하작에서는 지주재배가 많음. 세워서 키울 때의 재식거리는 3.3m(평)당 6~8주가 적당함. 폭 5.4m의 하우스에서 4~5이랑 재배를 할 경우 포기 사이를 35~50cm로 하는 것이 좋음.
- 멜론의 품질은 수광량과 밀접한 관계가 있어서 일조시간이 긴 여름철에는 대과가 되고 반대로 일조시간이 짧고 일사가 약한 겨울철에는 아무리 노력해도 여름철만큼 과실이 커지지 않음. 따라서 저온기에 과실의 비대가 이루어지는 작형에서는 단위면적당 포기수가 적게 들어가더라도 넓게 심어서 상품성이 높은 과실의 생산비율을 높이는 것이 경제적임.
- 겨울철에 무리하게 재식거리를 좁히면 소과가 되고, 네트발현이 나빠서 상품성이 떨어질 뿐만 아니라 후기의 과실비대가 억제되어 과형이 긴 형태가 되는 경향이 있다. 그리고 생육이 연약하여 덩굴마름병의 피해가 증가함. 한 덩굴에 과실 2개 이상

을 착과시킬 때는 한 개 착과시킬 때보다 더 넓게 심어서 충분한 동화작용이 이루어져야만 상품성이 있는 과실의 생산이 가능함.

- 눅혀 키우기는 포복재배라고도 하며 참외처럼 멜론줄기를 이랑 위에 눅혀서 키우는 재배방식을 말함. 터널 내에서 유인할 수가 있어서 보온피복재를 잘 이용하면 겨울이라도 무가온으로 재배할 수 있는 장점이 있음. 그러나 측지제거, 교배 등의 작업을 엮드려서 해야 하기 때문에 작업자세가 나쁘고 작업성이 떨어짐.
- 과실이 지표면에 위치하여 과실의 비대가 좋아 상대적으로 당도가 지주재배에 비하여 약간 떨어지는 단점이 있음. 재식거리는 3.3m<sup>2</sup>(평)당 2.5~3주 범위 내에서 조정하며 보통 2이랑재배를 하는데 2덩굴유인의 경우는 포기사이를 35cm 전후, 3덩굴을 유인하는 경우에는 50~60cm로 함. 잎이 너무 많이 겹치지 않도록 심는 거리를 조정함.
- 반세워 키우기는 처음에는 눅혀서 키우다가 착과절 부근에서 위로 세우는 유인방식임. 이 방식의 장점은 폭이 좁은 하우스에서 이랑 폭이 좁을 때 이용하면 효과적이고 생육 초기에는 터널 내에서 키울 수 있어서 보온이 용이하여 겨울철 난방비 절감의 효과가 있음.
- 세워 키우기와 눅혀 키우기의 절충형식이므로 잎의 노화가 눅혀 키우기에 비해 지연될 수 있고 착과마디 상위엽의 수광태세가 좋아 과실 품질의 향상을 꾀할 수 있음. 세우는 위치는 착과절의 약간 밑에서부터 세워서 과실이 땅에 닿지 않게 유인하는 방법이 있고 다른 한 가지는 덩굴 끝부분만 약간 세워서 유인하는 방법이 있음.
- 본엽이 7~8장이 전개되면 떡잎과 하엽 1~2장, 그리고 덩굴의 아랫부분에 발생한 곁가지를 같이 제거하고 덩굴을 유인함. 착과절 아래의 곁가지는 되도록이면 빨리 따주는 것이 생육에 좋음. 예정된 착과절부터는 연속 3개 정도의 곁가지를 남겨서 여기에 착과시키며 착과절 이후의 곁가지는 원칙적으로 제거하지만 재배환경이 불량하여 잎의 크기가 작거나 과실을 한 개 이상 달려고 할 때는 필요한 정도의 곁가

지를 남김.

- 어미덩굴의 적심 시기는 잎의 수와 포기세력에 따라 다름. 세력이 정상이고 21절 전후에서 적심할 때는 교배 2~3일 전이 적기임. 보통 어미덩굴에 생장점이 있으면 그 쪽의 세력이 우세하여 암꽃의 충실도가 떨어지기 쉬우므로 교배 전에 적심하는 것이 원칙임.
- 그러나 적심절위를 높이거나 세력이 약할 때는 교배 후에 적심하게 됨. 세력이 약할수록 적심시기를 늦추는 것이 세력의 회복에 도움이 되는데 만약 초세가 약할 때 무리하게 적심을 하게 되면 생육속도가 떨어져서 마디길이가 짧아지고 잎의 크기도 작아지기 쉬움. 착과지도 교배 전에 잎 2장을 남기고 적심하는 것이 원칙이지만 세력이 약할 때는 교배 후에 적심하기도 함.
- 하엽은 교배기까지 다시 1~2장을 따주어 포기 밑 부분의 통풍을 좋게 함. 적심이나 결가지 제거 및 하엽 제거작업은 가급적 맑은 날에 일찍 끝마쳐서 낮 동안에 상처부분이 아물도록 해주어야 덩굴마름병의 발생이 적음.

#### (4) 토경재배 시설

- 멜론 재배에 적합한 비닐하우스는 농촌진흥청의 농가보급형 자동하우스를 기본으로 골조는 각관 □ 60 × 60mm를 주기등으로 건축하고, 서가래는 ø32mm를 60cm 간격으로 설치함.
- 하우스의 높이는 총 6m로 하며, 측고의 높이는 4m로 설치하며 비닐하우스의 침하를 방지하기 위해서 각관 기둥이 지하호 50cm깊이로 들어 가 도록하고, 기둥 받침을 설치함. 비닐하우스의 고정하중과 적설하중을 견디도록 중방 받침을 반드시 설치하고 측면에는 바람벽을 설치함. 바람이 자주 강하게 부는 지역은 주로 바람이 불어오는 방향에 방풍벽을 설치하여 비닐하우스가 안전 하도록 해야 함.

(5) 토경재배

가) 품종 선택

- 국내에 재배되고 있는 멜론의 품종은 네트형과 무네트형으로 구별하여 합하면 수십 종 이상이 있으며 일반적으로 멜론은 고온기와 저온기에 착과가 잘되는 품종, 열과에 강한 품종, 당의 집적이 잘되는 품종, 만할병, 만고병, 흰가루병 등에 강한 품종을 선택하는 것이 좋음.

나) 종자 소독

- 덩굴쪄김병 예방을 위해서 벤레이트 수화제 200배액에 20분정도 담그며 오이 녹반 모자이크 바이러스 (CGMMV) 예방을 위해 제 3인산소다 10배액에 20분 정도 담그며 소독한 후 맑은 물로 잘 씻어서 심거나 싹을 틔워서 파종함.

다) 파종 및 육묘

- 파종 및 육묘 방법은 재배방식에 따라 사용하는 육묘용기와 상토 등이 다를 수 있지만 일반적으로 오이재배와 비슷하며, 650m<sup>2</sup> 비닐하우스에 필요한 종자량은 4,536립이다. 파종 후 온도는 28~30℃, 밤은 20℃로 유지하고, 발아 후에는 낮 25℃, 밤 15~18℃로 관리하면 된다. 플러그 육묘의 경우에는 32~50구 용기를 이용하여 여름철에는 15~18일, 가을에는 20~23일 정도 육묘하면 아주심기가 가능함.
- 육묘기에 수분스트레스나 온도스트레스를 받으면 꽃눈 분화에 이상이 생겨 착과절에 암꽃분화가 되지 않는 경우가 있으므로 육묘에 세심한 주의를 기울여야 하며 고온기 육묘는 반드시 한랭사를 설치하여 진딧물, 바람, 손 등에 의한 바이러스 감염을 철저히 예방해야 함.
- 암면재배에 있어서는 육묘용 플러그트레이에 파종한 후 7~8일 경에 암면큐브(블록)에 이식하지만 단용 또는 혼용 배지를 이용할 경우 발아하여 떡잎이 전개되었을 때 육묘일수를 고려하여 적당한 포트에 단용 또는 혼용상토를 이용하여 이식해야 함.

- 성장상태에 따라 반드시 포트 간격을 충분히 확보해 주어야 하며, 본 잎이 1~2매 전개되었을 때부터 양약을 EC 0.5 dS/m의 농도로 관비하여 모종이 연약해지지 않도록 관리해야 함.

라) 정식

- 아주심기에 알맞은 모종의 크기는 본잎 3매를 기준으로 하고 저온기에는 4~5매, 고온 기에는 2~3매가 적당하며 암면 또는 코코피트 배지의 크기는 90cm × 폭 15cm × 두께 10cm임.
- 배지의 위쪽에 블록을 올려놓을 수 있도록 □ 10cm의 구멍을 30cm 간격으로 뚫어 주고, 뚫어진 구멍에 점적관을 꽂은 다음 비닐 피복물이 부풀어 오를 때까지 물을 공급하여 배지 틈틈이 물이 배이도록 함.
- 1,650㎡의 비닐하우스에는 배지가 1,512개가 필요하고, 정식되는 멜론의 양은 4,536주이다. 이는 ㎡당 2.7주가 재식되는 것임.



〈그림 V-4〉 정식 직후의 멜론, 멜론의 암꽃.



- 멜론은 동일 하우스내에서 재배되는 것은 가능한 한꺼번에 수확하는 것이 좋으며 멜론은 생육단계에 따라 재배관리가 다르기 때문에 동일한 시설내에서는 생육단계가 동시에 이루어져야만 정상적인 재배관리가 가능하기 때문임.
- 동일한 하우스내에서 재배되더라도 각 부분의 환경조건과 토양조건이 다소 차이가 있기 때문에 동시에 정식하여도 정식 후 활착, 수분 공급량, 하우스내의 부분적인 온도 차이에 의해서 초기생육에 차이가 있어 생장에 굴곡(屈曲)이 있음.
- 따라서 유인할 때 가능한 유인높이를 서로 맞추어 가야 하며 이를 위해서는 생육이 빠른 주(株)는 약간 낮추어 유인하고 생육이 느린 주(株)는 곧바로 세워 유인하면 어느 정도 생장이 이루어진 다음에는 성장속도가 거의 비슷하기 때문에 그 이후의 생장높이를 맞추어 갈 수 있음.
- 이와 같이 유인하여 재배하게 되면 정상적으로 초기생장이 빨랐던 주(株)는 12절보다 높은 위치에서 착과하게 되며 초기생육이 다소 늦었던 주에서는 12절보다 낮은 위치에서 착과되게 됨.
- 이렇게 착과한 다음에 과실의 크기를 동일하게 키우기 위해서는 착과 아래의 잎수를 서로 같게 조정하여야 함. 멜론재배에 있어서 동시착과는 대단히 중요하므로 이점 반드시 지켜야 하며 착과방법으로는 곤충(昆蟲)에 의한 교배, 인공교배(人工交配), 호르몬에 의한 교배가 있음.
- 어느 방법을 이용하여 착과시킬 것인가에 대하여는 개화 당시의 상황에 따라 능동적(能動的)으로 대처해야 함. 벌(蜂)을 이용하여 착과시킬 경우에는 미리 벌통을 준비하여야 하며, 기상조건이 좋지 않아 부득이하게 호르몬제를 사용할 경우도 있으나 멜론재배에 있어서 부득이한 경우를 제외하고는 호르몬제를 사용하지 않는 것이 좋음.
- 멜론도 참외와 마찬가지로 손자줄기 첫째마디에 암꽃이 잘 맺히는 습성을 가지고

있으며 착과절위가 수량과 품질에도 영향을 미침.

(6) 수확

- 수확적기는 착과지의 잎색 변화나 과실 겉모양의 변화로 어느 정도 판단 할 수 있으나 이들 변화에는 품종이나 초세의 강약에 따라서 차이가 있어 불확실하고, 성숙 일수(교배부터 수확까지 일수)는 속도와 관계가 깊어서 이것을 적기수확의 목표로 하면 좋음. 수확 예정일수에 달하면 몇 개를 수확, 시식하여 당도와 성숙상태를 확인하고 수확함.



〈그림 V-5〉 수확 직전의 멜론.

## 나. 토마토

- 學名 : *Lycopersicon esculentum* Mill.
- 英名 : tomato
- (1) 원산지와 특성
- 토마토(tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill)의 원산지는 남미의 서부 고원지대로 알려져 있고, 가지과 식물로 열대에서는 다년생이지만 온대지역에서는 1년생 식물로 재배되며 우리나라에 도입은 1614년대일 것으로 추측하고 있음.
- 토마토는 일반적으로 8~9월에 제1화방이 달리고 3잎씩 전개됨에 따라 화방이 발생되며 각 화방은 상단 화방일수록 꽃수가 많지만 보통 화방당 4~5개를 착과시키게 되며 수확할 때 10a당 수량은 재배기간에 따라 다르고, 단기간 재배 시 6~8단, 장기재배를 할 때에는 15~20단까지 계속 수확할 수 있음.
- 과채류 중에서는 매우 저온성인 작물로 밤 온도가 5~7℃까지 되어도 견딜 수 있지만 10℃이하에서는 생육이 나쁘고 기형과 발생이 증가하는 반면, 25℃이상의 고온, 또는 밤 온도가 20℃이상이면 공동과, 낙화가 많아지고 품질도 나빠짐. 강광성 작물로 광포화점은 7만Lux 이상이며, 약광 조건에서는 착색이 나쁘고 당 및 비타민 C 함량도 낮아지게 됨.
- 토마토의 뿌리는 심근성으로 깊게 넓게 뻗으므로 건조와 적은 비료에도 잘 견디지만 공중습도가 높으면 회색곰팡이병이나 역병의 발생이 많아지게 됨. 미국 등 선진국에서 최근에 발표한 연구결과에 의하면 토마토의 리코핀 색소가 세포의 산화를 방지하여 항암효과를 나타낸다고 하였으며, 이 결과로 인해 토마토의 소비가 늘어나고 있음.

〈표 V-2〉 토마토의 재배기간

구 분	육 묘	아주심기~수확	개화후 성숙일수	수 확 기 간	
				단기재배	장기재배
여름	30~50일	50~60일	40~50일	3개월	6~8개월
겨울	60~70일	100~120일	80~100일		

(2) 재배환경 관리

가) 온도관리

- 생육에 가장 적당한 온도는 낮 온도 25~27℃, 밤 온도 17℃정도이며, 5℃이하에서는 생육이 정지되고 7℃이하에서 장기간 육묘할 경우에는 기형과 발생이 많아지고, 10℃이하일 때는 생육이 떨어짐.
- 30℃이상의 높은 온도에서는 광합성에 의한 생산보다 호흡에 의한 소비가 많아져서 생육이 나빠지고 꽃이 잘 떨어지며 토양온도는 20~23℃가 가장 좋고 33℃이상이나 13℃이하가 되면 생육이 크게 떨어짐.

나) 토양관리

- 건조에는 비교적 잘 견디지만 보수력이 있는 양토 또는 식양토에서 생육이 좋고 건조되기 쉬운 사질토양에서는 수량이 낮게 되는 특성이 있음. 토양수분이 많을 경우에는 총수량은 증가되나 기형과가 많이 생겨 상품수량이 떨어지며, 토양산도는 적용 범위가 꽤 넓지만 약산성(pH 6.5)이 적합하다. 배지경 양액재배를 하고자 하는 경우 pH는 6.0~6.5정도가 좋음.

다) 시설관리

- 온도보다는 광을 많이 요구하는 작물이므로 시설을 설치할 때 주의해야 하는데 첫째, 시설방향을 정할 때 단동은 동서 향으로, 연동형일 경우는 남북 향으로 설치해야만 그림자가 적게 되어 품질 및 수량이 떨어지지 않게 되며, 둘째, 피복재는 광투과율이 좋은 재료를 사용토록 하며 내피복재는 색깔이 있는 재료를 사용하지 않도록

특 하며, 셋째, 골조율이 너무 높아지지 않도록 설계해야 함. 넷째, 먼지를 일으킬 수 있는 비포장도로 주변에 시설을 설치하면 외피복재에 먼지가 많이 묻어 투광 율 이 낮아질 수 있으므로 주의해야 함.

### (3) 생리장애 원인과 대책

#### 가) 이상줄기

- 정식 후 20~30일 경에 제3화방 부근에서 발생하는데, 질소질 비료 특히 암모니아 태 질소나 칼리를 많이 사용하면 칼슘이나 붕소의 흡수가 저해되어 발생하며 관수 량이 많아지면서 더욱 촉진됨.
- 관수과다, 높은 기온, 과습, 생리적 낙과나 낙화, 일조부족 등에 의한 영양생장 과다 와 저온, 건조, 강광조건 등에서 양분흡수의 억제, 암모니아, 칼리비료 과다로 석회 와 붕소흡수가 저해되어 나타나는 것으로 알려져 있으며, 이상경 발생이 잘되는 품 종으로는 꼬꼬(텐텐), 모모타로 계통 등이 있음.
- 이상줄기의 발생은 주로 5월 이후에 정식하는 고온기 작형에 많으나 겨울철의 시설 재배에서도 초세가 왕성해지고 줄기가 커져 마디 사이가 짧아지면서 구멍이 생기는 수도 있음.



〈그림 V-6〉 토마토의 이상줄기.

- 다비에 의해 초세가 왕성해지면서 발생하기도 하는데 특히 질소비료가 많고 석회가 적을 때 이상줄기 증세가 많이 나타남. 한편 토양 수분과도 큰 관계가 있는데, 수분이 많으면 잎과 줄기가 무성해져서 발생이 많음.
- 어린 묘를 정식했을 때나 어떤 장애로 인하여 제1화방이 착과되지 않을 때 생육이 왕성해지면서 이상줄기가 많이 발생하는데 이상줄기의 발생을 억제하려면 비료 시용시 질소나 칼리질 비료가 과다 하지 않도록 하고 칼슘이나 붕소가 부족 되지 않도록 해야 함.
- 관수를 일시에 하지 않고 초기부터 서서히 증가시켜 주는 것이 좋으며 심한 경우 순이 나오지 않는 경우가 있으므로 측지를 이용하는 것이 좋음. 이상줄기를 방지하는 방법은 ① 육묘기에 관수량을 줄이고 육묘일수를 약간 늘려주거나 ② 정식 후 1화방 비대기까지는 관수량을 줄이도록 하며 ③ 저단 화방의 착과가 잘 되도록 하고 ④ 흡비력이 약한 품종을 선택하도록 함. ⑤ 정식초기 관수량 억제 등 스트레스를 주고 과실 비대기에서는 정상적으로 관리하며 ⑥ 관이 잘 들어오도록 최선을 다해야 하며 ⑦ 적온(30℃이하), 적습(70~80%) 유지는 물론 배양액의 농도를 EC 1.7mS/cm이하로 낮추어 관리하도록 함.

나) 줄기 가늘어지는 원인

- 마디 사이가 길어지는 옷자람 현상을 나타내면 보온위주로 관리했을 경우 차광률이 높거나 하우스 설치 방향 등이 불합리한 시설에서 일어나는 햇빛 부족에 의한 것으로 보임.
- 아랫잎부터 순차적으로 윗잎을 향해 황화 증상이 나타나면서 잎은 작아지고, 생장점 부위의 잎은 더욱 작아지면서 줄기가 가늘어지면 질소 결핍으로 판단되며 잎이 작아지면서 줄기는 가늘어지더라도 잎의 황화가 일어나지 않고 적자색이 강하게 나타나면 인산 결핍으로 판단함.
- 아래화방에 열매가 너무 많이 달려 뿌리에서 흡수하는 양분이 작물의 요구량에 미

치지 못할 때 또는 여름철 밤 온도가 지나치게 높아 낮에 만든 양분이 전류되지 않고 호흡에 의해 소모되어 버리는 경우에 발생함.

- 줄기가 가늘어지는 것을 방지하려면 EC농도와 급여량을 재설정하고, 아래화방의 꽃이나 열매를 필요한 양만 남기고 빨리 제거해 주고 지중냉방, 차광, 멀칭 등 적극적인 대책으로 밤 온도를 최소한 25℃ 이하로 유지해야 함.



〈그림 V-7〉 토마토의 황화증상.

#### 다. 고추

- 學名 : *Capsicum annuum* L.
- 英名 : red pepper, sweet pepper

##### (1) 원산지와 특성

- 고추의 원산지는 남아메리카이고, 신대륙 발견 후 콜럼버스가 1493년 스페인에 가지고 갔으며, 이것이 다시 15세기에 영국과 중부유럽에 전파되었으며 중국에는 17

세기에 전래되었고, 우리나라에는 1614년에 일본으로부터 도입되었음.

(2) 재배환경 관리

가) 온도 관리

- 고추는 과채류 중에서도 가장 높은 온도를 요구하는 고온성 채소에 속하는 작물로써 온도관리가 작황을 좌우하므로 세심한 주의가 필요하며 육묘시 발아를 균일하게 하는 것이 매우 중요하므로 발아온도를 28~30℃정도로 맞추어 주는 것이 좋으며 적어도 20℃이상은 되어야 함.
- 적온상태에서는 과종 후 5~6일이면 발아되는데 발아 후에는 과종 상에 씌웠던 비닐이나 신문지를 빨리 제거함.과 동시에 낮에는 27~2~8℃, 밤에는 22~23℃로 관리해야 함.

〈표 V-3〉 고추의 최저, 최고, 최적 발아온도

작 물	최저온도(℃)	최적온도(℃)	최고온도(℃)	비 고
고 추	10	20~30	35	
토마토	10	20~30	35	
가 지	10	15~30	33	

- 과종 상에서 본엽 2~3매 전개되면 빨리 가식상(假植床)이나 포트로 옮겨 심어야 하는데 이때는 과종상 온도보다 2~3℃ 높여 활착을 촉진하고 4~5일 경과한 후에는 온도를 서서히 낮추어 낮에는 25~27℃, 밤에는 15~17℃, 지온은 18~20℃정도로 관리해야 함.
- 아주심기 전에는 그 후의 환경을 예상하여 포장 조건에 견딜 수 있도록 기온을 낮에는 22~23℃, 밤에는 14~15℃, 지온은 20℃에서 15℃ 가까이 낮추어 관리하면서 모종을 단단하게 키워야 함.



- 잎의 동화작용(同化作用)은 낮 온도와 밀접한 관계가 있고 밤 온도는 잎에서부터 열매, 줄기 그리고 뿌리 등 다른 기관으로 이동하는 동화양분의 전류와 호흡 그리고 생장에 크게 영향을 미침.
- 고추의 생육적온은 낮에는 25~28℃, 밤에는 18~22℃이고, 지온은 보통 18~24℃ 이나 노지재배 고추의 경우는 자연온도에 의존할 수밖에 없지만 시설재배의 경우 계속적으로 높은 수량을 유지하기 위해서는 초세의 조절이 중요하므로 낮에는 적은 보다 약간 낮게 관리하고, 밤에는 16℃이상을 유지하는 것이 좋음.
- 한 낮의 고온다습과 오후의 고온관리는 식물체가 연약해지기 쉽고 30℃이상이나, 15℃이하에서는 화분불임에 의하여 낙과되거나 석과(石果)로 되기 쉬우므로 낮에는 환기, 밤에는 보온을 철저히 해야 함.
- 또한 밤 온도는 낮 동안에 미처 이루어지지 못한 동화양분 전류를 촉진시키기 위해서 밤 8시까지는 17~18℃, 그 이후에는 호흡에 의한 양분소비를 억제하기 위해 15~16℃를 목표로 관리하는 것이 가장 좋음. 따라서 하우스 내에서 풋고추나 붉은 고추를 생산할 때 온풍난방기를 사용하여 시간대 별 적정온도를 유지 관리하는 것이 양질의 상품을 수확할 수 있는 지름길임.

#### 나) 수분 관리

- 고추는 건조와 과습에 모두 약한 작물로 알려져 있으나 관수량이 약간 많은 편이 과실의 비대도 좋고 생육도 빠르며 관수량은 날씨, 토성, 환기량, 착과율, 시비량, 멀칭 유무 등을 고려하여 조절하고 보통 노지 건 고추 재배생산시에는 75cm 이랑 폭에 외줄심기 할 경우에는 이랑관수를 3일에 30mm(1㎡당 30ℓ)을 기준으로 관수하는 것이 적절함.
- 여름철 장마기에 접어들면 침수에 의한 뿌리의 기능이 나빠져 습해를 받는 경우가 많은데 보통 침수된 지 2일이 지나면 고사해버림.

〈표 V-4〉 침수시간이 고추의 품종별 생육 및 수량에 미치는 영향

침수기간 (일)	생존율(%)		수량(적생과 kg/10a)및수량지수			
	신흥	대풍	신흥	지수	대풍	지수
0	100	100	1,282	100	671	100
0.5	100	98	1,239	97	487	69
1	88	90	945	74	309	51
2	13	5	63	5	0	0
4	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0

○ 시설재배의 경우에는 생육단계 및 계절에 따라 물의 요구도가 다르게 되지만 무멀칭의 경우 10a당 4톤의 물을 일시에 관수하는 것이 좋는데 생육초기인 10~11월에는 3일 1회, 생육 최성기인 12~2월에는 4일에 1회, 생육 후기인 5~6월에는 2일에 1회 정도 이량에 관수하는 것이 적당함.

○ 이랑관수 방법은 관수노력이 적게 소요된다는 이점은 있지만 토양전염성병(역병)의 전염을 확산시키는 결과를 초래할 수 있으며 전면 멀칭을 하고 점적호스를 깔아 자동적으로 관수를 하면 자재비용은 드나 노력절감 효과가 크고, 액비 이용으로 웃거름 주기가 용이한 이점이 있어 가장 이상적이라 할 수 있으며 관수는 반드시 오전중으로 행하되 흐린 날은 피하는 것이 좋음.

다) 토양관리

○ 고추는 비료에 대해 매우 둔감한 작물로서 흐린 날씨가 계속되지 않는 한 영양생장 과다로 인한 착과불량을 일으키는 일이 거의 없으며 전 생육기간을 통해서 비효가 있는 상태가 아니면 오히려 수량이 떨어지는 경우가 많기 때문에 다비재배를 행하는 것이 다수확을 위해 유리함.

○ 시비량은 토양의 비옥도(肥沃度), 연작연수, 전작물과의 관계, 재식 주수, 재배기간, 비료성분의 흡수 이용률 그리고 노지재배와 시설재배의 경우 등에 따라 각각 다르게 되며 노지재배에서는 비에 의한 용탈이 심하여 질소비료는 그 이용률이 30~

40% 밖에 안 되지만 시설재배의 경우에는 비에 의한 용탈이 거의 일어나지 않기 때문에 사용한 비료는 거의 토양 중에 남아 있게 되므로 작물에 의한 비료 이용률은 노지보다 훨씬 높게 됨.

- 일반적으로 질소 50%, 인산 15%, 칼리 80% 정도의 이용률을 감안해서 시비 설계를 세우는 것이 좋으며 보통 1톤의 풋고추를 생산하는데 필요한 비료 요구량은 질소 5.8 kg, 인산 1.1 kg, 칼리 7.4 kg, 칼슘 2.5 kg, 마그네슘 0.9 kg 정도라고 하지만 실제로 비료를 사용할 경우에는 천연공급량만큼은 제외하여야 함.

〈표 V-5〉 고추 재배에 적합한 토양의 화학성

산도 (1:5)	유기물 (%)	인산 (mg/kg)	양이온(cmol <sup>+</sup> /kg)			CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	EC (dS/m)
			칼리	칼슘	마그네슘		
6.0~6.5	2.5~3.5	450~550	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0	10~15	2이하

- 토양에 시비하기 전에는 먼저 토양분석을 실시하여 적정시비량을 결정하는 것이 좋는데 보통 토양의 염류집적 농도의 지표가 되는 전기전도도(EC)를 측정하여 그 수치가 0.3 ms/cm 이하가 되면 밑거름은 표준시비량 그대로 사용하는 것이 좋고, 0.5 전후가 되면 사용량은 1/2로 줄이고, 1.0이면 사용량을 1/3로 줄이는 것이 균형 시비방법이 됨.
- 표준시비량은 노지고추의 경우 질소·인산·칼리의 성분량이 각각 19-11.2-14.9 kg/10 a이고, 풋고추 시설재배의 경우는 22.5-6.4-10.0 kg/10 a이나 연작을 오래하여 토양 속에 가용성 인산 함량이 많이 집적되어 있는데 450~550 ppm 정도가 적당하며, 이보다 많이 집적되어 있으면 감량해서 시비하는 것이 바람직함.

(3) 양액재배

가) 배지

- 고추 양액재배 배지는 혼합배지로 5~2mm 펄라이트 7 : 훈탄 3 비율로 혼합한 구에서 생육, 수량 공히 양호 하였으며, 단용 배지일 때는 입자가 굵을수록 수량이 증가됨<표 V-6>

<표 V-6> 배지 규격에 따른 풋고추 생육 반응('94, 원예연구소)

처리		초 장 (cm)	생체중 (g/주)	잎면적 (cm <sup>2</sup> /주)	과 수 (개/주)	과 중 (g/주)	청과수량 (kg/10a)	수량 지수
펄라이트 단용	5~2mm	252	4,733.9	39,277	377.3	2,838.9	4,205.7	108
	2~1mm	265	5,043.6	43,796	347.3	2,713.6	4,020.1	103
	1mm	256	4,679.8	31,042	346.7	2,695.8	3,993.8	102
펄라이트7 :훈탄3 혼용	5~2mm	268	5,600.0	42,810	419.0	3,142.5	4,655.6	120
	2~1mm	257	4,648.9	37,111	331.0	2,258.9	3,346.5	86
	1mm	252	5,411.0	48,678	351.0	2,781.0	4,120.0	106
대비구							3,888.0	100

나) 배양액 조성

- 국립원예특작과학원에서 고추의 식물체 분석치를 근거로 하여 국내 실정에 적합한 펄라이트 배지재배 전용배양액을 개발하게 되었으며, 배양액 조성표는 <표 > 와 같음.

<표 V-7> 풋고추 주요 배양액('94, 원예연구소)

단위: g/물 1톤

다량원소					
구분	KNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O
풋고추전용액	707	115	472	246	-
야미자키피망액	606	96	354	185	-
유럽암면액	606	143	590	308	274
미량원소					
철 분 Fe-EDTA	붕 산 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	황산망간 MnSO <sub>4</sub> 4H <sub>2</sub> O	황산아연 ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	황산구리 CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	몰리브덴산나트륨 NaMoO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O
15~25 g	3 g	2 g	0.22 g	0.05 g	0.02 g



다) 배양액 관리

- pH는 6.0~6.5 범위가 가장 적당하며 배양액의 적정농도는 생육단계별로 달라져야 함. 6월 이전의 저온기(춘계)에는 EC 2.0~2.1에서, 7~8월의 고온기(하계)에는 EC 0.9~1.0에서, 9~11월(추계)에는 EC 1.7~2.5에서 생육이 우수함.
- 정식 초기 과번무를 방지하여야할 시기에는 녹광은 EC 1.0 이하, 청양은 0.7~0.6, 파리는 0.5정도 EC를 낮게 관리하다가 생육 최성기에는 녹광은 1.8~2.0, 청양은 1.5~1.6, 파리는 1.3~1.4까지 관리하며, 뿌리가 노화되는 생육후기에는 녹광은 1.5 내외, 청양은 1.3, 파리는 1.0 내외로 관리하면 양액비용도 적게 들고 작황도 안정되는 결과를 얻을 수 있음. 암면재배시에는 이 기준보다 0.3~0.5씩 높게 관리하는 것이 적당함.

〈표 V-8〉 고추 품종별 생육단계별 적정 배양액 농도('95~'99)

품 종	적정 급액 EC(dS/m)		
	생육초기	최성기	후기
녹 광	0.8 ~ 1.0	1.8 ~ 2.0	1.5 ~ 1.6
청 양	0.6 ~ 0.7	1.4 ~ 1.6	1.2 ~ 1.4
파 리	0.5 ~ 0.6	1.2 ~ 1.4	0.9 ~ 1.1
파프리카	1.0 ~ 1.5	2.0 ~ 2.5	1.8 ~ 2.2

라) 공급량 및 횟수관리

- 고추의 적정양액 공급횟수는 1시간당 10~15분 정도로 1일 8~10회 정도면 적당하고, 1주당 1일 1~2ℓ 정도 급액하면 되는데, 생육초기나 겨울철 재배시는 1일 1ℓ 이하, 생육성기나 여름철 재배시는 1일 2ℓ 정도 급액 하는 것이 좋음.
- 모터펌프의 압력, 베드의 용량, 배지입자의 크기, 계절별, 생육단계, 일사량 등에 따라 달라지므로 급액 량의 관리는 가장 중요하여 과다한 급액시 근권이 습해를 받아 양분흡수가 어려워져 병 발생이 많아질 수 있으며 배액 량은 급액 량의 10~15%가 적당함.

## 라. 파프리카

- 학명 : *Capsicum annuum* L
- 영명 : Sweet pepper, Bell pepper
  
- 파프리카는 학명이 *Capsicum annuum* L. 영명이 sweet pepper 또는 bell pepper 로 일반 피망과 분류학적으로 동일한 작물에 속하나 품종 육성과정에서 분화되어 과실의 크기, 색깔 등 외형상 서로 상이한 점이 많은데, 현재 재배되고 있는 파프리카의 품종은 피망과는 완전히 별개로 육종되었음.
  
- 피망과 파프리카의 두드러진 차이점은, 피망은 개화 30~40일후에 40~100g의 과일을 녹색상태로 단기간에 걸쳐 수확하나, 파프리카는 1개월 정도 더 지난 개화 후 60일경에 착색된 120~220g의 과일을 장기간에 걸쳐 수확한다는 점임.

〈표 V-9〉 피망과 파프리카의 구분

구분	피 망	파프리카
학명	<i>Capsicum annuum</i> L	<i>Capsicum annuum</i> L
영명	Sweet pepper, Bell pepper	Sweet pepper, Bell pepper
일명	피망	파프리카
과실색깔	녹색	빨간색, 노란색, 오렌지색
과중	40~100g	120~220g
재배기간	3~4개월	10개월
수확시기	녹색기(개화 후 30일)	착색기(개화 후 60일)
주요품종	뉴에이스 등	피에스타, 스페셜, 부기 등

### (1) 생육특성

- 파프리카는 목본성 줄기를 갖고 있으나, 줄기가 약한 편이므로 과실의 수확기에 도달하였을 때에는 무게에 의하여 줄기가 부서지거나 부러지기 쉬운 경향이 있어 식물을 지탱해 줄 수 있는 지지시스템이 필요함.

- 처음에 외줄기로 자라지만 곧 2개의 가지로 분지되며, 분지되는 곳에서 한개 또는 그이상의 꽃눈을 만들고 첫 번째 분지점에서의 눈은 버들눈으로 한개 또는 두개 이상의 잎을 만든 후에 각각의 분지점에서 꽃눈을 발육시키는데, 이 눈들은 2번화라고 함.
- 이러한 형식으로 생육은 계속되며, 성장점을 절단하지 않더라도 계속해서 많은 수의 측지가 발생함. 식물체를 유인하기 위해서는 보통 2~3개의 주지만을 남기고, 나머지 측지는 제거하며, 주지는 유인해 줌.
- 각각의 주지에서 발생하는 두 분지중 하나는 수직발육을 계속하기 위하여 유인 줄에 고정되고, 나머지 한 분지는 1~2매의 잎이 발생한 후에 생육을 멈출 수 있고, 생육을 계속 시킬 수도 있음.
- 꽃눈은 식물체의 각 분지단계에서 발생하는데, 착화와 과실발육 능력은 식물체에 도달하는 광량, 온도 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받음. 만일 각 분지점에서의 1번화가 착과부화나 스트레스를 받으면 이어서 개화하는 2번화는 개화나 착과되지 않으며, 개화하더라도 노랗게 변하거나 낙화하게 됨.
- 정상적으로 착과된 과실들은 빠른 신장을 통해 약 6주에 걸쳐 최종적인 크기에 도달하는데, 그 크기는 품종에 따라 다르며, 식물체의 성장력과 하중에 의해서도 영향을 받으며 과실이 최종적인 크기에 도달했을 때 과 표면은 광택이 나는데, 이때를 녹숙단계에 이르렀다고 할 수 있음.
- 피망은 이 때 수확을 실시하나, 파프리카는 1개월 정도 더 성숙시키면 품종 고유의 색으로 착색이 되며 착과부터 성숙까지 걸리는 기간은 보통 50~90일이나 기후조건과 그 밖의 요인들에 의해 차이가 나게 됨.

(2) 양액재배

가) 배양액 조성

- 파프리카의 배양액은 <표 V-10>의 벨기에 파프리카액 등 여러 가지가 사용되고 있으며 배양액의 농축액을 제조할 경우 반드시 두 개 이상의 탱크에 분리하여 제조해야 하며, A 탱크에는 칼슘비료를 B 탱크에는 인과 황이 함유된 비료를 넣어 칼슘과 인[Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] 또는 칼슘과 황(CaSO<sub>4</sub>)이 결합하지 않도록 해야 함. 이들은 한번 결합하면 다시금 용해가 거의 이루어지지 않게 됨.

<표 V-10> 벨기에의 파프리카 배양액

구분 비료	분자식	성분함.량(%)	단위	양액재배	배지경
A 액	질산칼슘(5[Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O])	15.5N, 20Ca	Kg	67.5	67.5
	질산칼륨(KNO <sub>3</sub> )	14N, 46K <sub>2</sub> O	Kg	37.4	24.0
	철(Fe-EDDHA)	6Fe	Kg	4.2	1.5
B 액	질산칼륨(KNO <sub>3</sub> )	14N, 46K <sub>2</sub> O	Kg	32.6	32.6
	제1인산가리(KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	35K <sub>2</sub> O, 53P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kg	24.5	24.5
	황산고토(MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	16.7MgO, 13S	Kg	12.3	12.3
	황산가리(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	50K <sub>2</sub> O, 18S	Kg	-	-
	염화가리(KCl)	60K <sub>2</sub> O, 47Cl	Kg	-	-
	질산고토{Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O}	11N, 15MgO	Kg	35.0	35.0
	황산망간(MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O)	32.5Mn	g	580	240
	황산아연(ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	22.7Zn	g	170	170
	붕사(Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O)	11.3B	g	340	340
	황산구리(CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O)	25.4Cu	g	18	18
몰리브덴(Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	39.7Mo	g	12	12	



나) 급액관리

- 맹물만 공급하는 일은 절대로 금하고, 배지 내 배양액의 농도가 공급되는 농도보다 낮아 지지 않도록 하며 배지 분석 후 보정하였거나 결핍증상 발생 등을 고려하여 새로 조성한 배양액은 2주 이상 급액하지 말고, 가능한 2주에 한번 또는 1달에 한번 정도 배지 내 배양액을 분석 후 이를 고려하여 양액을 조성하여 공급하는 것이 좋음.
- 배양액의 공급 EC는 생육 단계, 계절, 광도에 따라 다르게 공급하는데 유묘기, 겨울철 및 맑은 날은 상대적으로 낮게, 흐린 날, 겨울철은 비교적 높게 관리(파프리카는 EC 2.0~3.0dS/m 정도에서 조절)함.
- 암면 재배의 경우 1회 공급량을 약 100mℓ를 기준으로 작물의 상태, 계절, 배지내 함.수량 등을 고려하여 공급하며 일일 공급 횟수는 광량 등에 의해 결정하는데 배양액 공급이 적절하게 이루어지는지 확인하기 위해 배양액 공급 구역당 점검구를 설치(공급량, EC, pH는 매일점검) 함.

다) 배양액 관리

① pH 관리

- 적정 pH 범위는 5.8~6.2이며 원수 및 배지 내 적정 중탄산( $\text{HCO}_3^-$ ) 함.량은 50ppm 내외이며 너무 높으면 배양액의 pH가 높아져 미량원소의 흡수도가 떨어지고 산 물질을 투입하여도 중화가 되지 않게 됨. 너무 낮아도 문제가 되는데 배양액의 완충능이 낮아지고, 양이온의 흡수도가 낮아지게 됨.
- 영양생장시 배지 내 pH는 높아짐. 즉 질산태 질소( $\text{NO}_3^-$ ) 등 음.이온 흡수가 양이온의 흡수량보다 많아 작물이 이온의 균형을 유지하기 위해 뿌리를 통해  $\text{OH}^-$ 이온을 배출하기 때문이며 생식생장시 배지내 pH는 낮아짐. 즉  $\text{K}^+$  등 양이온의 흡수가 증가하여 뿌리로부터  $\text{H}^+$ 을 배출함.
- 근권부의 pH를 파악한다는 것은 작물의 생육과 직결되므로 정확한 측정이 필요하

고 근권부에서 채취한 배양액은 개별적으로 조사해야 함. 만약 이들을 혼합할 경우 어떤 채취액이 중탄산을 다량 함유했을 경우 pH가 높아 pH가 낮은 다른 배양액의 완충작용을 함으로써 적절한 측정을 할 수 없게 됨.

- 하루 중에도 pH의 변화가 자주 일어나므로 슬래브 내 pH의 측정은 가능한 동일한 시간대에 이루어져야만 하며 정확한 pH값을 얻기 위해서는 반드시 주 1회 이상 측정해야 하는데 급액 구역당 20개 이상 측정해야 하며 양액은 블록 밑에서 채취하고 이와 같이 측정된 pH는 기록하여 작물의 pH변화에 대처해야 함.
- pH가 적정 수준을 벗어날 경우는 조정이 필요한데 슬래브 내 pH가 낮을 때는 작물 생육의 균형이 깨져 해를 줄 수 있으므로 물이나 배양액으로 씻어내지 말아야 하며 배양액 조성시  $\text{NH}_4^+$ 의 함량을 줄이거나 경우에 따라서는 전혀 공급하지 않고 원수의  $\text{HCO}_3^-$  함량을 확인 후 필요하면 약간의 중탄산을 첨가해야 함. 반대로 pH가 높을 때는 슬래브를 물 또는 양액으로 씻어내지 말고 배양액 조성시  $\text{NH}_4^+$ 의 함량을 높여주던가, A,B 탱크의 산의 함량을 높임.

## ② EC 관리

- 일반적으로 슬래브 내 EC는 함.수율에 따라 변하는데 양액이 공급되기 직전이 가장 높고, 급액이 시작되면서 서서히 떨어지며 광량이 많은 날에 급액 량이 적으면 EC는 다시 높아질 수도 있고, 건조한 슬래브는 급액 후 빠르게 EC가 떨어질 수 있음.
- 근권부의 EC가 하절기에는 2.7~3.0dS/m 내외, 동절기에는 3.0~3.5dS/m가 되도록 관리하는데 특히 파프리카는 배꼽썩음이 잘 나오므로 하절기에 EC가 높지 않도록 관리해야 함.
- 배지 내 EC를 통하여 작물의 생육을 어느 정도 조절할 수 있으므로 EC가 높을 경우 생식생장, 낮을 경우 영양생장으로 유도되며 슬래브 내 EC 조사시간은 12시~3시가 가장 적절하며, 이는 슬래브 내가 배액이 시작된 후이나 떨어지게 되기 때문인데 EC 측정은 양액 공급 구역 당 10개의 점적핀 밑과 10의 중간지점에서 채취하는

것이 정확함.

라) 배지 내 수분관리

- 1 단계는 배양액을 공급한 후 배액이 시작되는 기간으로서 슬래브 함수율은 증가하며 EC는 서서히 감소하게 되는데 이 비율은 슬래브 수분 량에 따라 차이가 나며, 슬래브가 건조할 때보다 수분이 많을 때에 적게 나타남.
- 또한 이 기간에 배액이 너무 늦게 시작되면 EC는 증가하게 되며 특히 일사량이 많으면 상대적으로 수분 증발량도 공급되는 양보다 많아지기 때문에 일반적으로 첫 배액은 계절에 따라 차이가 있으나 10시를 전후로 관리해야 함. 1단계 배양액급액은 슬래브 함수율과 EC에 커다란 영향을 미치므로 세심한 관리가 이루어져야 함.
- 2단계는 배액이 시작되는 시점으로부터 급액이 종료되는 기간으로서 만약 슬래브내의 EC가 높을 경우는 낮 동안의 급액에 의해 떨어지고 공급된 양액에 의해서 슬래브 양액이 배출되므로 슬래브 내는 공급 액만 남게 되나 일중 배액 량이 많아지면 공급액도 배출될 뿐만 아니라 약간의 축적된 염류도 배출될 수 있으므로 효과적인 EC조절을 위해서는 적어도 1일  $1\ell/m^2$  이상이며 이상 배액될 때는 슬래브보다 수분을 더 많이 흡수하게 되어 슬래브에 다량의 염류가 축적됨.
- 특히 작물이 어린 경우 이러한 현상이 쉽게 나타나며 배액 량을 증가 하거나 공급 EC를 낮추어 해결하며 슬래브가 너무 과습한 경우는 1회 공급량을 크게(>150ml) 하는 것이 좋고, 이렇게 하는 것이 보다 많은 배액을 유도하여 효과적으로 EC를 조절할 수 있음.
- 반대로 슬래브가 건조할 경우 적은 양으로 급액을 자주하여 슬래브 전체에 고루 확산되게 하는 것이 좋으며 점적 핀의 크기에 따라 작은 것(35ml/분)이 큰 것(75ml/분) 보다 양액을 효율적으로 슬래브에 확산시킴.
- 3단계는 공급을 마치고 다음날 양액을 처음 공급하는 시점까지로 이 시기에는 양

액이 슬래브에 확산되어 다음날 공급 양액에 의해 염류가 배출될 수 있도록 할 뿐만 아니라 작물이 보다 신선한 양액을 흡수할 수 있도록 준비를 해 주어야 하며 급액이 중단되면 슬래브의 EC는 서서히 증가하는데 만약 급액의 종료시점을 너무 빠르게 가져가면 작물은 계속해서 증산작용을 하므로 슬래브 내 EC는 급격히 증가하면서 함수량은 감소함.

- 급액 종료 시간을 늦게 하면 슬래브 내가 과습하여 뿌리의 발육이 저해되며, 이 시점은 외부 환경 즉 광량 등을 고려하여 결정하며 일반적으로 급액시간의 종료는 맑은 날일 경우 일몰 1~2시간 전, 흐리거나 비가 오는 날은 3~4시간 이전 또는 작물에 따라서는 그보다 훨씬 빨리하는 것이 바람직함.
- 슬래브 내 함수량은 작물의 뿌리 발달과 생육에 커다란 영향을 주는데 함수율이 높으면 작물은 영양생장, 함수율이 낮으면 생식생장을 하게 되며 적절한 함수량은 작물의 생육단계와 계절에 따라 차이는 있으나 일반적으로 광량이 높은 시기는 75% 내외, 광량이 낮은 시기는 65% 내외로 관리하는 것이 적당함.
- 또한 하루 중의 슬래브 내 함수량의 차이를 이용해서 작물의 생육을 조절 할 수가 있겠는데 일일 함수율의 변화는 약 6~8%가 적당하며, 생식생장을 유도할 경우는 10% 이상, 영양생장을 유도할 경우는 4% 이하를 유지시키면 가능함.

#### 마. 오이

- 學名 : Cucumis sativus L.
- 英名 : cucumber

##### (1) 원산지와 특성

- 원산지는 서북인도나 히말라야 산기슭으로 보고 있으며 진실한 야생종이 아직 발견

되지 않아 확실한 증거는 없지만, 근연의 야생종이 히말라야 남쪽 산기슭에서 수집되고, 인도에서는 3000년 전부터 재배되었음.

- 1세기에 원산지에서 이탈리아, 그리스, 북아프리카로 이동하였고 우리나라에는 실크로드를 타고 중국 화북에 전파되어 북지형을 형성된 것이 1500년 전에 전파되었음.
- 오이는 1년생 초본이며 덩굴성이며 초형에는 분지성이 강하여 곁가지 발생이 왕성한 것과 곁가지보다 원가지가 더 강한 것이 있으며 자웅동주로서 마디마다 암꽃은 수꽃을 착생하나, 암꽃착생의 정도는 품종 및 환경에 따라 다르고, 특히 일장과 온도의 영향을 받음.

## (2) 재배환경 관리

### 가) 온도관리

- 생육적온은 20~25℃로서 오이류 중 수박, 참외보다는 낮고, 호박보다는 약간 높은 적온범위를 가지고 있으며 내한성은 약한 편이며, 10~12℃이하에서는 생육이 억제되고, -1~-3℃에서는 얼어 죽는데 발아적온은 20~25℃이며, 11~18℃이하나 30℃이상에서는 발아율이 저하됨.

### 나) 수분관리

- 참외나 수박에 비교하여 다량의 수분을 필요로 하는 호습성 채소이며 특히 뿌리의 분포가 얇기 때문에 토양수분의 부족은 생육에 큰 장애를 주나 과습상태는 토양 중의 통기를 불량하게 하여 뿌리의 기능이 쇠퇴하고, 병해 발생을 높임.

### 다) 토양관리

- 사질토는 조기 수확이 가능하나 노화를 빨리 초래하고, 점질토는 수확이 늦게되며 유기질이 많고, 보수력이 크며, 비옥한 토양이 좋음. 강산성 또는 중성토양이 알맞고, 적정산도는 pH 5.7~7.2이며, pH 4.3이하에서는 말라죽음.

(3) 양액재배

- 오이는 다른 과채류에 비해 환경변화에 대한 적응성이 낮아 각종 생리장해 발생이 많고, 작황이 불안정하여 계절별로 품종에 따라 생산량이 크게 달라지므로 3~4개월을 1작기로 품종을 바꾸어 가면서 재배를 해야 함.

가) 배양액

〈표 V-11〉 오이 주요 배양액('94, 원예연구소)

단위: g/물 1톤

다량원소					
구 분	KNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	
오이(원예특작과학원)	707	76	590	246	
야마자키오이액	606	115	826	492	
미량원소					
철 분 Fe-EDTA	붕 산 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	황산망간 MnSO <sub>4</sub> 4H <sub>2</sub> O	황산아연 ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	황산구리 CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	몰리브덴산나트륨 NaMoO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O
15~25g	3g	2g	0.22g	0.05g	0.02g

나) 배양액 관리

- 오이 근권 부위의 최적 EC 농도는 품종 간에도 차이가 있으나, 일반적으로 2.5~3.0 수준으로 보고되고 있으며 EC의 증가는 오이 품질을 향상시키지만 수확량의 감소가 나타나므로 적정 수준에서 관리하는 것이 바람직함.
- 오이 배지경에서 근권 내 배양액의 최적 농도 관리는 식물체가 1.2m 이상 커지면 양분 흡수가 급속히 증가하여 이후 3~4주 동안 최대 양분 흡수 시간대로 되기 때문에 근권 내 농도를 2.0으로 유지하려 해도 최소한 2.4 정도의 배양액을 급액 해야 함.

- 반면에 이 기간이 지나고 나면 근권 내 농도가 다시 높아지므로 급액 농도를 점차 낮추어 수확 초기 2.2, 수확 중기 2.0으로 하고, 생육 후기에는 1.8로 낮추어 충분한 수량과 품질을 유지하도록 해야 함.
- 오이 양액재배에서 생육단계뿐만 아니라 계절의 기상 조건에 따른 최적 급액 농도도 중요하지만, 배지경에서는 무엇보다도 근권 내 배양액 농도와 pH가 작물재배의 성패를 좌우하는 요인이 되므로 근권 환경을 최적 수준으로 유지할 수 있도록 급액 농도, pH 및 급액 량으로 조절하도록 해야 함.

〈표 V-12〉 오이 고행배지경에서 수확기 시기별 최적 급액 농도 및 급액량

시기	급액농도 (mS/cm)	근권 내 농도 (mS/cm)	급액량 (L/그루/일)
4월~6월	2.0~2.2	2.0~3.0	1.8~2.4
7월~8월	1.8~2.0	1.5~2.5	2.0~2.5
9월~10월	2.0~2.4	2.0~3.0	1.8~2.2
11월~3월	2.4~3.0	2.5~3.5	1.3~1.8

다) 급액관리

- 고행배지경에서는 점적 관수로 배양액을 공급하는데, 주간에는 많이, 야간에는 적게 공급하며 암면은 일단 건조되면 원래의 상태로 복귀하지 못하므로 건조되지 않도록 주의해야 함.
- 오이 반촉성 배지경에서 생육단계와 계절에 따른 급액량은 육묘기에 300ml/주, 정식 후 약 2주간 500ml/주, 수확 시작까지는 80~1000ml/주, 수확 개시부터 초장 1.3~1.5m일 때는 1300~1500ml/주, 수확최성기 2000~2200ml/주를 급액하고, 배액은 20% 정도가 되도록 하면 고품질 다수확이 가능함.
- 비순환식의 경우 특히 급액 량과 급액 횟수의 설정이 중요한데, 일사량에 따른 급액법의 경우, 우리나라 일사량의 월별 분포를 보면 11월에서 1월까지가 10mj/m<sup>2</sup> 이하를 나타내며, 12월이 가장 낮아 6.320mj/m<sup>2</sup>을 보인다. 2~10월까지

100mj/m2 이상을 보이며, 장마철에는 봄보다도 낮은 일사량을 보임.

- 이러한 수치를 기준으로 하여 오이의 펄라이트 재배시 관수량을 계산한 결과<표>, 월별 10a당 급액량은 1769.6ℓ에서부터 5440.4ℓ이며, 주당 급액량은 0.74~2.27ℓ가 필요하며, 횟수는 1일 7.4회에서 15.5회까지 계절별로 크게 차이가 남.

<표 V-13> 오이의 펄라이트 재배시 월별 평균 수분 요구량 추정과 월별 급액 설계

월	일사량 (mj/m <sup>2</sup> )	급액량 (ℓ/10 a)	급액량 (ℓ/그루)	급액 횟수	비 고
1	6.71	1878.8	0.78	7.9	
2	11.99	3357.2	1.40	9.6	
3	14.13	3956.4	1.65	11.3	
4	18.54	5191.2	2.16	14.8	
5	19.43	5440.4	2.27	15.5	(1) 11월~1월 급액은 0.85 mJ/m2 기준으로 급액
6	15.90	4452.0	1.86	12.7	
7	13.37	3743.6	1.56	10.7	
8	15.74	4407.2	1.84	12.6	(2) 2월~10월 급액은 1.25 mJ/m2 기준으로 급액
9	13.28	3718.4	1.55	10.6	
10	11.43	3200.4	1.33	9.1	
11	8.61	2410.8	1.00	10.1	
12	6.32	1769.6	0.74	7.4	

### 바. 딸기

- 학명 : *Fragaria grandiflora* E.
- 영명 : strawberry
- 딸기는 매년 총 7,000ha정도 재배되고 있어 고추, 수박, 참외, 호박, 오이 등에 이어 6위 정도이며 매년 재배면적이 늘어남에도 수요가 늘어 가격이 높게 형성되고 있음. 딸기는 염류농도에 엄청나게 민감하고 연작장해가 많아 선진국들에서는 양액재배가 많이 이루어지고 있는 실정이며 우리나라에서는 지금 논산과 진주, 하동, 담양 등지에서 양액재배가 확대되고 있음.



(1) 양액재배 필요성

- 딸기재배에서 가장 문제시 되고 있는 점은 고염류 장애와 토양 전염성 병해나 독소 물질들의 집적에 의한 연작장애로 이를 극복하기 위해서는 양액재배가 필수적이라는 점임.
- 딸기는 키가 작기 때문에 모든 작업이 엎드린 상태에서 이루어지므로 토경재배 시에 힘이 많이 드는데 이를 극복하기 위해 고설식 양액재배 면적이 급증하고 있고 또한 각종 병해충의 발생이 많으며 작업환경이 불량한 장소에서는 방제가 힘들고 농약살포 횟수가 많아지게 됨.
- 수출물량이 매년 늘고 있으며 딸기를 수입하는 선진국에서는 양액 청정 딸기의 선호도가 높아지고 있고, 우리나라의 대형 유통업체에서의 고가 고품질 딸기에 대한 계약 요구가 많으나 이를 충족시킬 면적이 절대적으로 부족함.

(2) 양액재배

가) 베드 설치 및 배지 채우기

- 딸기 양액재배용 베드는 일반 작물과는 달리 지상부에서 70~80cm 정도의 높이에 고설식으로 설치하기 때문에 지중난방이 이루어져야 하며 베드의 길이는 20~30cm 단위로 더 이상 길어지지 않게 하고 경사는 4~5cm 차이로 하며 넓이는 30cm로 하고, 높이는 15cm정도면 충분하며 2줄로 심되 화방이 밖으로 향하도록 심으면 관리에 편리하며 배지는 펄라이트 굵은 입자 70 : 중화시킨 피트모스 30 비율로 섞어 베드 위에 채움.

나) 양액조제

- 딸기 전용 배양액에는 일본의 아마자키액과 국립원예특작과학원액이 있으며 원예특작과학원의 배양액 조성은 N-P-K-Ca-Mg=6-2-3.5-3-1me/L(EC 0.83dS/m, pH 6.32)이며 배양액 조성은 (표 1)과 같음.

〈표 V-14〉 딸기 배양액 조성('01, 국립원예특작과학원)

단위: g/물 1톤

다량원소					
구 분	KNO <sub>3</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
딸기전용액	286	91	354	123	7
미량원소					
철 분 EDTA-Fe	붕 산 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	황산망간 MnSO <sub>4</sub> 4H <sub>2</sub> O	황산아연 ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	황산구리 CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	몰리브덴산나트륨 NaMoO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O
15~25g	3g	2g	0.22g	0.05g	0.02g

A탱크(1톤들이 100배 기준)

B탱크(1톤들이 100배 기준)

- 질 산 칼 륨 : 14.3kg (14.3)  - 질 산 칼 숨 : 35.4kg (32.4)  - 킬레이트철 : 2kg (2.0)	- 질 산 칼 륨 : 14.3kg (14.3) - 제1인산암모늄 : 9.1kg (9.1) - 황산마그네슘 : 12.3kg (12.3) - 질산암모늄 : 700g (0) - 붕 산 : 300g (300) - 망 간 : 200g (200) - 아 연 : 22g (22) - 구 리 : 5g (5) - 몰 리 브 덴 : 2g (2)
---	--

→ 지하수 공급 → 액비혼입기 → 점적호스

〈그림 V-8〉 딸기 배양액 원액조제.

※ ( )는 노르웨이산 질산칼슘 사용시 원액조제 방법

다) 양액관리방법

- 급액 량 관리는 타이머, 일사센서, 수분센서 등에 의한 급액 방법이 있으며, 급액 량은 10%정도가 배액 되도록 공급함. 배양액농도는 품종, 생육단계별, 계절별로 달라질 수 있지만 우리나라에서 많이 재배하는 아끼히메, 여봉 등의 경우 개화기 전까지는 EC를 0.5~0.6 정도, 개화 후 착과 비대기에는 1.0~1.2 정도로 관리하는 것이 좋음.

- pH는 배양액 내 음·양이온의 조화를 의미하는 것으로 작물이 성장하는데 필요한 13가지 무기성분이 골고루 잘 흡수되게 하기 위한 적정 pH는 5.8~6.2 범위이나 실제 재배시에는 6~7 범위로 유지하면 좋음.

## 사. 상추

- 학명 : *Lactuca sativa* L.
- 영명 : lettuce

### (1) 재배환경과 특성

- 채소를 씹 싸서 먹는 식문화는 우리만이 갖고 있는 고유의 식생활이며, 대표적인 씹 채소는 상추임. 상추의 소비는 결구상추를 셀러드로 이용하는 것과 잎 상추 타입을 쌈용으로 이용하는 것이 있는데 쌈용 소비가 압도적으로 우위를 차지하고 있음.
- 상추가 우리나라에 도입된 것은 고려시대로 알려져 있을 만큼 재배 역사가 오래되었으며 우리 고유 채소라 할 수 있으며 현재는 외식산업의 번창과 고기류 소비 증가에 따라 함께 소비되는 상추의 소비도 증가하게 되었는데 시설재배가 도입되어 주년생산이 가능하게 되었음.
- 상추의 소비특성은 쌈용 소비가 대부분이기에 상추는 깨끗하게 생산하는 것이 영농상 매우 중요하며 토양재배 상추는 관수 작업이나 웃거름 또는 수확 작업을 할 때 부득이 흙과 접촉하게 되며 그로 인해서 잎에 흙이 묻어 상품화시킬 때 물로 씻어 주어야 제값을 받을 수 있음.
- 그러나 양액 재배한 상추는 흙과 직접적으로 접촉하지 않기 때문에 깨끗한 상추를 생산할 수 있는 점이 큰 장점이며, 토양 재배한 상추에 비해 육질이 부드러우면서 상추 고유한 풍미 또한 뒤지지 않아 상품성이 우수함.

- 양액재배 상추는 토양재배에 비해 생육속도가 20~30% 빠르고 단위면적당 수량도 높게 나오며 소비자의 냉장고에서 저장이 오래 가기 때문에 소비자 기호도가 매우 높음.
- 상추는 호냉성 작물로써 서늘한 기후조건에서 생육이 왕성하여 발아와 생육적온이 15~20℃이며 종자는 광발아성이므로 파종할 때 복토를 얇게 하는 것이 발아율을 좋게 하며 상추는 고온에서 꽃눈이 생기고 장일조건 에서 꽃대가 올라옴.
- 상추 수량은 온도가 높고 일장이 긴 여름철에 가장 낮으며 광 적응성은 광포화점이 25 Klux, 광 보상점은 1.5 Klux이다. 약광에서도 잘 견디는 편이지만 줄기가 웃자라기 때문에 상추 품질이 떨어지고 꽃대가 빨리 올라와서 여름철 상추 재배시 온도 하강을 목적으로 차광을 할 경우에 차광률은 35% 이하로 해야 함.
- 상추의 pH 적응성은 6.0 내외이나 양액재배에서는 5.0~7.0 범위에서 잘 자라며 산성 쪽으로 4.0까지 견디며 알칼리성 쪽으로 8.0까지 견디나 생육이 불량해지며 생육에 알맞은 전기전도도(EC)는 1.2~1.6 dS/m인데 계절별로 여름철에는 1.2 dS/m이며, 겨울철에는 1.6 dS/m에서 생육이 양호함.

## (2) 양액재배

- 양액재배 시스템은 시설 내에 설치되어 특정한 시기에 편중됨이 없이 연중 재배되어 출하되고 있기 때문에 작형으로 구분은 무의미하지만 여름철 만추대성, 겨울철 내한성 등 시기별로 적절한 품종선택이 요구됨. 상추 품종선택에서 가장 어려운 부분이 여름상추 품종을 고르는 일이며 특히 양액재배에서의 여름철은 고온 장일조건과 액온이 높아지는 어려움이 있음.

### 가) 모 기르기

- 상추 종자는 기본적으로 저온에 저장을 해야 하므로 상추 종자는 반드시 냉장고에 보관하여 사용하는 것이 좋으며 특히 발아율이 떨어지는 여름철에 냉장 보관한 상

추 종자는 봄철 못지않게 균일하고 높은 발아율을 나타낼 수 있음.

- 양액재배를 위한 상추 모 기르는 방법은 파종상자에 발아시켜 플러그 트레이나 우레탄 스펀지에 이식하는 방법과 우레탄 스펀지에 파종하여 양액육묘를 하거나 플러그 트레이에 파종하여 모를 기르는 방법을 고려할 수 있음.
- 파종상자에 파종할 때 파종용토는 질석이나 혼탄 또는 강모래를 이용하여 파종할 수 있으나 여름철은 무균성 질석이나 혼탄을 이용하는 것이 안전하며 플러그 트레이에 육묘할 때에는 200공 트레이를 이용하여 육묘용 상토를 쓰는 것이 가장 무난함.
- 우레탄 스펀지에 육묘를 할 때 주의할 점은 발아 후 곧바로 배양액으로 교체해주어야 하는데 발아할 때까지는 씨앗 자체의 영양분으로 생육을 시작하지만 발아가 끝나면 떡잎의 영양분을 모두 소모하였으므로 외부에서 인위적인 영양분 공급이 필요하기 때문이며 이때 배양액은 상추 배양액의 0.5배액이나 표준액으로 육묘해야 함.
- 육묘기간은 일장이 짧고 온도가 낮은 겨울철은 30일 가량, 여름철은 25일 정도 육묘하면 정식 할 수 있는 본엽 4~5매의 생육을 보이며 어떠한 경우라도 육묘 베드의 배양액은 순환을 시켜 배양액 내 용존산소량을 5ppm 이상 되게 함.

#### 나) 정식

- 상추 양액재배는 담액양액 또는 배지경 양액재배 모두 가능하지만 담액양액재배가 경제적인 면에서 유리하고 양액재배 상추의 재식거리는 일반 토양재배에 비해 밀식함.
- 양액재배 상추의 재식거리는 15×15cm 또는 15×20cm가 가장 무난하며, 아주 좁혀 밀식을 한다면 10×15cm까지도 가능하며 재식 판의 두께는 주로 20mm 두께의 스티로폼을 사용하고 있으나 여름철 액온 상승을 억제하고 겨울철 액온저하를 막는다면 두께가 30mm 되는 스티로폼을 이용하는 것이 좋음.

다) 배양액 조성관리

- 상추의 배양액은 여러 가지를 활용할 수 있으나 국립원예특작과학원 상추 전용액이나 아마자키 상추 전용액으로 재배하는 것이 무난함. < 표 >

<표 V-15> 상추 배양액

단위: g/물1톤

구 분	KNO <sub>3</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
원에특작과학원액	505	354	185	136.8
아마자키액	404	236	123	57

- 물 1톤에 들어가는 미량원소 양은 철 16g, 붕소 1.2g, 망간 0.72g, 아연 0.09g, 구리 0.04g, 몰리브덴 0.01g 이고 상추 양액재배는 담액양액재배가 일반적이며 순환식 양액재배를 전제로 할 때 10a당 30톤 규모의 배양액 탱크가 필요하며 10톤 규모의 탱크를 세 개로 나누는 것이 좋고, 배양액을 조성하거나 관리 면에서 다소 번거롭지만 배양액이 잘못되었거나 배양액 탱크 청소 등의 작업을 원활히 할 수 있음.
- 베드의 길이는 20여 미터가 적당하며 물 높이는 10cm 안으로 유지시키며 순환펌프의 동작은 담액순환식의 경우 간단한 ON/OFF 동작을 타이머로 관리하며 재배기간 주의 배양액 보충은 배양액 탱크의 배양액 양이 1/2~1/3 가량 남았을 때 보충함.
- 상추는 질산태질소보다 암모늄태질소를 먼저 흡수하는 특성을 갖고 있기 때문에 생육초기에 pH가 내려가고 암모늄태질소가 고갈되고 나면 질산태질소를 흡수하면서 pH가 다시 올라가는 특성을 보임.
- 배양액 관리에서 pH 4 이하로 내려가면 음이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)의 흡수는 많아지고 양이온의 흡수는 저해되며 낮은 pH에서는 H<sup>+</sup> 이온의 피해로 인해 잔뿌리가 없어지며 뿌리가 뭉툭해지고 배양액 내 Ca, Mg, K와 같은 양이온이 침전되어 결핍증상이 일어남. 반면 pH가 7.5이상으로 높아지면 양이온(K, Ca, Mg)의 흡수가

잘되고 음이온의 흡수가 저해되며 Fe, Mn, B 등의 침전이 일어나 불용화 되어 흡수 이용이 저해됨.

- 배양액의 온도는 18~20℃가 가장 이상적이나 여름철은 30℃를 육박하여 상추의 줄기 신장을 촉진시키고 결과적으로 꽃대가 빨리 올라오며 겨울에는 10℃이하로 떨어져 잎의 분화와 성장을 더디게 하여 단위 기간 당 수량의 저하로 이어짐.

〈표 V-16〉 시설원예부문 시범사업 아이템 후보 분석

○: 상 △: 중 ×: 하

후보	평가 지표				
	온배수활용성	재배용이성	경제성	특화가능성	판매용이성
멜론	○	△	○	○	○
토마토	×	○	×	×	△
고추	×	○	×	×	△
파프리카	○	△	△	×	○
오이	×	○	×	×	△
딸기	△	○	×	×	△
상추	×	○	×	×	△

## 2.2 수산양식업 부문

- 온배수를 활용한 수산양식업 시범사업 아이템후보로는 철갑상어, 뱀장어, 메기, 틸라피아, 동자개 등이 있음.

### 가. 철갑상어

- 철갑상어는 지구의 역사로 보아 백악기의 중기부터 지구상에 나타나 지구환경에 적응하면서 살아온 어류로 현존하는 어류 중 가장 오랜 역사를 지닌 살아있는 화석동

물이며 담수산 어류 중 최대, 최장수 어류로 생명력이 강한 고기로 이빨이 없으며 사람을 해치지 않는 아주 온순한 고기임.

- 철갑상어는 연골을 가지고 있으나 분류학상으로는 경골어류로 분류되고 있으며, 현재 1목 2과 6속 26종이 서식하고 있으며 최대 전장은 8.6m이상, 체중 1.3톤 이상, 수명은 100년 넘게 생존하는 종도 있으며 북회귀선 이북에 널리 분포하고 있음.
- 철갑상어의 양식은 새로운 양식 어종의 개발과 점차 멸종되어 가는 자원을 보존하기 위하여 전 세계적으로 약 20여 개국에서 각종 철갑상어의 사육, 부화 및 기초시험을 실시하고 있으며 많은 연구가 진행되고 있음. 또한 1952년부터 러시아에서는 속간, 중간 교배에 의해 잡종 철갑상어를 생산 해내고 있음.
- 철갑상어는 “멸종위기에 처한 야생동식물종의 국제거래에 관한 협약(CITES)”국제협약에 의해 자연산의 포획 및 거래가 중단되어 공급부족현상이 일어나고 있으며 철갑상어의 알인 캐비어는 가격이 매년 폭등하여 뉴욕경매시장에서 한때 1g에 7달러 까지 거래가 이루어진 적이 있음.
- 말라카이트 그린 파동이후 대부분의 국내 내수면 양식장이 휴, 폐업이 속출하고 있지만 철갑상어는 성장이 빠르고 폐사율이 매우 낮으며, 두꺼운 가죽과 다량의 체액 및 강한 생명력이 있어 질병과 기생충이 거의 없고 대부분의 양어장에서 투여되는 항상제가 필요 없어 어느 양식어종보다 양식이 수월함.
- 철갑상어는 모든 부위가 상품화가 가능한 고부가가치의 어종으로 머리는 찜, 지느러미는 삭스핀 요리, 육질은 횡감, 스테이크, 훈제, 튀김, 초밥 등에 연골은 최고의 강장제, 최음제로 이용되는 등 전체가 식용 및 건강식품으로 이용되고 있음.
- 철갑상어는 지방과 단백질이 각 8.6%, 19.3%의 비율로 고루 함유되어 있으며 철갑상어의 지방은 고루 함유되어 있을 뿐 아니라, 그 지방산의 조성 또한 우수함. 철갑상어의 가장 유효한 성분은 w-3 계열 지방산이며 대표적인 w-3 계열의 지방산으



로는 리놀렌산, EPA와 DHA를 들 수 있음.

- 특히 고도불포화지방산인 EPA와 DHA 성분의 함량이 많아 EPA는 혈액중의 콜레스테롤 함량을 개선시키고, 혈류촉진작용을 하는 등 심혈관계 관련 질병에 유효하다고 알려져 있으며, DHA는 두뇌와 망막의 구성 성분이므로 학습능력 향상과 시력 향상에 유효한 성분이라고 알려져 있음.

#### (1) 주요 어종

- 시베리아 철갑상어: 분포 구역이 대단히 넓어 우랄산맥에서 환동해에 이르기까지 넓게 분포하며 기수지역, 담수에 서식함. 다른 종에 비해 체고가 높으며 주둥이가 납작하고 짧으며 별 모양의 작은 비늘이 등 비늘 밑에 산재하며 등 굽비늘수는 10~20개이고 측면 굽비늘수는 32~62개임. 체색은 검은 회갈색이며 복부는 하얀색 바탕에 갈색 점이 있으며 수염은 둥글고 암·수 모두 평균체중 65kg이며 가끔 200kg이상의 대형도 있음.
- 최대 수명이 60년으로 성숙 소요기간은 수컷이 15~18년, 암컷이 18~20년이나, 발전소의 온배수를 이용하여 가온사육할 경우 6~9년에 성숙함. 산란은 봄에 수온 9~18℃로 올라갈 때 시작되며 산란량은 kg당 13,000~20,000개이며 직경 2.5~2.8mm, 중량 18.5~20mg임. 이종은 성질이 온순하며 사육환경에 강해 여러나라에서 양식을 시도하고 있음.
- 스텔렛 철갑상어: 순수 담수종이며 철갑상어중 가장 소형 어종으로 다른 철갑상어와의 교잡종으로 많이 이용되고 있으며 흑해, 카스피해, 아좁해, 발틱해의 강에서 서식함. 성적인 성숙은 수컷이 4~5년, 암컷이 5~9년 걸리며 측면의 굽비늘수가 다른 종류보다 많고 너슬너슬한 수염을 가지고 있음. 입술은 두 개로 나뉘어 있고 등 굽비늘 11~18개, 옆줄 굽비늘 56~71, 배 굽비늘수는 10~20개임. 체색은 검은 갈색이며 복부 및 굽비늘은 흰색을 띄며 평균 크기는 2~3kg, 평균 수명은 15년이며, 최대 수명은 27년으로 1.2m, 16kg 크기까지 자람. 포란량은 kg당 20,000~30,000

개이며, 알 크기는 1.8~2.8mm, 알 중량은 8~9mg 임. 16°C에서 부화는 4~5일 걸리며 이때 부화자어는 6~7mm이며 부화후 6~10일 후면 난황을 흡수하고 외부 먹이를 먹음.

- 러시아 철갑상어: 흑해, 카스피해, 아좁해 등에 서식하며 수온 11°C에서부터 산란을 시작하고 등 굽비늘 5~19, 옆 굽비늘 21~50, 배 굽비늘수는 6~14 임. 러시아 철갑상어는 주둥이가 짧고 뭉툭하며 밑 입술이 절단되어 있고 수염은 너슬너슬하지 않고 짧음. 어육은 맛이 좋아 생선, 냉동품, 염장품으로 이용되며 최대 2.3m, 110kg 까지 크며 수명은 50년임. 성적인 성숙은 수컷이 8~13년, 암컷이 10~16년 걸리며 산란 주기는 수컷이 2~3년, 암컷이 3~6년임. 난의 크기는 3.0~3.5mm이며 캐비아로의 이용 가치가 매우 높음. 부화는 수온 12°C에서 12일, 22°C에서 4~5일 소요되며 식성은 모기유충이나 저서동물, 연체동물 등을 섭취함.
- 베스터: 속간 교배종으로 구 소련 시대에 개발된 어종으로서 대형종인 벨루가(Beluga) 암컷과 가장 소형종이며 성숙이 빠른 스텔렛(Sterlet) 수컷을 교배하여 얻어진 교잡종으로 어미의 좋은 형질을 이어받아 성숙과 성장이 빠르면서 캐비아와 어육의 질이 우수한 잡종임. 일본, 중국, 미국 등 각 국에서 활발히 양식하고 있는 어종으로 F5세대까지 나왔으나 세대가 내려갈수록 유전형질이 떨어져 순종 확보가 필요함. 이 어종은 담수 또는 기수에서도 사육이 가능하며 번식력이 강하며 외부 형태는 스텔렛 철갑상어와 비슷하나 성장이 스텔렛에 비해 훨씬 빠르고 약 7년정도 좋은 환경에서 양식한다면 종묘생산이 가능함.

## (2) 양식 방법

- 부화기에서 알이 부화된 후 활동성이 강한 자어는 물 상층으로 떠올라 물 흐름에 따라 부화기의 배수구에서 나와 망으로 만든 사각 틀에 부화 자어를 모아 마리수를 계수하여 부화 자어 양어지인 사각 FRP수조(2.5×1.5m)에 80,000마리씩 수용함. 약한 자어들은 부화기 밑 부분에 남게 되는데 그들을 세숫대야에 받아내 수조로 옮긴 후 수온의 변화가 없도록 관리하며 aeration을 시켜 산소를 공급함.

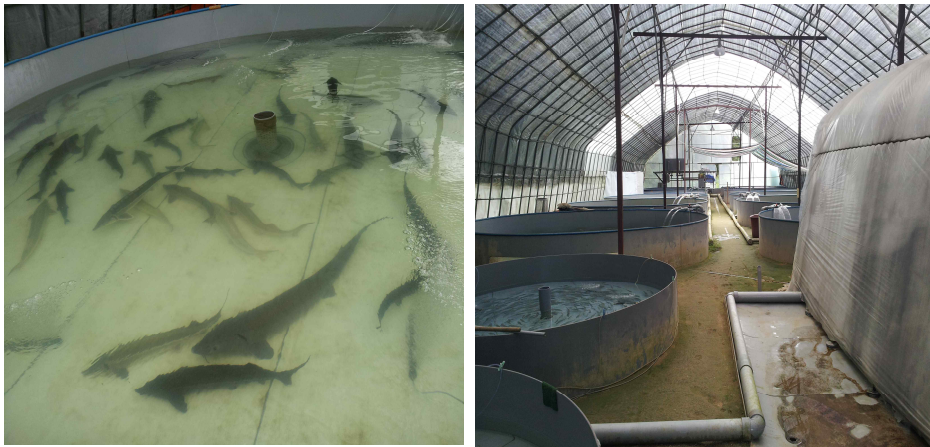
- 부화된 자어는 난황을 소비하고 사료를 먹기 시작 할 때까지의 기간은 수온과 밀접한 관계를 가지는데, 수온 14~15℃일 때 12~14일, 수온 18℃일 때 10일, 수온 20℃에서는 약 8~9일간 걸림. 부화하여 난황이 흡수되면 그들의 생존은 사육시설과 먹이 섭취에 좌우되며 이 시기에 중요한 사항은 영양임. 수정에서 사료를 먹기 시작 할 때까지의 치어 생존율은 80%이며, 물의 순환을 잘 유지해 주어야 하며 수온은 18~22℃수준으로 유지해야 함.
- 부화 후 자어는 수조 내에 확산되며 다소의 음성주광성을 나타내며 이 시기의 유영양상은 올챙이의 유영 양상과 유사하며 연속적으로 움직임. 부화 후 5~6일 이내에 치어는 강한 음성주광성을 나타내며 바닥에서 군집을 이루며 이러한 유영생활에서 저서생활로의 변화 이후 3~5일 후 치어의 발생은 거의 완전히 이루어져 먹이를 먹기 시작함.
- 치어의 특징을 보면, 먹이를 먹기 시작하는 치어는 광범위한 온도와 염분에 잘 적응하는데 7‰의 염분에서는 100%생존 가능하고, 수온을 갑자기 4~5℃올려도 생존 가능함. 먹이는 모든 종류의 무척추동물을 먹으며, 위는 항상 차 있으며 먹이를 먹지 않아도 32일간 생존 가능하며, 이 시기는 용존산소 부족과 그 외 환경요인의 악화에도 견딜 수 있음. 난황 흡수가 끝난 치어는 여러 가지 다양한 형태의 사육지에서 사육 가능함.
- 사육지의 크기는 1~4 m<sup>3</sup>, 수심은 20~30cm 내외로 조절해야 하며, 밀도는 1m<sup>2</sup>당 3,000~5,000마리를 기준으로 함. 밀도가 낮을수록 빨리 성장하나 밀도가 1,000마리 이하로 낮으면 오히려 성장이 저하됨. 난황 흡수가 끝나고 사료를 먹기 시작 할 때 치어의 크기는 평균 17.2~18.5mm(35.0~54.0mg)임.
- 치어는 발생관찰과 먹이공급 준비를 위해 자주 관찰해야 함. 난황 흡수기에서 외부 영양 섭취기로의 변화는 중요하며 철갑상어인 경우 난황흡수가 이루어지면 치어발생은 완전히 이루어지고 외부 먹이를 섭취함. 먹이공급은 난황흡수가 완전히 이루어

지기 전에 시작되어야 성공적으로 종묘를 생산 할 수 있으며 철갑상어 치어는 입과 소화기관이 완전히 발달되기 전에 외부 먹이 자극에 반응하며 이른 먹이공급은 철갑상어와 다른 어류에서도 성공적임.

- 난황흡수가 완전히 이루어지기 직전에 사료는 엄지와 집게손가락으로 가루로 만들어 치어 부근에 뿌려주어야 함. 기본적으로 인공사료(연어과 어류 사료)를 주는데 생사료인 알테미아나 동물성 플랑크톤을 10~15% 첨가하는 것이 좋음. 생사료인 알테미아나 동물성 플랑크톤을 1개월간 공급하여 성장시키는 것이 좋으며 사료는 어체중의 25%에 해당하는 먹이를 1개월간 2~3시간 간격으로 주야간 계속 주어야 하는데 이 시기에는 과잉사료의 제거와 좋은 수질 환경 관리 유지에 신경을 써야 함.
- 치어는 발생관찰과 먹이공급 준비를 위해 자주 관찰해야 하며 난황 흡수기에서 외부영양 섭취기로의 변화는 중요하며 철갑상어인 경우 난황흡수가 이루어지면 치어 발생은 완전히 이루어지고 외부 먹이를 섭취함. 먹이공급은 난황흡수가 완전히 이루어지기 전에 시작되어야 성공적으로 종묘를 생산 할 수 있으며 철갑상어 치어는 입과 소화기관이 완전히 발달되기 전에 외부 먹이 자극에 반응하며 이른 먹이공급은 철갑상어와 다른 어류에서도 성공적임.
- 치어의 먹이 공급 상태는 유리 비커에 치어를 담아 불빛에 비춰 보아 장내 사료를 관찰함으로써 알 수 있음. 치어가 사료를 먹기 시작하면 치어는 사육지 전체에 분산되며 치어가 체중 3 g에 달하였을 때 3~4시간에 한 번씩 사료를 주어야 함. 사육지의 물 순환은 1시간에 3회로 유지하여야 하며, 수온은 20~25℃로 유지하고 아침과 저녁에 2회에 걸쳐 사육지 청소를 부드러운 솔로 청소를 꼭 해야 함.
- 철갑상어가 2개월이 되면 생 사료보다 배합사료로 키운 것이 더욱 성장이 좋는데 이것은 다양한 사료를 흡수할 수 있게끔 장내에서의 해부학적, 효소학적 변화에 의한 것임. 이러한 성장 차이는 역시 성장한 치어에 생 사료가 적절하지 못한 것에도 기인됨. 결론적으로 배합사료 사용은 초기에 사망률이 높고 성장이 늦지만 먹이 순

치의 어려움이 없기 때문에 배합사료의 사용을 권장함.

- 치어를 50일 사육하면 체중 1 g에 달하며, 70일이 지나면 3 g정도로 성장하며 치어가 3g에 달했을 때 사육지 면적 10~15 m<sup>2</sup>되는 다른 사육지로 옮겨 사육해야 함. 치어의 체중이 3 g~100 g일 때 사료는 2.5, 4.5, 6.0 mm 크기의 사료를 1일 4~5 공급해야 하고 식용어와 어미를 사육할 때 기본적인 것은 무엇보다도 가온시킨 물을 공급하며, 양질의 사료와 사육 환경을 깨끗이 하는 것인데 사육에 가장 적합한 수온은 20~25℃임. 사육지는 10~15 m<sup>2</sup>가 되어야 하고 4~5년생은 면적이 20 m<sup>2</sup> 되는 곳에서 사육해야 하며 사료의 크기는 4.5, 6.0, 8.0 mm이고 1일 3~4회 공급해야 함.



〈그림 V-9〉 철갑상어 양식 모습.

### (3) 양식 전망

- 철갑상어는 맛있는 육질과 캐비아 때문에 전 세계적으로 양식을 위한 많은 시도가 이루어지고 있으며 종묘 생산은 어려운 편이나 철갑상어는 질병이나 스트레스에도 강하고, 수온이 1~32℃, 산소포화도 40% 등 사육환경요인에도 강하고 인공 배합사료로 사육가능하며, 교잡종의 경우 12~18개월 만에 3 kg까지 성장이 가능함.

- 또한 철갑상어는 어체가 크고 캐비아가 유명하며 양식이 비교적 쉽고 동물성 단백질이 적은 사료를 이용 할 수 있으며 맛있는 육질 등 많은 장점이 있어 금후 양식 산업의 발전이 기대되는 품종이며 연중 수온 22℃이상을 유지해주면 성장이 빠르며 겨울에는 가운을 해야 하나 발전소 온배수를 활용할 경우 고온에서의 양식으로 빠른 성장을 기대할 수 있음.
- 또한 전 세계적으로 철갑상어의 자연 생산량이 감소하고 있어 양식에 많이 의존하고 있어 앞으로도 양식철갑상어가 철갑상어 생산량의 상당 부분을 차지 할 것으로 전망되며 고소득 양식사업으로 발전가능성 큼.

#### 나. 메기

- 메기(Silurus asotus LINNAUS)는 잉어목의 메기아목 메기과에 속하는 종으로 우리나라 각 하천 수계에 살며 아시아 담수계에 널리 분포하고 있는 어종임. 우리나라에는 메기과의 메기와 미유기가 있으며 지방에 따라 메기, 며기, 미에기 등으로 불림. 온수대에 서식하는 어종인 메기는 수온 20~27℃에서 잘 자라며, 수온이 10℃ 이하, 30℃ 이상에서는 성장이 극히 나빠짐.
- 메기는 부드러운 사니질의 저질이 있고 유속이 완만한 곳에 서식하며, 야행성 어류로 낮에는 토굴, 풀숲 등에 숨어 있다가 저녁과 밤에 주로 활동함. 메기의 식성은 탐식성으로 거의 모든 소형 동물을 포식하며, 치어일 때는 메기끼리 서로 잡아먹기도 함. 메기의 산란은 생후 만 2년생 이상이면 산란이 가능해지며, 산란 시기는 우리나라의 경우 5월부터 9월 또는 5월 중순부터 7월 중순이 주산란기임.
- 메기 양식 연구는 1960년대 일본에서 처음 시작되었으며, 우리나라에서는 1980년대부터 일부대학에서 메기 양식 기초 조사를 한 바 있음. 또한 1987년부터 부산수산대학에서 메기를 이용한 유전육종을 연구하였으며, 중앙내수면연구소에서는 양식 기술 개발시험에 착수하여 인공종묘 생산 등 양식 기술을 개발 보급하고 있음.

## (1) 양식적지

- 메기의 양식에 적합한 곳은 수량이 풍부하고, 가뭄에도 사육 용수의 공급에 지장을 받지 않는 곳으로 가급적 수온이 높고 용존산소가 풍부한 저수지, 하천수, 호수 또는 지하수를 이용할 수 있는 장소가 좋음. 또한 비교적 일조시간이 일정한 양지 바른 곳이 좋고 관리가 편리하며 사육지 주배수에 용이한 적당한 경사가 있는 곳으로 양식지를 선정해야 함.
- 양식지의 토질은 진흙 등의 부드러운 사니질의 바닥이 좋으며 자갈이나 모래땅은 보수력이 좋지 않을 뿐만 아니라 저서생물의 서식환경에 적당하지 못하므로 피하는 것이 좋으며, 토질이 산성화 되어 있지 않는 곳이 좋음. 순환여과 시설 장소는 토질에 구애받지 않으나 시설관리가 용이한 지형의 토질이면 적당함.
- 메기의 사육시설은 야회 사육지의 경우 수심 1.0~1.5 m 정도의 흙못 또는 석축이나 콘크리트 못으로 겨울 월동에도 충분히 견딜 수 있는 시설이어야 하며, 실내 사육의 경우에는 사육 및 월동관리가 가능한 수심 1 m 전후의 시설이어야 함. 산란지는 사용기간이 짧기 때문에 여름에는 산란·부화지로 활용하고 가을부터 이른 봄까지는 식용어 등의 축양지로 병용할 수 있도록 고려해서 만들어야 함.
- 부화시설의 경우에는 산란장을 부화지로 계속 사용해도 좋으며, 미수정난의 부패 등으로 인한 수질악화를 방지하기 위해 주·배수가 원활하도록 시설되어야 하며, 부화 기간 동안에도 직사광선을 피할 수 있는 차광시설을 설치하여야 함. 부화 후 먹이 길들이기 단계에서 식용어로 사육하기 전까지 종묘를 양성하기 위한 새끼 고기 양성지의 경우 수질 악화 방지를 위한 환수 작업과 선별 취양 작업 등의 관리가 편하도록 가온수 저장시설과 예비수조 등의 부대시설 시설이 있어야 함.

## (2) 양식 방법

- 메기 양식 방법에는 지수지, 가두리, 저수지 조방양식, 순환여과 양식, 논양식 등이

있으며, 본 연구에서는 순환여과방식에 대하여 서술하였음. 물의 공급 및 사용 가능량이 한정된 곳에서 많은 양의 어류를 사육하는 양식 방법인 순환여과 양식은 맑은 물을 사용할 필요가 없어 주로 지하수를 사용하며, 양식에 충분한 지하수만 있다면 어디든지 순환여과 양식 시설이 가능함.

- 순환여과 양식은 사용된 물은 보통 80% 이상 재사용하게 되므로 침전 또는 여과시설이 필요하며, 유독물과 영양염류를 제거하기 위한 수질 정화시설이 필요함. 또한 사육하기 적당한 20~27℃로 수온을 유지하기 위해서 보일러 등의 가온시설이 필요하며, 밀집사육으로 인해 부족한 산소를 공급하기 위한 산소공급기와 정전을 대비한 발전기 시설 등의 부대시설이 필요함.
- 순환여과 양식은 연중 많은 고기를 계속 길러낼 수 있어서 생산성이 높고 단기에 안정된 운영을 할 수 있다는 것이며, 시설비가 많이 드는 것이 단점임. 메기는 뱀장어와 같은 조건에서 양식이 가능하며 순환여과 사육지에서 사육이 가능하나. 수익성을 고려하여야하므로 생산비 검토가 충분히 이루어져야 함. 메기 양성을 위한 시설은 뱀장어나 틸라피아 양성을 위한 시설을 사용할 수 있으며, 1,000 m<sup>2</sup> 규모면 연간 2회의 식용어 생산으로 약 10~15톤 정도의 메기 양식이 가능함.
- 순환여과 양식은 적지 않은 시설비와 연료비 등을 필요로 하기 때문에 고밀도 사육이 요구되며, 이러한 경우 배설물이나 사료 찌꺼기 등을 제거 하는 것이 관리에서 가장 중요함. 메기 양식을 위한 순환여과지 양식 시설의 필요요건은 아래와 같음.
  - 메기의 취양작업과 운반이 쉬워야 함.
  - 어류 선별과 분양이 용이하도록 사육지 개수에 여유가 있어야 함.
  - 시설 내의 찌꺼기 및 오염 물질을 효율적이고 간편하게 배출시킬 수 있도록 해야 함.
  - 사육에 적합하도록 보온 효과를 높여야 함.
  - 사육지 탱크의 배수가 용이하도록 해야 함.



### (3) 양식 시 유의할 점

- 메기는 체표 점액이 벗겨지기 쉬우며, 저층에서 생활하여 한군데 모여 뭉치는 성질이 있어 체표 상처에 의한 질병 발생이 쉬움. 또한 종양, 궤양, 간장 및 척추 등의 이상에 의한 질병이 발생하기 쉬우므로 안정적으로 환경을 유지해주고 사료의 영양을 균형 있게 유지해 주는 등 세심한 관리가 필요함.

#### 다. 뱀장어

- 뱀장어(Anguilla japonica)는 대부분 인도, 태평양 해역에서 서식하고 2종류만 대서양 연안에 서식하며 전세계적으로 온대와 열대지방에 1속 15종이 서식하는 것으로 알려져 있음. 뱀장어 양식은 이태리에서 시작하였으며, 일본에서 집약적 양식으로 발전한 후 현재는 우리나라를 비롯한 아시아 지역에서 양식하고 있음.
- 뱀장어는 전세계 18종이 분포하고 있으며, 이중 열대 뱀장어가 12종, 온대뱀장어가 6종임. 우리나라는 뱀장어와 무태장어 두 종류가 분포하고 있으며, 인도, 태평양의 넓은 범위에 걸쳐서 분포하고 있는 무태장어는 우리나라에서는 제주도의 남단에서만 분포하는 것으로 보고되어 있음.
- 뱀장어는 야행성 어류이며, 식성은 동물성으로 여름철 담수에서 생활하는 뱀장어는 수온 20~30℃의 범위에서 활발하게 먹이를 먹고 잘 자람. 치어일 때에는 동물 플랑크톤 등의 수체 내 작은 먹이를 먹고 자라지만, 성장함에 따라 크기가 큰 동물을 먹게 됨. 수온이 10℃ 이하로 내려가게 되면 거의 먹지않고 겨울에는 진흙 속에서 동면상태로 지냄.

#### (1) 양식적지

- 뱀장어 양식장의 적지는 순환여과식의 경우 지하수, 용천수, 온천수로 수량이 풍부

하고 감무에 아무런 영향이 없어야 하며, 농약이나 공장폐수 등의 영향을 받지 않고 지하수가 풍부한 지역이면 더욱 좋음. 수질은 pH 6.5~8.5 정도의 중성을 유지하도록 하며, 지하수가 풍부한 지역일수록 좋음.

- 적당한 경사가 있어 주배수가 편리하고 관리나 시설 설치 경비를 절약할 수 있는 곳이 좋으며, 기후가 온화하고 햇빛이 잘 쬐이는 남향으로 바람이 심하지 않고 사료와 종묘구입이 원활한 곳이 적지임. 또한 순환여과식으로 할 경우에는 콘크리트 시설이 가능한곳이 좋음.

## (2) 양식 방법

- 뱀장어를 순환여과식으로 양식하기 위해서는 사육지의 규모와 면적을 설정해야함. 규모가 연간 15톤일 경우에 필요한 사육지의 면적은 실뱀장어에서 식용 뱀장어로 양식하기 위해 660~1,000 m<sup>2</sup>(200~300평) 정도가 필요함.
- 뱀장어는 양식 어종 중에서 성장의 차이가 많이 나는 어종으로 크기가 차이가 많은 것을 그대로 사육하게 되면 성장률이나 생장율을 저하시킬 수 있으므로, 고가의 시설비와 연료비 등을 필요로 하는 순환여과식 양식에서는 고미도의 사육이 요구됨.
- 뱀장어 순환여과식 양만에서의 수조와 형태 요건을 요약해보면 다음과 같음.
  - 뱀장어의 취양작업과 운반이 쉬워야 함.
  - 어류 선별과 분양이 용이하도록 사육지 개수에 여유가 있어야 함.
  - 수조내의 찌꺼기를 간편하고 효율적으로 제거할 수 있어야 하며 방열량이 적어야 함.
- 뱀장어의 배설물 등을 한곳으로 침전시키기 위해서는 사육지의 벽을 따라 물이 순환될 수 있는 수류가 필요하며 이를 위한 사육지의 형태는 원형 또는 원형이 가까운 형태가 이상적임.

- 일반적으로 뱀장어를 양식할 때 쓰이는 용수는 자연수(하천수, 자연용천수 및 지하수)와 온천수(주로 25℃ 이상)이며, 양식이 적합한 온도는 세균의 번식을 가능한 억제할 수 있는 온도로 실뱀장어 및 검둥뱀장어는 29~30℃를 유지하는 것이 좋으며 성만 양성일 경우에는 28~30℃를 유지하는 것이 적당함.
- 또한 뱀장어 양식에서 현탁물질이 아가미를 덮어 호흡을 방해하지 않도록 관리해주는 것이 좋으며, 용존산소가 풍부하도록 유지시켜줘야 함.

### (3) 양식 시 유의할 점

- 뱀장어 양식 시에 걸릴 수 있는 어병은 기생충 및 세균에 의한 병과 수질악화, 영양 결핍 등에 일어나는 비기생성 병으로 나누어짐. 뱀장어의 경우 기생체에 의한 병이 대부분으로 일반적으로는 수질이 악화되거나 적당하지 않은 수온, 사료 등의 원인으로 뱀장어의 저항력이 약해졌을 때 발병하는 것으로 알려져 있음. 이러한 어병을 막기 위해서는 건강한 종묘를 입수하여 방양 전에 철저한 약욕과 정기 약욕을 실시하며, 산소를 충분히 공급하고 여과지를 정기적으로 청소하는 방법이 있음.
- 일반적으로 건강하지 않는 뱀장어는 사료를 잘 먹지 않거나 유명하는데 이성이 있고, 유명증이 뱀장어의 체표에 흰점이 있음. 또한 건강하지 못한 뱀장어가 있을 경우에는 약재를 바로 사용하는 것보다 용제를 교체하거나, 적정한 수온을 확인하고, 산소공급을 하는 등의 환경개선을 실시하고, 사료를 확인해보아야 함.

### 라. 동자개

- 보통 '빠가사리'라고 부르기도 하는 동자개는 옛날부터 삐걱삐걱하는 소리를 내는 어종임. 동자개는 등, 가슴, 배지느러미가 강한 가시로 변형되어 있고 가시의 끝 쪽에는 특이한 관절을 이루고 있으며, 위험을 느낄 때에는 몸을 곧추세울 수 있음.

- 동자개는 수중의 작은 동물을 먹고 살며, 우리나라에서는 서해로 유입되는 강 또는 하천 중·하류 지역의 수초가 많고 물이 정체된 곳에서 서식하였으나. 근래에는 하천 오염이 심해지고 무분별한 남획으로 인해 개체수가 감소되고 있어, 고가어종으로서 양식의 필요성과 관심이 높아지고 있음.
- 우리나라 토속 어종인 동자개는 일찍이 양식을 시도한 사람들이 많았으나, 양식에 필요한 생태, 인공종묘 생산기술, 사육기술, 질병대책 등의 기술이 알려져 있지 않아 애로를 겪기도 하였음.
- 메기목의 동자개과에 속하는 동자개는 전세계적으로 약 205종이 출현하고 있으며, 주로 아프리카 일부와 아세아 대륙의 담수역에 널리 분포하고 있음. 우리나라에는 눈동자개, 동자개 및 꼬치동자개 등 3개 종이 있으며, 이 중 양식에 널리 이용되는 종은 동자개로 예로부터 맛이 좋아 식용으로 널리 이용되어 왔음.

(1) 양식적지

- 동자개는 유속이 완만하고 수초와 사니질이 많은 곳에서 서식하는데 기수역에 출현 하기도 함. 주로 낮에는 은신처에 숨어있으며, 밤에 활동하는 야행성 어류로 작은 물고기나 어란, 곤충류 등을 섭식함. 동자개의 산란 장소는 서식장소와 비슷하나 수심 60~90 cm로 서식지보다는 깊고 말뚝 등의 수초가 무성한 곳임. 따라서 양식을 할 때에도 이와 비슷한 조건을 유지해 주는 것이 좋음.

(2) 양식 방법

- 동자개의 종묘는 수조를 청소하거나 먹이를 공급할 때 조금만 소음이 들리면 흠어질 정도로 외부의 진동 및 충격에 강한 스트레스를 받으므로 유의해야함. 외부의 충격이 전달되지 않도록 종묘 생산 탱크는 가능한 지중식을 사용하는 것이 좋으나 지중식이 아닐 경우에는 먹이 공급 등 필요한 시기를 제외하고는 접근을 금하는 것이 좋음. 양식지 내부의 찌꺼기는 치어가 빨려나오지 않도록 관의 크기를 작게한 사이

폰 등을 이용하여 조심스럽게 제거하여야 함.

- 사료 공급 시에는 반죽사료의 경우 뜯어 먹기 쉽도록 묽게 반죽하여 공급하는 것이 좋으며, 수질에 영향을 주지 않도록 공급량을 조절하도록 함. 사료의 양은 처음에는 5분 이내에 모두 먹을 수 있도록 주는 것이 좋으며, 수회의 관찰을 통하여 약 한달 뒤부터는 물고기 체중의 8~10%에 해당하는 사료를 하루에 2~3번에 나누어 공급하도록 함. 동자개는 야행성이지만 사료의 공급시기를 처음 부터 조절하여 아침과 저녁으로 길을 들이도록 함. 사육지의 조도는 종묘가 놀라지 않도록 1000 lux로 낮추도록 하며 처음 한달 동안에는 찌꺼기 제거 등을 쉽게 하도록 하기 위하여 은신처를 넣지 말도록 함. 환수는 하루 10%를 목표로 하여 공급하는 것이 좋음.

### (3) 양식 시 유의할 점

- 동자개는 스트레스에 민감한 어류로써 스트레스를 받으면 질병이 발생하므로 치어 기에서 적정 밀도를 유지하고 같은 수조에서 계속 사육하도록 하는 것이 좋음.

## 마. 틸라피아

- 틸라피아는 담수성 열대어종으로서 체형은 긴 달걀형으로 등이 높고 편편함. 틸라피아는 아열대·열대지역의 하천, 호소에서 사육이 가능하며, 15℃에서도 월동이 가능하기 때문에 양식을 하는데 매우 적합한 종임. 또한 오염된 물에서도 생존이 가능하며, 환경변화에도 민감하지 않아 길들이기가 쉬운 종으로 FAO에서는 식량 고갈을 해결할 수 있는 종이라고 함.
- 틸라피아의 먹이는 식물성을 주로 하는 잡식성으로 잉어나 붕어가 먹는 것은 전부 먹음. 또한 조방적으로 사육하기도 좋으며, 번식력이 강해 조건이 맞으면 다량 산란이 가능하고 성장이 빠름. 또한 틸라피아는 기생충이 적고 말라리에 퇴치에 좋은 역할을 하며 잔손질이 필요 없음.

- 킬라피아의 종류는 30~40종이 있으며 아직 분류되지 않은 종과 교잡에 의한 잡종도 있으므로 확실한 종수를 파악하기는 어려움. 하지만 킬라피아는 어느 것이나 식용으로 가능하고 판매빈 행상이 가능하므로 양식에 매우 적합한 종이라 할 수 있음. 킬라피아 종에 따라 낮은 수온에서도 양식이 가능하며, 최적 수온은 24~32℃의 범위로 만약 수온 12℃ 이하에서 장시간 방치할 경우에는 사망할 수 있음. 양식되고 있는 종이 10여종 내외로 보편적으로 알려진 종은 모잠비카종, 니로티카종, 스파마니종, 메라노푸루라종, 가레리아종 등이 있음.

(1) 양식적지

- 킬라피아의 양어용수는 가급적 수온이 높은 온천수나 지하수, 공장 등의 온배수를 이용할 수 있는 곳이 좋으며, 여름철에는 야외에서 사육시에 저수지나 호수, 늪 등을 이용할 수 있는 곳이 좋음.
- 온천수의 경우에는 온도가 높고 수량이 많은 것이 좋으며, 지하수의 경우에는 수온이 너무 낮으면 가온 사육시에는 연료비가 많이 들기 때문에 수온이 16℃ 이상일 경우가 좋음. 공장 등의 온배수를 사용할 경우에는 수량이 일정하고 풍부하여야 하며, 온도의 변동범위가 크지 않은 것이 좋음. 또한 공장 등의 휴업에 의한 온배수 공급이 이루어지지 않을 경우에 대비할 수 있는 대응 방법이 마련되어 있어야 함.
- 킬라피아 양식의 적당한 수질은 pH 5~10 범위가 좋으며 관리나 시설 경비를 절약할 수 있는 곳으로 기후가 온화하고 남향인 곳이 좋음.

(2) 양식 방법

- 킬라피아의 사육시설은 사육 용수를 계속 우수시키지 않고 좋은 물이 유지되도록 하는 것이 좋으며, 수온을 적정하게 유지하고 킬라피아의 배설물이나 찌꺼기 등의 현탁 물질을 한곳으로 배수하기 위해 물이 지벽을 따라 회전될 수 있도록 원형 또는 원형에 가까운 형태의 사육탱크가 좋음. 킬라피아를 사육하기 이상적인 시설은

다음과 같음.

- 틸라피아의 운반과 취양이 쉬워야 함.
- 사육지의 수가 충분하도록 하여 선별과 분양이 충분하도록 하여야 함.
- 사육시에 발생하는 찌꺼기를 간편하고 효율적으로 제거할 수 있어야 하며, 방열량이 적도록 보온시설을 마련하여야 함.
- 각 탱크는 개별적으로 배수 소독이 가능하도록 만들어야 함.

(3) 양식 시 유의할 점

- 틸라피아는 여름철에 야외사육지나 유지에서 양성하는 중에는 질병이 잘 발생하지 않으나 순환여과식으로 집약적인 양식을 할 경우에는 많은 질병이 발생하기도 함. 틸라피아는 기생충성 또는 세균성 질병 등 모든 담수어에서 흔히 볼 수 있는 질병 등이 발생하지만 수온이 낮거나 취양, 선별과 수송 시에 양식상의 부주의에 의한 상처에 매우 취약함.
- 틸라피아의 질병을 예방하기 위해서는 사육 수온이 연중 20℃ 이상으로 유지시켜야 하며, 상처 및 스트레스가 생기지 않도록 취양, 선별을 하고 취급 후에는 반드시 약욕을 실시하여야 함. 지나치게 고밀도 양식을 하지 않도록 하며 죽은 고기는 재빨리 건져내어 수질이 오염되지 않도록 주의하여야 함.

〈표 V-17〉 수산양식 부문 시범사업 아이템 후보 분석

○: 상 △: 중 ×: 하

후보	평가 지표				
	온배수활용성	양식용이성	경제성	특화가능성	판매용이성
철갑상어	○	○	○	○	△
메기	○	△	△	×	○
뱀장어	○	△	△	×	○
동자개	○	△	△	×	○
틸라피아	○	△	△	×	△







제 6 장

영월천연가스발전소 온배수 활용  
시범사업(안) 제시 및 타당성분석



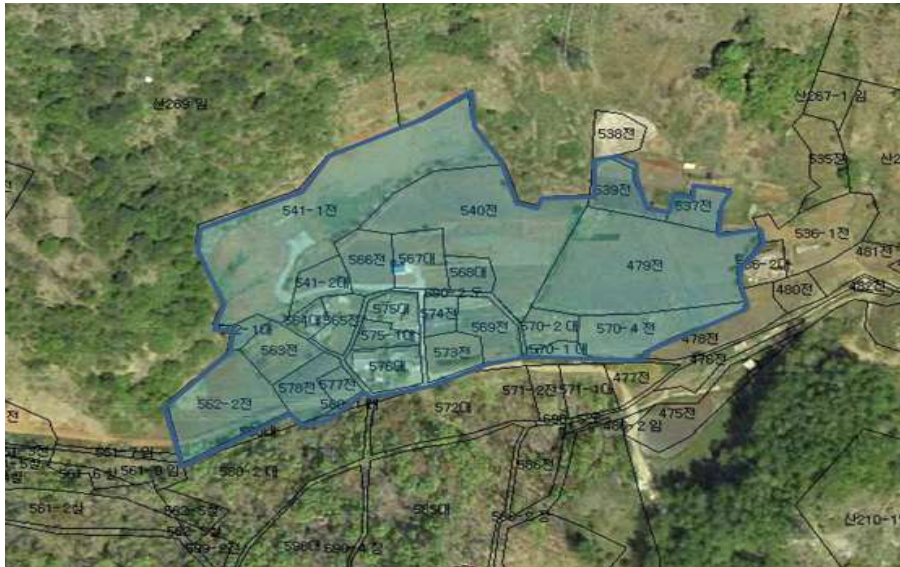
## 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업(안) 제시 및 타당성분석



### 제1절 시범사업(안) 제시

#### 1. 부지확보

- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업을 수행하기 위해서는 부지확보가 필수적이며 현지조사와 전문가 자문을 통해 발전소에서 부터의 거리 및 토양의 특성 등을 감안한 결과 최적의 부지는 영월천연가스발전소 뒤쪽으로 확정하였으며 소규모 토지들을 묶어 연차별 혹은 일괄 구매하여 확보할 필요가 있음.



〈그림 VI-1〉 온배수 활용 시범사업 예정 부지.

- 단계별 시범사업에 필요한 최소 부지의 양과 우선 구매 희망 지번은 <표 VI-1>과 <표 VI-2>에 나타냈음.

〈표 VI-1〉 온배수 활용 시범사업에 필요한 최소 부지

단 계	기 간	필요한 부지
1단계	2012-2013	3,305.8 m <sup>2</sup> (1,000평)
2단계	2013-2015	9,917.4 m <sup>2</sup> (3,000평)
3단계	2015-2020	16,528.9 m <sup>2</sup> (5,000평)

〈표 VI-2〉 온배수 활용 시범사업을 위한 우선 구매 희망 지번 및 규모

우선순위	지번	용도	m <sup>2</sup>	평	소유
1	576	대	625	189	개인
2	573	전	496	150	개인
3	569	전	668	202	개인
4	574	전	288	87	개인
5	575	대	320	96	개인
6	575-1	대	381	115	개인
7	565	전	436	131	중중
8	564	대	241	72	중중
9	541-2	대	466	140	개인
10	566	전	714	216	개인
11	567	대	714	216	개인
12	568	대	357	108	개인
13	540	전	3,613	1,093	개인
14	570-1	전	159	48	개인
15	570-2	전	423	127	개인
16	568	대	357	108	개인
17	479	전	3,954	1,196	개인
18	570-4	전	1,280	388	개인
20	541-1	전	5,408	1,636	개인
21	563	전	631	190	개인
22	578	전	585	177	개인
23	577	전	238	72	개인
24	562-2	전	1,739	526	개인
합계			24,093	7,283	

- 제시한 온배수활용 시범사업 예정부지의 토지 매입이 어려울 경우 차선책으로 과거 양란을 재배했던 533-1 전 등 약 3000평의 부지도 고려할 필요가 있음.



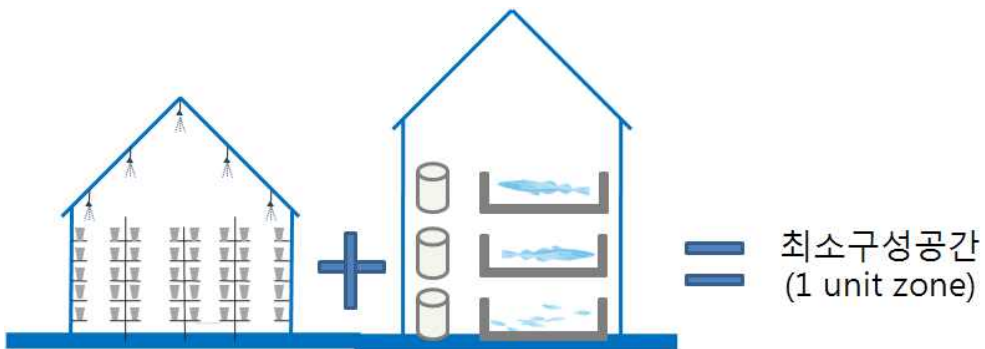
〈그림 VI-2〉 온배수 활용 시범사업 차선 부지.

〈표 VI-3〉 온배수 활용 시범사업을 위한 차선 구매 희망 지번 및 규모

우선순위	지번	용도	m <sup>2</sup>	평	소유
1	533-1	전	8076	2443	개인
2	532-1	도	575	174	국유지
3	530-1	전	853	258	개인
4	530	대	397	120	개인
5	532	전	466	141	개인
6	533	대	264	80	개인
합계			10,631	3,216	

## 2. 공간구상

- 온배수 활용을 극대화할 수 있고 농업과 수산 양식업의 연계를 고려한 자원순환형 공간분할(zoning)을 제시함. 500평의 시설농업 비닐하우스와 500평의 수산양식업 비닐하우스를 묶어 하나의 최소 구성 공간단위(unit zone)를 이루도록 설계함.



〈그림 VI-3〉 온배수 활용 시범사업의 공간단위 개념도.

※시설농업(500평) + 수산양식장(500평)

- 이러한 공간구상은 온배수 활용의 효율성을 극대화할 수 있고 농업과 수산 양식업의 연계를 통해 자원순환을 이룰 수 있을 뿐만 아니라 친환경적인 생태보전을 이룰 수 있어 청정 영월의 이미지와도 잘 부합함.
- 또한 온배수활용 시범사업단지를 자원재순환을 통한 무농약 친환경 재배단지로 육성하여 차별화시키며 안전 농수산물의 부가가치를 제고할 필요가 있음.



〈그림 VI-4〉 온배수 활용 효율성 극대화 개념도.

- 온배수 활용 시범사업 부지는 10-30도의 경사진 곳이 많아 단계별 사업이 진행됨에 따라 계단식 평지를 확보할 필요가 있음.



〈그림 VI-5〉 온배수 활용 시범사업 부지의 지형도.

※ 굵은 선은 시범사업 예정 부지 경계선을 나타냄



- 예산, 파급효과 등을 고려, 3단계로 구분하여 사업을 진행하며 이에 따른 공간확대가 필요함.

〈표 VI-4〉 단계별 시범사업 확대에 따른 공간 확대

단 계	기 간	지 표
1단계	2012-2013	1 unit zone (500평 하우스 2개)
2단계	2013-2015	3 unit zone (500평 하우스 6개)
3단계	2015-2020	5 unit zone (500평 하우스 10개)



〈그림 VI-6〉 1단계 시범사업 부지 조감도.



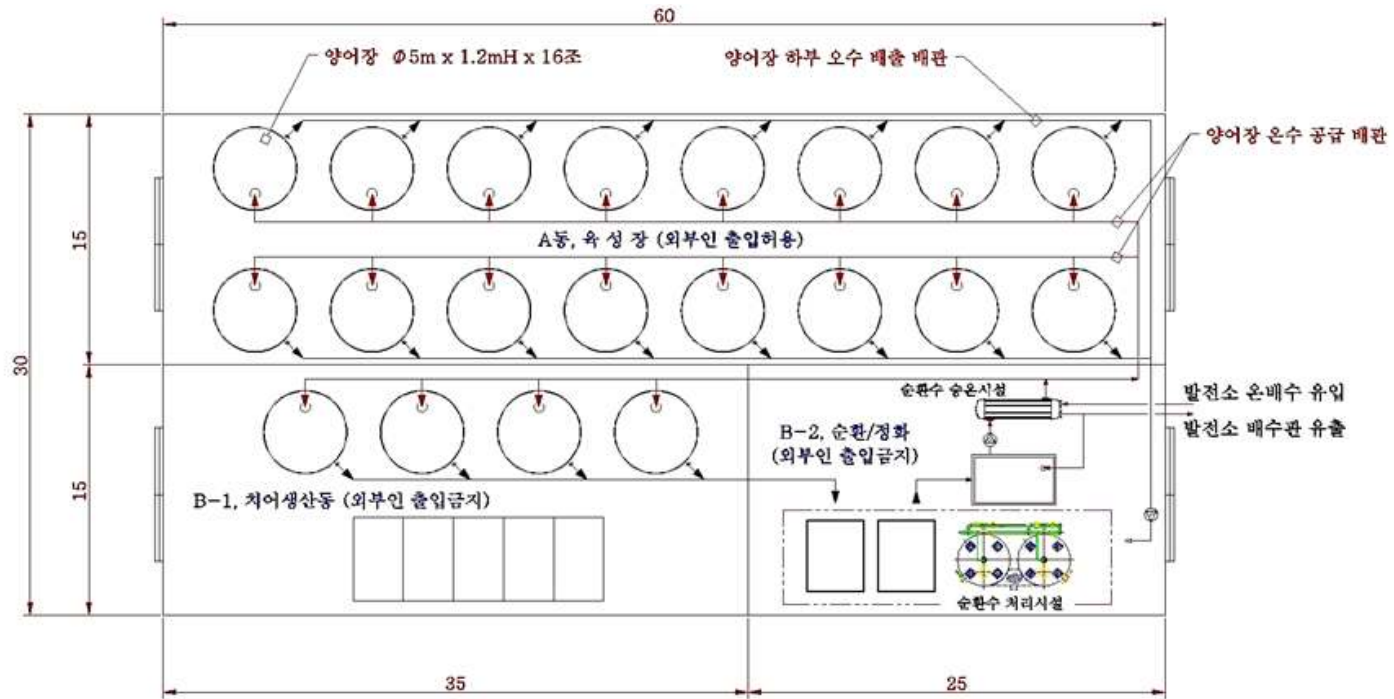
〈그림 VI-7〉 2단계 시범사업 부지 조감도.



〈그림 VI-8〉 3단계 시범사업 부지 조감도

### 2.1 수산양식 비닐하우스 내부 공간 구성

- 수산양식장의 내부 공간은 크게 3개로 구성, 공간의 반 정도는 외부인 출입도 허용되는 육성장으로 하여 관광과 연계되도록 설계할 것이며 치어생산설비 구역과 순환/정화 설비 시설을 갖춘 구조로 설계할 예정임.

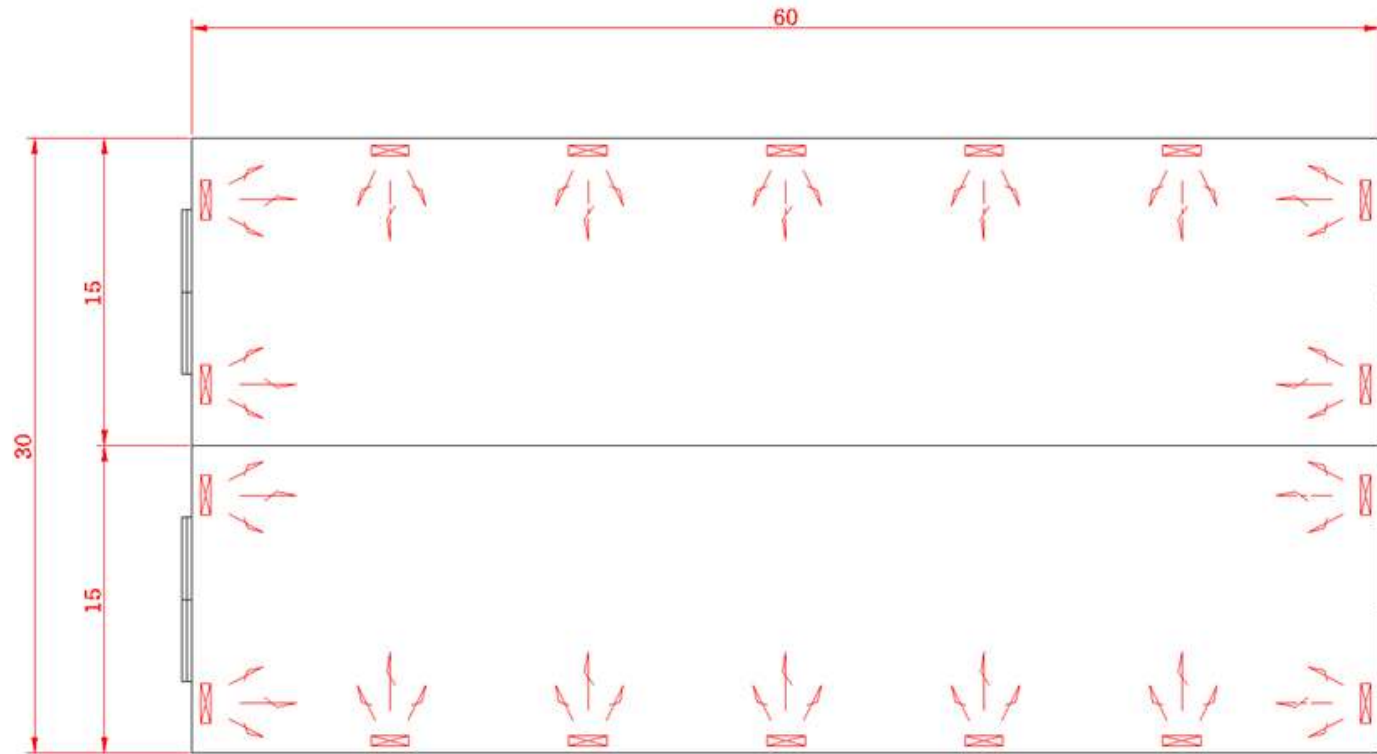


〈그림 VI-9〉 수산양식 비닐하우스 내부 공간 계획.



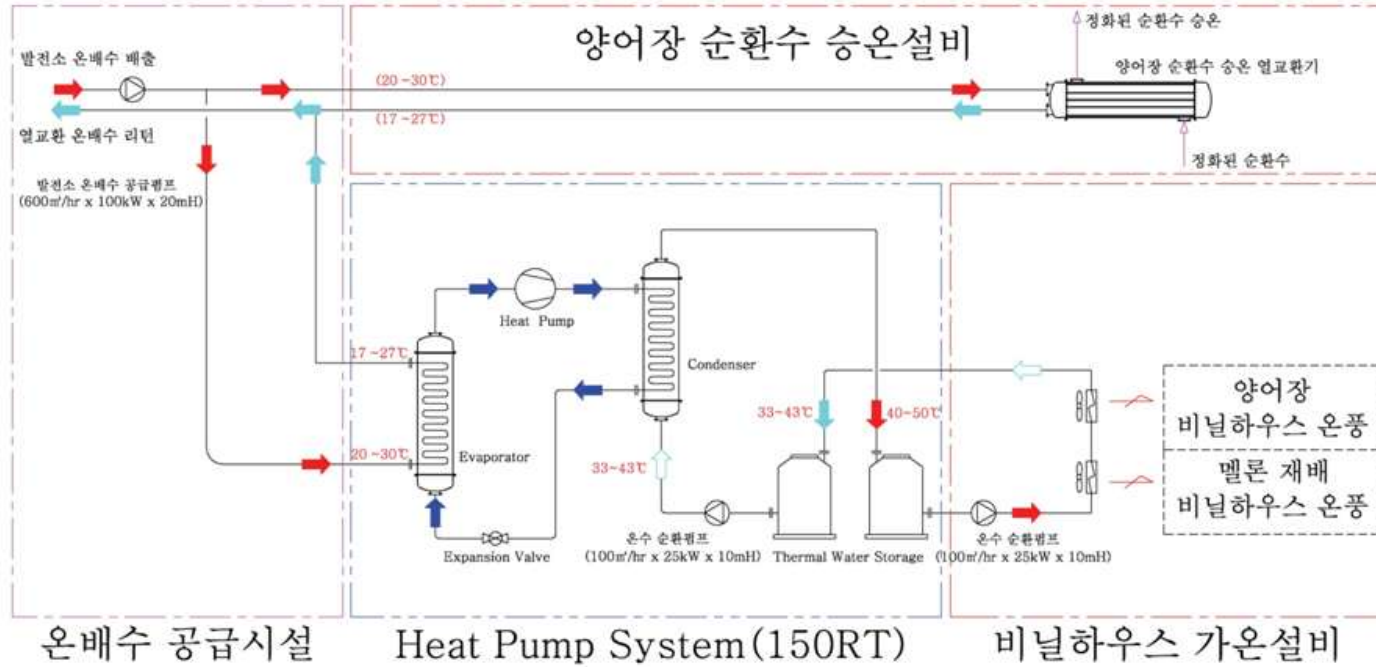
## 2.2 시설원에 비닐하우스 난방 팬유닛 설치 구상

- 500평 시설원에 비닐하우스의 난방 팬 유닛은 15,000 kcal/hr 용량의 18기가 설치 예정임.



<그림 VI-10> 시설원에 비닐 하우스 팬 유닛 설치 평면도.

### 3. 온배수 이송배관 배치 구상



〈그림 VI-11〉 온배수 이송배관 시스템 구축 계획도.

- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업장인 시설원에 농업과 수산양식장의 온실에는 약 30℃의 온배수에서 열을 흡수한 후 히트펌프를 이용하여 40~50℃의 온수를 생산해 이 온수를 온실내부에 설치한 팬 코일을 통해 순환시키면서 실내공기를 가열할 예정이다.
- 이 난방 시스템을 이용하면 히트펌프가 소비한 전력소비량의 4배가 넘는 에너지가 생산되며, 관행의 경우 난방과 비교해 80% 이상의 난방 에너지비용 절감 효과가 있을 예정이며 발전소 측에서는 폐열의 재활용으로 인해 CO<sub>2</sub> 배출 저감 효과도 얻을 수 있을 것으로 전망됨.
- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업에서는 농촌진흥청이 개발하여 이미 성공적으로 시운전을 마친 제주도 서귀포시 안덕면 소재 아열대 작물 재배온실의 폐열회수 히트펌프시스템을 사용하여 실패의 리스크를 최소화할 예정이다.
- 농촌진흥청에서 개발한 폐열회수 히트펌프시스템의 핵심기술은 발전소에서 버려지는 온배수의 부식성과 온도특성을 고려한 가변형 폐열회수장치 설계기술과 장기적인 내구성을 고려한 히트펌프의 안전제어에 있는 것으로 밝혀졌음.
- 효율적인 영월천연가스발전소 온배수 활용을 위해서는 배관 매립공사에 충분한 초기 예산을 투입하여 3단계까지 소요되는 배관을 1회에 총괄 설치하여 ‘멀티탭’ 개념의 접근방법이 좋을 것으로 사료됨.

#### 4. 사업 추진체계

- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업은 농업과 수산양식업을 통한 지연 명품을 생산하는 목적을 가지고 있기 때문에 초기 생산 인프라 구축에 비용이 많이 들고 고품질의 명품을 생산하기 위해서는 전문적인 기술이 필요함.

- 효과적인 시범사업 추진을 위해서 국고보조가 필수적으로 이루어져야 하고 계획 초기부터 전문가 및 치밀한 행정적 뒷받침이 이루어져야 하기 때문에 2단계의 위원회 운영이 필요함.

〈표 VI-5〉 단계별 시범사업 진행에 따른 위원회 구성 계획

온배수 활용 시범사업 위원회	주관 기관	역 할
추진위원회	영월군	사업부지 및 국고지원 확보
운영위원회	영월군+운영주체	시범사업실시 및 현안문제 해결



〈그림 VI-12〉 온배수 활용 시범사업 추진 위원회 및 운영위원회 개념도.

- 시범사업 추진위원회는 국고보조 지원 획득과 관련된 정부 관계 부처와 의견을 조율하고 시범사업에 필요한 각종 인프라구축, 사업운영주체 선정 그리고 세부적인 사업운영안 마련에 관한 중요사항에 대해 결정을 담당함으로써 시범사업의 효율적인 업무 진행을 지원하는 기능을 수행

- 시범사업 추진위원회는 강원도, 영월군 담당 공무원과 남부발전소 담당자 및 폐열 활용 전문가로 구성하여 사업의 총괄적 진행 및 업무추진기관의 관리감독을 수행
- 시범사업 운영위원회는 영월군과 사업운영주체 그리고 온배수 활용 전문가로 구성하여 실제 사업 운영에 관한 전반적인 사항과 현장에서 발생하는 다양한 문제에 대해 해결하고 대안을 제시하는 역할을 수행
- 국고보조사업비 지원 및 수탁을 위해서는 지역농업인으로 구성된 영농법인, 조합, 회사등의 마을 공동사업체 법인이 결성되어야 함. 영리 목적의 회사법인 보다는 공동이익을 추구하는 조합법인이 바람직하며, 영농조합법인은 협업적 경영체로서 마을 공동사업의 취지에도 부합함.
- 마을 공동사업체는 여러 주민이 참여하는 조직체이므로 사전에 운영규정을 명확히 하는 것이 중요함. 특히 출자자 및 참여자에 대한 이익 배분, 공동 활동의 비용 부담, 공동시설의 소유권 등을 정관 및 운영규정에 명확하게 규정해야 함.



### 5. 사업 추진일정

내용	일정	'11	'12											
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기본계획수립 및 타당성분석		■												
시범사업추진위원회 결성		■												
사업부지매입			■											
토지정리				■	■									
사업운영주체 선정 및 계약				■	■									
온배수 활용 시스템구축						■	■	■	■	■	■			
비닐하우스 설치												■		
다목적하우스 리모델링													■	
최종점검													■	
시범사업실시														■

## 6. 1차년도 시범사업 예산 계획

<b>Infra</b> 구축비	시범사업 부지 매입비	300백만원
	온배수 이송 배관 설치비	500백만원
	히트펌프 설치비	150백만원
	온배수 저장 탱크 설치비	100백만원
	<b>소계</b>	<b>1,050백만원</b>
시설원예농업부문	비닐하우스/다중 보온커튼	45백만원
	격리 배드 / 상토 설치	1.7백만원
	관수 시설	3백만원
	LED등 설치	20백만원
	인건비	80백만원
	운영비(종묘/전기료/기타)	6.7백만원
	예비비	0.7백만원
	<b>소계</b>	<b>157.1백만원</b>
수산양식업 부문	비닐하우스/다중보온커튼	45백만원
	수조설비	100백만원
	침전조	70백만원
	배수 및 정화시설	40백만원
	모터·펌프시설	10백만원
	인건비	80백만원
	운영비(치어비/사료비/전기료)	77백만원
	예비비	7.7백만원
	<b>소계</b>	<b>429.7백만원</b>
<b>TOTAL</b>	<b>약 1,636.8백만원</b>	



## 제2절 시범사업의 타당성 분석

### 1. 기본 가정

- 분석 어종 및 작물 : 철갑상어, 멜론
- 생산지 : 강원도 영월
- 설비 구축기간 : 건설기간은 초단기로 가정, 본 분석에서는 고려하지 않음.
- 운영기간 : 10년 (2012 ~ 2021)<sup>1)</sup>
  
- 총사업비 구성 : 설비비, 운영관리비(인건비 포함), 세금, 차입금에 대한 이자비용 등
  - (1) 설비비·운영비 : 물가상승률 3% 가정(2011년 기준)
  - (2) 세금반영
    - 총사업비에 부가가치세 포함(10%)
    - 주민세 포함, 법인세 22.0%
  - (3) 이자비용 : 금융기관으로부터의 차입금에 대한 조달 금리로써 구성은
    - 설비투자비와 운영비 조달을 위한 차입금에 대한 이자비용(80%)
    - 예비비(연평균 운영비) 조달을 위한 차입금에 대한 이자비용(10%)
  - (4) 감가상각 ; 정액법 적용
  
- 수 익 : 철갑상어 양식과 멜론 재배를 통하여 생산한 생산물의 판매액으로, 2011년 기준 3%의 물가상승률 가정
- 할인율 : 매래 수익 및 비용에 대한 현재가 산정을 위한 할인율로, 공기업 투자사업 예비타당성 지침(2011년 1월)에서 제시한 실질 할인률 5.5%와 물가상승률 3%를 고려하여 명목할인률 8.665 % 적용
- 예비비 : 년 평균 운영비(인건비 제외)의 10% 적용

---

1) 설비 내용연수 10년을 기준

## 2. 분석 모델

- 앞서 제시한 기본 가정에 기반으로 <표 VI-1>과 <표 VI-2>와 같이 설비 규모를 3 단계로 구분하였으며, 각 단계별 비용, 생산량, 판매단가는 2011년 기준 시장가격을 적용함으로써 경제성을 평가하였음.

<표 VI-6> 기초 통계량(철갑상어)

1단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동		
설비비용	비닐하우스	3,000 (만원/2년)
	다중보온커튼	1,500 (만원/10년)
	수조설비	10,000 (만원/10년)
	침전조	7,000 (만원/10년)
	배수 및 정화시설	4,000 (만원/10년)
	모터·펌프시설	1,000 (만원/1년)
	인프라 설비 (열배관, 부지, 히트펌프 등)	105,000/2 (만원/10년)
운영비용	인건비	8000(만원/2인)
	치어비	4,500 (만원/년)
	사료비	2,000 (만원/년)
	전기료	1,200 (만원/년)
생산량		15,000 (kg/년)
판매가격		35,000 (원/kg)
2단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 3개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동 규모의 비용 × 3)*97%	
운영비용		
3단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 5개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개도 규모의 비용 × 5)*95%	
운영비용		

〈표 VI-7〉 기초 통계량(멜론)

1단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동		
설비비용	비닐하우스/주기	3,000 (만원/2년)
	다중보온커튼/주기	1,500 (만원/10년)
	격리배드설비/주기	150 (만원/10년)
	상토제작/주기	20 (만원/1년)
	관수시설/주기	300 (만원/10년)
	LED등 설치/주기	2,000 (만원/10년)
	인프라 설비 (열배관, 부지, 히트펌프 등)	105,000/2 (만원/10년)
운영비용	인건비	8000(만원/2인)
	종묘	120 (만원/년)
	전기료	450 (만원/년)
	기타	100 (만원/년)
판매가격		5,200원/개
판매량		2,500(개/회) × 4 (회/년) = 10,000
2단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 3개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동 규모의 비용 × 3)*97%	
운영비용		
3단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 5개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개도 규모의 비용 × 5)*95%	
운영비용		

○ 생산량은 사업 추진단계별 점진적 증가를 가정하였음.

(1) 철갑상어의 경우에는 초기 1-2년 동안은 최대 생산량의 70%, 3년차는 80%, 4년차는 90%를 생산한 이후에 5년차부터 안정화 단계로 들어 최대 100%를 생산하는 것을 가정하였음.

(2) 멜론의 경우에는 초기 1년차 80%, 2년차 90% 생산단계를 거쳐 3년차 이후 최대 100%를 생산하는 것을 가정하였음.

- 각각의 단계별 외부 차입금 규모는 정부보조를 80%를 최대값으로 하였으며, 차입금 규모에 따른 운영 기간 내(10년) NPV(순현재가) 및 경제성(B/C<sup>2)</sup>)을 추정하였음.

### 3. 분석 결과

#### 3.1 1단계(500평 규모, 비닐하우스 2개동)

##### 가. 종합 결과

- 1단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 0.98이며 NPV(편익의 순현재가치)는 △7,224만원인 반면 차입금이 27.8%(정부보조 영향 가정)인 경우에는 B/C 1.00, NPV 0 원으로 추정되었음.

〈표 VI-8〉 1단계 시범사업 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우	차입금이 총 투자비용의 27.8%인 경우
현금유출	562,795	552,851
총설비비	200,571	200,571
운영비용	287,756	287,756
법인세	54,454	57,259
지급이자	20,014	7,265
현금유입	629,373	629,373
NPV	△7,224	0
B/C	0.98	1.00

2) 본 추정 결과는 사업성을 추정한 것이므로 정확한 용어는 재무적 PI(Profit Index)이다. 하지만 본 연구에서는 독자의 이해를 위하여 경제성으로 통일하여 사용하였음

- 철갑상어 양식 1단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 1.29이며 NPV(편익의 순현재가치)는 79,962만원인 반면 차입금이 27.8%(정부보조 영향 가정)인 경우에는 B/C 1.31, NPV 84,393만원으로 추정.

〈표 VI-9〉 1단계 철갑상어, 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이	
	총 투자비용의 80%인 경우	총 투자비용의 27.8%인 경우
현금유출	396,262	390,101
총설비비	204,059	204,059
운영비용	201,082	201,082
법인세	81,178	82,915
지급이자	12,543	4,644
현금유입	569,595	569,595
NPV	79,962	84,393
B/C	1.29	1.31

- 멜론 재배 1단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 0.30이며 NPV(편익의 순현재가치)는 △87,186만원인 반면 차입금이 27.8%(정부보조 영향 가정)인 경우에는 B/C 0.31, NPV △84,393만원으로 추정.

〈표 VI-10〉 1단계 멜론, 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이	
	총 투자비용의 80%인 경우	총 투자비용의 27.8%인 경우
현금유출	166,534	162,750
총설비비	83,413	83,413
운영비용	111,044	111,044
법인세	△26,723	△25,656
지급이자	7,471	2,621
현금유입	59,778	59,778
NPV	△87,186	△84,393
B/C	0.30	0.31



3.2 2단계(500평 규모, 비닐하우스 6개동)

가. 종합 결과

- 2단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우 B/C 1.38, NPV(편익의 순현재가치) 321,455만원으로 추정되었음.

〈표 VI-11〉 2단계 시범사업 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우
현금유출	1,259,518
총설비비	356,439
운영비용	579,881
법인세	284,303
지급이자	38,896
현금유입	1,888,118
NPV	321,455
B/C	1.38

- 철갑상어 양식 2단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 1.64이며 NPV(편익의 순현재가치)는 412,509만원으로 추정.



〈표 VI-12〉 2단계 철갑상어, 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우
현금유출	973,119
총설비비	369,896
운영비용	449,554
법인세	304,351
지급이자	26,995
현금유입	1,708,785
NPV	412,509
B/C	1.64

○ 멜론 재배 2단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 0.55이며 NPV(편익의 순현재가치)는 △91,053만원으로 추정.

〈표 VI-13〉 2단계 멜론, 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우
현금유출	286,399
총설비비	129,119
운영비용	179,437
법인세	△20,048
지급이자	11,901
현금유입	179,333
NPV	△91,053
B/C	0.55

### 3.3 3단계(500평 규모, 비닐하우스 10개동)

#### 가. 종합 결과

- 3단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우 B/C 1.50, NPV(편익의 순현재가치) 653,776만원으로 추정되었음.

〈표 VI-14〉 3단계 시범사업 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우
현금유출	1,951,592
총설비비	506,594
운영비용	872,006
법인세	515,444
지급이자	57,549
현금유입	3,146,864
NPV	653,776
B/C	1.50

- 철갑상어 양식 3단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 1.73이며 NPV(편익의 순현재가치)는 747,699만원으로 추정.

〈표 VI-15〉 3단계 철갑상어, 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우
현금유출	1,546,694
총설비비	529,656
운영비용	698,025
법인세	528,440
지급이자	41,286
현금유입	2,847,975
NPV	747,699
B/C	1.73

○ 멜론 재배 3단계 경제성 평가의 결과를 살펴보면, 총 투자비용의 80%를 차입하는 경우의 B/C는 0.67이며 NPV(편익의 순현재가치)는 △93,923만원으로 추정.

〈표 VI-16〉 3단계 멜론, 경제성 평가 결과

단위 : 만원

구 분	차입금이 총 투자비용의 80%인 경우
현금유출	404,898
총설비비	173,150
운영비용	247,831
법인세	△12,996
지급이자	16,263
현금유입	298,888
NPV	△93,923
B/C	0.67

### 3.4 민감도 분석(사업규모 1단계 기준)

- 여타 조건이 동일하다는 가정 하에 판매가 및 총비용 중 차입비율 변동에 따른 손익분기점을 살펴보았음. 분석결과, 철갑상어는 총비용 중 80% 차입 하에서 최소 24,313원/kg, 27.8% 차입 하에서 23,721원/kg 이상이 되어야 하며, 멜론은 총비용 중 80% 차입 하에서 최소 21,377원/개, 27.8% 차입 하에서 20,859원/개 이상이 되어야 경제성이 유지되는 것으로 추정되었음.

〈표 VI-17〉 철갑상어, 민감도 평가 결과

단위 : 만원/10년

총비용 중 차입비율	최소단가 (원/kg)	현금유입	현금유출	순현금흐름	NPV	B/C
80%	24,313	395,677	350,340	45,337	0.000	1.00
27.8%	23,721	386,039	341,635	44,405	0.000	1.00

〈표 VI-18〉 멜론, 민감도 평가 결과

단위 : 만원/10년

총비용 중 차입비율	최소단가 (원/개)	현금유입	현금유출	순현금흐름	NPV	B/C
80%	21,377	245,747	215,356	30,391	0.000	1.00
27.8%	20,859	239,790	210,009	29,781	0.000	1.00

#### 4. 시사점

- 본 연구는 강원 영월천연가스발전소에서 연중상시 발생되어 온배수 형태로 버려지는 폐열을 활용하여 철갑상어와 멜론 재배에 대한 경제성을 평가하였음.
- 사업규모를 기준한 단계별 평가 결과, 철갑상어 양식과 멜론 재배사업은 모두 규모의 경제효과가 있어 규모가 커지면 커질수록 경제성은 높아지는 것으로 추정되었음.
- 각 단계별 외부 차입규모에 따른 경제성 평가 결과, 1단계에서는 외부차입금 규모가 최대 27.8%를 넘어서지 않는 범위 내에서 경제성이 있는 것으로 평가되었으나, 2단계·3단계 사업에서는 외부차입 규모가 총 투자비용 중 80%를 가정하더라도 B/C가 1.38, 1.50으로 나타나 경제성이 매우 높은 것으로 추정되었음.
- 따라서 1단계 사업에서 초기투자비(인프라구축비: 10.5억원)에 대한 정부의 지원이 있을 경우 경제성이 높아질 가능성이 있음.
- 결과적으로 본 사업은 규모의 경제효과가 큰 사업이며, 한편 규모가 작게 시작할 경우에는 외부차입금 규모를 축소하는 것이 경제성을 확보하는데 중요한 요인이 됨을 알 수 있었음.



제 7 장

결론 및 향후 정책 방향





## 제7장

# 결론 및 향후 정책 방향



## 제1절 결론

- 영월천연가스발전소에서는 현재 폐열이 동계기준으로 볼 때 30℃의 온배수 형태로 시간당 3만톤이 발생하고 있으나 효율적인 폐열 회수 시스템이 구축되어 있지 못한 실정임.
- 본 연구에서는 발전소가 위치하고 있는 지역의 사회, 경제적인 인문학적 특성과 지리적인 특성을 반영하여 발전소 온배수를 활용한 지역 발전의 저탄소 녹색성장의 시범사업 기본계획(안)을 제시하고자 함.
- 연구결과 영월천연가스발전소 바로 뒤쪽에 위치하고 있는 정양리는 정양산성 개발 및 보존사업이 이루어지고 있는 곳으로 전형적인 배산임수의 명당자리에 위치하고 있어 농업과 수산양식업의 부지로 적합한 것으로 밝혀짐.
- 영월천연가스발전소 온배수를 활용 목표는 고소득 지연 명품개발로 단순한 농업의 생산기지에서 생산+가공+서비스의 복합산업(6차산업)현장으로 변모할 뿐만 아니라 전통과 자연, 인간이 함께하는 창조도시 영월의 4계절 관광인프라와 어울리는 지역 발전을 이루는 것으로 설정함.

- 이러한 복합산업은 기술과 자본이 결합된 종합산업(agri-business)이며 영월의 자원과 문화를 활용한 지연 명품 특산물의 생산전략과 체험관광으로 연결되어 지역판촉(place marketing)의 전략적 가치를 가질 것임.
- 발전소 온배수를 활용한 시범사업에서는 친환경 자원순환을 통해 청정성과 품질성을 확보하고 지역 브랜드화를 통해 지연명품 특산물로 특화 육성시켜 주민의 자긍심을 고취시키고 시범사업 장소를 벤치마킹 목적 방문객을 유인하는 선진 견학장으로 부각시키고자 함.
- 발전소 온배수 활용(넓은 의미의 기후변화대응 녹색성장)의 메카로서 요식업을 포함하고 제반 관광요소를 가미시킨 온배수 활용 집적화 단지를 구축하여 발전소 인근지역 뿐만 아니라 영월군 전지역의 발전을 이루고자 함.
- 발전소 온배수를 활용하여 발전소 인근 지역, 더 나아가 영월지역을 발전 시키고자 하는 시범사업 로드맵을 수립함에 있어서 원칙은 사업 실패의 리스크와 운영주체의 비용부담을 최소화하기 위해 규모를 작게 시작해서 점차 확대시키는 방향으로 설정하였음.
- 발전소 온배수 활용 지역성장 사업을 3단계로 하여 기본 인프라 시설을 구축하고 운영노하우를 충분히 습득한 후에 그 학습효과를 바탕으로 규모를 확산시키고 결국 목표로 하는 온배수 활용 집적화 단지를 구축하는 전략을 수립.
- 1단계에서는 기본시설을 구축하고 운영노하우를 습득하는 토대구축 단계임. 온배수 활용 시범사업을 성공적으로 추진하기 위해서는 최적의 온배수 활용 시스템의 구축 뿐만 아니라 온배수를 활용하는 측면에서의 전문기술 확보가 관건임.
- 2단계에서는 1단계에서 습득한 온배수 활용 노하우를 확대하고 시범사업 참여 인원도 늘리며 최소구성공간(unit zone)도 1개에서 3개로 확대하는 단계임.

- 3단계에서는 1~2단계에서 구축된 유·무형의 자산을 바탕으로 지역발전을 견인할 수 있는 소득 창출과 관광객을 유인하는 등 관광사업과 연계한 친환경 지연 명품 생산 집적단지를 만들고자 함.
- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 아이템 선정은 본 연구에서 제시한 5대 기본원칙과 지역의 특수성을 고려한 부가원칙에 입각하여 농업부문과 수산양식업 부문으로 나누어 후보군을 선정하였음.
- 효과적인 시범사업 추진을 위해서 국고보조가 필수적으로 이루어져야 하고 계획 초기부터 전문가 기술자문 및 치밀한 행정적 뒷받침이 이루어져야 하기 때문에 2단계의 위원회 운영이 필요함.
- 1단계 시범사업 추진위원회는 국고보조 지원과 관련된 정부 관계 부처와 의견을 조율하고 시범사업에 필요한 각종 인프라구축, 사업운영주체 선정 그리고 세부적인 사업운영안 마련에 관한 중요사항에 대해 결정을 담당함으로써 시범사업의 효율적인 업무 진행을 지원하는 기능을 수행.
- 2단계 시범사업 운영위원회는 영월군과 사업운영주체 그리고 온배수 활용 전문가로 구성하여 실제 사업 운영에 관한 전반적인 사항과 현장에서 발생하는 다양한 문제에 대해 해결하고 대안을 제시하는 역할을 수행.
- 국고보조사업비 지원 및 수탁을 위해서는 지역농업인으로 구성된 영농법인, 조합, 회사등의 마을 공동사업체 법인이 결성되어야 함. 영리 목적의 회사법인 보다는 공동이익을 추구하는 조합법인이 바람직하며, 영농조합법인은 협업적 경영체로서 마을 공동사업의 취지에도 부합함.
- 본 연구에서는 강원 영월천연가스발전소에서 연중상시 발생되어 온배수 형태로 버려지는 폐열을 활용하여 철갑상어와 맬론 재배에 대한 경제성을 평가하였음.

- 사업규모를 기준한 단계별 평가 결과, 철갑상어 양식과 멸론 재배사업은 모두 규모의 경제효과가 있어 규모가 커지면 커질수록 경제성은 높아지는 것으로 추정되었음. 각 단계별 외부 차입규모에 따른 경제성 평가 결과, 1단계에서는 외부차입금 규모가 최대 27.8%를 넘어서지 않는 범위 내에서 경제성이 있는 것으로 평가되어 10.5억원의 인프라구축비에 대한 정부의 지원이 필요한 것으로 밝혀졌다.
- 2단계·3단계 사업에서는 외부차입 규모가 총 투자비용 중 80%를 가정하더라도 B/C가 1.38, 1.50으로 나타나 경제성이 매우 높은 것으로 추정되었음.



## 제2절 향후 정책 방향

- 향후 영월천연가스발전소 온배수를 활용하여 시범사업을 추진할 경우 사업아이템 선정에 있어 초기에는 운영자금난을 해소하고 안정적인 시범사업 추진을 위해 이미 시장이 확보되어 있는 품목과 앞으로의 사업발전 포텐셜이 큰 것을 함께 병행하여 시너지 효과를 얻을 필요성 있음.



〈그림 VII-1〉 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 아이템 선정전략.

- 영월천연가스발전소 온배수 활용 사업아이템으로 철갑상어와 같이 기존 시장이 대중화되어 있지 않은 경우에는 동강 시스타를 이용하는 소수 소비자를 겨냥하여 고가의 고급 요리를 개발하여 보급하는 정책과 일반시장과 식당에 대량생산 보급하는 중저가 시장유통 정책을 펼칠 필요가 있음.



〈그림 Ⅶ-2〉 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 생산품 유통 전략.

- 아울러 보다 섬세하고 차별화된 마케팅을 위해 SNS (Social Network System-소셜 네트워크시스템)를 활용할 필요가 있음.
- 시범사업 지연명품의 생산, 유통, 소비 등 전 단계에서 발생하는 문제에 대한 대처 방안을 신속하게 공유하여 관련 비용을 절감하고 고객 만족도를 제고하기 위해서는 SNS를 통한 소셜 SCM (Social Supply Chain Management)을 도입해야 할 필요가 있음.
  - 동시다발적이고 신속한 SNS의 정보 전파력을 활용하여 지연명품의 생산과 유통상황, 수요규모, 재고 현황 등에 관한 정보를 실시간 공유
  - 공급망 참여자 모두가 공유하는 SNS 채널을 통해 수시로 정보를 공유하여 고객의 정보니즈를 충족시키고 쌍방향 소통기능을 이용하여 공급망 프로세스를 개선

- 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업은 시설 설치비가 많이 투자되어야 하고 종합적인 다양한 문제를 해결하여야 목표를 달성할 수 있는바, 다양한 이해당사자간의 논의를 거친 합의가 필요하며 각 주체들의 적극적인 역할 분담 및 이행을 필요로 함.



〈그림 VII-3〉 영월천연가스발전소 온배수 활용 시범사업 이해 당사자의 역할.

- 또한 본 연구에 이어 시범사업 세부이행 계획 작성 시는 사전에 운영규정을 정하고 출자자 및 참여자에 대한 이익 배분, 공동 활동의 비용 부담, 공동시설의 소유권 등을 정관 및 운영규정에 명확하게 규정하여 향후 분쟁의 소지를 없애는 것이 중요함.
- 영농법인 구성시 지역내의 많은 사람들이 혜택을 볼 수 있도록 설계하는 것이 필요하며 2012년도 시범사업 예산확보를 위해서 농림수산식품부의 기후변화대책 관련 사업과 연계하여 국고지원 획득을 추진해야 함.





## 참고문헌

- 강원도내수면개발시험장 (1998), 내수면어류양식기술연구보고서
- 농림부 (2009), 공장폐열을 이용한 하우스 난방시스템 개발
- 영월군 (2009), 영월군 녹색성장 종합계획
- 농수산식품부 농어업·농어촌특별대책위원회 (2010), 발전소 온배수를 이용한 농업과 수산업활동
- 충남발전연구원 (2011), 보령시 화력발전 온배수의 활용방안
- 한국기후변화대응연구센터 (2011), 영월군 기후변화 적응 역량 강화를 위한 세부 계획 수립
- 한국농촌경제연구원 (2005), 원전 온배수의 상업적 이용을 위한 타당성 조사
- 한국전력공사 (1992), 발전소 온배수의 농업이용에 관한 연구
- 한국수력원자력 (2002), 원전 온배수 문제 종합대응방안 수립을 위한 연구
- 한국수력원자력 (2005), 원전 온배수의 상업적 이용을 위한 타당성 조사
- 한국해양수산개발원 (2010), 발전소 온배수 활용 저탄소 녹색 양식업 발전방향
- 한국해양연구원 (1999), 발전소 온배수 확산해역의 해양목장화 기반연구
- 해양수산부 (2008), 해양생태계 보전을 위한 온배수 관리방안 연구
- 해양정책국 (2007), 해양생태계 보호를 위한 온배수 관리방안 마련
- 호남온실작물연구소 (1997), 발전소의 온배수를 이용한 특용작물 재배가능성 조사 보고서
- 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.
- Laws, E. A. (1981), Thermal pollution and power plants. In Aquatic Pollution,

482. Wiley-Intersci.Publ.

- The Connecticut Academy of Science and Engineering (2009), A Study of the Feasibility of Utilizing Waste Heat from Central Electric Power Generating Stations and Potential Application

부 록



## 경제성 평가 개요

### 1.1 개요

경제성평가(economic estimation)는 계획하고 있는 사업의 경제적 효율성을 분석하여 투자의 타당성을 검토하는 것을 말한다. 특히 재원이 한정되어 있는 경우 다양한 투자사업의 대안에서 후보사업의 비용과 효과를 분석하여 투자의 최적화를 기하고 우선순위를 정할 필요가 있기 때문에 정부의 정책결정에 기준이 될 수 있는 객관적인 평가방법이 필요하게 된다. 경제성평가는 타당성 조사를 통하여 어느 투자 대안이 기술적으로 가능한가, 경제적, 사회적으로 어느 정도의 효율성을 갖고 있는가, 또는 재무적으로는 채산이 맞는가 등에 대해 종합적으로 검토하게 된다. 이를 위해 투자 사업으로 인해서 발생하는 각종 편익과 비용의 총계를 산정하여 분석하는 기법인 경제성분석(economic analysis)을 사용하게 된다<sup>3)</sup>.

### 1.2 순현재가법(net present value method: NPV)

#### 1.2.1 순현재가(NPV)의 의미

화폐의 시간적 가치를 고려하여 투자안들을 평가하는 방법을 현금흐름할인법(discounted cash flow method: DCF)이라고 하는데, 이에는 순현재가법, 내부수익률법,

3) 심명필 (2001). 수자원 경제성분석 입문(10). 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제34권, 제6호, pp. 75-83.

수익성지수법 등이 있다.

순현재가(Net Present Value)는 투자의 결과 발생하는 현금유입(cash inflow)의 현재에서 현금유출(cash outflow)의 현재를 차감한 것을 의미한다. 즉, 순현재가(net cash flow)의 현재가치의 합계를 의미한다.

투자안의 순현재가를 정의하면 다음과 같다.  $r$ 은 적정할인율을 의미한다.

$$\begin{aligned} NPV &= \text{현금유입의 현재가치} - \text{현금유출의 현재가치} \\ &= C_1/(1+r) + C_2/(1+r)^2 + \dots + C_n/(1+r)^n - C_0 \\ &= \sum C_t/(1+r)^t - C_0 \end{aligned}$$

위 식에서 적정할인율(appropriate discount rate)  $r$ 은 해당 투자안이 가지는 투자위험에 상응하는 할인율을 뜻하며, 그 투자안이 벌어들여야 하는 최소한의 수익률로서 소요자본의 요구수익률(required rate of return)을 의미한다. 또한, 이것은 투자 자본의 기회비용으로서 자본비용(cost of capital)이라고도 한다.

할인율의 변동에 따라서 순현재가는 달라진다. 할인율의 변동에 따른 순현재가의 변동을 그래프로 표시하면 다음과 같다. 그림 3.1에 의하면 할인율 10%를 경계로 순현재가가 양에서 음으로, 음에서 양으로 바뀌고 있다. 이와 같이 현금흐름이 일정하게 주어졌을 때, 한 사업의 순현재가 0이 되는 할인율을 이 사업의 내부수익률(internal rate of return)이라고 부른다. 따라서 이 경우, 만약 할인율이 내부수익률 10%보다 크다면 사업의 타당성이 없고(즉 순현재가가 陰), 이 보다 작으면 사업은 타당성이 있게 된다(즉 순현재가가 陽). 이를테면, 이 사업의 사업주가 사업자금을 전액 은행차입에 의존하고 그 이자율이 15%라면, 이 사업주는 다른 사업을 찾거나 아니면 이자율이 10%보다 싼 자금을 조달하여야 한다. 아니면 사업의 수익성을 더 높일 수 있고 투입비용을 절감할 수 있도록 이 사업의 구상을 달리 해야 할 것이다.

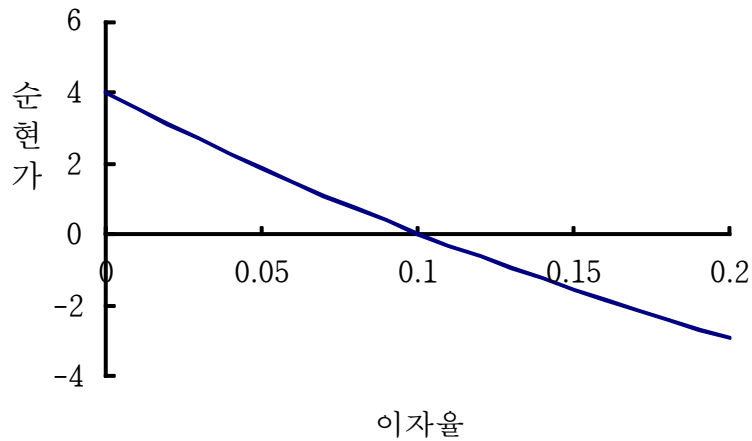


그림 1 이자율변동에 따른 순현재가의 증감

### 1.2.2 순현재가(NPV)의 의사결정기준

#### 가. 독립적인(independent) 투자안

순현재가가 0보다 큰 투자안을 채택하고, 순현재가 0보다 작은 투자안을 기각한다.

#### 나. 상호 배타적인(mutually exclusive) 투자안

순현재가가 0보다 큰 투자안들 중에서 순현재가가 가장 높은 투자안을 최적 투자안으로 선택한다.

#### 다. 순현재가의 경제적 의미와 특성

NPV의 경제적 의미를 이해하기 위하여 어떤 투자안의 NPV가 0이라고 가정하여 보자. 이 경우 그 투자안은 다음 3가지 조건을 만족시킬 정도로 충분한 현금흐름을 제공한다. 그 투자안의 자금조달을 위하여 자금을 제공한 채권자들에게 일체의 이자비용을 지급한다. 투자안에 대한 자기자본을 제공한 주주들에게 일체의 기대수익(배당금 및 자본이익)을 지불한다. 그 투자안에 대한 지출된 원금  $C_0$ 를 상환한다.

NPV가 0인 투자안은 위와 같이 채권자와 주주들을 모두 보상하는 데 공정한 수익을 제공하는 투자안이다. 여기서 공정한 수익이란 그들이 자신의 위험에 대하여 기대하는 수익을 말한다. 따라서, NPV가 (+)인 투자안은 요구수익률을 넘는 수익을 제공한다는 의미이며, 이 모든 잉여 현금흐름은 주주들에게 귀속된다. 즉, 주주들의 부는 그 투자안의 NPV만큼 정확히 증가한다. 순현재가법이 자본예산 편성에서 특히 중요한 이유는 이처럼 NPV의 정의가 주주들의 부와 직접 연결되어 있기 때문이다.

순현재가법은 주주 부의 극대화라는 기업의 목표에 부합되는 가장 합리적인 투자안 평가방법으로서 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- ① NPV는 현금흐름을 사용한다.
- ② NPV는 투자안의 모든 현금흐름을 사용한다.
- ③ NPV는 현금흐름을 적절한 할인율로 할인한다. 즉, NPV는 화폐의 시간적 가치를 고려한다.
- ④ NPV는 모두 동일 시점, 즉 현재 시점의 가치를 의미하므로 그것들을 합칠 수 있다. NPV법에서는 가치의 가산원칙(value additivity)이 성립한다. 예를 들어, 투자안 A와 투자안 B의 두 투자안에 모두 투자할 경우의 순현재가는 각 투자안의 순현재가를 합한 것과 동일하다.

$$NPV(A+B) = NPV(A) + NPV(B)$$

위의 식과 같이 가치의 가산원칙이 성립할 경우, 모든 개별 투자안을 독립적으로 평가할 수 있게 된다.



### 1.3 내부수익률법(internal rate of return: IRR)

#### 1.3.1 내부수익률법(IRR)의 의미

내부수익률(IRR)은 투자의 결과 발생하는 현금유입의 현재와 현금유출의 현재를 같 아지게 하는 할인율로서 장기 투자안의 평균투자수익률을 의미한다. 내부수익률은 다 음의 식에 의해서 구할 수 있다.

$$NPV = \sum Ct / (1 + IRR)^t - C0 = 0$$

위의 식에서 정의한 바와 같이, IRR은 결과적으로 NPV를 0으로 만드는 특정 할인율 을 의미한다. 다시 말하면, NPV법에서는 할인율 r이 시장에서 결정된 자본비용으로서 미리 결정되어 지는데 반하여, IRR법에서는 NPV를 0으로 만드는 특정 할인율 IRR의 값을 구한다.

그런데 내부수익률은 1개 이상이 될 수 있는데, 이때 내부수익률보다 작은 차입금을 사용한다고 해서 반드시 사업의 수익성이 보장되는 것은 아니다. 이를테면, 다음과 같 이 사업종료 시점에 어떤 이유에서이건 추가적인 비용이 드는 사업을 가정해 보자.<sup>4)</sup>

연도별	1	2	3	4	5
순가(純價)	△21	10	30	20	△40

이 사업의 내부수익률을 조사하면 그림과 같이 약 4.5%와 25% 두 개가 존재한다. 따라서 내부수익률 25.5%이하의 모든 할인율에서 이 사업의 순현재가가 항상 0보다 큰 것은 아니다. 이를테면 할인율이 2%에서 순현재가는 대략 -0.5 정도가 된다. 마찬가지로 할인율이 내부수익률 4.5%보다 크다고 항상 이 사업의 타당성의 보장되는 것은 아니

4) 예컨대 사업종료 후 예상 못했던 직원의 전직보상금을 지불한다든가, 공장터가 토양 오염이 되어 있어 주택지로 팔기 위해 토양정생을 해야하는 경우 등

다. 이를테면 할인율이 25.5%가 넘으면 이 사업은 손해보는 사업이 된다. 따라서 흔히들 이야기하는 것처럼, 어떤 사업의 할인율이 내부수익률보다 낮기 때문에 해당 사업은 타당하다고 말할 때는 현금흐름을 확인해 보아야 한다.

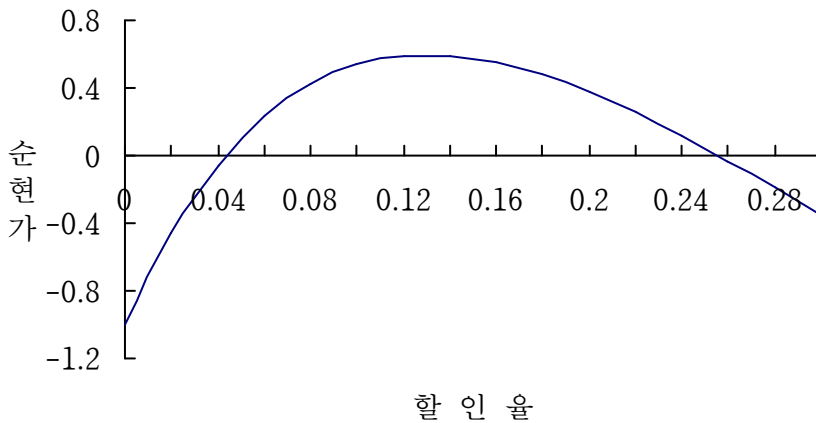


그림 2 부수익률이 여러개인 경우의 사업타당성.

### 1.3.2 내부수익률법의 의사결정 기준

#### 가. 독립적인(independent) 투자안

내부수익률 IRR이 자본비용보다 높을 경우 투자안을 채택하고, IRR이 자본비용보다 낮을 경우 투자안을 기각한다. 예를 들면 자본비용이 20%이고, 투자안의 내부수익률이 21%라면 내부수익률이 자본비용보다 높기 때문에 이 투자안을 채택하여야 한다. 일반적으로 독립적인 투자안의 경우 내부수익률법에 의한 평가결과는 순현재가법에 의한 결과와 동일하다.

#### 나. 상호 배타적인(mutually exclusive) 투자안

내부수익률이 자본비용보다 큰 투자안들 중에서 내부수익률이 가장 높은 투자안을 최적 투자안으로 선택한다.

#### 1.4 순현재가법과 내부수익률법의 비교

투자결정의 합리성 여부가 기업의 가치에 미치는 영향은 매우 현저하다. 일반적으로 투자안의 경제성을 평가하는 기법으로는 순현재가법(NPV method)과 내부수익률법(IRR method)이 실무에서 널리 사용하고 있는 방법이다. 순현재가법은 주주 부의 극대화라는 기업의 목표에 부합되는 가장 합리적인 투자안 평가방법으로서 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- ① NPV는 현금흐름을 사용한다.
- ② NPV는 투자안의 모든 현금흐름을 사용한다.
- ③ NPV는 현금흐름을 적절한 할인율로 할인한다. 즉, NPV는 화폐의 시간적 가치를 고려한다.
- ④ NPV는 모두 동일 시점, 즉 현재 시점의 가치를 의미하므로 그것들을 합칠 수 있다. NPV는 가치의 가산원칙(value additivity)이 성립한다. 예를 들어, 투자안 A와 투자안 B의 두 투자안에 모두 투자할 경우의 순현재가는 각 투자안의 순현재가를 합한 것과 동일하다.

$$NPV(A+B) = NPV(A) + NPV(B)$$

NPV법의 최대 장점은 구체적으로 예상수익 규모를 추정 가능하다는데 있다. 단점은 투자규모가 다른 프로젝트 중 어느 투자안을 선택할 것인가는 판단 곤란하다. 예를 들면 100억원 투자해서 10억원의 수익을 얻는 투자안(A안)과 200억원을 투자해서 14억원의 수익을 얻는 투자안(B안)을 비교해 볼 때 NPV는 유용한 의사결정 기준이 될 수 없다.<sup>5)</sup> 부채를 거의 공짜로 무제한 빌릴 수 있는 경우라면 B안을 채택하여 수익극대화 가능하다. A안의 수익률(10%)이 B안(7%)보다 크므로 A안 선택하여야 한다.

IRR법은 NPV로 비교하기 힘든 경우, 예를 들어 투자규모가 다른 프로젝트 중 어떤

5) 여기서 자본규모가 큰 경우에 시장에서 초과수익을 얻는데 한계가 있기 때문에 적정 수준을 보장받는 투자안을 선택하는 경우는 예외로 한다.

결 선택하느냐 판단할 때 유용하다. 즉, 내부수익률(투자수익률)이 높은 투자안을 선택하면 된다. IRR법은 계산 결과가 흔히 접하는 수익률로 표시되기 때문에 이해가 쉽다는 것이 장점이다.<sup>6)</sup>

이러한 이유로 실무자들은 경제성 분석을 하게 되는 경우 NPV는 산출하지 않고 IRR만을 산출하고 마는 경우가 많다. 우리 회사의 지방상수도 사업의 경우에도 그러하다. 이는 NPV를 산정하려고 할 때 적용하게 되는 자본비용을 산출하기 어렵기 때문이며 따라서 경제성의 평가는 산출된 IRR과 내부적인 목표수익율과 IRR값을 비교하여 의사결정을 하게 된다.

그런데 앞서 설명했던 바와 같이 NPV는 기업가치의 증가분을 계량화 할수 있고 목시적으로 가정하고 있는 재투자수익율이 IRR에 비해 합리적이므로 NPV방식으로 경제성을 분석하는 것이 바람직하다.

### 1.5 할인율

할인율(discount rate)이란 미래시점의 금전에 대한 현시점의 금전의 비율이며, 이자율(interest rate)이란 현재가치의 미래가치를 알고자 할 때 사용되는 개념이다. 투자사업의 타당성을 결정하기 위해서는 산출된 편익과 비용을 비교하여야 한다. 그러나 사업계획기간이 여러 해 또는 수십 년일 경우가 많은 수자원개발과 같은 공공투자사업의 경우 편익과 비용이 동시에 발생하지 않고 비용은 사업초기에 편익은 후기에 장기간에 걸쳐 발생하게 된다.

미래의 편익과 비용을 어떤 할인율로 할인할 것인가는 비용편익분석에서 대단히 중요한 역할을 한다. 왜냐하면 할인율의 선택에 따라 투자사업이 타당하다고 평가될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문이다. 특히 수자원개발사업과 같이 비용은 사업초기에 발생하고 편익은 일정기간 후 지속적으로 발생하는 경우, 경제성은 할인율의 크기에 따라 많은 영향을 받게 된다. 개발도상국인 경우는 사회적 할인율이 8~10% 수준이거나 10%가 훨씬 넘는 국가도 많고, 선진국의 경우는 보통 6.0% 내외의 수준이 제

6) 예를 들어 '이 투자안의 (내부)수익율은 20%입니다'라고 하면 다른 투자기회에 비해 수익률이 큰지 작은 지 쉽게 판단할 수 있다.

시되고 있다. 우리나라의 경우 이에 대한 법적 근거라 할 수 있는 『댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률』에 이자율 및 건설이자율의 결정에 대해 “국토해양부 장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의 결정”이라고 정성적으로 언급하고 있고, 기존 다목적댐의 타당성 조사보고서에서는 관례적으로 8~12%의 할인율이 적용되어 왔다.

『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침(개정판)』에서는 일반적인 공공투자사업의 실질 할인율로서 7.5%를 제시하고 있으나, 현저하게 장기적으로 편익이 발생하는 수자원부문사업의 경우 보다 낮은 실질 할인율인 6.0%를 적용할 것을 제안하고 있다. 2003년도 예비타당성 조사 연구보고서에서는 실질 할인율 6.0%를 적용하였다.<sup>7)</sup> 지방상수도 사업의 경우 지방상수도와 광역상수도의 연계를 통한 한정된 자원의 효율적 이용과 더불어 국책사업인 물 수요관리 정책인 점 등 공익적 측면을 중시하여 사회적할인율 3%를 적용하고 있다.<sup>8)</sup>

#### 1.6 내용연수 및 잔존가치의 결정기준

공공투자사업의 타당성을 평가하기 위해서는 사업효과의 지속기간, 즉 분석 대상기간을 결정하여야 한다. 사업효과 지속연수의 기준이 되는 구조물의 수명은 물리적 수명(physical life)과 경제적 수명(economic life)으로 구분된다. 물리적 수명이란 시설물이 노후화되어 목적인 기능을 수행하지 못하게 될 때까지의 기간을 말하며, 기존의 시설이 비경제적이 되어 쓸모가 없게 되었을 때 경제적 수명에 도달하였다고 말한다. 경제적 수명이 다한 시설을 계속 가동하면 경제적 손실이 발생하는데 이때까지의 기간을 시설물의 경제적 수명 또는 내용연수라 하여 물리적 수명과 구분한다.

경제적 수명이 물리적 수명보다 짧은 현상은 기술진보가 빠른 제조업, 서비스업, 수송부문 등에서 나타난다. 공공투자의 경제성 분석에서는 시설물의 경제적 측면이 중요하므로 시설물의 내용연수를 기준으로 사업분석기간을 결정해야 하며, 물리적으로 남은 시설물의 잔존가치를 평가하여 편익항목에 합산한다.

7) 2003년도 예비타당성조사 연구보고서, 수자원(댐) 부문사업의 예비타당성조사 표준 지침 연구(제3판)(공공투자관리센터 한국개발연구원, 2003.4)

8) 양주시 지방상수도 운영효율화 사업계획서(한국수자원공사, 2008)

### 1.7 민감도 분석

할인율이 변할 때 사업의 타당성도 변화한다. 이때 할인율이 변했을 때 사업타당성이 얼마나 혹은 어떻게 변하는지 알아보는 일을 이자율변화에 대한 민감도분석 혹은 감응도분석(sensitivity analysis)이라고 한다. 민감도분석이란 미래의 불확실한 사업환경 하에서 해당 사업이 이러한 불확실한 사건에 대해 얼마나 견실(robust)하느냐를 확인하는 일련의 작업과정이라고 말할 수 있다.

경제성 분석에서 비용과 편익은 조건에 따라 달라지므로, 이러한 변화 경향을 미리 파악하여 편익과 비용에 대한 신뢰성을 검토하여야 한다. 이 경우 사업의 내부수익률을 평가하는 것이 그 방법 가운데 하나이다. 이 내부수익률의 오차 정도를 평가하기 위하여 민감도분석을 하며 정책 결정자에게 유용한 자료로 활용된다. 내부수익률에 영향을 미치는 주요 인자로는 투자비, 운영비, 산출량 등이며 이들 요소들을 독립적으로 변화시켜서 내부수익률의 변화 영향을 조사하게 된다. 이 변화 경향은 민감도지표(sensitivity index, SI)를 통해 알 수 있다. 민감도지표는 다음의 식(4-18)과 같다. 민감도 지표를 계산하여 그 결과가 1보다 크면 해당 주요 인자는 민감도가 크다고 판단하여, 이에 대한 투자비 증가요인의 발생을 억제토록 하며 민감도지표가 1보다 적은 경우에는 해당 주요 인자의 민감도가 낮으므로 경제성에 미치는 영향이 적다고 판단한다.

$\text{민감도지표(SI)} = \frac{\text{내부수익률의 변화율}(\%)}{\text{개별 주요 인자의 변화율}(\%)}$
---

## 경제성 평가 분석

### 2.1 기본 가정

- 분석 어종 및 작물 : 철갑상어, 멜론
- 생산지 : 강원도 영월
- 설비 구축기간 : 건설기간은 초단기로 가정, 본 분석에서는 고려하지 않음
- 운영기간 : 10년 (2012 ~ 2021)<sup>9)</sup>
- 총사업비 구성 : 설비비, 운영관리비(인건비 포함), 세금, 차입금에 대한 이자비용 등
  - (1) 설비비·운영비 : 물가상승률 3% 가정(2011년 기준)
  - (2) 세금반영
    - 총사업비에 부가가치세 포함(10%)
    - 주민세 포함, 법인세 22.0%
  - (3) 이자비용 : 금융기관으로부터의 차입금에 대한 조달 금리로써 구성은
    - 설비투자비와 운영비 조달을 위한 차입금에 대한 이자비용(80%)
    - 예비비(연평균 운영비) 조달을 위한 차입금에 대한 이자비용(10%)
  - (4) 감가상각 ; 정액법 적용
- 수익 : 철갑상어 양식과 멜론 재배를 통하여 생산한 생산물의 판매액으로, 2011년 기준 3%의 물가상승률 가정
- 할인율 : 미래 수익 및 비용에 대한 현재가 산정을 위한 할인율로, 공기업 투자사업 예비타당성 지침(2011년 1월)에서 제시한 실질할인률 5.5%와 물가상승률 3%를 고려하여 명목할인률 8.665 % 적용
- 예비비 : 년 평균 운영비(인건비 제외)의 10% 적용

9) 설비 내용연수 10년을 기준

2.2 분석 모델

2.1에서 제시한 기본 가정에 기반으로 <표 2-1>과 <표 2-2>에서와 같이 설비 규모를 3 단계로 구분하였으며, 각 단계별 비용, 생산량, 판매단가를 가정하였다.

<표 2-1> 기초 통계량(철갑상어)

1단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동		
설비비용	비닐하우스	3,000 (만원/2년)
	다중보온커튼	1,500 (만원/10년)
	수조설비	10,000 (만원/10년)
	침전조	7,000 (만원/10년)
	배수 및 정화시설	4,000 (만원/10년)
	모터·펌프시설	1,000 (만원/1년)
	인프라 설비 (열배관, 부지, 히트펌프 등)	105,000/2 (만원/10년)
운영비용	인건비	8,000(만원/2인)
	치어비	4,500 (만원/년)
	사료비	2,000 (만원/년)
	전기료	1,200 (만원/년)
생산량		15,000 (kg/년)
판매가격		35,000 (원/kg)
2단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 3개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동 규모의 비용 × 3)*97%	
운영비용		
3단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 5개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개도 규모의 비용 × 5)*95%	
운영비용		



〈표 2-2〉 기초 통계량(멜론)

1단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동		
설비비용	비닐하우스/주기	3,000 (만원/2년)
	다중보온커튼/주기	1,500 (만원/10년)
	격리배드설비/주기	150 (만원/10년)
	상토제작/주기	20 (만원/1년)
	관수시설/주기	300 (만원/10년)
	LED등 설치/주기	2,000 (만원/10년)
	인프라 설비 (열배관, 부지, 히트펌프 등)	105,000/2 (만원/10년)
운영비용	인건비	8,000(만원/2인)
	종묘	120 (만원/년)
	전기료	450 (만원/년)
	기타	100 (만원/년)
판매가격		5,200원/개
판매량		2,500(개/회) × 4 (회/년) = 10,000
2단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 3개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개동 규모의 비용 × 3)*97%	
운영비용		
3단계. 500평 규모의 비닐하우스 설비 5개동		
설비비용	(500평 규모의 비닐하우스 설비 1개도 규모의 비용 × 5)*95%	
운영비용		

○ 생산량은 사업 추진단계별 점진적 증가를 가정하였음.

(1) 철갑상어의 경우에는 초기 1-2년 동안은 최대 생산량의 70%, 3년차는 80%, 4년차는 90%를 생산한 이후에 5년차부터 안정화 단계로 들어 최대 100%를 생산하는 것을 가정하였음.

(2) 멜론의 경우에는 초기 1년차 80%, 2년차 90% 생산단계를 거쳐 3년차 이후 최대 100%를 생산하는 것을 가정하였음.

- 각각의 단계별 외부 차입금 규모는 정부보조율 80%를 최대값으로 하였으며, 차입금 규모에 따른 운영 기간 내(10년) NPV(순현재가) 및 경제성( $B/C^{10}$ )을 추정하였음.

---

10) 본 추정 결과는 사업성을 추정한 것이므로 정확한 용어는 재무적 PI(Profit Index)이다. 하지만 본 연구에서는 독자의 이해를 위하여 경제성으로 통일하여 사용하였음

## 2.3 분석 결과

## 2.3.1 1단계(500평 규모, 비닐하우스 1개동)

가. 경제성(차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

## (1) 종합 결과

1단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 562,795만원이며, 현금유입액은 629,373만원이다.

〈표 2-3〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	562,795	187,446	28,206	38,398	33,858	44,841	38,710	48,874	42,437	53,290	46,736
총설비비	200,571	156,887	1,190	8,438	1,263	8,952	1,340	9,497	1,421	10,075	1,508
운영비용	287,756	25,101	25,854	26,630	27,429	28,252	29,099	29,972	30,871	31,797	32,751
법인세	54,454	(1,863)	37	1,883	3,973	6,102	7,005	7,776	8,801	9,689	11,052
지급이자	20,014	7,321	1,125	1,447	1,193	1,535	1,266	1,629	1,343	1,728	1,425
현금유입	629,373	42,137	43,953	51,577	59,033	66,890	68,897	70,964	73,093	75,285	77,544

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-4〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	43,401	46,630	56,359	66,442	77,544	82,266	87,276	92,592	98,230	104,213
매출원가 등	51,870	46,462	47,802	48,384	49,806	50,424	51,933	52,588	54,188	53,977
세전이익	△8,469	168	8,557	18,058	27,738	31,843	35,344	40,004	44,042	50,236
법인세	△1,863	37	1,883	3,973	6,102	7,005	7,776	8,801	9,689	11,052

〈표 2-5〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	145,590	21,636	28,054	22,953	29,763	24,351	31,575	25,834	33,498	27,407
예비비	839	864	890	917	944	973	1,002	1,032	1,063	1,095
총 차입금	146,429	22,500	28,944	23,870	30,707	25,324	32,577	26,866	34,561	28,502
지급이자	7,321	1,125	1,447	1,193	1,535	1,266	1,629	1,343	1,728	1,425

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 △7,224 만원이며, B/C가 0.98로 경제성이 없는 것으로 분석되었다.

〈표 2-6〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	629,373	42,137	43,953	51,577	59,033	66,890	68,897	70,964	73,093	75,285	77,544
현금유입현재가치	391,209	38,777	37,223	40,196	42,339	44,148	41,847	39,665	37,597	35,637	33,779
현금유출	562,795	187,446	28,206	38,398	33,858	44,841	38,710	48,874	42,437	53,290	46,736
현금유출현재가치	398,432	172,499	23,887	29,925	24,283	29,596	23,512	27,318	21,828	25,225	20,359
순현금흐름	66,577	△145,309	15,747	13,179	25,175	22,049	30,186	22,090	30,656	21,995	30,808
NPV	△7,224	△133,722	13,335	10,271	18,056	14,553	18,335	12,347	15,769	10,412	13,420
B/C	0.98										

(2) 철갑상어 (차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

1단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 396,262만원이며, 철갑상어 판매에 따른 현금유입액은 569,595만원이다.

〈표 2-7〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	396,262	111,532	21,345	27,409	26,273	33,010	30,485	36,137	33,519	39,580	36,972
총설비비	204,059	89,507	1,167	4,808	1,238	5,101	1,313	5,411	1,393	5,741	1,478
운영비용	201,082	16,171	16,656	17,156	17,670	18,201	18,747	19,309	19,888	20,485	21,099
법인세	81,178	1,589	2,770	4,526	6,566	8,733	9,578	10,381	11,339	12,256	13,440
지급이자	12,543	4,266	753	919	798	975	847	1,035	899	1,098	953
현금유입	569,595	37,853	38,988	45,895	53,180	60,862	62,688	64,568	66,505	68,501	70,556

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-8〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	38,988	41,362	50,150	59,855	70,556	74,852	79,411	84,247	89,378	94,821
매출원가 등	31,767	28,773	29,578	30,007	30,861	31,317	32,223	32,707	33,668	33,728
세전이익	7,221	12,590	20,572	29,847	39,694	43,535	47,187	51,540	55,709	61,093
법인세	1,589	2,770	4,526	6,566	8,733	9,578	10,381	11,339	12,256	13,440

〈표 2-9〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	84,542	14,258	17,571	15,127	18,641	16,048	19,776	17,025	20,981	18,062
예비비	770	793	817	841	867	893	919	947	975	1,005
총 차입금	85,312	15,052	18,388	15,968	19,508	16,941	20,696	17,972	21,956	19,067
지급이자	4,266	753	919	798	975	847	1,035	899	1,098	953

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 79,962 만원이며, B/C가 1.29로 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 2-10〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	569,595	37,853	38,988	45,895	53,180	60,862	62,688	64,568	66,505	68,501	70,556
현금유입현재가치	353,466	34,834	33,018	35,768	38,141	40,170	38,075	36,090	34,209	32,426	30,735
현금유출	396,262	111,532	21,345	27,409	26,273	33,010	30,485	36,137	33,519	39,580	36,972
현금유출현재가치	273,504	102,639	18,077	21,361	18,843	21,787	18,516	20,198	17,242	18,736	16,105
순현금흐름	173,333	△73,680	17,643	18,485	26,907	27,852	32,203	28,432	32,986	28,921	33,584
NPV	79,962	△67,805	14,941	14,407	19,298	18,383	19,559	15,892	16,967	13,690	14,630
B/C	1.29										



## (2) 멜론 (차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

1단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 166,534만원이며, 멜론 판매에 따른 현금유입액은 59,778만원이다.

〈표 2-11〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	166,534	75,914	6,861	10,988	7,584	11,832	8,226	12,737	8,918	13,710	9,765
총설비비	83,413	67,380	23	3,630	25	3,851	26	4,086	28	4,334	30
운영비용	111,044	8,930	9,198	9,474	9,758	10,051	10,352	10,663	10,983	11,312	11,652
법인세	△26,723	(3,452)	(2,733)	(2,643)	(2,594)	(2,630)	(2,572)	(2,606)	(2,538)	(2,567)	(2,388)
지급이자	7,471	3,056	372	528	395	560	419	594	445	630	472
현금유입	59,778	4,285	4,965	5,682	5,853	6,028	6,209	6,395	6,587	6,785	6,988

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-12〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	4,413	5,267	6,209	6,587	6,988	7,414	7,865	8,344	8,853	9,392
매출원가 등	20,104	17,689	18,225	18,377	18,945	19,106	19,709	19,881	20,520	20,248
세전이익	△15,691	△12,422	△12,016	△11,790	△11,957	△11,692	△11,844	△11,536	△11,667	△10,857
법인세	△3,452	△2,733	△2,643	△2,594	△2,630	△2,572	△2,606	△2,538	△2,567	△2,388

〈표 2-13〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	61,048	7,377	10,483	7,826	11,122	8,303	11,799	8,809	12,517	9,345
예비비	69	71	73	75	78	80	82	85	87	90
총 차입금	61,117	7,448	10,556	7,902	11,199	8,383	11,881	8,893	12,605	9,435
지급이자	3,056	372	528	395	560	419	594	445	630	472

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 △87,186 만원이며, B/C가 0.30으로 멜론 재배만의 경제성은 매우 낮은 것으로 분석되었다.

〈표 2-14〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	59,778	4,285	4,965	5,682	5,853	6,028	6,209	6,395	6,587	6,785	6,988
현금유입현재가치	37,743	3,943	4,205	4,428	4,198	3,979	3,771	3,575	3,388	3,212	3,044
현금유출	166,534	75,914	6,861	10,988	7,584	11,832	8,226	12,737	8,918	13,710	9,765
현금유출현재가치	124,929	69,860	5,810	8,564	5,439	7,809	4,996	7,119	4,587	6,490	4,254
순현금흐름	△106,756	△71,629	△1,896	△5,306	△1,732	△5,803	△2,016	△6,342	△2,330	△6,925	△2,776
NPV	△87,186	△65,917	△1,606	△4,135	△1,242	△3,830	△1,225	△3,545	△1,199	△3,278	△1,209
B/C	0.30										

나. 경제성(차입금이 총 투자비용의 27.8%인 경우)

(1) 종합 결과

1단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 27.8%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 552,851만원이며, 현금유입액은 629,373만원이다.

〈표 2-15〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	552,851	183,740	27,656	37,683	33,273	44,083	38,090	48,070	41,779	52,437	46,039
총설비비	200,571	156,887	1,190	8,438	1,263	8,952	1,340	9,497	1,421	10,075	1,508
운영비용	287,756	25,101	25,854	26,630	27,429	28,252	29,099	29,972	30,871	31,797	32,751
법인세	57,259	(818)	192	2,084	4,138	6,316	7,180	8,002	8,986	9,930	11,249
지급이자	7,265	2,570	419	532	444	564	472	598	500	635	531
현금유입	629,373	42,137	43,953	51,577	59,033	66,890	68,897	70,964	73,093	75,285	77,544

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-16〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	43,401	46,630	56,359	66,442	77,544	82,266	87,276	92,592	98,230	104,213
매출원가 등	47,119	45,756	46,887	47,635	48,835	49,629	50,902	51,745	53,095	53,082
세전이익	△3,718	874	9,473	18,807	28,709	32,637	36,374	40,847	45,135	51,131
법인세	△818	192	2,084	4,138	6,316	7,180	8,002	8,986	9,930	11,249

〈표 2-17〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	50,565	7,514	9,744	7,972	10,337	8,457	10,966	8,972	11,634	9,519
예비비	839	864	890	917	944	973	1,002	1,032	1,063	1,095
총 차입금	51,404	8,378	10,634	8,889	11,281	9,430	11,968	10,004	12,697	10,614
지급이자	2,570	419	532	444	564	472	598	500	635	531

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 0 만원이며, B/C가 1.00으로 최소한의 경제성이 유지됨을 알 수 있었다.

〈표 2-18〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	629,373	42,137	43,953	51,577	59,033	66,890	68,897	70,964	73,093	75,285	77,544
현금유입현재가치	391,209	38,777	37,223	40,196	42,339	44,148	41,847	39,665	37,597	35,637	33,779
현금유출	552,851	183,740	27,656	37,683	33,273	44,083	38,090	48,070	41,779	52,437	46,039
현금유출현재가치	391,208	169,088	23,421	29,368	23,864	29,096	23,135	26,869	21,490	24,822	20,055
순현금흐름	76,522	△141,603	16,297	13,893	25,760	22,807	30,806	22,894	31,314	22,848	31,505
NPV	0	△130,311	13,802	10,828	18,475	15,053	18,711	12,797	16,107	10,815	13,724
B/C	1.00										

## (2) 철갑상어 (차입금이 총 투자비용의 27.8%인 경우)

1단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 27.8%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 390,101만원이며, 철갑상어 판매에 따른 현금유입액은 569,595만원이다.

〈표 2-19〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	390,101	109,380	20,982	26,962	25,888	32,535	30,076	35,633	33,086	39,046	36,512
총설비비	204,059	89,507	1,167	4,808	1,238	5,101	1,313	5,411	1,393	5,741	1,478
운영비용	201,082	16,171	16,656	17,156	17,670	18,201	18,747	19,309	19,888	20,485	21,099
법인세	82,915	2,196	2,872	4,652	6,675	8,867	9,693	10,523	11,461	12,407	13,570
지급이자	4,644	1,507	287	346	305	367	323	389	343	413	364
현금유입	569,595	37,853	38,988	45,895	53,180	60,862	62,688	64,568	66,505	68,501	70,556

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-20〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	38,988	41,362	50,150	59,855	70,556	74,852	79,411	84,247	89,378	94,821
매출원가 등	29,008	28,307	29,004	29,514	30,253	30,794	31,578	32,152	32,984	33,139
세전이익	9,980	13,055	21,146	30,341	40,302	44,059	47,833	52,096	56,394	61,682
법인세	2,196	2,872	4,652	6,675	8,867	9,693	10,523	11,461	12,407	13,570

〈표 2-21〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	29,363	4,952	6,103	5,254	6,474	5,574	6,869	5,913	7,287	6,273
예비비	770	793	817	841	867	893	919	947	975	1,005
총 차입금	30,133	5,745	6,920	6,095	7,341	6,466	7,788	6,860	8,262	7,278
지급이자	1,507	287	346	305	367	323	389	343	413	364



마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 84,393 만원이며, B/C가 1.31로 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 2-22〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	569,595	37,853	38,988	45,895	53,180	60,862	62,688	64,568	66,505	68,501	70,556
현금유입현재가치	353,466	34,834	33,018	35,768	38,141	40,170	38,075	36,090	34,209	32,426	30,735
현금유출	390,101	109,380	20,982	26,962	25,888	32,535	30,076	35,633	33,086	39,046	36,512
현금유출현재가치	269,073	100,658	17,770	21,013	18,567	21,473	18,268	19,917	17,019	18,483	15,905
순현금흐름	179,494	△71,528	18,006	18,933	27,292	28,327	32,611	28,935	33,420	29,455	34,044
NPV	84,393	△65,824	15,249	14,755	19,574	18,696	19,808	16,173	17,190	13,943	14,830
B/C	1.31										

(2) 멜론 (차입금이 총 투자비용의 27.8%인 경우)

1단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 27.8%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 162,750만원이며, 멜론 판매에 따른 현금유입액은 59,778만원이다.

〈표 2-23〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	162,750	74,360	6,673	10,722	7,385	11,548	8,014	12,437	8,693	13,392	9,527
총설비비	83,413	67,380	23	3,630	25	3,851	26	4,086	28	4,334	30
운영비용	111,044	8,930	9,198	9,474	9,758	10,051	10,352	10,663	10,983	11,312	11,652
법인세	△25,656	(3,014)	(2,680)	(2,568)	(2,538)	(2,551)	(2,513)	(2,521)	(2,475)	(2,477)	(2,321)
지급이자	2,621	1,064	132	186	140	197	148	209	157	222	167
현금유입	59,778	4,285	4,965	5,682	5,853	6,028	6,209	6,395	6,587	6,785	6,988

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-24〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	4,413	5,267	6,209	6,587	6,988	7,414	7,865	8,344	8,853	9,392
매출원가 등	18,112	17,448	17,882	18,121	18,582	18,835	19,324	19,593	20,111	19,943
세전이익	△13,698	△12,181	△11,673	△11,534	△11,594	△11,422	△11,459	△11,249	△11,259	△10,552
법인세	△3,014	△2,680	△2,568	△2,538	△2,551	△2,513	△2,521	△2,475	△2,477	△2,321

〈표 2-25〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	21,203	2,562	3,641	2,718	3,863	2,884	4,098	3,059	4,347	3,246
예비비	69	71	73	75	78	80	82	85	87	90
총 차입금	21,272	2,633	3,714	2,794	3,940	2,964	4,180	3,144	4,435	3,336
지급이자	1,064	132	186	140	197	148	209	157	222	167

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 △84,393 만원이며, B/C가 0.31로 멜론 재배만의 경제성은 매우 낮은 것으로 분석되었다.

〈표 2-26〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	59,778	4,285	4,965	5,682	5,853	6,028	6,209	6,395	6,587	6,785	6,988
현금유입현재가치	37,743	3,943	4,205	4,428	4,198	3,979	3,771	3,575	3,388	3,212	3,044
현금유출	162,750	74,360	6,673	10,722	7,385	11,548	8,014	12,437	8,693	13,392	9,527
현금유출현재가치	122,136	68,430	5,651	8,356	5,297	7,622	4,868	6,952	4,472	6,339	4,150
순현금흐름	△102,973	△70,075	△1,708	△5,039	△1,532	△5,520	△1,805	△6,041	△2,106	△6,607	△2,538
NPV	△84,393	△64,487	△1,447	△3,927	△1,099	△3,643	△1,096	△3,377	△1,083	△3,127	△1,106
B/C	0.31										

## 2.3.2 2단계(500평 규모, 비닐하우스 3개동, 차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

## 가. 종합 결과

2단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 1,259,518만원이며, 현금유입액은 1,888,118만원이다.

〈표 2-27〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	1,259,518	298,796	69,239	98,525	84,934	116,518	98,156	127,197	107,918	138,941	119,295
총설비비	356,439	229,317	3,464	24,555	3,675	26,050	3,899	27,637	4,136	29,320	4,388
운영비용	579,881	50,583	52,101	53,664	55,274	56,932	58,640	60,399	62,211	64,077	66,000
법인세	284,303	7,574	11,322	17,044	23,490	30,075	32,970	35,489	38,762	41,649	45,928
지급이자	38,896	11,322	2,352	3,262	2,495	3,461	2,647	3,672	2,809	3,895	2,980
현금유입	1,888,118	126,412	131,859	154,730	177,099	200,670	206,690	212,891	219,278	225,856	232,632

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-28〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	130,204	139,889	169,078	199,326	232,632	246,799	261,829	277,775	294,691	312,638
매출원가 등	95,776	88,425	91,604	92,555	95,928	96,936	100,514	101,583	105,380	103,876
세전이익	34,428	51,464	77,473	106,772	136,704	149,864	161,315	176,191	189,311	208,762
법인세	7,574	11,322	17,044	23,490	30,075	32,970	35,489	38,762	41,649	45,928

〈표 2-29〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	223,920	44,452	62,575	47,159	66,386	50,031	70,429	53,078	74,718	56,310
예비비	2,517	2,593	2,670	2,750	2,833	2,918	3,005	3,096	3,188	3,284
총 차입금	226,437	47,044	65,245	49,909	69,219	52,949	73,434	56,173	77,906	59,594
지급이자	11,322	2,352	3,262	2,495	3,461	2,647	3,672	2,809	3,895	2,980

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 321,455만원이며, B/C가 1.38로 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 2-30〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	1,888,118	126,412	131,859	154,730	177,099	200,670	206,690	212,891	219,278	225,856	232,632
현금유입현재가치	1,173,626	116,332	111,669	120,588	127,016	132,445	125,540	118,995	112,792	106,912	101,338
현금유출	1,259,518	298,796	69,239	98,525	84,934	116,518	98,156	127,197	107,918	138,941	119,295
현금유출현재가치	852,171	274,970	58,637	76,785	60,915	76,903	59,618	71,096	55,511	65,769	51,967
순현금흐름	628,600	△172,384	62,620	56,205	92,165	84,152	108,535	85,694	111,360	86,915	113,337
NPV	321,455	△158,638	53,032	43,803	66,101	55,542	65,922	47,899	57,281	41,142	49,371
B/C	1.38										

나. 철갑상어 (차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

2단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 973,119만원이며, 철갑상어 판매에 따른 현금유입액은 1,708,785만원이다.

〈표 2-31〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	973,119	201,831	56,325	73,871	70,477	90,001	82,441	98,670	90,832	108,244	100,426
총설비비	369,896	146,854	3,396	13,991	3,603	14,843	3,822	15,747	4,055	16,706	4,302
운영비용	449,554	36,153	37,238	38,355	39,505	40,691	41,911	43,169	44,464	45,798	47,171
법인세	304,351	11,389	13,947	19,309	25,518	32,116	34,744	37,259	40,231	43,094	46,743
지급이자	26,995	7,436	1,744	2,216	1,851	2,351	1,963	2,495	2,083	2,646	2,210
현금유입	1,708,785	113,558	116,964	137,684	159,541	182,586	188,063	193,705	199,516	205,502	211,667



그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-32〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	116,964	124,087	150,451	179,565	211,667	224,557	238,233	252,741	268,133	284,463
매출원가 등	65,198	60,690	62,682	63,572	65,686	66,629	68,872	69,873	72,252	71,995
세전이익	51,766	63,397	87,768	115,993	145,981	157,928	169,361	182,868	195,881	212,467
법인세	11,389	13,947	19,309	25,518	32,116	34,744	37,259	40,231	43,094	46,743

〈표 2-33〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	146,405	32,507	41,877	34,486	44,427	36,587	47,133	38,815	50,003	41,179
예비비	2,310	2,379	2,451	2,524	2,600	2,678	2,758	2,841	2,926	3,014
총 차입금	148,715	34,886	44,327	37,011	47,027	39,265	49,891	41,656	52,929	44,193
지급이자	7,436	1,744	2,216	1,851	2,351	1,963	2,495	2,083	2,646	2,210

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 412,509 만원이며, B/C가 1.64로 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 2-34〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	1,708,785	113,558	116,964	137,684	159,541	182,586	188,063	193,705	199,516	205,502	211,667
현금유입현재가치	1,060,398	104,502	99,054	107,303	114,423	120,509	114,226	108,271	102,627	97,277	92,205
현금유출	973,119	201,831	56,325	73,871	70,477	90,001	82,441	98,670	90,832	108,244	100,426
현금유출현재가치	647,889	185,737	47,701	57,571	50,546	59,402	50,073	55,151	46,722	51,239	43,747
순현금흐름	735,666	△88,274	60,639	63,812	89,064	92,585	105,622	95,035	108,684	97,258	111,241
NPV	412,509	△81,235	51,354	49,732	63,877	61,107	64,153	53,120	55,905	46,038	48,458
B/C	1.64										

다. 멜론 (차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

2단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 286,399만원이며, 멜론 판매에 따른 현금유입액은 179,333만원이다.

〈표 2-35〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	286,399	96,965	12,914	24,653	14,457	26,517	15,715	28,527	17,086	30,697	18,869
총설비비	129,119	82,463	68	10,563	72	11,207	76	11,889	81	12,613	86
운영비용	179,437	14,430	14,863	15,309	15,768	16,241	16,729	17,231	17,747	18,280	18,828
법인세	△20,048	(3,814)	(2,625)	(2,265)	(2,029)	(2,041)	(1,774)	(1,770)	(1,469)	(1,445)	(815)
지급이자	11,901	3,886	608	1,046	645	1,110	684	1,177	726	1,249	770
현금유입	179,333	12,854	14,895	17,047	17,558	18,085	18,627	19,186	19,762	20,354	20,965

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-36〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	13,240	15,802	18,627	19,762	20,965	22,242	23,596	25,033	26,558	28,175
매출원가 등	30,578	27,735	28,922	28,983	30,242	30,306	31,642	31,710	33,128	31,881
세전이익	△17,338	△11,933	△10,295	△9,221	△9,277	△8,064	△8,046	△6,677	△6,570	△3,705
법인세	△3,814	△2,625	△2,265	△2,029	△2,041	△1,774	△1,770	△1,469	△1,445	△815

〈표 2-37〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	77,514	11,945	20,698	12,672	21,959	13,444	23,296	14,263	24,715	15,131
예비비	207	213	220	226	233	240	247	255	262	270
총 차입금	77,722	12,158	20,918	12,899	22,192	13,684	23,543	14,517	24,977	15,402
지급이자	3,886	608	1,046	645	1,110	684	1,177	726	1,249	770

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 △91,053 만원이며, B/C가 0.55로 멜론 재배만의 경제성은 낮은 것으로 분석되었다.

〈표 2-38〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	179,333	12,854	14,895	17,047	17,558	18,085	18,627	19,186	19,762	20,354	20,965
현금유입현재가치	113,228	11,829	12,614	13,285	12,593	11,936	11,314	10,724	10,165	9,635	9,133
현금유출	286,399	96,965	12,914	24,653	14,457	26,517	15,715	28,527	17,086	30,697	18,869
현금유출현재가치	204,281	89,233	10,936	19,214	10,368	17,501	9,545	15,945	8,788	14,531	8,220
순현금흐름	△107,066	△84,110	1,981	△7,607	3,101	△8,432	2,912	△9,341	2,676	△10,342	2,096
NPV	△91,053	△77,403	1,678	△5,928	2,224	△5,565	1,769	△5,221	1,377	△4,896	913
B/C	0.55										

2.3.3 3단계(500평 규모, 비닐하우스 5개동, 차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

가. 종합 결과

3단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 1,951,592만원이며, 현금유입액은 3,146,864만원이다.

〈표 2-39〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	1,951,592	407,525	110,303	158,164	136,040	187,674	157,631	204,964	173,427	223,999	191,867
총설비비	506,594	299,092	5,654	40,081	5,998	42,522	6,364	45,111	6,751	47,858	7,162
운영비용	872,006	76,066	78,347	80,698	83,119	85,612	88,181	90,826	93,551	96,357	99,248
법인세	515,444	17,151	22,725	32,332	43,129	54,178	59,061	63,339	68,855	73,749	80,926
지급이자	57,549	15,216	3,576	5,054	3,794	5,361	4,025	5,688	4,270	6,034	4,530
현금유입	3,146,864	210,687	219,765	257,884	295,165	334,451	344,484	354,819	365,463	376,427	387,720

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-40〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	217,007	233,149	281,796	332,210	387,720	411,332	436,382	462,958	491,152	521,063
매출원가 등	139,047	129,854	134,835	136,171	141,455	142,872	148,478	149,982	155,929	153,217
세전이익	77,960	103,295	146,961	196,040	246,265	268,460	287,904	312,976	335,223	367,846
법인세	17,151	22,725	32,332	43,129	54,178	59,061	63,339	68,855	73,749	80,926

〈표 2-41〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	300,126	67,201	96,623	71,294	102,507	75,636	108,750	80,242	115,373	85,129
예비비	4,195	4,321	4,451	4,584	4,722	4,863	5,009	5,159	5,314	5,474
총 차입금	304,321	71,522	101,073	75,878	107,229	80,499	113,759	85,401	120,687	90,602
지급이자	15,216	3,576	5,054	3,794	5,361	4,025	5,688	4,270	6,034	4,530

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 653,776원이며, B/C가 1.50으로 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 2-42〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	3,146,864	210,687	219,765	257,884	295,165	334,451	344,484	354,819	365,463	376,427	387,720
현금유입현재가치	1,956,043	193,886	186,114	200,981	211,693	220,741	209,233	198,326	187,986	178,186	168,897
현금유출	1,951,592	407,525	110,303	158,164	136,040	187,674	157,631	204,964	173,427	223,999	191,867
현금유출현재가치	1,302,267	375,029	93,413	123,264	97,568	123,867	95,742	114,565	89,207	106,033	83,580
순현금흐름	1,195,271	△196,838	109,463	99,720	159,125	146,777	186,854	149,854	192,036	152,428	195,853
NPV	653,776	△181,142	92,702	77,716	114,125	96,874	113,491	83,761	98,779	72,153	85,317
B/C	1.50										



나. 철갑상어 (차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

3단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 1,546,694만원이며, 철갑상어 판매에 따른 현금유입액은 2,847,975만원이다.

〈표 2-43〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	1,546,694	290,046	91,304	120,072	114,677	146,713	134,391	160,904	148,137	176,589	163,862
총설비비	529,656	202,099	5,543	22,838	5,881	24,229	6,239	25,704	6,619	27,270	7,022
운영비용	698,025	56,135	57,819	59,554	61,340	63,180	65,076	67,028	69,039	71,110	73,243
법인세	528,440	21,290	25,209	34,181	44,557	55,591	60,000	64,232	69,216	74,030	80,134
지급이자	41,286	10,522	2,733	3,500	2,899	3,713	3,076	3,939	3,263	4,179	3,462
현금유입	2,847,975	189,263	194,940	229,473	265,901	304,309	313,439	322,842	332,527	342,503	352,778

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-44〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	194,940	206,812	250,751	299,274	352,778	374,262	397,055	421,235	446,889	474,104
매출원가 등	98,168	92,225	95,384	96,742	100,094	101,534	105,090	106,617	110,390	109,857
세전이익	96,772	114,587	155,367	202,533	252,684	272,729	291,965	314,618	336,499	364,247
법인세	21,290	25,209	34,181	44,557	55,591	60,000	64,232	69,216	74,030	80,134

〈표 2-45〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	206,587	50,690	65,913	53,777	69,927	57,052	74,186	60,526	78,704	64,212
예비비	3,850	3,966	4,084	4,207	4,333	4,463	4,597	4,735	4,877	5,023
총 차입금	210,437	54,655	69,998	57,984	74,261	61,515	78,783	65,261	83,581	69,236
지급이자	10,522	2,733	3,500	2,899	3,713	3,076	3,939	3,263	4,179	3,462

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 747,699 만원이며, B/C가 1.73으로 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

〈표 2-46〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	2,847,975	189,263	194,940	229,473	265,901	304,309	313,439	322,842	332,527	342,503	352,778
현금유입현재가치	1,767,330	174,171	165,091	178,839	190,705	200,848	190,377	180,452	171,045	162,128	153,676
현금유출	1,546,694	290,046	91,304	120,072	114,677	146,713	134,391	160,904	148,137	176,589	163,862
현금유출현재가치	1,019,631	266,917	77,324	93,578	82,247	96,832	81,627	89,937	76,198	83,590	71,381
순현금흐름	1,301,281	△100,783	103,636	109,401	151,224	157,597	179,048	161,938	184,390	165,914	188,916
NPV	747,699	△92,747	87,767	85,261	108,458	104,016	108,750	90,515	94,846	78,537	82,295
B/C	1.73										

다. 멜론 (차입금이 총 투자비용의 80%인 경우)

3단계 시나리오를 기준하고, 총 투자비용의 80%를 차입·운영함을 가정함에 따른 연도별 현금 유출입 분석 결과를 살펴보면 다음과 같다. 즉 운영기간 동안 현금유출 금액은 404,898만원이며, 멜론 판매에 따른 현금유입액은 298,888만원이다.

〈표 2-47〉 연도별, 현금 유출입

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유출	404,898	117,479	18,998	38,092	21,362	40,961	23,240	44,060	25,290	47,411	28,005
총설비비	173,150	96,993	111	17,243	118	18,293	125	19,407	132	20,589	140
운영비용	247,831	19,931	20,528	21,144	21,779	22,432	23,105	23,798	24,512	25,247	26,005
법인세	△12,996	(4,139)	(2,484)	(1,849)	(1,428)	(1,412)	(939)	(893)	(361)	(281)	792
지급이자	16,263	4,694	843	1,554	895	1,648	949	1,749	1,007	1,855	1,068
현금유입	298,888	21,424	24,825	28,411	29,263	30,141	31,045	31,977	32,936	33,924	34,942

그리고 사업추진을 위한 법인 설립 및 활동에 따른 연도별 법인세액과 차입금에 따른 지급이자는 다음 표와 같다.

〈표 2-48〉 연도별, 법인세

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
매출액	22,067	26,337	31,045	32,936	34,942	37,070	39,327	41,722	44,263	46,959
매출원가 등	40,879	37,629	39,451	39,429	41,361	41,339	43,389	43,365	45,539	43,360
세전이익	△18,812	△11,292	△8,405	△6,493	△6,420	△4,269	△4,061	△1,642	△1,276	3,599
법인세	△4,139	△2,484	△1,849	△1,428	△1,412	△939	△893	△361	△281	792

〈표 2-49〉 연도별, 지급이자

(단위 : 만원)

구 분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
차입금	93,539	16,511	30,710	17,517	32,580	18,584	34,564	19,716	36,669	20,916
예비비	345	355	366	377	388	400	412	424	437	450
총 차입금	93,884	16,867	31,076	17,894	32,968	18,984	34,976	20,140	37,106	21,366
지급이자	4,694	843	1,554	895	1,648	949	1,749	1,007	1,855	1,068

마지막으로 현금 유입 및 유출에 따른 경제성 분석결과를 살펴보면, 10년 운영에 따른 NPV가 △93,923만원이며, B/C가 0.67로 땀돈 재배만의 경제성은 낮은 것으로 분석되었다.

〈표 2-50〉 수익성 분석

(단위 : 만원)

구 분	전 체	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
현금유입	298,888	21,424	24,825	28,411	29,263	30,141	31,045	31,977	32,936	33,924	34,942
현금유입현재가치	188,713	19,716	21,024	22,142	20,988	19,893	18,856	17,873	16,942	16,058	15,221
현금유출	404,898	117,479	18,998	38,092	21,362	40,961	23,240	44,060	25,290	47,411	28,005
현금유출현재가치	282,636	108,111	16,089	29,687	15,321	27,035	14,115	24,627	13,009	22,442	12,200
순현금흐름	△106,010	△96,055	5,827	△9,681	7,901	△10,820	7,806	△12,083	7,646	△13,487	6,937
NPV	△93,923	△88,396	4,935	△7,545	5,666	△7,141	4,741	△6,754	3,933	△6,384	3,022
B/C	0.67										

## 2.3.3 민감도 분석(500평 규모, 비닐하우스 1개동, 차입금 : 총 투자비용의 80% 가정)

- 여타 조건이 동일하다는 가정 하에 판매가 및 총 투자비용 중 차입비율 변동에 따른 손익분기점을 살펴보았음. 분석결과, 철갑상어는 총 투자비용 중 80% 차입 하에서 최소 24,313원/kg, 27.8% 차입 하에서 23,721원/kg 이상이 되어야 하며, 멜론은 총 투자비용 중 80% 차입 하에서 최소 21,377원/개, 27.8% 차입 하에서 20,859원/개 이상이 되어야 최소 한도의 경제성이 유지되는 것으로 추정되었음.

〈표 2-51〉 철갑상어, 민감도 평가 결과

총비용 중 차입비율	최소단가 (원/kg)	현금유입	현금유출	순현금흐름	NPV	B/C
80%	24,313	395,677	350,340	45,337	0.000	1.00
27.8%	23,721	386,039	341,635	44,405	0.000	1.00

〈표 2-52〉 멜론, 민감도 평가 결과

총비용 중 차입비율	최소단가 (원/개)	현금유입	현금유출	순현금흐름	NPV	B/C
80%	21,377	245,747	215,356	30,391	0.000	1.00
27.8%	20,859	239,790	210,009	29,781	0.000	1.00







**연구책임** | 엄기증 한국기후변화대응연구센터 책임연구원

**연구참여** | 정유경 한국기후변화대응연구센터 연구원

정책연구 2011-001

**영월천연가스발전소 온배수를 활용한 지역  
성장 사업 연계방안**

\*인 쇄 \_ 2011년 12월 30일

\*발 행 \_ 2011년 12월 30일

\*발 행 인 \_ 오 춘 석

\*발 행 처 \_ 한국기후변화연구센터

\*주 소 \_ (200-041) 강원도 춘천시 중앙로1가 7

\*홈페이지 \_ [www.crik.re.kr](http://www.crik.re.kr)

ISBN \_ 000-00-0000-000-0 0000