

# 발 간 사

2015년 충남지역 누적강수량은 809.3mm로 평년값인 1,280.5mm의 63%로 전국평균 누적강수량(948.2mm)의 평년대비 72% 수준인 것을 고려하면 충남 지역의 가뭄이 타 지역에 비해 심각하며 기후변화로 인해 가뭄으로 많은 농작물의 피해가 발생하고 있는 실정이다. 이러한 가뭄 현상은 비단 충남만의 현상은 아니다. 기상청에 따르면 우리나라는 2006년 이후 거의 매년 가뭄 현상이 발생하고 있다. 특히 2015년에는 가뭄으로 인하여 생·공업용수 부족현상뿐만 아니라 농업용수 사용량 부족이 발생하였다. 이에 충남지역의 전체 물 이용 및 관리의 효율화가 필수적이며, 물 이용량의 약 50%를 차지하는 농업용수의 효율적 이용 및 관리가 중요하다. 가뭄을 대비하기 위한 농업용수의 관리방안으로는 효율적인 농업용수사용이 가능한 농법으로의 전환과 농업용수를 적게 사용해도 되는 작물로의 변경 등이 농업용수의 근본적인 물 절약 적응수단으로 제시되어야 한다. 그러나 그 동안 국내외 물 관리 정책은 생활용수 및 공업용수의 확보와 배분에 관한 문제들을 중심으로 각 부처별 관리 방법과 주체만을 언급하고 있었다. 또한 확보된 수량의 수질을 어떻게 유지하고 관리하는 기준을 중심으로 언급되어 있을 뿐이지 농업용수의 구체적인 절감 방안에 대한 언급은 전무한 실정이다.

이러한 측면에서 본 연구는 충남지역의 농업용수 절약 방법으로 농법전환과 재배작물 변경을 통해 절약된 농업용수를 정량화 할 수 있는 방안을 제시하고, 최종적으로 충남지역의 농업용수 절약을 위한 물 관리 선진화 정책 방안을 제도 및 사회적 측면과 과학기술적인 측면으로 구분하여 제안하고 있다. 이러한 연구를 통해 농업용수를 절약한다면 농민의 영농 활동이 원활하게 되어 농촌의 복지가 향상될 것이다. 특히 충남의 해안에 밀집되어 있는 도서지역의 영농 활동에 발생되는 농업용수의 부족 문제를 해결 할 수 있을 것이다.

끝으로 바쁜 가운데에서도 많은 자료와 데이터를 수집하고 분석하여 훌륭한 연구 결과가 나올 수 있도록 노력을 아끼시지 않은 충북대학교 맹승진 교수님께 깊은 감사의 마음을 전합니다. 그리고 본 연구가 성과를 거둘 수 있도록 자문과 조언을 아끼지 않은 많은 자문위원님들 에게도 깊이 감사드립니다.

2016년 12월 31일

충남연구원장 강 현 수





# 연구 요약

## 1. 필요성과 목적

기상청의 보도에 따르면 우리나라는 보통 2~3년에 한 번 정도로 크고 작은 가뭄이 발생했지만 2006년 이후로는 거의 매년 가뭄 현상이 발생하고 있다. 2015년 이상기후보고서(기상청, 2016)에 따르면 2015년의 경우 강수량이 평년(1,307.7mm)대비 72%로 역대 최저 3위를 기록하고 있으며, 충남지역은 2012년의 기록적 가뭄을 시작으로 매년 줄어드는 강수량으로 가뭄의 영향을 받고 있으며, 특히 2014년의 가벼운 가뭄에 이어서 2015년에 들어 극심한 가뭄이 찾아왔다. 2015년 충남지역 누적강수량은 809.3mm로 평년값인 1,280.5mm의 63%로 전국평균 누적강수량(948.2mm)의 평년대비 72% 수준인 것을 고려하면 충남 지역의 가뭄이 타 지역에 비해 심각하며 기후변화로 인해 가뭄으로 많은 농작물의 피해가 발생하고 있는 실정이다.

2012년, 2015년에 우리지역의 가뭄상황이 지속되어 봄·가을 가뭄 시 댐 및 저수지의 저수율 저하로 생·공용수 부족현상뿐만 아니라 농업용수 사용량 부족이 발생하였다. 이에 우리지역의 전체 물 이용 및 관리의 효율화가 필수적이며, 물 이용량의 약 50%를 차지하는 농업용수의 효율적 이용 및 관리가 중요하다. 가뭄을 대비하기 위한 농업용수의 관리방안으로는 효율적인 농업용수사용이 가능한 농법으로의 전환과 농업용수를 적게 사용해도 되는 작물로의 변경 등이 농업용수의 근본적인 물 절약 적응수단으로 제시되어야 한다.

충남 서부지역은 2012년, 2015년의 가뭄을 겪으면서 농업용수뿐만 아니라 생·공용수의 부족을 경험하였다. 농업용수에는 용수이용량의 약 50%를 차지하고 있기 때문에 농업용수를 절약한다면 농민의 영농 활동이 원활하게 되어 농촌의 복지가 향상될 것이다. 특히 충남의 해안에 밀집되어 있는 도서지역의 영농 활동에 발생하는 농업용수의 부족 문제를 해결 할 수 있을 것이다. 따라서 충남지역의 농업용수 절약 방법으로 농법전환과 재배작물 변경을 통해 절약된 농업용수를 정량화 할 수 있는 방안을 제시하고, 최종적으로 충남지역의 농업용수 절약을 위한 물 관리 선진화 정책 방안을 제안하고자 한다.

## 2. 주요 연구내용

### ◇ 물 관리 정책동향 및 이론

우리나라의 물 관리 정책동향을 통하여 선행연구와 본 연구와의 차별성을 언급하고, 우리나라 물 관리뿐만 아니라 국외의 물 관리 정책동향을 파악하고 농업용수 관리를 위한 정책 방향을 서술하였다. 물 관리 정책동향을 분석하기 위해 국가 차원에서의 물 관리 정책, 충남도 차원에서의 물 관리 정책 및 농업용수 정책 조사 수행하여 선행연구와 본 연구와의 차별성을 제시하며, 또한 미국, 유럽 및 일본 등과 같은 국외 선진국가의 물 관리 정책동향을 파악하고 시사점을 도출하였다.

농업용수는 논용수, 밭용수, 축산용수로 구성되며 논용수는 수리답, 불안전답으로, 밭용수는 관개전, 간이관개전으로 구분할 수 있다. 농법전환과 작목변경에 의한 필요수량을 산정하기 위해 본 보고서에서 축산용수는 제외하였다. 수요량 산정방식은 논작물(벼)의 영농방식 변화에 따른 직파재배의 변화수량, 밭작물의 재배방식에 따른 수요량 변화를 고려하였다.

국내외 물 관리 정책은 생활용수 및 공업용수의 확보와 배분에 관한 문제들을 중심으로 각 부처별 관리 방법과 주체만을 언급하고 있다. 또한 확보된 수량의 수질을 어떻게 유지하고 관리하는 기준을 중심으로 언급되어 있을 뿐이지 농업용수의 구체적인 절감 방안에 대한 언급은 전무한 실정이다. 따라서 국내외적으로 농업용수 절감방안에 대한 구체적인 방법과 정책을 제시한 사례가 없기 때문에 충남도에서 선도적으로 농업용수 절감 방법과 정책을 제시할 필요성이 대두되고 있다. 이로써 본 과제를 통하여 농업용수의 효율적인 관리 측면에서 농법전환과 작목변경의 효과를 분석하고, 이의 결과를 긍정적인 측면에서 확산하기 위한 정책을 수립하여야 할 것이다.

### ◇ 농업용수사용 실태분석 및 농법전환과 작목변경에 의한 물사용량 분석

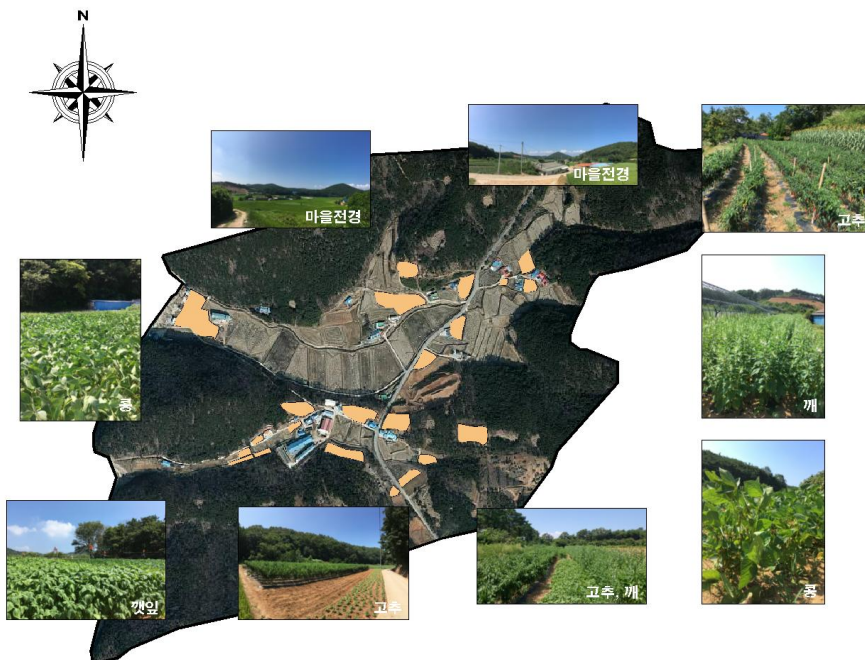
충청남도 15개의 시, 군을 대표하는 여러 농특산물이 있으며, 연도별 생산량을 조사했다. 그 중 전체 면적의 임야가 50% 이상을 차지하며, 인구밀도가 낮고 도서, 해안, 산간, 농촌지역으로 적합하고 농가단위의 작목을 조사하고자 보령시 천북면 사호2리의 윗마을을 선정하였다.

### 1) 농법전환에 의한 물 사용량 분석

기존에 이용하던 농사 방식을 새로운 농법으로 전환을 함으로써 물, 에너지, 비료 등을 효율적으로 사용하고, 생산량과 이윤의 증대에 기여할 수 있는 농법으로 전환하고자 한다. 또한 현재 감귤 품질향상을 위한 물 관리 기술 개발, 배 과수원의 지중점적 관수 효과, 유기농법 등의 새로운 농법에 관한 연구가 이루어지고 있다.

### 2) 작목변경에 의한 물 사용량 분석

밭 관개는 논에서의 관개와 달라 담수재배를 하지 않기 때문에 담수에 따른 삼투 손실량을 고려할 필요가 없으며, 강우에 의한 토양수분의 변화 및 강우는 실제 밭작물에 이용된 유효유량을 정확하게 산정하는 것이 중요하다. 적용 대상지역으로 선정한 충남 보령시 천북면 사호2리의 밭 작물 현황은 고추, 깻잎, 참깨, 콩이 있다.



[그림 1] 사호2리 작물 배치도

천북면의 밭 작물을 대상으로 2011년부터 2015년까지 밭 작물의 필요수량을 산정한 값이며, 가뭄발생년을 기준으로 산정하고 각 작물의 면적강우량을 산정하기 위해 유출에 의한 손실량을 고려하여 산정하였다.

면적강우량과 필요수량의 관계를 보면 2015년 8~9월의 극심한 가뭄으로 인해 부족량이 발생하였다. 작물이 성장하는데 필요한 수량이 부족하므로 이에 따른 용수부족에 대비하여야 할 것이다.

### 3) 농법전환과 작목변경에 의한 물 사용량 비교 분석

2015년 부족 수량을 해결하기 위한 방법으로 농법전환과 작목변경 방법 등이 있으며, 자동공급 장치 개발, 유기농법, 수재생 저류조에 의한 작물의 부족량을 산정하였다. 자동공급 장치 개발은 약 40%의 물 사용량을 감소시킬 수 있으며, 유기농법의 토양은 지표면으로 물이 흘러가는 대신 흡수하는 방식으로 약 15 ~ 20% 정도의 필요수량을 절약할 수 있다. 또한 농법전환과 방법과 달리 수재생 저류조 설치 시 하천에서 유입되는 물과 빗물을 저류하여 용수로 재이용할 수 있으며, 이는 약 5% 정도의 면적강우량 증대로 인하여 부족량을 감소시킬 수 있다.

작목변경 방법을 위해 동일한 면적에 각각의 작물 계수를 비교하여 필요수량을 산정하였다. 작물의 필요수량은 화훼와 과수가 높은 필요수량을 보이며, 무와 배추가 낮은 필요수량으로 산정되었다. 따라서 보령시 천북면 사호2리의 대표 작물인 고추, 깻잎, 참깨, 콩 중 2015년의 가뭄과 비슷한 가뭄이 재현된다면 무와 배추 같은 낮은 필요수량을 가지는 작물로 변경하여 경작하면 농업용수 부족 현상이 해소 될 것이다.

## 3. 결론 및 시사점

### ◇ 결론

분석 대상지역의 경작 작물은 고추, 깻잎, 참깨, 콩이며, 극심한 가뭄이 발생했던 2015년의

경우에는 고추는 1,022m<sup>3</sup>, 깻잎은 1,431m<sup>3</sup>, 참깨는 445m<sup>3</sup>, 콩은 225m<sup>3</sup>의 물 부족이 발생하였다. 2015년 부족 수량을 해결하기 위한 방법으로 농법전환과 작목변경 방법을 적용한 결과, 기 개발된 자동공급장치를 적용한 것으로 가정할 경우 약 40%의 물 사용량 감소로 인해 재배 작목 별로 물 부족량이 감소되었다. 또한 유기농법의 농법전환 방식을 적용하였을 경우, 물 부족량을 15~20% 감소시켰으며, 수재생 저류조를 설치했다고 가정하였을 경우, 하천에서 유입되는 물과 빗물을 저류하여 용수를 재이용했을 시 약 5% 정도의 면적강우량 증가로 인해 물 부족량을 감소시킬 수 있었다. 각각의 농법전환 방식에 따라 자동공급장치에 의한 농법방식이 부족량을 가장 낮출 수 있는 것으로 판단된다. 작목변경 방법을 적용하기 위해 동일면적에 작물별 작물계수를 비교하여 필요수량을 산정한 결과, 화훼, 과수가 높은 필요수량을 보이며, 무와 배추가 낮은 필요수량으로 나타났다. 따라서 분석 대상지의 대표작물인 고추, 깻잎, 참깨, 콩 중 2015년과 같은 극심한 가뭄이 발생한다면 낮은 필요수량을 보이는 작물로 변경하여 경작함으로써 농업용수의 부족을 해결 할 수 있을 것이다.

#### ◇ 시사점

상기 분석한 내용과 같이 대상지역에 적용된 농법전환과 재배작물 변경에 의해 절약된 농업용수 사용량 분석 결과를 바탕으로 충남도에 대한 정책 제언을 제도 및 사회적 측면과 과학기술적인 측면으로 구분하여 제안하고자 한다.

제도 및 사회적 측면으로는 조건별 절대농지 해지정책 마련, 합리화된 수세 징수, 지하수 사용 규제에 관한 법률 및 조례 제정, 농업용수 관리 전략 수립, 충남 전 지역의 농업용수 절약 방안 마련, 거버넌스의 구축과 홍보전략 수립, 산업으로서의 농업구축이 제시되어진다.

과학적인 측면으로는 농업과 ICT기술의 융합을 통한 스마트농업 기술이 활성화 되고 있으며, 이러한 트렌드를 반영하듯 농업분야의 키워드가 스마트, 고품질, 생산성, 효율성 등을 기준으로 변화되고 있다.

하지만 도서산간 및 농촌지역의 고령화로 인해 노동력이 많이 필요한 작물의 재배는 어려움이 따르고 있다. 그렇기에 첨단정보통신기술(ICT)를 이용하여 고효율의 차세대 물 관리 인프라 시스템을 구축할 필요가 있으며, 이는 농법전환, 작목변경 및 미래형 물 관리 시스템을 도입하여 농업용수의 절약과 고령화로 인한 문제점을 해결할 수 있도록 하여야 한다.



# 목 차

<b>제1장 머리말</b>	<b>1</b>
1. 연구배경 및 목적	1
1.1 연구 배경	1
2. 연구범위 및 방법	4
2.1 연구범위	4
2.2 연구방법	4
3. 연구의 흐름과 보고서 구성	5
<b>제2장 물 관리 정책동향 및 이론</b>	<b>7</b>
1. 선행연구와의 차별성	7
2. 국내외 물 관리 정책	9
2.1 국내 물 관리 정책	9
2.2 해외 물 관리 정책	28
3. 농업용수수요 산정 분석방법론	39
3.1 논 용수량 산정	39
3.2 밭 용수량 산정	40
4. 시사점	40
<b>제3장 농업용수사용 실태분석 및 농업전환과 작목변경에 의한 물사용량 분석</b>	<b>42</b>
1. 충남의 농업용수 사용 실태 분석	42
1.1 작물 재배 현황	42
1.2 행정구역별 용수사용량	48

1.3 농업용수 사용 실태 .....	49
2. 과거 가뭄발생 지역 및 원인 .....	50
2.1 과거 기록에 의한 가뭄발생 지역 조사 .....	50
2.2 최근 가뭄 현황과 현장 실태 조사를 통한 대상지역 선정 .....	52
3. 농법전환에 의한 물 사용량 분석 .....	59
3.1 농법전환 정의 .....	59
3.2 농법의 종류 .....	59
3.3 농법전환에 의한 물사용량 분석 .....	62
4. 작목변경에 의한 물 사용량 분석 .....	63
4.1 작목의 정의 .....	63
4.2 작목의 종류 .....	64
4.3 작목별 물 사용량 분석 .....	66
5. 농법전환과 작목변경에 의한 물 사용량 비교 분석 .....	70
<b>제4장 결론 및 정책제언 .....</b>	<b>74</b>
1. 요약 및 결론 .....	74
2. 정책 제언 .....	75
2.1 제도 및 사회적 측면 .....	75
2.2 과학기술적 측면 .....	79
3. 연구의 한계와 향후 과제 .....	84
<b>참고문헌 .....</b>	<b>85</b>
<b>부 록 .....</b>	<b>87</b>



## 표 목 차

<표 1-1> 지역별 강수량 및 역대순위(최소)현황 .....	2
<표 2-1> 부처별 물관련 주요 법률 .....	9
<표 2-2> 우리나라의 물 관리 관련 행정기구 및 담당 기능 .....	10
<표 2-3> 분야별 물 관리 방식의 진화 .....	11
<표 2-4> 용수수급전망 .....	12
<표 2-5> 2020년 기준 과거 최대 가뭄 발생시 권역별 물 수급 전망 ....	12
<표 2-6> 하천의 생활환경 기준 .....	14
<표 2-7> 호소의 생활환경 기준 .....	15
<표 2-8> 수질환경기준 현행항목 및 신규항목 .....	17
<표 2-9> 물 관련 재해 현황 .....	17
<표 2-10> 연평균 기온 및 연 강수량의 변화 전망 .....	18
<표 2-11> 충청남도 용수공급 현황 .....	27
<표 2-12> 미국의 물 관리 부처별 역할 .....	30
<표 2-13> 일본의 물 관리 관련 행정기구 및 담당기능 .....	33
<표 2-14> 전국통합수자원계획(Water Plan21) 세부 내용 .....	34
<표 2-15> 일본의 물 관리 행정에 관한 주요 법률 .....	34
<표 2-16> WFD의 일정계획 .....	38
<표 3-1> 충청남도 계룡시, 공주시와 금산군의 농특산물 재배현황 .....	42
<표 3-2> 충청남도 논산시와 당진시의 농특산물 재배현황 .....	43
<표 3-3> 충청남도 보령시, 홍성군과 천안시의 농특산물 재배현황 .....	43
<표 3-4> 충청남도 부여군과 서산시의 농특산물 재배현황 .....	44
<표 3-5> 충청남도 서천군과 아산시의 농특산물 재배현황 .....	44
<표 3-6> 충청남도 예산군과 천안시의 농특산물 재배현황 .....	45

〈표 3-7〉 충청남도 청양군과 태안군의 농특산물 재배현황 .....	45
〈표 3-8〉 충청남도 용수 수요량(2015 ~ 2025년) .....	48
〈표 3-9〉 충청남도 농업용수 수요량(2012 ~ 2025년) .....	49
〈표 3-10〉 과거 가뭄발생 및 피해현황 .....	50
〈표 3-11〉 과거 가뭄시 제한급수 인구 .....	52
〈표 3-12〉 대전·세종·충남지방 누적강수량 현황(2015년) .....	53
〈표 3-13〉 보령시 연강수량과 극한지수(2001~2010년) .....	54
〈표 3-14〉 보령시 물부족 피해사례 .....	55
〈표 3-15〉 보령댐 현황 .....	56
〈표 3-16〉 2015년 보령댐 저수율 .....	56
〈표 3-17〉 대상지역 토지이용 현황 .....	58
〈표 3-18〉 식량작물의 종류 .....	64
〈표 3-19〉 특용작물의 종류 .....	64
〈표 3-20〉 채소작물의 종류 .....	65
〈표 3-21〉 과수작물의 종류 .....	65
〈표 3-22〉 화훼작물의 종류 .....	65
〈표 3-23〉 대상지역의 경작작물의 종류 및 재배면적 .....	66
〈표 3-24〉 강우량에 따른 유출과 손실 .....	67
〈표 3-25〉 2011년 밭 작물 필요수량 .....	68
〈표 3-26〉 2012년 밭 작물 필요수량 .....	68
〈표 3-27〉 2013년 밭 작물 필요수량 .....	69
〈표 3-28〉 2014년 밭 작물 필요수량 .....	69
〈표 3-29〉 2015년 밭 작물 필요수량 .....	70
〈표 3-30〉 자동공급 장치에 의한 필요수량 산정(2015년 기준) .....	71
〈표 3-31〉 유기농법에 의한 필요수량(2015년 기준) .....	71
〈표 3-32〉 수재생 저류조에 의한 필요수량(2015년 기준) .....	72
〈표 3-33〉 작물 필요수량 .....	73

## 그림 목 차

<그림 1-1> 2015년 충청지역 가뭄관련 기사 .....	2
<그림 2-1> 평가기준 달성을 공식 .....	16
<그림 2-2> 물통합관리본부 조직도 .....	20
<그림 2-3> 농업용수 수요추정 흐름도 .....	39
<그림 3-1> 충남의 대표작물 생산량 .....	46
<그림 3-2> 충청남도 지역별 농특산물 .....	47
<그림 3-3> 과거 가뭄시 제한급수 지역 .....	51
<그림 3-4> 보령시 유역도 .....	57
<그림 3-5> 대상지역의 유역도 .....	58
<그림 3-6> 일반 농법과 유기농법의 차이 비교 .....	61
<그림 3-7> 관수법에 따른 관수량 비교 .....	63
<그림 3-8> 사호2리 작물 배치도 .....	66
<그림 4-1> 농작물 생장에 영향을 주는 인자 .....	80
<그림 4-2> 빗물저류조를 활용한 스마트관수공급시스템 개념도 .....	83



# 제1장 머리말

## 1. 연구배경 및 목적

### 1.1 연구 배경

기상청의 보도에 따르면 우리나라는 보통 2~3년에 한 번 정도로 크고 작은 가뭄이 발생했지만 2006년 이후로는 거의 매년 가뭄 현상이 발생하고 있다. 2015년 이상기후 보고서(기상청, 2016)에 따르면 2015년의 경우 강수량이 평년(1,307.7mm)대비 72%로 역대 최저 3위를 기록하고 있으며, 충남지역은 2012년의 기록적 가뭄을 시작으로 매년 줄어드는 강수량으로 가뭄의 영향을 받고 있으며, 특히 2014년의 가벼운 가뭄에 이어서 2015년에 들어 극심한 가뭄이 찾아왔다. 2015년 충남지역 누적강수량은 809.3mm로 평년값인 1,280.5mm의 63%로 전국평균 누적강수량(948.2mm)의 평년대비 72% 수준인 것을 고려하면 충남 지역의 가뭄이 타 지역에 비해 심각하며 기후변화로 인해 가뭄으로 많은 농작물의 피해가 발생하고 있는 실정이다.

우리나라의 농촌용수 수요량은 총 수자원 이용량 301억 $\text{m}^3$ /년의 약 50%에 해당하는 149억 $\text{m}^3$ /년으로 가용 수자원 중에서 차지하는 비중이 매우 크다. 특히, 농업용수는 수요가 급격히 증가하는 농번기인 4, 5월에 최근과 같은 가뭄 상황이 빈번히 발생한다면 농업용수 공급이 원활하지 못할 것이다. 이러한 경향은 매년 봄에 가뭄을 겪는 상시적인 재해로 대두 될 수 있다. 2015년 유례가 없었던 가을 가뭄에 대한 우리지역 매체의 보도와 지역별 강수량 현황은 <그림 1-1> 및 <표 1-1>과 같다.

www.kjh.co.kr

사회

**충청지역 가뭄 심화...누적강수량 평년의 78.7%**  
충북지역 잠마 평년보다 높아갈듯

대스크림인 [7면] 2015.06.05 07:00 | kjh@kjh.co.kr

충청지역 가뭄이 심화되고 있는 것으로 나타났다. 4월 대전지방기상청에 따르면 올 들어 현재 대전·세종·충남지역 누적강수량은 228.3mm로 평년(290mm)의 78.7% 수준에 머물러 있다. 전남·경남·제주지역을 제외하고 충청권 등 전국 대부분의 지역에서 강수량 부족 현상이 나타나고 있다. 특히 수도권과 강원지역의 경우 올해 누적강수량이 평년 대비 57% 밖에 안 돼 가뭄 현상이 가중되고 있다.

지난해 12월 서해안지역을 중심으로 많은 눈이 내렸지만 올 1·2월엔 눈이 거의 내리지 않았고, 봄철에도 이동성 고기압의 영향을 주로 받아 강수량이 매우 적었다.

앞으로가 문제다. 제우도를 제외하곤 다음 주까지 강수 가능성이 적다. 또 중부지역의 경우 북태평양고기압의 북상이 지연되면서 장마가 평년보다 다소 늦게 시작될 것으로 보여 가뭄 해갈은 상당 부분 지체될 전망이다.

7월에 가서야 저기압의 영향을 주로 받으면서 비가 내릴 확률이 많아지겠지만 강수량은 평년보다 적을 것으로 예측되고 있다. 현재 대전·세종·충남지역의 저수량은 46.3%, 보령댐은 35.2%로 평년과 비교해 비슷하거나 적은 수준이다. 충주댐의 경우 저수량이 31.8%(평년의 75% 수준)로 대전·세종·충남보다 충청지역의 사정이 더 어렵다.

**한국경제**  
[중부지역 가뭄 비상]

**'최악 가뭄' 충남 첫 강제 제한급수...물 모자라 발전소 가동 비상**

입력 2015-06-27 18:31:52 / 수정 2015-06-28 09:43:18 / 지경일보 2015-06-28 A8면

**내주부터 물공급 20% 줄여**

충남 서부에 물 공급하는 보령댐 저수율 20% 안돼  
대전·세종도 제한급수 위기  
전북·경북 댐들도 '바닥'... "내년 벼농사 망칠 수도"

◀ 바닥 드러난 보령댐 상류 ▶ 충남 서북부지역의 저수량인 보령댐 상류가 계속된 가뭄으로 바닥을 드러내고 있다. 보령댐 저수율은 27일 18.9%인 만큼 이래 역대 최저인 18.9%까지 떨어졌다. 충청남도 계곡

<그림 1-1> 2015년 충청지역 가뭄관련 기사

<표 1-1> 지역별 강수량 및 역대순위(최소)현황

지역 \ 기간		서울 · 경기	강원			충북	충남	전북	전남	경북	경남	전국
			전 체	영서	영동							
누적 강수량 (2015.1.1 ~12.31)	강수량 (mm)	709.8	887.4	788.2	1085.7	801.3	<b>809.3</b>	908.5	1238.5	801.0	1235.5	948.2
	평년비 (%)	53	65	60	76	63	<b>63</b>	70	88	72	85	72
	평년값 (mm)	1336.0	1362.3	1326.7	1433.4	1277.9	<b>1280.5</b>	1293.6	1401.5	1123.3	1430.6	1307.7
최소순위		1	1	2	5	1	<b>2</b>	5	17	3	15	3/43

참조 : 2015년 이상기후보고서(기상청, 2016)

## 1.2 목적

2012년, 2015년에 우리지역의 가뭄상황이 지속되어 봄·가을 가뭄 시 댐 및 저수지의 저수율 저하로 생·공용수 부족현상뿐만 아니라 농업용수 사용량 부족이 발생하였다. 이에 우리지역의 전체 물 이용 및 관리의 효율화가 필수적이다. 특히, 물 이용량의

약 50%를 차지하는 농업용수의 효율적 이용 및 관리가 중요하다. 가뭄을 대비하기 위한 농업용수의 관리방안으로는 효율적인 농업용수사용이 가능한 농법으로의 전환과 농업용수를 적게 사용해도 되는 작물로의 변경 등이 농업용수의 근본적인 물 절약 적응수단으로 제시되어야 한다.

이를 위해 충남지역의 농업용수 절약 방법으로 농법전환과 재배작물 변경을 통해 절약된 농업용수를 정량화 할 수 있는 방안을 제시하고, 최종적으로 충남지역의 농업용수 절약을 위한 물 관리 선진화 정책 방안을 제안하고자 한다.

### 1.3 기대효과

충남 서부지역은 2012년, 2015년의 가뭄을 겪으면서 농업용수뿐만 아니라 생·공용수의 부족을 경험하였다. 농업용수의 경우에는 용수이용량의 약 50%를 차지하고 있기 때문에 농업용수를 절약한다면 농민의 영농 활동이 원활하게 되어 농촌의 복지가 향상될 것이다.

또한 충남의 해안에 밀집되어 있는 도서지역의 영농 활동에 발생하는 농업용수의 부족 문제를 해결 할 수 있을 것이다. 농업용수의 절약을 통해 남는 물은 생공용수나 하천유지용수 등으로 활용하여 도민들의 일상생활을 영위하는데 도움이 될 것이다.

## 2. 연구범위 및 방법

### 2.1 연구범위

본 과제에서는 우리나라의 물 관리 정책동향을 통하여 선행연구와 본 연구와의 차별성을 언급하고, 우리나라 물 관리뿐만 아니라 국외의 물 관리 정책동향을 파악하고 농업용수 관리를 위한 정책 방향을 서술한다.

충남지역의 농업용수 사용 실태 분석과 농업용수의 절약 방법으로 농법전환과 재배작물 변경을 통해 절약된 농업용수를 정량화하고자 한다. 우선적으로 충남지역의 농업용수 사용 실태 분석을 통해 행정구역별 용수사용량을 제시하고 과거 가뭄 발생 지역을 조사한다. 본 과제에서 농업용수 절약 방안 적용을 위한 시범지역을 선정한다.

농업용수를 절약하기 위해 선정된 지역을 대상으로 농법전환에 의한 물 사용량 분석과 작목변경에 의한 물 사용량 분석을 하여 각각의 방법에 의한 작물의 필요수량을 산정한다.

산정된 필요수량을 분석하여 농법, 작목변경에 따른 각각의 방법에 의한 효과를 확인하고 분석한 결과를 바탕으로 충남의 농업용수 절감을 위한 정책을 제안하고자 한다.

### 2.2 연구방법

우리나라의 물 관리 정책동향을 분석하기 위해 국가 차원에서의 물 관리 정책, 충청남도 차원에서의 물 관리 정책 및 농업용수 정책 조사 수행하여 선행연구와 본 연구와의 차별성을 제시한다. 또한 미국, 유럽 및 일본 등과 같은 국외 선진국가의 물 관리 정책동향을 파악하고 시사점을 도출한다.

농업용수의 효율적인 관리와 지속가능한 농업을 위해 농법전환 및 작목변경에 의한 방법을 수행하고자 한다. 먼저 분석대상지인 충남 보령시 천북면 사호2리의 작목 재배 현황을 조사하고 이에 따른 작물의 필요수량을 분석한다.



농법전환에 의한 물 사용량 분석 시 여러 방법 중 자동공급 장치 개발을 통한 방법, 유기농법 등 각각의 물 사용량 비교 분석한다. 작목변경에 의한 물 사용량 분석 시에는 작물의 높고 낮은 필요수량을 보이는 작물을 선정하여 동일한 면적에 작물계수를 비교하여 필요수량을 분석한다. 이때 가뭄발생년을 기준으로 하여 2011~2015년의 작물의 필요수량을 산정한다.

농법전환과 작목 변경에 의한 물 사용량을 비교 분석하여 물 부족량을 산정하고, 이에 따른 농업용수 관리 전략 및 절약 방안 등과 관련한 정책을 제안하고자 한다.

### 3. 연구의 흐름과 보고서 구성

- 연구의 필요성 검토
  - 연구의 필요성 및 기대효과 제시
- 물 관리 정책동향 및 이론
  - 선행연구와의 차별성
  - 국내·외 물 관리 정책
  - 중앙정부 차원과 충청남도 차원의 물 관리 정책 동향 파악
  - 농업용수의 관리 방안 제시
  - 농업용수수요 산정 방법 검토
- 농업용수사용 실태 분석 및 농법전환과 작목변경에 의한 물 사용량 분석
  - 충청남도 대표 농특산물의 재배 작목 변화 분석
  - 행정구역별 용수사용량 및 농업용수 사용 실태 조사
  - 가뭄 발생 지역 조사 및 대표 지역의 현황 조사
  - 농법전환의 조사 및 물 사용량 분석
  - 작목변경의 조사 및 물 사용량 분석

- 정책의 사회적 측면과 과학기술적인 측면의 제안
  - 농업용수 관리 전략 수립 제시
  - 충남 전 지역의 농업용수 절약방안 마련 제시
  - 거버넌스 및 산업으로서의 농업 구축 제시
  - 빗물저류조를 활용한 스마트관수공급기술 개발 및 제시

## 제2장 물 관리 정책동향 및 이론

### 1. 선행연구와의 차별성

농업용수 수요량 추정 및 공급량 평가 보고서(K-water, 농어촌공사, 2009)에서는 농촌지역용수의 필요수량을 설명하였으며, 물 순환의 건전성을 유지하기 위해 다원적 기능 중 농업용수가 갖는 지역용수의 기능을 활용하였다.

농업용수의 효율적인 관리방안(한국관개배수회지, 2013. 03)에서는 농업용수의 다원적 활용, 미래 수자원 정책을 고려한 관리체계 마련 및 과학적인 수자원 종합관리 체계 구축 등 지속가능한 수자원관리를 위해 물 관리 정책 방향에 대해 미래지향적 비전을 실현하고자 한다.

물 위기 시대의 농업용수의 가치와 올바른 수요관리 방향(건국대학교, 2003)에서는 농업용수 수요량이 증가하는 추세인 반면에 농촌의 수자원 개발은 수요에 미치지 못하여 위생상의 안전성을 갖지 못하는 등 농촌지역에서 수요로 하는 농촌용수의 문제점이 제기되고 있으며, 이를 위해서는 종합적인 유역단위 계획 하에 수자원의 효율적 개발·이용 및 보전·관리가 필요하다고 하였다.

일본의 농업부문 기후변화 대응 방안(한국농촌경제연구원, 2012. 10)에서는 농업부문 완화정책으로 비료사용의 최적화, 토양을 이용한 탄소고정, CO<sub>2</sub> 표시, 산림이용, 온실가스 배출권거래제 시범사업, 저탄소 직불제 추진 등 다양한 정책 프로그램 추진하고자 한다.

농업부문 기후변화 적응수단의 경제적 효과분석(한국농촌경제연구원, 2016)에서는 기후변화 적응을 위한 핵심과제로 농업재해보험제도 활성화, 미래 기후변화를 고려한 작목전환 유도, 융합기술을 활용한 스마트농업의 농가보급 확대, 적응분양의 전문인력 육성과 농업인 교육·훈련 강화가 필요하다고 한다.

관련 정책과 선행연구를 통해서 본 과제의 차이점은 ① 가뭄 시 충분한 물 공급을 받지 못하는 지역에 농법전환과 작목변경을 하여 농업용수관리에 초점을 두고, ② 분석 범위와 자료에 있어 공간적 구체적 실증 사례분석을 통해 물 부족 지역을 선정, ③ 내용적인 측면에서 단순한 실태분석으로 그치지 않고 정책 방안 제시까지 확대하고자 한다.

## 2. 국내외 물 관리 정책

### 2.1 국내 물 관리 정책

#### 2.1.1 국가 물 관리 정책

우리나라는 1961년 최초로 하천법이 제정된 이후, 각 소관부처의 당시 상황과 사회적 필요에 따라 제정되고 개정되어왔다. 이에 따라 현행 법률도 크게 물 환경 및 생태관리를 위한 수질, 하천과 댐의 수량, 태풍·호우 및 폭설 등 수재해 분야로 나뉘어, 국토교통부, 환경부, 국민안전처, 해양수산부 및 농림축산식품부 등 여러 부처가 업무를 분담하여 수행하고 있다.

〈표 2-1〉 부처별 물관련 주요 법률

분야	법률명	소관부처
수량관리	하천법	국토교통부
	댐 건설 및 주변지역지원등에 관한 법률	
	지하수법	
	친수구역 활용에 관한 특별법	
	소하천정비법	국민안전처
	온천법	
	농어촌정비법	농림축산식품부,해양수산부
	전원개발촉진법	산업통상자원부
	해양심층수의 개발 및 관리에 관한 법률	해양수산부
수질관리	환경정책기본법	환경부
	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	
	수도법	
	하수도법	
	환경영향평가법	
	4대강수계 물 관리 및 주민지원 등에 관한 법률	
	먹는물 관리법	
	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	
	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률	
재해관리	자연재해대책법	국민안전처(소방방재청)
	재난 및 안전관리 기본법	
	저수지·댐의 안전관리 및 재해예방에 관한 법률	
	농어촌재해대책법	농림축산식품부 해양수산부

출처 : 국내 물 관리 현황 및 물기본법 제정 방향, 이슈와 논점(국회입법조사처,2014)

우리나라의 물 관리 체계는 기능별로 다원화되어 있음을 알 수 있으며, 산업발전과정에서 비롯되는 민원 문제들을 처리하기 위해 용수 기능별로 물 관리부서가 생성되었으며, 이들이 목적별로 구분되어 각 행정기구로 소속되어있다. 크게 환경부, 행정안전부, 국토해양부, 농림축산식품부에서 담당하고 있다. 이전에는 댐 담당의 지식경제부까지 총 5개 행정기구가 물 관리 기능을 나눠맡았으나 2003년부터 한강수계 댐 통합운영 규정 적용으로 지식경제부에서는 물 관리에 대한 정책은 입안하지 않고 한국수력원자력(주) 관할의 한강수계 수력발전용 댐은 홍수기에 국토해양부 한강홍수통제소로 댐 운영이 일시 이관되어 통합 운영되고 있다.

아래 <표 2-2>는 우리나라 물 관리체계 관련 행정기구들과 담당기능들을 요약한 표이다.

<표 2-2> 우리나라의 물 관리 관련 행정기구 및 담당 기능

행정기구	세부부서		세부 물 관리 기능
국민안전처	국민안전처	재해경감과	소하천정비
		방재대책과	자연재해대책
환경부	물환경정책국	물환경정책과	지표수 수질, 가축분뇨
		유역총량과	4대 수계, 총량관리
		상하수도정책과	지역상수도, 원수 수질
		생활하수와	하수 관리
		토양지하수와	지하수·먹는 샘물 수질
국토교통부	1차관·건설 수자원정책실	수자원정책과	용수 개발계획
		수자원개발과	광역상수도, 가뭄대책
		하천계획과	국가하천 정비
농림축산식품부	농어촌정책국	농어촌정책과	어촌용 용수공급
	농업정책국	농지과	농업용수용 지하수

출처 : 한국과 일본의 물 관리행정 비교, 2013

## 1) 분야별 물 관리 방식의 진화

물 관리 정책이 수자원의 개발과 공급, 수질의 개선, 그리고 수생태계의 개선을 목표로 변해온 것을 알 수 있으며 수생태계 개선은 자연형 하천으로의 회복에 가장 큰 역점을 두고 있다. 이러한 점은 생태복원사업의 재정투자계획에서 투자의 우선순위에서도 확인되는데 하천의 자연성이 크게 훼손된 하천과 수질환경기준에 미달되거나 상수원보호대책이 시급한 지역에 재정투자계획의 최우선순위가 주어지고 있다.

〈표 2-3〉 분야별 물 관리 방식의 진화

물 관리 분야	관리방식의 발전
수량관리	수자원개발과 공급확대→수요관리→물의 효율적배분→물부족에 대한 적응
수질관리	수인성 질병으로부터의 보호→수처리시설의 확대, 하천수질환경의 보전→비점오염원의 통제, 오염물질총량규제, 토지이용과의 연계→친환경적 하천환경의 조성
물 재해관리	다목적댐건설→치수를 위한 하천개수(독쌍기)→유역저류, 비구조적대책, 홍수터, 자연형 하천

참조 : 지속가능발전위원회, 2005

## 2) 수량관리

우리나라의 수자원 상황은 물 스트레스 국가로 분류되며, 물 스트레스 국가는 자연적인 하천에 의존하여 물을 공급하는 경우 광범위한 지역에서 주기적으로 물 공급문제가 발생하는 국가를 지칭한다. 현재 한국은 물 스트레스가 보통보다 높은 수준으로, 인간과 수생태계 사이에서 물을 적절히 배분하고 물이용의 효율을 높이는 것이 필요한 상황이다.

아래 <표 2-4>의 우리나라 용수 수급전망을 보면 2020년 용수 수요 356억톤, 용수공급 352억톤으로 4억톤의 용수공급이 부족할 것으로 나타나고 있으며, 권역별로 보면 영산강 및 섬진강 권역의 용수공급 부족이 2.3억톤으로 가장 심하다.

〈표 2-4〉 용수수급전망

(단위 : 억m³)

수계명	대분류	소분류	2011	2016	2020
전국	용수수요(억톤)	용수수요(억톤)	355	358	356
		생활용수	81	82	82
		공업용수	32	35	34
		농업용수	158	157	156
		유지용수	84	84	84
	용수공급(억톤)	용수공급(억톤)	352	353	352
	부족량(억톤)	권역별	▼3	▼5	▼4
		지역별	▼8	▼10	▼9

출처 : 국가통계포털(<http://kosis.kr>)

우리나라는 계절별, 연도별, 지역별 강수량의 편차가 심한 동시에, 국토의 65%가 산악지형이고, 하천경사가 급한 지리적 특성으로 홍수가 일시에 유출되며, 갈수기에는 유출량이 적어 하천 수질오염을 가중시키는 등 수자원의 이용면에서 불리한 자연조건을 안고 있다. 또한 연례행사처럼 홍수와 가뭄이 반복되고 있어 근본적인 치수대책 마련과 함께, 국민생활수준 향상에 따라 다변화된 용수수요에 걸맞는 합리적인 수자원 이용방안이 요구된다.

〈표 2-5〉 2020년 기준 과거 최대 가뭄 발생시 권역별 물 수급 전망

(단위 : 백만m³/년)

구분	전국	한강	낙동강	금강	영산강	섬진강	제주·울릉
수요량	26,390	7,899	7,335	6,347	2,577	1,883	354
-생활용수	7,786	4,090	1,850	1,187	342	187	130
-공업용수	3,205	807	1,123	737	124	394	20
-농업용수	15,399	2,998	4,362	4,423	2,111	1,302	204
공급가능량	25,956	7,858	7,249	6,293	2,425	1,778	354
과부족량	▼434	▼37	▼86	▼54	▼152	▼105	-

출처 : 수자원장기종합계획, 2011, 국토해양부



### 3) 수질 및 수생태계 환경기준

#### 가) 하천 및 호소의 생활환경기준

현재 우리나라에서 시행되고 있는 물 관리 정책은 매우 다원화 되어 있고 그 쓰임과 종류에 따라 실행 부서와 법률이 다르다. 그 만큼 세분화 되어 있다고 알 수 있는데, 이들을 수질 및 수생태계환경기준, 공공수역 위해성 관리, 기후변화정책, 조류예보제로 나누어 볼 수 있다. 먼저 수질 및 수생태계 환경기준은 수질오염으로부터 건전한 수생태계를 유지하고, 물의 이용목적에 적합한 수질을 보전하기 위한 미래지향적이고 행정적인 정책목표이며, 수역은 하천과 호소로 구분하고, 항목은 생활환경항목과 건강보호항목을 구분하며 특히 생활환경항목은 7등급으로 구분하여 단계별로 목표를 설정할 수 있다.

〈표 2-6〉 하천의 생활환경 기준

등급		기 준								
		수소이온 농도(pH)	생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	*총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	용존 산소량 (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	대장균군 (군수/100mL)	
									총 대장균 군	분원성대 장균군
매우 좋음	Ia	6.5~8.5	1 이하	2 이하	2 이하	25 이하	7.5 이상	0.02 이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib	6.5~8.5	2 이하	4 이하	3 이하	25 이하	5.0 이상	0.04 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II	6.5~8.5	3 이하	5 이하	4 이하	25 이하	5.0 이상	0.1 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III	6.5~8.5	5 이하	7 이하	5 이하	25 이하	5.0 이상	0.2 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV	6.0~8.5	8 이하	9 이하	6 이하	100 이하	2.0 이상	0.3 이하	-	-
나쁨	V	6.0~8.5	10 이하	11 이하	8 이하	쓰레기등이 떠있지 아니할것	2.0 이상	0.5 이하	-	-
매우 나쁨	VI	-	10 초과	11 초과	8 초과	-	2.0 미만	0.5 초과	-	-
등급별 수질 및 수생태계 상태 <b>매우 좋음</b> : 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음 <b>좋음</b> : 용존산소가 많은 편이고, 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음 <b>약간 좋음</b> : 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음 <b>보통</b> : 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음 <b>약간 나쁨</b> : 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소를 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음 <b>나쁨</b> : 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상 생활에 불편감을 주지 않으며 활성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음 <b>매우 나쁨</b> : 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살 기 어려우며, 용수는 해당 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음 수소이온농도(pH) 등 각 기준항목에 대한 오염도 현황, 용수처리방법 등을 종합적으로 검토하여 그에 맞는 처리방법에 따라 용수를 처리하는 경우에는 해당 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용할 수 있음										

출처 : 2016년 환경백서, 환경정책기본법 시행령 제2조

〈표 2-7〉 호소의 생활환경 기준

등급		기 준								
		수소이온 농도(pH)	생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	*총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	용존 산소량 (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	대장균군 (군수/100mL)	
									총 대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia	6.5~8.5	1 이하	2 이하	2 이하	25 이하	7.5 이상	0.02 이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib	6.5~8.5	2 이하	4 이하	3 이하	25 이하	5.0 이상	0.04 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II	6.5~8.5	3 이하	5 이하	4 이하	25 이하	5.0 이상	0.1 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III	6.5~8.5	5 이하	7 이하	5 이하	25 이하	5.0 이상	0.2 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV	6.0~8.5	8 이하	9 이하	6 이하	100 이하	2.0 이상	0.3 이하	-	-
나쁨	V	6.0~8.5	10 이하	11 이하	8 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할것	2.0 이상	0.5 이하	-	-
매우 나쁨	VI	-	10 초과	11 초과	8 초과	-	2.0 미만	0.5 초과	-	-
<p>등급별 수질 및 수생태계 상태</p> <p><b>매 우 좋 음</b> : 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음</p> <p><b>좋 음</b> : 용존산소가 많은 편이고, 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음</p> <p><b>약 간 좋 음</b> : 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음</p> <p><b>보 통</b> : 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음</p> <p><b>약 간 나쁨</b> : 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소를 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음</p> <p><b>나쁨</b> : 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상 생활에 불편감을 주지 않으며 활성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음</p> <p><b>매 우 나쁨</b> : 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살 기 어려우며, 용수는 해당 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음 수소이온농도(pH)등 각 기준항목에 대한 오염도 현황, 용수처리방법 등을 종합적으로 검토하여 그에 맞는 처리방법에 따라 용수를 처리하는 경우에는 해당 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용할 수 있음</p>										

출처 : 2016년 환경백서, 환경정책기본법 시행령 제2조

## 나) 목표기준 평가

전국 주요 하천 및 호소 목표수질의 달성여부를 평가하는 방법을 고시한 것이며, 건강보호 항목의 목표기준 달성여부를 평가한다.

최근 4년간 건강보호기준 항목이 기준을 초과한 지점이 없으며, BOD와 COD를 동시에 평가하는데 하천의 경우 환경기준에는 BOD만 규정하고 있으나, 최근 날로 증가하는 COD 오염도에 대해 동시 평가하고 있다.

$$\text{좋은물 달성율(\%)} = \frac{\text{중권역 대표지점 좋은물 지점수}}{\text{중권역 대표지점 수(114개)}} \times 100$$

$$\text{목표기준 달성율(\%)} = \frac{\text{목표수질 달성지점 수}}{\text{중권역 대표지점 수(114개)}} \times 100$$

<그림 2-1> 평가기준 달성율 공식

## 다) 수질환경기준의 제정 및 개정

- 1978년 수질환경기준 제정(환경보전법시행규칙 제정 1978.7.1)
- 1981년 수질환경기준 1차 개정(환경보전법시행규칙 개정 1981.1.7)
- 1983년 수질환경기준 2차 개정(환경보전법시행규칙 개정 1983.8.1)
- 1989년 수질환경기준 3차 개정(환경보전법시행규칙 개정 1989)
- 1991년 수질환경기준 4차 개정(환경정책기본법시행령 개정 1991.2.2)

환경보전법 → 환경정책기본법 및 수질환경보전법으로 분법

수질환경기준은 환경정책기본법, 배출허용기준은 수질환경보전법에 규정

하천의 수질환경기준에서 화학적 산소요구량(COD) 삭제 및 음이온 계면활성제(ABS) 추가

- 2006년 수질환경기준 5차 개정(환경정책기본법시행령 개정 2006.12.04)

〈표 2-8〉 수질환경기준 현행항목 및 신규항목

구분	항목 및 기준치(단위 : mg/L)
현행(9항목)	비소 : 0.05, 6가크롬 : 0.05, ABS : 0.5 카드뮴 : 0.005(기준 0.01), 납 : 0.05(기준 0.1) 시안 : 불검출(검출한계 0.01), 수은 : 불검출(검출한계 0.001) 유기인·PCB : 불검출(검출한계 0.0005) ※ 기준치가 불검출로 되어 있던 항목은 검출한계를 명시
신규(8항목)	사염화탄소 : 0.004, 1,2-디클로로에탄 : 0.03 PCE : 0.04, 벤젠 : 0.01, 클로로포름 : 0.08, 디클로로메탄 : 0.02 *디에틸헥실프탈레이트(DEHP) : 0.008, *안티몬 : 0.02 *2009년부터 시행

출처 : 환경정책기본법시행령 개정 2006.12.04

#### 4) 물 재해 관리

##### 가) 우리나라 물 관련 재해 현황

〈표 2-9〉 물 관련 재해 현황

지역	재해종류	주요 재해 현황
한국	태풍·호우	- 1999년 집중호우로 인한 농경지 233ha 침수 - 2000년 집중호우로 인한 도로 침수 - 2003년 집중호우로 인한 농경지 50여ha 침수 - 2009년 폭우로 인한 농경지 침수 및 어선 1척 파손 - 2010년 태풍 곤파스 등 22회 자연재난 발생, 사망 14명, 3,533억원 재산피해 - 2011년 3개 태풍 및 집중호우로 사망 63명, 7,459억원 재산피해 - 2012년 4개 태풍의 연이은 상륙과 집중호우로 사망 8명, 1조 421억원 재산피해

참고 : 재해연보

## 나) 기후변화에 따른 수자원 전망

홍수 위험성은 1일 강수량 100mm이상의 집중호우 발생 횟수가 과거에 비해 2.7배 이상 증가하고, 100년 빈도 홍수량이 20% 증가로 현재 100년 및 200년 빈도의 홍수에 견딜 수 있도록 설계된 제방의 홍수방어 능력이 0.5로 감소되며, 아울러 집중호우로 인한 토석류와 산사태 등 토사재해 발생도 증가할 것으로 전망된다.

가뭄의 위험성은 비가 적게 오는 해도 많아져 가뭄 발생 기간이 과거에 비해 3.4배 증가하며 기온상승은 생활·공업·농업용수뿐만 아니라 하천유지용수 등 모든 부분에서 수요 증가 및 부족을 초래하고, 또한 비가 많이 오는 기간이 6~8월에서 7~9월로 이동함에 따라 농업용수 수요가 많은 6월 강수량의 감소로 농업생산량저하도 예상된다.

수질 및 하천환경에 대한 영향은 수온상승에 따른 하천 및 호소 밑바닥 저·무산소(hypoxia)현상으로 인한 어류집단 폐사 등 수생태 악영향이 발생하고, 강우강도 증가 및 갈수기간 장기화로 탁도 증가 및 수질악화가 우려된다.

〈표 2-10〉 연평균 기온 및 연 강수량의 변화 전망

구분	과거(1986~2005)	미래(2081~2100)	증 가
연평균 기온	11.3℃	14.3℃	3.0℃
연평균 강수량	1,144mm	1,373mm	20.0%

출처 : 한반도 미래기후변화 전망보고서 '12.12, 기상청

## 다) 기후변화 협약과 그 영향

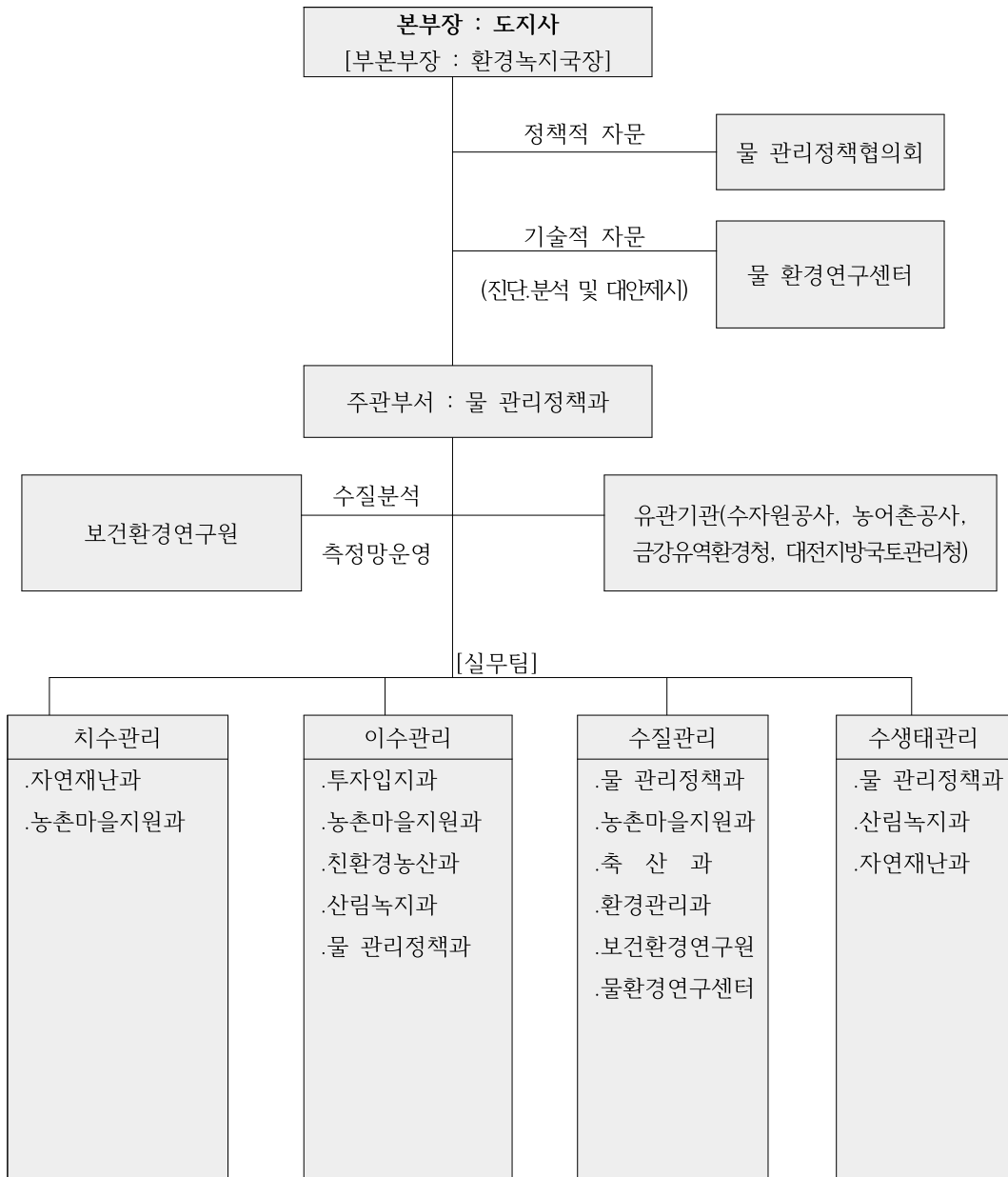
지구온난화 문제를 해결하기 위해 선진국을 중심으로 온실가스 배출에 대한 국제규제를 강화하여 국가 간 기후변화기본협약을 체결하고 교토의정서를 채택하여 전 세계적 차원의 온실가스 감축노력을 전개하여 왔으며, 2012년 말 카타르 도하회의에서는 선진 산업국가를 온실가스 감축의무를 부여한 교토의정서의 연장에 합의하고 지난 20차 페루 리마 당사국총회에서는 2020년 이후 신 기후체제 설립에 대한 논의가 계속되었다.

현재 우리나라는 온실가스 감축 의무 국가는 아니나, 2010년 우리나라의 온실가스 배출량은 세계 7위이며 OECD 국가 중 이산화탄소 배출량 증가율 1위 국가로서, 한국 정부는 온실가스 배출의 주요 원인인 석유 등 화석연료를 포함한 에너지소비 증가를 억제시키기 위해 녹색성장위원회를 중심으로 다각적인 정책을 추진하였다.

이를 위해 2010년에는 「저탄소 녹색성장 기본법」을 제정하여 2011년부터 온실가스 목표관리제를 도입하여 운영하고 있으며, 2014년 1월에 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」에 근거해 배출권거래제 기본계획이 확정되어 2015년부터는 한국에서도 EU, 호주, 뉴질랜드, 중국 등에 이어 온실가스 배출권 거래제가 도입되어 시행되고 있다.

### **2.1.2 충청남도 물 관리 정책**

중앙정부의 부처별 물 관리 체계에 따라 분산·개별적으로 추진되던 물 관리 기능을 2007년 5월 전국 최초로 “물 통합 관리 선언식”을 시행하였다.



〈그림 2-2〉 물 통합관리본부 조직도



충청남도 물 관리 주요 정책은 다음과 같다.

- 물 통합관리본부 구성·운영
  - 다원화된 물 관리 조직체계를 물 환경정책 및 여건 변화를 수용하고 효율적인 물 관리를 위하여 전국 최초로 『충청남도 물 통합 관리 본부』 구성 운영
- 수질오염 총량관리제 시행
  - 금강·삼교호수계 단위유역별 총량관리 대상물질(BOD, T-P)의 목표달성으로 해당 유역의 환경보전 및 지속가능한 개발 도모
- 금강 水 환경 모니터링 추진
  - 금강정비사업 이후 보 운영에 따른 수질악화 및 수생태계 변화 우려에 따라 추진한 1단계 조사와 연계한 연속적인 모니터링 추진 필요
  - 수 환경에 대한 체계적이고 과학적인 분석으로, 최적 관리방안 마련
- 주민과 함께하는 도랑 살리기 운동
  - 생활쓰레기, 가축분뇨, 생활하수 등으로 오염된 마을 앞 도랑을 주민공동체 참여를 통한 자연생태 복원 및 수질개선
  - 도랑의 체계적인 관리로 주민 환경의식 제고 및 마을공동체 회복
- 통합 집중형 수질개선 공모사업
  - 환경부에서 오염지류를 단기간 내에 수질을 개선, 생태적으로 회복시키기 위한 통합·집중형으로 공모하는 사업

- 주요 오염하천 수질 평가제
  - 획일적인 시·군 예산배정 방식의 수질개선이 아닌 오염도가 높은 대표하천에 대한 집중적 관리
- 생·공용수 수자원 장기 확보계획 추진
  - 장래 용수수요에 대응하고 가뭄대비 안정적인 생활·공업용수 공급을 위한 수자원의 장기적인 용수확보계획 추진
- 물 소외지역 광역상수도 공급 협업사업
  - 광역상수도 인근 급수 취약지역에 직접 분기·상수도 공급으로 소외된 농어촌 상수도 조기공급 및 예산절감
  - 충남도·지자체(천안, 홍성, 당진)·K-WATER시행협약 체결(2014.3.21.)
- 저소득층 옥내급수관 개량사업
  - 저소득층, 사회복지시설 등 옥내 아연도강관 급수관을 갱생, 교체하여 소외계층에 대한 물복지 향상 제고
- 물복지 취약계층 정수기보급사업
  - 상수도 미 보급지역 중 지하수가 오염된 취약계층을 대상으로 먹는물 안정성 강화 위한 정수기보급 충남형 물복지 협업사업 추진
- 지하수 통합정보시스템 구축
  - 분산된 지하수 정보를 일원화하여 지속가능한 지하수 이용·관리 체계 구축
  - 중앙부처 및 시군과 연계된 지하수 통합정보시스템 구축

- 지하수 이용현황 조사 추진
  - 지하수의 이용 및 관리 상태를 현장 중심으로 조사하여 정확한 데이터 확보로 정책자료 활용
  - 공공 지하수 및 대용량 지하수 대상 조사 실시
- 하수처리수 재이용사업
  - 고도처리중이거나 그 이상의 방류수질을 확보하고 있는 하수 처리수를 재이용하여 농·공업 용수로 활용
  - 버려졌던 하수를 수자원으로 확보 및 활용

### 2.1.3 농업용수 관리 방안

농업용수의 이용량은 총 이용량의 약 62%를 차지하며, 이용 가능한 수자원량에서 공급을 위한 취수율은 34%로 OECD 국가 중에서는 높은 수준을 나타내고 있다. 이와 같이 높은 물 이용률은 가뭄의 심도에 따른 물이용에 큰 취약성을 가지게 되며, 많은 물 사용에 따른 어려움을 초래하게 된다. 하천수 취수율을 기반으로 판단한 우리나라의 물 수준은 심각한 상황은 아니지만 향후 적절한 수자원 관리 대책이 필요할 것으로 판단된다.

농업용수는 상류에서 공급되어 사용한 용수 대부분이 하천이나 지하수로 환원되어 하류에서 재이용되는 자연 순환형 구조를 가지고 있으며, 수자원 함양, 수질정화, 기후완화, 친수공간 조성, 생태계보전 등 여러가지의 기능을 가지고 있다. 이렇게 다원적 기능을 가진 농업용수는 대부분 저수지와 지하수, 하천수가 차지하고 있으며, 효율적인 관리방안을 살펴보고자 한다.

## 1) 저수지

먼저 용수관리는 평수시, 갈수시에 수혜지로 공급할 용수량을 확보할 수 있도록 저수지 수량을 체계적으로 관리하여야 하며, 관개용수, 상수도용수, 공업용수, 발전용수 등에 대한 기간별 저수관리 계획을 수립하여 체계적으로 공급할 수 있도록 하여야 한다.

일반적으로 저수지의 규모결정은 10년 한발빈도를 기준으로 필요수량을 정하였으나, 안정성있는 용수공급계획은 5개년 정도의 실제 급수실적을 조사·분석한 후 적절한 급수기준량을 정하여 기준급수량에 수정을 가하고, 이것들을 근거로 급수계획을 수립한다. 이 기준급수량을 결정하는데 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

### 가) 관개구역 등 연락조정

관개급수구역, 용수로 조직, 신품종재배 등 작부체계 변화에 맞는 수리시설물 조작 관리는 관개구역간에 긴밀한 연락과 조정에 따라 급수량을 조절한다.

### 나) 단위용수량

생육기에 논으로 급수된 용수량은 증발산, 침투 및 낙수 등 논으로부터 빠져나간다. 포장단위 용수량은 개개의 논에서 벼 재배에 필요한 용수량을 말하는데 단위면적당 유량( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ )이나 1일 수심( $\text{cm}/\text{d}$ )으로 표시된다. 포장단위 용수량은 감수심에 재배관리 용수량을 더한 것을 말하며 일반적으로 식은 다음과 같다.

- 포장단위용수량 = 감수심 + 재배관리용수량 = (증발산량 + 침투량) + 재배관리용수량
- 용수관리 즉, 물 관리에 필요한 용수량은
  - 포장단위 용수량( $Q_1$ ) : 논에서 소비되는 순수용량과 인위적으로 버려지는 수량의 합

$$Q_1 = (\text{증발산량} + \text{침투량}) + \text{재배관리용수량}$$

- 순 용 수 량(Q2) = 포장단위용량 - 유효수량

- 조 용 수 량 (Q3) = 반복이용이 없는 경우 수원공에서 공급필요량

$$Q3 = \text{순용수량} + \text{송수 및 분배손실량} = \text{순용수량} \div (1 - \text{손실율})$$

- 광역용수량(Q4) = 일반적인 논관개용수량 (광역용수량)

$$Q4 = \text{조용수량} - \text{지구내 이용가능량} (\text{반복이용} + \text{보조수원수량})$$

## 다) 유효수량

유효수량은 강수량 중 관개수와 같이 논에서 유효하게 이용되는 수량을 말한다. 유효수량은 강수량에 상·하한치를 설정하고 그 강수량에 일정비율을 곱하여 얻는다. 급수 계획에 있어서는 5mm/day로부터 80mm/day의 강수를 대상으로 하여 일우량의 80%를 유효수량으로 산출한다. 각 일우량에 따른 유효수량을 아래와 같이 산정한다.

일 우 량	유효 수 량
5mm 이하	0mm
5 ~ 80mm	일우량의 80% (예 60mm인 경우는 $60 \times 0.8 = 48\text{mm}$ )
80mm 이상	64mm

## 라) 말단 용수로 구조물

분수공에서의 분수된 용수량은 말단지역에서의 만족도와 말단에서 무효 방류량이 얼마인지도 정확히 파악하도록 노력하여야 한다.

## 2) 지하수

그 동안의 지하수 개발 및 관리는 1993년 지하수법이 제정되면서 그 동안 거의 관리되지 않고 있던 지하수자원을 국가차원에서 관리하게 되었으며, 1996년 지하수관리

기본계획을 수립하고 2002년 동 계획을 보완함으로써 제도적인 관리기반을 마련하였다.

그러나 아직은 지하수 관리 측면에서 체계적인 지하수 조사·이용 및 보전관리가 미흡하고 전담조직 및 인력 미비, 투자부족, 국민의 지하수에 대한 인식 부족 등으로 체계적인 관리가 미흡한 실정이다.

2001년 지하수법 개정에 따라 대부분의 지하수 시설이 제도권으로 편입되었으나 아직도 미신고 시설이 다수 존재하며, 지하수 개발·이용 실태자료가 미흡하여 수자원 총괄관리 차원에서의 지하수 수급 전망, 개발·이용 계획 수립이 매우 어려운 실정이다.

지난 2008~2009년 가뭄 기간 동안 태백 등 물 부족지역에서 지하수 관정을 개발하여 사용하기 위한 노력이 있었으나, 개발을 위한 현지조사와 실제 관정을 개발하는데 상당한 시일이 소요되어 실제 물 공급이 필요한 시기에 공급하기가 쉽지 않아 지하수를 긴급 구호용으로 사용하는데 한계가 있었으며, 이를 보완하기 위하여 가뭄 발생이 빈번하여 단수 등 물 부족을 경험했던 지역을 조사·파악하고 장기적인 관점에서 지하수를 보조수자원으로 활용하기 위한 계획 수립이 필요하다.

충청남도의 지하수 현황은 국토해양부에서 2012년 발표한 지하수 조사연보 중 지역별, 용도별 지하수 이용현황에 대한 자료를 조사하였으며, <표 2-11>과 같다.

### 3) 하천수

농촌 소하천의 건천화에 따른 하천수의 부족은 용수확보 불가능, 수질오염의 심화 등의 문제를 초래함으로써 경제적인 측면에서 많은 손실을 가져올 뿐 아니라, 하천이 갖추어야 할 친수공간으로서의 기능도 수행하지 못하기 때문에 많은 주민들이 여가 활용과 휴식공간으로 활용하지 못하고 있다. 하천이 하천다운 모습을 갖추고 주민들에게 친수공간으로서의 역할을 제공하기 위해서는 하천의 안정적인 유지·용수확보는 반드시 해결되어야 할 중요한 문제이다.

#### 4) 충청남도 용수공급 현황

충청남도 내 상수도 시설, 농업용 저수지, 지하수, 해수담수화 시설 등에 의한 용수공급 현황은 연간 1,423백만㎥을 각 시군에 공급하고 있는 것으로 분석되며, 광역 및 지방상수도를 통한 공급량은 466백만㎥/년, 저수지 461백만㎥/년, 지하수 495백만㎥/년으로 대부분을 차지하고 있으며, 해수담수화 시설을 통한 573천㎥/년을 서해안의 도서지역 주민에게 공급하고 있다.

〈표 2-11〉 충청남도 용수공급 현황

구 분	합계	광역상수도 (천㎥/년)		지방상수도 (천㎥/년)		농업용 저수지	지하수	기타 공급원
	(천㎥/년)	정수	침전수	정수	침전수	(천㎥/년)	(천㎥/년)	(천㎥/년)
충청남도	1,808,861	301,161	400,514	29,273	6,570	576,005	495,024	314
천안시	181,124.0	84,242	39,420	8,906	-	11,271	37,285	-
공주시	61,089	16,534	-	-	-	16,078	28,449	28
보령시	89,529	16,534	-	3,614	-	30,886	38,251	244
아산시	391,501	59,568	181,222	-	4,197	110,220	36,294	-
서산시	309,549	21,718	72,927	-	-	149,829	65,062	13
논산시	91,687	19,783	-	-	-	34,721	37,183	-
계룡시	11,171	-	-	9,782	-	116	1,273	-
당진시	263,238	37,960	98,112	-	-	78,442	48,706	18
금산군	45,561	6,862	-	-	2,373	5,905	30,421	-
부여군	60,077	7,775	-	-	-	17,583	34,719	-
서천군	44,655	5,511	4,197	-	-	23,727	15,417	-
청양군	37,310	1,569	-	-	-	16,303	19,438	-
홍성군	49,541	5,548	-	-	-	11,129	32,853	11
예산군	95,632	-	4,636	6,971	-	58,712	25,313	-
태안군	73,000	17,557	-	-	-	11,083	44,360	-

## 2.2 국외 물 관리 정책

### 2.2.1 미국

- 국가차원의 적응관련 대책은 중국과 함께 온실가스 배출 세계 1~2위를 다투는 국가임에도 불구하고 제대로 된 연방차원의 기후변화 법률이 없었으며, 있더라도 실질적인 기후변화 규제 법안이 아닌 조사·연구에 초점이 맞춰져 있었다.
  - Kerry-Boxer 상원법안은 청정에너지 안전 법률안(The American Clean Energy and Security Act of 2009, 일명 Waxman-Markey 하원법안)에 기초한 기후변화 법안으로 온실가스 감축 프로그램, 기술개발 연구, 기후변화 전환 및 적응, 구온난화 오염감축 및 투자 프로그램 등의 내용을 다루고 있음.
  - 2005년 허리케인 카트리나 피해 이후, 범람 및 제방 붕괴에 의한 피해 저감을 위해 수자원개발법(Water Resources Development Act of 2007)을 개정하였음.
  - 피해를 입은 중요 인프라 재건 등의 사업 인가, 제방 안전 프로그램 규정, 지구 온난화를 고려한 연안 지대의 방어에 관한 지침 제시
  - 국가 홍수보험 프로그램(National Flood Insurance Program, NFIP) 운영을 통해 재난 발생시 복구 지원 뿐 아니라 예방을 위한 정책수단으로 활용
  - 각 지자체에 효과적인 홍수보험의 운영을 위한 홍수위험지도(flood-hazard maps)와 이에 따른 홍수보험요율지도(flood insurance rate map)를 제작하는 방식으로 운영
  - 홍수를 대상으로 기후변화의 지역적 영향을 분석하는 “기후변화의 영향 예측 및 취약성의 진단” 수행
- 미국의 수자원관리 체계는 연방정부 기관인 백악관 환경질위원회(CEQ), 국무부 국제협력국(DOS-JJC), 미공병단(COE), 개척국(USBR), 지질조사국(USGS), 환경청(EPA), 농무부(USDA)와 주 정부, 전문기관 등으로 역할이 분할되어 있다.
  - 연방정부: 최상위계획 수립 및 물 배분



- 주정부: 정책의 유연한 적용, 가뭄 및 홍수에 대비한 수자원정책 수립
- 전문기관: 기술지원
- 공병단(COE): 댐 개발, 하천관리, 홍수피해규모예측, 기술적 지원
  - 미국에서 가장 오래된 수자원 관련 정부기관임
  - 치수를 위해 일반적으로 댐, 선착장, 둑, 방파제의 건설과 다른 수로의 강둑보호 프로젝트를 수행함
- 개척국(USBR): 수자원 및 자연자원의 관리 및 개발
  - 주된 업무는 불모의 서부지역에 정착하기 위한 관개 프로젝트 개발임
  - 하버댐(Hoover)과 그랜드 쿨리(Grand Coulee)댐과 같은 주요 구조물을 포함해 20 세기동안 200개가 넘는 관개 프로젝트를 수행했음
    - : 관개 프로젝트는 농업과 경제개발을 위한 전력과 지역 곳곳에 수도 공급을 위해 관개용수를 생산함
- 지질조사국(USGS): 물 이용 자료, 유역조사 및 유역정보제공, 기술개발
  - 51개 주에 수질자동측정소를 설치·운영 중이며, 각 주의 지방·주정부, 대학들과 협력하여 지하수와 지표수를 모니터링하고 측정함
  - 미국 전 지역의 종합 측정소의 약 85%를 대표하는 7,000여개의 유속 측정소를 운영 및 관리하고 있으며, 주와 지방 기관들이 시설들을 주로 운영
  - 국가수질평가(National Water-Quality Assessment, NAWQA) 프로그램은 하천, 강, 지하수의 상태를 조사하고 변화의 흐름을 파악하며, 인간 활동 및 자연변화로 인한 수질상태의 가장 현저한 원인이 무엇인지를 파악함
  - NAWQA 프로그램 이외에 수질이 아닌 수문학적 조사가 주된 조사항목임
  - 국가수자원정보시스템(NWIS)와 홍수예보시스템(AHPS)를 운영하고 있음

- 환경청(EPA): 수자원 관리를 환경측면에서 규제하고 운영 및 연구함. 실제적인 수자원 및 수질 관리의 방향 설정
- 테시유역관리청(TVA): 홍수피해 예방을 위한 개발 계획수립, 통합적 유역 개발 업무를 수행
- 기상청(NWS): 강우예측 및 분석

〈표 2-12〉 미국의 물 관리 부처별 역할

관리 주체	역할
연방정부	최상위계획 수립 및 물 배분
주정부	정책의 유연한 적용, 가뭄 및 홍수에 대비한 수자원정책 수립
전문기관	기술지원
공병단	댐 개발, 하천관리, 홍수피해 규모예측, 기술적 지원
개척국	수자원 및 자연자원의 관리 및 개발
지질조사국	물이용 자료 제공, 유역조사 및 유역정보 제공, 기술 개발
환경청	실제적인 수자원 및 수질 관리의 방향 설정
기상청	강우 예측 및 분석

출처 : 외국의 물 관리 현황검토 및 국내적용방안 연구

## 2.2.2. 일본

### 1) 하천정보센터의 소개

일본의 하천정보센터(Foundation of River & Basin Integrated Communications)는 국민의 생명과 재산에 직결되는 중요 정보를 취급하는 기관이며, 어떤 재해에 대해서도 신속 정확하게 하천과 유역에 관한 정보를 경제적으로 제공하고자 한다. 이러한 사항들이 하천정보센터의 기본적인 목표이며, 앞으로도 이에 대한 방안들을 지속적으로 수립하고 추진할 계획이다. 그러나 하천과 유역의 정보관리를 둘러싼 주변상황은 최근 들어 크게 변화하고 있다.

즉, 정보 관련기술은 비약적으로 발전하여 관측 장비나 데이터 해석기술의 개발을 통해 상세한 하천상황 파악과 예측이 가능해지고 있다. 게다가 광섬유나 위성통신 등과 같은 통신기술의 급속한 발전 및 보급에 의해 정보기술의 초대형 용량화, 초고속화, 초소형화가 가급적으로 진행되어 개개인이 정보의 소비자가 되는 정보의 대중화 시대를 맞이하고 있다.

현재 치수사업의 진척이나 방재시설 정비 등으로 자연재해에 대한 국민의 인식은 그리 높지 않은 현실이다. 그러나 국지성 호우 등에 의한 재해는 오히려 빈발하고 있으며, 인적 및 물적자원의 집중으로 인해 대규모 재해에 의한 피해가 심화될 가능성이 높아지면서 하천·유역에 대한 적절한 정보의 전달은 더욱 중요해지고 있다. 하천정보 센터에서는 하천정보가 생활정보로서 공유되는 사회 실현을 목표로 하며, 다음의 내용에 대한 기술개발 및 지원을 추진한다.

- 국민의 생명 및 재산을 홍수, 산사태 등의 재해로부터 보호하기 위해 하천·유역의 정보를 24시간 365일 신속, 정확하고 경제적인 시스템을 통해 제공하고자 함.
- 센터업무의 기본은 ‘사용자의 요구에 맞는 하천·재해 정보의 제공’ 임.
- 따라서, 하천·재해정보 사용자(하천 관리자, 지방 자치체, 매스미디어, 지역 주민 등)의 요구분석 및 이에 맞는 정보 콘텐츠의 개발과 필요한 각종 데이터 액세스 시스템의 정비에 주력함.
- 지역주민 생활에 밀접한 정보콘텐츠 개발에 중점을 두어, 대하천의 정보뿐만 아니라 중·소하천에 관한 정보나 사방에 관한 정보를 충실하게 제공함.
- 정보제공은 최첨단 통신 네트워크시스템을 활용함.
- 다만, 정확한 정보를 확실하게 전달하기 위해 시스템의 내구성 확보와 전달정보의 점검체제 정비에 최대한의 노력을 기울임.
- 토네가와, 아라가와 혹은 요도가와 등에 범람과 같은 큰 규모의 재해가 발생했을 경우에는 수도권에 심각한 피해가 일어나 국가 기능에도 큰 영향을 미칠 수 있음.

- 이러한 대규모 재해를 고려한 위기관리 대책의 검토 및 관계기관의 대응능력 향상을 위한 훈련 등을 적극적으로 실시함.
- 초대형 규모의 재해시에 제공된 정보가 적절하게 활용되기 위해서는 평상시에도 정보 사용자를 위한 준비가 필요하다. 구체적으로는, 위험지역도 등을 통한 재해정보의 분석·정리, 긴급시 행동 계획의 책정·주지 및 재해의 실태에 맞는 훈련실시 등이 필수적인 사항임.

## 2) 하천유역종합정보시스템(FRICS)

하천유역종합정보시스템(Foundation of River& Basin Integrated Communication System ; FRICS)에서는 하천 유역내의 하천·지진 재해, 환경에 관한 정보를 최첨단의 기술을 활용하여 과거-현재-미래의 정보를 종합적으로 제공하고 있다.

본 시스템의 최대의 특징은「정보의 공유」즉, 구체적으로는 국토교통성 하천국, 기상청, 도도부현 등이 관할하는 다양한 자료(우량, 수위, 댐, 해안, 지진, 기온, 풍향, 풍속 등) 및 정보(일본 최대《원격측정 관측국 ; 2004년 9월 현재 약 15,000국》)를 제공하고 있다.

## 3) 데이터베이스시스템

- 하천의 방재정보 : 이 정보는 무인 관측소로부터 보내져 오는 데이터를 즉시 알리는 목적으로 만들어졌다. 또한 전국 모든 관측소의 정보(우량, 수위 등)를 실시간으로 제공하여 사용자가 열람 가능토록 구성
- 수문수질데이터베이스 : 이 데이터베이스는 국토교통성 하천국이 관할하는 관측소의 수문수질과 관계되는 자료의 공개를 목적으로 함. 대상 데이터는 우량, 수위, 유량, 수질, 저질, 지하수위, 지하수질, 적설심, 댐 제언 등임.

- 댐 데이터베이스 : 이 데이터베이스는 국토교통성 하천국 및 수자원 기구가 관리하고 있는 댐·연·호수와 높의 수문수질 관측 자료의 통계치 공개를 목적으로 함. 대상 데이터는 댐의 기본제원을 포함한 저수지의 저수위·유입량·방류량·수온·탁도·수질 등임.
- 댐호수환경데이터베이스 : 국토교통성 및 수자원기구에서는 전국의 관할 댐을 중심으로 하천사업 및 관리를 적절히 추진하기 위해 댐 호수 및 주변을 환경이라고 하는 관점에서 정기적으로 댐의 기초정보를 파악한다. 이것은 댐 호수와 그 주변 지역 생물의 생식 및 생육실태 파악을 목적으로 함.

이러한 일본의 물 관리 체계 관련 행정기구는 다음과 같다.

〈표 2-13〉 일본의 물 관리 관련 행정기구 및 담당기능

행정기구	세부부서		세부 물 관리 기능
후생노동성	건강부	수도과	음용수, 수질관리
환경성	수환경부	수환경관리과	수질정책
	폐기물대책부	폐기물대책과	정화조정정책
국토교통성	물 관리·토지보전국	수자원부	하천·수자원 정책
		하수도부	하수도정책
경제산업성	자원에너지청	전력기반정비과	수력발전
	경제산업정책국	산업시설과	공업용수
농림수산성	농촌진흥국	수리정비과	농업용수
	임야청	치산과	수원지 치산

출처 : 한국과 일본의 물 관리행정 비교 고찰, 2013

〈표 2-14〉 전국통합수자원계획(Water Plan21) 세부 내용

소제목	세부 내용
	서두
일본 수자원 현황과 과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본 수자원의 특징과 과제</li> <li>- 가뭄 발생 상황과 이수 안전도</li> <li>- 수질 문제 현황과 과제</li> </ul>
	본론
Water Plan 2000 목표 및 달성 상황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물의 안정적 공급체계 정비</li> <li>:물 수요의 전망과 현상</li> <li>:물 공급의 전망과 현상</li> <li>:물 수급의 전망과 현상</li> <li>- 가뭄에 대한 물 공급 안정도 향상</li> <li>- 새로운 물 활용방식 형성</li> </ul>
미래 사회 전망 및 수자원 관련 과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비용, 환경 등을 종합적으로 감안한 수자원 확보</li> <li>- 다양화한 국민요구에 대응</li> <li>- 대가물시, 재해시 물 위기 관리</li> <li>- 지구환경문제 고려한 수자원 정책</li> </ul>
지속적 발전이 가능한 물 활용 사회의 구축을 향한 기본적 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지속적 물이용 시스템 구축</li> <li>- 물환경 보전과 정비</li> <li>- 물문화 회복 및 육성</li> </ul>
기본적 목표를 향한 정책	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지속적 물이용 시스템 구축 정책</li> <li>:물이용의 안정성 평가와 확보</li> </ul>
계획 실시상 유의점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역별 계획의 중요성</li> <li>- 지역별 참가와 연계</li> <li>- 연구 및 기술개발 추진</li> <li>- 국제 협력</li> </ul>

출처 : 한국과 일본의 물 관리행정 비교 고찰, 2013

〈표 2-15〉 일본의 물 관리 행정에 관한 주요 법률

행정기구	소관 주요 법령
후생노동성	수도법, 수도원수법 등
환경성	수질오탁 방지법, 수도원수법, 지하수법 등
국토교통성	수자원 개발 촉진법, 수자원기구법, 수원지역대책특별조치법, 하수도법, 하천법, 특정 다목적댐법 등
경제산업성	공업용수법, 공업용수도 사업법 등
농림수산성	토지 개량법, 지하수법, 삼림법 등

출처 : 한국과 일본의 물 관리행정 비교 고찰, 2013

## 2.2.3 영국

### 1) 영국의 템즈강 하구관리계획(TE2100, Thames Estuary2100)

영국은 수해 방지를 위해 ‘3단계 홍수위험평가제도’를 시행하고, 광역 차원에서 광역홍수위험평가(RFRA, Regional Flood Risk Appraisal), 도시 차원에서는 전략적 홍수위험평가(SFRA, Strategic Flood Risk Assessment), 개별 개발단위에서 홍수위험평가(FRA, Site-specific Flood Risk Assessment) 등을 실시한다. 또한 홍수구역(Flood Zone) 구분을 통한 개발사업 및 개발행위의 순차적 제어(Sequential Test)를 실시하여 홍수평가에 따라 홍수구역이 구분되면 홍수구역, 홍수 위험도 개발 우선순위, 허용되는 용도·시설, 허가 조건 등을 부여하고 영국의 홍수관리를 위한 배수체계는 하천 및 하수도 시설을 중심으로 구조적 대책이 주였으나, 최근에는 기존 구조적인 대책에서 더 나아가 입지, 토지이용, 건축물, 대피체계 등 보다 종합적인 대책이 강조되고 있다.

특히 노면수유출관리를 위해 지속가능도시배수체계(SUDS, Sustainable Urban Drainage System)를 적극적으로 적용하고 있다.

### 2) 영국의 해안선관리계획(SMP, Shoreline Management Plan)

영국 전체 연안의 물리적 과정을 광역적 단위에서 평가하고 침수, 침식, 등 연안지역에서 발생할 수 있는 위험을 관리하기 위한 비 법정계획이다. 해안선관리계획(SMP)은 UKCCP의 분야별 적응정책 중 하나인 ‘홍수 및 연안침식 관리 수단작성’이 구체화된 것으로 환경식량농촌부에서 작성한 해안선관리계획 지침에 따라 작성되었다.

2006년 개정된 지침에서는 기후변화와 해수면 상승이 연안지역에 주는 영향을 강조하면서, 장기간(50~100년)의 연안지역 변화를 고려한 계획을 수립하고 지침의 목표는 해안에서 사람, 기존의 개발지, 자연 및 역사, 환경에 미치는 위험을 정의하고 이런 위험에 대한 대응 및 관리할 수 있는 계획 수립한다.

해안선관리계획지침에서는 해안관리계획과 토지이용 간 연계를 강조하고 있으며

해안선 관리계획에서 지정한 침수 및 침식 위험지역 내에서는 새로운 개발을 금지하여 개발이 해안선의 자연적 균형을 훼손하지 않도록 한다,

## 2.2.4 유럽연합(EU)의 물 관리 현황

유럽연합의 물 관리시스템은 각국의 하천이 여러나라에 걸쳐있는 지리적인 특성과 유럽연합이라는 국가적인 통합사업 등의 이유로 인해 개별 국가가 아닌 유럽연합의 차원에서 구축되어지고 있으며, 추후 발전방향도 현 상태를 크게 벗어나지 않을 것으로 예상되고 있다. 유럽연합에서는 1990년부터 하천유역관리시스템인 WaterWare가 개발되어 적용되고 있으며, 2000년에는 EU WFD(Water Framework Directive)를 채택해서 운영하고 있다.

### 1) WaterWare: Water Resources Management Information System

Water Resources Management Information System인 WaterWare는 수자원관리를 위한 통합정보의사결정시스템으로 1992년부터 5년간 실시된 EUREKA EU487 프로젝트와 RTD 프로젝트의 결과물이다. 이 시스템은 영국의 Thames강, 멕시코의 Lerma-Chapala 유역, 팔레스타인의 West Bank and Gaza, 말레이시아의 Kelanta강, 중국의 양쯔강에 적용되면서 개발되었다. 또한, 지중해 연안의 Cyprus, Turkey, Lebanon, Jordan, Palestine, Egypt, Tunisia and Morocco 등의 하천유역에서도 적용되었다.

WaterWare는 database, GIS, 모형, 분석도구 등이 사용하기 쉬운 구조로 구성되었으며, 멀티미디어 인터페이스를 구축하여 각종 해석 및 평가가 가능하며, 데이터 처리, 모의, 최적화, 자료동화, 예측, 운영지원 등이 전문가 시스템에 통해 실시간으로 이루어진다.

WaterWare 시스템은 수자원 관리문제해결을 위한 데이터 분석, 모델링, 의사결정 지원 등을 손쉽게 처리할 수 있는 통합된 프레임을 제공하며, 이를 위해 모듈 시스템으로 설계되었으며, 분석을 위한 구성은 RRM(Rainfall RunoffModel), WRM(Water Resources Model)과 STREAM으로 이루어져 있으며, RRM은 유사량 산정 및 자동 검정



기능 등을 포함하고 WRM은 지하수와 연계되면서 공급의 신뢰성분석 및 최적화 등의 모듈로 이루어져 있다. 또한 STREAM은 일별 수질계산 모형으로 WRM의 수문데이터를 처리해서 DO, BOD 등과 같은 수질 자료를 처리한다.

## 2) WFD : Water Framework Directive

유럽의 통합하천유역관리를 위해 2000년 10월 13일에 “Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy” 이 최종적으로 채택되었으며, 이를 축약해서 WFD(EU Water Framework Directive)라 통칭하였다. 시민들과 환경단체 등에서 지속적으로 요구해온 하천, 저수지, 지하수 및 연안환경의 개선에 대한 사안이 25개 유럽 연합의 공동안건으로 채택되었고, 유럽연합국의 주민들을 대상으로 한 설문에서도 주요한 5개의 환경관련 문제들 중 거의 과반수에 가까운 약 47%가 수질오염에 대한 우려를 가장 심각하게 표명한다. 이러한 시민들의 요구가 주요한 이유로 되어 수질오염 방지가 가장 우선적인 논의 대상이 되었으며, 유럽의 주된 물 관련 정책으로 양질의 수질을 유지하는 것이 실정이다. 이러한 목적의 달성을 위해서는 시민들과 시민단체의 역할이 매우 중요하며, 다수 시민들의 참여가 정책 추진에 필수적인 상황이며, WFD는 이러한 배경을 바탕으로 미래 수자원 보호라는 목적을 달성하기 위해 2000년에 채택된다.

수자원관리는 하천유역단위로 실시하는 것이 가장 효율적인 것으로 평가되며, 인위적 또는 정치적인 경계를 대신하여 지형과 수문학적인 특성을 자연스럽게 반영한 유역단위가 가장 적합한 기본 단위이기 때문이다.

WFD에서는 이러한 하천유역단위로 지표수와 지하수를 보호하고 있다. 지표수는 생태적인 보호와 화학적인 보호가 동시에 논의되고 있고 생태적 보호를 위한 일반적인 요구조건들과 최소한의 화학적 기준들이 모든 지표수를 대상으로 설정되었다.

이것은 “양질의 생태적 상태”와 “양질의 화학적 상태”라는 두 가지 요소를 모두 의미하고 있다. “양질의 생태적 상태”는 생물학적 집단, 수문학적 특성과 화학적 특성들에 따른 수질항목으로 정의되며, 화학적 보호를 위한 “양질의 화학적 상태”는

화학물질의 수질기준항목이 유럽인들에게 맞게 정의된다. 이러한 보호 외에 중요한 항목은 홍수방어와 음용수 공급에 관한 문제이다.

지하수는 화학적 상태 및 수량에 대해 논의되고 있으며, 지하수는 지표수와는 그 상황이 많이 다르며, 화학적인 기준을 정하는 것도 좋은 접근방법이 아닌 것으로 알려져 있다.

수량 또한 지하수의 중요한 문제 중 하나이며, 매년 함양되는 양을 지속적으로 유지해야 한다. 이와 같은 여러 현실을 감안하여 Directive의 개정안들 중 하나는 지표수와 지하수를 통합적으로 관리하는 프레임워크를 제공한다.

WFD에서는 매 중간 단계마다 각 회원국 정부가 의무적으로 달성해야 할 목표를 설정하고 있으며, 2009년까지 “하천유역관리계획”을 마련하면서 최종목표연도인 2015년 말까지 제반 환경목표를 달성하고 종료하는 것으로 계획되었다. 이를 위해 WFD는 수자원과 관련된 국가의 정책, 법적 구조, 논리와 원칙, 환경, 지속가능 목표 등 물과 관련된 제반 정치, 경제, 사회, 환경, 기술적 요소를 통합하고자 한다. 따라서 유럽연합의 회원 국가들은 그동안 국가별로 단독 추진하던 수자원 정책을 유럽연합 차원의 법적, 관리적 의무조항을 담은 WFD의 범위 안에서만 추진하게 된 것이다.

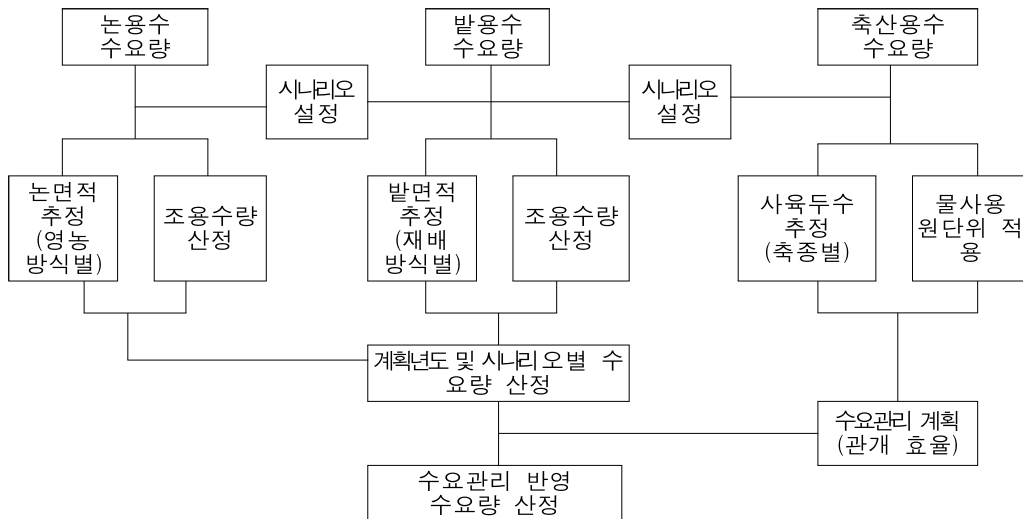
〈표 2-16〉 WFD의 일정계획

Year	Issue
2000	- Directive entered into force
2003	- Transposition in national legislation - Identification of River Basin Districts and Authorities
2004	- Characterization of river basin: pressures, impacts and economic analysis
2006	- Establishment of monitoring network - Start public consultation
2008	- Present draft river basin management plan
2009	- Finalize river basin management plan including programme of measures
2010	- Introduce pricing policies
2012	- Make operational programmes of measures
2015	- Meet environmental objectives
2021	- First management cycle ends
2027	- Second management cycle ends, final deadline for meeting objectives

출처 : 외국의 물 관리 현황검토 및 국내 적용방안, 2007

### 3. 농업용수수요 산정 분석방법론

농업용수는 논용수, 밭용수, 축산용수로 구성되며 논용수는 수리답, 불안전답으로, 밭용수는 관개전, 간이관개전으로 구분할 수 있다. 농법전환과 작목변경에 의한 필요수량을 산정하기 위해 본 보고서에서 축산용수는 제외했다. 수요량 산정방식은 논작물(벼)의 영농방식 변화에 따른 직파재배의 변화수량, 밭작물의 재배방식에 따른 수요량 변화를 고려했다. 농업용수 수요추정 흐름도는 다음과 같다.



출처 : 수자원 장기 종합계획(2011 ~ 2020) 수립을 위한 연구보고서

<그림 2-3> 농업용수 수요추정 흐름도

#### 3.1 논 용수량 산정

논 용수량은 벼의 증발산량, 침투량, 기타 관리용수량 및 작물이 강우를 직접 사용할 수 있는 유효우량을 고려하여 당일의 필요수량을 산정하게 되며, 일 필요수량을 누적시켜 산정한 연 필요수량의 빈도분석을 통하여 용수량을 산정하게 된다. 논 용수량

중 수리답의 경우 수리시설물에 의하여 용수를 공급받게 되므로 송수관리용수와 배분 관리용수가 고려되며 수리불안전답인 경우 당일의 필요수량을 수요량으로 산정한다. 또한 수리답 중 이양재배와 직파재배(건답, 답수)는 영농방식에 따른 재배관리용수량이 달라지므로 이를 고려해야 한다.

### 3.2 밭 용수량 산정

밭은 논에 비해 작물의 종류가 많고 벼에 비하여 수요량 추정에 대한 연구사례가 적기 때문에 수요량의 추정방법을 정의하기가 어렵다. 하지만 벼와 동일한 소비 기구를 가지고 있으므로 논과 밭의 특성 차이를 합리적인 방법으로 추정할 필요성이 있으며, 논과 밭의 특성차이는 주로 유효수량 산정방식의 차이로 나타나게 된다.

밭 용수량의 추정에는 FAO와 ICID 등 세계적인 기구에서 추천하는 증발산량 산정법인 Penman-Monteith식을 채택했다. 또한 토양의 특성에 따른 TRAM값을 포장용수량으로 밭 토양내의 수분을 추적하는 물수지 방법을 이용하여 유효수량과 밭작물의 필요수량을 산정한다. 밭 용수량 중 관개전의 경우에는 수리시설물에 의하여 용수를 공급받게 되므로 관개효율을 고려해야 한다. 또한 간이관개전의 경우 당일의 필요수량을 수요량으로 산정한다. 또한 시설재배의 경우 비닐하우스 등 시설물에 의하여 유효수량이 차단되므로 유효수량을 고려하지 않는다.

이상에서 언급한 논 용수량과 밭 용수량 산정에 대한 방법론과 수식 등은 부록을 통해 언급하였다.

## 4. 시사점

본 장에서 서술한 국내외 물 관리 정책은 생활용수 및 공업용수의 확보와 배분에 관한 문제들을 중심으로 각 부처별 관리 방법과 주체만을 언급하고 있다. 또한 확보된 수량의 수질을 어떻게 유지하고 관리하는 기준을 중심으로 언급되어 있을 뿐이지

농업용수의 구체적인 절감 방안에 대한 언급은 전무한 실정이다.

따라서 선행연구와의 차별성에서 언급한 바와 같이 국내외적으로 농업용수 절감방안에 대한 구체적인 방법과 정책을 제시한 사례가 없기 때문에 충남도에서 선도적으로 농업용수 절감 방법과 정책을 제시할 필요성이 대두되었다.

이로써 본 과제를 통하여 농업용수의 효율적인 관리 측면에서 농법전환과 작물변경의 효과를 분석하고, 이의 결과를 긍정적인 측면에서 확산하기 위한 정책을 수립하여야 할 것이다.

# 제3장 농업용수사용 실태분석 및 농법전환과 작목변경에 의한 물사용량 분석

## 1. 충남의 농업용수 사용 실태 분석

### 1.1 작물 재배 현황

충청남도 15개의 시, 군을 대표하는 여러 농특산물이 있으며, 연도별 생산량은 다음과 같다.

〈표 3-1〉 충청남도 계룡시, 공주시와 금산군의 농특산물 재배현황

연도	계룡시		공주시				금산군	
	상추		오이		고추		깻잎	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	23.0	920.0	289.9	24,490.0	731.1	1,883.9	227.0	9,890.0
2009	24.0	792.0	328.2	31,520.1	114.0	1,946.6	229.0	9,778.0
2010	24.0	777.0	314.2	30,126.0	427.0	1,097.0	225.5	5,134.8
2011	22.0	704.0	223.0	21,530.1	297.6	780.0	440.8	12,403.3
2012	6.0	850.0	92.2	9,522.0	227.4	1,244.9	324.0	7,478.0
2013	11.0	332.0	87.4	8,321.2	195.4	1,445.2	287.0	12,685.0
2014	12.0	386.0	86.5	8,208.4	116.3	2,150.3	291.0	8,821.0

〈표 3-2〉 충청남도 논산시와 당진시의 농특산물 재배현황

연도	논산시				당진시					
	딸기		꽃감(감)		논 벼		감자		고구마	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	815.0	24,287.0	95.8	1,262.0	21,830.0	127,272.0	736.0	60,602.0	131.0	1,797.0
2009	872.1	27,161.5	97.4	1,271.4	21,394.0	128,440.0	784.0	60,645.0	105.0	1,536.0
2010	899.8	27,659.8	144.3	1,252.0	20,883.0	110,901.0	579.0	10,377.0	194.0	3,573.0
2011	928.1	28,524.0	153.0	1,821.0	20,537.0	114,070.0	799.0	17,367.0	200.0	3,698.0
2012	976.7	30,148.8	176.0	2,102.0	20,635.0	109,333.0	795.0	17,284.0	300.4	4,319.6
2013	925.0	30,511.3	175.4	2,211.6	20,246.0	117,129.0	751.0	16,413.0	228.3	3,766.3
2014	974.8	29,292.5	175.5	3,214.4	20,380.0	124,294.0	763.0	23,454.0	551.0	8,265.0

〈표 3-3〉 충청남도 보령시, 홍성군과 천안시의 농특산물 재배현황

연도	보령시				홍성군		천안시	
	고구마		버섯	해조류	한육우		포도	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	생산량 (kg)	수량 (ton)	사육 가구 (가구)	마리수 (마리)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	160.9	2,011.0	809.1	1,185.0	3,552	59,011	1,222	19,430
2009	-	-	757.1	2,003.0	3,371	58,551	1,193	18,537
2010	144.0	2,302.0	681.4	-	3,377.0	62,740.0	1,302	31,870
2011	138.0	1,863.0	773.2	82.0	3,347.0	67,691.0	1,289	63,720
2012	140.0	1,843.0	994.6	112.0	3,143.0	63,409.0	1,288	21,777
2013	227.0	3,227.0	877.1	510.0	2,666.0	57,302.0	1,287	35,840
2014	237.0	3,369.0	943.0	8.0	2,527.0	57,265.0	1,283	35,728

〈표 3-4〉 충청남도 부여군과 서산시의 농특산물 재배현황

연도	부여군						서산시			
	수박		멜론		토마토		마늘		생강	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	2,101.0	104,783.0	187.8	6,029.0	385.0	29,840.0	907.9	9,234.0	698.2	7,102.8
2009	2,109.0	103,094.0	224.9	7,645.0	306.0	18,853.0	907.9	9,234.0	581.1	5,915.6
2010	1,315.0	60,656.0	176.8	3,767.1	257.0	12,797.0	965.0	9,650.0	744.0	7,521.0
2011	1,509.8	57,230.8	177.7	4,487.6	249.0	24,116.0	905.0	9,375.0	783.0	10,194.6
2012	1,490.9	57,233.0	179.2	4,587.7	247.8	24,030.0	1,141.0	12,540.0	626.9	5,698.0
2013	1,513.0	61,427.8	189.0	4,536.0	338.0	24,512.7	1,163.0	13,985.0	761.0	10,669.0
2014	1,547.0	66,675.4	195.5	5,181.0	355.0	25,205.0	1,017.0	14,777.0	630.0	9,457.0

〈표 3-5〉 충청남도 서천군과 아산시의 농특산물 재배현황

연도	서천군					아산시					
	쌀		수박		버섯	배		포도		오이	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	10,543.0	63,047.1	129.1	4,980.0	386.0	824.1	23,496.0	234.4	3,828.2	60.2	2,751.0
2009	10,676.0	67,022.0	130.2	5,012.8	374.0	790.0	22,760.0	211.0	3,290.0	50.6	2,751.0
2010	10,461.4	58,629.0	127.1	4,780.0	375.4	814.0	18,787.0	267.0	3,962.0	52.3	5,392.0
2011	10,515.0	59,400.0	125.2	4,620.5	374.5	772.0	16,984.0	270.0	3,770.0	85.7	7,212.0
2012	10,513.0	58,663.0	118.0	5,223.8	374.5	662.0	13,400.0	262.5	2,838.0	95.0	7,315.0
2013	10,509.0	60,436.0	88.0	4,371.8	374.4	710.0	16,003.4	231.2	3,264.0	96.0	7,450.0
2014	10,303.0	60,326.0	75.0	3,875.0	374.1	731.0	16,701.0	200.0	3,057.0	92.6	6,948.2

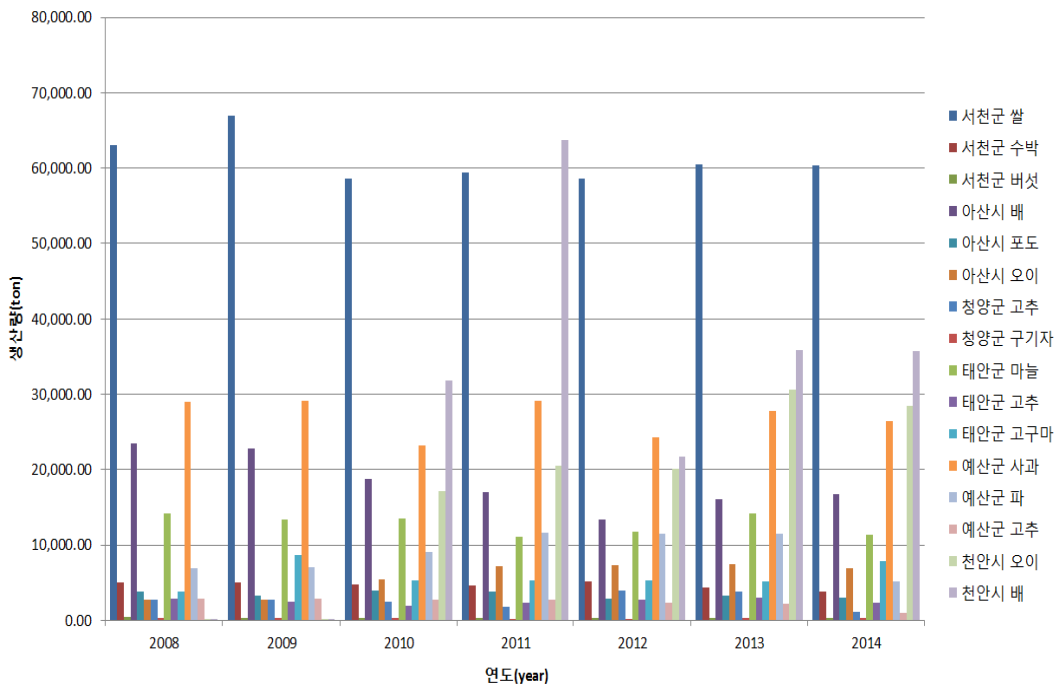
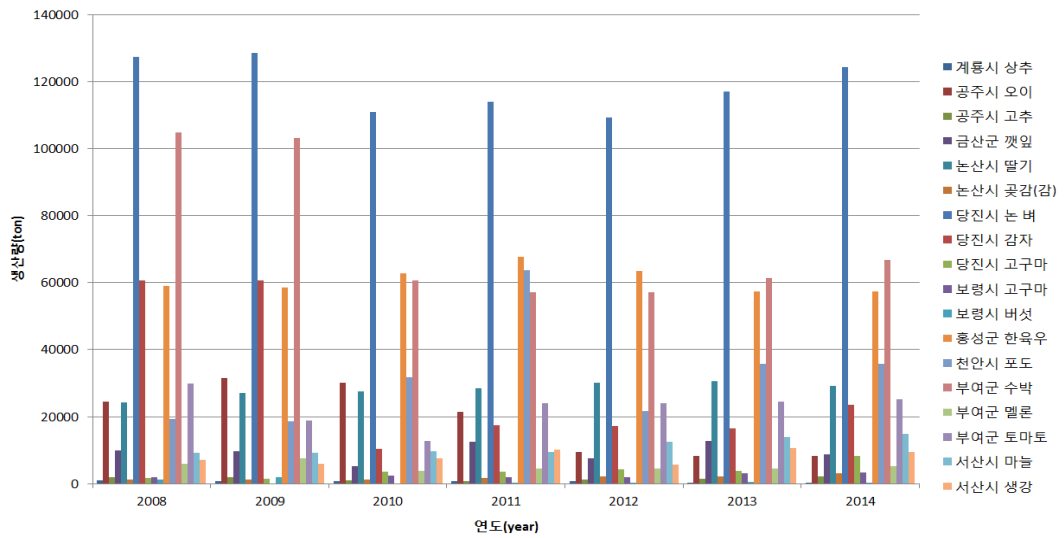


〈표 3-6〉 충청남도 예산군과 천안시의 농특산물 재배현황

연도	예산군						천안시			
	사과		파		고추		오이		배	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	1,217.0	29,031.6	293.0	6,875.0	439.0	2,895.0	23,496.0	234.4	3,828.2	60.2
2009	1,217.0	29,086.0	305.0	6,987.0	441.0	2,925.0	22,760.0	211.0	3,290.0	50.6
2010	1,219.0	23,267.0	420.0	9,101.0	412.0	2,715.0	161.0	17,206.5	1,302.2	31,870.0
2011	1,217.0	29,074.0	494.0	11,594.0	420.0	2,726.0	150.0	20,451.0	1,289.0	63,720.0
2012	1,208.8	24,297.0	509.0	11,503.0	361.0	2,346.0	151.0	20,149.0	1,288.0	21,777.0
2013	1,210.0	27,839.0	498.0	11,454.0	350.0	2,205.0	172.5	30,540.0	1,287.0	35,840.0
2014	1,195.6	26,392.0	350.0	8,500.0	287.0	1,005.0	176.0	28,452.0	1,283.0	35,728.0

〈표 3-7〉 충청남도 청양군과 태안군의 농특산물 재배현황

연도	청양군				태안군					
	고추		구기자		마늘		고추		고구마	
	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)	면적 (ha)	생산량 (ton)
2008	1,037	2,742	110	295	977	14,158	988	2,884	278	3,748
2009	1,027	2,671	111	299	977	13,377	966	2,453	455	8,615
2010	997	2,493	110	294	982	13,564	857	1,927	459	5,354
2011	997	1,826	95	236	1,023	11,071	867	2,319	425	5,260
2012	944	3,885	90	213	1,006	11,730	837	2,733	425	5,243
2013	860	3,810	93	250	1,011	14,114	926	3,007	418	5,138
2014	782	1,070	96	259	928	11,365	702	2,353	328	7,895



〈그림 3-1〉 충남의 대표작물 생산량



## 1.2 행정구역별 용수사용량

생활 및 공업, 농업용수 수요량 산정 시 장래 수요 및 공급 관련 전망에 있어서의 장래인구, 경제, 사회, 환경지표 등에 대한 변화양상의 불확실성을 충분히 고려하여 반영한다.

생활 및 공업, 농업용수 수요량 산정 결과를 2015년, 2020년, 2025년으로 구분하여 정리하였다.

〈표 3-8〉 충청남도 용수 수요량(2015 ~ 2025년)

(단위 : 백만m<sup>3</sup>/년)

구분	2015년			2020년			2025년		
	생활	공업	농업	생활	공업	농업	생활	공업	농업
충청남도	247.7	279.6	2,264.8	280.2	416.3	2,230.4	295.1	447.4	2,182.1
천안시	74.2	35.0	126.7	79.5	38.5	122.9	83.7	40.4	118.7
공주시	10.7	2.7	144.0	11.3	3.9	142.4	11.7	5.0	139.5
보령시	14.1	6.0	125.7	14.9	7.3	121.4	14.5	8.2	116.7
아산시	37.9	90.2	163.3	49.3	161.3	161.6	55.3	172.0	158.5
서산시	17.0	49.2	258.4	19.1	79.3	252.1	19.8	83.7	244.0
논산시	15.4	3.1	221.4	16.0	3.9	221.9	16.4	4.5	221.0
계룡시	4.9	-	4.8	5.3	0.1	4.8	5.5	0.3	4.8
당진시	16.2	77.6	274.9	21.9	96.9	272.5	24.3	100.7	268.6
금산군	6.8	1.9	46.1	7.2	2.0	46.5	7.7	2.2	45.5
부여군	10.0	0.3	212.8	9.6	0.5	211.8	9.7	0.8	209.3
서천군	7.9	1.1	143.4	7.7	2.2	141.0	7.3	3.7	138.3
청양군	1.7	0.1	101.7	2.0	1.3	101.6	2.2	2.5	101.1
홍성군	10.1	1.8	141.2	13.5	3.9	136.4	13.9	5.9	131.3
예산군	10.3	2.1	185.4	12.4	3.5	184.1	12.6	5.4	182.5
태안군	10.5	8.5	115.0	10.5	11.7	109.4	10.5	12.2	102.3

출처 : 충남 수자원종합계획 보고서(2014)

### 1.3 농업용수 사용 실태

경지면적과 작물별 재배면적의 감소로 인해 12년 22.9억㎥에서 25년 21.8억㎥으로 감소 추세이며, 충청남도 전체 수요량 및 시군별 수요량이 지속적으로 감소하고 있다.

농업용수 전체 수요량의 감소폭은 2012년 대비 2025년 약 5% 감소하였다.

〈표 3-9〉 충청남도 농업용수 수요량(2012 ~ 2025년)

(단위 : 백만㎥/년)

구분	2012년				2015년			
	계	논	밭	축산	계	논	밭	축산
충청남도	2,289.3	1,962	276.6	50.7	2,264.8	1,940.0	274.7	50.1
천안시	128.2	102	20.8	5.4	126.7	101.0	20.4	5.3
공주시	145.2	122	19.4	3.8	144.0	121.0	19.2	3.8
보령시	128.9	115	10.3	3.6	125.7	112.0	10.1	3.6
아산시	164.7	147	13.8	3.9	163.3	146.0	13.4	3.9
서산시	262.5	231	28.9	2.6	258.4	227.0	28.8	2.6
논산시	221.2	180	37.4	3.8	221.4	180.0	37.7	3.7
계룡시	4.8	4	0.7	0.1	4.8	4.0	0.7	0.1
당진시	276.2	249	21.6	5.6	274.9	248.0	21.4	5.5
금산군	46.4	32	13.7	0.7	46.1	32.0	13.4	0.7
부여군	214.8	180	32.3	2.5	212.8	178.0	32.3	2.5
서천군	145.6	136	8.5	1.1	143.4	134.0	8.3	1.1
청양군	101.7	89	10.8	1.9	101.7	89.0	10.8	1.9
홍성군	144.7	119	16	9.7	141.2	116.0	15.7	9.5
예산군	186.1	154	26.8	5.3	185.4	153.0	27.2	5.2
태안군	118.3	102	15.6	0.7	115.0	99.0	15.3	0.7

출처 : 충남 수자원종합계획 보고서(2014)

〈표 3-9〉 계속

(단위 : 백만㎥/년)

구분	2020년				2025년			
	계	논	밭	축산	계	논	밭	축산
충청남도	2,230.4	1,910.0	270.2	50.2	2,182.1	1,872.0	259.9	50.2
천안시	122.9	98.0	19.6	5.3	118.7	95.0	18.4	5.3
공주시	142.4	120.0	18.6	3.8	139.5	118.0	17.7	3.8
보령시	121.4	108.0	9.8	3.6	116.7	104.0	9.1	3.6
아산시	161.6	145.0	12.7	3.9	158.5	143.0	11.6	3.9
서산시	252.1	221.0	28.5	2.6	244.0	214.0	27.4	2.6
논산시	221.9	180.0	38.2	3.7	221.0	179.0	38.3	3.7
계룡시	4.8	4.0	0.7	0.1	4.8	4.0	0.7	0.1
당진시	272.5	246.0	21.0	5.5	268.6	243.0	20.1	5.5
금산군	46.5	33.0	12.8	0.7	45.5	33.0	11.8	0.7
부여군	211.8	177.0	32.2	2.6	209.3	175.0	31.7	2.6
서천군	141.0	132.0	7.9	1.1	138.3	130.0	7.2	1.1
청양군	101.6	89.0	10.6	2.0	101.1	89.0	10.1	2.0
홍성군	136.4	112.0	15.0	9.4	131.3	108.0	13.9	9.4
예산군	184.1	151.0	27.9	5.2	182.5	149.0	28.3	5.2
태안군	109.4	94.0	14.7	0.7	102.3	88.0	13.6	0.7

출처 : 충남 수자원종합계획 보고서(2014)

## 2. 과거 가뭄발생 지역 및 원인

### 2.1 과거 기록에 의한 가뭄발생 지역 조사

〈표 3-10〉 과거 가뭄발생 및 피해현황

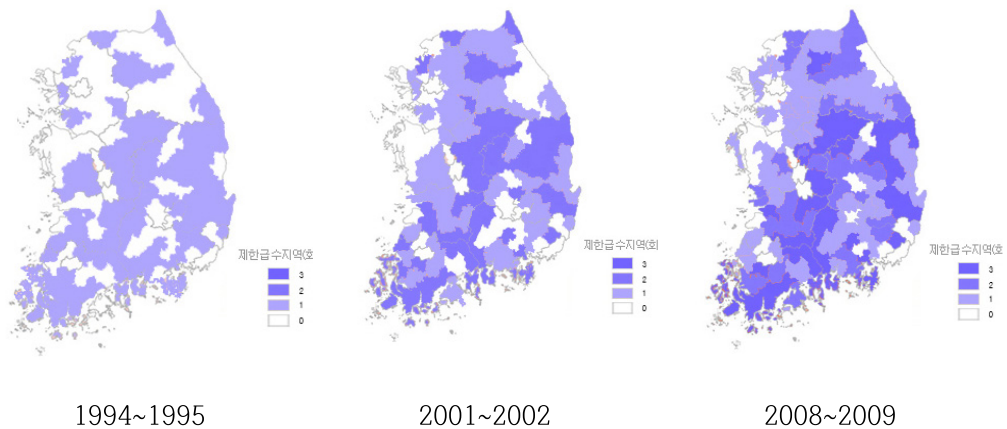
연도	가뭄시기	가뭄지역	가뭄면적(천ha)	가뭄상황
1967	5~7월	전라남도	-	◦ 70년만의 극심한 가뭄 ◦ 전남도민 1/3이상인 140만명이 식수난
1968	1~6월	전라남도	470	◦ 1~6월까지 강수량 평년의 50%수준 ◦ 가뭄피해액 7,009억원
1977	7~9월	영동지역	14	◦ 평년대비 강수량 △140mm ◦ 월평균 강수량의 50% 수준
	6~8월	중부, 영호남지방	65(벼63, 밭19)	◦ 전남신안:7월 69mm ◦ 경북(7개군):7월 50mm
1978	1~5월	전국(경기·강원제외)	43(벼24, 밭19)	◦ 영남 27%, 전북 35%, 충남 38% ◦ 5월 저수율 : 64% ◦ 평년 월평균 강수량의 45% 수준
1980	5~6월	중부지방	6	◦ 5월 저수율:64%
1982	1~5월	안동·대구·목포	59(벼54, 밭5)	◦ 전국 평균 강수량 292mm 부족 ◦ 5월 저수율 34% 수준
1988	6~8월	중부지방	1	◦ 전국평균 강수량 425mm 부족 ◦ 6월 저수율 34% 수준
1994	3~5월	전국	232	◦ 예년 평균의 176.4% 강수량을 기록 ◦ 전국 49개 시·군의 약 36만명 ◦ 제한급수 실시
	6~7월	영호남지방	140(벼64, 밭76)	◦ 남부지방 강수량 : 평년의 27%
1997	8~9월	제주지방	3(밭작물)	◦ 제주도 평년대비 273mm 부족 ◦ 평년강수량의 22% 수준
2000	2~5월	영·호남	58(보리)	◦ 평년강수량 16~43% 수준 ◦ 저수율 : 82~94% ◦ 전남지역 보리피해 우심 ◦ 제한급수 184,411명
2001	5~6월	경기·강원 충북·경북	3(밭작물)	◦ 평년강수량(3월 이후)의 45% 수준 ◦ 저수율 81%(평년대비 △7%)
2006	3월	광주 및 전남지역	-	◦ 최근 10년 대비 26% 강수량을 기록 ◦ 수돗물과 농업용수 부족
2006	10월	충북·전남북·경남	대책 추진 중 강우로 피해는 없었음	◦ 평년강수량(8~10월)의 30% 수준 ◦ 저수율 67%(평년대비 △8%)
2007	4월	전국	-	◦ 최근 10년 대비 26% 강우량을 기록 ◦ 댐 녹조현상 발생, 산불 등 화재발생 증가

〈표 3-10〉 계속

연도	가뭄시기	가뭄지역	가뭄면적(천ha)	가뭄상황
2008~2009	5월	태백시를 중심으로 강원남부지역	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 평년대비 71% 강수량을 기록</li> <li>◦ 댐 녹조현상 발생, 산불 등 화재발생 증가</li> </ul>
	2008.9~2009.2	전남·경남·강원	대책 추진 중 강우로 피해는 없었음	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 전국 평균 강수량 평년대비 46.4%</li> <li>◦ 남부34%, 강원58%(태백32%), 충북35.5%</li> <li>◦ 전국 평균저수율 58%(평년대비 △25%)</li> </ul>
2012	5~6월	경기, 충남, 전북, 전남	대책 추진중 강우로 피해는 없었음	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 전국 평균 강수량 평년대비 32%</li> <li>◦ 경기 15%, 충남 19%, 전북 21%, 전남 23%</li> <li>◦ 전국 평균저수율 40%(평년대비 △47%)</li> </ul>
		서울, 인천, 경기, 충남지역	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 5월 강수량이 36.2mm로 예년평균 강수량의 36.4%로 관측</li> <li>◦ 특히 경기도 서부와 충남서해안 지역은 강수량 예년비가 20%에 불과</li> </ul>
2013	7~8월	경남, 제주도	1.2(농작물) 생활용수 제한급수	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 제주도 강우량 평년대비 25% 수준</li> <li>◦ 울산, 부산 강우량 평년대비 38, 48% 수준</li> </ul>
2014	7월	강원, 경기, 충청일부	생활용수 제한급수	◦ 서울, 경기, 충청 강우량 평년대비 50~61% 수준

출처 : MyWater

○ 과거 주요가뭄 시 제한급수 지역 및 제한급수 인구



출처 : 수자원장기종합계획(2011~2020)(국토해양부, 2011)

〈그림 3-3〉 과거 가뭄시 제한급수 지역

〈표 3-11〉 과거 가뭄시 제한급수 인구

(단위 : 천명)

가뭄년도	특·광역시	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
1994~1995	17.7	8.4	299.6	36.9	36.6	237.9	147.9	482.8	954.6
2001~2002	-	19.7	69	8.1	-	4.9	48.3	95	59.9
2008~2009	0.7	0.8	75.5	2.5	7	14.2	48.4	65.9	65.1

출처 : 수자원장기종합계획(2011~2020)(국토해양부, 2011)

## 2.2 최근 가뭄 현황과 현장 실태 조사를 통한 대상지역 선정

2012년 5월 강수량이 36.2mm로 예년 평균 강수량의 36.4%로 관측될 정도로 경기·충남과 호남지역에 104년만의 가장 큰 가뭄 발생하였다. 또한 경기도 서부와 충남서해안 지역은 강수량 예년비가 20%에 불과하다.

2015년 전국적으로 가뭄이 만연한 가운데 특히 충남 서북부지역의 보령담권역 생·공용수 부족으로 제한급수가 발생하였으며, 이로 인해 지역주민 생활이 제약받고 지역의 근간인 농업과 서비스 산업 등의 어려움을 겪었으며, 용수부족에 대비하기 위해 금강 물을 보령담으로 도수하는 유역변경 사업을 시행하였다.

충남 서북부에 용수공급하는 보령담의 저수율은 21.6%이며, 평년대비 46.2%(2015.10.14 기준), 69.1%(2015.12.31 기준)의 누적강수량 수준을 나타낸 보령시를 대상지역으로 선정하고자 한다.



〈표 3-12〉 대전·세종·충남지방 누적강수량 현황(2015년)

구 분	금산	부여	천안	서산	보령	대전	평균
평 년	1,198.1	1,247.6	1,129.5	1,177.7	<b>1,131.6</b>	1,375.5	1,176.9
1.1~10.14	704.8	634.9	537.6	556.3	<b>523.2</b>	630.0	591.4
평년비(%)	58.8	50.9	47.6	47.2	<b>46.2</b>	45.8	50.1
1.1~12.31	877.3	844.9	728	815.1	<b>782.5</b>	822.6	811.7
평년비(%)	73.2	67.7	64.5	69.2	<b>69.1</b>	59.8	67.3

평년 : 1981~2010년까지 30년간에 대해 산출한 누년평균값

출처 : 1981 ~ 2010 한국기후표

## 1) 최근 10년(2001~2010) 강수량 기후값

보령시의 연강수량은 1,214.2mm로 충청남도 평균인 1,264.2mm보다 적으며, 보령시 관내 연강수량은 성주면이 1,487.3mm로 가장 많고, 대천5동이 1,113.2mm로 가장 적으며, 연강수량차는 374.1mm이다.

## 2) 최근 10년(2001~2010년) 강수 극한값

강수강도는 충청남도 평균 15.6mm/일, 보령시 14.2mm/일이며, 호우일수는 충청남도 평균 1.9일, 보령시 1.4일로 나타난다. 보령시 관내 강수강도는 성주면이 16.1mm/일로 가장 강하고, 대천1동이 13.6mm/일로 가장 약하며, 강수강도차는 2.5mm/일이다.

보령시 관내 호우일수는 성주면이 1.7일로 가장 빈번하게 발생하고, 웅천읍, 주산면이 1.1일로 가장 적다.

〈표 3-13〉 보령시 연강수량과 극한지수(2001~2010년)

구분	강수량(mm)	강수강도(mm/일)	호우일수(일)
충청남도	1,264.2	15.6	1.9
보령시	1,214.2	14.2	1.4
웅천읍	1,170.5	13.7	1.1
주포면	1,194.8	13.8	1.4
오천면	1,118.0	14.3	1.4
천북면	1,130.5	14.4	1.6
청소면	1,190.7	14.2	1.5
청라면	1,337.1	14.9	1.6
남포면	1,170.0	13.8	1.3
주산면	1,205.7	13.9	1.1
미산면	1,430.7	15.3	1.6
성주면	1,487.3	16.1	1.7
주교면	1,130.7	13.7	1.3
대천1동	1,158.1	13.6	1.2
대천2동	1,134.5	13.8	1.2
대천3동	1,219.9	13.9	1.3
대천4동	1,235.7	14.1	1.3
대천5동	1,113.2	13.8	1.3

자료 : 대전지방기상청 내부자료(2015)

### 3) 보령시 물 부족 피해사례 현황

2005년 이후 2016년까지 기후변화에 의한 물부족 피해사례를 조사한 결과, 보령시는 총 2건의 피해사례가 발생한 것으로 조사되었으며, 주요 내용은 다음 표와 같다.

〈표 3-14〉 보령시 물부족 피해사례

발생일시	주요 내용	출처
2015.10.18	<ul style="list-style-type: none"> <li>제한급수가 시작된 보령·서산 등 충남 8개 시·군 도시지역 주민들도 생활용수 부족으로 큰 불편을 겪고 있음.</li> <li>지방자치단체마다 상수도 수압 조정 등으로 용수공급을 20% 줄이고 절수기 보급, 변기에 벽돌 넣기 등 물 아끼기 캠페인을 하고 있지만 제한급수가 장기화하면서 자체적으로 단수조치를 하는 아파트가 늘고 있음.</li> </ul>	연합뉴스
2015.11.05	<ul style="list-style-type: none"> <li>충남 서북부 지역의 유일한 광역 상수원인 보령댐의 저수량이 19%대로 역대 최저 수준을 기록하고 있음.</li> <li>보령시를 비롯한 이 지역의 8개 시·군은 2015년 10월8일부터 물 절약 20% 달성을 위한 절수를 요청받고 있음.</li> </ul>	시사저널

### 4) 보령댐 저수율(2015.11)

충청남도 보령시 미산면(帽山面) 용수리에 있는 다목적댐이며, 높이 50m, 길이 291m, 총저수량 1억 1690만㎥의 댐인 보령댐의 현황은 다음과 같다.

〈표 3-15〉 보령댐 현황

구분	하천	형식	높이 (m)	길이 (m)	표고 (m)	유역면적 (km <sup>2</sup> )	연간용수공급량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
댐	웅천천	E.C.R.D	50.0	291.0	79.0	163.6	106.6

구분	저수면적(km <sup>2</sup> )	계획홍수위(EL.m)	상시만수위(EL.m)	저수위(EL.m)
저수지	5.7	75.50	74.00	50.0

총저수용량(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	유효저수용량(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	홍수조절용량(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
116.9	108.7	10.0

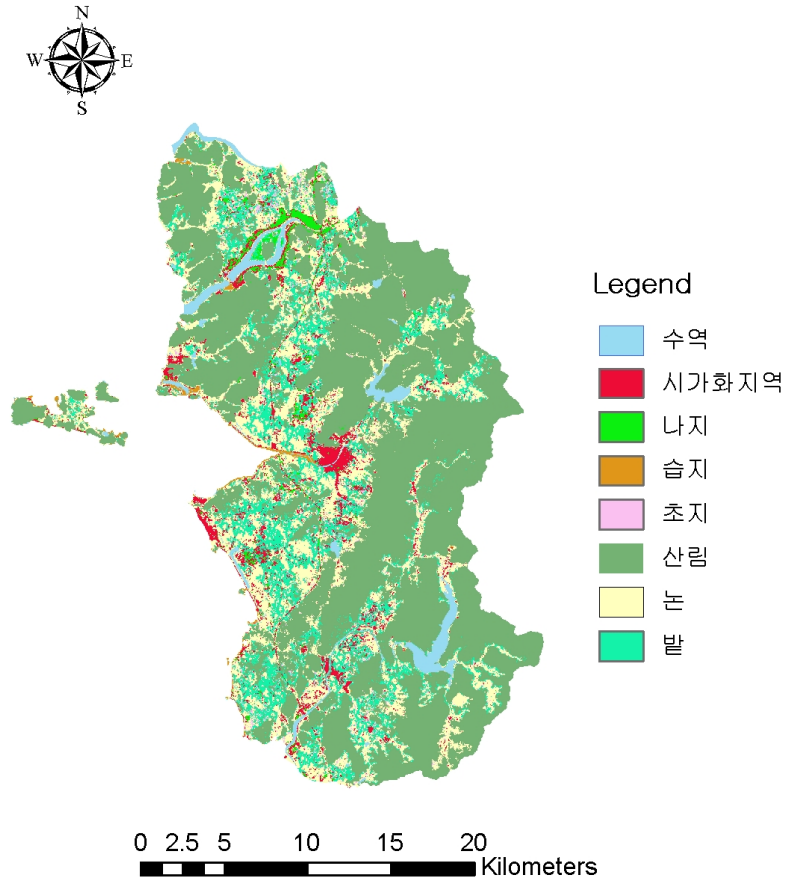
출처 : 하천과 문화, 2015년 충남지역의 가뭄 상황 및 대응

2015년 극심한 가뭄으로 인해 보령댐의 저수율은 32.23%에 해당하며, 준공 이후 최저인 수준이다. 이로써 2015년 10월부터는 제한 급수를 실시하였다.

〈표 3-16〉 2015년 보령댐 저수율

구분	댐수위 (EL.m)	저수량 (106m <sup>3</sup> )	저수율 (%)	유입량 (m <sup>3</sup> /sec)	총방류량 (m <sup>3</sup> /s)
보령댐	62.18	37.67	32.23	697.82	970.83

## 5) 연구대상지 유역 현황



〈그림 3-4〉 보령시 유역도

보령시의 15개의 읍, 면, 동 모두를 분석하는 것이 바람직하나, 이 역시 연구의 특성 상 1개의 면을 대상으로 중 북단에 위치한 천북면을 최종 대상지역으로 선정하였다.

천북면은 천수만의 중심지로 보령시의 서북쪽에 위치하고 있으며, 전형적인 농어촌 지역으로써 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 풍부한 수산자원을 가진 지역이다. 천북면의 전체 면적은 17.4km<sup>2</sup>이고, 55.0km<sup>2</sup>인 보령시의 9.8%의 수준이며, 행정구역으로 8개의 법정리와

28개의 행정리로 구분되어 있다. 전체 가구는 1,896이며, 총 인구는 3,920명, 남녀비율은 비슷하나 65세 이상 노인인구가 약 32% 이상을 차지하는 고령화 지역이다. 전체 면적의 임야가 50% 이상을 차지하며, 인구밀도가 낮고 도서, 해안, 산간, 농촌지역으로 적합하지만 보령시 천북면 전체를 대상으로 조사하기에는 어려움이 있어 농가단위의 작목을 조사하고자 보령시 천북면 사호2리의 윗마을을 선정하고자 한다.

〈표 3-17〉 대상지역 토지이용 현황

(단위 : km<sup>2</sup>)

구분	농경지			임야	기타
	계	전	답		
천북면	17.4 (31.6%)	6.5	10.9	29.8 (54.1%)	7.8
사호2리 윗마을	0.249	0.221	0.028	0.861	-



〈그림 3-5〉 대상지역의 유역도

### 3. 농법전환에 의한 물 사용량 분석

#### 3.1 농법전환 정의

기존에 이용하던 농사 방식을 새로운 농법으로 전환을 함으로써 물, 에너지, 비료 등을 효율적으로 사용하고, 생산량과 이윤의 증대에 기여할 수 있는 농법으로 전환하는 것을 말한다.

물 부족 발생지역에서의 물을 많이 필요로 하는 작물보다는 물을 적게 필요로 하는 작물로 대체하고, 농법 또한 개선하여 물의 사용을 효율적으로 이용하는 것을 말한다.

#### 3.2 농법의 종류

곤충을 활용한 채소 수분법, 무경운 농법, 미량관개(점적관개), 아쿠아포닉스, 지중점적관수, 검은 비닐덮개 또는 유기물 덮개를 이용한 밭 관개, 유기농업, 균근 곰팡이를 이용한 농법 등이 있으며, 다음과 같다.

- ① 곤충을 활용한 채소 수분법
- ② 무경운 농법(경운 작업을 하지 않고 파종하거나 이식해 작물을 재배하는 방법)  
: 증발에 따른 손실이 적고 작물에 더 많은 물을 전달하는 농법이다.
- ③ 미량 관개(물방울, 연무 등의 방법으로 작물에 필요한 만큼의 물만 공급하는 기술) : 보통 충격에 의해 작동하는 점적관개는 작물에 물을 주는데 필요한 시간과 노동력을 절약하고, 수확량은 더 높이며, 타이머를 설치한 작은 규모의 텃밭 등에 설치하기 쉽다.
- ④ 아쿠아포닉스 : 토양대신물에서 식물을 키우는 수경재배바식과 물고기 양식을 조합한 농법으로 물 사용량이 80~90% 정도 적은편이며, 물고기 배설물은 재배 중인 식물의 비료가 되고 식물 뿌리는 물고기가 살고 있는 물을 정화하는 역할을 한다.

- ⑤ 지중점적관수 (토양으로부터 20~30cm 정도의 깊이에 관수시설을 설치하여 관수하는 방법) : 재배자가 뿌리에 정확한 양의 물을 보낼 수 있게 하며, 지하에 묻힌 튜브는 또한 인산이나 질소 성분 등을 포함한 필수 영양소와 함께 비료 성분을 이동시킬 수 있다.

지하에 묻힌 점적 시스템은 지상 스프링 쿨러와 같은 다른 종류의 관개 시설을 선택하는 것 보다 물을 보다 정밀하게 적용시킴으로써 재배자들에 의한 물의 보존을 가능하게 한다.

한 예로 사용되어지지 않은 양분이 관개에 의해 이동하여 지하에 침적되어 오염의 원인이 될 수 있는 위험성을 줄일 수 있다. 또한 물이 지하로 공급되기 때문에, 태양열이나 바람에 대한 직접적인 노출로부터 보호되어 증발이나 발산으로 인 한 손실을 줄일 수 있게 되며, 무엇보다도 지하로 관개수의 적용은 습한 토양에 서식하여 수분을 빼앗는 식물에 해를 끼치는 미생물로 부터 덜 개방적이어서 토양 표면을 보호한다. 지표관수, 지상관수, 살수법에 비해 물 사용량이 적고 효율이 좋다.

- ⑥ 검은 비닐덮개 또는 유기물 덮개를 이용한 밭 관개 : 건조하고 추운 기후 지역의 유기농 채소 생산자는 여러 목적으로 채소를 재배하는 두둑에 검은색 비닐 덮개를 즐겨 사용한다.

점적 관개시설은 비닐 아래 설치하여 식물에 물과 비료를 공급하고 증발을 막으며, 비닐덮개는 보습만이 아니라 잡초를 억제하고 토양을 보온하여 작물이 더 잘 자라도록 한다. 또한 짚과 건초, 풀, 솔잎, 낙엽 등과 같은 유기물 덮개도 수분을 보존할 수 있게 하며, 이러한 유기물 덮개는 결국 토양으로 돌아가 유기물함량을 풍부하게 한다.

- ⑦ 유기농업 : Rodale 연구소의 30년에 걸친 농법 실험에서는 밭의 사진에서 보듯이 가뭄이 들었을 때 유기농법은 관행농법에 비해 훨씬 낫다는 사실을 발견하였다.

유기농 밭은 공업형 농업의 밭에 비교하여 지하수 함량이 늘어나고 흘러가 버리는 비율도 줄어들며, 유기농의 농지는 15~20% 정도 토양에 머무는 물의 양이 더 많다.



비가 내릴 때 유기농업의 토양은 지표면으로 물이 흘러가는 대신 흡수하여 토양에 머금으며, 가뭄이 드는 기간에 건강한 작물의 뿌리는 유기농 농지의 토양에 저장된 물을 흡수할 수 있고 작물 돌려짓기를 실천하여 토양이 더 많은 물을 유지하고, 침식과 관개의 필요성을 감소시킨다.

보존농업이나 자연농법에서 무경운, 작물 돌려짓기, 쟁거름, 덮개작물, 작물 부산물은 토양을 보호하고 유기물을 증가시키는데 도움이 되는데, 비가 내리는 동안 건강한 유기농의 토양은 물을 흡수하고 더 잘 저장한다. 공극을 지는 좋은 토양의 구조가 물이 더 깊이 들어가도록 하여 증발량을 줄이고 뿌리가 그것을 이용하게 한다.



〈그림 3-6〉 일반 농법과 유기농법의 차이 비교

- ⑧ 균근 곰팡이를 이용한 농법 : 건강한 토양에서 식물에 공생하며 인과 기타 영양소를 잘 흡수할 수 있도록 하는 뿌리 균류를 뜻하는 것이 균근이다.

식물 뿌리에 붙은 균이 토양과 접촉하는 뿌리의 표면적을 증가시키고, 토양의 영양소를 분해하는 효소를 배출하고, 뿌리의 수명을 연장시키고 이러한 균이 식물의 가뭄 저항성을 증가시키고 물 필요량을 25%까지 감소시킬 수 있으며, 물과 비료의 필요성을 감소시키면서 열매와 꽃을 늘리게 된다. 또한 염도가 높

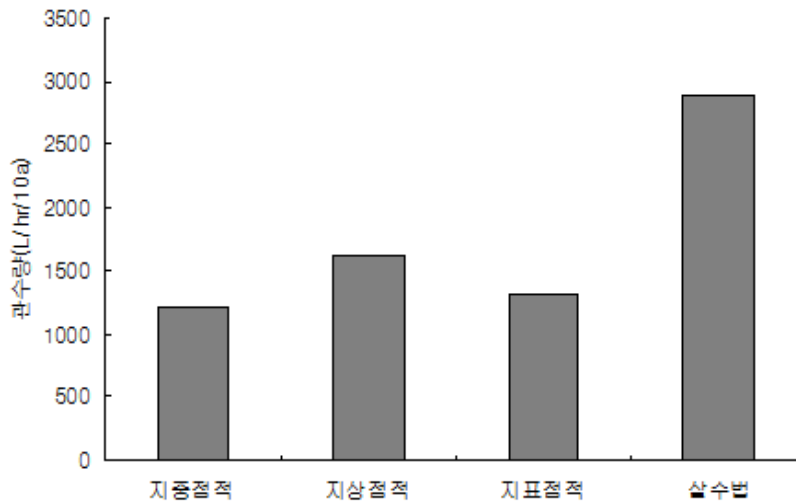
거나 오염된 토양에서 식물이 자랄 수 있도록 하고, 식물의 기온 스트레스 저항성도 증가한다.

식물이 질병에 걸리는 것을 막는 데에도 도움이 되며, 토양에 탄소를 저장하기도 한다. 균근은 척박하고 악화된 땅을 다시 농사짓게 할 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 농지의 토양에 합성 화학물질이 아닌 퇴비를 넣고 최소의 경운과 돌려짓기, 덮개작물의 재배를 통하여 토양에 살고 있는 균근을 활성화시킬 수 있다.

가을마다 농지에 낙엽을 덮거나 거름으로 만들어 넣어 최적의 균근이 자라도록 촉진할 수 있고, 또는 균근을 사다가 배양하여 활용할 수도 있다.

### 3.3 농법전환에 의한 물사용량 분석

- 감귤 품질향상을 위한 물 관리 기술 개발(이상계 외 2명, 2004) : 부지화 과원 물 관리 기준 및 자동공급 장치 개발을 통해 물 사용량 절감 : 8,000(관행) → 4,800톤 (자동 물공급 장치). 약 40% 물 사용량 감소
- 배 과수원의 지중점적 관수 효과 : 지중점적관수는 지표관수, 지상관수 와 살수 법과의 관수량을 비교하면 지중점적관수의 관수량이 적음을 알 수 있고 과실의 품질에도 영향을 미치며 과실의 품질에도 긍정적인 영향이 있다(최진호 2006).



출처 : 배 과수원의 지중점적 관수 효과, 2006

<그림 3-7> 관수법에 따른 관수량 비교

- 유기농법과 일반 농법의 물 사용량 비교 : 비가 내릴 때 유기농업의 토양은 지표면으로 물이 흘러가는 대신 흡수하여 15~20%정도의 물을 토양에 머금으며, 이에 따라 물 사용량을 15~20% 절약할 수 있다.

## 4. 작목변경에 의한 물 사용량 분석

### 4.1 작목의 정의

논과 밭, 과수원과 농장 등에서 심어 가꾸는 곡식, 채소, 화훼, 과수와 축산 등을 통틀어 이르는 말이며, 각 특성에 맞게 작목별로 분류되어 있다.

## 4.2 작목의 종류

식량작물, 특용작물, 채소류, 과수, 화훼, 축산, 곤충 등이 있다.

〈표 3-18〉 식량작물의 종류

벼	일반벼, 발벼
맥류	보리, 밀, 호밀, 귀리, 라이밀, 조성, 참그린, 기타맥류
잡곡류	옥수수, 조, 수수, 메밀, 기장, 피, 울무, 기타잡곡류
두류	콩, 강낭콩, 동부, 녹두, 완두, 팥, 잠두, 제비콩, 기타두류
서류	감자, 야콘, 고구마

출처 : <http://www.nongsaro.go.kr>

〈표 3-19〉 특용작물의 종류

유지작류	참깨, 들깨, 땅콩, 아몬드, 유채, 기타유지작류
버섯류	느타리, 양송이, 상황버섯, 왕송이, 표고버섯, 팽이버섯, 새송이, 동충하초, 기타버섯류
섬유작물	왕골, 닥나무, 대마, 기타섬유작물
기호작물	초피, 차류, 호프, 기타기호작물
약용작물	인삼, 황기, 치자, 오가피, 결명자, 도라지, 당귀, 백수오, 복분자, 구기자, 사철쑥, 감초, 마, 기타약용작물

출처 : <http://www.nongsaro.go.kr>

〈표 3-20〉 채소작물의 종류

과채류	수박, 참외, 오이, 토마토, 딸기, 가지, 여주, 고추, 피망, 기타과채류
양채류	양상추, 샐러리, 브로콜리, 파슬리, 아스파라거스, 기타양채류
근채류	열무, 무, 알타리무, 당근, 우영, 기타근채류
조미채소류	양파, 파, 마늘, 생강, 고추냉이, 기타조미채소류
엽경채류	배추, 양배추, 상추, 시금치, 미나리, 냉이, 달래, 깻잎, 기타엽경채류
산채류	머위, 취나물, 도라지, 더덕, 마, 고사리 산마늘, 기타산채류

출처 : <http://www.nongsaro.go.kr>

〈표 3-21〉 과수작물의 종류

인과류	사과, 배, 기타인과류
장과류	포도, 석류, 참다래, 복분자, 기타장과류
소과류	블루베리
준인과류	단감, 귤, 감귤, 유자 기타 준인과류
열대과수	바나나, 망고, 리치, 올리브, 아보카도, 기타열대과수
핵과류	복숭아, 자두, 살구, 매시르 양앵두, 대추, 기타핵과류

출처 : <http://www.nongsaro.go.kr>

〈표 3-22〉 화훼작물의 종류

초화류	코스모스, 데이지, 백일홍, 해바라기, 채송화, 금잔화, 기타초화류
구근류	백합, 아이릿, 칸나, 프리지아, 튜울립, 리아트리스, 기타구근류
난류	심비드움, 동양심비, 석곡, 파피오펜딜리움, 기타난류
자생화	금강초롱꽃, 솔나리, 앵초, 옥잠화, 상사화, 수선, 산호수, 기타자생화
화옥류	개나리, 목련, 무궁화, 수국, 등나무, 장미, 철쭉, 기타화옥류
선인장	비모란, 아데니움, 선인장, 꽃기린, 기타선인장
관엽식물류	고무나무, 소철, 싱고니움, 아이비, 제브리나, 야자, 기타관엽식물류
숙근류	국화, 카네이션 으리토마, 홍화, 연꽃 아가판더스, 기타숙근류

출처 : <http://www.nongsaro.go.kr>

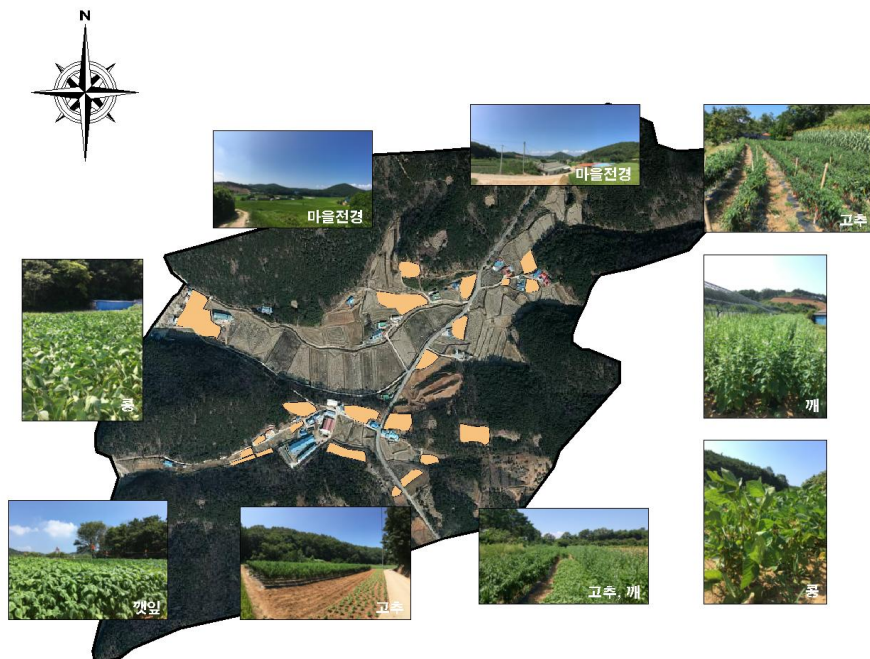
### 4.3 작목별 물 사용량 분석

밭 관개는 논에서의 관개와 달라 담수재배를 하지 않기 때문에 담수에 따른 삼투 손실량을 고려할 필요가 없다. 강우에 의한 토양수분의 변화 및 강우는 실제 밭작물에 이용된 유효유량을 정확하게 산정하는 것이 중요하다.

적용 대상지역으로 선정한 충남 보령시 천북면 사호2리의 밭 작물 현황은 다음과 같다.

〈표 3-23〉 대상지역의 경작작물의 종류 및 재배면적

작물명	재배면적(m <sup>2</sup> )
고추	8,892
깻잎	12,895
참깨	3,990
콩	1,844
합 계	27,620



〈그림 3-8〉 사호2리 작물 배치도

강우량 중에서 작물의 생육에 이용되는 수량을 유효우량이라 하며 우리나라에서는 밭작물 생육기에 강우가 많으므로 밭작물의 소비수량은 거의 강우량에 의존하게 된다. 밭의 유효수량은 경험적인 방법과 강우에 의한 밭에서의 토양수분의 변화를 추적함으로써 강우량 중 실제 이용되는 우량을 이론적으로 산정하는 방법이 있다. 토양수분추적에 의한 방법은 강우량 중 지표유출량을 제외하고 토양속에 침투되는 수량에 대해 작물의 소비수량에 의하여 감소되는 부분을 제외하여 밭에서의 토양수분변화를 일별로 추적하는 방식으로 실제 작물에 의해 소비되는 강우량의 기여분을 산정하는 방식이다.

본 과제에서는 밭에서의 토양수분이 해당일의 밭 소비수량보다 작을 경우 관개용수를 공급하게 되는 방법으로 산정하였다.

천북면의 밭 작물을 대상으로 2011년부터 2015년까지의 밭 작물의 필요수량을 산정한 값이며, 전 절에서와 마찬가지로 가뭄발생년을 기준으로 산정하고 각 작물의 면적강우량을 산정하기 위해 유출에 의한 손실량을 고려하여 산정하였으며, 강우 범위별 유출율과 손실율은 <표 3-24>와 같이 가정하였다.

<표 3-24> 강우량에 따른 유출과 손실

구분	유출(%)	손실(%)
100mm 이하	75	25
100 ~ 200mm	70	30
200mm 이상	65	35

〈표 3-25〉 2011년 밭 작물 필요수량

(단위 : m³)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용수량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량
1월	-	74	-	-	107	-	-	33	-	-	15	-	-
2월	-	250	-	-	363	-	-	112	-	-	52	-	-
3월	-	120	-	-	174	-	-	54	-	-	25	-	-
4월	11,451	481	-	-	697	-	-	216	-	-	100	-	-
5월	56,343	718	-	-	1,041	-	-	322	-	-	149	-	-
6월	290,362	1,838	137	1,701	2,665	416	2,249	825	129	696	381	58	323
7월	33,645	4,179	35	4,144	6,061	81	5,980	1,875	25	1,850	867	11	855
8월	67,864	1,673	56	1,617	2,426	113	2,313	750	35	716	347	16	331
9월	106,988	472	656	▼184	685	509	176	212	158	54	98	75	23
10월	-	93	-	-	134	-	-	42	-	-	19	-	-
11월	-	409	-	-	593	-	-	183	-	-	85	-	-
12월	-	83	-	-	121	-	-	37	-	-	17	-	-
합계	566,653	10,389	885	7,277	15,067	1,118	10,718	4,662	347	3,315	2,154	160	1,532

〈표 3-26〉 2012년 밭 작물 필요수량

(단위 : m³)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용수량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량
1월	-	161	-	-	234	-	-	72	-	-	33	-	-
2월	-	61	-	-	89	-	-	28	-	-	13	-	-
3월	-	300	-	-	435	-	-	135	-	-	62	-	-
4월	10,342	459	-	-	666	-	-	206	-	-	95	-	-
5월	90,073	97	-	-	141	-	-	44	-	-	20	-	-
6월	381,917	512	315	197	743	821	▼78	230	254	▼25	106	115	▼8
7월	99,552	1,336	389	946	1,937	621	1,316	599	193	407	277	87	190
8월	167,517	2,602	567	2,035	3,773	865	2,909	1,167	268	899	539	121	419
9월	-	1,200	52	1,148	1,741	-	1,741	539	-	539	249	-	249
10월	-	433	-	-	629	-	-	194	-	-	90	-	-
11월	-	407	-	-	591	-	-	183	-	-	84	-	-
12월	-	435	-	-	631	-	-	195	-	-	90	-	-
합계	749,402	8,006	1,323	4,327	11,610	2,306	5,888	3,592	715	1,820	1,660	322	850



〈표 3-27〉 2013년 밭 작물 필요수량

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용 수량	면적 강우량	필요 수량	부족 량	면적 강우량	필요 수량	부족 량	면적 강우량	필요 수량	부족 량	면적 강우량	필요 수량	부족 량
1월	-	189	-	-	275	-	-	85	-	-	39	-	-
2월	-	271	-	-	394	-	-	122	-	-	56	-	-
3월	-	356	-	-	516	-	-	160	-	-	74	-	-
4월	10,256	455	-	-	660	-	-	204	-	-	94	-	-
5월	47,917	726	-	-	1,052	-	-	326	-	-	150	-	-
6월	263,062	995	92	903	1,443	188	1,256	447	58	388	206	26	180
7월	105,539	1,546	226	1,320	2,242	460	1,782	694	143	551	321	64	256
8월	241,832	1,240	475	765	1,799	782	1,016	557	243	314	257	109	148
9월	87,091	1,849	203	1,646	2,682	95	2,588	830	29	801	383	13	370
10월	-	73	-	-	106	-	-	33	-	-	15	-	-
11월	-	561	-	-	813	-	-	252	-	-	116	-	-
12월	-	176	-	-	255	-	-	79	-	-	37	-	-
합계	755,688	8,439	996	4,635	12,238	1,525	6,641	3,786	473	2,054	1,750	213	955

〈표 3-28〉 2014년 밭 작물 필요수량

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용 수량	면적 강우량	필요 수량	부족 량	면적 강우량	필요 수량	부족 량	면적 강우량	필요 수량	부족 량	면적 강우량	필요 수량	부족 량
1월	-	23	-	-	33	-	-	10	-	-	5	-	-
2월	-	137	-	-	198	-	-	61	-	-	28	-	-
3월	-	375	-	-	544	-	-	168	-	-	78	-	-
4월	10,591	467	-	-	677	-	-	209	-	-	97	-	-
5월	95,194	314	-	-	456	-	-	141	-	-	65	-	-
6월	249,571	783	148	635	1,136	601	535	351	186	165	162	84	79
7월	239,979	647	486	161	939	908	31	290	282	9	134	127	8
8월	144,760	1,049	77	972	1,521	162	1,359	471	50	420	217	23	195
9월	59,826	946	369	577	1,372	205	1,167	424	64	361	196	37	159
10월	-	971	-	-	1,408	-	-	436	-	-	201	-	-
11월	-	266	-	-	386	-	-	119	-	-	55	-	-
12월	-	447	-	-	649	-	-	201	-	-	93	-	-
합계	799,921	6,425	1,080	2,345	9,318	1,875	3,092	2,883	581	955	1,332	270	440

〈표 3-29〉 2015년 밭 작물 필요수량

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용수량	면적강우량	필요수량	부족량	면적강우량	필요수량	부족량	면적강우량	필요수량	부족량	면적강우량	필요수량	부족량
1월	-	199	-	-	289	-	-	89	-	-	41	-	-
2월	-	156	-	-	226	-	-	70	-	-	32	-	-
3월	-	206	-	-	299	-	-	92	-	-	43	-	-
4월	9,931	807	-	-	1,171	-	-	362	-	-	167	-	-
5월	105,206	259	-	-	375	-	-	116	-	-	54	-	-
6월	292,171	560	95	464	811	385	427	251	119	132	116	54	62
7월	233,079	632	262	370	916	630	285	283	195	88	131	88	43
8월	349,629	201	1,167	▼966	292	1,824	▼1,532	90	566	▼475	42	254	▼213
9월	109,474	89	978	▼890	129	740	▼611	40	229	▼190	18	136	▼118
10월	-	600	-	-	870	-	-	269	-	-	124	-	-
11월	-	953	-	-	1,382	-	-	428	-	-	198	-	-
12월	-	431	-	-	625	-	-	193	-	-	89	-	-
합계	1,099,490	5,083	2,503	▼1,022	7,385	3,579	▼1,431	2,285	1,110	▼445	1,056	532	▼225

〈표3-25〉~〈표3-29〉에서 나타난 바와 같이 면적강우량과 필요수량의 관계를 보면 2015년 8~9월의 극심한 가뭄으로 인해 부족량이 발생하였다. 작물이 성장하는데 필요한 수량이 부족하므로 이에 따른 용수부족에 대비하여야 할 것이다.

## 5. 농법전환과 작목변경에 의한 물 사용량 비교 분석

2015년 부족 수량을 해결하기 위한 방법으로 농법전환과 작목변경 방법 등이 있으며, 전절에서 언급한 자동공급 장치 개발에 의한 약 40%의 물 사용량 감소로 2015년 작물의 부족량은 〈표 3-30〉과 같다.

〈표 3-30〉 자동공급 장치에 의한 필요수량 산정(2015년 기준)

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용 수량	면적 강수량	필요 수량	부족량	면적 강수량	필요 수량	부족량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량
1월	-	199	-	-	289	-	-	89	-	-	41	-	-
2월	-	156	-	-	226	-	-	70	-	-	32	-	-
3월	-	206	-	-	299	-	-	92	-	-	43	-	-
4월	9,931	807	-	-	1,171	-	-	362	-	-	167	-	-
5월	105,206	259	-	-	375	-	-	116	-	-	54	-	-
6월	292,171	560	57	502	811	231	581	251	72	179	116	32	84
7월	233,079	632	157	474	916	378	538	283	117	166	131	53	78
8월	349,629	201	700	▼499	292	1,094	▼802	90	339	▼249	42	153	▼111
9월	109,474	89	587	▼498	129	444	▼315	40	138	▼98	18	82	▼63
10월	-	600	-	-	870	-	-	269	-	-	124	-	-
11월	-	953	-	-	1,382	-	-	428	-	-	198	-	-
12월	-	431	-	-	625	-	-	193	-	-	89	-	-
합계	1,099,490	5,093	1,502	▼21	7,385	2,147	1	2,285	666	▼1	1,056	319	▼12

유기농법의 토양은 지표면으로 물이 흘러가는 대신 흡수하는 방식으로 약15~20% 정도 필요수량을 절약할 수 있으며, 작물의 부족량은 〈표 3-31〉과 같다.

〈표 3-31〉 유기농법에 의한 필요수량(2015년 기준)

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용 수량	면적 강수량	필요 수량	부족량	면적 강수량	필요 수량	부족량	면적 강수량	필요 수량	부족 량	면적 강수량	필요 수량	부족 량
1월	-	199	-	-	289	-	-	89	-	-	41	-	-
2월	-	156	-	-	226	-	-	70	-	-	32	-	-
3월	-	206	-	-	299	-	-	92	-	-	43	-	-
4월	9,931	807	-	-	1,171	-	-	362	-	-	167	-	-
5월	105,206	259	-	-	375	-	-	116	-	-	54	-	-
6월	292,171	560	81	478	811	327	485	251	101	150	116	46	70
7월	233,079	632	223	409	916	536	380	283	166	117	131	75	56
8월	349,629	201	992	▼791	292	1,550	▼1,258	90	481	▼390	42	216	▼175
9월	109,474	89	832	▼743	129	629	▼500	40	195	▼155	18	116	▼97
10월	-	600	-	-	870	-	-	269	-	-	124	-	-
11월	-	953	-	-	1,382	-	-	428	-	-	198	-	-
12월	-	431	-	-	625	-	-	193	-	-	89	-	-
합계	1,099,490	5,093	2,128	▼646	7,385	3,042	▼894	2,285	943	▼279	1,056	452	▼145

이상의 농법전환 방법과 달리 수재생 저류조 설치 시 하천에서 유입되는 물과 빗물을 저류하여 용수를 재이용 할 수 있다. 용수의 재이용을 할 수 있는 저류조 설치 시 약 5% 정도의 면적강우량 증대로 인한 부족량은 <표 3-32>와 같다.

<표 3-32> 수재생 저류조에 의한 필요수량(2015년 기준)

(단위 : m<sup>3</sup>)

구분	논	고추			깻잎			참깨			콩		
	조용수량	면적강우량	필요수량	부족량	면적강우량	필요수량	부족량	면적강우량	필요수량	부족량	면적강우량	필요수량	부족량
1월	-	213	-	-	308	-	-	95	-	-	44	-	-
2월	-	166	-	-	241	-	-	75	-	-	35	-	-
3월	-	220	-	-	319	-	-	99	-	-	46	-	-
4월	9,931	865	-	-	1,254	-	-	388	-	-	179	-	-
5월	105,206	276	-	-	400	-	-	124	-	-	57	-	-
6월	292,171	597	95	501	866	385	481	268	119	149	124	54	70
7월	233,079	674	262	412	977	630	347	302	195	107	140	88	52
8월	349,629	215	1,167	▼952	312	1,824	▼1,512	96	566	▼469	45	254	▼210
9월	109,474	95	978	▼884	137	740	▼603	42	229	▼187	20	136	▼117
10월	-	640	-	-	928	-	-	287	-	-	133	-	-
11월	-	1,021	-	-	1,481	-	-	458	-	-	212	-	-
12월	-	460	-	-	666	-	-	206	-	-	95	-	-
합계	1,099,490	5,440	2,503	▼923	7,890	3,579	▼1,287	2,441	1,110	▼401	1,128	532	▼205

각각의 농법전환 방법에 따라 필요수량과 부족량을 산정하였으며, 자동공급장치에 의한 농법 방식이 부족량을 가장 낮출 수 있는 결과가 분석되었다.

작목변경 방법을 위해 동일한 면적에 각각의 작물 계수를 비교하여 필요수량을 산정하였으며, 다음 표와 같다.

〈표3-33〉 작물 필요수량

(단위 : m³)

구분	보리	고추	옥수수	마늘	양파	참깨	콩	감자	고구마
1월	-	0.293	-	-	-	-	-	-	-
2월	-	-	-	-	0.123	-	-	0.069	-
3월	-	-	-	-	0.686	-	-	0.659	-
4월	-	-	-	-	0.259	-	-	0.391	-
5월	-	-	-	-	1.108	-	0.275	1.204	0.580
6월	-	-	-	0.123	0.829	0.265	0.549	0.847	0.808
7월	0.570	-	-	0.686	-	0.339	0.251	-	0.473
8월	0.391	-	-	0.259	-	1.075	1.163	-	0.798
9월	1.121	0.331	0.631	1.108	-	0.317	0.810	-	0.583
10월	0.466	0.797	0.829	0.829	-	-	-	-	-
11월	-	0.425	0.498	-	-	-	-	-	-
12월	-	1.051	0.987	-	-	-	-	-	-
합계	2.549	2.897	2.945	3.005	3.005	1.995	3.047	3.171	3.243

〈표3-33〉 계속

(단위 : m³)

구분	무우	배추	토마토	수박	상추	딸기	화훼	과수
1월	-	-	-	-	-	-	-	-
2월	-	-	-	-	-	-	-	-
3월	-	-	-	-	-	0.135	-	-
4월	-	-	0.056	-	0.129	0.219	0.071	-
5월	-	-	1.393	0.855	1.193	1.343	1.246	0.715
6월	-	-	0.547	0.959	0.518	0.576	1.088	0.970
7월	-	-	-	0.276	-	-	0.552	0.538
8월	-	-	-	-	-	-	1.306	1.349
9월	0.376	0.887	-	-	-	-	0.882	1.151
10월	0.328	0.366	-	-	-	-	0.179	0.179
11월	-	-	-	-	-	-	-	-
12월	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	0.704	1.253	1.996	2.089	1.841	2.274	5.324	4.902

작물의 필요수량은 화훼와 과수가 높은 필요수량을 보이며, 무와 배추가 낮은 필요수량으로 산정되었다.

따라서 보령시 천북면 사호2리의 대표 작물인 고추, 깻잎, 참깨, 콩 중 2015년의 가뭄과 비슷한 가뭄이 재현된다면 무와 배추 같은 낮은 필요수량을 가지는 작물로 변경하여 경작하면 농업용수 부족 현상이 해소 될 것이다.

## 제4장 결론 및 정책제언

### 1. 요약 및 결론

충남지역은 2012년과 2015년의 가뭄으로 인해 댐 및 저수지의 저수율 저하로 농업용수의 부족뿐만 아니라 생·공용수의 부족현상이 발생하여 충남지역의 전체 물 이용 및 관리의 효율화가 필요하였다. 특히 전체 물 이용량의 약 50%를 차지하는 농업용수의 효율적 이용 및 관리가 매우 중요하다.

따라서 가뭄을 대비하기 위한 농업용수의 관리방안으로 효율적인 농업용수사용이 가능한 농법으로의 전환과 농업용수를 적게 사용해도 되는 작물로의 변경 등이 농업용수의 근본적인 물 절약 수단으로 제시되고 있다. 이를 위해 충남지역의 농업용수 절약 방법으로 농법전환과 재배작물 변경을 통해 절약된 농업용수를 정량화 할 수 있는 방안을 제시한 것은 다음과 같다.

상기의 내용을 분석하기에 앞서 국내외 물 관리제도 현황을 조사하였다. 농업용수의 효율적인 관리와 지속가능한 농업을 위해 농법전환 및 작목변경에 의한 방법이 필요하기에, 농촌지역이며 지역에 위치한 저수지의 저수율이 평년대비 낮은 보령시 천북면 사호2리를 대상지역으로 선정하였다. 선정된 보령시 천북면 사호2리의 작목 재배 현황을 조사하고 농법전환 및 작목변경에 의한 물 사용량을 2012년과 2015년 가뭄이 포함된 2011년부터 2015년까지의 작물 필요수량을 산정하였다.

분석 대상지역의 경작 작물은 고추, 깻잎, 참깨, 콩이며, 극심한 가뭄이 발생했던 2015년의 경우에는 고추는 1,022m<sup>3</sup>, 깻잎은 1,431m<sup>3</sup>, 참깨는 445m<sup>3</sup>, 콩은 225m<sup>3</sup>의 물 부족이 발생하였다. 2015년 부족 수량을 해결하기 위한 방법으로 농법전환과 작목변경 방법을 적용한 결과, 기 개발된 자동공급장치를 적용한 것으로 가정할 경우 약 40%의

물 사용량 감소로 인해 재배 작목별로 물 부족량을 감소시켰다. 또한 유기농법의 농법 전환 방식을 적용하였을 경우, 물 부족량을 15~20% 감소시켰다. 수재생 저류조를 설치했다고 가정하였을 경우, 하천에서 유입되는 물과 빗물을 저류하여 용수를 재이용했을 시 약 5% 정도의 면적강우량 증가로 인해 물 부족량을 감소시킬 수 있었다. 각각의 농법전환 방식에 따라 자동공급장치에 의한 농법방식이 부족량을 가장 낮출 수 있는 것으로 판단된다.

작목변경 방법을 적용하기 위해 동일면적에 작물별 작물계수를 비교하여 필요수량을 산정한 결과, 화훼, 과수가 높은 필요수량을 보이며, 무와 배추가 낮은 필요수량으로 나타났다. 따라서 분석 대상지의 대표작물인 고추, 깻잎, 참깨, 콩 중 2015년과 같은 극심한 가뭄이 발생한다면 낮은 필요수량을 보이는 작물로 변경하여 경작함으로써 농업용수의 부족을 해결 할 수 있을 것이다.

## 2. 정책 제언

대상지역에 적용된 농법전환과 재배작물 변경에 의해 절약된 농업용수 사용량 분석 결과를 바탕으로 충남도에 대한 정책 제언을 제도 및 사회적 측면과 과학기술적인 측면으로 구분하여 제안하고자 한다.

### 2.1 제도 및 사회적 측면

#### 1) 조건별 절대농지 해지정책 마련

공공투자에 의하여 조성된 농지 및 농업 기반이 정비된 농지, 집단화된 농지로서 농림수산식품부 장관이 지정하는 절대농지는 1992년에 지정되어 농업생산이나 농지 개량과 연관 없는 행위를 할 수 없었다. 하지만 쌀 재배 면적을 줄이고 쌀값 하락을 막기 위해 2017년부터 농민의 요청이 있을 경우 절대농지 해제를 추진키로 하였다.

우리나라는 절대적인 식량부족국가로 필요곡물의 77%를 수입에 의존하고 있다. 우리나라가 생산하는 곡류도 미곡으로 편향돼 있어 국민이 선호하는 곡물을 생산하지 못하고 있는 큰 문제점도 있다. 세계적으로 식량자원 안보는 국가 생존과 직결된다. 세계적 곡물 생산 국가인 러시아, 중국, 미국 등은 식량부족 국가와 분쟁이 생기면 먼저 위협을 가하는 것이 곡물수출 중지이다.

이렇듯 정부가 추진하려는 절대농지 해제안은 농업용수 절약측면에서는 장점이 있으나 세계적인 조류인 식량안보에 역행하는 것으로 판단된다. 따라서 일방적인 절대농지 해제보다 지역 상황에 맞는 영농기술 현대화를 통해 농민의 재산권을 확보할 수 있는 조건별 절대농지 해지정책을 마련하는 지혜가 필요하다.

## 2) 합리화된 수세 징수

수세(水稅)란 농민이 지불하는 농업용수의 사용요금이다. 이는 저수지나 보와 같은 관개시설은 많은 자금과 특수한 기술을 요하기 때문에 농민들은 공동자금으로 자금을 출자하고 조합을 설립하여 그 시설과 관리를 맡겨 왔었다. 관개시설의 개·보수 및 관리직원에 대한 보수, 부채의 원리금상환에 필요한 경비는 농업용수를 이용하는 농민에게 부과·중수하므로 농민들은 이를 수세라고 부른다. 그러나 과거에 조합의 운영에 농민의 참여가 봉쇄되어 있는데다, 수세는 도시의 수도물 값보다 비싸고 물을 사용하지 않아도 물값을 내야 하기 때문에 80년 이후 농지개량조합의 민주화와 수세인하운동이 농민들에 의해 본격적으로 전개되었다(한국근현대사사전, 2005).

현재 우리나라에는 약 17,807개의 저수지가 있으며, 농업용수를 위주로 하고 있는 우리나라의 농촌용수 수요량은 총 수자원 이용량 301억㎥/년의 약 50%에 해당하는 149억㎥/년을 차지하고 있다. 농업용수 사용량을 조금이라도 줄인다면 국가차원에서도 효율적인 물 관리가 가능할 것이다. 그러나 농민의 대다수는 수세를 징수하던 과거에 비해 물을 낭비하는 요소가 많아, 이를 줄일 수 있도록 수세를 현실에 맞게 정비하여 징수하는 제도를 시행하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.



### 3) 지하수 사용 규제에 관한 법률 및 조례 제정

우리나라는 물을 대어서 농사를 짓는 수도작 중심의 농업에서 시설원에 및 밭농사로 전환되고 있다. 밭 농사의 경우 수원을 지하수에 의존하는 경우가 대부분이다. 지하수의 이용으로 지하수위 저하, 지하수위 저하에 따른 지반 침하, 기후변화로 인한 극한 가뭄 발생에 따른 지하수원의 고갈 등과 같은 문제가 발생한다. 이렇듯 지하수의 잦은 이용으로 인해 현 세대에서는 편하게 사용하고 있지만, 다음 세대 역시 마음껏 사용할 수 있다는 보장을 하기가 어려운 현실이다.

따라서 지하수의 효율적인 보전과 관리를 위하여 지하수관리기본계획을 수립하여 지하수의 이용실태, 이용계획, 관리방법 및 보전계획 등을 체계적으로 제시가 필요하다. 이를 위해 지하수 사용 규제에 관한 법률 및 조례 제정이 필요하다.

### 4) 농업용수 관리 전략 수립

농업용수의 효율적인 관리와 지속가능한 농업을 위해서 농법개선 및 작물전환을 위한 적극적이고 진취적인 정책수립 및 홍보방안이 필요한 것으로 판단된다. 본 과제를 통하여 농업용수의 효율적인 관리의 측면에서 농법개선과 작물변경의 효과를 확인하였으므로, 이의 확산을 위한 전략수립이 필요할 것이다.

### 5) 충남 전 지역의 농업용수 절약방안 마련

충남의 전 지역에 대한 농법개선과 작물변경의 가능성 및 효과를 분석할 필요가 있으며, 이를 위한 본격적인 연구의 추진이 필요하다.

농법개선을 통한 농업용수 절약의 규모를 추정하여, 농업용수의 관리방법에 대한 정책마련이 필요하며, 이를 위해 한국농어촌공사와의 적극적인 협업이 필요할 것으로 판단된다. 작목변경도 가뭄이 예측되는 시기에 대비하여 농가의 지속가능한 농업 및 농

업수입을 보장하기 위하여 적극적으로 검토할 필요가 있으며, 이를 위한 구체적이고 심도 있는 추가 연구가 필요할 것이며, 이를 위하여 농업연구소 및 한국농어촌공사와의 협동연구가 필요하다. 농법개선과 작목변경을 통한 농업용수의 효율적인 관리는 농업용수의 절약에 필요할 뿐만이 아니라, 가뭄 시에도 농업을 가능하게 하여 농가의 안정적인 농업수익을 보장하는 방안이 될 것이다.

또한 수자원의 이용량의 약 50%정도를 농업용수가 차지하는 실정을 감안하면, 농업용수의 절약이 충남의 용수공급량을 추가적으로 확보할 수 있는 가능성을 보여주는 것이므로, 용수의 안정적인 관리의 면에서도 반드시 추진되어야 할 사업이다.

#### 6) 거버넌스의 구축과 홍보전략 수립

본 과제에서 언급한 과정은 수자원 관리부서, 농업 관리부서, 농민들과의 협력이 필요하며, 따라서 농업용수의 효과적 관리를 위한 거버넌스 체계를 구축할 것을 제안하며, 추후 연구에서는 거버넌스의 구축에 관한 사항을 포함하여 추진할 것을 권장한다.

홍보와 교육도 필요하며, 이를 위한 홍보전략의 수립도 필요할 것이며, 이 경우 대규모 농업을 운영하는 농가와의 적극적인 협력이 필요하므로, 거버넌스 구축의 다른 한 축으로서 농가와의 공동 협력전략을 마련하는 방안을 추가적으로 수립할 필요가 있다.

#### 7) 산업으로서의 농업구축

농업을 산업으로서 인식할 필요가 있으며, 산업의 관점에서 용수관리를 시행할 필요가 있으며, 용수관리와 농업수익의 관계를 분석하여 농가소득의 최대화방안을 제시할 연구가 필요하다.

## 2.2 과학기술적 측면

본 과제를 통해 대상지역에 적용한 농법전환과 작물변경에 의해 정략된 농업용수 사용량을 절약 할 수 있으나 농민 당사자와 사회적 인프라가 뒷받침 되어야 한다.

따라서 농법전환과 작물변경 외에도 농업용수를 절약할 수 있는 과학기술적인 방법을 개발하고 적용할 것을 제안한다. 이에 대한 예로 ‘빗물저류조를 활용한 스마트 관수공급기술’을 소개하면 다음과 같다.

빗물저류조를 활용한 스마트관수공급기술은 용수의 수요변화와 장소 및 시간변화에 신축성 있게 대처할 수 있는 물 관리 시스템이다.

유엔식량농업기구(FAO)의 보고서에 따르면, “수백만 명의 농부들이 구식 또는 비 효율적인 펌프 기술을 쓰는 탓에 많은 수자원이 낭비되고 있으며, 이러한 관개시설을 개선하지 않으면 나아가 심각한 식량난을 겪을 수 있다”고 제시하고 있다. 또한, 한정된 자원인 수자원의 개발비 상승과 용수 수요의 증가에 대비한 효율적인 물의 이용을 위해 많은 양의 물 손실을 수반하는 재래식 수동관리방법을 탈피하고 효율성이 높은 농업용수의 관리 및 인구증가, 기후변화로 인한 가뭄, 수자원의 감소 및 오염 등 농업용수의 확보가 필요한 실정이다.

최근의 관개기술은 농업과 ICT기술의 융합을 통한 스마트농업 기술이 활성화 되고 있으며, 이러한 트렌드를 반영하듯 농업분야의 키워드가 스마트, 고품질, 생산성, 효율성 등을 기준으로 변화되고 있는 실정이다.

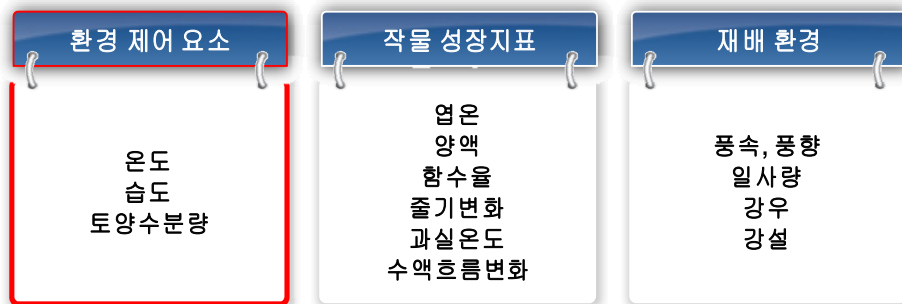
또한 과거 지하수와 농업용 저수지에 의존했던 용수관리방식만으로는 가뭄 발생시 부족한 용수확보에 어려움이 있어, 이를 보완할 수 있는 지하 빗물저류조를 이용하여 빗물을 경작에 필요한 용수로 활용하는 방안이 제시되고 있다.

농업용수 확보를 위한 빗물저류조는 지역마다 재배작물별 환경이 다르므로 지역 소도시를 기준으로 지역의 특성을 반영한 형태, 규모, 시공방식 선정 및 배관 설치가 가능하며, 경량소재를 활용함으로써 기존 철근콘크리트 방식에 비해 시공비를 40% 이상 절감하는 효과가 있다. 여기에 농가단위의 스마트 관수공급기술을 통해 재배작물별 품

질과 생산성을 향상시킬 수 있는 토양수분량, 온도, 습도 등 재배환경이 최적화가 되도록 제어하는 기술적용이 가능하다.

빗물저류조를 활용한 스마트관수공급시스템은 토양수분센서, 수위센서, 온도/습도센서 등 다양한 관측센서를 활용하여 농작물 경작에 필요한 데이터를 확보하고, 이를 통해 최적의 관개시기를 파악하여 관개용수의 과소비를 방지하며, 작물의 성장에 필요한 최적의 용수량을 관리하도록 지원하는 시스템으로 단위농가에 빗물저류조를 설치하여 강우시 빗물을 저류, 확보하고, 필요시 사용할 수 있도록 하는 지능형 물 관리 지원 시스템을 의미한다.

농작물 성장에 영향을 주는 인자는 <그림 4-1>과 같이 환경제어요소, 작물 성장지표 및 재배 환경으로 분류할 수 있다. 스마트관수공급시스템은 경작지에 최적 농업용수 공급 및 관리를 위한 환경제어 요소를 계측하여 물 관리를 하게 된다. 물 관리 요소별 센서는 농작물의 여러 가지 환경조건 중 물을 통해 관리할 수 있는 환경을 측정하는 센서를 의미하며, 온도, 습도, 토양수분량 센서가 대표적이다.



<그림 4-1> 농작물 성장에 영향을 주는 인자

온도는 하우스재배에서의 제어가 가능하며, 용수를 직접 살포함으로써 시설물 내부의 온도를 제어한다. 또한 습도는 높을수록 증산이 활발해져 작물의 광합성에 좋은 영향을 미치며, 온도와 동일하게 시설물 내부 대기중으로 살포하여 습도를 조절한다. 토양수

분량은 작물의 성장에 가장 영향을 미치는 환경조건으로 작물마다 성장에 필요 수분량이 각기 다르다. 작물의 최적의 토양수분량을 유지함에 따라 불필요한 관개를 통한 농업용수의 낭비를 억제할 뿐만 아니라 농작물의 최적토양수분량을 일정하게 유지함에 따라 농작물 생산량을 높일 수 있다.

빗물저류조를 활용한 스마트관수공급시스템 <그림 4-2>은 기본시설 구축을 통해 주요기능을 구현하고, 제시된 시설운영방안으로 다양한 기대효과를 얻을 수 있다.

## 1) 시설규모

- 물공급장치 : 빗물저류조, 지하수관정, 배관, 펌프 등
- 센서장치 : 토양수분센서, 온도/습도센서, 수압센서, 빗물저류조 수위센서, 유량계 등
- 네트워크장치 : 주장치 판넬, 센서 제어장비, 카메라, 인터넷 등
- 운영 S/W : 홈넷기반 관수운영 App. 등

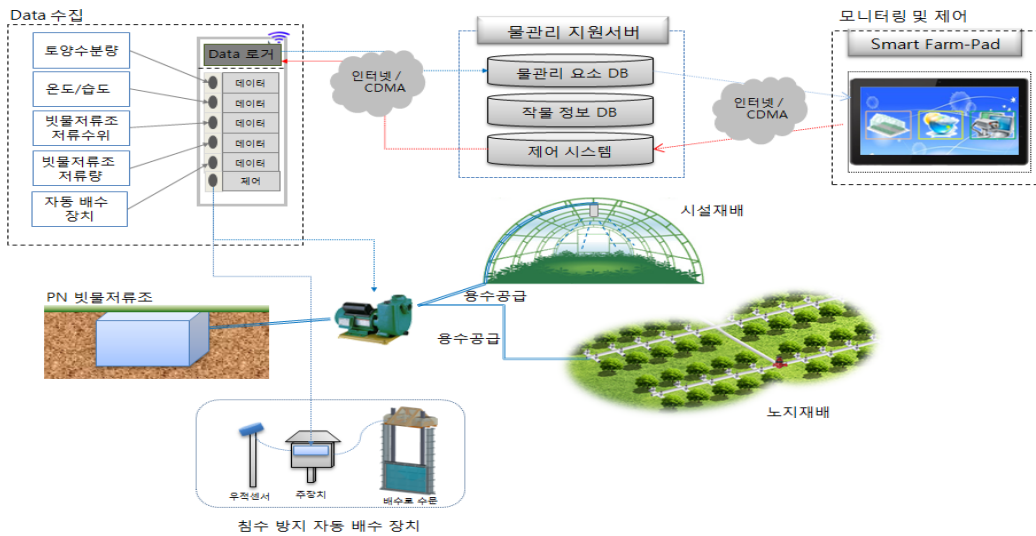
## 2) 시설 주요기능

- 모니터링 기능
  - 관수공급 유무 현황
  - 용수공급 수원(지하수/빗물저류조) 사용현황
  - 저류조 용량
  - 시설내 온도/습도/토양수분량
  - 실외 기온/강수량/습도
  - CCTV 영상
- 제어기능
  - 스마트관수 자동/수동 제어

- 지하수펌프/저류조펌프 제어
- 용수공급밸브 제어
- 자료관리기능
  - 일평균 관수량
  - 전월/전년 대비 관수량 비교
  - 수원(지하수/빗물저류조)별 관수사용량 비교

### 3) 시설운영방법

- 해당지역 재배작물에 대한 최적 환경조성을 위한 작물특성에 맞는 토양수분량/온도/습도 제어기술 컨설팅 및 설치
- 물공급 장치를 통한 최적의 물 관리 방법 제시(저류조 및 지하수 공급방안)
- 네트워크와 운영 S/W 구축을 통한 작물재배 성장정보 DB구축 및 모니터링 분석



<그림 4-2> 빗물저류조를 활용한 스마트관수공급시스템 개념도

#### 4) 시설운영 기대효과

- 작물재배 최적환경제어를 통한 용수공급으로 재배작물의 생산량 및 품질 향상
- 저류조 설치를 통해 홍수 및 가뭄에 대해 농작물의 피해를 최소화 하고, 저류조의 저류량을 활용하여 농업용수로 사용 가능
- 농작물 재배지하고 떨어져 있는 농가에 스마트 관수공급시스템을 적용함에 따라 농업활동의 노동력 감소, 삶의 질이 향상 될 것으로 기대 됨

### 3. 연구의 한계와 향후 과제

농업용수관리를 위한 농법전환과 작목변경에 관한 연구 수행을 위한 국내의 자료에 한계가 있어, 기초적인 자료가 부족하거나 과학적인 연구의 부족으로 본 과제의 연구결과와 비교 할 수 없는 현실에 직면하였다.

농법전환과 작목변경을 통한 농업용수의 절약 방안을 분석하기 위해서는 충남지역 전체를 대상으로 분석하여야 하나, 시간과 예산 등의 문제로 일부 대상지역에 대한 분석만 수행하여 충남지역 전체에 대한 정량적인 평가가 불가능 하였다. 그래서 향후에는 충남지역 전체를 대상으로 한 분석을 시도하여야 할 것이다.

수자원은 여러 가지 다양한 경제적 가치 및 특성을 가지고 있어 물 분쟁이 일어날 수 있다. 일반적으로 갈수기 공급량 확보를 둘러싼 갈등, 지역수리권의 확대 요구, 용수간 배분의 우선순위와 수량확보 및 비용부담을 둘러싼 갈등이 발생하기 때문에 물 부족 지역의 물 공급시 사회적으로 합의할 수 있는 기구 설립과 운영이 우선되어야 한다.

도서산간 및 농촌지역의 고령화로 인해 노동력이 많이 필요한 작물의 재배는 어려움이 따르기 때문에 첨단정보통신기술(ICT)를 이용하여 고효율의 차세대 물 관리 인프라 시스템을 구축 할 필요가 있다. 따라서 농법전환, 작목변경 및 미래형 물 관리 시스템을 도입하여 농업용수의 절약과 고령화로 인한 문제점을 해결할 수 있도록 하여야 한다.



## 참 고 문 헌

- 국민안전처(2015), 재해연보
- 국토교통부(2015), 2015 물과 미래
- 국토해양부(2011), 수자원장기종합계획
- 김선주(2003), 물 위기 시대의 농업용수의 가치와 올바른 수요관리 방향, 정책심포지움
- 김승 (2006) “물부족 평가의 기준”, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 소식지
- 김정엽(2015), “2015년 충남지역의 가뭄상황 및 대응”, 하천과 문화, 11(4), 14-21
- 김진수, 김경민(2014), “국내 물 관리 현황 및 물기본법 제정 방향”, 이슈와 논점 294호
- 김창길, 문동현(2012), 일본의 농업부문 기후변화 대응방안, 세계농업, 제146호
- 문태훈(2015), “좋은 환경과 지속가능한 물 관리 정책”, 환경논총, 제55권, 51-60
- 보령시(2016), 보령시 기후변화 적응대책 세부시행계획
- 심민석(2015), “한국 물 관리 기본법 제정방향 연구”, 비교법연구, 제15권, 3호, 95-122
- 이상계 외2명(2004), “감귤 품질향상을 위한 물 관리 기술 개발”, 충청북도 농업기술원
- 이태관(2013), “한국과 일본의 물 관리행정 비교 고찰”, 일본근대학연구, 제40집, 243-258
- 안재현(2007), “외국의 물 관리 현황검토 및 국내 적용방안 연구(2)”, VOL 40 No.2
- 장중석(2013), “농업용수의 효율적인 관리방안”, 한국관개배수회지
- 지속가능발전위원회(2005), 지속가능한 물 관리정책, 박영사
- 최진호(2006), “배 과수원의 지중점적 관수 효과“, 연구와지도
- 충청남도 (2015) 2015년 기본통계연보
- 한국사사전편찬회(2005), 한국근현대사전
- 한국농어촌공사(2012), 가뭄백서
- 한국농촌경제연구원(2015), 농업부문 기후변화 적응 수단의 경제적 효과 분석
- 한국수자원공사(2009), 농업용수 수요량 추정 및 공급량 평가 보고서
- 한국수자원공사(2013), 전국유역조사 보고서
- 한국수자원공사(2014), 충남 수자원종합계획보고서

한국수자원공사(2016), 금강권역 유역간 수량확보 및 수질개선방안 연구  
한반도 기후변화 전망보고서(2102), 기상청  
환경부(2013), 환경백서 2013  
환경부(2016), 환경백서 2016, 환경정책기본법 시행령

국가통계포털(<http://kosis.kr>)  
기상청(<http://www.kma.go.kr>)  
물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)  
물정보포털(<http://www.water.or.kr>)  
워터저널(<http://www.waterjournal.co.kr>)  
농사로(<http://http://www.nongsaro.go.kr/>)  
European Environment Agency(<http://www.eea.europa.eu>)

# 부 록

1. 논 용수량 산정
2. 밭 용수량 산정

## 1. 논 용수량 산정

논용수 이용량은 유효수량 미포함 및 포함한 경우로 구분 산정하였으며, 수리답(이양재배, 직파재배 - 건답, 담수)과 수리불안전답(이양재배)으로 구분하여 산정한다.

〈표-1〉 논용수 이용량 산정방법

구 분		산 정 방 법
유효수량 미 포 함	수 리 안 전 답	$= \frac{\text{재배관리용수량} + \text{증발량} + \text{침투량} - \text{유효수량}}{\text{관개효율}} \times \text{수리답면적}$
	수 리 불안전답	$= (\text{재배관리용수량} + \text{증발량} + \text{침투량} - \text{유효수량}) \times \text{수리불안전답면적}$
유효수량 포 함	수 리 안 전 답	$= \left( \frac{\text{재배관리용수량} + \text{증발량} + \text{침투량} - \text{유효수량}}{\text{관개효율}} + \text{유효수량} \right) \times \text{수리안전답면적}$
	수 리 불안전답	$= (\text{재배관리용수량} + \text{증발량} + \text{침투량}) \times \text{수리불안전답면적}$

### 1.1 경지면적

「경지면적통계」는 2008년 이전에는 매년 농림부에서 발간되었으나, 최근 2008년 이후에는 통계청으로 이관된다.

본 연구에서는 「경지면적통계(매년, 통계청)」상에서 제시된 시·군·별 논면적 및 밭면적을 이용하였으며, 이를 2012년 기준 행정구역으로 변환하고자 한다.

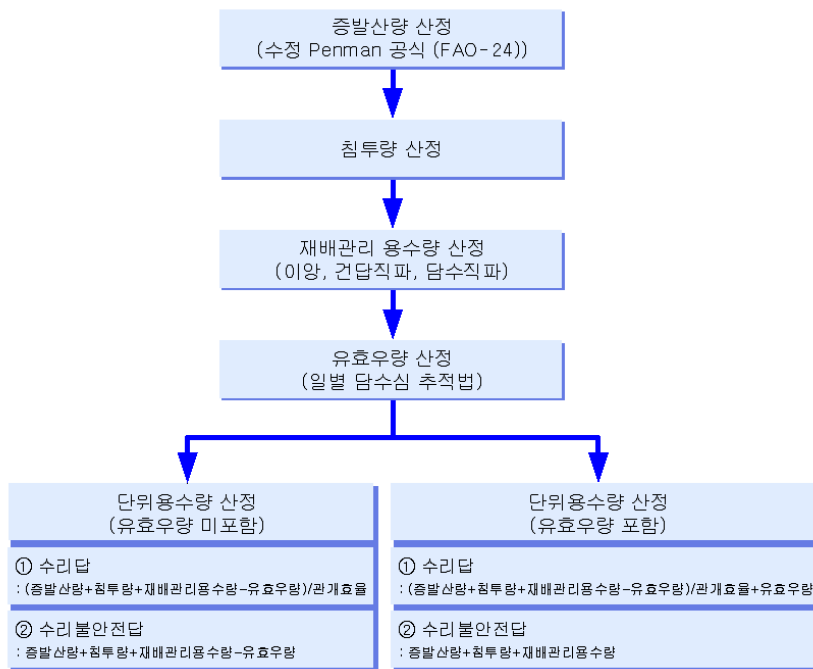
영농방식별 논면적으로 환산하기 위하여 한국농어촌공사에서 제공한 2003년 기준 영농방식별(이양재배, 직파재배 - 건답, 담수) 논면적을 2012년 기준 행정구역으로 변환하여 시·가·자·읍·면·별 변천비를 산정하며, 이를 2012년 기준 행정구역의 경지면적통계자료에 적용하여 2012년 기준의 시·가·자·읍·면의 영농방식별(이양재배, 직파재배 - 건답, 담수) 논면적을 산정하고자 한다.

〈표-2〉 논용수 영농방식별 구분

구 분	영농방식별 구분	비 고
수리안전답	이앙재배, 건답직파, 담수직파	
수리불안전답	이앙재배	

## 1.2 단위용수량

논용수 단위용수량은 유효수량 미포함 및 포함한 경우로 나누어 산정하며, 산정인자로 증발산량, 침투량, 재배관리용수량, 유효수량, 관개효율 등이 있으며, 산정절차는 〈그림-1〉과 같다.



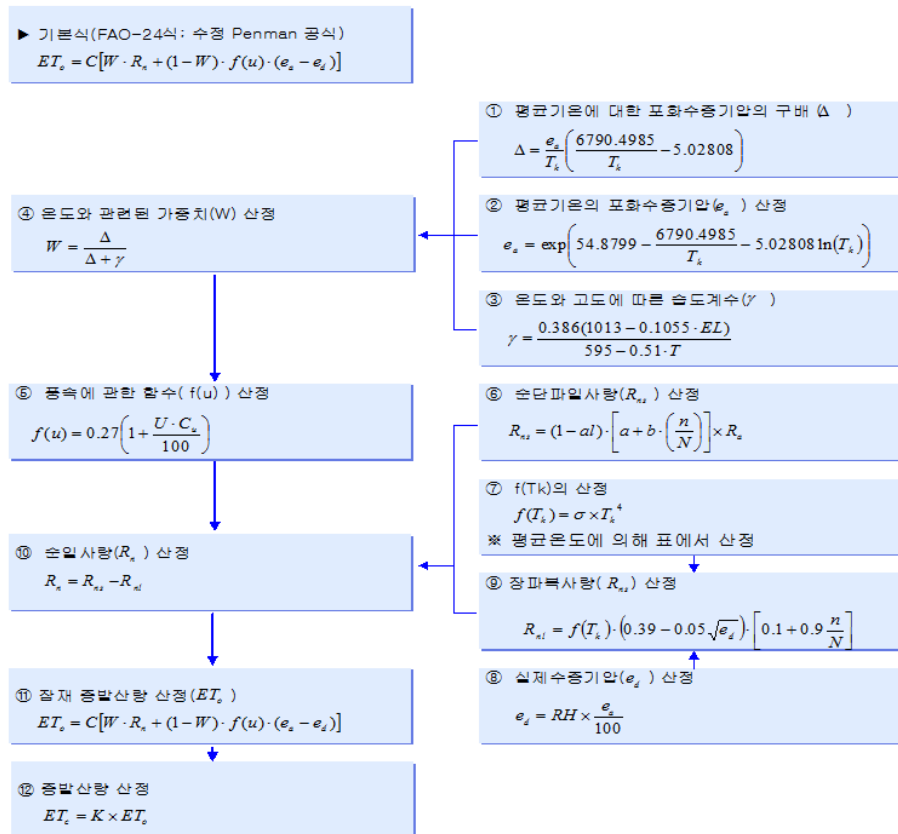
〈그림-1〉 논용수 단위용수 산정단계

## 1) 증발산량 산정

작물의 증발산량은 잠재증발산량에 작물계수를 곱하여 산정하며, 잠재증발산량은 수정 Penman 공식을 이용하여 산정한다.

논의 작부시기는 한국어농촌공사에서 제시한 자료를 이용하였으며, 영농방식별(이앙 재배, 직파재배(건답, 답수), 지역별(중부·남부)로 구분하여 적용한다.

벼에 대한 수정 Penman 공식의 작물계수를 적용하고 「농촌용수 수요량조사 종합보고서(1999, 농림부/농업진흥공사)」에서 제시된 자료를 이용하여, 수정 Penman공식을 이용한 논에서의 증발산량 산정절차는 <그림-2>과 같다.



<그림-2> 논에서의 증발산량 산정단계

### 가) 온도에 의한 가중치(W) 산정

- 평균기온에 대한 포화수증기압( $e_a$ )산정

$$e_a = \exp\left(54.8799 - \frac{6790.4985}{T_k} - 5.02808 \ln(T_k)\right)$$

여기서,  $T_k$ 는 평균기온에 대한 절대온도(= 평균온도 + 273.16)

- 평균기온에 대한 포화수증기압의 구배( $\Delta$ ) 산정

$$\Delta = \frac{e_a}{T_k} \left( \frac{6790.4985}{T_k} - 5.02808 \right)$$

- 온도와 고도에 따른 습도계수( $\gamma$ ) 산정

$$\gamma = \frac{0.386(1013 - 0.1055 \cdot EL)}{595 - 0.51 \cdot T}$$

여기서, T는 일평균기온(°C)이며, EL은 기상관측소의 해발표고(m)

- 온도에 의한 가중치(W) 산정

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$$

### 나) 풍속에 관한 함수(f(u)) 산정

$$f(u) = 0.27 \left( 1 + \frac{U \cdot C_u}{100} \right)$$

여기서, U는 풍속(m/s)이며,  $C_u$ 는 풍속에 대한 조정계수, 풍속계의 기준높이는 2m  
이며, 이 때 조정계수는 1.0 값을 가짐

$$h > 2m : C_u = \left(\frac{2}{h}\right)^{0.17}, \quad h < 2m : C_u = \left(\frac{2}{h}\right)^{0.22}$$

여기서, h는 풍속계의 높이(m)

<표-3> 풍속보정계수( $C_u$ )

풍속계 지상높이(m)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
풍 속 보정계수( $C_u$ )	1.35	1.15	1.06	1.00	0.93	0.88	0.85	0.83

[출처] 소비수량산정방법실용화연구(1989.12, 농업진흥공사)

#### 다) 순일사량( $R_n$ ) 산정

· 순단파일사량( $R_{ns}$ ) 산정

$$R_{ns} = (1 - al) \cdot \left[ a + b \left( \frac{n}{N} \right) \right] \times R_a$$

<표-4> 순단파일사량에 이용되는 계수 및 값

구분	al	a	b	n	N
설명	알베도	계수	계수	일조량	일조가능시간
값	0.23	0.25	0.5	기상자료	<표 2.1-22>



〈표-5〉 위도별 일평균 일조가능시간(N), 북반구

(단위 : hr)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
50°	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48°	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46°	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44°	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42°	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40°	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35°	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30°	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25°	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6

[출처] (FAO Paper 24, 1977)

〈표-6〉 관측가능 일사량( $R_a$ )

(단위 : mm/day)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
40°	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38°	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36°	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34°	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32°	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30°	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28°	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8

[출처] (FAO Paper 24, 1977)

·  $f(T_k)$ 의 산정

$$f(T_k) = \sigma \times T_k^4$$

여기서,  $\sigma$ 는 스테판-볼츠만상수,  $T_k$ 는 절대온도( $f(T_k)$  값은 평균온도( $T$ )를 이용)

〈표-7〉 평균온도에 대한  $f(T_k)$ 값

평균온도(°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
$f(T_k)$	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8
평균온도(°C)	18	20	22	24	26	28	30	32	34
$f(T_k)$	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7

[출처] (FAO Paper 24, 1977)

· 장파복사량( $R_{nl}$ ) 산정

$$R_{nl} = f(T_k) \times (0.39 - 0.05\sqrt{e_d}) \cdot \left[ 0.1 + 0.9 \frac{n}{N} \right]$$

여기서,  $e_d$ 는 실제수증기압(  $e_d = \frac{RH}{100} \times e_a$  )

라) 잠재 증발산량( $ET_o$ ) 산정

$$ET_o = C[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

여기서, C는 낮·밤의 기상조건에 대한 효과를 보정하기 위한 계수(C=1.0으로 가정)

## 마) 증발산량( $ET_c$ ) 산정

$$ET_c = K \times ET_o$$

여기서, K는 작물계수

- 논의 작부시기는 <표-8>에 제시하였으며, 논벼에 대한 작물계수는 <표-9>에서 제시된 작물계수를 이용

<표-8> 논의 작부시기

위치	영농방식	묘대기	이앙기(파종기)	본답기
중부	이앙	4/17 ~ 5/31	5/21 ~ 6/10	6/11 ~ 9/11
	건답	-	(5/21 ~ 6/10)	6/ 1 ~ 9/11
	담수	-	(5/ 1 ~ 6/10)	6/ 1 ~ 9/11
남부	이앙	4/27 ~ 6/10	6/ 1 ~ 6/20	6/21 ~ 9/21
	건답	-	(6/ 1 ~ 6/20)	6/11 ~ 9/21
	담수	-	(5/10 ~ 6/20)	6/11 ~ 9/21

[출처] 한국농어촌공사 내부자료

<표-9> 논벼에 대한 작물계수

구 분	1 월			2 월			3 월			4 월			5 월			6 월		
	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순
남 부	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.75	0.95	1.06
중 부	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.75	0.95	1.06	1.09
구 분	7 월			8 월			9 월			10 월			11 월			12 월		
	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순
남 부	1.09	1.17	1.39	1.53	1.58	1.47	1.42	1.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
중 부	1.17	1.39	1.53	1.58	1.47	1.42	1.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[출처] 농촌용수 수요량조사 종합보고서(1999, 농림부/농업진흥공사)

## 2) 침투량 산정

논의 침투량은 용수·도시구역별 침투량을 이용하여 산정한다.

## 3) 재배관리용수량 산정

### 가) 이앙재배

이앙재배는 못자리에서 모를 키운 후 옮겨 심는 영농방식으로, 이앙재배는 묘대정지기, 묘대기, 이앙기로 구분되며, 묘대정지기는 묘대기 시작후 약 4일간이며, 묘대정지용수량은 침투량과 못자리 정지용수(140mm)에 의해 산정한다.

묘대기는 모가 자라는 기간으로 묘대정지기 이후 약 41일간이며, 묘대기용수량은 침투량과 증발산량에 의해 산정하며, 이앙기는 약 20일간이며, 이앙기용수량은 침투량, 증발산량 및 이앙용수량(140mm)에 의해 산정한다.

$$\text{이앙재배 관리용수량} = \text{묘대정지용수량} + \text{묘대기용수량} + \text{이앙기용수량}$$

### 나) 건답직파재배

건답직파재배는 모내기를 하지 않는 대신 물을 대지 않은 마른 논에 벼씨를 바로 뿌리는 파종방법으로, 발아기와 재배관리기로 구분한다.

발아기와 재배관리기는 서로 중복되며 파종후 약 20일간이며, 건답직파재배 관리용수량은 건답직파초기용수량(100mm)과 증발산량 및 침투량에 의해 산정한다.

$$\text{건답직파재배 관리용수량} = \text{발아기용수량} + \text{재배관리기용수량}$$

## 다) 담수직파재배

담수직파재배는 모내기를 하지 않는 대신 담수답에 볍씨를 바로 뿌리는 파종방법으로, 본답정지기와 재배관리기로 구분한다.

본답정지기와 재배관리기는 서로 중복되며 파종후 약 40일간이며, 담수직파재배 관리용수량은 본답정지용수(140mm), 관리용수(40mm), 증발산량 및 침투량에 의해 산정한다.

$$\text{담수직파재배 관리용수량} = \text{본답정지기용수량} + \text{재배관리기용수량}$$

## 4) 유효수량 산정

유효수량 물수지 식에 기초한 일별 담수심추적법에 의해 산정되며, 산정단계는 <그림 2-6>에서 보는 바와 같다.

$$D(t) = D(t-1) - R_e(t-1) + R(t)$$

여기서  $D(t)$  : 당일의 담수심(mm)

$D(t-1)$  : 전일의 담수심(mm)

$R_e(t-1)$  : 전일의 유효수량(mm)

$R(t)$  : 당일의 강수량

일별 담수심추적법은 위에서 산정된 소비수량자료를 이용하여 유효수량을 산정하며, 우리나라의 경우, 하루동안의 총강수량이 5mm 이하의 경우는 무효강우로 간주하여 산정한다. 또한, 어떠한 경우에도 담수심의 크기는 최대담수심( $D_{\max}$ )을 초과할 수 없으며, 본 연구에서는 물꼬높이 60mm를 최대담수심으로 가정하여 적용하고자 한다.



〈그림-3〉 일별 담수심추적법 산정단계

## 5) 관개효율 산정

관개효율은 1에서 손실율을 제하여 산정하며, 손실율은 수로손실율과 조작손실율로 구분된다. 수로손실율은 후술될 용수·도시구역별로 산정되며, 조작손실율은 일률적으로 11.0%를 적용한다

$$\text{관개효율} = 1 - \text{손실율}(\text{수로손실율} + \text{조작손실율})$$

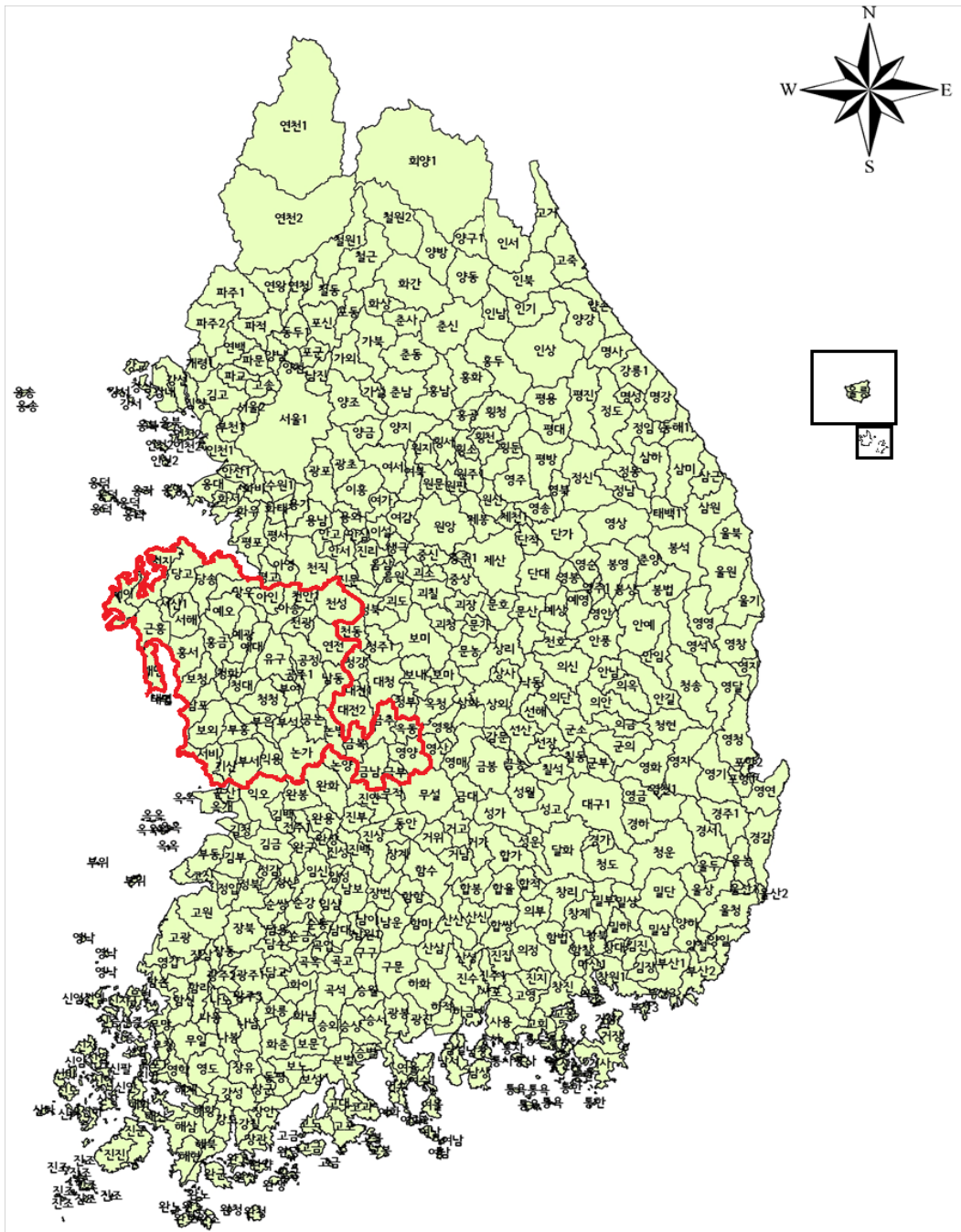
## 6) 용수·도시구역별 특성자료

용수·도시구역별 특성자료는 논용수 단위용수량 및 밭용수 단위용수량을 산정시에 적용되며, 그 내용은 다음과 같다.

〈표-10〉 도시 및 용수구역별 특성자료

용수.도시코드	손실율	침투량 (mm)	TRAM	지배 관측소	지역 구분
110101	0.2269	5.70	29.30	천안	중부
110103	0.2311	5.07	35.35	천안	중부
110109	0.2336	4.31	32.95	천안	중부
110110	0.2292	4.21	33.88	천안	중부
300105	0.2223	5.30	33.60	금산	남부
300201	0.2289	5.57	30.54	금산	남부
300301	0.2314	5.78	31.25	금산	남부
300401	0.2370	5.60	34.10	금산	남부
300402	0.2360	5.60	33.54	금산	남부
300403	0.2387	6.42	35.46	금산	남부
300601	0.2312	6.25	38.60	금산	남부
300802	0.2316	6.04	37.85	금산	남부
300901	0.2385	5.68	37.30	금산	남부
301103	0.2462	4.60	35.10	천안	중부
301109	0.2276	4.91	38.80	천안	중부
301204	0.2361	5.20	34.90	천안	중부
301205	0.2337	5.26	35.48	부여	남부
301206	0.2205	5.60	37.99	부여	남부
301207	0.2186	5.60	39.10	부여	남부
301208	0.2112	6.00	37.30	부여	남부
301209	0.2189	5.38	40.20	부여	남부
301210	0.2112	6.00	37.30	부여	남부
301302	0.2365	5.29	41.47	금산	남부
301303	0.2165	4.85	44.29	부여	남부
301401	0.2077	4.69	36.72	부여	남부
310101	0.2194	5.49	38.54	보령	남부
310102	0.2074	5.40	34.95	천안	중부
310103	0.2096	5.53	35.88	천안	중부
310104	0.2193	5.18	36.17	서산	중부
310105	0.2057	5.20	38.03	서산	중부
310106	0.2269	5.00	40.75	천안	중부
310107	0.2268	4.81	41.32	천안	중부
310108	0.2183	4.06	37.31	천안	중부
310109	0.2177	4.00	37.00	천안	중부
310110	0.2081	4.17	43.48	천안	중부
320101	0.2056	4.30	44.03	서산	중부
320201	0.2352	3.70	39.90	서산	중부
320202	0.2209	4.09	37.81	서산	중부
320203	0.2249	3.99	38.11	서산	중부
320204	0.2140	4.30	36.20	서산	중부
320205	0.2140	4.30	36.20	서산	중부
320206	0.2195	5.15	36.46	서산	중부
320207	0.2252	4.18	39.45	보령	남부
320301	0.2112	5.21	37.54	보령	남부
320302	0.2020	5.30	38.40	보령	남부
320303	0.2055	5.39	38.15	보령	남부





〈그림-4〉 도시 및 용수구역도

## 2. 발 용수량 산정

발용수 이용량은 유효수량 미포함 및 포함한 경우로 구분 산정하였으며, 관개(20개 대표작물), 비관개(20개 대표작물), 시설(20개 대표작물)로 구분하여 산정한다.

〈표-11〉 발용수 이용량 산정방법

구 분		재배형태	산 정 방 법
유효수량 미 포 함	관개전	노 지	$= \frac{\text{증발산량} + \text{다목적용수량} - \text{유효수량}}{\text{관개효율}} \times \text{관개면적}$
		시 설	$= \frac{\text{증발산량} + \text{다목적용수량}}{\text{관개효율}} \times \text{시설면적}$
	비관개전	노 지	$= (\text{증발산량} + \text{다목적용수량} - \text{유효수량}) \times \text{비관개면적}$
		시 설	$= (\text{증발산량} + \text{다목적용수량} - \text{유효수량} + \text{유효수량}) \times \text{관개면적}$
유효수량 포 함	관개전	노 지	$= \left( \frac{\text{증발산량} + \text{다목적용수량} - \text{유효수량}}{\text{관개효율}} + \text{유효수량} \right) \times \text{관개면적}$
		시 설	$= \frac{\text{증발산량} + \text{다목적용수량}}{\text{관개효율}} \times \text{시설면적}$
	비관개전	노 지	$= (\text{증발산량} + \text{다목적용수량}) \times \text{비관개면적}$
		시 설	$= (\text{증발산량} + \text{다목적용수량}) \times \text{비관개면적}$

### 2.1 경지면적

「경지면적통계」는 2008년 이전에는 매년 농림부에서 발간되었으나, 최근 2008년 이후에는 통계청으로 이관된다.

본 연구에서는 「경지면적통계(매년, 통계청)」상에서 제시된 시·군·별 논·면적 및 밭·면적을 이용하였으며, 이를 2012년 기준 행정구역으로 변환한다.

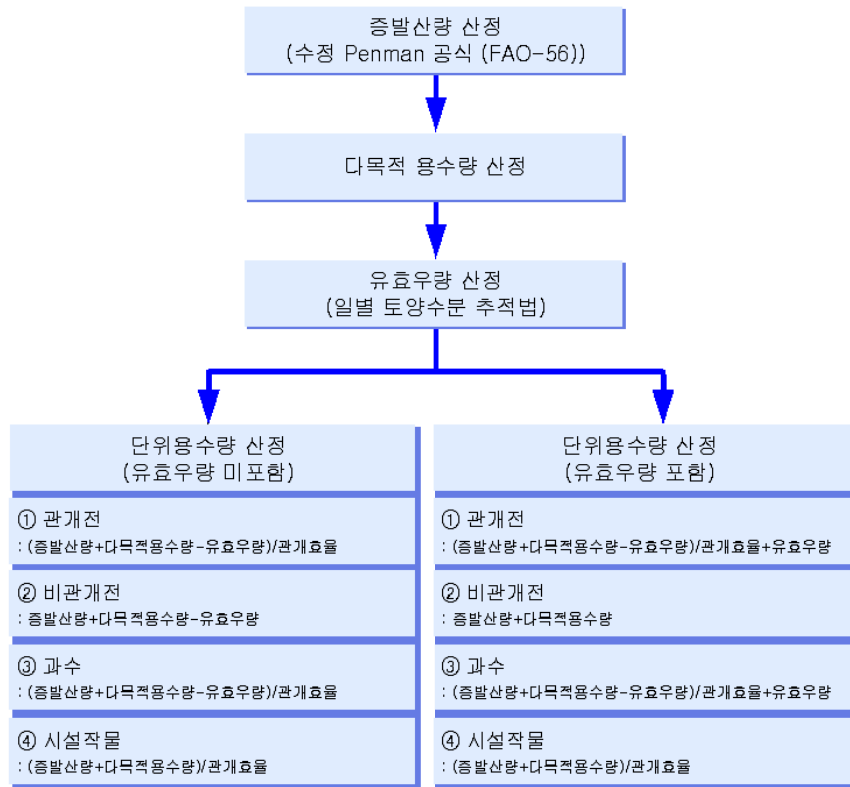
영농방식별 밭·면적으로 환산하기 위하여 한국농어촌공사에서 제공한 2003년 기준 영농방식별(관개전, 비관개전, 시설재배) 밭·면적을 2012년 기준 행정구역으로 변환하여 시·가·자·읍·면·별 변천비를 산정한다. 이를 2012년 기준 행정구역의 경지면적통계자료에 적용하여 2012년 기준의 시·가·자·읍·면의 영농방식별(관개전, 비관개전, 시설재배) 밭·면적을 산정한다.

〈표-12〉 발용수 영농방식별 구분

구 분	영농방식별 구분	비 고
관개전	노지재배, 시설재배	
비관개전	노지재배	

## 2.2 단위용수량

발용수 원단위는 유효수량 미포함 및 포함한 경우로 나누어 산정하며, 산정인자는 증발산량, 다목적용수량, 유효수량, 관개효율 등이 있으며, 산정절차는 〈그림-5〉에서 보는 바와 같다.



〈그림-5〉 발용수 단위용수 산정단계

## 1) 증발산량 산정

증발산량은 잠재증발산량에 작물계수를 곱하여 산정하며, 잠재증발산량은 FAO-56공식 (Penman-Monteith 공식)을 이용하여 산정한다.

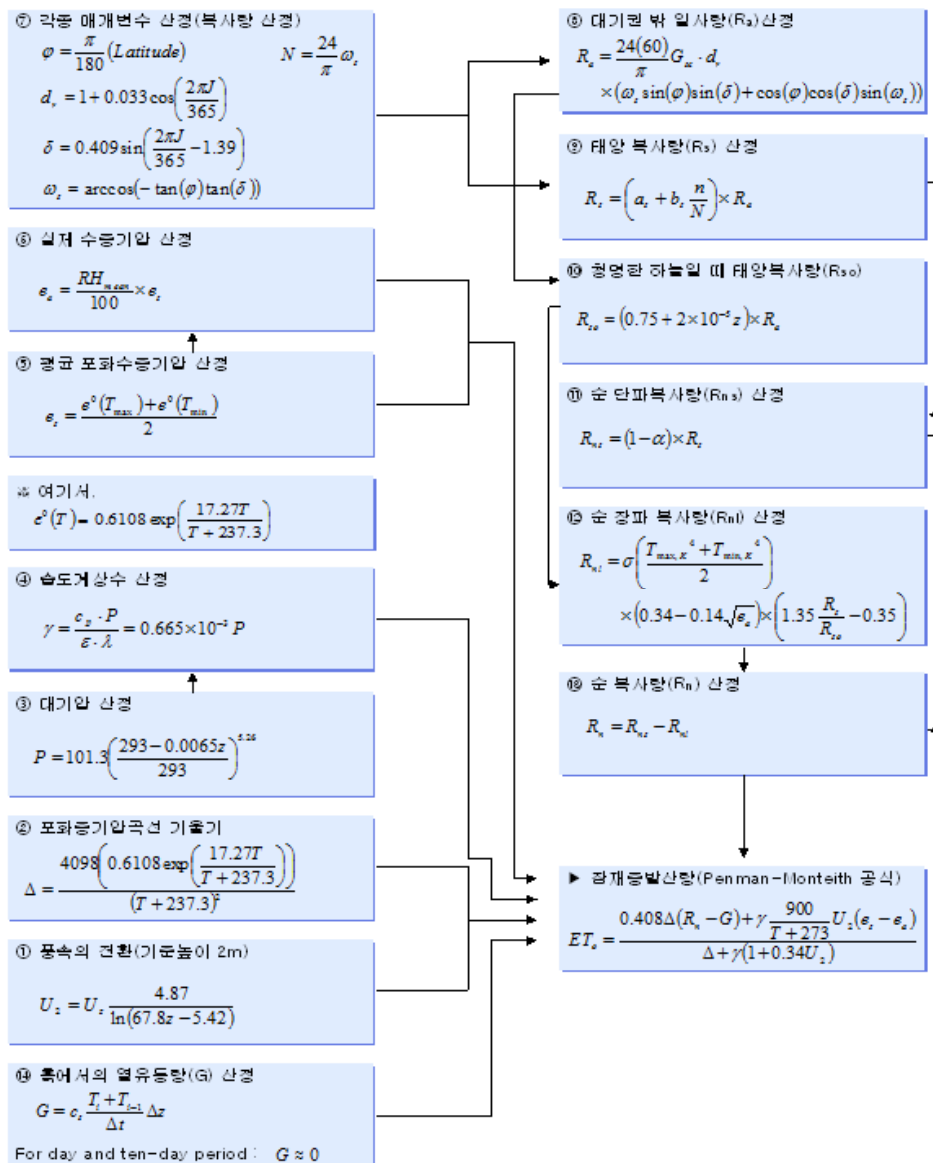
관개용수 수요량의 결정시 작물의 성장에 필요한 소비수량이 필요하며, 소비수량은 식생으로 피복된 지면으로부터의 증발량과 증산량만을 의미한다. 식생이나 농작물의 성장에 소모되는 수량이라는 뜻으로써 관개에 소요되는 물의 양이라고 말할 수도 있다.

한 지역의 소비수량은 그 지역의 기후나 토양함유 수분, 작물의 종류, 토양의 종류 및 토지 관리방법 등의 여러 가지 요인에 의해 지배된다. 기후 인자로는 강수, 기온, 습도, 바람 및 작물의 성장기간의 장·단을 결정하는 정도 등을 들을 수 있으며 토양 함유수분은 강수현상뿐만 아니라 그 지역의 지형 및 지하수에도 관계가 있다. 토양의 종류와 토지 관리방법은 지역에 따라 많이 다르다. 따라서 한 지역의 연간 소비수량을 산정할 수 있는 일반성을 가진 공식은 없으나 작물별 작부시기 및 작물계수를 고려하여 산정하고자 한다. 밭 작물별 작부시기 및 작물계수를 이용하여, FAO-56공식을 이용한 밭의 잠재증발산량 산정절차는 <그림-5>에서 보는 바와 같다.

### 가) 풍속의 전환(기준높이 2m)

$$U_2 = U_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)}$$

여기서,  $z$ 는 풍속계의 높이(m),  $U_z$ 는  $z$ 높이에서의 풍속( $\text{m/s}$ )



〈그림-6〉 밭에서의 잠재증발산량 산정단계

#### 나) 포화수증기압곡선 기울기( $\Delta$ ) 산정

$$\Delta = \frac{4098 \left( 0.6108 \exp \left( \frac{-17.27T}{T+237.3} \right) \right)}{(T+237.3)^2}$$

여기서,  $T$ 는 평균온도(°C)

#### 다) 습도계상수( $\gamma$ ) 산정

- 대기압(P) 산정

$$P = 101.3 \left( \frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26}$$

여기서,  $z$ 는 기상관측소의 해발표고(m)

- 습도계상수 산정

$$\gamma = \frac{c_p \cdot P}{\varepsilon \cdot \lambda} = 0.665 \times 10^{-3} P$$

여기서,  $P$ 는 대기압이다.

#### 라) 평균 포화수증기압( $e_s$ ) 및 실제 수증기압( $e_a$ ) 산정

$$e_s = \frac{e^0(T_{\max}) + e^0(T_{\min})}{2}$$

여기서,  $T_{\max}$ 와  $T_{\min}$ 는 일최대 및 최소온도(°C),

$e^o(T)$ 는

$$e^o(T) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right)$$

실제 수증기압은 최대상대습도, 최소상대습도, 평균상대습도 등을 이용하는 방법이 있으나, 현재 기상청의 web상에서 무료로 제공되는 가용한 자료는 평균상대습도이므로 이를 이용하여 산정한다.

$$e_a = \frac{RH_{mean}}{100} \times e_s$$

여기서,  $RH_{mean}$ 은 평균상대습도(%)

마) 순일사량( $R_n$ ) 산정

- 순일사량 산정을 위한 각종 매개변수 산정

$$\Phi = \frac{\pi}{180} (\text{Latitude})$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi J}{365}\right)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi J}{365} - 1.39\right)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan(\Phi)\tan(\delta))$$

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot \omega_s$$

여기서, Latitude는 십진수화된 위도(북위의  $\phi$ 는 양수, 남위의  $\phi$ 는 음수)

J는 그 해의 1월1일부터 산정하고자 하는 날짜까지의 날짜 수로 최대 365 또는

366, 최소 1의 값을 가질 수 있으며, N은 관측가능일조시간(hr)

- 대기권 밖의 1일 동안의 일사량( $R_a$ ) 산정

$$R_a = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} \cdot d_r \times (\omega_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s))$$

여기서,  $G_{sc}$ 는 태양상수로서 0.0820 MJ/m<sup>2</sup>/min 값을 갖는다.

- 태양 복사량( $R_s$ ) 산정

$$R_s = \left( a_s + b_s \frac{n}{N} \right) \times R_a$$

여기서, n는 기상관측소에서 제공되는 일조시간(hr)이며, N은 관측가능일조시간(hr),  $a_s$  및  $b_s$ 는 상수로서, 검정(Calibration)이 되지 않은 지역에서 FAO는  $a_s$ 는 0.25,  $b_s$ 는 0.5를 추천

- 순 단파복사량( $R_{ns}$ ) 산정

$$R_{ns} = (1 - \alpha) \times R_s$$

여기서,  $\alpha$ 는 알베도 또는 반사계수로 0.23(이상화된 작물)을 사용

- 청명한 하늘일 때 태양복사량( $R_{so}$ ) 산정

$$R_{so} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} z) \times R_a$$



여기서,  $z$ 는 기상관측소의 해발표고(m),  $R_a$ 는 대기권 밖의 1일동안의 일사량

- 순 장파복사량( $R_{nl}$ ) 산정

$$R_{nl} = \sigma \left( \frac{T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4}{2} \right) \times (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \times \left( 1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

여기서,  $\sigma$ 는 Stefan-Boltzmann 상수( $=4.903 \times 10^{-9}$  MJ/K<sup>4</sup>/m<sup>2</sup>/day),  $T_{\max,K}$ ,  $T_{\min,K}$ 는 최대절대온도(=최대온도+273.56) 및 최소절대온도(=최소온도+273.56),  $e_a$ 는 실제수증기압,  $R_s$ 는 태양의 복사량,  $R_{so}$ 는 청명한 하늘일 때의 태양복사량

- 순 복사량( $R_n$ ) 산정

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

여기서,  $R_{ns}$ 는 순 단파복사량,  $R_{nl}$ 는 순 장파복사량

#### 바) 흙에서의 열 유동량(G) 산정

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta z$$

여기서,  $T_i$  : i 시간때의 대기온도(°C)  
 $T_{i-1}$  : i-1 시간때의 대기온도(°C)  
 $c_s$  : 흙의 열용량(MJ/m<sup>3</sup>/°C)  
 $\Delta t$  : 시간간격  
 $\Delta z$  : 유효 흙 깊이

그러나, FAO에서는 시간간격이 하루 또는 10일(순별)일 경우에는 흙에서의 열유동량을 무시될 수 있으며, 따라서 G는 근사적으로 영(Zero)으로 취한다.

$G \approx 0$  For day and ten-day periods

#### 사) 잠재 증발산량( $ET_o$ , Reference Evapotranspiration) 산정

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

여기서,  $\Delta$  : 포화수증기압곡선 기울기  
 $R_n$  : 순복사량  
 $G$  : 흙에서의 열유동량(MJ/m<sup>2</sup>/day)  
 $\gamma$  : 습도계상수  
 $T$  : 평균온도(°C)  
 $U_2$  : 높이 2m에서 측정된 풍속(m/s)  
 $e_s$  : 포화수증기압  
 $e_a$  : 실제수증기압

#### 아) 증발산량( $ET_c$ , Crop Evapotranspiration) 산정

증발산량은 잠재증발산량에 작물계수를 곱하여 산정한다

$$ET_c = K \cdot ET_o$$

여기서,  $ET_c$ 는 증발산량,  $K$ 는 작물계수,  $ET_o$ 는 잠재증발산량.

<표-13> 밭의 작부시기

작물명	재배기간	작물명	재배기간	작물명	재배기간
보리	10/11 ~ 6/10	감자	11/11 ~ 6/30	딸기	3/ 1 ~ 6/10
고추	4/21 ~ 9/31	고구마	3/21 ~ 10/10	화훼	3/ 1 ~ 11/10
옥수수	4/ 1 ~ 9/10	무	8/11 ~ 11/20	과수1	4/ 1 ~ 10/31
마늘	9/11 ~ 6/30	배추	8/11 ~ 11/20	과수2	4/ 1 ~ 10/31
양파	9/11 ~ 6/30	토마토	3/ 1 ~ 6/10	과수3	4/ 1 ~ 10/31
참깨	5/ 1 ~ 9/10	수박	3/ 1 ~ 7/31	기타	4/ 1 ~ 10/31
콩	5/11 ~ 10/20	상추	3/ 1 ~ 6/10		

[출처] 한국농어촌공사 내부자료

〈표-14〉 발작물에 대한 작물계수

구 분	1 월			2 월			3 월			4 월			5 월			6 월		
	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순
보 리	0.35	0.35	0.35	0.58	0.58	0.58	0.81	0.81	0.81	1.05	1.05	1.05	1.05	0.81	0.81	0.81	-	-
고 추	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.80	0.80	0.80	0.95
옥수수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.72	0.72	0.72	0.85	0.85	0.85
마 늘	0.50	0.65	0.65	0.65	0.80	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85	0.95	0.95	0.95	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
양 파	0.50	0.65	0.65	0.65	0.80	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85	0.95	0.95	0.95	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
참 깨	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.58	0.58	0.80	0.80
콩	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.60	0.60	0.60	0.80
감 자	0.58	0.58	0.58	0.70	0.70	0.70	0.81	0.81	0.81	1.05	1.05	1.05	0.93	0.93	0.93	0.84	0.84	0.84
고구마	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.58	0.58	0.58	0.80	0.80	0.80	1.00
무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
배 추	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
토마토	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.52	0.69	0.96	1.05	1.05	1.05	0.95	-	-
수 박	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.50	0.50	0.65	0.65	0.80	0.80	0.80	0.95	0.95	0.95
상 추	-	-	-	-	-	-	0.35	0.55	0.55	0.75	0.75	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	-	-
딸 기	-	-	-	-	-	-	0.50	0.72	0.72	0.85	0.85	0.95	0.95	1.05	1.05	1.00	-	-
화 훼	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.72	0.72	0.85	0.95	0.95	1.00	1.05	1.05	1.05
과수 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.72	0.72	0.85	0.95	0.95	1.00
과수 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.72	0.72	0.85	0.95	0.95	1.00
과수 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.72	0.72	0.85	0.95	0.95	1.00
기 타	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.72	0.72	0.85	0.95	0.95	1.00
구 분	7 월			8 월			9 월			10 월			11 월			12 월		
	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순	초순	중순	하순
보 리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
고 추	0.95	0.95	0.95	0.87	0.87	0.87	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
옥수수	1.05	1.05	1.05	0.80	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
마 늘	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
양 파	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
참 깨	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
콩	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60	-	-	-	-	-	-	-
감 자	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
고구마	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60	0.45	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-
무	-	-	-	-	0.35	0.35	0.50	0.65	0.82	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	-	-	-	-
배 추	-	-	-	-	0.35	0.65	0.65	0.95	0.95	1.05	1.05	1.05	0.95	0.95	-	-	-	-
토마토	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
수 박	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
상 추	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
딸 기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
화 훼	1.05	1.05	1.05	1.02	1.02	1.02	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-
과수 1	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.02	1.02	1.02	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-
과수 2	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.02	1.02	1.02	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-
과수 3	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.02	1.02	1.02	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-
기 타	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.02	1.02	1.02	0.80	0.80	0.80	-	-	-	-	-	-

[주] FAO Paper 56에서는 단일 작물계수로, 작물의 초기, 중기, 말기 3가지로 구분하여 성장기간 및 작물계수를 제공하고 있다.  
[출처] FAO Paper 56(1998)

## 2) 다목적용수량 산정

다목적용수량은 작물이 생리적으로 요구하는 수분보급량 이외의 필요수량으로 구분 「농업생산기반정비사업계획설계기준(관개편)(1998, 농림부)」되며, 재배관리용수량과 기상재해방지용수량 및 관리작업의 생력화용수량으로 구분한다.

$$\text{다목적용수량} = \text{재배관리용수량} + \text{기상재해방지용수량} + \text{관리작업의 생력화용수량}$$

- ① 재배관리용수량 : 파종, 정식기, 경운작업에 필요
- ② 기상재해방지용수량 : 작물 토양의 풍식방지등의 목적
- ③ 관리작업의 생력화용수량 : 액비용수, 병충해방제, 기타목적

〈표-15〉 다목적용수량의 적용 및 배분방식

구 분	총용수량(mm)	시기별 배분량(mm)	비 고
재배관리용수	30	시작일 + 10일간 3.0mm씩 공급	
기상재해방지용수	7	재배관리용수량공급 후 10일간 0.7mm씩 공급	
관리작업의 생력화용수	30	영농기간중 3회에 걸쳐 10일간 1.0mm씩 공급	

## 3) 유효수량 산정

밭관개는 윤환블록(Rotation block)에 따라 간단관개를 하기 때문에 유효수량, 관개수량의 계산은 원칙적으로 일간격으로 계산하는 것이 일반적이다.

유효수량은 TRAM(Total Readily Available Moisture)을 이용한 일별 토양수분추적법에 의해 산정하였으며, TRAM은 제시된 용수도시구역별 값을 적용한다.

$$TRAM = (F_c - M_L) D \frac{1}{C_p}$$

여기서, TRAM : 전용이유효수분량(mm),  $F_c$  : 24시간 용수량(부피, %),  $M_L$  : 생장저해 수분점(부피, %), D : 제한토층의 두께(mm),  $C_p$  : 수분소비비율의 값(0.4, %),  $F_c$  : 33kPa 기압하의 토양층의 수분함량,  $M_L$  : 1,500kPa 기압하의 토양수분층의 수분함량(만약  $0.6F_c > M_L$ ,  $M_L = 0.6F_c$ )

우리나라의 경우 하루동안의 총 강우량이 5mm 이하의 경우는 무효강우로 처리한다.

- 유효우량의 결정

- 소비수량  $\geq$  토양수분 일 때 : 유효우량 = 토양수분
- 소비수량 < 토양수분 일 때 : 유효우량 = 소비수량

#### 4) 관개효율 산정

관개효율은 1에서 손실율을 제하여 산정하며, 적용된 손실율은 한국농어촌공사에서 제공된 용수·도시구역별로 제공된 자료를 활용한다.



■ 집 필 자 ■

연구책임 · 맹승진 충북대학교 교수

전략연구 2016-05 · 농업용수관리를 위한 농법 전환과 작목변경에 관한 정책연구

글쓴이 · 맹승진

발행자 · 강현수 / 발행처 · 충남연구원

인쇄 · 2016년 12월 31일 / 발행 · 2016년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 연수원길 73-26 (32589)

전화 · 041-840-1124(기획조정연구부) 041-840-1114(대표) /

팩스 · 041-840-1129

ISBN · 978-89-6124-346-9 03350

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

© 2016. 충남연구원

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