

정책연구 2003-18

제주도 농업용 관정의 양수량 산정과  
지하수 이용특성 연구

2003. 12

제 주 발 전 연 구 원  
제주도광역수자원관리본부

# 발 간 사

제주도에 있어서 지하수는 도민의 생명수이며, 제주 경쟁력의 근원이 되는 더할 나위 없이 귀중한 자원이다. 따라서, 오늘을 살아가는 우리들에게는 지하수를 깨끗하고 넉넉한 상태로 후손들에게 물려주기 위한 노력을 기울여야 하는 역사적·시대적 사명이 주어져 있다. 지하수를 보호하고 지키는 일은 여러 방면에서 찾을 수 있겠지만, 그 중에서도 지하수 관리에 토대가 되는 기초연구를 지속적으로 추진하는 것도 대단히 중요한 일이라 할 수 있다.

이러한 맥락에서, 지하수 이용량 모니터링을 원격검침 시스템 체계로 구축하고, 실시간으로 이용량을 파악할 수 있는 기반을 구축해 나가고 있는 제주도의 연구사업은 중요한 의미를 갖는다. 특히, 제주발전연구원과 제주도광역수자원관리본부가 공동연구사업으로 사설 농업용 관정의 지하수 이용특성을 파악하고, 농업용수 이용량 산정을 위한 기술을 개발하기 위한 노력을 기울이고 있다는 것은 제주도의 연구역량을 크게 향상시키는 계기가 되리라 확신한다.

이 공동연구를 통해 얻어진 성과는 제주도의 지하수 관리시책을 개발·개선하는데 기초자료로 활용됨으로써 보다 과학적인 토대 위에서 지하수를 체계적으로 관리해 나갈 수 있을 것으로 믿어 의심치 않는다. 도 전체적인 지하수 이용량 규모를 파악함과 아울러, 과도한 인력·시간·경비를 투입하지 않고서도 지하수 이용량을 산정할 수 있는 기술을 개발하는데 노력해주신 연구진 여러분께 진심으로 감사드리며, 앞으로도 이러한 공동연구가 더 활성화되기를 기대한다.

2003년 12월 일

濟州發展研究院  
院長 高 忠 錫

# 목 차

제 I 장 연구의 개요 .....	1
1. 연구의 배경 .....	1
2. 연구의 목적 .....	3
제 II 장 조사 및 연구방법 .....	4
1. 주요 연구내용 .....	4
2. 조사대상 선정 .....	5
제 III 장 지하수 개발 및 이용 현황 .....	15
1. 지하수 개발 현황 .....	15
2. 지하수 이용 현황 .....	17
제 IV 장 사설 농업용 관정의 지하수 이용 특성 .....	21
1. 조사기간의 강수량 분석 .....	21
2. 조사대상 관정의 지하수 이용량 분석 .....	25
3. 재배작물 유형과 지하수 이용 특성 .....	40
4. 원격검침에 의한 양수량 산정결과의 평가 .....	52
제 V 장 결 론 .....	65

## 표 차 례

<표 2-1> 조사대상 관정의 지역별 및 표고별 분포 .....	5
<표 2-2> 조사대상 관정의 작물재배 유형별 분포 .....	6
<표 2-3> 급수면적별 조사대상 관정의 분포 .....	7
<표 2-4> 조사대상(모니터링) 관정 현황 .....	10
<표 3-1> 제주도의 지하수 개발 현황(2003. 12. 현재) .....	15
<표 3-2> 지하수 관정 개발 주체별 현황 .....	16
<표 3-3> 유역별·용도별 지하수 이용 현황 .....	18
<표 3-4> 지역별·표고별 지하수 이용 현황 .....	19
<표 3-5> 지역별 단위면적 당 지하수 개발·이용 현황 .....	20
<표 4-1> 기상청 관할 기상대 및 기상관측소의 강우량 현황 .....	22
<표 4-2> 동부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량 .....	26
<표 4-3> 서부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량 .....	28
<표 4-4> 남부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량 .....	33
<표 4-5> 북부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량 .....	37
<표 4-6> 노지 감골원의 지하수 이용 특성 .....	41
<표 4-7> 시설하우스 시설의 지하수 이용 특성 .....	43
<표 4-8> 시설하우스 및 노지 감골원 겸용 관정의 지하수 이용 특성 .....	44
<표 4-9> 시설하우스 및 밭작물 겸용 관정의 지하수 이용 특성 .....	45
<표 4-10> 밭작물 전용 관정의 지하수 이용 특성 .....	46
<표 4-11> 재배작물 유형별 지하수 이용 특성 .....	47
<표 4-12> 원격검침 양수량과 계량기 검침 양수량과의 관계 .....	56
<표 4-13> 원격검침 시스템 설치 관정의 전력량과 양수량과의 상관관계 .....	59

## 그림 및 사진 차례

<그림 2-1> 지하수 이용량 원격검침 시스템 설치 관정 현황 .....	9
<그림 2-2> 지하수 이용량 원격검침 시스템 구성도 .....	14
<그림 4-1> 제주기상대의 강우량 현황 .....	23
<그림 4-2> 서귀포기상대의 강우량 현황 .....	23
<그림 4-3> 성산포기상관측소의 강우량 현황 .....	24
<그림 4-4> 고산기상관측소의 강우량 현황 .....	24
<그림 4-5> 동부지역 수산 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	27
<그림 4-6> 동부지역 가시 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	27
<그림 4-7> 서부지역 동일 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	30
<그림 4-8> 서부지역 영락 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	30
<그림 4-9> 동일 모니터링 관정의 지하수 이용량과 강우량과의 관계 .....	31
<그림 4-10> 영락 모니터링 관정의 지하수 이용량과 강우량과의 관계 .....	31
<그림 4-11> 서부지역 산양 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	32
<그림 4-12> 남부지역 의귀 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	34
<그림 4-13> 남부지역 위미 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	34
<그림 4-14> 남부지역 서호 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	35
<그림 4-15> 남부지역 하예 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	35
<그림 4-16> 북부지역 조천 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	39
<그림 4-17> 북부지역 봉개 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포 .....	39
<그림 4-18> 재배작물 유형별 지하수 관정 가동일수 .....	49
<그림 4-19> 재배작물 유형별 지하수 총 이용량 .....	49
<그림 4-20> 재배작물 유형별 일평균 지하수 이용량 .....	50
<그림 4-21> 재배작물 유형별 일최대 지하수 이용량 .....	50

<그림 4-22> 재배작물 유형별 단위면적 당 지하수 이용량 .....	51
<그림 4-23> 계량기 검침에 의한 양수량과 원격검침 양수량과의 관계 .....	57
<그림 4-24> 해발 50m 이하 관정의 양수량과 전력소비량과의 관계 .....	62
<그림 4-25> 해발 51~100m에 위치한 관정의 양수량과 전력소비량과의 관계 .....	63

<사진 2-1> 마늘밭에 관수하는 모습 .....	7
<사진 2-2> 남부지역 마늘밭의 전경 .....	8
<사진 2-3> 스프링쿨러를 통해 감귤원에 관수하는 모습 .....	8

# 제 I 장 연구의 개요

## 1. 연구의 배경

- 지하수 적정 개발량이 한정되어 있을 뿐 아니라, 용수를 지하수에 전적으로 의존하고 있는 제주도의 경우, 지하수를 효율적으로 이용하고 체계적으로 관리해 나가기 위해서는 지하수위·수질·이용량의 3가지 항목에 대한 장기적이고 지속적인 모니터링이 필요함.
- 지하수위 모니터링은 지하수의 수량적 변화에 대한 감시는 물론 지하수 함양 및 유동 시스템연구의 기초 자료로 이용되며,
- 지하수 수질자료는 지하수 이용의 안전성을 직접적으로 나타내 주는 척도가 될 뿐만 아니라, 지하수 환경의 변화에 대응한 수질관리 방향을 설정하는데 기본 자료가 됨.
- 또한, 지하수 이용량 모니터링은 전체적인 지하수 이용규모를 파악함은 물론 유역별 적정 개발량·지하수 개발량·이용량간의 상호관계에 대한 비교분석을 통해 지하수관리 목표를 설정하는데 없어서는 안될 중요한 기초 자료가 됨.
- 2003년 12월말 현재 제주도내에는 총 4,832공(조사·연구용 77공 제외)의 담수지하수 관정이 개발되어 있으며, 이들 관정을 통해 지하수를 취수할 수 있는 양수능력은 총 1,495천 $m^3$ /일(제주도광역수자원관리본부 내부자료).
- 즉, 2003년 12월 현재 지하수 적정 개발량(1,768천 $m^3$ /일)의 84.6%의 지하수가 개발되어 있으며,
- 이 중 54.5%인 815천 $m^3$ /일(3,176공)은 농축산업용이 차지하고 있음.
- 이와 같이, 제주도내에는 많은 지하수 관정이 개발되어 있기 때문에 전체 관정의 지하수 이용량을 1일 단위로 조사한다는 것은 현실적으로 불

가능함.

- 제주도에서는 지하수원수대금이 부과되는 생활용 및 공업용 관정에 대해서는 월 1회씩 계량기 검침을 통해 지하수 이용량을 파악하고 있으며,
  - 상수도용 관정은 일 단위로 작성하는 관정 가동일지를 기초로 지하수 이용량을 파악하고 있음.
  - 농축산업용 관정은 지하수 이용시기가 불연속적일 뿐만 아니라, 전체 관정의 65.7%(3,176공)에 이르기 때문에 1일 단위로 이용량 조사가 곤란하여 일정 기간 동안 대표 관정에 대한 월 단위 모니터링을 통해 지하수 이용량 규모를 파악하고 있음.
- 제주도에서는 지하수 이용량 통계자료의 중요성을 인식하고, 보다 과학적이고 체계적으로 지하수 이용량을 산정하기 위한 시스템을 구축하기 위해 “지하수 이용량 원격검침 시스템 구축사업계획”을 수립하고 2002년도부터 본격적으로 추진해 오고 있음.
- 이 계획에서는 용도별·지역별 대표성 있는 500개 관정을 선정하여 원격검침 시스템을 구축하는 것으로 되어 있으며,
  - 2003년 현재 사설 농업용 관정 44개소에 원격검침 시스템이 설치되어 운영되고 있음.
- 지하수 이용량 원격검침 시스템은 관정의 수중모터펌프 가동시간과 전력소비량을 무선통신망을 통해 일정 간격으로 관리자(제주도광역수자원관리본부)에게 수신이 가능하도록 해주는 최신의 IT기술로서,
- 현장조사에 따른 인력·시간·비용을 획기적으로 절감시켜 줄 뿐만 아니라,
  - 이 시스템이 설치된 관정의 지하수 이용량을 분·시간·일 단위로 파악이 가능하여 지하수 이용량, 이용시기, 전력사용량과 지하수 취수량과의 관계 등 다양한 분석을 할 수 있음.
  - 또한, 지하수 이용량 원격검침 시스템으로부터 취득되는 모니터링 자료



를 관정별 전력사용량과 연계시켜 분석할 때, 이 시스템이 설치되지 않은 관정의 지하수 이용량을 간접적으로 산정할 수 있다는 효과가 있음.

- 따라서, 원격검침 시스템으로부터 취득되고 있는 모니터링 자료를 활용하여 관정별 지하수 이용량을 비롯하여 이용특성을 분석하고, 양수량과 전력사용량과의 관계분석을 통해 농업용 관정의 지하수 양수량을 산정할 수 있는 방법을 연구·개발함으로써 자료의 검증과 향후 축적되는 모니터링 자료의 활용도를 높일 수 있음.
- 본 연구는 제주도광역수자원관리본부에서 설치·운영하고 있는 44개소의 지하수 이용량 원격검침 시스템 모니터링 자료를 활용하여 지하수 이용 특성 분석 및 산정된 양수량을 평가하기 위해 제주발전연구원과 제주도광역수자원관리본부의 공동연구로 실시한 결과임.

## 2. 연구의 목적

- 본 연구는 제주발전연구원과 제주도광역수자원관리본부 공동으로 지하수 이용량 원격검침 시스템의 모니터링 자료를 활용하여 다음과 같은 기초적인 분석을 실시하여 사설 농업용 관정의 지하수 이용특성을 파악함과 아울러, 산정된 양수량에 대한 평가를 실시하여 향후 연구의 방향을 제시하는데 목적이 있음.
- 재배작물 유형별 사설 농업용 관정의 지하수 이용량 파악
- 사설 농업용 관정의 지하수 이용특성 분석
- 모니터링 자료에 의해 산정된 양수량 평가

## 제 II 장 조사 및 연구방법

### 1. 주요 연구내용

- 본 연구는 2003년 1월부터 12월까지 제주발전연구원 및 제주도광역수자원관리본부 수자원연구실 연구진에 의해 공동으로 수행되었으며, 주요 연구내용은 다음과 같음.
  - 제주도광역수자원관리본부
    - 지하수 이용량 원격검침 시스템 설치 및 운영(45개소)
    - 지하수 이용량 모니터링 자료의 DB구축
    - 모니터링 자료의 분석
  - 제주발전연구원
    - 지하수 이용량 원격검침 시스템 설치 관정 소유주 면담조사
    - 시스템 설치관정의 재배작물 및 몽리면적 등 조사
    - 사설 농업용 관정의 전력사용량 조사 및 DB구축
    - 전력사용량 자료 분석
- 본 연구에서는 45개 원격검침 시스템 중 44개소에서 실시된 2002년 11월 14일부터 2003년 11월 30일까지의 모니터링 자료를 기초자료로 활용하여 다음과 같은 사항을 분석하였음.
  - 관정별 지하수 관정 가동 일수, 양수량, 양수에 따른 전력사용량
  - 관정별 지하수 이용시기, 일간 및 월간 이용량
  - 단위면적 당 지하수 이용량
  - 전력사용량과 양수량과의 상관관계 분석
- 또한, 지하수 이용량 원격검침 시스템이 설치된 관정 소유주와의 면담조사를 통해 재배작물 유형, 재배면적, 농약 및 관수방법 등을 파악하였음.

- 특히, 지하수 이용량 원격검침 시스템으로부터 얻어진 모니터링 자료를 기초로 산정된 양수량을 전력사용량, 계량기 검침에 의한 양수량 등과 비교분석을 통하여 평가하였음.

## 2. 조사대상 관정

- 지하수 이용량 원격검침 시스템은 지역별, 표고별, 작물재배 유형별 등을 고려하여 모두 45개소가 설치되어 있으나, 본 연구에서는 시스템 설치 후 용도전환이 이루어진 1개소를 제외한 44개소를 대상으로 조사·분석을 실시하였음(표 2-1 및 그림 2-1 참조).
- 조사대상 관정의 지역별·표고별 분포를 보면(표 2-1), 다음과 같음.
  - 지역별로는 동부지역 4개소, 서부지역 15개소, 남부지역 17개소, 북부지역 8개소로서 서부와 남부지역에 총 32개소(73%)가 분포하고 있는데, 이는 이 지역이 감귤원을 비롯하여 밭작물 및 시설원예 시설이 집중되어 있기 때문임.
  - 표고별 분포를 보면, 해발 50m 이하지역이 13개소, 51~100m 사이지역이 18개소, 101~150m 지역이 10개소이고, 해발 151m 이상지역에는 3개소가 분포하고 있어 대부분 해발 150m 이하의 해안 저지대지역에 분포하고 있음.

<표 2-1> 조사대상 관정의 지역별 및 표고별 분포

표고별	계	동부	서부	남부	북부
계	44	4	15	17	8
0~50	13	1	6	6	-
51~100	18	2	8	5	3
101~150	10	-	1	5	4
151~200	2	1	-	-	1
201~250	1	-	-	1	-

- 조사대상 관정은 모두 7가지의 작물 재배 유형으로 분류할 수 있는데, 그 분포는 <표 2-2>와 같음.
- 한라봉 및 청견 등을 재배하기 위해 설치된 시설하우스용 관정이 모두 13개소이고, 시설하우스와 노지감귤에 혼용하고 있는 관정이 12개소, 노지감귤 재배에만 사용하는 관정이 9개소임.
- 또한, 밭작물 재배용 관정이 4개소이고 시설하우스 및 밭작물, 노지감귤 및 밭작물용이 4개소이며, 화훼·양계 등 기타용이 2개소임.
- 지역별로 보면, 시설하우스용 관정은 남부지역에 9개소로 가장 많고, 시설하우스·노지감귤 겸용이 남부와 북부에 각각 6개소 및 5개소임.
- 또한 밭작물, 시설·밭작물, 노지·밭작물용 관정은 서부지역에 8개소로 가장 많음.

<표 2-2> 조사대상 관정의 작물재배 유형별 분포

재배작물	계	동부	서부	남부	북부
계	44	4	15	17	8
노지감귤	9	1	3	2	3
시설·노지	12		1	6	5
시설·밭작물	2		2		
노지·밭작물	2		2		
시설하우스	13	1	3	9	
밭작물	4		4		
기 타	2	2			

- 또한, 조사대상 관정을 통해 급수되는 농지면적에 따른 관정분포는 <표 2-3>과 같음.
- 급수면적이 1,000~7,000평 범위의 관정이 30개이고, 1,000평 이하가 4개소이며 7,000~10,000 범위의 관정도 10개소임.

- 지역별로 보면, 밭작물을 주로 재배하는 서부지역에 위치한 관정의 급수면적이 비교적 많은 반면, 시설하우스가 많은 남부지역은 급수면적이 비교적 작은 편임.

<표 2-3> 급수면적별 조사대상 관정의 분포

급수면적별	계	동부	서부	남부	북부
계	44	4	15	17	8
1,000 평이하	4			3	
1,001~3,000평	9	2		6	1
3,001~5,000평	11	2	6	4	
5,001~7,000평	10		5	3	2
7,001~10,000평	8		3	1	4
10,000평 이상	2		1		1



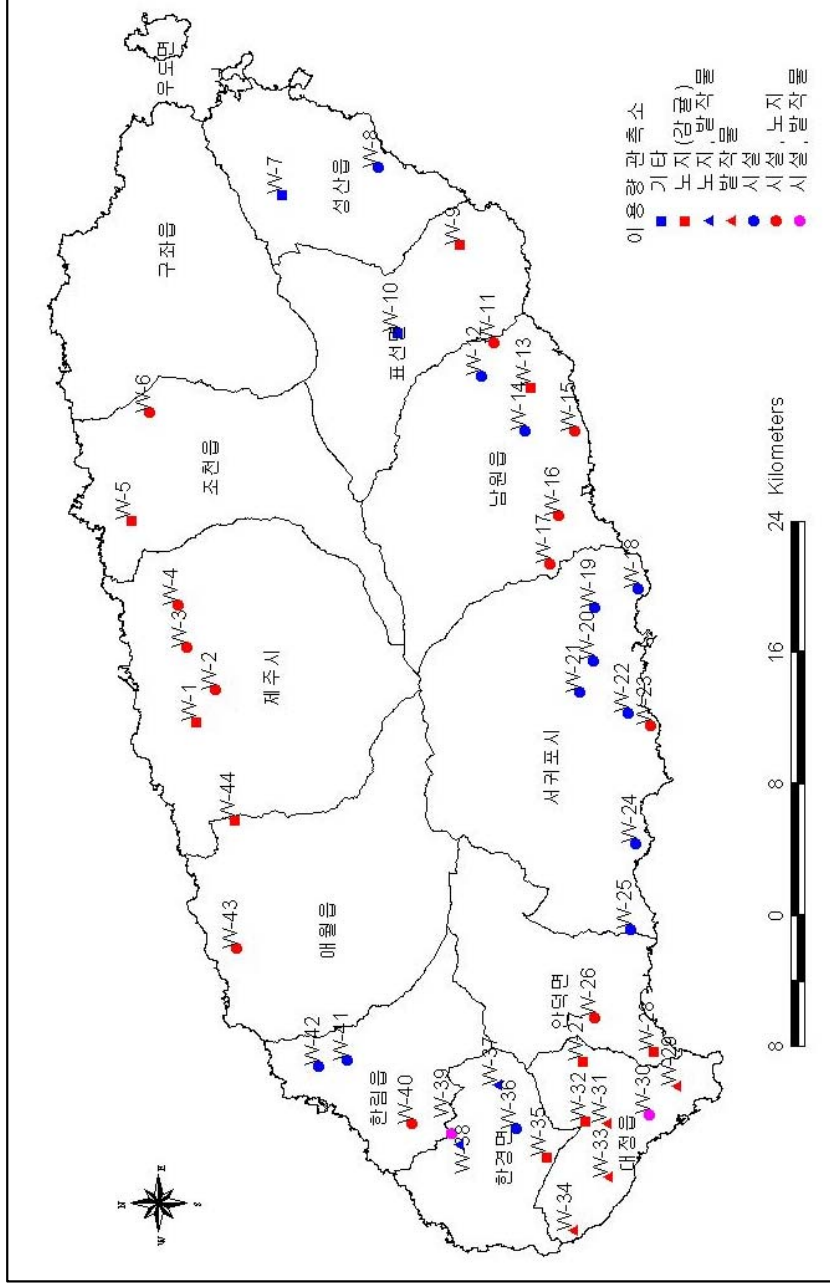
<사진 2-1> 마늘밭에 관수하는 모습



<사진 2-2> 남부지역 마늘밭의 전경



<사진 2-3> 스프링쿨러를 통해 감귤원에 관수하는 모습



<그림 2-1> 지하수 이용량 원격검침 시스템 설치 관정현황

<표 2-4> 조사대상(모니터링) 관정현황

지역	번호	관정명	위치 (읍,면,동)	표고 (m)	굴착심도 (m)	급수면적 (평)	작물 유형별	모니터링 기간
동부	W-07	수산	성산읍	94	105	1,500	기타	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-08	신산	성산읍	47	60	4,300	시설	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-09	표선	표선면	56	75	4,800	노지(감귤)	"
	W-10	가시	표선면	168	200	1,500	기타	02.11.14 ~ 03.11.30
서부	W-27	안성	대정읍	87	101	3,500	노지(감귤)	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-29	상모	대정읍	22	80	9,770	밭작물	"
	W-30	하모	대정읍	49	90	16,500	시설, 밭작물	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-31	동일	대정읍	38	90	5,000	밭작물	"
	W-32	신평	대정읍	57	90	4,000	노지(감귤)	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-33	영락	대정읍	19	70	5,000	밭작물	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-34	신도	대정읍	8	29	7,500	밭작물	"
	W-35	낙천	환경면	89	112	6,800	노지(감귤)	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-36	산양	환경면	81	140	4,870	시설	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-37	저지2	환경면	150	170	6,700	노지, 밭작물	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-38	조수	환경면	67	110	9,000	노지, 밭작물	"
W-39	저지1	환경면	66	122	5,200	시설, 밭작물	"	

※ 표상의 번호는 <그림 2-1>의 모니터링 관정의 번호와 동일함.



<표 2-4> 계속

지역	번호	관정명	위치 (읍,면,동)	표고 (m)	굴착심도 (m)	급수면적 (평)	작물 유형별	모니터링 기간
서부	W-40	금능	한림읍	70	130	5,900	시설, 노지	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-41	상대	한림읍	82	120	6,000	시설	"
	W-42	한림	한림읍	27	75	4,000	시설	03.06.25 ~ 03.11.30
남부	W-11	신흥	남원읍	80	106	3,800	시설, 노지	"
	W-12	수망	남원읍	115	130	3,400	시설	"
	W-13	의귀	남원읍	57	80	5,100	노지(감귤)	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-14	한남	남원읍	112	120	4,000	시설	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-15	남원	남원읍	32	55	2,000	시설, 노지	"
	W-16	위미	남원읍	87	102	5,500	시설, 노지	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-17	하례	남원읍	145	100	9,000	시설, 노지	"
	W-18	보목	보목동	27	53	800	시설	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-19	토평	토평동	94	86	3,400	시설	"
	W-20	서흥	서흥동	130	150	1,500	시설	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-21	호근	호근동	240	157	550	시설	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-22	서호	서호동	74	120	2,000	시설	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-23	법환	법환동	11	28	2,250	시설, 노지	03.06.25 ~ 03.11.30

※ 표상의 번호는 <그림 2-1>의 모니터링 관정의 번호와 동일함.

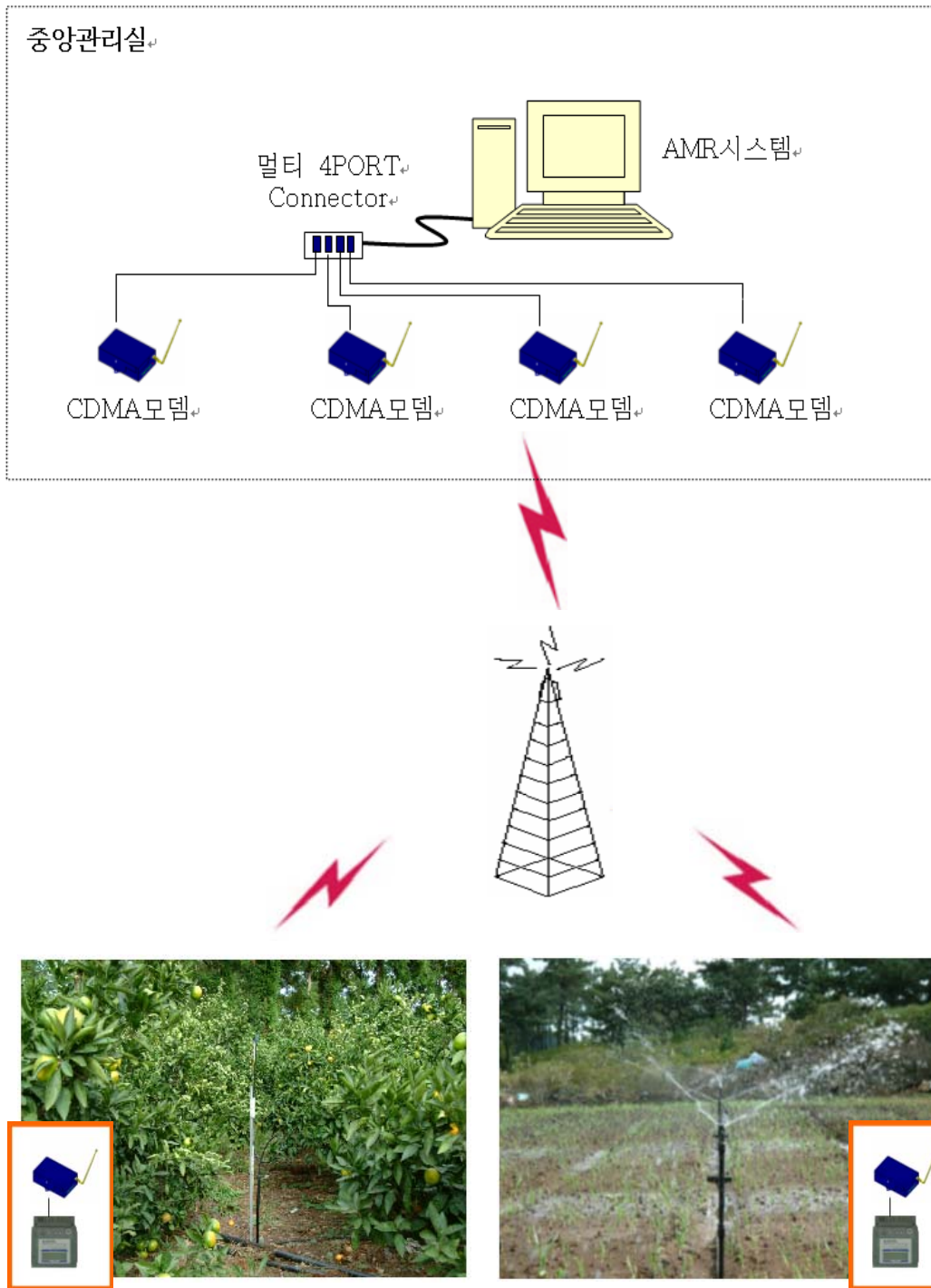
<표 2-4> 계속

지역	번호	관정명	위치 (읍,면,동)	표고 (m)	굴착심도 (m)	급수면적 (평)	작물 유형별	모니터링 기간
남부	W-24	대포	대포동	48	40	850	시설	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-25	하예	하예동	37	80	2,000	시설	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-26	덕수	안덕면	104	130	5,200	시설, 노지	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-28	사계1	안덕면	11	70	1,600	노지(감귤)	"
북부	W-01	오라	오라동	107	141	10,000	노지(감귤)	"
	W-02	오등	오등동	151	181	7,500	시설, 노지	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-03	화북	화북동	120	150	6,000	시설, 노지	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-04	봉개	봉개동	124	150	12,000	시설, 노지	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-05	조천	조천읍	52	91	2,270	노지(감귤)	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-06	선흘	조천읍	97	130	5,500	시설, 노지	03.06.25 ~ 03.11.30
	W-43	하가	애월읍	62	103	9,500	시설, 노지	02.11.14 ~ 03.11.30
	W-44	광령	애월읍	135	200	8,000	노지(감귤)	"

※ 표상의 번호는 <그림 2-1>의 모니터링 관정의 번호와 동일함.

### 3. 지하수 이용량 원격검침

- 지하수 이용량은 조사자가 직접 현장을 방문하여 유량계(계량기)를 검침하여 파악할 수 있으나 이 방법은 조사인력·시간·경비가 매우 과다하게 소요되기 때문에 비효율적임.
  - 또한, 유량계에 수중모터펌프의 압력이 과다하게 전달되는 경우에는 유량계가 파손되거나 고장이 발생하는 경우가 많으며,
  - 유량계의 공회전 문제는 지하수 이용량 산정에 오차를 발생하게 하는 요인으로 작용하고 있음.
- 그렇지만, 지하수 관리에 있어 지하수 이용량 자료는 대단히 중요하기 때문에 이용량을 경제적이고 합리적으로 파악할 수 있는 방법의 개발은 필수적임.
- 따라서, 제주도광역수자원관리본부에서는 지하수를 양수하기 위해 관정 내에 설치된 수중모터펌프의 가동에 따른 소비전력량과 가동시간을 CDMA 무선통신망을 통해 원격검침하는 시스템을 설치하기로 하고, 2002년부터 모니터링 구축사업을 추진해 오고 있음.
- 본 연구 대상 44개 사설 농업용 관정에 설치된 지하수 이용량 원격검침 시스템의 개념도는 <그림 2-2>와 같음.
  - 이 시스템의 기본원리는 지하수를 양수하는데 소비되는 수중모터펌프의 소비전력량과 가동시간을 분·시간·일 단위로 원격검침을 실시하고, 이 자료를 지하수 이용량으로 환산하는 것임.
  - 전력사용량 자료를 지하수 이용량으로 환산하기 위해 조사대상 관정별 분당 출수량에 대해 현장측정을 실하였으며, 수중모터펌프의 가동을 위해 전기 스위치를 켜고 난 후 지하수가 토출구를 통해 양수될 때까지 소비되는 전력량도 함께 측정하였음.
  - 원격검침 모니터링 자료를 지하수 이용량으로 산정하기 위해 관정별로 일자, 전력사용량(kwh), 관정 가동시간(분, 시간) 등을 DB로 구축하였음.



<그림 2-2> 지하수 이용량 원격검침 시스템 구성도

## 제Ⅲ장 지하수 개발 및 이용현황

### 1. 지하수 개발현황

- 2003년 12월 현재 도 전체적으로 개발된 지하수 관정(염지하수, 도서지역, 조사·연구용 제외)은 4,832공이며, 지하수 개발량은 1,495천 $m^3$ /일로서 적정 개발량 대비 84.6%에 이르고 있음.
- 시·군별 관정 개발실태를 보면, 남제주군 지역이 전체 관정의 40.4%인 1,954공이 개발되어 있고, 서귀포시 지역은 1,119공(23.2%), 제주시와 북제주군 지역은 각각 864공(17.9%)와 895공(18.5%)임.
  - 지하수 개발량은 남제주군 지역이 전체 개발량의 37.7%인 563천 $m^3$ /일로 가장 많고 북제주군 442천 $m^3$ /일(29.6%), 제주시 251천 $m^3$ /일(16.8%), 서귀포시 239천 $m^3$ /일(16.0%)임.

<표 3-1> 제주도의 지하수 개발현황(2003. 12 현재)

(단위 : 공, 천 $m^3$ /일)

구 분		합 계	생활용	농수축산	공업·기타
합 계	공수	4,832	1,461	3,176	195
	개발량	1,495	627	815	53
제 주 시	공수	864	697	127	40
	개발량	251	215	27	8
서귀포시	공수	1,119	302	807	10
	개발량	239	102	136	2
북제주군	공수	895	247	572	76
	개발량	442	165	258	20
남제주군	공수	1,954	215	1,670	69
	개발량	563	146	395	23

※ 염지하수(968공), 도서지역(5공) 및 연구·조사용(77공) 제외

- 용도별로 보면, 농축업용이 전체 관정의 65.7%인 3,176공을 차지하고 있으며, 생활용이 1,461공(30.2%), 공업 및 기타용이 195공(4.0%)임.
- 생활용은 제주시 지역이 697공으로 전체의 47.7%를 차지하고 있는 반면, 농축업용은 남제주군 지역이 1,670공으로 전체의 52.6%를 차지하고 있어 시·군별 지하수 이용 용도가 뚜렷하게 구분되고 있음.
- 용도별 지하수 개발량은 농축업용이 815천m<sup>3</sup>/일로 전체의 54.5%를 차지하고 있으며, 생활용은 627천m<sup>3</sup>/일(41.9%), 공업 및 기타용은 53천m<sup>3</sup>/일(3.5%)임.
- 생활용 지하수 개발량은 제주시 지역이 215천m<sup>3</sup>/일(34.3%)로 가장 많은 반면, 농축업용은 남제주군 지역이 395천m<sup>3</sup>/일(48.5%)로 농축업용 지하수 개발량의 절반을 차지하고 있음.

<표 3-2> 지하수 관정 개발 주체별 현황

(단위 : 공, 천m<sup>3</sup>/일)

구 분		합 계	생활용	농수축산	공업기타
합 계	공수	4,832	1,461	3,176	195
	개발량	1,495	627	815	53
공 공	공수	978	397	577	4
	개발량	834	393	438	3
사 설	공수	3,859	1,068	2,599	192
	개발량	661	234	377	50

※ 염지하수(968공), 도서지역(5공) 및 조사·연구용(77공) 제외

- 개발 주체별로 보면, 공공용 관정이 전체의 20.2%인 978공인 반면, 사설 관정은 3,859공으로 79.9%를 차지하고 있어 사설관정이 주를 이루고 있음.
- 공공용 관정의 개발량은 전체 지하수 개발량의 55.8%인 834천m<sup>3</sup>/일로서 관정 당 평균 개발량은 850m<sup>3</sup>/일이며, 사설관정 전체 개발량은 661

천<sup>3</sup>/일(44.2%)이고 공 당 평균 개발량이 170<sup>3</sup>/일에 불과해 사설관정 대부분이 소용량 관정임.

- 공공용 관정은 생활용과 농축업용이 대부분을 차지하고 있는 반면, 사설 관정은 농축업용이 전체의 53.8%를 차지하고 있음.

## 2. 지하수 이용 현황

- 지하수 이용현황은 2002년 12월말 현재 기준으로 4,891공이며, 지하수 개발량은 1,488천<sup>3</sup>/일로서 적정 개발량 대비 84.2%에 이르고 있음.
- 용도별 지하수 이용현황을 보면, 농업용이 3,166공(65%), 생활용 1,492공(31%), 공업용·기타 233공(4.8%)임.
  - 지하수 이용량을 보면 생활용이 1일 최대 587천<sup>3</sup>으로 가장 많은 양을 이용하고 있으며, 농업용은 1일 최대 557천<sup>3</sup>을 이용하고 있음.
  - 생활용수의 지하수 이용현황을 보면 숙박업 관정이 287공(19%)공으로 가장 많으며, 시군 상수도용 관정이 227공(15.2%), 목욕장과 공동주택 용이 각각 167공(11.2%), 116공(7.8%) 순임.
  - 생활용수의 일평균 이용량은 시군 상수도용 관정에서 1일 약 115천<sup>3</sup>으로 가장 많은 양의 지하수를 사용하고 있으며, 다음은 광역상수도 관정에서 1일 약 25천<sup>3</sup>을 사용하고 있음.
- 유역별 지하수 이용현황을 보면(표 3-3), 남부유역이 전체 관정의 40.4%인 1,959공으로 가장 많은 관정이 개발되어 있으며, 동부유역이 477공(9.8%)으로 가장 적게 개발되어 있음.
  - 지하수 이용량을 보면 남부지역이 1일 최대 약 410천<sup>3</sup>으로 가장 많은 지하수를 사용하고 있으며, 동부유역이 1일 최대 약 145천<sup>3</sup>으로 가장 적은 양을 사용하고 있음.

- 유역별·표고별 지하수 이용현황을 보면(표 3-4), 표고 200m 이하의 저지대에 개발된 지하수가 4,599공(94%)을 차지하고 있어 거의 대부분의 지하수가 표고 200m 이하 저지대에 분포하고 있으며, 200~600m의 중산간지역은 292공(6.0%), 표고 600m 이상 고지대에 개발된 지하수 관정은 없음.

<표 3-3> 유역별·용도별 지하수 이용현황

(단위 : 공, m<sup>3</sup>/일)

구 분		총 계	북부지역	남부지역	동부지역	서부지역
총 계	개소수	4,891	1,273	1,959	477	1,182
	개발량	1,488,858	443,517	465,315	197,330	382,696
	일최대이용량	1,242,254	377,617	409,741	144,646	310,250
	일평균이용량	315,395	127,464	92,767	42,512	52,652
생활용	개소수	1,492	828	382	125	157
	개발량	634,864	303,523	180,397	87,182	63,762
	일최대이용량	576,921	264,940	183,640	64,799	63,542
	일평균이용량	220,691	101,546	69,548	28,211	21,386
공업용	개소수	193	79	29	40	45
	개발량	49,490	17,148	6,576	15,237	10,529
	일최대이용량	104,378	33,006	12,718	29,089	29,565
	일평균이용량	11,527	4,115	1,816	2,626	2,970
농업용	개소수	3,166	355	1,540	291	980
	개발량	800,565	122,846	278,342	90,972	308,405
	일최대이용량	556,677	79,460	213,383	46,691	217,143
	일평균이용량	81,495	21,748	21,403	10,048	28,296
기 타	개소수	40	11	8	21	-
	개발량	3,939	-	-	3,939	-
	일최대이용량	4,278	211	-	4,067	-
	일평균이용량	1,683	57	-	1,626	-



<표 3-4> 지역별·표고별 지하수 이용현황

(단위 : 공, 천m<sup>3</sup>/일)

구 분		총 계	북부지역	남부지역	동부지역	서부지역
총 계	개소수	4,891	1,273	1,959	477	1,182
	개발량	1,488,858	443,517	465,315	197,330	382,696
	일최대이용량	1,242,254	377,617	409,741	144,646	310,250
	일평균이용량	315,395	127,464	92,767	42,512	52,652
100m이하	개소수	3,938	1,019	1,555	374	990
	개발량	1,110,661	329,493	330,074	154,315	296,779
	일최대이용량	930,373	267,376	297,668	113,025	252,304
	일평균이용량	196,771	75,401	54,115	31,080	36,175
100~200m	개소수	661	160	276	68	157
	개발량	248,503	66,015	86,364	30,621	65,503
	일최대이용량	182,673	66,355	58,959	22,374	34,985
	일평균이용량	69,023	30,649	21,056	7,795	9,523
200~400m	개소수	241	85	110	22	24
	개발량	105,250	43,651	39,524	7,273	14,802
	일최대이용량	94,219	39,529	37,732	5,925	11,033
	일평균이용량	38,122	20,044	13,154	1,879	3,045
400~600m	개소수	51	9	18	13	11
	개발량	24,444	4,358	9,353	5,121	5,612
	일최대이용량	34,989	4,358	15,382	3,321	11,928
	일평균이용량	11,480	1,390	4,443	1,757	3,910

○ 제주도의 지하수 개발·이용현황을 면적으로 나누어 지하수 관정밀도와 단위면적 당 이용량을 살펴보면 다음과 같음(표 3-5).

- 1km<sup>2</sup>당 평균 3.09공의 지하수가 개발되어 있으며, 1일 평균 199.3m<sup>3</sup>의 지하수를 사용함.
- 지역별 단위면적 당 지하수 개발·이용현황을 보면, 중제주가 1km<sup>2</sup> 당 9.43공의 지하수가 개발되어 1일 평균 772.2m<sup>3</sup>의 지하수를 사용하고 있음.

- 구좌의 경우를 보면, 지하수 관정밀도는 0.64공/km<sup>2</sup>, 단위면적 당 이용량은 61.1m<sup>3</sup>/일/km<sup>2</sup>로 지하수 개발·이용이 가장 적음.

<표 3-5> 지역별 단위면적 당 지하수 개발·이용현황

구 분	면 적 (km <sup>2</sup> )	지하수 개발·이용현황		지하수 관정밀도 (공/km <sup>2</sup> )	단위면적 당 이용량 (m <sup>3</sup> /일/km <sup>2</sup> )
		개소수(공)	이용량(m <sup>3</sup> /일)		
계	1,582.3	4,891	315,395	3.09	199.3
북부지역	377.3	1,273	127,464	3.37	337.8
애 월	79.6	162	22,776	2.04	286.1
동제주	56.5	152	20,964	2.69	371.0
중제주	67.1	633	51,816	9.43	772.2
서제주	48.0	72	10,486	1.50	218.5
조 천	126.1	254	21,423	2.01	169.9
남부지역	369.7	1,959	92,767	5.30	250.9
남 원	119.0	645	34,678	5.42	291.4
동서귀	66.4	526	15,057	7.92	226.5
중서귀	71.3	522	16,554	7.32	232.2
서서귀	61.9	204	17,242	3.30	278.5
안 덕	51.1	62	9,235	1.21	180.7
동부지역	474.2	477	42,512	1.01	89.7
구 좌	172.5	110	10,533	0.64	61.1
성 산	114.9	119	14,143	1.04	123.1
표 선	186.8	248	17,835	1.33	95.5
서부지역	361.1	1,182	52,652	3.27	145.8
대 정	130.8	772	19,366	5.90	148.1
한 경	102.8	230	13,623	2.24	132.5
한 립	127.5	180	19,663	1.41	154.2

## 제Ⅳ장 사설 농업용 관정의 지하수 이용특성

### 1. 조사기간의 강우량 분석

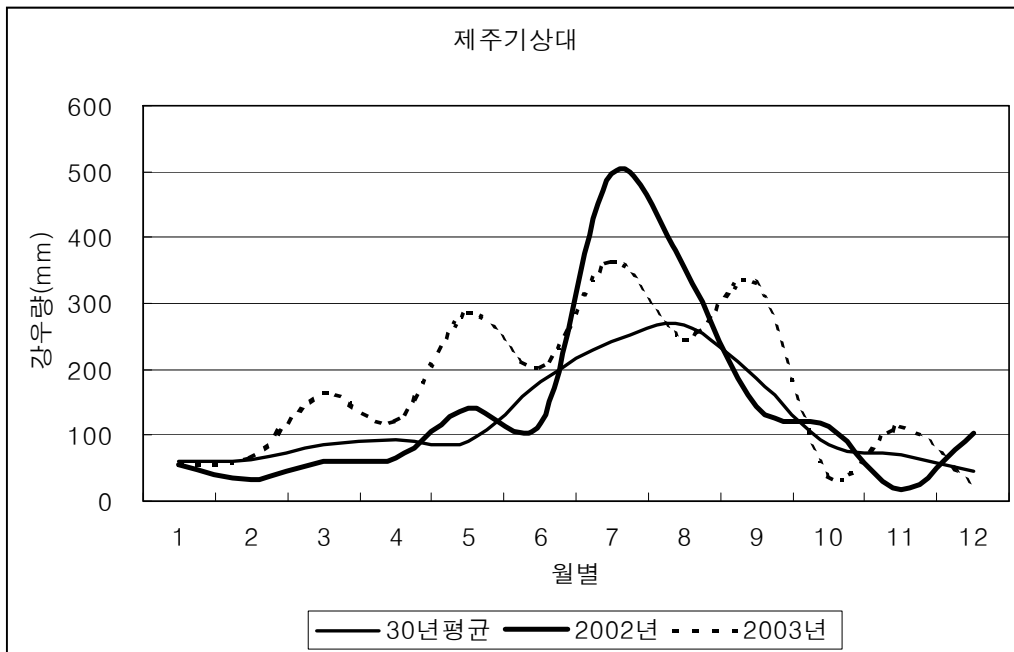
- 농업용수의 이용은 강우량과 직접적인 관계를 갖고 있기 때문에 조사기간 동안의 강우량 분석을 실시하였음.
- 강우량은 기상청 관할의 제주·서귀포기상대 및 성산포·고산기상관측소의 관측자료를 이용하였음.
  - 30년 평균 강우량 분석
    - 제주·서귀포기상대 : 1973~2002년(30년간)
    - 성산포 기상관측소 : 1973~2002년(30년간)
    - 고산 기상관측소 : 1988~2002년(15년간)
  - 또한, 상기 4개 관측소의 2003년 일별 및 월별 강우량 자료를 수집·정리하여 분석하였음.
- 상기 4개 관측소의 2003년 강우량은(표 4-1), 4개 지점 모두 30년 및 15년 평균 강우량보다 훨씬 많은 양을 나타냈음.
  - 제주기상대의 경우, 2003년 강우량이 30년 평균치보다 530.7mm나 많았을 뿐 아니라, 성산포 기상관측소는 711mm나 많았음.
  - 또한, 서귀포기상대도 2003년 강우량이 30년 평균치보다 424mm가 많았으며, 제주도내에서 강우량이 가장 적은 고산 기상관측소도 399.5mm나 많았음.
- 월별 강우량 분포를 보면(그림 4-1~그림 4-4), 대체로 4월에서 9월에 이르는 기간에 강우량이 집중되고 있는데, 이러한 현상은 서귀포기상대와 성산포기상관측소에서 가장 두드러지게 나타나고 있으며, 제주시기상대와 고산기상관측소는 비교적 약한 편임.

- 특히, 계절적으로 볼 때 9월과 10월에 마늘 및 감자 등 밭작물 재배에 많은 량의 농업용수가 이용되는데, 2003년도의 경우 9월에는 비교적 강우량이 많았지만 10월에는 30~50mm수준이었음.

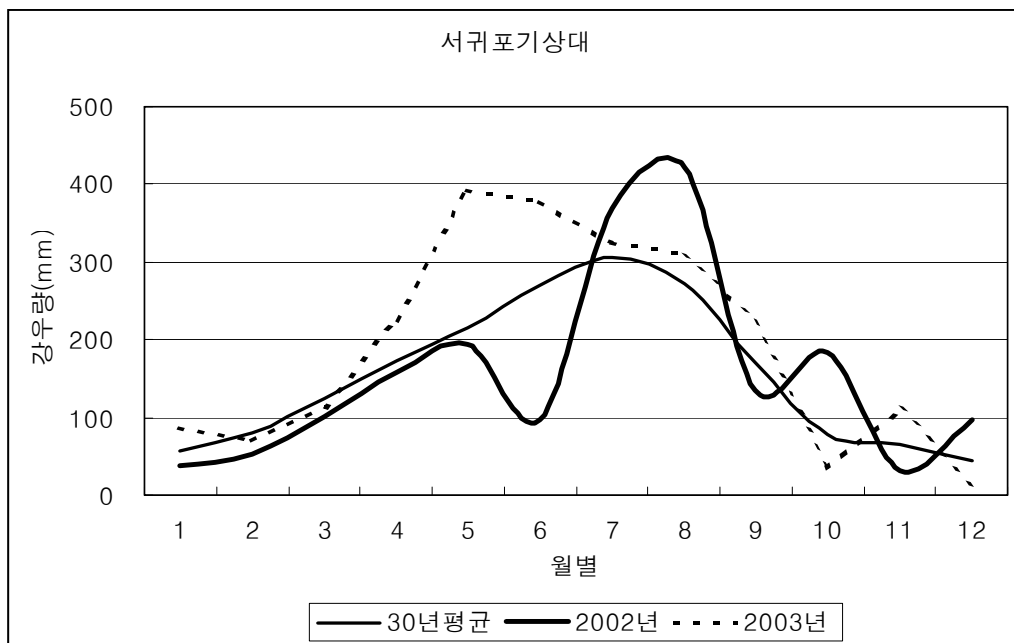
<표 4-1> 기상청 관할 기상대 및 기상관측소의 강우량 현황

(단위 : mm)

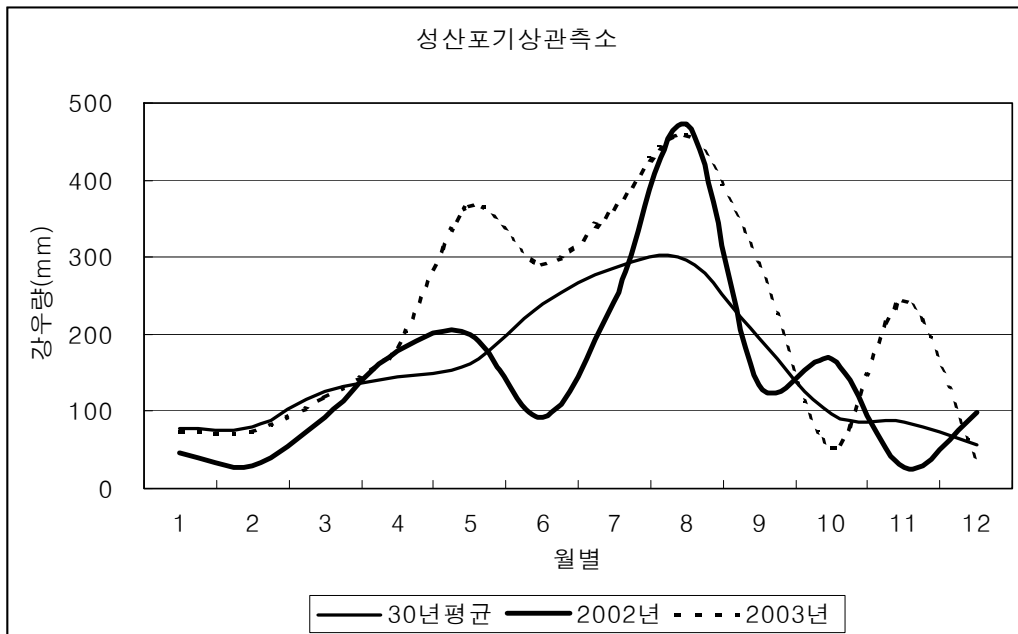
지역별	구 분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
제 주	30년 평균	60.7	63.1	84.8	92.5	89.9	181.9	241.8	267.9	186.2	85.3	69.5	44.9	1468.5
	2002년	56.6	33.8	59.4	65.1	141.6	118.6	495.7	356.5	143.9	112.3	18.2	102.4	1704.1
	2003년	55.9	64.4	164.0	120.9	284.3	201.9	362.2	245.1	330.4	37.6	112.5	20.0	1999.2
서귀포	30년 평균	56.6	79.8	124.8	173.1	215.9	269.1	306.2	271.5	170.2	78.1	65.7	45.2	1856.2
	2002년	38.2	52.3	101.1	157.5	194.5	97.1	369.3	421.0	134.6	182.8	31.1	97.7	1877.2
	2003년	86.4	69.5	113.2	225.0	392.0	377.0	325.8	310.6	223.3	36.0	109.5	11.8	2280.1
성산포	30년 평균	76.7	79.0	125.5	144.6	161.9	238.9	284.9	295.6	194.9	95.8	85.2	56.5	1839.5
	2002년	46.5	28.5	91.5	179.0	200.0	92.0	242.5	472.5	135.0	167.5	27.5	99.0	1781.5
	2003년	74.5	73.0	118.5	185.0	365.0	290.0	363.5	459.0	292.5	51.5	244.5	33.5	2550.5
고 산	15년 평균	46.6	42.6	77.4	81.3	111.5	135.1	167.5	204.3	119.7	33.8	56.3	27.4	1103.5
	2002년	28.8	49.4	61.1	70.6	96.1	52.1	273.7	308.7	111.0	76.6	30.3	67.4	1225.8
	2003년	37.3	42.0	73.2	133.1	249.1	253.3	265.8	244.2	79.6	32.5	80.6	12.3	1503.0



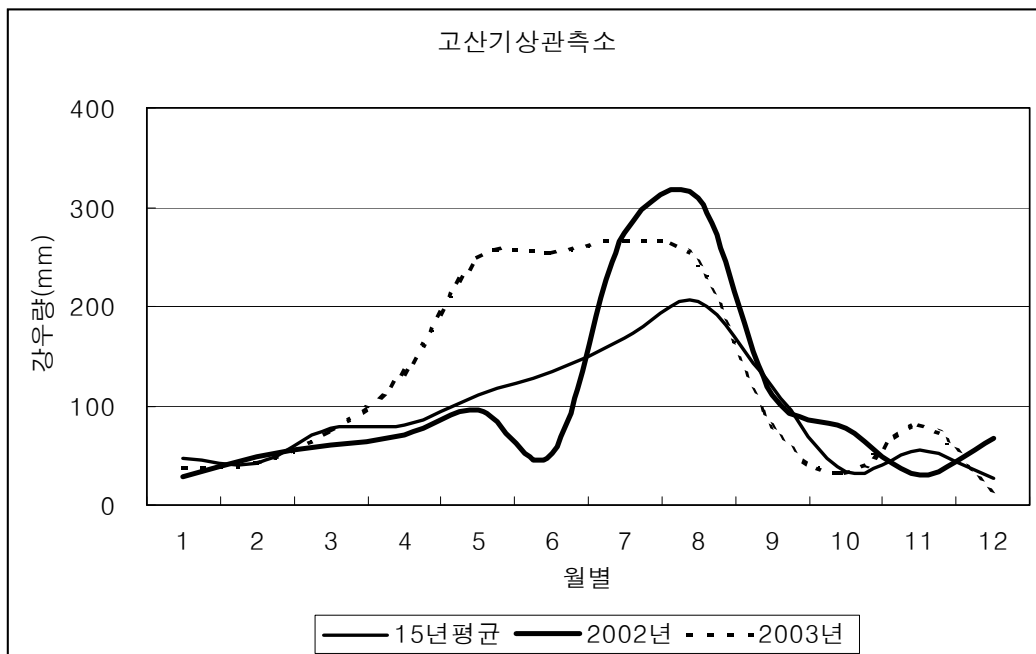
<그림 4-1> 제주기상대의 강우량 현황



<그림 4-2> 서귀포기상대의 강우량 현황



<그림 4-3> 성산포기상관측소의 강우량 현황



<그림 4-4> 고산기상관측소의 강우량 현황

## 2. 조사대상 관정의 지하수 이용량 분석

- 농작물을 포함한 식물의 성장(growth)과 발육(development)에는 적당한 수분을 필요로 하며, 식물의 체내에 있어서 물질운송(양분, 호르몬, 생성물 등)은 물을 매개로 혹은 그의 이동에 수반하여 이루어지고 있음.
- 농업용수는 작물의 성장과 발육에 필요한 물질을 운송하는 매개의 역할 뿐만 아니라, 수분 부족에 따른 생육억제 또는 생육정지 피해를 방지해주는 역할을 함.
- 또한, 농업용수는 작물의 병충해를 방제하기 위한 농약살포와 농산물 세척 등을 위해서도 사용되고 있음.
- 우리나라 지하수법에서는 농·어업용수를 농작물의 재배·경작, 어패류 양식의 목적으로 이용하는 물로 정의하고 있는데, 농업용수만을 지칭한다면 농작물의 재배·경작 목적에 이용하는 물이라 할 수 있음.
- 육지부와는 달리 제주도 지역의 경우, 농경지의 대부분이 전(田)으로 이루어져 있어 감귤 및 기타 과실류, 채소류, 감자, 곡류, 시설원예 중심의 농업이 이루어지고 있기 때문에 농업용수의 대부분이 전작을 대상으로 이용되고 있는 실정임.
- 따라서, 도 전체적인 농업용수 이용량은 강우량과 밀접한 관계가 있으며, 작부체계에 따른 특정시기에 용수이용이 집중되는 특징을 지니고 있음.
- 본 연구에서는 지하수 이용량 원격검침 시스템이 설치된 사설 농업용 관정 44개소 중 모니터링 기간이 1년 이상 되는 20개소를 대상으로 연간 농업용수 이용 일수를 비롯하여 이용량 및 단위 면적 당 이용량 등을 분석하였으며, 지역별로 보면 다음과 같음.

## 2-1. 동부지역

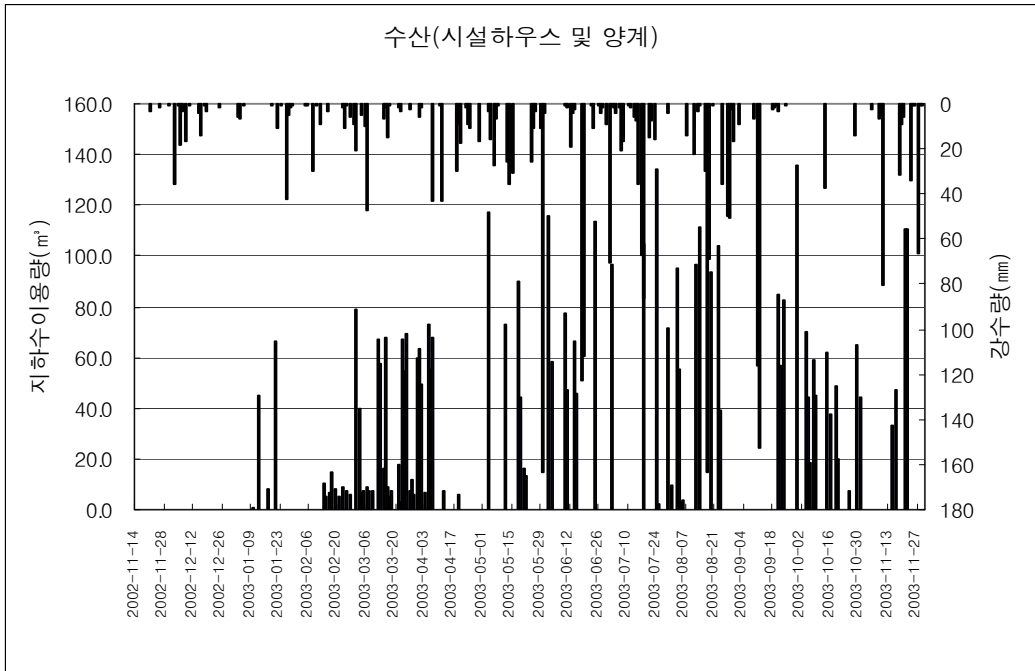
- 동부지역에서는 수산과 가시리에 위치한 사설 농업용 관정을 대상으로 지하수 이용량 조사를 실시하였음.
  - 수산관정은 시설하우스와 양계장에 이용하고 있고, 가시관정은 조경에 지하수를 이용하고 있으며, 면적은 각각 1,500평임.
- 수산관정의 1년간 지하수 관정 가동 일수는 91일이었고, 총 이용량은 4,283m<sup>3</sup>이었으며 일평균 및 최대 이용량은 각각 47.1m<sup>3</sup>과 135m<sup>3</sup>임
  - 이 관정에서의 지하수 이용량 분포를 보면(그림 4-5 참조), 2월부터 11월까지 지속되고 있으나
  - 3월 하순~4월 초순에는 집중적으로 관정을 가동하고 있고, 5월 중순에서 11월 하순까지는 일정한 주기없이 간헐적으로 지하수를 이용하고 있음.

<표 4-2> 동부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량

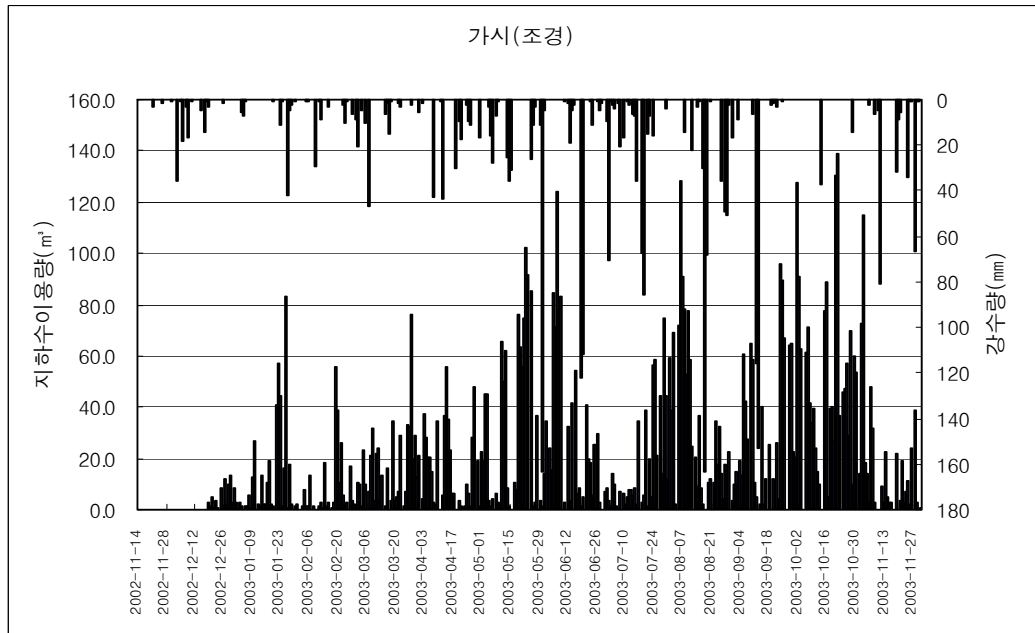
관정명	급수면적 (평)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d/ha)
수 산	1,500	91	4,283	47.1	135	-
가 시	1,500	312	7,920.2	25.4	138.7	7.69

- 가시관정의 경우, 연간 지하수 관정 가동 일수는 312일로서 금번 조사대상 관정 중 최대를 나타냈으며
  - 총 지하수 이용량은 7,920m<sup>3</sup>이고 일평균 이용량은 25.4m<sup>3</sup>이며, 일최대 이용량은 138.7m<sup>3</sup>임.
  - 지하수 이용량 분포를 보면(그림 4-6 참조), 12월부터 다음해 11월까지 꾸준히 이어지고 있으나 5~6월, 7월말~8월말, 9월 중순~11월 중순에 집중되고 있음.





<그림 4-5> 동부지역 수산 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포



<그림 4-6> 동부지역 가시 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포

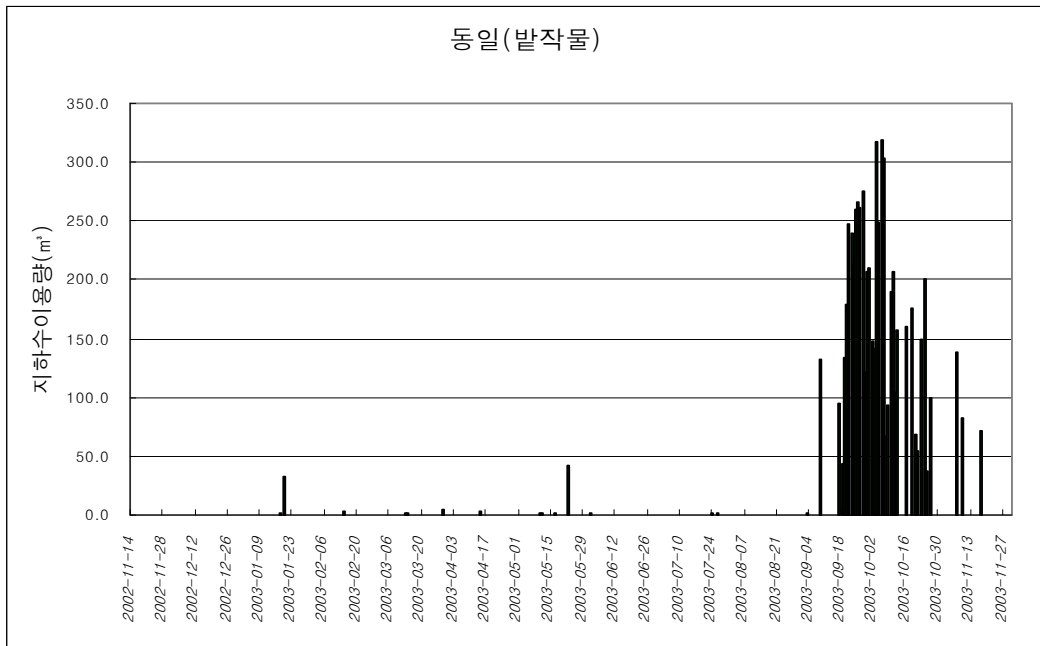
## 2-2. 서부지역

- 서부지역에서는 하모를 비롯한 7개 사설 농업용 관정을 대상으로 지하수 이용량 조사를 실시하였는데, 이들 관정의 관수면적은 최대 16,500평에서 최소 4,870평임.
- 1년간 지하수 관정 가동 일수를 보면, 최대 207일 · 최소 31일이었으며, 1년간 지하수 총 이용량은 최대 23,479m<sup>3</sup>이고, 최소 1,227m<sup>3</sup>으로 조사대상 관정 간에 큰 차이를 나타내었음.
  - 또한, 일평균 이용량은 128m<sup>3</sup>에서 40m<sup>3</sup> 범위이고, 일최대 이용량은 576 m<sup>3</sup>에서 122m<sup>3</sup>의 범위로서 역시 편차가 크게 나타났음.
- 단위면적(ha) 당 일평균 지하수 이용량은 77.5~16m<sup>3</sup>/ha 범위로 앞으로 서술할 북부지역보다는 많은 편임.
  - 이처럼 단위면적 당 지하수 이용량이 많은 것은 조사대상 관정이 노지 감귤원이 아닌 밭작물과 시설하우스 관수용으로 이용하고 있는 데서 비롯되고 있음.

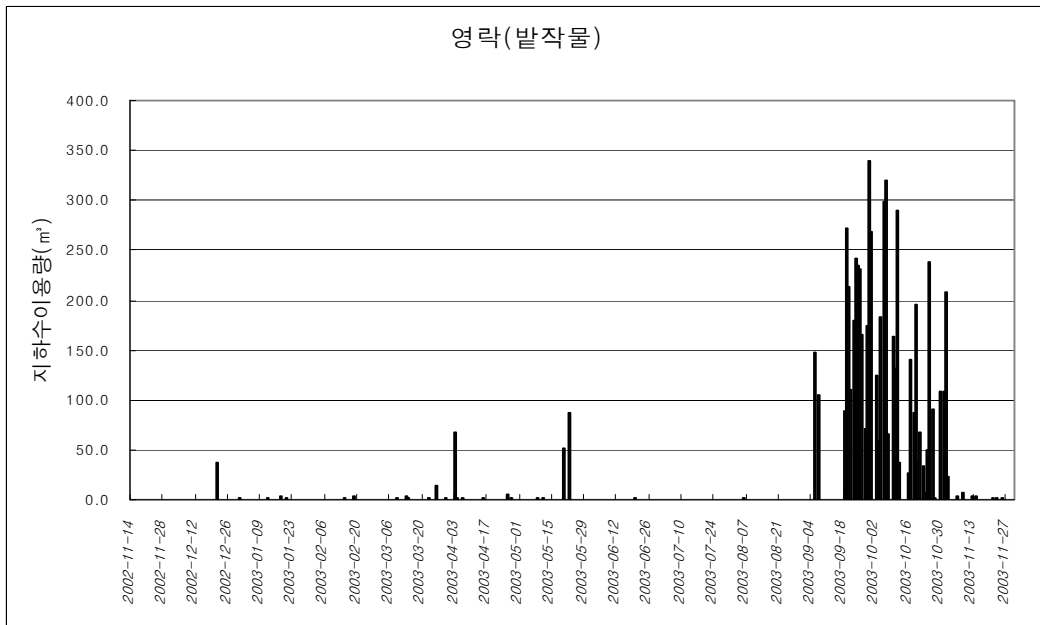
<표 4-3> 서부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량

관정명	급수면적 (평)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
하 모	16,500	207	23,478.8	113.4	576.0	20.83
동 일	5,000	51	6,519.7	127.8	318.7	77.48
영 락	5,000	69	6,270.1	90.9	339.3	55.07
신 도	7,500	31	1,227.0	39.6	174.5	15.99
산 양	4,870	179	15,136.5	84.6	298.1	52.62
급 능	5,900	66	3,481.9	52.8	122.4	27.10
상 대	6,000	59	5,297.9	89.8	193.4	45.35

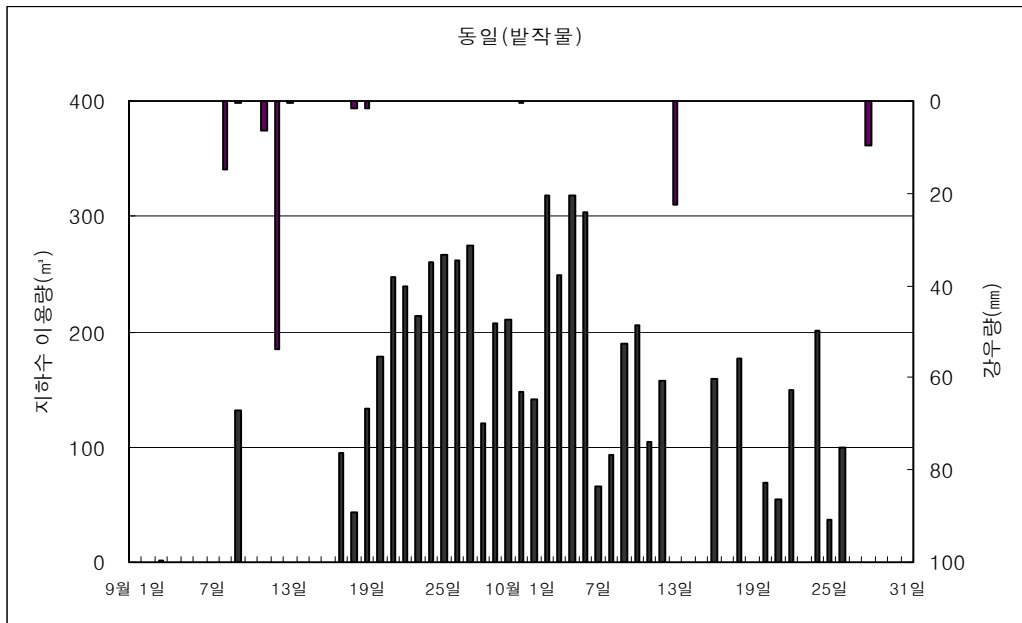
- 조사대상 관정 중 밭작물 재배에만 지하수를 이용하고 있는 동일·영락
  - 신도 모니터링 관정과 시설하우스(한라봉 재배) 관수용으로 이용하고 있는 산양 모니터링 관정의 월별 지하수 이용량 분포를 분석하였음.
- 동일·영락 모니터링 관정의 지하수 이용 시기는 9월 초순부터 11월 중순까지 집중되고 있음을 알 수 있음(그림 4-7과 그림 4-8 참조).
  - 이들 관정의 농경지에는 마늘을 주로 재배하고 있는데, 마늘은 8~9월에 파종하고, 9월~10월에 발아가 이루어지기 때문에 파종된 마늘이 원활한 발아를 위해 이 시기에 농업용수를 집중적으로 이용하고 있음.
  - 특히, 9월~11월까지 기간은 대체로 강우량이 적거나 가뭄현상이 빈번하게 발생하는 시기로서 농업용수 이용량이 많은데, 2003년의 경우 이 기간 동안에 내린 강우량은 192.7mm에 불과하였기 때문에 지하수 이용량이 많은 것임.
  - 이들 2개 관정의 2003년 9월~10월까지 2개월간 지하수 이용량과 강우량과의 관계를 분석한 결과(그림 4-9와 그림 4-10 참조), 약 5mm 이상의 비가 내린 경우에는 지하수 관정을 가동하지 않고 있으며, 강우량이 20mm 이상 되는 경우에는 약 5일 정도는 관수를 하지 않고 있는 것으로 파악되었음.
- 산양 모니터링 관정은 한라봉(시설, 비가림)을 재배하는 하우스시설에 이용하고 있는데, 1회 관수시 보통 2~3시간씩 관정을 가동하고 있음.
  - 이 관정에서는 꾸준하게 지하수 관정을 가동하고 있는데(그림 4-11 참조), 연간 가동 일수는 179일로 조사되었으며, 총 지하수 이용량은 15,136㎥이었음.
  - 특히 3월과 5월에 지하수를 집중적으로 이용하고 있으며, 그 외의 시기에는 몇 일 간격으로 관수하고 있으나 관수 주기는 일정하지 않으며, 6월~7월 및 10월말~11월 사이에 상대적으로 지하수 이용량이 적은 편임.



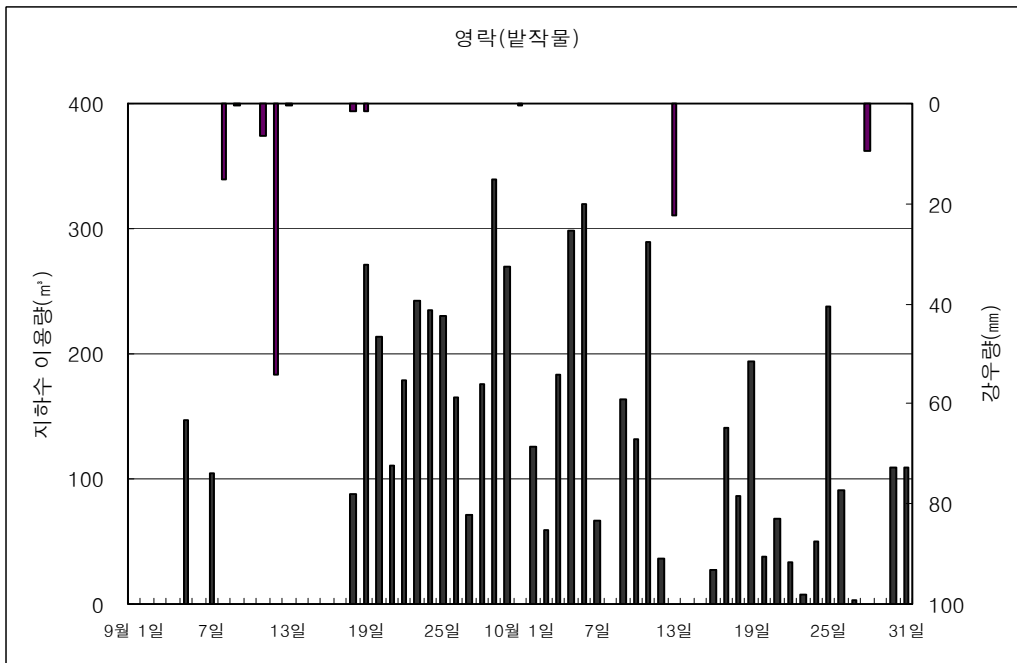
<그림 4-7> 서부지역 동일 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포



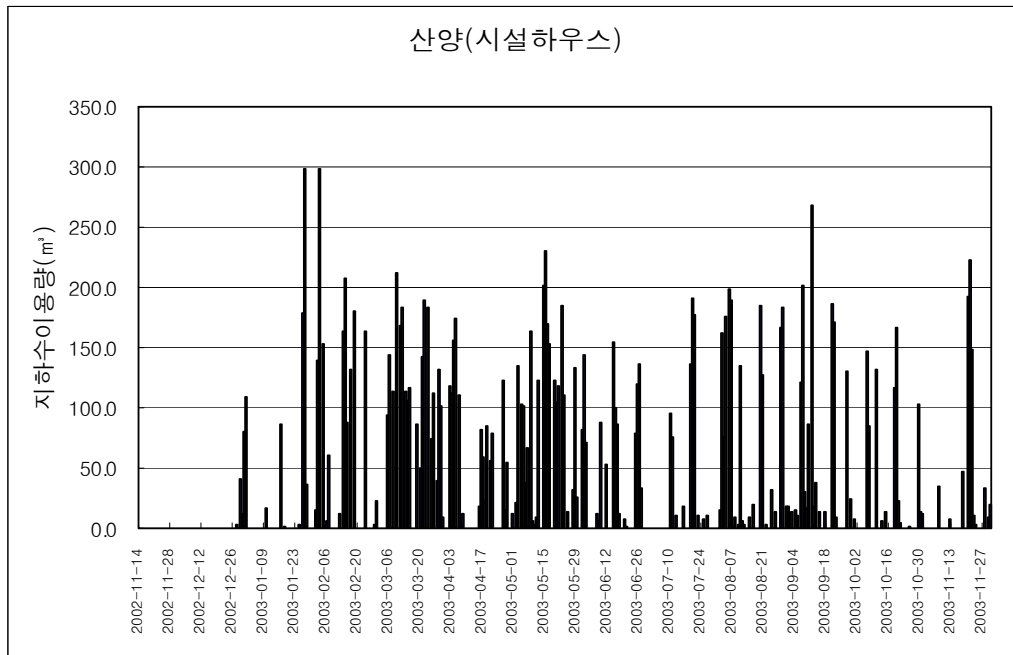
<그림 4-8> 서부지역 영락 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포



<그림 4-9> 동일 모니터링 관정의 지하수 이용량과 강우량과의 관계



<그림 4-10> 영락 모니터링 관정의 지하수 이용량과 강우량과의 관계



<그림 4-11> 서부지역 산양 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포

### 2-3. 남부지역

- 남부지역에서는 의귀를 비롯한 6개 사설 농업용 관정을 대상으로 지하수 이용량 조사를 실시하였는데, 이들 관정의 관수면적은 최대 9,000평에서 최소 1,500평임.

  - 이들 관정 중 의귀·위미·하례는 노지감귤 또는 시설하우스와 노지감귤 겸용에 지하수를 이용하고 있고,
  - 서흥·서호·하예는 시설하우스에 이용하고 있음.

- 1년간 지하수 관정 가동 일수를 보면, 최대 147일·최소 7일이었으며, 1년간 지하수 총 이용량은 최대 5,966m³이고, 최소 18.4m³으로 조사대상 관정 간에 큰 차이가 큰 편임.

  - 또한, 일평균 이용량은 71.1m³에서 2.6m³ 범위이고, 일최대 이용량은

289.5m<sup>3</sup>에서 3.2m<sup>3</sup>의 범위로서 역시 편차가 크게 나타났음.

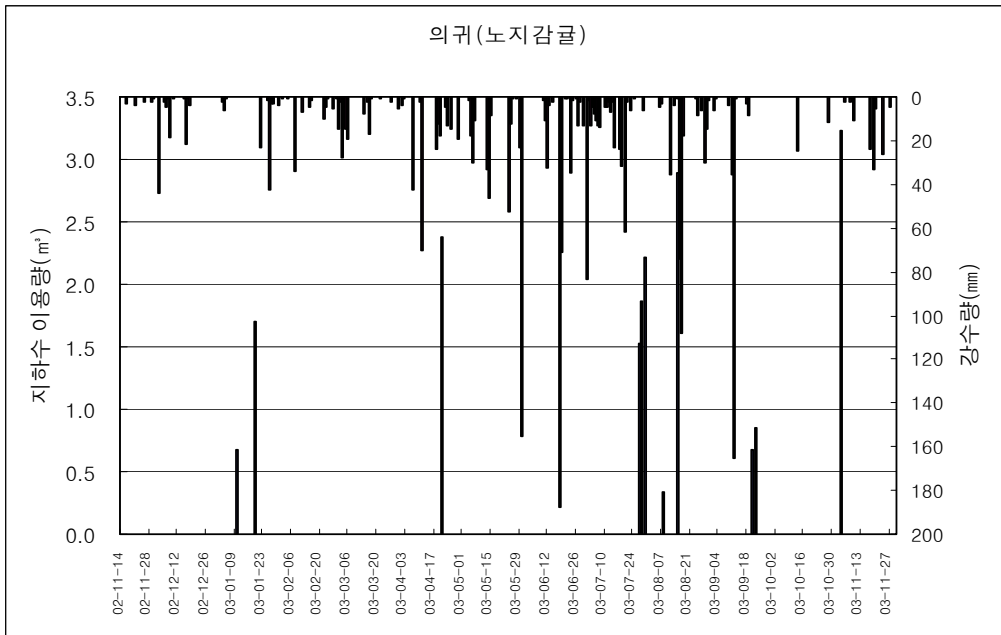
○ 단위면적(ha) 당 일평균 지하수 이용량은 107.7~1.56m<sup>3</sup>/ha 범위임.

<표 4-4> 남부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량

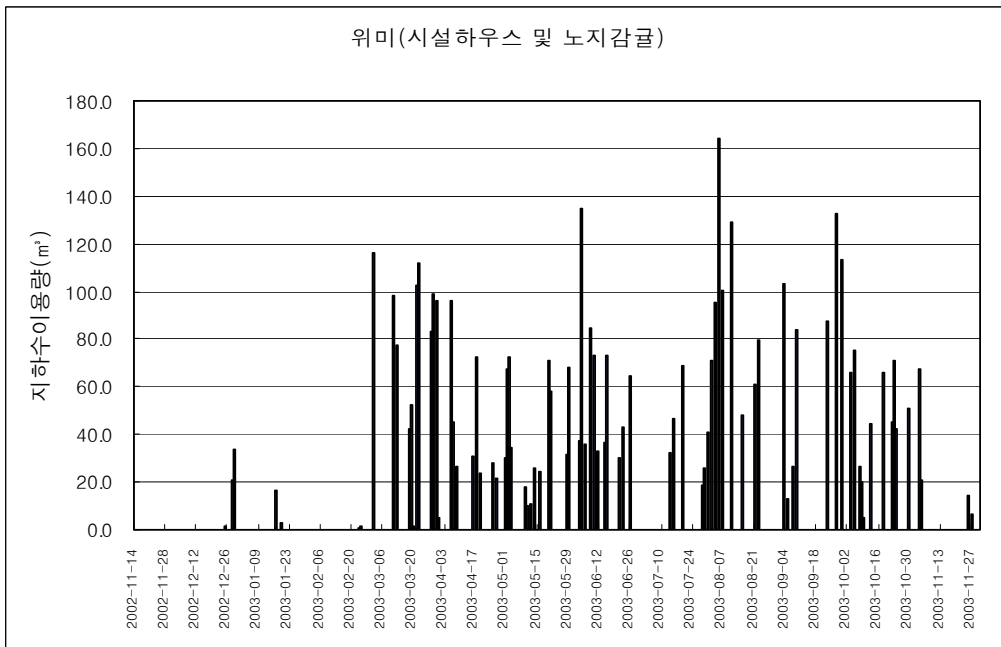
관정명	급수면적 (평)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
의 귀	5,100	7	18.4	2.6	3.2	1.56
위 미	5,500	86	4,640.4	54.0	164.2	29.73
하 례	9,000	101	3,318.0	32.9	99.9	11.06
서 흥	1,500	123	3,068.1	24.9	289.5	50.39
서 호	2,000	147	5,965.9	40.6	116.7	61.49
하 예	2,000	60	4,266.1	71.1	196.0	107.73

○ 노지감골원에 이용하고 있는 의귀 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포를 보면(그림 4-12 참조), 1년간 총 7일밖에 지하수 관정을 가동하지 않았으며, 총 이용량도 18.4m<sup>3</sup>에 불과함.

- 이 관정에서의 지하수 이용은 농약을 살포할 때에만 사용하고 있는 것으로 보임.

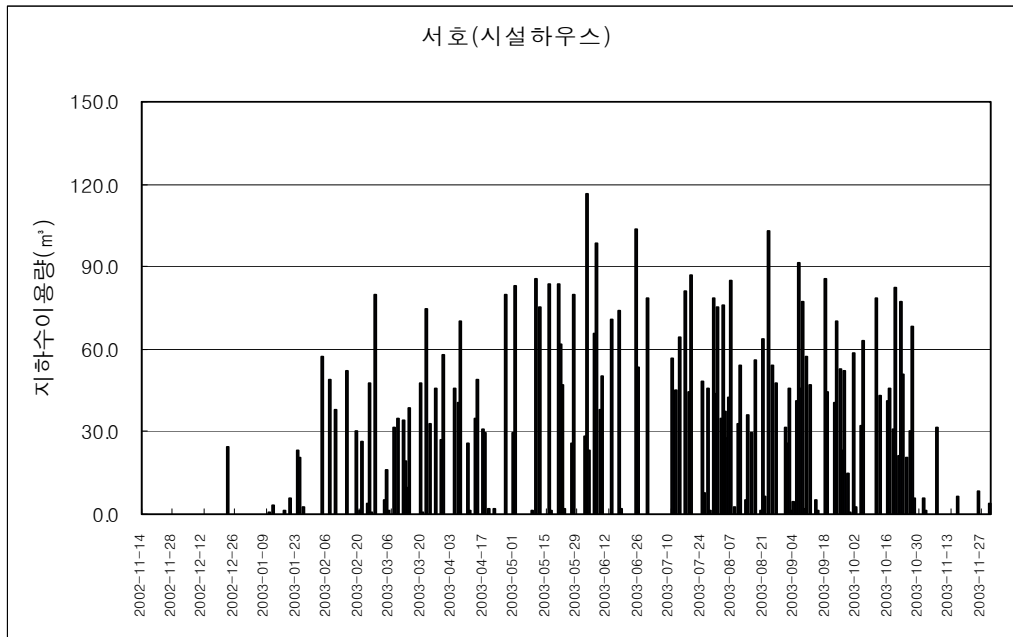


<그림 4-12> 남부지역 의귀 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포

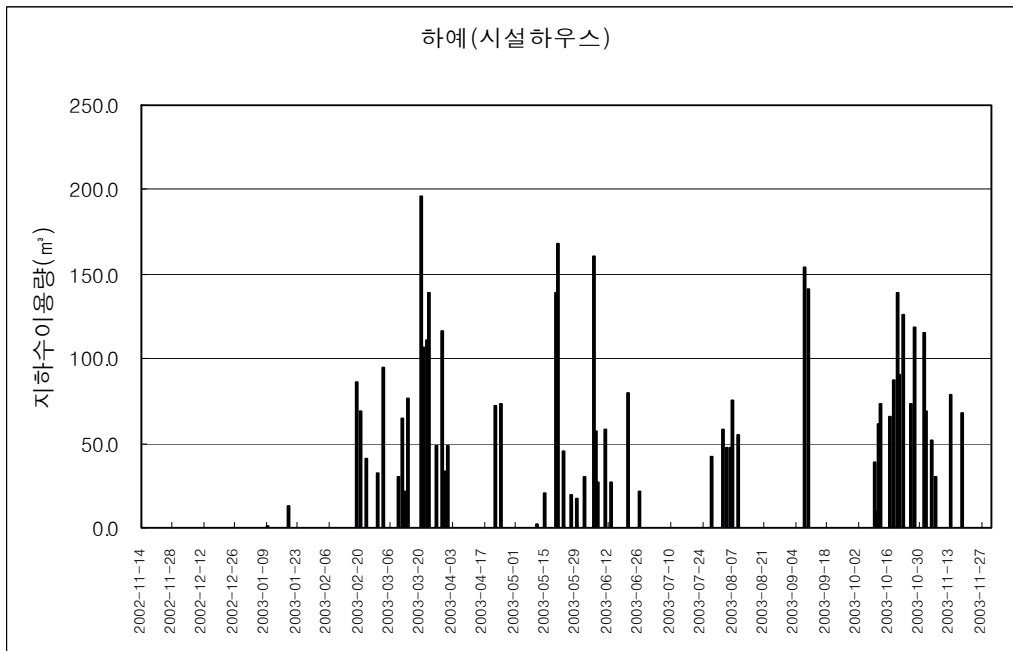


<그림 4-13> 남부지역 위미 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포





<그림 4-14> 남부지역 서호 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포



<그림 4-15> 남부지역 하예 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포

- 시설하우스와 노지 감귤원에 이용하고 있는 위미 모니터링 관정의 지하수 이용량을 보면(그림 4-13 참조), 조사기간 동안 관정 가동 일수는 86일이며, 총 이용량은 4,640m<sup>3</sup>이었음.
  - 지하수 이용은 시기별로 구분이 되고 있는데, 3~6월까지의 기간과 8~10월까지 기간에 집중되는 경향을 보이고 있음.
  - 또한, 일평균 지하수 이용량은 54m<sup>3</sup>이나 일최대는 164m<sup>3</sup>에 이르고 있음.
- 시설하우스에 이용하고 있는 서호 모니터링 관정의 경우(그림 4-14 참조), 대체로 2월에서 10월까지 지하수를 이용하고 있는데, 연간 관정 가동 일수는 147일이었음.
  - 147일간 이용한 지하수 이용량은 5,966m<sup>3</sup>이었고 일평균 이용량은 40.6m<sup>3</sup>이며, 일최대 이용량은 116.7m<sup>3</sup>이었음.
  - 지하수 이용은 하절기로 접어들면서 많아져 10월까지 이어지고 있으며, 특히 7~10월까지 기간에 관정 가동이 집중되어 일평균 이용량 수준의 지하수를 지속적으로 이용하고 있음.
- 하예 모니터링 관정도 시설하우스에 이용하고 있는데, 연간 가동 일수는 60일임(그림 4-15 참조).
  - 이 관정의 총 지하수 이용량은 4,266m<sup>3</sup>이고 일평균 이용량은 71.1m<sup>3</sup>, 일최대 이용량은 196m<sup>3</sup>으로서
  - 전술한 서호 모니터링 관정과 비교할 때, 관정 가동 일수는 41% 수준이나 총 이용량은 72% 수준이며, 일평균 및 일최대 이용량은 각각 175%와 168% 수준을 나타내었음.
  - 또한 서호 모니터링 관정은 3월에서 10월까지 지하수 이용이 집중되고 있는데 반해 하예 관정의 경우는 3월, 5월, 7월, 10월 및 11월로 뚜렷하게 구분되고 있음.
  - 이 같은 차이점은 재배작물 유형이 동일한 시설하우스라고 할지라도 재배작물의 특성(수령, 품종 등)과 소유주의 영농기술이나 관수방법 등에

따라 농업용수 이용량이 다를 수 있음을 보여주는 사례라 할 수 있음.

#### 2-4. 북부지역

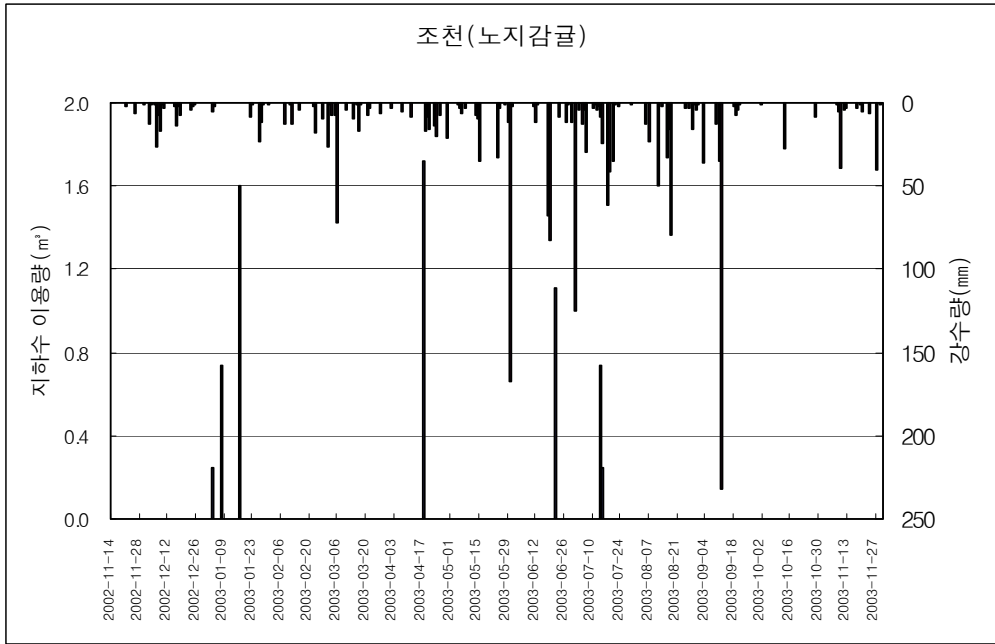
- 북부지역에서는 오등·봉개·조천·하가·광령에 위치한 5개 사설 농업용 관정을 대상으로 지하수 이용량 조사를 실시하였는데, 이들 관정의 관수면적은 최대 12,000평에서 최소 2,270평임.

<표 4-5> 북부지역 조사대상 관정의 지하수 이용량

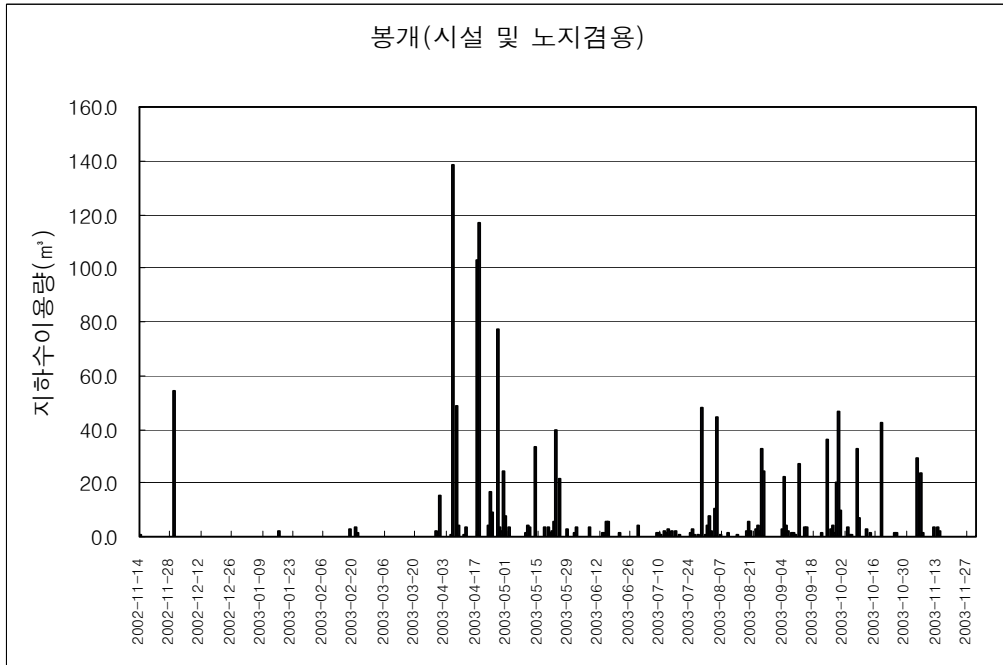
관정명	관수면적 (평)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
오 등	7,500	54	1,048.60	19.4	97.6	7.84
봉 개	12,000	98	1,357.80	13.9	138.1	3.50
조 천	2,270	3	6.40	2.1	1.7	2.85
하 가	9,500	38	980.50	25.8	123.8	8.22
광 령	8,000	13	54.50	4.2	28.3	1.59

- 1년간 지하수 관정 가동 일수를 보면, 최대 98일·최소 3일이었으며, 1년간 지하수 총 이용량은 최대 1,358m<sup>3</sup>이고, 최소 6.4m<sup>3</sup>으로 조사되었음.
  - 일평균 이용량은 25.8m<sup>3</sup>에서 2.1m<sup>3</sup> 범위이고, 일최대 이용량은 138m<sup>3</sup>에서 1.7m<sup>3</sup>의 범위를 나타내 큰 차이를 보이고 있음.
- 단위면적(ha) 당 일평균 지하수 이용량은 8.22m<sup>3</sup>/ha에서 1.59m<sup>3</sup>/ha 범위임.
- <그림 4-16>과 <그림 4-17>은 북부지역에 위치한 조천과 봉개 모니터링 관정의 1년간 농업용수 이용량 분포를 나타낸 것임.
- 조천 모니터링 관정은 노지감귤을 재배하는 곳으로서 2003년 1월과 4월, 그리고 6~7월에 소량의 지하수를 사용하였음.
  - 관정 소유주와의 면담조사 결과, 연간 농약살포 횟수는 12~13회 정도이며, 1회 농약살포시 사용하는 물의 양은 약 200말(3.6m<sup>3</sup>)로 파악되었음.

- 조사기간 동안 1일 1m<sup>3</sup> 이상 지하수를 사용한 일수는 3일이며, 지하수 총 이용량은 6.4m<sup>3</sup>으로 조사되었음.
  - 1회 농약살포시 소요되는 물의 양(3.6m<sup>3</sup>)과 총 지하수 이용량을 감안하면, 이 감골원에서는 관수용으로 지하수를 사용하지 않았을 뿐만 아니라, 농약 살포 시에도 지하수와 빗물을 함께 사용하고 있는 것으로 판단됨.
  - 이 같은 현상은 2003년 제주도 지역 강우량이 1999.2mm로서 가뭄현상이 없었기 때문에 관수용으로 지하수를 이용할 필요가 없었기 때문임.
- 봉개 모니터링 관정의 관수대상 면적은 총 12,000평(비가림 감골 4,000평과 노지감골 8,000평)이며, 면담조사에 의하면 연간 농약살포 횟수는 비가림 하우스가 약 5회, 노지감골이 15회 정도인 것으로 파악되었음.
- 1회 농약살포시 사용하는 물의 양은 2,000평당 100말(약 1.8m<sup>3</sup>)정도이고, 비가림 조생온주는 11월부터 다음해 2월까지 사이에는 관수를 하지 않는 것으로 파악되었음.
  - 조사기간 동안 지하수 관정을 가동한 일수는 총 98일이며, 지하수 이용량 분포를 보면, 4월에서 5월 사이와 7월에서 10월 사이의 약 5개월 기간에 집중되고 있음을 알 수 있음.
  - 특히, 2003. 4. 17~18일까지 2일 동안에는 1일 평균 109.9m<sup>3</sup>(총 219.8m<sup>3</sup>)을 이용하였고, 2003. 9. 24~30일까지 7일 동안에는 1일 평균 17.3m<sup>3</sup>(총 이용량 121.2m<sup>3</sup>)의 지하수를 사용하였음.
  - 지하수 관정을 가동한 98일 동안 일평균 지하수 이용량은 13.8m<sup>3</sup>이며, 일평균 이용량 이상 지하수를 이용한 일수는 25일로서 이 때의 일평균 이용량은 44.8m<sup>3</sup>이고 총 이용량은 1,119m<sup>3</sup>으로서 전체 이용량의 82%를 차지하고 있음.
  - 또한, 농약살포에 필요한 용수량(1회 1.8m<sup>3</sup>)보다 많은 양의 지하수를 양수한 일수는 75일이며, 이 때 일평균 이용량은 17.58m<sup>3</sup>임.



<그림 4-16> 북부지역 조천 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포



<그림 4-17> 북부지역 봉개 모니터링 관정의 지하수 이용량 분포

### 3. 재배작물 유형과 지하수 이용특성

- 농경지 면적이 동일하다고 가정할 경우, 농업용수 이용량을 결정짓는 가장 큰 요인은 관수 대상 작물이며, 그 다음으로는 작물의 수령, 식재수, 토양의 물리적 특성, 일사량 등 여러 가지 요인들을 꼽을 수 있음.
- 그러나, 농업현장에서 상기와 같은 여러 가지 요인들을 모두 고려해 재배작물별 농업용수 이용량을 산정하기는 곤란함.
- 본 연구에서는 제주도에서 주로 재배되고 있는 작물의 종류를 감안하여 크게 6가지 작물재배 유형으로 분류하고, 총 44개 모니터링 관정을 선정하여 지하수 이용특성을 분석하였음.
  - 즉, 노지 감귤원, 시설하우스, 시설하우스 및 노지 감귤원 겸용, 시설하우스 및 밭작물 겸용, 밭작물 전용, 노지 감귤원 및 밭작물 겸용, 기타 (조경, 양계 등)로 구분하였음.

#### 3-1. 노지 감귤원

- 광령을 비롯한 노지 감귤원 9개소에 설치된 지하수 관정을 대상으로 모니터링을 실시하였음(표 4-6 참조).
- 조사대상 노지 감귤원의 면적은 0.5~3.3ha 범위이고 이들 9개소의 평균 면적은 1.7ha임.
  - 지하수 관정 가동 일수는 최대 24일, 최소 3일이며 평균 가동 일수는 12일로 조사되었음.
  - 지하수 총 이용량은 최대 346.8m<sup>3</sup>, 최소 6.4m<sup>3</sup>, 평균 123.3m<sup>3</sup>이었으며, 일 평균 이용량은 최대 38.5m<sup>3</sup>, 최소 2.1m<sup>3</sup>, 평균 10.3m<sup>3</sup>으로 나타났음.
  - 단위 면적(ha) 당 평균 이용량은 최대 33.4m<sup>3</sup>, 최소 1.4m<sup>3</sup>, 평균 7.6m<sup>3</sup>을 나타내었음.

<표 4-6> 노지 감귤원의 지하수 이용특성

관정명	급수면적 (ha)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
광령	2.6	13	55	4.2	28	1.59
낙천	2.2	24	78	3.3	7	1.45
사계1	0.5	9	46	5.1	14	9.74
신평	1.3	22	248	11.3	31	8.52
안성	1.2	9	347	38.5	89	33.36
오라	3.3	13	276	21.2	60	6.43
의귀	1.7	7	18	2.6	3	1.56
조천	0.7	3	6	2.1	2	2.85
표선	1.6	8	36	4.5	8	2.85
평균	1.7	12.0	123.3	10.3	26.9	7.6
최대	3.3	24.0	346.8	38.5	89.4	33.4
최소	0.5	3.0	6.4	2.1	1.7	1.4

- 조사결과를 종합해 보면, 노지 감귤원의 연간 지하수 이용량은 감귤원에 따라 매우 차이를 나타내고 있으나 지하수 이용량은 타 작물에 비해 월등히 적어 평균 123m<sup>3</sup> 정도인데, 이는 지하수를 대부분 농약살포시 이용하고, 관수는 가뭄이 아닌 경우에는 실시하지 않고 있는데서 비롯되는 현상으로 해석됨.
- 특히, 감귤인 경우 타 작물보다 뿌리가 깊게 활착되어 가뭄에 어느 정도의 내성을 지니고 있을 뿐만 아니라,
  - 제주도 전반적으로 비가 잦게 내림은 물론 강우량도 많으며,
  - 감귤원마다 소용량의 저류조 또는 물탱크 시설을 갖추고 있어 빗물을 받아 사용하는 경우가 많기 때문에

- 노지에 재배하는 감귤에는 많은 양의 물을 필요로 하지 않는 것으로 판단됨.
- 이와 같은 결과는 향후 노지 감귤재배 농경지에 대한 농업용수 개발 및 공급계획을 수립할 때, 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

### 3-2. 시설하우스

- 대포를 비롯한 시설하우스 13개소에 설치된 지하수 관정을 대상으로 모니터링을 실시하였음(표 4-7 참조).
- 조사대상 시설하우스의 면적은 0.2~2.0ha 범위이고 이들 13개소의 평균 면적은 1.0ha임.
  - 지하수 관정 가동 일수는 최대 179일, 최소 15일이며 평균 가동 일수는 74일로 조사되었음.
  - 지하수 총 이용량은 최대 15,137m<sup>3</sup>, 최소 236m<sup>3</sup>, 평균 4,061m<sup>3</sup>이었으며, 일평균 이용량은 최대 90m<sup>3</sup>, 최소 14.3m<sup>3</sup>, 평균 50.3m<sup>3</sup>으로 나타났음.
  - 단위 면적(ha) 당 평균 이용량은 최대 214m<sup>3</sup>, 최소 13m<sup>3</sup>, 평균 74m<sup>3</sup>을 나타내었음.
- 상기와 같은 조사결과를 종합해 보면, 시설하우스에서는 연간 100일에서 150일 정도 지하수를 이용하고 있으며, 일평균 ha 당 50~60m<sup>3</sup>의 지하수를 이용하고 있음.
  - 따라서, 시설하우스는 지하수 이용 날짜 수, 관정 가동의 지속성, 일평균 이용량 및 최대 이용량, 단위 면적 당 이용량 등을 고려하면 조사대상 작물재배 유형 6가지 중에서 지하수를 가장 많이, 그리고 지속적으로 이용하는 대상이 되고 있음.
  - 특히, 2002년 현재 2,332농가가 시설하우스(비가림 및 시설 온주)에서 감귤을 재배하고 있고, 그 면적이 776.7ha에 이르고 있음을 감안할 때, 도 전체적인 감귤류를 재배하는 시설하우스에서 이용하는 지하수의 양



은 1일 50,000m<sup>3</sup>을 넘을 것으로 예상됨.

- 또한, 시설하우스 시설이 증가추세에 있음을 감안하면, 향후 시설하우스에서의 농업용 지하수 이용량은 더 늘어날 것으로 전망됨.

<표 4-7> 시설하우스 시설의 지하수 이용특성

관정명	급수면적 (ha)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
대 포	0.3	41	1,903	46.4	135	165.51
보 목	0.3	24	1,353	56.4	317	213.60
산 양	1.6	179	15,137	84.6	298	52.62
상 대	2.0	59	5,298	89.8	193	45.35
서 호	0.7	147	5,966	40.6	117	61.49
서 흥	0.5	123	3,068	24.9	290	50.39
수 망	1.1	54	773	14.3	140	12.76
신 산	1.4	80	6,962	87.0	220	61.33
토 평	1.1	71	4,886	68.8	226	61.34
하 예	0.7	60	4,266	71.1	196	107.73
한 남	1.3	56	1,791	32.0	187	24.23
한 립	1.3	51	1,148	22.5	89	17.05
호 근	0.2	15	236	15.8	45	86.80
평 균	1.0	73.8	4,060.6	50.3	188.6	73.9
최 대	2.0	179.0	15,136.5	89.8	316.8	213.6
최 소	0.2	15.0	236.3	14.3	45.2	12.8

### 3-3. 시설하우스 및 노지감골

- 금능을 비롯한 11개소에 설치된 시설하우스 및 노지 감골원에 겸용으로 이용하고 있는 지하수 관정을 대상으로 모니터링을 실시하였음(표 4-8 참조).

- 조사대상 시설하우스 및 노지 감귤원의 면적은 0.7~4.0ha 범위이고 이들 11개소의 평균면적은 2.0ha임.
- 지하수 관정 가동 일수는 최대 101일, 최소 6일이며 평균 가동 일수는 56일로 조사되었음.
- 지하수 총 이용량은 최대 4,640m<sup>3</sup>, 최소 225m<sup>3</sup>, 평균 2,030m<sup>3</sup>이었으며, 일평균 이용량은 최대 98.5m<sup>3</sup>, 최소 8.7m<sup>3</sup>, 평균 40m<sup>3</sup>으로 나타났음.
- 단위 면적(ha) 당 평균 이용량은 최대 78.5m<sup>3</sup>, 최소 3.5m<sup>3</sup>, 평균 26.3m<sup>3</sup>을 나타내었음.

<표 4-8> 시설하우스 및 노지 감귤원 검용 관정의 지하수 이용특성

관정명	급수면적 (ha)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
금 능	1.9	66	3,482	52.8	122	27.10
남 원	0.7	26	225	8.7	42	13.12
덕 수	1.7	50	3,068	61.4	284	35.76
법 환	0.7	59	2,536	43.0	140	57.90
봉 개	4.0	98	1,358	13.9	138	3.50
선 흘	1.8	36	1,087	30.2	109	16.64
신 흥	1.3	6	591	98.5	262	78.52
오 등	2.5	54	1,049	19.4	98	7.85
위 미	1.8	86	4,640	54.0	164	29.73
하 가	3.1	38	981	25.8	124	8.23
하 례	3.0	101	3,318	32.9	100	11.06
평 균	2.0	56.4	2,030.4	40.0	143.9	26.3
최 대	4.0	101.0	4,640.4	98.5	283.7	78.5
최 소	0.7	6.0	225.1	8.7	42.2	3.5

- 조사대상 모니터링 관정은 시설하우스와 노지 감귤원에 지하수를 함께 사용하고 있는데,
  - 전술한 바와 같이 노지 감귤원에서의 지하수 이용량이 연간 평균 123m<sup>3</sup> 이고, 시설하우스가 연간 4,060m<sup>3</sup>임을 감안하면,
  - 상기 관정들의 지하수 이용량 대부분은 시설하우스 시설에 이용하고 있는 것으로 사료됨.
  - 향후, 조사과정에서는 시설하우스와 노지 감귤원으로 급수되는 배관에 계량기를 따로 설치하여 이용량을 검침할 필요가 있음.

#### 3-4. 시설하우스 및 밭작물

- 저지1과 하모에 설치된 시설하우스 및 밭작물 겸용으로 이용하고 있는 지하수 관정을 대상으로 모니터링을 실시하였음(표 4-9 참조).
- 저지1 관정의 경우, 1,250평 규모의 비가림 하우스와 3,900평의 마늘 및 양배추 재배 농경지에 지하수를 이용하고 있는데,
  - 관정 가동 일수가 49일이고, 총 이용량은 2,668m<sup>3</sup>이며 일평균 이용량은 54.5m<sup>3</sup>, 일최대 이용량은 137m<sup>3</sup>임.
- 하모 관정은 조생종 밀감 비가림 하우스(1,500평)와 마늘밭(15,000평)에 4명이 지하수를 공동이용하고 있는데,
  - 지하수를 이용한 일수가 207일이고, 총 이용량은 23,479m<sup>3</sup>이며 일평균 이용량은 113m<sup>3</sup>, 일최대 이용량은 576m<sup>3</sup>임.

<표 4-9> 시설하우스 및 밭작물 겸용 관정의 지하수 이용특성

관정명	급수면적 (ha)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
저지1	1.7	49	2,668	54.5	137	31.73
하 모	5.4	207	23,479	113.4	576	20.83

### 3-5. 밭작물 전용 관정의 지하수 이용특성

- 동일을 비롯한 4개소에 설치된 밭작물 전용으로 이용하고 있는 지하수 관정을 대상으로 모니터링을 실시하였음(표 4-10 참조).
- 조사대상 관정으로부터 급수되는 농경지의 면적은 1.7~3.2ha 범위이고 평균면적은 2.2ha임.
  - 지하수 관정 가동 일수는 최대 69일, 최소 24일이며 평균 가동 일수는 44일로 조사되었음.
  - 지하수 총 이용량은 최대 6,520m<sup>3</sup>, 최소 1,227m<sup>3</sup>, 평균 4,470m<sup>3</sup>이었으며, 일평균 이용량은 최대 161m<sup>3</sup>, 최소 40m<sup>3</sup>, 평균 105m<sup>3</sup>으로 나타났음.
  - 또한, 일최대 이용량은 최대 339m<sup>3</sup>, 최소 175m<sup>3</sup>, 평균 280m<sup>3</sup>임.
  - 단위 면적(ha) 당 평균 이용량은 최대 78m<sup>3</sup>, 최소 16m<sup>3</sup>, 평균 50m<sup>3</sup>임.
- 이상의 결과를 종합해 보면,
  - 밭작물 재배에만 이용하고 있는 지하수 관정은 연간 평균 44일 정도 관정을 가동해 일평균 105m<sup>3</sup>씩 연간 평균 4,470m<sup>3</sup>의 지하수를 이용하고 있음.
  - 단위 면적(ha) 당 이용량도 비교적 높아 ha 당 50m<sup>3</sup>의 지하수를 평균적으로 이용하고 있음.

<표 4-10> 밭작물 전용 관정의 지하수 이용특성

관정명	급수면적 (ha)	총가동일수 (일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
동 일	1.7	51	6,520	127.8	319	77.48
상 모	3.2	24	3,863	161.0	285	49.93
신 도	2.5	31	1,227	39.6	175	15.99
영 락	1.7	69	6,270	90.9	339	55.07
평 균	2.2	43.8	4,470.0	104.8	279.5	49.6
최 대	3.2	69.0	6,519.7	161.0	339.3	77.5
최 소	1.7	24.0	1,227.0	39.6	174.5	16.0

### 3-7. 재배작물 유형별 지하수 이용특성 평가

- 전술한 6가지 재배작물 유형별 지하수 이용특성을 평가하기 위해 재배작물별 평균 급수면적, 평균 총 가동 일수, 평균 총 이용량, 일평균 이용량 등을 정리하였음.

<표 4-11> 재배작물 유형별 지하수 이용특성

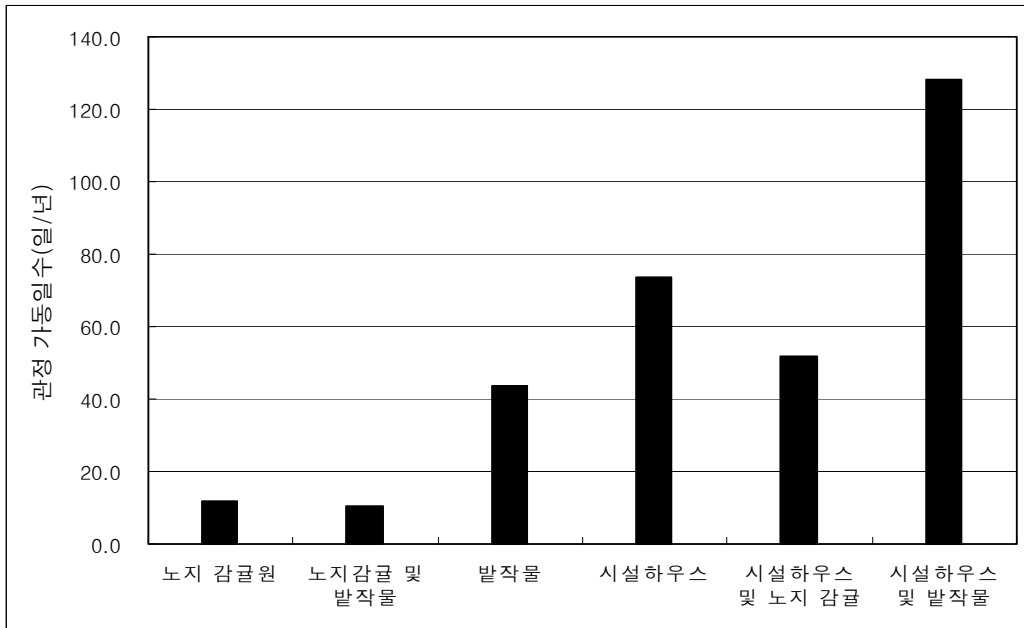
재배작물 유형별	급수면적 (ha)	총 가동 일수(일)	총이용량 (m <sup>3</sup> )	평균이용량 (m <sup>3</sup> /일)	최대이용량 (m <sup>3</sup> /일)	단위면적 당 평균 이용량(m <sup>3</sup> /d /ha)
노지감귤	1.7	12.0	123.3	10.3	26.9	7.6
노지 및 밭작물	2.6	10.5	1,010.2	114.3	211.2	42.7
밭 작 물	2.2	43.8	4,470.0	104.8	279.5	49.6
시설하우스	1.0	73.8	4,060.6	50.3	188.6	73.9
시설 및 노지	2.0	51.8	1,861.3	36.8	132.0	24.2
시설 및 밭작물	3.6	128.0	13,073.5	83.9	356.4	26.3

- 본 연구에서 6가지 작물재배 유형별 지하수 이용특성을 평가한 결과, 다음과 같은 흥미로운 결과가 도출되었음.
  - ① 연간 지하수 관정 가동 일수는 시설하우스 및 밭작물에 이용하는 지하수관정이 128일로 최대를 나타냈으며, 다음으로 시설하우스(74일), 시설하우스 및 노지 감귤원(52일), 밭작물(44일) 순이었고, 노지감귤원은 12일로 가장 적었음.
    - 시설하우스 및 밭작물에 혼용하는 지하수 관정의 가동 일수가 최대치를 나타낸 것은 시설하우스와 밭작물에 단독으로 이용하고 있는 지하수 관정의 가동 일수를 합한 일수와 거의 유사한 것으로서 용수를 많이 필요로 하는 두 가지 작물을 함께 재배하는 경우에는 그만

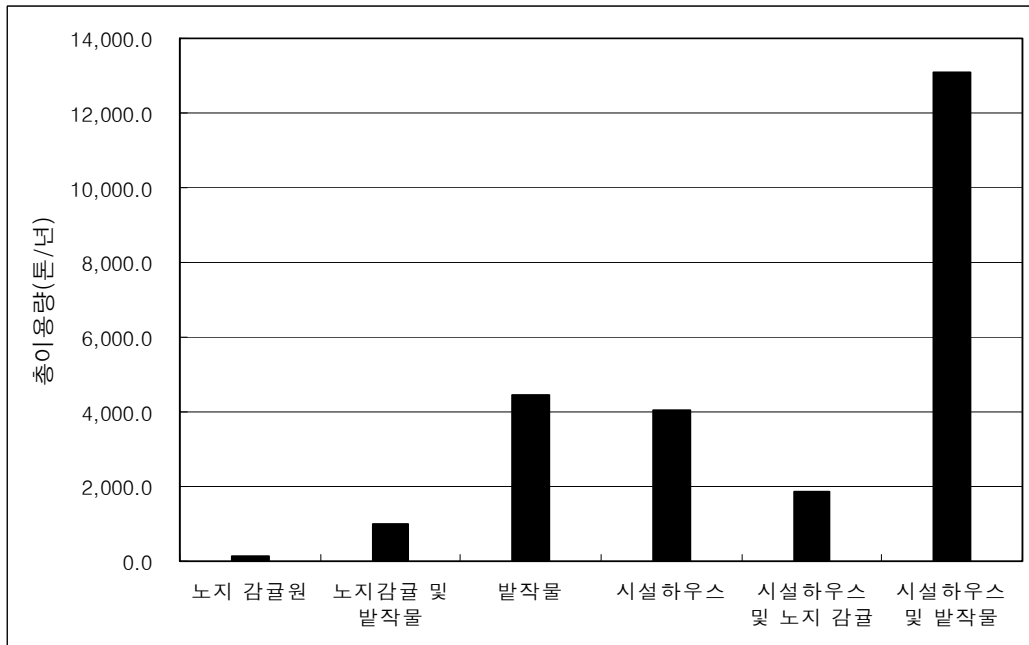
큼 관정 가동 일수도 많아진다는 것을 의미함.

- 따라서, 단일 작목만을 재배하는 경우에는 연간 지하수 관정 가동 일수가 평균적으로 100일을 넘지 않지만, 밭작물과 시설하우스 작목을 함께 재배하는 경우에는 관정 가동 일수가 더 늘어나고 있음을 암시해 주고 있음.

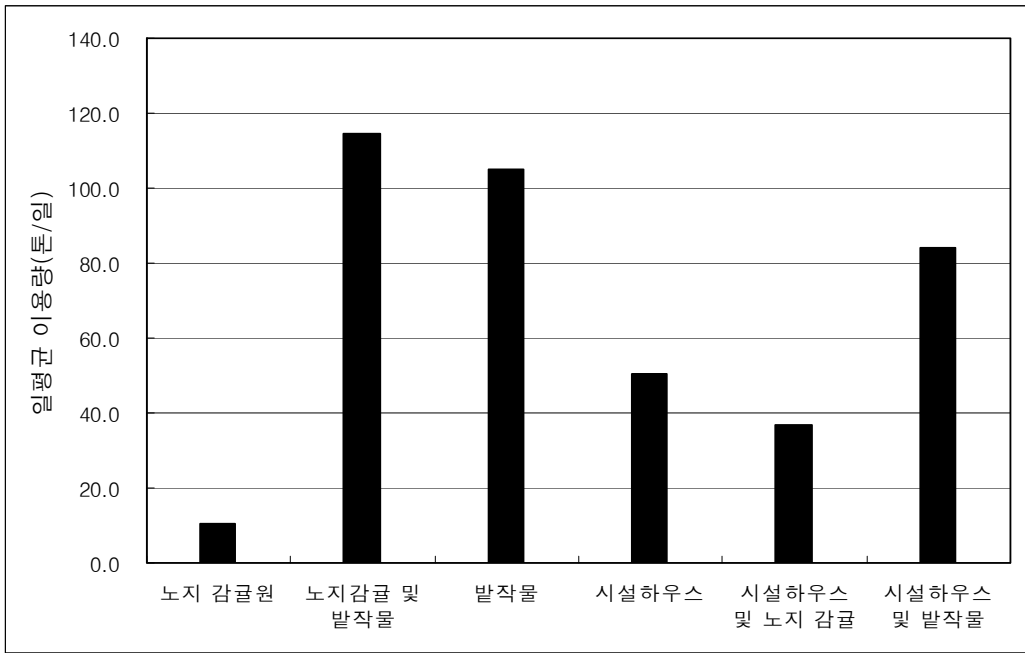
- ② 연간 지하수 총 이용량의 경우, 관정 가동 일수와 비슷한 경향을 나타내 시설하우스 및 밭작물을 혼용하는 경우에 최대치를 나타냈고, 다음으로 밭작물과 시설하우스 순이었으며, 노지 감귤원은 최소치를 나타냈음.
  - ③ 일평균 지하수 이용량은 노지감귤 및 밭작물을 함께 재배하는 작목이 114m<sup>3</sup>으로 최대치를 나타냈고, 다음으로 밭작물(105m<sup>3</sup>), 시설하우스 및 밭작물(84m<sup>3</sup>), 시설하우스(50m<sup>3</sup>) 순으로 분석되었음.
  - ④ 일최대 지하수 이용량은 시설하우스 및 밭작물이 최대치를 나타냈고, 밭작물과 노지 감귤원 및 밭작물 작목 순으로 분석되었음.
  - ⑤ 단위 면적(ha) 당 지하수 일평균 이용량은 시설하우스가 74m<sup>3</sup>으로 가장 많았고 밭작물(50m<sup>3</sup>), 노지 감귤원 및 밭작물(43m<sup>3</sup>), 시설하우스 및 밭작물(26.3m<sup>3</sup>) 순이었음.
- 이상과 같은 결과를 종합하면, 농업용수 주 이용 대상은 시설하우스와 밭작물이며, 지하수 이용량은 이 두 가지 작목을 함께 재배하는 경우가 단독으로 재배하는 때보다 훨씬 많아지고 있음.



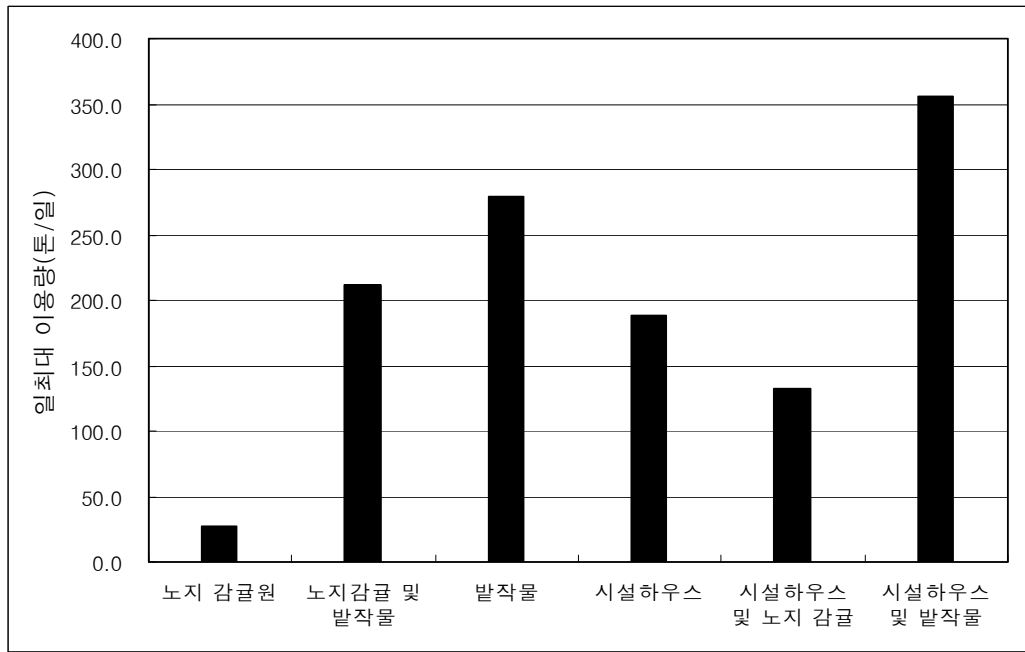
<그림 4-18> 재배작물 유형별 지하수 관정 가동 일수



<그림 4-19> 재배작물 유형별 지하수 총 이용량

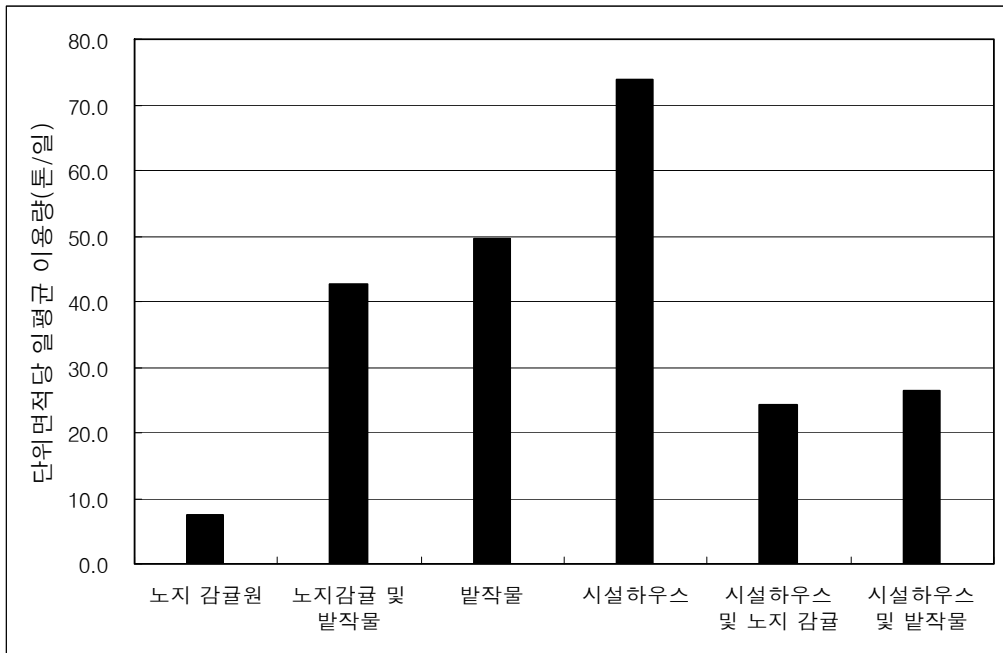


<그림 4-20> 재배작물 유형별 일평균 지하수 이용량



<그림 4-21> 재배작물 유형별 일최대 지하수 이용량





<그림 4-22> 재배작물 유형별 단위면적 당 지하수 이용량

## 4. 원격검침에 의한 양수량 산정결과의 평가

### 4-1. 일반적인 관정의 양수량 산정방법

- 전반적인 지하수 이용량 규모는 물론, 유역별·용도별·시기별 지하수 이용량을 산정하는 것은 지하수 관리에 있어 가장 우선되어야 하는 기초적인 사항임.
- 다시 말해서, 지하수 적정 개발량에 견주어 실제 지하수 이용량이 어느 정도인지를 파악하고 있어야 지하수의 과도한 이용으로 인한 장애를 방지할 수 있는 방안이 마련될 수 있을 뿐만 아니라,
- 용도별 실제 지하수 이용량은 향후 용수개발 및 공급계획의 방향을 설정하는데 열쇠와 같은 역할을 함.
- 2003년말 현재 제주도내에는 3,176개의 농업용 관정이 개발·이용되고 있으며, 이 중 공공용이 577공(18.2%)이고 나머지 81.8%인 2,599공은 개인이 개발·이용 중인 사설관정임.
- 이처럼, 농업용 관정은 수가 많을 뿐 아니라, 지하수를 특정시기에 집중적으로 이용하는 특성을 지니고 있기 때문에 관정별 지하수 이용량을 파악하는 것이 현실적으로 매우 어려움이 있음.
- 따라서 농업용 관정의 지하수 이용량을 효과적으로 산정할 수 있는 기술개발이 요구되고 있으나 아직까지 정량화된 기법은 없는 실정임.
- 농업용 관정을 포함한 지하수 관정에서 양수되는 지하수량을 산정하는 방법에는 다음과 같은 몇 가지가 있음.
- ① 유량계(계량기) 검침에 의한 양수량을 산정하는 방법
  - 이 방법은 전통적으로 이루어지고 있는 가장 손쉽고 간편한 방법이나 과도한 인력을 필요로 할 뿐만 아니라, 유량계가 고장 또는 파손된 경우에는 이용량을 제대로 검침할 수 없다는 단점이 있음.
  - 또한, 계량기에 수중모터펌프로부터 과도한 수압이 가해짐으로써 계

량기 공회전에 의해 양수량이 과다하게 산정되는 경우도 있음.

② 전력사용량에 의해 양수량을 산정하는 방법

- 이 방법은 지하수 관정에 설치되어 있는 수중모터펌프의 가동에 소비되는 전력량을 검침하고, 해당 관정의 수중모터펌프 효율, 전양정, 단위 시간당 양수량(출수량) 등을 감안해 양수량을 산정하는 방법이지만
- 수중모터펌프의 효율저하 및 임펠라 마모, 스크린 폐색에 따른 대수층의 수리성 저하, 전양정 산정의 어려움 등 양수량에 영향을 미치는 여러 가지 인자가 있을 뿐만 아니라,
- 전력을 지하수 관정에만 단독으로 이용하지 않고 관리사 및 온풍기 등의 시설에 혼용하는 경우에는 관정 가동(수중모터펌프 가동)에만 소비되는 전력량을 구하기 어렵다는 문제가 있음.
- 제주도(2002)의 의뢰를 받아 용역을 수행한 농업기반공사에서는 전력량 자료를 이용해 농업용 관정의 월별 이용량을 아래와 같은 공식에 의해 산정한 바 있음.

$$\text{월간 양수량} = \frac{\text{월간 전력사용량}(Kwh)}{\text{모타용량}(Kw)} \times \text{시간당 양수량} \quad (1)$$

모타용량(Kw) =

$$0.163 \times \text{양수량}(m^3/min) \times \text{전양정}(m) \times 1 / \text{모타효율} \times \text{여유율}$$

이므로

$$\text{시간당 양수량} = \frac{\text{모타용량}(Kw) \times \text{모타효율} \times 60\text{분}}{0.163 \times \text{여유율} \times \text{전양정}(m)}$$

로 구하여 식(1)에 대입함.

여기서                    여 유 율 : 동력여유율 1.2 적용

                              모타효율 : 60% 적용

                              전 양 정 : 실양정 + 손실수두

$$\text{양수량} = \frac{0.6 \times 60}{0.163 \times 1.2 \times \text{전양정}} \times \text{전력량} \quad (2)$$

③ 수중모터펌프 가동시간에 의한 양수량을 산정하는 방법

- 이 방법은 지하수를 양수하기 위해 수중모터펌프가 가동하는 시간 (최소 분 단위)을 모니터링하고, 그 관정의 단위 시간 당 출수량을 구하여 양수량을 결정하는 방법으로서 제주도광역수자원관리본부에 설치·운영하고 있는 지하수 이용량 원격검침 시스템은 이 방법을 채택하고 있는데, 양수량은 다음과 같은 산식에 의해 구할 수 있음.

$$\text{양수량} = \text{수중모터펌프 가동시간}(\text{min}) \times \text{분당 출수량}(\text{m}^3/\text{min})$$

- 이 방법은 전력량에 의해 양수량을 산정할 때 필요로 하는 전양정, 수중모터펌프의 효율 및 여유율 등을 고려할 필요가 없을 뿐만 아니라, 수중모터펌프에 발생하는 문제(효율저하 및 임펠라 마모 등) 및 대수층의 수리성 저하 등도 고려할 필요는 없음.
- 그렇지만, 이 방법에 의해 관정별 양수량을 산정하기 위해서는 수중모터펌프의 작동 시간을 모니터링하기 위한 별도의 장치가 설치되어야 하므로 비용이 소요되며, 양수량을 정확히 산정하기 위해서는 관정별 단위 시간 당 출수량을 정확히 결정해야 함.

④ 작물별 소요수량 원단위에 의해 양수량을 결정하는 방법

- 이 방법은 재배작물별로 이론적인 연용수량 또는 월간 용수량 원단위를 산정하고, 검증과정을 통해 현실적인 원단위를 결정한 후, 재배작물별 재배면적을 기초로 양수량을 결정하는 방법이나
- 강수량, 토양, 작물 재배면적 등 불확실성 요인이 많아 전체적으로 상당한 오차를 유발할 수 있음.

○ 이상 살펴본 바와 같이, 농업용 지하수 관정의 지하수 이용량을 산정하

는 데에는 각 방법별로 나름대로의 장점과 단점을 지니고 있기 때문에 어느 한 가지 방법을 선택해 산정하는 것보다는 두 가지 방법을 혼용해 상호 보완 및 검증하는 것이 필요할 것으로 판단됨.

#### 4-2. 원격검침 양수량과 계량기 검침 양수량과의 관계분석

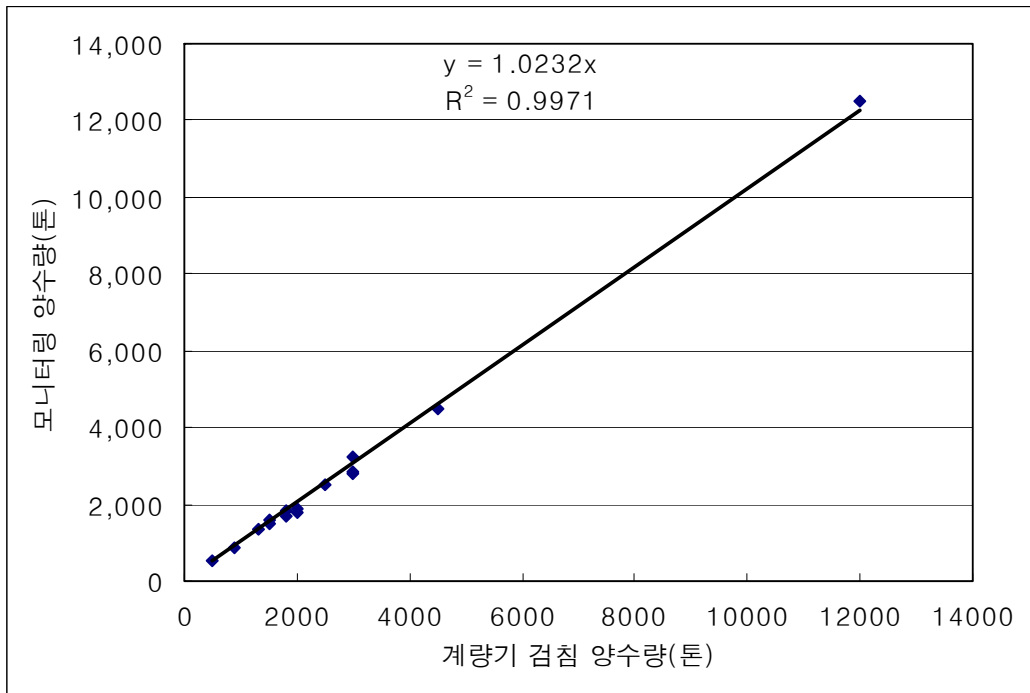
- 본 연구에서는 사실 농업용 지하수 관정의 수중모터펌프 가동시간을 실시간으로 모니터링하고, 해당 관정의 단위 시간 당 출수량을 구해 양수량을 산정하는 방법을 채택하였음.
- 따라서, 원격검침에 의해 산정된 양수량이 적정하게 산정되었는지를 평가할 필요가 있기 때문에 조사대상 관정 중 분당 출수량과 계량기 검침이 가능한 15개 관정을 대상으로 원격검침 양수량과 계량기 검침에 의한 양수량과의 관계를 비교분석하였음.
- <표 4-12>는 조사대상 15개 관정의 원격검침 데이터에 의해 산정된 양수량과 계량기 검침에 의해 얻어진 양수량과의 관계를 분석한 것이며, <그림 4-23>은 이들 인자간의 상관관계를 나타낸 것임.
- 분석결과, 원격검침 양수량과 계량기 검침에 의한 양수량 간에는 매우 좋은 직선의 상관관계를 나타내어 수중모터펌프 가동시간과 분당 출수량에 의한 양수량 산정방법이 유효함을 보여주고 있음.
- 또한, 전술한 두 가지 방법에 의해 산정된 양수량을 서로 비교한 결과, 원격검침에 의해 얻어진 양수량이 계량기 검침 양수량의 89.4~107.5%를 나타내 역시 큰 차이가 없는 것으로 평가되었음.
  - 그렇지만 비율이 일부관정에서 95% 이하 또는 100%를 초과하는 경우가 있는데, 이는 다음과 같은 원인에서 비롯되는 현상으로 해석됨.
  - 즉 비율이 95%이하인 경우는, 수중모터펌프가 작동을 시작하여 지하수가 계량기를 통과할 때까지는 수십 초 또는 수 분의 시간이 걸리는데, 이 시간이 원격검침 모니터링 데이터에서는 수중모터펌프가 가동한 시

간으로 측정되기 때문에 실제 계량기를 통해 검침되는 지하수량보다는  
과다하게 산정될 수 있음.

<표 4-12> 원격검침 양수량과 계량기 검침 양수량과의 관계

관정명	분당 출수량(ℓ)	가동시간	계량기 검침 양수량(ℓ)	원격검침 양수량(ℓ)	비율 (%)
조 천	123.00	13분11초 51	1,500	1,613	107.5
봉 개	150.00	12분15초93	1,800	1,824	101.3
오 등	340.00	8분31초73	3,000	2,828	94.3
광 령	205.00	4분29초49	900	880	97.8
하 가	181.00	7분42초81	1,300	1,344	103.4
금 능	256.00	12분57초94	3,000	3,220	107.3
신 도	244.00	6분13초16	1,500	1,496	99.7
영 락	320.00	14분06초25	4,500	4,500	100.0
동 일	212.00	8분43초40	2,000	1,788	89.4
하 모	299.00	8분41초72	2,500	2,517	100.7
하 예	245.00	51분03초00	12,000	12,502	104.2
하 례	200.00	9분36초62	2,000	1,873	93.7
위 미	194.00	14분54초84	3,000	2,822	94.1
의 귀	169.00	10분07초32	1,800	1,702	94.6
수 산	150.00	3분48초41	500	523	104.5

※ 비율은 원격검침 양수량에 대한 계량기 검침 양수량의 비율임



<그림4-23> 계량기 검침에 의한 양수량과 원격검침 양수량과의 관계

- 이와는 반면, 비율이 100%를 초과하는 경우는, 수중모터펌프가 작동하여 수심 분이 경과하지 않은 상태(양수량이 안정화되지 않은 상태)에서 출수량을 측정함으로써 분당 출수량이 다소 부정확하게 측정됨으로써 생겨날 수 있음.
- 따라서, 향후 연구에서는 상기와 같은 사항을 보다 더 상세하게 파악함으로써 양수량 산정에 정확성을 기해야 할 것임.

#### 4-3. 원격검침 양수량과 전력사용량과의 관계분석

- 관정으로부터 지하수를 양수하기 위해서는 전력의 소비가 수반되므로 양수량과 전력사용량 간에는 밀접한 상관관계가 있음.
- 본 연구에서는 원격검침 대상 44개 관정을 대상으로 지하수 총 이용량

(양수량)과 총 전력사용량 간의 상관관계를 분석하였음(표 4-13 참조).

- 분석결과, 양수량과 전력사용량 간의 상관계수( $R^2$ )는 사계1 관정을 제외하면, 모두 0.98 이상을 나타내 매우 높은 직선의 상관관계를 보여주고 있어 전력사용량에 따라 양수량의 증감이 일어나고 있음을 알 수 있음.
- 그러나, 사계1 관정은 상관계수가 0.66으로 두 변수간의 상관성이 비교적 낮는데, 이는 다음과 같은 원인을 생각해 볼 수 있음.
  - 수중모터펌프가 작동한 후 안정화되지 않은 상태에서 출수량을 측정함으로써 분 당 출수량의 정확도가 낮는데 원인이 있거나
  - 분 당 출수량이 정확히 측정되었다면, 전력소비는 꾸준히 일어나고 있지만 출수량이 적은 것은 수중모터펌프의 임펠라 마모 또는 일부 파손 등의 문제로 펌프로부터 송출되는 지하수량이 전력소비량 만큼 되지 못하는 경우를 생각해 볼 수 있으며,
  - 또 하나의 원인으로 생각해 볼 수 있는 것은 대수층의 수리성이 낮거나 스크린 구간이 폐색되어 지하수의 유통이 원활하지 못하기 때문에 전력량에 비해 양수량이 낮을 수 있음.



<표 4-13> 원격검침 시스템 설치 관정의 전력량과 양수량과의 상관관계

관정명	표고 (m)	심도 (m)	총 이용량 (m <sup>3</sup> )	총 전력소비량 (Kwh)	상관계수 (R <sup>2</sup> )	상 관 식
오 라	107	141	275.9	201.6	1.000	Y=1.3685X-1E-06
오 등	151	181	1,048.6	846.8	0.907	Y=1.2699X-0.0703
화 북	120	150	1.1	1.8	1.000	Y=0.6182X+5E-07
봉 개	124	150	1,357.8	1,857.9	0.963	Y=0.7165X+0.0698
조 천	52	91	6.4	3.2	0.944	Y=0.467X+0.0005
선 흘	97	130	1,087.0	821.7	1.000	Y=1.3274X-0.0202
수 산	94	105	4,282.8	4,392.9	0.997	Y=0.9751X-0.0013
신 산	47	60	6,962.0	4,772.1	0.998	Y=1.4828X+0.099
표 선	56	75	36.1	17.1	0.999	Y=1.7402X-0.0006
가 시	168	200	7,920.2	9,727.1	0.988	Y=0.808X+0.1587
신 흥	80	106	590.8	424.7	0.998	Y=0.7165X+0.0075
수 망	115	130	773.4	641.7	0.997	Y=1.1454X+0.2096
의 귀	57	80	18.4	8.9	0.999	Y=0.4886X-0.0002
한 남	112	120	1,790.8	1,536.7	0.995	Y=1.1610X+0.0366
남 원	32	55	225.1	64.5	1.000	Y=3.5118X-0.0075

※ 표상의 Y는 지하수 양수량, X는 전력사용량임.

<표 4-13> 계속

관정명	표고(m)	심도(m)	총 이용량 (m <sup>3</sup> )	총 전력소비량 (Kwh)	상관계수 (R <sup>2</sup> )	상 관 식
위 미	87	102	4,640.4	2,344.8	1.000	Y=1.979X+0.0001
하 레	145	100	3,318.0	1,491.2	1.000	Y=0.4491X+0.0026
보 목	27	53	1,353.4	480.9	0.999	Y=2.8271X-0.0334
토 평	94	86	4,886.1	1,794.3	0.989	Y=2.6635X+0.5844
서 흥	130	150	3,068.1	2,048.1	0.996	Y=1.4578X+0.2157
호 근	240	157	236.3	281.3	0.977	Y=0.7731X+0.1032
서 호	74	120	5,965.9	2,552.9	0.992	Y=2.3213X+0.1047
범 환	11	28	2,536.4	802.4	0.997	Y=3.1399X+0.0934
대 포	48	40	1,903.4	582.7	0.999	Y=3.2263X+0.1275
하 예	37	80	4,266.1	1,335.1	0.993	Y=3.2153X-0.0701
덕 수	104	130	3,068.3	1,681.6	1.000	Y=1.8282X-0.0334
안 성	87	101	346.8	146.5	0.980	Y=2.3405X+0.0221
사계1	11	70	46.3	29.2	0.662	Y=1.0166X+0.0805
상 모	22	80	3,863.3	1,510.0	0.998	Y=2.5602X-0.0137
하 모	49	90	23,478.8	10,085.4	0.998	Y=2.3167X+0.2994

※ 표상의 Y는 지하수 양수량, X는 전력사용량임.

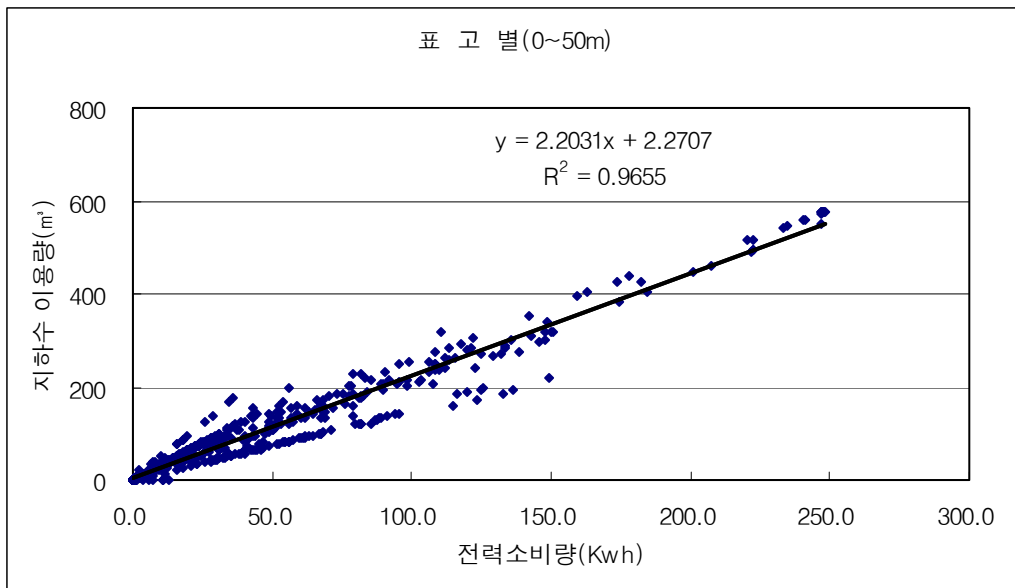
<표 4-13> 계속

관정명	표고(m)	심도(m)	총 이용량 (m <sup>3</sup> )	총 전력소비량 (Kwh)	상관계수 (R <sup>2</sup> )	상 관 식
동 일	38	90	6,519.7	3,087.5	0.996	Y=2.1077X+0.0313
신 평	57	90	247.5	77.0	0.924	Y=3.0122X+0.0858
영 락	19	70	6,270.1	2,900.3	1.000	Y=0.3110X-3E-15
신 도	8	29	1,227.0	285.4	0.947	Y=4.5806X-0.2098
낙 천	89	112	78.0	55.5	0.998	Y=1.4012X+0.0005
산 양	81	140	15,136.5	10,180.6	0.996	Y=1.4883X-0.0404
저지2	150	170	1,080.4	832.5	0.998	Y=1.3324X-0.0389
조 수	67	110	939.9	313.4	0.997	Y=3.0140X-0.0145
저지1	66	122	2,668.2	1,804.2	0.993	Y=1.4759X+0.0300
금 능	70	130	3,481.9	2,139.7	1.000	Y=1.6278X-0.0033
상 대	82	120	5,297.9	3,446.3	0.998	Y=0.6506X-0.0017
한 립	27	75	1,147.8	412.5	0.995	Y=0.3640X-0.0127
하 가	62	103	980.5	435.8	1.000	Y=2.252X-0.0022
광 령	135	200	54.5	48.8	0.992	Y=0.9446X+0.0005

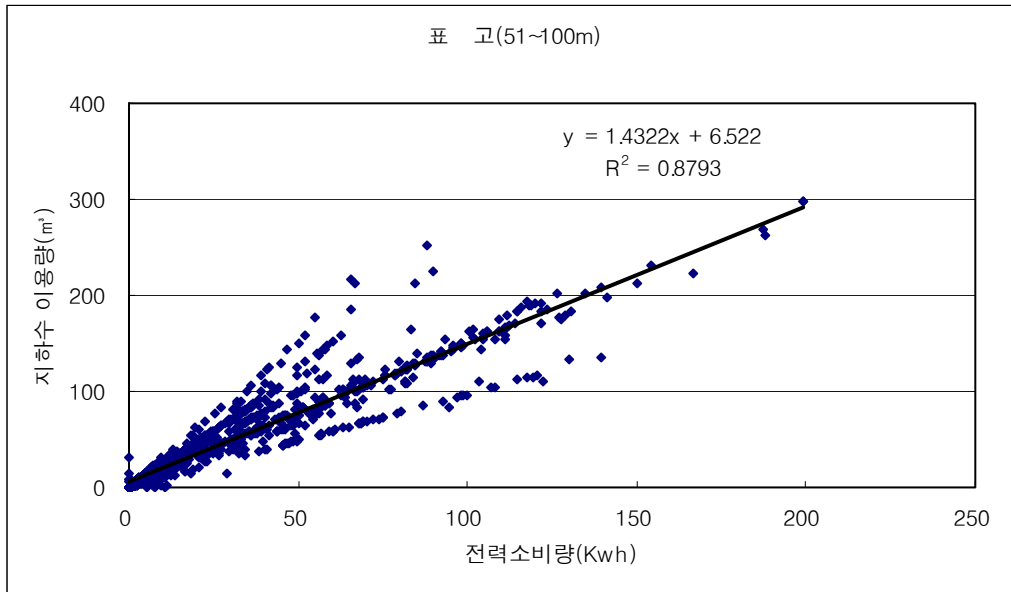
※ 표상의 Y는 지하수 양수량, X는 전력사용량임.

#### 4-4. 표고에 따른 양수량과 전력사용량과의 관계분석

- 관정을 통해 양수되는 지하수의 양은 온양정, 수중모터펌프의 크기(용량), 토출구경의 함수관계가 성립되며, 양수량은 수중모터펌프의 작동에 따른 전력소비량에 따라 결정됨.
- <그림 4-24>와 <그림 4-25>는 원격검침 데이터를 이용하여 조사대상 관정을 해발 50m 이하와 51~100m로 구분하고, 양수량과 전력소비량과의 상관관계를 분석한 것임.
- 제시된 그림에서 알 수 있듯이, 해발 50m 이하에 위치한 모니터링 관정의 양수량과 전력소비량 간에는 상관계수( $R^2$ )가 0.9655로 직선의 상관관계를 나타냈으며, 해발 51~100m 사이에 위치한 관정에서의 상관계수는 0.8793으로 분석되었음.
- 이러한 결과는 조사대상 관정의 양수량이 온양정과 전력소비량간의 함수관계가 잘 성립되고 있음을 보여주는 것이라 할 수 있음.



<그림 4-24> 해발 50m 이하 관정의 양수량과 전력소비량과의 관계



<그림 4-25> 해발 51~100m에 위치한 관정의 양수량과 전력소비량과의 관계

#### 4-5. 지하수 관정의 양수량(이용량) 산정을 위한 과제

- 전술한 바와 같이, 관정으로부터 양수되는 지하수의 양을 산정하는 데에는 몇 가지 방법이 있으나 그 나름대로의 장단점을 지니고 있기 때문에 산정결과의 정확성을 제고하기 위해서는 다음과 같은 연구가 단계적으로 이루어져야 할 것으로 판단됨.

##### ① 수중모터펌프 가동시간 모니터링에 의한 기초자료 축적

- 현재 제주도광역수자원관리본부에서 설치·운영 중에 있는 방식과 같은 원격검침 시스템을 500여개소로 확대하여 표고별, 양정별, 지역별, 수중모터펌프 용량별의 양수량과 전력소비량 간의 상관관계를 분석하여 경험식을 개발
- 이 때, 원격검침 시스템 설치 관정의 계량기를 정기적으로 검침하여 계량기에 의한 양수량과 원격검침 데이터에 의한 양수량과의 상관관계 및 오차유발 원인을 반드시 분석하여야 함.

② 원격검침에 의한 경험식의 적용 및 오차분석

- 원격검침 시스템이 설치되어 있지 않은 관정을 200여개소 선정하여 일정주기로 계량기 및 전력량계를 최소 1년 이상 검침하고
- 검침자료를 원격검침 시스템에 의해 개발된 표고별, 양정별, 수중모터 펌프 용량별 등을 고려해 개발한 경험식을 전력소비량 자료에 적용시켜 양수량을 산정함과 아울러,
- 산정결과를 계량기 검침에 의한 양수량과의 차이에 대한 비교 검토를 통하여 오차 발생원인을 분석한 후 경험식을 수정·보완함.

③ 관정 전기시설의 보완

- 현재 이용중인 지하수 관정으로 인입된 전기는 관정에만 단독으로 시설되어 있는 경우는 많지 않고, 다른 시설과 전기를 혼용하고 있기 때문에 월간 전력사용량에서 관정에 사용된 전력이 어느 정도인지를 파악할 수 없음.
- 따라서, 향후 신규로 개발되거나, 시설개수가 이루어지는 관정에 대해서는 관정 단독으로 전기시설을 가설토록 해야 하며,
- 장기적으로는 이에 소요되는 경비를 일괄적으로 보조하여 전 관정의 전력사용량 자료를 확보할 수 있도록 해야 할 것임,

## 제 V 장 결 론

제주도내에 개발·이용 중인 사설 농업용 44개 관정을 대상으로 2003년 1년 간 원격검침 시스템에 의해 얻어진 모니터링 데이터를 기초로 관정별 양수량과 재배작물별 지하수 이용특성을 파악함과 아울러, 지하수 관정의 양수량 산정결과에 대한 평가를 실시한 결과는 다음과 같음.

- 밭작물은 대체로 9월에서 11월 초순까지 집중적으로 지하수를 이용하고 있으며, 시설하우스의 경우에는 2월에서부터 10월말까지 비교적 지속적으로 지하수를 이용하고 있는 것으로 분석되었으나, 노지감귤원은 가뭄이 아닌 경우에는 농약살포 시 매우 소량의 지하수를 이용하고 있으며 이용시기도 매우 불규칙하였음.
- 연간 지하수 관정 가동 일수는 시설하우스 및 밭작물에 이용하는 지하수관정이 128일로 최대를 나타냈으며, 시설하우스(74일), 시설하우스 및 노지 감귤원(52일), 밭작물(44일) 순으로 많았으며, 노지감귤원은 12일로 가장 적은 것으로 분석되었음.
- 재배 작물별 연간 지하수 총 이용량은 관정 가동 일수와 비슷한 경향을 나타내 시설하우스 및 밭작물을 혼용하는 경우에 최대치를 나타냈고, 다음으로 밭작물과 시설하우스 순이었으며, 노지 감귤원은 최소치를 나타내었음.
- 일평균 지하수 이용량은 노지감귤 및 밭작물을 함께 재배하는 작목이 114 m<sup>3</sup>/일로 최대치를 나타냈고, 다음으로 밭작물(105m<sup>3</sup>/일), 시설하우스 및 밭작물(84m<sup>3</sup>/일), 시설하우스(50m<sup>3</sup>/일) 순으로 분석되었음.
- 일최대 지하수 이용량은 시설하우스 및 밭작물이 최대치를 나타냈고, 밭작물과 노지 감귤원 및 밭작물 작목 순으로 분석되었음.
- 단위 면적(ha) 당 지하수 일평균 이용량은 시설하우스가 74m<sup>3</sup>/일로 가장 많았고 밭작물(50m<sup>3</sup>/일), 노지 감귤원 및 밭작물(43m<sup>3</sup>/일), 시설하우스 및

발작물(26.3m<sup>3</sup>/일) 순으로 나타났음.

- 원격검침 시스템에 의해 얻어진 모니터링 데이터로부터 산정된 양수량과 계량기 검침에 의한 양수량과의 관계를 비교 분석한 결과, 상관계수가  $R^2 = 0.997$ 을 나타내 수중모터펌프 가동시간 모니터링에 의한 양수량 산정방법이 매우 유효함이 입증되었음.
- 원격검침 대상 44개 관정을 대상으로 지하수 총이용량(양수량)과 총 전력사용량 간의 상관관계를 분석한 결과, 양수량과 전력사용량 간의 상관계수( $R^2$ )는 사계1 관정을 제외하면, 모두 0.98 이상으로 매우 좋은 직선의 상관관계를 나타내 본 연구에서 채택한 수중모터펌프 가동시간 모니터링에 의해 양수량을 산정하더라도 별문제가 없는 것으로 판단됨.
- 원격검침 데이터를 이용하여 조사대상 관정을 해발 50m 이하와 51~100m로 구분하여 양수량과 전력 소비량과의 상관관계를 분석한 결과, 해발 50m 이하에 위치한 모니터링 관정의 상관계수( $R^2$ )가 0.965이고, 해발 51~100m 사이에 위치한 관정에서의 상관계수는 0.879으로 분석되어 조사대상 관정의 양수량이 온양정과 전력소비량간의 함수관계가 잘 성립되고 있음을 보여주었음.



## 참 고 문 헌

- 제주도, 2000, 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서  
농업기반공사·농어촌연구원, 2002, 제주도 밭관개 용수량 산정법 정립에  
관한 연구(I)  
제주도, 2003, 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(Ⅲ) 보고서  
제주도, 2004, 제주도 농업용수 종합계획수립 보고서

공 동 연 구 책 임	박 원 배	제주발전연구원 책임연구원
	고 기 원	제주도광역수자원관리본부 연구실장
공 동 연 구	오 성 보	제주대학교 전기전자공학부 교수
	김 태 윤	제주발전연구원 연구위원
	김 봉 석	제주도광역수자원관리본부
	문 덕 철	제주도광역수자원관리본부
연 구 자 문	현 영 진	제주대학교 청정화학공학과 교수
	남 정 만	제주대학교 해양과학부 교수

## 제주도 농업용 관정의 양수량 산정과 지하수 이용특성 연구

인 쇄 일 2003. 12  
발 행 일 2003. 12  
발 행 인 고 충 석(제주발전연구원장)  
발 행 처 제주발전연구원  
690-732 제주도 제주시 이도2동 390  
(제주도중소기업종합지원센터 4층)  
Tel. 064-751-2166~7 Fax. 064-751-2168  
E-mail : jdi507@provin.jeju.kr  
인 쇄 처 일신옵셋인쇄 (☎ 722 -2921)

ISBN 89-88021-56-8 93520

- 이 책에 실린내용은 출처를 밝히면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단 • 전제하면 법에 저촉됩니다.