

지하수 이용량 모니터링조사 보 고 서



2007. 11



건 설 교 통 부
한국수자원공사

제 출 문

한국수자원공사 사장 귀하

2006년 6월 23일 귀 공사와 우리 협회간에 계약체결한 바 있는 『지하수 이용량 모니터링 조사사업』 위탁사업을 과업지시서에 의거, 완수하였기에 그 결과를 보고서에 수록하여 제출합니다.

2007년 11월

한국지하수협회장
안 근 목

< 목 차 >

제 1 장 서론	1-1
1.1 조사배경 및 목적	1-1
1.2 조사내용	1-1
1.3 과업수행절차	1-3
 제2장 기존 문헌 조사	2-1
2.1 국내의 지하수 이용량 산정방법	2-1
2.1.1 통계자료의 이용량 산정방법	2-1
2.1.2 조사·연구 분야의 이용량 산정방법	2-6
2.2 미국의 지하수 이용량 산정방법	2-19
2.2.1 용수이용량 평가방법	2-19
2.2.2 용도별 물이용 분류 및 이용량 산정방법	2-20
2.2.3 지역별 용수이용량 자료취득방법	2-24
 제3장 지하수 이용량 모니터링조사	3-1
3.1 기존자료 수집 및 예비분석	3-1
3.1.1 기존 지하수 이용량 평가방법의 검토결과	3-1
3.1.2 기존 이용량 조사방법	3-2
3.1.3 전력량과 양수량과의 상관성 분석	3-6
3.1.4 기존자료 분석결과	3-8
3.2 모니터링 현장조사 세부계획수립	3-9
3.2.1 대상지역 선정	3-9

3.2.2 대상정보 선정 방법	3-9
3.2.3 현장 모니터링조사 방법	3-13
3.3 모니터링 대상정보 선정조사	3-15
3.3.1 선정된 모니터링 대상정보 현황	3-15
3.3.2 모니터링 대상정보 선정시 문제점	3-24
3.4 모니터링 현장조사	3-25
3.4.1 검침방법	3-25
3.4.2 모니터링 현장조사의 문제점	3-27
 제4장 지하수 이용특성 분석 및 이용량 평가방법	 4-1
4.1 지하수 이용특성 분석	4-1
4.1.1 1차 이용량 자료 선별(DATA CLEANING)	4-1
4.1.2 용도별 · 계절별 · 관정제원별 이용특성 분석	4-2
4.1.3 지하수 이용량에 미치는 요소 검토	4-44
4.2 지하수 이용량 평가기법 개발	4-49
4.2.1 세부용도별 지하수 이용량 산정방법 및 산정기준	4-50
4.2.2 지역별 지하수 이용량 산정	4-80
 제5장 지하수 이용량 조사 개선 방안	 5-1
5.1 향후 지하수 이용량 조사시 고려사항	5-1
5.1.1 조사계획시 고려사항	5-1
5.1.2 조사대상정보 선정시 고려사항	5-3
5.1.3 현장모니터링 조사시 고려사항	5-4
5.1.4 지자체 및 타기관 자료 활용	5-6
5.2 개선방안 제시	5-6
5.2.1 향후 모니터링 조사	5-6

제6장 결론 및 제언	6-1
6.1 결론	6-1
6.2 향후 추진방향	6-5
6.2.1 1단계 향후 세부추진방향	6-6
6.2.2 2단계 향후 세부추진방향	6-8
6.2.3 3단계 향후 세부추진방향	6-10

< 표 목 차 >

<표 1-1> 이용량 모니터링조사 대상정호 선정현황	1-2
<표 2-1> 용수의 세부용도별 분류	2-2
<표 2-2> 상수도 통계 작성 기준	2-3
<표 2-3> 지하수 세부용도 구분	2-4
<표 2-4> 지하수 업무수행 지침 중 일사용량 산정방법	2-4
<표 2-5> 지하수 이용량 산정방법에 대한 전국 지자체 담당자 설문조사 결과	2-5
<표 2-6> 생활용수 이용량 산정방법	2-6
<표 2-7> 공업용수 이용량 산정방법	2-7
<표 2-8> 농업용수 이용량 산정방법	2-8
<표 2-9> 농업용수 단위용수량 산정방법	2-8
<표 2-10> 미급수지역 표본조사 대상검토	2-10
<표 2-11> 수자원장기종합계획 물수요량 예측방법 비교	2-11
<표 2-12> 지하수 기초조사 중 지하수 이용량 산정기준	2-14
<표 2-13> 지하수 이용량 평가방법의 장·단점 비교	2-17
<표 2-14> 제주지역 원격검침 정호의 세부용도별 분류	2-18
<표 2-15> 1997년 알칸사주 취수 데이터베이스	2-27
<표 2-16> 표준오차 10% 수준에 필요한 카테고리별 표본수	2-28
<표 3-1> 강릉지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류	3-2
<표 3-2> 울산지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류	3-3
<표 3-3> 대구지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류	3-4
<표 3-4> 한강권역 지하수 이용량자료 세부용도 분류	3-4
<표 3-5> 서산지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류	3-5
<표 3-6> 지역별 개발가능량 대비 이용량	3-9
<표 3-7> 전국의 용도별 지하수 이용현황	3-10
<표 3-8> 모니터링 대상정호 세부용도 분류기준	3-11
<표 3-9> 모니터링 대상정호 일반용의 업종별 분류기준	3-11
<표 3-10> 용도별 조상대상정호 현황	3-14

<표 3-11> 선정된 모니터링 대상정호 용도별 현황	3-16
<표 3-12> 선정된 모니터링 대상정호의 지역별 양수능력 현황	3-17
<표 3-13> 선정된 모니터링 대상정호의 세부용도별 양수능력 현황	3-17
<표 3-14> 선정된 모니터링 대상정호의 지역별 펌프용량 현황	3-19
<표 3-15> 선정된 모니터링 대상정호의 세부용도별 펌프용량 현황	3-20
<표 3-16> 선정된 모니터링 대상정호의 지역별 토출관직경 현황	3-22
<표 3-17> 선정된 모니터링 대상정호의 세부용도별 토출관직경 현황	3-22
<표 3-18> 양수능력 30m ³ /일 미만의 지역별 비율	3-24
<표 3-19> 계측기별 측정현황	3-25
<표 4-1> 용도별 1차 자료선별정호 현황	4-1
<표 4-2> 계측기 교체 내역	4-3
<표 4-3> 단위시간당 전력 소비량에 의한 양수량 환산	4-4
<표 4-4> 1차 선별자료의 가정용 지하수 1일 평균이용량	4-7
<표 4-5> 재분류된 세부용도별 정호개수	4-10
<표 4-6> 세부용도별 2차 자료선별 현황	4-13
<표 4-7> 지역별 지하수 일평균이용량 분산분석결과	4-15
<표 4-8> 생활용(일반용 제외) 이용특성 분석결과	4-17
<표 4-9> 일반용 정호의 1일 평균이용량에 대한 분석결과	4-19
<표 4-10> 농업용 정호의 1일 평균이용량에 대한 분석결과	4-22
<표 4-11> 세부용도별 표본오차율	4-23
<표 4-12> 생활용(일반용 제외) 정호의 월별 이용량 분석결과	4-26
<표 4-13> 생활용(일반용 제외) 정호의 월별 이용량 분산분석(ANOVA) 결과 ...	4-26
<표 4-14> 생활용(일반용) 정호의 월별 이용량 분석결과	4-28
<표 4-15> 생활용(일반용) 정호의 월별 이용량 분산분석(ANOVA) 결과	4-28
<표 4-16> 농업용 정호의 월별 이용량 기술통계분석 결과	4-31
<표 4-17> 농업용 정호의 월별 이용량 분산분석(ANOVA) 결과	4-32
<표 4-18> 펌프용량별 표본오차율	4-33
<표 4-19> 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과	4-34
<표 4-20> 일반용 정호의 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과	4-34

<표 4-21> 농업용 정호의 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과	4-35
<표 4-22> 토출관직경별 표본오차율	4-37
<표 4-23> 토출관직경별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과	4-38
<표 4-24> 양수능력별 분석 대상정호 및 표본오차율	4-40
<표 4-25> 양수능력별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과	4-41
<표 4-26> 일반용 정호의 양수능력별 일평균 지하수 이용량 분석결과	4-42
<표 4-27> 농업용 정호의 양수능력별 일평균 지하수 이용량 분석결과	4-42
<표 4-28> 상관관계 분석을 위한 용도별 영향인자	4-44
<표 4-29> 생활용 지하수 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과	4-46
<표 4-30> 일반용 업종별 지하수 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과	4-47
<표 4-31> 농업용 지하수 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과	4-48
<표 4-32> 상관관계 분석결과 세부용도별 유효한 영향인자	4-49
<표 4-33> 가정용정호 1일 1인 평균이용량(L/인·일) 분석결과	4-51
<표 4-34> 조사된 가정용 기준단위와 기존문헌 자료와의 비교	4-52
<표 4-35> 가정용정호 양수능력대비 가동률(%) 분석결과	4-53
<표 4-36> 공동주택용·마을상수도용·학교용·농업생활겸용 지하수 이용량(L/인·일) 분석결과	4-55
<표 4-37> 학교용 정호의 양수능력대비 일평균이용량	4-58
<표 4-38> 일반용(옥탕용)에 대한 기준단위 분석결과	4-60
<표 4-39> 일반용(식당용)에 대한 기준단위 분석결과	4-61
<표 4-40> 일반용(주유소용)에 대한 기준단위 분석결과	4-62
<표 4-41> 일반용(사무용)에 대한 기준단위 분석결과	4-64
<표 4-42> 일반용(체육시설)에 대한 기준단위 분석결과	4-65
<표 4-43> 일반용(소규모사업체)에 대한 기준단위 분석결과	4-66
<표 4-44> 일반용 정호의 업종별 양수능력대비 가동률(%) 분석결과	4-68
<표 4-45> 일반용 정호의 양수능력별 일평균이용량과 양수능력대비 가동률(%) 분석결과	4-68
<표 4-46> 양수능력별 일평균이용량자료와 하수세부과자료와의 비교	4-70
<표 4-47> 양수능력별 양수능력대비 가동률자료와 하수세부과자료와의 비교	4-70

<표 4-48> 답작용·원예용 정호의 단위면적(ha)당 일평균이용량에 대한 분석결과	4-72
<표 4-49> 농업용(답작용·원예용)정호의 양수능력대비 가동률(%) 분석결과	4-74
<표 4-50> 축산용 정호의 사육두수당 1일 평균이용량에 대한 분석결과	4-77
<표 4-51> 기존자료의 가축별 1일 급수량	4-77
<표 4-52> 세부용도별 지하수 이용량 산정기준 및 기준단위	4-79
<표 4-53> 본 조사에서 산정된 용인지역 생활용 지하수 세부용도별 이용량	4-81
<표 4-54> 용인지역 축산용 지하수 이용량 산정결과	4-82
<표 4-55> 본 조사에서 산정된 안성지역 생활용 지하수 세부용도별 이용량	4-84
<표 4-56> 안성지역 축산용 지하수 이용량 산정결과	4-85
<표 4-57> 이천지역 가정용·공동주택용·마을상수도용 지하수 이용량 산정결과	4-85
<표 4-58> 이천지역 일반용·학교용 지하수 이용량 산정결과	4-86
<표 4-59> 본 조사에서 산정된 이천지역 생활용 지하수 세부용도별 이용량	4-86
<표 4-60> 이천지역 축산용 지하수 이용량 산정	4-87
<표 4-61> 지하수 조사연보와 세부용도별 이용량 비교	4-88
<표 5-1> 최근 3년간 수행한 정전현황결과를 바탕으로 파악한 지역개발행정자료대비 실사정호 증가율	5-2
<표 5-2> 향후 지하수 이용량 모니터링 세부용도 구분	5-7
<표 5-3> 서산시 지역개발행정자료의 분석결과	5-8
<표 5-4> 계층별 무작위 표본조사에 의해 산정된 서산지역의 표본수	5-9
<표 5-5> 세부용도별 대상정호 선정시 필수 조사항목	5-11
<표 6-1> 본 과업에서 조사된 세부용도별 평균값 및 표준편차	6-8
<표 6-2> 계산된 세부용도별 표본크기	6-9

<그 립 차 례>

<그림 1-1> 과업수행 흐름도	1-4
<그림 2-1> 지하수 이용량 원격검침 시스템 구성도	2-18
<그림 2-2> 호놀룰루시 수도국 직원이 지하수 이용량을 검침하는 모습	2-28
<그림 3-1> 펌프용량에 따른 전력 소비량과 지하수 이용량과의 상관관계	3-7
<그림 3-2> 선정된 모니터링 대상정호 지역별 현황	3-15
<그림 3-3> 조사대상정호 선정현황도	3-16
<그림 3-4> 세부용도별 양수능력에 따른 빈도분포도	3-18
<그림 3-5> 세부용도별 펌프용량에 따른 빈도분포도	3-20
<그림 3-6> 세부용도별 토출관직경에 따른 빈도분포도	3-22
<그림 3-7> 단위양수량 측정법 설명을 위한 모식도	3-26
<그림 3-8> 단위양수량 측정 현장사진	3-26
<그림 4-1> 1차 선별된 가정용 지하수 1일 평균이용량($m^3/일$) Box-plot	4-8
<그림 4-2> 1차 선별된 가정용 지하수 1일 평균이용량($m^3/일$) 빈도분포도	4-8
<그림 4-3> Box-plot을 이용한 이상값 검출	4-13
<그림 4-4> Box-plot을 이용한 용도별 이상값 검출	4-14
<그림 4-5> 생활용(일반용 제외) 지하수 1일 평균이용량($m^3/일$) 빈도분포도	4-17
<그림 4-6> 생활용(일반용 제외) 지하수 1일 평균이용량($m^3/일$) Box-plot	4-18
<그림 4-7> 생활용(일반용) 정호의 1일 평균 지하수 이용량 빈도분포도	4-20
<그림 4-8> 생활용(일반용) 지하수 이용량 Box-plot	4-21
<그림 4-9> 농업용 1일 평균이용량 빈도분포도 및 Box-plot	4-22
<그림 4-10> 생활용(일반용 제외) 지하수 월별 총 이용량 변화 도표	4-29
<그림 4-11> 생활용(일반용) 지하수 월별 총 이용량 변화 도표	4-30
<그림 4-12> 농업용 지하수 월별 총 이용량 변화 도표	4-32
<그림 4-13> Box-plot을 이용한 펌프용량별 일평균이용량 이상값 검출	4-33
<그림 4-14> 펌프용량별 지하수 이용량 빈도분포도	4-35
<그림 4-15> 펌프용량별 지하수 이용량 Box-plot 및 평균값 변화도표	4-36

<그림 4-16> Box-plot을 이용한 토출관직경별 일평균이용량 이상값 검출	4-36
<그림 4-17> 토출관직경별 지하수 이용량 빈도분포도	4-38
<그림 4-18> 토출관직경별 지하수 이용량 Box-plot 및 평균값 변화도표	4-39
<그림 4-19> Box-plot을 이용한 양수능력별 일평균이용량 이상값 검출	4-40
<그림 4-20> 양수능력별 지하수 이용량 Box-plot 및 평균값 변화도표	4-42
<그림 4-21> 양수능력별 지하수 이용량 빈도분포도	4-43
<그림 4-22> Box-plot을 이용한 가정용 지하수 이상값 검출	4-50
<그림 4-23> 가정용 지하수 이용량 빈도분포도	4-52
<그림 4-24> 가정용 지하수 이용량 Box-plot	4-53
<그림 4-25> Box-plot을 이용한 공동주택용·마을상수도용·학교용·농업생활겸용 지하수 이상값 검출	4-54
<그림 4-26> 생활용 정호 세부용도별(일반용 제외) 지하수 이용량 빈도분포도	4-56
<그림 4-27> 공동주택용·마을상수도용·농업생활겸용 지하수 이용량 Box-plot	4-56
<그림 4-28> 일반용 정호의 양수능력에 대한 빈도분포도	4-68
<그림 4-29> Box-plot을 이용한 답작용·원예용 기준단위의 이상값 검출	4-71
<그림 4-30> 답작용·원예용 단위면적(ha)당 기준단위 빈도분포도	4-72
<그림 4-31> 답작용·원예용 단위면적(ha)당 기준단위 Box-plot	4-73
<그림 4-32> 답작용·원예용 정호의 양수능력대비 가동율 빈도분포도	4-74
<그림 4-33> 답작용·원예용 정호의 양수능력대비 가동율 Box-plot	4-74
<그림 4-34> Box-plot을 이용한 축산용 정호의 기준단위 이상값	4-76
<그림 4-35> 축산용정호의 사육두수당 일평균이용량의 빈도분포도	4-77
<그림 4-36> 축산용정호의 사육두수당 일평균이용량 Box-plot	4-78
<그림 4-37> 본 조사에서 산정된 용인지역 생활용 지하수 세부용도별 이용현황	4-81
<그림 4-38> 본 조사에서 산정된 안성지역 생활용 지하수 세부용도별 이용현황	4-84
<그림 4-39> 본 조사에서 산정된 이천지역 생활용 지하수 세부용도별 이용현황	4-86
<그림 6-1> 단계별 업무수행 흐름도	6-6
<그림 6-2> 지하수 이용량 자동 모니터링 시스템	6-11

제1장 서론

- 1.1 조사배경 및 목적
- 1.2 조사내용
- 1.3 과업수행절차

제 1 장 서 론

1.1 조사배경 및 목적

급속한 도시화, 생활수준의 향상 및 산업발전과 환경오염에 대한 관심이 다양해지면서 지하수의 수요가 나날이 증가하고 있어 수자원으로서 담당해야할 몫은 점차 많아지고 있는 실정이다.

지하수는 한번 쓰고 나면 소모되거나 고갈돼 버리지 않고 하늘에서 내리는 빗물의 지하 침투에 의해 보충·순환되는 재생 가능한 자원으로서, 지표수와는 달리 수량이 안정돼 있고 수질이 양호하며 수온의 변화가 적고 이용지점에서 바로 취수가 가능하다는 등 많은 장점을 지니고 있다.

지하수는 합리적인 개발·이용이 전제된다면, 수질악화와 과잉양수에 의한 지반침하, 해수침입 등의 각종 환경재해를 최소화할 수 있고, 국가 차원의 지속적인 수자원 확보와 이용·관리 계획을 수립하는데 효과적으로 활용할 수 있을 것이다.

따라서 지하수 이용량 모니터링조사는 보다 과학적으로 지하수 자원을 보호·보전할 수 있는 관리정책을 수립하는 한편, 용도별 용수 수요량을 추정하는데 중요한 정보를 제공하게 될 것이다.

지하수 이용량 모니터링의 성과는 전체적인 지하수 이용량 실태를 파악함은 물론 적정 개발 가능량과 실제 이용량 간의 상호관계에 대한 비교·분석을 통해 지하수 관리 목표를 설정하는 기초자료이며, 취득한 자료로부터 정호별 전력 소비량과 가동시간을 연계시켜 분석할 때 다른 정호의 이용량도 간접적으로 산정할 수 있는 효과가 있다.

또한, 산정된 양수량에 대한 평가를 실시하여 정호별 지하수 이용량을 비롯하여 용도별로 이용특성을 분석하고, 양수량과 전력 소비량 및 가동시간과의 관계분석을 통해 정호에서의 지하수 양수량을 산정할 수 있는 기법을 개발함으로써 자료의 검증과 향후 축적되는 모니터링 자료의 신뢰도를 제고하는데 그 목적이 있다.

1.2 조사내용

지하수 이용량 모니터링조사는 물이용량과 관련된 제반기존자료 수집·정리 및 현지관측 조사를 통하여 자료를 생산하고, 이들을 상호 검증하고 분석을 실시하여 지하수 이용량에 대한 새로운 자료를 생성하는 방법으로 수행하였다.

조사기간은 2006년 6월 ~ 2007년 11월이며, 이 기간 중 모니터링 대상정호 선정조사

는 2006년 9월 8일 ~ 2006년 12월 1일까지 수행하였으며, 선정된 대상정호는 2006년 12월 ~ 2007년 11월 매월 1회 측정하였다.

조사지역은 세부용도별 지하수 개발·이용시설이 고루 분포되어 있고, 지하수 개발가능량 대비 실제 이용량의 비가 높은 경기도 이천지역(116.6%)을 중심으로 안성시, 용인시, 여주시를 대상으로 선정하였다.

선정된 정호들은 매월 1회 이용량을 관측하였고, 이용량의 관측주기는 계절별 이용 특성이 분석되도록 12개월 이상으로 하였다.

지하수 이용량 모니터링조사 대상정호의 선정현황과 측정된 정호수는 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 이용량 모니터링조사 대상정호 선정현황

용 도	세 부 용 도		선정정호	관 측 형 태		
				유량계	전력계	시간계
생활용	가정용	용인	60	59		1
		이천	61	61		
		안성	60	60		
		소계	181	180		1
	공동주택용		31	31		
	마을상수도용		34	33	1	
	학교용		31	30		1
	일반용	육탕용	30	29		1
		식당용	30	30		
		주유소용	30	29		1
		사무용	30	30		
		체육시설	31	31		
		소규모사업체	37	37		
		소계	188	186		2
	계		465	460	1	4
농업용	답작용		36	11	25	
	원예용		60	4	22	34
	축산용	육우	30	30		
		양돈	30	7		23
		소계	60	37		23
	계		156	52	47	57
합	계	-	621	512	48	61

1.3 과업수행절차

지하수 이용량 모니터링조사는 제한된 지하수 자원의 효율적인 개발·이용과 보전·관리를 위한 기초 정보를 제공하고, 지하수 이용량 자료의 합리적인 조사방안을 수립함으로써 신뢰성 있는 지하수 이용 자료를 제공하기 위하여 총 3단계로 수행하였다.

1단계는 국내·외 용수 및 지하수 이용량 평가방법을 조사하고 기존의 지하수 이용량 자료를 수집·분석하여 모니터링 현장조사 세부방안을 수립하였으며, 2단계에서는 수립된 세부방안을 근거로 모니터링 정호 선정조사와 현장 모니터링을 수행하였으며, 3단계에서는 모니터링 성과를 바탕으로 이용특성을 분석하고 지하수 이용량 평가기법을 개발하였다.

■ 제 1 단계 : 기본현황조사

- 국내·외 용수 및 지하수 이용량 평가방법 조사
- 기존자료 수집 및 예비분석
- 모니터링 현장조사 세부방안 수립

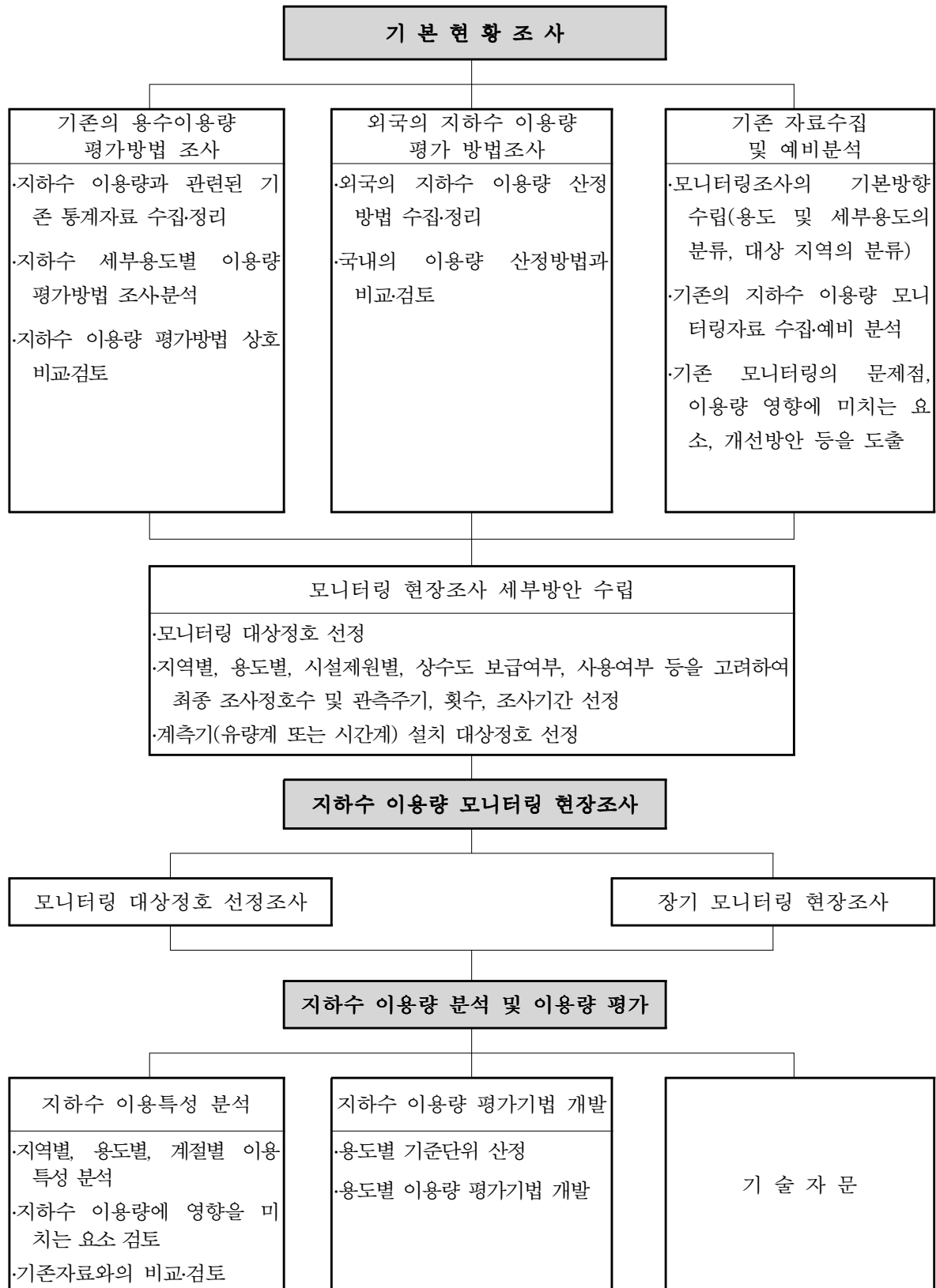
■ 제 2 단계 : 지하수 이용량 모니터링 현장조사

- 모니터링 대상정호 선정조사
- 선정된 대상정호 모니터링 현장조사

■ 제 3 단계 : 지하수 이용량 분석 및 이용량 평가기법

- 지역별·용도별·계절별·정호제원(펌프용량, 토출관직경, 양수능력)별 이용특성 분석
- 지하수 이용량에 영향을 미치는 요소 검토
- 세부용도별 기준단위 산정
- 지하수 이용량 평가기법 개발

그리고, 세부적인 과업수행 흐름도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 과업수행 흐름도

제2장 기존 문헌 조사

- 2.1 국내의 지하수 이용량 산정방법
- 2.2 미국의 지하수 이용량 산정방법

제 2 장 기존 문헌 조사

2.1 국내의 지하수 이용량 산정방법

2.1.1 통계자료의 이용량 산정방법

가. 상수도 통계연보

상수도 통계연보에는 급수인구와 상수도를 급수 받지 못하는 미급수인구로 구분되어 있고, 미급수인구는 다시 마을상수도, 전용상수도, 소규모급수시설, 기타로 구분되어 있다. 이에 대한 분류기준은 다음 <표 2-2>에 정리하였다.

“상수도 통계”상에서 제공되고 있는 급수지역 이용량은 실제 계측을 통하여 요금을 받고 있는 자료를 근거로 하여 정보가 제공되고 있고, 여기에서 급수지역 상수도 이용량은 유효수량을 의미하며, 유효수량이란 정수장에서 생산된 물의 총량(총생산량)에서 급·배수 관에서의 누수 등으로 유실된 양을 제외한 것으로 실제로 수용가에서 쓸수있게 공급하여 쓰인 물의 양을 말한다. 한편 미급수지역의 시설인 마을상수도·전용상수도·소규모급수시설·기타시설의 정보(시설용량·이용량·급수인구·단위급수량 등)는 시·군 지자체의 대장으로 관리되고 있으나, 매년 변동사항을 반영한 이력관리가 되고 있지 못하며, 이용량도 실제이용량 조사에 의한 수치가 아니라 시설용량 또는 급수인구에 추정 기준단위를 적용하여 관리되고 있는 실정이다. 또한, 개별 자가취수시설의 이용량도 실제 계측에 의한 이용량이 아니라 시설용량 또는 인·허가 신청시 피인허가자의 유수인용 인허가량으로 관리되고 있다.

이와 같이 상수도 통계연보에 분석된 급수지역 이용량은 실제 계측한 자료를 통하여 이용량을 산정하기 때문에 비교적 정확한 양을 산정할 수 있지만, 미급수지역 이용량은 기준 단위나 시설용량 등과 같이 간접적인 방법으로 산정하기 때문에 급수지역 이용량에 비해 정확한 양이 산정되지 못하고 있다. 따라서 미급수지역은 신뢰도가 높은 기준단위를 산정해야만 비교적 정확한 양을 산정할 수 있을 것이다.

상수도 통계는 매년 1월~3월에 지방자치단체에 자료를 요청하여 상반기에 취합하고 연말에 발간하고 있다. 전국수도종합계획시스템(WIIS) 및 엑셀 디스켓을 통하여 각 지자체로부터 자료를 송부받고 이를 정리하여 발간되며, 당해연도에 발간되는 상수도 통계는 전년도 12월말 현재 자료를 수록하고 있다.

상수도 이용량 통계자료의 용도구분은 업종별로 가정용, 업무용, 영업용, 육탕용 1·2종, 산업용 등으로 <표 2-1>과 같이 구분하고 있다.

<표 2-1> 용수의 세부용도별 분류

가정용	<ul style="list-style-type: none">전용 급수전에 의한 가사용 급수담배, 연탄, 양곡, 문방구, 지물, 철물 등의 소매업 및 복덕방, 인장업, 행정서사업, 수예점, 만화가게, 구멍가게 등 10㎡미만의 소규모 가게고아원, 영아원, 양로원, 탁아소 등 사회복지시설																									
	업무용 <ul style="list-style-type: none">영리를 목적으로 물품을 제조 또는 판매하거나 서비스를 제공하는 업소 중 타업종에 속하지 않는 모든 업소관공서, 병영, 학교, 의료 유사업국가 또는 지방자치단체가 50%이상을 출자·출연한 법인 및 단체(생산·제조용수 제외)종교단체, 방송국, 신문사, 정당 국가유공자단체, 사회단체(사회단체 등록에 관한 법률에 의하여 등록된 공익단체), 새마을금고, 농협, 수협, 축협의 중앙회 및 지역사무소																									
영업용	<ul style="list-style-type: none">식품제조·가공업(가축 가공도살업 및 정육점 포함), 식품접객업, 식품보존업제빙, 냉동, 냉장업숙박업(여인숙 제외), 공연장, 유기장업, 노래방백화점, 도매센터, 대규모 소매점자동차정비업(카센타 포함), 주차장, 세차장, 주유소(가스충전소 포함), 운송(창고보관업 포함) 또는 관광업예식장, 사설학원, 사진현상소, 양조업의약품, 화합물 및 화학제품제조업, 화장품제조업염색업, 섬유류제조·가공업, 피혁제조·가공업레미콘, 세멘트가공업, 벽돌제조업체육시설업(체육도장, 탁구장 제외), 유원지 운영업금융기관(보험회사, 증권회사, 신용금고 포함, 전당포 및 국책은행 제외)오피스텔, 리조트 및 이와 유사한 업소단기급수를 목적으로 임시개설한 급수전(건축허가를 받아 시공 중인 건물 : 입주전까지, 운반급수 : 최종 단계 효율적용)별도 급수전에 의한 선박용 급수수도관 파손에 의한 누수(최종단계 효율)기타 시장이 필요하다고 정하는 업태																									
욕탕용	1종	<ul style="list-style-type: none">공동탕에 대한 급수																								
	2종	<ul style="list-style-type: none">특수목욕장업1. 바닥면적 100㎡이상의 헬스클럽과 연계하여 운영하는 수영장에 대한 급수2. 가족탕업, 한증막업3. 욕조 및 휴게실을 갖춘 안마시술소																								
산업용	<ul style="list-style-type: none">영업용 중 한국표준산업분류에 의한 제조업체 <table><tr><td>1. 음식료품 제조업</td><td>2. 담배 제조업</td></tr><tr><td>3. 섬유제품 제조업 : 봉제의복제외</td><td>4. 봉제의복 및 모피제품</td></tr><tr><td>5. 가죽, 가방 및 신발 제조업</td><td>6. 목재 및 나무제품 제조업 : 가구제외</td></tr><tr><td>7. 펄프, 종이 및 종이제품 제조업</td><td>8. 출판, 인쇄 및 기록 매체 제조업</td></tr><tr><td>9. 코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업</td><td>10. 화합물 및 화학제품 제품 제조업</td></tr><tr><td>11. 고무 및 플라스틱 제품 제조업</td><td>12. 비금속광물 제품 제조업</td></tr><tr><td>13. 제1차 금속산업</td><td>14. 조립금속제품 제조업 : 기계 및 가구제외</td></tr><tr><td>15. 기타 기계 및 장비 제조업</td><td>16. 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업</td></tr><tr><td>17. 기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업</td><td>18. 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비제조업</td></tr><tr><td>19. 의료, 정밀 광학기기 및 시계 제조업</td><td>20. 자동차 및 트레일러 제조업</td></tr><tr><td>21. 기타 운송장비 제조업</td><td>22. 가구 및 기타 제품 제조업</td></tr><tr><td>23. 재생용 가공 원료 생산업</td><td></td></tr></table>		1. 음식료품 제조업	2. 담배 제조업	3. 섬유제품 제조업 : 봉제의복제외	4. 봉제의복 및 모피제품	5. 가죽, 가방 및 신발 제조업	6. 목재 및 나무제품 제조업 : 가구제외	7. 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	8. 출판, 인쇄 및 기록 매체 제조업	9. 코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업	10. 화합물 및 화학제품 제품 제조업	11. 고무 및 플라스틱 제품 제조업	12. 비금속광물 제품 제조업	13. 제1차 금속산업	14. 조립금속제품 제조업 : 기계 및 가구제외	15. 기타 기계 및 장비 제조업	16. 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업	17. 기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업	18. 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비제조업	19. 의료, 정밀 광학기기 및 시계 제조업	20. 자동차 및 트레일러 제조업	21. 기타 운송장비 제조업	22. 가구 및 기타 제품 제조업	23. 재생용 가공 원료 생산업	
1. 음식료품 제조업	2. 담배 제조업																									
3. 섬유제품 제조업 : 봉제의복제외	4. 봉제의복 및 모피제품																									
5. 가죽, 가방 및 신발 제조업	6. 목재 및 나무제품 제조업 : 가구제외																									
7. 펄프, 종이 및 종이제품 제조업	8. 출판, 인쇄 및 기록 매체 제조업																									
9. 코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업	10. 화합물 및 화학제품 제품 제조업																									
11. 고무 및 플라스틱 제품 제조업	12. 비금속광물 제품 제조업																									
13. 제1차 금속산업	14. 조립금속제품 제조업 : 기계 및 가구제외																									
15. 기타 기계 및 장비 제조업	16. 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업																									
17. 기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업	18. 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비제조업																									
19. 의료, 정밀 광학기기 및 시계 제조업	20. 자동차 및 트레일러 제조업																									
21. 기타 운송장비 제조업	22. 가구 및 기타 제품 제조업																									
23. 재생용 가공 원료 생산업																										

<자료출처: 상수도통계 작성지침(2005), 환경부>

<표 2-2> 상수도 통계 작성 기준

조사인자	상수도 통계 작성 기준
총 인 구	행정구역내 살고 있는 모든 인구
급수인구	광역상수도 및 지방상수도 급수시설을 갖춘 지역 내 거주하여 수도물을 공급받고 있는 인구
마을상수도 인구	마을상수도 이용 인구 지방자치단체가 관할지역 주민의 음용 등에 제공하기 위하여 원수를 “먹는물수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙”에 적합하게 처리할 수 있는 간이 정수시설을 갖춘 수도시설에 의하여 급수인구 100인 이상 2,500인 이내에게 정수를 공급하는 일반수도로써 1일 공급량이 20톤이상 500톤미만 또는 이와 비슷한 규모의 수도로써 시장·군수가 지정하는 수도
전용상수도 인구	전용상수도 이용 인구 100인 이상을 수용하는 기숙사, 사택, 요양소, 기타의 시설에서 사용되는 자가용의 수도와 일반수도에 제공되는 수도외의 수도로써 급수인구 100인 이상 5,000인 이내에 원수 또는 정수를 공급하는 수도
소규모급수 시설인구	소규모 급수시설을 이용하는 인구 주민이 공동으로 설치·관리하는 급수인구 100인 미만 또는 1일공급량 20톤 미만인 급수시설 중 시장·군수가 지정하는 급수시설
기타인구	정호, 샘물을 이용하는 인구로 광역상수도, 지방상수도, 마을상수도, 소규모급수시설, 전용상수도 인구를 제외한 인구
공급량	급수인구에게 연간 공급한 수도물량을 365일로 나눈 값(= 1일 평균급수량)
유효수량	정수장에서 생산된 물의 총량(총생산량)에서 급·배수관에서의 누수 등으로 유실된 양을 제외한 것으로 실제로 수용가에서 쓸모있게 공급하여 쓰인 물의 양
유수수량	유효수량 중 수도물 사용량을 요금으로 징수할 수 있는 수량
무수수량	생산된 물이 유효하게 쓰였으나 요금으로 징수되지 않아 수입이 없는 수량
무효수량	요금 징수시 조정에 의하여 감액대상이 된 수량(감액수량)과 누수량을 더한 값
누수량	수도사용자의 계량기 이전까지 발생한 누수량, 즉 노후수도관 등으로 누수된 양

<자료출처: 상수도통계 작성지침(2005), 환경부>

나. 지하수 조사연보

시·군 지자체에서 관리하는 지하수를 수원으로 한 시설 및 이용량 등은 매년 건설교통부/한국수자원공사에서 발간하는 "지하수 조사연보"에서 정보가 제공되고 있으며, 지하수 조사연보는 중앙정부 각 부처, 주요기관 및 각 지자체로부터 지하수 조사자료, 지자체 관할 구역내의 지하수 관측망 현황 등의 자료를 수집·분석하여 작성되며, 이 중 지하수 이용 및 시설현황자료는 각 지방단체에서 매년 실시하는 지하수 이용실태 조사자료와 허가 또는 신고된 지하수 개발·이용현황자료를 행정자치부에서 개발·배포한 『행정종합정보시스템

-『지역개발행정』 프로그램을 활용하여 입력하여 수집·분석된다.

이때 각 시·군·구 지하수 전담 부서에서 지하수 인·허가시설 또는 신고시설(타법 시설 포함)에 대한 개발·이용 실태조사시 지하수 용도분류 및 지하수 이용량 산정은 자료의 신뢰도 제고를 위하여 현재 지하수 이용량 산정방법이 소개되어 있는 『지하수 업무수행 지침』의 지하수 세부용도 구분 및 일이용량 산정방법으로 조사를 하여야 한다(표 2-3, 표 2-4).

<표 2-3> 지하수 세부용도 구분

용 도	세 부 용 도
생활용	가정용, 일반용, 학교용, 민방위용, 국군용, 공동주택용, 마을상수도용, 상수도용, 농업·생활겸용, 기타
공업용	국가공단, 지방공단, 농공단지, 자유입지업체, 기타
농업용	전작용, 답작용, 원예용, 수산업용, 축산업용, 양어장용, 기타
기 타	온천수, 먹는샘물, 기타

<자료출처 : 지하수 업무수행 지침(2006), 건설교통부·한국수자원공사>

<표 2-4> 지하수 업무수행 지침 중 일사용량 산정방법

구 분	지하수 개발이용실태조사 중 일사용량 산정방법
일 사 용 량	<p>일사용량은 실제 하루에 채수하는 양을 조사하여 입력하여야 하며, 실제 채수량을 파악하기 곤란한 경우에는 다음의 방법을 적용할 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 하수세부과시설의 경우에 매월 또는 연간 하수세 부과량을 해당 일수로 나눈 양 - 전기시설이 단독으로 설치된 농업용 정호의 경우에 한국전력공사에서 수집한 전력 사용량 자료를 활용하여 추정 <p>(지하수 양수량 = 전력 사용량(KW)/모터용량(KW) × 양수능력)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 마을상수도인 경우에 1인당 급수기준량(예를 들면 120ℓ/인)과 급수인구로부터 산정한 양 - 허가(신고)시설, 공업용 등과 같이 개발당시에 계획된 일일 취수계획량으로 산정 - 온천수 및 먹는샘물과 같이 일일 채수량을 명확히 알 수 있는 경우에는 직접산정 - 기타 연사용량과 사용일수를 명확히 알 수 있는 경우로써 사용량과 사용일수로부터 산정된 양

<자료출처 : 지하수 업무수행 지침(2006), 건설교통부·한국수자원공사>

위와 같이 지하수 개발이용 실태조사는 지하수 업무수행 지침에 각지자체 담당자가 이용량을 산정하여 『행정종합정보시스템-지역개발행정』 프로그램에 입력하여야 하지만 현실적으로 유량계가 달린 시설의 절대 부족과 인력·시간·비용 부족문제로 인하여 임의적으로 펌프용량에 따라 이용량에 차이를 두고 산정을 하거나 민원인이 신고시 제출하는 일사용량을 기준으로 이용량을 산정하고 있다.

따라서 실질적으로 지자체 담당자가 어떠한 방법으로 지하수 개발·이용 실태조사를 실시하고 있는지 251개 시·군·구 지하수 전담 부서에 전화설문조사를 실시하였다(표 2-5). 조사결과에 따르면, 미응답 53개 지역을 제외하고 총 198개 지역 중 지하수 업무수행 지침에 따라 이용량을 산정한다는 응답지역이 78개 지역으로 39.4%를 차지하고 있으며, 민원인이 신고시 제출한 일사용량을 이용량으로 산정하는 지역이 64개 지역으로 전체의 32.3%로 조사되었다(표 2-5). 단순히 수치상으로 보면 지하수 업무수행 지침에 따라 이용량을 산정하는 지역이 많은 것으로 조사되었으나, 실상은 하수도 사용료 부과시설의 경우만 지하수 업무수행 지침에 의해 하수도 부과자료를 활용하여 지하수 이용량을 산정할 뿐, 농업용이나 가정용의 경우 민원인이 신고시 제출한 일사용량이나 펌프용량에 따라 임의적으로 산정하고 있는 실정이다. 따라서 지하수 업무수행 지침에 따라 지하수 이용량을 산정한다고 보기는 힘들다.

설문조사 결과를 근거로 현재 지하수 조사연보에 나와 있는 지하수 이용량 자료는 지하수 사용량을 실질적으로 계측한 자료가 아닌 임의적으로 산정한 자료로써 일사용량을 왜곡한 값일 확률이 높다.

<표 2-5> 지하수 이용량 산정방법에 대한 전국 지자체 담당자 설문조사 결과

		산 정 방 법	확인수
응 답	1.	지하수 업무수행 지침 중 일이용량 산정기준에 따라 이용량 산정	78
	2.	민원인이 신고시 제출한 일사용량을 이용	64
	3.	임의적으로 펌프용량에 따라 계산	4
	4.	타 시·도 지역 모니터링 자료 적용	30
	5.	기 타 (담당자 업무과약, 각 지자체별 산정기준 적용)	22
	합 계		198
미 응 답(담당자 협조 미흡 및 부재)			53
전 체			251

2.1.2 조사연구 분야의 이용량 산정방법

가. 용수이용조사 합리화 방안 연구

용수이용량은 유량계 등 계측설비에 의해 실측된 양으로부터 용수이용량을 산정하는 것이 바람직하나 실제 용수이용량을 파악할 수 있는 기반이 조성되어 있지 못하여 현재는 목적별 용수이용 인자에 인자별 기준단위를 적용한 간접추정에 의하여 용수이용량을 산정한다(한국수자원공사, 2001).

1) 용도별 기준 및 산정방법

가) 생활용수

생활용수 이용량은 급수방식에 따라 상수도급수 이용량과 마을 및 전용상수도, 소규모 급수시설에 의한 상수도 미급수지역 이용량과 그 이외의 개별 자가취수시설에 의한 기타이용량으로 구분 산정한다(표 2-6).

이 중 상수도 이용량은 “상수도통계”상에서 실질적으로 계측된 상수도 급수량 자료를 이용하여 산정하기 때문에 어느 정도 신뢰성이 있지만, 기타 지하수 이용량은 “지하수 조사연보”상에서 생활용 지하수 이용량(상수도용 및 마을상수도용 지하수 이용량 제외)과 기타용 지하수 이용량 중 온천수 및 먹는 샘물 이용량으로 산정하는데, “지하수 조사연보”상의 지하수 이용량은 유량계 부착율이 낮은 관계로 검침 자료보다 산정 기준상 인정 및 구분불가 자료가 많이 차지하고 있어 실질적인 이용량과 다소 차이가 있을 것으로 판단된다.

〈표 2-6〉 생활용수 이용량 산정방법

이용량 산정방법	상수도 이용량 + 미급수지역 이용량 + 기타 지하수 이용량
상수도 이용량	"상수도통계"상의 급수량 중 상수도로 공급 이용되고 있는 전용공업용을 제외하고 산정(총인구 × 보급율 × 전용공업용을 제외하고 산정된 단위급수량)
미급수지역 이용량	상수도 미급수지역의 마을 및 전용상수도, 소규모 급수시설에 의해 공급 이용된 양으로 상수도 미급수인구에 미급수인구 단위급수량을 적용하여 간접 추정(총인구 × (1-급수보급율) × 간이급수지역 단위급수량)
기타 지하수 이용량	기타 지하수 이용량은 "지하수 조사연보"상의 생활용수 지하수 이용량 중 마을상수도 및 상수도용 지하수 이용량을 제외한 양 + 기타용 지하수 이용량 중 온천수 및 먹는샘물 이용량으로 산정

〈자료출처: 용수이용조사 합리화 방안 연구보고서 1차(2001), 건설교통부·한국수자원공사〉

나) 공업용수

입지여건에 따라 공업 및 농공단지의 계획입지공단 이용량과 자유입지업체 이용량으로 구분하며, 자유입지업체는 상수도 수수 자유입지업체와 개별 자가취수시설에 의해 용수를 수수이용하는 자유입지업체로 나뉜다. 이 중 개별 자가취수시설에 의해 용수를 수수이용하는 자유입지업체는 취수원에 따라 하천표류수를 수원으로 하는 시설과 지하수를 수원으로 하는 시설로 구분하여 나뉘고 있다(표 2-7). 지하수를 수원으로 하는 시설의 이용량은 지하수 조사연보상의 계획입지공단(국가공단, 지방공단, 농공단지)의 이용량을 제외하고 산정하고 있다. 하지만 지하수 조사연보상의 공업용 이용량은 생활용과 마찬가지로 유량계 부착율이 낮은 관계로 검침 자료보다 산정기준상 인정 및 구분불가 자료가 많이 차지하고 있어 실질적인 이용량과 다소 차이가 있을 것으로 판단된다(건설교통부, 한국수자원공사, 2001).

<표 2-7> 공업용수 이용량 산정방법

이용량 산정방법	계획입지공단 이용량 + 자유입지업체 이용량		
계획입지공단	국가공단, 지방공단 및 농공단지 등 특정지역에 계획되어 다수의 공장들이 집단으로 입주되어 있는 공단에서의 이용량으로 업종별 부지면적, 종업원수, 생산액 등의 인자에 인자별 기준단위를 적용하여 간접 추정		
	부지면적당 기준단위 이용법	업종별 부지면적 × 업종별 부지면적당 기준단위	
	단위생산액 기준단위 이용법	업종별 생산액 × 업종별 생산액당 기준단위	
	종업원수 기준단위 이용법	업종별 종업원수 × 업종별 종업원수당 기준단위	
자유입지업체	상수도 수수 자유입지업체 + 개별 자가취수시설에 의해 용수를 수수 이용하는 자유입지 업체		
	상수도 수수 자유입지업체	상수도 업종별 구분상의 영업용에 포함되어 실제이용량이 제공되나 이를 별도로 구분하는 것이 불가능하므로 생활용수상의 도시용수로 간주하여 자유입지업체 이용량에서 제외	
	개별 취수시설 수수 자유입지업체	지하수를 수원	"지하수 조사연보"상의 공업용 지하수 이용량 중 계획입지공단인 국가공단, 지방공단, 농공단지의 지하수 이용량을 제외하여 산정
		하천표류수를 수원	"하천유수인용허가대장"상의 공업용으로 구분된 유수이용량 중 계획입지를 제외한 이용량으로 산정

<자료출처: 용수이용조사 합리화 방안 연구보고서 1차(2001), 건설교통부·한국수자원공사>

다) 농업용수

농업용수 이용량은 농업용수 이용특성 및 수리시설물 특성상 실제이용량의 조사가 불가능하며, 경작지 이용형태에 따라 수리안전답, 수리불안전답, 관개전 이용량으로 구분하여 산정한다.

최근에는 비관개전 및 축산용수도 농업용수의 범주에 포함하는 경우도 있다. 농업용수 산정방법은 <표 2-8>과 같고, 단위용수량 산정방법은 <표 2-9>와 같다.

<표 2-8> 농업용수 이용량 산정방법

농 업 용 수 이 용 량	산정방법	수리안전답이용량 + 수리불안전답이용량 + 관개전이용량 + 비관개전이용량 + 축산용수이용량
	수리안전답 이용량	저수지, 양수장, 보 및 지하수정호등 관개시설에 의해 물을 공급받는 논에서 이용된 양으로써 수리안전답면적에 수리안전답 단위용수량을 적용하여 추정
	수리불안전답 이용량	저수지 등 농업용수 공급시설에 의해 용수를 공급받지 않는 논 즉, 강우와 배후유역으로부터의 유출수 등 주로 자연에만 의존하는 논에서 벼재배에 사용되는 용수으로써 수리불안전답면적에 수리불안전답 단위용수량을 적용하여 추정
	관개전 이용량	농업용수 공급시설에 의해 용수를 공급받는 밭에서 작물재배에 이용된 양으로써 관개전면적에 관개전 단위용수량을 적용하여 추정
	비관개전 이용량	저수지 등 농업용수 공급시설에 의해 용수를 공급받지 않는 밭 즉, 강우와 배후유역으로부터의 유출수 등 주로 자연에만 의존하는 밭에서 작물재배에 사용되는 용수으로써 비관개전면적에 비관개전 단위용수량을 적용하여 추정
	축산용수 이용량	가축사육에 이용되는 용수로 가축사육두수에 가축사육두수당 물사용량을 곱하여 추정

<자료출처: 용수이용조사 합리화 방안 연구보고서 1차(2001), 건설교통부·한국수자원공사>

<표 2-9> 농업용수 단위용수량 산정방법

단 위 용 수 량		강우, 증발량, 일조시간 등 기상인자와 작물별 소비수량계수 등의 인자를 적용하여 유효우량 및 엽수면 증발량을 산정하고 작부체계, 묘대기간 용수량, 이앙용수량, 침투량, 관개효율 등의 지역적 인자를 적용하여 단위용수량을 산정
	수리안전답	(묘대기간용수량 + 이앙용수량 + 엽수면증발량 + 침투량 - 유효우량)/관개효율
	수리불안전답	묘대기간용수량 + 이앙용수량 + 엽수면증발량 + 침투량 - 유효우량
	관개전	(엽수면증발량 + 토양면증발량 - 유효우량)/관개효율
	비관개전	엽수면증발량 + 토양면증발량 - 유효우량
	축산용수	가축의 음용수량 + 세정수량(축사 및 기계기구청소)

<자료출처: 용수이용조사 합리화 방안 연구보고서 1차(2001), 건설교통부·한국수자원공사>

2) 기준단위 신뢰도 향상을 위한 표본조사

용수이용조사 합리화 방안 연구 3차 보고서에서는 상수도 미급수지역의 기준단위 신뢰도 향상을 위한 표본조사를 수행하였다. 표본조사방법은 우선 모집단에 대한 정의 및 통계 특성분석을 수행하였고, 그 결과를 이용하여 표본크기를 검토하고 검토된 표본수를 가지고 인구수나 시설개소수에 따라 배분·추출하였다.

가) 기존성과 검토

상수도 미급수지역 표본조사를 위한 모집단을 정의하기 위해서 2002년 전국용수이용조사시 한국수자원공사 산하 전국 13개 관리단이 미급수지역 543개소의 마을상수도를 대상으로 실시한 조사결과를 활용하였다. 그 결과 평균 227L/인·일이었고 표준편차는 102L/인·일로 평균대비 44.9%인 것으로 조사되었다.

나) 표본크기 검토

표본크기는 신뢰수준과 허용오차에 의해서 결정되는데 다음 식(2-1)을 이용하였다.

$$n = \left(\frac{Z\sigma}{E} \right)^2 \dots\dots\dots$$

<식 2-1>

여기서, Z는 신뢰수준에 따른 계수로써 95%의 신뢰수준을 적용할 경우 1.96이고, σ 는 모집단의 표준편차이고, E는 허용오차이다.

평균대비 표준편차율 44.9%와 허용오차 3%를 적용하여 표본수를 계산하면, 862개가 되고 여유율을 적용하여 1,000개소를 선정하였다.

다) 조사대상 모집단

상수도 미급수지역 표본조사의 모집단으로 2002년 상수도 통계에 집계된 미급수지역 인구수 및 간이급수시설 현황을 고려하였다.

라) 표본 배분

표본을 배분하는 기본 변수로 미급수지역 인구수와 시설개소수를 고려하여 다음 <표 2-10>과 같이 미급수지역 표본조사 대상을 검토하였다.

<표 2-10> 미급수지역 표본조사 대상점토

지 역	미급수 인구기준			시설개소 기준			표본조사 대상수 (N ₁ +N ₂)/2
	인구수	구성비 (%)	표본수 (N ₁)	시설개소수	구성비	표본수 (N ₂)	
서울특별시	437	0.0	0	0	0.0	0	0
부산광역시	60,104	1.0	10	193	0.8	8	9
대구광역시	19,436	0.3	3	146	0.6	6	5
인천광역시	97,723	1.7	17	294	1.2	12	14
광주광역시	37,782	0.6	6	94	0.4	4	5
대전광역시	53,286	0.9	9	84	0.3	3	6
울산광역시	106,278	1.8	18	361	1.5	15	16
경기도	1,089,288	18.5	185	2,027	8.2	82	134
강원도	309,717	5.3	53	1,474	6.0	60	56
충청북도	392,688	6.7	67	2,304	9.4	94	80
충청남도	875,152	14.9	149	2,065	8.4	84	116
전라북도	480,546	8.2	82	2,085	8.5	85	83
전라남도	833,982	14.2	142	3,336	13.5	135	139
경상북도	784,196	13.3	133	4,954	20.1	201	167
경상남도	746,263	12.7	127	4,976	20.2	202	164
제주도	118	0.0	0	246	1.0	10	5
합 계	5,886,996	100.0	1,000	24,639	100.0	1,000	1,000

<자료출처: 용수이용조사 합리화 방안 연구 보고서 3차(2003), 건설교통부·한국수자원공사>

마) 표본조사 방법

상수도 미급수지역의 기준단위 신뢰도 향상을 위한 표본조사 수행은 다음과 같은 흐름으로 시행한다.

- (1) 지자체 마을상수도 관리대장 입수(지자체 마을상수도 담당)
- (2) 관리대장으로부터 취수원이 지하수인 시설 추출
- (3) 마을상수도 시설관리자 면담(읍·면·동사무소 마을상수도 담당 및 마을별 시설 관리장)
- (4) 월별 연도별 실이용량 및 마을상수도 급수구역내 가구수 및 인구, 축산두수, 관개 여부 조사
- (5) 자료취합 및 미급수지역 기준단위 산정

나. 수자원장기종합계획

2006년 보완된 수자원장기종합계획에서의 물수요량 예측방법을 살펴보면, 생활용수는 최근의 1인 1일당 물사용량 감소를 반영하기 위한 시계열 모형을 사용하였으며, 공업용수는 생산품 제조에 따른 물사용량을 반영하기 위해 생산액당 기준단위 모형을 사용하였고, 농업용수는 직접 측정하는 방법이 현실적으로 불가능하여 필요수량을 이론적인 방법으로 정립하고 경지면적을 중심으로 지역별 기상, 토양특성, 사회·경제적 여건변화를 반영하여 수요량을 추정하였다(표 2-11).

〈표 2-11〉 수자원장기종합계획 물수요량 예측방법 비교

구분		2001년	2006년(보완)
생활용수	수요량 측정방법	생활용수 수요량 = 급수지역 수요량(가정용, 비가정용) + 미급수지역 수요량 + 기타 지하수 이용	생활용수 수요량 = 상수도수요량(전용 공업용수 제외) + 미급수지역 수요량 + 기타 지하수 이용량
	급수 지역 수요 량	수량경제모형에 따른 유수량(사용량)추정 후 유수율, 급수인구 및 보급율을 적용하여 상수도수요량 산정(16개 광역지자체 산정 후 시군별 배분)	1인 1일사용량을 추정 후 유수율, 급수인구 및 보급률을 적용하여 상수도 수요량 산정(188개 시군별 산정) 수요관리 절감량에 따른 시나리오 설정
	자료기간	1988 - 1998	1983 - 2003
	사용모형	수량경제모형 (가정용, 비가정용)	다변량 시계열 모형 (로지스틱, 콤펜트, 퍼얼성장, 수정지수 모형, 최소자승Ⅱ, 등차, 등비, 최소자승)
	변수	유수량(가정용, 비가정용), 수도요금, 소득변수(GRDP), 급수인구	1인 1일 사용량 (가정용, 비가정용)
	미급수 지역수요량	인구×(1-급수보급율)×139L	인구×(1-급수보급율)×215L ¹⁾
	기타 지하수 이용량 ²⁾	1998년 이용량 적용	2003년 이용량 적용
	수요관리	물값, 누수율, 절수기기, 중수도 반영	시나리오에 반영

〈자료출처 : 수자원장기종합계획보고서(2006), 건설교통부-한국수자원공사〉

<표 2-11> 수자원장기종합계획 물수요량 예측방법 비교(계속)

구분		2001년	2006년
공 업 용 수	수요량 측정방법	공업용수 수요량 = 업종별 부지면적 × 부지면적 기준단위 ($m^3/m^2/년$)	공업용수 수요량 = 생산액당 기준단위 × 장래 생산액
	수요 추정방법	부지면적단위 산정 후 지역별 부지면적을 곱하여 공업용수 수요량 추정	산업별 최종수요 전망 → 생산액 전망 → 기준단위추정 → 회수율 추정 → 공업용수 수요 추정의 과정을 거침
	자료분석기간	1988, 1993, 1998	2003
	사용 모형	부지면적 기준단위	다지역산업연관모형(MRIO)에 의한 생산액 기준단위 예측
	변수	부지면적, 공장가동율, 가동일수	생산, 투입계수행렬, 생산액당 용수기준단위의 대각행렬, 산업별 공업용수회수율의 대각행렬
	기타사항		·공업용수 회수율 증가추이 고려 ·2003년 재이용율 자료 이용 ·업종별 일본의 증가추세 및 PCSD 재이용율 증가목표 반영 ·경제성장에 따른 시나리오별 수요추정
농 업 용 수	수요량 측정방법	농업용수 수요량 = 논용수 수요량 + 밭용수 수요량 + 축산용수 수요량	농업용수 수요량 = 논용수 수요량 + 밭용수 수요량 + 축산용수 수요량
	논용수	수리안전답(이앙재배+ 직파재배) + 수리불안전답	수리안전답(이앙재배+ 직파재배) + 수리불안전답
	밭용수	관개전 + 비관개전	관개전 + 간이관개전(비관개전) + 과수 + 시설
	축산용수	가축사육두수 × 가축두당 물수요량(1/두/일)	가축사육두수 × 가축두당 물수요량(1/두/일)

<자료출처 : 수자원장기종합계획보고서(2006), 건설교통부·한국수자원공사>

- 1) 미급수지역 수요량은 한국수자원공사 13개 관리단이 2001년에 조사한 543개소 마을상수도 이용량 조사 결과인 215ℓ/pcd를 적용
- 2) 기타 지하수 이용량은 2003, 지하수 조사연보의 생활용수 이용량 중 마을상수도 및 전용상수도 이용량을 제외한 값임

다. 지하수 기초조사

현재까지 지하수 기초조사 방법 중 지하수 이용량 조사방법은 용도별로 이용량을 직접 측정하여 얻은 기준단위를 가지고 이용량을 추정하기 보다는 지하수 조사연보, 지하수 수용가 내역서, 전력 사용량, 기존조사 보고서 기준단위를 간접적으로 이용하여 이용량을 산정하였다. 하물며 각 조사지역마다 용도별 산정기준이 다르며, 표준화 할 수 있는 기준이 아직까지는 없는 실정이다.

<표 2-12>는 최근 3년간 지하수 기초조사 중 세부용도별로 이용량 산정기준을 정리한 것이다. 우선 가정용 정호에 대한 이용량 산정방법을 살펴보면, 천안지역은 “수자원자료 및 시설 DB 구축(1999)”에서 제시한 마을상수도 기준단위(139L/인·일)를 기초로 산정하였다. 하지만 이는 표본조사를 통한 실제 검측된 자료를 바탕으로 통계분석된 값이 아니기 때문에 실이용량과는 많은 차이가 발생할 수 있다. 한편 인천·광주지역은 지자체에서 부과하고 있는 하수세 부과자료를 이용하였고, 서산지역은 과업수행 중 조사된 가정용 정호당 연평균이용량 자료에 정천현황 조사에서 조사된 가정용 개소수를 적용하여 가정용 총이용량을 산정하였다. 그러나 이는 각 정호별로 급수인구수가 다르고 급수인구에 따라 이용량에 차이가 발생하기 때문에 정호당 평균값을 구하여 전체 이용량을 산정하는 방법은 실제이용량을 구하는데 부정확한 방법으로 사료된다.

다음으로 일반용에 대한 이용량 산정방법을 살펴보면, 천안지역은 표본적으로 552개 소 시간계측기의 실이용량을 구하고, 지하수 개발·이용실태 조사시 기재된 양수능력대비 이용률을 구하였고, 나머지 정호에 양수능력대비 이용률을 적용하여 산정하였다. 한편, 인천·광주지역은 지자체에서 부과하고 있는 하수세 부과자료를, 서산지역은 과업수행 중 조사된 자료를 이용하여 정호당 연평균이용량을 구하고, 여기에 지하수 개발·이용 실태조사에서 조사된 정호수를 적용하여 이용량을 산정하였다. 하지만 일반용의 경우는 업종에 따라 이용량에 많은 차이가 발생할 수 있기 때문에 일률적으로 정호당 평균이용량을 적용하는 것은 모순이 있다. 따라서 천안지역에서 활용한 양수능력대비 이용률을 구하여, 나머지 정호에 적용하는 것이 효율적으로 일반용정호의 이용량을 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로 공업용에 대한 이용량 산정방법을 살펴보면, 천안지역은 계획 채수량을 일률적으로 적용하였고, 인천·광주지역은 하수세 부과자료를 이용하였고, 서산지역은 지하수조사연보상의 정호당이용량을 적용하였다. 이와 같이 공업용 정호는 표본조사를 통해 실질적으로 계측된 자료를 이용하여 이용량을 파악하기 보다는 기존의 문헌이나 신고량을 가지고 파악하였고, 실질적으로 계측된 자료인 하수세 부과자료를 이용한 경우도 업종별로 구분이 되지 않고 일률적으로 정호당 평균이용량을 적용하였기 때문에 실이용량

과 큰 차이가 발생할 것으로 판단된다.

마지막으로 농업용 정호에 대한 이용량을 살펴보면, 천안·광주지역은 표본정호의 전력 계량기 자료를 유량으로 환산하고 유량값에 양수능력값을 적용하여 가동일수를 산정하고, 나머지 정호는 역으로 양수능력에 산정된 가동일수를 곱하여 이용량을 산정하였다. 인천지역은 지하수조사연보의 정호당이용량을 활용하였고, 서산지역은 과업수행 중 조사된 자료에서 정호당이용량을 구하여 이용량을 산정하였다.

<표 2-12> 지하수 기초조사 중 지하수 이용량 산정기준

지역	용도	세부용도	산정기준	정호당 이용량 (m ³ /일)	가동 일수
천 안 지 역 지 하 수 기 초 조 사 (2003)	생활용	가정용	정호수(정천조사), 급수인구(상수도통계) 및 마을상수도 기준 단위(139L/인/일)를 활용하여 행정구역별로 정호당 기준단위 산정 후 적용	0.7	365
		공동주택용			
		농업생활겸용			
		일반용	시간계측기 자료를 통한 기준단위 산정후, 양수능력 대비 가동율 적용	4.03	365
		국군용			
		기타			
		학교용			220
		마을상수도	급수인구(시설현황) 현황을 마을상수도 기준단위(139L/인/일) 적용	0.139	365
	공업용	지방공단	허가/신고서의 채수계획량 적용	-	270
		농공단지			
		자유입지			
	농업용	전작용	표본정호의 전력계량기 자료를 통한 용도별 가동일수 (60/70/110/80일)산정 후, 양수능력에 적용	-	60
		답작용			70
		원예용			110
		기타용			80
		축산용	사육두수/가구수 및 종별기준단위(평균 0.231m ³ /두/일)를 활용하여 전체 일평균이용량 산정 후 적용	6.43	365
	기타	먹는샘물	월별 취수량자료 적용	36.6	365
		기타	생활용중 일반용 정호의 산정기준 적용	4.03	
광 주 지 역 지 하 수 기 초 조 사 (2005)	생활용	가정용	시간계측기 자료를 통한 정호당 연평균 이용량 산정 후 적용	1	365
		공동주택용			
		농업생활겸용			
		일반용	생활용중 일반용 정호의 산정기준 적용	2.8	365
		기타			
		학교용	시간계측기 자료를 통한 정호당 연평균 이용량 산정 후 적용	37.8	220
		마을상수도	급수인구(시설현황) 현황을 마을상수도 기준단위(139L/인/일) 적용	-	365
	공업용	지방공단	시간계측기 자료를 통한 정호당 연평균 이용량 산정 후 적용	24.5	270
		농공단지			
		자유입지			
	농업용	전작용	표본정호의 전력계량기 자료를 통한 용도별 가동일수(80/80/90/120/120일)산정 후, 양수능력에 적용	-	80
		답작용			80
		원예용			90
		기타용			120
		축산용	사육두수/가구수 및 종별 기준단위(평균 0.231/ m ³ /두/일)를 활용하여 전체 일평균이용량 산정 후 적용	19	120
	기타	온천용	시간계측기 자료를 통한 전체 연평균 이용량 적용	-	365
		기타	생활용 중 일반용 정호의 산정기준 적용	2.8	365

<표 2-12> 지하수 기초조사 중 지하수 이용량 산정기준(계속)

지역	용도	세부용도	산정기준	정호당이용량 (m ³ /년/정호)
인천 지역 지하수 기초조사 (2005)	생활용	가정용	지하수 사용가 내역서의 정호당이용량 적용	761(구), 294(군)
		일반용		3,358(구), 2,073(군)
		학교용		1,180(공통)
		민방위용		224(공통)
		국군용		2,073(공통)
		공동주택용		348(공통)
		마을상수도	해당시설의 1일 급수량에 365일 적용	23,820(추정치)
		상수도용	2004년도 취수실적 자료 적용	78,454(추정치)
		농업생활겸용	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	1,678(구), 3,333(군)
		기타	구지역은 지하수 사용가 내역서, 군 지역은 지하수 조사연보의 강화군의 정호당지하수 이용량 적용	5,231(구), 587(군)
	공업용	국가공단	지하수 사용가 내역서의 정호당이용량 적용	828(구)
		지방공단	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	12,976(군)
		자유입지업체	지하수 사용가 내역서의 정호당이용량 적용	11,806(공통)
		기타	지하수 사용가 내역서의 정호당이용량 적용	1,505(공통)
	농업용	전작용	지하수 사용가 내역서의 정호당이용량 적용	2,791(공통)
		답작용	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	2,308(공통)
		원예용	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	3,154(공통)
		수산업용	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	4,319(공통)
		축산업용	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	2,917(공통)
		양어장용	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	1,800(군)
		기타	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	3,674(공통)
	기타	온천수	지하수 수용가 내역서의 정호당 이용량 적용	2,073(군)
		먹는샘물	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	11,003(공통)
		기타	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	6,120(공통)
서산 지역 지하수 기초조사 (2006)	생활용	가정용	현장 조사 결과 적용	294(동), 220(읍면)
		일반용	현장 조사 결과 적용	3,372(동), 3,931(읍면)
		학교용	현장 조사 결과 적용	1,997(공통)
		민방위용	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	2,088(공통)
		국군용	일반용 정호당이용량 적용	3,448(공통)
		공동주택용	현장 조사 결과 적용	1,786(공통)
		마을상수도	현장 조사 결과 적용	2,769(공통)
		상수도용	취수실적 자료 적용	772,700(m ³ /년)
		농업생활겸용	현장 조사 결과 적용	632(공통)
		기타	현장 조사 결과 적용	2,051(동), 1,993(읍면)
	공업용	지방공단	지하수 조사연보의 전국 평균 정호당이용량 적용	14,845(공통)
		자유입지업체	지하수 조사연보의 전국 평균 정호당이용량 적용	14,022(공통)
		기타	지하수 조사연보의 전국 평균 정호당이용량 적용	12,627(공통)
	농업용	전작용	현장 조사 결과 적용	3,063(공통)
		답작용	현장 조사 결과 적용	1,705(공통)
		원예용	현장 조사 결과 적용	4,640(공통)
		수산업용	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	4,357(공통)
		축산업용	지하수 조사연보의 정호당이용량 적용	2,541(공통)
		양어장용	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	1,200(공통)
		기타	현장 조사 결과 적용	2,167(공통)
	기타	기타	지하수 조사연보의 전국 평균정호당이용량 적용	5,486(공통)

1) 공통은 구 군 또는 동, 읍/면 지역으로 구분하지 않고 공동이용량자료를 공용으로 사용.

2) 추정치는 간이상수도 시설현황자료, 취수실적대장을 기초로 대략 추정된 값

라. 제주도 농업용 정호의 양수량 산정과 지하수 이용특성 연구

1) 일반적인 정호의 양수량 산정방법

정호를 통해 출수되는 지하수의 양은 수중모터펌프의 용량, 전양정, 토출구경 및 관내 유속 등과 같은 요소와 함수관계가 성립되며, 정호에서 양수되는 지하수량은 수중모터펌프의 작동에 따른 전력 소비량이나 작동시간에 따라 결정할 수 있다.

지하수 이용량을 측정하는 방법은 다음과 같이 5가지 방법이 있으며, 이에 대해 간략하게 소개하였다.

가) 유량계 검침에 의해 양수량을 산정하는 방법

나) 전력 사용량에 의해 양수량을 산정하는 방법

수중모터펌프의 가동에 소비되는 전력량을 검침하고 단위 전력 소비량에 대한 양수량을 감안해 산정하는 방법

다) 수중모터펌프 가동시간에 의해 양수량을 산정하는 방법

수중모터펌프가 가동하는 시간(최소 분단위)을 모니터링하고, 그 정호의 단위시간당 출수량을 구하여 양수량을 결정하는 방법

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

양수량을 정확히 산정하기 위해서 시간계를 설치하고 정호별 단위시간당 출수량을 우선적으로 정확하게 결정하여야 함

라) 작물별 소비수량 기준단위에 의해 양수량을 결정하는 방법

재배작물별로 이론적인 연용수량 또는 월간 용수량 기준단위를 산정하고, 재배작물별 재배면적을 기초로 양수량을 결정하는 방법

마) 가축별 음수량에 의해 양수량을 결정하는 방법

가축들의 품종, 주령, 생산성, 증체율 등을 고려한 음수량(평상온도에서 사료섭취량의 2배 정도)을 기초로 양수량을 산정하는 방법

지하수 이용량 평가방법의 장·단점을 서로 비교하면 <표 2-13>과 같다.

<표 2-13> 지하수 이용량 평가방법의 장·단점 비교

구 분	장 점	단 점
유량계 검침방법	전통적으로 이루어지고 있는 가장 손쉽고 간단 한 방법	<ul style="list-style-type: none"> · 유량계 고장 또는 파손된 경우 검침 불가 · 수중모터펌프로부터 유량계에 과다한 수압이 가 해짐으로써 계량기 공회전에 의해 양수량이 과 다하게 산정 · 과다한 인력이 필요
전력 사용량을 이용하는 방법	유량계가 설치되어 있지 않은 소규모 정호에 적 용 가능	<ul style="list-style-type: none"> · 양수량에 영향을 미치는 인자(수중모터펌프의 효 율저하 임펠라 마모, 스크린 폐색에 따른 대수층 의 수리성 저하 전양정의 산정 등)가 다양함. · 전력사용이 시설에 혼용되는 경우 수중모터펌프 가동에만 소비되는 전력량을 구하기가 어려움
수중모터펌프 가동시간을 이용하는 방법	수중모터펌프에서 발생 하는 문제나 대수층의 수리특성 저하를 고려할 필요가 없음	<ul style="list-style-type: none"> · 수중모터펌프의 작동을 모니터링하기 위한 별도 의 장치가 설치되어야 하므로 비용이 소요 · 양수량을 정확히 산정하기 위해서는 정호별 단 위시간당 출수량을 먼저 정확하게 결정해야 함.
작물별 소비수량 기준단위를 이용하는 방법	재배작물별 재배면적을 기초로 작물계수를 이용 하여 용수량을 결정	<ul style="list-style-type: none"> · 강수량, 토성, 작물 재배면적 등 불확실성 요인 이 많아 상당한 오차를 유발할 수 있음.

<자료출처 : 제주도 농업용 관정의 양수량 산정과 지하수 이용특성 연구(2003), 제주발전연구원·제주도광역수자원관리본부>

2) 제주지역 지하수 이용량 평가방법

제주도의 경우는 저수지와 댐 같은 시설이 존재하지 않기 때문에 대부분 지하수에 용수를 의존하고 있는 실정이다. 따라서 지하수 이용량 통계자료의 중요성을 인식하고, 보다 과학적이고 체계적으로 지하수 이용량을 산정하기 위하여 “지하수 이용량 원격 검침 시스템 구축 사업계획”을 수립하였다.

지하수 이용량 원격 검침 시스템은 정호의 수중모터펌프 가동시간과 전력 소비량을 무선 통신망을 통해 일정간격으로 관리자(제주도광역수자원관리본부)가 수신이 가능하도록 해주는 최신의 IT기술로써, 이 시스템이 설치된 정호의 지하수 이용량을 분·시간·일 단위로 파악이 가능하여 지하수 이용량, 이용시기, 전력 사용량과 지하수 취수량과의 관계 등 다양한 분석을 하고 있다(그림 2-1).

전력 사용량 자료를 지하수 이용량으로 환산하기 위해 조사대상 정호별 분당 출수량에 대해 현장측정을 실시하고, 수중모터펌프의 가동을 위해 전기 스위치를 켜고 난 후 지하수가 토출구를 통해 양수될 때까지 소비되는 전력량은 전력 사용량에 포함시키지 않았다.

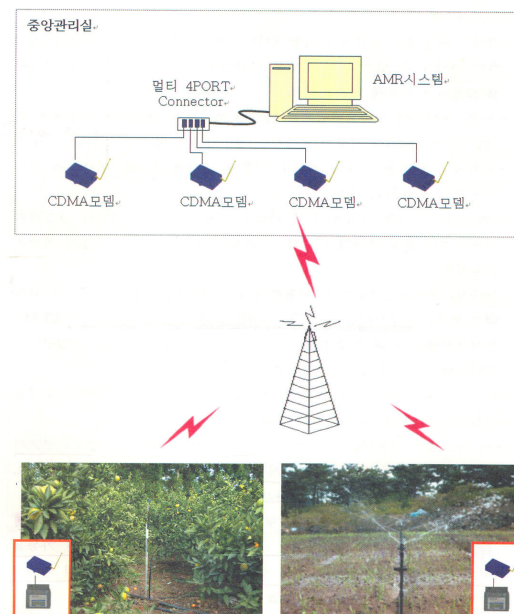
원격 검침은 2002년 11월 14일부터 시작하여 현재 총 150개 정호에 대하여 검침을 실시하고 있다. 제주지역에서 현재 원격 검침되는 150개 정호의 용도는 16개로 분류되어 있으며, 용도별 정호개수는 <표 2-14>에 나타내었다.

상수도시설의 경우에는 더욱더 정확한 측정을 위하여, 전자식 유량계를 설치하여 실시간으로 지하수 이용량을 검침하고 있다.

이와 같이 제주도에서 용도별로 원격 검침을 통하여 지하수 이용량을 측정·축적하는 이유는 제주도 내의 모든 정호에 대하여 유량계 계측을 통한 지하수 이용량을 파악하는 것이 시간·비용적인 측면에서 불가능하기 때문에 용도별로 취득된 지하수 이용량 자료를 통계분석하여 기준단위를 산정하여 이용량을 간접적으로 추정하기 위함이다.

〈표 2-14〉 제주지역 원격검침 정호의 세부용도별 분류

용도	선정정호	최초조사일	측정방식	관측방법
상수도	13	2006.02	전자식유량계	실시간
교육시설	6	2005.09	전력량계	실시간
목욕탕	9	2005.09	전력량계	실시간
숙박시설	28	2005.09	전력량계	실시간
골프장	36	2005.09	전력량계	실시간
관광시설	5	2005.09	전력량계	실시간
병원시설	4	2005.09	전력량계	실시간
노지감굴	9	2002.11, 2003.06	전력량계	실시간
시설감굴	14	2002.11, 2003.06	전력량계	실시간
시설/노지감굴	14	2002.11, 2003.06	전력량계	실시간
시설 및 발작물	2	2002.11, 2003.06	전력량계	실시간
발작물(마늘)	4	2002.11, 2003.06	전력량계	실시간
시설 및 양계	1	2002.11	전력량계	실시간
기타(조경용)	1	2002.11	전력량계	실시간
농업용	3	2005.09, 2006.03	전력량계	실시간
공업용	1	2005.09	전력량계	실시간



〈그림 2-1〉 지하수 이용량 원격검침 시스템 구성도

2.2 미국의 지하수 이용량 산정방법

2.2.1 용수이용량 평가방법

용수이용량 측정하는 방법은 크게 직접적으로 측정하는 방법과 간접적으로 측정하는 방법으로 나뉜다. 다시 직접적으로 측정하는 방법은 전수조사(Complete inventory)와 계층별 무작위 표본 추출(Stratified random sample) 방법으로 구분될 수 있다.

우편 또는 현장방문에 의한 전수조사는 자원, 시간, 인력이 상대적으로 풍부할 경우, 해당지역의 용도별 용수이용자가 적을 경우, 조사지역이 작을 경우 가능하다.

USGS의 “A New Paradigm for the National Water-Use Information Program(2002)”에서는 통계적 표본조사의 목적은 작지만 모집단을 대표하는 요소로 전체모집단의 결과를 일반화할 수 있는 자료를 수집하기 위한 것이며, 통계적 표본조사방법은 용수이용자 모집단과 상대적으로 적은 수의 용수이용자로부터 얻어진 정보에 기초한 용수이용특성을 추정하는 방법이다. 통계적 표본조사는 자료수집경비를 절감할 수 있으며, 아직도 용수이용량 추정의 주된 방법으로 이용되고 있다. 단지 취수량자료만 수집하는 것보다는 좀 더 작은 지역을 표본으로 설정하고 어떻게 용수를 이용하고 있는가에 대한 세부적인 자료를 조사하는데 시간을 투자한다면 개개 지역에 대한 좀더 유용한 자료수집이 가능해진다.

계층별 무작위 표본조사는 용수이용량 추정에 있어 매우 효율적이며 유사한 용수이용특성을 가진 집단 혹은 계층으로 분리하여 조사하는 표본조사의 한 유형이다. 계층별 무작위 표본조사는 표본평균에 기초하며 추정의 신뢰도를 증가시킬 수 있다. 계층화는 모집단을 내부적으로 유사한 집단별(예를 들면 옥수수 혹은 담배 재배자, 수영장 혹은 골프장을 가진 리조트)로 나눈다. 집단별 내부적 유사성이 크면 클수록 집단에 대한 용수이용을 특성화하기에 적당한 표본의 수가 적게 사용된다. 대규모 이용자보다는 소규모 이용자에 대한 표본이 많을수록 전체 용수이용량의 추정에 대한 신뢰도를 높인다.

직접적인 측정방법이 부적절하고 이용할 수 없는 곳에는 간접적인 측정방법이 이용된다. 간접적인 측정방법이 직접적인 측정방법의 대안으로 충분한 가치가 있으려면 검증과 입증의 절차가 충분히 이루어진 자료가 요구된다.

간접적인 평가(indirect estimation)를 위해 다음과 같은 내용들이 필요하다.

활동도(activity)를 토대로 한 용수 수요량 및 용수이용 적용상수, 회귀분석을 도입하여 평가되는 상관관계를 토대로 한 모델, 용수이용 행위에 대한 계량 경제 모델, 국가적인 거시경제학적 회계 자료로부터 분석된 물질 유동 모델, 외삼적으로(explicity) 용수이용 결정구조(decision-making)를 최적화하는 제도-구분(system-level) 모델, 그리고 소비적 사용에 대한 간접방법들 등이다.

2.2.2 용도별 물이용 분류 및 이용량 산정방법

가. 공공용수

1) 정의

공공 또는 개인수도사업자가 가정용, 상업용, 공업용, 화력발전시설, 공공용, 광산 또는 관개목적으로 공급하는 용수로 최소한 15인 이상 또는 적어도 15개의 공급 시설을 가진 공공사업자 또는 개인사업자에게 용수를 공급 하는 경우

2) 산정방법

- 공공 수도사업자로부터 조사원이 면담하여 파악
- 공공 수도사업자가 조사에 응하지 않으면 관계기관의 취수허가량 자료로 파악
- EPA(US Environmental Protection Agency)의 SDWIS(Safe Drinking Water Information System)에 수록된 자료를 이용하여 파악(취수량, 급수인구 등)
- 대규모 수도사업자는 자료의 검정을 위하여 면담

나. 가정용수

1) 정의

음용, 음식조리, 목욕, 세탁, 식기세척, 화장실, 세차, 잔디나 정원의 급수 등 가사 목적에 이용되는 용수

2) 산정방법

- 자가취수인구에 일인당 사용량을 곱하여 산정하며 자가취수인구는 행정구역 혹은 유역단위의 총인구에서 공공수도이용인구를 감해서 산정
- 일인당사용량은 용수공급체계가 속한 지역에서 측정된 자료 이용
- 다른 기관에서 작성된 일인당 사용량자료(40gal(\div 3.785L)/d~125gal/d, 평균 79 gal/d) 이용(하수처리장 요금부과 근거자료 이용)

다. 상업용수

1) 정의

호텔, 식당, 사무실, 교육기관, 교도소, 정부 및 군사시설, 상점 등에서 이용하는 용수

2) 산정방법

- 시설승인을 하는 기관에서 자료 획득
- 상업용수 상수(1인당 1일 사용량, 건물당 1일 사용량, 단위면적당 1일 사용량, 1yard(\div 91.44cm)당 1실 사용량 등)를 이용하여 추정
- 하수처리장 요금부과 근거자료를 이용하여 추정

라. 공업용수

1) 정의

제품생산과정에서 설비의 가동, 세척, 냉각 등에 이용되는 용수로 5개의 분류체계로 이루어짐(음식료품류, 제지류, 화학제품류, 석유정제관련제품류, 금속류)

2) 산정방법

- 산업체 혹은 지방정부 관련기관에서 자료 획득
- 공업용수 상수(고용인 1인당 1일 사용량, 업체당 1일 사용량 등)를 이용하여 추정
- 하수처리장 요금부과 근거자료를 이용하여 추정

마. 관개용수

1) 정의

- 농장, 과수원, 초지, 원예작물 재배시 인공적으로 물을 공급하는 경우뿐만 아니라 서리 또는 냉해방지, 화학처리, 곡물건조, 수확, 분진제거, 토양염도저하 등에 사용되는 용수를 포함
- 비농업활동인 골프장, 공원, 잔디구장, 묘지 또는 경관유지등에 이용되는 용수도 관개용수에 포함
- 골프장 또는 조경용으로 공공용수사업자로부터 공급되는 관개용수는 상업용수범주에 포함하므로 제외하고 공공용수사업자로부터 공급되지 않고 자가취수나 관개회사로부터 구입하거나 관개목적으로 사용되는 용수로 한정

2) 산정방법

- 취수, 소모량, 수로손실, 관개면적, 재이용수 등의 관개와 관련된 정보는 직접적인 방법과 간접적인 방법으로 취득
- 관개용수 취수량 혹은 소모량을 결정하는 방법 중 가장 자주 이용되는 방법은
 - ① 기측정 성과 또는 문헌, ② 현지조사 혹은 관개용수 이용자와의 면담 등에 의함

바. 축산용수

1) 정의

- 가축과 동물을 분리하여 자가취수 축산용수이용량만 범주에 포함
- 농가의 가정용수(잔디, 정원, 관개용수)는 포함하지 않음
- 축산용수 중 가축용수는 고기, 우유, 계란, 양모 등을 생산하는데 필요한 젖소,

육우, 양, 염소, 돼지, 양계 등을 포함한 모든 종류를 포함하나 말은 제외하며, 가금류에는 닭, 칠면조, 오리, 거위, 병아리, 타조, 꿩, 비둘기를 포함하고, 기타 이용에는 목장 내 저류지의 증발, 축사나 양계장의 위생 혹은 세척수, 축산물생산이나 가축, 축산물의 냉장처리 과정에서 사용되는 용수, 돌발적인 용수손실까지도 포함

- 동물용수는 모피동물, 말, 수산 양식동물 등을 포함

2) 산정방법

- 취수량(Withdrawl)

- 축산용수는 농부 혹은 목장주에 의해 드물게 측정되므로 이를 이용
- 전국적으로 축산용수 60%는 식수이며 이외 40%는 위생 또는 세척수임
- 가축두당사용량 혹은 농장당이용량을 가축마리수나 농장수에 곱하여 산정
- 방목가축의 경우 단위면적 당 가축수에 농장면적을 곱하고 가축두당 사용량을 곱하여 산정
- 양식장의 용수사용량은 양식장 당 용수량, 양식장수면적 당 용수량, 또는 단위중량의 어류를 생산하는데 이용되는 용수량 또는 양식장 수면적 등을 기초로 산정
- 양식장의 용수는 주로 저수지 수심유지, 침투 증발 등에 의해 발생

- 소모량(Consumptive use)

- 가축종류에 따라 이론적 혹은 실측된 단위소모량을 적용 산정
- 양식장의 용수는 손실량을 보충하는데 주로 이용되므로 취수량을 소모량으로 간주

사. 광업용수

1) 정의

- 광물(석탄, 금속 등), 액상자원(원유 등), 기체(천연가스 등) 등을 채취하는데 이용되는 용수로 채집, 선광(분쇄, 채가름, 세척, 부유 등), 기타 광산활동시 이용됨
- 금속용해, 석유정제, 슬러리이송 등은 공업용수 범주에 포함
- 채수한물을 재투입하여 원유채취 중에 이용하는 것을 포함
- 광산으로부터 채수되거나 원유채취시 부산물로 획득되는 물은 불포함
- 더러워진 도로세척 또는 다짐에 이용되는 물은 포함
- 분류 : 4개 단계(금속광, 석탄광, 원유 및 천연가스, 비금속광물)

2) 산정방법

○ 취수량(Withdrawal)

- 광산용수는 광산의 규모와 종류에 따라 변함
- 광산주 또는 주정부나 지역의 관련기관에서 자료 획득
- 단위중량 당 용수사용량, 시설 당 생산량 등의 자료를 이용 추정
- 주요광산의 경우 용수사용량 및 수원에 관한 자료를 보유하고 있음

○ 소모량(Consumptive use)

- 대규모 용수를 사용하는 광산이나 광산협회로부터 직접 조사한 자료를 이용 추정
- 1990년 광산용수 소모량은 취수량의 10~100%로 조사됨
- 통계국 발간 「광산용수 이용량」 자료집을 이용 광산종류별로 유입량-유출량을 계산

○ 재이용수(reuse)

- 가능하면 광산시설의 재이용수 총이용량을 조사
- 폐수처리장 혹은 관계기관이 조사를 거부하면 대규모 개인 광산업자를 접촉하여 자료 입수

아. 화력발전용수

1) 정의

- 열(화석연료, 핵, 지열)을 이용하여 전기를 생산하는데 이용되는 용수
- 화석연료는 석탄, 원유, 천연가스 등이 있음

2) 산정방법

○ 취수량(Withdrawal)

- 개별 발전소로부터 자료획득
- 화력발전소의 취수량은 냉각수를 재순환 시키는지에 달렸음
- 단위전력당 필요수량을 이용하여 간접적으로 추정

○ 공공용수공급자로부터의 공급량 : 용수공급자로부터 입수

○ 소모량(Consumptive use)

- 냉각수 처리과정에 따라 다름
- 1회 냉각하는 발전소의 소모량은 1%이하 임
- 냉각저류조 또는 냉각탑이 있는 경우 소모량은 100%에 가까움

○ 발전량(Power generation)

- US DOE-EIA(US Department of Energy-Energy Information Agency) 전력통계

자료(소유주, 위치, 시설용량, 발전량 등) 이용

- 월별 발전량자료는 EIA(Energy Information Agency) form 759 이용
- 일부 발전전력은 자체이용하므로 조사시 발전총량 혹은 순발전량을 구분하여 조사
- 발전소 개소수 : 주내의 개별발전소 자료의 획득이 불가하면 US DOE- EIA의 자료로부터 주전체 발전소 자료 이용
- 발전소 위치 : SSWUDS(Site Specific Water Use Data System) 또는 주관련기관의 자료이용
- 재이용수(reuse)
 - 하수처리장의 방류수를 화력발전용수로 이용하는 경우 처리업자 혹은 주관계기관으로부터 자료 획득

2.2.3 지역별 용수이용량 자료취득방법

가. 알칸사주

많은 양의 용수이용자료(Database)를 가지고 있는 몇몇 주들은 통계조사(census)방식에 의해 용수이용량을 산정하고 있다. 예를 들어 뉴저지주에서는 계절별 또는 연간 용수이용 데이터를 수집한다. 한편 다른 주에서는 용수이용을 인구나 경제활동에 따른 변수와 연관된 경험식을 바탕으로 간접적인 측정방법으로 용수이용량을 산정하기도 한다.

통계조사(census) 방식과 같이 직접적인 측정방법을 통해 얻어진 정보는 물 사용 패턴을 이해하는데 매우 유용하나 비용이 많이 드는 단점이 있다. 한편 간접적인 추정방법은 용수이용량의 총량을 추정하기에는 적합하나, 직접적으로 측정한 자료보다 자료의 신뢰성이 적은 단점이 있다. 그러므로 데이터 수집과 집계비용은 최소화하면서 필요한 수준의 정확도를 얻을 수 있는 용수이용량 산정방법이 선호된다.

무작위 표본조사는 모든 사용자들로부터 용수이용자료를 수집하는 전수조사나 계수 경험식에 의한 간접적인 산정방법에 대한 대안이 된다. 계층별 무작위 표본조사는 모집단에서 무작위 추출된 사용자들에 대한 통계 결과를 가지고 모든 사용자들의 전체 사용량을 계산한다. 통계조사(census) 방식에 비하여 무작위 표본조사는 용수이용데이터를 수집하는데 필요한 노력을 덜어주긴 하지만 오차가 발생할 수 있다.

표본조사는 용수이용 성향이 유사할 것으로 기대되는 계층을 그룹화하면 유용하고, 사용자들의 특성이나 지리적 위치가 용수이용 성향의 변수가 될 것이다.

각 종류(category)별로 표본된 용수이용 데이터를 평균하고, 여기에 전체 사용자수를 곱하여 각 종류(category)에 대한 전체 용수이용량을 계산한다. 결론적으로 어떤 지역의 전체 물 사용량은 각 종류(category)의 전체 용수이용량을 단순히 합하여 계산한다.

1) 계층별 무작위 표본조사의 개요

계층별 무작위 표본조사 방식의 근본적인 목적은 각 종류(category) 내에서 수집된 데이터를 사용하여 전체 용수이용량을 계산하는 방법을 개발하는 것이다.

지수 h 는 용수이용량 조사에서 h 번째 계층 또는 카테고리를 나타내며, 여기서 $h=1, 2, 3, \dots, L$ 이고 L 은 계층의 총 개수 이다. N_h 는 카테고리 h 에 포함된 용수이용자들의 숫자이고, $\sum_{h=1}^L N_h$ 는 전체 이용자들의 수(N)이다. n_h 는 계층 h 에서 취해진 표본수라고 가정한다. 더 나아가서 각 카테고리내의 한 개의 용수이용 장소(site)로부터 표본조사된 용수이용량은 모집단 분산 σ_h^2 를 가진다고 가정한다. 그러면 Cochran(1977)으로부터 오류분산(error variance) V_T 는 <식 2-1>과 같다.

$$V_T = \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2 \sigma_h^2}{n_h} - \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \dots\dots\dots \text{(식 2-1)}$$

계층간에 최적의 표본수는 각 카테고리내의 전체 이용자 수와 각 카테고리내의 모집단 분산에 달려있다. 계층 h 의 최적의 표본수 n_h 는 <식 2-2>를 이용하여 계산할 수 있다.

$$n_h = n \frac{N_h \sigma_h}{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h} \text{ for } h=1, 2, 3, \dots, L \dots\dots\dots \text{(식 2-2)}$$

여기서 n 은 요구되는 정확도에 맞추어 용수이용량을 계산하는데 필요한 전체 표본 수이다. 전체 n 은 N_h , σ_h^2 , 그리고 전체 y 의 오류분산(error variance)인 V_T 에 좌우된다.

$$n = \frac{\left[\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h \right]^2}{V_T + \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2} \dots\dots\dots \text{(식 2-3)}$$

<식 2-3>은 <식 2-2>에 따라 표본들이 할당되었을 때만 유효하다. 반면에 계층구분 없이 무작위 표본조사가 행해진다면, 요구되는 표본의 수는 <식 2-4>와 같고, 표본 비용은 카테고리 간에 차이가 없다고 가정한다.

$$n = \frac{N^2 \sigma^2}{V_T + N \sigma^2} \dots\dots\dots (식$$

2-4)

2) 표본조사 방법

<표 2-15>의 데이터는 통계조사(census) 방식을 이용하여 얻어진 것이며, 알칸사스주의 취수 지점의 전체 모집단을 나타내는 것이다. 또한 표본조사계획을 세우는데 필요한 모집단 분산에 대한 정확한 정보를 제공한다.

전체 취수지점에 대한 표본조사를 통해 연간 총량(12,688,688 MG($\approx 3,785.2\text{m}^3$))의 약 10%의 표준오차를 가지는 전체 취수량을 계산하려면, 표본크기는 <식 2-4>로부터 계산된다. 계산된 결과, 표본수는 35,560 취수지점이고 이 수는 모집단의 약 80%에 해당한다. 모집단 분산과 사용자 수가 크면(용수이용량 계산의 전형적인 케이스), 표본조사에 대한 표준오차와 요구되는 표본수 또한 커진다. 그러나 그 오차는 모집단이 뚜렷이 구분되는 계층별로 분류함으로써 표본수를 줄일 수 있다.

<표 2-15>에 있는 용도별 카테고리를 계층화하여 계층별로 최적의 표본설계(최적의 계층별 표본)를 한다면, 똑같은 표준오차를 가지고 용수이용량을 계산하는데 필요한 총 표본의 수는 다음과 같다.

$$V_i + \sum_{k=1}^i N_k \sigma_i^2 = (1,268,868.8 \text{ MG})^2 + (41,102(492 \text{ MG})^2 + (1,918(328 \text{ MG})^2 + \dots + 197(264 \text{ MG})^2) \\ = (3.0966 \times 10^{12} \text{ MG})$$

그리고 <식 2-3>으로부터

$$n = \frac{1}{(3.0966 \times 10^{12} \text{ MG})} [41.102(492 \text{ MG}) + 1.918(328 \text{ MG}) + \dots + 197(264 \text{ MG})]^2 = 333.9$$

이와 같이 계층화는 표본조사의 효율을 상당히 개선할 수 있다. 계층별 무작위 표본 조사는 용수이용량이 비슷할 것 같은 것들끼리 그룹화함으로써 표본수를 줄인다.

예를 들면, 발전소와 같이 용수를 많이 사용하는 그룹과 관개와 같이 적게 사용하는 그룹을 분류함으로써 표본의 분산을 줄일 수 있다.

<식 2-2>에 따라 표본조사를 할당하면, <표 2-16>과 같이 각 카테고리별 필요한 표본 수를 얻게 된다. 2개의 category(수력발전소와 핵발전소)에서 계산된 필요 표본수가 모집단의 크기를 초과하는 경우는 모집단의 모든 수를 표본한다. 그 결과 각 카테고리는 <표

2-16>과 같이 수정된 값을 가진다.

<표 2-15> 1997년 알칸사주 취수 데이터베이스

용도별 카테고리	취수 지점수	평균값 (MG)	표준 편차 (MG)	변동 계수	총 연간 취수량 (MG)	사용량이 없는 취수지점
관개(IR)	41,102	165	492	3.0	6,771,025	5,417
농업(AG)	1,918	211	328	1.6	403,701	193
물공급(WS)	1,026	536	3,837	7.2	550,096	455
산업용(IN)	200	959	3,829	4.0	198,812	41
상업용(CO)	120	362	1,286	3.6	43,472	82
화석연료발전소(PF)	49	8,520	32,979	3.9	417,487	19
광물선광(MI)	33	975	5,488	5.6	32,180	18
핵발전소(PN)	15	74,869	289,966	3.9	1,123,034	14
가정용(DO)	4	2.5	5.0	2.0	10.0	3
폐기물처리(ST)	4	98	113	1.2	390	2
수력발전소(PH)	2	1,560,228	267,112	0.2	3,120,455	0
기타(알려지지 않은 것)	197	178	264	1.5	35,026	44
전체	44,670	284	11,861	41.8	12,695,688	6,288

<식 2-1>를 이용하면 표본할당에 따른 표준오차 계산이 가능하다.

수정된 필요 표본수, n_h 에 대해 <식 2-1>를 적용한 결과, 총 용수이용량 계산에서 생긴 표준편차는 1,592,912 MG 또는 약 12.6% 오차이다. 만약 이 값이 받아들여질 수 없는 값이라면 10개의 카테고리로부터 추가로 표본을 할 수 있다.

10%의 표준오차를 얻는데 필요한 표본수를 반복적으로 계산한 결과, <표 2-16>에 나타난 바와 같이 필요한 표본수를 최종적으로 얻었다. 이에서 보듯이 10%의 표준오차를 얻기 위해서는 계층별 무작위 표본조사의 경우 471개의 표본을 필요로 하며, 이는 모집단의 1.1%보다 작은 수이다.

각 카테고리 내에서 용수 이용량을 계산하기 위해 무작위 표본조사가 사용된다.

각 카테고리별 표준오차는 $V_{T_k} = \frac{N_k^2 \sigma_k^2}{n_k} - N_k \sigma_k^2$ 과 같이 계산된다.

<표2-16>의 마지막 열은 카테고리별 표준오차와 전체 카테고리를 합친 경우의 표준오차를 보여준다. 당연히 사용자 전부가 표본된 두 개의 카테고리에서 계산된 오차는 0이다(미지의 측정오차는 제외하고). 그러나 다른 모든 카테고리에서는 표준오차가 10%보다

크다는 것을 주목할 필요가 있다.

계층별 무작위 표본조사를 적용하기 위해 표본조사 계획을 세울 때, 어떤 경우에는 카운티 또는 지역별 총 취수량에 대해 허용할 수 있는 오차의 목표를 정할 필요가 있다. 그렇게 하려면 이 목표에 부응하기 위한 추가 표본조사가 필요할 수 있다.

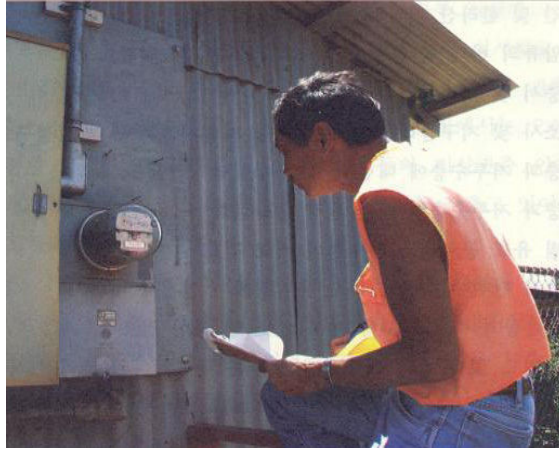
<표 2-16> 표준오차 10% 수준에 필요한 카테고리별 표본수

용도별 카테고리	필요 표본수, n_n				표준오차 (%)
	취수 지점수	계산된 수	수정된 수	최종	
관개(IR)	41,102	211.9	212	330	16
농업(AG)	1,919	6.6	7	10	49
물공급(WS)	1,026	41.2	41	64	86
산업용(IN)	200	8.0	8	12	112
상업용(CO)	120	1.6	2	3	202
화석연료발전소(PF)	49	16.9	17	26	52
광물선광(MI)	33	1.9	2	3	310
핵발전소(PN)	15	45.6	15	15	0
가정용(DO)	4	2.10×10^{-4}	2	2	100
폐기물처리(ST)	4	4.74×10^{-3}	2	2	58
수력발전소(PH)	2	5.6	2	2	0
기타(알려지지 않은 것)	198	0.5	2	2	105
전체	44,672	339.9	312	471	10

나. 하와이주 오아후섬

지하수 이용량은 그 지역의 물수요량이나 물 사용량의 규모를 파악함으로써 산정하거나 평가할 수 있다. 조사지역의 지하수 이용량은 지하수 이용시설에서 취수, 송수, 배수 및 취수 시설 등의 이용량이 모두 포함되며, 객관적인 자료 취득을 토대로 산정할 수 있다.

각 표본정호에서 사용량과 급수인구가 모니터링 되면 급수인구 1인 1일 급수량(ℓ /인·일)이 산정될 수 있다. 하와이주 오아후섬의 경우 지질조사소(USGS)와 수도국에 의해서 이루어지고 있는데 192개소의 상수원 정호와 19개의 사설정호를 대상으로 전문 인력 4명이 전담하여 모니터링하고 있다(자료 : 고기원, 2001, p256). 관개용수는 관개면적과 작물별 소비수량을 이용하며, 축산용수는 가축별 음수량과 가축수를 이용하고 있다.



<그림 2-2> 호놀룰루시 수도국 직원이 지하수 이용량을 검침하는 모습

제3장 지하수 이용량 모니터링조사

- 3.1 기존자료 수집 및 예비분석
- 3.2 모니터링 현장조사 세부계획수립
- 3.3 모니터링 대상정호 선정조사
- 3.4 모니터링 현장조사

제 3 장 지하수 이용량 모니터링조사

3.1 기존자료 수집 및 예비분석

3.1.1 기존 지하수 이용량 평가방법의 검토결과

용수 이용량을 평가하는데 있어 미국의 용도별 분류 방법과 국내의 용도별 분류 방법에는 많은 차이가 있다. 국내는 생활용, 공업용, 농업용으로 분류하고 있으나, 미국은 공공용수, 가정용, 관개용 등 8가지로 분류되고 있다. 따라서 지하수 이용량을 평가하는 방법도 국내의 경우 지하수 조사연보에서 생활용, 공업용, 농업용으로 분류하고 다시 용도별로 세부용도를 구분하고 있으며, 미국의 경우는 용수와 마찬가지로 8가지 용도로 분류하여 조사하고 있다.

우리나라 지하수 이용량에 대해 지역별, 용도별로 산정하고 있는 지하수 조사연보는 지자체에서 실시한 개발이용 실태조사 자료를 통계 분석하여 지하수 이용량을 산정하고 있다. 지자체에서 실시하는 지하수 개발이용 실태조사는 원칙적으로 지하수 업무수행 지침에 나와 있는 일사용량 산정방법 기준에 따라 조사되어야 한다. 하지만 인력, 비용, 시간적인 문제로 인해 그렇지 못한 실정이다.

건교부에서 발행되는 지하수 업무수행 지침의 일이용량 산정방법은 계측기를 통한 실제 사용량을 파악하는 것을 원칙으로 하고 있으나, 실제 채수량을 파악하기 곤란한 경우에는 하수세 부과자료, 전력 사용량 자료나 개발당시에 계획된 일일 취수계획량 등을 가지고 간접적으로 추정하는 방법을 사용하고 있다.

따라서 하수세 부과자료를 통한 간접적 측정방법이 실질적인 이용량을 대변할 수 있는지를 파악하기 위해 유량계를 통한 실질적인 계측값과 하수세 부과자료에 나와 있는 사용량과의 상호 상관성을 분석하여야 하며, 유량계를 통한 실질적인 계측값과 전력 사용량과 상관관계를 분석함으로써 현재 사용되고 있는 간접적인 추정방법에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 검증이 필요하다.

또한 지하수 업무수행 지침에는 직접적으로 채수량을 측정하지 못할 경우에 간접적으로 추정하는 방법에 대해서만 소개되어있고, 용도별로 어떻게 기준단위를 산정하고 이용량을 파악하는지에 대한 상세한 산정방법이 나와 있지 않다. 따라서 향후 개선사항으로는 용도별 표본조사를 실시하고, 선정된 정호에 대해 실질적인 계측으로 각 용도별 기준단위를 산정할 필요가 있다.

3.1.2 기존 이용량 조사방법

기존에 지하수 기초조사나 지자체에서 수행하는 지하수 기본현황조사 등에서 수행한 강릉, 울산, 대구, 서산, 한강권역 지하수 이용량 모니터링 자료에서 모니터링을 수행한 방법과 모니터링 수행방법의 문제점에 대하여 지역별로 정리하였고, 개선방안을 도출하여 모니터링 현장조사 세부계획 수립에 활용하였다.

가. 강릉지역

1) 개요

- 사업명 : 『강릉시 지하수 기본현황조사 및 지하수 정보관리 시스템 구축』
- 모니터링 기간 : 2004년 04월 ~ 2005년 05월
- 모니터링 주기 : 매월 1회 측정
- 총 조사정호수 : 90개 정호
- 이용량 측정방법 : 유량계, 전력계를 통한 직접 검침
- 용도분류 : 생활용(27개소), 공업용(19개소), 농업용(40개소), 기타용(4개소)

<표 3-1> 강릉지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류

용 도	세부용도 분류
생활용 (27개소)	마을상수도(26개소), 마을상수도와 농업용을 겸용으로 하는 정호(1개소)
공업용 (19개소)	냉각수로 이용하는 시설(1개소), 냉각수·세척에 이용하는 시설(9개소), 세척용으로 사용하는 시설(1개소), 농공단지(1개소), 두부제조(1개소), 시멘트제조(3개소), 종이제조(3개소)
농업용 (40개소)	전작용(18개소), 답작용(19개소), 전작·답작용(2개소), 원예용(1개소)
기타용 (4개소)	먹는샘물(4개소)

2) 문제점

- 마을상수도 외에 공업용, 농업용은 세부용도별로 이용특성을 일반화하기에는 표본수가 적음
- 기준단위를 산정할 수 있는 기준인 시설면적이나 물리면적 등이 조사되어 있지 않아 기준단위를 산정 불가

나. 울산지역

1) 개요

- 사업명 : 『울산시 지하수 관리계획 수립』
- 모니터링 기간 : 2005년 08월 ~ 2006년 07월
- 모니터링 주기 : 매월 1회 측정
- 총 조사정호수 : 95개 정호
- 이용량 측정방법 : 유량계, 전력계, 시간계를 통한 직접 검침
- 용도분류 : 생활용(55개소), 공업용(19개소), 농업용(21개소)

<표 3-2> 울산지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류

용 도	세부용도 분류
생활용 (55개소)	마을상수도(31개소), 공동주택용(2개소), 학교용(1개소), 일반용(21개소)
공업용 (19개소)	국가공단(12개소), 지방공단(2개소), 농공단지(1개소), 자유업지업체(4개소)
농업용 (21개소)	전작용(16개소), 답작용(5개소)

2) 문제점

- 마을상수도 이외에는 표본수가 적어 각 용도별 이용특성을 일반화하기에는 한계가 있음
- 공업용, 농업용의 경우 시설면적이나 물리면적에 대한 조사를 하지 않아 기준단위 산정 불가

다. 대구지역

1) 개요

- 사업명 : 『대구시 지하수 관리계획 수립』
- 모니터링 기간 : 2005년 12월 ~ 2006년 11월
- 모니터링 주기 : 매월 1회 측정
- 총 조사정호수 : 116개 정호
- 이용량 측정방법 : 유량계를 통한 직접 검침
- 용도분류 : 생활용(43개소), 공업용(30개소), 농업용(43개소)

<표 3-3> 대구지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류

용 도	세부용도 분류
생활용 (43개소)	마을상수도(43개소)
공업용 (30개소)	지방공단(25개소), 자유입지업체(5개소)
농업용 (43개소)	전작용(4개소), 답작용(20개소), 원예용(19개소)

2) 문제점

- 마을상수도의 경우 기준단위 산정기준인 급수인구가 조사되어 있지 않음
- 공업용, 농업용의 경우 시설면적이나 물리면적에 대한 조사를 하지 않아 기준단위 산정 불가

라. 한강권역

1) 개요

- 조사명 : 『한강권역 광역 지하수 기초조사』
- 모니터링 기간 : 2004년 6월 ~ 2005년 9월
- 모니터링 주기 : 분기별 1회 측정(1년간 총 4회 측정)
- 총 조사정호수 : 929개 정호
- 지하수 이용량 측정방법 : 유량계를 통한 직접 검침
- 용도분류 : 생활용(689개소), 농업용(240개소)

<표 3-4> 한강권역 지하수 이용량자료 세부용도 분류

용 도	세부용도 분류
생활용 (689개소)	가정용(43개소), 일반용(164개소), 학교용(2개소), 민방위용(1개소) 공동주택용(7개소), 마을상수도(470개소), 농업생활겸용(2개소)
농업용 (240개소)	전작용(27개소), 답작용(213개소)

2) 문제점

- 기준단위 산정기준인 급수인구, 시설면적, 물리면적등과 정호제원(구경, 토출관직경, 양수능력, 펌프용량)에 대한 조사가 이루어 지지 않아 기준단위 산정 불가
- 분기별로 단순히 유량계만을 계측한 자료임

마. 서산지역

1) 개요

- 조사명 : 『서산지역 지하수 기초조사』
- 모니터링 기간 : 2005년 9월 ~ 2006년 8월
- 모니터링 주기 : 매월 1회 측정
- 총 조사정호수 : 94개 정호
- 이용량 측정방법 : 유량계를 통한 직접 검침
- 용도분류 : 생활용(30개소), 농업용(64개소)

〈표 3-5〉 서산지역 지하수 이용량자료 세부용도 분류

용 도	세부용도 분류
생활용 (30개소)	가정용(4개소), 일반용(6개소), 학교용(1개소), 공동주택용(1개소), 마을 상수도(5개소), 농업생활겸용(6개소), 농업생활겸용(6개소), 기타(1개소)
농업용 (64개소)	전작용(18개소), 답작용(45개소), 축산용(1개소)

2) 문제점

- 기준단위 산정기준인 급수인구, 시설면적, 몽리면적 등이 조사되지 않아 기준단위 산정 불가
- 답작용을 제외하고는 표본수가 적어 각 용도별 이용특성을 일반화하기 어려움

기존의 지하수 이용량 모니터링 자료에서는 기준단위 산정기준인 급수인구, 시설면적, 몽리면적 등이 조사가 되어 있지 않아 용도별 기준단위를 산정할 수가 없다. 또한 정호의 제원(펌프용량, 양수능력)이 조사되지 않은 정호의 수가 많아 정호의 제원(펌프용량, 양수능력)과 지하수 이용량과의 상관성을 분석할 수가 없었다. 따라서 향후 수행할 모니터링조사에서는 세부적인 현황(급수인구, 펌프용량, 양수능력, 시설면적, 몽리면적)에 대한 조사가 반드시 필요하다.

기존 지하수 이용량 모니터링의 또다른 문제점으로 용도별로 정호의 선정기준이 모호하고, 일부는 표본수가 적어 이용특성을 일반화하기가 어렵다는 것이다. 따라서 향후 수행할 모니터링조사에서는 각 용도별로 이용특성을 나타내기 위해 표본조사를 실시하여 표본크기를 결정해야 한다.

3.1.3 전력량과 양수량과의 상관성 분석

현재 유량계가 설치되어 있지 않은 정호에 대하여 지하수 이용량을 간접적으로 측정하는 방법의 하나로 전력계를 측정하는 방법을 사용하고 있다. 하지만 전력이 지하수를 양수하는데만 사용하지 않고 다른 시설에 혼용하는 경우에는, 지하수를 양수하는데 순수하게 소비되는 전력량을 구하기 어렵다. 또한 모터펌프의 효율저하 및 임펠라 마모, 스크린 폐색에 따른 대수층의 수리성 저하, 전양정 산정의 어려움, 계절별 지하수위 변화 등 전력소비량에 따른 양수량에 영향을 미치는 인자가 여러가지가 존재하여 전력 사용량을 순수하게 지하수 이용량으로 판단하기에는 한계가 있다.

따라서 유량계값과 전력 사용량값을 동시에 측정한 자료를 비교 분석하여 두 변수 간의 상호 상관성을 분석해야 하고, 펌프 용량별로 상관관계식이 어떻게 변하는지 파악할 필요가 있다.

전력 소비량과 양수량과의 상관성을 분석하기 위해, 2004년 4월~2005년 5월까지 한국수자원공사에서 수행한 “강릉시 지하수 기본현황조사 및 지하수 정보관리 시스템 구축” 과업 중 유량계값과 전력 사용량값을 동시에 측정한 30개 정호의 자료와 2005년 8월 ~ 2006년 7월까지 한국수자원공사에서 수행한 “울산시 지하수 관리계획 수립”자료 중 유량계값과 전력 사용량값을 동시에 측정한 20개소 정호에 대한 자료를 이용하였다.

50개 정호의 유량계값과 전력 사용값을 회귀분석한 결과, 46개 정호의 상관관계(R^2)의 값이 0.9이상으로 두 변수 간에 매우 높은 상관성을 보였다(부록:자료편 참조). 결과적으로 보면, 46개 정호는 전력을 지하수 양수 시 펌프가동에만 사용한 것으로 판단되고, 나머지 4개 정호는 펌프의 효율저하나 지하수위 변화 등의 변수들에 의해 지하수 이용량이 영향을 받았거나 다른 용도로 전력을 사용한 것으로 판단된다.

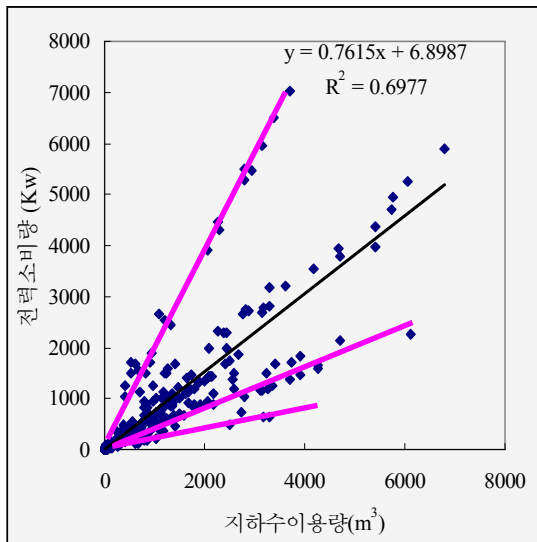
각각의 정호에 대하여 상관관계를 살펴보면 기울기가 하나인 단선을 이루는 것과는 달리, 50개 모든 정호에 대하여 상관성 분석을 실시한 결과는 상관관계를 이루는 선의 기울기가 복선을 이루고 있다. 이와 같은 이유는 정호마다 펌프의 용량이 다르고, 펌프의 효율, 지하수위 등의 차이에 의해 발생한 결과로 판단된다(그림 3-1(a)).

펌프용량별 상관관계를 보면, 용량이 커질수록 기울기가 커지는 것을 알 수 있다. 다시 말하자면 지하수를 양수를 하는데 드는 전력 소비량이 펌프마력이 커질수록 많이 든다는 것을 의미한다(그림 3-1(b),(c),(d)).

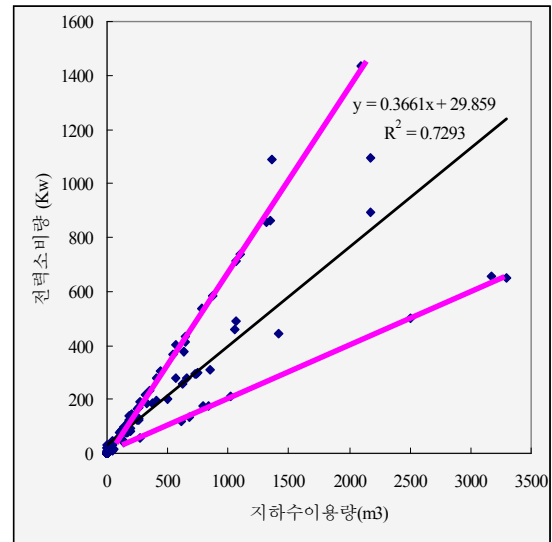
3HP와, 5HP의 경우는 펌프용량이 같아도 상관관계선이 복선을 이루는 것으로 나타났다. 이는 각 정호별로 지하수위(양정고)가 다르기 때문에 지하수위나 펌프효율에 따라 각각의 정호마다 기울기가 다른 것으로 판단되며, 7HP의 경우는 개소수가 작아서 단선

을 이룬 것으로 보이나, 개소수가 많아지면 지하수위나 펌프효율에 따라 복선을 이룰 것으로 판단된다.

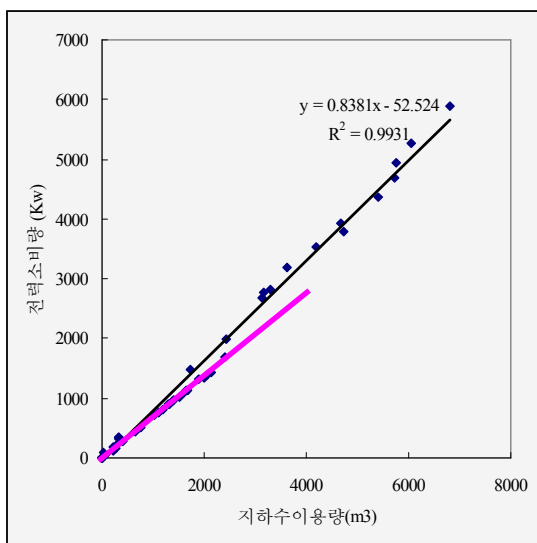
결론적으로 말하자면, 전력을 지하수 양수 시 펌프가동에만 사용한 것이 50개 정호 중 46개소로 약 92%의 높은 확률을 보였다. 따라서, 유량계가 설치되어 있지 않은 정호에서 전력 소비량을 측정하여 지하수 이용량을 간접적으로 측정할 수 있다. 하지만 같은 마력의 펌프라 하더라도 모터펌프의 효율저하, 스크린 폐색, 지하수위의 다양성 등 다양한 변수에 의해 양수량에 영향을 줄 수 있으므로 전력 소비량에 따른 지하수 이용량을 파악하기 위해서는 우선적으로 전력 소비량을 모니터링한 후, 정호의 단위 전력 소비량당 출수량을 구하여 양수량을 결정해야 할 필요가 있다.



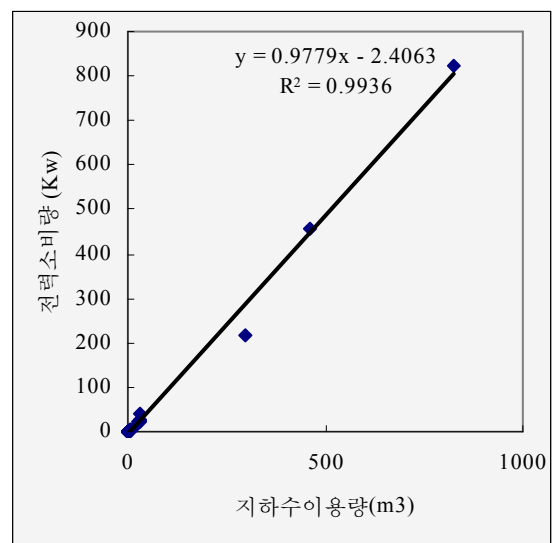
(a) 전체



(b) 3 HP



(c) 5 HP



(d) 7 HP

<그림 3-1> 펌프용량에 따른 전력 소비량과 지하수 이용량과의 상관관계

3.1.4 기존자료 분석결과

본 조사에서 현장모니터링 지역은 지하수 조사연보상에 지하수 개발 가능량 대비 실제 이용량의 비가 높은 지역을 선정해서 실제로 개발가능량 대비 이용량이 많은지 분석해야 한다.

본 조사의 주요목적은 지하수 이용량 자료의 신뢰도 제고를 위하여 용도별로 기준단위를 산정하고, 산정된 기준단위를 이용하여 지하수 이용량 평가 기법을 개발하는데 있다. 이를 위해서는 용도별로 이용량 변화에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 인자를 구하여 이에 맞는 기준단위를 산정해야 한다. 하지만 기존의 이용량 자료는 단순히 측정만하였을 뿐, 이용량에 영향을 미칠수 있는 인자(급수인구, 급수가구, 시설면적, 물리면적, 가축사육두수, 펌프용량, 토출관직경, 양수능력)에 대한 조사가 미흡하여 이에 대한 기준단위 산정이 이루어지지 않았다. 따라서 본 조사에서는 이용량에 영향을 미칠 수 있는 인자를 정호별로 반드시 조사하여 영향인자와 이용량과의 상관성을 분석하고, 분석된 결과를 이용하여 세부용도별로 가장 상관성이 높은 인자를 선정하여 이에 맞는 기준단위를 산정하였다.

산정된 이용량 자료의 신뢰도를 높이기 위해서는 적절한 표본조사가 이루어져야 한다. 기존 이용량 자료의 경우 표본설계를 통한 세부용도별 표본수를 산정하지 않았기 때문에 산정된 이용량 값이 어느 정도의 신뢰성을 갖는지를 알 수 없었다. 따라서 본 조사에서는 표본설계를 통한 세부용도별 적절한 표본수를 산정하였다.

유량계가 설치되어 있지 않은 정호에 대하여 전력계를 이용하여 양수량을 적정하게 산정할 수 있는지 여부를 평가하기 위해 기존 이용량 자료 중 유량계와 전력계를 동시에 측정한 자료를 이용하여 분석하였다. 그 결과 상관계수값이 0.9이상인 정호는 50개 중 46개 소로 약 92%의 높은 확률을 보이므로 유량계가 설치되어 있지 않은 정호에서 전력 소비량을 측정하여 지하수 이용량을 간접적으로 측정할 수 있는 것으로 판단되었다. 또한 “제주도 농업용 정호의 양수량 산정과 지하수 이용특성 연구(2003)”에 따르면 수중모터펌프 가동시간에 따른 양수량과 계량기 검침에 의한 양수량과의 상관계수(R^2)가 0.997로 조사되었다. 이 결과를 바탕으로 시간계 또한 유량계를 대신하여 양수량을 측정할 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서 유량계가 설치되어 있지 않은 농업용 정호들의 이용량 모니터링시 시간계를 설치하여 펌프의 가동시간을 모니터링하거나, 전력계의 전력 사용량을 모니터링하여 이용량을 측정하였다.

3.2 모니터링 현장조사 세부계획수립

기존 지하수 이용량 평가방법 및 미국의 지하수 이용량 평가방법 조사와 그 검토 결과를 토대로 대상지역분류, 대상정호 선정방법, 용도분류, 조사기간, 조사횟수 등의 모니터링 현장조사 세부계획을 수립하였다.

3.2.1 대상지역 선정

세부용도별 지하수 개발·이용시설이 고루 분포되어 있고, 지하수 조사연보(2006)상에 지하수 개발 가능량 대비 실제 이용량의 비가 높은 이천시 지역(119.3%)을 중심으로 주변 지역인 안성시·용인시·여주군 지역을 대상지역으로 선정하였다(표 3-6).

<표 3-6> 지역별 개발가능량 대비 이용량

지역구분	개발가능량 (m ³ /년)	이용량 (m ³ /년)	이용량/ 개발가능량 (%)	막대도표
이천시	50,441,442	60,170,352	119.3	
용인시	63,315,746	21,984,576	33.7	
안성시	59,952,460	71,429,804	119.1	
여주군	67,175,610	33,212,006	49.4	

3.2.2 대상정호 선정 방법

가. 용도구분 방법

지하수 조사연보(2006)에 의하면 용도별 지하수의 시설수 및 이용량의 비율은 생활용이 58.21%, 48.4%, 공업용이 1.08%, 5.41%, 농업용이 40.31%, 45.25%, 기타용이 0.41%, 0.95%로 나타났다. 이 중에서 생활 및 농업용의 시설수는 전체의 98.52%, 이용량 93.65%로써 많은 비중을 차지하고 있어, 이들을 중심으로 현장조사 세부계획을 수립하였다(표 3-7).

생활용 지하수는 지하수 업무수행 지침에 나와 있는 분류기준에 따라 가정용, 공동주택용, 마을상수도용, 일반용, 학교용 등 5개 세부항목으로 분류하였다(표 3-8). 이 중 가정용은 급수지역과 미급수지역과는 이용량에 많은 차이가 발생할 것으로 예상하여 급수지역과 미급수지역으로 세세분류하려 하였지만, 급수지역의 가정용 지하수의 시설은 찾기가 힘들 뿐만 아니라 이용량도 거의 없어 모니터링에 의미가 없을 것으로 판단되어 급수지역의 가

정용 시설은 이번 과업에서 제외하고 미급수지역의 가정용 지하수시설만을 선정하기로 하였다. 한편, 일반용의 경우 업종에 따라 이용량 및 이용특성이 다를 것으로 예상하여 <표 3-9>의 분류기준에 따라 욕탕용, 식당용, 주유소용, 사무용, 체육시설용, 소규모사업체 등 6개 항목으로 세세분류 하였다.

농업용 지하수는 전작용, 답작용, 원예용, 축산용 등 4개 세부항목으로 분류하였고, 축산용은 육우와 양돈으로 세세분류 하여 지하수 이용량을 관측하였다.

농업용 중 전작용은 재배작물(곡식, 채소, 뿌리), 답작용과 원예용은 정호규모(대형, 소형)에 따라 세세분류하여 모니터링을 계획하였으나, 재배작물·정호규모별로 30개 이상 선정하기가 어려워 분류하지 않았다.

<표 3-7> 전국의 용도별 지하수 이용현황

용 도	세부용도	시설수 (개소)	이용량 (m ³ /년)	비율(%)	
				시설수	이용량
생활용	가정용	546,897	643,829,540	43.04	17.32
	일반용	112,590	630,093,330	8.86	16.95
	학교용	5,902	49,071,700	0.46	1.32
	민방위용	1,640	14,047,250	0.13	0.38
	공동주택용	5,119	63,076,827	0.40	1.70
	마을상수도용	14,914	166,787,153	1.17	4.49
	상수도용	1,678	64,185,681	0.13	1.73
	농업 · 생활겸용	8,981	44,701,813	0.71	1.20
	기타	41,753	123,133,513	3.29	3.31
	소계	739,474	1,798,926,807	58.21	48.40
공업용	국가공단	403	19,272,037	0.03	0.52
	지방공단	1,627	20,203,601	0.13	0.54
	농공단지	841	22,038,055	0.07	0.59
	자유입지업체	6,218	84,807,582	0.49	2.28
	기타	4,576	54,848,865	0.36	1.48
	소계	13,665	201,170,140	1.08	5.41
농업용	전작용	98,027	379,727,117	7.72	10.21
	답작용	339,104	1,028,534,515	26.70	27.67
	원예용	26,438	96,073,175	2.08	2.58
	수산업용	1,072	4,711,844	0.08	0.13
	축산업용	4,889	15,360,979	0.38	0.41
	양어장용	1,042	19,556,624	0.08	0.53
	기타	41,530	137,991,798	3.27	3.71
	소계	512,102	1,681,956,053	40.31	45.25
기타용	온천수	320	8,310,479	0.03	0.22
	먹는샘물	324	2,761,548	0.03	0.07
	기타	4,518	24,267,908	0.36	0.65
	소계	5,162	35,339,934	0.41	0.95
전체		1,270,403	3,717,392,934	100	100

<자료출처: 지하수 조사연보(2006), 건설교통부·한국수자원공사>

<표 3-8> 모니터링 대상정호 세부용도 분류기준

용도	세부용도	분류 기준
생활용	가정용	개인주택 등에 설치된 시설로써 일반가정에서 가정생활을 영위하기 위해 사용하는 시설
	공동주택용	아파트, 빌라, 연립주택 등 대규모 주거시설에 비상용 또는 상시용으로 설치되어 공동으로 이용하도록 설치된 시설 주택건설기준 등에 관한 규정에 의거하여 설치된 시설 포함 - 정의(주택건설촉진법 제3조) : “공동주택”이라함은 대지 및 벽, 복도, 계단, 기타 설비 등의 전부 또는 일부를 공동으로 사용하는 각 세대가 하나의 건축물 안에서 각각의 독립된 주거생활을 영위할 수 있는 구조로 된 주택을 말하며, 그 종류와 범위는 대통령령으로 정함 - 종류와 범위(주택건설 촉진법 시행령 제2조) · 아파트 : 5층 이상의 주택 · 연립주택 : 동당 건축 면적이 660㎡ 초과하는 4층 이하의 건물 · 다세대주택 : 동당 건축 면적이 660㎡ 이하인 4층 이하의 건물
	마을상수도용	광역 또는 지방상수도 미급수지역에서 공동 마을용으로 설치된 시설
	학교용	유치원, 초등학교, 중고등학교, 대학교 등에서 학교의 유지를 위하여 설치된 시설
	일반용	식당, 여관, 목욕탕, 세차장, 수영장, 빌딩 및 소규모사업체 등에서와 같은 영업용 목적과 공원, 박물관, 도서관등에서와 같은 비영업용 목적으로 이용하는 곳에 설치된 시설
농업용	전작용	밭에 설치되어 밭농사에 사용되는 시설
	답작용	논에 설치되어 논농사에 사용되는 시설
	원예용	원예를 목적으로 설치된 시설
	축산업용	축산업을 목적으로 개발된 시설

<자료출처: 지하수 업무수행 지침(2006), 건설교통부·한국수자원공사>

<표 3-9> 모니터링 대상정호 일반용의 업종별 분류기준

용도	세부용도	분류 기준
일반용	욕탕용	목욕시설을 갖춘 숙박시설, 목욕시설을 갖추지 않은 숙박시설, 목욕탕
	식당용	영리를 목적으로 하는 식품 접객업
	주유소용	세차시설을 갖춘 주유소, 세차시설을 갖추지 않은 주유소
	사무용	양로원, 유아원, 종교시설, 사회단체, 관공서, 병원, 연구소 등
	체육시설용	공설운동장, 골프장, 축구센터, 청소년수련원 등
	소규모사업체	소규모점포, 정비소 등

나. 표본조사

표본조사는 표본설계를 통해 통계적으로 산출된 표본수를 조사함으로써 전체를 조사하지 않고 조사의 신뢰성을 확보하는 조사방법이다.

지하수 이용량 분석을 위해서는 전체 시설수에 대한 직접검침이 현실적으로 불가능하

기 때문에 모집단의 현황 및 기초분석을 통해 산출된 표본수의 이용량을 파악하는 간접적인 측정방법이 추천된다.

정확한 표본조사를 위해서는 모집단에 대한 현황조사와 통계분석을 수행하고, 수행된 결과에 오차한계와 신뢰수준을 적용하여 표본크기를 결정해야 한다. 하지만 모집단에 대한 정보로 활용될 수 있는 『지역개발행정자료』의 년·일이용량 자료는 계측기 검침을 통해 직접측정한 수치가 아니기 때문에 신뢰성에 한계가 있다. 또한 이용량에 영향을 줄 수 있는 영향인자(생활용 : 급수가구·급수인구·시설면적·정호제원, 농업용 : 물리면적·정호제원)등에 대한 조사가 이루어져 있지 않아 현재로서는 모집단에 대한 현황과 통계특성을 제공할 수 있는 자료로 이용될 수 없다. 따라서, 본 과업에서는 모집단의 정규분포를 알 수 없을 때 활용할 수 있는 『중심극한정리(Central Limite Theory)』에 의한 방법을 채택하였다.

중심극한 정리(central limit theorem)란 X_1, X_2, \dots, X_n 을 평균 μ , 분산 σ^2 인 임의의 모집단에서 추출한 크기 n 인 확률표본이라 할 때, 표본평균 \bar{X} 의 분포는 표본의 크기 n 이 커짐에 따라 정규분포 $N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ 에 접근하게 되는데 이런 현상을 중심극한 정리라고 한다. 즉, 중심극한정리(central limit theorem)는 모집단이 어떤 분포를 이루어도 표본의 크기가 충분히 크다면 표본평균의 표본분포는 정규분포에 접근하게 된다. 그리고 표본크기가 커질수록 표본분포는 보다 더 정규분포에 가깝게 된다.

중심극한정리에 의한 방법은 측정된 자료의 수가 많을수록 그 분포가 표준정규분포에 가까워진다는 것으로, 이를 이용하여 분석하기 위해서는 세부용도별(최소 분석단위)로 최소 24표본 이상은 조사되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 세부용도별로 24정호 이상씩 유지되도록 여유율을 두고 30정호 이상이 되도록 표본설계를 하였다.

다. 표본선정조사

일반적으로 모집단의 통계자료를 통해 산출된 표본수를 가지고 세부용도별로 시설수나 인구수 등을 고려하여 세부용도별 표본조사 대상수를 선정하지만, 본 과업에서는 중심극한정리에 의한 방법을 채택하였기 때문에 시설수나 인구수 등을 고려하지 않고 무조건 세부용도별로 30개 이상이 되도록 선정하였다. 따라서 본 조사에서 선정된 모니터링 대상정호는 총 621개이며, 이는 이천시(12,398정호), 용인시(3,283정호), 안성시(22,552정호), 여주군(12,217정호)의 총 시설수 50,450정호의 1.23%에 해당한다(표 3-10).

세부용도별 표본선정기준은 지하수 업무수행 지침에 나와 있는 세부용도 분류기준에 맞춰 표본을 선정하였으며, 이에 대한 설명은 <표 3-8, 3-9>에 자세히 나와 있다.

3.2.3 현장 모니터링조사 방법

가. 관측주기

계절적 이용량의 차이를 파악하기 위해 매월 1회씩 12개월 이상 관측하는 것으로 계획하였다.

나. 조사방법

이용량 모니터링은 지하수 이용량 평가방법에 따라 매 정호마다 현지여건을 감안하여 조사방법을 선정하였다. 앞 절에서 기존자료 분석결과 전력계와 시간계는 유량계를 대신할 수 있는 것으로 판단되어 유량계가 설치되어 있지 않은 소형 농업용 정호은 시간계를 설치하였고, 전력을 양수이외에 다른 용도로 사용하는 정호은 제외시키고 오직 양수만을 위해 전력을 사용하는 전력 계량기를 대상으로 하였다.

·유량계 : 매월 계량기 검침(누적량)

·전력계 : 전력 소비량(전력사용이 다른 시설과 혼용되지 않을 경우) 측정

·시간계 : 수중모터펌프 누적 가동시간 측정

각 정호를 현지 방문조사 할 때마다 ‘지하수 이용량 모니터링 조사카드(부록 참조)’에 관측사항을 기재한다. 이들 자료를 종합·분석하여 국내 실정에 적합한 지하수 이용량 평가 기법을 개발하고 현재 사용되고 있는 지하수 용도분류 적정성에 대한 검토 및 분석을 실시한다.

다. 세부용도별 조사방법

1) 가정용

지역(이천, 안성, 용인) 구분없이, 총 181개소를 선정하여 조사하고, 선정된 조사정호은 정호의 제원(정호심도, 정호구경, 펌프마력, 토출관직경, 양수능력)을 조사하고 급수인구와 급수가구는 소유자에게 탐문조사하여 급수인구 당 이용량을 평가하였다.

2) 공동주택용, 마을상수도용, 학교용

지역 구분 없이 각 세부용도별로 총 30개소 이상 선정하고, 선정된 조사정호은 정호의 제원(정호심도, 정호구경, 펌프마력, 토출관직경, 양수능력)을 조사하고, 공동주택용의 급수인구와 급수가구는 주택관리자에게 탐문조사하고, 주택관리자가 없을 시에는 세대마다 방문하여 탐문조사 한다. 마을상수도의 급수인구와 급수가구는 정호관리인(마을이장)에게 탐문조사하고, 학교용은 행정실에 방문하여 담당자에게 탐문조사 하여 급수인구 당 이용량을 평가하였다.

3) 일반용

시설형태에 따라 욕탕용, 식당용, 주유소용, 사무용, 체육시설용, 소규모사업체로 구분하고, 지역은 구분 없이 각 시설형태별로 총 30개소 이상 선정하고, 선정된 조사정호은 정호의 제원(정호심도, 정호구경, 펌프마력, 토출관직경, 양수능력)을 조사한다. 욕탕용, 식당용, 사무용, 체육시설용, 소규모사업체는 소유자 또는 시설관리자에게 시설면적을 탐문조사하고, 주유소용은 대부분 시설면적이 일정하기 때문에 세차대수를 탐문조사하여 시설면적 또는 세차대수(주유소용)당 이용량을 평가하였다.

4) 전·답작용, 원예용

지역 구분 없이 각 세부용도별로 총 30개소 이상 선정하고, 선정된 조사정호은 정호의 제원(정호심도, 정호구경, 펌프마력, 토출관직경, 양수능력)과 몽리면적을 조사하여, 양수능력별 이용량과 용도별로 몽리면적(1ha=10,000m²)당 이용량을 평가하였다.

5) 축산용

육우와 양돈으로 구분하고, 지역은 구분없이 각 시설형태별로 총 30개소 이상 선정하고, 선정된 조사정호는 정호의 제원(정호심도, 정호구경, 펌프마력, 토출관직경, 양수능력)과 가축사육 마리수와 시설면적을 조사하여 가축사육 마리수와 시설면적당 이용량을 평가하였다.

<표 3-10> 용도별 조사 대상정호 현황

용도	세부용도	시설현황					조사구분	조사정호수	조사수량	조사기간
		이천시	안성시	용인시	여주군	계				
생	가정용	5,426	11,589	556	5,766	23,337	-	181	2,172	매월1회 × 12개월
	공동주택용	218	15	99	39	371	-	31	372	
	마을상수도용	126	96	25	206	453	-	34	408	
활 용	일반용	1,636	1,105	2,350	2,242	7,333	목욕탕	30	360	
							식당	30	360	
							주유소	30	360	
							사무용	30	360	
							체육시설	31	372	
							소규모사업체	37	444	
							소계	188	2,256	
	학교용	44	45	26	20	135	-	31	372	
	소계	7,450	12,850	3,056	8,273	31,629	계	465	5,580	
농 업 용	전작용	445	1,259	23	218	1,945	-	30	360	
	답작용	4,451	8,144	193	3,452	16,240	-	36	432	
	원예용	20	112	6	48	186	-	30	360	
	축산용	32	187	5	226	450	육우	30	360	
							양돈	30	360	
							소계	60	720	
	소계	4,948	9,702	227	3,944	18,821	계	156	1,872	
합계		12,398	22,552	3,283	12,217	50,450	합계	621	7,452	

3.3 모니터링 대상정호 선정조사

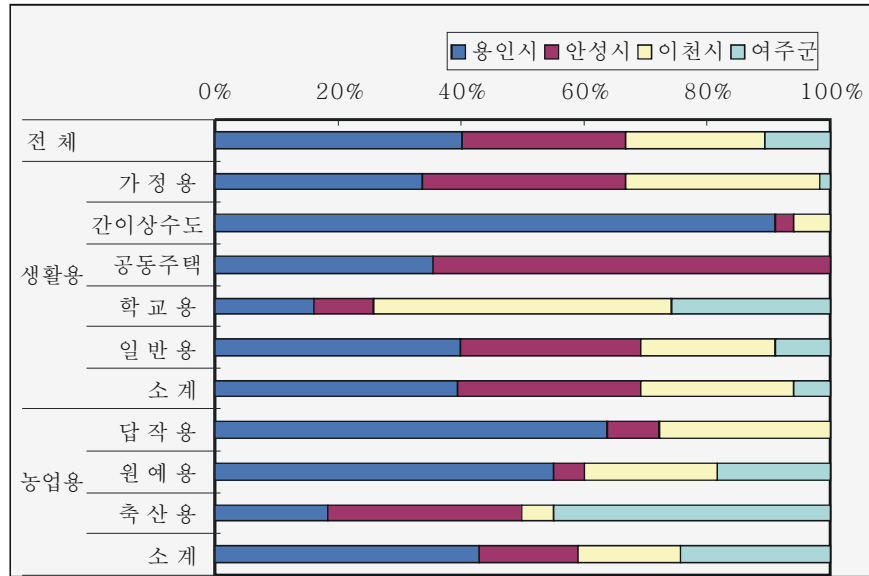
전장에서 수립된 모니터링 세부계획을 기준으로 모니터링 대상정호 선정조사를 2006년 9월 8일 ~ 2006년 12월 1일까지 수행하였으며, 현장조사 세부계획 수립결과에 따라 총 621정호를 세부용도별로 선정하였다.

선정조사는 조사원들이 개별정호의 소유자를 직접 방문하여 이루어졌으며, 지역개발 행정자료를 통해 사전에 정호위치, 정호제원, 소유자에 대한 사항을 파악하였다.

3.3.1 선정된 모니터링 대상정호 현황

가. 지역별 대상정호 현황

선정된 대상정호는 지역별로 용인시가 250정호로 전체의 40.3%로 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음으로는 안성시(164정호, 26.4%), 이천시(141정호, 22.7%)순이며, 여주시가 66정호로 전체의 10.6%로 가장 적은 비율로 선정되었다(표 3-11, 그림 3-2). 세부용도별로 보면 가정용은 여주군을 제외하고 나머지 용인, 안성, 이천 지역에서 57~61개정호로 균등하게 분배되었지만, 나머지 세부용도들은 균등하게 분포되지 않았다.



〈그림 3-2〉 선정된 모니터링 대상정호 지역별 현황

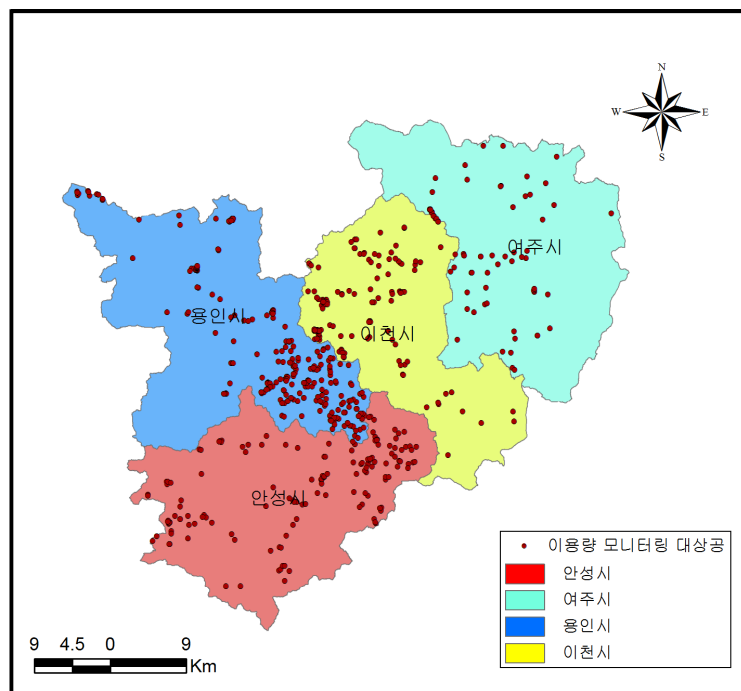
나. 용도별 대상정호 현황

용도별로는 생활용이 465정호로 전체의 74.9%를 차지하는 것으로 나타났으며, 농업용이 156정호로 전체의 24.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 한편 세부용도별로 살펴보면, 일반용이 188개로 전체의 30.3%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 다음으로 가정용이 181개로 전체의 29.1%, 축산용·원예용이 60개로 전체의 9.7%를 차지하였다. 그 외에 세부용도는 30~34개로 전체의 4.8~5.5%로 조사되었다(표 3-11).

농업용의 경우, 현장조사 세부계획에 따라 세부용도별로 30개 이상 선정하려 하였으나, 본 조사지역의 전작용은 대부분 하우스시설을 갖추고 있어 하우스시설을 갖추지 않고 밭에서만 이용되는 정호를 찾기 힘들었다. 따라서 전작용은 대상정호 선정에서 제외하고 원예용 30개를 추가 선정하였다. 한편 선정된 대상정호의 위치도는 〈그림 3-3〉과 같다.

〈표 3-11〉 선정된 모니터링 대상정호 용도별 현황

구 분		지 역 별				합 계	파이다이어그램
		용인	안성	이천	여주		
전 체		250	164	141	66	621	
생활용	가 정 용	61	60	57	3	181	
	마을상수도	31	1	2	0	34	
	공동주택	11	20	0	0	31	
	학 교 용	5	3	15	8	31	
	· 욕탕용	8	12	6	4	30	
	· 식당용	9	16	3	2	30	
	· 주유소용	8	4	11	7	30	
	· 사무용	22	2	6	0	30	
	· 체육시설용	15	7	9	0	31	
	· 소규모사업체	13	14	6	4	37	
소 계		183	139	115	28	465	
농업용	답 작 용	23	3	10	0	36	
	원 예 용	33	3	13	11	60	
	축 산 용	11	19	3	27	60	
	소 계	67	25	26	38	156	



〈그림 3-3〉 조사 대상정호 선정현황도

다. 양수능력별 대상정호 현황

지역별로 구분하여 양수능력별 대상정호 현황을 <표 3-12>에 나타내었다. 양수능력별 대상정호 현황을 살펴보면, 30m³/일 미만은 69개 정호이고, 30m³/일 이상 ~ 50m³/일 이하는 241개 정호, 50m³/일 초과 ~ 100m³/일 이하는 143개 정호, 100m³/일 초과 ~ 150m³/일 이하는 94개 정호, 150m³/일 초과는 30개 정호 이다.

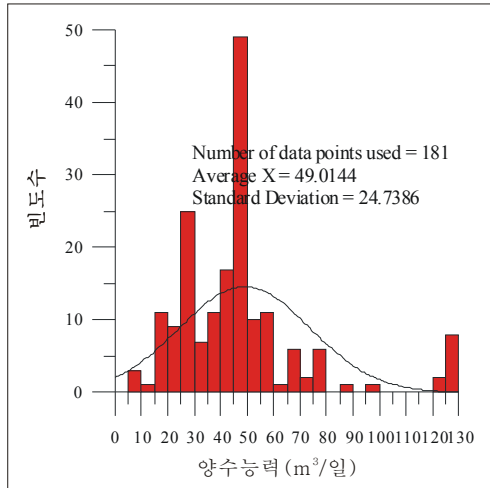
〈표 3-12〉 선정된 모니터링 대상정호의 지역별 양수능력 현황

구 분	용 인	안 성	이 천	여 주	합 계	파이다이어그램
30m ³ /일 미만	2	42	6	19	69	<p>150m³/일 초과 12%</p> <p>100m³/일 초과 ~ 150m³/일 이하 15%</p> <p>50m³/일 이상 ~ 100m³/일 이하 23%</p> <p>30m³/일 미만 11%</p> <p>30m³/일 이상 ~ 50m³/일 이하 39%</p>
30m ³ /일 초과 ~ 50m ³ /일 이하	105	58	56	22	241	
50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하	56	33	43	11	143	
100m ³ /일 초과 ~ 150m ³ /일 이하	54	17	19	4	94	
150m ³ /일 초과	33	14	17	10	74	
합 계	250	164	141	66	621	

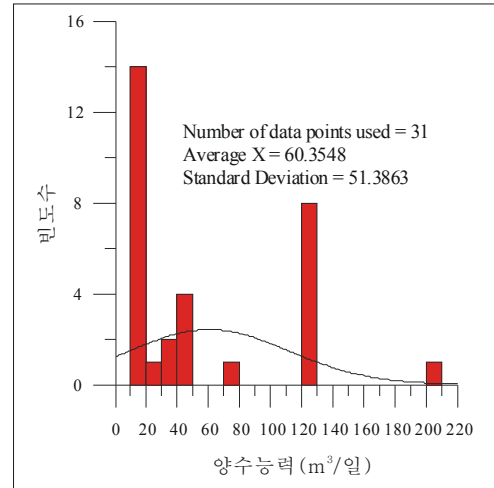
세부용도별 양수능력의 분포를 살펴보면, 공동주택용은 30m³/일 미만, 가정용, 일반용, 축산용은 30m³/일 초과 ~ 50m³/일 이하, 마을상수도용, 학교용은 30m³/일 초과 ~ 50m³/일 이하, 답작용은 100m³/일 초과 ~ 150m³/일 이하, 원예용은 150m³/일 초과에서 가장 많은 빈도수를 보였다(표 3-13, 그림 3-4).

<표 3-13> 선정된 모니터링 대상정호의 세부용도별 양수능력 현황

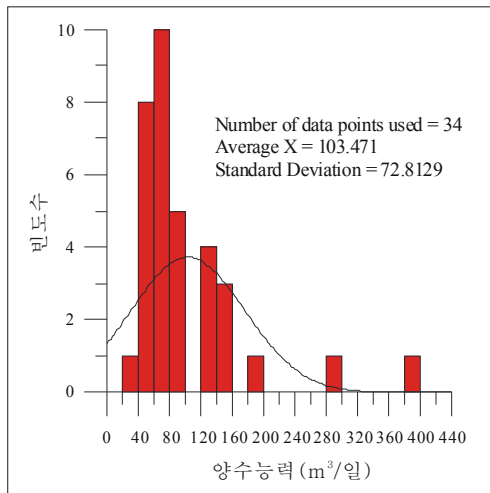
구 분	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 초과 ~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과 ~ 150m ³ /일 이하	150m ³ /일 초과	합 계
가정용	25	108	38	10	-	181
공동주택용	14	7	1	8	1	31
마을상수도용	-	4	20	7	3	34
학교용	2	8	17	3	1	31
일반용	12	75	52	35	14	188
답작용	-	1	7	25	3	36
원예용	-	9	1	-	50	60
축산용	16	29	7	6	2	60
합 계	69	241	143	94	74	621



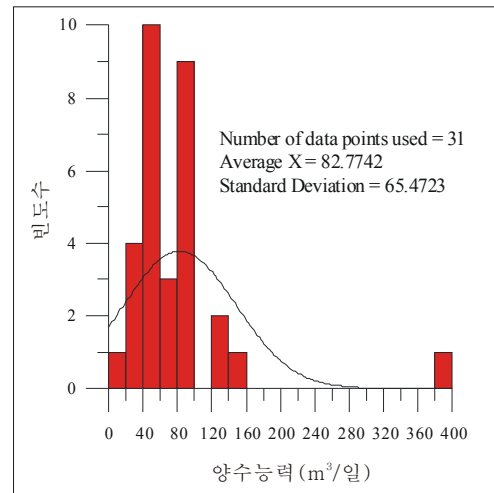
(a) 가정용



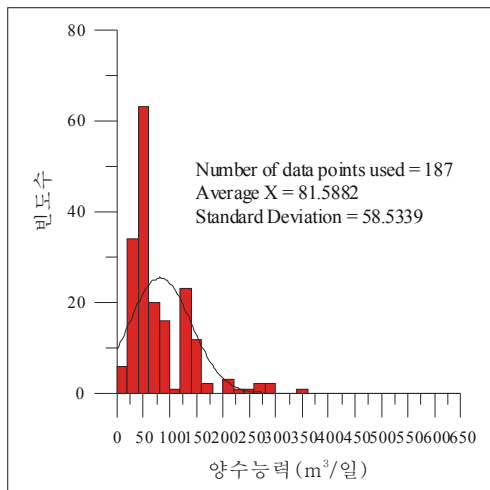
(b) 공동주택용



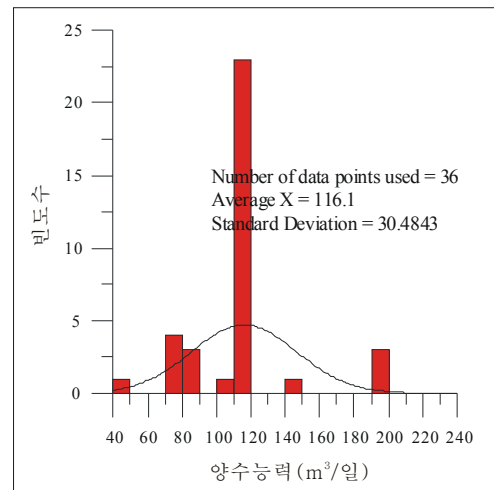
(c) 마을상수도용



(d) 학교용

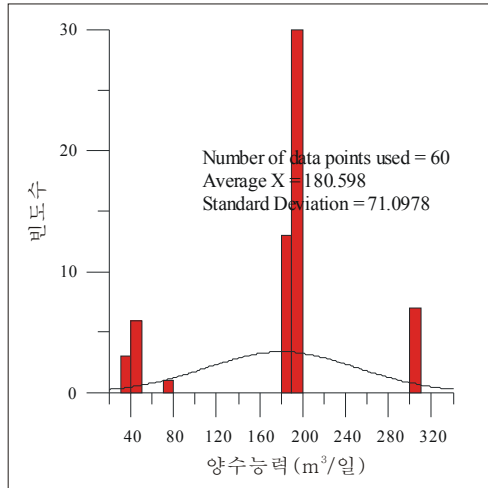


(e) 일반용

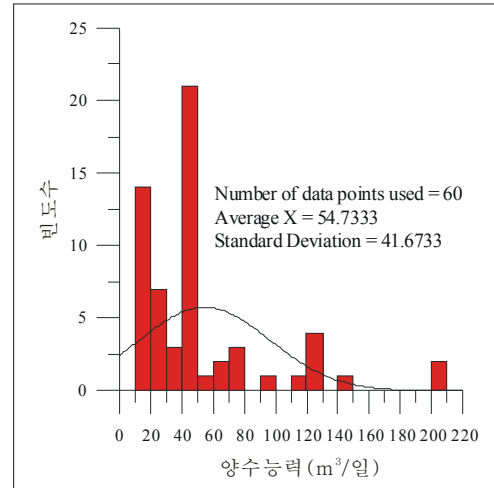


(f) 답작용

<그림 3-4> 세부용도별 양수능력에 따른 빈도분포도



(g) 원예용



(h) 축산용

〈그림 3-4〉 세부용도별 양수능력에 따른 빈도분포도(계속)

라. 정호제원별 대상정호 현황

1) 펌프용량별 현황

펌프용량별 현황을 살펴보면, 0.5HP 이하는 252개 정호로 전체의 40.6%를 차지하였고, 1HP는 179개 정호로 전체의 28.8%, 2~3HP는 146개 정호로 23.5%, 5HP 이상은 7.1%를 차지하였다. <표 3-14>는 지역별로 구분하여 펌프용량별 현황을 나타내었다.

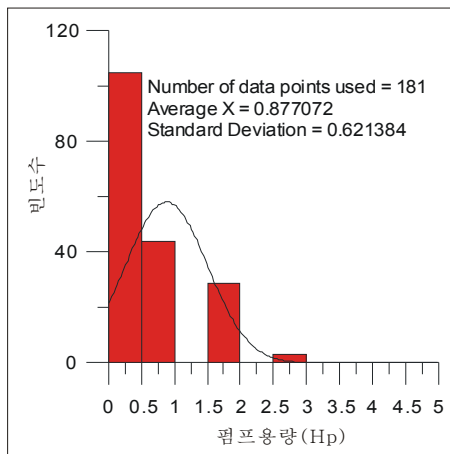
〈표 3-14〉 선정된 모니터링 대상정호의 지역별 펌프용량 현황

구 분	용 인	안 성	이 천	여 주	합 계	파이다이어그램
0.5HP 이하	107	65	54	26	252	
1HP	63	65	29	22	179	
2~3HP	58	22	48	18	146	
5HP 이상	22	12	10	0	44	
합 계	250	164	141	66	621	

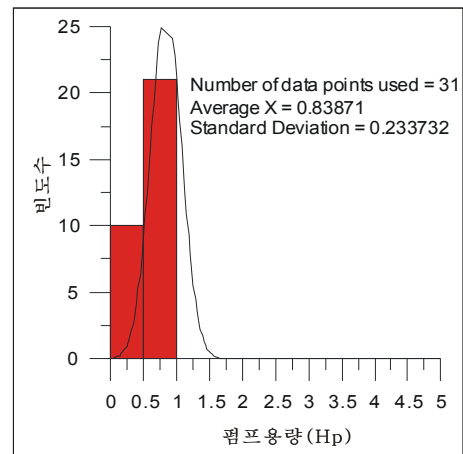
세부용도별 펌프용량의 분포를 살펴보면, 가정용, 일반용, 답작용, 축산용은 0.5HP 이하, 공동주택용, 원예용은 1HP, 마을상수도, 학교용은 2HP에서 가장 많은 빈도수를 보였다(표 3-15). 다음 <그림 3-5>는 세부용도별로 펌프용량에 따라 빈도분포도를 작성한 결과이다. 일반용이 가장 넓은 범위에서 존재하고 표준편차값 또한 가장 큰 것으로 조사되었다.

<표 3-15> 선정된 모니터링 대상정호의 세부용도별 펌프용량 현황

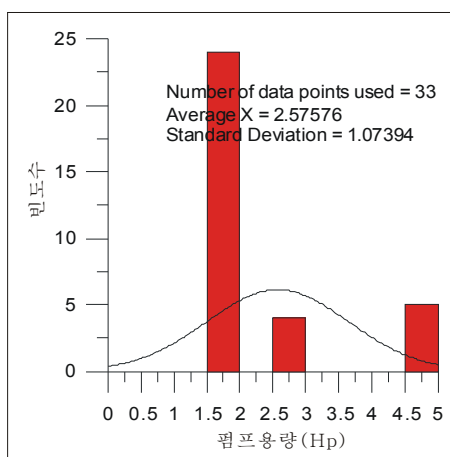
구 분	0.5HP 이하	1HP	2~3HP	5HP 이상	합계
가정용	105	44	32	-	181
공동주택용	10	21	-	-	31
마을상수도용	-	-	28	6	34
학교용	1	6	21	3	31
일반용	63	50	46	29	188
답작용	24	5	1	6	36
원예용	7	42	11	-	60
축산용	41	12	7	-	60
합계	251	180	146	44	621



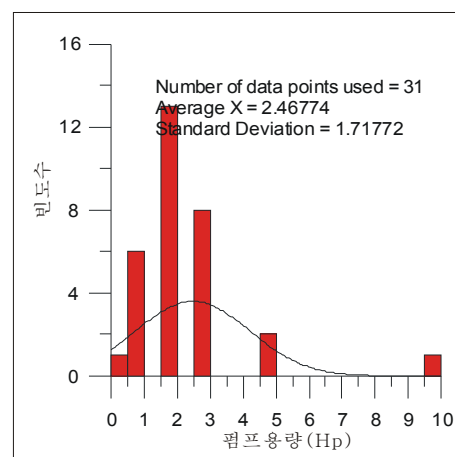
(a) 가정용



(b) 공동주택용

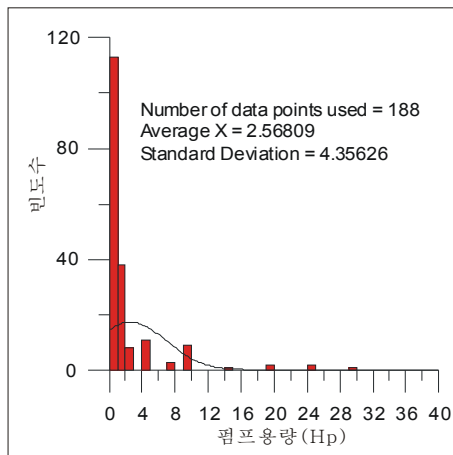


(c) 마을상수도용

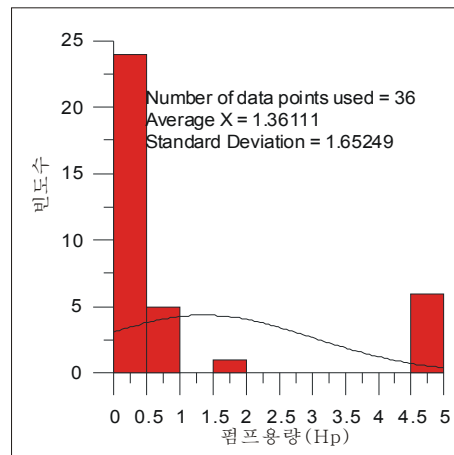


(d) 학교용

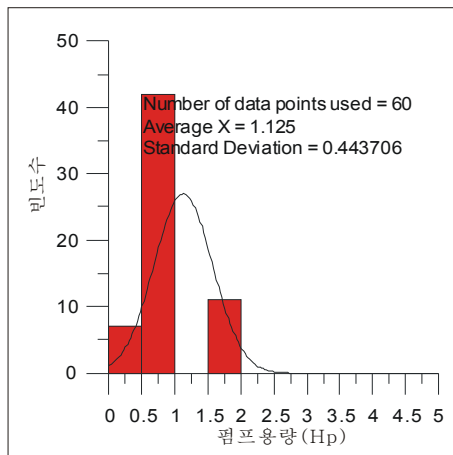
<그림 3-5> 세부용도별 펌프용량에 따른 빈도분포도



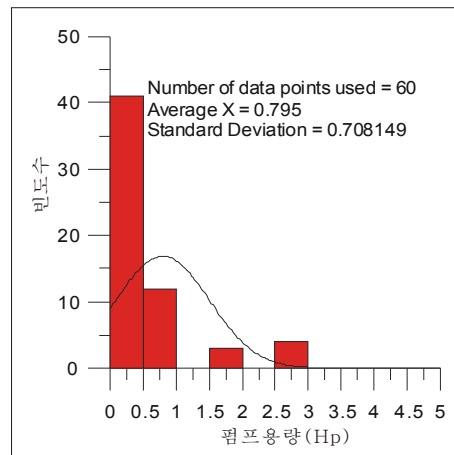
(e) 일반용



(f) 답작용



(g) 원예용



(h) 축산용

<그림 3-5> 세부용도별 펌프용량에 따른 빈도분포도(계속)

2) 토출관직경별 현황

토출관직경별 현황을 살펴보면, 32mm 이하는 430개 정호로 전체의 69.2%를 차지하였고, 32~40mm는 100개 정호로 전체의 16.1%, 50mm 이상은 91개 정호로 14.7%를 차지하였다. <표 3-16>은 지역별로 구분하여 펌프용량별 현황을 나타내었다.

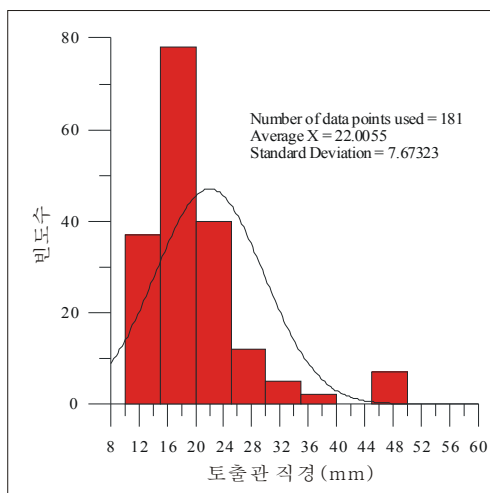
세부용도별 토출관직경의 분포를 살펴보면, 가정용, 공동주택용, 학교용, 일반용, 축산용은 32mm 이하, 마을상수도용은 32~40mm, 원예용은 50mm 이상에서 가장 많은 빈도수를 보였다(표 3-17, 그림 3-6).

<표 3-16> 선정된 모니터링 대상정호의 지역별 토출관직경 현황

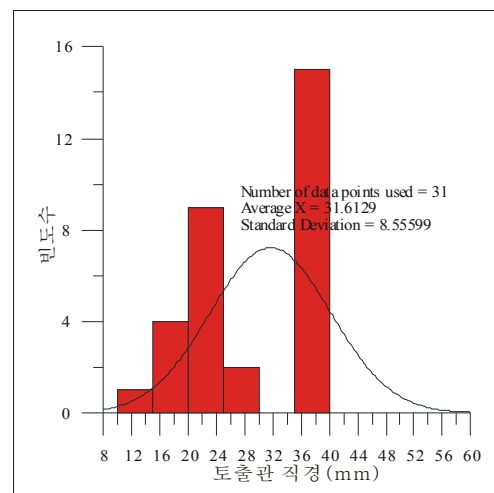
	용인	안성	이천	여주	합계	파이다이어그램
32mm 이하	159	123	97	51	430	
32~40mm	48	30	18	4	100	
50mm 이상	43	11	26	11	91	
합계	250	164	141	66	621	

<표 3-17> 선정된 모니터링 대상정호의 세부용도별 토출관직경 현황

	32mm 이하	32~40mm	50mm 이상	합계
가정용	172	2	7	181
공동주택용	16	15	-	31
마을상수도용	-	25	9	34
학교용	17	3	11	31
일반용	138	19	31	188
답작용	16	16	4	36
원예용	16	17	27	60
축산용	55	3	2	60
합계	430	100	91	621

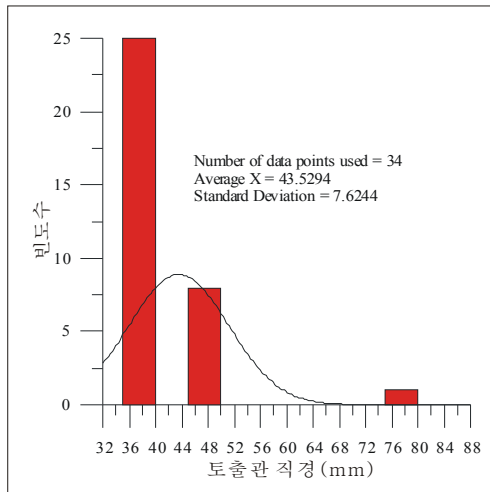


(a) 가정용

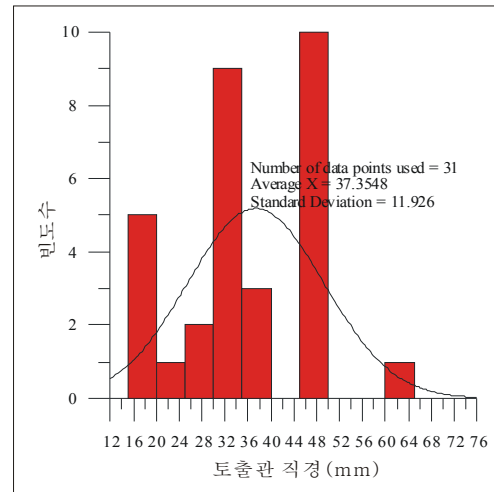


(b) 공동주택용

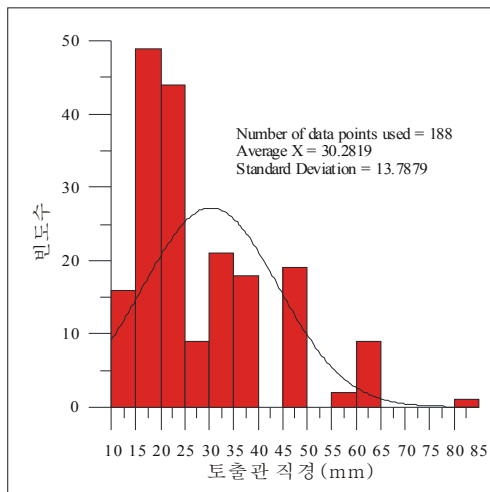
<그림 3-6> 세부용도별 토출관직경에 따른 빈도분포도



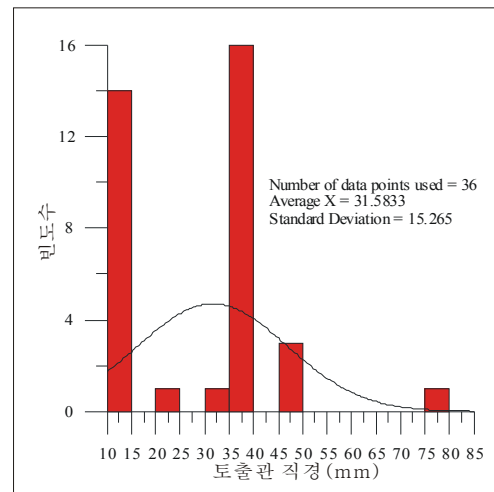
(c) 마을상수도용



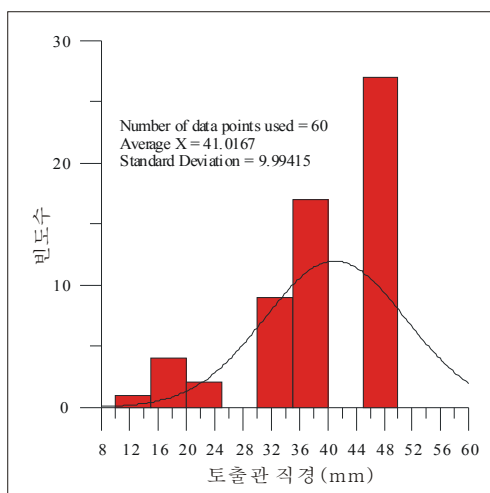
(d) 학교용



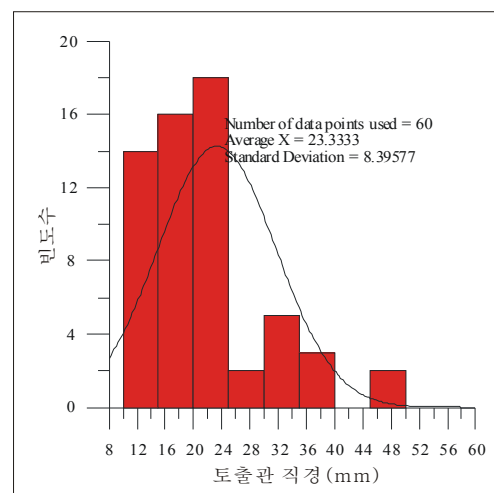
(e) 일반용



(f) 답작용



(g) 원예용



(h) 축산용

〈그림 3-6〉 세부용도별 토출관직경에 따른 빈도분포도 (계속)

3.3.2 모니터링 대상정호 선정시 문제점

지하수 이용량 모니터링을 위해 대상정호를 선정하는데 있어 지역개발 행정자료에 신고·허가시설 중 유량계가 설치된 정호는 일부에 불과하였으며, 설치가 되어 있다고 하더라도 고장률이 높아 실질적으로 이용량을 모니터링 할 수 있는 정호를 선정하기 어려웠다. 또한 유량계가 정상적으로 작동하는 정호의 경우 소유주와 협의 어려움 등으로 인하여 대상정호를 선정하는데 더욱더 어려움이 있었다. 이에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

가. 적산 유량계 설치율 미비

지하수법 시행규칙 제5조에 의하면 1일 양수능력이 30톤 미만(안쪽 지름이 32 mm 이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용 또는 국방·군사용 지하수개발·이용시설의 경우와 정착된 동력장치를 이용하지 아니하는 농·어업용 지하수개발·이용시설은 출수장치 및 적산 유량계를 설치하지 않는다.

지하수 조사연보(2006)에 의하면 이천, 안성, 용인, 여주지역은 양수능력이 30m³ 미만인 시설수(20,858개소)가 전체(53,626개소)의 38.8%인 것으로 조사되었고(표 3-18), 38.8% 이외에 61.2%는 유량계를 설치하여 지하수의 취수현황을 파악할 수 있도록 되어 있으나, 실제 대상정호 선정시 유량계를 설치하지 않은 지하수시설이 많았다.

※ 대상정호 선정시 파악된 유량계 비율

- 이천시 최초선정시 유량계 설치비율 4.7%(29개소/620개소)
- 안성시 정천조사자료 유량계 설치비율 5.2%(319개소/6100개소)

위와 같은 이유로 대상정호 선정조사 결과, 생활용 중 가정용의 경우에는 대부분의 정호에서 유량계가 설치되어 있지 않았고, 농업용 중 전작용, 원예용 정호 또한 유량계가 설치되어 있지 않은 시설이 많아 대상정호를 선정하는데 어려움이 있었다.

<표 3-18> 양수능력 30m³/일 미만의 지역별 비율

지역구분	총 계	30m ³ /일 미만	비율(%)
이천시	12,767	1,005	7.87
용인시	3,784	254	6.7
안성시	23,981	12,453	51.9
여주군	13,094	7,146	54.57
합계	53,626	20,858	38.89

나. 유량계 고장률 높음

대상정호 선정조사 결과, 유량계의 설치율이 낮을 뿐만 아니라 설치가 되어 있더라도 겨울철 동파 또는 밸브 폐쇄로 인한 가압 등의 이유로 유량계가 파손되어 있거나 작동하지 않아 대상정호 선정에 어려움이 있었다.

다. 대상정호 소유주와의 협의 어려움

유량계가 정상적으로 작동하는 시설에 대하여 대상정호로 선정하기 위해 소유주와 협의한 결과 이용자들이 세금부과(지하수 이용 부담금)와 같은 불이익이 발생할 것으로 생각하여 대상정호의 소유주와 협의하는데 어려움이 있었다.

3.4 모니터링 현장조사

선정된 조사대상정호에 대한 이용량조사는 소유주와 사전협의하여 과업에 대한 설명 및 협조를 요청하였으며, “이용량 모니터링 조사카드”에 의거하여 조사하였다. 모니터링 대상정호 선정조사시 유량계값을 검침하였고, 2006년 12월부터 2007년 11월까지 매월 1회씩 12번 검침하여, 총 13회를 검침하였다. 한편 시간계로 이용량을 측정한 농업용 정호는 시간계 설치일이 2006년 12월 1회차 측정일과 일치하기 때문에 총 12회 검침되었다. 현장에서 검침된 자료는 부록에 수록하였다.

3.4.1 검침방법

검침방법은 대부분 적산 유량계를 직접 검침하는 방법을 이용하였으나, 일부 소형 농업용 정호들의 경우 대부분이 유량계가 설치되어 있지 않아 전력계와 시간계로 대신하였다. 계측기별 측정현황을 살펴보면, 유량계로 이용량을 측정하는 정호는 총 512개 정호이고, 전력계로 이용량을 측정하는 정호는 총 48개 정호이며, 시간계로 이용량을 측정하는 정호는 총 61개 정호이다(표 3-19).

<표 3-19> 계측기별 측정현황

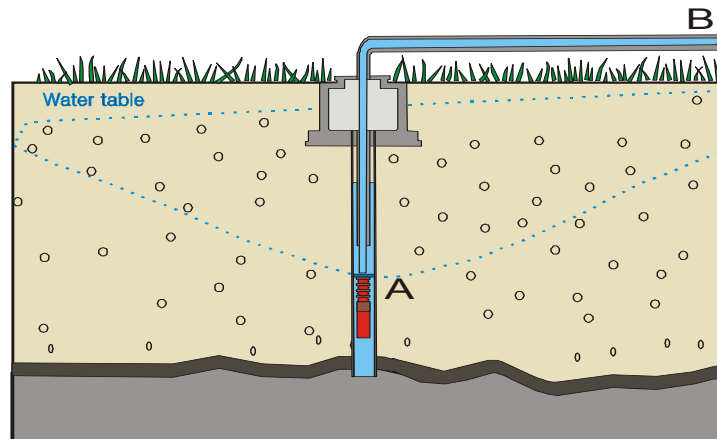
용도	세부용도		선정정호수	유량계	전력계	시간계	파이다이어그램
생활용	가정용	용인	60	59		1	<p>전력계 8%</p> <p>시간계 10%</p> <p>유량계 82%</p>
		이천	61	61			
		안성	60	60			
	공동주택용		31	31			
	마을상수도용		34	33	1		
	학교용		31	30		1	
	일반용	육탕용	30	29		1	
		식당용	30	30			
		주유소용	30	29		1	
		사무용	30	30			
		체육시설용	31	31			
소규모사업체		37	37				
농업용	답작용		36	11	25		
	원예용		60	4	22	34	
	축산용	육우	30	30			
		양돈	30	7		23	
	합 계		621	512	48	61	

전력 사용량에 의해 양수량을 산정하는 방법은 모터펌프의 가동에 소비되는 전력량을 검침하고 단위 전력 소비량에 대한 출수량을 측정하여 양수량으로 환산하였다. 수중모터 펌프 가동시간에 의한 양수량을 산정하는 방법은 모터펌프가 가동하는 시간(최소 분단 위)을 모니터링하고, 그 정호의 단위시간당 출수량을 구하여 양수량으로 환산하였다.

$$\begin{aligned} \text{전력계 양수량} &= \text{모터펌프 가동에 따른 소비된 전력(KW)} \times \text{전력당 출수량(m}^3/\text{KW)} \\ \text{시간계 양수량} &= \text{수중모터펌프 가동시간(min)} \times \text{분당 출수량(m}^3/\text{min)} \end{aligned}$$

단위시간/단위전력당 출수량을 구하는 방법은 다음과 같고, 현장사진은 <그림 3-8>과 같다.

- 모터펌프를 가동시킨다.
- 소비전력/가동시간은 물이 토출관(B)에서 나오는 시점부터 모니터링하여 모터펌프를 중단할 때까지 소비된 전력/가동시간을 모니터링 한다(그림 3-7).
- 양수량 측정은 토출관에 유량계를 부착하여 물이 토출관(B)으로 나오는 시점부터 모니터링하여 모터펌프를 중단할 때까지의 누적출수량을 구한다.



<그림 3-7> 단위양수량 측정법 설명을 위한 모식도



(a) 유량계를 이용한 유량측정



(b) 시간계를 이용한 가동시간 측정

<그림 3-8> 단위양수량 측정 현장사진

3.4.2 모니터링 현장조사의 문제점

가. 측정불가정호 발생(측정거부, 원상복구, 유량계 고장)

약 1년 동안 이용량을 모니터링하면서 조사대상정호가 동파 등의 이유로 유량계가 파손되거나 소유자가 조사거부(세금부과에 대한 이용자들의 의심), 폐공 등 이용량을 측정하지 못하는 사례가 빈번하였다. 이에 대한 대책으로 고장난 유량계는 새로운 유량계로 교체 또는 수리하여 계속해서 유량을 측정하려 했지만, 소유자의 동의가 없어 원활히 수행되지 못하였다. 따라서 향후에는 대상정호 인근의 동일한 용도, 펌프용량, 양수능력을 가진 정호를 선정하여 측정불가정호를 대체할 수 있는 방안을 모색해야 한다.

나. 이용량이 없는 정호 발생

1년 조사기간 동안 지하수 이용량이 전혀 없는 정호 발생하였다. 이에 대한 원인을 분석한 결과, 상수도가 보급되어 실질적으로 지하수를 이용하지 않거나, 처음부터 유량계가 고장난 정호를 대상정호로 선정하여 이용량이 없는 것으로 조사되었다. 따라서 향후 대상정호 선정시에는 사전에 소유자와 지하수 이용 여부를 탐문조사한 후, 이용량이 거의 없는 정호들은 대상정호에서 제외하거나, 모터펌프를 작동하여 유량계 오작동 여부를 확인하고 대상정호로 선정하여야 한다.

다. 용도분류 오류

대상정호 선정조사시 용도분류에 대한 기준이 명확치 않아서 일부 세부용도의 용도분류에 오류가 있었다. 예를 들어 지하수 업무수행 지침의 분류기준에 따르면 가정용의 경우 개인주택 등에 설치된 시설로써 일반가정에서 가정생활을 영위하기 위해 사용하는 시설을 말한다. 하지만 가정생활에 대한 기준이 모호하여 대상정호 선정에 오류가 발생하여 가정용에 농업용 또는 일반용(세차용, 소규모점포)과 겸용으로 사용하는 시설도 존재하였다.

라. 가축 사육두수 변화

축산용 정호의 경우 가축 사육두수에 따라 이용량에 변화가 발생하기 때문에 가축 사육두수의 모니터링이 필요하다. 하지만 본 조사에서는 가축 사육두수에 대해 1회 조사만 수행했을 뿐 매달 조사가 이루어지지 않았다. 따라서 향후 모니터링시에는 가축 사육두수의 변화를 매월 관측할 필요가 있다.

마. 전력계·시간계 단위유량 변화

관리번호 470번인 원예용 정호의 1월 전력사용량(3,911KW)에 1차 단위유량 측정값($9.83\text{m}^3/\text{KW}$)을 적용하여 유량값으로 환산한 결과 $38,448\text{m}^3$ 으로 조사되었다. 하지만 470번 정호의 양수능력은 $190\text{m}^3/\text{일}$ 에 30일을 적용하면 $5,700\text{m}^3$ 이 계산된다. 이와 같이 단위유량을 통해 계산된 유량값이 양수능력값 보다 약 6.75배 많게 조사되었다. 양수능력 값이 정확하지 않다고 가정하더라도 전력사용량 값을 유량으로 환산한 값이 양수능력 값보다 너무 많게 조사되었다. 따라서 자료의 신뢰성을 보완하기 위해 단위 유량 측정시간을 길게 하여 1회 추가 분석하였다. 2회에 걸친 전력계·시간계 단위유량 측정결과, 단위유량의 차이가 작은 정호(관리번호 491번: 1차 측정($8.69\text{m}^3/\text{KW}$,시간), 2차 측정($8.69\text{m}^3/\text{KW}$,시간))도 존재하였지만 단위유량의 차이가 큰 정호(관리번호 511번: 1차 측정($30.73\text{m}^3/\text{KW}$,시간), 2차 측정($6.49\text{m}^3/\text{KW}$,시간)도 발생하였다. 이와 같은 사유는 1차 단위유량 측정시간(1.8분)과 2차 단위유량 측정시간(20분)의 차이 때문인 것으로 판단된다. 초기 양수량과 후기 양수량은 차이가 발생하기 때문에 어느 정도 안정화가 될 수 있는 시간이 필요하고 이런 측면에서 1차 측정시 측정시간(1.8분)은 너무 짧은 것으로 사료된다. 따라서 본 과업에서는 비교적 측정 경과시간이 긴 2차 측정 자료를 활용하여 분석하였다(부록 참조).

제4장 지하수 이용량 분석 및 이용량 평가방법

- 4.1 지하수 이용특성 분석
- 4.2 지하수 이용량 평가기법 개발

제4장 지하수 이용특성 분석 및 이용량 평가방법

4.1 지하수 이용특성 분석

4.1.1 1차 이용량 자료선별(DATA CLEANING)

지하수 이용량을 1년 이상 관측 하다보면 앞 절에서도 설명하였듯이, 여러 가지 사유로 인하여 이용량을 관측하지 못하는 정호가 발생하게 된다. 이와 같이 모니터링 중간에 관측을 하지 못하게 되면 올바른 자료 분석이 되지 않기 때문에 다음과 같은 3가지 조건을 고려하여 분석에서 제외시켰다.

- 유량계 고장으로 인해 관측을 하지 못한 기간이 3개월 이상 발생한 정호 제외(68개)
- 관측은 하였으나 지하수 사용량이 없는 정호 제외(22개)
- 소유자 조사거부, 동파, 모터펌프 수리, 폐공 등 기타사유로 인하여 관측을 하지 못한 기간이 3개월 초과 발생한 정호 제외(19개)

다음과 같은 3가지 기준에 의한 1차 자료선별 결과 총 621개 정호 중에서 109개 정호가 분석에서 제외되어 총 512개 정호가 분석 대상정호로 선별되었다(표 4-1).

〈표 4-1〉 용도별 1차 자료선별정호 현황

용도	세부용도		선정정호	분석정호	분석제외 정호			
					합계	유량계고장	이용량없음	기타
생활용	가정용	용인	60	55	5	3	1	1
		안성	60	46	14	7	5	2
		이천	61	54	7	4	1	2
		합계	181	155	26	14	7	5
	공동주택용		31	28	3	2	0	1
	마을상수도용		34	24	10	9	1	0
	학교용		31	18	13	9	3	1
	일반용	육탕용	30	21	9	8	1	0
		식당용	30	26	4	3	1	0
		주유소용	30	27	3	2	1	0
		사무용	30	24	6	6	0	0
		체육시설	31	23	8	1	3	4
		소규모사업체	37	25	12	9	0	3
		합계	188	146	42	29	6	7
	합계		465	371	94	63	17	14
농업용	답작용		36	32	4	0	3	1
	원예용		60	55	5	1	2	2
	축산용	육우	30	26	4	4	0	0
		양돈	30	28	2	0	0	2
		합계	60	54	6	4	0	2
	합계		156	141	14	5	5	5
총 계		621	512	109	68	22	19	

※ 기타: 조사거부, 동파, 시건장치, 폐공 등

4.1.2 용도별·계절별·정호제원별 이용특성 분석

용도별·계절별·정호제원별 이용특성을 분석하기 위하여 1차 선별된 자료 중 시간계, 전력계로 측정된 자료를 유량계값으로 환산하였고, 용도가 잘못 분류된 정호들은 용도를 재분류하였다. 이와 같은 과정을 통하여 분류된 자료를 이용하여 지역별·용도별·계절별 이용특성을 분석하였다.

가. 이용량 자료보정

1) 1일 평균이용량 분석방법

세부용도별 1일 평균이용량을 분석하기 위하여, 선정조사(2006.9~2006.12)시 검침된 이용량부터 마지막 회차(2007.11)에 검침된 이용량까지를 합산하여 총이용량을 분석하였고, 가동일수 또한 선정조사시부터 마지막 검침일까지를 합산하여 계산하였다. 이와 같이 1일 평균이용량은 총 이용량에 가동일수를 나누어 분석하였다. 다음에 관리번호 1번정호에 대한 1일 평균이용량을 분석한 사례를 상세히 설명하였다.

- 가동일수 : 마지막 검침일(2007.11.22) - 최초 선정조사일(2006.11.28) = 358일
- 총이용량 : 마지막 검침일에 검침한 유량계 수치(4114.89m^3) - 최초 선정일에 검침한 유량계 수치($3,100\text{m}^3$) = $1,017.89\text{m}^3$
- 1일 평균 이용량 : 총이용량($1,017.89\text{m}^3$)/가동일수(358일) = $2.83\text{m}^3/\text{일}$

관측을 하지 못한 기간이 3개월 이상인 정호는 1차 자료선별을 거쳐 분석에서 제외하였지만 관측을 하지 못한 기간이 3개월 이하인 정호는 분석에 포함되었다. 이와 같이 관측을 하지 못한 기간이 3개월 이하인 정호들은 관측을 하지 못한 기간의 이용량과 가동일수를 분석에서 제외하고 1일 평균이용량을 분석하였다. 또한 모니터링 중간에 동파 또는 기타사유로 유량계 고장이 발생하여 유량계를 교체한 정호들은 유량계 고장이 발생하여 유량계를 교체한 기간의 이용량과 가동일수는 분석에서 제외하고 1일 평균이용량을 분석하였다. 다음 <표 4-2>는 장기모니터링 중간에 유량계를 교체한 정호에 대한 내역을 나타낸다. 교체 내역을 살펴보면, 총 13개 정호가 모니터링 중간에 교체되었으며, 가정용이 10개 정호로 가장 많았고, 다음으로 축산용(2개), 답작용(1개) 순이었다.

<표 4-2> 계측기 교체 내역

세부용도	관리번호	내역
가정용	18	2007년 3월 모터교체로 유량계 분리, 2008년 5월 시간계로 교체
	22	2007년 2월에 유량계 교체
	35	2007년 3월에 유량계 파손, 2007년 5월에 유량계 교체
	46	2007년 2월에 유량계 교체, 3월에 다시 고장, 5월에 재교체
	57	2007년 1월에 유량계 파손, 7월에 교체
	125	2007년 4월에 유량계 해체, 5월에 교체
	126	2007년 1월에 유량계 교체
	136	2007년 1월에 유량계 동파, 5월에 유량계 교체
	155	2007년 1월에 유량계 교체
	179	2007년 1월 유량계 고장, 7월에 유량계 교체
답작용	507	2007년 3월에 유량계 교체
측산용	563	2007년 3월에 유량계 교체
	573	2007년 3월에 시간계 교체

2) 시간계·전력계자료 유량계값 환산

본 과업에서는 유량계가 설치되어 있지 않은 정호에 대하여 시간/전력 계량기의 값을 모니터링 하였고, 각각 정호에 대하여 단위 전력 소비량 또는 가동시간 대비 양수량을 2회(2007.7~2007.9)에 걸쳐 측정하여 시간/전력 계량기의 값을 유량계 값으로 환산하였다.

양수를 시작하여 펌프설치지점으로부터 토출관 입구까지 올리는데 소비되는 시간/전력값은 제외하고, 토출관에서 나오는 시간/전력부터 측정을 시작하여 경과시간/소비전력을 측정한 값을 총 유량값으로 구하고 시간/전력에 대한 단위 유량을 측정하였다.

각각 정호에 대한 제원과 현장에서 측정된 단위 유량값을 <표 4-3>에 나타내었다. 전력 사용량에 의해 양수량을 산정하는 방법은 현장에서 검침된 모터펌프의 가동에 소비되는 전력량에 <표 4-3>과 같이 계산된 단위 전력 소비당 출수량값을 적용하여 양수량으로 환산하였다. 시간계에 의한 양수량을 산정하는 방법은 현장에서 검침된 모터펌프가 가동하는 시간(최소 분단위)에 단위 시간당 출수량을 적용하여 분석하였다.

$$\begin{aligned} \text{전력계 양수량} &= \text{모터펌프 가동에 따른 소비된 전력(KW)} \times \text{전력당 출수량(m}^3\text{/KW)} \\ \text{시간계 양수량} &= \text{수중모터펌프 가동시간(min)} \times \text{분당 출수량(m}^3\text{/min)} \end{aligned}$$

1차 조사결과를 이용하여 양수량으로 환산한 결과, 일부 농업용정호에서 환산된 유량값이 펌프용량이나 양수능력에 비하여 비정상적인 높은 값을 보였고, 이는 1차 조사시 측정 경과시간이 너무 짧았기 때문으로 판단되었다.

<표 4-3>의 1차 측정 경과시간을 살펴보면, 최소값이 0.6분, 최대값이 708분으로 조사되었고 일부 3개 정호(240-3, 240-4, 480)만이 1시간 이상 조사했을 뿐 나머지 정호들은

대부분 1.8분(중간값) 조사되었다. 이렇게 1차 조사는 측정시간이 너무 짧아 단위유량 측정치의 신뢰성에 의문이 생겼다. 따라서 2차 측정에서는 측정시간(중간값을 계산해보면 22.2분으로 1차 측정 경과시간의 약 12배에 해당)을 늘려 단위 양수량을 측정하였고 단위 유량값이 1차 측정보다 2차 측정치가 줄어든 것으로 조사되었다.

결과적으로 2차 자료가 더욱더 신뢰성이 있는 것으로 판단되어 양수량 환산에 이용된 단위 시간(전력 소비)당 유량값은 2차 조사결과를 이용하였다.

<표 4-3> 단위시간당 전력 소비량에 의한 양수량 환산

관리 번호	측정 방법	세부용도	정호제원					1차측정			2차측정		
			심도 (m)	구경 (mm)	마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)	경과 시간, 전력 (시간, KW)	총유량 (L)	단위유량 (m ³ / (시간,KW))	경과 시간, 전력 (시간, KW)	총유량 (L)	단위유량 (m ³ / (시간,KW))
18	시간계	가정용	30	50	0.5	15	10	0.03	20.7	0.69	0.39	0.26	0.66
240-3	전력계	마을상수도	-	200	3	40	65	1.90	18,300	9.63	1.91	18.40	9.63
240-4	전력계	마을상수도	100	150	2	40	70	11.80	155,600	13.19	2.06	27.16	13.19
252	시간계	학교용	-	150	3	32	90	0.20	1,310.0	6.55	0.2	0.36	1.79
345	시간계	일반용	-	50	0.3	20	30	0.01	12.4	1.24	0.5	0.61	1.22
451	시간계	원예용	20	50	1	32	60	0.03	318.4	10.61	0.62	4.95	7.98
452	시간계	원예용	20	50	1	32	25	0.03	298.6	9.95	0.57	3.97	6.96
453	시간계	원예용	20	50	1	32	50	0.03	320.7	10.69	0.44	3.49	7.93
454	시간계	원예용	20	50	1	40	70	0.03	316.7	10.56	0.6	4.73	7.88
455	시간계	원예용	20	50	1	40	70	0.03	296.0	9.87	0.51	3.51	6.88
456	시간계	원예용	20	50	1	40	70	0.03	288.2	9.61	0.46	3.17	6.89
457	시간계	원예용	20	50	1	40	70	0.03	329.0	10.97	0.58	4.51	7.78
459	시간계	원예용	20	50	1	40	70	0.03	307.5	10.25	0.42	3.32	7.90
460	시간계	원예용	20	50	1	40	70	0.03	318.4	10.61	0.47	3.75	7.98
461	전력계	원예용	-	50	0.5	25	20	0.01	116.4	11.64	0.33	2.58	7.83
463	전력계	원예용	-	50	0.5	20	20	0.01	28.3	2.83	0.28	0.76	2.71
464	전력계	원예용	-	50	2	50	80	0.01	110.9	11.09	0.35	2.78	7.95
465	전력계	원예용	-	50	2	50	90	0.01	138.5	13.85	0.3	2.38	7.93
466	전력계	원예용	-	50	2	50	90	0.01	122.6	12.26	0.32	2.38	7.44
467	전력계	원예용	-	50	0.5	40	50	0.01	108.4	10.84	0.24	1.50	6.25
468	전력계	원예용	-	50	1	50	57	0.01	107.3	10.73	0.34	2.23	6.57
469	전력계	원예용	-	50	1	50	57	0.01	108.9	10.89	0.31	2.05	6.60
470	전력계	원예용	-	50	1	50	40	0.01	98.3	9.83	0.33	2.00	6.05
471	전력계	원예용	-	50	1	50	57	0.01	114.5	11.45	0.26	1.85	7.10
472	전력계	원예용	-	50	2	50	90	0.01	133.2	13.32	0.3	2.40	8.01
473	전력계	원예용	-	50	2	50	90	0.01	127.4	12.74	0.28	2.22	7.93
474	전력계	원예용	-	50	2	50	90	0.01	122.2	12.22	0.3	2.42	8.05

〈표 4-3〉 단위시간당 전력 소비량에 의한 양수량 환산(계속)

관리 번호	측정 방법	세부용도	정호제원					1차측정			2차측정		
			심도 (m)	구경 (mm)	마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)	경과 시간, 전력 (시간, KW)	총유량 (L)	단위유량 (m ³ / (시간,KW))	경과 시간, 전력 (시간, KW)	총유량 (L)	단위유량 (m ³ / (시간,KW))
475	전력계	원예용	-	50	1	50	90	0.01	83.1	8.31	0.24	1.48	6.18
476	전력계	원예용	-	50	1	50	90	0.01	90.9	9.09	0.27	1.68	6.23
477	전력계	원예용	-	50	2	32	70	0.01	98.6	9.86	0.08	0.51	6.40
478	전력계	원예용	-	50	2	50	80	0.01	91.1	9.11	0.07	0.51	7.29
479	전력계	원예용	30	50	1	32	32	0.01	98.4	9.84	0.23	1.43	6.20
480	전력계	원예용	-	50	1	32	28	0.01	80.0	8.00	0.21	1.32	6.29
486	전력계	답작용	100	200	5	32	150	4.20	37,500	8.92	0.07	0.62	8.92
490	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	117.9	11.79	0.07	0.55	7.91
491	전력계	답작용	20	50	0.5	15	32	0.01	86.9	8.69	0.01	0.09	8.69
492	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	110.6	11.06	0.06	0.46	7.63
493	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	90.7	9.07	0.13	0.82	6.34
494	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	98.9	9.89	0.3	2.01	6.71
495	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	101.1	10.11	0.26	1.67	6.43
496	전력계	답작용	20	50	0.5	15	20	0.01	108.5	10.85	0.07	0.51	7.31
497	전력계	답작용	20	50	0.5	15	20	0.01	95.6	9.56	0.06	0.44	7.35
498	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	121.3	12.13	0.29	2.06	7.09
499	전력계	답작용	20	50	0.5	15	20	0.01	120.5	12.05	0.23	1.71	7.42
500	전력계	답작용	20	50	0.5	15	20	0.01	115.4	11.54	0.25	1.84	7.37
501	전력계	답작용	20	50	0.5	15	20	0.01	118.7	11.87	0.03	0.24	7.93
502	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	108.5	10.85	0.04	0.32	8.03
503	전력계	답작용	20	50	0.5	15	10	0.01	110.3	11.03	0.04	0.32	8.00
507	전력계	답작용	30	50	0.5	40	50	0.01	108.0	10.80	0.06	0.46	7.72
508	전력계	답작용	30	50	0.5	40	20	0.01	118.6	11.86	0.2	1.47	7.36
509	전력계	답작용	30	50	0.5	40	25	0.01	230.0	23.00	0.06	0.51	8.52
510	전력계	답작용	30	50	0.5	40	30	0.01	111.2	11.12	0.04	0.35	8.67
510-1	전력계	답작용	30	50	0.5	40	50	0.01	109.3	10.93	0.42	2.58	6.15
510-2	전력계	답작용	30	50	0.5	40	80	0.01	113.6	11.36	0.22	1.41	6.40
510-3	전력계	답작용	30	50	0.5	40	80	0.01	92.6	9.26	0.03	0.26	8.57
510-4	전력계	답작용	30	50	0.5	40	50	0.01	101.1	10.11	0.02	0.16	8.10
510-5	전력계	답작용	30	50	0.5	40	80	0.01	98.7	9.87	0.02	0.16	7.85
510-6	전력계	답작용	30	50	0.5	40	50	0.01	152.0	15.20	0.28	3.08	10.98
511	전력계	원예용	100	150	1	20	20	0.01	307.3	30.73	0.31	2.01	6.49
513	시간계	원예용	20	50	1	40	80	0.03	122.6	4.09	0.55	2.18	3.96
514	시간계	원예용	-	50	1	40	20	0.03	261.0	8.70	0.51	3.85	7.55
515	시간계	원예용	-	50	1	40	20	0.08	754.0	10.05	0.55	4.34	7.90
516	전력계	원예용	-	50	2	50	80	0.01	118.6	11.86	0.03	0.20	6.70
518	시간계	원예용	-	50	1	40	70	0.03	375.0	12.50	0.57	4.61	8.09
520	시간계	원예용	-	50	1	40	65	0.03	277.2	9.24	0.4	2.81	7.02
521	시간계	원예용	-	50	1	32	65	0.03	276.8	9.23	0.43	2.73	6.35

〈표 4-3〉 단위시간당 전력 소비량에 의한 양수량 환산(계속)

관리 번호	측정 방법	세부용도	정호제원					1차측정			2차측정		
			심도 (m)	구경 (mm)	마력 (HP)	토출 관직경 (mm)	양수 능력 (m³/일)	경과 시간, 전력 (시간, KW)	총유량 (L)	단위유량 (m³/ (시간,KW))	경과 시간, 전력 (시간, KW)	총유량 (L)	단위유량 (m³/ (시간,KW))
522	시간계	원예용	-	50	1	40	70	0.03	110.0	3.67	0.68	2.62	3.85
523	시간계	원예용	-	50	1	50	65	0.03	293.1	9.77	0.46	3.11	6.76
524	시간계	원예용	-	50	1	50	70	0.03	108.4	3.61	0.55	2.11	3.84
525	시간계	원예용	-	50	0.5	20	20	0.03	27.0	0.90	0.53	0.49	0.92
526	시간계	원예용	-	50	1	50	65	0.03	287.4	9.58	0.47	3.44	7.32
527	시간계	원예용	-	50	1	50	70	0.03	112.5	3.75	0.61	2.21	3.62
528	시간계	원예용	-	250	1	50	70	0.03	113.1	3.77	0.57	2.04	3.58
529	시간계	원예용	-	50	0.5	13	10	0.03	43.5	1.45	0.54	0.78	1.44
531	시간계	원예용	-	50	1	40	38	0.03	120.3	4.01	0.46	1.89	4.11
532	시간계	원예용	-	50	1	40	38	0.03	113.5	3.78	0.38	1.46	3.84
533	시간계	원예용	-	50	1	40	38	0.03	98.6	3.29	0.39	1.32	3.38
534	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	103.2	3.44	0.43	1.42	3.30
535	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	100.4	3.35	0.47	1.62	3.45
536	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	119.2	3.97	0.27	1.12	4.15
537	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	107.6	3.59	0.41	1.41	3.44
538	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	113.4	3.78	0.37	1.39	3.76
539	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	114.9	3.83	0.46	1.75	3.80
540	시간계	원예용	-	50	1	50	38	0.03	110.8	3.69	0.35	1.29	3.69
571	시간계	축산용	50	50	0.3	25	30	0.03	39.6	1.32	0.44	0.59	1.34
572	시간계	축산용	25	50	0.5	25	20	0.03	18.3	0.61	0.38	0.23	0.61
573	시간계	축산용	30	50	0.3	25	25	0.40	150.0	0.38	0.68	0.26	0.38
574	시간계	축산용	20	50	0.3	25	25	0.03	19.2	0.64	0.37	0.24	0.64
575	시간계	축산용	20	50	0.5	15	20	0.03	17.6	0.59	0.4	0.24	0.59
576	시간계	축산용	20	50	0.5	15	25	0.03	17.4	0.58	0.49	0.28	0.58
577	시간계	축산용	20	50	0.5	15	25	0.03	17.4	0.58	0.48	0.29	0.60
578	시간계	축산용	-	50	0.5	13	10	0.03	20.8	0.69	0.33	0.23	0.69
580	시간계	축산용	-	50	0.5	16	20	0.03	23.4	0.78	0.49	0.38	0.78
581	시간계	축산용	-	50	0.3	15	10	0.03	30.0	1.00	0.44	0.48	1.09
583	시간계	축산용	40	50	1	20	10	0.03	30.0	1.00	0.41	0.49	1.20
584	시간계	축산용	50	50	0.3	20	30	0.03	52.5	1.75	0.58	1.02	1.76
585	시간계	축산용	35	50	0.5	13	10	0.03	28.2	0.94	0.62	0.62	1.00
586	시간계	축산용	40	50	0.3	25	15	0.03	30.3	1.01	0.37	0.40	1.08
587	시간계	축산용	33	50	0.3	25	25	0.01	7.9	0.79	0.33	0.27	0.81
588	시간계	축산용	25	50	0.5	20	80	0.03	10.3	0.34	0.55	0.20	0.37
589	시간계	축산용	40	50	0.3	25	80	0.03	72.0	2.40	0.46	1.15	2.50
590	시간계	축산용	35	50	0.3	25	25	0.03	27.6	0.92	0.47	0.45	0.96
591	시간계	축산용	-	50	0.5	30	10	0.03	17.8	0.59	0.36	0.22	0.60
592	시간계	축산용	-	50	0.5	30	10	0.03	24.0	0.80	0.27	0.22	0.81
599	시간계	축산용	35	50	0.3	25	30	0.03	24.6	0.82	0.47	0.40	0.85
600	시간계	축산용	40	50	0.3	25	30	0.03	18.0	0.60	0.46	0.28	0.61

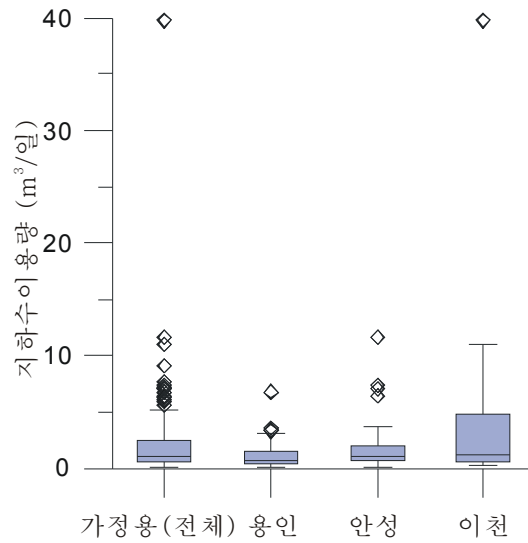
3) 세부용도 재분류

가정용으로 선정된 대상정호 중 『지역개발행정자료』에 가정용으로 분류되어 가정용 대상정호로 선정되었으나, 1차 선별된 자료의 가정용에 대한 1일 평균 이용량을 통계 분석한 결과를 살펴보면 상식적 밖의 자료가 존재하였다. 현재 수자원장기종합계획(2006)에 보고된 1인당 1일 용수이용량은 215L/인.일을 기준으로 4인 1가구를 가정할 때 가구당 1m³/일로 계산된다. 하지만 금번 조사에서는 4m³/일을 초과하는 정호가 12%(155개 중 19개소)나 되는 것으로 조사되었다. 한편 Box-plot에서도 이상값이 대다수 존재하는 것으로 나타났다(그림 4-1).

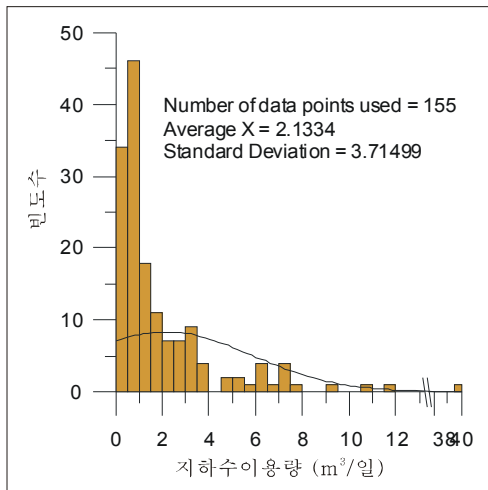
<표 4-4>는 1차 선별된 자료 중 가정용에 대한 기초통계량을 나타내고 <그림 4-2>는 가정용 일평균이용량에 대한 히스토그램을 나타낸다. 가정용 정호 전체 155개소를 대상으로 1일 평균이용량에 대하여 통계분석한 결과, 최소값은 0.02m³/일, 최대값은 39.74m³/일, 평균값은 2.13m³/일, 중앙값은 0.99m³/일로 조사되었다. 표준편차값은 3.73m³/일로 평균대비 175%로 평균값에서 떨어져 분포하는 값이 많은 것으로 조사되었다. 히스토그램 결과를 살펴보면, 정규분포를 나타내기 보다는 오른쪽으로 길게 분포되어 있음을 알 수 있다. 정규분포 보다 오른쪽으로 길게 치우친 분포를 보이면 표준편차값이 커지게 되고 표준편차값이 커지면 평균값에서 멀리 있는 값이 많이 존재하는 것을 의미하므로 평균값에 대한 신뢰성이 떨어진다고 볼 수 있다.

<표 4-4> 1차 선별자료의 가정용 지하수 1일 평균이용량

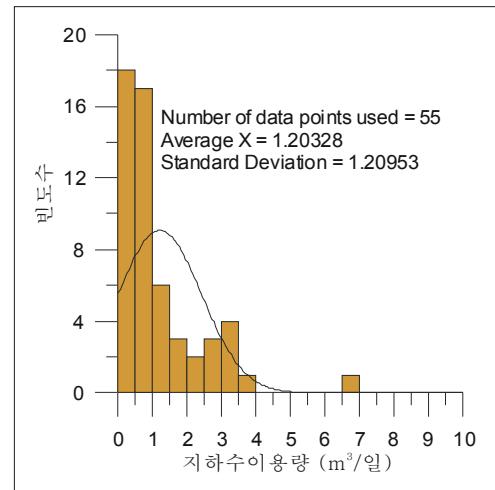
	1일 평균이용량(m ³ /일)			
	전 체	용 인	안 성	이 천
분석사례수	155	55	46	54
합계	330.68	66.18	85.95	178.55
최소값	0.019	0.019	0.119	0.231
최대값	39.74	6.79	11.65	39.74
평균	2.13	1.20	1.87	3.31
중앙값	0.99	0.77	0.96	1.21
표준편차	3.73	1.22	2.21	5.68
분산	13.89	1.49	4.90	32.32
왜도	7.11	2.29	2.79	5.20
첨도	67.72	7.09	8.76	32.61



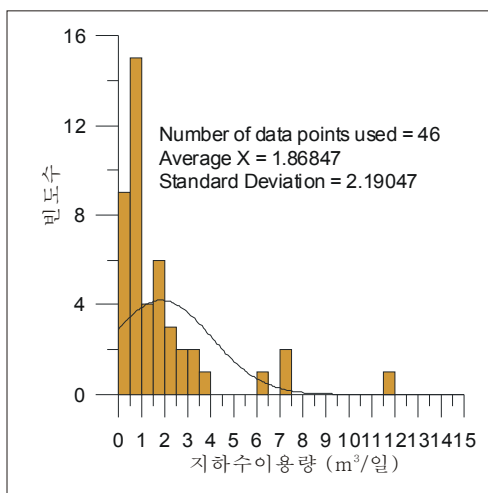
<그림 4-1> 1차 선별된 가정용 지하수 1일 평균 이용량(m³/일) Box-plot



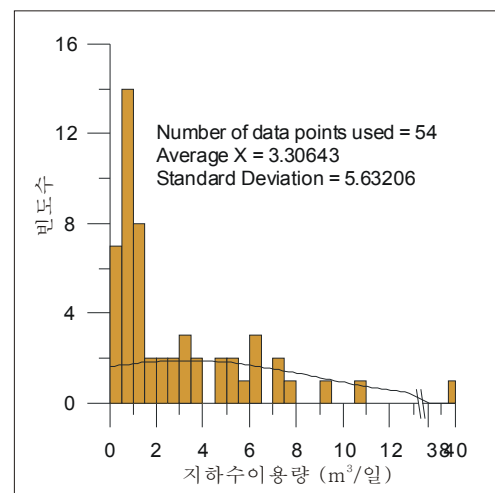
(a) 가정용 (전체)



(b) 가정용(용인)



(c) 가정용(안성)



(d) 가정용(이천)

<그림 4-2> 1차 선별된 가정용 지하수 1일 평균 이용량(m³/일) 빈도분포도

이와 같이 가정용 조사 대상정호에서 여러개의 이상값이 존재하는 이유를 확인해 보았다. 지하수업무수행지침(2006)에 따르면 가정용의 분류기준은 개인주택 등에 설치된 시설로서 일반가정에서 가정생활을 영위하기 위해 사용하는 시설을 말하는데, 선정 조사시 가정용으로 선정된 정호가 가정생활을 영위하기 위해서만 쓰이는 것이 아니고, 농업용으로 사용될 뿐만 아니라 소규모 점포·세차장·교회시설 등 일반용으로도 사용되고 있었고, 본 과업지역은 전원주택이 많이 존재하는 지역으로 정원용수로도 이용되고 있었다. 또한 공동주택용으로 분류되어야 할 소규모 원룸이 가정용으로 분류되어 있었다. 이와 같은 이유로 인하여 가정용에 상식적으로 이해하기 힘든 자료가 존재하여 세부용도를 재분류하였다.

한편 농업용 중 원예용에 하우스시설이 아닌 정호(6개)도 존재하여 분석에서 제외시켰다. 세부용도 재분류는 다음과 같은 조건을 고려하였다.

- ① 가정용 중 농업용(텃밭·소규모축사·과수원)으로 쓰이는 정호는 농업·생활겸용으로 재분류(13개 정호)
- ② 가정용 중 전원주택지역으로 정원용수로 이용되는 정호 농업·생활겸용으로 재분류(11개 정호)
- ③ 가정용 중 소규모 원룸에 쓰이는 정호로 공동주택용으로 재분류(15개 정호)
- ④ 가정용 중 교회시설, 어린이집, 마을회관 등에서 쓰이는 정호는 일반용 중 사무용으로 재분류(6개 정호)
- ⑤ 가정용 중 소규모점포, 상가, 전시장, 마트 등에서 쓰이는 정호는 일반용 중 소규모사업체로 재분류(14개 정호)
- ⑥ 가정용 중 가정용과 식당용으로 함께 쓰이는 정호는 일반용 중 식당용으로 재분류(1개 정호)
- ⑦ 가정용 중 가정용과 목욕탕으로 함께 쓰이는 정호는 일반용 중 욕탕용으로 재분류(1개 정호)
- ⑧ 가정용 중 가정용과 주유시설과 함께 쓰이는 정호는 일반용 중 주유소용으로 재분류(1개 정호)
- ⑨ 일반용 중 축산용과 함께 쓰이는 정호를 농업용 중 축산용으로 재분류(1개 정호)
- ⑩ 원예용 중 하우스시설이 아닌 정호는 제외(6개 정호)

위의 조건에 따라 용도를 재분류한 결과는 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 재분류된 세부용도별 정호개수

용도	세부용도		용도변경 전	용도변경 후
생활용	가정용	용인	55	44
		안성	46	25
		이천	54	25
		합계	155	94
	공동주택용		28	41
	마을상수도용		24	24
	학교용		18	18
	농업생활겸용		0	24
	일반용	육탕용	21	22
		식당용	26	26
		주유소용	27	28
		사무용	24	33
		체육시설	23	24
		소규모사업체	25	36
합계		146	169	
합계		371	370	
농업용	답작용		32	32
	원예용		55	49
	축산용	육우	26	26
		양돈	28	29
		합계	54	55
	합 계		141	136
합 계		512	506	

나. 이용특성 분석결과

용도별·계절별·정호제원별 이용특성분석을 위해 통계분석에 쓰인 통계용어의 정의는 다음과 같다.

- 평균 : 모든 관측값을 합하고 전체 관측값의 수로 나눈 값을 의미하며, 수학적으로 다루기 편하기 때문에 중심경향을 판단하기 위해 많이 사용되는 통계량이다. 자료가 X_1, X_2, \dots, X_n 일 때, 평균은 다음과 같다.

$$\bar{X}(\text{평균}) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \begin{array}{l} n : \text{자료의 개수} \\ X_i : i\text{번째 자료의 값} \end{array}$$

- 중앙값 : 중위수라고도 하며, 데이터를 크기순으로 정렬하였을 때 가운데 위치한 관측값을 말한다. 즉, 데이터를 크기순으로 나열하여 i 번째로 관측값을 X

(i), (i=1, 2, ..., n)로 표시하면, $X_{(1)} < X_{(2)} < \dots < X_{(n)}$

을 얻게 된다. 그리고 이 때, $X_{(1)} < X_{(2)} < \dots < X_{(n)}$ 을 순서통계량이라 하며, $X_{(1)}$ =최소값, $X_{(n)}$ =최대값이 되고 중위수 M은 다음과 같이 계산된다.

$$M = \begin{cases} X_{(\frac{n+1}{2})} & , n \text{이 홀수 일 때} \\ \frac{X_{(\frac{n}{2})} + X_{(\frac{n}{2})+1}}{2} & , n \text{이 짝수 일 때} \end{cases}$$

□ 분산 : 각각의 자료가 어느 정도 흩어져 있는지(산포도)를 나타내는 값으로 숫자가 클수록 해당 자료의 분포가 넓다는 것을 의미함. 분산의 경우 단위는 없음.

$$\sigma^2(\text{분산}) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

□ 표준편차 : 표준편차는 통계집단에서 단위의 계량적 특성값에 관한 산포도를 나타내는 도수특성값을 말한다. 따라서, 표준편차가 0일 때는 관측값의 모두가 동일한 크기이고 표준편차가 클수록 관측값 중에는 평균에서 떨어진 값이 많이 존재한다는 의미이다. 표준편차를 산출하는 식은 다음과 같다.

$$\sigma(\text{표준편차}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

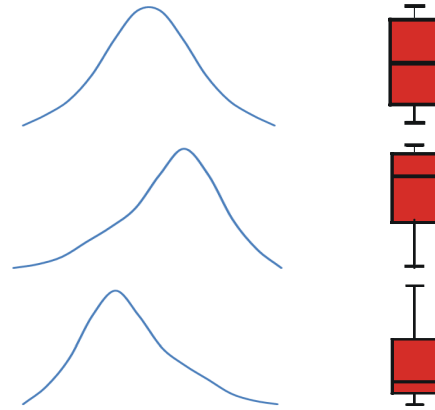
□ 왜도 : 왜도는 자료의 분포를 그래프로 나타냈을 때, 그래프가 좌·우로 치우친 정도를 나타내는 것으로 분포의 비대칭 정도를 나타낸다. 도수 분포의 집중 형태를 전체적으로 측정하는 값으로 삼차 적률을 표준편차의 세제곱 수로 나눈 것으로 나타낸다. 왜도 산출식과 왜도에 따른 분포의 특성은 다음과 같다.

$$S_k(\text{왜도}) = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^3}{\sigma^3}$$

$S_k = 0$ 좌우대칭

$S_k < 0$ 왼쪽으로 긴 꼬리(음수)

$S_k > 0$ 오른쪽으로 긴 꼬리(양수)



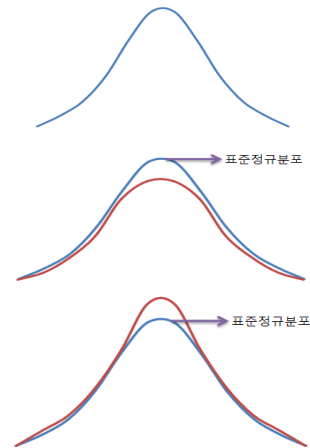
□ 첨도 : 자료의 분포를 그래프로 나타냈을 때, 그래프의 뽕쪽한 정도를 나타낸다.

$$K(\text{첨도}) = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^4}{\sigma^4} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

$K = 0$ 정규분포와 뽕쪽함이 동일

$K < 0$ 정규분포보다 납작

$K > 0$ 정규분포보다 뽕쪽



□ 최소값 : 자료 중 가장 작은 값이다.

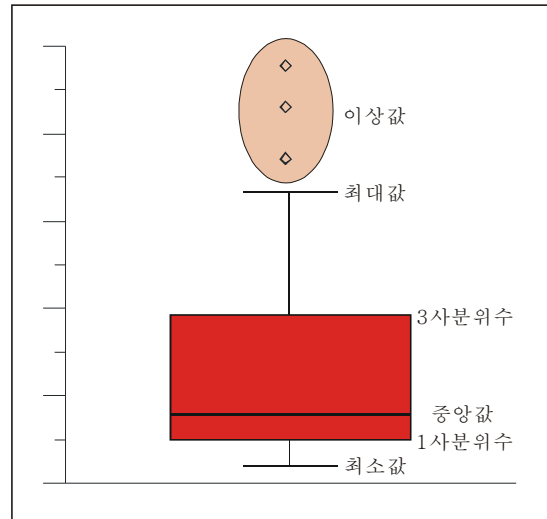
□ 최대값 : 자료 중 가장 큰 값이다.

1) 용도별 이용특성 분석

1차 자료선별만으로는 자료에 존재하는 특이자료를 모두 제거하기는 어렵다. 이에 따라 2단계 자료선별을 시행하기로 하였으며, 이상값을 검출하는 방법으로 grapher 4.0 프로그램의 Box-plot을 이용하였다.

Box-plot의 이상값(outlier)이란, 수집된 자료에서 특정 값이 극도로 크거나 작아 정상적인 방법에 의해 측정되었다고 판단하기 어려운 자료들을 일컫는 것으로 사분위수 범위에서 ± 1.5 를 벗어나는 값들을 이상값이라 한다. 사분위수 범위는 1사분위수(자료를 크기 순서대로 나열하였을 때 25%에 위치하는 자료의 값)와 3사분위수(자료를 크기 순서대로

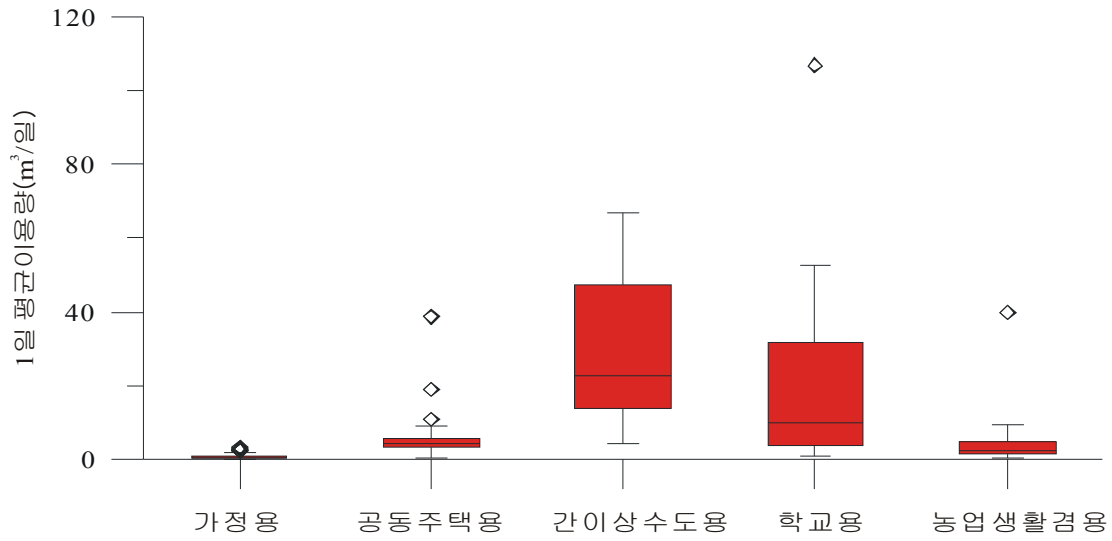
나열하였을 때 75%에 위치하는 자료의 값)의 차이를 말한다(그림 4-3). 이와 같이 <그림 4-4>와 <표 4-6>은 Box-plot을 이용하여 각 세부용도별로 이상값(2차 자료선별)을 검출한 결과이다. 총 506개 정호 중에서 24개 정호가 이상값으로 검출되어 분석에서 제외되고 482개 정호만이 분석에 활용되었다.



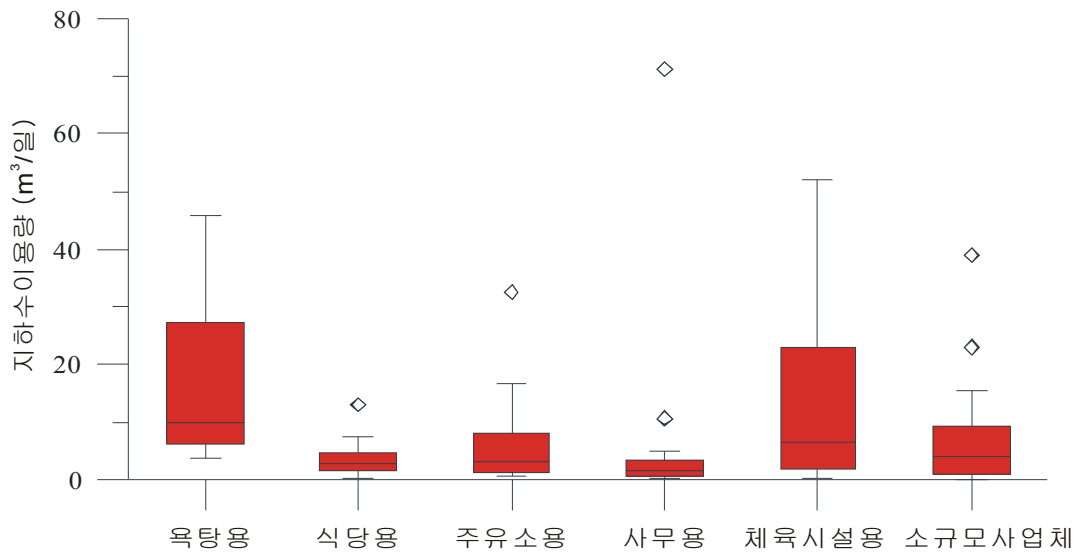
<그림 4-3> Box-plot을 이용한 이상값 검출

<표 4-6> 세부용도별 2차 자료선별 현황

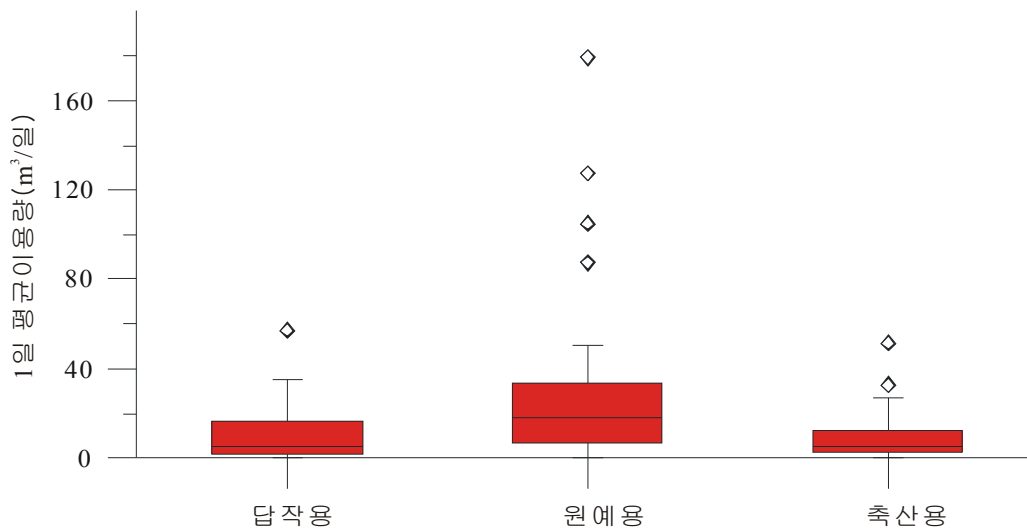
용 도	세부용도		용도변경 후	이상값	최종 분석대상정호
생 활 용	가정용		94	6	88
	공동주택용		41	3	38
	마을상수도용		24	0	24
	학교용		18	1	17
	농업생활겸용		24	1	23
	일반용	육탕용	22	0	22
		식당용	26	1	25
		주유소용	28	1	27
		사무용	33	2	31
		체육시설	24	0	24
		소규모사업체	36	2	34
합계		169	6	163	
합계		370	17	353	
농 업 용	답작용		32	1	31
	원예용		49	4	45
	축산용		55	2	53
	합 계		136	7	129
합 계			506	24	482



(a) 생활용(일반용 제외)



(b) 생활용(일반용 업종별)



(c) 농업용

<그림 4-4> Box-plot을 이용한 용도별 이상값 검출

가) 생활용

(1) 가정용

2차 자료선별과정을 마친 가정용 88개 정호의 일평균 이용량을 통계분석한 결과를 <표 4-8>에 나타내었다. 최소값이 $0.019\text{m}^3/\text{일}$, 최대값이 $1.7\text{m}^3/\text{일}$, 평균값이 $0.70\text{m}^3/\text{일}$, 중앙값은 $0.67\text{m}^3/\text{일}$, 분산은 0.13, 표준편차는 $0.37\text{m}^3/\text{일}$, 왜도는 0.55, 첨도는 -0.20로 조사되었다.

지역별로 평균값을 살펴보면, 안성지역이 $0.76\text{m}^3/\text{일}$ 로 가장 높은 값을 보였고, 다음으로 이천지역($0.71\text{m}^3/\text{일}$), 용인지역($0.67\text{m}^3/\text{일}$)순으로 조사되었다.

가정용 일평균이용량의 빈도분포도를 살펴보면 비교적 정규분포를 보이는 것으로 조사되었고, Box-plot을 살펴보면 용인지역이 가장 넓은 범위로 분포하는 것으로 조사되었다. 용인·이천지역의 중간값은 비슷하였으나, 안성지역이 다른지역에 비해 큰 값을 보였다(그림 4-5, 4-6).

가정용 지하수의 일평균 이용량을 기준으로 지역별로 차이가 있는지 분석하기 위해 ANOVA 분석을 실시하였다. ANOVA분석은 세 집단 이상에서 각 집단 간의 표준편차, 분산을 비교하여 평균값의 차이를 검증하는 통계기법이다.

일반적으로 어떠한 결과에 영향을 미치는 원인을 요인이라 하며, 이 요인들 중에 차이를 검증하고자 하는 것을 인자라고 한다. 본 조사에서는 어떠한 결과에 해당하는 것은 지역별 일평균 이용량이 되며, 이 요인의 차이를 검증하는 인자는 바로 거주지역이 된다.

ANOVA 분석결과 안성시의 가정용 지하수의 일평균이용량은 $0.76\text{m}^3/\text{일}$ 이고, 용인시 가정용 지하수의 일평균 이용량은 $0.67\text{m}^3/\text{일}$, 이천시 가정용 지하수의 일평균 이용량은 $0.71\text{m}^3/\text{일}$ 로 나타났다. 이들 평균에 차이가 있는지 분석한 결과, F값은 0.145이고, 유의확률은 0.865($p>0.05$)로 집단 간에 차이가 없는 것으로 나타났다(표 4-7).

<표 4-7> 지역별 지하수 일평균이용량 분산분석결과

구 분	변동요인	제곱합	자유도	평균제곱	F ¹⁾	유의확률 ²⁾
일평균 이용량	집단-간	0.265	2	0.133	0.145	0.865
	집단-내	83.359	91	0.916		
	합계	83.624	93			

1) 집단 내 분산과 집단 간 분산의 비교를 위한 통계량

2) 분산분석의 결과를 판단하는 다른 지표로써 유의확률이 신뢰수준 95%에서 정해진 유의확률(0.05)보다 크면 그룹간의 차이가 없는 것이 되며, 유의확률이 신뢰수준 95%에서 정해진 유의확률(0.05)보다 작으면 그룹간의 차이가 발생한다.

(2) 공동주택용·마을상수도용

공동주택용은 최소값이 $0.633\text{m}^3/\text{일}$, 최대값이 $9.03\text{m}^3/\text{일}$, 평균값이 $4.2\text{m}^3/\text{일}$, 중앙값이 $4.22\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었고, 마을상수도용은 최소값이 $4.32\text{m}^3/\text{일}$, 최대값이 $66.62\text{m}^3/\text{일}$, 평균값이 $28.76\text{m}^3/\text{일}$, 중앙값이 $22.8\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었다(표 4-8).

빈도분포도를 살펴보면 공동주택용은 비교적 정규분포를 보이지만 마을상수도용은 오른쪽으로 치우친 분포도를 보였다(그림 4-5).

(3) 학교용

2차 자료선별을 마친 학교용 17개 정호 일평균이용량의 통계분석결과를 <표 4-9>에 나타내었다. 최소값이 $0.859\text{m}^3/\text{일}$, 최대값이 $52.52\text{m}^3/\text{일}$, 평균값이 $15.46\text{m}^3/\text{일}$, 중앙값이 $9.76\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었다.

학교용 또한 평균값에 대한 표준편차비율이 102.2%로 다른 용도보다 큰 값을 보였다. 이와 같은 이유는 학교마다 학생 또는 직원수가 다를 뿐만 아니라 지하수를 사용하는 용도(기숙사용, 화장실용, 식당용)도 다르기 때문에 지하수 이용량에 차이가 발생한 것으로 판단된다(표 4-8). 학교용의 빈도분포도를 살펴보면 좁은구간에서 집중적으로 존재하기 보다는 넓은 범위에서 산발적으로 분포하는 것으로 조사되었다(그림 4-5).

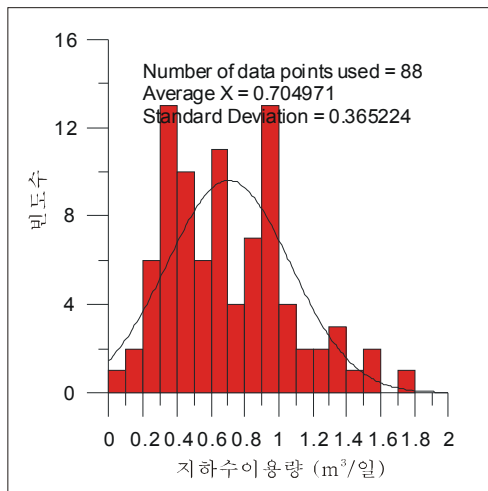
(4) 농업생활겸용

농업생활겸용은 최소값이 $0.72\text{m}^3/\text{일}$, 최대값이 $9.59\text{m}^3/\text{일}$, 평균값이 $3.17\text{m}^3/\text{일}$, 중앙값이 $2.35\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었다(표 4-8).

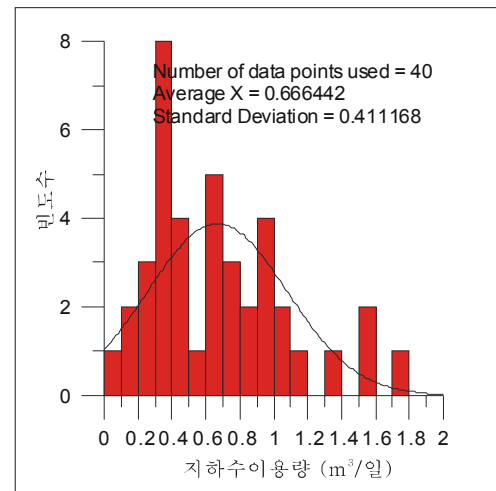
농업생활겸용은 가정용보다 이용량도 많을 뿐만 아니라 평균값에 대한 표준편차의 비율이 73.19%로 다른 용도에 비해 높게 나타났다. 농업생활겸용은 급수인구 뿐만 아니라 세부용도(전작용·답작용·원예용·축산용)나 물리면적에 의해 지하수 이용량에 차이가 발생하기 때문에 정호마다 이용량의 편차가 큰 것으로 판단된다. 빈도분포도는 학교용과 유사하게 넓은 범위에서 산발적으로 분포하는 양상을 보였다(그림 4-5).

<표 4-8> 생활용(일반용 제외) 이용특성 분석결과

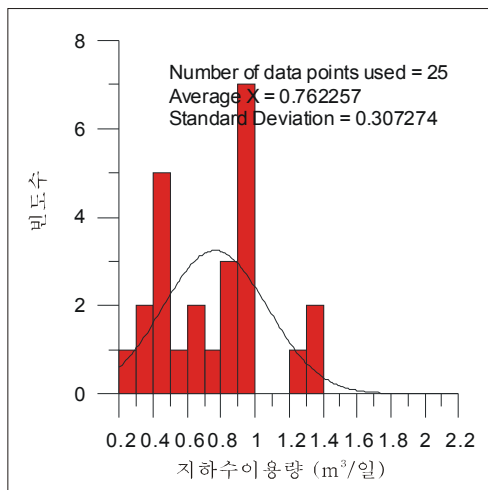
	1일 평균이용량(m^3 /일)							
	가정용				공동주택용	마을상수도용	학교용	농업생활겸용
	전체	용인	안성	이천				
분석사례수	88	40	25	23	38	24	17	23
합계	62.04	26.66	19.06	16.32	159.69	690.34	262.81	72.83
최소값	0.019	0.019	0.289	0.231	0.633	4.323	0.859	0.722
최대값	1.70	1.70	1.40	1.50	9.03	66.62	52.52	9.59
평균	0.70	0.67	0.76	0.71	4.20	28.76	15.46	3.17
중앙값	0.67	0.62	0.82	0.64	4.22	22.84	9.76	2.35
표준편차	0.37	0.42	0.31	0.34	1.68	17.89	15.58	2.32
분산	0.13	0.17	0.10	0.11	2.82	319.97	242.62	5.40
왜도	0.55	0.76	0.27	0.59	0.53	0.58	1.13	1.42
첨도	-0.20	0.01	-0.64	-0.23	0.97	-0.71	0.27	1.46



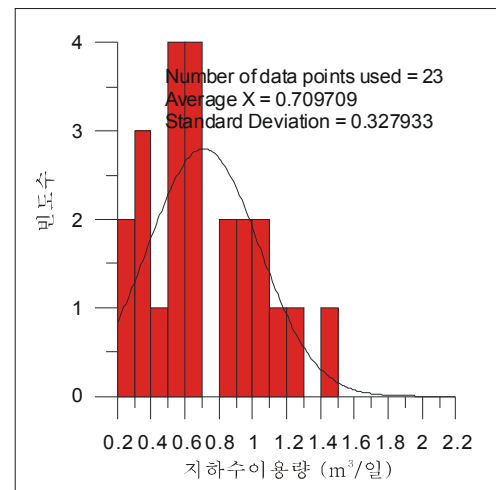
(a) 가정용 (전체)



(b) 가정용(용인)

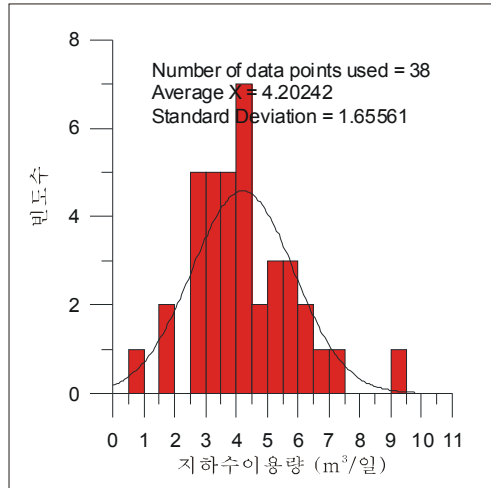


(c) 가정용(안성)

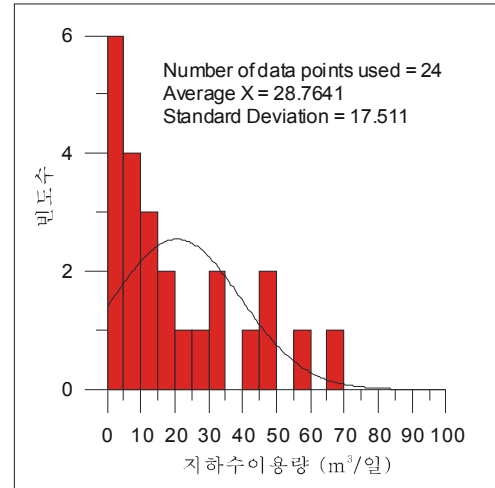


(d) 가정용(이천)

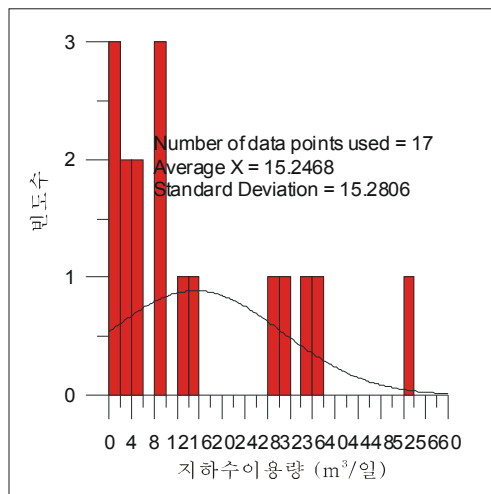
<그림 4-5> 생활용(일반용 제외) 지하수 1일 평균이용량(m^3 /일) 빈도분포도



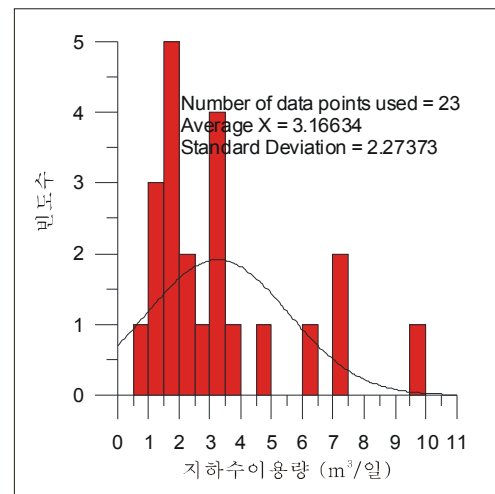
(e) 공동주택용



(f) 마을상수도용

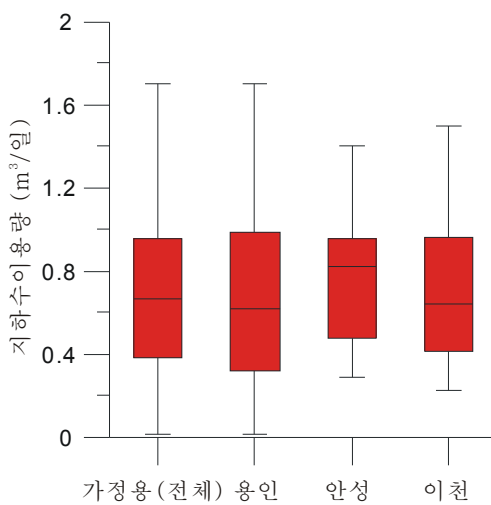


(g) 학교용

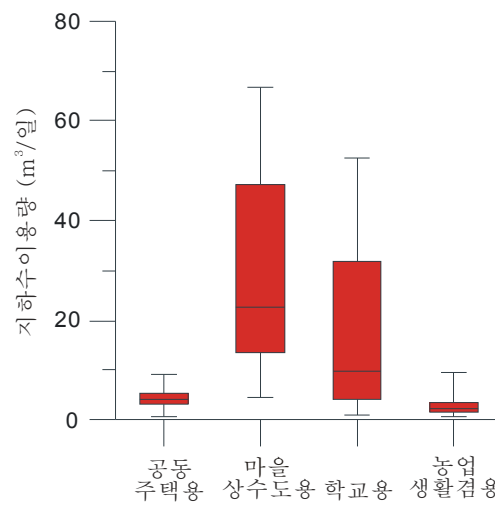


(h) 농업생활겸용

<그림 4-5> 생활용(일반용 제외) 지하수 1일 평균이용량(m^3 /일) 빈도분포도 (계속)



(a) 생활용(가정용)



(b) 생활용(일반용 제외)

<그림 4-6> 생활용(일반용 제외) 지하수 1일 평균이용량(m^3 /일) Box-plot

(5) 일반용

일반용은 가정용과는 다르게 업종별로 이용량의 편차가 크기 때문에 6개 업종(욕탕용, 식당용, 주유소용, 사무용, 체육시설용, 소규모사업체)으로 분류하여 이용특성을 분석하였다.

업종별로 일평균이용량을 통계분석한 결과를 <표 4-9>에 정리하였다. 업종별로 1일 평균이용량이 가장 많은 업종은 욕탕용으로 $16.52\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었으며, 다음으로 체육시설($14.39\text{m}^3/\text{일}$), 기타영업용($4.9\text{m}^3/\text{일}$), 주유소용($5.5\text{m}^3/\text{일}$), 식당용($3.12\text{m}^3/\text{일}$), 사무용($1.74\text{m}^3/\text{일}$) 순으로 조사되었다.

욕탕용의 경우 숙박시설 중 목욕탕을 갖추고 있는 시설과 목욕탕시설을 갖추지 않고 숙박시설만 있는 시설로 분류하여 통계분석 하였다. 그 결과, 목욕시설이 있는 정호는 일평균 23.32m^3 을 이용한 것으로 조사되었고, 목욕시설이 없는 정호는 일평균 9.72m^3 을 이용한 것으로 조사되었다. 이와 같이 목욕시설이 있는 정호가 목욕시설이 없는 정호의 약 2.4배 많이 사용하는 것으로 조사되었다.

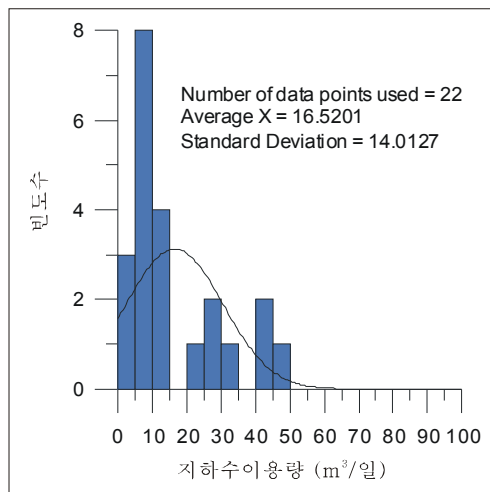
주유소용은 세차시설이 없는 주유소와 세차시설이 있는 주유소로 분류하여 일평균이용량을 분석한 결과, 세차시설이 있는 주유소는 일평균 5.83m^3 을 이용하는 것으로 조사되었고, 세차시설이 없는 주유소는 1.37m^3 을 이용하는 것으로 조사되었다.

이와 같이 일반용 정호 중 욕탕용, 체육시설용에서 사용되는 지하수는 지자체에서 이용부담금을 받을 예정인데 이 중 인정부과시설의 경우 기준량이 필요하므로 이에 대한 세부연구가 필요할 것으로 사료된다.

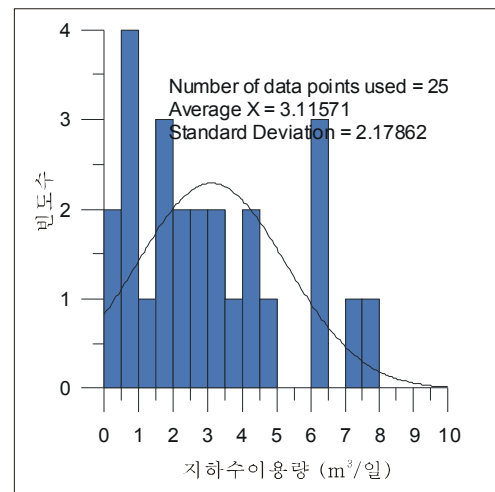
<표 4-9> 일반용 정호의 1일 평균이용량에 대한 분석결과

	1일 평균이용량($\text{m}^3/\text{정호}$)									
	욕탕용			식당용	주유소용			사무용	체육시설용	소규모사업체
	합계	목욕탕(무)	목욕탕(유)		합계	세차시설(무)	세차시설(유)			
분석사례수	22	11	11	25	27	8	19	31	24	34
합계	363.44	106.89	256.56	77.89	121.61	10.92	110.69	54.00	345.28	166.61
최소값	3.661	3.661	6.028	0.224	0.479	0.510	0.479	0.228	0.223	0.052
최대값	45.94	32.77	45.94	7.54	16.69	3.54	16.69	5.06	52.13	15.43
평균	16.52	9.72	23.32	3.12	4.50	1.37	5.83	1.74	14.39	4.90
중앙값	9.97	7.02	24.26	2.50	2.34	1.14	4.03	1.08	6.55	3.46
표준편차	14.34	8.30	16.16	2.22	4.66	0.96	4.98	1.49	16.20	4.60
분산	205.71	68.92	261.24	4.94	21.70	0.92	24.77	2.22	262.51	21.16
왜도	1.14	2.47	0.38	0.64	1.45	1.97	1.01	0.98	1.22	0.82
첨도	-0.11	6.90	-1.60	-0.70	1.33	4.68	0.14	-0.24	0.28	-0.44

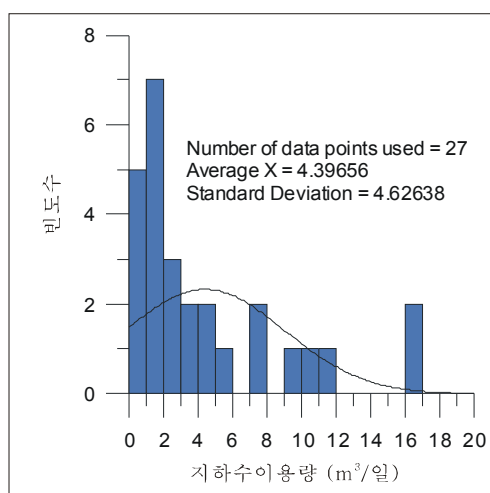
각 세부용도별로 평균값 대비 표준편차율을 살펴보면, 욕탕용은 $14.34\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균값 대비 86.8%이고, 식당용은 $2.22\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 71.2%이고, 주유소용은 $4.66\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 103.5%이고, 사무용은 $1.49\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 85.6%이고, 체육시설용은 $16.2\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 113%이고, 소규모사업체는 $4.6\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 93.9%로 조사되었다(표 4-9). 일반용 정호의 일평균이용량에 대한 빈도분포도를 살펴본 결과, 정규분포를 보이기 보다는 오른쪽으로 많이 치우친 경향을 보였다(그림 4-7). 이와 같이 평균대비 표준편차율이 크거나 빈도분포도가 정규분포를 보이지 않고 한쪽으로 치우치면 통계분석치(평균값, 중간값)의 신뢰성이 떨어진다고 볼 수 있다. 따라서 향후 추가적인 조사로 표본수를 늘려 통계분석치의 신뢰도를 향상시킬 필요가 있다.



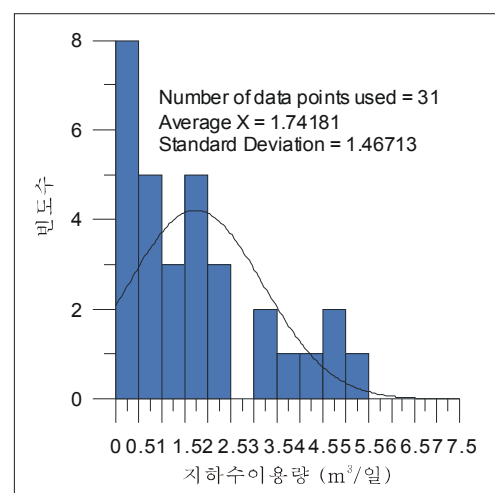
(a) 욕탕용



(b) 식당용

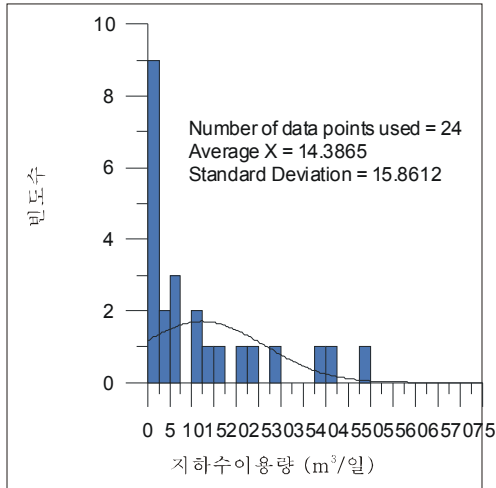


(c) 주유소용

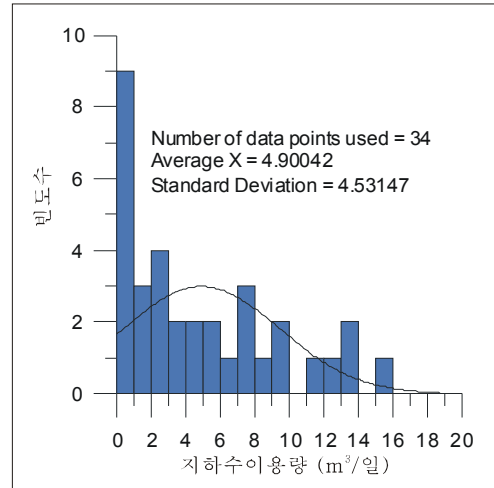


(d) 사무용

〈그림 4-7〉 생활용(일반용) 정호의 1일 평균 지하수 이용량 빈도분포도

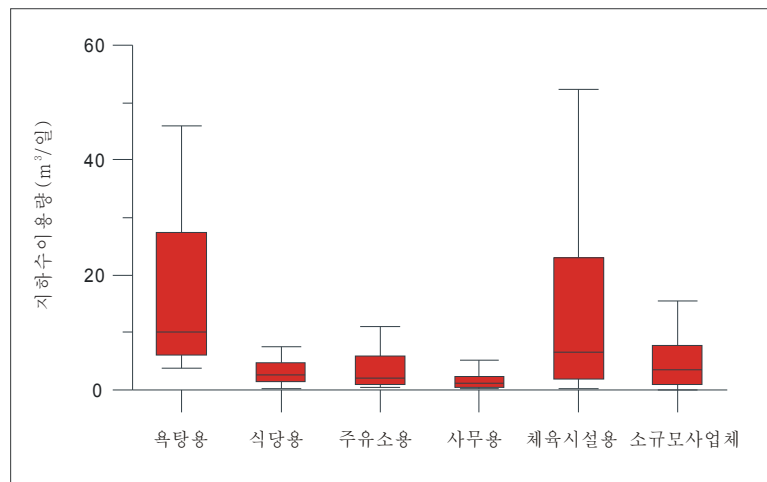


(e) 체육시설용



(f) 소규모사업체

<그림 4-7> 생활용(일반용) 정호의 1일 평균 지하수 이용량 빈도분포도 (계속)



<그림 4-8> 생활용(일반용) 지하수 이용량 Box-plot

나) 농업용

본 과업에서는 한 달 주기로 이용량을 검침하였기 때문에 농업용정호의 실질적인 가동일수를 확인할 수 없었다. 따라서 <표 4-10>에 산정된 1일 평균이용량 값은 최초 검침일로부터 마지막 검침일까지의 총이용량에서 검침일수를 나누어 산정하였다.

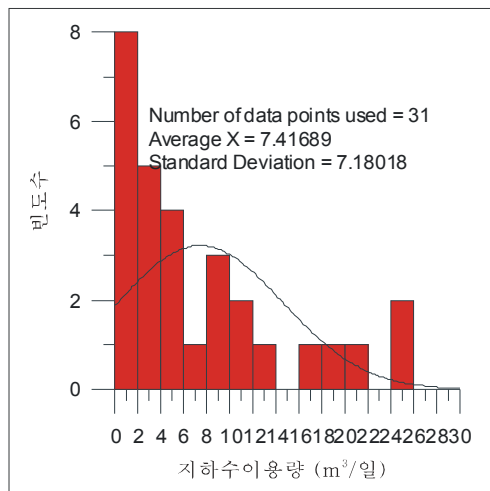
세부용도별로 1일 평균이용량에 대한 통계분석결과는 <표 4-10>과 같다. 농업용 정호의 1일 평균이용량은 원예용이 $20.37\text{m}^3/\text{일}$ 로 가장 많이 사용한 것으로 조사되었고, 다음으로 답작용($7.42\text{m}^3/\text{일}$), 축산용($5.70\text{m}^3/\text{일}$) 순으로 조사되었고, 표준편차값의 경우 답작용은 $7.31\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균값 대비 98.5%, 원예용은 $12.88\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균값 대비 63.2%, 축산용은 $4.3\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균값 대비 75.4%로 조사되었다.

세부용도별 일평균이용량에 대한 빈도분포도를 살펴보면, 답작용·축산용은 오른쪽으로 길게 분포하는 양상을 보였고, 원예용은 비교적 정규분포에 가까운 양상을 보이고 있

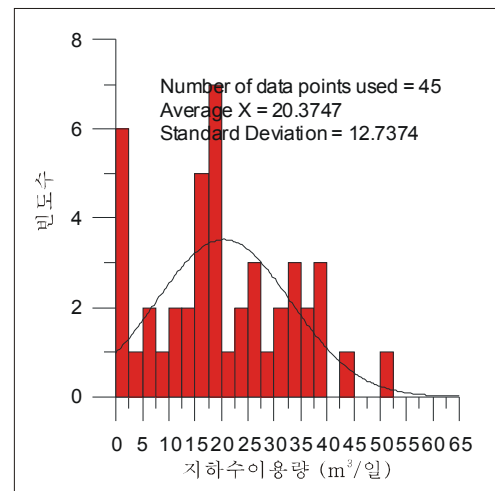
다. 축산용, 답작용의 대다수 정호가 $10\text{m}^3/\text{일}$ 이하의 일평균이용량을 나타내는 것으로 조사되었다. Box-plot을 살펴보면, 원예용이 가장 넓은 범위에 값을 보였고, 최대값·중앙값 또한 가장 큰 값을 보였다(그림 4-9).

<표 4-10> 농업용 정호의 1일 평균이용량에 대한 분석결과

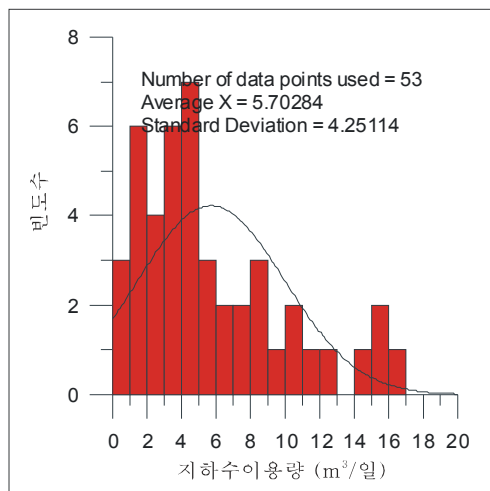
	답작용	원예용	축산용		
			합계	육우용	양돈용
분석사례수	31	45	53	27	26
합 계	215.09	916.86	256.63	121.41	135.22
최소값	0.003	0.135	0.730	0.730	0.987
최대값	24.53	50.53	16.89	14.27	16.89
평 균	7.42	20.37	5.70	5.28	6.15
중앙값	4.38	18.26	4.38	4.19	4.38
표준편차	7.31	12.88	4.30	3.85	4.78
분 산	53.40	165.93	18.48	14.79	22.83
왜 도	1.16	0.20	1.07	0.75	1.19
첨 도	0.38	-0.61	0.35	-0.33	0.35



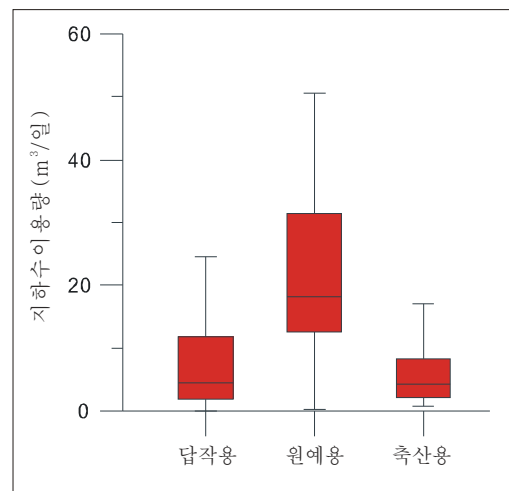
(a) 빈도분포도(답작용)



(b) 빈도분포도(원예용)



(c) 빈도분포도(축산용)



(d) Box-plot

<그림 4-9> 농업용 1일 평균이용량 빈도분포도 및 Box-plot

다) 세부용도별 일평균이용량 평균값의 신뢰도 분석결과

본 조사의 표본추출방법은 신뢰수준과 표본오차를 정하고 표본을 산정하기 보다는 중심극한에 의한 방법에 따라 표본수를 세부용도별로 30개씩 산정하였기 때문에 역으로 분석에 활용된 표본수를 가지고 신뢰수준과 표본오차를 구해야 한다. 다음 <식 4-1>에 표본오차율 산출공식을 나타내었다.

$$95\% \text{ 신뢰수준에서의 표본오차} = \pm 1.96 \sqrt{\frac{pq}{n}} \times 100\% \text{point} \dots\dots\dots <\text{식 4-1}>$$

p : 응답률
q : 비응답률 (=1-p)
n : 표본수

여기에서, pq가 최대일 때, 표본오차가 최대가 된다. 따라서 본 측정의 경우 표본추출과정이 무작위표집이 아닌 점을 감안할 때, 표본오차를 최대로 하여 산출하는 것이 안전하다.

예를 들어, 표본수가 100개 정호인 경우를 산출하면,

$$95\% \text{ 신뢰수준에서의 표본오차} = \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.5 \times 0.5}{100}} \times 100\% \text{point} = \pm 9.8\%p$$

따라서 100개 정호를 조사하여 얻어진 수치(전수조사가 아닌 표본조사인 경우)는 95% 신뢰수준에서 최대허용오차 $\pm 9.8\%p$ 이다.

다음 <표 4-11>에 <식 4-1>에 의해 계산된 세부용도별 표본오차율을 나타내었다.

〈표 4-11〉 세부용도별 표본오차율

용 도	세부용도	분석 대상정호	95% 신뢰수준에서 최대허용오차율
생활용	가정용	88	$\pm 10.4\%P$
	공동주택용	38	$\pm 15.9\%P$
	마을상수도용	24	$\pm 20.0\%P$
	학교용	17	$\pm 20.9\%P$
	농업생활겸용	23	$\pm 19.6\%P$
	일반용	육탕용	$\pm 18.9\%P$
		식당용	$\pm 17.6\%P$
		주유소용	$\pm 20.0\%P$
		사무용	$\pm 16.8\%P$
		체육시설	$\pm 7.7\%P$
		소규모사업체	$\pm 23.8\%P$
		합계	$\pm 20.4\%P$
	합계	353	$\pm 5.2\%P$
농업용	답작용	31	$\pm 17.6\%P$
	원예용	45	$\pm 14.6\%P$
	축산용	55	$\pm 13.6\%P$
	합 계	136	$\pm 8.7\%P$
합 계		506	$\pm 4.5\%P$

2) 계절별 이용특성 분석

월별 이용량은 회차별로 검침하는 날짜가 다르기 때문에, 회차별로 이용일수가 달라 월별 이용량에 차이가 발생할 수 있다. 따라서 다음과 같은 보정절차를 가지고 자료를 월별로 보정하였다.

< 2007년 1월 이용량 계산방법>

- ① 1회차 조사(2006년 12월 12일)와 2회차 조사(2007년 1월 14일)간의 이용량을 구함
- ② 1회차 조사(2006년 12월 12일)와 2회차 조사(2007년 1월 14일)간의 이용일수를 구함
- ③ ①의 이용량에 ②의 이용일수를 나누어서 2-1회차 일평균이용량을 구함
- ④ 2회차 조사(2007년 1월 14일)와 3회차 조사(2007년 2월 13일)간의 이용량을 구함
- ⑤ 2회차 조사(2007년 1월 14일)와 3회차 조사(2007년 2월 13일)간의 이용일수를 구함
- ⑥ ④의 이용량에 ⑤의 이용일수를 나누어서 3-2회차 일평균이용량을 구함
- ⑦ 2-1회차의 일평균이용량(③)에서 2007년 1월에 해당되는 이용일수 14를 곱하여 구한값에, 3-2회차의 일평균이용량(⑥)에서 2007년 1월에 해당되는 이용일수 17를 곱한값을 더함

$$\begin{aligned} \text{※ 2007년 1월의 이용량} = & [2\text{-}1\text{회차의 일평균이용량(③)} \times \text{이용일수(14일)}] + \\ & [(3\text{-}2\text{회차의 일평균이용량(⑥)} \times \text{이용일수(17일)}] \end{aligned}$$

다음과 같은 보정한 자료를 가지고 세부용도별로 ANOVA분석을 실시하여 월별 지하수 이용량의 평균치의 차이점을 분석하였고, 세부용도별로 지하수 총 이용량의 월별 변화량 그래프를 <그림 4-10,11,12>에 나타내었다.

가) 생활용 지하수 월별 이용량 차이 분석결과

(1) 가정용

가정용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 12월과 1월에 상대적으로 많았으며, 4월과 10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-12, 그림 4-10).

가정용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, df(자유도)=10, F=1.714이며, 유의확률은 0.073으로, 월별 가정용 지하수 이용량의 월별 평균값은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-13).

(2) 공동주택용

공동주택용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 4월~6월에 상대적으로 많았으며, 2월과 7월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-12, 그림 4-10).

공동주택용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, df(자유도)=10, F=2.034이며, 유의확률은 0.029로, 월별 공동주택용 지

하수 월평균 이용량은 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다(표 4-13).

(3) 마을상수도용

마을상수도용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 9월에 상대적으로 많았으며, 4월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-12, 그림 4-10).

마을상수도용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=0.513$ 이며, 유의확률은 0.880으로, 월별 마을상수도용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-13).

(4) 학교용

학교용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 4월~6월에 상대적으로 많았으며, 방학기간인 12월~2월, 8월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-12, 그림 4-10).

학교용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=0.475$ 이며, 유의확률은 0.904로, 월별 학교용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-13).

(5) 농업생활검용

농업생활검용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 5월~6월에 상대적으로 많았으며, 9월~10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-12, 그림 4-10).

농업생활검용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=0.367$ 이며, 유의확률은 0.960으로, 월별 농업생활검용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-13).

<표 4-12> 생활용(일반용 제외) 정호의 월별 이용량 분석결과

구 분	가정용			공동주택용			마을상수도용			학교용			농업생활검용		
	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차
2006.12	70	27.35	25.36	32	128.51	98.84	22	939.12	612.68	16	368.2	381.85	19	97.5	89.09
2007.1	70	27.11	34.19	32	115.42	98.07	22	968.01	620.28	16	330.91	388.25	19	99.74	84.96
2007.2	70	20.99	24.91	32	101.68	68.98	22	917.59	555.79	16	273.9	289.8	19	81.28	70.74
2007.3	70	20.29	11.78	32	144.76	76.71	22	903.94	628.24	16	490.28	547.68	19	91.1	94.3
2007.4	70	19.42	11.23	32	143.8	68.48	22	722.59	457.44	16	540.5	614.23	19	97.08	92.84
2007.5	70	22.79	11.65	32	154.65	65.24	22	824.06	525.45	16	502.73	588.13	19	106.05	87.52
2007.6	70	25.63	12.58	32	147.24	63.91	22	910.91	569.3	16	537.07	626.87	19	114.55	95.12
2007.7	70	22.02	12.77	32	101.57	61.57	22	878.65	540.15	16	430.91	569.45	19	97.26	86.09
2007.8	70	23.67	13.61	32	107.9	62.4	22	959.83	662.52	16	350.66	446.57	19	103.83	72.9
2007.9	70	21.25	13.39	32	126.91	79.09	22	1,098	1,117	16	466.66	547.76	19	79.99	81.07
2007.10	70	19.7	12.03	32	129.89	68.6	22	802.74	544.21	16	439.68	530.86	19	76.56	73.8
전 체	770	22.75	18.34	352	127.49	75.99	242	902.32	636.55	176	430.14	505.88	209	94.99	83.51

<표 4-13> 생활용(일반용 제외) 정호의 월별 이용량 분산분석(ANOVA) 결과

구 분		제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
가정용	집단-간(조합)	5,713.87	10	571.38	1.714	0.073
	집단-내	252,964.07	759	333.28		
	합계	258,677.95	769			
공동주택용	집단-간(조합)	114,136.13	10	11,413.61	2.034	0.029
	집단-내	1,913,146.22	341	5,610.39		
	합 계	2,027,282.35	351			
마을상수도용	집단-간(조합)	2,123,223.45	10	212,322.34	0.513	0.88
	집단-내	95,531,536.77	231	413,556.43		
	합계	97,654,760.23	241			
학교용	집단-간(조합)	1,253,342.76	10	125,334.27	0.475	0.904
	집단-내	43,532,919.25	165	263,835.87		
	합계	44,786,262.01	175			
농업생활검용	집단-간(조합)	26,393.63	10	2,639.36	0.367	0.96
	집단-내	1,424,442.86	198	7,194.15		
	합계	1,450,836.50	208			

(6) 일반용(욕탕용)

욕탕용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 목욕을 많이 하는 겨울철(1월)에 목욕을 적게 하는 여름철(7월~10월)보다 상대적으로 많은 것으로 분석되었다(표 4-14, 그림 4-11).

욕탕용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, df(자유도)=10, F=1.167이며, 유의확률은 0.314로, 월별 욕탕용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-15).

(7) 일반용(식당용)

일반(식당)용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 7월과 8월에 상대적으로 많았으며, 2월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-14, 그림 4-11).

일반(식당)용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=0.466$ 이며, 유의확률은 0.911로, 월별 일반(식당)용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-15).

(8) 일반용(주유소용) 지하수 월별 이용량 차이 분석결과

일반(주유소)용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 12월~2월에 상대적으로 많았으며, 9월과 10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-14, 그림 4-11).

일반(주유소)용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=1.450$ 이며, 유의확률은 0.158로, 월별 일반(주유소)용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-15).

(9) 일반용(사무용) 지하수 월별 이용량 차이 분석결과

일반(사무)용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 7월에 상대적으로 많았으며, 10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-14, 그림 4-11).

일반(사무)용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=0.649$ 이며, 유의확률은 0.771로, 월별 일반(사무)용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-15).

(10) 일반용(체육시설용) 지하수 월별 이용량 차이 분석결과

일반(체육시설)용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 계절적으로 여름인 6월~8월에 상대적으로 많았으며, 겨울인 1월과 2월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-14, 그림 4-11).

일반(체육시설)용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=0.748$ 이며, 유의확률은 0.679로, 월별 일반(체육시설)용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-15).

(11) 일반용(소규모사업체) 지하수 월별 이용량 차이 분석결과

일반(영업)용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 1월과 6월에 상대적으로 많았으며, 8월~10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-14, 그림 4-11).

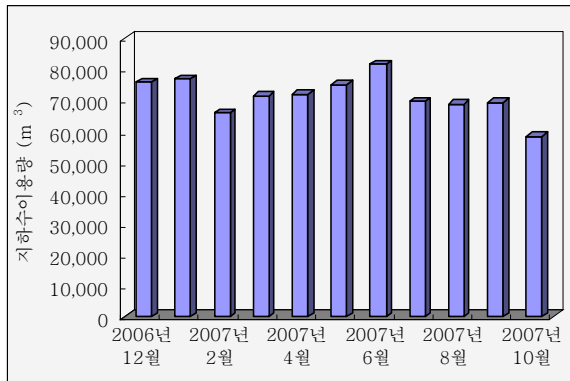
일반(영업)용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, df(자유도)=10, F=0.710이며, 유의확률은 0.716으로, 월별 일반(영업)용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-15).

<표 4-14> 생활용(일반용) 정호의 월별 이용량 분석결과

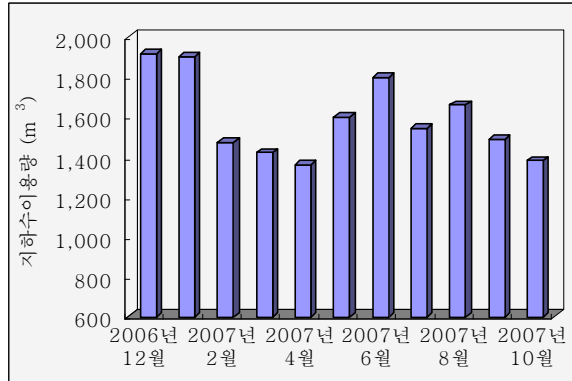
구 분	육탕용			식당용			주유소용			사무용			체육시설			소규모사업체		
	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차
2006.12	21	655.0	685.1	25	112.6	99.1	26	261.6	419.3	28	64.3	64.2	23	366.1	476.8	34	230.8	328.3
2007.1	21	723.6	760.5	25	99.3	71.1	26	274.3	527.2	28	59.6	60.6	23	338.7	474.0	34	252.0	364.4
2007.2	21	565.7	598.5	25	85.3	71.3	26	232.9	500.2	28	51.2	49.8	23	286.7	463.2	34	207.5	286.1
2007.3	21	564.6	620.3	25	94.0	80.2	26	156.7	201.6	28	50.6	53.0	23	402.2	546.3	34	203.9	289.7
2007.4	21	586.7	584.1	25	92.9	77.1	26	187.6	290.1	28	52.1	58.8	23	496.7	626.7	34	209.5	304.4
2007.5	21	618.3	653.2	25	101.7	94.7	26	122.1	106.5	28	53.2	57.1	23	527.6	599.9	34	236.1	325.2
2007.6	21	580.6	526.4	25	117.7	116.0	26	122.3	111.6	28	73.2	90.7	23	670.7	788.6	34	250.8	332.6
2007.7	21	383.7	412.0	25	132.9	118.7	26	103.1	108.0	28	90.8	211.3	23	561.0	826.2	34	209.9	247.3
2007.8	21	380.1	392.5	25	121.7	110.0	26	117.5	141.9	28	69.6	68.9	23	606.3	957.5	34	151.1	192.1
2007.9	21	378.6	432.8	25	99.6	137.3	26	96.5	114.0	28	51.3	48.9	23	502.2	950.2	34	134.2	186.4
2007.10	21	331.2	345.3	25	109.8	138.5	26	92.3	97.5	28	47.2	56.0	23	352.0	550.0	34	148.3	226.9
전 체	231	524.4	563.4	275	106.1	103.0	286	160.6	289.4	308	60.3	86.3	253	464.6	680.4	374	203.1	284.9

<표 4-15> 생활용(일반용) 정호의 월별 이용량 분산분석(ANOVA) 결과

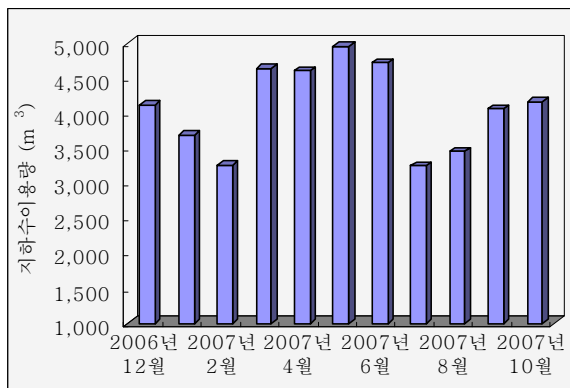
구 분		제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
육탕용	집단-간 (조합)	3,677,376.55	10	367,737.65	1.167	0.314
	집단-내	69,323,295.82	220	315,105.89		
	합계	73,000,672.37	230			
식당용	집단-간 (조합)	50,386.68	10	5,038.67	0.466	0.911
	집단-내	2,855,957.75	264	10,818.02		
	합 계	2,906,344.43	274			
주유소용	집단-간 (조합)	1,195,031.61	10	119,503.16	1.45	0.158
	집단-내	22,670,802.06	275	82,439.28		
	합계	23,865,833.67	285			
사무용	집단-간 (조합)	48,940.37	10	4,894.04	0.649	0.771
	집단-내	2,239,547.58	297	7,540.56		
	합계	2,288,487.94	307			
체육시설	집단-간 (조합)	3,496,595.09	10	349,659.51	0.748	0.679
	집단-내	113,179,316.29	242	467,683.13		
	합계	116,675,911.38	252			
소규모사업체	집단-간 (조합)	580,347.89	10	58,034.79	0.71	0.716
	집단-내	29,690,884.40	363	81,793.07		
	합계	30,271,232.29	373			



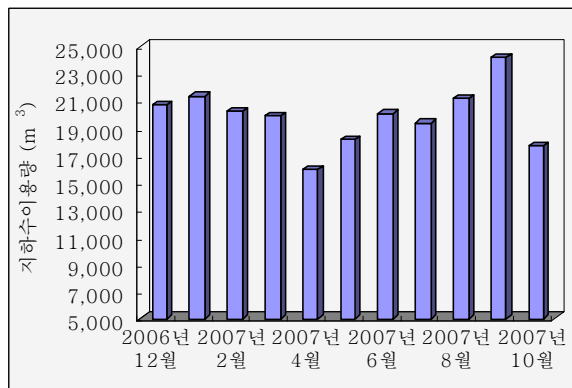
(a) 전 체



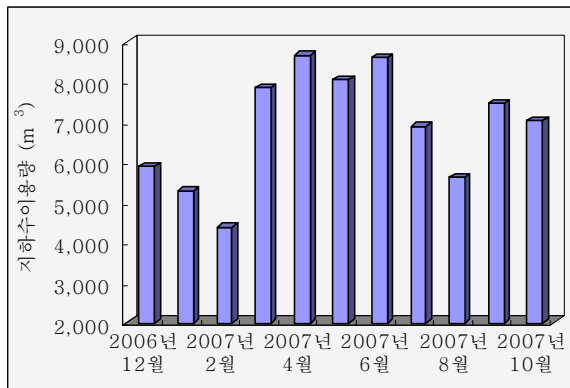
(b) 가정용



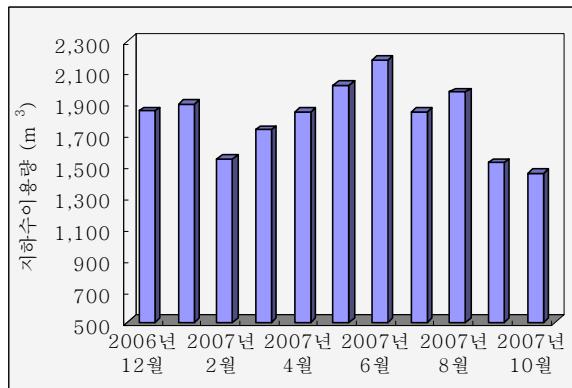
(c) 공동주택용



(d) 마을상수도용

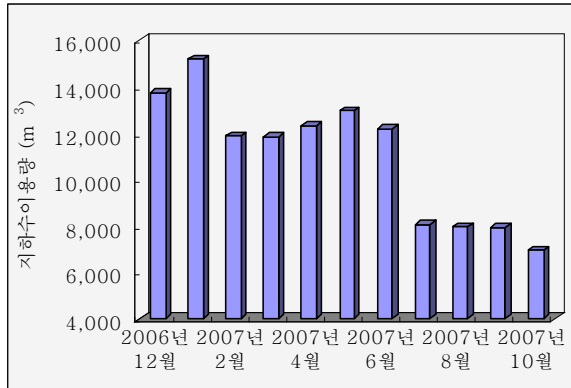


(e) 학교용

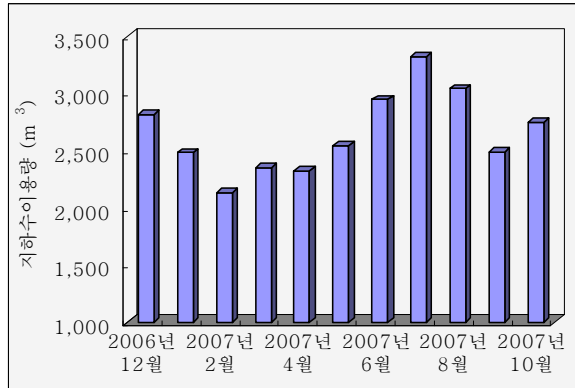


(f) 농업생활검용

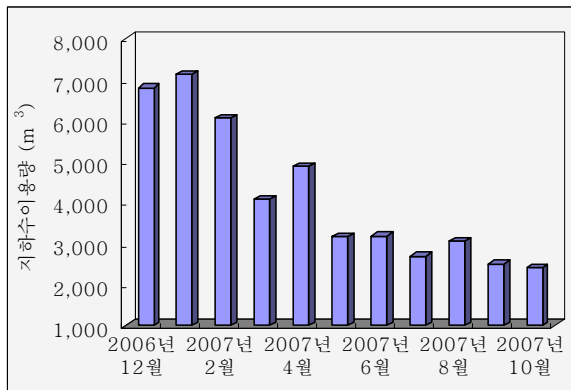
<그림 4-10> 생활용(일반용 제외) 지하수 월별 총 이용량 변화 도표



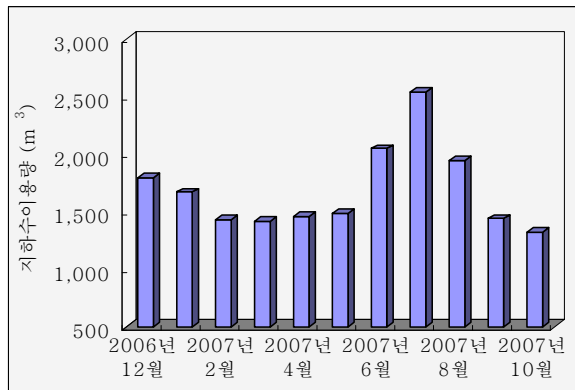
(a) 일반용(육탕용)



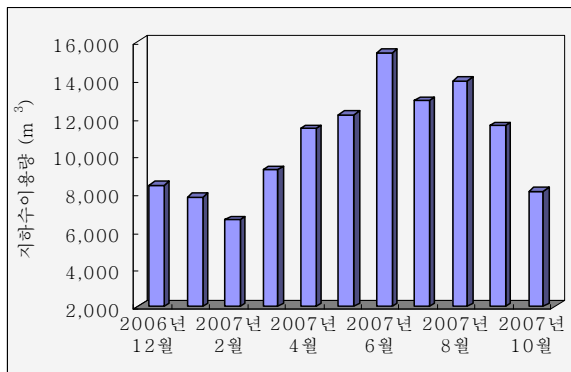
(b) 일반용(식당용)



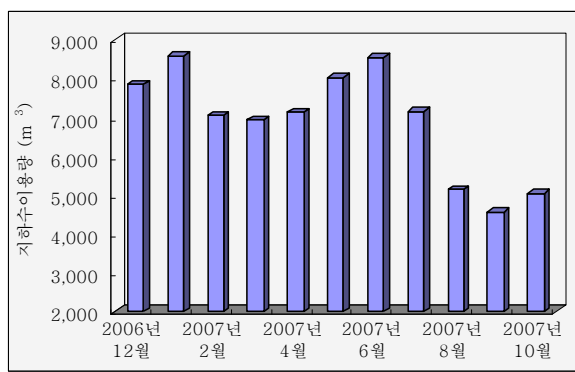
(c) 일반용(주유소용)



(d) 일반용(사무용)



(e) 일반용(체육시설)



(f) 일반용(소규모사업체)

<그림 4-11> 생활용(일반용) 지하수 월별 총 이용량 변화 도표

나) 농업용 지하수 월별 이용량 차이 분석결과

(1) 답작용

답작용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 모내기 시기인 5월~6월과 보리의 파종시기인 10월에 상대적으로 많았으며, 1월~2월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-16, 그림 4-12). 답작용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=6.765$ 이며, 유의확률은

0.000으로, 월별 답작용 지하수 이용량에 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다(표 4-17).

(2) 원예용

원예용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 하우스시설 때문에 1월~2월에 상대적으로 많았으며, 7월~10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-16, 그림 4-12). 원예용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=9.008$ 이며, 유의확률은 0.000으로, 월별 원예용 지하수 이용량에 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다(표 4-17).

(3) 축산용

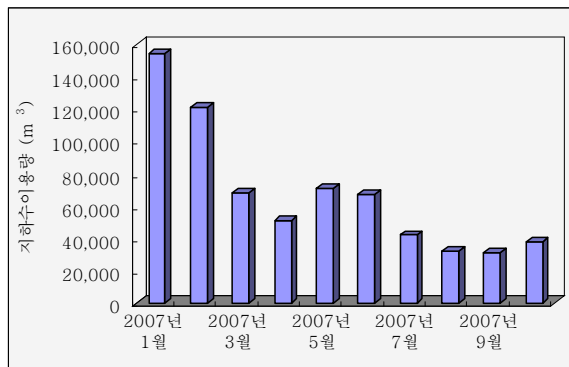
축산용 지하수의 월별 평균이용량을 살펴본 결과, 12월과 1월에 상대적으로 많았으며, 9월과 10월에 상대적으로 적은 것으로 나타났다(표 4-16, 그림 4-12). 축산용 지하수 월별 이용량에 차이가 있는지를 분석하기 위해 ANOVA를 실시한 결과, $df(\text{자유도})=10$, $F=1.838$ 이며, 유의확률은 0.051로, 월별 축산용 지하수 이용량에 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 분석되었다(표 4-17).

<표 4-16> 농업용 정호의 월별 이용량 기술통계분석결과

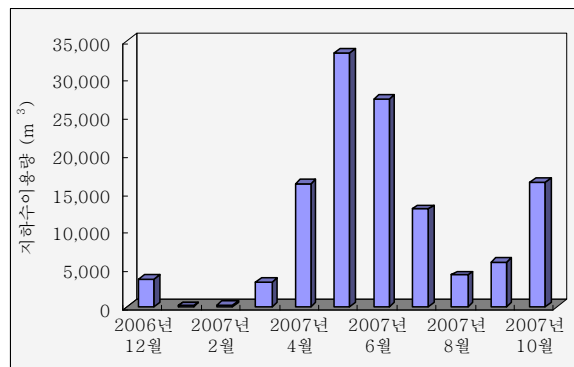
구 분	답작용			원예용			축산용		
	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차	N	평균	표준편차
2006.12	31	119.81	639.75	30	352.42	556.36	39	388.37	617.52
2007.1	31	2.74	10.35	49	1381.55	1182.49	53	431.94	682.15
2007.2	31	7.16	36.11	49	1129.82	1226.46	53	285.91	346.72
2007.3	31	105.12	113.54	49	531.06	483.93	53	271.70	289.01
2007.4	31	523.32	490.76	49	255.20	456.67	53	236.67	252.21
2007.5	31	1076.07	1186.35	49	303.63	963.08	53	250.23	263.81
2007.6	31	880.38	1004.11	49	293.45	758.84	53	290.31	323.53
2007.7	31	415.38	1287.49	49	161.63	278.38	53	307.07	445.36
2007.8	31	133.46	237.69	49	190.19	410.21	53	280.90	449.26
2007.9	31	190.64	454.58	49	262.66	779.81	53	182.92	212.05
2007.10	31	528.24	1238.45	49	113.97	224.35	53	182.44	226.87
전 체	341	362.03	833.53	520	460.87	850.81	569	279.98	398.85

<표 4-17> 농업용 정호의 월별 이용량 분산분석(ANOVA) 결과

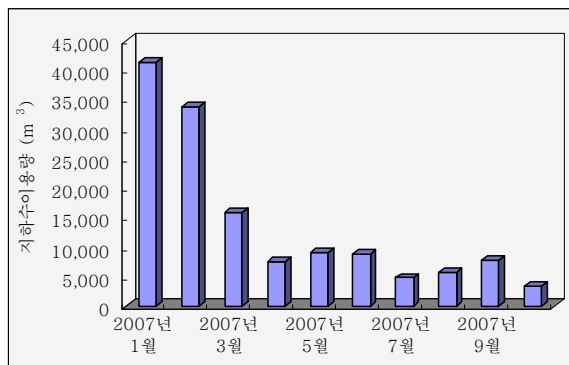
구 분		제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
답작용	집단-간(조합)	40,186,715.25	10	4,018,671.53	6.765	0
	집단-내	196,038,254.43	330	594,055.32		
	합계	236,224,969.68	340			
원예용	집단-간(조합)	51,573,978.16	10	5,157,397.82	9.008	0
	집단-내	167,759,489.02	293	572,557.98		
	합계	219,333,467.18	303			
축산용	집단-간(조합)	2,882,018.74	10	288,201.87	1.838	0.051
	집단-내	87,475,931.35	558	156,766.90		
	합계	90,357,950.10	568			



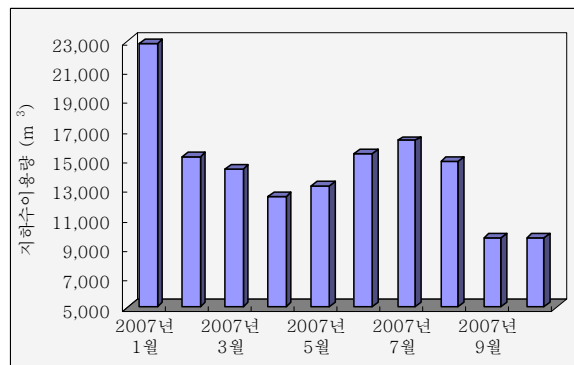
(a) 전 체



(j) 답작용



(k) 원예용



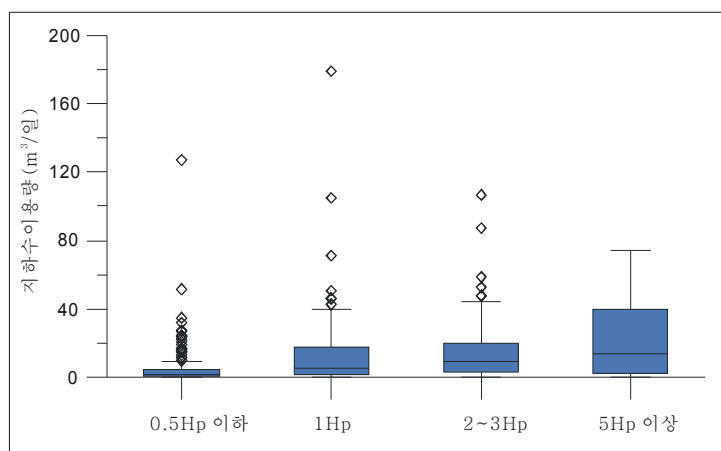
(l) 축산용

<그림 4-12> 농업용 지하수 월별 총 이용량 변화 도표

3) 정호제원별 지하수 이용특성 분석

가) 펌프용량

펌프용량별로 1일 평균이용량을 분석하기 위하여 1차 선별된 512개 정호에 대하여 펌프용량별로 4개 그룹(0.5HP 이하, 1HP, 2~3HP, 5HP)으로 분류하였고, 통계분석에 앞서 이상값을 제거하기 위해 Box-plot을 이용하였다(그림 4-13). 0.5마력 이하는 225개 정호 중 22개 정호, 1마력은 152개 중 7개, 2~3HP은 103개 정호 중 5개 정호, 5HP 이상은 32개 정호 중 0개 정호가 이상값으로 조사되었다. 이상값이 제거된 분석대상 정호의 펌프용량별 표본수를 이용하여 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율을 분석하였고 그 결과를 <표 4-18>에 나타내었다.



<그림 4-13> Box-plot을 이용한 펌프용량별 일평균이용량 이상값 검출

<표 4-18> 펌프용량별 표본오차율

	1차선별 정호	이상값	분석대상 정호	95% 신뢰수준에서 최대허용오차율
0.5HP 이하	225	23	202	$\pm 6.90\%P$
1HP	152	7	145	$\pm 8.14\%P$
2~3HP	103	5	98	$\pm 9.90\%P$
5HP 이상	32	0	32	$\pm 17.32\%P$

펌프용량별 1일 평균이용량에 대한 통계분석결과를 <표 4-19>에 나타내었다. 0.5HP 이하는 1일 평균 2.21m^3 의 지하수를 이용하는 것으로 조사되었고, 1HP은 $9.5\text{m}^3/\text{일}$, 2~3HP은 $11.88\text{m}^3/\text{일}$, 5HP 이상은 $22.6\text{m}^3/\text{일}$ 의 지하수를 이용하는 것으로 조사되었다. 이와 같이 펌프마력이 증가할수록 1일 평균 지하수 이용량($\text{m}^3/\text{일}$)도 증가하는 양상을 볼 수 있었다.

펌프용량별 1일 평균 이용량에 대한 표준편차값을 살펴보면, 0.5HP 이하는 $2.18\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 98.64%, 1HP은 $10.77\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 113.4%, 2~3HP은 $11.88\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 100%, 5HP 이상은 $22.4\text{m}^3/\text{일}$ 로 평균대비 99%로 조사되었다. 이와 같이 평균대

비 표준편차율이 크다는 것은 그룹내의 평균값의 변동성이 크다는 것을 의미하며, 다시 말해서 펌프용량별로 분석된 통계분석치(평균값)의 신뢰도는 떨어진다고 볼 수 있다. 또한 빈도분포도를 살펴보아도 정규분포를 이루고 있지 않고 오른쪽으로 길게 분포되어 있어 통계분석치(평균값)의 신뢰도는 떨어진다고 볼 수 있다(그림 4-14).

Box-plot에서는 최대값은 펌프마력과 상관없이 변화하지만, 중간값은 펌프마력이 증가할수록 증가하는 양상을 보였다(그림 4-15).

<표 4-19> 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과

	1일 평균 지하수 이용량(m ³ /일)			
	0.5HP 이하	1HP	2~3HP	5HP 이상
사례수	202	145	98	32
합계	446.37	1378.04	1164.48	723.17
최소값	0.016	0.003	0.249	0.223
최대값	9.59	39.74	47.43	74.53
평균	2.21	9.50	11.88	22.60
중앙값	1.40	4.46	7.56	13.60
표준편차	2.18	10.77	11.88	22.40
분산	4.74	115.89	141.17	501.64
왜도	1.52	1.43	1.26	0.81
첨도	1.87	1.02	0.76	-0.56

일반용 정호에 대해 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량을 통계 분석해 본 결과, 0.5HP 이하는 2.21m³/일, 1HP은 4.82m³/일, 2~3HP은 11.69m³/일, 5HP 이상은 18.36m³/일로 조사되었다. 일반용 정호도 펌프용량이 증가할수록 지하수 이용량이 증가하는 것으로 조사되었다(표 4-20).

농업용 정호의 일평균이용량을 펌프용량별로 통계분석 하였다. 그 결과, 0.5HP 이하는 3.7m³/일, 1HP은 17.58m³/일, 2HP 이상은 11.81m³/일로 조사되었다(표 4-21).

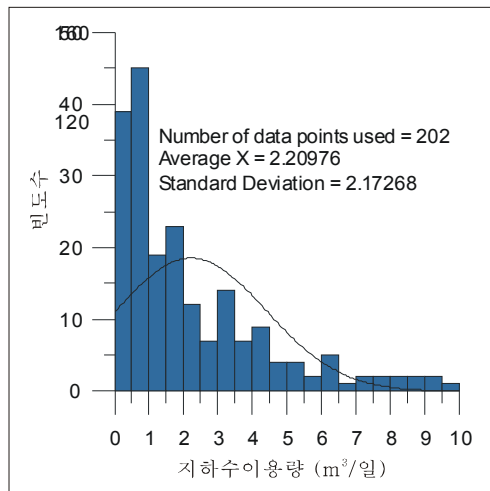
농업용 정호가 일반용 정호보다 같은 용량의 펌프를 사용해도 지하수 이용량이 높은 것으로 조사되었다.

<표 4-20> 일반용 정호의 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과

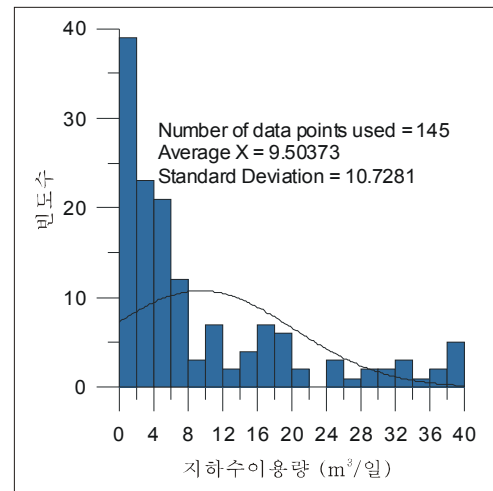
	1일 평균 지하수 이용량(m ³ /일)			
	0.5HP 이하	1HP	2~3HP	5HP 이상
사례수	62	40	39	22
합계	138.12	192.63	455.97	403.92
최소값	0.119	0.091	0.479	0.223
최대값	8.42	16.01	44.52	74.53
평균	2.23	4.82	11.69	18.36
중앙값	1.64	3.84	7.41	6.66
표준편차	2.09	4.12	11.26	20.88
분산	4.37	16.99	126.73	436.18
왜도	1.39	1.10	1.39	1.27
첨도	1.15	0.67	1.27	0.92

<표 4-21> 농업용 정호의 펌프용량별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과

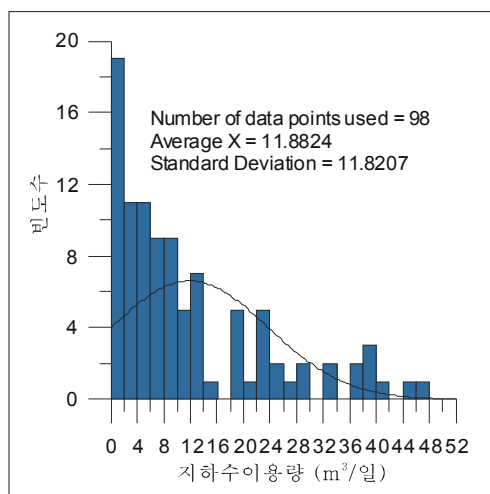
	1일 평균 지하수 이용량(m ³ /일)		
	0.5HP 이하	1HP	2HP 이상
사례수	49	51	19
합계	181.27	896.53	344.05
최소값	0.016	0.003	0.730
최대값	9.41	39.14	87.30
평균	3.70	17.58	18.11
중앙값	3.54	17.48	10.95
표준편차	2.57	12.03	22.55
분산	6.63	144.82	508.68
왜도	0.66	0.22	1.99
첨도	-0.19	-1.04	4.23



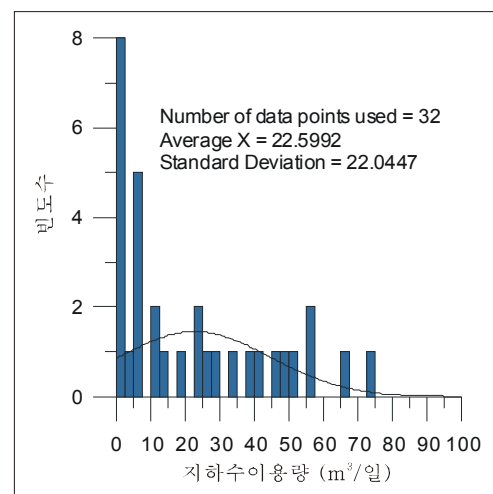
(a) 0.5HP 이하



(b) 1HP

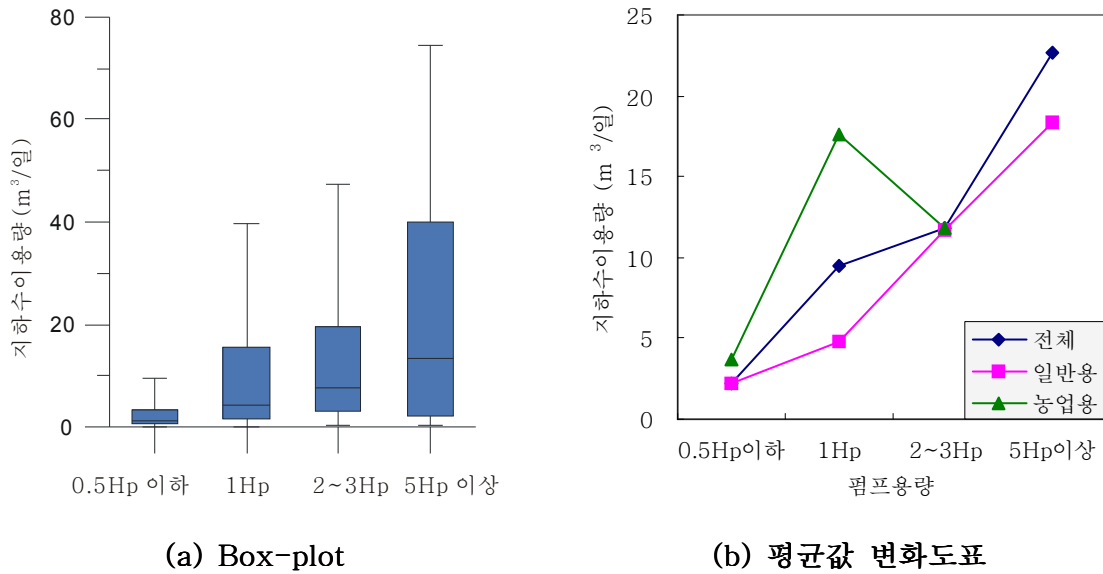


(c) 2~3HP



(d) 5HP 이상

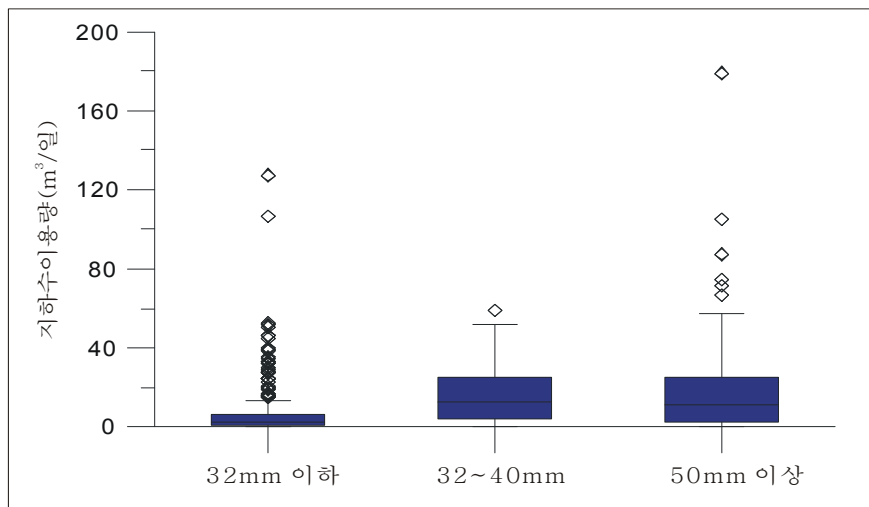
<그림 4-14> 펌프용량별 지하수 이용량 빈도분포도



<그림 4-15> 펌프용량별 지하수 이용량 Box-plot 및 평균값 변화도표

나) 토출관직경

토출관직경별로 1일 평균이용량을 분석하기 위하여 1차 선별된 512개 정호에 대하여 직경별로 3개 그룹(32mm 이하, 32~40mm, 50mm 이상)으로 분류하였고, 분류기준은 지하수조사연보에서 사용한 기준을 사용하였다. 통계분석에 앞서 Box-plot을 이용하여 이상값을 제거하였고 그 결과를 <표 4-22>와 <그림 4-16>에 나타내었다. 32mm 이하의 정호가 360개 중 41개, 32~40mm의 정호가 78개 중 1개, 50mm 이상의 정호가 74개 중 7개 조사되었다. 이상값이 제거된 분석대상 정호의 토출관직경별 표본수를 가지고 95% 신뢰수준에서 최대 허용오차를 분석하였고 그 결과를 <표 4-22>에 나타내었다.



<그림 4-16> Box-plot을 이용한 토출관직경별 일평균이용량 이상값 검출

<표 4-22> 토출관직경별 표본오차율

	1차선별정호	이상값	분석대상 정호	95% 신뢰수준에서 최대허용오차율
32mm 이하	360	41	319	5.49%P
32~40mm	78	1	77	11.17%P
50mm 이상	74	7	67	11.97%P

토출관직경별 일평균이용량을 통계분석한 결과를 <표 4-23>에 나타내었다. 32mm 이하의 정호는 $3.03\text{m}^3/\text{일}$, 32~40mm 정호는 $16.46\text{m}^3/\text{일}$, 50mm 이상의 정호는 $13.50\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었다. 이와 같이 토출관직경의 크기가 증가할수록 이용량도 증가하는 양상을 보였다.

토출관직경별 일평균이용량의 평균대비 표준편차율은, 32mm 이하가 101.7%, 32~40mm가 84.6%, 50mm 이상이 101.5%로 분석되었고, 최대값이 평균에 비하여 32mm 이하는 4.9배, 32~40mm는 3.17배, 50mm 이하는 4.24배로 나타났다. 이와 같이 평균대비 표준편차율이 크다는 것은 그룹 내 평균값의 변동성이 크다는 것으로 의미하는데, 그런 면에서 토출관직경별로 분석된 일평균이용량의 평균값은 변동성이 크다고 말할 수 있다. 이런 현상이 발생한 이유는 처음에 표본을 선정할 때 토출관직경별로 표본을 선정하기 보다는 세부용도별로 표본을 선정하였기 때문이다.

토출관직경별 빈도분포도를 살펴보아도 정규분포를 이루기보다는 오른쪽으로 길게 분포되어 있기 때문에 통계분석치(평균값)의 신뢰도는 떨어진다고 봐야 한다(그림 4-17).

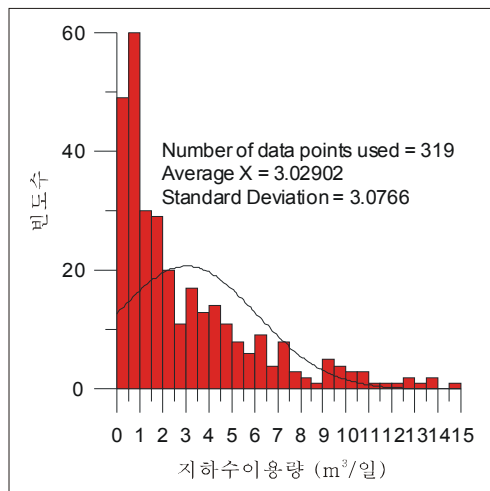
Box-plot을 살펴보면, 최대값은 토출관직경과 비례하여 증가하는 양상을 보였지만, 중간값과 3사분위수는 50mm 이상 보다 32~40mm에서 더 크게 조사되었다.(그림 4-18).

생활용 중 일반용은 다른 용도에 비하여 각 시설별 구경·심도 및 펌프용량이 다양하므로 토출관직경별로 1일 평균이용량을 통계분석 하였다. 일반용은 32mm 이하의 정호에서 $3.63\text{m}^3/\text{일}$, 32~40mm 정호에서 $15.90\text{m}^3/\text{일}$, 50mm 이상의 정호에서 $10.14\text{m}^3/\text{일}$ 을 이용한 것으로 조사되었다.

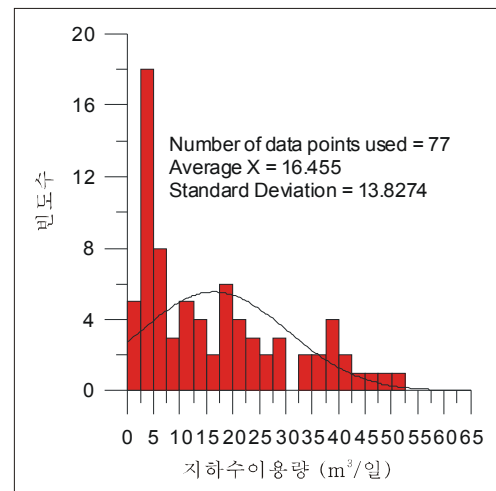
한편 농업용은 32mm 이하의 정호에서 $4.41\text{m}^3/\text{일}$, 32~40 mm 정호에서 $15.39\text{m}^3/\text{일}$, 50mm 이상의 정호에서 $16.37\text{m}^3/\text{일}$ 을 이용한 것으로 조사되었다.

<표 4-23> 토출관직경별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과

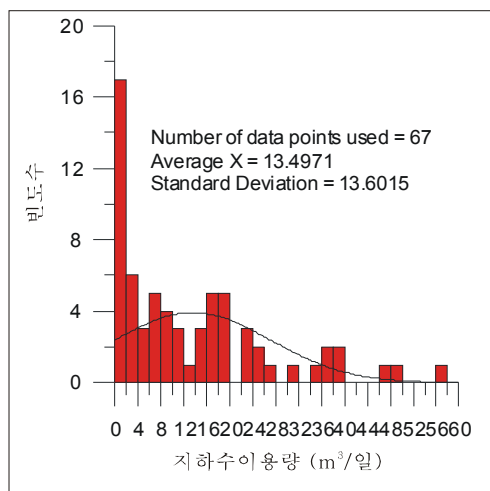
	1일 평균 지하수 이용량($\text{m}^3/\text{일}$)								
	전체			일반용			농업용		
	32mm 이하	32~40mm	50mm 이상	32mm 이하	32~40mm	50mm 이상	32mm 이하	32~40mm	50mm 이상
사례수	319	77	67	120	12	24	56	30	28
합계	966.26	1267.04	904.31	435.82	190.81	243.26	247.12	461.77	458.38
최소값	0.033	0.016	0.003	0.091	2.505	0.223	0.087	0.016	0.003
최대값	14.87	52.13	57.18	14.87	40.12	48.28	12.55	42.63	57.18
평균	3.03	16.46	13.50	3.63	15.90	10.14	4.41	15.39	16.37
중앙값	1.79	12.28	9.76	2.38	10.01	6.66	4.06	14.84	16.67
표준편차	3.08	13.92	13.70	3.52	13.46	11.43	3.18	12.06	14.42
분산	9.50	193.71	187.80	12.41	181.21	130.75	10.10	145.42	208.01
왜도	1.52	0.84	1.21	1.37	1.03	1.88	0.81	0.53	0.97
첨도	1.92	-0.40	1.00	1.28	-0.49	4.23	-0.15	-0.59	0.91



(a) 32mm 이하

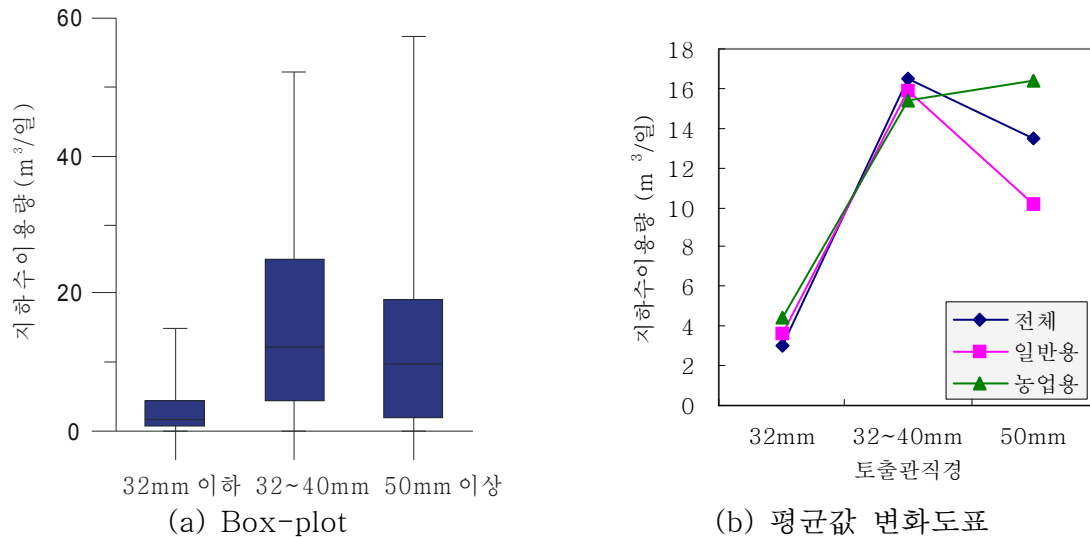


(b) 32~40mm



(c) 50mm 이상

<그림 4-17> 토출관직경별 지하수 이용량 빈도분포도



<그림 4-18> 토출관직경별 지하수 이용량 Box-plot 및 평균값 변화도표

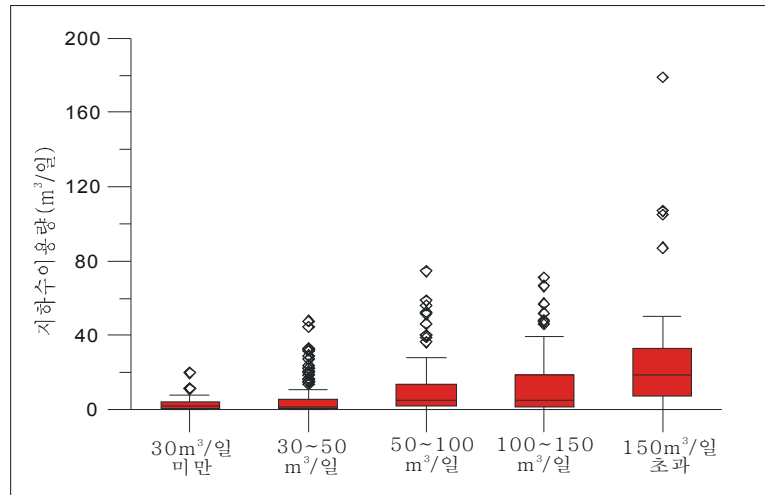
다) 양수능력별

양수능력이라 함은 ‘지하수 개발·이용시설의 동력장치, 토출관의 직경과 깊이 등에 비추어 보아 당해시설을 이용하여 양수할 수 있는 최대양수량’을 말하여, 이는 양수기(펌프)의 설치심도 및 효율 등에 따라서 결정된다. 이와 같이 양수능력은 양수기의 설치심도, 양수기의 모델명, 안정수위 등을 파악하여야 정확한 값을 얻을 수 있다. 하지만 실제 현장 여건상 이와 같은 값들을 직접측정 하기는 불가능하다. 따라서 지역개발행정자료에 포함된 정호들은 지역개발행정자료에 있는 양수능력값을 활용하였고, 그 밖에 지역개발행정자료에 존재하지 않은 정호들은 지역개발행정자료에 정호심도, 구경, 펌프용량, 토출관직경이 유사한 정호들의 값을 활용하였다. 한편 농업용 정호는 지역개발행정자료에 존재하지 않고, 대부분 지상펌프를 이용하여 물을 양수하는 소형정호들이 대부분이다. 따라서 양수기의 모델명을 파악하여 양수기 모델에 따른 최대 양수량을 구하고 여기에 양수고를 일률적으로 10m로 적용하고, 양수기 효율은 60%를 적용하여 정호별 양수능력을 구하였다.

양수능력별로 1일 평균이용량을 분석하기 위하여 1차 선별된 512개 정호에 대하여 양수능력별로 5개 그룹(30m³/일 미만, 30m³/일 이상~50m³/일 이하, 50m³/일 이상~100m³/일 이하, 100m³/일 초과~150m³/일 이하, 150m³/일 초과)으로 분류하였고, 분류기준은 지하수 조사연보에서 사용한 기준을 사용하였다. 통계분석에 앞서 Box-plot을 이용하여 이상값을 제거하였고 그 결과를 <표 4-24>와 <그림 4-19>에 나타내었다. 1차 자료선별과정을 마친 512개 정호에 대하여 다음의 기준에 따라 분류한 결과, 30m³/일 미만은 61개 정호, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 201개 정호, 50m³/일 이상~100m³/일 이하는 104개 정호, 100m³/일 초과~150m³/일 이하는 80개 정호, 150m³/일 초과는 66개

정호로 분류되었다. 이와 같이 분류된 자료를 Box-plot을 이용하여 이상값을 검출하였다. 그 결과, 30m³/일 미만은 3개 정호, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 18개 정호, 50m³/일 이상~100m³/일 이하는 10개 정호, 100m³/일 초과~150m³/일 이하는 7개 정호, 150m³/일 초과는 4개 정호가 이상값으로 검출되었다.

이상값이 제거된 분석대상 정호의 양수능력별 표본수를 가지고 95% 신뢰수준에서 최대허용오차를 분석하였고 그 결과를 <표 4-24>에 나타내었다.



<그림 4-19> Box-plot을 이용한 양수능력별 일평균이용량 이상값 검출

<표 4-24> 양수능력별 분석 대상정호 및 표본오차율

	선별정호				이상값				분석대상 정호	95% 신뢰수준에서 최대허용오차율
	일치	유사	추정	합계	일치	유사	추정	합계		
30m ³ /일 미만	25	23	13	61	1		2	3	58	12.87%P
30m ³ /일 이상~ 50m ³ /일 이하	77	66	58	201	5	7	6	18	183	7.24%P
50m ³ /일 초과~ 100m ³ /일 이하	41	32	31	104	1	3	6	10	94	10.11%P
100m ³ /일 초과~ 150m ³ /일 이하	30	26	24	80	1	2	4	7	73	11.47%P
150m ³ /일 초과	32	19	15	66	2	1	1	4	62	12.45%P
합계	205	166	141	512	10	13	19	42	470	

일치 : 지역개발행정자료의 양수능력 활용한 경우

유사 : 지역개발행정자료와 유사한 정호의 양수능력 활용한 경우

추정 : 소형농업용 정호로 펌프용량으로 양수능력 추정된 경우

이상값을 제외한 총 470개 정호에 대한 양수능력별 1일 평균이용량을 통계분석한 결과, 30m³/일 미만은 1일 평균이용량이 2.45m³/일이고, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 2.66m³/일, 50m³/일 이상~100m³/일 이하는 7.54m³/일, 100m³/일 초과~150m³/일 이하는 9.13m³/일, 150m³/일 초과 정호의 경우 실제로는 19.66m³/일의 지하수를 이용하는 것

으로 조사되었다. 이와 같이 양수능력이 증가할수록 1일 평균이용량도 증가하는 경향성을 보였다.

양수능력별로 평균대비 표준편차율을 살펴보면, 30m³/일 미만은 1.96m³/일로 평균 대비 80%, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 2.89m³/일로 평균 대비 109%, 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 7.56m³/일로 평균대비 100%, 100m³/일 초과~150m³/일 이하는 10.99m³/일로 평균대비 120%, 150m³/일 초과는 13.41m³/일로 평균대비 68.2%에 해당하는 값을 보였다(표 4-25). 또한 빈도분포도도 정규분포를 이루기보다는 오른쪽으로 길게 치우친 양상을 보였다(그림 4-21). 이와 같이 평균대비 표준편차율이 크거나 빈도분포도가 정규분포를 보이지 않으면 통계분석치의 신뢰성이 떨어지기 때문에 향후에는 양수능력별로 표본을 선정하고 표본수를 충분히 늘려 통계분석치의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

〈표 4-25〉 양수능력별 1일 평균 지하수 이용량 분석결과

	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과 150m ³ /일 이하	150m ³ /일 초과
분석사례수	58	182	94	73	62
합계	141.87	484.37	708.80	666.13	1218.95
최소값	0.033	0.005	0.223	0.003	0.200
최대값	8.20	14.87	28.36	39.90	50.53
평균	2.45	2.66	7.54	9.13	19.66
중앙값	1.75	1.54	4.96	4.38	18.02
표준편차	1.96	2.89	7.56	10.99	13.41
분산	3.83	8.36	57.19	120.86	179.75
왜도	1.03	1.68	1.30	1.61	0.33
첨도	0.74	2.71	0.79	1.61	-0.82

일반용 정호는 각 시설별 구경 또는 심도 및 펌프용량 등이 다양하므로 가정용과 같이 기준단위를 산출하여 일괄적으로 적용하기 어렵기 때문에, 정호당 양수능력대비 평균 이용량을 산출하여 해당 정호의 양수능력에 따라 일반용 정호의 이용량을 산출하기도 한다(천안지역 지하수 기초조사 보고서, 2003). 따라서 일반용 정호의 양수능력에 따른 1일 평균이용량을 통계분석 하였고, 그 결과를 〈표 4-26〉에 나타내었다. 30m³/일 미만은 1일 평균이용량이 2.08m³/일이고, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 3.04m³/일, 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 7.41m³/일, 100m³/일 이상~150m³/일 이하는 6.31m³/일, 150m³/일 초과는 15.37m³/일의 지하수를 이용하는 것으로 조사되었다. 이와 같이 양수능력이 증가할수록 일평균이용량도 증가하는 것으로 분석되었다.

농업용 정호의 양수능력별 일평균이용량 통계분석결과, 30m³/일 미만은 1일 평균이용량이 3.63m³/일이고, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 3.85m³/일, 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 14.42m³/일, 100m³/일 이상~150m³/일 이하는 7.99m³/일, 150m³/일 초과는 21.88m³/일의 지하수를 이용하는 것으로 조사되었다(표 4-27).

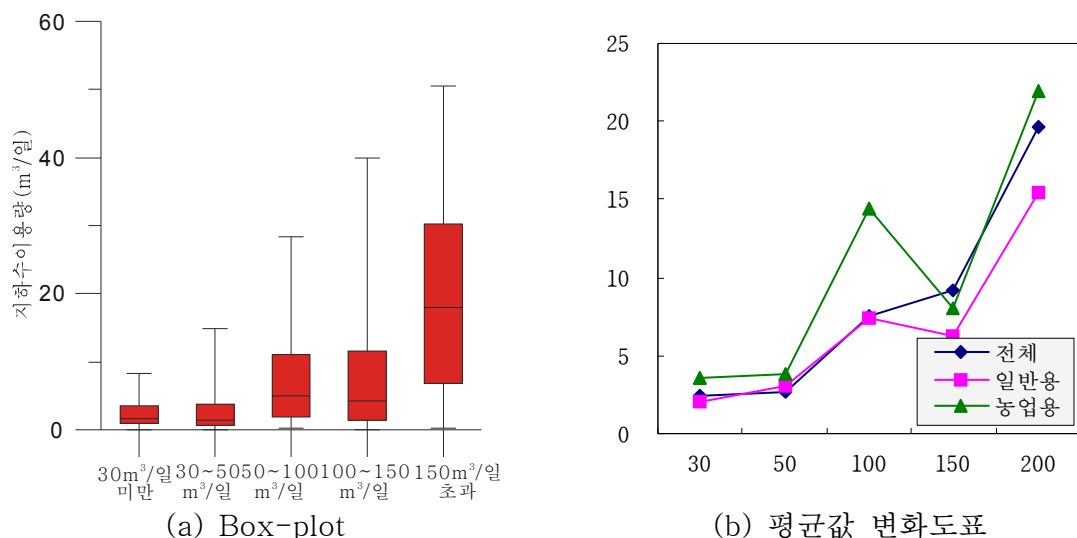
<표 4-26> 일반용 정호의 양수능력별 일평균 지하수 이용량 분석결과

	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과~ 150m ³ /일 이하	150m ³ /일 초과
분석사례수	15	64	43	23	11
합계	31.18	194.69	318.82	145.02	169.12
최소값	0.119	0.122	0.223	0.091	1.895
최대값	7.54	11.08	28.36	29.30	39.78
평균	2.08	3.04	7.41	6.31	15.37
중앙값	1.65	2.05	5.07	4.31	6.98
표준편차	1.85	2.79	6.67	7.12	14.25
분산	3.40	7.81	44.48	50.70	203.14
왜도	1.91	1.04	1.41	1.74	0.51
첨도	5.05	0.24	1.69	3.68	-1.45

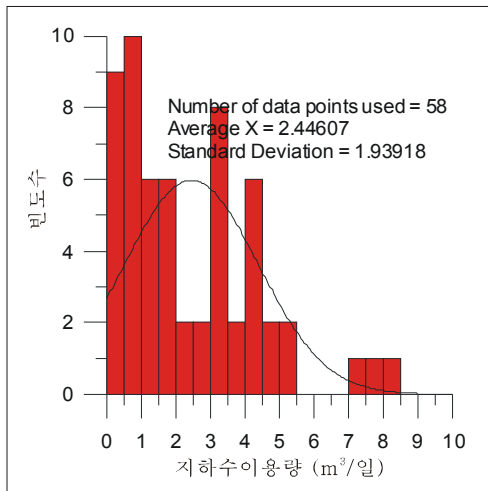
<표 4-27> 농업용 정호의 양수능력별 일평균 지하수 이용량 분석결과

	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과~ 150m ³ /일 이하	150m ³ /일 초과
분석사례수	11	27	9	30	49
합계	39.89	104.05	129.76	239.62	1072.17
최소값	0.968	0.005	0.987	0.003	0.200
최대값	8.20	10.82	27.30	34.84	87.30
평균	3.63	3.85	14.42	7.99	21.88
중앙값	3.36	3.54	12.28	4.38	18.26
표준편차	2.52	3.08	10.81	9.10	15.82
분산	6.37	9.48	116.87	82.80	250.33
왜도	0.76	0.74	-0.04	1.61	1.50
첨도	-0.60	-0.33	-1.88	1.89	4.72

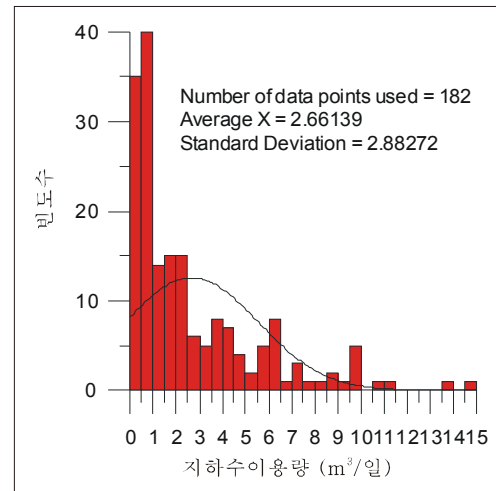
양수능력별 Box-plot을 살펴보면 최대값은 양수능력이 증가할수록 증가하지만 중간값과 3사 분위수는 양수능력과 비례하는 양상을 보이지 않았다(그림 4-20).



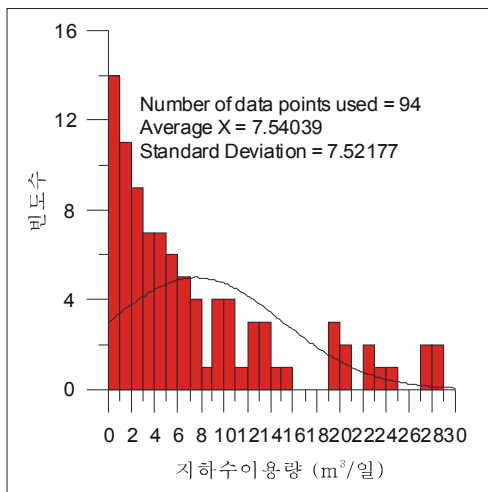
<그림 4-20> 양수능력별 지하수 이용량 Box-plot 및 평균값 변화도표



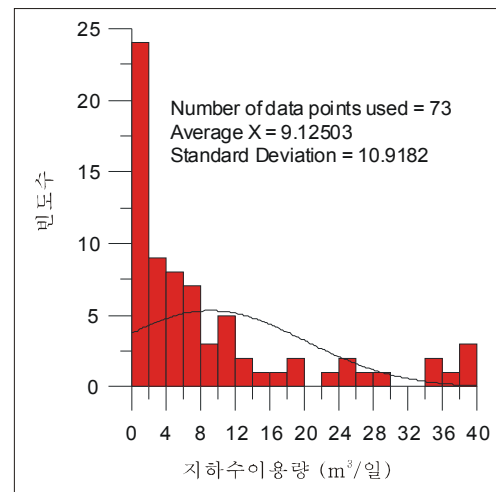
(a) 30m³/일 미만



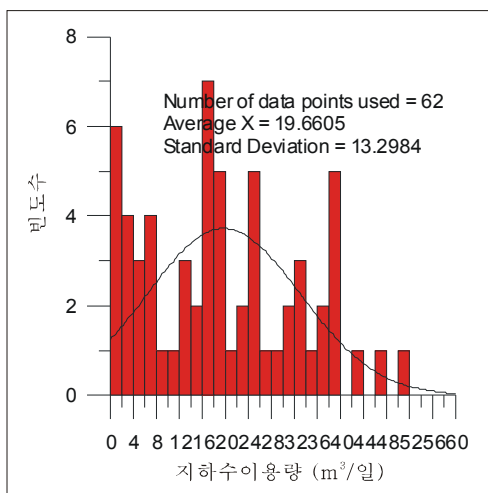
(b) 30m³/일 이상~50m³/일 이하



(c) 50m³/일 이상~100m³/일 이하



(d) 100m³/일 이상~150m³/일 이하



(e) 150m³/일 초과

<그림 4-21> 양수능력별 지하수 이용량 빈도분포도

4.1.3 지하수 이용량에 미치는 요소 검토

전국 지하수 이용량을 산정하는 방법으로 유량계 등 계측설비에 의해 실측된 양으로부터 지하수 이용량을 산정하는 것이 바람직하나, 실질적으로 전국에 존재하는 모든 정호의에 대하여 유량계를 설치하여 이용량을 검침하는 것이 불가능하기 때문에, 용도별로 지하수 이용량에 영향을 미칠 수 있는 인자를 분석하고, 인자별 기준단위를 산정하여 간접추정에 의한 지하수 이용량을 산정하는 것이 시간·비용적인 측면에서 합리적인 방법으로 판단된다.

따라서 본 과업에서는 용도별로 이용량에 영향을 미칠 수 있는 인자를 파악하고, 이에 따른 영향인자와 지하수 이용량과의 상관성 분석을 실시하여, 용도별로 가장 상관성이 있는 영향인자를 용도별 기준단위 산정기준으로 선정하였다.

가. 용도별 영향인자 조사항목

지하수 이용량에 미치는 영향인자를 조사하여 도출하는 것이 용도별로 지하수 이용량을 산정하는데 있어서 필수적이라 할 수 있다. 따라서 우선적으로 각 세부 용도별로 지하수 이용량에 영향을 미칠 수 있는 영향인자를 파악하였고, <표 4-28>은 지하수 이용량과 영향인자간의 상관성 분석을 위한 세부용도별 영향인자를 정리하였다.

<표 4-28> 상관관계 분석을 위한 용도별 영향인자

용도	세부용도		영향인자
생활용	가정용		급수인구, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경
	공동주택용		급수인구, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경
	마을상수도용		급수인구, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경
	학교용		급수인구, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경
	일반용	육탕용	시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경, 객실수,
		식당용	시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경, 시설이용객수
		주유소용	시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경, 세차대수
		사무용(빌딩)	시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경
체육시설		시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경	
	소규모사업체	시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경	
농업용	답작용		몽리면적, 펌프용량, 토출관직경, 양수능력
	원예용		몽리면적, 펌프용량, 토출관직경, 양수능력
	축산업용		시설면적, 가축사육두수, 펌프용량, 양수능력, 토출관직경

나. 상관관계 분석 방법 및 결과

본 과업에서는 지하수 이용량과 지하수 이용량 영향인자와의 상관성의 정도를 파악하기 위하여 피어슨 상관분석(Pearson Correlation Analysis)을 수행하였다.

피어슨 상관계수(Pearson Correlation Coefficient) 산출방식은 <식 4-2>와 같다.

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n-1}}{\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}} \dots\dots\dots <식 4-2>$$

여기서, r은 상관계수, Sx는 X(첫번째 변수)의 표준편차, Sy는 Y(두번째 변수)의 표준편차, Sxy는 두 변수 X, Y간의 공분산, Xi는 i번째 X변수에 대한 관찰값, \bar{X} 는 X변수의 평균값, Yi는 i번째 Y변수에 대한 관찰값, \bar{Y} 는 Y변수의 평균값이다.

이에 따르면 상관계수는 두 개의 인자가 서로 비례하는 관계일 때에는 양의 값을, 반비례할 때에는 음의 값을, 상관관계가 없을 때에는 0의 값을 가지며, 그 범위는 1과 -1사이에서 변동한다. 따라서 본 연구에서는 상관분석을 이용하여 지하수 사용량과 영향인자간의 상관성을 파악하였다.

1) 생활용

생활용 지하수의 일평균이용량을 기준으로 각종 변수와 연관성을 알아보기 위해 상관분석을 실시한 결과, 급수인구와 0.488로 상대적으로 높은 상관관계를 보였으며, 그 다음으로는 토출관직경(0.438), 양수능력(0.342), 펌프용량(0.230) 순으로 나타났으나 시설면적은 통계적으로 유의미한 상관성은 없었다(표 4-29). 여기에서 유의미한 상관성이 있는지 없는지 여부는 유의 확률을 보고 할 수 있다. 유의 확률이 0.01이하이면 99%의 유의미한 상관성을 보이는 것이고, 0.01~0.05사이의 값이면 95%의 유의미한 상관성을 보이는 것을 의미한다. 하지만 일반적으로 유의 확률값이 0.05이상이면 통계적으로 유의미한 상관성을 보이지 않는 것으로 본다.

가) 가정용

양수능력과 0.350으로 상관관계를 보였으며, 급수인구와는 0.236으로 상관관계를 보였으나 펌프용량, 토출관직경과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

나) 공동주택용

급수인구와 0.837로 상대적으로 매우 높은 상관관계를 보였으나 양수능력, 펌프용량, 토출관직경과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 분석되었다.

다) 마을상수도용

급수인구와 0.760으로 상대적으로 매우 높은 상관관계를 보였으나 양수능력, 펌프용량, 토출관직경과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 분석되었다.

라) 학교용

양수능력과 0.815로 상대적으로 매우 높은 상관관계를 보였으나 급수인구, 펌프용량,

토출관직경과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 분석되었다.

마) 농업생활검용

급수인구와 0.688로 상대적으로 매우 높은 상관관계를 보였으며, 그 다음으로는 토출관직경(0.591)으로 나타났다. 그러나 시설면적, 펌프용량, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

<표 4-29> 생활용 지하수 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과

영향인자 \ 세부용도		생활용	가정용	농업 생활검용	공동 주택용	간이 상수도용	학교용	일반용
급수 인구	Pearson 상관계수	0.488**	0.236*	0.688**	0.837**	0.760**	0.243	
	유의확률(양쪽)	0.000	0.022	0	0.000	0.000	0.331	
	N	202	94	24	41	24	18	
양수 능력	Pearson 상관계수	0.342**	0.350**	-0.148	0.268	0.086	0.815**	0.299**
	유의확률(양쪽)	0.000	0.001	0.489	0.090	0.691	0	0.000
	N	342	94	24	41	24	18	169
펌프 용량	Pearson 상관계수	0.230**	0.104	0.116	0.111	0.262	0.089	0.155*
	유의확률(양쪽)	0.000	0.316	0.59	0.488	0.217	0.725	0.045
	N	344	94	24	41	24	18	169
토출관 직경	Pearson 상관계수	0.438**	0.058	0.591**	0.073	0.398	-0.126	0.341**
	유의확률(양쪽)	0.000	0.580	0.002	0.652	0.054	0.618	0.000
	N	344	94	24	41	24	18	169
시설 면적	Pearson 상관계수	0.253		.(a)				0.253*
	유의확률 (양쪽)	0.011		.				0.011
	N	100		0				100

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의.

* . 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의.

바) 일반용

토출관직경과 0.341로 높은 상관관계를 보였으며, 그 다음으로는 양수능력(0.299), 시설면적(0.253), 펌프용량(0.155) 순으로 나타났다(표 4-30).

(1) 욕탕용

지하수의 일평균이용량을 기준으로 각종 변수와 연관성을 알아보기 위해 상관분석을 실시한 결과, 펌프용량과 0.541로 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 객실수와도 0.670, 양수능력과도 0.528로 높은 상관관계를 보였다. 하지만 시설면적, 토출관직경과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

(2) 식당용

시설이용객수와 0.508로 비교적 높은 상관관계를 보였으나 시설면적, 토출관직경, 펌프용량, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

(3) 주유소용

세차대수와 0.607로 비교적 높은 상관관계를 보였다. 그러나 시설면적, 토출관직경, 펌프용량, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

(4) 사무용

시설면적과 0.543으로 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 그 다음으로는 토출관직경(0.504), 양수능력(0.280) 순으로 나타났다. 그러나 펌프용량과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

(5) 체육시설

시설면적, 양수능력, 펌프용량, 토출관직경과 통계적으로 상관성을 보이지 않았다.

(6) 소규모사업체

토출관직경과 0.467의 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 그 다음으로는 펌프용량(0.464)으로 나타났다. 그러나 시설면적, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

<표 4-30> 일반용 업종별 지하수 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과

영향인자 \ 세부용도		전체	육탕용	식당용	주유소용	사무용	체육시설	소규모업체
시설 면적	Pearson 상관계수	0.253*	0.161	0.203	.(a)	0.543**	-0.049	-0.235
	유의확률(양쪽)	0.011	0.678	0.354	.	0.003	0.824	0.347
	N	100	9	23	0	27	23	18
양수 능력	Pearson 상관계수	0.299**	0.528*	-0.087	0.203	0.280*	-0.062	0.209
	유의확률(양쪽)	0.000	0.012	0.672	0.300	0.114	0.775	0.222
	N	169	22	26	28	33	24	36
펌프 용량	Pearson 상관계수	0.155*	0.541**	-0.227	0.310	0.200	-0.294	0.464**
	유의확률(양쪽)	0.045	0.009	0.265	0.108	0.264	0.163	0.004
	N	169	22	26	28	33	24	36
토출관 직경	Pearson 상관계수	0.341**	0.161	-0.157	0.212	0.504**	-0.181	0.467**
	유의확률(양쪽)	0.000	0.474	0.443	0.278	0.003	0.397	0.004
	N	169	22	26	28	33	24	36
객실수	Pearson 상관계수		0.670*					
	유의확률(양쪽)		0.048					
	N		9					
시설 이용객수	Pearson 상관계수			0.508*				
	유의확률(양쪽)			0.016				
	N			22				
세차대수	Pearson 상관계수				0.607**			
	유의확률(양쪽)				0.006			
	N				19			

**, 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의.

*, 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의.

a. 하나 이상의 변수가 상수이므로 계산할 수 없음.

2) 농업용

농업용 지하수의 일평균이용량을 기준으로 각종 변수와 연관성을 알아보기 위해 상관분석을 실시한 결과, 펌프용량과 0.200으로 상관관계를 보였으나 물리면적, 토출관직경, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않는 것으로 나타났다(표 4-31).

가) 답작용

펌프용량과 0.486의 상관관계를 보였으나 물리면적, 토출관직경, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

나) 원예용

물리면적과 0.467의 상관관계를 보였으나 펌프용량, 토출관직경, 양수능력과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

다) 축산용

가축마리수와 0.625로 비교적 높은 상관관계를 보였으나 시설면적, 펌프용량, 양수능력, 토출관직경과는 통계적으로 유의미한 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

<표 4-31> 농업용 지하수 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과

영향인자 \ 세부용도		농업용	답작용	원예용	축산용
물리면적	Pearson 상관계수	0.216	.(a)	0.467*	-0.080
	유의확률(양쪽)	0.227	.	0.021	0.564
	N	33	0	24	54
펌프용량	Pearson 상관계수	0.200*	0.486**	-0.156	0.113
	유의확률(양쪽)	0.016	0.005	0.409	0.411
	N	143	32	52	55
토출관직경	Pearson 상관계수	0.006	0.261	-0.182	0.090
	유의확률(양쪽)	0.941	0.149	0.336	0.513
	N	143	32	30	55
양수능력	Pearson 상관계수	-0.103	-0.150	0.146	0.049
	유의확률(양쪽)	0.222	0.412	0.440	0.720
	N	143	32	30	55
가축 사육두수	Pearson 상관계수				0.625**
	유의확률(양쪽)				0.000
	N				47

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

Pearson 상관분석법을 이용하여 세부용도별 유효한 영향인자를 분석한 결과, 생활용 중 가정용, 공동주택용, 마을상수도용, 농업생활검용은 급수인구와 상관성이 있는 것으로 조사되었고, 학교용은 양수능력과 상관성이 있는 것으로 조사되었다. 한편 일반용을 업종별로 구별하지 않고 전체적으로 보았을 때 양수능력, 펌프용량, 토출관직경 등 정호제원과 상관성이 있는 것으로 조사되었으나, 업종별로는 상관성이 있는 영향인자가 각기 다른 것으로 조사되었다. 농업용 중 답작용은 펌프용량, 원예용은 몽리면적, 축산용은 가축사육두수와 유효한 상관성이 있는 것으로 조사되었다(표 4-32)

<표 4-32> 상관관계 분석결과 세부용도별 유효한 영향인자

용도	세부용도		상관성이 있는 영향인자(상관계수)
생활용	가정용		급수인구(0.236), 양수능력(0.350)
	공동주택용		급수인구(0.837)
	마을상수도용		급수인구(0.760)
	학교용		양수능력(0.815)
	농업생활검용		급수인구(0.688), 토출관직경(0.595)
	일반용	전 체	양수능력(0.299), 펌프용량(0.155), 토출관직경(0.341), 시설면적(0.253)
		욕탕용	양수능력(0.528), 펌프용량(0.541), 객실수(0.670)
		식당용	시설이용객수(0.508)
		주유소용	세차대수(0.607)
		사무용	시설면적(0.543), 양수능력(0.280), 토출관직경(0.504)
		체육시설	통계적으로 유의미한 상관성을 보이는 인자 없음
소규모사업체		펌프용량(0.464), 토출관직경(0.467)	
농업용	답작용		펌프용량(0.200)
	원예용		몽리면적(0.467)
	축산용		가축사육두수(0.625)

4.2 지하수 이용량 평가기법 개발

신뢰성 있는 지하수 이용량 평가는 직접적인 현장검침을 통한 신뢰성 있는 지하수 이용량 모니터링 자료의 수집·축적과 적합한 기준단위의 산출 및 선정, 그리고 합리적인 적용을 통해 이루어 질 수 있다. 하지만 기존의 지하수 이용량 평가방법은 유량계가 달린 시설의 절대 부족과 인력·시간·비용 부족문제로 인하여 임의적으로 펌프용량에 따라 이용량을 산정을 하거나 민원인이 신고시 제출하는 일사용량을 기준으로 이용량을 평가해왔다.

따라서, 본 절에서는 기존에 지하수 기초조사를 통해 조사된 자료나 본 과업에서 선정된 정호들의 모니터링 결과를 가지고 활용가능한 모든 통계적 방법을 이용하여 세부용도별 기준단위를 산정하였고, 산정된 세부용도별 기준단위를 가지고 본 과업에서 선정된

지역(용인, 이천, 안성)의 지하수 이용량을 평가할 수 있는 기법을 제시하였다.

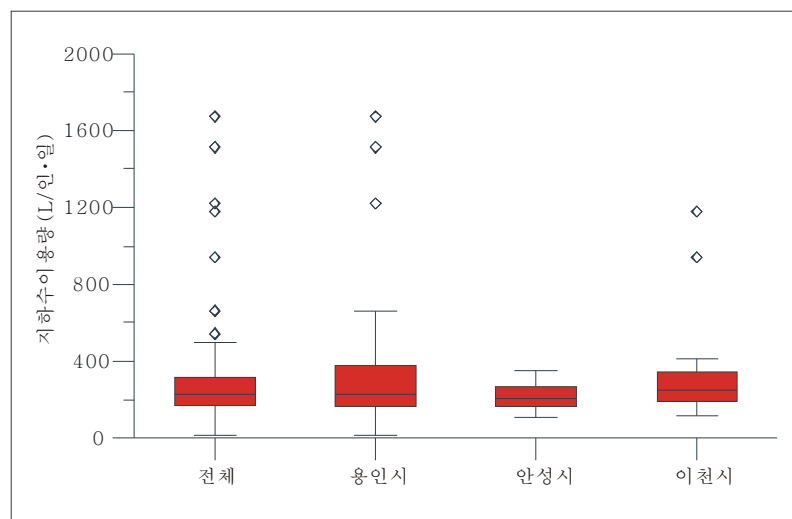
4.2.1 세부용도별 지하수 이용량 산정방법 및 산정기준

기준단위라함은 단위항목에 이를 곱하여 원하는 값을 간편하게 산출하는 방식으로 두 변수 간에 상관성이 높아야 적용 가능하다. 따라서 각 세부용도별로 지하수 이용량과 영향인자간의 상관성분석을 실시하였고, 분석결과 세부용도별로 상관성이 가장 높은 인자를 기준단위 산정기준으로 정하였다. 세부용도 별로 정리하면, 생활용 중 가정용, 공동주택용, 마을상수도용, 농업생활겸용은 급수인구와 일반용은 펌프용량이나 양수능력과 같은 정호의 제원과 상관성을 보여 기준단위 산정기준으로 정하였다. 한편 농업용 중 답작용·원예용은 양수능력에 따른 가동일수를 축산용은 가축사육 마리수를 기준으로 기준단위 산정기준을 정하였다.

가. 세부용도별 기준단위 분석결과

1) 가정용

전 절에서 지하수 이용특성 분석을 위하여 수행된 1차 자료선별(1st data cleaning)과정과 용도 재분류 과정 등에 의하여 선별된 가정용 정호 94개 정호의 급수인구 당 이용량($m^3/인\cdot 일$)에 대하여 Box-plot을 도표한 결과 이상값이 존재하였다. 따라서 이 자료를 제거하는 2단계 자료선별(2st data cleaning)과정을 수행한 결과, 가정용 94개 정호 전체에 대하여 이상값으로 검출된 자료는 7개 정호로 조사되었고, 지역적으로는 용인 3개, 이천 2개 정호가 이상값으로 검출되었다(그림 4-22). 이와 같이 전체(7개 정호)와 지역(5개 정호)의 개소수가 차이가 발생한 이유는 전체를 통계분석한 결과치(1사 분위수, 3사분위수)와 지역적으로 통계분석한 결과치가 다르기 때문이다.



<그림 4-22> Box-plot를 이용한 가정용 지하수 이상값 검출

2차 자료선별과정을 마친 87개 정호를 대상으로 가정용 기준단위에 대한 통계분석을 실시한 결과를 <표 4-33>에 나타내었다. 가정용 전체 87개 정호의 1인 1일 평균이용량은 228.94L/인·일로 조사되었고, 지역별로는 이천지역이 244.40L/인·일로 가장 높았으며, 다음으로 용인(230.66L/인·일), 안성(212.02L/인·일)순으로 조사되었다. 87개 가정용 지하수 1인 1일 평균이용량 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차를 $\pm 10.5\%$ 에 해당된다.

수자원장기종합계획(2006)은 지역별로 기준단위가 산정되어 있지 않고 우리나라 전체의 미급수지역 기준단위가 보고되어 있다. 따라서 본 조사에서 분석된 가정용 전체 1인 1일 평균이용량을 수자원장기종합계획(2006)의 기존 자료와 비교·검토한 결과 두자료가 거의 유사한 값을 보였다. 또한 본 조사의 지역별 1인 1일 평균이용량 자료는 지역별로 기준단위(1인 1일 평균이용량)가 산정되어 있는 상수도 통계연보(2006)와 비교·검토하였다. 그 결과 이천지역은 거의 유사한 값을 보였지만 용인시와 안성시는 약 31%가 적게 조사되었다(표 4-34).

지역별 평균대비 표준편차율을 살펴보면, 용인지역은 109.78L/인·일로 평균대비 47.6%, 안성지역은 69.05L/인·일로 평균대비 32.57%, 이천지역은 82.06L/인·일로 평균대비 33.58%로 조사되었다. 가정용 전체로 보면, 92.34L/인·일로 평균대비 40.33%로 조사되었다. 이와 같이 가정용 1인 1일 평균이용량의 평균대비 표준편차율은 비교적 적은 값을 보였는데, 이를 다시 말하자면 평균값이 확률적으로 재현될 확률이 높다는 것을 의미하므로 통계분석치(평균값)의 신뢰성이 높다고 볼 수 있다.

<표 4-33> 가정용정호 1일 1인 평균이용량(L/인·일) 분석결과

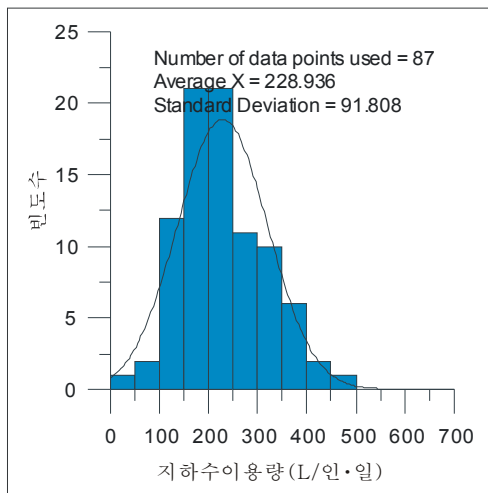
	1일 1인 평균이용량(L/인·일)			
	합계	용인	안성	이천
분 석 사 례 수	87	39	25	23
합 계	19917.44	8995.60	5300.55	5621.30
최 소 값	16.306	16.306	106.923	115.582
최 대 값	497.79	497.79	349.87	412.42
평 균	228.94	230.66	212.02	244.40
중 양 값	211.53	211.53	205.05	241.27
표 준 편 차	92.34	109.78	69.05	82.06
분 산	8526.71	12051.34	4768.48	6733.28
왜 도	0.46	0.40	0.50	0.39
첨 도	-0.05	-0.32	-0.55	-0.49

<그림 4-23>는 가정용 정호 87개의 기준단위(L/인·일)에 대한 빈도분포도를 나타내었고, 또한 지역별(용인, 안성, 이천)로 구분하여 이용량에 대한 빈도분포도를 나타내었다. 가정용정호의 기준단위(1인 1일 평균이용량) 빈도분포도는 비교적 정규분포에 가까운 양

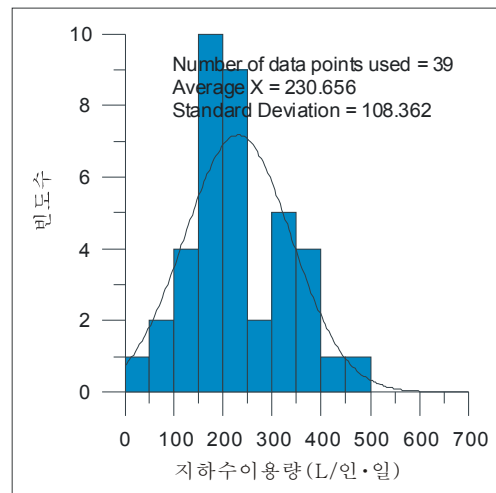
상을 보이고 있다. 또한 box-plot를 살펴보면, 용인시가 가장 넓은 범위에서 자료가 존재하는 것으로 조사되었고, 3개지역 모두 유사한 중간값을 가지고 있었다(그림 4-24).

<표 4-34> 조사된 가정용 기준단위와 기존문헌 자료와의 비교

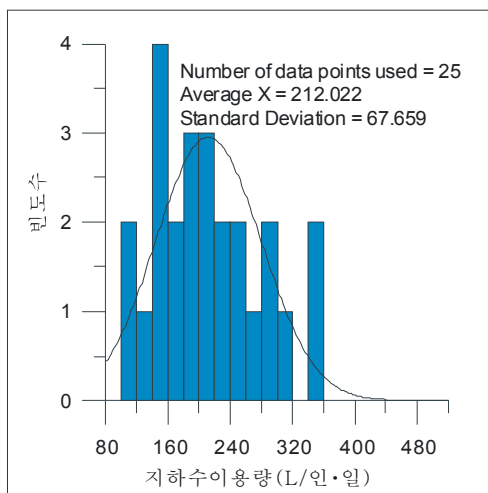
구 분	1인 1일 평균이용량(m^3 /인·일)				비율(%)		
	금번조사	상수도 통계연보 (2006)	수자원 장기종합계획 (2006)	수자원자료 및 시설 DB구축 (1999)	금번조사/ 통계연보	금번조사/ 수장기	금번조사/ DB구축
용인시	230.66	335.00	-	-	68.85	-	-
이천시	244.40	235.00	-	-	104.00	-	-
안성시	212.02	308.00	-	-	68.84	-	-
전 체	228.94	-	215.00	139	-	106.48	164.7



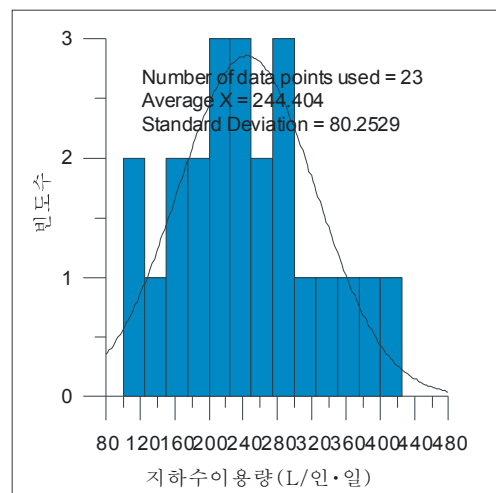
(a) 가정용 전체



(b) 용인지역

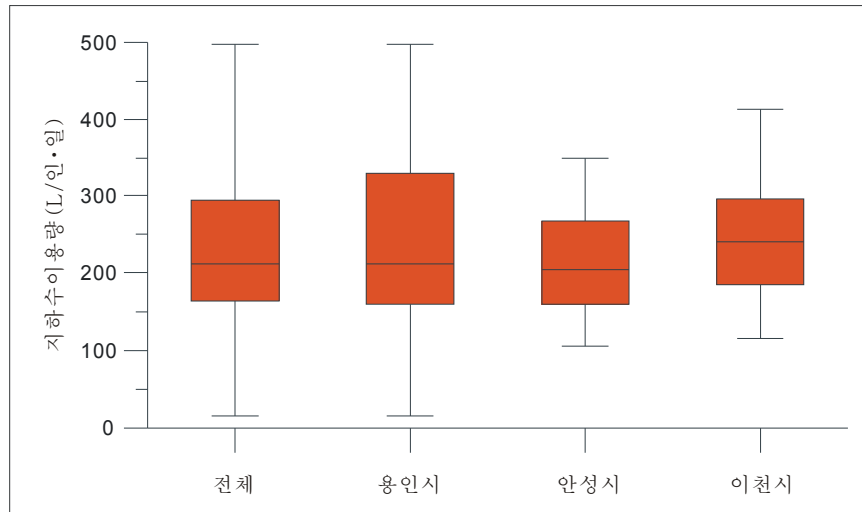


(b) 안성지역



(b) 이천지역

<그림 4-23> 가정용 지하수 이용량 빈도분포도



〈그림 4-24〉 가정용 지하수 이용량 Box-plot

현재 가정용 정호의 경우 대부분 급수인구가 조사되어 있지 않아서 급수인구당 기준 단위로 이용량을 산정하기 어렵기 때문에 이에 대한 대안으로 가정용 정호에 대하여 양수능력대비 가동률을 통계분석 하였고, 그 결과를 <표 4-35>에 나타내었다. 가정용 전체로 보면 평균값이 1.97%로 조사되었고, 지역별로 살펴보면 안성지역이 2.89%로 가장 큰 값을 보였으며, 다음으로 이천(1.86%), 용인(1.49%)순으로 분석되었다.

〈표 4-35〉 가정용정호 양수능력대비 가동률(%) 분석결과

	양수능력대비 가동률(%)			
	합계	용인	안성	이천
분석사례수	87	39	25	23
합계	171.35	58.23	72.36	40.76
최소값	0.163	0.163	0.493	0.462
최대값	8.93	5.05	8.93	5.66
평균	1.97	1.49	2.89	1.77
중앙값	1.73	1.25	2.74	1.86
표준편차	1.43	1.05	1.80	1.08
분산	2.05	1.10	3.24	1.17
왜도	1.87	1.27	1.54	2.15
첨도	5.76	2.15	4.08	7.20

위와 같이 가정용 지하수 이용량의 산정방법을 정리하면 다음과 같다.

첫 번째 급수인구가 조사된 정호는 급수인구당 기준단위(228.94L/인·일)를 적용하여 일이용량을 구하고, 여기에 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량을 구한다. 두 번째 급수인구가 조사되어 있지 않은 정호는 양수능력대비 가동률(1.97%)을 적용하여 일이용량을 구하고, 여기에 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량을 구한다.

1. 급수인구가 조사된 정호

$$= \text{급수인구 당 기준단위}(228.94\text{L}/\text{인}\cdot\text{일}) \times \text{급수인구}(\text{인}) \times \text{가동일수}(365\text{일})$$

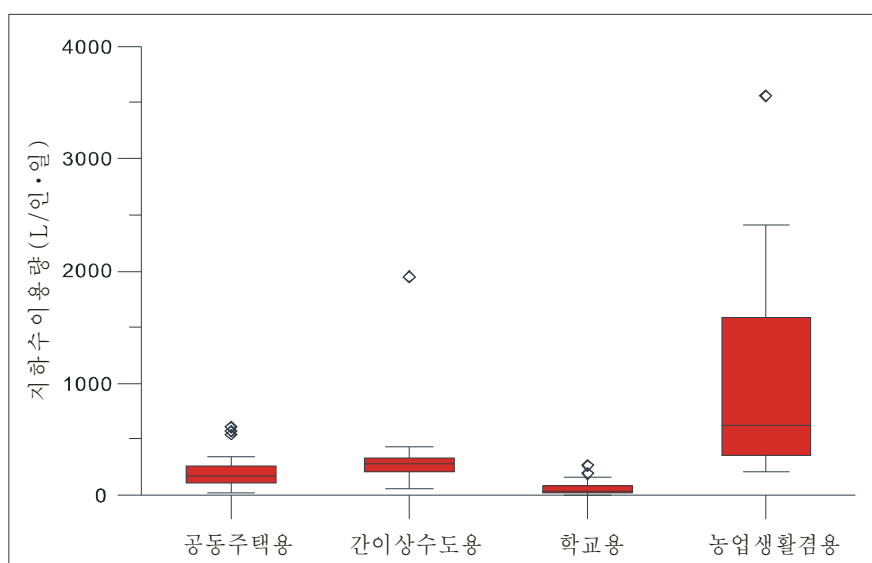
2. 급수인구가 조사되어 있지 않은 정호

$$= \text{양수능력}(\text{m}^3/\text{일}) \times \text{양수능력대비 가동률}(1.97\%) \times \text{가동일수}(365\text{일})$$

위의 두가지 방법을 비교할 때 양수능력대비 가동률(%)을 이용하여 이용량을 산정하는 것보다 급수인구당 기준단위를 이용하여 이용량을 산정하는 것이 보다 정확한 산정방법으로 판단된다. 이는 급수인구가 양수능력보다 더욱더 객관적인 수치가 될 수 있기 때문이다. 따라서 지하수 기초조사 중 정천현황조사나 지자체에서 실시하는 지하수 전수조사시 가정용 정호는 반드시 급수인구를 조사해야 할 것으로 판단된다.

2) 공동주택용·마을상수도용·농업생활검용

전 절에서 지하수 이용특성분석을 위하여 수행된 1차 자료선별(1st data cleaning) 과정과 용도 재분류 과정 등에 의하여 선별된 공동주택용(41개 정호)·마을상수도(24개 정호)·농업생활검용(24개 정호)의 기준단위($\text{m}^3/\text{인}\cdot\text{일}$)에 대하여 Box-plot도표를 이용하여 이상값을 검출하는 2차 자료선별과정을 수행하였다(그림 4-25). 공동주택용은 총 41개 정호 중 3개 정호, 마을상수도용은 총 24개 정호 중 1개 정호, 농업생활검용은 24개 정호 중 1개 정호가 이상값으로 검출되었다.



<그림 4-25> Box-plot를 이용한 공동주택용·마을상수도용·학교용·농업생활검용 지하수 이상값 검출

2차 자료선별과정을 마친 공동주택용 38개 정호에 대하여 통계분석을 실시한 결과, 1인 1일 평균이용량의 평균값은 176.82L/인·일, 중앙값은 157.43L/인·일, 표준편차는 84.08L/인·일, 분산은 7,069으로 조사되었고, 마을상수도용 23개 정호에 대하여 통계분석을 실시한 결과, 1인 1일 평균이용량의 평균값은 262.54L/인·일, 표준편차값은 103.13L/인·일로 조사되었다(표 4-36). 38개 공동주택용 지하수 1인 1일 평균이용량 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 15.9\%$ 에 해당되고, 23개 마을상수도용 지하수 1인 1일 평균이용량 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 20.4\%$ 에 해당된다.

본 조사에서 조사된 공동주택용 1인 1일 평균이용량은 수자원장기종합계획보고서(2006)에 보고된 생활용수 중 미급수 지역 기준단위 215L/인·일 보다 약 1.22배 적은 값을 보였고, 마을상수도용은 약 1.25배 많은 값을 보였다(표 4-36).

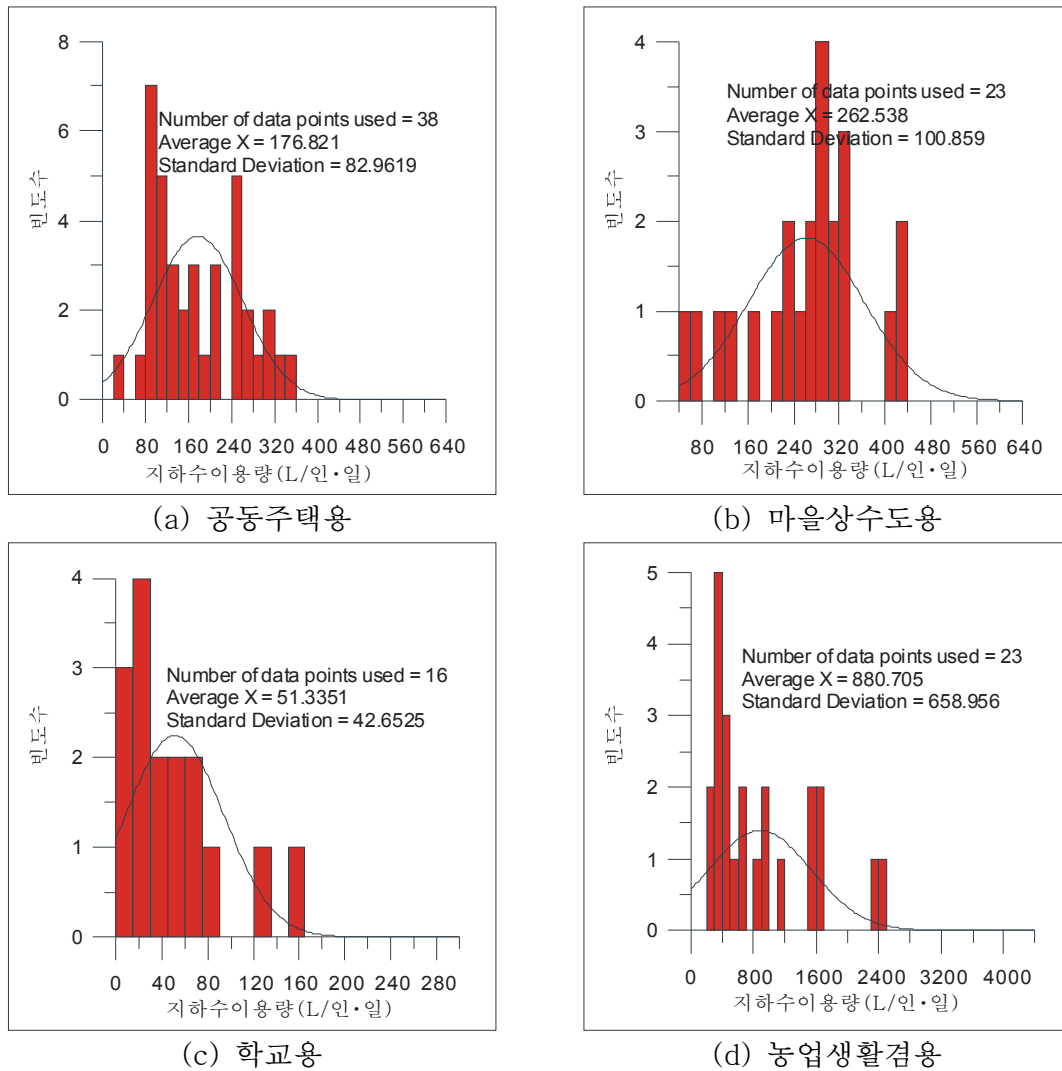
농업생활겸용은 23개 정호에 대하여 통계분석을 실시하였고, 1인 1일 평균이용량의 평균값은 880.70L/인·일, 중앙값은 625.39L/인·일, 표준편차는 673.77, 분산은 453,959.8로 조사되었다. 이와 같이 농업생활을 겸하여 사용되는 정호는 가정용 정호보다 1인 1일 평균이용량이 약 3.85배 높은 것으로 조사되었다(표 4-36).

<표 4-36> 공동주택용·마을상수도용·학교용·농업생활겸용 지하수 이용량(L/인·일) 분석결과

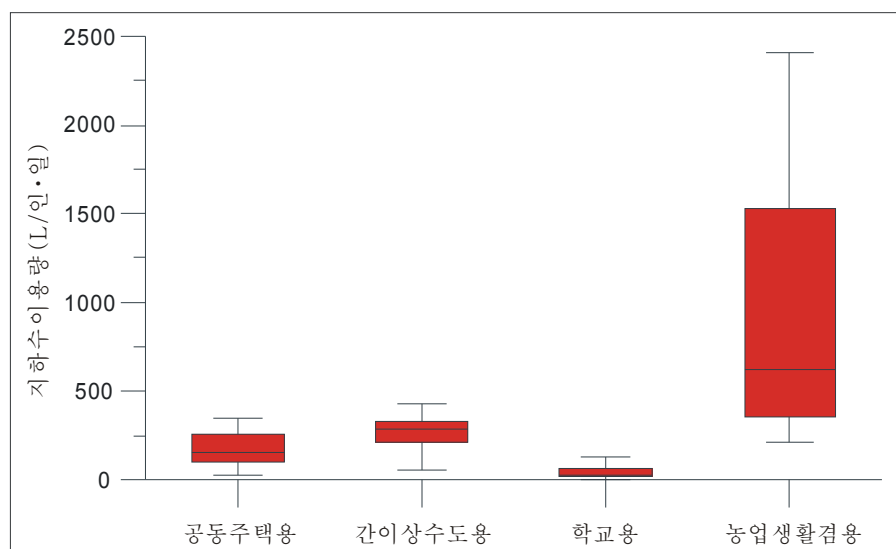
	1인 1일 평균이용량(L/인·일)			
	공동주택용	마을상수도용	학교용	농업생활겸용
분 석 사 례 수	38	23	16	23
합 계	6719.19	6038.37	821.36	20256.21
최 소 값	27.511	57.465	4.747	213.457
최 대 값	348.73	432.13	164.13	2409.40
평 균	176.82	262.54	51.34	880.70
중 양 값	157.43	281.11	33.03	625.39
표 준 편 차	84.08	103.13	44.05	673.77
분 산	7068.70	10634.83	1940.52	453959.78
왜 도	0.40	-0.44	1.45	1.07
첨 도	-0.96	-0.11	1.83	0.10

빈도분포도를 살펴보면, 공동주택용은 평균값에 가까운 범위(120~200L/인·일)의 빈도수는 비교적 작고, 양쪽(80~120L/인·일, 240~260L/인·일)으로 빈도수가 많은 분포를 보였다. 마을상수도용은 비교적 정규분포를 보였고, 농업생활겸용은 오른쪽으로 길게 분포하였다(그림 4-26).

Box-plot를 살펴보면, 자료의 범위는 농업생활겸용이 가장 넓은 범위를 보였고, 최대값·중간값 모두 농업생활겸용이 가장 높은 값을 보였다(그림 4-27).



<그림 4-26> 생활용 정호 세부용도별(일반용 제외) 지하수 이용량 빈도분포도



<그림 4-27> 공동주택용·마을상수도용·농업생활검용 지하수 이용량 Box-plot

공동주택용·마을상수도·농업생활겸용 지하수 이용량 산정방법은 각각 정호의 급수 인구수(인)에 분석된 공동주택용·마을상수도·농업생활겸용 평균 기준단위(공동주택용: 176.82L/인·일, 마을상수도용: 262.54L/인·일, 농업생활겸용: 880.7L/인·일)를 적용하여, 정호의 개소당 일평균이용량을 추정하고, 여기에 가동일수 365일을 곱하여 연간 이용량을 산정한다.

산정방법을 정리하면 다음과 같다.

$$\text{정호별 급수인구(인)} \times \text{급수인구 당 기준단위(공동주택용: 176.82L/인·일, 마을상수도용: 262.54L/인·일, 농업생활겸용: 880.7L/인·일)} \times \text{가동일수(365일)}$$

3) 학교용

학교용에 대한 1일 평균이용량을 산정시, 초·중·고등학교 최저수업일수 220일 이상(초·중등교육법 시행령 제 45조)을 고려하지 않고, 최후 조사일에서 최초 조사일을 뺀 일수를 총이용량에서 나누어 산정하였다(표 4-36). 한편 1인 1일 평균이용량은 1일 평균이용량에 급수인구를 나누어서 산정하였다.

전 절에서 1차 자료선별과 용도 재분류에 의하여 선별된 학교용 18개 정호에 대하여 Box-plot을 이용하여 2차 자료선별과정을 수행하였다(그림 4-25). 그 결과 18개 정호 중 2개 정호가 이상값으로 검출되어 분석에서 제거하고, 총 16개 정호에 대하여 통계분석을 수행하였다. 그 결과 1인 1일 평균이용량의 평균값은 51.34L/인·일, 중앙값은 33.03L/인·일, 표준편차는 44.05L/인·일, 분산은 1,940.52로 분석되었다(표 4-36). 16개 가정용 지하수 1인 1일 평균이용량 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 24.5\%$ 에 해당된다.

전 절에서 학교용 이용량에 영향을 미치는 영향인자와 이용량과의 상관성 분석을 실시한 결과, 급수인구와는 상관성이 없고 양수능력과 상관성이 큰 것으로 조사되었다(표 4-29). 이와 같이 분석된 이유를 살펴보면, 학교용 지하수 이용량은 급수인구와는 상관없이 쓰이는 용도(비상용, 기숙사용, 식당용, 화장실용)에 따라 이용량에 차이가 발생한 것으로 판단된다. 따라서 학교용 정호에 대하여 양수능력($\text{m}^3/\text{일}$)대비 가동률(%)을 조사한 결과, 최소값은 0.666%, 최대값은 75.03%, 평균값은 24.36%, 표준편차는 24.64%, 분산은 607.12으로 조사되었다.(표 4-37)

본 과업에서 활용된 양수능력 값은 양정고(펌프가 설치된 심도)와 펌프효율에 대한 조사가 현장 여건상 어려워 지역개발행정자료에 입력되어 있는 값을 활용하였다. 따라서,

양수능력값은 현장에서 직접 측정된 값이 아니기 때문에 신뢰성에 한계가 있을수 있다. 때문에, 향후 지하수 이용량 모니터링 조사시에는 각각 정호에 대한 양정고(펌프설치 심도)와 펌프효율 등을 조사하여 양수능력에 대한 정확한 값을 얻어야 하며, 학교용 정호에 대한 표본수를 늘려 통계분석결과의 신뢰도를 높일 필요가 있다.

<표 4-37> 학교용 정호의 양수능력대비 일평균이용량

관리 번호	정호제원			급수 인구 (인)	조사일	총 이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	양수능력 대비 가동률 (%)
	펌프 용량 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)					
241	2	50	55	170	378	1,901.90	5.03	9.148
242	3	50	90	400	372	3,649.28	9.81	10.900
243	3	50	94	33	369	892.58	2.42	2.573
244	1	20	40	40	359	730.36	2.03	5.086
245	10	65	130	400	361	12,376.41	34.28	26.372
246	0.5	20	50	250	370	11,811.24	31.92	63.845
249	1	25	129	25	358	307.40	0.86	0.666
251	2	32	60	600	369	1,836.27	4.98	8.294
252	3	32	90	400	359	681.63	1.90	2.110
253	2	50	150	650	264	9,867.76	37.38	24.919
256	3	40	60	550	364	4,628.57	12.72	21.193
259	2	50	50	270	384	1,539.20	4.01	8.017
260	2	50	90	270	380	3,254.80	8.57	9.517
261	1	20	30	600	362	5,620.90	15.53	51.758
262	2	30	400	400	244	26,065.03	106.82	26.706
268	1	32	40	150	404	11,753.23	29.09	72.730
269	2	50	50	150	401	3,915.15	9.76	19.527
270	3	32	70	320	371	19,485.76	52.52	75.032
사례수						18	18	18
합계						120317.47	369.63	438.39
최소값						307.400	0.859	0.666
최대값						26065.03	106.82	75.03
평균						6684.30	20.54	24.36
중앙값						3782.22	9.79	15.21
표준편차						7221.45	26.31	24.64
분산						52149360	692.09	607.12
왜도						1.50	2.33	1.18
첨도						1.87	6.43	0.09

학교용 정호의 이용량은 지역개발행정자료에 기재된 양수능력 값에 양수능력대비 평균가동률(24%)을 곱하여 일평균이용량을 산정하고, 365일을 적용하여 연간 이용량을 산정한다.

$$\text{지역개발행정자료에 기재된 양수능력(m}^3\text{/일)} \times \text{양수능력대비 평균가동률(24\%)} \times \text{가동일수(365일)}$$

4) 일반용

가) 욕탕용

일반용 중 욕탕용은 기준단위 산정기준으로 시설면적대비 일평균이용량과 객실수대비 일평균이용량을 산정하였다. 또한 욕탕용은 목욕시설을 갖춘시설과 목욕시설을 갖추지 않고 숙박시설만 있는 시설을 구분하여 통계분석을 실시하였고, 그 결과를 <표 4-38>에 나타내었다. 목욕탕용 22개 전체시설에 대하여 시설면적대비 일평균이용량의 평균값은 13.18L/m²·일로 조사되었고, 객실수 대비 일평균이용량은 14개 시설에서 평균 0.25m³/호수·일로 조사되었다.

목욕시설을 갖추지 않고 숙박시설만 있는 시설의 시설면적대비 일평균이용량은 6.51L/m²·일, 객실수대비 일평균이용량은 0.25m³/호수·일로 조사되었다. 한편 목욕시설을 갖춘 시설은 시설면적대비 일평균이용량이 19.851L/m²·일로 조사되었다. 이와 같이 시설면적대비 일평균이용량은 목욕시설을 갖춘 시설이 목욕시설을 갖추지 못한 시설보다 약 3.05배 많게 조사되었다(표 4-38).

나) 식당용

일반용 중 식당용은 기준단위로 시설면적대비 일평균이용량과 시설이용객수대비 일평균이용량으로 산정하였다. 각각 정호마다의 시설면적대비 일평균이용량과 시설이용객수대비 일평균이용량을 구한 결과와 통계분석한 결과를 <표 4.2-6>에 나타내었다. 식당용 23개 시설에 대하여 시설면적대비 일평균이용량의 최소값은 5.761L/m²·일, 최대값은 65.63L/m²·일, 평균값은 27.42L/m²·일, 중앙값은 18.94L/m²·일, 표준편차 19.06L/m²·일로 분석되었다. 또한 객실수대비 일평균이용량은 총 21개 시설에서 최소값 7.618L/인·일, 최대값 144L/인·일, 평균값 44.28L/인·일, 중앙값 34.87L/인·일, 표준편차 36.99L/인·일로 조사되었다(표 4-39).

<표 4-38> 일반용(육탕용)에 대한 기준단위 분석결과

관리 번호	정호제원			시설 면적 (m ²)	객실수	조사일	총 이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	시설면적대비 일평균이용량 (L/m ² .일)	객실수대비 일평균이용량 (m ³ /호수일)	
	펌프 용량 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)								
목 욕 시 설 비	280	1	25	30	992	32	404	1,736.00	4.30	4.33	0.13
	283	1	40	50	992	32	429	3,010.87	7.02	7.08	0.22
	284	1	25	80	992	32	361	1,321.74	3.66	3.69	0.11
	285	1	40	59	992	40	362	3,785.78	10.46	10.55	0.26
	290	1	25	125	992	30	364	3,682.60	10.12	10.20	0.34
	291	1	20	50	826	25	364	2,253.67	6.19	7.49	0.25
	293	2	20	55	1,157	40	363	1,840.84	5.07	4.38	0.13
	294	2	30	50	3,306	45	409	5,572.37	13.62	4.12	0.30
	295	2	30	166	3,306	45	418	13,698.60	32.77	9.91	0.73
	297	2	32	30	992	30	414	1,596.60	3.86	3.89	0.13
	298	2	32	30	1,653	40	405	3,976.98	9.82	5.94	0.25
	사례수							11	11	11	11
	최소값							1321.740	3.661	3.692	0.114
	최대값							13698.60	32.77	10.55	0.73
	평 균							3861.46	9.72	6.51	0.26
중앙값							3010.87	7.02	5.94	0.25	
표준편차							3510.50	8.30	2.70	0.17	
분 산							12323635	68.92	7.29	0.03	
왜 도							2.56	2.47	0.51	2.21	
첨도							7.28	6.90	-1.50	5.93	
목 욕 시 설 비	089	2	32	80	1,157	35	377	2,794.34	7.41	6.41	0.21
	271	2	40	40	1,157		178	1,702.11	9.56	8.26	-
	272	2	25	50	1,322		380	16,917.20	44.52	33.67	-
	273	1	20	129	1,322		379	17,409.80	45.94	34.74	-
	275	1	40	129	1,322	60	355	4,101.63	11.55	8.74	0.19
	276	3	20	100	1,322		396	11,230.43	28.36	21.45	-
	277	10	50	100	1,653		228	16,993.24	74.53	45.09	-
	278	2	25	40	1,058	30	392	2,362.80	6.03	5.70	0.20
	286	5	50	160	992		364	9,957.30	27.36	27.58	-
	288	5	30	180	1,488		360	8,733.51	24.26	16.31	-
	292	0.5	15	49	661		366	2,507.30	6.85	10.36	-
	사례수							11	11	11	3
	최소값							1702.110	6.028	5.698	0.193
	최대값							17409.80	74.53	45.09	0.21
	평 균							8609.97	26.03	19.85	0.20
중앙값							8733.51	24.26	16.31	0.20	
표준편차							6352.63	21.67	13.61	0.01	
분 산							40355859	469.62	185.34	0.00	
왜 도							0.37	1.19	0.65	0.39	
첨 도							-1.63	1.10	-0.91	-	
전 체	사례수							22	22	22	14
	최소값							1321.740	3.661	3.692	0.114
	최대값							17409.80	74.53	45.09	0.73
	평균							6235.71	17.88	13.18	0.25
	중앙값							3734.19	9.97	8.50	0.22
	표준편차							5566.96	18.06	11.76	0.15
	분산							30990993	326.17	138.32	0.02
	왜도							1.12	1.86	1.58	2.58
	첨도							-0.23	3.51	1.57	8.04

<표 4-39> 일반용(식당용)에 대한 기준단위 분석결과

관리 번호	정호제원			시설 면적 (m ²)	하루평균 시설 이용객수 (명)	조사일	총 이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	시설면적 대비 일평균이용량 (L/m ² ·일)	시설이용 객수대비 일평균이용량 (L/인·일)
	마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)							
301	0.5	20	50	331	-	415	1,472.80	3.55	10.74	-
302	0.5	20	50	132	50	393	1,135.20	2.89	21.84	57.77099
303	0.5	15	50	99	20	405	386.59	0.95	9.62	47.72716
304	0.5	20	57	99	70	377	702.18	1.86	18.78	26.60781
305	0.3	20	30	99	80	379	1,274.00	3.36	33.89	42.01847
306	0.5	15	50	99	50	379	338.46	0.89	9.00	17.86069
307	2	20	40	132	100	378	374.50	0.99	7.49	9.907407
308	1	25	40	132	120	380	1,772.00	4.66	35.27	38.85965
309	0.5	15	57	198	150	377	4,907.36	13.02	65.63	86.77913
312	0.5	16	28	99	100	374	615.30	1.65	16.59	16.45187
313	0.5	16	50	132	100	396	649.75	1.64	12.41	16.40783
314	0.5	20	30	132	100	378	287.95	0.76	5.76	7.617725
315	1	25	20	99	100	377	558.71	1.48	14.94	14.81989
316	0.3	15	20	99	50	404	1,001.43	2.48	24.99	49.57574
317	1	25	40	132	80	395	890.40	2.25	17.05	28.17722
318	0.5	13	30	132	50	394	2,836.85	7.20	54.45	144.0025
319	0.5	16	30	99	100	432	2,661.19	6.16	62.11	61.60162
320	0.5	35	70	132	100	431	1,079.53	2.50	18.94	25.0471
321	0.5	20	20	132	200	365	2,750.46	7.54	56.99	37.67753
324	0.5	25	50	99	30	403	1,708.04	4.24	42.74	141.2771
326	0.5	20	50	132	150	402	2,592.50	6.45	48.77	42.99337
329	1	25	129	132	150	368	1,599.12	4.35	32.86	28.96957
330	1	25	29	331	100	403	1,292.48	3.21	9.70	32.07146
사례수							23	23	23	22
최소값							287.950	0.762	5.761	7.618
최대값							4907.36	13.02	65.63	144.00
평균							1429.86	3.66	27.42	44.28
중앙값							1135.20	2.89	18.94	34.87
표준편차							1105.66	2.89	19.06	36.99
분산							1222480	8.33	363.44	1368.03

다) 주유소용

일반용 중 주유소용은 시설면적이 거의 유사하기 때문에 세차시설의 유/무에 따라 이용량에 차이가 난다. 따라서 세차대수대비 일평균이용량으로 기준단위 산정기준을 정하였고, 세차시설을 갖춘시설과 세차시설을 갖추지 않은 시설로 구분하여 통계분석한 결과를 <표 4-40>에 나타내었다. 세차시설을 갖추지 않은 8개 시설은 세차대수대비 일평균 이용량을 구할 수 없어, 세차시설을 갖춘 20개 시설에 대하여만 통계분석하였다. 세차시설을 갖춘시설은 세차대수대비 일평균이용량의 최소값이 11.977L/세차대수·일, 최대값은 649L/세차대수·일, 평균값은 216.14L/세차대수·일, 중앙값은 192.83L/세차대수·일, 표준편차는 162.05L/세차대수·일로 조사되었다(표 4-40).

<표 4-40> 일반용(주유소용)에 대한 기준단위 분석결과

시설 구분	관리 번호	정호제원			세차 대수	조사일	총이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	세차대수대비 일평균이용량 (L/세차대수.일)
		마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)					
세 차 시 설 무	331	1	25	129	-	374	1,325	3.54	-
	343	0.5	20	50	-	366	382	1.04	-
	345	0.3	20	50	-	381	541	1.42	-
	354	0.5	15	20	-	399	204	0.51	-
	355	0.5	20	40	-	398	219	0.55	-
	356	0.5	16	25	-	400	498	1.25	-
	358	0.5	15	25	-	391	618	1.58	-
	360	1	25	40	-	406	418	1.03	-
	사례수						8	8	-
	최소값						203.680	0.510	-
	최대값						1324.62	3.54	-
	평 균						525.65	1.37	-
	중앙값						458.14	1.14	-
	표준편차						354.08	0.96	-
	분 산						125374.94	0.92	-
세 차 시 설 유	130	2	30	80	40	365	3,340	9.15	228.79
	332	0.5	20	50	30	373	387	1.04	34.57
	333	1	25	55	20	359	1,445	4.03	201.30
	334	1	32	50	50	357	2,832	7.93	158.68
	335	0.5	20	50	5	385	859	2.23	446.25
	336	2	50	70	10	360	724	2.01	200.98
	337	1	32	129	60	363	5,813	16.01	266.90
	338	2	25	50	50	375	12,186	32.50	649.93
	339	1	25	125	5	393	639	1.63	325.25
	340	2	13	10	5	359	181	0.50	100.78
	341	2	32	50	50	362	1,636	4.52	90.41
	342	2	20	90	50	362	3,980	10.99	219.88
	346	1	25	129	50	365	2,612	7.16	143.11
	347	2	20	50	40	363	174	0.48	11.98
	348	2	20	50	50	365	2,116	5.80	115.93
	349	1	25	50	50	373	1,320	3.54	70.77
	350	1	32	50	5	365	854	2.34	467.74
	351	2	30	70	50	364	1,296	3.56	71.22
	352	0.5	20	50	50	365	6,091	16.69	333.74
	353	2	50	30	60	373	4,133	11.08	184.69
	사례수						20	20	20
	최소값						173.900	0.479	11.977
	최대값						12186.11	32.50	649.93
	평 균						2630.90	7.16	216.14
	중앙값						1540.91	4.27	192.83
	표준편차						2857.67	7.68	162.05
	분 산						8166255.22	59.03	26259.31
전 체	사례수						28	28	20
	최소값						173.900	0.479	11.977
	최대값						12186.11	32.50	649.93
	평균						2029.40	5.50	216.14
	중앙값						1077.62	2.94	192.83
	표준편차						2591.74	6.99	162.05
	분산						6717138.73	48.88	26259.31

라) 사무용

일반용 중 사무용은 기준단위로 시설면적대비 일평균이용량을 산정하였다. 각각 정호마다의 시설면적대비 일평균이용량 결과와 통계분석한 결과를 <표 4-41>에 나타내었다. 사무용 27개 시설에 대하여 시설면적대비 일평균이용량의 최소값은 $0.125\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 최대값은 $50.70\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 평균값은 $7.58\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 중앙값은 $3.37\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 표준편차 $11.42\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$ 로 분석되었다.

일평균이용량의 평균대비 표준편차값은 292%로 조사되었고, 시설면적대비 일평균이용량의 평균대비 표준편차값은 151%로 조사되었다. 이와 같이 시설면적을 기준단위로 산정하여 분석하면 평균대비 표준편차값이 줄어드는 양상을 보였다(표 4-41).

마) 체육시설용

일반용 중 체육시설용은 기준단위로 시설면적대비 일평균이용량을 산정하였다. 체육시설용 24개 전체시설에 대하여 시설면적대비 일평균이용량의 최소값은 $1.35\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$, 최대값은 $34,678\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$, 평균값은 $4,411.56\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$, 중앙값은 $91.17\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$, 표준편차는 $8,714.72\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$ 로 조사되었다. 이와 같이 표준편차가 평균대비 197%로 각 시설별로 이용량의 차이가 큰 것으로 조사되었다. 따라서 골프장 시설과 골프장 이외의 시설(공설운동장, 수영장)은 이용량에 차이가 있는 것으로 예상되어 골프장 시설과 골프장 이외의 시설을 구분하여 통계분석 하였으며, 그 결과를 <표 4-42>에 나타내었다.

골프장 시설의 시설면적대비 일평균이용량은 $94.74\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$ 로 조사되었고, 골프장 이외의 시설은 $14,895.25\text{L}/\text{ha}\cdot\text{일}$ 로 조사되었다(표 4-42).

바) 소규모사업체

일반용 중 소규모사업체의 기준단위로 시설면적대비 일평균이용량을 산정하였다. 각각 정호마다의 시설면적대비 일평균이용량 결과와 통계분석한 결과를 <표 4-43>에 나타내었다. 소규모사업체 18개 시설에 대하여 시설면적대비 일평균이용량의 최소값은 $0.01\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 최대값은 $93.34\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 평균값은 $27.92\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 중앙값은 $16.41\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$, 표준편차는 $32.41\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{일}$ 로 분석되었다.

일평균이용량의 평균대비 표준편차값은 88%로 조사되었고, 시설면적대비 일평균이용량의 평균대비 표준편차값은 116%로 조사되었다. 이와 같이 시설면적대비를 기준단위로 산정하여 분석하면 평균대비 표준편차값이 증가하는 양상을 보였다(표 4-43).

〈표 4-41〉 일반용(사무용)에 대한 기준단위 분석결과

관리 번호	정호제원			시설 면적 (m ²)	조사일	총이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	시설면적대비 일평균이용량 (L/m ² .일)
	마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)					
363	0.5	15	50	165	408	217	0.53	3.22
364	0.5	25	45	132	388	151	0.39	2.93
365	0.5	20	50	132	383	143	0.37	2.83
366	0.5	15	50	99	356	152	0.43	4.31
368	1	25	80	826	400	432	1.08	1.31
369	0.5	20	30	264	400	818	2.04	7.73
370	0.5	20	50	826	225	85	0.38	0.46
371	1	20	40	132	398	1,735	4.36	32.96
373	0.5	25	45	99	416	108	0.26	2.61
375	1	50	129	6612	403	334	0.83	0.13
376	1	50	129	6612	312	3,318	10.63	1.61
377	0.5	25	38	496	394	658	1.67	3.37
378	1	50	129	6612	374	26,680	71.34	10.79
380	0.5	15	57	132	422	353	0.84	6.33
381	0.5	15	45	165	392	400	1.02	6.17
385	0.5	20	32	99	365	139	0.38	3.85
386	0.5	20	60	165	399	919	2.30	13.93
387	0.5	25	55	661	355	549	1.55	2.34
389	0.5	20	25	66	354	1,187	3.35	50.70
421	0.5	15	50	66	355	81	0.23	3.44
424	0.5	30	201	661	355	673	1.89	2.87
425	2	30	70	1322	356	1,621	4.55	3.44
436	0.5	16	70	992	375	307	0.82	0.83
439	2	32	65	3306	377	1,765	4.68	1.42
448	0.3	16	25	165	391	117	0.30	1.82
450	0.5	20	33	496	394	1,527	3.88	7.82
450-2	0.5	20	55	198	404	2,045	5.06	25.53
사례수						27	27	27
합 계						46513.89	125.17	204.72
최소값						80.800	0.228	0.125
최대값						26680.00	71.34	50.70
평 균						1722.74	4.64	7.58
중앙값						432.33	1.08	3.37
표준편차						5049.46	13.53	11.42
분 산						25497021	183.04	130.45
왜 도						5.00	4.96	2.78
첨도						25.55	25.26	7.99

<표 4-42> 일반용(체육시설)에 대한 기준단위 분석결과

시설 구분	관리 번호	정호제원			시설 면적 (ha)	조사일	총이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	시설면적대비 일평균이용량 (L/ha·일)
		마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)					
골 프 장	394	7.5	50	100	82.76	355	2,254	6.35	76.73
	397	5	40	150	172.02	366	19,079	52.13	303.04
	401	5	40	150	172.02	369	2,288	6.20	36.04
	403	5	40	150	148.76	391	11,457	29.30	196.97
	404	10	60	150	148.76	369	297	0.80	5.41
	405	10	60	150	148.76	386	167	0.43	2.90
	406	7.5	50	75	165.29	378	84	0.22	1.35
	407	5	50	70	165.29	378	5,644	14.93	90.33
	408	10	50	265	165.29	375	757	2.02	12.21
	409	10	50	145	165.29	378	656	1.73	10.49
	410	5	32	210	132.23	360	14,320	39.78	300.82
	411	5	32	118	132.23	360	4,380	12.17	92.01
	414	30	65	270	135.54	369	719	1.95	14.37
	416	10	65	150	135.54	414	19,986	48.28	356.18
	417	25	65	360	135.54	369	2,574	6.98	51.47
	418	15	65	130	135.54	371	1,975	5.32	39.27
	420-1	25	65	300	135.54	370	1,054	2.85	21.02
	사례수						17	17	17
	최소값						84	0.22	1.35
	최대값						19,986	52.13	356.18
	평 균						5,158	13.61	94.74
	중앙값						2,254	6.20	39.27
	표준편차						6,718	17.47	118.41
	분 산						45,130,892	305.29	14,021.71
	왜 도						1.44	1.41	1.36
	침 도						0.73	0.59	0.45
기 타 체 육 시 설	412	2	50	218	1.26	364	8,392	23.05	18,352.95
	415	2	50	90	1.32	356	7,993	22.45	16,979.30
	395	3	32	90	0.60	370	1,780	4.81	8,083.79
	398	3	32	90	0.60	356	2,406	6.76	11,356.02
	422	2	25	50	0.66	358	241	0.67	1,017.26
	399	2	50	70	1.16	353	5,636	15.97	13,799.04
	400	7.5	40	100	1.16	365	14,645	40.12	34,678.39
	사례수						7	7	7
	최소값						241	0.67	1,017.26
	최대값						14,645	40.12	34,678.39
	평 균						5,870	16.26	14,895.25
	중앙값						5,636	15.97	13,799.04
	표준편차						4,972	13.65	10,491.22
전 체	분 산						24,724,291	186.41	110,065,639
	왜 도						0.78	0.73	0.96
	침 도						0.26	0.14	2.02
	사례수						24	24	24
	최소값						84	0.22	1.35
	최대값						19,986	52.13	34,678.39
	평 균						5,366	14.39	4,411.56
	중앙값						2,347	6.55	91.17
	표준편차						6,161	16.20	8,714.72
	분 산						37,954,523	262.51	75,946,358
	왜 도						1.29	1.22	2.31
	침 도						0.55	0.28	5.55

<표 4-43> 일반용(소규모사업체)에 대한 기준단위 분석결과

관리 번호	정호제원			시설 면적 (m ²)	조사일	총이용량 (m ³)	일평균 이용량 (m ³ /일)	시설면적대비 일평균이용량 (L/m ² .일)
	마력 (HP)	토출관 직경 (mm)	양수 능력 (m ³ /일)					
323	1	32	129	165	362	5,585	15.43	93.34
362	0.5	20	50	231	404	3,401	8.42	36.38
367	1	20	129	496	407	85	0.21	0.42
379	0.5	20	50	496	431	2,093	4.86	9.79
383	1	25	129	992	376	1,620	4.31	4.34
388	2	40	70	661	356	8,186	23.00	34.78
427	1	25	60	165	377	3,623	9.61	58.14
429	1	25	55	165	378	2,005	5.31	32.10
430	0.5	20	43	66	387	589	1.52	23.03
434	1	25	32	6612	135	65	0.48	0.07
435	1	25	60	33	375	982	2.62	79.25
437	1	25	70	6612	189	115	0.61	0.09
441	3	32	90	4959	359	4,615	12.85	2.59
442	1	25	125	6612	204	19	0.09	0.01
445	2	32	90	4959	390	5,356	13.73	2.77
447	5	40	250	6612	389	2,417	6.21	0.94
450-3	1	25	70	264	389	3,563	9.16	34.63
450-7	0.5	20	30	165	187	2,781	14.87	89.96
사 례 수						18	18	18
최 소 값						19	0.09	0.01
최 대 값						8,186	23.00	93.34
평 균						2,617	7.40	27.92
중 양 값						2,255	5.76	16.41
표준편차						2,279	6.51	32.41
분 산						5,192,404	42.39	1,050.20
왜 도						0.84	0.81	1.02
첨 도						0.45	0.15	-0.19

일반용 정호는 시설면적이나 시설이용객수, 세차대수, 객실수 등에 의하여 기준단위를 산출한다 하여도, 본 과업에서 조사된 정호 이외의 정호에는 조사가 이루어져 있지 않아 시설면적, 시설이용객수, 세차대수, 객실수당 기준단위를 활용할 수 없다. 이에 따라 향후 이용량 영향인자에 대한 조사가 이루어져야만 활용될 수 있을 것이다. 따라서 본 과업에서는 지하수 이용량과 상관성이 있고 표본선정된 정호이외의 정호에서 조사가 이루어져 있는 양수능력을 기준단위로 정하여 6개 업종별(목욕탕용, 식당용, 주유소용, 사무용, 체육시설용, 기타(영업용))로 그룹화하여 정호 당 양수능력대비 가동률(%)을 산출하여 통계 분석 하였다.

전 절에서 1차 자료선별과 용도 재분류로 선별된 일반용 정호 169개에 대하여 업종별로 양수능력대비 가동률(%)을 통계분석하여 <표 4-44>에 나타내었다. 업종별로 구분하

지 않고 분석한 결과, 전체 169개 정호의 평균값은 11.28%, 중앙값은 6.5%로 분석되었고, 업종별로 분류하여 분석한 결과, 목욕탕용이 평균 22.83%로 가장 높았으며, 다음으로 체육시설용, 기타(영업용), 주유소용, 사무용 순으로 분석되었다(표 4-44).

하지만 업종별로 양수능력의 빈도분포도를 살펴보면, 정규분포를 보이기보다는 오른쪽으로 길게 분포하는 양상을 보이기 때문에 업종별로 분류하면 이용량에 편차가 많이 발생하는 것으로 조사되었다(그림 4-28). 따라서 향후에 이를 보완하기 위해서는 좀 더 세세한 업종별 분류가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 현재 기존자료인 지역개발 행정자료를 살펴보면 용도의 구분이 일반용까지만 되어 있고 업종별로는 구분되어 있지 않아 업종별 기준단위를 산정하였다 하여도 활용을 할 수가 없다.

따라서 업종별로 구분하여 그룹화 하지 않고, 양수능력별로 $30\text{m}^3/\text{일}$ 미만, $30\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $50\text{m}^3/\text{일}$ 이하, $50\text{m}^3/\text{일}$ 초과~ $100\text{m}^3/\text{일}$ 이하, $100\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $150\text{m}^3/\text{일}$ 이하, $150\text{m}^3/\text{일}$ 초과와 같이 5개의 카테고리별로 그룹화하여 일평균이용량과 양수능력 대비 가동률(%)을 분석하였다(표 4-45).

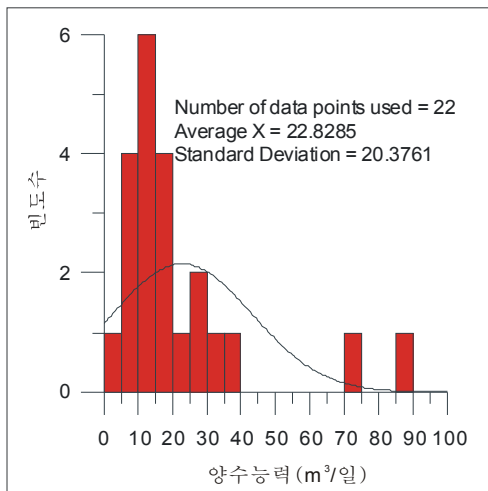
통계분석결과, $30\text{m}^3/\text{일}$ 미만의 경우 일평균이용량은 $2.68\text{m}^3/\text{일}$, 양수능력대비 가동률(%)은 평균적으로 13.55%로 조사되었고, $30\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $50\text{m}^3/\text{일}$ 이하의 경우는 일평균 이용량이 $4.59\text{m}^3/\text{일}$, 양수능력대비 가동률(%)은 10.88%로 조사되었다. 또한, $50\text{m}^3/\text{일}$ 초과~ $100\text{m}^3/\text{일}$ 이하의 경우는 일평균이용량이 $10.27\text{m}^3/\text{일}$, 양수능력대비 가동률(%)은 12.68%로 조사되었고, $100\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $150\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 일평균이용량이 $13.43\text{m}^3/\text{일}$, 양수능력대비 가동률(%)은 9.9%, $150\text{m}^3/\text{일}$ 초과는 일평균이용량이 $15.37\text{m}^3/\text{일}$, 양수능력대비 가동률(%)은 7.97%로 조사되었다(표 4-45). $30\text{m}^3/\text{일}$ 미만은 16개 정호가 분석에 활용되었고, 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 24.5\%$ 에 해당된다. $30\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $50\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 69개 정호가 분석에 활용되었고, 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용 오차율 $\pm 11.8\%$ 에 해당된다. $50\text{m}^3/\text{일}$ 초과~ $100\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 46개 정호가 분석에 활용되었고, 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 14.4\%$ 에 해당된다. $100\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $150\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 27개 정호가 분석에 활용되었고, 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 18.9\%$ 에 해당된다. $150\text{m}^3/\text{일}$ 초과는 11개 정호가 분석에 활용되었고, 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 29.5\%$ 에 해당된다.

<표 4-44> 일반용 정호의 업종별 양수능력대비 가동률(%) 분석결과

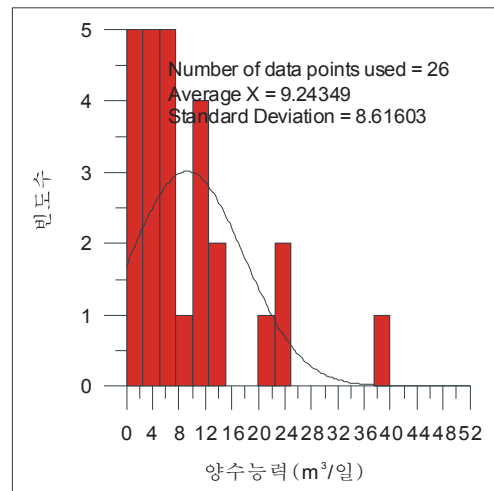
	양수능력 대비 가동률(%)										
	육탕용			식당용	주유소용			사무용	체육 시설용	소규모 사업체	전체
	합계	목욕탕 유	목욕탕 무		합계	세차시설 유	세차시설 무				
분석사례수	22	11	11	26	28	8	20	33	24	36	169
합계	502.23	172.94	932.13	240.33	279.77	25.48	254.29	209.53	270.97	402.96	1905.8
최소값	4.577	4.577	8.957	0.215	0.958	1.376	0.958	0.455	0.288	0.073	0.073
최대값	89.04	32.73	89.04	37.68	64.99	6.32	64.99	55.30	40.12	58.25	89.04
평균	22.83	15.72	29.94	9.24	9.99	3.19	12.71	6.35	11.29	11.19	11.28
중앙값	14.70	14.04	17.10	6.49	5.06	2.66	7.20	1.47	5.85	6.07	6.50
표준편차	20.86	8.31	27.08	8.79	13.81	1.63	15.58	10.74	12.37	13.71	14.20
분산	434.95	69.12	733.16	77.21	190.79	2.66	242.83	115.36	152.99	188.04	201.77
왜도	2.36	0.93	1.62	1.69	2.92	1.26	2.44	3.51	1.02	2.12	2.61
첨도	5.47	0.53	1.55	3.26	9.37	0.90	6.35	14.11	-0.13	4.44	8.541

<표 4-45> 일반용 정호의 양수능력별 일평균이용량과 양수능력대비 가동률(%) 분석결과

	30m ³ /일 미만		30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하		50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하		100m ³ /일 초과 ~ 150m ³ /일 이하		150m ³ /일 초과	
	일평균 이용량 (m ³ /일)	양수능력 대비 가동률 (%)	일평균 이용량 (m ³ /일)	양수능력 대비 가동률 (%)	일평균 이용량 (m ³ /일)	양수능력 대비 가동률 (%)	일평균 이용량 (m ³ /일)	양수능력 대비 가동률 (%)	일평균 이용량 (m ³ /일)	양수능력 대비 가동률 (%)
분석사례수	16	16	69	69	46	46	27	27	11	11
합계	42.83	216.82	316.89	750.59	472.59	583.47	362.70	267.28	169.12	87.63
최소값	0.119	0.594	0.122	0.245	0.223	0.297	0.091	0.073	1.895	0.721
최대값	11.65	58.25	44.52	89.04	74.53	74.53	71.34	55.30	39.78	19.74
평균	2.68	13.55	4.59	10.88	10.27	12.68	13.43	9.90	15.37	7.97
중앙값	1.65	7.03	2.25	5.78	5.53	8.36	5.32	4.09	6.98	2.49
표준편차	2.98	15.68	7.02	15.25	13.39	13.64	19.02	13.90	14.25	8.06
분산	8.90	245.82	49.29	232.51	179.37	186.02	361.72	193.23	203.14	64.90
왜도	2.23	1.99	3.84	3.07	3.05	2.52	1.87	1.99	0.51	0.48
첨도	5.30	3.74	18.00	11.56	11.62	8.64	2.70	3.64	-1.45	-1.81

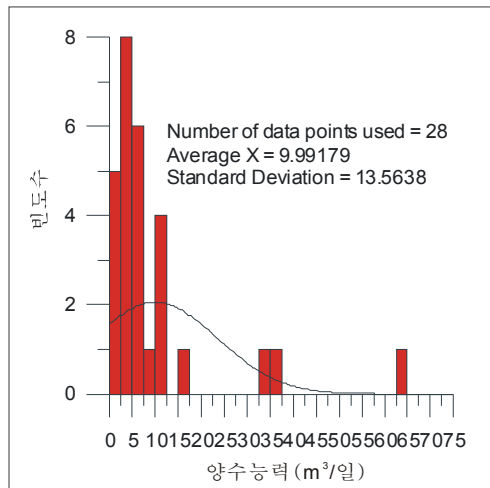


(a) 욕탕용

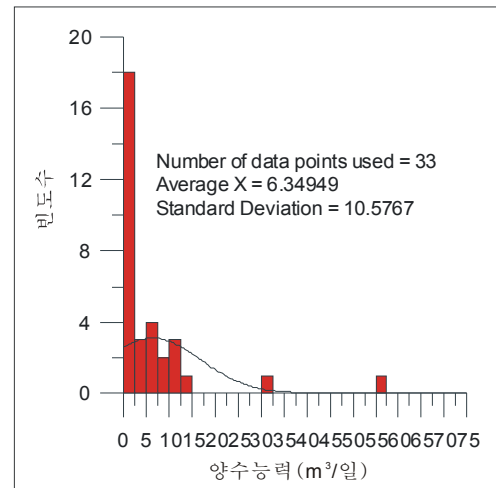


(b) 식당용

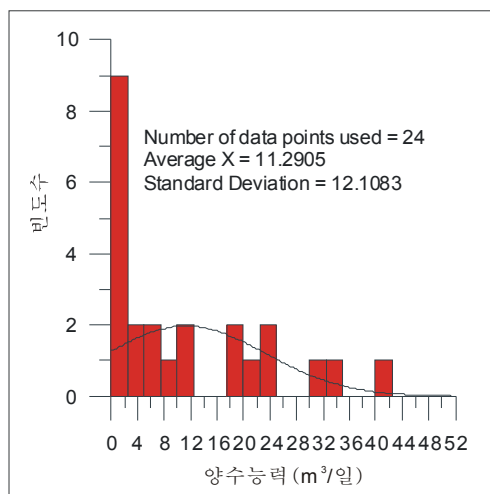
<그림 4-28> 일반용 정호의 양수능력에 대한 빈도분포도



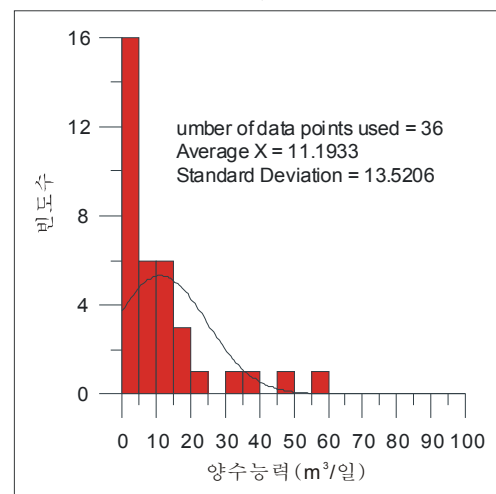
(c) 주유소용



(d) 사무용



(e) 체육시설용



(f) 소규모사업체

〈그림 4-28〉 일반용 정호의 양수능력에 대한 빈도분포도(계속)

용인·안성·이천지역의 하수세 부과자료 중 영업용과 욕탕용 정호에 대한 자료를 선별하였다. 이 중 정호의 위치정보가 지역개발행정자료와 일치하는 정호 252개(용인: 163개, 안성: 29개, 이천: 60개)에 대하여 양수능력별로 분류하여 일평균이용량과 양수능력대비 가동률에 대한 통계분석을 실시하였고, 그 결과를 현장자료의 통계분석결과와 비교·검토 하였다(표 4-46).

하수도사용료 부과자료는 2006년 10월부터 2007년 9월까지의 자료를 이용하였고, 3번 이상 결측된 자료는 신뢰성이 낮다고 판단하여 분석에서 제외하였다.

하수세부과자료도 현장자료와 마찬가지로 양수능력이 증가할수록 일평균이용량이 증가하는 양상을 보였다. 하지만 평균값에는 현장조사자료와 하수세부과자료와는 차이가 있는 것으로 조사되었다(표 4-46).

양수능력별 일평균이용량에 대하여 현장조사자료와 하수세부과자료를 비교·검토해본

결과, 평균값은 30m³/일 미만, 30m³/일 이상~50m³/일 이하와 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 유사한 값을 보였고, 100m³/일 초과만이 차이가 있는 것으로 조사되었다(표 4-46).

또한 양수능력대비 가동률도 30m³/일 미만, 30m³/일 이상~50m³/일 이하와 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 유사한 값을 보였고, 100m³/일 초과만이 차이가 있는 것으로 조사되었다. 이는 표본수가 작아서 두 결과의 통계량에 차이를 보이는 것으로 판단된다(표 4-47).

<표 4-46> 양수능력별 일평균이용량자료와 하수세부과자료와의 비교

	일평균이용량(m ³ /일)							
	현장조사자료				하수세부과자료			
	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과
사 례 수	16	69	46	38	18	137	81	11
합 계	42.83	316.89	472.59	531.82	61.25	647.70	838.97	414.65
최 소 값	0.119	0.122	0.223	0.091	0.279	0.123	0.121	0.548
최 대 값	11.65	44.52	74.53	71.34	12.88	33.76	188.25	142.65
평 균	2.68	4.59	10.27	14.00	3.40	4.73	10.36	37.70
중 양 값	1.65	2.25	5.53	6.21	1.62	2.36	3.97	22.67
표준편차	2.98	7.02	13.39	17.6	3.96	5.46	22.63	41.73
분 산	8.90	49.29	179.37	309.88	15.72	29.79	512.20	1741.33
왜 도	2.23	3.84	3.05	1.64	1.69	2.28	6.42	1.96
첨 도	5.30	18.00	11.62	2.18	1.57	7.00	48.74	3.72

<표 4-47> 양수능력별 양수능력대비 가동률자료와 하수세부과자료의 비교

	양수능력대비 가동률(%)							
	현장조사자료				하수세부과자료			
	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과	30m ³ /일 미만	30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하	50m ³ /일 초과 ~ 100m ³ /일 이하	100m ³ /일 초과
사 례 수	16	69	46	38	18	137	81	11
합계	216.82	750.59	583.47	354.91	315.89	1733.7	1131.23	201.78
최소값	0.594	0.245	0.297	0.073	1.397	0.411	0.219	0.457
최대값	58.25	89.04	74.53	55.30	56.10	80.38	235.31	98.38
평균	13.55	10.88	12.68	9.34	17.55	12.65	13.97	18.34
중앙값	7.03	5.78	8.36	3.73	11.60	6.75	5.74	10.95
표준편차	15.68	15.25	13.64	12.41	18.17	14.81	28.70	27.18
분산	245.82	232.51	186.02	154.11	330.18	219.36	823.95	738.84
왜도	1.99	3.07	2.52	2.03	1.41	2.32	6.11	3.04
첨도	3.74	11.56	8.64	4.44	0.73	6.76	45.05	9.68

일반용 정호의 지하수 이용량 산정방법은 지역개발행정자료에 양수능력이 기재된 정호는 지역개발행정자료의 양수능력에 각 양수능력대비 가동률(30m³/일 미만은 13.55%,

30m³/일 이상~50m³/일 이하는 10.88%, 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 12.68%, 100m³ 이상~150m³ 이하는 9.9%, 150m³/일 초과는 7.97%)을 적용하여 일평균이용량을 산정하고, 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량을 산정한다. 한편 지역개발행정자료에 양수능력이 기재되어 있지 않은 정호는 <표 4-23>에 분석된 토출관직경에 따른 일평균이용량(32mm이하 : 3.63m³/일, 32~42mm : 15.9m³/일, 50mm이상 : 10.14m³/일)에 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량을 산정한다. 이와 같이 일반용 정호의 이용량을 양수능력과 토출관직경에 따라 기준을 정한 이유는 전절에서 가장 상관성이 높은 영향인자로 분석되었기 때문이다.

1. 양수능력이 조사된 정호

= 지역개발행정자료에 기재된 양수능력(m³/일) × 양수능력대비 가동률 × 가동일수(365일)

2. 양수능력이 조사되어 있지 않은 정호

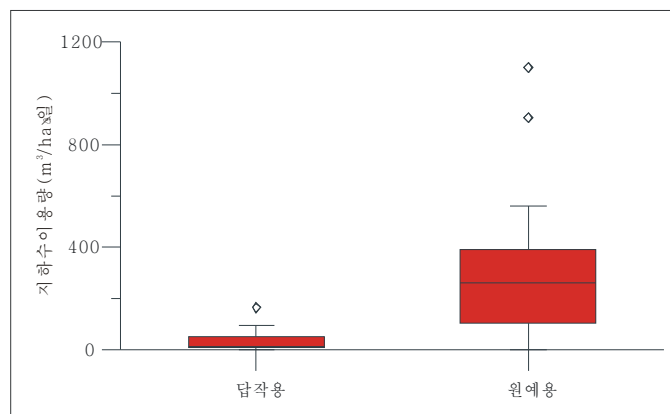
= 토출관직경에 따른 일평균이용량(m³/일) × 가동일수(365일)

5) 답작용·원예용

가) 단위면적당 기준단위

농업용수의 수요량을 파악할 때에는 경작지 이용형태에 따라 수리안전답, 수리불안전답, 관개전 이용량으로 구분하고, 각 카테고리별로 단위면적당 용수이용량인 원단위를 산정하여 간접적으로 추정하는 방식으로 산정한다.

따라서 1차 자료선별과정과 용도변경과정을 마친 81개 답작용, 원예용 정호에 대하여 Box-plot을 이용하여 단위면적(ha)당 기준단위의 이상값을 검출하였고, 그 결과를 <그림 4-29>에 나타내었다. 답작용은 1개, 원예용은 2개 정호가 이상값으로 검출되었다.



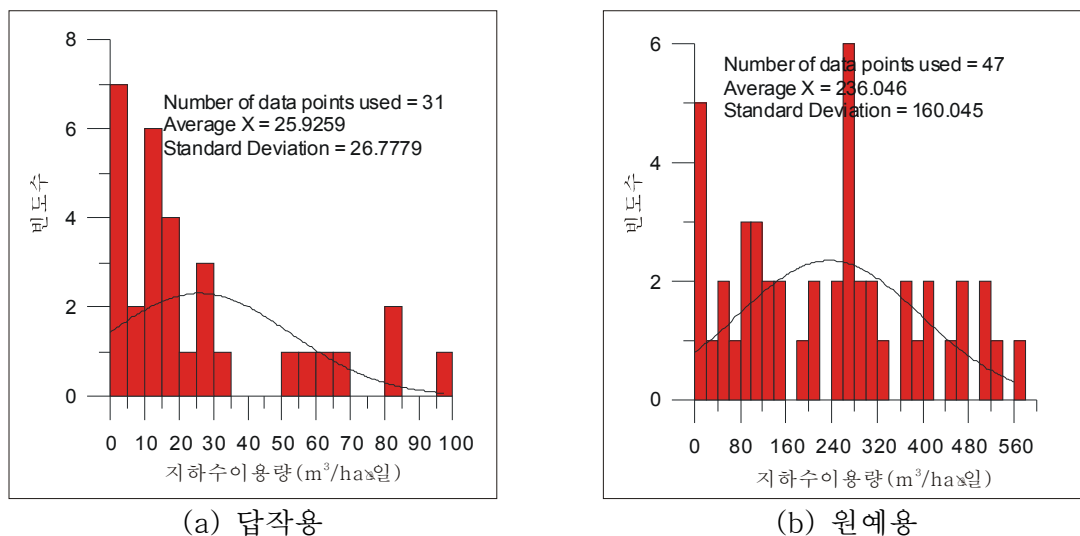
<그림 4-29> Box-plot을 이용한 답작용·원예용 기준단위의 이상값 검출

81개 정호에서 이상값으로 검출된 3개 정호를 제외하고 78개 정호에 대하여 단위면적(ha)당 1일 평균이용량을 구하여 통계분석 하였다. 그 결과, 원예용이 $236.05\text{m}^3/\text{일}\cdot\text{ha}$, 답작용이 $25.93\text{m}^3/\text{일}\cdot\text{ha}$ 을 이용한 것으로 조사되었다(표 4-48). 31개 답작용 정호 단위면적(ha)당 일평균이용량의 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차를 $\pm 17.6\%$ 에 해당되고, 47개 원예용 정호 단위면적(ha)당 일평균이용량의 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차를 $\pm 14.3\%$ 에 해당된다.

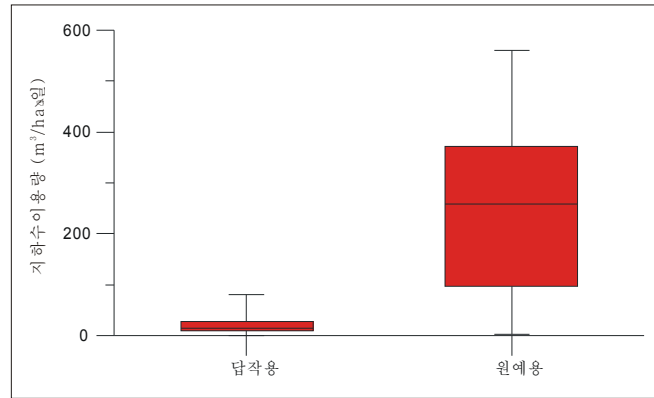
<표 4-48> 답작용·원예용 정호의 단위면적(ha)당 일평균이용량에 대한 분석결과

		단위면적(ha)당 일평균이용량($\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{일}$)	
		답작용	원예용
분	석	31	47
합	계	803.70	11,094.17
최	소	0.020	1.778
최	대	97.06	560.52
평	균	25.93	236.05
중	양	15.05	257.56
표	준	27.22	161.78
분	산	740.96	26,171.22
왜	도	1.30	0.27
침	도	0.66	-0.94

빈도분포도를 살펴보면, 답작용은 오른쪽으로 길게 분포하는 경향을 보였고, 원예용은 넓은 범위에서 고른 분포를 보였다(그림 4-30). Box-plot 또한 원예용이 답작용보다 넓은 범위에서 분포하고 중간값·최대값도 큰 값을 보였다(그림 4-31).



<그림 4-30> 답작용·원예용 단위면적(ha)당 기준단위 빈도분포도



〈그림 4-31〉 답작용·원예용 단위면적(ha)당 기준단위 Box-plot

하지만 이와 같이 단위면적(ha)당 기준단위를 산정하여 이용량을 산정하는 방법은 물리면적이 조사되어 있는 정호에서는 유용하나 물리면적이 조사되어 있지 않은 정호는 그렇지 못하다. 따라서 이에 대한 대안으로 세부용도별로 양수능력대비 가동률(%)을 통계 분석하였다.

나) 양수능력대비 가동율

답작용, 원예용의 양수능력대비 가동율(%)은 다음과 같은 방법으로 구한다.

1. 모니터링기간(12개월)동안 검침된 연간 총이용량($m^3/년$)을 구한다.
2. 양수능력($m^3/일$)에 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)를 곱하여 연간 양수능력값($m^3/년$)을 구한다.
3. 연간 총이용량($m^3/년$)을 연간 양수능력($m^3/년$)값으로 나누어 양수능력대비 가동율(%)을 구한다.

양수능력대비 가동률(%)에 활용된 양수능력값은 토출관직경, 펌프의 모델명 등을 이용하여 최대양수량을 구하고, 여기에 지하수위는 모든 정호에 동일하게 10m를 적용하고, 모터효율은 0.6을 적용하여 산출하였다. 한편 답작용의 가동일수는 기존문헌(최돈항 외, 1998)에서 보고된 벼 재배기간 180일을 고려하였고, 원예용은 하우스 시설로써 1년 내내 지하수를 이용하기 때문에 365일을 고려하였다.

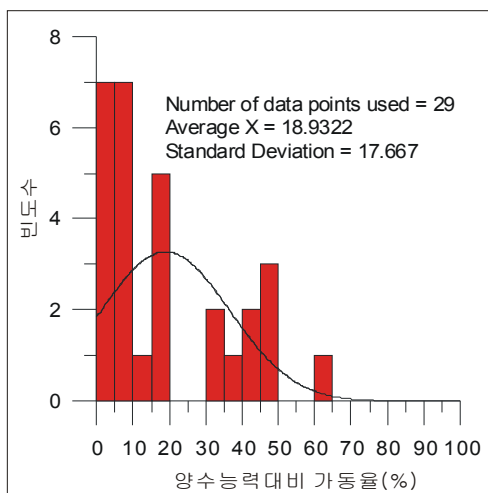
1차 자료선별과정과 용도변경 과정을 마친 81개 답작용, 원예용 정호에 대하여 양수능력대비 가동률이 100%를 넘어가는 2개 정호와 이용량이 거의 없는 2개 정호를 제외하고 77개 정호(답작용 : 29개 정호, 원예용 : 48개 정호)에 대하여 세부용도별로 통계분석하였다.

답작용·원예용 양수능력대비 가동률(%)의 통계분석결과, 답작용은 19.83%, 원예용은 14.12%로 조사되었다(표 4-49). 울산지역 기초조사(2004)에 따르면 답작용, 원예용의 양수능력대비 가동률은 각각 14.5%, 17.4%로 조사되었다. 이와 같이 현장조사 자료와 울산지

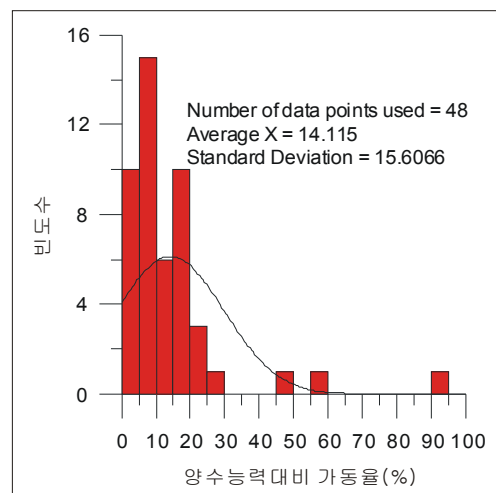
역 기초조사와 차이가 발생하는 이유는 지역별, 시기별 강수량의 차이 때문에 이용량에 차이가 발생하였기 때문으로 판단되고, 또한 이용량을 산정하는 방법이 울산지역과 본 조사와 차이가 있기 때문으로 판단된다. 울산지역에서는 연간 전력 사용량을 펌프용량으로 나누고 다시 양수능력을 곱하여 이용량을 추정하였지만, 본 과업에서는 전력 사용량에 전력 사용량대비 이용량을 적용(현장측정)하여 이용량 값으로 환산하였다.

<표 4-49> 농업용(답작용·원예용)정호의 양수능력대비 가동률(%) 분석결과

	양수능력대비 가동률(%)	
	답작용	원예용
분 석 사 례 수	29	48
최 소 값	0.028	0.103
최 대 값	60.45	94.45
평 균	18.93	14.12
중 양 값	10.16	9.46
표 준 편 차	17.98	15.77
분 산	323.27	248.75
왜 도	0.86	3.41
첨 도	-0.65	14.72

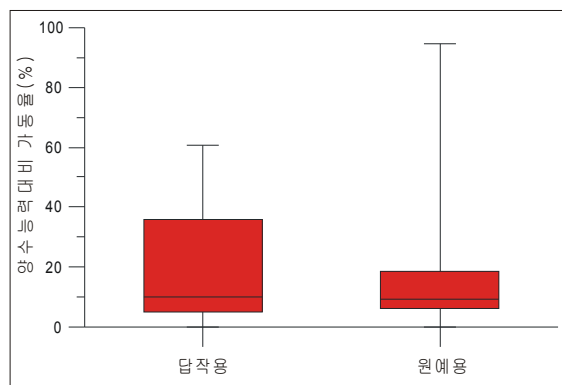


(a) 답작용



(b) 원예용

<그림 4-32> 답작용·원예용 정호의 양수능력대비 가동률 빈도분포도



<그림 4-33> 답작용·원예용 정호의 양수능력대비 가동률 Box-plot

몽리면적이 조사된 답작용·원예용 정호의 지하수 이용량 산정은 세부용도별 몽리면적당 이용량에 정호별 몽리면적을 적용하여 일평균이용량($\text{m}^3/\text{일}$)을 산정하고, 여기에 가동일수(365일)를 적용하여 연간 이용량을 산정한다. 한편 몽리면적이 조사되지 않은 답작용·원예용 정호의 지하수 이용량 산정은 지역개발행정자료에 기재된 양수능력에 세부용도별 가동률(답작용 : 18.93%, 원예용 : 14.12%)을 적용하여 일평균이용량($\text{m}^3/\text{일}$)을 산정하고 여기에 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)를 적용하여 연간 이용량을 산정한다(표 4-50).

1. 몽리면적이 조사된 정호

= 세부용도별 몽리면적당 이용량(답작용 : $25.93\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{일}$, 원예용 : $236.05\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{일}$) \times
정호별 몽리면적(ha) \times 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)

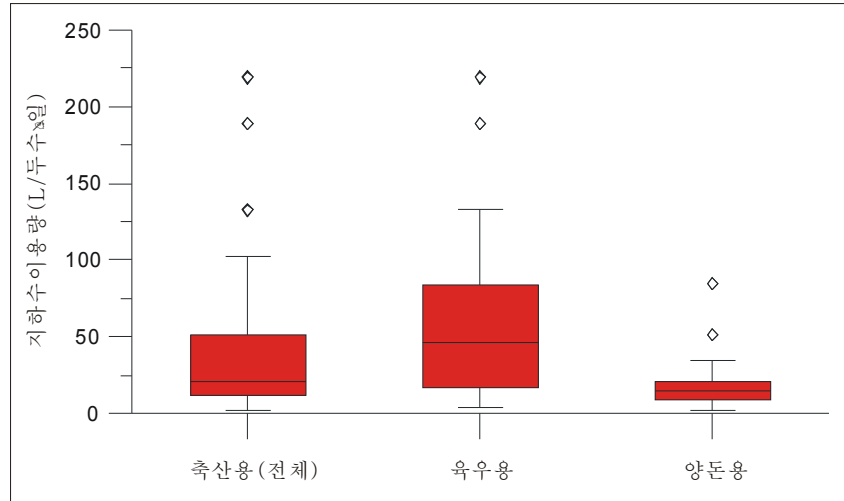
2. 몽리면적이 조사되어 있지 않은 정호

= 지역개발행정자료에 기재된 양수능력($\text{m}^3/\text{일}$) \times 세부용도별 양수능력대비 가동률
(답작용 : 18.93%, 원예용 : 14.12%) \times 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)

6) 축산용

축산용 정호의 이용량과 영향인자와의 상관성 분석결과 가축 사육두수가 가장 상관성이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 기준단위의 산정기준을 가축 사육두수로 정하고, 두개의 카테고리(육우와 양돈)로 분류하여 그룹화하였다.

각각의 정호마다 산정된 기준단위(사육사육두수당 이용량)를 통계분석하기 위하여 우선적으로 Box-plot을 이용하여 이상값을 검출하였고, 그 결과를 <그림 4-34>에 나타내었다. <그림 4-35>에 의하면, 축산용 전체의 이상값은 전체 54개 중 3개 정호로 분석되었고, 카테고리별로는 육우용이 26개 중 2개 정호, 양돈용이 28개 중 2개 정호로 분석되었다. 이와 같이 전체 이상값은 3개 정호인데 종별로 나누면 4개 정호가 발생하는 이유는 전체의 3사분위수 값과 종별 3사분위수 값이 다르기 때문이다.



〈그림 4-34〉 Box-plot을 이용한 축산용 정호의 기준단위 이상값

〈표 4-50〉은 이상값을 제외하고 각각의 정호마다 가축사육두수당 1일 평균이용량(L/두수·일)을 구하여 통계분석한 결과이다. 본 과업에서는 한 달 주기로 이용량을 검침하였기 때문에 축산용 정호의 실질적인 가동일수를 구할 수 없다. 따라서 〈표 4-50〉에 산정된 1일 평균이용량 값은 최초 검침일로부터 마지막 검침일까지의 총 이용량에서 검침일수를 나누어 산정된 값이다.

분석에 활용된 축산용 정호는 51개소이고, 세부용도별로 육우용은 24개소, 양돈용은 26개소이다. 통계분석결과, 육우는 47.13L/두수·일, 양돈은 14.78L/두수·일, 축산용 전체에 대해서는 29.78L/두수·일을 사용하는 것으로 조사되었다. 축산용 51개 정호 사육두수 당 일평균이용량의 평균값은 95% 신뢰수준에서 최대허용오차율 $\pm 13.7\%$ 에 해당된다.

본 조사에서는 축산용 정호를 육우와 양돈으로만 구분하여 기준단위를 분석하였으나, 향후 조사시에는 육우와 양돈 뿐만 아니라 젓소와 닭에 대한 모니터링을 실시하여 기준단위(사육두수당 이용량)를 분석할 필요가 있다.

농림부의 농촌용수이용 합리화 계획보고서(1999)에서 가축별 1일 급수량을 〈표 4-51〉에 나타내었다. 본 조사결과와 비교해보면 육우의 경우 거의 일치하는 값을 보였지만, 양돈의 경우 농어촌진흥공사 농촌정비기준(1999)에 약 0.36배 작고, 일본초지개발 계획기준(1994)에 약 0.49배 작은 값을 보였다.

이와 같이 본 조사에서 분석된 양돈의 기준단위가 기존보고서의 기준단위보다 작게 분석된 이유는 본 조사에서는 가축사육두수의 변화에 대하여 모니터링이 이루어 지지 않았기 때문이다. 따라서 축산용 정호의 경우 향후 이용량을 모니터링 할 때 사육두수에 대한 조사도 동시에 실시하여 가축사육두수의 변화를 고려한 기준단위를 산정할 필요가 있다.

<표 4-50> 축산용 정호의 사육두수당 1일 평균이용량에 대한 분석결과

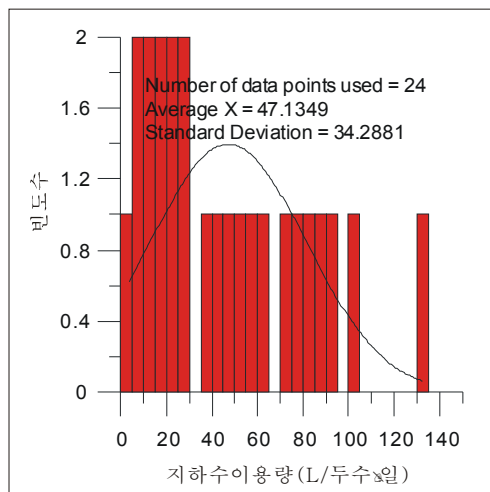
	사육두수당 일평균이용량(L/두수·일)		
	전체	육우용	양돈용
분 석 사 례 수	51	24	26
합 계	1519.03	1131.24	384.40
최 소 값	1.974	3.648	1.974
최 대 값	102.40	132.45	34.12
평 균	29.78	47.13	14.78
중 양 값	17.93	40.78	15.04
표 준 편 차	26.67	35.03	7.36
분 산	711.19	1226.79	54.13
왜 도	1.31	0.72	0.53
첨 도	0.57	-0.26	0.54

<표 4-51> 기존자료의 가축별 1일 급수량

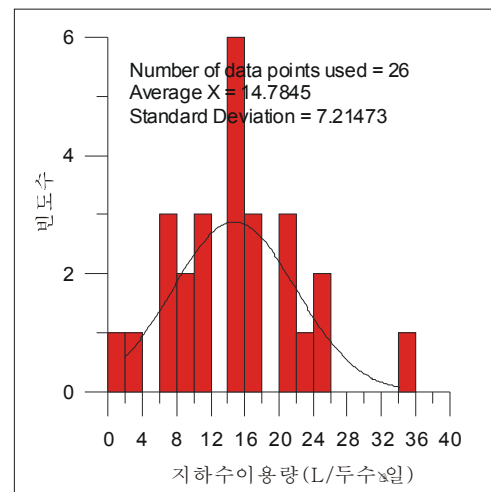
(단위: L/두수·일)

구 분	농어촌진흥공사 농촌정비기준	일본초지개발 계획설계기준	현장 조사결과	비 고
한 우	50	50	47.13	
젖 소	150	120		
양 돈	40	30	14.78	
닭	0.5	1		

<자료출처: 농촌용수이용합리화계획, 농림부, 1999>

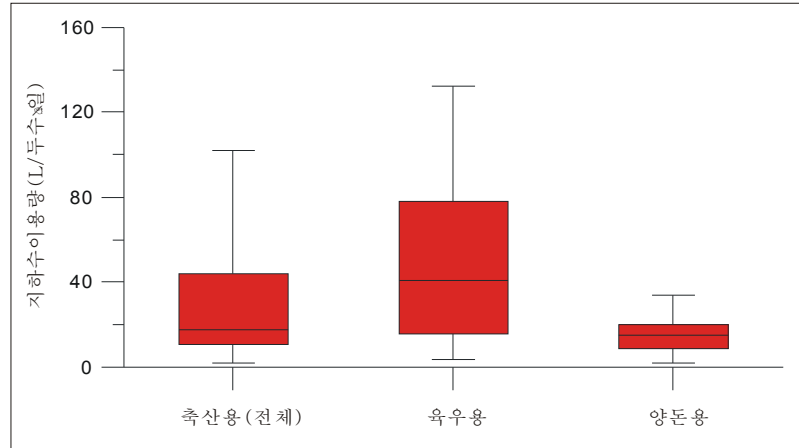


(a) 육우용



(b)양돈용

<그림 4-35> 축산용 정호의 사육두수당 일평균이용량의 빈도분포도



<그림 4-36> 축산용 정호의 사육두수당 일평균이용량 Box-plot

축산용 정호의 지하수 이용량은 지역별 가축사육두수에 육우와 양돈은 본 과업에서 조사된 기준단위를 적용하고, 젖소와 닭은 "농촌용수 수요량 조사 종합보고서"(농림부, 1999)에서 적용한 축산용 종별 기준단위(일본 초지개발 사업계획 설계기준)인 150L/두수·일, 닭 1L/두수·일)을 적용하여 축산용 정호 전체의 일평균이용량을 산정한다. 이를 종별 사육호수로 나누어 호당 일평균이용량을 구해 가동일수 365일을 적용하여 연평균이용량을 산정한다.

산정방법을 정리하면 다음과 같다.

$$\text{가구당 일평균이용량(m}^3\text{/호·일)} \times \text{지역별 축산용 지하수 가구수(호)} \times \text{가동일수(365일)}$$

<표 4-52>는 세부용도별 지하수 이용량 산정방법과 산정기준을 정리하였다. 가정용 중 급수인구가 조사된 정호는 급수인구에 따른 기준단위를 적용하고 급수인구가 조사되어 있지 않은 정호는 양수능력대비 가동률을 적용하여 이용량을 산정한다. 공동주택용·마을상수도용·농업생활겸용은 급수인구에 따른 기준단위를 적용하여 이용량을 산정하고, 학교용은 양수능력대비 가동률을 적용하여 이용량을 산정한다. 일반용 중 양수능력이 조사되어 있는 정호는 양수능력대비 가동률을 적용하여 지하수 이용량을 산정하고 양수능력이 조사되어 있지 않은 정호는 토출관직경에 따른 정호당이용량을 적용하여 이용량을 산정한다. 답작용, 원예용 중 물리면적이 조사된 정호는 물리면적당 기준단위를 적용하고 물리면적이 조사되어 있지 않은 정호는 양수능력에 가동률과 가동일수를 적용하여 이용량을 산정한다. 축산용(육우, 양돈)은 사육 두수당 기준단위를 적용하여 이용량을 산정한다. 일반용의 경우 처음계획으로는 6개 업종으로 나누어서 시설면적당 기준단위를 산정하려 하였으나, 같은 업종별로도 이용량에 큰 차이가 발생하였다. 따라서 추후에는

업종별로 구분하지 않고 양수능력별로 표본설계하여 양수능력에 대한 기준단위(또는 양수능력 대비 가동률)의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

<표 4-52> 세부용도별 지하수 이용량 산정기준 및 기준단위

용도	세부용도		산정방법	산정기준		
				기준단위	양수능력 대비 가동률 (%)	가동 일수 (일)
생활 용	가정용		1. 세부용도별 급수인구당 기준 단위(L/인·일) × 정호별 급 수인구(인) × 가동일수(일)	228.94 L/인·일	1.97	365
	공동 주택용			176.82 L/인·일	-	365
	농업·생활겸용		2. 양수능력대비 가동률(%) × 정호별 양수능력(m³/일) × 가동일수(일)	880.70 L/인·일	-	365
	간이 상수도용			262.54 L/인·일	-	365
	학교용		양수능력대비 가동률(%) × 정호별 양수능력(m³/일) × 가동일수(일)	51.34 L/인·일	24.36	365
	일 반 용	30m³/일 미만	1. 양수능력별 양수능력대비 가 동률(%) × 정호별 양수능력 (m³/일) × 가동일수(일)	-	13.55	365
		30m³/일 이상~ 50m³/일 이하		-	10.88	365
		50m³/일 초과~ 100m³/일 이하	2. 토출관직경별 일평균이용량 (32mm이하 : 3.63m³/일, 32~ 42mm : 15.9m³/일, 50mm이 상 : 10.14m³/일) × 가동일수 (일)	-	12.68	365
		100m³/일 초과~ 150m³/일 이하		-	9.90	365
		150m³/일 초과		-	7.97	365
농 업 용	답작용		1. 세부용도별 봉리면적당 기준 단위(m³/ha·일) × 정호별 봉리면적(ha) × 세부용도별 가동일수(일)	25.93 m³/ha·일	18.93	180
	원예용		2. 정호별 양수능력(m³/일) × 양수능력대비 가동률(%) × 세부용도별 가동일수(일)	236.05 m³/ha·일	14.12	365
	축 산 용	육우	종별 기준단위(L/두수·일) × 사육 두수(두수) × 가동일수(일)	47.13 L/두수·일	-	365
		양돈		14.78 L/두수·일	-	365

4.2.2 지역별 지하수 이용량 산정

전 절에서 전술한 지하수 이용량 산정 기준에 따라 용인·안성·이천지역의 지하수 이용현황을 용도별로 집계·분석하였다.

가. 용인지역

1) 생활용

본 과업에서 가정용 대상정호는 114개소, 급수인구는 347명으로, 정호당 이용자수는 약 3.04명으로 분석되었다. 또한 2005년도 통계청 자료에 의하면 전국 전체 가구수는 15,988,274가구이고, 총인구수는 47,278,951로 가구당 인구수는 2.96명으로 조사되었다. 본 과업에서 조사된 정호당 이용자수와 전국 전체 가구당 인구수는 유사한 값을 보이므로 앞 절에서 제시한 가정용 기준단위인 228.94L/인·일에 정호당 이용자수(3.04명)를 곱하여 정호의 개소당 일평균이용량($0.696\text{m}^3/\text{일}$)을 추정하였다. 여기에 지역개발행정자료에 입력되어 있는 용인지역 가정용 개소수 566과 가동일수 365일을 적용하면 연평균이용량 $143,782\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다.

본 조사의 공동주택용 대상정호는 48개소이고, 급수인구는 1,446으로, 정호당 이용자수는 약 30.13명으로 분석되었다. 앞 절에서 제시한 공동주택용 급수인구당 기준단위인 176.82L/인·일을 기초로 정호 개소당 일평균이용량은 $5.33\text{m}^3/\text{일}$ 로 추정된다. 여기에 지역개발행정자료에 입력되어 있는 용인지역 공동주택용 개소수 110과 가동일수 365일을 적용하면 $213,902.6\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다.

본 조사의 마을상수도용 대상정호 34개소, 급수인구 3,525명을 고려하면, 정호당 이용자수는 103.68명이다. 여기에 마을상수도 급수인구당 기준단위 262.54L/인·일, 개소수 25, 가동일수 365일을 적용하면, 연 $248,384\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다.

농업생활겸용의 이용량 산정기준도 가정용·마을상수도·공동주택용과 마찬가지로 급수인구를 기준단위로 산정하였다. 농업생활겸용의 정호당 이용자수는 약 5.63명, 기준단위는 880.7L/인·일, 용인지역 농업생활겸용 개소수 3, 가동일수 365일을 적용하면 $5,429\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다(표 4-53, 그림 4-38).

지자체에서 실시하는 전수조사나 건설교통부에서 실시하는 지하수기초조사의 정천현황조사 결과를 살펴보면, 지역개발행정자료(지하수이용실태자료)에 입력되어 있는 정호의 현황과 실질적으로 조사한 정호의 현황과는 큰 차이가 있는 것으로 조사되었다. 따라서 기준단위를 이용하여 계산된 가정용·마을상수도용·공동주택용·농업생활겸용 이용량 자료의 신뢰성을 높이기 위해서는 전수조사나 정천현황조사를 실시하여 실질적으로 존재

하는 정호의 현황을 파악해야 되고, 급수가구와 급수인구를 정확히 파악하여 기준단위의 신뢰성을 높여야 한다.

지역개발행정자료에 입력된 용인시 일반용 정호 2,544개를 양수능력별로 구분한 결과, 30m³/일 미만은 190개소, 30m³/일 이상~50m³/일 이하는 1,537개소, 50m³/일 초과~100m³/일 이하는 692개소, 100m³/일 초과~150m³/일 이하는 56개소, 150m³/일 초과는 69개소로 파악되었다. 여기에 각각의 정호에 양수능력별 양수능력대비 가동률(30m³/일 미만 : 13.55%, 30m³/일 이상~50m³/일 이하 : 10.88%, 50m³/일 초과~100m³/일 이하 : 12.68%, 100m³/일 초과~150m³/일 이하 : 9.9m³/일, 150m³/일 초과 : 7.97%)을 적용하여 일평균이용량을 계산하였고, 정호 2,544개의 합은 15,905m³/일로 조사되었다. 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량은 5,805,446m³/년으로 조사되었다.

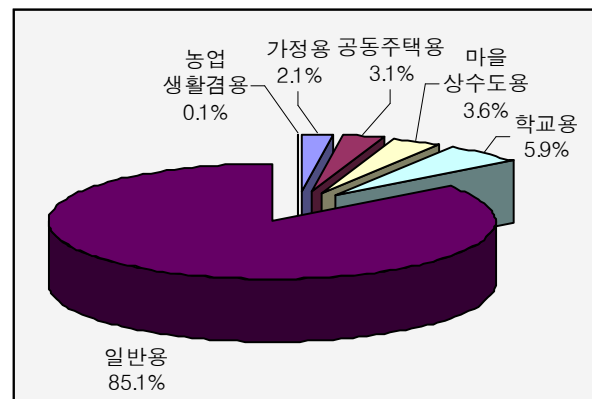
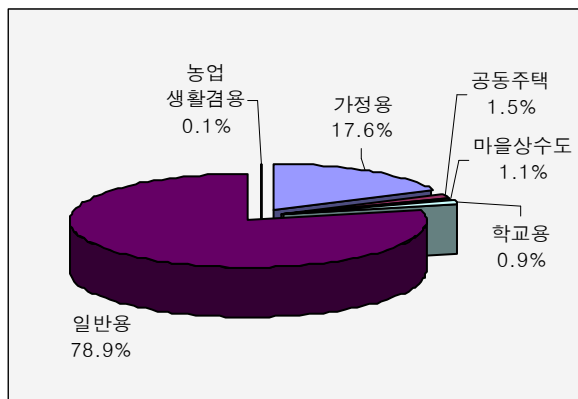
학교용 이용량은 지역개발행정자료에 기재된 각각의 정호들의 양수능력에 본 과업에서 조사된 양수능력대비 가동률 24.36%을 적용하여 각각의 정호들의 일평균이용량을 산정하였다. 지역개발행정자료에 기재된 용인지역의 학교용 정호는 30개소이며, 이들의 일평균 이용량의 합은 1,101m³/일이다. 여기에 가동일수 365일을 적용하면 연간 이용량 401,865m³/년이 산정된다(표 4-53, 그림 4-37).

<표 4-53> 본 조사에서 산정된 용인지역 생활용 지하수 세부용도별 이용량

(단위: 정호, m³/년)

가정용		공동주택용		마을상수도용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
566	143,782	110	213,903	25	248,384

학교용		일반용		농업·생활겸용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
30	401,865	2,544	5,805,446	3	5,429



(a) 개소수

(b) 이용량

<그림 4-37> 본 조사에서 산정된 용인지역 생활용 지하수 세부용도별 이용현황

2) 농업용

용인시 지역개발행정자료에 입력된 답작용, 원예용정호의 개소수는 각각 193개, 6개이다. 답작용·원예용 정호는 지역개발행정자료에 기재된 양수능력에 세부용도별로 산정된 양수능력대비 가동률(답작용 : 18.93%, 원예용 : 14.12%)를 적용하여 일평균이용량을 산정하고 여기에 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)를 적용하여 연간 이용량을 산정하였다. 그 결과 답작용은 513,904m³/년, 원예용은 53,070m³/년으로 조사되었다.

용인시 통계연보(2006)에 따르면, 용인시에는 한육우 324호에 9,465마리, 젓소 65호에 3,821마리, 돼지 224호에 261,783마리, 닭 221호에 4,185,356마리로 집계되어있다. 이에 한육우와 돼지는 본 현장조사에서 조사된 기준단위(한육우: 0.047m³/두·일, 돼지: 0.015m³/두·일)를 적용하고, 젓소와 닭은 ”농촌용수이용 합리화 계획보고서“(농림부, 1999)에서 적용한 축산용 종별 기준단위(일본 초지개발 사업계획 설계기준)를 적용하여 축산용 정호 전체의 일평균이용량을 산정하였다. 이를 종별 사육호수로 나누어 가구당 일평균이용량을 구해 가동일수 365일을 적용하여 연평균이용량 3,971m³/년을 산정하였다(표 4-54).

여기에 지역개발행정자료에 입력된 축산용 개소수 5를 곱하여 연간 이용량은 20,840m³/년으로 계산되었다.

<표 4-54> 용인지역 축산용 지하수 이용량 산정결과

구분	호수	두수 (마리)	기준단위 (m ³ /두·일)	전체 일평균이용량 (m ³ /일)	가구당 일평균이용량 (m ³ /일)	가구당 연평균이용량 (m ³ /년)
계	834 *	4,460,425 *	0.213	9,074	11	3,971
한육우	324 *	9,465 *	0.047	446	1	503
젓 소	65 *	3,821 *	0.150 * *	573	9	3,218
돼 지	224 *	261,783 *	0.015	3,869	17	6,305
닭	221 *	4,185,356 *	0.001 * *	4,185	19	6,912

<자료출처 : * 용인시통계연보(2006), * * 일본 초지개발사업계획설계기준(1994)>

본 과업에서 산정된 농업용 지하수 이용량은 지역개발행정자료에 존재하는 정호에 한하여 파악되었다. 그러므로 실질적으로 존재하나 지역개발행정자료에 포함되어 있지 않은 정호들은 이용량 산정에 제외가 되는 단점이 있다. 따라서 향후 지역별로 지하수 정호 전수조사를 통해 개소수를 정확히 파악해야 되며, 양수능력에 따라 가동일수가 정해지기 때문에 전수조사시 지하수위, 펌프모델, 펌프용량, 토출관직경 등 양수능력을 조절할 수 있는 변수에 대해서 전부 조사가 이루어져야 보다 신뢰성 있는 양수능력 자료를 얻을 수 있다.

또한 축산용의 경우, 매달 가축 사육두수가 다르기 때문에 이용량을 검침시 가축사육두수도 매달 설문조사하고, 이를 기준으로 연평균치를 구하고, 이를 적용하여 보다 정확한 기준단위를 산정할 것으로 판단된다.

농업용 정호는 강우량에 따라 지하수 이용량이 좌우되기 때문에 몇 년간의 모니터링 자료를 축적하여 최대와 최소를 파악하고 평균값을 적용하는 것이 필요하다. 하지만 본 과업의 모니터링 기간은 1년(12개월)으로 강우량에 따른 농업용수 이용량을 반영하기에는 과업기간이 너무 짧다. 결과적으로 본 과업에서 산정된 세부용도별 가동일수는 강우량에 따라 변화될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 농업용 정호의 가동일수의 대표값을 얻기 위해서는 향후 몇 년간의 추가 모니터링 조사가 필요할 것으로 사료된다.

나. 안성지역

1) 생활용

용인지역에서 분석된 가정용 정호의 개소당 일평균이용량($0.696\text{m}^3/\text{일}$)에 지역개발행정자료에 입력되어 있는 안성지역 가정용 개소수 11,594, 가동일수 365일을 적용하면 연평균이용량 $2,945,339.7\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다.

공동주택용 모니터링 대상정호는 지역구분이 없이 용인·안성·이천 지역에서 표본추출된 정호로써, 본 조사에서 조사된 정호당 이용자수(30.13명)와 기준단위($210.55\text{L}/\text{인}\cdot\text{일}$)를 3개 지역 모두 공통으로 사용하였다. 따라서 정호의 개소당 일평균이용량은 $5.33\text{m}^3/\text{일}$ 이고, 여기에 지역개발행정자료에 입력되어 있는 안성지역 공동주택용 개소수 28와 가동일수 365일을 적용하면 연간 이용량은 $54,472.6\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다.

마을상수도용 또한 공동주택용과 마찬가지로 지역구분을 하지 않고 표본추출 하였다. 따라서 정호의 개소당 일평균이용량은 $27.22\text{m}^3/\text{일}$ 이고, 개소수 100, 가동일수 365일을 적용하면, 연간 이용량은 $993,530\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정된다.

농업생활겸용의 정호 개소당 일평균이용량은 $4.96\text{m}^3/\text{일}$ 이고, 여기에 안성지역 농업생활겸용 정호수 24개, 가동일수 365일을 적용하면, 연간 이용량은 $43,432.1\text{m}^3/\text{년}$ 이 계산된다.

지역개발행정자료에 입력된 안성시 일반용 정호 1,139개를 양수능력별로 구분한 결과, $30\text{m}^3/\text{일}$ 미만은 233개소, $30\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $50\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 404개소, $50\text{m}^3/\text{일}$ 초과~ $100\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 360개소, $100\text{m}^3/\text{일}$ 초과~ $150\text{m}^3/\text{일}$ 이하는 59개소, $150\text{m}^3/\text{일}$ 초과는 83개소로 파악되었다. 여기에 각각의 정호에 양수능력별 양수능력대비 가동률($30\text{m}^3/\text{일}$ 미만 : 13.55%, $30\text{m}^3/\text{일}$ 이상~ $50\text{m}^3/\text{일}$ 이하 : 10.88%, $50\text{m}^3/\text{일}$ 초과~ $100\text{m}^3/\text{일}$ 이하

: 12.68%, 100m³/일 초과~150m³/일 이하 : 9.90%, 150m³/일 초과 : 7.97%)을 적용하여 일평균이용량을 계산하였고, 각각 정호의 일평균이용량 합은 9,469m³/일로 조사되었다. 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량은 3,456,245m³/년으로 조사되었다.

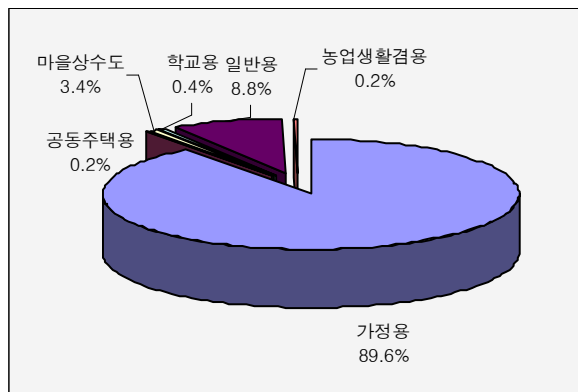
학교용 이용량은 용인지역과 마찬가지로, 지역개발행정자료에 기재된 각각의 정호들의 양수능력에 본 과업에서 조사된 양수능력대비 평균이용율 24.36%를 적용하여 각각의 정호들의 일평균이용량을 산정하였다. 이들의 일평균이용량의 합은 1,462m³/일이다. 여기에 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량 533,630m³/년이 산정되었다(표 4-55, 그림 4-38).

<표 4-55> 본 조사에서 산정된 안성지역 생활용 지하수 세부용도별 이용량

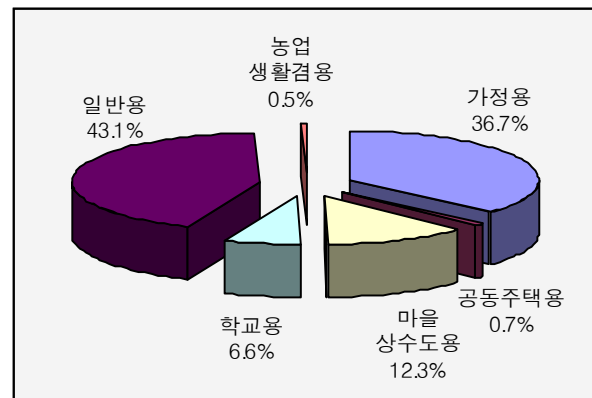
(단위: 정호, m³/년)

가정용		공동주택용		마을상수도용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
11,594	2,945,340	28	54,473	100	993,530

학교용		일반용		농업·생활겸용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
48	533,630	1,139	3,456,245	24	43,432



(a) 개소수



(b) 이용량

<그림 4-38> 본 조사에서 산정된 안성지역 생활용 지하수 세부용도별 이용현황

2) 농업용

답작용·원예용 정호는 지역개발행정자료에 기재된 양수능력에 세부용도별로 산정된 양수능력대비 가동률(답작용 : 18.93%, 원예용 : 14.12%)을 적용하여 일평균이용량을 산정하고, 여기에 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)를 적용하여 연간 이용량을 산정한 결과, 답작용은 8,171개 정호, 20,395,368m³/년, 원예용은 112개 정호, 345,665m³/년으로 조사되었다.

안성시 통계연보(2006)에 따르면, 사육가구수와 사육두수는 <표 4-56>와 같다. 가구당 연간 이용량에 대한 산정방법은 용인시와 동일하며, $2,344\text{m}^3/\text{년}$ 이 산정되었다. 여기에 안성시 지역개발행정자료에 축산용(188개소)을 적용하여 연간 이용량을 산정한 결과, $440,672\text{m}^3/\text{년}$ 으로 조사되었다(표 4-56).

<표 4-56> 안성지역 축산용 지하수 이용량 산정결과

구 분	호 수	두수(마리)	기준단위 ($\text{m}^3/\text{두/일}$)	전체 일평균이용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	가구당 일평균이용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	가구당 연평균이용량 ($\text{m}^3/\text{년}$)
계	1,800 *	4,096,333	0.242	11,561	6.42	2,344
한육우	1,066 *	45,700	0.04713	2,154	2.02	737
젖소	309 *	16,663	0.15 * *	2,499	8.09	2,952
돼지	186 *	281,085	0.01478	4,154	22.34	8,153
닭	239 *	2,752,885	0.001 * *	2,753	11.52	4,204

<자료출처 : * 안성시통계연보(2006), * * 일본 초지개발사업계획설계기준(1994)>

다. 이천지역

이천지역 가정용·공동주택용·마을상수도용·농업생활검용의 지하수 이용량 산정방법은 용인·안성지역과 동일하다. <표 4-58>는 이용량 산정기준과 각 세부용도별로 산정된 연간 이용량을 정리하였다.

<표 4-57> 이천지역 가정용·공동주택용·마을상수도용 지하수 이용량 산정결과

	대상정호 (개소)	급수인구 (명)	기준단위 ($\text{L}/\text{인.일}$)	정호당이용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	개소수	연간 이용량 ($\text{m}^3/\text{년}$)
가정용	114	347	228.94	0.697	5,427	1,380,656
공동주택용	48	1,446	176.82	5.33	253	492,199
마을상수도용	34	3,525	880.70	27.22	126	1,251,848
농업생활검용	24	135	880.7	4.958	51	92,293

지역개발행정자료에 입력된 이천시 일반용 정호 1,644개를 양수능력별로 구분하여 일 이용량을 산정하였다. 양수능력별 구분과 양수능력별 양수능력대비 가동률(%)은 용인, 안성지역과 동일한 기준과 동일한 값을 가지고 분석하였다. 일이용량은 $10,965\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었고, 여기에 가동일수 365일을 고려하여 연간 이용량 $4,002,225\text{m}^3/\text{년}$ 을 산정하였다(표 4-59). 학교용 이용량의 산정기준과 일이용량, 연간 이용량의 분석결과 값을 <표 4-60>에 나타내었다.

<표 4-58> 이천지역 일반용·학교용 지하수 이용량 산정결과

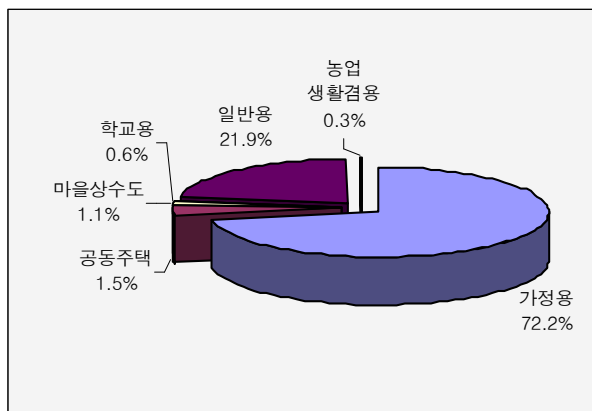
세부용도		개소수 (정호)	양수능력대비 가동률 (%)	일이용량 (m ³ /일)	연간 이용량 (m ³ /년)
일반용	30m ³ /일 미만	119	13.55	346	126,290
	30m ³ /일 이상~ 50m ³ /일 이하	818	10.88	3,522	1,285,530
	50m ³ /일 초과~ 100m ³ /일 이하	360	12.68	5,117	1,867,829
	100m ³ /일 초과~ 150m ³ /일 이하	45	9.9	591	215,907
	150m ³ /일 초과	61	7.97	1,389	507,280
	전체	1,644		10,965	4,002,225
학교용		44	24.36	1,097	400,405

<표 4-59> 본 조사에서 산정된 이천지역 생활용 지하수 세부용도별 이용량

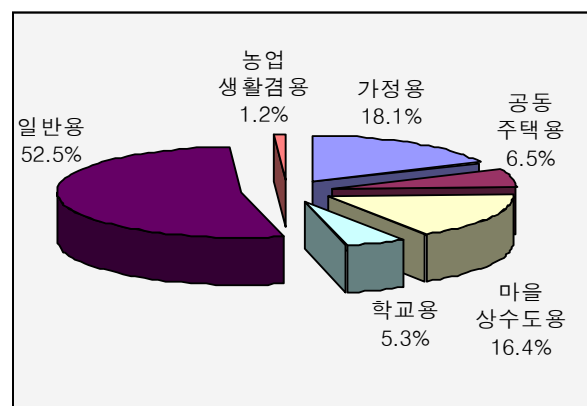
(단위: 정호, m³/년)

가정용		공동주택용		마을상수도용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
5,427	1,380,656	253	492,199	126	1,251,848

학교용		일반용		농업·생활겸용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
44	400,405	1,644	4,002,225	51	92,293



(a) 개소수



(b) 이용량

<그림 4-39> 본 조사에서 산정된 이천지역 생활용 지하수 세부용도별 이용현황

(2) 농업용

전작용·답작용·원예용 정호는 지역개발행정자료에 기재된 양수능력에 세부용도별로 산정된 양수능력대비 가동률(답작용 : 18.93%, 원예용 : 14.12%)을 적용하여 일평균이용량을 산정하고 여기에 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)를 적용하여 연간 이용량을 산정한 결과, 답작용은 4,452개 정호, 7,719,032m³/년, 원예용은 20개 정호, 55,403m³/년으로 조사되었다.

“이천시 통계연보(2006)에 따르면, 가축사육가구수와 마리수는 <표 4-60>과 같다. 가구당 연간 이용량에 대한 산정방법은 용인시, 안성시와 동일하며, 3,881m³/년이 산정되었다. 여기에 안성시 지역개발행정자료에 축산용수 개소수(32)를 적용하여 연간 이용량을 산정한 결과, 124,192m³/년으로 조사되었다(표 4-61).

<표 4-60> 이천지역 축산용 지하수 이용량 산정결과

구 분	가구수	두수(마리)	기준단위 (m ³ /두/일)	전체 일평균이용량 (m ³ /일)	가구당 일평균이용량 (m ³ /일)	가구당 연평균이용량 (m ³ /년)
계	1,267 *	4,653,274 *	0.242	13,473	10.63	3,881
한육우	420 *	11,505 *	0.04713	542	1.29	471
젖소	349 *	21,849 *	0.15 * *	3,277	9.39	3,428
돼지	231 *	365,304 *	0.01478	5,399	23.37	8,531
닭	267 *	4,254,616 *	0.001 * *	4,255	15.93	5,816

<자료출처 : * 이천시통계연보(2006), * * 일본 초지개발사업계획설계기준(1994)>

라. 기존 자료와 산정된 이용량과의 비교검토

지하수 조사연보(2006)에 조사된 각 세부용도별 정호당 이용량을 본 과업에서 조사된 이용량 산정방법을 이용하여 산정된 이용량과 비교·검토 하였다(표 4-62).

본 과업에서 세부용도별로 분석된 기준단위를 가지고 산정된 이용량은 지하수 조사연보(2006)에 조사된 이용량보다 약 60% 가량 작게 평가되었다. 세부용도별로 보면, 가정용과 공동주택용이 지하수 조사연보(2006)의 이용량 값보다 가장 적은 비율로 이용하는 것으로 파악되었다(표 4-62).

이를 근거로 이천, 안성, 용인지역의 지하수 조사연보에 조사된 이용량은 실제 이용량보다 과다하게 평가되어 있음을 알 수 있다. 따라서 조사연보에 조사된 개발가능량 대비 이용량이 많은 지역에 대하여 추가적인 조사를 실시하여 정확한 이용량을 산정하고, 산정된 자료를 통하여 지하수 자원을 보호·보존할 수 있는 중요한 정보의 신뢰도를 제고할 필요가 있다.

<표 4-61> 지하수 조사연보와 세부용도별 이용량 비교

용 도	세 부 용 도	지 역	지하수조사연보(2006) 정호당 이용량(m ³ /년) (A)	현장 모니터링 자료를 정호당 이용량(m ³ /년) (B)	B/A (%)
생활용	가정용	용인	3,252	254	7.8
		안성	663	254	38.3
		이천	3,257	254	7.8
	공동주택용	용인	10,349	1,945	18.8
		안성	16,517	1,945	11.8
		이천	33,452	1,945	5.8
	마을상수도용	용인	17,190	9,935	57.8
		안성	17,973	9,935	55.3
		이천	23,640	9,935	42
	학교용	용인	13,407	13,396	99.9
		안성	8,627	11,117	128.9
		이천	13,842	9,100	65.7
	일반용	용인	5,924	2,282	38.5
		안성	7,516	3,034	40.4
		이천	7,520	2,434	32.4
	농업생활겸용	용인	25,667	1,810	7.1
		안성	20,735	1,810	8.7
		이천	4,748	1,810	38.1
농업용	답작용	용인	6,164	2,663	43.2
		안성	4,870	2,496	51.3
		이천	2,768	1,734	62.6
	원예용	용인	18,493	8,845	47.8
		안성	3,788	3,086	81.5
		이천	5,079	2,770	54.5
	축산용	용인	8,215	4,168	50.7
		안성	3,363	2,344	69.7
		이천	5,108	3,881	76
합 계			3,610	1,446	40.1

제5장 지하수 이용량 조사 개선 방안

- 5.1 향후 지하수 이용량 조사시 고려사항
- 5.2 개선방안 제시

제 5 장 지하수 이용량 조사 개선 방안

5.1 향후 지하수 이용량 조사시 고려사항

본 조사의 목적은 실질적인 검침을 통해 신뢰성 있는 지하수 이용량 자료를 얻고 이를 바탕으로 기존의 지역개발행정 자료와 비교·검토하는데 있다. 또한, 세부용도별 기준단위를 산정하고 산정된 기준단위를 이용하여 지하수 이용량을 평가하는 기법을 개발하는데 있다. 하지만 이와 같은 내용을 전부 수행하기에는 기간과 비용이 부족하였고, 조사를 수행하는 단계마다 여러 가지 문제점이 발생하였다. 다음은 본 조사를 수행하면서 발생한 문제점과 향후 지하수 이용량 조사시 고려사항을 정리하였다.

5.1.1 조사계획시 고려사항

가. 대상지역 선정

어떤 특정지역의 지하수 이용량을 분석하기 위해서는 신뢰수준과 오차율을 정하고 기존의 통계자료를 근거로 표본설계를 실시한다. 이때 기존 자료로 이용될 수 있는 자료로는 지역개발행정자료가 있다. 하지만 지역개발행정자료의 대부분은 인력·비용적인 문제로 인하여 제대로 관리가 되어 있지 않아 지역개발행정자료에 입력은 되어 있으나 실질적으로 존재하지 않은 정호가 많다. <표 5-1>은 최근 3년간 수행한 지하수 기초조사 중 정천현황결과를 바탕으로 분석된 지역개발행정자료 대비 실사정호 증가율을 나타낸 도표이다. 이에 따르면 지역개발행정자료보다 실질적으로 존재하는 정호가 많게는 3배 적게는 0.06배 차이가 나는 것으로 조사되었다. 이와 같이 지하수 기초조사나 지자체에서 수행하는 지하수 전수조사를 통하여 지역개발행정자료가 보완된 지역은 표본설계를 위한 모집단 자료로 지역개발행정자료를 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 지하수 이용량 모니터링 조사지역은 기초조사나 지하수 전수조사를 수행한 지역을 대상으로 개발 가능량 대비 이용량이 많은 지역을 대상지역으로 선정해야 보다 정확한 대상정호 선정조사를 시행할 수 있다.

나. 용도구분 방법

가정용 지하수 이용량에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 상수도 급수여부를 들 수 있다. 하지만 본 조사 대상지역인 용인·이천·안성·여주 지역에서는 급수지역에서 가정용으로 사용되는 정호를 찾기 어려워 급수지역과 미급수지역을 구분하여 이용량을 조사하지 않고 미급수지역만을 대상으로 조사하였다. 하지만 향후에는 급수지역에 대한 가정용 지하수의 표본수를 작게 하더라도 급수지역과 미급수지역을 구분하여야 한다.

〈표 5-1〉 최근 3년간 수행한 정천현황결과를 바탕으로 파악한 지역개발행정자료대비
실사정호 증가율

(단위 : 정호)

지역	조사 년도	지하수 조사연보	지역개발 행정자료	연보대비 지역개발행정 자료 증가	연보대비 지역개발 행정자료 증가율 (%)	실사 정호	지역개발 행정자료 대비 실사정호증가	지역개발행정 자료 대비 실사정호 증가율(%)
천안	'02~'03	15,487				29,786		192.3%
부산	'02~'03	8,590				9,609		111.9%
포항	'02~'03	1,093				3,295		301.5%
대구	'03~'04	4,854				4,318		89.0%
울산	'03~'04	3,534				4,210		119.1%
광주	'04~'05	8,833				11,138		126.1%
인천	'04~'05	10,444				11,565		110.7%
칠곡	'04~'05	4,064				4,886		120.2%
청주	'05~'06	8,830	8,830	-	0.00%	8,399	- 431	95.1%
서산	'05~'06	18,688	18,734	46	0.25%	30,223	11,489	161.3%
보은	'06~'07	8,583	8,583	-	0.00%	9,366	783	109.1%
예산	'06~'07	8,059	8,061	2	0.02%	16,089	8,028	199.6%
구미	'06~'07	2,214	2,690	476	17.70%	2,706	16	100.6%
보령	'06~'07	14,995	19,358	4,363	22.54%	21,175	1,817	109.4%
속초	'06~'07	285	664	379	57.08%	596	- 68	89.8%
고성	'06~'07	1,811	2,063	252	12.22%	1,998	- 65	96.8%
양산	'06~'07	2,332	2,615	283	10.82%	2,334	- 281	89.3%
최대값								301.5%
최소값								89.0%
평 균								130.7%
중앙값								110.7%

학교용 또한 급수지역과 미급수지역의 이용량은 분명히 차이가 있을 것으로 판단된다. 예를 들어서 급수지역의 학교용 지하수는 대부분 화장실 또는 비상용수로 사용되지만 미급수지역의 학교용 지하수는 급수가 되지 않기 때문에 학교에서 사용되는 모든 용수는 지하수로 충당하게 되므로 지하수 사용량이 많을 것으로 예상된다. 따라서 향후에는 학교용 또한 급수지역과 미급수지역을 구분하여야 한다.

일반용의 경우 본 조사에서는 이용량이 유사할 것으로 예상되는 업종별로 욕탕용, 식당용, 주유소용(세차장포함), 사무용, 체육시설용, 소규모사업체로 분류하였다. 그러나 이용량 분석결과 업종별로 이용량은 유사하지 않고 표준편차가 큰 것으로 조사되었다. 따라서 일반용의 경우 업종별로 더욱더 세세하게 구분해야만 한다. 예를 들어 욕탕용의 경우 목욕시설을 갖춘 시설과 목욕시설을 갖추지 않은 시설을 구분하고, 주유소용의 경우 세차장을 갖춘 시설과 세차장 시설을 갖추지 않은 시설을 구분해야한다. 이와 같이 일일이 세세분류하자면 일반용의 이용량 모니터링은 복잡해지고 비용이 많이 든다. 이에 대한 대안으로 본 조사에서는 양수능력에 따른 가동률을 구하였다. 하지만 본 조사에서는 업종별로 구분하여 대상정호를 선정하였기 때문에, 양수능력에 따른 가동률의 통계분석

치에 대한 신뢰도는 제고가 필요하다. 따라서 향후 이용량 모니터링시 일반용 정호는 양수능력별로 구분해야 한다.

다. 관측기간 및 관측주기

본 조사에서는 조사대상 정호에 대한 이용량 모니터링을 매월 1회씩 측정하고, 계절별 이용특성이 분석되도록 하기 위해 12개월을 측정하였다. 하지만 일평균 및 1인 1일당 급수량 등을 분석하기 위해서는 기본적으로 모니터링 주기를 1일 단위로 실시해야 함에도 불구하고, 본 과업에서는 월 1회씩 검침한 데이터를 근거로 분석하고 있는 바, 학교용이나 일반용 중 체육시설용, 농업용 정호의 경우는 이용하지 않는 일도 이용일수로 고려되어 분석되었다. 따라서 향후에는 365일 지속적으로 사용하지 않는 학교용, 일반용 중 체육시설 또는 농업용 정호는 실시간으로 이용량을 모니터링 할 수 있는 시스템을 도입하여 실질적인 이용일수를 파악해야 한다.

한편 본 조사기간을 12회 목표로 1년을 조사하였는데, 1년의 기간은 데이터의 재현율을 감안하면 짧은 것으로 판단되며, 12개월(12회) 모니터링 한 결과를 근거로 용도별/계절별 지하수 이용특성을 분석하는 것은 신뢰도가 낮은 결과를 초래할 수 있다. 따라서 향후에는 3년 이상 모니터링을 실시하여 이용량 자료의 신뢰성을 높여야 한다.

5.1.2 조사대상정호 선정시 고려사항

가. 표본설계

본 조사에서는 기존의 지하수 이용량에 대한 정보가 부족하여 표본설계를 위한 모집단 자료를 얻을 수 없었다. 따라서 세부용도별 기준단위 산정목적을 위해 중심극한정리에 의한 방법을 사용하여 세부용도별로 30개 이상씩 선정하였다. 그러나 세부용도별로 통계분석한 결과를 살펴보면 가정용을 제외한 그 밖의 용도는 정규분포를 이루지 못해 통계분석치의 신뢰도가 부족하였다. 따라서 향후에는 2장에서 소개한 알켄사주의 계층별 무작위 표본 추출방법을 채택하여 신뢰도와 오차율을 고려한 세부용도별 표본수를 결정할 필요가 있다.

나. 표본수의 여유율

본 조사에서는 12개월 동안 모니터링을 수행하면서, 총 621개 정호 중 109개의 분석불가능 정호가 발생하였다. 이는 최초로 선정된 정호에 약 17.55%에 해당한다. 이 중 소유자의 조사거부, 조사정호에 대한 시건장치, 조사정호 폐공 등의 사유로 측정불가능한 정

호가 19개 발생하였고, 겨울철 동파 등의 이유로 유량계 고장 정호가 68개 발생하였다. 한편 실질적으로 사용량이 없어 분석 불가능한 정호도 22개 정호가 발생하였다. 따라서 향후 모니터링시에는 표본조사로 인해 분석된 표본수에 약 20%의 여유율을 두고 세부용도별로 조사 개소수를 선정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

다. 대상정호의 이용여부 확인

조사기간 1년 동안 실질적으로 이용량이 없는 정호가 발생하였다. 향후 이용량 모니터링 조사시 이러한 정호를 선정하지 않기 위해서는 대상정호를 선정하기 전 소유자와 면담을 실시하여 대상정호의 이용여부를 꼭 확인해야 한다.

라. 세부용도분류 오류

지역개발행정자료에 가정용으로 분류되어 있어 대상정호 선정시 가정용으로 선정하였으나 실질적으로 가정용으로 쓰일 뿐만 아니라 농업용, 일반용 겸용으로 쓰이는 정호가 발생하였다. 이와 같은 정호를 대상정호에 포함시키지 않기 위해서는 대상정호를 선정하기 전 소유자와 면담을 실시하여 대상정호의 분류를 정확히 해야 한다.

5.1.3 현장모니터링 조사시 고려사항

가. 유량계 검정

수도용 유량계에 대해서는 휴대용 초음파 유량계나 현장 토출량 측정 등의 방법으로 유량 검정을 실시하지 않을 경우, 정호 가동 초기에 정호에서 올라오는 공기(air)에 의한 영향을 고려할 수 없다. 따라서 향후 모니터링시에는 조사대상 정호의 경우 초음파 유량계나 현장 토출량 측정을 통한 유량계의 검정이 필요하다.

나. 전월관측자료와의 비교·검토

매 관측시마다 전월 관측자료와 비교하여 변동사항이 없는 정호에 대해서는 그 원인을 파악하고 대상정호의 변경 또는 계측기 수리 및 교체 등의 해결방안을 마련하여 결측 또는 오측 발생률을 줄임으로써 자료의 신뢰도를 높일 수 있도록 한다.

다. 전력계, 시간계를 사용한 유량 간접측정

지하수법 제7조 및 동법 시행규칙 제5조(지하수개발·이용시설의 설치기준)에 의하면 적산유량계를 설치하여 지하수의 취수현황을 파악할 수 있도록 되어 있으나, 대상정호 선정 현장조사 결과 고장, 동파, 준공검사 후 제거 등의 사유로 실제 유량계가 설치된 시

설이 미비하였고, 일부 세부용도(가정용, 농업용)는 표본수를 채우기가 어려웠다. 따라서 향후 조사대상정호 선정시에는 유량계가 설치되어 있지 않은 정호의 경우 전력계 또는 시간계를 검침하고 단위 유량을 측정함으로써 유량을 간접적으로 추정한다.

라. 분기별 단위유량 측정

시간계, 전력계의 경우 단위 시간·전력당 토출량은 지하수위 변화나 모터펌프의 효율에 따라 차이가 발생한다. 따라서 향후 모니터링시에는 분기별로 토출량을 측정하고 시기별 단위 유량을 적용하여 시간계, 전력계값을 유량계값으로 환산해야 할 것으로 판단된다.

마. 이용량에 영향을 미칠 수 있는 영향인자 분석

본 조사에 세부용도별로 이용량에 영향을 미칠 수 있는 유효 영향인자를 <표 4-32>에 정리하였으며, 향후 조사시 각 조사대상정호마다 영향인자가 조사되어야만 이용량과 영향인자간의 상관성분석을 할 수 있고, 영향인자에 따른 기준단위를 분석할 수 있다.

바. 영향인자에 대한 주기적 현황 파악

세부용도별 영향인자(급수인구, 시설이용객수, 세차대수, 가축사육두수)는 시기별로 변할 수 있다. 따라서 영향인자에 대한 조사도 이용량과 마찬가지로 한달에 한번 조사가 이루어져야 한다.

사. 양수능력에 대한 현장조사

본 조사에서 일반용 기준단위로 활용된 양수능력 대비 이용률과 농업용 정호의 양수능력대비 가동일은 각각 정호들의 양수능력에 따라 좌우된다. 하지만 본 조사에서 사용된 양수능력값은 현장조사를 통하여 직접 산정하기 보다 기존 지역개발행정자료에 입력된 값을 간접적으로 이용했기 때문에 자료의 신뢰성에 한계가 있다. 따라서 향후에는 조사대상정호의 양정고(펌프설치깊이 또는 안정수위)를 조사하거나 실질적으로 1~2시간 정도 양수를 하여 정확한 양수능력값을 조사해야 한다.

아. 동일한 관측간격 유지

향후 모니터링 조사시에는 매달 동일한 간측 간격을 유지하여 모든 관측정이 한달 간격으로 조사가 이루어지도록 해야만 월별 이용량 자료의 신뢰성을 높일 수 있다.

자. 정호 소유주 또는 관리인과의 주기적인 설문조사 시행

정호 소유주 또는 관리인 등에게 정호의 사용여부, 원상복구 가능성을 주기적으로 파

악하여 자료의 폐기율을 낮출 수 있도록 최대한 노력한다.

차. 유량계 재설치

본 조사에서 대상정호 선정시 유량계가 존재하였으나 조사기간 동안 유량계가 파손되어 있어 통계분석에 활용하지 못한 경우가 발생하였다. 따라서 향후 이용량 조사시 유량계에 고장이 발생한다면, 유량계를 재설치하여 표본설계시 산정된 표본수를 맞추고 통계분석을 수행하여야 한다.

5.1.4 지자체 및 타기관 자료 활용

가. 지자체 하수도 사용료 부과자료 활용

향후 이용량 조사시 지자체 하수도 사용료 부과 정호 중 대표적인 대상정호를 선정하여 지자체 자료와 현장자료를 비교·검토하여 두 자료의 상관성을 분석하고, 상관계수를 적용하여 하수세 부과자료를 이용량 통계분석시 활용한다.

나. 한전 농업용 전력사용 정호 활용

향후 이용량 조사시 한전 농업용 전력사용 정호 중 대표적인 대상정호를 선정하고, 현장자료를 비교·검토하여 두 자료의 상관성을 분석하고, 분석된 상관계수를 적용하여 전력사용량 자료를 통계분석시 활용한다.

5.2 개선방안 제시

5.2.1 향후 모니터링 조사

가. 대상지역 선정

향후 지하수 이용량 모니터링 대상지역은 표본설계시 표본수를 결정하기 위해 쓰여지는 기존자료(지역개발행정자료)가 지하수기초조사 중 정천현황조사나 지자체에서 수행하는 지하수전수조사로 인해 보완, 수정된 지역을 대상으로 수행해야 하며, 이와 같은 이유는 표본설계를 위한 모집단 자료로 활용할 수 있는 지역개발행정자료가 정천현황조사나 전수조사를 통해 보완, 수정되어 신뢰성이 상대적으로 높기 때문이다.

나. 대상정호 선정 방법

1) 용도구분방법

지하수 이용량 모니터링을 위한 용도 및 세부용도분류 방법은 기본적으로 지하수 업무수행지침에 소개된 모니터링 대상정호 세부용도 분류기준에 따라 수행한다. 하지만 본

조사에서 여러 가지 문제점이 발생하였고, 이에 따라 향후에는 문제점에 대한 보완이 필요하다.

다음은 문제점에 대한 보완 사항을 정리하였다.

- 가정용은 급수지역과 미급수지역으로 구분
- 학교용 또한 급수지역과 미급수지역으로 구분
- 일반용은 양수능력에 따라 5개로 구분
- 축산용은 양계를 추가로 구분

〈표 5-2〉 향후 지하수 이용량 모니터링 세부용도 구분

용도	세부용도	구분
생활용	가정용	급수
		미급수
	공동주택용	
	마을상수도용	
	학교용	급수
		미급수
	농업생활겸용	
	일반용	30m ³ /일 미만
		30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하
		50m ³ /일 이상 ~ 100m ³ /일 이하
		100m ³ /일 초과 ~ 150m ³ /일 이하
		150m ³ /일 초과
농업용	전작용	
	답작용	
	원예용	
	축산용	한육우
		양돈
		양계

2) 표본조사의 방법

본 과업에서는 세부용도별 기준단위 산정목적을 위해 중심극한정리에 의한 방법을 사용하여 세부용도별로 30개 이상씩 선정하였지만, 향후 지역별 이용량을 조사하기 위해서는 이 조사방법보다는 미국의 알래스카주의 계층별 무작위 표본조사방법을 활용하면 표본수도 줄일 수 있고 보다 효율적으로 이용량을 조사할 수 있을 것으로 판단되어, 알래스카주에서 행해지고 있는 표본조사방법을 이용하여 지하수 기초조사를 통하여 정천현황조사가 이루어진 서산지역을 예로 들어 표본수를 다음과 같이 예상 산정하였다.

서산지역 모집단에 현황은 지역개발행정자료를 이용하여 얻을 수 있었고, <표 5-3>에 정호개소수와 연간 이용량에 대한 정보를 정리하였다.

<표 5-3> 서산시 지역개발행정자료의 분석결과

		정호시설수	총 연간 이용량 (m ³ /년)	평균 (m ³ /년)	표준편차 (m ³ /년)
생활용	가정용	3,010	2,484,471	825	2,832
	일반용	571	2,894,510	5,069	10,978
	학교용	39	251,870	6,458	11,373
	민방위용	9	18,000	2,000	1,788
	국군용	6	9,542	1,590	1,610
	공동주택용	44	523,762	11,904	20,240
	마을상수도용	75	937,013	12,494	18,327
	상수도용	7	81,263	11,609	17,069
	농업생활겸용	225	357,604	1,589	5,234
	기타	10	439,665	43,967	32,863
공업용	농공단지	14	258,450	18,461	10,133
	자유입지업체	2	15,390	7,695	10,331
농업용	전작용	3,278	11,585,329	3,534	3,914
	답작용	11,048	24,801,169	2,245	2,672
	원예용	256	1,487,904	5,812	7,737
	축산용	42	93,006	2,214	3,310
	기타	37	98,161	2,653	9,300
전체		18,673	46,337,108	140,120	169,713

서산시 전체 시설수에 대한 표본조사를 통해 약 10%의 표준오차를 가지는 전체 이용량을 계산하려면, 표본수를 다음 <식 5-1>과 같이 계산한다.

$$n = \frac{N^2 \sigma^2}{V_T + N \sigma^2}$$

.....<식 5-1>

여기서, N 은 취수지점수이고, σ 는 표준편차, V_T 는 분산($4.633,710.8^2$)이다.

<식 5-1>로부터 계산된 표본수는 17,956개 정호이고, 모집단의 거의 96%에 해당된다. 하지만 이와 같은 방법은 이용량이 비슷한 계층별로 구분하지 않고 표본수를 산정했을 경우이다. 따라서 계층별로 구분하여 표본수를 산정한다면 표본수를 훨씬 줄어 들 수 있고, 이에 대한 계산식은 다음 <식 5-2>와 같다.

$$n = \frac{\left[\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h \right]^2}{V_T + \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2} \quad \dots\dots\dots$$

<식 5-2>

$$\begin{aligned} \text{여기서, } V_T + \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 &= 4,633,710.8^2 + \{(3,010 \times 2,832^2) + (571 \times 10,978^2) + \dots\dots + \\ &\quad (37 \times 9,300^2)\} \\ &= 2.1781 \times 10^{13} \end{aligned}$$

그리고, <식 5-2>로부터

$$n = \frac{1}{2.1781 \times 10^{13}} \{ (3,010 \times 2,832) + (571 \times 10,978) + \dots + (37 \times 9,300) \}^2 = 188.8$$

이와 같이, 세부용도별로 나누어서 표본조사를 수행하면 표본수를 상당히 줄일 수 있다. <표 5-4>는 향후 서산지역 이용량 모니터링시 약 10%의 표준오차를 이루기 위해 세부용도별로 필요한 표본수를 나타낸 것이다. 이와 같이 이용량이 서로 비슷한 것끼리 더욱더 세부적으로 용도분류를 하여 표준편차를 줄인다면 표본수는 줄어든 것이다.

중심극한정리에 의한 방법에 따라 지역개발행정자료의 연간 이용량을 근거로 10%의 표준오차를 얻기 위해서는 표본수 204개가 필요하며, 이는 모집단의 약 1.09%에 해당된다. 이와 비교를 위해 본 과업에서 수행한 중심극한정리에 의한 방법으로 표본수를 산정하였다. 중심극한정리에 의한 방법은 세부용도별로 24개씩의 표본수가 필요하게 되고 서산지역의 세부용도는 17개로 분류되어 있기 때문에 최소한 408개의 표본수가 필요하게 된다. 하지만 <표 5-4>에 의하면 일부 세부용도(민방위용, 국군용, 상수도용, 생활용 중 기타, 농공단지, 자유입지업체)는 시설개소수가 24개가 되지 않기 때문에 중심극한정리에 의해서 표본수를 산정할 수 없다. 따라서 서산지역 이외에 추가적으로 다른 지역을 선정하여 표본수를 채워야 한다. 이렇게 되면 신뢰수준과 표준오차를 고려한 지역별 이용량의 통계분석은 이루어 질 수 없다. 이와 같이 지역별 이용량을 산정하기 위해서는 중심극한정리에 의한 방법보다는 계층별 무작위 표본조사방법이 더욱더 효율적인 방법이 될 수 있다.

향후 지하수 이용량 모니터링시에는 정전현황조사나 전수조사 등으로 보완된 지역개발행정자료를 근거로 계층별 무작위 표본조사방법으로 표본수를 정함으로써 보다 정확한 지역별 이용량을 산정할 수 있다.

<표 5-4> 계층별 무작위 표본조사에 의해 산정된 서산지역의 표본수

		시설 개소수	계산된 표본수	수정된 표본수	표준오차(%)
생활용	가정용	3,010	25.1	25	68.3
	일반용	571	18.5	19	48.9
	학교용	39	1.3	2	121.3
	민방위용	9	0.0	2	55.8
	국군용	6	0.0	2	58.4
	공동주택용	44	2.6	3	94.8
	마을상수도용	75	4.0	4	71.4
	상수도용	7	0.4	2	87.9
	농업생활겸용	225	3.5	4	163.2
	기타	10	1.0	2	47.3
공업용	농공단지	14	0.4	2	35.9
	자유입지업체	2	0.1	2	0.0

농업용	전작용	3,278	37.8	38	17.9
	답작용	11,048	86.9	87	12.7
	원예용	256	5.8	6	53.7
	축산용	42	0.4	2	103.2
	기타	37	1.0	2	241.1
전체		18,673	188.794	204	10.0

다. 현장조사 방법

1) 관측주기 및 관측기간

관측주기는 기본적으로 월 1회로 하고, 관측기간은 데이터의 재현성과 강우 요인 등을 고려할 때 3년 이상으로 한다. 학교용이나 농업용 정호는 매일 사용하지 않기 때문에 가동일수를 파악하여 이용량 산정에 고려해야 한다. 따라서 향후 실시간 원격검침을 시행하여 가동일수에 대한 정확한 조사를 실시해야 한다.

2) 검침방법

유량계를 통하여 이용량을 검침하는 것을 기본으로 하며, 유량계가 설치되어 있지 않은 정호는 시간계 또는 전력계를 설치하여 이용량을 모니터링한다. 또한 시간계 또는 전력계를 이용하여 지하수위 변화 등 단위유량 변동요인을 감안하여 2회 이상의 단위유량 조사를 수행하여야 한다.

지자체에서 제공하는 하수도 사용료 부과자료와 한국전력에서 제공하는 전력 사용량 자료를 분석에 활용하기 위하여, 시간계 설치정호(하수도 사용료 부과자료)과 전력계 설치정호(한전 농업용 전력 사용정호)에 유량계를 설치하고 시간계, 전력계와 유량계와의 상관성을 분석하여야 한다.

3) 정호제원 측정방법

본 조사에서 양수능력에 따른 가동률과 가동일수는 급수인구, 시설면적, 물리면적당 기준단위를 적용하기 어려운 일반용이나 답작용·원예용에 활용되었다. 따라서 향후에는 양수능력에 대한 정확한 값을 조사하여야 하고 양수능력에 대한 정확한 값을 얻기 위해서는 모터펌프용량, 안정수위와 같은 정호현황에 대한 현장조사가 이루어져야 한다. 수중 모터펌프는 수중에 있기 때문에 직접 육안으로 펌프용량을 식별하기가 어렵다. 하지만 전류전압측정계(테스터기)를 이용하여 펌프용량을 알지 못하는 모터펌프 가동시 전류량을 측정하고, 펌프용량을 정확히 알고 있는 펌프의 전류량을 측정하여 서로 비교·대조하면 펌프용량을 알지 못하는 모터펌프의 용량을 구할 수 있다. 또한, 양수능력은 대상정호를 약 1~2시간 정도 양수하고 양수된 양을 24시간으로 환산하여 계산한다.

4) 세부용도별 대상정호 선정시 필수 조사항목

세부용도별로 지하수 이용량에 영향을 미칠 수 있는 인자가 설문조사 되어야 한다. 예를 들면, 가정용·공동주택용·마을상수도용·농업생활겸용은 단순히 이용량만을 모니터링 하지 않고 급수인구와 급수가구가 조사되어야 하고, 일반용은 업종, 시설면적, 시설이용객수, 양수능력 등이 조사되어야 한다. 본 과업에서는 수행하지 않았지만 공업용은 업종, 시설면적, 생산액, 종업원수 등이 조사되어야 하고, 농업용 중 전작용·원예용은 양수능력, 재배작물, 몽리면적이, 축산용은 가축사육마리수가 조사되어야 한다. 이와 같은 영향인자들이 조사되어야만 향후 세부용도별 기준단위 산정시 보다 신뢰성 있는 자료를 얻을 수 있다.

〈표 5-5〉 세부용도별 대상정호 선정시 필수 조사항목

용도	세부용도	대상정호 선정시 필수 조사항목
생활용	가정용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 급수인구, 급수가구
	공동주택용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 급수인구, 급수가구
	마을상수도용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 급수인구, 급수가구
	학교용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 급수인구, 급수가구
	농업생활겸용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 급수인구, 급수가구, 몽리면적
	일반용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 시설면적, 시설이용객수, 생산액
농업용	전작용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 몽리면적, 재배작물
	답작용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 몽리면적, 재배작물
	원예용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 몽리면적, 재배작물
	축산용	정호제원(펌프마력, 토출관직경, 양수능력), 몽리면적, 사육종, 사육두수

제6장 결론 및 제언

- 6.1 결론
- 6.2 향후 추진 방향

제 6 장 결론 및 제언

6.1 결론

지자체별로 『지역개발행정자료』에 입력된 지하수 이용량 자료는 시간, 인력 및 비용 등의 문제로 인하여 모든 정호에 대하여 직접검침을 하지 못하고, 타지역에서 산정된 기준단위를 이용하거나, 민원인이 신고시 제출하는 일이용량을 그대로 적용하는 실정이다. 따라서 세부용도별 통계를 근거로 한 정확한 기준단위와 과학적인 지하수 이용량 평가방법이 마련되어야 한다. 본 과업은 기존의 지하수 이용량 자료의 신뢰도에 많은 논란이 있어 이를 개선하고자 추진되었으며, 실제 지하수 이용량 모니터링 조사를 통해 세부용도별로 기준단위를 산출하고, 산정된 기준단위를 기초로하여 보다 더 과학적이고 현실에 맞는 지하수 이용량 평가 기법을 개발하였다.

조사지역은 세부용도별 지하수 개발·이용시설이 고루 분포되어 있고, 지하수 개발가능량 대비 실제 이용량의 비가 높은 경기도 이천지역(116.6%)을 중심으로 안성시, 용인시, 여주군을 대상으로 선정하였다. 선정된 정호들은 2006년 12월 ~ 2007년 11월까지 12개월 이상 측정하였고, 관측주기는 매월 1회 이용량을 관측하였다.

지하수 조사연보(2006)에 의하면, 생활 및 농업용의 시설수는 전체의 98.52%, 이용량은 93.65%로써 많은 비중을 차지하고 있고, 공업용은 이번 조사에서 제외하였으며 생활용 지하수는 5개 세부항목으로 분류하고, 이 중 일반용은 업종별로 6개 항목으로 세세분류 하였다. 농업용 지하수는 3개 세부항목으로 분류하고, 이 중 축산용은 육우와 양돈 2개 항목으로 세세분류 하였다.

일반적으로 표본조사는 표본설계를 통해 통계적으로 산출된 표본수를 조사함으로써 전체를 조사하지 않고 조사의 신뢰성을 확보한다. 그러나, 본 과업에서는 모집단에 대한 통계분석이 불가능하여 표본추출방법으로 중심극한정리에 의한 방법을 채택하였다. 따라서 세부용도별로 24개 정호 이상씩 유지되도록 하기 위해 여유율을 두고 30개 정호 이상이 되도록 표본설계를 하였다.

이와 같이 수립된 세부방안을 가지고 대상정호 선정조사를 실시하였다. 그러나 유량계의 설치율이 미비하고 유량계의 고장률이 높으며, 선정된 대상정호는 소유주와의 협의가 어렵다는 문제점으로 인하여 대상정호를 선정하는데 어려움이 있었다. 한편 농업용정호는 소형정호로 대부분 유량계가 설치되어 있지 않다. 따라서 전력계 또는 시간계를 설치하고 단위 전력/시간 소비량 대비 유량값을 실험조사하여, 전력/시간계 값을 유량계값으로 환산함으로써 유량계를 대신하였다.

현장에서 실측된 검침자료를 바탕으로 세부용도별, 계절별, 정호제원별로 구분하여 이용량을 통계적으로 살펴보고, 이에 대한 이용량 특성분석을 실시하였다.

우선 세부용도별로 이용특성을 살펴보면, 가정용·공동주택용·마을상수도용·학교용·농업생활검용의 일평균이용량 평균값은 각각 $0.7\text{m}^3/\text{일}$, $4.2\text{m}^3/\text{일}$, $28.76\text{m}^3/\text{일}$, $15.46\text{m}^3/\text{일}$, $3.17\text{m}^3/\text{일}$ 로 조사되었고, 일평균이용량 평균값 대비 표준편차율은 각각 52.9%, 40%, 62.2%, 100.8%, 73.2%로 조사되었다. 가정용·공동주택용은 비교적 다른 세부용도에 비하여 표준편차율이 작았고, 이는 다른 세부용도에 비하여 반복 조사시 평균값의 재현율이 높다는 것을 의미한다. 이와는 반대로 마을상수도용·학교용·농업생활검용은 표준편차율이 다른 세부용도에 비하여 높게 조사되었기 때문에 반복 조사시 평균값의 재현율이 낮다는 것을 의미한다. 즉, 정호당 이용량(일평균이용량)을 기준단위로 정한다면 가정용과 공동주택용은 마을상수도·학교용·농업생활검용에 비하여 신뢰성이 있는 자료를 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

가정용 지하수의 일평균이용량이 지역별로 차이가 있는지 분석하기 위해 ANOVA 분석을 실시한 결과, F값은 0.145이고 유의확률은 $0.865(p>0.05)$ 로 집단 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 조사결과 가정용 지하수는 지역별로 차이가 없는 것으로 조사되었기 때문에 향후 조사시에 지역별로 가정용을 구분하는 것보다 급수지역과 미급수지역으로 구분하여 분류해야 할 것으로 판단된다.

일반용정호 중 업종별로 1일 평균이용량이 가장 많은 업종은 욕탕용으로 $16.52\text{m}^3/\text{일}$ 으로 조사되었으며, 다음으로 체육시설($14.39\text{m}^3/\text{일}$), 소규모사업체($4.9\text{m}^3/\text{일}$), 주유소용($5.5\text{m}^3/\text{일}$), 식당용($3.12\text{m}^3/\text{일}$), 사무용($1.74\text{m}^3/\text{일}$) 순으로 조사되었고, 표준편차율을 살펴보면 욕탕용이 86.8%, 식당용이 71.2%, 주유소용이 103.5%, 사무용이 85.6%, 체육시설용이 113%, 소규모사업체는 93.9%로 조사되었다. 이와 같이 일반용 정호를 업종별로 세세 분류하여도 정호당 일평균이용량의 표준편차율은 큰 것으로 조사되었다. 이는 정호별로 시설면적이나 시설이용객수, 매출액 등에 차이가 있기 때문에 이용량에 차이가 발생한 것으로 판단된다. 따라서 일반용정호는 업종별로 정호당 일평균이용량을 기준단위로 적용하고 이용량을 산정하는 것이 신뢰도에 문제가 있을 것으로 판단된다.

농업용 정호의 1일 평균이용량은 원예용이 $20.37\text{m}^3/\text{일}$ 로 가장 많이 사용한 것으로 조사되었고, 다음으로 답작용($7.42\text{m}^3/\text{일}$), 축산용($5.70\text{m}^3/\text{일}$) 순으로 조사되었고, 표준편차율은 답작용이 98.5%, 원예용이 63.2%, 축산용이 75.4%로 조사되었다. 농업용 또한 정호당 일평균이용량을 기준단위로 적용하는 것은 산정된 이용량 값에 상당한 오차를 발생할 것으로 판단된다.

다음으로 계절별 이용특성을 살펴보기 위하여 세부용도별 ANOVA분석을 실시한 결과, 공동주택용은 95%, 답작용, 원예용은 99% 신뢰수준에서 월별 이용량에 유의미한 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 원예용은 겨울철에 이용량이 많았고, 답작용은 모내기 기간인 5월과 6월에 이용량이 많은 것으로 조사되었다. 이와 같이 계절별로 이용량에 차이가 발생하는 용도는 향후 실시간 관측으로 가동일수를 모니터링 하여야만 이용량 산정 시 신뢰 있는 가동일수 자료로 활용될 수 있다.

마지막으로 정호제원별 이용특성을 살펴보면, 펌프용량, 토출관직경, 양수능력별 모두 용량, 크기, 능력이 증가할수록 지하수 이용량도 증가하는 양상을 보였다.

본 과업에서는 세부용도별로 신뢰성 있는 기준단위를 산정하기 위해 이용량에 영향을 미칠 수 있는 영향인자와 실질적으로 현장에서 검침된 이용량과의 상관성 분석을 실시하였다. 그 결과, 생활용 중 가정용·공동주택용·마을상수도용·농업생활겸용은 급수인구와 상관성이 높았고, 학교용은 양수능력과 상관성이 높았다. 한편, 일반용은 양수능력, 토출관직경과 같이 정호제원과 상관성이 높은 것으로 조사되었다. 농업용 중 답작용은 펌프용량과, 원예용은 물리면적과, 축산용은 가축사육두수와 상관성이 가장 높은 것으로 조사되었다. 이와 같이 각 세부용도별로 가장 상관성이 있는 인자를 기준단위 산정기준으로 정하여 이용량을 산정하는 방법을 조사하였다.

가정용 정호의 급수인구당 기준단위를 분석하기 위하여 용도를 재분류하고 이상값을 제거한 89개 정호에 1인 평균이용량의 평균값을 분석한 결과 228.94L/인·일로 조사되었고, 지역별로는 이천지역이 244.40L/인·일로 가장 높았으며, 다음으로 용인(230.66L/인·일), 안성(212.02L/인·일)순으로 조사되었다. 가정용 1인 평균이용량의 평균값(228.94L/인·일)을 수자원장기종합계획의 미급수지역 기준단위(215L/인·일)와 비교한 결과 거의 유사한 값을 보였다. 하지만 지역개발행정자료에 가정용으로 분류된 정호는 대부분 급수인구가 조사되어 있지 않아서 급수인구당 기준단위를 사용할 수 있는 정호가 매우 제한적이다. 또한 가정용 우물의 또다른 영향인자인 양수능력 대비 가동률의 평균값은 1.97%로 조사되었다. 따라서 가정용 우물의 이용량 산정방법은 급수인구가 조사된 정호에 대하여는 급수인구당 기준단위를 사용하고 급수인구가 조사되어 있지 않은 정호는 양수능력대비 가동률을 적용하여 이용량을 산정한다.

공동주택용·마을상수도·농업생활겸용 또한 이용량 산정기준을 급수인구로 정하였으며, 급수인구당 일평균이용량의 평균값이 공동주택용은 176.82L/인·일, 마을상수도용은 262.54L/인·일, 농업생활겸용은 880.7L/인·일로 조사되었다. 공동주택용·마을상수도·농업생활겸용의 이용량 산정방법은 대상정호에 급수인구당 기준단위를 적용시켜 우

물 정호당 일평균이용량을 분석하고, 여기에 급수일 365일을 적용하여 연간 이용량을 산정한다.

학교용은 양수능력대비 가동률이 평균 24.36%로 조사되었고, 이를 지역개발행정자료에 기재된 양수능력에 적용하여 이용량을 산정하였다.

일반용 정호를 6개 업종(육탕용, 식당용, 주유소용, 사무용, 체육시설용, 소규모사업체)별로 나누어 시설면적당 이용량을 분석하였지만, 지역개발행정자료에는 일반용 정호가 업종별로 구분되어 있지 않을 뿐만 아니라 시설면적이 조사되어 있지 않아 시설면적당 이용량은 기준단위로 활용될 수 없다. 따라서 일반용은 양수능력대비 가동률을 양수능력별 5개의 카테고리(30m³/일 미만은 13.55%, 30m³/일 이상 ~ 50m³/일 이하는 10.88%, 50m³/일 초과 ~ 100m³/일 이하는 12.68%, 100m³/일 초과 ~ 150m³/일 이하는 9.9%, 150m³/일 초과는 7.97%)로 조사되었다. 한편 평균값 대비 표준편차율은 적게는 101%에서 많게는 140%로 조사되었다. 이와 같은 결과는 양수능력대비 가동률의 평균값에 대한 신뢰도가 낮다는 것을 의미한다. 따라서 향후에는 대상정호 선정시 양수능력별로 구분하여 평균값의 신뢰도를 높여야 한다. 이와 같이 양수능력이 조사된 일반용 정호의 지하수 이용량은 지역개발행정자료에 기재된 양수능력에 각 양수능력대비 가동률을 적용하여 산정하지만, 양수능력이 조사되어 있지 않은 정호는 토출관직경에 따른 이용량으로 산정한다. 일반용 정호의 토출관직경별 이용량은 32mm 이하는 3.63m³/일, 32~42mm는 15.9m³/일, 50mm 이상은 10.14m³/일로 조사되었다.

몽리면적이 조사된 답작용·원예용 정호의 이용량은 몽리면적에 몽리면적당 이용량(답작용 : 25.93m³/일·ha, 원예용 : 236.05m³/일·ha)을 적용하여 이용량을 산정하고, 몽리면적이 조사되어 있지 않은 정호는 양수능력에 양수능력대비 가동률(답작용 : 18.93%, 원예용 : 14.12%)을 적용하여 일이용량을 산정한 후 가동일수(답작용 : 180일, 원예용 : 365일)를 적용하여 연간 이용량을 산정한다.

축산용 가축종류별로 육우는 두당 47.13L/두수·일, 양돈은 14.78L/두수·일로 조사되었다. 축산용 우물의 지하수 이용량은 지역별 가축사육두수에 한육우와 양돈은 본 과업에서 조사된 기준단위를 적용하고, 젓소와 닭은 "농촌용수 수요량 조사 종합보고서(농림부)"에서 적용한 축산용 종별 기준단위(1994, 일본 초지개발사업계획설계기준)인 150L/두수·일, 닭 1L/두수·일)를 적용하여 축산용 우물 전체의 일평균이용량을 산정하였다. 이를 종별 사육가구수로 나누어 가구당 일평균이용량을 구해 가동일수 365일을 적용하여 연간 이용량을 산정하였다.

본 과업에서는 일반용과 농업용 중 답작용·원예용은 양수능력에 따라 이용량이 결정

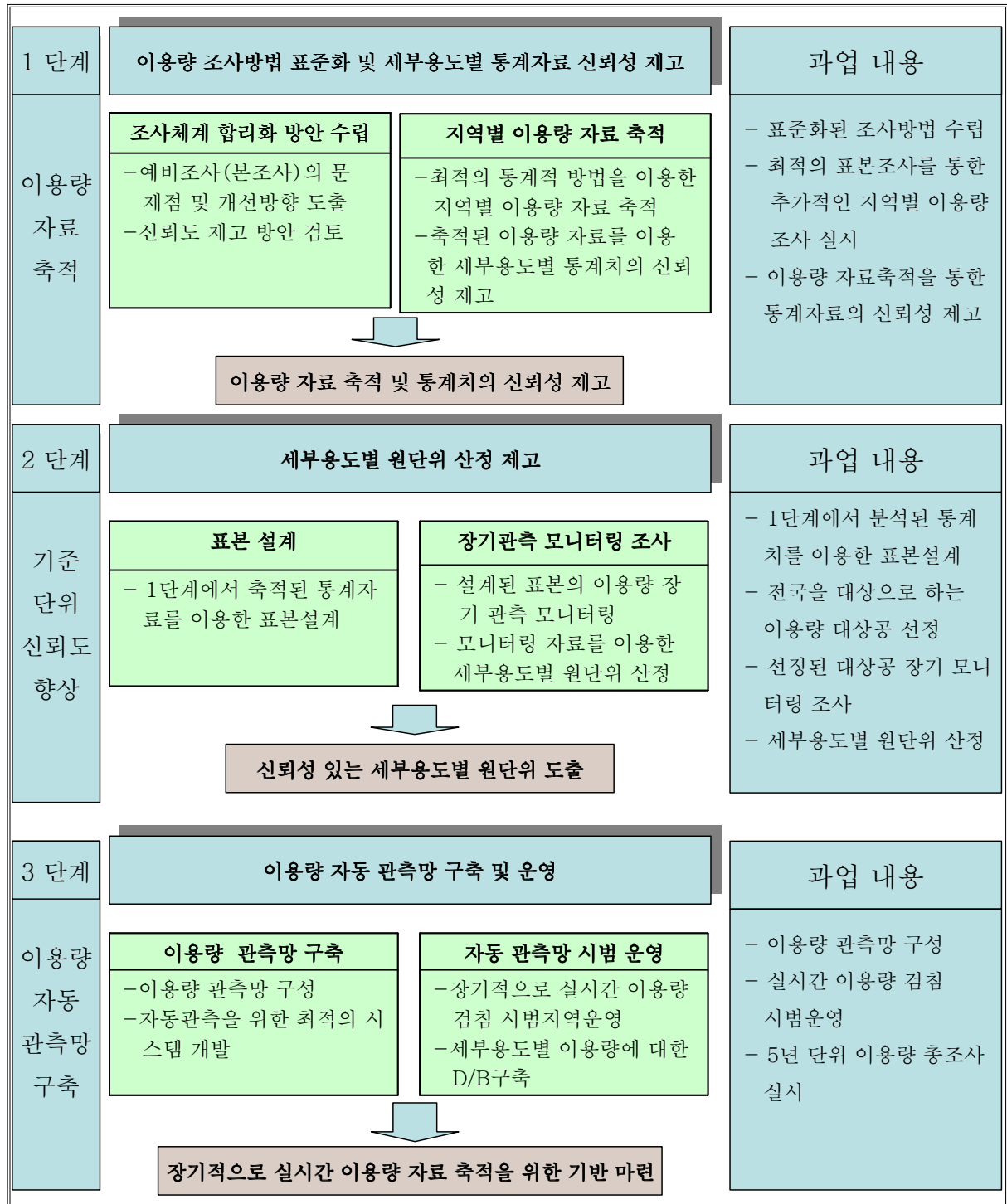
된다. 하지만 본 과업에서 활용된 양수능력 자료는 현장에서 측정된 결과를 가지고 산출된 것이 아니라, 일반용은 지역개발행정자료에 입력된 자료를 활용하여 산출하였고, 농업용은 임의적으로 양정고는 10m, 펌프효율은 60%로 고려하여 산출하였다. 따라서 자료의 객관성에 문제가 있을 수 있으며, 이에 대한 검증이 필요하다.

양수능력은 양정고와 펌프의 효율로 결정되는데, 수중모터펌프는 양정고를 대신하여 펌프의 설치심도를 활용하고, 지상에 설치된 흡입펌프는 양정고로 안정수위를 파악한다. 하지만 수중모터펌프의 설치심도를 측정하는 것은 현실적으로 불가능하고 지상에 설치된 흡입펌프는 안정수위를 파악해야 하는데, 이렇게 되면 모든 정호에 양수시험을 수행하여야 한다. 따라서 이에 적당한 대안으로 향후 양수능력에 대한 검증은 대상정호에 대하여 실질적으로 양수를 1~2시간정도 실시하여 1일 양수능력을 파악한다.

본 과업에서 조사된 기준단위를 활용하여 이천, 안성, 용인지역의 이용량을 산정한 결과, 지하수 조사연보(2006)에 조사된 이용량보다 약 60%가량 작게 평가되었다. 이와 같이 현재 1년 마다 보고되고 있는 지하수 이용량 값은 대부분 실질적으로 검침을 실시하여 측정된 값이 아니기 때문에 실제 이용량과는 차이가 발생하였다.

6.2 향후 추진방향

본 과업에서의 목적은 신뢰성 있는 지역별 이용량 자료산정과 세부용도별 기준단위 산정으로 인한 지하수 이용량 평가기법 개발에 있다. 하지만 이와 같은 목적을 전부 달성하기에는 과업의 기간이나 비용이 상당히 부족하였다. 따라서 향후에는 단계별로 목적을 세부화하여 총 3단계로 추진해야 하며, 1단계는 본 조사 성과를 바탕으로 현장조사에서 발생한 문제점을 보완하여 지하수 이용량 조사방법에 대한 표준화를 수립한다. 또한, 표준화된 이용량 조사방법으로 본 조사지역 이외에 추가적으로 다른 지역을 선정하고 세부용도별로 이용량 자료를 축적하여 통계분석치의 신뢰성을 제고한다. 2단계는 1단계에서 세부용도별로 확립된 통계분석자료를 이용하여 세부용도별 기준단위 산정을 위한 표본조사를 실시함으로써 신뢰성 있는 세부용도별 기준단위를 산정하고, 3단계에서는 2단계에서 조사된 정호를 바탕으로 관측망을 구성하고 이용량 자료를 직접 측정하지 않고 실시간으로 자료를 취득할 수 있는 지하수 이용량조사 자동화시스템을 구축토록 방향을 설정해야 한다(그림 6-1).



〈그림 6-1〉 단계별 업무수행 흐름도

6.2.1 1단계 세부추진방향

향후 수행될 지하수 이용량 모니터링조사의 1단계 목표는 이용량 조사방법에 대하여 표준매뉴얼을 만들고, 추가적인 지역을 설정하여 지하수 이용량 자료를 축적하여 세부용도별 통계분석치의 신뢰성 확보에 있다. 이와 같은 목표에 맞는 1단계 향후 세부추진내용은 다음과 같다.

가. 이용량 조사체계 합리화 방안 수립

본 과업에서 수행된 지하수 이용량 대상정호 선정방법, 대상정호 현장조사방법·통계 분석방법의 문제점을 제검토하고, 본 과업의 5장 지하수 이용량 개선방안을 토대로 신뢰성 있는 이용량 자료를 산정할 수 있는 이용량 현장조사방법을 도출하는 동시에 조사되어야 할 산정인자를 확실히 결정하고, 각 조사인자들에 대해서는 세부 산정기준을 제시하는 등 지하수 이용량 산정 표준화방안을 수립한다.

나. 지역별 이용량 자료 축적

본 과업을 통해 산정된 세부용도별 통계치를 <표 6-1>에 나타내었다. 평균대비 표준편차율이 가장 낮은 세부용도는 마을상수도용으로 39.2%로 조사되었고, 가장 큰 세부용도는 일반용으로 조사되었다. 이와 같이 평균대비 표준편차율이 작게는 39.2%에서 많게는 140.4%로 조사되었다. 하지만 이러한 통계치가 이번 과업에서 생긴 여러 가지 문제점으로 인하여 정확한 값으로 보기 힘들기 때문에 이 통계치의 신뢰성을 보완하기 위해서는 추가적인 이용량 자료의 축적이 필요하다. 따라서 지하수 기초조사 중 정전현황조사나 지자체에서 수행하는 지하수전수조사를 통해 지역개발행정자료가 수정·보완된 지역을 중심으로 활용가능한 모든 통계적인 방법을 이용하여 표본설계를 실시하고 지역별 이용량 자료를 분석한다. 이렇게 지역적으로 검침된 이용량자료를 축적하고 세부용도별 통계치(평균값, 표준편차)를 분석하여 세부용도별 기준단위 신뢰도 향상을 위해 2단계에서 수행하게 될 표본설계의 모집단 자료로 활용한다.

6.2.2 2단계 세부추진방향

본 과업의 세부용도별 통계분석을 통하여 세부용도별 기준단위를 산정하였다. 하지만 가정용·공동주택용·마을상수도를 제외하고는 정규분포를 이루지 않고 표준편차 값이 크게 조사되었기 때문에 세부용도별 기준단위 통계치의 보완·수정이 필요하다. 그러기 위해서는 세부용도별로 신뢰도와 오차한계에 맞는 정확한 표본설계를 하여야 한다. 세부

<표 6-1> 본 과업에서 조사된 세부용도별 평균값 및 표준편차

용도	세부용도		단위	평균값	표준편차	평균대비 표준편차율
생 활 용	가정용	용인	m ³ /인·일	230.66	109.78	47.59%
		안성	m ³ /인·일	212.02	69.05	32.57%
		이천	m ³ /인·일	244.4	82.06	33.58%
		합계	m ³ /인·일	228.94	92.34	40.33%
	공동주택용		m ³ /인·일	176.82	84.08	47.55%
	마을상수도용		m ³ /인·일	262.54	103.13	39.28%
	학교용		%	24.36	24.64	101.15%
	농업생활검용		m ³ /인·일	880.7	673.77	76.50%
	일반용	30m ³ /일 미만	%	13.55	15.68	115.72%
		30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하	%	10.88	15.25	140.17%
		50m ³ /일 이상 ~ 100m ³ /일 이하	%	12.68	13.64	107.57%
		100m ³ /일 초과 ~ 150m ³ /일 이하	%	9.9	13.9	140.40%
		150m ³ /일 초과	%	7.97	8.06	101.13%
농 업 용	답작용		%	9.75	11.56	118.56%
	원예용		%	14.12	15.77	111.69%
	축산용	육우	L/두수·일	47.13	35.03	74.33%
		양돈	L/두수·일	14.78	7.36	49.80%
		합계	L/두수·일	29.78	26.67	89.56%

용도별 기준단위 산정을 위한 표본설계는 1단계에서 얻은 세부용도별 통계분석치를 모집단 자료로 활용하여야 한다. 정확한 표본설계는 모집단 자료의 정확성이 무엇보다 중요한데 이러한 관점에서 볼 때 1단계에서 수행될 내용은 중요하다고 볼 수 있다. 이와 같은 표본설계를 통해 표본수가 정해지면 전국단위의 조사후보공을 검토하고, 데이터의 재현율을 감안하여 2~3년간의 장기모니터링을 실시한다.

세부용도별 기준단위 산정을 위한 표본설계를 다음과 같이 시범적으로 실시해 보았다. 아직은 1단계 지역별 이용량 자료축적을 통한 통계치의 수정·보완이 이루어지지 않았기 때문에 본 조사에서 얻은 통계치를 모집단 자료로 활용하였다.

가. 표본설계

표준편차가 작다면 평균 근처에 자료들이 집중적으로 위치한다. 따라서 적절한 오차한계와 신뢰수준이 주어진다면, 소수의 표본만 가지고도 평균을 추정하는데 큰 어려움이 없다. 반면, 표준편차가 큰 경우 평균주위에 크게 흩어져 있기 때문에 적절한 오차한계 내에서 평균을 추정하기 위해서는 훨씬 더 많은 표본이 필요하다. 따라서 세부용도별 표본수 결정은 본 과업에서 얻은 세부용도별 통계치(표 6-1)를 이용하고, 2장에 소개된 <식 6-1>에 의하여 표본수를 결정하였다.

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{E} \right)^2 \dots\dots\dots$$

(식 6-1)

여기서, Z는 신뢰수준에 따른 계수로서 95%의 신뢰수준을 적용하여 1.96이고, σ는 모집단의 평균대비 표준편차율이며 <표 6-1>의 값을 이용하였다. E는 허용오차로 10%를 적용하였다.

위와 같은 기준으로 세부용도별 표본수를 산정하였고, <표 6-2>와 같이 나타내었다. 세부용도별로 가장 많게는 일반용 중 100m³/일 초과 ~ 150m³/일 이하로 757개가 필요하고, 가장 적게는 마을상수도용으로 59개의 표본수가 필요한 것으로 산정되었다. 95%신뢰수준에서 10%의 오차내의 기준단위를 얻기 위해서는 세부용도별로 <표 6-2>에 계산된 표본수를 조사하여야만 얻을 수 있다.

<표 6-2>에 계산된 표본수는 본 조사에서 얻은 통계치를 이용하여 분석된 값으로 향후 1단계 조사에서 신뢰성 있는 이용량 자료를 축적하여 통계치를 수정·보완한다면 2단계에서 설계된 표본수의 신뢰도는 향상되고, 표본설계의 신뢰도가 높아지면 분석된 세부용도별 기준단위의 신뢰도 또한 높아진다.

<표 6-2> 계산된 세부용도별 표본크기

<신뢰구간: 95%, 허용오차: 10%>

용도	세부용도		평균대비 표준편차율 (%)	표본수(정호)
생활용	가정용	용 인	47.59	87
		안 성	32.57	41
		이 천	33.58	43
		합 계	40.33	62
	공동주택용		47.55	87
	마을상수도용		39.28	59
	학교용		101.15	393
	농업생활겸용		76.5	225
	일반용	30m ³ /일 미만	115.72	514
		30m ³ /일 이상 ~ 50m ³ /일 이하	140.17	755
		50m ³ /일 이상 ~ 100m ³ /일 이하	107.57	445
		100m ³ /일 초과 ~ 150m ³ /일 이하	140.4	757
		150m ³ /일 초과	101.13	393
농업용	답작용		118.56	539
	원예용		111.69	479
	축산용	육 우	74.33	212
		양 돈	49.8	95
		합 계	89.56	308

나. 장기관측 모니터링조사

2단계의 목표는 세부용도별 이용량 산정기준단위의 신뢰도를 향상시키는데 있다. 이를 위해서는 정확한 표본설계 뿐만 아니라 이용량 자료의 재현성이 고려되어야 한다. 이를 위해서는 1년 정도의 이용량 모니터링이 아닌 2~3년 이상의 이용량 모니터링이 이루어져야 하고, 이를 통해 축적된 자료를 이용하여 세부용도별 이용량 산정기준단위나 용도별, 계절별, 관정제원별 이용특성 분석을 실시한다.

6.2.3 3단계 세부추진방향

지하수 이용량은 조사자가 직접 현장을 방문하여 유량계(계량기)를 검침하여 파악할 수 있으나 이 방법은 조사 인력·시간·경비가 매우 과다하게 소요되기 때문에 비효율적이다. 또한 유량계에 수중모터펌프의 압력이 과다하게 전달되는 경우에는 유량계가 파손되거나 고장이 발생하는 경우가 많으며, 유량계의 공회전 문제는 지하수 이용량 산정에 오차를 발생하게 하는 요인으로 작용하고 있다. 따라서 지하수 이용량을 경제적이고 합리적으로 파악할 수 있는 방법으로 제주도광역수자원관리본부에서는 지하수를 양수하기 위해 정호내에 설치된 수중모터펌프의 소비전력량과 가동시간을 CDMA무선통신망을 통해 원격 검침하는 시스템을 2002년부터 추진해 오고 있다.

본 조사에서 밝혀진 향후 개선사항으로 관측주기를 들 수 있다. 본 과업에서는 모니터링 주기를 한 달 주기로 시행하였지만, 일부 세부용도(학교용, 일반용 중 체육시설용, 농업용 중 전작용, 답작용, 원예용)는 실시간 검침이 필요한 것으로 판단되었고, 따라서 이용량 모니터링 3단계 추진계획에 실시간 원격모니터링을 계획하였다.

가. 국가 지하수 이용량 관측망 구성

관정 소유주의 측정거부 등으로 인한 측정불가공의 발생이 주로 연속적인 데이터의 취득에 장애로 작용하는바, 향후에는 지속적이고 안정적인 이용량자료의 파악을 위하여 “국가 지하수 이용량 관측망(Water Use Monitoring Well Network)”를 전국적으로 선정하여 국가에서 운영하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 따라서 전국을 대상으로 세부용도별 이용량 특성을 대표할 수 있는 정호를 선정하여 지하수 이용량 관측망을 구성하고, 구성된 정호를 초기단계에는 자료관측원의 수동 자료관측을 통해 이용량을 관측하고, 최종적으로는 실시간으로 검침할 수 있고 전력소모가 최소인 최적의 시스템을 개발하여 자동 이용량 관측망을 운영한다. <그림 6-2>는 향후 3단계에서 수행할 지하수 이용량 자동 관측 시스템의 모식도를 나타내었다. 관정 소유주의 측정거부 등으로 인한 측정불가공의 발생과 이로 인한 결측을 줄이기 위하여 관정소유주에 대해 일정금액의 비용을 지불하여 국가 지하수 이용량 관측망을 운영할 필요가 있다.

나. 5년 단위 이용량 총조사 실시

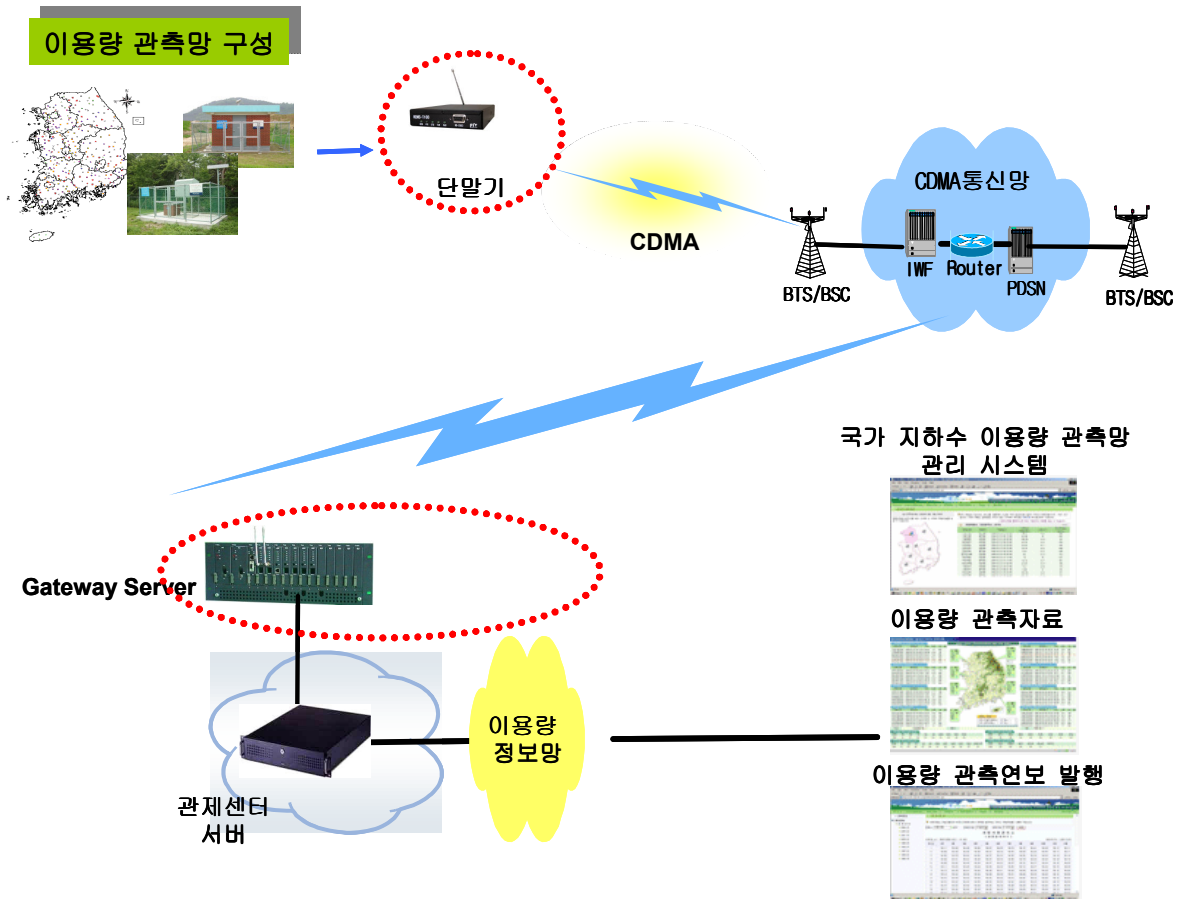
세부용도별 지하수이용량의 기준단위는 물 사용패턴이나 강수량, 산업구조 변화, 용수 절약등 여러가지 요인으로 인하여 변화한다. 따라서 3단계 과업을 마친 이후에는 5년 단위로 지하수 이용량 총 조사를 실시하고, 세부용도별 기준단위의 변화를 모니터링 하여야 할 필요가 있다.

다. 실시간 이용량 검침 시범 운영

개발된 시스템을 자동 관측망에 적용하고 실시간으로 이용량을 검침하여 세부용도별 가동시간, 이용량에 대한 D/B를 구축한다.

라. 연보발행

자동관측을 통해 얻은 자료를 이용하여 세부용도별, 지역별, 계절별 이용특성을 분석하고, 전국단위의 세부용도별 기준단위를 분석하여 지하수 이용량 조사연보에 수록하고 이 내용을 매년 발행한다.



<그림 6-2> 지하수 이용량 자동 모니터링 시스템

참 고 문 헌



《 참고 문헌 》

- 건설교통부·한국수자원공사, 2001, 용수이용조사 합리화방안 연구(1차)
- 건설교통부·한국수자원공사, 2002, 용수이용조사 합리화방안 연구(2차)
- 건설교통부·한국수자원공사, 2003, 용수이용조사 합리화방안 연구(3차)
- 건설교통부, 2006, 지하수 조사연보
- 건설교통부, 2006, 지하수 업무수행 지침
- 건설교통부, 2001, 수자원장기종합계획
- 건설교통부, 2006, 수자원장기종합계획(2006~2020)
- 건설교통부·한국수자원공사, 2005, 인천지역 지하수 기초조사 보고서
- 건설교통부·한국수자원공사, 2005, 광주지역 지하수 기초조사 보고서
- 건설교통부·한국수자원공사, 2006, 서산지역 지하수 기초조사 보고서
- 건설교통부·한국수자원공사, 2006, 한강권역 지하수 기초조사 보고서
- 건설교통부·한국수자원공사, 2005, 공업용수 원단위 조사(1차) 보고서
- 농업기반공사 농어촌 연구원, 2005, 제주도 발판개 용수량 산정법 정립에 관한 연구
- 농림부, 1999, 농촌용수이용 합리화 계획 보고서
- 용인시, 2006, 용인시 통계연보
- 안성시, 2006, 안성시 통계연보
- 이천시, 2006, 이천시 통계연보
- 제주도광역수자원관리본부, 2003, 제주도 농업용 관정의 양수량 산정과 지하수 이용특성연구
- 천안시·한국수자원공사, 2003, 천안지역 지하수 기초조사 보고서
- 한국수자원공사, 2005, 강릉시 지하수 기본현황 조사 및 지하수 정보관리 시스템 구축
- 한국수자원공사, 2006, 가정용수의 수요량 예측모델개발 연구
- 환경부, 2006, 상수도통계
- 환경부, 2005, 상수도 통계작성 지침
- 고기원, 2001, 256p, 하와이주의 수문지질과 지하수 관리
- 최돈향 외, 1998, 농업기후 환경 조건에 따른 벼 재배양식별 재배기간의 분포
- Cochran, W. G. 1977. Sampling Techniques. Third Edition. John wiley and sons : New York
- USGS, 2000, Estimated Withdrawals From Principal Aquifers in the United States
- USGS, 2007, Guidelines for Preparation of State Water-Use Estimates for 2005
- USGS, Circular 1268, Estimated Use of Water in the United States in 2000

- USGS, 1963, Ground Water in the United States
- USGS, National Handbook of Recommended Methods for Water Data Acquisition – Chapter 11(Water-Use)
- USGS, 2002, Estimating Water Use in the United States: A New Paradigm for the National Water-Use Information Program

과업 참여자



용역감독원 업무내용





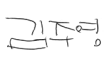

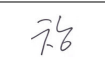



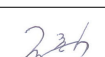






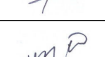
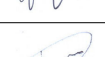

1. 용역명 : 지하수 이용량 모니터링 조사사업
2. 용역기간 : 2006. 6. 23 ~ 2007. 11. 22
3. 업무내용

구분	소속	직급	성명	감독기간	참여업무	비고
-	조사기획처	1급	이길재	'06. 6 ~ '06. 12	총괄 관리	
-	조사기획처	1급	최홍규	'07. 1 ~ '07. 11	총괄 관리	
-	조사기획처	2급	원종호	'06. 6 ~ '07. 11	총괄 관리	
주 감 독	조사기획처	3급	김덕근	'06. 6 ~ '07. 11	현장 조사 관리 보고서 검토	
보조감독	조사기획처	4급	류정아	'06. 6 ~ '07. 11	현장 조사 관리 보고서 검토	
보조감독	조사기획처	4급	박신규	'06. 6 ~ '07. 11	현장 조사 관리	

참여기술자 업무내용

착공일 : 2006. 6. 23

준공일 : 2007. 11. 22

분 야	성 명	수 행 내 용	참 여 기 간	서 명
사업책임기술자	진성원	사업총괄	2006.06 ~ 2007.11	
현장조사	우문성	현장조사총괄	2006.09 ~ 2007.09	
현장조사	이남주	현장조사, 조사자료 관리	2006.09 ~ 2007.09	
현장조사	윤현영	현장조사, 조사내용 정리	2006.09 ~ 2007.09	
현장조사	김주영	현장조사, 조사내용 정리	2006.09 ~ 2007.09	
기본조사 및 분석	전재수	기본조사총괄, 이용량분석	2006.06 ~ 2007.01	
기본조사 및 분석	김창훈	이용량 모니터링 분석 총괄	2007.01 ~ 2007.03	
기본조사 및 분석	한규상	지하수 이용량 평가기법 개발	2007.01 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	이주형	모니터링 현장조사, 세부방향수립 및 지하수 이용량 분석	2006.06 ~ 2007.02	
기본조사 및 분석	김홍수	기존 용수이용량 평가방법 조사	2006.06 ~ 2006.09	
기본조사 및 분석	배경환	기존자료수집 및 예비분석	2006.06 ~ 2006.09	
기본조사 및 분석	이한규	이용량 평가 기법	2006.06 ~ 2007.03	
기본조사 및 분석	배종민	기본현황조사 및 이용량 평가기법 개발	2006.06 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	김춘식	기본조사총괄, 이용량분석	2007.02 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	이찬구	이용량 모니터링 분석 총괄	2007.04 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	김형수	지하수 이용량 분석	2007.04 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	이주현	지하수 이용량 분석	2007.04 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	박성민	지하수 이용량 분석	2007.04 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	안규천	이용량 평가기법 개발	2007.04 ~ 2007.11	
기본조사 및 분석	안주희	이용량 평가기법 개발	2007.04 ~ 2007.11	

확 인 자 : 감독원(차장) 김 덕 근 (인)

서 지 사 항

1. 보고서 번호 발간등록번호 : 11-1611000-000011-01		2. 발간 연월일 2007. 11	
3. 표제명 지하수 이용량 모니터링조사		4. 발행 기관 건설교통부, 한국수자원공사	
5. 담당 소속부서 건설교통부 수자원정책팀 한국수자원공사 조사기획처 지하수조사팀		6. 과업기간 2006. 6. 23. ~ 2007. 11. 22	
7. 위탁기관명 및 주소 한국지하수협회 서울특별시 서초구 양재동 307-9		8. 계약 또는 인가번호	
9. 참여진(자문위원) 고기원, 구민호, 김장호		10. ISBN 번호	
11. 과업성과품 보고서, 요약보고서, 부록			
12. 요약 - 지하수 이용량 조사보고서에서는 지하수 자원의 효율적인 개발, 이용과 보전, 관리를 위한 기초정보로서 지하수 이용량 자료의 신뢰도 제고를 위해 실제 지하수 이용량을 모니터링하고 이를 토대로 세부 용도별로 원단위를 산정하였고, 지하수 이용량을 평가할 수 있는 기법을 개발함으로써 향후 지하수 이용량 모니터링 사업의 기초자료를 제공하였다. - 향후 추가적인 지하수 이용량 조사사업을 실시하여 본 조사에서 발생한 문제점을 보완/검토하여 보다 정확한 세부용도별 원단위를 산정한다.			
13. 주제어 지하수, 지하수 이용량, 지하수 이용량 기준단위, 생활용수, 농업용수, 지하수 이용량 평가기법 등			14. 발행부수 100부
15. 보안구분 (등급) 평문		16. 총페이지	17. 가격
(해당부분) 보고서 전체			

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부, 한국수자원공사가 한국지하수협회에 위탁·의뢰하여 작성된 「지하수 이용량 모니터링조사」 보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 대외적으로 게재, 인용할 때에는 반드시 발행처와 사전 협의를 하여야 하며 무단복제를 금합니다.

발간등록번호
11-1611000-000011-01

지하수 이용량 모니터링조사 보 고 서

- 발행기관 : 건설교통부, 한국수자원공사
- 발 행 일 : 2007년 11월
- 발 행 처 : 한국수자원공사 조사기획처 지하수조사팀
대전광역시 대덕구 신탄진로 560
TEL : (042) 629-2740 ~ 42
FAX : (042) 629-2749

지하수 이용량 모니터링조사

건설교통부와 한국수자원 공사에서는
국가지하수정보센터 홈페이지를 통해 지하수 관련 각종 정보를 제공하고 있습니다.

<http://www.gims.go.kr>

