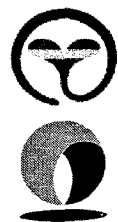


발간번호	2002-08-09
관리번호	RGMS-02-46840-무망

# 농촌지하수관리조사보고서

(무안군 : 무망지구)

2002. 12



농 립 부



농업기반공사





# 목 차

<b>I. 서언</b> .....	1
1.1 조사배경 및 목적 .....	1
1.1.1 조사배경 .....	1
1.1.2 조사목적 .....	3
1.2 조사추진 체계도 .....	4
1.3 조사내용 .....	5
1.4 조사참여자 .....	6
<b>II. 일반현황</b> .....	7
2.1 지구선정 .....	7
2.2 일반현황 .....	8
2.2.1 자연현황 .....	8
2.2.2 인문사회 현황 .....	12
2.2.3 산업경제 현황 .....	16
2.2.4 토지이용 현황 .....	19
2.2.5 하천 및 유역 현황 .....	20
2.2.6 환경 현황 .....	23
<b>III. 기본현황조사</b> .....	27
3.1 용수 이용현황 .....	27
3.1.1 생활용수 이용현황 .....	27
3.1.2 농업용수 이용현황 .....	29
3.1.3 공업용수 이용현황 .....	31
3.1.4 용수 수요전망 .....	31
3.2 관정현황조사 .....	36
3.2.1 기존자료현황 .....	36
3.2.2 현장조사 .....	43

3.3	잠재오염원조사	56
3.3.1	오염원의 분류	56
3.3.2	잠재오염원 현황	57
3.3.3	오염부하량	60
<b>IV.</b>	<b>세부조사</b>	<b>67</b>
4.1	수리지질조사	67
4.1.1	지표지질조사	67
4.1.2	원격탐사	74
4.1.3	물리탐사 및 검증	83
4.1.4	대수성시험 및 평가	113
4.2	수문조사	134
4.2.1	개요	134
4.2.2	유역조사	134
4.2.3	기상자료 수집·분석	135
4.2.4	유출량분석	143
4.2.5	증발산량 산정	160
4.3	관측조사	169
4.3.1	개요	169
4.3.2	지하수위조사	170
4.3.3	지하수 현장수질조사	178
4.3.4	정밀수질조사	185
4.3.5	동위원소조사	217
4.3.6	농경지 토양조사	223
<b>V.</b>	<b>종합분석</b>	<b>227</b>
5.1	지하수 개발가능량 분석	227
5.1.1	개요	227
5.1.2	토양수분 수지분석에 의한 함양량	228
5.1.3	물수지 분석에 의한 함양량 산정	234

5.1.4	기저유출 분석에 의한 함양량 .....	237
5.1.5	침투량 분석에 의한 함양량 .....	238
5.1.6	지하수 함양율 조사에 대한 분석 .....	242
5.2	오염취약성 분석 .....	244
5.2.1	개요 .....	244
5.2.2	오염취약성도(DRASTIC MAP) 작성 .....	244
5.2.3	구조선밀도 .....	258
5.2.4	지하수 오염예측도 .....	261
5.3	지하수 모델링 .....	269
5.3.1	개요 .....	269
5.3.2	무망용수구역의 지하수 모델링 .....	277
5.4	지하수 수리특성 .....	290
5.4.1	충적지하수 수리특성 .....	290
5.4.2	암반지하수 수리특성 .....	293
5.4.3	지하수 개발가능량 .....	297
5.5	지하수 수질특성 .....	300
5.6	지하수 관리방향 .....	303
5.6.1	지하수관련 법령현황 .....	303
5.6.2	농촌지하수관리조사사업의 활용 .....	304
5.6.3	지하수 관측망 .....	305
5.6.4	무망 농촌용수구역 지하수 관리방향 .....	308

**VI. 요약 및 결론 .....** 313

**부 록 .....** 321

<부록-1>	행정현황 .....	323
<부록-2>	축사현황 및 가축에 의한 오염부하량 .....	329
<부록-3>	토지이용현황 및 토지이용에 의한 오염부하량 .....	337
<부록-4>	인구현황 및 인구에 의한 오염부하량 .....	343
<부록-5>	오수발생시설 현황 .....	347

<부록-6> 폐수배출시설 현황 .....	351
<부록-7> 주유소 현황 .....	355
<부록-8> 쓰레기매립지 현황 .....	359
<부록-9> 시추공 및 관정 주상도 내역 .....	363
<부록-10> 현장조사관정 내역 .....	367
<부록-11> 순간수위변화시험 결과 .....	395
<부록-12> 양수시험 결과 .....	433
<부록-13> 전기비저항 수평탐사(쌍극자배열) 결과 .....	479
<부록-14> 물리검층 결과 .....	487

## 표 목 차

<표 2-2-1> 무안군 도로 현황 .....	8
<표 2-2-2> 무안군 및 무망지구 행정구역 현황 .....	9
<표 2-2-3> 무망지구 현황 .....	9
<표 2-2-4> 무안군 용수구역 현황 .....	10
<표 2-2-5> 기상 현황 .....	11
<표 2-2-6> 무안군 연혁 .....	12
<표 2-2-7> 무안군 인구 현황 .....	13
<표 2-2-8> 조사지역내 인구 현황 .....	13
<표 2-2-9> 무안군 인구추이 .....	14
<표 2-2-10> 무망지구 농업 현황 .....	16
<표 2-2-11> 광업 현황 .....	17
<표 2-2-12> 공단 현황 .....	17
<표 2-2-13> 제조업체 현황 .....	18
<표 2-2-14> 읍·면별 토지이용 현황 .....	19
<표 2-2-15> 조사지역내 하천 현황 .....	20
<표 2-2-16> 소유역별 행정구역 편입율 .....	22
<표 2-2-17> 무망지구 잠재오염원 현황 .....	23
<표 2-2-18> 하수처리 인구 현황 .....	23
<표 2-2-19> 하수관거 보급율 .....	24
<표 2-2-20> 생활폐기물 현황 .....	25
<표 3-1-1> 상수도 보급현황 .....	27
<표 3-1-2> 생활용 지하수 이용현황 .....	28
<표 3-1-3> 소규모 급수시설 및 간이상수도 현황 .....	28
<표 3-1-4> 수리답 및 관개전 현황 .....	29
<표 3-1-5> 농업용수 공급현황 .....	30
<표 3-1-6> 농업용 지하수 이용현황 .....	30
<표 3-1-7> 공업용수 지하수 이용량 .....	31
<표 3-1-8> 생활용수 소요수량 .....	32

<표 3-1-9>	무망지구 경지면적 현황 및 면적 .....	33
<표 3-1-10>	무망지구 농업용수 수요량 추정 .....	33
<표 3-1-11>	공업용수 수요 추정기준 .....	33
<표 3-1-12>	공업용수 수요수량 .....	34
<표 3-1-13>	축산두수 현황 및 전망 .....	34
<표 3-1-14>	무망지구 축산용수 소요량 .....	35
<표 3-1-15>	용수수요 총괄 .....	35
<표 3-2-1>	읍·면별 지하수 이용현황 .....	36
<표 3-2-2>	소유역별 지하수 이용현황 .....	37
<표 3-2-3>	읍·면별 단위면적당 지하수 이용현황 .....	40
<표 3-2-4>	구역별 단위면적당 지하수 이용현황 .....	41
<표 3-2-5>	읍·면별/용도별 관정현황 .....	45
<표 3-2-6>	구역별/용도별 관정현황 .....	46
<표 3-2-7>	읍·면별 관정구경 현황 .....	49
<표 3-2-8>	구역별 관정구경 현황 .....	50
<표 3-2-9>	읍·면별 관정심도 현황 .....	52
<표 3-2-10>	구역별 관정심도 현황 .....	53
<표 3-2-11>	표고별 관정현황 .....	55
<표 3-3-1>	지하수환경에 악영향을 미치는 각종 잠재오염원 .....	56
<표 3-3-2>	잠재오염원 분포현황 .....	58
<표 3-3-3>	축사시설의 규모별 분류 .....	58
<표 3-3-4>	각 인자별 발생원 단위 .....	61
<표 3-3-5>	무망지구 잠재오염원별 부하량 .....	62
<표 4-1-1>	지질 계통도 .....	68
<표 4-1-2>	HRV의 특징 .....	75
<표 4-1-3>	전체 선구조 방향성 분석 .....	78
<표 4-1-4>	연장 695m 이하 선구조 방향성 분석 .....	79
<표 4-1-5>	연장 1,035m 이하 선구조 방향성 분석 .....	80
<표 4-1-6>	연장 1,500m 이하 선구조 방향성 분석 .....	81
<표 4-1-7>	연장 1,500m 이상 선구조 방향성 분석 .....	82

<표 4-1-8>	소유역별 쌍극자배열 전기비저항 탐사결과 .....	96
<표 4-1-9>	조사지구의 소유역별 전기비저항 이상대 분포 .....	102
<표 4-1-10>	물리검층 결과표 .....	112
<표 4-1-11>	대수성시험 조사관정 유역별 현황 .....	120
<표 4-1-12>	순간수위변화시험 결과 .....	120
<표 4-1-13>	양수시험 결과 .....	128
<표 4-2-1>	기상관측소 현황 .....	135
<표 4-2-2>	기상관측소 월평균 강수량 .....	137
<표 4-2-3>	Thiessen법에 의한 소유역별 추정강수량 .....	138
<표 4-2-4>	기상관측소 월평균 기온 .....	139
<표 4-2-5>	기상관측소 월평균 상대습도 .....	140
<표 4-2-6>	기상관측소 월평균 일조시간 .....	141
<표 4-2-7>	기상관측소 월평균 풍속 .....	142
<표 4-2-8>	SCS 방법에 의한 수문학적 토양군 분류 .....	145
<표 4-2-9>	AMC에 대한 계절별 선행강수조건 .....	146
<표 4-2-10>	도시지역의 유출곡선지수 CN .....	147
<표 4-2-11>	산림지역의 유출곡선지수 CN .....	147
<표 4-2-12>	농경지역의 유출곡선지수 CN .....	148
<표 4-2-13>	토양의 선행함수조건에 따른 유출곡선지수의 조정 .....	149
<표 4-2-14>	SCS 방법에 의한 수문학적 토양군 분류 .....	150
<표 4-2-15>	소유역별 토지이용상태 면적 .....	153
<표 4-2-16>	토양군별 토지이용상태별 면적 .....	153
<표 4-2-17>	토지그룹별 평균 CN .....	154
<표 4-2-18>	연도별 CN값에 따른 목포 기상관할지역의 유출량 .....	155
<표 4-2-19>	유역유출특성에 따른 계수(f) 값 .....	157
<표 4-2-20>	월별 보정우량(E) 값 .....	158
<표 4-2-21>	Kajiyama 방법에 의한 월별 유출량 .....	159
<표 4-2-22>	Penman-Monteith 방법에 의한 증발산량 결과값 .....	166
<표 4-2-23>	목포기상대의 위도에 따른 낮의 길이 조정계수 .....	167
<표 4-2-24>	Thornthwaite 방법에 의한 잠재증발산량 .....	167

<표 4-3-1>	1차년도 충전대수층 지하수위 및 수두현황 .....	171
<표 4-3-2>	1차년도 암반대수층 지하수위 및 수두현황 .....	171
<표 4-3-3>	2차년도 충전대수층 지하수위 및 수두현황 .....	172
<표 4-3-4>	2차년도 암반대수층 지하수위 및 수두현황 .....	172
<표 4-3-5>	유역별 지하수 온도 현황 .....	180
<표 4-3-6>	유역별 수소이온농도 현황 .....	181
<표 4-3-7>	유역별 전기전도도 현황 .....	184
<표 4-3-8>	유역별 정밀수질조사 현황 .....	187
<표 4-3-9>	충적 및 암반지하수의 이화학분석결과 .....	189
<표 4-3-10>	유역별 지하수유형 .....	201
<표 4-3-11>	유역별 질산성질소 현황 .....	213
<표 4-3-12>	먹는물 수질환경기준 분석현황 .....	215
<표 4-3-13>	농업용수 수질환경기준 분석현황 .....	216
<표 4-3-14>	질산염 기원에 따른 $\delta^{15}\text{N}$ 의 범위 .....	217
<표 4-3-15>	유역별 질소동위원소 분석결과 .....	220
<표 4-3-16>	주변환경에 따른 질산성질소 오염원 구성비 .....	221
<표 4-3-17>	2001 토양측정망 운영결과 .....	223
<표 4-3-18>	조사지구내 토양분석도 결과 .....	224
<표 5-1-1>	토양형태에 따른 대표적인 토양수분특성 .....	231
<표 5-1-2>	연도별 토양수분 수지분석 예 .....	232
<표 5-1-3>	무망지구 25개년 물수지 총괄 .....	233
<표 5-1-4>	손실량 추정에 의한 함양량 산정 .....	236
<표 5-1-5>	CN지수 변동에 따른 조사지역의 강우침투량 변동 .....	241
<표 5-1-6>	무망지구 SCS-CN에 의한 함양율 산정 .....	242
<표 5-1-7>	무망지구 함양률 산정결과 .....	243
<표 5-1-8>	무망지구 소유역별 지하수 함양량 .....	243
<표 5-2-1>	DRASTIC 모델 인자의 가중치 및 등급 .....	246
<표 5-2-2>	조사지구내 인자별 등급 및 면적비율 .....	247
<표 5-2-3>	소유역별 DRASTIC 지수 .....	251
<표 5-2-4>	소유역별 면적비 환산 DRASTIC 지수 .....	252



<표 5-2-5>	오염예측도 등급분류표 .....	263
<표 5-2-6>	오염예측도상의 등급분류에 따른 소유역별 면적산정 .....	266
<표 5-2-7>	소유역별 잠재오염원 분포현황 .....	267
<표 5-3-1>	지하수 모델링의 절차 .....	274
<표 5-3-2>	소유역별 모사구역의 설정 .....	279
<표 5-4-1>	유역별 총적대수층 수리특성 .....	291
<표 5-4-2>	유역별 암반대수층의 수리특성 .....	294
<표 5-4-3>	지질별 암반대수층의 수리특성 .....	294
<표 5-4-4>	유역별 지하수 개발가능량 .....	297
<표 5-5-1>	유역별 지하수 수질현황 .....	301
<표 5-6-1>	지하수 관련법령 및 소관부처 현황 .....	303
<표 5-6-2>	무망지구 용수구역내 지하수 관측망 현황 .....	307
<표 5-6-3>	시스템에 구축된 지하수관정과 잠재오염원 자료 .....	308
<표 5-6-4>	무망 농촌용수구역 지하수 관측망 설치 및 운영계획 .....	310

## 그림 목차

<그림 2-2-1>	무안군 인구추이 .....	15
<그림 2-2-2>	무망지구 하천 및 소유역 현황도 .....	21
<그림 3-2-1>	용도별 관정 개발현황 .....	37
<그림 3-2-2>	용도별 지하수 이용현황 .....	37
<그림 3-2-3>	읍·면별/용도별 지하수 이용현황 .....	38
<그림 3-2-4>	구역별/용도별 지하수 이용현황 .....	39
<그림 3-2-5>	읍·면별 단위면적당 지하수 이용현황 .....	40
<그림 3-2-6>	구역별 단위면적당 지하수 이용현황 .....	42
<그림 3-2-7>	무망지구 현장조사관정 위치도 .....	44
<그림 3-2-8>	조사관정의 용도별 현황 .....	45
<그림 3-2-9>	읍·면별/용도별 조사관정 현황 .....	48
<그림 3-2-10>	구역별/용도별 조사관정 현황 .....	48
<그림 3-2-11>	구경별 조사관정 현황 .....	49
<그림 3-2-12>	심도별 조사관정 현황 .....	52
<그림 3-2-13>	표고별 조사관정 현황 .....	55
<그림 3-3-1>	잠재오염원 위치도 .....	59
<그림 3-3-2>	무망지구 읍·면별 오염부하량 .....	61
<그림 3-3-3>	무망지구 잠재오염원별 오염부하량 .....	63
<그림 3-3-4>	읍·면별 단위면적당 오염부하량 .....	64
<그림 3-3-5>	잠재오염원별 단위면적당 오염부하량 .....	65
<그림 4-1-1>	무망지구 지질도 .....	69
<그림 4-1-2>	시추코아사진 .....	73
<그림 4-1-3>	시추자료의 울타리단면도 .....	73
<그림 4-1-4>	선구조 추출 순서도 .....	76
<그림 4-1-5>	무망지구 음영기복도 및 선구조 분포도 .....	77
<그림 4-1-6>	전체 선구조의 Rose Diagram .....	78
<그림 4-1-7>	연장 695m 이하 선구조의 Rose Diagram .....	79
<그림 4-1-8>	연장 1,035m 이하 선구조의 Rose Diagram .....	80

<그림 4-1-9>	연장 1,500m 이하 선구조의 Rose Diagram .....	81
<그림 4-1-10>	연장 1,500m 이상 선구조의 Rose Diagram .....	82
<그림 4-1-11>	쌍극자배열 전기비저항 탐사에 적용된 전극배열 모식도	84
<그림 4-1-12>	지구물리탐사 축선위치도 .....	85
<그림 4-1-13>	물리탐사 축선위치도(A) .....	86
<그림 4-1-14>	물리탐사 축선위치도(B) .....	87
<그림 4-1-15>	물리탐사 축선위치도(C) .....	88
<그림 4-1-16>	물리탐사 축선위치도(D) .....	89
<그림 4-1-17>	물리탐사 축선위치도(E) .....	90
<그림 4-1-18>	물리탐사 축선위치도(F) .....	91
<그림 4-1-19>	물리탐사 축선위치도(G) .....	92
<그림 4-1-20>	물리탐사 축선위치도(H) .....	93
<그림 4-1-21>	물리탐사 축선위치도(I) .....	94
<그림 4-1-22>	물리탐사 축선위치도(J) .....	95
<그림 4-1-23>	쌍극자탐사 2-D 단면도 (D-1~D-8) .....	103
<그림 4-1-24>	쌍극자탐사 2-D 단면도 (D-9~D-16) .....	104
<그림 4-1-25>	쌍극자탐사 2-D 단면도 (D-17~D-19) .....	105
<그림 4-1-26>	전기비저항검층의 전극배열 기본도 .....	107
<그림 4-1-27>	Hvorslev 방법 .....	117
<그림 4-1-28>	순간수위변화시험 위치도 .....	119
<그림 4-1-29>	순간수위변화시험 자료해석 .....	121
<그림 4-1-30>	양수시험 위치도 .....	127
<그림 4-1-31>	양수시험 해석자료 .....	129
<그림 4-2-1>	Thiessen법에 의한 면적평균 산정 모식도 .....	136
<그림 4-2-2>	조사지역 Thiessen망도 .....	137
<그림 4-2-3>	월별 강수량 분포 .....	138
<그림 4-2-4>	월별 평균기온 .....	139
<그림 4-2-5>	월별 평균 상대습도 .....	140
<그림 4-2-6>	월별 평균 일조시간 .....	141
<그림 4-2-7>	월별 평균 풍속 .....	142

<그림 4-2-8>	수문학적 토양군 분류 .....	152
<그림 4-3-1>	갈수기 및 풍수기 지하수두와 표고와의 관계 .....	173
<그림 4-3-2>	갈수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도 .....	175
<그림 4-3-3>	풍수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도 .....	175
<그림 4-3-4>	갈수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도(3차원) .....	176
<그림 4-3-5>	풍수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도(3차원) .....	176
<그림 4-3-6>	갈수기와 풍수기의 유역별 총적 및 암반지하수 수두변화	177
<그림 4-3-7>	갈수기와 풍수기의 지하수 온도 비교 .....	181
<그림 4-3-8>	갈수기와 풍수기의 수소이온농도 비교 .....	182
<그림 4-3-9>	갈수기와 풍수기의 전기전도도 비교 .....	183
<그림 4-3-10>	양·음이온 조사관정 위치도 .....	188
<그림 4-3-11>	지하수내 용존이온별 함량 .....	190
<그림 4-3-12>	유역별 용존이온별 함량비교 .....	192
<그림 4-3-13>	유역별 총고용물질 함량 .....	196
<그림 4-3-14>	총고용물질 농도 분포도 .....	197
<그림 4-3-15>	지하수 수질유형 .....	198
<그림 4-3-16>	관정유형별 무망지구 지하수의 Piper Diagram .....	199
<그림 4-3-17>	암종별 무망지구 지하수의 Piper Diagram .....	200
<그림 4-3-18>	유역별 지하수Type .....	203
<그림 4-3-19>	암종별 지하수Type .....	205
<그림 4-3-20>	조사지구내 지하수의 Stiff Diagram .....	206
<그림 4-3-21>	유역별 지하수의 Stiff Diagram .....	207
<그림 4-3-22>	총적 및 암반지하수의 유역별 질산성질소 현황 .....	213
<그림 4-3-23>	먹는물 및 농업용수 수질조사관정 위치도 .....	214
<그림 4-3-24>	지역별 질소동위원소 조사공 위치도 .....	218
<그림 4-3-25>	주변환경에 따른 질산성질소/ $\delta^{15}\text{N}$ 값의 관계 .....	221
<그림 4-3-26>	주변환경에 따른 오염원 구성비 .....	222
<그림 4-3-27>	농경지 토양오염조사 현황 .....	225
<그림 5-1-1>	지하수 순환과정 .....	230
<그림 5-1-2>	목포기상대 관할지역의 강우침투량과 CN지수와의 관계 ..	240

<그림 5-2-1>	일반 DRASTIC Potential 면적비 .....	252
<그림 5-2-2>	소유역별 평균 General DRASTIC Potential 히스토그램	253
<그림 5-2-3>	지하수면까지의 깊이 등급도 .....	253
<그림 5-2-4>	지하수 함양량 등급도 .....	254
<그림 5-2-5>	대수층매질 등급도 .....	254
<그림 5-2-6>	토양매질 등급도 .....	255
<그림 5-2-7>	지형경사 등급도 .....	255
<그림 5-2-8>	비포화대 매질등급도 .....	256
<그림 5-2-9>	수리전도도 등급도 .....	256
<그림 5-2-10>	오염취약성도 .....	257
<그림 5-2-11>	구조선밀도 산정방법 .....	259
<그림 5-2-12>	구조선밀도도 산정모식도 .....	259
<그림 5-2-13>	구조선밀도도 .....	260
<그림 5-2-14>	오염예측도 작성모식도 .....	262
<그림 5-2-15>	소유역별 오염예측분류 히스토그램 .....	267
<그림 5-2-16>	무망지구 등급분류에 의한 오염예측도 .....	268
<그림 5-3-1>	모사구역의 설정 .....	280
<그림 5-3-2>	모사구역의 격자망 생성 .....	280
<그림 5-3-3>	모사구역 경계조건의 설정 .....	281
<그림 5-3-4>	Import MODFLOW Package 파일생성 .....	283
<그림 5-3-5>	Visual MODFLOW 프로그램 입력 .....	283
<그림 5-4-1>	유역별 충전대수층의 수리특성 .....	292
<그림 5-4-2>	유역별 충전층 저류량 및 면적 .....	292
<그림 5-4-3>	유역별 암반지하수 개발심도 및 개발량 .....	295
<그림 5-4-4>	지질별 암반지하수 개발심도 및 개발량 .....	295
<그림 5-4-5>	유역별 암반대수층의 투수량계수 및 수리전도도 .....	296
<그림 5-4-6>	지질별 투수량계수 및 수리전도도 .....	296
<그림 5-4-7>	유역별 지하수 이용량 및 개발가능량 .....	298
<그림 5-4-8>	유역별 지하수 이용량/적정개발가능량 .....	299
<그림 5-4-9>	지하수이용량/적정개발가능량 .....	299

<그림 5-6-1>	지역지하수관리계획의 수립절차 .....	304
<그림 5-6-2>	무망지구 지하수관리시스템의 구성 및 분석 모드 .....	309
<그림 5-6-3>	무망지구 관측망 설치예정지 .....	311

# I. 서언

## 1.1 조사배경 및 목적

### 1.1.1 조사배경

최근 산업화와 도시화, 댐개발 적지부족 및 지역 주민과 환경 단체의 반발 등으로 인하여 지표수의 오염과 부족에 대한 대안으로 지하수 자원의 중요성과 지하수 보전·관리에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 지하수 사용량은 지하수법 제정 당시인 1994년 연간 26억 $m^3$ 에서, 1997년 34억 $m^3$ /년, 1999년 39억 $m^3$ /년으로 매년 약 2억 $m^3$ /년 규모로 증가하고 있다. 2000년의 경우 연간 지하수 이용가능량(13,264백만 $m^3$ /년) 중 23%(염 지하수이용량 제외)인 3,096백만 $m^3$ 이 이용되었으며, 추가로 약 100억 $m^3$ 을 개발·이용할 수 있는 것으로 추정하였다(지하수 조사연보, 건설교통부, 2001).

현재 우리 나라의 물 이용량 중 지하수가 차지하는 비율은 약 11.2% 정도에 불과하나, 외국의 경우 일본 20.0%, 프랑스 18.9%, 대만 22.0%, 미국 20.0%로 지하수 이용률은 높은 실정이다. 특히 선진국의 경우, 지표수의 수질오염, 환경보전, 지표수 자원의 부족, 사회적 제약과 개발비용 등으로 인하여 음용수의 지하수 의존도는 70~95%이며, 또한 유럽의 경우 지하수의 45%가 상수도로 이용되고 있는 상황을 고려해 볼 때, 향후 우리 나라의 지하수 이용률은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

그러나 현재까지 우리 나라의 지하수는 주로 개발 위주로 진행되었으며, 상대적으로 지하수 자원의 보존과 오염방지는 지양되어 지하수 환경오염과 고갈, 수위 저하, 지반침하 등 지하수 재해가 사회문제로 대두되었다. 1996년 폐공은 15,724공이 발생하였으나, 1999년에는 35,900공으로 두배 이상 증가하였으며, 또한 2000년 2월에는 지하수의 과잉 채수로 인하여 전남 무안군 무안읍 중심가에서 직경 8m, 깊이 13m의 지반침하 현상 등 지하수로 인한 재해가 빈번하게 발생되어 이에 대한 처리비용은 매년 2조7천억원이 소요되는 것으로 조사되었다(농촌경제연구원, 1998).

전국 154개 시·군 중 약 2%인 3개 지역이 지하수 개발가능량을 초과 이용하고 있으며, 39%인 60개 지역에서는 개발가능량의 30% 이상을 이용하여 지하수 개발·이용은 지역적으로 편중되어 있다. 또한 지하수 수질의 경우 전체 관정의 3.4%가 수질 기준을 초과하며, 특히 지하수를 주 용수원으로 이용하는 간이상수

도의 경우 10% 이상이 먹는물 수질 기준을 초과하는 것으로 보고되었다(지하수 조사연보, 2001).

농촌 지역의 농업용수는 총 수자원 이용량(301억 $m^3$ /년) 중 약 50%인 연간 149억 $m^3$ 이 사용되어 가장 많은 비중을 차지하며, 또한 용수이용 특성상 단기간에 다량의 용수가 필요하다.

1990년 이전의 농업용수는 주로 논용수에 국한되어 개발·이용되었으나, 이후 농촌지역 활성화를 위한 정주권개발사업, 문화마을조성사업, 농촌농업·생활용수 개발사업, 밭기반정비사업, 농공단지개발사업 등으로 인하여 기존 논용수 개념에서 탈피하여 생활용수, 축산용수, 공업용수, 농촌관광용수 등 다양한 용도로 이용되어 농촌지역 지하수에 대한 효율적인 개발·이용·관리가 필요한 실정이다. 또한 농촌지역은 상수도 보급률이 낮아 지하수의 수요는 계속 증가하며, 농약 및 화학비료의 사용량과 오·폐수 배출량도 증가되어 농촌지하수의 수량과 수질에 대한 체계적인 관리가 요구된다.

이에 따라 농어촌정비법 제18조의2 제1항의 규정에 의한 『농어촌용수이용 합리화 계획』에 근거, 농촌지역 지하수 자원의 지속적인 개발이용(ESSD)에 대한 계획 수립 및 지하수의 환경오염과 장애현상을 예방하기 위하여 무안군 무망용수 구역에 농촌지하수관리조사를 2개년(2001년~2002년) 사업으로 추진하였으며, 이와 병행하여 농촌지하수관리시스템을 개발하였다.

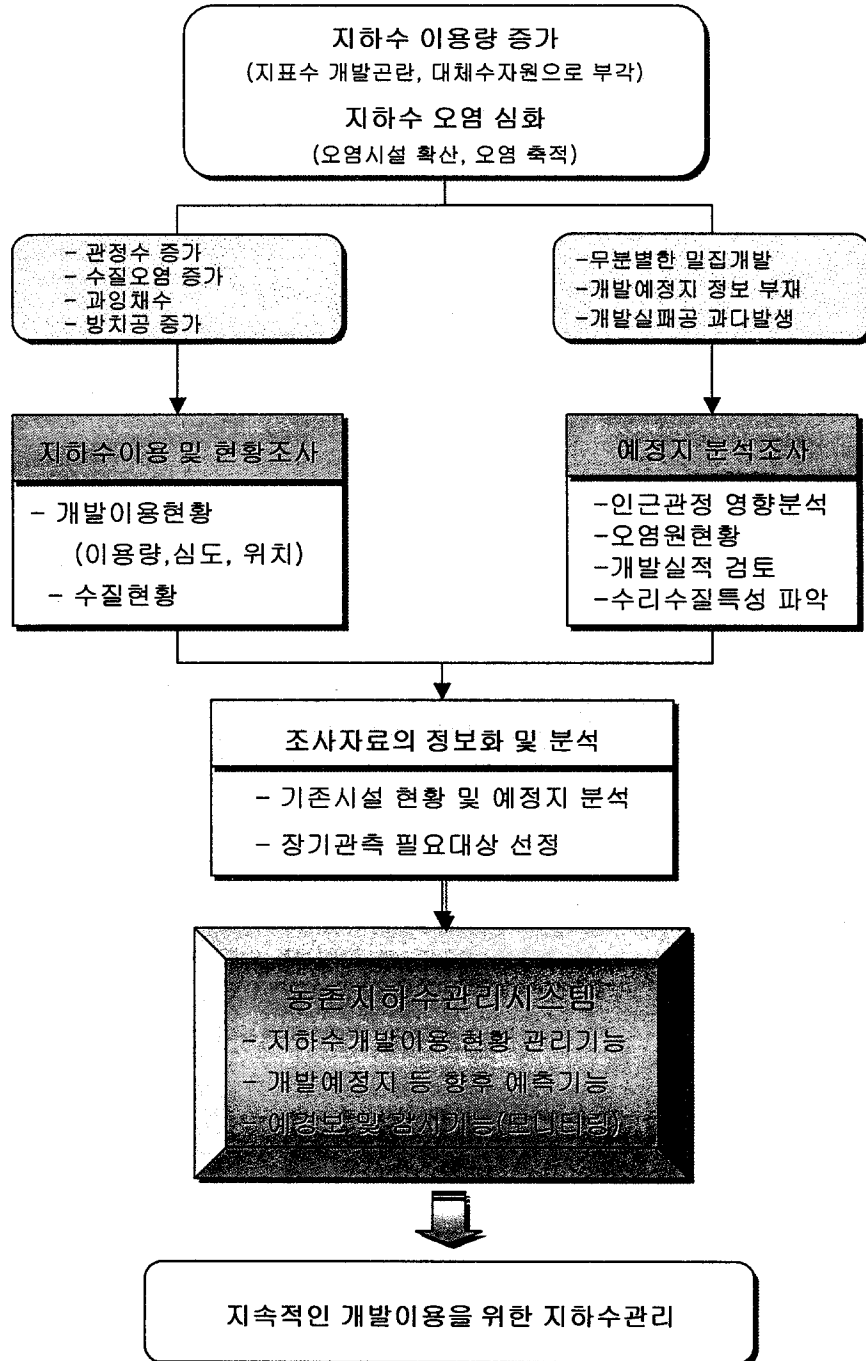
본 조사는 지하수 현황과 수리 및 수질조사·분석 등을 통하여 수질분포도, 오염취약성도, 오염예측도 및 지하수 수리특성도 등을 주제로 작성하여 시스템을 개발, 무안군(무망지구) 지하수의 지속적인 개발·이용을 위한 지하수 보전·관리의 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

지하수의 이용량 증가와 오염 확산이 우려되는 시점에서 특히 제반 환경여건이 취약한 농촌지역에 대하여 지하수관리조사가 시행되어 무척 다행스러운 일이며, 본 조사가 원만히 수행되도록 협조하여 준 전남도청과 무안군청, 읍·면·리의 지하수 관계자, 그리고 목포시상수도사업소와 현지 주민들에게 감사드린다.

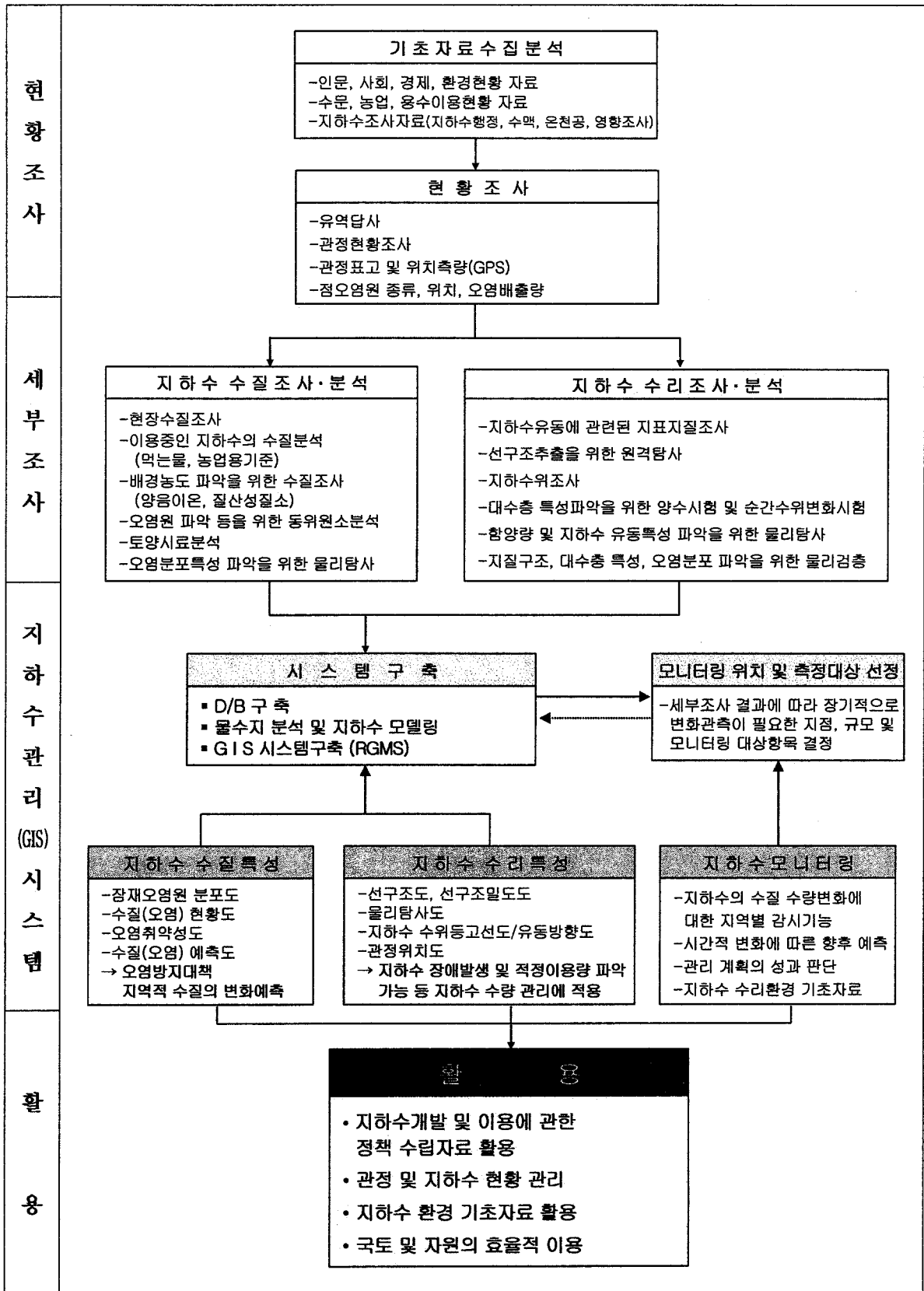


### 1.1.2 조사목적

전라남도 무안군 무망용수구역내의 지하수에 대한 기존자료 수집, 지하수 이용현황조사, 수리 및 수질현황조사와 기타 세부조사를 실시하여 지하수를 관리할 수 있는 최적 시스템을 구축함으로써 농촌지역의 지하수 재해를 사전에 예방하고 모니터링을 통하여 지하수의 지속적인 개발·이용을 도모하는데 그 목적이 있다.



## 1.2 조사추진 체계도



### 1.3 조사내용

- 조사지구 : 무망용수구역
- 조사위치 : 전라남도 무안군 무안읍 외 3개면(현경면, 망운면, 운남면)
- 조사기간 : 2001. 3 ~ 2002. 12
- 조사내용

구 분	조사세부내용	단위	조사사업량		
			합계	2001년	2002년
◆ 현황조사					
	○ 기초자료수집분석	지구	1	1	
	○ 현황조사				
	- 유역답사	ha	12,572	12,572	
	- 관정현황조사	공	1,098	538	560
	- 관정위치 및 표고측량	공	1,098	538	560
	- 점오염원조사	개소	283		399
◆ 세부현황조사					
	○ 지하수수리조사				
	- 지표지질조사	ha	628	628	
	- 선구조추출	지구	1		1
	- 지하수위조사	공	245	100	145
	- 양수시험	회	20		20
	- 순간수위변화시험	회	13		13
	- 전기비저항 수평탐사(쌍극자)	측선	6		6
	- 물리점층	회	12		12
	○ 지하수수질조사				
	- 현장수질조사	회	245	100	145
	- 먹는물기준분석	점	7		7
	- 농업용수기준분석	점	21		21
	- 양·음이온분석	점	56		56
	- 동위원소(질소)분석	회	40		40
	- 토양시료분석	점	12		12
	- 물리탐사	측선	13		13
◆ GIS시스템구축					
	○ 시스템 개발	지구	1		1
	○ DB 입력	지구	1		1
	○ GIS 주제도 구축	지구	1		1
	○ 물수지분석	지구	1		1
	○ 지하수모델링	지구	1		1

## 1.4 조사참여자

무안군(무망지구) 농촌지하수관리조사사업에 투입된 전문인력은 다음과 같다.

구 분	기 관 명	성 명	비 고
총 괄	농업기반공사 전라남도본부	이 철	지하수부장
조사참여자	농업기반공사 전라남도본부	김제승	지하수관리과장
		류준상	공학석사
김진희		공학석사	
정찬덕		응용지질기사	
성낙현		응용지질기사	
조희철		토목기사	
이락원		공학사	
	농업기반공사 지하수사업처	홍순욱	공학석사
		송양권	이학석사
		조시범	이학석사

## II. 일반현황

### 2.1 지구선정

농촌지하수관리조사사업 지구의 선정은 전라남도에서 농림부에 제출한 후보지 현지 답사를 실시하여 사업 내용을 설명하고, 또한 제반 현황조사(기 조사실적, 환경오염 배출시설현황, 지하수 오염 및 재해 등)와 현지 의견을 수렴, 이를 세부 항목별로 종합 검토하여 조사시행 지구를 선정하였다. 이에 따라 행정기관의 호응도가 양호하며, 최근 지하수와 관련하여 재해 위험지구로 고시된 무망용수구역을 조사지구로 선정하여 지하수관리조사사업을 추진하였다.

무망용수구역 선정과 관련, 행정 기관의 자료에 의하면 무안읍 일대는 1992년 이후 4개 지점에서 수 차례에 걸쳐 지반 침하가 발생하여 지하수개발제한지구로 선정된 지역으로 지하수 이용(위치, 심도, 이용량 등) 및 수질현황 관리를 위한 지하수 기초조사가 필요하나 지자체의 제반 여건(예산, 조사인력)이 부족하여 본 지구에 대한 지하수관리체계 구축을 요망하였다.

현장답사 결과, 본 무망용수구역내에 속한 무안읍 성남리 일대는 지반침하 정밀안전진단조사가 수행 중이었으며, 지하수의 과잉채수로 인하여 지반침하가 발생한 것으로 조사되었다. 또한 본 지구는 해발 400m 이내의 구릉성 평야지대에서 주로 전작 위주의 농업이 성행하여 농약, 비료 등이 살포되며, 축사 밀집 지역이 많아 분뇨 및 폐수가 발생하고, 특히 서해안과 인접하여 염수 침입이 예상된다.

따라서 농촌지하수관리조사사업은 지반침하가 발생한 전라남도 무안군 무안읍과 3개면(현경면, 망운면, 운남면)을 포함하는 무망용수구역에 대하여 2개년(2001년~2002년) 동안 기초자료 수집과 현황조사, 지하수 수질 및 수리 조사·분석 등을 통하여 제반 자료(관정, 오염원, 수질 등)를 DB화 하고 농촌지하수종합관리시스템을 구축하였다.

## 2.2 일반현황

### 2.2.1 자연현황

#### 가. 위치 및 면적

본 조사 지역인 무망지구는 전라남도의 서남단에 위치하며, 행정구역상 무안군 무안읍, 현경면, 망운면, 운남면이 포함되고 동경 126° 15' 00" ~ 126° 32' 09", 북위 35° 07' 30" ~ 35° 08' 15" 에 위치한다. 본 지구의 북동쪽과 동쪽은 고지대를 경계로 함평군 함평읍과 무안군 엄다면이 인접하며, 남쪽으로는 무안군 몽탄면과 청계면, 그리고 북서쪽과 서쪽은 무안군 현경면, 망운면, 운남면이 해안선을 따라 서해와 인접해 있다.

교통은 국도 1호선(광주-무안-목포)이 북동에서 남서쪽으로, 지방도 24호선(무안-지도)이 본 지구를 동~서로 관통한다. 또한 지방도 60호선(망운-운남)과 809호선(함평-현경)이 본 지구를 경유하고, 특히 서해안 고속도로가 개통되어 무안IC가 본 지구에 인접하여 교통상태는 양호한 실정이다. 무안군의 도로 현황은 2002년을 기준으로 총 연장이 387.4km이며, 도로별로는 시·군도가 192.8km(50%), 지방도가 119.1km(31%), 일반국도가 52.3km(13%), 고속도로가 23.2km(6%)를 점유하고 있다. 이 중 고속도로와 일반국도는 전 구간(75.5km)이 포장되어 있으나 지방도와 시·군도는 192km(49.6%) 구간만 포장도로이며, 102.8km(26.5%)는 미포장 도로이고 17.1km(4.4%)는 미개통 상태이다<표 2-2-1>.

<표 2-2-1> 무안군 도로 현황

구 분	계 (km)	도로현황(km)			
		고속도로	일반국도	지방도	시·군도
총연장 (%)	387.4 (100%)	23.2 (6%)	52.3 (13%)	119.1 (31%)	192.8 (50%)
포장도로	267.5	23.2	52.3	101	91
미포장도로	102.8	-	-	16.9	85.9
미개통도로	17.1	-	-	1.2	15.9

자료 : 무안군 통계연보(2002)

무안군은 행정구역상 2개읍(무안읍, 일로읍), 7개면(삼향면, 몽탄면, 청계면, 현경면, 망운면, 해제면, 운남면)으로 구성되며, 총 면적은 435.8km<sup>2</sup>이다. 본 무망지구의 면적은 무안군 전체 면적(435.8km<sup>2</sup>)의 28.8%인 125.72km<sup>2</sup>로 4개 읍, 면이 포함되나, 이 중 무안읍(32.42km<sup>2</sup>)과 망운면(17.44km<sup>2</sup>), 그리고 운남면(35.17km<sup>2</sup>)은 전 지역이 해당되며 현경면은 40.69km<sup>2</sup>(68.5%)만이 편입된다<표 2-2-2~3>.

<표 2-2-2> 무안군 및 무망지구 행정구역 현황

구 분	무안군		무망지구		비 고 (편입률)
	행정구역	면 적(km <sup>2</sup> )	행정구역	면 적(km <sup>2</sup> )	
계	103	435.8	26개리	125.72	(28.8%)
무안읍	10	32.42	10개리	32.42	(100%)
일로읍	13	56.31	-	-	-
삼향면	7	42.77	-	-	-
몽탄면	18	62.74	-	-	-
청계면	17	65.33	-	-	-
현경면	12	59.36	7개리	40.69	(68.5%)
망운면	5	17.44	4개리	17.44	(100%)
해제면	16	64.26	-	-	-
운남면	5	35.17	5개리	35.17	(100%)

자료 : 무안군 통계연보(2001)

<표 2-2-3> 무망지구 현황

시·군	읍·면	동·리	면적(km <sup>2</sup> )
1개 군	1개읍 3개면	26개리	125.72
무안군	무안읍	성내리, 성동리, 성남리, 교촌리, 용월리, 고절리, 매곡리, 성암리, 평용리, 신학리	10 32.42
	현경면	해운리, 현화리, 양학리, 평산리, 외반리, 송정리, 동산리	7 40.69
	망운면	목동리, 목서리, 피서리, 송현리	4 17.44
	운남면	하묘리, 동암리, 연리, 성내리, 내리	5 35.17

<표 2-2-4> 무안군 용수구역 현황

(단위 : ha)

용수구역명	해 당 읍·면	면 적			수 계		
		계	무안군 <sup>1)</sup>	기타시,군	본류	1지류	2지류
계	9개 읍·면	43,579.1	43,579.1				
무망	무안, (현경), 망운, 운남	12,572	12,572	-	해안	서해안	
무청	청계, (삼향)	8,690.1	8,690.1	-	해안	서해안	
무현	(현경), 해제	8,420	8,420	-	해안	서해안	
무일	일로, (삼향), 몽탄	13,897	13,897	-	영산강	-	

자료 : 농어촌용수구역 조사보고서

\* ( )는 2개 이상의 용수구역으로 분할된 읍면

1) 1998 농어촌 용수구역 조사 면적

전국 464개 용수구역 중 무안군과 관련된 용수구역은 총 4개 구역(무망, 무청, 무현, 무일)으로 용수구역 전체가 무안군에 포함되고 면적은 무일지구(138.97km<sup>2</sup>), 무망지구(125.72km<sup>2</sup>), 무청지구(86.901km<sup>2</sup>), 무현지구(84.20km<sup>2</sup>) 순이다<표 2-2-4>.

#### 나. 지형지세

본 무망지구는 한반도의 서남해안에 위치하며 북쪽으로 무안군 현경면과 무안읍의 경계를 따라 함평군 함평읍이 인접한다. 또한 동쪽에는 무안군 엽다면, 남쪽에는 무안군 청계면과 몽탄면이 인접하며, 서쪽은 무안군 현경면, 망운면, 운남면이 긴 해안선을 따라 서해에 인접되어 있다. 산계는 지구 북쪽의 감방산(坎方山:△257.5)과 보평산(寶平山:△225.4), 그리고 동쪽의 제봉산(祭峰山:△122.7)과 연중산(△300.5)의 소산맥들이 상호 연장되어 비교적 높은 산지를 형성하나 면적이 적고 서쪽은 대부분 낮은 구릉과 평야지대로 형성되어 동고서저의 지형적인 특성을 나타낸다. 또한 본 지구의 서쪽 지역은 굴곡이 심한 리아스식 해안으로 과거 해퇴 작용(Transgression)으로 인하여 넓은 간석지가 형성되어 내륙과 해안이 공존하는 반도형 지형을 나타낸다. 수계는 본 지구 북쪽과 동쪽의 소산맥에서 발원한 소지류들이 지형 경사를 따라 수지상으로 흐르다가 합류하여 서해에 유입된다.



### 다. 기상 및 기후

본 조사지구인 무안군은 한반도의 서남부 해안지대에 위치하며, 여름에는 고온다습하고 겨울에는 한랭건조한 온대성기후를 나타낸다. 조사지구 인근의 기상자료를 취득할 수 있는 관측소는 무안군 해제면에 있었으나 최근(2000년 7월) 관측소가 폐쇄되어 2000년 7월 이후의 기상자료는 조사지역에 인접한 목포기상대 자료를 참고하였다. 무안관측소와 목포기상대에서 지난 30년간(1972~2001) 관측한 연평균기온은 13.79℃이며, 월별 평균기온은 최난월인 8월에 25.98℃, 최한월인 1월에는 1.88℃로서 연교차는 24.1℃이다.

연평균강수량은 1,123.09mm이며 총 강수량의 61.4%가 6월에서 9월의 우기에 집중되는 경향을 보인다. 지난 30년간 월별 최고 강수량은 81년 9월에 584.2mm를 기록했고, 79년 10월에는 0.3mm를 기록하여 가뭄이 극심하였으며, 특히 본 조사 지구는 약 4~5년 주기로 한해가 발생한 것으로 분석된다<표 2-2-5>.

<표 2-2-5> 기상 현황

월별	평균기온 (℃)	강수량 (mm)	강우일수 (일)	상대습도 (%)	풍속 (m/sec)	일조시간 (hr)
연평균	13.79	1,123.09	150	73.08	4.13	2,162.4
1월	1.88	33.77	15.0	69.2	4.8	143.8
2월	2.63	45.64	12.7	70.1	5.1	150.5
3월	6.58	60.53	11.5	68.9	4.8	186.2
4월	12.33	78.31	10.6	69.7	4.3	203.5
5월	17.07	84.90	11.3	72.9	3.8	222.0
6월	21.13	171.24	13.4	78.8	3.4	173.4
7월	24.80	211.91	16.3	83.3	3.8	167.3
8월	25.98	174.71	14.7	80.3	3.6	213.4
9월	22.00	131.66	10.7	75.7	3.5	188.4
10월	16.60	53.06	8.6	70.2	3.9	205.9
11월	10.09	49.12	11.5	68.6	4.3	163.7
12월	4.40	28.24	13.7	69.3	4.3	144.3

자료 : 목포기상대(1972~2001)

## 2.2.2 인문사회 현황

### 가. 무안군 연혁

무안군은 2002년말 현재 2개읍, 7개면, 103법정리, 363행정리로 구성되어 있다. 1968년 12월 31일 법률 제2059호로 "신안군 설치에 관한 법률"이 제정 공포되어 1969년 1월 1일 무안군에서 신안군이 분군되어 무안군은 읍지부 8개면을 관할하게 되었다. 1969년 12월 28일 무안면에 현 청사가 신축·준공된 이후 1979년 5월 1일 무안면이 읍으로 승격된 후, 1980년 12월1일 일로면이 읍으로 승격되고 1983년 운남출장소가 면으로 승격되면서 현재까지 2개읍 7개면의 행정구역에 103개 법정리 363개 행정리로 운영되고 있다<표 2-2-6>. 또한 무안군은 지역 발전의 근간이 되어온 호남선이 복선화되고 더욱이 서해안 고속도로가 개통되어 전남 서남지역의 교통 요지로 부각되었으며, 향후 무안 국제공항이 완공되면 명실상부한 국제 교류의 중심지로 각광받을 것이다.

<표 2-2-6> 무안군 연혁

시 대	연도년	변 천 과 정
통일신라시대	경덕왕 16년(757)	무주의 무안군
고려시대	혜종원년(944)	물량군
	성종 10년(991)	나주목의 무안군
	명종 2년(1172)	무안현
조선시대	태종 13년(1413)	전라도 무안현(현감)
	고종 32년(1895)	나주부의 무안군
	고종건양원년(1896)	전라도의 무안군
	고종광무원년(1897)	무안부로 승격
일제시대	1914. 3. 1	무안군(목포부 분리)
	1939. 4. 1	석곡면이 몽탄면으로 개칭
대한민국	1957. 11. 7	면성면을 무안면으로 개칭
	1969. 1. 1	신안군과 분군
	1979. 5. 1	무안읍 승격
	1980. 12. 1	일로읍 승격
	1983. 2. 15	운남면 승격
	현 재	2개읍 7개면 103개법정리 363개행정리

자료 : 무안군 연혁(기획예산실)

나. 인구 현황

2001년말 기준 무안군의 총인구는 70,439명으로 전라남도 전체 인구 2,104,052명의 3.3%에 해당되며 무안군의 세대수는 25,035세대이고 1세대당 평균인구는 2.8명이다. 읍·면별로는 무안읍의 인구 및 인구밀도가 각각 11,881명과 366.5명/km<sup>2</sup>으로 가장 높으나 인구는 망운면이 3,359명, 인구 밀도는 몽탄면이 1km<sup>2</sup>당 82.9명으로 가장 낮은 실정이다<표 2-2-7>.

<표 2-2-7> 무안군 인구 현황

(단위 : 명)

구분	세대수 <sup>1)</sup>	인구			인구밀도 (명/km <sup>2</sup> )	면적 (km <sup>2</sup> )	세대당 인구
		계	남	여			
읍·면별	25,035	70,439	35,694	34,745	161.6	435.80	2.8
무안	4,110	11,881	5,883	5,998	366.5	32.42	2.9
일로	3,718	10,320	5,205	5,115	183.3	56.31	2.8
삼향	2,875	8,780	4,492	4,288	205.3	42.77	3.1
몽탄	2,066	5,200	2,528	2,672	82.9	62.74	2.5
청계	3,326	9,217	4,634	4,583	141.1	65.33	2.8
현경	2,815	7,830	3,941	3,889	131.9	59.36	2.8
망운	1,192	3,359	1,714	1,645	192.6	17.44	2.8
해제	3,164	8,655	4,344	4,311	134.7	64.26	2.7
운남	1,769	5,197	2,953	2,244	147.8	35.17	2.9

자료 : 무안군 통계연보(2001)

주 : 1) 외국인 세대 제외

<표 2-2-8> 조사지역내 인구 현황

읍면	세대수	인구	인구밀도 (명/km <sup>2</sup> )	면적(km <sup>2</sup> )	세대당인구
계	8,849	25,127	199.8	125.72	2.8
무안	4,110	11,881	366.5	32.42	2.9
현경*	1,778	4,690	115.3	40.69	2.6
망운	1,192	3,359	192.6	17.44	2.8
운남	1,769	5,197	147.8	35.17	2.9

자료 : 읍·면별 자료(2001)

\* : 지구내 일부 포함지역

무망지구 용수구역에 포함되는 읍·면별 인구현황은 총 25,127명으로 무안군 전체인구 70,439명의 약 35.67%에 해당된다. 세대수는 8,849세대이며, 세대당 인구는 2.8명으로 무안군의 전체평균과 같고 인구 밀도는 1km<sup>2</sup>당 198.8명으로 무안군의 평균 인구밀도인 161.6명/km<sup>2</sup>에 비해 약 124%를 상회하는 것으로 나타났다<표 2-2-8>. 무안군의 인구추이는 1975년도 128,045명에서 2000년에 70,439명으로 감소하며, 또한 1세대당 인구도 1975년 5.8명에서 2000년 2.8명으로 감소하는 경향을 나타내는데 이는 농촌지역에서 핵가족화 및 이농현상으로 인하여 인구 및 인구밀도의 감소가 계속 심화되고 있음을 나타낸다<그림 2-2-9>.

<표 2-2-9> 무안군 인구추이

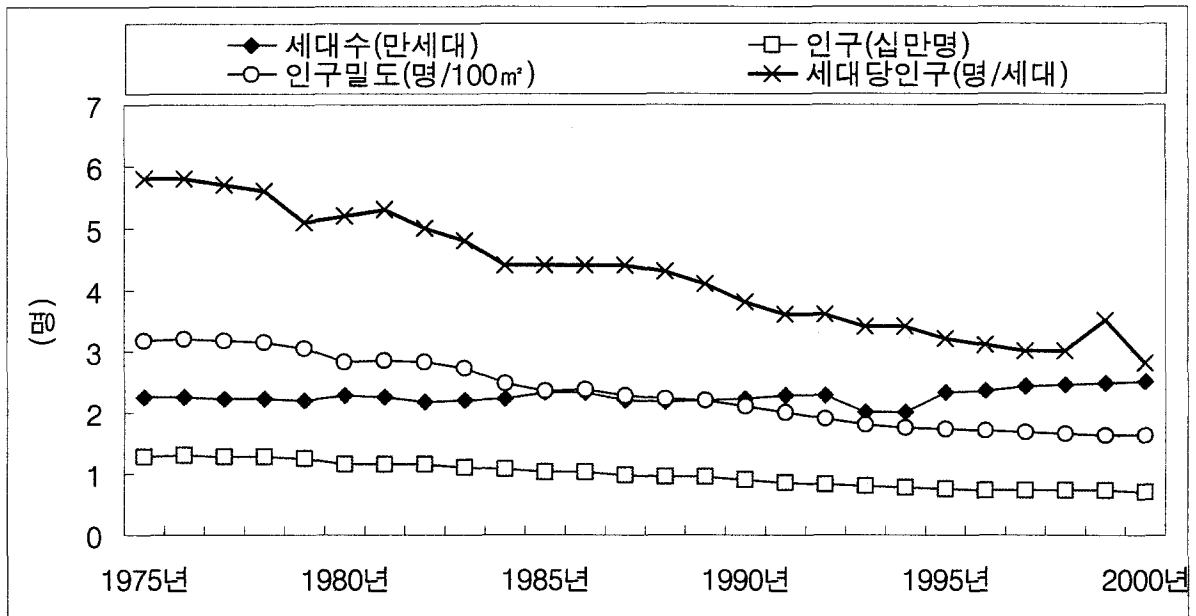
년도	세대수	계	남	여	인구밀도 (명/km <sup>2</sup> )	면적(km <sup>2</sup> )	세대당 인구수
(1975)	22,405	128,045	64,762	63,283	317.7	403.24	5.8
1976	22,412	128,964	64,760	64,204	319.0	403.89	5.8
1977	22,321	128,472	64,544	64,928	317.9	404.17	5.7
1978	22,375	126,887	63,456	63,431	313.9	406.15	5.6
1979	22,121	123,999	61,699	62,300	304.2	407.61	5.1
(1980)	22,627	115,238	57,715	57,523	282.7	407.62	5.2
1981	22,475	115,851	57,755	58,096	284.2	407.62	5.3
1982	21,729	115,107	57,791	37,316	282.4	407.75	5.0
1983	22,023	110,841	56,190	54,651	271.8	407.20	4.8
1984	22,269	108,217	54,664	53,553	247.2	437.71	4.4
(1985)	23,252	102,637	51,661	50,976	234.4	437.84	4.4
1986	23,190	103,507	52,003	50,504	236.4	429.93	4.4
1987	22,117	98,091	49,530	51,561	228.2	429.93	4.4
1988	21,833	95,698	48,290	47,408	222.6	429.96	4.3
1989	21,977	94,783	47,667	47,116	220.4	430.06	4.1
(1990)	22,300	90,579	45,778	44,801	211.0	430.06	3.8
1991	22,772	85,875	42,932	42,943	200.0	430.06	3.6
1992	22,768	82,163	41,139	41,024	191.1	430.01	3.6
1993	23,065	79,381	39,771	39,610	180.3	440.25	3.4

<표 2-2-9> 무안군 인구추이(계속)

년도	세대수	계	남	여	인구밀도 (명/km <sup>2</sup> )	면적(km <sup>2</sup> )	세대당 인구수
1994	23,073	77,102	38,610	38,484	175.1	440.32	3.4
(1995)	23,366	75,049	37,584	37,465	173.5	432.51	3.2
1996	23,624	73,146	36,786	36,360	169.0	432.47	3.1
1997	24,127	72,034	36,234	35,800	166.3	432.48	3.0
1998	24,434	71,626	36,050	35,576	165.3	432.48	3.0
1999	24,723	71,518	36,015	35,503	163.5	436.25	3.5
(2000)	25,035	70,439	35,694	34,745	161.6	435.80	2.8

자료 : 인구주택총조사, 주민등록인구통계(통계청, 2000)

- 주 : 1) ( )년도는 인구주택총조사, '90년 이전은 상주인구조사, '91년이후는 12월 31일 기준  
주민등록인구통계 결과이며 외국인포함  
2) '98년부터 외국인세대 제외  
3) '95년 이전자료의 「65세이상 고령자」는 외국인 제외('96년부터는 포함)



<그림 2-2-1> 무안군 인구추이

### 2.2.3 산업경제 현황

무안군의 주요 산업은 농업이며, 주로 낮은 구릉과 평야지대에서 쌀, 양파, 마늘, 고구마, 콩, 배추 등이 재배되고 있다. 어업은 무안군 통계 연보(2001)에 의하면 무안군 전체 인구의 1.7%가 어업에 종사하였으나 전업으로 인해 점차 감소하는 추세이다.

제조업은 전반적으로 빈약하나 서해안 고속도로가 개통되어 목포시와 인접한 지리적 여건을 이용하여 공장들이 이전되고 있으며, 특히 망운면의 국제 공항과 삼향면의 남악 신도시가 준공되면 공장 이전이 더욱 가속화되어 지역경제 발전에 기여할 것으로 사료된다.

#### 가. 농업 현황

주 재배작목은 수도작이며 무안군 전체 농가 구성비는 48% 정도이고 지구내에서 농업에 종사하는 가구는 62%로 전체 평균보다 높다. 무안군 전체 경지면적 중 전답비율은 1:1.2이나, 조사지구의 전답비율은 1:0.6으로 나타나 논농사보다 밭농사를 많이 경작하는 것으로 조사되었다.

무안군의 가구당 경지면적은 1.73ha 규모이며, 조사지구의 평균 경지면적은 1.33ha로 다소 낮다. 이 중 운남면이 1가구당 2.27ha 경지면적이 가장 높으며, 경지면적에 비해 농가수가 많은 망운면이 0.89ha/가구로 가장 낮다.

<표 2-2-10> 무망지구 농업 현황

구 분	총 가구수	가구수		가구당경지면적 (ha)			경지면적 (ha)			
		농가수	구성비 (%)	계	전	답	계	전	답	
무안군	25,035	11,972	48	1.73	0.81	0.93	20,760.0	9,651.0	11,109.0	
무 망 지 구	소계	8,849	5,509	62	1.33	0.85	0.47	7,310.2	4,697.5	2,612.7
	무안	4,110	1,387	34	1.04	0.51	0.53	1,441.0	704.0	737.0
	현경	1,778	1,772	100	1.23	0.81	0.42	2,175.9	1,434.5	741.4
	망운	1,192	1,193	100	0.89	0.57	0.33	1,067.3	675.3	392.0
	운남	1,769	1,157	65	2.27	1.63	0.64	2,626.0	1,883.7	742.3

자료 : 무안군 통계연보(2001)

**나. 광업 현황**

무안군의 광업현황은 2개의 사업체에 총 40명의 종업원으로 구성된다. 총생산액은 3,590백만원이며, 미가행 비금속광이 40개소, 가행 비금속광이 32개소 분포한다.

<표 2-2-11> 광업 현황

구 분	광구수								사업 체수	종업원수 (인)	생산비 (백만원)	출하액 (백만원)	생산액 (백만원)
	가 행				미가행								
	계	금속	비금속	석탄	계	금속	비금속	석탄					
광업	32	-	32	-	40	-	40	-	2	40	1,099	3,600	3,590

자료 : 무안군 통계연보(2001)

**다. 공단 현황**

무안군의 공단은 일로농공단지, 삼향농공단지, 청계농공단지 등 3개의 입주업체에 총 1,064명이 종사하고 있다.

<표 2-2-12> 공단 현황

구 분	단지명	총면적(m <sup>2</sup> )	입주업체수	종업원수(명)
농공단지	일로농공단지	661,158	3	1,064
	삼향농공단지			
	청계농공단지			

자료 : 무안군 통계연보(2001)

**라. 제조업체 현황**

무안군에 등록된 제조업체는 총 364개소이며, 종업원수는 약 2,077명이다. 지역별로는 청계면이 87개소(808명)로 가장 많고, 일로읍 70개소(370명), 삼향면 62개소(426명), 무안읍 55개소(147명) 순이며 망운면이 7개소(16명)로 가장 적은 제조업체를 보유하고 있다.

<표 2-2-13> 제조업체 현황

구분	업체수 (개소)	종업원수 (명)	생산비 (백만원)	출하액 (백만원)	생산액 (백만원)
계	364	2,077	174,079	245,738	248,031
무안	55	147	4,640	5,845	5,877
일로	70	370	26,146	35,116	35,783
삼향	62	426	33,921	46,248	46,778
몽탄	22	66	2,851	4,119	4,175
청계	87	808	93,069	138,001	138,979
현경	22	94	1,520	2,587	2,587
망운	7	16	-	-	-
해제	28	109	11,712	13,231	13,278
운남	11	41	220	591	574

자료 : 무안군 통계연보(2001)

#### 마. 산업단지 현황

본 조사지구에는 현재까지 국가 및 지방산업단지가 미지정 상태이나 향후 망운 국제공항과 남악신도시가 완공되면 많은 산업단지가 입주할 것으로 예상된다.



## 2.2.4 토지이용 현황

무안군 전체면적은 43,580.4ha이며, 이중 농경지는 19,577.3ha로 가장 많은 면적을 차지하고 다음으로 임야(15,478.0ha), 대지(1,048.6ha), 기타(7,476.5ha) 순으로 나타난다. 조사지구의 토지분포는 농경지가 7,313.1ha(58.2%)로 가장 많은 면적을 차지하며, 임야 2,828.9ha(22.5%), 기타 2,122.6ha(16.9%), 대지 307.4ha(2.4%) 순으로 분포한다.

<표 2-2-14> 읍·면별 토지이용 현황

(단위 : ha)

구 분	계	농 경 지				임야	대지	기타
		농경지계	전	답	과수원			
총면적	43,580.4	19,577.3	10,200.5	9,357.0	19.8	15,478.0	1,048.6	7,476.5
조사지구면적	12,572.0	7,313.1	4,697.5	2,612.7	2.9	2,828.9	307.4	2,122.6
구성비(%)	100.0	44.9	23.4	21.5	0.0	35.5	2.4	17.2
구성비(조사지구)	100.0	58.2	37.4	20.8	0.0	22.5	2.4	16.9
(무안)	(3,242.1)	(1,441.5)	(704.0)	(737.0)	(0.5)	(1,314.5)	(104.8)	(381.3)
일로	5,631.4	2,925.4	855.7	2,067.9	1.8	1,581.1	171.9	953.0
삼향	4,276.8	1,634.3	704.7	928.1	1.5	2,002.6	121.1	518.8
몽탄	6,274.2	1,753.5	679.9	1,066.7	6.9	3,370.9	129.0	1,020.8
청계	6,532.7	2,187.9	1,093.2	1,091.5	3.2	3,145.5	128.1	1,071.2
(현경)	5,936.0 (4,068.9)	3,145.2 (2,175.9)	2,130.7 (1,434.5)	1,011.5 (741.4)	3.0 ( - )	1,641.4 (999.9)	168.7 (112.4)	980.7 (780.7)
(망운)	(1,744.0)	( 1,068.9)	(675.3)	(392.0)	(1.6)	(181.2)	(50.4)	(443.50)
해제	6,426.2	2,793.8	1,473.3	1,320.0	0.5	1,907.5	134.8	1,590.1
(운남)	(3,517.0)	(2,626.8)	(1,883.7)	(742.3)	(0.8)	(333.3)	(39.8)	(517.1)

자료 : 무안군 통계연보(2001)

※ ( ) : 무망지구 면적 및 비율

## 2.2.5 하천 및 유역 현황

계곡부 및 분수령에서 발원한 소지류는 서해로 유입되고, 해안 및 간척지의 지형적인 특성상 동-서 또는 북동-남서 방향으로 운행한다. 유로가 짧고 해안에 인접하여 경사가 완만하며, 일부 하천은 해수의 유입현상이 발생되고 있다.

지구내의 주요하천은 6개이며, 지방 2급하천으로 분류, 관리되고 있다. 이 중 무안천은 연장이 8.44km로 지구내에서 가장 긴 하천이며, 평균 하천연장은 4.23km로 짧은 편이다<표 2-2-15, 그림 2-2-2>.

<표 2-2-15> 조사지역내 하천 현황

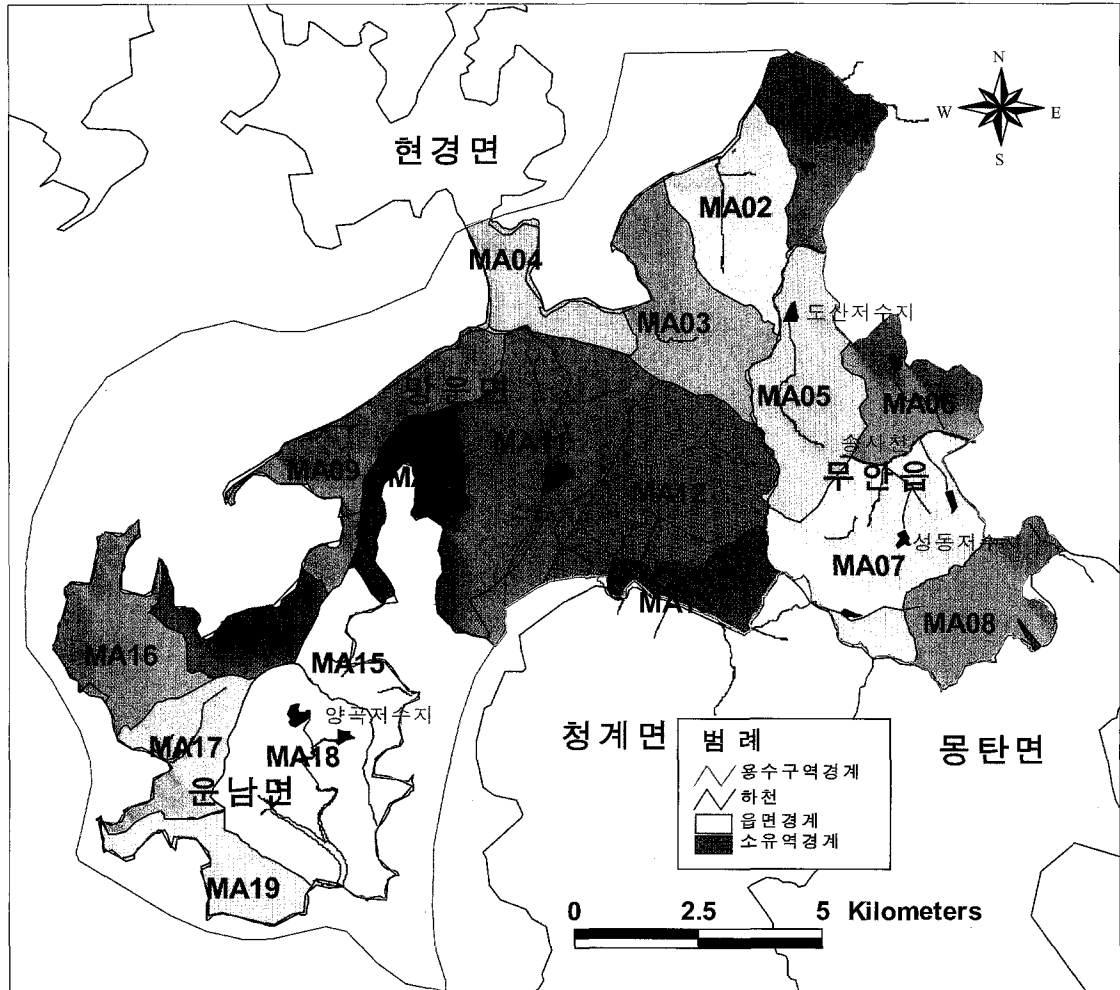
하천명 (하천코드 번호)	유수 계통	하 천 구 간								하천 연장 (km)	유로 연장 (km)	유역 면적 (km <sup>2</sup> )	하천지정 근거 및 일자
		기 점				종 점							
	위 치				위 치								
	본류	읍면	경계	홍수위 (ELm)	하폭 (m)	읍면	경계	홍수위 (ELm)	하폭 (m)				
무안천 (5021400)										영산강	무안	고절 112	-
석진천 (5021420)	영산강	무안	성암 577	-	-	몽탄	영산강 합류점	3.65	78	5.62	6.42	8.50	전남56호 ( '91.4.19)
청천천 (5320050)	태봉천	무안	성남	-	-	청계	태봉천 합류점	-	-	2.56	3.56	6.20	전남56호 ( '91.4.19)
학계천 (5320060)	학계천	현경	양학 92	-	-	현경	동산 해안	-	-	3.26	5.16	8.80	전남56호 ( '91.4.19)
광각천 (5320080)	광각천	현경	현화 387	-	-	현경	현화 해안	-	-	3.17	3.27	4.00	전남56호 ( '91.4.19)
해운천 (5320090)	해운천	현경	해운 1420-1	-	-	현경	해문 해안	-	-	2.3	4.20	5.60	전남56호 ( '91.4.19)

자료 : 한국하천일람(건설교통부, 2000)



<그림 2-2-2> 무망지구 하천 및 소유역 현황도

지역별 지하수의 함양 및 수질특성분포를 파악하기 위하여 지표수 및 지하수계의 분수령과 건설교통부의 유역구분을 참조하여 해안지형의 지형적 특성을 감안, 무망용수구역을 19개의 소유역으로 세분하였다<그림 2-2-2>. 소유역별로 「MA」를 붙여 유역이름을 명명하였으며, 유역별 세부내역은 <표 2-2-16>과 같다.



<그림 2-2-2> 무망지구 하천 및 소유역 현황도

지역별 지하수의 함양 및 수질특성분포를 파악하기 위하여 지표수 및 지하수 계의 분수령과 건설교통부의 유역구분을 참조하여 해안지형의 지형적 특성을 감안, 무망용수구역을 19개의 소유역으로 세분하였다<그림 2-2-2>. 소유역별로 「MA」를 붙여 유역이름을 명명하였으며, 유역별 세부내역은 <표 2-2-16>과 같다.

<표 2-2-16> 소유역별 행정구역 편입율

유역	유역면적 (km <sup>2</sup> )	행정구역 편입율(%)	
		4개 읍·면	
계	125.72	4개 읍·면	
MA01	5.69	현경면	해운리(75)
MA02	6.98	현경면	해운리(25), 현화리(58)
MA03	7.86	현경면	현화리(42), 평산리(90), 양학리(4)
MA04	4.08	현경면	평산리(10), 외반리(23), 송정리(100)
MA05	8.18	무안읍	매곡리(100), 고절리(65), 교촌리(34)
MA06	4.90	무안읍	용월리(88), 고절리(25)
MA07	11.50	무안읍	고절리(10), 용월리(12), 성동리(63), 성내리(100) 성남리(88), 교촌리(66)
MA08	2.12	무안읍	성남리(12), 성동리(37)
MA09	6.95	망운면 운남면	목서리(100), 피서리(3), 송현리(79), 하묘리(21)
MA10	4.15	망운면 운남면	피서리(28), 송현리(21), 하묘리(17)
MA11	14.07	망운면 현경면	목동리(100), 피서리(69), 외반리(58), 동산리(51)
MA12	11.10	현경면	동산리(49), 외반리(19), 양학리(85)
MA13	3.45	현경면 무안읍	평용리(100), 양학리(11)
MA14	3.78	운남면	연리(23), 하묘리(20), 내리(5)
MA15	4.43	운남면	하묘리(42), 동암리(41)
MA16	6.44	운남면	내리(83), 연리(5)
MA17	4.61	운남면	연리(22), 성내리(22), 내리(12)
MA18	11.41	운남면	연리(50), 동암리(59), 성내리(31)
MA19	4.02	운남면	성내리(47)

## 2.2.6 환경 현황

### 가. 잠재오염원 현황

오염원은 축산단지, 폐수배출시설, 기타오염 배출시설, 주유소, 쓰레기 매립장 등의 점오염원과 광범위한 지역에 분포하는 농경지 등의 비점오염원으로 분류되며, 무망용수구역(조사대상지역 모두 포함)의 잠재오염원 현황은 점오염원 399개소, 경작지와 같은 비점오염원 분포지역 7,311ha이다.

<표 2-2-17> 무망지구 잠재오염원 현황

구 분	점오염원(개소)						비점오염원(ha)		
	축산폐수 배출시설	폐수 배출시설	오수 처리시설	쓰레기 매립장	주유소	토양오염 유발시설	농 경 지		
							계	전	답
무망지구	238	27	81	4	22	27	7,311	4,698	2,613

### 나. 기초환경 현황

#### 1) 하수도 현황

무안군의 경우 하수종말처리인구가 16,048명으로 타 지역에 비해 매우 빈약한 상태이며, 하수처리 보급율은 24.2%이다.

<표 2-2-18> 하수처리 인구 현황

(단위 : 명)

구 분	수계	대책 지역	총인구 (A)	하수처리인구				보급율(%) ( $\frac{B}{A} \times 100$ )
				계 (B)	하수종말 처리인구*	기타하수처리인구		
						폐수종말처리인구	마을하수도인구	
전라남도	기타	-	2,134,629	556,391	556,391	-	-	26.1
무안군	-	-	70,467	17,058	16,048	-	1,010	24.2

※ 하수종말처리인구(기타하수처리인구 포함)

※ 보급율 : 관거접속 인구포함

#### 2) 하수관거 보급율

하수관거중 합류식은 계획대비 63.4%의 보급율을 보이고, 분류식은 미보급 상태이다. 무안군 전체 하수 관거 보급율은 24.2%이며, 전라남도 평균 하수관거 보급율 51.3%에 비하여 매우 낮은 편이다.

<표 2-2-19> 하수관거 보급율

(단위 : m)

구 분			전 국('01)	전 남	무 안	
계 획 연 장			107,622,593	5,939,565	17,208	
시 설 연 장			68,194,501	3,046,744	4,130	
보 급 율(%)			63.4	51.3	24.2	
합 류 식	계 획	면 적	16,667	363	-	
		연 장	40,637,621	2,913,998	-	
	시 설 연 장		42,877,898	1,657,109	3,500	
	보 급 율(%)		105.5	56.9	-	
	압 거	사 각 형	4,948,461	201,628	2,450	
		원 형	25,841,745	797,675	1,050	
	개 거		2,311,906	130,738	-	
측 구		9,775,787	527,068	-		
분 류 식	오수 관거	계 획 면 적	13,632	227	-	
		계 획 연 장	34,100,977	1,502,266	-	
		시 설 연 장	12,340,150	626,087	440	
		보 급 율(%)	36.2	41.7	-	
		압거	사 각 형	607,371	13,814	-
			원 형	11,732,779	612,273	440
	우수 관거	계 획 연 장		32,883,995	1,523,301	-
		시 설 연 장		12,976,453	763,548	190
		보 급 율(%)		39.5	50.1	-
		압거	사 각 형	1,682,485	138,470	90
			원 형	8,912,997	447,039	100
		개 거		277,397	69,575	-
		측 구		2,090,951	108,464	-

자료 : 환경부 하수도통계(2001)

### 3) 생활폐기물(생활+사업장생활 폐기물) 현황

전라남도내 폐기물 발생량은 총 1,910.5톤/일이며, 이 중 가연성 폐기물 발생량이 1,014.3톤/일로 가장 높은 발생 비율(53.1%)을 차지하고 있다. 또한 처리방법은 매립, 재활용, 소각순이다. 무안군 폐기물 발생량은 45.4톤/일이며, 이 중 가연성폐기물 발생량이 26.9톤/일로 가장 높은 비율(59.3%)을 차지하고 있다. 무안군의 생활폐기물 처리방법은 매립(30.1톤/일, 66.3%)과 재활용(13.7톤/일, 30.2%)이 많은 부분을 차지한다.

<표 2-2-20> 생활폐기물 현황

(단위 : 톤/일)

구 분	발생량 및 처리현황		총 계	가 연 성	불 연 성	재활용품
전라남도	발 생 량		1,910.5	1,014.3	497.1	399.1
	처리방법	매 립	1,230.2	743.7	486.5	-
		소 각	103.9	103.9	-	-
		재활용	576.4	166.7	10.6	399.1
무안군	발 생 량		45.4	26.9	8.9	9.6
	처리방법	매 립	30.1	21.2	8.9	-
		소 각	1.6	1.6	-	-
		재활용	13.7	4.1	-	9.6

자료 : 2001 전국 생활폐기물 현황(환경부, 2001)



여 백

### Ⅲ. 기본현황조사

#### 3.1 용수 이용현황

##### 3.1.1 생활용수 이용현황

상수도 보급율이란 광역상수도 및 지방상수도 등의 급수시설이 정비된 지역내에 거주하여 수도물을 공급받는 급수인구를 총인구로 나눈 백분율이며, 전라남도의 상수도 보급율은 58.5%이고 무안군의 보급율은 26.5%로 매우 저조하다. 조사지구의 4개 읍·면 상수도 보급율은 40.1%이나, 무안읍에 편중되어 있고 현경면, 망운면, 운남면은 현재까지 상수도가 보급되지 않았다.

<표 3-1-1> 상수도 보급 현황

구분	총인구 (명)	급수 인구 (명)	시설 용량 (톤/일)	급수량 (톤/일)	1인당 급수량 (ℓ)	보급율 (%)	상수도현황 (전용·간이·소규모·우물샘 등)		
							이용인구(명)	개소	
전라남도	2,134,629	1,249,462	764,040	455,953	365	58.5	885,167	3,245	
무 안 군	합계	67,299	17,852	9,000	3,877	217	26.5	52,615	113
	계	25,127	10,064	3,000	2,345	233	40.1	18,418	24
	무안읍	11,881	10,064	3,000	2,345	233	84.7	1,986	12
	현경면	4,690	-	-	-	-	-	7,812	6
	망운면	3,359	-	-	-	-	-	3,515	-
	운남면	5,197	-	-	-	-	-	5,105	6
	일로읍	10,320	2,628	2,000	298	113	25.5	7,671	24
	삼향면	8,780	-	-	-	-	-	8,768	13
	몽탄면	5,200	760	400	131	172	14.6	4,423	23
	청계면	9,217	2,832	3,200	730	258	30.7	6,266	20
해제면	8,655	1,568	400	373	238	18.1	7,069	9	

자료 : 2001 상수도통계(환경부, 2002)

\* 현경면 : 조사지구의 포함

조사지구내 생활용 지하수 시설은 총 216개소로 조사되었으며, 이용량은 1,694천m<sup>3</sup>/년이다. 이 중 소규모 급수시설 및 간이상수도는 20개소로 이용량으로 볼 때 38.8%에 해당되며, 나머지 60%정도가 가정용 소형지하수를 사용하고 있는 것으로 추정된다.

<표 3-1-2> 생활용 지하수 이용현황

구분	개소수	이용량(천m <sup>3</sup> /년)	비고
계	216	1,694.1	
무안읍	150	690.0	
현경면	26	611.4	
망운면	21	241.4	
운남면	19	151.3	

자료 : 현장조사내역

<표 3-1-3> 소규모 급수시설 및 간이상수도 현황

구분	시설명 (개소)	위 치			급수인구 (인)	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	관리자	설치년도	비고
		읍·면	리	부락					
소계	20	-	-	-	2,278	657	-	-	
간 이 상 수 도	성암	무안	성암	성암	135	40	조성량	1982	
	본고절	무안	고절1	본고절	145	40	노백규	1984	
	중사지	무안	교촌4	중사지	124	30	강성신	1972	
	실학실	무안	성동4	실학실	165	45	백계복	1978	
	오리정	무안	고절3	오리정	125	35	이해천	1996	
	상고절	무안	고절2	상고절	185	60	박봉수	1999	
	평월	무안	용월3	평월	235	60	임운철	1999	
	양림	무안	매곡4	양림	120	40	박남태	1999	
	도산	무안	매곡2	도산	120	40	박남철	1999	
	신학	무안	신학1	신학	205	62	박천수	2001	
	월악	운남	내리	월악	150	30	이현기	1998	
	신월	운남	내리3	신월	180	65	이정수	2000	
소 규 모 급 수 시 설	용정	무안	성암	용정	24	10	조성량	1979	
	화순	무안	신학2	화순	36	10	김희남	2000	
	당두	현경	동산4	당두	28	10	김성수	1979	
	매부리	현경	외반4	매부리	35	10	김영현	1999	
	원동암	운남	동암1	원동암	88	20	강이맘	1996	
	연동	운남	연리1	연동	45	15	김종신	1982	
	남촌	운남	성내1	남촌	88	20	최태진	1996	
	원성내	운남	성내5	원성내	45	15	최홍채	1996	

자료 : 무안군 상하수도 사업소(2002)

### 3.1.2 농업용수 이용현황

농촌용수 수요량조사 종합보고서(1999)에 의하면 무망지구의 경지면적은 7,310ha이며, 논(35.7%) 보다 밭(64.3%)의 비율이 매우 높게 나타난다. 이는 이 지역의 주산물인 양파, 마늘 등 밭작물의 재배가 증가하고 있는 추세와 일치하는 경향을 나타낸다. 수리답 면적비율은 영산강에 의한 용수공급과 농업수리시설의 관개 혜택으로 인하여 평균 84.2%를 보인다<표 3-1-4>.

<표 3-1-4> 수리답 및 관개전 현황

(단위 : ha)

읍·면	총 면적	농경지면적				수리답		관개전		비고
		소계		답	전	면적	비율 (%)	면적	비율 (%)	
		면적	비율 (%)							
소계	12,572	7,310	58.2	2,612	4,698	2,198	84.2	779.6	16.6	
무안읍	3,242	1,441	44.5	737	704	586	79.5	365.4	51.9	
현경면	4,069	2,176	53.5	741	1,435	811	100	154.9	10.8	
망운면	1,744	1,067	61.2	392	675	279	71.2	94.8	14.0	
운남면	3,517	2,626	74.7	742	1,884	522	70.4	164.5	8.7	

자료 : 농촌용수 수요량조사 종합보고서(농림부, 1999)

농업용수 공급은 총 답면적 2,612ha 중 1,115ha에 대하여 이루어지며, 이 중 45개의 저수지에서 743ha를 급수하고 양수장 1개소에서 71.0ha, 취입보 2개소에서 34.0ha의 면적에 농업용수를 공급하고 있다<표 3-1-5>.

경미시설을 포함한 조사지구의 농업용 지하수 관정시설은 총 859개소이며, 이용량은 5,162.92천m<sup>3</sup>/년으로 개소수는 무안읍 280개소(32.6%), 현경면 215개소(25.0%), 망운면 172개소(20.0%), 운남면 192개소(22.4%)이며, 이용량은 무안읍(1,579.52천m<sup>3</sup>/년), 현경면(1,543.1천m<sup>3</sup>/년), 운남면(1,080.3천m<sup>3</sup>/년), 망운면(960천m<sup>3</sup>/년) 순으로 나타났다<표 3-1-6>.

<표 3-1-5> 농업용수 공급현황(주수원공)

구분	수원공	개소수	동 리 면 적 (ha)				
			인가	관 개 면 적			
				계	평년	5년	10년
무망	합계	150	1,115	578.4	527.8	26.01	24.59
무안읍	소계	42	558	315.35	302.0	6.86	6.49
	저수지	14	375	315.35	302.0	6.86	6.49
	양수장	1	71	37	37	-	-
	취입보	2	34	34	34	-	-
	관정	25	79	-	-	-	-
현경면	소계	42	219	105.17	88.0	8.83	8.34
	저수지	14	141	105.17	88.0	8.83	8.34
	관정	28	78	-	-	-	-
망운면	소계	19	118	46.3	32.8	6.94	6.56
	저수지	6	84	46.3	32.8	6.94	6.56
	관정	13	34	-	-	-	-
운남면	소계	47	220	111.58	105.0	3.38	3.20
	저수지	11	143	111.58	105.0	3.38	3.20
	관정	36	77	-	-	-	-

자료 : 농업·농촌용수 종합이용계획 자원기초조사보고서(농림부, 2000)

<표 3-1-6> 농업용 지하수 이용현황

구분	개소수	이용량(천 m <sup>3</sup> /년)	비 고
계	859	5,162.92	
무안읍	280	1,579.52	
현경면	215	1,543.10	
망운면	172	960.00	
운남면	192	1,080.30	

자료 : 현장조사내역

### 3.1.3. 공업용수 이용현황

공업용수는 주로 부지내 개별 관정을 이용하여 용수를 공급하며, 조사지구내 공업용 지하수 시설은 총 11개소이고 이용량은 85.45천m<sup>3</sup>/년이다.

<표 3-1-7> 공업용수 지하수 이용량

구분	개소수	이용량(천m <sup>3</sup> /년)	비고
계	11	85.45	
무안읍	9	63.9	보고서, 관리조사
현경면	1	3.3	보고서, 관리조사
망운면	-	-	보고서, 관리조사
운남면	1	18.25	관리조사

자료 : 무망지구 농어촌용수구역 조사보고서(1995), 관리조사(2002)

### 3.1.4 용수 수요전망

#### 가. 생활용수

환경부의 「2001 상수도통계」에 의하면 2000년과 비교할 때 전국적으로 수도물의 공급혜택을 받고 있는 급수인구는 2000년 4,177만명에서 2001년 63만명이 증가한 4,240만명이며, 연간 수도물 총생산량은 2000년에 비해 2,100만톤이 감소한 579,052만톤으로 나타났다. 이러한 결과로 인하여 1인당 1일 평균급수량은 전년대비 5% 감소된 374ℓ(공업용수 제외시 361ℓ)로 '97년(409ℓ) 이후 계속 감소추세를 보이며, 수도물 총생산량은 환경부에서 상수도통계를 작성한 '94년 이후 처음으로 감소하였다.

지역규모별 상수도보급률은 특별·광역시, 도시지역, 읍지역, 면지역이 각각 98.4%, 96.5%, 77.4%, 29.0%로서 대도시에 비해 읍·면지역의 상수도 보급이 저조한 것으로 조사되었다. 이는 인구 밀집도가 낮은 읍·면지역에서 간이상수도 등 소규모급수시설을 많이 이용한 결과로 사료된다. 반면 '98년 이후 상수도보급률의 증가 추세를 살펴보면 면지역, 읍지역이 각각 6.2%와 5.9%, 도시지역은 1.8%, 특별·광역시 지역은 0.7%로 조사되어 읍·면지역의 상수도보급률이 빠르게 증가하고 있음을 알 수 있다.

2000년 기준 상수도 보급률은 전 국민의 87.1%인 4,200만여명에게 수도물을 공급하고 있으며 농어촌, 도서지역, 중소도시 등 급수취약지역에 상수도 시설을

확충하여 전국상수도 보급률을 '00년 87.1% → '05년 92.6%로 확충해 나갈 계획이다. 정부는 읍단위 이상 지역의 상수도보급률을 향상시키기 위하여 중소도시 지방상수도개발사업을 꾸준히 추진하고 있으며, 상수도보급률이 저조한 면단위 지역에는 농어촌 상수도사업, 소규모 저수지, 해수담수화 등 다양한 식수원 개발사업을 추진해 나갈 계획이다.

무망지구의 수요량산정에서는 생활용수 보급율을 92%로 하고 1인당 1일 평균 급수량은 계속 감소하는 추세이므로 급수량을 350 ℓ/일로 산정하였다.

<표 3-1-8> 생활용수 소요수량

(단위 : 천m<sup>3</sup>/년)

구분	인구(인)	보급율	급수대상 인구(인)	1 일 급수량	급수량	비 고
계	25,127	92%	23,117	350 ℓ/인	3,635.4	
무안읍	11,881		10,931		1,304.8	
현경면	4,690		4,315		885.4	
망운면	3,359		3,090		635.8	
운남면	5,197		4,781		809.4	

#### 나. 농업용수

최근 경지면적 변화추세는 개간과 간척 등으로 인하여 국토면적은 증가하였으나 급격한 경제성장 및 2·3차 산업발전에 따른 농지전용, 유희화 등에 의하여 1980년대 중반 이후 급격히 감소하기 시작하여 1990년대에는 감소추세가 더욱 증가하고 있다. 이러한 감소현상이 발생하는 대내·외 원인과 요소들을 반영하여 향후 경지면적에 대한 전망을 연구·분석, 이를 바탕으로 「농촌용수 수요량조사 종합보고서」에서 농업용수 수요량 산정요소를 적용한 경지면적 전망은 <표 3-1-9>와 같다. 여기서 수리답은 수리시설로 인하여 관개 혜택을 받고 있는 논이며, 우리나라는 광복후 반세기에 걸쳐 농업용수개발을 농업생산기반정비의 핵심사업으로 추진한 결과 수리답 변화추세가 지속적으로 증가하고 있다.

관개전 구분은 '94년부터 발기반 정비사업의 일환으로 시행한 정비사업실적을 기준으로 하였으며, 2011년 전망은 「발기반정비 대상지 조사결과(농림부 1999)」에 의해 무망지구 관개전 비율이 밭 면적의 62%까지 증가할 것으로 추정된다.

농용수 수요는 수리답의 증가와 수리불안전답 면적의 상대적인 감소로 인하여 용수 수요량이 증가하는 것으로 나타나며, 발용수 수요량의 구성 비율을 살펴보면 발용수 중 관개전에 대한 수요량 비중이 2001년 약 28%에서 2011년 62%로 증가하는 것으로 추정되었다.

<표 3-1-9> 무망지구 경지면적 현황 및 면적

(단위 : ha)

구 분	논			밭			계
	소계	수리답	수리불안전답	소계	관개전	비관개전	
2001년	3,365	2,198	1,167	3,983	1,133	2,850	7,348
2006년	2,731	2,061	670	4,532	2,079	2,453	7,293
2011년	2,731	2,218	513	4,907	3,040	1,867	7,638

자료 : 농촌용수 수요량조사 종합보고서(농림부, 1999)

<표 3-1-10> 무망지구 농업용수 수요량 추정

(단위 : 천m<sup>3</sup>/년)

구 분	논			밭			계
	소계	논관개	비관개	소계	밭관개	비관개	
2001년	30,770	24,000	6,770	16,290	5,850	10,440	47,060
2006년	31,230	26,010	5,220	17,670	10,800	6,870	48,900
2011년	29,140	24,590	4,550	19,140	15,750	3,390	48,280

자료 : 농촌용수 수요량조사 종합보고서(농림부, 1999)

#### 다. 공업용수

농촌지역에 거주하는 사람이 공업단지에 취업하는 인구를 추정하여 공업용지 소요면적을 산출하였다.

<표 3-1-11> 공업용수 수요 추정기준

구 분	농어촌 공단취업인구 (인)	취업인구에 대한 공업단지 면적(m <sup>2</sup> )	비 고
농 가	2000년대 농촌추정인구×0.1068	17.28인 / 1,000	150m <sup>2</sup> /일/ha
비농가	2000년대 농촌추정인구×0.3762	17.28인 / 1,000	150m <sup>2</sup> /일/ha

자료 : 무망지구 농어촌 용수구역 조사보고서(농림부, 1995)



공업용수 수요량은 『농업·농촌용수 종합이용계획(농림부, 1999)』의 공업용수 수요량 산출방법을 적용하여 <표 3-1-12>와 같이 추정하였다.

<표 3-1-12> 공업용수 수요수량

구분	인구(인)			공업단지 예정면적 (ha)	단 위 용수량 (m <sup>3</sup> /일/ha)	수요 수량 (천m <sup>3</sup> /년)	비 고
	계	농가	비농가				
계	6,680	1,964	4,716	38.7	150	2,116	
무안읍	3,055	444	2,611	17.7		968	
현경면	1,421	560	861	8.2		450	
망운면	1,103	370	733	6.4		349	
운남면	1,101	590	511	6.4		349	

자료 : 무망지구 농어촌 용수구역 조사보고서(농림부, 1995)

### 라. 축산용수

가축 중 한우, 젓소, 돼지, 닭 등의 축종별 두수전망은 <'95년 농업총조사>에서 조사한 읍·면별 축산두수 비율을 현재 목표연도에 적용하였으며, 한우는 수입쇠고기의 영향으로 두수가 감소한 것으로 예상되나 정부의 『축산발전종합대책』에 따라 현재 사육두수를 그대로 유지하는 것으로 산정하였다. 가축 두당 물소요량은 일본 초지개발사업계획 설계기준 자료를 이용하였으며, 축종별 물소요량은 한우 50 l/두·일, 젓소 150 l/두·일, 돼지 40 l/두·일, 닭 0.5 l/두·일을 적용·산출하였다<표 3-1-7>.

<표 3-1-13> 축산두수 현황 및 전망

(단위 : 두)

읍·면	2001년				2006년				2011년			
	한우	젓소	돼지	닭	한우	젓소	돼지	닭	한우	젓소	돼지	닭
무안읍	4,850	250	370	6,140	4,850	260	430	6,720	4,850	270	470	6,980
현경면	2,260	490	2,660	6,760	2,260	510	3,040	7,390	2,260	540	3,360	7,680
망운면	2,700	250	9,330	45,350	2,700	260	10,680	49,630	2,700	280	11,800	51,580
운남면	1,720	330	54,070	53,380	1,720	350	61,950	58,410	1,720	370	68,410	60,700
합계	11,530	1,320	66,430	111,630	11,530	1,380	76,100	122,150	11,530	1,460	84,040	126,940

자료 : 농촌용수 수요량조사 보고서(농림부, 1999)

<표 3-1-14> 무망지구 축산용수 소요량

(단위 : 천m<sup>3</sup>/년)

구 분	무안읍	현경면	망운면	운남면	계	일본 초지개발계획 설계기준(ℓ/두·일)
2001년	110	130	670	190	1,100	한우 : 50 ~ 60, 젖소 : 120 ~ 150 돼지 : 20 ~ 30, 닭 : 0.3 ~ 1
2006년	110	130	760	210	1,210	
2011년	120	130	830	220	1,300	

자료 : 농촌용수 수요량조사 보고서(농림부, 1999)

**마. 용수 수요전망**

무망지구 생활, 농업, 축산, 공업용수의 용수수요를 종합하면, <표 3-1-15>와 같다.

<표 3-1-15> 용수수요 총괄

(단위 : 천m<sup>3</sup>/년)

구 분	2001년	2006년	2011년	비 고
계	81,426	83,766	81,056	
생활용수	3,636	3,636	3,636	
농업용수	47,040	48,900	48,280	농촌용수 수요량조사
- 닭	30,750	31,230	29,140	
- 전	16,290	17,670	19,140	
축산용수	1,100	1,210	1,300	농촌용수 수요량 조사
공업용수	2,116	2,116	2,116	농촌용수구역 조사보고서

### 3.2 관정현황조사

#### 3.2.1 기존자료현황

##### 가. 지역별 지하수 이용현황

조사지역에 대한 지하수 개발 및 이용현황을 파악하기 위하여 무안군 자료를 수정·보완하여 지하수 이용현황 및 관정 특성에 대하여 분석하였다. 조사지역의 관정수는 1,098개소(허가 12, 신고 452, 경미시설 402, 기타 232)이며, 연이용량은 6,989.5천m<sup>3</sup>/년이다. 용도별 지하수 이용현황을 보면 생활용(216개소, 19.6%)은 이용량이 1,694.1천m<sup>3</sup>/년으로 전체대비 24.2%를 차지하며, 공업용(2개소, 0.1%)은 이용량 36.6천m<sup>3</sup>/년으로 0.5%를 차지하고, 농업용(859개소, 78.2%)은 이용량 5,162.9천m<sup>3</sup>/년으로 73.8%, 기타관정(21개소, 1.9%)은 이용량 95.9천m<sup>3</sup>/년으로 1.3%를 차지하는 것으로 조사되어 개소수나 이용량 모두 농업용수의 비중이 가장 높은 것으로 파악되었다. 읍·면별/유역별 지하수이용현황에 대한 자료는 <표 3-2-1~2>와 <그림 3-2-1~4>에 나타내었다.

<표 3-2-1> 읍·면별 지하수 이용현황

(단위 : 공, 천m<sup>3</sup>/년, %)

읍·면	계			생활용			공업용			농업용			기타		
	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비
계	1,098	6,989.5	100.0	216	1,694.1	24.24	2	36.6	0.52	859	5,162.9	73.87	21	95.9	1.37
무안읍	445	2,330.3	33.34	150	690.0	9.87	1	18.3	0.26	280	1,579.5	22.60	14	42.5	0.61
현경면	242	2,185.2	31.26	26	611.4	8.75	0	0.0	0.00	215	1,543.1	22.08	1	30.7	0.43
망운면	194	1,204.8	17.24	21	241.4	3.46	0	0.0	0.00	172	960.0	13.73	1	3.4	0.05
운남면	217	1,269.2	18.16	19	151.3	2.16	1	18.3	0.26	192	1,080.3	15.46	5	19.3	0.28
구분	개소	구성비		개소	구성비		개소	구성비		개소	구성비		개소	구성비	
계	1,098	100.00		216	19.67		2	0.18		859	78.23		21	1.91	
무안읍	445	40.53		150	13.66		1	0.09		280	25.50		14	1.28	
현경면	242	22.04		26	2.37		0	0.00		215	19.58		1	0.09	
망운면	194	17.67		21	1.91		0	0.00		172	15.67		1	0.09	
운남면	217	19.76		19	1.73		1	0.09		192	17.48		5	0.46	

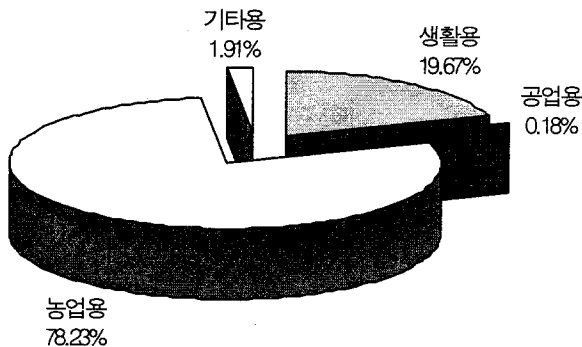
자료 : 2001년 12월말 지하수 행정자료 기준

<표 3-2-2> 소유역별 지하수 이용현황

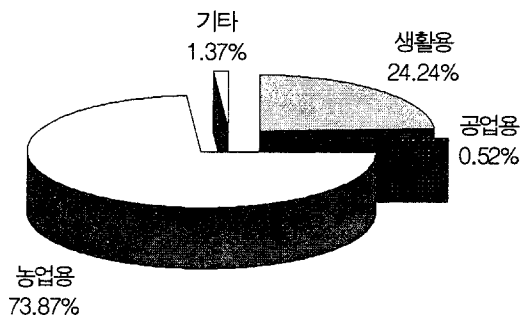
(단위 : 공, 천㎥/년, %)

유역	계			생활용			공업용			농업용			기 타		
	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비	개소	이용량	이용량 구성비
계	1,098	6,989.5	100.0	216	1,694.1	24.24	2	36.6	0.52	859	5,162.9	73.87	21	95.9	1.37
MA01	31	258.5	3.70	-	-	-	-	-	-	31	258.5	5.01	-	-	-
MA02	34	377.9	5.41	2	142.4	8.40	-	-	-	32	235.5	4.56	-	-	-
MA03	59	471.7	6.75	4	22.6	1.33	-	-	-	55	449.1	8.70	-	-	-
MA04	16	205.0	2.93	4	133.2	7.86	-	-	-	11	41.1	0.80	1	30.7	32.01
MA05	152	703.9	10.07	32	87.2	5.15	-	-	-	118	610.6	11.82	2	6.1	6.36
MA06	62	433.7	6.21	11	76.7	4.53	-	-	-	51	357.0	6.91	-	-	-
MA07	186	808.7	11.57	100	488.7	28.85	-	-	-	76	290.3	5.62	10	29.7	30.97
MA08	15	66.1	0.95	4	1.4	0.08	-	-	-	9	58.0	1.12	2	6.7	6.98
MA09	115	731.9	10.47	8	110.6	6.53	-	-	-	107	621.3	12.03	-	-	-
MA10	71	647.6	9.26	17	298.5	17.62	-	-	-	53	345.7	6.70	1	3.4	3.55
MA11	67	341.0	4.88	5	64.5	3.81	-	-	-	62	276.5	5.36	-	-	-
MA12	58	446.2	6.38	10	117.0	6.91	-	-	-	48	329.2	6.38	-	-	-
MA13	20	243.7	3.49	-	-	-	1	18.3	50.0	19	225.4	4.37	-	-	-
MA14	14	78.6	1.12	-	-	-	-	-	-	13	71.8	1.39	1	6.8	7.09
MA15	24	181.1	2.59	5	86.7	5.12	-	-	-	19	94.4	1.83	-	-	-
MA16	66	277.0	3.96	4	31.4	1.85	-	-	-	59	236.5	4.58	3	9.1	9.49
MA17	22	159.6	2.28	2	4.7	0.28	-	-	-	20	154.9	3.00	-	-	-
MA18	46	340.9	4.88	3	9.5	0.56	1	18.3	50.0	42	313.1	6.06	-	-	-
MA19	40	216.4	3.10	5	19.0	1.12	-	-	-	34	194.0	3.76	1	3.4	3.55

자료 : 2001년 12월말 지하수 행정자료 기준



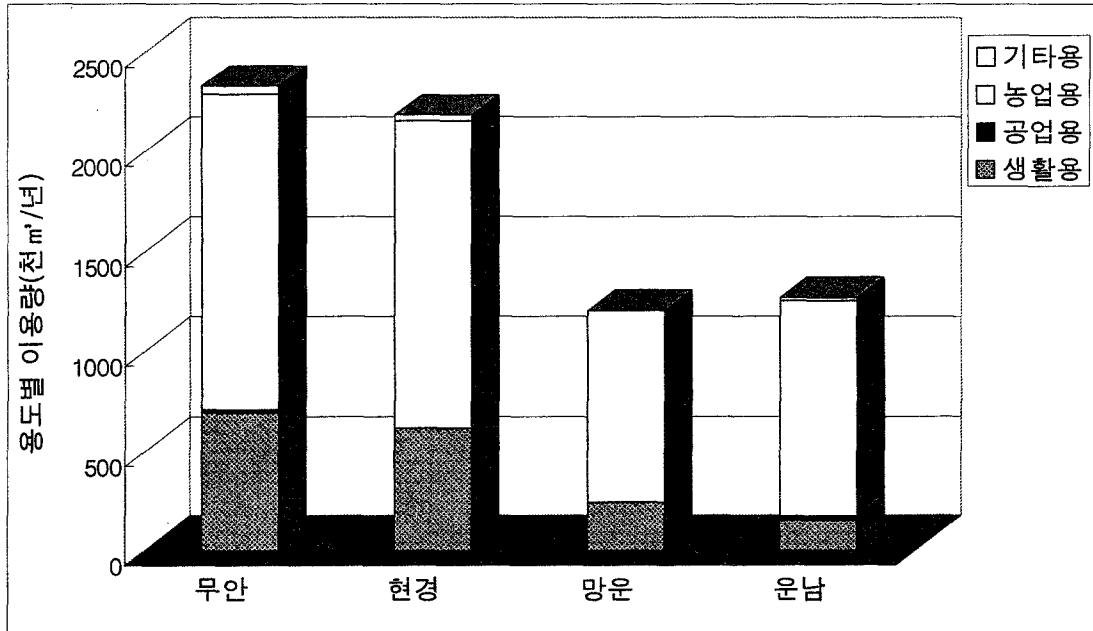
<그림 3-2-1> 용도별 관정 개발현황



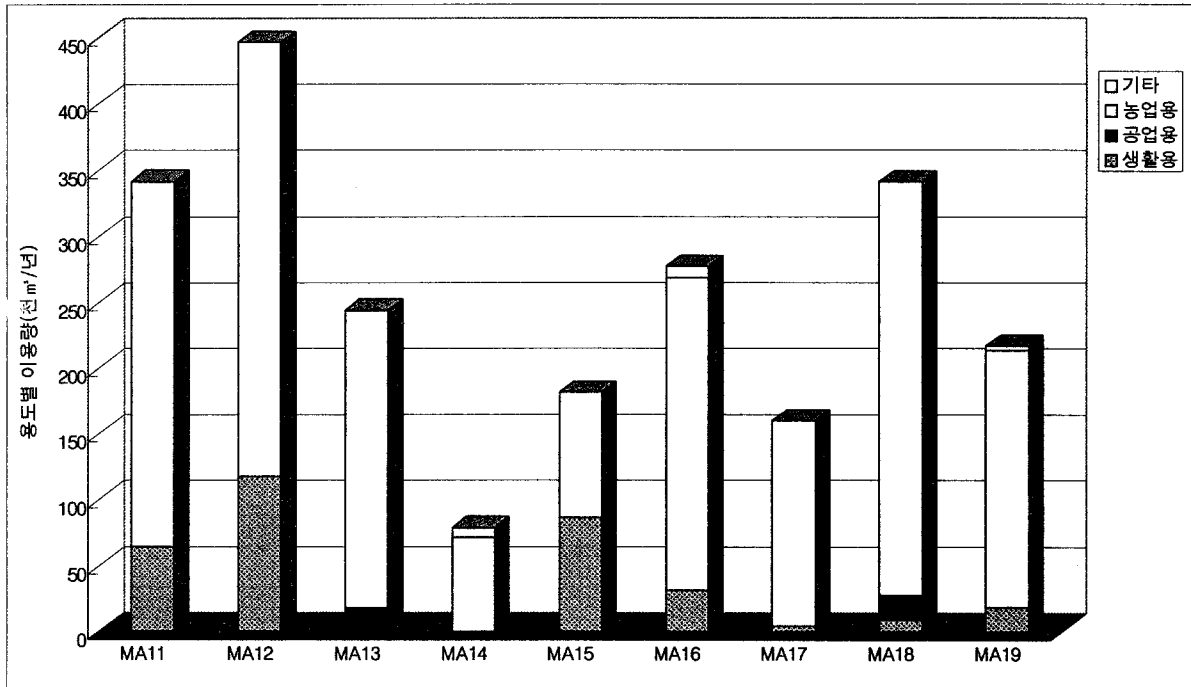
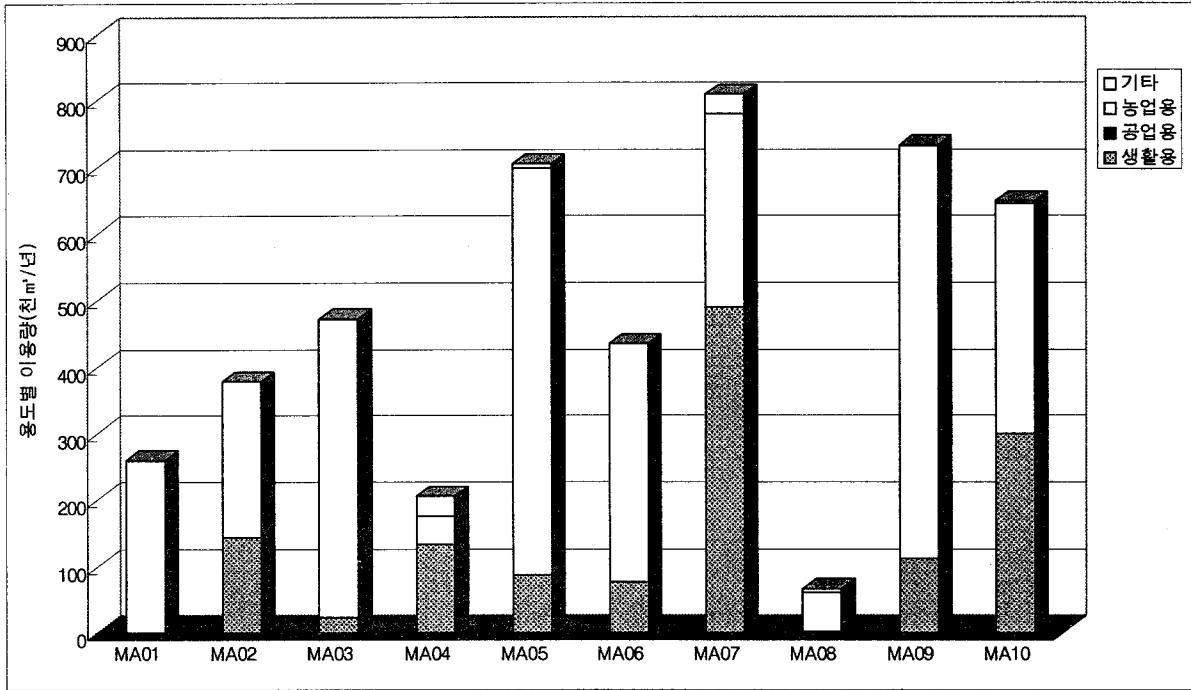
<그림 3-2-2> 용도별 지하수 이용현황

지하수 이용현황을 살펴보면 읍·면별로는 무안읍의 지하수 이용량이 2,330.3천 m<sup>3</sup>/년(33.3%)으로 가장 많은 지하수 이용비율을 점유한 반면 조사지역 중 면적이 가장 작은 망운면이 1,204.8천 m<sup>3</sup>/년으로 17.2%의 가장 낮은 이용비율을 나타냈다.

유역별로는 면적이 가장 큰 MA07 유역이 808.7천 m<sup>3</sup>/년(11.5%)으로 가장 높은 지하수 이용비율을 점유하며, MA14 유역이 78.6천 m<sup>3</sup>/년(1.1%)으로 가장 낮은 비율을 나타내었다.



<그림 3-2-3> 읍·면별/용도별 지하수 이용현황



<그림 3-2-4> 유역별/용도별 지하수 이용현황

## 나. 단위면적당 지하수 이용현황

조사지역에 해당하는 읍·면/구역의 면적이 차이가 있으므로 지하수 이용정도를 총이용량으로 비교하기보다는 해당 읍·면/구역의 단위면적당 지하수이용량으로 비교하는 것이 합리적이다.

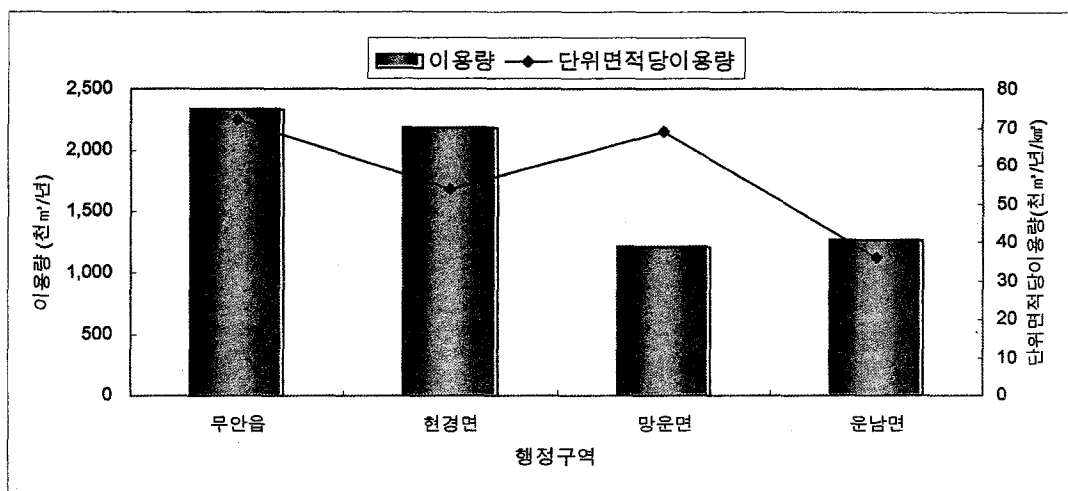
조사지역 지하수의 연간이용량은 6,989천 $m^3$ /년이며, 단위면적당( $km^2$ ) 이용량 55.6천 $m^3$ /년(152.3 $m^3$ /일)은 전국 평균인 31.2천 $m^3$ /년(85.6 $m^3$ /일)보다 높아 지하수 개발·이용이 활발한 것으로 조사되었다(지하수조사연보, 2001).

읍·면별로는 무안읍의 단위면적당( $km^2$ ) 지하수 이용량이 71.9천 $m^3$ /년으로 가장 높게 나타났으며, 운남면이 36.1천 $m^3$ /년/ $km^2$ 으로 가장 낮은 지하수 이용량을 보였다 <표 3-2-3, 그림 3-2-5>.

조사지역의 단위면적당 관정개발 밀도는 평균 8.7공/ $km^2$ 이며, 인구 밀집지역인 무안읍의 관정개발 밀도가 13.7공/ $km^2$ 으로 가장 높으며, 현경면이 5.9공/ $km^2$ 로 가장 낮게 나타났다.

<표 3-2-3> 읍·면별 단위면적당 지하수 이용현황

읍·면	개소수 (공)	이용량 (천 $m^3$ /년)	면적 ( $km^2$ )	관정밀도 (공/ $km^2$ )	단위면적당이용량	
					(천 $m^3$ /년/ $km^2$ )	( $m^3$ /일/ $km^2$ )
계	1,098	6,989	125.72	8.7	55.6	152.3
무안읍	445	2,330	32.42	13.7	71.9	197.0
현경면	242	2,185	40.69	5.9	53.7	147.1
망운면	194	1,205	17.44	11.1	69.1	189.3
운남면	217	1,269	35.17	6.2	36.1	98.9



<그림 3-2-5> 읍·면별 단위면적당 지하수 이용현황

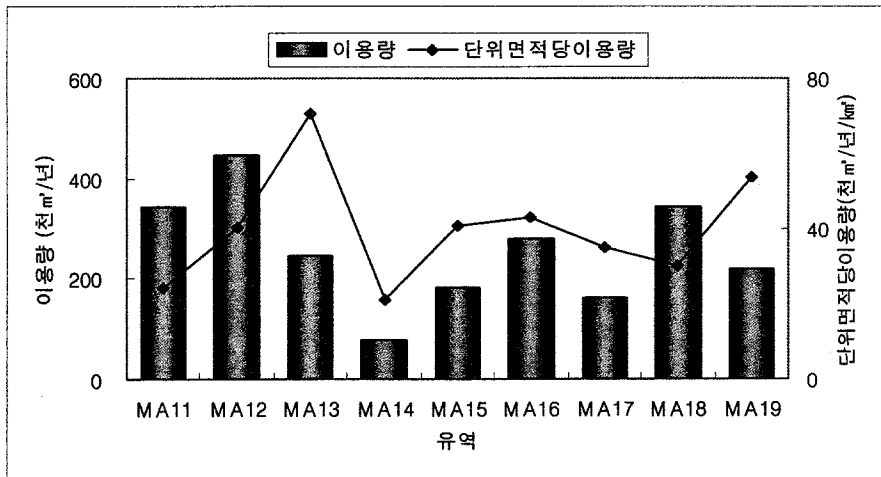
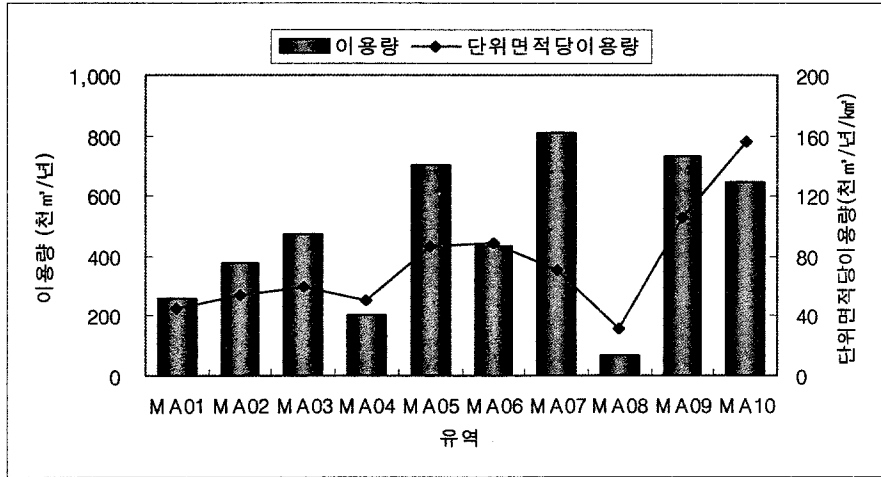
유역별로 볼 때 단위면적당 지하수이용량이 가장 높은 지역은 MA09 유역과 MA10 유역으로 각각 105.3천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>과 156.1천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>이며, MA14 유역이 20.9천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>을 나타내어 가장 낮은 지역으로 조사되었다<표 3-2-4, 그림 3-2-6>.

유역별 관정밀도가 가장 높은 지역은 농경지가 많은 MA05 유역(18.6공/km<sup>2</sup>)이며, MA14 유역이 가장 낮은 관정밀도인 3.7공/km<sup>2</sup>을 보인다.

<표 3-2-4> 유역별 단위면적당 지하수 이용현황

유역	개소수 (공)	이용량 (천 m <sup>3</sup> /년)	면적 (km <sup>2</sup> )	관정밀도 (공/km <sup>2</sup> )	단위면적당이용량	
					(천 m <sup>3</sup> /년/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /일/km <sup>2</sup> )
계	1,098	6,989	125.72	8.7	55.6	152.3
MA01	31	259	5.69	5.4	45.5	124.7
MA02	34	378	6.98	4.9	54.2	148.5
MA03	59	471	7.86	7.5	59.9	164.1
MA04	16	205	4.08	3.9	50.3	137.8
MA05	152	704	8.18	18.6	86.1	235.9
MA06	62	434	4.90	12.7	88.6	242.7
MA07	186	808	11.50	16.2	70.3	192.6
MA08	15	66	2.12	7.1	31.1	85.2
MA09	115	732	6.95	16.5	105.3	288.5
MA10	71	648	4.15	17.1	156.1	427.7
MA11	67	341	14.07	4.8	24.2	66.3
MA12	58	446	11.10	5.2	40.2	110.1
MA13	20	244	3.45	5.8	70.7	193.7
MA14	14	79	3.78	3.7	20.9	57.3
MA15	24	181	4.43	5.4	40.9	112.1
MA16	66	277	6.44	10.3	43.0	117.8
MA17	22	159	4.61	4.8	34.5	94.5
MA18	46	341	11.41	4.0	29.9	81.9
MA19	40	216	4.02	10.0	53.7	147.1





<그림 3-2-6> 구역별 단위면적당 지하수 이용현황

#### 다. 지하수이용현황조사 결과

조사지구는 타지역에 비하여 지하수 개발 및 이용량이 많아 상대적으로 지하수에 대한 의존도도 높은 것으로 조사되었다. 용도별로는 농업용수가 총 지하수이용량의 73.8%를 차지하여 가장 높으며, 또한 생활용수는 24.2%를 차지하므로 수질관리시 세심한 주의가 필요한 지역이다.

읍·면별 현황은 무안읍의 관정 개소수 및 이용량이 각각 40.5%와 33.3%로 가장 높은 수치를 나타내며, 단위면적당 읍·면별/소구역별 지하수이용현황별 경우 관정밀도는 무안읍/MA05 구역, 이용량은 무안읍/MA10 구역이 가장 높게 나타났다.

### 3.2.2 현장조사

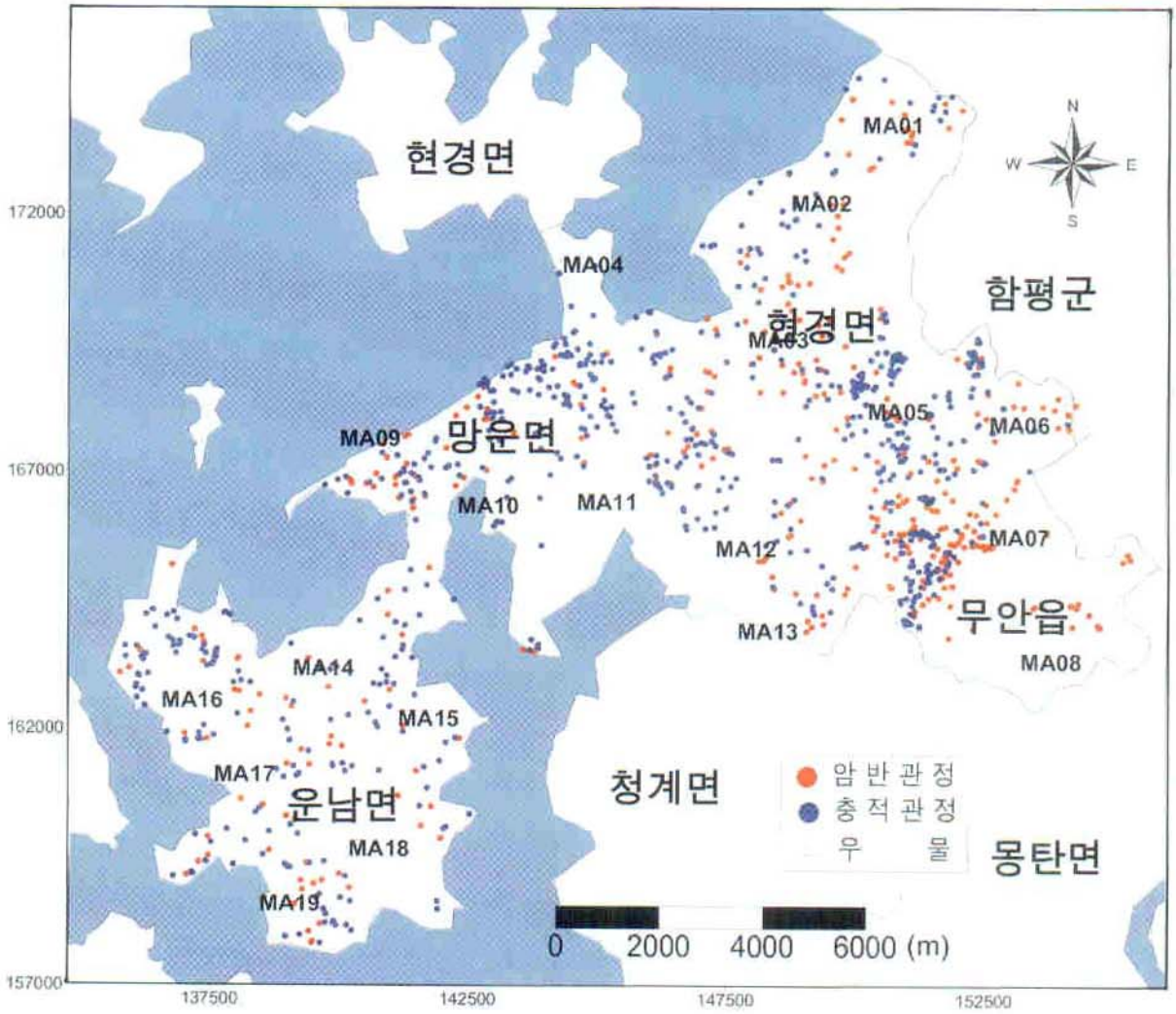
조사지역의 지하수관련 기존자료(무안군 지하수 행정자료)를 토대로 무안군에 신고·허가된 대형 암반관정에 대한 현장조사를 실시하여 조사공의 위치(좌표), 표고, 개발심도, 지질, 지하수위, 대수층유형, 현장수질 및 사용유무 등을 조사하였으며, 또한 지하수 수리·수질특성 조사를 위하여 기타 미신고 관정에 대해서도 동일한 조사를 실시하였다.

관정현황조사는 2개년(2001~2002년) 동안 1, 2차 조사로 구분하여 갈수기와 풍수기에 걸쳐 총 4회 실시하였다. 1차 조사는 조사지역내 대상관정에 대한 이용실태(자연수위, 현장수질조사 및 질산성질소 등)를 파악하였으며, 특히 2차 조사는 조사지역 지하수의 물리화학적 특성을 분석코자 정밀수질검사(양·음이온, 먹는물 및 농업용지하수수질검사, 동위원소조사 등)를 병행하여 실시하였다.

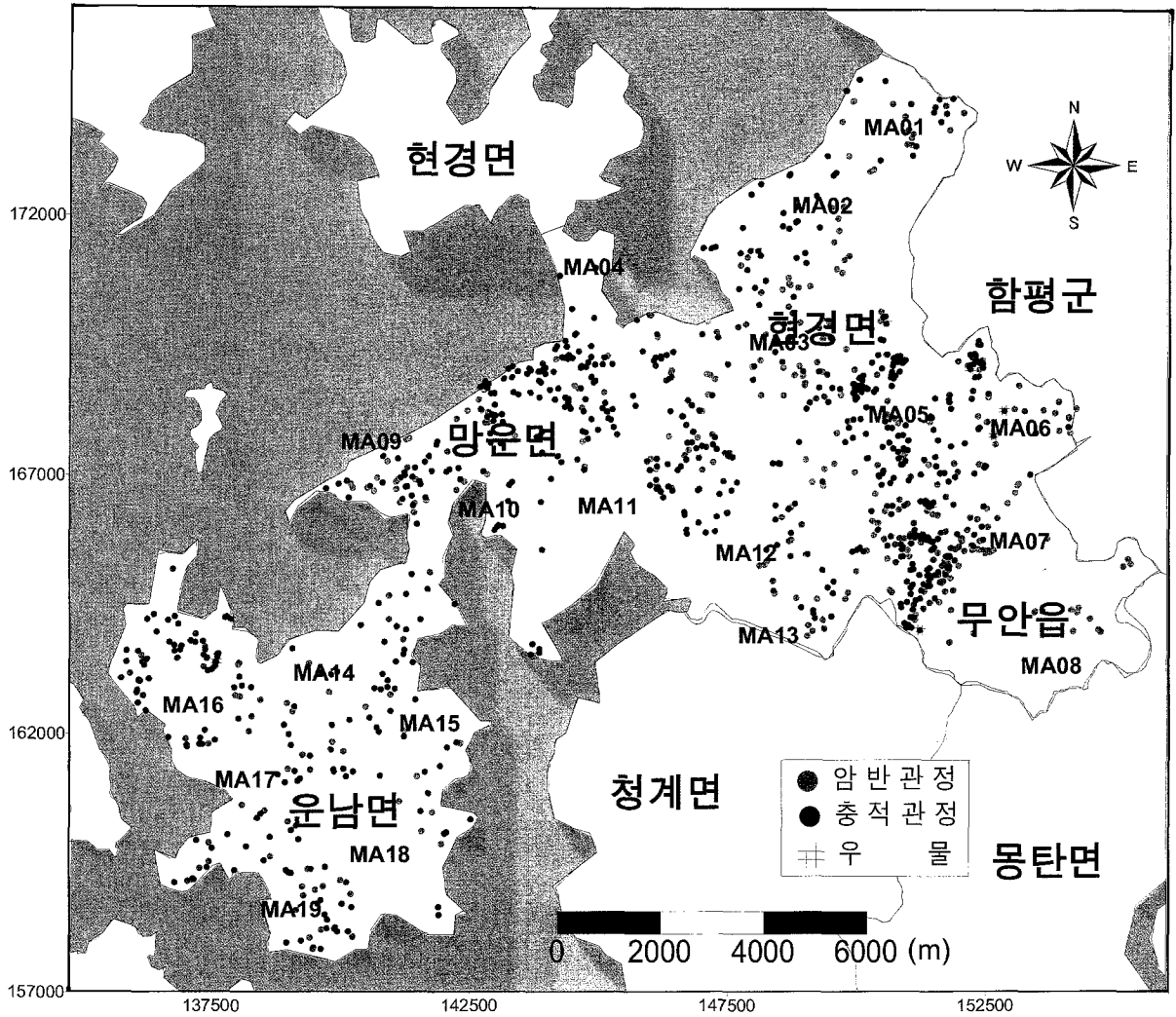
현장조사 관정은 총 1,098개소로 암반관정 373개소, 충적관정 725개소(우물 9개소 포함)이며, 조사가 완료된 관정은 행정구역(읍·면, 동·리, 지번) 순으로 정렬한 후 무망지구의 영어 이니셜(Initial)을 이용 『MU000000』과 같은 형식으로 일련번호를 부여하여 GIS시스템과 연계토록 하였다.

조사관정의 위치도는 <그림 3-2-7>에 나타내었으며, 조사관정 내역은 부록-10에 수록하였다.

현장조사 관정의 읍·면별/용도별 현황은 <표 3-2-5>와 <그림 3-2-8>과 같다. 읍·면별 관정현황을 살펴보면 무안읍(445개소, 40.5%)이 가장 많으며, 용도별로는 농업용수(859개소, 78.2%), 생활용수(216개소, 19.7%), 기타(21개소, 1.9%), 공업용수(2개소, 0.2%) 순으로 나타난다. 또한 유역별로는 MA07 유역(186개소, 16.7%)에서 지하수 관정이 가장 많은 것으로 조사되었다<표 3-2-5~6, 그림 3-2-9~10>.



<그림 3-2-7> 무망지구 현장조사관정 위치도

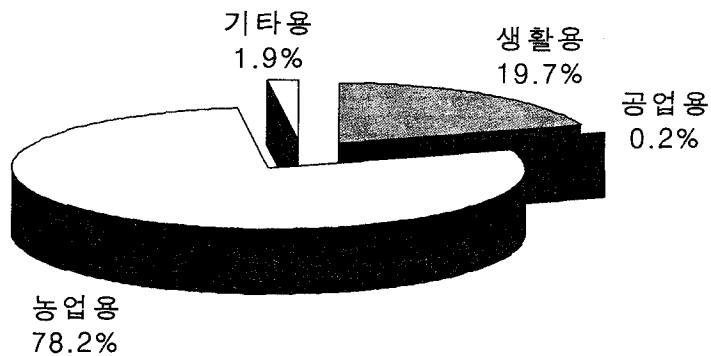


<그림 3-2-7> 무망지구 현장조사관정 위치도

<표 3-2-5> 읍·면별/용도별 관정현황

(단위 : 공)

구 분		계	용도별					우 물
			소계	생 활	농 업	공 업	기 타	
계	소 계	1,098	1,098	216	859	2	21	9
	압 반		373	82	276	2	13	
	총 적		725	134	583	0	8	
무안읍	소 계	445	445	150	280	1	14	8
	압 반		171	64	98	1	8	
	총 적		274	86	182	0	6	
현경면	소 계	242	242	26	215	0	1	
	압 반		96	5	90	0	1	
	총 적		146	21	125	0	0	
망운면	소 계	194	194	21	172	0	1	
	압 반		44	6	37	0	1	
	총 적		150	15	135	0	0	
운남면	소 계	217	217	19	192	1	5	1
	압 반		62	7	51	1	3	
	총 적		155	12	141	0	2	



<그림 3-2-8> 조사관정의 용도별 현황

<표 3-2-6> 유역별/용도별 관정현황

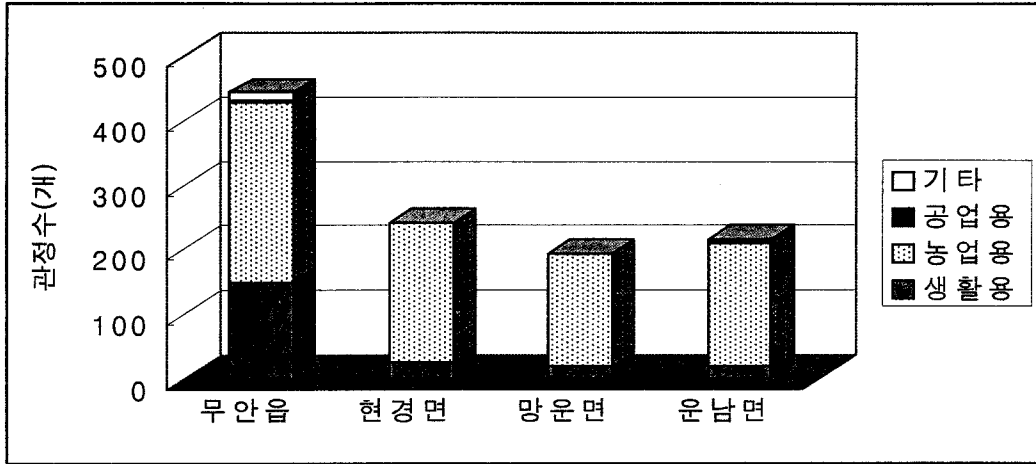
(단위 : 공)

구 분		계	용도별					우 물
			소계	생 활	농 업	공 업	기 타	
계	소 계	1,098	1,098	216	859	2	21	9
	암 반		373	82	276	2	13	
	총 적		725	134	583	0	8	
MA01	소 계	31	31	0	31	0	0	
	암 반		17	0	17	0	0	
	총 적		14	0	14	0	0	
MA02	소 계	34	34	2	32	0	0	
	암 반		17	0	17	0	0	
	총 적		17	2	15	0	0	
MA03	소 계	59	59	4	55	0	0	
	암 반		28	0	28	0	0	
	총 적		31	4	27	0	0	
MA04	소 계	16	16	4	11	0	1	
	암 반		2	1	0	0	1	
	총 적		14	3	11	0	0	
MA05	소 계	152	152	32	118	0	2	2
	암 반		32	6	26	0	0	
	총 적		120	26	92	0	2	
MA06	소 계	62	62	11	51	0	0	4
	암 반		23	2	21	0	0	
	총 적		39	9	30	0	0	
MA07	소 계	186	186	100	76	0	10	3
	암 반		84	50	28	0	6	
	총 적		102	50	48	0	4	
MA08	소 계	15	15	4	9	0	2	
	암 반		15	4	9	0	2	
	총 적		0	0	0	0	0	
MA09	소 계	115	115	8	107	0	0	
	암 반		28	1	27	0	0	
	총 적		87	7	80	0	0	

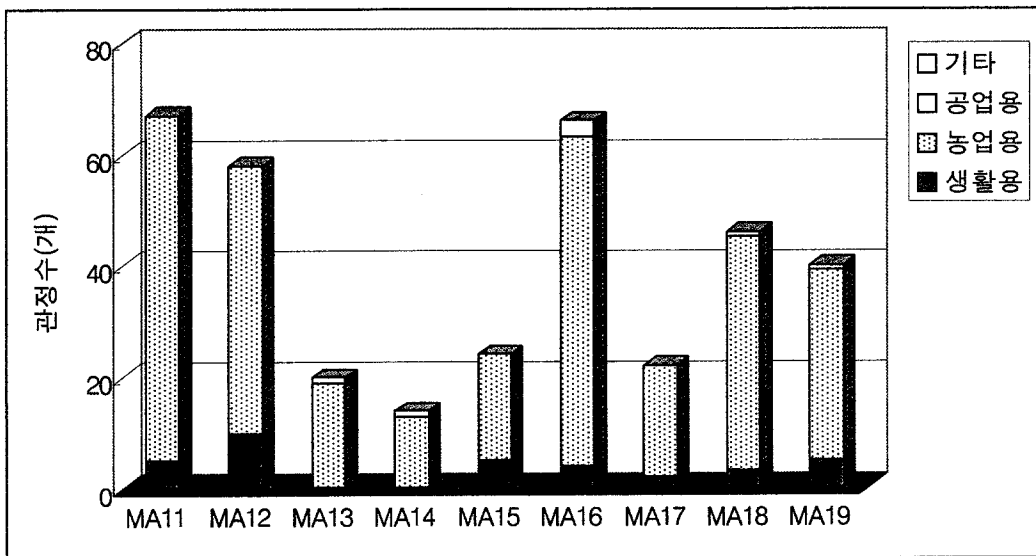
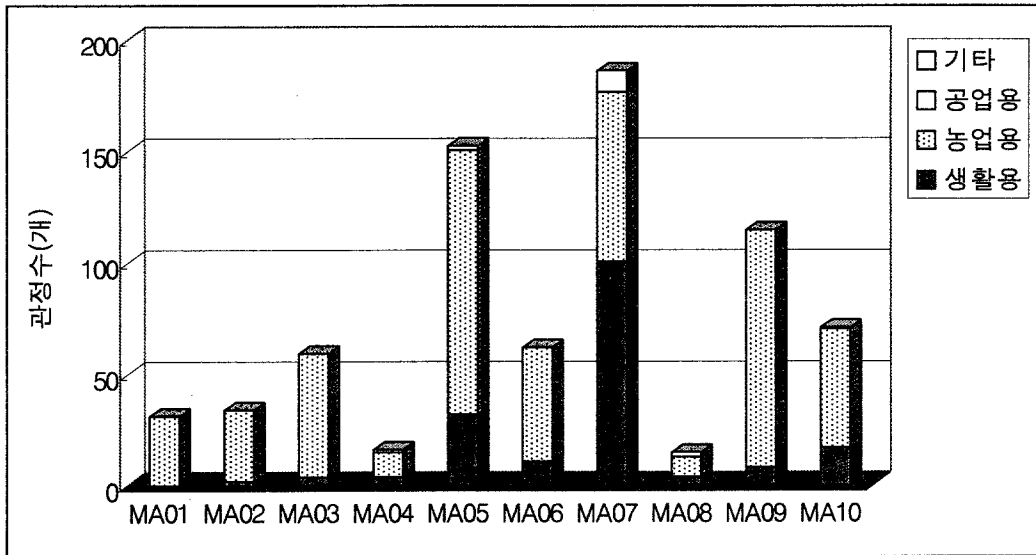
<표 3-2-6> 유역별/용도별 관정현황(계속)

(단위 : 공)

구 분		계	용도별					우 물
			소계	생 활	농 업	공 업	기 타	
MA10	소 계	71	71	17	53	0	1	
	암 반		19	4	14	0	1	
	총 적		52	13	39	0	0	
MA11	소 계	67	67	5	62	0	0	
	암 반		14	3	11	0	0	
	총 적		53	2	51	0	0	
MA12	소 계	58	58	10	48	0	0	
	암 반		22	4	18	0	0	
	총 적		36	6	30	0	0	
MA13	소 계	20	20	0	19	1	0	
	암 반		10	0	9	1	0	
	총 적		10	0	10	0	0	
MA14	소 계	14	14	0	13	0	1	
	암 반		4	0	4	0	0	
	총 적		10	0	9	0	1	
MA15	소 계	24	24	5	19	0	0	
	암 반		3	1	2	0	0	
	총 적		21	4	17	0	0	
MA16	소 계	66	66	4	59	0	3	
	암 반		15	2	11	0	2	
	총 적		51	2	48	0	1	
MA17	소 계	22	22	2	20	0	0	
	암 반		7	1	6	0	0	
	총 적		15	1	14	0	0	
MA18	소 계	46	46	3	42	1	0	
	암 반		19	1	17	1	0	
	총 적		27	2	25	0	0	
MA19	소 계	40	40	5	34	0	1	
	암 반		14	2	11	0	1	
	총 적		26	3	23	0	0	



<그림 3-2-9> 읍·면별/용도별 조사관정현황



<그림 3-2-10> 구역별/용도별 조사관정현황

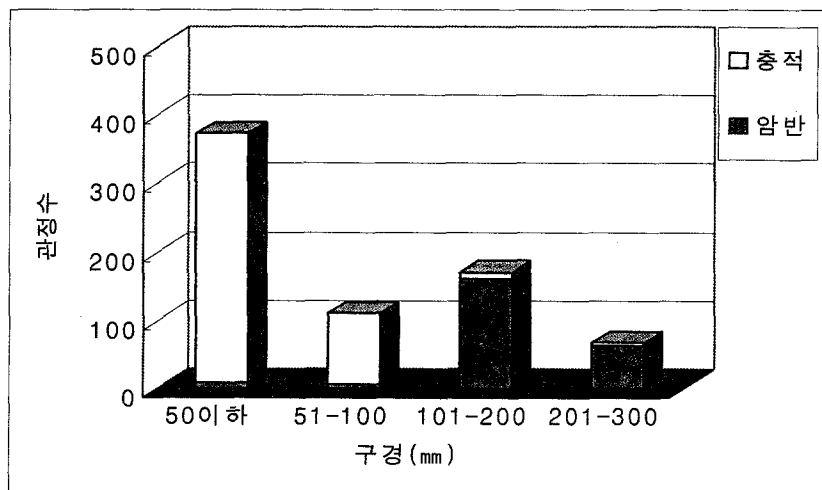


조사관정(우물 제외)의 구경별 현황을 살펴보면 암반관정의 경우 구경 101~200mm(66.0%) 관정이 가장 많으며, 충적관정의 경우 50mm이하 구경이 75.8%를 차지하여 대부분 소형관정이고, 또한 과거 답작용으로 개발한 충적대형관정(3공)은 구경이 201~300mm로 조사되었다. 읍·면별/유역별 관정구경 현황은 <표 3-2-7~8>과 <그림 3-2-11>에 나타내었다.

<표 3-2-7> 읍·면별 관정구경 현황

(단위 : 공)

구 분	계	구 경(mm)				
		50이하	51-100	101-200	201-300	
계	소 계	723	373	111	171	68
	암 반	244	10	8	161	65
	충 적	479	363	103	10	3
무안읍	소 계	220	106	12	74	28
	암 반	109	5	6	71	27
	충 적	111	101	6	3	1
현경면	소 계	176	113	2	36	25
	암 반	61	5	1	32	23
	충 적	115	108	1	4	2
망운면	소 계	164	118	13	24	9
	암 반	32	0	0	23	9
	충 적	132	118	13	1	0
운남면	소 계	163	36	84	37	6
	암 반	42	0	1	35	6
	충 적	121	36	83	2	0



<그림 3-2-11> 구경별 조사관정 현황

<표 3-2-8> 유역별 관정구경 현황

(단위 : 공)

구 분		계	구 경(mm)			
			50이하	51-100	101-200	201-300
계	소 계	723	373	111	171	68
	암 반	244	10	8	161	65
	총 적	479	363	103	10	3
MA01	소 계	19	9	0	6	4
	암 반	8	0	0	6	2
	총 적	11	9	0	0	2
MA02	소 계	23	12	2	4	5
	암 반	8	1	1	1	5
	총 적	15	11	1	3	0
MA03	소 계	43	21	0	7	15
	암 반	22	0	0	7	15
	총 적	21	21	0	0	0
MA04	소 계	12	12	0	0	0
	암 반	1	1	0	0	0
	총 적	11	11	0	0	0
MA05	소 계	85	57	8	16	4
	암 반	21	1	2	15	3
	총 적	64	56	6	1	1
MA06	소 계	32	17	0	8	7
	암 반	14	0	0	7	7
	총 적	18	17	0	1	0
MA07	소 계	71	22	4	36	9
	암 반	51	3	4	35	9
	총 적	20	19	0	1	0
MA08	소 계	8	0	0	4	4
	암 반	8	0	0	4	4
	총 적	0	0	0	0	0
MA09	소 계	97	70	7	14	6
	암 반	20	0	0	14	6
	총 적	77	70	7	0	0

<표 3-2-8> 유역별 관정구경 현황(계속)

(단위 : 공)

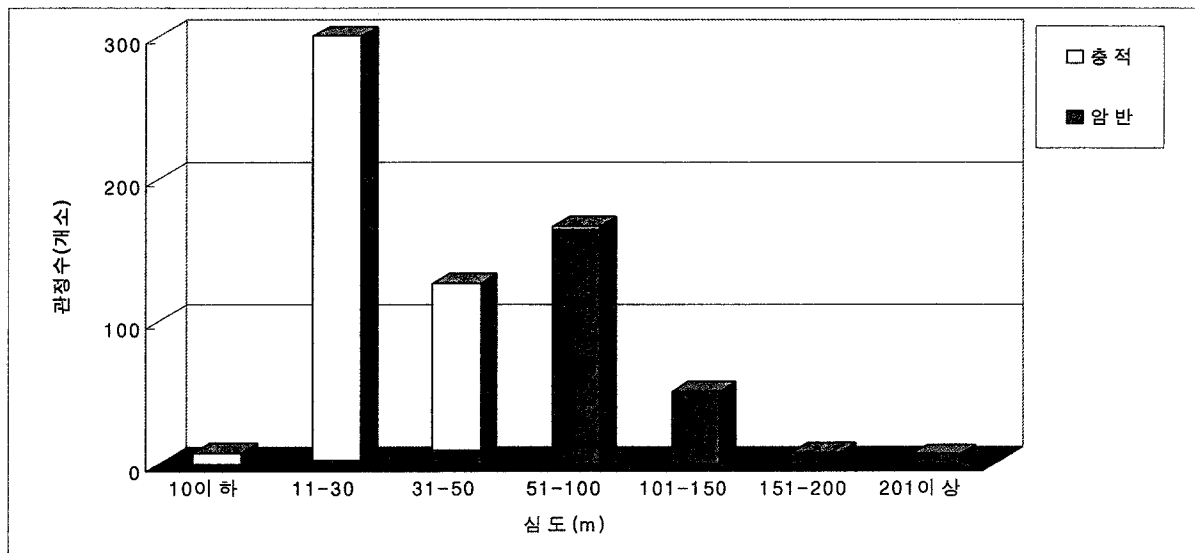
구 분	계	구 경(mm)				
		50이하	51-100	101-200	201-300	
MA10	소 계	57	35	8	12	2
	암 반	13	0	0	11	2
	층 적	44	35	8	1	0
MA11	소 계	57	48	1	7	1
	암 반	9	1	0	7	1
	층 적	48	47	1	0	0
MA12	소 계	44	26	1	13	4
	암 반	18	2	0	12	4
	층 적	26	24	1	1	0
MA13	소 계	16	9	0	6	1
	암 반	8	1	0	6	1
	층 적	8	8	0	0	0
MA14	소 계	11	2	5	4	0
	암 반	4	0	1	3	0
	층 적	7	2	4	1	0
MA15	소 계	21	5	14	2	0
	암 반	2	0	0	2	0
	층 적	19	5	14	0	0
MA16	소 계	46	14	23	7	2
	암 반	9	0	0	7	2
	층 적	37	14	23	0	0
MA17	소 계	18	3	9	6	0
	암 반	6	0	0	6	0
	층 적	12	3	9	0	0
MA18	소 계	34	4	18	9	3
	암 반	12	0	0	9	3
	층 적	22	4	18	0	0
MA19	소 계	29	7	11	10	1
	암 반	10	0	0	9	1
	층 적	19	7	11	1	0

조사관정의 심도별 현황을 살펴보면 암반관정의 경우 대부분 굴착심도 50m 이상 관정이 94.7%를 차지하며, 이 중 51~100m(67.6%)의 경우가 가장 많았다. 층적관정의 경우는 11~30m(73.5%)의 굴착심도를 갖는 관정이 가장 많은 것으로 조사되었다. 읍·면별/구역별 관정심도 현황은 <표 3-2-9~10>과 <그림 3-2-12>에 나타내었다.

<표 3-2-9> 읍·면별 관정심도 현황

(단위 : 공)

구분	계	심도(m)							
		10이하	11-30	31-50	51-100	101-150	151-200	201이상	
계	소계	723	8	355	127	167	51	8	7
	암반	244	0	3	10	165	51	8	7
	층적	479	8	352	117	2	0	0	0
무안읍	소계	176	0	98	22	37	18	1	0
	암반	61	0	1	4	37	18	1	0
	층적	115	0	97	18	0	0	0	0
현경면	소계	163	0	80	40	43	0	0	0
	암반	42	0	0	0	42	0	0	0
	층적	121	0	80	40	1	0	0	0
망운면	소계	220	5	100	13	60	30	5	7
	암반	109	0	2	6	59	30	5	7
	층적	111	5	98	7	1	0	0	0
운남면	소계	164	3	77	52	27	3	2	0
	암반	32	0	0	0	27	3	2	0
	층적	132	3	77	52	0	0	0	0



<그림 3-2-12> 심도별 조사관정 현황

<표 3-2-10> 유역별 관정심도 현황

(단위 : 공)

구 분	계	심 도(m)							
		10이하	11-30	31-50	51-100	101-150	151-200	201이상	
계	소계	723	8	355	127	167	51	8	7
	총적	479	8	352	117	2	0	0	0
	암반	244	0	3	10	165	51	8	7
MA01	소계	19	0	9	2	6	1	1	0
	총적	11	0	9	2	0	0	0	0
	암반	8	0	0	0	6	1	1	0
MA02	소계	23	0	13	2	7	1	0	0
	총적	15	0	13	2	0	0	0	0
	암반	8	0	0	0	7	1	0	0
MA03	소계	43	0	19	3	6	15	0	0
	총적	21	0	19	2	0	0	0	0
	암반	22	0	0	1	6	15	0	0
MA04	소계	12	0	9	3	0	0	0	0
	총적	11	0	9	2	0	0	0	0
	암반	1	0	0	1	0	0	0	0
MA05	소계	85	1	58	7	14	5	0	0
	총적	64	1	57	5	1	0	0	0
	암반	21	0	1	2	13	5	0	0
MA06	소계	32	2	16	0	4	6	3	1
	총적	18	2	16	0	0	0	0	0
	암반	14	0	0	0	4	6	3	1
MA07	소계	71	2	16	7	27	12	1	6
	총적	20	2	15	3	0	0	0	0
	암반	51	0	1	4	27	12	1	6
MA08	소계	8	0	0	0	1	6	1	0
	총적	0	0	0	0	0	0	0	0
	암반	8	0	0	0	1	6	1	0
MA09	소계	97	1	47	29	18	2	0	0
	총적	77	1	47	29	0	0	0	0
	암반	20	0	0	0	18	2	0	0

<표 3-2-10> 유역별 관정심도 현황(계속)

(단위 : 공)

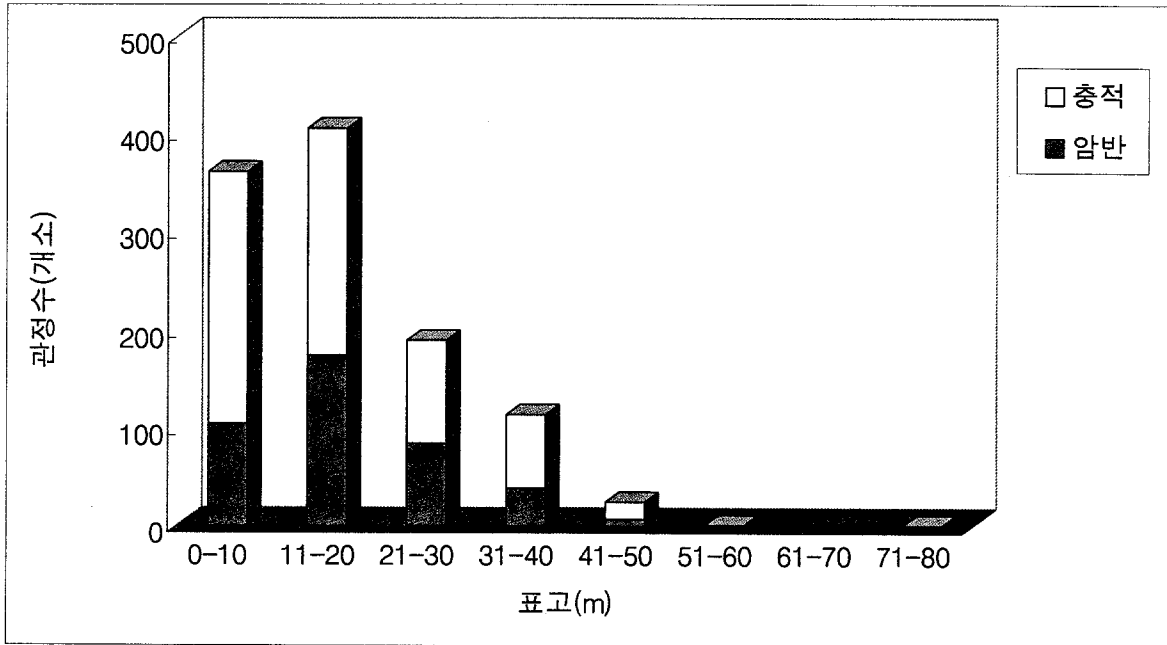
구 분	계	심 도(m)							
		10이하	11-30	31-50	51-100	101-150	151-200	201이상	
MA10	소계	57	1	25	19	10	1	1	0
	총적	44	1	24	19	0	0	0	0
	암반	13	0	1	0	10	1	1	0
MA11	소계	57	1	35	13	7	0	1	0
	총적	48	1	35	12	0	0	0	0
	암반	9	0	0	1	7	0	1	0
MA12	소계	44	0	21	6	15	2	0	0
	총적	26	0	21	5	0	0	0	0
	암반	18	0	0	1	15	2	0	0
MA13	소계	16	0	8	0	8	0	0	0
	총적	8	0	8	0	0	0	0	0
	암반	8	0	0	0	8	0	0	0
MA14	소계	11	0	7	0	4	0	0	0
	총적	7	0	7	0	0	0	0	0
	암반	4	0	0	0	4	0	0	0
MA15	소계	21	0	12	6	3	0	0	0
	총적	19	0	12	6	1	0	0	0
	암반	2	0	0	0	2	0	0	0
MA16	소계	46	0	25	12	9	0	0	0
	총적	37	0	25	12	0	0	0	0
	암반	9	0	0	0	9	0	0	0
MA17	소계	18	0	8	4	6	0	0	0
	총적	12	0	8	4	0	0	0	0
	암반	6	0	0	0	6	0	0	0
MA18	소계	34	0	9	13	12	0	0	0
	총적	22	0	9	13	0	0	0	0
	암반	12	0	0	0	12	0	0	0
MA19	소계	29	0	18	1	10	0	0	0
	총적	19	0	18	1	0	0	0	0
	암반	10	0	0	0	10	0	0	0

표고별 관정개발 현황을 살펴보면 해발 30m 이하에서의 암반관정과 총적관정의 개발비율은 각각 88.3%와 86.3%로 나타나 주로 생활거주지인 저지대에서 관정개발이 이루어지는 것으로 조사되었다<표 3-2-11, 그림 3-2-13>.

<표 3-2-11> 표고별 관정현황

(단위 : 공)

표고(m)	계	암반	총적
계	1,098	410	688
0-10	361	104	257
11-20	405	174	231
21-30	190	84	106
31-40	114	39	75
41-50	24	7	17
51-60	1	0	1
61-70	2	2	0
71-80	1	0	1



<그림 3-2-13> 표고별 조사관정 현황

### 3.3 잠재오염원 조사

#### 3.3.1 오염원의 분류

인간의 활동에 의해서 발생하는 물질이 수문환경으로 유입되는 조건에서는 지하수를 오염시킬 수 있으며, 인간생활을 유지하는데 지장을 줄 수 있을 만큼 지하수계로 유입된 오염성분의 농도가 심해졌을 경우 지하수가 오염되었다고 할 수 있다.

지하수환경에 악영향을 주는 잠재오염원과 그 종류는 매우 많으며, 여러 가지 변수로 인하여 간단히 분류할 수는 없으나 크게 점오염원(point sources)과 비점오염원(diffuse sources)으로 구분할 수 있다. 대표적인 점오염원은 축사, 정화조, 지하저장탱크, 유해폐기물처분장, 매립지, 지표저류시설, 폐공 등이 있으며, 비점오염원으로는 넓은 농경지에 살포되는 비료와 농약같은 농업오염원과 산성비 등이 있다. 미의회기술평가국(OTA)은 1987년 지하수환경에 악영향을 미치는 오염원 및 잠재오염원을 방류 특성에 따라 6군 35종으로 분류하였으며, 조사지역 내 중요오염원은 <표 3-3-1>에 나타내었다.

<표 3-3-1> 지하수환경에 악영향을 미치는 각종 잠재오염원(미국OTA 기준 6군 35종)

종 류	공간적형태	시간적형태	중요오염원
1군. 배출, 방류목적으로 설계된 오염물질			
- 지하침투(정화조, 오수조)	PL	Y	
- 주입정(유해폐기물, 고농도 염수의 처분, 축산폐수, 하수, 인공함양)	P	Y	
- 지상살포(관개용수의 재살포, 슬러지와 축산 폐수의 농업용 지상살포, 유해 및 비유해 폐기물)	D.P	S	○
2군. 저장, 처리, 처분시설로부터 노출된 오염물질			
- 폐기물 매립지의 침출수	PL	S	○
- 폐기물의 불법투기(open dump)	PL	S	
- 주거지에서 쓰레기 무단폐기	PL	S	
- 지표저류시설(유해 및 비유해폐기물)	PL	S	
- 광산폐석(waste tailing)	PL	S	
- 폐기물 야적장(waste pile) 및 하치장	PL	S	
- 비폐기물의 비축지(non-waste stock piles)	PL	S	
- 공동묘지	PL	S	
- 죽은가축의 매립지	PL	S	
- 지상저장탱크(유류, 독성화학물질)	PL	R	○
- 지하저장탱크(유류, 독성화학물질)	PL	R	○
- 컨테이너(유류, 독성화학물질)	PL	R	
- 소각장과 발파지	P	S	
- 방사능 폐기물 처분장	P	Y.S.R	



<표 3-3-1> 지하수환경에 악영향을 미치는 각종 잠재오염원(미국OTA 기준 6군 35종)(계속)

종 류	공간적형태	시간적형태	중요오염원
3군. 운송 배관시설로부터 누출된 오염물질			
- 배관(유해폐기물, 비유해폐기물, 송유관, 하수관)에서 누출, 재래식 하수관	P.L	R	
- 운송과정에서 누출 및 유출(tank rolly)	P.L	R	
4군. 기타 활동으로 배출 및 살포된 오염물질			
- 관개용수의 재순환	D	S	
- 농약살포	D	S	○
- 비료살포(농경지에 사용한 유기 및 화학비료)	D	S	○
- 가축사육장의 가축분뇨 및 폐수	P.L	Y	○
- 제설, 제빙제 살포	F	S	
- 도시지역의 강수 유출	P.D.F	S	
- 광산개발에 따른 광산폐수	P.D.F	S	
- 대기오염물질의 지하침투	D	S	
- 폐수 및 오수에 의해 오염된 지표수	P.D.F	Y	
5군. 지하수 흐름 경로 변경에 따른 오염물질			
- 채수정(유정, 가스정, 온천, 열교환용 우물, 부적절하게 설치된 우물)	P	Y	○
- 폐기방치된 우물(관측정, 탐사시추공 및 공사용 대구경 착정공)	P	Y	○
- 공사용 지하 굴착	P.D.F	S	○
6군. 인간활동에 의해 자연적으로 발생된 오염물질			
- 지표수와 지하수의 연관관계	F	S	
- 자연적인 침출	D.F	Y.S	
- 대수층내로 염수침입과 염수의 역상승 현상 (upconing)	D.F	S	○
- 재래식 화장실	P	Y	○

주) P : 점오염원 D : 비점오염원 F : 전면오염원 L : 국지오염원,  
Y : 연간 S : 계절 R : 불규칙

### 3.3.2 잠재오염원 현황

기존자료 수집 및 현장조사결과 조사지역 내에 분포되어 있는 잠재오염원은 축사의 가축분뇨, 주유소의 유류저장탱크, 폐수배출시설, 오수배출시설 및 쓰레기 매립장 등이 조사되었으며, 분포현황은 <표 3-3-2>와 <그림 3-3-1>과 같고 조사내용은 부록-2~8에 수록하였다.

<표 3-3-2> 잠재오염원 분포현황

(단위 : 개소)

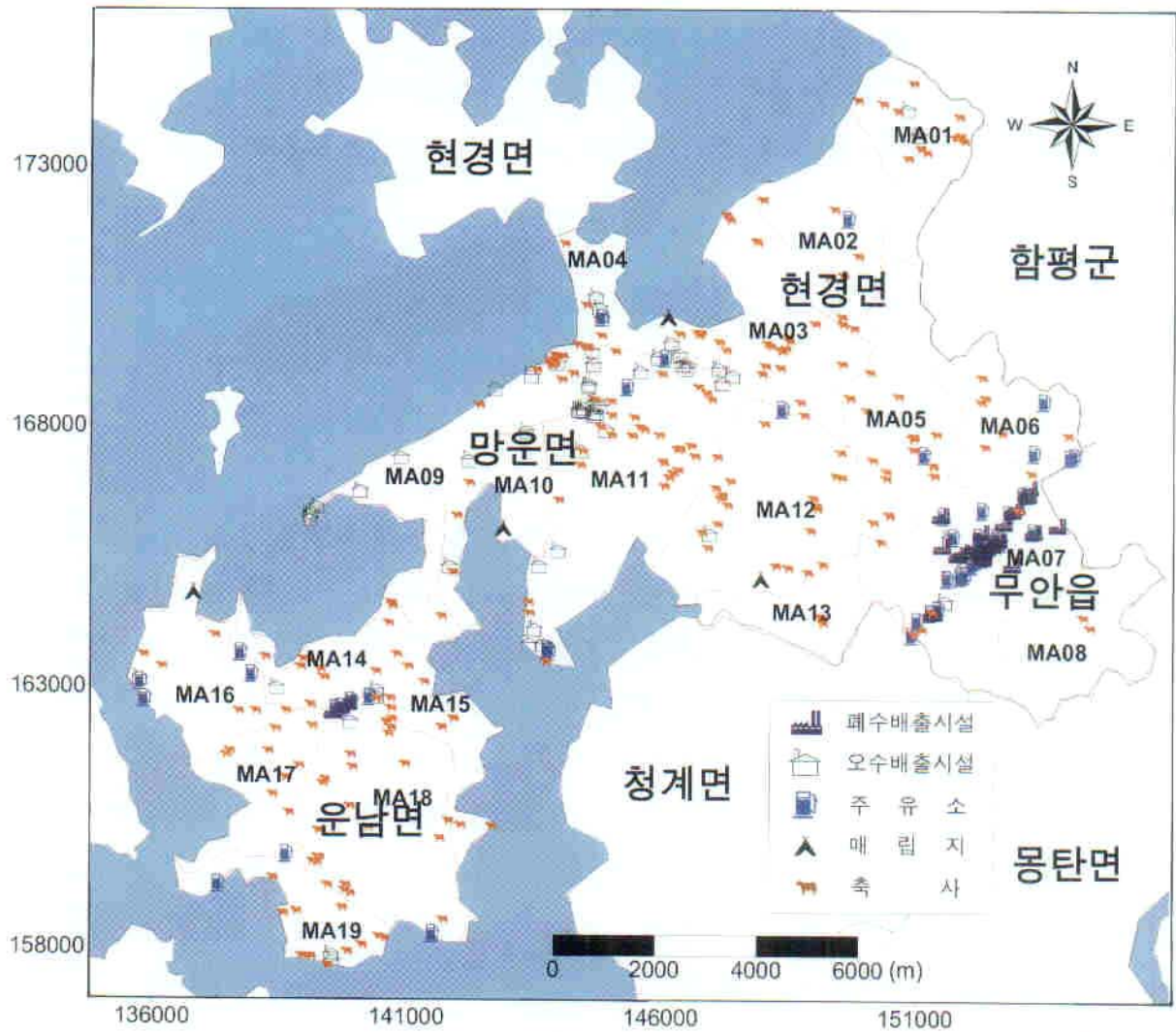
읍·면	축사	폐수 배출시설	오수 배출시설	주유소	유류저장시설 (주유소제외)	쓰레기 매립지
계	238	27	81	22	27	4
무안읍	39	24	11	10	21	1*
현경면	81	-	18	4	-	1
망운면	33	-	38	2	1	1
운남면	85	3	14	6	5	1

자료 : 무안군청 각 담당부서, \* : 매립 종료된 쓰레기 매립지

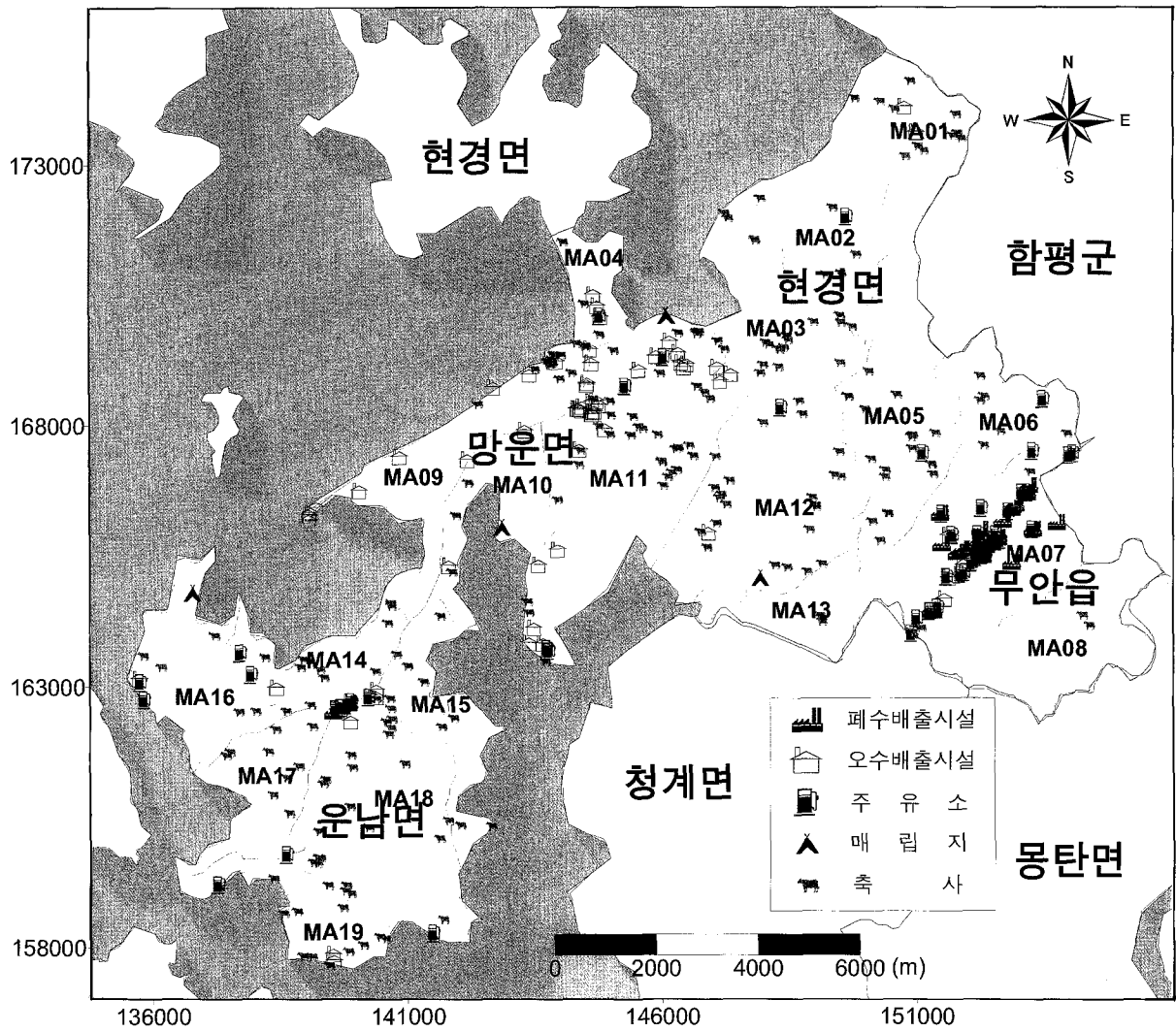
위의 표에서 가장 많은 분포현황을 나타내는 인자는 축사(238개소)이며, 동 시설이 조사지역의 지배적인 잠재오염원(점오염원)으로 판단된다. 일반 농가에서 소 규모로 사육하는 축산시설을 제외한 축사규모별 분포현황을 정리하면 <표 3-3-3>과 같다.

<표 3-3-3> 축사시설의 규모별 분류

시 설	사육규모	개소수	비 고
합 계		238	
우사	소 계	120	
	육우		
	0~10두	32	
	11~50두	53	
	51~100두	31	
	101두 이상	4	
	유우		
	소 계	22	
	0~10두	3	
	11~50두	12	
51~100두	5		
101두 이상	2		
돈사	소 계	65	
	0~10두	3	
	11~100두	6	
	101~500두	17	
	501두 이상	39	
양계장	소 계	25	
	0~1,000	6	
	1,001~3,000	0	
	3,001 이상	19	
기타	소 계	6	사슴, 염소, 개, 타조, 토끼
	0~10두	0	
	11~20두	2	
	21두 이상	4	



<그림 3-3-1> 잠재오염원 위치도



<그림 3-3-1> 잠재오염원 위치도

### 3.3.3 오염부하량

잠재오염원은 점오염원과 비점오염원으로 대별되며, 부하량 산정을 위하여 조사된 점오염원으로는 사람에 의하여 발생하는 생활오수와 가축사육으로 인하여 발생하는 축산폐수를 대상으로 하였으며, 비점오염원으로는 토지이용(전, 답, 대지, 임야, 기타)에 따른 우수에 의한 유출수를 적용하여 산출하였다. 인자별 오염 발생 부하량은 다음식에 의하여 산출되며, 각각의 발생원단위는 <표 3-3-4>와 같다.

$$\text{오염부하량} = \sum(\text{가축종별 마리수} \times \text{발생원단위})$$

$$\text{오염부하량} = \sum(\text{인구수} \times \text{발생원단위})$$

$$\text{오염부하량} = \sum(\text{토지지목별 면적} \times \text{발생원단위})$$

상기식에 의하여 산출된 조사지역 내 잠재오염원 부하량은 <표 3-3-5>와 <그림 3-3-2~3>, 그리고 부록-2~4에 나타내었다. 조사지구 전체에 대한 오염발생 부하량이 높은 순서대로 나열하면 SS>BOD>T-N>T-P 순으로 나타나며, 잠재오염원별 오염부하량은 가축>토지이용>인구 순으로 조사되었다<그림 3-3-2>.

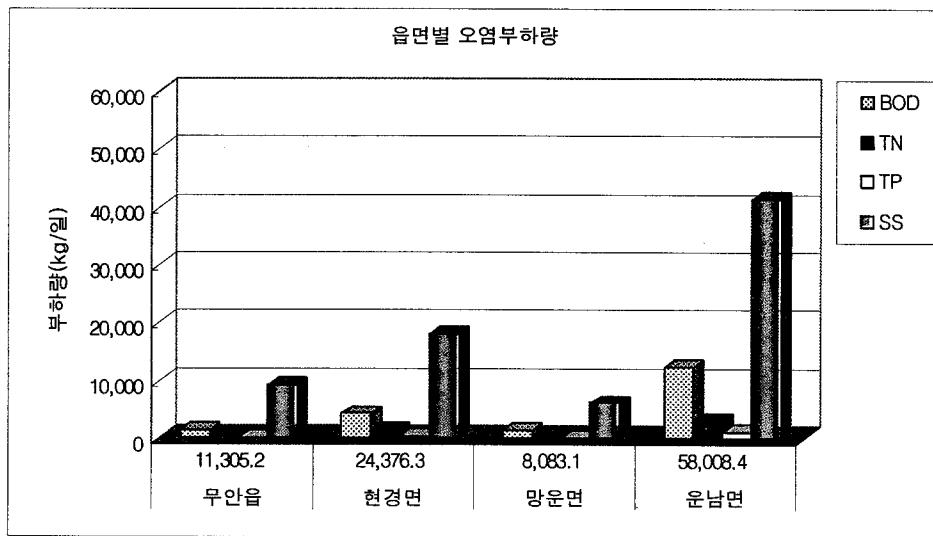
조사지구내 오염부하량의 총계는 운남면(58,008.4kg/일)이 가장 높고, 현경면(24,376.3kg/일), 무안읍(11,305.2kg/일), 망운면(8,083.1kg/일) 순으로 분석되었다.

인구에 의한 오염부하량은 인구수에 비례하여 무안읍(750.9kg/일)이 가장 높으며, 운남면(328.4kg/일), 현경면(296.4kg/일), 망운면(212.3kg/일) 순으로 나타났고, 가축에 의한 오염부하량은 운남면(51,819.9kg/일)이 가장 높고, 다음으로 현경면(16,783.8kg/일), 무안읍(5,389.4kg/일), 망운면(4,971.7kg/일) 순이다. 또한 토지에 따른 오염부하량은 현경면(7,296.1kg/일)이 가장 높고 운남면(5,860.2kg/일), 무안읍(5,165kg/일), 망운면(2,899.2kg/일) 순으로 나타났다.

<표 3-3-4> 각 인자별 발생원 단위

구분		단위	BOD	T-N	T-P	SS
인구	총괄	g/인·일	30.5	7.7	1.4	23.6
	시가지	g/인·일	55	10.4	1.9	56.3
	비시가지	g/인·일	45.3	8.9	1.4	51.8
가축	소	g/두·일	628.2	278.8	54.6	3,400
	돼지	g/두·일	175.5	37.1	18.2	563
	가금	g/두·일	3.8	1.2	0.5	0
토지이용	전	kg/km <sup>2</sup> ·일	4.9	6.3	0.4	72.6
	답	kg/km <sup>2</sup> ·일	5.4	6.4	1.3	619.2
	임야	kg/km <sup>2</sup> ·일	1.3	2.4	0.0	45.8
	대지	kg/km <sup>2</sup> ·일	73.2	19.8	3.2	93.6
	기타	kg/km <sup>2</sup> ·일	2.2	2.2	0.0	1.3

자료 : 환경기본통계편람(환경부, 1999)



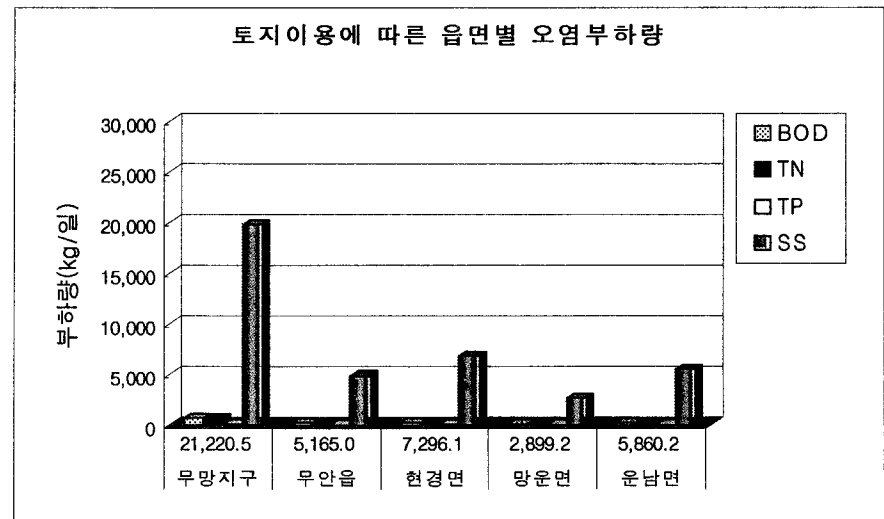
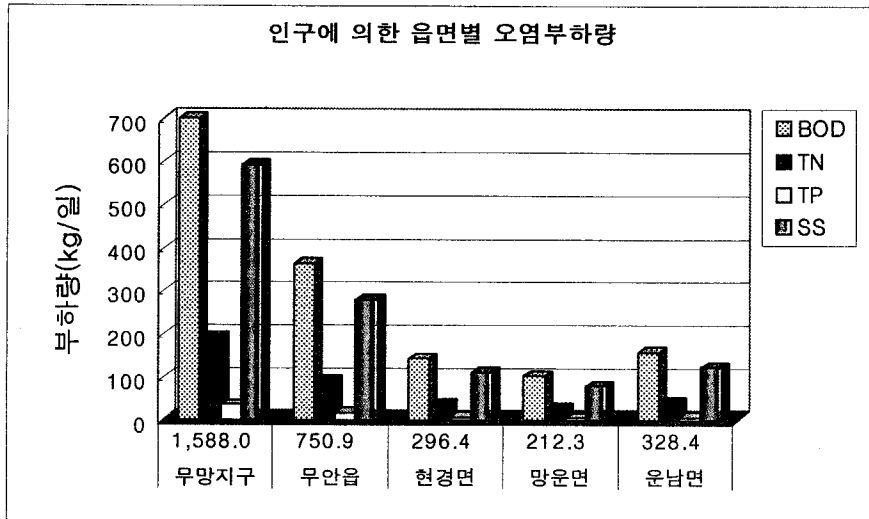
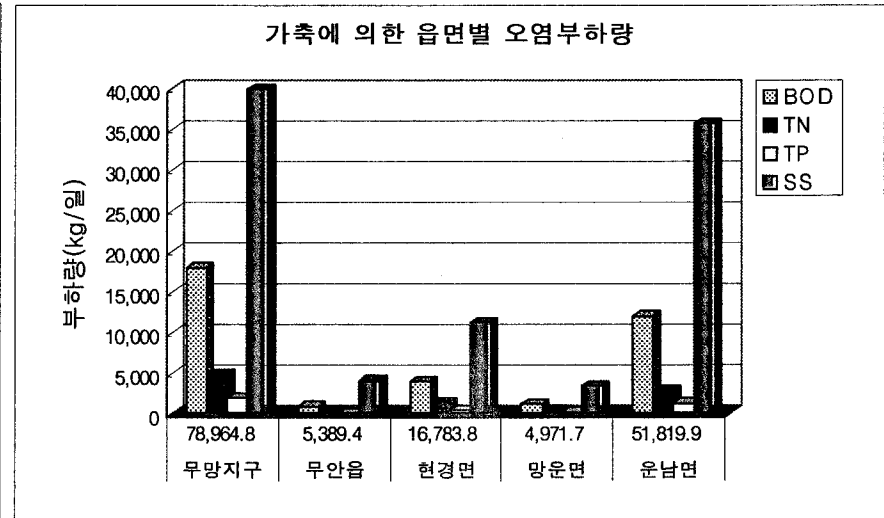
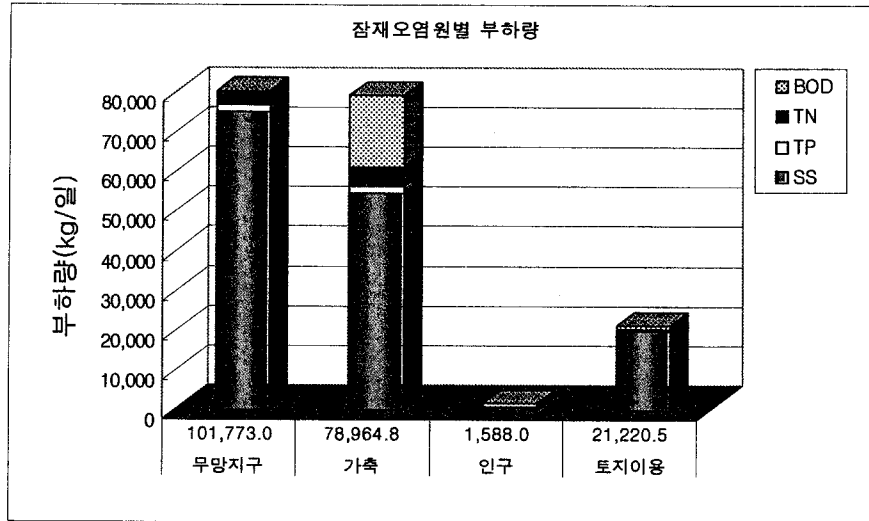
<그림 3-3-2> 무망지구 읍·면별 오염부하량

<표 3-3-5> 무망지구 잠재오염원별 부하량

(단위 : 부하량 kg/일, 단위면적당 부하량 kg/km<sup>2</sup>/일)

읍면	면적 (km <sup>2</sup> )	총 계					가 축					인 구					토지이용				
		계	BOD	TN	TP	SS	계	BOD	TN	TP	SS	계	BOD	TN	TP	SS	계	BOD	TN	TP	SS
계	125.72	101,773.0	19,402.5	5,627.0	2,006.8	74,736.7	78,964.8	17,949.6	4,817.5	1,897.2	54,300.5	1,588.0	766.3	193.5	35.2	593.0	21,220.5	686.6	616.2	74.5	19,843.2
		(3,060.9)	(578.3)	(168.6)	(59.5)	(2,254.5)	(2,337.1)	(530.8)	(142.3)	(56.1)	(1,607.9)	(51.9)	(25.1)	(6.3)	(1.2)	(19.3)	(671.6)	(22.3)	(19.8)	(2.4)	(627.1)
무안읍	32.42	11,305.2	1,429.3	592.4	116.6	9,166.9	5,389.4	897.0	378.6	84.8	4,029.0	750.9	362.4	91.5	16.6	280.4	5,165.0	169.9	122.4	15.2	4,857.5
		(348.8)	(44.1)	(18.3)	(3.6)	(282.8)	(166.3)	(27.7)	(11.7)	(2.6)	(124.3)	(23.1)	(11.2)	(2.8)	(0.5)	(8.6)	(159.3)	(5.2)	(3.8)	(0.5)	(149.8)
현경면	40.69	24,376.3	4,259.3	1,558.7	460.0	18,098.3	16,783.8	3,894.1	1,305.6	418.8	11,165.3	296.4	143.0	36.1	6.6	110.7	7,296.1	222.2	217.0	34.6	6,822.3
		(599.1)	(104.7)	(38.3)	(11.3)	(444.8)	(412.5)	(95.7)	(32.1)	(10.3)	(274.4)	(7.3)	(3.5)	(0.9)	(0.2)	(2.7)	(179.4)	(5.5)	(5.3)	(0.9)	(167.7)
망운면	17.44	8,083.1	1,366.5	452.8	136.4	6,127.4	4,971.7	1,153.3	326.9	123.1	3,368.4	212.3	102.4	25.9	4.7	79.3	2,899.2	110.8	100.1	8.6	2,679.7
		(463.5)	(78.4)	(26.0)	(7.8)	(351.3)	(285.0)	(66.1)	(18.7)	(7.1)	(193.1)	(12.2)	(5.9)	(1.5)	(0.3)	(4.5)	(166.3)	(6.4)	(5.7)	(0.5)	(153.7)
운남면	35.17	58,008.4	12,347.4	3,023.1	1,293.8	41,344.1	51,819.9	12,005.2	2,806.4	1,270.5	35,737.8	328.4	158.5	40.0	7.3	122.6	5,860.2	183.7	176.7	16.1	5,483.7
		(1,649.5)	(351.1)	(86.0)	(36.8)	(1,175.6)	(1,473.3)	(341.3)	(79.8)	(36.1)	(1,016.1)	(9.3)	(4.5)	(1.1)	(0.2)	(3.5)	(166.6)	(5.2)	(5.0)	(0.5)	(155.9)

( ) : 단위면적당 오염부하량



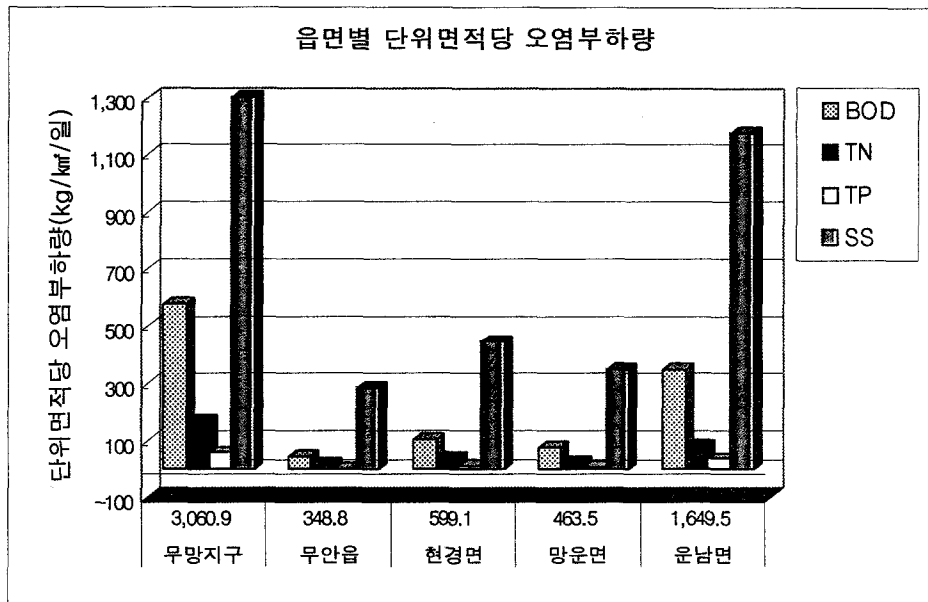
<그림 3-3-3> 무망지구 잠재오염원별 오염부하량



### 가. 단위면적당 오염부하량

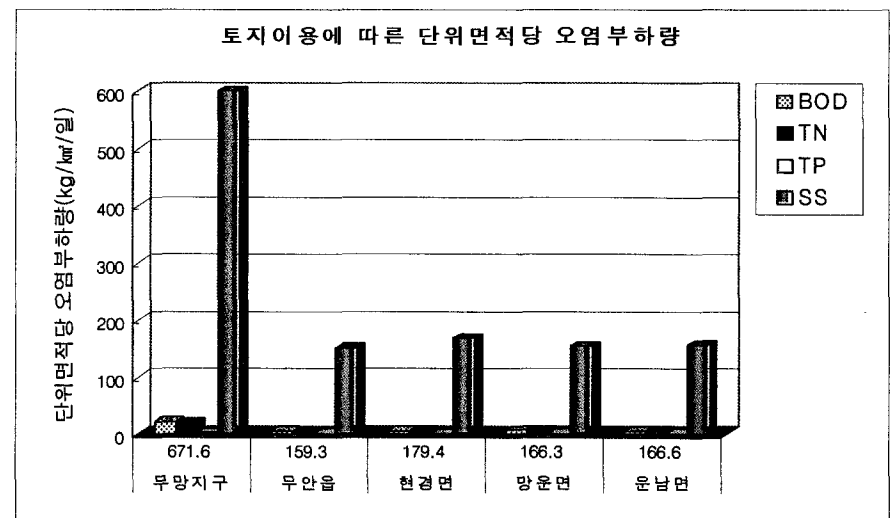
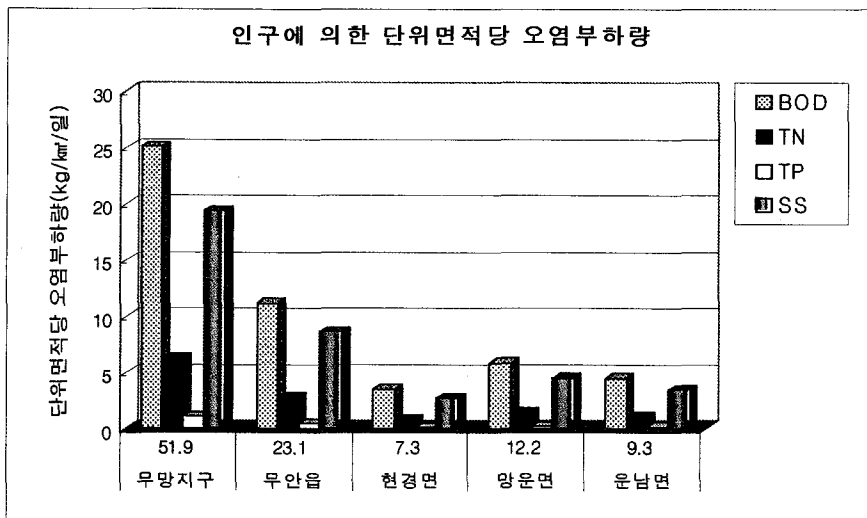
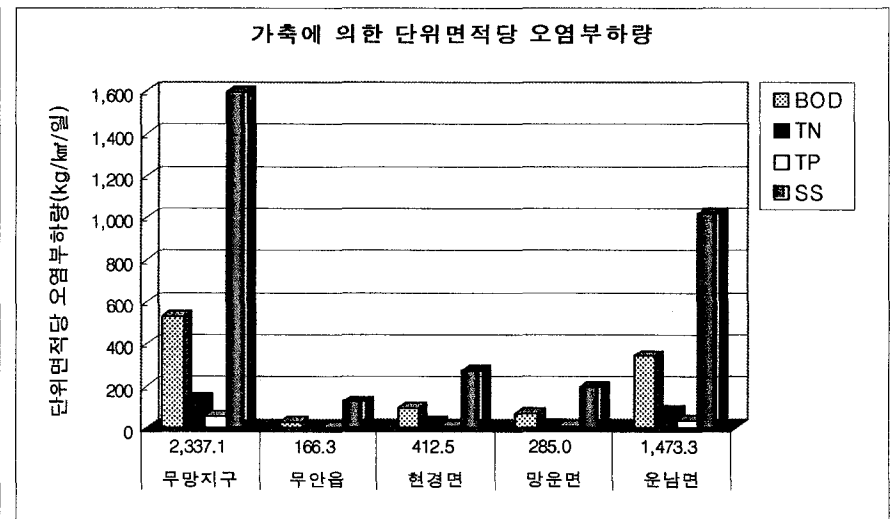
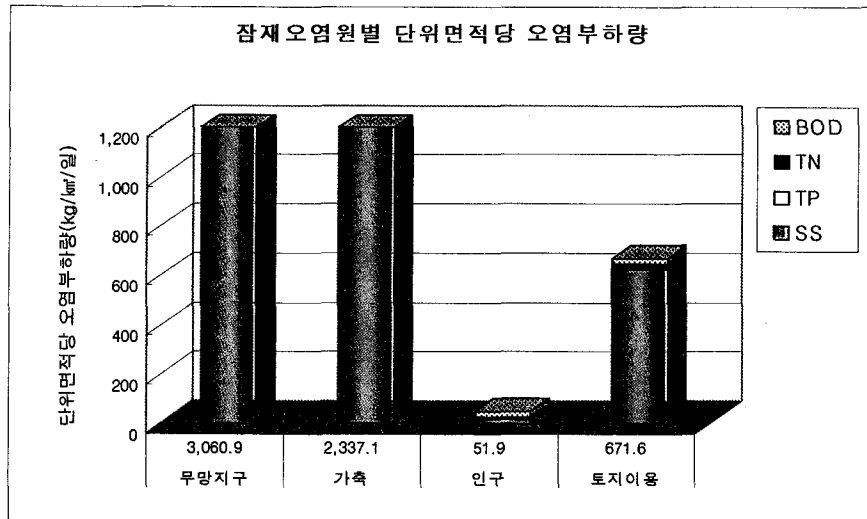
조사지구내 읍·면별 오염부하량 총량을 상대적으로 비교하기 위하여 단위면적당 오염부하량을 산출·비교하였다. 단위면적당 오염발생부하량이 가장 높은 지역은 운남면(1,649.5kg/km<sup>2</sup>/일)이며, 다음으로 현경면(599.1kg/km<sup>2</sup>/일), 망운면(463.5kg/km<sup>2</sup>/일), 무안읍(348.8kg/km<sup>2</sup>/일) 순으로 나타났다<그림 3-3-4>.

무안읍의 경우 축사가 다른 3개면에 비하여 상대적으로 적어 전체 오염부하량 값 중 가장 낮은 수치가 산출되었다.



<그림 3-3-4> 읍·면별 단위면적당 오염부하량

가축에 의한 단위면적당 오염부하량은 운남면(1,473.3kg/km<sup>2</sup>/일)이 가장 높으며, 현경면(412.5kg/km<sup>2</sup>/일), 망운면(285.0kg/km<sup>2</sup>/일), 무안읍(166.3kg/km<sup>2</sup>/일) 순으로 나타났다. 또한 인구에 의한 단위면적당 오염부하량은 무안읍(23.1kg/km<sup>2</sup>/일), 망운면(12.2kg/km<sup>2</sup>/일), 운남면(9.3kg/km<sup>2</sup>/일), 현경면(7.3kg/km<sup>2</sup>/일) 순으로 나타났다. 토지에 의한 단위면적당 오염부하량은 면적이 넓은 현경면(179.4kg/km<sup>2</sup>/일)이 가장 높으며, 운남면(166.6kg/km<sup>2</sup>/일), 망운면(166.3kg/km<sup>2</sup>/일), 무안읍(159.3kg/km<sup>2</sup>/일) 순으로 나타났다<그림 3-3-5>.



<그림 3-3-5> 잠재오염원별 단위면적당 오염부하량

#### 나. 잠재오염원 조사결과

조사지구의 전체 오염부하량은 SS>BOD>T-N>T-P 순이며, 잠재오염원별로는 가축>토지이용>인구 순으로 조사되었고, 읍·면별 단위면적당 오염부하량은 운남면>현경면>망운면>무안읍 순으로 파악되었다.

또한 가축과 토지이용, 인구에 의한 오염부하량은 각각 운남면, 현경면, 그리고 인구에 의한 오염부하량은 무안읍이 가장 높은 것으로 조사되었다.

## IV. 세부조사

### 4.1 수리지질조사

#### 4.1.1 지표지질조사

##### 가. 지질개요

본 조사지역의 지질은 크게 변성암류와 화성암류로 구분된다. 변성암류는 시대미상의 변성퇴적암류(운모편암, 석회암으로 구성)와 선캠브리아기로 추정되는 반상변정편마암과 화강암질편마암으로 구분된다. 화성암류는 분출암인 화산암과 관입암인 맥암으로 구성되며, 중생대 백악기에 생성된 응회암과 유문암은 지질경계의 구분이 어려울 정도로 호층을 이루며 분포한다.

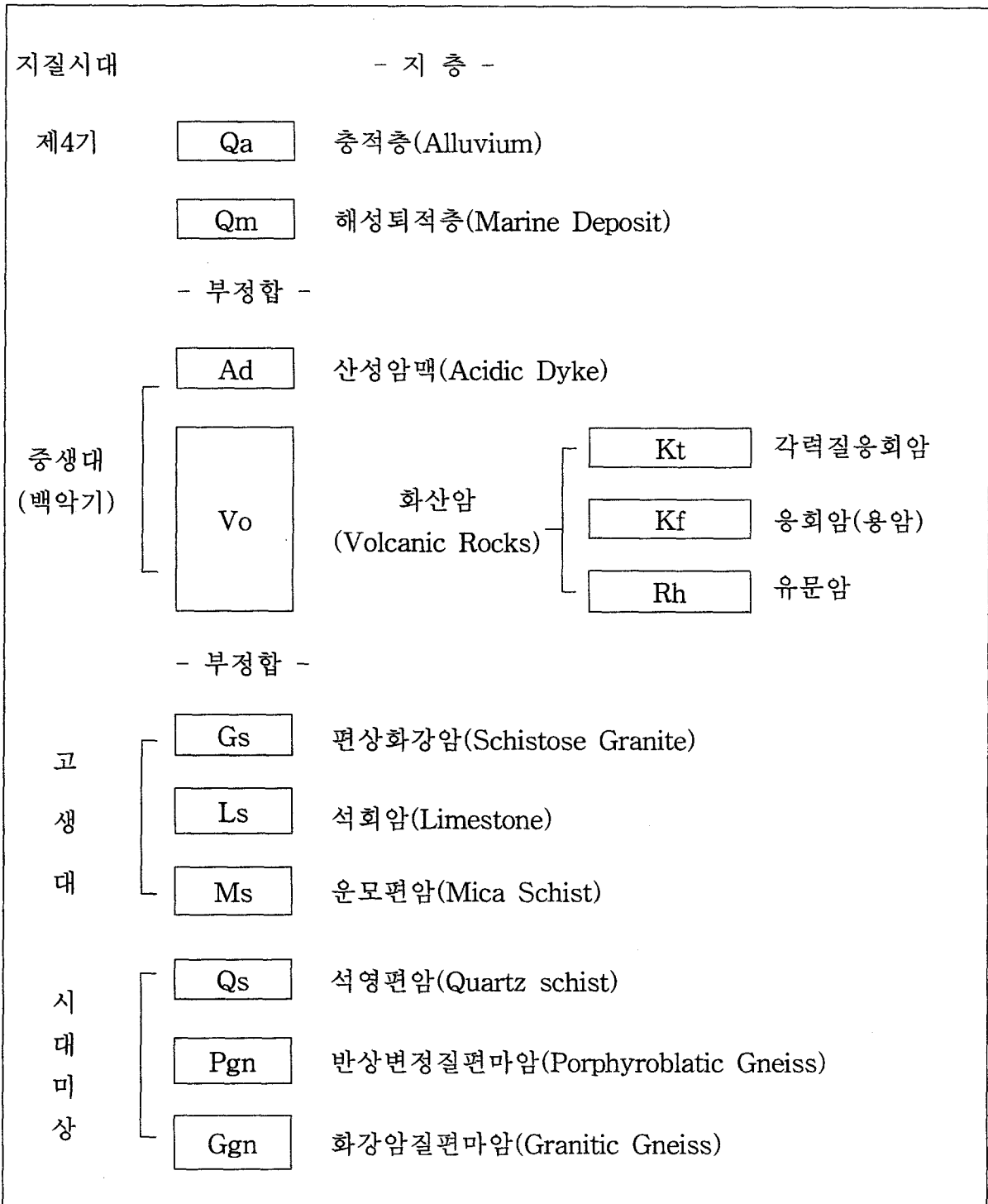
화산암류를 제외한 각 지층은 대체로 북북동-남남서 방향으로 분포하여 한반도의 지질분포 추세와 일치하며, 이들 지층들은 소위 옥천지향사의 남서단에 분포한다.

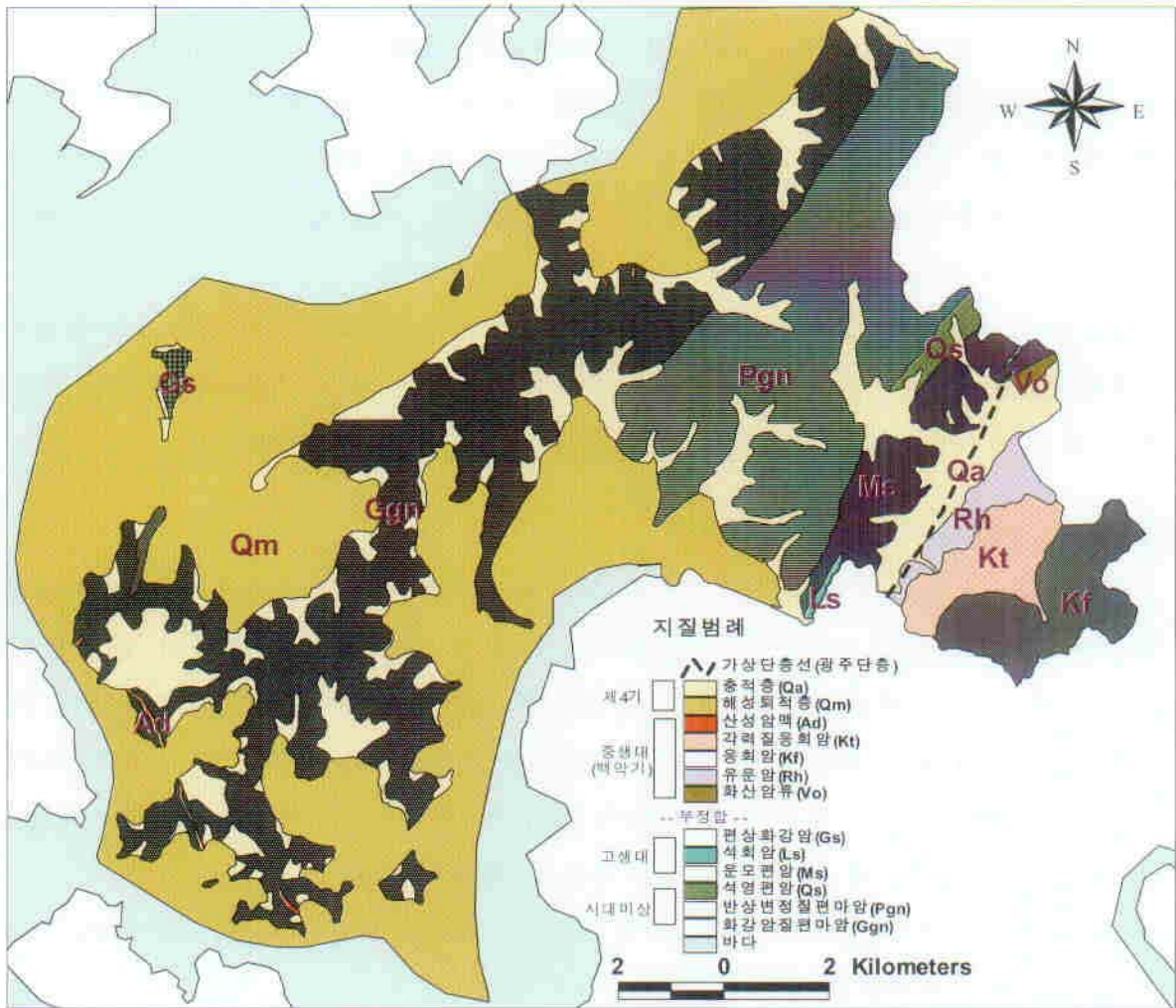
시대미상의 변성퇴적암류는 대부분 퇴적기원의 암석이 백악기 초에 있었던 지각변동에 기인한 광역변성작용과 관련된 화강암화작용에 의해 형성된 것으로 추정된다. 즉 이들 변성암류는 퇴적암류인 규암, 편암 및 석회암 등을 함유하고 있으며 이들간의 관계는 모두 점이적으로 변화하기 때문에 세밀한 지질경계의 설정은 불가능하고 가상경계에 불과하다.

본 지역에서 이러한 지층들의 층서는 편리의 주향과 경사를 근거로 하여 이들 지층이 역전되지 않은 가정하에 확립하였다. 조사지역에 해당하는 기존시추자료들에 대한 내역은 부록 9에 나타내었으며, 각 관정의 주상도는 「농촌지하수관리시스템」의 관정위치도 메뉴에서 확인할 수 있다.

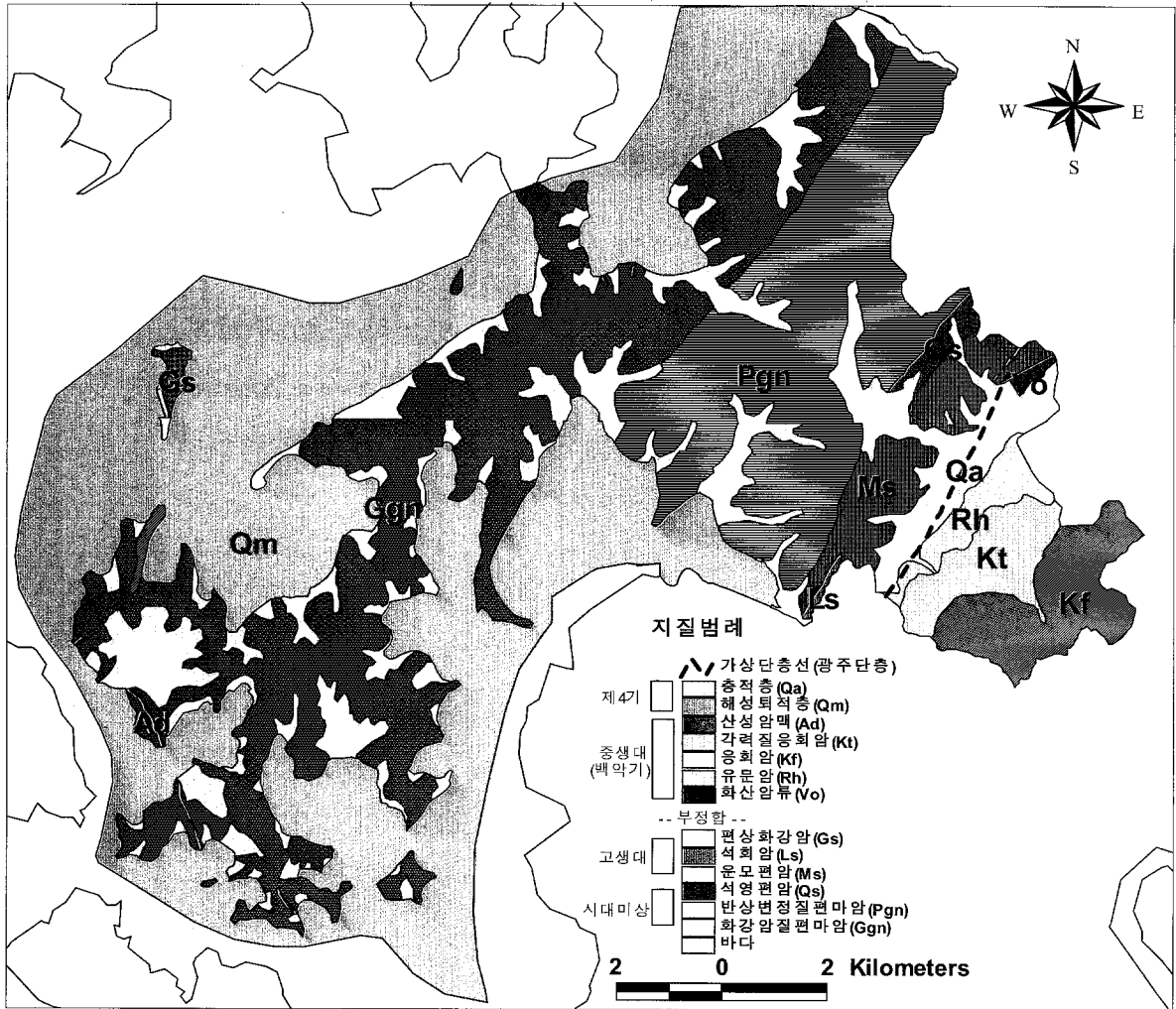
<표 4-1-1>은 본 조사지구를 구성하는 암층의 상관관계를 나타낸 지질계통도이며, <그림 4-1-1>은 조사지역에 해당되는 지질도이다.

<표 4-1-1> 지질 계통도





<그림 4-1-1> 무방지구 지질도



<그림 4-1-1> 무쌍지구 지질도

## 나. 지질각론

### 1) 반상변정질편마암(Pgn)

본 암은 현경면에서 무안읍을 거쳐 청계면까지 넓게 분포되어 있으며, 일반적인 편리는 주향 N30~40E, 경사 70~80NW로써 변성퇴적암층과 유사한 지질구조를 갖고 변성퇴적암과는 점이적인 관계를 나타낸다. 변성퇴적암의 주구성암석은 운모편암으로 석회암층을 협재하는데 반해, 본 암은 주로 반상변정질편마암으로 구성되며, 부분적으로 층상의 지질구조를 포함하고, 박층의 석회암이 다수 협재되어 있는 것이 특징이다.

주구성광물은 흑운모와 같은 유색광물과 석영, 장석을 주로하는 무색광물이 교호하여 층상구조 내지 편마암상구조를 나타내며, 또한 1~2cm의 장방형 장석반정이 분홍색 또는 백색을 띠며 반상변정으로 포함된 것이 특징이다.

### 2) 화강암질편마암(Ggn)

본 암은 망운면과 운남면에 걸쳐 분포하며, 현경면 동산리에서 반상변정질편마암과 접하고 있다. 반상변정질편마암과의 경계는 노두에서 확인이 불가능하며, 단지 지형적인 특징을 고려하여 지질경계를 설정했다. 즉, 본 암은 풍화에 매우 약하여 낮은 구릉을 형성하며, 신선한 노두를 발견하기는 곤란하나 망운면 톱머리 해안과 도원촌 도선장 부근에서 신선한 노두가 관찰된다. 주구성 광물은 석영, 장석, 흑운모로 구성되며 일정방향으로 약간 신장되어 있다.

또한 흑운모와 백운모 및 각섬석으로 구성된 유색광물은 길이 10~20cm, 넓이 3~5cm의 렌즈상으로 발달되어 있다.

### 3) 변성퇴적암류

본 지역에서 변성퇴적암은 운모편암, 석회암, 섬록암질암과 소량의 반상변정질편마암으로 구성된 약 1,300m 내외의 두께를 갖는 지층을 의미한다. 본 지층은 광주-목포간 국도 동쪽편에 위치한 대치령과 마협봉과 매봉 일대의 화산암류에 의해 동서로 양분된다.

#### ① 운모편암(Ms)

본 층은 규암층 상부에 피복된 지층으로 상호 점이적인 관계를 나타내나 규암은 본 조사지구에서 해당되지 않는다. 운모편암은 엄밀히 말해서 석영-건운모편암



에 해당되며, 광주-목포간 도로 동쪽편 노두에서 주향 N60~15E, 경사 60~80NW를 보인다. 본 조사지구에서는 도로 서쪽편에 위치한 운모편암만 해당하며, 주향은 N20~30E, 경사는 80NW 혹은 70SE로 역전된 구조를 나타내나, 전반적으로 북서향 경사이고 조사지구의 MA05 유역과 MA07 유역에 걸쳐 대상으로 길게 발달되어 있다.

## ② 석회암층(Ls)

본 석회암은 운모편암내에 렌즈상으로 협재되어 있으나 무안읍내 성남주거지 지반침하지구 정밀안전진단조사시 시추한 코아를 관찰한 결과, 무안읍내 지역은 대부분 석회암으로 구성되어 있다<그림 4-1-2>. 성남주거지 지반침하조사 지구내 석회암은 지표하 평균 9.83m부터 분포하는 것으로 조사되었다. 조사 지역의 석회암은 크게 2개층으로 구분되며, 제1층은 규암층에서 약 50m 상부에 분포한 회백색 결정질 석회암이고, 제2층은 운모편암과 그 상위지층인 반상변정질편마암과의 경계부근에 약 250m 두께의 렌즈상 석회암이다. 본 암은 MA06, MA13 유역에서 노두가 미미하게 관찰되나 시추결과, 하부는 MA07 유역을 중심으로 넓게 발달된 것으로 보이며, 이 층의 방향은 옥천지향사 방향과 유사하다. 과거에는 MA06 유역에 석회광산이 존재하였으나 현재 폐쇄되었으며, 이 지역의 석회암은 석탄암편을 다수 포함하는 것이 특징이다.

## 4) 화산암류(Vo)

### ① 유문암(Rh)

본 암은 광주-목포간 국도 동쪽의 구룡을 따라 승달산을 거쳐 북동쪽으로 몽탄면 적치에 이르는 화산암지대에 분포하며, 화산암류 중 가장 하위에 위치한 지층이다. 초당대 부근에서는 N10~16W, 50~60NE 등의 구조선이 발달되어 있으며, 이러한 구조선에는 점토광물이 협재되어 있어 소규모 단층작용이 동반된 것으로 사료된다. 노두 관찰시 암색은 암저색 내지 적회색을 띠며, 매우 치밀·견고하다.

### ② 응회암(용암, Kf)

본 암은 유문암을 피복하고 각력응회암에 의해 덮혀 있다. 노두에서는 연회색을 띠며, 특히 다량의 석영과 장석 반정을 함유하여 석영-장석 반암과 암상이 유사하다. 그러나 응회암은 하위에 분포하는 유문암과 상위의 각력응회암과 점이적인 관계이나 유문암과 각력질응회암 및 집괴암을 본 지층내에 다수 포함하고 있다.

### ③ 각력응회암(Kt)

본 암은 화산암류 중 최상위의 지층이며, 분포지역은 광주-목포간 국도 동쪽에 위치한다. 본 암의 특징은 각력을 포함하며, 각력의 크기는 대개 4mm 이상이고, 특히 30cm에 이르는 각력이 관찰되기도 한다. 노두관찰시 암색은 백색과 담록색을 띠며 무안-몽탄간 도로변에서는 각력응회암과 유문암이 서로 호층을 이루는 것이 관찰되는데, 이는 퇴적당시 산화, 환원 환경에 의해 교대로 형성된 것으로 추측된다.

### 5) 산성암맥(Ad)

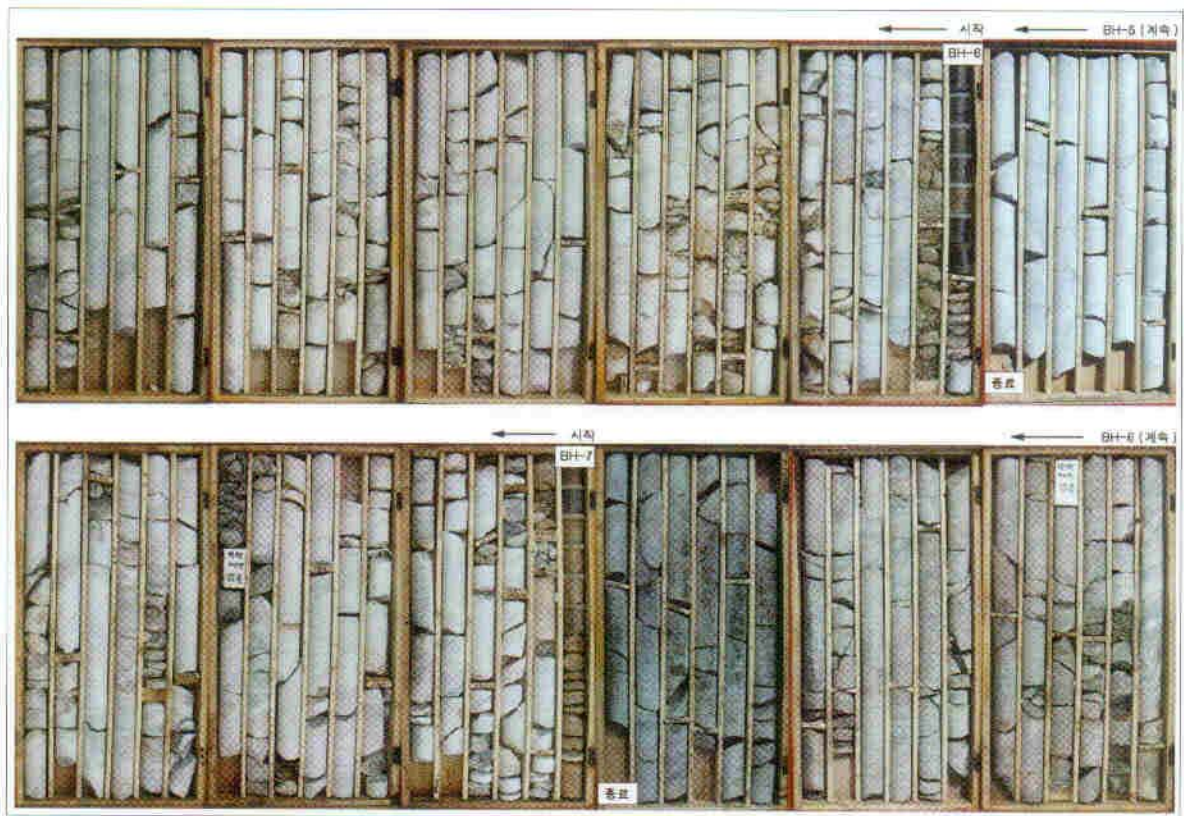
본 역의 산성암맥은 모두 규장암이며, 운남면에서 화강암질편마암을 북서방향으로 관입한다. 산성암맥은 주위에 분포한 화강암질편마암보다 풍화에 강하여 능선을 형성하며, 화산암류를 관입한 노두도 여러 곳에서 관찰된다. 노두관찰시 암색은 담황색을 띠고 세립질이며 치밀한 암상을 갖는다.

### 6) 제 4기 충적층(Qa)

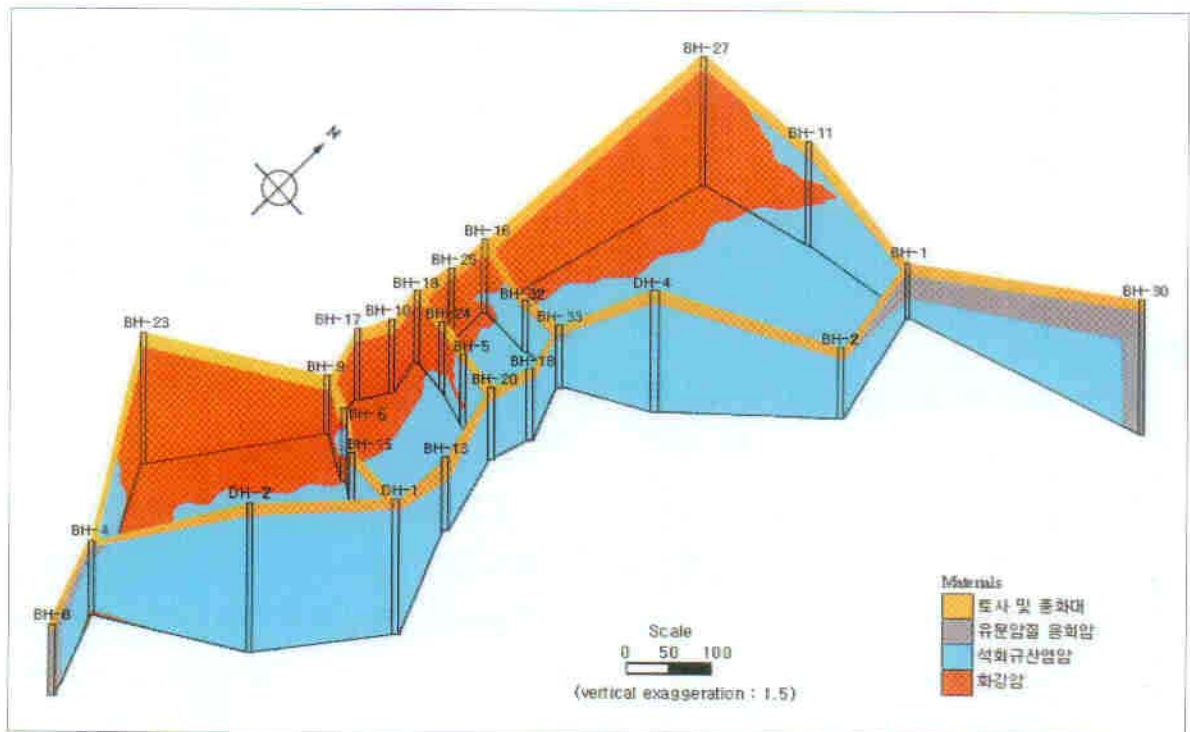
본 역의 충적층은 자갈, 모래, 점토로 구성되며, 분급은 양호하고 자갈은 원마도가 높다. 또한 이 층은 간척지와 해안변에서 암회색의 갯벌 및 모래를 형성하는데 이는 해안 형성과정에서 조석작용에 의해 해침 및 해퇴가 장기간 반복되어 형성된 지층으로 사료된다.

### 7) 시추조사 자료

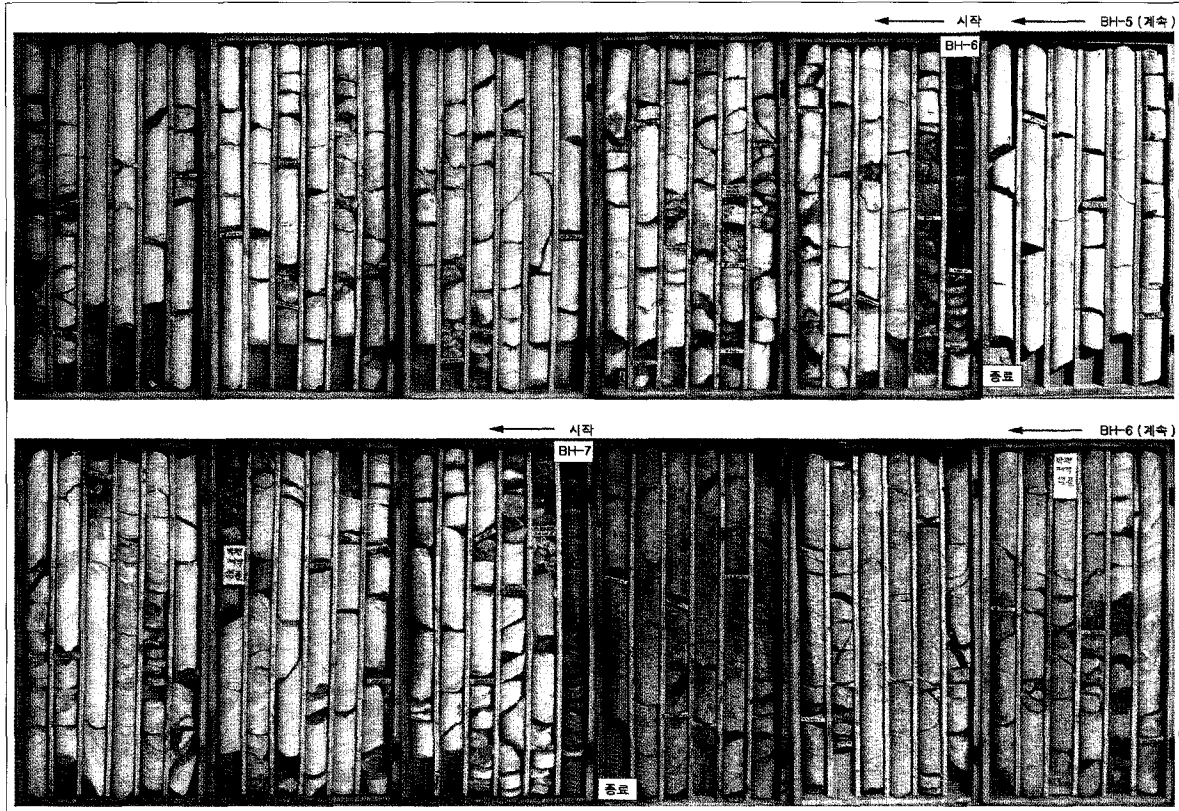
목포-광주간 도로를 중심으로 서쪽은 변성퇴적암류, 동쪽은 화산암류가 직선형태로 경계를 이루고 있다. 2001년 성남주거지 기반침하지구 정밀안전진단조사시에 시추한 자료를 보면 시추코아상 뚜렷한 암상변화가 관찰되며, <그림 4-1-2, 그림 4-1-3>에서 동쪽은 응회암이고 서쪽은 석회암이 토사 또는 매립층 하부(평균 9.83m)까지 발달한 것으로 조사되었다. 또한 시추자료를 토대로 주상도를 연결한 울타리단면도에서 단층경사각은 60~80°로 조사되었는데, 이는 1993년 권병두 등이 무안읍 일대에 중력탐사를 실시하여 제시한 단층면의 경사(70NE~80SE)와 유사한 경향을 나타내고 있다(무안지반침하조사, 2001).



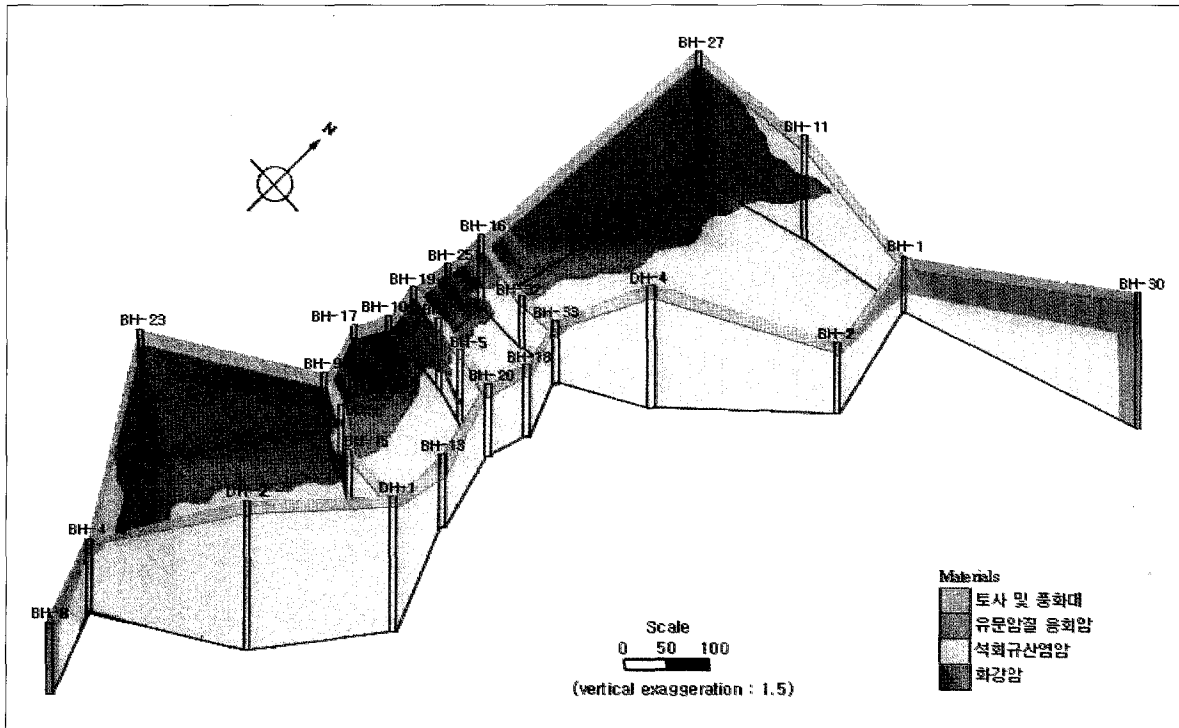
<그림 4-1-2> 시추코아사진(무안지반침하조사, 2001)



<그림 4-1-3> 시추자료의 울타리단면도(무안지반침하조사, 2001)



<그림 4-1-2> 시추코아사진(무안지반침하조사, 2001)



<그림 4-1-3> 시추자료의 울타리단면도(무안지반침하조사, 2001)

## 4.1.2 원격탐사

### 가. 위성영상자료 분석

본 지구의 선구조추출, DEM, 지형경사, 경사방향 분석 등을 위하여 SPOT 위성 영상자료와 ERDAS사의 IMAGINE S/W, 수치지형도를 이용하였다.

SPOT(System Probatoire d'Observation de la Terre)은 1986년 2월 프랑스에서 발사한 고성능 지구관측 위성이며, HRV(High Resolution Visible Imaging System)이라는 고분해능 센서가 2대 탑재되어 있고 경사관측시 입체시야가 가능한 장점을 가지고 있다.

#### 1) 궤도요소

고도 830km, 궤도경사각 98.7°의 태양동기 준회귀궤도를 취하며, 적도 통과시각은 지방시로 AM 10:30이다. 회귀일수는 26일이나 경사관측을 이용함으로써 실제로는 동일지역을 4~5일 간격으로 관측할 수 있다.

#### 2) 관측기기

HRV의 관측방법은 Landsat과 같이 주사경을 사용하지 않고 CCD(Charge Coupled Device)에 의한 전자식 주사를 채용하고 있다. HRV의 관측 특징은 <표 4-1-2>와 같다. 멀티 스펙트럼(XS)과 팬크로매틱(PA)의 2개 모드가 있으며, 팬크로매틱에서는 10m의 높은 분해능을 가지고 있다. 또한 경사관측에 의해 동일지역을 높은 빈도로 관측할 수 있으며, 동일지역을 다른 관측각으로 관측함으로써 입체시야도 가능하고, 높은 BH비가 얻어지므로 고정밀도의 표고계측이 가능하다.

#### 3) 자료 제원

HRV 자료의 1신(scene)은 직하관측에서는  $60 \times 60 \text{ km}^2$ 이고, 경사관측에서는 가로 방향이 최대 81km까지 가능하다. 각 신은 GRS(SPOT Grid Reference System)에 의해 행번호(K)와 열번호(J)의 교점(node)에 대응하여 결정된다. 각 노드는 2개의 HRV센서가 동시에 직하를 관측한 경우의 위치를 기본으로 하여 결정되는데, 홀수의 K가 HRV 1로 짝수의 K가 HRV 2에 대응한다. 경사관측시는 신의 중심이 직하부 노드에 일치하지 않기 때문에 신 중심에 가장 가까운 노드(K, J)에 배당된다.

#### 4) 자료 이용

SPOT 관측자료는 현재 세계 14개 지상국에서 수신되고 있다. 자료의 이용목적은 Landsat 자료와 같이 육지가 주 관측대상이고, 분해능이 높아 지도작성에 많이 이용된다. 입체시야에 의한 표고계측을 이용한 축척 5만분의 1 정도의 지형도 작성과 화상판독에 의한 토지이용도 작성 등에 많이 이용되고 있다. 또한 팬크로매틱과 멀티자료의 합성에 의한 고분해능 위성사진의 작성과 항공사진 대응으로도 이용되고 있다.

<표 4-1-2> HRV의 특징

밴드	파장대( $\mu\text{m}$ )	IFOV
XS1	0.50~0.59 녹색	20m
XS2	0.61~0.68 적색	20m
XS3	0.79~0.89 근적외	20m
팬크로(PA)	0.51~0.73	10m

※ XS는 멀티스펙트럼 모드를 나타낸다.

#### 나. DEM자료 분석

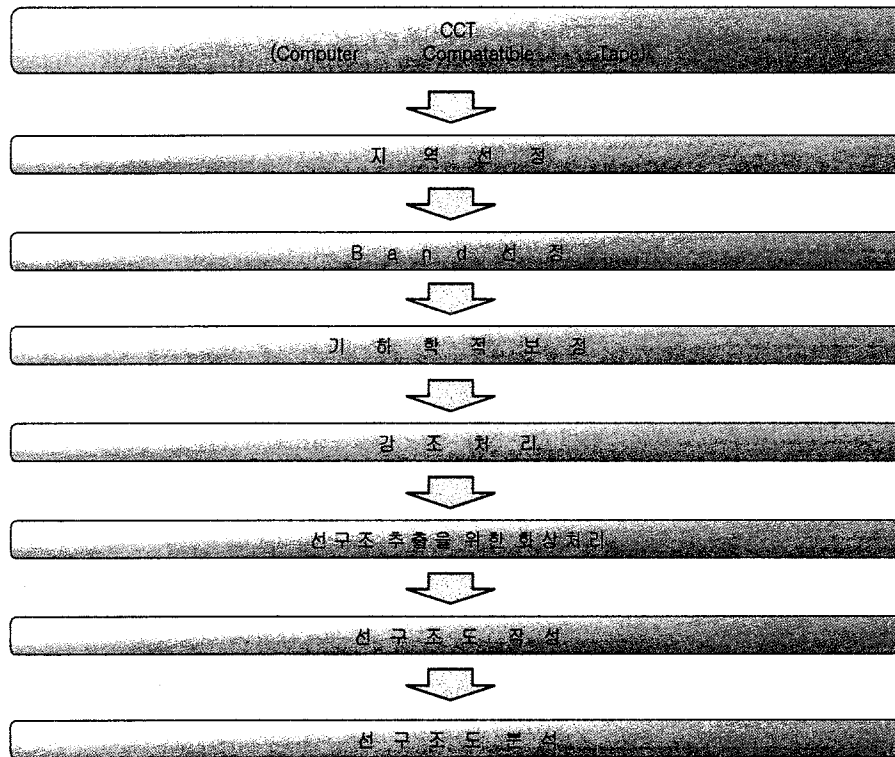
지형분석은 1:5,000 축척의 수치지형도를 이용하여 20m×20m의 공간해상도를 갖는 수치고도자료(DEM)를 구축하고, 이를 이용하여 선구조 추출에 용이한 음영기복도를 생성하였다. 음영기복도는 태양의 위치를 인위적으로 N45W, 고도 45°에 위치한 상태에서 지표의 그림자를 형성함으로써 지질구조적 특징을 인지하는데 효과적인 영상으로 수역경계를 표시하였다.

#### 다. 선구조추출

원격탐사란 대상물체에 직접적인 접촉없이 그에 대한 정보를 얻어 대상물체를 감지, 분류, 해석하는 과정이며, 주로 항공기나 인공위성에 탑재된 센서를 통하여 지표면의 대상물이나 현상에 관한 지자기파 정보를 수집하여 이용·분류·판독하는 자원탐사 방법이다. 원격탐사 자료를 이용한 지질학적 연구는 지질구조의 특성을 파악하기 위한 선구조 연구, 지질경계 분석, 위성자료와 기타 지질학자료(지구

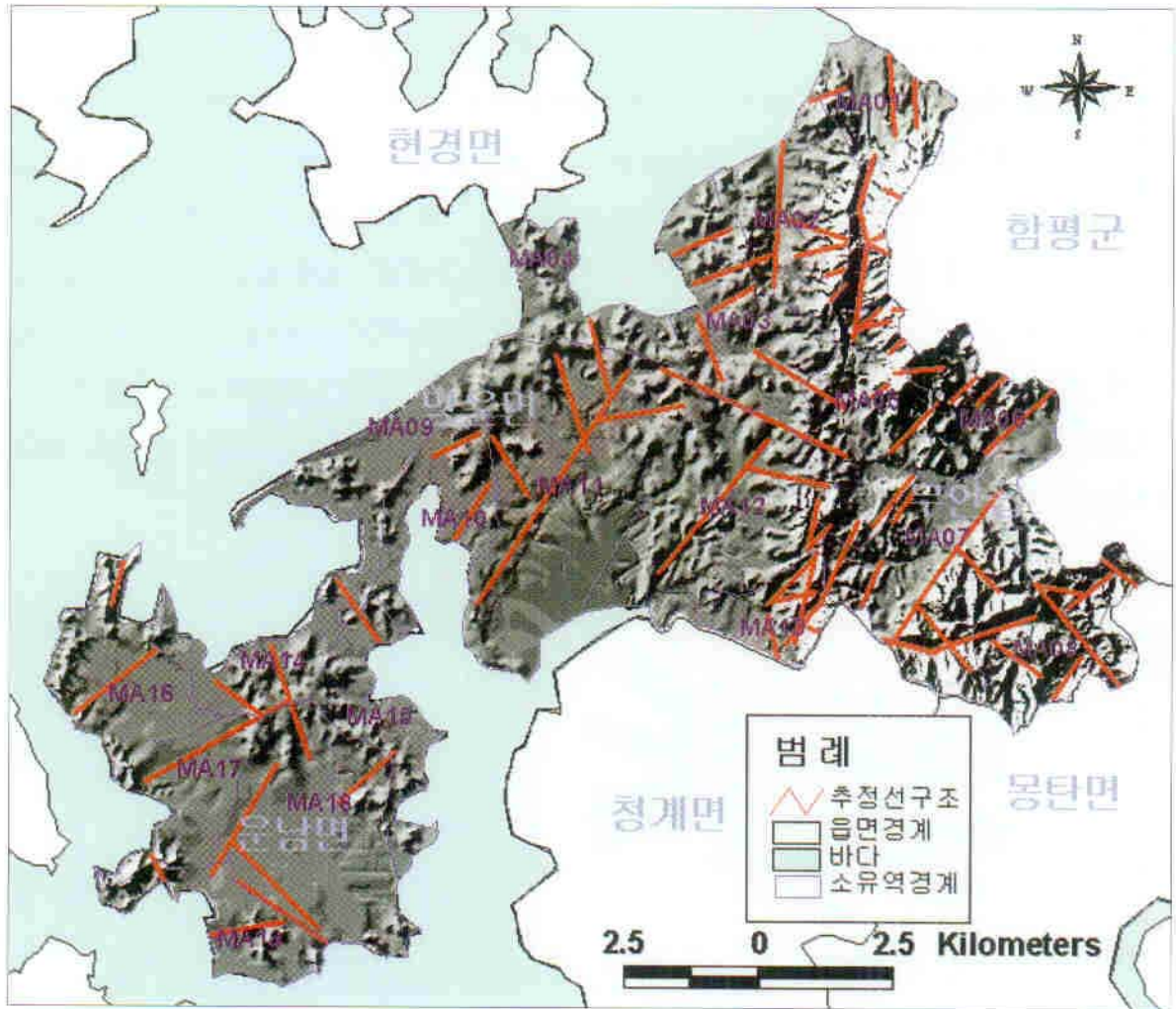


물리, 지화학자료 등)의 종합적인 연구 등 다양하며, 특히 선구조 분석은 매우 효과적인 것으로 널리 알려져 있다. 현재까지 국내에서는 지질 및 자원공학 분야에서 광역지질구조 연구, 선구조연구 및 열수변질대 추출 등에서 사용되고 있으며, 특히 지하수와 심층 지열수와의 관계에서는 원격탐사에 의한 선구조 추출이 많이 이용되고 있다. 인공위성에서 얻어진 영상자료는 위성의 종류에 따라 전자파 영역, 해상도 등이 다르며, 사용목적에 적합한 영상자료를 이용해야 한다.



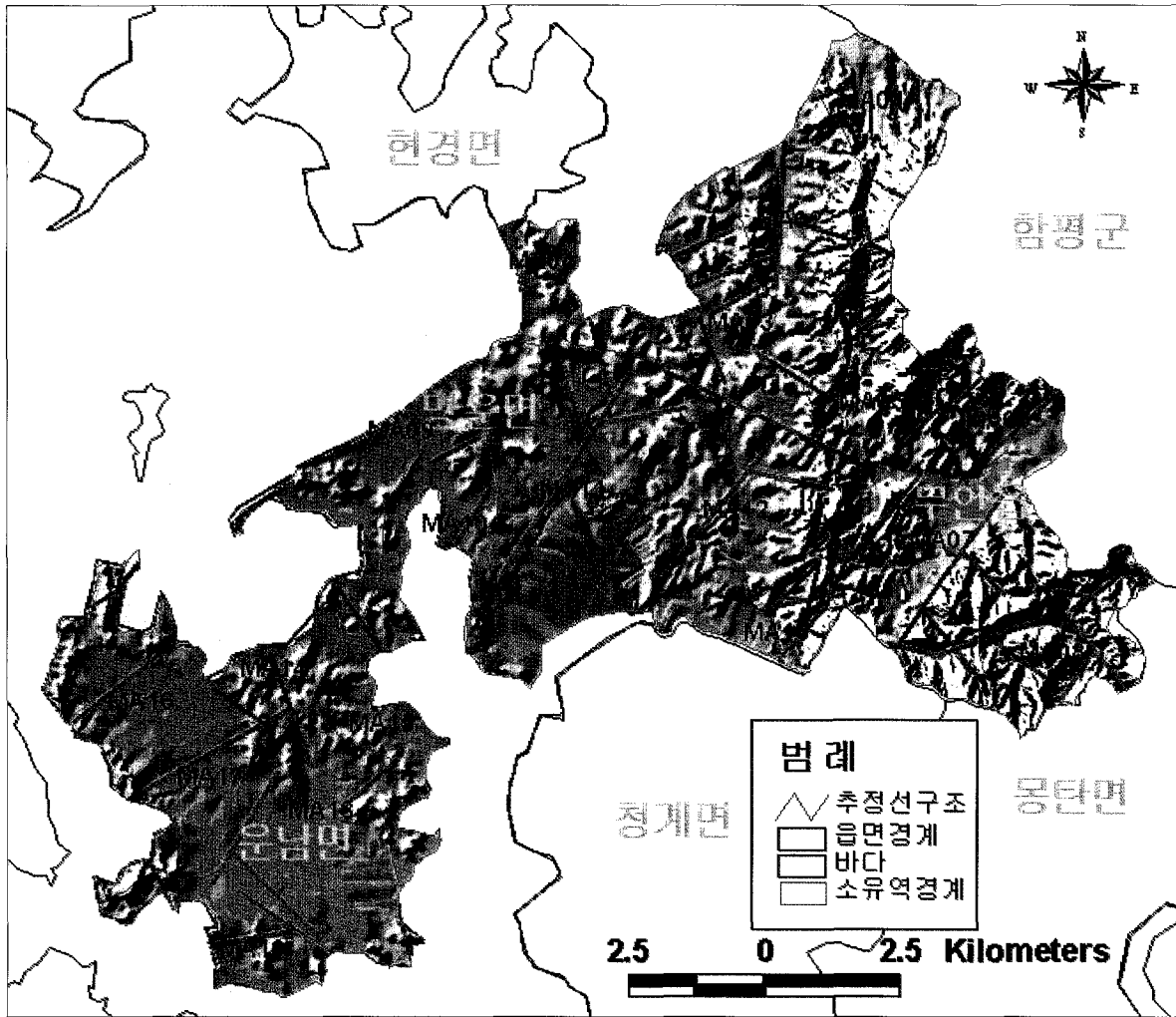
<그림 4-1-4> 선구조 추출 순서도

선구조는 직선 또는 완곡의 지형요소로서, 인접한 표면 및 천부 지형요소와 구분이 분명한 단층, 파쇄대, 차별 침식에 의해 형성되는 파쇄대를 지칭한다. 이러한 요소는 원격탐사자료에서 지형의 기복 변화 및 화소의 명암차에 의해 구분이 가능하다. 그러나 위성자료를 이용하여 추출된 선구조와 실제 지질조사를 통하여 조사된 선구조는 서로 오차가 있다. 이러한 오차를 유발하는 요인 중의 하나는 자료 획득시 위성의 궤적과 센서의 관측방향에 따른 선구조의 선택적 증감효과로, 이를 이용하여 증감효과를 최소화하는 방법이 효율적이며, 본 조사에서는 SPOT(Satellite Pour d' Observation de la Terre) 영상을 사용하였다.



<그림 4-1-5> 무망지구 음영기록도 및 선구조 분포도



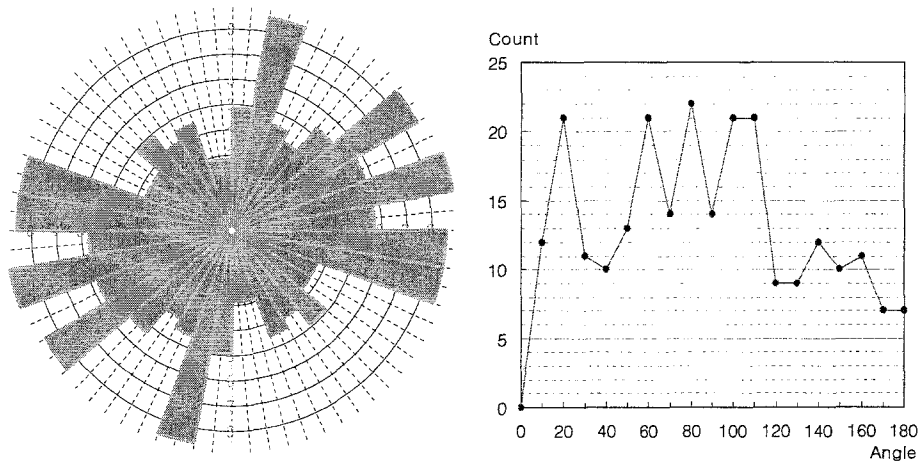


<그림 4-1-5> 무망지구 음영기복도 및 선구조 분포도

라. 선구조 방향 및 밀도분석

1) 전체 선구조 방향성 분석

김해시 김진지구에 해당하는 선구조를 길이등급 비율로 4개의 군으로 크게 분류하고 이를 방향성에 따라 다시 4개의 방향군으로 나누었다. 각 방향군에 해당하는 선구조의 개수(FLL)와 평균길이(Lmean)를 산출하였다. 선구조의 개수와 평균길이를 이용하여 선구조발달지수(ILL)를 계산하였다. 선구조 발달지수에 의한 전체 선구조 발달의 정도는 표 4-1-3에서와 같이 Ltot-1(EW~N45°E), Ltot-4(N45°W~EW), Ltot-2(N45°E~NS), Ltot-3(NS~N45°W)의 순서로 나타났다. 선구조 방향빈도에 의한 주선구조의 발달방향은 N70°W~EW이고, EW~N40°E의 방향 또한 우세하게 나타났다. 그림 4-1-4는 김진용수구역에 해당하는 전체선구조의 ROSE DIAGRAM을 나타낸 것이다.



<그림 4-1-4> 전체선구조의 ROSE DIAGRAM

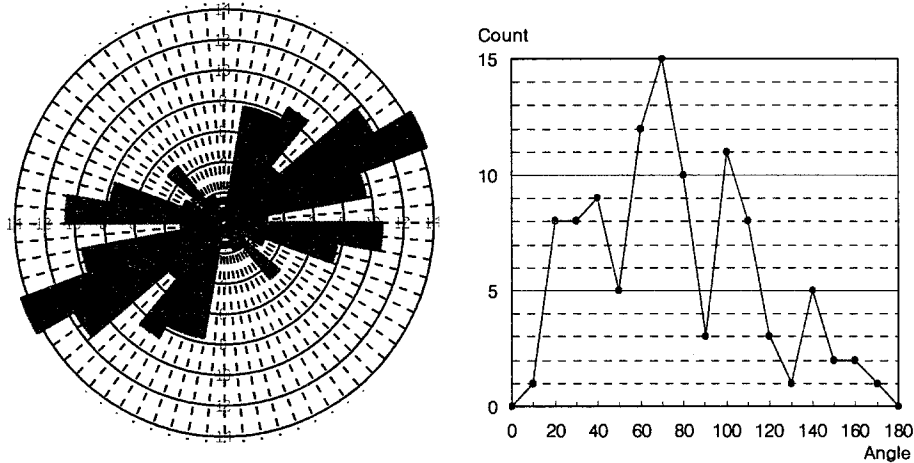
<표 4-1-3> 전체선구조 방향성 분석

전체 선구조					(단위 : m)			
ORIENTATION	LINEAMENT COUNT (Total length)				FLL	Lmean	Lmax	ILL
	800M 이하	800~1146	1146~1665	1665M이상				
Ltot-1 EW~N45°E	23 (14,601)	21 (20,199)	16 (22,809)	15 (45,431)	75	1,374	6,635	103,041
Ltot-2 N45°E~NS	22 (12,923)	13 (12,562)	13 (17,589)	15 (42,096)	63	1,352	9,984	85,169
Ltot-3 NS~N45°W	7 (4,548)	5 (5,014)	16 (22,110)	14 (35,498)	42	1,599	4,565	67,169
Ltot-4 N45°W~EW	9 (6,083)	23 (22,314)	16 (20,916)	17 (44,238)	65	1,439	4,477	93,551

※ ( )는 규모별 Lineament 연장합계

2) 연장 695m 이하 선구조 방향성 분석

선구조 발달지수에 의한 연장 695m 이하 선구조 발달 정도는 <표 4-1-4>와 같이 La-1(EW~N45E), La-2(N45E~NS), La-4(N45W~EW), La-3(NS~N45W)의 순서로 나타났다. 선구조 방향빈도에 의한 주선구조의 발달방향은 N60E~N70E이고, N50E~N60E의 방향 또한 우세하게 나타났다. <그림 4-1-7>은 무망용수구역에 해당하는 연장 695m 이하 선구조의 Rose Diagram을 나타낸 것이다.



<그림 4-1-7> 연장 695m 이하 선구조의 Rose Diagram

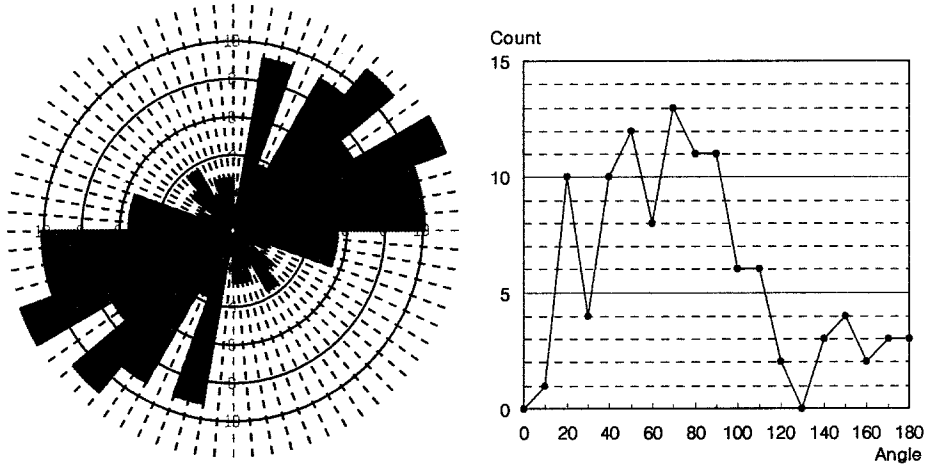
<표 4-1-4> 연장 695m 이하 선구조 방향성 분석

Orientation	Lineament Structure(연장 695m 이하(25% 이하))			FLL	Lmean	Lmax	ILL
	Lineament Count(Total length)						
	500m 이하	500~600	600m 이상				
La-1 EW~N45E	12 (4,820)	11 (6,135)	20 (13,081)	43	559	695	24,036
La-2 N45E~NS	11 (4,425)	6 (3,259)	11 (7,101)	28	528	690	14,785
La-3 NS~N45W	2 (864)	3 (1,702)	3 (1,916)	8	560	671	4,481
La-4 N45W~EW	10 (4,151)	7 (3,963)	8 (5,069)	25	527	660	13,183

※ ( )는 규모별 Lineament 연장합계

3) 연장 1,035m 이하 선구조 방향성 분석

선구조 발달지수에 의한 연장 1,035m 이하 선구조 발달 정도는 <표 4-1-5>와 같이 Lb-1(EW~N45E), Lb-2(N45E~NS), Lb-4(N45W~EW), Lb-3(NS~N45W)의 순서로 나타났다. 선구조 방향빈도에 의한 주선구조의 발달방향은 N60E~N70E이고, EW~N80E의 방향 또한 우세하게 나타났다. <그림 4-1-8>은 무망 용수구역에 해당하는 연장 1,035m 이하 선구조의 Rose Diagram을 나타낸 것이다.



<그림 4-1-8> 연장 1,035m 이하 선구조의 Rose Diagram

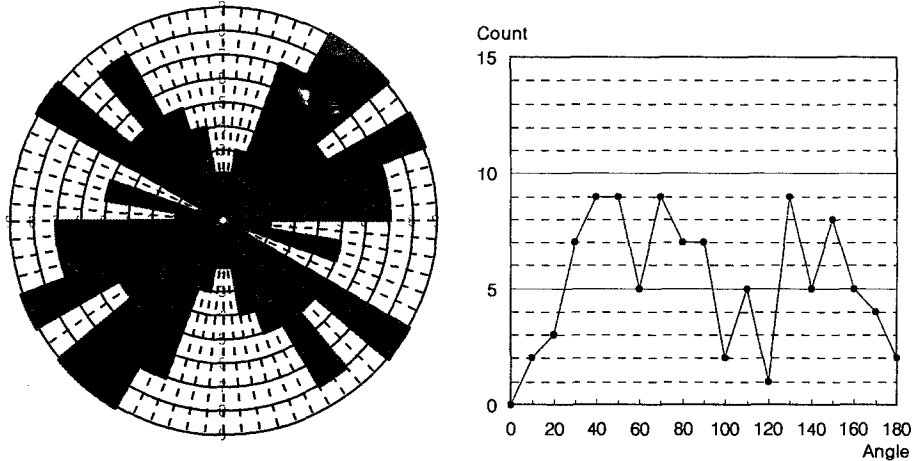
<표 4-1-5> 연장 1,035m 이하 선구조 방향성 분석

Lineament Structure(연장 1,035m 이하(25~50%))				(단위 : m)			
Orientation	Lineament Count(Total length)			FLL	Lmean	Lmax	ILL
	800m 이하	800~900	900m 이상				
Lb-1	19	11	18	48	853	1,026	40,953
EW~N45E	(14,346)	(9,278)	(17,329)				
Lb-2	12	10	10	32	857	1,025	27,427
N45E~NS	(9,040)	(8,654)	(9,733)				
Lb-3	3	5	5	13	876	1,031	11,385
NS~N45W	(2,220)	(4,246)	(4,919)				
Lb-4	5	6	5	16	851	1,025	13,610
N45W~EW	(3,743)	(5,051)	(4,817)				

※ ( )는 규모별 Lineament 연장합계

4) 연장 1,500m 이하 선구조 방향성 분석

선구조 발달지수에 의한 연장 1,500m 이하 선구조 발달 정도는 <표 4-1-6>과 같이 Lc-1(EW~N45E), Lc-2(N45E~NS), Lc-3(NS~N45W), Lc-4(N45W~EW)의 순서로 나타났다. 선구조 방향빈도에 의한 주선구조의 발달방향은 N30E~N50E이고, N60E~N70E의 방향 또한 우세하게 나타났다. <그림 4-1-9>는 무망 용수구역에 해당하는 연장 1,500m 이하 선구조의 Rose Diagram을 나타낸 것이다.



<그림 4-1-9> 연장 1,500m 이하 선구조의 Rose Diagram

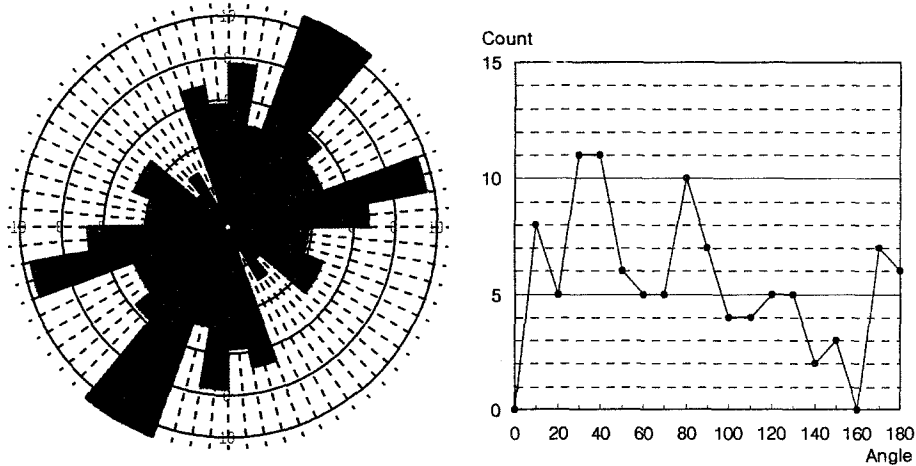
<표 4-1-6> 연장 1,500m 이하 선구조 방향성 분석

Lineament Structure(연장 1,500m 이하(50~75%))				(단위 : m)			
Orientation	Lineament Count(Total length)			FLL	Lmean	Lmax	ILL
	1,150m 이하	1,150~1,300	1,300m 이상				
Lc-1 EW~N45E	7 (7,664)	14 (16,944)	12 (16,916)	33	1,258	1,499	41,524
Lc-2 N45E~NS	8 (8,717)	12 (14,695)	5 (7,096)	25	1,220	1,493	30,508
Lc-3 NS~N45W	7 (7,655)	5 (6,274)	11 (15,398)	23	1,275	1,471	29,328
Lc-4 N45W~EW	7 (7,560)	6 (7,383)	5 (6,888)	18	1,213	1,420	21,830

\* ( )는 규모별 Lineament 연장합계

5) 연장 1,500m 이상 선구조 방향성 분석

선구조 발달지수에 의한 연장 1,500m 이상 선구조 발달 정도는 <표 4-1-7>과 같이 Ld-2(N45E~NS), Ld-1(EW~N45E), Ld-4(N45W~EW), Ld-3(NS~N45W)의 순서로 나타났다. 선구조 방향빈도에 의한 주선구조의 발달방향은 N20E~N40E이고, N70E~N80E의 방향 또한 우세하게 나타났다. <그림 4-1-10>은 무망용수구역에 해당하는 연장 1,500m 이상 선구조의 Rose Diagram을 나타낸 것이다.



<그림 4-1-10> 연장 1,500m 이상 선구조의 Rose Diagram

<표 4-1-7> 연장 1,500m 이상 선구조 방향성 분석

Lineament Structure(연장 1,500m 이상(75% 이상))				(단위 : m)			
Orientation	Lineament Count(Total length)			FLL	Lmean	Lmax	ILL
	2,000m 이하	2,000~4,000	4,000m 이상				
Ld-1 EW~N45E	16 (27,578)	14 (34,811)	1 (9,632)	31	2,323	9,632	72,020
Ld-2 N45E~NS	20 (34,228)	15 (42,175)	2 (15,528)	37	2,485	10,366	91,930
Ld-3 NS~N45W	8 (13,673)	8 (21,937)	1 (4,161)	17	2,339	4,161	39,771
Ld-4 N45W~EW	8 (13,875)	10 (23,797)	1 (5,054)	19	2,249	5,054	42,726

※ ( )는 규모별 Lineament 연장합계

### 4.1.3 물리탐사 및 검증

#### 가. 개요

본 조사지구의 전기비저항탐사는 지하 결정질 암반의 수직-수평적인 전기비저항 분포를 조사하는데 매우 유용한 쌍극자(Dipole-Dipole)배열 탐사를 실시하여 암반지하수의 부존과 관련된 지질경계, 선구조 등을 파악하고자 하였다. 또한 물리검증을 실시하여 심도별 이상대구간을 확인하였다.

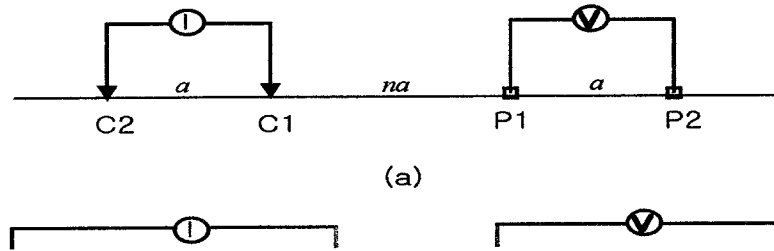
#### 나. 전기비저항 탐사

##### 1) 물리탐사원리 및 방법

전기비저항 탐사는 매질의 전기비저항 차이에 의해 야기되는 이상 전위차를 측정하고 이를 정밀 해석함으로써 지하구조를 규명해내는 물리탐사 기술이다. 전기비저항은 지하매질의 성질에 따라 크게 좌우되나, 일반적으로 표토층인 경우에는 낮은 전기비저항 값을 가지며, 하부의 기반암인 경우에는 높은 전기비저항값을 가진다. 또한 동일한 기반암내에서 암반의 변질정도에 따라 전기비저항 값은 크게 변하며, 특히 단층작용에 의한 파쇄대는 파쇄대 내에 전기전도도가 높은 점토가 충전되어 전류를 쉽게 통과시키는 전도체 역할을 하므로 비저항값이 낮게 나타난다. 따라서 국내의 지하수 탐사나 단층대, 혹은 파쇄대와 같은 연약대에 대한 탐사는 대부분 고비저항대내에 분포하는 저비저항대의 규명에 이용된다.

2차원 전기비저항 탐사는 지하의 물성이 조사 축선의 하부 단면상에서만 변화하며, 축선과 수직방향에서는 변화하지 않는다는 가정하에, 즉 전기비저항의 분포가 2차원적이라는 가정 하에서 탐사를 수행하고, 측정자료를 해석하는 탐사방법이다. 탐사에 이용되는 전극배열방법은 단극법(pole-pole), 단극-쌍극자법(pole-dipole), 쌍극자법(dipole-dipole), 웨너법(Wenner), 슬럼버저법(Schlumberger) 등 대부분의 전극배열이 이용된다. 이러한 전극배열방법 중 분해능이 가장 높은 전극배열법은 쌍극자배열법이며, 다음으로 단극-쌍극자법, 단극법, 슬럼버저법, 웨너법 순서로 낮아진다. 반면에 측정자료의 질을 의미하는 신호 대 잡음비(S/N 비)는 쌍극자배열법이 가장 낮으며, 단극-쌍극자법, 슬럼버저법, 웨너법, 단극법의 순서로 증가한다. 신호대 잡음비의 증가는 측정된 포텐셜 값의 절대 크기가 증가하는 것을 의미하며, 전기비저항이 매우 낮은 지역에서는 측정값이 낮아지므로, 분해능은 쌍극자배열법보다 낮으나 좀 더 높은 측정값을 보장할 수 있는 단극-쌍극자법이나 단극법

을 적용함이 바람직하다. 조사지역의 경우에는 정밀한 해석을 위하여 분해능이 가장 높은 쌍극자배열을 이용하여 전기비저항 탐사를 수행하였다.



<그림 4-1-11> 쌍극자배열 전기비저항 탐사에 적용된 전극배열 모식도

쌍극자배열 전기비저항 탐사는 지하수 탐사 및 지반조사, 단층대 탐지 등에 사용되는 물리탐사 기법 중 대표적인 탐사방법이며, 수평 및 수직탐사를 동시에 수행함으로써 탐사 축선 하부의 2차원적 구조를 조사할 수 있다. 쌍극자배열 탐사는 그림 4-1-11에 나타난 바와 같이 전류전극과 전위전극의 간격(쌍극자 길이)을 모두  $a$ 로 일정하게 고정하고 전류전극과 전위전극 사이를  $a, 2a, 3a, \dots, na$  간격으로 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하여 겘보기 비저항 값을 계산한다. 여기서  $n$ 은 전극전개수로 탐사심도를 결정하며, 쌍극자 길이  $a$ 는 지하구조에 대한 분해능과 밀접한 관계가 있으므로 탐사목적, 정밀도 등을 고려하여 결정한다. 이때 겘보기 비저항은 두 개의 전류전극에 흘려준 전류의 세기를  $I$ , 두 개의 전위전극 사이에서 측정된 전위차를  $\Delta V$  라 할 때, 다음 식으로 표시된다.

$$\rho_a = n(n+1)(n+2)\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad \text{식(4-1-1)}$$

여기서 겘보기 비저항은 지하 특정 지점의 전기비저항 값이 아니며, 모든 지점의 전기비저항치들이 반영되어 나타나는 값으로 지하의 실제 전기비저항 값을 의미하지 않는다. 따라서 전기비저항 탐사자료의 해석을 위하여 지하의 전기비저항 분포를 정량적으로 규명할 수 있는 수치적 역산법(numerical inversion)이 이용되며, 본 탐사자료의 전산해석은 쌍극자해석프로그램(DIPRO)을 이용하였다.

## 2) 현장조사

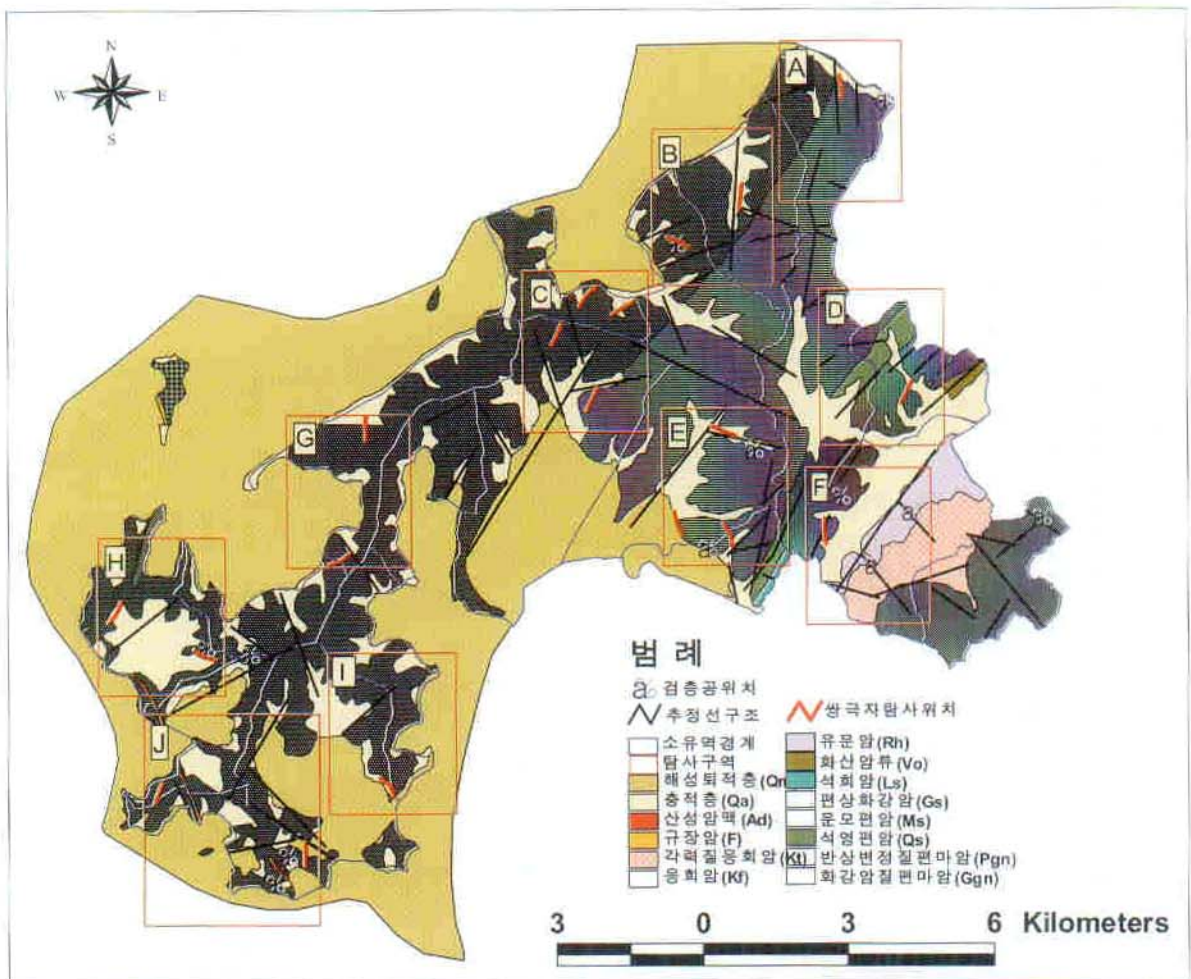
본 조사지구의 쌍극자배열 전기비저항 탐사는 지질구조선의 확인 등 수리특성



을 파악하기 위하여 구역별로 측선을 설정하였으며, 지구물리탐사 측선위치도는 <그림 4-1-12>와 같다.

측선 위치는 원격탐사와 지표지질조사 결과 예상되는 구조선과 암상 변이대에 최대한 직교가 되도록 설정하였으며, 전극간격은 25m, 각 측선의 연장은 500m로서 총 19측선 9,500m를 탐사하고 자료의 신뢰성을 높이기 위해 4회이상 반복측정을 하였다.

현장조사에 사용된 탐사장비는 스웨덴 ABEM사의 Terrameter SAS 1000을 이용하였으며, 조사지구의 소유역별 쌍극자배열 전기비저항 탐사내역은 <표 4-1-8>과 같다.

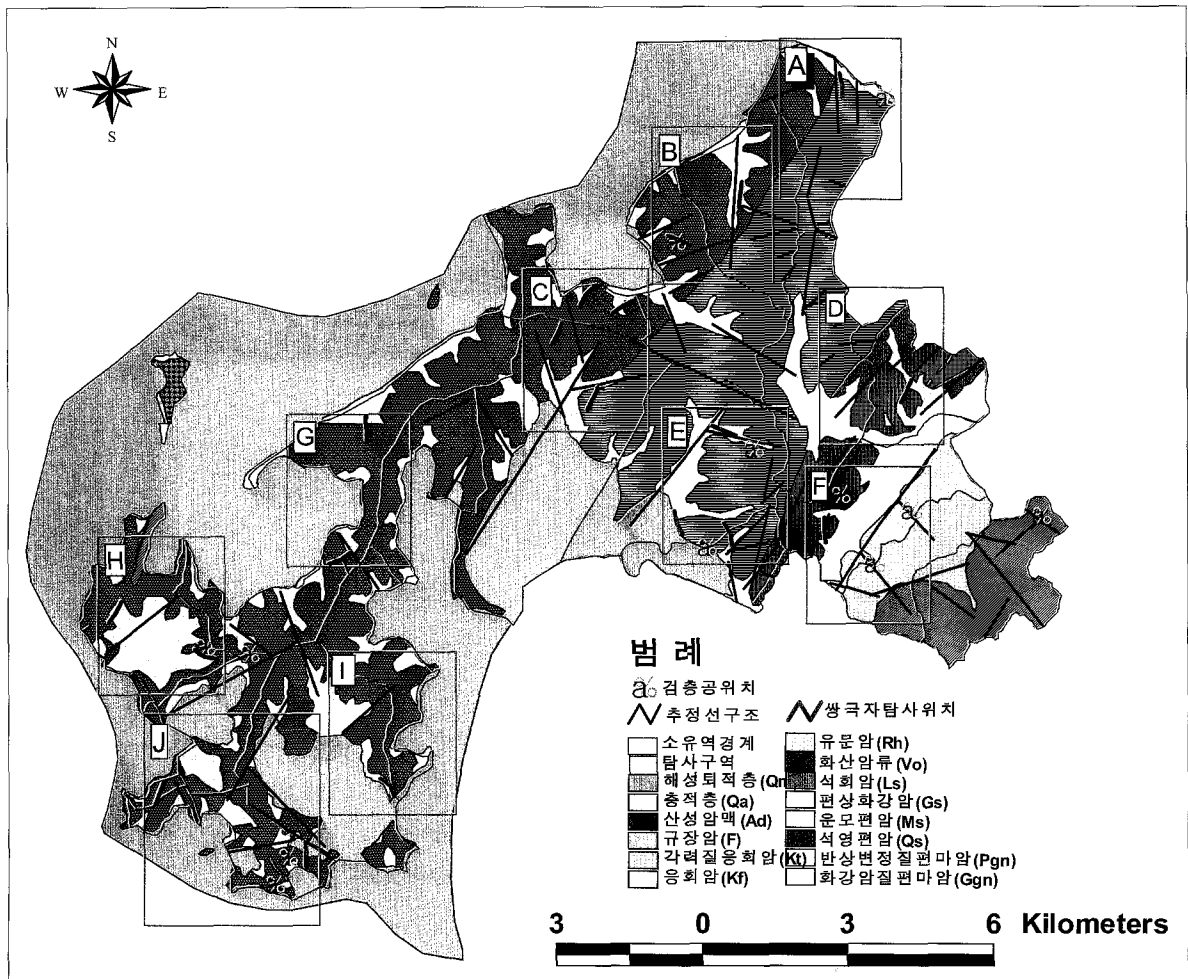


<그림 4-1-12> 지구물리탐사 측선위치도

을 파악하기 위하여 구역별로 측선을 설정하였으며, 지구물리탐사 측선위치도는 <그림 4-1-12>와 같다.

측선 위치는 원격탐사와 지표지질조사 결과 예상되는 구조선과 암상 변이대에 최대한 직교가 되도록 설정하였으며, 전극간격은 25m, 각 측선의 연장은 500m로서 총 19측선 9,500m를 탐사하고 자료의 신뢰성을 높이기 위해 4회이상 반복측정을 하였다.

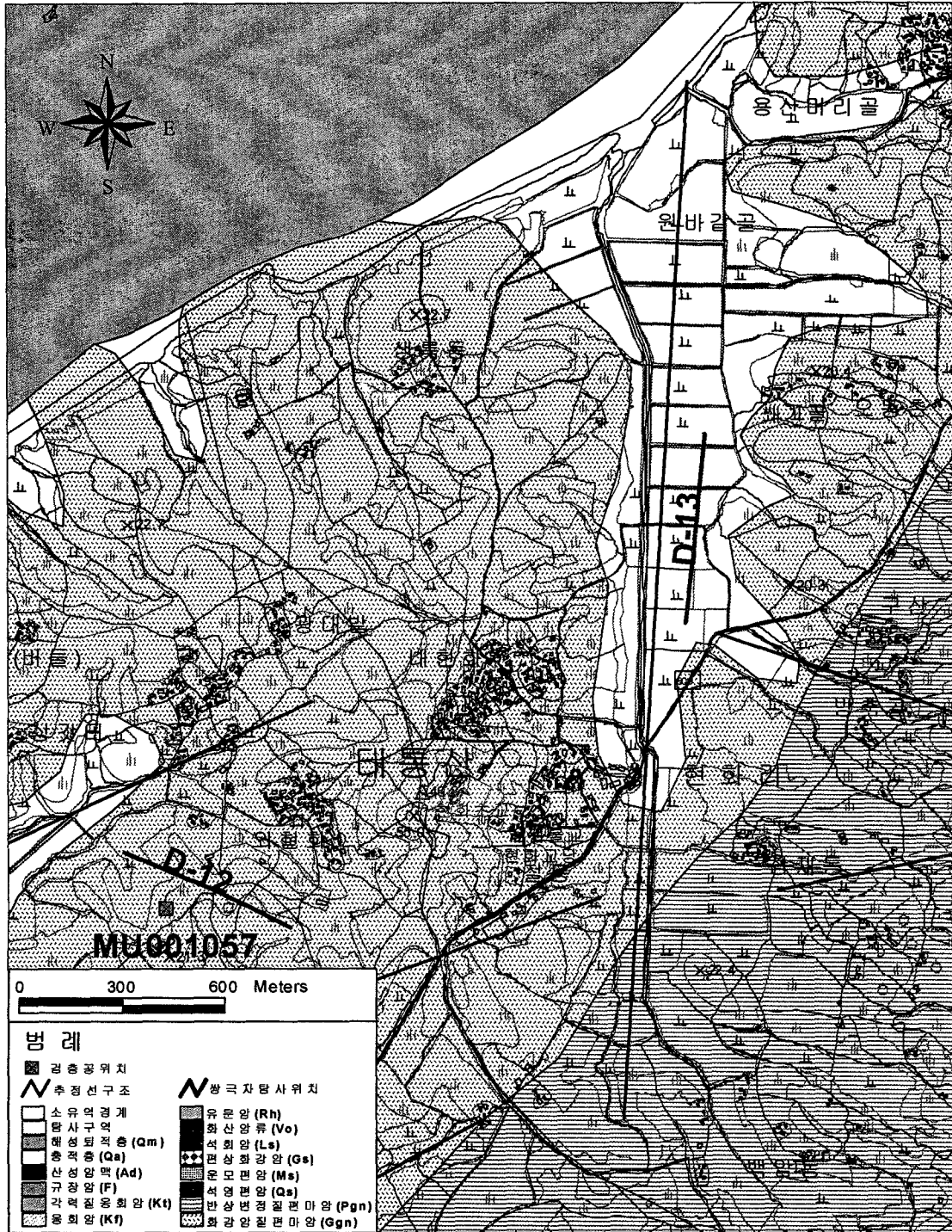
현장조사에 사용된 탐사장비는 스웨덴 ABEM사의 Terrameter SAS 1000을 이용하였으며, 조사지구의 소유역별 쌍극자배열 전기비저항 탐사내역은 <표 4-1-8>과 같다.



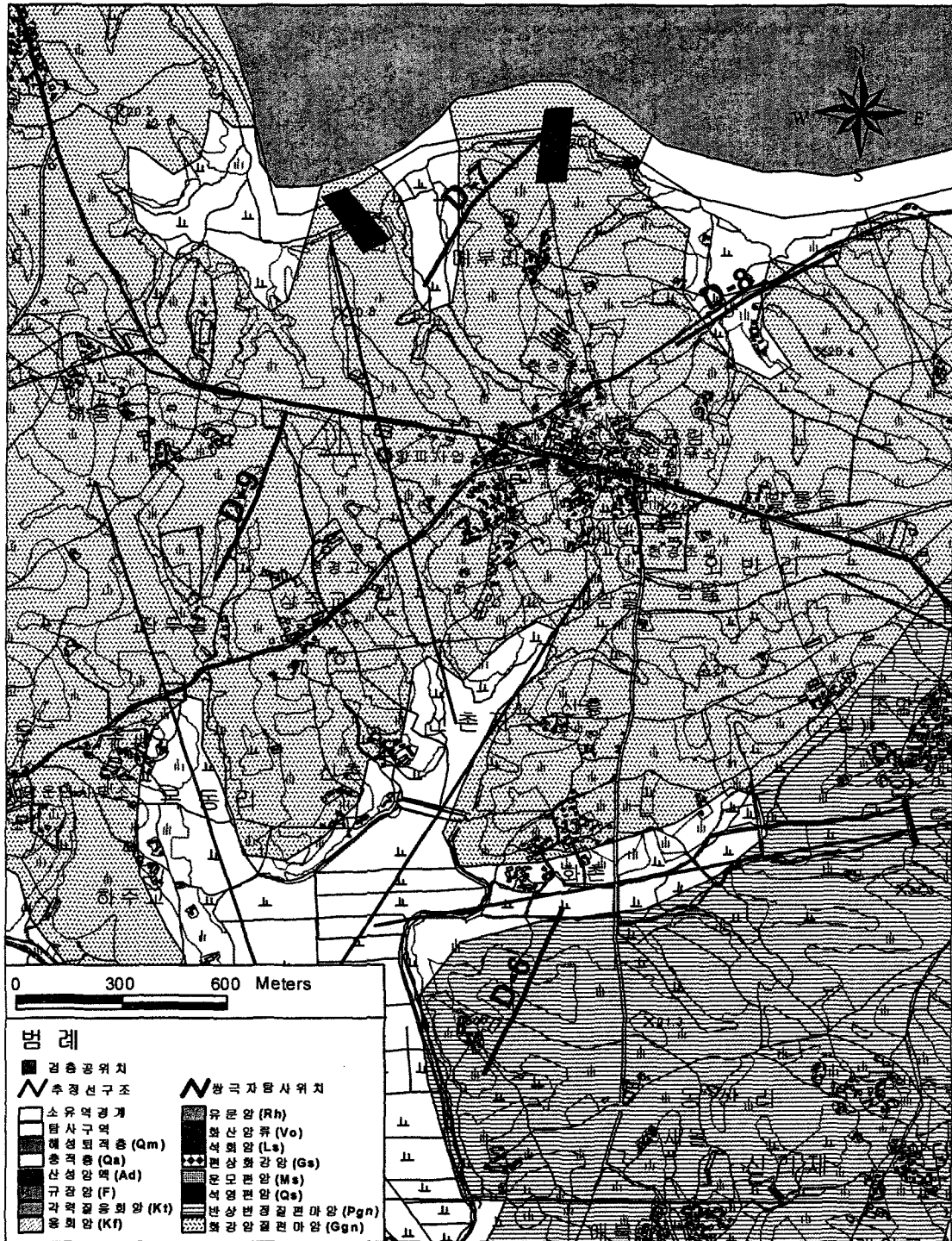
<그림 4-1-12> 지구물리탐사 측선위치도

<표 4-1-8> 소유역별 쌍극자배열 전기비저항탐사 내역

유역	위 치	쌍극자 배열 전기비저항 탐사			분 포 지 절
		추선번호 (DD)	추선길이 (m)	추선 방향	
GJ-1	대동면 대감리	2	950	S20°W	화강암류, 주산안산암질암류
	대동면 예안리	3	950	S20°E	주산안산암질암, 도대동안산반암
GJ-2	상동면 대감리	4	1,000	S60°W	화강암류, 도대동안산반암
GJ-3	상동면 감노리	1	1,000	S50°E	규장반암, 충적층
	상동면 여차리	18	1,000	NS	규장반암, 충적층
GJ-4	생림면 사촌리	5	1,000	S45°E	주산안산암질암류, 화강암류
GJ-5	생림면 마사리	6	1,000	S40°E	주산안산암질암류
	생림면 안양리	20	1,000	S30°E	주산안산암질암
GJ-6	한림면 안곡리	7	1,000	N25°W	주산안산암질암
	한림면 신천리	8	850	N45°W	도대동안산반암, 규장반암
	한림면 명동리	9	1,000	S10°E	도대동안산반암
	한림면 병동리	13	1,000	N80°W	도대동안산반암, 화강암류
	한림면 병동리	19	1,000	N70°W	도대동안산반암
GJ-7	진영읍 설창리	10	1,000	S80°W	진동층, 팔룡산옹회암, 주산안산암질암류
	진영읍 본산리	11	1,000	N80°W	팔룡산옹회암, 충적층
GJ-8	진례면 고모리	12	1,000	N15°E	화강암류, 주산안산암질암류
	진례면 신안리	15	1,000	N45°E	화강암류, 주산안산암질암류
	진례면 신월리	16	950	N60°E	진동층, 화강암류
	진례면 송현리	17	1,000	N30°W	화강암류
GJ-9	진영읍 하계리	14	1,000	N80°W	진동층, 화강암류
총계		20추선	19,700		

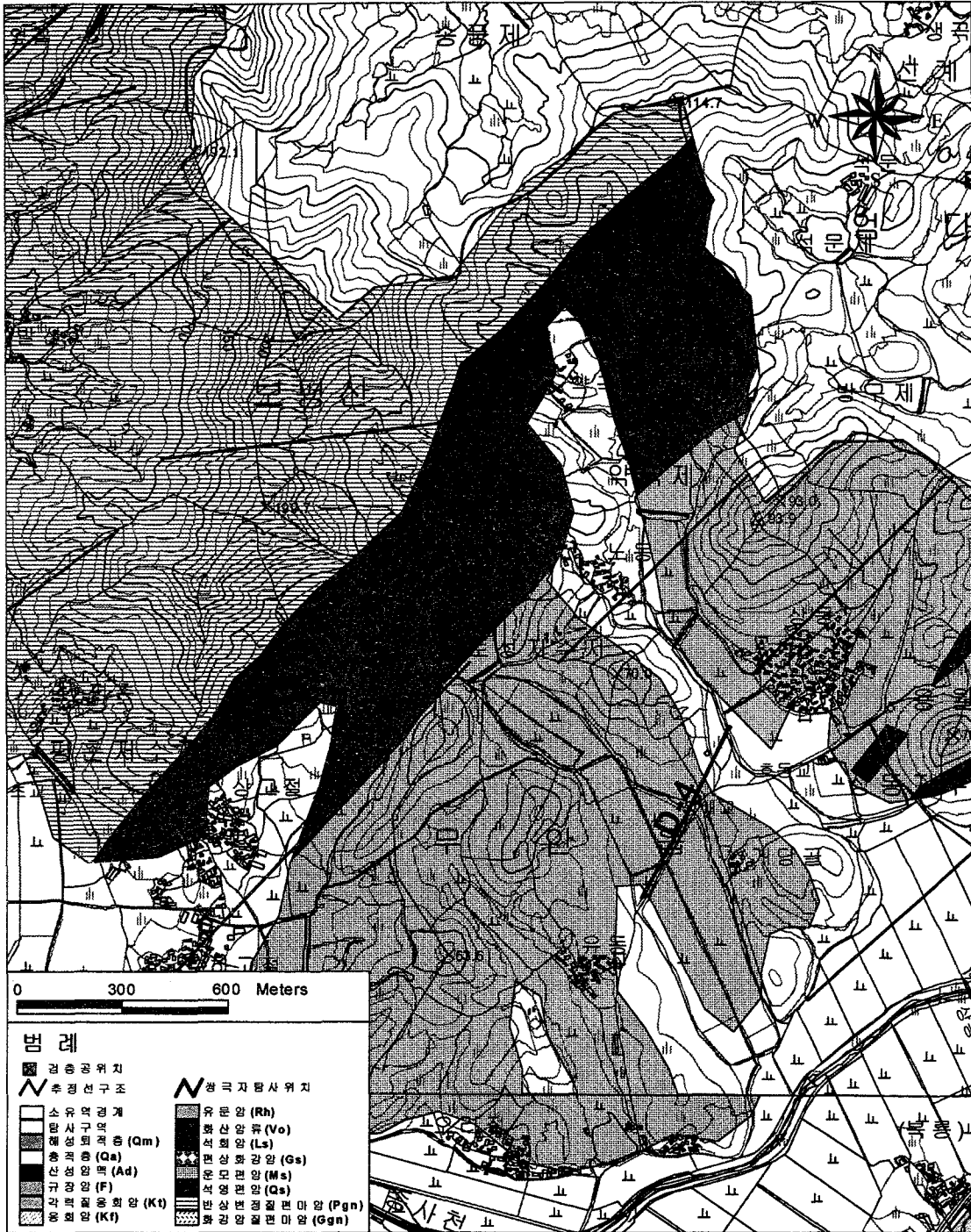


<그림 4-1-14> 물리탐사 축선위치도(B)

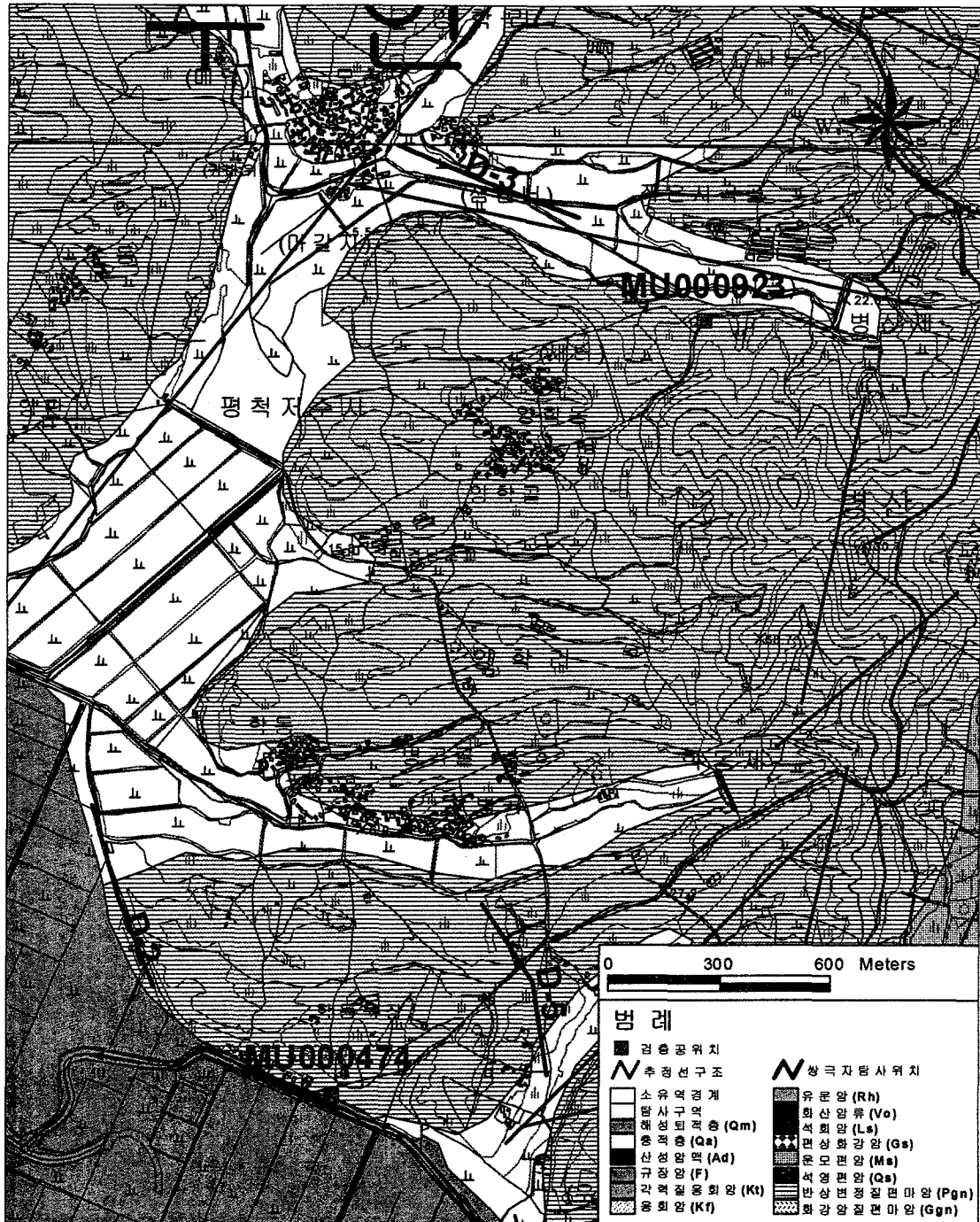


<그림4-1-15> 물리탐사 측선위치도(C)

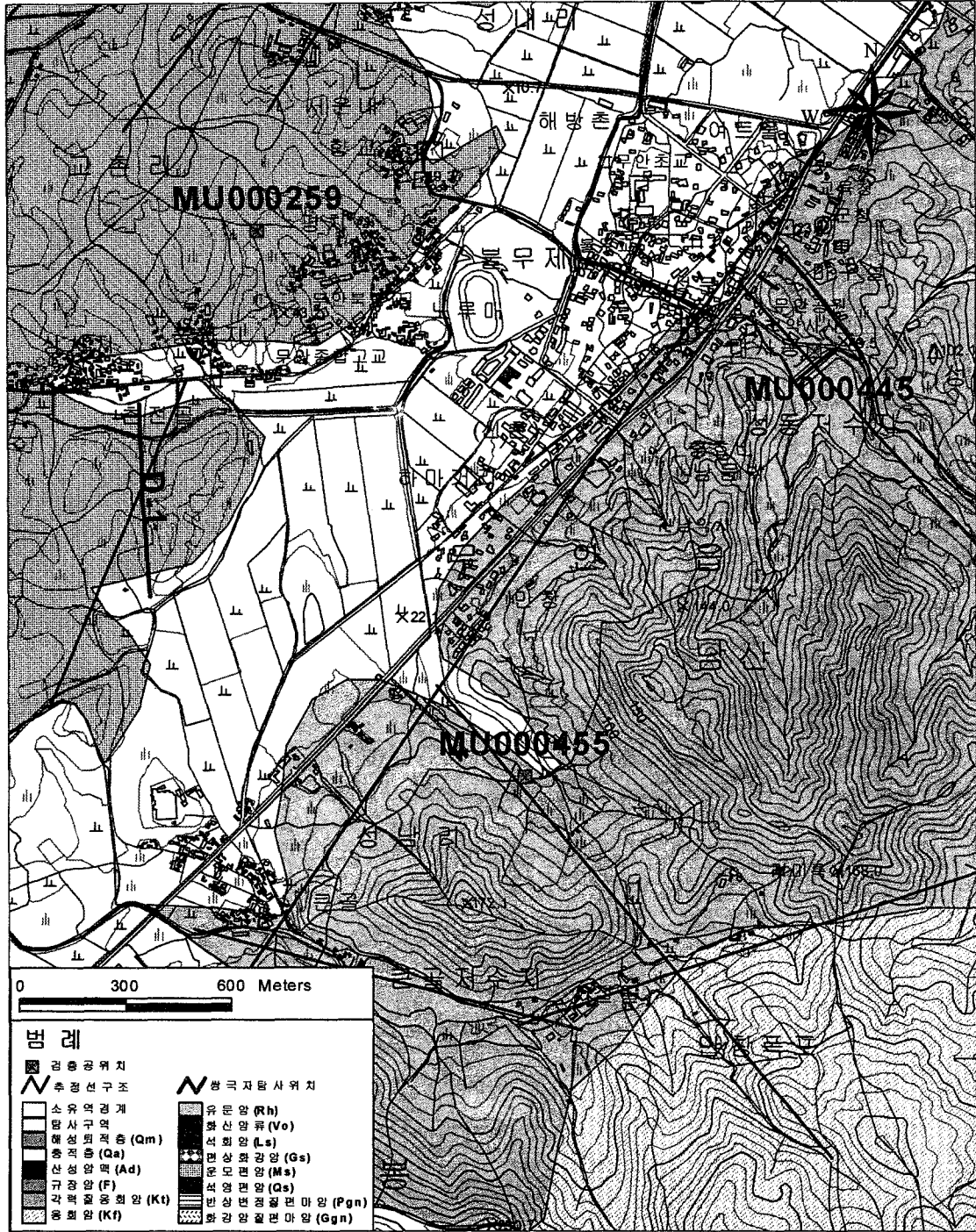




<그림 4-1-16> 물리탐사 측선위치도(D)

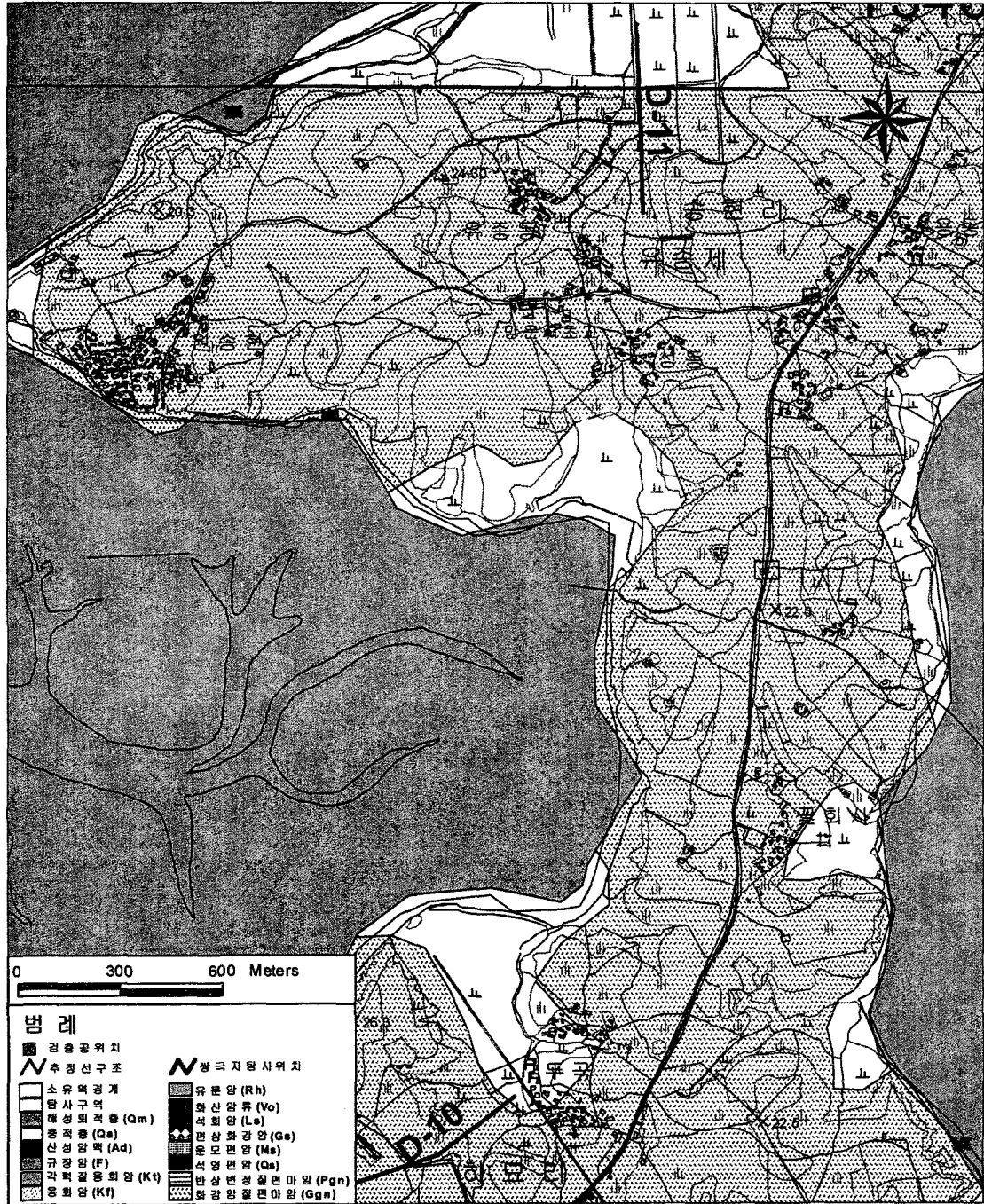


<그림 4-1-17> 물리탐사 축선위치도(E)

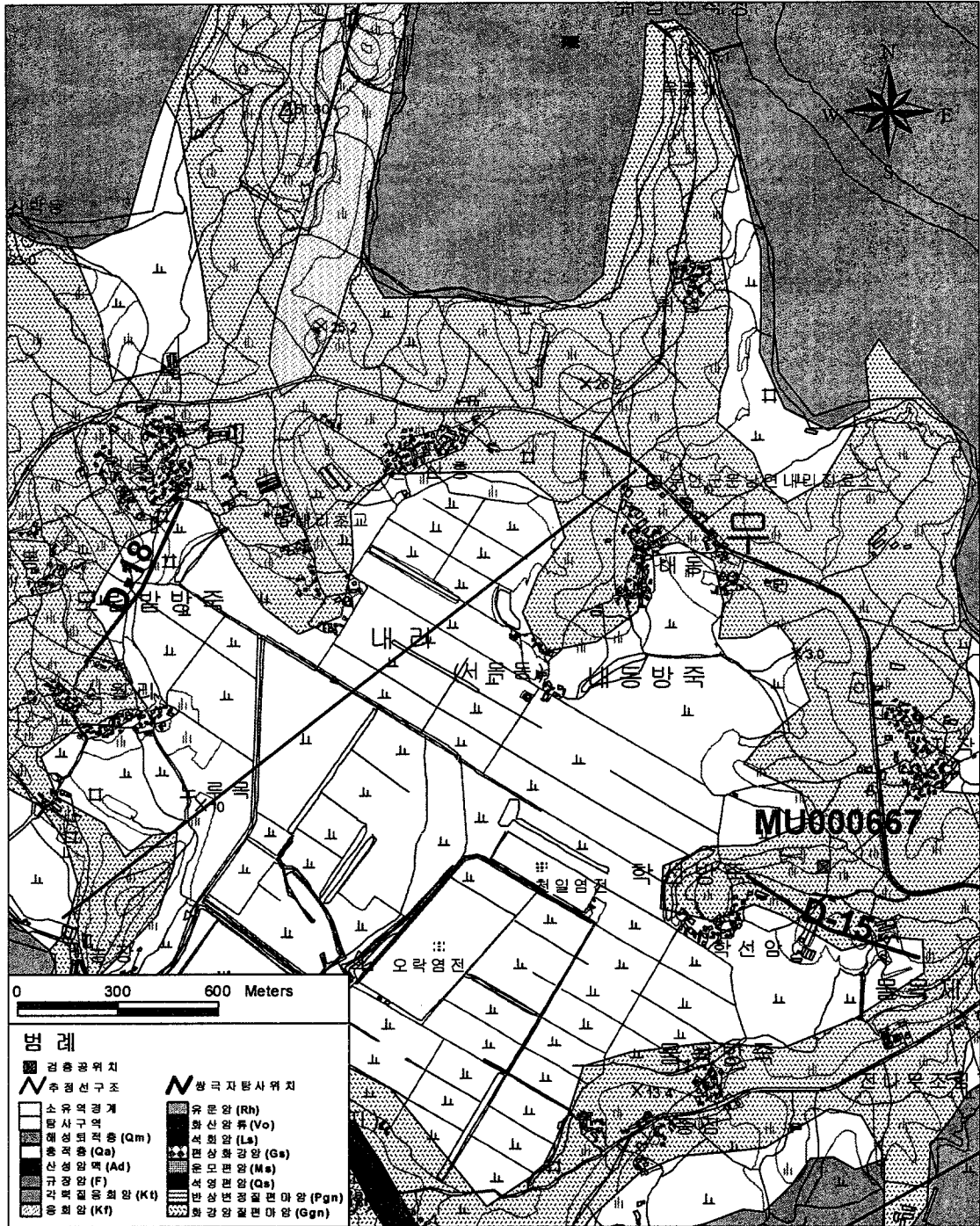


<그림 4-1-18> 물리탐사 측선위치도(F)

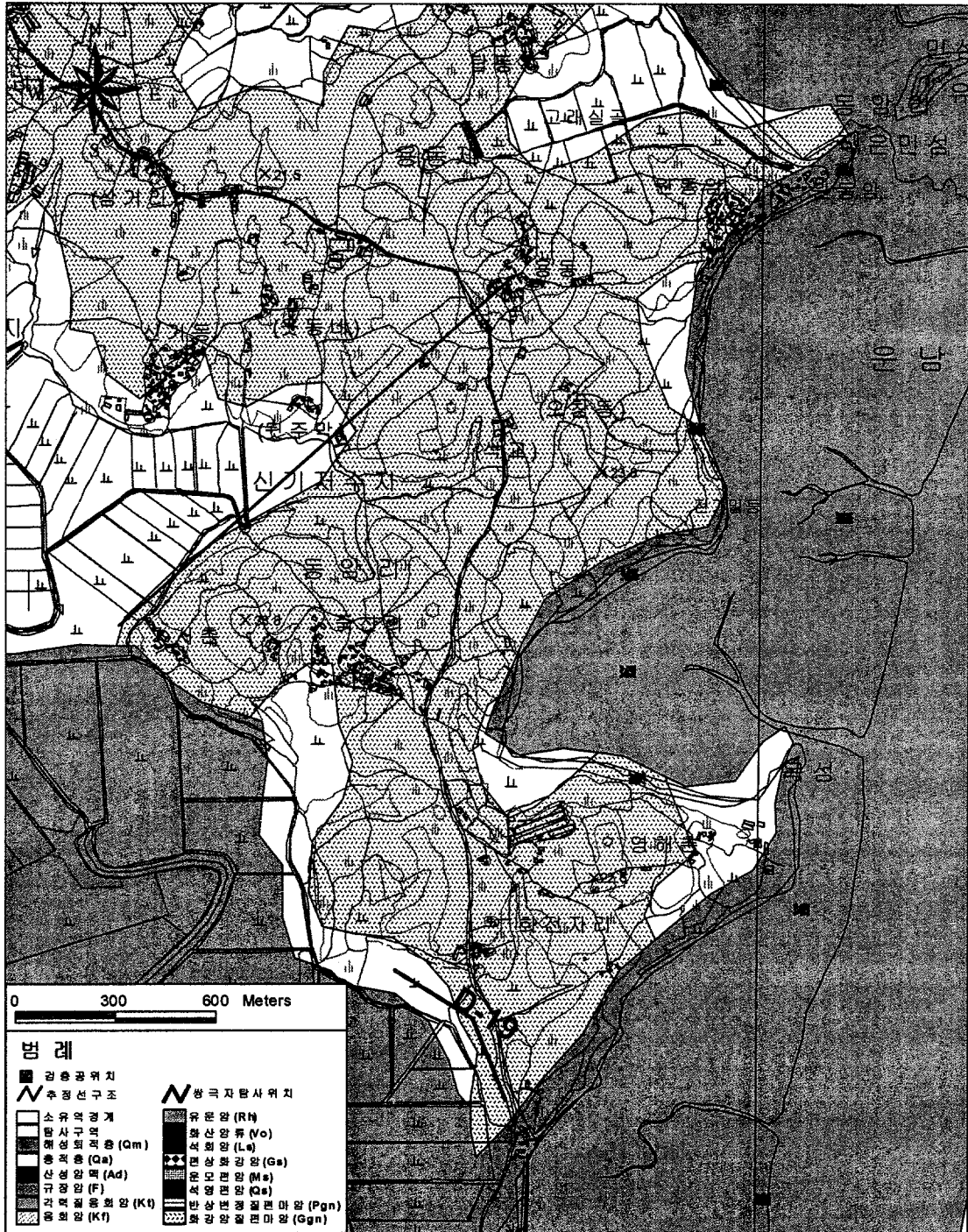




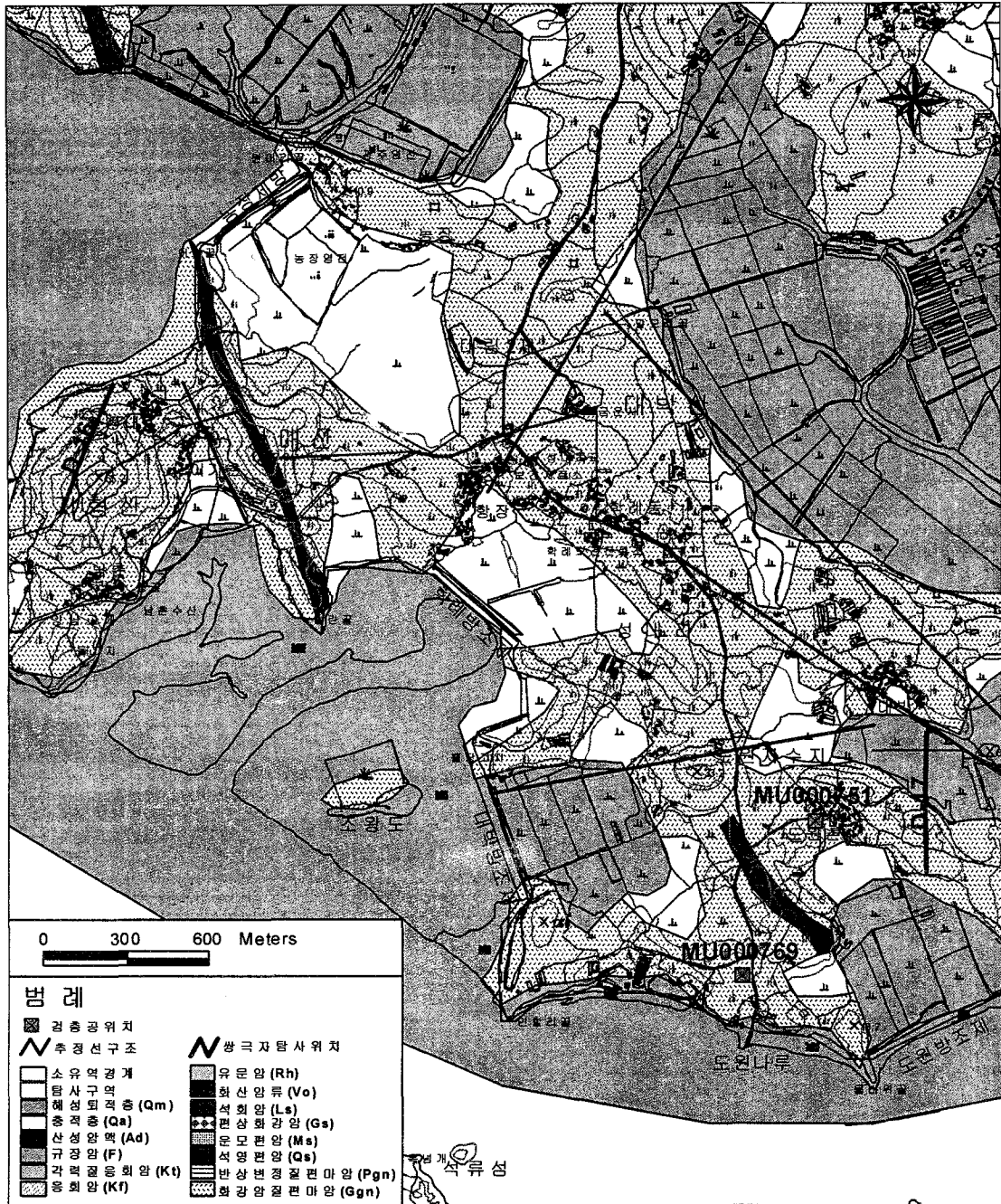
<그림 4-1-19> 물리탐사 측선위치도(G)



<그림 4-1-20> 물리탐사 축선위치도(H)



<그림 4-1-21> 물리탐사 축선위치도(I)



<그림 4-1-22> 물리탐사 측선위치도(J)



<표 4-1-8> 소유역별 쌍극자배열 전기비저항 탐사결과

유역	위치	쌍극자 배열 전기비저항 탐사			분포지질	비고
		측선번호	측선길이 (m)	측선방향		
MA01	현경면 해운리	D-14	500	N15W	Pgn	
MA02	현경면 현화리	D-13	500	N10W	Qa	
MA03	현경면 현화리	D-12	500	N70W	Ggn	
MA04	현경면 외반리	D-7	500	N40E	Ggn	
	현경면 평산리	D-8	500	N80E	Ggn	
MA06	무안읍 고절리	D-4	500	N35E	Qa, Ms	
MA07	무안읍 교촌리	D-1	500	N5W	Ms	
MA09	망운면 송현리	D-11	500	N5W	Ggn, Qa	
MA11	현경면 동산리	D-6	500	N28E	Pgn	
	망운면 목동리	D-9	500	N25E	Ggn	
MA12	현경면 양학리	D-2	500	N20W	Pgn, Qa	
	현경면 양학리	D-3	500	N70W	Qa	
MA13	무안읍 평용리	D-5	500	N15E	Pgn	
MA14	운남면 하묘리	D-10	500	N68E	Pgn	
MA16	운남면 내리	D-15	500	N72W	Ggn	
	운남면 내리	D-18	500	N25E	Qa	
MA17	운남면 성내리	D-16	500	N35E	Ggn	
MA18	운남면 동암리	D-19	500	N45W	Ggn, Qa	
MA19	운남면 성내리	D-17	500	N3W	Ggn, Qm	
총 계		19측선	9,500			

\* Qa:층적층, Qm:해성퇴적층, Ms:운모편암, Ggn:화강암질편마암, Pgn:반상변정질편마암

### 3) 탐사 결과 및 논의

본 조사지역은 행정구역상 4개 읍·면으로 분할되나, 직접유역 분수령을 경계로 MA01~MA19의 19개 소유역으로 분류하여 전기비저항 탐사결과를 서술하였다. 쌍극자배열 전기비저항탐사 결과에서 고비저항대 구간은 대체적으로 신선한 암반으로 사료되며, 저비저항대 구간은 단층, 지질경계 등 지하수 부존과 관련된 지질 구조로 해석할 수 있다.

전기비저항탐사 결과를 구역별로 서술하면 다음과 같고, 단면도는 <그림 4-1-23~25>에 나타내었다.

□ MA01 구역

현경면 해운리 일대이며, 측선 우부가 바다로 완만한 경사를 이루고 있고 측점 간 표고차가 없다. D-14 측선은 N15W 방향이며, 질산성질소 농도값(46.3mg/l)이 높은 내륙지역의 수질특성을 감안하여, 측선 오른쪽은 바다, 왼쪽은 능선을 향하도록 하였으며, 탐사해석결과 측선 좌부 끝에서 -100m 구간까지 35m 이내에 저비저항구간이 나타난다<그림 4-1-13>.

□ MA02 구역

현경면 현화리 내현화마을 일대로 탐사지역 인근에 축사 및 주유소가 위치한 해안가 농경지이며, 해안쪽을 좌부, 809번 지방도로 쪽을 우부로하여 D-13 측선을 N10W 방향으로 선정였다. 탐사해석결과 우부 +125m부터 끝까지 심도 50m 이하 깊이에서 매우 낮은 전기비저항값을 나타낸다. 이 지역은 표고가 낮아 지하수위가 낮게 분포하며, 해안과 인접하여 저비저항치를 보이는 것으로 사료된다<그림 4-1-14>.

□ MA03 구역

현경면 현화리 외현화마을 앞뜰에 위치하며, 인근 축사의 질산성질소 농도가 높은 곳(53.3mg/l)을 탐사대상으로 선정하였고, 측선방향은 외현화마을을 좌부, 바다쪽을 우부로하여 D-12 측선을 N70W 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 측선 중앙의 -25~+30m 구간 중 5~70m 심도에 저비저항구간이 분포되어 있는데, 이는 북동에서 남서방향으로 발달한 지질구조의 영향으로 사료된다<그림 4-1-14>.

□ MA04 구역

본 구역은 현경면과 망운면의 경계면에 위치하며, 바다와 인접한 해안 지형이다. D-7 측선은 쓰레기 매립지 주변으로 내륙쪽을 좌부, 바다쪽을 우부로하여 N40E 방향으로 설치하였다. 탐사결과 우부쪽 0~75m 부근에서 심도 90m 구간이

매우 낮은 전기비저항값을 나타낸다. D-8 측선은 현경면소재지 방향이 좌부, 바다쪽이 우부이며, N80E 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 대부분의 구간에서 매우 낮은 비저항치를 나타내는데 이는 전반적으로 해침과 해퇴의 영향을 장기간 받아 염수침투에 의한 영향으로 판단된다<그림 4-1-15>.

□ MA05 유역

MA05 유역은 현장조사시 영농기와 중복되어 부득이 물리탐사를 수행할 수 없어 금회 조사에서는 제외하였다.

□ MA06 유역

서쪽에는 비교적 높은 산지가 분포하고 동쪽에는 농경지가 있는 서고동저의 지형구배를 나타내는 지역이다. 탐사측선의 좌부는 유동마을, 우부는 상동마을 쪽으로 하여 D-4 측선을 N35E 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 측선 좌부에서 우부까지 70~80m 간격으로 매우 낮은 비저항치가 세 지점에서 나타난다. 주변에 1,000m<sup>2</sup>/일 내외의 양수량을 갖는 관정이 위치하여 지하수 부존성이 매우 높고 2000년 지반함몰이 발생한 지역이다<그림 4-1-16>.

□ MA07 유역

본 유역은 무안읍의 대부분이 포함되며, 질산성질소 농도값이 높고 소단층선이 통과하는 지점에 D-1 측선을 N5W 방향으로 설치하였다. 그러나 탐사해석결과 비저항치는 뚜렷한 변화를 나타내지 않는다<그림 4-1-18>.

□ MA08 유역

본 조사구역은 타 유역과는 달리 유역전체가 높은 화산암지대로 구성되어 있어 지형여건상 조사대상에서 제외하였다.

□ MA09 유역

망운면 송현리 송현해수욕장 부근으로 유종동마을 북쪽의 능선에 잠재오염원(두엄)이 산재하여 침출수에 의한 토양오염을 파악하고자 바다쪽을 좌부, 능선쪽을 우부로 하여 D-11 측선을 N5W 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 우부 150m 이후부터 심도 25m 구간에서 낮은 비저항치가 나타난다.<그림 4-1-19>.

□ MA10 유역

본 유역은 지역이 협소하며, 또한 산지 및 간석지로 구성되어 지형여건상 탐사대상에서 제외하였다.

□ MA11 유역

본 유역은 넓은 구릉성 전작지대이며, 주변에 축사가 다수 산재되어 있다. 지대가 낮은 농경지쪽을 좌부, 화촌마을쪽을 우부로하여 D-6 측선을 N28E 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 좌부 -15~+30m 구간의 심도 50m 지점에서 저비저항치를 보이며, 우부 75~150m 구간의 천부에서 지표수 유출로 예상되는 저비저항대가 나타났다. 또한, 망운면소재지 동쪽에 질산성질소값이 높은 지점(43.0mg/l)을 선정하여 D-9 측선을 N25E 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 좌부 -125m 구간부터 심도 60m 이후 지점에서 저비저항대가 나타나며, 우부는 천부에서부터 저비저항구간이 나타나는데 이는 농사로 인한 침출수의 지표유출 결과로 사료된다<그림 4-1-15>.

□ MA12 유역

현경면 양학리 일대로 주변에 쓰레기 매립지가 있어 침출수의 영향을 조사하기 위하여 D-2 측선을 N20W 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 좌부 -75~-10m 구간과 우부 150m 이상부터 낮은 전기비저항값을 나타낸다. 또한 본 유역의 상부에 위치하며, 질산성질소 농도(50.2mg/l)가 높은 양학리 모촌마을 앞뜰에 D-3 측선을 N70W 방향으로 설치하여 탐사한 결과, 중앙과 우부에서 비교적 낮은 비저항구간이 나타났다<그림 4-1-17>.

□ MA13 유역

무안읍 평용리 일대에 위치하며, 창포마을을 좌부, 병곡마을을 우부로하여 D-5 측선을 N15E 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 중앙부에서 심도 60m 지점까지 저비저항치를 나타내어 대수층의 발달이 예상되는 지역이다<그림 4-1-17>.

□ MA14 유역

망운면에서 운남면으로 향하는 하묘리 두곡마을 일대로 바다와 인접하여 해수



침투의 영향을 파악하기 위해 D-10 측선을 N68E 방향으로 설치하였다. 탐사해석 결과 우부로 갈수록 전기비저항치가 뚜렷하게 낮아지는 경향을 나타내어 해수침투가 진행중인 것으로 사료된다<그림 4-1-19>.

□ MA15 유역

본 유역은 지역이 협소하여 지형여건상 탐사조건에 적합하지 않아 금회 탐사 대상에서 제외하였다.

□ MA16 유역

운남면 내리 일대로 주변에 축사가 밀집된 지역이다. 질산성질소 농도가 높은 지역을 선정하여 월명촌마을을 좌부, 학선암을 우부로 하여 D-15 측선을 N72W 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 좌부 -100m 이후와 우부 50m 구간에서 낮은 비저항치가 나타났다.

또한 질산성질소값이 높은 신월리를 좌부, 원동마을을 우부로 하는 D-18 측선을 N25E 방향으로 설치하였으며, 탐사해석결과 1~20m 내외의 천부에서 매우 낮은 비저항치를 나타낸다<그림 4-1-20>.

□ MA17 유역

운남면 성내리 남촌마을 뒷편에 위치하며, 바다쪽으로 길게 뻗은 반도형 지형이다. 능선을 따라 D-16 측선을 N35E 방향으로 설치하였으며, 탐사해석결과 중앙에서 좌부 75m 구간에 매우 낮은 비저항치가 나타나는데, 이는 해수의 영향을 받은 것으로 사료된다<그림 4-1-22>.

□ MA18 유역

운남면 동암리 영해촌 인근의 과거 바다지역으로 지질과 해수침투 여부를 파악하기 위해 간석지를 배경으로 D-19 측선을 N45W 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과, 좌부 250~130m 구간의 심도 50m 하부 지점에서 매우 낮은 전기비저항치를 보이며, 이는 저지대로 바다에 인접한 지형적인 특성을 감안하면 해수침투의 영향을 받은 것으로 사료된다<그림 4-1-21>.

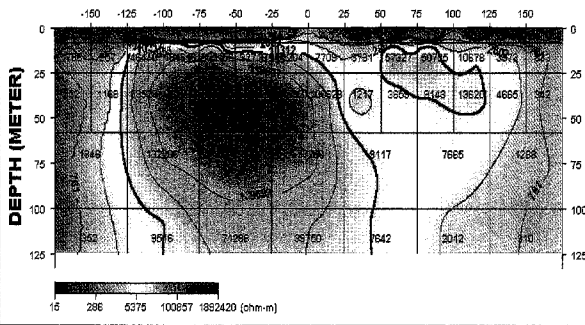
□ MA19 유역

무망지구 최남단인 운남면 성내리에 위치하며, 도원촌 마을 앞에 D-17 측선을 N3W 방향으로 설치하였다. 탐사해석결과 우부 125m 이후 구간이 심도 75m 이후 구간에서 매우 낮은 비저항치를 나타내며, 해수의 영향을 장기간동안 받은 것으로 사료된다<그림 4-1-22>.

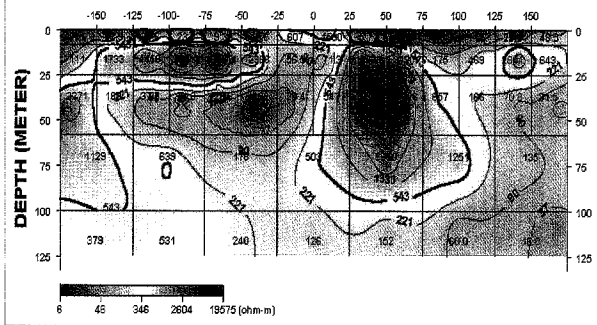
<표 4-1-9> 조사지구의 소유역별 전기비저항 이상대 분포

유역명	전기비저항 이상구간		물리탐사 측선명	비 고
	수평거리(m)	심도(m)		
MA01	-100 ~	0 ~ 35	D-14	질산성질소
MA02	+125 ~	50 ~	D-13	축사, 주유소
MA03	-25 ~ +30 +150 ~	5 ~ 70 75 ~	D-12	해안
MA04	0 ~ +75	0 ~ 90	D-7	매립지
	~ -150 +25 ~ +100 +125 ~	50 ~ 0 ~ 40 75 ~	D-8	해안
MA05	-	-	-	-
MA06	-50 ~ +50 ~ -140 +150 ~	0 ~ 50 0 ~ 50 0 ~ 50	D-4	지반침하
MA07	-	-	D-1	질산성질소
MA08	-	-	-	-
MA09	+150 ~	25 ~	D-11	두업
MA10	-	-	-	-
MA11	-15 ~ +30 +75 ~ +150	0 ~ 50 0 ~ 25	D-6	축사
	~ -125 +10 ~ +40	60 ~ 10 ~ 70	D-9	질산성질소
MA12	-75 ~ -10 +150 ~	30 ~ 60	D-2	매립지
	-25 ~ +25 +150 ~	25 ~ -	D-3	질산성질소
MA13	-25 ~ +30	0 ~ 60	D-5	오수처리장
MA14	0 ~ +50 +140 ~	0 ~ 60 75 ~	D-10	해안
MA15	-	-	-	-
MA16	~ -100	50 ~	D-15	축사, 두업
	~ -150 -50 ~ 0	0 ~ 25 0 ~ 30	D-18	-
MA17	-75 ~ 0	0 ~ 70	D-16	해안
MA18	-250 ~ -130	50 ~	D-19	해안
MA19	+125 ~	75 ~	D-17	해안

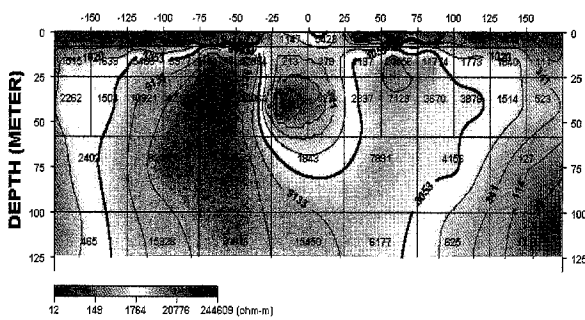
D-1(MA-1, 교촌리) (2-D Resistivity Structure)



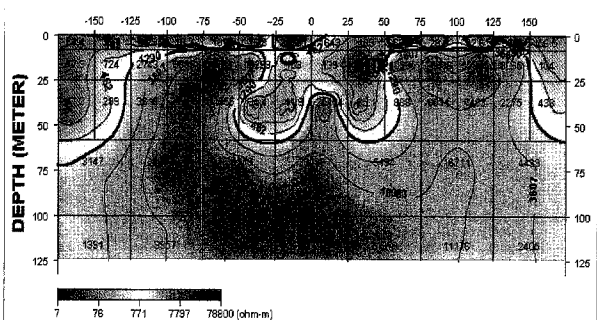
D-2(MA12, 양학리) (2-D Resistivity Structure)



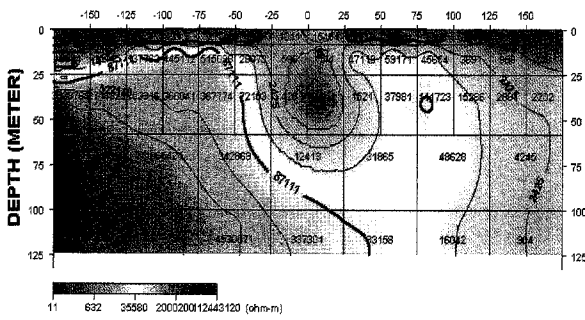
D-3(MA12, 양학리) (2-D Resistivity Structure)



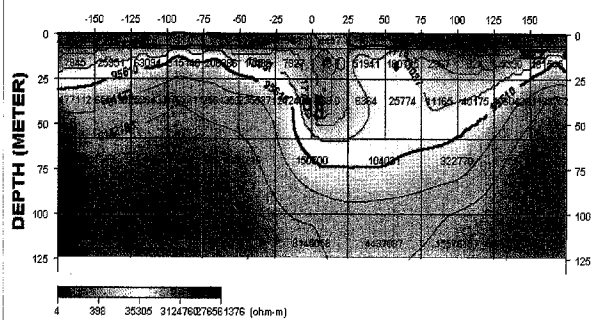
D-4(MA06, 용월리) (2-D Resistivity Structure)



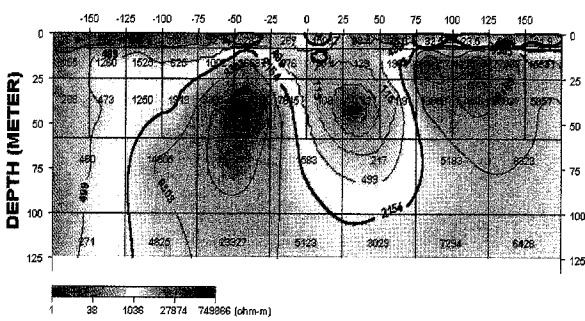
D-5(MA13, 평용리) (2-D Resistivity Structure)



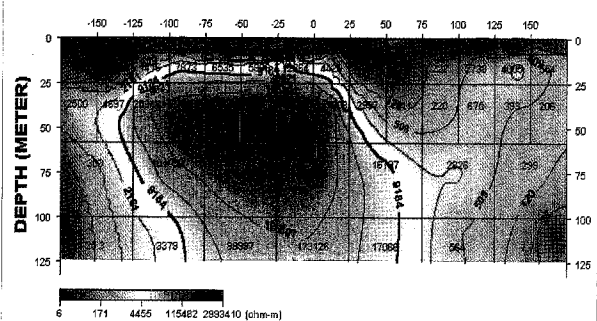
D-6(MA11, 등산리) (2-D Resistivity Structure)



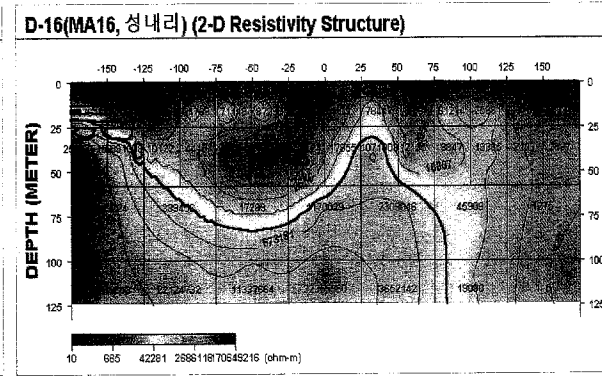
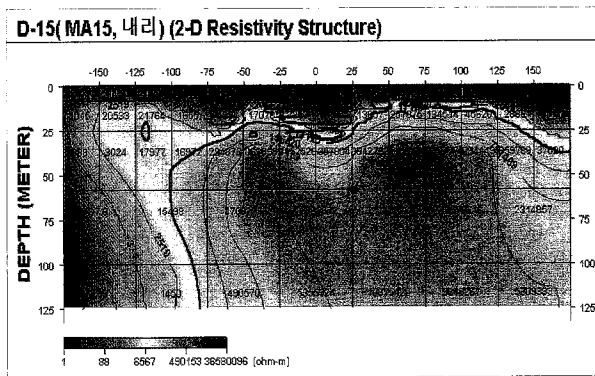
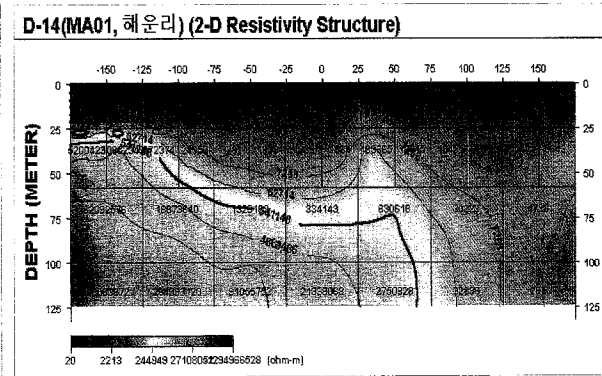
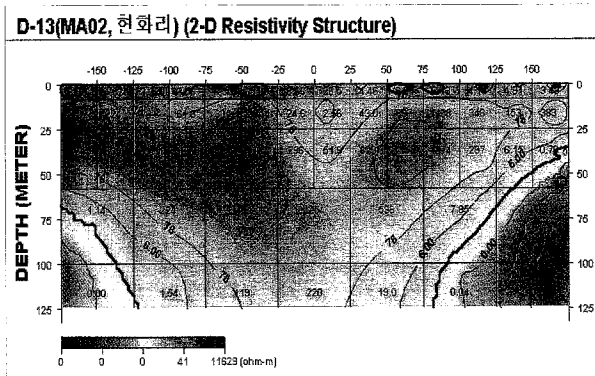
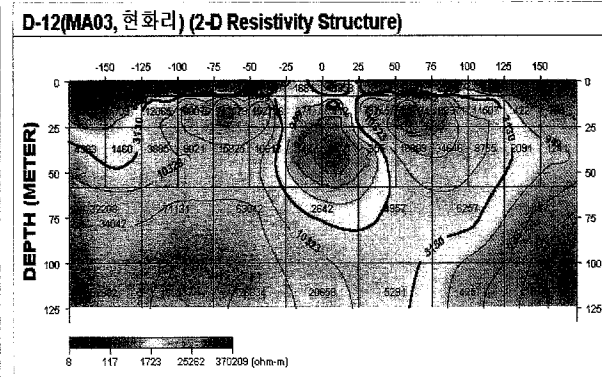
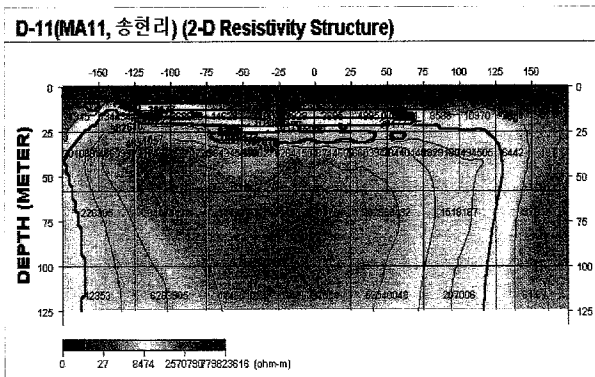
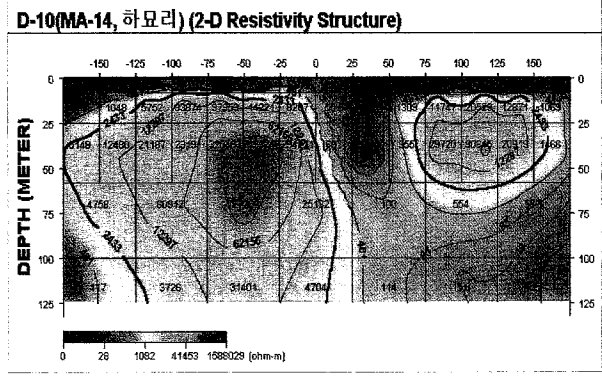
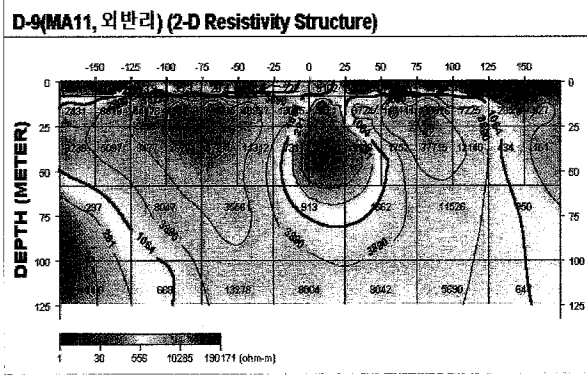
D-7(MA04, 외반리) (2-D Resistivity Structure)



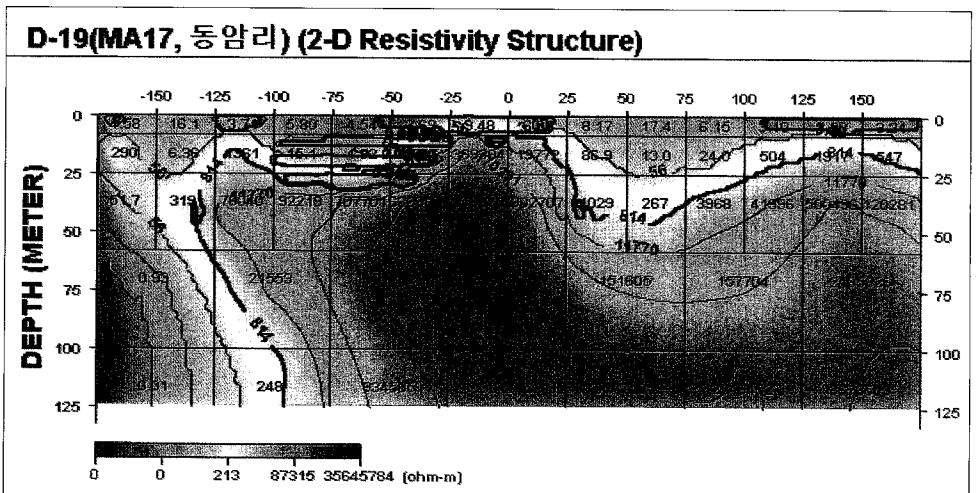
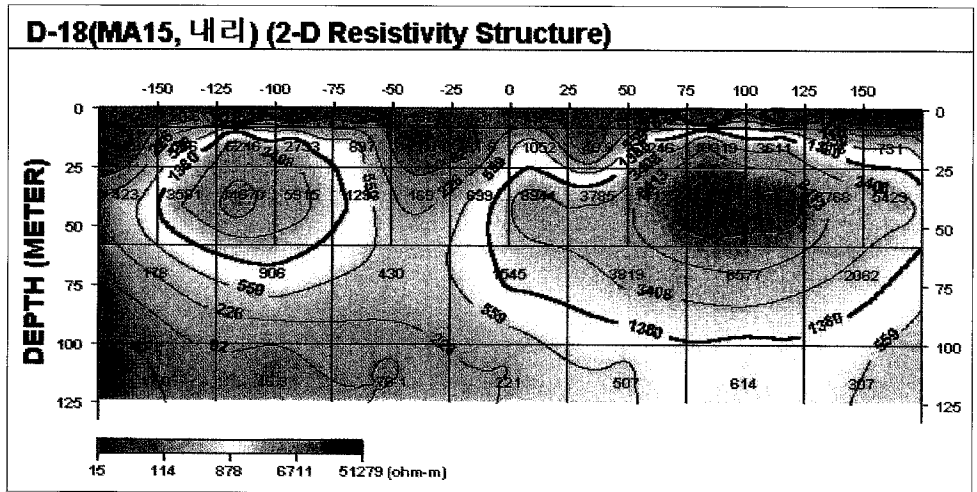
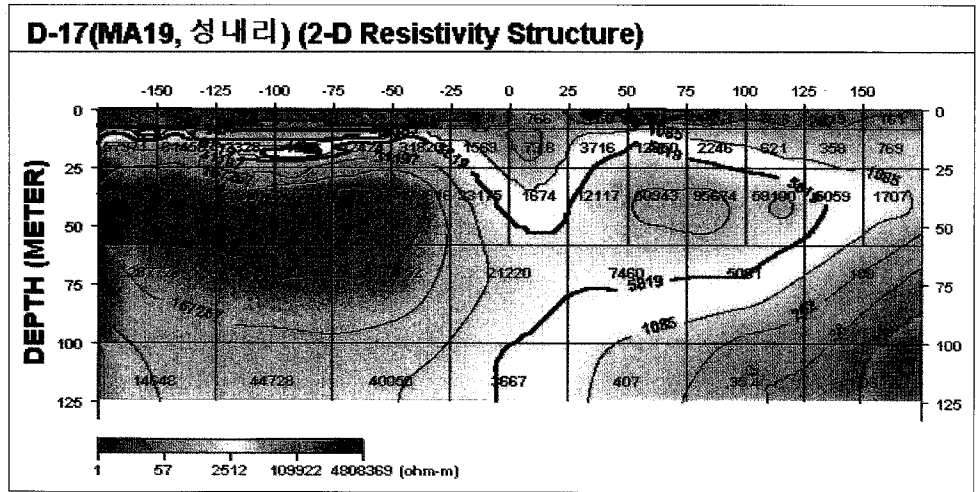
D-8(MA04, 외반리) (2-D Resistivity Structure)



<그림 4-1-23> 쌍극자탐사 2-D 단면도(D-1~D-8)



<그림 4-1-24> 쌍극자탐사 2-D 단면도(D-9~D-16)



<그림 4-1-25> 쌍극자탐사 2-D 단면도(D-17~D-19)

## 다. 물리검층

### 1) 개요

지하의 수리지질구조 파악에 가장 정확한 방법은 조사대상 지점에 시험시추를 실시하여 이때 채취한 시추코아로부터 각 지층을 감정하여 지질주상도를 작성하고 제반 공학적, 수리학적 특성시험을 실시하여 지하에 분포·발달된 지층의 수리상태를 파악하는 것이다. 전술한 물리탐사방법은 지표에서 일정한 에너지를 이용하여 지하의 수리지질구조를 파악하는 간접적인 방법인데 반하여, 물리검층법은 시추공에 대해 일정한 에너지를 사용함으로써 심도별로 이상구간을 조사하여 지층의 수리지질구조를 파악할 수 있는 방법이다. 그러나 기설관정에 대한 검층작업은 기 설치된 이용시설을 제거한 후 실시해야하므로 제한성이 수반된다.

조사지구에서는 파쇄대, 단층, 절리 및 층리면과 같은 2차 유효공극이 잘 발달된 구간이 주대수층을 이루고, 타 구간에 비해 전기비저항이 상대적으로 낮게 나타날 것으로 예상되어 이러한 구간을 조사하고자 전기검층을 실시하였다.

### 2) 종류

검층의 종류는 시추시 채취한 여러 시료들로부터 얻은 결과를 깊이에 따라 기록하는 방법(코어검층, 이수검층 등)과 시추공 내에서 심도에 따라 한 가지 또는 여러 가지의 자연적 또는 인공적 물리량을 측정하여 시추공 주변의 지질 특성을 파악하는 방법 등이 있으나, 보통 물리탐사 분야에서의 검층은 시추공내 검층을 의미한다. 이 방법은 센서가 달린 검층기를 공내에 삽입하여 물리량을 측정하며, 이용되는 물리적 원리에 따라 전기검층(자연전위검층, 비저항검층), 방사능 검층(자연방사능검층, 중성자검층 등) 및 기타검층(음향검층, 텔레뷰어검층, 공경검층, 온도검층 등)이 있다.

#### 가) 전기비저항 검층

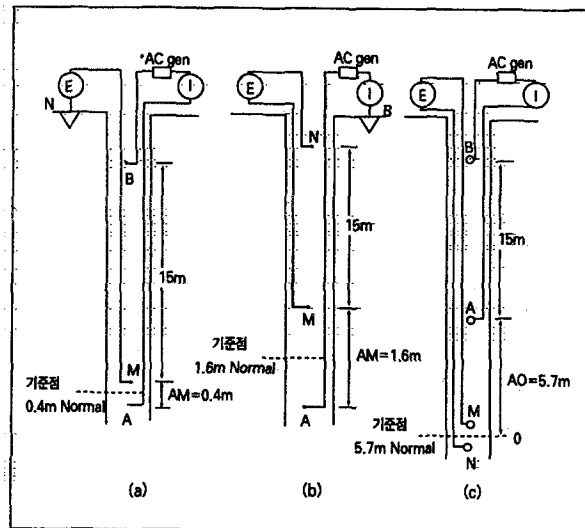
본 검층방법은 시추공에서 전극 배열간격을 다르게하여 겉보기 비저항을 측정, 이를 이용하는 검층법이며, 일반적으로 건조한 모래나 점토의 비저항치는 매우 높은 수치이나 일단 포화된 상태하에서는 비저항치가 현저히 감소하는 원리를 이용한 방법이다. 즉 포화된 물은 전기전도체이므로 수용액이 건조상태의 모래나 점토를 포화시키면 입자의 공극에 물이 충전되고, 또한 공극과 공극 사이를 서로

연결 시켜주는 역할을 하게 되므로 주변구간에 비해 전기비저항의 변화가 다르게 나타난다.

본 조사지역과 같은 결정질암에 설치된 관정 중에서 주로 대수층 구간은 파쇄대, 단층, 절리 및 층리면과 같은 2차 유효공극이 발달된 구간으로 만약 지하수의 유동이 이러한 구간을 통하여 이루어진다고 가정하면 타구간에 비해 전기비저항은 상대적으로 낮게 나타날 것이다.

그러나 이러한 대수층 구간에 동력변성작용과 같은 구조적인 영향에 의해 생긴 세립질 점토물질이 협재되어 있는 경우에는 타구간에 비해 전기전도도가 높은 경향을 나타낼 수 있다. 그러므로 전기비저항검층에 의한 자료를 해석하는 경우에는 여러 가지 검층법들을 종합적으로 해석하는 것이 필요하다.

전기비저항검층법의 종류는 크게 3가지이며, 단극저항 검층, normal 전기 비저항 검층 및 lateral 전기 비저항 검층이 있다<그림 4-1-26>.



<그림 4-1-26> 전기비저항검층의 전극배열 기본도

□ 단극 저항검층(single electrode resistance logging)

본 검층법은 전기비저항검층의 일종으로 직류 또는 저주파수 교류를 시추공 내에 위치한 이동전극과 지표상에 고정된 전극에 흘려보내 두 전극 사이의 전기저항을 측정하는 검층이며, 전기검층 중 가장 간단한 방법이다. 그러나 공극률이나 암상의 정량적인 해석에 필요한 지층의 전기비저항은 파악할 수 없는 단점이 있다.



심도가 얇은 공은 지층 구분이 뚜렷하므로 지층대비 등을 위한 정성적 해석이나 파쇄대, 소폭의 금속광, 탄층 등을 구분하는데 유용하게 사용된다.

□ 노말 전기비저항 검층(normal resistivity logging)

전기비저항 검층의 일종으로 4개의 전극 중 시추공 내에 배열한 전류전극 A와 전위전극 M사이의 간격을 매우 짧게 배열하여 A전극으로부터의 전류에 의한 M 전극에서의 전위를 측정한다. 따라서 이 방법을 2전극 검층이라고 한다.

본 검층법은 전극간의 간격을 기준으로 단노말 전기비저항검층(short normal logging)과 장노말 전기비저항검층(long normal logging)으로 구분되며, M과 A의 간격은 16"와 64"이다<그림 4-1-26, (a), (b)>.

본 검층법은 래터럴 전기비저항 검층에 비해 침투 심도가 깊고 검층기록이 대칭형으로 나타나며, 인접 지층의 간섭효과도 적어 해석이 용이한 장점이 있으나 상대적으로 정밀도가 떨어지는 단점이 있다. 지층 경계면의 결정과 공벽에 인접한 지점의 전기비저항 측정 등 최근 지하수검층에 아주 유용하게 사용되는 검층법이다.

□ 래터럴 전기비저항 검층(lateral resistivity logging)

본 검층방법은 공내에 두개의 전위전극을 서로 근접(보통 32inch) 시키고, 하나의 전류전극은 전위전극의 상부에 위치시키고 다른 하나의 전류전극은 원거리에 배치하여 검층기에는 3개의 전극이 배열되므로 3전극 검층이라고도 한다. 두개의 전위전극 중간으로부터 근거리 전류전극 사이의 거리를 전극간격이라 하며, 보통 전극간의 거리는 16~22ft이다. 전극간격이 이보다 짧은 6~9ft인 경우를 단래터럴 전기비저항검층이라 한다. 본 검층법은 인접한 지층이나 박층의 영향을 많이 받으며, 정밀도가 높은 반면에 가탐심도가 얇은 단점이 있다. 일반적으로 암질이 균일하고 두꺼운 지층에 유용하게 사용된다<그림 4-1-26, (c)>.

나) 자연전위 검층(SP검층 : Self-Potential logging)

본 검층방법은 지구내부에서 발생하는 자연전류의 전위차를 측정·이용하는 검층법으로, 이러한 전위를 Self Potential 혹은 Spontaneous Polarization이라 하며, 간단히 약자로 SP라 한다.

본 검층의 측정방법은 2개의 전극봉을 이용하여 시추공내에서 이동하는 전극(M)과 지상에 고정되어 있는 전극(N)사이의 자연 전위차를 측정하며, 자연전위

곡선은 보통 세일 기선으로부터의 편향 크기로 정한다. 즉, 불투수성 세일과 투수성 지층과의 전위차가 자연전위값이며, 지층의 자연전위값은 지층수, 이수의 이온 함유비, 점토질 함유량, 지층의 두께, 이수 침입, 지층경계효과 등에 의해 영향을 받는다.

일반적으로 2개의 전극봉 중 1개는 지상에 설치하고, 나머지 1개는 관정 내에 설치하는데 보통 SP곡선 모양은 전기비저항곡선과 반대현상을 나타낸다.

측정원리는 지상의 전위가 일정하므로 심도에 의한 M의 전위변화를 측정하며, 사층에서의 측정결과는 입도조성과 비저항(specific resistance) 값이 거의 비례하고 이수가 증가함에 따라 비저항 값은 감소하므로 일반적으로 고결도가 높을수록 비저항값이 큰 현상을 이용한다.

검층법의 적용범위는 투수성 지층의 판별, 투수성 지층과 세일층과의 경계결정, 지층수의 전기비저항 계산, 암층내에서의 세일함량 추정 등이 있고, 황화광물, 흑연, 자철석 등의 광상 탐사에도 이용된다.

#### 라. 검층결과 해석

본 조사에서는 스웨덴 ABEM사의 SAS 300검층기를 이용하여 총 12개소에 대하여 전기비저항검층(short normal, long normal, long lateral)을 실시하였으며, 검층결과 해석은 다음과 같다<표 4-1-10, 부록-14>.

##### □ MU001019호공(MA01)

조사공의 심도는 90m이며, 분포지질은 반상변정질편마암(Pgn)이다. 전기비저항검층 결과 케이싱구간을 제외한 전체구간에서 443~20,400 ohm·m 범위의 낮은 비저항치를 보이는데, 60~65m 구간에서는 고비저항대를 보이고 40~58m 부근에서 저비저항대를 나타내고 있다. 검층그래프에서 수치가 감소하거나 증가하는 이상대 구간의 원인은 암종의 변화가 없는 것으로 보아 지질변화가 아닌 지하수의 유입에 의한 것으로 사료된다.

##### □ MU001057호공(MA03)

조사공의 심도는 60m이며, 분포지질은 화강암질편마암(Ggn)으로 구성되어 있다. 전기비저항검층 결과 5~48,700 ohm·m의 범위를 보이는데 45~50m 부근에서 저비저항대를 나타내며, 지표하 30m 이후부터는 비저항값이 점차 증가하는 것으로 나타났다. 대부분의 구간에서 대수층이 발달한 것으로 보인다.

□ MU000445호공(MA07)

조사공의 심도는 300m이며, 분포지질은 유문암(Rh)으로 구성되어 있다. 전기비저항검층 결과 전체적으로 18~1,647 ohm·m의 낮은 범위를 보이는데 75~85m, 120~148m 구간에서 상대적으로 매우 낮은 비저항값을 보이며, 전 구간에 걸쳐 파쇄대가 발달한 것으로 판단된다.

□ MU000259호공(MA07)

조사공의 심도는 50m이며, 분포지질은 운모편암(Ms)으로 구성되어 있다. 전기비저항검층 결과는 33~11,100 ohm·m 범위의 비저항치를 보이며, 심부로 내려갈수록 비저항값의 변동이 거의 없고, 32m 이하부터 점차 낮아지는 경향이 있으나 뚜렷한 이상대의 발달은 없는 것으로 보인다.

□ MU000465호공(MA08)

조사공의 심도는 110m이며, 분포지질은 응회암(Kf)으로서 전기비저항검층 결과 139~9,410 ohm·m 범위를 보이고, 심부로 내려갈수록 비저항값이 조금씩 증가하다가 90~102m 구간에서 수치가 낮은 이상대 구간이 분포한다. 검층그래프에서 수치가 감소하는 이상대 구간이 나타나는 원인은 파쇄대 구간에 대한 지하수의 유입으로 판단된다.

□ MU000455호공(MA08)

조사공의 심도는 120m이며, 분포지질이 유문암(Rh)이고 전기비저항검층 결과 비저항값이 21~3,770 ohm·m 범위를 보인다. 비저항치는 하부로 갈수록 조금씩 증가하는 경향을 보이다가 40~52m 구간과 96~100m 구간에서 상대적으로 높은 비저항값이 나타나나, 조사공이 층적층(Qa)과 인접해 있고 또한 구조선이 지나고 있어 전체적으로 비저항값이 낮게 나오는 것으로 추정된다.

□ MU000923호공(MA12)

조사공의 심도는 130m이며, 분포지질은 반상변정질편마암(Pgn)으로 구성되어 있다. 전기비저항검층 결과 27~16,590 ohm·m 범위의 비교적 높은 비저항값을 보인다. 50~80m, 90~105m, 110~125m 구간에서 비저항값의 변화가 심하게 나타나며, 또한 상부에서 50m지점까지 수치가 지속적으로 상승하는 것이 관찰된다.

조사공이 구조선과 충전층(Qa)의 경계에 개발되어 지하수 유입으로 인해 비저항 값이 낮게 나타나는 것으로 추정된다.

□ MU000474호공(MA13)

조사공의 심도는 60m이며, 분포지질은 반상변정질편마암(Pgn)이다. 전기비저항검층 결과 100~9,660 ohm·m 범위를 보이거나 수치가 급격히 상승하는 14~18m 구간을 제외한 전체 구간에서 2,000 ohm·m 이하의 낮은 비저항값을 나타내고 있다.

□ MU000809호공(MA14)

조사공의 심도는 100m이며, 분포지질은 화강암질편마암(Ggn)으로 구성되어 있다. 전기비저항검층 결과 1.4~8,900 ohm·m 범위의 비저항치를 보이며, 36m 지점부터 매우 낮은 비저항값을 나타내고 있다. 조사공이 지질경계에 위치하여 대수층이 발달된 것으로 판단된다.

□ MU000667호공(MA16)

조사공의 심도는 100m이며, 분포지질은 화강암질편마암(Ggn)으로 구성되어 있다. 전기비저항검층 결과 대략 10~14,530 ohm·m 범위의 비저항값을 보인다. 이 중 25~50m 구간에서 낮은 비저항값을 나타내는데 이는 천부에 발달된 대수층에서 지하수가 유입된 결과로 사료된다.

□ MU000769호공(MA19)

조사공의 심도는 80m이며, 전기비저항검층 결과 전체적으로 8~23,200 ohm·m 범위의 비저항값을 나타낸다. 24~32m 구간에서 20~400 ohm·m 이하의 낮은 비저항값을 보인다. 조사공의 지질은 화강암질편마암(Ggn)이나, 비저항값이 1,000 ohm·m 이하를 나타내는 현상은 조사공이 바다에 근접하여 염수의 영향을 받은 결과로 사료된다.

□ MU000751호공(MA19)

조사공의 심도는 100m이며, 분포지질은 화강암질편마암(Ggn)으로 구성되어 있고 충전층(Qa)과 해성퇴적층(Qm)의 경계부에 위치한다. 전기비저항검층 결과

전체적으로 15~15,010 ohm·m 범위를 보이거나 케이싱 구간을 제외하면 매우 낮은 비저항값을 나타낸다. 15~25m 구간에서 비저항치의 변화를 보이는 것은 상부의 충전 지하수에 의한 영향으로 판단된다.

<표 4-1-10> 물리검층 결과표

유역명	공번	지질	구분	검층항목(ohm·m)						이상대구간
				temp (°C)	SP	short normal (16")	long normal (64")	long lateral (LAT18")	fluid resistivity (ohm-meters)	
MA01	MU001019	Pgn	최소	14.90	-	27.90	1.30	0.44	24.20	40~57m 60~65m
			최대	16.50	-	121.20	150.30	20.40	32.50	
			평균	15.70	-	53.92	32.03	3.60	26.81	
MA03	MU001057	Ggn	최소	14.90	-856.00	35.50	0.16	0.05	7.47	45~50m
			최대	16.70	-425.00	1,958.00	487.00	486.00	72.40	
			평균	15.80	-540.36	114.18	101.33	21.06	13.31	
MA07	MU000445	Rh	최소	14.60	-	20.70	3.34	-3.45	12.76	70~85m, 120~148m
			최대	16.90	-	4,340.00	16.47	4.15	61.70	
			평균	15.75	-	221.98	7.05	0.94	18.33	
MA07	MU000259	Ms	최소	14.60	-394.00	33.20	1.99	0.33	6.64	-
			최대	15.90	-61.90	4,860.00	15.39	0.78	20.70	
			평균	15.25	-157.71	1,621.14	5.84	0.54	12.25	
MA08	MU000465	Kf	최소	14.30	-	7.57	4.95	1.39	18.27	90~102m
			최대	16.00	-	4,720.00	6,840.00	1,324.00	24.90	
			평균	15.15	-	331.70	622.56	143.35	23.23	
MA08	MU000455	Rh	최소	14.70	-578.00	18.23	1.73	0.21	-492.00	40~52m 96~100m
			최대	16.50	506.00	5,491.00	22.00	222.00	3.17	
			평균	15.60	-287.34	979.73	8.71	29.49	-4.82	
MA12	MU000923	Pgn	최소	15.10	-329.00	61.60	0.45	0.27	6.38	50~80m 90~105m 110~125m
			최대	16.60	-140.70	165.90	271.00	61.00	10.66	
			평균	15.85	-171.65	85.13	119.82	16.20	8.30	
MA13	MU000474	Pgn	최소	15.20	-0.44	3.41	1.00	-	-	14~18m
			최대	16.30	-0.04	522.00	2,070.00	-	-	
			평균	15.75	-0.39	46.36	224.39	-	-	
MA14	MU000809	Ggn	최소	15.10	-74.20	37.30	7.91	1.04	12.54	36m~
			최대	15.70	-36.20	4,850.00	10,770.00	2,110.00	27.20	
			평균	15.40	-57.78	1,649.20	4,280.61	1,150.23	18.97	
MA16	MU000667	Ggn	최소	14.40	-	13.44	0.36	0.07	12.76	25~50m
			최대	16.80	-	4,820.00	145.30	16.01	31.30	
			평균	15.60	-	237.29	51.62	5.20	17.14	
MA19	MU000769	Ggn	최소	14.90	-	44.10	2.34	0.08	1.71	24~32m 50~60m
			최대	16.70	-	232.00	46.90	4.80	5.07	
			평균	15.80	-	94.72	18.12	2.00	6.46	
MA19	MU000751	Ggn	최소	15.10	-299.00	2.40	0.57	-43.90	4.12	15~25m
			최대	16.70	-52.90	56.90	150.10	675.00	6.65	
			평균	15.90	-183.62	15.19	25.21	35.92	4.96	

※ Pgn : 반상변정질편마암, Ggn : 화강암질편마암, Rh : 유문암, Ms : 운모편암, Kf : 응회암

#### 4.1.4 대수성시험 및 평가

##### 가. 개요

지하수의 물리적 유동특성을 정량적으로 파악하는데 사용되는 수리상수는 수리전도도(hydraulic conductivity), 투수량계수(transmissivity), 저류계수(storativity) 등이 있다. 이러한 수리상수는 토양 입도분석, 정수위 혹은 변수위 투수시험 등의 실내시험을 통하여 결정할 수 있고, 순간수위변화시험(Slug Test), 양수시험(Pumping Test), 수위회복시험(Recovery Test), 단계양수시험(Step-Drawdown Test) 등의 현장시험을 통해서도 결정할 수 있다.

실내시험 및 현장시험을 통하여 얻어지는 수리상수들은 그 자체로 지하수계, 즉 대수층 매질의 물리적 특성을 지시하는 중요한 인자들이므로 지하수 조사에서 수리상수의 산출은 가장 기초적이면서도 중요한 조사내용이다. 현장에서 투수시험에 의해 조사된 수리상수값들은 상호 대비에 의하여 투수성 매질의 수리지질학적 분류도 가능하게 한다. 또한 수리상수들은 지하수계의 유동현상과 오염물질의 거동범위를 예측하기 위한 모델링 부문에서 가장 중요한 입력자료로 활용된다. 따라서 실내 및 현장에서 파악된 수리상수의 정확도는 지하수 모델링의 예측 결과를 크게 좌우하는 요소라고 할 수 있다.

각각의 수리상수들에 대한 정의는 다음과 같다.

- 수리전도도(K, [L/T]) - 지하수 흐름 방향에 수직인 단위 면적을 통해 단위 수위구배 하에서 다공질 매질을 단위 시간 동안 흐르는 물의 부피
- 투수량계수(T, [L<sup>2</sup>/T]) - 위에서 정의한 수리전도도(K)와 대수층 포화 두께 (b)를 곱한 값  
$$T = K \times b$$
- 저류계수(S, [무차원]) - b의 포화 두께를 가지는 피압 대수층에서 단위 수위변화시 대수층의 단위 면적을 통해 유출되는 물의 부피  
$$S = S_s \times b$$
- 비저류계수(S<sub>s</sub>, [1/L]) - 포화된 피압대수층에서 단위 수위변화시 단위부피에서 유출되는 물의 부피

- 비산출계수( $S_y$ , [무차원]) - 자유면 대수층에서 단위 지하수면(water table) 변화시 대수층의 단위 면적을 통해서 유출되는 물의 부피

상기 정의와 같이 일반적으로 피압 대수층에서는 저류계수를, 자유면 대수층에서는 비산출계수를 대수층의 저류성을 표현하는 수리상수로 사용한다.

현장투수시험 방법에는 지금까지 여러 가지 방법들이 개발되어 사용되고 있으나 순간수위변화시험, 양수시험, 수위회복시험, 단계양수시험, 펌퍼를 이용한 주수시험 등이 가장 일반적으로 현장에 적용되고 있다.

#### 나. 순간수위변화시험(Slug Tests)

순간수위변화시험은 미국에서 이미 1960년대 초부터 이론이 정립되어 현장에서 빈번하게 사용된 투수시험 방법이다. 순간수위변화시험의 장점은 양수기 등의 복잡한 도구가 전혀 필요하지 않으며, 오직 수위 측정 기구와 순간적으로 지하수위를 상승 또는 하강시킬 수 있는 간단한 도구(예 : 일정부피의 물체 혹은 지하수 채수기)만 가지고 시험을 수행할 수 있다는 점이다. 시험은 bailer를 사용하여 물을 떨어내거나 물을 더해서 순간수위변화를 야기시키는 bail tests와 부피를 알고 있는 slug를 정호에 집어넣거나 빼서 수위변화를 일으키게 하는 slug tests로 구분되며, 통상적으로 이러한 두가지 방법을 순간수위변화시험(slug tests)이라고 부른다.

또한 순간수위변화시험을 통하여 얻어지는 수리전도도 값은 양수시험을 포함한 다른 현장투수시험에서 얻어진 값들과 큰 차이가 없다는 사실이 많은 연구결과를 통하여 입증되었다. 본 방법은 하나의 관정만을 대상으로 시험을 수행하여 수리전도도를 산출할 수 있는 단공 시험법이며, 시험을 수행하는 시간이 짧게 소요되는 장점이 있다. 그러나 순간수위변화시험을 통하여 수리전도도 값은 비교적 정확하게 산출할 수 있으나 저류계수 값은 신뢰도가 떨어지는 점이 단점이다.

순간수위변화시험은 다음과 같은 일련의 과정을 통하여 수행된다.

- ① 시험 대상 관정의 포화두께, 자연 수위, 스크린 길이, 관정 내경 기록
- ② 순간적 수위 상승 혹은 강하 유발
- ③ 시간에 따른 수위회복 관측 및 기록(자동계측기 이용)
- ④ 해석 방법 선택 및 시험 자료 해석
- ⑤ 수리상수 취득

1) Bouwer-Rice 방법

BR 방법은 Thiem의 정류상태 방정식에 기초를 둔 순간수위변화시험 자료 분석 방법이다. 순간적인 수위하강 후 시험정으로의 지하수 유입은 식(4-1-3)으로 표현할 수 있다.

$$Q = 2\pi Kd \frac{h(t)}{\ln(R_e/r_w)} \quad \text{식(4-1-3)}$$

시험정에서의 연속적인 수위회복율, 즉  $(dh/dt)$ 는 식(4-1-4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{Q}{\pi r_c^2} \quad \text{식(4-1-4)}$$

위의 두 식을 결합하여 적분하면 식(4-1-5)와 같은 수리전도도를 구할 수 있는 식을 얻는다.

$$K = \frac{r_c^2 \ln(R_e/r_w)}{2d} \frac{1}{t} \ln \frac{h(0)}{h(t)} \quad \text{식(4-1-5)}$$

이 때 각각의 기호들이 의미하는 바는 다음과 같다.

$r_c$  : 케이싱 반경

$r_w$  : 스크린 구간의 유효 반경

$R_e$  : 영향 반경

$d$  : 스크린 길이

$h(0)$  : 순간 수위강하 초기의 수위값

$h(t)$  : 시간  $t$ 에서의 수위값

여기서 영향 반경  $R_e$ 는 실험에 의해 이미 산출된 값으로 시험 관정의 설치 특성과 경계조건에 의해 결정되는 요소이다.

BR 방법을 이용하여 다음과 같은 과정을 거쳐 수리전도도를 구할 수 있다.

- ① semi-log용지에 시간대 수위 자료를 도시한다.
- ② 도시된 자료점들을 연결하는 직선을 그리고 이 직선의 기울기를 계산한다.

$$\text{기울기} = \ln\{h(0)/h(t)\}/t$$

- ③ 시험정의 설치 특성을 고려하여 유효반경( $R_e$ )을 결정한다.
- ④ 식(4-1-5)를 이용하여 수리전도도를 계산한다.



BR 방법은 자유면대수층과 피압대수층의 순간수위변화시험에 모두 사용이 가능하며, 대수층 수직 전체구간 및 일부구간에 대한 시험 자료의 해석에도 사용할 수 있다. 다만 정류상태의 흐름을 가정하므로 수리전도도만을 산출할 수 있다.

## 2) Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos 방법

CBP 방법은 피압대수층에 설치된 완전관통 관정에서의 부정류상태 흐름을 가정하여 전개한 이론에 의해 투수량계수 및 저류계수를 결정한다. 순간수위변화시험 자료 해석에 사용되는 식은 식(4-1-6)과 같다.

$$H_w(t) = (8H_0\alpha/\pi^2) \left[ \int_0^\infty e^{-\beta u^2/\alpha} du / \Delta(u) \right] \quad \text{식(4-1-6)}$$

$$\Delta(u) = [uJ_0(u) - 2\alpha J_1(u)]^2 + [uY_0(u) - 2\alpha Y_1(u)]^2 \quad \text{식(4-1-7)}$$

$$\alpha = r_w^2 S / r_c^2, \quad \beta = Tt / r_c^2 \quad \text{식(4-1-8)}$$

Cooper 등은 식(4-1-6)을 이용하여 자료해석 과정에서 필요한 표준곡선을 제시하였다. 표준곡선을 이용한 CBP 방법의 순간수위변화시험 자료해석 과정은 다음과 같다.

- ① 현장 측정 자료를 반대수용지(산술눈금 :  $H/H_0$ , 대수눈금 : 시간)에 도시한다.
- ② ①을 표준곡선과 중첩시킨다.
- ③  $\beta=1.0$ 일 때 아래의 식을 이용하여 투수량계수를 계산한다.

$$T = (1.0r_c^2) / t_1, \quad t_1 \text{는 } \beta=1.0 \text{에서의 시간}$$

- ④ 위의 식(4-1-8)의  $\alpha$ 식을 변형하여 아래의 식으로 저류계수를 계산한다.

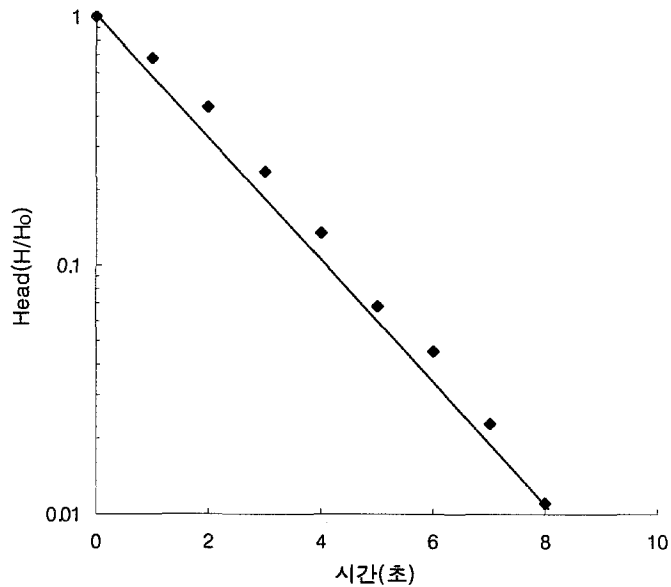
$$S = \alpha r_w^2 / r_c^2$$

## 3) Hvorslev 방법

Well screen이나 open hole이 대수층을 완전히 관통하지 않았을 경우에도 사용이 가능한 해석방법이다.

다음에서 설명할 풀이법은 아래와 같은 데이터를 이용하여 값을 구한 예제이다.

시간	수위	수위변화(H)	H/H <sub>0</sub>
정류상태	13.99		
0	14.87	0.88	1
1	14.59	0.60	0.682
2	14.37	0.38	0.432
3	14.20	0.21	0.239
4	14.11	0.12	0.136
5	14.05	0.06	0.068
6	14.03	0.04	0.045
7	14.01	0.02	0.023
8	14.00	0.01	0.011
9	13.99	0.00	0.000



<그림 4-1-27> Hvorslev 방법

- ① 위의 <그림 4-1-27>과 같이 실험에서 얻어진 시간( $t$ )에 따른 수위회복양상 ( $H/H_0$ )을 수직축에 semi-log scale로 표시하고, 시간을 수평축으로 하는 좌표를 만든다. 이때 얻어진 data는 직선이 된다.
- ② 수위회복이 0.37만큼 도달했을 때 시간 ( $T_0$ )를 읽는다.
- ③ 수리전도도( $K$ )는 다음 식(4-1-9)와 같다.

$$K = \frac{\pi r_2}{F T_0} \quad \text{식(4-1-9)}$$

F : 정호의 물리적인 성질을 나타내는 인자

r : well casing의 반경

- ④ 스크린의 길이와 스크린 반경비(L/R)가 8이상인 경우, F를 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있으며,

$$K = \frac{\ln(L/R)}{2\pi L} \quad \text{식(4-1-10)}$$

L : 스크린 길이

R : 스크린 반경

수리전도도는 다음과 같은 식(4-1-11)이 된다.

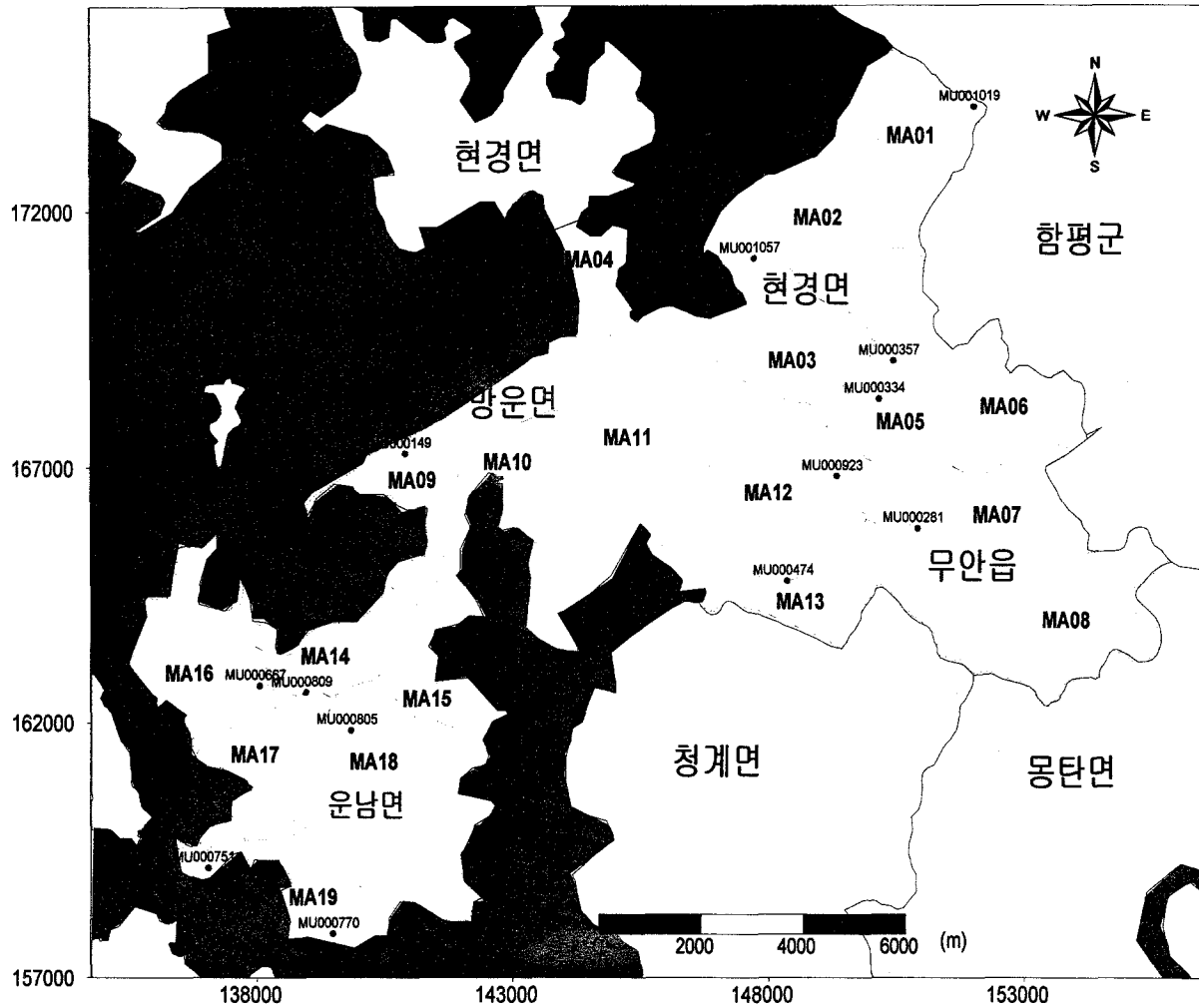
$$K = \frac{r^2 \ln(L/R)}{2L T_0} \quad \text{식(4-1-11)}$$

#### 4) 순간수위변화시험 결과

조사지역 관정 주변의 투수성을 파악하기 위하여 현재 사용되지 않는 암반 관정과 충적 대형관정들을 선택하여 총33회(순간수위변화시험 13회, 양수시험 20회)의 대수성시험을 실시하였다<표 4-1-11, 그림 4-1-28>.

순간수위변화시험에 이용된 입력자료와 수위변화 결과는 부록-11에 수록하였다. 시험결과 산출된 자료는 AQTESOLV 프로그램으로 분석하였으며, Bouwer-Rice 방법과 Hvorslev 방법을 적용하였다.

분석결과 산출된 유역별, 지질별, 대수층별 수리전도도 값은 <표 4-1-12>와 <그림 4-1-29>와 같다.



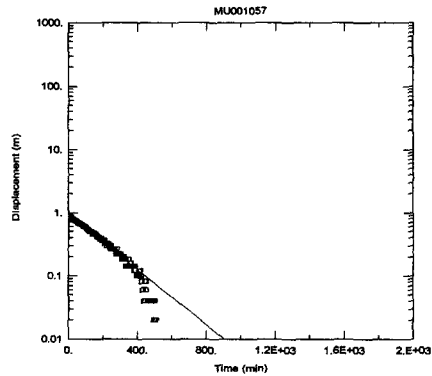
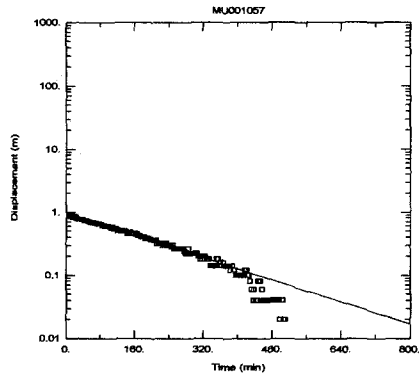
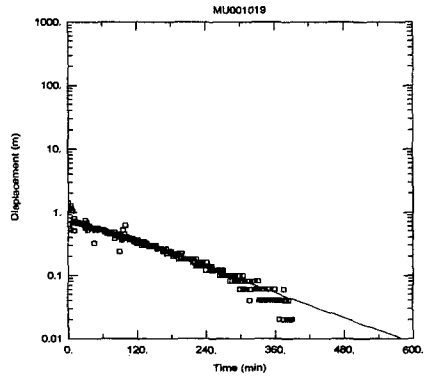
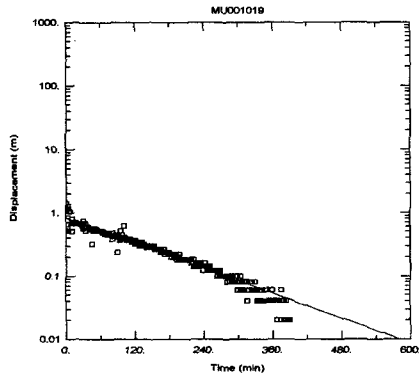
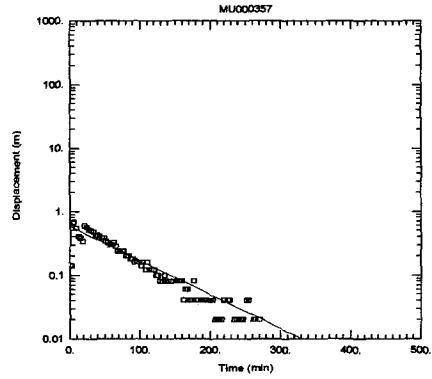
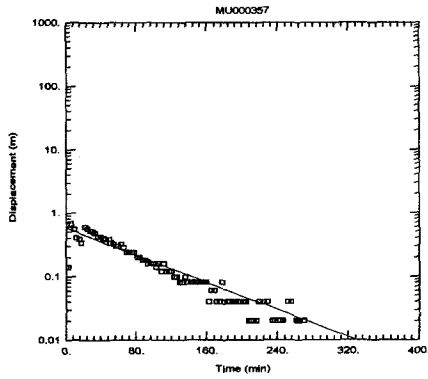
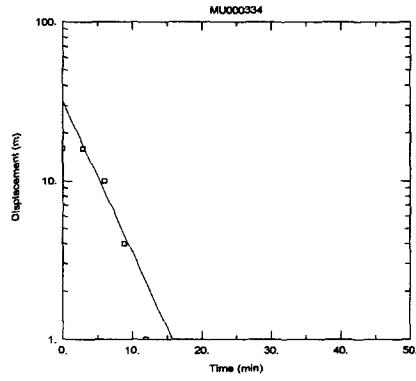
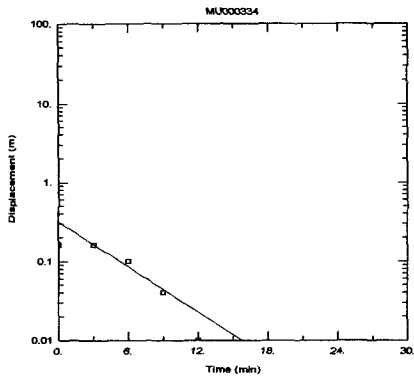
<그림 4-1-28> 순간수위변화시험 위치도

<표 4-1-11> 대수성시험 조사관정 구역별 현황

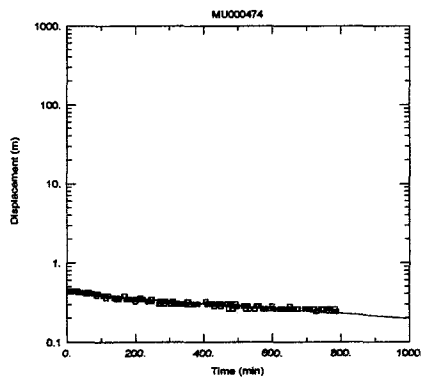
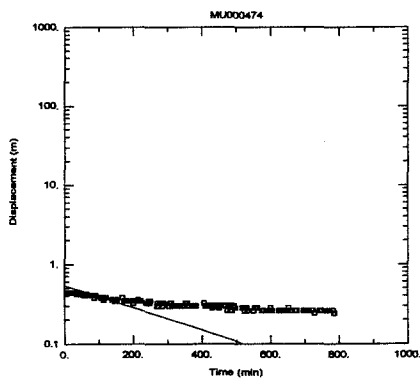
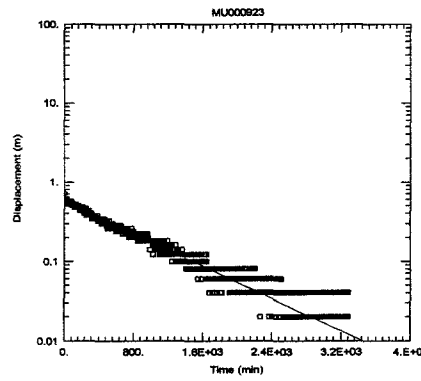
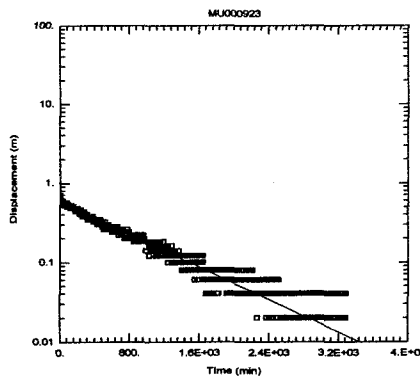
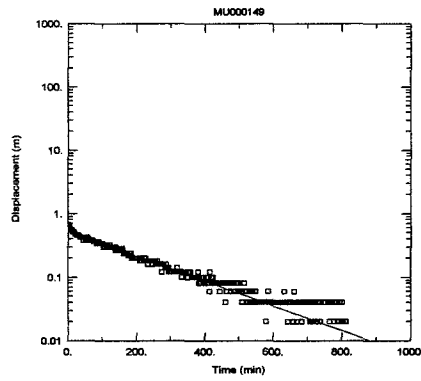
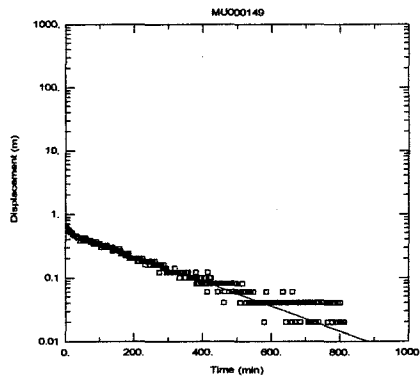
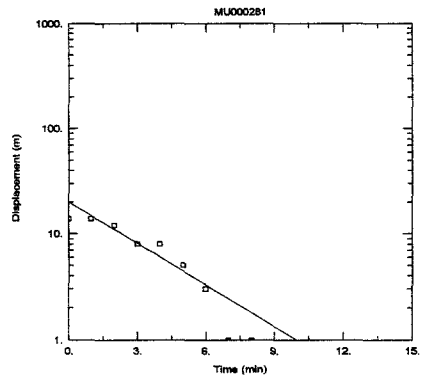
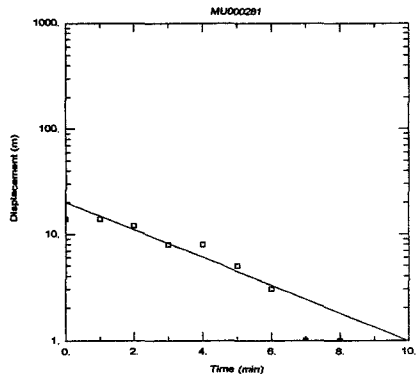
소유역	순간수위변화시험			양수시험		
	계	충적	암반	계	충적	암반
계	13	2	11	20	3	17
MA01	1	-	1	1	-	1
MA02	-	-	-	2	-	2
MA03	1	-	1	3	1	2
MA04	-	-	-	-	-	-
MA05	-	-	-	2	1	1
MA06	-	-	-	2	-	2
MA07	3	2	1	2	-	2
MA08	-	-	-	-	-	-
MA09	1	-	1	1	-	1
MA10	-	-	-	-	-	-
MA11	-	-	-	1	1	-
MA12	1	-	1	2	-	2
MA13	1	-	1	-	-	-
MA14	-	-	-	-	-	-
MA15	-	-	-	1	-	1
MA16	1	-	1	-	-	-
MA17	1	-	1	1	-	1
MA18	1	-	1	1	-	1
MA19	2	-	2	1	-	1

<표 4-1-12> 순간수위변화시험 결과

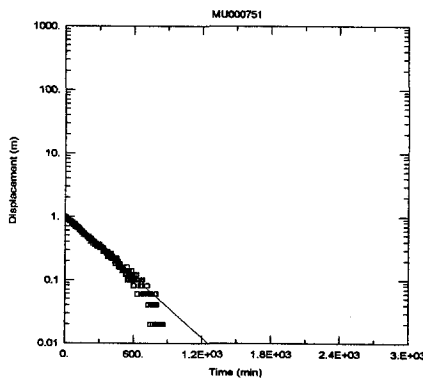
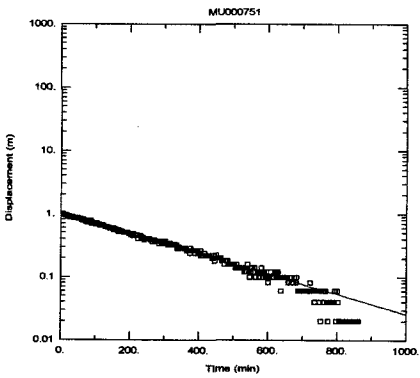
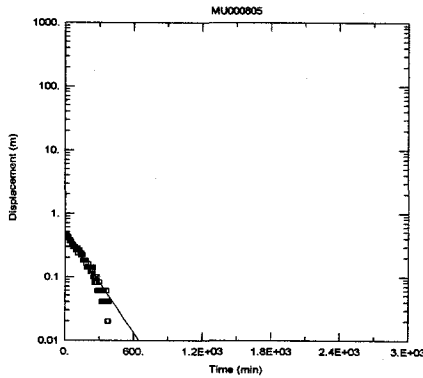
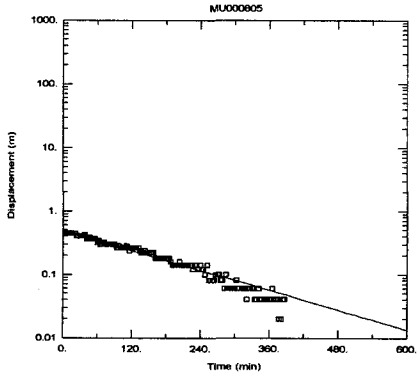
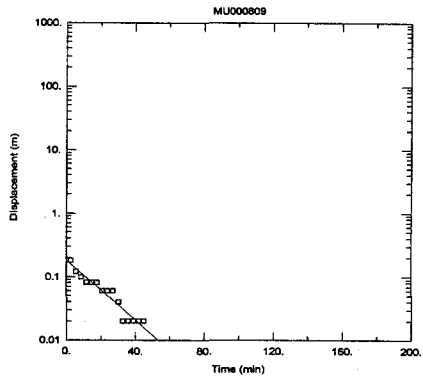
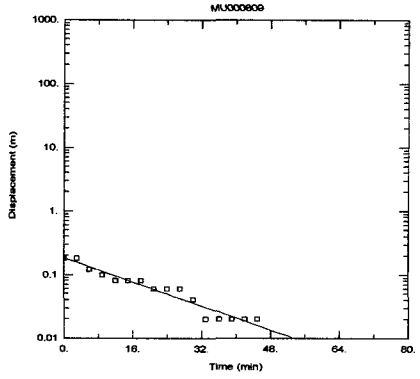
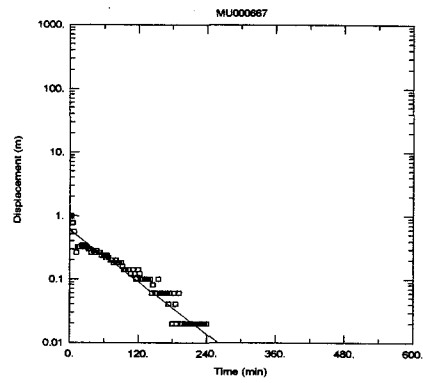
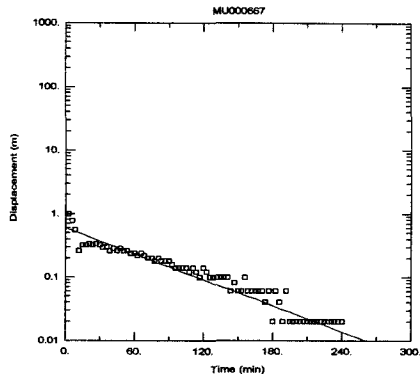
대수층	소유역	관정공번	심도(m)	음·면	동리	K(cm/sec)	method
충적층	MA07	MU000334	12	무안읍	매곡리	3.27E-04 9.09E-05	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA07	MU000357	40	무안읍	매곡리	5.10E-06 5.10E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
암반층	MA01	MU001019	80	현경면	해운리	2.67E-06 3.16E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA03	MU001057	80	현경면	현화리	2.08E-06 2.08E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA07	MU000281	30	무안읍	교촌리	2.82E-04 1.25E-04	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA09	MU000149	80	망운면	송현리	3.18E-06 1.86E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA12	MU000923	120	현경면	양학리	8.29E-07 4.86E-07	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA13	MU000474	30	무안읍	신학리	1.73E-07 3.06E-07	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA16	MU000667	80	운남면	내리	6.52E-06 6.52E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA17	MU000809	100	운남면	연리	2.27E-05 2.27E-05	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA18	MU000805	80	운남면	연리	6.39E-06 2.48E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA19	MU000751	80	운남면	성내리	1.52E-06 1.52E-06	Bouwer-Rice Hvorslev
	MA19	MU000770	80	운남면	성내리	1.78E-06 1.78E-06	Bouwer-Rice Hvorslev



<그림 4-1-29> 순간수위변화시험 자료해석

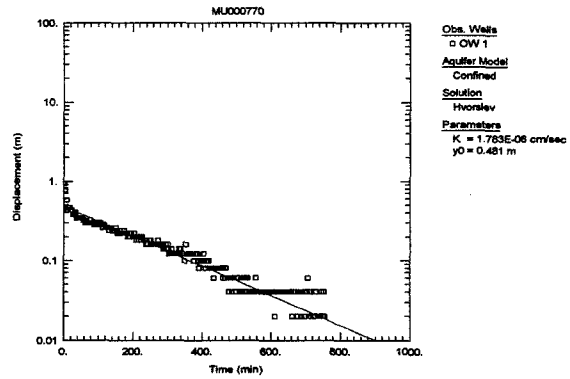
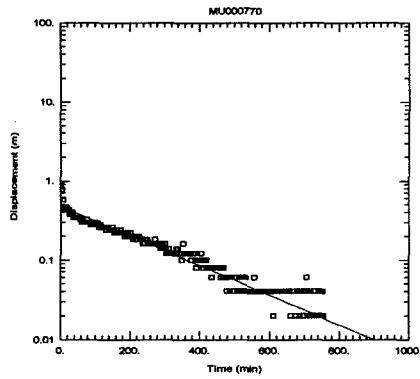


<그림 4-1-29> 순간수위변화시험 자료해석(계속)



<그림 4-1-29> 순간수위변화시험 자료해석(계속)





<그림 4-1-29> 순간수위변화시험 자료해석(계속)

### 다. 양수시험

양수시험은 가장 널리 적용되고 있는 현장투수시험 방법이다. 그 중에서도 일정양수량(Constant Pumping Rate)에 의한 양수시험이 가장 일반적이며, 자료의 분석방법도 간단하다. 양수량을 양수시험 전 기간 동안 일정하게 유지시키는 것이 정확한 양수시험 자료를 획득하는데 가장 중요한 요인으로 작용한다.

양수량의 결정은 투수성에 의해 결정되어야 하며, 만약 시험에 소요되는 시간을 단축시켜 정류상태의 양수시험 자료를 획득할 경우에는 높은 양수량으로 시험을 수행하여야 보다 빠른 시간 내에 정류상태에 도달할 수 있다.

양수시험은 양수정과 관측정을 모두 이용하여 수행할 경우에 정밀한 결과를 얻어낼 수 있으며, 1개의 양수정과 3개 이상의 관측정을 이용하여 수위강하를 관측할 수 있다면 이를 통해 투수량계수, 저류계수 이외에도 대수층 수리전도도의 이방성을 규명할 수 있다.

일정 양수량 양수시험의 수행 공정은 아래와 같다.

- ① 시험 대상 양수정과 관측정이 설치된 대수층의 포화두께, 자연 수위, 스크린 길이, 관정 내경 기록
- ② 양수기, 자동수위기록기 등의 장비 설치
- ③ 양수 시작 후 양수율 및 시간에 따른 수위강하 관측
- ④ 시험자료 해석
- ⑤ 수리상수 취득

양수시험을 통하여 산출된 시간-수위강하 자료는 Theis 방법 또는 Cooper-Jacob 직선법을 이용하여 해석할 수 있다.

## 1) Theis 방법

Theis는 양수에 의한 피압대수층에서의 부정류 흐름을 가정하여 식(4-1-12)와 식(4-1-13)을 구하고 이에 근거하여 양수시험 자료해석에 이용되는 표준곡선을 제시하였다.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad \text{식(4-1-12)}$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad \text{식(4-1-13)}$$

Theis 방법은 국내에서 양수시험 자료 해석에 널리 이용되고 있으나, 그 개념적·이론적 기초가 완전 관통관정이 설치된 다공질 피압대수층에 한정되므로 파쇄 암반대수층이 발달한 우리나라의 수리지질 조건에 적용하기에는 다소 제한성을 갖는다.

각각의 변수들이 나타내는 의미는 다음과 같다.

$s$  : 수위강하                       $Q$  : 양수율                       $T$  : 투수량계수  
 $S$  : 저류계수                       $t$  : 시간                       $W(u)$  : 관정함수(Well Function)  
 $r$  : 양수정에서 관측정까지의 거리

Theis 방법을 이용하여 투수량계수와 저류계수를 계산하는 과정은 다음과 같다.

- ① 대수용지에 수위강하대 시간의 자료를 도시한다.
- ② 표준곡선과 실측자료곡선을 중첩시킨다.
- ③ 중첩시킨 그래프에서 한 점을 택하여  $1/u$ ,  $W(u)$ ,  $s$ ,  $t/r^2$ 를 읽는다.
- ④ 식(4-1-12)와 식(4-1-13)을 이용하여 투수량계수, 저류계수를 계산한다.

## 2) Cooper-Jacob 직선법

Cooper-Jacob 직선법은 기본적으로 Theis 방법과 동일한 이론적 기초에서 출발하나 양수 시작 후 충분한 시간이 경과했을 때 위의 식(4-1-12)가 아래의 식(4-1-14)와 식(4-1-15)로 근사된다.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left( -0.5772 - \ln \frac{r^2 S}{4Tt} \right) \quad \text{식(4-1-14)}$$

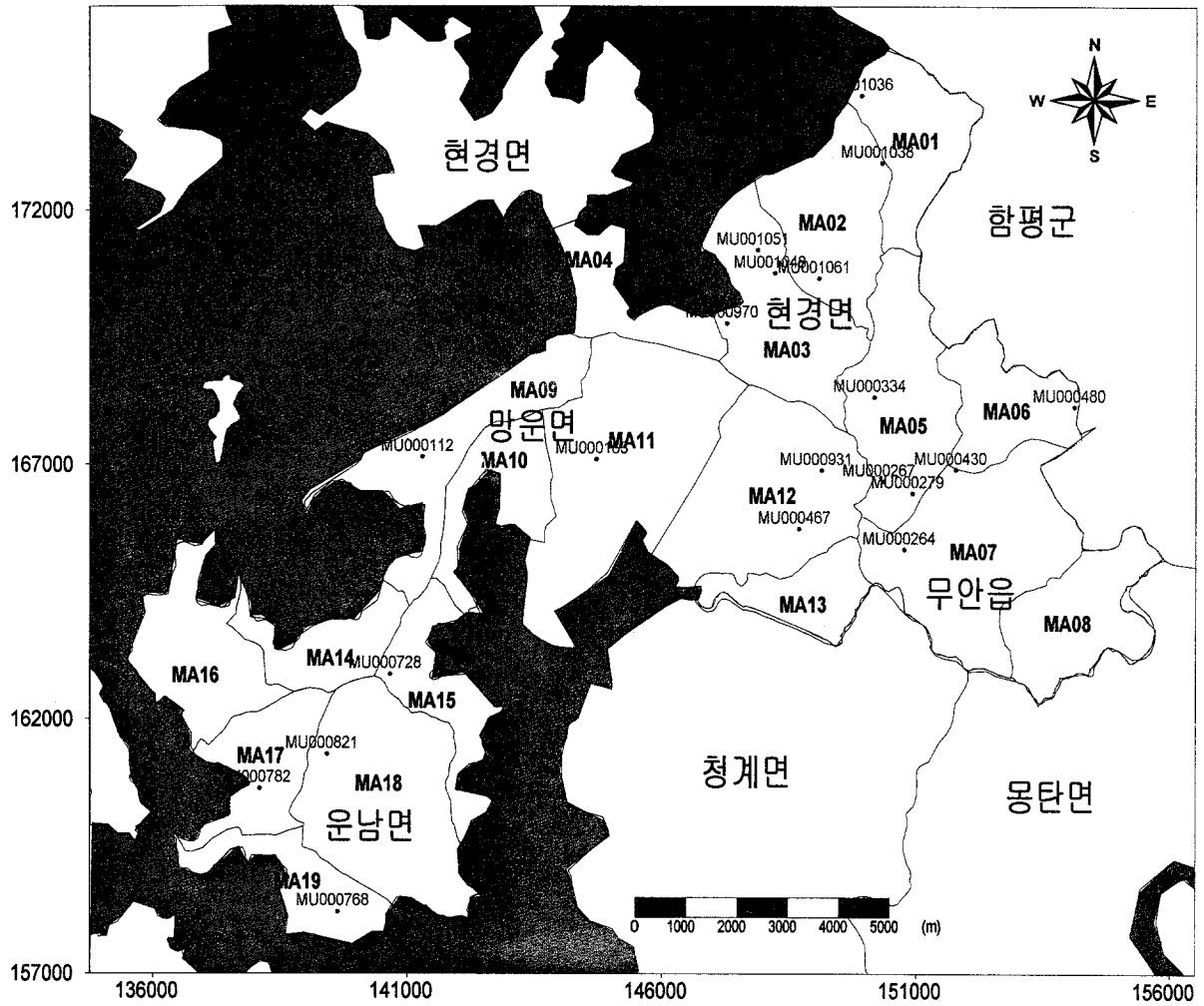
$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S} \quad \text{식(4-1-15)}$$

Cooper-Jacob 직선법을 이용하여 투수량계수와 저류계수를 계산하는 과정은 아래와 같다.

- ① 반대수용지에 수위강하(산술 눈금) 대 시간(대수 눈금)의 자료를 도시한다.
- ② 직선을 수위강하가 “0”인 지점(가로축과의 교점)까지 연장한다.
- ③ 직선의 기울기,  $t_0$  ( $s=0$  에서의  $t$ ), 식(4-1-13)을 이용하여 투수량계수, 저류계수를 계산한다.

### 3) 양수시험 결과

조사지구내 총 20개소(암반관정 17개소와 충적관정 3개소)의 관정에 대한 양수자료를 분석하였다<표 4-1-11, 그림 4-1-30>. 양수시험자료는 AQTESOLV 프로그램을 사용하여 분석하였으며, Theis법 또는 Cooper-Jacob 직선법을 적용하였다. 분석결과는 <표 4-1-13> 및 <그림 4-1-31>과 같고 입력된 값들은 부록-12에 수록하였다.

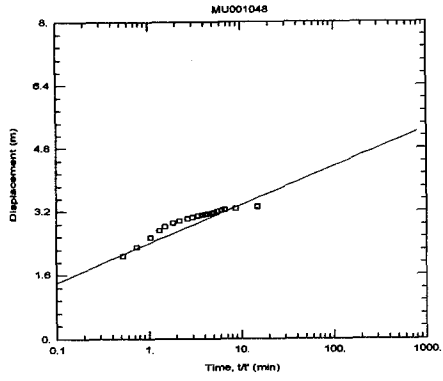


<그림 4-1-30> 양수시험 위치도

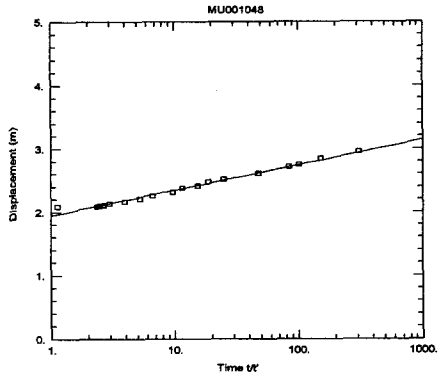
<표 4-1-13> 양수시험 결과

대수층	소유역	관정 공번	지질	읍·면	동·리	케이싱 직경 (mm)	관정 심도 (m)	자연 수위 (m)	K (m/sec)	T (m/월)	S	model	method
충적	MA03	MU001048	Qa	현경면	현화리	150	13	3.92	5.05E-05 1.24E-04	39.65 97.42	0.03964	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA05	MU000334	Qa	무안읍	매곡리	300	12	1.39	7.10E-07 5.94E-07	7.281 6.088	0.1	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA11	MU000163	Qa	망운면	피서리	50	35	6.50	2.06E-06 7.52E-07	5.069 1.851	0.2387	confined confined	Cooper-Jacob Theis
암반	MA01	MU001036	Ggn	현경면	해운리	150	80	13.3	1.10E-06 1.07E-06	6.367 6.167	0.5156	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA02	MU001038	Ggn	현경면	해운리	150	100	3.90	8.09E-07 4.86E-07	6.72 4.038	0.03669	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA02	MU001061	Pgn	현경면	현화리	100	80	2.95	2.03E-07 1.01E-07	1.353 0.6709	0.1967	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA03	MU000970	Ggn	현경면	외반리	150	100	1.25	2.66E-06 2.89E-06	22.72 24.67	0.7218	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA03	MU001051	Ggn	현경면	현화리	200	100	7.97	1.14E-06 1.39E-06	9.066 11.05	0.1649	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA05	MU000267	Pgn	무안읍	교촌리	150	100	2.30	5.47E-07 6.36E-07	4.617 5.369	0.8194	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA06	MU000480	Ms	무안읍	용월리	200	90	9.82	1.36E-06 9.79E-07	9.439 6.785	0.3636	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA06	MU000430	Ms	무안읍	성내리	250	170	3.90	2.00E-06 1.26E-06	28.72 18.02	0.2361	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA07	MU000264	Ms	무안읍	교촌리	300	120	5.42	3.14E-05 2.18E-05	310.7 215.8	0.000931	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA07	MU000279	Ms	무안읍	교촌리	150	29	22.30	4.05E-05 2.42E-05	23.46 14.02	0.6329	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA09	MU000112	Ggn	망운면	송현리	150	100	5.00	9.94E-06 4.99E-06	81.62 40.92	0.01164	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA12	MU000467	Pgn	무안읍	신학리	150	60	4.18	3.34E-07 4.55E-08	1.611 0.2196	0.1353	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA12	MU000931	Ggn	현경면	양학리	150	75	1.3	4.71E-07 1.98E-07	2.999 1.261	0.1818	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA15	MU000728	Ggn	운남면	동암리	150	30	10.93	8.92E-07 6.05E-07	1.47 0.9976	0.0281	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA17	MU000782	Ggn	운남면	성내리	150	100	9.54	1.15E-05 5.59E-06	89.75 43.68	0.7014	confined confined	Cooper-Jacob Theis
	MA18	MU000821	Ggn	운남면	연리	150	100	7.88	2.95E-06 2.99E-07	23.49 2.38	7.59E-05	confined confined	Cooper-Jacob Theis
MA19	MU000768	Ggn	운남면	성내리	150	100	4.00	8.20E-07 1.31E-07	6.801 1.089	0.000108	confined confined	Cooper-Jacob Theis	

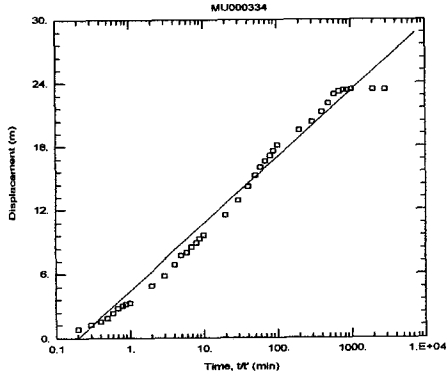
\* 지질 : Qa-충적층, Ms-운모편암, Pgn-반상변정질편마암, Ggn-화강암질편마암



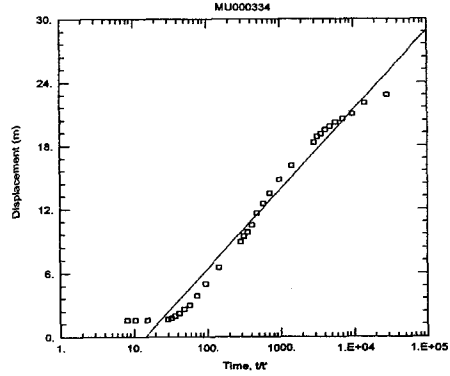
Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Cooper-Jacob  
 Parameters  
 $T = 39.65 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S = 0.03964$



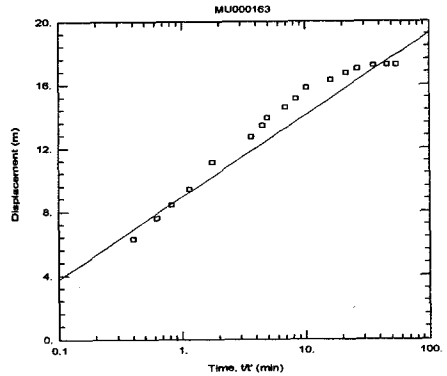
Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Theis (Recovery)  
 Parameters  
 $T = 97.42 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S^* = 1.321E-05$



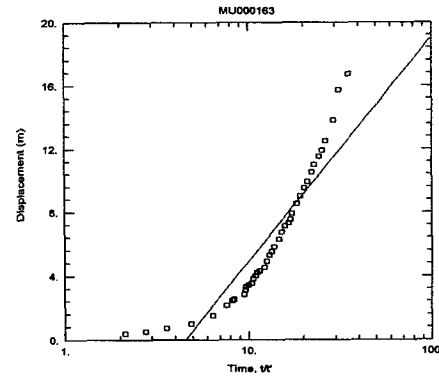
Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Cooper-Jacob  
 Parameters  
 $T = 7.281 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S = 0.1$



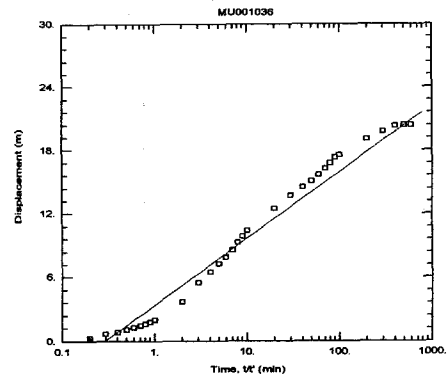
Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Theis (Recovery)  
 Parameters  
 $T = 8.088 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S^* = 14.43$



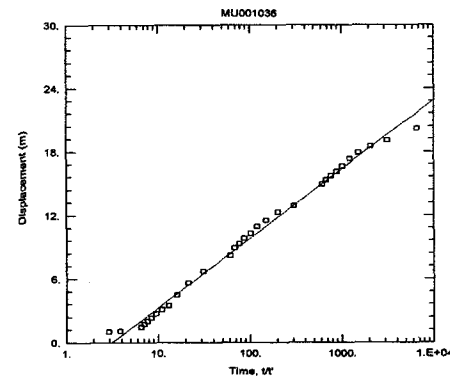
Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Cooper-Jacob  
 Parameters  
 $T = 5.069 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S = 0.2387$



Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Theis (Recovery)  
 Parameters  
 $T = 1.851 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S^* = 4.542$

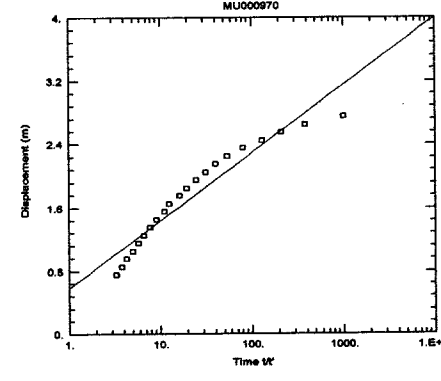
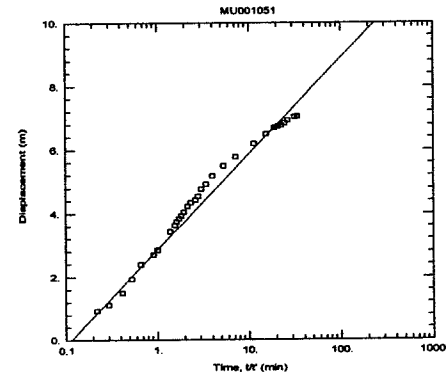
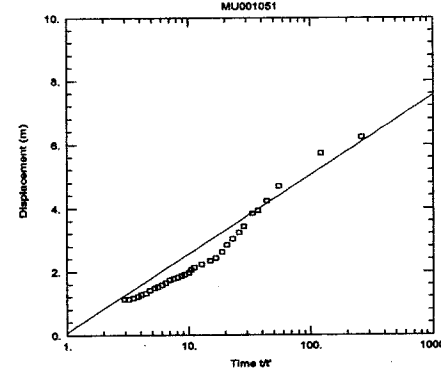
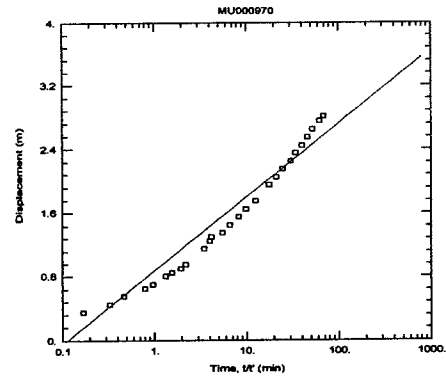
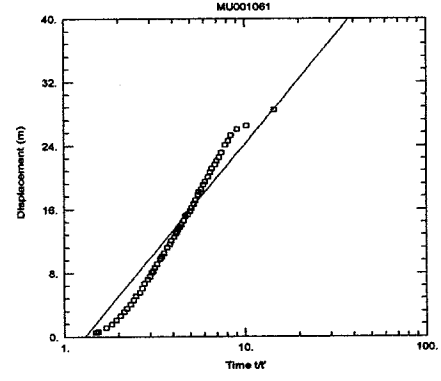
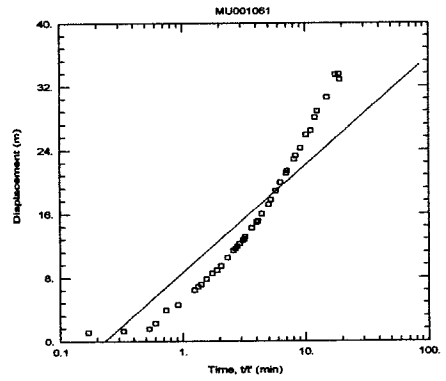
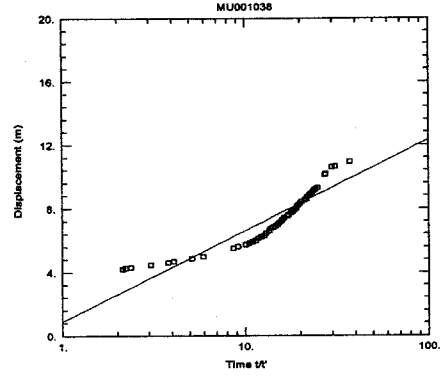
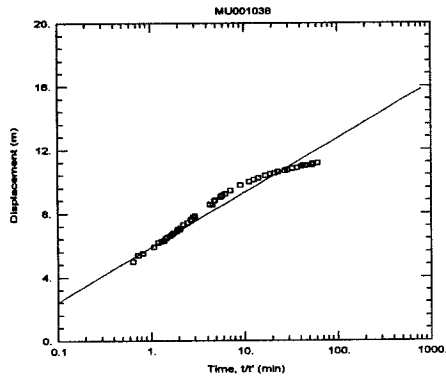


Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Cooper-Jacob  
 Parameters  
 $T = 6.367 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S = 0.5156$

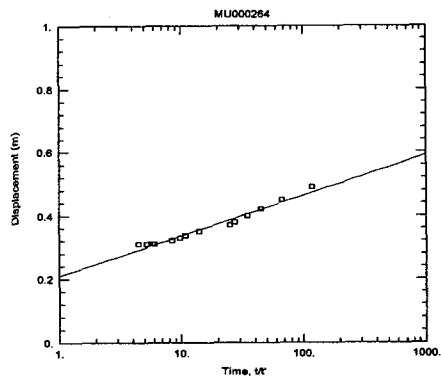
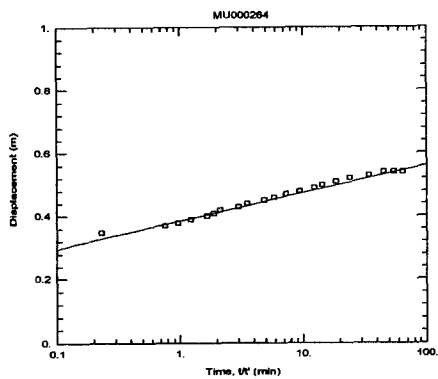
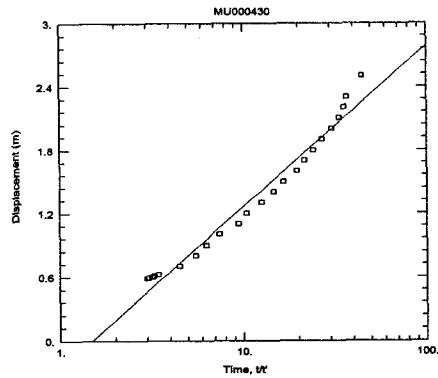
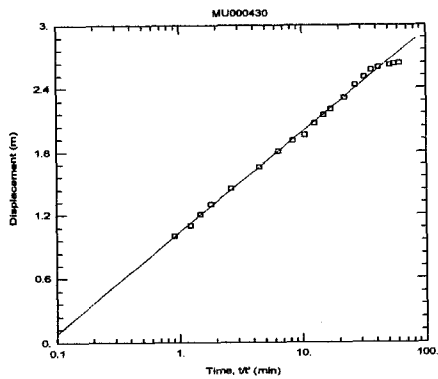
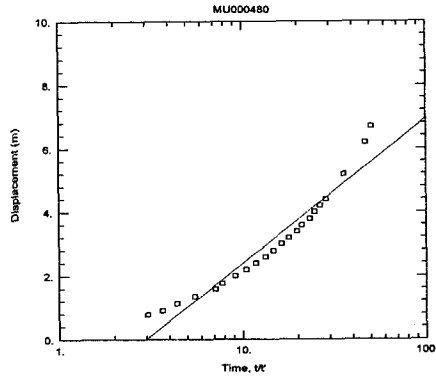
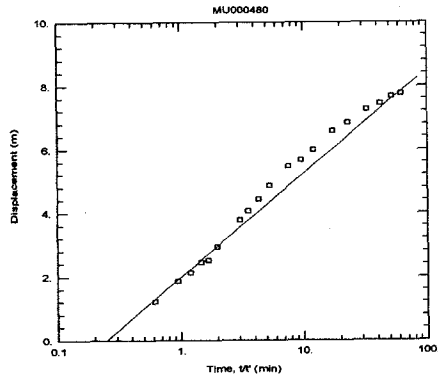
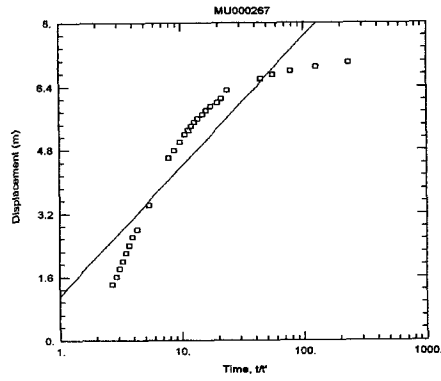
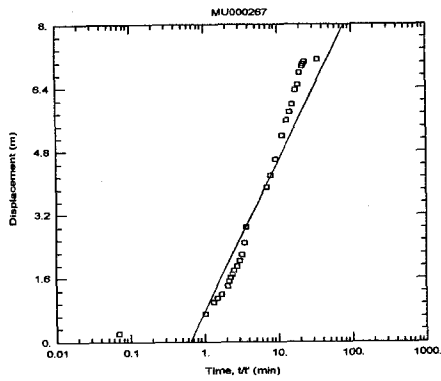


Obs. Wells  
 □ OW 1  
 Aquifer Model  
 Confined  
 Solution  
 Theis (Recovery)  
 Parameters  
 $T = 6.169 \text{ m}^2/\text{day}$   
 $S^* = 3.092$

<그림 4-1-31> 양수시험 해석자료

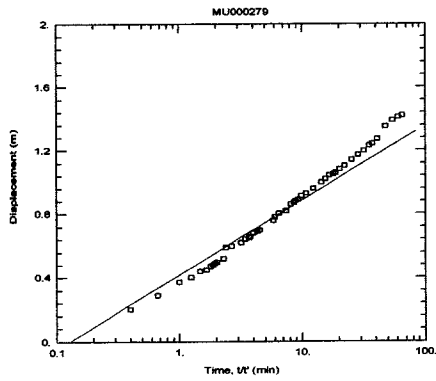


<그림 4-1-31> 양수시험 해석자료(계속)

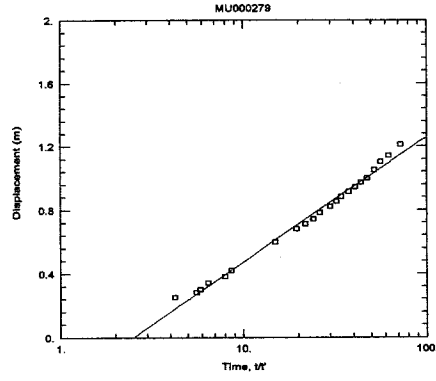


<그림 4-1-31> 양수시험 해석자료(계속)

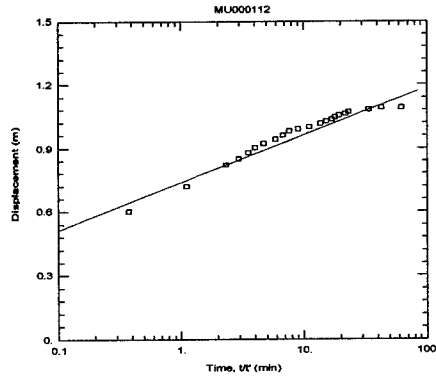




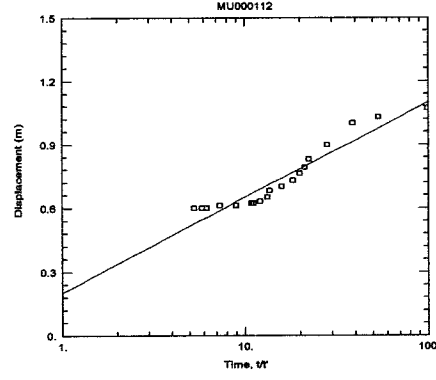
Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Cooper-Jacob  
Parameters  
T = 23.46 m<sup>2</sup>/day  
S = 0.8329



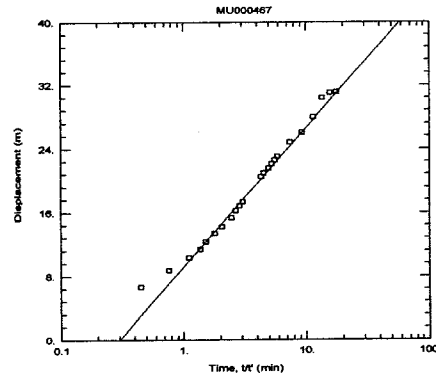
Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Theis (Recovery)  
Parameters  
T = 14.02 m<sup>2</sup>/day  
S' = 2.489



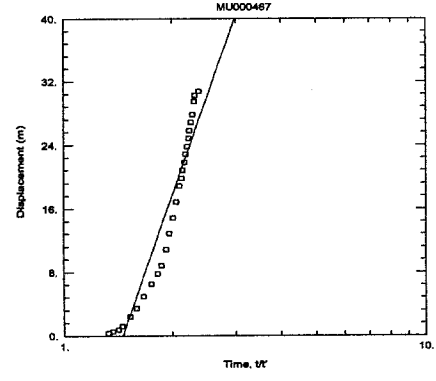
Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Cooper-Jacob  
Parameters  
T = 81.61 m<sup>2</sup>/day  
S = 0.01164



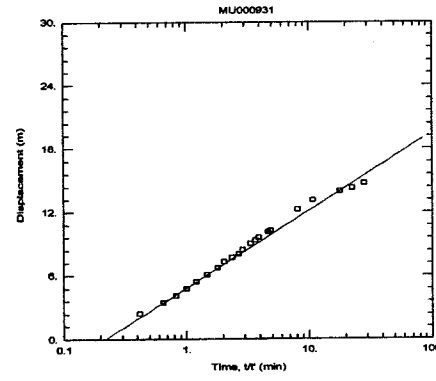
Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Theis (Recovery)  
Parameters  
T = 40.92 m<sup>2</sup>/day  
S' = 0.3533



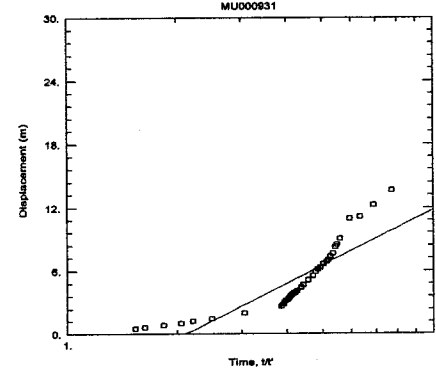
Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Cooper-Jacob  
Parameters  
T = 1.611 m<sup>2</sup>/day  
S = 0.1353



Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Theis (Recovery)  
Parameters  
T = 0.2196 m<sup>2</sup>/day  
S' = 1.456

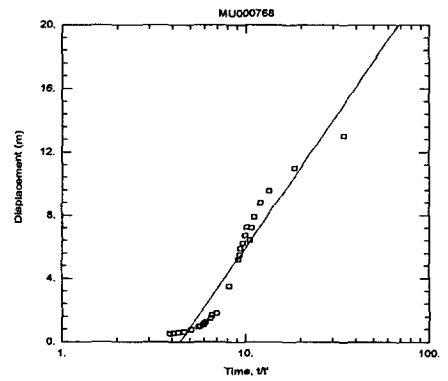
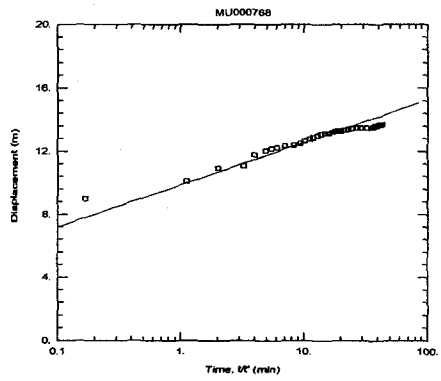
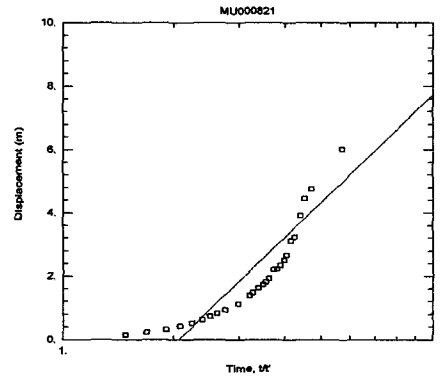
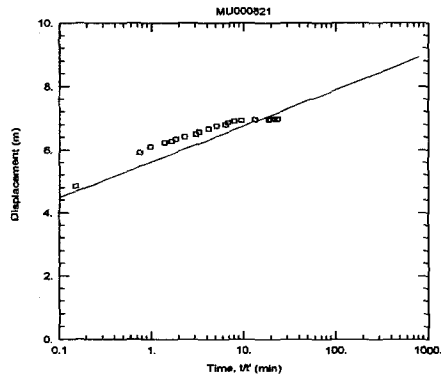
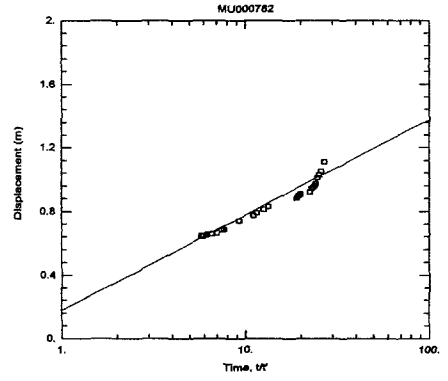
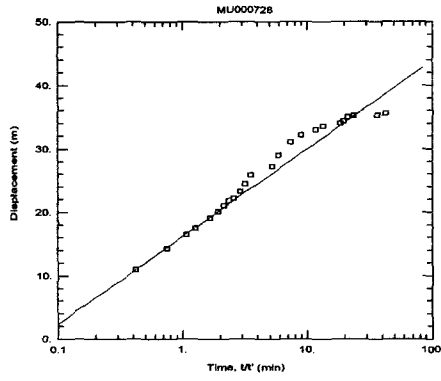
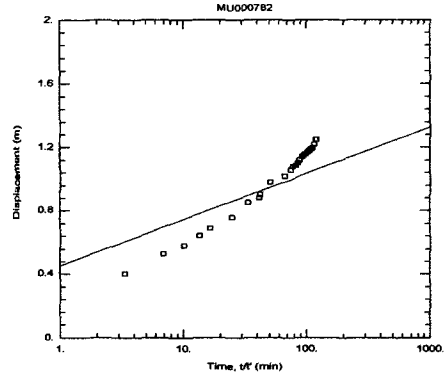
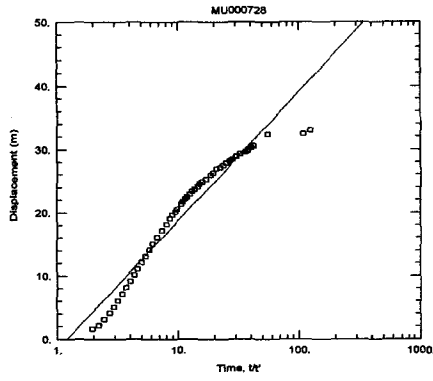


Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Cooper-Jacob  
Parameters  
T = 2.999 m<sup>2</sup>/day  
S = 0.1816



Obs. Wells  
□ OW 1  
Aquifer Model  
Confined  
Solution  
Theis (Recovery)  
Parameters  
T = 1.261 m<sup>2</sup>/day  
S' = 2.112

<그림 4-1-31> 양수시험 해석자료(계속)



<그림 4-1-31> 양수시험 해석자료(계속)

## 4.2 수문조사

### 4.2.1 개요

수문조사는 조사지역의 기상 및 수문자료를 수집·분석하여 지표수와 지하수의 관계를 규명함으로써 지하수의 부존량 산정에 기초자료를 제공한다. 그러므로 지하수 함양량을 추정하기 위해서는 수문조사에 의한 장기간의 기상자료를 이용하여 유출과 손실분석, 그리고 침투량분석을 실시함으로써 지하수 함양량을 합리적으로 산정할 수 있다. 그러나 지표유출에 대한 정확한 관측과 증발산량 및 함양량 조사는 현재까지의 기술력과 조사장비로는 정확한 측정이 어려우므로 해당 지역에 적합한 조사방법들을 적용하여 이를 유추하여야 한다.

### 4.2.2 유역조사

일반적으로 유역(Basin, Watershed, Drainage Basin, Catchment)이란 수자원 관리의 기초단위로서 수문분석시 기본단위 역할을 한다. 또한 유역은 계류나 하천의 임의 단면을 통과하는 유량에 직접적인 영향을 미치는 지역 경계를 의미하므로 본 조사에서는 무망용수구역의 지형과 수계자료, 그리고 유역내 토지이용현황 등을 이용하였다.

유역의 유출에 영향을 미치는 하천의 특성인자는 유로연장, 하폭, 유량, 하상경사, 하천밀도 등이 있으며, 유역의 특성인자는 유역면적, 유역의 평균경사, 유역의 형상, 유역표고, 유역토양, 토지이용 등이 있다. 이들 중 지하수 부존량 산정에 영향을 미치는 중요한 인자는 유역면적과 유역내 토양 및 토지이용이다.

본 조사지구는 지형적인 특성(해양성·반도형 지형)을 감안하여 세밀하게 소유역을 구분하였으며, 지형도(1:5,000, 1:25,000, 1:50,000)를 이용, 하천과 산 정상부의 능선을 경계로 지표수 및 지하수의 유동방향을 고려하여 조사지구를 19개 소유역으로 설정하였다. 또한 조사지구의 소유역에 포함되는 하천의 폭, 길이, 하천과 관련된 유역 면적 등은 수치지도와 하천 자료를 이용하여 수문분석 기초자료로 활용하였다.

### 4.2.3 기상자료 수집 · 분석

#### 가. 기상관측소 현황

기상자료는 4.2.4절에서 언급될 유역별 강수량 산정, 유출량, 잠재증발산량, 함양량 등의 물수지 분석을 위한 기초자료로써 지역적인 지하수부존량, 함양량, 이용량, 개발가능량 산출하는데 필수자료로 매우 유용하게 사용된다.

조사지역에 인접한 무안기상관측소는 2000년 7월 이후 기상관측이 중단되어 목포 기상관측소의 기상자료를 주로 활용하였으며, 또한 수문분석시 기초자료로 이용하였다.

Thiessen법에 의한 추정강수량은 6개 관측소(광주, 무안, 흑산도, 목포, 부안, 임실) 자료를 이용하여 산출하였다. 본 지구의 수문자료 수집 · 분석에 활용한 기상관측소 현황은 <표 4-2-1>과 같다.

<표 4-2-1> 기상관측소 현황

관측소	위치		
	지명	북위	동경
광주	광주광역시 북구 운암동 산1	35° 10' 22.2"	126° 53' 29.6"
무안	전남 무안군 해제면 광산리	35° 05' 37.8"	126° 17' 06.4"
흑산도	전남 신안군 흑산면 예리 산 72-2	34° 41' 13.8"	125° 27' 03.7"
목포	전남 목포시 연산동 726-3	34° 49' 00.7"	126° 22' 52.3"
부안	전북 부안군 행안면 역리 315-1	35° 43' 46.3"	126° 42' 59.5"
임실	전북 임실군 임실읍 이도리 265-3	35° 36' 44.1"	127° 17' 07.9"

#### 나. 강수량 산정

일반적으로 기상관측소에서 얻어지는 강수량 자료는 점우량을 나타내므로, 조사지구 인근의 여러 기상관측소에서 당해연도 혹은 다년간에 수집된 평균강수량 자료를 이용하여 해당지역의 면적을 대표할 수 있는 평균면적을 적용, 이를 계산하여야 한다. 특정지역의 강수량 산정은 여러 가지 방법들이 제시되었으나, 보편적으로 산술평균법, Thiessen법, 등우선법 및 삼각형(TIN)법 등이 사용되고 있다.

조사지구내 소유역별 추정강수량 산정은 Thiessen법을 적용하였으며, 이 방법은 일종의 가중 평균(weighted average)방법으로서, 각 관측소가 대표하는 영향면

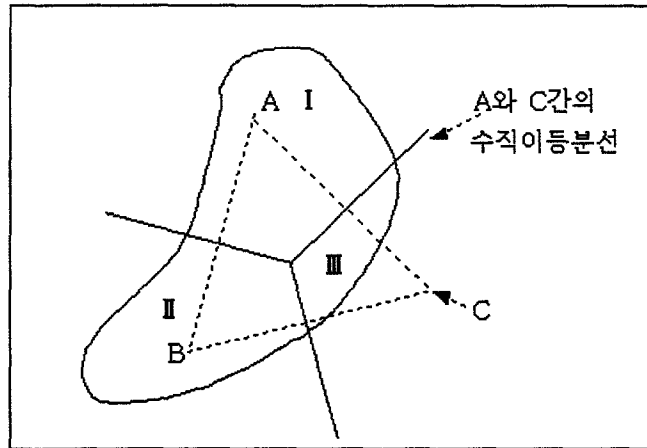
적을 유역 전체면적으로 나눈 값을 가중치로 하여 각 관측소에서 측정한 강수량을 곱하고, 이를 평균한 강수량이다<식(4-2-1)>. 즉, 각 관측소의 대표면적은 <그림 4-2-1>과 같이 각 관측소를 연결하여 삼각형을 만든 다음 각각의 연결선을 수직 이등분하여 그 연장선이 서로 만나도록 하며 새로운 다각형이 생성되는데 이 다각형의 면적을 뜻한다.

$$P = \omega_1 P_1 + \omega_2 P_2 + \dots + \omega_n P_n \quad \text{식(4-2-1)}$$

여기서  $\omega$ 는 가중값으로써 다음과 같다.

$$\omega_1 = A_1/A, \omega_2 = A_2/A, \omega_n = \dots = A_n/A$$

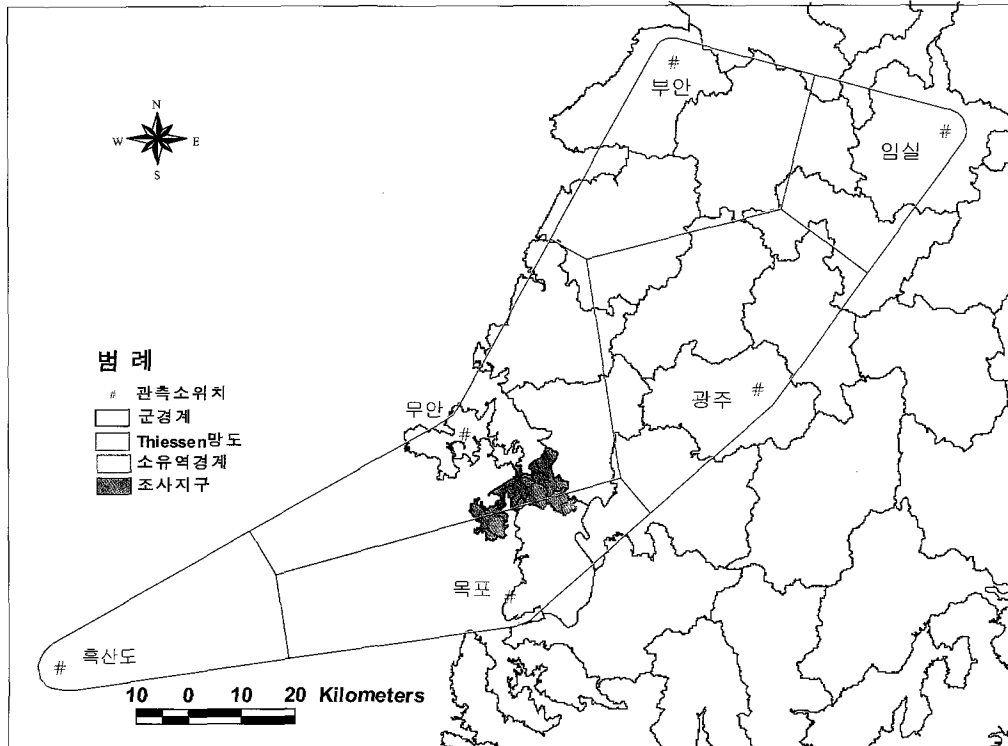
또한  $A_1, A_2, \dots, A_n$ 은 각 관측소가 대표할 수 있는 면적이며,  $A = \sum_{i=1}^n A_i$ 이다.



<그림 4-2-1> Thiessen법에 의한 면적평균 산정 모식도

조사지구에 대한 Thiessen망도는 <그림 4-2-2>와 같으며, 기상관측소별 강수량은 <표 4-2-2>의 월 평균값을 적용하였다.

월별 평균강수량의 분포는 6월~9월 사이에 연간 강수량의 64.3%가 집중되어 전형적인 온대기후의 강우 양상을 나타내며, 월별 강수량은 8월이 247.3mm로 가장 높고, 12월이 30.0mm로 가장 낮게 나타났다.



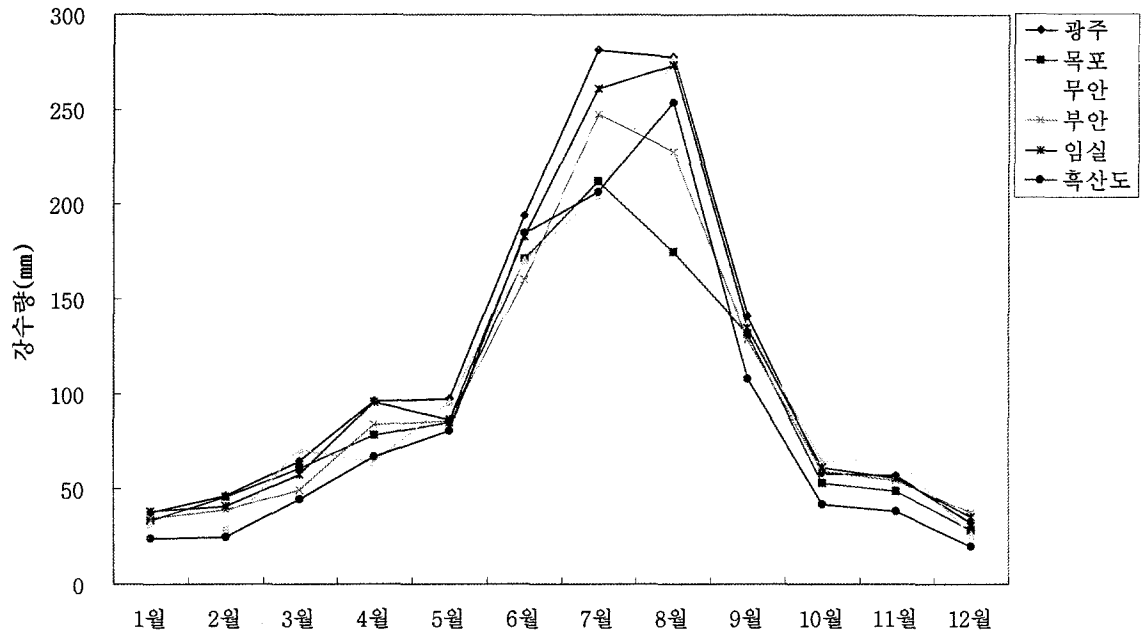
<그림 4-2-2> 조사지역 Thiessen망도

Thiessen법을 이용한 조사지구내 소유역별 추정강수량 산정결과는 <표 4-2-3>과 같으며 인근에 가까운 기상관측소가 없어서 소유역별 강수량이 두 영역으로 구분되는데 유역별 강수량의 차이가 없는 것이 안타깝다. 결과를 보면 지구동쪽 유역이 1,235.28mm이고, 지구서쪽 유역이 1,123.08mm로 나타났다.

<표 4-2-2> 기상관측소 월평균 강수량

(단위 : mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
광주	37.9	46.3	64.4	95.9	97.1	194.1	281.2	277.8	140.9	58.3	57.2	32.5	1,383.7
목포	33.8	45.6	60.5	78.3	84.9	171.2	211.9	174.7	131.7	53.1	49.1	28.2	1,123.1
무안	31.8	29.1	70.8	64.0	95.3	170.4	204.3	277.1	135.6	64.8	66.3	25.9	1,235.3
부안	34.7	39.2	49.9	83.8	85.3	159.7	247.5	227.8	128.2	59.3	54.7	37.9	1,207.9
임실	38.2	41.0	57.4	95.3	86.0	183.0	261.2	273.2	134.8	61.5	55.5	35.6	1,322.6
흑산도	24.2	25.1	44.4	67.0	80.8	184.7	206.5	253.6	107.7	42.0	38.5	19.9	1,094.2
최소값	24.2	25.1	44.4	64.0	80.8	159.7	204.3	174.7	107.7	42.0	38.5	19.9	985.2
최대값	38.2	46.3	70.8	95.9	97.1	194.1	281.2	277.8	140.9	64.8	66.3	37.9	1,411.2
평균	33.4	37.7	57.9	80.7	88.2	177.2	235.4	247.3	129.8	56.5	53.5	30.0	1,227.8



<그림 4-2-3> 월별 강수량 분포

<표 4-2-3> Thiessen법에 의한 소유역별 추정강수량

소유역	면적(km <sup>2</sup> )	연평균 강수량(mm)	소유역	면적(km <sup>2</sup> )	연평균 강수량(mm)
MA01	5.69	1,235.28	MA11	14.07	1,235.28
MA02	6.98	1,235.28	MA12	11.10	1,235.28
MA03	7.86	1,235.28	MA13	3.45	1,123.08
MA04	4.08	1,235.28	MA14	3.78	1,235.28
MA05	8.18	1,235.28	MA15	4.43	1,179.18
MA06	4.90	1,235.28	MA16	6.44	1,235.28
MA07	11.50	1,123.08	MA17	4.61	1,123.08
MA08	2.12	1,123.08	MA18	11.41	1,123.08
MA09	6.95	1,235.28	MA19	4.02	1,123.08
MA10	4.15	1,235.28	계	125.72	1,196.90

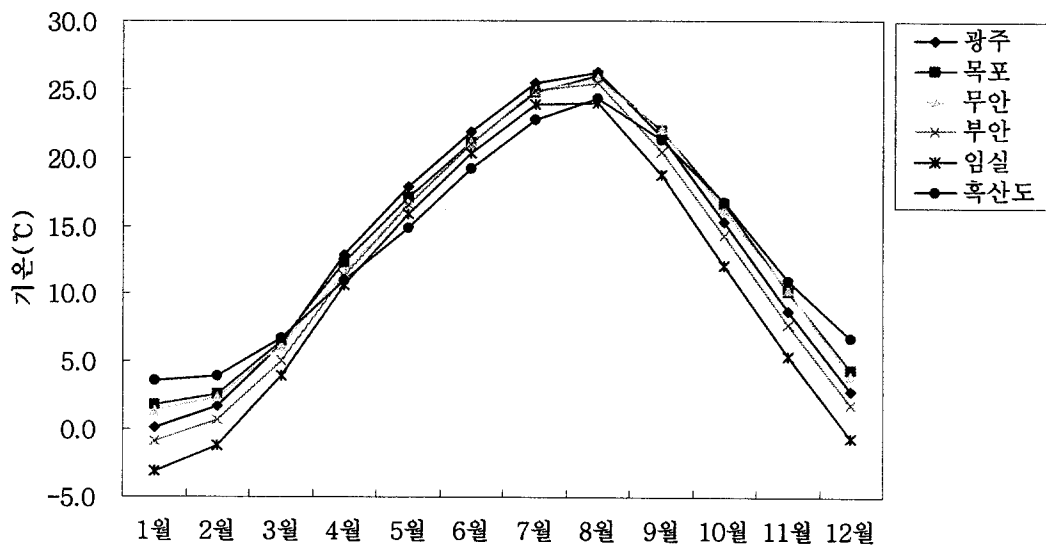
다. 기온

조사지역의 30년간 월별 평균기온은 <표 4-2-4>, <그림 4-2-4>와 같으며, 계절적인 특성으로 1월에 -3.1~3.6℃로 최저이고 8월에 24.0~26.2℃로 최고이며 연중 평균기온은 10.8~13.8℃이다.

<표 4-2-4> 기상관측소 월평균 기온

(단위 : ℃)

관측소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
광주	0.2	1.7	6.3	12.9	17.9	21.9	25.5	26.2	21.5	15.3	8.7	2.8	13.4
목포	1.8	2.6	6.5	12.3	17.1	21.1	24.8	26.0	22.0	16.6	10.2	4.4	13.8
무안	1.4	2.4	6.1	11.6	16.6	21.1	24.9	25.8	22.1	16.2	10.3	4.0	13.5
부안	-0.9	0.7	5.1	11.2	16.5	21.0	24.9	25.4	20.4	14.3	7.7	1.8	12.4
임실	-3.1	-1.2	3.9	10.6	15.8	20.3	23.9	24.0	18.7	12.0	5.3	-0.7	10.8
흑산도	3.6	3.9	6.7	10.9	14.9	19.2	22.7	24.3	21.4	16.7	10.9	6.7	13.5
최소값	-3.1	-1.2	3.9	10.6	14.9	19.2	22.7	24.0	18.7	12.0	5.3	-0.7	10.8
최대값	3.6	3.9	6.7	12.9	17.9	21.9	25.5	26.2	22.1	16.7	10.9	6.7	13.8
평균	0.5	1.7	5.8	11.6	16.5	20.8	24.5	25.3	21.0	15.2	8.9	3.2	12.9



<그림 4-2-4> 월별 평균기온



### 라. 상대습도

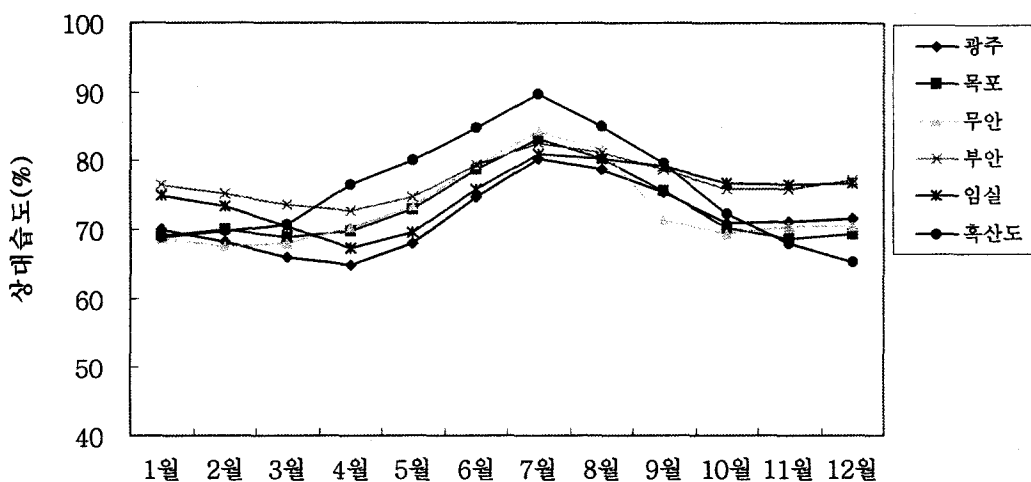
상대습도 자료를 월별 평균값으로 분석한 결과는 <표 4-2-5>, <그림 4-2-5>와 같으며, 우리나라의 우기에 해당하는 6월에서 9월에 6개소의 상대습도가 모두 높게 나타남을 알 수 있다.

기상자료에 의한 월별 평균 상대습도는 3월이 69.6%로 가장 낮았으며, 7월이 83.5%로 가장 높게 나타났다. 본 조사지구는 서해안과 인접하여 겨울철에도 상대습도가 높아 연중 상대습도의 변화폭이 작게 나타난다.

<표 4-2-5> 기상관측소 월평균 상대습도

(단위 : %)

관측소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
광주	70.0	68.3	65.9	64.9	68.0	74.8	80.3	78.7	75.4	70.9	71.2	71.5	71.7
목포	69.2	70.1	68.9	69.7	72.9	78.8	83.3	80.3	75.7	70.2	68.6	69.3	73.1
무안	68.7	67.6	67.9	70.3	73.3	79.5	84.3	81.6	71.2	69.3	70.4	70.4	72.9
부안	76.5	75.2	73.6	72.6	74.6	79.4	82.5	81.1	78.7	75.8	75.8	77.2	76.9
임실	74.9	73.2	70.4	67.2	69.6	75.8	81.0	80.4	79.1	76.8	76.4	76.8	75.1
흑산도	68.9	69.9	70.8	76.5	80.0	84.8	89.7	84.9	79.6	72.2	68.1	65.3	75.9
최소값	68.7	67.6	67.9	67.2	69.6	75.8	81.0	80.3	71.2	69.3	68.1	65.3	71.7
최대값	76.5	75.2	73.6	76.5	80.0	84.8	89.7	84.9	79.6	76.8	76.4	77.2	76.9
평균	71.4	70.7	69.6	70.2	73.1	78.9	83.5	81.2	76.6	72.6	71.7	71.7	74.3



<그림 4-2-5> 월별 평균 상대습도

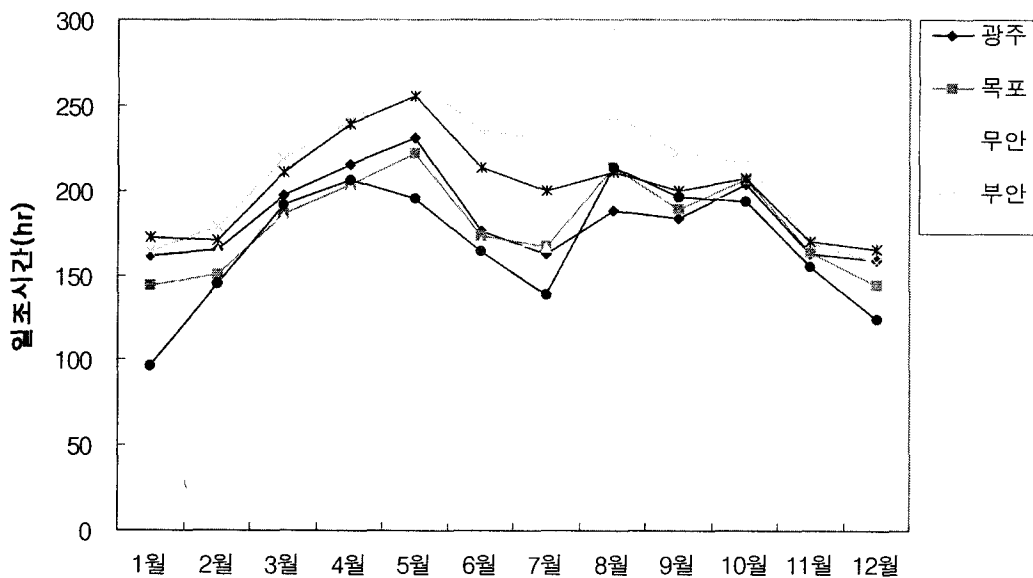
마. 일조시간

월평균 일조시간은 <표 4-2-6>, <그림 4-2-6>과 같이 연중 4~5월이 217.7~230.4시간으로 가장 길며, 1월이 평균 145.4시간으로 가장 짧게 나타나는데, 이는 여름철 강우에 의한 영향으로 인하여 상대적으로 봄에 높게 나타나는 것으로 사료된다.

<표 4-2-6> 기상관측소 월평균 일조시간

(단위 : hr)

관측소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
광주	161.1	165.2	196.9	215.5	230.4	176.2	162.6	188.0	182.9	203.6	162.7	158.6	2,203.8
목포	143.8	150.5	186.2	203.5	222.0	173.4	167.3	213.4	188.4	205.9	163.7	144.3	2,162.4
무안	134.5	164.2	184.0	201.3	210.9	169.7	166.4	194.6	195.2	195.4	153.0	133.6	2,102.9
부안	164.2	178.4	218.7	240.8	266.4	235.7	229.7	244.2	222.0	216.1	169.0	157.9	2,543.3
임실	171.9	170.2	210.8	238.7	255.5	213.4	200.1	211.0	199.4	206.8	169.9	165.1	2,412.8
흑산도	97.0	145.1	191.2	206.3	195.0	163.8	138.3	213.0	195.8	193.2	155.5	123.8	2,017.8
최소값	97.0	145.1	184.0	201.3	195.0	163.8	138.3	188.0	182.9	193.2	153.0	123.8	1,965.4
최대값	171.9	178.4	218.7	240.8	266.4	235.7	229.7	244.2	222.0	216.1	169.9	165.1	2,559.0
평균	145.4	162.3	198.0	217.7	230.0	188.7	177.4	210.7	197.3	203.5	162.3	147.2	2,240.5



<그림 4-2-6> 월별 평균 일조시간

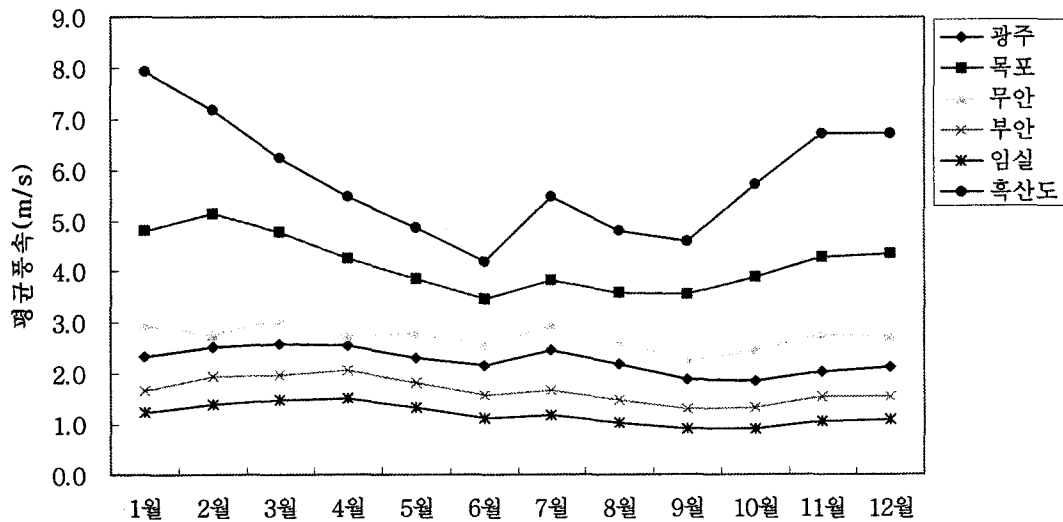
바. 풍속

월평균 풍속은 <표 4-2-7>과 같이 1, 2월에 평균 3.5m/s로 가장 높으며, 9월에 2.4m/s로 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 월평균값만을 비교한 수치로 실제 일별 풍속은 이와 다르며, 섬 지역인 흑산도가 가장 높고 해안에서 내륙으로 갈수록 풍속이 감소하는 경향을 나타내고 있다<그림 4-2-7>.

<표 4-2-7> 기상관측소 월평균 풍속

(단위 : m/sec)

관측소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
광주	2.4	2.5	2.6	2.6	2.3	2.2	2.5	2.2	1.9	1.8	2.0	2.1	2.3
목포	4.8	5.1	4.8	4.3	3.9	3.5	3.8	3.6	3.5	3.9	4.3	4.3	4.1
무안	3.0	2.8	3.1	2.7	2.8	2.5	3.0	2.6	2.2	2.5	2.8	2.7	2.7
부안	1.7	1.9	2.0	2.1	1.8	1.6	1.7	1.5	1.3	1.3	1.6	1.5	1.7
임실	1.2	1.4	1.5	1.5	1.3	1.1	1.2	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1	1.2
흑산도	7.9	7.2	6.2	5.5	4.9	4.2	5.5	4.8	4.6	5.7	6.7	6.7	5.8
최소값	1.2	1.4	1.5	1.5	1.3	1.1	1.2	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1	1.2
최대값	7.9	7.2	6.2	5.5	4.9	4.2	5.5	4.8	4.6	5.7	6.7	6.7	5.8
평균	3.5	3.5	3.4	3.1	2.8	2.5	2.9	2.6	2.4	2.7	3.1	3.1	3.0



<그림 4-2-7> 월별 평균 풍속

## 4.2.4 유출량분석

### 가. 개요

유출은 크게 지표면유출, 중간유출, 그리고 기저유출의 세 종류가 있으며, 이중 지표면유출과 중간유출을 합하여 직접유출이라고 말한다. 중간유출은 지하수위 상부에서 발생하는 천부의 지표면 하부 유출이며, 중간유출에는 토양의 침투능이 양호하여야 한다는 조건이 수반된다. 또한 중간유출은 주로 토양층이 두껍고 식생 피복이 양호한 습윤기후 지역에서 발생하나, 이러한 환경에서는 포화된 토양조건이 지표면 유출을 야기시키기도 한다.

- 지표유출 : 강우가 일정시간 동안 토양의 침투능보다 클 때 발생하는 지표면상에서의 유출이며, 주로 건조지역이나 습윤 지역에서 집중 호우시에 빈번하게 나타난다.
- 중간유출 : 토양층의 비포화대(vadose zone)를 통해 하천이나 다른 수체(water body)로 흘러 나가는 물의 이동
  - ※ throughflow : 토양내 비포화대를 통하여 흐르다가 다시 토양표면 위로 유출되어 지표면의 유출경로를 따라 다른 수체로 이동하는 물의 흐름
  - ※ 기저유출 : 지하수계에서 하천과 호수 등으로 끊임없이 유입되는 물의 흐름

지표 유출량은 일명 초과강수량(Rainfall Excess)이라 하며, 총강수량 중에서 지표유출로 나타나는 강수량이다. 이러한 지표 유출은 토양의 함수량에 따라 크게 변화할 수 있다. 건조상태의 토양은 매우 큰 침투율을 갖으나 일정량의 강수로 인하여 토양이 포화된 상태에서는 강수량이 증가하여도 초과 침투량은 발생할 수 없다. 이와 같이 침투량은 토양의 초기함수 상태에 따라 직접적으로 영향을 받기 때문에 강수로 인한 유출량을 결정하는데 중요한 요인이 된다.

지표 유출량 계산방법에는  $\phi$ 지표법( $\phi$  index method), W지표법(W index method) 등이 있으나, 특정 유역에서 호우로 인하여 유출량 자료가 없을 경우에는  $\phi$  또는 W 지표를 산출할 수 없으므로 초과강수량을 산정할 수 없다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 경우에 유역의 토성과 식생 피복상태 등의 자료를 이용하여 미계측 유역에 대한 초과강수량을 산정할 수 있는 방법을 미국 토양보존국

(Soil Conservation Service)에서 제시하였으며, 이를 SCS 방법이라고 한다. 이 밖에도 유출량을 분석하는 방법에는 주로 홍수유출 분석을 하는 Tank 모형법, 장기 유출 분석을 하는 Kajiyama 유출고 공식법이 있다.

## 나. SCS 방법

### 1) 기본이론

SCS 방법은 1950년대 초반 미국 토양보전국에서 소유역에 대한 유출량 산정을 위하여 토양종류별, 토지이용상태별 유출곡선지수(Runoff Curve Number : CN)를 정하고 유역 특성에 따라 무계측으로 분석토록 개발된 것이며, 식(4-2-2)로 표현된다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}, \quad S = \frac{25400}{CN} - 254, \quad I_a = 0.2S \quad (\text{식 4-2-2})$$

Q : 유출량(mm),

P : 강수량(mm)

S : 최대 잠재 저류량(mm),

CN : curve number

I<sub>a</sub> : 초기손실량(mm)

이 방법은 다음과 같이 몇 가지 제약성을 지니고 있다.

첫째, 시간요소가 배제되어 있음(강수강도, 강수지속기간 등이 고려되지 않음)

둘째, 용설의 영향에 의한 유출과 동절기 결빙된 토양표면에서의 강수의 영향 등이 고려되지 않음

셋째, 유출량이 0.5 inch보다 작은 경우 CN값이 부정확함

넷째, CN값이 40보다 작은 경우 적용에 문제가 많음

다섯째, 유출에 기여하는 높은 지하수위나 지표하 흐름에는 적용되지 않고 오직 직접유출(direct runoff)에만 적용 가능함

### 2) 수문학적 토양군 분류(Hydrological Soil Group)

특정 유역의 총강수량 중 직접유출로 나타나는 초과강수량은 유역의 토양특성에 따라 크게 변화할 수 있다. SCS 방법은 토양의 유출특성을 결정하는 기후, 경사, 생물학적 활동, 구성물질 등과 같은 인자들의 영향을 반영한 토양종류와 토지

이용을 고려한 침투능의 서술적인 지수로써 4개(A, B, C, D)의 수문학적 토양군으로 분류되며, 토양에 대한 침투능의 크기는 A, B, C, D 순으로 작아지나 반대로 유출율은 반대로 커지는 관계를 나타낸다<표 4-2-8>.

<표 4-2-8> SCS 방법에 의한 수문학적 토양군 분류(SCS, 1972)

유출율	토양군	특 성	침 투 율
적음 ↑ ↓ 많음	A	최저 유출 발생 가능량(lowest runoff potential)이 있는 진흙, silt가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층	높은 습윤상태에서 높은 침투율 > 0.76 cm/hr
	B	유출 발생 가능성이 다소 높은(moderately low runoff potential) 사질토이며, 침투율은 평균보다 높으나 진흙이나 silt가 함유된 토양	높은 습윤상태에서 보통적인 침투율 0.38 - 0.76 cm/hr
	C	유출 발생 가능성이 B급보다는 높은(moderately high runoff potential)토양으로 진흙에 silt가 많이 섞여 얇은 층을 구성하며 침투율은 평균보다 다소 낮은 토양	높은 습윤상태에서 낮은 침투율 0.12 - 0.38 cm/hr
	D	유출 발생 가능성이 가장 높은(highest runoff potential) 토양으로 대부분 진흙과 silt로 불투수층과 직접 접하여 있는 토양	높은 습윤상태에서 매우낮은 침투율 0 - 0.13 cm/hr

### 3) 선행토양함수조건(Antecedent Soil Moisture Condition, AMC)

토양의 초기함수상태는 강수량에 의한 유출량에 많은 영향을 미친다. 따라서 총강수량과 직접유출량의 관계분석시 5일 혹은 30일간의 선행강수량은 한 구역의 선행토양함수조건(이하 AMC)을 대변하는 지표로 흔히 사용된다. 강우가 동일하게 내린 경우 선행강수량이 많으면 토양의 습윤도가 높으므로 유출율, 즉 직접유출량이 상대적으로 많아지나 선행강수량이 적을 경우에는 침투손실이 커지므로 직접유출량이 적어진다.

SCS에서 기준으로 하는 AMC는 1년을 성수기(Growing season)와 비성수기(Dormant season)로 나누어 각 경우에 대하여 <표 4-2-9>와 같이 3가지 조건으로 구분되어 있으며, AMC별 3개 선행 토양함수조건은 5일간의 선행강수량의 크기에 의하여 유역내 토양의 함수정도를 분류하는 기준이 된다.

<표 4-2-9> AMC에 대한 계절별 선행강수조건(SCS, 1972)

AMC	토 양 조 건	5일간의 선행강수량, P <sub>5</sub> (mm)	
		비성수기	성수기
I	토양이 건조하여 유출율이 매우 낮은 상태	P <sub>5</sub> < 12.7	P <sub>5</sub> < 35.56
II	가장 일반적인 토양상태로써 습윤하고, 유출율이 보통인 상태	12.7 < P <sub>5</sub> < 27.94	35.56 < P <sub>5</sub> < 53.34
III	호우발생 전 5일간 크고 작은 강우로 인해 토양이 거의 포화되어 유출율이 매우 높은 상태	P <sub>5</sub> > 27.94	P <sub>5</sub> > 53.34

4) 유출곡선지수(Runoff Curve Number, CN)

유출율은 토지이용 및 지표의 피복상태에 따라 영향을 받으며, 동일한 종류의 토양도 토지이용에 따라 지표유출 발생능력이 상이하므로 이에 따라 CN도 다르게 결정된다.

미국의 경우 SCS는 상술한 수문학적 토양군(4종류)별로 CN을 도시지역, 산림지역, 농경지역별로 구분하였으며, 각각의 CN지수는 <표 4-2-10~12>에 나타내었다. <표 4-2-10~12>에 수록된 유출곡선지수(CN)는 평균적인 조건, 즉 AMC-II일 경우 값이며, AMC조건이 변화될 때에는 다음 식에 의해서 CN값이 결정된다.

$$AMC - I : CN_I = \frac{CN_{II}}{10 - 0.058CN_{II}} \quad \text{식(4-2-3)}$$

$$AMC - III : CN_{III} = \frac{CN_{II}}{10 + 0.13CN_{II}} \quad \text{식(4-2-4)}$$

<표 4-2-13>은 상기 식(4-2-3~4)의 속건표로서 AMC-II 조건에서 선행강수량 조건에 따라 AMC-I, AMC-III로 조건이 변할 경우의 CN값을 나타낸다.

<표 4-2-10> 도시지역의 유출곡선지수 CN(AMC-II, Ia=0.2S)

토지 이용상태	피복상태	수문학적 토양조건	토양의 종류			
			A	B	C	D
주거지역(Residential) <sup>1)</sup>						
평균규모(m <sup>2</sup> )	불투수면적비(%) <sup>2)</sup>					
< 500	65		77	85	90	94
1,000	38		61	75	83	87
1,500	30		57	72	81	86
2,000	25		54	70	80	85
4,000	20		51	68	79	84
포장된 주차장, 지붕, 차도 등 도로 및 보도			98	98	98	98
포장(록석 및 우수거설치) <sup>3)</sup>			98	98	98	98
자갈			76	85	89	91
비포장			72	82	87	89
상업지역	(불투수면적 85%)		89	92	94	95
공업지역	(불투수면적 72%)		81	88	91	93
	(불투수면적 65%)		77	85	90	92
개활지, 잔디밭, 공원, 골프장, 공동묘지 등						
양호한 상태 : 전 면적의 75%이상 초지피복			39	61	74	80
보통 상태 : 전 면적의 50-75% 초지피복			49	69	79	84

- 1) 유출곡선지수는 가옥 또는 도로로부터 유출되는 수량이 리로 유입되는 경우와 침투가 더 일어날 수 있는 잔디로 유입되는 경우를 가정하여 계산된 것이다.
- 2) 나머지 유역은 투수성재료(잔디)로 피복되어 있고, 이는 양호한 목초상태로 간주하였다.
- 3) 기후가 따뜻한 지역에서는 CN=95가 될 수도 있다.

<표 4-2-11> 산림지역의 유출곡선지수 CN(AMC-II, Ia=0.2S)

수문학적인 조건	수문학적인 토양그룹			
	A	B	C	D
I. Poorest	56	75	86	91
II. Poor	46	68	78	84
III. Medium	36	60	70	76
IV. Good	26	52	62	69
V. Best	15	44	54	61



<표 4-2-12> 농경지역의 유출곡선지수 CN(AMC-II, Ia=0.2S)

토지 이용상태	피복상태	수문학적 토양조건	토양의 종류				
			A	B	C	D	
휴경지(Fallow)	나지상태	-	77	86	91	94	
	작물잔재물로 피복	불량	76	85	90	93	
		양호	74	83	88	90	
조식작물(Row crops)	직선줄재배	불량	72	81	88	91	
	등고선재배	양호	67	78	85	89	
		불량	70	79	84	88	
	등고선 및 대상재배	양호	65	75	82	86	
		불량	66	74	80	82	
	양호	62	71	78	81		
소곡류(Small grains)	직선줄재배	불량	65	76	84	88	
	등고선재배	양호	63	75	83	87	
		불량	63	74	82	85	
	등고선 및 대상재배	양호	61	73	81	84	
		불량	61	72	79	82	
	양호	59	70	78	81		
밀식 또는 산파콩과작물 (또는 유작초지) (Close seeded or broadcast) legumes or rotation meadow	직선줄재배	불량	66	77	85	89	
	등고선재배	양호	58	72	81	85	
		불량	64	75	83	85	
	등고선 및 대상재배	양호	55	69	78	83	
		불량	63	73	80	83	
	양호	51	67	76	80		
방목지(Pasture, grassland or range-continuous forage for grazing)	등고선재배	불량	68	79	86	89	
	등고선 및 대상재배	보통	49	69	79	84	
		양호	39	61	74	80	
		불량	47	67	81	88	
		보통	25	59	75	83	
		양호	6	35	70	79	
목초지(방목불허, 건초용, 영구) (Meadow : continuous grass protect from grazing and generally mowed for hay)			30	58	71	78	
관목 - 잡초 혼합형태(관목이 주종) (Brush : brush-weed graa mixture with brush being the major element)			불량	48	67	77	83
			보통	35	56	70	77
			양호	30	48	65	73
식림지 (woods)			불량	57	73	82	86
나무-초지 혼합형태(과수원 또는 나무농장) <sup>4)</sup> (Woods-grass combination, orchard or tree form)			보통	43	65	76	82
식림용지(Form woodlots)			양호	32	58	72	79
			불량	45	66	77	83
			보통	36	60	73	79
			양호	25	55	70	77
임야 (Forest) <sup>5)</sup>			매우불량	56	75	86	91
농가 (Formsteads : building, lanes, driveways)				59	74	82	86

4) 나무 50%, 목초 50%로 이루어진 곳에서 계산된 것임

5) 미국 동부지역자료를 근거로 산정한것임

<표 4-2-13> 토양의 선행함수조건에 따른 유출곡선지수의 조정

AMC별 CN			S(AMC-II) (mm)	Curve의 시점(mm)	AMC별 CN			S(AMC-II) (mm)	Curve의 시점(mm)
II	I	III			II	I	III		
100	100	100	0.0	0.0	60	40	78	169	33.8
99	97	100	2.57	0.5	59	39	77	177	35.3
98	94	99	5.18	1.0	58	38	76	184	36.8
97	91	99	7.85	1.5	57	37	75	192	38.4
96	89	99	10.6	2.0	56	36	75	200	39.9
95	87	98	13.4	2.8	55	35	74	208	41.5
94	85	98	16.2	3.3	54	34	73	216	43.2
93	83	98	19.1	3.8	53	33	72	225	45.0
92	81	97	22.1	4.3	52	32	71	234	47.0
91	80	97	25.1	5.1	51	31	70	244	48.8
90	78	96	28.2	5.6	50	31	70	254	50.8
89	76	96	31.5	6.4	49	30	69	264	52.8
88	75	95	34.5	6.9	48	29	68	274	54.9
87	73	95	37.8	7.6	47	28	67	287	57.4
86	72	94	41.4	8.4	46	27	66	297	59.4
85	70	94	44.7	8.9	45	26	65	310	62.0
84	68	93	48.3	9.6	44	25	64	323	64.5
83	67	93	52.1	10.4	43	25	63	335	67.1
82	66	92	55.9	11.2	42	24	62	351	70.1
81	64	92	59.4	11.9	41	23	61	366	71.2
80	63	91	63.5	12.7	40	22	60	381	76.2
79	62	91	67.6	13.5	39	21	59	396	79.2
78	60	90	71.8	14.2	38	21	58	414	82.8
77	59	89	76.0	15.2	37	20	57	432	86.4
76	58	89	80.3	16.0	36	19	56	452	90.4
75	57	88	84.6	17.0	35	18	55	472	94.5
74	55	88	89.2	17.8	34	18	54	493	98.6
73	54	87	84.0	18.8	33	17	53	516	103
72	53	86	98.8	19.8	32	16	52	538	108
71	52	86	104	20.8	31	16	51	564	113
70	51	85	109	21.8	30	15	50	592	118
69	50	84	114	22.9	-	-	-	-	-
68	48	84	119	23.9	25	12	43	762	152
67	47	83	125	24.9	20	9	37	1,016	203
66	46	82	131	26.2	15	6	30	1,440	288
65	45	82	137	27.4	10	4	22	2,286	457
64	44	81	143	28.4	5	2	13	4,826	965
63	43	80	149	29.7	0	0	0	∞	∞
62	42	79	156	31.2	-	-	-	-	-
61	41	78	162	32.5	-	-	-	-	-

#### 다. SCS 방법에 의한 유출량 산정

##### 1) 토양분류에 따른 토지이용상태

본 지구의 유역에 대한 수문학적 토양군 분류를 위하여 농촌진흥청 농업기술 연구소에서 작성한 토양도를 이용하여 토지이용도를 구축하였다. 수치토양도에 대한 상세한 분류는 한국정밀토양해설도-무안군편을 이용하여 SCS에서 제시한 수문학적 토양군으로 분류하였으며, 배수상태가 매우양호(Somewhat Excessively drained)한 토양은 A 그룹으로, 배수상태가 약간양호(Moderately well drained)하거나 양호(Well drained)한 토양은 B 그룹으로, 배수상태가 약간불량(Imperfectly drained)한 토양은 C 그룹으로, 배수상태가 불량(Poorly drained)한 토양은 D 그룹으로 분류하였다<표 4-2-14, 그림 4-2-8>.

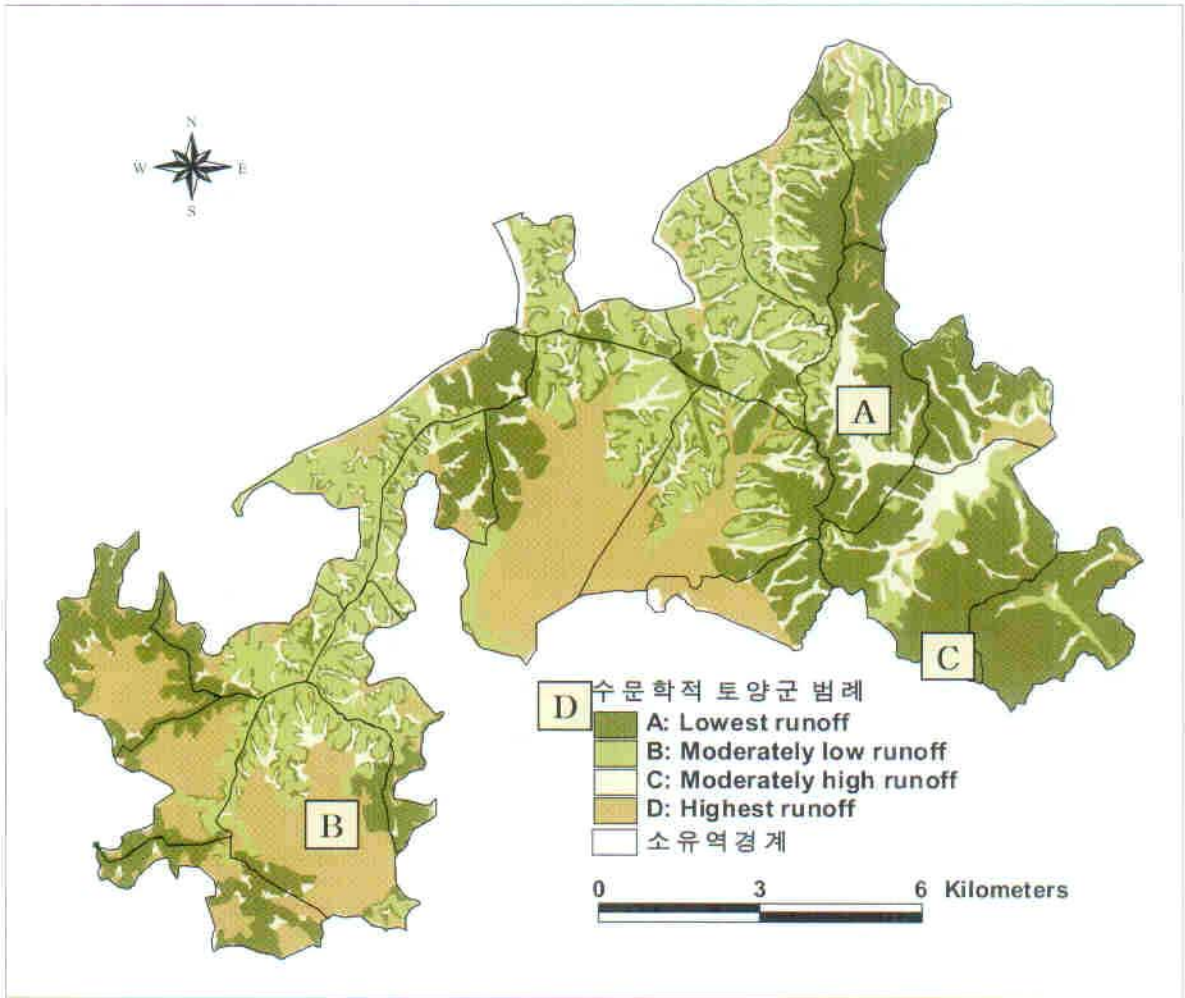
또한, GIS S/W인 ArcInfo 및 Arcview를 이용하여 조사지구에 대한 소유역별, 토양군별 토지이용상태 분포면적과 토지그룹별 평균 CN값을 산출하였다<표 4-2-15~17>.

<표 4-2-14> SCS 방법에 의한 수문학적 토양군 분류

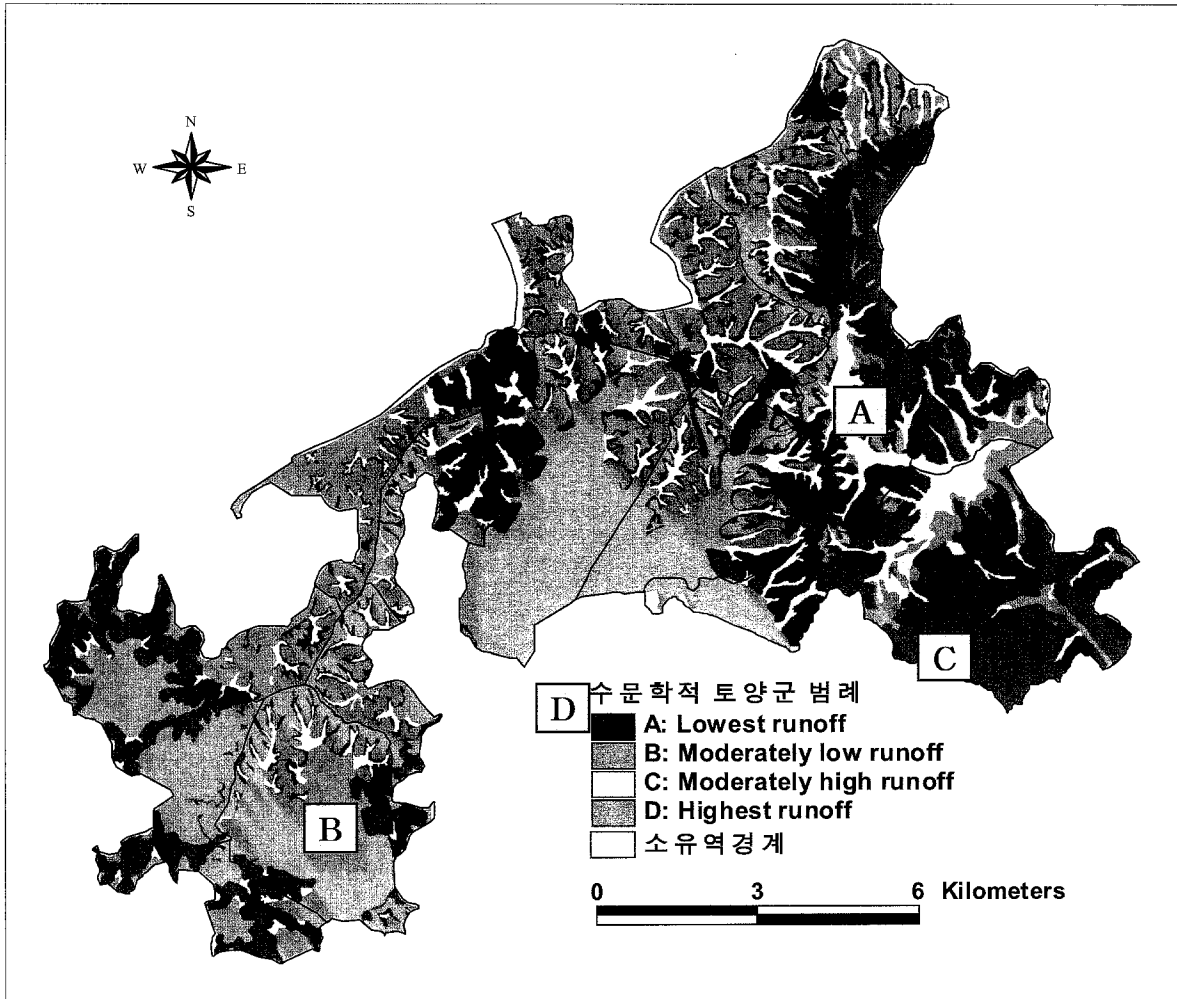
토양형	토 성	토양부호	토양경사도	배수상태	토지이용	모 재
A	미사질식양토	GyB2	2~7%	양호	밭	산성암 잔적층
	미사질식양토	JnB2	2~7%	양호	밭	화강암 잔적층
	미사질식양토	ByC2	7~15%	양호	밭	반암 잔적층
	미사질식양토	JnC2	7~15%	양호	밭	화강암 잔적층
	양토	SOD2	15~30%	양호	임야	화강암 잔적층
	양토	BdB	2~7%	양호	밭	화강암 잔적층
	양토	BeB	2~7%	양호	밭	곡간 충적층
	양토	SOB2	2~7%	양호	밭	화강암 잔적층
	양토	WdB	2~7%	양호	밭	곡간 충적층
	양토	BeC	7~15%	양호	밭	곡간 충적층
	양토	SOC2	7~15%	양호	임야	화강암 잔적층
	양토	WdC	7~15%	양호	밭	곡간 충적층
	자갈이 있는 양토	MzD2	15~30%	양호	임야밭	유문암 및 응회암잔적층
	자갈이 있는 양토	BxD2	15~30%	양호	임야	반암 잔적층
	자갈이 있는 양토	ArD	15~30%	양호	임야	붕적층

<표 4-2-14> SCS 방법에 의한 수문학적 토양군 분류(계속)

토양형	토 성	토양부호	토양경사도	배수상태	토지이용	모 재
A	자갈이 있는 양토	JOB	2~7%	양호	임야	곡간 충적층
	자갈이 있는 양토	UOB	2~7%	양호	밭	곡간 충적층
	자갈이 있는 양토	ASC2	7~15%	양호	임야	화강편마암 및 편암잔적층
	자갈이 있는 양토	JOC	7~15%	양호	밭	곡간 충적층
	자갈이 있는 양토	MzC2	7~15%	양호	밭	유문암 및 응회암 잔적층
	자갈이 있는 양토	BxC2	7~15%	양호	밭	반암 잔적층
	자갈이 있는 양토	ASD2	7~15%	양호	임야	화강편마암 및 편암 잔적층
	자갈이 있는 양토	ArC	7~15%	양호	밭	붕적층
	자갈이 있는 양토	UOC	7~15%	양호	밭	곡간 충적층
	자갈이 있는 양토	UnC	7~15%	양호	밭	곡간 충적층
	잔돌이 있는 양토	GaD2	15~30%	양호	밭	붕적층
	잔돌이 있는 양토	GaC2	7~15%	양호	밭	붕적층
B	양토	BgB	2~7%	약간양호	밭	붕적층
	양토	YjB	2~7%	약간양호	논	곡간 충적층
	양토	CGB	2~7%	약간양호	논	붕적층
	양토	YjC	7~15%	약간양호	논	곡간 충적층
	양토	CGC	7~15%	약간양호	논	붕적층
	자갈이 있는 양토	YkB	2~7%	약간양호	논	충적층
	자갈이 있는 양토	JWB	2~7%	약간양호	밭	곡간 충적층
	자갈이 있는 양토	JnC2	7~15%	약간양호	밭	붕적층
C	사양토	KW	0~2%	약간불량	논	하해혼성 충적층
	양토	Ji	0~2%	약간불량	논	곡간 충적층
	양토	SfB	2~7%	약간불량	논	곡간 충적층
	양토	IGB	2~7%	약간불량	논	유문암 및 응회암 붕적층
	양토	JiB	2~7%	약간불량	논	곡간 충적층
	양토	JiC	7~15%	약간불량	논	곡간 충적층
D	미사질식양토	Pr	0~2%	불량	논	하해혼성충적층
	양토	YeB	2~7%	불량	논	곡간 충적층
	양토	OcB	2~7%	불량	논	곡간 충적층



<그림 4-2-8> 수문학적 토양군 분류



<그림 4-2-8> 수문학적 토양군 분류

<표 4-2-15> 소유역별 토지이용상태 면적

(단위: km<sup>2</sup>, %)

소유역	유역면적	입야		밭		논		간척지	
		면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율
합계	125.72	30.64	30.46	50.69	42.48	26.28	21.11	15.44	9.97
MA01	5.69	2.29	40.24	1.98	34.83	1.27	22.25	0.00	0.00
MA02	6.98	1.15	16.54	3.64	52.09	1.22	17.42	0.09	1.33
MA03	7.86	0.39	5.01	5.40	68.68	1.53	19.46	0.05	0.68
MA04	4.08	0.14	3.40	2.92	71.60	0.55	13.54	0.00	0.00
MA05	8.18	3.10	37.95	2.83	34.63	1.72	21.03	0.00	0.00
MA06	4.90	1.61	32.88	1.37	28.02	1.08	22.11	0.47	9.52
MA07	11.50	4.83	42.00	3.02	26.28	3.02	26.30	0.08	0.70
MA08	2.12	3.39	159.78	2.02	95.27	0.48	22.45	0.06	2.85
MA09	6.95	1.25	17.95	4.01	57.69	1.27	18.21	0.00	0.04
MA10	4.15	1.16	28.02	2.01	48.56	0.67	16.21	0.30	7.29
MA11	14.07	0.97	6.90	5.68	40.39	2.16	15.32	6.52	46.35
MA12	11.10	1.78	16.04	4.33	39.01	2.58	23.21	0.00	0.00
MA13	3.45	1.00	29.08	0.43	12.41	0.55	15.81	1.25	36.26
MA14	3.78	0.59	15.72	2.21	58.42	0.67	17.74	0.08	2.15
MA15	4.43	0.00	0.00	2.74	61.82	0.89	20.00	0.12	2.68
MA16	6.44	2.87	44.52	0.83	12.90	2.71	42.05	0.00	0.00
MA17	4.61	1.03	22.28	1.00	21.76	1.02	22.04	1.49	32.43
MA18	11.41	1.00	8.76	3.91	34.31	1.65	14.45	4.66	40.88
MA19	4.02	2.08	51.56	0.34	8.45	1.27	31.53	0.26	6.35

<표 4-2-16> 토양군별 토지이용상태별 면적

(단위 : km<sup>2</sup>)

구분	농경지		산림지역			시설지역					계
	밭	논	불량	보통	양호	주거지	도로	학교	공업지	유희지	
A	23.17	-	30.32	-	-	1.94	1.43	-	0.04	11.65	68.55
B	27.43	2.76	-	-	-	-	-	2.10	-	-	32.29
C	0.09	13	-	-	-	-	-	-	-	-	13.09
D	-	10.52	0.32	-	-	-	0.95	-	-	-	11.79
계	50.69	26.28	30.64	-	-	1.94	2.38	2.10	0.04	11.65	125.72

※ 수치지도 작업으로 실제면적과 다를 수 있음

2) 유출곡선지수(CN) 적용

<표 4-2-17>은 무망지구 토양분류별 CN값에 대하여 면적가중평균으로 토지 이용에 따른 토지그룹별 평균 CN값을 산출한 결과이며, 조사지역의 전체평균 CN값은 67로 나타났다.

<표 4-2-17> 토지그룹별 평균 CN

이용구분	토양구분	A		B		C		D		면적계	평균 CN	토지그룹별 평균CN
		면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN			
농경지	밭	23.17	61	27.43	73	0.09	81	-	84	50.69	67	73
	논	-	65	2.76	75	13	84	10.52	88	26.28	84	
산림지	불량	30.32	56	-	75	-	86	0.32	91	30.64	56	56
	보통	-	36	-	60	-	70	-	76	-	-	
	양호	-	26	-	52	-	62	-	69	-	-	
시설 지역	주거지	1.94	77	-	85	-	90	-	94	1.94	77	59
	도로	1.43	76	-	85	-	89	0.95	91	2.38	81	
	학교	-	54	2.10	70	-	80	-	85	2.10	70	
	공업지	0.04	81	-	88	-	91	-	93	0.04	81	
	유흥지	11.65	49	-	69	-	79	-	84	11.65	49	
계		68.55		32.29		13.09		11.79		125.72		67

3) 유출량 및 유출율 산정

본 지구유역의 자연함양량을 산출하기 위하여 목포기상대의 30년(1972~2001년) 기간동안 일별강수량 자료를 토대로 선행강수량을 조건별로 분류하고 SCS 방법에 따른 유출량 공식을 적용하였다. <표 4-2-18>에서 강수량은 각 해당년도의 연간 총강수량을 나타내며, CN지수는 AMC-II 조건을 기준으로 작성하였고, 선행함수조건에 따라 AMC-II 조건으로 환산하여 유출율을 산출하였다. 또한, 상기 선행함수조건(AMC)을 나타낸 <표 4-2-13>에서 4개월(6월~9월)은 성수기, 나머지 8개월(10월~5월)은 비성수기로 간주하였다.

<표 4-2-18>은 CN값에 따라 일 강수량별 유출량을 구하고, 이를 연도별로 합산하여 CN값 변동에 따른 연평균 유출량을 구한 것이다. CN값은 토지구



분에 의한 특성치이므로, 유출율은 토지이용에 따른 토지그룹별 평균CN값을 해당면적비율로 가중평균하여 연도별 유출량을 계산하고 연 강수량에 대한 비율로 산출하였으며, CN지수에 의한 유출율은 13.9%로 나타났다.

SCS 유출량공식은 본래 홍수추적을 위하여 도출한 방법이나 본 조사에는 홍수시 지표유출만 계상되어 유출율이 낮게 산정된 것으로 판단된다.

<표 4-2-18> 연도별 CN값에 따른 목포 기상관할지역의 유출량

연도별	강수량 (mm)	유출량(mm)											토지이용그룹별	
		CN=45	CN=50	CN=55	CN=60	CN=65	CN=70	CN=75	CN=80	CN=85	CN=90	CN=95	가중 평균	유출율 (%)
1972	1,751.1	86.2	117.7	149.3	187.6	235.8	286.2	349.5	430.6	542.5	679.8	905.9	181	10.3
1973	789.8	0.6	1.7	3.4	6.4	11.8	19.7	30.4	46.0	72.2	118.3	218.3	16	2.0
1974	1,388.3	30.4	48.2	70.3	99.6	137.8	182.2	239.2	313.6	417.7	545.8	752.6	217	15.6
1975	1,041.7	3.1	7.5	13.1	21.5	34.7	52.3	77.9	115.7	174.8	259.4	411.3	53	5.1
1976	852.2	0.0	0.4	1.9	4.9	10.5	18.8	31.5	50.2	81.4	132.0	237.8	152	17.8
1977	786.9	15.3	21.6	28.5	37.2	48.0	59.5	75.2	97.4	131.9	184.2	282.5	44	5.5
1978	1,023.9	86.4	103.8	120.0	139.0	162.3	187.1	218.7	259.3	316.2	387.7	506.9	101	9.9
1979	1,067.6	1.1	3.2	6.5	12.8	23.7	40.7	65.8	102.6	160.7	253.2	417.0	43	4.0
1980	1,441.8	63.2	79.7	96.7	119.2	148.7	181.8	226.1	286.9	376.4	492.7	687.0	186	12.9
1981	1,408.6	290.3	322.8	351.1	383.9	423.3	463.2	508.8	561.4	628.6	707.9	839.5	628	44.6
1982	843.5	0.0	0.5	1.7	6.5	15.3	29.0	48.2	75.3	117.8	181.4	295.5	21	2.5
1983	927.5	3.9	7.9	12.5	18.7	27.9	39.2	55.9	81.8	122.9	182.0	295.0	121	13.1
1984	1,098.9	4.3	11.7	22.2	37.4	58.4	85.0	122.7	173.9	248.0	342.9	501.1	82	7.5
1985	1,736.8	136.7	174.3	208.4	248.3	294.6	342.6	400.3	471.8	572.3	699.7	918.7	589	33.9
1986	1,271.1	1.1	5.1	13.7	31.1	57.2	92.7	138.4	197.1	279.0	387.8	569.8	95	7.5
1987	1,350.1	36.0	51.5	68.6	91.6	122.1	154.9	196.0	249.0	326.2	428.9	616.8	315	23.3
1988	665.3	0.0	0.0	0.0	0.8	3.8	10.5	21.6	37.9	64.6	108.8	190.7	112	16.8
1989	1,381.3	24.0	41.4	60.5	86.0	119.4	157.2	204.9	267.0	355.6	469.7	666.9	314	22.7
1990	1,134.7	5.9	11.6	19.3	30.8	46.4	65.2	89.6	123.1	175.8	253.3	412.1	67	5.9
1991	1,194.1	13.9	25.0	37.3	54.8	80.3	109.8	149.0	200.7	276.1	375.1	545.6	112	9.3

<표 4-2-18> 연도별 CN값에 따른 목포 기상관할지역의 유출량(계속)

연도별	강우량 (mm)	유출량(mm)											토지이용그룹별	
		CN=45	CN=50	CN=55	CN=60	CN=65	CN=70	CN=75	CN=80	CN=85	CN=90	CN=95	가중 평균	유출율 (%)
1992	1,751.1	0.0	0.0	0.0	1.4	4.7	10.5	19.0	32.4	56.1	94.9	183.4	183.4	6.3
1993	789.8	42.4	55.7	67.7	80.9	98.1	116.9	142.6	179.7	237.5	319.5	476.1	476.1	22.1
1994	1,388.3	0.2	1.0	2.3	5.7	12.6	24.0	41.0	64.8	102.6	159.2	261.3	261.3	1.9
1995	1,041.7	1.9	4.6	8.3	12.9	18.3	25.4	35.5	49.7	70.1	102.8	169.4	169.4	10.1
1996	852.2	0.1	1.2	3.7	8.5	17.5	32.9	57.9	93.9	149.9	232.8	390.3	390.3	3.5
1997	786.9	10.9	20.0	32.6	53.2	83.0	117.9	163.5	222.9	306.1	407.7	571.6	571.6	17.8
1998	1,023.9	74.9	98.0	121.4	150.0	186.2	222.8	270.7	336.2	432.6	556.8	770.3	770.3	18.8
1999	1,067.6	50.4	66.6	82.7	103.1	132.7	169.8	296.2	296.2	406.8	552.2	794.3	794.3	27.3
2000	1,441.8	60.6	90.8	122.7	161.0	208.2	254.8	310.0	376.3	462.4	551.6	685.4	685.4	23.0
2001	1,408.6	0.2	3.2	8.2	16.8	28.3	43.7	63.3	89.5	131.0	192.5	311.9	311.9	15.6
평균	1,123.1	34.8	45.9	57.8	73.7	95.1	119.9	155.0	196.1	259.9	345.4	496.2	496.2	13.9

### 라. Kajiya 유출고 공식법

본 공식은 Kajiya가 1916년부터 1927년까지 약 10여년간 우리나라 전국 73개 지점의 강수량 및 유출량 관측자료를 수집한 후 그 중 자료가 비교적 정확하다고 판단되는 25개 지점의 수문관측자료를 그래프로 분석한 경험식으로써, 현재 우리 나라의 수문실무에서 미계측 지점의 월별 또는 순별 유출량을 추정하는데 많이 사용되는 공식이다. 그러나, 최근 이 공식의 적합성에 대한 연구에서 정확도가 낮은 것으로 보고되었으나, 이 방법은 유출자료가 전무한 지점에 대한 유출량 추정시 간단하게 적용할 수 있으므로 대부분의 중소규모 농업용 저수지의 수량 계산에 널리 적용된 바 있다.

Kajiya의 유출고 공식은 다음과 같다.

$$R = \sqrt{P^2 + (K \cdot f + a)^2} - K \cdot f + E \quad \text{식(4-2-5)}$$

$$= \sqrt{P^2 + (138.6 \cdot f + 10.2)^2} - 138.6 \cdot f + E$$

여기서 R = 월유출고(mm)

P = 월강수량(mm)

K = 극한소실고(138.6mm)

a = 최소유출고(10.2mm)

f = 유역유출특성계수

E = 월별 보정우량(mm)

식(4-2-5)에 대한 유역유출특성계수(f)와 월별 보정우량(E)은 각각 <표 4-2-19>와 <표 4-2-20>의 기준에 의하여 적용된다.

<표 4-2-19> 유역유출특성에 따른 계수(f) 값

유역의 특성	f값
경작지 및 임야가 많고 경사가 완만하며 손실우량이 과대한 경우	1.4
경작지 및 임야가 많고 경사가 완만하며 손실우량이 많은 경우	1.2
경작지 및 임야가 많고 경사가 완만하며 손실우량이 보통인 경우	1.0
경작지 및 임야가 적고 경사가 급하며 손실우량이 작은 경우	0.8
경작지 및 임야가 적고 경사가 급하며 손실우량이 과소한 경우	0.6

<표 4-2-20> 월별 보정우량(E) 값

강수량 \ 월	1	2	4	5	6	9	10	11	12	비 고
0	-2.5	-2.5	5.0	-	-2.0	6.0	7.0	0.0	0.0	
10	-2.0	-2.0	5.5	-	-3.0	6.4	6.3	0.0	0.0	
20	-1.5	-1.5	6.0	-	-4.0	6.8	5.6	0.0	0.0	
30	-1.0	-1.0	6.5	-	-6.0	7.2	4.9	0.0	0.0	
50	-	-	7.5	-	-9.0	8.0	3.5	0.0	0.0	
70	-	-	8.5	-2.4	-12.0	8.8	3.5	0.0	0.0	
80	-	-	9.0	-3.6	-17.0	9.2	1.4	0.0	0.0	
100	-	-	10.0	-6.0	-20.0	10.0	-	0.0	0.0	
150	-	-	5.0	-12.0	-26.0	11.0	-	0.0	0.0	
200	-	-	-	-6.0	-30.0	12.0	-	0.0	0.0	
250	-	-	-	-	-22.5	9.0	-	0.0	0.0	
300	-	-	-	-	-15.0	6.0	-	0.0	0.0	

실제로 강수량은 <표 4-2-20>에 나타낸 수치와는 다르므로 보다 정확한 월별 보정우량(E) 값을 적용하기 위하여 선형보간법에 강수량과 보정우량 값을 적용하여 계산한다. 물수지 방정식의 관점에서 볼 때 극한소실고(K)는 유역의 최대증발산량이며, 최소유출고(a)는 유출성분 중 기저유출, 그리고 유역유출특성계수(f)는 유역의 유출특성을 나타내는 지표이고, 월별 보정우량(E)은 계절별 유출특성을 반영하는 수치로 볼 수 있다.

본 조사지구에서는 유역특성상 유출특성계수인 f값을 1.0으로 적용하여 유출고를 산정하였다. <표 4-2-21>에서 강수량이 적은 1월, 12월에 가장 낮은 유출율을 나타내며, 상대적으로 강수량이 많은 7월, 8월, 9월에 가장 높은 유출율을 보이고, 연평균 유출율은 52.3%로써 영산강유역의 하천유출율(46.7%)을 상회하는 것으로 나타났다.

<표 4-2-21> Kajiyama 방법에 의한 월별 유출량

(단위 : mm, %)

Kajiyama 방법의 유출량(f=1.0인 경우)															
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	비율	
1972	35.2	20.4	68.1	44.1	86.3	14.5	366.9	181.6	52.5	16.9	88.5	19.8	994.7	56.8	
1973	20.6	14.6	10.3	52.9	30.4	10.3	46.4	18.9	84.1	35.9	10.6	12.5	347.5	44.0	
1974	10.5	15.2	17.0	66.7	52.9	39.8	355.3	124.8	32.1	29.1	11.0	13.7	768.0	55.3	
1975	9.5	10.5	18.7	72.3	38.9	20.9	77.3	48.6	67.8	50.2	16.3	16.5	447.6	43.0	
1976	8.5	41.8	19.9	70.0	28.4	36.6	26.1	46.0	24.0	22.6	12.0	13.9	349.8	41.0	
1977	8.7	8.3	36.8	140.3	49.6	19.2	25.4	15.2	19.0	16.9	19.9	11.7	370.9	47.1	
1978	8.2	20.9	14.7	20.2	10.3	274.7	55.0	94.5	25.7	30.7	13.3	11.3	579.5	56.6	
1979	10.3	57.1	14.8	33.8	43.0	49.9	26.4	81.4	133.8	17.2	24.3	12.4	504.4	47.2	
1980	19.0	13.5	22.5	63.0	52.7	35.0	147.1	354.3	16.9	41.1	16.8	14.1	796.0	55.2	
1981	10.5	17.3	10.6	25.5	11.6	118.1	154.3	43.5	475.9	24.5	10.7	10.4	912.9	64.8	
1982	11.2	10.7	15.9	36.3	20.4	7.5	190.5	33.1	24.6	22.8	40.5	11.8	425.3	50.4	
1983	12.5	14.3	21.6	35.2	30.5	7.3	121.3	37.2	129.1	19.5	13.0	11.9	453.5	48.9	
1984	8.9	12.5	10.4	79.2	15.0	69.8	118.9	65.3	125.8	20.6	17.3	12.8	556.3	50.6	
1985	10.0	26.3	36.3	50.6	56.9	384.8	66.3	67.9	155.8	69.1	29.4	13.5	966.9	55.7	
1986	11.3	17.3	26.1	22.2	38.3	180.0	69.2	84.9	130.4	31.3	10.9	24.3	646.1	50.8	
1987	20.1	14.7	29.9	30.0	27.6	21.7	324.9	221.1	22.3	21.3	27.6	10.3	771.6	57.2	
1988	10.2	9.6	19.4	24.2	46.7	42.0	70.4	22.1	18.2	17.1	11.4	10.9	302.1	45.4	
1989	52.1	39.5	19.7	18.5	21.6	65.5	305.4	102.7	92.8	16.8	19.8	10.3	764.8	55.4	
1990	14.3	35.9	17.2	36.5	39.1	65.2	177.5	64.1	40.1	18.4	19.3	10.9	538.6	47.5	
1991	12.9	15.2	46.3	57.9	12.1	59.6	243.6	92.2	56.3	16.9	12.0	14.3	639.3	53.5	
1992	10.0	11.8	36.7	29.0	23.8	7.5	42.8	66.7	73.4	16.9	12.8	16.5	347.7	46.8	
1993	10.6	22.2	20.5	16.9	32.4	20.4	88.3	287.3	20.3	24.3	42.1	11.4	596.8	52.8	
1994	11.7	10.2	11.0	19.5	24.7	13.4	10.9	105.7	19.8	69.7	17.8	15.2	329.8	46.0	
1995	14.3	12.4	13.2	35.4	19.1	41.2	45.2	23.8	21.1	16.8	11.4	10.8	264.8	43.2	
1996	13.6	9.9	59.1	19.2	12.7	167.5	103.0	28.9	47.2	22.4	24.4	14.1	522.0	50.1	
1997	8.2	8.8	26.0	31.4	26.0	44.2	155.1	156.6	18.8	16.9	62.6	28.9	583.5	51.8	
1998	19.0	17.1	30.2	58.9	39.7	253.3	91.3	75.4	206.0	21.9	13.3	10.3	836.3	55.5	
1999	15.5	12.7	71.6	28.5	42.2	31.0	175.4	178.1	224.2	42.6	10.9	11.6	844.4	55.0	
2000	12.4	8.3	11.7	15.7	15.5	102.3	113.9	216.3	149.6	18.1	18.4	10.3	692.6	58.9	
2001	17.5	30.2	11.4	20.2	12.9	150.5	88.5	42.3	28.3	31.3	11.0	16.8	460.9	48.7	
평균	13.3	16.9	23.3	38.0	29.1	71.3	117.6	90.3	76.9	24.8	19.7	12.5	533.8	52.3	

## 4.2.5 증발산량 산정

### 가. 개요

증발산(Evapotranspiration)은 지표면으로부터의 증발(Evaporation)과 식물로부터의 증산(Transpiration)을 합한 것으로서 물이 기화되어 대기로 환원되는 모든 것을 포함한다. 증발산량의 추정방법은 기상관측소에서 흔히 적용하는 계기 측정, 기후인자와의 상관계수에 의한 이론 및 경험적 방법이 적용될 수 있고, 또한 지역적인 특성에 따라 사용자의 주관적인 관점이 반영될 수 있다. 계기 측정은 측정 용기내에 특정 식물을 심고 식물이 성장하는 동안 유입된 물의 양과 토양내의 수분 변화를 측정함으로써 증발산량을 환산하는 방법이며, 이론 및 경험공식은 공기역학적 방법과 에너지 보존법칙에 기초한 방법으로서 기상학적 인자 외에 식물의 종류, 식물색깔의 농도, 식물의 밀도 등 식물요소와 토양 상관관계의 영향을 고려하여 산정하는 방법이다. 이러한 방법에는 Penman, Blaney-Criddle, Thornthwaite의 경험공식 등이 많이 사용되고 있다.

Blaney-Criddle방법과 Thornthwaite방법은 유사한 자료를 사용하므로, 소비수량의 계산 결과는 비슷하게 나타난다. 이 방법들은 연간 식물소비수량(annual consumptive use)을 계산하기 위하여 고안된 공식으로서 단기간 값의 추정시 바람과 상대 습도에 대한 영향이 배제되어 오차가 발생할 수 있다. Blaney-Criddle 방법은 건조한 지역에서 Thornthwaite방법보다 정확하고, Penman방법은 Blaney-Criddle방법과 Thornthwaite방법보다 정확한 것으로 알려져 있으나 많은 기후자료가 필요하므로 적용에 제한이 있다.

### 나. 증발산량 산정기법

앞서 언급했듯이 증발산량 산정에는 여러 가지 방법이 있는데 간단히 나열하면 다음과 같다.

#### 1) FAO Blaney-Criddle법

$$CU = K \cdot f = K(p \cdot T/100) \quad \text{식(4-2-16)}$$

K : 작물계수

f : 보정계수

p : 주간시간 백분율

T : 평균기온( °F)

식(4-2-17)은 다음과 같은 지역에 적용시 단점이 있다.

- 가) 적도, 섬, 해안지역
- 나) 주간일사량이 크나 고도가 높아 평균기온이 낮은 지역
- 다) 계절이 바뀌는 시기에 일조시간의 변동폭이 큰 기후, 즉 몬순기후 중위도의 봄·가을 시기

## 2) SCS Blaney-Criddle법

$$ET_0 = K_t(0.46T + 8.13)p \quad \text{식(4-2-17)}$$

$K_t$  : 온도보정계수 =  $0.0311T + 0.24$

$T$  : 평균기온( °C)

$p$  : 주간시간 백분율

식(4-2-17)은 식(4-2-16)에서 작물계수 인자를 제외한 방법으로 주로 월별 잠재증발산량 추정에 이용되고 있다.

## 3) FAO Radiation법

$$ET_0 = c(W \cdot R_s) \quad \text{식(4-2-18)}$$

$c$  : 평균습도와주간 풍속조건에 따른 수정계수

$W$  : 온도와 고도에 따른 가중계수

$R_s$  : 증발량에 상응하는 태양의 일사량

이 방법은 일사량과 온도자료는 있으나, 풍속이나 습도자료가 없는 지역에 주로 사용한다.

## 4) Penman법

$$E = \frac{\Delta \cdot H + \gamma \cdot E_a}{\Delta + \gamma} \quad \text{식(4-2-19)}$$

$\Delta$  : 포화수증기압 곡선의 기울기

$\gamma$  : 건습구 온도계 상수

$E_a$  : 증발량에 상응하는 태양의 일사량

$H$  : 순복사에너지

5) Pan evaporation법

$$ET_0 = K_{pan} \cdot E_{pan} \quad \text{식(4-2-20)}$$

식(4-2-20)의 정확도는 pan이 작동하는 조건하에서 미시적인 기후요인이나 측후소내 pan의 관리상태에 따라 영향을 받는다. Class A evaporation pan의  $K_{pan}$  평균값은 0.70이고, Sunken Colorado pan의 경우  $K_{pan}$ 은 0.80이다.

6) FAO Penman-Monteith법

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad \text{식(4-2-21)}$$

- ET<sub>0</sub> : 표준 증발산량(mm)
- R<sub>n</sub> : 작물표면에서의 순 일사량(MJm<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>)
- G : 토양 열 유동밀도(MJm<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>)
- T : 2m높이에서의 일 평균 대기온도(°C)
- u<sub>2</sub> : 2m높이에서의 풍속(m/s)
- e<sub>s</sub> : 포화증기압(kPa)
- e<sub>a</sub> : 실제증기압(kPa)
- Δ : 증기압 곡선 기울기(kPa/°C)
- γ : 건습구(습도계) 상수(kPa/°C)

FAO Penman-Monteith법에서 표준증발산량을 계산하는데 필요한 기상자료는 대기온도, 습도, 일사량, 그리고 풍속 등이며 식(4-2-21)에 대한 각 인자별 내용은 다음과 같다.

▶ 건습구상수

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3} P$$

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

P : 대기압(kPa)

z : 관측소 표고(m)



▶ 토양 열유동 밀도

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

$C_s$  : soil heat capacity, 보통  $2.1 \text{MJm}^{-3}\text{C}^{-1}$

$\Delta z$  : 유효토양심도, 일별 계산시 0.18m, 월별 계산시 2.0m 사용

$T_i, T_{i-1}$  : i, i-1에서의 대기온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta t$  : 시간간격(일)

월 단위 계산 :

$$G_{month,i} = 0.07(T_{month,i+1} - T_{month,i-1}) \quad \text{또는}$$

$$G_{month,i} = 0.14(T_{month,i} - T_{month,i-1})$$

일 혹은 10일 단위 계산 :  $G_{day} \approx 0$

▶ 증기압 곡선의 기울기

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

▶ 포화증기압

- 일 최소·최대 온도자료 대신에 일 평균 온도를 사용하여 평균 포화증기압을 산출하는 경우, 다소 낮은 계산치가 도출되어 결과적으로 낮은  $ET_0$  값을 가져온다.

$$e_s = \frac{e^*(T_{MAX}) + e^*(T_{min})}{2}$$

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

T : 대기온도( $^{\circ}\text{C}$ )

▶ 실제증기압

$$e_a = e^*(T_{dew}) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T_{dew}}{T_{dew} + 237.3}\right)$$

$$e_a = \frac{RH_{mean}}{100} \left\{ \frac{e^*(T_{MAX}) + e^*(T_{min})}{2} \right\}, \quad T_{dew} : \text{이슬점온도}(^{\circ}\text{C})$$

▶ 순일사량

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad : \text{net radiation(일사량의 입출력차이)}$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad : \text{incoming 순단파일사량}$$

$\alpha$  : albedo 또는 canopy reflection coefficient, 보통 0.23을 사용

$$R_s = (a_s + b_s \frac{n}{N}) R_a \quad : \text{solar radiation}$$

$a_s, b_s$  : 보통 0.25, 0.50을 사용함

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

$$\omega_s = \arccos \{ -\tan(\varphi) \tan(\delta) \} \quad : \text{sunset hour angle}$$

$\varphi$  = 위도(rad)

$$\delta = 0.409 \sin \left( \frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right) \quad : \text{solar declination(rad)}$$

$$J = \left( \frac{275M}{9} - 30 + D \right) - 2 \quad : \text{연중 해당날짜의 일수}$$

M : 해당 월, D : 해당 월의 일수

단, J 계산시 ( )는 정수부분만 계산함

$$\text{radians} = \frac{\pi}{180} \times (^\circ)$$

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

: 태양에서 대기권으로 들어오는 일사량

$G_{sc}$  : solar const.로서 보통  $0.082 \text{ MJm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ 을 사용

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left( 1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad : \text{inverse relative distance Earth-Sun}$$

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

: outgoing 순장파일사량

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

▶ 풍속

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

z : 지표면 위 풍속측정고도(m)

$u_z$  : z에서의 풍속

## 7) Thornthwaite법

Thornthwaite의 증발산량 산정방법은 다음과 같다.

$$E_p = cT_m^a \quad \text{식(4-2-22)}$$

$E_p$  : 잠재증발산량(Cm)

$a, c$  : 지역, 위도에 따라 변화하는 계수

$T_m$  : 월평균기온(°C)

상기 식(4-2-22)의  $a$ 값은 연열지수(annual heat index : I)를 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$a = 67.5 \times 10^{-8} I^3 - 77.1 \times 10^{-6} I^2 + 0.01792 I + 0.49239 \quad \text{(식 4-2-23)}$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left[ \frac{T_m}{5} \right]^{1.514}$$

낮의 길이가 월 30일(일 12시간)이라 가정하면 식(4-2-22)는 다음과 같이 간단히 표시할 수 있다.

$$E_p = 1.62b \left[ \frac{10T_m}{I} \right]^a \quad \text{(식 4-2-24)}$$

여기서  $b$ 는 위도에 따른 조정계수이다.

### 다. 조사지구 증발산량 산정

조사지구의 잠재증발산량을 추정하기 위하여 앞에서 서술한 여러 가지 방법들 중 Penman-Montheith법, Thornthwaite법을 적용하였다.

#### 1) FAO Penman-Monteith 방법에 의한 잠재증발산량

FAO Penman-Montheith법은 식물소비수량을 산정하기 위한 방법이며, 다량의 기상자료를 필요로 한다. 따라서 본 조사지역에서는 자료가 미비하여 우리공사 농어촌연구원에서 개발한 FAO P-M 프로그램과 기존 자료를 이용하여 산정하였다. FAO P-M 프로그램은 인근 기상대의 기상자료, 즉 지역명, 위도, 고도(m), 풍속, 온도 측정 높이(cm) 등의 자료가 필요하며, 본 지구에서는 목포기상대 자료(34° 49' , 126° 22' 52.3" )를 적용하였다.

위의 내용을 이용하여 본 조사지구의 잠재증발산량을 추정한 결과는 <표 4-2-22>와 같으며, 연간 강수량에 대한 연간 증발량은 94.7%로 매우 높은 증발산율을 나타낸다.

<표 4-2-22> Penman-Monteith 방법에 의한 증발산량 결과값

(단위 : mm)

구분	연간 강수량	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간 증발산량	비율 (%)
1972	1,751.1	32.20	35.05	59.69	77.72	101.15	116.42	113.26	118.97	100.52	80.17	42.34	28.55	906.04	51.7
1973	789.8	35.66	36.40	71.38	90.04	107.87	123.44	148.63	141.94	96.47	77.75	59.09	36.79	1,025.46	129.8
1974	1,388.3	39.57	39.08	56.21	82.48	109.70	115.01	81.13	135.82	104.62	77.76	55.77	35.87	933.02	67.2
1975	1,041.7	34.75	39.52	68.94	84.45	109.16	112.29	120.04	157.54	107.92	81.58	55.91	37.22	1,009.32	96.9
1976	852.2	35.76	40.95	67.51	83.95	103.12	104.88	111.96	119.45	108.85	83.15	52.33	33.79	945.70	111.0
1977	786.9	28.66	38.93	62.85	80.76	104.72	110.38	129.27	129.38	119.20	101.01	61.34	41.76	1,008.26	128.1
1978	1,023.9	44.59	43.59	72.83	109.92	142.05	115.84	149.07	142.06	108.82	98.01	55.60	44.37	1,126.75	110.0
1979	1,067.6	37.93	43.11	73.79	94.43	132.93	96.60	115.92	132.23	95.18	90.49	53.59	38.90	1,005.10	94.1
1980	1,441.8	35.44	41.60	65.30	92.08	119.63	99.43	83.62	90.33	108.48	78.17	51.12	38.68	903.88	62.7
1981	1,408.6	35.72	39.03	75.41	86.00	120.71	114.17	135.96	127.09	103.62	85.33	55.32	43.60	1,021.96	72.6
1982	843.5	37.09	48.68	74.67	91.58	123.58	138.44	125.28	136.33	116.57	84.62	60.32	42.69	1,079.85	128.0
1983	927.5	36.17	46.08	67.27	95.53	124.61	128.41	109.24	129.11	95.81	83.91	56.92	40.11	1,013.17	109.2
1984	1,098.9	39.36	41.83	72.96	93.08	120.90	116.41	116.31	141.79	104.81	94.04	58.87	37.76	1,038.12	94.5
1985	1,736.8	39.70	39.36	69.98	98.10	109.56	111.59	127.88	142.98	105.00	75.54	54.43	36.88	1,011.00	58.2
1986	1,271.1	37.77	42.15	67.66	103.31	124.00	114.07	108.09	140.42	93.88	79.60	59.07	44.25	1,014.27	79.8
1987	1,350.1	42.51	42.37	57.64	89.36	117.85	127.85	94.38	102.76	101.39	87.03	57.36	41.57	962.07	71.3
1988	665.3	42.22	44.34	68.11	98.28	127.57	109.57	133.23	144.71	115.16	107.64	65.62	45.59	1,102.04	165.6
1989	1,381.3	38.56	45.27	79.19	110.58	122.12	113.48	123.27	136.68	100.17	92.17	55.81	44.91	1,062.21	76.9
1990	1,134.7	41.93	47.79	73.59	99.63	111.57	111.66	132.06	150.08	101.24	98.02	59.49	45.81	1,072.87	94.6
1991	1,194.1	45.82	44.65	68.05	105.86	124.77	112.97	109.13	122.29	108.91	103.41	63.97	44.23	1,054.06	88.3
1992	743.6	44.65	50.98	68.35	102.19	126.15	129.96	124.99	137.76	109.14	94.52	60.00	48.70	1,097.39	147.6
1993	1,130.9	44.43	52.56	77.04	104.39	123.19	112.28	101.85	103.01	103.92	99.63	52.58	45.89	1,020.77	90.3
1994	717.0	43.20	50.64	77.80	106.87	128.49	121.60	177.20	162.13	150.37	98.66	66.55	51.06	1,234.57	172.2
1995	613.2	46.79	55.16	79.86	103.86	126.90	121.82	121.99	149.95	110.32	106.97	81.49	57.27	1,162.38	189.6
1996	1,040.9	54.68	57.04	80.33	107.28	139.02	104.83	131.71	149.67	121.01	94.36	65.44	37.50	1,142.87	109.8
평균	1,096.0	39.8	44.2	70.3	95.7	120.1	115.3	121.0	133.8	107.7	90.1	58.4	41.8	1,038.1	94.7

2) Thornthwaite 방법에 의한 잠재증발산량

식(4-2-24)에 목포기상대 자료를 적용하여 조사지역의 잠재증발산량을 산출하였으며, 위도에 따른 조정계수 b와 증발산량은 각각 <표 4-2-23~24>과 같다.

<표 4-2-23> 목포기상대의 위도에 따른 낮의 길이 조정계수(b)

좌표 북위	월 동경	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		34°49'	126°22'	0.84	0.91	1.00	1.08	1.17	1.21	1.19	1.13	1.03	0.95

<표 4-2-24> Thornthwaite 방법에 의한 잠재증발산량

월 년도	연간 강수량	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 계	비율
1973	789.8	5.8	5.8	15.3	50.7	78.6	116.2	166.1	161.4	102.1	57.2	22.8	3.4	785.5	79%
1974	1,388.3	1.6	2.4	13.4	46.8	83.4	106.7	128.8	147.3	105.8	60.8	26.4	7.1	730.5	52%
1975	1,041.7	1.8	2.6	13.2	46.2	73.8	109.7	148.9	169.4	122.9	66.9	34.1	4.5	793.9	59%
1976	852.2	0.7	11.5	17.0	44.4	79.7	110.0	131.2	146.0	100.7	63.6	20.3	7.4	732.6	73%
1977	786.9	-	0.6	16.2	47.8	78.4	111.2	154.5	138.9	112.9	75.3	29.4	12.0	777.2	95%
1978	1,023.9	2.7	1.4	12.7	45.3	89.4	117.1	173.6	162.4	107.2	64.1	28.8	9.9	814.5	65%
1979	1,067.6	7.6	7.9	20.0	42.4	79.0	119.0	141.9	149.5	97.2	67.5	24.5	9.9	766.5	50%
1980	1,441.8	2.7	0.9	17.0	45.8	82.0	116.4	130.6	124.4	98.8	60.4	34.8	4.4	718.1	45%
1981	1,408.6	-	2.8	20.2	43.4	80.5	119.4	156.7	142.9	100.1	57.8	17.0	6.2	746.9	67%
1982	843.5	0.7	3.4	18.4	43.4	90.7	117.9	138.8	147.3	101.5	68.6	32.6	7.1	770.4	81%
1983	927.5	2.3	2.1	20.0	52.0	86.8	116.7	136.2	149.2	112.9	63.6	27.2	5.3	774.2	62%
1984	1,098.9	-	-	10.7	46.9	83.7	120.9	145.7	163.8	103.7	60.8	31.0	5.7	772.9	55%
1985	1,736.8	-	3.9	12.4	45.7	87.4	114.0	148.5	162.4	110.7	63.3	26.2	1.9	776.6	46%
1986	1,271.1	0.1	0.5	17.7	49.5	80.3	117.7	132.4	146.3	96.8	56.9	24.7	12.6	735.5	66%
1987	1,350.1	2.5	5.9	13.5	42.1	81.9	119.9	134.3	137.4	97.9	70.5	32.3	9.4	747.4	59%
1988	665.3	3.5	1.9	12.4	43.5	83.6	114.6	147.4	146.7	108.7	68.3	25.8	7.9	764.3	122%
1989	1,381.3	5.2	8.4	19.5	56.4	83.4	106.8	140.5	143.9	103.4	60.4	27.8	10.6	766.3	46%
1990	1,134.7	1.2	9.1	22.1	43.1	76.2	116.3	150.1	167.3	109.4	64.2	37.7	9.2	805.8	72%
1991	1,194.1	3.9	3.9	16.3	51.2	82.7	119.6	141.9	136.8	108.3	60.8	27.3	11.5	764.2	51%
1992	743.6	5.8	6.3	23.0	49.2	78.5	111.9	148.2	150.1	105.7	61.1	25.4	11.4	776.7	59%
1993	1,130.9	2.4	7.8	19.5	44.8	84.6	116.9	131.2	126.0	105.8	61.0	34.5	8.5	743.0	54%
1994	717	2.6	4.2	10.6	54.7	81.6	112.6	186.5	170.3	109.8	64.2	34.7	9.1	841.0	121%
1995	613.2	2.7	6.1	21.3	41.3	77.1	115.4	143.7	164.2	102.4	68.7	26.5	5.3	774.8	88%
1996	1,040.9	3.4	1.9	14.4	36.5	80.7	115.7	143.9	159.0	107.7	65.0	28.0	8.9	765.1	84%
1997	1,126.4	1.6	5.4	20.9	46.3	82.6	123.7	146.5	149.5	103.6	61.0	32.0	8.3	781.4	50%
1998	1,507.7	2.5	9.5	18.5	57.0	83.1	111.3	149.2	157.1	112.8	68.5	27.7	8.9	806.0	52%
1999	1,535	4.2	6.1	19.6	47.4	80.4	121.2	137.8	141.0	115.8	59.6	29.9	7.6	770.5	41%
2000	1,176.7	2.4	1.1	17.7	44.9	79.9	120.6	154.2	158.5	96.4	62.9	23.8	7.6	769.9	78%
2001	945.9	0.8	3.4	14.9	47.5	87.4	115.6	152.9	147.0	109.4	68.0	24.9	5.4	777.3	69%
평균	1,101.4	2.4	4.4	16.8	46.8	82.0	115.7	146.3	150.6	105.9	63.8	28.2	7.8	770.7	67%

### 3) 실제증발량(Actual Evapotranspiration)

잠재증발산량은 포화상태에서 증발산이 가능한 양을 나타내는 값이나, 실제 유역에서 토양이 물로 포화된 상태에서 증발산이 계속되면 토양 중의 수분은 점차 감소하게 된다. 이러한 경우에 식물의 뿌리를 통한 증산뿐만 아니라 토양면으로부터의 증발은 둔화되어 실제 증발산량( $E_A$ )은 다음 호우로 인해 유역이 물로 포화될 때까지 점점 감소하여 잠재증발산량( $E_P$ )보다 작게 되므로  $E_A = kE_P$ 로 표시할 수 있다.

여기서  $k$ 는 1보다 적은 계수이나 증발산량 산정시 적용방법에 따라 매우 다른 결과를 나타낸다.

Penman은 실험을 통하여 습한 지역에서의 증발량이 수표면에서의 증발량에 대하여 약 0.90의 비율을 나타낸다고 하였다. 그러나 습지가 건조되면 이 비율은 점차 감소하므로  $k$ 값은 이보다 훨씬 낮아질 것이다. 실제증발산량을 측정하는 방법으로 토양수분수지분석법이 이용되는데, 건설교통부에서는 지하수기초조사 수행시 토양수분수지분석법을 사용하여 실제증발산량을 산출하였으며, 잠재증발산량에 대한 실제증발산량의 비율은 평균 약 59%로 나타났다.

실제 증발산량을 산출하는 목적은 물수지분석에 의해 지하수함양량을 파악하는데 있으므로 본 조사에서는 이러한 사례를 참고, 잠재증발산량( $E_P$ )의  $k$ 값을 55~60%로 적용하여  $E_a$ 를 계산하면 실제증발산량에 근접할 것으로 판단된다.

## 4.3 관측조사

### 4.3.1 개요

지하수위란 자유면대수층(충적층 지하수)에서는 지하수위면을, 피압대수층에서는 피압면을 말한다. 지하수위는 수문기상조건 및 지하수의 양수 등에 따라 연중 끊임없이 변화하고 있으며, 어떤 대수층의 지하수량에 대한 증감 파악시 지하수위의 변화는 매우 중요하다. 만일 지하수위가 하강하면 대수층내의 지하수량이 감소되고 있는 중이며, 지하수위가 상승하면 대수층내로 지하수가 함양되어 지하수량이 증가되고 있음을 나타낸다.

따라서 지하수위의 변화는 그 지역 대수층의 저류 또는 저류량의 변화를 대변한다고 할 수 있다. 일반적으로 지하수위의 강하 및 상승은 강우에 의한 지하수 함양, 인위적인 양수, 조석간만에 의한 tidal effect, 대기압의 변동 및 바람의 영향, 관정설치 주변의 하중변화, 상하수도관의 누수에 의한 인위적인 충전 등 복합적인 요인에 의해 발생한다. 본 조사지역의 지하수위 변화는 주로 강우에 의한 함양, 인위적인 양수, 조석간만에 의한 영향 등으로 인하여 발생하는 것으로 사료된다.

일반적으로 지하수의 수리화학적 특징은 지하수 부존지역 기반암의 암석화학적 특징과 구성광물 및 지질구조 등의 지질학적 특성에 의해 영향을 받으며, 동일한 지질상태에서도 지하수 부존심도나 주변 오염원의 존재 등에 따라 변화한다. 따라서 특정지역에 부존하는 지하수와 온천수의 수질특성 및 생성과정을 이해하기 위해서는 수리화학적 및 환경동위원소적 특성에 대한 시간적, 공간적 변화양상을 파악할 필요도 있다. 특히 지하 심층에 부존하는 암반지하수의 경우 기반암의 광물 조성과 반응성이 매우 중요하며, 또한 천층지하수 및 지표수의 혼입과정도 또한 지하수의 수리화학적 특징에 영향을 주는 중요한 요인이다.

조사지구의 지하수위조사 및 현장수질조사는 1단계 공정에서 관정현황조사와 일제조사시 각 2회씩 실시하였고, 2단계 공정에서 갈수기와 풍수기에 걸쳐 각각 1회씩 실시하여 총 4회의 일제조사를 수행하였다. 정밀수질조사는 양·음이온 분석 56개소, 먹는물 수질기준 7개소, 농업용수 수질기준 21개소, 질산성질소 286개소에서 실시하였으며, 특히 질산성질소 값이 높게 나타난 지역에 대하여 오염원을 분석하기 위하여 질산성질소, 암모니아성질소, 동위원소분석을 40개소에 대하여 실시하였다.

### 4.3.2 지하수위조사

조사지역의 지하수위를 합리적으로 조사하기 위하여 이용실태 조사시 파악된 관정에 대하여 유역별로 총적대수층과 암반대수층을 구분하고 2001년 6월부터 2002년 8월 기간에 각각 두 차례, 총 4회에 걸쳐 지하수위를 측정하였다. 지하수위 일제조사(갈수기, 풍수기)시에 측정된 수위값과 지형도(1:5,000)에서 추출된 표고, 그리고 전자고도계를 이용하여 조사된 각 관정으로부터 지하수두 값(해수면기준)을 산출하였으며, 이를 이용하여 지하수두 등고선도를 작성하였다.

지하수두 등고선도를 이용하여 지하수의 유동방향 및 부존특성(지하수 함양 및 배출지역 구분)을 파악할 수 있으며, 축사 등 잠재오염원에 의한 지하수질 변화 및 오염특성 등을 예측할 수 있어 지하수 오염취약성 평가와 오염예측이 가능하므로 지하수위 관측은 지하수 자원의 효율적인 관리 측면에서 볼 때 매우 중요하다.

조사지역의 수위조사 관정수는 갈수기 145개소(총적 25, 암반 120), 풍수기 145개소(총적 25, 암반 120)이며, 조사내용은 <표 4-3-1~4>와 부록-10과 같다.

지하수위 조사는 관정의 양수가 일정기간 동안 없었거나 양수 후 수위가 충분히 회복되었다고 판단된 경우에 자연수위를 측정하였으나, 주거밀집지역에서는 인근 생활용 관정의 양수여부 확인이 어려웠으며, 또한 일부 지역에서는 갈수기의 수위조사시 농작물(양파 등)의 파종에 따른 관개로 관정을 이용하고 있어 실제 지하수두보다 다소 작은 수치가 측정된 것으로 추정된다.

<그림 4-3-1>에서 조사지역 지하수두와 표고와의 관계는 대체로 정비례함을 나타내며, 갈수기의 지하수두와 표고와의 결정계수는 0.7758이고 풍수기의 결정계수는 0.7653으로 나타났다. 일반적으로 갈수기에는 지하수 관정을 많이 사용하므로 풍수기에 비하여 상관관계가 높으나, 본 조사지구에서는 갈수기와 풍수기에 유사한 경향을 나타내었다.



<표 4-3-1> 1차년도 충전대수층 지하수위 및 수두현황

유역	지하수위(지표하, m)								지하수두(해수면기준, m)							
	1차(갈수기)				2차(풍수기)				1차(갈수기)				2차(풍수기)			
	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차
계	7.79	1.23	5.16	0.77	16.05	0.00	4.05	1.91	27.25	-4.29	8.83	0.23	41.97	-2.00	8.96	2.37
MA01	6.50	2.08	4.29	2.21	6.50	1.25	3.36	2.26	8.60	8.22	8.41	0.19	9.05	7.66	8.44	0.58
MA02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA03	5.09	5.09	5.09	0.00	5.09	1.50	3.53	1.50	9.81	9.81	9.81	0.00	18.50	9.81	13.77	3.59
MA04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA05	2.75	1.23	1.99	0.76	2.21	1.11	1.50	0.44	27.25	25.77	26.51	0.74	41.97	19.78	28.36	7.34
MA06	-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	0.00	-	-	-	-	10.00	10.00	10.00	0.00
MA07	-	-	-	-	15.53	0.39	5.02	6.21	-	-	-	-	24.61	13.30	19.18	4.22
MA08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA09	-	-	-	-	8.95	1.66	4.96	2.49	-	-	-	-	10.90	2.05	4.70	2.94
MA10	7.52	5.75	6.64	0.89	9.61	0.17	4.21	2.89	3.95	3.48	3.72	0.24	13.73	-1.26	4.69	4.79
MA11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA12	-	-	-	-	8.96	0.34	4.65	4.31	-	-	-	-	9.66	7.04	8.35	1.31
MA13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA14	7.79	7.79	7.79	0.00	3.00	2.85	2.93	0.08	-4.29	-4.29	-4.29	0.00	8.15	0.50	4.33	3.83
MA15	-	-	-	-	4.62	4.62	4.62	0.00	-	-	-	-	7.58	7.58	7.58	0.00
MA16	-	-	-	-	16.05	0.00	4.11	4.66	-	-	-	-	5.95	-2.00	0.80	2.18
MA17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA18	-	-	-	-	3.10	3.10	3.10	0.00	-	-	-	-	5.90	5.90	5.90	0.00
MA19	-	-	-	-	1.60	1.60	1.60	0.00	-	-	-	-	0.40	0.40	0.40	0.00

<표 4-3-2> 1차년도 암반대수층 지하수위 및 수두현황

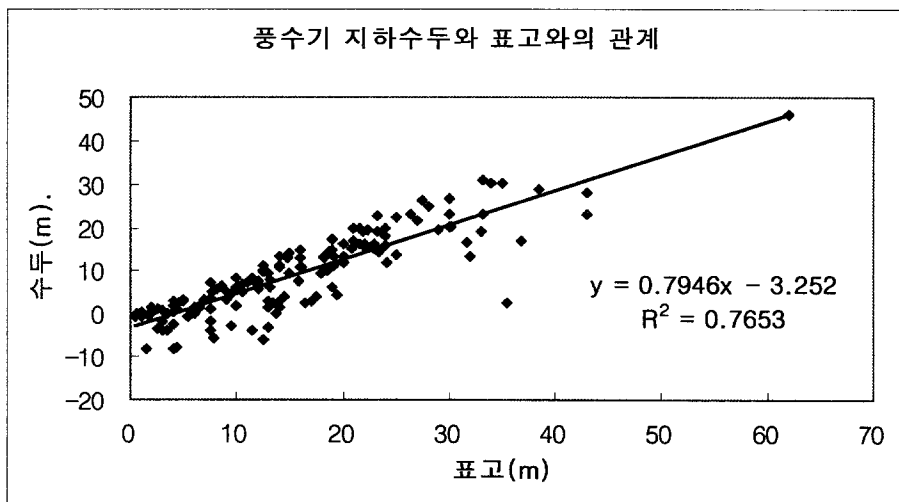
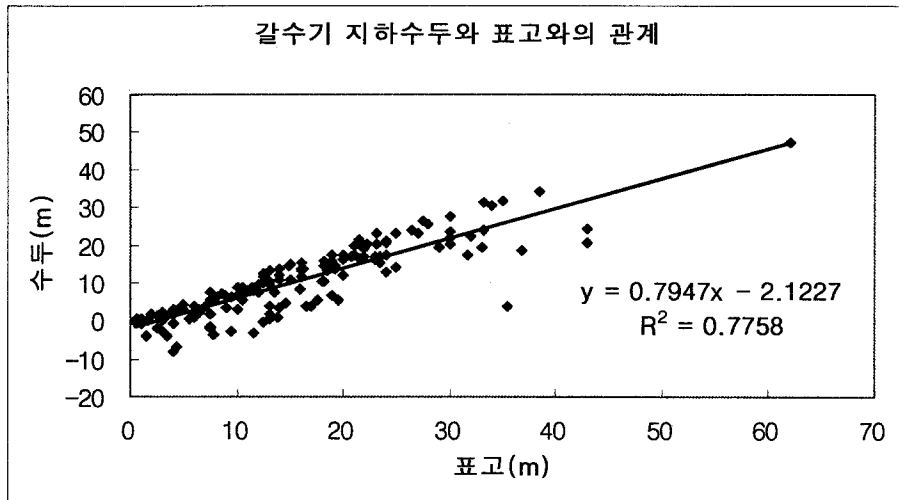
유역	지하수위(지표하, m)								지하수두(해수면기준, m)							
	1차(갈수기)				2차(풍수기)				1차(갈수기)				2차(풍수기)			
	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차
계	17.25	0.93	8.10	1.12	30.00	0.00	7.87	4.20	31.28	-6.34	5.44	2.07	33.95	-27.00	7.78	4.90
MA01	-	-	-	-	30.00	5.77	17.89	12.12	-	-	-	-	8.23	-1.00	3.62	4.62
MA02	-	-	-	-	8.10	1.57	4.89	2.09	-	-	-	-	27.55	0.50	19.03	9.60
MA03	8.92	3.76	6.50	1.71	9.13	0.96	5.45	2.37	17.74	9.28	12.37	2.84	20.88	6.62	14.38	4.42
MA04	-	-	-	-	18.09	18.09	18.09	0.00	-	-	-	-	0.91	0.91	0.91	0.00
MA05	-	-	-	-	10.15	2.62	6.79	2.70	-	-	-	-	22.35	8.38	15.04	4.87
MA06	17.25	17.25	17.25	0.00	17.25	0.55	4.90	4.39	3.25	3.25	3.25	0.00	33.95	3.25	15.25	8.65
MA07	7.92	0.93	3.45	2.78	30.00	0.00	12.79	11.95	31.28	12.07	16.97	8.26	32.67	-27.00	8.44	13.44
MA08	8.16	8.16	8.16	0.00	30.00	7.12	13.07	9.78	17.34	17.34	17.34	0.00	27.10	5.50	16.68	7.70
MA09	17.02	11.48	13.73	2.14	16.08	0.95	9.83	4.42	7.78	-0.19	3.27	2.87	10.54	-1.60	3.06	2.97
MA10	-	-	-	-	9.01	0.20	4.18	2.79	-	-	-	-	26.10	-0.90	10.18	7.88
MA11	-	-	-	-	0.80	0.80	0.80	0.00	-	-	-	-	9.20	9.20	9.20	0.00
MA12	-	-	-	-	7.80	0.00	3.77	2.72	-	-	-	-	17.50	2.65	10.31	4.86
MA13	-	-	-	-	4.19	2.15	3.21	0.84	-	-	-	-	14.51	2.70	7.85	4.94
MA14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA15	10.70	10.70	10.70	0.00	8.40	8.40	8.40	0.00	-0.70	-0.70	-0.70	0.00	1.60	1.60	1.60	0.00
MA16	6.67	6.67	6.67	0.00	12.74	5.50	7.98	2.81	-3.67	-3.67	-3.67	0.00	1.26	-4.00	-2.53	2.19
MA17	7.38	4.11	5.75	1.64	30.00	2.50	9.80	9.37	3.39	-1.38	1.01	2.39	4.70	-17.00	-1.19	7.27
MA18	1.24	1.24	1.24	0.00	11.93	1.12	4.61	4.27	3.76	3.76	3.76	0.00	7.14	3.39	5.21	1.59
MA19	10.14	2.79	7.53	2.94	9.81	1.96	5.21	3.02	5.14	-6.34	0.84	4.33	9.80	-0.49	2.98	3.14

<표 4-3-3> 2차년도 총적대수층 지하수위 및 수두현황

유역	지하수위(지표하, m)								지하수두(해수면기준, m)							
	1차(갈수기)				2차(풍수기)				1차(갈수기)				2차(풍수기)			
	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차
계	19.80	0.44	4.11	1.25	18.27	0.00	3.60	1.15	30.13	-3.98	8.74	1.64	30.63	-2.60	9.25	1.54
MA01	1.81	1.81	1.81	0.00	1.47	1.47	1.47	0.00	8.19	8.19	8.19	0.00	8.53	8.53	8.53	0.00
MA02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA05	3.40	1.29	2.18	0.91	2.52	1.26	1.74	0.52	26.60	19.60	23.02	3.39	27.48	19.74	23.46	3.43
MA06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA07	19.80	3.87	11.84	7.97	18.27	3.37	10.82	7.45	30.13	17.00	23.57	6.57	30.63	18.53	24.58	6.05
MA08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA09	3.72	3.72	3.72	0.00	3.24	3.24	3.24	0.00	6.28	6.28	6.28	0.00	6.76	6.76	6.76	0.00
MA10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA11	4.16	4.16	4.16	0.00	3.35	3.35	3.35	0.00	14.84	14.84	14.84	0.00	15.65	15.65	15.65	0.00
MA12	1.68	1.32	1.50	0.18	1.42	1.17	1.30	0.13	1.18	-0.08	0.55	0.63	1.33	0.18	0.76	0.58
MA13	0.52	0.52	0.52	0.00	0.61	0.61	0.61	0.00	0.48	0.48	0.48	0.00	0.39	0.39	0.39	0.00
MA14	3.67	3.39	3.53	0.14	2.90	2.03	2.47	0.44	7.33	0.11	3.72	3.61	8.10	1.47	4.79	3.32
MA15	8.45	8.45	8.45	0.00	8.21	8.21	8.21	0.00	14.95	14.95	14.95	0.00	15.19	15.19	15.19	0.00
MA16	6.98	0.44	3.69	2.52	5.60	0.00	2.68	2.14	1.56	-3.98	-0.67	1.90	2.24	-2.60	0.34	1.52
MA17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA18	5.84	1.68	3.76	2.08	5.67	1.73	3.70	1.97	3.16	-0.68	1.24	1.92	3.33	-0.73	1.30	2.03
MA19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<표 4-3-4> 2차년도 암반대수층 지하수위 및 수두현황

유역	지하수위(지표하, m)								지하수두(해수면기준, m)							
	1차(갈수기)				2차(풍수기)				1차(갈수기)				2차(풍수기)			
	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차	최대	최소	평균	표준편차
계	32.80	0.20	7.09	3.73	31.78	0.27	5.98	3.66	46.10	-8.30	8.36	6.43	47.30	-8.02	9.48	6.38
MA01	11.09	1.68	7.59	3.19	9.70	1.65	6.02	2.95	20.27	2.91	14.10	6.71	21.80	5.60	15.67	5.40
MA02	9.82	1.88	5.06	2.91	6.53	1.58	3.52	1.75	28.68	6.72	19.38	7.24	34.20	7.02	20.92	8.70
MA03	12.00	1.80	6.23	2.62	11.12	-	4.29	2.92	30.87	1.06	13.60	6.45	31.11	2.63	15.54	6.19
MA04	12.73	12.73	12.73	-	12.52	12.52	12.52	-	6.27	6.27	6.27	-	6.48	6.48	6.48	-
MA05	10.18	3.11	5.94	2.73	9.19	2.30	4.46	2.76	24.89	7.55	17.76	6.85	25.70	8.10	19.24	6.87
MA06	6.55	0.58	3.46	1.98	5.09	-	2.59	1.50	23.15	-0.78	12.14	7.84	23.82	0.41	13.02	7.97
MA07	19.93	0.50	10.22	6.08	22.30	0.48	8.97	5.88	46.10	-7.64	12.84	11.78	47.30	-6.89	14.09	10.90
MA08	32.80	4.57	15.07	12.61	31.78	3.20	13.96	12.69	30.43	2.70	16.09	11.34	31.80	3.72	17.21	11.49
MA09	15.30	2.27	9.85	4.74	14.70	2.02	9.09	4.84	5.83	-3.80	2.59	3.34	6.69	-3.20	3.36	3.58
MA10	3.82	3.51	3.71	0.14	3.08	2.10	2.67	0.41	16.18	0.49	6.62	6.85	17.18	1.90	7.67	6.78
MA11	11.44	1.77	5.47	3.51	9.54	0.27	4.21	3.42	13.03	-3.94	6.32	6.12	14.53	-2.04	7.57	6.05
MA12	5.42	1.14	3.89	1.51	4.94	0.69	3.11	1.39	16.08	1.88	10.20	4.70	16.56	2.84	10.98	4.47
MA13	4.20	1.02	2.61	1.59	3.88	0.93	2.40	1.48	14.50	-0.52	6.99	7.51	14.82	-0.43	7.20	7.62
MA14	5.03	5.03	5.03	-	3.48	3.48	3.48	-	8.07	8.07	8.07	-	9.62	9.62	9.62	-
MA15	8.23	8.23	8.23	-	6.95	6.95	6.95	-	1.77	1.77	1.77	-	3.05	3.05	3.05	-
MA16	13.30	5.67	10.63	2.79	12.02	4.14	8.74	3.27	1.60	-8.30	-3.97	4.17	3.30	-8.02	-2.08	4.13
MA17	13.75	0.20	7.69	5.62	13.00	-	7.29	5.42	7.30	-1.63	1.91	3.87	7.50	-1.36	2.31	3.77
MA18	14.07	1.52	7.03	4.74	13.29	0.67	6.00	4.75	9.59	-3.57	2.61	3.58	10.60	-1.75	3.65	3.42
MA19	10.17	1.15	4.29	2.87	9.39	-	3.31	3.14	11.35	-3.90	3.58	4.55	12.50	-4.12	4.57	4.76



<그림 4-3-1> 갈수기 및 풍수기 지하수두와 표고와의 관계

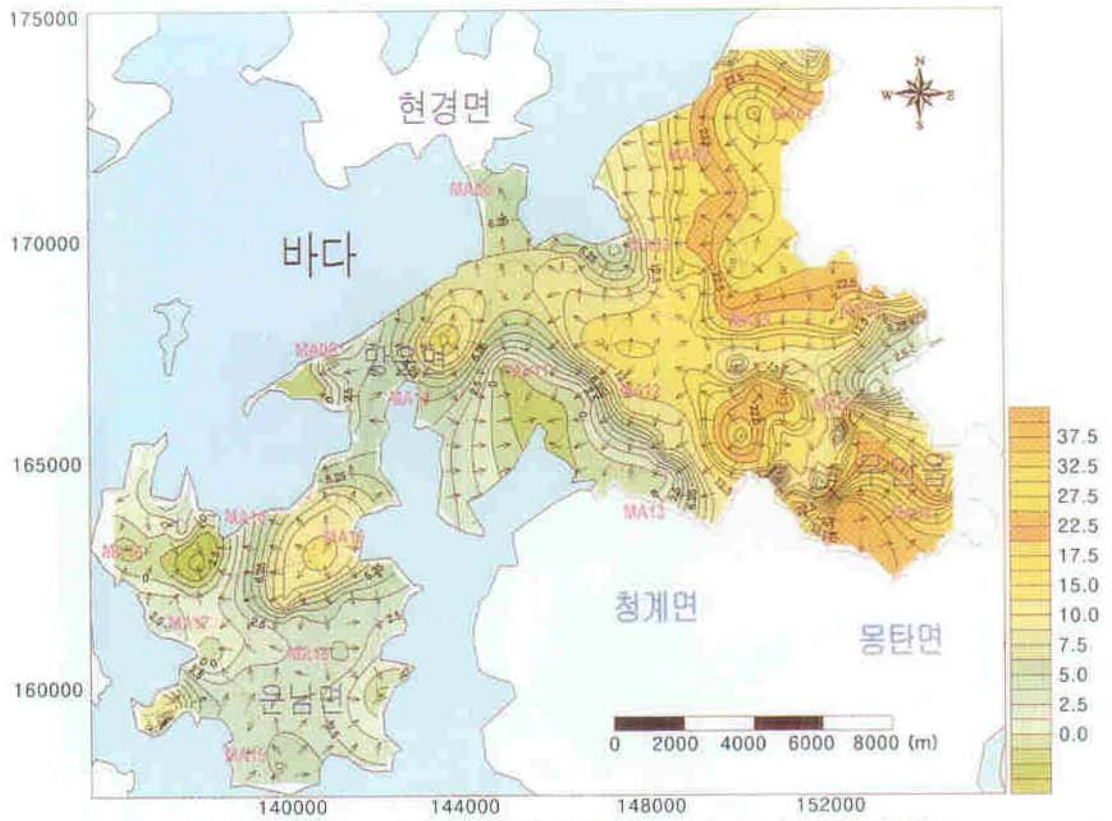
<그림 4-3-2~5>는 갈수기와 풍수기의 지하수두 등고선을 나타내는 그림이며, 지하수의 유동은 등고선의 수직방향에 대하여 수두가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이루어진다. 여기서 화살표는 지하수의 유동방향을 나타내며, 화살표가 발산하는 지역(황색)은 지하수두가 높은 지역으로 지하수의 충전이 이루어지는 지하수함양지역이고, 화살표가 수렴하는 지역(푸른색)은 저지대로서 지하수배출지역임을 나타낸다.

지하수의 함양은 조사지구의 북동쪽에 위치한 MA01, MA02 유역과 서남쪽에 위치한 MA14, MA15 유역에서, 또한 지하수 배출은 조사지구의 서쪽과 남쪽에 위치한 MA04, MA11, MA18 유역에서 이루어지는 것으로 나타났다.

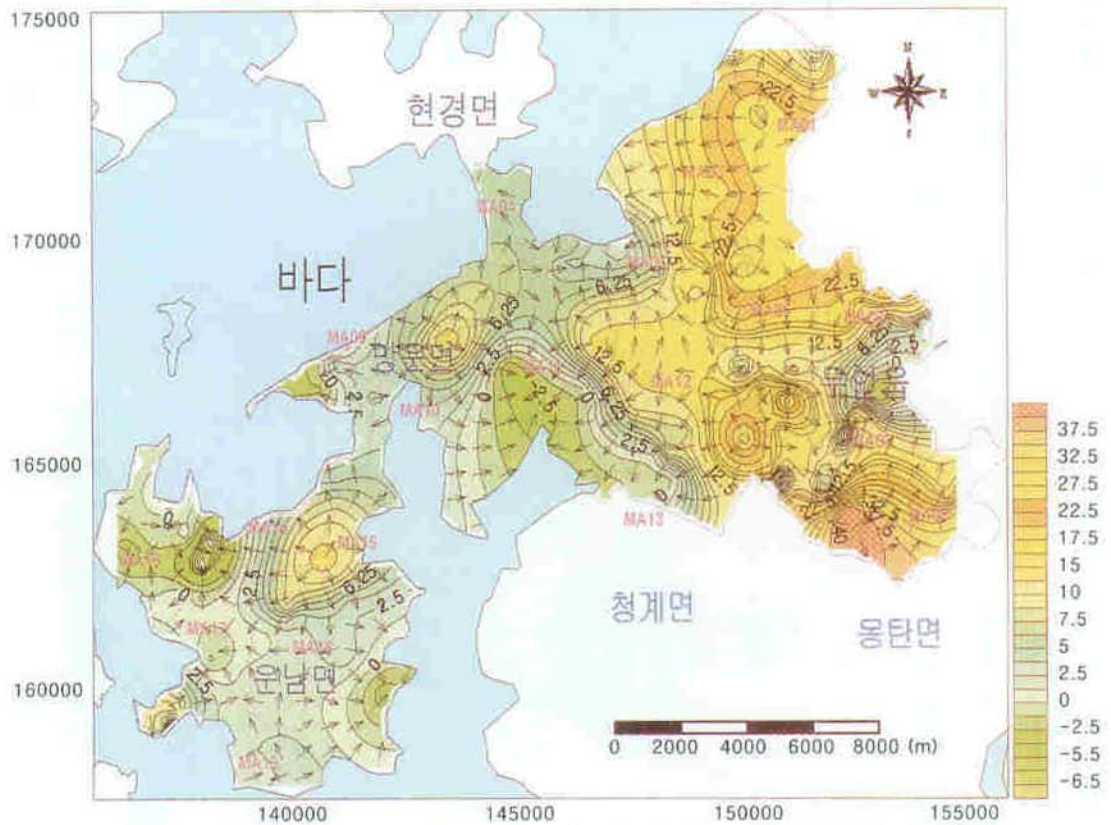
본 조사지구의 평균수두값은 풍수기가 갈수기에 비하여 약 0.82m 높은 것으로

조사되었으며, 전반적인 지하수두 등고선의 양상은 시기별로 동일하고, 지하수 함양 및 배출지역도 비슷한 경향을 나타내었다. 그림 4-3-4~5는 갈수기와 풍수기의 지하수두 등고선도와 유동방향을 3차원적으로 나타낸 그림이며, 지하수 함양지역은 높고, 지하수 배출지역은 낮게 표현되었다.

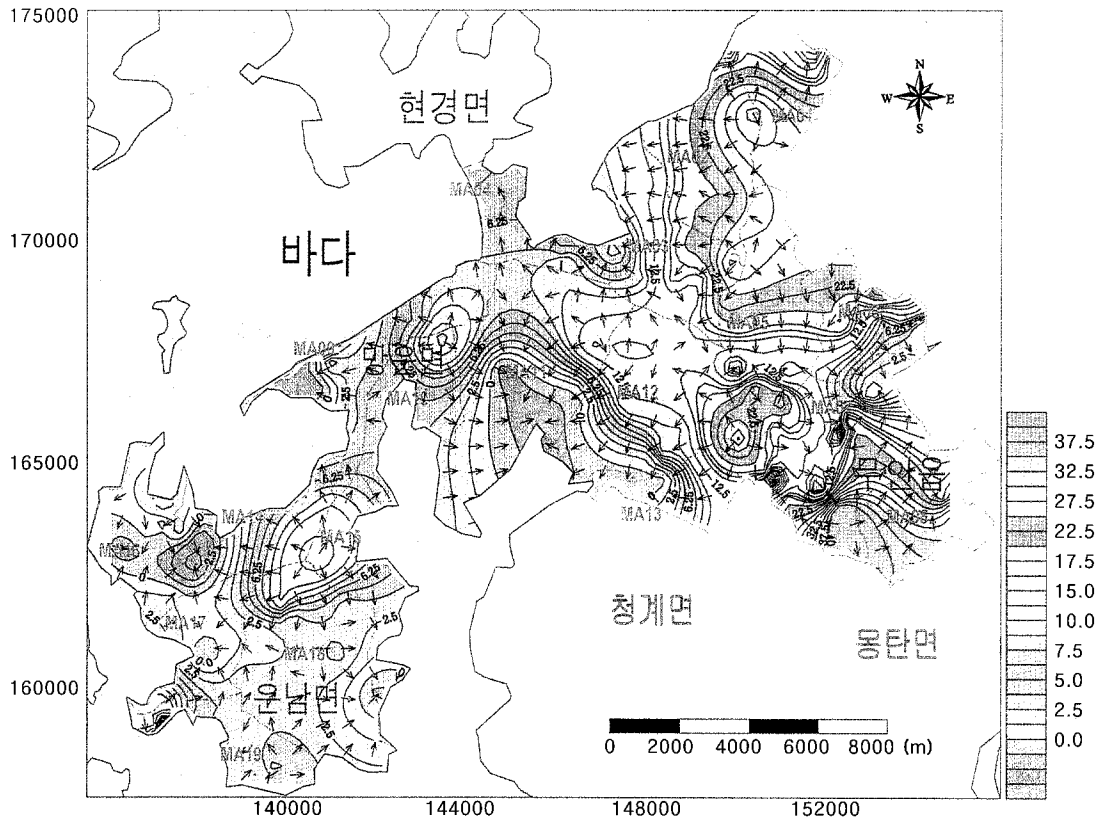
지하수의 평균수두 값을 유역별 히스토그램으로 살펴보면 충적 및 암반지하수의 경우 수두값은 각각 0.5m와 1.1m 상승하였으나, 지하수 함양에 의한 수두변화가 그대로 반영되지 않은 것으로 보인다<그림 4-3-6>. 유역별로는 갈수기와 풍수기에 지하수두 차이가 큰 지역은 지하수 의존도가 높은 MA14 유역과 MA01~03 유역으로 조사되었다.



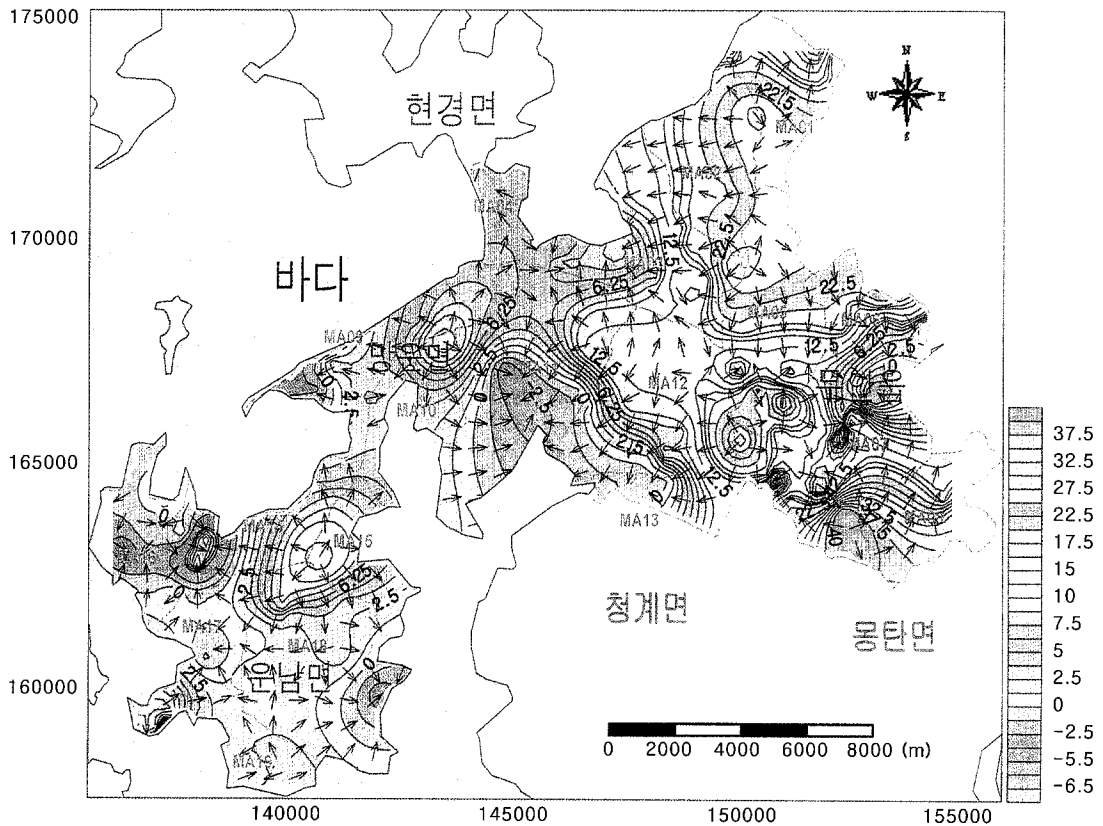
<그림 4-3-2> 갈수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도



<그림 4-3-3> 풍수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도

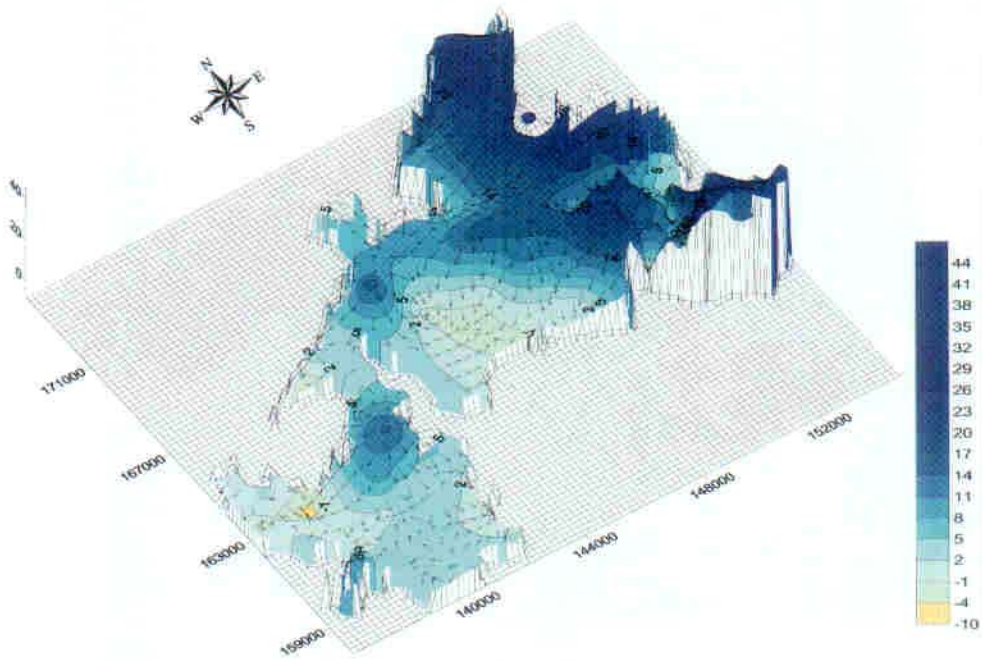


<그림 4-3-2> 갈수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도

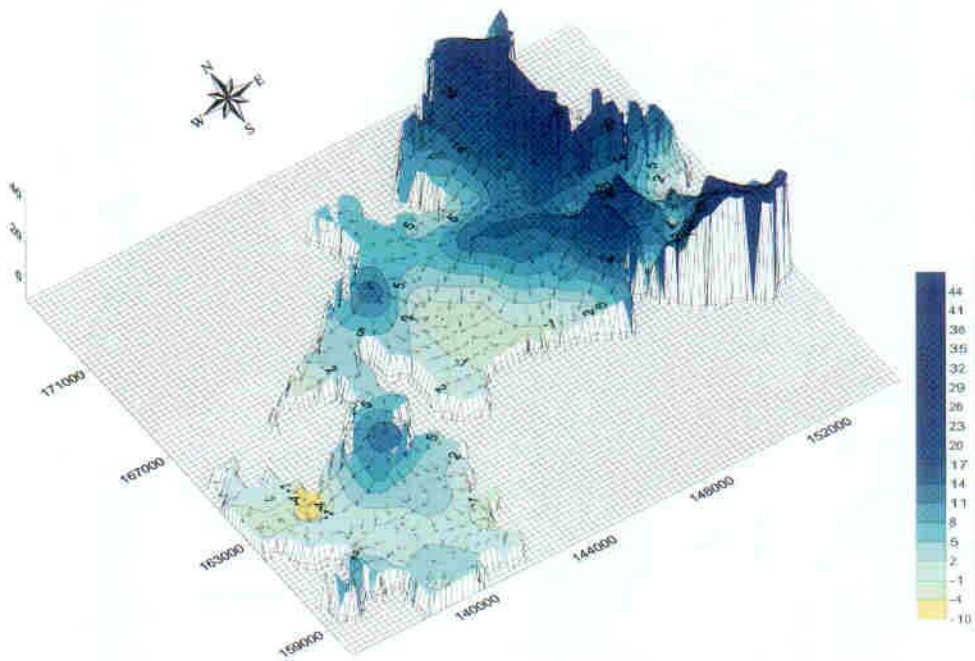


<그림 4-3-3> 풍수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도

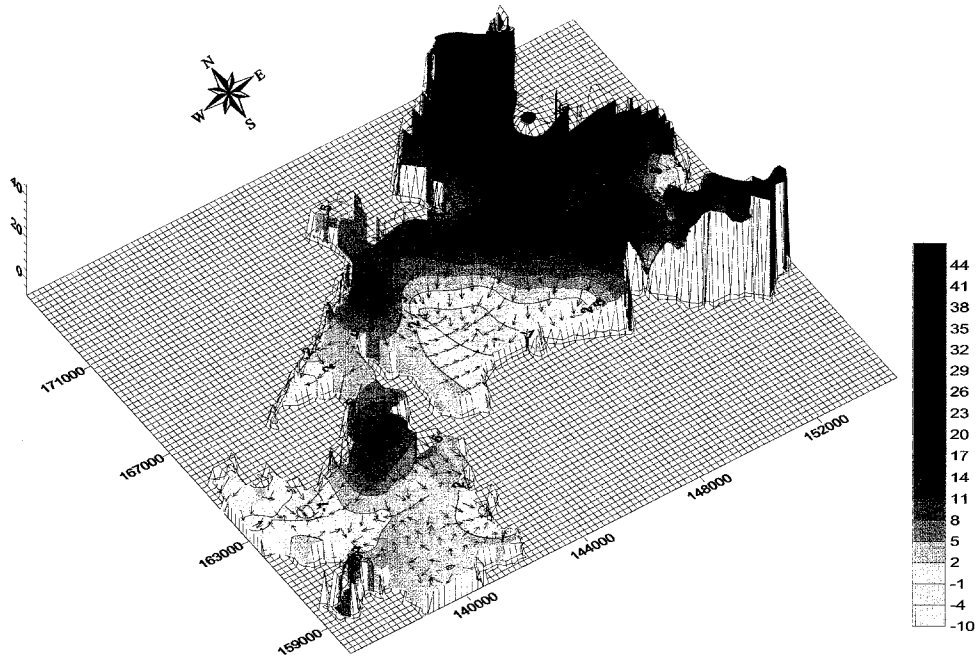




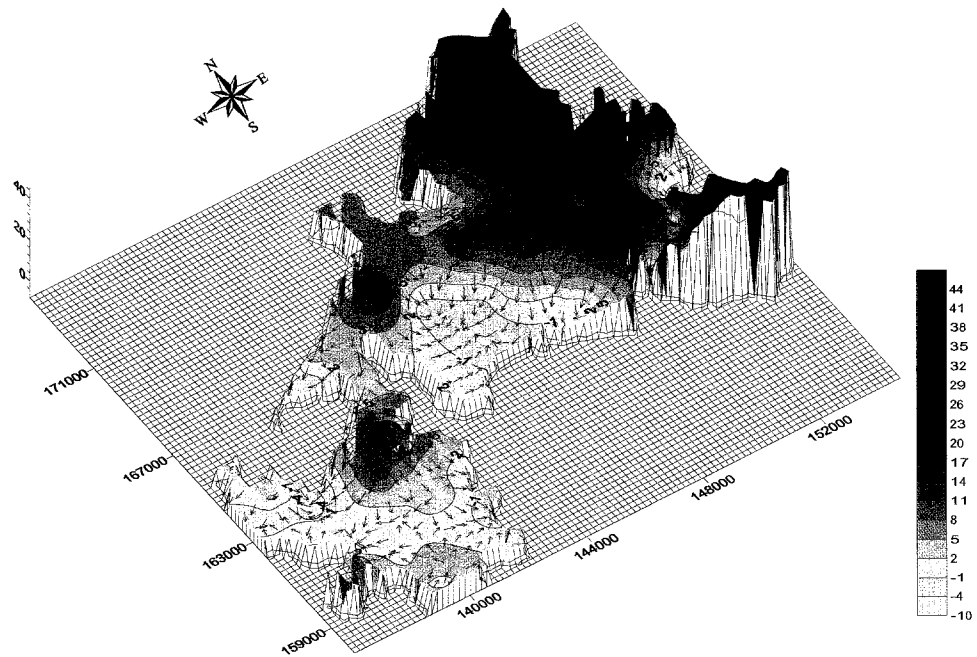
<그림 4-3-4> 갈수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도(3차원)



<그림 4-3-5> 풍수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도(3차원)

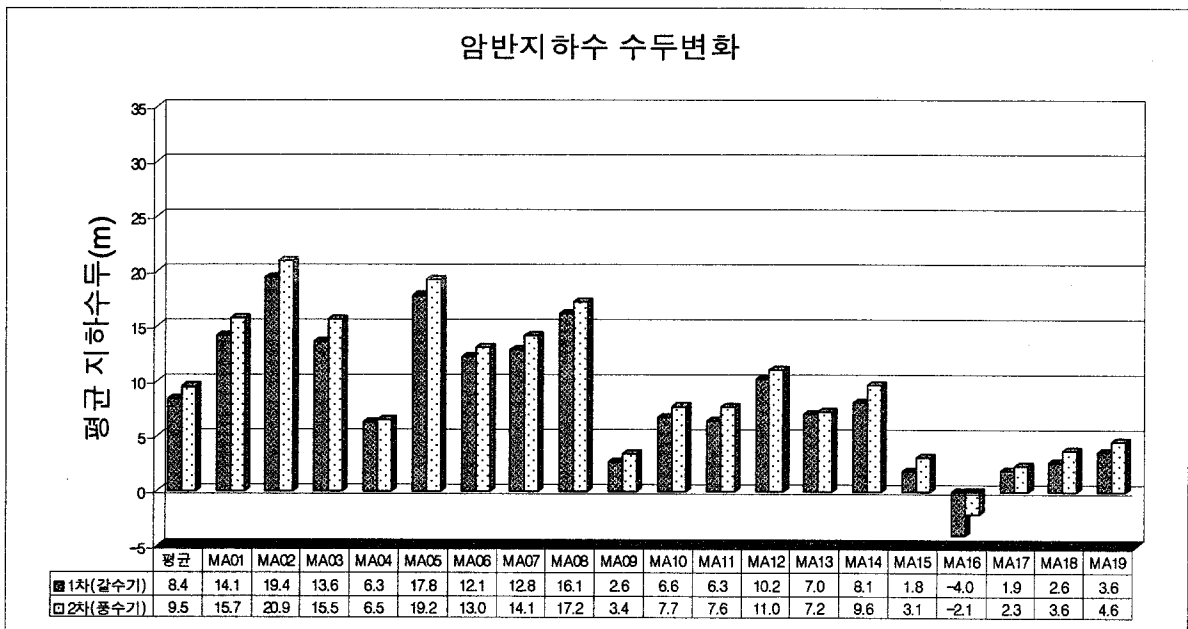
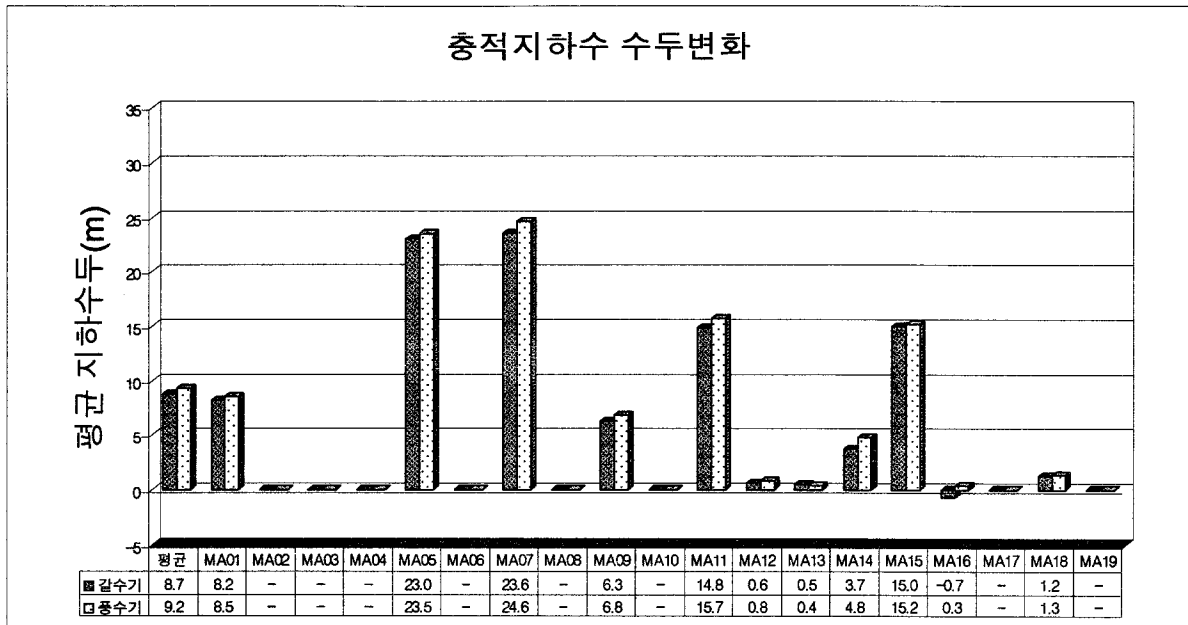


<그림 4-3-4> 갈수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도(3차원)



<그림 4-3-5> 풍수기 지하수두 등고선도 및 유동방향도(3차원)





<그림 4-3-6> 갈수기와 홍수기의 유역별 충적 및 암반지하수 수두변화

### 4.3.3 지하수 현장수질조사

#### 가. 현장수질조사 개요

##### 1) 온도

지하수의 온도는 지하수와 다공질 지질매체 사이의 열적 평형이 성립되었으므로 그 장소의 지온과 일치한다. 지하수온은 측정시기와 시간에 따라 대기 온도와 지온 등의 영향을 받으므로 측정시 주의하여야 하며, 온도에 따라 변화하는 pH 및 EC 등의 측정치 보정에도 이용된다.

##### 2) 수소이온농도(pH)

일반적으로 수소이온은 광물의 풍화과정 중에 소모되며, 물-암석 반응이 진행됨에 따라 TDS, EC와 함께 상승하는 경향이 있다. 이러한 pH의 증가경향은 대수층을 구성하는 지질매체의 광물조합과 물-암석 반응에 따라 다양하게 나타난다. 따라서 pH는 지질에 따른 지하수의 수질변화시 가장 많은 영향을 미치는 요소 중의 하나이며, 특히 지하수에 용해되어 있는 중탄산염이온( $\text{HCO}_3^-$ )이나 탄산가스( $\text{CO}_3^{2-}$ )의 함량에 따라 변화한다. 일반적으로 pH에 의한 수질 분류는 pH값이 5.5 이하이면 산성, 5.5~6.5는 약산성, 6.5~7.5 사이는 중성, 7.5~9.0은 약알카리성, 그리고 9.0 이상이면 알카리성으로 분류되며, 수소이온농도의 먹는물 수질환경기준은 5.8~8.5 이다.

##### 3) 전기전도도(EC)

전기전도도(Electrical Conductivity)는 ASTM(American Society for Testing and Materials)의 기준에 의하면 단위체적( $\text{cm}^3$ )을 갖는 25℃의 수용성용액의 두 대응면에서 측정한 전기저항의 역수로 정의된다. 즉 용액 내에서 이온농도가 증가할수록 전기저항은 감소하고 전기전도도는 증가하므로 이온농도의 지시인자 역할을 한다. 전기전도도는 물 속에 용해되어 있는 전해질 용존이온의 함량에 의해 결정되므로 지하수에서 지구화학 반응정도를 나타내는 TDS와 일정한 관계를 나타낸다.

일반적으로 EC는 지구화학적 반응 정도와 그에 따른 지하수의 심도에 따라 그 수치가 증가하며, 인위적인 오염이나 해수의 혼입에 의해 그 값이 증가할 수 있다. 따라서 EC는 지하수의 유동을 파악하는 방법으로 사용될 수 있으며, 또한 인위적인 오염이나 해수침투 상태를 조사하는데 이용될 수 있다.

#### 4) 총고용물질(TDS)

TDS(Total Dissolved Solids)는 지하수 수질의 대표적인 물리적 특성으로서 증발잔류물에서 부유물질만을 뺀 값으로 정의되며, 용액 내에 녹아있는 용존이온의 총량을 의미한다. 일반적으로 정성적인 분석신뢰도를 파악하기 위하여 EC와 TDS와의 관계를 이용한다. 즉, Data의 신뢰도를 검증하는 방법의 일환으로 현장에서 EC를 측정하여 수질을 정성적으로 판단하는데 사용된다.

#### 나. 현장수질 현황

지하수시료는 관정을 충분히 양수한 후 Consort사의 C535모델을 이용하여 온도, pH, EC 등을 측정하였다. 현장수질조사는 지하수위조사와 마찬가지로 관정을 유형별(충적, 암반), 및 유역별로 구분하여 총 4회에 걸쳐 수행하였으며, 이용현황 조사시 측정된 자료는 장기간 측정되어 비교분석하기에는 신뢰도가 떨어지므로 분석대상에서 제외하였고, 1차 일제조사와 갈수기(2차) 및 풍수기(3차)의 일제조사 자료만 분석대상에 포함시켰다.

##### 1) 온도

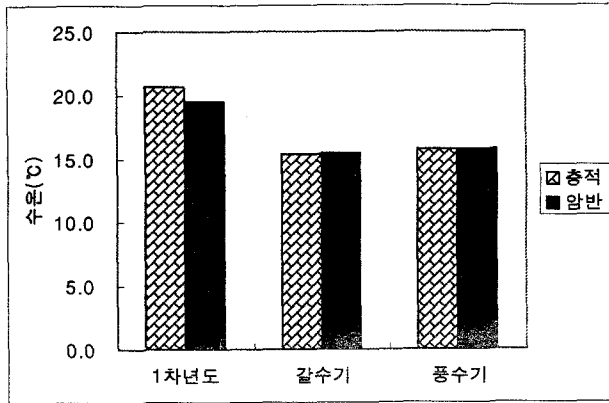
조사지역 지하수의 온도는 13.5~16.9℃(충적 13.5~16.9℃, 암반 14.0~16.5℃)의 범위를 나타내었다<표 4-3-5, 그림 4-3-7>.

지하수의 평균온도는 풍수기가 갈수기에 비하여 충적 및 암반지하수에서 각각 0.3℃와 0.2℃ 높은 값을 보여주는데 이러한 현상은 수질측정시 대기온도의 영향을 받은 것으로 사료된다.

<표 4-3-5> 유역별 지하수 온도 현황

(단위 : °C)

유역		1차년도 (N=232)				갈수기 (N=145)				풍수기 (N=145)			
		최 소	최 대	평 균	표준 편차	최 소	최 대	평 균	표준 편차	최 소	최 대	평 균	표준 편차
계	총적	16.4	27.3	20.7	2.0	13.5	16.9	15.4	0.5	14.3	16.8	15.7	0.4
	암반	15.3	28.6	19.6	2.4	14.0	16.5	15.5	0.4	14.7	16.4	15.7	0.3
MA01	총적	18.0	23.8	21.0	2.5	14.0	15.2	14.5	0.4	14.6	15.1	14.8	0.2
	암반	17.8	22.9	20.0	2.0	15.2	15.2	15.2	0.0	15.7	15.7	15.7	0.0
MA02	총적	17.2	19.0	18.0	0.8	13.5	14.3	13.9	0.4	14.9	15.3	15.1	0.2
	암반	15.7	25.8	19.6	3.1	14.2	15.4	14.8	0.5	15.1	16.1	15.7	0.4
MA03	총적	16.4	24.8	19.6	2.4	14.8	15.4	15.1	0.2	14.7	15.8	15.3	0.4
	암반	16.1	28.1	21.0	2.8	14.0	16.0	15.0	0.8	14.7	16.4	15.8	0.7
MA04	총적	16.5	24.7	21.4	3.5	14.9	16.0	15.4	0.4	15.2	16.3	15.7	0.4
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA05	총적	20.3	25.1	23.0	2.0	14.7	16.8	15.7	0.6	14.7	16.7	15.7	0.6
	암반	15.6	25.1	19.7	2.7	14.2	16.3	15.4	0.8	14.9	16.2	15.6	0.5
MA06	총적	-	-	-	-	15.2	16.0	15.6	0.3	14.9	16.3	15.8	0.4
	암반	16.4	24.9	19.3	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-
MA07	총적	18.3	25.1	20.9	2.3	14.9	16.9	15.8	0.7	15.6	15.7	15.7	0.0
	암반	16.5	28.6	21.6	3.6	15.2	16.0	15.6	0.4	15.3	15.7	15.5	0.2
MA08	총적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	암반	16.6	21.3	19.6	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-
MA09	총적	16.4	24.4	19.0	2.0	15.2	16.8	15.9	0.5	15.8	16.8	16.3	0.3
	암반	17.1	23.8	19.1	2.0	14.9	15.7	15.3	0.4	15.7	16.2	16.0	0.3
MA10	총적	16.6	24.9	20.1	2.3	14.2	16.2	15.4	0.9	15.0	16.5	15.8	0.5
	암반	17.0	17.0	17.0	-	15.8	15.8	15.8	0.0	14.7	14.7	14.7	0.0
MA11	총적	-	-	-	-	14.2	16.8	15.4	0.9	15.1	16.7	15.7	0.5
	암반	-	-	-	-	15.3	16.4	16.0	0.4	15.3	16.4	16.0	0.4
MA12	총적	17.2	23.6	19.7	1.8	14.2	16.2	15.0	0.6	14.8	16.8	15.5	0.6
	암반	16.7	17.0	16.9	0.1	15.0	16.5	15.7	0.5	15.1	16.4	15.9	0.5
MA13	총적	-	-	-	-	15.0	16.5	15.7	0.6	14.9	16.3	15.6	0.5
	암반	16.2	16.2	16.2	-	14.9	15.8	15.4	0.4	15.5	15.7	15.6	0.1
MA14	총적	22.4	22.7	22.6	0.2	14.9	15.4	15.2	0.3	15.8	16.2	15.9	0.2
	암반	17.9	23.5	20.7	2.8	14.7	14.7	14.7	0.0	15.3	15.3	15.3	0.0
MA15	총적	18.9	27.1	21.9	3.1	15.5	15.8	15.6	0.1	14.8	16.4	15.8	0.6
	암반	22.0	23.8	22.9	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
MA16	총적	17.8	24.7	20.6	2.2	14.1	16.1	15.5	0.6	14.3	16.8	15.8	0.8
	암반	17.8	28.5	21.0	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-
MA17	총적	18.7	22.1	20.4	1.2	15.5	16.2	15.9	0.3	15.8	16.3	16.0	0.2
	암반	15.3	19.8	17.6	2.3	15.8	-	-	-	16.1	16.1	16.1	0.0
MA18	총적	20.1	22.8	21.0	1.2	14.6	16.5	15.7	0.7	15.7	16.8	16.3	0.4
	암반	18.0	24.2	21.0	2.2	15.8	16.1	15.9	0.1	16.1	16.4	16.2	0.1
MA19	총적	19.2	27.3	21.9	3.0	15.4	15.8	15.5	0.2	15.9	16.2	16.1	0.1
	암반	18.7	23.6	20.9	1.6	15.2	16.3	15.8	0.6	15.5	16.4	16.0	0.5



※ 자료테이블

구분	1차년도 (°C)	갈수기 (°C)	풍수기 (°C)
충적	20.7	15.4	15.7
암반	19.6	15.5	15.7

<그림 4-3-7> 갈수기와 풍수기의 지하수 온도 비교

2) pH

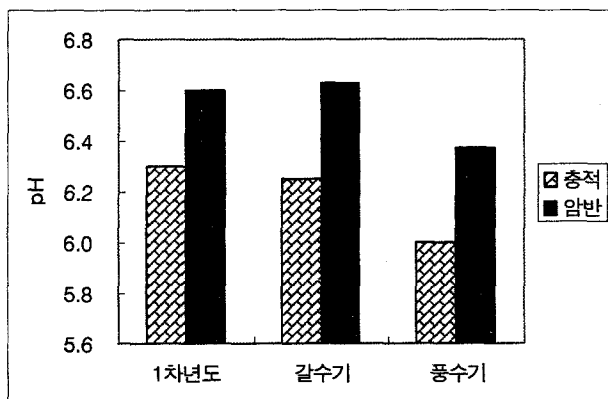
측정된 전체시료의 pH는 4.8~8.8(충적 4.8~7.8, 암반 5.6~8.8)의 범위를 나타낸다<표 4-3-6, 그림 4-3-8>. 지하수의 평균 pH는 갈수기가 풍수기에 비해 충적 및 암반지하수에서 0.2~0.3 정도 높게 나타나며, 이러한 현상은 가뭄시 과다양수로 인해 물-암석 반응이 오래 진행된 지하수의 산출에 의한 것으로 사료된다. 대수층별로는 암반지하수가 충적지하수에 비해 0.3~0.4 정도 높게 나타나며, 유역별로 살펴보면 충적지하수는 MA10 유역이 6.33으로 가장 높고, 암반지하수는 MA17 유역이 8.82로 타 유역보다 높게 나타났다.

<표 4-3-6> 유역별 수소이온농도 현황

유역		1차년도 (N=100)				1차(갈수기) (N=145)				2차(풍수기) (N=145)			
		최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차
계	충적	5.6	7.3	6.3	0.3	5.2	7.3	6.3	0.4	4.8	7.8	6.0	0.3
	암반	5.6	8.5	6.6	0.3	5.6	8.8	6.6	0.2	5.7	7.8	6.4	0.3
MA01	충적	6.2	7.2	6.6	0.4	5.6	6.6	6.2	0.4	5.8	6.1	6.0	0.1
	암반	6.3	7.2	6.6	0.3	5.9	5.9	5.9	0.0	6.0	6.0	6.0	0.0
MA02	충적	6.1	7.0	6.6	0.3	6.0	6.8	6.4	0.4	5.8	6.4	6.2	0.2
	암반	6.1	7.6	6.7	0.4	6.0	6.1	6.0	0.0	5.8	6.5	6.2	0.3
MA03	충적	6.0	6.9	6.4	0.3	5.9	6.5	6.2	0.2	5.9	6.5	6.2	0.2
	암반	5.9	7.9	6.9	0.6	6.2	7.7	6.7	0.6	6.2	6.2	6.2	0.0
MA04	충적	6.1	6.6	6.3	0.2	5.9	6.7	6.3	0.3	5.9	6.2	6.0	0.1
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-	-
MA05	충적	5.8	6.0	6.0	0.1	5.5	6.9	6.2	0.4	5.2	7.8	5.9	0.4
	암반	5.9	7.1	6.6	0.3	6.2	7.5	6.7	0.5	5.6	7.3	6.5	0.8
MA06	충적	-	-	-	-	5.5	6.8	6.2	0.4	4.8	6.5	6.1	0.7
	암반	6.9	7.1	7.0	0.0	-	-	-	-	-	7.8	-	-

<표 4-3-6> 유역별 수소이온농도 현황(계속)

유역		1차년도 (N=100)				1차(갈수기) (N=145)				2차(풍수기) (N=145)			
		최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차
MA07	충적	6.3	6.9	6.6	0.2	5.7	7.3	6.4	0.5	5.2	-	5.8	0.5
	암반	5.9	7.7	7.0	0.4	7.5	7.6	7.5	0.1	6.4	6.4	7.3	0.6
MA08	충적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.9	-	-
	암반	6.4	7.4	6.9	0.3	-	-	-	-	-	6.9	-	-
MA09	충적	5.8	7.0	6.4	0.3	5.2	6.3	6.0	0.3	5.6	6.4	6.1	0.2
	암반	5.9	8.5	6.9	0.9	5.9	6.0	5.9	0.0	5.8	6.6	5.9	0.0
MA10	충적	5.7	6.7	6.2	0.3	5.4	7.0	6.4	0.5	5.7	6.9	6.2	0.3
	암반	6.3	6.3	6.3	-	6.3	6.3	6.3	0.0	6.3	6.3	6.4	0.0
MA11	충적	-	-	-	-	5.6	7.0	6.3	0.3	5.8	6.7	6.1	0.2
	암반	-	-	-	-	5.9	7.4	6.7	0.5	5.8	6.1	6.5	0.4
MA12	충적	6.1	6.7	6.3	0.2	6.0	7.3	6.6	0.4	5.5	7.1	6.0	0.2
	암반	6.2	6.3	6.2	0.1	6.3	7.3	6.8	0.3	5.9	6.3	6.3	0.3
MA13	충적	-	-	-	-	5.7	6.9	6.3	0.3	5.1	-	5.6	0.3
	암반	6.9	6.9	6.9	-	6.2	7.6	7.1	0.7	6.1	6.5	6.6	0.5
MA14	충적	6.0	6.9	6.4	0.5	6.4	6.7	6.5	0.1	6.0	6.0	6.1	0.1
	암반	6.7	7.2	7.0	0.2	6.2	6.2	6.2	0.0	-	6.7	-	-
MA15	충적	5.6	7.3	6.3	0.6	5.9	6.7	6.4	0.3	5.7	-	6.1	0.3
	암반	6.0	6.7	6.4	0.3	-	-	-	-	-	5.9	-	-
MA16	충적	5.7	6.9	6.2	0.4	5.7	6.2	5.9	0.2	5.5	6.8	5.7	0.1
	암반	5.6	6.7	6.0	0.3	-	-	-	-	-	6.0	-	-
MA17	충적	6.4	6.8	6.6	0.2	5.4	6.3	6.0	0.4	5.6	-	6.2	0.4
	암반	6.1	6.1	6.1	0.0	8.8	8.8	8.8	0.0	-	7.8	-	-
MA18	충적	5.8	6.5	6.2	0.3	5.7	6.6	6.1	0.3	5.6	-	5.8	0.1
	암반	6.1	6.7	6.4	0.2	6.1	6.3	6.2	0.1	5.9	-	6.3	0.4
MA19	충적	5.8	6.6	6.2	0.3	5.6	7.0	6.0	0.6	5.6	-	5.9	0.2
	암반	6.3	7.3	6.7	0.3	5.6	6.0	5.8	0.2	-	6.1	-	-



※ 자료 테이블

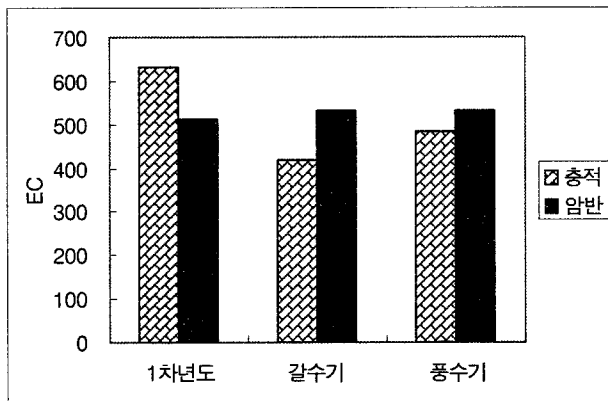
구분	1차년도	갈수기	풍수기
충적	6.3	6.3	6.0
암반	6.6	6.6	6.4

<그림 4-3-8> 갈수기와 풍수기의 수소이온농도 비교

### 3) EC

측정된 전체시료의 EC는 4~7,530  $\mu\text{S}/\text{cm}$ (충적 : 4~7,530  $\mu\text{S}/\text{cm}$  암반 : 81~6,600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )의 범위를 나타낸다<표 4-3-7>.

갈수기의 충적 및 암반지하수에 대한 EC 평균값은 큰 차이가 나타나지 않으나 풍수기에는 암반지하수가 충적지하수에 비해 더 높은 EC값을 보인다(암반지하수 532  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 충적지하수 482  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). 유역별로는 MA18 유역의 EC값이 2,370~2,836  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 다른 유역보다 높게 나타났다<표 4-3-7>.



※ 자료 테이블

구분	1차년도 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	갈수기 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	풍수기 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
충적	633	417	482
암반	513	533	532

<그림 4-3-9> 갈수기와 풍수기의 전기전도도 비교

<표 4-3-7> 유역별 전기전도도 현황

(단위 :  $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

유역		1차년도 (N=100)				(갈수기) (N=145)				(풍수기) (N=164)			
		최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차
계	총적	4	7,530	633	530	82	3,600	417	278	66	3,160	482	317
	암반	129	2,660	513	208	113	6,600	533	405	81	6,490	532	462
MA01	총적	174.1	274	207	39	196	485	340	103	133	538	264	161
	암반	173.9	423	271	101	391	391	391	-	277	277	277	-
MA02	총적	221	1080	439	370	183	528	356	173	117	401	237	120
	암반	172.9	382	279	72	127	468	283	141	118	354	216	101
MA03	총적	181	490	321	100	154	771	316	229	141	951	411	295
	암반	156.6	638	304	146	190	563	338	146	445	445	445	-
MA04	총적	183	1840	822	727	186	676	364	153	111	316	202	71
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA05	총적	362	447	418	40	129	569	268	125	106	547	235	119
	암반	260	415	331	45	254	456	363	80	176	528	370	127
MA06	총적	-	-	-	-	161	495	324	128	158	384	286	100
	암반	219	533	401	133	-	-	-	-	-	-	-	-
MA07	총적	153.4	827	441	230	185	751	446	202	176	700	521	244
	암반	193	1301	581	301	378	440	409	31	165	366	290	89
MA08	총적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	암반	197	613	377	165	-	-	-	-	-	-	-	-
MA09	총적	191	2830	816	729	117	922	312	227	91	1,740	374	487
	암반	129	2660	730	821	733	755	744	11	146	1,040	593	447
MA10	총적	259	5890	1,283	1,788	104	163	139	24	103	844	245	246
	암반	230	230	230	-	962	962	962	-	81	81	81	-
MA11	총적	-	-	-	-	136	486	265	110	111	404	237	96
	암반	-	-	-	-	113	786	297	282	123	201	158	35
MA12	총적	151	576	353	148	152	3,600	827	1,078	124	1,580	338	382
	암반	683	731	707	24	144	543	284	154	126	490	253	129
MA13	총적	-	-	-	-	183	826	376	204	162	564	323	115
	암반	328	328	328	-	222	530	424	143	239	427	333	94
MA14	총적	286	289	288	2	151	229	178	36	133	196	161	26
	암반	513	720	617	104	113	113	113	-	-	-	-	-
MA15	총적	179.1	561	301	150	82	207	125	40	66	315	131	93
	암반	256	275	266	10	-	-	-	-	-	-	-	-
MA16	총적	339	7530	1,824	2,319	157	1,440	666	405	76	1,800	651	512
	암반	481	1592	884	342	-	-	-	-	-	-	-	-
MA17	총적	291	762	521	171	137	1,470	599	616	139	2,380	1,486	969
	암반	659	925	792	133	230	230	230	-	-	-	-	-
MA18	총적	125.8	158	142	13	124	2,230	950	787	92	1,610	825	621
	암반	232	2190	1,025	692	200	6,600	2,370	2,991	178	6,490	2,836	2,671
MA19	총적	3.58	2888	1,319	1,124	241	1,170	649	358	657	3,160	1,742	1,049
	암반	240	971	604	248	187	328	258	71	-	-	-	-



#### 4.3.4 정밀수질조사

지하수는 여러 종류의 지각구성 물질과 접촉하는 모든 물질을 용해시키는 능력이 있어 자연상태에서 용매(solvent) 역할을 한다. 따라서 지하수는 자연적인 용존 양·음이온 뿐만 아니라 규산과 같은 비이온성 무기물질을 함유하고 있다.

지하수 수질은 여러 가지 인위적 요인과 지질학적 요인에 의해 변화한다. 지질매체는 매우 다양한 광물들로 구성되어 있고, 지하수는 이러한 지질매체와 접촉하여 여러 가지 물리화학적 반응과정에 의해 화학조성이 변하게 된다.

지하수의 수리지구화학적 특성은 일차적으로 지하 대수층의 지질 특성에 의해 영향을 받는다. 즉, 대수층을 구성하는 광물의 풍화 반응에 의해 지하수의 화학적 특성이 결정된다.

특히 자연적인 해수침투 현상이나 인위적인 오염의 영향을 받지 않은 경우, 지하수의 수질은 지질 특성 또는 기반암에서 유래한 층적층의 매질 특성과 풍화도에 의해 전적으로 결정된다. 이러한 수치는 오염도 평가시 그 지역의 배경값으로 활용할 수 있다.

즉, 조사지역의 오염 정도를 정확하게 파악하기 위해서는 배경수질조사가 선행되어야 하며, 이러한 경우에 그 지역의 지질 특성에 대한 세심한 고려가 요구된다.

본 조사지역의 지하수에 대한 수리지구화학적 특성을 규명하고, 오염현황을 파악하기 위하여 정밀수질조사를 실시하였다. 수질조사는 조사지역을 구역별, 지역별, 지질별로 구분하여 조사관정을 선정하였으며, 채수시료는 양·음이온 분석 56개, 농업용수 21개, 생활용수 7개, 질산성질소 286개소, 질소동위원소 40개로 총 410개소를 분석하였다<표 4-3-8>.

##### 가. 양·음이온조사

조사지역의 수질특성을 파악하기 위하여 총 56개소에서 시료를 채수한 후 양·음이온 분석을 실시하였다. 양·음이온 분석을 위하여 시료는 각각 500ml를 채수하였으며, 채수된 시료는 간이 수동펌프를 이용하여 0.45  $\mu\text{m}$  셀룰로우스 질산염 막 필터에 통과시켜 부유 물질을 제거한 후 폴리에틸렌 용기에 담았다. 양이온 분석용 시료는 용기 표면에서의 양이온의 흡착과 용존 이온의 침전, 그리고 미생물의 성장과 산화를 방지하기 위해 농질산을 첨가하여 수소이온농도(pH)를 2이하

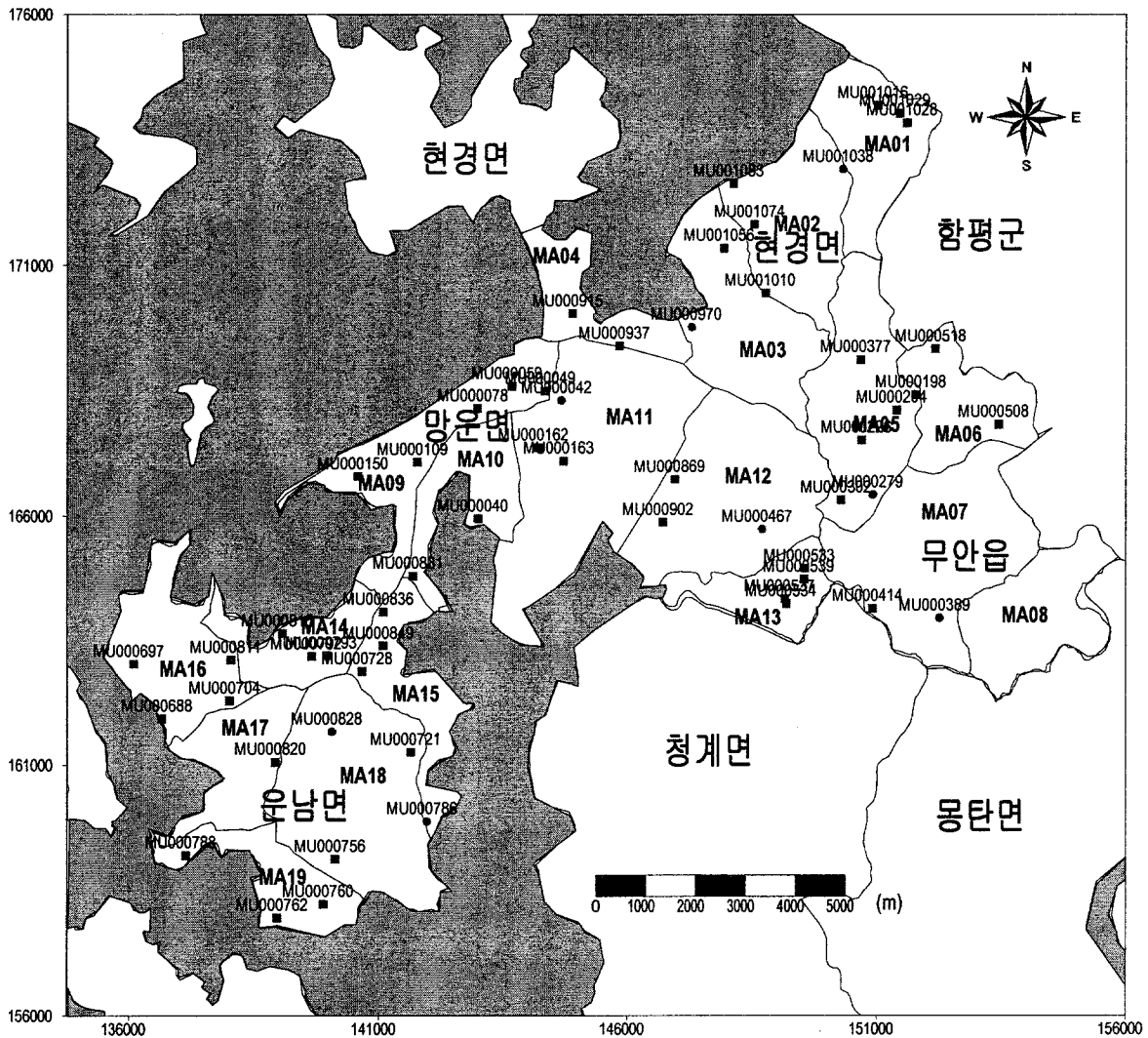
로 유지하였다. 현장에서는 시료 채수시 Consort사의 C535 model을 이용하여 온도, 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC) 등 이화학적 특성자료를 측정하였으며, 채수 시료의 보관온도는 아이스박스과 냉장고를 이용하여 4℃ 상태를 유지하였다. 또한, 대표성이 높은 시료를 채수하기 위하여 관정은 온도가 일정해질 때까지 충분히 양수하였으며, 알칼리도(alkalinity)의 측정은 pH 미터와 0.05N 질산을 이용하여 중화적정법(titration method)으로 수행하였다.

주요 용존이온의 이화학 분석은 고려대학교 전락광물자원 연구센터의 지하수 및 토양 환경 분석조사실에서 수행하였다. 주요 용존 양·음이온에 대한 정량 분석은 각각 Perkin Elmer사의 유도결합 플라즈마 방출분광 분석기(ICP-AES; Model XL3000)와 Dionex사의 이온크로마토그래피(IC; Model 120)를 이용하였다. 자료 처리 과정에서 투입된 이온함량 자료는 측정값의 재현성(reproducibility)과 최저 측정 한계를 고려한 quality control 하에서 분석된 자료이며, 분석된 양이온과 음이온은 각각 Na, K, Ca, Mg, SiO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, Al, As, Ba, Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Se, Sr, Zn 및 F, Cl, Br, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>이다. 시료 채취에서 분석에 이르는 일련의 과정은 표준 방법에 따라 수행하였으며, 그림 4-3-10은 조사지역의 양·음이온 조사관정 위치도이다.

<표 4-3-8> 유역별 정밀수질조사 현황

구 분	분석항목									비 고
	양·음이온 분석	먹는물수질기준			농업용수질기준			질산성질소		
		계	금회	기조사	계	금회	기조사			
계	계	56	16	7	9	41	21	20	286	
	총적	48	7	7	-	16	16	-	188	
	암반	8	9	-	9	25	5	20	98	
MA01	총적	3	-	-	-	2	2	-	7	
	암반	-	1	-	1	-	-	-	3	
MA02	총적	2	-	-	-	-	-	-	5	
	암반	1	1	-	1	-	-	-	6	
MA03	총적	2	-	-	-	-	-	-	12	
	암반	1	-	-	-	-	-	-	13	
MA04	총적	2	-	-	-	1	1	-	9	
	암반	-	1	-	1	-	-	15	-	
MA05	총적	4	1	1	-	1	1	-	16	
	암반	-	-	-	-	1	1	-	10	
MA06	총적	3	1	1	-	1	1	-	7	
	암반	-	-	-	-	-	-	-	2	
MA07	총적	1	-	-	-	-	-	-	6	
	암반	2	1	-	1	1	1	-	15	
MA08	총적	-	1	1	-	-	-	-	-	
	암반	-	-	-	-	-	-	-	4	
MA09	총적	4	1	1	-	-	-	-	19	
	암반	-	-	-	-	-	-	5	7	
MA10	총적	3	-	-	-	1	1	-	14	
	암반	-	-	-	-	1	1	-	3	
MA11	총적	2	-	-	-	2	2	-	15	
	암반	1	3	-	3	-	-	-	5	
MA12	총적	2	1	1	-	1	1	-	19	
	암반	1	-	-	-	-	-	-	8	
MA13	총적	4	-	-	-	1	1	-	11	
	암반	-	-	-	-	-	-	-	3	
MA14	총적	3	-	-	-	-	-	-	5	
	암반	-	-	-	-	-	-	-	1	
MA15	총적	3	-	-	-	-	-	-	7	
	암반	-	-	-	-	-	-	-	2	
MA16	총적	4	-	-	-	3	3	-	22	
	암반	-	-	-	-	-	-	-	5	
MA17	총적	1	1	1	-	2	2	-	5	
	암반	-	1	-	1	-	-	-	1	
MA18	총적	2	-	-	-	1	1	-	4	
	암반	2	1	-	1	1	1	-	7	
MA19	총적	3	1	1	-	-	-	-	5	
	암반	-	-	-	-	1	1	-	3	

※ 기조사자료 : 영향조사보고서 및 무안지반침하 정밀안전진단조사(2001, 농업기반공사)



<그림 4-3-10> 양·음이온 조사관정 위치도

### 1) 지하수 수질 특성

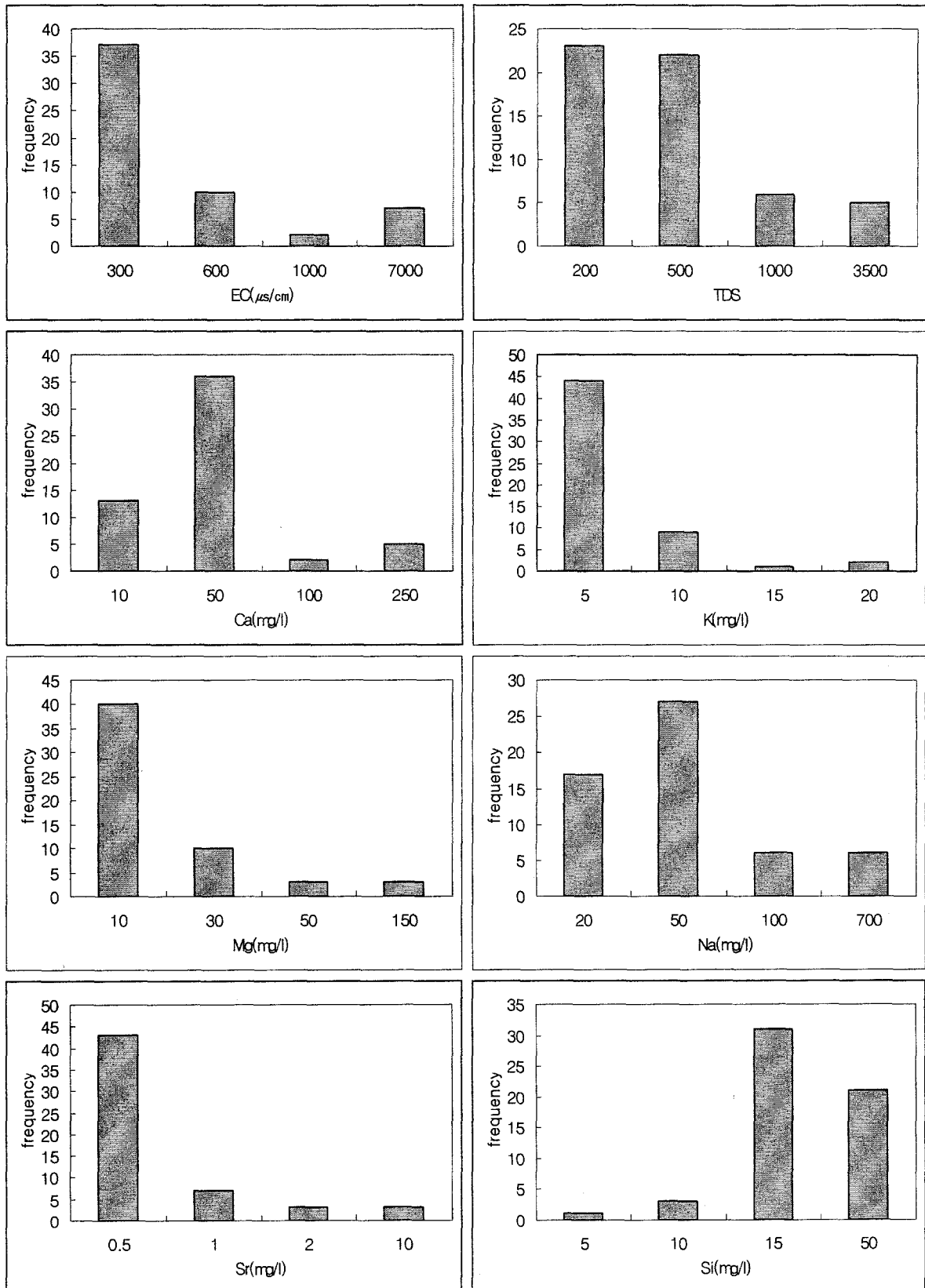
지하수의 주요 화학성분 분석결과에 대한 통계값과 특성별 함량 히스토그램은 <표 4-3-9>와 같다. 층적지하수의 주요 양이온 분포는 Na 9.7~329.8mg/l, K 0.8~16.1mg/l, Ca 1.9~116.9mg/l, Mg 1.4~51.7mg/l, HCO<sub>3</sub> 9.2~106.8mg/l 의 값을 보이고, 주요 음이온은 F 0.348~0.654mg/l, Cl 16.1~620.4mg/l, SO<sub>4</sub> 0.6~535.9mg/l, NO<sub>3</sub> 0~511.4mg/l, Br 0.275~4.524mg/l 의 값을 나타낸다.

암반지하수의 주요 양이온 분포는 Na 12.5~659.7mg/l, K 1.1~18.9mg/l, Ca 8.4~241.2mg/l, Mg 2.2~122.1mg/l, HCO<sub>3</sub> 12.2~140.3mg/l 이며, 주요 음이온은 F 0.358~0.835mg/l, Cl 21.1~1,874.8mg/l, SO<sub>4</sub> 0.6~331.2mg/l, NO<sub>3</sub> 13.3~296.9

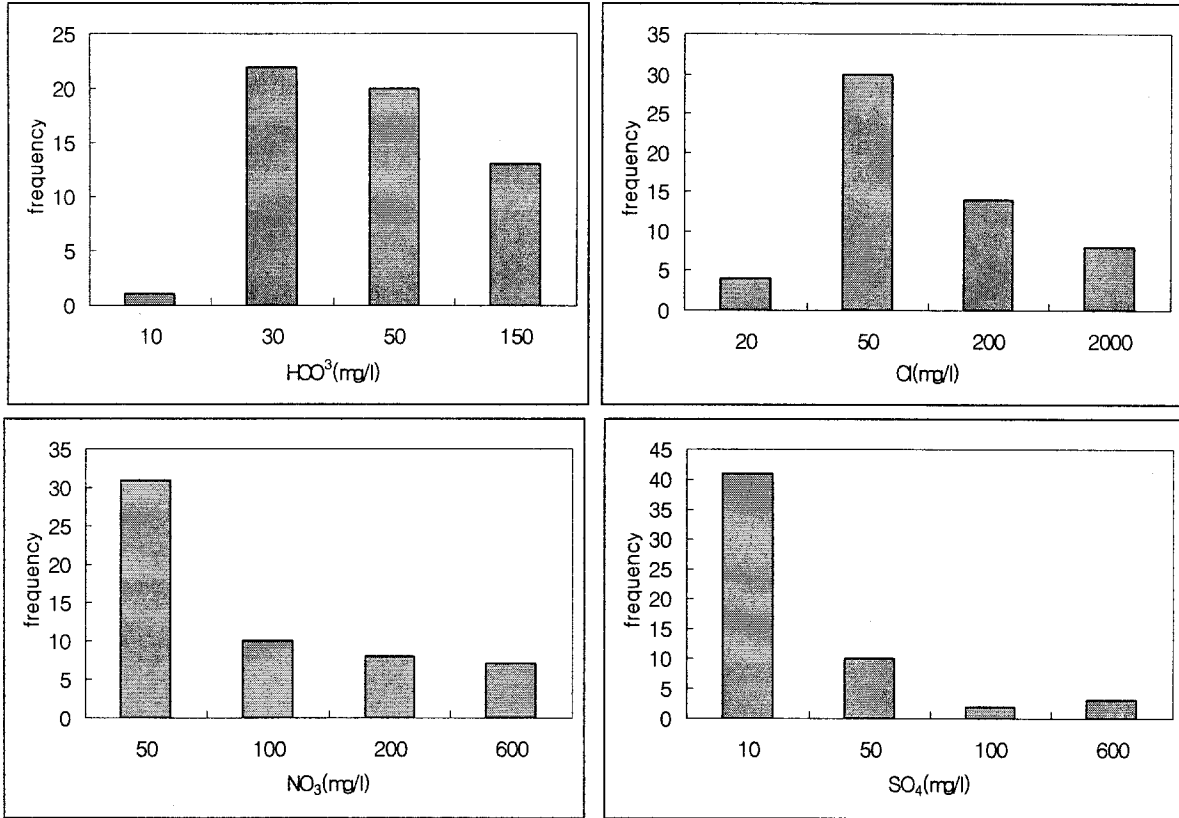
mg/ℓ, Br 0.412~9.623mg/ℓ의 값을 보인다. 충적지하수와 암반지하수의 주요 이온들에 대한 평균 함량은 중탄산이온을 제외하고 대체로 충적지하수가 높게 나타나며, <그림 4-3-11~12>는 용존이온의 함량빈도와 유역별 함량을 히스토그램으로 나타낸 것이다.

<표 4-3-9> 충적 및 암반지하수의 이화학분석결과

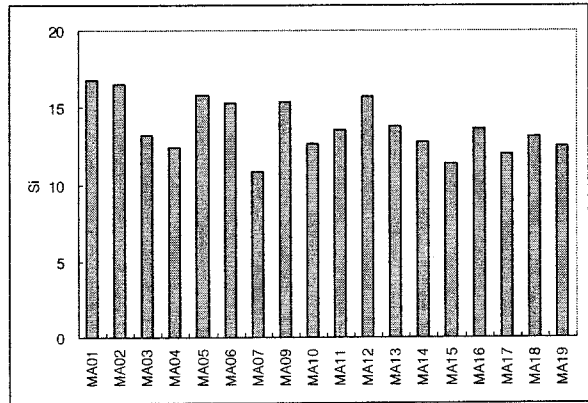
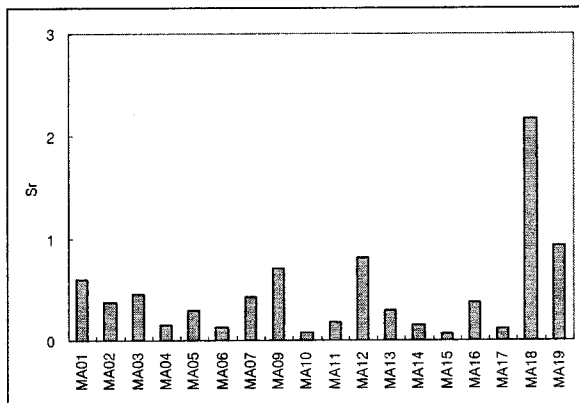
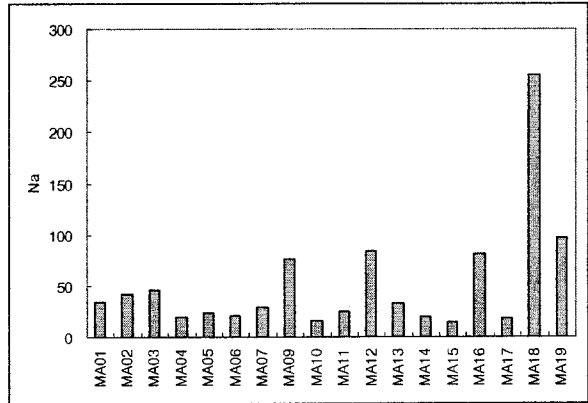
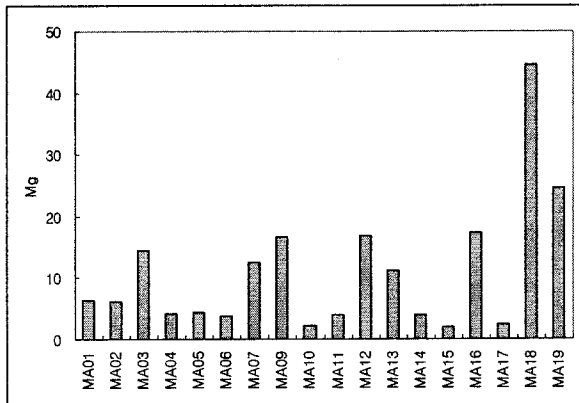
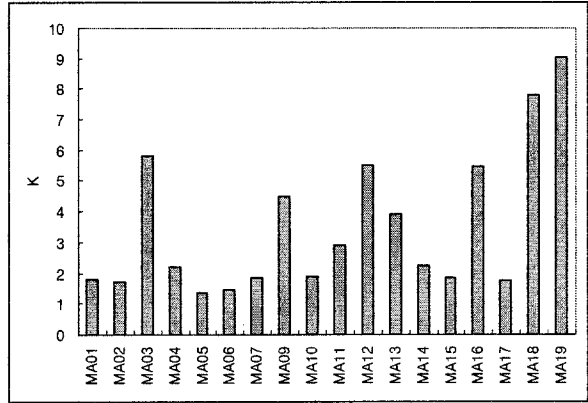
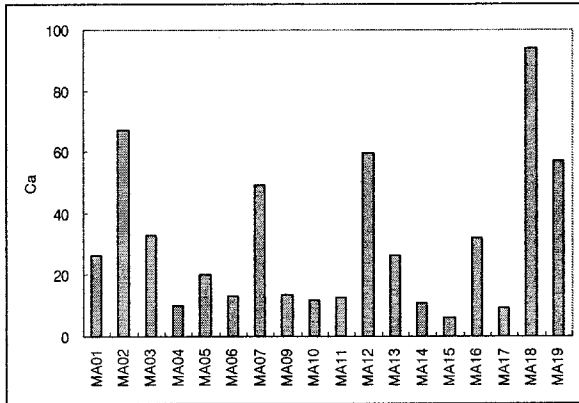
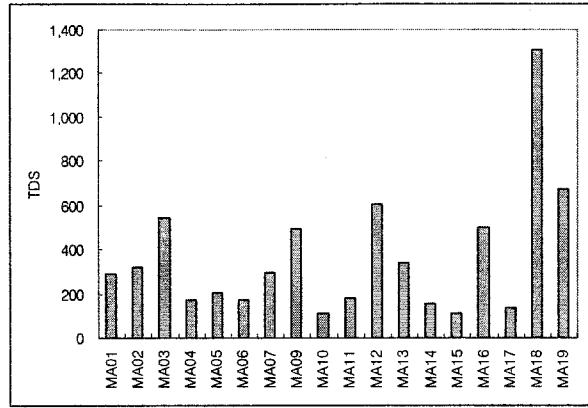
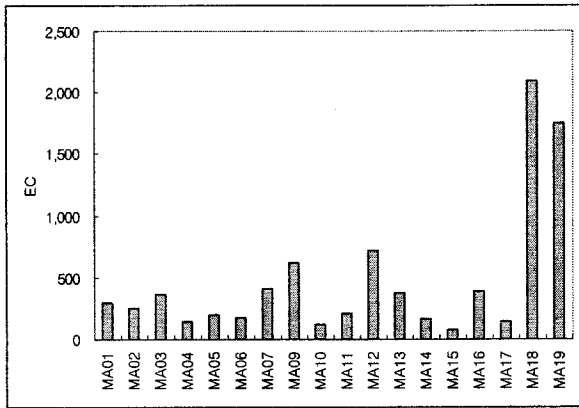
구 분	충적지하수				암반지하수				비고
	최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차	
심 도	14.0	72.0	29.9	8.9	60.0	100.0	85.0	16.1	현장 수질
수 온	14.3	16.8	15.8	0.6	15.1	16.4	15.7	0.5	
pH	4.8	6.7	5.9	0.3	5.8	7.7	6.4	0.6	
EC	66	3,160	426	573	165	6,490	1,032	2,065	
TDS	15	28	22	3	12	37	24	7	
Na	9.7	329.8	49.6	61.8	12.5	659.7	103.3	210.5	양이온
K	0.8	16.1	3.6	3.1	1.1	18.9	4.5	5.7	
Ca	1.9	116.9	26.4	26.5	8.4	241.2	68.2	76.1	
Mg	1.4	51.7	10.4	12.4	2.2	122.1	21.9	38.4	
SiO <sub>2</sub>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
HCO <sub>3</sub>	9.2	106.8	35.4	17.5	12.2	140.3	59.1	36.0	
CO <sub>3</sub>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Al	0.029	0.206	0.039	0.024	0.027	0.062	0.038	0.010	
As	0.015	0.023	0.019	0.002	0.017	0.021	0.020	0.001	
Ba	0.004	0.617	0.089	0.121	0.001	0.389	0.093	0.128	
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Cu	0.001	0.007	0.002	0.002	0.002	0.005	0.004	0.001	
Fe	0.170	0.170	0.170	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Li	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Mn	0.000	0.538	0.108	0.194	0.004	0.030	0.013	0.010	
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Se	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Sr	0.024	2.097	0.416	0.497	0.126	6.787	1.088	2.159	
Zn	0.002	5.716	0.233	0.892	0.027	10.079	2.098	3.499	
F	0.348	0.654	0.422	0.076	0.358	0.835	0.479	0.141	음이온
Cl	16.1	620.4	96.8	138.9	21.1	1,874.8	265.5	608.4	
SO <sub>4</sub>	0.6	535.9	25.1	81.5	0.6	331.2	45.1	108.2	
NO <sub>3</sub>	0.0	511.4	84.3	102.0	13.3	296.9	65.9	89.7	
Br	0.275	4.524	0.752	0.881	0.412	9.623	1.758	3.211	



<그림 4-3-11> 지하수내 용존이온별 함량

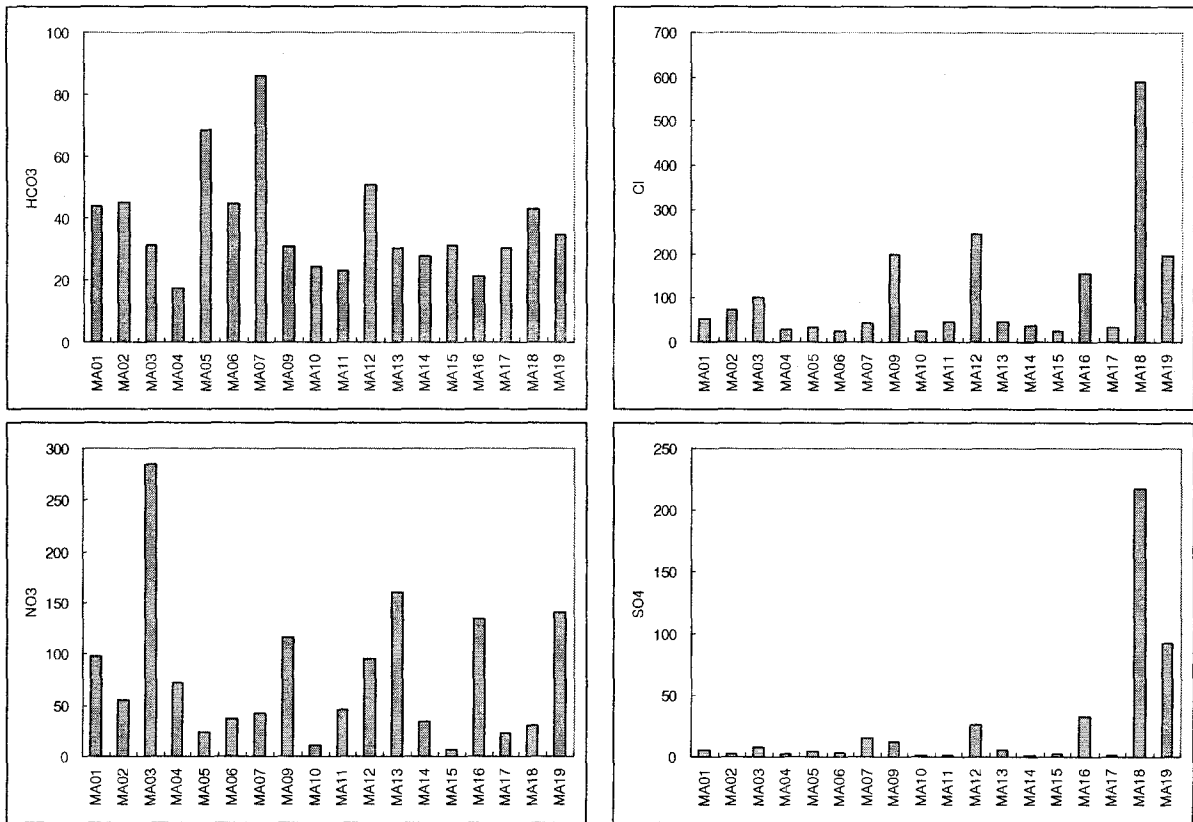


<그림 4-3-11> 지하수내 용존이온별 함량(계속)



<그림 4-3-12> 우역평 용존이온별 함량비교





<그림 4-3-12> 유역별 용존이온별 함량비교(계속)

### □ 나트륨(Na)

조사지역 지하수의 Na 함량 분포는 9.7~659.7mg/l (평균값 51.7mg/l)이다<표 4-3-9>. Na 농도가 50mg/l 미만인 것은 44개소이며, 그 이상을 갖는 지하수는 12개소이다. 유역별로 Na 농도 평균값을 비교하여 보면, MA18 유역이 가장 높고(255 mg/l), MA15 유역이 가장 낮게(14.5mg/l) 나타난다.

### □ 칼륨(K)

본 조사지역 지하수의 K 함량 분포는 0.8~18.9mg/l 이며, 평균값은 3.5mg/l 이다<표 4-3-9>. 일반적으로 자연수의 칼륨 함량은 10mg/l 이하이므로, 칼륨 함량이 이보다 높은 경우에는 농업활동에 의한 오염 또는 해수 혼입의 결과로 판단할 수 있다. K 농도가 10mg/l 이상인 지하수는 총 3개소이며, 조사관정의 5.4%를 차지한다.

유역별로는 MA19 유역이 가장 높고(9.0mg/l), MA05 유역이 가장 낮게(1.4mg/l) 나타났다.

## □ 칼슘(Ca)

조사 대상 지하수의 Ca 함량은 1.9~241.2mg/l의 범위(평균 30.7mg/l)를 나타내었다 <표 4-3-9>. Ca 농도가 50mg/l 미만인 관정은 49개소이며, 이를 초과하는 관정은 7개소이고 유역별로는 MA18 유역이 가장 높고(93.7mg/l), MA15 유역이 가장 낮게(6.3mg/l) 나타난다.

## □ 마그네슘(Mg)

Mg 이온은 Ca 이온과 마찬가지로 알칼리 토금속이며, 수용액 상태에서 +2 전하를 나타내어 Ca 이온과 유사한 거동을 하게 된다.

조사 대상 지하수 중의 Mg 함량 분포는 1.4~122.1mg/l(평균값 10.9mg/l)이다 <표 4-3-9>. Mg 농도가 10mg/l 미만인 관정은 40개소이며, 10mg/l 이상인 관정은 16개소이다. 유역별 평균 농도는 Ca이온과 마찬가지로 MA18 유역이 가장 높고(44.5mg/l), MA15 유역이 가장 낮게(2.1mg/l) 나타난다.

## □ 염소(Cl)

Na와 마찬가지로 Cl은 해양기원 강우에 일정 성분이 포함된다. 특히 Cl은 자연상태에서 지구화학적으로 제거되거나 공급되지 않는 보존성(conservative) 이온이며, 주로 증발산에 의해 함량 변화가 나타나므로 수문순환 과정의 규명시 추적자로 자주 활용된다.

조사 지역 지하수의 Cl 함량 분포는 16.1~1,874.8mg/l(평균값 108.2mg/l, 표준편차 270.0mg/l)로 매우 넓은 범위를 갖는다. Cl의 농도범위별 분포는 50mg/l 미만이 34개소, 50~100mg/l는 11개소, 100~500mg/l는 8개소, 500mg/l 이상은 3개소로 나타나고 있다.

유역별 평균값을 비교하여 보면, MA18 유역이 가장 높고(590.4mg/l), MA15 유역이 가장 낮게(23.9mg/l) 나타났다.

## □ 중탄산염(HCO<sub>3</sub>)

지하수 내 탄산염 이온은 일차적으로 대수층에 유입되는 강우의 HCO<sub>3</sub> 함량에 의해 영향을 받는다.

조사 지역 지하수의 HCO<sub>3</sub> 함량은 9.2~140.3mg/l의 범위(평균값 38.1mg/l)이

다<표 4-3-9>.  $\text{HCO}_3$ 의 농도범위별 분포는  $100\text{mg}/\ell$  미만이 54개소로 대부분을 차지하며,  $100\text{mg}/\ell$  이상이 2개소이다. 유역별 평균값을 비교하여 보면, 석회암지대가 넓게 분포하는 MA07 유역이 가장 높고( $85.9\text{mg}/\ell$ ), MA04 유역이 가장 낮은( $17.5\text{mg}/\ell$ ) 것으로 나타났다.

#### □ 질산염( $\text{NO}_3$ )

$\text{NO}_3$ 는 지하수에 존재하는 대표적인 무기 오염물질이며, 자연 상태에서 지질 매체와의 반응산물이 아닌, 유기물의 부식과 생활하수나 축산 폐기물에 의한 오염 등 외부 기원에 의하여 물 속에 존재하게 된다(Freeze and Cherry, 1979).

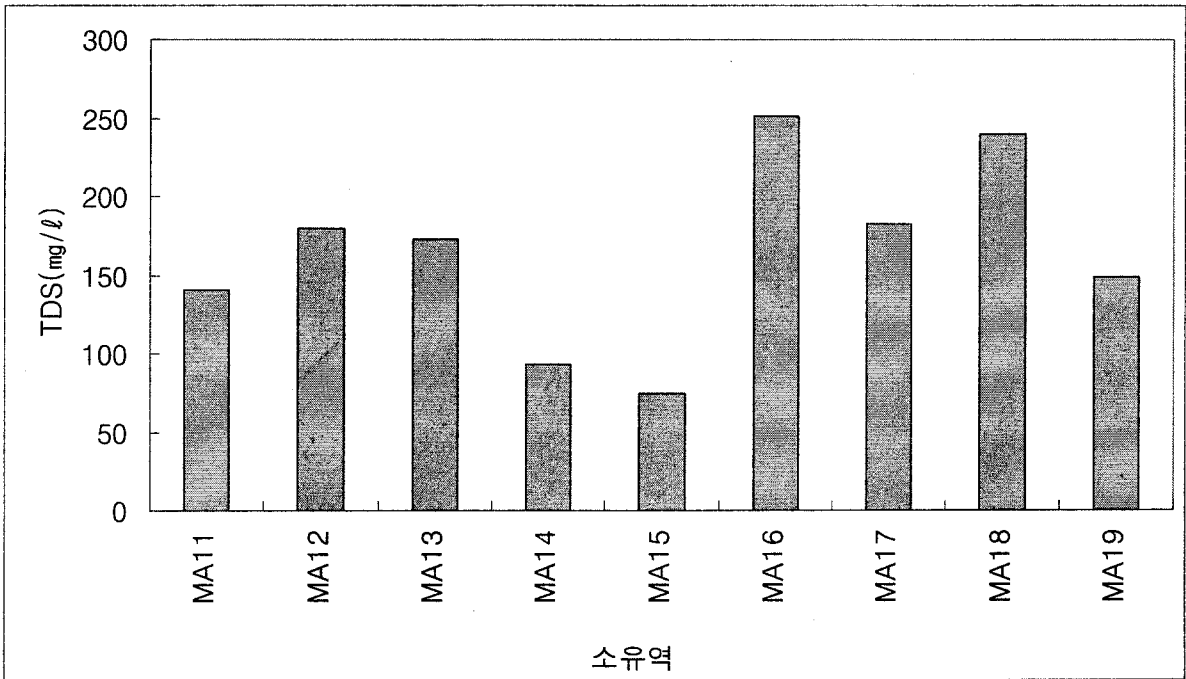
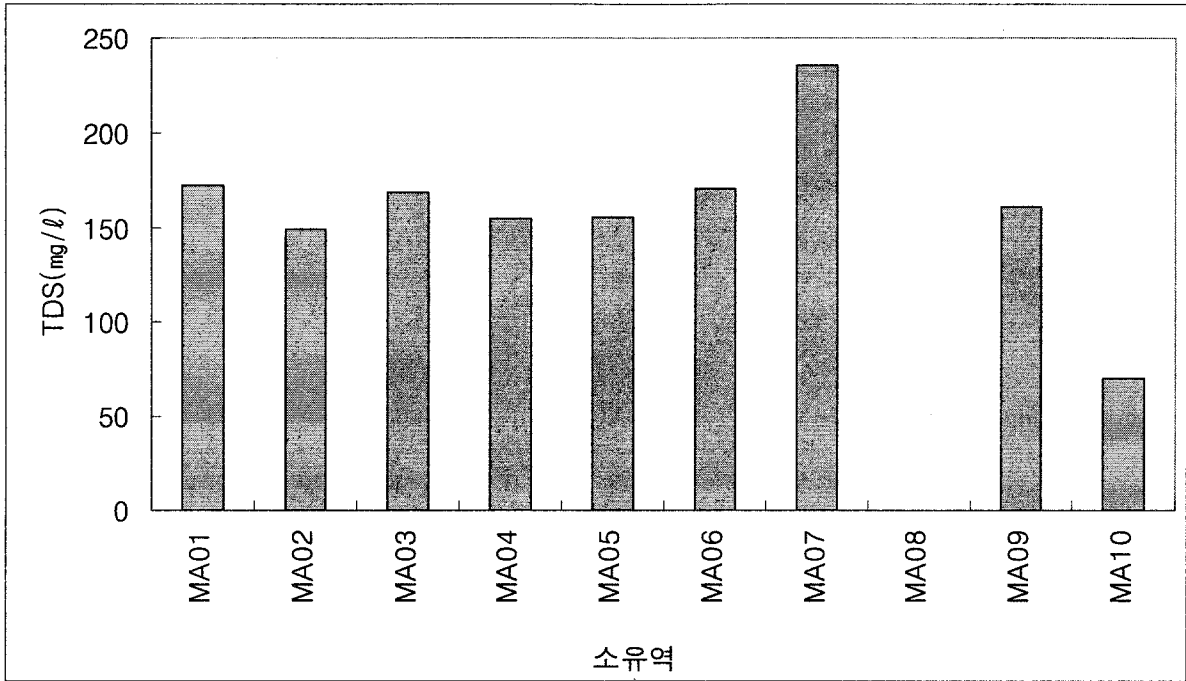
조사지역 지하수의  $\text{NO}_3$  함량 분포는  $0\sim 511.4\text{mg}/\ell$  (평균값  $78.2\text{mg}/\ell$ )이다<표 4-3-9>.  $\text{NO}_3$ 의 분포는  $40\text{mg}/\ell$  미만이 27개소,  $40\text{mg}/\ell$  이상이 29개소로 나타났다. 유역별 평균농도는 측사가 많은 MA03 유역이 가장 높고( $284.5\text{mg}/\ell$ ), MA15 유역이 가장 낮게( $7.2\text{mg}/\ell$ ) 나타났다.

#### 2) 총고용물질(TDS)

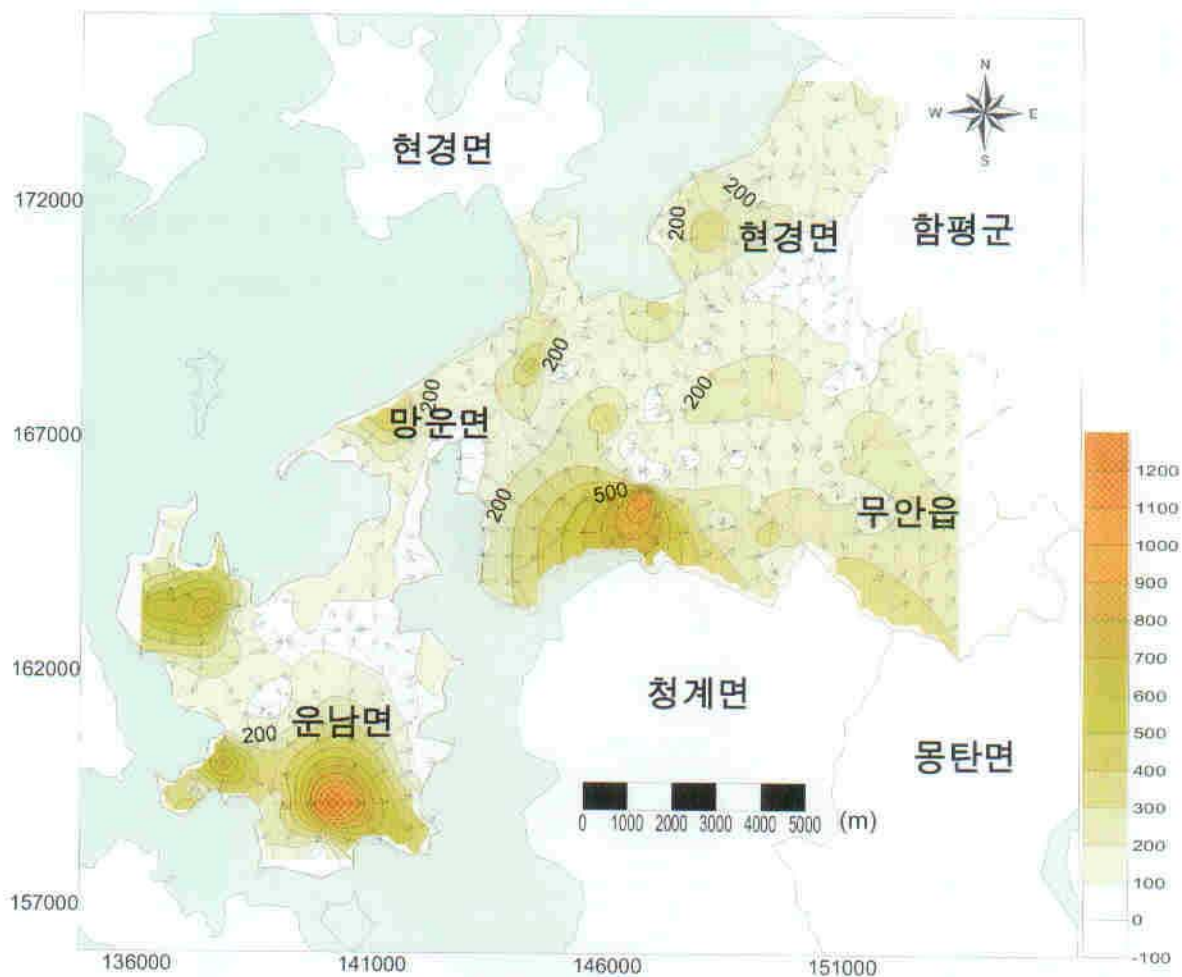
물을 증발시킬 때 증발점시에 남아 있는 잔량을 증발잔유물(TS, total solid)이라 하며, 부유물질(SS, suspended solid)은  $1\text{micron}(10^{-6}\text{m})$  크기의 필터를 통과하지 못하는 직경이  $10^{-6}\text{m}$  이상인 물질을 의미한다. 총고용물질(TDS, total dissolved solid)은 증발잔유물에서 부유물질을 제외한 양으로 정의하기 때문에 TDS는 물속에 녹아 있는 용존물질이나 콜로이드 상태로 존재하는 물질의 총합이다. TDS값은 기존의 증발법( $105\sim 180^\circ\text{C}$ 에서 증발)을 이용하지 않고 분석 이온의 총합으로 산출하였다. 조사지역 지하수의 TDS 범위는  $84\sim 3,364\text{mg}/\ell$ 이며, 평균값은  $397\text{mg}/\ell$ , 표준편차는  $521\text{mg}/\ell$ 로 나타난다.

유역별로 살펴볼 때 TDS 값은 EC와 유사한 경향을 나타내며, MA18 유역(평균  $1,309\text{mg}/\ell$ )과 MA19 유역(평균  $674\text{mg}/\ell$ )이 다른 유역에 비해 높은 평균값을 나타내었다<그림 4-3-13>. TDS 함량이 높게 나타난 MA18 유역과 MA19유역에서 EC와 비례하여 용존함량이 높게 나타나는 원소는 Cl, Na,  $\text{SO}_4$ , Mg 등이며, TDS 함량이 가장 낮은 지역은 MA10 유역으로 조사되었다.

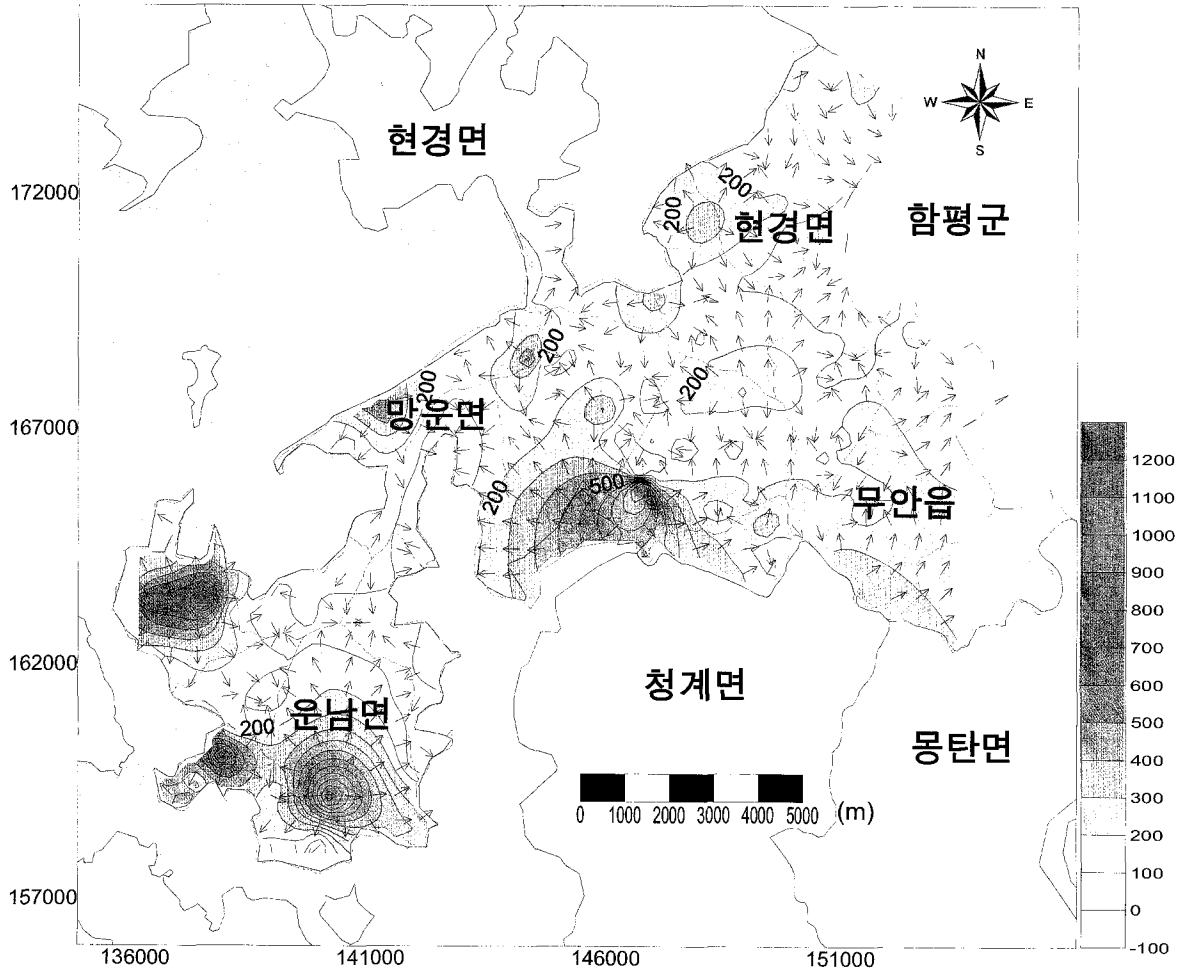
<그림 4-3-14>는 조사지역의 TDS 분포도이며, EC 및 Cl 분포도와 동일한 양상을 보인다.



<그림 4-3-13> 유역별 총고용물질 함량



<그림 4-3-14> 총고용물질(TDS) 농도 분포도

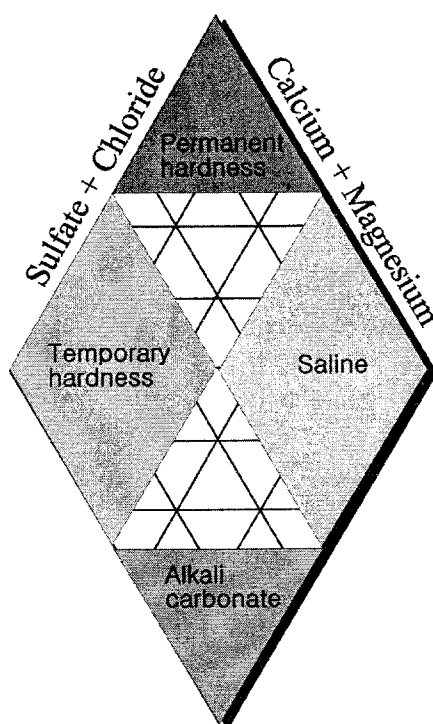


<그림 4-3-14> 총고용물질(TDS) 농도 분포도

### 3) 지하수 수질유형

Piper Diagram은 지하수의 화학특성을 표시하는데 널리 사용되는 방법이며, 지하수내 주요 양이온과 음이온의 당량농도(meq/l)를 비율로 나타냄으로써 지하수의 유형(type)을 구분하는데 이용된다.

Piper Diagram에서 좌측하부의 삼각 Diagram에는 주요 용존 양이온의 함량비가, 우측 하부의 삼각 Diagram에는 주요 용존 음이온의 함량비가 도시된다. 중앙에 위치한 마름모 Diagram에는 양이온으로부터의 연장선과 음이온으로부터의 연장선이 교차되는 지점에 시료의 data를 도시하며, 도시된 data를 이용하여 다음과 같이 수질 유형을 구분하는데 사용된다<그림 4-3-15>.



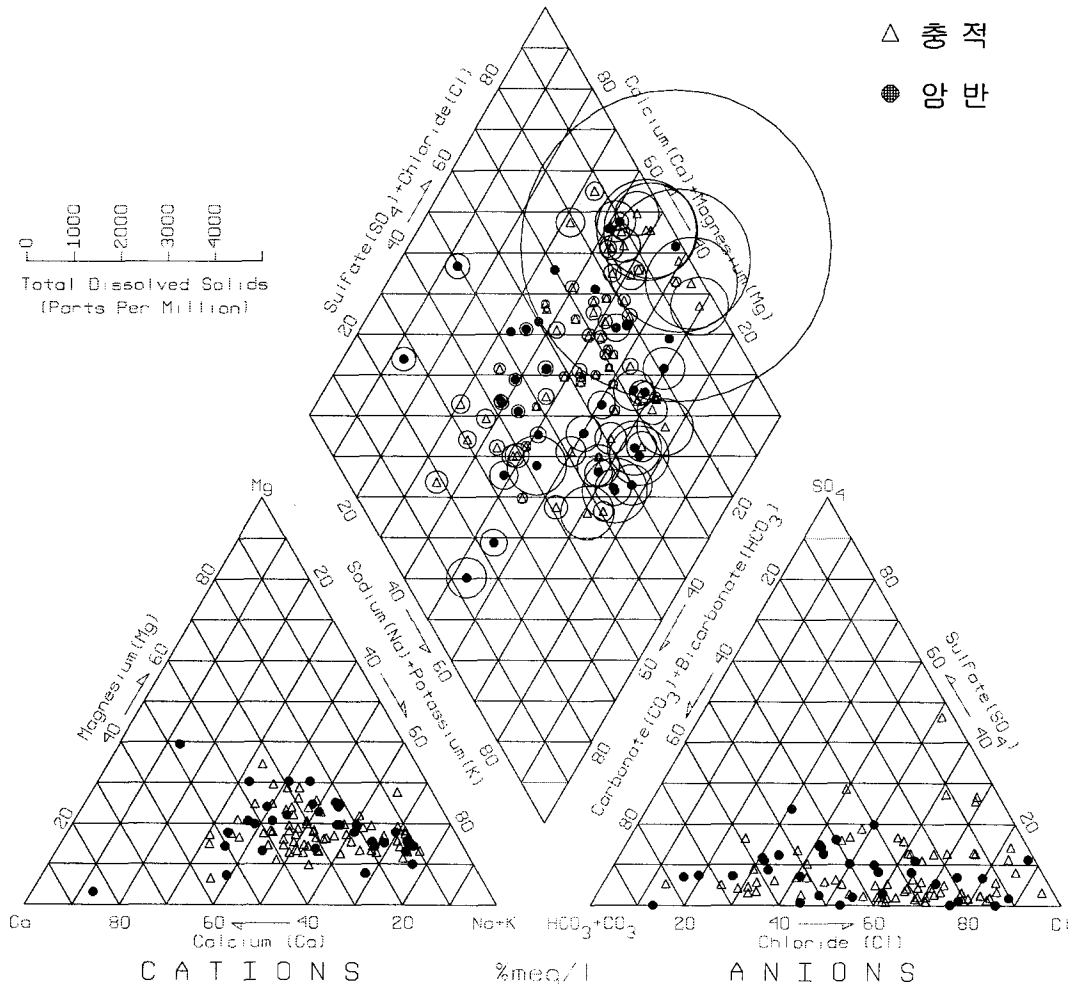
<그림 4-3-15> 지하수 수질유형(Hounslow, 1995)

여기서 영구경도(permanent hardness) 영역은 Ca-Mg와 Cl로부터 야기되는 경도로 연수화 과정을 통해 경도가 쉽게 제거되지 않는다. 반면 일시경도(temporary hardness) 영역은 Ca-Mg와 HCO<sub>3</sub>로부터 야기되는 경도로 연수화 과정을 통해 경도가 물 속에서 제거될 수 있다. 또한 염수(saline) 영역은 해수와 혼합이 발생하였을 경우, 알칼리-탄산염(alkali-carbonate) 영역은 Na-K와 탄산염을 많이 함유하는 지하수에서 나타난다. 이러한 구분은 공학적인 분류방법이나 아직까지 유용

하게 사용되고 있으며, 일반적으로 용존함량비가 50% 이상이면 이를 주요 용존이온으로 구분한다.

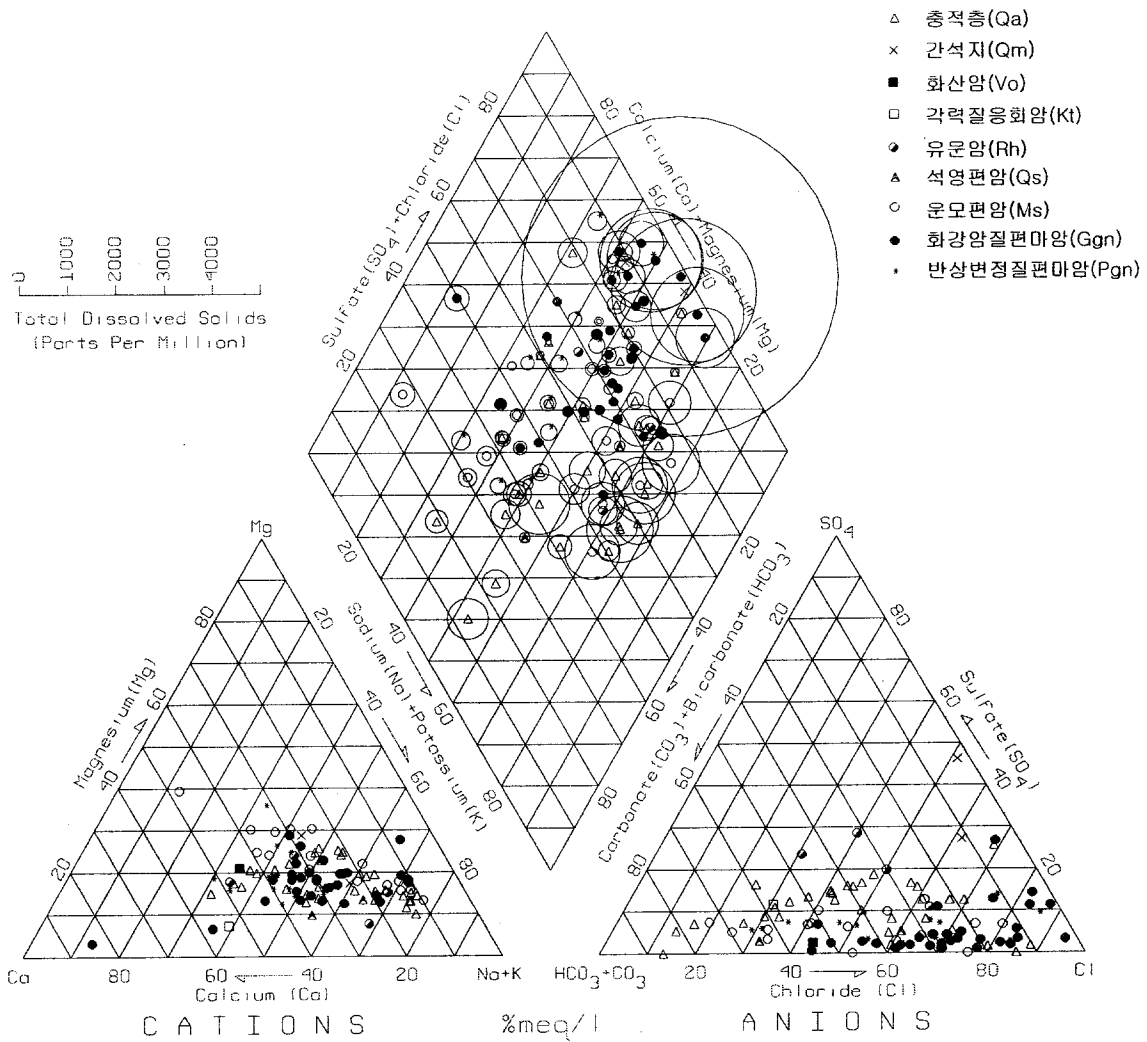
<그림 4-3-16~17>은 조사된 전체 지하수시료를 관정유형별, 암종별로 구분하여 도시한 Piper Diagram이며, 유역별 지하수유형 존재비(%)는 <표 4-3-10>과 <그림 4-3-18>에, 암종별 존재비는 <그림 4-3-19>에 나타내었다. 총 56개 시료 중에서 Ca-HCO<sub>3</sub> type이 12.5%, Ca-Cl type이 3.6%, Na-Cl type이 66.1%, Na-HCO<sub>3</sub> type이 17.9%를 차지하였다.

Ca-HCO<sub>3</sub> type은 MA07 유역이 66.7%를 차지하며, Ca-Cl type은 MA02, MA07 유역이 33.3%, Na-Cl type은 MA04, MA09, MA11, MA13, MA16~MA19 유역이 모두 100%를 차지하고, 또한 Na-HCO<sub>3</sub> type은 MA05 유역이 75.0%로써 가장 높게 나타났다.



<그림 4-3-16> 관정유형별 무망지구 지하수의 Piper Diagram





<그림 4-3-17> 암종별 무망지구 지하수의 Piper Diagram

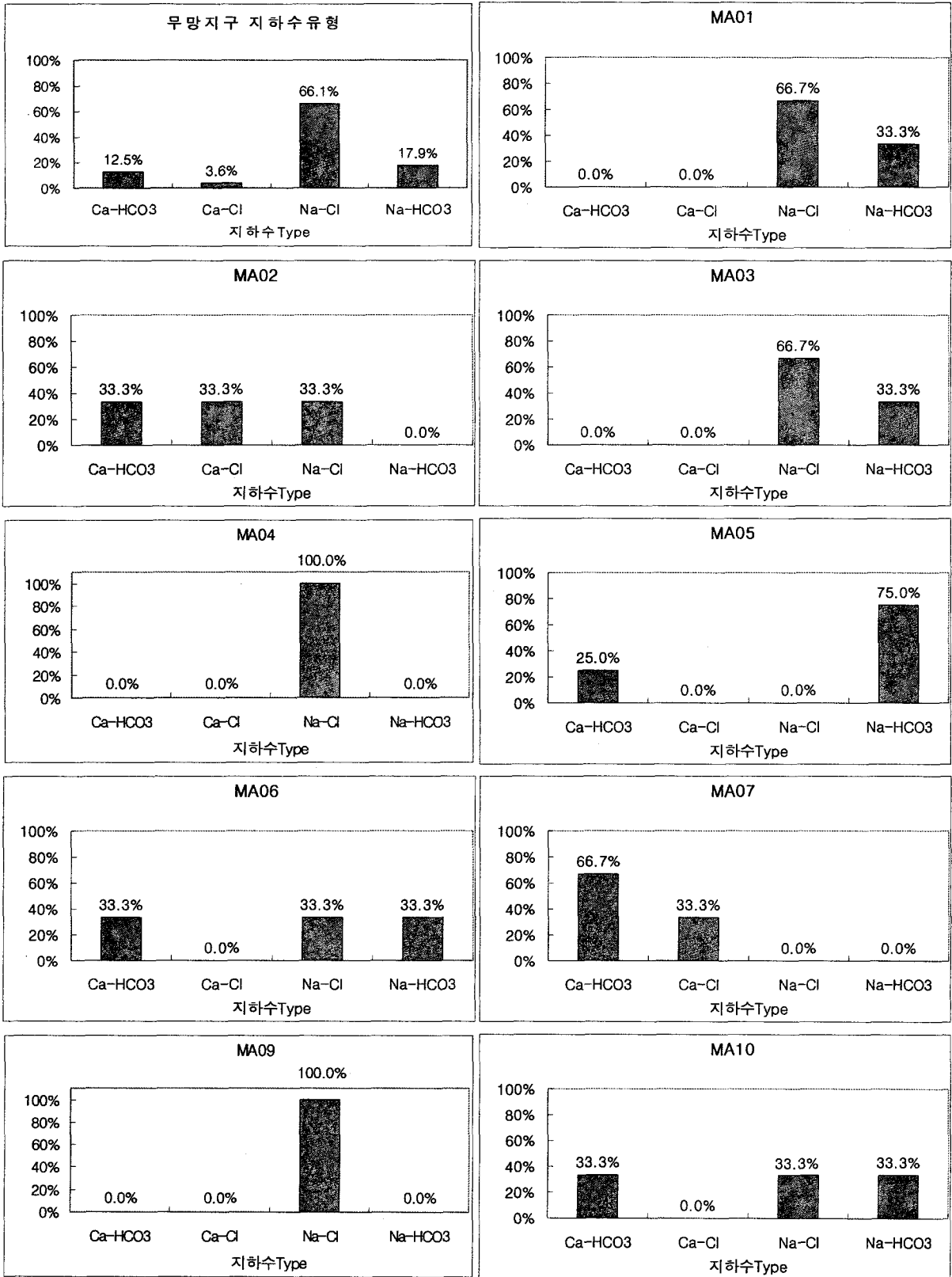
<표 4-3-10> 유역별 지하수유형

유역	계	Ca-HCO <sub>3</sub>		Ca-Cl		Na-Cl		Na-HCO <sub>3</sub>		
		개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	
총계	계	56	7	12.5	2	3.6	37	66.1	10	17.9
	층적	48	3	6.3	2	4.2	33	68.8	10	20.8
	암반	8	4	50.0	-	0.0	4	50.0	-	0.0
MA01	계	3	-	0.0	-	0.0	2	66.7	1	33.3
	층적	3	-	0.0	-	0.0	2	66.7	1	33.3
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA02	계	3	1	33.3	1	33.3	1	33.3	-	0.0
	층적	2	-	0.0	1	50.0	1	50.0	-	0.0
	암반	1	1	100.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0
MA03	계	3	-	0.0	-	0.0	2	66.7	1	33.3
	층적	2	-	0.0	-	0.0	1	50.0	1	50.0
	암반	1	-	0.0	-	0.0	1	100.0	-	0.0
MA04	계	2	-	0.0	-	0.0	2	100.0	-	0.0
	층적	2	-	0.0	-	0.0	2	100.0	-	0.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA05	계	4	1	25.0	-	0.0	-	0.0	3	75.0
	층적	4	1	25.0	-	0.0	-	0.0	3	75.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA06	계	3	1	33.3	-	0.0	1	33.3	1	33.3
	층적	3	1	33.3	-	0.0	1	33.3	1	33.3
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA07	계	3	2	66.7	1	33.3	-	0.0	-	0.0
	층적	1	-	0.0	1	100.0	-	0.0	-	0.0
	암반	2	2	100.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0
MA08	계	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	층적	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA09	계	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	층적	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA10	계	3	1	33.3	-	0.0	1	33.3	1	33.3
	층적	3	1	33.3	-	0.0	1	33.3	1	33.3
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-

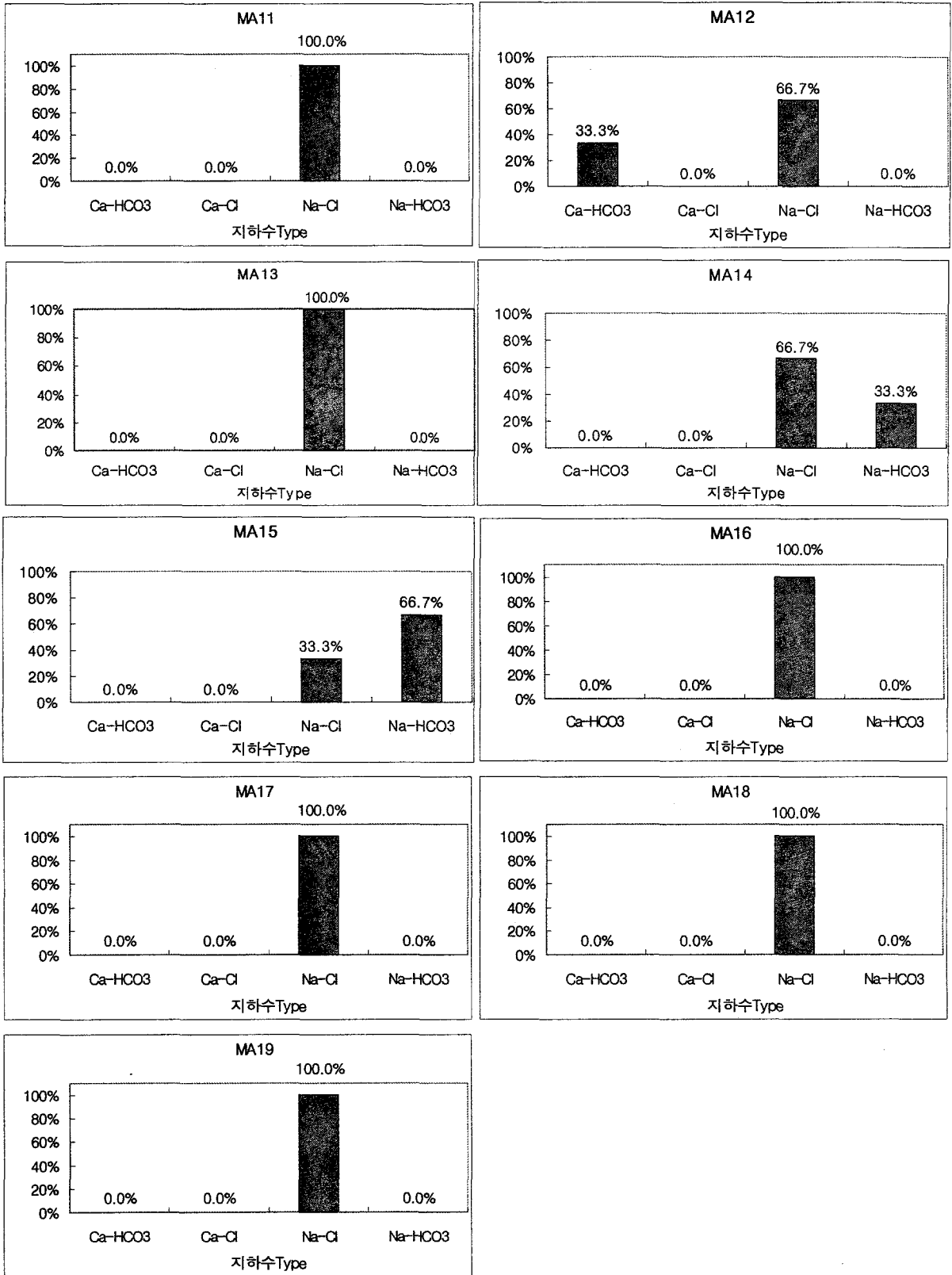
<표 4-3-10> 유역별 지하수유형(계속)

유역	계	Ca-HCO <sub>3</sub>		Ca-Cl		Na-Cl		Na-HCO <sub>3</sub>		
		개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	
MA11	계	3	-	0.0	-	0.0	3	100.0	-	0.0
	충적	2	-	0.0	-	0.0	2	100.0	-	0.0
	암반	1	-	0.0	-	0.0	1	100.0	-	0.0
MA12	계	3	1	33.3	-	0.0	2	66.7	-	0.0
	충적	2	-	0.0	-	0.0	2	100.0	-	0.0
	암반	1	1	100.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0
MA13	계	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	충적	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA14	계	3	-	0.0	-	0.0	2	66.7	1	33.3
	충적	3	-	0.0	-	0.0	2	66.7	1	33.3
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA15	계	3	-	0.0	-	0.0	1	33.3	2	66.7
	충적	3	-	0.0	-	0.0	1	33.3	2	66.7
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA16	계	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	충적	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA17	계	1	-	0.0	-	0.0	1	100.0	-	0.0
	충적	1	-	0.0	-	0.0	1	100.0	-	0.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA18	계	4	-	0.0	-	0.0	4	100.0	-	0.0
	충적	2	-	0.0	-	0.0	2	100.0	-	0.0
	암반	2	-	0.0	-	0.0	2	100.0	-	0.0
MA19	계	3	-	0.0	-	0.0	3	100.0	-	0.0
	충적	3	-	0.0	-	0.0	3	100.0	-	0.0
	암반	-	-	-	-	-	-	-	-	-

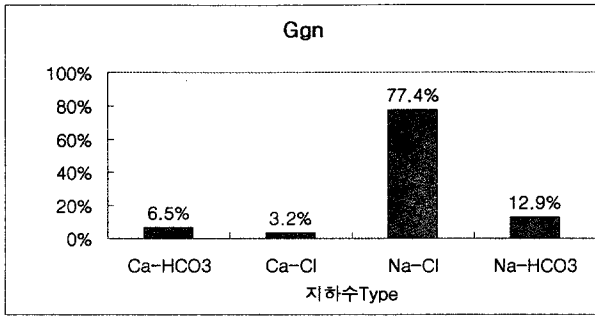
서로 다른 곳에서 채수한 지하수시료를 간편하게 비교할 경우에 사용되는 Stiff Diagram은 다각형 형태이며, 세 개의 평행축을 반대편 수직 세로축에 연장함으로써 만들어진다. 양이온은 세로축의 왼쪽에, 음이온은 오른쪽에 각각 당량농도(meq/l)로 나타내며, 다각형의 면적이 넓을수록 용존이온의 농도가 높은 것이다. 조사지역에서 분석된 전체 지하수시료에 대한 Stiff Diagram은 <그림 4-3-20~21>에 나타내었다.



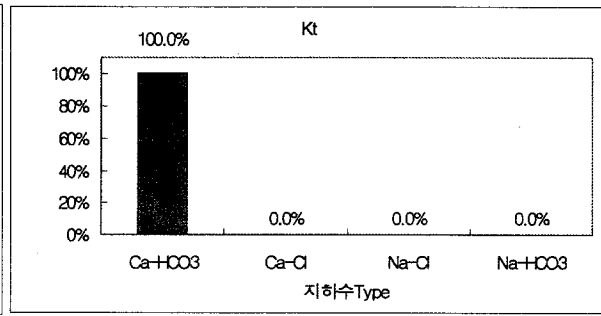
<그림 4-3-18> 유역별 지하수Type



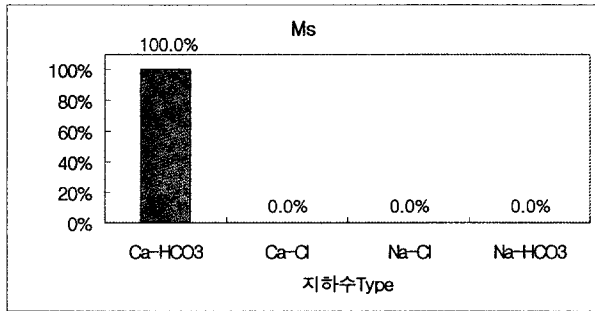
<그림 4-3-18> 유역별 지하수Type(계속)



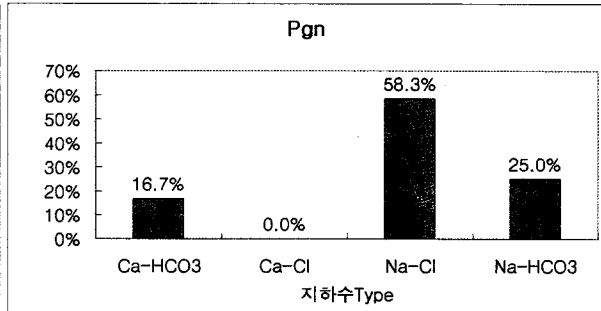
\* Ggn : 화강암질편마암



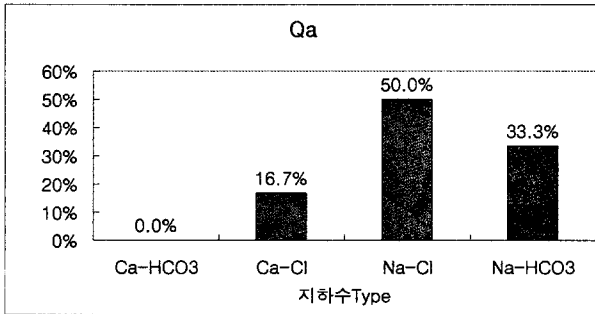
\* Kt : 각력질응회암



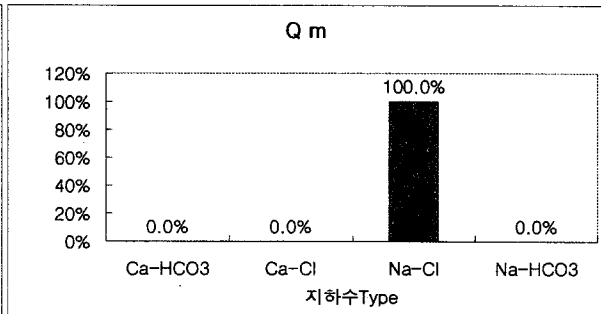
\* Ms : 운모편암



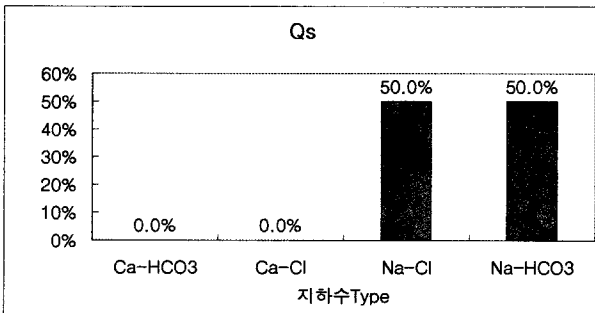
\* Pgn : 반상변정질편마암



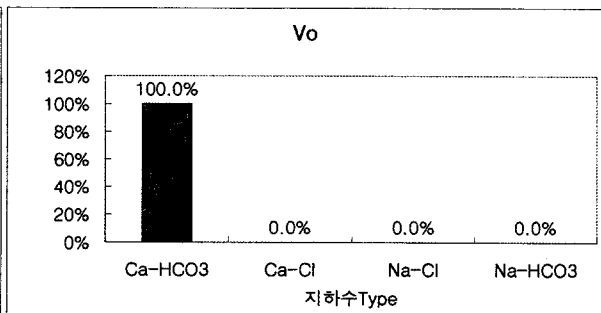
\* Qa : 층적층



\* Qm : 해성퇴적층

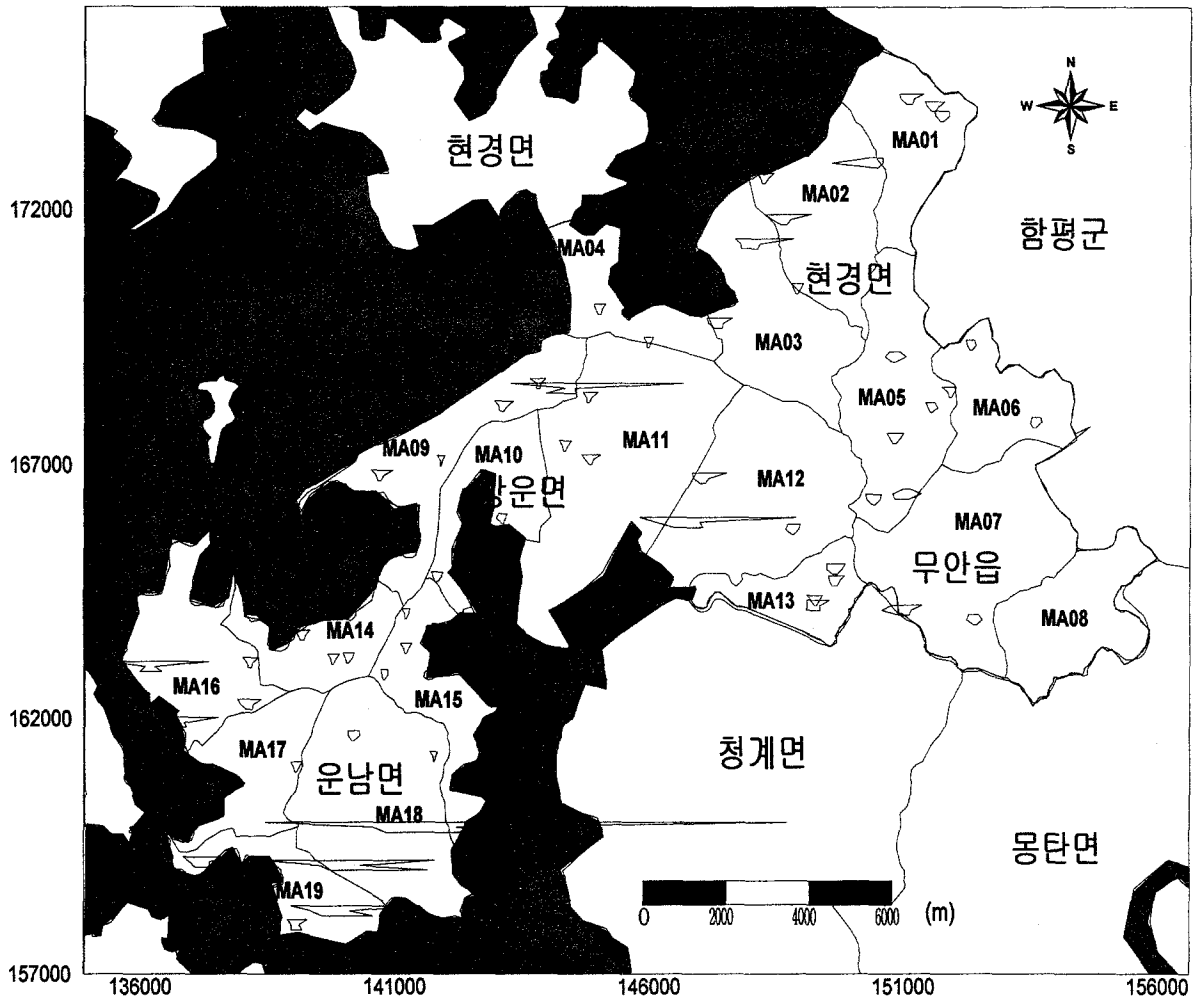


\* Qs : 편상화강암

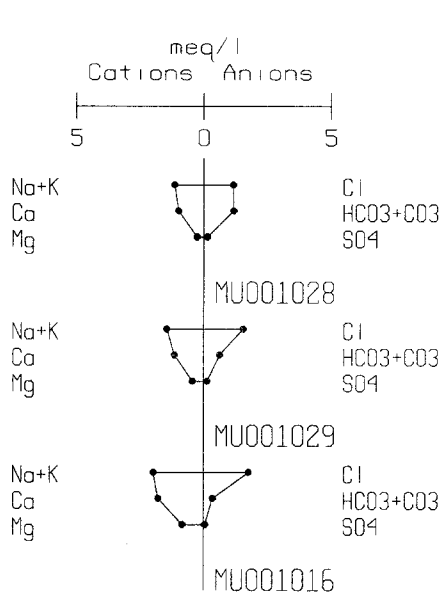


\* Vo : 화산암류

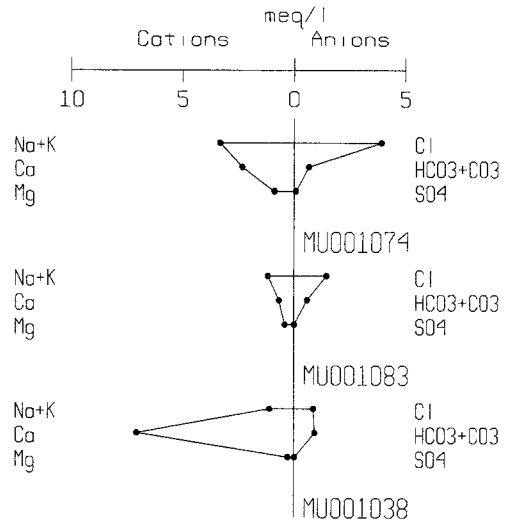
<그림 4-3-19> 암종별 지하수Type



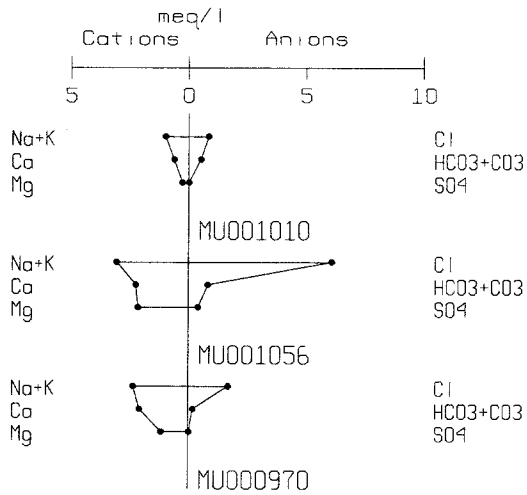
<그림 4-3-20> 조사지구내 지하수의 Stiff Diagram



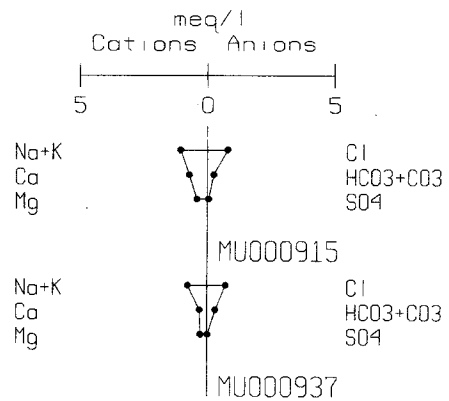
<MA01 구역>



<MA02 구역>



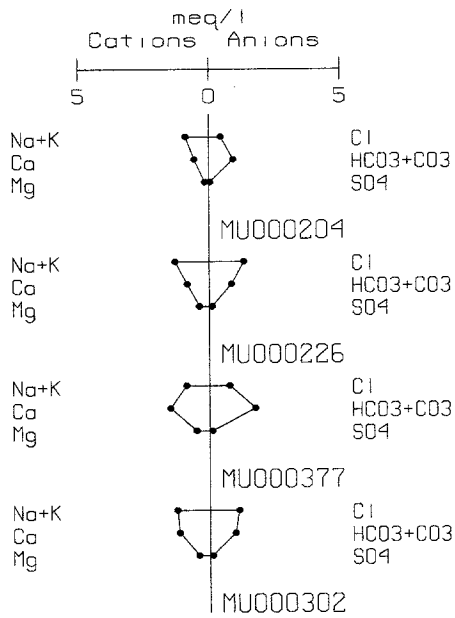
<MA03 구역>



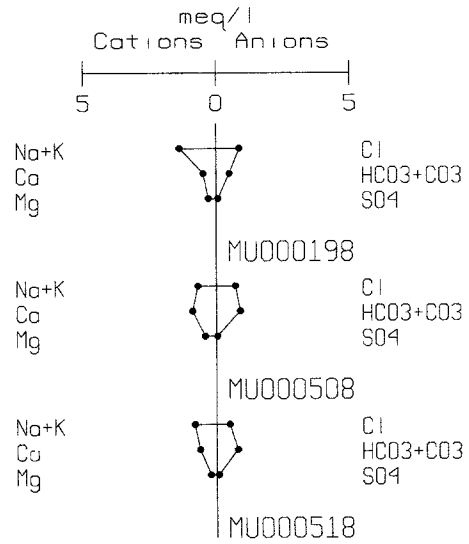
<MA04 구역>

<그림 4-3-21> 구역별 지하수의 Stiff Diagram

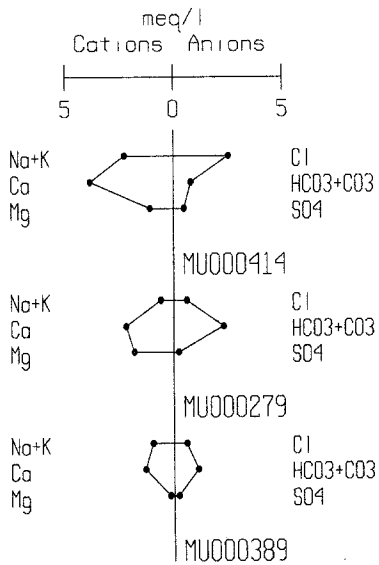




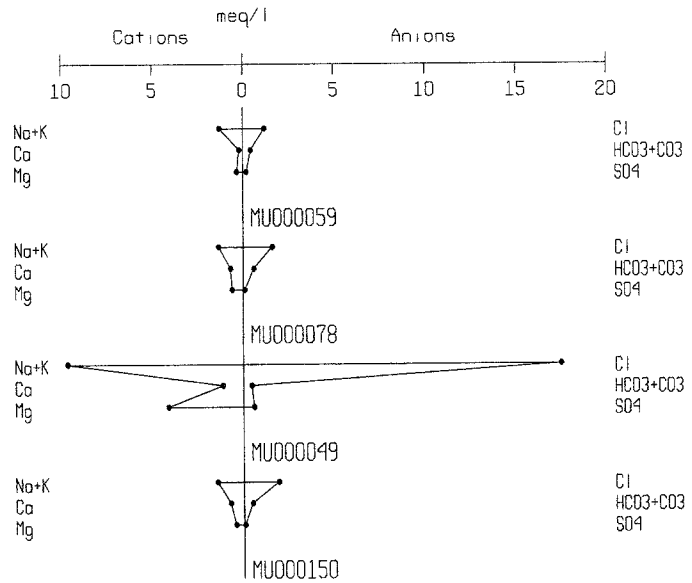
<MA05 구역>



<MA06 구역>

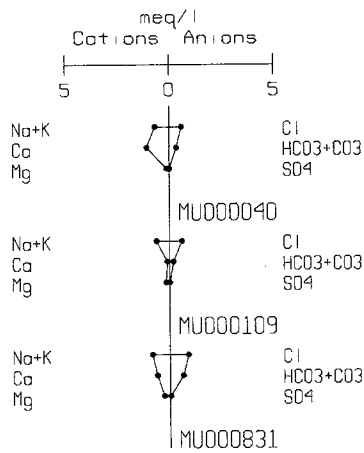


<MA07 구역>

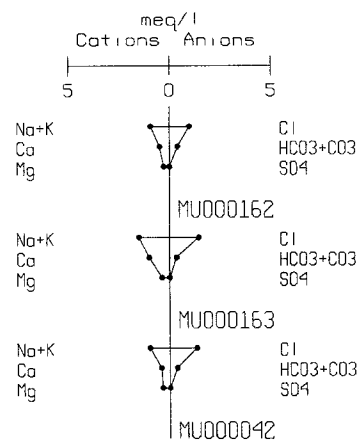


<MA09 구역>

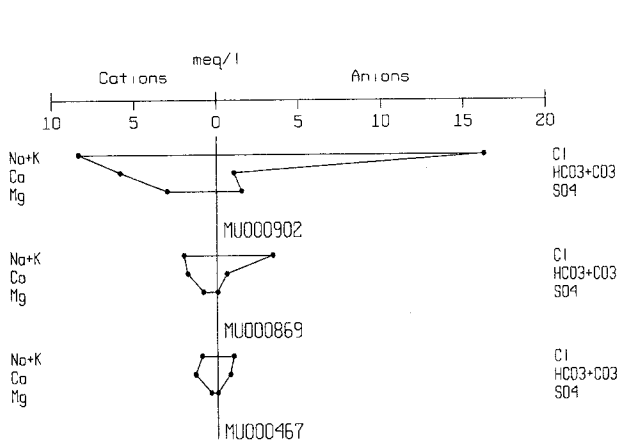
<그림 4-3-21> 구역별 지하수의 Stiff Diagram(계속)



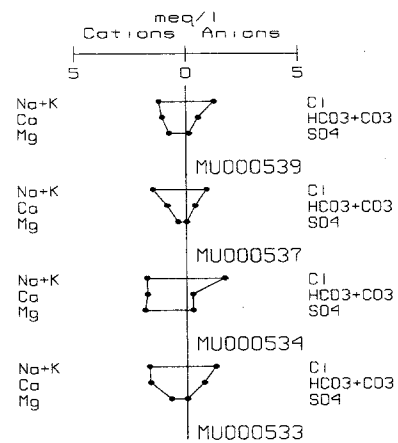
<MA10 구역>



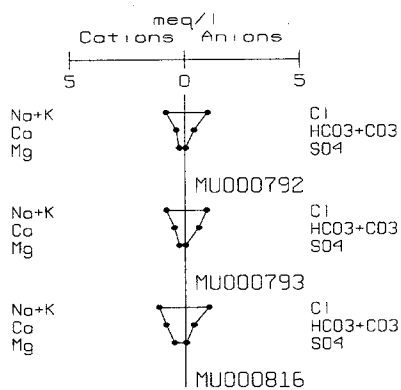
<MA11 구역>



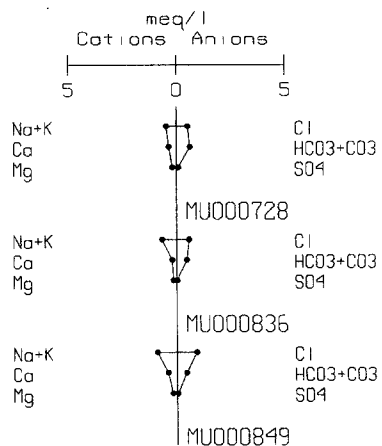
<MA12 구역>



<MA13 구역>

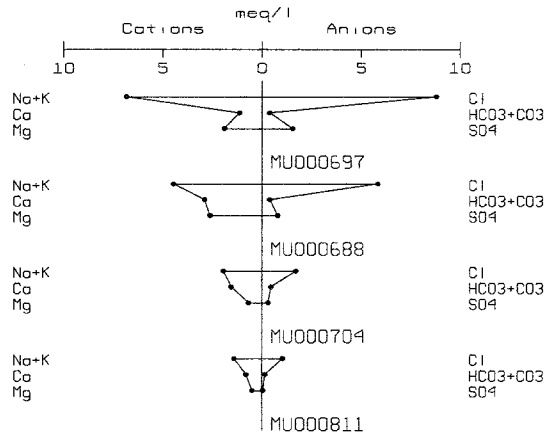


<MA14 구역>

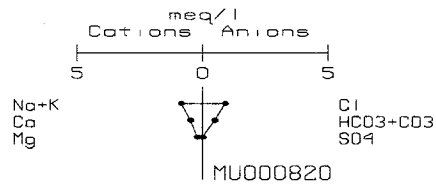


<MA15 구역>

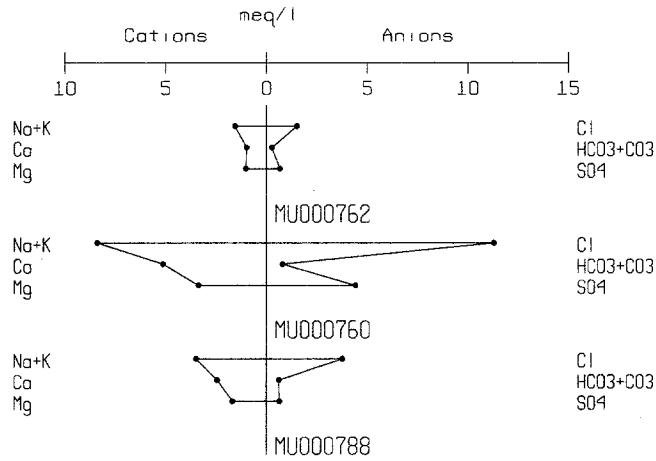
<그림 4-3-21> 구역별 지하수의 Stiff Diagram(계속)



<MA16 구역>

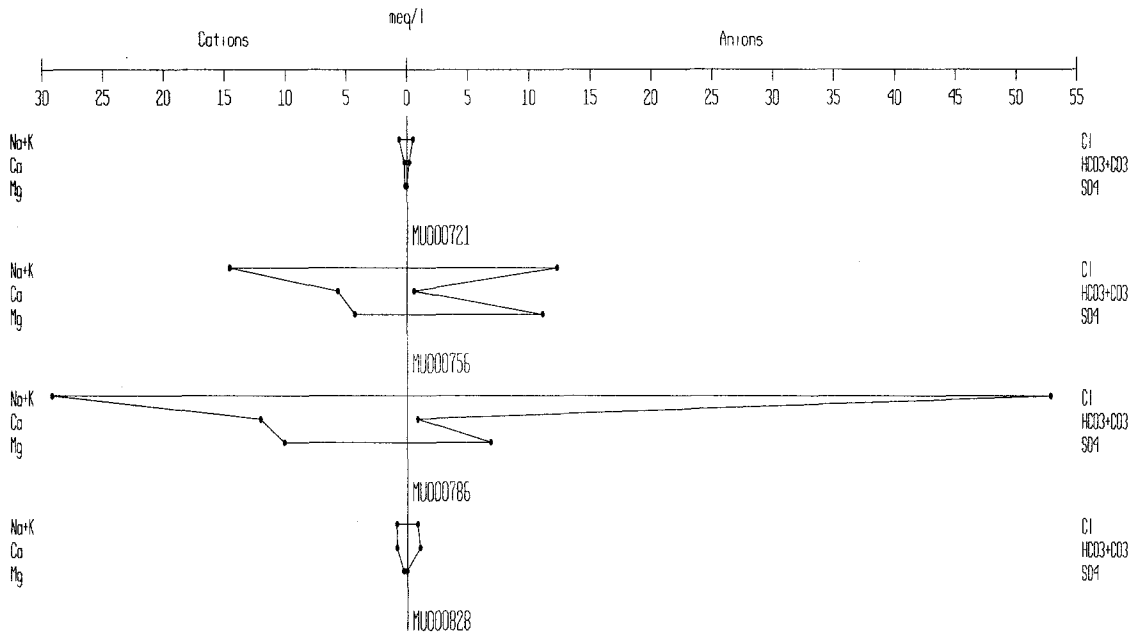


<MA17 구역>



<MA18 구역>

<그림 4-3-21> 구역별 지하수의 Stiff Diagram(계속)



<MA19 구역>

<그림 4-3-21> 구역별 지하수의 Stiff Diagram(계속)

## 나. 질산성질소

지하수에 질산성질소가 다량 함유되어 있을 경우에는 질산염에 오염된 지표수가 직접 유입되었거나 또는 대수층 상부 토양대내에 농축된 질산염이 강수에 의해 대수층으로 침투하여 지하수가 오염된 것으로 생각할 수 있다. 일반적으로 지하수에서 질산염이 높게 검출되는 원인은 축산시설의 분뇨 및 오폐수, 유기질비료 및 퇴비, 정화조의 누출, 질소질 화학비료, 생활하수 및 부패된 음식물 등에서 발생하는 유기질 질소가 강수와 함께 지하로 침투되어 나타나는 현상으로 알려져 있다.

이러한 오염원에서 발생한 유기질소의 변환과 운동은 지하로 침투하는 질소의 형태와 다양한 생물학적 변환에 따라 좌우되며, 보통 유기질소는 암모니아성질소( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) → 아질산성질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) → 질산성질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) 순의 변환과정을 거친다.

따라서 지하수내에서 동물성 유기물질의 최종 분해산물인 질산성질소의 농도는 오염원으로부터 거리가 멀어질수록 점진적으로 증가하는 현상을 나타내어 하류구배의 지하수에서 고농도의 질산성질소가 검출된다(Aller et. al., 1987; Junge, 1963). 전 세계적으로 대부분의 국가에서 질산성질소의 먹는물 수질기준은  $10\text{mg}/\ell$  (질산염  $\text{NO}_3$  기준  $45\text{mg}/\ell$ )이며, 기준치를 초과하는 물을 신생아가 섭취할 경우 청색증(blue-baby syndrome)을 유발하는 것으로 알려져 있다(Follett and Walker, 1989).

본 조사는 지하수 일제조사시 축산폐수, 비료 등에 의한 오염의 거시 인자인 질산성질소 성분을 파악하기 위하여 총 286점의 지하수 시료를 목포시상수도사업소에 의뢰하여 분석하였다.

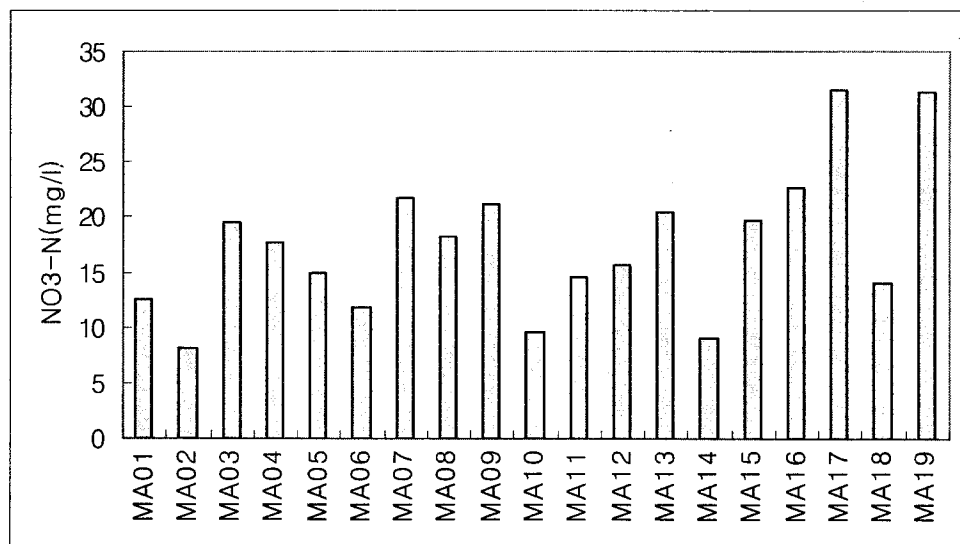
유역별 질산성질소 조사내용은 <표 4-3-11>과 같고, 유역별로는 MA17 유역이 평균  $31.6\text{mg}/\ell$ 로 가장 높고, MA02 유역이  $8.1\text{mg}/\ell$ 로 가장 낮게 나타났다.

관정유형별로는 암반지하수( $20.2\text{mg}/\ell$ )가 충적지하수( $16.3\text{mg}/\ell$ )에 비해 약간 높게 나타났다<그림 4-3-22>. 또한 질산성질소 조사결과를 토대로 발생원인을 규명하기 위하여 수치가 높게 나타난 지역에 대해 총 40개소의 질소동위원소조사를 실시하였다.

<표 4-3-11> 유역별 질산성질소 현황

(단위 : mg/l)

소유역	유형	질산성질소 (N=286)		소유역	질산성질소 (N=286)	
		최 소	최 대		최 소	최 대
MA01	충적	0.1	46.3	MA11	2.7	83.6
	암반	3.2	18.4		0.7	22.8
MA02	충적	2.3	15.1	MA12	1.4	35.4
	암반	2.5	19.5		1.3	72.6
MA03	충적	1.4	53.3	MA13	3.1	58.7
	암반	0.6	64.1		0.8	16.6
MA04	충적	5	33.7	MA14	1.4	5.3
	암반	-	-		40.2	40.2
MA05	충적	0.4	61.9	MA15	0.7	75.8
	암반	0.8	32.6		2.8	18.2
MA06	충적	0.7	31.9	MA16	0.5	63.2
	암반	12.3	21.6		8.2	62
MA07	충적	1.2	66	MA17	2.2	31.8
	암반	0.7	46.9		12.0	34.2
MA08	충적	-	-	MA18	2.2	10.8
	암반	1.4	41.5		1.1	56.1
MA09	충적	0.1	72.2	MA119	2.46	34
	암반	0.1	75.8		22	74.9
MA10	충적	1.3	32.7	계	0.1	83.6
	암반	0.7	7		0.1	75.8

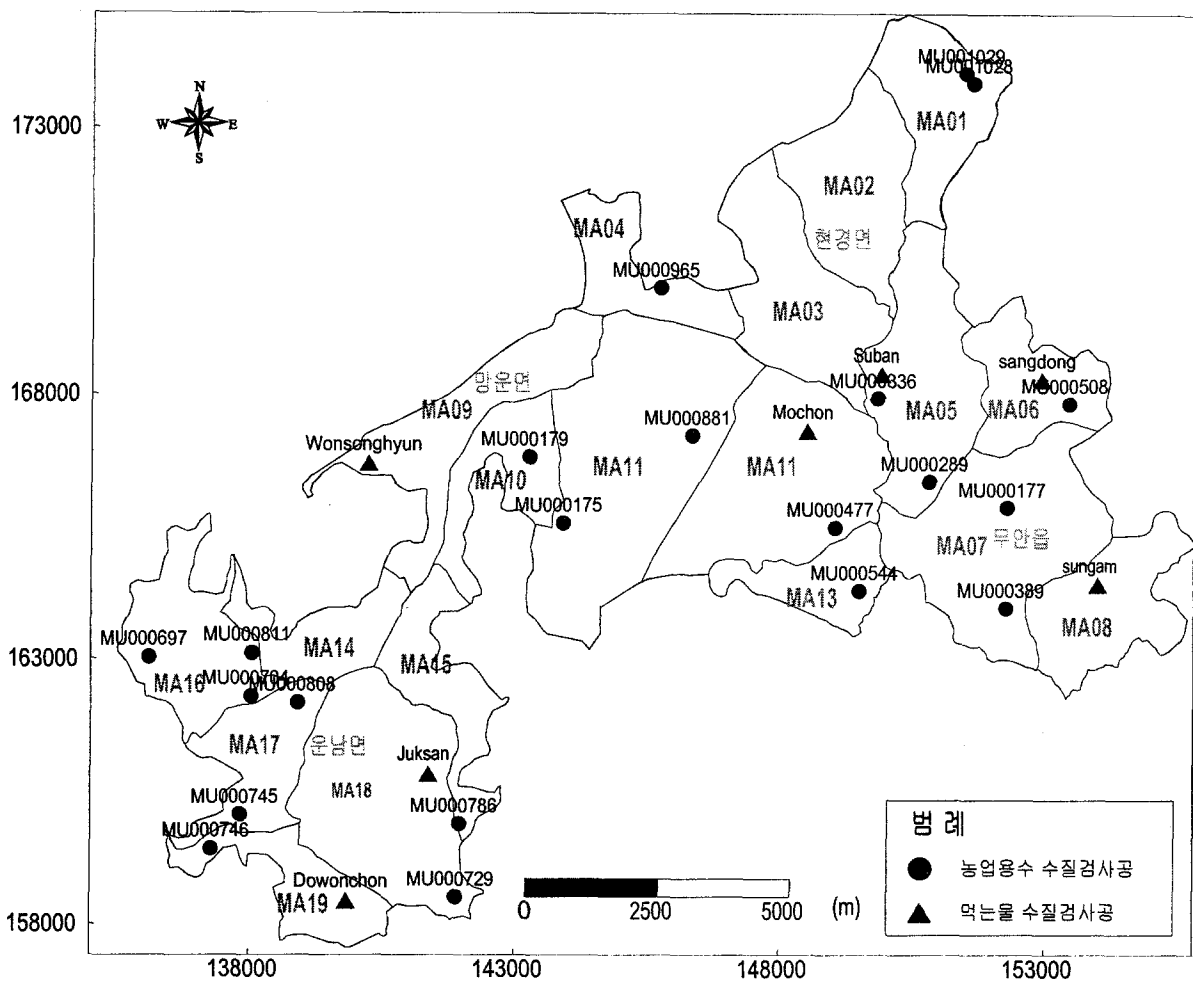


<그림 4-3-22> 충적 및 암반지하수의 유역별 질산성질소 현황

### 다. 먹는물 및 농업용수 수질현황

본 조사지구의 먹는물 및 농업용수 수질검사를 위하여 총 28개소(먹는물 : 7개소, 농업용수 : 21개소)에서 시료를 채수하여 목포시상수도사업소에 분석을 의뢰하였다. 또한 조사지구내에서 지하수를 음용수로 사용하는 학교(9개소) 자료도 별첨하였으며, 수질검사 분석현황은 <표 4-3-12~13>과 같다.

농업용수 수질검사는 일반 농업용 지하수를 대상으로 실시하였으며, 분석결과 일부 관정에서 질산성질소의 함량이 기준치(20mg이하/ℓ)를 초과하는 것으로 나타났다. 먹는물 수질검사는 간이상수도를 대상으로 분석하였으며, 분석결과 질산성질소와 일부 항목이 불합격으로 판정되어 추후 무망지구의 수질관리에 세심한 주의가 요구된다.



<그림 4-3-23> 먹는물 및 농업용수 수질조사관정 위치도

<표 4-3-12> 먹는물 수질환경기준 분석현황

검사항목	단위	수질기준	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
유기인	(mg/l)																	
일반세균	(CFU/mg)	100	57	40	390	불검출	74	23	260	0	17	0	78	0	7	5	5	3
수소이온농도(pH)		5.8~8.5	6	6.1	6.2	5.9	7.2	7	6.5	6.6	6.6	5.9	6.5	6.7	6.8	7	6.6	6.7
카바필	(mg/l)		불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
비소	(mg/l)	0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세레늄	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
알루미늄	(mg/l)	0.2	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니티르티온	(mg/l)	0.04	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
맛		무미	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은	(mg/l)	0.001	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카드뮴	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	(mg/l)	0.06	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디플로로메탄	(mg/l)	0.02	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
구리,동	(mg/l)	1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
망간	(mg/l)	0.03	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	(mg/l)	0.25	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소	(mg/l)	0.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
납	(mg/l)	0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
볼소	(mg/l)	1.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	(mg/l)	0.7	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	(mg/l)	0.3	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄	(mg/l)	0.1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
철	(mg/l)	0.3	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	(mg/l)	0.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
중발칸류분	(mg/l)	500	860	555	4.5	1605	1415	465	970	55	49	11	16	109	24	144	34	82
디클로로에틸렌	(mg/l)	0.03	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
색도	도	5도	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	(mg/l)	0.005	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬	(mg/l)	0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소	(mg/l)	10	76.7	12.4	31.3	25.9	30.1	16.5	32.5	2.8	1.3	1.1	0.9	4.6	0.8	4.6	0.6	5.8
1-1-1-트리할로로에탄	(mg/l)	0.1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
아연	(mg/l)	1	불검출	0.06	불검출	0.01	불검출	불검출	불검출	0.009	0.013	0.009	0.005	0.037	0.006	0.01	0.011	0.034
납		무취	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세제	(mg/l)	0.5	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
황산이온	(mg/l)	200	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
나리아이온	(mg/l)	0.02	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리할로로에틸렌	(mg/l)	0.03	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
탁도	NTU	1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
염소이온	(mg/l)	250	49	95	30	478	280	44	153	20	15	5	7	31	6	33	5	22
사업화탄소	(mg/l)	0.002	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
과당간산칼륨소비량	(mg/l)	10	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	(mg/l)	300	197	113	85	425	516	163	323	26	23	2	4	57	11	84	23	43
벤젠	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
대장균군	(MPN/100mg)	50	불검출	불검출	불검출	-	검출	검출	검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
구분			금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	기조사	기조사	기조사	기조사	기조사	기조사	기조사	기조사
수질검사결과			불합격	불합격	불합격	불합격	불합격	불합격	불합격	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수질검사일자			02/8/24	02/8/24	02/8/24	02/8/24	02/8/24	02/8/24	02/8/24	02/4/2	02/4/2	02/4/2	02/4/2	02/4/2	02/4/2	02/4/2	02/4/2	02/4/2
소유역			MA17	MA19	MA12	MA09	MA06	MA08	MA05	MA11	MA01	MA02	MA11	MA17	MA07	MA11	MA18	MA04



<표 4-3-13> 농업용수 수질환경기준 분석현황

검사항목	단 위	수질기준	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
유기인	(mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)		6.0-8.5	6.9	7.8	6.2	6.2	6.6	6.5	6	6.7	6.9	6.4	6.1	6.1	6.5	6.9	6	6.8	6.3	6.4	6	6.1	6.3
화학적산소요구량(COD)	(mg/l)	8	1.6	1.2	1	1.2	1.2	1	1.6	0.8	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.8	1	1.2
비 소	(mg/l)	0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수 은	(mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카드뮴	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
납	(mg/l)	0.1	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시 안	(mg/l)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페 놀	(mg/l)	0.005	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬	(mg/l)	0.05	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소	(mg/l)	20	4.2	19.8	15.9	0.7	3.9	21.5	61.9	3.1	0.7	9.2	24.7	22	9.8	1.1	31.8	2.2	11.5	3.7	83.6	1	44.4
다이아지논	(mg/l)	0.02	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	(mg/l)	0.03	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
염소이온	(mg/l)	250	17	20	21	26	15	28	54	23	632	75	47	26	15	13	772	653	36	45	89	233	95
테트라클로로에틸렌	(mg/l)	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
구 분			금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사	금회조사
수질검사결과			적합	적합	적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	부적합	적합	부적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	적합	부적합	적합	부적합
수질검사일자			02/8/13	02/8/13	02/8/13	02/8/13	02/8/13	02/8/13	02/8/13	02/8/13	02/8/16	02/8/16	02/8/16	02/8/16	02/8/16	02/8/16	02/8/16	02/8/16	02/8/20	02/8/20	02/8/20	02/8/20	02/8/20
소 유 역			MA06	MA05	MA04	MA01	MA07	MA12	MA05	MA13	MA10	MA11	MA16	MA16	MA10	MA18	MA17	MA17	MA01	MA18	MA11	MA16	MA19

### 4.3.5 동위 원소조사

#### 가. 개요

질산성질소는 농약 등의 유기화합물이나 중금속 등의 다른 오염물질과는 달리 토양입자의 물리적인 여과작용이나 흡착, 침전 등과 같은 화학적 과정을 통해 제거되지 못하고 물의 이동과 함께 쉽게 지하수로 유입될 수 있다. 일단 오염원을 떠나 지하수로 유입되어 형성된 질산성질소를 제어하기 위해서는 많은 시간과 비용이 요구된다. 따라서 양질의 음용수원을 확보하기 위해서는 지하수 중 질산성질소의 오염원을 규명하고, 이러한 오염원에 대한 적절한 사전 관리가 필요하다. 농촌지역에서 지하수내 질산성질소의 기원은 도시나 공단지역과는 달리 주로 생활하수, 축산폐수, 화학비료 등이다.

질소는  $^{14}\text{N}$ (99.64%)과  $^{15}\text{N}$ (0.36%)의 안정동위원소로 존재하며, 자연계의 순환과정에서 일어나는 물리화학적 또는 생화학적 반응에 의해 동위원소의 존재비가 변화한다. 다음은 ISO규정에 따른  $\delta^{15}\text{N}$ (‰) 범위와 한국에서의 범위를 비교하여 나타낸 표이다.

<표 4-3-14> 질산염 기원에 따른  $\delta^{15}\text{N}$ 의 범위

Nitrate sources	$\delta^{15}\text{N}$ of Nitrate(‰)
Atmospheric $\text{NO}_3$	-10~+9
Nitrate fertilizer	-5~+5
ammonium fertilizer	-5~0
Animal wastes	+10~+20
Manure	+7.9~+8.6
Legumes, nitrogen fixer	0~+2
Non-contaminated soil	+2~+5

자료 : Amberger & Schidt(1987), Aravens et al.(1993), Heaton(1986), Kendall et al.(1995), Wassenaar(1995)

<한국의 질산염 기원에 대한  $\delta^{15}\text{N}$ 의 범위>

Sources	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Range of $\delta^{15}\text{N}$	Reference
Ammonium sulfate	-5.0	Fertilizer : Below +5.0‰ Wastes : Above +10.0	Han(2000)
Urea	-16.5		
Urea+urease	-1.74		
Animal wastes	+15.0		
Septic tank	+24.1		
Urea	+1.4	Fertilizer : Below +5.0‰ Wastes : above +10.0 Natural soil : +5.0~+10.0‰	Yoo et al.(1999)
Ammonium sulfate	-2.7		
Natural soil	+5.5		
Septic tank of livestock	+27.2		

지하수 중 질산성질소의  $\delta^{15}\text{N}$ 을 측정하면 그 오염원을 추정할 수 있으며, 일반적으로 지하수의  $\delta^{15}\text{N}$  값은 오염원이 화학비료인 경우 +4‰이하, 토양유기물인 경우 +4~+9‰, 축산폐수나 생활하수인 경우는 +9~+18‰인 것으로 알려져 있다.

**나. 시료채취 및 분석방법**

본 조사지구는 지역적인 특성으로 인해 질산성질소 농도가 높은 지역이 넓게 분산되어 있어 특정지역의 지하수에 대한 오염원별 기원을 파악하기에는 시료채취장소가 넓으며, 구역별 질소동위원소 조사공 위치도는 <그림 4-3-24>와 같다.

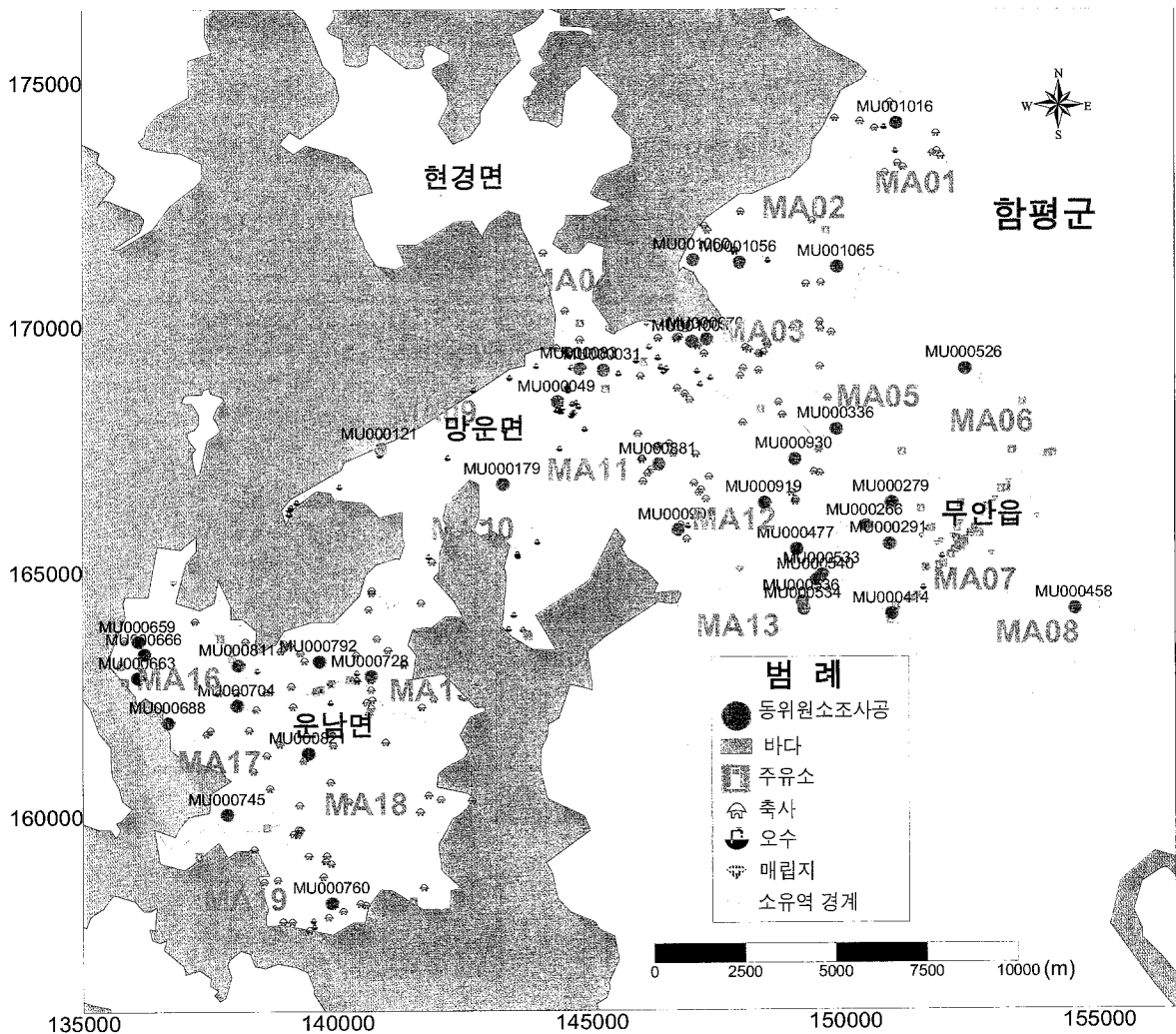


<그림 4-3-24> 지역별 질소동위원소 조사공 위치도

지하수 중 질산성질소의  $\delta^{15}\text{N}$ 을 측정하면 그 오염원을 추정할 수 있으며, 일반적으로 지하수의  $\delta^{15}\text{N}$  값은 오염원이 화학비료인 경우 +4‰이하, 토양유기물인 경우 +4~+9‰, 축산폐수나 생활하수인 경우는 +9~+18‰인 것으로 알려져 있다.

#### 나. 시료채취 및 분석방법

본 조사지구는 지역적인 특성으로 인해 질산성질소 농도가 높은 지역이 넓게 분산되어 있어 특정지역의 지하수에 대한 오염원별 기원을 파악하기에는 시료채취장소가 넓으며, 유역별 질소동위원소 조사공 위치도는 <그림 4-3-24>와 같다.



<그림 4-3-24> 지역별 질소동위원소 조사공 위치도

총 40개소를 선정하여 시료를 채수하였으며, 운반·저장시에는 아이스박스과 냉동고를 이용하여 냉동상태를 유지하였다. 분석기기는 서울대학교 농업과학공동기기센터의 Micromass(UK)사 VG OPTIMA를 사용하였으며, 실험분석에 사용된 표준시료는 미국 Ozteck사의 N<sub>2</sub>(δ<sup>15</sup>N=-0.22‰)이다. 분석방법은 Hauck(1982)에 의해 발표된 실험방법에 따라 질산성질소 및 δ<sup>15</sup>N 값을 산출하였으며, δ<sup>15</sup>N값은 <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N비에 의하여 다음 식에서 산출하였다.

$$\delta^{15}N(hund) = \left( \frac{(^{15}N/^{14}N)_{sample}}{(^{15}N/^{14}N)_{air}} - 1 \right) \times 1000$$

#### 다. 조사결과로 추정된 오염원 기원

조사결과는 오염원별로 구분하였으며, 주변에 위치한 잠재오염원을 표시하여 이를 참조하였다. 오염원 추정시 Nakanishi(1995)의 계산방식을 적용하여 추정, 산출하였다.

$$W = X + Y + Z$$

$$aW = bX + cY + dZ$$

- W : 지하수의 질산성질소농도(mg/ℓ)
- X : 화학비료 유래의 질산성질소농도(mg/ℓ)
- Y : 축산분뇨 및 생활하수 유래의 질산성질소농도(mg/ℓ)
- Z : 자연토양질소 유래의 질산성질소농도(mg/ℓ)
- a : 지하수의 질산성질소의 δ<sup>15</sup>N값(‰)
- b : 화학비료 유래의 질산성질소의 δ<sup>15</sup>N값(‰)
- c : 축산분뇨 및 생활하수 유래의 질산성질소의 δ<sup>15</sup>N값(‰)
- d : 자연토양질소 유래의 질산성질소의 δ<sup>15</sup>N값(‰)

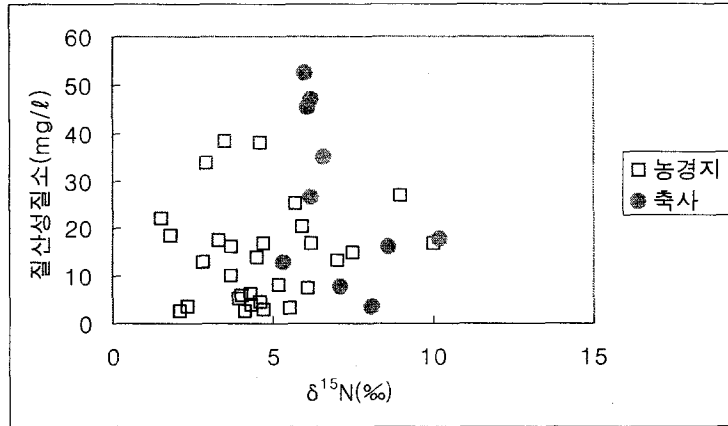
실제적으로 질산성질소의 질소오염원을 파악하기 위해서는 각각의 오염원에 대한 배경값을 모두 조사해야 하나, 본 조사에서는 과거에 측정된 평균값을 적용하여 자연토양에서 유래한 질산성질소농도는 0.4(mg/ℓ), δ<sup>15</sup>N값은 1.8(‰), 화학비료 유래의 질산성질소농도는 0.58(‰), 동물성유기질비료에 의한 δ<sup>15</sup>N값은 13.75(‰)의 값을 가지는 것으로 가정하여 적용하였다(오윤근 외, 1997). 이러한 방법에 의해 총 40개소에 대한 오염원별 구성비를 산출한 결과는 유역별로 <표 4-3-15>에 나타내었다.

<표 4-3-15> 유역별 질소동위원소 분석결과

관정 번호	유역	질산성질소 농도(mg/l)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	오염원 구성비(%)			주변환경
				화학비료 기원(X)	동물성유기 물기원(Y)	자연토양 기원(Z)	
MU001016	MA01	17.6	3.3	77.3	20.4	2.3	농경지
MU001065	MA02	2.5	4.1	58.8	25.2	16.0	농경지
MU000970	MA03	18.5	1.8	88.8	9.1	2.2	농경지
MU001060	MA03	3.7	2.3	77.1	12.1	10.8	농경지
MU001056	MA03	38.1	4.6	68.5	30.4	1.0	농경지
MU001003	MA04	33.7	2.9	81.3	17.5	1.2	농경지
MU000975	MA05	4	4.3	62.7	27.3	10.0	농경지
MU000526	MA05	25.4	5.7	59.7	38.7	1.6	농경지
MU000266	MA05	17	6.2	55.2	42.5	2.4	농경지
MU000336	MA05	26.9	9	34.7	63.8	1.5	농경지
MU000291	MA07	8.1	5.2	60.4	34.6	4.9	농경지
MU000279	MA07	16.9	10	26.3	71.3	2.4	농경지
MU000414	MA07	46.9	6.2	56.6	42.6	0.9	축사
MU000458	MA08	14	4.5	67.6	29.5	2.9	농경지
MU000049	MA09	38.2	3.5	76.9	22.1	1.0	농경지
MU000121	MA09	52.7	6.0	58.2	41.1	0.8	축사
MU000179	MA10	7.3	6.1	53.1	41.4	5.5	농경지
MU000881	MA11	2.7	2.1	75.0	10.2	14.8	농경지
MU000031	MA11	6.2	4.3	65.9	27.6	6.5	농경지
MU000083	MA11	13.3	7	48.5	48.5	3.0	농경지
MU000042	MA11	7.7	7.1	45.8	49.0	5.2	축사
MU000919	MA12	13	2.8	80.4	16.6	3.1	농경지
MU000477	MA12	16.3	3.7	74.1	23.5	2.5	농경지
MU000930	MA12	3.7	8.1	33.1	56.1	10.8	축사
MU000902	MA12	18.0	10.2	24.9	72.8	2.2	축사
MU000534	MA13	5.9	4	67.9	25.3	6.8	농경지
MU000533	MA13	16.8	4.7	66.6	31.1	2.4	농경지
MU000540	MA13	20.3	5.9	57.8	40.2	2.0	농경지
MU000536	MA13	26.6	6.2	56.0	42.5	1.5	축사
MU000792	MA14	5.3	3.9	67.9	24.5	7.5	농경지
MU000728	MA15	2.8	4.7	55.8	30.0	14.3	농경지
MU000811	MA16	4.5	4.6	61.4	29.7	8.9	농경지
MU000663	MA16	14.8	7.5	45.0	52.3	2.7	농경지
MU000704	MA16	13.1	5.3	61.4	35.6	3.1	축사
MU000688	MA16	45.3	6.1	57.3	41.8	0.9	축사
MU000659	MA16	35.0	6.6	53.3	45.6	1.1	축사
MU000666	MA16	16.1	8.6	36.8	60.7	2.5	축사
MU000745	MA17	22	1.5	91.4	6.8	1.8	농경지
MU000821	MA18	3.1	5.5	50.9	36.2	12.9	농경지
MU000760	MA19	10	3.7	72.7	23.3	4.0	농경지
평균		17.4	5.2	60.3	35.0	4.7	

※ X : 화학비료기원, Y : 오수기원, Z : 자연토양기원

<그림 4-3-25>에서 주변환경별 질산성질소의 증감에 따른  $\delta^{15}\text{N}$ 값의 변화는 뚜렷한 양상이 나타나지 않으나 주변환경이 축사인 경우  $\delta^{15}\text{N}$ 값이 높은 값을 나타낸다.



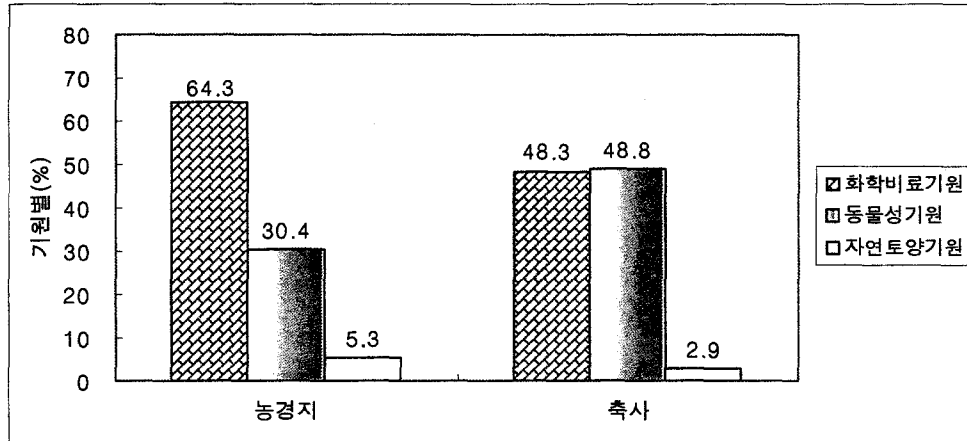
<그림 4-3-25> 주변환경에 따른 질산성질소/ $\delta^{15}\text{N}$ 값의 관계

동위원소를 이용하여 본 조사지구의 오염원을 추정하기 위해 주변환경을 농경지와 축사로 분류하여 오염원별 질산성질소농도와  $\delta^{15}\text{N}$ 값을 나타내었다<표 4-3-16>, <그림 4-3-29>.

주변환경이 농경지인 경우 질산성질소는 2.5~22.0mg/l,  $\delta^{15}\text{N}$ 값은 1.5~10.5‰ 범위이며, 주변환경이 축사인 경우에는 질산성질소가 3.7~52.7mg/l,  $\delta^{15}\text{N}$ 값이 5.3~10.2‰ 범위에 분포한다.

<표 4-3-16> 주변환경에 따른 질산성질소 오염원 구성비

주변 환경	질산성질소(mg/l)		$\delta^{15}\text{N}$ 값(‰)		오염원 구성비(%)		
	범 위	평 균	범 위	평 균	화학비료 기원	동물성 기원	자연토양 기원
농경지	2.5~22.0	14.3	1.5~10.5	4.6	64.3	30.4	5.3
축사	3.7~52.7	26.5	5.3~10.2	7.0	48.3	48.8	2.9



<그림 4-3-26> 주변환경에 따른 오염원 구성비

<그림 4-3-26>에서 주변환경이 농경지인 경우 화학비료·동물성유기물·자연토양 기원의 구성비는 각각 64.3%, 30.4%, 5.3%로 조사되어 화학비료의 영향이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 주변환경이 축사인 경우 화학비료·동물성기원·자연토양의 구성비는 각각 48.3%, 48.8%, 2.9%로 조사되었다. 이는 화학비료의 영향도 높게 나타났으나, 지역적인 여건을 고려할 때 축산폐수의 영향으로 인하여 상대적으로 동물성유기물 기원이 높게 나타난 것으로 사료된다.



### 4.3.6 농경지 토양조사

우리나라는 토양오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 오염된 토양을 정화하는 등 토양을 적정하게 보전·관리함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 영위할 목적으로 1996년부터 토양환경보전법이 제정·시행되고 있으며, 토양의 오염방지를 위하여 15종의 물질을 토양오염물질로 지정·관리하고 있다.

토양환경보전법상 토양오염물질은 토양오염과 관련성이 큰 수질환경보전법에서 사람의 건강이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접적으로 위해를 줄 수 있는 오염물질로 선정된 특정유해물질인 카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가크롬, 아연, 니켈, 불소, 유기인, PCB, 시안, 페놀, 유류(BTEX, TPH), 유기용제류(TCE, PCE) 15종과 토양오염의 방지를 위하여 특별히 관리할 필요가 있다고 인정되는 물질을 포함한다(개정, 2001. 12. 31).

토양오염도조사를 위하여 조사지구내에서 12점의 시료를 채취하였다. 시료 채취는 표토를 5cm 제거한 후 hand auger를 이용하여 지표하 40cm까지의 토양을 채취하였으며, 1개소에 대하여 주변 5개 지점에서 채취한 시료를 혼합하여 사분법으로 나누어 담아 전라남도 환경관리공단에 의뢰하여 토양오염공정시험방법에 의하여 토양오염물질 11종과 pH에 대하여 검사를 실시하였다.

조사지역의 환경부 토양측정망(전국망 4, 지역망 4)운영결과 자료를 이용하여 전국 토양측정망의 평균값과 채취시료의 분석결과를 비교하였다. 지역망 평균값을 전국 토양측정망의 평균값과 비교할 때 Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr<sup>+6</sup>, CN 등 모든 항목의 함량이 전국망에 비해 높게 조사되었으나, 우려기준을 초과하는 지점은 없었다<표 4-3-17~18, 그림 4-3-27>.

<표 4-3-17> 2001 토양측정망 운영결과(환경부)

(단위 : mg/kg)

구 분	pH	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Cr <sup>+6</sup>	유기인	PCB	CN	페놀	유류
'01 평균	6.4	0.147	5.300	0.256	0.071	6.503	0.028	-	-	0.020	-	1.008
전 국 망	6.5	0.118	3.995	0.161	0.040	5.347	0.007	-	-	0.012	-	0.068
지 역 망	6.3	0.161	5.952	0.299	0.083	7.088	0.038	-	-	0.025	-	1.298
무망지구	5.7	0.055	1.410	0.019	0.306	2.287	0.090	-	-	-	-	0.012

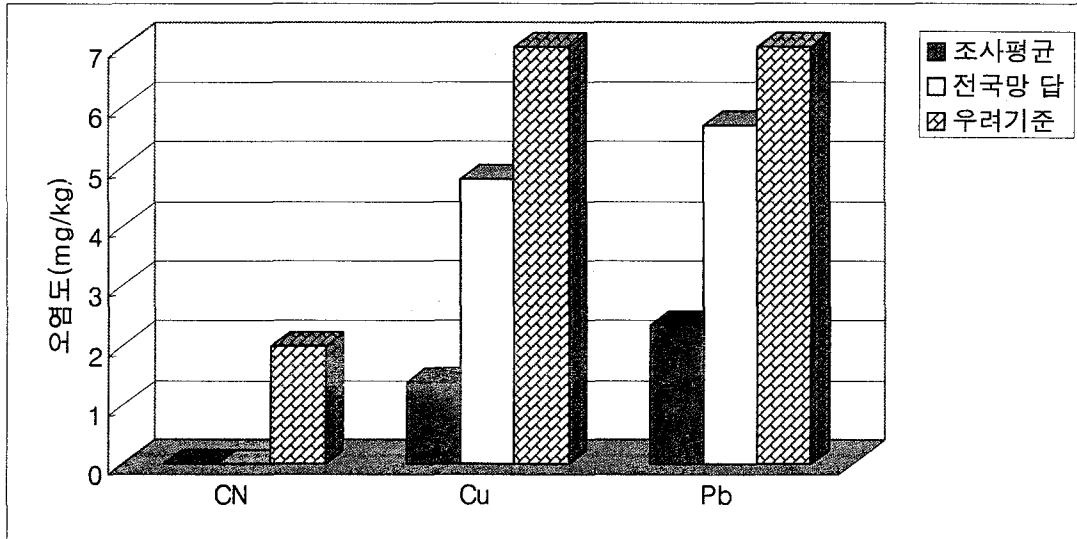
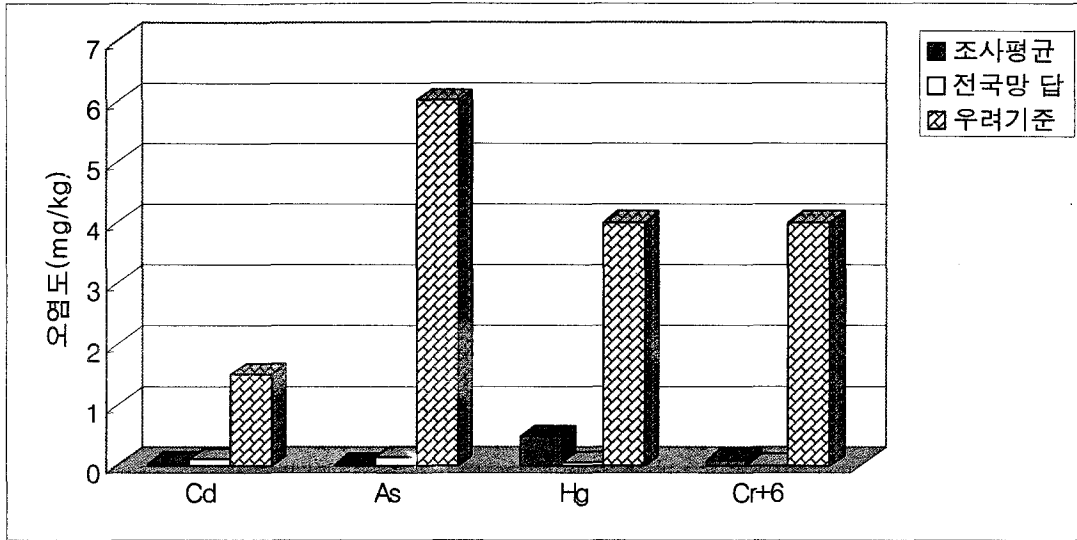
조사지역 채취시료의 분석결과는 토양측정망의 측정치에 비해 Hg, Cr<sup>+6</sup>의 함량이 약간 높게 조사되었으나 우려기준을 초과하지는 않는다.

<표 4-3-18> 조사지구내 토양분석도 결과

(단위 : mg/kg)

구분	지점 번호	위치	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Cr <sup>+6</sup>	유기인	PCB	CN	폐놀	유류	pH
평균			0.055	1.410	0.019	0.306	2.287	0.090	-	-	-	-	0.012	5.7
현 지 조 사	MMSoil-01	무안읍 성남리	-	0.690	0.004	1.598	2.946	0.091	-	-	-	-	-	5.3
	MMSoil-02	무안읍 신학리	-	0.830	0.005	0.253	2.979	0.019	-	-	-	-	-	5.6
	MMSoil-03	무안읍 신학리	-	1.198	0.006	0.278	2.351	0.081	-	-	-	-	-	5.2
	MMSoil-04	현경면 평산리	-	1.240	0.010	1.152	2.097	0.123	-	-	-	-	-	6.2
	MMSoil-05	현경면 외반리	-	1.188	0.005	0.563	2.137	0.056	-	-	-	-	-	5.6
	MMSoil-06	운남면 성내리	-	1.664	0.002	0.328	1.454	0.124	-	-	-	-	-	4.9
	MMSoil-07	운남면 내리	0.041	1.469	0.023	0.375	1.700	0.326	-	-	-	-	-	6.2
	MMSoil-08	운남면 연리	0.024	1.597	0.004	0.414	0.525	0.059	-	-	-	-	-	6.4
	MMSoil-09	망운면 하묘리	-	1.023	0.003	0.193	2.569	0.013	-	-	-	-	-	5.4
	MMSoil-10	망운면 목서리	0.044	2.637	0.010	0.302	3.532	0.119	-	-	-	-	-	6.4
	MMSoil-11	현경면 현화리	-	1.088	0.013	0.160	2.737	0.006	-	-	-	-	-	5.5
	MMSoil-12	현경면 동산리	0.031	2.041	0.011	0.238	3.055	0.068	-	-	-	-	-	5.4
전 국 망	RA-21	무안읍 성내리	0.080	0.241	0.131	0.118	0.231	-	-	-	-	-	-	6.5
	RE-07	망운면 목동리	0.023	0.338	0.012	0.027	3.373	-	-	-	-	-	0.012	5.7
	RK-26	무안읍 교촌리	0.016	0.989	0.007	0.040	1.825	-	-	-	-	-	0.011	5.4
	RS-14	현경면 해운리	0.070	1.824	0.030	0.064	1.001	-	-	-	-	-	-	6.1
지 역 망	LO-03	무안읍 성내리	0.100	2.214	0.046	0.001	2.032	-	-	-	-	-	-	5.8
	LP-67	무안읍 평용리	0.078	2.712	0.019	0.002	3.665	-	-	-	-	-	-	4.6
	LP-33	현경면 외반리	0.039	0.847	0.007	0.004	3.098	-	-	-	-	-	-	4.8
	LC-12	무안읍 성남리	0.115	2.362	0.023	0.004	2.430	-	-	-	-	-	-	6.6

자료 : 토양측정망 운영결과(환경부, 2001)



<그림 4-3-27> 농경지 토양오염조사 현황

# 여 백

## V. 종합분석

### 5.1 지하수 개발가능량 분석

#### 5.1.1 개요

지하수 개발가능량은 수문순환계가 파괴되지 않고 지하수 장애를 일으키지 않는 범위내에서 지속적으로 대수층으로부터 양수할 수 있는 지하수량을 의미하며, 수계유역 또는 각 지방자치단체의 용수공급계획 수립시 지표로 활용될 수 있다. 수문순환계의 파괴란 물이 강수, 지표수, 지하수, 증발산 등의 형태로 끊임없이 자연계에서 순환하는 체계가 파괴되는 것으로, 예를 들면 지하수의 과잉채수로 인한 지하수의 고갈 또는 인근 하천의 건천화 등을 들 수 있다. 또한 지하수 장애는 지하수 과잉채수로 인한 지하수위의 과도한 강하, 지하수 고갈 및 지반침하, 지하수 오염, 염수침입 등으로 인해 정상적인 지하수 개발·이용이 불가능한 현상을 의미한다. 또한 지하수 개발가능량은 광역적인 단위로 지하수를 관리하거나 지하수의 개발·이용계획 수립에 필수적인 기본 지표이다. 따라서 합리적인 지하수 이용 및 관리계획을 수립하기 위하여 해당 지역내의 지하수 개발가능량을 산정할 필요가 있다. 지하수 개발가능량은 지하수의 함양과 유출이 평형을 이루는 상태에서 지속적으로 채수 가능한 최대 수량으로, 이는 매년 강우나 지표수가 지하로 침투되는 양에 해당된다. 지하수는 지표수와 연계되어 있으므로 지하수 개발가능량을 기준으로 지하수 개발·이용계획을 수립하는 경우 지표수인 하천유량이 감소하므로 유의하여야 한다.

지하수 개발가능량 산정은 지역적 여건이나 지하수 관측자료의 축적 정도 및 수집 가능한 자료의 형태 등에 따라 적합한 방법을 적용하여 산정할 수 있다.

대표적인 지하수 개발가능량 산정 방법은 무강우시 지하수위 최대강하량과 최대강하기간을 구하여 함양율을 산정하는 지하수 수위 변동자료 분석법, 수치모형을 이용하여 강우의 침투, 지하수 흐름 등을 수학적 모형으로 표시, 이를 수치 해석하여 강우에 의한 지하수 함양량 또는 대수층의 지하수 유출량 등을 산정하는 해석적 방법, 질량보존법칙을 물에 적용한 물수지방법, 대수층으로부터의 지하수 유출량(즉, 기저유출량), 지하수 함양량, 그리고 지하수 개발량이 동일하다는 가정하에서 유출수문곡선으로부터 기저유출을 분리하여 개발가능량을 산정하는 기저유출 분리방법 등이 있다.

## 5.1.2 토양수분 수지분석에 의한 함양량

### 가. 토양수분 수지법

유역내 물수지를 계산하는 방법 중 가장 측정하기 어려운 변수는 실제증발산량이다. 이는 강우, 온도, 태양 일사량, 토양수분포장량, 풍속, 그리고 식생의 차단(interception)과 식생의 성장시기(생육단계) 등 다양한 요소의 영향을 받기 때문이다(Randall K. Kolka 외, 1998). 그러므로 실제증발산량을 직접 산정하는 것은 매우 어렵고 산정시 많은 시간이 소요된다. 일반적으로 실제증발산량은 토양수분 수지법(Soil moisture balance method)을 이용하여 개략적인 값을 산정해 왔다. 최근 lysimeter와 air-monitored tentshave 등을 이용하여 농경지나 개활지 등에서 분석치가 보고되었으나, 산림지(forested system)에서 실제증발산량에 대한 직접적인 측정법은 현재까지 효과적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

토양수분저장량은 어느 시점에서 토양내에 저장되어 있는 수분함량을 의미한다. 이는 토양의 조직, 유기물질 함량 등 토양의 특성에 따라 결정되며, 일반적으로 세립질 토양이 조립질 토양에 비해 상대적으로 큰 수분저장량을 갖는다. 토양이 저장할 수 있는 수분의 최대저장량을 최대보수량(field capacity)이라 하며 토양의 특성에 따라 토양수분저장량은 0에서 최대보수량까지 변화한다.

토양수분저장량 중 감소분은 강우의 지표침투량 중 잠재증발산량이 강우량보다 클 때 발생하며, 이 중 잠재증발산량에는 식생이 이용하는 부분도 포함된다. 토양수분저장량 증가분은 강우량이 잠재증발산량보다 클 때 발생하며, 증가분의 합은 강우의 지표침투량으로 간주할 수 있다. 즉 토양수분저장량 증가분은 순수 강우의 지표침투량에 해당하고 증가분의 연 합계가 강우의 연간 지표침투량(함양량)과 동일하다고 할 수 있다(J.W. Finch, 1998).

### 나. 토양수분수지법의 적용 방법

- 토양수분 물수지는 토양의 근역대(root zone)내에서 이루어진다.
- 입력자료는 월별 평균강우량(P)과 월별 잠재증발산량( $E_p$ )이다.
- 실제증발산량은 물수지계산 결과 EA로 표시되며, 지표유출량은 Surplus로 표시한다. 여기서 지표유출량은 강우의 침투량 중 토양의 최대보수량을 초과하는 부분에 대한 overland flow를 의미한다.

- 토양근역대(root zone)는 지하수면 상부의 토양수분을 저장하는 수분창고 역할을 하며, 경우에 따라 식생에 수분을 공급한다.
- $P > E_p$  : 수분의 요구조건이 충족되면  $EA = E_p$ 가 되고, 초과수분은 토양수분이 모두 채워질 때(즉, 최대보수량에 도달할 때)까지 함양되고, 최대보수량을 초과할 때에는 유출(Surplus)로 공급된다.
- $E_p > P$  : 부족한 수분은 전월의 토양수분저장분( $St$ )에 수분이 존재할 경우, 이를 흡수·이용된다.  
 토양수분저장분이 충분할 경우  $EA = E_p$ 가 되며,  
 토양수분저장분이 부족할 경우  $EA < E_p$ 가 되어 수분부족(Deficit)이 발생한다.
- $St$  : 저장된 토양수분량으로 토립자의 공극내에 함유된 수분의 양을 나타낸다. 즉 지하수면 상부의 토양수로서 식생의 뿌리가 사용할 수 있는 수분이다. 토양은 최대보수량(field capacity)까지 수분을 함유할 수 있으며, 그 이상의 수분 공급량은 지표유출(Surplus)되거나 지하수면으로 침투(percolation)하게 된다.
- $EA$  :  $(St+P)$ 를 초과할 수 없으며,  $E_p > (St+P)$ 이면  $EA = (St+P)$ 가 된다.

$$P = EA + Surplus + (\pm \Delta St) \dots\dots\dots \text{식(5-1-1)}$$

$P$  : 강수량(mm),  $EA$  : 유역의 실제증발산량(mm)

Surplus : 지표유출량(mm),  $\pm \Delta St$  : 토양수분저장량 변동(mm)

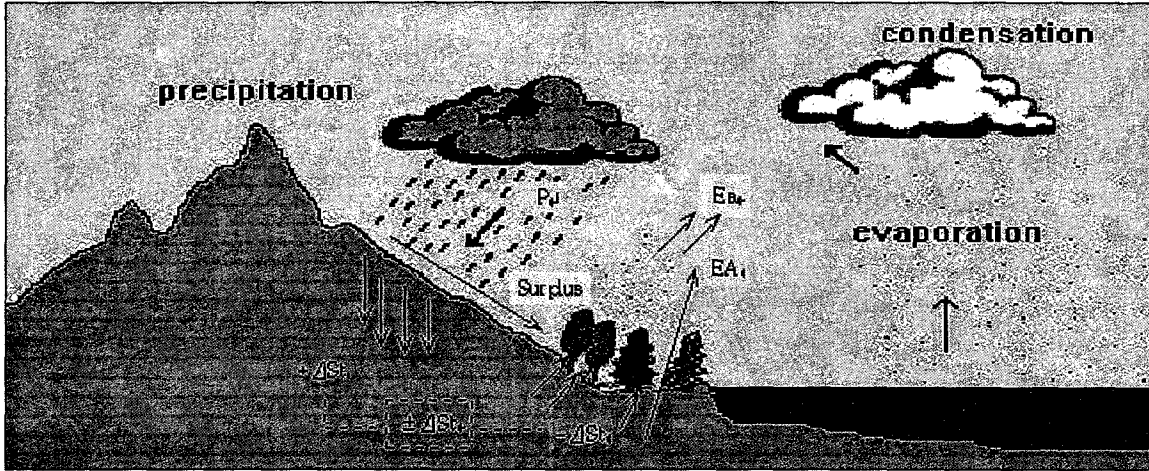
위 식(5-1-1)에서 토양수분저장량의 변동분( $\pm \Delta St$ )은 강우로 인해 토양으로 유입된 수분 중 식물이 흡수·활용한 감소분( $-\Delta St$ )과 토양내에 잔류하여 저장된 증가분( $+\Delta St$ )으로 구분된다. 실제증발산량( $EA$ )은 식물의 증산과 토양면 증발, 식생에 의한 차단 및 지표면 저류 등을 포함하는 값으로 가정하면, 실제증발산량( $EA$ )에는 지표하부 토양내 저장수분량( $St$ )으로부터 식물의 뿌리가 활용하는 수분량이 포함되어 이를 분리해 보면  $EA = E_a + |-\Delta St|$ 로 나타낼 수 있으며, 이를 이용하여 위의 식(5-1-1)을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$P = EA + Surplus \pm \Delta St$$

$$P = E_a + |-\Delta St| + Surplus + (+\Delta St) + (-\Delta St)$$

$$\therefore P = E_a + Surplus + (+\Delta St) \dots\dots\dots \text{식(5-1-2)}$$

$E_a$  : 토양표면 상부의 실제증발산량, 즉 실제증발산량(EA)에서 식물의 뿌리가 활용하는 토양수분저장량을 제외한 부분  
 강우의 지표 침투량은 토양수분 저장량 변화 중 식물의 뿌리가 이용하는 ( $-\Delta St$ )를 제외한 토양수분저장량의 증가분( $+\Delta St$ )과 동일한 의미이다.



<그림 5-1-1> 지하수 순환과정

**다. 토양수분 수지분석에 의한 함양율 산정**

상기 식(5-1-2)의 물수지 방정식에 근거하여 조사지구에 가장 인접한 목포기상대의 23년간(1972~1996) 기상자료를 수집하여 물수지분석을 실시하였다. <표 5-1-1>의 토양형태에 따른 대표적인 토양수분특성에서 무망지구의 대표적인 토성으로 양토(loam)를 선정하여 연도별 물수지분석을 실시하였다<표 5-1-2~3>.



<표 5-1-1> 토양형태에 따른 대표적인 토양수분특성

토양형태 (미국 토양 조직분류)	토양수분특성					
	Field Capacity( $\theta_{FC}$ ) m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		Wilting Point( $\theta_{WP}$ ) m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		( $\theta_{FC} - \theta_{WP}$ ) m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	FAO <sup>1)</sup>	ASCE <sup>2)</sup>	FAO <sup>1)</sup>	ASCE <sup>2)</sup>	FAO <sup>1)</sup>	ASCE <sup>2)</sup>
sand	0.07~0.17	0.12	0.02~0.07	0.04	0.05~0.11	0.08
loamy sand	0.11~0.19	0.14	0.03~0.10	0.06	0.06~0.12	0.08
sandy loam	0.18~0.28	0.23	0.06~0.16	0.10	0.11~0.15	0.13
loam	0.20~0.30	0.26	0.07~0.17	0.12	0.13~0.18	0.14
silt loam	0.22~0.36	0.30	0.09~0.21	0.15	0.13~0.19	0.15
silt	0.28~0.38	0.32	0.12~0.22	0.15	0.16~0.20	0.17
silt clay loam	0.30~0.37	0.34	0.17~0.24	0.19	0.13~0.18	0.15
silty clay	0.30~0.42	0.36	0.17~0.29	0.21	0.13~0.19	0.15
clay	0.32~0.40	0.36	0.20~0.24	0.21	0.12~0.20	0.15

자료 : 1) Crop evapotranspiration, guideline for computing crop water requirements NO 56(FAO, 1998)

2) Values obtained from ASCE(American Society of Civil Engineers), 1990. Table 2.6, p.21

- 무망지구 토성(loam) 적용조건

최대보수량 또는 포장용수량(field capacity) = 0.26m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>(0.20~0.30m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>의 평균)

위조점 또는 생장저해 수분점(wilting point) = 0.12m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>(0.07~0.17m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>의 평균)

전용이유효수분량(total available water) = 1,000×(최대보수량-위조점)×근역대 심도(m)

유효수분량(readily available water) = p×TAW, p : 작물별 토양수분소모인자(무 : 0.3)

근역대 심도(root zone depth) = 1.25m (정밀토양도의 평균유효토심 적용)

- 토양수분 수지분석 절차

① 인근 기상대의 당해연도 월별강수량

② Penman-Monteith 방법에 의한 월별 잠재증발산량

③ 당월 강수량 - 당월 증발산량

④ 당월 강수량 + 전월 St

⑤ P-Ep = ±ΔSt로 기입하되 P-Ep가 (-)로 될 경우 전월 St값 범위내에서 ΔSt를 충당하고 초과분은 ⑧ Deficit란에 기입

⑥ 초기 St는 총유효수분량으로 가정하고 전월 St에 당월  $\Delta St$ 를 더하여 당월 St에 기입한다. 단 St는 최대보수량(최대보수율×근역대 심도)를 초과할 수 없으며 초과량은 ⑨ Surplus란에 기입

⑦  $P > E_p$  이면  $EA = E_p$

$P < E_p$  이고 전월  $St > (E_p - P)$  이면  $EA = E_p$

$P < E_p$  이고 전월  $St < (E_p - P)$ , 즉  $(St + P) < E_p$  이면  $EA = (St + P)$

⑩  $P > E_p$  이면  $E_a = EA$ ,  $P < E_p$  이면  $E_a = P$

<표 5-1-2> 연도별 토양수분 수지분석 예

- '72년 월별 토양수분 수지

	가정	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계	비고
P		89.9	55.9	143.4	88.8	179.7	83.5	483.1	283.5	103.2	14.2	171.5	54.4	1,751.1	①
$E_p$		32.2	35.1	59.7	77.7	101.2	116.4	113.3	119.0	100.5	80.2	42.3	28.6	906.0	②
$P - E_p$		57.7	20.9	83.7	11.1	78.6	-32.9	369.8	164.5	2.7	-66.0	129.2	25.9		③
$P + St$		264.9	288.6	397.0	413.8	504.7	408.5	775.2	608.5	428.2	339.2	430.5	379.4		④
$\Delta St$	0	57.7	20.9	71.5	0.0	0.0	-32.9	32.9	0.0	0.0	-66.0	66.0	0.0	150.0	⑤
St	175	232.7	253.6	325.0	325.0	325.0	292.1	325.0	325.0	325.0	259.0	325.0	325.0	3,637.4	⑥
EA		32.2	35.1	59.7	77.7	101.2	116.4	113.3	119.0	100.5	80.2	42.3	28.6	906.0	⑦
Deficit		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		⑧
Surplus		0.0	0.0	12.3	11.1	78.6	0.0	336.9	164.5	2.7	0.0	63.2	25.9	695.1	⑨
$E_a$		32.2	35.1	59.7	77.7	101.2	83.5	113.3	119.0	100.5	14.2	42.3	28.6	807.2	⑩

초기 St는 전용이유효수분량 =  $1,000 \times (0.26 - 0.12) \times 1.25 = 175\text{mm}$ 로 가정함.

- '73년 토양수분 수지

	전월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계	비고
P		56.7	38.7	5.5	104.8	89.7	55.1	109.9	51.5	150.5	89.8	11.4	26.2	789.8	
$E_p$		35.7	36.4	71.4	90.0	107.9	123.4	148.6	141.9	96.5	77.8	59.1	36.8	1,025.5	
$P - E_p$		21.0	2.3	-65.9	14.8	-18.2	-68.3	-38.7	-90.4	54.0	12.1	-47.7	-10.6		
$P + St$		381.7	246.7	213.5	246.9	246.6	193.8	180.3	83.1	150.5	143.8	77.5	44.6		
$\Delta St$	0	-117.0	0.0	-65.9	14.8	-18.2	-68.3	-38.7	-31.6	54.0	12.1	-47.7	-10.6	-317.2	
St	325	208.0	208.0	142.1	156.9	138.7	70.4	31.6	0.0	54.0	66.1	18.4	7.8	1,102.0	
EA		35.7	36.4	71.4	90.0	107.9	123.4	148.6	83.1	96.5	77.8	59.1	36.8	966.7	
Deficit		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
Surplus		138.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.3	
$E_a$		35.7	36.4	5.5	90.0	89.7	55.1	109.9	51.5	96.5	77.8	11.4	26.2	685.6	

초기 St = 전년도 월말의 St = 325mm, 최대보수량 =  $1,000 \times 0.26 \times 1.25 = 325\text{mm}$

<표 5-1-3> 무망지구 25개년 물수지 총괄

(단위:mm)

연도별	강우량	잠재증발산량		실제증발산량		지표유출량		토양수분량			
		ET <sub>0</sub>		Ea	EA	Surplus		(+ΔSt)	(-ΔSt)		
1972	1,751.1	906.0	51.7%	807.2	46.1%	906.0	695.1	39.7%	248.9	14.2%	-98.9
1973	789.8	1,025.5	129.8%	685.6	86.8%	1,025.5	23.3	3.0%	80.8	10.2%	-339.8
1974	1,388.3	933.0	67.2%	816.8	58.8%	933.0	284.5	20.5%	287.0	20.7%	-116.2
1975	1,041.7	1,009.3	96.9%	887.9	85.2%	1,009.3	-	0.0%	153.8	14.8%	-121.5
1976	852.2	945.7	111.0%	710.7	83.4%	945.7	28.1	3.3%	113.4	13.3%	-235.0
1977	786.9	1,008.3	128.1%	576.0	73.2%	934.5	-	0.0%	210.9	26.8%	-358.4
1978	1,023.9	1,126.8	110.0%	681.3	66.5%	852.7	-	0.0%	342.6	33.5%	-171.4
1979	1,067.6	1,005.1	94.1%	763.0	71.5%	1,005.1	-	0.0%	304.6	28.5%	-242.1
1980	1,441.8	903.9	62.7%	784.2	54.4%	903.9	533.7	37.0%	123.9	8.6%	-119.7
1981	1,408.6	1,022.0	72.6%	679.7	48.3%	1,022.0	404.9	28.7%	324.0	23.0%	-342.3
1982	843.5	1,079.9	128.0%	636.0	75.4%	1,029.9	-	0.0%	207.5	24.6%	-393.9
1983	927.5	1,013.2	109.2%	710.9	76.6%	870.0	-	0.0%	216.7	23.4%	-159.1
1984	1,098.9	1,038.1	94.5%	778.1	70.8%	1,002.6	-	0.0%	320.8	29.2%	-224.5
1985	1,736.8	1,011.0	58.2%	985.5	56.7%	1,011.0	593.3	34.2%	158.0	9.1%	-25.5
1986	1,271.1	1,014.3	79.8%	876.7	69.0%	1,014.3	274.9	21.6%	119.5	9.4%	-137.6
1987	1,350.1	962.1	71.3%	729.9	54.1%	962.1	486.7	36.0%	133.6	9.9%	-232.2
1988	665.3	1,102.0	165.6%	619.5	93.1%	868.3	-	0.0%	45.8	6.9%	-248.8
1989	1,381.3	1,062.2	76.9%	772.5	55.9%	1,026.0	150.5	10.9%	458.3	33.2%	-253.5
1990	1,134.7	1,072.9	94.6%	878.0	77.4%	1,072.9	77.9	6.9%	178.8	15.8%	-194.9
1991	1,194.1	1,054.1	88.3%	789.0	66.1%	1,054.1	151.1	12.7%	254.0	21.3%	-265.1
1992	743.6	1,097.4	147.6%	689.4	92.7%	921.3	-	0.0%	54.3	7.3%	-231.9
1993	1,130.9	1,020.8	90.3%	706.9	62.5%	857.6	40.5	3.6%	383.5	33.9%	-150.7
1994	717.0	1,234.6	172.2%	638.2	89.0%	933.0	-	0.0%	78.8	11.0%	-294.8
1995	613.2	1,162.4	189.6%	594.4	96.9%	630.0	-	0.0%	18.8	3.1%	-35.6
1996	1,040.9	1,142.9	109.8%	749.4	72.0%	944.3	-	0.0%	291.5	28.0%	-194.9
평균	1,096.0	1038.13	104.0%	741.87	71.3%	949.39	149.78	10.3%	204.38	18.4%	-207.52

월별 물수지 분석결과 지표유출량(surplus)은 일별 강우자료를 사용한 물수지 계산의 지표유출량보다 작은 수치를 보여준다. 그러나 사용이 용이하고 입력자료(강우량, 잠재증발산량)를 손쉽게 얻을 수 있기 때문에 습윤기후나 온대기후 조건에서 월별 강우자료를 이용한 물수지분석이 자주 이용된다.

위의 물수지 분석결과 <표 5-1-3>에서 강우의 직접유출량(주로 홍수기의 지표면 유출량)은 약 10.3%로 나타났으며, 강우의 지표침투율(함양율)에 해당하는 토양수분증가량(+ΔSt)은 23개년 평균 강우량의 18.4%로 나타났다.

### 5.1.3 물수지분석에 의한 함양량 산정

#### 가. 물수지 방정식

물수지분석은 조사지역으로 유입 및 유출되는 물의 양과 해당 지역에 저유된 전체 수자원의 변화 사이에는 항상 평형조건이 이루어진다는 가정에 기초를 두며, 이러한 평형을 수문평형방정식이라 하고 다음과 같은 기본식으로 나타낼 수 있다.

$$P = R + I + E = R + D \quad \text{식(5-1-3)}$$

P : 강수총량(mm)

R : 지표 유출량(mm)

I : 지하수 함양량(mm)

E : 증발산량(mm)

D : 손실량(mm)

따라서 물수지분석에 의한 지하수 함양량은 식(5-1-3)으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I = P - R - E \quad \text{식(5-1-4)}$$

$$I = D - E \quad \text{식(5-1-5)}$$

상기 식(5-1-4)와 식(5-1-5)는 연간 총강수량에서 지하로 함양되는 물의 양이므로 이를 연간 총강수량에 대한 백분율을 취하여 지하수 함양율( $\alpha$ , %)로 나타내면 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{I}{P_{\text{year}}} \times 100 \quad \text{식(5-1-6)}$$

여기서  $P_{\text{year}}$  는 연평균강수량이다.

지난 25년간의 기상자료에서, 조사지구의 연평균강수량(P)은 1,096.0mm, 지표유출량(R)은 149.8mm, 증발산량(E)은 741.9mm이므로 식(5-1-4)에 대입하여 계산하면 함양량(I)은 204.3mm가 된다. 따라서 식(5-1-6)에 대입해보면 18.6%의 함양율이 구해진다.

## 나. 손실량 추정에 의한 함양량

손실량이란 조사지역의 강수량에서 지표수 유출량을 뺀 값으로 정의된다. 물수지 분석에서는 지하로 침투하거나 지하의 유동경로를 통해 다시 지표로 유출되는 양을 무시하고 있으므로, 이 경우에 손실량은 실제 증발산량과 같다. 그러나 손실량과 실제 증발산량의 차이가 존재하는 경우, 그 차이만큼 지하로 침투되어 지하수 함양량이 될 것이다. 즉, 손실량은 함양량과 증발산량의 합으로 표현되며, 함양량을 계산하기 위해서는 식(5-1-5)와 같이 손실량에서 증발산량을 빼 주어야 한다.

강수량과 손실량과의 관계는 기온을 매개변수로 하는 함수로 나타낼 수 있는데 Turc(1961)는 254개 유역을 조사하여 다음과 같은 경험식을 제안하였다.

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}} \quad (\text{식 5-1-7})$$

여기서 D는 손실량(mm), P는 강수량(mm), L은 매개변수로서 다음과 같은 기온의 함수로 표현된다.

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (\text{식 5-1-8})$$

여기서 T는 연평균기온(°C)이다.

식(5-1-7)을 이용하여 손실량을 구한 결과 <표 5-1-4>와 같이 강수량 대비 약 57.2%를 보이고 있다. 여기서 증발산량은 <표 4-2-27>의 Thornthwaite 방법에 의해서 산정된 수치를 이용하였으며, 실제증발산량은 잠재증발산량의 55%를 적용하였다.

손실량에서 실제증발산량을 제외하여 함양량을 계산한 결과, 함양율은 <표 5-1-4>와 같이 나타낼 수 있는데, Turc 손실량 추정에 의한 무망지구의 연평균 지하수 함양율은 18.6%를 보이고 있다.

<표 5-1-4> 손실량 추정에 의한 함양량 산정

관측 년도	강수량 (P) (mm)	연평균 온도 (°C)	L	손실량 (D) (mm)	잠재증발산량 (Ep) (mm)	실제증발산량 (Ea) (mm)	함양량 (I) (mm)	함양율 (%)
1973	789.8	13.8	778.5	568.6	785.5	432.0	136.6	17.3%
1974	1,388.3	13.0	733.7	655.9	730.5	401.8	254.1	18.3%
1975	1,041.7	14.1	791.6	642.1	793.9	436.7	205.5	19.7%
1976	852.2	13.1	741.1	571.6	732.6	402.9	168.7	19.8%
1977	786.9	13.7	773.7	565.8	777.2	427.4	138.3	17.6%
1978	1,023.9	14.3	806.1	645.8	814.5	448.0	197.8	19.3%
1979	1,067.6	14.1	792.8	648.1	766.5	421.6	226.5	21.2%
1980	1,441.8	12.7	722.0	652.1	718.1	395.0	257.2	17.8%
1981	1,408.6	13.0	735.3	658.9	746.9	410.8	248.1	17.6%
1982	843.5	13.9	780.4	586.5	770.4	423.7	162.8	19.3%
1983	927.5	13.9	782.7	611.0	774.2	425.8	185.2	20.0%
1984	1,098.9	13.3	750.5	629.9	772.9	425.1	204.8	18.6%
1985	1,736.8	13.5	758.8	701.0	776.6	427.1	273.9	15.8%
1986	1,271.1	13.0	735.5	644.7	735.5	404.5	240.2	18.9%
1987	1,350.1	13.6	763.7	672.9	747.4	411.1	261.8	19.4%
1988	665.3	13.7	770.7	518.7	764.3	420.4	98.3	14.8%
1989	1,381.3	14.1	795.3	698.0	766.3	421.5	276.5	20.0%
1990	1,134.7	14.7	825.4	679.3	805.8	443.2	236.2	20.8%
1991	1,194.1	13.9	782.5	664.6	764.2	420.3	244.3	20.5%
1992	743.6	14.3	804.2	561.3	776.7	427.2	134.1	18.0%
1993	1,130.9	13.6	764.0	643.2	743.0	408.7	234.6	20.7%
1994	717	14.9	839.2	561.6	841.0	462.5	99.1	13.8%
1995	613.2	13.9	780.4	497.8	774.8	426.2	71.6	11.7%
1996	1,040.9	13.6	766.2	628.2	765.1	420.8	207.4	19.9%
1997	1,126.4	14.2	798.0	662.3	781.4	429.8	232.5	20.6%
1998	1,507.7	14.7	828.0	734.3	806.0	443.3	291.0	19.3%
1999	1535	14.1	791.3	710.9	770.5	423.8	287.1	18.7%
2000	1,176.7	13.6	764.6	650.9	769.9	423.4	227.4	19.3%
2001	945.9	13.8	778.7	613.7	777.3	427.5	186.2	19.7%
평균	1,101.4	13.8	777.1	630.3	770.7	423.9	206.5	18.6%

#### 5.1.4 기저유출 분석에 의한 함양량

강우가 지하에 침투하여 지하수면에 도달하면 지하수위를 상승시키고 상승된 지하수위는 수두경사에 의해 하천에 지하수를 공급하게 된다. 지하수의 유속은 중간유출에 비해 훨씬 느리므로 지하유출에 소요되는 시간은 매우 길다. 이렇게 서서히 하천으로 유입되는 지하수 유출량을 기저유출량(Base flow)이라 하며, 장기적으로 기저유출량을 관측할 수 있는 경우, 이를 지하수 함양량으로 간주할 수 있다.

기저유출 분리방법은 대수층에서 유출되는 양(기저유출량), 지하수 함양량, 그리고 지하수 개발가능량이 동일하다는 가정하에 유출수문곡선으로부터 기저유출을 분리하는 방법이다. 상기 방법은 댐과 같이 하천구조물에 영향이 없는 일유출수문자료가 필요하다.

유역의 유출지점에서 장기적인 유량관측 자료가 있으면 시간-유량 수문곡선의 유출 분리기법에 의해 기저유출량을 추출할 수 있다. 그러나 유출량 관측자료가 없는 소유역에서는 기저유출 분석이 불가능하나, 소유역을 포함한 큰 하천의 유출 관측자료가 있으면 기저유출량 자료를 이용할 수 있다.

건설교통부에서 주관하는 지하수관리기본계획(1996)에서는 전국의 댐 수문자료를 이용하여 기저유출량을 산정하고 이를 이용하여 미계측지역의 유역면적과 함양량의 관계를 회귀분석하여 소유역별 지하수함양율(강수함양계수)을 제시하였다. 소유역별 강수함양계수를 이용한 소유역별 함양량은 다음과 같이 산정된다.

$$\text{소유역별 함양량} = \text{강수함양계수} \times \text{소유역 강수량} \times \text{소유역 면적}$$

본 기본계획에서는 전국의 지하수 개발가능량을 안정적으로 관리하기 위하여 지하수 함양율을 다소 낮게(전국 10.2%) 책정하고 있으며, 이는 기저유출 분석을 연간 갈수기 3개월을 기준으로 하고 있기 때문이라고 판단된다. 그러므로 소유역별 지하수 개발가능량을 보다 실제적으로 파악하기 위해서는 소유역 단위의 물수지 분석 등 다양한 방법을 병행하여 검토할 필요가 있다.

### 5.1.5 침투량 분석에 의한 함양량

#### 가. 기본이론

미국 토양보전국(Soil Conservation Service, SCS)에서는 미계측 소유역에 대한 유출량 산정을 위하여 유출량과 광범위한 토양 자료를 수집·분석하고 강우와 유출의 관계식을 유도하였다. SCS 모델의 특징은 수문학적 토양구분과 토지이용 상태별 유출곡선지수(Runoff Curve Number, CN)를 정하여 유역의 특성에 따라 무계측 유역의 유출량을 추정하는 것이다.

SCS 모델은 세가지 가정을 기초로 하고 있다. 즉, 강우시 차단, 지표저류, 토양저류 등에 의한 최대저류능(Potential Storage, S)을 유역의 특성으로 하고, S에 대한 실저류량(Actual Storage, F)의 비율은 직접유출량(Q)이 강우량(P)에서 초기손실(Initial abstraction,  $I_a$ )을 뺀 값에 대한 비율과 같으며, 초기손실( $I_a$ )은 최대저류능(S)의 크기에 비례한다는 것이다. 이 가정을 수식으로 표시하면,

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad \text{식(5-1-9)}$$

$$I_a = \alpha S \quad \text{식(5-1-10)}$$

여기서  $\alpha$ 는 비례상수로서 SCS는 0.2를 제시하였다.

한편 물수지로 볼 때 다음식이 성립한다.

$$F = P - I_a - Q \quad \text{식(5-1-11)}$$

식(5-1-9), 식(5-1-10)을 Q에 대하여 풀면

$$Q = \frac{(P - \alpha S)^2}{P + (1 - \alpha)S} \quad \text{단, } P \leq \alpha S \text{ 일 경우 } Q = 0 \quad \text{식(5-1-12)}$$

와 같이 유출량 산정공식이 되고, 이것을 식(5-1-11)에 대입하면

$$F = P - I_a - \frac{(P - \alpha S)^2}{P + (1 - \alpha)S} = \frac{(P - \alpha S)S}{P + (1 - \alpha)S} \quad \text{식(5-1-13)}$$

단,  $P \leq \alpha S$ 일 경우  $F = 0$

$\alpha = 0.2$ 를 적용하면



$$F = \frac{(P-0.2S)S}{(P+0.8S)} \quad \text{식(5-1-14)}$$

식(5-1-14)는 S변수 하나만으로 실저류량(F)을 구할 수 있는데 Aron(1977)과 Hjelmfelt(1980) 등은 실저류량(F)이 강우시 누가침투량과 동일하다고 하였다.

변수 S는 강우와 유역특성에 따라 결정되며 유역내 토양의 수문학적 토양군 분류와 이에 상응하는 유출곡선지수(CN)를 적용함으로써 구해진다<4.2.4 유출량 분석편 참조>.

강우의 침투는 지하수 함양과 직접적인 관계가 있다. 지하수함양 분석에 있어서는 장기적인 분석이 필요하므로 일 강우량별로 유역에 상응하는 침투량을 구하고 다년간의 침투량을 누계 평균하여 연평균 침투량을 구한다. 이 때 연평균 강우량에 대한 연평균 침투량의 비율은 지하수함양율로 적용할 수 있다.

물수지 분석을 통한 지하수함양량을 산정하기 위해서는 평균유출량과 평균증발산량 자료를 필요로 하는데, 증발산량의 추정은 산정방법이 매우 복잡하고 모호하며, 또한 조사자의 임의성이 포함되어 물수지 분석 결과의 신뢰도를 저하시키는 요인이 된다. 따라서 객관적이고 구체적인 함양량 산정을 위해서는 증발산량 항목을 제외한 함양량 산정공식이 요구되는데 SCS 침투량 공식을 이용한 함양량 산정방법은 이를 극복하는 효율적인 방법이라고 할 수 있다.

SCS 침투량 공식을 적용하기 위한 토양군별, 토지이용상태별 면적은 <표 4-2-17>과 같고, 토양분류별 CN값에 대하여 면적이중평균으로 구한 토지이용에 따른 이용그룹별 평균 CN값은 <표 4-2-18>과 같다.

#### 나. SCS 방법에 의한 함양을 산정

본 조사지구 유역의 자연 함양량을 구하기 위하여 목포기상대의 30년(1972~2001년) 관측자료 중 일별강우량 자료를 토대로 선행강우량 조건별로 분류하여 침투량 공식을 적용하였다.

$$CN = \frac{25,400}{S+254} \quad \text{또는}$$

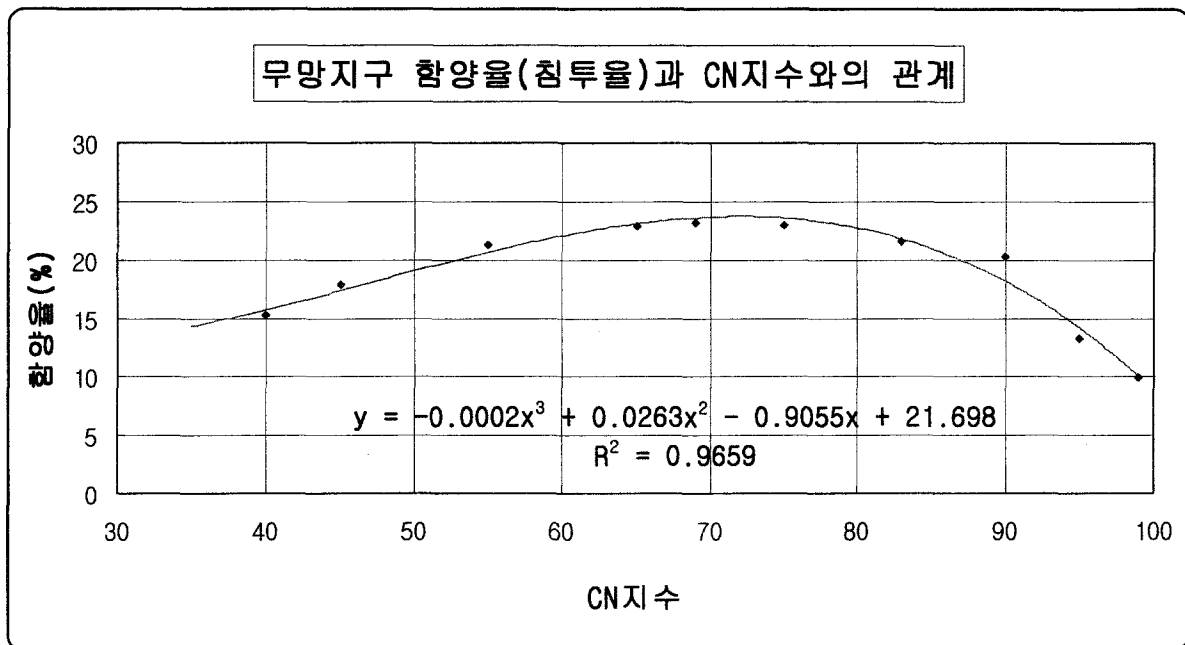
$$S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

<표 5-1-5>에서 강우량은 각 해당년도의 연간 총강수량을 나타내, CN지수는 AMC-II 조건을 기준으로 선행함수조건에 따라 AMC-II 조건으로 환산하여 침투량을 구하였다. 선행함수조건(AMC)에서 강우량이 많은 4개월(6월~9월)은 성수기로 보았으며, 나머지 8개월은 비성수기로 간주하였다<4.2.4 절 표 4-2-10 참조>.

<표 5-1-5>의 CN값을 횡축으로 하고 침투율(F)을 종축으로 하여 도시하고 <그림 5-1-2>와 같이 회귀분석을 실시하여 산출된 CN지수와 침투율(F)의 방정식은 식(5-1-15)와 같다.

$$y = -0.0002x^3 + 0.0263x^2 - 0.9055x + 21.698 \quad \text{식(5-1-15)}$$

$$R^2 = 0.9659$$



<그림 5-1-2> 목포기상대 관할지역의 강우침투량과 CN지수와의 관계

산정된 CN지수에 따른 침투율(F)을 보면 CN값이 69에서 극대치를 보이고 CN값 83을 기준으로 감소하는 경향을 나타낸다.

<표 5-1-5> CN지수 변동에 따른 조사지역의 강우침투량 변동

연도별	강수량 (mm)	침투량(mm)									
		(mm)	CN=40	CN=45	CN=55	CN=65	CN=69	CN=75	CN=83	CN=90	CN=95
'72	1,751.1	349.5	410.2	472.1	472.8	462.9	422.1	347.6	314.2	198.9	153.7
'73	789.8	57.0	81.7	116.6	140.4	149.0	158.7	176.6	184.2	135.6	109.6
'74	1,388.3	237.8	289.2	364.5	402.5	409.3	403.5	354.2	302.2	196.3	83.7
'75	1,041.7	138.2	184.6	228.6	253.1	255.2	246.3	230.5	219.6	139.5	110.8
'76	852.2	28.9	53.3	100.8	134.4	147.8	170.6	197.7	200.0	138.3	128.3
'77	786.9	109.2	133.5	166.2	184.7	189.8	185.5	163.9	140.0	86.1	97.4
'78	1,023.9	210.4	222.9	231.0	227.0	224.4	210.1	186.4	167.4	114.9	105.4
'79	1,067.6	181.3	202.8	218.8	245.7	256.9	268.4	250.2	212.0	141.1	112.0
'80	1,441.8	218.3	261.1	351.4	386.0	386.2	383.0	333.6	276.8	187.7	114.8
'81	1,408.6	325.7	320.7	294.3	250.9	239.1	212.8	187.8	196.9	113.5	118.2
'82	843.5	129.9	152.3	172.8	175.0	172.4	163.0	161.3	161.0	114.1	101.9
'83	927.5	78.2	101.0	152.0	176.7	181.2	178.9	182.8	182.2	122.0	144.4
'84	1,098.9	143.0	177.8	229.6	270.5	281.5	286.5	275.6	253.4	167.9	101.5
'85	1,736.8	350.8	383.7	419.0	403.4	391.1	366.6	339.1	317.2	200.5	130.3
'86	1,271.1	239.1	266.4	285.7	280.8	277.7	279.4	261.1	241.2	150.0	122.9
'87	1,350.1	156.0	194.9	277.2	319.1	325.7	334.9	328.9	330.3	190.8	117.9
'88	665.3	110.0	122.3	134.1	127.2	129.7	124.5	102.3	85.7	54.5	95.8
'89	1,381.3	218.3	240.1	269.9	313.8	327.6	344.9	344.8	318.4	220.5	108.8
'90	1,134.7	96.1	124.9	175.8	207.1	216.8	238.7	263.6	279.6	202.7	129.9
'91	1,194.1	197.4	246.8	305.8	319.2	323.4	311.3	270.0	240.8	165.7	98.2
'92	743.6	57.4	68.9	79.7	98.2	104.9	113.1	145.1	167.2	122.9	114.4
'93	1,130.9	155.1	178.9	199.2	236.3	247.9	256.5	255.0	239.1	168.1	126.1
'94	717.0	100.8	116.6	133.1	147.6	156.3	159.6	143.7	149.4	89.8	84.7
'95	613.2	63.0	67.8	79.7	86.5	89.2	96.0	99.9	108.8	65.6	109.7
'96	1,040.9	147.5	171.4	215.4	220.5	219.9	222.3	228.9	238.1	161.5	109.8
'97	1,126.4	178.1	225.5	300.6	325.4	325.4	306.6	263.7	229.3	139.5	82.6
'98	1,507.7	227.6	264.1	343.1	406.7	418.4	413.5	392.3	345.2	229.0	107.8
'99	1,535.0	301.4	348.1	398.4	423.0	423.8	420.1	378.2	319.3	204.4	95.0
'00	1,176.7	239.0	280.0	326.5	331.3	327.1	302.6	258.6	224.5	124.0	84.8
'01	945.9	95.7	111.7	138.5	155.4	158.5	160.8	155.9	172.2	111.1	138.1
평균	1,123.1	171.4	200.1	239.3	257.4	260.6	258.0	242.6	227.2	148.5	111.3
함수율 (%)	18.85	15.3	17.8	21.3	22.9	23.2	23.0	21.6	20.2	13.2	9.9

<표 5-1-6>은 앞에서 설명한 방법으로 토지이용그룹별 CN값에 대하여 상기 회귀방정식을 적용, 유역면적비로 가중평균하여 함양율을 계산한 결과이다.

<표 5-1-6> 무망지구 SCS-CN에 의한 함양율(침투율) 산정

토지이용		면적 (km <sup>2</sup> )	CN 지수	함양율(%)	평균값(%)	비고
농경지	전	50.69	67	18.9	16.8	
	답	26.28	84	12.7		
산림지역	불량	30.64	56	18.3	18.3	
	보통	-	-	-		
	양호	-	-	-		
시설지역	주거지	1.94	77	16.6	16.8	
	도로	2.38	81	14.6		
	학교	2.10	70	18.6		
	공업지	0.04	81	14.6		
	유흥지	11.65	49	16.9		
계		125.72			17.2	

본 조사지구내 토지이용별 함양율은 <표 5-1-6>과 같이 농경지와 산림지역에 서는 각각 16.8%와 18.3%이며, 평균 함양율은 17.2%로 산정되었다.

### 5.1.6 지하수 함양율 조사에 대한 분석

상기에 언급한 방법을 이용하여 산정된 함양율은 <표 5-1-7>과 같이 최대 18.6%에서 최소 17.2%로 작은 편차를 나타낸다. 편차가 발생한 요인은 각각의 방법 들이 서로 다른 통계값 또는 수학적 공식을 이용하여 실측이 곤란한 함양량을 유 추·해석하는데에 기인한 오류로 판단된다. 따라서 소유역별 하천에 대한 기저유출량 분석방법과 장기지하수위 실측치를 이용한 지하수위 강하곡선해석 등 현장자료를 이 용하여 지하수 함양율을 파악, 이를 상호 비교·검토 후 적용하는 방법이 추천된다.

일반적으로 강수의 순환주기는 1년이므로 함양량 단위를 연단위로 적용하며, 함 양량은 연강우량에 함양율과 대상면적을 곱하여 산정한다. 본 조사지구에 대한 함양 량 산정은 <표 4-2-3>의 Thiessen법에 의한 소유역별 평균강우량과 <표 5-1-7>의 산술평균값인 18.2%를 적용하여 소유역별 함양량을 산출하였다<표 5-1-8>.

<표 5-1-7> 무망지구 함양율 산정결과

구 분	토양수분 수지분석	물수지분석		SCS-CN법	평 균
		물수지	손실량		
함양율 (%)	18.4	18.6	18.6	17.2	18.2

이들 네 가지 방법은 통계치나 수학적 공식을 이용하여 실측이 곤란한 함양량을 유추해석하는 방법으로 한계성이 있다. 따라서 소유역별 하천에 대한 기저유출량 분석방법과 장기지하수위 실측치를 이용한 지하수위 강하곡선해석 등 현장자료를 이용한 지하수 함양율을 파악하여 상호 비교 검토 후 적용하는 방법이 추천된다.

지하수를 함양량 범위내에서 이용하면 지반의 기초상태가 유지되기 때문에 지하수 환경피해 중 수량에 관계되는 지반침하나 고갈현상은 일어나지 않는다. 일반적으로 함양량 단위는 강우의 순환주기가 1년이므로 연간 단위로 쓰고 있고, 함양량은 연강우량에 함양율과 대상면적을 곱하여 구한다. 연강우량과 대상면적은 주어진 인자이므로 함양량은 함양율에 의해 좌우된다.

본 조사지구에 대한 연간 함양량은 <표 3-2-3>의 Thiessen법에 의한 소유역별 평균 강우량과, <표 5-1-7>의 평균함양율 18.2%를 적용하면 다음과 같이 계산된다.

<표 5-1-8> 무망지구 소유역별 지하수 함양량

구 분	MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10
유역면적(km <sup>2</sup> )	5.69	6.98	7.86	4.08	8.18	4.90	11.50	2.12	6.95	4.15
연평균 Thiessen 강수량(mm)	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,123.08	1,123.08	1,235.28	1,235.28
함양량(천톤/년)	1,279.23	1,569.25	1,767.09	917.27	1,839.04	1,101.62	2,350.61	433.33	1,562.51	933.01

구분	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15	MA16	MA17	MA18	MA19	계
유역면적(km <sup>2</sup> )	14.07	11.10	3.45	3.78	4.43	6.44	4.61	11.41	4.02	125.72
연평균 Thiessen 강수량(mm)	1,235.28	1,235.28	1,123.08	1,235.28	1,179.18	1,235.28	1,123.08	1,123.08	1,123.08	1,196.90
함양량(천톤/년)	3,163.23	2,495.51	705.18	849.82	950.73	1,447.85	942.29	2,332.21	821.69	1,445.34

## 5.2 오염취약성 분석

### 5.2.1 개요

오염취약성(이하 DRASTIC)이란 일정한 지역의 지하수오염 취약성 평가방법이며, 1987년 미국 환경청(EPA)과 미국 지하수협회(NGWA)의 전신인 미국 정호협회(NWWA)에 의하여 개발된 모델이다(EPA-600/2-87-035). 본 모델은 여러 가지 수리지질학적인 요인에 의한 영향을 수치적으로 평가하고 전체 인자들의 영향을 종합적으로 평가하는 기법이다.

실제로 Jonasson et al.(1985)은 자유면대수층에서 4,500여개의 관정으로부터 지하수의 오염에 영향을 미치는 수문학적 인자를 연구하였으며, 그 결과 강우량과 토양 수분함량, 지하수위, 토지이용, 지형경사, 지질매질의 입자크기 분포 등이 통계학적으로 중요하다는 사실을 제시하였다. 따라서 본 조사지구에서는 일반적인 DRASTIC을 구축, 이를 분석하였으며, 잠재오염원 부하량을 추가하여 개략적인 오염예측도를 추정 작성하였다.

### 5.2.2 오염취약성도(DRASTIC MAP) 작성

DRASTIC 모델은 1987년 미국 EPA에서 개발하였으며, 지하수 오염 취약성에 대한 정성적인 평가를 위하여 만들어진 기법으로 7가지 인자, 즉 지하수면까지의 깊이, 지하수 충전량, 대수층의 매질, 토양의 매질, 지형경사, 비포화대 매질과 대수층의 수리전도도로 구성된 각각의 인자가 지하수 오염에 영향을 미치는 중요도에 따라 가중치 및 등급이 정해져 있다. DRASTIC 모델은 지하수오염 취약성에 대한 정량적인 평가방법이 아닌 정성적인 평가방법이며, 다음과 같은 몇 가지 기본 가정에 근거를 두고 있다.

첫째, 오염원은 지표에 위치한다.

둘째, 오염물질의 지하유입은 강수량에 의존한다.

셋째, 오염물질은 물과 같은 유동성을 갖는다.

넷째, 평가지역은 120,000평(100 에이커) 이상이어야 한다.

위의 가정을 벗어나는 경우, 예를 들어 ①오염물질이 지하수계로 잘 이동하지 않는 물리화학적인 성질이 있을 때, ②비중이 물보다 높아 지하수의 이동과는 다른 유동양상을 보일 때, ③오염물질이 주입 정호 같은 경로를 통하여 지하수계로

직접 유입할 때 등의 예외적인 경우에 DRASTIC 모델은 지하수 오염취약성을 정확히 지시할 수 없다. 또한 평가지역을 100 에이커 이상으로 정한것은 국지적인 지하수의 흐름보다는 광역적인 지하수의 유동방향을 고려한 것이다.

DRASTIC Potential(이하 DP)은 다음과 같은 식에 의해서 구해진다.

$$\text{DRASTIC Potential} = D_R D_w + R_R R_w + A_R A_w + S_R S_w + T_R T_w + I_R I_w + C_R C_w,$$

여기서 R : 등급(rating), w : 가중치(weight)

일반적인 평가방법에 의한 DP는 최고 226, 최저 23이고 농약을 사용하는 농업 지역에 대한 평가방법에서 DP는 최고 256, 최저 23이다. 그러나 일단 DP가 결정 되면, 지하수 오염에 상대적으로 더 민감한 지역에 대한 확인이 가능하다. DP가 높을수록 지하수 오염취약성이 높고, 반대로 DP가 낮을수록 오염 취약성도 낮다. DRASTIC 모델의 수리지질학적인 7가지 인자들에 대한 각각의 가중치와 등급은 <표 5-2-1>과 같다.

#### 가. 지하수면까지의 깊이(Depth to Water)

지표면에서 대수층 최상부까지의 거리이며, 지하수면까지의 깊이가 클수록 오염 가능성은 작아진다. 지하수면까지의 깊이는 7가지 범위로 구분되며, 일반적으로 자유면 대수층에 적용하고 사용자에 따라 피압대수층에도 적용하나 복잡하여 거의 사용되지 않는다. 또한 준대수층은 연구자의 주관적인 평가에 의해 자유면 대수층 혹은 피압 대수층으로 속하게 된다(Aller et al., 1987).

본 조사지구내 지하수면까지의 깊이는 일제조사시 풍수기에 145개의 관정에서 측정된 자료를 이용하였으며, 산악지역에서는 4.3.2절에서 산출한 직선회귀식의 평균 기울기(0.7946)와 평균 y절편값(-2.6874)을 이용하여 추정된 지하수위(지하수위 = 표고 × 0.7946 - 2.6874)를 구하여 이를 내삽함으로써 <표 5-2-2>와 같이 7개의 등급으로 구분할 수 있으며, 그 결과는 <그림 5-2-3>에 나타내었다.

<표 5-2-2>에서 보는 바와 같이 지하수면까지의 깊이가 5~10m인 지역(7등급)이 51.09%로 가장 넓은 분포면적을 차지하며, 2~5m인 지역(9등급)이 39.72%의 면적비율을 차지하고 있다. 본 조사지구는 산악지형이 적고 구릉과 평야지역이 많아 지하수면까지의 깊이만을 고려할 경우에 오염취약성은 높다고 할 수 있다.

<표 5-2-1> DRASTIC 모델 인자의 가중치 및 등급

평가 항목	단 위	등 급							가중치
		2미만	2-5	5-10	10-15	15-23	23-30	30이상	
1)지하수면까지의 깊이(D)	m	10	9	7	5	3	2	1	5(5)
2)자연 함양량(R)	mm/년	50미만	50-100	100-180	180-250	250			4(4)
3)대수층 매질(A)		등급 범위			대표 등급				3(3)
· 괴상 셰일		1~3			2				
· 변성암/화성암		2~5			3				
· 풍화 변성암/화성암		3~5			4				
· 빙퇴석		4~6			5				
· 충상셰일, 사암, 석회암호층		5~9			6				
· 괴상 사암		4~9			6				
· 괴상 석회암		4~9			6				
· 모래, 자갈		4~9			8				
· 현무암		2~10			9				
· 용식 석회암		9~10			10				
4)토양 매질(S)		등급 범위							2(5)
· 박층 또는 암반 노출		10							
· 자갈		10							
· 모래		9							
· 갈탄		8							
· 수축성/고형 점토		7							
· 사질 Loam		6							
· Loam		5							
· 실트질 Loam		4							
· 점토질 Loam		3							
· Muck		2							
· 비수축성/비고형 점토		1							
5)지형 경사(T)	%	2미만	2-6	6-12	12-18	18이상			1(3)
		10	9	5	3	1			
6)비포화대매질(I)		등급 범위			대표 등급				5(4)
· 압층(Confining Layer)		1			1				
· 실트질 점토		2~6			3				
· 셰일		2~5			3				
· 석회암		2~7			6				
· 사암		4~8			6				
· 충상 석회암, 사암, 셰일		4~8			6				
· 실트, 점토 섞인 모래, 자갈		4~8			6				
· 변성암/화성암		2~8			4				
· 모래, 자갈		6~9			8				
· 현무암		2~10			9				
· 용식 석회암		8~10			10				
7)수리전도도(C)	m/일	0.04-4.1	4.1-12.2	12.2-28.5	28.5-40.7	40.7-81.4	81.4이상		3(2)
		1	2	4	6	8	10		

주) ( )는 농약에 의한 오염취약성 고려시의 가중치

※ DRASTIC Potential =  $D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$



<표 5-2-2> 조사지구내 인자별 등급 및 면적비율

인자 구분	등급	면적비율(%)	범 위
지하수면까지의 깊이	1	0.01	> 30
	2	0.07	23 - 30
	3	0.50	15 - 23
	5	7.37	10 - 15
	7	51.09	5 - 10
	9	39.72	2 - 5
	10	1.24	0 - 2
총진량	8	100.00	> 10
대수층 매질	3	3.10	Metamorphic/Igneous
	4	82.38	Weathered Metamorphic/Igneous
	6	0.01	Massive Limestone
	8	14.51	Sand and Gravel
토양매질	4	1.35	Silty Loam
	5	44.19	Loam
	6	54.46	Sandy Loam
지형경사(%)	1	5.95	> 18
	3	-	12 - 18
	5	44.29	6 - 12
	9	26.70	2 - 6
	10	23.05	0 - 2%
비포화대 매질	4	85.48	Metamorphic/Igneous
	6	0.01	Limestone
	8	14.51	Sand and Gravel
수리전도도	1	100.00	0.04 - 4.1(m/day)
	2	-	4.1 - 12.2

#### 나. 순수 충전량(Net recharge)

순수 충전량의 주요인은 강수량이며, 지표면에서 지하수면에 도달하는 단위면적당 물의 양을 말한다. 이 인자는 충전량의 발생분포, 밀도, 지속기간은 고려하지 않고 5.1.5절에서 SCS-CN에 의해 산출된 함양률을 적용하였다.

그러나, 순수 충전량에 대하여 보다 구체적이고 정확한 평가를 하기 위해서는 첫째, 충전량이 토지이용, 경사, 토양 투과율 등과 같은 다른 인자에 의해 영향을 받으므로 이러한 요소들을 포함하는 물수지 방정식을 이용해야 하며 둘째, 관개용수, 인위적인 충전량, 쓰레기 침출수 등과 셋째, 충전량 발생 분포, 밀도, 지속기간 등이 고려되어야 한다.

본 조사지구내 순수 충전량은 SCS-CN의 토지이용 특성에 따른 충전량 값을 적용하였으며, 그 결과 <표 5-2-2>와 <그림 5-2-4>와 같은 분포를 나타내었다.

#### 다. 대수층 매질(Aquifer media)

DRASTIC 모델에서 말하는 대수층(Aquifer)은 유용하게 사용될 수 있을 정도의 많은 양의 물을 채수할 수 있는 지하암석층이며, 주로 셰일, 사암, 석회암으로 구분된다. 이러한 3개 층은 파쇄대, 절리면의 분포정도, 분급 그리고 세립물질의 양 등에 따라 7개의 범위로 세분되며, 각각의 범위에 따라 등급이 설정되어 있다.

일반적으로 대수층의 매질이 조립질이고 분급이 양호하며, 또한 파쇄대나 절리면이 발달하여 투과율이 크면 오염 가능성이 높아 상대적으로 등급은 높게 설정된다. 반면에 대수층이 세립이고 분급이 불량하며, 파쇄대와 절리면이 빈약하여 오염물질의 이동경로가 작아지면 오염가능성이 낮아지므로 등급은 낮게 설정된다.

대수층매질 등급은 지하수 유동길이(Route length), 분산(Dispersion), 흡착능력(Sorption capacity), 반응도(Reactivity), 파쇄정도 등과 같은 인자들에 근거하여 설정되며, 대수층의 매질 선택시 주의해야 할 사항은 다중 층인 경우, 사용자에게 따라 적절한 대수층매질을 선택해야 한다는 것이다.

본 조사지구내 대수층매질 등급과 면적비율은 <표 5-2-2>와 <그림 5-2-5>에 나타내었다. <표 5-2-2>와 같이 본 조사지구는 해안에 인접한 지역이나 충적층은 14.51%로 낮게 분포되어 있고, 반면에 변성암/화성암지역이 82.38%로 넓은 면적을 차지하므로 지하수 오염취약성이 매우 높은 지역이다.

#### 라. 토양매질(Soil media)

활발한 생물활동에 의해서 특징되는 비포화대(vadose zone)의 최상부이며, 평균적으로 지하 6 feet(1.6m) 이내의 풍화대이다. 지하수오염 취약성은 토양특성, 즉 ①점토(clay)가 나타나는 양상(type) ②점토의 수축/팽창 포텐셜 ③토양 입자 등에 따라 다르게 나타난다. 점토의 수축/팽창 포텐셜과 입자 크기가 작아지면 오염가능성은 적어진다.

일반적으로 토양 중의 유기물질의 양은 심도가 깊어질수록 감소하며, 특히 농약(살충제)의 감소에 중요한 요소로 작용한다. 토양매질 등급 선택시 토양매질의 두께, 입자크기, 토양의 pH, 토양의 투과율, 액성 한계, 탄성 지수, 토양 중의 유기물 함량 등을 고려하여야 한다.

본 조사지구의 토양매질은 농촌진흥청 농업기술연구소에서 작성한 토양도(1:25,000)를 이용하여 등급을 설정하였다. <표 5-2-2>와 같이 본 조사지구는 Sandy Loam이 54.46%(등급 6)로 가장 넓은 분포를 나타내며, 양토와 사양토가 각각 44.19%, 1.35%의 분포를 이루고 있다<그림 5-2-6>. 토양매질만을 고려한 지하수 오염취약성은 보통정도로 분류된다.

#### 마. 지형(Topography)

지형인자는 지표의 경사 또는 경사변화를 나타내며, 조사지역 내에서 오염인자가 지속적으로 머무를 것인지 아니면 지표에서 빠르게 유출될 것인지를 결정하는 요소이다. 지형 경사구배가 심한 지역은 강수가 발생할 경우, 지표수의 유속이 높아 강수가 지하심부로 침투하지 못하여 오염취약성이 감소하므로 등급이 낮게 설정된다. 반대로 낮은 경사를 갖는 지역은 지표수의 유동속도가 낮아 지표 유출량에 비해 상대적으로 오염인자가 지하 대수층내로 침투할 가능성이 높아지므로 등급이 높다.

본 조사지구의 지형구배에 대한 등급 및 면적비율은 <표 5-2-2> 및 <그림 5-2-7>과 같다. <표 5-2-2>에서 등급이 5(지형경사 6~12%)인 지역이 44.29%로 가장 많은 비율을 차지하는데, 이는 구릉지와 평야지대가 많아 경사도가 낮은 지역이 많은 비율을 차지하여 지하수 오염취약성은 상대적으로 높게 평가된다.

#### 바. 비포화대 매질의 영향(Impact of the vadose zone media)

비포화대는 포화되지 않거나 또는 불연속적으로 포화된 지하수면 상부층이며, 토양층과 지하수면 사이의 층을 말한다. 이러한 비포화대내에서는 생물분해, 중화(neutralization), 기계적인 여과(mechanical filtration), 화학반응, 휘발작용 및 분산(volatilization & dispersion)이 발생할 수 있다.

다중 층인 경우 실트/세일층이 존재하면 이 층은 비포화대로 선택되어야 하는데, 근본적인 이유는 이러한 층이 지하수오염 취약성 분석시 가장 중요한 층으로 고려되기 때문이다. 또한 지하수면이 지표면에 인접하여 비포화대가 포화되어 있는 특별한 경우에는 적절한 매질과 등급을 신중하게 선택하여야 한다.

비포화대 매질 선택시 대수층이 자유면대수층인지 혹은 피압대수층인지를 결정하는 것이 중요하다. 피압대수층인 경우 비포화대 매질은 지하수 오염가능성에 가장 큰 영향을 미치는 피압층(confining layer)을 선택해야 하며, 이때 피압층은 항상 1인 등급을 갖는다. 또한 이 인자에 대한 등급을 선정할 때에는 입자크기, 분급, 균질성 여부, 세립질 매질의 양이 고려되어야 한다.

본 조사지구의 비포화대 매질은 지질도폭을 이용하여 추정하였으며, 크게 변성/화성암(등급 4)과 석회암(등급 6), 층적층(등급 8)으로 구분하였다. 비포화대 매질에 대한 분포면적 비율은 <표 5-2-2>와 같이 변성/화성암이 85.48%, 층적층과 석회암이 각각 14.51%, 0.01%로 나타났다<그림 5-2-8>.

#### 사. 대수층의 수리전도도(Hydraulic conductivity of the aquifer)

수리전도도는 대수층이 물을 이동(통과)시킬 수 있는 능력을 의미하며, 주어진 수리구배하에서 지하수가 흐르는 비율을 조절하고, 이는 입자와 입자사이, 파쇄대와 층리면 사이에 존재하는 공극의 양에 따라 조절된다.

수리전도도에 있어서 오염취약성은 유동시간, 유속, 농도 등과 관련되며, 등급 설정시 대수층 매질, 충전량, 지형 등 여러 가지 인자들의 조합에 의해서 이루어진다. 수리전도도가 높을수록 오염 인자가 대수층 내로 침투할 가능성이 크기 때문에 등급은 높은 값을 나타낸다.

본 조사지구의 수리전도도는 대표지점(33개)에서 각종 수리시험(양수시험, 순간수위시험, 침투율조사)을 실시한 결과와 기초조사 자료를 토대로 소유역별 대표등급을 적용하였으며, 등급 1이 100%의 면적비율을 보인다<표 5-2-2, 그림 5-2-9>.

### 아. 일반적인 지하수 오염취약성(General DRASTIC)

상기 7가지 인자를 중첩하여 통계 분석한 결과, 오염취약성도 일반등급도는 <그림 5-2-10>과 같고, 소유역별 DRASTIC 지수 및 면적비는 각각 <표 5-2-3>과 <그림 5-2-1>과 같이 나타난다. 여기서 조사지구의 전체 평균 DRASTIC 지수는 114.9이며, 지하수 오염취약성은 MA12 유역이 123.0으로 가장 높고 MA08 유역이 96.1로 가장 낮게 나타났다. <표 5-2-3>은 정규분포상에서 등간격(3개 그룹)으로 분류하여 소유역별 면적비를 산정한 결과이며, DP값이 130 이상인 면적비를 보면 MA18, MA11, MA17 유역 등의 순으로 높게 나타났다.

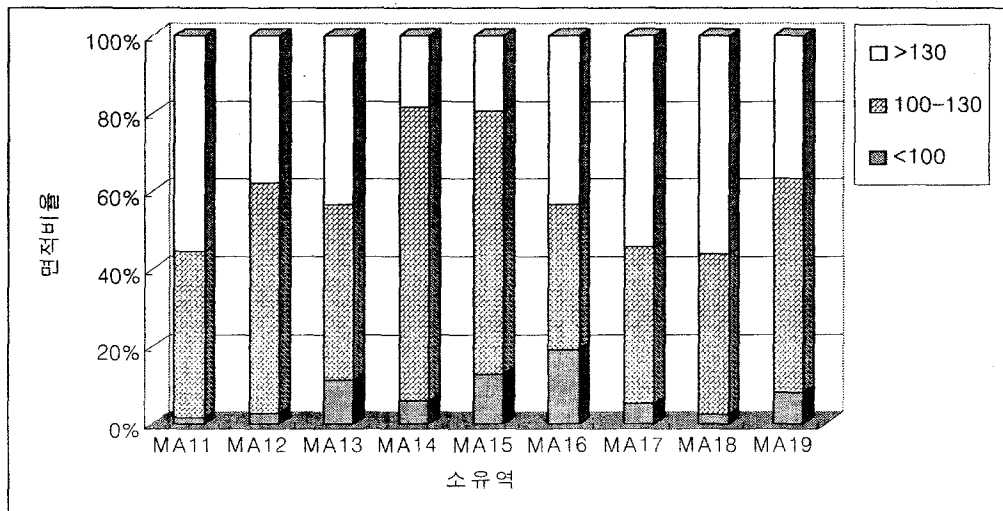
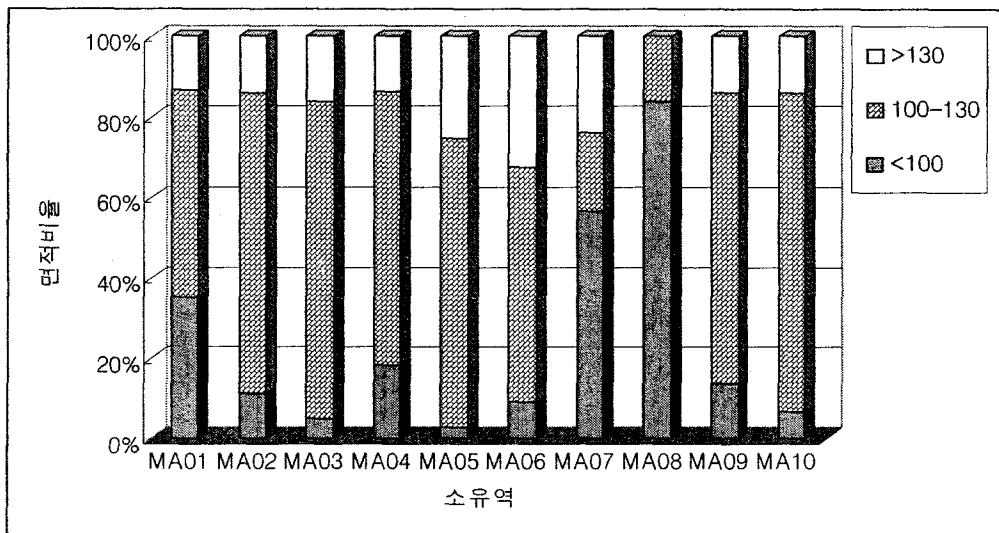
조사지역의 소유역은 면적이 서로 다르므로 소유역별 면적비로 환산하여 DRASTIC 지수를 비교하였으며, 무안읍이 속한 MA07 유역이 121로 오염취약성도가 가장 높고, MA09 유역이 96으로 가장 낮은 것으로 조사되었다<표 5-2-4, 그림 5-2-2>.

<표 5-2-3> 소유역별 DRASTIC 지수

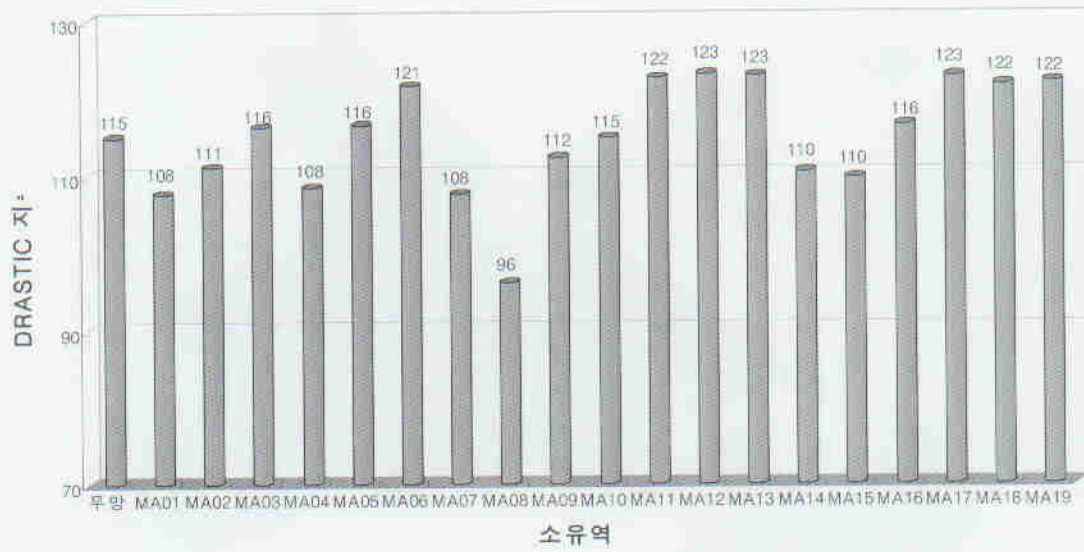
유역명	DRASTIC 지수			평균
	면 적 비			
	<100	100-130	>130	
계	16.3%	52.7%	32.7%	114.9
MA01	35.2%	51.4%	13.4%	107.5
MA02	11.5%	74.5%	14.0%	111.0
MA03	5.1%	78.9%	16.1%	116.2
MA04	18.5%	67.7%	13.7%	108.4
MA05	2.9%	72.0%	25.1%	116.4
MA06	9.1%	58.8%	32.2%	121.5
MA07	56.9%	19.1%	23.9%	107.5
MA08	83.8%	16.2%	0.0%	96.1
MA09	13.9%	72.2%	13.8%	112.2
MA10	6.6%	79.6%	13.8%	114.8
MA11	1.8%	42.6%	55.6%	122.4
MA12	3.1%	59.1%	37.8%	123.0
MA13	11.4%	44.9%	43.6%	122.7
MA14	6.0%	75.7%	18.3%	110.4
MA15	12.7%	67.9%	19.4%	109.6
MA16	19.0%	37.3%	43.6%	116.4
MA17	5.3%	40.4%	54.3%	122.7
MA18	2.4%	41.3%	56.3%	121.6
MA19	8.2%	55.2%	36.6%	121.9

<표 5-2-4> 소유역별 면적비 환산 DRASTIC 지수

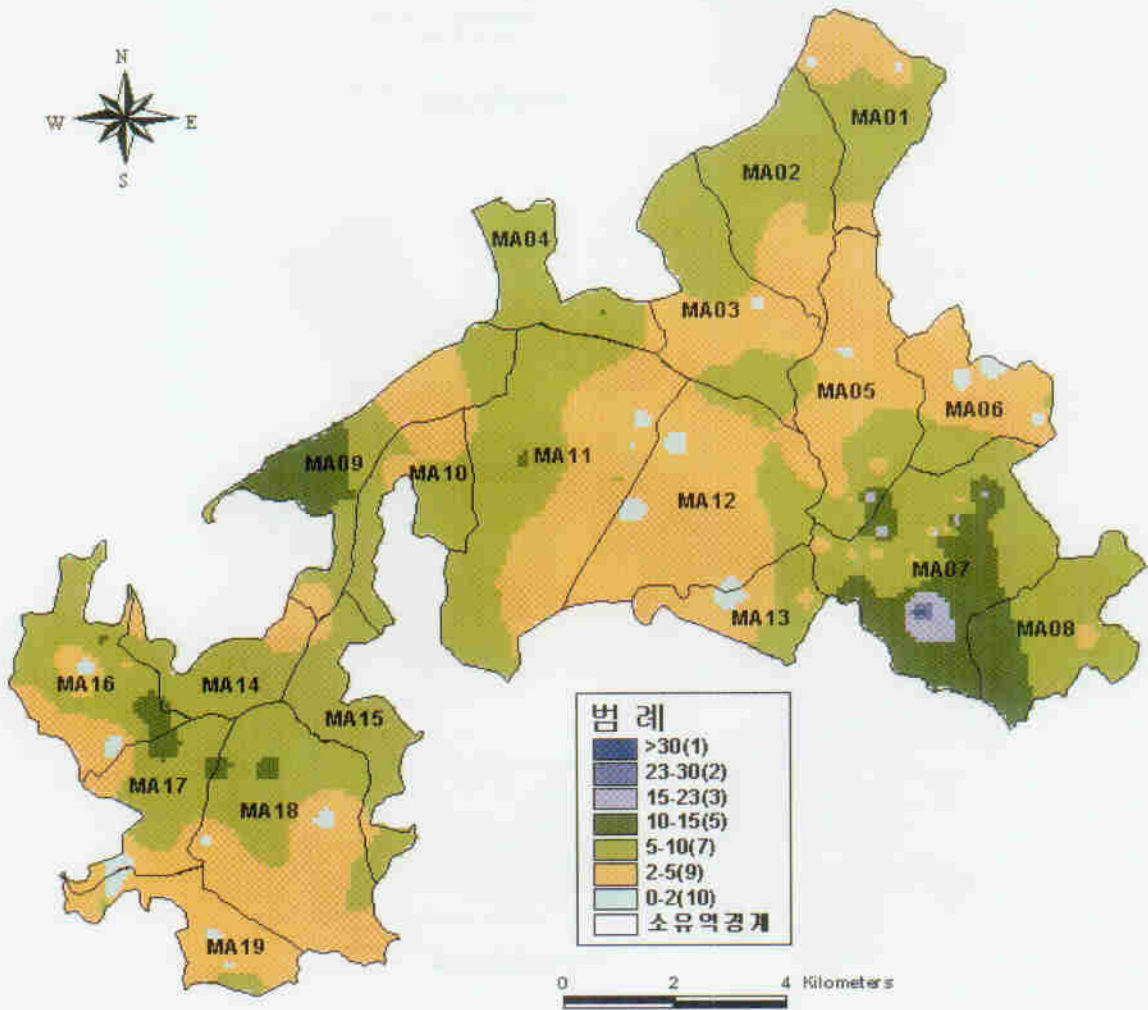
소유역	MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10
유역면적(km <sup>2</sup> )	5.69	6.98	7.86	4.08	8.18	4.90	11.50	2.12	6.95	4.15
DRASTIC지수	114	107	111	114	108	115	121	101	96	110
소유역	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15	MA16	MA17	MA18	MA19	계
유역면적(km <sup>2</sup> )	14.07	11.10	3.45	3.78	4.43	6.44	4.61	11.41	4.02	125.72
DRASTIC지수	115	122	120	120	109	109	115	122	119	113



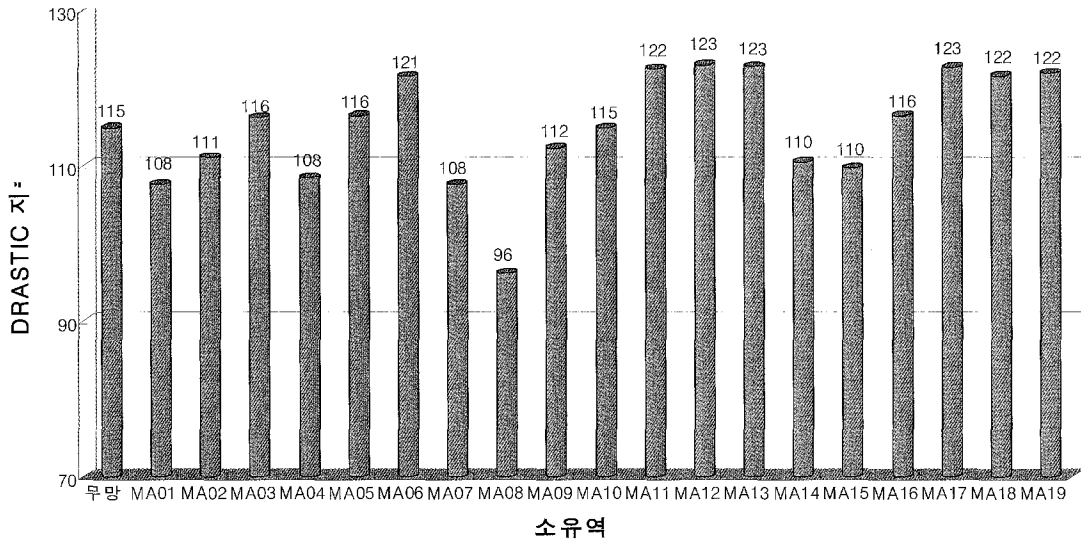
<그림 5-2-1> 일반 DRASTIC Potential 면적비



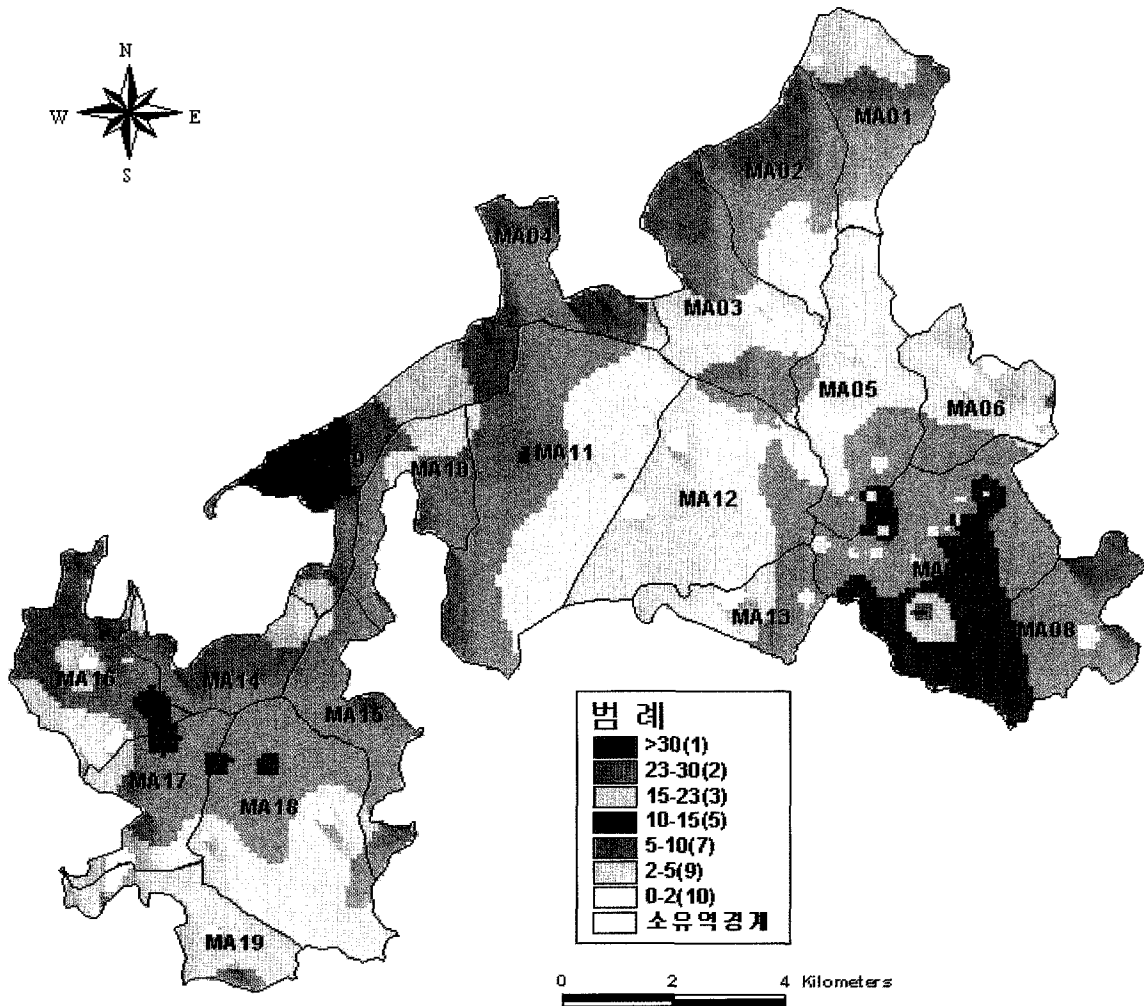
<그림 5-2-2> 소유역별 평균 General DRASTIC Potential 히스토그램



<그림 5-2-3> 지하수면까지의 깊이 등급도

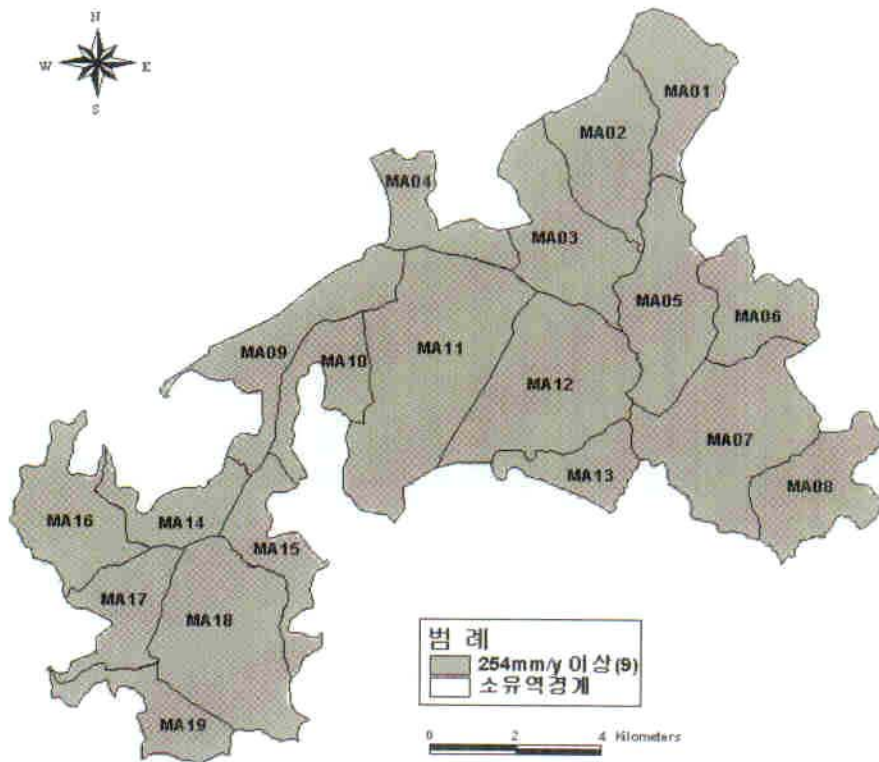


<그림 5-2-2> 소유역별 평균 General DRASTIC Potential 히스토그램

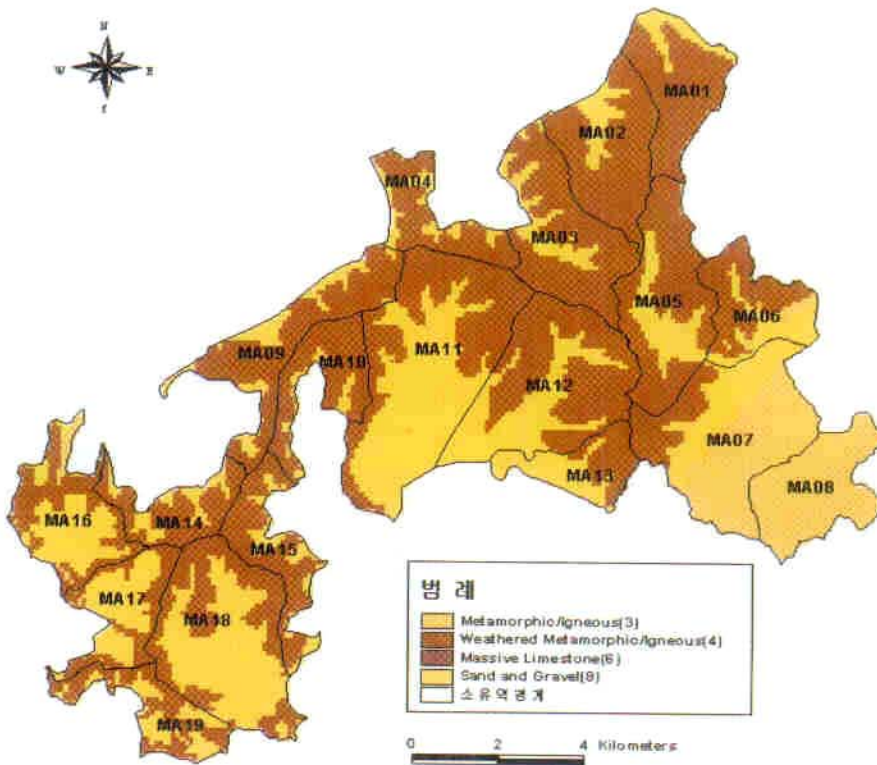


<그림 5-2-3> 지하수면까지의 깊이 등급도

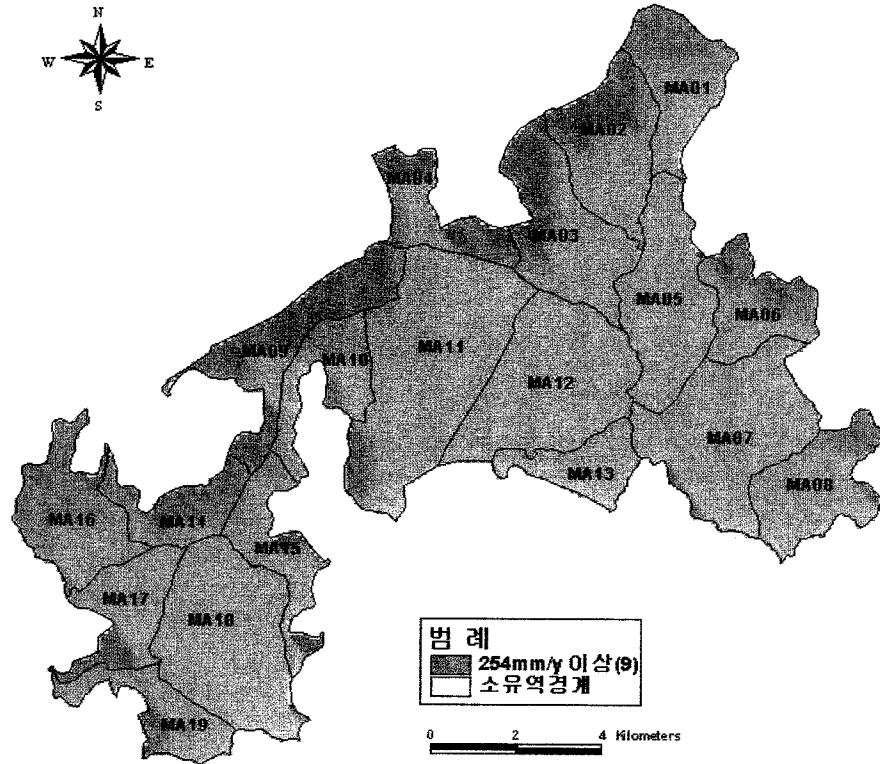




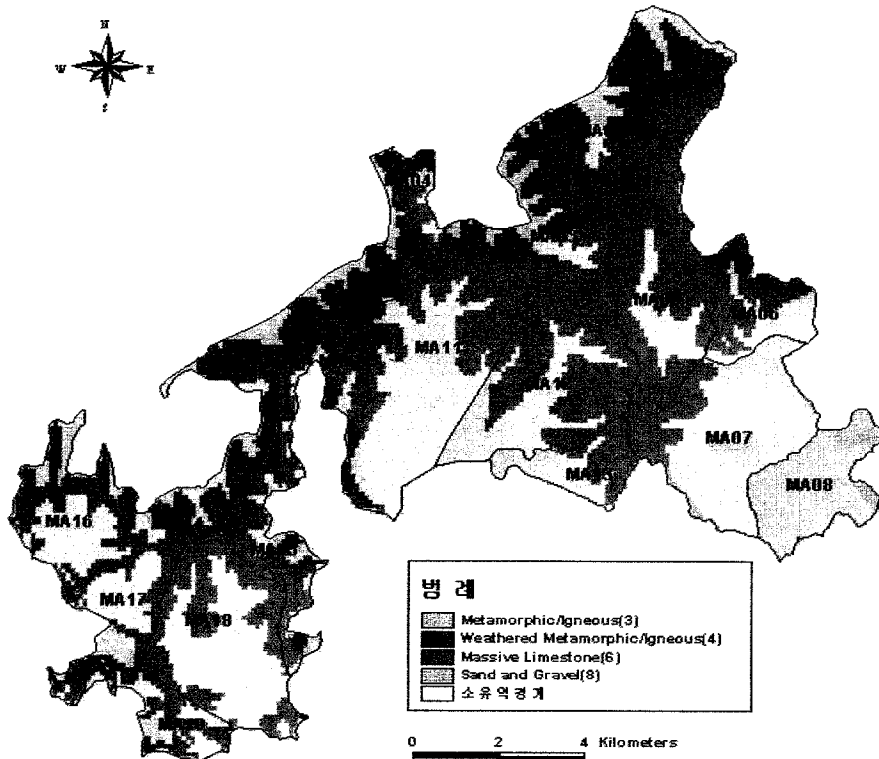
<그림 5-2-4> 지하수 함양량 등급도



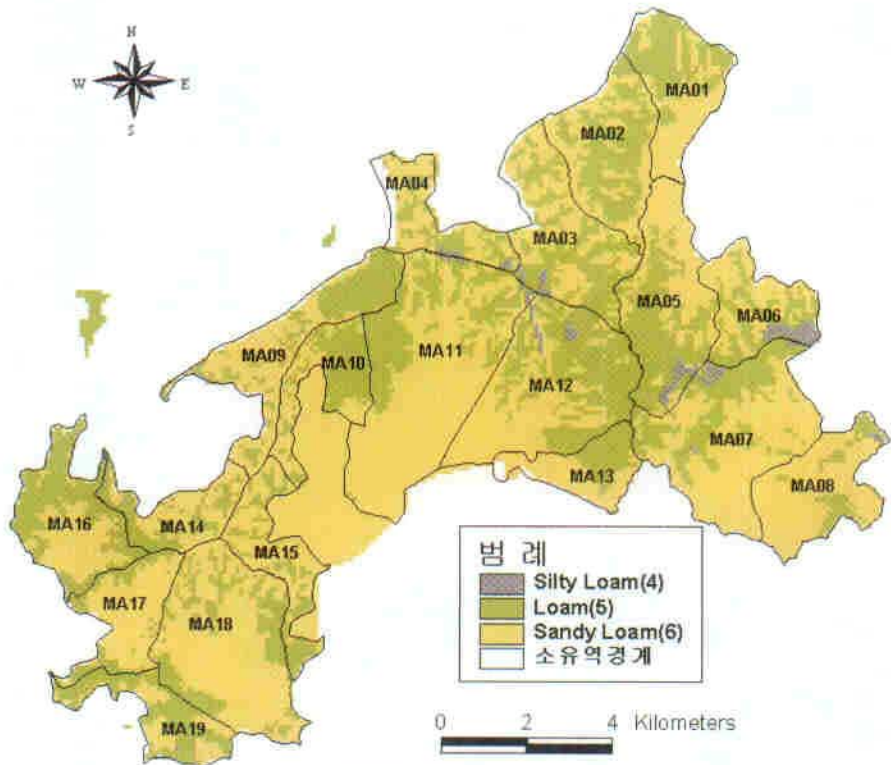
<그림 5-2-5> 대수층매질 등급도



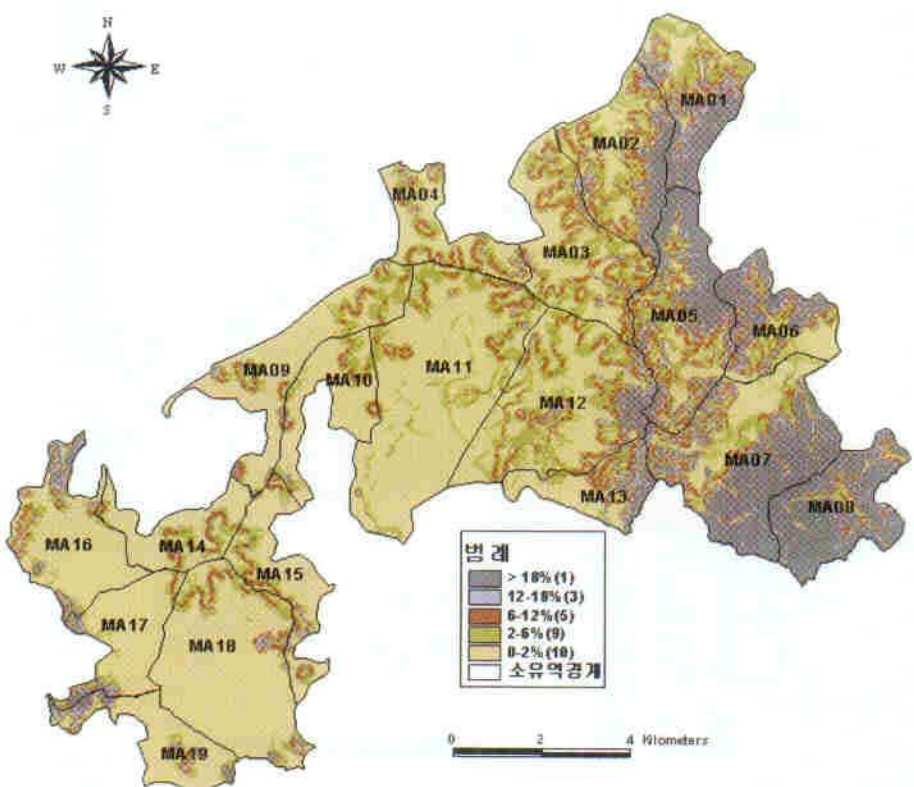
<그림 5-2-4> 지하수 함양량 등급도



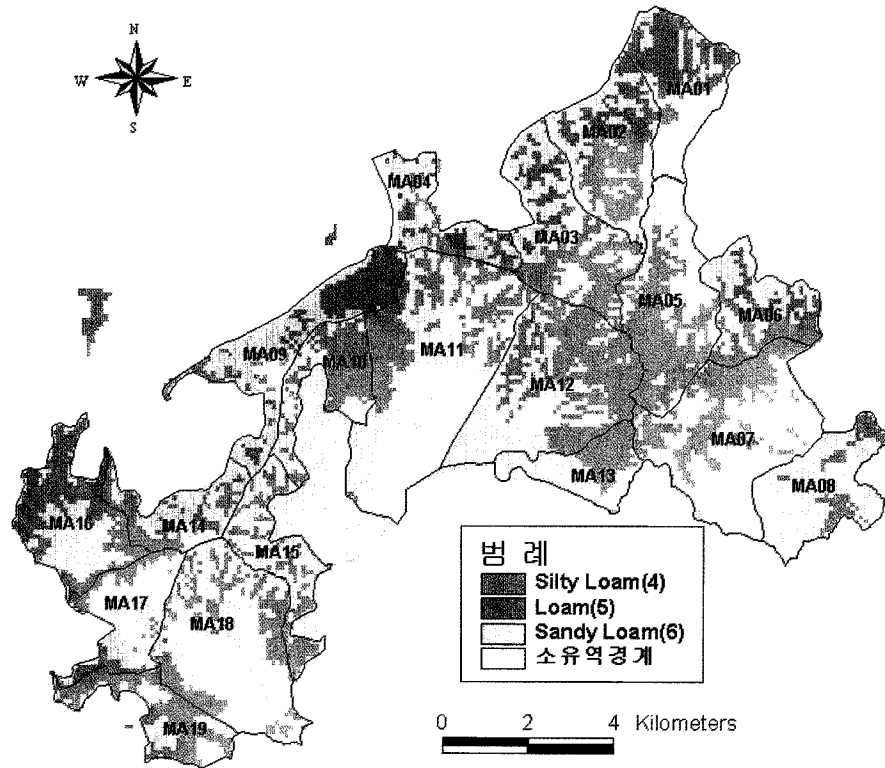
<그림 5-2-5> 대수층매질 등급도



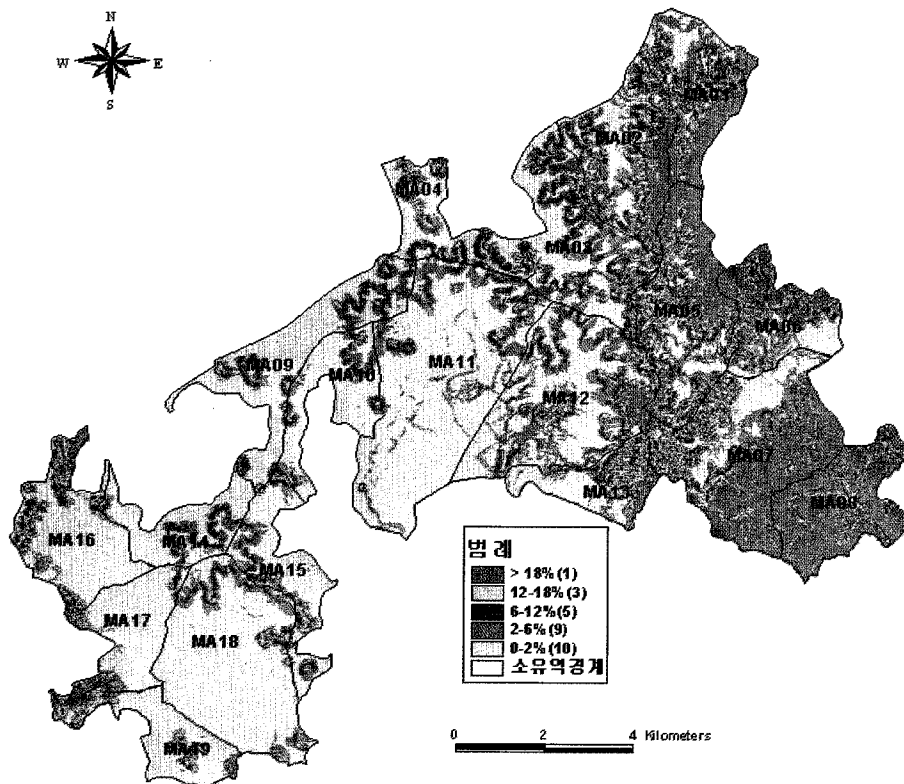
<그림 5-2-6> 토양매질 등급도



<그림 5-2-7> 지형경사 등급도

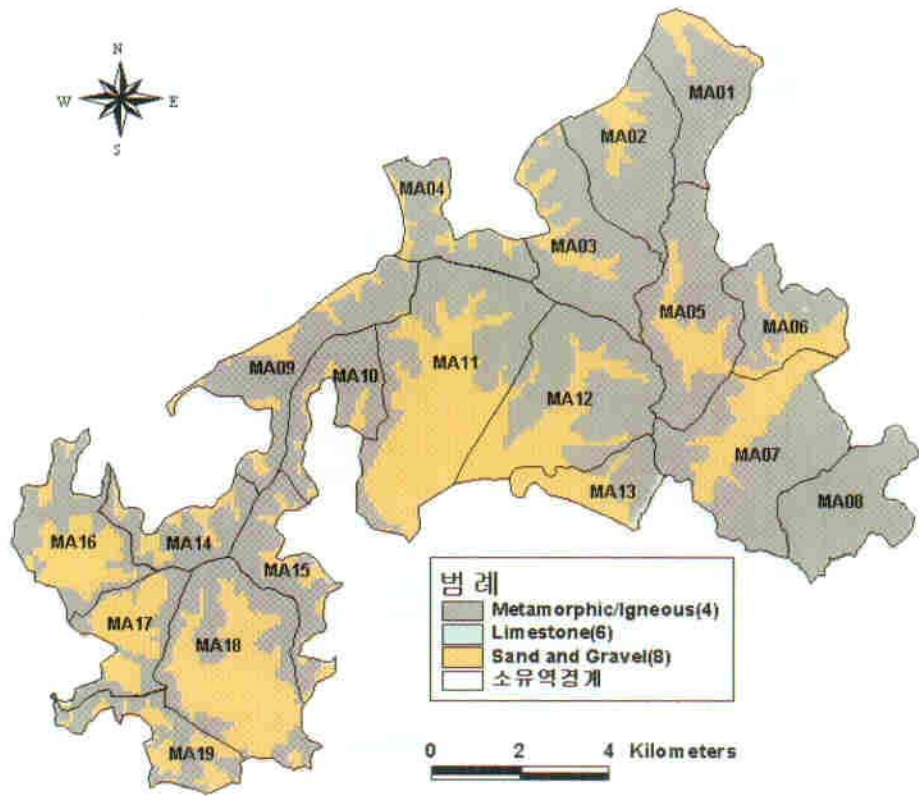


<그림 5-2-6> 토양매질 등급도

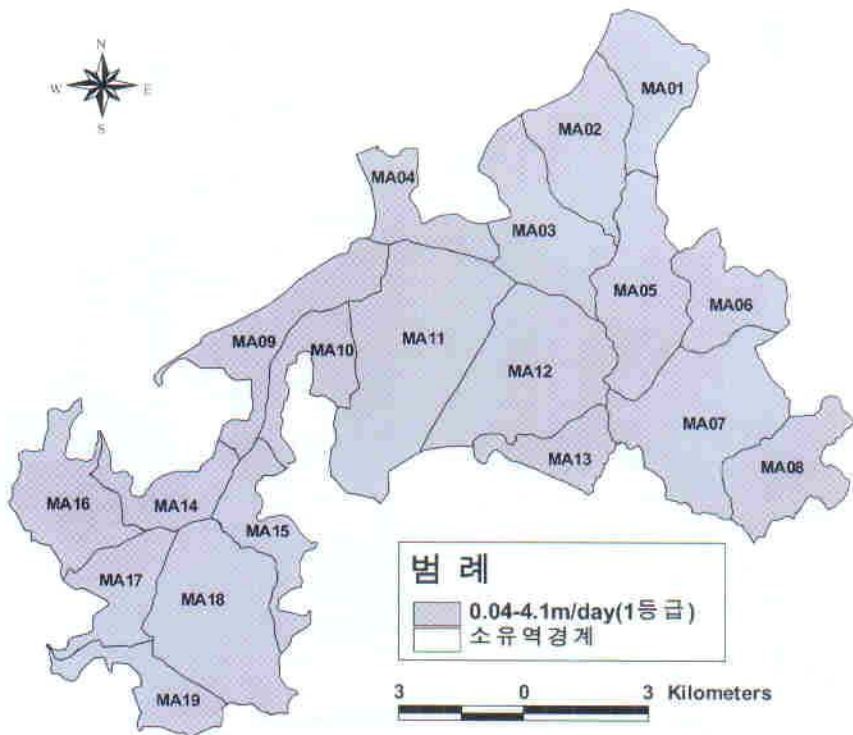


<그림 5-2-7> 지형경사 등급도

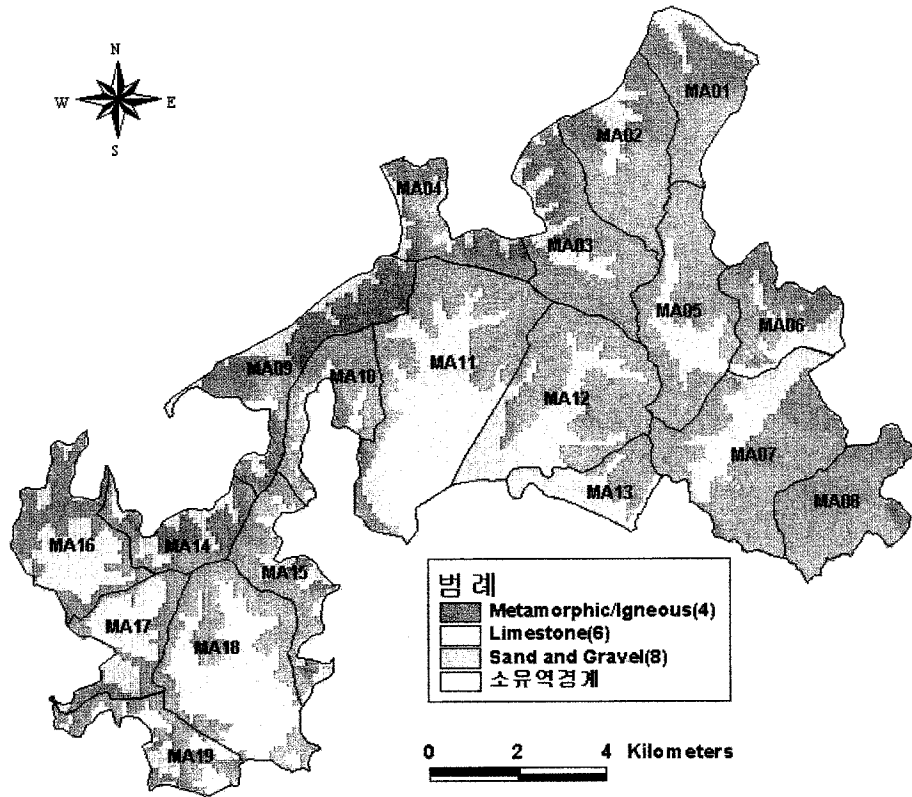




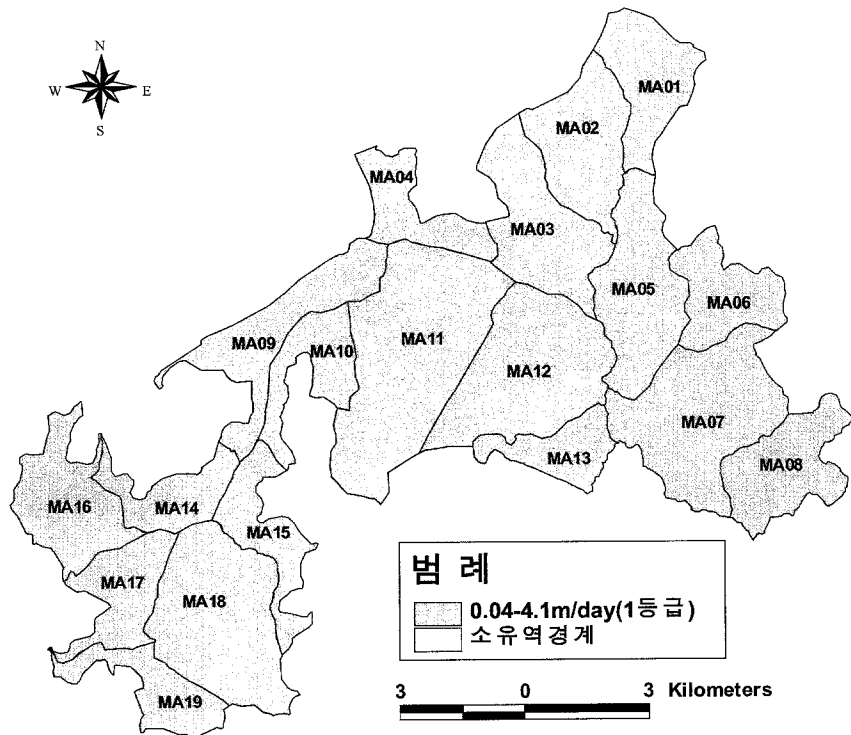
<그림 5-2-8> 비포화대 매질등급도



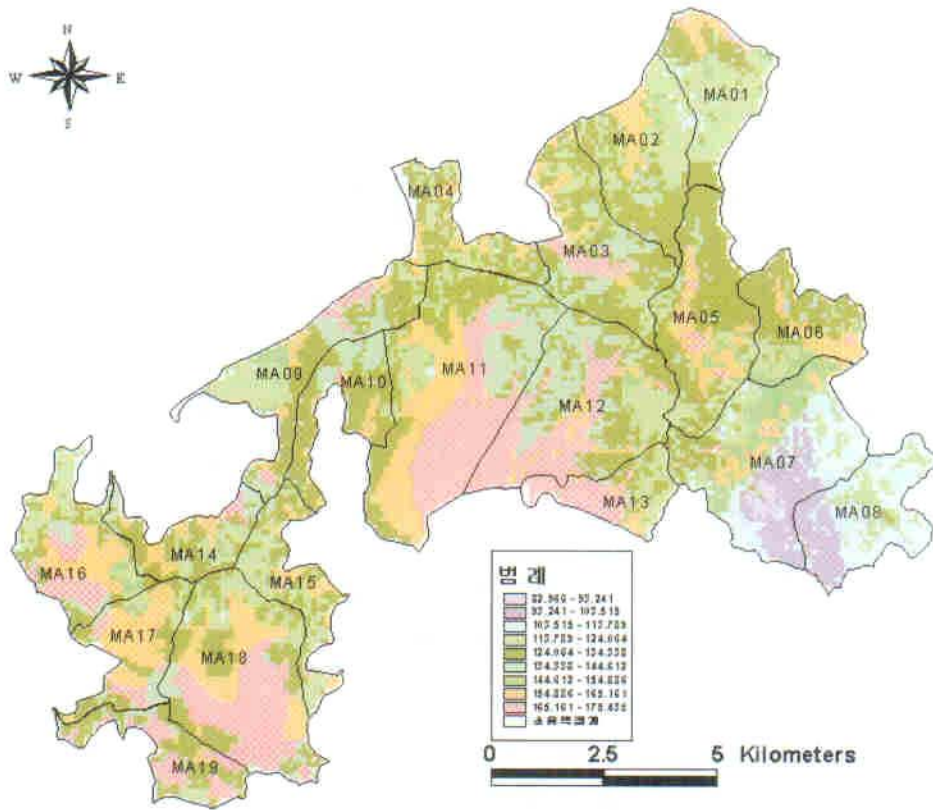
<그림 5-2-9> 수리전도도 등급도



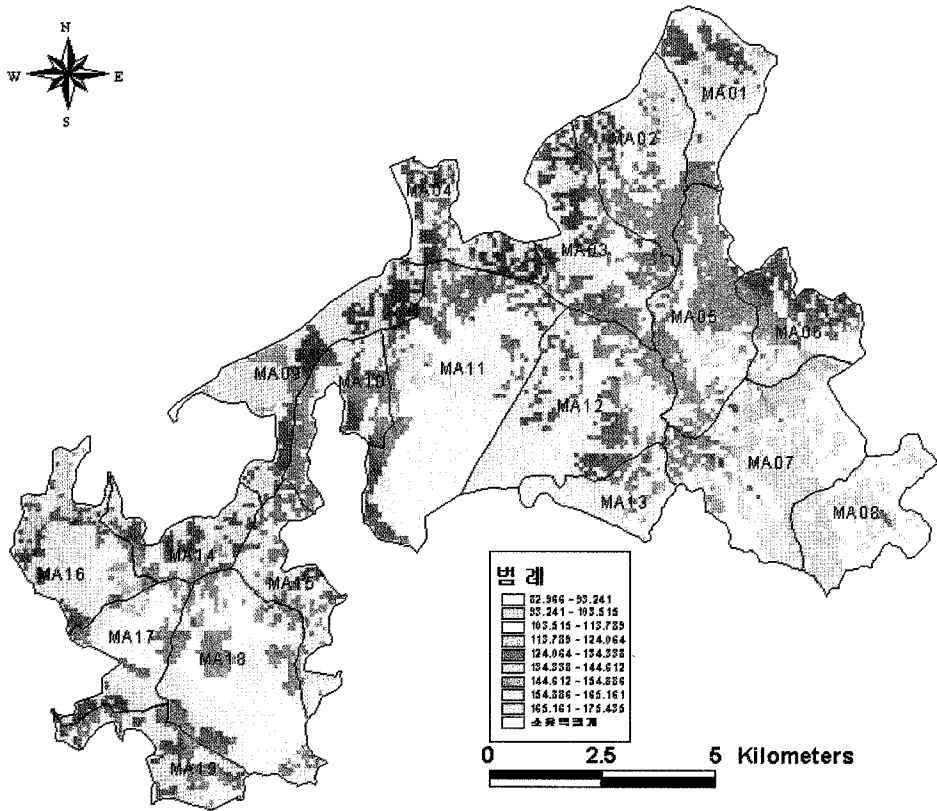
<그림 5-2-8> 비포화대 매질등급도



<그림 5-2-9> 수리전도도 등급도



<그림 5-2-10> 오염취약성도



<그림 5-2-10> 오염취약성도



## 5.2.3 구조선밀도

### 가. 개요

구조선밀도 분석은 지하수의 유동이 주로 기반암의 파쇄대를 통하여 이루어지는 우리나라와 같은 수리지질학적인 환경에서 매우 중요한 인자이다. 구조선은 투과성이 높은 파쇄대나 암맥과 같이 잠재적인 지하수 유동의 경계요소(flow barrier)로 작용하며(Sander et al., 1997), 긴 파쇄대는 지하수 및 오염물질의 유동에 많은 영향을 미치나 지하수 오염에 있어서 반드시 중요한 것은 아니다. 일반적으로 긴 파쇄대는 점토광물화(clay mineralization)하므로 누수가 잘 일어나지 않을 수 있고, 반면에 작고 중간 정도의 파쇄대는 투과율이 매우 높아 대규모 누수 문제를 일으킬 수 있다(Banks et al., 1993). 따라서 구조선의 분류는 구조선의 길이에 따른 수리지질학적 특성 변이로 인해 매우 복잡하여 궁극적으로 유사한 특징에 대한 다중분류(multiple classification)가 필요하다(Wise, 1983).

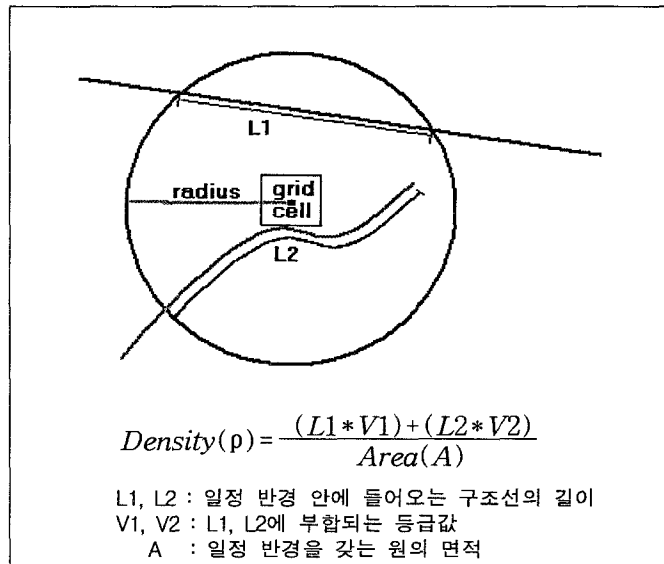
본 조사지역의 구조선밀도 분석은 지질도폭상의 구조선, DEM, Landsat TM 및 SPOT 위성영상 자료를 이용하여 분석하였으며, DEM 혹은 위성영상 자료를 이용한 목적은 광역적인 구조선을 신속하고 용이하게 구별하고, 또한 사람이 탐지하기 어려운 지역도 쉽게 구분하기 위해서다. 그러나 위성영상 자체의 오차, 즉 산 그림자나 구름에 의한 지표 반사도값 손실 등과 같은 문제점은 여러 가지 보정을 통하여 감소시켜야 한다. 본 조사지구는 파쇄대내에서 대수층내 오염물질의 유입이 가능하고 파쇄대는 모두 투수율이 양호하다는 가정하에 구조선밀도를 산정하였으며, 이를 등간격으로 8등급화하여 상기 DRASTIC 모델에 적용하였다.

### 나. 방법

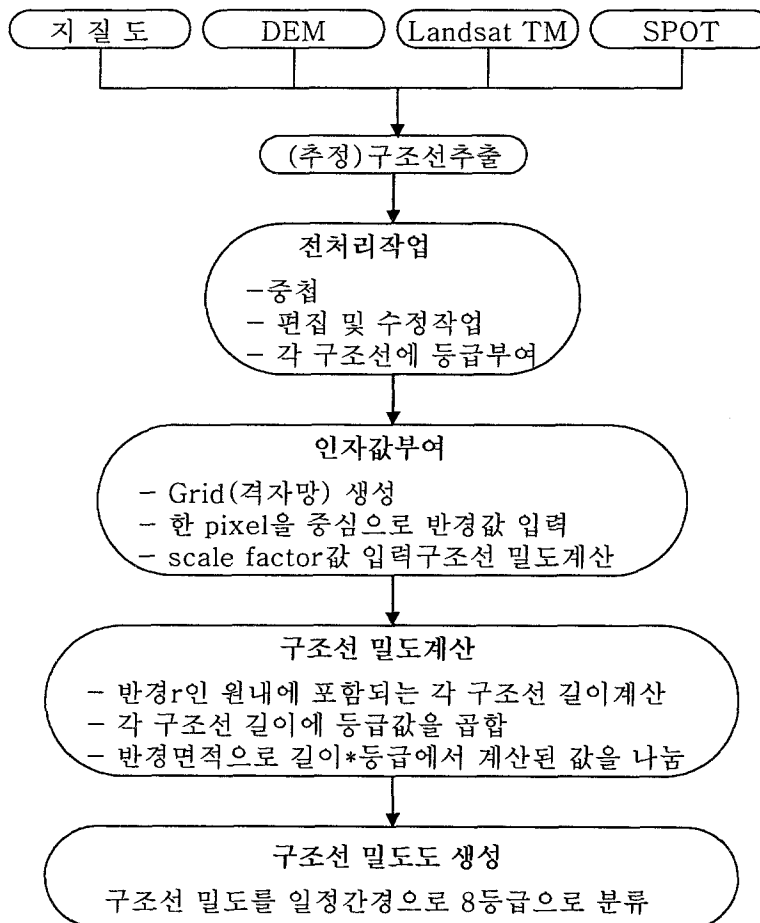
구조선밀도는 <그림 5-2-11>과 같은 방법에 의해 산출되며, 전체적인 구조선 밀도도의 산정모식도는 <그림 5-2-12>와 같다.

### 다. 적용결과

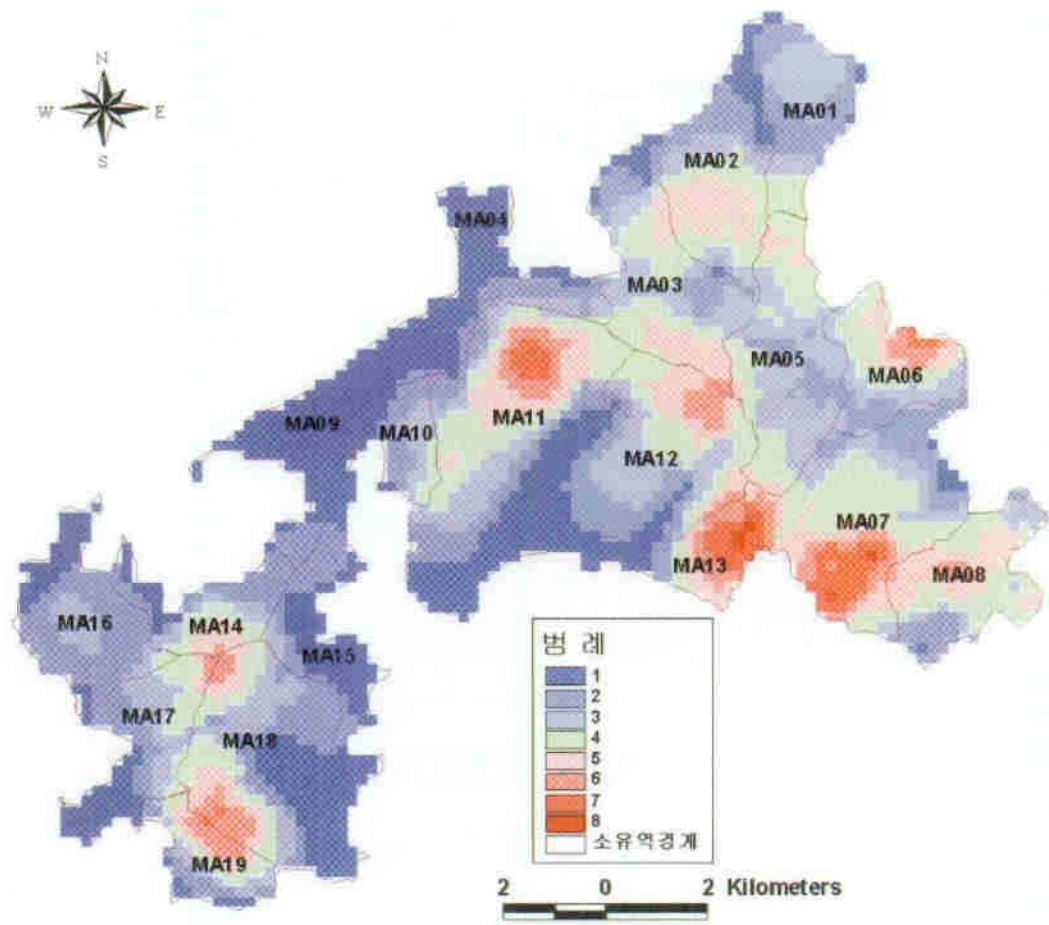
본 조사지구의 구조선밀도도는 <그림 5-2-13>과 같다. 결과적으로 조사지구 내 MA07 구역에서 가장 높은 구조선밀도가 나타나며, 또한 MA11 구역의 일부지역도 밀도가 매우 높게 나타나고 있다.



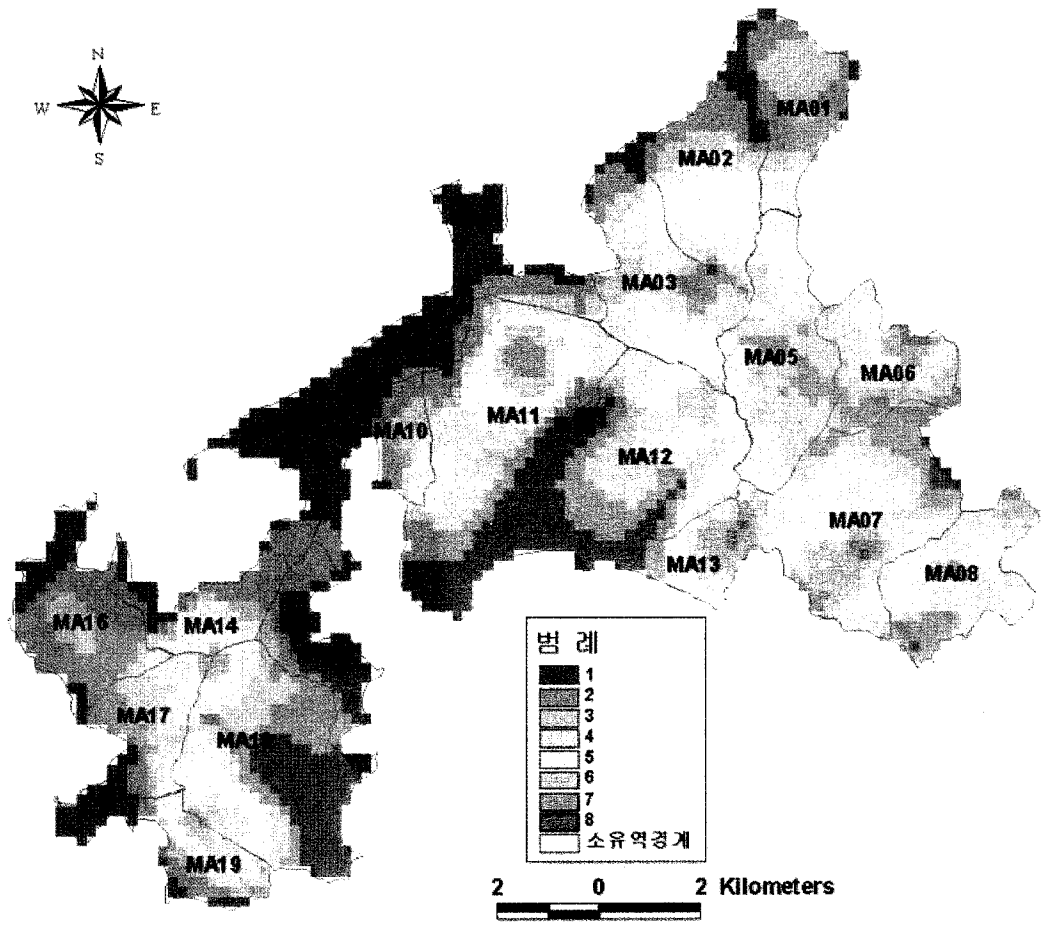
<그림 5-2-11> 구조선밀도 산정방법



<그림 5-2-12> 구조선밀도도 산정모식도



<그림 5-2-13> 구조선밀도도



<그림 5-2-13> 구조선밀도도

## 5.2.4 지하수 오염예측도

### 가. 개요

최근 지방자치제도의 시행과 더불어 농어촌 지역경제 개발이 활발하게 추진되어 각종 신규 시설물의 인·허가권이 자치단체로 이양되어 숙박업소, 음식점, 휴양지, 유원지, 축산단지, 공장, 각종 매립장 등 수자원 측면에서 다양한 오염원들이 적절한 환경영향 검토를 받지 않은 채 설립되는 경우가 증가되고 있다. 그러나 지하수는 한번 오염되면 정화처리에 소요되는 비용과 기간이 막대하게 소요되므로 지하수 보전관리 측면에서 매우 우려되는 상황이며, 따라서 본 조사지구에서는 신규 시설물에 대한 인·허가 검토시 위치 선정을 지하수 오염에 저항력이 강한 지역으로 유도할 수 있도록 기연구결과(농어촌지역 지하수 자원의 오염예측도 작성기법에 관한 연구, 농림부·농업기반공사, 2000)를 토대로 지하수오염 타당성 검토 차원의 분석기법을 제시하고자 한다.

선진국에서는 오염물질 유발이 예상되는 시설물의 신규 허가를 위한 위치 선정 시 기본적으로 지하수 오염취약성도를 검토하며, 이에 따라 오염유발 가능시설물은 오염취약성이 낮은 곳으로 유도되고, 부득이 취약성이 높은 지역에 시설물을 설치할 경우, 정화처리시설 및 오염물질 관리기준을 엄격하게 적용하고 있다.

일반적으로 지하수 오염예측도는 현재의 오염 Plume으로부터 미래의 확산범위를 예측하기 위하여 오염물질 거동분석 모델링을 실시한 결과를 토대로 미래에 예측되는 농도분포도를 말한다. 이러한 오염예측도는 지하수 전문가들에게 필요한 내용이며, 본 조사지구에서는 일반인이나 비전문가들이 지하수 문제점을 쉽게 이해할 수 있고, 수질보전 정책수립을 위한 자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

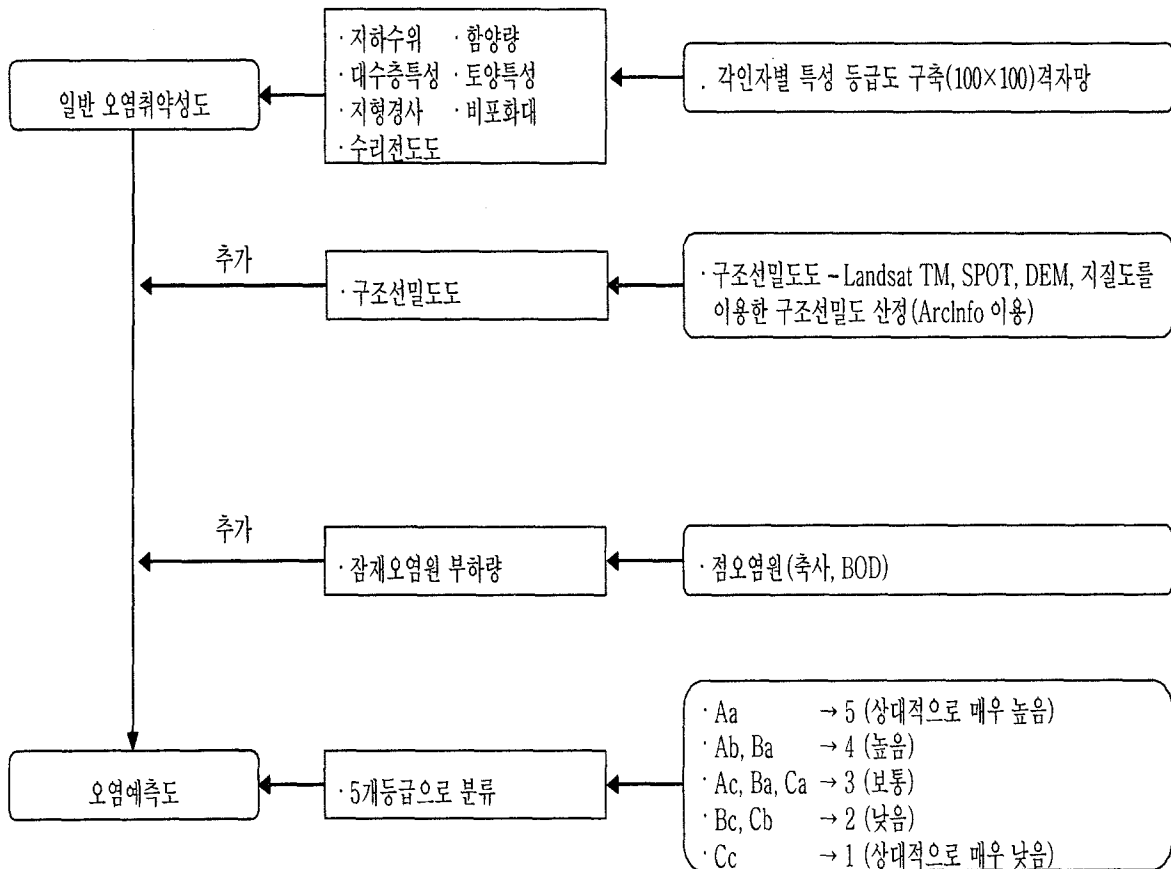
본 조사지구의 지하수 오염예측도는 용수구역 단위의 지하수 오염예방과 환경친화적인 개발정책 추진을 위한 타당성 검토자료로 기존 지하수 오염취약성도와 각종 잠재오염원 부하량도를 중첩시킨 도면이다.

### 나. 오염예측도 작성목적 및 방법

일반적으로 지하수 오염취약성도(DRASTIC)와 잠재오염원 부하량을 중첩시킨 오염예측도를 비교·검토하여 잠재오염원에 대한 영향을 세부적으로 평가한다. 지역경제발전에 필수적인 개발관련 신규 시설물(잠재 오염원)은 가능한 오염확산에 대한 저항력이 강한 지역으로 유도하고, 오염취약지구는 수질보호정책과 연계하여

청정한 지하수 자원을 보전, 이용, 관리할 수 있는 정책판단 자료로 활용하기 위하여 용수구역 단위 오염예측도를 작성한다.

<그림 5-2-14>는 지하수 오염예측도를 작성하기 위한 모식도로 지하수 유동과 오염물질의 거동에 영향을 미치는 여러 가지 요인 중 대표적인 주요 오염인자들에 대한 설명이다. 오염예측도는 주요 오염인자를 발생원단위별로 부하량을 산정하고, 이를 격자모양(100×100)으로 세분화하여 <표 5-2-5>의 기준에 의해 9가지로 분류함으로써 수리지질학적 혹은 오염부하량에 대한 상대적인 취약지구를 추정하는데 사용된다<그림 5-2-16>. 이러한 결과는 자료수집이 가능한 잠재오염원에 대하여 발생원단위별로 부하량을 상호 대비하였으며, 이는 실제 지역의 수질 처리 현황 등이 고려되지 못한 한계성을 내포하고 있다.



<그림 5-2-14> 오염예측도 작성모식도

<표 5-2-5> 오염예측도 등급분류표

오염취약성도		오염부하량(kg/일/10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> )				
		오염부하량		a(높음)	b(보통)	c(낮음)
				134 - 159	109 - 133	0 - 108
오염취약성도	A (높음)	129 - 159	Aa	Ab	Ac	
	B (보통)	108 - 128	Ba	Bb	Bc	
	C (낮음)	69 - 107	Ca	Cb	Cc	

**다. 오염예측도의 활용성**

신규 오염유발시설 인·허가시 지하수 보전 타당성 검토자료로 활용할 수 있다.

1) 오염에 강한 지역

- 각종 오염유발 시설물의 신규 부지로 선정

예) 농공단지, 쓰레기 매립장, 축산단지, 공동묘지, 골프장 등 각종 오염유발시설물 신규 위치로 유도

2) 오염취약지구

- 신규 오염시설물 설치 제한
- 소규모 오폐수 정화시설 지원사업 우선 추진
- 지하수 오염조사 및 상, 하수도 설치 우선 추진
- 지하수 수질오염 보전대책을 위한 감시정(관측정) 위치 선정  
: 잠재오염원 밀집지역 하류부, 오염취약성 경계부
- 오수관, 폐수관 매립시 재질선정 기준자료  
: 취약성이 낮은 지역과 높은 지역의 보조 처리대책

잠재오염원 분포지역에서 오염성분별 각종 지하매립시설물의 재질 설계자료

3) 오염에 취약한 지구로서 이미 상당부분 오염이 진행된 지역

- 오염원을 추적하여 조사하고 오염확산 방지 조치 시행
- 오염지역 정화처리 대책 우선 시행 지구로 관리

- 4) 현재 오염이 없으나 오염에 취약한 지역은 지하수 수질보전구역으로 설정 관리
- 상수원 용도의 지하수 개발 적지
  - 지하수 보전구역으로 지정관리
- 예) 오염취약지역내 토지이용시 지하수자원에 대한 잠재오염원으로 규정 되는 특정 행위와 잠재오염시설의 설치를 제한
- 지하수오염 취약지구내 행위제한(안)
    - : 독성폐기물 처분, 취급시설 설치 금지
    - : 석유 및 유류, 화학제품 저장탱크 설치 금지
    - : 고농도 오염물질 배출업소(공단, 축산단지) 설치 금지
    - : 오염물질 유출 사고시 긴급 재해대책 가동
- 5) 3~5년마다 주기적으로 잠재오염원 및 지하수 이용상태 변화를 수정하고 기존도면과 비교·검토 후, 지하수 오염현황을 파악하여 향후 오염대책 수립

#### 라. 결과분석

본 조사지구의 오염예측도는 오염취약성도에 측사, 인구, 토지이용에 대한 부하량을 중첩, 상대적인 평가를 위하여 <표 5-2-5>와 같이 9개의 등급으로 분류하였다. <표 5-2-5>에서 Ab-Ba, Ac-Bb-Ca, Bc-Cb는 유사한 등급이지만 특정 지역에서 오염부하량이 높은 비중을 차지하느냐 혹은 오염취약성이 높은 비중을 차지하는가에 대한 구분이 가능토록 분류하였다.

결과적으로 <표 5-2-6>과 <그림 5-2-15>에서 보는 바와 같이 변형된 지하수 오염취약성도와 오염부하량(BOD)를 중첩한 결과, 전체 면적에 대한 등급별 면적은 Aa가 31.0%로 가장 넓은 면적을 차지하며, Bb(30.7%), Cc(29.0%), Bc(4.1%), Ab(0.9%) 순으로 나타났다. 소유역별로 구분하면 Aa는 MA11~12, MA16~19 유역에서 가장 넓은 분포를 나타내며, Bb는 MA03, 05, 06, 10, 14 유역, Cc는 MA01~02, MA07~09, MA15 유역에서 가장 넓은 분포면적을 차지한다.

<표 5-2-7>은 오염부하량 산출을 위한 소유역별 잠재오염원 분포현황이고, <그림 5-2-16>은 오염취약성도와 오염부하량(BOD)을 조합하여 산출된 오염예측도이다. 여기서 오염부하량 추가시 측사의 BOD만을 고려하여 오염취약성도와 오염예측도를 표현하였으며, 오염취약성도와 지역별 부하량은 시간에 따라 변화하므로 농촌지하수 관리시스템에서는 부하량 변화시 변경된 자료를 입력하여 현 상태



의 오염예측도를 구현할 수 있도록 하였다.

<표 5-2-6>과 <그림 5-2-16>에서 본 지구의 지하수관리 주 대상지역은 MA11~12, MA15~19 유역으로 나타나며, 반면에 MA08 유역은 지하수 오염가능성이 가장 낮은 지역으로 나타났다.

실제로 오염예측도는 잠재오염원 부하량 산정시 점오염원(축사, 오수, 폐수 등)과 비점오염원(토지이용, 인구, 비료 등)을 발생원단위 부하량으로 적용한 지하수오염취약성도와 오염부하량 BOD, TN, TP, SS를 각각 중첩하여 산출하나, 본 결과는 이 중 가장 큰 영향을 미치는 축사의 BOD만을 중첩하여 나타내었다.

<표 5-2-6> 오염예측도상의 등급분류에 따른 소유역별 면적산정

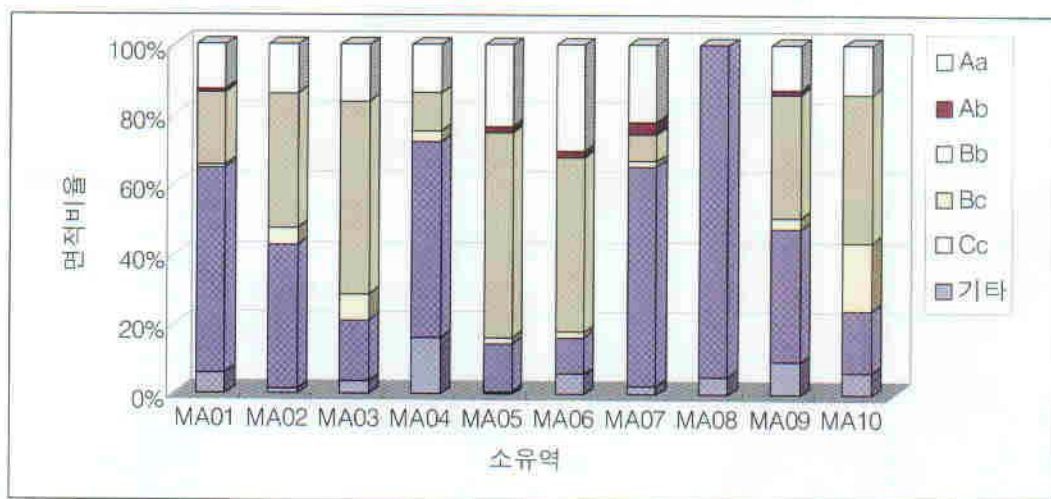
(단위 : km<sup>2</sup>)

구 분	MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15	MA16	MA17	MA18	MA19	면적계 (면적비)	
Aa	면적	0.72	0.98	1.26	0.56	1.89	1.49	2.5	-	0.88	0.57	7.82	4.2	1.5	0.69	0.82	2.69	2.5	6.38	1.47	38.92
	비율	12.7	14	16.1	13.7	23.1	30.5	21.8	-	12.7	13.8	55.6	37.8	43.6	18.3	18.5	41.7	54.3	55.9	36.6	
	면적비	1.8%	2.5%	3.2%	1.4%	4.9%	3.8%	6.4%	-	2.3%	1.5%	20.1%	10.8%	3.9%	1.8%	2.1%	6.9%	6.4%	16.4%	3.8%	31.0%
Ab	면적	0.04	-	-	-	0.16	0.08	0.41	-	0.08	-	0.04	-	-	-	0.04	0.12	0.08	0.04	-	1.09
	비율	0.7	-	-	-	2	1.7	3.6	-	1.1	-	0.3	-	-	-	0.9	1.9	1.8	0.4	-	
	면적비	3.7%	-	-	-	14.7%	7.3%	37.6%	-	7.3%	-	3.7%	-	-	-	3.7%	11.0%	7.3%	3.7%	-	0.9%
Bb	면적	1.19	2.67	4.35	0.44	4.79	2.45	0.9	-	2.47	1.77	3.81	5.62	0.9	0.97	0.2	0.66	1.07	2.54	1.8	38.60
	비율	21	38.3	55.3	10.8	58.6	50.1	7.8	-	35.6	42.7	27.1	50.6	26.1	25.7	4.5	10.2	23.3	22.2	44.8	
	면적비	3.1%	6.9%	11.3%	1.1%	12.4%	6.3%	2.3%	-	6.4%	4.6%	9.9%	14.6%	2.3%	2.5%	0.5%	1.7%	2.8%	6.6%	4.7%	30.7%
Bc	면적	0.04	0.35	0.58	0.13	0.15	0.08	0.19	-	0.23	0.8	0.65	0.05	0.14	0.51	0.16	0.09	0.31	0.51	0.14	5.11
	비율	0.7	5	7.4	3.2	1.8	1.7	1.6	-	3.3	19.3	4.6	0.5	4.2	13.6	3.5	1.5	6.7	4.5	3.5	
	면적비	0.8%	6.8%	11.4%	2.5%	2.9%	1.6%	3.7%	-	4.5%	15.7%	12.7%	1.0%	2.7%	10.0%	3.1%	1.8%	6.1%	10.0%	2.7%	4.1%
Cc	면적	3.35	2.88	1.37	2.28	1.13	0.5	7.2	2.02	2.64	0.73	1.54	1.17	0.51	1.44	2.82	2.36	0.44	1.78	0.29	36.45
	비율	58.8	41.3	17.5	55.9	13.8	10.3	62.6	95.1	38	17.6	10.9	10.6	14.7	38.1	63.6	36.6	9.6	15.6	7.3	
	면적비	9.2%	7.9%	3.8%	6.3%	3.1%	1.4%	19.8%	5.5%	7.2%	2.0%	4.2%	3.2%	1.4%	4.0%	7.7%	6.5%	1.2%	4.9%	0.8%	29.0%
기타	면적	0.34	0.09	0.29	0.66	0.05	0.28	0.3	0.1	0.65	0.27	0.22	0.06	0.39	0.16	0.4	0.52	0.2	0.15	0.32	5.45
	비율	6.1	1.3	3.7	16.3	0.6	5.8	2.6	4.9	9.3	6.6	1.5	0.5	11.4	4.3	9	8.1	4.3	1.3	7.9	
	면적비	6.2%	1.7%	5.3%	12.1%	0.9%	5.1%	5.5%	1.8%	11.9%	5.0%	4.0%	1.1%	7.2%	2.9%	7.3%	9.5%	3.7%	2.8%	5.9%	4.3%
계	면적	5.69	6.98	7.86	4.08	8.18	4.9	11.5	2.12	6.95	4.15	14.07	11.1	3.45	3.78	4.43	6.44	4.61	11.41	4.02	125.72
	비율	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

※ Aa : 129-159/134-159, Ab : 129-159/109-133, Bb : 108-128/109-133, Bc : 108-128/0-108, Cc : 69-107/0-108

<표 5-2-7> 소유역별 잠재오염원 분포현황

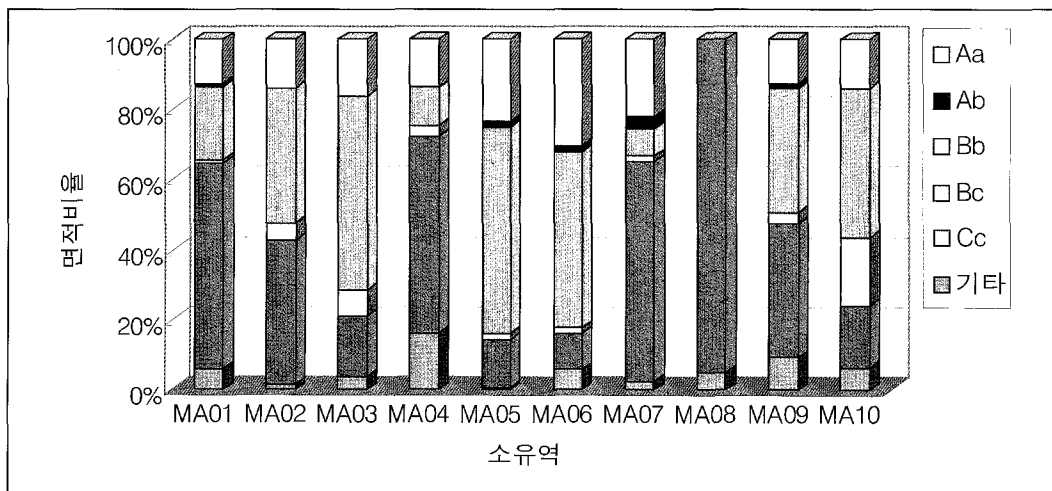
구분	잠재오염원(개소수)				
	축사	주유소	폐수	오수시설	매립지
계	238	49	27	81	4
MA01	11	-	-	2	-
MA02	7	1	-	1	-
MA03	19	1	-	1	-
MA04	11	1	-	6	1
MA05	19	1	24	-	-
MA06	6	3	-	-	-
MA07	5	27	-	11	-
MA08	2	-	-	-	-
MA09	15	-	-	14	-
MA10	3	-	-	2	1
MA11	33	4	-	30	-
MA12	21	-	-	1	1
MA13	3	-	-	-	-
MA14	14	2	-	2	-
MA15	14	-	-	-	-
MA16	6	3	-	1	1
MA17	11	-	1	-	-
MA18	27	4	2	8	-
MA19	11	2	-	2	-



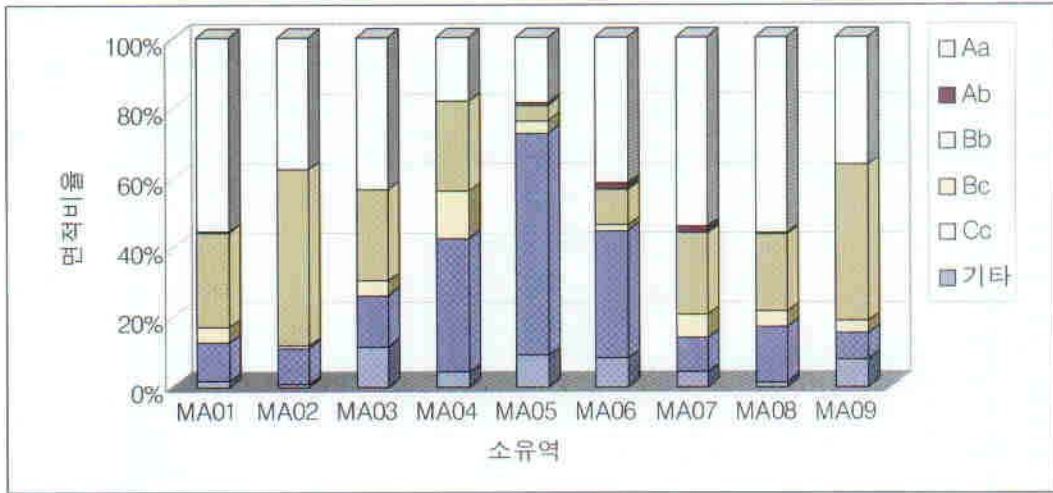
<그림 5-2-15> 소유역별 오염예측분류 히스토그램

<표 5-2-7> 소유역별 잠재오염원 분포현황

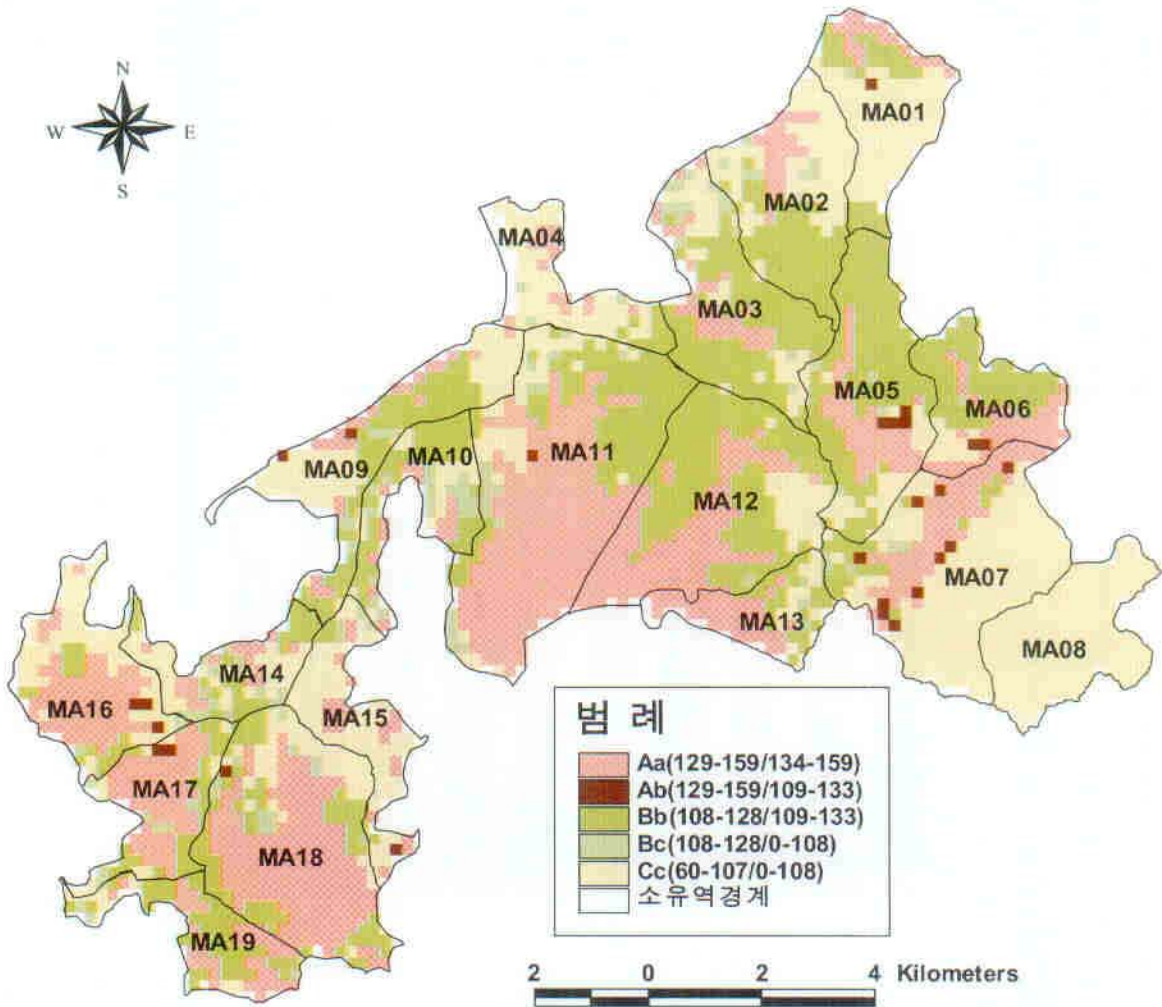
구 분	잠재오염원(개소수)				
	축사	주유소	폐수	오수시설	매립지
계	238	49	27	81	4
MA01	11	-	-	2	-
MA02	7	1	-	1	-
MA03	19	1	-	1	-
MA04	11	1	-	6	1
MA05	19	1	24	-	-
MA06	6	3	-	-	-
MA07	5	27	-	11	-
MA08	2	-	-	-	-
MA09	15	-	-	14	-
MA10	3	-	-	2	1
MA11	33	4	-	30	-
MA12	21	-	-	1	1
MA13	3	-	-	-	-
MA14	14	2	-	2	-
MA15	14	-	-	-	-
MA16	6	3	-	1	1
MA17	11	-	1	-	-
MA18	27	4	2	8	-
MA19	11	2	-	2	-



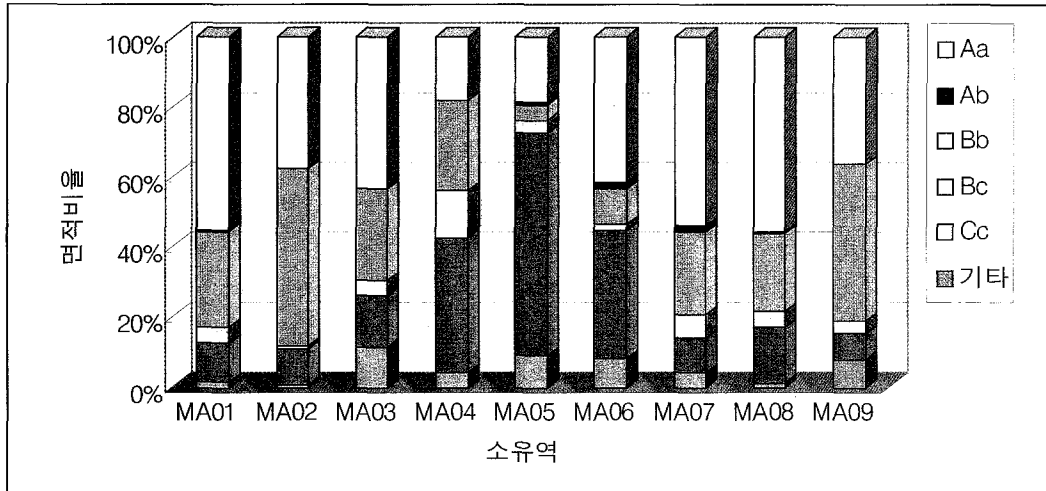
<그림 5-2-15> 소유역별 오염예측분류 히스토그램



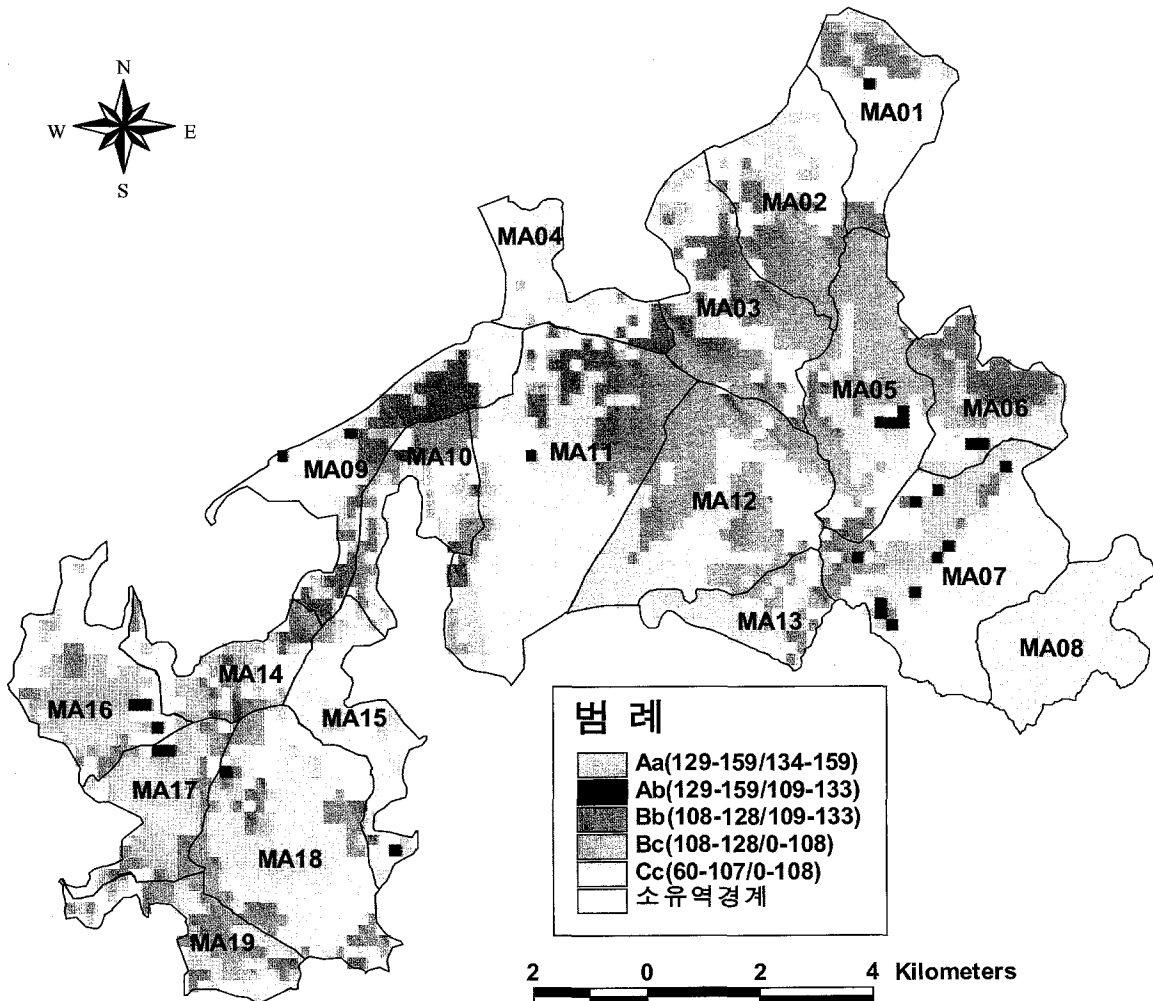
<그림 5-2-15> 소유역별 오염예측분류 히스토그램(계속)



<그림 5-2-16> 무망지구 등급분류에 의한 오염예측도



<그림 5-2-15> 소유역별 오염예측분류 히스토그램(계속)



<그림 5-2-16> 무망지구 등급분류에 의한 오염예측도

## 5.3 지하수 모델링

### 5.3.1 개요

지하수는 강수의 지하 침출, 증발산, 관정으로부터의 양수, 기저유출 등의 유출입 형태로 연중 지속적으로 이동하며, 이는 외형적으로 샘물이나 수위변화로 나타난다. 따라서 적정채수량이나 포획구간은 일정량으로 고정되어 있지 않고 제반 수문상황과 지하수위의 변동에 따라 변화한다.

따라서 일정한 지역에서 적정한 지하수 부존량을 산정한다는 것은 주변 시설물이나 지질환경, 수질오염 등 피해를 유발하지 않는 범위에서 채수 가능한 최대량, 즉 강우에 의해 지하로 함양되는 함양량을 산출하는 것과 유사하다고 할 수 있다. 하지만 이러한 적정채수량도 지하수 함양량이 고정되어 있지 않고 연중 계속 변화하므로 적정채수량은 수문상황과 함께 시간에 따라 변화한다고 볼 수 있다. 다시 말해 지하수 부존량은 월별 강수량의 변화에 따라 변동하며, 이에 따라 적정채수가능량도 고정되지 않고 강수량에 따라 연중 변화한다. 이렇게 시간의 경과에 따라 변화하는 적정채수량을 실시간으로 분석하여 관정의 채수량을 조절하려면 시간과 비용면에서 비효율적이므로 일반적으로 적정채수량은 가장 불리한 시점에서 주변에 피해를 주지 않는 범위의 최대 취수 가능량으로 취하게 된다. 즉 한발시 갈수기의 끝 시점에서, 주변 환경에 피해를 주지 않고 오염을 유발시키지 않는 범위의 채수량을 적정채수량으로 설정하여 관정을 관리하면 비록 지하수 이용량은 적더라도 평상시에도 안전한 이용량이 될 것이다.

이러한 관점에서 적정한 지하수 채수량은 지하수 모델링 기법을 통하여 한발시 갈수기의 최대 이용가능량으로 산출할 수 있다.

오염물질과 관련된 포획구간은 오염물질이 취수정으로 유입될 수 있는 지표범위 구역을 말한다. 영향범위는 자연수위가 양수의 영향으로 수위강하를 일으키는 지역을 말하며, 포획구간보다는 상당히 넓은 범위가 해당된다. 영향범위와 포획구간은 취수량과 강수량, 증발산량, 기저유출량 등 함양에 영향을 미치는 대수층의 지하수 유출입량에 따라 그 범위가 달라진다.

적정채수량과 포획구간은 모델을 구축하여 제반 수리지질 자료와 분석결과를 지하수 모델링 프로그램에 입력하고 1년간 수위자료와 비교·검증과정을 거친 후 5년간의 Simulation을 통해 예측하여 산출할 수 있다.

## 가. 지하수 모델링

지하수 모델링의 정의에 대해서 많은 이론이 있으나 국제모델링센터(IGWMC)에서 정의한 바에 의하면 "Non-Unique, simplified, mathematical description of an existing ground-water system, coded in a programming language" 즉, 대수층 구조와 지하수 유동현상을 가능한 여러 가지 수학적 수식으로 단순화시켜 모델로 묘사하고 이를 컴퓨터 프로그래밍화 한 것으로서 대수층의 경계조건, 수리상수, 지하수 유출입 조건 등을 코드로 입력하여 대수층의 반응이 분석될 수 있도록 한 것이다.

최근 컴퓨터분야의 기술 발전과 더불어, 예를 들면 Workstation용 OS인 Unix 체계의 발전과 Fortran 90같은 고급언어의 개발로 인하여 지하수 모델링 기법에 대한 기능과 역할이 크게 향상되고 있다. 또한 그래픽 기능과 같은 후처리 기법이 급속하게 발전하여 지하수 모델링 분석결과에 신뢰도를 증가시켰다.

현재 지하수 모델링 기법으로

- 대수층내 지하수 유동체계에서 수리 역학적 구조와 조절기능을 수학적으로 분석하고 그 결과를 지하수관련 정책수립 기초자료, 정책방향, 정책의 타당성 여부를 미리 예측함으로써,
- 지하수의 유동분석과 오염물질의 이동에 관한 과학적인 분석과 미래의 수문학적 상황에 대한 대처방안 등을 마련할 수 있게 한다.

이러한 예측기능은 지하수 보전정책 수립에 적용되어 자연환경의 보호와 생태계를 건강하게 유지시킬 수 있는 기술로 활용된다. 또한 과거로부터 또는 최근에 오염된 대수층의 오염진행 상태를 분석하고, 이를 정화처리하기 위한 대책 수립시 어떤 위치에서 어떠한 기법으로 처리하는 것이 효과적이고 경제적인지를 컴퓨터 모델링을 이용하여 가상 적용하므로써 정화처리에 대한 최적 기법을 선택할 수 있다.

## 나. 모델링 프로그램 선정

국제지하수모델링센터(IGWMC)에 등록된 모델링 프로그램은 여러 연구기관의 기술자에 의해 개발된 다양한 프로그램들이 포함되며, 각 현장의 특수여건에 따라 개발되어 분석상 장·단점을 가지고 있다.

'93년까지 세계지하수모델링학회에 등록된 지하수 모델링 프로그램은 492종이



며, '93년 미국 환경부 산하 EPA에서는 이를 세부 종목별, 특성별로 구분하고 활용상태와 신뢰도 등에 관한 자료를 정리하여 발표하였다. 이중 프로그램 이론에 대한 과학적인 타당성과 현장 적용성이 인정되어 일반 지하수 전문 연구기관에서 가장 활용도가 높은 프로그램인 MODFLOW를 본 지하수 모델링에서도 이용하였다.

MODFLOW를 이용하여 지하수 부존량 및 적정채수량을 확인하고, MODPATH로 포획구간 및 지하수의 유로분석을 통하여 오염물질의 경로를 확인하며, 그 외 흡착, 분산 등 오염물질의 거동특성은 MT3D로 분석할 수 있는데, 이는 3개의 프로그램이 서로 호환이 가능하도록 입력 file구조를 동일한 구조로 설계하였기 때문이다. 최근에는 이러한 3개 프로그램의 기능을 통합하여 한 개의 프로그램에서 운용할 수 있는 상용 프로그램으로 Visual MODFLOW가 개발되어 부존량 분석에서 오염물질 거동까지 일괄처리처리가 가능하므로 시간이 절약되고 신뢰도가 향상되어 본 조사에서도 동 프로그램을 선정하였다.

MODFLOW 프로그램은 Darcy의 법칙에 근거한 층적층이나 퇴적암류 대수층을 기본적인 대상으로 개발되었으므로 자연상태에 존재하는 여러 가지 대수층의 복잡한 현상에 대하여 적용 한계성을 갖고 있었으나, 프로그램의 Source file을 공개하여 이를 해결하였다. 공개된 프로그램은 전 세계 사용자들이 계속 연구하여 특수한 자연현상을 해결하기 위한 SUB-PROGRAM들을 다수 개발할 수 있었으며, 최근 Horizontal Flow Barrier, BCF3, Stream, Compaction 등이 개발되어 분리구조가 주 대수층 역할을 하는 암반 대수층의 지하수 수문분석도 신뢰도가 크게 향상되었다.

또한 모델 구축시 선구조도, 지형도, 지질도, 토양도 등을 이용하여 제반 대수층 상수를 입력할 수 있는 GIS 프로그램들과 연계된 프로그램들이 다수 개발, 상용화됨으로써 지형도상에서 위치를 확인하며 대수층의 경계조건을 정밀하게 입력할 수 있게 되었다. 본 조사사업에 사용된 Visual MODFLOW는 PC용 GIS와 MODFLOW를 연계한 프로그램으로 지리좌표에 대한 자료 입력이 가능하여 정밀도 향상과 시간절약 효과를 거두었다.

#### 다. 지하수유동모델링(MODFLOW)

지하수 모델링은 대수층 조건과 흐름 등의 자연상태를 수식으로 표현하고 컴

퓨터를 이용하여 계산하는 방법이며, 입력자료의 정확도에 따라 분석결과의 신뢰성이 좌우되므로 현장조사에서 획득한 모든 자료의 정확한 분석과 입력이 선행되고 이에 대한 검증이 필요하다.

지하수 수문모델 구축을 위해서는 먼저 실제 대수층의 구조를 이해하고 유역 경계와 지하수 수문상의 대규모 경계조건을 파악하여야 한다. 이러한 목적으로 현장조사를 실시하며, 조사자료는 실내작업을 통하여 그대로 도면(또는 수치지도)에 옮겨지게 된다.

기초 모델구조가 형성되면 양수시험을 통하여 얻은 대수층 수리계수와 기타 조사자료들을 종합 검토하며, 실제 대수층이 수학적 모델로 표현될 수 있도록 현장자료를 입력한다.

현장자료 중 대수층 시험자료는 양수정과 관측정같은 일부 작은 면적의 대표값으로 전체 모델지역을 대변할 수 없다. 따라서 평형상태 Simulation에서 투수량계수를 미지수로 하고 기타 자료는 조사된 값을 입력한 후 출력되는 수위와 관측수위가 일치할 때까지 다른 조사자료(선구조, 물리탐사, 단층구조, 주향경사 등)를 참고하여 지역적으로 투수량계수를 조절하고 최종적으로 두 수위 값이 일치되는 상태의 투수량계수가 이후 모델 분석에 이용된다.

이러한 과정을 검증과정이라 하며, 모델 구축시 가장 중요한 부분이다. 또한 평형상태에서 만족스러운 모델이 구축되더라도 이 경우는 조사당일 한 시점에서 대수층의 유입량과 유출량이 일정하다는 가정하에 평형상태를 분석한 결과이므로 다시 비평형상태 분석을 수행하여야 한다.

비평형상태에서는 1년간의 장기 수위관측자료를 이용하여 강우량의 변화에 따른 장기간의 수위변화를 평형상태와 같이 관측수위와 모델의 계산값이 일치되도록 재검증을 하여야 한다. 이러한 방법으로 2차 검증이 끝난 이후에 완전한 모델이 구축되었다고 할 수 있으며, 이 모델을 이용하여 조건별 미래상황을 예측할 수 있다.

#### 1) 평형상태분석(Steady State Simulation)

Steady란 “시간이 지나도 속도가 변하지 않는다”는 의미로 여기서는 한번의 Time Step 기간 동안 유입량과 유출량이 동일할 때 형성되는 수위분포를 계산하여 입력된 투수계수의 분포가 수위와 일치되는지를 검토하게 된다. 따라서 저류계

수의 기능을 고려하지 않으며 모델구축의 1차적인 신뢰도 검증은 할 수 있다. 실측자료가 아닌 추정자료에 의한 오류를 제거하기 위하여 입력된 투수량계수와 함양량을 조절하면서 모델 Simulation을 반복하여 모델에서 출력되는 자연수위가 실측치와 일치할 때까지 투수량계수를 조절(Trial and error)한다.

평형상태분석은 모델 구축과정의 기본단계이며, 현장에서 직접 얻어진 조사지점의 실측자료와 주변의 추정자료에 대한 1차적인 모델 검증단계로 현재의 수위 분포와 모델의 계산수위가 일치할 때까지 투수량계수를 조절하는 과정이다. 이 과정은 대수층의 저류기능은 고려하지 않고 대수층의 유입량과 유출량이 평형을 이루는 시점에서 지하수위 분포상태를 수학적 모델로 구축하는 과정이다.

## 2) 비평형상태 분석(Transient Simulation)

비평형상태란 “시간이 경과함에 따라 변하는 상태”를 말하며, Stress(양수, 함양 등 변화 요인)가 일정하면 일정시간이 지나 지하수위는 다시 평형상태에 도달하게 된다. 모델링에서는 Steady State 상태에서 형성되는 수위분포를 참고하여 투수량계수와 함양량 조절에 의해 1차 모델을 확인한 후 비평형 분석을 수행한다. 비평형 분석은 대수층 저류계수의 기능이 포함되며, 장기간의 Stress(지하수 채수량과 강수에 의한 함양량, 증발산량 등의 변화량)가 주어질 경우 시간변화에 따른 대수층과 수위 변화를 분석하는데, 이를 Transient 분석이라 한다. Steady State 상태에서는 통상 하루분량의 수위자료와 모델 출력자료를 일치시켰으나, 이 분석은 1년간의 지하수위 장기관측자료와 모델에서 출력되는 수위를 비교하여 상호일치될 때까지 입력된 자료들을 수정, 반복하면서 모델을 완성하는 과정이며, 대수층의 모든 조건과 영향인자들을 고려하여야 한다.

조사지역의 비평형상태 분석은 평형상태 분석이 완료된 1차 모델에 월별 강수량, 양수량, 증발산량을 각각 1, 3, 5년간 Stress를 주어 이때 산출되는 수위변화와 장기관측 수위자료를 일치시켜 구축된 모델을 최종 검증한다.

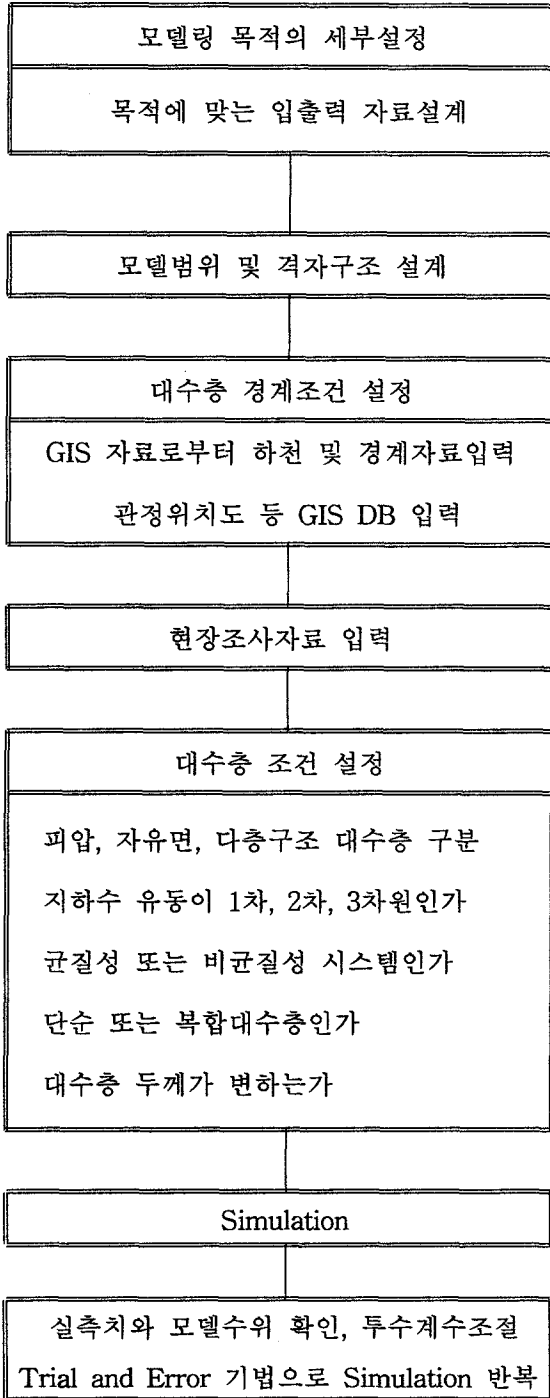
<표 5-3-1> 지하수 모델링의 절차

STEADY- STATE SIMULATION

Newton 제 2법칙

유입량 = 유출량

저류변화가 없다

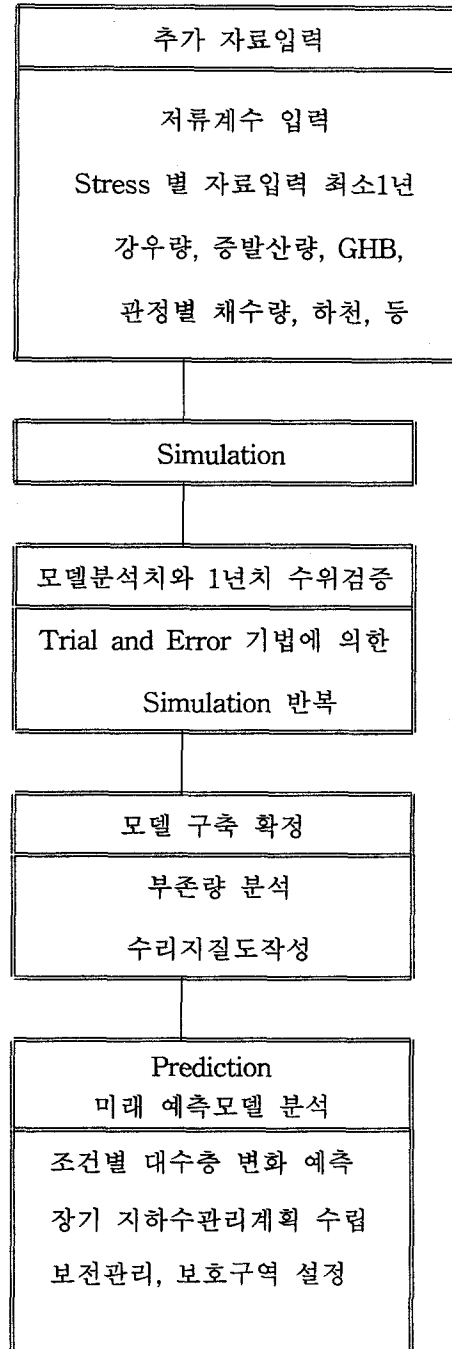


TRANSIENT SIMULATION

시간에 따른 저류변화

유입량 = 유출량 + 수위변화

저류량 변화



### 3) 장기수위관측

장기수위관측의 목적은 강수량 변화 또는 주변 관정의 양수에 의한 대수층내 수위변화를 측정하는 것이며, 모델링에서는 구축된 모델이 현장 대수층 구조와 특성을 적절하게 모사하는지를 검증할 수 있는 중요한 자료이다. 즉 지하수모델은 비평형상태 구축시 장기 수위관측 실측자료와 모델에서 계산되는 수위가 서로 일치하여야 한다.

여기서 수위 일치는 어떤 시점의 절대수위가 아니라 연중 수위변화율이 서로 일치한다는 것을 의미한다. 모델분석은 특정 지점에서 어떤 시점의 정확한 수위를 예측하기보다는 지역 개념으로 강수량 변화에 따라 수위가 상승하고 하강하는 변화추세를 분석하는 것이다.

### 4) 예측모델(Prediction)

예측모델(Prediction simulation)이란 Transient simulation이 완료되면 실제 대수층을 대변할 수 있는 모델이 구축되었음을 의미하며, 이 모델을 이용하여 미래 상황을 예측하는데 양수량을 조건별로 주고 장기 가동시에도 연간 지하수의 유출입 Balance가 유지되도록 한다. 또한 양수에 의한 수위강하 정도가 주변환경에 영향을 미치지 않는 범위로 설정하여 그때의 함양량을 적정 지하수부존량으로 산정한다.

적정 지하수부존량은 일별, 월별, 연별로 산출하며, 한발시 수위강하량에 대한 양수량 감소분 등을 분석하고 월별 예상 수위강하량과 1, 3, 5년 후까지의 예상 수위강하량을 예측한다. 적정 지하수부존량 분석은 지하수유동 모델링 프로그램을 이용하는데, 장기 수위강하 예측에 의한 지하수환경의 변화상도 분석 가능하다. 모델이 완료되면 이를 활용하여 향후 조건별 대수층 변화를 예상하며, Case별로 검토하여 지하 기저유출량과 적정 지하수부존량을 산출한다. 그 외 예상 지하수위 강하량도를 작성할 수 있으며, 최적대수층 관리방안을 검토할 수 있다.

### 라. 지하수수질모델링(MODPATH)

MODPATH 프로그램은 The Particle Tracking이라고 하며, 질량 보전의 법칙(Mass Balance)에 의한 입자의 유동경로를 분석하는 것으로 평형(Steady state), 비평형(Transient)상태에서의 분석이 가능하다. U.S.G.S.에서는 MODFLOW 프로그램

을 지하수 유동분석 기본 프로그램으로 활용하고 있으며, 이 결과로부터 지하수 오염 유동경로를 분석코자 MODPATH를 개발하였다.

평형상태 하에서 MODPATH 지배식은

$$\frac{\partial}{\partial x}(n V_x) + \frac{\partial}{\partial y}(n V_y) + \frac{\partial}{\partial z}(n V_z) = W$$

$V_x, V_y, V_z$  : 평균 선형 지하수유속 Vector

$n$  : 공극율

$W$  : 체적내에서의 유량 변화량

비평형상태 분석은 별도의 지배식으로 계산하는 것이 아니고 시간 최소 단위인 1 Step 내에서는 평형을 이루므로 평형상태 지배식으로 분석하고 이 평형상태 분석을 연속적으로 다음 시간단위로 마치 계단식(Discretization 형식)으로 단계별 분석을 하는 것으로서 Vector 계산시 메모리를 크게 차지하여 PC급 컴퓨터에서는 분석이 곤란하다.

MODFLOW에 의하여 지하수 부존량 검토가 완료된 후 동일한 대수층 구조와 특성에서 지하수의 유동에 의한 오염원 유로분석을 실시한다. Visual MODFLOW 프로그램에서 MODPATH 프로그램을 활용하면 오염물질의 특성 중 단순히 지하수의 유동(Advection)에 따라 이동하는 경로는 물론 장기간의 포획구간에 대해서도 분석이 가능하므로 오염 처리 및 포획구간을 산출하는 경우 효과적인 프로그램이다.

#### 1) 기본도 입력 및 모델 범위 설정

MODPATH는 기본 지하수 특성자료, 모델구조, 경계조건 등은 모두 MODFLOW 모델에서 기 구축된 자료를 그대로 사용하고 MODFLOW 가동 이후 결과물인 수위자료와 budget 분석량, 추가인자로서 공극율을 입력하여 분석한다.

#### 2) Forward Tracking Simulation

오염원 또는 잠재오염원의 위치로부터 향후 일정기간(1년, 3년 혹은 5년) 후 현재의 오염물질이 지하수의 유동현상에 의해 퍼져나가는 유로와 범위를 추정해 준다. 즉, 지하수 유속으로 일정기간이 경과 후 오염범위를 예측할 수 있다. MODFLOW 비평형상태(Transient)에서의 분석 결과로 MODPATH를 분석함

원칙이나 격자수가 많을 경우 PC에서는 용량부족으로 어렵고 W/S급 이상에서 가능하다.

다만 PC에서 개괄적 개념을 얻고자 하는 경우, MODFLOW 평형상태(Steady State) 분석결과만으로 MODPATH를 분석하는 경우가 있으나 이 경우는 주의를 요한다. 우리 나라의 기상처럼 건기, 우기 구분이 뚜렷하며 한발과 홍수가 잦은 지역에서 1년 중 어느 하루, 즉 봄철이나 여름철 하루의 평형분석으로 얻은 지하수의 유속으로 365일이 똑같은 유속이라 가정하고 1년 혹은 수년 이후를 예측한다는 것은 매우 위험하다고 할 수 있다. 이런 경우의 전제조건, 즉 갈수기로서 채수량이 최악의 조건에서 평형상태 분석으로 얻은 유속으로 장기예측을 하는 것이 바람직하다.

### 3) Backward Tracking Simulation

오염물질이 대수층에 분포되어 이를 처리하기 위한 방안을 검토하고 일반적인 처리기법 중의 하나인 주입 및 양수기법에 대한 검토를 할 경우, 필요한 취수정의 개수 및 위치, 양수량, 양수기간 분석을 Backward Tracking 분석으로 할 수 있고 기타 지하수위 강하가 심한 지역에 대한 포획구간 분석도 가능하다.

#### 5.3.2 무망용수구역의 지하수 모델링

농촌지하수관리시스템에 포함된 모델링자료생성프로그램은 일반적으로 지하수 모델링에서 사용되는 Visual MODFLOW의 Import 파일 자료를 제공하도록 구축하였다. 이러한 기능은 시스템내에 저장된 D/B를 검색하여 모델링에 필요한 기초 자료를 Package 파일로 작성하여 모사에 필요한 자료를 손쉽게 작성할 수 있는 장점이 있고 누적된 자료를 활용할 수 있다.

소유역단위 지하수 예측모델(Prediction)을 구축하기 위해서는 보다 많은 관측 자료와 누적자료가 필요하나, 현 단계에서는 누적된 조사자료가 부족하여 예측모델 구축이 어려우며, 부적당한 요인이 많다. 그러나 농촌지하수관리시스템이 정상적으로 운영되어 축적된 자료들을 이용하면 적절한 모사가 가능할 것으로 판단된다.

본 지역의 모사는 모사에 필요한 자료가 부족한 상태이나 시스템에 구축된 모델링 기능의 운용 가능성에 주안점을 두고 모사를 실시하였다.

농촌지하수관리시스템에 포함된 모델링자료생성프로그램을 이용하면 모사지역

의 모델링 자료를 자동으로 생성할 수 있다. 본 프로그램은 수치지형도(1:5,000)에서 추출한 고도, 탐사 및 시추주상도에서 얻어진 지층의 상태, 유역경계를 이용한 경계조건, 지질 및 대수성시험에 의한 수리전도도 및 저류계수 분포도, 수위등고선도에서 추출한 셀수두, 관정 위치도 및 관정내역, 지하수 이용량, 해당지역의 강우량, 증발량, 침투량 등 모사에 필요한 기본입력자료를 D/B화하고, 이러한 자료들을 손쉽게 모델링 기초자료로 활용할 수 있다.

#### 가. 입력조건 및 한계성

모사구역은 지형도에서 소유역을 추출하여 총 19개의 소유역으로 구분하였고, 1층을 충전층, 2층을 암반층으로 설정하였다. 모사격자는 100×100m의 등방격자를 사용하였으며, 소유역 경계를 기준으로 소유역 안쪽은 Active Cells(변동수두), 경계 바깥쪽은 Inactive Cells(무흐름)로 정의하였고, 충전층인 1층은 자유면대수층(1), 암반층인 2층은 완전피압대수층(0)으로 설정하였다. 또한 모사지역의 초기수두값은 수위등고선을 이용하여 셀수두값을 추출하였으며, 모사구역의 설정은 <표 5-3-2>와 같다.

셀중심흐름설정(Block-Centered Flows Package)에서는 각 소유역별로 1층의 표고(TOP)는 수치지형도에서 DEM값을 이용하여 추출하였고, 1층의 저면표고(BOT)는 시추주상도의 비고결층 심도를 보간하고 GRID를 작성하여 모사지역의 각 셀값을 추출하였다.

1층의 수리전도도 및 저류계수는 기존자료와 대수성시험(양수시험, 순간수위 변화시험 등)을 이용하여 산출하고 각 지질별로 충전층의 수리상수 값을 산정하였다.

2층의 표고(TOP)는 1층의 저면표고(BOT)와 동일하며, 2층의 저면표고는 모사심도를 지표에서 100m로 하였다. 2층의 수리전도도와 저류계수는 1층과 동일한 방법으로 산정하였으며, 소유역별 수리상수 산정내역은 <표 4-1-13~14>와 같다. River package에 포함되는 하천의 표고는 수치지형도에서 추출하였다.



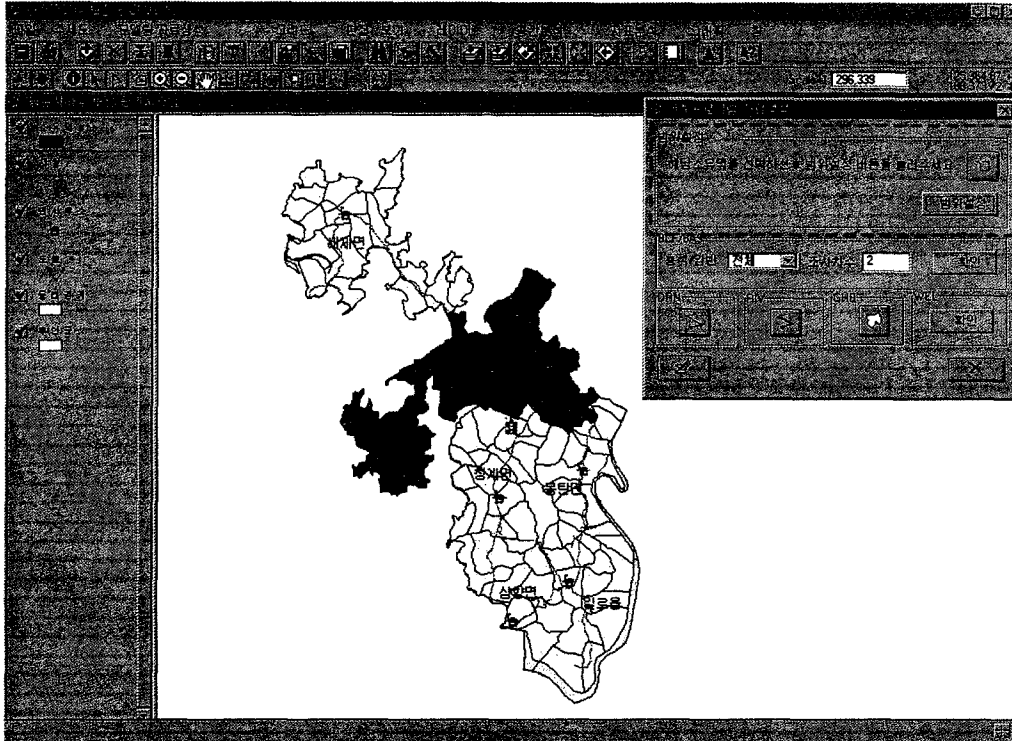
<표 5-3-2> 소유역별 모사구역의 설정

소유역	열수(Column)	행수(Rows)	층수(Layers)
MA01	29	43	2
MA02	29	50	2
MA03	35	52	2
MA04	37	30	2
MA05	58	56	2
MA06	30	33	2
MA07	47	49	2
MA08	35	37	2
MA09	58	56	2
MA10	26	43	2
MA11	47	66	2
MA13	38	24	2
MA14	38	26	2
MA15	27	55	2
MA16	35	45	2
MA17	34	34	2
MA18	40	49	2
MA19	45	26	2

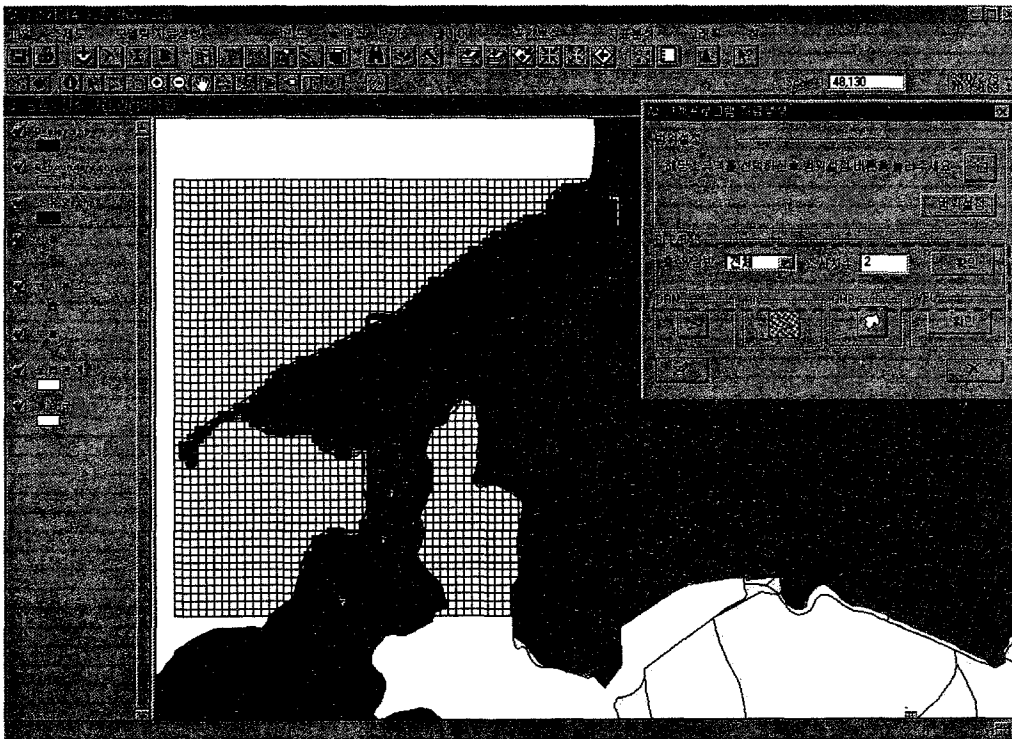
각각의 Well package에 포함되는 관정의 위치 및 양수량 등은 관정에서 추출하였으며, 양수량이 미기록된 관정은 제외하고 양수량이 표시된 관정만 모사에 이용하였다. Recharge package에 포함되는 함양량은 <표 5-1-8>과 같이 산정하였다.

#### 나. 지하수모델링 연계프로그램의 적용

농촌지하수관리시스템에 포함되어 있는 연계프로그램 항목을 이용하여 기입력된 모사지역의 자료를 활용, 지하수 모델링에 필요한 입력자료를 생성하였다. 지하수모델링의 작업과정은 <그림 5-3-1>과 같이 소유역을 선정하고 범위설정 버튼을 클릭하면 <그림 5-3-2>와 같이 해당 모사지역에 격자망이 자동으로 생성된다. <그림 5-3-2>에서 격자망 간격은 100m이며, 모사구역 안쪽은 유동셀(Active cells), 모사구역 바깥쪽은 무흐름셀(Inactive cells)로 정의된다.



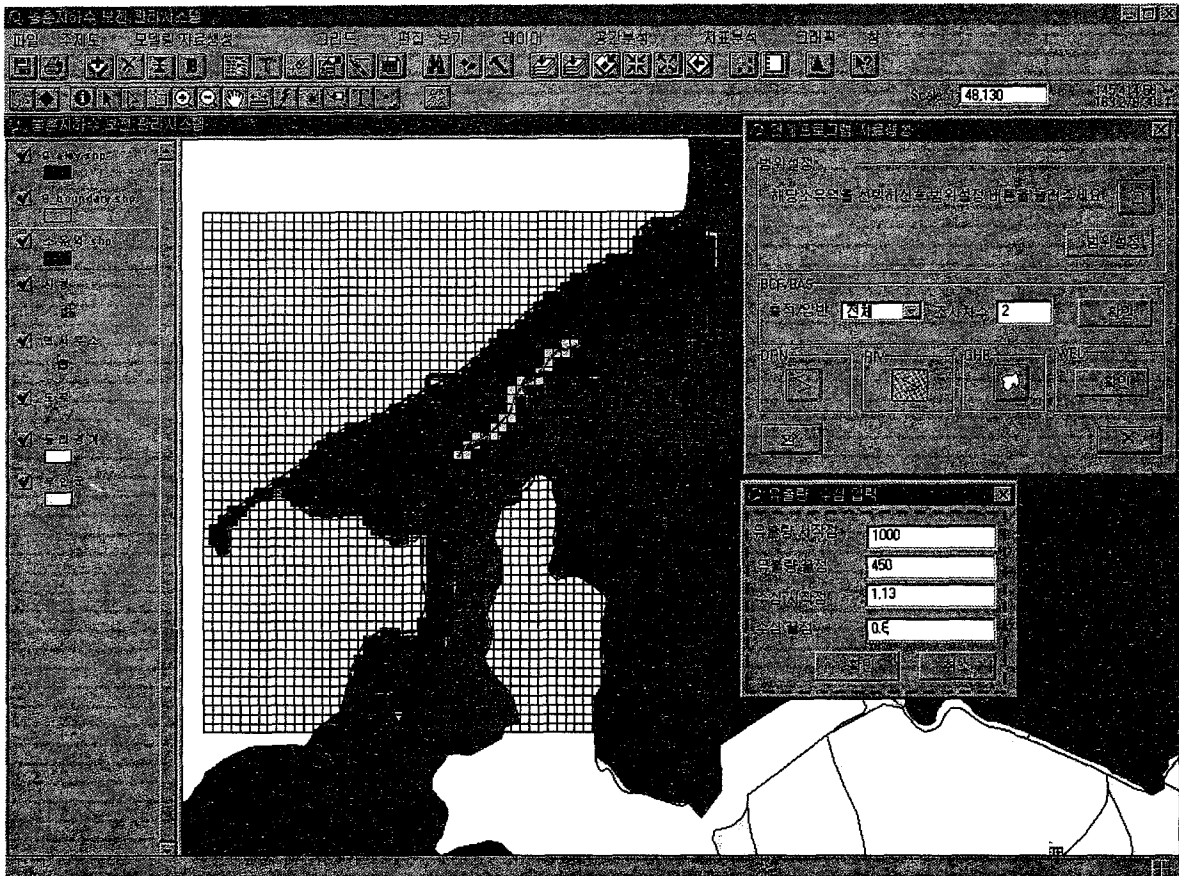
<그림 5-3-1> 모사구역의 설정



<그림 5-3-2> 모사구역의 격자망 생성

BCF는 조사입력된 자료를 이용하여, 보간한 후 해당격자의 셀값을 추출하면 별도의 작업없이 자동생성된다.

<그림 5-3-3>과 같이 WEL은 관정주제도에서 관정의 위치 및 양수량, 시추 내역 등을 추출하여 생성한다. RIV, DRN, GHB 등의 경계조건 설정은 해당셀을 선과 폐곡선 등으로 작도하여 해당지역의 표고, 수리상수를 입력받아 자료 파일을 생성한다.



<그림 5-3-3> 모사구역 경계조건의 설정

<그림 5-3-4>는 전처리과정에서 추출된 지하수모델링 입력자료(Grid 자료)들을 MODFLOW 프로그램에서 Import가 가능하도록 자료형태를 변경하여 Package 파일을 생성하는 과정이다. 그림에서와 같이 ASCII Grid자료를 이용하여 Package 파일을 만들며 BAS, BCF, WEL, RIV, DRN, GHB, RCH Package 파일 등이 생

성된다. 첫 번째 패키지선택 단계에서 구역번호를 선택하면 생성된 입력자료가 나타나며, BAS, BCF에 사용자 입력자료를 추가 입력하여 Package 자료를 생성하도록 되어 있다. 이러한 과정을 거치면 <그림 5-3-5>와 같이 Visual MODFLOW 프로그램에 Import가 가능하다.

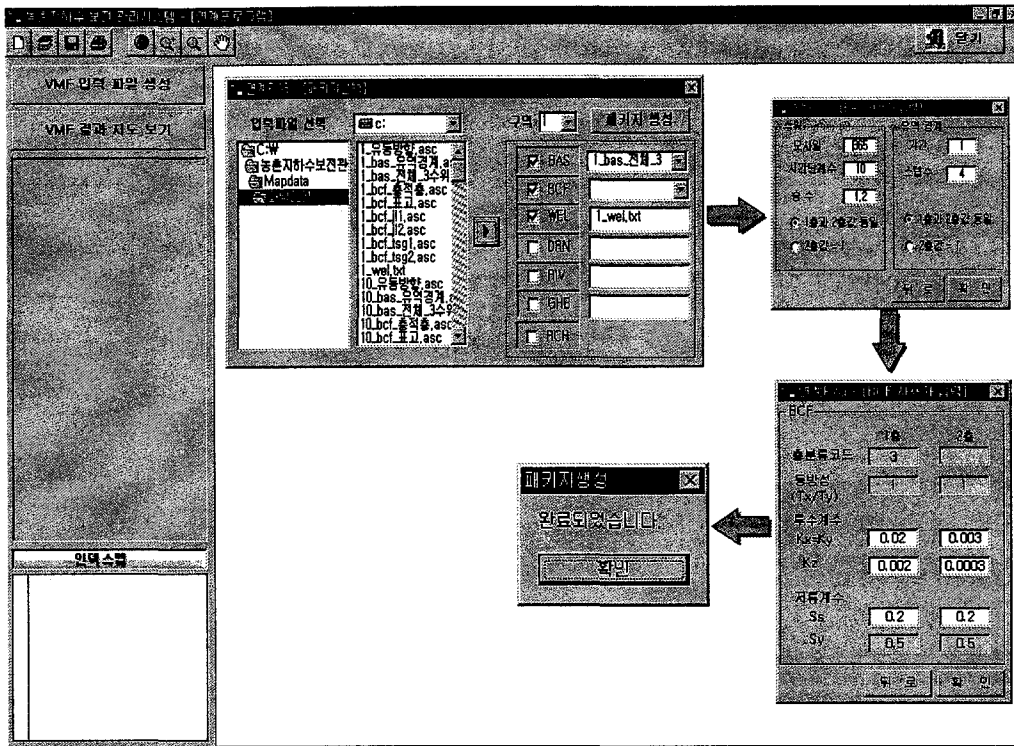
각각의 입력자료를 이용하여 작성한 구역별 정류 또는 부정류 상태의 수위등고선도와 물수지분석 결과는 『다. 무망지구의 지하수모델링 결과』와 같으며, 입력자료 중 수위변화 자료가 부족한 점을 감안하면 모니터링을 통하여 지속적인 보완검증이 필요한 것으로 사료된다.

#### 다. 무망지구의 지하수 모델링 결과

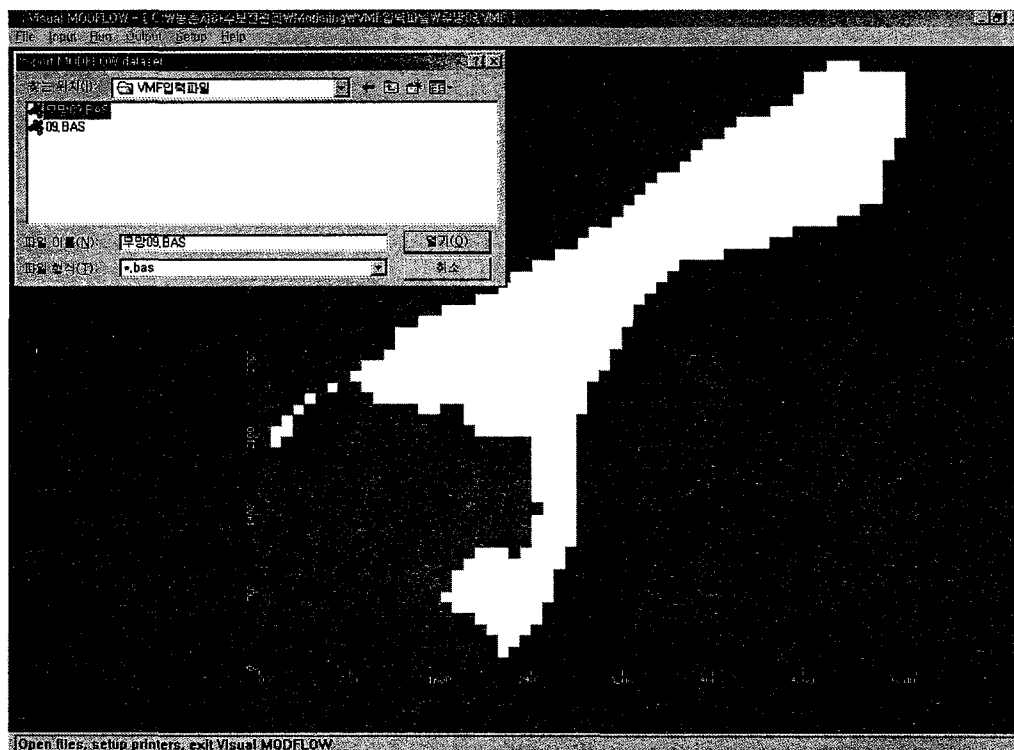
물수지 분석시 문제가 예상되는 소유역에 대해 지하수 예측모델(Prediction)을 구축하고 지하수 모델링을 수행하기 위하여 보다 많은 관측자료와 누적자료가 필요하나, 누적자료가 부족한 현 단계에서는 부적합한 요인이 많아 예측모델의 구축이 어렵다. 따라서 보다 신뢰도 높은 예측모델을 제시하기 위해서는 다음과 같은 주기적(월별)인 조사자료가 필요하다.

- 하천 유입·유출량 분석자료
- 강우량 및 증발산 분석자료
- 지하수위 변화 분석자료
- 지하수이용량 분석자료
- 지역별 토양침투량 분석자료
- 하천바닥 침투량 분석자료

※ 다음 결과는 지하수관리시스템의 D/B 및 GIS자료를 이용하여 모델링 기본자료를 추출하고 이것을 이용하여 예측모델을 작성한 것이다. 모델검증은 예측모델에 필요한 조사자료가 부족하여 부적합하나, 자동화시스템을 이용하여 지하수 모델링에 의한 물수지 분석을 실시하였다. 적용 모델은 주기적인 현장조사와 관측자료에 의한 검증과정을 거치면 지하수모델링을 용이하게 처리하고 신뢰도 높은 결과를 제시할 수 있다.

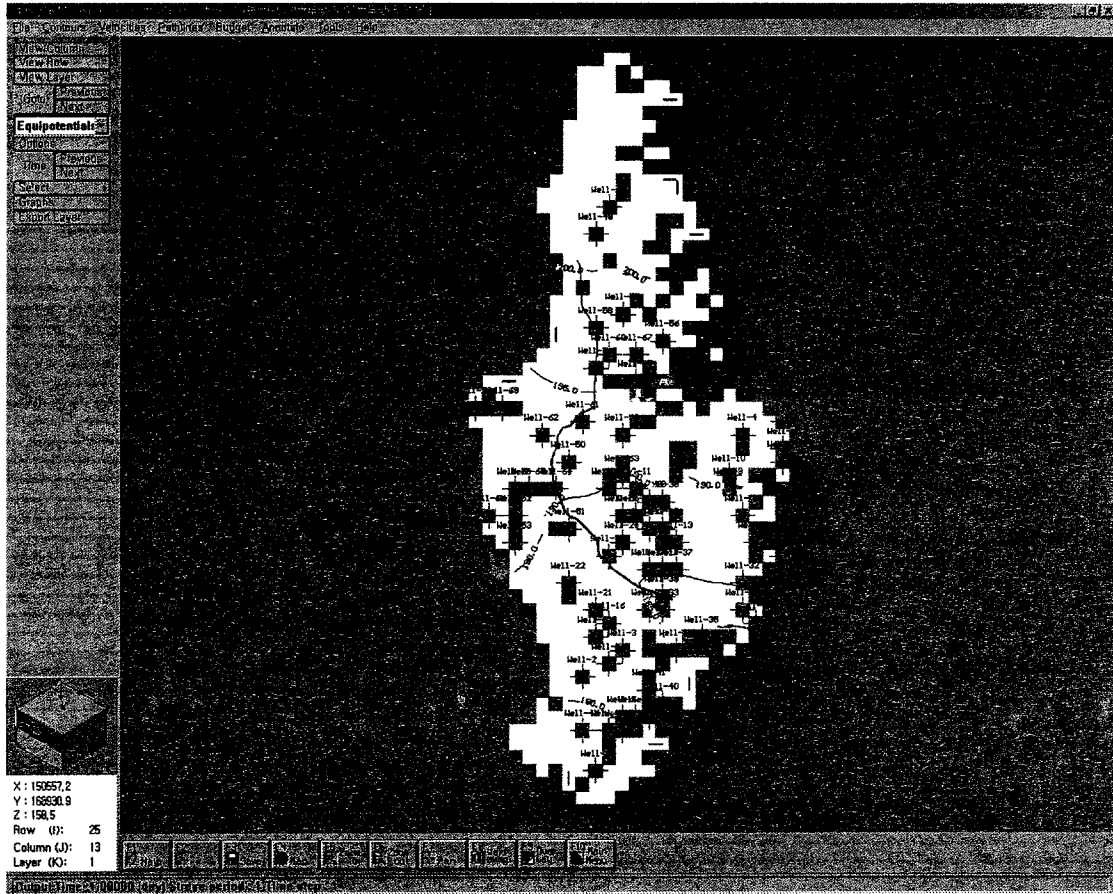


<그림 5-3-4> Import MODFLOW Package 파일 생성



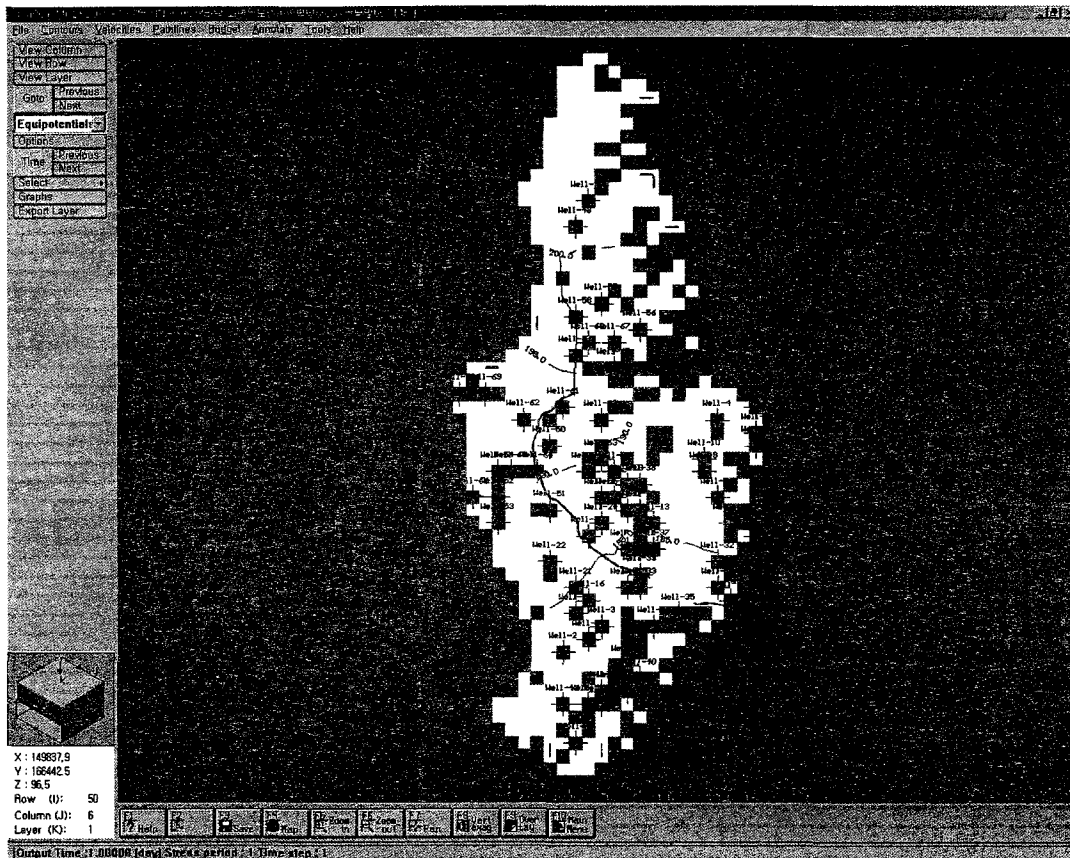
<그림 5-3-5> Visual MODFLOW 프로그램 입력

© 무망 MA05 유역의 비양수시 정류(Steady State) 수위등고선 및 물수지



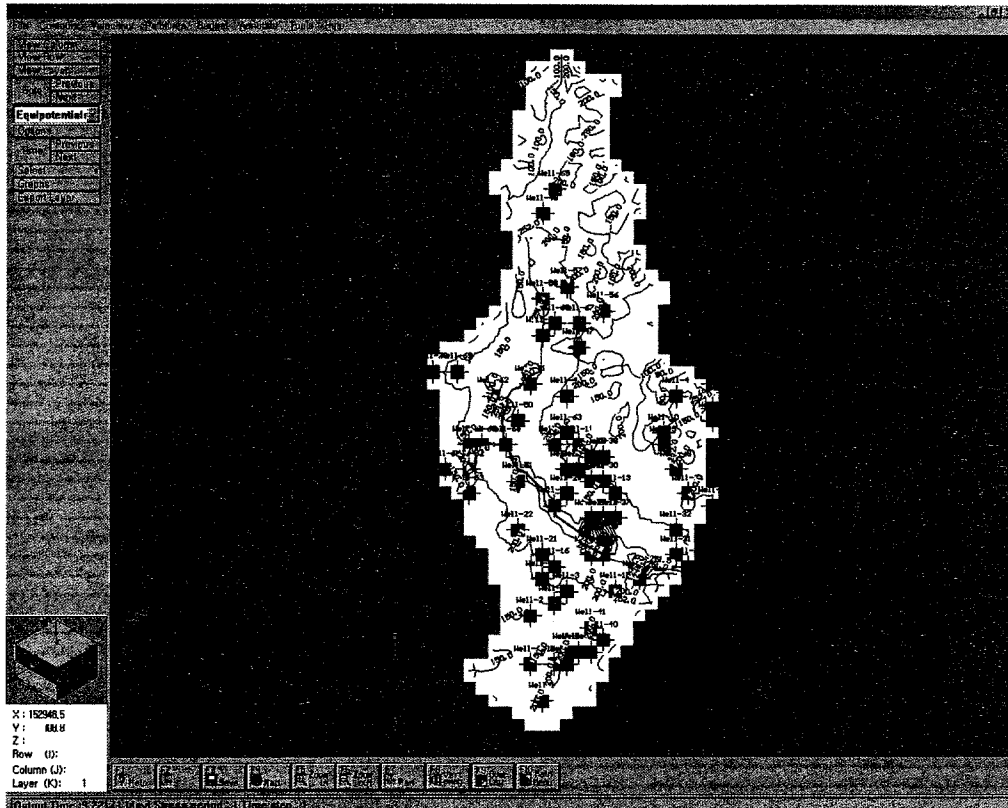
VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1			
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP
			L**3/T
IN :			IN :
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
RIVER LEAKAGE =	65.5018		RIVER LEAKAGE = 65.5018
ET =	0.0000		ET = 0.0000
RECHARGE =	21,860.6406		RECHARGE = 21,860.6406
TOTAL IN =	21,926.1426		TOTAL IN = 21,926.1426
OUT :			OUT :
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
RIVER LEAKAGE =	3,696.8142		RIVER LEAKAGE = 3,696.8142
ET =	18,317.9727		ET = 18,317.9727
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE = 0.0000
TOTAL OUT =	22,014.7871		TOTAL OUT = 22,014.7871
IN - OUT =	-88.6445		IN - OUT = -88.6445
PERCENT DISCREPANCY =	-0.40		PERCENT DISCREPANCY = -0.40

◎ 무망 MA05 구역의 1년 양수시 정류(Steady State) 수위등고선 및 물수지



VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1			
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP
			L**3/T
IN:			IN:
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
WELLS =	0.0000		WELLS = 0.0000
RIVER LEAKAGE =	214.3974		RIVER LEAKAGE = 214.3974
ET =	0.0000		ET = 0.0000
RECHARGE =	21,285.3594		RECHARGE = 21,285.3594
TOTAL IN =	21,499.7559		TOTAL IN = 21,499.7559
OUT:			OUT:
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
WELLS =	2,067.5000		WELLS = 2,067.5000
RIVER LEAKAGE =	1,687.5509		RIVER LEAKAGE = 1,687.5509
ET =	17,818.0742		ET = 17,818.0742
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE = 0.0000
TOTAL OUT =	21,573.1250		TOTAL OUT = 21,573.1250
IN - OUT =	-73.3691		IN - OUT = -73.3691
PERCENT DISCREPANCY =	-0.34		PERCENT DISCREPANCY = -0.34

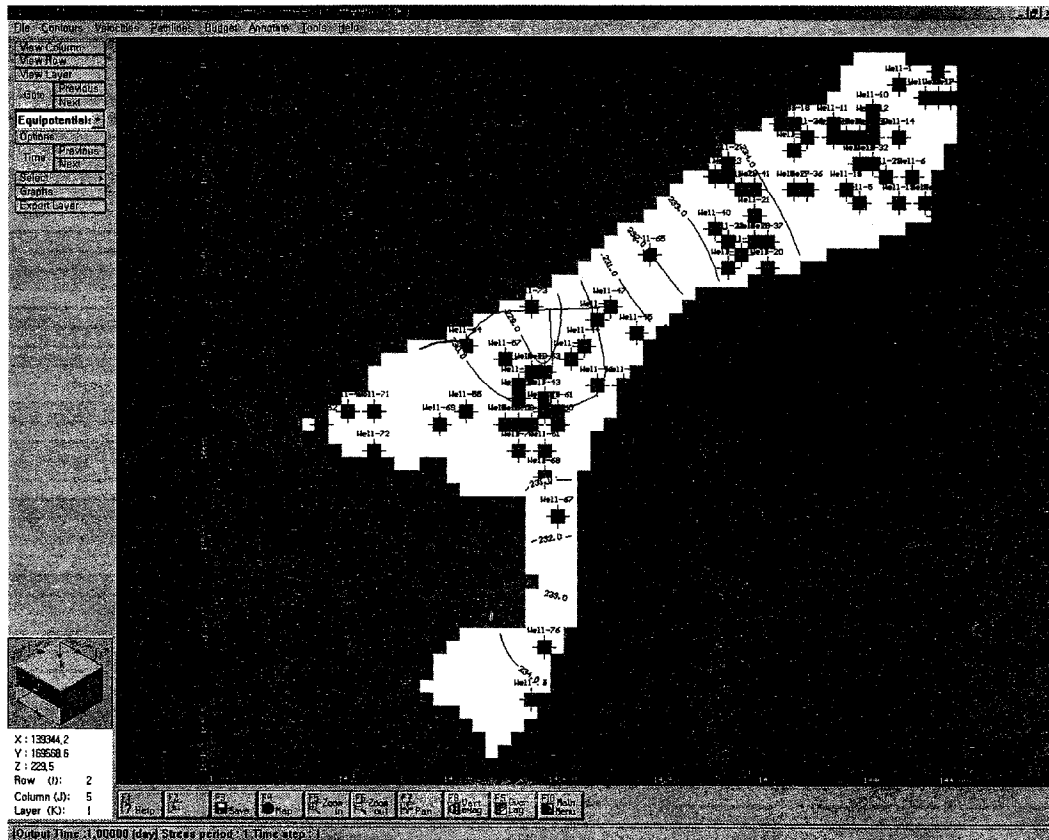
© 무망 MA05 구역의 1년 양수시 부정류(Transient) 수위등고선 및 물수지



VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1				
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP	
			L**3/T	
IN :			IN :	
STORAGE =	297,142,176.0000		STORAGE =	298,637.7188
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =	0.0000
WELLS =	0.0000		WELLS =	0.0000
RIVER LEAKAGE =	0.0000		RIVER LEAKAGE =	0.0000
ET =	0.0000		ET =	0.0000
RECHARGE =	9,720,709.0000		RECHARGE =	26,632.0801
TOTAL IN =	306,862,880.0000		TOTAL IN =	325,269.8125
OUT :			OUT :	
STORAGE =	167,084,544.0000		STORAGE =	0.0000
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =	0.0000
WELLS =	756,279.9375		WELLS =	2,072.0000
RIVER LEAKAGE =	111,831,608.0000		RIVER LEAKAGE =	30,6371.7188
ET =	8,169,532.0000		ET =	22,382.2812
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE =	0.0000
TOTAL OUT =	287,841,952.0000		TOTAL OUT =	330,826.0000
IN - OUT =	19,020,928.0000		IN - OUT =	-5,556.1875
PERCENT DISCREPANCY =	6.40		PERCENT DISCREPANCY =	-1.69

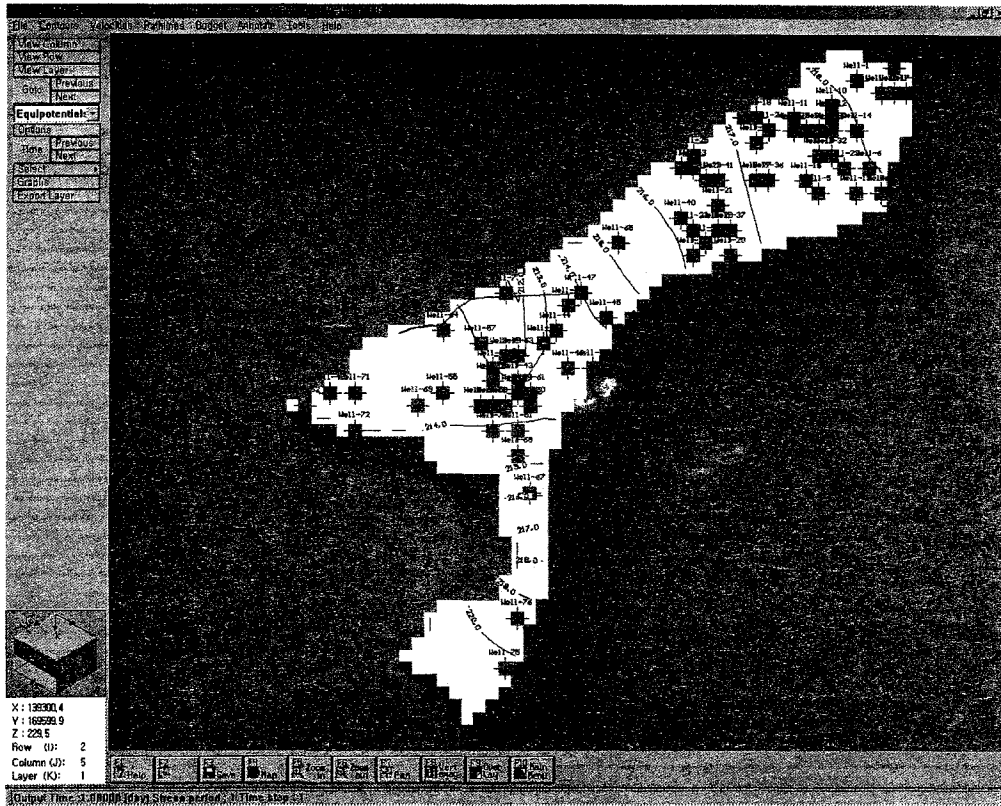


© 무망 MA09 구역의 비양수시 정류(Steady State) 수위등고선 및 물수지



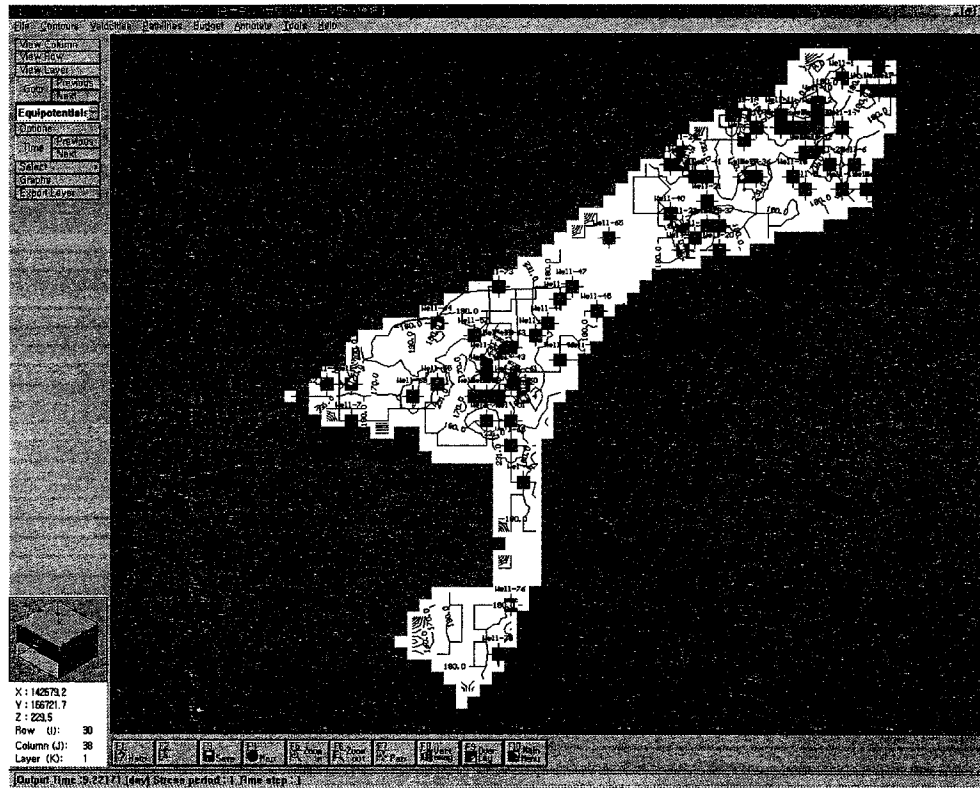
VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1			
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP
			L**3/T
IN :			IN :
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
RIVER LEAKAGE =	0.0000		RIVER LEAKAGE = 0.0000
ET =	0.0000		ET = 0.0000
RECHARGE =	22,503.5996		RECHARGE = 22,503.5996
TOTAL IN =	22,503.5996		TOTAL IN = 22,503.5996
OUT :			OUT :
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
RIVER LEAKAGE =	3,057.8452		RIVER LEAKAGE = 3,057.8452
ET =	18,909.2324		ET = 18,909.2324
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE = 0.0000
TOTAL OUT =	21,967.0781		TOTAL OUT = 21,967.0781
IN - OUT =	536.5215		IN - OUT = 536.5215
PERCENT DISCREPANCY =	2.41		PERCENT DISCREPANCY = 2.41

◎ 무망 MA09 지역의 1년 양수시 정류(Steady State) 수위등고선 및 물수지



VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1			
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP
			L**3/T
IN :			IN :
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
WELLS =	0.0000		WELLS = 0.0000
RIVER LEAKAGE =	0.0000		RIVER LEAKAGE = 0.0000
ET =	0.0000		ET = 0.0000
RECHARGE =	22,165.1992		RECHARGE = 22,165.1992
TOTAL IN =	22,165.1992		TOTAL IN = 22,165.1992
OUT :			OUT :
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD = 0.0000
WELLS =	2,145.0000		WELLS = 2,145.0000
RIVER LEAKAGE =	1,907.0354		RIVER LEAKAGE = 1,907.0354
ET =	18,628.2012		ET = 18,628.2012
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE = 0.0000
TOTAL OUT =	22,680.2363		TOTAL OUT = 22,680.2363
IN - OUT =	-515.0371		IN - OUT = -515.0371
PERCENT DISCREPANCY =	-2.30		PERCENT DISCREPANCY = -2.30

◎ 무망 MA09 구역의 1년 양수시 부정류(Transient) 수위등고선 및 물수지



VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1			
CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP
			L**3/T
IN :			IN :
STORAGE =	185,610,624.0000		STORAGE =
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =
WELLS =	0.0000		WELLS =
RIVER LEAKAGE =	0.0000		RIVER LEAKAGE =
ET =	0.0000		ET =
RECHARGE =	8,090,297.0000		RECHARGE =
TOTAL IN =	193,700,928.0000		TOTAL IN =
OUT :			OUT :
STORAGE =	162,445,136.0000		STORAGE =
CONSTANT HEAD =	0.0000		CONSTANT HEAD =
WELLS =	782,924.9375		WELLS =
RIVER LEAKAGE =	2,628,150.0000		RIVER LEAKAGE =
ET =	6,799,292.5000		ET =
RECHARGE =	0.0000		RECHARGE =
TOTAL OUT =	172,655,504.0000		TOTAL OUT =
IN - OUT =	21,045,424.0000		IN - OUT =
PERCENT DISCREPANCY =	11.49		PERCENT DISCREPANCY =

## 5.4 지하수 수리특성

### 5.4.1 충적지하수 수리특성

충적층은 신생대 제4기의 미고결퇴적물로서 내륙의 하상과 해안의 저지대에 분포되며 자갈, 모래, 점토 등으로 구성되어 있다. 충적층은 입자사이에 공극이 발달되어 있어 지하수 부존성이 양호하나 구성물질의 종류에 따라 대수성의 차이가 매우 큰 특성을 지닌다.

본 조사지구는 지형적인 특성상 충적관정이 많이 분포하나, 현장조사시 관정에 대한 대수성시험이 어려워 일부 지역에서 제한적으로 수행하였으며 기타 수리상수는 기초사자료를 최대한 활용하였다. 수맥조사 등 기초사 자료를 분석한 결과, 조사지역 충적층의 평균심도는 5.31m이며, 서해안에 인접한 MA09 구역이 10.5m로 가장 깊고, MA13 구역이 2.0m로 충적층후가 가장 낮은 것으로 조사되었다. 포화대수층의 평균심도는 1.90m이며, MA15 구역이 4.1m로 가장 깊고, MA07 구역이 0.1m로 가장 낮은 것으로 조사되었다<표 5-4-1, 그림 5-4-1>.

충적지하수에 대한 대수성시험은 4개 구역(MA03, 05, 07, 11)에서 총 5개 지점에 대하여 수행하였으며, 그 결과 평균 수리전도도는  $1.84 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 이며, 평균 투수량계수는  $2.07 \times 10 \text{m}^3/\text{day}$ 이다.

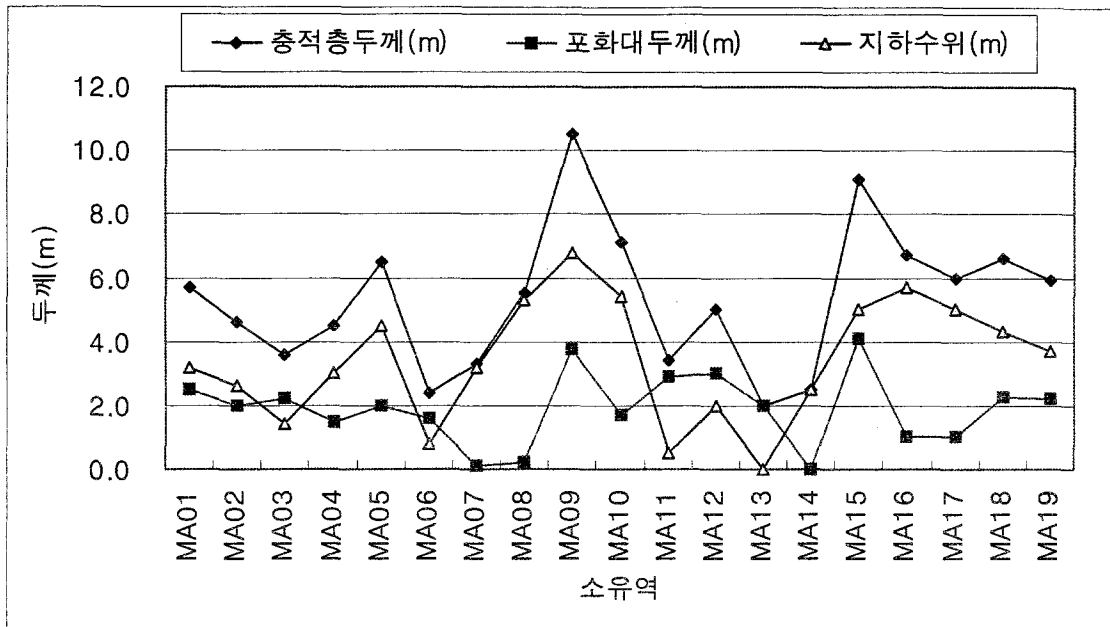
조사지역의 충적대수층에 저류된 지하수량을 산정하기 위하여 충적층의 체적은 충적층 분포면적에 포화대의 두께를 곱하여 계산하였으며, 유효공극율은 충적층의 구성물질에 따라 다르나 조사지역 평균값인 14.2%를 적용하였다. 충적층의 지하수 저류량을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\text{지하수 저류량} = \text{충적층 분포면적} \times \text{포화대 두께} \times \text{유효공극율}$$

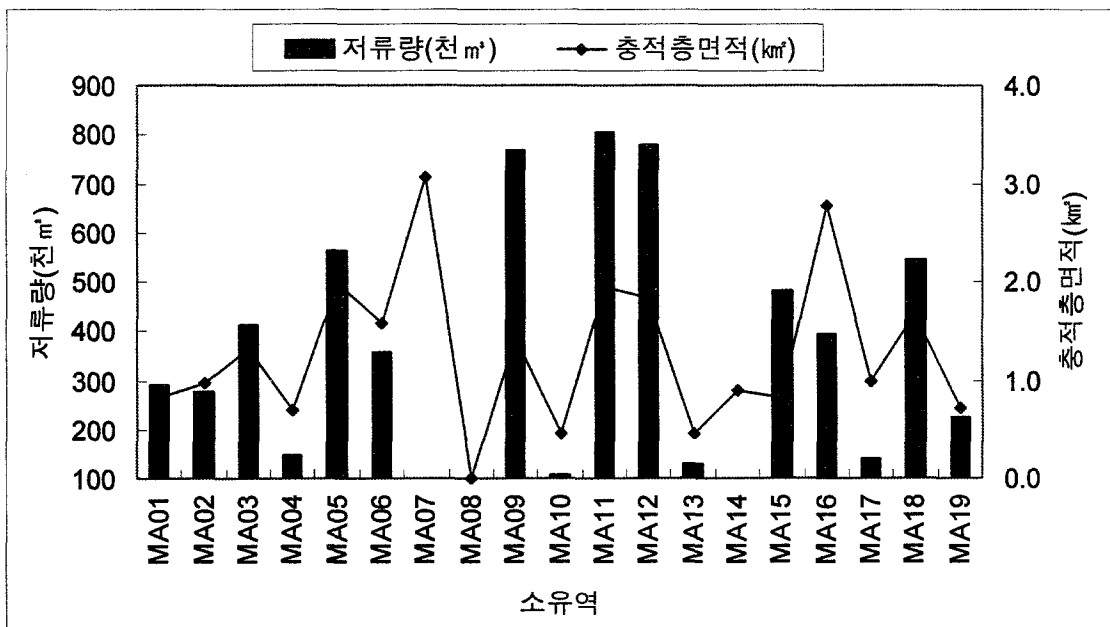
상기 방식에 의하여 산출된 조사지역의 구역별 충적층 지하수 저류량은 총 6,467.4천 $\text{m}^3$ 이며, 구역별로 가장 많은 저류량을 나타내는 지역은 MA11구역으로 803.0천 $\text{m}^3$ 의 저류량을 갖는다. <그림 5-4-2>는 지하수저류량과 구역별 충적층면적과의 관계를 보여준다.

<표 5-4-1> 유역별 총적대수층 수리특성

유역	총적층 두께 (m)	포화대 두께 (m)	지하 수위 (m)	총적층 면적 (km <sup>2</sup> )	K (m/sec)	T (m <sup>2</sup> /sec)	S	저류량 (천m <sup>3</sup> )
평균/계	5.31	1.90	3.41	24.44	1.84E-03	2.07E+01	0.13	6,467.4
MA01	5.7	2.5	3.2	0.82	-	-	-	291.1
MA02	4.6	2.0	2.6	0.97	-	-	-	275.5
MA03	3.6	2.2	1.4	1.32	8.74E-03	6.85E+01	0.03964	412.4
MA04	4.5	1.5	3.0	0.70	-	-	-	149.1
MA05	6.5	2.0	4.5	1.98	9.31E-05	7.02E+00	0.1	562.3
MA06	2.4	1.6	0.8	1.57	1.63E-04	2.34+01	0.2361	356.7
MA07	3.3	0.1	3.2	3.07	-	-	-	43.6
MA08	5.5	0.2	5.3	-	-	-	-	-
MA09	10.5	3.8	6.7	1.44	-	-	-	768.8
MA10	7.1	1.7	5.4	0.45	-	-	-	108.6
MA11	3.4	2.9	0.5	1.95	1.41E-04	3.46E+00	0.2387	803.0
MA12	5.0	3.0	2.0	1.83	-	-	-	779.6
MA13	2.0	2.0	-	0.45	-	-	-	127.8
MA14	2.5	-	2.5	0.90	-	-	-	-
MA15	9.1	4.1	5.0	0.83	7.49E-05	1.23E+00	0.0281	483.2
MA16	6.7	1.0	5.7	2.77	-	-	-	393.3
MA17	6.0	1.0	5.0	1.00	-	-	-	142.0
MA18	6.6	2.3	4.3	1.67	-	-	-	545.4
MA19	5.9	2.2	3.7	0.72	-	-	-	224.9



<그림 5-4-1> 구역별 총적대수층의 수리특성



<그림 5-4-2> 구역별 총적층 저류량 및 면적

## 5.4.2 암반지하수 수리특성

일반적으로 암반대수층의 대수성은 암층내에 발달된 절리, 파쇄대 및 단열구조 등의 2차공극과 지하수의 저류 및 유동에 관련되는 지질구조에 따라 좌우된다. 조사지역은 지형적인 특성상 일부저지대를 제외하면 암반관정을 개발·이용하고 있어 기초사 자료를 이용하여 광범위한 조사를 수행하였으며, 조사지역 암반대수층의 특성을 나타내면 <표 5-4-2>와 같다.

조사지구내 암반지하수의 평균 개발심도는 92.1m이며, MA10 유역이 134.6m로 가장 깊고 MA04 유역이 50.0m로 가장 낮다. 대수층의 구성 지질별로 살펴보면 유문암(Rh)에서 개발심도가 143.4m로 가장 깊고 편상화강암(Gs)에서 42.15m로 가장 낮다.

암반관정의 평균개발량은 195.3m<sup>3</sup>/일이며, MA15 유역이 302.0m<sup>3</sup>/일로 가장 많고 MA02 유역이 125.1m<sup>3</sup>/일로 가장 적다. 대수층의 구성 지질별로는 화산암류(Vo)의 개발량이 205.0m<sup>3</sup>/일로 가장 많으며, 유문암(Rh)의 개발량이 65.0m<sup>3</sup>/일로 가장 적다. 암반관정 개발시 개발심도에 대한 개발량의 상관관계는 지질별로 차이가 있으며, 유문암의 경우 개발심도는 143.4m로 가장 깊으나, 개발량은 65.0m<sup>3</sup>/일로 개발효율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이에 반하여 화강암질편마암(Ggn)과 반상변정질편마암(Pgn), 그리고 응회암(Kf) 지역에서는 개발효율이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 본 조사지구내에 관정을 개발할 경우에는 무안읍 동쪽에 위치한 유문암 분포지역보다는 개발효율이 높은 편마암 분포지역에 관정을 개발하는 것이 효율적일 것으로 조사되었다<표 5-4-3, 그림 5-4-4>.

조사지역의 평균 투수량계수는  $4.28 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/day이며, MA09 유역이  $3.8 \times 10^2$  m<sup>3</sup>/day로 가장 높게 나타났고, MA12 유역이  $7.8 \times 10^{-4}$  cm/sec로 가장 낮게 나타났다. 또한 평균 수리전도도는  $7.03 \times 10^{-4}$  cm/sec이며, MA09 유역이 가장 높고 MA16 유역이 가장 낮게 나타났다. 구성 지질별로는 수리전도도는 화강암질편마암(Ggn)에서 가장 높고 투수량계수는 유문암에서 가장 높게 나타났다<그림 5-4-5~6>.

본 조사지구는 개발실적과 대수성 상태를 검토한 결과, MA03 유역과 MA09 유역에서 지하수 부존성이 양호한 것으로 조사되었으며, 또한 지질별로는 화강암질편마암(Ggn)과 반상변정질편마암(Pgn) 분포지역이 가장 좋은 것으로 나타났다.

<표 5-4-2> 유역별 암반대수층의 수리특성

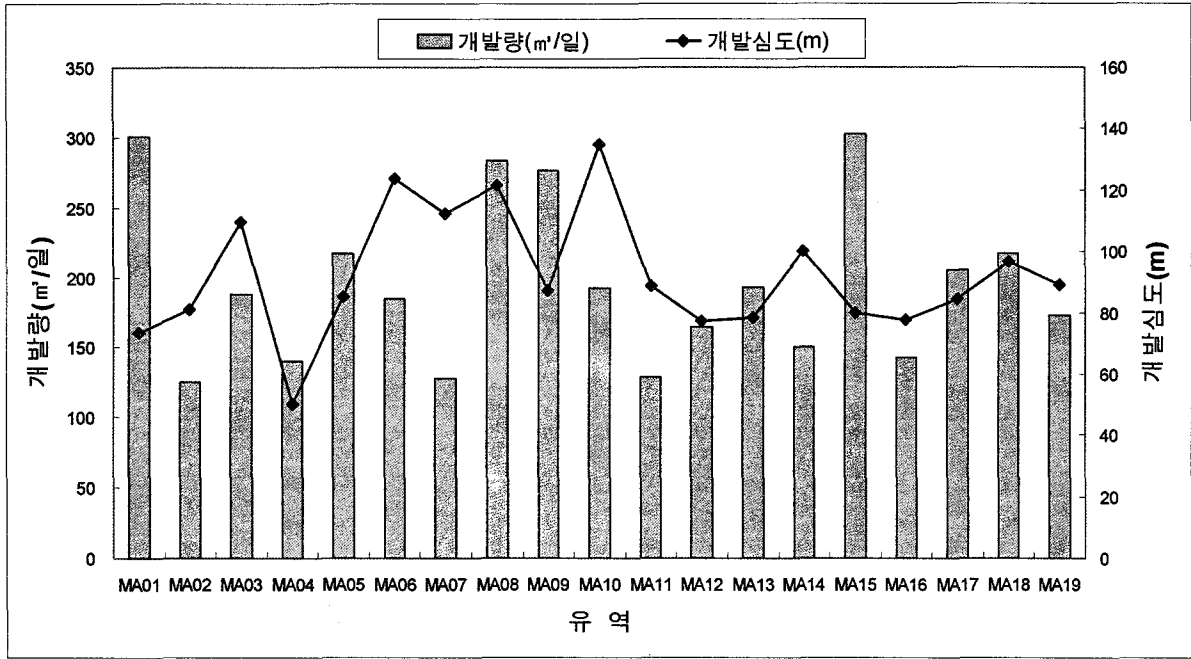
유역	지하수위 (m)	수위 변화 (m)	개발심도 (m)	개발량 (m <sup>3</sup> /일)	수리전도도 (cm/sec)	투수량계수 (m <sup>2</sup> /sec)	S	지질
평균	13.01	1.16	92.1	195.3	7.56E-04	4.80E+01	0.3	
MA01	13.61	1.60	73.3	300.4	5.58E-05	3.22E+00	0.5156	Pgn, Ggn, Qa
MA02	8.58	1.54	81.1	125.1	6.48E-05	5.38E+00	0.0366	Pgn, Ggn, Qa
MA03	10.52	1.95	109.4	188.0	1.01E-04	9.98E+00	0.2038	Pgn, Ggn, Qa
MA04	25.25	0.21	50.0	140.0	-	-	-	Ggn, Qa, Ad
MA05	10.40	1.48	85.0	217.2	5.91E-05	4.99E+00	0.8194	Pgn, Qa, Qs, Ms
MA06	6.05	0.89	123.9	184.3	1.17E-04	8.11E+00	0.3636	Pgn, Qs, Ls, Ms,
MA07	18.16	2.02	112.1	127.4	3.10E-03	1.36E+02	0.1119	Ms, Qa, Rh, Kt
MA08	29.03	1.11	121.3	283.3	-	-	-	Kt, Kf
MA09	18.94	0.76	87.1	276.4	5.33E-03	3.79E+02	0.0599	Qa, Ggn
MA10	6.38	1.05	134.6	192.1	-	-	-	Qa, Ggn
MA11	9.68	1.25	88.6	128.6	-	-	-	Qa, Ggn, Pgn
MA12	6.99	0.78	77.2	164.3	1.33E-05	7.79E-01	0.1585	Pgn, Qm, Qa
MA13	5.01	0.21	78.5	193.0	-	-	-	Pgn, Qm, Qa, Ls
MA14	8.51	1.55	100.0	150.0	2.27E-05	1.71E+00	-	Qa, Ggn
MA15	15.18	1.28	80.0	302.0	-	-	-	Qa, Ggn, Ad, Kf
MA16	19.37	1.90	77.4	142.6	6.52E-06	3.90E-01	-	Qa, Ggn, Ad, Qm
MA17	14.98	0.41	84.3	205.5	8.54E-04	6.67E+01	0.7014	Ggn, Qa, Qm
MA18	13.03	1.04	96.8	217.2	8.35E-05	6.61E+00	0.000075	Ggn, Qa
MA19	7.60	1.04	88.9	173.2	1.70E-05	1.38E+00	0.000107	Ggn, Qa, Ad

\* 지질 : Qa-충적층, Ad-산성맥암, Qm-해성퇴적층, Vo-화산암류, Kt-각력질응회암, Kf-응회암(용암), Rh-유문암, Ls-석회암, Ms-운모편암, Gs-편상화강암, Ggn-화강암질편마암, Pgn-반상변정질편마암

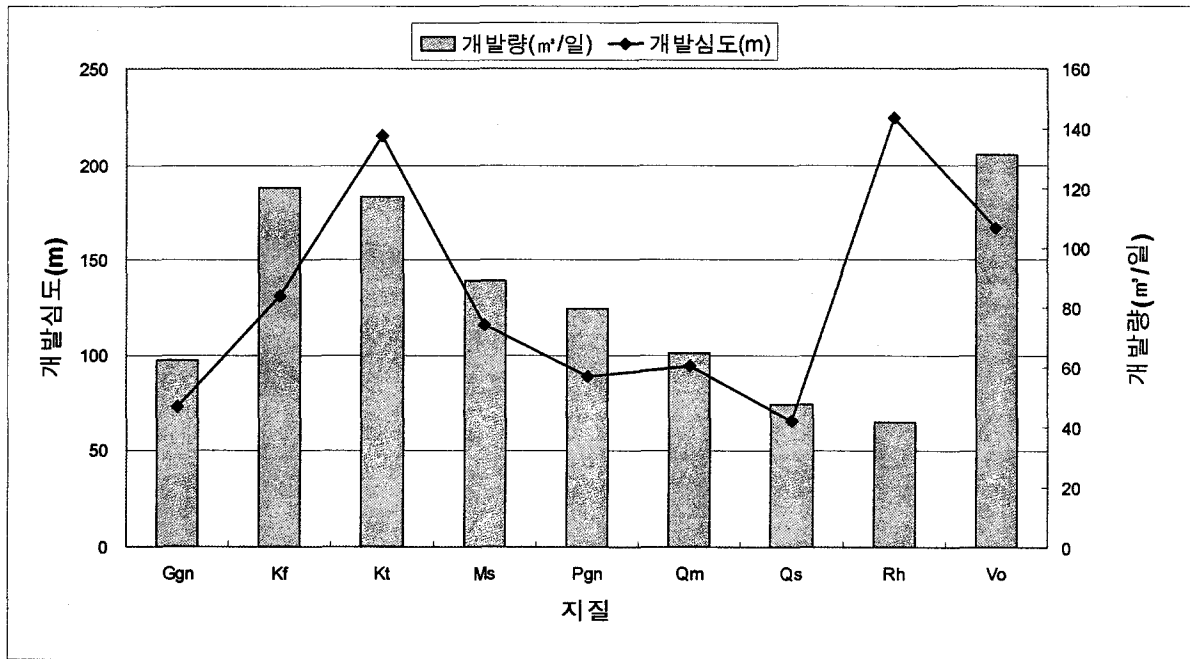
<표 5-4-3> 지질별 암반대수층의 수리특성

지질	개발심도 (m)	개발량 (m <sup>3</sup> /일)	수리전도도 (m/sec)	투수량계수 (m <sup>2</sup> /일)
Ggn	46.63	97.41	1.86E-01	1.05E+02
Kf	84.00	188.00	-	-
Kt	137.80	183.33	-	-
Ms	73.97	139.11	1.28E-01	6.31E+01
Pgn	56.87	124.36	7.55E-03	7.63E+00
Qm	60.43	101.00	-	-
Gs	42.15	74.09	-	-
Rh	143.44	65.00	1.60E+02	1.60E+02
Vo	106.67	205.00	-	-

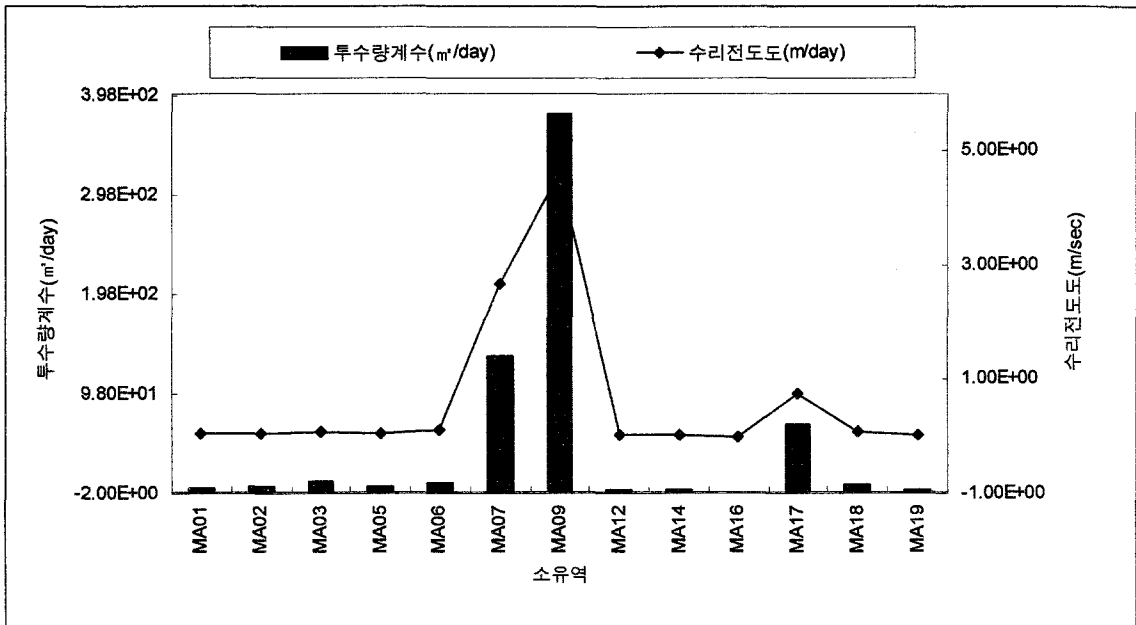




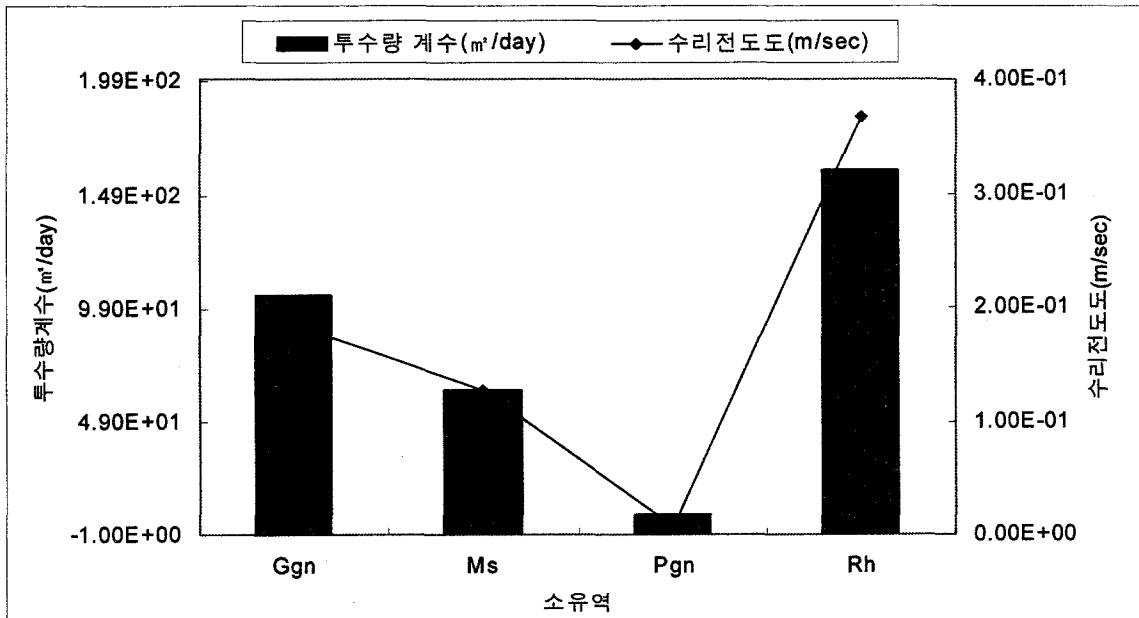
<그림 5-4-3> 구역별 암반지하수 개발심도 및 개발량



<그림 5-4-4> 지질별 암반지하수 개발심도 및 개발량



<그림 5-4-5> 구역별 암반대수층의 투수량계수 및 수리전도도



<그림 5-4-6> 지질별 투수량계수 및 수리전도도

### 5.4.3 지하수 개발가능량

지하수 개발가능량은 수문순환계를 파괴하지 않고 지하수 장애를 일으키지 않는 범위의 지하수량이라 정의할 때 “5.1절 지하수 개발가능량 분석”에서 구한 평균 함양량을 지하수 개발가능량이라 할 수 있다. 적정개발가능량, 즉 안정채수량은 실측이 어려운 여러 가지 항목을 간접적인 방법으로 추정하는 것이며, 본 조사에서는 함양량의 80% 정도에서 결정하였다<표 5-4-4>.

<그림 5-4-7~9>는 유역별 지하수 개발가능량과 지하수 이용량, 그리고 적정지하수개발가능량과 개발가능량에 대한 이용량의 관계를 보여주고 있다. 분석결과, 조사지역의 전체 지하수 개발가능량은 27,461.5천m<sup>3</sup>/년이며, 적정지하수개발가능량은 21,969.2천m<sup>3</sup>/년으로 나타났다.

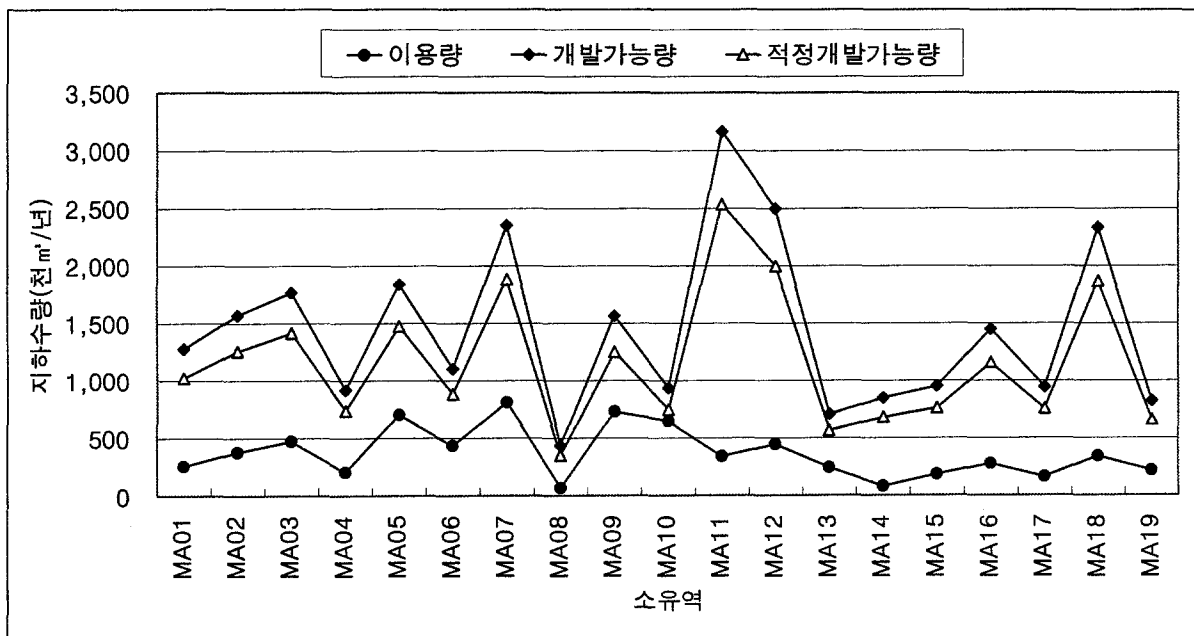
지하수이용량 대 개발가능량의 비율은 9.3~69.4%(평균 25.5%)의 범위를 보이며, 이용량 대 적정개발가능량의 비율은 11.6~86.8%(평균 31.8%)를 나타낸다. 유역별로 살펴보면 이용량 대 적정개발가능량의 비율이 50% 이상인 유역은 MA09·10 유역으로 조사되었으며, MA14 유역이 11.6%로 가장 낮고 지하수 이용량은 지하수 행정자료를 이용하여 산출하였다.

<표 5-4-4> 유역별 지하수 개발가능량

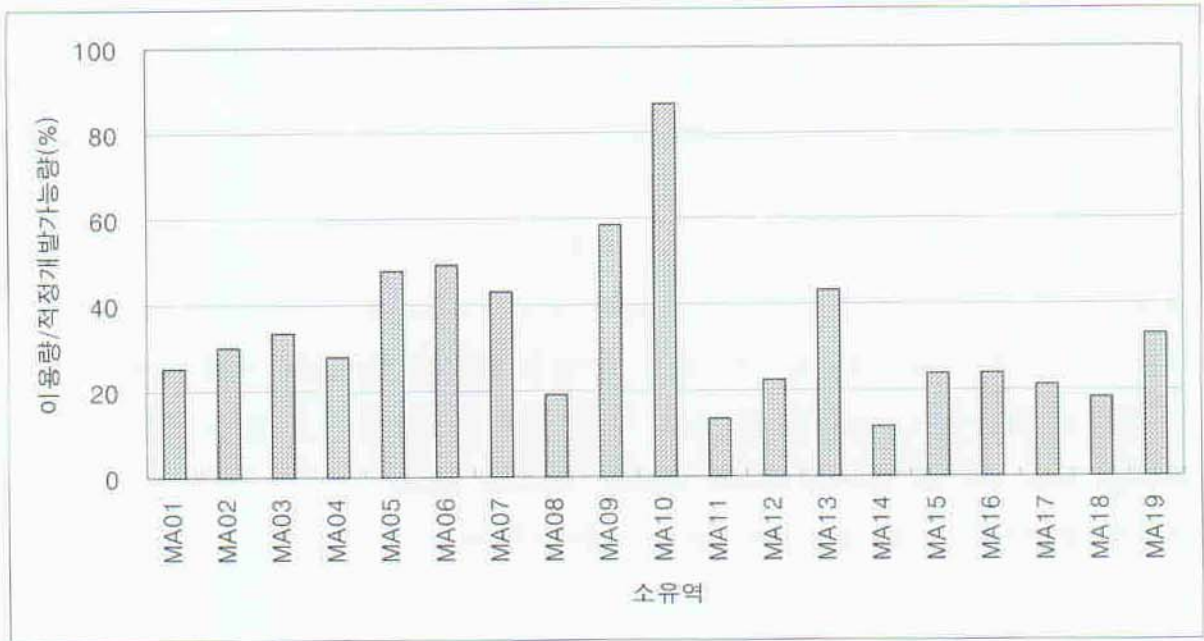
유역	면적 (km <sup>2</sup> )	평균 강우량 (mm/년)	개발 가능량 (천m <sup>3</sup> /년) A	지하수 이용량 (천m <sup>3</sup> /년) B	적정지하수 개발가능량 (천m <sup>3</sup> /년) C=A×80%	이용량/ 개발가능량 (%) D=B/A	이용량/ 적정개발 가능량(%) E=B/C
평균/계	125.72	1,196.90	27,461.5	6,989.4	21,969.2	25.5	31.8
MA01	5.69	1,235.28	1,279.2	258.5	1,023.4	20.2	25.3
MA02	6.98	1,235.28	1,569.3	377.9	1,255.4	24.1	30.1
MA03	7.86	1,235.28	1,767.1	471.8	1,413.7	26.7	33.4
MA04	4.08	1,235.28	917.3	205.0	733.8	22.3	27.9
MA05	8.18	1,235.28	1,839.0	703.9	1,471.2	38.3	47.8
MA06	4.90	1,235.28	1,101.6	433.6	881.3	39.4	49.2
MA07	11.50	1,123.08	2,350.6	808.6	1,880.5	34.4	43.0
MA08	2.12	1,123.08	433.3	66.2	346.7	15.3	19.1

<표 5-4-4> 유역별 지하수 개발가능량(계속)

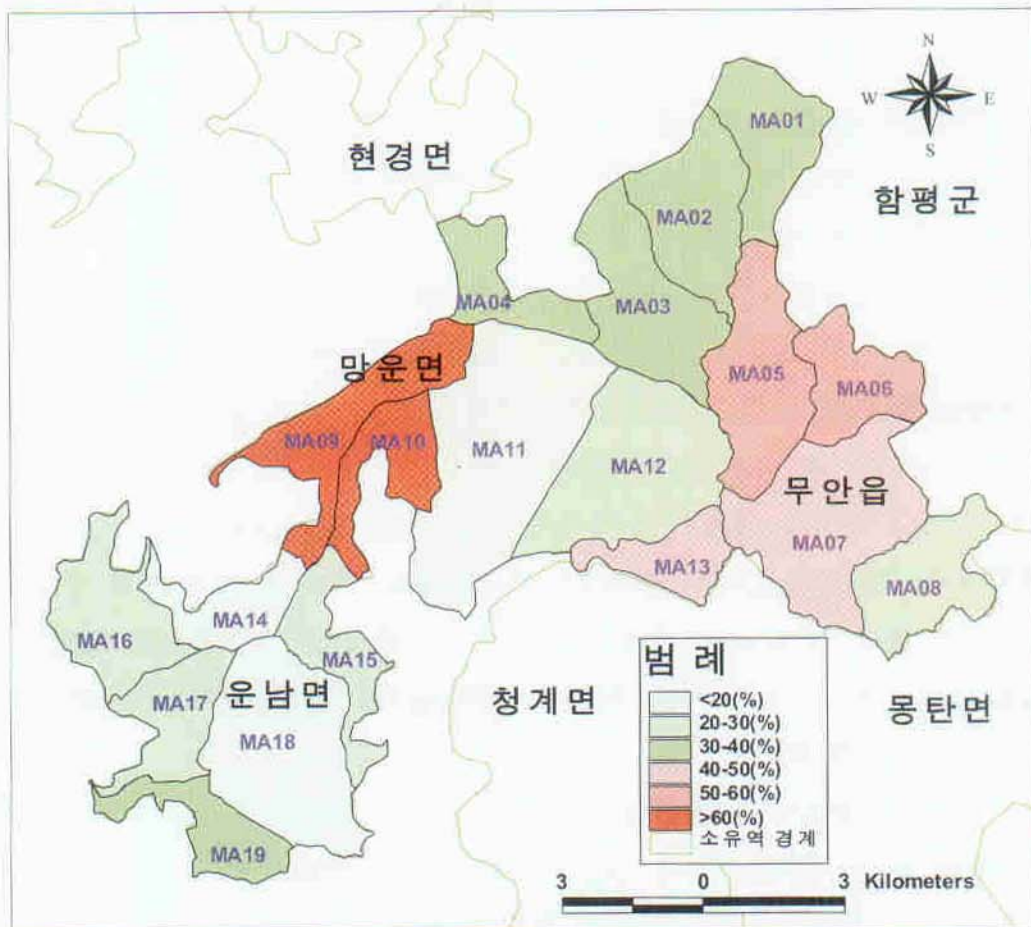
유역	면적 (km <sup>2</sup> )	평균 강우량 (mm/년)	개발 가능량 (천m <sup>3</sup> /년) A	지하수 이용량 (천m <sup>3</sup> /년) B	적정지하수 개발가능량 (천m <sup>3</sup> /년) C=A×80%	이용량/개발가능량 (%) D=B/A	이용량/적정개발가능량(%) E=B/C
MA09	6.95	1,235.28	1,562.5	731.9	1,250.0	46.8	58.6
MA10	4.15	1,235.28	933.0	647.6	746.4	69.4	86.8
MA11	14.07	1,235.28	3,163.2	341.0	2,530.6	10.8	13.5
MA12	11.10	1,235.28	2,495.5	446.2	1,996.4	17.9	22.4
MA13	3.45	1,123.08	705.2	243.7	564.1	34.6	43.2
MA14	3.78	1,235.28	849.8	78.6	679.9	9.3	11.6
MA15	4.43	1,179.18	950.7	181.1	760.6	19.0	23.8
MA16	6.44	1,235.28	1,447.8	277.0	1,158.3	19.1	23.9
MA17	4.61	1,123.08	942.3	159.6	753.8	16.9	21.2
MA18	11.41	1,123.08	2,332.2	340.8	1,865.8	14.6	18.3
MA19	4.02	1,123.08	821.7	216.4	657.4	26.3	32.9



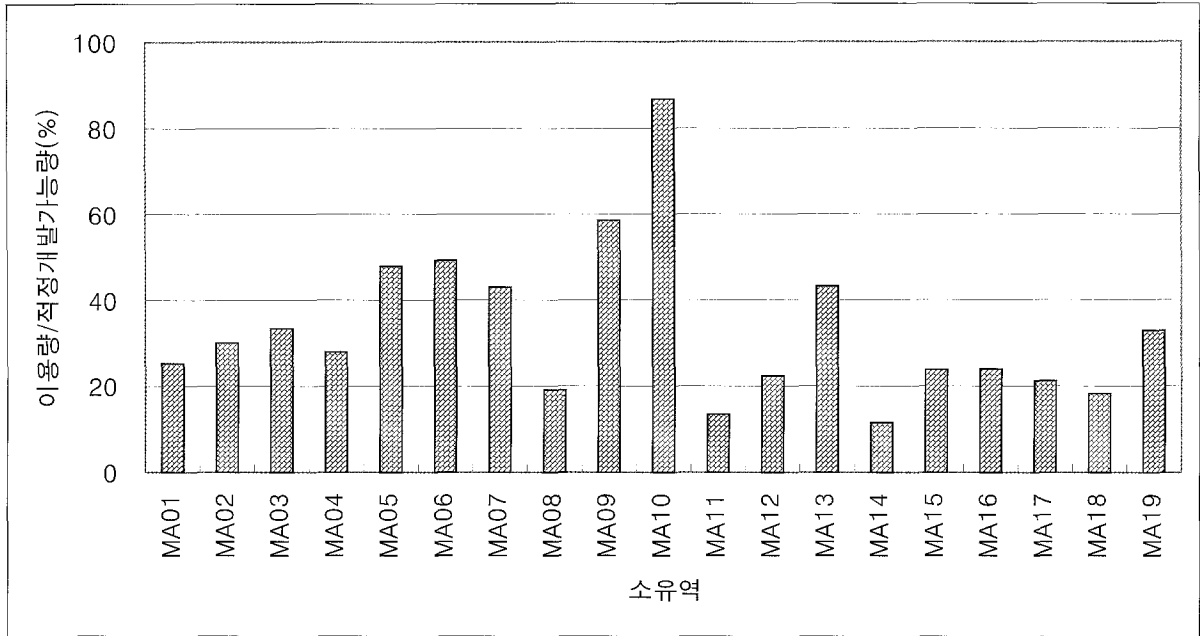
<그림 5-4-7> 유역별 지하수이용량 및 개발가능량



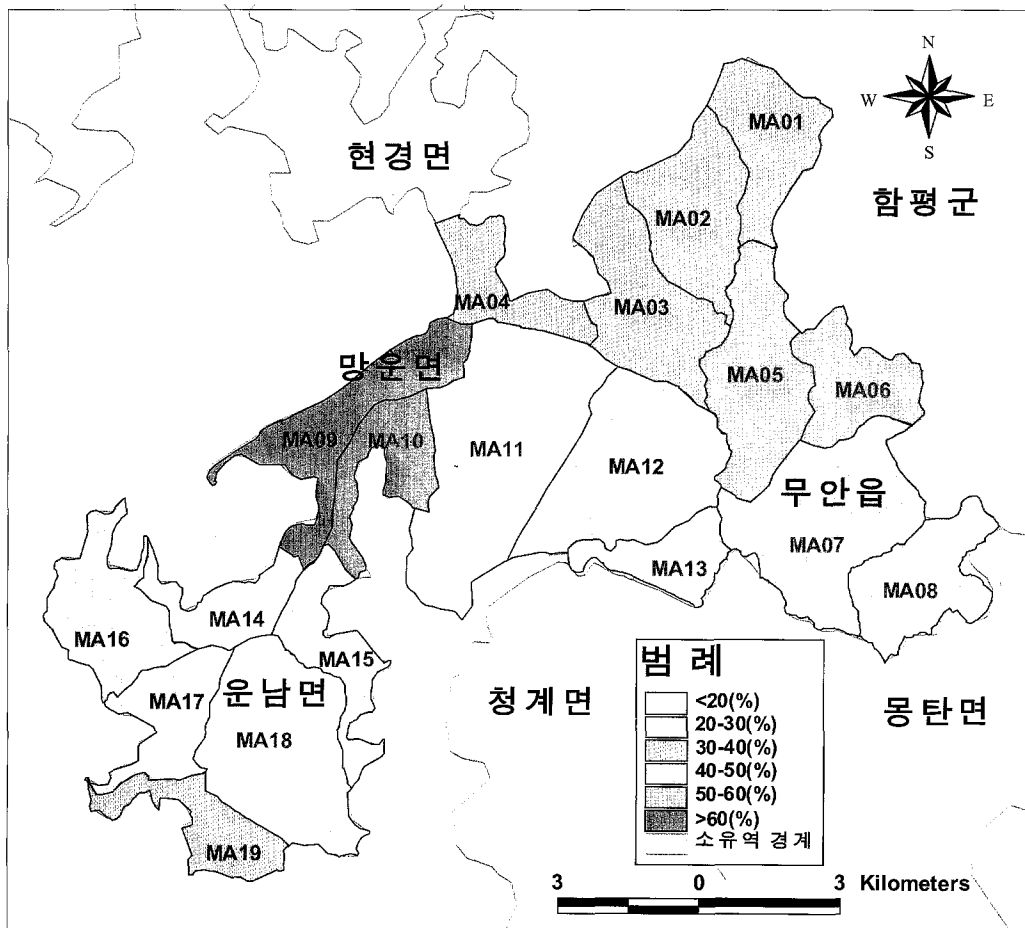
<그림 5-4-8> 유역별 지하수 이용량/적정개발가능량



<그림 5-4-9> 지하수 이용량/적정개발가능량(%)



<그림 5-4-8> 유역별 지하수 이용량/적정개발가능량



<그림 5-4-9> 지하수 이용량/적정개발가능량(%)

## 5.5 지하수 수질특성

조사지역의 전반적인 지하수 수질상태를 파악하기 위하여 총 3차례의 현장수질조사와 총 56개의 지하수 시료를 채취하여 수질분석을 수행하였으며, 현장조사 및 실내에서 측정된 전기전도도(EC), 수소이온농도(pH), 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N), 양·음이온 성분 중 염소(Cl), 불소(F), 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn) 등에 대하여 통계분석을 실시하였다<표 5-5-1>. 또한 용도별 지하수 수질현황을 파악하기 위하여 소유역별로 대표지점을 선정하고 농업용 관정과 간이상수도에 대하여 총 28개 공의 수질검사를 의뢰하였다. 이와 병행하여 총 286개의 관정에 대하여 질산성질소를 분석, 이 중 수치가 높게 나타난 지점에 대해서는 그 오염원을 추정하기 위하여 총 40개의 질소동위원소 분석을 실시하였다.

조사지역의 EC 측정 결과 4~7,530  $\mu$ S/cm의 범위를 나타내며, 평균 512  $\mu$ S/cm, 표준편차는 809  $\mu$ S/cm의 값을 보인다. 유역별 EC 평균값은 MA15 유역의 EC 값이 197  $\mu$ S/cm로 가장 낮고, MA18 유역의 EC값이 1,294  $\mu$ S/cm로 가장 높게 나타났는데, 이는 MA18 유역이 해안가에 위치하여 염수 침입에 의한 영향으로 수치가 높은 것으로 사료된다.

수소이온농도(pH)의 측정결과 4.8~8.8의 범위를 나타내며, 평균은 6.4, 표준편차는 0.5이다. 유역별 pH 평균값은 MA08 유역이 6.9로 가장 높으며, MA16 유역이 6.0로 가장 낮게 나타났다.

지하수중 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N)는 축산폐수, 화학비료, 생활오수 등에 기인한 물질로서 조사지역의 지하수 분석결과는 0.1~104.4mg/l이며, 평균값은 17.6mg/l, 표준편차는 18.8mg/l로 조사되었고, 동위원소분석에 의해 추정된 오염원은 축산폐수, 생활오수 등의 동물성기원인 것으로 나타났다.

조사지역 지하수의 염소이온 농도는 16.1~1,874.8mg/l의 넓은 범위를 나타내며, 평균값은 120.9mg/l, 표준편차는 95.6mg/l로 나타나 자연수의 염소함량(5~50mg/l)보다 높은 것으로 조사되었다. 유역별 염소이온 평균값은 MA18 유역이 590.4mg/l로 가장 높고, MA15 유역이 23.9mg/l로 가장 낮아 전기전도도(EC)와 비슷한 양상을 나타내었다.

미량원소 중 불소(F), 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn)은 특정 지역의 지하수에서 함량이 높게 나타나는데, 불소는 MA12 유역, 철은 MA05 유역, 망간은 MA03, 아연은 MA18 유역의 일부 지하수에서 함량이 높게 나타났다.

용도별 수질검사의 경우 대부분의 관정은 기준치 이내로 양호한 상태이나, 일부 농업·생활용 관정에서 염소이온 또는 질산성질소, 대장균 항목이 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

본 조사결과는 일회적인 것으로 향후 지속적인 지하수 모니터링을 통하여 오염인자의 시간적인 변화와 공간적인 확산, 그리고 저감상태를 확인하고, 이에 적합한 지하수 관리대책을 수립하여야할 것으로 사료된다.

<표 5-5-1> 유역별 지하수 수질현황

유역	EC( $\mu$ S/cm) (N=535)				pH (N=532)				NO <sub>3</sub> -N(mg/l) (N=286)				Cl(mg/l) (N=56)			
	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차
계	4	7,530	512	809	4.8	8.8	6.4	0.5	0.1	104.4	17.6	18.8	16.1	1,874.8	120.9	95.6
MA01	133	538	277	115	5.6	7.2	6.3	0.4	0.1	46.3	12.6	13.1	41.0	62.5	52.8	8.9
MA02	117	1,080	302	206	5.9	7.6	6.4	0.4	2.3	19.5	8.1	5.5	31.6	139.5	74.5	46.8
MA03	141	951	326	172	5.9	7.9	6.6	0.6	0.6	64.1	19.6	19.4	30.2	216.1	102.1	81.5
MA04	111	1,840	378	391	5.9	6.7	6.2	0.3	5.0	33.7	17.8	9.7	25.7	28.4	27.0	1.3
MA05	106	569	299	117	5.3	7.8	6.3	0.5	0.4	61.9	14.9	14.1	16.1	46.9	32.5	11.8
MA06	158	533	322	125	4.8	7.3	6.3	0.6	0.7	31.9	11.8	9.2	17.6	31.0	24.7	5.5
MA07	153	1,301	511	273	5.2	7.8	6.9	0.6	0.7	66.0	21.7	19.8	21.2	89.7	44.1	32.2
MA08	197	613	377	165	6.4	7.4	6.9	0.3	1.4	41.5	18.3	14.5	-	-	-	-
MA09	91	2,830	622	657	5.2	8.5	6.3	0.6	0.1	75.8	21.2	22.9	42.6	620.4	197.4	244.4
MA10	81	5,890	726	1,341	5.4	7.0	6.3	0.4	0.7	32.7	9.7	9.1	21.1	31.8	24.7	5.0
MA11	111	786	245	140	5.6	7.4	6.3	0.4	0.7	83.6	14.5	19.6	35.1	51.5	44.9	7.0
MA12	124	3,600	456	613	5.6	7.3	6.4	0.4	1.3	72.6	15.7	16.4	35.6	576.2	244.3	237.3
MA13	162	826	358	156	5.2	7.6	6.2	0.7	0.8	58.7	20.4	14.1	32.5	60.7	46.0	10.0
MA14	113	720	267	179	6.0	7.2	6.5	0.4	1.4	40.2	9.1	14.0	33.2	36.8	35.2	1.5
MA15	66	561	197	129	5.6	7.3	6.3	0.4	0.7	75.8	19.6	28.0	18.5	32.6	23.9	6.2
MA16	76	7,530	1,113	1,505	5.5	6.9	6.0	0.3	0.5	63.2	22.6	19.4	37.1	312.1	154.4	112.1
MA17	137	2,380	781	695	5.4	8.8	6.5	0.8	2.2	104.4	31.6	34.3	32.9	32.9	32.9	0.0
MA18	92	6,600	1,294	1,795	5.6	6.8	6.2	0.3	1.1	56.1	14.1	15.8	18.8	1,874.8	590.4	760.4
MA19	4	3,160	886	823	5.6	7.3	6.3	0.5	2.5	74.9	31.3	25.2	53.6	400.7	196.1	148.4



<표 5-5-1> 유역별 지하수 수질현황<계속>

유역	F(mg/l) (N=56)				Fe(mg/l) (N=56)				Mn(mg/l) (N=56)				Zn(mg/l) (N=56)			
	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차
계	0.350	0.840	0.430	0.062	0.000	0.170	0.000	0.004	0.000	0.540	0.010	0.017	0.000	10.080	0.490	0.624
MA01	0.370	0.580	0.470	0.102	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.000	0.070	0.030	0.030
MA02	0.380	0.420	0.390	0.023	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.010	5.590	1.920	2.594
MA03	0.360	0.430	0.380	0.038	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	0.540	0.180	0.253	0.020	0.090	0.040	0.032
MA04	0.360	0.370	0.360	0.004	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.050	0.060	0.060	0.004
MA05	0.390	0.610	0.500	0.109	0.000	0.170	0.040	0.074	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.000	0.410	0.120	0.171
MA06	0.380	0.500	0.450	0.060	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.000	0.010	0.010	0.004
MA07	0.370	0.500	0.450	0.066	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	0.010	n.d.	0.005	0.030	2.470	0.950	1.083
MA08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA09	0.360	0.410	0.380	0.021	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.020	0.150	0.070	0.054
MA10	0.350	0.440	0.390	0.046	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.000	0.200	0.080	0.089
MA11	0.360	0.390	0.380	0.017	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.030	0.070	0.200	0.017
MA12	0.380	0.840	0.590	0.228	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.020	0.170	0.110	0.066
MA13	0.360	0.420	0.380	0.027	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	0.070	0.020	0.032	0.020	0.110	0.050	0.034
MA14	0.430	0.460	0.450	0.012	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.010	0.030	0.020	0.008
MA15	0.390	0.450	0.420	0.032	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	0.010	n.d.	0.006	0.000	5.720	1.920	2.687
MA16	0.350	0.490	0.400	0.058	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	0.020	0.010	0.006	0.060	0.130	0.080	0.029
MA17	0.380	0.380	0.380	-	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.010	0.010	0.010	0.000
MA18	0.350	0.460	0.400	0.046	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	0.030	0.010	0.012	0.010	10.080	2.640	4.297
MA19	0.360	0.650	0.540	0.159	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	n.d.	n.d.	n.d.	0.000	0.040	0.100	0.070	0.024

\* n.d : not detected

## 5.6 지하수 관리방향

### 5.6.1 지하수관련 법령현황

국내 지하수는 지하수법, 농어촌정비법, 온천법, 먹는물관리법 등 다수의 관련 법에 따라 농림부, 건설교통부, 환경부, 행자부 및 국방부 등 5개 중앙 부처와 지자체에서 소관업무별로 담당하고 있으며, 관련법령과 소관부서를 요약하면 <표 5-6-1>과 같다.

지하수에 대한 중요성이 높아지고 지하수법이 제정·시행됨에 따라 지하수관리 업무 및 민원 업무가 계속 증가하고 있으나, 아직까지 전담조직 및 인력확보가 미흡하여 대부분의 지하수 담당부서는 지하수 업무를 다른 업무와 겸무하여 수행하고 있어 지하수의 체계적인 관리가 어려운 실정이다.

<표 5-6-1> 지하수 관련법령 및 소관부처 현황

법령	제정년도 (최근개정)	대상	규정 내용	소관 부처
지하수법	'93.12.10 (2001.1.16)	타법 규제 받지 않는 모든 지하수	· 지하수의 적절한 개발·이용과 보전·관리에 관한 사항 · 지하수 시설의 허가·신고 사항 · 지하수수질보전과 정화에 관한 사항	건교부  환경부
농어촌정비법	'94.12.22 (2002.12.26)	농어촌용수	· 농어촌용수이용 합리화 계획에 따른 용수수요와 개발, 용수이용·배분 및 보전관리에 관한사항 · 농어촌용수 오염방지 및 수질개선대책	농림부
온천법	'82.3.2 (2001.1.26)	온천수	· 25℃이상의 온수 개발을 위한 굴착 허가, 온천지구 지정	행자부
먹는물관리법	'95.1.5 (2000.1.7)	먹는샘물	· 먹는샘물 제조업을 하고자 하는 자는 허가	환경부
민방위기본법	'75.7.25 (2000.1.12)	지하 양수시설	· 민방위계획에 따라 지하양수시설 설치 또는 정비	행자부
주택건설촉진법	'77.12.31 (2000.12.29)	공동주택 비상급수시설	· 제33조에 의한 사업계획 승인을 받 은 경우에는 지하수개발 허가·신고 를 받은 것으로 의제	건교부
국방군사시설 사업에관한법률	'91.1.14 ('97.1.13)	국방군사 시설(지하수)	· 군사목적상 필요한 지하수시설	국방부
제주도개발 특별법(제주국제 자유도시특별법)	'91.12.31 (2002.1.26)	제주도지역	· 제주도에서 지하수를 개발하는 자는 도지사의 허가	건교부

### 5.6.2 농촌지하수관리조사사업의 활용

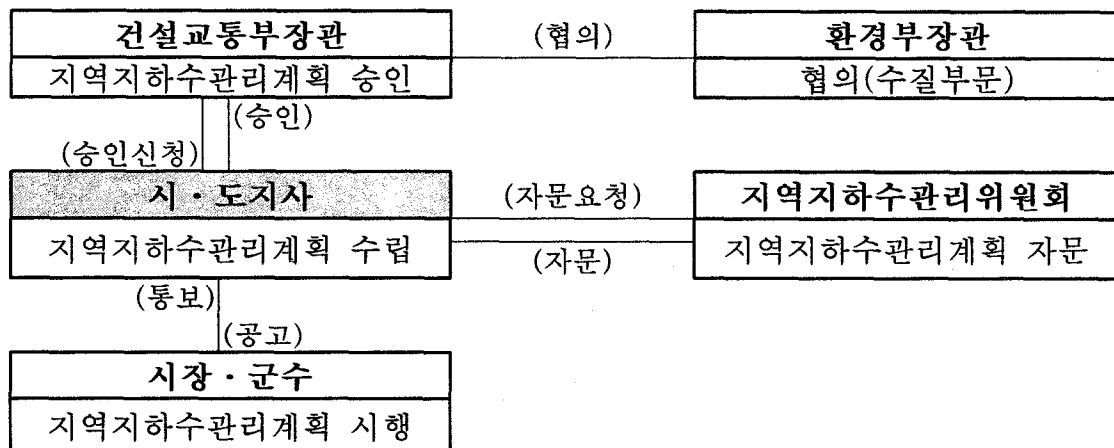
최근 빈번한 기상이변, 지표수개발의 한계, 수질오염 등으로 인하여 농촌지역 지하수에 대한 개발수요가 지속적으로 증가하여, 농업용수로 이용된 지하수는 전체이용량의 52%에 해당되며, 농업·생활용수의 경우 54%를 차지하고 있다(지하수조사연보, 건교부, 2001).

또한, 농촌지역의 지하수는 논용수 외에 생활용수, 발용수, 축산용수, 공업용수 등 용도별로 다양하며, 최근 폐공 발생율의 증가, 도시화·산업화로 인한 잠재오염원의 증가, 농약·비료의 과다사용에 의한 수질 악화 등 지하수의 제반환경이 날로 악화되고 있는 실정이다.

지하수법은 '94년 제정 이후 3차례('97, '99, 2001년)의 개정으로 지하수의 개발·이용 및 수질기준이 대폭 강화되었고, 국내 지하수자원의 중장기 종합관리대책으로 '96년 12월에 “지하수관리 기본계획”을 수립하였으며, 수자원장기종합계획(2001. 7)과 연계하여 2002년 12월에 보완되었다.

지하수관리기본계획의 연도별 추진계획에는 2002년부터 2011년까지 수맥조사(364백ha, 194억원)와 농촌지하수관리조사(257지구, 380억원), 그리고 해수침투조사관측망(105개소, 15억원)의 설치·운영을 포함한 지하수 조사·개발 및 보전관리 부문과 지하수 수질관리 및 정화 부문에 대한 추진계획이 포함되어 있다.

지하수법에 의한 법정 계획은 국가지하수관리 기본계획과 연계하여 시·도지사가 수립, 시행하는 지역지하수관리계획이 있으며, 계획 수립 절차는 <그림 5-6-1>과 같다.



<그림 5-6-1> 지역지하수관리계획의 수립절차

지역지하수관리계획에 의하면 특별·광역시장은 2005년까지 관할지역에 대하여 세부적인 지역지하수관리계획을 수립, 완료하고 필요시 수정·보완하며, 도지사는 2004년까지 지역지하수관리계획이 필요한 시·군 선정 등 지역지하수관리계획 추진방안을 마련하고, 2011년까지 연차적으로 해당 시·군에 대한 지역지하수관리계획을 수립토록 하였다.

농촌지하수관리조사사업은 현재 강화된 지하수관리 제도하에서 환경여건이 열악한 농촌지역에 대하여 지하수기초조사, 최적관리 시스템 개발, 관정 및 폐공자료 등을 체계적으로 종합정리 및 정보화(DB/GIS)하여 일정 수문단위의 농촌지하수자원을 관리할 수 있는 기반을 구축하고, 상위계획인 국가지하수관리계획 및 지역지하수관리계획과 연계하여 농촌지역 지하수자원의 효율적인 개발·이용 및 보전·관리에 활용된다.

### 5.6.3 지하수 관측망

#### 가. 농촌용수구역 지하수 모니터링의 목적 및 효과

지하수 모니터링은 지하수 개발·이용시 지하수를 포함하는 대수층에 대하여 부존량 및 수위·수질 변화를 파악하고, 이를 지속적으로 관찰하여 적정수량을 이용토록 하고 지하수의 오염과 및 지하수 장애현상을 예방하는데 주목적이 있다. 즉 지하수부존량과 수질변화를 파악하기 위하여 정기적으로 대수층의 수위측정, 수질검사, 대수성 시험 등을 실시, 축적된 자료를 이용하여 지하수 자원의 수량 및 수질 예방에 적극 활용하기 위하여 사용되는 방법이다.

모니터링은 사용목적에 따라 지하수의 부존량 또는 수질변화를 관측하며, 측정결과는 수문학적 자료, 재해발생 조기 경보기능자료, 보전·관리 계획의 성공여부판단 자료 등으로 사용된다. 지하수 모니터링의 종류는 관측 대상 및 관측 항목, 관측정의 규모 등에 의하여 구분되며, 대상 및 사용 목적에 적합하게 설계되고 설치되어야 한다.

농촌용수구역 지하수 모니터링은 지하수법 제17조, 동법 시행령 27조 및 농어촌정비법 제18조의2와 관련하여 농촌용수구역의 지하수의 수위와 수질 변동 상태를 지속적으로 측정할 수 있는 체계적인 지하수 관측 시스템을 구축, 운영함으로써 지하수 자원의 합리적인 이용과 체계적인 보전·관리에 필요한 기초 자료를 제공하는데 있다.

## [지하수법 시행령]

### 제27조 (지하수 수위변동실태의 조사)

- ① 건설교통부장관은 법 제17조제1항의 규정에 의한 국가관측망을 전국 지하수의 부존 특성 및 지하수의 이용실태 등을 고려하여 전국에 300개 이상 설치하여야 하며, 국가 관측망별로 매일 1회 이상 수위를 측정하여야 한다. 다만, 농어촌정비법 제18조의2의 규정에 의한 농어촌용수구역안에서 농림부장관이 지하수수위관측망을 설치하여 운영하는 경우에는 국가관측망을 설치하지 아니하고 그 지하수수위관측망을 이용할 수 있다.
- ② 시·도지사는 법 제17조제2항의 규정에 의한 보조관측망을 관할구역 지하수의 이용 실태 및 수질현황 등을 고려하여 설치하여야 하며, 보조관측망별로 매일 1회 이상 지하수의 수위를 측정하여야 한다.
- ③ 건설교통부장관은 제1항의 규정에 의하여 실시한 지하수의 수위측정결과를 기초로 하여 지하수의 수위변동추세를 분석하여야 한다.
- ④ 제1항 및 제2항의 규정에 의한 관측망의 설치기준·측정방법 등에 관한 세부적인 사항은 건설교통부장관이 이를 정하여 고시한다. [전문개정 2001.12.19]

## 나. 무망용수구역내 지하수 관측망 현황

지하수 관측망은 관측 대상과 관측망 운영 목적에 따라 국가 지하수 관측망, 보조 지하수 관측망, 지하수 수질측정망 및 해수침투 조사관측망으로 구분된다.

건설교통부에서 운영하는 국가 지하수 관측망은 전국을 대상으로 지역 또는 유역 단위로 대표지점을 선정하여 지하수의 수위, 수질 등의 변동상황을 지속적으로 감시관측하며, 지하수위, 전기전도도, 수온 등의 항목은 자동관측장비를 이용하여 매일 1회 이상 관측한다.

지역지하수관측시설(보조관측망)은 국가 지하수 관측망과 연계하여 지역별로 주요 관측 대상 지점에 관측정을 설치하여 지하수 수위·수질 특성 자료를 획득하며, 관측항목은 지하수위, 전기전도도, 수온 및 수질로 지하수위, 전기전도도, 수온 등의 항목은 매일 1회 이상 정기적으로 관측한다.

국가관측망과 보조관측망은 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제6조에 의한 지하수 수질기준항목에 대하여 연 2회 이상 정기적인 수질 분석을 실시하며, 필요 시에는 주 양이온, 음이온, 용존산소, 총고용체 등 배경 수질 항목에 대한 수질 분석을 추가로 실시한다.

지하수 수질측정망은 환경부 주관하에 지방환경관서와 시·도를 통하여 전국의 지하수오염이 우려되는 지역을 대상으로 지하수 오염현황 및 오염도 변화추세

를 파악하고 토지이용 용도별 지하수 오염 특성을 조사하여 토지용도지역에 적합한 지하수 오염 예방 및 정화계획 수립을 위한 정책자료로 활용하기 위하여 운영되고 있다. 2001년 현재 산업단지, 폐광산지역, 매립지, 유류저장시설 설치지역 등 오염 우려지역 781개소와 농업 및 주거용도지역 등 1,184개소를 포함 총 1,965개소를 지하수 수질측정망으로 지정·관리하고 있다. 조사항목은 특정유해물질 10종과 일반오염물질 5종이며, 상반기와 하반기에 각각 1회씩 조사하고 있다.

해수침투조사 관측망은 농림부 주관하에 농업기반공사에서 대행하여 설치·운영하고 있으며 해안 및 도서지역의 지하수위 및 수질에 대한 장기관측을 통하여 지하수 개발·이용으로 인한 해수침투 영향을 사전에 조사하여 피해예방을 수립하고 합리적인 지하수 이용관리계획을 수립하고자 수행하는 사업이다. 2002년 현재 94개소(제주도 56개소, 육지 해안지역 38개소)를 설치·운영중이며, 매시간 단위로 지하수의 수위, 수온, 전기전도도를 측정하고 있고 2011년까지 전국에 총 192개소를 설치할 계획이다.

무망용수구역내에 설치되어 있는 기존 지하수 관측망은 환경부의 지하수 수질 측정망 3개소가 존재하며, 내륙지역에 해수침투조사 관측망은 없고, 현재 국가 지하수 및 보조관측망은 설치되어 있지 않다<표 5-6-2>.

<표 5-6-2> 무망지구 용수구역내 지하수 관측망 현황

구 분			국가 지하수 관측망	보조 지하수 관측망	지하수 수질 측정망	해수침투 조사관측망
관측점 번호	읍·면	리	-	-	3	해당없음
L-6-a	무안읍	성동리	-	-	1	
L-6-b	무안읍	교촌리	-	-	1	
L-6-c	무안읍	성동리	-	-	1	

### 5.6.4 무망 농촌용수구역 지하수관리방향

무망 농촌용수구역의 지하수 보전을 위한 예방관리는 본 조사에서 구축된 『농촌지하수관리시스템』에 신규 자료를 지속적으로 추가 보완하여 운영하는 방법과, 또한 이와 병행하여 지하수 모니터링을 통하여 지하수 장애를 조기에 예방하고, 지하수위와 현장수질 현황의 시간적인 변화를 감시하기 위하여 지하수관측정을 설치·운영하는 방법이 있다.

#### 가. 무망지구 농촌지하수 관리시스템

『농촌지하수관리시스템』은 지하수기초자료와 오염원에 대한 자료를 DB/GIS로 구축하기 위하여 지하수 관리의 토대가 되는 기초자료를 수집, 저장하는 DB Bank와 지하수 정보를 시간적·공간적으로 분석할 수 있는 의사결정시스템의 역할을 담당하게 된다. 이를 위하여 행정자료 및 신규자료의 지속적인 갱신이 필수적이며, 행정담당자 및 관련정보를 필요로 하는 일반인에게 지하수자원에 대한 정보 공유가 가능하여야 한다.

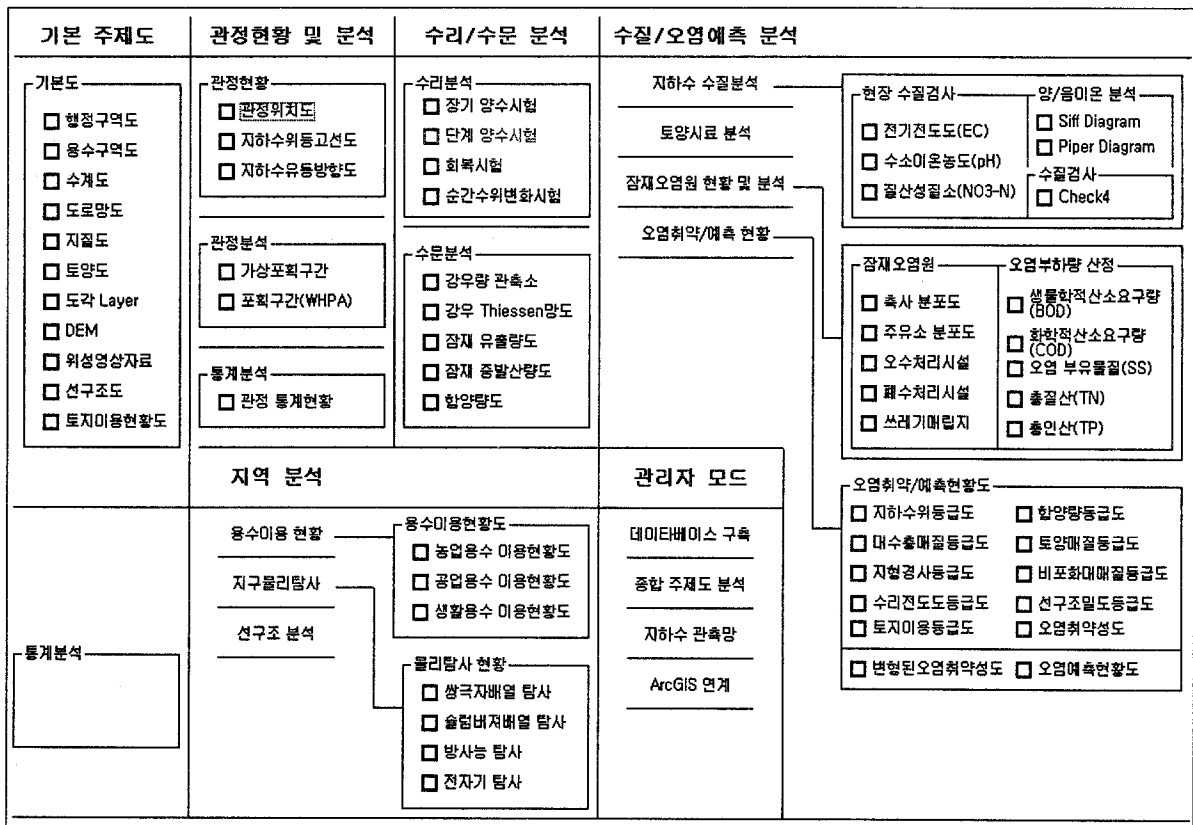
조사지구에서 파악한 지하수 관정 및 잠재오염원 현황자료는 농촌지하수관리시스템에 입력하였으며, DB 및 GIS 구축현황은 <표 5-6-3>과 같다. 조사대상은 2002년 3월 현재 행정기관에 등록된 지하수 및 잠재오염원 자료를 기준으로 하였고, 위치 확인이 불가능한 시설은 DB만 구축하였으며, 현지조사결과 소멸된 시설은 DB에서 제외하였다.

<표 5-6-3> 시스템에 구축된 지하수관정과 잠재오염원 자료

구분	시설형태	시설수	DB 구축	GIS 구축
지하수관정	경미시설	402	402	402
	신고·허가시설	464	464	464
	그 밖의 시설	232	232	232
	소 계	1,098	1,098	1,098
잠재오염원	축사	238	238	238
	폐수배출시설	27	27	27
	오수배출시설	81	81	81
	주유소	49	49	49
	쓰레기매립지	4	4	4
	소 계	399	399	399

지하수관정의 경우 경미시설 402개소, 신고·허가시설 464개소, 그 밖의 시설 232개소를 모두 DB/GIS로 구축하였으며, 잠재오염원시설의 경우 총 399개소를 DB/GIS로 구축하였다. 그밖에 총 3차레의 일제조사시 측정된 자연수위 및 현장 수질조사자료, 정밀수질조사자료, 물리탐사 및 물리검층자료, 대수성시험자료 등 현장조사자료는 모두 DB로 구축하였다.

무망지구 농촌지하수관리시스템은 지하수관리에 필요한 부수적인 여러 가지 프로그램들이 포함되어 있다. 이러한 프로그램은 행정기관에서 사용하는 지하수 행정관리, 지하수 영향권 분석, 지하수 실적관리, 지역통계분석, 오염분석 프로그램 등이 있으며, 지하수 전문가가 사용하는 지하수 수질분석, 지하수 모델링연계, 관측정 모니터링, 주제도 분석 및 생성 등의 프로그램으로 구성되어 있다. <그림 5-6-2>는 본 시스템에서 구현될 수 있는 주제도와 여러 가지 분석 모드 및 관리자 모드 등을 나타내고 있다.



<그림 5-6-2> 무망지구 지하수관리시스템의 구성 및 분석 모드



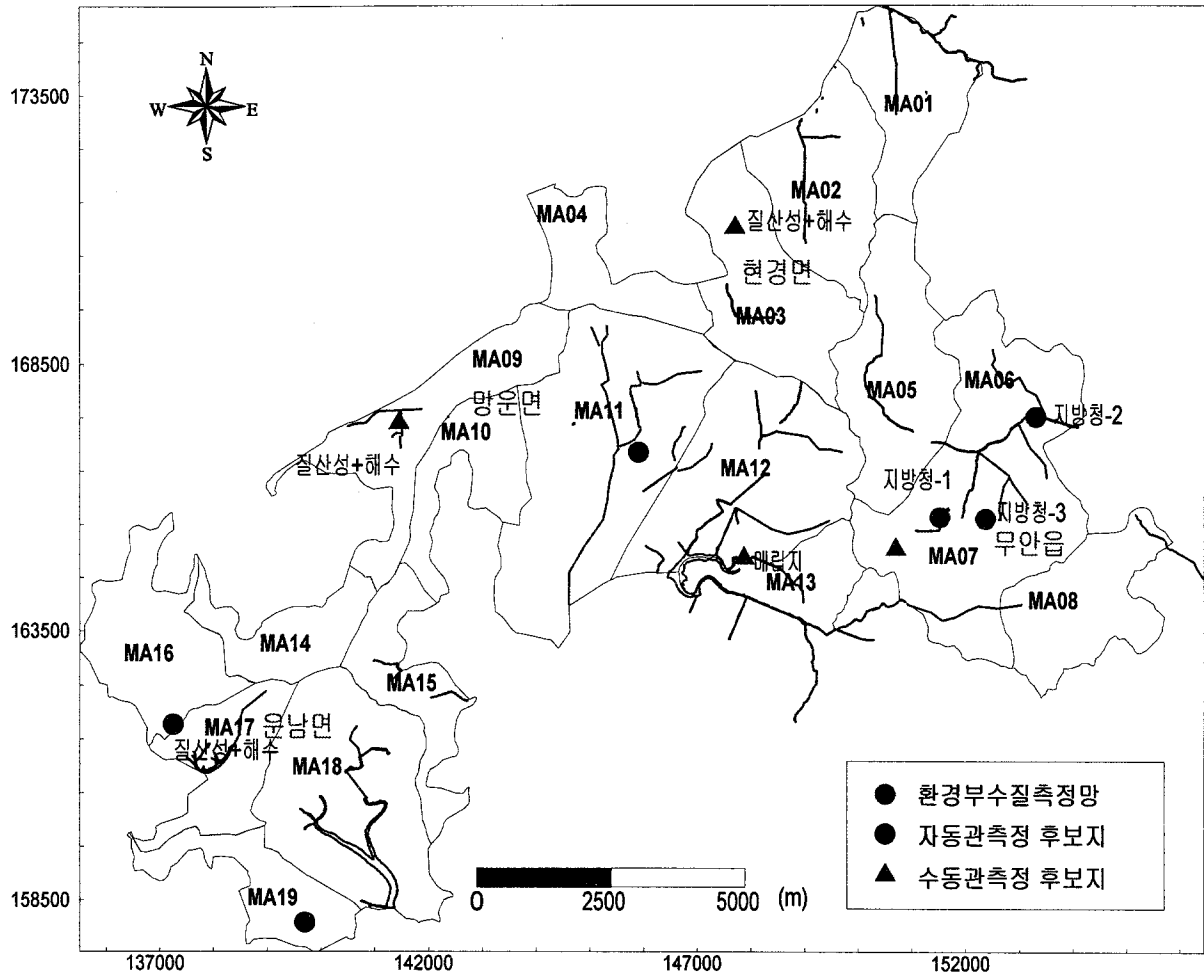
## 나. 무망지구 지하수 모니터링

농촌지하수관리조사에서 지하수 모니터링은 강우에 따른 수위변화, 수질의 시간적 변화상태 등 재해발생에 대한 조기경보 기능과 지하수함양량 산정 등 지하수의 물리화화학적 특성규명, 지하수관리계획에 대한 성공여부의 평가수단으로 이용된다. 지하수 모니터링은 자동 및 수동관측이 있으며 각 관측지점에 대한 설정은 지하수상태, 장애발생 정도, 위해성 정도 등에 따라 관측위치 및 관측대상을 지역특성에 적합하게 선정하여야 한다. 모니터링 개소수와 수동측정 및 수질분석 항목은 사업예산운영과 배정에 따라 효율적으로 설치·운영하고 일반적으로 자동 관측 항목은 측정이 가능한 수위, 전기전도도, 수온 등을 측정한다.

무망 농촌용수구역의 관측망은 총 7개소(자동관측망 : 3개소, 수동관측망 : 4개소)를 설치하는 것으로 계획하였다. 자동관측망의 경우 현경면에 설치할 관측망은 측사 밀집지역으로 수질오염을 관측하고, 또한 운남면 성내리와 내리의 경우는 해수침투에 의한 수질변화를 관측할 것이다. 수동관측망의 경우 현경면 현화리와 망운면 송현리 일대는 해안에 인접하고 측사가 다수 존재하여 염수침입 및 수질변화 관측, 무안읍 평용리는 쓰레기 매립지 주변으로 침출수에 의한 지하수오염 관측 등으로 계획하고 있다<표 5-6-4, 그림 5-6-3>.

<표 5-6-4> 무망 농촌용수구역 지하수 관측망 설치 및 운영계획

구 분	자동관측	수동관측	비고
합 계	3	4	-
무안읍	-	2	매립지, 염수침입
현경면	1	1	수질, 수위측정
망운면	-	1	측사밀집
운남면	2	-	측사밀집, 염수침입



<그림 5-6-3> 무망지구 관측망 설치예정지

#### 다. 기대효과 및 향후추진계획

○ 2011년까지 연차적으로 시행하는 지역지하수관리계획과 연계하여 『농촌지하수 관리시스템』을 활용함으로써 예상되는 기대효과는 다음과 같다.

- 구축된 정보망을 활용한 효율적인 지하수개발·이용·관리
- 농촌지역 지하수 환경재해 방지를 위한 자료·기술지원
  - 지하수 시설물 유지·관리를 위한 정보 제공
  - 지하수보전구역 지정 관련자료 제공
  - 지하수 개발전 지하수영향조사 자료 제공
  - 지하수 개발관련 인·허가 검토자료 제공
  - 지하수시설 설치계획 심의자료 제공
  - 오염위해시설 설치 및 이전 심의자료 제공

- 각종 국토개발시 지하수정보자료 제공
  - 지하수오염 우심지역에 대한 오염방지 대책수립 기초자료 제공
  
- 행정구역 단위의 종합적인 지하수관리를 위하여 무망지구 남동쪽에 위치한 무안군 무일지구를 2003년 신규지구로 선정 추진함으로써, 조사자료의 시간적인 차이를 최소화할 필요가 있으며, 또한 국가 지하수관리 기본계획과 연계가 가능토록 지역지하수관리계획의 수립·시행이 시급히 요구된다.

## IV. 요약 및 결론

1. 『무망지구 농촌지하수관리조사사업』의 목적은 기존자료 수집분석 및 현황조사, 지하수 수리 및 수질 조사·분석과 물수지분석 및 지하수모델링을 종합 정보화하여 지하수 수리·수질 특성을 파악하고 DB/GIS 시스템(농촌지하수관리 시스템)을 구축함에 있다. 또한 지하수 수질·수량 모니터링을 실시하여 농촌 지역의 지하수 재해를 사전 예방하고 지하수관리계획 수립의 기초자료를 제공하며, 합리적이고 계획적인 지하수개발계획 수립과 지속 이용가능한 지하수자원으로 최적관리 할 수 있도록 함에 있다.
2. 조사지역은 농촌용수구역 464개 중 무망지구로 전라남도 무안군 무안읍, 망운면, 운남면 전체와 현경면의 일부가 포함되며, 조사면적은 12,572ha이다. 지리적 좌표는 동경 126° 15′ 00″ ~ 126° 32′ 09″, 북위 35° 07′ 30″ ~ 35° 08′ 15″에 해당한다.
3. 조사지역은 한반도의 서남해안에 위치하며, 지구 동쪽은 장년기 지형으로 높은 산지가 형성되어 있고 서쪽은 낮은 구릉과 평야지대로 동고서저의 지형을 나타낸다. 또한 본 지구의 서쪽 지역은 무안읍을 제외한 3개면이 해안선을 따라 서해와 인접되어 내륙과 해안이 공존하는 반도형 지형이며, 수계는 산간계곡에서 발원된 소지류가 지형 경사를 따라 하천을 이루고 수지상으로 흐르다가 대부분 서해로 유입된다.
4. 조사지역의 연평균 기온은 13.8 °C이며, 강수량은 전국 평균강수량 1,274mm보다 낮은 1,123mm이고 상대습도는 73.1%, 풍속은 4.1m/s, 잠재증발산량은 1,038.1mm로 조사되었다.
5. 본 조사지역의 토지이용은 전체면적 12,572ha의 22.5%인 2,828.9ha가 임야로 이용되며, 농경지(전·답·과수원)는 전체면적의 58.2%인 7,313.1ha를 차지한다.
6. 지구내 주요하천은 6개 정도이며, 지방2급 하천으로 분류·관리되고 있고 가장 긴 하천은 무안천(하천연장 8.4km)이며, 평균 하천연장은 4.2km로 짧은 편이다.

7. 본 조사지역의 유역은 지형도의 수계분포, DEM 자료 및 지하수계의 분수령 등을 고려하여 총 19개의 소유역으로 구분하였으며, 물수지분석, 용수이용현황, 오염예측현황 및 지하수자원 평가의 기초단위로 설정하였다.
8. 2001년말 현재 무망지구의 상수도 시설용량은 3,000m<sup>3</sup>/일, 급수인구 10,064명, 급수량 2,345m<sup>3</sup>/일, 1인당 1일 급수량은 233ℓ로서 전라남도 전체 365ℓ에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 상수도 보급률은 40.1%로 전라남도 전체 58.5%에 비해 낮은 수준이며, 주로 무안읍에 편중되어 있다.
9. 지하수 행정자료를 이용하여 분석한 조사지역의 지하수 총이용량은 2001년말을 기준으로 5,033개소로 6,989천m<sup>3</sup>/년이며, 용도별로는 농업용 859개소 5,163천m<sup>3</sup>/년으로 73.9%, 생활용 216개소 1,694천m<sup>3</sup>/년으로 24.2%, 공업용 2개소 37천m<sup>3</sup>/년으로 0.5%, 기타 21개소 96천m<sup>3</sup>/년으로 1.4%를 차지하여 농업용 지하수의 비중이 가장 높은 것으로 조사되었다.
10. 단위면적당 지하수이용량은 55.6천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>으로 전국평균인 39.9천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>보다 높게 나타났으며, 지역별로는 무안읍이 71.9천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>으로 가장 높고, 유역별로는 MA10 유역이 156.1천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>으로 가장 높은 것으로 조사되었다.
11. 잠재오염원으로는 축산폐수배출시설 238개소, 폐수배출시설 27개소, 오수처리시설 81개소, 쓰레기매립장 4개소, 주유소 22개소, 유류저장시설 27개소가 분포되어 있다.
12. 조사지역의 지역별 오염정도를 파악하기 위하여 가축, 인구, 토지이용에 대한 단위면적당 오염발생부하량을 파악한 결과 운남면>현경면>망운면>무안읍 순으로 나타났다.
13. 조사 지역의 지질은 크게 변성암류와 화성암류, 그리고 이를 부정합으로 피복하는 충적층으로 구성되어 있다. 변성암류는 시대미상의 변성퇴적암류(운모편암, 석회암 등)와 반상변정질편마암, 화강암질편마암으로 구분되며, 화성암류는 중생대 백악기의 화산암(응회암, 유문암)과 산성암맥으로 구성되어 있다.

14. 조사지역의 지하수유동 및 오염취약성과 관련되는 선구조를 추출하기 위하여 프랑스의 SPOT 위성자료를 이용하였으며, 선구조 방향빈도에 의한 주선구조의 발달방향은 N60E~N80E와 N30E~N40E의 방향이며, 연장 1,500m 이상 선구조의 발달방향은 N20E~N40E와 N70E~N80E의 방향으로 분석되었다.

15. 조사지역의 대수성을 파악하기 위하여 순간수위변화시험과 양수시험을 실시하였으며, 분석자료와 기초사자료를 이용한 결과는 다음표와 같다.

유역	충적대수층				암반대수층				
	충적층두께 (m)	K (m/sec)	T (m <sup>2</sup> /day)	S	개발심도 (m)	개발량 (m <sup>3</sup> /day)	K (cm/sec)	T (m <sup>2</sup> /day)	S
평균	5.3	1.84E-03	2.07E+01	0.13	92.1	195.3	7.56E-04	4.80E+01	0.3
MA01	5.7	-	-	-	73.3	300.4	5.58E-05	3.22E+00	0.5156
MA02	4.6	-	-	-	81.1	125.1	6.48E-05	5.38E+00	0.0366
MA03	3.6	8.74E-03	6.85E+01	0.0396	109.4	188.0	1.01E-04	9.98E+00	0.2038
MA04	4.5	-	-	-	50.0	140.0	-	-	-
MA05	6.5	9.31E-05	7.02E+00	0.1	85.0	217.2	5.91E-05	4.99E+00	0.8194
MA06	2.4	1.63E-04	2.34E+01	0.2361	123.9	184.3	1.17E-04	8.11E+00	0.3636
MA07	3.3	-	-	-	112.1	127.4	3.10E-03	1.36E+02	0.1119
MA08	5.5	-	-	-	121.3	283.3	-	-	-
MA09	10.5	-	-	-	87.1	276.4	5.33E-03	3.79E+02	0.0599
MA10	7.1	-	-	-	134.6	192.1	-	-	-
MA11	3.4	1.41E-04	3.46E+00	0.2387	88.6	128.6	-	-	-
MA12	5.0	-	-	-	77.2	164.3	1.33E-05	7.79E-01	0.1585
MA13	2.0	-	-	-	78.5	193.0	-	-	-
MA14	2.5	-	-	-	100.0	150.0	2.27E-05	1.71E+00	-
MA15	9.1	7.49E-05	1.23E+00	0.0281	80.0	302.0	-	-	-
MA16	6.7	-	-	-	77.4	142.6	6.52E-06	3.90E-01	-
MA17	6.0	-	-	-	84.3	205.5	8.54E-04	6.67E+01	0.7014
MA18	6.6	-	-	-	96.8	217.2	8.35E-05	6.61E+00	0.000075
MA19	5.9	-	-	-	88.9	173.2	1.70E-05	1.38E+00	0.000107

16. 조사지역의 지하수 개발 및 이용현황에 대한 기존자료를 토대로 조사지역에 분포하는 관정 1,098개소에 대한 조사공의 위치, 표고, 개발심도, 지하수위, 대수층 유형, 사용용도, 현장수질 및 수리/수질특성 등을 조사하였다. 지하수위, 현장수질조사는 갈수기와 풍수기로 구분하여 총 3회에 걸쳐 일제조사를 실시하였으며, 이와 별도로 질산성질소에 대한 분석을 수행하였다.

- 갈수기(145개소)와 풍수기(145개소)의 총적대수층 평균 지하수위는 각각 4.11m와 3.60m이며, 암반대수층 평균 지하수위는 각각 7.09m와 5.98m로 조사되었다.
- 지하수위 조사자료를 바탕으로 지하수두 등고선도를 작성하여 지하수 함양 및 배출지역을 구분할 수 있었다. 함양지역은 현경면 해운리와 현화리, 무안읍 성동리와 성암리 일대에 분포된 MA01·02·07·08 유역이며, 배출지역은 주로 조사지역의 서쪽인 망운면과 운남면의 일부 지역으로 나타났다.
- 지하수두 등고선도를 바탕으로 조사지역의 지하수 유동방향도를 작성하였다. 지역적인 차이는 나타나지만 전반적인 지하수 유동방향은 동고서저의 지형 경사에 의하여 동쪽에서 서쪽으로 지하수 유동이 일어나고 있음을 파악하였다.
- 조사지역 지하수의 수소이온농도(pH)는 4.8~8.8의 범위를 보이며, 총적 지하수는 평균 6.3~6.6, 암반지하수는 평균 6.4~6.6의 분포를 나타내었다. MA03·05·07·17 유역의 일부 지하수는 약알칼리 내지 알칼리성을 나타내는 것으로 조사되었다.
- 조사지역 지하수의 전기전도도(EC)는 4~7,530  $\mu\text{S}/\text{cm}$ (총적 4~7,530, 암반 81~6,600)의 넓은 범위를 나타낸다. 갈수기(145개소, 평균 475  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )와 풍수기(164개소, 평균 507  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )의 전기전도도 값은 큰 차이가 나타나지 않으나, 암반지하수(526  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )가 총적지하수(511  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )보다 약간 높은 전기전도도 값을 보인다. 유역별로는 서해안에 인접한 MA09·12·16·17·18·19 유역의 일부지역에서 전기전도도 값이 높게 나타나는데 이는 염수침입에 의한 영향으로 사료되며, 이 지역에 대해서는 지하수 모니터링을 통하여 지속적인 관측을 실시할 계획이다.

- 조사지역 지하수의 질산성질소 함량은 충적지하수의 경우 0.1~83.6mg/l, 암반지하수의 경우 0.1~75.8mg/l의 범위로 조사되었다. 특히 조사지역 중 MA03·07·09·13·16·19 유역의 일부 지하수는 함량이 높게 나타나는 경우가 있어 추후 관측망을 설치하여 수질변화를 지속적으로 관찰할 계획이다.
17. 질산성질소 함량이 높게 나타난 지역을 대상으로 질소동위원소 조사를 실시하였으며, 분석결과 주변환경이 농경지인 경우에는 화학비료, 주변환경이 축사인 경우에는 동물성기원(축산폐수)에 의한 영향을 가장 많이 받은 것으로 나타났다.
18. 정밀한 수질검사를 위하여 간이상수도과 농업용 지하수에 대하여 각각 먹는물 수질검사(7개소) 및 농업용수 수질검사(21개소)를 실시하였으며, 분석결과 일부 관정에서 특정 항목이 기준치를 초과하여 이에 대한 지속적인 주의·관찰이 필요한 것으로 사료된다.
19. 지하수내 화학특성을 살펴보기 위하여 풍수기 일제조사시 56개소의 지하수에 대하여 양·음이온분석을 실시하였다.
- 분석항목 중 주의·관찰을 필요로 하는 성분은 Cl, F, Fe, Mn, Zn이다.
  - 조사지역 지하수의 수질유형은 Na-Cl type(66.1%), Na-HCO<sub>3</sub> type(17.9%), Ca-HCO<sub>3</sub> type(12.5%), Ca-Cl type(3.5%) 순으로 조사되었으며, 염수의 영향으로 인하여 Na-Cl type이 가장 많이 분포하는 것으로 판단된다.
20. 조사지역 농경지(답)에 대한 토양오염도 조사(12개소)를 실시한 결과 토양환경보전법의 우려기준치를 넘는 지역은 없으나, 환경부 토양측정망 운영결과에 따른 전국평균 자료와 비교해 본 결과 Hg, Cr<sup>+6</sup> 항목이 다소 높게 나타났으나 토양환경보전법의 우려기준을 초과하지는 않는다.
21. 본 조사시 소유역별 강우량은 Thiessen 방법에 의해서 산정된 결과값인 1,196.9mm/년을 이용하였으며, 유출율은 SCS-CN 방법과 Kajiyama 방법에 의해서 산정된 결과값의 평균(33.1%)을 적용하였다. 잠재증발산량은 Penman



-Monteith 방법과 Thornthwaite 방법에 의해 산정된 평균값(80.8%)을 이용하였으며, 함양율은 토양수분수지분석방법과 물수지 분석의 손실량 추정방법, 그리고 SCS-CN 침투량 분석방법의 평균값(18.2%)을 적용하였다. 이와 같은 결과를 적용하여 산출한 무망지구의 소유역별 지하수 함양량은 다음과 같다.

구 분	강수량 (mm)	유출율 (%)		잠재증발산량 (%)		함양율 (%)		
		Thiessen	SCS-CN	Kajiyama	P-M	Thornthwaite	토양수분 수지분석	물수지 분석
산정값 (평균)	1,196.9	33.1		80.8		18.2		

구 분	MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	MA07	MA08	MA09	MA10
유역면적(km <sup>2</sup> )	5.69	6.98	7.86	4.08	8.18	4.90	11.50	2.12	6.95	4.15
연평균 Thiessen 강수량(mm)	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,235.28	1,123.08	1,123.08	1,235.28	1,235.28
함양량(천톤/년)	1,279.2	1,569.3	1,767.1	917.3	1,839.0	1,101.6	2,350.6	433.3	1,562.5	933.0

구 분	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15	MA16	MA17	MA18	MA19	계
유역면적(km <sup>2</sup> )	14.07	11.10	3.45	3.78	4.43	6.44	4.61	11.41	4.02	125.72
연평균 Thiessen 강수량(mm)	1,235.28	1,235.28	1,123.08	1,235.28	1,179.18	1,235.28	1,123.08	1,123.08	1,123.08	1,196.90
함양량(천톤/년)	3,163.2	2,495.5	705.2	849.8	950.7	1,447.8	942.3	2,332.2	821.7	1,445.34

22. 조사지역에 대한 지하수개발가능량 산정결과는 다음과 같다. 세 가지 분석법에 의한 평균 함양량을 지하수개발가능량으로 보고 안전율 80%를 고려하여 산출한 적정지하수개발가능량은 21,969.2천톤/년이다. 조사지역의 지하수이용량 대 적정개발가능량은 평균 31.8%로 조사되었으며, 특히 MA09·10 유역은 지하수이용량이 타유역보다 높은 것으로 나타나, 이 지역에 대해 관측정을 설치하여 수위 변화를 지속적으로 모니터링할 계획이다.

23. 지하수 오염취약성 및 오염예측 결과 면적비율을 적용하여 산출한 일반 오염 취약성도에서는 MA12·18 유역이 가장 높게 나타났고, 구조선밀도도에서는 무안읍이 속한 MA07 유역의 값이 가장 높게 나타났다. 잠재오염원 부하량을 고려한 오염예측도에서는 MA11·18 유역이 가장 오염에 취약한 지역으로 나타나 관측정을 설치하여 수질오염을 주기적으로 관리할 계획이다.
24. 본 조사는 무안군의 약 28.8%에 해당하는 면적에 대하여 기 개발된 관정현황과 현장조사자료를 정보화하였으며 잠재오염원 분포, 수질현황, 오염취약성, 오염예측과 지하수 개발가능량 산정에 대한 조사를 실시하여 종합적인 GIS 시스템을 개발하였다. 금번 조사자료를 기초로 지하수 자동관측망 3개소와 수동 관측망 4개소에 대한 모니터링을 실시할 예정이며, 지하수 장애발생가능성 예측 및 재해 예방, 관리계획 유형선정 등의 종합적인 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.
25. 본 조사결과의 성과인 농촌지하수관리시스템과 향후 추진할 지하수 모니터링을 활용하여 기 개발관정의 효율적인 관리와 개발예정지역에 대한 계획적이고 합리적인 지하수개발이용을 유도함이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 본 조사 결과는 본 지구에 인접한 농촌용수구역 조사수행시 검토보완할 예정이며, 무안군 전지역에 대한 조사완료단계에서 종합적인 분석을 추진할 예정이다.

여 백

# 부 록

- 행정현황
- 축사현황 및 가축에 의한 오염부하량
- 토지이용현황 및 토지이용에 의한 오염부하량
- 인구현황 및 인구에 의한 오염부하량
- 오수발생시설 현황
- 폐수배출시설 현황
- 주유소 현황
- 쓰레기매립지 현황
- 시추공 및 관정 주상도 내역
- 현장조사관정 내역
- 순간수위변화시험 결과
- 양수시험 결과
- 전기비저항 수평탐사(쌍극자배열) 결과
- 물리검층 결과

여 백

<부록-1> 행정현황

여 백

<부록-1> 행정 현황<계속>

읍면	동리	세대수	인구		농가		경지면적			
			계	남자	여자	계	답	전		
총 계		9,996	27,930	10,550	9,887	6,544	8,325	2,860	5,465	
무안읍	고절리	1리	61	168	79	89	54	54	26	28
무안읍	고절리	2리	71	198	102	96	59	73	33	40
무안읍	고절리	3리	46	159	75	84	40	50	22	28
무안읍	교촌리	1리	34	79	37	42	15	17	10	7
무안읍	교촌리	2리	374	1,185	599	586	32	24	9	15
무안읍	교촌리	3리	101	273	126	147	43	28	11	17
무안읍	교촌리	4리	41	100	43	57	21	28	9	19
무안읍	교촌리	5리	35	104	54	50	30	56	27	30
무안읍	교촌리	6리	77	208	88	120	55	69	22	47
무안읍	매곡리	1리	45	134	73	61	32	40	23	17
무안읍	매곡리	2리	41	92	45	47	27	39	20	19
무안읍	매곡리	3리	81	200	102	98	75	114	57	57
무안읍	매곡리	4리	37	94	58	36	21	23	14	9
무안읍	성남리	1리	103	293	141	152	35	20	4	16
무안읍	성남리	2리	279	782	363	419	56	19	8	10
무안읍	성남리	3리	153	462	232	230	45	25	6	20
무안읍	성남리	4리	84	232	114	118	44	33	15	18
무안읍	성남리	5리	189	567	269	298	23	5	2	3
무안읍	성남리	6리	194	616	288	328	16	10	6	4
무안읍	성남리	7리	223	734	392	342	30	8	2	6
무안읍	성남리	8리	409	1,362	730	632	-	-	-	-
무안읍	성내리	1리	172	468	214	254	46	30	15	14
무안읍	성내리	2리	107	274	129	145	32	15	8	7
무안읍	성내리	3리	83	249	132	117	7	7	4	3
무안읍	성평리	1리	143	375	187	188	30	14	5	9
무안읍	성평리	2리	137	385	196	189	31	15	9	6
무안읍	성평리	3리	109	319	176	143	53	45	26	19
무안읍	성평리	4리	72	205	103	102	45	37	23	14
무안읍	성평리	5리	109	272	112	160	21	9	5	4
무안읍	성평리	6리	60	181	96	85	13	6	3	3
무안읍	성암리		75	170	76	94	63	67	33	34
무안읍	신학리	1리	77	213	93	120	63	108	70	37
무안읍	신학리	2리	57	155	86	69	52	104	66	38
무안읍	용월리	1리	35	58	26	32	24	40	18	23



<부록-1> 행정현황<계속>

읍면	동리	세대수	인구		농가	경지면적				
			계	남자		여자	계	답	전	
무안읍	용월리	2리	72	172	78	94	68	95	61	34
무안읍	용월리	3리	70	183	98	85	51	60	37	23
무안읍	평동리		54	160	71	89	35	57	30	28
무안읍	소계		4,110	11,881	5,883	5,998	1,387	1,441	737	704
현경면	가입리	1리	61	176			60	23	11	12
현경면	가입리	2리	21	69			23	7	2	4
현경면	동산리	1리	29	75			29	44	12	32
현경면	동산리	2리	48	118			48	57	17	40
현경면	동산리	3리	89	230			92	75	44	31
현경면	동산리	4리	44	106			43	54	24	30
현경면	동산리	5리	25	52			25	38	13	25
현경면	마산리	1리	115	308			116	120	25	95
현경면	마산리	2리	78	227			80	118	23	95
현경면	송정리	1리	74	199			73	81	19	62
현경면	송정리	2리	67	171			66	81	17	65
현경면	수양리	1리	83	216			86	92	20	72
현경면	수양리	2리	61	127			45	65	30	34
현경면	수양리	3리	109	207			76	90	16	74
현경면	양학리	1리	123	310			119	176	72	104
현경면	양학리	2리	44	99			44	92	22	70
현경면	오류리	1리	74	160			73	96	33	63
현경면	오류리	2리	31	86			30	47	12	35
현경면	오류리	3리	66	184			63	53	10	43
현경면	오류리	4리	78	215			79	57	14	44
현경면	오류리	5리	49	129			49	31	10	20
현경면	외반리	1리	163	470			167	52	19	33
현경면	외반리	2리	33	71			32	55	16	39
현경면	외반리	3리	67	175			66	72	12	60
현경면	외반리	4리	116	335			111	61	10	51
현경면	용정리	1리	57	125			46	38	6	32
현경면	용정리	2리	63	152			51	55	12	43
현경면	용정리	3리	123	225			87	50	9	42
현경면	용정리	4리	36	79			30	40	10	31
현경면	용정리	5리	42	118			41	33	4	29
현경면	평산리	1리	95	252			96	140	43	97
현경면	평산리	2리	63	176			64	84	29	55

<부록-1> 행정현황<계속>

읍면	동리	세대수	인구		농가	경지면적				
			계	남자		여자	계	답	전	
현경면	평산리	3리	80	248			82	54	14	40
현경면	평산리	4리	53	143			53	61	18	44
현경면	해운리	1리	70	170			69	106	39	67
현경면	해운리	2리	46	107			46	74	38	36
현경면	해운리	3리	44	136			45	81	37	44
현경면	해운리	4리	39	107			38	70	32	38
현경면	해운리	5리	24	71			23	28	9	19
현경면	현화리	1리	32	80			32	88	18	70
현경면	현화리	2리	59	154			58	89	25	64
현경면	현화리	3리	101	232			101	140	64	76
현경면	현화리	4리	66	176			66	105	39	66
현경면	현화리	5리	52	138			51	76	28	48
현경면	현화리	6리	32	89			33	43	15	28
현경면	소계		2,925	7,493			2,807	3,190	988	2,202
망포면	목동리	1리	113	292	141	151	114	23	7	15
망포면	목동리	2리	49	166	86	80	49	61	39	22
망포면	목동리	3리	29	77	41	36	29	27	10	17
망포면	목동리	4리	48	138	67	71	48	43	15	28
망포면	목동리	5리	35	87	45	42	35	34	13	21
망포면	목동리	6리	88	257	132	125	90	32	23	9
망포면	목서리	1리	33	109	51	58	33	19	10	9
망포면	목서리	2리	41	99	52	47	41	62	23	39
망포면	목서리	3리	37	106	62	44	36	41	12	30
망포면	목서리	4리	57	162	87	75	57	76	29	48
망포면	목서리	5리	40	98	50	48	40	13	4	9
망포면	목서리	6리	47	172	92	80	48	49	14	35
망포면	송현리	1리	69	215	110	105	69	75	25	50
망포면	송현리	2리	72	210	106	104	73	92	24	68
망포면	송현리	3리	102	271	137	134	102	102	30	72
망포면	송현리	4리	53	151	76	75	52	67	19	49
망포면	탄도리		31	94	44	50	31	29	4	25
망포면	피서리	1리	38	107	53	54	38	49	15	34
망포면	피서리	2리	99	269	140	129	97	60	25	35
망포면	피서리	3리	65	174	82	92	65	73	37	36
망포면	피서리	4리	46	105	60	45	46	40	14	27
망포면	소계		1,192	3,359	1,714	1,645	1,193	1,067	392	675

<부록-1> 행정현황<계속>

읍면	동리	세대수	인구		농가	경지면적				
			계	남자		여자	계	답	전	
읍면	내 리	1리	84	366	154	212	57	124	33	91
읍면	내 리	2리	61	170	96	74	47	103	26	78
읍면	내 리	3리	80	229	136	93	60	201	78	123
읍면	내 리	4리	71	191	106	85	44	96	26	70
읍면	내 리	5리	47	101	72	29	28	81	11	70
읍면	봉암리	1리	35	87	61	26	21	47	13	34
읍면	봉암리	2리	61	176	99	77	47	138	30	108
읍면	봉암리	3리	55	161	101	60	30	99	27	72
읍면	봉암리	4리	58	158	91	67	44	110	38	72
읍면	봉암리	5리	45	125	81	44	36	97	19	78
읍면	성내리	1리	35	104	57	47	25	62	30	32
읍면	성내리	2리	53	139	85	54	40	95	34	61
읍면	성내리	3리	43	136	80	56	32	91	29	61
읍면	성내리	4리	41	104	61	43	37	80	43	37
읍면	성내리	5리	48	147	88	59	30	85	21	64
읍면	성내리	6리	42	105	59	46	31	72	25	47
읍면	성내리	7리	30	74	34	40	19	99	20	79
읍면	연 리	1리	276	932	498	434	102	64	11	54
읍면	연 리	2리	46	116	69	47	35	76	16	60
읍면	연 리	3리	83	253	147	106	57	119	36	83
읍면	연 리	4리	64	191	111	80	42	133	41	93
읍면	연 리	5리	59	177	107	70	35	108	31	77
읍면	연 리	6리	50	145	90	55	41	96	27	69
읍면	하묘리	1리	69	174	103	71	53	76	17	59
읍면	하묘리	2리	74	203	115	88	52	102	19	84
읍면	하묘리	3리	69	188	111	77	49	84	19	65
읍면	하묘리	4리	31	60	35	25	24	12	8	4
읍면	하묘리	5리	59	185	106	79	39	78	16	61
읍면	소계		1,769	5,197	2,953	2,244	1,157	2,626	742	1,884

<부록-2> 축사현황 및 가축에 의한  
오염부하량

여 백

<부록-2> 측사현황 및 가축에 의한 오염부하량(계속)

일련번호	읍면	동리	축종	사육두수	측사면적	처리시설명	신고일자	준공일자	BOD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	SS (kg/일)	소유역
총계	238								17,949	4,818	1,897	54,300	
망운면 소계	33								1,153	327	123	3,368	
	망운면	목서리	소	0			19920110		0.000	0.000	0.000	0.000	MA09
	망운면	목동리	소	0	1176.0	퇴비화	19920920		0.000	0.000	0.000	0.000	MA11
	망운면	목서리	소	0			19921130		0.000	0.000	0.000	0.000	MA09
	망운면	목동리	소	0	389.0	퇴비화	19930730		0.000	0.000	0.000	0.000	MA11
	망운면	목서리	소	0	355.0	퇴비화	19930730		0.000	0.000	0.000	0.000	MA09
	망운면	목서리	소	40	353.0	퇴비화	19931109		25.128	11.152	2.184	136.000	MA09
	망운면	목동리	닭	10000	800.4	퇴비화	19931129		38.000	12.000	5.000	0.000	MA11
	망운면	목동리	기타	40			19940122		0.152	0.048	0.020	0.000	MA11
	망운면	피서리	소	0	420.0	퇴비화	19940905		0.000	0.000	0.000	0.000	MA11
	망운면	피서리	소	80	561.1	퇴비화	19940905		50.256	22.304	4.368	272.000	MA11
	망운면	목서리	돼지	70	395.2	퇴비화	19940915		12.285	2.597	1.274	39.410	MA09
	망운면	목서리	돼지	80	281.0	퇴비화	19941027		14.040	2.968	1.456	45.040	MA09
	망운면	목서리	소	10	436.4	퇴비화	19941226		6.282	2.788	0.546	34.000	MA09
	망운면	목서리	소	35	475.0	퇴비화	19950513		21.987	9.758	1.911	119.000	MA09
	망운면	목동리	소	1	364.0	퇴비화	19951211		0.628	0.279	0.055	3.400	MA11
	망운면	송현리	소	0	390.0	퇴비화	19951212		0.000	0.000	0.000	0.000	MA09
	망운면	목서리	소	0	597.0	퇴비화	19951218		0.000	0.000	0.000	0.000	MA09
	망운면	송현리	소	0	661.0	퇴비화	19951220		0.000	0.000	0.000	0.000	MA10
	망운면	목서리	소,기타	30, 20	628.0	퇴비화	19951220		18.922	8.440	1.714	102.076	MA11
	망운면	피서리	소	0			19950407		0.000	0.000	0.000	0.000	MA11
	망운면	목동리	돼지	1500	1805.0	통풍식틀발발효시설	19957020		263.250	55.650	27.300	844.500	MA11
	망운면	피서리	소	130	360.0	퇴비화	19960426		81.666	36.244	7.098	442.000	MA11
	망운면	목동리	기타	60	967.0	퇴비화	19961211		0.228	0.072	0.030	0.000	MA11
	망운면	목동리	소	0	363.5	퇴비화	19971206		0.000	0.000	0.000	0.000	MA11
	망운면	목동리	돼지	500	714.4	틀발발효	19981030		87.750	18.550	9.100	281.500	MA11
	망운면	목서리	소	23	523.0	퇴비화	19981202		14.449	6.412	1.256	78.200	MA09
	망운면	목동리	돼지	1500	2447.0	틀발발효	19981127		263.250	55.650	27.300	844.500	MA11
	망운면	목서리	소	13	112.3	퇴비화	19981224		8.167	3.624	0.710	44.200	MA09
	망운면	송현리	소	1	142.0	퇴비화	19981224		0.628	0.279	0.055	3.400	MA10
	망운면	목서리	소	15	151.2	퇴비화	19990111		9.423	4.182	0.819	51.000	MA09
	망운면	목서리	돼지	50	761.4	발효돈사, 퇴비사	20001017		8.775	1.855	0.910	28.150	MA09
	망운면	피서리	소	0	302.6	퇴비화	20001212		0.000	0.000	0.000	0.000	MA11
	망운면	피서리	닭	60000			20020611		228.000	72.000	30.000	0.000	MA11
무안읍 소계	39								897.044	378.576	84.784	4029.000	
	무안읍	신화리	소	30	496.0	퇴비화	19921228		18.846	8.364	1.638	102.000	MA12
	무안읍	고절리	소	50					31.410	13.940	2.730	170.000	MA05
	무안읍	고절리	소	52					32.666	14.498	2.839	176.800	MA05
	무안읍	성동리	소	50	330.6	퇴비화	19930402		31.410	13.940	2.730	170.000	MA07
	무안읍	신화리	소	0	423.0	퇴비화	19930720		0.000	0.000	0.000	0.000	MA12
	무안읍	신화리	소	60	372.5	퇴비화	19931221		37.692	16.728	3.276	204.000	MA12
	무안읍	교촌리	소	0	408.0	퇴비화	19931222		0.000	0.000	0.000	0.000	MA05
	무안읍	성남리	소	70	589.0	퇴비화	19940722		43.974	19.516	3.822	238.000	MA07
	무안읍	웅월리	소	0	352.8	퇴비화	19941121		0.000	0.000	0.000	0.000	MA06
	무안읍	성암리	소	76	433.8	퇴비화, 저장액비	19941203		47.743	21.189	4.150	258.400	MA08
	무안읍	웅월리	소	0	516.0	퇴비화	19941203		0.000	0.000	0.000	0.000	MA06

<부록-2> 축사현황 및 가축에 의한 오염부하량(계속)

일련번호	읍면	동리	축종	사육두수	축사면적	처리시설명	신고일자	준공일자	BOD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	SS (kg/일)	소유역
	무안읍	고절리	소	30					18.846	8.364	1.638	102.000	MA05
	무안읍	매곡리	소	0	495.8	퇴비화	19941221		0.000	0.000	0.000	0.000	MA05
	무안읍	매곡리	소	7	352.8	퇴비화	19941231		4.397	1.952	0.382	23.800	MA05
	무안읍	신화리	소	70	396.7	퇴비화	19941231		43.974	19.516	3.822	238.000	MA12
	무안읍	고절리	소	65	595.0	퇴비화	19950817		40.833	18.122	3.549	221.000	MA05
	무안읍	고절리	소	60					37.692	16.728	3.276	204.000	MA05
	무안읍	웅활리	닭	150	495.9	퇴비화	19950925		0.570	0.180	0.075	0.000	MA06
	무안읍	교촌리	소	0	383.0	퇴비화	19951014		0.000	0.000	0.000	0.000	MA05
	무안읍	교촌리	소	30	363.6	퇴비화	19951021		18.846	8.364	1.638	102.000	MA05
	무안읍	상동리	소	0	397.0	퇴비화	19951027		0.000	0.000	0.000	0.000	MA07
	무안읍	매곡리	소	52			19951221		32.666	14.498	2.839	176.800	MA05
	무안읍	웅활리	소	50	456.0	퇴비화	19951227		31.410	13.940	2.730	170.000	MA06
	무안읍	고절리	소	0					0.000	0.000	0.000	0.000	MA05
	무안읍	상암리	소	0			19950518		0.000	0.000	0.000	0.000	MA08
	무안읍	웅활리	기타	15	440.0	퇴비화	19960903		0.057	0.018	0.008	0.000	MA06
	무안읍	교촌리	소	36	362.0	퇴비화	19960912		22.615	10.037	1.966	122.400	MA05
	무안읍	매곡리	닭	40000	1104.0	퇴비화	19961023		152.000	48.000	20.000	0.000	MA05
	무안읍	고절리	소	25					15.705	6.970	1.365	85.000	MA05
	무안읍	고절리	소	0					0.000	0.000	0.000	0.000	MA06
	무안읍	고절리	소	35					21.987	9.758	1.911	119.000	MA05
	무안읍	평흥리	소	0	308.0	퇴비화	19981013		0.000	0.000	0.000	0.000	MA13
	무안읍	상남리	소	55	375.0	퇴비화	19981207		34.551	15.334	3.003	187.000	MA07
	무안읍	평흥리	소	60	384.0	퇴비화	19990106		37.692	16.728	3.276	204.000	MA13
	무안읍	신화리	소	22	300.0	퇴비화	19990429		13.820	6.134	1.201	74.800	MA12
	무안읍	상남리	소	110	734.1	퇴비화	19990607		69.102	30.668	6.006	374.000	MA07
	무안읍	고절리	소	60	382.0	퇴비화	20000724		37.692	16.728	3.276	204.000	MA05
	무안읍	평흥리	소	30	226.0	퇴비화	20020125		18.846	8.364	1.638	102.000	MA13
	무안읍	고절리	소	0					0.000	0.000	0.000	0.000	MA05
무남면 소계	85								12005.237	2806.416	1270.484	35737.809	
	무남면	동암리	닭	18500	4250.0	퇴비화	19901202		70.300	22.200	9.250	0.000	MA15
	무남면	선내리	닭	40000	1884.6	퇴비화	19911110		152.000	48.000	20.000	0.000	MA19
	무남면	선내리	소	0			19911202		0.000	0.000	0.000	0.000	MA18
	무남면	연리	돼지	1100			19911205		193.050	40.810	20.020	619.300	MA14
	무남면	내리	돼지	1000			19911212		175.500	37.100	18.200	563.000	MA14
	무남면	선내리	돼지	1000			19911212		175.500	37.100	18.200	563.000	MA18
	무남면	연리	돼지	100	287.0	저장액비화	19920605		17.550	3.710	1.820	56.300	MA16
	무남면	연리	닭	40000	2739.0	퇴비화	19920902		152.000	48.000	20.000	0.000	MA17
	무남면	선내리	돼지	250	575.0	저장액비화, 퇴비화	19921010		43.875	9.275	4.550	140.750	MA18
	무남면	연리	닭	37000	1503.0	퇴비화	19931230		140.600	44.400	18.500	0.000	MA14
	무남면	선내리	돼지	672	941.4	저장액비화, 퇴비화	19930410		117.936	24.931	12.230	378.336	MA19
	무남면	동암리	돼지	1200	400.0	퇴비화	19930501		210.600	44.520	21.840	675.600	MA15
	무남면	동암리	돼지	125	401.6	퇴비화	19930507		21.938	4.638	2.275	70.375	MA18
	무남면	내리	돼지	120	871.5	퇴비화, 저장액비	19930505		21.060	4.452	2.184	67.560	MA16
	무남면	선내리	소	80	360.0	퇴비화	19930605		50.256	22.304	4.368	272.000	MA18
	무남면	연리	돼지	8	1112.0	퇴비화	19930629		1.404	0.297	0.146	4.504	MA14
	무남면	동암리	돼지	1500			19930720		263.250	55.650	27.300	844.500	MA18

<부록-2> 축사현황 및 가축에 의한 오염부하량(계속)

입원번호	읍면	동리	축종	사육두수	축사면적	처리시설명	신고일자	준공일자	BOD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	SS (kg/일)	소유역
우	삼내리	돼지	800	760.3	저장액비화	19930721	140.400	29.680	14.560	450.400	MA19		
우	삼내리	돼지	260	9240.0	퇴비화	19930729	45.630	9.646	4.732	146.380	MA19		
우	연리	돼지	700			19930729	122.850	25.970	12.740	394.100	MA17		
우	삼내리	돼지	70	330.0	퇴비화	19930802	12.285	2.597	1.274	39.410	MA17		
우	연리	돼지	300	396.0	퇴비화	19930902	52.650	11.130	5.460	168.900	MA17		
우	삼내리	닭	600	277.0	퇴비화	19930912	2.280	0.720	0.300	0.000	MA19		
우	삼내리	돼지	0			19930521	0.000	0.000	0.000	0.000	MA18		
우	하묘리	소	5	532.0	틀받발효	19931204	3.141	1.394	0.273	17.000	MA15		
우	삼내리	돼지	1673	2741.0	퇴비화	20020304	276.062	58.358	28.629	885.599	MA18		
우	삼내리	돼지	80	693.6	퇴비화, 저장액비화	19940112	14.040	2.968	1.456	45.040	MA19		
우	삼내리	돼지	120	688.0	퇴비화	19940608	21.060	4.452	2.184	67.560	MA18		
우	삼내리	돼지	350	413.2	퇴비화	19940816	61.425	12.985	6.370	197.050	MA19		
우	연리	닭	37000	396.6	퇴비화	19941005	140.600	44.400	18.500	0.000	MA14		
우	삼내리	돼지	370	520.0	퇴비화	19950830	64.935	13.727	6.734	208.310	MA19		
우	동암리	닭	32000	1170.0	퇴비화	19950901	121.600	38.400	16.000	0.000	MA15		
우	연리	돼지	785	942.0	퇴비화	19950913	137.768	29.124	14.287	441.955	MA18		
우	동암리	소	30			19951014	18.846	8.364	1.638	102.000	MA15		
우	동암리	소	33	652.8	퇴비화	19951016	20.731	9.200	1.802	112.200	MA18		
우	연리	돼지	228	320.0	퇴비화	19951106	40.014	8.459	4.150	128.364	MA18		
우	하묘리	소	60	395.0	퇴비화	19951121	37.692	16.728	3.276	204.000	MA15		
우	연리	소	60	704.3	퇴비화	19951128	37.692	16.728	3.276	204.000	MA18		
우	연리	돼지	1000	1444.0	퇴비화, 저장액비	19957020	175.500	37.100	18.200	563.000	MA16		
우	연리	돼지	2300	2146.0	통풍식, 활성화	19950926	403.650	85.330	41.860	1294.900	MA18		
우	연리	돼지	1000	1087.0	통풍식, 건조식	19950930	175.500	37.100	18.200	563.000	MA14		
우	내리	돼지	1000	1051.0	저장액비, 퇴비화	19950930	175.500	37.100	18.200	563.000	MA14		
우	연리	돼지	4000	2735.0	퇴비화, 활성오니법	19951005	702.000	148.400	72.800	2252.000	MA14		
우	삼내리	돼지	1097	1534.0	틀받발효, 활성오니법	19951005	192.524	40.699	19.965	617.611	MA19		
우	연리	돼지	4000	1205.0	통풍식	19951007	702.000	148.400	72.800	2252.000	MA14		
우	연리	돼지	8	1262.0	퇴비화, 저장액비	19951014	1.404	0.297	0.146	4.504	MA14		
우	삼내리	돼지	1000	1026.0	틀받발효, 장기폭기	19951109	175.500	37.100	18.200	563.000	MA18		
우	내리	돼지	1000	1977.0	퇴비화, 감압증발	19960118	175.500	37.100	18.200	563.000	MA17		
우	연리	소	58	386.0	퇴비화	19960429	36.436	16.170	3.167	197.200	MA14		
우	삼내리	소	60	598.0	퇴비화	19960508	37.692	16.728	3.276	204.000	MA18		
우	동암리	소	73	363.6	퇴비화	19960601	45.859	20.352	3.986	248.200	MA18		
우	하묘리	닭	30000	1540.0	퇴비화	19960618	114.000	36.000	15.000	0.000	MA10		
우	하묘리	돼지	1800	1516.0	교반식, 저장액비	19960118	315.900	66.780	32.760	1013.400	MA09		
우	하묘리	소	55	166.0	퇴비화	19960902	34.551	15.334	3.003	187.000	MA15		
우	동암리	소	38	396.0	퇴비화	19960912	23.872	10.594	2.075	129.200	MA18		
우	연리	돼지	746	1046.0	퇴비화	19960304	130.923	27.677	13.577	419.998	MA17		
우	내리	돼지	815	1149.0	틀받발효	19960716	143.033	30.237	14.833	458.845	MA16		
우	삼내리	돼지	868	1240.0	퇴비화	19961121	152.334	32.203	15.798	488.684	MA19		
우	삼내리	돼지	1000	1139.0	퇴비화	19961202	175.500	37.100	18.200	563.000	MA18		
우	동암리	돼지	1200			19970530	210.600	44.520	21.840	675.600	MA15		
우	동암리	돼지	1500	875.1	퇴비화	19970808	263.250	55.650	27.300	844.500	MA18		
우	삼내리	돼지	470	561.8	퇴비화	19970820	82.485	17.437	8.554	264.610	MA17		
우	동암리	소	30	326.7	퇴비화	19970926	18.846	8.364	1.638	102.000	MA15		



<부록-2> 축사현황 및 가축에 의한 오염부하량(계속)

일련번호	읍면	동리	축종	사육두수	축사면적	처리시설명	신고일자	준공일자	BOD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	SS (kg/일)	소유역
	류남면	하묘리	닭	50000	600.6	퇴비화	19971124		190.000	60.000	25.000	0.000	MA14
	류남면	하묘리	소	48	330.0	퇴비화	19971202		30.154	13.382	2.621	163.200	MA15
	류남면	내리	소	33	192.0	퇴비화	19971223		20.731	9.200	1.802	112.200	MA16
	류남면	동암리	돼지	1500	1305.0	분발발효	19970626		263.250	55.650	27.300	844.500	MA18
	류남면	섬내리	돼지	1000	1216.0	퇴비화, 저장액비	19970828		175.500	37.100	18.200	563.000	MA18
	류남면	내리	소	15	122.8	퇴비화	19971206		9.423	4.182	0.819	51.000	MA17
	류남면	내리	소	15	175.2	퇴비화	19971206		9.423	4.182	0.819	51.000	MA17
	류남면	연리	소	40	240.0	퇴비화	19981118		25.128	11.152	2.184	136.000	MA17
	류남면	연리	소	80	442.0	퇴비화	19981218		50.256	22.304	4.368	272.000	MA18
	류남면	동암리	닭	30000	826.5	퇴비화	19981218		114.000	36.000	15.000	0.000	MA18
	류남면	섬내리	돼지	928	1299.0	저장액비, 퇴비화	19981228		162.864	34.429	16.890	522.464	MA19
	류남면	동암리	닭	18500	818.4	퇴비화	19991213		70.300	22.200	9.250	0.000	MA15
	류남면	연리	돼지	700	1285.0	퇴비화, 저장액비	19990719		122.850	25.970	12.740	394.100	MA17
	류남면	하묘리	돼지	1100	1240.0	퇴비화	20000312		193.050	40.810	20.020	619.300	MA14
	류남면	동암리	돼지	1200	1427.0	퇴비화, 저장액비	20000824		210.600	44.520	21.840	675.600	MA15
	류남면	내리	소	26	612.2	분발발효	20000921		16.333	7.249	1.420	88.400	MA16
	류남면	연리	소	24	391.0	퇴비화	20001019		15.077	6.691	1.310	81.600	MA14
	류남면	동암리	소	42	504.0	퇴비화	20011222		26.384	11.710	2.293	142.800	MA18
	류남면	동암리	소	8	284.0	퇴비화	20020311		5.026	2.230	0.437	27.200	MA15
	류남면	동암리	소	20	196.0	퇴비화	20020315		12.564	5.576	1.092	68.000	MA15
	류남면	연리	돼지	400			20020621		70.200	14.840	7.280	225.200	MA18
	류남면	연리	돼지	13500		분발발효사, 퇴비사, 저장조, 정화조, 저장액비화방법			2369.250	500.850	245.700	7600.500	MA18
환경면 소개	81								3894.106	1305.632	418.779	11165.324	
환경면	양화리	돼지		1000	3145.0	퇴비화, 액비화	19830508		175.500	37.100	18.200	563.000	MA12
환경면	평산리	돼지		1000			19900520		175.500	37.100	18.200	563.000	MA03
환경면	양화리	소		30	400.0	퇴비화	19921229		18.846	8.364	1.638	102.000	MA12
환경면	동산리	소		40	496.0	퇴비화	19921229		25.128	11.152	2.184	136.000	MA12
환경면	동산리	소		50	991.0	퇴비화	19921228		31.410	13.940	2.730	170.000	MA12
환경면	양화리	닭		30000	2800.0	퇴비화	19930701		114.000	36.000	15.000	0.000	MA12
환경면	송암리	소		85	389.0	퇴비화	19930716		53.397	23.698	4.641	289.000	MA04
환경면	외반리	소		45	615.0	저장액비화	19930722		28.269	12.546	2.457	153.000	MA11
환경면	현화리	소		30	393.0	저장액비화	19930725		18.846	8.364	1.638	102.000	MA02
환경면	평산리	닭		20000	776.9	퇴비화	19930805		76.000	24.000	10.000	0.000	MA02
환경면	평산리	닭		80000	3966.9	퇴비화	19931994		304.000	96.000	40.000	0.000	MA03
환경면	동산리	소		16			19931117		10.051	4.461	0.874	54.400	MA11
환경면	현화리	돼지		500	411.5	퇴비화	19931123		87.750	18.550	9.100	281.500	MA02
환경면	동산리	소		11	356.0	퇴비화	19931217		6.910	3.067	0.601	37.400	MA11
환경면	동산리	소		22	474.0	퇴비화	19940104		13.820	6.134	1.201	74.800	MA12
환경면	해운리	소		7			19940611		4.397	1.952	0.382	23.800	MA01
환경면	평산리	소		20	572.0	퇴비화	19941008		12.564	5.576	1.092	68.000	MA03
환경면	동산리	소		60	396.0	퇴비화	19941121		37.692	16.728	3.276	204.000	MA11
환경면	평산리	닭		20000	991.7	퇴비화	19950520		76.000	24.000	10.000	0.000	MA03
환경면	해운리	소		39	357.0	퇴비화	19950524		24.500	10.873	2.129	132.600	MA01
환경면	평산리	소		55	364.0	퇴비화	19950731		34.551	15.334	3.003	187.000	MA03
환경면	동산리	소		45	363.6	퇴비화	19951013		28.269	12.546	2.457	153.000	MA12
환경면	양화리	소		35	374.4	퇴비화	19951020		21.987	9.758	1.911	119.000	MA12

<부록-2> 축사현황 및 가축에 의한 오염부하량(계속)

일련번호	읍면	동리	축종	사육두수	축사면적	처리시설명	신고일자	준공일자	BOD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	SS (kg/일)	소유역
	현경면	해운리	소	1	393.0	퇴비화	19951106		0.628	0.279	0.055	3.400	MA01
	현경면	현화리	소	65	496.0	퇴비화	19951115		40.833	18.122	3.549	221.000	MA02
	현경면	평산리	소	55	364.0	퇴비화	19951121		34.551	15.334	3.003	187.000	MA03
	현경면	평산리	소	55	364.0	퇴비화	19951129		34.551	15.334	3.003	187.000	MA03
	현경면	동산리	소	75	496.0	퇴비화	19951205		47.115	20.910	4.095	255.000	MA11
	현경면	외반리	소	55	363.6	퇴비화	19951220		34.551	15.334	3.003	187.000	MA11
	현경면	평산리	소	4	1796.3	퇴비화	19951122		2.513	1.115	0.218	13.600	MA03
	현경면	해운리	소	25	363.6	퇴비화	19960329		15.705	6.970	1.365	85.000	MA01
	현경면	해운리	소	53	350.0	퇴비화	19960530		33.295	14.776	2.894	180.200	MA01
	현경면	해운리	소	5	793.0	퇴비화	19960603		3.141	1.394	0.273	17.000	MA01
	현경면	평산리	소	4	396.0	퇴비화	19960831		2.513	1.115	0.218	13.600	MA04
	현경면	동산리	소	57	789.3	퇴비화	19961015		35.807	15.892	3.112	193.800	MA11
	현경면	평산리	소	33	360.0	퇴비화	19961125		20.731	9.200	1.802	112.200	MA03
	현경면	동산리	소	59	393.8	퇴비화	19970106		37.064	16.449	3.221	200.600	MA11
	현경면	평산리	소	60	396.0	퇴비화	19970106		37.692	16.728	3.276	204.000	MA03
	현경면	평산리	소	15	373.8	퇴비화	19970114		9.423	4.182	0.819	51.000	MA04
	현경면	동산리	소	59	392.4	퇴비화	19970128		37.064	16.449	3.221	200.600	MA11
	현경면	해운리	소	6	310.0	퇴비화	19970129		3.769	1.673	0.328	20.400	MA01
	현경면	동산리	소	87	579.1	퇴비화	19970131		54.653	24.256	4.750	295.800	MA12
	현경면	평산리	소	12	360.0	퇴비화	19971030		7.538	3.346	0.655	40.800	MA04
	현경면	동산리	소	106	1001.0	퇴비화	19970318		66.589	29.553	5.788	360.400	MA11
	현경면	외반리	소	28	1125.0	분발발효	19970623		17.590	7.806	1.529	95.200	MA11
	현경면	동산리	소	20	384.0	퇴비화	19980114		12.564	5.576	1.092	68.000	MA12
	현경면	동산리	소	20	378.0	퇴비화	19971104		12.564	5.576	1.092	68.000	MA12
	현경면	송정리	소	60	198.0	퇴비화	19980609		37.692	16.728	3.276	204.000	MA04
	현경면	동산리	돼지	1450	2388.0	분발발효, 저장액비	19981020		254.475	53.795	26.390	816.350	MA12
	현경면	동산리	소	4	140.0	퇴비화	19981211		2.513	1.115	0.218	13.600	MA12
	현경면	현화리	소	20	195.0	퇴비화	19981215		12.564	5.576	1.092	68.000	MA03
	현경면	양화리	소	2	175.0	퇴비화	19981215		1.256	0.558	0.109	6.800	MA12
	현경면	평산리	소	15	128.9	퇴비화	19981224		9.423	4.182	0.819	51.000	MA03
	현경면	양화리	소	20	198.0	퇴비화	19981224		12.564	5.576	1.092	68.000	MA12
	현경면	송정리	돼지	135	1209.0	분발발효	19990430		23.693	5.009	2.457	76.005	MA04
	현경면	해운리	소	35	326.3	퇴비화	19990510		21.987	9.758	1.911	119.000	MA01
	현경면	현화리	닭	120000	960.0	퇴비화	19991012		456.000	144.000	60.000	0.000	MA03
	현경면	현화리	소	40	538.9	퇴비화	19990709		25.128	11.152	2.184	136.000	MA02
	현경면	해운리	소	6	528.0	퇴비화	19990709		3.769	1.673	0.328	20.400	MA01
	현경면	해운리	소	55	542.8	퇴비화	19990709		34.551	15.334	3.003	187.000	MA01
	현경면	해운리	소	28	778.8	퇴비화	19990719		17.590	7.806	1.529	95.200	MA01
	현경면	양화리	소	50	809.9	퇴비화	19990723		31.410	13.940	2.730	170.000	MA12
	현경면	평산리	돼지	1000	982.9	퇴비화	19990723		175.500	37.100	18.200	563.000	MA04
	현경면	현화리	돼지	400	984.6	퇴비화	19990805		70.200	14.840	7.280	225.200	MA03
	현경면	현화리	소	160	618.2	퇴비화	19990814		100.512	44.608	8.736	544.000	MA02
	현경면	동산리	소	40	1236.0	퇴비화	19990814		25.128	11.152	2.184	136.000	MA11
	현경면	평산리	소	104	187.0	퇴비화	20000626		65.333	28.995	5.678	353.600	MA03
	현경면	평산리	소	2	1638.6	퇴비화	20000223		1.256	0.558	0.109	6.800	MA05
	현경면	외반리	돼지	323	451.1	퇴비화	20011128		56.687	11.983	5.879	181.849	MA11

<부록-2> 축사현황 및 가축에 의한 오염부하량(계속)

일련번호	읍면	동리	축종	사육두수	축사면적	처리시설명	신고일자	준공일자	BOD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	SS (kg/일)	소유역
	현경면	동산리	소	15		퇴비사			9.423	4.182	0.819	51.000	MA11
	현경면	동산리	소	20		퇴비사			12.564	5.576	1.092	68.000	MA11
	현경면	동산리	소	10		퇴비사			6.282	2.788	0.546	34.000	MA11
	현경면	현화리	소	17		퇴비사			10.679	4.740	0.928	57.800	MA03
	현경면	현화리	닭	100000					380.000	120.000	50.000	0.000	MA02
	현경면	평산리	소	8		퇴비사			5.026	2.230	0.437	27.200	MA03
	현경면	평산리	소	1					0.628	0.279	0.055	3.400	MA03
	현경면	평산리	소	0		퇴비사			0.000	0.000	0.000	0.000	MA03
	현경면	평산리	소	10		퇴비사			6.282	2.788	0.546	34.000	MA04
	현경면	송정리	소	5		퇴비사			3.141	1.394	0.273	17.000	MA04
	현경면	송정리	돼지	140		퇴비사			24.570	5.194	2.548	78.820	MA04
	현경면	송정리	소	23		퇴비사			14.449	6.412	1.256	78.200	MA04

<부록-3> 토지이용현황 및 토지이용에  
따른 오염부하량

여 백

<부록-3> 토지이용현황 및 토지이용에 의한 오염부하량

읍 면	동리	면적(km2)						전체부하량(kg/일)					전부하량(kg/일)			
		계	전	답	임야	대지	기타	총계	BOD	TN	TP	SS	소계	BOD	TN	TP
망운면	목동리	2.29	0.97	0.69	0.19	0.15	0.30	553.78	20.19	14.54	1.74	517.32	1.04	4.76	6.09	0.38
망운면	목서리	2.37	1.18	0.53	0.35	0.14	0.16	482.17	19.78	14.85	1.61	445.93	1.23	5.79	7.42	0.47
망운면	송현리	3.87	1.98	0.70	0.76	0.13	0.29	677.57	25.05	22.16	2.14	628.22	2.19	9.73	12.47	0.79
망운면	피서리	8.91	2.74	1.03	0.59	0.15	4.41	965.73	40.03	37.74	2.98	884.97	2.88	13.45	17.24	1.09
<b>계</b>		<b>17.44</b>	<b>6.87</b>	<b>2.96</b>	<b>1.89</b>	<b>0.57</b>	<b>5.15</b>	<b>2679.25</b>	<b>105.04</b>	<b>89.29</b>	<b>8.47</b>	<b>2476.44</b>	<b>7.34</b>	<b>33.73</b>	<b>43.22</b>	<b>2.73</b>
무안읍	고절리	3.09	0.92	0.97	0.71	0.11	0.39	745.43	19.26	16.69	1.96	707.52	1.07	4.52	5.80	0.37
무안읍	교촌리	3.27	1.39	0.44	0.80	0.21	0.43	479.39	26.64	18.64	1.82	432.28	1.38	6.82	8.74	0.55
무안읍	매곡리	3.88	0.59	0.69	2.15	0.13	0.31	621.60	19.83	16.72	1.61	583.44	0.61	2.89	3.70	0.23
무안읍	성남리	4.29	0.51	0.49	2.54	0.28	0.47	534.96	30.03	19.13	1.81	483.99	0.43	2.49	3.18	0.20
무안읍	성내리	0.63	0.08	0.29	0.05	0.08	0.14	206.26	8.42	4.40	0.67	192.77	0.07	0.37	0.47	0.03
무안읍	성동리	3.99	0.53	0.75	2.05	0.19	0.47	657.55	24.00	17.90	1.83	613.82	0.61	2.62	3.36	0.21
무안읍	성암리	3.55	0.28	0.13	2.74	0.03	0.35	252.84	8.59	10.70	0.47	233.08	0.47	1.40	1.79	0.11
무안읍	신학리	3.89	0.88	1.39	0.62	0.04	0.95	995.99	18.01	18.93	2.29	956.76	1.04	4.31	5.52	0.35
무안읍	용월리	3.73	0.73	1.03	1.52	0.11	0.34	813.24	19.79	17.82	2.00	773.63	0.82	3.58	4.59	0.29
무안읍	평용리	2.11	0.62	0.56	0.61	0.04	0.28	447.62	10.71	10.47	1.12	425.31	0.42	3.04	3.90	0.25
<b>계</b>		<b>32.42</b>	<b>6.53</b>	<b>6.75</b>	<b>13.78</b>	<b>1.23</b>	<b>4.14</b>	<b>5754.87</b>	<b>185.29</b>	<b>151.39</b>	<b>15.58</b>	<b>5402.61</b>	<b>6.93</b>	<b>32.04</b>	<b>41.05</b>	<b>2.59</b>
운남면	내 리	6.82	2.10	2.06	1.27	0.15	1.24	1577.75	36.80	35.24	3.99	1501.72	2.12	10.33	13.23	0.84
운남면	동암리	6.13	1.91	0.80	1.00	0.10	2.32	746.06	27.52	26.65	2.18	689.71	2.44	9.40	12.04	0.76
운남면	성내리	7.93	1.86	1.87	1.41	0.12	2.67	1445.31	35.99	35.40	3.60	1370.32	1.90	9.13	11.70	0.74
운남면	연 리	10.04	3.67	1.33	1.81	0.24	2.99	1302.62	51.83	47.35	4.04	1199.40	2.93	18.02	23.09	1.46
운남면	하묘리	4.24	2.28	0.57	0.83	0.15	0.42	621.65	27.18	23.86	2.14	568.47	2.24	11.18	14.32	0.90
<b>계</b>		<b>35.17</b>	<b>11.83</b>	<b>6.62</b>	<b>6.32</b>	<b>0.77</b>	<b>9.64</b>	<b>5693.39</b>	<b>179.31</b>	<b>168.50</b>	<b>15.95</b>	<b>5329.62</b>	<b>11.62</b>	<b>58.06</b>	<b>74.38</b>	<b>4.70</b>
현경면	동산리	6.06	1.69	0.76	0.60	0.10	2.90	691.25	27.14	25.38	2.05	636.68	2.12	8.31	10.65	0.67
현경면	송정리	2.07	1.27	0.29	0.25	0.06	0.19	318.26	13.30	12.20	1.10	291.66	1.40	6.25	8.00	0.51
현경면	양학리	8.44	3.05	2.04	1.96	0.20	1.19	1689.65	45.88	43.66	4.53	1595.59	1.33	14.96	19.17	1.21
현경면	외반리	3.97	2.02	0.71	0.49	0.22	0.53	690.06	31.34	23.92	2.42	632.38	1.49	9.92	12.71	0.80
현경면	평산리	4.34	2.18	0.79	0.84	0.12	0.41	749.47	25.70	24.10	2.28	697.38	3.17	10.71	13.72	0.87
현경면	해운리	7.30	1.59	1.79	3.00	0.17	0.75	1447.87	35.29	33.79	3.54	1375.26	1.61	7.81	10.01	0.63
현경면	현화리	8.49	3.36	1.67	2.54	0.21	0.71	1507.98	46.06	43.86	4.23	1413.83	2.75	16.50	21.14	1.34
<b>계</b>		<b>40.69</b>	<b>15.17</b>	<b>8.06</b>	<b>9.68</b>	<b>1.09</b>	<b>6.70</b>	<b>7094.54</b>	<b>224.71</b>	<b>206.91</b>	<b>20.15</b>	<b>6642.77</b>	<b>13.86</b>	<b>74.46</b>	<b>95.40</b>	<b>6.03</b>

<부록-3> 토지이용현황 및 토지이용에 의한 오염부하량

읍 면	동리	답부하량(kg/일)					임야부하량(kg/일)					대지부하량(kg/일)				
		SS	소계	BOD	TN	TP	SS	소계	BOD	TN	TP	SS	소계	BOD	TN	TP
망운면	목동리	70.30	0.73	3.72	4.41	0.87	424.24	0.20	0.24	0.46	0.01	8.56	0.16	10.82	2.93	0.47
망운면	목서리	85.59	0.56	2.90	3.44	0.68	330.75	0.37	0.46	0.86	0.01	16.24	0.15	10.28	2.78	0.45
망운면	송현리	143.86	0.78	3.83	4.54	0.89	436.52	0.84	0.98	1.86	0.02	34.85	0.15	9.88	2.67	0.43
망운면	피서리	198.85	1.09	5.62	6.66	1.31	640.04	0.62	0.76	1.43	0.02	26.93	0.15	10.63	2.87	0.46
계		498.61	3.16	16.07	19.05	3.75	1831.55	2.03	2.44	4.61	0.06	86.58	0.61	41.60	11.25	1.82
무안읍	고절리	66.87	1.12	5.24	6.22	1.22	597.72	0.82	0.92	1.73	0.02	32.55	0.12	7.73	2.09	0.34
무안읍	교촌리	100.77	0.44	2.41	2.86	0.56	274.75	0.79	1.03	1.94	0.02	36.46	0.21	15.44	4.18	0.67
무안읍	매곡리	42.67	0.72	3.77	4.47	0.88	429.48	2.22	2.78	5.24	0.06	98.48	0.14	9.72	2.63	0.42
무안읍	성남리	36.73	0.42	2.67	3.16	0.62	304.04	2.18	3.28	6.20	0.08	116.32	0.24	20.57	5.56	0.90
무안읍	성내리	5.47	0.26	1.55	1.84	0.36	177.04	0.04	0.06	0.12	0.00	2.24	0.08	6.14	1.66	0.27
무안읍	성동리	38.77	0.86	4.06	4.82	0.95	462.89	2.36	2.66	5.01	0.06	94.13	0.21	13.64	3.69	0.60
무안읍	성암리	20.66	0.22	0.73	0.87	0.17	83.48	4.53	3.55	6.70	0.08	125.75	0.05	2.15	0.58	0.09
무안읍	신학리	63.64	1.65	7.54	8.94	1.76	859.22	0.74	0.80	1.52	0.02	28.49	0.05	3.29	0.89	0.14
무안읍	용월리	52.95	1.17	5.62	6.66	1.31	640.69	1.71	1.96	3.70	0.05	69.48	0.12	7.89	2.13	0.34
무안읍	평용리	44.99	0.38	3.05	3.62	0.71	348.08	0.41	0.78	1.48	0.02	27.76	0.03	3.23	0.87	0.14
계		473.53	7.23	36.65	43.45	8.56	4177.38	15.80	17.82	33.64	0.42	631.66	1.25	89.78	24.29	3.92
운남면	내 리	152.61	2.08	11.19	13.27	2.61	1275.25	1.28	1.64	3.11	0.04	58.30	0.15	10.94	2.96	0.48
운남면	동암리	138.90	1.01	4.32	5.12	1.01	492.32	1.28	1.30	2.45	0.03	46.02	0.13	7.47	2.02	0.33
운남면	성내리	134.99	1.90	10.14	12.02	2.37	1155.66	1.44	1.82	3.45	0.04	64.68	0.13	9.10	2.46	0.40
운남면	연 리	266.37	1.06	7.23	8.57	1.69	823.83	1.44	2.33	4.41	0.05	82.73	0.19	17.74	4.80	0.77
운남면	하묘리	165.20	0.56	3.08	3.65	0.72	350.62	0.82	1.08	2.03	0.03	38.11	0.15	10.95	2.96	0.48
계		858.07	6.61	35.95	42.63	8.39	4097.69	6.26	8.18	15.44	0.19	289.85	0.75	56.19	15.20	2.46
현경면	동산리	122.87	0.95	4.15	4.92	0.97	472.78	0.75	0.78	1.47	0.02	27.65	0.13	7.60	2.06	0.33
현경면	송정리	92.34	0.32	1.59	1.89	0.37	181.45	0.28	0.33	0.62	0.01	11.58	0.07	4.72	1.28	0.21
현경면	양학리	221.12	0.89	11.09	13.15	2.59	1264.34	0.86	2.53	4.78	0.06	89.83	0.09	14.70	3.98	0.64
현경면	외반리	146.60	0.53	3.88	4.60	0.91	442.50	0.36	0.63	1.20	0.01	22.47	0.16	15.75	4.26	0.69
현경면	평산리	158.26	1.15	4.29	5.09	1.00	489.11	1.22	1.08	2.04	0.03	38.34	0.17	8.72	2.36	0.38
현경면	해운리	115.47	1.80	9.70	11.50	2.26	1105.59	3.03	3.88	7.33	0.09	137.58	0.17	12.25	3.31	0.54
현경면	현화리	243.88	1.37	9.06	10.74	2.12	1032.57	2.08	3.28	6.20	0.08	116.43	0.18	15.67	4.24	0.68
계		1100.55	7.01	43.77	51.89	10.22	4988.34	8.58	12.52	23.64	0.29	443.87	0.96	79.41	21.48	3.47

<부록-3> 토지이용현황 및 토지이용에 의한 오염부하량

읍 면	동리	기타부하량(kg/일)					
		SS	소계	BOD	TN	TP	SS
망운면	목동리	13.84	0.32	0.65	0.65	0.01	0.38
망운면	목서리	13.14	0.17	0.35	0.35	0.00	0.20
망운면	송현리	12.63	0.32	0.62	0.62	0.01	0.36
망운면	피서리	13.59	4.64	9.58	9.54	0.10	5.55
<b>계</b>		<b>53.21</b>	<b>5.44</b>	<b>11.20</b>	<b>11.15</b>	<b>0.11</b>	<b>6.49</b>
무안읍	고절리	9.88	0.45	0.85	0.85	0.01	0.49
무안읍	교촌리	19.75	0.43	0.93	0.93	0.01	0.54
무안읍	매곡리	12.43	0.32	0.68	0.68	0.01	0.39
무안읍	성남리	26.31	0.41	1.03	1.02	0.01	0.60
무안읍	성내리	7.85	0.13	0.30	0.30	0.00	0.18
무안읍	상동리	17.44	0.54	1.03	1.02	0.01	0.59
무안읍	성암리	2.74	0.58	0.77	0.76	0.01	0.44
무안읍	신학리	4.21	1.14	2.07	2.06	0.02	1.20
무안읍	웅월리	10.09	0.38	0.73	0.73	0.01	0.43
무안읍	평용리	4.13	0.19	0.60	0.60	0.01	0.35
<b>계</b>		<b>114.83</b>	<b>4.56</b>	<b>8.99</b>	<b>8.96</b>	<b>0.09</b>	<b>5.22</b>
운남면	내 리	13.99	1.25	2.69	2.68	0.03	1.56
운남면	동암리	9.55	2.96	5.04	5.02	0.05	2.92
운남면	성내리	11.63	2.72	5.79	5.77	0.06	3.36
운남면	연 리	22.69	2.39	6.51	6.48	0.07	3.77
운남면	하묘리	14.01	0.41	0.90	0.90	0.01	0.52
<b>계</b>		<b>71.87</b>	<b>9.72</b>	<b>20.93</b>	<b>20.85</b>	<b>0.21</b>	<b>12.14</b>
현경면	동산리	9.72	3.63	6.30	6.28	0.06	3.66
현경면	송정리	6.04	0.21	0.41	0.41	0.00	0.24
현경면	양학리	18.80	0.52	2.59	2.58	0.03	1.50
현경면	외반리	20.14	0.39	1.16	1.16	0.01	0.67
현경면	평산리	11.15	0.60	0.90	0.90	0.01	0.52
현경면	해운리	15.67	0.76	1.64	1.63	0.02	0.95
현경면	현화리	20.05	0.58	1.55	1.54	0.02	0.90
<b>계</b>		<b>101.57</b>	<b>6.70</b>	<b>14.55</b>	<b>14.50</b>	<b>0.15</b>	<b>8.44</b>



여 백

<부록-4> 인구현황 및 인구에 의한  
오염부하량

여 백

<부록-4> 인구현황 및 인구에 의한 오염 부하량

읍면	동리	오염부하량(kg/일)				
		인구(인)	BOD	T-N	T-P	SS
총계		27,613	842.20	212.62	38.66	651.67
망운면 소계		3,354	102.30	25.83	4.70	79.15
망운면	목동리	1,023	31.20	7.88	1.43	24.14
망운면	목서리	743	22.66	5.72	1.04	17.53
망운면	송현리	846	25.80	6.51	1.18	19.97
망운면	탄도리	94	2.87	0.72	0.13	2.22
망운면	피서리	648	19.76	4.99	0.91	15.29
무안읍 소계		11,655	355.48	89.74	16.32	275.06
무안읍	고절리	534	16.29	4.11	0.75	12.60
무안읍	교촌리	1,950	59.48	15.02	2.73	46.02
무안읍	매곡리	526	16.04	4.05	0.74	12.41
무안읍	성남리	5,072	154.70	39.05	7.10	119.70
무안읍	성내리	826	25.19	6.36	1.16	19.49
무안읍	성동리	1,744	53.19	13.43	2.44	41.16
무안읍	성암리	167	5.09	1.29	0.23	3.94
무안읍	신학리	260	7.93	2.00	0.36	6.14
무안읍	용월리	416	12.69	3.20	0.58	9.82
무안읍	평용리	160	4.88	1.23	0.22	3.78
운남면 소계		5,115	156.01	39.39	7.16	120.71
운남면	내리	984	30.01	7.58	1.38	23.22
운남면	동암리	709	21.62	5.46	0.99	16.73
운남면	성내리	873	26.63	6.72	1.22	20.60
운남면	연리	1,706	52.03	13.14	2.39	40.26
운남면	하묘리	843	25.71	6.49	1.18	19.89
현경면 소계		7,489	228.41	57.67	10.48	176.74
현경면	가입리	245	7.47	1.89	0.34	5.78
현경면	동산리	581	17.72	4.47	0.81	13.71
현경면	마산리	535	16.32	4.12	0.75	12.63
현경면	송정리	370	11.29	2.85	0.52	8.73
현경면	수양리	550	16.78	4.24	0.77	12.98
현경면	양학리	409	12.47	3.15	0.57	9.65
현경면	오류리	774	23.61	5.96	1.08	18.27
현경면	외반리	1,047	31.93	8.06	1.47	24.71
현경면	용정리	699	21.32	5.38	0.98	16.50
현경면	평산리	819	24.98	6.31	1.15	19.33
현경면	해운리	591	18.03	4.55	0.83	13.95
현경면	현화리	869	26.50	6.69	1.22	20.51

여 백

<부록-5> 오수발생시설 현황

여 백

<부록-5> 오수발생시설 현황(계속)

일련번호	읍면	동리	지번	건축용도	처리용량	처리방법	준공검사일	건축면적	소유역
8	망운면	목동리	388-4	음식점	12	현수미생물접촉폭기	19981124	97.5	MA07
9	망운면	송현리	1070-3	음식점	10	분리접촉폭기	19990122	142.0	MA11
10	망운면	송현리	1070-3	음식점	8	분리접촉폭기	19990122	132.1	MA09
11	망운면	송현리	1070-3	음식점	10	분리접촉폭기	19990122	137.7	MA09
19	망운면	송현리	1070-3	일반음식점	10	분리접촉폭기	19990607	135.0	MA09
33	망운면	목동리	634	일반음식점, 소매점	16	현수미생물접촉폭기방법	20001129	335.1	MA11
38	망운면	목서리	219-6	식품접객업, 주택	5	현수미생물접촉폭기방법	20000908	156.6	MA18
41	망운면	피서리	782-3	사무실, 숙소	20	조합법	20001017	558.0	MA09
43	망운면	피서리	656	근린시설	20	현수미생물접촉	20001009	329.6	MA11
49	망운면	목서리	219-3	근린생활(다방)	4	현수미생물접촉폭기방법	20001110	54.8	MA11
60	망운면	목동리	615외 6필지	음식점, 주택, 소매점, 학원	10	현수미생물접촉폭기방법	20010320	302.8	MA11
63	망운면	목서리	1-7	음식점	12	혐기여상및 호기성미생물처리방식	20010323	180.0	MA18
74	망운면	목동리	452-5	근린생활시설, 당구장, 주택	25	접촉산화방법	19981127	440.8	MA09
84	망운면	송현리	226-2	근린생활시설 및 주택	10	FRP 현수미생물 접촉폭기방법	19990719	198.0	MA11
90	망운면	송현리	794-5	일반음식점	10	분리접촉폭기방법	19991027	160.0	MA11
91	망운면	피서리	809	음식점	12	호기성생물학적방법	20010807	198.0	MA07
94	망운면	피서리	806-1	주택, 점포, 위탁시설	12	현수미생물접촉폭기방법	19991103	294.8	MA11
100	망운면	목동리	607,605-1	음식점	6	현수미생물접촉폭기방법	20010920	49.6	MA11
104	망운면	송현리	1006-1	음식점, 숙박시설	16	현수미생물접촉폭기방법	20000509	393.6	MA09
108	망운면	목서리	839-14	음식점	18	현수미생물접촉폭기방법	20000513	253.9	MA09
125	망운면	목동리	499	주택	1	혐기여상폭기방법	20020201	99.0	MA07
126	망운면	목동리	85-2,90	주택	1	혐기여상폭기방법	20020201	79.8	MA11
127	망운면	목동리	499-4	주택	1	혐기여상폭기방법	20020206	99.0	MA11
127	망운면	피서리	781,781-6	현장사무소	30	3단접촉폭기공법	20000601	2739.5	MA07
128	망운면	목동리	499-1	주택	1	혐기여상폭기방법	20020201	92.8	MA09
135	망운면	피서리	804-2	현장사무실	4	A+EBC프로세스공법	20020208	162.0	MA07
136	망운면	피서리	593-23	주택	3	현수미생물접촉폭기방법	20020228	148.7	MA18
156	망운면	목서리	24-5	공동주택	20	호기성생물학적방법		1813.0	MA10
157	망운면	목서리	24-1	공동주택	8	호기성미생물접촉폭기방법		570.6	MA07
174	망운면	피서리	245-9,245-17	마을회관(조산마을)	2	현수미생물접촉폭기방법		83.5	MA11
210	망운면	목서리	635-7	주택	1	현수미생물접촉폭기방법		94.2	MA11
223	망운면	목동리	664-1	관사	1	접촉산화2차처리방식	20020620	59.5	MA11
224	망운면	목동리	664-1	망운초등학교		접촉폭기정화방법	20020620	3922.5	MA04
227	망운면	목서리	645-1	주택	1	현수미생물접촉폭기방법		78.4	MA09
240	망운면	목동리	130-22	주택	1	접촉폭기정화방법	20020626	88.2	MA02
241	망운면	목동리	499-6	주택	1	3단생물막접촉법	20020626	91.4	MA01
2000-25	망운면	목서리	219-6	일반음식점	5	혐기여상폭기방법	20000721	248.3	MA09
1(809-3C)	망운면	피서리	809-30						MA11
5	무안읍	성남리	95-3,133-1,132-1	아파트상가	120	임호프랭크+살수여상	19911224	9417.7	MA09
21	무안읍	성남리	4-1	교육연구시설	65	접촉산화방법	19931221	6476.6	MA11
33	무안읍	성남리		교육연구시설	110	현수미생물	19950217	10234.9	MA04
42	무안읍	성남리	811-6외 12	아파트 상가	470	접촉산화방법	19960814	35947.7	MA11
50	무안읍	성남리	산 4-9외 33필지	기숙사, 식당, 실습실, 강의실	220	접촉산화방법	19970618	1200.0	MA18
51	무안읍	성남리	산 4-9외 34필지	강의실	110	현수미생물방법	19970618	2500.0	MA09
56	무안읍	성남리	412-2	교육연구, 기숙사	150	접촉산화방법	19990810	1750.0	MA09
58	무안읍	성남리	산 4-9	식당등	90	접촉산화방법	19980311	1651.9	MA04
59	무안읍	성남리	415외 85필지	학생회관	120	접촉산화방법	19980326	6799.5	MA09
62	무안읍	성남리	38, 76-13	근린시설	65	접촉산화방법	19980612	1810.0	MA18
65	무안읍	성남리	809-3	운동시설, 근생, 예식장, 숙박시설	75		19950404	2774.0	MA07
73	무안읍	교촌리	127-4	관광집회시설	50	접촉산화방법	20001009	4296.6	MA14
14	윤남면	연리	393	음식점, 당구장, 주택	8	현수미생물접촉폭기	19990410	217.9	MA04
37	윤남면	연리	406-6,406-7	복지회관	25	접촉산화방법	19950911	682.0	MA11
69	윤남면	연리	475-24	음식점	5	현수미생물접촉폭기방법	20010421	71.2	MA11
70	윤남면	하묘리	12-107외 9필지	창고시설	6	현수미생물접촉폭기방법	20010731	6869.1	MA11
86	윤남면	연리	355-3	학교	12	현수미생물접촉폭기방법	19991012	2324.9	MA11
98	윤남면	연리	406-33	주택	6	현수미생물접촉폭기방법	19991120	99.0	MA11
109	윤남면	연리	355-3외4	교육시설	20	현수미생물접촉폭기방법	20011126	2524.8	MA11
115	윤남면	연리	476	음식점	5	현수미생물접촉폭기방법	20011213	64.5	MA11



<부록-5> 오수발생시설 현황(계속)

일련번호	읍면	동리	지번	건축용도	처리용량	처리방법	준공검사일	건축연면적	소유역
149	운남면	연리	17-21,17-35	농기계수리점	2	혐기여상폭기방법		157.2	MA10
190	운남면	내리	378-75	경로당(월악)	2	호기성생물학적방법		115.4	MA18
216	운남면	내리	1005-32	유료노인요양원	10	호기성생물학적방법		769.6	MA11
2000-23	운남면	성내리	326-1	일반음식점,주택	10	현수미생물접촉폭기방법	20000623	199.5	MA11
2000-24	운남면	성내리	326-8	일반음식점,주택	8	혐기여상접촉폭기방법	20000629	154.7	MA11
12	현경면	송정리	815-32	냉동공장	20	살수여상식	19930115	13682.0	MA03
76	현경면	외반리	223-11	음식점,주택	4	현수미생물접촉폭기방법	20010525	141.2	MA12
80	현경면	외반리	192-3	초등학교	20	3단접촉폭기공법	19990828	2382.4	MA14
83	현경면	송정리	432-1	음식점	8	현수미생물접촉폭기방법	20010702	125.0	MA09
84	현경면	현화리	629	교육시설	6	현수미생물접촉폭기방법	20010809	1262.4	MA16
85	현경면	해운리	523	교육시설	6	현수미생물접촉폭기방법	20010809	1348.9	MA01
88	현경면	외반리	26-2	공장,창고,식당,기숙사,사무실	8	호기성생물학적방법	20020107	1117.8	MA11
95	현경면	외반리	492-1	교육시설	30	접촉폭기정화방법	20011017	4521.1	MA09
106	현경면	평산리	1091-47	음식점,주택	4	혐기여상폭기방법	20011022	110.2	MA11
112	현경면	외반리	561-14	주택,음식점	6	현수미생물접촉폭기방법	20020128	106.0	MA11
122	현경면	송정리	322-6,322-22	변전소	2	혐기및호기접촉폭기방법		2446.7	MA11
123	현경면	송정리	4-8	일반음식점	10	현수미생물접촉폭기방법	20000627	135.0	MA01
178	현경면	평산리	855-1	주택	1	현수미생물접촉폭기방법	20020409	72.0	MA19
179	현경면	동산리	440	주택	1	접촉폭기정화방법	20020418	100.0	MA19
233	현경면	외반리	632-10	음식점,주택	8	현수미생물접촉폭기방법	20020626	144.8	MA11
243	현경면	해운리	570	주택	2	호기성생물학적방법		98.1	MA04
2000-26	현경면	외반리	580	교육시설	25	3단접촉폭기공법	20000708	2122.9	MA04
2000-29	현경면	평산리	1180-7	창고,버섯재배사	2	현수미생물접촉폭기방법	20000707	3062.6	MA18

<부록-6> 폐수배출시설 현황

여 백

<부록-6> 폐수배출시설 현황

일련번호	업소명	읍면	동리	지번	업종	종별	도업번호	소유역
1	공항세차장	무안읍	교촌리	399-11	자동차세차업	수질 5종	목포09	MA07
2	무안세차장	무안읍	성남리	272	자동차세차업	수질 5종	목포10	MA07
3	초당대학교	무안읍	성남리	419	교육업	수질5종	목포19	MA07
4	초당영상스튜디오	무안읍	성남리	419	사진처리업	수질5종	목포19	MA07
5	서라부분정비공업사	무안읍	성남리	96-3	자동차수리업	수질5종	목포10	MA07
6	제일내과의원	무안읍	성남리	8-1	의료업	수질5종	목포09	MA07
7	제일사진관	무안읍	성남리	11-1	사진처리업	수질5종	목포10	MA07
8	동산의원	무안읍	성남리	276-9	의료업	수질5종	목포10	MA07
9	푸른의원	무안읍	성남리	814-16	의료업	수질5종	목포09	MA07
10	국민의원	무안읍	성남리		의료업	수질5종	목포10	MA07
11	무안백제사진현상소	무안읍	성남리		사진처리업	수질5종	목포19	MA07
12	무안종합병원	무안읍	성동리	165	의료업	수질5종	목포10	MA07
13	무안교통	무안읍	성동리	273	운수업	수질5종	목포10	MA07
14	무안주유소세차장	무안읍	성동리	278	자동차세차업	수질5종	목포10	MA07
15	무안군청	무안읍	성동리	716	공무업	수질5종	목포10	MA07
16	동원사진관	무안읍	성동리	869	사진처리업	수질5종	목포19	MA07
17	용산세차장	무안읍	성동리	562-1,5	자동차세차업	수질5종	목포10	MA07
18	서해안빵구세차장	무안읍	성동리	581-1	자동차세차업	수질5종	목포10	MA07
19	승달1급자동차공업사	무안읍	성동리	633-1	자동차수리업	수질5종	목포10	MA07
20	남양세차장	무안읍	성동리	844-1	자동차세차업	수질5종	목포10	MA07
21	정희상내과의원	무안읍	성동리	873-16	의료업	수질5종	목포10	MA07
22	류내과의원	무안읍	성동리	885-12	의료업	수질5종	목포09	MA07
23	박의원	무안읍	성동리	885-8	의료업	수질5종	목포10	MA07
24	무안정수장	무안읍	성동리	산21-133	수도사업시설	수질5종	목포10	MA07
25	운남의원	운남면	연리	406	의료업	수질5종	목포14	MA18
26	청명세차장	운남면	연리	406-36	자동차세차업	수질5종	목포14	MA18
27	삼거리세차카센터	운남면	연리	410-43	자동차수리업	수질5종	목포14	MA17

여 백

<부록-7> 주유소 현황

여 백

<부록-7> 주유소 현황

관리번호	업소명	읍면	동리	지번	도엽번호	소유역	비고
목무 2-2	현경주유소	현경면	외반리	548-5	와도97	MA11	
목무 2-4	대창석유(주)서해안주유소	무안읍	성동리	581-1	목포10	MA07	
목무 2-5	무안주유소	무안읍	성동리	273-2	목포10	MA07	
목무 2-7	남양주유소	무안읍	성동리	854-2	목포10	MA07	
목무 2-13	운남주유소	운남면	연리	산39-8	목포14	MA18	
목무 2-15	태양주유소	현경면	평산리	491-3	와도98	MA03	
목무 2-16	고속주유소	무안읍	용월리	86-1	와도100	MA06	
목무 2-17	망운주유소	망운면	목동리	467-2	와도97	MA11	
목무 2-18	제일주유소	무안읍	성남리	301-1	목포10	MA07	
목무 2-19	서부주유소	현경면	송정리	322-17	와도86	MA04	
목무 2-20	중동주유소	무안읍	성남리	513	목포19	MA07	
목무 2-22	현해주유소	현경면	현화리	30	목포89	MA02	
목무 2-25	신월주유소	운남면	내리	1009-3	목포13	MA16	
목무 2-24	뜸머리주유소	망운면	피서리	809-36	목포16	MA11	
목무 2-26	성내주유소	운남면	성내리	611-1	목포24	MA19	
목무 2-28	공항주유소	무안읍	교촌리	399-11	목포09	MA07	
목무 7-1	무안교통(주)	무안읍	성동리	273	목포10	MA07	
목무 3-7	운남단위농협	운남면	연리	401	목포13	MA18	
목무 3-10	운남석유	운남면	연리	410-35	목포14	MA14	
목무 3-11	홍성상회	운남면	내리	169-4	목포13	MA14	
목무 3-12	무안석유	무안읍	성남리	611-2	목포19	MA07	
목무 3-23	고절석유	무안읍	고절리	429	목포99	MA05	
목무 6-1	무안전신전화국	무안읍	성남리	309	목포10	MA07	
목무 6-2	은하장여관	무안읍	성남리	270-4	목포10	MA07	
목무 6-4	모자보건센터	무안읍	성동리	712	목포10	MA07	
목무 6-11	동산의원	무안읍	매곡리	778-1	목포10	MA07	
목무 6-13	대림장여관	무안읍	성동리	830-5	목포10	MA07	
목무 6-15	무안단위농협	무안읍	성내리	173-4	목포10	MA07	
목무 6-16	무안경찰서	무안읍	성남리	218-1	목포10	MA07	
목무 6-18	백제장여관	무안읍	성남리	187-1	목포10	MA07	
목무 6-22	농협중앙회무안군지부	무안읍	성동리	873-1	목포10	MA07	
목무 6-25	무안병원	무안읍	성동리	165	목포10	MA07	
목무 6-27	초당산업대학	무안읍	성남리	산4-1	목포19	MA07	
목무 6-37	동남호텔	무안읍	성남리	809-3	목포09	MA07	
목무 6-41	운남복지회관	운남면	연리	406-6	목포14	MA18	
목무 6-43	강변천(구)그린하우스	망운면	피서리	809	목포16	MA11	
목무 6-47	(주)무안축협	무안읍	성동리	873	목포10	MA07	
목무 6-56	한국도로공사 무안영업소	무안읍	용월리	1018-23외8필지	와도100	MA06	
목무 6-57	무안교육청	무안읍	교촌리	1044	목포10	MA07	
목무 6-58	무안읍하수종말처리소	무안읍	성동리	1055-1외7필지	와도100	MA07	
목무 6-59	운남수산	운남면	연리	1046	목포13	MA16	
목무 6-61	대진수산	운남면	내리	1042	목포12	MA16	
목무 6-62	남촌수산	운남면	성내리	959-1	목포23	MA19	
목무 6-63	승달문화예술회관	무안읍	교촌리	127-4	목포09	MA07	
목무 6-64	백제고	무안읍	성남리	419	목포09	MA07	
목무 6-66	무안우체국	무안읍	성남리	206-1	목포10	MA07	
목무 6-67	영해수산	운남면	동암리	1127-1	목포35	MA18	
목무 6-68	한국전력 무안지점	무안읍	교촌리	70-2	목포10	MA07	
목무 5-1	(주)금웅에너지	무안읍	용월리	82-1	와도100	MA06	



여 백

<부록-8> 쓰레기매립지 현황

# 여 백

<부록-8> 쓰레기매립지 현황

일련 번호	읍면	동리	지번	부지면적 (㎡)	총매립량 (㎡)	시작년도	종료년도	토지이용	현재 상태	소유역	비고
1	무안	신학리	산47	3,345	19,397		2002. 4.25		매립완료	MA12	매립중지
2	현경	외반리	588	4,453	17,600		2003. 1.30		매립중	MA04	
3	망운	피서리	555-36	4,230	6,350		2004. 6.30		매립중	MA10	
4	운남	내리	698	3,710	14,540		2004. 6.30		매립중	MA15	

여 백

<부록-9> 시추공 및 관정 주상도 내역

여 백

<부록-9> 시추공 및 관정 추상도 내역

관정공번	읍면	동리	번지	TM_X	TM_Y	지구명	공번	시추착정 구분	토사층 (m)	실트층 (m)	사층 (m)	사력층 (m)	혼전석 (m)	중화암 (m)	비고결층 (m)	연암 (m)	보통암 (m)	경암 (m)	고결층 (m)	굴착심도 (m)	착정구경 (mm)
MU000002	망운면	목동리	70	145273.71	167931.87	목동		2	1.0		3.0	4.0	0.0	1.0		2.0	0.0	9.0		18.0	50.0
MU000072	망운면	목서리	790	142853.17	168219.37	장재지구	장재발기반6		4.0		2.0	7.0		15.0		20.0	32.0			80.0	250.0
MU000093	망운면	목서리	772-1	142795.72	168025.67	장재지구	장재발기반2		3.0		2.0	6.0		20.0		25.0	3434.0			90.0	250.0
MU000094	망운면	목서리	784-13	142853.25	168028.37	장재지구	장재발기반3		4.0		3.0	5.0		27.0		27.0	34.0			100.0	250.0
MU000097	망운면	목서리	804-4	142726.03	168259.75	장재지구	장재발기반4		3.0		3.0	8.0		16.0		22.0	48.0			100.0	250.0
MU000098	망운면	목서리	829-5	142776.70	168652.09	장재지구	장재발기반5		4.0		2.0	7.0		15.0		20.0	32.0			100.0	250.0
MU000139	망운면	송현리	311-6	140818.99	167364.03	목서1	원송현	2	2.0		2.2	1.2	2.2	5.5		0.0	0.0	0.0		9.7	50.0
MU000149	망운면	송현리	681-1	140910.20	167272.85	송현		2	10.0		9.0	0.0	0.0	3.0		58.0	0.0	0.0		80.0	200.0
MU000227	무안읍	고절리	1113-12	150812.28	167337.85	고절		2	3.0		6.0	4.0	0.0	4.3		6.0	0.0	6.7		24.0	50.0
MU000245	무안읍	고절리	63-19	152364.28	167232.25	고절		2	1.0		0.0	0.0	0.0	13.0		38.0	14.0	2.2			250.0
MU000475	무안읍	신화리	1119	148410.98	164731.01	무안		2	4.5		0.0	0.5	0.0	10.8		8.2	0.0	10.0			150.0
MU000505	무안읍	용월리	255-5전	153136.48	168748.37				1.0		0.0	0.0	1.0	14.0		114.0	22.0			152.0	250.0
MU000545	무안읍	평용리	180-1	149237.26	164621.55	평용		2	1.0		1.0	0.0	0.0	16.0		39.0	12.0	2.6		71.6	200.0
MU000858	현경면	동산리	221	147191.07	167797.89	동산		2	4.0		0.0	0.0	0.0	54.0		15.0	23.0	0.0		96.0	50.0
MU000861	현경면	동산리	283	147500.52	167389.31	동산		2	1.0		2.0	0.0	0.0	9.6		0.0	0.0	0.0		12.6	50.0
MU000967	현경면	외반리	633-1	146385.26	168891.74	외반2		2	1.9		2.0	3.5	0.0	8.4		0.0	0.0	0.0			250.0
MU000992	현경면	평산리	133-7	148577.08	168554.20	평산지구	평산발기반11		3.0					21.0		28.0	78.0			130.0	250.0
MU000993	현경면	평산리	267-28	149219.04	169191.30	평산지구	평산발기반14		4.0					21.0		28.0	69.0			122.0	250.0
MU000994	현경면	평산리	281-23	149943.54	169055.23	평산지구	평산발기반13		2.0					22.0		35.0	81.0			140.0	250.0
MU000995	현경면	평산리	310-16	148890.91	169959.40	평산지구	평산발기반6		4.0					22.0		28.0	66.0			120.0	250.0
MU000996	현경면	평산리	315-3	149259.32	169854.14	평산지구	평산발기반5		3.0					25.0		26.0	68.0			122.0	250.0
MU001006	현경면	평산리	산155-4	148562.20	169085.72	평산지구	평산발기반10		2.0					26.0		32.0	65.0			125.0	250.0
MU001007	현경면	평산리	산28-1	149465.40	169963.56	평산지구	평산발기반2		1.0					17.0		30.0	77.0			125.0	250.0
MU001008	현경면	평산리	산34-1	148750.83	170143.95	평산지구	평산발기반3		2.0					19.0		30.0	74.0			125.0	250.0
MU001009	현경면	평산리	산79-3	149782.82	169451.56	평산지구	평산발기반		3.0					7.0		35.0	85.0			130.0	250.0
MU001093	현경면	평산리	494	148137.58	168556.73	평산지구	평산발기반9		3.0					32.0		20.0	65.0			120.0	250.0
MU001094	현경면	평산리	501-8	148994.70	168792.19	평산지구	평산발기반8		2.0					14.0		23.0	91.0			130.0	250.0
MU001095	현경면	평산리	666-12	147845.26	169929.48	평산지구	평산발기반1		2.0					30.0		18.0	70.0			120.0	250.0
MU001096	현경면	평산리	715-12	148670.45	170266.79	평산지구	평산발기반4		4.0					26.0		22.0	68.0			120.0	250.0
MU001097	현경면	평산리	782-5	147961.81	169107.86	평산지구	평산발기반7		2.0					25.0		27.0	76.0			130.0	250.0
MU001098	현경면	평산리	산141-1	148986.33	168751.62	평산지구	평산발기반12		2.0					22.0		20.0	86.0			130.0	250.0



여 백

<부록-10> 현장조사관정 내역

여 백

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m³/일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m³/일)	사용자
MU000001	망유면	목동리	35	51	양압	답작		총적	50			25				
MU000002	망유면	목동리	70	68	양압	전작	18	총적	50	1	120	25	0.1	7	293	김수정
MU000003	망유면	목동리	102	60.9	양압	전작	35	총적	50	1	60	25			60	신삼석
MU000004	망유면	목동리	233	25	양압	전작	24	총적	100	1	110	25			110	신근호
MU000005	망유면	목동리	294	57	양압			총적								
MU000006	망유면	목동리	332	-8	양압	전작	23	총적	50		52	30			52	남윤석
MU000007	망유면	목동리	342	57.3	양압	전작	21	총적	50		55	55			55	송신길
MU000008	망유면	목동리	352	-0.1	양압	답작	27	총적	100	2	120	40			120	이춘봉
MU000009	망유면	목동리	425	-6.9	생활	학교	80	압반	200	2	188	40			188	무안교육
MU000010	망유면	목동리	501	10	양압	답작	23	총적	50		54	30			54	강성학
MU000011	망유면	목동리	614	23.5	생활	일반	45	총적	25	0.5	50	25	11	38	38	김행복
MU000012	망유면	목동리	614	30	생활	일반	45	총적	40	0.5	50	25	12	37	37	유재관
MU000013	망유면	목동리	619	7.8	생활	가정	30	총적	50			30			50	심정아
MU000014	망유면	목동리	636	27	생활	일반	40	총적	25	0.5	50	25	10	36	36	김재열
MU000015	망유면	목동리	828	34.9	양압			압반	150			32	3.77			최화수
MU000016	망유면	목동리	844	8.5	양압	전작	33	총적	50		51	30			51	신봉호
MU000017	망유면	목동리	39-1	9	양압	답작		총적	50			25				
MU000018	망유면	목동리	58-3	6.5	양압	답작	100	압반	150			50			100	이춘봉
MU000019	망유면	목동리	76-2	8.3	양압	답작	28	총적	100	1	108	25			108	김장모
MU000020	망유면	목동리	79-3	8	생활	가정	20	총적	50	0.5		25				김상훈
MU000021	망유면	목동리	95-3	9	양압	원예	28	총적	50	1	80	25			80	신재석
MU000022	망유면	목동리	1-16	15.1	양압	답작		총적	50							
MU000023	망유면	목동리	1-19	12.1	양압	전작	30	총적	50	1	70	50			70	김육태량
MU000024	망유면	목동리	100-3	9	양압	답작	19	총적	50	1	90	25			90	김삼재
MU000025	망유면	목동리	100-6	11.5	양압	전작	24	총적	50		53	30			53	신정호
MU000026	망유면	목동리	100-9	37.5	양압	전작	18	총적	50	1	70	25			70	신재석
MU000027	망유면	목동리	1104-7	28.2	양압	답작	32	총적	50		52	30			52	이춘봉
MU000028	망유면	목동리	1104-7	25.2	양압			총적								이춘봉
MU000029	망유면	목동리	124-11	35.6	양압	전작	100	압반	150			50			100	송무남
MU000030	망유면	목동리	178-1	1	생활	일반	40	총적	25	1	50	25	10	36	36	주인석
MU000031	망유면	목동리	215-1	-2.3	양압	전작	34	총적	50		54	30			54	남윤복
MU000032	망유면	목동리	231-13	-3.5	양압	전작	35	총적	50			25			55	유점례
MU000033	망유면	목동리	234-2	-4.2	양압	답작		압반	100							신근호
MU000034	망유면	목동리	280-2	-3	양압	전작	29	총적	50		51	55			51	신옥섭
MU000035	망유면	목동리	297-1	-2	양압	전작	29	총적	100	1	250	25			250	남삼재
MU000036	망유면	목동리	326-1	-0.5	양압	답작	24	총적	50		51	30			51	김상심
MU000037	망유면	목동리	341-2	-8.5	양압	답작	35	총적	75		55	45			55	김성일
MU000038	망유면	목동리	349-4	-4.8	양압	전작	35	총적	50		50	30			50	성연대
MU000039	망유면	목동리	419-14	-1.9	양압	전작	26	총적	50		55	30			55	김상균
MU000040	망유면	목동리	554-3	-3	양압	전작	28	총적	50		54	30			54	임정원
MU000041	망유면	목동리	558-8	1	양압	전작	22	총적	50		55	30			55	고덕수
MU000042	망유면	목동리	589-5	-4	생활	민방위	80	압반	250	3	100	50				이영술
MU000043	망유면	목동리	601-2	29	생활	일반	33	총적	40	1	50	25	9	29	29	박사옥
MU000044	망유면	목동리	617-2	26	생활	일반	40	총적	25	0.5	50	25	10	33	33	김재경
MU000045	망유면	목동리	664-1	10.1	생활	학교		압반	200							망운초등학교

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000046	망유면	목동리	767-1	14.5	양압	답작	33	총적	50		51	30			51	강용호
MU000047	망유면	목서리	3	13.5	양압	전작	35	총적	50		51	30			51	송남수
MU000048	망유면	목서리	89	40.9	양압	전작	21	총적	50		56	30			56	윤송보
MU000049	망유면	목서리	163	23.7	양압	전작	24	총적	50		54	30			54	박성홍
MU000050	망유면	목서리	409	7	양압	답작		총적	50			25				
MU000051	망유면	목서리	409	3	양압	답작		총적	50			25				
MU000052	망유면	목서리	409	5	양압	전작	22	총적	50		60	30			60	송정신
MU000053	망유면	목서리	421	8	양압	전작	17	총적	50	1	60	25			60	한기화
MU000054	망유면	목서리	457	12	생활	가정	18	총적	50	1	60	25			60	한기화
MU000055	망유면	목서리	458	14.3	양압	답작	29	총적	50		52	30			52	윤여례
MU000056	망유면	목서리	469	11.3	양압	답작	30	총적	50	1	50	50			50	한기화
MU000057	망유면	목서리	474	19.7	양압	답작	33	총적	50		55	30			55	한중대
MU000058	망유면	목서리	488	24	양압	전작	21	총적	50		55	50			55	송문갑
MU000059	망유면	목서리	548	-5	양압	전작	22	총적	50		59	30			59	김성배
MU000060	망유면	목서리	550	-6	양압	전작	15	총적	100	1	210	25			210	송진규
MU000061	망유면	목서리	555	2.2	양압	전작	100	압반	150			50			100	송상일
MU000062	망유면	목서리	556	8.3	양압	전작	35	총적	50		51	30			51	김용모
MU000063	망유면	목서리	591	18	양압	답작		총적	50	0.5		40				강정두
MU000064	망유면	목서리	643	10	양압	답작	24	총적	100	1	150	25			150	한기만
MU000065	망유면	목서리	657	8.8	양압	답작	32	총적	50		55	30			55	송석동
MU000066	망유면	목서리	660	1	양압	전작	28	총적	30		60	50			60	한청석
MU000067	망유면	목서리	663	13	양압	답작		총적	50			25				
MU000068	망유면	목서리	682	32	양압	답작		총적	50			25				
MU000069	망유면	목서리	757	28.9	양압	전작	13	총적	300	0.5	492	40	5			문병석
MU000070	망유면	목서리	785	11.5	양압	답작	31	총적	50		61	30			61	정호시
MU000071	망유면	목서리	788	21	양압	답작		총적	150							최하수
MU000072	망유면	목서리	790	21	양압	전작	80	압반	250	5	250	50	9.72	33		송무길
MU000073	망유면	목서리	830	-1	양압	전작	20	총적	50	1	40	25			45	전창준
MU000074	망유면	목서리	835	11	양압	전작	29	총적	50		55	30			55	문치남
MU000075	망유면	목서리	839	1.5	양압	전작	28	총적	50	1	80	25			210	송무길
MU000076	망유면	목서리	874	21.2	양압	전작	34	총적	30		55	50			55	박동철
MU000077	망유면	목서리	963	20.2	양압	전작	34	총적	50		55	30			55	최영호
MU000078	망유면	목서리	974	21.5	양압	전작	35	총적	50		53	30			53	최화수
MU000079	망유면	목서리	4-2	18.9	양압	전작	35	총적	50		55	30			55	윤진상
MU000080	망유면	목서리	1000-4	17	양압	답작	33	총적	50		50	30			50	한종원
MU000081	망유면	목서리	1040-1	34.3	양압	답작	32	총적	50		55	30			55	송광연
MU000082	망유면	목서리	217-3	37.4	생활	일반	40	총적	25	0.5	50	25	10	33	33	주인곤
MU000083	망유면	목서리	334-1	25	양압	답작	32	총적	50		52	30			52	조순갑
MU000084	망유면	목서리	382-1	56.2	양압	전작	23	총적	50		54	30			54	나상복
MU000085	망유면	목서리	399-1	60.5	양압	답작		총적	80	1		40				한기권
MU000086	망유면	목서리	510-2	8	양압	전작	25	총적	50		52	30			52	최명진
MU000087	망유면	목서리	515-5	14	양압	답작	35	총적	50		51	30			51	송천수
MU000088	망유면	목서리	567-3	21.5	양압	답작	30	총적	100	1	120	25			120	송천수
MU000089	망유면	목서리	643-3	18.5	양압	답작	36	총적	50	1	100	25			51	한기선
MU000090	망유면	목서리	647-1	62.7	양압	전작	26	총적	50		53	30			53	정종환

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000091	망유면	목서리	706-8	5.5	양압	전작	25	총적	50	1	50	25			50	최정수
MU000092	망유면	목서리	754-1	16.7	양압	원예	30	총적	50	1	60	25			60	최명진
MU000093	망유면	목서리	772-1	39.2	양압	전작	90	암반	250	5	300	50	8.54	42		윤찬호
MU000094	망유면	목서리	784-13	51	양압	전작	100	암반	250	3	300	50	3.7	53		송무길
MU000095	망유면	목서리	784-2	51	양압	전작	26	총적	50	1	54	25				김용권
MU000096	망유면	목서리	790-5	34	양압			총적	50	1		30				최화수
MU000097	망유면	목서리	804-4	35	양압	전작	100	암반	250	3	250	50	2.1	40		송무길
MU000098	망유면	목서리	829-5	41.1	양압	전작	100	암반	250	3	170	50	3	45		
MU000099	망유면	목서리	831-1	14	양압	원예	27	총적	50	1	60	25			60	고종주
MU000100	망유면	목서리	839-5	18.5	양압	원예	23	총적	50			25			80	최장웅
MU000101	망유면	목서리	839-5	32.5	양압	전작		총적		3		60				송무길
MU000102	망유면	목서리	839-6	64.8	양압	답작	24	총적	50	1	60	25			60	최장웅
MU000103	망유면	목서리	841-1	54.5	양압	답작	21	총적	50	1	120	25			120	한두상
MU000104	망유면	송현리	27	0	양압	답작	33	총적	50		51	30			51	신복상
MU000105	망유면	송현리	61	10	양압	전작	28	총적	100	1	150	25			150	한춘석
MU000106	망유면	송현리	110	6	양압	답작	27	총적	100	1	300	25			300	김동석
MU000107	망유면	송현리	173	12	양압	전작	21	총적	50		52	30			52	김송모
MU000108	망유면	송현리	212	0	양압	답작	70	암반	200	5	250	50	10	15	250	박상현
MU000109	망유면	송현리	302	-5	양압	답작	32	총적	50		54	30			54	김영수
MU000110	망유면	송현리	382	7	양압	답작	28	총적	100	0.5	132	25			132	김용모
MU000111	망유면	송현리	406	0.5	양압	전작	21	총적	50		55	30			54	박진석
MU000112	망유면	송현리	537	-1	양압	전작	100	암반	150		100	50	5		100	김종길
MU000113	망유면	송현리	578	8.5	양압	답작	35	총적	50	1	65	25			65	김준석
MU000114	망유면	송현리	595	-2.5	양압	전작	20	총적	50	1	50	25			50	김종길
MU000115	망유면	송현리	616	-8	양압	전작	28	총적	50		51	30			51	구재철
MU000116	망유면	송현리	617	-1	양압	전작	24	총적	50		54	30			54	나기남
MU000117	망유면	송현리	621	-10	생활	학교	104	암반	150	2	170	32			170	김재춘
MU000118	망유면	송현리	653	1.5	양압	답작	34	총적	50		55	30			55	조화현
MU000119	망유면	송현리	658	-4.5	양압	전작	34	총적	50		55	30			55	김종명
MU000120	망유면	송현리	782	-3.5	양압	답작	34	총적	50		53	30			53	김종삼
MU000121	망유면	송현리	791	-6.5	양압	전작	100	암반	150			50			100	김종현
MU000122	망유면	송현리	820	-1.5	생활	일반	32	총적	25	0.5	25	25	9	35	35	김준석
MU000123	망유면	송현리	1127	-0.5	양압	답작	23	총적	50		56	30			56	장익중
MU000124	망유면	송현리	61-6	-8	양압	전작	24	총적	50		56	30			56	한춘석
MU000125	망유면	송현리	66-1	-13	양압	전작	21	총적	50		54	30			54	이귀용
MU000126	망유면	송현리	92-1	1.5	양압	전작	80	암반	250	10		80	13.55	45		임준택
MU000127	망유면	송현리	95-1	-1.5	양압	답작		암반	200	10		50				
MU000128	망유면	송현리	99-8	-2.5	양압	답작	23	총적	50	1	50	25			50	김연수
MU000129	망유면	송현리	75-1	12.5	양압	전작	100	암반	150			50			100	김남선
MU000130	망유면	송현리	103-1	18.5	양압	답작	27	총적	50	1	60	25				김기술
MU000131	망유면	송현리	1067-4	14.7	양압	전작	30	총적	50	1	100	25				김용만
MU000132	망유면	송현리	1100-10	10	양압	답작	35	총적	50		60	30			60	김종길
MU000133	망유면	송현리	1106-11	21.5	양압	전작	32	총적	50		54	30			54	박귀택
MU000134	망유면	송현리	1110-6	22	양압	답작	40	총적	50		52	30			52	박정순
MU000135	망유면	송현리	1112-1	16	양압	전작	32	총적	50		54	30			54	김종문

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000136	망운면	송현리	1130-6	7.2	농업	답작	24	총적	50		55	30			55	송상일
MU000137	망운면	송현리	1130-6	9.2	농업		24	총적	50						55	송상일
MU000138	망운면	송현리	228-122	20	농업	전작	155	암반	200	5	300	50				이기용
MU000139	망운면	송현리	311-6	25.3	농업	전작	9.7	총적	50		56	30	0.5	5	486.0	박찬화
MU000140	망운면	송현리	324-26	11	농업	전작	75	암반	250	3	300	50	12.3	45		윤영업
MU000141	망운면	송현리	324-33	31	농업	답작		암반								박동연
MU000142	망운면	송현리	430-1	62.5	농업	전작	23	총적	100	1	130	25			130	구재철
MU000143	망운면	송현리	482-2	10.2	농업	답작	36	총적	50		50	30			50	윤환식
MU000144	망운면	송현리	560-1	26.5	농업	답작	38	총적	50		55	30			55	김응배
MU000145	망운면	송현리	574-1	41	농업	전작		암반	100			30				김정복
MU000146	망운면	송현리	574-2	29	농업	답작	80	암반	200	10		50	16.15	50		박금신
MU000147	망운면	송현리	601-1	28.5	농업	답작	100	암반	200	10		50	5.98			
MU000148	망운면	송현리	643-6	33	농업	전작	21	총적	50		58	30			58	임준택
MU000149	망운면	송현리	681-1	15.5	농업	답작	80	암반	200	10		50	14.76	45	156	임순택
MU000150	망운면	송현리	723-5	24.5	농업	전작	32	총적	50		54	30			54	박정술
MU000151	망운면	송현리	727-1	6.5	농업	답작	80	암반	200	10		50			50	김정복
MU000152	망운면	송현리	764-1	40.4	농업	답작	36	총적	50		53	30			53	김갑용
MU000153	망운면	송현리	797-2	39.5	농업	답작	80	암반	200	10		50	15.97			임순택
MU000154	망운면	송현리	847-2	39.5	농업	원예	19	총적	50	1	70	25			70	김종태
MU000155	망운면	송현리	909-1	65	농업	원예	27	총적	50	1	60	25			60	김종록
MU000156	망운면	송현리	92-15	71	농업	원예	29	총적	50			25			60	임준택
MU000157	망운면	송현리	산84-1	67.5	농업		60	암반	150				15	20		김종태
MU000158	망운면	송현리	산95-2	72	농업	답작		암반	200	10		50	15.75			
MU000159	망운면	피서리	45	52	농업	답작		총적	50			25				
MU000160	망운면	피서리	58	68	농업	답작	28	총적	100	1	125	25			125	김상훈
MU000161	망운면	피서리	186	65	농업	답작		총적	50			25				
MU000162	망운면	피서리	227	59	농업	전작	23	총적	50		56	30			56	전규완
MU000163	망운면	피서리	285	26	농업	전작	35	총적	50		143	30	5		52	송종문
MU000164	망운면	피서리	394	25.1	농업	전작	21	총적	50		54	30			54	전규식
MU000165	망운면	피서리	457	38	농업	답작	19	총적	50			25			50	신기봉
MU000166	망운면	피서리	801	34.5	생활	일반	50	총적	25	0.5	50	25	10	43	43	박탁영
MU000167	망운면	피서리	809	26.6	생활	가정	7	총적	50		51	30			51	김관형
MU000168	망운면	피서리	812	28	생활	일반	50	총적	25	1	50	25	10	42	42	김평식
MU000169	망운면	피서리	973	64	농업	전작	190	암반	200	10		50			50	김상춘
MU000170	망운면	피서리	49-4	30.5	농업	암반		암반	150			40	12.94			송종문
MU000171	망운면	피서리	1-30	61.1	농업	답작	20	총적	50			25			50	양종삼
MU000172	망운면	피서리	1110-3	44.8	농업	축산업	10	총적	50		51	30			51	김성진
MU000173	망운면	피서리	212-5	13	농업	전작	35	총적	50		50	30			50	최국찬
MU000174	망운면	피서리	375-1	4.1	농업	전작		총적	300							
MU000175	망운면	피서리	555-22	18	농업	전작	24	총적	50		56	30			56	이창기
MU000176	망운면	피서리	555-24	23	농업	전작	22	총적	50		61	30			61	장일재
MU000177	망운면	피서리	555-6	50	농업	답작	100	암반	150			40			100	임용택
MU000178	망운면	피서리	557-24	45.5	농업	전작	35	총적	30		55	50			55	조병태
MU000179	망운면	피서리	557-88	43	농업	전작	23	총적	50		56	30			56	임홍택
MU000180	망운면	피서리	575-59	39	농업	전작	26	총적	50		58	30			58	임복철

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000181	망운면	피서리	576-81	47.8	농업	답작	34	총적	50		55	30			55	이운재
MU000182	망운면	피서리	810-12	48.7	농업	답작	45	총적	200	1		13				신기문
MU000183	망운면	피서리	812-1	48.5	생활	일반	40	총적	25	0.5	50	25	10	35	35	현승중
MU000184	망운면	피서리	산152-15	41.5	기타			암반	200							
MU000185	망운면	피서리	산152-5	29	생활	가정	45	암반	150	1		13				신기문
MU000186	망운면	피서리	산152-5	45	생활	기타	1000	암반	250							
MU000187	망운면	목서리	782	14	농업	전작	24	총적	50	0.5		40			80	최명진
MU000188	망운면	송현리	716	16.5	농업	답작	100	암반	200							
MU000189	망운면	송현리	1001	7	농업	전작		암반	150			30				채정근
MU000190	망운면	송현리	1114	24.5	농업	양어장	75	암반	150	7	500	30				김정복
MU000191	망운면	송현리	1114	32.5	농업	전작	75	암반	200		500					김정복
MU000192	망운면	송현리	106-2	49.5	농업	전작	150	암반	200	7.5	250	50	3			김동석
MU000193	망운면	송현리	864-1	64	농업	전작	30	암반	200			50			50	김종태
MU000194	망운면	피서리	587-1	61	농업	전작	150	암반	200	7.5	250	50			250	송우남
MU000195	무안읍	고절리	22	-4	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김판수
MU000196	무안읍	고절리	24	8.5	농업	답작	60	총적	80	30	50	32	5	10	50	송병섭
MU000197	무안읍	고절리	61	-12	농업	답작	20	총적	50	0.5	50	32	6	9	50	김천만
MU000198	무안읍	고절리	133	6.2	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박길재
MU000199	무안읍	고절리	295	33.4	농업	답작	100	암반	150		100	50			100	이재남
MU000200	무안읍	고절리	302	16	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	정도현
MU000201	무안읍	고절리	663	84.5	생활	간이상수도	150	암반	250	5	250	50	4.1	7		김복수
MU000202	무안읍	고절리	663	26	농업	전작	50	암반	120	0.5		30				김판수
MU000203	무안읍	고절리	668	-5.5	농업	전작		총적	200			25				고일석
MU000204	무안읍	고절리	670	-18	농업	답작	21	총적	50		50	30			54	김연수
MU000205	무안읍	고절리	673	-14.5	농업	답작	18	총적	50		55	30	2	4	55	김안수
MU000206	무안읍	고절리	759	-12	생활	학교	81	암반	150	3	60	40	4	6	70	무안교육
MU000207	무안읍	고절리	771	-7.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박현진
MU000208	무안읍	고절리	830	-11.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박석윤
MU000209	무안읍	고절리	905	-11.1	농업	답작	21	총적	50		50	30			53	정기열
MU000210	무안읍	고절리	1006	34.5	농업	답작	24	총적	50		50	30			54	송기신
MU000211	무안읍	고절리	1016	30	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김기호
MU000212	무안읍	고절리	1111	45	농업	답작	30	총적	80	1	45	32	2	6	50	박명재
MU000213	무안읍	고절리	63-1	8	농업	전작	60	암반	200	7.5	410	35				박명재
MU000214	무안읍	고절리	63-1	17.5	농업	답작	70	암반	250							
MU000215	무안읍	고절리	64-2	16	농업	전작		암반	200							
MU000216	무안읍	고절리	1013-5	18	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	정현춘
MU000217	무안읍	고절리	1050-1	12.8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김광용
MU000218	무안읍	고절리	1050-2	6.8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김광용
MU000219	무안읍	고절리	1055-1	9.2	농업	전작	70	암반	250	7.5	250	50	6.35		250	박석균
MU000220	무안읍	고절리	1067-1	8	농업	원예	25	총적	50		55	30	2	3	50	김문길
MU000221	무안읍	고절리	1067-1	10	농업	원예	18	총적	50		55	30	2	3	50	김문길
MU000222	무안읍	고절리	1102-9	-16.1	농업	답작	17	총적	80		45	30	3	6	45	박길재
MU000223	무안읍	고절리	1107-10	19	농업	답작	30	총적	50		55	30	3	6	55	박동재
MU000224	무안읍	고절리	1107-16	8	농업	답작	17	총적	70	1	45	30	3	6	45	기세연
MU000225	무안읍	고절리	1109-10	3.9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김영구



<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000226	무안읍	고절리	1110-3	23	농업	답작	23	총적	50						54	김복수
MU000227	무안읍	고절리	1113-12	8	농업		24	총적	50				1.8	5	59	송수남
MU000228	무안읍	고절리	1113-9	-7.7	생활	간이상수도	150	암반	200	5		50	7.4			노백규
MU000229	무안읍	고절리	113-8	-7.7	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	기우필
MU000230	무안읍	고절리	1663-2	3.1	농업	답작	20	총적	50		55	30	2	3	50	최용호
MU000231	무안읍	고절리	198-1	21.6	농업	답작	21	총적	50		50	30			55	정이순
MU000232	무안읍	고절리	232-1	-12.5	생활	간이상수도		암반	250			50				
MU000233	무안읍	고절리	310-5	4.1	농업	원예	20	총적	50		55	30	1	2	50	박동재
MU000234	무안읍	고절리	311-18	17	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김순엽
MU000235	무안읍	고절리	311-6	-9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김문수
MU000236	무안읍	고절리	313-13	-5	농업	답작		암반	250							
MU000237	무안읍	고절리	318-5	0.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박만기
MU000238	무안읍	고절리	319-4	7.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박봉수
MU000239	무안읍	고절리	327-16	11.4	농업	답작	22	총적	50		50	30			59	박입재
MU000240	무안읍	고절리	328-12	7.3	농업	답작	23	총적	50		50	50	1	2	56	김순엽
MU000241	무안읍	고절리	332-2	2.5	농업	답작	22	총적	50		50	30			61	최윤식
MU000242	무안읍	고절리	341-2	-0.3	농업	답작	21	총적	50		50	30			54	성문진
MU000243	무안읍	고절리	373-1	-7.2	농업	답작	22	총적	200	30		30				노백규
MU000244	무안읍	고절리	419-1	-17	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	송경용
MU000245	무안읍	고절리	63-19	5.5	농업	답작	68.2	암반	250	10	40	50	2.6	48	354	김천만
MU000246	무안읍	고절리	735-1	-31.2	농업	답작	140	암반	250	5	160	50	6	12	100	정영진
MU000247	무안읍	고절리	749-1	-15.2	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박충배
MU000248	무안읍	고절리	878-3	4.2	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	송수남
MU000249	무안읍	고절리	911-1	-14.8	농업	답작	21	총적	50		50	30	3	6	54	박경재
MU000250	무안읍	고절리		-35.8	농업	총적										박길재
MU000251	무안읍	교촌리	24	-7	농업	답작	50	총적	80		50	32	3	6	60	김재균
MU000252	무안읍	교촌리	35	13.5	농업	답작	110	암반	250	3	150	50	15	25	100	정길수
MU000253	무안읍	교촌리	133	20	생활	가정		암반	150	1.5						김정숙
MU000254	무안읍	교촌리	176	20	생활	간이상수도	45	암반	150	3						김명호
MU000255	무안읍	교촌리	195	-1	생활	가정	8	총적	50	0.5						장기남
MU000256	무안읍	교촌리	224	4	농업	전작	30	총적	120	1	50	32	6	9	50	강성신
MU000257	무안읍	교촌리	227	5.5	농업	전작	70	암반	120	1		35				고재규
MU000258	무안읍	교촌리	233	-12	농업	전작		암반	150	1						
MU000259	무안읍	교촌리	234	-14.8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	고재규
MU000260	무안읍	교촌리	257	-2	생활	학교	125	암반	200	2	100	40	10	15	100	무안교육
MU000261	무안읍	교촌리	365	-20.5	농업	전작		암반	150	1						
MU000262	무안읍	교촌리	650	19	농업	전작		암반	150							
MU000263	무안읍	교촌리	679	67	농업	답작	80	암반	200	5	380	50	7	7	100	김창호
MU000264	무안읍	교촌리	770	-9	생활	간이상수도	120	암반	300		150	50	3.92			
MU000265	무안읍	교촌리	775	-7	생활	간이상수도		암반	200	3		50				김영석
MU000266	무안읍	교촌리	931	-10.9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	정현응
MU000267	무안읍	교촌리	994	-11	농업	답작	100	암반	150	3	96	50	2.3		100	손영호
MU000268	무안읍	교촌리	1039	0	생활	공동주택	120	암반	150	5	100	30			120	신문철
MU000269	무안읍	교촌리	1040	0	생활	공동주택	80	암반	150	3						로말종합건설
MU000270	무안읍	교촌리	84-5	-13.5	생활	공동주택		암반				40				명진맨션

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000271	무안읍	교촌리	1012-3	-10.9	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	정왕삼
MU000272	무안읍	교촌리	1013-1	-23	농업	답작	32	충적	50		50	50	1	2	50	장우섭
MU000273	무안읍	교촌리	1013-1	-7	농업			충적	50							정기량
MU000274	무안읍	교촌리	1027-9	3.3	생활	간이상수도		암반	250			50				무안군
MU000275	무안읍	교촌리	1069-1	-7	농업	답작	23	충적	50		50	30			56	정몽룡
MU000276	무안읍	교촌리	320-8	-7.9	농업			충적								노영근
MU000277	무안읍	교촌리	328-13	-34	농업	전작		암반	150	1						
MU000278	무안읍	교촌리	328-31	-16.8	농업	전작	40	충적	120	1						문일남
MU000279	무안읍	교촌리	374-1	-31.2	농업	전작	29	암반	150		60	50	22.3		69	김정은
MU000280	무안읍	교촌리	377-1	-26	농업			충적								양선애
MU000281	무안읍	교촌리	428-31	-21.7	농업		30	암반	150							고재규
MU000282	무안읍	교촌리	449-2	4	생활	농생		충적		1						
MU000283	무안읍	교촌리	501-8	-13.1	농업	답작	66	암반	200	15	602	50				정화삼
MU000284	무안읍	교촌리	511-2	-14	농업	답작	30	암반	50		50	30			50	김광용
MU000285	무안읍	교촌리	511-2	-15	농업	답작	30	암반	50		50	30			50	김광용
MU000286	무안읍	교촌리	511-6	-6.9	농업	전작	21	충적	50	1	59	20			59	김광철
MU000287	무안읍	교촌리	514-4	-14	농업	답작	76	암반	250	5	253	50	10	15	200	정현주
MU000288	무안읍	교촌리	520-1	-21	농업	답작		암반	100	1						
MU000289	무안읍	교촌리	585-1전	-22.1	농업	답작	100	암반	150		100	50			100	김정언
MU000290	무안읍	교촌리	603-11	-18.5	농업	답작	100	충적	150		100	50			100	이동호
MU000291	무안읍	교촌리	629-2	0.5	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	서재호
MU000292	무안읍	교촌리	630-2	-9	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	박길석
MU000293	무안읍	교촌리	656-1	-8	농업	전작		암반	120	1						강성호
MU000294	무안읍	교촌리	680-1	-26.8	생활	간이상수도		암반								강성신
MU000295	무안읍	교촌리	751-2	-2	생활	간이상수도	34	충적	200	3	968	50				김재균
MU000296	무안읍	교촌리	754-3	-17	농업	답작	85	암반	250	5	220	50	7	7	100	임성호
MU000297	무안읍	교촌리	791-1	-17.7	농업			암반					16.42			김재수
MU000298	무안읍	교촌리	829-2	12.7	농업	답작	100	암반	250	3	168	40			150	지역개발과
MU000299	무안읍	교촌리	839-25	-23.2	농업	전작		암반	150							
MU000300	무안읍	교촌리	917-6	-24.7	농업	전작		암반	150			50				
MU000301	무안읍	교촌리	924-2	-39.2	농업	전작	85	암반	150	1						임성후
MU000302	무안읍	교촌리	994-4	-21	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	정현주
MU000303	무안읍	교촌리		-0.5	농업			암반	150			40				김인재
MU000304	무안읍	교촌리		-27	농업			암반								손영호
MU000305	무안읍	매곡리	34	-25.1	생활		60	충적		1						박홍규
MU000306	무안읍	매곡리	44	-26.5	농업			충적	50	1		50				박남일
MU000307	무안읍	매곡리	46	-31.2	생활		10	충적	50	1		30				박진배
MU000308	무안읍	매곡리	48	-29.8	생활			충적	50	1		30				박병동
MU000309	무안읍	매곡리	58	-36.8	생활			충적	50	1		30				박현기
MU000310	무안읍	매곡리	59	-36.5	생활			충적	50	1		30				박춘길
MU000311	무안읍	매곡리	65	3.5	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	윤옥순
MU000312	무안읍	매곡리	71	-26.8	생활		20	충적				20				고관순
MU000313	무안읍	매곡리	76	-16	생활			암반	50	1		30				박병락
MU000314	무안읍	매곡리	77	-29.5	농업			충적	50			30				박병운
MU000315	무안읍	매곡리	125	-20.2	생활			충적	70	1		20				박용태

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000316	무안읍	매곡리	130	-21.5	생활			총적	50	1		20				이지순
MU000317	무안읍	매곡리	131	-20.3	생활			총적	50			20				윤옥순
MU000318	무안읍	매곡리	131	-23	생활			총적		1						윤옥순
MU000319	무안읍	매곡리	135	-13.5	생활			총적	50			30				박현철
MU000320	무안읍	매곡리	137	-24.8	생활			총적	50	1		30				박성재
MU000321	무안읍	매곡리	139	-22.8	생활			총적	50	1		30				박병황
MU000322	무안읍	매곡리	140	-36	생활			총적	50	1		30				박순태
MU000323	무안읍	매곡리	143	-26	생활			총적		1		30				박대규
MU000324	무안읍	매곡리	148	-33.6	생활			총적	50	1		30				조병국
MU000325	무안읍	매곡리	165	-15.5	농업		30	총적	50	1		30				박병홍
MU000326	무안읍	매곡리	214	-27.2	생활			총적								박남철
MU000327	무안읍	매곡리	240	23.2	농업			총적	50			20				박형석
MU000328	무안읍	매곡리	266	-15.5	농업			총적	50			20				박광준
MU000329	무안읍	매곡리	287	-19.2	농업		30	총적	50	1		30				박형석
MU000330	무안읍	매곡리	302	-22.8	농업	답작	150	암반	200	7.5	156	50	10	10	100	박길재
MU000331	무안읍	매곡리	355	-26.5	생활			총적	50			30				김재균
MU000332	무안읍	매곡리	460	-19.7	농업			총적	50			30				박상균
MU000333	무안읍	매곡리	591	-26	농업	답작	63	암반	200	5	50	32	1	2	50	박상채
MU000334	무안읍	매곡리	708	-13	농업	답작	12	총적	300	1	250		1.39			박남규
MU000335	무안읍	매곡리	747	-6	기타		17	총적	80	1	45	30	3	6	45	박을재
MU000336	무안읍	매곡리	770	-9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박춘근
MU000337	무안읍	매곡리	777	-14.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박광의
MU000338	무안읍	매곡리	789	-3	농업	답작	150	암반	200	7.5	100	50	10	11	100	박남태
MU000339	무안읍	매곡리	791	-15.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박남태
MU000340	무안읍	매곡리	958	-23	농업			총적	50			30				박암
MU000341	무안읍	매곡리	960	-25.9	농업			총적	50			30				박기재
MU000342	무안읍	매곡리	961	-24.8	농업			총적	50			30				박청규
MU000343	무안읍	매곡리	972	-12.5	농업			총적	50			20				박용중
MU000344	무안읍	매곡리	56-1	-29	생활			총적	50			30				김판섭
MU000345	무안읍	매곡리	78-1	-17.2	생활			총적	50	1		30				박현영
MU000346	무안읍	매곡리	79-1	-25	생활		35	총적	50	1		30				박병운
MU000347	무안읍	매곡리	79-1	-30.2	농업			암반	150			32	11.6			박정호
MU000348	무안읍	매곡리	23-1	-30.8	농업	답작	18	총적	50	0.5	50	32	5	9	50	박진배
MU000349	무안읍	매곡리	23-1	-6.8	농업			총적	50			30				박현영
MU000350	무안읍	매곡리	111-1	-10	농업	답작	82	암반	200	7.5	250	50	8	8	100	박순태
MU000351	무안읍	매곡리	147-1	-22	농업			총적	50			20				김판섭
MU000352	무안읍	매곡리	147-2	-26	생활		30	총적		1		50				박병호
MU000353	무안읍	매곡리	222-8	11.3	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	이학호
MU000354	무안읍	매곡리	360-3	-16	농업			총적	50							이재춘
MU000355	무안읍	매곡리	363-11	-7	농업	답작	11	총적	300	1	380	40	3	6	40	박형섭
MU000356	무안읍	매곡리	383-13	-3	농업	답작	40	암반	200	1	640	32	3	6	50	박성재
MU000357	무안읍	매곡리	383-8	-5.5	농업	답작	40	총적	153	1	100	40	1.35	6	50	박진배
MU000358	무안읍	매곡리	388-4	-8	농업			총적	50			30				
MU000359	무안읍	매곡리	389-12	-3	농업	답작	23	총적	50	1	55	30	2	4	55	기우봉
MU000360	무안읍	매곡리	389-6	11.5	농업			총적	50			30				박영운

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000361	무안읍	매곡리	455-1	-19.2	농업			충적	50			30				박승호
MU000362	무안읍	매곡리	456-1	-24.5	농업			충적	50			30				박상규
MU000363	무안읍	매곡리	461-1	-4	농업			충적	50			30				기우중
MU000364	무안읍	매곡리	464-1	-6.8	농업			충적	50			20				박동규
MU000365	무안읍	매곡리	465-1	-13	농업			충적	50			30				
MU000366	무안읍	매곡리	471-1	-3	농업			충적	50			30				박승호
MU000367	무안읍	매곡리	475-1	-14	농업			충적	50			30				박기록
MU000368	무안읍	매곡리	476-1	-29.4	농업			충적	50			30				박병래
MU000369	무안읍	매곡리	482-2	5.8	농업	답작	21	충적	50		50				54	백순자
MU000370	무안읍	매곡리	567-2	-23	생활			충적	50			30				박남일
MU000371	무안읍	매곡리	624-2	-23.5	농업	답작	50	암반	200	5	486	40			486	박성재
MU000372	무안읍	매곡리	733-4	-18.3	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	박인탁
MU000373	무안읍	매곡리	733-9	-13	기타		15	충적	80	1	45	30	5	10	45	박 암
MU000374	무안읍	매곡리	767-2	8.8	농업	원예	19	충적	50		55	30	2	4	50	박광의
MU000375	무안읍	매곡리	767-2	-12.5	농업		23	충적	50						54	박광의
MU000376	무안읍	매곡리	780-1	-23.8	농업	답작	70	암반	200	5	250	50	10	15	200	양림마을회
MU000377	무안읍	매곡리	832-13	-26	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	박현기
MU000378	무안읍	매곡리	963-1	-19.4	농업			충적	50			30				박영규
MU000379	무안읍	매곡리	970-1	-15	농업			충적	50			30				박을재
MU000380	무안읍	매곡리	974-1	-18.2	농업			충적	70			30				박하재
MU000381	무안읍	매곡리	산102-2	-29.5	농업			충적	50			30				기우일
MU000382	무안읍	매곡리	산102-2	-21	농업		33	충적	50			30				박상균
MU000383	무안읍	매곡리		-15	농업			충적	50			50				
MU000384	무안읍	성남리	60	9.5	기타			암반	80							
MU000385	무안읍	성남리	316	-12	생활	가정	70	암반	150	1						김영귀
MU000386	무안읍	성남리	323	-17.8	생활	일반	30	암반	150							오갑열
MU000387	무안읍	성남리	419	0.5	생활	학교	140	암반	150	10						초당대학교-1
MU000388	무안읍	성남리	419	14	생활	학교	110	암반	150	10						초당대학교-2
MU000389	무안읍	성남리	431	-55	생활	답작	70	암반	150	3	100	30			100	손형균
MU000390	무안읍	성남리	462	-4	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	김은태
MU000391	무안읍	성남리	497	-16	농업	전작		암반	150	1						
MU000392	무안읍	성남리	610	4	생활	가정		암반	80	1.5						장안기계
MU000393	무안읍	성남리	638	-20	농업	전작	100	암반	150							김진규
MU000394	무안읍	성남리	735	-29	농업	답작	124	암반	50	7.5	250	50				신안무안지부
MU000395	무안읍	성남리	37-6	10.5	생활	가정	15	암반	200	3						나승봉
MU000396	무안읍	성남리	57-1	-7	기타			암반	200							김성남
MU000397	무안읍	성남리	59-1	0	생활	일반		암반	200							하원영
MU000398	무안읍	성남리	60-3	22	기타			암반	80							
MU000399	무안읍	성남리	74-2	0	생활	학교	142	암반	200	3		40				
MU000400	무안읍	성남리	88-1	49	생활	일반		암반								이준규
MU000401	무안읍	성남리	17-1	54	생활	일반	100	암반	200	5	90	40	7	5	100	김효권
MU000402	무안읍	성남리	1030-6	50.3	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	김금례
MU000403	무안읍	성남리	156-1	52.5	생활	일반	200	암반	200			40				
MU000404	무안읍	성남리	270-4	-3	생활	공동주택	150	암반	150	5						조봉현
MU000405	무안읍	성남리	341-3	13	생활	공동주택		암반	120	1						

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000406	무안읍	성남리	341-6	-9	생활	공동주택		암반	150	1						
MU000407	무안읍	성남리	360-4	-19.5	생활	학교	300	암반	200							백제여상-2
MU000408	무안읍	성남리	393-2	-21	생활	공동주택	80	암반	150							김학철
MU000409	무안읍	성남리	443-10	-16	생활	간이상수도		총적		1						
MU000410	무안읍	성남리	515-2	-25.5	생활	간이상수도		암반	200							
MU000411	무안읍	성남리	584-2	2	생활	농생	100	암반	150							손형근
MU000412	무안읍	성남리	595-3	39	생활	공동주택		암반	200							최도주
MU000413	무안읍	성남리	621-1	16.5	생활	가정	80	암반	150	3						
MU000414	무안읍	성남리	746-1	3	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	오갑열
MU000415	무안읍	성남리	769-1	24	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	임동윤
MU000416	무안읍	성남리	797-7	2	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	장귀조
MU000417	무안읍	성남리	800-14	2.3	농업	답작	65	총적	50	1	50	50	1	2	50	정옥중
MU000418	무안읍	성남리	800-15	9.3	농업	답작	32	총적	50	1	50	50	1	2	50	김종화
MU000419	무안읍	성남리	800-24	6	농업	전작	24	총적	50	1	67	50			67	국승보
MU000420	무안읍	성남리	805-10	41.3	농업	답작	24	총적	50		50	30			53	임종선
MU000421	무안읍	성남리	805-13	36.3	농업	답작	24	총적	50	1	55	30	1	2	50	고재규
MU000422	무안읍	성남리	805-13	40.3	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	노옥진
MU000423	무안읍	성남리	805-5	17.3	농업	답작	20	총적	50		55	30	2	3	50	송종선
MU000424	무안읍	성남리	809-13	8	생활	일반	100	암반	200	3	90	40	5	7	90	정순태
MU000425	무안읍	성남리	811-6	8	생활	공동주택	300	암반	200							
MU000426	무안읍	성남리	812-5	1.5	생활	공동주택	70	암반	300	3	80	40	5	8	80	정경호
MU000427	무안읍	성남리	813-2	37	생활	일반	85	암반	200	12		32				한만선
MU000428	무안읍	성남리	885-8	37	생활	일반		암반	200							박종수
MU000429	무안읍	성남리	산4-9	-42.5	생활	학교	130	암반	200			50				백제여상-1
MU000430	무안읍	성내리	35	27.8	농업	답작	170	총적	250		150	150	2.4		150	정길수
MU000431	무안읍	성내리	312	13	농업	답작		암반	200							정해조
MU000432	무안읍	성내리	15-1	31.5	농업	답작		암반		1.5						
MU000433	무안읍	성동리	117	20	농업	답작	215	암반	150	5	200	50	10	15	150	문봉식
MU000434	무안읍	성동리	379	54.3	농업	답작	23	총적	50		50	30			54	백계복
MU000435	무안읍	성동리	827	39	기타		150	암반	150	3						조봉현
MU000436	무안읍	성동리	866	33	생활	일반	80	암반	150	1	80	40	6	5	80	정순태
MU000437	무안읍	성동리	1066-10	15.3	농업	답작		암반	120	1						
MU000438	무안읍	성동리	1080-1	11.5	농업	양어장	75	암반	120	1						임태빈
MU000439	무안읍	성동리	1084-11	23.1	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	강성규
MU000440	무안읍	성동리	270-4	36	농업	전작		암반	120							
MU000441	무안읍	성동리	273-6	31.5	생활	일반	80	암반	100	3	40	30	3	7	60	안주석
MU000442	무안읍	성동리	328-2	21	농업	전작		암반	250							
MU000443	무안읍	성동리	562-1	25.5	생활	일반	80	암반	100	1.5	80	40	4	5	80	안창선
MU000444	무안읍	성동리	634-3	20.5	생활	일반	70	암반	100	2	50	35	5	5	60	박춘남
MU000445	무안읍	성동리	765-5	-26	기타		160	암반	200							오영안
MU000446	무안읍	성동리	767-3	-30	생활	간이상수도	309	암반	250	50						무안군
MU000447	무안읍	성동리	785-1	-19	생활	가정	80	암반	250			50				약사사
MU000448	무안읍	성동리	786-2	-2	생활	기타	380	암반	150	15						강의안
MU000449	무안읍	성동리	830-5	-7.5	생활	기타	80	암반	150	10	80	40	4	5	80	박연록
MU000450	무안읍	성동리	830-5	-3	생활	기타	80	암반	250	3	80	40	7	5	80	박연록

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000451	무안읍	성동리	947-3	-9.4	농업	전작	80	암반	300	5		50	3.25			김희철
MU000452	무안읍	성암리	20	-20.5	농업	답작		암반	150							
MU000453	무안읍	성암리	385	-12	농업	답작	102	암반	200	5	500	50	8	8	100	조병태
MU000454	무안읍	성암리	524	-23.5	농업	답작		암반	150							
MU000455	무안읍	성암리	524	-29.5	농업	전작		암반	250							
MU000456	무안읍	성암리	526	-24.5	생활	간이상수도		암반	250			50				
MU000457	무안읍	성암리	75-3	-9	생활	간이상수도		암반								
MU000458	무안읍	성암리	78-1	-3	농업	전작		암반	100	5						
MU000459	무안읍	성암리	247-1	-29	농업	답작	134	암반	200	5	250	50	10	15	200	성암마을
MU000460	무안읍	성암리	347-1	-25	농업	원예	86	암반	150	2	100	40	5	5	100	박남기
MU000461	무안읍	성암리	413-1	-6.5	생활	간이상수도	126	암반	200							
MU000462	무안읍	성암리	산100-1	-20	생활	간이상수도		암반								성암마을
MU000463	무안읍	성암리	산77	-16.5	농업	답작	160	암반	250			50				
MU000464	무안읍	성암리	산77	-29	기타		120	암반	250							
MU000465	무안읍	성암리		-18.5	농업			암반	250							수자원공사
MU000466	무안읍	신화리	208	-28	농업	전작	150	암반	250	3	150	50	13	55		곽경섭
MU000467	무안읍	신화리	226	0	농업	답작	60	암반	150		154	50	2.68		100	박천수
MU000468	무안읍	신화리	284	3	농업		30	충적	150			50				곽철구
MU000469	무안읍	신화리	550	-1.5	농업		81	암반	150				15	30		박춘수
MU000470	무안읍	신화리	595	3.5	생활	간이상수도	100	암반	200							
MU000471	무안읍	신화리	710	18	생활	일반		충적	50	0.5		25				
MU000472	무안읍	신화리	782	26.5	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	김동갑
MU000473	무안읍	신화리	851	12	생활	농생	100	암반	250	3	161	50	10.5	60		김희택
MU000474	무안읍	신화리	870	9	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	김석태
MU000475	무안읍	신화리	1119	10.5	농업	답작	34	암반	150		100	50	2.4	23	968	김성섭
MU000476	무안읍	신화리	1311-4	9	농업	전작	80	암반	150	1	100	30			100	김재균
MU000477	무안읍	신화리	452-9344	10	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	김재균
MU000478	무안읍	신화리	산45	9.5	농업	답작	85	암반	200			50				안규상
MU000479	무안읍	용월리	19	2	농업			암반	150				7.58			정영관
MU000480	무안읍	용월리	36	14.5	농업	답작		암반	200			168	9.82			
MU000481	무안읍	용월리	36	6.5	농업	전작	90	암반	200	1	200	30				정건수
MU000482	무안읍	용월리	77	3.3	농업	답작	8	충적	50	1	55	20	2	3	50	송해선
MU000483	무안읍	용월리	112	8.5	농업	답작	30	충적	50		50	30			50	정현수
MU000484	무안읍	용월리	214	13.7	농업	답작	70	암반	250	7.5	250	50			250	임운철
MU000485	무안읍	용월리	216	8	농업	답작	100	암반	300	3		30				정문인
MU000486	무안읍	용월리	695	12.6	농업	전작	150	암반	200	5	212	50				정영진
MU000487	무안읍	용월리	704	-15.9	농업			충적								
MU000488	무안읍	용월리	705	-13.1	농업	답작	18	충적	50	1		20				정영진
MU000489	무안읍	용월리	708	-12.8	농업			충적								
MU000490	무안읍	용월리	709	-6.5	농업	답작	13	충적	50		55	30	3	6	55	정오복
MU000491	무안읍	용월리	715	-10.4	농업			충적								
MU000492	무안읍	용월리	721	-27.2	농업		23	충적	50							고남석
MU000493	무안읍	용월리	724	-30.8	농업			충적								
MU000494	무안읍	용월리	743	1.9	농업			암반	150							임춘자
MU000495	무안읍	용월리	767	-15	농업			충적								송해선

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000496	무안읍	웅월리	807	-13.2	생활		30	총적	50	1		20				김영래
MU000497	무안읍	웅월리	811	-20.5	농업	답작	12	총적	50	1	50	20	1	2	50	정영진
MU000498	무안읍	웅월리	885	-7	농업	전작	152	암반	200	5	219	50	4			정영진
MU000499	무안읍	웅월리	925	-11	농업	전작	30	총적	150							박병래
MU000500	무안읍	웅월리	52-2	4.5	농업	전작		총적								정영관
MU000501	무안읍	웅월리	1019-2	22.5	농업	전작		암반	200			30				김성남
MU000502	무안읍	웅월리	1022-7	6.9	농업	답작	120	암반	200	7.5	180	50				임운철
MU000503	무안읍	웅월리	143-1	-6.5	농업	전작	300	암반	200	7.5	230	50	3	110	230	정성용
MU000504	무안읍	웅월리	239-2	1.8	농업	답작	150	암반	300	3	160	50	25	40		임운철
MU000505	무안읍	웅월리	255-5전	-13.2	농업	전작	152	암반	250	5	219	50	1.2	42		정영진
MU000506	무안읍	웅월리	266-1	-7.5	농업	전작	130	암반	200	5	210	50				정영진
MU000507	무안읍	웅월리	302-3	3	생활			총적								
MU000508	무안읍	웅월리	340-1	3.5	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	배길웅
MU000509	무안읍	웅월리	419-8	-3.7	농업	답작	38	총적	200	15	368	80				고재욱
MU000510	무안읍	웅월리	422-13	-7.2	생활			총적								
MU000511	무안읍	웅월리	459-1	1.3	농업	답작		암반	100							
MU000512	무안읍	웅월리	551-15	8.6	생활	답작	16	암반	50	1	250	20	10	15	200	상동마을
MU000513	무안읍	웅월리	697-1	-11.4	농업	암반		암반	250							
MU000514	무안읍	웅월리	712-1	-16.7	농업	총적		총적	50							정선미
MU000515	무안읍	웅월리	713-1	-14.4	농업	총적		총적	50							정한수
MU000516	무안읍	웅월리	718-1	-15.8	농업	총적		총적								
MU000517	무안읍	웅월리	718-2	-21.1	농업	총적		총적								
MU000518	무안읍	웅월리	718-3	-23.3	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	고남식
MU000519	무안읍	웅월리	729-1	-22.7	생활		12	총적	50	1		20				송인석
MU000520	무안읍	웅월리	729-2	-28.7	농업	답작	10	총적	50		50	50	1	2	50	송남용
MU000521	무안읍	웅월리	732-1	-26	생활			총적								정장성
MU000522	무안읍	웅월리	734-1	-31	생활			총적								임옥봉
MU000523	무안읍	웅월리	738-1	-15.8	생활			총적								고남식
MU000524	무안읍	웅월리	738-1	-14.3	농업	암반		암반								고석근
MU000525	무안읍	웅월리	759-2	-20	농업	전작	150	암반	200	5	200	50				정영섭
MU000526	무안읍	웅월리	761-2	-2.5	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	정영섭
MU000527	무안읍	웅월리	761-2	-15.8	농업			총적								임옥봉
MU000528	무안읍	웅월리	761-2	-16	농업			총적								
MU000529	무안읍	웅월리	775-2	-22	농업	답작	20	총적	50		55	30	1	2	50	임춘자
MU000530	무안읍	웅월리	883-16	0	농업	전작	70	암반	250	5	50	50	14	60	250	마을회
MU000531	무안읍	웅월리	산43-2	-23.3	농업	총적		총적								송인석
MU000532	무안읍	평웅리	126	-2.8	농업	전작	72	암반	200			30				서갑선
MU000533	무안읍	평웅리	991	-12.3	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	이승희
MU000534	무안읍	평웅리	40-2	8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	송승호
MU000535	무안읍	평웅리	44-6	2.2	농업	전작	100	암반	150		100	50			100	정영진
MU000536	무안읍	평웅리	47-1	-2.5	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	맹광열
MU000537	무안읍	평웅리	54-5	-9.5	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	배길동
MU000538	무안읍	평웅리	89-1	4.5	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김홍석
MU000539	무안읍	평웅리	4-2	4.8	농업	답작	24	총적	50		50	30			53	서갑선
MU000540	무안읍	평웅리	7-7	-8.5	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	배금만

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000541	무안읍	평용리	29-2	9	농업	답작	70	암반	200	5	250	50	10	15	200	평용마을회
MU000542	무안읍	평용리	128-1	0.3	공업	기타	100	암반	150							
MU000543	무안읍	평용리	128-1	-5.7	농업	답작	72	암반	250		280	50				
MU000544	무안읍	평용리	141-1	-4	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	배태준
MU000545	무안읍	평용리	180-1	8	농업	답작	71.6	암반	200	10	328	70	2	46	328	서갑선
MU000546	무안읍	평용리	201-1	2.5	농업	전작		암반	100			25				
MU000547	무안읍	평용리	259-2	12.5	농업	전작		암반								
MU000548	무안읍	평용리	259-5	0.3	농업		100	암반	150	2		50				
MU000549	무안읍	평용리	301-7	11	농업	답작	80	암반	150	3	100	50			100	박기재
MU000550	무안읍	고절리	48	6	생활			층적	8	1						김홍석
MU000551	무안읍	고절리	396	-20	생활			층적	6	1						김천만
MU000552	무안읍	고절리	396	-14.5	생활			층적	6	1						김병현
MU000553	무안읍	고절리	396	-16.5	생활			층적	3	1						서도칠
MU000554	무안읍	교촌리	26	-5.5	생활			층적								황삼량
MU000555	무안읍	교촌리	26	-8	생활			층적								박승호
MU000556	무안읍	교촌리	29	-7	생활			층적								김복용
MU000557	무안읍	교촌리	114	2.5	생활			층적	7	1						박연호
MU000558	무안읍	교촌리	136	6	생활			층적		1						김종철
MU000559	무안읍	교촌리	139	0.8	생활			층적	11							안승훈
MU000560	무안읍	교촌리	225	-12	농업			층적		1.5						신철민
MU000561	무안읍	교촌리	227	-15	농업			층적								문일남
MU000562	무안읍	교촌리	280	-8.8	생활			층적	13	1						고재규
MU000563	무안읍	교촌리	283	-2	생활			층적		1						노성근
MU000564	무안읍	교촌리	353	-2.4	농업	전작	30	암반	30	1						김상호
MU000565	무안읍	교촌리	356	-2.8	기타			암반								전금식
MU000566	무안읍	교촌리	402	-1	생활			층적								이태수
MU000567	무안읍	교촌리	404	-9	생활			층적								김정술
MU000568	무안읍	교촌리	406	-7	생활			층적								김행용
MU000569	무안읍	교촌리	408	-10	생활			층적								김대진
MU000570	무안읍	교촌리	409	-9.3	생활			층적								김덕천
MU000571	무안읍	교촌리	436	-24	생활			층적								김기호
MU000572	무안읍	교촌리	436	-9.5	생활			층적								김경호
MU000573	무안읍	교촌리	439	-15	생활			층적								조득근
MU000574	무안읍	교촌리	442	-14.3	생활			층적								유복래
MU000575	무안읍	교촌리	444	-3.3	생활			층적								김득호
MU000576	무안읍	교촌리	450	-12	생활			층적								김복형
MU000577	무안읍	교촌리	546	-20.2	생활	일반	50	암반	30	1						문용식
MU000578	무안읍	교촌리	620	-23.7	농업			층적		1						
MU000579	무안읍	교촌리	813	-8	농업			층적		1						
MU000580	무안읍	교촌리	78-3	0.2	생활	일반	80	암반	200							
MU000581	무안읍	교촌리	100-3	-4	생활			층적		1.5						신동진
MU000582	무안읍	교촌리	166-1	-2.5	생활			층적		1						
MU000583	무안읍	교촌리	235-4	-32.5	생활			층적	25	1						김종천
MU000584	무안읍	교촌리	270-1	-19.9	생활			층적	18	1						전대룡
MU000585	무안읍	교촌리	297-1	-4	생활			층적		1						양귀례



<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000586	무안읍	교촌리	297-1	-9.7	생활			총적	10	1						김봉연
MU000587	무안읍	교촌리	399-19	9.2	생활			총적								김영주
MU000588	무안읍	교촌리	399-3	-5	농업	전작		암반								
MU000589	무안읍	교촌리	405-1	-6	생활			총적								김성철
MU000590	무안읍	교촌리	448-1	-7	생활			총적								김영호
MU000591	무안읍	교촌리	614-3	-6.1	농업			총적		1						
MU000592	무안읍	교촌리	752-6	-26.1	농업			총적		1						
MU000593	무안읍	교촌리	754-1	-10.5	농업			총적		1.5						
MU000594	무안읍	매곡리	산82	-28	생활	간이상수도	150	암반	100	3	40	30				박남철
MU000595	무안읍	성남리	14	-5.5	생활	일반		총적								허순봉
MU000596	무안읍	성남리	131	-11.5	기타			총적								곽우석
MU000597	무안읍	성남리	142	-15.5	생활	일반	15	총적		1						배만선
MU000598	무안읍	성남리	318	-11.5	생활	일반		암반	150			30				김형선
MU000599	무안읍	성남리	474	-23	농업	전작		총적								김금래
MU000600	무안읍	성남리	518	-7	생활	일반		총적		1						
MU000601	무안읍	성남리	519	-4.5	농업	전작		총적		1						
MU000602	무안읍	성남리	525	-14	농업	전작		총적		1						
MU000603	무안읍	성남리	578	-18	생활	일반		총적		1						
MU000604	무안읍	성남리	578	-19.5	농업	전작		총적		1						
MU000605	무안읍	성남리	579	-2.5	생활	일반		총적		1						
MU000606	무안읍	성남리	602	-20.5	농업	전작		총적		1						
MU000607	무안읍	성남리	632	-5.5	생활	일반		총적		1						
MU000608	무안읍	성남리	1087-1	25.8	생활	농생		암반				30				
MU000609	무안읍	성남리	133-1	5	생활	일반	115	암반	200			30				
MU000610	무안읍	성남리	338-1	9	생활	일반		총적								
MU000611	무안읍	성남리	365-8	4	생활	일반		총적								조병관
MU000612	무안읍	성남리	365-8	-10	농업	전작		총적								
MU000613	무안읍	성남리	365-8	-4	기타			총적								
MU000614	무안읍	성남리	463-2	-3	농업	전작		총적								
MU000615	무안읍	성남리	494-1	-18	기타			총적								
MU000616	무안읍	성남리	494-2	-7	농업	전작		총적								
MU000617	무안읍	성남리	594-3	4.6	농업	전작		총적		1.5						
MU000618	무안읍	성남리	713-6	-8	농업	전작		총적		1						
MU000619	무안읍	성남리	732-1	-19.5	농업	전작		총적		1						
MU000620	무안읍	성남리	796-23	12.8	농업	전작		총적								
MU000621	무안읍	성남리	797-16	8.8	농업	전작		총적		1						
MU000622	무안읍	성남리	797-22	-8.5	농업	전작		총적	300	1						
MU000623	무안읍	성남리	798-6	-13	농업	전작		총적		1						
MU000624	무안읍	성남리	800-25	11	농업	전작		총적		1						
MU000625	무안읍	성남리	805-17	22.2	농업	전작		총적								
MU000626	무안읍	성남리	805-6	21.3	농업	답작	20	총적	50	1	46	50	1	2	50	송상선
MU000627	무안읍	성남리	809-3	7	생활			총적		1						
MU000628	무안읍	성남리	812-10	6.5	생활			총적		1.5						김대원
MU000629	무안읍	성남리	813-19	8.5	생활			총적	18	1.5						이지기
MU000630	무안읍	성남리	813-2	0.5	생활			총적								서영래

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000631	무안읍	성남리	813-2	5.5	생활			총적	16	1.5						이창남
MU000632	무안읍	성남리	813-2	13.5	생활			총적	13							김정원
MU000633	무안읍	성남리	813-2	4.5	생활			총적	10	1						이윤옥
MU000634	무안읍	성남리	813-5	0.5	생활			총적	15	1.5						이창남
MU000635	무안읍	성남리	873-18	12	생활			총적								박기록
MU000636	무안읍	성내리	113	-0.5	생활	일반	10	총적	25							김용호
MU000637	무안읍	성동리	778	-8.5	생활			총적								송권영
MU000638	무안읍	성동리	783-2	-14	기타			총적								연형훈
MU000639	무안읍	성동리		-14.5	기타			암반								무안군수
MU000640	운남면	내리	65	13.9	농업	전작	40	총적		0.5	60	60				배응수
MU000641	운남면	내리	188	5.2	농업	전작	25	총적	50	0.5	50	50				김권순
MU000642	운남면	내리	188	10.5	농업	답작	16.3	총적	153	0.5	268	30	0.3		268	유한석
MU000643	운남면	내리	266	13.9	농업	답작	12	총적	200	2						배병옥
MU000644	운남면	내리	278	14.5	농업	전작	25	총적	50	0.5	40	40				김전순
MU000645	운남면	내리	290	9.5	농업	답작	84	암반	200	7.5	300	50				김행용
MU000646	운남면	내리	291	17.3	농업	답작	24	총적	75		50	30			50	김일환
MU000647	운남면	내리	305	17.7	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	김창순
MU000648	운남면	내리	311	-6.8	농업			암반	150			40				홍성표
MU000649	운남면	내리	335	8	농업	답작		총적	300	1						
MU000650	운남면	내리	404	-4.3	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	박기선
MU000651	운남면	내리	406	2	농업	답작	20	총적	75		50	30			50	박창순
MU000652	운남면	내리	522	10	농업	답작	22	총적	75		50	30			50	홍성표
MU000653	운남면	내리	605	5.8	농업	전작	40	총적	50	1	40	40				이승
MU000654	운남면	내리	609	35.1	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	윤이종
MU000655	운남면	내리	620	7	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	배병옥
MU000656	운남면	내리	637	5.5	농업	답작	30	총적	75		50	30			50	박승용
MU000657	운남면	내리	644	7.5	농업	전작	35	총적	50	0.5	40	40				남덕기
MU000658	운남면	내리	663	9	농업	전작	26	총적	50	1	40	40				박홍상
MU000659	운남면	내리	895	15	농업	답작	23	총적	75		50	30			50	기진태
MU000660	운남면	내리	906	2.7	농업	답작	60	암반	150	1	48	30			50	박성욱
MU000661	운남면	내리	933	21.5	농업	답작	33	총적	75		50	30			50	김연중
MU000662	운남면	내리	936	10.3	농업	답작		총적	50							
MU000663	운남면	내리	988	0	농업	답작	26	총적	75		50	30			50	강명일
MU000664	운남면	내리	1005	-0.5	생활	간이상수도		암반	200			50			50	신월마을
MU000665	운남면	내리	1081	-7.5	농업	원예	39	총적	50	0.5	40	10				윤종근
MU000666	운남면	내리	1239	14.5	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	윤금중
MU000667	운남면	내리	1344	10.2	농업			암반					10.8			
MU000668	운남면	내리	35-1	10	농업	답작	30	총적	50	0.5	50	50				김행용
MU000669	운남면	내리	35-1	10.5	농업	답작		총적	250	1						임주완
MU000670	운남면	내리	35-3	7.5	농업	전작	40	총적	50	0.5	50	50				김동진
MU000671	운남면	내리	1005-80	-14	기타			암반	100							
MU000672	운남면	내리	1284-2	6.5	농업	전작	80	암반	150	1	100	30			100	안근영
MU000673	운남면	내리	143-2	5.8	농업	답작	80	암반	200	7.5	300	50			300	박철순
MU000674	운남면	내리	214-1	9	농업	답작	30	총적	50	0.5	45	45				김용백
MU000675	운남면	내리	246-6	12.3	농업	답작	29	총적	75		50	30			50	김성석

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000676	유남면	내리	266-1	8	농업			암반	150			40				강철원
MU000677	유남면	내리	275-11	8	기타			암반	200							
MU000678	유남면	내리	297-1	7	농업	답작		암반								
MU000679	유남면	내리	304-42	14	농업	답작	30	총적		1	40	40				김경길
MU000680	유남면	내리	315-2	21	농업	전작	30	총적		0.5	45	45				정안수
MU000681	유남면	내리	320-5	9.5	농업	전작	70	암반	250	5						오우균
MU000682	유남면	내리	324-1	18	농업	답작	20	총적	75		50	30			50	김성순
MU000683	유남면	내리	324-1	16	농업	답작	22	총적	75		50	30			50	김성순
MU000684	유남면	내리	332-3	21.5	농업	답작	25	총적	50	1	50	50				김순석
MU000685	유남면	내리	378-16	24	농업	답작	29	총적	75		50	30			50	박창호
MU000686	유남면	내리	419-2	16	농업	답작	24	총적	75		50	30			50	강홍원
MU000687	유남면	내리	430-4	10	농업	답작		총적	300	0.5						
MU000688	유남면	내리	541-2	15.7	농업	답작	22	총적	75		50	30			50	이강길
MU000689	유남면	내리	579-5	4	농업	답작		총적	300	0.5						
MU000690	유남면	내리	590-10	16.4	농업	답작	12	총적	300							
MU000691	유남면	내리	616-1	6.8	농업	원예	30	총적	150			40				배병옥
MU000692	유남면	내리	731-1	1.2	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	배종만
MU000693	유남면	내리	741-1	13	농업	답작	24	총적	75		50	30			50	김순익
MU000694	유남면	내리	787-1	2	생활	가정	33	총적	50	0.5	40	40			50	윤연심
MU000695	유남면	내리	963-1	10	농업	답작		총적	50	1		35				한방용
MU000696	유남면	내리	979-20	9	농업	답작	14.3	총적	300	0.5	180	30			180	김재담
MU000697	유남면	내리	980-37	4	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	김석열
MU000698	유남면	내리	980-37	9	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	오춘자
MU000699	유남면	내리	985-2	3	농업	답작		총적	300							최경래
MU000700	유남면	내리	986-14	10	농업	전작	25	총적	50	1	50	50			50	정영규
MU000701	유남면	내리	989-20	-8.1	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	강성원
MU000702	유남면	내리	992-14	7	생활	가정		총적		1						이오남
MU000703	유남면	내리	산5-2	-6.5	기타			총적	80							
MU000704	유남면	내리		13.5	농업	총적	50	총적	50	1		30				박종식
MU000705	유남면	내리		15	농업	총적	50	총적	50	1		30				양선학
MU000706	유남면	내리	512-1	13.7	농업	암반		암반	150			40	7.17			강덕원
MU000707	유남면	동암리	92	1.5	농업	답작	32	총적	75		50	30			50	김희순
MU000708	유남면	동암리	100	-2.5	농업	답작	19	총적	75		50	30			50	김병례
MU000709	유남면	동암리	101	6.9	농업	답작	30	총적	75		50	30			50	김이암
MU000710	유남면	동암리	420	6.5	농업	답작	33	총적	50	0.5	60	40			60	박종남
MU000711	유남면	동암리	774	3.5	농업	전작	98	암반	250	7.5	150	50	3.25		150	임채복
MU000712	유남면	동암리	851	5	농업	전작	100	암반	200	7.5	167	50				임채복
MU000713	유남면	동암리	950	3	농업	답작	20	총적	75		50	30			50	정완기
MU000714	유남면	동암리	997	-3.5	농업	답작	20	총적	75		50	30			50	정철수
MU000715	유남면	동암리	9533	10.5	농업	암반		암반	150			50				고원호
MU000716	유남면	동암리	97-2	1	생활	간이상수도		암반	200	3		50				
MU000717	유남면	동암리	356-1	7	농업	전작	30	총적	50	0.5	50	40			50	박종남
MU000718	유남면	동암리	415-2	-5.2	생활	가정	25	총적	50	0.5	40					천종삼
MU000719	유남면	동암리	444-27	22.2	농업	답작	100	암반	200	10	700	50			700	오순택
MU000720	유남면	동암리	582-1	0	농업	전작	11	총적	250	0.5	284	20	3			임종옥

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000721	유남면	동암리	591-11	-5.5	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	양순례
MU000722	유남면	동암리	726-1	9.5	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	김영봉
MU000723	유남면	동암리	816-1	25.5	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	임종권
MU000724	유남면	동암리	872-1	5	농업	답작	22	총적	75		50	30			50	김순애
MU000725	유남면	동암리	879-3	10.5	농업	전작	95	암반	250	7.5	173	50	2.17		173	임채복
MU000726	유남면	동암리	919-5	18	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	김영길
MU000727	유남면	동암리	산2	12	농업	답작	100	암반	150			50			100	김영을
MU000728	유남면	동암리	산2	-3.4	생활	가정	30	총적			111	50	10.93			김영를
MU000729	유남면	동암리		2	농업			총적	50	1		30				정희남
MU000730	유남면	동암리		9	농업	답작	22	총적	75		50	30			50	정찬행
MU000731	유남면	성내리	4	6	농업	답작	21	총적	75		50	30			50	정백영
MU000732	유남면	성내리	181	-0.5	농업	전작	95	암반			156					서정선
MU000733	유남면	성내리	239	1	농업	답작	26	총적	75		50	30			50	기우철
MU000734	유남면	성내리	340	11	농업	답작	90	암반	200	7.5	300	50			300	노경환
MU000735	유남면	성내리	446	-3.5	농업	전작		암반	100							
MU000736	유남면	성내리	449	13	농업	전작	95	암반	250	1	156	30	0.1			김영호
MU000737	유남면	성내리	465	13	농업	답작	29	총적	75		50	30			50	김영호
MU000738	유남면	성내리	523	3	농업	전작		총적	80							
MU000739	유남면	성내리	535	13	농업	답작	98	암반	200	5	173	50				김기선
MU000740	유남면	성내리	544	-2.5	농업	답작	15	총적	75		50	30			50	모청천
MU000741	유남면	성내리	608	8.5	농업	전작	25	총적	50	1	61	40			61	양재구
MU000742	유남면	성내리	621	14	생활	학교	71	암반	200	1	80	32				성내초등학교
MU000743	유남면	성내리	663	22	농업	답작	30	총적	50	0.5	40	40				강남구
MU000744	유남면	성내리	791	20	농업	답작	20	총적	50	0.5	20	30				박영자
MU000745	유남면	성내리	810	15.5	농업	답작	22	총적	75		50	30			50	박기연
MU000746	유남면	성내리	952	0.5	농업	답작	100	암반	150			50			100	최태진
MU000747	유남면	성내리	1039	7	농업	답작	25	총적	100	1	30	30				이순기
MU000748	유남면	성내리	1178	-5	농업	답작	40	총적	60	1	60	15			64	정홍채
MU000749	유남면	성내리	15-10	10.5	농업	전작	19	총적	50	1	96	50			96	최병장
MU000750	유남면	성내리	1004-6	23.5	농업	답작		암반	150	1						임준택
MU000751	유남면	성내리	1007-1	22	농업	전작		암반	150							이순기
MU000752	유남면	성내리	1079-3	42.5	농업	답작	20	총적				20				이동국
MU000753	유남면	성내리	1252-1	24.5	생활	간이상수도	100	암반	200		20					정홍채
MU000754	유남면	성내리	1453-1	25	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	김길임
MU000755	유남면	성내리	1456-1	23.5	농업	답작	29	총적	75		50	30			50	김화중
MU000756	유남면	성내리	1538-4	18.5	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	김범화
MU000757	유남면	성내리	1550-6	16.5	농업	답작	30	총적	75		50	30			30	김건환
MU000758	유남면	성내리	1610-3	16	농업	답작	22	총적	50			30				기성기
MU000759	유남면	성내리	1610-5	21.5	농업	답작	29	총적	75		50	30			50	박경일
MU000760	유남면	성내리	1611-2	27.3	농업			총적								최지주
MU000761	유남면	성내리	1612-1	45.5	농업	답작	30	총적	75		50	30			50	박익수
MU000762	유남면	성내리	1680-4	36	농업	답작	24	총적	75		50	30			50	기우근
MU000763	유남면	성내리	191-1	31.5	농업	답작	24	총적	75		50	30			50	박종철
MU000764	유남면	성내리	198-24	22.5	농업	답작	26	총적	50	1	40	40				박종철
MU000765	유남면	성내리	263-1	16	농업	답작	40	총적	50	1	50	40			50	채철성

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000766	운남면	성내리	291-2	22.5	농업	답작	21	총적	50			30				기중서
MU000767	운남면	성내리	298-1	4.5	생활	간이상수도		총적		1		40				
MU000768	운남면	성내리	312-1	22.5	농업	답작	100	암반	150		100	50	4		100	정대근
MU000769	운남면	성내리	313-3	17	농업	전작		암반	150							
MU000770	운남면	성내리	331-3	5	기타			암반	200				9.35			
MU000771	운남면	성내리	337-6	19	농업	답작	15	총적	200	0.5	157				157	정병영
MU000772	운남면	성내리	450-2	19	농업	전작	14.8	총적	150		210					윤석만
MU000773	운남면	성내리	450-2	17	생활	가정	14.8	총적	153	1						김재선
MU000774	운남면	성내리	453-3	9.5	농업	전작	95	암반	200	5	150	30				김판술
MU000775	운남면	성내리	462-7	11	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	김인삼
MU000776	운남면	성내리	47-18	10.5	농업	답작		암반	200	1		30				
MU000777	운남면	성내리	47-21	-1	농업	농공단지		암반	200	5		35				
MU000778	운남면	성내리	487-4	1	생활	가정		총적								양희문
MU000779	운남면	성내리	503-1	8	농업	답작	95	암반	200	5	156	50				김기선
MU000780	운남면	성내리	552-2	21	농업	답작	100	암반	200	5	151	60	8	40	151	강성만
MU000781	운남면	성내리	563-11	8	농업	답작	75	암반	200	7.5	250				250	강승조
MU000782	운남면	성내리	800-4	15.5	농업	답작	100	암반	150		143	50	8.04		100	장영철
MU000783	운남면	성내리	880-1	21	농업	답작	30	총적	80	1	40	40				김화중
MU000784	운남면	성내리	930-2	18.5	생활	간이상수도		암반								최태진
MU000785	운남면	성내리	940-2	9.5	농업	답작	21	총적	75		50	30			50	임양균
MU000786	운남면	성내리	971-1	7.5	농업	답작	100	암반	150			40			100	고정식
MU000787	운남면	성내리	산172	13.5	농업	전작	80	암반	200		253	50	2.8		253	노경환
MU000788	운남면	성내리		30	농업			총적								최태진
MU000789	운남면	연리	104	5.5	농업	답작	35	총적	75		50	30			50	유종복
MU000790	운남면	연리	163	15	농업	답작	24	총적	75		50	30			50	황용재
MU000791	운남면	연리	347	1.2	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	이만옥
MU000792	운남면	연리	417	-7.2	농업	답작	25	총적	75		50	30			50	정귀동
MU000793	운남면	연리	525	17	농업	답작	15	총적	75		50	30			50	이계동
MU000794	운남면	연리	554	13	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	고관석
MU000795	운남면	연리	574	-6.6	농업	답작	100	암반	150		150	32				강성만
MU000796	운남면	연리	925	13.6	농업	답작	36	총적	50		50	30			50	강성남
MU000797	운남면	연리	929	-10.5	농업	전작		암반	250			25				
MU000798	운남면	연리	930	2.5	생활	가정		총적	50	1						양승일
MU000799	운남면	연리	948	15.5	농업	답작	40	총적	75		50	30			50	박석철
MU000800	운남면	연리	967	33	농업	전작		암반								
MU000801	운남면	연리	1001	-2	농업	답작	71	암반	200	7.5	260	50			200	박동철
MU000802	운남면	연리	1095	44	농업	전작	80	암반	150	3	100	25			100	홍성표
MU000803	운남면	연리	1227	15	농업	전작	27	총적				40				김장오
MU000804	운남면	연리	1408	20	농업	원예	80	암반	150	1	100	30			100	고옥석
MU000805	운남면	연리	57-4	5	생활			암반	250				5.41			
MU000806	운남면	연리	31-3	2.8	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	모이복
MU000807	운남면	연리	9-3	-8.1	농업	답작	80	암반	250	7.5	200	50			200	이재원
MU000808	운남면	연리	1126-3	28.3	농업	답작	17	총적	75		50	30			50	김권호
MU000809	운남면	연리	1185-12	17.9	농업	전작	100	암반	150			50	11.5		100	김종신
MU000810	운남면	연리	1238-1	20	농업	답작	25	총적	75		50	30			50	고재문

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000811	운남면	연리	1275-20	22	농업	답작	27	총적	75		50	30			50	이막동
MU000812	운남면	연리	162-1	27	농업	답작	30	총적	75		50	30			50	모종구
MU000813	운남면	연리	168-2	28.5	농업	원예	30	총적				40				모종구
MU000814	운남면	연리	406-4	-2.8	농업	전작	100	암반	150			32			100	김영호
MU000815	운남면	연리	563-12	9	농업	답작	45	총적	75		50	30			30	정성현
MU000816	운남면	연리	677-2	7.2	농업	답작	72	총적	75		50	30			50	정형채
MU000817	운남면	연리	789-1	3.5	생활	간이상수도		총적	100	1						김종신
MU000818	운남면	연리	810-11	12	농업	답작	80	암반	200	7.5	260	50	5.9		260	정정진
MU000819	운남면	연리	886-7	29.5	농업	전작		총적	50							
MU000820	운남면	연리	905-1	9.5	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	강성숙
MU000821	운남면	연리	962-39	24.5	농업	답작	100	암반	150		146	50	6.38		100	박종희
MU000822	운남면	연리	산24	19.5	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	김수환
MU000823	운남면	연리	산262-3	13.1	기타		21	총적	150	0.5	108					김정길
MU000824	운남면	연리	산275	10.5	생활	간이상수도	95	암반	250	3	100	50	10	17	100	이정진
MU000825	운남면	연리	산315-3	14.5	농업	답작	70	암반	200	5	250	50	10	15	200	신홍마을
MU000826	운남면	연리	산74	2	농업	답작	100	암반	150			50			100	조희조
MU000827	운남면	연리		0.8	농업	답작	30	총적	75		50	30			50	정남기
MU000828	운남면	연리		21	농업			암반								모성옥
MU000829	운남면	연리		28	농업			총적								
MU000830	운남면	연리		10.5	농업			총적								이길춘
MU000831	운남면	하묘리	41	24.2	농업	답작	45	총적	75		50	30			50	박순상
MU000832	운남면	하묘리	281	27.5	농업			총적	50	1		30				김차옥
MU000833	운남면	하묘리	315	17.2	농업	전작	60	암반	200	7.5	302	50			302	김영안
MU000834	운남면	하묘리	320	21.2	농업	답작	29	총적	75		50	30			50	신재도
MU000835	운남면	하묘리	359	17.2	농업	답작	42	총적	75		50	30			50	김권희
MU000836	운남면	하묘리	372	28.9	농업	답작	36	총적	75		50	30			50	유재용
MU000837	운남면	하묘리	427	28.9	농업	답작	40	총적	75		50	30			50	문준호
MU000838	운남면	하묘리	553	25.5	농업			암반	150			32				김금석
MU000839	운남면	하묘리	744	17	생활	가정	35	총적	50	1	60	40			60	박종남
MU000840	운남면	하묘리	812	23	생활	가정	30	총적	50	1	60	35			60	박종남
MU000841	운남면	하묘리	829	23.5	생활	가정	30	총적	50	0.5	50	40			50	박종남
MU000842	운남면	하묘리	67-10	33.2	농업	답작	39	총적	75		50	30			50	허갑진
MU000843	운남면	하묘리	69-1	9.9	농업			암반	150	3		32	6.53			
MU000844	운남면	하묘리	89-6	33.7	농업	답작	30	총적	75		50	30			50	김영만
MU000845	운남면	하묘리	1011-12	22.5	농업	답작	28	총적	75		50	30			50	정순임
MU000846	운남면	하묘리	1011-12	35.5	농업	전작	50	총적	50		82	50			82	천명복
MU000847	운남면	하묘리	1089-7	2.8	농업	전작	26	총적	80	1	96	50			96	김동현
MU000848	운남면	하묘리	1338-8	13.5	농업	답작	40	총적	75		50	30			50	박종남
MU000849	운남면	하묘리	231-1	6.8	농업	답작	14	총적	75		50	30			50	유재욱
MU000850	운남면	하묘리	365-19	-5	농업	전작	60	총적	50	1	57	40			57	유시안
MU000851	운남면	하묘리	378-16	5	농업	답작	25	총적	75		50	30			50	정점례
MU000852	운남면	하묘리	412-1	8	농업	전작	24	총적	50	1	61	50			61	김금석
MU000853	운남면	하묘리	505-6	-13.8	농업	답작	25	총적	75		50	30			50	김치례
MU000854	운남면	하묘리	564-4	11.5	농업	답작	37	총적	75		50	30			50	이기연
MU000855	운남면	하묘리	613-1	7.8	농업	답작	40	총적	75		50	30			50	김정호

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000856	문남면	하묘리	902-9	6	농업	답작		총적	250	1						
MU000857	현경면	동산리	96	6.5	농업	전작	30	총적	50	1	50	30			50	송기숙
MU000858	현경면	동산리	221	-4.1	농업	답작	96	암반	50			35	10.3000002		100	이동열
MU000859	현경면	동산리	241	3	생활	가정	30	총적	50	0.5		25				지의성
MU000860	현경면	동산리	273	12.9	농업	전작		총적				35			60	윤동중
MU000861	현경면	동산리	283	9	농업		12.6	총적	50				2.6	8	253	
MU000862	현경면	동산리	283	-10.1	농업	답작	15	암반		2		50				윤형대
MU000863	현경면	동산리	350	13.5	농업	답작	18	총적	50			40	8	12	50	김용식
MU000864	현경면	동산리	380	-3	농업		34	총적	50						70	정선준
MU000865	현경면	동산리	403	7	농업	전작	32	총적	50	1	50	30			50	이순동
MU000866	현경면	동산리	403	-3.5	농업	답작	30	총적	50	1	50	30			50	정화채
MU000867	현경면	동산리	606	-10	농업	전작		총적	50			25				서대석
MU000868	현경면	동산리	651	3.5	농업	답작	27	총적	50		50	20			50	김성수
MU000869	현경면	동산리	749	31.5	농업	전작	35	총적	50	1	90	30			90	홍승석
MU000870	현경면	동산리	850	-9.2	농업	전작	30	총적	50	1	50	30			50	정선화
MU000871	현경면	동산리	890	18.3	농업	전작	33	총적	50		60	30			60	박봉재
MU000872	현경면	동산리	896	23	농업	전작	20	총적	50			35			60	정남오
MU000873	현경면	동산리	905	11.5	농업	전작	23	총적	50			35			53	박봉재
MU000874	현경면	동산리	918	-12	농업	전작	30	총적	50	1	50	30			50	장광성
MU000875	현경면	동산리	1110	7.5	농업	전작	20	총적	50			30			50	곽종실
MU000876	현경면	동산리	1145	35.4	농업	답작	34	총적	50	1	50	30			50	이대술
MU000877	현경면	동산리	72-1	22.2	농업			암반	250			50				이병삼
MU000878	현경면	동산리	84-3	24.5	생활	가정		총적	50	0.5		25				정점례
MU000879	현경면	동산리	84-5	31	농업	답작	15.9	총적	153	1	140	40	8	12	140	강갑식
MU000880	현경면	동산리	1144-19	27	농업	전작	20	총적	50			25			50	김기열
MU000881	현경면	동산리	1004-7	25.5	농업	전작	30	총적	50	1	50	30			50	김남철
MU000882	현경면	동산리	1010-1	10.5	농업	전작	20	총적	40			30			40	이길전
MU000883	현경면	동산리	1022-2	26	농업	답작	36	총적	50		80	30			80	강대경
MU000884	현경면	동산리	1098-2	4.5	농업	전작	24	총적	50	1	50	30			75	장정일
MU000885	현경면	동산리	1113-3	18	농업	답작	100	암반	200	7.5	150	75	8.43			
MU000886	현경면	동산리	1113-70	28.5	농업	답작	100	암반	200	7.5	150	75	2.2			이성재
MU000887	현경면	동산리	1113-71	4	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	곽우석
MU000888	현경면	동산리	1113-71	-1.5	농업		32	총적	50						60	곽우석
MU000889	현경면	동산리	1113-71	9.1	농업		37	총적	50						70	장광성
MU000890	현경면	동산리	1113-72	-3.5	농업	전작	20	총적	50	1		30			50	이신길
MU000891	현경면	동산리	1114-2	3.7	농업	전작	20	총적	50			30			50	김순심
MU000892	현경면	동산리	1125-5	7.5	농업	답작		총적								김용식
MU000893	현경면	동산리	121-1	-2.2	농업	전작	20	총적	60			35			60	정남오
MU000894	현경면	동산리	200-2	-7.4	농업	전작	27	총적	50						52	노수창
MU000895	현경면	동산리	204-10	25.7	농업	답작	15.9	총적	153	1	140	40	8	12	140	윤형대
MU000896	현경면	동산리	231-1	30.5	농업	전작	20	총적	50			35			60	박병환
MU000897	현경면	동산리	283-4	27.7	농업	답작	20	총적	50			35			60	윤형태
MU000898	현경면	동산리	283-7	25.8	농업	전작	100	암반	250	7.5	155	50	2.58			윤형대
MU000899	현경면	동산리	297-15	31	농업	전작	27	암반	50	1	140	40	8	12	140	김성덕
MU000900	현경면	동산리	323-3	19.6	농업	답작	18	총적	50			40	8	12	50	정순계

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000901	현경면	동산리	433-2	0	생활	가정		총적	50	0.5		25				김재남
MU000902	현경면	동산리	546-1	13.1	농업	답작	20	총적	50	1		30			50	이석진
MU000903	현경면	동산리	648-3	26.8	농업	답작	18	총적	50			40	8	12	50	이대남
MU000904	현경면	동산리	714-1	36	농업	답작	20	총적	50			30			50	문소열
MU000905	현경면	동산리	846-1	27.5	농업	답작	100	암반	200	7.5	150	75		7		이규화
MU000906	현경면	동산리	877-1	31.6	농업	답작	20	총적	50	0.5	50	40			50	정승
MU000907	현경면	동산리	산121-2	-7	농업	전작	80	암반	250	3		40			100	박원길
MU000908	현경면	동산리	산20-1번지	19	농업	전작	20	총적	50	1		30			50	김용찬
MU000909	현경면	동산리		10.5	농업	답작	15.9	암반	153	1	140	40	8	12	140	지의정
MU000910	현경면	동산리		14.2	농업	전작	20	총적	50			25			50	장충남
MU000911	현경면	송정리	344	32.5	농업			총적		1						
MU000912	현경면	송정리	345	20.5	농업			총적	50			30				
MU000913	현경면	송정리	535	16	농업	전작	20	총적	50	1	100	30			100	안순화
MU000914	현경면	송정리	274-1	10.7	농업	전작	30	총적	50	1	50	30			50	김민선
MU000915	현경면	송정리	297-4	15.5	농업	전작	27	총적	50	1	63	30			63	양용남
MU000916	현경면	신학리	47전	39.5	농업	전작	100	암반	150		100	50			100	곽행구
MU000917	현경면	양학리	205	24	농업	전작	19	총적	50	1	53	50			53	박병일
MU000918	현경면	양학리	512	40	생활	일반		총적	50			25				양학2리마을회
MU000919	현경면	양학리	577	60.5	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	박행순
MU000920	현경면	양학리	615	11	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	이향란
MU000921	현경면	양학리	617	4	농업	원예	65	암반	200	1	250	30				박춘수
MU000922	현경면	양학리	1097	24.8	농업	답작	25	총적	50		50	30			62	박복규
MU000923	현경면	양학리	71-7	-17.5	농업	전작	120	암반	200	1		30				임영중
MU000924	현경면	양학리	10-1	10	농업	답작	46	암반	200	5	250	50	10	36	200	기정도
MU000925	현경면	양학리	1095-3	19	농업	전작		총적	150			25				
MU000926	현경면	양학리	13-13	-4.5	농업	답작	80	암반	200	7.5	300	50				이원창
MU000927	현경면	양학리	189-1	16	농업	답작	18	총적	50	0.5	50	40	8	12	50	박규석
MU000928	현경면	양학리	339-7	8	농업	전작		총적	200			25				
MU000929	현경면	양학리	395-1	17	생활	가정		총적	50	0.5		25				박광원
MU000930	현경면	양학리	45-13	-5.3	농업	답작	100	암반	150			50			100	박석균
MU000931	현경면	양학리	472-23전	-7	농업	전작		암반			120		1.3			
MU000932	현경면	양학리	514-2	5	생활	가정	42	암반	50	1	140	40	8	12	140	박춘수
MU000933	현경면	양학리	584-1	20	생활	가정	18	총적	50	0.5	50	40	8	12	50	박승홍
MU000934	현경면	양학리	584-1	-1	생활	가정	81	암반	150	1	140	40	8	12	140	복음은누리교
MU000935	현경면	양학리	72-24전	-8	농업	총적		총적	300							
MU000936	현경면	외반리	43	-6.7	생활	가정		총적	50			25				김용철
MU000937	현경면	외반리	126	2.3	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	김익중
MU000938	현경면	외반리	130	15.5	농업	전작	60	암반	150	3	120	50			100	김대현
MU000939	현경면	외반리	244	11	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	김무웅
MU000940	현경면	외반리	338	14.1	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	강갑순
MU000941	현경면	외반리	549	26.5	생활	가정	18	총적	50	0.5	50	40	8	12	50	김완순
MU000942	현경면	외반리	571	10.7	생활	가정	40	총적	50	1	140	40	8	12	140	김수석
MU000943	현경면	외반리	580	23	생활	가정	65	암반	200	1	140	40	8	12	140	무안교육
MU000944	현경면	외반리	588	16	생활	가정	18	총적	50	0.5	50	40	8	12	50	김영복
MU000945	현경면	외반리	588	18.2	생활	가정	30	총적	50	1	140	40	8	12	140	김영복



<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000946	현경면	외반리	672	24	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김홍철
MU000947	현경면	외반리	831	11.2	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	박영석
MU000948	현경면	외반리	53-1	-0.3	농업	답작	15.9	암반	153	1	140	40	8	12	140	안봉환
MU000949	현경면	외반리	71-4	14.5	농업	전작	20	총적	50			35			60	이병삼
MU000950	현경면	외반리	71-4	10	농업	전작	100	암반		7.5		75	4.35			이병삼
MU000951	현경면	외반리	98-1	11.8	농업	답작	18	총적	50			40	8	12	50	김영태
MU000952	현경면	외반리	98-1	18.8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김영태
MU000953	현경면	외반리	80-2	11.7	농업	전작	30	총적	50		50	30			50	이영범
MU000954	현경면	외반리	121-2	7	농업	암반							3.13			김영태
MU000955	현경면	외반리	126-14	32.5	농업	답작	15.9	암반	153	1	140	40	8	12	140	노일남
MU000956	현경면	외반리	192-3	8.1	생활	가정	81	암반	150	1	50	40	8	12	140	무안교육
MU000957	현경면	외반리	218-1	9.3	농업	답작	80	암반		7.5	300					이원창
MU000958	현경면	외반리	3리	6	농업	답작	15.9	암반	153	1	140	40	8	12	140	김탁동
MU000959	현경면	외반리	540-11	1.3	생활	가정	40	암반	50	1	140	40	8	12	140	김대조
MU000960	현경면	외반리	547-7	-10	생활	가정	35	총적	50	1	140	40	8	12	140	김광복
MU000961	현경면	외반리	549-11	6	생활	가정	35	총적	50	1	140	40	8	12	140	김관순
MU000962	현경면	외반리	549-4	18	농업	전작	33	총적	50		50	30			70	정해조
MU000963	현경면	외반리	586-36	24.4	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김창수
MU000964	현경면	외반리	586-36	27.9	농업	답작	30	총적	50						70	김창수
MU000965	현경면	외반리	595-6	39.8	농업	축산업	30	총적	50		50	30			50	김득중
MU000966	현경면	외반리	612-9	47	생활	간이상수도		총적	25							박성환
MU000967	현경면	외반리	633-1	29.3	농업	답작	30	총적	250		50		0.4	7	180.0	
MU000968	현경면	외반리	643-2	2.7	농업	답작	15.9	암반	153	1	140	40	8	12	140	선중수
MU000969	현경면	외반리	646-1	-11	농업	전작	100	암반	150		100	50			100	문만식
MU000970	현경면	외반리	932-7	9.7	농업	답작	100	암반	150		115	50	1.3		100	이신재
MU000971	현경면	평산리	77	8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박용배
MU000972	현경면	평산리	85	12.9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박홍식
MU000973	현경면	평산리	151	3	농업	답작	45	총적	300	1	354	40	8	12	140	김득규
MU000974	현경면	평산리	176	9.5	농업	전작	100	암반	200	7.5	150	75				
MU000975	현경면	평산리	200	-5.2	농업	전작	100	암반	200	7.5	150	75			60	박형기
MU000976	현경면	평산리	237	15.9	농업	전작	18	총적	50	0.5	50	32	6	8	50	박길재
MU000977	현경면	평산리	329	7	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	박안수
MU000978	현경면	평산리	400	-5.5	농업	답작	81	암반	200	7.5	270	50	1		270	정철웅
MU000979	현경면	평산리	508	6.9	농업	답작	200	암반	200							
MU000980	현경면	평산리	660	44.2	농업	답작	50	암반	150	1	140	40	8	12		박석노
MU000981	현경면	평산리	717	17.5	농업	답작	18	총적	50			40	8	12	50	최금식
MU000982	현경면	평산리	717	18.2	농업	답작	32	총적	50						63	김근숙
MU000983	현경면	평산리	813	21	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	임종택
MU000984	현경면	평산리	1091	36	생활	가정	30	총적	50	1	140	40	8	12	140	박연택
MU000985	현경면	평산리	1249	7.8	농업	전작	100	암반	200	7.5	150	75				
MU000986	현경면	평산리	1224-1	5.2	농업	답작	33	총적	50		50	30			58	박병우
MU000987	현경면	평산리	1230-2	24.5	농업	답작	38	총적	50	1	140	40	8	12	140	김금식
MU000988	현경면	평산리	1243-1	8	농업	답작	57	암반	200	7.5	276	40	8	12	140	박종현
MU000989	현경면	평산리	1243-5	21	농업	답작	20	총적	153	1	205	40	8	12	140	정양수
MU000990	현경면	평산리	1252-5	27	농업	전작	27	총적	50	1	108	50			108	박길재

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU000991	현경면	평산리	1252-9	12	농업	전작		암반								박용배
MU000992	현경면	평산리	133-7	14.2	농업	전작	130	암반	250	3	180	50	9.91	30		정재필
MU000993	현경면	평산리	267-28	23.8	농업	답작	122	암반	250	3	170		8.48	44		
MU000994	현경면	평산리	281-23	7.2	농업	전작	140	암반	250	3	220		6.48	34		
MU000995	현경면	평산리	310-16	4.5	농업	전작	120	암반	250	3	240		4.59	25		
MU000996	현경면	평산리	315-3	2	농업	전작	122	암반	250	3	210		3.64	18		
MU000997	현경면	평산리	394-2	-4.5	농업	답작	19	층적	50	0.5	50	25	5	8	50	정남철
MU000998	현경면	평산리	503-1	6.8	농업			층적	50	1		30				박현재
MU000999	현경면	평산리	505-5	10	농업	답작	15.9	층적	153	1	140	40	8	12	140	박봉기
MU001000	현경면	평산리	523-1	23	생활	가정	18	층적	50	0.5	50	40	8	12		박석노
MU001001	현경면	평산리	745-5	11.8	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	김석훈
MU001002	현경면	평산리	937-10	46.9	농업	답작	15.9	층적	153	1	140	40	8	12	140	고재복
MU001003	현경면	평산리	944-8	46.5	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	안종영
MU001004	현경면	평산리	952-14	19	기타		35	암반	50	1	140	40	8	12	140	전홍영
MU001005	현경면	평산리	산153-22	-0.1	농업	전작	100	암반	200	7.5	150	75				
MU001006	현경면	평산리	산155-4	2.2	농업	전작	125	암반	250	3	230		8.81	20		
MU001007	현경면	평산리	산28-1	-7	농업	전작	125	암반	250	3	160	50	7.21	39		
MU001008	현경면	평산리	산34-1	0.1	농업	전작	125	암반	250	3	230	50	6.08	14		
MU001009	현경면	평산리	산79-3	9.8	농업	답작	130	암반	250	1	160		3.35	35		
MU001010	현경면	평윤리	717	-4.7	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	김근숙
MU001011	현경면	해운리	109	32.9	농업	답작	15.9	층적	300	1	180	30	8	12	218	서영옥
MU001012	현경면	해운리	119	6.8	농업	원예	72	암반	200	7.5	380	50				홍갑표
MU001013	현경면	해운리	138	21	농업	전작	30	층적	50		50	30			50	송영화
MU001014	현경면	해운리	158	11.5	농업			암반					6.74			최병열
MU001015	현경면	해운리	164	-1	농업	답작	120	암반	250	7.5	260	50				최병열
MU001016	현경면	해운리	233	0.1	농업	전작	30	층적	50		50	30			50	임병희
MU001017	현경면	해운리	406	11	농업	답작	32	층적	50		50	30			140	김철관
MU001018	현경면	해운리	1125	10.1	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	조익형
MU001019	현경면	해운리	2-12	-10	농업			암반					9.73			홍갑표
MU001020	현경면	해운리	1190-7	17	농업	답작	22	암반	200	1	350	30	10	13	140	임병숙
MU001021	현경면	해운리	1352-5	20	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	임종길
MU001022	현경면	해운리	1406-1	18	농업	답작	15.9	암반	153	1	140	40	8	12	140	김능관
MU001023	현경면	해운리	1429-7	55	농업	답작	34	층적	50		50	30			80	강양원
MU001024	현경면	해운리	1466-3	-11	농업	답작	100	암반	150		150	50			100	최병열
MU001025	현경면	해운리	1502-8	-5	농업	답작	13.9	층적	300	1	218	50	7	10	130	최수관
MU001026	현경면	해운리	1513-1	-16.8	농업	답작		암반	150							
MU001027	현경면	해운리	1521-2	0.7	농업	답작	15	층적	300	1	176	40	8	12	140	최병원
MU001028	현경면	해운리	1523-4	6.8	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	최인환
MU001029	현경면	해운리	1524-2	6.9	농업	답작	25	층적	50		50	30			60	최병열
MU001030	현경면	해운리	421-6	-11.1	농업		50	암반		3			8	35		이건운
MU001031	현경면	해운리	421-7	-4.1	농업	답작	80	암반	200	7.5						최남재
MU001032	현경면	해운리	423-21	-26	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	배광려
MU001033	현경면	해운리	528-1	-8	농업	답작	59	암반	200	7.5	327	65	8	12	140	김영모
MU001034	현경면	해운리	528-13	1.2	농업	답작	40	암반	200	20	500	50	18	24	50	김능관
MU001035	현경면	해운리	903-12	9	농업	답작	30	층적	50		50	30			50	안윤규

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m³/일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m³/일)	사용자
MU001036	현경면	해운리	915전	5	농업	답작	80	암반	150		219	50	13.3		100	전 남
MU001037	현경면	해운리	916-3	-8	농업	답작		암반	100							
MU001038	현경면	해운리	산143임	-19.5	농업	답작	100	암반	150		126	50	3.9		100	송영근
MU001039	현경면	해운리	산145	6	농업	답작		암반	200							
MU001040	현경면	해운리	산225-1	-16	농업	답작	15	총적	150	1	200	30	8	12	140	임형삼
MU001041	현경면	현화리	7	-19.5	농업	답작	66	암반	250	1	140	40	8	12	140	박진우
MU001042	현경면	현화리	7	-19	생활	가정	18	총적	50	0.5	50	40	8	12		박진우
MU001043	현경면	현화리	74	-16.8	농업	전작	100	암반	250		170	50	4.6			곽두석
MU001044	현경면	현화리	81	-21.9	농업	암반		암반	150				4.17			곽인구
MU001045	현경면	현화리	473	-22.8	생활	가정	30	총적	50	0.5	360	25	17	23	360	최한영
MU001046	현경면	현화리	582	-10	농업	답작	30	총적	50	1	150	25				김경환
MU001047	현경면	현화리	692	-8.6	농업	답작	70	암반	100	1	140	40	8	12	140	박도주
MU001048	현경면	현화리	720	-16.8	농업	답작	13	총적	150	1	212	30	3.92	12	140	최병욱
MU001049	현경면	현화리	820	-16	생활	가정	18	총적	50	0.5	50	40	8	12		최맹식
MU001050	현경면	현화리	1035	-13.2	농업	전작	22	총적	50	1	50	25			50	박석장
MU001051	현경면	현화리	1048	-18.2	농업	전작		암반	200		150	50	7.97			이재욱
MU001052	현경면	현화리	1063	-16.9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	최병채
MU001053	현경면	현화리	96-1	-25	농업	답작	134	암반	250		155	50	6.3			곽창구
MU001054	현경면	현화리	19-6	-20	농업	암반		암반								
MU001055	현경면	현화리	12-1	-12.3	농업	답작	51	암반	153	1	140	40	8	12	140	최한호
MU001056	현경면	현화리	1040-2	-11.9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	최완식
MU001057	현경면	현화리	1057-3	-20	농업	전작		암반	150			30	6.48			
MU001058	현경면	현화리	1089-43	-18.5	농업	답작	40	암반	200	1	140	40	8	12	140	최맹식
MU001059	현경면	현화리	1111-20	-13	농업	총적		총적	50	1		30				김경장
MU001060	현경면	현화리	1136-2	-10	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	정득수
MU001061	현경면	현화리	116-19	-23.2	농업	답작		암반	100		100		2.95			
MU001062	현경면	현화리	1239-1	-4.9	농업	답작	24	총적	50		50	30			50	한재필
MU001063	현경면	현화리	1379-4	-15.5	농업	답작	35	총적	50	1	140	40	8	12	140	나승원
MU001064	현경면	현화리	142-1	-14.3	농업	총적		총적	50	1		30				김재모
MU001065	현경면	현화리	142-10	-30	농업	답작	80	암반	300		100	50	6.75		100	진일장
MU001066	현경면	현화리	1521-29	-19.8	농업	답작	64	암반	250	7.5	268	50	8	12	3	이건문
MU001067	현경면	현화리	19-16	-19	농업	전작	100	암반	50		50	50	3.45		50	박월재
MU001068	현경면	현화리	322-3	-12.3	농업	답작	58	총적	153	1	382	40	8	12	140	최한우
MU001069	현경면	현화리	392-9	-6.7	농업	총적	30	총적	50		50	30			50	나정구
MU001070	현경면	현화리	399-3	-9.7	농업	답작	18	총적	50	0.5	50	40	8	12	50	나승용
MU001071	현경면	현화리	399-6	-9.7	농업	답작	18	총적	50	0.5	50	40	8	12	50	나승용
MU001072	현경면	현화리	428-3	-13.3	농업	답작	20	총적	50	0.5	50	40	6	9	50	임영신
MU001073	현경면	현화리	431-2	-19.9	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김희삼
MU001074	현경면	현화리	509-1	-31.5	농업	총적	30	총적	50		50	30			50	김경장
MU001075	현경면	현화리	566-5	-14.3	농업	답작	18.8	총적	153	1	219	30	10	13	120	김희욱
MU001076	현경면	현화리	700-22	-25.8	농업	답작	40	암반	200	1	140	40	8	12	140	최병열
MU001077	현경면	현화리	714-37	-25.7	농업	답작		암반	200							
MU001078	현경면	현화리	715-1	-15.2	농업	답작		암반	100							
MU001079	현경면	현화리	717-4	-24	농업	암반		암반					9.47			이요섭
MU001080	현경면	현화리	741-11	-14	농업	답작	180	암반	200	15	260	50	8	12	140	김영모

<부록-10> 현장조사 관정내역(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	표고 (m)	용도	세부용도	심도 (m)	관정구분	구경 (mm)	펌프 (HP)	양수능력 (m <sup>3</sup> /일)	토출관직경 (mm)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	채수계획량 (m <sup>3</sup> /일)	사용자
MU001081	현경면	현화리	758-1	-14.9	농업	답작		총적	100			50				채영관
MU001082	현경면	현화리	909-3	-11	농업	답작	15.9	총적	153	1	140	40	8	12	140	김희석
MU001083	현경면	현화리	914-2	-10.8	농업	답작	30	총적	50		50	30			50	김영기
MU001084	현경면	현화리	956-5	-23	생활	일반		총적	50			40				청룡마을회관
MU001085	현경면	현화리	96-22	-32	농업	답작	70	암반	250		160	50				
MU001086	현경면	현화리	산29-2	-20.2	생활	가정		총적	50	0.5		25				정을문
MU001087	현경면	현화리	산93-2	-28.6	농업	답작		암반	100		80					
MU001088	현경면	현화리		-12	농업	답작	15.9	총적	153	1	140	40	8	12	140	최광식
MU001089	현경면	현화리		-15	농업	답작	11.8	총적	153	1	130	40	6	8	130	나정구
MU001090	현경면	동산리	188	-8	농업	답작		총적	300							장충남
MU001091	현경면	동산리	1091	-8	농업	답작	50	암반	200	7.5		75	7.75			김용식
MU001092	현경면	동산리	915-6	-23	농업	답작	100	암반	200		155	75				
MU001093	현경면	평산리	494	-19.2	농업	답작	120	암반	250	3	170		9.61	37.71		
MU001094	현경면	평산리	501-8	-16.2	농업	답작	130	암반	250	3	250		7.62	13.23		
MU001095	현경면	평산리	666-12	-10	농업	답작	120	암반	250	3	170		9.05	43.5		
MU001096	현경면	평산리	715-12	-23.4	농업	전작	120	암반	250	3	180		7.42	42.38		
MU001097	현경면	평산리	782-5	-11.4	농업	답작	130	암반	250	3	190		3.91	42.25		
MU001098	현경면	평산리	산141-1	-24.1	농업	답작	130	암반	250	3	210		12.61	39.21		

여 백

<부록-11> 순간수위변화시험 결과

여 백

<부록-11> 순간수위변화시험 결과

관정공번	읍면	동리	번지	X좌표	Y좌표	케이싱 구경 (mm)	관정 심도 (m)	자연 수위 (m)	수리 전도도 (cm/sec)	method	대수층	지질	소유역
MU000149	망운면	송현리	681-1	140910.201	167272.848	200	80	14.76	3.18E-06	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA09
MU000149	망운면	송현리	681-1	140910.201	167272.848	200	80	14.76	1.86E-06	Hvorslev	암반	Ggn	MA09
MU000281	무안읍	교촌리	428-31	150926.441	165797.437	150	30	17.74	2.82E-04	Bourwer-Ricd	암반	Ms	MA07
MU000281	무안읍	교촌리	428-31	150926.441	165797.437	150	30	17.74	1.25E-04	Hvorslev	암반	Ms	MA07
MU000334	무안읍	매곡리	708	150175.581	168323.447	300	12	1.39	3.27E-04	Bourwer-Ricd	충적	Qa	MA05
MU000334	무안읍	매곡리	708	150175.581	168323.447	300	12	1.39	9.09E-05	Hvorslev	충적	Qa	MA05
MU000357	무안읍	매곡리	383-8	150466.146	169070.671	153	40	1.35	5.10E-06	Bourwer-Ricd	충적	Qa	MA05
MU000357	무안읍	매곡리	383-8	150466.146	169070.671	153	40	1.35	5.10E-06	Hvorslev	충적	Qa	MA05
MU000474	무안읍	신학리	870	148382.155	164771.903	50	30	0.57	1.73E-07	Bourwer-Ricd	암반	Pgn	MA12
MU000474	무안읍	신학리	870	148382.155	164771.903	50	30	0.57	3.06E-07	Hvorslev	암반	Pgn	MA12
MU000667	운남면	내리	1344	138062.344	162726.372		80	10.80	6.52E-06	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA16
MU000667	운남면	내리	1344	138062.344	162726.372		80	10.80	6.52E-06	Hvorslev	암반	Ggn	MA16
MU000751	운남면	성내리	1007-1	137050.401	159169.204	150	80	3.04	1.52E-06	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA19
MU000751	운남면	성내리	1007-1	137050.401	159169.204	150	80	3.04	1.52E-06	Hvorslev	암반	Ggn	MA19
MU000770	운남면	성내리	331-3	139490.944	157870.762	200	80	9.35	1.78E-06	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA19
MU000770	운남면	성내리	331-3	139490.944	157870.762	200	80	9.35	1.78E-06	Hvorslev	암반	Ggn	MA19
MU000805	운남면	연리	57-4	139842.010	161852.893	250	80	5.41	6.39E-06	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA18
MU000805	운남면	연리	57-4	139842.010	161852.893	250	80	5.41	2.48E-06	Hvorslev	암반	Ggn	MA18
MU000809	운남면	연리	1185-12	138968.298	162593.835	150	100	12.50	2.27E-05	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA14
MU000809	운남면	연리	1185-12	138968.298	162593.835	150	100	12.50	2.27E-05	Hvorslev	암반	Ggn	MA14
MU000923	현경면	양학리	71-7	149350.907	166821.068	200	120	5.46	8.29E-07	Bourwer-Ricd	암반	Pgn	MA12
MU000923	현경면	양학리	71-7	149350.907	166821.068	200	120	5.46	4.86E-07	Hvorslev	암반	Pgn	MA12
MU001019	현경면	해운리	2-12	152048.866	174032.615		80	9.73	2.67E-06	Bourwer-Ricd	암반	Qa	MA01
MU001019	현경면	해운리	2-12	152048.866	174032.615		80	9.73	3.16E-06	Hvorslev	암반	Qa	MA01
MU001057	현경면	현화리	1057-3	147742.230	171064.191	150	80	6.48	2.08E-06	Bourwer-Ricd	암반	Ggn	MA03
MU001057	현경면	현화리	1057-3	147742.230	171064.191	150	80	6.48	2.08E-06	Hvorslev	암반	Ggn	MA03



Data Set: C:\WORK\공개 방\slug-test(pumping)\MU000149.aqt  
 Title: MU000149  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:50:16

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 송현리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000149)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 262

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.66	201.	0.2	399.	0.1	597.	0.04
6.	0.6	204.	0.2	402.	0.08	600.	0.04
9.	0.56	207.	0.2	405.	0.1	603.	0.04
12.	0.54	210.	0.2	408.	0.08	606.	0.04
15.	0.52	213.	0.18	411.	0.08	609.	0.04
18.	0.52	216.	0.18	414.	0.06	612.	0.04
21.	0.48	219.	0.2	417.	0.12	615.	0.04
24.	0.46	222.	0.18	420.	0.1	618.	0.04
27.	0.46	225.	0.2	423.	0.08	621.	0.04
30.	0.46	228.	0.2	426.	0.1	624.	0.04
33.	0.44	231.	0.18	429.	0.08	627.	0.04
36.	0.42	234.	0.16	432.	0.08	630.	0.04
39.	0.42	237.	0.18	435.	0.08	633.	0.06
42.	0.42	240.	0.18	438.	0.08	636.	0.04
45.	0.38	243.	0.18	441.	0.08	639.	0.04
48.	0.42	246.	0.18	444.	0.06	642.	0.02
51.	0.4	249.	0.16	447.	0.08	645.	0.04
54.	0.38	252.	0.18	450.	0.08	648.	0.04
57.	0.42	255.	0.18	453.	0.08	651.	0.04
60.	0.4	258.	0.16	456.	0.08	654.	0.04
63.	0.38	261.	0.18	459.	0.08	657.	0.04
66.	0.38	264.	0.16	462.	0.04	660.	0.02
69.	0.38	267.	0.16	465.	0.06	663.	0.06
72.	0.38	270.	0.16	468.	0.08	666.	0.04
75.	0.36	273.	0.16	471.	0.08	669.	0.02
78.	0.36	276.	0.12	474.	0.08	672.	0.04
81.	0.36	279.	0.16	477.	0.06	675.	0.04
84.	0.34	282.	0.16	480.	0.08	678.	0.04
87.	0.34	285.	0.14	483.	0.08	681.	0.04
90.	0.36	288.	0.16	486.	0.06	684.	0.02
93.	0.34	291.	0.14	489.	0.06	690.	0.04
96.	0.34	294.	0.14	492.	0.08	696.	0.04
99.	0.34	297.	0.12	495.	0.08	699.	0.04
102.	0.34	300.	0.12	498.	0.08	702.	0.04
105.	0.3	303.	0.12	501.	0.06	705.	0.04
108.	0.32	306.	0.12	504.	0.06	708.	0.02
111.	0.32	309.	0.12	507.	0.06	711.	0.02
114.	0.32	312.	0.12	510.	0.04	714.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
117.	0.3	315.	0.12	513.	0.06	717.	0.02
120.	0.3	318.	0.12	516.	0.08	720.	0.04
123.	0.32	321.	0.14	519.	0.06	723.	0.04
126.	0.3	324.	0.12	522.	0.06	726.	0.04
129.	0.3	327.	0.12	525.	0.06	729.	0.02
132.	0.3	330.	0.12	528.	0.04	732.	0.04
135.	0.3	333.	0.1	531.	0.06	735.	0.04
138.	0.3	336.	0.12	534.	0.04	738.	0.02
141.	0.26	339.	0.12	537.	0.04	747.	0.04
144.	0.28	342.	0.12	540.	0.06	750.	0.04
147.	0.26	345.	0.12	543.	0.04	753.	0.04
150.	0.26	348.	0.1	546.	0.04	759.	0.04
153.	0.26	351.	0.1	549.	0.06	762.	0.04
156.	0.26	354.	0.12	552.	0.04	765.	0.02
159.	0.28	357.	0.12	555.	0.04	771.	0.04
162.	0.26	360.	0.12	558.	0.04	777.	0.02
165.	0.24	363.	0.1	561.	0.04	780.	0.04
168.	0.24	366.	0.1	564.	0.04	786.	0.04
171.	0.24	369.	0.1	567.	0.04	789.	0.02
174.	0.24	372.	0.1	570.	0.04	792.	0.02
177.	0.22	375.	0.1	573.	0.04	795.	0.04
180.	0.22	378.	0.1	576.	0.04	798.	0.02
183.	0.22	381.	0.12	579.	0.02	801.	0.04
186.	0.24	384.	0.08	582.	0.04	804.	0.02
189.	0.2	387.	0.08	585.	0.06	810.	0.02
192.	0.2	390.	0.08	588.	0.04	813.	0.02
195.	0.2	393.	0.1	591.	0.04		
198.	0.2	396.	0.1	594.	0.04		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	3.176E-06	cm/sec
y0	0.5297	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	3.176E-06	3.63E-08	cm/sec
y0	0.5297	0.004217	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	1.00	0.72
y0	0.72	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 0.08157 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.0003137 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.01771 m  
 Mean ..... 0.002752 m  
 No. of Residuals ... 262.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: C:\WORK\공개 방\slug-test(pumping)\MU000281.aqt  
 Title: MU000281  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:51:07

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 교촌리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000281)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 9

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	14.	4.	8.	7.	1.		
2.	12.	5.	5.	8.	1.		
3.	8.	6.	3.	9.	0.		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
K	0.0002821	cm/sec
y0	20.25	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	0.0002821	3.438E-05	cm/sec
y0	20.25	1.956	m

**Parameter Correlations**

	K	y0
K	1.00	0.82
y0	0.82	1.00

**Residual Statistics**

for weighted residuals

Sum of Squares..... 10.54 m<sup>2</sup>  
 Variance..... 1.506 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 1.227 m

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000334.aqt  
 Title: MU000334  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:47:35

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무량지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 매향리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000334)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 4

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.16	6.	0.1	9.	0.04	12.	0.01

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	0.0003273	cm/sec
y0	0.3179	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	0.0003273	5.899E-05	cm/sec
y0	0.3179	0.05588	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	1.00	0.90
y0	0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.0004215 m<sup>2</sup>  
 Variance..... 0.0002108 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 0.01452 m  
 Mean..... -0.001771 m  
 No. of Residuals ... 4.

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000357.aqt  
 Title: MU000357  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:51:22

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지 조사사업  
 Location: 전남 무안군 매곡리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000357)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 84

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.14	66.	0.28	129.	0.08	192.	0.04
6.	0.68	69.	0.24	132.	0.08	195.	0.04
9.	0.54	72.	0.24	135.	0.1	198.	0.04
12.	0.4	75.	0.24	138.	0.08	201.	0.04
15.	0.38	78.	0.24	141.	0.08	204.	0.04
18.	0.34	81.	0.2	144.	0.08	207.	0.02
21.	0.6	84.	0.2	147.	0.08	210.	0.02
24.	0.56	87.	0.18	150.	0.08	213.	0.02
27.	0.52	90.	0.18	153.	0.08	216.	0.02
30.	0.5	93.	0.16	156.	0.08	219.	0.04
33.	0.48	96.	0.16	159.	0.08	225.	0.04
36.	0.42	99.	0.16	162.	0.04	228.	0.04
39.	0.42	102.	0.14	165.	0.06	234.	0.02
42.	0.4	105.	0.16	168.	0.06	237.	0.02
45.	0.38	108.	0.12	171.	0.04	243.	0.02
48.	0.38	111.	0.16	174.	0.04	246.	0.02
51.	0.34	114.	0.12	177.	0.08	252.	0.04
54.	0.32	117.	0.12	180.	0.04	255.	0.04
57.	0.3	120.	0.12	183.	0.04	261.	0.02
60.	0.3	123.	0.1	186.	0.04	264.	0.02
63.	0.32	126.	0.1	189.	0.04	270.	0.02

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
K	5.1E-06	cm/sec
y0	0.5798	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
K	5.1E-06	3.319E-07	cm/sec
y0	0.5798	0.02624	m

Parameter Correlations

	<u>K</u>	<u>y0</u>
K	1.00	0.73
y0	0.73	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.3413 m<sup>2</sup>  
Variance ..... 0.004162 m<sup>2</sup>  
Std. Deviation..... 0.06451 m  
Mean ..... -0.004152 m  
No. of Residuals ... 84.  
No. of Estimates ... 2

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000474.aqt  
 Title: MU000474  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:51:40

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 신학리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000474)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 151

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.44	201.	0.32	378.	0.3	561.	0.28
6.	0.44	204.	0.34	381.	0.3	576.	0.26
9.	0.44	207.	0.34	384.	0.3	579.	0.26
12.	0.44	210.	0.34	408.	0.32	582.	0.26
15.	0.44	213.	0.34	411.	0.3	597.	0.26
27.	0.44	216.	0.36	414.	0.3	600.	0.28
30.	0.44	219.	0.34	417.	0.3	603.	0.26
33.	0.44	222.	0.34	420.	0.3	606.	0.26
36.	0.42	237.	0.32	423.	0.3	624.	0.26
39.	0.42	240.	0.32	426.	0.3	627.	0.26
42.	0.42	243.	0.32	429.	0.3	630.	0.26
57.	0.4	246.	0.34	432.	0.28	633.	0.26
60.	0.42	249.	0.32	435.	0.3	648.	0.26
63.	0.4	252.	0.34	438.	0.3	651.	0.26
66.	0.42	270.	0.3	441.	0.3	654.	0.28
81.	0.4	273.	0.32	444.	0.3	657.	0.26
84.	0.4	276.	0.3	447.	0.3	672.	0.26
87.	0.38	279.	0.32	450.	0.28	675.	0.26
90.	0.4	282.	0.32	453.	0.3	678.	0.26
93.	0.4	285.	0.3	471.	0.3	696.	0.26
108.	0.38	288.	0.32	474.	0.26	699.	0.26
111.	0.38	291.	0.32	477.	0.3	702.	0.26
114.	0.38	306.	0.3	480.	0.3	705.	0.26
117.	0.36	309.	0.32	483.	0.26	720.	0.26
120.	0.38	312.	0.32	486.	0.28	723.	0.26
123.	0.38	315.	0.3	489.	0.26	726.	0.26
141.	0.36	318.	0.3	492.	0.28	729.	0.24
144.	0.36	321.	0.3	495.	0.3	744.	0.26
147.	0.34	324.	0.3	498.	0.28	747.	0.26
150.	0.36	327.	0.3	519.	0.28	750.	0.26
153.	0.34	330.	0.3	522.	0.28	762.	0.26
168.	0.38	345.	0.3	525.	0.26	765.	0.26
171.	0.38	348.	0.3	528.	0.28	768.	0.26
174.	0.34	351.	0.3	531.	0.28	771.	0.26
177.	0.34	354.	0.32	534.	0.26	783.	0.26
180.	0.34	357.	0.32	552.	0.26	786.	0.24
183.	0.34	360.	0.3	555.	0.28	789.	0.24
198.	0.34	375.	0.3	558.	0.28		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	1.734E-07	cm/sec
y0	0.5484	m

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	1.734E-07	1.792E-08	cm/sec
y0	0.5484	0.03704	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	0.52	0.52
y0	0.52	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 2.991 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.02007 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.1417 m  
 Mean ..... 0.11 m  
 No. of Residuals ... 151.  
 No. of Estimates ... 2



Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000667.aqt  
 Title: MU000667  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:52:22

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 내리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000667)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 80

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	1.	63.	0.22	123.	0.12	183.	0.06
6.	0.76	66.	0.24	126.	0.1	186.	0.04
9.	0.56	69.	0.22	129.	0.1	189.	0.02
12.	0.26	72.	0.2	132.	0.1	192.	0.06
15.	0.32	75.	0.2	135.	0.1	195.	0.02
18.	0.32	78.	0.18	138.	0.1	198.	0.02
21.	0.34	81.	0.2	141.	0.1	201.	0.02
24.	0.32	84.	0.18	144.	0.06	204.	0.02
27.	0.34	87.	0.18	147.	0.08	207.	0.02
30.	0.32	90.	0.18	150.	0.06	210.	0.02
33.	0.3	93.	0.16	153.	0.06	213.	0.02
36.	0.3	96.	0.14	156.	0.1	216.	0.02
39.	0.26	99.	0.14	159.	0.06	219.	0.02
42.	0.28	102.	0.14	162.	0.06	222.	0.02
45.	0.26	105.	0.14	165.	0.06	225.	0.02
48.	0.28	108.	0.12	168.	0.06	228.	0.02
51.	0.26	111.	0.14	171.	0.06	231.	0.02
54.	0.26	114.	0.12	174.	0.04	234.	0.02
57.	0.24	117.	0.1	177.	0.06	237.	0.02
60.	0.24	120.	0.14	180.	0.02	240.	0.02

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
K	6.517E-06	cm/sec
y0	0.6022	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	6.517E-06	4.901E-07	cm/sec
y0	0.6022	0.03226	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	1.00	0.73
y0	0.73	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.3841 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.004925 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 0.07018 m  
 Mean ..... 0.004714 m  
 No. of Residuals ... 80.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000751.aqt  
 Title: MU000751  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:52:40

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 성내리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000751)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 287

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.96	219.	0.44	435.	0.22	651.	0.1
6.	0.98	222.	0.46	438.	0.22	654.	0.1
9.	0.96	225.	0.4	441.	0.2	657.	0.1
12.	0.94	228.	0.44	444.	0.22	660.	0.08
15.	0.94	231.	0.44	447.	0.18	663.	0.08
18.	0.94	234.	0.42	450.	0.22	666.	0.1
21.	0.9	237.	0.42	453.	0.2	669.	0.08
24.	0.9	240.	0.4	456.	0.2	672.	0.08
27.	0.88	243.	0.38	459.	0.2	675.	0.08
30.	0.9	246.	0.4	462.	0.2	678.	0.1
33.	0.88	249.	0.4	465.	0.2	681.	0.08
36.	0.88	252.	0.4	468.	0.18	684.	0.1
39.	0.86	255.	0.4	471.	0.18	687.	0.06
42.	0.86	258.	0.4	474.	0.16	690.	0.06
45.	0.84	261.	0.38	477.	0.18	693.	0.06
48.	0.84	264.	0.38	480.	0.18	696.	0.06
51.	0.82	267.	0.36	483.	0.18	699.	0.06
54.	0.82	270.	0.38	486.	0.16	702.	0.06
57.	0.82	273.	0.38	489.	0.16	705.	0.06
60.	0.8	276.	0.36	492.	0.16	708.	0.06
63.	0.78	279.	0.36	495.	0.16	711.	0.06
66.	0.8	282.	0.36	498.	0.16	714.	0.06
69.	0.76	285.	0.34	501.	0.16	717.	0.06
72.	0.76	288.	0.36	504.	0.16	720.	0.06
75.	0.74	291.	0.36	507.	0.14	723.	0.08
78.	0.76	294.	0.34	510.	0.16	726.	0.06
81.	0.76	297.	0.36	513.	0.14	729.	0.06
84.	0.76	300.	0.34	516.	0.14	732.	0.06
87.	0.76	303.	0.36	519.	0.14	735.	0.04
90.	0.7	306.	0.34	522.	0.14	738.	0.06
93.	0.72	309.	0.34	525.	0.14	741.	0.06
96.	0.7	312.	0.32	528.	0.14	744.	0.06
99.	0.7	315.	0.32	531.	0.14	747.	0.06
102.	0.68	318.	0.34	534.	0.12	750.	0.04
105.	0.7	321.	0.32	537.	0.12	753.	0.02
108.	0.68	324.	0.32	540.	0.12	756.	0.06
111.	0.68	327.	0.32	543.	0.16	759.	0.04
114.	0.64	330.	0.32	546.	0.12	762.	0.06

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
117.	0.66	333.	0.32	549.	0.1	765.	0.06
120.	0.66	336.	0.32	552.	0.14	768.	0.06
123.	0.64	339.	0.28	555.	0.14	771.	0.04
126.	0.64	342.	0.3	558.	0.12	774.	0.02
129.	0.62	345.	0.28	561.	0.14	777.	0.04
132.	0.62	348.	0.28	564.	0.12	780.	0.04
135.	0.62	351.	0.28	567.	0.1	783.	0.04
138.	0.6	354.	0.28	570.	0.12	786.	0.04
141.	0.6	357.	0.28	573.	0.12	789.	0.04
144.	0.58	360.	0.28	576.	0.1	792.	0.04
147.	0.58	363.	0.28	579.	0.12	795.	0.06
150.	0.58	366.	0.26	582.	0.14	798.	0.02
153.	0.56	369.	0.26	585.	0.1	801.	0.06
156.	0.58	372.	0.28	588.	0.12	804.	0.04
159.	0.56	375.	0.24	591.	0.12	807.	0.02
162.	0.56	378.	0.28	594.	0.1	810.	0.02
165.	0.54	381.	0.26	597.	0.12	813.	0.02
168.	0.52	384.	0.26	600.	0.08	816.	0.02
171.	0.54	387.	0.26	603.	0.1	819.	0.02
174.	0.52	390.	0.24	606.	0.1	822.	0.02
177.	0.52	393.	0.26	609.	0.12	825.	0.02
180.	0.52	396.	0.26	612.	0.1	828.	0.02
183.	0.5	399.	0.24	615.	0.1	831.	0.02
186.	0.5	402.	0.24	618.	0.1	834.	0.02
189.	0.5	405.	0.26	621.	0.12	837.	0.02
192.	0.5	408.	0.22	624.	0.12	840.	0.02
195.	0.5	411.	0.22	627.	0.1	843.	0.02
198.	0.48	414.	0.22	630.	0.12	846.	0.02
201.	0.48	417.	0.24	633.	0.1	849.	0.02
204.	0.46	420.	0.22	636.	0.1	852.	0.02
207.	0.46	423.	0.22	639.	0.06	855.	0.02
210.	0.44	426.	0.22	642.	0.1	858.	0.02
213.	0.48	429.	0.22	645.	0.1	861.	0.02
216.	0.46	432.	0.22	648.	0.1		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	1.517E-06	cm/sec
y0	0.9989	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	1.517E-06	7.417E-09	cm/sec
y0	0.9989	0.003366	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	0.09	0.22
y0	0.22	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.06958 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.0002442 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 0.01563 m

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000770.aqt  
 Title: MU000770  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:52:51

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지 조사사업  
 Location: 전남 무안군 성내리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000770)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 251

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.94	192.	0.2	381.	0.12	570.	0.04
6.	0.78	195.	0.22	384.	0.12	573.	0.04
9.	0.58	198.	0.2	387.	0.12	576.	0.04
12.	0.44	201.	0.2	390.	0.1	579.	0.04
15.	0.46	204.	0.22	393.	0.08	582.	0.04
18.	0.46	207.	0.2	396.	0.1	585.	0.04
21.	0.44	210.	0.18	399.	0.1	588.	0.04
24.	0.44	213.	0.2	402.	0.1	591.	0.04
27.	0.38	216.	0.18	405.	0.12	594.	0.04
30.	0.38	219.	0.2	408.	0.1	597.	0.04
33.	0.38	222.	0.2	411.	0.08	600.	0.04
36.	0.4	225.	0.2	414.	0.1	603.	0.04
39.	0.34	228.	0.2	417.	0.1	606.	0.04
42.	0.34	231.	0.18	420.	0.1	609.	0.04
45.	0.34	234.	0.18	423.	0.08	612.	0.02
48.	0.34	237.	0.16	426.	0.08	615.	0.04
51.	0.34	240.	0.18	429.	0.08	618.	0.04
54.	0.34	243.	0.16	432.	0.08	621.	0.04
57.	0.32	246.	0.18	435.	0.06	624.	0.04
60.	0.32	249.	0.18	438.	0.08	627.	0.04
63.	0.3	252.	0.18	441.	0.08	630.	0.04
66.	0.3	255.	0.16	444.	0.08	633.	0.04
69.	0.3	258.	0.16	447.	0.08	636.	0.04
72.	0.3	261.	0.16	450.	0.08	639.	0.04
75.	0.3	264.	0.16	453.	0.08	642.	0.04
78.	0.32	267.	0.16	456.	0.08	645.	0.04
81.	0.3	270.	0.16	459.	0.08	648.	0.04
84.	0.3	273.	0.18	462.	0.06	651.	0.04
87.	0.28	276.	0.16	465.	0.08	654.	0.04
90.	0.3	279.	0.16	468.	0.06	657.	0.04
93.	0.28	282.	0.16	471.	0.08	660.	0.04
96.	0.3	285.	0.16	474.	0.06	663.	0.02
99.	0.28	288.	0.14	477.	0.06	666.	0.04
102.	0.3	291.	0.14	480.	0.04	669.	0.04
105.	0.28	294.	0.16	483.	0.06	672.	0.04
108.	0.3	297.	0.14	486.	0.06	675.	0.02
111.	0.26	300.	0.16	489.	0.04	678.	0.02
114.	0.26	303.	0.14	492.	0.06	681.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
117.	0.28	306.	0.12	495.	0.06	684.	0.04
120.	0.26	309.	0.12	498.	0.04	687.	0.02
123.	0.26	312.	0.14	501.	0.06	690.	0.04
126.	0.26	315.	0.12	504.	0.06	693.	0.04
129.	0.26	318.	0.12	507.	0.06	696.	0.02
132.	0.24	321.	0.12	510.	0.04	699.	0.02
135.	0.26	324.	0.12	513.	0.04	702.	0.04
138.	0.26	327.	0.12	516.	0.04	705.	0.04
141.	0.24	330.	0.12	519.	0.04	708.	0.06
144.	0.24	333.	0.14	522.	0.06	711.	0.04
147.	0.24	336.	0.12	525.	0.04	714.	0.04
150.	0.26	339.	0.14	528.	0.06	717.	0.02
153.	0.24	342.	0.12	531.	0.06	723.	0.02
156.	0.22	345.	0.12	534.	0.06	726.	0.02
159.	0.22	348.	0.12	537.	0.04	729.	0.04
162.	0.24	351.	0.1	540.	0.04	732.	0.04
165.	0.22	354.	0.16	543.	0.04	735.	0.02
168.	0.22	357.	0.12	546.	0.04	738.	0.02
171.	0.22	360.	0.12	549.	0.04	741.	0.02
174.	0.24	363.	0.12	552.	0.04	744.	0.02
177.	0.22	366.	0.12	555.	0.04	747.	0.04
180.	0.22	369.	0.12	558.	0.06	750.	0.02
183.	0.22	372.	0.12	561.	0.04	753.	0.04
186.	0.2	375.	0.12	564.	0.04	756.	0.02
189.	0.2	378.	0.1	567.	0.04		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	1.783E-06	cm/sec
y0	0.481	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	1.783E-06	5.185E-08	cm/sec
y0	0.481	0.009676	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	1.00	0.72
y0	0.72	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 0.427 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.001715 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.04141 m  
 Mean ..... 0.00231 m  
 No. of Residuals ... 251.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000805.aqt  
 Title: MU000805  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:52:59

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무량지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 연리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000805)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 129

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.46	102.	0.26	201.	0.14	300.	0.06
6.	0.44	105.	0.26	204.	0.16	303.	0.08
9.	0.44	108.	0.26	207.	0.14	306.	0.06
12.	0.44	111.	0.28	210.	0.14	309.	0.06
15.	0.44	114.	0.26	213.	0.14	312.	0.06
18.	0.44	117.	0.24	216.	0.14	315.	0.06
21.	0.44	120.	0.26	219.	0.14	318.	0.06
24.	0.4	123.	0.26	222.	0.14	321.	0.04
27.	0.4	126.	0.26	225.	0.14	324.	0.06
30.	0.4	129.	0.26	228.	0.12	327.	0.06
33.	0.4	132.	0.26	231.	0.14	330.	0.06
36.	0.4	135.	0.24	234.	0.14	333.	0.06
39.	0.42	138.	0.22	237.	0.12	336.	0.04
42.	0.36	141.	0.22	240.	0.14	339.	0.04
45.	0.36	144.	0.24	243.	0.12	342.	0.06
48.	0.38	147.	0.22	246.	0.12	345.	0.04
51.	0.36	150.	0.22	249.	0.1	348.	0.04
54.	0.36	153.	0.22	252.	0.14	351.	0.04
57.	0.36	156.	0.22	255.	0.08	354.	0.04
60.	0.32	159.	0.22	258.	0.08	357.	0.04
63.	0.34	162.	0.18	261.	0.08	360.	0.04
66.	0.3	165.	0.18	264.	0.08	363.	0.04
69.	0.32	168.	0.18	267.	0.1	366.	0.06
72.	0.32	171.	0.18	270.	0.1	369.	0.04
75.	0.3	174.	0.18	273.	0.1	372.	0.04
78.	0.3	177.	0.18	276.	0.08	375.	0.04
81.	0.3	180.	0.18	279.	0.08	378.	0.02
84.	0.3	183.	0.18	282.	0.06	381.	0.02
87.	0.3	186.	0.18	285.	0.1	384.	0.04
90.	0.3	189.	0.16	288.	0.06	387.	0.04
93.	0.28	192.	0.14	291.	0.06		
96.	0.26	195.	0.14	294.	0.06		
99.	0.28	198.	0.14	297.	0.06		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

VISUAL ESTIMATION RESULTSEstimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	
K	6.386E-06	cm/sec
y0	0.4882	m

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTSEstimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
K	6.386E-06	9.879E-08	cm/sec
y0	0.4882	0.004941	m

Parameter Correlations

	<u>K</u>	<u>y0</u>
K	1.00	0.74
y0	0.74	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.03799 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.0002991 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 0.01729 m  
 Mean ..... -0.001918 m  
 No. of Residuals ... 129.  
 No. of Estimates ... 2



Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000809.aqt  
 Title: MU000809  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:53:09

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 연리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000809)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 15

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.18	15.	0.08	27.	0.06	39.	0.02
6.	0.12	18.	0.08	30.	0.04	42.	0.02
9.	0.1	21.	0.06	33.	0.02	45.	0.02
12.	0.08	24.	0.06	36.	0.02		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
K	2.268E-05	cm/sec
y0	0.1862	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	2.268E-05	2.037E-06	cm/sec
y0	0.1862	0.01206	m

**Parameter Correlations**

	K	y0
K	1.00	0.79
y0	0.79	1.00

**Residual Statistics**

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.001852 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.0001425 m<sup>2</sup>

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU000923.aqt  
 Title: MU000923  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:53:17

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 양화리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU000923)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 3203

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	0.7	802.	0.22	1603.	0.1	2404.	0.04
2.	0.64	803.	0.2	1604.	0.1	2405.	0.04
3.	0.62	804.	0.24	1605.	0.08	2406.	0.06
4.	0.64	805.	0.22	1606.	0.08	2407.	0.04
5.	0.6	806.	0.24	1607.	0.08	2408.	0.04
6.	0.6	807.	0.22	1608.	0.08	2409.	0.04
7.	0.62	808.	0.22	1609.	0.08	2410.	0.04
8.	0.6	809.	0.22	1610.	0.1	2411.	0.04
9.	0.6	810.	0.22	1611.	0.1	2412.	0.02
10.	0.6	811.	0.22	1612.	0.1	2413.	0.04
11.	0.6	812.	0.22	1613.	0.1	2414.	0.06
12.	0.6	813.	0.22	1614.	0.08	2415.	0.04
13.	0.6	814.	0.2	1615.	0.08	2416.	0.06
14.	0.62	815.	0.22	1616.	0.1	2417.	0.04
15.	0.62	816.	0.2	1617.	0.1	2418.	0.04
16.	0.6	817.	0.22	1618.	0.1	2419.	0.04
17.	0.6	818.	0.22	1619.	0.12	2420.	0.04
18.	0.6	819.	0.22	1620.	0.08	2421.	0.04
19.	0.58	820.	0.22	1621.	0.08	2422.	0.04
20.	0.6	821.	0.22	1622.	0.12	2423.	0.04
21.	0.58	822.	0.22	1623.	0.08	2424.	0.04
22.	0.6	823.	0.22	1624.	0.12	2425.	0.04
23.	0.58	824.	0.2	1625.	0.08	2426.	0.04
24.	0.6	825.	0.22	1626.	0.1	2427.	0.04
25.	0.58	826.	0.2	1627.	0.08	2428.	0.04
26.	0.56	827.	0.22	1628.	0.08	2429.	0.04
27.	0.56	828.	0.22	1629.	0.08	2430.	0.04
28.	0.56	829.	0.22	1630.	0.08	2431.	0.04
29.	0.58	830.	0.22	1631.	0.1	2432.	0.04
30.	0.58	831.	0.22	1632.	0.08	2433.	0.04
31.	0.56	832.	0.22	1633.	0.08	2434.	0.04
32.	0.56	833.	0.2	1634.	0.08	2435.	0.04
33.	0.56	834.	0.22	1635.	0.12	2436.	0.04
34.	0.6	835.	0.2	1636.	0.08	2437.	0.04
35.	0.58	836.	0.2	1637.	0.08	2438.	0.04
36.	0.56	837.	0.2	1638.	0.08	2439.	0.06
37.	0.58	838.	0.2	1639.	0.12	2440.	0.04
38.	0.58	839.	0.22	1640.	0.08	2441.	0.02

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
39.	0.58	840.	0.2	1641.	0.08	2442.	0.04
40.	0.56	841.	0.2	1642.	0.08	2443.	0.04
41.	0.58	842.	0.22	1643.	0.08	2444.	0.06
42.	0.56	843.	0.2	1644.	0.12	2445.	0.04
43.	0.56	844.	0.22	1645.	0.08	2446.	0.04
44.	0.56	845.	0.2	1646.	0.08	2447.	0.04
45.	0.56	846.	0.22	1647.	0.08	2448.	0.04
46.	0.56	847.	0.22	1648.	0.1	2449.	0.06
47.	0.56	848.	0.22	1649.	0.08	2450.	0.04
48.	0.56	849.	0.2	1650.	0.08	2451.	0.04
49.	0.56	850.	0.2	1651.	0.08	2452.	0.04
50.	0.54	851.	0.2	1652.	0.08	2453.	0.02
51.	0.56	852.	0.22	1653.	0.06	2454.	0.04
52.	0.56	853.	0.2	1654.	0.08	2455.	0.04
53.	0.56	854.	0.22	1655.	0.06	2456.	0.04
54.	0.56	855.	0.2	1656.	0.06	2457.	0.04
55.	0.56	856.	0.2	1657.	0.08	2458.	0.04
56.	0.52	857.	0.18	1658.	0.08	2459.	0.06
57.	0.56	858.	0.2	1659.	0.08	2460.	0.04
58.	0.56	859.	0.18	1660.	0.08	2461.	0.04
59.	0.56	860.	0.22	1661.	0.08	2462.	0.04
60.	0.56	861.	0.22	1662.	0.06	2463.	0.04
61.	0.56	862.	0.2	1663.	0.08	2464.	0.04
62.	0.56	863.	0.2	1664.	0.08	2465.	0.06
63.	0.54	864.	0.22	1665.	0.08	2466.	0.04
64.	0.56	865.	0.22	1666.	0.08	2467.	0.04
65.	0.56	866.	0.2	1667.	0.06	2468.	0.04
66.	0.56	867.	0.2	1668.	0.08	2469.	0.04
67.	0.54	868.	0.2	1669.	0.08	2470.	0.04
68.	0.56	869.	0.22	1670.	0.08	2471.	0.04
69.	0.52	870.	0.2	1671.	0.06	2472.	0.04
70.	0.52	871.	0.2	1672.	0.08	2473.	0.04
71.	0.52	872.	0.22	1673.	0.08	2474.	0.04
72.	0.54	873.	0.18	1674.	0.08	2475.	0.04
73.	0.54	874.	0.22	1675.	0.08	2476.	0.04
74.	0.56	875.	0.2	1676.	0.08	2477.	0.04
75.	0.54	876.	0.18	1677.	0.06	2478.	0.04
76.	0.52	877.	0.22	1678.	0.08	2479.	0.04
77.	0.56	878.	0.2	1679.	0.08	2480.	0.04
78.	0.52	879.	0.2	1680.	0.08	2481.	0.04
79.	0.52	880.	0.22	1681.	0.08	2482.	0.06
80.	0.52	881.	0.2	1682.	0.06	2483.	0.04
81.	0.52	882.	0.2	1683.	0.06	2484.	0.04
82.	0.54	883.	0.2	1684.	0.04	2485.	0.04
83.	0.52	884.	0.18	1685.	0.06	2486.	0.04
84.	0.56	885.	0.22	1686.	0.06	2487.	0.04
85.	0.56	886.	0.2	1687.	0.06	2488.	0.04
86.	0.52	887.	0.22	1688.	0.06	2489.	0.04
87.	0.52	888.	0.2	1689.	0.08	2490.	0.04
88.	0.54	889.	0.22	1690.	0.08	2491.	0.02
89.	0.52	890.	0.2	1691.	0.06	2492.	0.04
90.	0.5	891.	0.2	1692.	0.08	2493.	0.04
91.	0.52	892.	0.18	1693.	0.08	2494.	0.04
92.	0.52	893.	0.22	1694.	0.06	2495.	0.04
93.	0.52	894.	0.18	1695.	0.04	2496.	0.04
94.	0.52	895.	0.22	1696.	0.08	2497.	0.04
95.	0.52	896.	0.18	1697.	0.08	2498.	0.04
96.	0.5	897.	0.18	1698.	0.08	2499.	0.04
97.	0.52	898.	0.22	1699.	0.08	2500.	0.04
98.	0.52	899.	0.2	1700.	0.08	2501.	0.02
99.	0.52	900.	0.22	1701.	0.06	2502.	0.04
100.	0.52	901.	0.22	1702.	0.08	2503.	0.04
101.	0.52	902.	0.2	1703.	0.08	2504.	0.04
102.	0.5	903.	0.2	1704.	0.08	2505.	0.04
103.	0.52	904.	0.22	1705.	0.06	2506.	0.04
104.	0.52	905.	0.2	1706.	0.08	2507.	0.04
105.	0.52	906.	0.2	1707.	0.08	2508.	0.04
106.	0.52	907.	0.18	1708.	0.06	2509.	0.04
107.	0.5	908.	0.18	1709.	0.08	2510.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
108.	0.5	909.	0.22	1710.	0.08	2511.	0.06
109.	0.52	910.	0.2	1711.	0.06	2512.	0.06
110.	0.5	911.	0.2	1712.	0.08	2513.	0.04
111.	0.5	912.	0.2	1713.	0.06	2514.	0.04
112.	0.52	913.	0.2	1714.	0.08	2515.	0.04
113.	0.52	914.	0.22	1715.	0.08	2516.	0.04
114.	0.52	915.	0.2	1716.	0.06	2517.	0.04
115.	0.52	916.	0.2	1717.	0.04	2518.	0.04
116.	0.5	917.	0.22	1718.	0.06	2519.	0.04
117.	0.52	918.	0.2	1719.	0.08	2520.	0.04
118.	0.5	919.	0.2	1720.	0.06	2522.	0.04
119.	0.5	920.	0.18	1721.	0.06	2523.	0.04
120.	0.5	921.	0.18	1722.	0.06	2524.	0.04
121.	0.52	922.	0.2	1723.	0.08	2525.	0.04
122.	0.48	923.	0.2	1724.	0.06	2526.	0.04
123.	0.48	924.	0.22	1725.	0.08	2527.	0.04
124.	0.5	925.	0.18	1726.	0.06	2528.	0.04
125.	0.5	926.	0.18	1727.	0.06	2529.	0.04
126.	0.5	927.	0.22	1728.	0.06	2530.	0.04
127.	0.48	928.	0.22	1729.	0.08	2531.	0.04
128.	0.5	929.	0.18	1730.	0.08	2532.	0.04
129.	0.5	930.	0.18	1731.	0.08	2533.	0.04
130.	0.5	931.	0.22	1732.	0.06	2534.	0.04
131.	0.48	932.	0.18	1733.	0.06	2535.	0.04
132.	0.5	933.	0.18	1734.	0.06	2536.	0.04
133.	0.5	934.	0.2	1735.	0.08	2537.	0.04
134.	0.5	935.	0.18	1736.	0.08	2538.	0.04
135.	0.48	936.	0.2	1737.	0.08	2539.	0.04
136.	0.48	937.	0.2	1738.	0.08	2540.	0.04
137.	0.5	938.	0.22	1739.	0.06	2541.	0.04
138.	0.48	939.	0.2	1740.	0.08	2542.	0.04
139.	0.52	940.	0.18	1741.	0.08	2543.	0.04
140.	0.48	941.	0.18	1742.	0.08	2544.	0.04
141.	0.48	942.	0.2	1743.	0.08	2545.	0.04
142.	0.48	943.	0.2	1744.	0.08	2546.	0.04
143.	0.5	944.	0.18	1745.	0.08	2547.	0.04
144.	0.48	945.	0.2	1746.	0.04	2548.	0.04
145.	0.48	946.	0.2	1747.	0.08	2549.	0.04
146.	0.48	947.	0.2	1748.	0.08	2550.	0.04
147.	0.5	948.	0.2	1749.	0.08	2551.	0.04
148.	0.48	949.	0.22	1750.	0.06	2552.	0.04
149.	0.48	950.	0.2	1751.	0.06	2553.	0.04
150.	0.48	951.	0.18	1752.	0.06	2554.	0.04
151.	0.5	952.	0.2	1753.	0.08	2555.	0.04
152.	0.48	953.	0.2	1754.	0.08	2556.	0.04
153.	0.48	954.	0.18	1755.	0.08	2557.	0.02
154.	0.5	955.	0.18	1756.	0.08	2558.	0.02
155.	0.5	956.	0.2	1757.	0.06	2559.	0.04
156.	0.48	957.	0.2	1758.	0.08	2560.	0.04
157.	0.5	958.	0.2	1759.	0.08	2561.	0.04
158.	0.48	959.	0.18	1760.	0.06	2562.	0.04
159.	0.48	960.	0.2	1761.	0.06	2563.	0.04
160.	0.48	961.	0.2	1762.	0.06	2564.	0.04
161.	0.48	962.	0.2	1763.	0.08	2565.	0.04
162.	0.48	963.	0.18	1764.	0.06	2566.	0.04
163.	0.48	964.	0.22	1765.	0.08	2567.	0.04
164.	0.48	965.	0.18	1766.	0.06	2568.	0.04
165.	0.48	966.	0.2	1767.	0.08	2569.	0.04
166.	0.48	967.	0.2	1768.	0.06	2570.	0.04
167.	0.48	968.	0.18	1769.	0.08	2571.	0.04
168.	0.48	969.	0.18	1770.	0.06	2572.	0.04
169.	0.48	970.	0.18	1771.	0.08	2573.	0.04
170.	0.48	971.	0.2	1772.	0.08	2574.	0.04
171.	0.48	972.	0.2	1773.	0.08	2575.	0.04
172.	0.48	973.	0.22	1774.	0.06	2576.	0.04
173.	0.48	974.	0.2	1775.	0.08	2577.	0.04
174.	0.46	975.	0.18	1776.	0.08	2578.	0.02
175.	0.46	976.	0.18	1777.	0.08	2579.	0.04
176.	0.48	977.	0.18	1778.	0.08	2580.	0.02

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
177.	0.46	978.	0.2	1779.	0.08	2581.	0.04
178.	0.46	979.	0.18	1780.	0.08	2582.	0.04
179.	0.48	980.	0.2	1781.	0.08	2583.	0.04
180.	0.48	981.	0.18	1782.	0.08	2584.	0.04
181.	0.48	982.	0.2	1783.	0.06	2586.	0.04
182.	0.46	983.	0.18	1784.	0.08	2587.	0.04
183.	0.46	984.	0.18	1785.	0.06	2588.	0.04
184.	0.48	985.	0.18	1786.	0.06	2589.	0.04
185.	0.44	986.	0.18	1787.	0.08	2590.	0.04
186.	0.48	987.	0.18	1788.	0.08	2591.	0.04
187.	0.46	988.	0.18	1789.	0.08	2592.	0.04
188.	0.44	989.	0.18	1790.	0.06	2593.	0.04
189.	0.44	990.	0.18	1791.	0.06	2594.	0.04
190.	0.46	991.	0.18	1792.	0.08	2595.	0.04
191.	0.46	992.	0.18	1793.	0.08	2596.	0.04
192.	0.46	993.	0.18	1794.	0.08	2597.	0.04
193.	0.48	994.	0.18	1795.	0.06	2598.	0.04
194.	0.44	995.	0.18	1796.	0.08	2599.	0.02
195.	0.48	996.	0.18	1797.	0.06	2600.	0.04
196.	0.46	997.	0.18	1798.	0.08	2601.	0.04
197.	0.48	998.	0.14	1799.	0.06	2602.	0.04
198.	0.46	999.	0.18	1800.	0.08	2604.	0.04
199.	0.46	1000.	0.18	1801.	0.08	2605.	0.02
200.	0.46	1001.	0.18	1802.	0.08	2606.	0.04
201.	0.46	1002.	0.18	1803.	0.08	2607.	0.04
202.	0.48	1003.	0.18	1804.	0.06	2608.	0.04
203.	0.48	1004.	0.18	1805.	0.06	2609.	0.04
204.	0.46	1005.	0.18	1806.	0.08	2610.	0.04
205.	0.46	1006.	0.18	1807.	0.06	2611.	0.02
206.	0.44	1007.	0.18	1808.	0.06	2612.	0.04
207.	0.46	1008.	0.18	1809.	0.08	2613.	0.02
208.	0.46	1009.	0.18	1810.	0.08	2614.	0.04
209.	0.48	1010.	0.18	1811.	0.08	2615.	0.04
210.	0.46	1011.	0.18	1812.	0.06	2616.	0.04
211.	0.46	1012.	0.18	1813.	0.08	2617.	0.04
212.	0.44	1013.	0.18	1814.	0.06	2618.	0.04
213.	0.44	1014.	0.18	1815.	0.06	2619.	0.02
214.	0.46	1015.	0.18	1816.	0.04	2620.	0.04
215.	0.44	1016.	0.18	1817.	0.06	2621.	0.04
216.	0.44	1017.	0.18	1818.	0.08	2622.	0.04
217.	0.46	1018.	0.18	1819.	0.06	2624.	0.04
218.	0.44	1019.	0.18	1820.	0.08	2625.	0.04
219.	0.44	1020.	0.18	1821.	0.04	2626.	0.02
220.	0.44	1021.	0.18	1822.	0.08	2627.	0.04
221.	0.44	1022.	0.18	1823.	0.08	2628.	0.04
222.	0.46	1023.	0.18	1824.	0.06	2629.	0.04
223.	0.44	1024.	0.18	1825.	0.08	2630.	0.04
224.	0.44	1025.	0.18	1826.	0.08	2631.	0.04
225.	0.44	1026.	0.18	1827.	0.08	2632.	0.04
226.	0.44	1027.	0.18	1828.	0.06	2633.	0.04
227.	0.44	1028.	0.18	1829.	0.06	2634.	0.04
228.	0.44	1029.	0.16	1830.	0.06	2635.	0.04
229.	0.44	1030.	0.18	1831.	0.06	2636.	0.04
230.	0.44	1031.	0.18	1832.	0.06	2637.	0.04
231.	0.44	1032.	0.16	1833.	0.06	2638.	0.04
232.	0.44	1033.	0.12	1834.	0.08	2639.	0.04
233.	0.44	1034.	0.16	1835.	0.06	2640.	0.04
234.	0.42	1035.	0.16	1836.	0.06	2641.	0.04
235.	0.42	1036.	0.18	1837.	0.08	2642.	0.04
236.	0.46	1037.	0.18	1838.	0.06	2643.	0.04
237.	0.46	1038.	0.18	1839.	0.08	2644.	0.04
238.	0.44	1039.	0.16	1840.	0.08	2645.	0.04
239.	0.44	1040.	0.16	1841.	0.08	2646.	0.04
240.	0.42	1041.	0.18	1842.	0.08	2647.	0.04
241.	0.44	1042.	0.18	1843.	0.08	2648.	0.04
242.	0.4	1043.	0.18	1844.	0.06	2649.	0.02
243.	0.4	1044.	0.16	1845.	0.06	2650.	0.04
244.	0.44	1045.	0.18	1846.	0.08	2651.	0.02
245.	0.46	1046.	0.18	1847.	0.06	2652.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
246.	0.42	1047.	0.18	1848.	0.06	2653.	0.04
247.	0.42	1048.	0.18	1849.	0.06	2654.	0.04
248.	0.42	1049.	0.18	1850.	0.06	2655.	0.02
249.	0.4	1050.	0.18	1851.	0.08	2656.	0.04
250.	0.42	1051.	0.16	1852.	0.06	2657.	0.04
251.	0.42	1052.	0.18	1853.	0.08	2658.	0.04
252.	0.4	1053.	0.14	1854.	0.06	2659.	0.04
253.	0.42	1054.	0.16	1855.	0.08	2660.	0.04
254.	0.42	1055.	0.16	1856.	0.08	2661.	0.04
255.	0.44	1056.	0.14	1857.	0.08	2662.	0.04
256.	0.4	1057.	0.18	1858.	0.08	2663.	0.04
257.	0.44	1058.	0.14	1859.	0.08	2664.	0.04
258.	0.44	1059.	0.16	1860.	0.08	2665.	0.04
259.	0.42	1060.	0.18	1861.	0.06	2666.	0.04
260.	0.44	1061.	0.18	1862.	0.08	2667.	0.04
261.	0.42	1062.	0.18	1863.	0.06	2668.	0.04
262.	0.42	1063.	0.18	1864.	0.08	2669.	0.02
263.	0.42	1064.	0.14	1865.	0.08	2670.	0.04
264.	0.38	1065.	0.16	1866.	0.08	2671.	0.04
265.	0.44	1066.	0.16	1867.	0.06	2672.	0.04
266.	0.4	1067.	0.18	1868.	0.08	2673.	0.04
267.	0.44	1068.	0.18	1869.	0.08	2674.	0.04
268.	0.4	1069.	0.18	1870.	0.08	2675.	0.04
269.	0.44	1070.	0.16	1871.	0.06	2676.	0.04
270.	0.42	1071.	0.18	1872.	0.06	2677.	0.04
271.	0.44	1072.	0.16	1873.	0.08	2678.	0.04
272.	0.4	1073.	0.16	1874.	0.06	2680.	0.04
273.	0.4	1074.	0.18	1875.	0.08	2681.	0.02
274.	0.42	1075.	0.18	1876.	0.08	2682.	0.02
275.	0.38	1076.	0.18	1877.	0.08	2683.	0.04
276.	0.4	1077.	0.18	1878.	0.06	2684.	0.04
277.	0.4	1078.	0.14	1879.	0.06	2685.	0.04
278.	0.4	1079.	0.14	1880.	0.08	2686.	0.04
279.	0.4	1080.	0.18	1881.	0.06	2687.	0.04
280.	0.38	1081.	0.18	1882.	0.06	2688.	0.02
281.	0.4	1082.	0.18	1883.	0.08	2689.	0.04
282.	0.42	1083.	0.16	1884.	0.06	2690.	0.04
283.	0.42	1084.	0.18	1885.	0.08	2691.	0.04
284.	0.4	1085.	0.14	1886.	0.06	2693.	0.04
285.	0.4	1086.	0.16	1887.	0.08	2694.	0.02
286.	0.4	1087.	0.16	1888.	0.06	2695.	0.04
287.	0.4	1088.	0.18	1889.	0.08	2696.	0.02
288.	0.44	1089.	0.16	1890.	0.06	2697.	0.04
289.	0.4	1090.	0.14	1891.	0.06	2698.	0.04
290.	0.38	1091.	0.16	1892.	0.08	2699.	0.04
291.	0.4	1092.	0.16	1893.	0.08	2700.	0.04
292.	0.4	1093.	0.16	1894.	0.08	2701.	0.02
293.	0.38	1094.	0.14	1895.	0.08	2702.	0.02
294.	0.4	1095.	0.16	1896.	0.06	2703.	0.04
295.	0.38	1096.	0.14	1897.	0.06	2704.	0.04
296.	0.38	1097.	0.18	1898.	0.08	2705.	0.04
297.	0.38	1098.	0.18	1899.	0.06	2706.	0.04
298.	0.38	1099.	0.14	1900.	0.08	2707.	0.04
299.	0.38	1100.	0.14	1901.	0.06	2708.	0.04
300.	0.38	1101.	0.16	1902.	0.08	2709.	0.04
301.	0.4	1102.	0.14	1903.	0.08	2710.	0.04
302.	0.38	1103.	0.14	1904.	0.06	2711.	0.04
303.	0.38	1104.	0.18	1905.	0.06	2712.	0.04
304.	0.38	1105.	0.16	1906.	0.08	2713.	0.04
305.	0.38	1106.	0.14	1907.	0.06	2714.	0.04
306.	0.38	1107.	0.12	1908.	0.08	2715.	0.04
307.	0.38	1108.	0.14	1909.	0.08	2716.	0.04
308.	0.38	1109.	0.16	1910.	0.06	2718.	0.04
309.	0.38	1110.	0.12	1911.	0.06	2719.	0.02
310.	0.38	1111.	0.18	1912.	0.08	2720.	0.04
311.	0.38	1112.	0.18	1913.	0.08	2721.	0.04
312.	0.38	1113.	0.16	1914.	0.06	2722.	0.02
313.	0.38	1114.	0.18	1915.	0.06	2723.	0.02
314.	0.38	1115.	0.16	1916.	0.04	2724.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
315.	0.38	1116.	0.18	1917.	0.04	2725.	0.04
316.	0.4	1117.	0.14	1918.	0.08	2726.	0.04
317.	0.38	1118.	0.14	1919.	0.08	2727.	0.04
318.	0.4	1119.	0.18	1920.	0.04	2728.	0.04
319.	0.38	1120.	0.16	1921.	0.04	2729.	0.04
320.	0.38	1121.	0.18	1922.	0.06	2730.	0.04
321.	0.38	1122.	0.18	1923.	0.04	2731.	0.04
322.	0.38	1123.	0.18	1924.	0.06	2732.	0.04
323.	0.34	1124.	0.12	1925.	0.06	2733.	0.04
324.	0.36	1125.	0.14	1926.	0.04	2734.	0.04
325.	0.38	1126.	0.16	1927.	0.06	2735.	0.04
326.	0.36	1127.	0.18	1928.	0.04	2736.	0.04
327.	0.38	1128.	0.12	1929.	0.08	2737.	0.04
328.	0.36	1129.	0.14	1930.	0.06	2738.	0.04
329.	0.38	1130.	0.14	1931.	0.06	2739.	0.04
330.	0.38	1131.	0.16	1932.	0.06	2740.	0.04
331.	0.36	1132.	0.16	1933.	0.04	2741.	0.04
332.	0.38	1133.	0.12	1934.	0.08	2742.	0.02
333.	0.38	1134.	0.16	1935.	0.08	2743.	0.04
334.	0.38	1135.	0.14	1936.	0.08	2744.	0.04
335.	0.38	1136.	0.14	1937.	0.04	2745.	0.04
336.	0.38	1137.	0.16	1938.	0.08	2746.	0.04
337.	0.36	1138.	0.14	1939.	0.08	2747.	0.02
338.	0.38	1139.	0.12	1940.	0.04	2748.	0.02
339.	0.36	1140.	0.16	1941.	0.06	2749.	0.04
340.	0.36	1141.	0.14	1942.	0.06	2750.	0.04
341.	0.36	1142.	0.18	1943.	0.04	2751.	0.04
342.	0.38	1143.	0.14	1944.	0.06	2752.	0.04
343.	0.38	1144.	0.12	1945.	0.04	2753.	0.02
344.	0.36	1145.	0.14	1946.	0.08	2754.	0.02
345.	0.38	1146.	0.16	1947.	0.06	2755.	0.04
346.	0.38	1147.	0.14	1948.	0.06	2756.	0.04
347.	0.38	1148.	0.14	1949.	0.06	2757.	0.04
348.	0.38	1149.	0.14	1950.	0.08	2758.	0.04
349.	0.36	1150.	0.16	1951.	0.08	2759.	0.04
350.	0.36	1151.	0.18	1952.	0.08	2760.	0.04
351.	0.38	1152.	0.14	1953.	0.08	2761.	0.04
352.	0.38	1153.	0.16	1954.	0.08	2762.	0.04
353.	0.38	1154.	0.16	1955.	0.08	2763.	0.02
354.	0.38	1155.	0.14	1956.	0.04	2764.	0.04
355.	0.38	1156.	0.18	1957.	0.08	2765.	0.04
356.	0.36	1157.	0.14	1958.	0.08	2766.	0.04
357.	0.38	1158.	0.14	1959.	0.08	2767.	0.04
358.	0.36	1159.	0.16	1960.	0.08	2768.	0.04
359.	0.38	1160.	0.14	1961.	0.08	2769.	0.02
360.	0.36	1161.	0.12	1962.	0.06	2770.	0.02
361.	0.34	1162.	0.16	1963.	0.04	2771.	0.04
362.	0.36	1163.	0.16	1964.	0.06	2772.	0.04
363.	0.38	1164.	0.12	1965.	0.06	2773.	0.04
364.	0.36	1165.	0.18	1966.	0.06	2774.	0.04
365.	0.34	1166.	0.14	1967.	0.06	2776.	0.04
366.	0.36	1167.	0.16	1968.	0.04	2777.	0.04
367.	0.36	1168.	0.16	1969.	0.06	2778.	0.04
368.	0.34	1169.	0.12	1970.	0.04	2779.	0.02
369.	0.34	1170.	0.12	1971.	0.06	2780.	0.04
370.	0.34	1171.	0.12	1972.	0.08	2781.	0.02
371.	0.34	1172.	0.14	1973.	0.06	2782.	0.02
372.	0.34	1173.	0.14	1974.	0.08	2783.	0.04
373.	0.34	1174.	0.12	1975.	0.04	2784.	0.02
374.	0.36	1175.	0.16	1976.	0.04	2785.	0.04
375.	0.36	1176.	0.12	1977.	0.04	2786.	0.04
376.	0.36	1177.	0.14	1978.	0.08	2787.	0.04
377.	0.36	1178.	0.14	1979.	0.04	2788.	0.02
378.	0.36	1179.	0.14	1980.	0.04	2789.	0.02
379.	0.34	1180.	0.12	1981.	0.06	2790.	0.02
380.	0.36	1181.	0.12	1982.	0.06	2791.	0.04
381.	0.34	1182.	0.12	1983.	0.06	2792.	0.02
382.	0.34	1183.	0.14	1984.	0.06	2793.	0.02
383.	0.34	1184.	0.14	1985.	0.06	2796.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
384.	0.34	1185.	0.12	1986.	0.06	2797.	0.02
385.	0.34	1186.	0.14	1987.	0.06	2798.	0.04
386.	0.34	1187.	0.12	1988.	0.04	2799.	0.04
387.	0.38	1188.	0.16	1989.	0.08	2800.	0.04
388.	0.34	1189.	0.16	1990.	0.04	2801.	0.04
389.	0.34	1190.	0.12	1991.	0.08	2802.	0.04
390.	0.34	1191.	0.12	1992.	0.06	2804.	0.04
391.	0.34	1192.	0.14	1993.	0.08	2805.	0.04
392.	0.36	1193.	0.18	1994.	0.06	2807.	0.04
393.	0.34	1194.	0.12	1995.	0.06	2808.	0.02
394.	0.34	1195.	0.12	1996.	0.06	2810.	0.04
395.	0.32	1196.	0.12	1997.	0.06	2811.	0.04
396.	0.34	1197.	0.12	1998.	0.06	2812.	0.04
397.	0.34	1198.	0.12	1999.	0.04	2813.	0.04
398.	0.34	1199.	0.12	2000.	0.08	2814.	0.04
399.	0.34	1200.	0.16	2001.	0.06	2815.	0.04
400.	0.34	1201.	0.14	2002.	0.06	2817.	0.02
401.	0.34	1202.	0.16	2003.	0.08	2818.	0.02
402.	0.34	1203.	0.14	2004.	0.04	2819.	0.02
403.	0.34	1204.	0.14	2005.	0.04	2820.	0.02
404.	0.34	1205.	0.14	2006.	0.08	2821.	0.04
405.	0.34	1206.	0.12	2007.	0.08	2822.	0.02
406.	0.34	1207.	0.12	2008.	0.08	2823.	0.04
407.	0.34	1208.	0.14	2009.	0.06	2824.	0.02
408.	0.34	1209.	0.12	2010.	0.08	2825.	0.04
409.	0.32	1210.	0.14	2011.	0.04	2826.	0.04
410.	0.34	1211.	0.12	2012.	0.04	2827.	0.02
411.	0.32	1212.	0.14	2013.	0.08	2828.	0.02
412.	0.34	1213.	0.12	2014.	0.04	2829.	0.04
413.	0.34	1214.	0.16	2015.	0.08	2830.	0.04
414.	0.32	1215.	0.14	2016.	0.04	2831.	0.04
415.	0.32	1216.	0.16	2017.	0.08	2832.	0.02
416.	0.32	1217.	0.12	2018.	0.06	2833.	0.04
417.	0.32	1218.	0.12	2019.	0.06	2834.	0.04
418.	0.34	1219.	0.12	2020.	0.06	2835.	0.04
419.	0.34	1220.	0.12	2021.	0.06	2836.	0.04
420.	0.34	1221.	0.12	2022.	0.06	2837.	0.02
421.	0.32	1222.	0.12	2023.	0.06	2838.	0.04
422.	0.32	1223.	0.12	2024.	0.04	2839.	0.04
423.	0.34	1224.	0.16	2025.	0.06	2840.	0.04
424.	0.32	1225.	0.12	2026.	0.06	2841.	0.04
425.	0.34	1226.	0.14	2027.	0.08	2842.	0.04
426.	0.32	1227.	0.16	2028.	0.06	2843.	0.04
427.	0.32	1228.	0.12	2029.	0.08	2844.	0.04
428.	0.34	1229.	0.12	2030.	0.06	2845.	0.04
429.	0.34	1230.	0.12	2031.	0.08	2846.	0.04
430.	0.34	1231.	0.14	2032.	0.06	2847.	0.02
431.	0.34	1232.	0.14	2033.	0.06	2848.	0.04
432.	0.34	1233.	0.14	2034.	0.06	2849.	0.04
433.	0.32	1234.	0.16	2035.	0.06	2850.	0.02
434.	0.34	1235.	0.12	2036.	0.06	2851.	0.02
435.	0.34	1236.	0.12	2037.	0.06	2852.	0.04
436.	0.32	1237.	0.14	2038.	0.06	2853.	0.04
437.	0.32	1238.	0.14	2039.	0.06	2854.	0.02
438.	0.32	1239.	0.14	2040.	0.08	2855.	0.02
439.	0.32	1240.	0.12	2041.	0.06	2856.	0.04
440.	0.32	1241.	0.14	2042.	0.04	2857.	0.02
441.	0.34	1242.	0.14	2043.	0.04	2858.	0.04
442.	0.34	1243.	0.16	2044.	0.06	2859.	0.04
443.	0.3	1244.	0.12	2045.	0.06	2860.	0.02
444.	0.34	1245.	0.12	2046.	0.04	2861.	0.02
445.	0.34	1246.	0.1	2047.	0.04	2862.	0.04
446.	0.34	1247.	0.16	2048.	0.08	2863.	0.04
447.	0.3	1248.	0.12	2049.	0.06	2864.	0.02
448.	0.32	1249.	0.12	2050.	0.04	2865.	0.02
449.	0.34	1250.	0.12	2051.	0.08	2866.	0.02
450.	0.32	1251.	0.12	2052.	0.06	2867.	0.04
451.	0.32	1252.	0.12	2053.	0.04	2868.	0.04
452.	0.32	1253.	0.12	2054.	0.04	2869.	0.04



Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
453.	0.34	1254.	0.12	2055.	0.06	2870.	0.04
454.	0.34	1255.	0.12	2056.	0.04	2873.	0.04
455.	0.34	1256.	0.12	2057.	0.04	2874.	0.04
456.	0.32	1257.	0.12	2058.	0.08	2875.	0.02
457.	0.34	1258.	0.12	2059.	0.04	2876.	0.04
458.	0.34	1259.	0.12	2060.	0.04	2877.	0.04
459.	0.32	1260.	0.12	2061.	0.06	2878.	0.02
460.	0.32	1261.	0.12	2062.	0.04	2880.	0.04
461.	0.32	1262.	0.12	2063.	0.04	2881.	0.04
462.	0.32	1263.	0.12	2064.	0.04	2882.	0.02
463.	0.34	1264.	0.12	2065.	0.06	2883.	0.02
464.	0.32	1265.	0.14	2066.	0.06	2885.	0.04
465.	0.32	1266.	0.12	2067.	0.08	2886.	0.04
466.	0.34	1267.	0.12	2068.	0.08	2887.	0.04
467.	0.32	1268.	0.12	2069.	0.06	2888.	0.04
468.	0.3	1269.	0.12	2070.	0.06	2889.	0.04
469.	0.32	1270.	0.12	2071.	0.06	2890.	0.02
470.	0.32	1271.	0.12	2072.	0.06	2891.	0.04
471.	0.34	1272.	0.12	2073.	0.04	2892.	0.04
472.	0.32	1273.	0.12	2074.	0.06	2893.	0.04
473.	0.34	1274.	0.12	2075.	0.04	2894.	0.04
474.	0.32	1275.	0.14	2076.	0.06	2895.	0.04
475.	0.32	1276.	0.12	2077.	0.06	2896.	0.02
476.	0.34	1277.	0.12	2078.	0.04	2897.	0.04
477.	0.3	1278.	0.12	2079.	0.04	2898.	0.02
478.	0.3	1279.	0.12	2080.	0.06	2899.	0.04
479.	0.32	1280.	0.12	2081.	0.06	2900.	0.04
480.	0.3	1281.	0.14	2082.	0.06	2901.	0.02
481.	0.32	1282.	0.12	2083.	0.04	2902.	0.02
482.	0.3	1283.	0.14	2084.	0.06	2903.	0.04
483.	0.3	1284.	0.12	2085.	0.06	2905.	0.04
484.	0.32	1285.	0.12	2086.	0.06	2906.	0.02
485.	0.32	1286.	0.12	2087.	0.04	2907.	0.02
486.	0.32	1287.	0.12	2088.	0.06	2908.	0.04
487.	0.28	1288.	0.14	2089.	0.04	2909.	0.04
488.	0.3	1289.	0.12	2090.	0.04	2910.	0.02
489.	0.3	1290.	0.16	2091.	0.06	2911.	0.04
490.	0.32	1291.	0.12	2092.	0.04	2912.	0.04
491.	0.32	1292.	0.12	2093.	0.06	2913.	0.02
492.	0.3	1293.	0.1	2094.	0.04	2914.	0.02
493.	0.3	1294.	0.12	2095.	0.08	2915.	0.04
494.	0.32	1295.	0.12	2096.	0.06	2916.	0.04
495.	0.32	1296.	0.12	2097.	0.04	2917.	0.04
496.	0.3	1297.	0.1	2098.	0.04	2918.	0.02
497.	0.3	1298.	0.12	2099.	0.08	2919.	0.02
498.	0.3	1299.	0.12	2100.	0.06	2920.	0.02
499.	0.3	1300.	0.1	2101.	0.06	2921.	0.04
500.	0.3	1301.	0.12	2102.	0.06	2922.	0.04
501.	0.3	1302.	0.12	2103.	0.04	2925.	0.04
502.	0.32	1303.	0.1	2104.	0.04	2926.	0.02
503.	0.3	1304.	0.12	2105.	0.06	2927.	0.04
504.	0.3	1305.	0.12	2106.	0.04	2928.	0.04
505.	0.3	1306.	0.12	2107.	0.08	2929.	0.02
506.	0.3	1307.	0.12	2108.	0.04	2930.	0.04
507.	0.3	1308.	0.1	2109.	0.04	2931.	0.04
508.	0.26	1309.	0.12	2110.	0.04	2932.	0.04
509.	0.3	1310.	0.12	2111.	0.04	2933.	0.02
510.	0.3	1311.	0.12	2112.	0.06	2934.	0.02
511.	0.3	1312.	0.12	2113.	0.06	2935.	0.04
512.	0.3	1313.	0.14	2114.	0.04	2936.	0.02
513.	0.26	1314.	0.12	2115.	0.04	2937.	0.02
514.	0.3	1315.	0.12	2116.	0.06	2938.	0.04
515.	0.3	1316.	0.12	2117.	0.06	2940.	0.02
516.	0.26	1317.	0.12	2118.	0.04	2941.	0.02
517.	0.3	1318.	0.12	2119.	0.04	2943.	0.02
518.	0.3	1319.	0.14	2120.	0.04	2944.	0.02
519.	0.3	1320.	0.1	2121.	0.06	2945.	0.04
520.	0.3	1321.	0.12	2122.	0.06	2946.	0.02
521.	0.3	1322.	0.12	2123.	0.04	2948.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
522.	0.26	1323.	0.12	2124.	0.06	2949.	0.02
523.	0.3	1324.	0.1	2125.	0.06	2950.	0.04
524.	0.3	1325.	0.12	2126.	0.06	2951.	0.02
525.	0.28	1326.	0.1	2127.	0.04	2953.	0.04
526.	0.3	1327.	0.12	2128.	0.06	2954.	0.02
527.	0.28	1328.	0.14	2129.	0.06	2955.	0.04
528.	0.3	1329.	0.1	2130.	0.04	2956.	0.04
529.	0.3	1330.	0.12	2131.	0.06	2957.	0.02
530.	0.32	1331.	0.12	2132.	0.06	2958.	0.04
531.	0.3	1332.	0.1	2133.	0.04	2960.	0.02
532.	0.3	1333.	0.1	2134.	0.06	2961.	0.04
533.	0.3	1334.	0.12	2135.	0.06	2962.	0.02
534.	0.3	1335.	0.12	2136.	0.06	2963.	0.04
535.	0.3	1336.	0.1	2137.	0.04	2964.	0.04
536.	0.28	1337.	0.1	2138.	0.06	2967.	0.04
537.	0.3	1338.	0.12	2139.	0.04	2968.	0.04
538.	0.26	1339.	0.12	2140.	0.06	2969.	0.02
539.	0.26	1340.	0.12	2141.	0.04	2971.	0.04
540.	0.3	1341.	0.12	2142.	0.08	2972.	0.02
541.	0.3	1342.	0.12	2143.	0.04	2973.	0.02
542.	0.28	1343.	0.1	2144.	0.06	2974.	0.04
543.	0.28	1344.	0.12	2145.	0.04	2975.	0.02
544.	0.3	1345.	0.1	2146.	0.06	2977.	0.04
545.	0.28	1346.	0.12	2147.	0.04	2978.	0.02
546.	0.3	1347.	0.1	2148.	0.06	2979.	0.02
547.	0.26	1348.	0.1	2149.	0.04	2980.	0.02
548.	0.28	1349.	0.12	2150.	0.04	2982.	0.02
549.	0.3	1350.	0.12	2151.	0.04	2983.	0.04
550.	0.28	1351.	0.12	2152.	0.04	2985.	0.02
551.	0.26	1352.	0.12	2153.	0.04	2987.	0.04
552.	0.28	1353.	0.12	2154.	0.04	2988.	0.04
553.	0.3	1354.	0.12	2155.	0.08	2991.	0.02
554.	0.26	1355.	0.12	2156.	0.06	2992.	0.02
555.	0.26	1356.	0.12	2157.	0.06	2993.	0.04
556.	0.3	1357.	0.1	2158.	0.04	2994.	0.04
557.	0.3	1358.	0.12	2159.	0.04	2995.	0.04
558.	0.28	1359.	0.12	2160.	0.06	2996.	0.04
559.	0.28	1360.	0.12	2161.	0.04	2998.	0.04
560.	0.26	1361.	0.1	2162.	0.04	2999.	0.04
561.	0.28	1362.	0.12	2163.	0.04	3000.	0.04
562.	0.3	1363.	0.12	2164.	0.04	3001.	0.04
563.	0.3	1364.	0.1	2165.	0.06	3002.	0.04
564.	0.26	1365.	0.12	2166.	0.06	3004.	0.04
565.	0.26	1366.	0.12	2167.	0.04	3005.	0.04
566.	0.26	1367.	0.1	2168.	0.06	3006.	0.04
567.	0.28	1368.	0.12	2169.	0.06	3007.	0.02
568.	0.26	1369.	0.12	2170.	0.06	3008.	0.04
569.	0.3	1370.	0.14	2171.	0.04	3009.	0.02
570.	0.26	1371.	0.14	2172.	0.06	3010.	0.04
571.	0.3	1372.	0.12	2173.	0.04	3011.	0.04
572.	0.28	1373.	0.12	2174.	0.04	3012.	0.02
573.	0.28	1374.	0.1	2175.	0.04	3013.	0.04
574.	0.26	1375.	0.12	2176.	0.04	3015.	0.02
575.	0.26	1376.	0.12	2177.	0.06	3016.	0.02
576.	0.28	1377.	0.12	2178.	0.06	3017.	0.04
577.	0.28	1378.	0.12	2179.	0.04	3018.	0.02
578.	0.26	1379.	0.1	2180.	0.06	3019.	0.04
579.	0.26	1380.	0.1	2181.	0.08	3020.	0.04
580.	0.26	1381.	0.1	2182.	0.04	3021.	0.02
581.	0.28	1382.	0.12	2183.	0.08	3022.	0.02
582.	0.26	1383.	0.12	2184.	0.04	3024.	0.04
583.	0.28	1384.	0.12	2185.	0.04	3026.	0.04
584.	0.26	1385.	0.12	2186.	0.04	3027.	0.02
585.	0.28	1386.	0.12	2187.	0.06	3028.	0.04
586.	0.26	1387.	0.1	2188.	0.08	3029.	0.02
587.	0.28	1388.	0.12	2189.	0.06	3030.	0.02
588.	0.26	1389.	0.12	2190.	0.04	3033.	0.02
589.	0.26	1390.	0.1	2191.	0.04	3034.	0.04
590.	0.26	1391.	0.12	2192.	0.06	3035.	0.02

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
591.	0.26	1392.	0.1	2193.	0.06	3039.	0.02
592.	0.26	1393.	0.12	2194.	0.04	3040.	0.04
593.	0.26	1394.	0.12	2195.	0.06	3041.	0.04
594.	0.26	1395.	0.1	2196.	0.08	3042.	0.02
595.	0.26	1396.	0.12	2197.	0.06	3043.	0.02
596.	0.26	1397.	0.1	2198.	0.04	3044.	0.04
597.	0.28	1398.	0.12	2199.	0.06	3045.	0.02
598.	0.26	1399.	0.12	2200.	0.04	3046.	0.02
599.	0.28	1400.	0.1	2201.	0.06	3047.	0.04
600.	0.26	1401.	0.1	2202.	0.06	3048.	0.02
601.	0.26	1402.	0.1	2203.	0.06	3049.	0.02
602.	0.26	1403.	0.12	2204.	0.06	3050.	0.04
603.	0.26	1404.	0.1	2205.	0.04	3052.	0.02
604.	0.26	1405.	0.12	2206.	0.04	3053.	0.04
605.	0.26	1406.	0.12	2207.	0.04	3054.	0.04
606.	0.26	1407.	0.1	2208.	0.06	3055.	0.04
607.	0.24	1408.	0.12	2209.	0.04	3056.	0.04
608.	0.26	1409.	0.08	2210.	0.04	3057.	0.02
609.	0.26	1410.	0.1	2211.	0.06	3059.	0.04
610.	0.26	1411.	0.12	2212.	0.04	3060.	0.02
611.	0.26	1412.	0.12	2213.	0.04	3061.	0.04
612.	0.26	1413.	0.12	2214.	0.04	3062.	0.04
613.	0.26	1414.	0.12	2215.	0.08	3063.	0.02
614.	0.26	1415.	0.1	2216.	0.06	3064.	0.02
615.	0.26	1416.	0.12	2217.	0.04	3065.	0.04
616.	0.26	1417.	0.12	2218.	0.04	3066.	0.04
617.	0.26	1418.	0.1	2219.	0.04	3067.	0.04
618.	0.28	1419.	0.12	2220.	0.06	3068.	0.04
619.	0.26	1420.	0.1	2221.	0.04	3069.	0.04
620.	0.26	1421.	0.12	2222.	0.04	3070.	0.04
621.	0.24	1422.	0.1	2223.	0.04	3071.	0.02
622.	0.26	1423.	0.1	2224.	0.04	3073.	0.02
623.	0.26	1424.	0.12	2225.	0.06	3074.	0.04
624.	0.26	1425.	0.1	2226.	0.04	3075.	0.02
625.	0.26	1426.	0.08	2227.	0.04	3076.	0.04
626.	0.26	1427.	0.12	2228.	0.04	3077.	0.04
627.	0.26	1428.	0.12	2229.	0.04	3078.	0.04
628.	0.26	1429.	0.1	2230.	0.04	3079.	0.02
629.	0.26	1430.	0.1	2231.	0.06	3080.	0.02
630.	0.26	1431.	0.1	2232.	0.04	3081.	0.04
631.	0.24	1432.	0.08	2233.	0.04	3082.	0.04
632.	0.26	1433.	0.12	2234.	0.06	3083.	0.02
633.	0.26	1434.	0.08	2235.	0.04	3084.	0.04
634.	0.26	1435.	0.1	2236.	0.04	3085.	0.04
635.	0.26	1436.	0.12	2237.	0.06	3086.	0.04
636.	0.26	1437.	0.1	2238.	0.04	3088.	0.04
637.	0.26	1438.	0.12	2239.	0.04	3089.	0.02
638.	0.28	1439.	0.12	2240.	0.04	3091.	0.04
639.	0.26	1440.	0.12	2241.	0.06	3092.	0.04
640.	0.24	1441.	0.1	2242.	0.06	3093.	0.04
641.	0.24	1442.	0.12	2243.	0.04	3094.	0.04
642.	0.24	1443.	0.1	2244.	0.04	3095.	0.02
643.	0.28	1444.	0.12	2245.	0.04	3096.	0.02
644.	0.28	1445.	0.1	2246.	0.06	3097.	0.04
645.	0.24	1446.	0.12	2247.	0.06	3098.	0.04
646.	0.28	1447.	0.1	2248.	0.04	3099.	0.02
647.	0.24	1448.	0.12	2249.	0.04	3100.	0.04
648.	0.26	1449.	0.08	2250.	0.04	3101.	0.02
649.	0.26	1450.	0.1	2251.	0.04	3102.	0.02
650.	0.26	1451.	0.08	2252.	0.04	3103.	0.04
651.	0.26	1452.	0.12	2253.	0.04	3104.	0.04
652.	0.28	1453.	0.08	2254.	0.06	3105.	0.02
653.	0.24	1454.	0.1	2255.	0.06	3106.	0.04
654.	0.26	1455.	0.12	2256.	0.06	3107.	0.04
655.	0.28	1456.	0.12	2257.	0.04	3108.	0.04
656.	0.26	1457.	0.12	2258.	0.06	3109.	0.04
657.	0.26	1458.	0.12	2259.	0.06	3110.	0.04
658.	0.24	1459.	0.12	2260.	0.06	3111.	0.02
659.	0.24	1460.	0.12	2261.	0.04	3112.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
660.	0.26	1461.	0.12	2262.	0.04	3113.	0.04
661.	0.26	1462.	0.1	2263.	0.04	3114.	0.04
662.	0.26	1463.	0.1	2264.	0.04	3115.	0.04
663.	0.26	1464.	0.1	2265.	0.04	3116.	0.04
664.	0.26	1465.	0.1	2266.	0.04	3117.	0.04
665.	0.26	1466.	0.12	2267.	0.04	3118.	0.02
666.	0.24	1467.	0.12	2268.	0.04	3119.	0.04
667.	0.26	1468.	0.12	2269.	0.06	3120.	0.04
668.	0.28	1469.	0.1	2270.	0.04	3121.	0.04
669.	0.24	1470.	0.08	2271.	0.04	3122.	0.04
670.	0.24	1471.	0.1	2272.	0.02	3123.	0.04
671.	0.26	1472.	0.1	2273.	0.04	3125.	0.04
672.	0.26	1473.	0.08	2274.	0.04	3126.	0.04
673.	0.26	1474.	0.12	2275.	0.04	3128.	0.04
674.	0.26	1475.	0.1	2276.	0.04	3129.	0.02
675.	0.24	1476.	0.12	2277.	0.04	3130.	0.04
676.	0.26	1477.	0.12	2278.	0.04	3131.	0.04
677.	0.26	1478.	0.12	2279.	0.04	3132.	0.04
678.	0.26	1479.	0.12	2280.	0.04	3133.	0.02
679.	0.24	1480.	0.12	2281.	0.04	3134.	0.04
680.	0.24	1481.	0.1	2282.	0.04	3135.	0.02
681.	0.24	1482.	0.1	2283.	0.04	3136.	0.02
682.	0.26	1483.	0.1	2284.	0.04	3137.	0.02
683.	0.22	1484.	0.12	2285.	0.04	3138.	0.02
684.	0.24	1485.	0.1	2286.	0.06	3139.	0.02
685.	0.24	1486.	0.1	2287.	0.04	3142.	0.04
686.	0.24	1487.	0.1	2288.	0.04	3143.	0.02
687.	0.24	1488.	0.1	2289.	0.04	3144.	0.04
688.	0.26	1489.	0.12	2290.	0.04	3146.	0.04
689.	0.24	1490.	0.1	2291.	0.06	3147.	0.02
690.	0.24	1491.	0.1	2292.	0.06	3148.	0.02
691.	0.24	1492.	0.1	2293.	0.04	3149.	0.02
692.	0.24	1493.	0.1	2294.	0.04	3150.	0.04
693.	0.24	1494.	0.1	2295.	0.04	3152.	0.04
694.	0.24	1495.	0.1	2296.	0.04	3153.	0.04
695.	0.26	1496.	0.08	2297.	0.06	3154.	0.04
696.	0.24	1497.	0.1	2298.	0.06	3155.	0.04
697.	0.26	1498.	0.1	2299.	0.04	3156.	0.04
698.	0.24	1499.	0.12	2300.	0.04	3157.	0.04
699.	0.26	1500.	0.08	2301.	0.04	3158.	0.04
700.	0.24	1501.	0.1	2302.	0.04	3159.	0.02
701.	0.24	1502.	0.1	2303.	0.04	3160.	0.02
702.	0.26	1503.	0.1	2304.	0.04	3161.	0.04
703.	0.26	1504.	0.1	2305.	0.04	3162.	0.02
704.	0.26	1505.	0.1	2306.	0.04	3163.	0.04
705.	0.22	1506.	0.08	2307.	0.06	3164.	0.04
706.	0.24	1507.	0.12	2308.	0.04	3165.	0.04
707.	0.24	1508.	0.1	2309.	0.04	3166.	0.04
708.	0.24	1509.	0.1	2310.	0.04	3167.	0.04
709.	0.22	1510.	0.12	2311.	0.04	3168.	0.02
710.	0.24	1511.	0.1	2312.	0.04	3169.	0.04
711.	0.26	1512.	0.08	2313.	0.04	3170.	0.02
712.	0.24	1513.	0.1	2314.	0.04	3172.	0.04
713.	0.26	1514.	0.08	2315.	0.04	3173.	0.04
714.	0.24	1515.	0.08	2316.	0.04	3175.	0.02
715.	0.22	1516.	0.12	2317.	0.04	3176.	0.04
716.	0.24	1517.	0.12	2318.	0.04	3177.	0.02
717.	0.24	1518.	0.08	2319.	0.04	3178.	0.02
718.	0.22	1519.	0.12	2320.	0.04	3179.	0.02
719.	0.26	1520.	0.1	2321.	0.06	3181.	0.02
720.	0.24	1521.	0.1	2322.	0.04	3183.	0.02
721.	0.24	1522.	0.08	2323.	0.04	3185.	0.04
722.	0.26	1523.	0.12	2324.	0.04	3187.	0.02
723.	0.24	1524.	0.12	2325.	0.04	3188.	0.04
724.	0.24	1525.	0.1	2326.	0.04	3189.	0.02
725.	0.24	1526.	0.1	2327.	0.04	3190.	0.02
726.	0.24	1527.	0.1	2328.	0.04	3191.	0.02
727.	0.24	1528.	0.1	2329.	0.04	3193.	0.02
728.	0.26	1529.	0.12	2330.	0.04	3195.	0.02

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
729.	0.24	1530.	0.08	2331.	0.04	3197.	0.02
730.	0.24	1531.	0.1	2332.	0.04	3198.	0.04
731.	0.22	1532.	0.1	2333.	0.04	3199.	0.02
732.	0.24	1533.	0.12	2334.	0.04	3200.	0.04
733.	0.24	1534.	0.12	2335.	0.04	3202.	0.04
734.	0.24	1535.	0.1	2336.	0.04	3203.	0.02
735.	0.22	1536.	0.1	2337.	0.04	3204.	0.02
736.	0.24	1537.	0.12	2338.	0.04	3205.	0.02
737.	0.22	1538.	0.1	2339.	0.04	3208.	0.02
738.	0.24	1539.	0.1	2340.	0.06	3209.	0.02
739.	0.26	1540.	0.1	2341.	0.04	3210.	0.02
740.	0.24	1541.	0.08	2342.	0.04	3212.	0.02
741.	0.22	1542.	0.08	2343.	0.04	3213.	0.02
742.	0.24	1543.	0.1	2344.	0.04	3214.	0.04
743.	0.24	1544.	0.12	2345.	0.04	3215.	0.04
744.	0.24	1545.	0.08	2346.	0.04	3216.	0.02
745.	0.24	1546.	0.08	2347.	0.04	3217.	0.02
746.	0.24	1547.	0.1	2348.	0.04	3219.	0.04
747.	0.24	1548.	0.08	2349.	0.04	3220.	0.04
748.	0.22	1549.	0.08	2350.	0.04	3221.	0.02
749.	0.22	1550.	0.08	2351.	0.06	3222.	0.02
750.	0.22	1551.	0.08	2352.	0.04	3223.	0.02
751.	0.22	1552.	0.06	2353.	0.04	3224.	0.04
752.	0.22	1553.	0.12	2354.	0.04	3225.	0.04
753.	0.24	1554.	0.08	2355.	0.04	3226.	0.04
754.	0.22	1555.	0.12	2356.	0.04	3227.	0.02
755.	0.24	1556.	0.08	2357.	0.04	3228.	0.04
756.	0.2	1557.	0.08	2358.	0.06	3229.	0.04
757.	0.22	1558.	0.1	2359.	0.04	3230.	0.04
758.	0.22	1559.	0.1	2360.	0.06	3231.	0.04
759.	0.24	1560.	0.1	2361.	0.06	3235.	0.02
760.	0.24	1561.	0.08	2362.	0.04	3237.	0.04
761.	0.22	1562.	0.1	2363.	0.04	3238.	0.02
762.	0.22	1563.	0.1	2364.	0.04	3239.	0.04
763.	0.24	1564.	0.08	2365.	0.04	3240.	0.04
764.	0.22	1565.	0.08	2366.	0.04	3241.	0.04
765.	0.24	1566.	0.08	2367.	0.04	3243.	0.04
766.	0.22	1567.	0.08	2368.	0.04	3244.	0.04
767.	0.22	1568.	0.12	2369.	0.04	3245.	0.02
768.	0.2	1569.	0.08	2370.	0.04	3246.	0.02
769.	0.2	1570.	0.08	2371.	0.04	3247.	0.02
770.	0.22	1571.	0.08	2372.	0.04	3248.	0.04
771.	0.22	1572.	0.1	2373.	0.04	3249.	0.02
772.	0.22	1573.	0.08	2374.	0.04	3250.	0.04
773.	0.24	1574.	0.08	2375.	0.06	3251.	0.02
774.	0.22	1575.	0.08	2376.	0.04	3252.	0.02
775.	0.22	1576.	0.08	2377.	0.04	3253.	0.02
776.	0.22	1577.	0.08	2378.	0.04	3255.	0.04
777.	0.22	1578.	0.08	2379.	0.06	3256.	0.02
778.	0.24	1579.	0.08	2380.	0.04	3257.	0.04
779.	0.22	1580.	0.1	2381.	0.04	3258.	0.02
780.	0.22	1581.	0.12	2382.	0.02	3262.	0.02
781.	0.2	1582.	0.08	2383.	0.04	3263.	0.02
782.	0.22	1583.	0.08	2384.	0.06	3264.	0.04
783.	0.22	1584.	0.08	2385.	0.04	3265.	0.04
784.	0.22	1585.	0.08	2386.	0.04	3266.	0.04
785.	0.24	1586.	0.06	2387.	0.04	3268.	0.02
786.	0.26	1587.	0.1	2388.	0.04	3270.	0.04
787.	0.22	1588.	0.1	2389.	0.04	3273.	0.04
788.	0.22	1589.	0.08	2390.	0.06	3274.	0.02
789.	0.2	1590.	0.08	2391.	0.04	3275.	0.04
790.	0.22	1591.	0.08	2392.	0.04	3276.	0.04
791.	0.22	1592.	0.1	2393.	0.04	3277.	0.04
792.	0.22	1593.	0.08	2394.	0.04	3278.	0.04
793.	0.2	1594.	0.1	2395.	0.04	3279.	0.04
794.	0.22	1595.	0.1	2396.	0.04	3280.	0.02
795.	0.24	1596.	0.08	2397.	0.04	3281.	0.04
796.	0.2	1597.	0.08	2398.	0.04	3282.	0.04
797.	0.22	1598.	0.08	2399.	0.04	3283.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
798.	0.22	1599.	0.08	2400.	0.04	3284.	0.04
799.	0.2	1600.	0.08	2401.	0.06	3285.	0.04
800.	0.22	1601.	0.08	2402.	0.04	3286.	0.02
801.	0.2	1602.	0.08	2403.	0.04		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	8.293E-07	cm/sec
y0	0.5711	m

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	8.293E-07	2.296E-09	cm/sec
y0	0.5711	0.001099	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	0.01	0.07
y0	0.07	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 0.8076 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.0002523 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.01588 m  
 Mean ..... 0.003221 m  
 No. of Residuals ... 3203.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU001019.aqt  
 Title: MU001019  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:53:27

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 해운리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU001019)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 388

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	1.4	99.	0.44	197.	0.18	294.	0.08
2.	1.1	101.	0.62	198.	0.22	295.	0.1
3.	0.56	102.	0.4	199.	0.22	296.	0.08
4.	0.52	103.	0.38	200.	0.18	297.	0.08
5.	1.26	104.	0.4	201.	0.18	298.	0.1
6.	1.14	105.	0.38	202.	0.18	299.	0.1
7.	1.04	106.	0.38	203.	0.18	300.	0.06
9.	1.04	107.	0.36	204.	0.18	301.	0.08
10.	0.68	108.	0.38	205.	0.18	302.	0.08
11.	0.5	109.	0.38	206.	0.18	303.	0.08
12.	0.78	110.	0.36	207.	0.18	304.	0.1
13.	0.72	111.	0.36	208.	0.18	305.	0.08
14.	0.72	112.	0.38	209.	0.18	306.	0.06
15.	0.68	113.	0.38	210.	0.18	307.	0.06
16.	0.7	114.	0.36	211.	0.18	308.	0.06
17.	0.7	115.	0.34	212.	0.18	309.	0.08
18.	0.66	116.	0.36	213.	0.18	310.	0.06
19.	0.66	117.	0.36	214.	0.18	311.	0.06
20.	0.68	118.	0.34	215.	0.18	312.	0.08
21.	0.68	119.	0.36	216.	0.18	313.	0.06
22.	0.66	120.	0.34	217.	0.18	314.	0.08
23.	0.66	121.	0.32	218.	0.16	315.	0.08
24.	0.66	122.	0.36	219.	0.18	316.	0.08
25.	0.66	123.	0.34	220.	0.18	317.	0.04
26.	0.64	124.	0.34	221.	0.16	318.	0.06
27.	0.64	125.	0.34	222.	0.16	319.	0.06
28.	0.64	126.	0.32	223.	0.14	320.	0.06
29.	0.62	127.	0.34	224.	0.18	321.	0.08
30.	0.56	128.	0.34	225.	0.14	322.	0.08
31.	0.68	129.	0.3	226.	0.14	323.	0.08
32.	0.74	130.	0.34	227.	0.14	324.	0.08
33.	0.58	131.	0.34	228.	0.16	325.	0.08
34.	0.52	132.	0.32	229.	0.16	326.	0.06
35.	0.68	133.	0.3	230.	0.14	327.	0.06
36.	0.6	134.	0.34	231.	0.14	328.	0.06
37.	0.6	135.	0.3	232.	0.16	329.	0.06
38.	0.58	136.	0.32	233.	0.16	330.	0.08
39.	0.6	137.	0.32	234.	0.14	331.	0.08

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
40.	0.58	138.	0.3	235.	0.14	332.	0.06
41.	0.56	139.	0.3	236.	0.14	333.	0.06
42.	0.56	140.	0.3	237.	0.14	334.	0.04
43.	0.56	141.	0.28	238.	0.14	335.	0.04
44.	0.56	142.	0.3	239.	0.12	336.	0.04
45.	0.54	143.	0.28	240.	0.14	337.	0.04
46.	0.32	144.	0.3	241.	0.14	338.	0.06
47.	0.52	145.	0.3	242.	0.16	339.	0.06
48.	0.54	146.	0.3	243.	0.16	340.	0.04
49.	0.54	147.	0.28	244.	0.14	341.	0.06
50.	0.52	148.	0.3	245.	0.14	342.	0.04
51.	0.56	149.	0.3	246.	0.14	343.	0.06
52.	0.56	150.	0.28	247.	0.14	344.	0.04
53.	0.52	151.	0.28	248.	0.14	345.	0.04
54.	0.54	152.	0.28	249.	0.12	346.	0.04
55.	0.52	153.	0.28	250.	0.12	347.	0.04
56.	0.52	154.	0.28	251.	0.14	348.	0.04
57.	0.52	155.	0.3	252.	0.12	349.	0.06
58.	0.52	156.	0.26	253.	0.12	350.	0.04
59.	0.52	157.	0.26	254.	0.12	351.	0.06
60.	0.52	158.	0.26	255.	0.12	352.	0.06
61.	0.52	159.	0.26	256.	0.12	353.	0.04
62.	0.52	160.	0.26	257.	0.12	354.	0.04
63.	0.52	161.	0.26	258.	0.12	355.	0.04
64.	0.5	162.	0.26	259.	0.12	356.	0.04
65.	0.48	163.	0.26	260.	0.12	357.	0.04
66.	0.5	164.	0.26	261.	0.12	358.	0.04
67.	0.48	165.	0.26	262.	0.12	359.	0.04
68.	0.48	166.	0.24	263.	0.12	360.	0.04
69.	0.46	167.	0.26	264.	0.1	361.	0.06
70.	0.48	168.	0.24	265.	0.12	362.	0.04
71.	0.46	169.	0.24	266.	0.12	363.	0.04
72.	0.48	170.	0.24	267.	0.12	364.	0.04
73.	0.48	171.	0.26	268.	0.1	365.	0.04
74.	0.44	172.	0.26	269.	0.12	366.	0.04
75.	0.48	173.	0.22	270.	0.1	367.	0.04
76.	0.46	174.	0.24	271.	0.1	368.	0.04
77.	0.44	175.	0.24	272.	0.1	369.	0.02
78.	0.44	176.	0.24	273.	0.1	370.	0.04
79.	0.44	177.	0.24	274.	0.1	371.	0.04
80.	0.44	178.	0.24	275.	0.1	372.	0.04
81.	0.38	179.	0.22	276.	0.1	374.	0.04
82.	0.48	180.	0.24	277.	0.1	375.	0.02
83.	0.44	181.	0.22	278.	0.1	376.	0.06
84.	0.42	182.	0.22	279.	0.1	377.	0.04
85.	0.42	183.	0.22	280.	0.1	378.	0.04
86.	0.44	184.	0.22	281.	0.1	379.	0.04
87.	0.44	185.	0.2	282.	0.1	380.	0.04
88.	0.44	186.	0.22	283.	0.08	381.	0.04
89.	0.4	187.	0.22	284.	0.1	382.	0.02
90.	0.44	188.	0.2	285.	0.1	383.	0.02
91.	0.24	189.	0.22	286.	0.08	384.	0.02
92.	0.44	190.	0.22	287.	0.1	385.	0.04
93.	0.4	191.	0.2	288.	0.1	386.	0.04
94.	0.36	192.	0.22	289.	0.1	387.	0.02
95.	0.36	193.	0.22	290.	0.08	388.	0.02
96.	0.52	194.	0.18	291.	0.08	389.	0.02
97.	0.38	195.	0.2	292.	0.1	390.	0.02
98.	0.4	196.	0.2	293.	0.08	391.	0.02

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
Solution Method: Bouwer-Rice

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters



Parameter	Estimate	
K	2.669E-06	cm/sec
y0	0.8364	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	2.669E-06	5.183E-08	cm/sec
y0	0.8364	0.01116	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	1.00	0.73
y0	0.73	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 1.455 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.00377 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.0614 m  
 Mean ..... -0.0003937 m  
 No. of Residuals ... 388.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: C:\WORK\공개방\slug-test(pumping)\MU001057.aqt  
 Title: MU001057  
 Date: 05/03/03  
 Time: 16:53:37

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무량지구 지하수관지조사사업  
 Location: 전남 무안군 현화리  
 Test Date: 2002.08.01  
 Test Well: pw-1(MU001057)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 78.65 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 170

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.	0.9	132.	0.5	261.	0.26	390.	0.12
6.	0.9	135.	0.5	264.	0.26	393.	0.12
9.	0.86	138.	0.5	267.	0.26	396.	0.1
12.	0.86	141.	0.46	270.	0.26	399.	0.1
15.	0.82	144.	0.48	273.	0.26	402.	0.1
18.	0.84	147.	0.46	276.	0.24	405.	0.1
21.	0.84	150.	0.48	279.	0.22	408.	0.1
24.	0.8	153.	0.46	282.	0.22	411.	0.1
27.	0.78	156.	0.46	285.	0.26	414.	0.1
30.	0.76	159.	0.46	288.	0.22	417.	0.12
33.	0.76	162.	0.44	291.	0.22	420.	0.12
36.	0.76	165.	0.46	294.	0.22	423.	0.1
39.	0.76	168.	0.42	297.	0.22	426.	0.1
42.	0.74	171.	0.42	300.	0.22	429.	0.08
45.	0.74	174.	0.4	303.	0.22	432.	0.06
48.	0.74	177.	0.4	306.	0.22	435.	0.04
51.	0.72	180.	0.4	309.	0.2	438.	0.06
54.	0.7	183.	0.4	312.	0.18	441.	0.04
57.	0.7	186.	0.38	315.	0.2	444.	0.04
60.	0.68	189.	0.38	318.	0.18	447.	0.08
63.	0.68	192.	0.38	321.	0.2	450.	0.08
66.	0.68	195.	0.38	324.	0.2	453.	0.08
69.	0.66	198.	0.36	327.	0.18	456.	0.06
72.	0.66	201.	0.36	330.	0.18	459.	0.04
75.	0.64	204.	0.36	333.	0.18	462.	0.04
78.	0.64	207.	0.36	336.	0.14	465.	0.04
81.	0.64	210.	0.36	339.	0.14	468.	0.04
84.	0.62	213.	0.32	342.	0.14	471.	0.04
87.	0.62	216.	0.32	345.	0.14	474.	0.04
90.	0.6	219.	0.32	348.	0.14	477.	0.04
93.	0.6	222.	0.32	351.	0.18	480.	0.04
96.	0.6	225.	0.3	354.	0.18	483.	0.04
99.	0.6	228.	0.32	357.	0.14	486.	0.04
102.	0.58	231.	0.3	360.	0.16	489.	0.04
105.	0.56	234.	0.32	363.	0.14	492.	0.04
108.	0.58	237.	0.3	366.	0.16	495.	0.04
111.	0.54	240.	0.3	369.	0.14	498.	0.02
114.	0.54	243.	0.3	372.	0.14	501.	0.04

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
117.	0.54	246.	0.28	375.	0.14	504.	0.04
120.	0.52	249.	0.3	378.	0.14	507.	0.02
123.	0.52	252.	0.26	381.	0.14	510.	0.02
126.	0.5	255.	0.26	384.	0.12		
129.	0.5	258.	0.26	387.	0.14		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Hvorslev

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
K	2.076E-06	cm/sec
y0	0.9356	m

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
K	2.076E-06	2.192E-08	cm/sec
y0	0.9356	0.006599	m

Parameter Correlations

	K	y0
K	0.78	0.65
y0	0.65	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 0.1103 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.0006565 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.02562 m  
 Mean ..... -0.004461 m  
 No. of Residuals ... 170.  
 No. of Estimates ... 2

<부록-12> 양수시험 결과

여 백

<부록-12> 양수시험 결과

관정공번	읍면	동리	번지	지구명	양수형태	케이싱구경 (mm)	관정심도 (m)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	투수량계수 (m <sup>2</sup> /일)	저류계수	대수층두께 (m)	조사기관	대수층	지질	소유역
MU000112	망운면	송현리	537	농업용	장기양수시험	150	100	5		81.62	1.16E-02	95	농업기반공사	암반	Ggn	MA09
MU000112	망운면	송현리	537	농업용	수위회복시험	150	100	5		40.92		95	농업기반공사	암반	Ggn	MA09
MU000163	망운면	피서리	285	농업용	장기양수시험	50	35	6.5		5.069	2.39E-01	28.5	농업기반공사	충적	Qa	MA11
MU000163	망운면	피서리	285	농업용	수위회복시험	50	35	6.5		1.851		28.5	농업기반공사	충적	Qa	MA11
MU000264	무안읍	교촌리	770	생활용	장기양수시험	300	120	5.42		310.7	9.31E-04	114.58	농업기반공사	암반	Ms	MA07
MU000264	무안읍	교촌리	770	생활용	수위회복시험	300	120	5.42		215.8		114.58	농업기반공사	암반	Ms	MA07
MU000267	무안읍	교촌리	994	농업용	장기양수시험	150	100	2.3		4.617	8.19E-01	97.7	농업기반공사	암반	Pgn	MA05
MU000267	무안읍	교촌리	994	농업용	수위회복시험	150	100	2.3		5.369		97.7	농업기반공사	암반	Pgn	MA05
MU000279	무안읍	교촌리	374-1	농업용	장기양수시험	150	29	22.3		23.46	6.33E-01	6.7	농업기반공사	암반	Ms	MA07
MU000279	무안읍	교촌리	374-1	농업용	수위회복시험	150	29	22.3		14.02		6.7	농업기반공사	암반	Ms	MA07
MU000334	무안읍	매곡리	708	농업용	장기양수시험	300	120	1.39		7.281	1.00E-01	118.61	농업기반공사	충적	Qa	MA05
MU000334	무안읍	매곡리	708	농업용	수위회복시험	300	120	1.39		6.088		118.61	농업기반공사	충적	Qa	MA05
MU000430	무안읍	성내리	35	농업용	장기양수시험	250	170	3.9		28.72	2.36E-01	166.1	농업기반공사	충적	Ms	MA06
MU000430	무안읍	성내리	35	농업용	수위회복시험	250	170	3.9		18.02		166.1	농업기반공사	충적	Ms	MA06
MU000467	무안읍	신화리	226	농업용	장기양수시험	150	60	4.18		1.611	1.35E-01	55.82	농업기반공사	암반	Pgn	MA12
MU000467	무안읍	신화리	226	농업용	수위회복시험	150	60	4.18		0.2196		55.82	농업기반공사	암반	Pgn	MA12
MU000480	무안읍	웅월리	36	농업용	장기양수시험	200	90	9.82		9.439	3.64E-01	80.18	농업기반공사	암반	Ms	MA06
MU000480	무안읍	웅월리	36	농업용	수위회복시험	200	90	9.82		6.785		80.18	농업기반공사	암반	Ms	MA06
MU000728	운남면	동암리	산2	생활용	장기양수시험	150	30	10.93		1.47	2.81E-02	19.07	농업기반공사	충적	Ggn	MA15
MU000728	운남면	동암리	산2	생활용	수위회복시험	150	30	10.93		0.9976		19.07	농업기반공사	충적	Ggn	MA15
MU000768	운남면	성내리	312-1	농업용	장기양수시험	150	100	4		6.801	1.08E-04	96	농업기반공사	암반	Ggn	MA19
MU000768	운남면	성내리	312-1	농업용	수위회복시험	150	100	4		1.089		96	농업기반공사	암반	Ggn	MA19
MU000782	운남면	성내리	800-4	농업용	장기양수시험	150	100	9.54		89.75	7.01E-01	90.46	농업기반공사	암반	Ggn	MA17
MU000782	운남면	성내리	800-4	농업용	수위회복시험	150	100	9.54		43.68		90.46	농업기반공사	암반	Ggn	MA17
MU000821	운남면	연리	962-39	농업용	장기양수시험	150	100	7.88		23.49	7.59E-05	92.12	농업기반공사	암반	Ggn	MA18
MU000821	운남면	연리	962-39	농업용	수위회복시험	150	100	7.88		2.38		92.12	농업기반공사	암반	Ggn	MA18
MU000931	현경면	양학리	472-23전	농업용	장기양수시험	150	75	1.3		2.999	1.82E-01	73.7	농업기반공사	암반	Qa	MA12
MU000931	현경면	양학리	472-23전	농업용	수위회복시험	150	75	1.3		1.261		73.7	농업기반공사	암반	Qa	MA12
MU000970	현경면	외반리	932-7	농업용	장기양수시험	150	100	1.25		22.72	7.22E-01	98.75	농업기반공사	암반	Ggn	MA03
MU000970	현경면	외반리	932-7	농업용	수위회복시험	150	100	1.25		24.67		98.75	농업기반공사	암반	Ggn	MA03
MU001036	현경면	해운리	915전	농업용	장기양수시험	150	80	13.3		6.367	5.16E-01	66.7	농업기반공사	암반	Ggn	MA01
MU001036	현경면	해운리	915전	농업용	수위회복시험	150	80	13.3		6.167		66.7	농업기반공사	암반	Ggn	MA01
MU001038	현경면	해운리	산143임	농업용	장기양수시험	150	100	3.9		6.72	3.67E-02	96.1	농업기반공사	암반	Ggn	MA02
MU001038	현경면	해운리	산143임	농업용	수위회복시험	150	100	3.9		4.038		96.1	농업기반공사	암반	Ggn	MA02
MU001048	현경면	현화리	720	농업용	장기양수시험	150	13	3.92	12	39.65	3.96E-02	9.08	농업기반공사	충적	Ggn	MA03
MU001048	현경면	현화리	720	농업용	수위회복시험	150	13	3.92	12	97.42		9.08	농업기반공사	충적	Ggn	MA03
MU001051	현경면	현화리	1048	농업용	장기양수시험	200	100	7.97		9.066	1.65E-01	92.03	농업기반공사	암반	Ggn	MA03

<부록-12> 양수시험 결과(계속)

관정공번	읍면	동리	번지	지구명	양수형태	케이싱구경 (mm)	관정심도 (m)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	투수량계수 (m <sup>2</sup> /일)	저류계수	대수층두께 (m)	조사기관	대수층	지질	소유역
MU001051	현경면	현화리	1048	농업용	수위회복시험	200	100	7.97		11.05		92.03	농업기반공사	암반	Ggn	MA03
MU001061	현경면	현화리	116-19	농업용	장기양수시험	100	80	2.95		1.353	1.97E-01	77.05	농업기반공사	암반	Pgn	MA07
MU001061	현경면	현화리	116-19	농업용	수위회복시험	100	80	2.95		0.6709		77.05	농업기반공사	암반	Pgn	MA07

\* 지질 : Qa-층적층, Ms-운모편암, Pgn-반상변정질편마암, Ggn-화강암질편마암

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000112.aqt  
 Title: MU000112  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:27:22

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 망운면 송현리  
 Test Well: BH-1(MU000112)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 95. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	100.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.38	0.6	4.7	0.92	13.73	1.015	23.25	1.07
1.12	0.72	5.89	0.94	15.12	1.025	33.62	1.08
2.34	0.82	6.71	0.96	16.75	1.035	43.12	1.09
2.95	0.85	7.6	0.98	18.03	1.045	62.33	1.09
3.56	0.88	8.92	0.99	19.25	1.055		
3.97	0.9	11.12	1.	21.65	1.06		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	81.61	m <sup>2</sup> /day
S	0.01164	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**



<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	81.61	3.462	m <sup>2</sup> /day
S	0.01164	0.003787	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.99
S	-0.99	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 0.01138 m<sup>2</sup>  
 Variance..... 0.0005692 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 0.02386 m  
 Mean..... 1.442E-11 m  
 No. of Residuals ... 22.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12\양수시험(20공)\MU000163.aqt  
 Title: MU000163  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:28:15

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 양운면 파서리  
 Test Well: BH-1(MU000163)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 28.5 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.	143.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 17

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.4	6.3	3.65	12.7	10.32	15.8	46.28	17.22
0.63	7.6	4.5	13.4	16.23	16.3	54.83	17.25
0.83	8.4	4.92	13.9	21.52	16.7		
1.15	9.4	6.9	14.6	26.45	17.		
1.78	11.1	8.27	15.1	36.	17.19		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	5.069	m <sup>2</sup> /day
S	0.2387	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error
-----------	----------	------------

T	5.069	0.7097	m <sup>2</sup> /day
S	0.2387	0.08363	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.97
S	-0.97	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 63.96 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 4.264 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 2.065 m  
 Mean ..... -1.8 m  
 No. of Residuals ... 17.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12)양수시험(20공)\MU000264.aqt  
 Title: MU000264  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:28:53

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안읍 교촌리  
 Test Well: BH-1(MU000264)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 114.6 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.	150.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 21

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.23	0.35	2.12	0.42	9.4	0.48	44.97	0.54
0.77	0.37	2.98	0.43	12.32	0.49	54.2	0.54
0.98	0.38	3.56	0.44	14.33	0.5	63.78	0.54
1.23	0.39	4.83	0.45	18.46	0.51		
1.66	0.4	5.81	0.46	23.83	0.52		
1.87	0.41	7.33	0.47	34.05	0.53		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	310.7	m <sup>2</sup> /day
S	0.0009308	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	310.7	8.24	m <sup>2</sup> /day
S	0.0009308	0.0002882	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.99
S	-0.99	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 0.0009842 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 5.18E-05 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.007197 m  
 Mean ..... 3.168E-10 m  
 No. of Residuals ... 21.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\(\부록-12)양수시험(20공)\MU000267.aqt  
 Title: MU000267  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:29:18

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안읍 교촌리  
 Test Well: BH-1(MU000267)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 97.7 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.	96.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 29

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.07	0.2	2.45	1.7	8.07	4.2	20.37	6.8
1.03	0.7	2.58	1.8	9.38	4.6	21.92	6.95
1.35	1.	2.85	1.9	11.5	5.2	22.54	7.
1.5	1.1	3.07	2.05	13.23	5.6	23.85	7.05
1.72	1.2	3.3	2.2	14.58	5.8	35.08	7.12
2.08	1.4	3.57	2.5	15.7	6.		
2.22	1.52	3.75	2.9	17.4	6.35		
2.32	1.62	7.15	3.9	18.83	6.5		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	4.617	m <sup>2</sup> /day
S	0.8192	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	4.617	1.385	m <sup>2</sup> /day
S	0.8192	0.2139	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.85
S	-0.85	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 334.9 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 12.4 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 3.522 m  
 Mean ..... -3.275 m  
 No. of Residuals ... 29.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000279.aqt  
 Title: MU000279  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:30:11

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안읍 교촌리  
 Test Well: BH-1(MU000279)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 57.7 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	60.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 48

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.4	0.2	2.65	0.6	8.03	0.86	20.23	1.08
0.67	0.29	3.17	0.62	8.58	0.87	22.25	1.1
1.	0.37	3.42	0.64	8.9	0.88	25.28	1.14
1.25	0.4	3.7	0.65	9.32	0.89	28.57	1.17
1.48	0.44	3.83	0.66	9.78	0.91	31.88	1.2
1.67	0.45	4.	0.68	10.83	0.93	34.98	1.23
1.8	0.47	4.28	0.69	12.28	0.96	37.38	1.24
1.87	0.48	4.47	0.7	14.27	1.	41.13	1.27
1.93	0.49	5.77	0.76	15.5	1.02	47.42	1.35
2.02	0.5	5.98	0.78	16.73	1.04	54.43	1.39
2.3	0.52	6.47	0.8	17.97	1.05	60.75	1.41
2.4	0.59	7.43	0.82	18.82	1.06	65.25	1.42

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	23.46	m <sup>2</sup> /day



S            0.8329

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	23.46	5.065	m <sup>2</sup> /day
S	0.8329	0.1612	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 4.256 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.09251 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.3042 m  
 Mean ..... -0.2848 m  
 No. of Residuals ... 48.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12)양수시험(20공)\MU000334.aqt  
 Title: MU000334  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:30:43

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안읍 매곡리  
 Test Well: BH-1(MU000334)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 45.5 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	250.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 39

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.1	0.5	2.	4.91	30.	12.9	400.	21.2
0.2	0.82	3.	5.82	40.	14.2	500.	22.1
0.3	1.22	4.	6.9	50.	15.2	600.	22.9
0.4	1.5	5.	7.7	60.	16.	700.	23.2
0.5	1.88	6.	8.	70.	16.6	800.	23.3
0.6	2.33	7.	8.5	80.	17.1	900.	23.33
0.7	2.78	8.	8.9	90.	17.6	1000.	23.36
0.8	3.01	9.	9.3	100.	18.1	2000.	23.38
0.9	3.15	10.	9.6	200.	19.5	2880.	23.39
1.	3.3	20.	11.5	300.	20.3		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	7.281	m <sup>2</sup> /day
S	0.1	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTSEstimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	7.281	0.1641	m <sup>2</sup> /day
S	0.1	0.01042	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.79
S	-0.79	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 43.23 m<sup>2</sup>  
Variance ..... 1.168 m<sup>2</sup>  
Std. Deviation ..... 1.081 m  
Mean ..... -0.1741 m  
No. of Residuals ... 39.  
No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12\양수시험(20공)\MU000430.aqt  
 Title: MU000430  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:31:07

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안읍 성내리  
 Test Well: BH-1(MU000430)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 166.1 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	150.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 20

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.9	1.	4.42	1.65	14.78	2.15	36.35	2.57
1.23	1.1	6.32	1.8	16.9	2.2	41.6	2.6
1.48	1.2	8.37	1.91	21.73	2.31	51.1	2.62
1.8	1.3	10.43	1.96	27.03	2.43	55.2	2.63
2.62	1.45	12.47	2.07	31.72	2.51	61.62	2.64

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	28.72	m <sup>2</sup> /day
S	0.2361	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error
-----------	----------	------------

T	28.72	3.833	m <sup>2</sup> /day
S	0.2361	0.1174	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.95
S	-0.95	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 1.754 m<sup>2</sup>  
Variance ..... 0.09745 m<sup>2</sup>  
Std. Deviation ..... 0.3122 m  
Mean ..... -0.2942 m  
No. of Residuals ... 20.  
No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000467.aqt  
 Title: MU000467  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:31:25

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안읍 신학리  
 Test Well: BH-1(MU000467)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 55.8 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	154.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 23

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.45	6.69	2.07	14.22	4.53	20.87	9.32	26.02
0.77	8.75	2.45	15.32	4.92	21.52	11.38	27.94
1.12	10.32	2.65	16.22	5.22	22.04	13.47	30.4
1.37	11.32	2.85	16.82	5.55	22.6	15.58	30.99
1.53	12.3	3.03	17.37	5.82	23.02	17.67	31.05
1.8	13.32	4.32	20.47	7.35	24.8		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	1.611	m <sup>2</sup> /day
S	0.1353	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	1.611	0.06355	m <sup>2</sup> /day
S	0.1353	0.007534	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.88
S	-0.88	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 30.52 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 1.453 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 1.206 m  
 Mean ..... -0.4797 m  
 No. of Residuals ... 23.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000480.aqt  
 Title: MU000480  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:31:44

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 무안을 용월리  
 Test Well: BH-1(MU000480)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 80.2 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	168.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 19

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.62	1.21	1.98	2.93	7.5	5.47	32.52	7.25
0.95	1.85	3.05	3.78	9.57	5.67	42.35	7.45
1.2	2.12	3.52	4.05	11.98	6.	52.4	7.66
1.47	2.44	4.28	4.43	17.02	6.58	62.5	7.75
1.67	2.52	5.3	4.85	22.87	6.84		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	9.439	m <sup>2</sup> /day
S	0.3636	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error



T	9.439	1.699	m <sup>2</sup> /day
S	0.3636	0.1005	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.90
S	-0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares....	35.15 m <sup>2</sup>
Variance .....	2.068 m <sup>2</sup>
Std. Deviation .....	1.438 m
Mean .....	-1.332 m
No. of Residuals ...	19.
No. of Estimates ...	2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12)양수시험(20공)\MU000728.aqt  
 Title: MU000728  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:32:02

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 운남면 동암리  
 Test Well: BH-1(MU000728)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 19.1 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	111.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 24

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.42	10.9	2.17	20.98	5.2	27.24	18.45	34.
0.75	14.28	2.37	21.75	5.9	28.99	19.5	34.32
1.08	16.5	2.57	22.11	7.35	31.05	21.1	34.98
1.27	17.5	2.92	23.24	9.02	32.11	23.6	35.12
1.68	19.1	3.18	24.35	11.8	32.95	36.27	35.25
1.95	20.1	3.52	25.86	13.57	33.56	42.12	35.5

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	1.47	m <sup>2</sup> /day
S	0.02781	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	1.47	0.05968	m <sup>2</sup> /day
S	0.02781	0.002936	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.94
S	-0.94	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 40.81 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 1.855 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 1.362 m  
 Mean ..... 2.263E-11 m  
 No. of Residuals ... 24.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12\양수시험(20공)\MU000768.aqt  
 Title: MU000768  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:32:30

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 운남면 성내리  
 Test Well: BH-1(MU000768)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 96.1 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	100.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 37

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.17	9.	9.4	12.5	18.7	13.27	35.83	13.48
1.11	10.1	10.2	12.65	19.82	13.29	36.75	13.53
2.01	10.95	11.01	12.77	20.8	13.31	37.6	13.57
3.22	11.05	11.73	12.86	21.75	13.33	38.5	13.6
4.	11.76	12.8	12.96	22.94	13.37	39.6	13.63
4.95	12.01	13.75	13.05	24.32	13.41	40.67	13.66
5.43	12.15	14.7	13.09	26.75	13.45	43.1	13.67
6.07	12.25	15.67	13.13	28.45	13.46		
7.1	12.34	16.8	13.19	31.9	13.47		
8.3	12.39	17.75	13.25	32.11	13.47		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	6.801	m <sup>2</sup> /day
S	0.0004077	



Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000782.aqt  
 Title: MU000782  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:32:57

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 운남면 성내리  
 Test Well: BH-1(MU000782)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 90.5 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	143.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 26

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.4	0.4	42.05	0.88	85.28	1.1	108.7	1.19
7.	0.53	42.18	0.9	88.57	1.12	112.	1.2
10.22	0.58	50.45	0.98	92.05	1.14	115.2	1.22
13.48	0.64	66.97	1.02	95.32	1.15	118.7	1.25
16.82	0.69	75.17	1.06	98.55	1.16	122.	1.25
25.18	0.76	78.58	1.08	102.2	1.17		
33.75	0.85	82.08	1.09	105.3	1.18		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	89.75	m <sup>2</sup> /day
S	0.7014	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	89.75	43.46	m <sup>2</sup> /day
S	0.7014	2.46	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.99
S	-0.99	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 3.741 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.1559 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.3948 m  
 Mean ..... -0.3652 m  
 No. of Residuals ... 26.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무양보고서\Appendix\부록-12\양수시험(20공)\MU000782.aqt  
 Title: MU000782  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:33:23

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무양지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 운남면 성내리  
 Test Well: BH-1(MU000782)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 90.5 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	143.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 26

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
3.4	0.4	42.05	0.88	85.28	1.1	108.7	1.19
7.	0.53	42.18	0.9	88.57	1.12	112.	1.2
10.22	0.58	50.45	0.98	92.05	1.14	115.2	1.22
13.48	0.64	66.97	1.02	95.32	1.15	118.7	1.25
16.82	0.69	75.17	1.06	98.55	1.16	122.	1.25
25.18	0.76	78.58	1.08	102.2	1.17		
33.75	0.85	82.08	1.09	105.3	1.18		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	89.75	m <sup>2</sup> /day
S	0.7014	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters



Parameter	Estimate	Std. Error	
T	89.75	43.46	m <sup>2</sup> /day
S	0.7014	2.46	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.99
S	-0.99	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 3.741 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.1559 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 0.3948 m  
 Mean ..... -0.3652 m  
 No. of Residuals ... 26.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12\양수시험(20공)\MU000821.aqt  
 Title: MU000821  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:33:43

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 운남면 연리  
 Test Well: BH-1(MU000821)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 92.1 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

**Pumping Period Data**

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	146.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 20

**Observation Data**

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.15	4.84	1.83	6.33	5.12	6.74	13.5	6.94
0.75	5.9	2.28	6.41	6.32	6.79	18.9	6.95
0.97	6.1	3.02	6.49	6.82	6.85	19.72	6.96
1.4	6.22	3.32	6.55	7.97	6.91	21.5	6.96
1.65	6.27	4.22	6.66	9.5	6.93	23.42	6.97

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	23.49	m <sup>2</sup> /day
S	7.59E-05	

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000931.aqt  
 Title: MU000931  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:34:03

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 현경면 양학리  
 Test Well: BH-1(MU000931)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 72.03 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	120.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 21

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.42	2.47	1.8	6.72	3.63	9.36	17.97	13.99
0.65	3.52	2.03	7.35	3.87	9.6	22.47	14.3
0.82	4.12	2.35	7.72	4.63	10.16	28.22	14.75
1.	4.77	2.68	8.07	4.82	10.28		
1.2	5.45	2.87	8.42	8.07	12.31		
1.48	6.1	3.33	9.01	10.75	13.12		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	2.999	m <sup>2</sup> /day
S	0.1818	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	2.999	0.2428	m <sup>2</sup> /day
S	0.1818	0.01928	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.89
S	-0.89	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 27.26 m<sup>2</sup>  
Variance ..... 1.435 m<sup>2</sup>  
Std. Deviation ..... 1.198 m  
Mean ..... -1.089 m  
No. of Residuals ... 21.  
No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU000970.aqt  
 Title: MU000970  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:34:24

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관지조사사업  
 Location: 무안군 현경면 외반리  
 Test Well: pw-1(6-1809)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 98.8 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

**Pumping Period Data**

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	115.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 27

**Observation Data**

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.17	0.35	1.95	0.9	8.28	1.55	34.4	2.35
0.33	0.45	2.22	0.95	9.93	1.65	40.3	2.45
0.47	0.55	3.53	1.15	12.58	1.75	45.98	2.55
0.8	0.65	4.05	1.25	17.75	1.95	52.08	2.65
0.98	0.7	4.2	1.3	21.2	2.05	61.95	2.75
1.33	0.8	5.58	1.35	24.63	2.15	69.45	2.81
1.58	0.85	6.7	1.45	30.2	2.25		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	22.72	m <sup>2</sup> /day
S	0.7218	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	22.72	5.192	m <sup>2</sup> /day
S	0.7218	0.1984	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.92
S	-0.92	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 14.43 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 0.5774 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 0.7598 m  
 Mean ..... -0.7064 m  
 No. of Residuals ... 27.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무양보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU001036.aqt  
 Title: MU001036  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:34:52

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무양지구 지하수 관리조사 사업  
 Location: 무안군 현경면 해운리  
 Test Well: BH-1(MU001036)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 30.5 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	219.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 33

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.1	0.15	1.	2.	10.	10.4	100.	17.6
0.2	0.3	2.	3.7	20.	12.5	200.	19.1
0.3	0.7	3.	5.5	30.	13.7	300.	19.8
0.4	0.83	4.	6.5	40.	14.5	400.	20.3
0.5	1.05	5.	7.3	50.	15.1	500.	20.39
0.6	1.27	6.	7.9	60.	15.7	600.	20.39
0.7	1.48	7.	8.6	70.	16.3		
0.8	1.63	8.	9.3	80.	16.8		
0.9	1.8	9.	9.9	90.	17.3		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	6.367	m <sup>2</sup> /day
S	0.5156	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	6.367	0.715	m <sup>2</sup> /day
S	0.5156	0.07162	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.84
S	-0.84	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 560. m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 18.06 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 4.25 m  
 Mean ..... -3.932 m  
 No. of Residuals ... 33.  
 No. of Estimates ... 2



Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU001038.aqt  
 Title: MU001038  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:35:25

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관리조사사업  
 Location: 무안군 현경면 해운리  
 Test Well: BH-1(MU001038)

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 95.6 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.1	126.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 49

<u>Observation Data</u>							
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
0.65	5.	1.95	6.96	5.62	9.02	29.4	10.72
0.73	5.38	2.03	7.	5.92	9.1	32.87	10.8
0.83	5.48	2.08	7.05	6.25	9.2	36.78	10.86
1.1	5.9	2.27	7.28	7.12	9.4	41.05	10.93
1.22	6.14	2.47	7.42	9.23	9.75	43.1	10.96
1.3	6.22	2.67	7.58	11.32	9.97	45.53	10.99
1.4	6.3	2.77	7.65	12.92	10.1	53.67	11.02
1.45	6.4	2.88	7.75	14.28	10.2	54.2	11.09
1.52	6.5	3.	7.82	17.1	10.35	55.25	11.1
1.62	6.58	4.33	8.55	19.17	10.46	61.3	11.16
1.7	6.67	4.67	8.52	21.32	10.52		
1.77	6.75	4.8	8.75	23.07	10.58		
1.9	6.9	4.93	8.8	27.32	10.69		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>
------------------	-----------------

T	6.72	m <sup>2</sup> /day
S	0.03669	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	6.72	4.343	m <sup>2</sup> /day
S	0.03669	0.0391	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.97
S	-0.97	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 3508.4 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 74.65 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation..... 8.64 m  
 Mean ..... 8.278 m  
 No. of Residuals ... 49.  
 No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무암보고서\Appendix(부록-12)양수시험(20공)\MU001048.aqt  
 Title: MU001048  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:35:44

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무암지구 지하수관리조사사업  
 Location: 무안군 현경면 현화리  
 Test Well: BH-1(MU001048)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 116.1 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	212.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 21

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.53	2.08	2.15	2.96	4.33	3.14	8.75	3.27
0.75	2.31	2.66	3.02	4.77	3.16	14.93	3.32
1.05	2.55	2.95	3.05	5.16	3.18	15.03	3.33
1.32	2.72	3.42	3.08	5.57	3.2		
1.52	2.83	3.79	3.11	6.1	3.22		
1.83	2.91	4.07	3.13	6.7	3.24		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	39.65	m <sup>2</sup> /day
S	0.03964	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS****Estimated Parameters**

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	39.65	97.75	m <sup>2</sup> /day
S	0.03964	0.06257	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.99
S	-0.99	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares.... 143. m<sup>2</sup>  
Variance ..... 7.527 m<sup>2</sup>  
Std. Deviation ..... 2.743 m  
Mean ..... 2.604 m  
No. of Residuals ... 21.  
No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무암보고서\Appendix\부록-12\양수시험(20공)\MU001051.aqt  
 Title: MU001051  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:36:09

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무암지구 지하수관리조사사업  
 Location: 무안군 현경면 현화리  
 Test Well: BH-1(MU001051)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 92.03 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	150.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 31

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.22	0.93	1.57	3.63	2.83	4.53	19.17	6.68
0.3	1.13	1.63	3.73	3.05	4.78	20.83	6.73
0.42	1.48	1.73	3.83	3.43	4.93	22.35	6.78
0.53	1.93	1.85	3.93	4.	5.18	24.3	6.84
0.67	2.38	1.97	4.03	5.35	5.48	26.42	6.93
0.92	2.68	2.15	4.23	7.12	5.78	31.5	7.03
1.02	2.83	2.33	4.33	11.33	6.18	33.43	7.05
1.38	3.43	2.65	4.43	15.33	6.48		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	9.066	m <sup>2</sup> /day
S	0.1649	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	9.066	4.309	m <sup>2</sup> /day
S	0.1649	0.1432	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.88
S	-0.88	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 663.6 m<sup>2</sup>  
Variance ..... 22.88 m<sup>2</sup>  
Std. Deviation ..... 4.784 m  
Mean ..... 4.334 m  
No. of Residuals ... 31.  
No. of Estimates ... 2

Data Set: G:\2002 지하수관리조사\무망보고서\Appendix\부록-12)양수시험(20공)\MU001061.aqt  
 Title: MU001061  
 Date: 05/03/03  
 Time: 18:38:28

**PROJECT INFORMATION**

Company: 농업기반공사  
 Client: 지하수부  
 Project: 무망지구 지하수관리조사사업  
 Location: 무안군 현경면 현화리  
 Test Well: BH-1(MU001061)

**AQUIFER DATA**

Saturated Thickness: 77.05 m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

**PUMPING WELL DATA**

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: PW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.1	100.

**OBSERVATION WELL DATA**

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: OW 1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 42

Observation Data							
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
0.17	1.05	1.9	8.95	3.98	14.95	9.15	24.25
0.33	1.3	2.05	9.45	4.1	15.05	10.2	25.85
0.53	1.55	2.32	10.45	4.43	15.95	11.08	26.35
0.6	2.25	2.6	11.35	4.97	17.05	11.98	28.05
0.73	3.85	2.72	11.65	5.23	17.7	12.55	28.85
0.92	4.6	2.8	11.85	5.73	18.85	14.92	30.55
1.25	6.35	2.93	12.25	6.3	19.85	17.73	33.45
1.33	6.85	3.07	12.65	6.95	21.05	18.78	33.55
1.42	7.05	3.17	12.85	7.1	21.35	18.98	32.85
1.58	7.75	3.25	13.05	8.05	22.85		
1.75	8.45	3.67	14.25	8.27	23.25		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Cooper-Jacob

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

**Estimated Parameters**

Parameter	Estimate	
T	1.353	m <sup>2</sup> /day
S	0.1967	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	1.353	0.36	m <sup>2</sup> /day
S	0.1967	0.04475	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.92
S	-0.92	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . 1.328E+04 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 332. m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 18.22 m  
 Mean . . . . . 15.25 m  
 No. of Residuals . . . 42.  
 No. of Estimates . . . 2



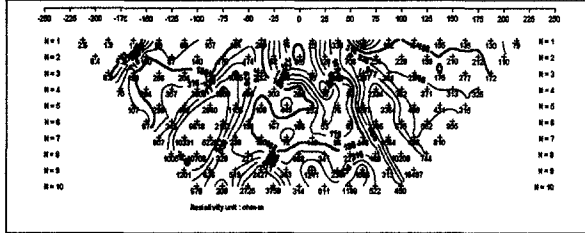
여 백

<부록-13> 전기비저항 수평탐사  
(쌍극자배열) 결과

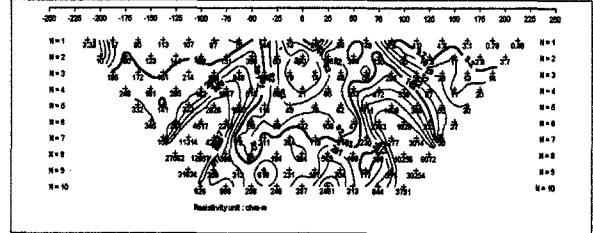
여 백



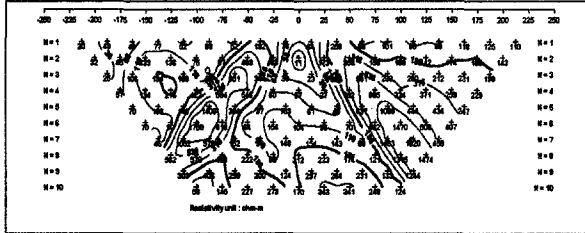
D-5(MA13, 경용리) (Field Data Pseudosection)



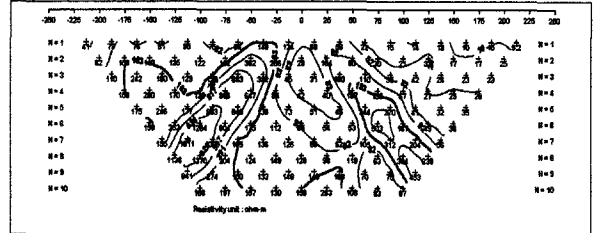
D-6(MA11, 동산리) (Field Data Pseudosection)



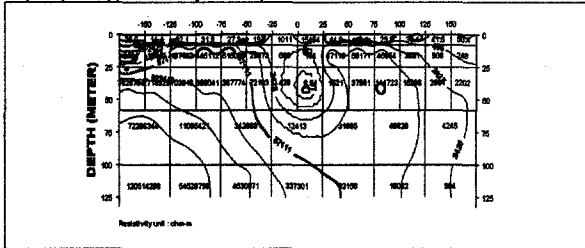
D-5(MA13, 경용리) (Theoretical Data Pseudosection)



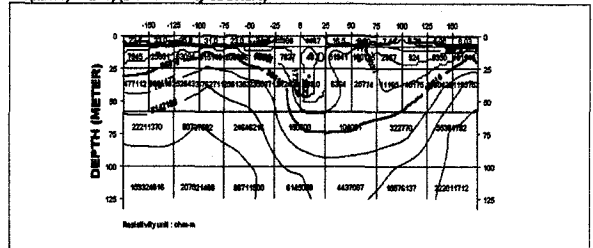
D-6(MA11, 동산리) (Theoretical Data Pseudosection)



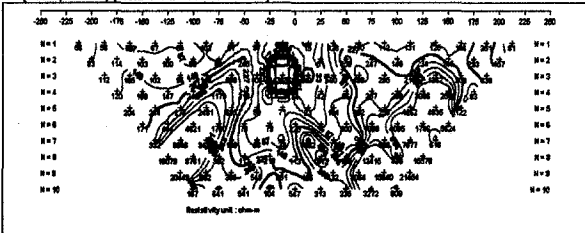
D-5(MA13, 경용리) (2-D Resistivity Structure)



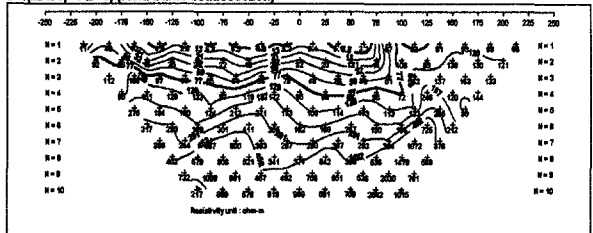
D-6(MA11, 동산리) (2-D Resistivity Structure)



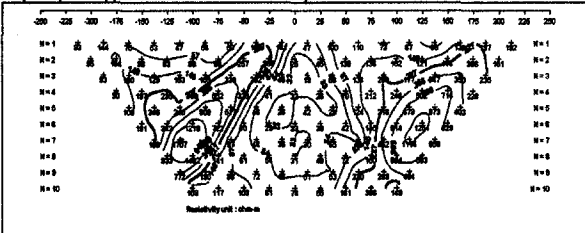
D-7(MA04, 외반리) (Field Data Pseudosection)



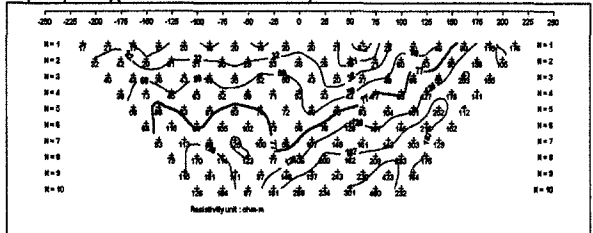
D-8(MA04, 외반리) (Field Data Pseudosection)



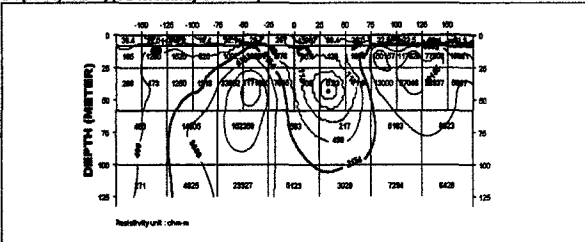
D-7(MA04, 외반리) (Theoretical Data Pseudosection)



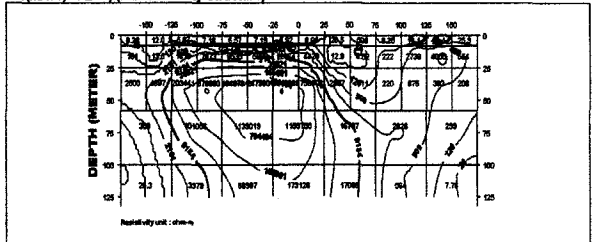
D-8(MA04, 외반리) (Theoretical Data Pseudosection)



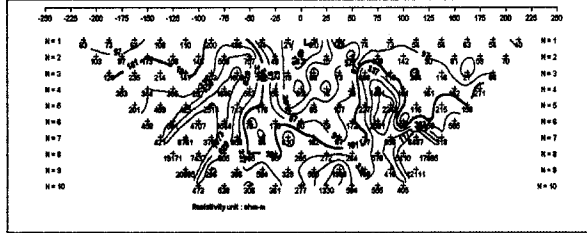
D-7(MA04, 외반리) (2-D Resistivity Structure)



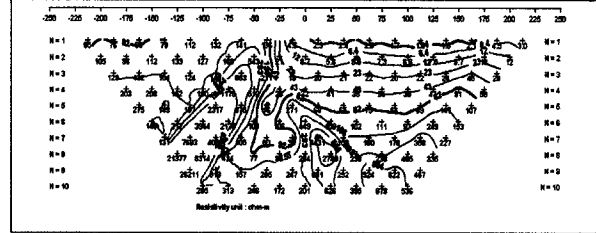
D-8(MA04, 외반리) (2-D Resistivity Structure)



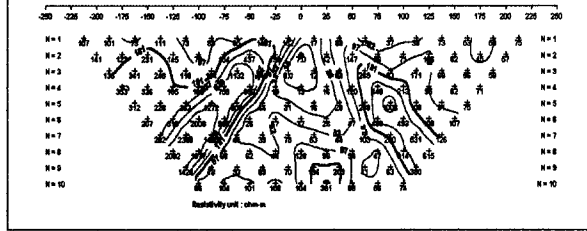
D-9(MA11, 외반리) (Field Data Pseudosection)



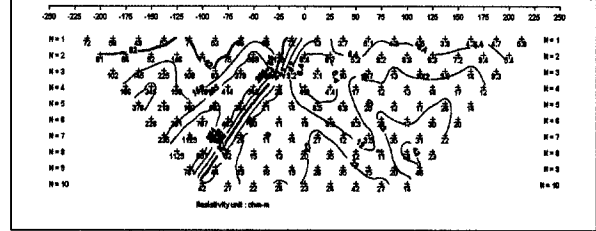
D-10(MA14, 하묘리) (Field Data Pseudosection)



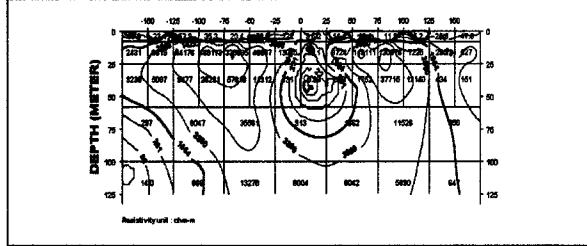
D-9(MA11, 외반리) (Theoretical Data Pseudosection)



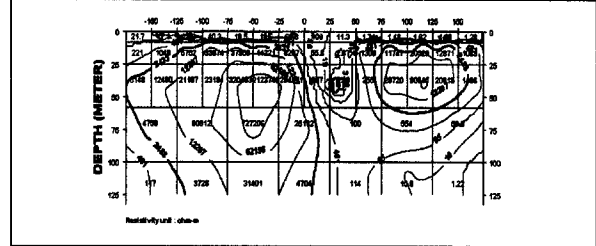
D-10(MA14, 하묘리) (Theoretical Data Pseudosection)



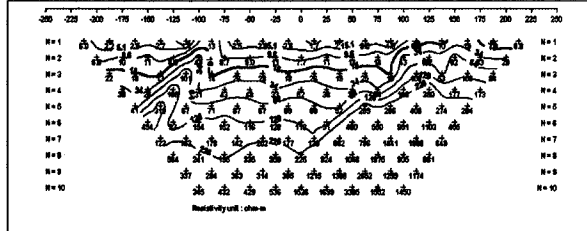
D-9(MA11, 외반리) (2-D Resistivity Structure)



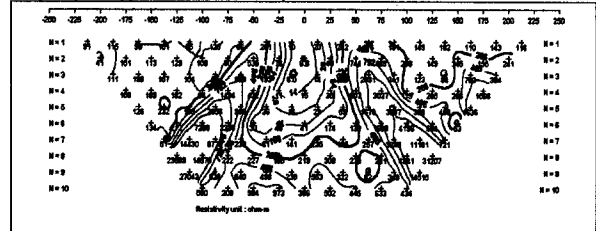
D-10(MA14, 하묘리) (2-D Resistivity Structure)



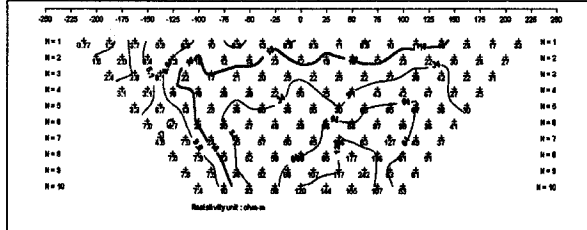
D-11(MA11, 송현리) (Field Data Pseudosection)



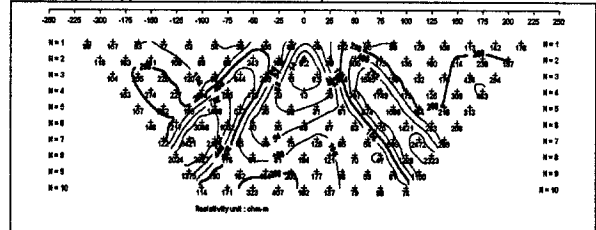
D-12(MA03, 현좌리) (Field Data Pseudosection)



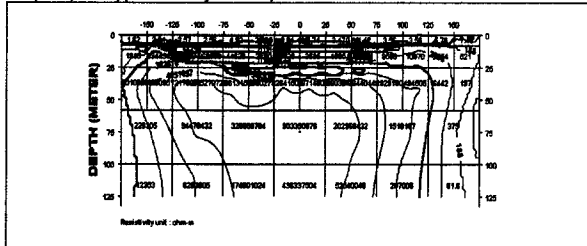
D-11(MA11, 송현리) (Theoretical Data Pseudosection)



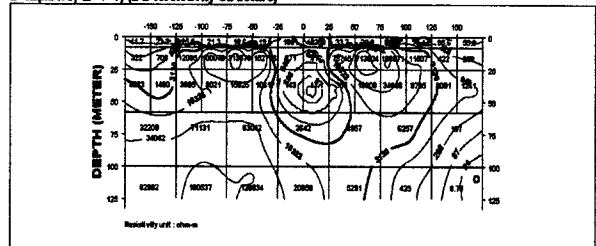
D-12(MA03, 현좌리) (Theoretical Data Pseudosection)



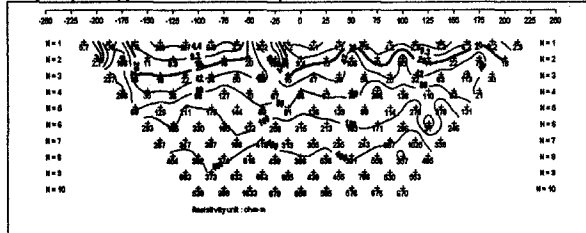
D-11(MA11, 송현리) (2-D Resistivity Structure)



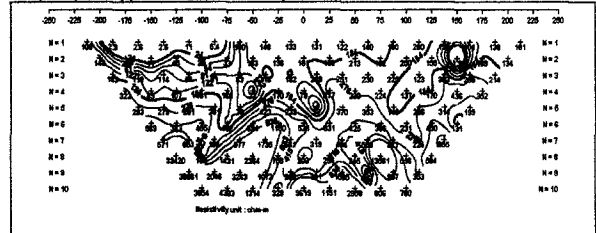
D-12(MA03, 현좌리) (2-D Resistivity Structure)



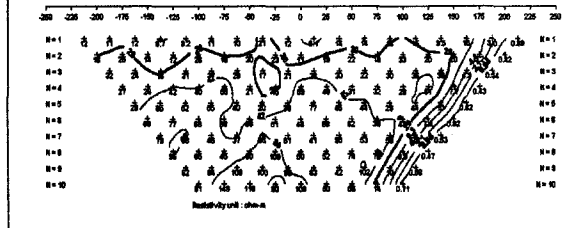
D-13(MA02, 현좌리) (Field Data Pseudosection)



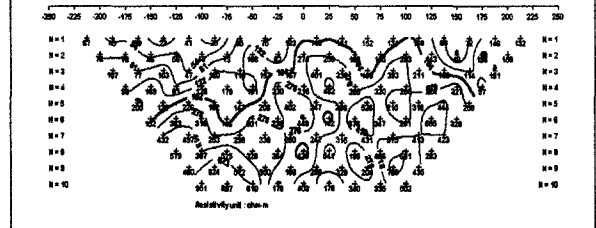
D-14(MA01, 해운리) (Field Data Pseudosection)



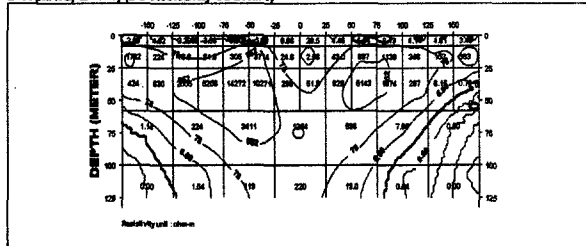
D-13(MA02, 현좌리) (Theoretical Data Pseudosection)



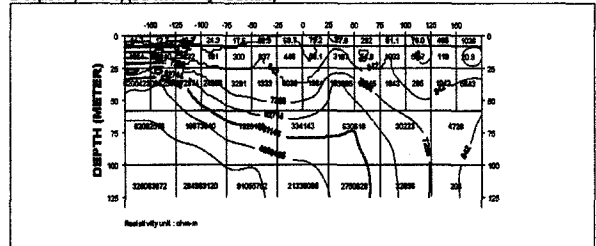
D-14(MA01, 해운리) (Theoretical Data Pseudosection)



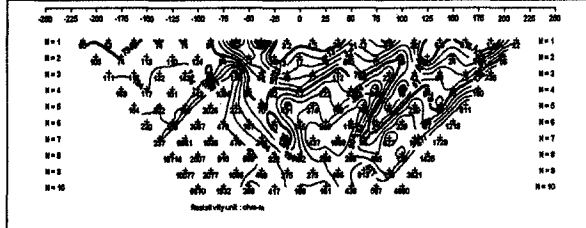
D-13(MA02, 현좌리) (2-D Resistivity Structure)



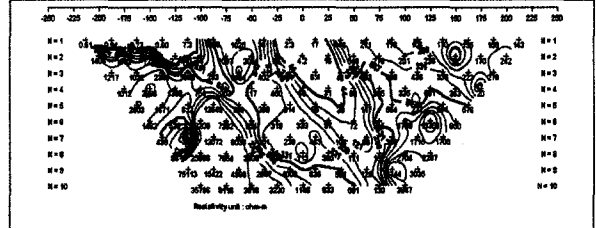
D-14(MA01, 해운리) (2-D Resistivity Structure)



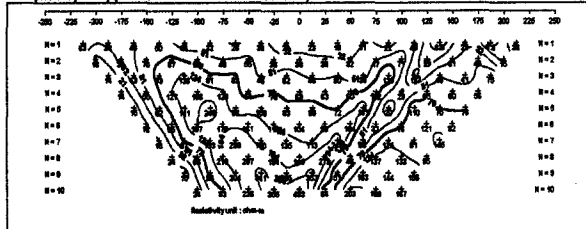
D-15(MA15, 내리) (Field Data Pseudosection)



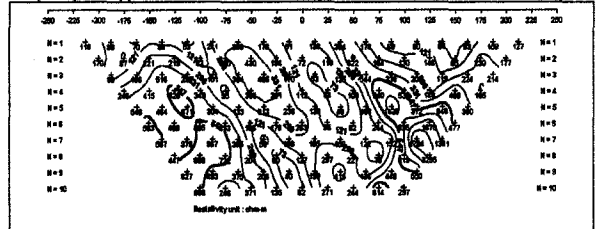
D-16(MA16, 성내리) (Field Data Pseudosection)



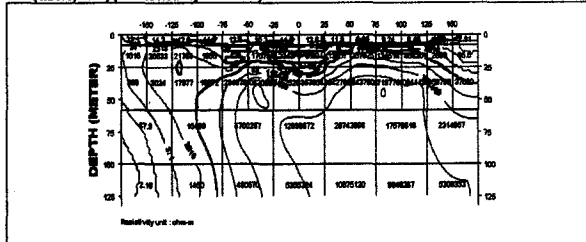
D-15(MA15, 내리) (Theoretical Data Pseudosection)



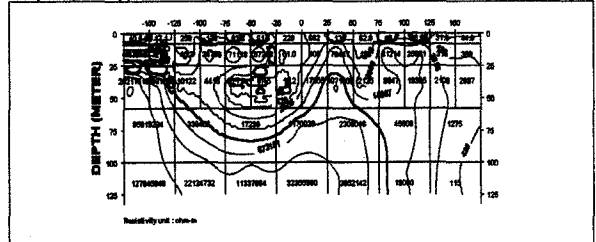
D-16(MA16, 성내리) (Theoretical Data Pseudosection)



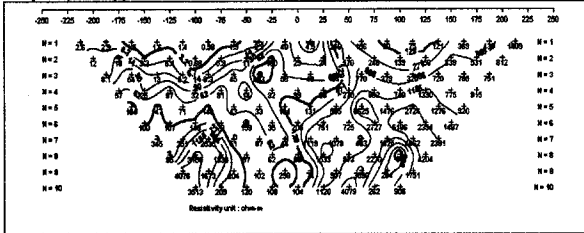
D-15(MA15, 내리) (2-D Resistivity Structure)



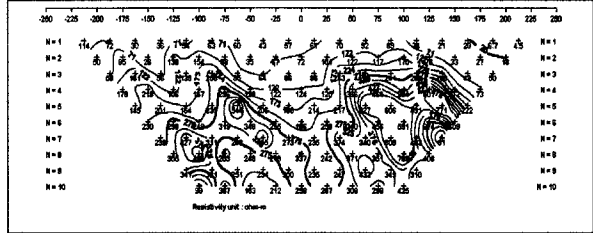
D-16(MA16, 성내리) (2-D Resistivity Structure)



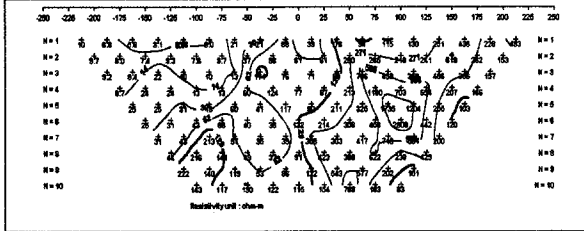
D-17(MA19, 성내리) (Field Data Pseudosection)



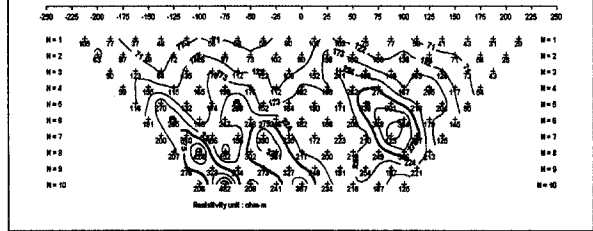
D-18(MA15, 내리) (Field Data Pseudosection)



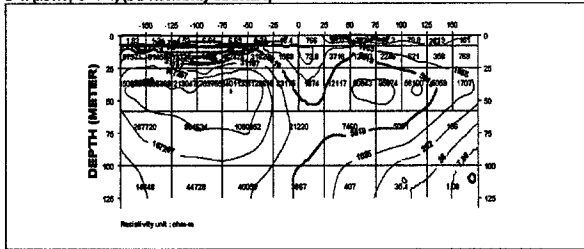
D-17(MA19, 성내리) (Theoretical Data Pseudosection)



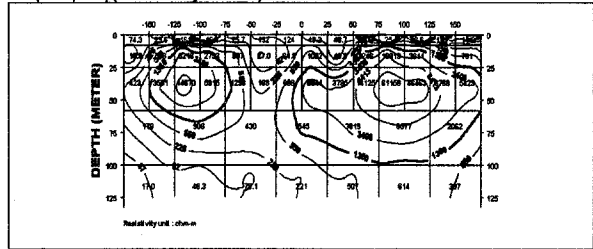
D-18(MA15, 내리) (Theoretical Data Pseudosection)



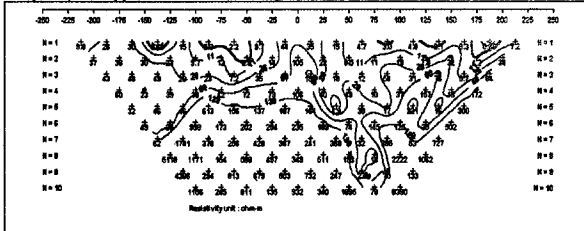
D-17(MA19, 성내리) (2-D Resistivity Structure)



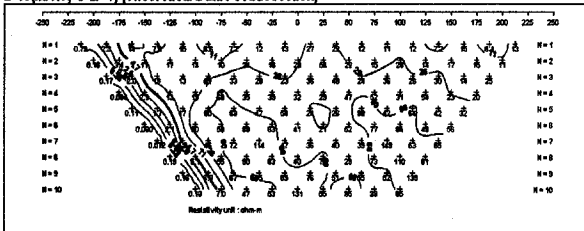
D-18(MA15, 내리) (2-D Resistivity Structure)



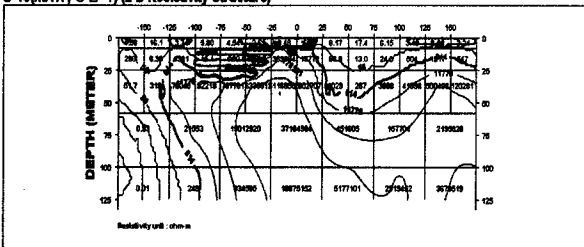
D-19(MA17, 동암리) (Field Data Pseudosection)



D-19(MA17, 동암리) (Theoretical Data Pseudosection)



D-19(MA17, 동암리) (2-D Resistivity Structure)





여 백

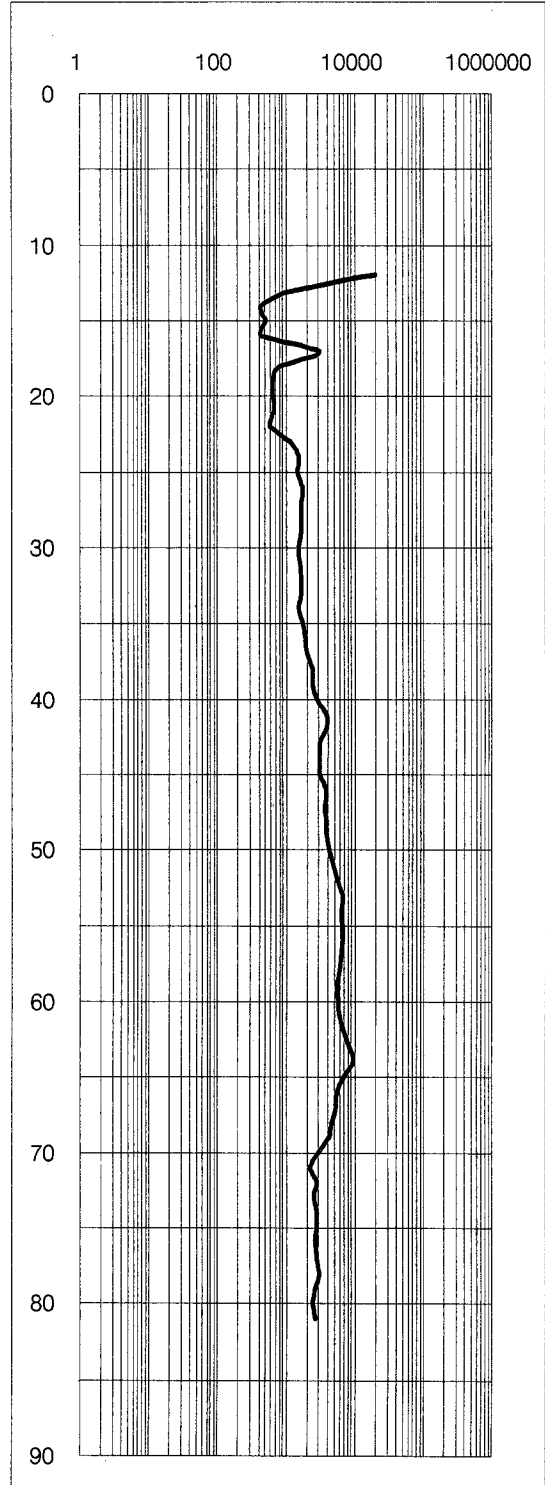
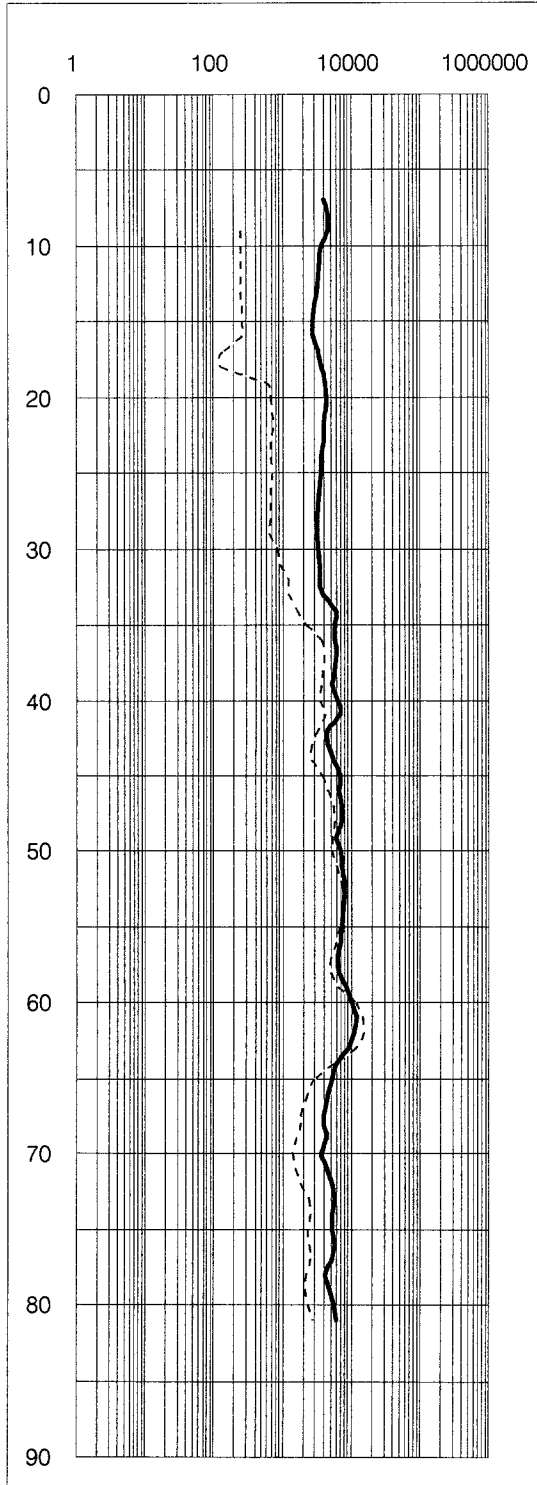
<부록-14> 물리검층 결과

여 백

# 【MU001019】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

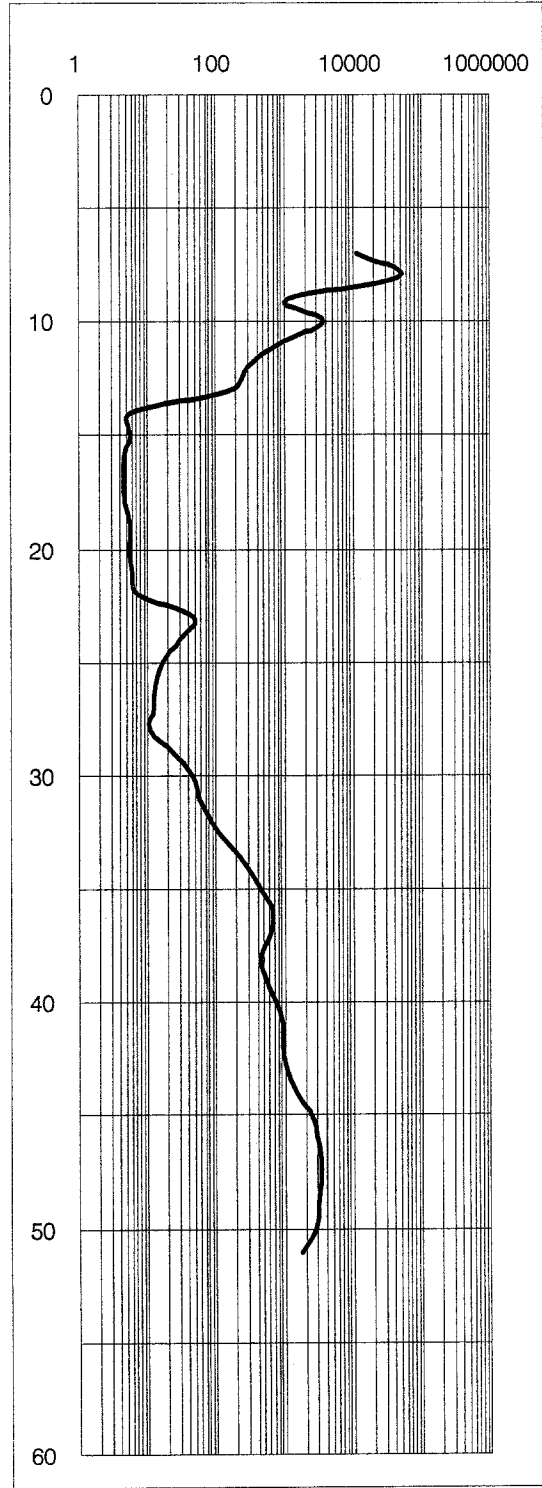
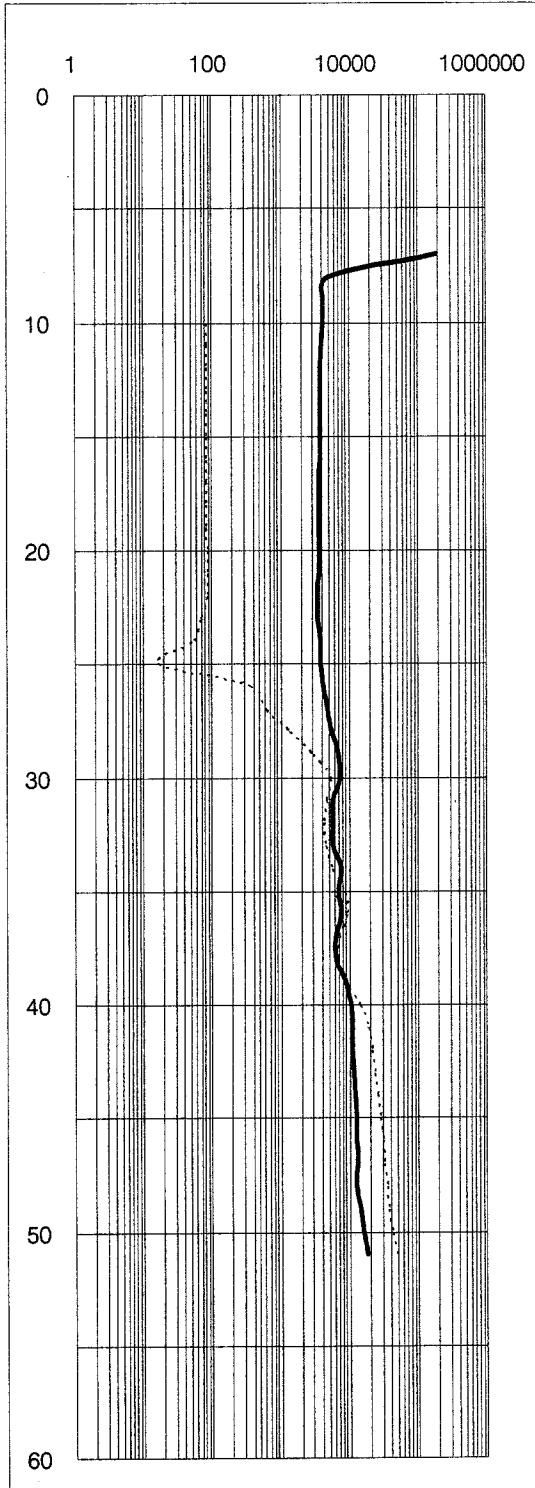
long lateral(LAT 18")



# 【MU001057】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

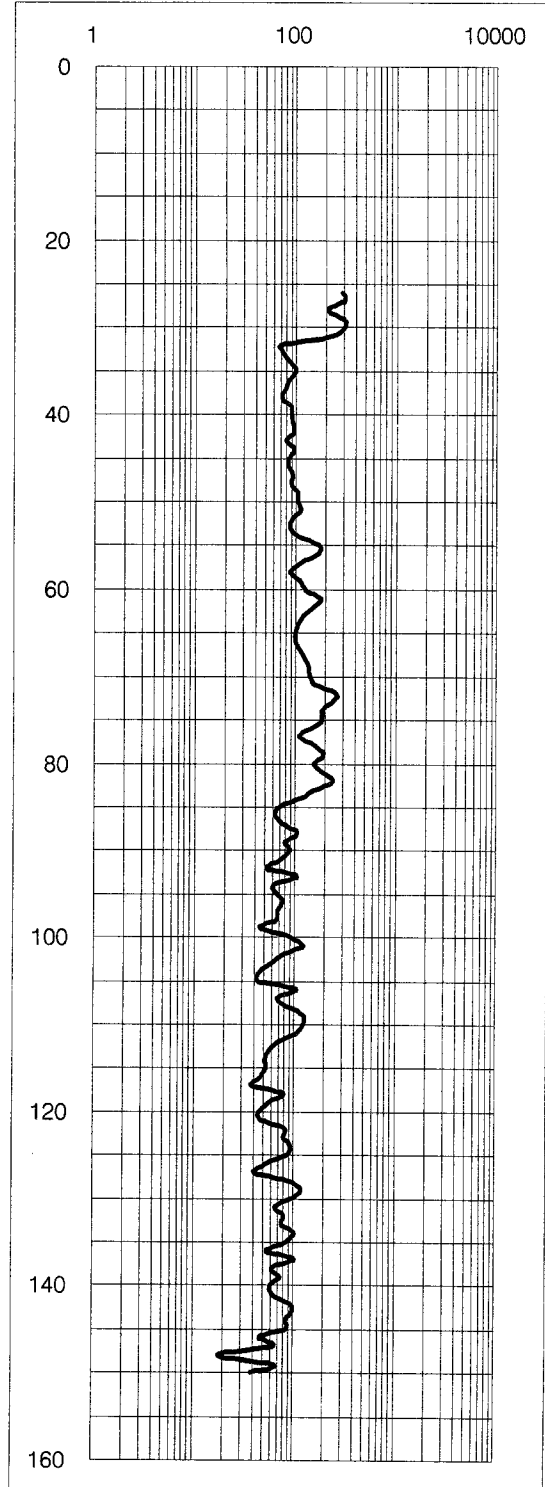
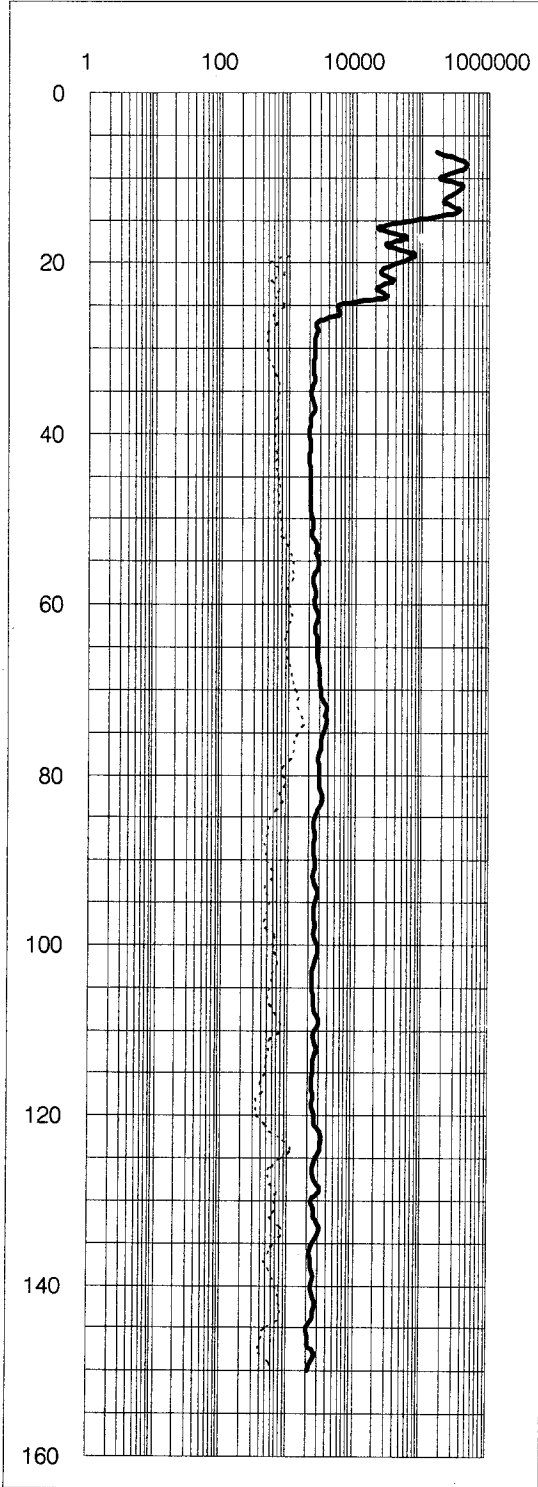
long lateral(LAT 18")



# 【MU000445】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

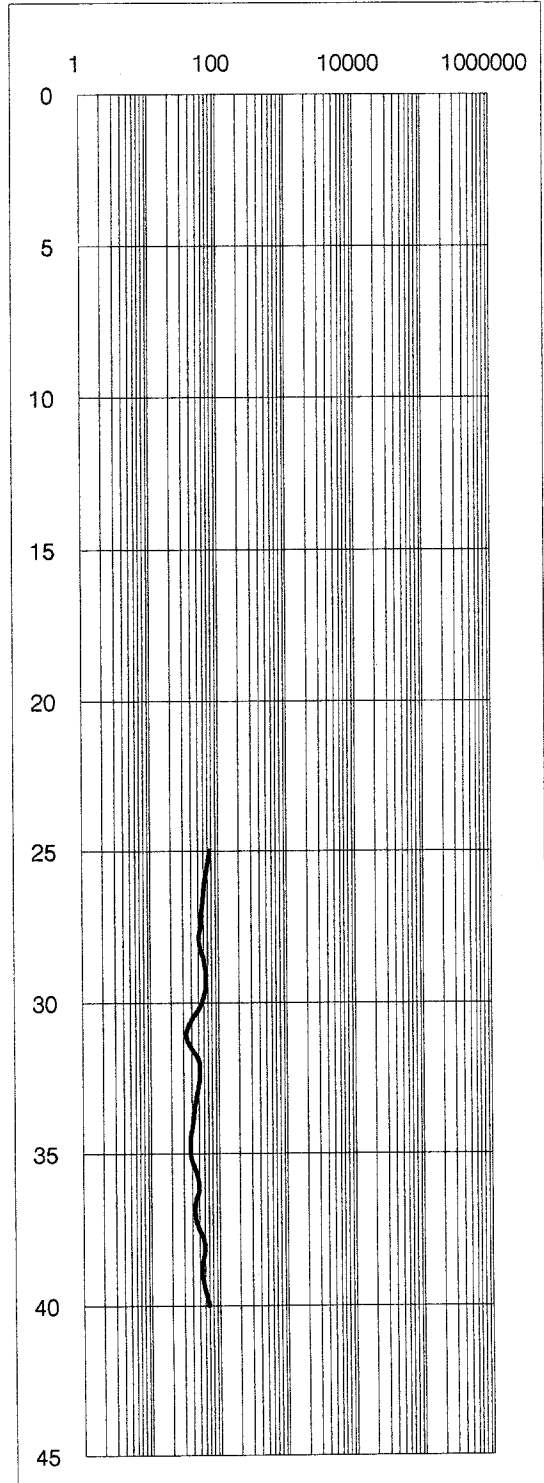
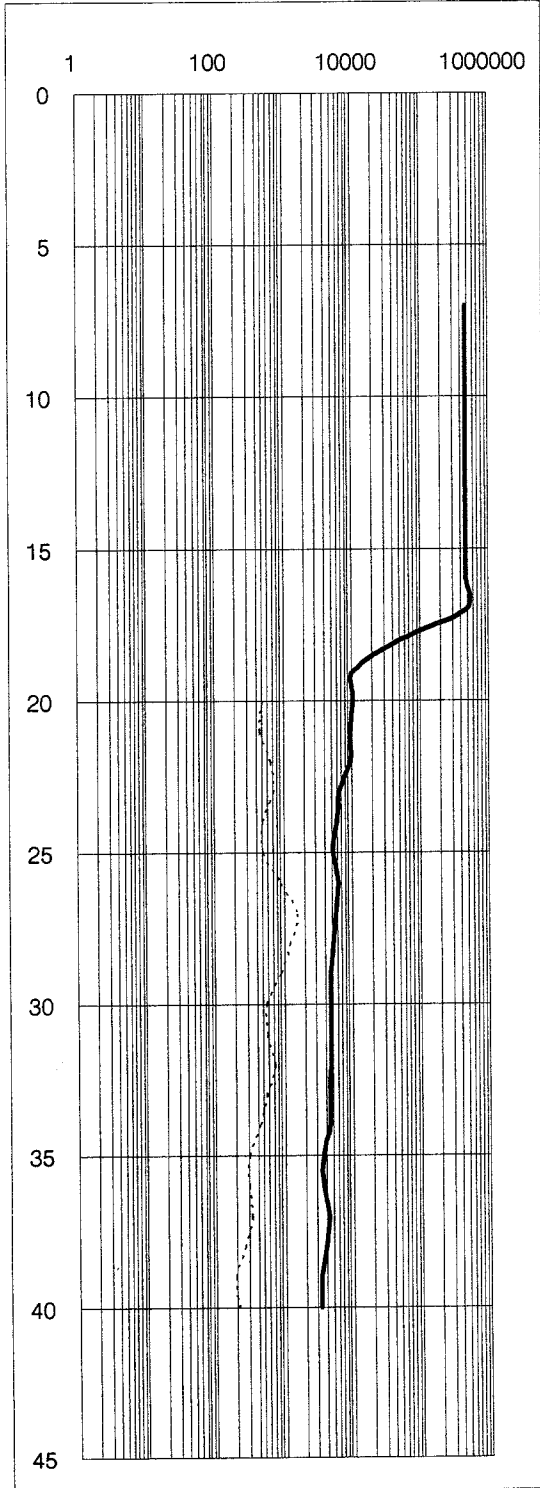
long lateral(LAT 18")



# 【MU000259】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

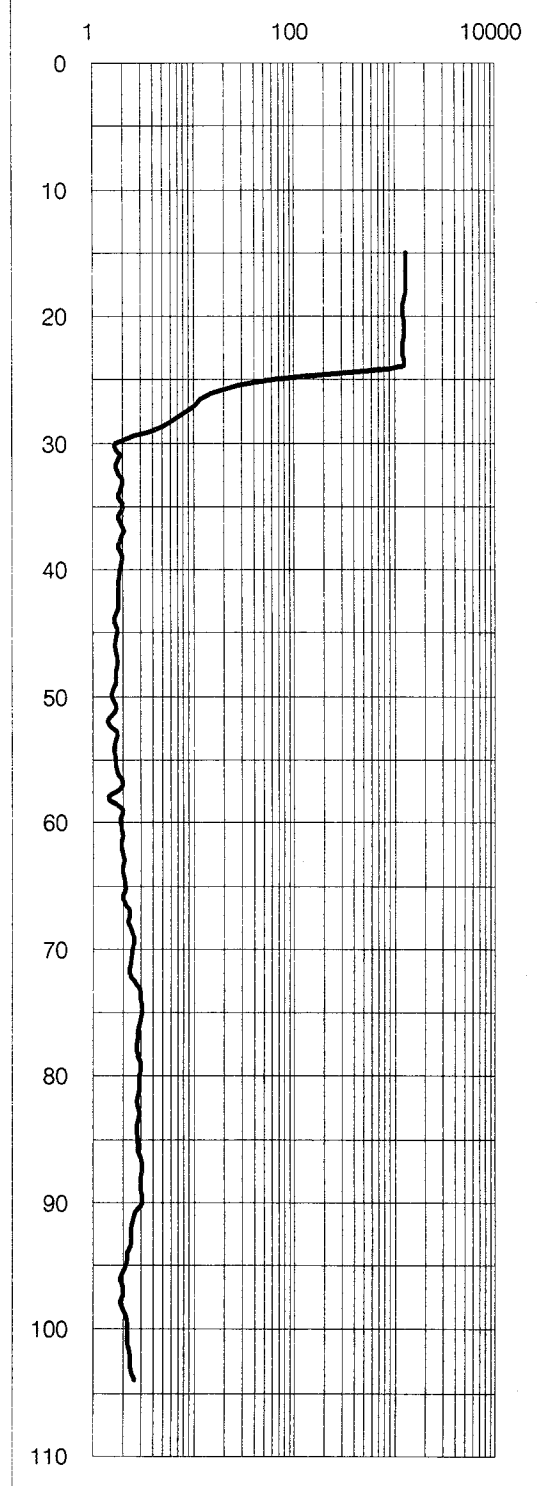
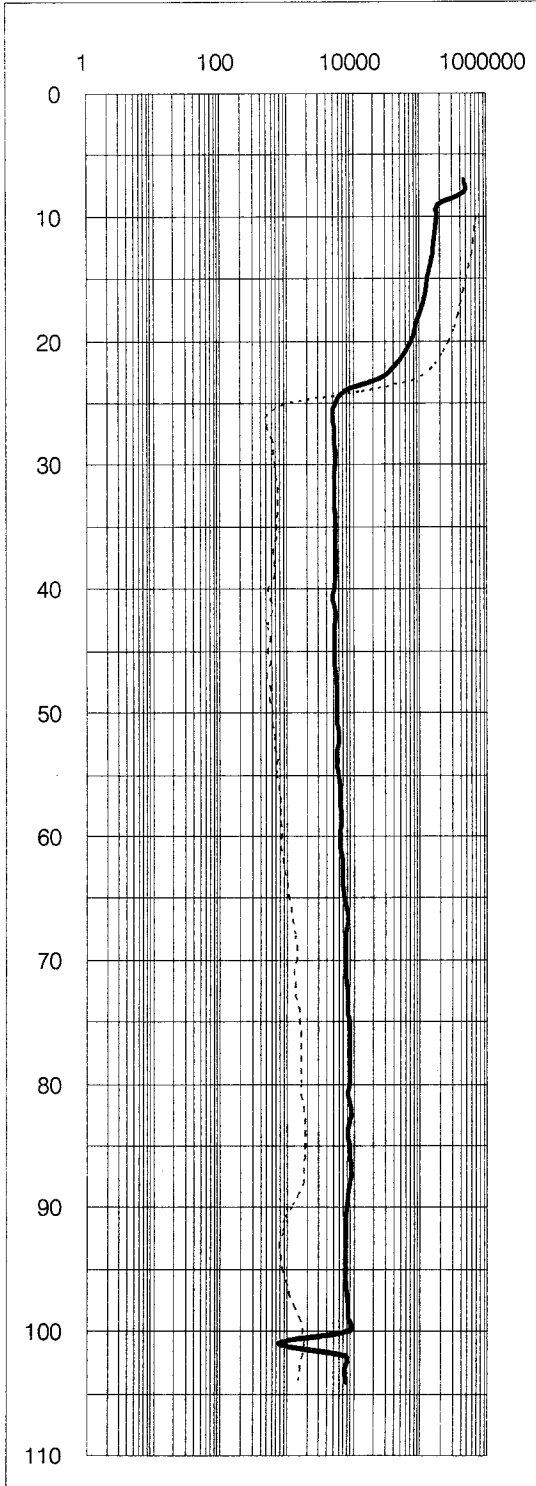
long lateral(LAT 18")



# 【MU000465】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

long lateral(LAT 18")

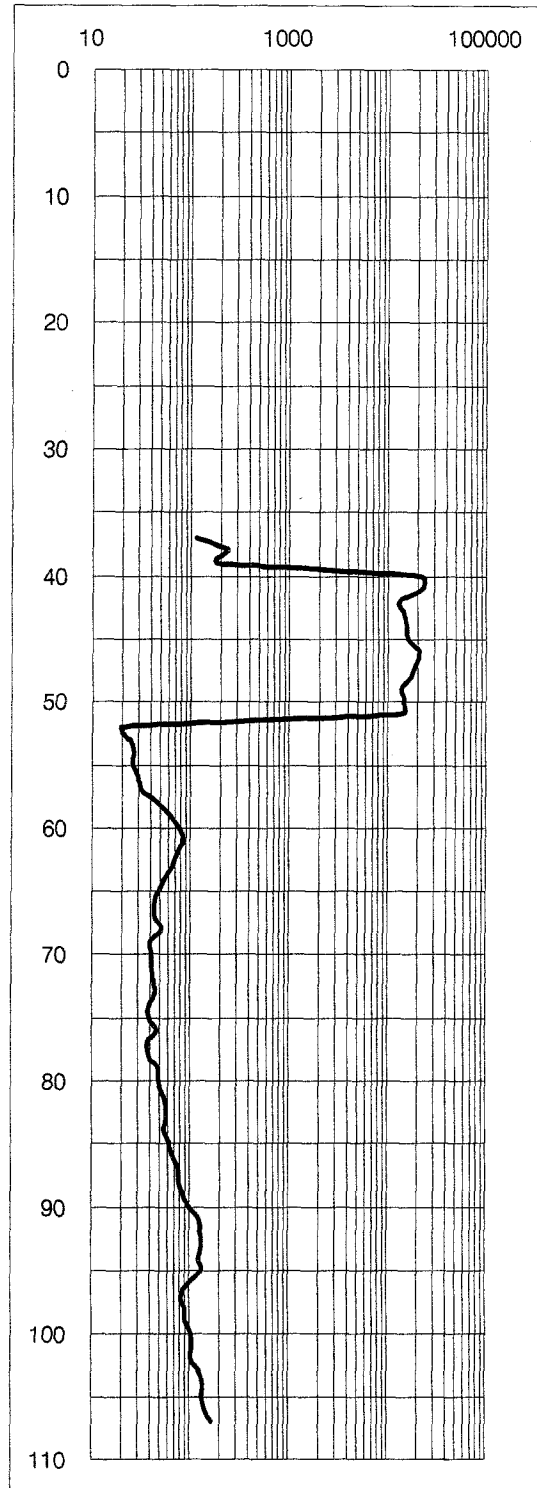
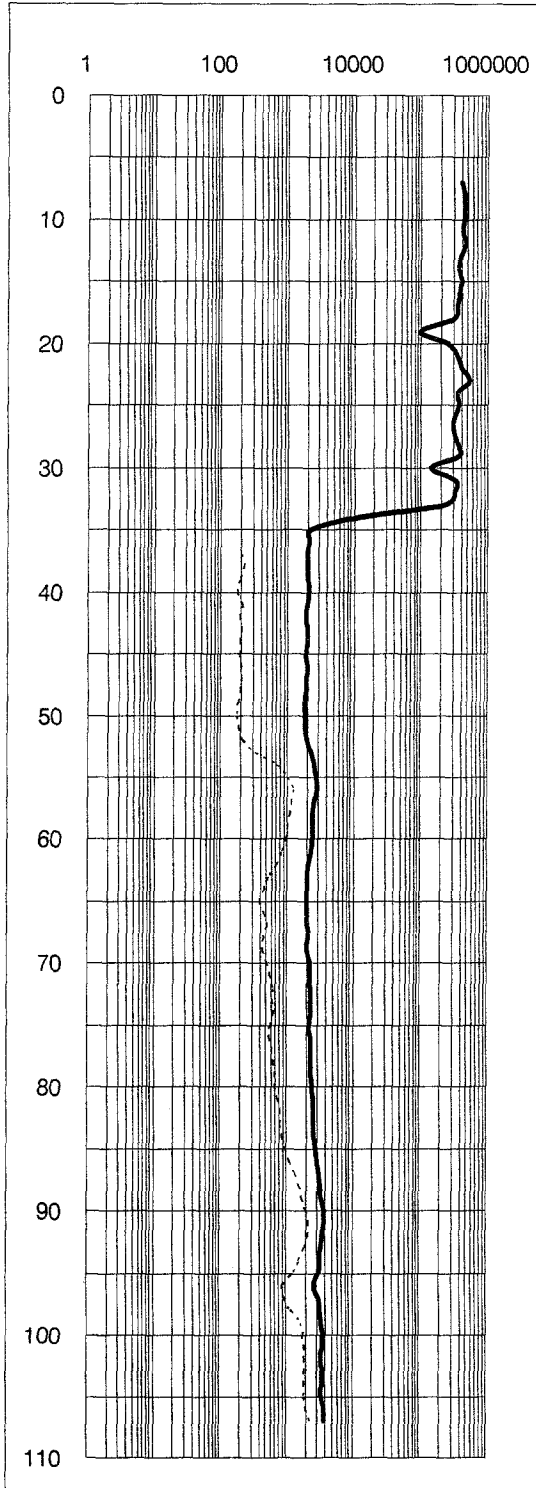




# 【MU000455】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

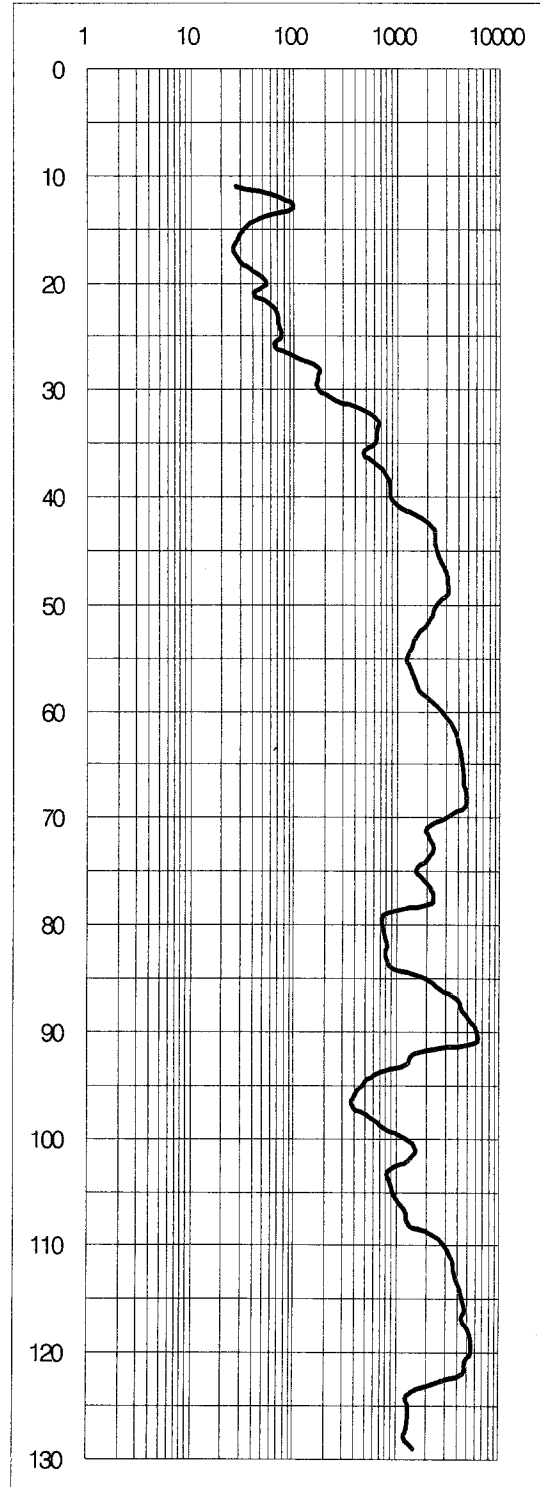
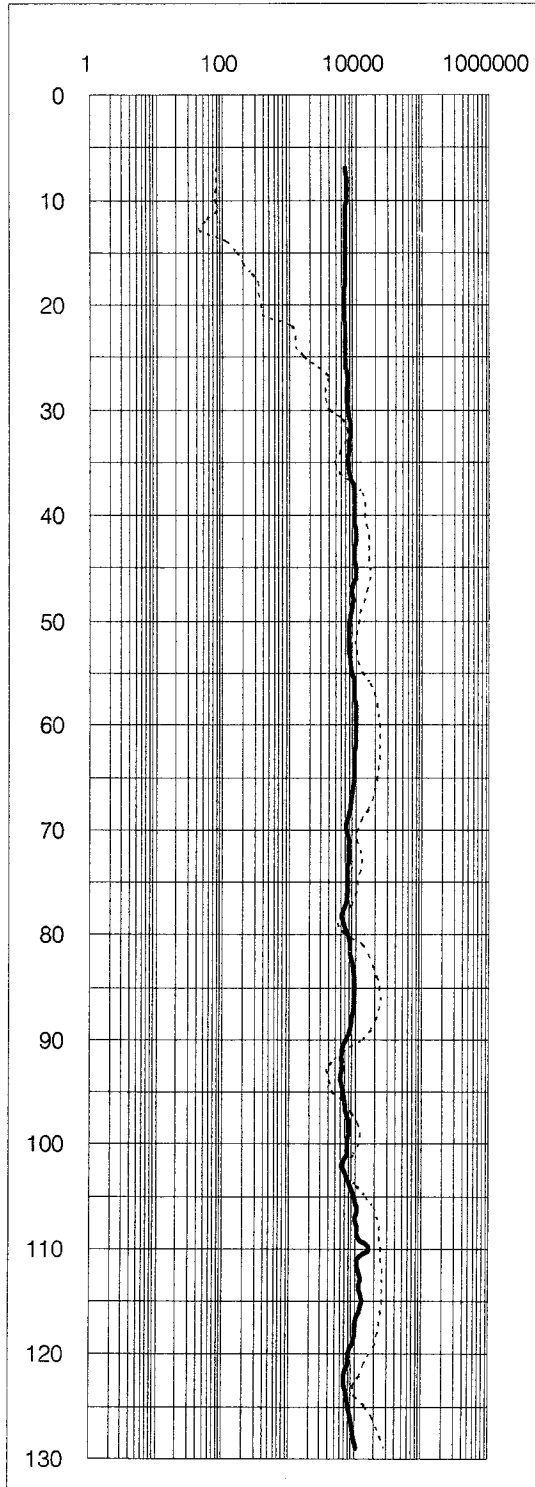
long lateral(LAT 18")



# 【MU000923】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

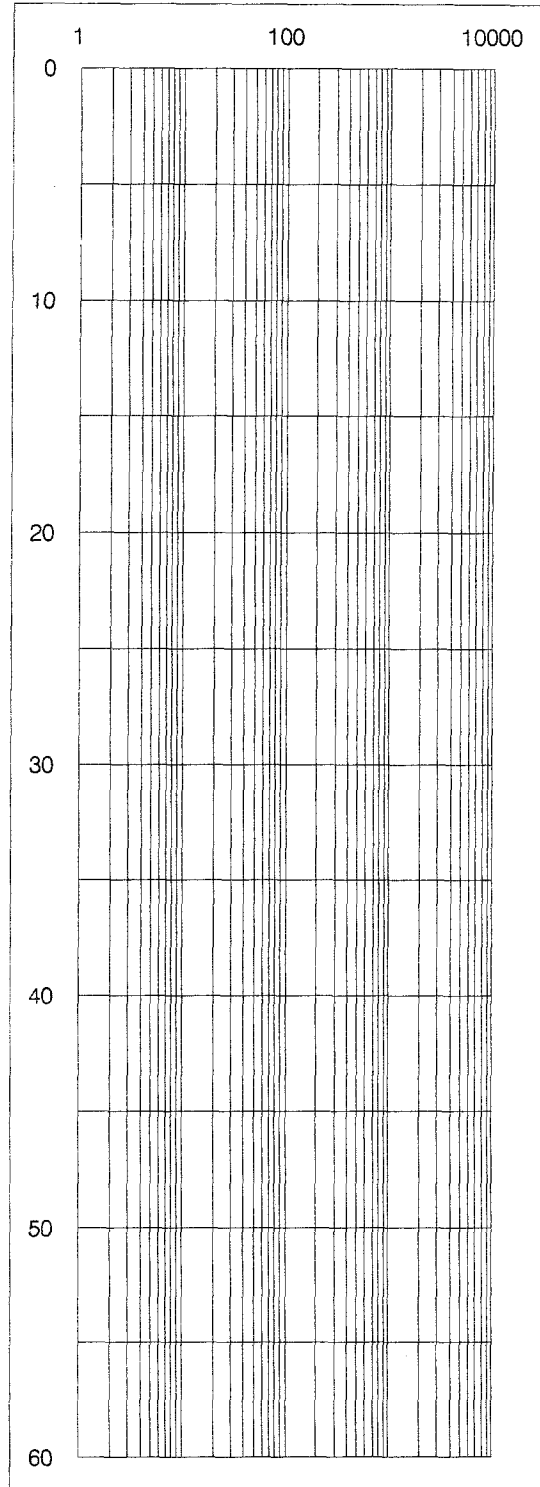
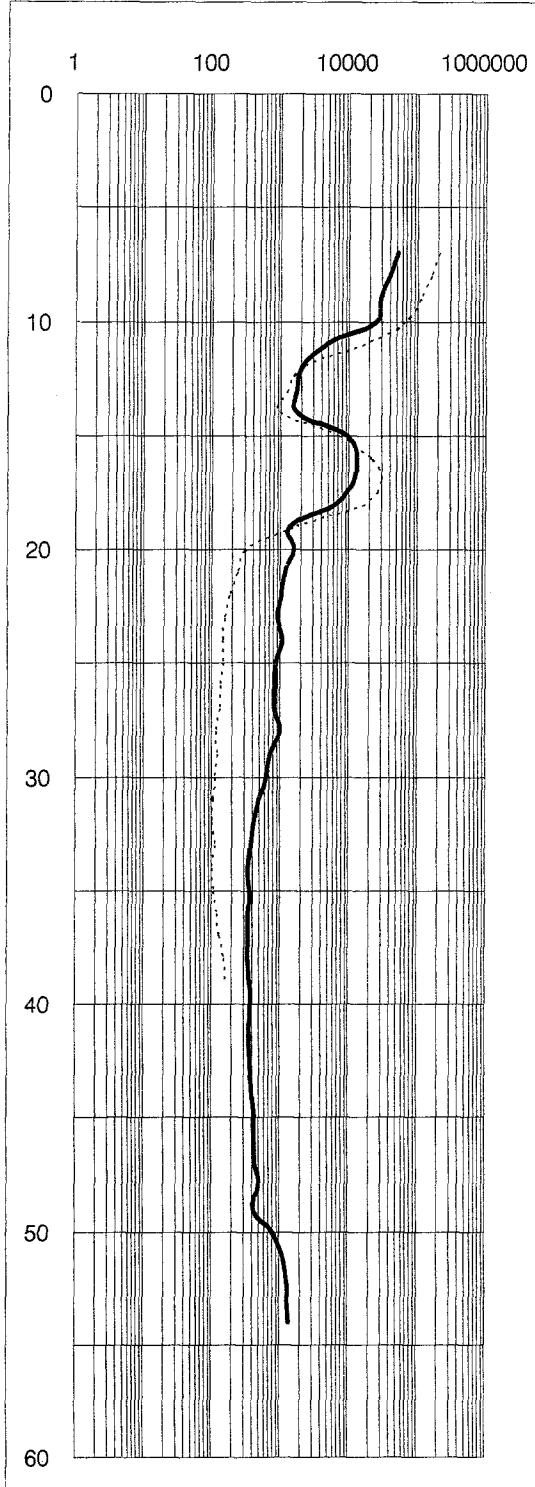
long lateral(LAT 18")



【MU000474】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

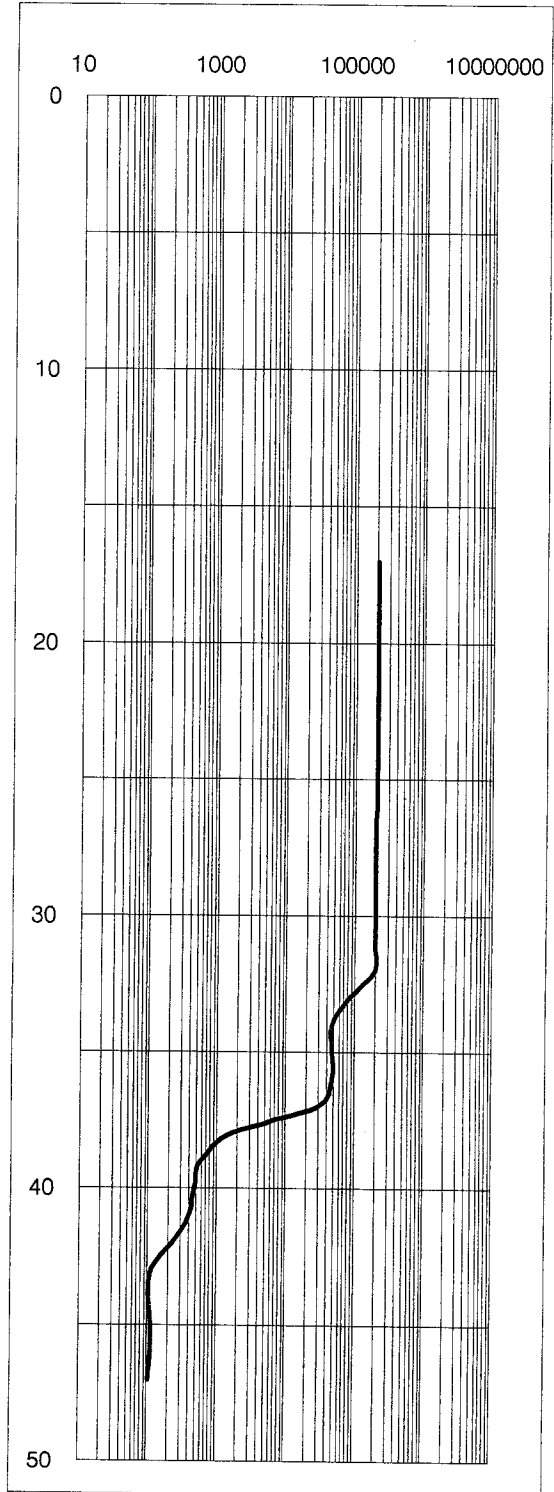
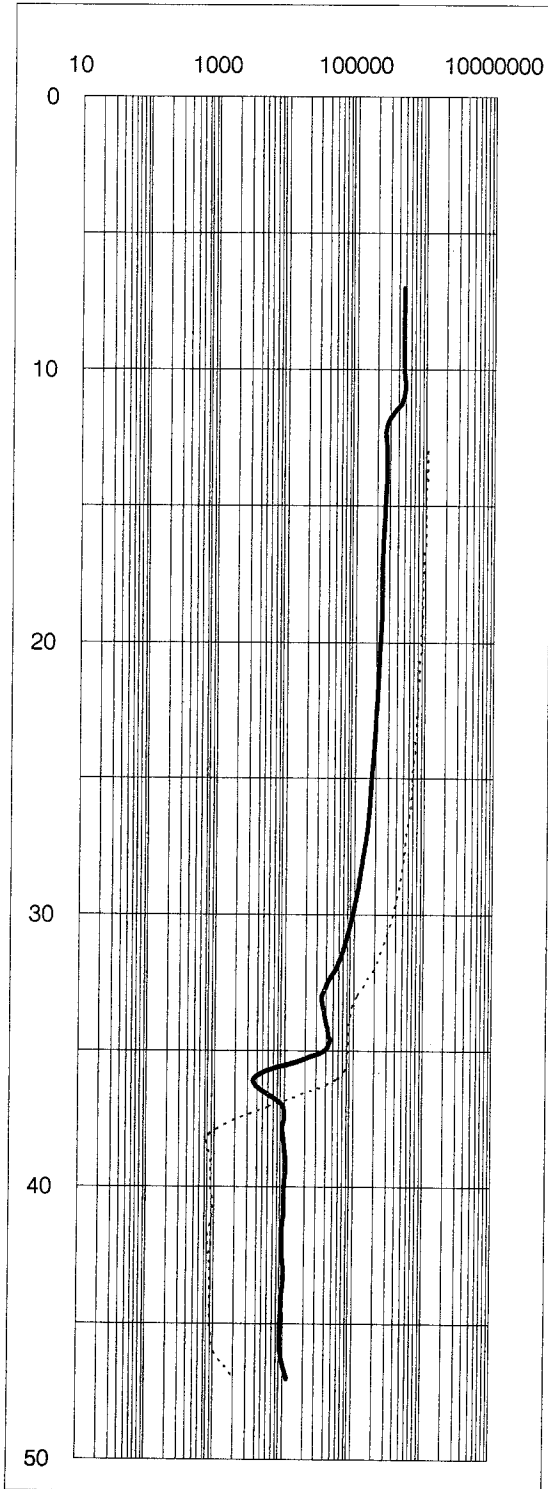
long lateral(LAT 18")



# 【MU000809】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

long lateral(LAT 18")

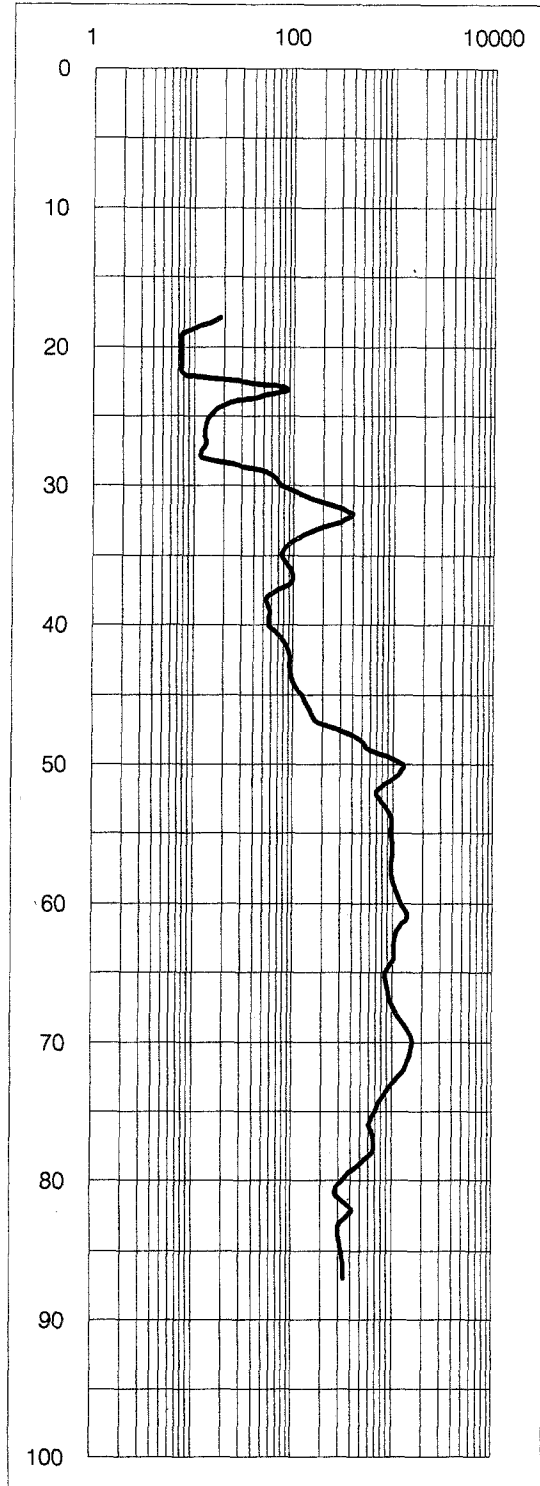
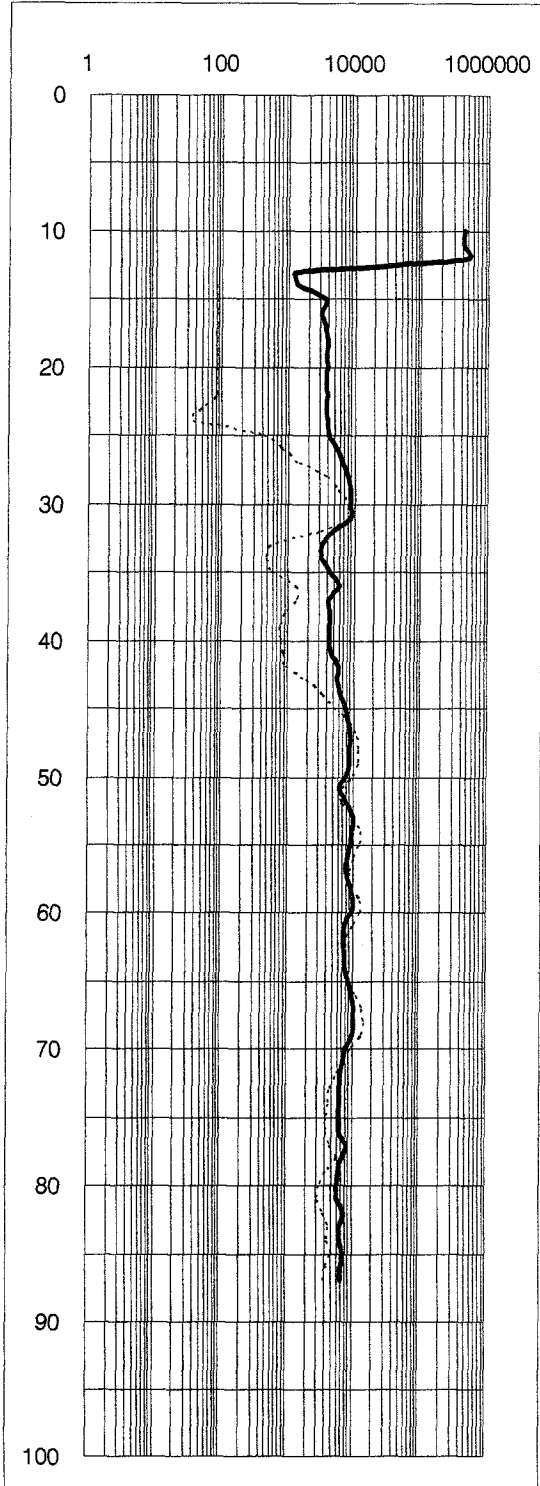


【MU000667】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")

normal resistivity (Ohm-m)

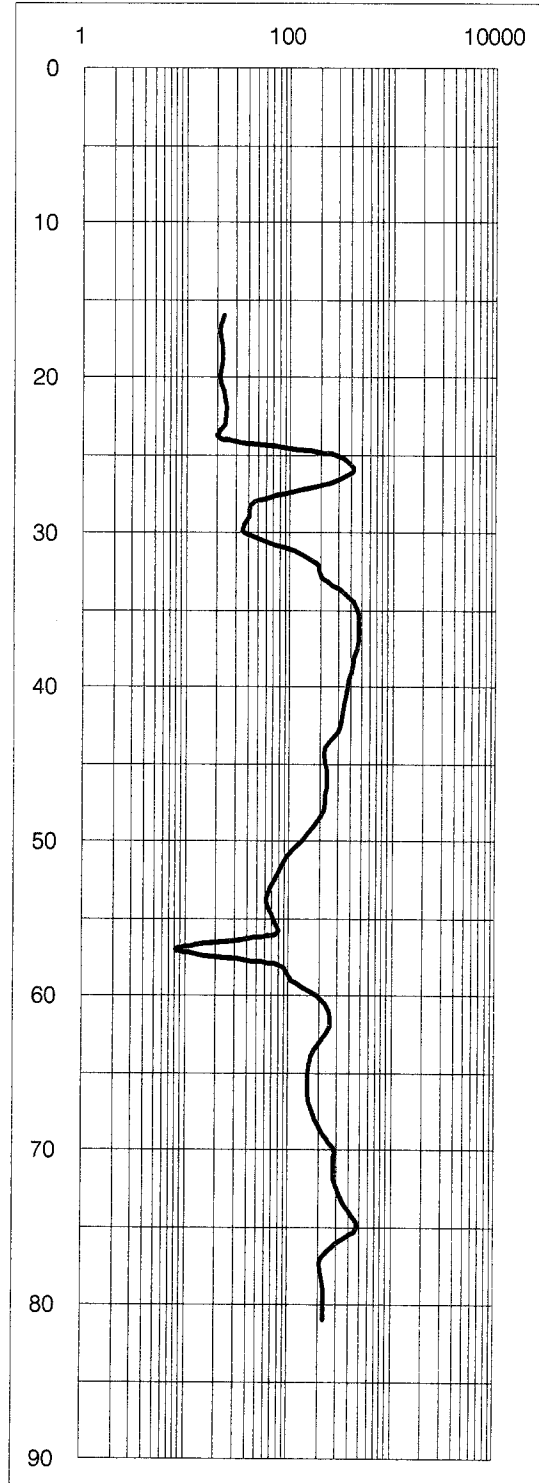
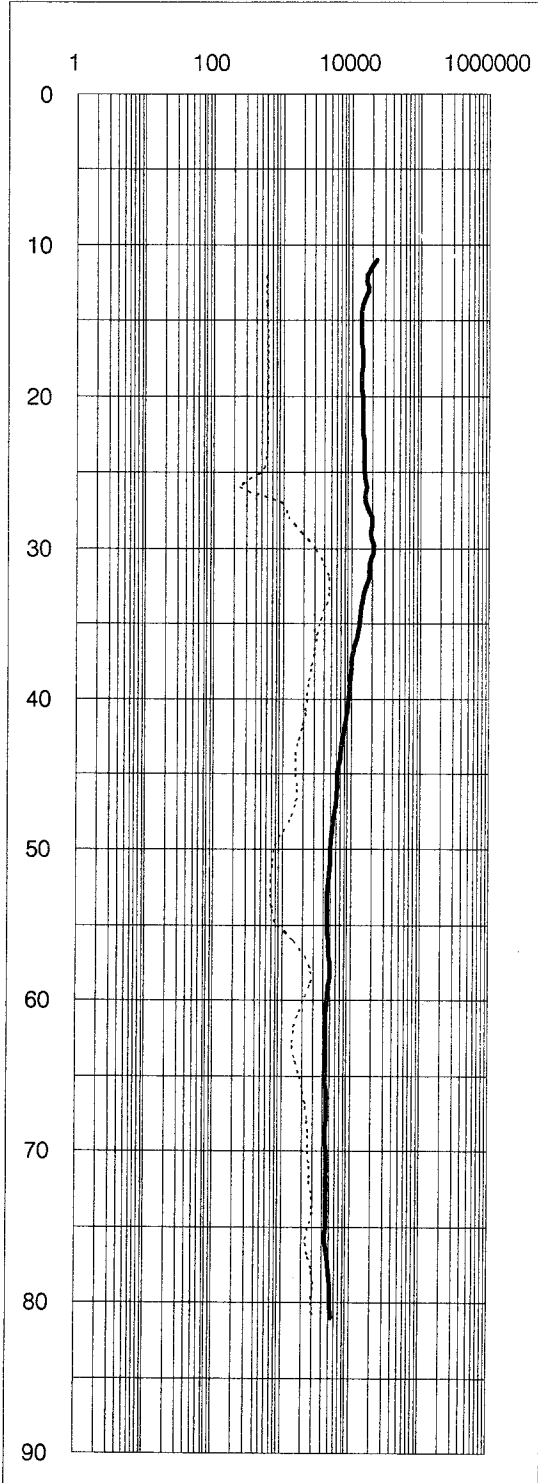
long lateral(LAT 18")



**【MU000769】**

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

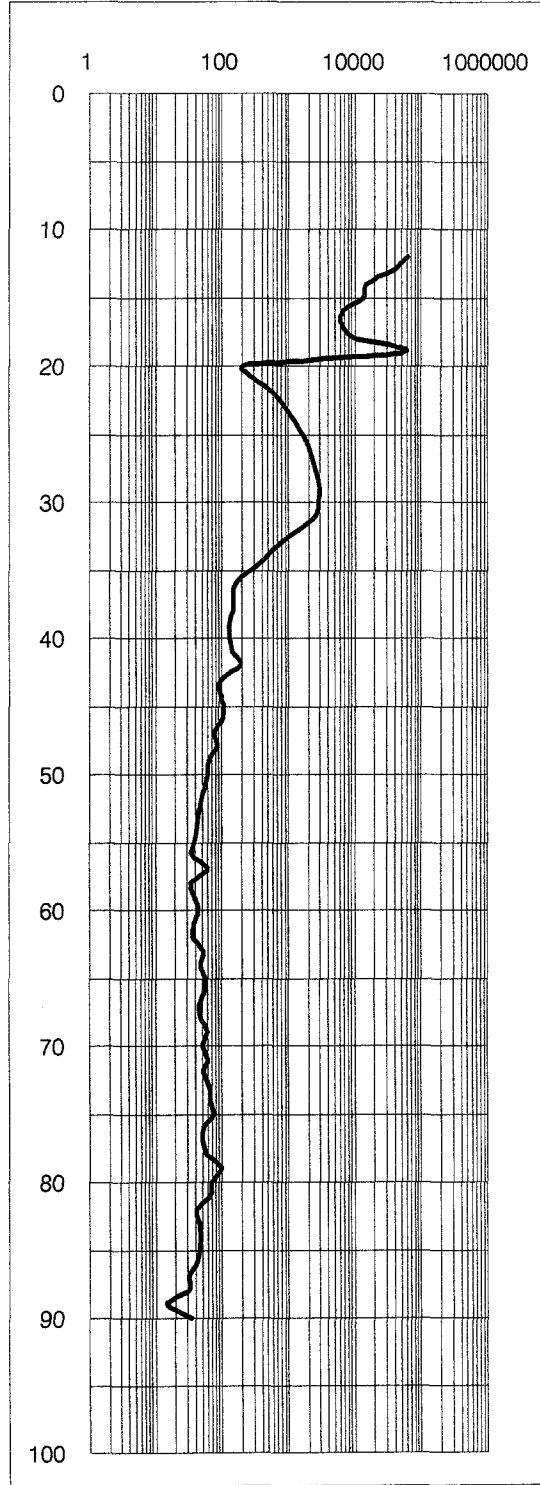
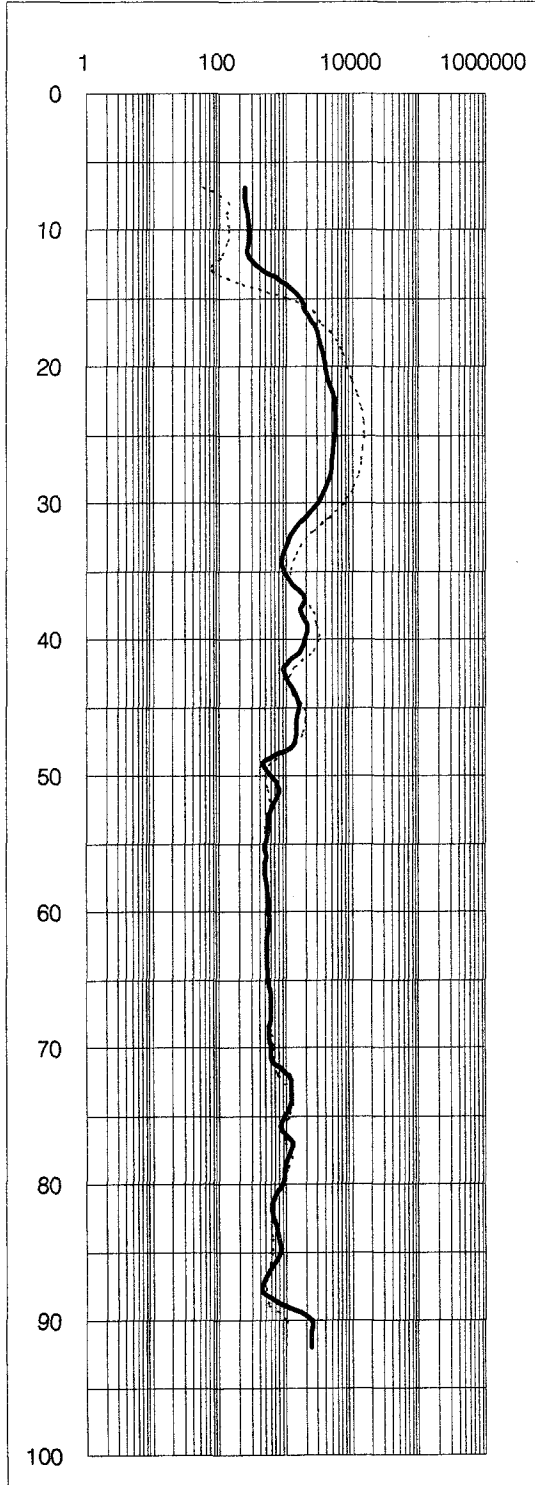
long lateral(LAT 18")



# 【MU000751】

..... Short-normal(64")  
—— Long-normal(16")  
normal resistivity (Ohm-m)

long lateral(LAT 18")



---

## 농촌지하수관리조사 보고서

2002년 12월 일 발행

발행 : 농림부 • 농업기반공사

편집 : 농업기반공사 지하수사업처

인쇄 : 대성문화사

---

이책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.