

밀양시광역수맥조사보고서

1998

농림부
농어촌진흥공사

목 차

1. 서 언	5
2. 조사개요	7
2-1. 조사목적	7
2-2. 조사내용	7
3. 일반현황	9
3-1. 위치, 교통 및 면적	9
3-2. 기상	9
3-2-1. 기 온	11
3-2-2. 강수량	11
3-2-3. 증발산량	14
3-3. 인구현황	19
3-4. 토지이용현황	19
3-5. 수자원 이용현황 및 이용시설	21
3-5-1. 하천현황	21
3-5-2. 지표수 이용현황	22
3-5-3. 지하수 이용현황	22
4. 수문지질조사	27
4-1. 지형 및 지질	27
4-1-1. 지 형	27
4-1-2. 지 질	28
4-2. 시설관정 이용실태 조사	31
4-2-1. 시설별·용도별 이용실태 조사	31
4-2-2. 시설관정 양수시험	31
4-3. 물리탐사	44
4-3-1. 탐사개요	44
4-3-2. 원격탐사(Remote Sensing)에 의한 선구조분석	45
4-3-3. 전기 비저항 탐사	50
4-4. 수질검사 및 잠재오염원 조사	83
4-4-1. 수질검사	83
4-4-2. 잠재오염원 조사	113

5. 지하수 이용현황 및 지하수자원 평가	119
5-1. 지하수 이용현황	119
5-1-1. 농업용수	120
5-1-2. 생활용수	121
5-2. 지하수개발 가능량	121
5-2-1. 지하수 부존량 평가	121
5-3. 적정개발 가능량 및 개발 예정위치	133
5-3-1. 지하수 개발 가능량 분석	133
5-3-2. 지하수 개발 예정 위치 선정	133
6. 지하수 자원 개발 계획	135
6-1. 용도별 소요수량	135
6-2. 소요수량 공급방안	136
6-3. 지하수개발 계획	137
7. 지하수자원 보전 관리 계획	138
7-1. 지하수자원 보전·관리	138
8. 결 론	140

표 목 차

<표 2-1>	조사실적	8
<표 3-1>	조사지구 면적 및 행정구역 현황	10
<표 3-2>	밀양기상대 월별 자료분석	11
<표 3-3>	월별 평균기온 분포	12
<표 3-4>	월별 강수량 분포	15
<표 3-5>	월별 증발량 분포	17
<표 3-6>	조사지역 가구 및 인구현황	20
<표 3-7>	읍·면별 토지이용 현황	21
<표 3-8>	저수지 현황	24
<표 3-9>	양수장 현황	25
<표 3-10>	지하수 수리시설 현황	26
<표 4-1>	기설관정 조사내역	32
<표 4-2>	농어촌진흥공사시행 지하수개발 실적표	39
<표 4-3>	기설관정 양수시험 총괄표	43
<표 4-4>	쌍극자탐사 축선별 총괄표	56
<표 4-5>	지하수 현장수질검사 결과	85
<표 4-6>	수계별 지표수 현장수질검사 결과	92
<표 4-7>	지하수 수질분석 결과	101
<표 4-8>	지하수 이온분석 결과	109
<표 5-1>	밀양시 지하수개발 이용규모	119
<표 5-2>	지하수 용도별 시설 및 이용현황	120
<표 5-3>	지하수부존량 산출	122
<표 5-4>	SCS의 토양분류	128
<표 5-5>	토양의 피복형별 유출곡선지수, $CN(A.M.C-II, I_a=0.2S)$	129
<표 5-6>	선행 토양 함수조건의 분류	131
<표 5-7>	선행함수조건 (A.M.C)에 따른 유출곡선지수의 조정	132
<표 5-8>	지하수 부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량	133
<표 5-9>	지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량	133
<표 6-1>	생활용수 소요수량	135
<표 6-2>	향후 지하수개발 관정수	136
<표 6-3>	연차별 지하수개발 사업량 및 사업비	137

그림 목 차

<그림 3- 1>	연도별 평균기온 분포	13
<그림 3- 2>	월별 평균기온 분포	13
<그림 3- 3>	연도별 강우량 분포	16
<그림 3- 4>	월별 평균강우량 분포	16
<그림 3- 5>	월별 증발량 분포	18
<그림 3- 6>	수계도	23
<그림 4- 1>	지질계통표	28
<그림 4- 2>	조사지구 위성영상도	47
<그림 4- 3>	위성영상 필터 이미지.....	49
<그림 4- 4>	점전위에 의한 전위	51
<그림 4- 5>	쌍극자탐사 측선 배열방법.....	52
<그림 4- 6>	쌍극자 배열에 의한 겉보기 저항 가단면도 작성법.....	54
<그림 4- 7>	측선 ML-1 쌍극자탐사 결과도	61
<그림 4- 8>	측선 ML-2 쌍극자탐사 결과도	63
<그림 4- 9>	측선 ML-3 쌍극자탐사 결과도	65
<그림 4-10>	측선 ML-4 쌍극자탐사 결과도	67
<그림 4-11>	측선 ML-5 쌍극자탐사 결과도	69
<그림 4-12>	측선 ML-6 쌍극자탐사 결과도	71
<그림 4-13>	측선 ML-7 쌍극자탐사 결과도	73
<그림 4-14>	측선 ML-8 쌍극자탐사 결과도	75
<그림 4-15>	측선 ML-9 쌍극자탐사 결과도	77
<그림 4-16>	측선 ML-10 쌍극자탐사 결과도	79
<그림 4-17>	측선 ML-11 쌍극자탐사 결과도	81
<그림 4-18>	지하수 EC 등수치선도	89
<그림 4-19>	지하수 TDS 등수치선도.....	90
<그림 4-20>	지하수 pH 등수치선도	91
<그림 4-21>	지표수 EC 등수치선도	96
<그림 4-22>	지표수 TDS 등수치선도	97
<그림 4-23>	지표수 pH 등수치선도	98
<그림 4-24>	지표수 온도 등수치선도	99
<그림 4-25>	지하수 수질분포 Piper diagram (주산 안산암류).....	112
<그림 4-26>	지하수 수질분포 Piper diagram (불국사 관입암류, 진동층).....	113
<그림 4-27>	지하수 수질분포 Piper diagram (유문암질 응회암류).....	114
<그림 4-28>	지하수 수질분포 Piper diagram (안산암질 응회암류).....	115
<그림 4-29>	지질별 지하수 수리분포 piper diagram (안산암질응회암류, 유문암질응회암류).....	116
<그림 5- 1>	수자원계통표(건설교통부, 지하수관리기본계획, 1996.).....	123

1. 서 언

수맥조사란, 지하수를 포함하고 있는 각 대수층의 분포상태와 수리성, 대수층에 부존된 지하수의 산출상태와 수질등 지하수의 여러 가지 상태를 조사하는 것이며, 이들 수리자료를 일목요연하게 도면화한 것이 수맥도이다.

광역수맥조사는 이제까지 통상적으로 시행되어 온 특정지역을 대상으로 국지적인 정밀수맥조사와는 달리 넓은 지역의 일반적인 수리지질개황을 파악하기 위하여 실시되며, 지하수자원의 종합적 이용 및 보전차원에서 필요한 지하수 조사과정으로 전국 농어촌용수 구역 또는 기초 자치단체별로 시범조사, 표본조사, 본조사 등을 연차적으로 시행하여 지하수자원을 광범위하게 파악, 농어촌 다목적용수 개발·이용 및 보전관리 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

우리나라의 수자원은 년평균 강우량이 1,100~1,200mm로 세계평균 강우량에 비해서는 많은 편이나 강우의 60~70%가 하절기에 집중되고 하천의 구배가 급하여 대부분이 홍수로 유출되어 하천수의 이용율이 낮을 뿐 아니라 유역별 수자원 부존량과 용수 수요면에서도 균형을 이루지 못하고 있는 편이다. 더욱이 인구의 증가와 산업발달, 생활수준 향상 등으로 각종 용수의 수요는 점증되고 있어 지표수는 물론 잠재된 중요 수자원인 지하수도 합리적 이용이 요구되는 시점에 도달하였다.

우리나라의 지하수조사 사업은 '60년대초 지구답사를 위주로 한 용수개발 기본조사가 실시되었고, '66년부터 한해지역에 대한 총적층을 대상으로 한 조사가 착수되었으며, '81년 농업용수 10개년 계획의 일환인 항구 지하수개발사업으로 '82년부터는 암반에 대한 조사까지 시행되어 근래에 와서는 수질오염이 사회적으로 문제가 되면서 총적층 조사보다는 암반 지하수조사로 전환되었고, '86년부터 답작에 대하여 암반수맥조사가 시행되고 있다.

금번 광역수맥조사 위치는 밀양시 전역으로 축척 1:50,000 정도, 동곡, 언양, 창원, 밀양 도폭에 대하여 지질조사, 기설관정 이용현황조사, 지하수위조사, 양수시험, 물리탐사, 수질검사를 실시하여 이들 자료와 과거 조사지역내에 국지적으로 수행된 수맥조사와 지하수개발 자료를 취합, 인공위성을 이용한 원격탐사 자료를

이용하여 조사지역에 대한 광역적인 지하지질 상태를 파악하여 밀양시 광역수맥도를 작성하였다.

끝으로 본조사에 많은 격려와 협조를 주신 농림부, 경상남도, 밀양시, 읍·면 관계관에게 감사를 드린다.

2. 조 사 개 요

2-1. 조사목적

광역수맥조사는 농어촌용수 이용합리화를 위한 자원기초조사에 부응하여 농어촌지역 지하수자원의 효율적인 개발·이용 및 보전관리를 위하여, 현행 국지적이고 분산적인 개발위주의 수맥조사 방법을 개선하여 가뭄이 극심한 40개 시·군을 대상으로 연차적으로 시행하여 시·군별 지하수자원을 광범위하게 파악함에 그 목적이 있다.

이번조사는 밀양시 전역을 조사 위치로 선정하여 지하수자원을 광범위하게 조사 파악하고 수리지질, 수문조사의 기준을 정립하여 향후 지하수자원의 개발·이용 및 보전관리의 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

2-2. 조사내용

가. 조사지구 : 밀양시

나. 조사위치 : 경상남도 밀양시 (밀양시, 삼랑진읍, 하남읍, 부북면, 상동면, 산외면, 산내면, 단장면, 상남면, 초동면, 무안면, 청도면)

다. 조사면적 : 798.99km²

라. 조사기간 : 1997. 10. 1 ~ 1998.

마. 조 사 자

소 속	직종	직급	직 책	성 명	조 사 업 무 내 용
농어촌진흥공사 경남지사	지질	2급	지하수부장	서 정 근	조사업무 총괄
	지질	3급	조사 과장	권 훈 일	조사업무 현장총괄·지도
	지질	4급	조사 계장	신 현 채	현장조사 업무협의 및 자료수집
	지질	4급	조사 계장	백 미 경	현장조사 및 자료수집 정리
	지질	5급	조사 반원	박 현 주	물리탐사 및 자료수집 정리

바. 조사내용 : 조사지역의 지형, 지질 및 지역여건에 따라 조사량을 조정·안배 하였으며, 각 항목별 조사실적은 다음과 같다.

< 표. 2-1 > 조사실적

조 사 항 목	단 위	조 사 량	비 고
○ 지구협의 답사	지구	1	밀양시 전역
○ 지표지질조사	ha	79,899	
○ 지하수 이용현황조사			
- 자연수위조사	회	303	
- 현장간이수질검사	회	169	
○ 지표수 조사			
-저수지 간이수질검사	회	49	
-하천수 간이수질검사	회	87	
○ 선구조 추출(위성영상 해석)	지구	1	
○ 물리탐사			
- 쌍극자탐사	측선	11	
○ 수질검사			
- 먹는물 기준	회	50	
- 이온분석	회	50	

사. 조사장비

- 지표지질조사 : 클리노콤파스 2대 및 지표지질조사 장비 2set
- 선구조추출 : SPOT IMAGE, ERDAS IMAGINE(S/W)
- 물리탐사
 - ABEM SAS-300 전기탐사기 및 부스터 SAS2000, 586 노트북, Printer Electrode의
- 수질검사 : Check mate 90, HACH ONE-pH METER, DR-2000
- 수위조사 : 고도계 1set, 휴대용 수위측정기 2set

3. 일 반 현 황

3-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지구 밀양시는 국립지리원 발행 축척 1:50,000의 청도, 동곡, 언양, 창원, 밀양 도폭에 걸쳐 위치하며, 행정구역상 동서남북의 경계(좌표극점)는 각각 산내면 남명리(129° 1'), 무안면 가례리(128° 34'), 하남읍 명례리(35° 20'), 산내면 원서리(35° 38')로서 동서간 연장은 38km, 남북간 연장은 24.5km로 면적은 798,998,244.9 m²이다.

동으로는 울산시 상북면, 서로는 창녕군 창녕읍과, 남으로는 낙동강을 경계로 함안군, 창원시와 접하며, 북으로는 청도군 청도읍과 접한다. 지형상 남으로는 낙동강을 경계로 동으로는 종암산, 영취산, 북으로는 화악산, 구마산, 운문산 서로는 천황산, 향로봉을 지형경계로 조사지구를 형성하고 있다.

교통망은 조사지역 북서측에서 창녕으로 연결되는 24번 국도가 동.서로 밀양 시내를 통과하여 동측 언양으로 빠져 나가며 북쪽 대구에서 연결되는 25번 국도가 남북으로 밀양시내를 통과하여 남쪽 마산방향으로 이어지고 남서쪽으로 부곡면을 이어주는 1008번 지방도가 동서로 초동면, 하남읍을 지나고 있어 대체로 교통상황은 양호한 편이다.

조사지역은 <표.3-1>에서 나타난 것과 같이 1시 2읍 9개면으로 행정리 270개, 법정리 127개, 1196반, 519 자연마을로 총면적은 798.99km²으로 경남면적 대비 6.91%를 차지한다.

3-2. 기 상

우리나라는 아시아 계절풍의 영향과 중앙아시아의 고기압이 동남방향으로 이동할 때 발생하는 한냉하고 건조한 기류의 영향을 받는다. 특히, 우리나라 여름철의 기후는 해양에서 중앙아시아의 저기압권을 향하여 다습한 공기가 서북방향으로 이동하는 영향을 크게 받는다. 이때 전선이 형성되어 본격적인 우기에 접어들

어 장마가 지속된다. 이 기간은 6월~9월 사이로 강수량이 가장 많다.

<표.3-1> 조사지구 면적 및 행정구역 현황

(단위 : km², 개)

읍 면	면 적	동 리		반	자연마을	비 고
		행 정	법 정			
계	799.00	270	127	1,196	519	
밀 양 시	28.86	6	8	434	29	
삼량진읍	78.41	31	13	105	54	
하 남 읍	37.04	33	8	102	40	
부 북 면	55.35	22	16	58	51	
상 동 면	52.02	18	8	45	25	
산 외 면	35.45	19	6	44	24	
산 내 면	107.41	23	8	60	52	
단 장 면	142.10	25	12	66	40	
상 남 면	56.10	29	9	85	39	
초 동 면	48.55	24	12	54	52	
무 안 면	100.29	28	20	85	68	
청 도 면	57.42	12	7	58	45	

지역적으로는 제주도와 남동해안 지방의 1,800mm를 최다로하여 섬진강 하류의 1,500mm, 낙동강 하류의 1,400mm, 금강상류의 1,300mm 순으로 연간 강수량이 많은 지역을 형성하고, 적은 지역으로는 경북 북부 영양과 의성지방이며, 연간 900mm 이내이다. 전국적으로 볼 때, 년 1,274mm의 강수량을 보이며, 6월~9월 사이에 66%에 해당하는 840mm의 강수가 집중된다.

우리나라의 연간 수자원량은 1,276억m³/년으로 계산하고 있으며, 이중 45%에 해당하는 570억m³이 증발에 의하여 손실되고 55%인 697m³이 하천 또는 기저유출을 통하여 유출된다.

유출량의 67%인 467억m³이 홍수시 하천을 통하여 유출되고, 33%인 230억m³이 평상시 유출된다. 평상시 유출량의 71%인 164억m³과 홍수시 댐 등으로 공급받는 103억m³을 합하여 지표수로 267억m³이 이용된다.

조사지역의 기상현황을 파악하기 위하여 밀양기상대의 20년간(1978~1997) 기상 자료를 수집·분석하였다.

<표. 3-2> 밀양기상대 월별 자료분석 (1978~1997)

월 별	평균기온 (℃)	강수량 (mm)	상대습도 (%)	이슬점온도 (℃)	일조시간	풍 속 (m/s)
평 균	13	-	75.6	8.0	-	1.4
연 간	-	1229.1	-	-	2,367.7	-
1 월	-0.3	22.5	65	-6.4	185.2	1.5
2 월	1.6	31.4	64	-6.7	208.3	1.6
3 월	6.8	54.1	68	-0.2	199.1	1.7
4 월	12.8	91.6	60	2.4	247.2	1.7
5 월	17.6	96.5	71	11.6	229.8	1.5
6 월	21.8	218.4	85	18.5	100.6	1.5
7 월	25.2	251.1	84	21.7	194.0	1.9
8 월	25.6	238.5	78	21.8	207.0	1.4
9 월	20.6	120.7	85	17.8	203.4	1.1
10 월	14.4	41.2	82	11.3	215.5	1.1
11 월	8.1	44.7	84	5.8	151.7	1.1
12 월	1.8	18.5	81	-1.5	226.0	1.1

3-2-1. 기온

대기의 기온변화는 직접적으로 물의 순환과정에 영향을 준다. 특히, 기온의 변화에 의한 증발, 증발산 및 식물의 성장 등의 변화는 물의 양적인 면에 영향을 주며, 기온의 차이에 의한 식물의 성장 여부 등은 유출현상 및 물의 흐름상태에도 많은 영향을 준다.

조사지역의 최근 20년 평균기온은 13℃를 나타내며, 전체적으로 1월에만 영하의 기온을 기록하고 월평균 기온이 영상의 기온분포를 나타내고 있다(표 3-3).

최근 20년간의 연간 기온분포는 그림 3-1에서 보는 바와 같이 12℃~14℃의 범위로 비교적 고른 연평균 기온분포를 보이는 반면, 월별 기온분포는 그림 3-2와 같이 다양한 변화 즉, 1월에서 2월 사이의 기온분포는 평균기온 -0.3~1.6℃의 범위이며, 7월에서 8월 사이는 평균기온 25.2~25.6℃까지 상승하였다가 9월에서부터 익년 1월까지는 기온이 하강하는 특징을 보인다.

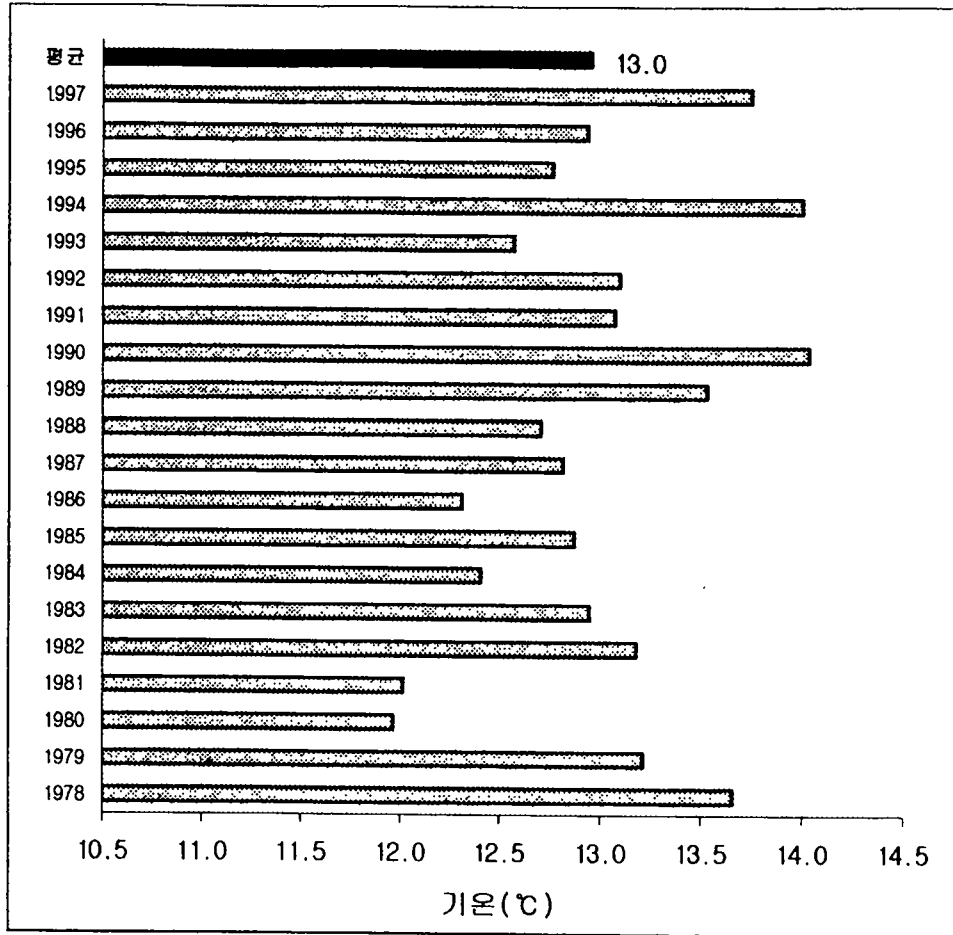
3-2-2. 강수량

조사지구의 1978~1997년까지의 연간 강수량의 평균은 1,229.1mm/year로 한

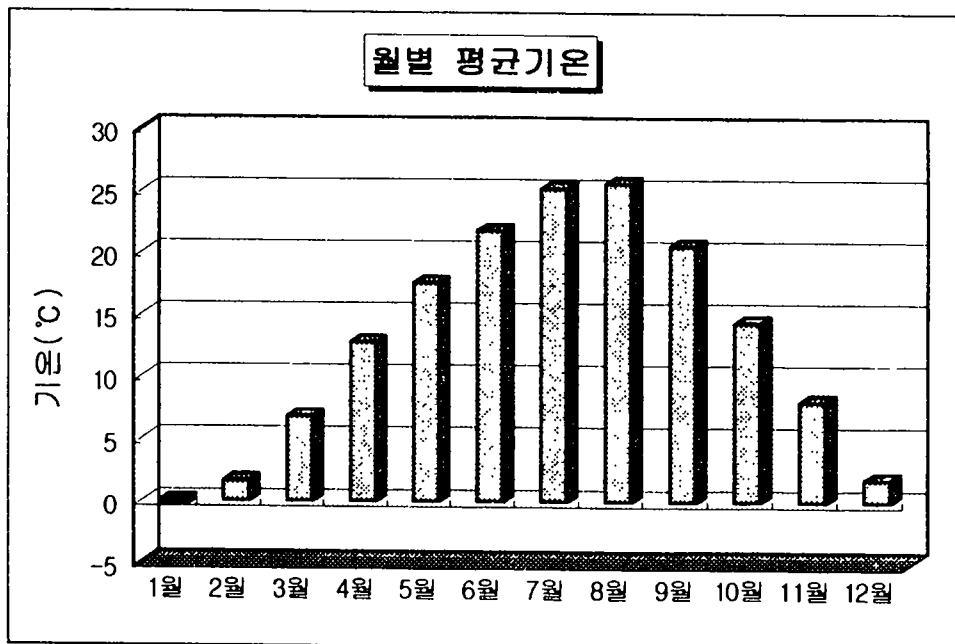
<표.3-3 > 월별 평균기온 분포 (1978~1997)

(단위: °C)

연도 \ 월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
1978	0.7	1	6.3	12.9	18.3	22.2	27.4	26.8	21	14.6	9.4	3.3	13.7
1979	1.5	3.4	7	11.9	16.5	22.3	24.9	25.3	20.6	15.4	7.2	2.6	13.2
1980	-0.3	-0.5	6.8	11.8	17.2	22.7	23.5	22.5	19	13.5	8.2	-0.8	12.0
1981	-2.9	0.1	7.2	13.1	17.6	21.4	25.7	24.3	18.5	12.7	5.5	1	12.0
1982	-1	2	8.1	12.5	18.7	21.8	24.2	25.6	19.9	15	9.8	1.6	13.2
1983	0.1	0.4	7.2	13.7	17.8	21.6	24.4	26.5	22	14.9	6.8	0	13.0
1984	-3.1	-1.1	4.4	12.4	17.5	22.4	25.5	27.1	20.1	13.3	8.6	1.8	12.4
1985	-2.9	2	6.7	12.5	17.7	20.6	26	26.8	22.2	15.5	7.8	-0.4	12.9
1986	-2.1	-0.3	6.5	13.3	17.7	21.7	23.6	25.5	19.6	12.5	6.7	3.1	12.3
1987	-0.1	2.5	6.2	12.8	17.2	21.5	24.6	24.9	19.5	15.7	8.2	0.8	12.8
1988	0.3	0.5	5.7	12.5	17.5	22.2	24.5	25.5	21.2	15.2	6.4	1	12.7
1989	2.7	3.9	7.1	14.2	18.4	20.8	24.6	25.3	21	13.7	8	2.7	13.5
1990	-0.6	5.4	8.1	12.4	17.4	22.4	26.8	27.5	22	15	10.3	1.8	14.0
1991	-0.1	0.7	7	12.8	17.4	23.1	25.5	24.5	21.3	14.3	6.7	3.7	13.1
1992	1	1.6	8.1	12.8	16.6	20.6	26	24.9	21.1	14.2	7.1	3.2	13.1
1993	0.3	2.7	6.4	12.3	17.1	21.7	22.9	22.8	20.3	13.5	9.3	1.6	12.6
1994	0.2	2.4	5.3	14.3	18.3	21.9	29.2	27.7	21.3	14.8	9.9	2.8	14.0
1995	-0.5	2.4	7.3	12.5	16.5	20.9	25.4	27.3	19.7	14.9	6.1	0.7	12.8
1996	0.3	0.3	6.1	11.1	17.7	21.5	24.8	26.3	21.1	15.1	8.9	2.1	12.9
1997	0	3.3	8.5	13.4	18.3	22.6	24.9	25.7	20.7	14	10.2	3.5	13.8
평균	-0.325	1.635	6.8	12.76	17.57	21.795	25.22	25.64	20.61	14.39	8.055	1.805	13.0



< 그림.3-1 > 연도별 평균기온 분포 (1978~1997)



< 그림.3-2 > 월별 평균기온 분포 (1978~1997)

국 평균 강수량 1,274mm/year 보다 다소 낮은 지역이다. 강수량이 가장 적은 시기는 12월로 월간 0.0~59.2mm 범위로 월평균강수량 18.5mm/월이며, 강수량이 가장 많은 시기는 7월로 월간 81.5~532.0mm 범위로 월평균강수량 251.1mm/월이다(표 3-4).

최근 20년간의 연간 강수량 분포는 그림 3-3에서 보는 바와 같이 624.8~1,697.6mm/년으로 연간 변화가 심하게 나타나며, 4~6년 간격으로 강수량이 800mm/년에 못미쳐 한해발생의 원인이 되고 있다. 월별 강수량 분포를 볼 때, 월평균 강수량은 102.4mm이고, 6월에서 9월까지 월평균 강수량보다 많은 강수를 보여주고 있다.

연중 강수량의 월별 점유율은 우기인 7월, 8월에 연간 전체 강수량의 39.8%가 집중되어 나타나고, 6월에서 9월 사이 4개월에 내리는 강수량은 연 강수량의 67.4% (그림 3-4)에 달하며, 이중 약 90%이상이 증발 혹은 지표유출로 바다로 유실되고 있다.

3-2-3. 증발산량

일반적으로 증발산량(ETR)은 지표면에 떨어진 강수가 지표면이나 호수, 강물 및 바다 등의 표면에서 기화되거나 토양하부로 침투된 물이 토양의 모세관력에 의하여 지표로 노출되어 대기중으로 증발(Evaporation)하는 물과 식물의 생리현상으로 인해 엽수면에서 공중으로 날아가는 발산(Transpiration)의 합을 의미한다.

따라서 강수로 지표면에 도달하기 전에 다시 대기중에서 증발하는 양은 제외되며 수면으로부터의 증발과 식물로부터의 발산의 합으로 수분이 기체상태로 대기중에 환원되는 양이다. 이는 기상학적 인자 이외에도 식물의 종류, 색깔의 농도, 투수계수, 입자의 크기, 토양의 함수율 등이 직접적인 영향인자가 된다.

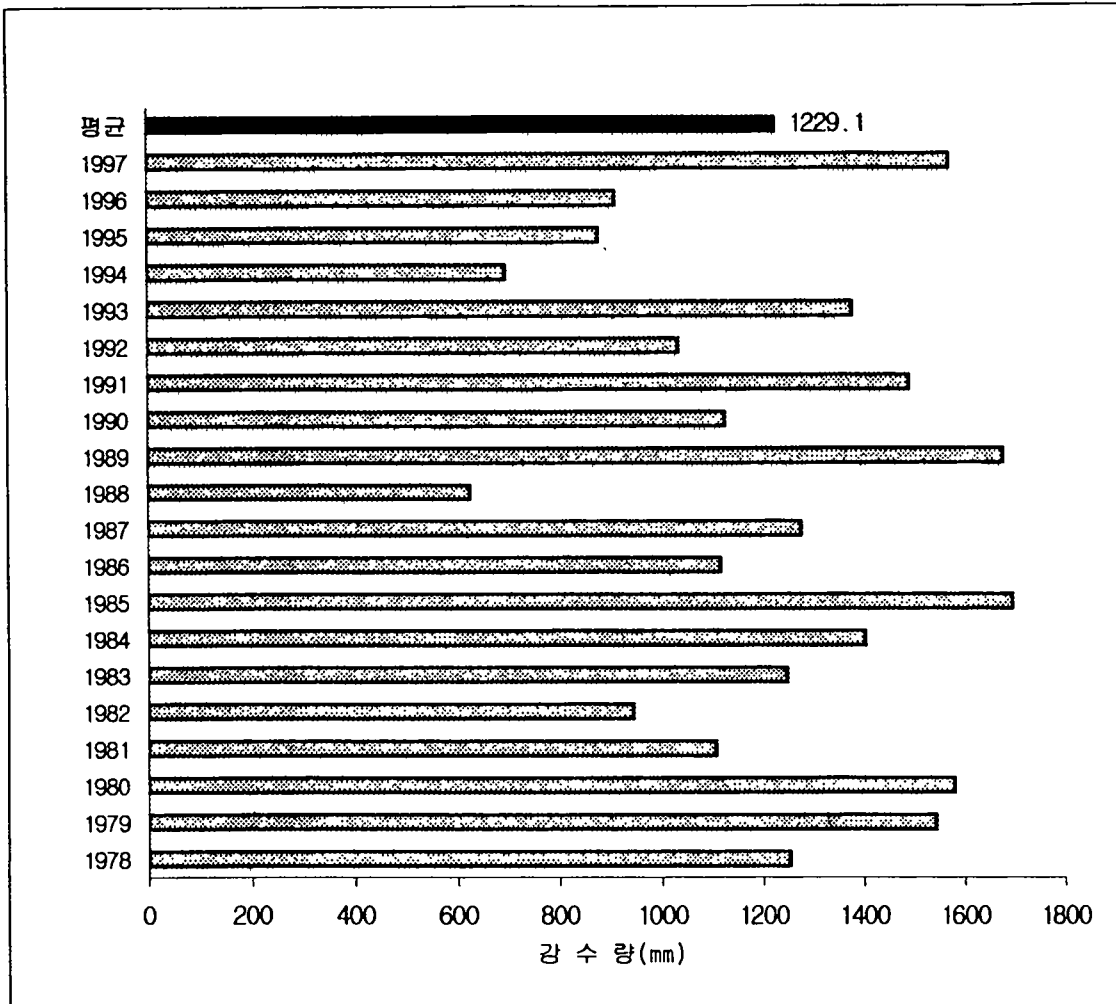
우리나라의 년평균 증발량 분포(1978~1997년)를 보면 태양에너지의 입사량이 많은 위도가 낮은 남쪽으로 갈수록 증가되고 해안지방이 내륙지방보다 많은 경향을 보이는 것으로 보다 수면증발량은 기온과 온도에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다. 증발산량의 측정방법에는 직접측정에 의한 방법, 이론적 방법, 기후인자와의 상관관계에 의한 방법 등이 있다.

본 조사에서는 인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로 부터의 직접적인 증발산량 측정으로 얻어진 밀양기상대에서 측정한 최근 20년간의 계기증발량 자

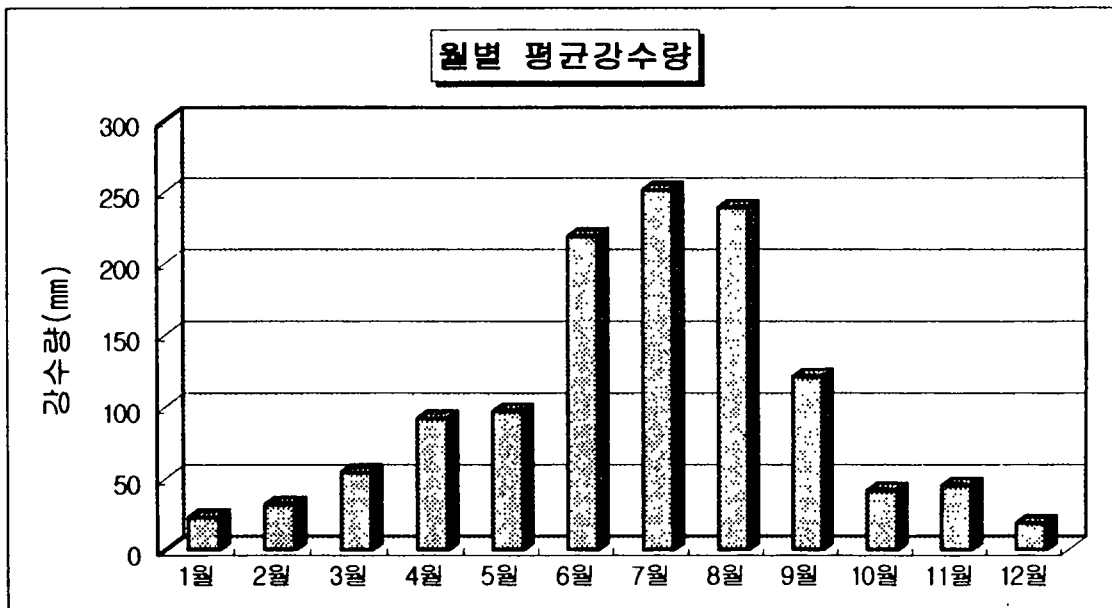
< 표.3-4 > 월별 강수량 분포(1978~1997)

(단위: mm)

연도 \ 월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
1978	18.6	32.1	42.3	41.2	23.4	558.5	122.2	221.6	55.4	68.1	48.2	23.2	1254.8
1979	16.9	52.2	37.7	124.1	115.3	300.2	193.7	520.3	135.9	1.6	9.9	36	1543.8
1980	17.8	8.3	60	191.7	120.7	112.7	360.9	317.1	238.6	117.4	27.7	8.6	1581.5
1981	22.4	36.1	14.8	95.3	22.2	198.8	246.9	196.3	205.7	45.4	18.6	4.2	1106.7
1982	10.1	20.1	77.2	69	42.7	12	188.8	367.3	24.4	10.1	118.1	6.1	945.9
1983	25.4	30.5	62.6	167.5	52.6	111.3	318.8	239.8	173.1	62.8	2.1	3.5	1250.0
1984	0	4.3	8	135.5	114.2	205.6	448.5	195	230.9	16.4	41.1	5.6	1405.1
1985	0.6	23.8	93.1	103.8	165.4	297.2	179.1	324.6	289	162.8	42.3	15.9	1697.6
1986	0.8	18.6	35.7	65.8	128	397.5	140.5	123	102.8	55.9	12.3	36.5	1117.4
1987	41.5	43.1	59.9	68.7	115.4	252.2	299.8	295.3	15	44.7	41.9	0	1277.5
1988	16.3	2.9	53.5	58.9	76.3	120.1	195.5	54.1	34.2	4.6	1.2	7.2	624.8
1989	94	101.6	98.4	29.8	32.1	178.3	532	268	213	10.3	103	19	1679.5
1990	21	87	40	125.8	104	310.5	156.5	53.5	170.5	10.5	47	0.5	1126.8
1991	32.1	32.5	82	95.5	61	179	489.5	321	150.5	1	14	35.2	1493.3
1992	14.3	21.5	51	138.5	133.5	39.5	128	219	192.5	18.5	26.5	52.7	1035.5
1993	33.5	46.5	53.5	20.5	121	225.5	261.5	451	40.5	46	56.5	25	1381.0
1994	21.5	19	18	69.5	150	77.5	81.5	129.5	33.5	59	30.5	6	695.5
1995	23.2	22.1	49.9	103.6	124.2	106	179	165.1	40.6	60	5.8	0	879.5
1996	28	7.7	115.7	65.3	68.2	299.6	134	58	40.5	26.5	44.1	25	912.6
1997	11.7	19	28.5	61.5	160.5	386.5	365	250.5	27	1.5	203	59.2	1573.9
합계	449.7	628.9	1082	1832	1931	4368.5	5022	4770	2414	823.1	893.8	369.4	24582.7
평균	22.5	31.4	54.1	91.6	96.5	218.4	251.1	238.5	120.7	41.2	44.7	18.5	1229.1



<그림.3-3 > 연도별 강수량 분포 (1978~1997)



<그림.3-4 > 월별 평균강수량 분포 (1978~1997)

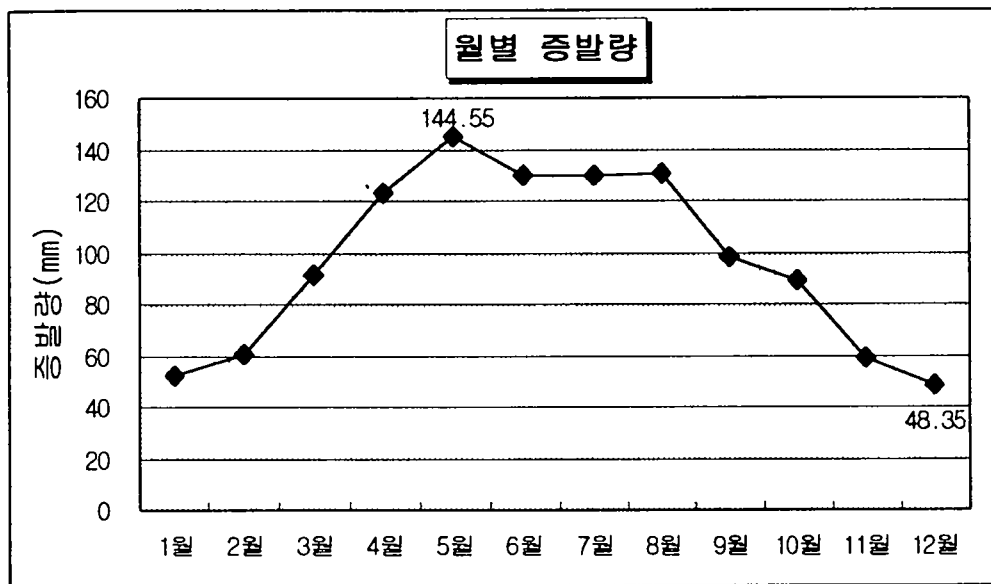
<표.3-5 > 월별 증발량 분포 (1978~1996)

(단위: mm)

연도 \ 월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
1978	57.2	70.8	116.6	158.5	190.1	136.8	165.3	148.6	110.3	98.2	57.1	54.3	1363.8
1979	53.6	68.4	108.0	125.6	153.7	119.5	138.4	137.2	103.8	114.9	71.5	51.6	1246.2
1980	54.9	72.2	86.6	112.3	148.5	135.9	98.0	88.0	101.1	76.9	60.6	47.4	1082.4
1981	59.8	53.9	100.4	110.4	160.5	130.6	126.2	128.9	96.8	72.6	53.6	48.8	1142.5
1982	46.2	50.6	89.2	105.0	128.3	174.2	131.9	100.5	95.6	90.6	54.5	46.2	1112.8
1983	53.5	53.9	92.7	110.3	141.8	158.6	109.9	139.1	85.5	85.3	65.7	58.1	1154.4
1984	61.2	69.7	104.6	114.8	160.9	136.5	146.2	150.9	93.2	99.5	60.5	43.8	1241.8
1985	53.4	52.5	82.2	120.4	131.5	118.3	133.6	133.3	98.3	71.4	56.3	46.1	1097.3
1986	56.7	71.6	104.5	154.7	154.2	119.4	109.1	135.3	77.9	75.9	57.8	46.8	1163.9
1987	51.9	61.5	84.1	116.5	132.1	147.2	96.9	92.3	111.5	91.1	50.2	43.2	1078.5
1988	49.2	53.0	79.7	117.6	129.1	112.0	113.4	129.4	100.7	102.3	73.0	50.7	1110.1
1989	42.4	55.5	88.8	125.2	144.8	125.9	125.0	142.9	74.7	84.6	53.0	45.9	1108.7
1990	47.1	37.7	83.8	95.1	109.7	110.0	123.3	155.5	85.8	79.7	50.0	42.3	1020.0
1991	45.6	46.0	71.5	105.0	141.2	116.6	102.6	122.7	90.0	94.4	60.8	40.1	1036.5
1992	46.8	59.1	62.4	86.5	113.9	132.9	147.2	107.2	88.9	81.3	55.7	46.8	1028.7
1993	43.3	72.9	90.8	157.2	118.7	99.9	110.1	78.3	91.4	94.7	49.2	43.6	1050.1
1994	48.5	59.3	90.2	114.3	145.4	139.6	195.2	167.7	138.3	96.8	60.7	51.9	1307.9
1995	54.7	60.4	88.4	140.0	149.4	142.5	124.5	152.3	93.3	79.6	69.3	54.1	1208.5
1996	57.2	68.2	83.9	134.6	147.1	99.4	131.7	154.6	108.5	86.6	54.2	50.9	1176.9
합계	983.2	1137.2	1708.4	2304.0	2700.9	2455.8	2428.5	2464.7	1845.6	1676.4	1113.7	912.6	21731.0
평균	51.7	59.9	89.9	121.3	142.2	129.3	127.8	129.7	97.1	88.2	58.6	48.0	1143.7

료를 참고로 하였다(표 3-5).

계기증발량 자료에서 연간 증발량은 1,020.0mm/년에서 1,363.8mm/년 사이로 평균 1,143.7mm/년이며, 가뭄이 극심했고 강수량이 적었던 해일수록 평균치 이상의 높은 증발량을 보여주고 있다. 월별 증발량은 12월의 40.1~58.1mm/월 사이로 평균 48.0mm/월로 최소치를 보이며, 8월의 평균 계기증발량이 129.7mm/월로서 최대치를 나타내고 있다. 또한, 4월부터 8월까지의 하절기 5개월 사이에 평균 100mm/월 이상으로 연증발량의 56.8%를 차지하고 있다(그림. 3-5)



<그림. 3-5> 월별 증발량 분포(1978~1996)

인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로부터의 직접적인 증발산량 측정은 실질적인 증발산량과는 많은 차이가 있기 때문에 이의 측정을 위하여 증발산량에 영향을 미치는 각종 요인인 강수량, 기온, 증기압, 풍속 및 지표면 조건등을 이용한 계산식들이 발표되어 왔으나 서로 상이한 수문조건 때문에 실제와는 상당한 오차를 갖게 된다.

조사지역에 적용한 이론적 방법에 의한 증발산량 추정은 Penman(1984), Thornthwaite(1954), Turc(1975) 등의 공식중 Turc 공식을 이용하여 증발산량을 산출하였다. 증발산량 산정의 이론적 방법으로는 공기동력학적 방법과 에너지

보존법칙의 방법이 사용되었으나 증발산(ETR)의 경우에는 식물 표면으로부터의 발산이 고려되어야 하므로 자유수면에서와 같은 공기동력학적 방법만으로는 사용될 수 없다. 즉, 증발산량 산정은 자유수면 및 식물의 표면으로부터의 증발량이 계산되어야 한다. Turc 공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어 있는 수분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로, 본 조사지역내 평균 기온과 강수량은 밀양기상대에서 측정된 자료를 이용하였다.

Turc 공식에 의한 이론적인 증발산량(ETR) 계산은 다음과 같다.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}} \quad \text{여기서, } P \text{ (연평균 강수량)} = 1,229.1\text{mm}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 = 734.85\text{mm}$$

$$T \text{ (연평균 기온)} = 13^\circ\text{C}$$

따라서, 증발산량 (ETR) = 639.26mm/년 이다.

Turc 공식을 사용한 이론적인 연평균 증발산량은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량 1,143.7mm/년에 비해 약 55.8% 수준에 불과하다.

3-3. 인구현황

밀양시의 1997년 총가구수 및 인구는 약 40,708가구 129,744명이며, 그중 남자가 49.4%인 64,080명이고, 여자가 50.6%인 65,664명으로 가구당 인구는 3.2명이고 인구밀도는 1km²당 162.4명이다.

3-4. 토지이용현황

조사지역의 지목별 토지이용 현황은 총면적 798.99km²중 전 51.28km²(6.4%), 답 126.00km²(15.76%), 임야 526.59km²(65.9%), 기타 92.86km²(11.6%)로 구성되며, 이중 전, 답 면적이 177.28km²로 전체면적의 22.2%를 차지한다. 조사지구의 읍·면별 토지이용 현황은 <표. 3-7>과 같다.

<표 3-6> 조사지역 가구 및 인구현황

(단위 : 세대, 명)

읍·면	총 계				인구밀도	가구당인구	비고
	세대	인 구					
		계	남	여			
계	40,708	129,744	64,080	65,664	162.4	3.2	
밀양시	15,615	51,850	25,628	26,222	1,796.6	3.3	
삼랑진읍	3,667	11,507	5,678	5,829	146.8	3.1	
하남읍	3,594	11,516	5,616	5,900	310.9	3.2	
부북면	2,603	8,076	4,011	4,065	145.9	3.1	
상동면	1,404	4,315	2,132	2,813	82.9	3.1	
산외면	1,236	3,759	1,842	1,917	106.0	3.0	
산내면	1,631	4,996	2,488	2,508	46.5	3.1	
단장면	1,778	5,407	2,682	2,725	38.1	3.0	
상남면	3,659	12,010	5,951	6,059	214.0	3.3	
초동면	1,774	5,257	2,627	2,630	108.2	3.0	
무안면	2,707	8,030	3,977	4,053	80.1	3.0	
청도면	1,040	3,021	1,448	1,573	52.6	2.9	

<표 3-7> 읍·면별 토지이용 현황

(단위 : m²)

읍·면	계	전	답	과수원	목장용지	임야	기타
계	798,998,244.9	51,283,991	126,002,784.6	1,539,568	722,886	526,585,824.2	706,135,053.8
밀양시	28,860,466.2	3,559,348.0	3,719,181.0	202,930.0	2,196.0	13,210,388.8	8,166,422.4
삼랑진읍	78,411,478.0	7,428,828.0	10,214,793.0	202,954.0	88,561.0	49,871,735.0	10,604,607.0
하남읍	37,033,840.0	4,168,888.0	16,903,591.0	61,992.0	77,080.0	6,367,282.4	9,455,006.6
부북면	55,352,990.0	3,224,892.0	14,150,312.0	21,292.0	57,596.0	30,840,974.0	7,057,924.0
상동면	52,016,659.0	3,504,665.0	6,779,813.0	86,622.0	72,269.0	35,680,629.0	5,892,661.0
산외면	35,453,563.0	2,009,605.0	5,745,984.0	236,298.0	32,369.0	23,319,430.0	4,109,877.0
산내면	107,412,035.1	4,844,469.0	8,777,622.6	64,748.0	122,214.0	87,034,864.0	6,568,117.5
단장면	142,103,729.0	5,578,986.0	9,082,615.0	339,582.0	88,995.0	119,559,375.0	7,454,176.0
상남면	56,099,517.1	6,546,784.0	17,374,626.0	28,917.0	56,456.0	21,031,538.0	11,061,196.1
초동면	48,546,705.0	4,166,954.0	13,252,663.0	122,135.0	63,758.0	22,047,703.0	8,893,492.0
무안면	100,291,528.5	4,210,848.0	14,371,652.0	172,098.0	57,093.0	72,452,590.0	9,027,247.5
청도면	57,415,734.0	2,039,724.0	5,629,932.0	-	4,299.0	45,169,315.0	4,572,464.0

3-5. 수자원 이용현황 및 이용시설

3-5-1. 하천현황

조사지역의 하천은 낙동강, 밀양강, 청도천, 동천, 단장천 등 주로 5개 수계로 나눌 수 있는데, 수지상 수계분포를 보이고 각 계곡에서 세천지류들은 소유역분수령으로 구분된 주요 4개 수계로 유입된 후 조사지역 남단을 따라 동유하하는 낙동강이 유입되고 있다.

조사지역내를 흐르는 수계의 분포는 그림 3-6과 같으며, 조사지구 하천의 면

적은 32,856,634m², 하천제방 3,794,393m², 구거 13,954,313.5m²로 전체 하천수계의 면적은 50,605,340.5m²이다. 이는 조사지역 전체면적의 6.3%에 해당되는 면적이다.

하천의 경사도는 비교적 완만하며, 동천 상류부를 제외하고는 깊은 계곡의 형성이 미약하고 낙동강으로의 유입부에서는 낙동강 수위와 비슷한 저지의 평야부 지형 특징에 따라 호소를 형성하는 낙동강 배후 습지지역을 나타내기도 한다.

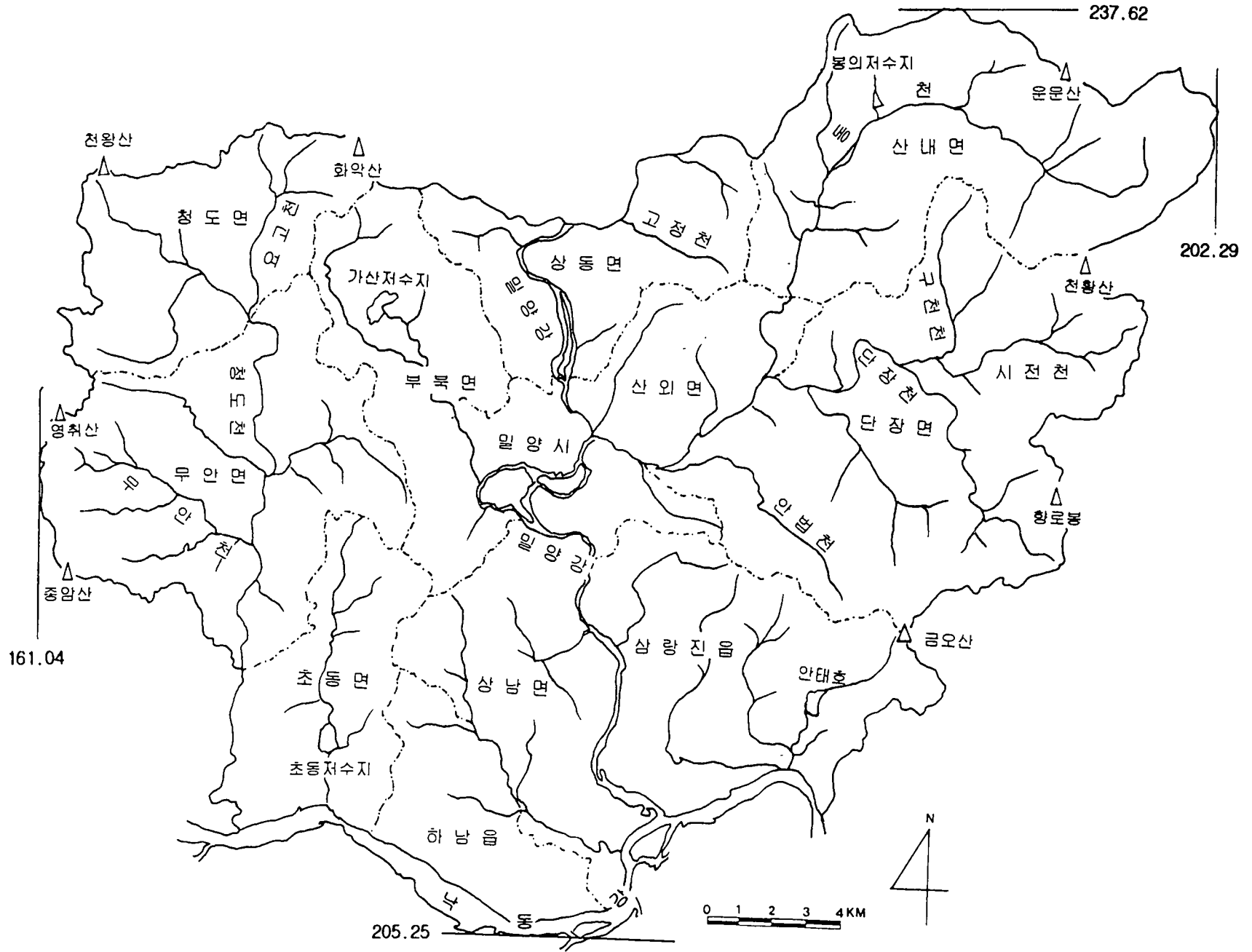
3-5-2. 지표수 이용현황

조사지구의 지표수 수리시설 현황은 저수지 270개소와 양수장 62개소, 양배수장 22개소가 이용되고 있다. 물리면적이 100ha 이상이 되는 주요 저수지는 부북면 가산지, 덕곡지, 상항지, 상남면 남산지, 청도면 요고지, 소태지, 무안면 마홀지, 초동면 초동저수지, 단장면 감물저수지, 산내면 봉의지등으로서 조사지구에서 용수를 공급하고 있으며, 조사지구 담경지 면적의 36.1%에 해당하는 4,547.1ha를 물리하고 있다. 표 3-8은 270개 저수지중 주요 저수지 38개소의 현황이고, 표 3-9는 주요 양수장 현황이다.

3-5-3. 지하수 이용현황

조사지구에서의 지하수 이용현황은 1998년 현재 지하수시설은 총 363개소로 이중 암반관정은 338개소로서 생활용관정 167개소, 농업용관정 174개소, 생활용 및 농업용 다목적 관정이 15개소, 기타 7개소가 이용되고 있다(표. 3-10)

층적관정은 25개소로 농업용수 17개소, 생활용수 8개소로 사용되고 있다. 소형관정은 낙동강 제방 내외측을 따라 형성된(범람원을 포함한 하천층적 사질토양) 시설채소 단지내에 직경 Ø2" 의 타설식 소형관정 수백개가 이용되고 있으나 사실상 낙동강의 복류수에 해당하는 관정으로 이번조사에서는 제외하였다.



<그림. 3-6> 수계도

< 표. 3-8 > 저수지 현황

면	저수지명	용리면적 (IIA)	총저수량 (천㎥)	사수량 (천㎥)	유효저수량 (천㎥)	유익면적 (HA)	만수면적 (HA)	제당연장 (m)	제당고 (m)	설치 년 도
계	38	3005.8	13,313	195	13,118	12,442	260.2	8269.8	484.5	
부북	가 산 지	715.5	2,967	26	2,941	1,570	67.8	422	12.3	1945
부북	무 연 지	(41)	68	0	68	74	1.7	415	6.1	1945
부북	퇴로동편	(20)	19	0	19	50	0.5	202.4	10.3	1945
부북	퇴로서편	(17)	11	0	11	50	0.6	152.4	8.6	1945
부북	덕 곡 지	231.5	905	6	899	610	23.8	356	11	1945
부북	제 대 지	(30)	90	0	90	180	3.6	360	6	1945
부북	신위양지	83	111	2	109	192	2.6	180	12.7	1961
부북	위 양 지	(46)	124	0	124	220	6.0	384	6	1945
부북	상 향 지	145.3	279	3	276	669	5.5	208	14.7	1961
부북	성 동 지	(35)	118	2	116	170	2.9	230	7.5	1961
상남	남 산 지	100.4	413	7	406	360	6.9	224	17.8	1950
초동	두 암 지	(10)	12	0	12	50	0.8	130	3	1945
초동	금 포 지	(4.0)	6	0	6	50	0.2	150	4	1945
하남	귀 명 지	(5.0)	5	0	5	20	0.2	150	3.5	1945
하남	남 전 1	50.2	168	15	153	96	4.0	180	9.2	1966
하남	남 전 2	(4.0)	7	1	6	30	1.0	215	5.0	1945
하남	남 전 3	6.6	14	1	13	35	1.0	155	7.0	1945
하남	남 전 4	(8.8)	7	1	6	9	1.0	130	5.5	1945
무안	마 흘 지	102	297	0	297	280	5.5	132	14.7	1956
무안	백 안 지	(30)	73	0	73	210	1.8	86	16	1956
무안	웅 동 지	53.5	135	0	135	170	2.4	175	22.2	1956
무안	가 례 지	51.1	181	0	181	120	4.6	214	13	1956
무안	화 봉 지	77.7	168	0	168	240	4.7	217	13.1	1958
무안	서가정지	38.7	215	8	207	130	2.7	182	17.3	1958
청도	요 고 지	131.6	632	69	563	1,286	11.3	219	16.9	1976
청도	소 태 지	133.4	1,195	0	1,195	360	12.7	236	25	1991
무안	고사상지	12.4	26	0	26	28	1.0	56	10.3	1952
무안	고사하지	(2.0)	5	0	5	25	0.5	80	4.5	1952
초동	초 동 지	399.1	1,548	0	1,548	2,050	41.8	745	8.5	1945
초동	성 만 지	66.5	258	11	247	165	5.1	173	15.4	1945
초동	봉 대 지	52.1	128	1	127	253	3.4	205	19.4	1961
초동	와 지 지	56.7	138	0	138	370	3.1	233	13.8	1961
단장	감 물 지	153.7	500	3	497	700	8.2	135	17.8	1945
단장	안 법 지	(14)	34	0	34	80	1.0	132	12	1972
단장	단 장 지	(24.7)	68	0	68	90	1.0	114	10.9	1972
단장	국 진 지	79	544	26	518	470	4.5	149	29	1979
산내	봉 의 지	201.8	1,618	13	1,605	700	11.3	397	37	1981
산내	승 진 지	64.0	226	0	226	280	3.5	146	17.5	1945

<표.3-9 > 양수장 현황

면	시설물명	용리면적 (ha)	구분	양수량 (m ³ /sec)	설 지 년 도	면	시설물명	용리면적 (ha)	구분	양수량 (m ³ /sec)	설 지 년 도
밀양	연금양수장	15.0	양 수	0.2	1950	하남	양동양배수장		양배수	0.25	1963
	평탄양배수장	202.0	양배수	0.404	1986		까서2 양수장	80.0	양 수	0.24	1990
	마산양배수장		양배수	0.868	1924		해양 양수장	5.0	양 수	0.26	1992
	마산양배수장		양배수	2.32	1924		명례양수장	10.0	양 수	0.12	1992
	평촌양수장	13.0	양 수	0.07	1950		남전 양수장	17.6	양 수	0.196	1978
	금동양수장	13.0	양 수	0.194	1950		소 계	2,318.3		4.392	
	동산양수장	30.0	양 수	0.24	1995	초동	명포양수장	80.0	양 수	0.24	1990
	인산양수장	8.0	양 수	0.028	1987		대곡양수장	100.0	양 수	0.24	1977
	회장양배수장	주345.8	양배수	1.15	1995		성암양배수장	주132.6	양배수	0.52	1968
	거족양배수장	주165.9	양배수	0.51	1972		초동양배수장	150.0	양배수	0.67	1946
거족양배수장		양배수	0.71	1972	상용수양수장		60.0	양 수	0.25	1988	
밀성양배수장	344.0	양배수	0.75	1996	반월양수장		주86.2	양 수	0.135	1988	
밀성양배수장		양배수	1.833	1996	덕산양수장			양 수	0.028		
소 계	1,136.7		9.277		소 계		608.8		2.083		
삼랑진	임천양수장	주259.5	양 수	0.268	1983	부북	내이양수장	155.0	양 수	0.1167	1978
	소 계	259.5		0.268			사포양수장	40.0	양 수	0.072	1975
하남	피서양수장	80.0	양 수	0.55	1976		퇴로양수장	32.0	양 수	0.109	1986
	양동2 양수장	주16.6	양 수	0.13	1946		무연양수장	41.5	양 수	0.124	1992
	두암 양수장	20.0	양 수	0.04	1975	소 계	268.5		0.4217		
	흰산 양수장	8.0	양 수	0.04	1979	부안	터실양수장	14.0	양 수	0.0196	1978
	금포2 양수장	주25.9	양 수	0.056	1979		화봉양수장	주26.7	양 수	0.072	1978
	외산양수장	70.0	양 수	0.18	1984		고사양수장	주7.2	양 수	0.027	1996
	검암양배수장	11.0	양배수	0.2	1978		원원상양수장	주32.7	양 수	0.083	1996
	금포양수장	20.0	양 수	0.19	1979		원원하양수장	주7.3	양 수	0.03	1984
	수산양배수장	주1814.2	양배수	1.27	1928		삼태상양수장	주18.0	양 수	0.0417	1975
	어은양수장	105.0	양 수	0.25	1987		삼태하양수장	주6.5	양 수	0.0417	1984
양동양배수장	35.0	양배수	0.25	1996	소 계		112.4		0.315		
양동양배수장		양배수	0.17	1963	계	4,704.2		16.7567			

<표 3-10> 지하수 수리시설 현황

구 분	계		생활용수		농업용수		농업 및 생활		기 타	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	363	58,414	167	28,441	174	26,445	15	3,138	7	390
밀 양 시	18	2,673	9	1,581	9	1,092	-	-	-	-
삼랑진읍	35	6,309	23	4,833	12	1,476	-	-	-	-
하 남 읍	26	3,129	4	841	21	2,023	1	265	-	-
부 북 면	65	10,308	27	4,079	38	6,229	-	-	-	-
상 동 면	33	5,502	15	2,627	13	1,649	5	1,226	-	-
산 외 면	21	4,566	8	1,727	11	2,539	2	300	-	-
산 내 면	12	2,593	9	1,817	3	776	-	-	-	-
단 장 면	28	3,724	18	2,529	8	931	1	164	1	100
상 남 면	35	3,802	14	2,251	21	1,551	-	-	-	-
초 동 면	23	4,174	12	2,222	8	1,346	3	606	-	-
무 안 면	46	5,771	22	2,617	15	2,287	3	577	6	290
청 도 면	21	5,863	6	1,317	15	4,546	-	-	-	-

4. 수문지질 조사

4-1. 지형 및 지질

4-1-1. 지형

조사지역 지형의 전반적인 형성은 암석분포와 밀접히 연관되어 나타난다. 일반적으로 기계적 풍화에 약한 경상계 퇴적암류의 분포에 비해 화산암류의 분포지가 협준한 편이며, 국부적인 심성암류의 관입에 따른 지구 동편일대가 가장 높은 지형을 보여준다

조사지역은 대체로 협준한 산계에 의해 동, 서, 북쪽 경계를 이루며, 남쪽으로 낙동강을 접하는 평야부가 그 경계를 이룬다. 덕암산($\Delta 544.5\text{m}$), 영취산($\Delta 681.5\text{m}$), 천왕산($\Delta 619.2\text{m}$)을 잇는 서측 경계가 북측 철마산($\Delta 627.3\text{m}$)으로 이어져 지형적·수리적 분수령으로 작용하고, 밀양시를 중앙으로 가로 지르는 밀양강을 축으로 다시 동쪽 구만산($\Delta 785.0\text{m}$), 운문산($\Delta 1196.4\text{m}$), 가지산($\Delta 1240\text{m}$), 천황산($\Delta 1189.0\text{m}$)으로 이어져 협준한 산계들이 분수령으로 작용하면서 동쪽 경계를 형성한다.

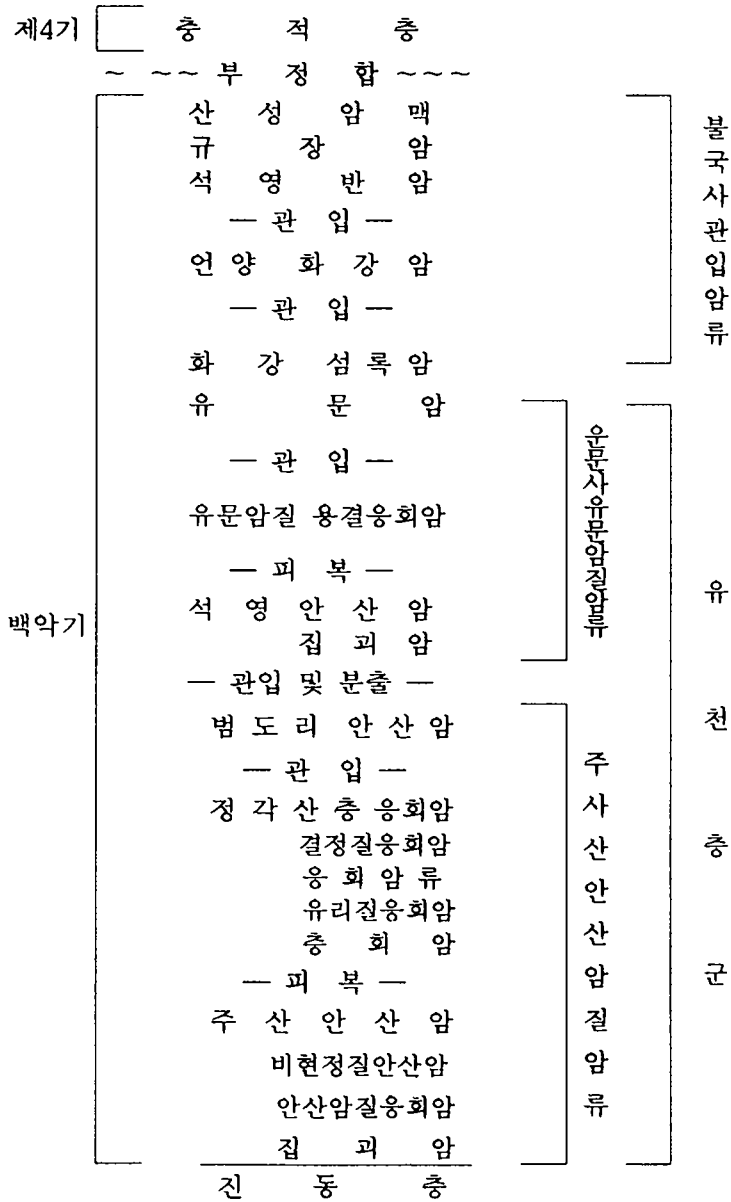
이 지역은 최고지대인 가지산($\Delta 1240\text{m}$)과 최저지대인 상남면 외산리($\Delta 2\text{m}$)의 고저차이가 무려 1238m를 넘는 기복이 심한 곳이다. 지구동측 운문산 북동부에서 단장면 범도리로 이어지는 북동에서 남서방향의 거의 직선상의 선구조(Lineament)은 남동방향으로 수직거리 8km 정도 떨어진 선구조와 동일한 방향을 보이는데 단층구조에 의한 것으로 보인다.

본지역의 수계는 조사지역 남단에서 동유하는 낙동강이 본류로 강폭이 평균 1km이고, 하상의 표고가 3m 이내로 유속이 매우 느리다. 하상의 상태는 중립~세립사로 구성되어 있다.

낙동강으로 유입되는 수계로는 크게 밀양강, 청도천으로 나뉘는데 청도군 청도읍에서 상동면으로 유입된 밀양강이 밀양시를 사행하여 상남면과 삼랑진읍 경계를 이루며 오우진 나루에서 낙동강으로 유입되고, 청도면에서 발원하여 무안면을 지나는 남북방향의 청도천이 초동면 본포나루에서 낙동강으로 유입된다.

밀양강으로 유입되는 1차 수계로는 가지산에서 발원하여 산내면, 산외면을 지나는 동천이 산외면 금천리에서 밀양강으로 유입되며 울산쪽에서 단장면으로 유입된 단장천이 태동리에서 동천과 합류한다.

4-1-2. 지 질



<그림. 4-1> 지 질 계 통 표

본 조사지역을 구성하는 지질은 시기적으로 백악기말의 것들인데 대부분 유천층군과 후기불국사관입암류로 되어 있다. 유천층군은 주사산안산암류와 운문사유문암질류로 구분된다(그림. 4-1 지질계통표).

본 지구의 주사산안산암질류는 주로 분출에 의한 유동구조에 지배되었고, 주변암체의 포획으로 보아 관입구조를 이루는 것도 있다. 지구동측 산내면 남명리를 거쳐 단장면 범도리 부근을 통과하는 계곡은 N32~38° E의 명확한 선구조를 보인다.

가. 진동층

진동층은 조사지역 동편 무안면 가례리, 고라리, 응동리 지역에 주로 분포하며 주사산안산암이 관입·분출하여 진동층을 덮고 있다. 암회색, 회색 세일층, 백색, 회록색 처트층으로 구성된다. 세일층은 양효리, 인목리에도 일부 존재하여 N35° W, NS, N35° E 방향으로 불국사 화강암류인 석영반암에 포획되어 산출된다. 처트층은 세일층 상부에 분포하며, 주로 NS, N15° W, 15~20° N의 주향·경사가 지배적이며, 주로 니질 퇴적암의 화성활동에 의해 생성된 것으로 보인다.

나. 비현정질안산암

비현정질안산암은 지구 서측에 주로 분포하며 지구전반에 걸쳐 운문사유문암질암을 포획하여 나타나기도 하며, 산내면 일대에는 동천을 따르는 계곡을 따라 분포하는데 안산암질 응회암, 집괴암 등을 포획하기도 하고 자체의 각력을 포함하기도 한다. 구성광물은 휘석, 사장석, 각섬석등이 있고 육안관찰로는 암흑색이며 치밀한 조직을 보인다. 반정은 1mm내외의 사장석과 휘석을 가진다.

다. 주산암산암

비현정질 안산암을 관입·절단하고, 주로 조사지역의 서측 청도, 무안, 부북, 초동면과 밀양시 동측 단장면 일대에 광범위하게 분포하며, 구성암석은 주로 반상안산암으로 구성되어 있다. 암색은 주로 암록색이 우세하나 녹색, 암회색등 다양하며 산상 또한 다양하다. 구성광물은 휘석, 사장석, 각섬석, 녹니석, 견운모 등이며, 암석은 육안관찰로는 암록색 미립질 석기에 직경 4mm 정도의 사장석 반정을 함유하는 것이 다른 안산암류와 구별된다.

라. 정각산층 (안산암질 응회암류)

정각산층은 대략 20°의 경사를 보이며, 단장면 북부 일대의 정각산에서 가장 넓게 노출되며, 범도리로 이어져 단장면의 대표적인 층후를 나타낸다.

응회암질로 이루어진 화산성퇴적암층으로 대부분 흑색 층회암과 부분적으로 응회암류, 결정질 응회암 등으로 구성되어 있다. 층회암은 신선한면에서 암흑색을 띄고, 변질부분에서 청회색을 보이며 층리면이 비교적 잘 발달되어 있다. 유리질응회암은 회색을 띄는 거의 유리질에 가까운 석리를 가지며, 응회암류는 층회암보다 큰 입자와 화산력을 가지며 분급은 불량하고 층리면이 희미하거나 괴상을 보인다. 결정질응회암은 2~3mm 정도의 장석반정을 함유한 것이 특징이다. 사장석, 석영, 각섬석, 녹니석, 견운모, 점토광물 등으로 구성되어 있다.

마. 유문암질 응회암 (유문암)

지구 북동부 구만산, 운문산 등지에 분포하여 유문암질용결 응회암은 유리질 석기에 직경 0.5~3mm 내외의 반정(석영, 정장석)을 함유하고 있으며, 유문암 또한 반상석리를 보인다. 유문암은 지구 북동부에 분포하며 유문암질 용결응회암의 포획체를 가지는 것이 관찰된다. 구성광물은 석영, 정장석, 사장석, 견운모 등이며 전반적으로 반상석리를 보이는데 반정은 0.5~4mm 정도의 석영과 정장석이며 석기는 미립질 무색광물로 이루어져 있다.

바. 불국사 관입암류 (언양화강암)

상동면, 산외면, 산내면 일대에 이르기까지 분포하며, 하나의 저반암체로 보인다. 화강섬록암, 안산암질류, 유문암질류들을 가끔 포획해서 나타나며, 주로 담색을 띄는 조립질 흑운모화강암으로 구성되어 있다. 불국사 관입암류는 광석광물을 형성하기도 하여 산내면 중석광산, 청도면 사촌동 전기석, 산외면 금곡리의 흑전기석 등이 산출된다. 구성광물은 석영, 장석류, 흑운모, 각섬석 등이다.

사. 층 적 층

주로 밀양강, 청도천, 동천, 산내천 등 하천유역을 따라 널리 분포하여 제반암석을 부정합으로 피복하여 저지대에 걸쳐 분포하고 구성암석은 주로 미고결의 역, 모래 및 점토로 되어 있다.

4-2. 기설관정 이용실태 조사

4-2-1. 시설별·용도별 이용실태조사

'80년대이후 우리공사와 밀양시에서 조사·개발한 시추공, 착정공을 대상으로 현장조사를 실시하여 위치, 심도, 자연수위, 수질 등을 조사하였으며, 그외 '90년대 이후 개발하기 시작된 사설관정들에 대해서도 현장답사를 통하여 조사가능한 범위 내에서 실태조사를 실시하여 지하수이용실태 조사자료로 활용하였다.

이번조사를 통하여 조사지구 내에서 이용중인 지하수는 총 363개소의 관정 중 총적관정이 25개소, 암반관정이 338개소로 조사되었으나 확인되지 않은 사설관정이 또한 상당수 존재할 것으로 판단된다.

조사된 자료를 통하여 이용실태를 분석하면 심도별로는 총적관정의 개발심도는 평균 6.54m이고, 암반관정은 그 심도가 100~150m로 평균심도는 86.8m이다.

암반관정은 총 363개공 중에서 생활용수 167공, 농업용수 174공, 농업·생활겸용수 15공, 기타 7공이 각각 이용되고 있으며, 총적관정 25개공은 주로 농업용수(17공)로 사용되나 생활용수로도 8공이 사용중이다. 표 4-1과 표 4-2는 이에 관련된 관정에 대한 자료로서 표 4-1은 지구내에서 조사한 기설관정 내역이며, 농어촌진흥공사에서 시행한 지하수개발 내역은 표 4-2와 같다.

4-2-2. 기설관정 양수시험

양수시험은 착정된 지하수관정으로부터 적정량의 지하수를 충전 혹은 채수함으로써 발생하는 대수층 수위상승 및 수위강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적 성질을 결정하기 위하여 시행하는 것이다. 조사지역 대수층의 수리적 특성을 파악하기 위하여 지역내에 분포하는 암반관정 14개소에 대해 양수시험을 시행하였다.

대수층의 수리적 특성은 수리상수로 표현되는데, 이는 양수정, 적절한 여건을 갖춘 관측정 또는 양수정에서 수위변화를 관측함으로써 얻을 수 있다. 특히, 장기양수시험과 수위회복시험의 의미는 조사공의 대수층상태에 대한 수리상수를 산출하는 데 있으며, 이는 투수량계수(T)와 저류계수(S)로 표현된다.

투수량계수는 투수계수(K)에 대수층의 두께(B)를 곱한 것으로 표시되는 데 이는 1:1의 지하수 동수구배하에서 대수층의 전두께와 단위폭을 통해 단위시간 동

<표. 4-1 > 기설관정 조사내역

ID	면	리	좌표(TM)		용도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 (m ³ /일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
MR1	밀양시	내이	176.21	223.15	농업용수	100	80	60	0.6	
MR2	밀양시	내이	176.13	223.09	생활용수	150	150	100	20	
MR3	밀양시	내이	175.82	222.95	농업용수	150	72	95	8.5	96
MR4	밀양시	내이	176.00	222.50	농업용수	150	100	252	11.6	97
MR5	밀양시	내이	176.00	222.35	농업용수	150	100	209	11.93	97
MR6	밀양시	내이	176.44	221.10	생활용수	150	30	30	1.93	97
MR7	밀양시	삼문	177.00	220.45	생활용수	200	100	201	5.75	94
MR8	밀양시	삼문	176.91	220.30	생활용수	200	100	250	6	97
MR9	밀양시	삼문	176.75	220.19	생활용수	150	100	230	6.2	92
MR10	밀양시	용평	178.76	221.92	농업용수	200	82	336	13.8	95
MR11	밀양시	용평	178.61	221.93	농업용수	130	30	50	9.72	83
MR12	밀양시	용평	178.89	221.70	농업용수	150	80	264	12	92
MR13	밀양시	용평	179.66	221.48	생활용수	200	90	150	11.5	94
MR14	밀양시	활성	180.57	221.69	농업용수	100	50	80	3.3	
MR15	밀양시	용평	179.25	221.07	생활용수	200	120	260	7.5	
MR16	밀양시	용평	179.39	221.05	농업용수	50	8	21	5	
MR17	밀양시	용평	179.44	221.15	생활용수	200	200	150	6.2	
MR18	밀양시	활성	180.12	221.30	생활용수	150	120	100		97
CD1	청도	고법	168.89	228.94	생활용수	200	150	220	5.4	95
CD2	청도	고법	168.78	228.49	생활용수	200	100	210	8.7	95
CD3	청도	구기	165.45	226.57	농업용수	200	90	400	10	84
CD4	청도	구기	165.25	227.15	농업용수	200	90	250	4.8	93
CD5	청도	구기	165.18	227.59	농업용수	200	82	276	20	95
CD6	청도	구기	165.22	227.05	생활용수	200	120	235	8.5	96
CD7	청도	두곡	165.19	228.43	농업용수	200	85	360	6	85
CD8	청도	두곡	165.38	228.59	농업용수	200	67.3	345		86
CD9	청도	두곡	165.08	228.83	농업용수	200	122	250		94
CD10	청도	두곡	165.42	228.17	농업용수	200	100	250		97
CD11	청도	두곡	164.02	229.81	생활용수	150	100	165	0.8	97
CD12	청도	소태	165.61	230.59	농업용수	200	70	200		94
CD13	청도	요고	168.50	231.30	농업용수	200	160	299	0.7	94
CD14	청도	요고	168.89	231.51	농업용수	200	70	301	24.9	97
CD15	청도	요고	168.53	229.49	생활용수	200	100	163	3	96
CD16	청도	인산	166.46	227.65	농업용수	200	64	605		84
CD17	청도	인산	166.81	227.62	농업용수	200	78	360		85
CD18	청도	인산	167.29	226.89	농업용수	200	100	250	1.75	95
CD19	청도	조천	165.19	226.09	농업용수	200	70	300	5.8	96
CD20	청도	조천	165.18	224.85	농업용수	200	120	200	7.4	97
CD21	청도	조천	164.94	224.95	생활용수	200	140	214		97
SN1	산내	가인	191.51	233.12	농업용수	200	90	207		96
SN2	산내	남명	199.47	231.79	생활용수	200	100	150	9.6	97
SN3	산내	남명	198.62	231.25	생활용수	200	98	100	11.45	97
SN4	산내	삼양	195.98	232.27	생활용수	200	80	253		89
SN5	산내	송백	189.63	231.25	농업용수	200	93	276	6.7	95
SN6	산내	용전	187.00	228.78	생활용수	200	132	253	2.3	95
SN7	산내	용전	186.43	232.07	생활용수	200	120	200		94
SN8	산내	원서	193.99	234.14	생활용수	200	80	311	4.5	96
SN9	산내	원서	193.92	233.25	생활용수	200	110	150	4.8	95
SN10	산내	원서	194.45	232.84	생활용수	200	150	150	18.2	98
SN11	산내	입고	189.54	229.80	생활용수	200	102	250	4	95
SN12	산내	입고	190.24	229.82	농업용수	200	74	293	0	98

ID	면	리	좌표(TM)		용도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 '(m ³ /일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
MA1	무안	가례	162.87	220.96	농업용수	180	60	25	6.75	97
MA2	무안	가례	163.00	221.15	생활용수	200	90	150		97
MA3	무안	가례	162.47	221.39	농업용수	150	100	200	1.6	98
MA4	무안	가례	162.49	221.23	생활용수	200	130	100		97
MA5	무안	가례	162.60	220.25	농업용수	200	180	300		94
MA6	무안	내진	169.13	226.00	농업용수	200	93	302	4	95
MA7	무안	덕암	164.95	217.75	농업용수	40	102	264	7	96
MA8	무안	덕암	165.15	217.91	농업용수	40	100	150	21.5	97
MA9	무안	동산	170.05	226.73	과수용	200	90	100		95
MA10	청도	동산	168.55	226.89	생활용수	250	200	300	1.5	94
MA11	무안	마흘	172.13	221.75	농업 및 생활	200	65	152	2.1	96
MA12	무안	마흘	172.35	221.63	농업용수	150	110	210		96
MA13	무안	마흘	172.05	222.24	생활용수	200	80	92		89
MA14	무안	마흘	172.03	221.24	생활용수	250	120	200	16.6	95
MA15	무안	마흘	173.72	219.89	농업 및 생활	200	120	250	16	97
MA16	무안	마흘	172.75	221.71	생활용수	400	96	120		90
MA17	무안	마흘	173.14	220.83	생활용수	150	100	150	6.5	89
MA18	무안	마흘	173.43	220.69	생활용수	200	96	100	0	90
MA19	무안	마흘	172.03	220.80	농업용수	150	103	50		97
MA20	무안	모로	167.86	218.11	생활용수	200	100	150	11.4	95
MA21	무안	무안	168.31	219.28	생활용수	200	114	15	5.6	94
MA22	무안	삼태	168.64	221.51	생활용수	150	80	50	8.9	95
MA23	무안	삼태	168.91	220.82	생활용수	150	150	30	1.5	97
MA24	무안	삼태	167.90	221.10	생활용수	200	90	150	22.1	97
MA25	무안	신법	168.51	220.04	생활용수	200	66	100	7	94
MA26	무안	신법	168.69	220.13	생활용수	200	85	19		94
MA27	무안	신법	168.29	220.12	생활용수	200	100	50	26	96
MA28	무안	신법	168.65	220.34	과수용	200	100	10	10.7	96
MA29	무안	신법	168.52	219.87	과수용	200	80	10		96
MA30	무안	양효	168.35	224.78	생활용수	200	80	4	3.5	94
MA31	무안	운정	171.21	222.85	농업용수	250	90	200	2.2	97
MA32	무안	정곡	169.72	220.86	생활용수	200	70	100		94
MA33	무안	죽월	168.26	223.02	농업용수	200	102	180		94
MA34	무안	중산	165.90	220.17	생활용수	200	82	150	3.5	94
MA35	무안	중산	165.44	219.95	농업용수	200	130	240		96
MA36	무안	판곡	169.45	223.29	과수용	200	80	20	6	95
MA37	무안	판곡	169.37	223.29	과수용	100	80	100	6	97
MA38	무안	판곡	169.17	223.34	농업용수	150	80	50	1	93
MA39	무안	판곡	169.04	223.42	농업용수	250	90	240	11.3	96
MA40	무안	판곡	168.75	222.87	생활용수	40	65	30	20	95
MA41	무안	판곡	169.03	222.42	농업용수	150	85	50	10	97
MA42	무안	판곡	169.30	222.40	농업용수	150	85	50	10	95
MA43	무안	판곡	168.69	222.86	과수용	40	104	50	20	96
MA44	무안	화봉	166.00	223.67	생활용수	200	90	150	6.9	
MA45	무안	화봉	166.11	223.32	농업 및 생활	200	150	247	6.6	95
MA46	무안	화봉	164.28	223.82	생활용수	200	150	150	1.5	
CH1	초동	금포	172.70	211.04	생활용수	200	190	150	14.7	92
CH2	초동	금포	172.46	210.89	생활용수	200	200	209	2.8	94
CH3	초동	금포	172.38	210.84	농업용수	150	100	132		
CH4	초동	대곡	169.00	210.62	생활용수	250	180	212	4.7	93
CH5	초동	대곡	168.79	210.65	생활용수		30	10		88
CH6	초동	덕산	171.20	215.99	생활용수	200	100	100	9	93

ID	면	리	좌 표(TM)		용 도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 (m³/일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
CH7	초동	덕산	171.75	216.02	농업용수	120	80	75	2.2	
CH8	초동	덕산	172.01	216.00	농업용수	200	80	150	7	97
CH9	초동	덕산	172.83	215.28	농업 및 생활	200	120	216		97
CH10	초동	두암	171.48	210.80	농업용수	90	3.3	5	1	
CH11	초동	두암	171.90	210.59	생활용수	250	150	150	1.54	93
CH12	초동	두암	172.71	209.91	생활용수	200	120	210	2.25	
CH13	초동	명성	169.57	211.61	생활용수	250	110	210	1	96
CH14	초동	명성	169.68	212.15	생활용수	250	70	250	2.3	93
CH15	초동	명성	168.60	212.59	생활용수	10	100	200	1.15	97
CH16	초동	반월	169.60	209.16	농업용수	120	100	150		94
CH17	초동	반월	169.58	209.35	농업용수		80	251		93
CH18	초동	봉왕	172.21	217.17	농업용수	150	86	187	13	95
CH19	초동	봉왕	172.38	216.95	생활용수	150	60	230	14.35	91
CH20	초동	성만	172.90	211.51	농업 및 생활		150		2.5	
CH21	초동	성만	172.56	211.81	농업용수	250	116	164	5.5	93
CH22	초동	성만	173.00	211.61	농업 및 생활	200	124	240	2.7	95
CH23	초동	오방	170.21	213.68	생활용수	250			0.9	
SA1	상남	동산	179.41	210.82	생활용수	250	80	202	2	97
SA2	상남	동산	179.39	210.95	생활용수	100	80	179	8.6	96
SA3	상남	동산	179.47	211.07	생활용수	150	100	169	10	97
SA4	상남	동산	179.62	210.90	생활용수	200	150	214		97
SA5	상남	동산	179.93	210.60	농업용수	150	80	150	8	97
SA6	상남	동산	179.98	210.82	농업용수	100	30	5	7.2	97
SA7	상남	동산	179.66	210.50	생활용수	100	70	50	2	93
SA8	상남	동산	180.21	210.63	농업용수	150	50	51	20	95
SA9	상남	마산	179.83	211.35	생활용수	100	3.1	36	1.1	
SA10	상남	마산	179.30	211.50	농업용수	100	100	241	5	97
SA11	상남	마산	179.91	211.61	농업용수	150	80	121	8.8	95
SA12	상남	마산	179.98	211.39	농업용수	50	8	16	1.3	
SA13	상남	연금	178.48	214.42	생활용수	150	150	150	20	92
SA14	상남	연금	178.29	214.51	생활용수	200	80	250	20	92
SA15	상남	외산	180.65	207.46	농업용수	50	15	10	1.7	
SA16	상남	외산	180.67	207.56	농업용수	50	15	15	5	
SA17	상남	외산	180.65	207.61	농업용수	50	15	35	5	
SA18	상남	외산	180.71	207.68	농업용수	50	15	20	5	97
SA19	상남	외산	180.24	208.68	농업용수	50	15	26	5.2	92
SA20	상남	외산	180.26	208.90	생활용수	100			1.7	88
SA21	상남	외산	180.45	208.86	생활용수	100	3.1	21	1.34	
SA22	상남	외산	180.50	208.90	생활용수	150	80		20	91
SA23	상남	외산	180.38	208.90	생활용수		80			96
SA24	상남	외산			농업용수		190			98
SA25	상남	우곡	177.51	216.64	생활용수	250	150	173	20	96
SA26	상남	우곡	177.78	216.69	농업용수	150	80	120	14	92
SA27	상남	우곡	177.79	216.63	농업용수	200	100	152	3.3	
SA28	상남	우곡	177.83	216.78	농업용수	150	80	134	20	92
SA29	상남	우곡	177.99	216.51	농업용수	200	125	186	1.6	96
SA30	상남	우곡	177.00	216.50	농업용수	100	65	68	3.4	95
SA31	상남	평촌	179.59	212.51	농업용수	250	45	56	7.2	92
SA32	상남	평촌	180.18	212.68	농업용수	150	35	20	12.5	95
SA33	상남	평촌	180.03	213.02	농업용수	150	40	55	15.8	
SA34	상남	평촌	179.95	212.99	농업용수	150	86	96	16.3	
SA35	상남	평촌	180.25	212.82	농업용수	150	87	165	0.9	

ID	면	리	좌 표(TM)		용 도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 (m ³ /일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
BB1	부북	덕곡	173.85	223.53	생활용수	60	6	12	1.17	89
BB2	부북	덕곡	173.84	223.36	농업용수	180	150	150	5	96
BB3	부북	덕곡	173.41	223.24	생활용수	250	170	253	20	95
BB4	부북	덕곡	173.25	223.00	농업용수	180	140	168	2	96
BB5	부북	덕곡	173.95	223.56	생활용수		100	207	2.4	96
BB6	부북	내량	173.86	229.05	생활용수	200	120	156	11.5	
BB7	부북	내량	173.92	229.01	생활용수	250	150	206	16.5	96
BB8	부북	내량	173.91	228.95	생활용수	200	60	89	20	
BB9	부북	내량	173.84	228.91	농업용수	200	100	186	3	96
BB10	부북	내량	173.91	228.85	농업용수	200			9	94
BB11	부북	내량	173.79	228.77	농업용수	200			14.5	94
BB12	부북	내량	173.85	228.64	농업용수	150	80	213	1.5	
BB13	부북	대항1	171.36	227.33	농업용수	250	120	200	20	90
BB14	부북	대항1	171.59	227.15	농업용수	200			18	96
BB15	부북	대항2	171.48	225.44	농업용수	80	80	135	0.7	95
BB16	부북	대항2	171.37	225.60	생활용수	170	80	120		96
BB17	부북	대항2	171.54	225.69	농업용수	170	70	134	6	93
BB18	부북	대항2	171.91	225.96	생활용수	120	25	35	13.26	86
BB19	부북	대항2	171.89	225.88	농업용수	210	80	140	3.75	94
BB20	부북	대항2	171.85	225.81	농업용수	210	110	156	3	92
BB21	부북	대항1	171.79	225.62	농업용수	150	104	186	3.6	94
BB22	부북	대항1	171.51	227.30	농업용수	200	88	150	2.5	94
BB23	부북	대항1	171.62	227.06	농업용수	200	80	100	10	95
BB24	부북	무연	175.05	227.03	생활용수	250	96	167	5.9	89
BB25	부북	신흥	175.79	220.61	농업용수	200	80	157	7.5	96
BB26	부북	신흥	175.88	220.58	생활용수	130	120	198	7	97
BB27	부북	오례	174.50	222.03	농업 및 생활	220	80	336	15	96
BB28	부북	오례	174.26	222.00	농업용수	120		100	0.84	87
BB29	부북	오례	174.16	221.88	농업용수	220	82	500	1.9	94
BB30	부북	용포	176.70	223.35	생활용수	250	120	241	10.5	96
BB31	부북	용포	176.71	223.45	생활용수	200	120	154	20	90
BB32	부북	용포	176.75	223.32	생활용수	150	80	68	1	80
BB33	부북	월산	172.98	226.65	생활용수	200	145	206	1.4	
BB34	부북	월산	173.02	226.59	생활용수	200	70	98	2	
BB35	부북	월산	173.10	226.51	생활용수	550			1.8	
BB36	부북	월산	173.19	226.59	농업용수	600			1.7	
BB37	부북	월산	173.34	226.60	농업용수	900			0.3	
BB38	부북	월산	173.32	226.68	생활용수	250	250	165		90
BB39	부북	월산	172.33	226.88	농업용수	200				95
BB40	부북	위양	174.76	227.98	농업용수	80	80	500		93
BB41	부북	위양	174.79	228.05	생활용수	80	80	268	6	95
BB42	부북	위양	174.62	228.00	생활용수	80	80	165	5.2	90
BB43	부북	전사포	175.65	218.95	농업용수	150	120	320	14	97
BB44	부북	전사포	175.77	219.04	농업용수	150	132	268	15	97
BB45	부북	전사포	176.13	219.48	농업용수	150		200	7	
BB46	부북	전사포	176.11	219.40	농업용수	100.0		100.0	13.5	97
BB47	부북	제대	174.62	220.60	농업용수	250	140	354	2	94
BB48	부북	제대	175.11	219.82	농업용수	180	120	65	2.16	96
BB49	부북	제대	175.32	219.87	생활용수		150	168	2.6	95
BB50	부북	제대	175.15	219.80	농업용수	200	120	100	1.42	97
BB51	부북	청운	173.39	225.41	농업용수	200	80	98	11	97
BB52	부북	청운	173.42	224.92	생활용수	150	60	171	1.56	89

ID	면	리	좌 표(TM)		용 도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 (m ³ /일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
BB53	부북	청운	173.49	225.43	농업용수	120	145	150	13	93
BB54	부북	춘화	175.89	225.05	생활용수	200	128	300		
BB55	부북	춘화	175.80	225.09	농업용수	250	79	55	4	95
BB56	부북	춘화	175.76	225.15	농업용수	200	90	50	15	93
BB57	부북	춘화	175.65	225.12	농업용수	200	68	60	8	
BB58	부북	춘화	175.27	224.79	농업용수	200	72	80		
BB59	부북	퇴로	173.20	228.02	농업용수	250	131	205	1	94
BB60	부북	퇴로	172.98	227.70	농업용수	150	90	120	0	96
BB61	부북	퇴로	173.19	227.86	농업용수	200	90	265	9.64	96
BB62	부북	퇴로	172.61	228.10	농업용수	250	95	268	4.5	96
BB63	부북	퇴로	172.85	227.89	농업용수	200	90	354	9.88	94
BB64	부북	후사포	176.21	219.52	생활용수	150	86	75	7.5	97
BB65	부북	후사포	176.31	219.59	농업용수	200	75	65	9.5	97
SD1	상동	가곡	179.84	225.90	농업용수	50	8	5	2.6	94
SD2	상동	가곡	179.67	225.82	농업용수	50	10	15		91
SD3	상동	가곡	180.27	225.79	농업 및 생활	250	140	268	15.7	96
SD4	상동	고정	181.58	229.37	생활용수	200	100	301	9	96
SD5	상동	고정	181.74	229.48	생활용수	100	30	24	10.5	87
SD6	상동	고정	181.16	229.38	생활용수	250	80	290	5.5	96
SD7	상동	고정	181.18	229.18	생활용수	100	85	53	4.5	95
SD8	상동	고정	181.10	228.93	생활용수		102	250	7.5	96
SD9	상동	고정	181.04	228.78	농업용수	200	200	350	5.1	97
SD10	상동	금산	179.41	227.71	농업용수	150		5	5	92
SD11	상동	금산	179.41	227.80	생활용수	100	40	120	4	89
SD12	상동	금산	179.45	227.57	생활용수	250	150	245	7.5	95
SD13	상동	금산	177.85	228.72	농업용수	50		50	4.5	
SD14	상동	금산	178.30	228.18	생활용수	150		296	4.5	
SD15	상동	금산	178.31	228.00	농업용수	100		150	3.8	
SD16	상동	금산	178.56	220.00	생활용수	200.0	130.0	195	9.3	96
SD17	상동	도곡	183.74	228.81	농업 및 생활	250	150	219	9.7	96
SD18	상동	도곡	184.55	228.81	농업 및 생활	250	100	250		94
SD19	상동	매화	182.29	231.53	농업용수	200	110	325	5.4	90
SD20	상동	매화	182.41	229.86	생활용수	200	120	248	1	94
SD21	상동	매화	181.95	230.91	생활용수	160	100	210	2.1	96
SD22	상동	신곡	183.80	232.45	농업 및 생활	200	223	235	6.8	97
SD23	상동	신곡	183.32	231.81	생활용수	160	152	198		95
SD24	상동	신곡	184.70	231.40	생활용수	100	170	250		97
SD25	상동	안인	177.75	226.48	생활용수	200	80	158	8.5	
SD26	상동	안인	178.62	226.60	농업용수	50	6	8	4.2	
SD27	상동	안인	178.53	226.53	농업용수	50	5	16	4.2	89
SD28	상동	안인	178.71	226.70	농업용수	50	6	26	4	
SD29	상동	안인	178.11	225.02	생활용수	200	100	210	20	97
SD30	상동	옥산	176.11	229.69	생활용수	150	120	209	4	92
SD31	상동	옥산	176.11	229.51	생활용수	200	80	205	17.5	
SD32	상동	옥산	177.65	229.58	농업 및 생활	200	96	254	17.5	95
SD33	상동	옥산	175.56	229.61	생활용수	200	200	163	5.54	98
S01	산외	괴곡	185.44	226.71	생활용수	200	98	165		96
S02	산외	괴곡	186.34	226.42	생활용수	150	100	254	13	90
S03	산외	괴곡	186.42	226.35	농업용수	200	100	236	13.5	97
S04	산외	괴곡	186.33	226.22	농업용수	150	100	201	9.35	97
S05	산외	괴곡	186.23	226.74	농업용수	150	100	196	10.1	97
S06	산외	괴곡	186.10	226.60	농업용수	250	100	305	15	88

ID	면	리	좌 표(TM)		용 도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 (m ³ /일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
S07	산외	금곡	184.57	223.50	생활용수	250	200	203	20.5	96
S08	산외	금곡	184.61	223.75	농업용수	250	120	210	7.3	97
S09	산외	금천	181.40	222.45	농업용수	150	120	190	7.5	96
S010	산외	금천	182.89	221.65	생활용수	200	114	200	7.8	96
S011	산외	남기	181.39	223.60	생활용수	200	152	250	22.9	95
S012	산외	남기	181.98	223.55	농업 및 생활				5.2	
S013	산외	남기	181.80	223.44	농업용수	250	136	230		95
S014	산외	다죽	183.04	222.89	생활용수	200	100	302		90
S015	산외	다죽	183.13	222.88	농업용수	200	100	250		97
S016	산외	다죽	183.34	222.61	생활용수	180	140	250		96
S017	산외	다죽	183.06	222.47	생활용수	200	120	301	13.9	95
S018	산외	다죽	183.47	222.21	농업용수	180	72	250	5.18	93
S019	산외	다죽	183.46	222.00	농업용수	150	165	203	3.5	
S020	산외	업광	182.11	225.20	생활용수	200	112	247		95
S021	산외	업광	181.79	225.10	농업용수	200	80	293	13.5	97
DJ1	단장	감물	188.71	217.31	농업용수	200	90	336	6.8	95
DJ2	단장	고례	193.62	220.84	생활용수	150	104	265		93
DJ3	단장	고례	193.70	221.06	생활용수	150	80	150	5.65	92
DJ4	단장	구천	192.96	224.95	생활용수	200	96	250	3	96
DJ5	단장	구천	192.88	225.23	생활용수	200	135	165		95
DJ6	단장	국전	191.05	220.25	공업용수	150	80	100	2.5	95
DJ7	단장	국전	191.28	220.13	생활용수	150	80	168	3	95
DJ8	단장	국전	191.40	219.99	생활용수	200	100	206	3.8	94
DJ9	단장	단장	186.73	223.19	생활용수	200	107	207	15	94
DJ10	단장	단장	186.62	223.21	생활용수	150	80	250	20	92
DJ11	단장	단장	186.69	223.06	생활용수	150	150	150	11.52	93
DJ12	단장	무룡	189.61	222.34	농업용수	150	80	100		97
DJ13	단장	무룡	189.48	222.02	농업용수	150	53	98	2	96
DJ14	단장	무룡	189.49	222.63	농업용수	150	110	205	1.46	97
DJ15	단장	미촌	185.47	221.99	농업 및 생활	100	46	206		92
DJ16	단장	미촌	185.49	221.90	생활용수	250	108	250	17.5	94
DJ17	단장	미촌	185.56	221.85	생활용수	200	60	268	35	97
DJ18	단장	법흥	185.82	219.44	생활용수	200	120	294	20	97
DJ19	단장	법흥	186.22	219.30	생활용수	200	100	335	1.75	89
DJ20	단장	사연	188.61	223.71	농업용수	50	30	35	2.5	94
DJ21	단장	사연	188.50	223.62	생활용수	50	20	25	2.3	94
DJ22	단장	사연	188.56	223.50	생활용수	50	35	36	2	94
DJ23	단장	사연	188.65	223.51	생활용수	50	25	73	3.5	94
DJ24	단장	사연	188.69	223.89	생활용수	200	100	150	4	94
DJ25	단장	사연	189.04	223.88	생활용수	200	100	150		93
DJ26	단장	안법	186.37	220.52	생활용수	200	80	302		87
DJ27	단장	안법	186.32	220.70	농업용수	150	70	100	3.3	97
DJ28	단장	안법	185.85	221.39	농업용수	150	50	50	3.1	95
HN1	하남	명혜	179.11	206.88	농업용수	100	35	35	8.2	97
HN2	하남	명혜	179.03	206.62	농업용수	100	30	52	9.1	97
HN3	하남	명혜	178.85	206.38	농업용수	100	40	42	9.3	94
HN4	하남	명혜	178.84	206.47	농업용수	100	30	26	9	
HN5	하남	양동	175.79	209.36	농업용수	200	100	200	8.35	97
HN6	하남	양동	175.35	209.13	농업용수	200	72	380	5	97
HN7	하남	양동	175.93	209.36	농업용수	200	100	200	8.6	97
HN8	하남	파서	177.38	210.35	농업용수	200	35	30	4.9	
HN9	하남	파서	177.31	209.99	농업용수	200	25	10	9	96

ID	면	리	좌 표(TM)		용 도	구경 (m/m)	심도 (m)	양수량 (m ³ /일)	자연수위 (m)	시행 연도
			X	Y						
HN10	하남	파서	177.33	209.70	농업용수	150	16	26	5.3	94
HN11	하남	백산	176.64	208.27	농업용수	50	10	15		92
HN12	하남	백산	176.84	208.16	농업 및 생활	150	120	265	2.7	93
HN13	하남	백산	176.41	208.30	농업용수	150	80	152	5.5	95
HN14	하남	백산	178.23	208.65	농업용수	200	80	135	7.1	95
HN15	하남	대사	175.81	210.52	생활용수	100	20	268	8	
HN16	하남	남전	174.36	212.73	생활용수	200	96	240	15	95
HN17	하남	남전	174.41	212.64	농업용수	90	3.4	5	2.2	
HN18	하남	남전	174.69	212.70	농업용수	150	97	150	13.5	97
HN19	하남	남전	174.70	212.65	농업용수	150	97	124	13.8	97
HN20	하남	수산	175.55	207.88	농업용수	150	33	164	7.7	94
HN21	하남	수산	176.04	207.69	농업용수	150	30	56	7.9	
HN22	하남	수산	176.23	207.54	농업용수	150	30	86	5.5	
HN23	하남	수산	175.96	207.87	농업용수	150	40	35	7.7	94
HN24	하남	귀명	174.14	210.76	생활용수	200	80	265	4.8	96
HN25	하남	귀명	174.30	210.91	생활용수	150	86	68		
HN26	하남	귀명	174.28	211.00	농업용수	150	58	100	7.5	
SRJ1	삼랑진	검세	187.00	211.94	농업용수	150	120	125	3.3	97
SRJ2	삼랑진	검세	187.08	212.00	농업용수	200	110	96	5	96
SRJ3	삼랑진	미전	182.93	212.34	생활용수	150	100	260	18.7	94
SRJ4	삼랑진	미전	183.34	212.20	농업용수	150	89	120		
SRJ5	삼랑진	미전	183.42	212.95	생활용수	150			5	96
SRJ6	삼랑진	미전	183.52	210.75	농업용수	200	150	256	12	96
SRJ7	삼랑진	송지	185.29	211.84	생활용수	200	105	305	20	94
SRJ8	삼랑진	송지	185.30	211.79	생활용수	750	3.2	35	1.6	
SRJ9	삼랑진	송진	182.13	217.51	생활용수	200	80	256	1.5	92
SRJ10	삼랑진	송진	182.05	217.49	생활용수	200	88	205	10.3	89
SRJ11	삼랑진	안태	188.88	212.38	생활용수	100	150	304	2.23	
SRJ12	삼랑진	안태	189.06	212.28	생활용수	150	80	254	2.7	95
SRJ13	삼랑진	용전	183.67	213.33	생활용수	150	100	120		98
SRJ14	삼랑진	용전	184.35	213.30	농업용수	200	62	254	4.5	89
SRJ15	삼랑진	윤동	185.36	212.14	생활용수	200	100	150	3.7	91
SRJ16	삼랑진	윤동	185.37	212.80	생활용수	200	108	208	2.4	94
SRJ17	삼랑진	윤동	185.54	212.75	생활용수	200	130	260	7.1	95
SRJ18	삼랑진	입천	181.99	217.03	생활용수	150	120	254	3.8	93
SRJ19	삼랑진	입천	181.92	216.95	생활용수	200	150	150	4.5	97
SRJ20	삼랑진	입천	181.09	217.29	농업용수	200	100	100	5.6	
SRJ21	삼랑진	입천	180.62	216.80	농업용수	100	30	20	7.1	97
SRJ22	삼랑진	입천	180.77	217.04	농업용수	100	30	35	7.5	94
SRJ23	삼랑진	입천	180.88	216.80	농업용수	100	20	24	7.3	96
SRJ24	삼랑진	청학	183.10	216.78	농업용수	200	120	96	9	96
SRJ25	삼랑진	청학	183.00	216.48	생활용수	200			11	96
SRJ26	삼랑진	청학	182.71	216.28	생활용수	200	150	150	6	
SRJ27	삼랑진	청학	182.42	216.15	농업용수	200	120	200	8.2	96
SRJ28	삼랑진	청학	182.79	216.29	생활용수	100	100	87	3.5	
SRJ29	삼랑진	행곡	190.75	214.46	생활용수	200	120	250		96
SRJ30	삼랑진	행곡	190.80	214.60	생활용수	200	180	269		97
SRJ31	삼랑진	행곡	190.75	214.21	생활용수	150	80	140	7	96
SRJ32	삼랑진	우곡	186.50	215.32	생활용수	200	150	350	8.9	97
SRJ33	삼랑진	우곡	187.32	215.41	생활용수	250	100	200	0	95
SRJ34	삼랑진	용전	184.50	215.30	농업용수	200	110	150	1.6	95
SRJ35	삼랑진	용전	185.11	214.35	생활용수	200	140	150		96

<표.4-2 > 농어촌진흥공사 시행 지하수개발 내역

지구명	면	동	좌 표(TM)		분 포 지 질	심도 (m)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m ³ /일)	구경 (m/m)	사업구분	시행 연도
			X	Y								
삼거	단장	삼거	193.03	224.79	응회암	50.0	3.2	45.0	850	250	항 구	86
삼거	단장	삼거	193.11	224.91	응회암	46.0	2.9		400	250	수맥조사	86
삼거	단장	삼거	193.20	224.79	응회암	68.0	3.2		100	250	수맥조사	86
감물	단장	감물	188.69	217.80	섬록암	80.0	11.0	47.0	303	250	항 구	87
감물	단장	감물	188.70	217.90	섬록암	58.0	2.1		300	250	수맥조사	87
법홍	단장	법홍	186.14	220.02	응회암	100.0	4.5	70.3	205	250	발 용 수	89
사지	단장	법홍	185.92	219.35	응회암	73.0	4.5	61.5	198	250	수맥조사	89
안법	단장	안법	186.48	220.65	응회암	70.0	7.2	56.0	412	250	항 구	90
구미	단장	구미	184.63	221.45	섬록암	67.0	4.5	55.0	205	250	발 용 수	91
구미	단장	구미	184.70	221.46	섬록암	67.0	2.1		160	250	수맥조사	91
단장	단장	단장	186.80	223.40	안산암	130.0	12.0		180	150	수맥조사	95
태동	단장	태동	188.83	222.95	안산암	200.0			205	250		
내진	무안	내진	169.69	225.36	안산암	70.0	3.0	55.0	300	250	항 구	86
응동	무안	응동	163.44	219.22	사암, 세일	34.0	0.8		300	250	수맥조사	86
운정	무안	운정	170.68	222.00	안산암	80.0	8.3	21.0	346	250	항 구	87
응동	무안	응동	163.51	219.15	사암, 세일	70.0	5.2	42.0	387	250	항 구	87
중촌	무안	가례	165.39	219.90	사암, 세일	150.0	38.0	90.0	500	250	농촌생활	92
중촌	무안	고라	165.48	220.06	안산암	150.0	8.0		30	250	농촌생활	92
중촌	무안	고라	165.14	220.50	안산암	100.0	18.0	90.0	100	250	농촌생활	92
중촌	무안	고라	165.49	220.38	안산암	223.0	8.0		20	250	농촌생활	92
중촌	무안	중산	164.21	220.81	안산암	200.0	16.0	110.0	120	250	농촌생활	92
중촌	무안	중산	163.70	220.76	안산암	140.0	10.0		20	250	농촌생활	92
동산	무안	동산	169.60	226.60	안산암	80.0	6.0	70.0	276	250	발 용 수	93
화봉	무안	화봉	166.13	222.90	안산암	98.0	10.0	70.0	206	250	발 용 수	93
화봉	무안	화봉	166.16	222.90	안산암	124.0	3.8		150	250	수맥조사	93
동산	무안	동산	169.60	226.60	안산반암	141.0	3.2	102.0	300	250	농촌생활	94
동산	무안	동산	168.52	226.92	안산반암	155.0	2.1	89.0	400	250	농촌생활	94
영신	무안	화봉	166.10	223.38	안산암	200.0	16.0	110.0	247	250	농촌생활	95
운정	무안	운정	171.20	223.20	안산암	205.0			0	100	수맥조사	96
밀양	밀양	내이	176.45	221.39	안산암	75.3	1.5	65.0	406	250	항 구	84
용포	부북	용지	176.00	224.20	안산암	114.0	18.0	100.0	200	150	수맥조사	95
무연	부북	무연	174.94	226.99	안산암	92.0	5.7	62.4	328	250	항 구	89

지구명	면	동	좌 표(TN)		분 포 지 질	심도 (m)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m ³ /일)	구경 (m/m)	사업구분	시행 연도
			X	Y								
밀양	부북	대항	171.44	227.40	안산반암	91.0	5.4	74.0	301	250	항 구	90
정주	부북	월산	173.19	226.51	반암	95.0	2.2		110	250	수맥조사	90
정주	부북	월산	173.49	227.02	안산반암	108.0	6.7	74.0	240	250	발 용 수	91
정주	부북	퇴로	172.70	228.09	안산반암	92.0	7.0	68.0	280	250	항 구	91
계대	부북	시대	174.84	220.69	안산암	108.0	2.6		30	250	수맥조사	92
계대	부북	시대	174.60	220.79	안산암	115.0	2.8		110	250	수맥조사	92
덕곡	부북	덕곡	173.15	223.30	안산암	200.0	12.4	63.0	253	250	농촌생활	95
삼양	산내	삼양	195.92	232.22	화강암	80.0	2.3	61.5	253	250	발 용 수	89
분통곡	산내	삼양	195.86	232.34	화강암	70.0	2.3		247	250	수맥조사	89
임고	산내	임고	189.49	229.82	화강암	80.0	7.2		280	250	수맥조사	93
화평	산내	가인	191.10	232.90	옹회암	130.0	12.0	120.0	180	150	수맥조사	95
용전	산내	용전	186.98	228.85	안산암	180.0	27.8	62.1	253	250	농촌생활	95
밀양	산외	금천	181.68	222.14	안산암	60.0	1.0	48.0	1054	250	항 구	84
금곡	산외	금곡	180.89	222.39	화강암	72.0	12.0	40.0	320	250	항 구	85
회곡	산외	회곡	186.09	226.66	안산암	55.0	10.0	45.0	311	250	항 구	85
다죽	산외	다죽	181.31	222.31	안산암	50.0	1.0		30	250	수맥조사	88
남기	산외	남기	180.91	224.00	안산암	180.0	29.5	54.6	293	250	농촌생활	95
업광	산외	업광	182.20	226.20	안산암	110.0	5.0		30	150	수맥조사	95
업광	산외	업광	182.30	225.80	안산암	110.0	5.0		150	150	수맥조사	95
숲촌	산외	업광	181.90	225.33	안산암	210.0	45.4	62.7	247	250	농촌생활	95
청학	삼랑진	청학	182.99	216.45	안산암	33.5	7.5		350	250	수맥조사	86
용전	삼랑진	용전	183.80	213.42	옹회암	70.0	2.4	37.0	311	250	항 구	87
용전	삼랑진	용전	184.60	214.84	옹회암	65.0	2.4		300	250	수맥조사	87
용전	삼랑진	용전	184.43	214.08	옹회암	55.0	1.8		30	250	수맥조사	87
청학	삼랑진	청학	181.98	216.45	안산암	70.0	3.6	34.0	406	250	항 구	87
용전	삼랑진	용성	182.92	215.95	안산암	100.0	12.0	70.0	310	250	항 구	91
용전	삼랑진	용전	184.46	214.09	유문암질옹회암	100.0	14.0	85.0	205	250	항 구	92
울곡	삼랑진	울동	185.52	213.70	유문암	202.0	7.0	60.6	260	250	농촌생활	95
미전	삼랑진	미전	183.60	213.30	유문암	100.0	10.0		200	150	수맥조사	95
동촌	상남	예림	179.21	218.10	안산암	200.0	8.5	48.2	309	250	농촌생활	95
고정	상동	고정	181.74	229.49	화강암	90.0	3.0	76.0	292	250	항 구	86
고정	상동	고정	181.48	229.91	화강암	60.0	2.2		200	250	수맥조사	86
고정	상동	고정	181.75	229.38	화강암	45.0	2.8		350	250	수맥조사	86

지구명	면	동	좌 표(TM)		분 포 지 질	심도 (m)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m ³ /일)	구경 (m/m)	사업구분	시행 연도
			X	Y								
매화	상동	매화	182.34	231.85	화강암	98.0	6.5	27.0	309	250	항 구	90
가곡	상동	가곡	180.15	225.26	화강암	130.0	18.4	51.2	301	250	농촌생활	95
뜬골	상동	신곡	176.00	224.20	화강암	120.0	10.0	90.0	200	150	수맥조사	95
밀양	청도	구기	165.43	226.60	안산암	79.7	2.0	67.0	423	250	항 구	84
밀양	청도	인산	227.72	166.90	석영반암	64.0	2.1	53.0	605	250	항 구	84
두곡	청도	두곡	165.31	228.40	안산암	87.2	0.0	45.0	360	250	항 구	85
인산	청도	인산	166.45	227.65	안산암	80.7	7.0	53.0	360	250	항 구	85
두곡	청도	두곡	165.04	228.79	안산암	67.0	6.0	56.0	350	250	항 구	86
인목	청도	인산	167.37	226.67	석영반암	205.0	3.5	60.0	301	250	농촌생활	95
호음	청도	조천	165.30	226.00	안산암	87.0	13.0	80.0	200	150	수맥조사	95
대구말	초동	성안	172.22	211.71	안산암	77.0	4.0	63.0	260	250	항 구	88
명포	초동	명포	169.67	212.15	옹회암	60.0	3.0	48.0	293	250	발 용 수	91
두암	초동	두암	172.73	211.08	옹회암	211.9	14.0	170.0	120	250	농촌생활	92
오방	초동	오방	169.20	213.90	안산암	110.0	8.0	100.0	200	150	수맥조사	95
검암	초동	검안	171.80	211.50	안산암	200.0	1.0	52.2	301	250	농촌생활	95
외성만	초동	성만	172.89	211.50	옹회암	203.0	5.0	72.4	240	250	농촌생활	95
보담	하남	남전	174.89	212.50	안산암	41.0	1.4	31.4	582	250	항 구	89

안 유출되는 양을 의미하며, 그 단위는 흔히 m'/day로 표현된다. 따라서 어떤공의 투수량계수가 크면 많은 양의 지하수를 산출시킬 수 있고 그 값이 작으면 적은 양밖에 지하수를 산출시키지 못하게 되며 이 투수량계수(T), 양수량(Q) 및 그 때의 수위강하량(s) 관계식은 다음과 같으며,

$$T = \frac{QW(u)}{4\pi S} \text{-----} \text{Theis이론식}$$

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta S} \text{-----} \text{Jacob근사식}$$

W(u) : 우물함수

ΔS : 양수시간 1 log cycle에서 수위차

양수시험에서 구한 일정 양수량(Q)에 대한 관측점 시간별 수위하강(s)로 투수량계수(T)를 구하게 된다. 특히 관측점이 없을 경우에는 양수정의 수위회복 자료를 이용하기도 한다.

저류계수(S)란, 단위수두차를 가지는 대수층에서 단위체적을 통하여 대수층내 유입 또는 유출되는 지하수량과 단위체적과의 비율로서 자유면대수층의 경우는 유효공극율과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 피압대수층의 저류계수는 자유면대수층의 그것보다 현저히 작지만(약 10⁻⁴ 내외) 커다란 압력을 받고 있기 때문에 많은 양을 채취할 수도 있다.

저류계수의 산출은 양수정으로부터 일정거리 떨어진 관측점의 수위하강 자료로 얻어지는 다음의 관계식으로 표시된다.

$$S = \frac{4Tt}{r^2} u \text{-----} \text{Theis이론식}$$

$$S = \frac{2.25T0}{r^2} \text{-----} \text{Jacob근사식}$$

- T : 투수량계수
- t : 양수시간
- r : 양수정 관측정과의 거리
- u : 정호계수
- t_0 : 수위하강하가 0인 지점을 만나는 교점 (시간)

양수시험시 채수하는 양수량은 착정개발 자료와 예비 양수시험을 통해 결정하였으며, 수위의 측정은 양수경과 후 분단위로 cm단위 까지 측정하였다. 시험결과 대수층의 해석은 자연수위가 대수층보다 높은 점을 감안하여 피압대수층으로 보았으며, 실제 양수시 정류상태(steady-state flow)에 도달하려면 상당한 시간을 요하므로 Theis의 비평형방정식을 적용하였다.

수리상수의 산출은 상기 방정식을 토대로 양수시험 해석용 프로그램인 AQTESOLV를 이용하였다. 시험결과 조사지역 암반대수층 지하수의 평균 투수량계수는 3.69m²/일 이고, 평균 저류계수는 0.0842이다.

<표. 4-3> 시설관정 양수시험 총괄표

위 치	심도 (m)	양수량 (m ² /일)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	수위강하 (m)	투수량계수 (m ² /일)	저류계수
평 균	126.00	253.30	12.76	58.61	50.21	3.69	0.0842
무안면 성덕리	126	150	2.7	8.0	5.3	22.21	0.0139
상동면 가곡리	100	301	18.4	51.2	32.8	3.385	0.1
산외면 남기리	150	293	29.5	54.6	25.1	2.325	0.1807
부북면 덕곡리	150	253	12.4	6.3	50.6	1.773	0.1
상남면 남산리	150	173	2.0	105.4	103.4	0.7307	0.0798
산내면 용전리	130	253	27.8	62.1	34.3	2.262	0.1
단장면 태룡리	100	205	1.5	80.7	79.2	1.1	0.1
무안면 화봉리	150	247	6.2	110.0	103.8	1.162	0.0721
산외면 엄광리	112	247	45.4	62.7	17.3	4.386	0.1
상남면 예림리	100	309	8.5	48.2	39.7	2.002	0.1
삼랑진읍 울동리	130	260	7.0	60.6	53.6	1.818	0.1
청도면 인산리	100	301	3.5	60.0	56.5	2.614	0.03313
삼랑진읍 검암리	140	301	1.0	52.2	51.2	2.231	0.1

4-3. 물리탐사

4-3-1. 탐사개요

조사지구 광역수맥조사를 통하여 수행된 물리탐사는 인공위성 원격탐사를 통해 영상판독 분석후 선구조를 추출하고 전기비저항 쌍극자탐사를 실시하여 지하수 부존상태와 제반 지하지질 구조를 파악하였다.

지구물리탐사는 지구물리학의 응용분야로서 자연적 또는 인위적인 신호(signal)를 통해 지표 및 지하 지질의 특성을 측정하므로써 지하지질구조와 지하에 부존하고 있는 유용광물 및 석유, 천연가스, 지열, 지하수 등의 부존여부를 추측하는 방법이다.

특히, 우리 공사에서 시행하는 지하수조사에는 지하수 부존에 영향을 미치는 지하구조대 및 충적층 충후의 발달상태를 객관적으로 탐사하는데 주로 사용된다. 일반적으로 지하수조사는 그 효율성을 높이기 위해서 지표지질조사와 자료수집 및 분석, 1차 탐사, 2차 탐사의 3단계로 수행되어 진다.

지표지질조사, 자료수집 및 분석에서는 현장지질조사와 항공 또는 위성사진 자료를 수집하여 전반적인 지질학적 환경을 파악하여 지하수 부존과 관련된 요소들의 정보를 축적한다. 특히 변성암이나 화성암 등의 결정질 암석으로 이루어진 지질환경에서는 단층, 파쇄대 등의 선구조가 지하수부존과 관련된 가장 중요한 지질요소가 된다. 1차탐사는 1단계 조사자료를 바탕으로 넓은 지역에서 선구조 위치와 분포상태 등 지하구조대 발달상태를 객관적으로 확인 조사할 수 있는 극저주파탐사법으로 신속하고 경제적으로 자료를 획득한다. 2차탐사는 1차탐사 결과 선구조 또는 이상대가 발견되면 이들을 확인하고 보다 구체적인 구조와 상태, 그리고 지하수부존 가능성을 밝히기 위해서 집중적이고 정밀한 전기비저항탐사(쌍극자, 수직)등을 수행한다.

본 조사지구(경상남도 밀양시) 일원에서 실시한 물리탐사는 수문지질도의 작성을 위하여 전기비저항 쌍극자탐사를 수행하였다. 이는 평야부에 대한 전반적인 심부 구조대의 존재확인을 위하여 축선을 연장설정하여 0.5 ~ 1km 에 걸쳐서 전극간격을 20m로 하여 가탐심도를 최대 100m까지 가능하도록 하였다. 조사량은 11축선으로 약 8km에 달한다.

4-3-2. 원격탐사(Remote Sensing)에 의한 선구조 분석

원격탐사란 1960년부터 미국에서 처음 사용한 것으로 대상체로부터 방사 혹은 반사되는 전자기파 에너지를 물리적인 접촉없이 측정하여 대상물체의 물리적 성질이나 상태 및 공간적 형태 등을 식별하고 해석하는 탐사기술이다.

본 연구에서는 지상탐사위성인 LANDSAT MSS, LANDSAT TM, SPOT중 가장 정밀한 해상도를 가진(1pixel=20×20m) SPOT 위성에서 얻어진 위성영상 자료를 이용하였다.

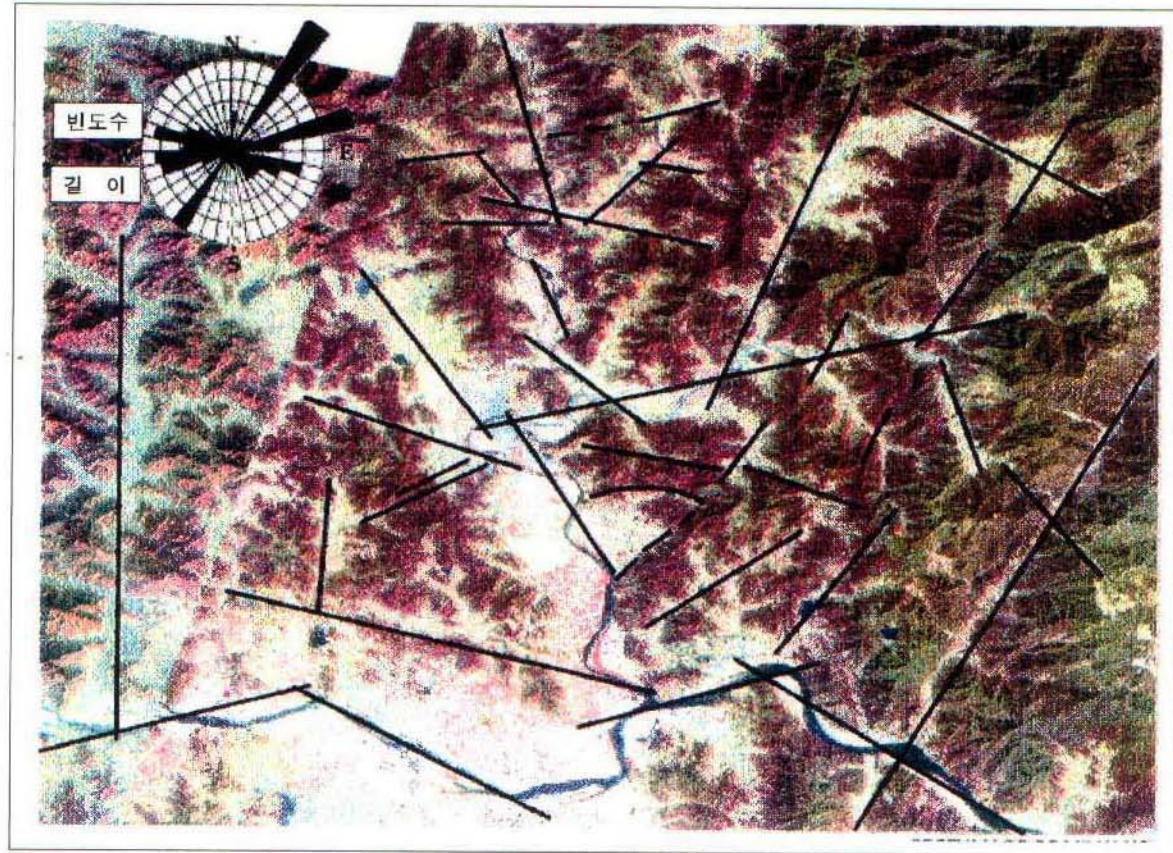
지표면의 대상물이나 현상에 관한 자기파 정보를 수신소에서 받아서 수정과 초기작업 과정을 수행한후 magnetic tape에 저장된다. 수신된 영상은 조직의 변화와 빛의 차이, 수분에 따라 차이가 나는 색과 그림자, 암석의 풍화에 의한 지형의 기복, 필터링 등을 기본원리로 해석된다. 그후 전문 software를 이용하여 분류, 판독후 선구조를 추출하게 되는 것이다.

SPOT은 기존의 지상 자원탐사 위성중 최근 발사된 위성으로(1986년, 프랑스) 0.49~0.8 μ m의 파장을 가진 가시광선과 0.8~0.91 μ m의 적외선을 이용하여 3개의 magnetic band를 가지고 5~26일의 주기로 같은 지역을 조사하게 되는데, 다른 위성들보다 높은 지상분해능을 가지며, 주사주기가 짧아 자료의 update가 빠르고 동일한 면적에서 더 많은 자료를 얻게되는 이점이 있다.

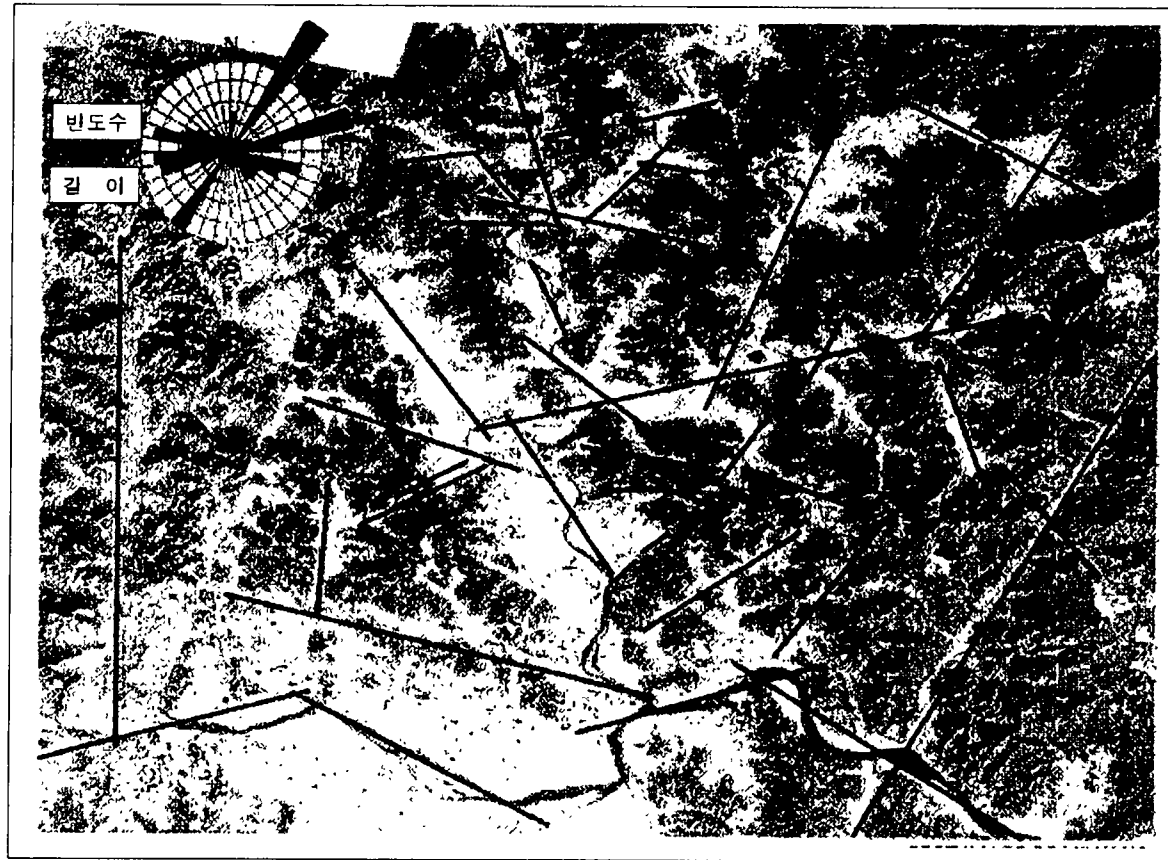
수문지질학에서 영상분석은 암의 분류와 노두의 경계에 대한 도면을 제작하고 단층, 균열, 습곡 등의 지질구조의 성향을 분석·조사 하는데 쓰이고 있다. 이 위성영상 자료에 야외에서 관찰한 지질구조특성, 시추공에서의 자료, 기 존재하는 지구물리학적 해석자료를 더하여 수정, 보완하게 된다.

선구조(Lineament)란 지표면에 나타난 지형적 광역규모의 선형구조로서 암종의 차이, 암상변화 및 지질구조적인 현상을 반영한다고 할 수 있다. 지질구조선과 관련된 선구조선은 약선대이기 때문에 암반지하수 통로 역할을 할 수 있는 가능성이 많아 지하수부존과 매우 밀접한 관련이 있으며, 실제로 선구조가 발달된 지역에서 착정할 경우 지하수 산출율이 높다. 그림 4-2는 조사지역의 위성영상자료로서 그 영상을 해석한 후 추출한 선구조를 나타내었으며, 그림 4-3은 수평, 수직방향으로 필터링된 영상이다.

여 백

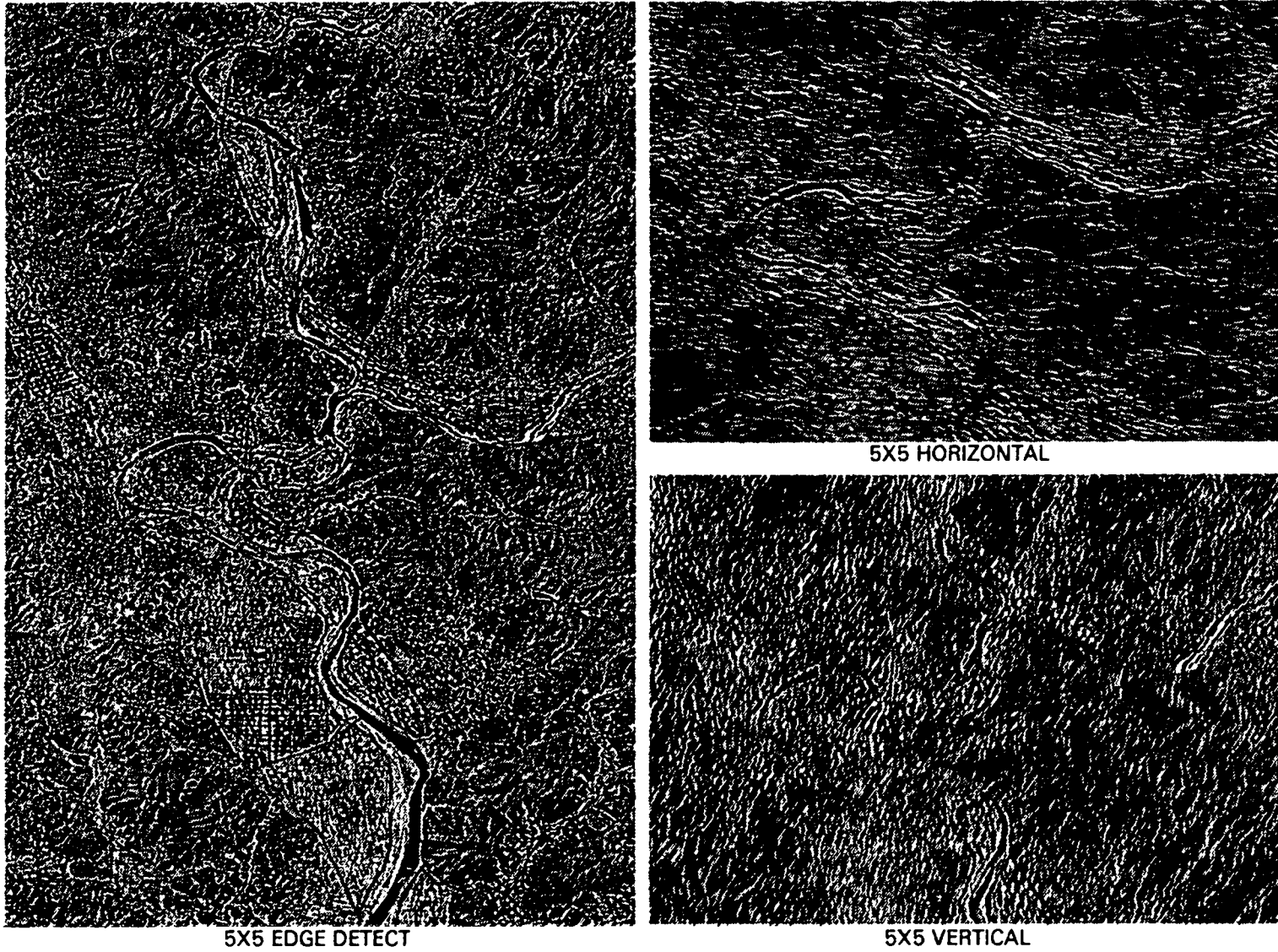


<그림. 4-2 > 조사지구 위성영상도



<그림. 4-2 > 조사지구 위성영상도

여 백



FILTERED IMAGE OF MILYANG

<그림. 4-3> 위성영상 필터 이미지

조사지역 선구조의 광역적인 방향성을 인지하기 위하여 장미도(Rose Diagram)를 사용·분석하였으며, 조사지역의 선구조는 N20~40E 방향으로 매우 우세하게 발달되어 있으며, 공액방향인 N20~50W 방향도 우세하게 나타난다.

N20~40E 방향의 선구조는 조사지역에서 발생빈도가 가장 높고, 가장 좋은 연장성을 보이는데 이는 조사지구 제암석들의 지질구조의 주발달 방향을 나타내는 것으로 해석되며, N20~40W 방향은 조사지구의 지질구조 발달의 주방향에 부수된 공액방향의 구조대나 조사지역에 분포하는 제암석들의 층서적인 방향성으로 해석된다.

4-3-3. 전기비저항 탐사

전기비저항탐사는 인공적으로 대지에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류를 보낼 때 전류가 전기를 잘 통하는 부분으로 집중되어 흐르는 원리를 활용하여 일정한 배열을 따라 땅속에 전기를 보내고 전기의 전파에 의해 발생된 전류의 크기와 이에 의해 발생된 전위분포를 측정함으로써 지하의 전기비저항치의 변화양상을 탐지 및 해석하여 지하의 지질구조(파쇄대, 단층, 지질구조대등), 광상, 지하수, 지열지대의 부존여부 및 부존양상을 탐사하는 것이다.

전기비저항(電氣比抵抗:Electric resistivity)은 어떤 물체의 전위경도(Potential gradient)와 전류밀도(Current density)의 비(比)로서 그 단위는 Ω -m로 표시한다. 지하구성물질이 균질하고 등방성이라면 측정된 전기비저항 값은 일정할 것이나 암석의 공극율, 공극의 유체포화율, 공극내의 유체의 성질, 조암광물의 종류, 암석구성 입자의 크기 및 성질, 고화도, 파쇄대, 균열대, 단층 및 기타 지질구조의 영향에 의하여 전기비저항 값이 달라져 전기비저항 분포 이상대를 알 수 있게 된다.

전기비저항법은 전류의 크기, 각 전극에서의 전위의 크기 및 각 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로써 정량적인 해석이 가능하고, 또 이론도 비교적 잘 발달되어 있어서 이론적 계산치와 현장 측정치를 비교 해석할 수 있다는 점에서는 매우 과학적이라 할 수 있겠다.

그러나 전류전극이 대지와 전기적으로 잘 접촉되어야 하므로 동토, 사막등 표토층이 전기적 절연지역이거나 반대로 표토층이 너무 전기적 양도체인 경우, 지하심부로 전류의 공급이 이루어지지 않아서 이 전기비저항법을 사용할 수 없으며, 또

실제적인 문제로 넓은 지역의 탐사에는 전극들과 전선들을 이동시키는 작업이 매우 번거롭다는 단점이 있다. 전기비저항 탐사는 전극배열법에 따라 웨너(Wenner)배열법, 슬럼버져(Schlumberger)배열법, 리(Lee)배열법, 3극점(Three Point)배열법, 쌍극자(Dipole)배열법 등이 있다.

1) 쌍극자배열 전기비저항 탐사(Dipole-Dipole Method)

도선의 전기저항 R은 길이 L에 비례하고 단면적 A에 반비례한다. 즉,

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ 이다.}$$

여기서, ρ 는 비례상수로서 물체의 크기 및 모양에 관계없는 물체의 전기적 특성을 나타내는 것으로 전기비저항(Electrical Specific Resistance)이라 한다. 또한, 옴의 법칙에 의하면 $R = \Delta V / I$ 이므로

$$\rho = \frac{A}{L} \cdot R = \frac{A}{L} \cdot \frac{\Delta V}{I} \text{ 이 된다.}$$

여기서, ρ 의 단위는 ohm-m가 된다. 즉, 전기비저항이란 단위체적당 물질의 저항이라고 정의할 수 있다.

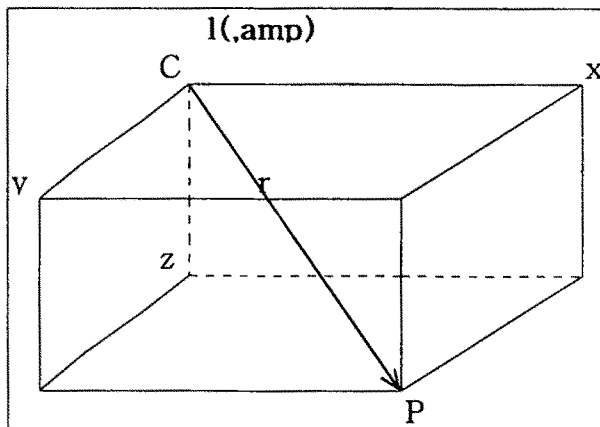


그림4-4 에서와 같이 지중의 일점 C에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류 I(amp.)를 보낼 때, 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는 다음과 같다.

$$V = \frac{\rho I}{4 \pi r}$$

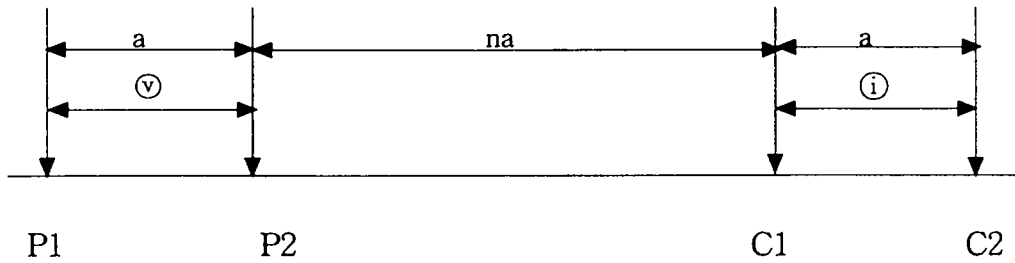
<그림. 4-4> 점전원에 의한 전위

여기서,

$$r = X^2 + Y^2 + Z^2 \text{ 이다.}$$

그러나 실제 지표면에 점전극을 위치시키고 전류 I 를 보낼 때, 지표면 상부의 공기는 전기전도도가 0으로 가정할 수 있으므로 전류는 지중에서 반구상 방사상으로 흐른다. 따라서, P점에서의 전위 V 는 다음과 같다.

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2\pi r} \quad \text{이때, } Z = 0 \text{ 이므로, } r = \sqrt{X^2 + Y^2} \text{ 이 된다.}$$



P1, P2 : 전위전극봉, C1, C2 : 전류전극봉, a : 전극간격, n : 자연수 (n = 1, 2, 3.....n)

<그림. 4-5> 쌍극자탐사 측선배열 방법

그림 4-5에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 $C_1(+I)$ 과 $C_2(-I)$ 를 가정하고 임의의 점 P_1, P_2 에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C_1 과 C_2 에 의한 전위차로 나타나며, 다음과 같다.

$$V_{P1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} \right)$$

$$V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2} \right)$$

그러므로 C_1 과 C_2 에 의해서 P_1 과 P_2 의 전위차 V 는 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$V = V_{P1} - V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)$$

이것을 비저항의 식 ρ 로 풀어쓰면 다음과 같다.

$$\rho = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2}\right)} \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

또한, K 를 기하학적 계수(Geometric Factor)라 하며 다음과 같고, 각종 전극배열방식에 따라 계산하여 그 값을 구할 수 있다.

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2}\right)}$$

상기 식에서 쌍극자배열은 전위 및 전류전극 간격이 모두 a 로 $C_1P_1 = C_2P_2 = (n+1)a$, $C_2P_1 = na$, $C_1P_2 = (n+2)a$ 이므로 기하학적 계수는 다음과 같다.

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{na} - \frac{1}{(n+2)a} + \frac{1}{(n+1)a}\right)\right]} = n(n+1)(n+2) \cdot \pi \cdot a$$

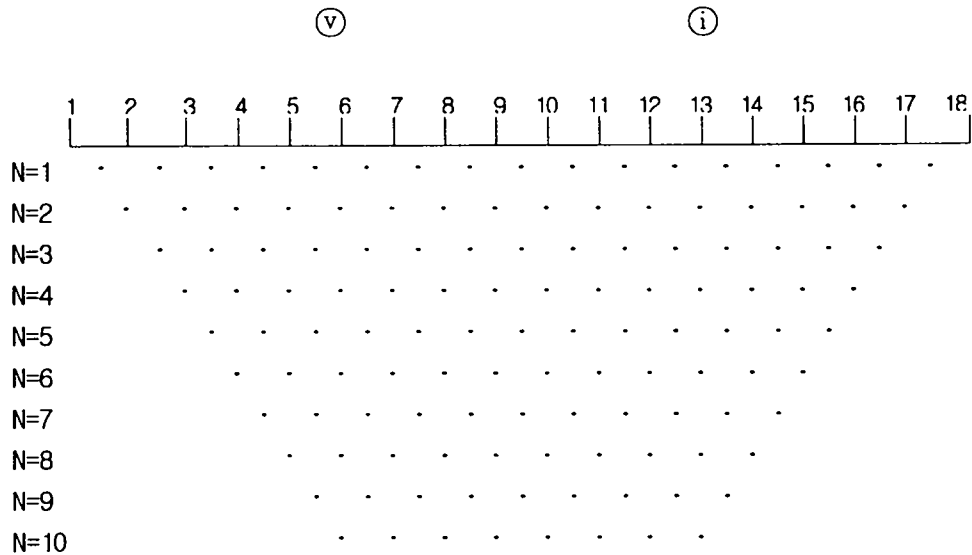
또한, 쌍극자배열에 의한 겉보기비저항 (Apparent Resistivity)은 다음과 같다.

$$\rho_a = n(n+1)(n+2) \cdot \pi \cdot a \frac{\Delta V}{I}$$

쌍극자 비저항탐사는 그림 4-6과 같이 전류 및 전위전극 간격 a 를 탐사목적 및 정밀도 등을 고려하여 결정하고, $a, 2a, 3a, \dots, na$ 간격으로 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하여 겉보기 비저항치를 계산한다.

○ 탐사방법 및 해석결과

야외탐사 결과치는 그림 4-6과 같이 전위전극 중심과 전류전극의 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각이등변 삼각형의 꼭지점에 겘보기 비저항치를 기입하여 수평 및 수직적 변화를 탐지 할 수 있다. 이와 같은 쌍극자배열 탐사결과 획득된 겘보기 비저항 도면을 가단면도(Pseudo-Section)라고 한다.



<그림. 4-6> 쌍극자 배열에 의한 겘보기저항 가단면도 작성법

가단면도에 나타난 겘보기비저항 값은 암석의 전기비저항치를 나타내는 것이 아니고, 표시된 수직점에서 얻어진 비저항치를 야기시키는 진짜 심도를 표시하는 것도 아니다. 그러므로 이를 해석하기 위해서는 컴퓨터에 의한 해석 프로그램이 필요한 것이다. 그러나 쌍극자 배열방법은 다른 배열방법 즉, Wenner 배열 및 Schlumberger 배열 등과 달리 신속하게 2차원적 수직-수평탐사를 행할 수 있어 비교적 광역적으로 지하 2차원 구조, 특히 전기전도도 구조(Geoelectric Structure)를 파악할 수 있는 장점이 있다.

근본적으로 Wenner 배열이나 Schlumberger 배열을 채용한 수직탐사는 1개점 하부의 심도에 따른 비저항의 변화 양상을 파악하고자 함에 목적이 있으므로 1차원적

탐사의 범주에 속한다. 지하 1개점 하부의 자세한 정보 획득에는 수직탐사가 효율적이며, 정량적이라 할 수 있다.

그러나, 암반지하수의 경우와 같이 국부적으로 발달하는 파쇄대 탐지의 문제는 그 대상이 2차원 구조이므로 2차원적인 탐사를 필요로 한다. 쌍극자배열 탐사는 1점이 아닌 1축선상에서 수평-수직 탐사를 동시에 수행하므로 2차원적 탐사로 간주된다. 물론, 쌍극자배열 탐사의 축선상에 각 측정마다 수직탐사를 수행한다면, 1개점이 아닌 축선상의 하부에 2차원적인 비저항분포를 파악 할 수 있다.

또한, 수직탐사는 각 측정사이에 국부적인 이상대가 존재할 경우 이를 놓칠 우려가 많으나, 쌍극자배열 탐사는 연속적인 2차원 탐사이므로 이러한 가능성이 상대적으로 낮다고 할 수 있을 것이다.

그러나 쌍극자 배열에 의한 전기비저항 탐사시 지표천부의 수평전기전도도 변화(Lateral conductivity variation)에 대단히 민감하므로, 그로부터 야기되는 이상대를 정확히 해석할 수 없는 어려움이 있다.

이는 쌍극자 배열 탐사가 수직탐사에 대해 갖는 큰 단점의 하나로 볼 수 있다. 이러한 난점을 해결하기 위해서 임의의 지하구조에 대한 이론치를 계산할 수 있는 컴퓨터에 의한 수치 모델링방법 및 역산법(numerical inversion)을 이용하였다.

이번 탐사에 적용한 쌍극자배열법(雙極子排列法 : Dipole-Dipole Array)은 한 쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극 간격 a 를 20m로 하고 측정 간격을 20m,, 40m, 60m, 80m...로 20m씩 단계적으로 이동하면서 각 측정에서의 전위차를 측정하여 겉보기비저항치(外見比抵抗値 : Apparent resistivity)를 구하고, 측정간격이 멀어지면 탐사깊이도 깊어지므로, 한 축선을 전개해 나가면 외견비저항의 2차원단면을 얻게 되고, 단면상에서 등비저항곡선도를 작성하여 전기비저항 분포이상대(異狀帶: Anomaly zone)를 파악하였다.

축선의 길이는 현장여건에 따라 조정하였으며, $n=12$ 를 택하여 가탐심도를 100m이상 되게 하였다. 탐사위치는 상남면 일대에 9축선, 부북면 일대에 2축선등 조사지역 평야부에 선정하였고, 축선별 내용 및 역산법에 의한 분석내용은 표 4-3과 같다. 전체적으로 RMS ERROR가 높은 것은 탐사방법보다는 탐사장소 및 탐사시기에 문제가 있는 것으로 짐작된다. 예를들면, 각 측정들은 조사지역내 평야

부에서 실측하였지만 비닐하우스 경작으로 논두렁 및 길 가장자리에서 탐사할 수 밖에 없었으며, 계절도 초겨울이라는 점을 무시할 수는 없을 것이다.

수치모델링 역산비저항 해석자료에서는 각 쌍극자 측선별 겹보기비저항 가단면도, 계산된 이론자료의 겹보기비저항 가단면도 그리고 역산결과 해석된 진비저항분포를 칼라영상화한 2차원 단면 구조도를 도시하였다. 겹보기비저항 가단면도는 겹보기비저항의 분포양상을 천부에서 심부로 갈수록 차례로 저비저항대(청색부), 중간비저항대(녹색부), 고비저항대(적색부)로 나타난다. 2차원 비저항단면 구조도는 각 측선별 현장자료를 입력자료로하여 유한차분법 모델링(FDM modeling)과 평활화 제한을 가한 2차원 자동역산(Automatic 2-D inversion)을 수행한 결과로 지하의 진비저항 분포를 도시한 것이다.

이론자료의 겹보기비저항 가단면도는 각 측선에 대한 전기비저항 탐사자료의 역산결과, 계산된 이론 겹보기비저항 가단면도를 도시한 것이다. 이들은 현장 겹보기비저항 가단면도에 비하여 다소 부드러워 졌으며, 겹보기비저항 분포는 매우 유사하게 나타난다. 이러한 점은 현장자료를 입력자료로하여 수행한 자동역산의 결과가 진비저항 분포를 갖는 각 측선의 2차원적 지하모형이 현장자료에 대한 유일해(Unique solution)는 아니라도 수학적으로 안정적인 해(Stable solution)가 될 수 있음을 의미한다.

<표. 4-4> 쌍극자탐사 측선별 총괄표

지구명	측선명	a 간격 (m)	n-1의 수	겹보기비저항		탐사자료 처리			비고
				최소값	최대값	RMS ERROR	초기값	증분	
밀양	ML-1	20	35	25	814	0.706	25	50	
	ML-2	20	35	18	349	0.65	20	20	
	ML-3	20	35	32	637	0.655	35	40	
	ML-4	20	35	19	403	0.641	20	25	
	ML-5	20	24	3	269	0.866	5	16	
	ML-6	20	35	12	304	0.633	15	20	
	ML-7	20	35	5	809	0.993	5	50	
	ML-8	20	35	35	3462	0.798	35	215	
	ML-9	20	24	22	380	0.552	25	22	
	ML-10	20	35	14	1622	0.848	15	100	
	ML-11	20	35	13	2754	0.812	15	171	

따라서 역산결과에 대한 객관적인 타당성, 합리성을 부여할 수 있다. 그리고 진비저항 분포도는 고(적색), 저(청색) 및 중간(녹색) 비저항 암체로 구분이 가능하며, 이와 같은 구분은 본 조사지역에 분포하는 암체를 각각의 전기비저항 특성을 갖는 암체로 특징화할 수 있음을 의미한다.

고비저항 암체는 상당히 신선하고 치밀·견고한 암반이며, 저비저항 암체는 상대적으로 절리나 균열대, 단층등 파쇄대의 발달이 양호한 암반을 뜻하거나 천부풍화대 등에 의한 영향임을 의미한다. 또한 중간 비저항 암체는 상기 암체 특성의 중간적인 비저항 특성을 보이는 암상이라 하겠다. 그러므로 관심대상인 저비저항 암상은 전기구조적인 환경(Geoelectric structural environment)으로서 지하수가 유동, 집적되어 부존가능성이 가장 높은 부분인 것으로 간주할 수 있다.

한편, 위와 같이 구분한 암상이 각각의 물리적 특성을 갖는 암체라 할 때 상호 접하는 접촉대는 암상이 바뀌는 전이대(Transitional zone)로써 비저항변화율(Resistivity gradient)이 특히 큰 부분일수록 암상이 급격히 변화함을 지시한다. 이러한 의미에서 이들이 단층파쇄대나 암반균열대 등의 약대라는 해석기준이 된다.

이러한 전기적 비저항대의 구분은 암반에 대한 지하수탐사에서 중요한 의미를 갖는다. 즉, 외국의 경우 지하수 유동 및 집적이 투수성이 높은 사암층 등의 대다수 퇴적암층이 충서적인 대수층의 역할을 하는데 반하여, 우리나라와 같이 지하수 유동이 이루어지는 투수성이 높은 퇴적암의 분포가 적은 기반암체 내에서는 파쇄대가 중요한 대수층의 역할을 하게 된다. 이는 비저항의 분포상태를 결정하는 구조선이 지하수의 유동통로 역할을 하는 확률이 높기 때문이다.

위에서 기술한 바와 같은 관점에서 탐사결과를 축선별로 분석하면 다음과 같다.

○ ML-1 축선

ML-1 축선은 상남면 예림리 평야부 일대에 비저항분포를 측정하였다. 쌍극자 탐사 결과도와와의 2차원 비저항 단면구조도는 고심도일수록 비저항값이 증가하는 양상을 보여준다. 본 역산 프로그램은 양 끝점에서의 자료처리는 신뢰성이 떨어지므로 제외하고 전 지역에 걸쳐 거의 비슷한 기반암을 형성하고 있음을 암시한

다. 그러나, 낙동강 지류인 밀양강에 가까워 질수록 기반암 심도는 깊게 나타난다(그림. 4-7).

○ ML-2 측선

ML-2 측선은 ML-1 측선 약 500M 하부, 상남면 기산리 일원에 측선을 설정하였다. 결과도에서와 같이 비저항값이 상대적으로 낮으며 실측결과 16번 일대와 22~24번 일대에서 지하수 유동에 대한 유리한 구조대가 존재할 것으로 판단된다(그림. 4-8).

○ ML-3 측선

상남면 연금리 일원에서 실측한 ML-3측선은 25번 국도 입구에서 밀양강 쪽으로 실측하였다. 그림 4-9 탐사결과도의 2차원 비저항단면 구조도에서 심도가 증가할수록 비저항 값이 점차 증가하고 28번과 32~33번 사이가 비저항 이상대로 해석된다.

○ ML-4 측선

ML-4 측선은 상남면 평촌리 평야부에서 실측하였으나 위에서 살펴본 측선들과 거의 같은 결과가 나타남을 알수있다. 그림 4-10은 특별한 비저항 이상대가 존재치 않으나 기반암은 40M 내외에서 측선 전역에 걸쳐 분포할 것으로 짐작된다.

○ ML-5 측선

ML-5 측선은 상남면 동산리 인산국교앞 국도변에서 밀양양수장과 석진나루 사이로 실측하였다. 그림 4-11에서와 같이 타 측선과 달리 기반암이 저심도에서 관측되며 특이한 비저항치 이상대는 보이지 않는다. 다만, 11 ~ 13번의 저비저항체의 요철은 구하상에 의한 비저항 이상으로 해석된다.

○ ML-6 측선

ML-6 측선은 상남면 동산마을 앞 국도에서 밀양강쪽 다가운데 마을까지 측정하였다. 밀양강쪽으로 갈수록 기반암의 변화폭이 크며 26번과 28번, 30번 지점에서 지하수의 유동가능성이 많을 것으로 예측된다(그림. 4-12).

○ ML-7 측선

ML-7 측선은 부북면 월산리 앞 회관 앞에서 도촌마을에서 정주마까지를 탐사지점으로 선택했다. 도촌마을쪽의 기반암이 불안정하며 기반암 9 ~ 11번사이, 14번, 22번 등이 지하수부존 가능성이 높은 것으로 판단된다(그림. 4-13).

○ ML-8 측선

밀양시 내이동과 부북면 오례리 사이 평야부에서 남북 방향으로 탐사한 ML-8 측선은 1번 측점이 도로변에 접하게 하였다. 그림 4-14 탐사결과도의 2차원 비저항 단면 구조도에서는 기반암의 변화가 측점기반암 심도보다 낮음을 알 수 있다.

○ ML-9 측선

ML-3 측선 중심부와 ML-9 측선 중심부가 직교하게 하여 탐사하였다. 측선은 밀양수리들 앞에서 연금국교까지 연계했으며 ML-3 측선과 교차한 후 연금국교쪽으로는 안정된 기반암 분포를 보인다. 8 ~ 10번 사이에서 지하수 부존 가능성이 클것으로 판단된다(그림. 4-15).

○ ML-10 측선

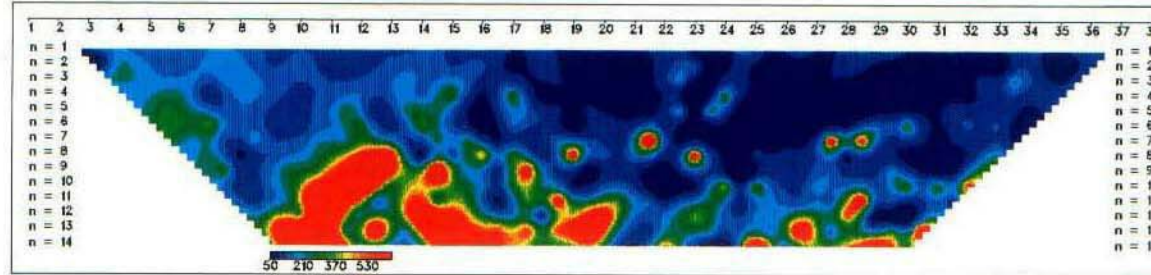
ML-10 측선은 ML-3 측선과 ML-4 측선 사이에서 밀양강변을 따라 탐사하였다. 즉, 연금천 앞에서 대흥동을 지나 이회수리들까지 측선을 연장하였다. 그림 4-16 자료에서는 연금천으로 갈수록 기반암이 안정되어 있고 이회수리들쪽은 비저항치의 변화가 심하며, 특히, 20 ~ 27번까지는 상대적으로 저비저항치 이상대를 보여준다.

○ ML-11측선

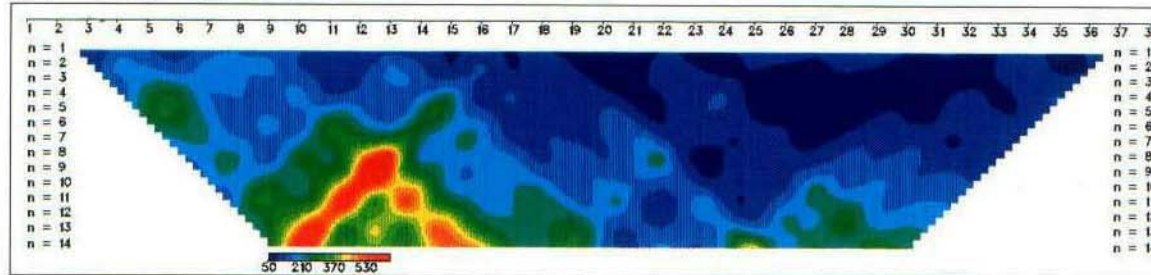
ML-11측선은 ML-5와 ML-6을 교차하여 실측하였으며, ML-11측선 중심부는 ML-5측선과 ML-6측선의 중간에 두었다. 연장길이는 만산앞에서 소구리곰마을앞까지 약 800m 이다. 3 ~ 6번, 35 ~ 36번 신뢰성이 떨어지는 가장자리를 제외하고는 대체로 안정된 기반암 분포를 보이며 8 ~ 11번, 28 ~ 33번에서 상대적 저비저항대가 존재한다(그림. 4-17).

여 백

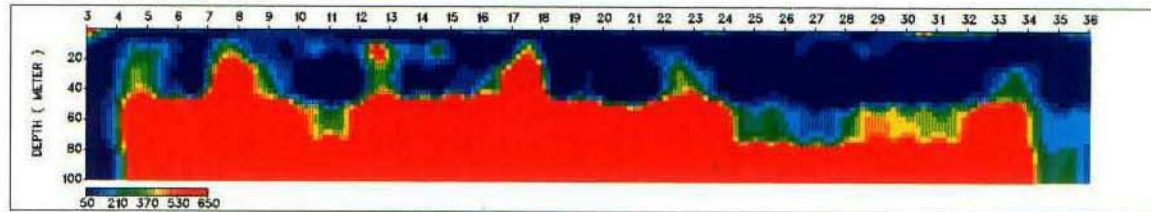
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



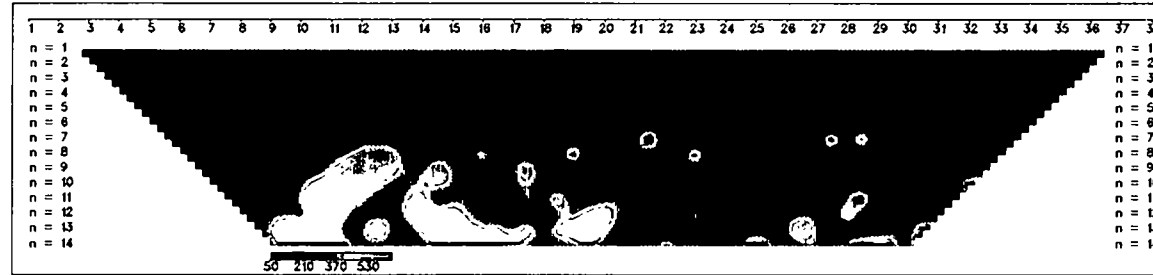
2-D Resistivity Structure



Line No. = ML-1 Area = MILYANG
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-7> 축선 ML-1 쌍극자탐사 결과도

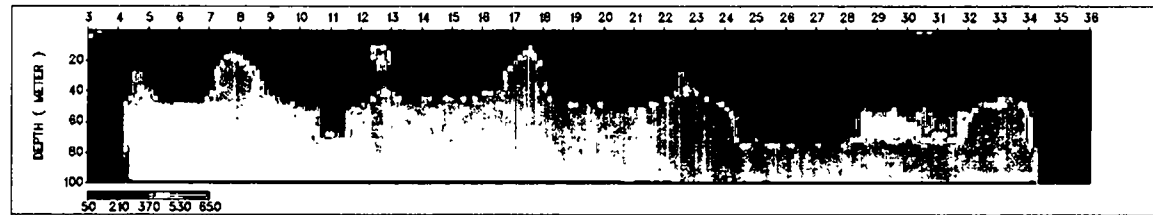
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

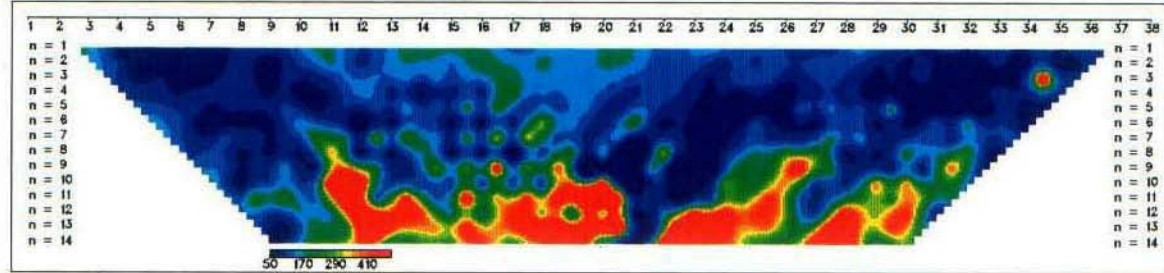


Line No. = ML-1 Area = MLYANG
 Dipole Spacing = 20 meter

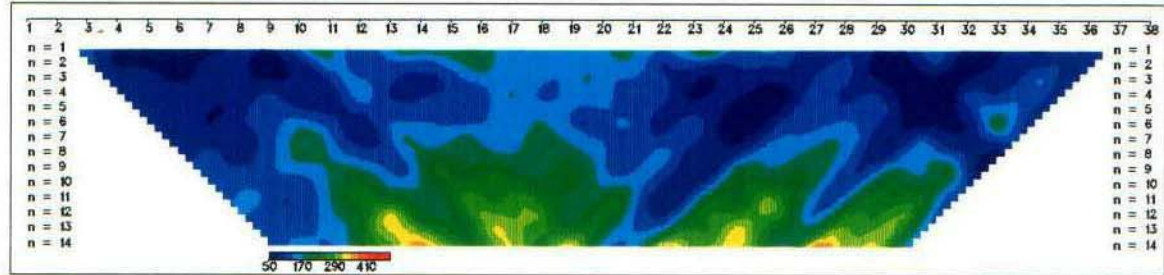
<그림. 4-7> 축선 ML-1 쌍극자탐사 결과도

여 백

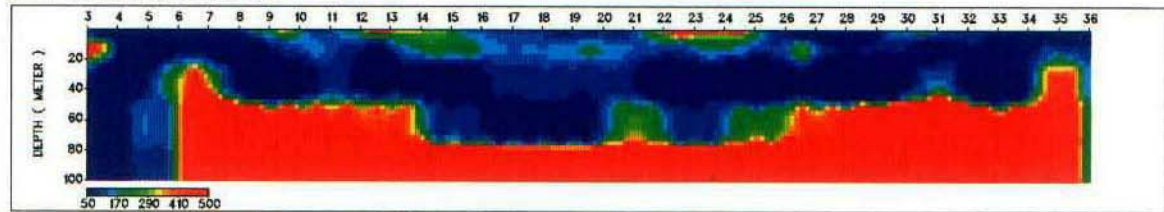
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



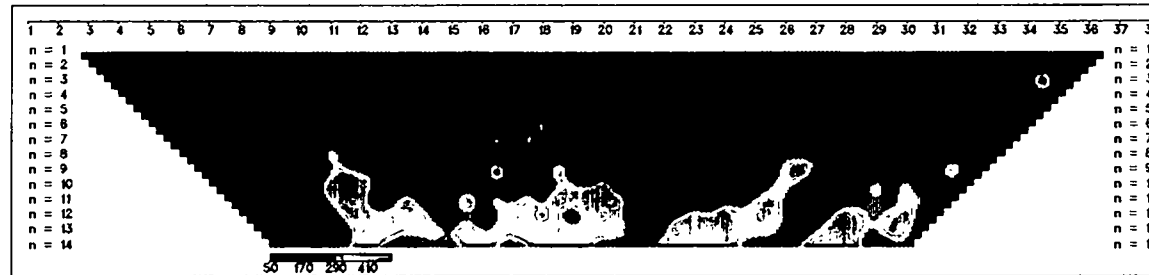
2-D Resistivity Structure



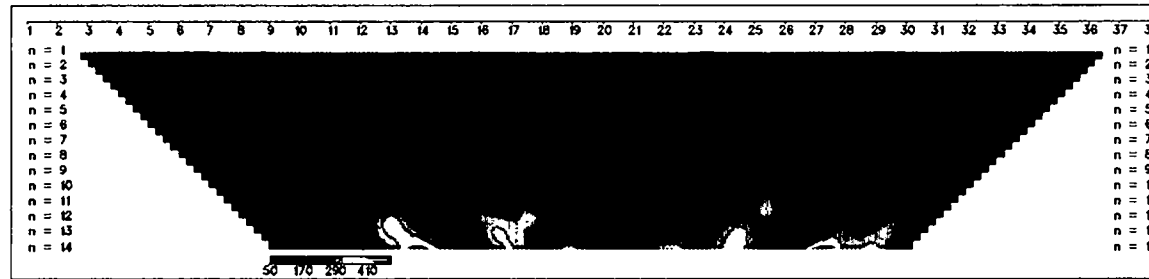
Line No. = ML-2 Area = MILYANG
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-8> 축선 ML-2 쌍극자탐사 결과도

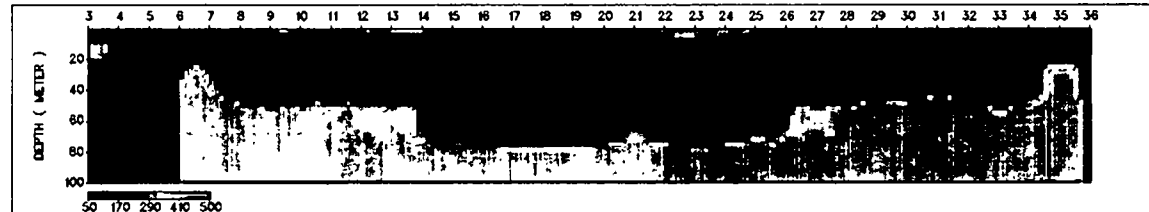
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

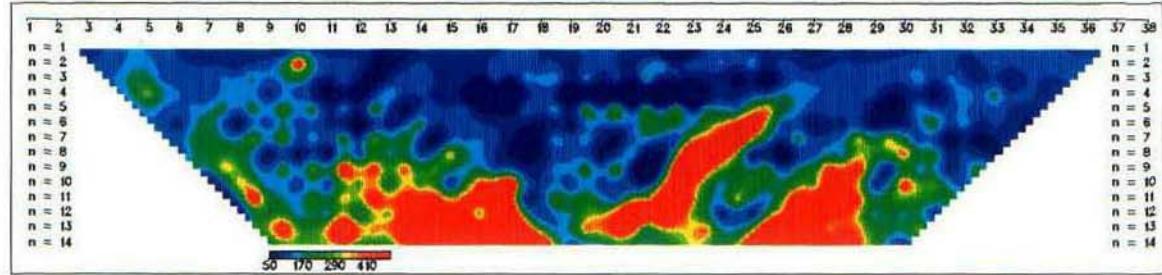


Line No. = ML-2 Area = MLYANG
 Dipole Spacing = 20 meter

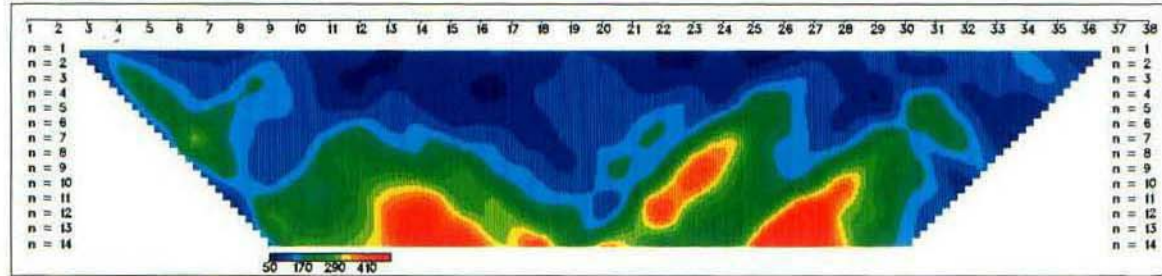
<그림. 4-8> 측선 ML-2 쌍극자탐사 결과도

여 백

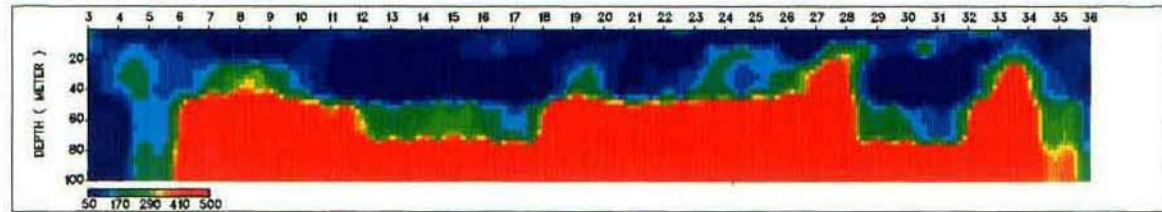
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



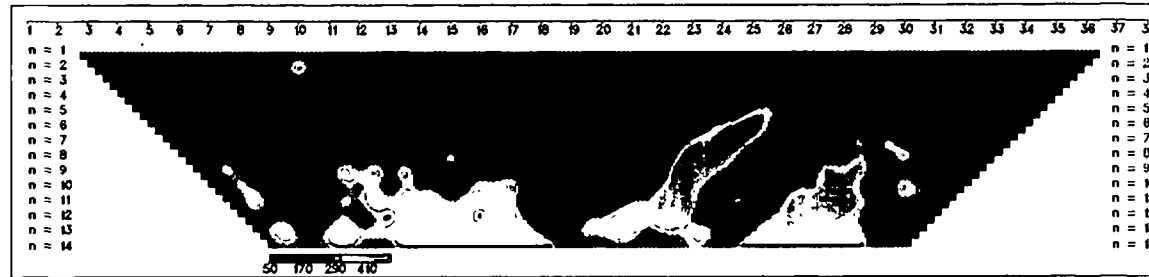
2-D Resistivity Structure



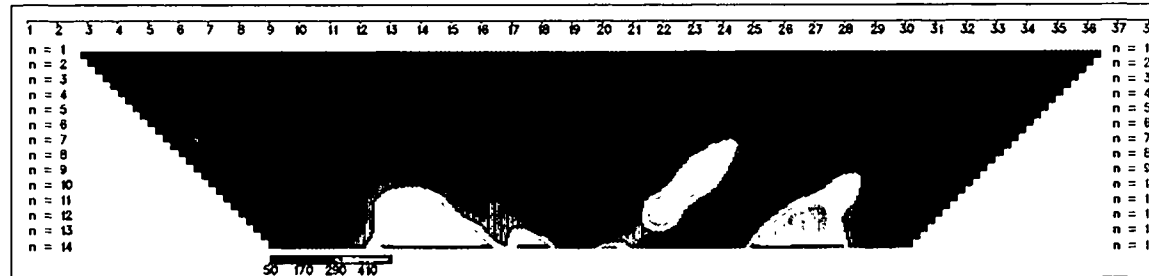
Line No. = ML-3 Area = MILYANG
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-9> 축선 ML-3 쌍극자탐사 결과도

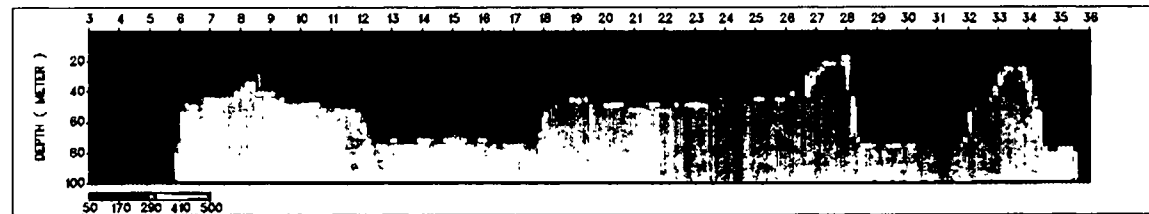
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

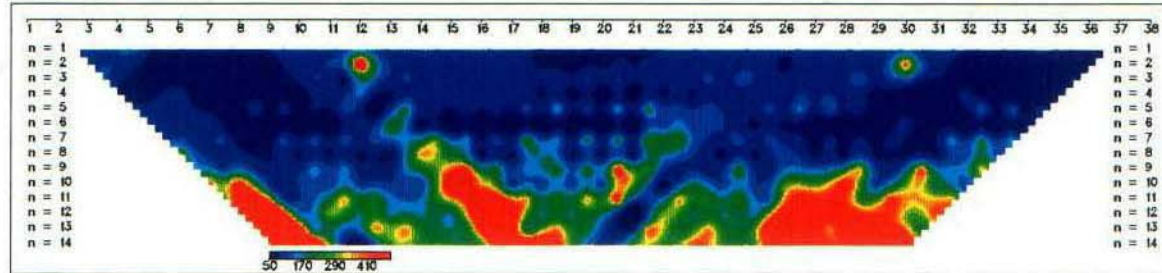


Line No. = ML-3 Area = MLYANG
 Dipole Spacing = 20 meter

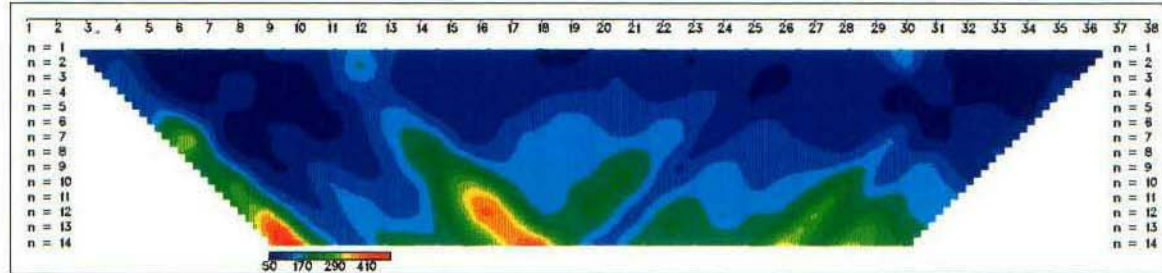
<그림. 4-9> 측선 ML-3 쌍극자탐사 결과도

여 백

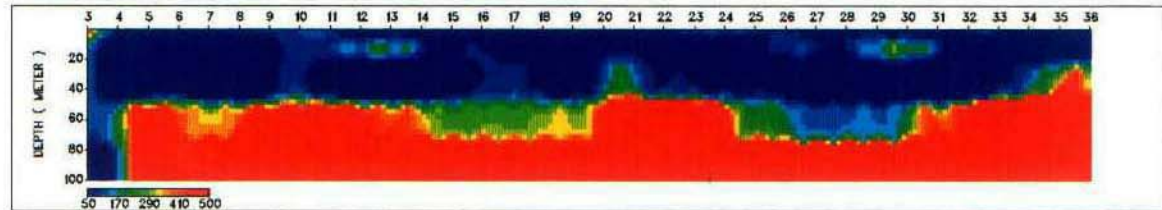
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



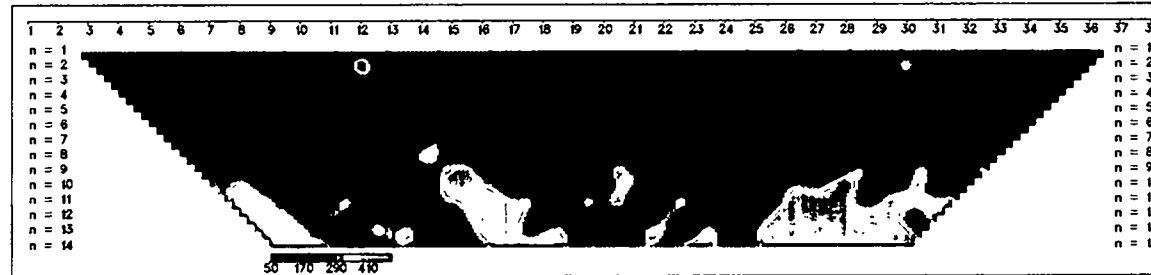
2-D Resistivity Structure



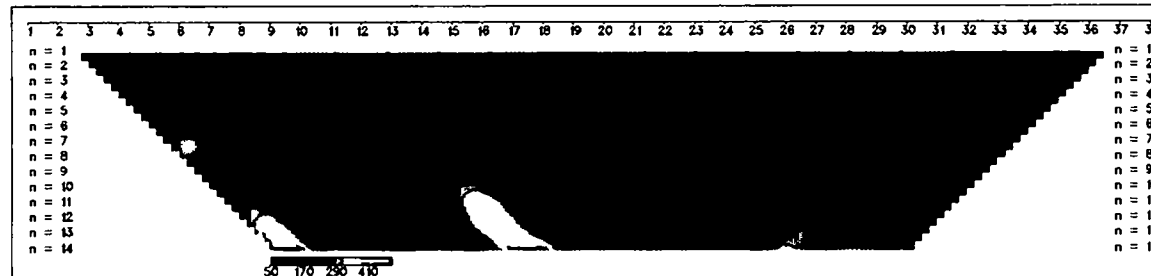
Line No. = ML-4 Area = MILYANG
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-10> 측선 ML-4 쌍극자탐사 결과도

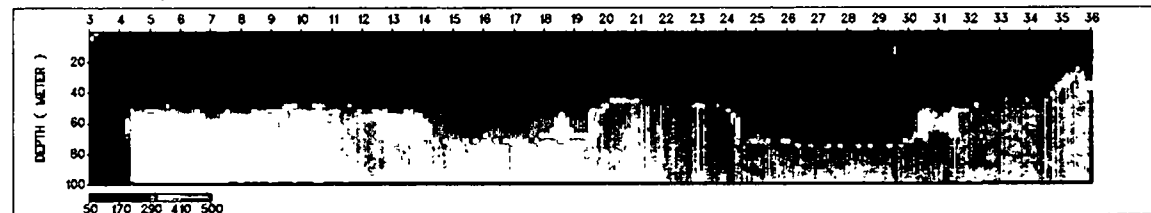
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

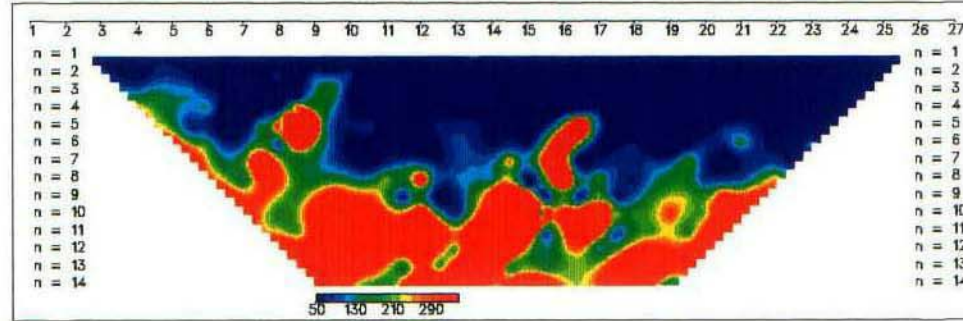


Line No. = ML-4 Area = MILYANG
 Dipole Spacing = 20 meter

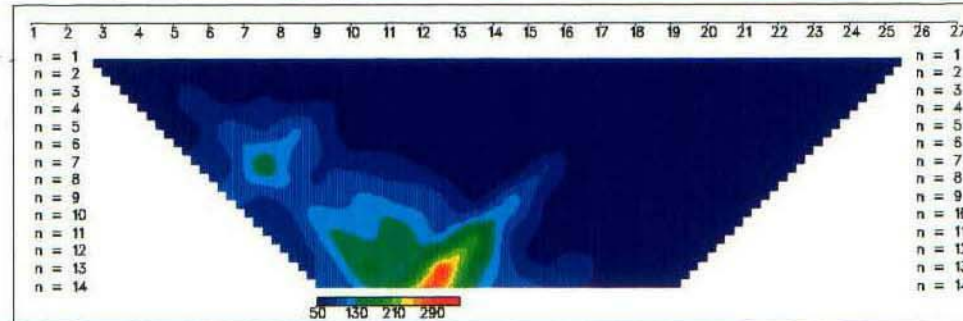
<그림. 4-10> 측선 ML-4 쌍극자탐사 결과도

여 백

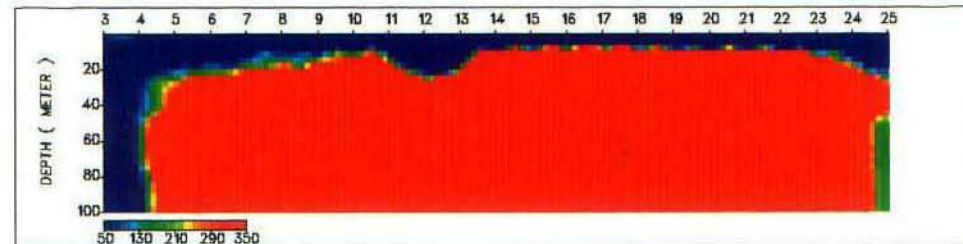
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



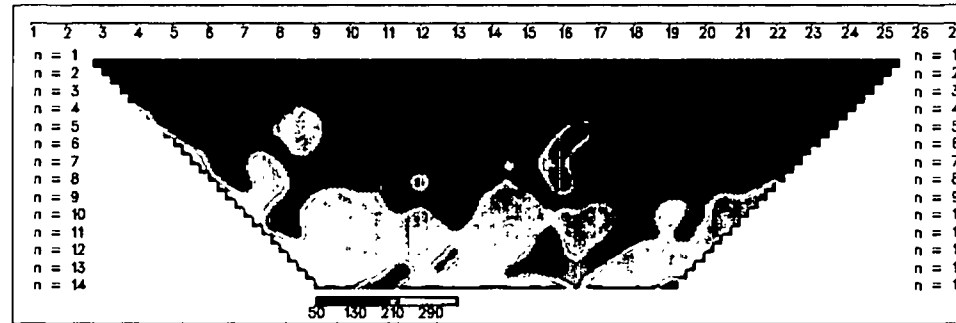
2-D Resistivity Structure



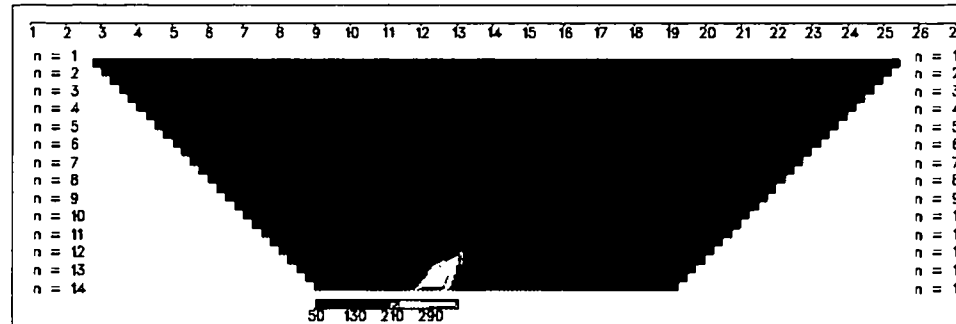
Line No. = ML-5 Area = MILYANG
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-11> 축선 ML-5 쌍극자탐사 축선도

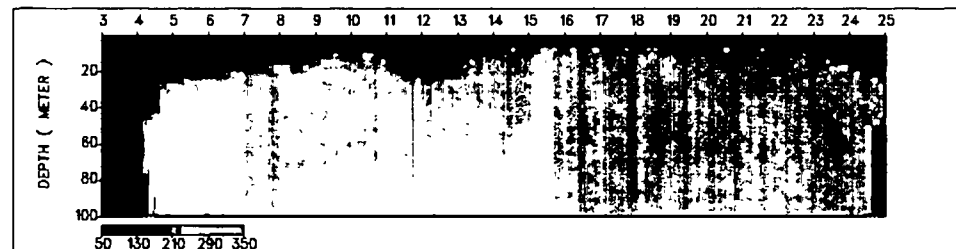
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

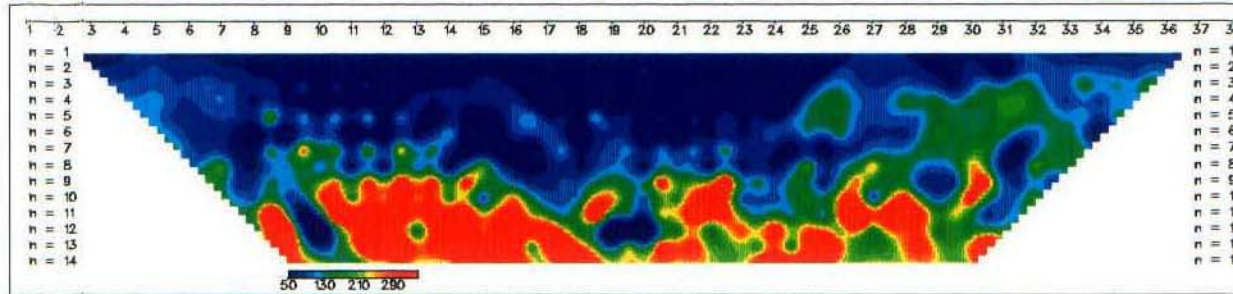


Line No. = ML-5 Area = MILYANG
Dipole Spacing = 20 meter

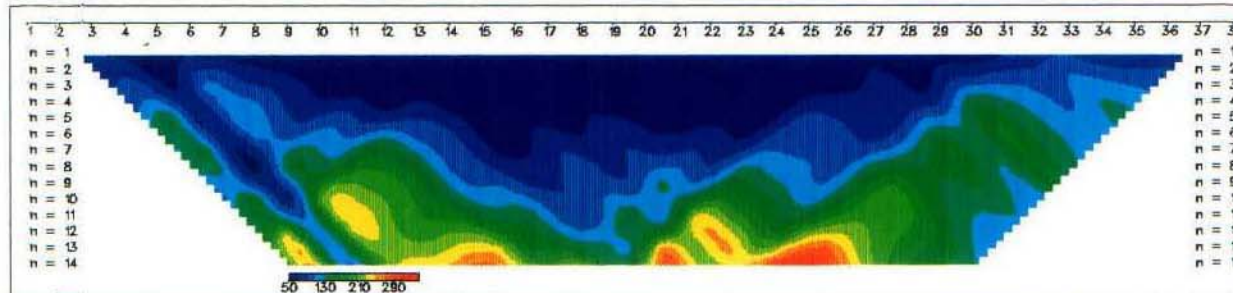
<그림. 4-11> 측선 ML-5 쌍극자탐사 측선도

여 백

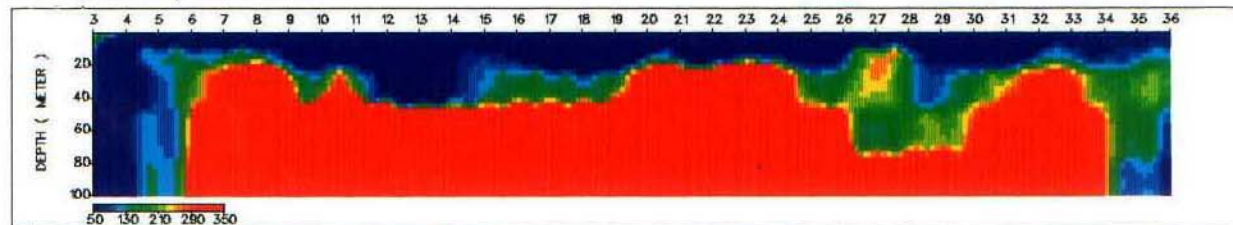
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



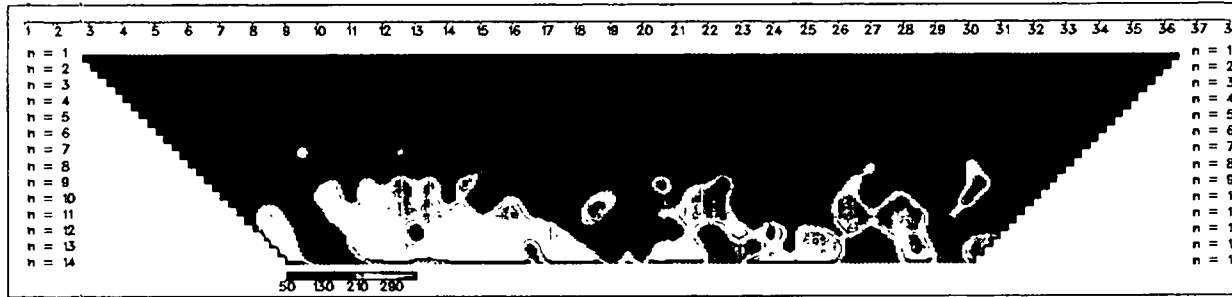
2-D Resistivity Structure



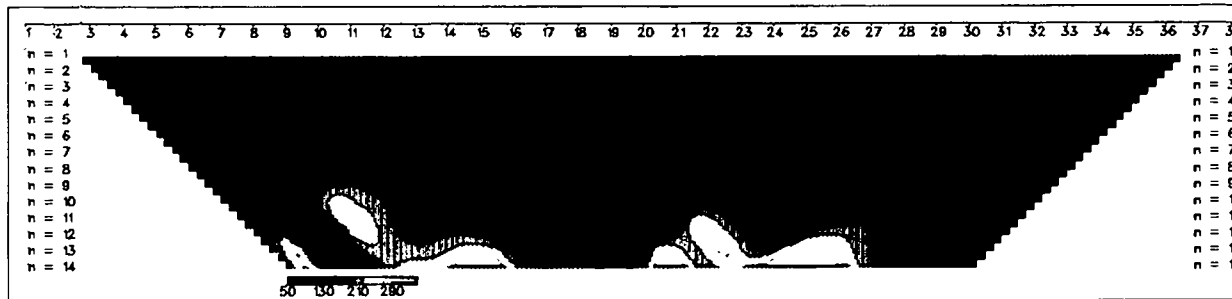
Line No. = ML-6 Area = MILYANG
 Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-12> 축선 ML-6 쌍극자탐사 축선도

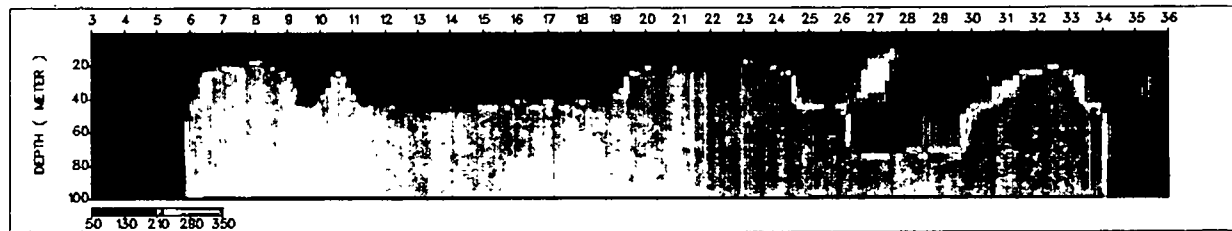
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

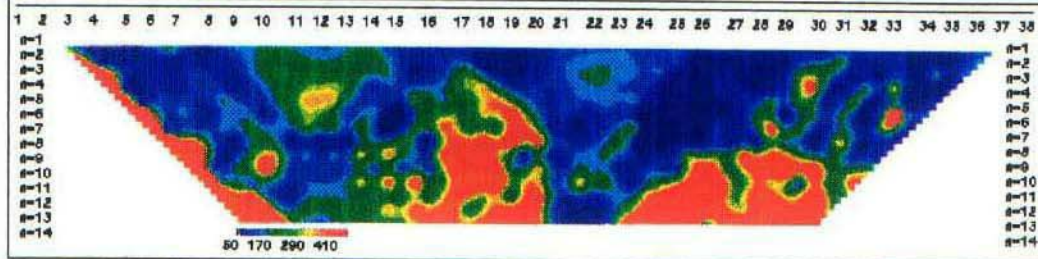


Line No. = ML-6 Area = MILYANG
 Dipole Spacing = 20 meter

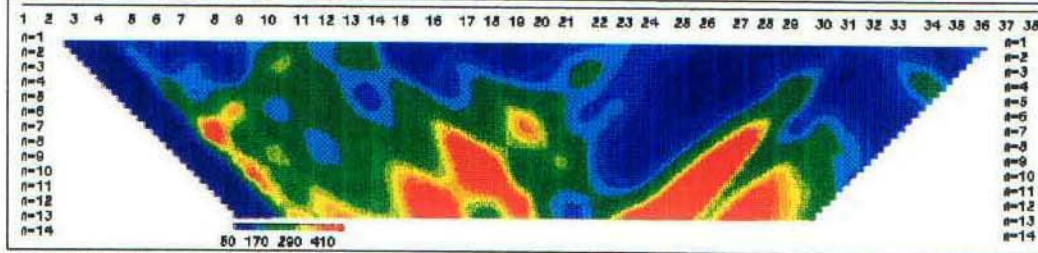
<그림. 4-12> 축선 ML-6 쌍극자탐사 축선도

여 백

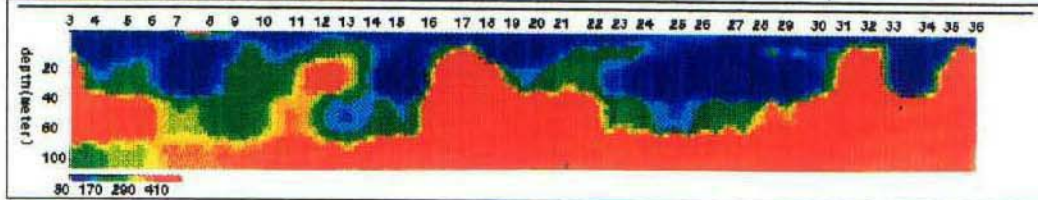
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

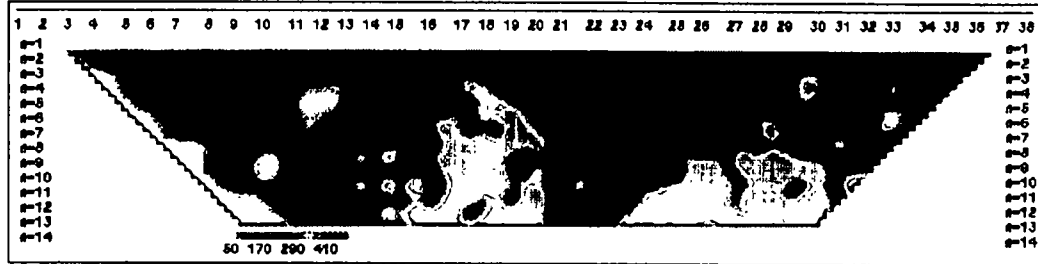


Line No. = ML-7 Area = MILYANG

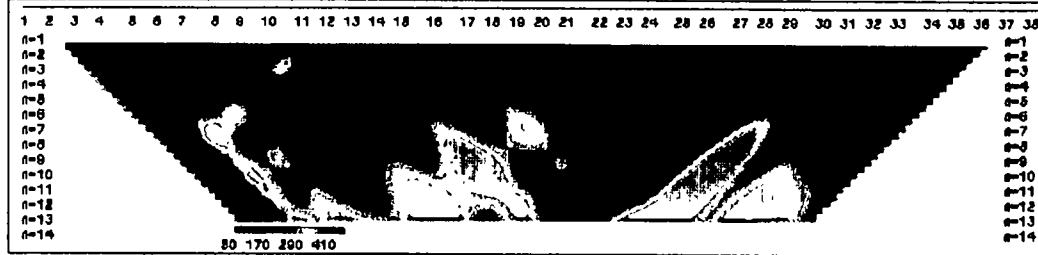
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-13> 축선 ML-7 쌍극자탐사 결과도

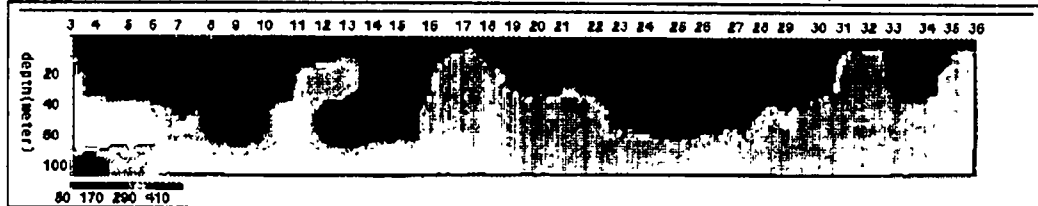
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



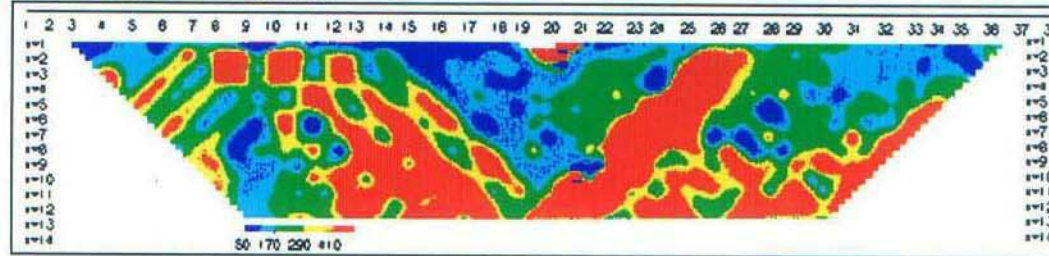
Line No. = ML-7 Area = MILYANG

Dipole Spacing = 20 meter

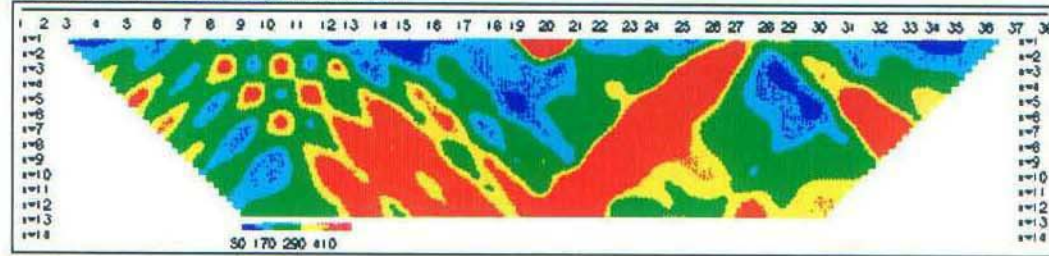
<그림. 4-13> 측선 ML-7 쌍극자탐사 결과도

여 백

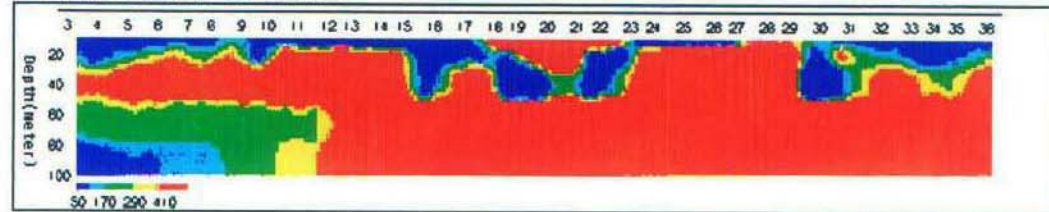
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

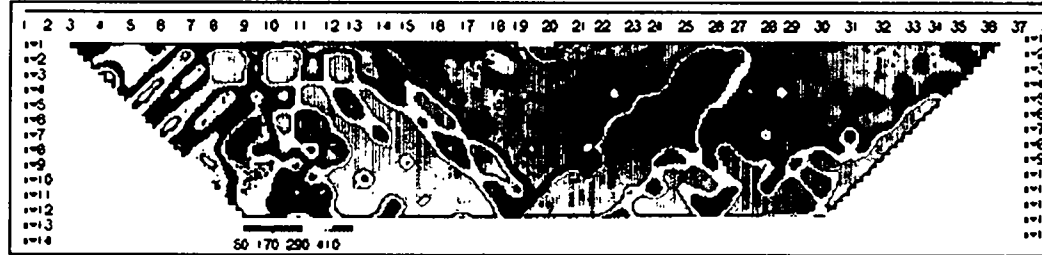


Line No. = ML-8 Area = MILYANG

Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-14> 측선 ML-8 쌍극자탐사 결과도

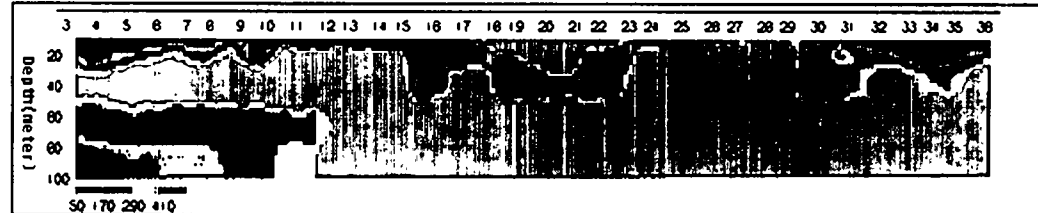
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



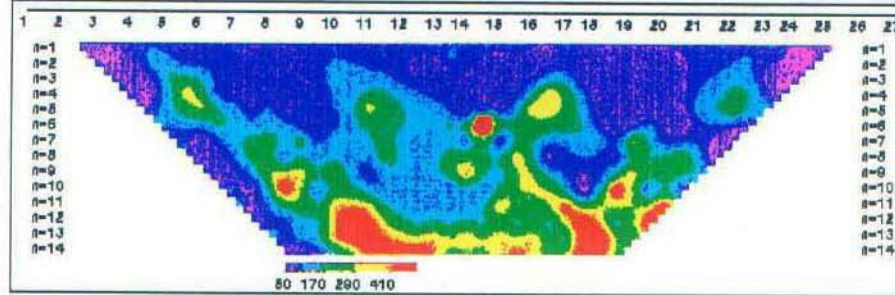
Line No. = ML-8 Area = MILYANG

Dipole Spacing = 20 meter

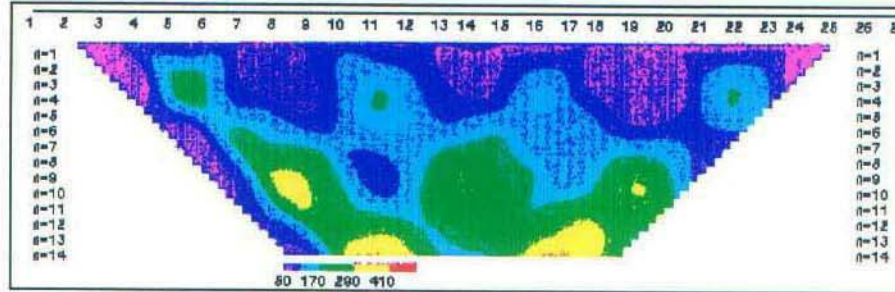
<그림. 4-14> 축선 ML-8 쌍극자탐사 결과도

여 백

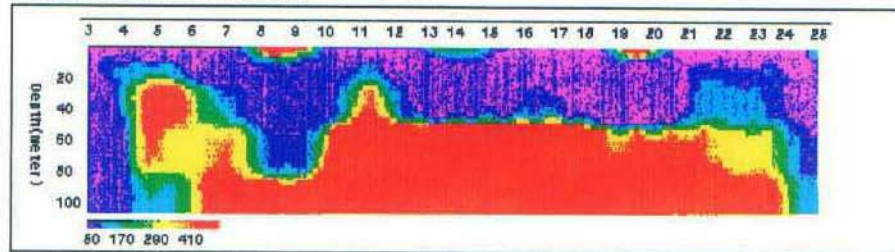
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

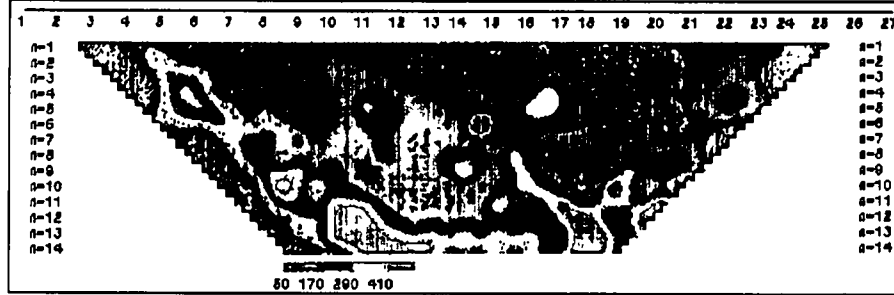


Line No. = ML-9 Area = MILYANG

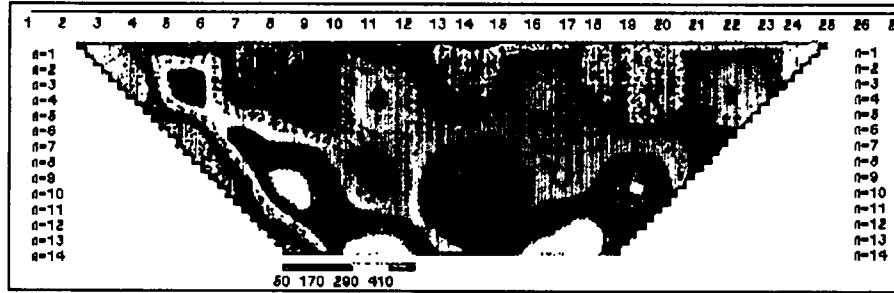
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-15> 축선 ML-9 쌍극자탐사 결과도

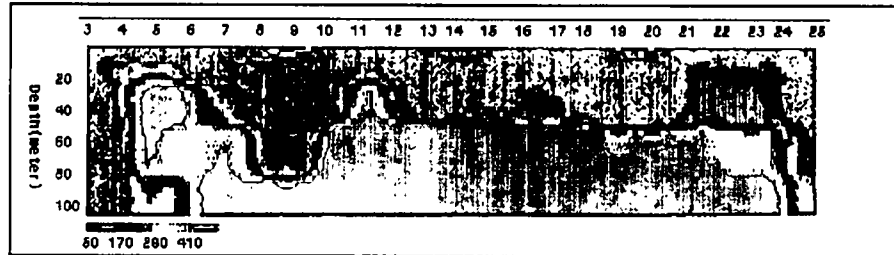
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



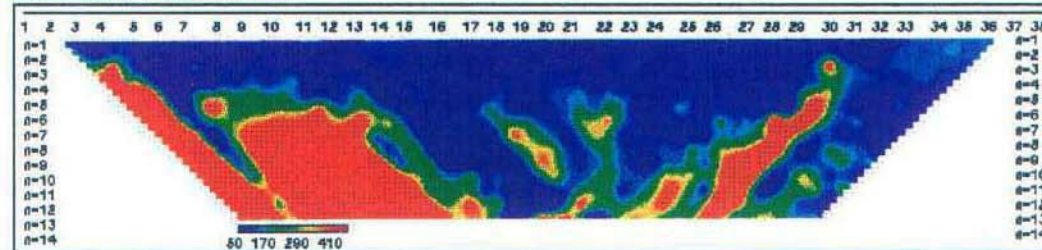
Line No. = ML-9 Area = MILYANG

Dipole Spacing = 20 meter

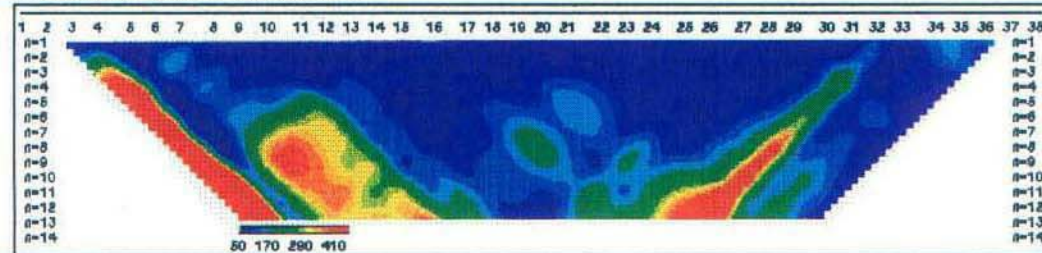
<그림. 4-15> 축선 ML-9 쌍극자탐사 결과도

여 백

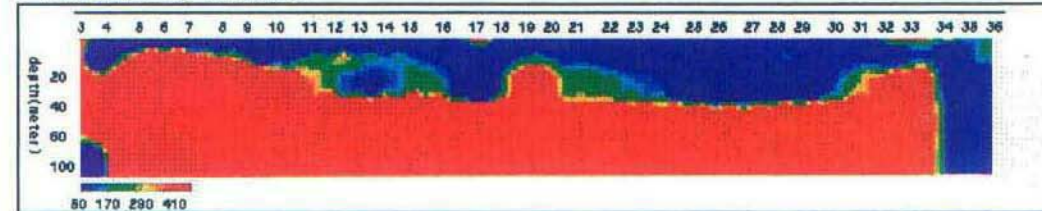
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

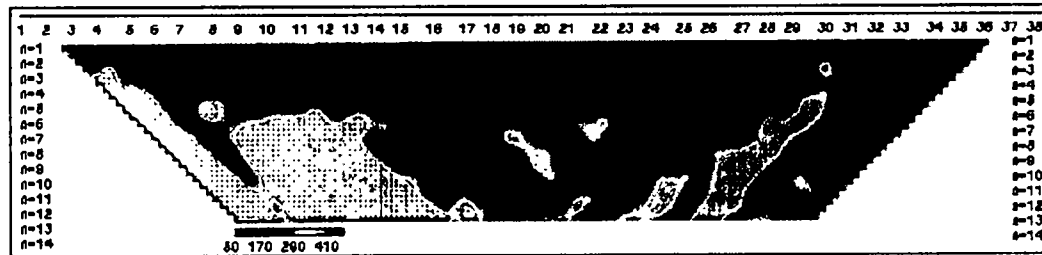


Line No. = ML-10 Area = MILYANG

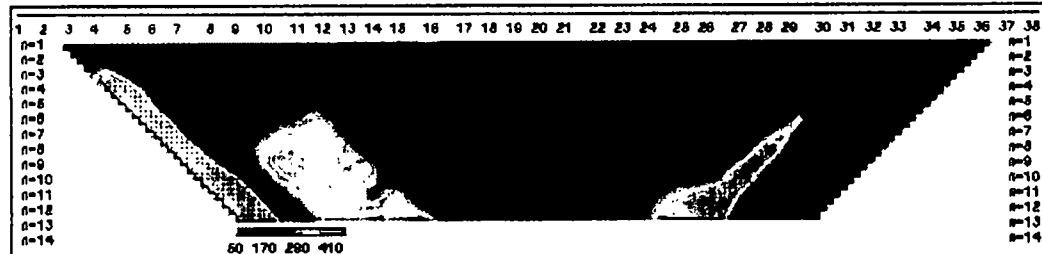
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-16> 축선 ML-10 쌍극자탐사 결과도

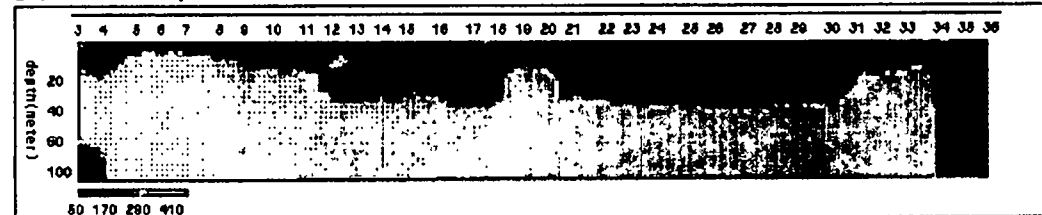
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



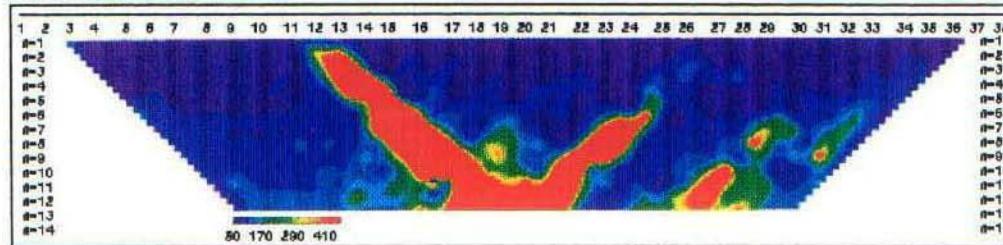
Line No. = ML-10 Area = MILYANG

Dipole Spacing = 20 meter

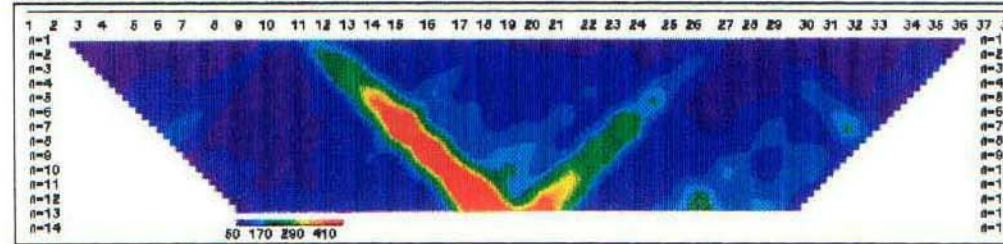
<그림. 4-16> 축선 ML-10 쌍극자탐사 결과도

여 백

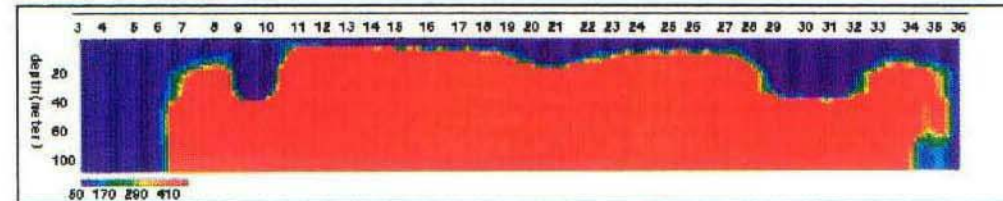
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

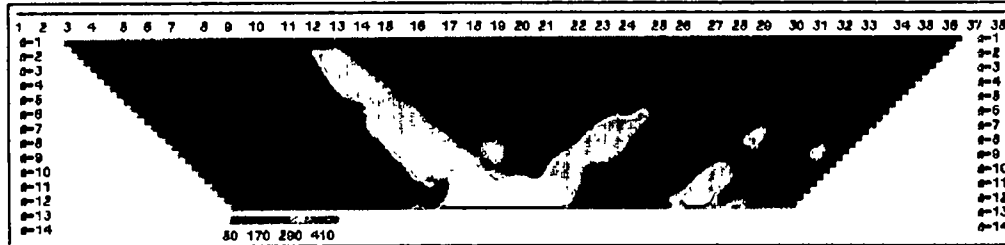


Line No. = ML-11 Area = MILYANG

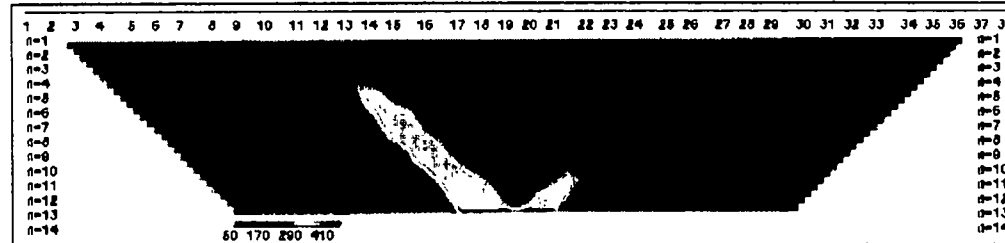
Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-17> 측선 ML-11 쌍극자탐사 결과도

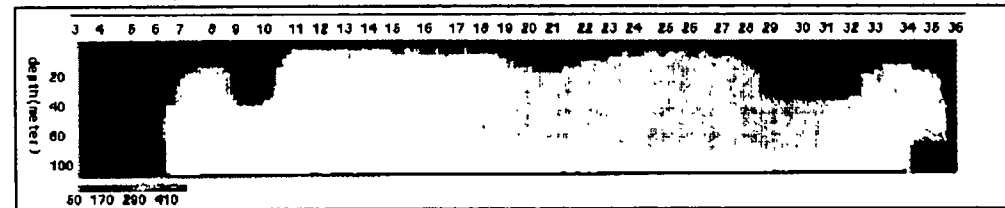
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



Line No. = ML-11 | Area = MILYANG

Dipole Spacing = 20 meter

<그림. 4-17> 측선 ML-11 쌍극자탐사 결과도

여 백

4-4. 수질검사 및 잠재오염원 조사

4-4-1. 수질검사

가. 현장조사

조사지구내 수질현황 및 수질오염현황을 파악하기 위하여 기설관정 조사와 병행하여 지하수 기설관정 169개, 저수지 49점, 하천수 87점에 대하여 Check Mate 90, HACH ONE-pH Meter, HACH COND, TDS Meter등을 이용하여 수질을 측정하였다 (표 4-4, 표4-5)

○ pH(수소이온농도)

pH는 물속에 전해되어 있는 수소이온(H^+)의 상대적인 농도를 말한다. 순수한 물에서는 물의 일부분이 이온화($H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$) 하는데 이때 수소이온의 수가 pH=7 정도로 이온화 한다. 즉, pH값이 1증가하면 수소이온 농도는 10배 증가하게 된다. 지하수에서 pH값은 용해된 탄산염이나 탄산가스의 양에 의해서 달라지며, 압력이나 온도가 변해도 값이 달라진다. 즉, 탄산가스가 용해되어 있으면 pH값이 현저히 저하된다. 그러나 알칼리염인 칼슘 및 마그네슘의 탄산염이 지하수속에 용해되어 있는 경우는 용존탄산가스 만큼 pH값이 저하되지는 않는다. 그러므로 지하수의 pH 측정은 지하수중에 탄산가스가 상당량 용해되어 있어도 압력감소(양수 등)에 의해 용존탄산가스가 공기중으로 달아나게 되어 채수후 일정시간이 경과하면 대수층의 pH값과는 차이가 나타나므로 지하수의 pH 측정은 현장에서 직접 측정하는 것이 바람직 하다.

일반적으로 pH값에 따른 수질의 분류는 pH값이 5.5이하이면 산성, 5.5~6.5 사이는 약산성, 6.5~7.5 사이는 중성, 7.5~9.0 까지는 약알칼리성 그리고 9.0이상이면 알칼리성으로 분류하고 있다. 조사지구에서의 지하수 pH는 6.06~9.21 사이로 대부분이 먹는물 수질기준인 5.8~8.5 사이에 분포하며, 암반지하수는 평균 7.5를 나타낸다.

○ EC(전기전도도)와 TDS(총용존고형물)

매질이 전류를 통과시킬 수 있는 능력(전기저항의 역수)을 전기전도도라 하며, 단위체적을 가진 물체의 전기전도도를 전기비전도도라 한다. 순수한 물은 일종의 절연체이나 물에 혼합된 고용물질이 전하를 가지는 이온으로 분리되어 존재하

면 용액의 전기비전도도는 높아진다. 그러므로 물속에 용해된 광물이나 기타물질의 종류와 양, 온도의 변화에 따라 전기비전도도 값이 변화하므로 물의 오염정도에 대한 지표로 사용된다. 일반적으로 전기비전도도는 물속에 용해된 광물의 종류에 따라 그 값이 변화를 보이지만 총용존고형물(TDS)과의 관계는 대략 전기비전도도 × (비율) = 총용존고형물(TDS)로 표시되며, 지하수의 경우 그 비율은 0.50~0.75의 범위 내에 존재한다.

본 조사지역의 지하수는 그 비율이 0.420~0.760 사이에 존재하고 평균 0.508을 나타낸다. 조사지역에서의 전기전도도는 39.3~3,390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 평균 309 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 조사되었으며, 평균 값이 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 초과하는 오염상태가 상당히 진행된 것으로 판단되었다. 일반적으로 각 수계의 상류부에서 하류부로 향할수록 점차 높은 전기전도도 값을 나타내며, 특히 하남 명례리, 초동 덕산리등 몇몇 낙동강에 가까워지는 지역은 EC가 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 넘어 최고 3,380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 보이는 곳도 있다. 해성층 기원암이 저부에 존재하여 예전 낙동강 근처까지 해수가 침투했음을 수질 분석 결과에서 볼 수 있다.

○ 현장 수질검사 결과

금번 조사에서는 지표수와 지하수를 분리 조사하여 등수치도를 제작하였는데 지표수의 높은 수치지역과 지하수의 높은 수치지역이 일치하는 곳도 있지만 전혀 무관한 곳도 몇군데 존재하므로 EC나 TDS의 수치가 높은 원인이 지질 자체의 특성이 아닌 다른 오염원에 의한 것일 수도 있다는 것을 보여준다.

우선 지하수의 등EC도와 등TDS도를 보면 조사지역 하단부 낙동강 근처의 두 부분이 높은 수치를 보이는데(그림. 4-18, 그림. 4-19) 초동면 덕산리와 하남읍 명례리, 양동리, 삼랑진읍 검세리에 해당된다. 이들 지역은 현장조사에서 지하수 채수시 맛을 느낄 수 있을 정도의 염도를 보여준 곳으로 시설비닐하우스를 하지 못할 만큼 높은 염도를 보이며 먹는물 또한 수원이 먼곳에서 지하수를 개발하여 물을 끌어 사용하거나 상수도를 쓰고 있는 지역이다.

즉, 이 두지역은 암석자체의 특성상 많은 Cl 성분을 포함하여 높은 EC치를 보이는 것으로 판단된다.

그러나 지하수의 등EC도를 보면, 조사지역 중앙부분(부북면 하단, 밀양시 일

<표.4-5 > 지하수 현장수질검사 결과

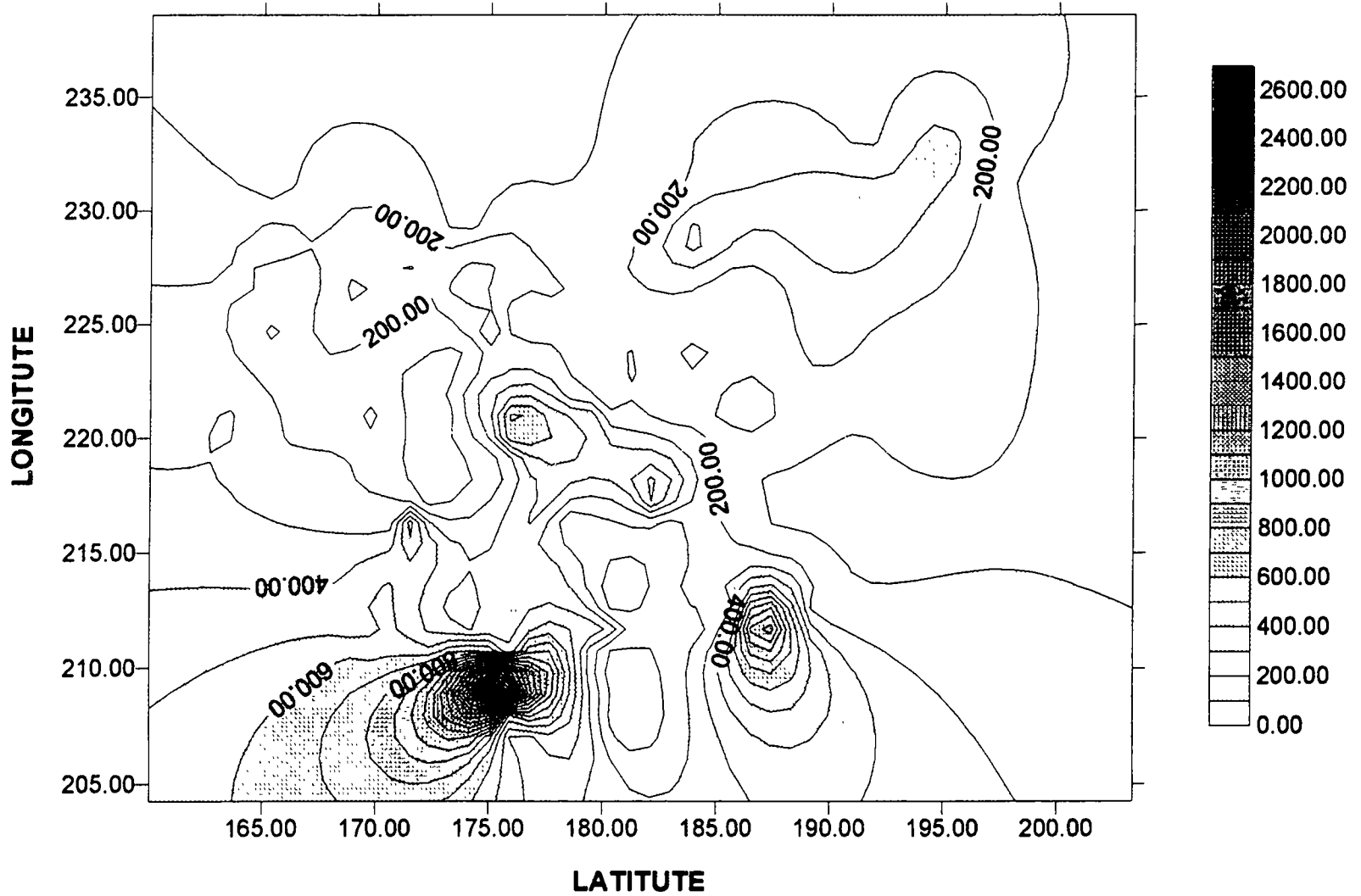
ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(ppm)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
MR4	밀양시	내이	176.00	222.50	340.0	175.1	0.515	8.17	19.7
MR7	밀양시	삼문	177.00	220.45	670.0	330.0	0.493	6.35	22.5
MR10	밀양시	용평	178.76	221.92	192.4	96.1	0.499	6.94	24.5
MR12	밀양시	용평	178.89	221.70	300.0	155.3	0.518	7.24	23.8
MR13	밀양시	용평	179.66	221.48	230.0	119.0	0.517	7.54	20.8
MR17	밀양시	용평	179.44	221.15	460.0	238.0	0.517	7.01	22.5
MR18	밀양시	활성	180.12	221.30	132.1	65.9	0.499	6.98	23.5
CD1	청도	고법	168.89	228.94	260.0	136.8	0.526	7.99	19.9
CD2	청도	고법	168.78	228.49	230.0	117.5	0.511	8.31	20.5
CD4	청도	구기	165.25	227.15	163.1	81.7	0.501	7.78	21.6
CD6	청도	구기	165.22	227.05	220.0	116.3	0.529	8.31	20.7
CD8	청도	두곡	165.38	228.59	320.0	165.3	0.517	7.28	20.2
CD9	청도	두곡	165.08	228.83	250.0	129.1	0.516	7.11	18.6
CD10	청도	두곡	165.42	228.17	210.0	108.8	0.518	7.64	18.0
CD11	청도	두곡	164.02	229.81	146.0	73.5	0.503	7.23	20.5
CD12	청도	소태	165.61	230.59	70.5	35.3	0.501	7.65	18.5
CD13	청도	요고	168.5	231.3	178.2	89.2	0.501	8.39	23.2
CD14	청도	요고	168.89	231.51	160.6	80.3	0.500	9.21	18.4
CD15	청도	요고	168.53	229.49	200.0	104.6	0.523	8.06	21.0
CD18	청도	인산	167.29	226.89	146.9	73.5	0.500	8.49	20.9
CD20	청도	조천	165.18	224.85	62.2	31.1	0.500	6.64	21.9
CD21	청도	조천	164.94	224.95	161.7	80.7	0.499	8.50	20.4
SN1	산내	가인	191.51	233.12	167.4	83.7	0.500	7.81	22.3
SN3	산내	남명	198.62	231.25	60.1	30.0	0.499	7.29	19.2
SN9	산내	원서	193.92	233.25	288.0	143.0	0.497	7.18	19.6
SN10	산내	원서	194.45	232.84	395.0	197.4	0.500	7.40	22.2
SN12	산내	임고	190.24	229.82	420.0	210.0	0.500	8.08	19.7
MA1	무안	가례	162.87	220.96	350.0	185.1	0.529	7.60	22.4
MA3	무안	가례	162.47	221.39	280.0	145.4	0.519	6.84	26.8
MA4	무안	가례	162.49	221.23	186.3	93.2	0.500	8.64	22.4
MA7	무안	덕암	164.95	217.75	270.0	145.6	0.539	7.71	21.6
MA8	무안	덕암	165.15	217.91	265.0	132.2	0.499	7.30	23.8
MA10	무안	동산	168.55	226.89	320.0	165.5	0.517	8.38	23.0
MA11	무안	마흘	172.13	221.75	51.0	25.0	0.490	7.33	21.9
MA17	무안	마흘	173.14	220.83	49.0	24.0	0.490	7.03	21.9
MA18	무안	마흘	173.43	220.69	139.9	97.0	0.693	8.30	20.3
MA23	무안	삼태	168.91	220.82	157.5	78.5	0.498	7.62	21.9
MA26	무안	신법	168.69	220.13	197.2	98.6	0.500	7.46	19.5
MA27	무안	신법	168.29	220.12	190.0	100.9	0.531	7.72	20.5
MA28	무안	신법	168.65	220.34	162.0	81.1	0.501	7.72	19.2
MA30	무안	양효	168.35	224.78	300.0	150.0	0.500	7.55	27.7
MA32	무안	정곡	169.72	220.86	230.0	121.2	0.527	7.87	21.5

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(ppm)	TDS/EC	pH	TEMP.($^{\circ}\text{C}$)
MA34	무안	중산	165.9	220.17	190.0	101.3	0.533	7.33	22.0
MA38	무안	판곡	169.17	223.34	78.1	39.0	0.499	7.46	26.5
MA39	무안	판곡	169.04	223.42	163.7	81.9	0.500	7.73	22.7
MA40	무안	판곡	168.75	222.87	139.7	69.7	0.499	7.50	19.6
MA41	무안	판곡	169.03	222.42	192.9	96.5	0.500	8.22	27.0
MA43	무안	판곡	168.69	222.86	137.9	68.9	0.500	7.84	20.0
MA45	무안	화봉	166.11	223.32	290.0	151.7	0.523	8.38	22.0
MA46	무안	화봉	164.28	223.82	143.2	71.5	0.499	8.26	18.2
CH1	초동	금포	172.70	211.04	490.0	240.0	0.490	7.94	19.8
CH2	초동	금포	172.46	210.89	530.0	260.0	0.491	7.50	18.2
CH3	초동	금포	172.38	210.84	480.0	220.0	0.458	7.35	25.0
CH5	초동	대곡	169.00	210.62	600.0	390.0	0.650	7.37	18.5
CH6	초동	덕산	168.79	210.65	280.0	146.3	0.523	7.05	20.2
CH7	초동	덕산	171.20	215.99	1200.0	650.0	0.542	8.35	20.7
CH8	초동	덕산	171.48	215.92	420.0	210.0	0.500	7.53	22.2
CH9	초동	덕산	171.75	216.02	380.0	159.5	0.420	7.67	25.6
CH13	초동	명성	171.59	210.88	400.0	200.0	0.500	6.95	21.3
CH14	초동	명성	171.65	210.75	490.0	240.0	0.490	6.06	22.0
CH15	초동	명성	171.90	210.59	420.0	210.0	0.500	7.67	18.7
CH18	초동	봉왕	169.57	211.61	50.0	29.0	0.580	7.88	19.5
CH22	초동	성만	168.60	212.59	340.0	172.7	0.508	7.74	22.0
CH23	초동	오방	169.60	209.16	520.0	250.0	0.481	8.02	21.3
SA1	상남	동산	169.63	209.49	290.0	148.0	0.510	7.13	25.1
SA2	상남	동산	169.58	209.35	320.0	165.4	0.517	7.29	22.8
SA5	상남	동산	172.90	211.51	400.0	200.0	0.500	7.57	18.8
SA11	상남	마산	179.47	211.07	590.0	290.0	0.492	7.75	18.9
SA14	상남	연금	179.93	210.60	310.0	158.9	0.513	7.98	22.5
SA15	상남	외산	179.98	210.82	380.0	193.9	0.510	6.37	17.9
SA18	상남	외산	179.83	211.35	630.0	300.0	0.476	6.25	19.2
SA25	상남	우곡	180.67	207.56	330.0	169.4	0.513	7.90	22.5
SA27	상남	우곡	180.71	207.68	560.0	280.0	0.500	7.14	24.0
SA29	상남	우곡	180.26	208.90	440.0	220.0	0.500	6.86	19.5
SA30	상남	우곡	180.45	208.86	440.0	220.0	0.500	6.89	20.0
SA35	상남	평촌	177.78	216.69	750.0	378.0	0.504	7.64	18.3
BB5	부북	덕곡	179.59	212.51	480.0	240.0	0.500	7.05	24.5
BB6	부북	내량	180.18	212.68	50.2	24.9	0.496	6.70	18.8
BB12	부북	내량	173.84	223.36	175.8	87.9	0.500	7.01	17.3
BB14	부북	대항1	173.25	223.00	320.0	165.9	0.518	7.47	18.0
BB15	부북	대항2	173.95	223.56	220.0	113.4	0.515	7.25	23.2
BB17	부북	대항2	173.92	229.01	190.0	89.0	0.468	7.50	22.0
BB18	부북	대항2	173.91	228.95	100.0	51.0	0.510	7.41	24.0
BB20	부북	대항2	173.91	228.85	240.0	122.6	0.511	7.47	17.2
BB21	부북	대항1	173.79	228.77	200.0	104.2	0.521	7.81	20.3

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC(μ S/cm)	TDS(ppm)	TDS/EC	pH	TMP. (°C)
BB23	부북	대항1	171.36	227.33	300.0	156.1	0.520	7.69	17.2
BB25	부북	신흥	171.48	225.44	570.0	280.0	0.491	7.02	19.0
BB26	부북	신흥	171.37	225.60	1063.0	540.0	0.508	7.59	20.9
BB27	부북	오례	171.54	225.69	320.0	163.1	0.510	7.23	17.8
BB38	부북	월산	174.26	222.00	330.0	168.3	0.510	7.61	18.0
BB39	부북	월산	174.16	221.88	230.0	117.6	0.511	7.88	18.3
BB41	부북	위양	176.71	223.45	300.0	150.0	0.500	7.68	19.5
BB42	부북	위양	176.75	223.32	340.0	172.8	0.508	7.16	21.3
BB43	부북	전사포	172.98	226.65	140.0	69.6	0.497	7.65	24.5
BB49	부북	제대	173.32	226.68	360.0	183.0	0.508	7.11	20.7
BB52	부북	청운	174.79	228.05	184.0	92.0	0.500	7.29	20.6
BB54	부북	춘화	175.65	218.95	99.7	49.9	0.501	7.97	28.1
BB58	부북	춘화	174.62	220.60	430.0	210.0	0.488	6.78	19.9
BB60	부북	퇴로	175.32	219.87	240.0	126.0	0.525	7.59	17.2
SD3	상동	가곡	175.65	225.12	200.0	105.8	0.529	6.77	21.7
SD8	상동	고정	172.61	228.10	220.0	114.3	0.520	7.00	18.6
SD9	상동	고정	172.85	227.89	176.4	88.1	0.499	7.07	19.9
SD12	상동	금산	179.84	225.9	188.9	94.5	0.500	6.87	24.5
SD16	상동	금산	181.58	229.37	580.0	290.0	0.500	6.80	20.4
SD17	상동	도곡	181.74	229.48	493.0	246.0	0.499	7.34	20.5
SD19	상동	매화	181.16	229.38	155.7	77.8	0.500	6.85	20.7
SD20	상동	매화	180.89	229.3	150.0	75.1	0.501	8.07	19.3
SD22	상동	신곡	181.10	228.93	210.0	107.2	0.510	7.58	21.2
SD23	상동	신곡	181.04	228.78	147.2	73.5	0.499	7.46	21.0
SD25	상동	안인	179.15	227.58	210.0	106.2	0.506	7.96	20.5
SD29	상동	안인	179.41	227.92	190.0	100.9	0.531	8.11	19.2
SD31	상동	옥산	179.45	227.57	187.1	93.6	0.500	7.66	24.5
SD32	상동	옥산	177.85	228.72	113.7	56.9	0.500	7.68	21.3
SD33	상동	옥산	178.3	228.18	149.6	74.8	0.500	6.54	21.6
S01	산외	괴곡	178.31	228.00	116.6	58.2	0.499	7.11	22.9
S03	산외	괴곡	178.40	228.10	97.6	48.8	0.500	7.21	19.4
S04	산외	괴곡	183.74	228.81	147.1	73.6	0.500	7.52	19.0
S07	산외	금곡	182.41	229.86	39.3	19.6	0.499	7.36	18.5
S08	산외	금곡	181.95	230.91	108.5	54.1	0.499	6.50	18.9
S09	산외	금천	183.80	232.45	230.0	116.9	0.508	7.71	21.3
S010	산외	금천	183.32	231.81	73.3	36.8	0.502	7.57	20.7
S011	산외	남기	184.70	231.40	212.2	106.4	0.501	7.95	21.0
S013	산외	남기	178.62	226.60	114.6	57.4	0.501	6.73	18.6
S015	산외	다죽	178.71	226.70	131.6	65.8	0.500	7.20	20.0
S017	산외	다죽	178.67	225.19	290.0	151.0	0.521	6.15	23.0
S018	산외	다죽	176.11	229.69	120.6	60.3	0.500	6.30	19.6
S019	산외	다죽	176.11	229.51	144.7	72.4	0.500	6.18	21.5
S020	산외	엄광	176.64	229.55	145.3	72.6	0.500	7.20	22.7

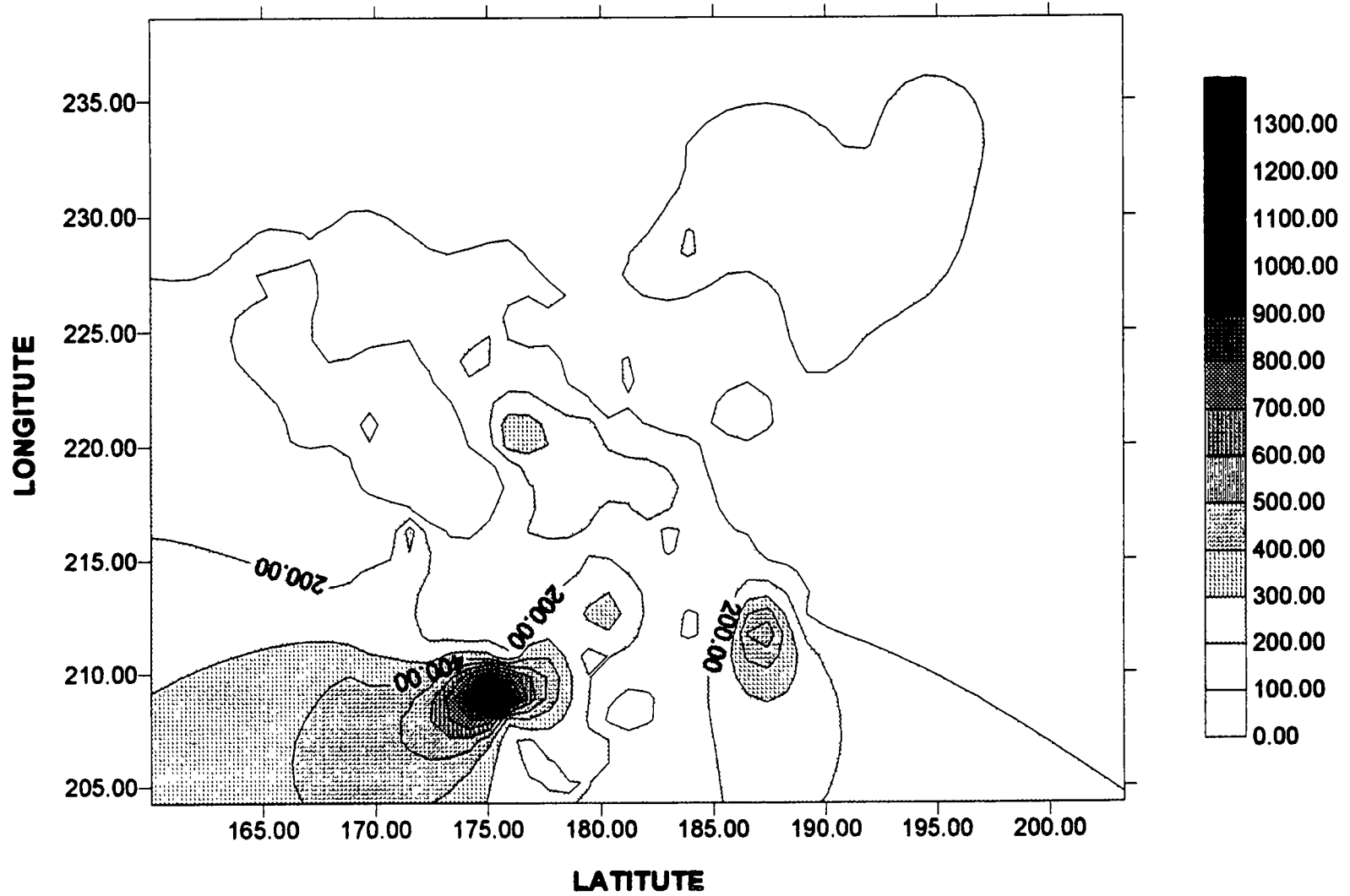
ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(ppm)	TDS/EC	pH	TEMP.($^{\circ}\text{C}$)
DJ3	단장	고례	186.34	226.42	155.8	77.9	0.500	7.00	19.9
DJ4	단장	구천	186.42	226.35	149.6	74.9	0.501	8.22	19.4
DJ5	단장	구천	186.33	226.22	196.7	98.4	0.500	6.75	17.6
DJ8	단장	국전	184.57	223.50	92.8	46.4	0.500	6.92	17.5
DJ10	단장	단장	182.16	222.30	187.4	93.8	0.501	7.14	17.3
DJ13	단장	무릉	181.40	222.45	143.4	71.7	0.500	6.69	22.5
DJ14	단장	무릉	182.89	221.65	189.0	94.6	0.501	6.42	21.4
DJ16	단장	미촌	181.98	223.55	230.0	116.3	0.506	7.00	20.1
DJ18	단장	범흥	180.98	223.98	71.7	35.8	0.499	7.24	20.3
DJ22	단장	사연	183.06	222.47	138.2	69.1	0.500	6.60	22.4
DJ25	단장	사연	182.11	225.20	240.0	121.6	0.507	6.90	20.0
DJ27	단장	안벌	188.71	217.31	280.0	145.4	0.519	7.57	18.7
HN2	하남	명례	192.96	224.95	440.0	220.0	0.500	7.45	18.9
HN6	하남	양동	191.40	219.99	3380.0	1690.0	0.500	7.62	19.2
HN8	하남	파서	186.62	223.21	1030.0	510.0	0.495	7.06	17.8
HN12	하남	백산	189.49	222.63	1010.0	490.0	0.485	7.96	21.5
HN15	하남	대사	185.56	221.85	440.0	220.0	0.500	7.14	21.7
HN16	하남	남전	185.82	219.44	230.0	119.8	0.521	8.15	19.9
HN18	하남	남전	188.61	223.71	390.0	190.0	0.487	7.88	18.0
HN22	하남	수산	188.69	223.89	280.0	146.0	0.521	6.20	21.7
HN23	하남	수산	189.04	223.88	460.0	230.0	0.500	6.74	21.5
HN24	하남	귀명	186.37	220.52	700.0	350.0	0.500	6.95	18.0
HN25	하남	귀명	186.32	220.70	430.0	210.0	0.488	7.69	19.5
SRJ1	삼랑진	검세	179.03	206.62	1410.0	700.0	0.496	7.66	21.8
SRJ4	삼랑진	미전	175.79	209.36	164.5	82.3	0.500	6.69	21.2
SRJ9	삼랑진	승진	177.33	209.7	780.0	380.0	0.487	7.75	25.6
SRJ12	삼랑진	안태	176.41	208.3	179.7	89.8	0.500	8.38	18.9
SRJ13	삼랑진	용진	175.83	210.74	230.0	116.3	0.506	8.07	20.0
SRJ14	삼랑진	용진	175.81	210.52	250.0	130.1	0.520	7.00	24.0
SRJ15	삼랑진	울동	174.36	212.73	139.2	69.6	0.500	6.96	19.5
SRJ16	삼랑진	울동	174.41	212.64	330.0	169.0	0.512	7.63	20.3
SRJ17	삼랑진	울동	174.69	212.7	240.0	124.4	0.518	7.60	19.9
SRJ18	삼랑진	임천	174.70	212.65	450.0	220.0	0.489	8.88	22.4
SRJ20	삼랑진	임천	176.04	207.69	330.0	169.4	0.513	7.77	19.3
SRJ25	삼랑진	청학	174.14	210.76	186.5	93.1	0.499	7.20	23.0
SRJ27	삼랑진	청학	174.28	211.00	165.0	82.0	0.497	7.30	22.0
SRJ30	삼랑진	행곡	187.00	211.94	97.4	48.5	0.498	7.35	18.5
SRJ32	삼랑진	우곡	182.71	212.11	191.0	145.1	0.760	7.32	18.2
SRJ33	삼랑진	우곡	182.93	212.34	114.8	57.6	0.502	8.24	20.0
SRJ34	삼랑진	우곡	183.34	212.20	258.8	129.5	0.500	7.80	18.8
SRJ35	삼랑진	용진	182.93	212.14	198.5	99.4	0.501	7.33	19.9

Equal - EC Line



<그림. 4-18> 지하수 EC 등수치선도

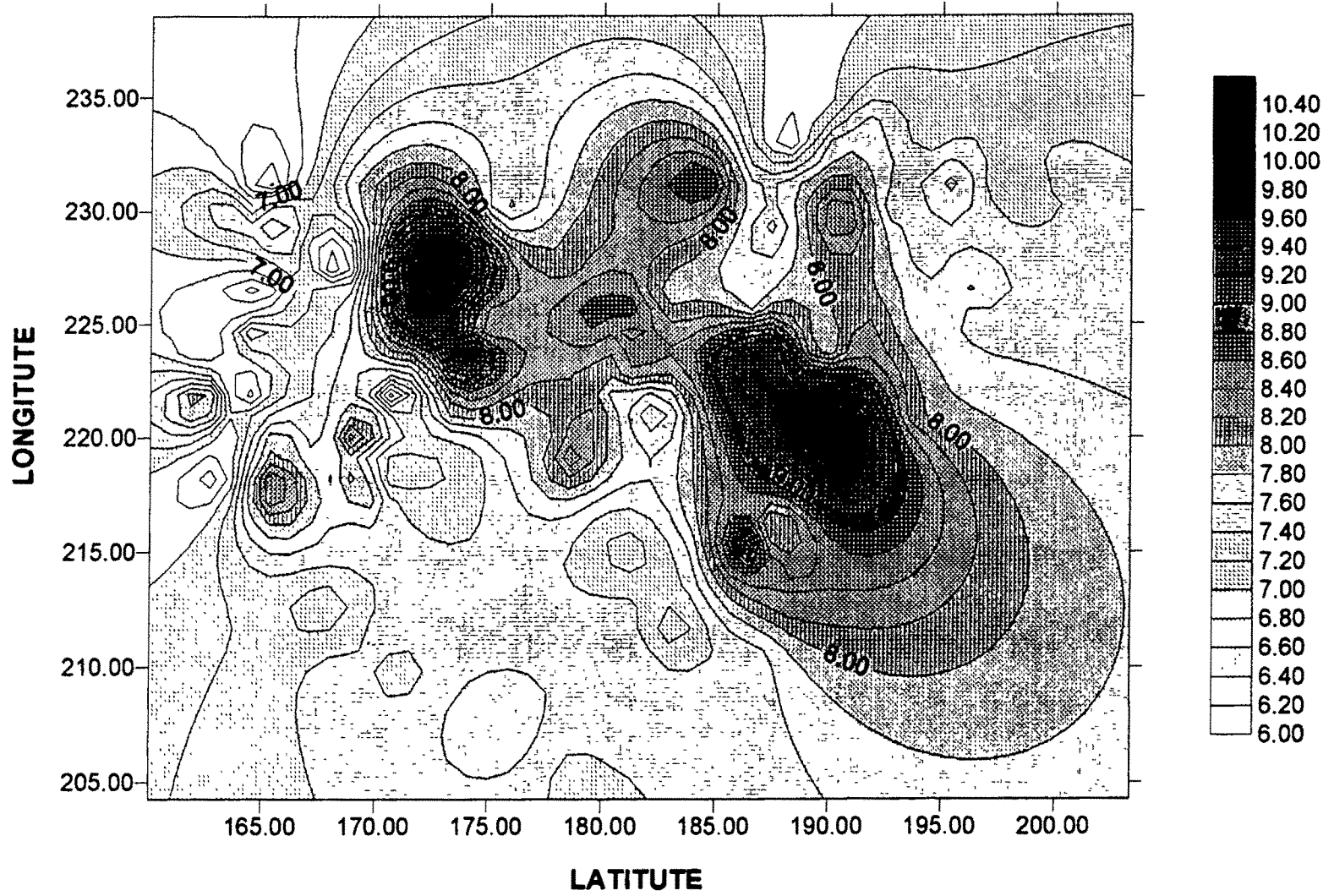
Equal - TDS Line



- 90 -

<그림. 4-19> 지하수 TDS 등수치선도.

Equal - pH Line



- 16 -

<그림. 4-20> 지하수 pH 등수치선도

<표.4-6 > 수계별 지표수 현장수질검사 결과

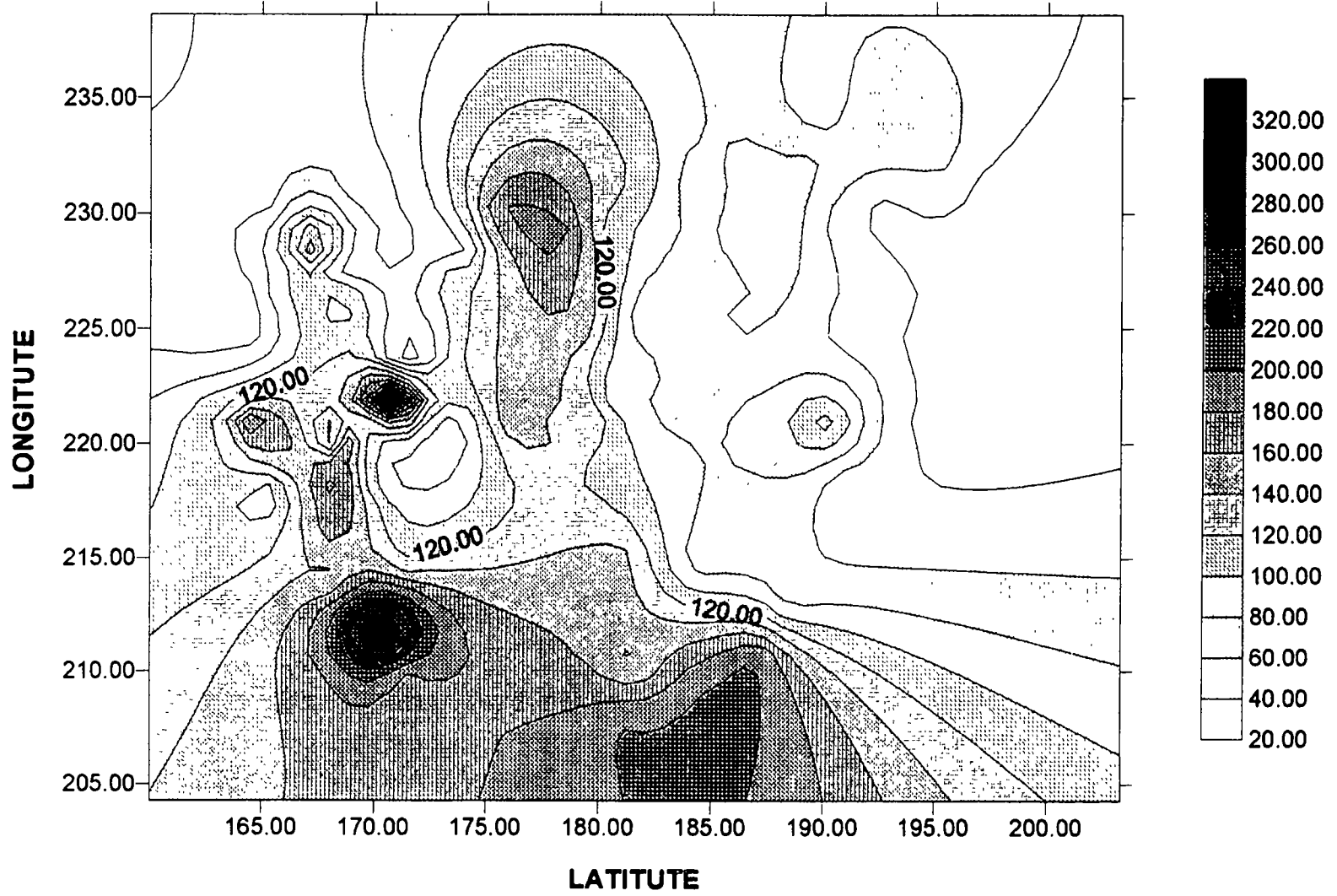
수 계	면	리	위 치	X좌표	Y좌표	EC(μ s/cm)	TDS(ppm)	pH	TEMP.($^{\circ}$ C)
낙동강	삼랑진	삼랑	낙동철교	184.1	209.3	195.2	97.6	7.47	30.0
낙동강	삼랑진	삼랑진	도요나루	187.1	210.8	203.0	101.4	7.55	29.5
낙동강	삼랑진	안태	안태호	188.5	212.9	73.2	36.5	8.45	28.5
낙동강	삼랑진	우곡	염동소류지	187.6	215.9	76.7	38.5	7.56	29.6
낙동강	삼랑진	우곡	우곡소류지	186.4	215.3	66.4	33.1	9.52	32.0
낙동강	삼랑진	용진	직전소류지	184.2	214.3	77.0	38.3	7.66	26.4
낙동강	삼랑진	용진	사거점못	184.0	215.2	77.0	38.3	7.66	26.4
낙동강	삼랑진	미전	대천마을 앞	183.2	211.7	150.1	74.9	7	27.0
낙동강	상남	외산	오산교	181.0	207.9	200.0	103.6	7.54	26.1
낙동강	하남	수산	제2수산교 밑	174.1	208.0	176.0	88.1	7.7	29.6
낙동강	하남	수산	야촌마을 앞	176.1	206.7	181.6	90.6	7.72	30.2
낙동강	하남	명례	명례나루	178.6	205.5	186.5	93.5	7.31	32.0
낙동강	수계	평균				138.6	69.5	7.8	28.9
밀양강	밀양시	용평	밀양야영장(활성교)	179.8	221.3	139.3	69.7	8.25	29.5
밀양강	밀양시	내이	밀주교 밑	177.6	219.7	141.1	70.5	7.92	28.2
밀양강	밀양시	삼문	영남루 밑	177.6	221.2	138.0	68.9	8	27.7
밀양강	밀양시	내이	감천교	176.3	221.2	169.2	84.6	7.9	27.5
밀양강	밀양시	신촌	신촌	175.4	229.9	181.9	90.9	7.31	27.4
밀양강	밀양시	예림	예림교	178.6	219.0	119.7	59.8	8.62	27.1
밀양강	부북	덕곡	덕곡저수지	173.9	224.0	122.7	61.3	10.48	31.1
밀양강	부북	대항	정동지	171.6	225.6	72.1	36.1	9.84	29.0
밀양강	부북	대항	대항저수지	170.8	228.1	48.1	24.0	9.48	29.8
밀양강	부북	월산	주산저수지	173.1	227.2	112.9	56.6	10.35	28.7
밀양강	부북	위량	신위량지	173.9	228.5	64.9	32.4	9.82	27.6
밀양강	부북	청운	신기리앞들	174.4	224.8	123.8	61.9	7.9	27.8
밀양강	상남	남산	남산저수지	176.0	214.8	93.6	46.7	10.2	30.6
밀양강	상남	조음	무량원 소류지	178.6	212.6	190.0	99.7	9.71	31.9
밀양강	상남	기산		179.9	216.9	125.3	62.6	7.43	25.9
밀양강	상남	연금	대흥나루	181.1	215.1	147.2	74.6	7.05	26.7
밀양강	상남	평촌	심상교	181.2	212.5	151.5	76.4	7.5	26.9
밀양강	상남	평촌	석진나루	181.6	210.3	132.1	96.0	7.56	26.1
밀양강	상동	신곡	신곡지	184.6	231.4	56.9	28.4	8.98	20.3
밀양강	상동	매화	매화교	182.2	231.7	110.3	55.2	8.45	21.8
밀양강	상동	고정	모정마을앞	181.4	230.4	112.6	56.3	8.42	27.8

수 계	면	리	위 차	X좌표	Y좌표	EC(μ s/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP.($^{\circ}$ C)
밀양강	상동	내호		180.3	229.5	110.5	55.2	8.17	29.5
밀양강	상동	옥산	상동철교 밑	178.4	229.1	189.5	94.8	8.02	30.1
밀양강	상동	금산	안인교	178.5	227.7	169.6	84.4	8.02	28.6
밀양강	상동	금산	중선보	179.3	227.1	155.3	77.1	8.38	31.0
밀양강	상동	가곡	가곡교	179.6	225.2	151.0	75.4	8.79	27.9
밀양강	수계	평균				128.0	65.4	8.56	27.9
청도천	무안	운정	운정교	170.8	222.0	380.0	199.5	6.25	28.3
청도천	무안	화봉	화봉교	167.1	221.8	134.6	67.3	7.39	26.1
청도천	무안	삼태	당두다리	168.4	221.2	123.8	61.9	7.82	27.7
청도천	무안	고라	고라교	164.3	220.9	210.0	110.2	7.22	24.1
청도천	무안	중산	중산교	165.7	220.1	174.3	87.2	8.07	26.2
청도천	무안	중산	신술교	166.7	219.5	165.2	82.5	7.56	25.3
청도천	무안	덕암	덕암교	167.2	228.7	195.6	97.8	6.84	23.2
청도천	무안	무안	무안교	168.3	218.4	193.0	96.5	7.46	26.2
청도천	무안	내진	내진교	168.8	226.2	132.2	66.1	7.45	23.1
청도천	무안	내진	내진교-1(논)	168.6	225.0	117.4	58.7	7.45	23.1
청도천	무안	판곡	판곡교	168.5	222.9	130.5	65.3	7.69	24.9
청도천	무안	마흘	어은교	172.4	221.6	151.5	75.7	7.45	25.2
청도천	무안	정곡	정곡교	171.9	221.6	210.0	108.6	7.33	26.9
청도천	무안	신법	신법교	168.9	220.0	177.9	88.9	8.54	26.8
청도천	무안	연상	고사교	168.6	217.1	172.8	86.5	7.58	27.2
청도천	무안	성덕	강동교	168.1	216.0	171.3	85.6	7.58	27.0
청도천	무안	성덕	인교	168.2	214.0	134.1	67.0	7.34	26.7
청도천	무안	마흘	백안지	173.7	219.9	71.4	26.6	7.26	28.8
청도천	무안	마흘	마흘소류지	173.5	220.6	55.1	27.5	8.02	31.5
청도천	무안	운정	운정소류지	171.0	223.2	58.9	29.6	8.07	28.1
청도천	무안	운정	장곡소류지	172.0	223.6	55.3	27.7	7.99	26.9
청도천	무안	화봉	화봉저수지	165.8	223.6	91.5	45.7	7.21	28.7
청도천	무안	가례	서가정저수지	162.4	221.6	109.2	54.6	8.64	28.0
청도천	무안	가례	가례저수지	163.6	220.4	130.6	65.4	6.66	29.0
청도천	무안	응동	응동저수지	163.1	218.2	112.5	56.1	6.38	28.5
청도천	무안	부로	부로서류지	170.0	218.5	81.7	40.8	6.76	31.3
청도천	무안	신법	신법소류지	168.1	220.4	55.8	27.8	7.52	29.0
청도천	무안	화봉	영안지	162.2	223.6	63.4	31.5	6.48	26.8
청도천	무안	마흘	정동소류지	172.0	220.8	102.5	51.3	7.5	28.1

수 계	면	리	위 치	X좌표	Y좌표	EC(μ s/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP.($^{\circ}$ C)
청도천	무안	정곡	정곡소류지	170.1	220.7	81.6	40.8	8.11	24.4
청도천	무안	연상	상달저수지	169.4	218.0	148.2	74.1	8.72	31.2
청도천	무안	덕암	덕암소류지	165.4	217.8	79.7	39.8	8.95	28.9
청도천	무안	고라	고라중촌소류지	164.1	222.0	114.5	57.3	6.25	26.2
청도천	청도	두곡	두곡지	163.3	230.2	57.5	28.7	7.61	20.6
청도천	청도	구기	상신교	166.0	227.7	91.8	40.9	7.55	27.5
청도천	청도	조천	조천지	164.6	224.8	49.9	24.9	7.7	26.0
청도천	청도	구기	근기마을 앞	165.5	226.7	90.9	45.4	6.5	25.6
청도천	청도	인산	평지교	167.9	226.9	116.6	58.3	7.36	27.0
청도천	청도	요고	요고지	169.0	230.7	49.3	24.6	7.85	22.8
청도천	청도	고법	내곡상못	169.2	229.4	76.4	38.1	7.37	24.8
청도천	청도	고법	덕법교	168.3	227.5	61.7	30.8	6.03	23.2
청도천	청도	조천	호음지	164.4	226.2	47.8	23.4	6.2	19.7
청도천	청도	소태	솔마지	165.2	230.7	51.9	26.0	5.9	20.3
청도천	청도	소태	소태저수지	165.5	230.1	64.7	30.4	8.07	28.7
청도천	초동	대곡	양수장수 유입전	168.1	209.8	183.6	91.7	7.52	28.2
청도천	초동	대곡	양수장수 유입후	168.1	209.8	167.1	83.5	7.25	29.2
청도천	초동	대곡		167.9	212.8	183.4	92.1	6.97	29.5
청도천	초동	덕산		171.3	214.8	117.4	58.7	7.5	25.0
청도천	초동	명성	초동 들	170.3	211.8	320.0	161.3	7.49	28.7
청도천	초동	두암	초동저수지 낙동강유입점	171.3	209.7	172.3	86.1	7.3	30.0
청도천	수계	평균				125.8	62.9	7.4	26.6
동천	산내	구연	호박소	199.7	231.7	28.2	14.1	7.48	23.0
동천	산내	구연	얼음골교	198.5	231.1	31.0	15.5	7.14	22.6
동천	산내	남명	신명교	197.1	231.4	33.8	16.8	7.29	24.3
동천	산내	남명	내촌교	195.5	231.2	53.7	26.8	7.9	22.0
동천	산내	삼양	하양교	195.9	232.2	59.9	29.9	7.62	23.2
동천	산내	원서	등자방하천	194.3	233.1	71.4	35.7	7.25	23.5
동천	산내	가인	운곡교	191.8	234.1	81.0	40.3	7.65	22.9
동천	산내	가인	봉의저수지	190.1	234.2	42.5	21.2	7	26.3
동천	산내	가인	인곡교	190.1	233.6	68.2	34.1	7.61	23.9
동천	산내	봉의	삼양촌잠수교	189.3	232.5	83.8	41.9	7.42	21.8
동천	산내	봉의	오치저수지	186.3	231.8	97.1	48.5	7.5	25.7
동천	산내	봉의	자라마을	188.2	232.7	72.9	36.3	6.5	23.1
동천	산내	임고	소고교	188.1	231.7	95.8	47.9	7.63	22.8

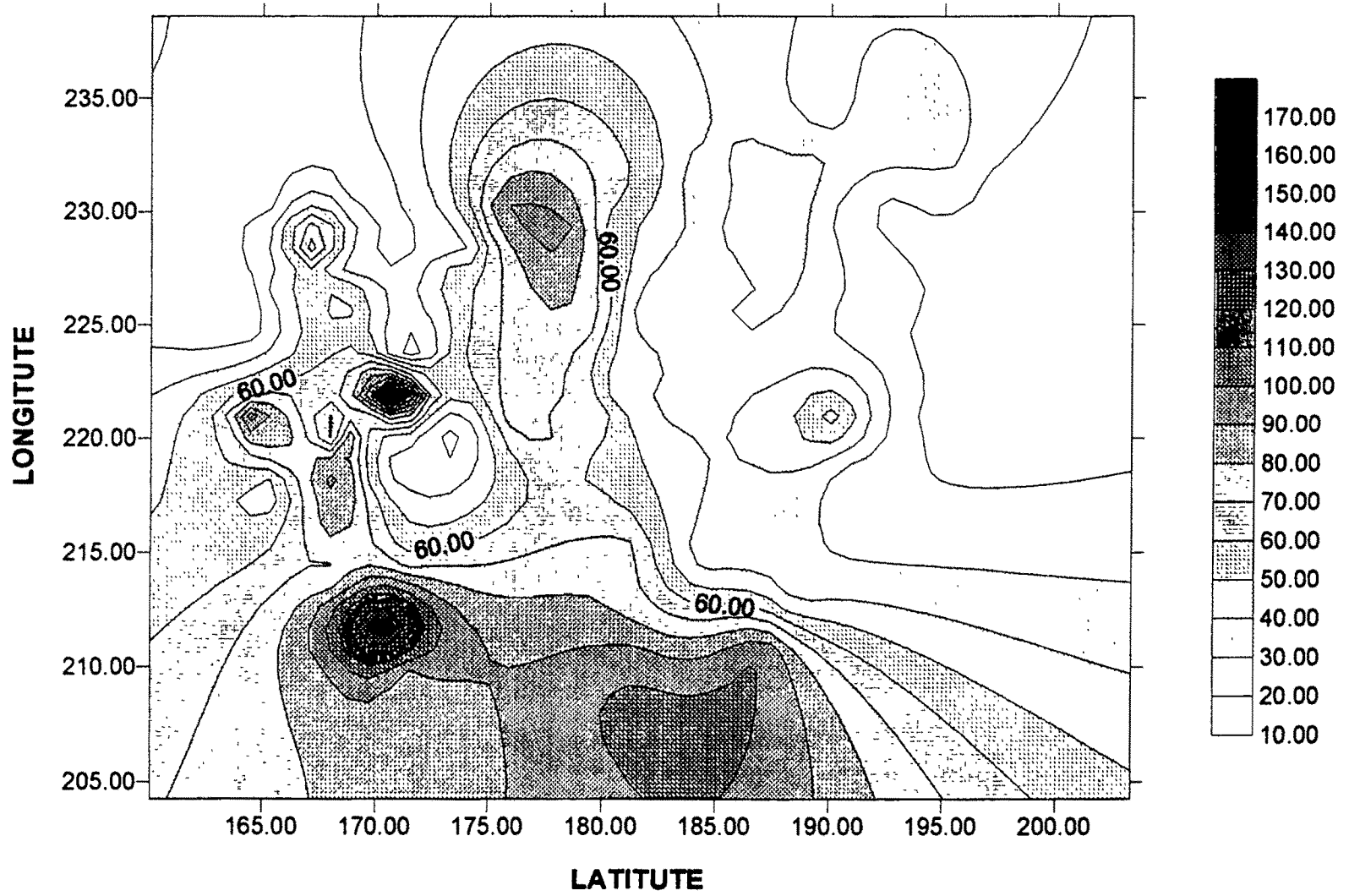
수 계	면	리	위 치	X좌표	Y좌표	EC(μ s/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP.($^{\circ}$ C)
동천	산내	임고	넘든지	190.5	229.8	50.6	25.3	8.84	27.8
동천	산내	용전	용전교	187.5	229.3	98.8	49.3	7.3	23.6
동천	산내	용전	면경계	187.2	227.5	96.2	48.1	7.66	23.8
동천	산내	임고	도평교	187.9	230.0	116.3	57.8	7.92	24.5
동천	산내	삼양	하양저수지	195.9	233.2	85.1	42.5	8.95	27.0
동천	산내	남명	동명저수지	196.4	230.9	38.9	19.4	7.42	23.2
동천	산외	엄광	엄광1소류지	182.3	226.1	68.2	34.0	7.8	23.8
동천	산외	엄광	엄광2소류지	181.8	225.9	62.0	31.0	8.8	30.0
동천	산외	남가	남가교 밑	181.0	224.0	81.9	41.0	7.95	25.6
동천	산외	남가	남계저수지	181.3	223.4	102.4	51.1	9.02	27.4
동천	산외	금천	용활교 밑	180.5	222.2	82.2	41.1	7.61	26.6
동천	산외	금천	구순교(활성2교)	182.4	221.3	77.5	38.7	7.05	26.3
동천	산외	괴곡	보라교 밑	186.5	225.6	96.8	48.4	7.8	24.5
동천	산외	괴곡	괴곡교	186.1	226.6	67.0	33.5	7.67	23.5
동천	수계	평균				72.0	35.9	7.70	24.5
단장천	단장	구천	표충사 위쪽계곡	196.3	226.1	27.3	13.6	7.9	21.6
단장천	단장	구천	내원암쪽 계곡	196.4	225.7	27.6	13.8	7.54	20.2
단장천	단장	구천	시전교 밑	193.8	225.3	35.5	17.7	7.64	24.3
단장천	단장	구천	정승동계곡	192.6	230.2	33.4	16.8	7.43	20.4
단장천	단장	구천	구천교 밑	194.1	227.9	33.9	17.0	7.48	19.2
단장천	단장	구천	구천마을 하류부 측사 옆	192.9	226.0	62.9	31.4	7.9	23.4
단장천	단장	구천	아불교 밑	191.4	224.9	46.1	23.1	8.35	24.5
단장천	단장	고례	밀양댐 밑 다리(고례교)	193.6	220.9	41.3	20.6	8.08	24.4
단장천	단장	사연	사연교 밑	189.6	223.9	67.8	33.9	7.57	27.4
단장천	단장	국전	국전저수지	190.9	218.3	42.9	21.4	9.8	26.4
단장천	단장	국전	국전소류지	190.2	220.8	133.4	66.6	10.71	28.9
단장천	단장	태릉	용회교 밑	187.3	224.1	60.0	29.9	9.62	29.5
단장천	단장	단장	금곡교 밑	185.9	223.4	75.4	37.7	9.59	18.2
단장천	수계	평균				52.9	26.4	8.43	23.7
총	수계	평균				103.4	52.0	7.97	26.4

Equal - EC Line



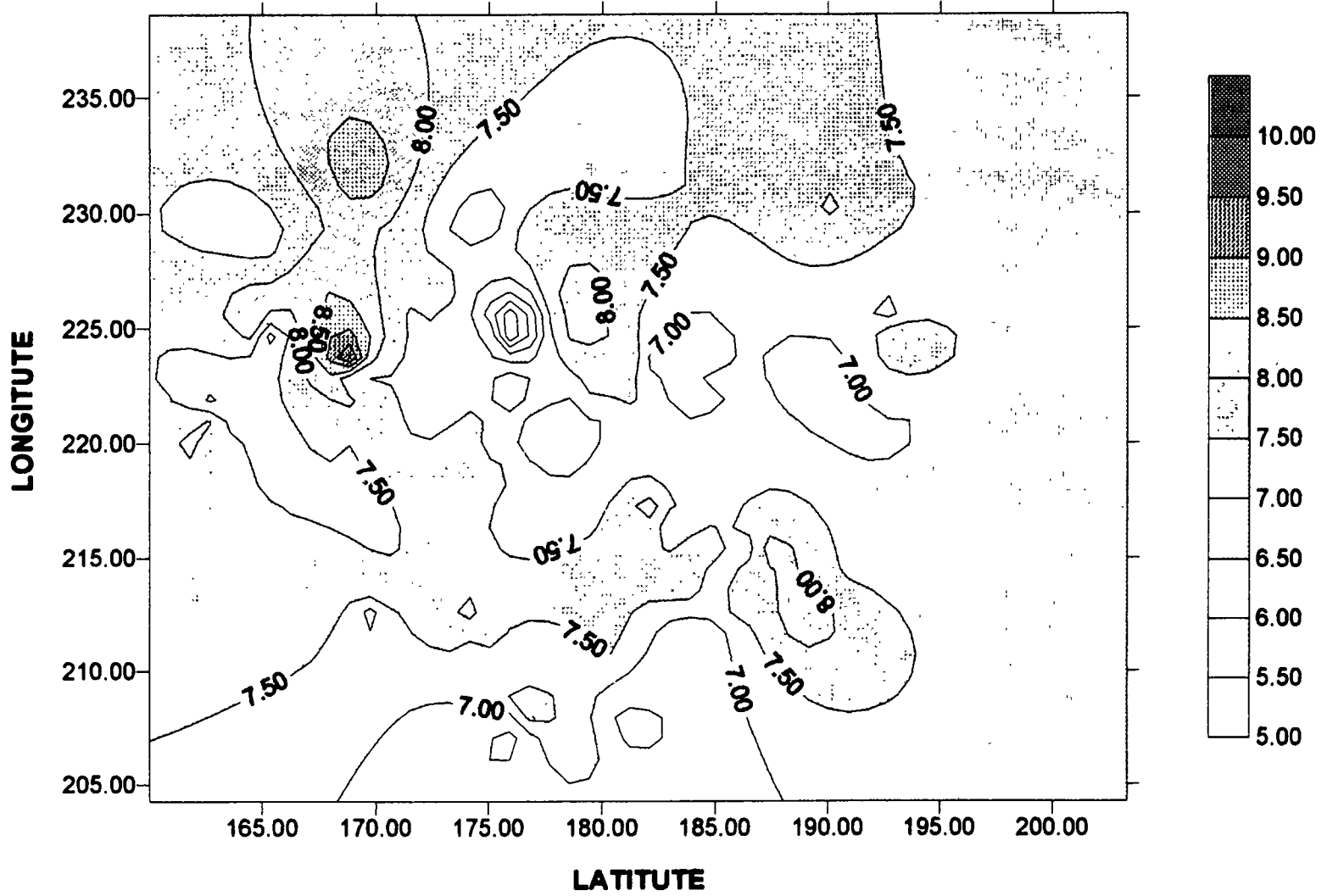
<그림. 4-21> 지표수 EC 등수치선도

Equal - TDS Line



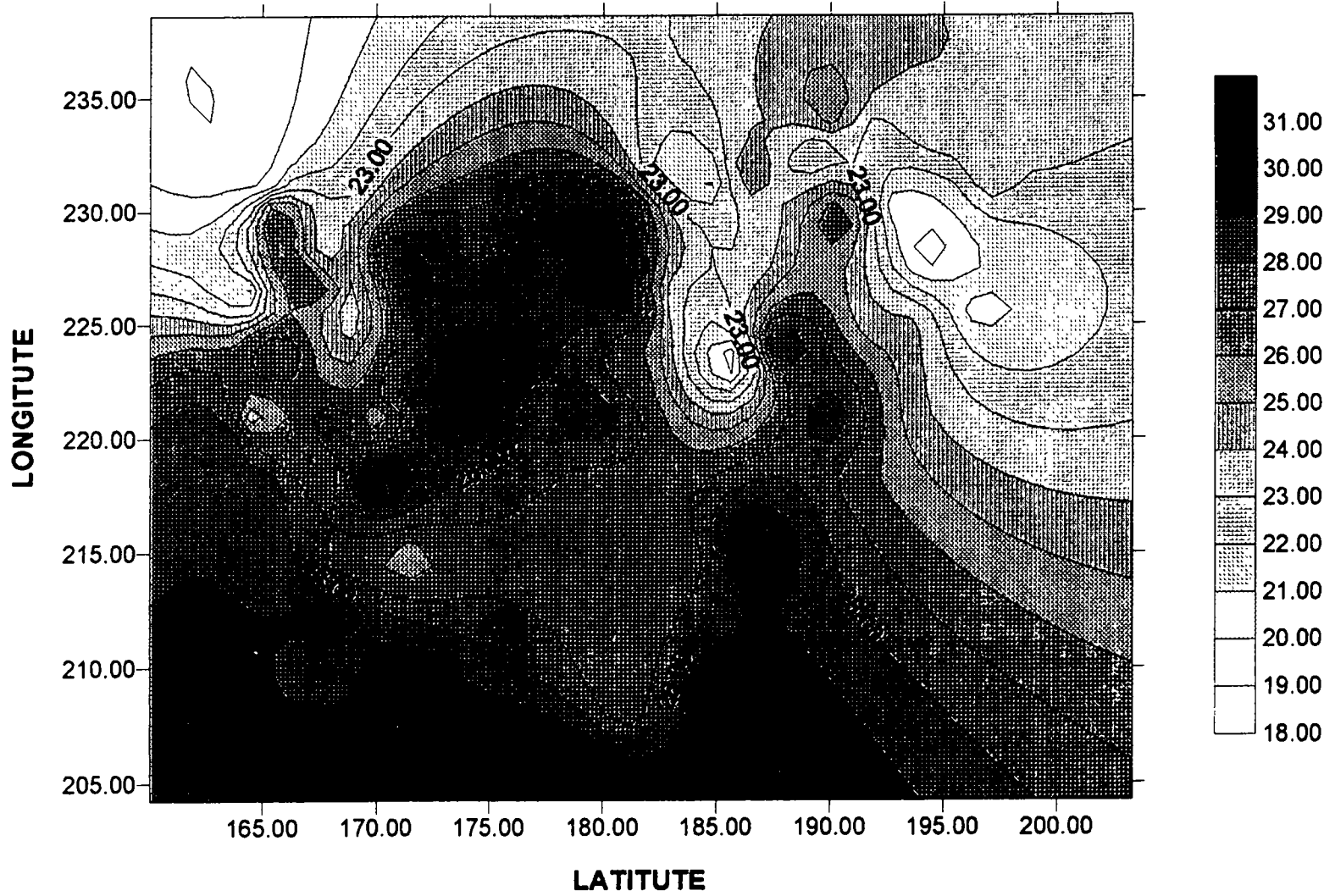
<그림. 4-22> 지표수 TDS 등수치선도

Equal - pH Line



<그림. 4-23> 지표수 pH 등수치선도

Equal - Tmp.Line



<그림. 4-24> 지표수 온도 등수치선도

나타났다(그림. 4-21, 그림.4-22).

밀양강의 경우는 대체로 낮은 수치를 보이거나 밀양시에서 미약한 상승치를 보이다가 상남면과 삼랑진읍 경계를 지날 때 하류부로 갈수록 높은 수치를 보이는 전형적인 형태를 보인다.

산내면에서 발원한 동천의 경우 조사지역에서 가장 낮은 EC, TDS 수치를 보여주는 곳으로 남명리 호박소 지역은 EC가 $28.2\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS가 $14.1\text{mg}/\ell$ 로 나타났다. 산외면에서 미약한 상승치를 보이거나 다시 단장면과의 경계에서 단장천과 만나 상대적으로 낮아지는 경향을 보이다가 밀양강과의 합점인 용활교 부분에서 전형적으로 높아지는 패턴을 보인다.

pH의 경우 단장천 수계의 국전소류지가 10.71로 가장 높게 나타났으며, 청도천 수계의 솔마지가 가장 낮게 나타났다(그림. 4-23). 수온의 경우 4대 수계지역이 주위보다 상대적으로 낮은 특징을 보이고 낙동강 유입정으로 갈수록 높은 온도분포를 보여 유역면적이 넓고, 햇빛 입사량이 많은 낙동강 수계가 가장 높은 온도분포를 보인다(그림. 4-24).

나. 먹는물 수질검사

조사지구내 지하수의 전반적인 수질성분을 파악하기 위하여 현재 사용중인 시설관정중 지하수 관측망 설치를 위한 암반관측정을 포함한 암반지하수 49개공과 층적관정 1개공 및 낙동강 하천수 2점을 포함하는 총 51점에 대하여 농어촌진흥공사 농어촌연구원에 먹는물 수질기준의 지하수 수질검사를 의뢰하였다. 표에서 ND는 불검출을 의미한다(표.4-6)

수질검사 항목별 분석을 보면 과망간산칼륨소비량은 평균 $1.8\text{mg}/\ell$ 로 나타났으며, 지하수관정은 먹는물 수질기준 초과 공이 없었고 낙동강 하천수 상류가 $10.4\text{mg}/\ell$, 하류가 $11.1\text{mg}/\ell$ 로 기준초과되어 나타났다.

총경도는 암반관정 평균 $134.8\text{mg}/\ell$ 로서 초동-덕산, 부북-신흥2, 하남-백산2, 밀양-산문1, 삼랑진-검세2공에서 기준 초과된 수치를 보였으며, 모두 현장 간이수질검사 결과 높은 EC, TDS를 보인 곳이다. 중발잔류물은 암반관정 평균 $236.5\text{mg}/\ell$ 으로 나타났고, 총경도와 같이 전기전도도가 $800\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상 높게 나타나는 초동-덕산, 부북-신흥2, 하남-백산2, 삼랑진-검세2공에서 $500\text{mg}/\ell$ 를 초과하여 검

<표.4-7 > 지하수 수질분석 결과(먹는물 기준)

시험항목	위 치 기 준	청도-내곡	청도-두곡	청도-조천	무안-삼태	무안-가례	무안-마홀	무안-모로
		CD1	CD7	CD20	MA22	MA4	MA18	MA20
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	0.2	3.8	0.2	1.5	ND	ND
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/ℓ	1.4	1.1	ND	2.4	ND	4.4	5.9
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
알라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로에탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	108	90	19	141	32	109	184
망간간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/ℓ	1.1	2.2	0.9	0.9	0.3	1.6	1.9
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.021	0.017	0.081	0.033	0.012	0.002	0.020
색도	< 5도	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.4	7.4	8.8	7.7	8.1	7.0	7.5
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.086	0.053	0.013	0.045	0.014	0.042	0.007
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	13	8	11	9	7	20	24
중발산류물(TS)	< 500 mg/ℓ	178	144	103	233	123	178	218
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	ND	0.02	0.03	ND	0.01	0.05	0.01
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	ND	0.01	0.001	ND	0.005	ND	0.001
탁도	< 2 도	적합	적합	1	적합	적합	적합	적합
황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 200 mg/ℓ	9	9.4	9.4	49.9	34.5	5.5	13.1
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.04	0.08	0.05	0.02	0.11	0.05	0.06

시험항목	무안-양효	초동-대곡	초동-덕산	초동-성만	초동-명성	부북-내량	부북-신흥	부북-덕곡
	MA30	CH5	CH7	CH22	CH15	BB6	BB26	BB5
납(Pb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	ND	ND	1.8	ND	ND	0.1	0.3	ND
비소(As)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	2.6	8.7	ND	ND	ND	ND	ND	0.2
카드뮴(Cd)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	ND	ND	0.001	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	88	169	599	147	199	29	653	255
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	1.6	2.5	1.3	1.6	1.6	3.2	1.9	2.5
냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	0.027	0.003	0.014	0.013	0.016	0.011	0.019	0.016
색도	ND	ND	ND	ND	ND	24	4	ND
세제(ABS)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	7.1	7.2	7.4	7.6	7.5	7.0	7.1	7.0
아연(Zn)	0.033	0.009	0.008	0.277	0.018	0.022	0.457	0.057
염소이온(Cl ⁻)	13	31	13	32	37	7	70	56
중발산류물(TS)	147	272	808	225	288	62	962	378
철(Fe)	0.05	ND	0.01	ND	0.01	0.03	0.1	ND
망간(Mn)	0.001	0.052	0.035	0.002	ND	0.005	0.388	0.024
탁도	적합	적합	적합	적합	적합	24	2	적합
황산이온(SO ₄ ²⁻)	11.5	12.7	717.6	13.7	9.8	13	669.6	33.5
알루미늄(Al)	0.15	0.07	0.01	0.02	0.03	0.08	0.21	0.04

시 험 항 목	부북-대항	하남-대사	하남-백산	하남-귀명	하남-남전	상남-인산	상남-외산	상남-우곡
	BB14	HN15	HN12	HN26	HN16	SA1	SA20	SA27
납(Pb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	ND	ND	0.1	ND	ND	ND	ND	0.1
비소(As)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
셀레늄(Se)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₃ -N)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	0.2	5.7	1.9	5.1	1.2	3.1	0.4	ND
카드뮴(Cd)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
폐놀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.012
다이아지논	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	ND	0.003	ND	0.002	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	171	188	326	256	99	127	152	203
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	2.2	1.3	2.2	0.6	0.9	0.9	ND	1.6
냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	0.018	0.006	0.028	0.027	0.017	0.124	0.066	0.133
색도	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9
세제(ABS)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	7.3	7.1	7.3	7.0	7.6	7.1	7.7	7.1
아연(Zn)	0.039	0.009	0.018	0.07	0.02	0.0	0.009	1.02
염소이온(Cl ⁻)	12	46	295	49	9	17	26	47
중발잔류물(TS)	233	287	762	407	155	195	257	347
철(Fe)	0.01	ND	0.01	0.04	0.01	ND	0.01	0.04
망간(Mn)	0.011	ND	0.005	0.004	ND	ND	0.021	1.428
탁도	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	2
황산이온(SO ₄ ²⁻)	1.1	18.3	25.2	103.3	3.4	16.7	38.9	16.1
알루미늄(Al)	0.07	0.02	0.01	0.04	0.06	0.02	0.12	0.04

시 험 항 목	상남-연금	상남-마산	상동-가곡	상동-안인	상동-도곡	상동-신곡	밀양-용평	밀양-내이
	SA14	SA35	SO3	SD29	SD18	SD22	MR10	MR4
납(Pb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	0.1	ND	0.1	0.7	ND	0.5	0.3	0.2
비소(As)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	ND	ND	ND	ND	0.11	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	4.3	1.8	3.0	ND	ND	1.2	ND	ND
카드뮴(Cd)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	125	231	72	70	9	80	61	147
망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	0.3	1.6	0.9	0.6	4.1	0.9	1.1	0.9
냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	0.006	0.122	0.027	0.029	0.023	0.018	0.036	0.006
색도	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND
세제(ABS)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	7.6	7.6	7.1	7.7	8.2	7.6	7.0	7.7
아연(Zn)	0.02	0.035	0.06	0.009	5.531	0.14	1.57	0.02
염소이온(Cl ⁻)	19	100	20	5	5	13	12	17
중발잔류물(TS)	211	425	144	136	31	145	119	224
철(Fe)	ND	0.01	0.01	0.01	0.15	ND	0.04	0.01
망간(Mn)	ND	ND	ND	ND	0.005	ND	0.023	0.257
탁도	적합	적합	적합	적합	14	적합	적합	적합
황산이온(SO ₄ ⁻²)	28.3	28	5.3	33.7	1.5	5.3	19	50.2
알루미늄(Al)	0.04	0.03	0.03	0.05	0.35	0.09	0.03	0.07

시 험 항 목	삼랑진-동촌	산외-괴곡	산외-남기	산외-다죽	산외-엄광1	산내-화평	산내-발양	산내-등자방
	SRJ12	S03	S011	S018	S019	SN1	SN12	SN10
납(Pb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	0.1	ND	0.1	ND	0.5	0.2	0.8	1.5
비소(As)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.91
질산성질소(NO ₃ -N)	0.4	1.7	0.9	3.1	ND	1.5	ND	ND
카드뮴(Cd)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
알라티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	ND
에틸벤젠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	51	45	25	31	27	53	198	81
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	0.9	0.9	0.6	ND	0.6	0.3	0.9	7.3
냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	부적합
맛	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	부적합
동(Cu)	0.038	0.122	0.014	0.011	0.009	0.008	0.007	0.018
색도	28	5	ND	4	ND	ND	ND	5
세제(ABS)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	7.6	7.2	6.6	6.4	6.9	7.9	7.7	7.1
아연(Zn)	0.255	0.223	0.761	0.096	0.013	0.123	0.059	0.36
염소이온(Cl ⁻)	8	9	10	9	6	7	5	39
중발산류물(TS)	123	97	77	81	73	105	299	269
철(Fe)	0.07	0.03	0.04	0.01	0.01	ND	0.03	0.04
망간(Mn)	ND	ND	ND	0.008	0.007	ND	0.096	1.16
탁도	7	1	적합	1	적합	적합	적합	12
황산이온(SO ₄ ²⁻)	8.6	7.1	8.1	13.1	13.8	7.8	160.7	42.4
알루미늄(Al)	0.26	0.03	0.02	0.02	ND	0.01	0.03	0.03

시험항목	단장-단장	단장-국전	단장-범홍	단장-삼거	단장-고베
	DJ29	DJ8	DJ18	DJ5	DJ2
납(Pb)	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	ND	0.1	ND	0.5	0.2
비소(As)	ND	ND	ND	ND	ND
셀레늄(Se)	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₃ -N)	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	3.8	0.9	0.1	ND	1.6
카드뮴(Cd)	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로에탄	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	ND	ND	ND	ND	ND
경도	64	32	12	74	51
과망간산칼륨(KMnO ₂)소비량	0.6	1.9	2.2	0.3	0.6
냄새	적합	적합	부적합	적합	적합
맛	적합	적합	부적합	적합	적합
동(Cu)	0.006	0.004	0.021	0.003	0.031
색도	ND	ND	7	ND	ND
세제(ABS)	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	7.2	7.3	6.9	7.3	7.2
아연(Zn)	1.761	0.026	5.49	0.026	0.027
염소이온(Cl ⁻)	14	6	5	11	9
중발잔류물(TS)	119	65	50	168	103
철(Fe)	ND	ND	ND	ND	0.01
망간(Mn)	0.003	0.002	0.01	0.01	ND
탁도	적합	적합	8	적합	적합
황산이온(SO ₄ ⁻²)	2.9	2.7	5	16.1	3.7
알루미늄(Al)	0.01	0.03	0.05	ND	0.02

출되었다.

염소이온은 하남-백산2, 삼랑진-검세2공에서, 황산이온은 초동-덕산, 부북-신흥2에서 각각 먹는물기준을 초과하여 검출되었다. 그외 질산성질소가 종전 사육장 생활용수인 밀양-삼문1 1개소에서, 암모니아성 질소가 1개소에서 불합격 되었으며, 아연이 3개공에서, 불소가 4개공, 망간이 3개공, 수소이온농도가 1개공에서 기준초과 검출되었다.

알루미늄은 3개공에서 먹는물기준을 초과하였으며, 가장 많은 항목에 초과된 공은 부북-신흥2 공으로서 현재 음용수로 사용하지 않는 관정이다.

다. 이온분석

지하수에 용해된 화학성분중 대부분은 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 를 주요원소로 한다. 조사지구 지하수의 수질조성상의 특성과 물성분의 변화를 파악하기 위하여 낙동강 하천수 2개소를 포함 51개소에 대하여 EC, 양이온, 음이온 분석을 농어촌진흥공사 농어촌연구원에 의뢰하였다.

분석결과를 토대로 하여 수질특성을 파악하기 위하여 주성분인 양이온 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ 등과 음이온 Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 의 함량비를 epm(equivalents per million)으로 환산하여 성분분석에 이용하였다(표. 4-7).

epm이란, ppm으로 표시된 용질의 농도를 당량으로 나눈 값이다. epm은 보통 용액내에서 이온화 할 수 있는 용질에만 사용할 수 있는 단위로서 철과 같이 물에 녹지 않는 불용해성 물질은 epm으로 표시할 수 없다.

분석치의 평균을 보면, 양이온 평균은 K^+ 0.028epm, Ca^{2+} 52.104epm, Na^+ 0.892epm, Mg^{2+} 0.366epm 이며, 음이온 평균은 HCO_3^- 1.786epm, Cl^- 0.997epm, SO_4^{2-} 0.887epm, NO_3-N 0.044epm 이다. 지질별로 보면 주산안산암류의 경우 Ca^{2+} 성분이 평균 3.510으로 다른 지질에 비해 높게 나타났으며, Na^+ 이온은 유문암질응회암에서 Cl^- 이온은 유문암질 응회암에서, 황산이온은 안산암질응회암에서 상대적으로 높은 수치를 보였으며, 그외의 이온은 평균치를 보인다.

Piper diagram은 $Na+K$ 와 Ca , Mg 및 Cl , SO_4 와 HCO_3+CO_3 의 함량 백분율을 Key diagram으로 표시한 것으로 양이온은 $Na+K$, Mg 및 Ca 을, 그리고 음이온에서 HCO_3 , Cl , SO_4 의 관계를 백분율로 환산하여 각각 삼각 diagram에 투영한 것

<표.4-8 > 지하수 이온분석 결과(epm)

주 산 안 산 암	분석항목	CD1	CD7	CD20	MA22	MA18	MA20	CH7	CH22	CH5	BB6	BB26	BB5	BB14	HN15	HN12
		양이온	칼륨이온(K)	0.0199	0.0327	0.0196	0.0161	0.0261	0.0354	0.0257	0.0240	0.0232	0.0190	0.0351	0.0242	0.0173
(epm)	칼슘이온(Ca)	1.7434	1.2761	0.3430	2.4318	1.2542	2.0723	11.9031	2.0244	3.1567	0.4680	12.6297	4.1832	2.5008	2.5695	5.8089
	나트륨이온(Na)	0.5098	0.3351	1.8060	0.6548	0.3850	0.5315	1.1285	0.4616	0.5661	0.1908	1.5674	0.7035	0.4037	0.5990	3.3526
	마그네슘이온(Mg)	0.4234	0.5150	0.0400	0.3835	0.9290	0.6007	0.0593	0.9183	0.8081	0.1142	0.4120	0.9164	0.9072	1.1763	0.6994
	중탄산이온(HCO ³⁻)	2.3409	1.7607	0.7503	1.6807	1.7707	1.9808	0.5802	2.0008	2.9612	0.6603	2.3209	3.6415	3.5414	2.4210	1.6206
	염소이온(Cl ⁻)	0.3666	0.2256	0.3102	0.2538	0.5640	0.6768	0.3666	0.9024	1.0434	0.1974	1.9740	1.5792	0.3384	1.2972	8.3190
(epm)	황산이온(SO ₄ ⁻²)	0.1872	0.1955	0.1955	1.0379	0.1144	0.2725	14.9261	0.2850	0.2038	0.2704	13.9277	0.6968	0.0229	0.3806	0.5242

주 산 안 산 암	분석항목	HN16	SA1	SA27	SA1	SA35	SD3	SD29	MR10	MR4	MR7	SRJ28	S03	S011	DJ29	DJ3
		양이온	칼륨이온(K)	0.0212	0.0244	0.0556	0.0217	0.0383	0.0298	0.0212	0.0262	0.0230	0.1026	0.0369	0.0412	0.0337
(epm)	칼슘이온(Ca)	1.4537	1.5987	2.2192	2.1310	3.3038	0.8754	1.1412	0.6414	2.4551	4.8343	0.7420	0.6867	0.3179	0.6928	0.4618
	나트륨이온(Na)	0.3911	0.4327	0.9740	0.5417	1.5028	0.5569	0.4580	0.3775	0.5540	0.7730	0.3107	0.2415	0.3661	0.2660	0.1915
	마그네슘이온(Mg)	0.5336	0.9432	1.8276	0.3832	1.3064	0.5600	0.2717	0.5818	0.4754	1.6667	0.2465	0.2086	0.1903	0.5791	0.1773
	중탄산이온(HCO ³⁻)	2.1609	1.9208	3.6615	2.0008	2.6311	1.3405	1.2405	1.0804	2.1409	0.4602	1.3806	1.0004	0.7403	1.0804	0.9004
	염소이온(Cl ⁻)	0.2538	0.4794	1.3254	0.5358	2.8200	0.5640	0.1410	0.3384	0.4794	1.0152	0.1974	0.2538	0.2820	0.3948	0.1692
(epm)	황산이온(SO ₄ ⁻²)	0.0707	0.3474	0.3349	0.5886	0.5824	0.1102	0.7010	0.3952	1.0442	4.1184	0.1144	0.1477	0.1685	0.0603	0.0562

이다. Piper diagram의 양이온과 음이온의 백분율로서 4가지 유형으로 분류할 수 있다.

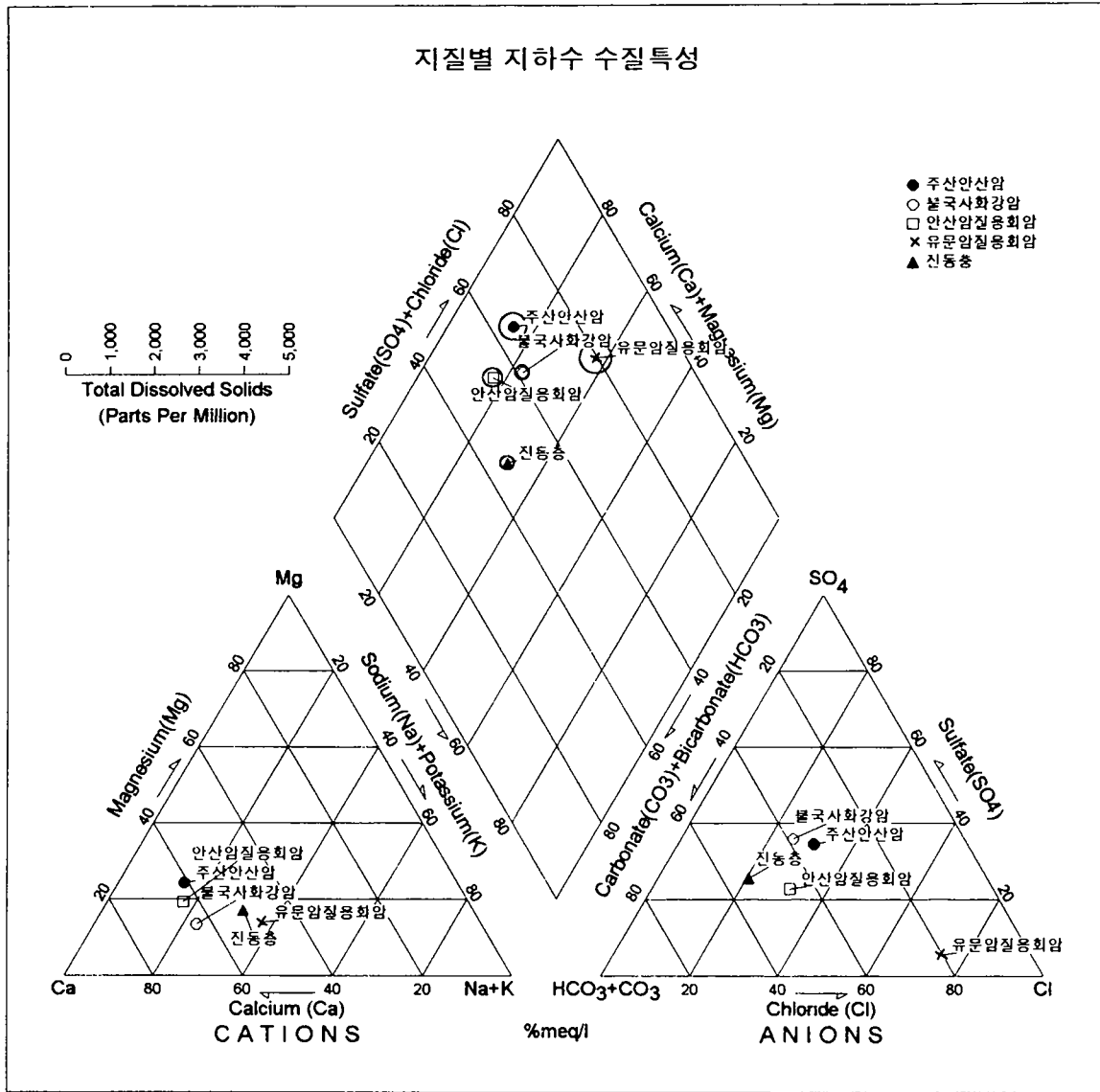
- Ca-HCO₃ 형으로 대표되는 Carbonate hardness형
- Na-HCO₃ 형으로 대표되는 Carbonate alkali형
- Ca-SO₄ 혹은 Ca-Cl형의 noncarbonate hardness형
- Na-SO₄ 혹은 Na-Cl형의 noncarbonate alkali형

조사지역의 수질특성을 파악하기 위해서 지질별로 투영을 하였다.

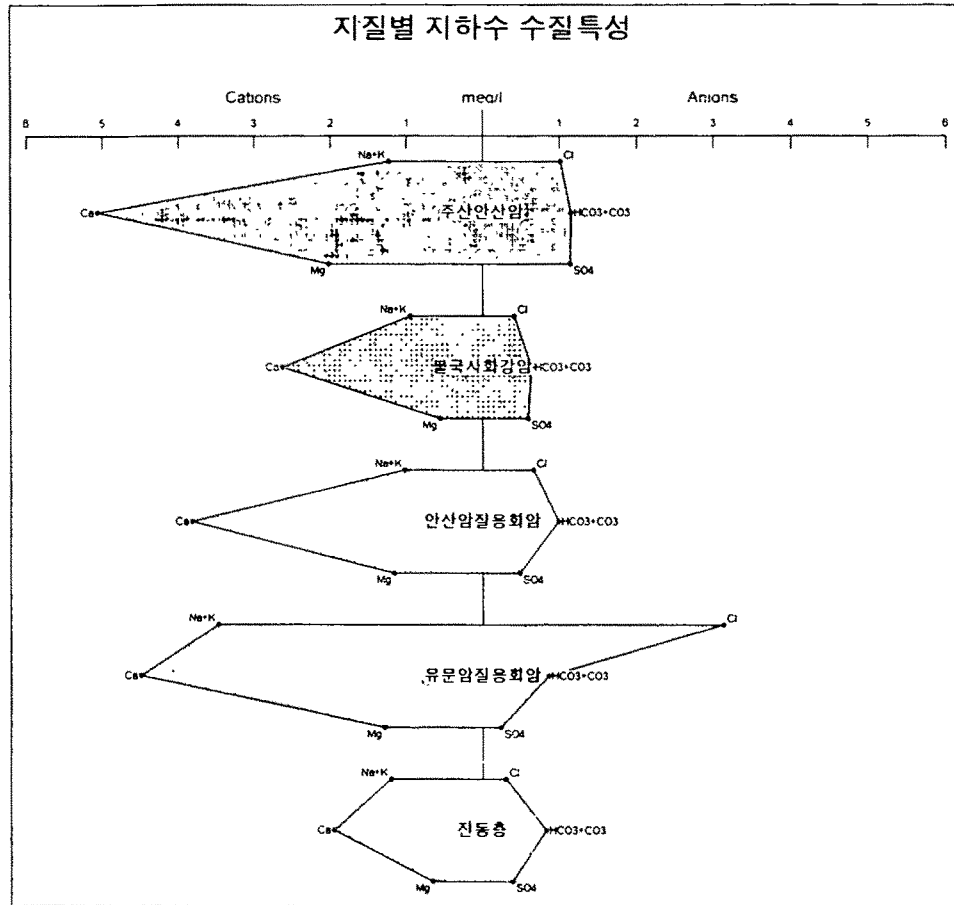
Piper diagram에서 조사지구의 지하수는 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 나타내며, 주산안산암 지역의 암반지하수는 양이온에서 Ca+Mg가 음이온에서는 HCO₃가 우세한 Carbonate alkali형(그림. 4-25), 불국산 관입암류 지역에서는 양이온은 Ca+Mg가 우세하고, 음이온에서는 HCO₃+SO₄가 우세한 carbonate hardness형, 유문암질용회암은 양이온에서 Ca+Na, 음이온에서 HCO₃+Cl이 우세한 carbonate hardness형(그림. 4-27), 안산암질 용회암에서는 양이온은 Ca가 음이온은 HCO₃가 우세한 Carbonate hardness형(그림. 4-28)으로 나타났다.

Cl⁻과 SO₄²⁻의 높은 함량을 나타내는 음이온 분포를 보이는 안정은 지하수의 오염과 관련된 것으로 보인다.

Stiff diagram은 diagram 좌측에 Na+K, Ca, Mg 양이온의 epm 함량을, 우측에 Cl, SO₄, HCO₃ 음이온의 epm 함량을 각각 표시하여 이온함량비를 diagram 모양을 이용, 형태적으로 분석하고 그 형태의 크기를 산출 비교하여 오염정도의 척도로 이용하기 위해서 사용한다. Stiff diagram에서 양이온 함량은 총적관정과 암반관정의 모두 Ca>Na+K>Mg의 순으로 비슷하게 나타났으나 음이온 함량에 있어서는 암반관정 HCO₃>SO₄≥Cl의 관계를 나타내고 있다. 암반관정에 있어 대체로 음이온 함량이 양이온 함량보다 약간 높게 나타나는 경향을 보인다(그림. 4-29).



<그림. 4-25> 지질별 지하수 수질특성 Piper diagram (지질평균)

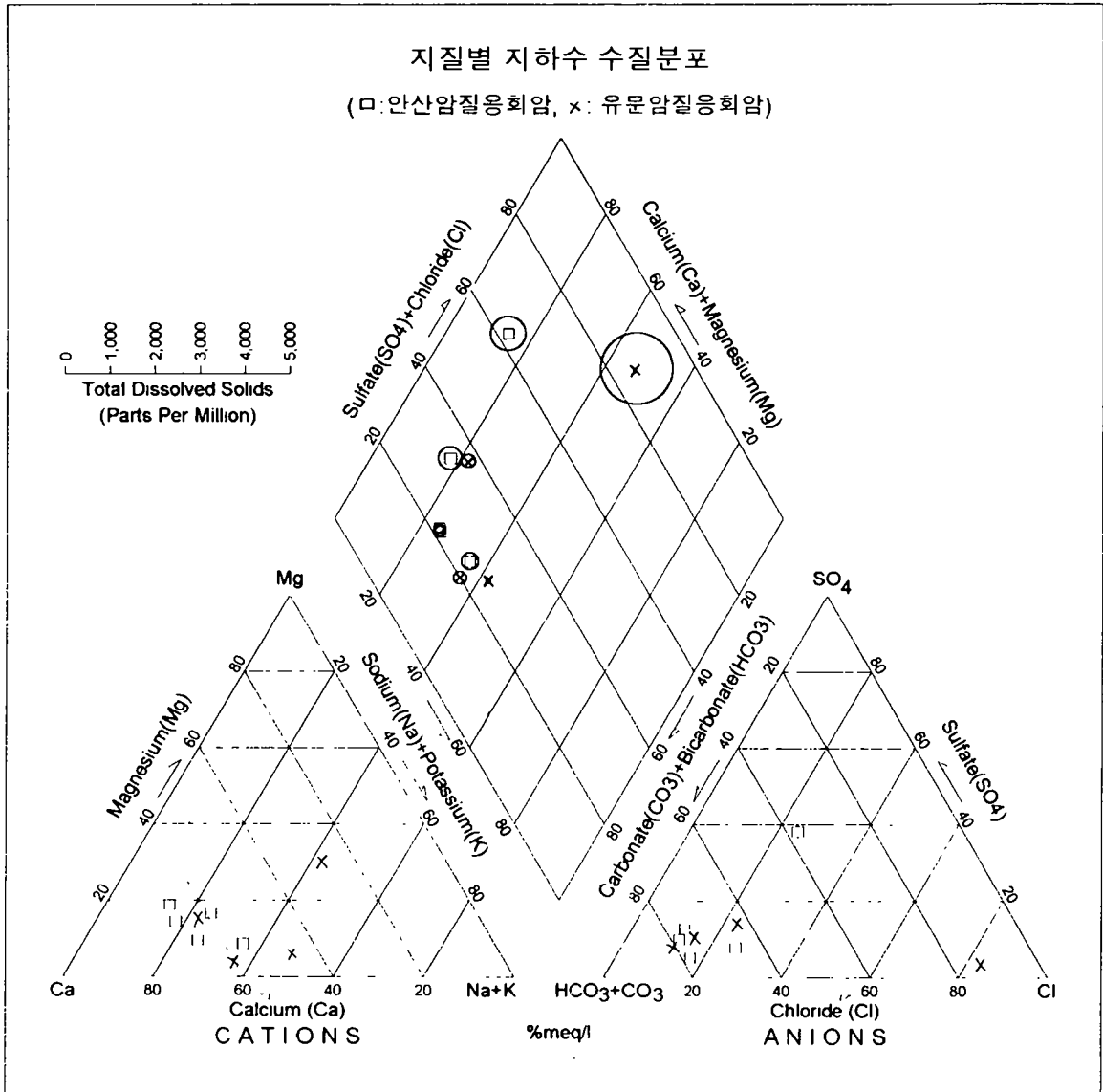


<그림. 4-26> 지질별 지하수 수질특성 Stiff Diagram(지질평균)

4-4-2. 잠재오염원 조사

가. 오염원의 분류

인간의 활동에 의해서 수문환경으로 유입되는 모든 물질은 지하수를 오염시킬 수 있으며, 지하수계로 유입된 오염물질의 농도가 인간생활에 지장을 줄 정도로 위험한 상태에 이른 경우 지하수가 오염되었다고 할 수 있다. 지하수 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구분할 수 있다. 점오염원은 점원위치에서 오염물질이 배출되는 것을 말하며, 정화조, 지하저장탱크, 유해폐기물 부지, 매립지, 지표저류시설, 폐관정등이다. 비점오염원은 넓은 지역에서 오염물질이 광범위하게 확산되는 것을 말하며, 농약살포, 비료살포 등의 농업오염원과 산성강우 등이 있다.



<그림. 4-29> 지질별 지하수 수질분포 Piper diagram
(안산암질응회암류, 유문암질응회암류)

○ 정 화 조

우리나라 농어촌의 대표적인 잠재오염원 형태로 정화조 내의 분뇨에는 다량의 질소화합물이 포함되어 있으며, 질소화합물은 토양에 유입되면 토양박테리아에 의해 질산염으로 산화되어 지하수로 침투된다.

유역별 인구와 경지면적은 수질에 영향을 미치는 인자이나 본지구의 인구 밀도는 비교적 낮아(162.4명/km²) 지하수 오염에는 큰 영향은 미치지 않을 것으로 예상된다.

최근 농촌에서도 현대식 주택이 널리 보급되면서 정화조에 의한 분뇨유출이 이루어져 토양오염이 이루어질 가능성이 있다. 본 지구에서 질소화합물의 지하수 유입정도를 분석하기 위하여 암모니아성질소 및 질산성질소의 농도분석 결과를 살펴보면 암모니아성 질소는 대부분이 불검출이고, 질산성질소의 평균농도는 3.08mg/l로 낮은 값을 나타낸다. 그러나 조사지구를 남측류하는 낙동강하천수의 질산성질소와 암모니아성질소의 함량이 13.3mg/l와 0.87mg/l로 상당히 오염된 상태를 나타내고 있으며, 낙동강 제방의 배후에 위치한 암반관정에서도 상당히 높은 질소화합물의 함량을 나타내고 있다. 산내면 음식점 생활용수로 쓰이는 관정에서 암모니아성 질소가 0.91mg/l로 높게 나타났고, 종건사육장 생활용수 1개소가 질산성질소에서 23.7mg/l로 나타내어 가축의 배설물에 의한 오염이 상당히 진행된 것으로 보인다. 특히, 산내면 지역은 화강암지역으로 주위 수질조사에서 청정지역으로 나타난 바, 관정주위 특정 점오염원에 의한 오염으로 보인다.

○ 농약 및 비료살포

농업오염원은 가축의 분뇨, 비료, 각종 농약 등이 대부분을 차지한다. 이들의 성분은 주로 질산화합물, 인산염, 박테리아, 염화물, 중금속 등이다. 총 농경지 분포면적은 177.287km²(1997, 밀양시 통계연보)로 이회수리들등 밀양강 주위에 넓은 농경지를 가진 상남면이 23.9km²으로 가장 큰 면적을 차지하며, 낙동강 배후 지대에서 주로 농경작을 하는 하남면이 그 두 번째로 21.1km²의 면적을 보인다. 밀양시 지역을 제외하면 가장 작은 농경지를 가진 곳은 청도면으로 7.7km²의 면적을 보인다.

○ 폐기관정

지하광물자원 및 지하수 등을 탐사 또는 개발하기 위하여 시추를 많이 하고 있다. 이러한 시추공들은 보통 소기의 목적을 달성한 후에는 방치하게 되는데, 이때 시추공의 처리작업을 소홀히 할 경우, 지표의 여러 오염물들이 시추공 내로 침투하여 대수층을 단시일내에 오염시키게 된다.

본 지구에서 폐기관정수의 파악은 어려우나 하남읍 명례리, 양동리 등 염수침입 지역에 음용수 개발을 시도하여 발생한 폐공이 몇공 존재하는 것으로 보인다.

본 지구의 관정의 대부분은 농업용 관정으로 영농기에만 사용되고 비영농기에는 사용되지 않아 이들 관정에 대해서도 수질보호를 위하여 관리가 요망된다.

○ 지하저장 탱크

주유소의 저장탱크에서 유해 유기화합물이 누출되면 지하수를 오염시킬 수 있다.

대부분 석유류 제품의 저장에 이용되는 지하저장 탱크는 주로 금속제품으로 만들어지기 때문에 시간이 지남에 따라 용접부위가 쉽게 부식되어 저장된 물질들이 지하수로 누출될 수 있다. 지하수가 누출될 경우 가스성분과 벤젠, 톨루엔 등 유독성 화합물이 분리되어 토양에 부착, 지하수에 녹게되어 지하수를 오염시키게 된다

5. 지하수 이용현황 및 지하수 자원평가

5-1. 지하수 이용현황

개인생활용수로 사용중인 소형 사설관정중 이번조사에서 조사에 누락된 수십~수백공을 제외하고 조사된 지하수개발 이용시설은 총 363개소에 양수능력 은 58,414m³/일이다. 낙동강 제방 내.외측을 따라 형성된 시설채소 단지내에서 사용중인 낙동강 복류수를 이용하는 타설식 소형관정 수백개소는 이번 조사에서 제외하였다. 각 면별, 시설별 지하수 이용량은 다음과 같다.

<표 5-1> 밀양시 지하수개발 이용규모

(단위 : m³/일)

구 분	암 반 관 정		총 적 관 정		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	338	57,877	25	537	363	58,414
밀 양 시	17	2,663	1	10	18	2,673
부 북 면	61	10,206	4	102	65	10,308
청 도 면	21	5,863	-	-	21	5,863
무 안 면	46	5,771	-	-	46	5,771
초 동 면	22	4,169	1	5	23	4,174
상 남 면	26	3,555	9	247	35	3,802
하 남 읍	23	3,083	3	46	26	3,129
상 동 면	28	5,436	5	66	33	5,502
산 내 면	12	2,593	-	-	12	2,593
산 외 면	21	4,566	-	-	21	4,566
단 장 면	27	3,668	1	56	28	3,724
삼랑진읍	34	6,304	1	5	35	6,309

조사된 관정중 시설별 이용현황 338개소의 암반관정은 총 양수량이 57,877m³/일로서 평균 171.2m³/일의 지하수를 이용하고 있으며, 충적관정은 25개소가 조사되어 총 537m³/일로서 하루평균 21.5m³을 쓰고 있는 것으로 조사되었다. 면별로는 부북면이 가장 많은 관정을 설치하여(65공) 이용하고 있는 것으로 나타났다(표 5-1).

용도별 이용현황을 보면, 암반관정의 경우 생활용수(159개소, 47.0%, 28,203m³/일, 48.7%)와 농업용수(157개소, 46.4%, 26,146m³/일, 45.2%)가 비슷하게 사용되는 것으로 농업용수와 생활용수를 겸하는 관정이 15개소(4.4%), 양수량이 3,138m³/일(5.4%), 기타 7개소(2%), 양수량이 390m³/일로 0.7%를 차지한다. 충적관정의 경우 농업용수가 가장 많은 17개소(68%), 사용량은 299m³/일(55.7%), 생활용수가 그 나머지로 8개소(32%), 238m³/일(44.3%)을 사용하는 것으로 나타났다(표. 5-2)

<표 5-2> 지하수용도별 시설 이용현황

(단위 : m³/일)

구 분	암 반 관 정					충 적 관 정					
	계	생활	농업	농업및 생활	기타	계	생활	농업	농업및 생활	기타	
이 용 시 설	개소수	338	159	157	15	7	25	8	17	0	0
	비율(%)	100	47.0	46.4	4.4	2.1	100	32.0	68.0	0	0
이용량	개소수	57,877	28,203	26,146	3,138	390	537	238	299	0	0
	비율(%)	100	48.7	45.2	5.4	2.7	100	44.3	55.7	0	0

5-1-1. 농업용수

면별로 지하수 이용현황을 보면, 지하수를 이용한 농업용수 174개소중 부북면이 33개소로 조사지역에서 농업용수로서 가장 큰 비중(21.8%)을 차지한다. 이용량으로 보면 6,229m³/일로서 전체 농업용수 사용량중 23.5%를 차지한다. 이것은 하천면적이 타지역에 비해 상대적으로 적어 농업용수의 지하수 의존도가 높은 것

으로 보인다.

5-1-2. 생활용수

지하수를 생활용수로 많이 이용하는 면은 대체로 하천의 유역면적이 넓어 지표수로 농업용수를 충당하기 충분한 지역이다. 생활용수의 경우는 167공으로 기존관정중 46%를 차지하나 개인주택 내에 시설된 소형 사설관정 중 대부분이 금번조사에서 파악하기 곤란하여 조사에서 누락된 경우가 많았을 것으로 판단되므로 지하수를 이용한 생활용수의 사용은 이번조사 결과보다 훨씬 많을 것으로 판단된다. 지하수로 생활용수를 가장 많이 쓰는 곳은 삼랑진읍으로 공수로는 13.7%, 양수량으로는 16.9%에 해당된다.

5-2. 지하수개발 가능량

5-2-1. 지하수 부존량 평가

가. 저류계수를 적용한 부존량 평가

지하수부존량이 얼마나 될 수 있는지는 문제에 대한 계산은 암석의 공극을 충전하고 있는 물로서 평가되어 질 것이다. 그러나 실제 사용할 수 있는 지하수는 지층속에 있는 물의 전부가 아니고 중력에 의하여 나올 수 있는 부분뿐이다. 모관현상에 의하여 부착되어 있는 부분은 제외되어야 하며, 이를 유효공극률(Effective Porosity)로 표현한다.

유효공극률은 실내실험으로도 구해질 수 있으나, 이를 그대로 야외에 적용한다는 것은 위험한 일로 거의 적용을 삼가고 있다. 야외의 대수층 시험에서 얻을 수 있는 상수로 저류계수가 있으며, 이는 자유면 지하수에서 비산출률(Specific Yield) 즉, 유효공극률과 비슷하게 된다. 그러나 양수시험과 같이 수시간 정도의 수압 혹은 수위변화에 의해서 지층으로부터 짜여져 나와 지하수류에 가해지는 수량은 지층 전체적의 불과 몇 %에 지나지 않는 것으로 장시간의 변화에 대해서는 그것보다 훨씬 많은 양을 낼 수 있다. 즉, 대수층 시험에서 얻어진 저류계수보다 높은 수치로 전체를 생각해야 할 것으로, 전체적인 저류계수의 산출은 장기적인 수문적 자료에 의한 물수지의 해석으로 가능해질 것이다. 일반적으로 대수층 시험에서 얻어진 수치보다 수배 높은 수치로 나오는 것이 보통이나 대수층

시험에서 얻은 수치를 기본으로 하여 부존량의 총량을 구할 수 있다.

나. 암종별 평균 공극률을 적용한 부존량

충적층의 평균층후는 기설관정 자료에서 얻어진 12.3m를 적용하며, 풍화대 이하는 암반층으로 간주하였다.

암반대수층의 지하수 부존량은 대수층 심도와 관계된다. 조사지구내 기존 암반관정들의 평균 개발심도가 100~150m에 위치하므로 대수층 심도는 100m로 제한하였으며, 충적대수층은 충적층 평균 층후로부터 수위관측 조사에서 나타난 평균 지하수위가 지면 2.8m이므로 충적층의 포화대 층후는 9.5m이다.

유효공극률은 암종별 평균공극률 퇴적암 5%, 충적층 35%, 화성암 1%, 변성암 1%(1991. 농진공)에서 충적층은 35%를 적용하고, 암반층은 조사지역이 백악기 안산암, 유문암류와 불국사 화강암류, 화산성 응회암이 주로 존재하고 경상계 퇴적암도 일부 존재하여 구성 지질별 면적비를 따져서 퇴적암 10%, 화성암류 90%를 적용시켜 평균 1.4%를 조사지역의 암반 공극률로 산정하였다.

지하수 부존량 산정에 적용된 유역면적은 조사지역 총면적 798,998,244.9m² 중 전, 답, 대지에 충적층이 주로 분포한다고 가정하여 충적층은 272.4km²를 산정하고 나머지 임야 526.5km²에는 암반대수층만을 고려하였다.

이와 같은 방법으로 산정한 조사지역의 지하수부존량은 $1,987.96 \times 10^6$ m³이고, 이중 암반지하수가 54.4%인 $1,082.23 \times 10^6$ m³로 평가된다.

<표. 5-3> 지하수부존량 산출

구 분	면 적 (km ²)	대수층두께 (m)	공극률	부 존 량 (m ³)	비 고
계	798,998,244.9			$1,987.96 \times 10^6$	
충 적 층	272.4	9.5	0.35	905.73×10^6	
충적층하부암반	272.4	90.5	0.014	345.13×10^6	
암 반	526.5	100.0	0.014	737.10×10^6	

나. 수자원 계통표에 의한 평가

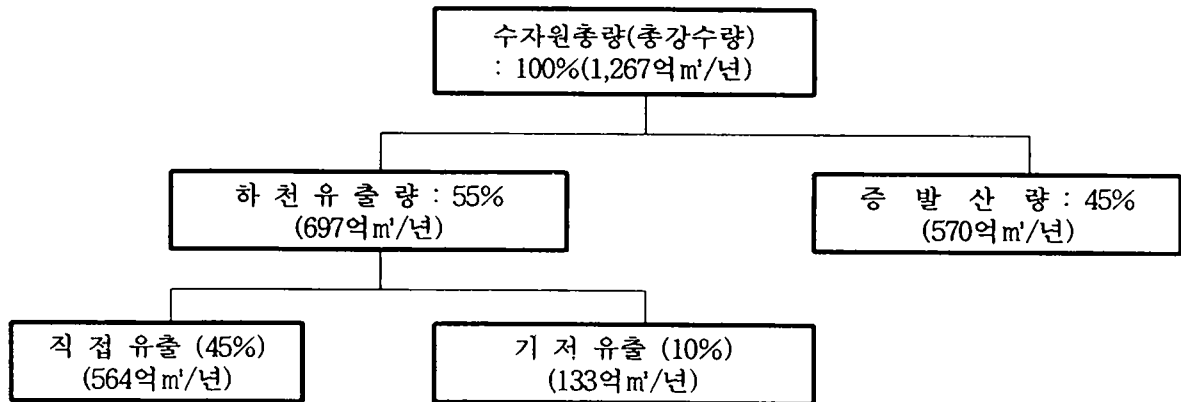
지하수의 기원은 강수에 의한 순환수이며, 지표수가 유동하는 과정에서 지질적인 구조, 지형특성, 임상조건, 기온 및 일조량 등에 의하여 대수층으로 함양되는 것으로 수순환계에 의하여 항상 평형상태가 유지되어야 한다.

따라서 평형상태가 파괴될 경우 저류량의 변화(자연수위의 변화)를 나타낸다. 강수에 의한 수수지를 분석할 때 지하수 수지는 다음과 같다.

$$\text{저류량} = \text{공급량} - \text{소비량} - \text{증발산량}$$

본 조사지역의 수수지 분석을 위한 밀양기상대의 20년간 강수량 분석에 의해 다음사항을 산출하였으며, 그림 5-1 수자원 계통표를 이용하여 조사지구의 연평균 강수량 1,229.1mm/년을 적용하여 기저유출량을 계산하였다.

- 조사지구 연평균 강수량(밀양기상대, 1978~1997)
평균 : 1,229.1mm/yr, 최대 : 1,697.6mm/yr, 최소 : 624.8mm/yr
- 집수유역면적 : 798,998,244.9m²
- 기저유출량 : 수자원총량(982,049천m³) × 기저유출율(0.1)=98,205천m³



<그림. 5-1> 수자원계통표(건설교통부, 지하수관리기본계획, 1996.)

본 조사지역의 건교부 발행 우리나라 수자원 현황표에 의한 강수량과 물수지 분석에서 조사지구 연간 수자원 총량은 982,049천m³로 연간 지하수 함양량(10%)은

98,205천m³/년이며, 이를 1일 사용 가능량으로 환산하면 269,055m³/일이다.

다. 기저유출율에 의한 평가

하천의 유출률은 강수총량에 대한 유출총량의 비로써 다음과 같이 계산된다.

$$\text{유출률} = \frac{\text{월평균유출량(m}^3/\text{sec)} \times 86,400 \times \text{월의일수}}{\text{월평균강수량} \times \text{유역면적}}$$

하천 유출량의 감소는 지하수위가 강화되었음을 의미하게 되며, 본 유역에 있어서 하천유출량의 측정은 낙동강유역 합천관측소에서 측정된 연평균기저유출율(강우함양계수)인 11.5%를 적용하였다(1996, 건설교통부-한국수자원공사 지하수관리 기본계획보고서).

하천유출이 지하수위의 변동과 관련이 있으므로 하천유출량의 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하면 지하수 저류로부터 배출되는 량, 즉 지하수 유동량으로 볼 수 있다. 기저유출율(강우함양계수)을 0.115로 하여 유량을 산출하면 다음과 같다. 여기서 연강수량은 20년간(1978~1997) 밀양기상대의 연평균 강수량인 1,229.1mm로 계산하였다.

$$\frac{0.115 \times 798,998,244.9 \times 1.2291}{365 \times 86,400} \approx 3.5811 \text{m}^3/\text{sec} = 309,407 \text{m}^3/\text{day}$$

그러므로 연평균 함양량은 112,934천m³로 나타나고 이 수치는 지하수의 저유 상태에 인공적인 변화를 가하지 않고 소모시켜 버릴 수 있는 수량이다.

라. 물수지 분석에 지하수 함양량 평가

전통적인 수문학적 물수지 분석은 물의 순환과정에서 수문제량을 평가하여 지하수의 함양량을 추정하는 과정으로서 수자원의 부존 한계를 결정하는 중요한 도구가 된다.

일반적으로 이 방법은 장기간에 걸친 평균적 균형상태를 가정하기 때문에 중

간과정에서의 동적인 수문수리상태를 고려하지 못하는 결점이 있다. 이러한 약점에도 불구하고 계획단계에서 수자원의 지역적인 부족량의 정도를 파악하고 대수층의 초기 및 경계조건을 설정하는 데 있어 수문학적인 물수지분석은 필수적이다.

수문학적인 물수지방법은 일정 수역내의 강수량과 직접유출, 증발산량, 지하수함양량간에 수문평형이 유지되는 것으로 보아 다음식으로 표현된다.

$$I = P - DR - ER \pm IU$$

여기서, I : 지하수함양량

DR : 지표수 직접유출량

P : 총강수량

ET : 증발산량

IU : 타수역으로부터 지하수 유출입량

○ 강수량, 증발 및 증발산량

조사지역 강수량은 인근 밀양기상대에서 관측한 1978~1997년 20년간 측정된 자료의 평균치 1,229.1mm/년을 적용하였고, 이로부터 연간 총 강수량을 산출하면, $1,229.1\text{mm} \times 798.99\text{km}^2 \approx 982.05 \times 10^6\text{m}^3$ 가 된다.

증발량은 조사지역에 위치한 밀양기상대의 20년간의 관측자료로 산출된 1,143.7mm/년을 적용하여 조사지역에서의 수면증발량을 계산하면, 하천 및 저수지면적 ($51,134,634.5\text{m}^2$) \times 증발량(1,143.7mm) $\approx 58.48 \times 10^6\text{m}^3$ 이다.

증발산량은 Turc(1975)의 증발산량 추정공식을 사용하여 얻어진 연간증발산량(ETR) 639.26mm/년을 적용하고 조사유역에 대한 총증발산량을 산출하면, $0.63926\text{mm} \times 798.99\text{km}^2 = 510.76 \times 10^6\text{m}^3$ 가 된다.

○ 지표유출(run-off) 및 충전량

지상에 도달한 강수의 일부는 흙의 지면을 통하여 침투하고, 그 초과분은 흙의 표면으로 흘러 유출하게 된다. 따라서 강수로부터 야기되는 유출은 침투량에 크게 영향을 미치며, 침투량의 계산은 강수와 유출의 관계에서 필수적인 요소이다.

강수로부터의 유출은 흙의 건조상태에 따라 크게 달라진다. 매우 건조한 상태에서 흙은 무한에 가까운 침투율을 갖고 있으나, 이미 발생한 강수의 영향으로 흙의 함수량이 많은 상태라면 같은 강수량이라고 할지라도 건조상태보다 많은 유출을 야기시킨다. 이와 같이 흙의 초기 함수상태에 따라 침투율은 직접적으로 영향을 받기 때문에 강수로부터 발생하는 유출량을 결정하는 요인이 된다.

강수량으로부터 침투에 의한 손실을 뺀 값은 초과강수량 또는 지표유출(run-off)이라 하며, 지표유출량 계산방법에는 ϕ 지표법(ϕ index method), W지표법(W index method), SCS 방법(Soil conservation service method) 등이 있으나, 본 조사지역에서는 SCS 방법을 이용하여 유출량을 계산하였다.

만약 임의의 호우로 인한 유출량 자료가 없을 경우에는 직접 유출량의 결정이 불가능하여 ϕ 혹은 W 지표를 구할 수 없으므로 초과강수량을 결정할 수 없다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 경우에 유역의 토질특성과 식생피복상태 등에 대한 세세한 자료만으로서도 총 수량으로부터 초과강수량을 산정할 수 있는 방법을 미국 토양보존국(U.S Soil conservation service, SCS)이 개발하였으며, 락 계획 유역의 초과강수량(혹은 유효수량)의 산정에 널리 사용되고 있다.

SCS 방법에서는 유효수량의 크기에 직접적으로 영향을 미치는 인자로서 유역을 형성하고 있는 토양형(soil type)과 토지이용(land use) 혹은 식생피복의 종류, 처리상태(cover treatment) 및 토양의 수문학적 조건(hydrologic condition)등이다.

SCS는 초과강수량(rainfall excess) 또는 직접유출량(Direct runoff)을 구하는 방법으로서 다음과 같은 간단한 공식을 제시하였다.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P} \text{-----} (1)$$

- 여기서 F는 시간(t)에서 토양의 저유량(mm)
- S는 토양이 완전 포화되었을 경우 저유량(mm)
- Q는 직접유출량에 해당하는 유효수량(mm)
- P는 누적강수량(mm)이다

즉, 강수로부터 발생하는 직접유출량은 토양이 최대로 저유할 수 있는 양(S)과 실제로 토양으로 침투되는 물의 양(F)의 함수로 표시되며, 직접유출량과 강수량과의 차이이다. 즉, $F=P-Q$ 이며, 이 관계를 식(1)에 대입하면,

$$Q = \frac{P^2}{P+S} \text{-----}(2)\text{가된다.}$$

식(2)는 강수가 시작되면서부터 즉시 유출이 발생하는 경우이나 실제로 강수 발생초기에는 강수의 전부가 침투되며, 유출이 발생하는 것은 강수 강도에 따라 다르나 얼마간의 시간이 경과된 후에 발생하는 것이 보통이다. 따라서 초기의 침투를 고찰한다면 식(2)의 P값에서 초기손실(Ia)을 제하여야 한다.

SCS는 경험에 의하여 $Ia=0.2S$ 로 정하였으며, 이 관계를 식(2)에 대입하면,

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \text{-----}(3)$$

과 같이 되어, 이것이 곧 총 강수-유효수량 관계이다. 여기서 Q는 0보다 크고, P는 0.2S보다 커야 한다.

식(3)의 S는 선행토양함수조건(Antecedent soil moisture condition, A.M.C)에 따라 상이한 값을 가지게 될 것이며, A.M.C-I에 대한 S는 A.M.C-II에 대한 S보다 클것이나 A.M.C-III에 대한 S값보다 작을 것이다.

유역의 잠재보유수량의 크기를 표시하는 S는 유역의 토양이나 토지이용 및 처리상태 등의 이른바 수문학적 토양-피복형(hydrologic soil-cover complexes)의 성질을 대변하는 것으로서 한 유역의 유출능력을 표시하는 유출곡선지수(CN, runoff curve number)라는 변수를 다음과 같이 S의 함수로 정의함으로서 유출에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고찰하게 된다.

$$\text{즉, } CN = \frac{25,400}{S+254} \text{ 혹은 } S = \frac{25,400}{CN} - 254 \text{-----}(4)$$

여기서 CN은 SCS에서 흙의 종류 및 지표의 상태에 따라 정한 지표이다.

SCS에서는 식(3)과 식(4)를 사용하여 직접유출 또는 초과강수량을 계산하는데 있어서 고찰되어야 할 사항을 다음 세가지로 구분하게 된다.

- (1) 토양의 종류
- (2) 토지의 사용용도
- (3) 유역의 선행 토양 함수조건

따라서 위의 세가지 요소는 식(4)의 CN값에 의하여 지하수함양량 계산에 반영, CN의 값도 이에 따라 구분되어야 한다.

SCS에서는 토양의 종류를 유출발생 가능 정도에 따라 표. 5-4와 같이 A, B, C, D의 네가지로 분류하였다.

<표. 5-4> SCS의 토양 분류

토양의 분류	특 성
A	최저 유출발생 가능량 (Lowest runoff potential)이 있는 진흙, silt가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층
B	유출발생 가능성이 다소 높은 (Moderately low runoff potential)사질토이며, 침투율은 평균보다 높으나 다소 진흙이나 Silt가 함유된 흙
C	유출발생 가능성이 B급보다는 높은 (Moderately high runoff potential) 흙으로서 진흙에 Silt가 많이 섞여 얇은 층을 구성하며 침투율은 평균보다는 다소 낮은 흙
D	유출발생 가능성이 가장 높은 (Highest runoff potential) 흙으로 대부분이 진흙과 Silt로서 불투수층과 직접 접하여 있는 흙

표. 5-5는 조사지역내 토지사용 및 SCS의 토양의 분류에 따라 CN값을 제시하고 있으며, 이는 토양의 5일 선행함수 조건이 II(보통)인 경우의 값이다.

<표. 5-5> 토양의 피복형별 유출곡선지수 CN(A.M.C-II, Ia=0.2S)

토지이용상태	피복처리상태	토양의 수문학적 조건	토 양 형			
			A	B	C	D
주거지역(Residential) 평균규모(m') < 500 1,000 1,500 2,000 4,000	불투수면적비(%) 65 38 30 25 20		77	85	90	94
			61	75	83	87
			57	72	81	86
			54	70	80	85
			51	68	79	84
포장된 주차장, 지붕, 차도 등 도로 및 보도 포장 (록석 및 우수거 설치) 자갈 비포장			98	98	98	98
			98	98	98	98
			76	85	89	91
상업지역 공업지역	(불투수면적 85%) (불투수면적 72%) (불투수면적 65%)		89	92	94	95
			81	88	91	93
			77	85	90	92
개활지, 잔디밭, 공원, 골프장, 공동묘지 등 양호한 상태 : 전 면적의 75%이상 초지 피복 보통의 상태 : 전 면적의 50~75%이상 초지 피복			39	61	74	80
			49	69	79	84
휴경지(Fallow)	나지상태 작물잔재물로 피복	불 량 양 호	77	86	91	94
			76	85	90	93
			74	83	88	90
조식작물(Row crops)	직선줄재배	불 량 양 호	72	81	88	91
			67	78	85	89
	등고선재배	불 량 양 호	70	79	84	88
			65	75	82	86
	등고선 및 대상재배	불 량 양 호	66	74	80	82
			62	71	78	81
소곡류(Small crops)	직선줄재배	불 량 양 호	65	76	84	88
			63	75	83	87
	등고선재배	불 량 양 호	63	74	82	85
			61	73	81	84
	등고선 및 대상재배	불 량 양 호	61	72	79	82
			59	70	78	81
밀식 또는 산과 콩과작물 (또는 윤작초지) (Close seeded or broadcast legumes or rotation meadow)	직선줄재배	불 량 양 호	66	77	85	89
			58	72	81	85
	등고선재배	불 량 양 호	64	75	83	85
			55	69	78	83
	등고선 및 대상재배	불 량 양 호	63	73	80	83
			51	67	76	80

토지이용상태	피복처리상태	토양의 수문학적 조건	토 양 형				
			A	B	C	D	
방목지	등고선재배	불 량	69	79	86	89	
		보 통	49	69	79	84	
		양 호	39	61	74	80	
		불 량	47	67	81	88	
		보 통	25	59	75	83	
		양 호	6	35	70	79	
목초지(방목불허, 건조용, 영구)			30	58	71	78	
관 목 - 잡초 혼합형태(관목이 주종)		불 량	48	67	77	83	
		보 통	35	56	70	77	
		양 호	30	48	65	73	
식림지 나 무		불 량	57	73	82	86	
		보 통	43	65	76	82	
		양 호	32	58	72	79	
		식림용지	불 량	45	66	77	83
			보 통	36	60	73	79
			양 호	25	55	70	77
임 야 농 가		매우불량	56	75	86	91	
			59	74	82	86	

총 강수량과 유효강수량 간의 관계분석에 있어 5일 혹은 30일 선행 강수량은 한 유역의 선행토양 함수조건을 대변하는 지표로 흔히 사용된다. 즉, 동일한 강수가 내린 경우 선행 강수량이 많으면 유역토양의 습윤도가 높으므로 유출율, 즉 유효수량은 상대적으로 많아질 것이나, 선행 강수량이 적을 경우에는 침투손실이 커지므로 유효수량은 적어져서 유출율은 저하하게 된다.

SCS에서 기준으로 삼고 있는 선행 토양함수조건은 1년을 성수기(growing season)와 비성수기(dormant season)로 나누어 각 경우에 대하여 다음과 같은 3가지 조건으로 구분하고 있다.

- A.M.C - I : 유역의 토양이 대체로 건조상태에 있어서 유출율이 대단히 낮은 상태(lowest runoff potential)
- A.M.C - II : 유출율이 보통인 상태(average runoff potential)
- A.M.C - III : 유역의 토양이 수분으로 거의 포화되어 있어서 유출율이 대단히 높은상태(highest runoff potential)

상기한 3개의 선행 토양 함수조건은 5일 선행강수량의 크기에 의하여 유역의 습윤정도를 분류하는 기준이 되며, SCS에서 사용하고 있는 5일 선행 강수량의 크기에 따른 A.M.C 분류는 다음과 같다.

<표. 5-6> 선행 토양 함수조건 분류

A.M.C Group	5일 선행 강수량, P ₅ (mm)	
	비 성 수 기	성 수 기
I	P ₅ < 12.7	P ₅ < 35.56
II	12.7 < P ₅ < 28.0	36.56 < P ₅ < 53.34
III	P ₅ > 28.0	P ₅ > 53.34

토양의 초기 함수상태의 결정은 선행강수(Antecedent presipitation)에 따라 구분되며, CN 값은 표 5-7 유출곡선지수에서 구하는 것이다.

임의의 호우로 인한 유출량 자료가 없을 경우 직접 유출량의 결정이 불가능하다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 경우에 유역의 토질특성과 식생피복상태 등에 대한 세밀한 자료만으로도 총 수량으로부터 초과수량을 산정할 수 있는 방법으로 미계획 유역의 초과 강수량(혹은 유효수량)의 산정에 널리 사용되고 있다.

<표. 5-7> 선행 함수조건(A.M.C)에 따른 유출곡선지수의 조정

A.M.C 별 CN			S (A.M.C-II) (mm)	Curve의 시 점 (mm)	A.M.C 별 CN			S (A.M.C-II) (mm)	Curve의 시 점 (mm)
II	I	III			II	I	III		
100	100	100	0.00	0.0	69	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	41.6
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	276	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	73.2
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	71.6	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	94.0	18.8	33	17	53	516	103.0
72	53	86	98.8	19.8	32	16	52	538	108.0
71	52	86	104.0	20.8	31	16	51	564	113.0
70	51	85	109.0	21.8	30	15	50	592	118.0
69	50	84	114.0	22.9					
68	48	84	119.0	23.9	25	12	43	762	152.0
67	47	83	125.0	24.9	20	9	37	1016	203.0
66	46	82	131.0	26.2	15	6	30	1440	288.0
65	45	82	137.0	27.4	10	6	22	2286	457.0
64	44	81	143.0	28.4	5	2	13	4826	965.0
63	43	80	149.0	29.7	0	0	0	∞	∞
62	42	79	156.0	31.2					
61	41	78	162.0	32.5					

5-3. 적정개발 가능량 및 개발예정위치

5-3-1. 지하수개발 가능량 분석

본 조사지구에서 지하수개발 가능량 추정은 공극률을 적용하여 지하수 부존량을 산출한 경우에 총적층은 포장능력(부존량)의 20%를 적용하고, 암반층은 부존량의 10%를 적용하였다(21세기 농어촌지역 용수수급 및 개발보전 세미나, 농어촌진흥공사, 91.12).

조사지구의 대수층의 공극률을 적용한 지하수부존량은 $1,987.96 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이고, 개발·이용가능량은 $289.37 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$, 일일 $792,791.4 \text{m}^3/\text{일}$ 로 산출되었다.

<표. 5-8> 지하수부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평가 방법	단위	부존량			이용가능량		
		계	총적층	암반층	계	총적층	암반층
공극률 적용 지하수 부존량 산출 (총적35%, 암반1.4%)	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	1,987.96	905.73	1,082.23	289.37	181.15	108.22
	$\text{m}^3/\text{일}$	5,446,466	2,481,452	2,965,014	792,791.4	496,290	296,501.4

<표. 5-9> 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평가 방법	단위	함양량	이용가능량	비고
수자원 계통표 기저유출 10%	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	98.205	98.205	기저유출량 = 함양량 = 이용가능량
	$\text{m}^3/\text{일}$	269,055	269,055	
기저유출 (하천유출) 11.5%	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	112.934	112.934	"
	$\text{m}^3/\text{일}$	309,408	309,408	

5-3-2. 지하수개발 예정위치 선정

관정개발은 크게 총적대수층과 암반대수층을 대상으로 이루어진다. 총적층이란 암석이 풍화운반 퇴적된 미고결퇴적물로서 지질시대 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에는 약 25개의 총적관정을 조사하였으며, 본 지구 내에서도 오염이 진행되고 있는 실정으로 향후 총적관정 개발에 의한 지하수 사용은 많은 제한이 있을 것으로 판단된다.

본 지구를 구성하는 기반암은 중생대 백악기 안산암류 및 불국사화강암류와 일부 경상계 퇴적암으로 구성되어 있으며, 대부분이 결정질암으로서 조사지구 기반암 내의 1차 공극에 형성된 암반대수층내의 부존은 불량여 암반지하수의 부존은 파쇄대 발달지역으로 제한된다.

파쇄대 발달은 지각운동, 화성암의 관입 등으로 암반의 파괴에 의해 발달하게 되고 암반중에 2차 공극을 형성한다. 본 지구에서 선구조의 발달은 N32~38° E 방향이 우세하게 나타나며, 기설암반관정도 이들 선구조 발달방향을 따라 많이 개발되었다.

본 조사지구에서의 지하수부존 및 개발여건은 양호한 편이나 본 조사는 지하수개발 위치선정을 위한 정밀조사가 아니므로 향후 지하수개발을 위해서는 수자원 용도 및 채수계획량에 따라 지하수영향조사 및 정밀탐사과정을 거쳐 지하수 개발위치를 선정하여야 할 것으로 판단된다.

6. 지하수자원 개발계획

6-1. 용도별 소요수량

본 지구는 농촌지역으로 밀양시, 삼랑진, 하남읍 지역을 제외한 9면은 상하수도 보급율이 전무한 상태로 상수도 보급율이 급수인구 대비 43%에 지나지 않는다. 지하수를 이용한 간이 상수도(생활용수)는 현재 167개소이나 아직 그 혜택을 받지 못하는 곳이 많으며, 계곡하천수를 이용한 지표수나 자가 소형관정을 이용한 생활용수 활용이 이루어지고 있어 안정적인 생활용수 공급이 필요한 실정이다.

우리나라 전국 평균 1일 급수량이 1991년도 376ℓ로 나타났으며, 서울시의 경우 1994년 현재 누수손실량을 포함하여 476ℓ에 이르고 있다.

<표. 6-1> 생활용수 소요수량

구 분	급수대상 인구수(명)	급수량 (ℓ)	필요수량 (m ³ /일)	기 공급량 (m ³ /일)		향 후 소요수량 (m ³ /일)
				공 수	사 용 량	
계	129,744	476	61,758	167	28,441	33,317
밀 양 시	51,850	476	24,681	9	1,581	23,100
삼랑진읍	11,507	476	5,477	23	4,833	644
하 남 읍	11,516	476	5,482	4	841	4,641
부 북 면	8,076	476	3,844	27	4,079	△235
상 동 면	4,315	476	2,054	15	2,627	△573
산 외 면	3,759	476	1,789	8	1,727	62
산 내 면	4,996	476	2,378	9	1,817	561
단 장 면	5,407	476	2,574	18	2,529	45
상 남 면	12,010	476	5,717	14	2,251	3,466
초 동 면	5,257	476	2,502	12	2,222	280
무 안 면	8,030	476	3,822	22	2,617	1,205
청 도 면	3,021	476	1,438	6	1,317	121

6-2. 소요수량 공급방안

농촌에서도 지표수 및 지하수의 오염이 이루어지면서 암반관정을 이용한 생활용수 공급이 이루어지고 있다. 본 지구는 광역상수도 보급률이 낮은 지역으로 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급이 필요한 지역이다. 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급은 암반관정 1공당 채수 이용량을 100m³/일로 하고, 향후 인구의 증가가 없다고 가정할 때 소요수량은 61,758m³/일 이고, 기 사용량을 제외한 필요수량은 12,527m³/일로 산출되어 면별 필요공수를 추정한 결과, 총 139공으로 그 내역은 다음과 같다.

<표. 6-2> 향후 지하수개발 관정수

구 분	필요수량 (m ³ /일)	기 공급량 (m ³ /일)	향후 소요수량 (m ³ /일)	소요관정수 (공)	비고
계	61,758	28,441	12,527	139	
밀양시	24,681	1,581	(23,100) 2,310	(247) 24	
삼랑진읍	5,477	4,833	644	7	
하남읍	5,482	841	4,641	47	
부북면	3,844	4,079	-235	-	
상동면	2,054	2,627	-573	-	
산외면	1,789	1,727	62	1	
산내면	2,378	1,817	561	6	
단장면	2,574	2,529	45	1	
상남면	5,717	2,251	3,466	35	
초동면	2,502	2,222	280	3	
무안면	3,822	2,617	1,205	13	
청도면	1,438	1,317	121	2	

밀양시 지역은 평균 급수량을 급수대상 인구에 적용시켰을 때 인구밀집으로 인해 필요수량이 23,100m³/일로 많은 양이 필요하게 된다. 그러나 밀양시 지역은 상수도가 85.9%로 가장 높은 보급율을 보이고, 인구밀집으로 인해 상대적으로 생활 오·폐수가 많이 배출되기 때문에 밀양시 외곽 지역만을 고려하여 소요관정

수, 필요수량의 10%만 산정하였다. 부북면과 상동면의 경구 인구대비 생활용수 사용량이 필요량을 초과하는 것으로 나타났는데 관정수와 양수량은 많은데 비해 관리소홀로 인한 낮은 우물효율, 과잉양수로 인한 수질오염 등으로 사용이 제한된 경우가 많으므로 어느관정의 경우도 마찬가지로 이나 지하수 개발 계획시 그 수요와 필요량을 정확히 산정하여 안정채수량 만큼만 개발하되 시설의 관리와 지하수 자원의 보전에 더욱 철저를 기해야 하는 곳이다.

6-3. 지하수 개발계획

본지구에서 향후 생활용수로 개발해야 할 지하수 관정수는 139개공으로 이는 연차별로 이루어져야 할 사업으로 생활용수 개발사업비를 250백만원/지구로 하였을 때 연차별 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다.

<표. 6-3> 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비

년 도	계	1999	2000	2001	2002	2003	2004 이후
사 업 량 (지구)	139	25	25	25	25	25	14
사 업 비 (백만원)	34,750	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	3,500

7. 지하수자원 보전·관리 계획

7-1. 지하수자원 보전·관리

지하수의 합리적인 개발과 지하수자원의 보전·관리를 위해서는 장기적이고, 종합적인 조사와 분석을 요한다. 정기적으로 지하수수위, 수온, 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC)등 관측자료를 획득하고, 인근 기상관측소의 지표수위 자료와 기상자료를 분석하여 지하수문과 지표수문의 연관성을 연계분석하고, 주변환경 변화에 따라서 나타나는 지하수 수질의 미세한 변화는 수온, pH, EC등의 변화를 종합분석함으로써 파악하여야 한다.

측정된 지하수위 자료와 갈수기와 풍수기에 지하수위 변동자료를 이용하여 지하수위 등고선도를 작성한다. 또 다음과 같은 사항을 분석 예측한다.

- 풍수기와 갈수기의 지하수위 변화
- 지역별 지하수 동수구배
- 지역별 지하수 배출 및 함양 파악
- 지하수 EC 및 pH의 급격한 변화 등에 대한 원인규명 및 원인파악을 위한 수질 검사 실시

지하수자원의 효율적인 관리를 위해서는 지하수, 지표수 등의 수문정보 관리와 이와 관련된 제반지질, 경제, 인문학적 사항 등과의 연계성을 파악하여 이들 정보를 이용하여 지하수자원의 변화 예측 및 지하수자원의 합리적인 방안이 종합적으로 검토될 되어야 한다. 지하수의 수위 및 수질변화에 대한 분석 및 해석은 반드시 지하수 전문가에 의하여 이루어져야만 그 정보와 신뢰도를 제고할 수 있고, 지하수자원의 보전관리에 기초가 되는 양질의 중요한 정보를 산출할 수 있다.

지하수자원의 보전을 목적으로 지하수 모니터링에 의하여 지하수의 사용금지, 규제 등을 결정하는 것은 지하수를 계속 사용하기 위하여 필요한 조치이다. 모니터링을 위해서는 사용되고 있는 관정에 대하여는 다음 사항을 정기적으로 계속 측정 관리하도록 하여야 한다.

시설물관리를 위해 수리상수 및 지층의 상태, 스크린의 종류, 위치와 관정의 사용, 관리상태 등이 확인되어야 한다. 이를 위하여 기존관정에 대하여 관정 시

공시의 자료를 획득하거나 관정에 대한 물리검층을 실시하여 시설물의 시공상황을 정리하여야 한다.

지하수 수위관리를 위하여 관측정이나 상시 이용하고 있는 관정의 자연수위, 안정수위 등을 계속 측정하여야 하며, 수위의 변동은 지하수의 변화를 직접적으로 나타내는 것으로 지하수 보전관리 측면에서 가장 기초가 되는 자료이다.

상시 이용관정에 대한 수위관리를 위해서는 지하수위 측정결과 기록을 철저히 하여야 하고 수위관측관 미설치 관정에 대하여 우선적으로 수위관측관을 설치하여야 한다. 급격한 수위강하나 수위상승은 대수층의 파괴 등에 영향을 줄 수 있고, 이로 말미암아 지하수에 의한 여러 피해가 발생할 수 있다. 이러한 피해를 사전에 예방하기 위하여 지속적인 지하수위 관리가 필요하다.

지하수 이용에는 사용목적별 지하수의 수질이 중요한 사항이다. 지하수의 수질은 저류체의 특성에 의하거나 지하로 침투하는 물과 같이 혼합되는 성분에 의하여 결정되며, 지하수를 포함하는 용기로서의 대수층 성질과 지하수의 함양, 유동, 유출과정을 통하여 공간적·시간적으로 변화가 일어난다. 이때 오염물질이 혼합되면 수질오염이 진행되게 되어 지하수 수질오염이 일어나게 된다.

지하수의 오염은 폐기물의 방치, 매립처분과 지반개량을 위한 약재투입, 오염된 지표수의 유입등이 지하수 오염의 원인이 된다. 오염물질은 지하대수층에서 이동속도가 느리기 때문에 지하수 오염은 국지적인 현상을 보이며, 오염의 특징에 따라 장시간에 걸쳐 진행이 된다. 지하수 수질관리를 위하여 상시 이용관정, 관측정의 수질을 계속적으로 측정하고 기록함으로써 지속적인 수질관리가 이루어지도록 하여야 한다.

지하수 수량관리를 위하여 지하수 저장체인 대수층은 한정된 용기로 생각할 수 있으므로 이 저장체에 함유되어 있는 지하수는 이용가능한 즉 배출될 수 있는 지하수의 양이 한정되게 된다. 이 한계를 넘어서면 지하수위 저하에 따른 수량감소, 지반침하, 대수층의 파괴등이 일어나 지하수 포장체에 막대한 피해가 일어난다. 상시 이용관정이나 관측정에서 지하수를 양수할 때에는 지하수 사용량을 철저히 기록하여야 하고, 이때 기록되는 것은 단위 시간당 양수량 혹은 일정기간 동안의 사용량 등이 있을 수 있으므로 기록에 대한 통일도 있어야 한다.

8. 결 론

1. 조사지역은 행정구역상 경상남도 밀양시 전역으로 1개시 2개읍 9개면으로 삼랑진읍, 하남읍, 부북면, 청도면, 무안면, 초동면, 상남면, 상동면, 산내면, 산외면, 단장면이 포함되며, 조사면적 798.99km²에 대하여 광역수리지질 조사를 실시하였다.

2. 조사지역의 지형은 지구 동, 북, 서측이 고지대의 산계를 형성, 지형적·수리적 분수령으로 작용하고, 남측단을 따라 동유하는 낙동강으로 능선, 계곡 및 소수계들이 남향하면서 발달하고 있다. 본 조사지구는 서측 가지산을 최고 지형 경계로 형성하여 낙동강 유역의 최소 표고와의 차이가 1,000m 이상 나는 지형의 기복이 심한 곳이다.

조사지구의 지형과 지질은 매우 밀접한 연관성을 나타낸다. 지질구조의 주방향은 N40° E로 지구밖 동편 양산단층의 방향과 평행한 방향성이 우세하며, 경상계 화산암류(주산안산암)가 조사지역 전역에 걸쳐 분포하며, 상동면, 산외면, 단장면 일대에 불국사 관입암류가 일부 분포하여 주로 험준한 산계를 형성하며, 조사지역 기저지질인 진동층은 무안면 서측에 일부 존재한다. 그밖에 화산활동에 의한 용회암류들이 주로 지구 서측에 분포하며 반상석리를 포함한 채 유동구조나 유리질 조직을 보이기도 한다. 관입의 영향이 없는 지구 남측에서는 구릉성 저지대를 형성하고 있다.

수계는 지구 중앙으로 밀양천이 남유하 하고 서측단에 청도천이 또한 남유하 하여 조사지구 남단부에 걸쳐 동으로 유하하는 낙동강에 유입되므로 조사지구의 수리적 경계로 작용한다. 또한 산내면에서 발원한 동천이 산외면을 거쳐 사행하여 단장천, 밀양강과 합류한다.

3. 본 지구내에서 암반관정 338공, 층적관정 25공에 대해 용도, 심도, 양수량, 자연수위, 간이수질 등을 조사하였으며, 사용용도별로 보면 생활용수가 167개소, 28,441m³/일, 농업용수가 174공 26,445m³/일, 농업용수와 생활용수 겸용 공이 15공 3,138m³/일, 기타 7공으로 나타나 주로 농업용수로 사용되나 암반관정의 경우 생활용

수 사용량이 조금 더 높은 것으로 나타났다.

4. 원격탐사에 의해 위성영상(SPOT IMAGE)을 분석하여 선구조도를 작성한 후 이를 기초로 쌍극자탐사 11축선을 실시하여 탐사지역 전반에 걸쳐 평야부의 지하수 부존성을 조사하고 제반 수리지질을 파악하였다.

5. 수질조사는 지하수의 경우 169개 지점에서 EC, TDS, pH, 온도등 현장조사를 실시하고 압반 지하수 48개소, 충적관정 1개소, 낙동강 하천수 2개소에 대하여 먹는물 수질 기준으로 수질검사를 하였으며, 이온분석을 실시하여 조사지역의 전반적인 수질성분을 파악하였다. 지표수의 경우 낙동강, 밀양강, 청도천, 동천, 단장천 등 주요 5수계로 나누어 수계별로 현장 수질검사를 실시하였다. 조사물량은 각각 낙동강 수계 12점, 밀양강 수계 26점, 청도천 수계 50점, 동천수계 27점, 단장천 수계 13점이며, 하천수가 총 82점, 저수지가 총 46점이 조사되었다.

먹는물 기준 수질검사 결과 수질오염이 심각한 지하수 관정들은 초동면 덕산리, 하남면 백산리, 양동리동 낙동강변에 위치한 공들과 밀양시 삼문동 소재 시설채소 비닐하우스용 관정과 부북면 하단부 일대의 관정들로서 현장 수질검사를 전 기전도도 값이 $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이상 검출되는 지역에 해당된다.

이러한 수질오염은 하남, 초동면의 경우는 낙동강을 따른 해수침투로 인해 농축된 염분을 많이 포함한 암석들이 그 원인이며, 부북면의 경우는 부북면에 밀집한 시설채소 비닐하우스와 공장지대의 과잉 양수로 인한 외부오염물의 대수층을 따른 유입이나 밀집된 주거지역에서 흘러나오는 생활하수의 지하침투에 의한 오염을 들 수 있으며, 밀양시 삼문동의 경우는 밀양강변 시설채소 단지에 개발돼 있는 수많은 관정들이 과잉 양수되고 보호공이 미약한 상태이며, 종건사육장 등 질산성 질소에 의한 오염도 그 원인이 되는 것으로 보이며, 무안면 일대등 소하천 수원지의 오염은 수원지(지표수)의 인근에 존재하는 축사, 돈사등 가축사육장의 분뇨나 생활하수에 의한 것으로 조사되었다.

이온분석의 경우 조사지구 전반이 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 보이는데, 양이온에서 칼슘과 마그네슘이, 음이온에서는 중탄산이온이 우세한 carbonate hardness형을 보인다.

6. 대수층 유효공극률 적용에 의한 지하수 부존량 평가에 의해 조사지역 지하수의 부존량은 $1,987.9 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이며, 개발이용 가능량은 $289.37 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 산출되었다.

7. 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량은 $98.2 \sim 186.1 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 추정되며, 이는 평가방법에 따라 다소의 차이가 나타나므로 관측정의 수위관측자료가 상당히 축적된 후 수위자료 분석에 의한 개발 가능량 산정이 이루어져야 보다 정확한 개발가능량 산출이 가능할것이다.

8. 향후 생활용수 총소요수량은 4,527천톤/년으로 안정적인 생활용수 공급이 이루어지기 위해서는 향후 139공의 지하수개발이 이루어져야 하며, 이를 위하여 사업비 34,750백만원의 사업비가 소요된다.

9. 지하수자원의 효율적 관리를 위해서는 낙동강 대수계에 대한 관측망구축을 완료하고 지하수 전문가에 의하여 장기적인 제반 수문지질 자료를 취합·분석하여 낙동강 수계에 대한 종합적인 물수지분석 및 지하수문 분석이 요구된다. 정확한 대수층의 수리지질 특성과 지하수질특성을 파악하고 개발·이용함으로써 효율적이고 합리적인 지하수자원의 보전·관리가 이루어지도록 해야한다.

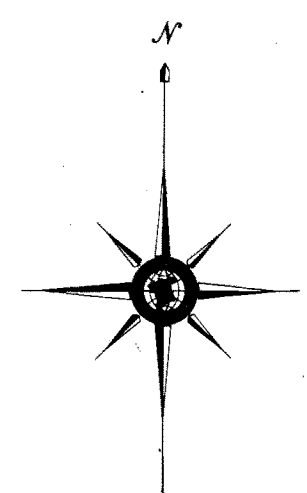
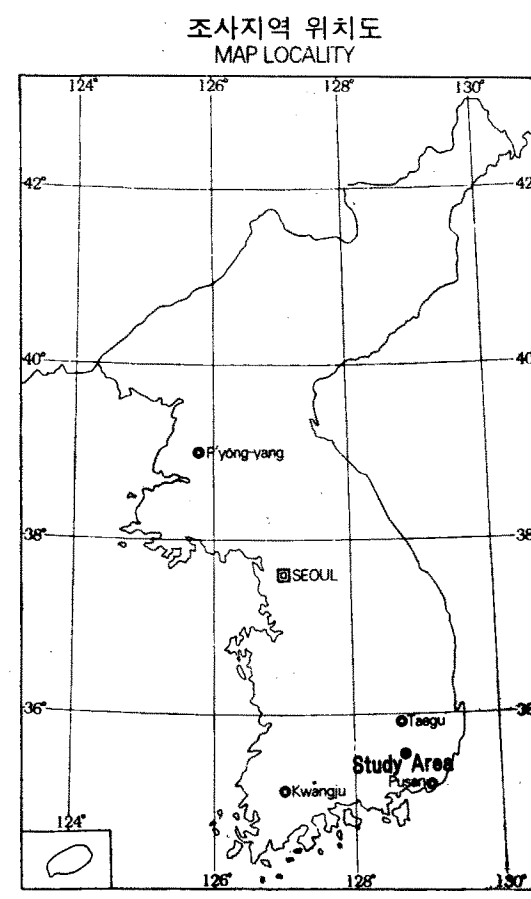
밀양시광역수맥조사보고서

1998년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

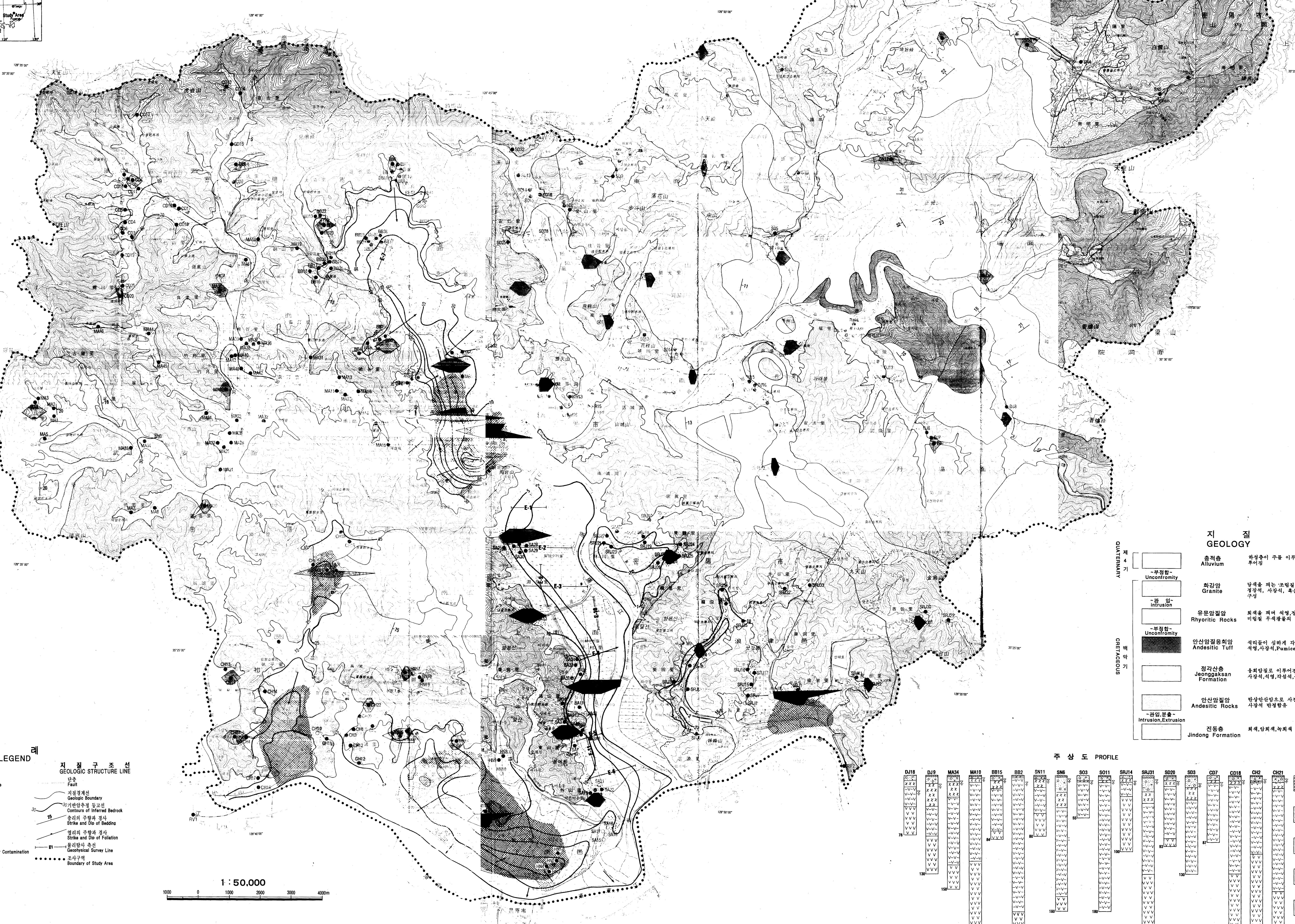
편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : 서라벌인쇄주식회사 (02)732-1851~2



밀양지구 광역수맥도

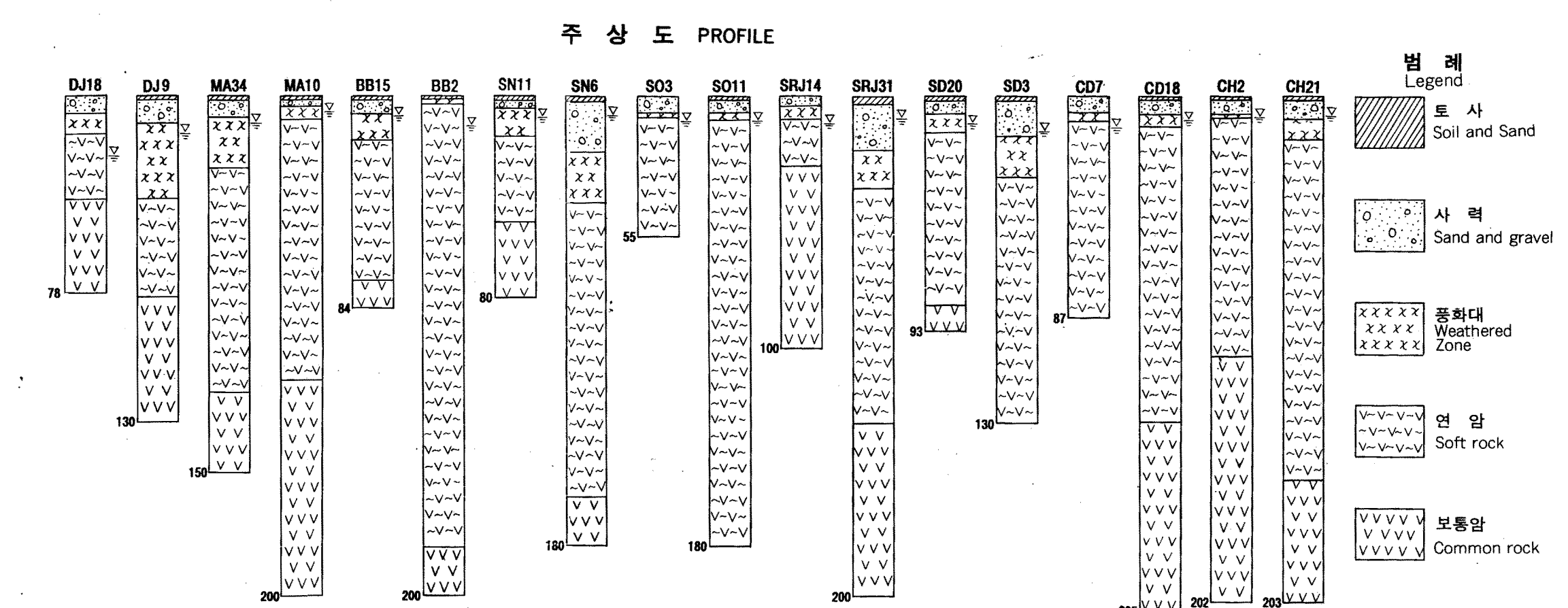
HYDROGEOLOGICAL MAP OF MIRYANG AREA



- 범례**
- 지하수**
GROUNDWATER
지하수위등고선
Contours of groundwater table
지하수 유동방향
Direction of groundwater flow
암반관정(φ <math><14''</math>)
Rock Wells
층적관정(φ >math>>14''</math>)
Sedimentary Wells
수질의 주요성분 비교도
Pattern Diagram of Water Analysis
염이온
Na+K, Ca, Mg
음이온
NO₃-N, Cl, SO₄
(mg/l)
- 지질구조선**
GEOLOGIC STRUCTURE LINE
단층
Fault
지질경계선
Geologic Boundary
기반암추출 등고선
Contours of Inferred Bedrock
층리의 중첩과 경사
Strike and Dip of Bedding
일리의 주향과 경사
Strike and Dip of Fallation
물리탐사 선
Geophysical Survey Line
조사구역
Boundary of Study Area

1 : 50,000
0 1000 2000 3000 4000m

- 지질**
GEOLOGY
- 제4기
QUATERNARY
-부정합-
Unconformity
-관입-
Intrusion
- 백악기
CRETACEOUS
-부정합-
Unconformity
-관입, 분출-
Intrusion, Extrusion
- 지질층**
Alluvium
화강암
Granite
유문암질암
Rhyolitic Rocks
안산암질응회암
Andestic Tuff
정각산층
Jeonggaksan Formation
안산암질암
Andestic Rocks
진동층
Jindong Formation
- 하상층이 주를 이루며 시, 석, 점토 등으로 이루어짐
담색을 띠는 조립질 혹은 모회암으로 석영, 갈장석, 사장석, 흑운모, 각섬석, 인회석으로 구성
퇴색을 띠며 석영, 갈장석, 사장석, 점운모, 기타 미립질 무석광물의 만상석리 가짐
석회암이 광하게 각질 석영, 사장석, Pumice로 구성
홍회암으로 이루어진 화산성 퇴적암 사장석, 석영, 각섬석, 녹니석, 점운모로 구성
탄산암산암으로 사장석, 각섬석, 녹니석 사장석 만상함유
퇴색, 암회색, 누회색 세립 및 사질세립로 구성



1. 대한측량학회, 측사령 제89-284호(1998. 12.29)
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1 : 50,000지형도를 기도로 사용하여 편집·제작한 것임.