

의령군광역수맥조사보고서

2001.

농 립 부
농 업 기 반 공 사



목 차

1. 서 언	1
1-1 조사목적	2
1-2 조사내용	2
2. 조사지역 개요	4
2-1 위치, 교통 및 면적	4
2-2 인구 및 토지현황	5
2-2-1 인구현황	5
2-2-2 토지현황	6
2-3 산업현황	7
2-3-1 농업	7
2-3-2 축산업	8
2-3-3 임업	10
2-3-4 광공업	12
2-3-5 산업 및 농공단지	13
2-4 기상	14
2-4-1 기온	14
2-4-2 강수량	16
2-4-3 증발산량	17
2-4-4 일조시간	19
2-4-5 상대습도	20
3. 수문지질조사	22
3-1 지형 및 지질	22
3-1-1 지형	22
3-1-2 지질	22
3-2 물리탐사	25

3-2-1	원격탐사	26
3-2-2	전기비저항탐사	29
3-3	양수시험	55
3-3-1	양수시험 일반	55
3-3-2	양수시험 결과	57
4.	지하수 이용실태조사	66
4-1	기설관정 현황조사	66
4-1-1	지하수 이용 및 시설현황	66
4-1-2	지하수 이용특성	68
4-2	기설관정 지하수위조사	70
5.	수질 및 잠재오염원 조사	72
5-1	현장간이수질검사	72
5-2	주요이온 분석결과	73
5-2-1	측정 및 분석방법	73
5-2-2	지하수의 수질특성	73
5-3	먹는물 기준 수질검사결과	80
5-4	잠재오염원조사	84
5-4-1	잠재오염원의 분류	84
5-4-2	잠재오염원 분포현황	86
6.	지하수자원의 부존성평가	87
6-1	물수지분석	87
6-1-1	강수량	88
6-1-2	유출분석	88
6-1-3	함양량 분석	90
6-2	지하수 부존량 및 개발가능량	94
6-2-1	지하수 부존량	94

6-2-2 지하수 개발가능량	95
7. 지하수 활용계획	98
7-1 용도별 소요수량 및 공급방안	98
7-1-1 생활용수 소요수량 및 공급방안	98
7-1-2 농업용수 소요수량 및 공급방안	101
7-1-3 기타용수 소요수량 및 공급방안	102
7-2 지하수 개발계획	103
8. 지하수 보전관리	104
8-1 지하수 환경재해	104
8-1-1 발생원인	104
8-2 지하수 보전구역	105
8-2-1 보전구역 정의	105
8-2-2 보전구역 분류	106
8-2-3 지하수 보전구역 설정 및 운영	106
8-2-4 보전구역 내 행위제한	107
9. 결론	108
10. 참고문헌	111

표 목 차

〈표 2-1〉 행정구역 현황	4
〈표 2-2〉 읍·면별 세대 및 인구	5
〈표 2-3〉 의령군 지목별 토지이용 현황	6
〈표 2-4〉 의령군 경지면적	7
〈표 2-5〉 농업진흥구역 지정	7
〈표 2-6〉 식량 작물 생산량	8
〈표 2-7〉 가축사육가구 및 마리	9
〈표 2-8〉 소유별 임야면적	11
〈표 2-9〉 임상별 산림면적	12
〈표 2-10〉 의령지역 광종별 광구수	12
〈표 2-11〉 의령지역 농공단지 현황	13
〈표 2-12〉 기상개황	14
〈표 2-13〉 의령지역의 월별 및 연도별 기온	15
〈표 2-14〉 의령지역의 강수량	17
〈표 2-15〉 의령지역의 증발산량	18
〈표 2-16〉 의령지역의 일조시간 분포	20
〈표 2-17〉 의령지역의 상대습도	21
〈표 3-1〉 의령지역의 지질계통	24
〈표 3-2〉 쌍극자탐사 축선별 총괄표	36
〈표 3-3〉 양수시험 총괄표	57
〈표 4-1〉 지하수 허가·신고현황	66
〈표 4-2〉 행정구역별 지하수 이용현황	67
〈표 5-1〉 양·음이온 수질분석 결과표	75
〈표 5-2〉 오염원의 종류	84
〈표 5-3〉 O.T.A 잠재오염원 분류	85
〈표 5-4〉 의령지역의 잠재오염원 현황	86
〈표 6-1〉 의령지역 추정 증발산량 비(Turc 방법)	89
〈표 6-2〉 의령지역 추정 증발산량 비(Coutagne 방법)	90

〈표 6-3〉 의령군 지하수 함양량 분석결과	93
〈표 6-4〉 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)	94
〈표 6-5〉 의령군 지하수 부존량 추정	95
〈표 6-6〉 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)	96
〈표 6-7〉 의령군 지하수 적정 개발 가능량	97
〈표 7-1〉 상수도 보급현황	98
〈표 7-2〉 간이상수도 및 소규모 급수시설 현황	99
〈표 7-3〉 읍·면별 생활용수 소요수량	100
〈표 7-4〉 읍·면별 농업용수 소요수량	101
〈표 7-5〉 축산용 관정 소요수량	102
〈표 7-6〉 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비	103

그림 목 차

〈그림 2-1〉 월별 평균기온 분포도	15
〈그림 2-2〉 월별 강수량 분포도	17
〈그림 2-3〉 월별 증발산량 분포도	19
〈그림 2-4〉 월별 상대습도 분포도	21
〈그림 3-1〉 의령군 일대 인공위성 영상도	27
〈그림 3-2〉 조사지구내 선구조도	28
〈그림 3-3〉 점전위에 의한 변위	30
〈그림 3-4〉 쌍극자탐사 축선배열방법	31
〈그림 3-5〉 전기비저항탐사 가단면도 모식도	32
〈그림 3-6〉 E-1축선 쌍극자 탐사결과도	40
〈그림 3-7〉 E-2축선 쌍극자 탐사결과도	41
〈그림 3-8〉 E-3축선 쌍극자 탐사결과	42
〈그림 3-9〉 E-4축선 쌍극자 탐사결과도	43
〈그림 3-10〉 E-5축선 쌍극자 탐사결과도	44
〈그림 3-11〉 E-6축선 쌍극자 탐사결과도	45
〈그림 3-12〉 E-7축선 쌍극자 탐사결과도	46
〈그림 3-13〉 E-8축선 쌍극자 탐사결과도	47
〈그림 3-14〉 E-9축선 쌍극자 탐사결과도	48
〈그림 3-15〉 E-10축선 쌍극자 탐사결과도	49
〈그림 3-16〉 E-11축선 쌍극자 탐사결과도	50
〈그림 3-17〉 E-12축선 쌍극자 탐사결과도	51
〈그림 3-18〉 E-13축선 쌍극자 탐사결과도	52
〈그림 3-19〉 E-14축선 쌍극자 탐사결과도	53

〈그림 3-20〉 E-15측선 쌍극자 탐사결과도	54
〈그림 5-1〉 의령 Piper Diagram	76
〈그림 5-2〉 의령 Stiff Diagram	77
〈그림 6-1〉 계통표에 의한 조사지구 유출량	91

1. 서 언

수문지질조사(Hydrogeologic survey)란 지하수를 포함하고 있는 각 대수층의 분포상태와 수리성, 대수층에 부존된 지하수의 산출상태와 수질 등을 조사하는 것이며, 이들 제반 수리자료를 도면화한 것이 수문지질도(Hydrogeologic map)이다.

광역수맥조사는 특정지역을 대상으로 지표수 개발이 불가능한 가뭄상습 농경지에 대해 지하수의 부존상태 및 개발가능량을 조사하는 수맥조사와는 달리 지구내에서의 지하수 유동 및 부존성과 오염가능성등 광역적인 수문지질 특성을 파악하기 위해 실시되며, 지하수 자원의 종합적인 이용 및 보존차원에서 필요한 지하수 조사이다.

우리나라 년평균 강우량은 1,100~1,200mm로서 세계 평균 강우량(730mm)에 비하여 많은 편이나 강우의 60~70%가 하절기에 집중되고 하천의 구배가 급하여 대부분이 홍수로 유출되어 하천수의 이용률이 낮을뿐 아니라, 유역별 수자원 부존량과 용수 수요면에서도 균형을 이루지 못하고 있는 편이다. 더욱이 인구증가와 산업발달, 생활수준 향상 등으로 각종 용수의 수요는 점증되고 있어 표류수는 물론 잠재된 중요 수원인 지하수도 거시적인 안목에서 보다 더 합리적으로 활용되어야 할 시점에 도달하였다.

금번의 광역수문지질조사는 지하수자원의 효율적인 개발과 보존을 위해 새로이 개정된 지하수법의 취지를 살려 의령군(482.91km²) 1개읍, 12개면에 대해 실시하였다. 조사공종은 지표지질조사, 기설관정 이용실태조사, 지하수위관측, 물리탐사, 양수시험 및 수질검사등이며, 이들 자료와 과거 조사지구 내에서 국지적으로 시행된 수맥조사 및 지하수개발조사자료를 종합하여 광역수리지질도를 작성하였다.

의령군 지역에 광역수맥조사 보고서가 관내 지하수 이용관리 및 보존은 물론이고 합리적인 지하수조사개발에 활용되고 향후 지하수정보관리시스템 및 지하수 장기관측망의 기초자료가 될 것으로 기대된다.

끝으로 본 조사에 많은 격려와 협조를 아끼지 않으신 농림부, 경상남도 의령군·읍·면 관계관에게 감사드린다.

1-1. 조사목적

농어촌지역 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해상습지를 대상으로 분산적이고 국지적으로 시행하여온 수맥조사사업을 발전시켜 기 개발된 관정자료와 수맥조사 결과를 종합하여 시·군 또는 농어촌 용수구역단위로 재편집하여 광역수리지질도를 작성, 지하수 자원의 효율적인 개발·이용 및 보전·관리에 필요한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

1-2. 조사내용

가. 조사지구 : 경상남도 의령군(1개읍, 12개면)

나. 조사면적 : 482.91 km²

다. 조사기간 : 2000. 9 ~ 2001. 9

라. 조사자

소 속	직 종	직 급	성 명	조사 업무 내용
본사	지질	2급	홍경선	조사 업무 총괄
		3급	김양빈	현장조사업무 총괄 및 지도
		상용	송양권	현장조사 및 보고서작성
		계1급	김민철	현장조사 및 업무지도
		계4급	김수홍	현장조사 및 보고서작성

마. 조사내용

지형, 지질 및 지하수 부존성과 이용현황을 감안하여 조사물량을 배분하였다. 주요 조사내용은 지표지질조사, 기설관정 실태조사, 물리탐사, 양수시험, 수질검사 등이다. 공종별 조사실적은 다음과 같다.

공 종 별	단 위	조 사 량	비 고
○ 기본조사			
- 지구협의 및 답사	지구	1	
- 지표지질조사	지구	1	
○ 시설관정 실태조사			
- 이용현황조사	공	390	
- 지하수위 조사	회	164	
○ 수문지질조사			
- 양수시험	공	15	
- 전기비저항탐사(쌍극자)	측선	15	
○ 수질 및 잠재오염원조사			
- 현장간이수질검사	회		
- 먹는물 기준 수질검사	회	15	
- 양·음이온 분석	회	15	
- 잠재오염원 조사	회		

바. 조사장비

공 종 별	조 사 장 비	비 고
지표지질조사	Clino-Compass, Rock hammer,	
수 위 조 사	휴대용 수위 측정기 2set	
양 수 시 험	휴대용 수위 측정기 2set	
선구조 추출	ERDAS IMAGINE, SPOT IMAGINE	
쌍극자 탐사	전기탐사기(SAS300) 및 부스터(SAS 2000) 586노트북, Printer, Electrode등 부대품 1set	
수 질 검 사	Checkmate-90, HACH ONE-ph meter, DR-2000, Orion-290A, ICP Emission Spectrometer(38plus), Aromiz Absurptim Spectrometer(Spetra M800)	

2. 조사지역 개요

2-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지역은 경상남도 내륙지방으로 낙동강의 본류와 지류(남강)가 합류하는 지대에 위치하고 있으며, 남부는 남강을 사이에 두고 함안군과 진주시와 경계를 이루며 동부는 낙동강을 경계로 창녕군과 접하고 서부는 산청군, 서북부는 합천군과 연결되어 있다. 행정구역상 동서남북의 경계(좌표극점)는 각각 동단은 지정면 성산리(동경 128도 26분), 서단은 대의면 마쌍리(동경 128도 07분), 남단은 화정면 화양리(북위 35도 15분), 북단은 부림면 권혜리(북위 35도 31분)이며 동서간 연장은 32km, 남북간 연장은 27km이다.

의령군은 행정구역상 1개읍(의령읍) 12개면(가례면, 칠곡면, 대의면, 화정면, 용덕면, 정곡면, 지정면, 낙서면, 부림면, 봉수면, 공유면, 유곡면)으로 행정리 232개, 법정리 116개, 자연마을 264개로 구분되며 총 면적 482.91km²로서 경상남도 면적의 4.2%에 해당한다.

<표 2-1> 행정구역 현황

구 분	읍	면	법정리	행정리	반	자연마을
의령군	1	12	116	232	553	264

본 지역은 낙동강의 본류와 남강의 지류가 합류하는 지대에 위치하고 있어 강을 임한 남쪽은 비옥한 토질로 광야가 전개되고 있으며, 산간지대에도 곳곳에 분지가 발달하여 생활환경이 좋은 곳이다. 지형은 동서가 길고 남북이 짧은 타원형으로 서북부에 해발 897m의 자굴산이 우뚝하게 솟고 동북부는 688m의 국사봉이 자리잡고 있다. 경지면적은 9,568ha이다.

2-2. 인구 및 토지현황

2-2-1. 인구현황

의령군의 총 인구는 1999년 현재 35,487명이며 총 13,438 세대수로서 의령읍이 우세하며, 남녀의 성비는 여자가 약간 많은 수를 나타내고 있다. 인구밀도는 73.5명이며 세대당 인구는 2.64명이다. 65세 이상 고령자는 7,131명이다. 읍·면별 세대 및 인구는 다음 표와 같다.

<표 2-2> 읍·면별 세대 및 인구

구 분	면적 (km ²)	세대	인 구(명)			인구밀도 (명/km ²)	
			계	남	여		
의령군	계	482.91	13,438	35,487	17,032	18,455	73.5
	의령읍	34.30	3,291	10,111	4,974	5,137	
	가례면	35.55	805	2,200	1,040	1,160	
	칠곡면	22.37	596	1,443	661	782	
	대의면	35.88	605	1,469	694	775	
	화정면	38.29	844	2,195	1,091	1,104	
	용덕면	33.83	873	2,351	1,124	1,227	
	정곡면	40.17	864	2,112	997	1,115	
	지정면	46.91	1,064	2,749	1,331	1,418	
	낙서면	23.44	522	1,273	607	666	
	부림면	47.96	1,765	4,559	2,165	2,394	
	봉수면	33.06	665	1,615	772	843	
	궁유면	43.57	742	1,627	762	865	
	유곡면	47.56	802	1,783	814	969	

2-2-2. 토지현황

의령군의 총 토지는 482,909,422.2m² 이며, 부림면이 가장 넓은 분포를 차지하고 있으며 유곡면, 지정면, 궁유면, 정곡면 등의 순서로 넓은 면적을 차지하고 있다. 용도별로 구분하면 임야가 절반이상을 차지하고 있으며 답, 전, 하천, 구거, 도로, 대지용지의 순서이다.

<표 2-3> 의령군의 지목별 토지이용 현황

(단위 : km²)

읍면별	계	전	답	임야	대지	도로	하천	목장용지	
의령군	계	482909422.2	37318663.3	58369066.2	332522420.8	6743259.5	9110089.4	17739536.4	652171.3
	의령읍	34297817.7	3120903.0	5271016.8	19658277.5	884663	813835.7	2011540	288024
	가례면	35553436.7	1565845	3716993.8	27415974.0	603797.5	485884	585506.2	19566.3
	철곡면	22373680.1	1388950	3155455.1	15859061.0	339323.0	460610	321017	8616
	대의면	35881200.8	1256691	3827492.8	28326745.0	339980	574548.9	365402	42804
	화정면	38293242.5	2805305	5103342.3	26871445.0	491133	743375.5	935244	13209
	용덕면	33833070.5	2843416	5185781.6	21655550.0	442153	744206.2	1489153.5	32180
	정곡면	40167359.6	4577348.3	5786391.8	24500224.3	538229	863756.1	1635359	13999
	지정면	46911961.0	5847136	5796820.0	28702950.0	629641	1049497	2193716	128761
	낙서면	23440163.5	2918576	2788624.4	12119243.0	360308	530232.9	3383278	30911
	부림면	47960790.1	4603921	5926678.6	31496625.0	837888	832580.2	2287892	31081
	봉수면	33063450.4	2219504	2764157.7	25332297.0	409075	479498.1	611649.2	12211
	궁유면	43569985.3	1877982	3870774.3	34804670.0	411597	585274.7	420620.5	5781
	유곡면	47563264.0	2293086	5175537.0	35779389.0	495472	946790.1	1499159.0	25028
	구성비 (%)	100.0	7.7	12.1	68.9	1.4	1.9	3.7	0.1

▶ 기타 : 과수원, 공장용지, 학교용지, 제방, 구거, 유지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지 등

2-3. 산업현황

2-3-1. 농업

의령군 지역의 경지면적은 총 10,306.4ha로 논은 6,199ha, 밭은 4,107.4ha를 차지한다. 경지면적은 1995년 이후 다소 증가세를 보이다 거의 변화가 없으며, 논과 밭 모두 같은 양상을 보이고 있다. 반면에 가구당 경지면적은 거의 변화가 없으며 논은 대체로 감소하고 밭은 약간 증가세를 보이다가 변화가 없는 양상을 보여주고 있다. 또한 의령지역의 농업진흥구역 변동추이를 보면 농업진흥지역과 농업보호구역 모두 1997년에서 1998년까지는 비슷한 양상을 보여주고 있으나 1999년에 갑자기 증가된 양상을 보여주고 있다.

최근 몇 년간 의령군에서 재배하는 식량작물의 분포 변화를 보면, 미곡이 가장 많고 맥류, 서류 순으로 많은 것을 알 수 있으며 전체적인 면적과 생산량을 살펴보면 1994년에서 1999년까지 점차 감소세를 나타내는 것을 알 수 있다.

<표 2-4> 의령군 경지면적

연도별	구분	경 지 면 적			가 구 당 경 지 면 적		
		계	논	밭	계	논	밭
1994		9,189	6,107	3,082	1.27	0.86	0.41
1995		8,722	5,711	3,011	1.13	0.74	0.39
1996		9,490.1	5,751.4	3,738.7	1.22	0.74	0.48
1997		10,314.4	6,205	4,109.4	1.20	0.72	0.48
1998		10,314.4	6,205	4,109.4	1.20	0.72	0.48
1999		10,306.4	6,199	4,107.4	1.20	0.72	0.48

*자료 : 의령통계연보(2000)

<표 2-5> 농업진흥구역 지정

연도별	구분	계		농업 진 흥 구 역		농업 보 호 구 역	
		필지수	면적	필지수	면적	필지수	면적
1997		35,954	4,671.7	27,360	3,789.4	8,594	882.3
1998		36,260	4,724.5	27,666	3,842.2	8,594	882.3
1999		39,229	4,971.5	30,575	4,126	8,654	845.5

*자료 : 의령통계연보(2000)

<표 2-6> 식량 작물 생산량

구분 연도별	합 계		미 곡		맥 류	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
1994	8,556	33,599	5,300	22,525	2,045	6,015
1995	8,441	32,012	5,244	21,098	1,910	5,742
1996	8,069	33,993	5,150	23,948	1,760	5,073
1997	7,525.6	33,377	5,228	25,565	1,325	3,859
1998	7,178	32,429	5,236	25,970	1,007	2,836
1999	7,216	30,463	5,243	23,968	1,047	2,963

* 자료 : 의령통계연보(2000)

<표 2-6> 식량 작물 생산량(계속)

구분 연도별	잡 곡		두 류		서 류	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
1994	131	178	915	1,386	165	3,495
1995	158	508	966	1,329	163	3,335
1996	157	350	846	1,165	156	3,457
1997	145.6	182	696	950	131	2,821
1998	147.6	326	667	720	120.5	2,577
1999	153	259	661	764	112	2,509

* 자료 : 의령통계연보(2000)

2-3-2. 축산업

의령지역의 축산업은 표 3-12과 같이 사육호수는 한육우, 개, 닭, 꿀벌, 산양순이며 마리수는 닭, 돼지, 한육우, 꿀벌, 개, 산양순이다. 한육우, 개, 닭, 꿀벌의 경우에는 1997년까지는 일반적으로 약간의 증가세를 보이다가 이후 점차 감소하는 양상을 보여주고 있다. 젓소, 돼지, 산양, 꿀벌의 경우에는 지속적인 감소세를 보여주고 오리는 지속적으로 증가하는 경향을 보여주고 있다.

<표 2-7> 가축사육가구 및 마리

연도별 및 읍면별	구분 한 육 우		젓 소		돼 지		닭		산 양	
	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수
1994	4709	4600	66	1330	317	16984	786	121488	629	3852
1995	4464	14196	60	1455	151	17999	861	141608	689	4012
1996	4351	15242	57	1578	68	18425	1000	167060	636	3771
1997	3914	14644	48	1640	71	23244	728	153335	604	3559
1998	3561	13633	39	1655	59	26435	743	143813	469	2997
1999	2879	10504	39	1729	70	27226	814	165845	374	2331
의령읍	110	361	11	368	3	1470	50	2063	33	85
가례면	192	629	14	487	2	1777	33	1510	34	244
철곡면	136	420	1	51	1	316	55	393	31	278
대의면	177	1345	-	-	18	4742	57	735	24	91
화정면	145	296	1	59	11	329	111	1150	45	184
용덕면	162	564	-	-	10	3144	95	132887	24	324
정곡면	251	923	-	-	-	-	63	421	21	68
지정면	249	995	8	531	6	8950	24	188	24	88
낙서면	207	745	1	23	-	-	46	382	11	31
부림면	391	1744	1	80	8	4627	65	1333	11	109
봉수면	261	862	1	50	4	1517	32	500	13	118
궁유면	296	739	-	-	2	12	134	1999	67	531
유곡면	302	881	1	80	5	342	49	22284	36	180

* 자료 : 축산과

<표 2-7> 가축사육가구 및 마리(계속)

연도별 및 읍면별	사슴		토끼		개		오리		꿀벌	
	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	군수
1994	8	91	11	316	2210	5285	14	203	435	4612
1995	6	107	6	114	2365	5938	20	248	433	5150
1996	6	116	12	2040	2618	8079	28	491	446	5418
1997	8	150	16	173	2214	6489	35	445	390	7895
1998	10	177	19	146	1956	4485	42	1526	351	6355
1999	12	192	32	467	1797	4973	53	2297	377	7001
의령읍	-	-	3	7	210	539	1	10	17	284
가례면	2	13	3	29	144	371	-	-	17	205
칠곡면	-	-	2	73	95	240	2	11	20	276
대의면	-	-	3	38	96	304	5	52	47	498
화정면	2	36	12	77	84	439	5	56	31	919
용덕면	1	40	3	11	198	534	12	160	25	116
정곡면	-	-	-	-	148	329	12	95	8	69
지정면	1	5	2	220	116	407	1	1300	36	417
낙서면	-	-	2	6	121	222	3	9	4	289
부림면	-	-	2	6	205	706	1	30	31	1903
봉수면	-	-	-	-	108	296	-	-	18	432
궁유면	2	64	-	-	133	327	2	25	69	1301
유곡면	4	34	-	-	139	259	9	549	54	292

* 자료 : 축산과

2-3-3. 임업

의령군의 임야 총 면적은 33,187ha로 소유별 임야면적은 사유림 32,081ha, 공유림 998ha, 그리고 국유림 147ha를 차지한다. 면별로는 지정, 공유, 유곡면이 3,000ha 이상을 차지하고 있으며 1994년에서 1999년까지 임야면적의 합계를 살펴보면 조금씩 감소되는 양상을 보여주고 있다. 이러한 감소경향은 임상별 산림면적

도 마찬가지로이다.

의령군의 임상별 산림면적은 입목지가 33,027ha로 99.5%를 차지하며, 무입목지는 144ha로 0.5%를 차지한다. 입목지의 경우, 침엽수가 17,154ha(52.9%)로 가장 우세하며, 혼효림12,429ha(37.6%), 활엽수3,342ha(10.1%) 그리고 죽림 102ha(0.3%) 순으로 나타난다(표 3-14).

<표 2-8> 소유별 임야면적

(단위: ha)

구분 연도별 및 읍면별	합 계	국 유 림			공 유 림			사유림
		계	산림청소관	타부처소관	계	도유림	군유림	
1994	33213	134	128	6	998	-	998	32081
1995	33206	130	124	6	998	-	998	32078
1996	33203	147	141	6	998	-	998	32058
1997	33203	147	141	6	998	-	998	32058
1998	33190	147	141	6	998	-	998	32045
1999	33187	147	141	6	998	-	998	32042
의령읍	1951.20	14.2	13.2	1	106	-	106	1831
가례면	2740.73	14.73	14.73	-	173	-	173	2543
칠곡면	1585.90	5.9	5.9	-	77	-	77	1503
대의면	2823.00	-	-	-	82	-	82	2741
화정면	2712.26	21.26	18.26	3	151	-	151	2540
용덕면	2161.44	2.44	2.44	-	23	-	23	2136
정곡면	2434.21	14.21	12.21	2	23	-	23	2397
지정면	3129.72	17.72	17.72	-	50	-	50	3062
낙서면	1213.00	-	-	-	9	-	9	1204
부림면	2883.36	4.36	4.36	-	18	-	18	2861
봉수면	2544.17	1.17	1.17	-	49	-	49	2504
궁유면	3444.71	41.71	41.71	-	191	-	191	3212
유곡면	3563.30	9.3	9.3	-	46	-	46	3508

* 자료 : 환경녹지과

<표 2-9> 임상별 산림면적

(단위: ha)

구분 연도별 및 읍면별	합 계	입 목 지					무 입 목 지			
		계	침엽수	활엽수	혼효림	죽림	계	미입목지	개간	제지
1994	33213	32656	18513	3262	10808	73	557	203	-	354
1995	33206	32607	18469	3259	10808	73	599	230	-	369
1996	33203	32510	18389	3242	10806	73	693	285	-	408
1997	33203	32478	18364	3235	10806	73	725	294	-	431
1998	33190	32482	18370	3233	10806	73	708	267	-	441
1999	33171	33027	17154	3342	12429	102	144	36	108	-

* 자료 : 환경녹지과

2-3-4. 광공업

의령 지역의 광산 현황을 살펴보면 다음 <표 2-11>과 같다.

전체적인 광산의 숫자는 계속 감소하는 추세이며 1996년 이전에는 비금속광이 대부분을 차지하고 있다. 1994년 이후 가행되는 광산은 없으며 석탄광과 기타 다른 광산은 없는 것으로 나타나고 있다. 1999년 현재 총 세곳의 미가행 광산만이 남아 있다

<표 2-10> 의령지역 광종별 광구수

연도별	합계			금속광			비금속광			석탄광			기타광		
	계	가행	미가행	계	가행	미가행	계	가행	미가행	계	가행	미가행	계	가행	미가행
1994	6	-	6	5	-	5	13	-	13	-	-	-	-	-	-
1995	7	-	7	5	-	5	14	-	14	-	-	-	-	-	-
1996	13	-	13	3	-	3	10	-	10	-	-	-	-	-	-
1997	3	-	3	2	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-
1998	3	-	3	2	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-
1999	3	-	3	2	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-

2-3-5. 산업 및 농공단지

의령군의 산업 및 농공단지현황을 살펴보면 다음 표 와 같다.

1995년 이전까지는 농공단지가 존재하지 않았으나, 1996년부터 단지가 조성되어 있으며, 그 수는 거의 일정하게 유지되고 있다. 총면적으로 보았을 때는 일정하나, 입주업체수 및 종업원수는 점차 감소하는 경향으로 진행되고 있다.

단지가 조성된 곳은 의령읍에 동동지구와 구룡지구, 정곡면에 정곡지구, 부림 및 봉수면에 각각 1지구씩 조성되어 있다.

<표 2-11> 의령지역 농공단지현황

연도별 및 읍면별	단지수 (농 공)	단지명 (농 공)	총면적 (m ²)	입주업체수	종업원수 (명)
1994	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-
1996	4	-	821358	48	1701
1997	5	-	1126087	30	927
1998	5	-	1126078	29	926
1999	5	-	1126087	27	175
의령읍	2	동동/구룡지구	600543	18	950
가례면	-	-	-	-	-
칠곡면	-	-	-	-	-
대의면	-	-	-	-	-
화정면	-	-	-	-	-
용덕면	-	-	-	-	-
정곡면	1	정곡지구	61510	1	26
지정면	-	-	-	-	-
낙서면	-	-	-	-	-
부림면	1	부림지구	147287	2	93
봉수면	1	봉수지구	316747	6	106
궁유면	-	-	-	-	-
유곡면	-	-	-	-	-

2-4. 기 상

한 지역의 수문기상은 그 지역의 기후와 지형 및 지질과 밀접하게 연관되어 나타난다. 기후는 그 지역의 위치에 따라 결정되며 중요한 기후학적 인자로는 강수, 습도, 기온 및 바람 등이고 이들 인자들은 수문순환의 과정인 증발과 증산에 영향을 미친다. 지형인자는 강수의 형태나 강수량의 분포에 영향을 미치고 유출율의 정도에 결정적인 요소가 된다. 한편 지질인자는 한 지역의 지형 상황을 지배하고 지하수를 형성하는 대수층 구조에 중요한 영향을 미친다(안상진, 1998).

의령군에 대한 수문기상자료는 최근 13년간(1988~2000) 합천측후소의 관측 자료와 의령군에서 발행한 의령군통계연보(2000)를 이용하였다.

13년간(1988년~2000년) 기후자료 분석결과 년평균 기온은 12.9℃이며 월별 평균기온은 최난월인 8월에 25.3℃, 최한월인 1월에는 -0.7℃이다.

<표 2-12> 기상개황

구 분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
평균기온(℃)	-0.7	1.4	6.4	12.9	17.7	21.7	25.0	25.3	20.3	13.9	7.2	1.3	12.7
평균강수량(mm)	21.8	33.0	54.6	94.8	90.8	169.9	258.8	267.1	144.7	49.2	38.9	16.1	103.3
평균강수일수(일)	3.9	4.7	6.4	7.8	8.4	10.2	12.8	11.9	8.0	4.9	5.3	3.5	7.3
평균증발량(mm)	48.7	57.7	100	135.1	161.2	147.6	138.4	145.8	108.5	95.1	59.5	47.8	103.8
평균풍속(m/sec)	1.1	1.3	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2

2-4-1. 기 온

대기의 온도는 지표면의 상태, 고도 등에 의하여 영향을 받음과 동시에 지역적, 시간적으로 많은 변화를 하고 있다. 또한 이러한 대기의 온도 변화는 직접적으로 물의 순환 과정에 영향을 주며, 물의 수량 및 물의 흐름상태에도 많은 영향을 준다(선우중호, 1994).

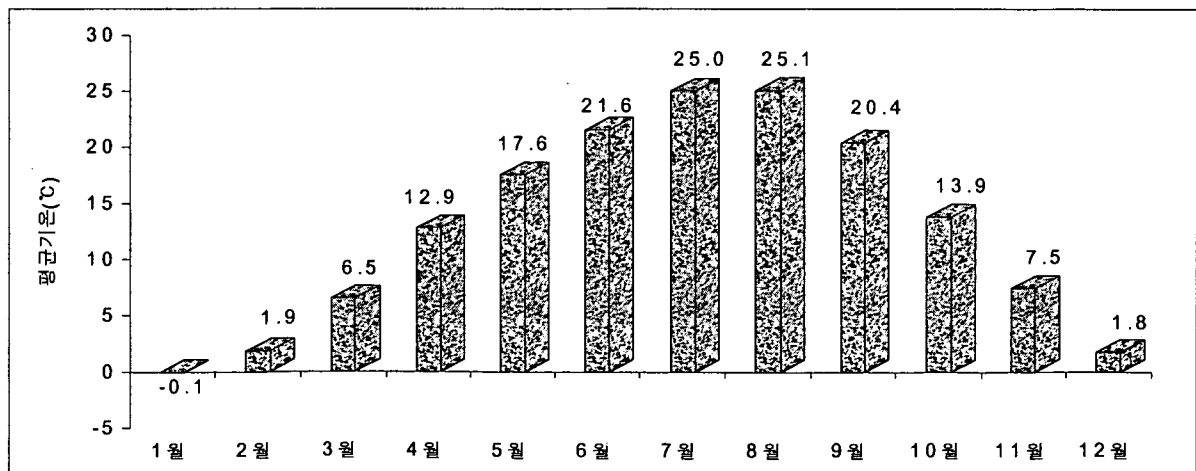
최근 13년간 연평균 기온은 12.9℃이며 연중 가장 기온이 높은 8월 평균기온은

25.1℃이고, 최한월인 1월 평균기온은 -0.9℃이다.<표 2-13, 그림 2-1> 조사지역의 기온변화는 1월부터 8월까지 계속적으로 증가하다가 8월을 기점으로 하강하는 형태의 기온분포를 보여준다. 1988년 이후 최고기온은 지난 94년 7월에 35.5℃, 최저기온은 95년 1월 -6.9℃를 나타내었다.

<표 2-13> 의령지역의 월별 및 연도별 기온

(단위 : ℃)

월 년	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
1988	-0.22	0.17	5.11	12.4	17.34	22.33	24.25	25	20.37	13.83	5.41	0.31	12.19
1989	1.24	2.82	6.38	13.53	18.22	20.53	24.13	24.31	20.15	12.8	7.62	2.14	12.82
1990	-1.47	4.22	7.29	11.93	17.17	22.15	26.55	26.98	21.37	14.27	9.81	1.73	13.50
1991	-0.28	0.12	6.09	12.3	17.15	22.87	24.84	23.87	20.57	13.24	6.26	3.44	12.53
1992	0.95	1.76	7.31	12.76	16.36	20.68	25.41	24.3	20.03	12.76	6.08	2.35	12.56
1993	-0.58	2.25	5.89	12.38	16.91	21.55	22.46	21.88	19.58	12.59	8.59	1.15	12.05
1994	-0.63	1.37	4.85	13.81	17.87	21.63	28.97	27.22	20.59	13.91	8.49	1.67	13.31
1995	-1.1	1.29	6.43	12.14	16.42	20.91	25.56	27.04	18.95	13.82	5.45	-0.55	12.19
1996	-0.92	0.16	5.37	10.96	17.6	21.64	24.8	26.08	20.43	14.83	8.38	2.49	12.65
1997	0.54	3.34	8.2	12.77	17.39	21.75	24.15	24.22	19.22	12.96	8.41	2.08	12.91
1998	0.32	3.81	8.02	15.6	19.3	19.76	24.67	25.23	21.86	16.8	8.15	2.63	13.84
1999	0.4	2.05	6.68	13.63	18.34	22.2	23.69	24.34	22.39	13.76	7.7	1.85	13.08
2000	0.85	0.99	7.26	13.07	18.39	22.42	25.93	25.68	19.9	14.54	7.19	1.83	13.17
평균	-0.06	1.87	6.52	12.86	17.57	21.57	25.03	25.08	20.41	13.85	7.50	1.77	12.88



<그림 2-1. 월별 평균기온 분포도>

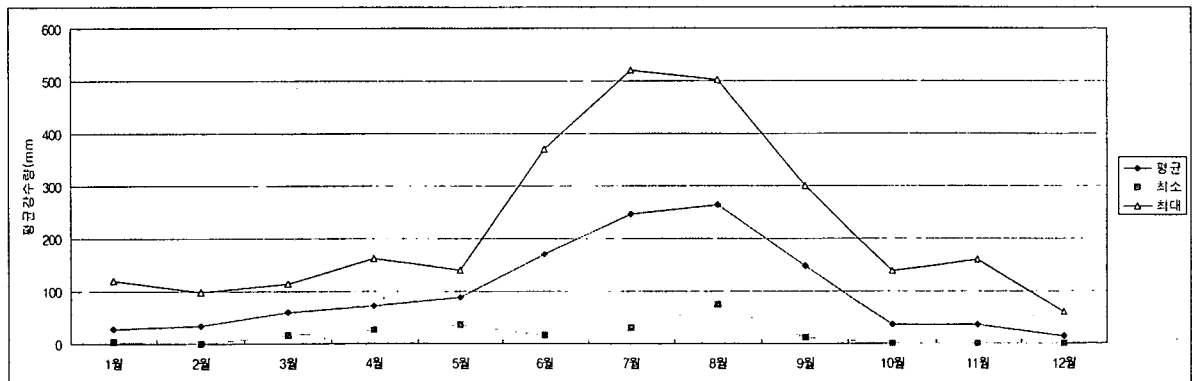
2-4-2. 강수량

강수(Precipitation)는 구름이 응축되어 지상으로 떨어지는 모든 형태의 수분을 통틀어 말하는 것으로 강우와 눈을 포함한다. 강수의 형태는 이슬비(Drizzle), 비(Rain), 우수(Glaze), 진눈깨비(Sleet), 눈(Snow), 설편(Snow flakes), 우박(Hail), 이슬(Dew), 서리(Frost), 안개(Fog) 등으로 나타난다. 강수가 지상에 도달한 양을 산출하기 위해서는 강수량을 측정하여야 하며, 강수량의 측정은 강우량과 강설량을 측정하는 방법으로 구분할 수 있다(안상진, 1998). 본 의령지역에 대한 조사에서는 강우량과 강설량을 구분하지 않고 전체적인 강수량으로 기술하였다.

의령지역의 강수량의 분포를 분석하면, '88년~'00년까지의 연평균 강수량은 1198.4mm이다.(표 2-14, 그림 2-2) 년도별 강수량이 가장 적었던 해는 95년 628.2mm이고, 강수량이 가장 풍부했던 해는 89년 1802.1mm로 연간 최소 강수량의 약 3배를 기록해 년별 강수량의 변화가 매우 심한 것으로 나타났다. 월평균 최대강수량은 지난 89년 7월 520.5mm이고, 월평균 최소강수량은 95년 12월과 2000년 2월 0mm를 기록하였다. 계절별, 월별 강우 특성은 여름철인 7월과 8월에 전체 평균강수량의 42.6%가 이 기간에 집중되었으며, 장마나 태풍의 영향으로 6월과 9월의 평균강수량도 각각 14.3%, 12.3%를 나타냈다. 이는 우리나라 강수량의 약 70% 이상이 6월에서 9월사이에 집중되는 현상과 일치하는 것으로 대부분이 증발 또는 지표수로 유출되는 것으로 예상된다.

<표 2-14> 의령지역의 강수량

연도 \ 월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총계	평균
1988	21	5.2	57.3	75.7	100.7	101.4	241.9	74.5	73.5	4	1.2	3.4	759.8	63.31
1989	120.5	119	108	51.4	36	214.5	520.5	353.5	191.5	22	49.2	16	1,802.1	150.17
1990	16.2	98.4	61.5	163	134.5	369.2	211.5	104.5	246.8	13.5	54	3	1,476.1	123.00
1991	17.7	41.2	86.5	51.9	50.1	154.2	478	480.6	243.7	0.2	7.3	42	1,653.4	137.78
1992	13.8	14.5	59.6	94.8	48.1	15.6	176.7	143.8	183.6	34	13	27.2	824.7	68.72
1993	23.9	55	47	26.6	129.5	216	172.5	416	33.5	41.5	48	17	1,226.5	102.20
1994	19.4	18.2	28.6	47.6	117.5	88	29.5	124.5	12.5	137.5	27.6	7.5	658.4	54.86
1995	17.1	15.5	47	59.1	69	56.5	144.5	162	25.5	31.5	0.5	0	628.2	52.35
1996	22	1.7	113.5	47	51.5	280.5	83.5	65.5	58.5	23.5	53.3	15.3	815.8	67.98
1997	4.4	7	29.5	53	104.5	203.5	350	261	18	3	159.5	59.1	1,252.5	104.37
1998	41.2	45.7	34	153.5	140.5	236	146	502.5	300.4	62.2	5.5	0.5	1,668	139.00
1999	22.5	28	98.8	72.5	124.5	151.5	232.2	309.3	266.5	68	14.5	0.2	1,388.5	115.70
2000	14.2	0	16.3	28.2	44	133.5	422.5	422.5	263.5	36.5	42.5	1.5	1,425.2	118.76
평균	27.22	34.56	60.58	71.10	88.49	170.80	246.86	263.09	147.50	36.72	36.62	14.82	1,198.40	99.86
최소	4.4	0	16.3	26.6	36	15.6	29.5	74.5	12.5	0.2	0.5	0	-	-
최대	120.5	98.4	113.5	163	140.5	369.2	520.5	502.5	300.4	137.5	159.5	59.1	-	-



<그림 2-2> 월별 강수량 분포도

2-4-3. 증발산량

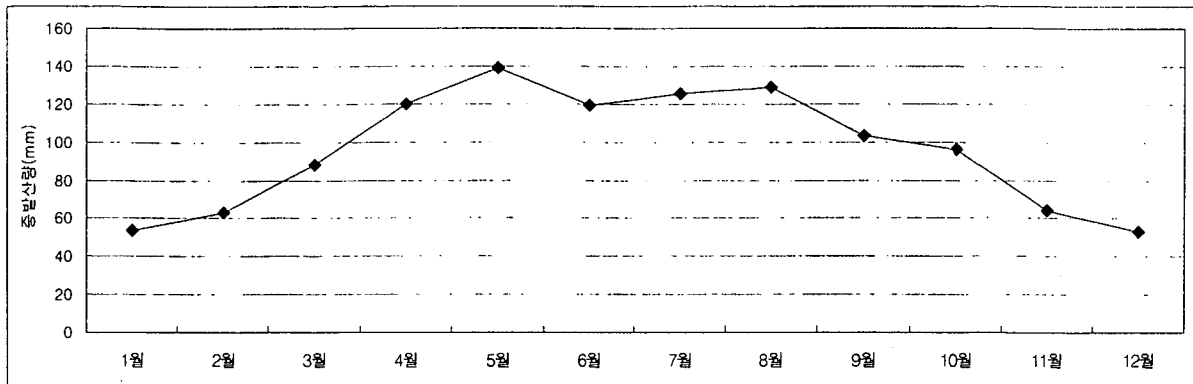
지구 전체로 볼 때 지상에 낙하된 강수의 약 75%는 다시 증발(Evaporation)과

발산(Transpiration) 작용을 거쳐 대기로 환원되는 것으로 알려져 있다. 증발은 어떤 물질이 액체 상태에서 기체 상태로 변화하는 현상이며, 물 수면에서 단위시간당 물분자의 교환능력을 증발율이라 한다. 또한, 수면에서 나타나는 물분자의 이탈을 증발이라 하고, 식물의 표면에서 나타나는 증발현상을 발산이라 한다. 수문과정에서는 수면에서의 증발과 식물에서의 발산을 함께 취급하는 경우가 많으므로, 이를 통칭하여 증발산(Evapotranspiration)이라 한다. 증발산은 기상학적 인자 이외에도 식물의 종류, 색깔의 농도, 밀도, 성장속도 그리고 잎 표면의 크기 등 식물요소 뿐만 아니라 토양의 공극율, 투수계수, 입자의 크기 및 토양의 함수율 등에 의하여 직접적으로 영향을 받는다(선우중호, 1994).

증발산량 자료를 분석한 결과 평균 증발산량은 1,153mm를 나타내었고 년도별 최대, 최소값은 각각 1,405.9mm(1994년), 1,065.9mm(1999년)를 기록하였다. 월별 증발산량 분포에서는 5월에 138.7mm로 최대값을 갖고, 전체 증발산량의 44.5%가 5월~8월에 집중되는 것으로 나타났다.

<표 2-15> 의령지역의 증발산량

년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
1988	57.9	56.1	76.6	113.3	124.9	115.3	113.7	142.1	98.9	106.4	75.7	50.1	1,131
1989	40.3	51.4	92.9	125.9	139.4	119.5	114.6	137.2	70.2	93.5	58.9	46.5	1,090.3
1990	46.8	42.2	92.6	103.4	122.3	106	138.9	161.1	98	92.1	61.1	51.7	1,116.2
1991	51.2	50.4	79.4	115.4	135.6	114.2	96.8	124.3	97.1	111.8	66.7	49.5	1,092.4
1992	51.5	68.7	72.7	120.2	142.1	141.2	147.3	122.6	105.5	88.5	62.6	66.4	1,189.3
1993	57.1	73.4	89.7	136.1	132.1	109.4	95.8	84	103.8	109.5	57.3	61.8	1,110
1994	62.6	84.3	103.8	119.6	152.4	142.3	198.9	156.9	142.8	100.1	75.9	66.3	1,405.9
1995	62.3	61.9	81.7	131.2	134.8	132.8	129.3	157.9	104.2	94.7	78.2	54.7	1,223.7
1996	56.6	68.9	86.8	136.3	151.1	109	154.5	146.7	100	92	55.1	48.8	1,205.8
1997	53.8	67	92.6	114.8	143.6	142.1	106.2	115	131	108.3	60.9	47.3	1,182.6
1998	55.4	57	102.7	99.9	135.4	86.2	118.2	109.5	113.1	87.1	63.4	54.4	1,082.3
1999	58.7	70.6	73.8	120.4	148.7	115.6	96	102.8	88.8	80.7	62.7	47.1	1,065.9
2000	44.2	69.5	100.9	118.9	140.3	116.7	123	111.6	90.6	84.9	54.9	44.5	1,100
평균	53.72	63.18	88.16	119.64	138.66	119.25	125.63	128.59	103.38	96.12	64.10	53.00	1,153.49



<그림 2-3> 월별 증발산량 분포도

2-4-4. 일조시간

일조시간은 지형과 위도, 계절풍 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 겨울에는 북서 계절풍의 영향을 많이 받는 서해안 지방이 동해안 지방보다 짧고, 상대적으로 여름철에는 남동 계절풍의 영향을 받아 반대 현상이 나타난다. 일조량은 특정 지역의 수문순환계에 큰 영향을 미치며, 이는 지하수 부존량에도 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다.

최근 13년간 의령지역의 년별 평균 일조시간은 5.1~6.9시간이었으며, 월별 평균 일조시간은 4월과 5월에 각각 7.3시간, 7.1시간으로 높게 나타난 반면 동절기인 11, 12, 1월에 5.8시간을 기록하였다.

<표 2-16> 의령지역의 일조시간 분포

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
1988	6.94	6.43	6.73	8.55	8.02	7.16	5.22	7.18	6.01	6.75	7.67	6.20	6.90
1989	4.32	5.35	6.77	8.29	7.82	7.14	6.03	6.75	4.45	7.26	5.32	5.83	6.27
1990	5.61	3.96	6.75	7.20	7.21	6.05	7.07	7.43	4.96	6.85	5.48	5.81	6.19
1991	6.05	6.10	5.91	7.80	8.32	7.01	4.60	6.80	5.98	8.02	6.55	4.82	6.49
1992	5.73	7.31	4.99	7.76	7.78	8.01	8.45	5.37	5.8	6.74	6.24	5.23	6.61
1993	4.80	6.61	4.94	7.15	6.69	4.72	3.28	2.99	5.90	6.73	3.89	5.94	5.30
1994	5.84	6.98	6.70	5.54	6.59	6.28	8.58	7.75	8.31	6.05	6.32	5.82	6.73
1995	6.74	7.37	6.33	7.99	7.14	5.81	4.67	6.15	4.70	5.91	7.00	5.99	6.31
1996	5.72	6.90	5.91	8.17	5.64	2.85	5.21	6.01	5.84	6.03	4.32	6.08	5.72
1997	6.35	7.38	6.78	7.06	6.21	6.99	4.81	5.35	7.09	8.24	5.55	4.79	6.38
1998	5.30	5.20	7.30	5.09	5.83	3.25	3.04	4.03	5.46	5.48	6.00	6.35	5.19
1999	6.26	6.75	4.93	7.21	8.62	5.94	3.53	4.02	4.49	4.34	5.77	6.19	5.67
2000	5.01	7.72	7.87	7.28	6.93	4.50	4.50	-	-	3.69	4.85	5.33	6.15
평균	5.74	6.46	6.30	7.31	7.13	5.82	5.30	5.81	5.74	6.31	5.76	5.72	6.14

2-4-5. 상대습도

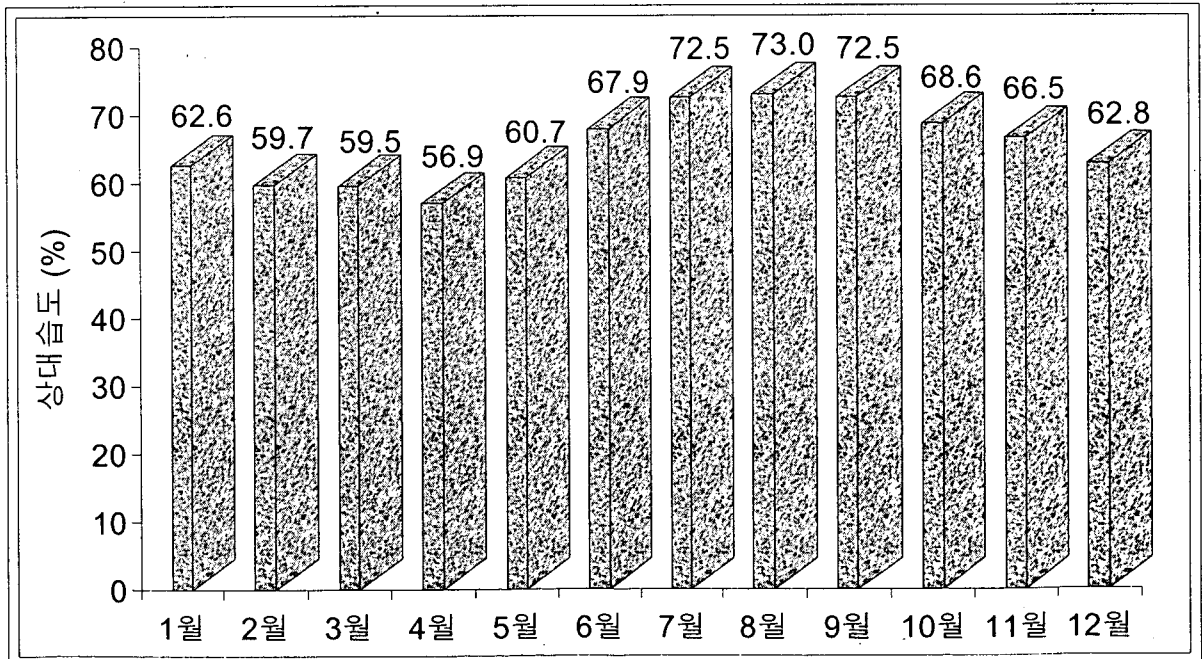
습도는 대기의 건조상태를 나타내는 요소로서 주로 상대습도를 사용하여 표시한다. 습도는 날씨가 나쁘고 구름의 양이 많을 경우 습도는 높게 나타나며, 일조량이 많고 맑으며 구름이 적을때는 습도가 낮고 건조해지기 쉬우며, 또한 화재발생과 그 지역의 동·식물의 식생에도 영향을 미친다.

의령지역의 1988~2000년 사이 13년간의 연평균 상대습도는 65.3%이며 가장 높은 해는 1990년 75.5%이고 가장 낮은 해는 1995년 56.4%로서 연평균 상대습도의 차이는 약 19%이다. 상기 기간동안의 월평균 상대습도는 8월에 73.0%로 가장 높고 4월에 56.9%로 최저를 나타내고 있으며 상대습도가 가장 높은 월은 1989년 9월 84.7%, 최저는 1995년 4월 44.4%로 나타났다.

< 표 2-17 > 의령지역의 상대습도 (1988~2000)

(단위%, 합천기상관측소)

년\월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
1988	68.57	64.99	67.18	61.35	70.3	76.22	84.15	81.47	81.01	72.3	67.73	69.2	72.03
1989	76.82	71.06	65.85	68.81	67.77	76.37	83.67	79.03	84.7	76.49	74.66	74.55	74.98
1990	69.64	79.35	69.33	67.49	72.82	78.18	79.56	76.63	81.28	79.01	79.21	73.85	75.52
1991	73.39	70.02	71.74	64.99	62.13	75.79	83.1	79.27	75.8	69.84	67.1	67.73	71.74
1992	66.31	61.86	68.62	62.57	65.03	64.22	72.17	72.36	72.88	72.56	68.26	69.35	68.01
1993	68.15	59.23	60.73	48.44	60.48	65.16	62.1	70.21	70.61	65.16	66.46	47.88	62.05
1994	54	56.14	49.48	50.79	58.34	61.57	64.33	63.31	54.76	58.15	58.95	54.93	57.06
1995	50.26	52.36	51.87	44.4	50.68	51.18	59.4	61.27	72.85	70.73	57.12	54.09	56.35
1996	53.6	49.4	54.13	45.13	54.05	65.07	66.53	65.49	67.18	62.66	64.65	61.06	59.07
1997	53.89	50.86	55.65	56.18	60.46	62.33	73.2	72.72	64.46	57.35	66.05	67.43	61.71
1998	64.51	63.54	55.02	65.89	56.62	74.68	70.86	74.24	67.34	65.83	59.27	57.24	64.58
1999	54.5	52.05	56.7	55.98	54.01	64.05	69.48	75.9	76.18	71.18	66.24	58.15	62.86
2000	60.09	45.39	47.36	47.31	56.37	67.45	74.19	76.93	73.63	71.15	68.71	60.44	62.41
평균	62.59	59.71	59.51	56.87	60.69	67.86	72.51	72.98	72.51	68.64	66.49	62.76	65.25



<그림 2-4. 월별 상대습도 분포도>

3. 수문지질조사

3-1. 지형 및 지질

3-1-1. 지형

조사지구는 동경 128° 07' ~128° 26' , 북위 35° 15' ~35° 31' 범위에 해당하며 낙동강의 본류와 지류(남강)가 합류하는 지대에 위치하고 있어 강을 임한 남쪽은 비옥한 토질로 광야가 전개되고 있으며, 산간지대에도 곳곳에 분지가 발달하여 생활환경이 좋은 곳이다. 지형은 동서가 길고 남북이 짧은 타원형으로 서북부에 해발 897m의 자굴산이 우뚝하게 섰고 동북부는 688m의 국사봉이 자리잡고 있으며, 남부는 남강을 사이에 두고 함안군, 진주시와 경계를 이루며 동부는 낙동강을 경계로 창녕군과 접하고 서부는 산청군, 서북부는 함천군과 엮여 있다.

본역의 대부분에 분포하는 경상계 낙동아층상부부터 신라아층군까지의 암층은 주로 초장년기 지형을 나타내고 있다. 그리고 퇴적암 분포지에서는 때때로 cuester지형을 관찰할 수가 있다. 가례면은 북역에서의 가장 고지대로 500m이상 900m까지의 고봉들(매봉산, 한우산, 자구산)이 원형으로 연결되어 있어 부리를 형성한다. 이는 퇴적암류의 최상부층인 함안층이 갑을리, 양성리 지역에 관입한 흑운모화강암에 의해 규질화되어 침식에 강한 저항력을 나타내는데 기인한 지형이다.

본역의 수계는 주류가 북북동에서 남남서로 흐르고 있으며 이는 본역의 대부분을 차지하는 경상계 퇴적암들의 주향방향과 일치한다. 지류는 북서 또는 남동쪽으로 흐르며 발달되나 북쪽보다는 남동으로 흐르는 지류가 많은데 이 또한 경상계 퇴적암층의 경사방향과 일치되는 양상을 보인다.

3-1-2. 지질

본 도폭내에 분포되는 암층은 주로 중생대 경상계 낙동통, 신라통에 속하는 퇴적암류와 이를 관입하고 있는 불국사통의 화성암류로 대별된다.

퇴적암류는 본역에서 최하부층인 상부낙동통의 칠곡층과 이를 정합적으로 피복하고 있는 신라역암층 함안층의 순서로 분포를 보여주고 있다. 본 퇴적암류의

주향과 경사는 지역에 따라 다소 차이는 있으나 대개 NNE의 주향에 경사는 전체적으로 완만하여 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ SE를 나타내고 있다. 본역에서 퇴적암류는 북서부에 최하부층인 칠곡층이 분포를 보이고 있으며 그 하부를 신라역암층, 함안층이 차례로 피복하고 있어 남동으로 감에 따라 상부층의 분포를 볼 수 있다. 칠곡층은 낮은 지형을 이루며 소규모로 분포를 보여주고 있으며 주로 저색의 사암 및 셰일로 구성되고 상부로 갈수록 약간의 응회암질사암 및 역암의 협재를 볼 수 있다. 주향과 경사는 $N20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ E, 12° SE를 보여주고 있다.

신라역암층은 봉수면의 높은 지역 및 공유면 장등산 일대와 부림면 신반리 남동쪽에 주로 분포를 보이고 있으며 공유면 상촌리, 유곡면 칠곡리, 덕천리를 연결하는 대단층에 의해 남동부는 융기되고 북서부는 하강되어 유곡면 신촌리, 마무리, 칠곡리, 석곡리 등에 역암층의 분포를 보여주고 있으며 이 층은 함안층에 의해 피복된다. 본층은 저색, 녹회색, 암회색 등의 암색을 보여주고 있으며 역의 크기가 일정하지 않아 수cm~수십cm에 달하며 원마도는 하부에서 상부로 감에 따라 불량하게 발달된다. 역의 성분은 하부에서는 화강암, 화강편마암, 편마암, 규암, 석영 및 화산암류와 반화강암 등으로 되어 있으나 하부로 감에 따라 유문암, 안산암 등의 화산암류의 양이 복잡하며 분급이 불량해진다. 한편 하부에서는 집괴암이 비교적 많이 분포한다.

본역의 대부분을 차지하고 있는 함안층은 다른 도폭보다 비교적 넓은 분포를 보이고 있는 것은 본 층의 경사가 완만할 뿐 아니라 구조적으로 warping의 현상을 보이고 있기 때문이다. 본층은 주로 저색의 셰일, 이암 및 사질셰일, 녹회색, 암회색의 사암 및 셰일로 구성되고 있으며 간혹 역암층이 수 m 내외로 협재된 곳이 있다. 본역에서의 본층은 하부에서 상부로 감에 따라 하부는 저색셰일 및 이암이 100m~150m의 후로 분포하고 그 상부를 저색 또는 녹회색의 사암 및 셰일이 호층을 이루어 분포를 보여주고 있으며 그 상부를 녹색사암과 셰일층이 100m 내외의 후로 분포되어 있으며 그 상부를 저색 혹은 녹회색의 셰일과 사암이 분포된다.

본역에서 퇴적암류를 관입하고 있는 불국사통의 화성암류는 흑운모화강암을 비롯하여 봉수면 국사본부근, 공유면 마등산부근의 섬록암과 정곡면 자지리 부근의 규장암 및 기타 여러 곳에 관입한 산성, 염기성암맥을 볼 수 있다. 본 도폭에서의 지질계통표는 <표 3-1>과 같다.

< 표 3-1 > 의령지역의 지질계통

지질시대	분포암석
제 4 기	충 적 층 ~~부 정 합 ~~
백 약 기	산 성 암 맥 염기성암맥 규 장 암 섬 록 암 흑운모화강암 --- 관 입 --- 함 안 층 ----- 신라역암층 --- 부 정 합 --- 칠 곡 층

3-2. 물리탐사

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, 이번 지하수조사에는 지하수 부존에 영향을 미치는 지하구조대 및 층적층 층후의 발달상태를 객관적으로 탐사하는데 주로 사용된다. 일반적으로 지하수 조사는 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 추적한다. 특히 변성암이나 화성암 등의 결정질 암석으로 이루어진 지질환경에서는 단층, 파쇄대 등의 선구조가 지하수부존과 관련된 가장 중요한 지질 요소가 된다. 1차탐사는 1단계 조사자료를 바탕으로 넓은 지역에서 선구조 위치와 분포상태 등 지하 구조대 발달상태를 객관적으로 확인 조사할 수 있는 극저주파 탐사법으로 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 일원에서 실시한 2차 탐사는 수문지질도의 작성을 위하여 전기비저항 쌍극자 탐사를 수행하였다. 이는 평야부에 대한 전반적인 심부 구조대의 존재확인을 위하여 전기축선을 연장설정하여 500m에 걸쳐서 전극간격을 25m로 하여 가탐심도를 최대 100m까지 가능하도록 하였다. 조사량은 15축선으로 약 7.5km에 달한다.

3-2-1. 원격탐사(Remote Sensing)에 의한 선구조 분석

원격탐사란 1960년대부터 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 수행한 후 magnetic tape에 저장된다. 수신된 영상은 조직의 변화와 빛의 차이, 수분에 따라 차이가 나는 색과 그림자, 암석의 풍화에 의한 지형의 기록, 필터링 등을 기본원리로 해석된다. 그후 전문 software를 이용하여 분류, 판독후 선구조를 추출하게 되는 것이다.

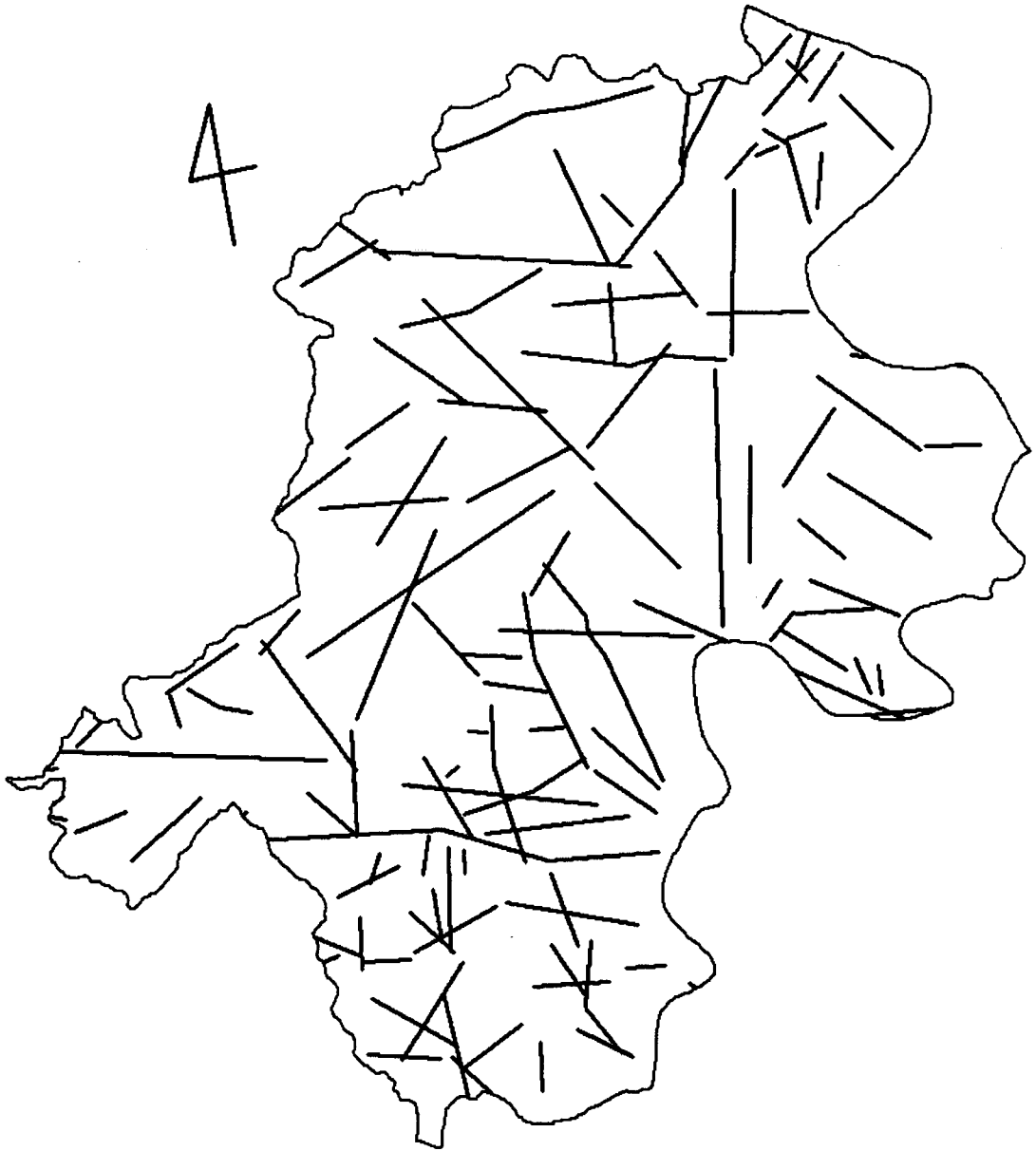
SPOT은 기존의 지상 자원탐사 위성중 최근 발사된 위성으로(1986년, 프랑스) 0.49~0.8 μ m의 파장을 가진 가시광선과 0.8~0.91 μ m의 적외선을 이용하여 3개의 magnetic band를 가지고 5~26일의 주기로 같은 지역을 조사하게 되는데, 다른 위성들보다 높은 지상분해능을 가지며, 주사주기가 짧아 자료의 update가 빠르고 동일한 면적에서 더 많은 자료를 얻게되는 이점이 있다.

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

선구조(Lineament)란 지표에 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. 3-1>는 조사지역의 위성영상자료로서 그 영상을 해석한 후 추출한 선구조를 나타내었으며, <그림. 3-2>은 수평, 수직방향으로 필터링된 영상이다.



<그림 3-1. 의령군 일대 인공위성영상도>



<그림 3-2. 조사지구내 선구조도>

3-2-2. 전기비저항 탐사

전기비저항 탐사는 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 크기과 이에 의한 발생된 전위분포를 측정함으로써 지하의 전기비저항치의 변화양상을 탐지 및 해석하여 지하의 지질구조(과쇄대, 단층, 지질구조대 등), 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 $\Omega\text{-m}$ 로 표시한다. 지하구성물질이 균질하고 등방성이라면 측정된 전기비저항 값은 일정할 것이나 암석의 공극율, 공극의 유체포화율, 공극내의 유체의 성질, 조암광물의 종류, 암석 구성입자의 크기 및 성질, 고화도, 과쇄대, 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 그 이론도 비교적 잘 발달되어 있어서 이론적 계산치와 현장 측정치를 비교 해석할 수 있다는 점에서 매우 과학적이라 할 수 있겠다. 그러나 전류전극이 대지와 전기적으로 잘 접촉되어야 하므로 동토, 사막등 표토층이 전기적 절연지역이거나 반대로 표토층이 너무 전기적 양도체인 경우, 지하 심부로 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, 슬럼버저(Schlumberger)배열법, 리(Lee)배열법, 3극점(Three Point)배열법, 쌍극자(Dipole)배열법 등이 있다. 이번 탐사에서는 쌍극자배열법을 활용하였다.

가. 쌍극자배열 전기비저항 탐사(Dipole-Dipole Method)

도선의 전기저항 R길이 L에 비례하고 단면적 A에 반비례한다. 즉,

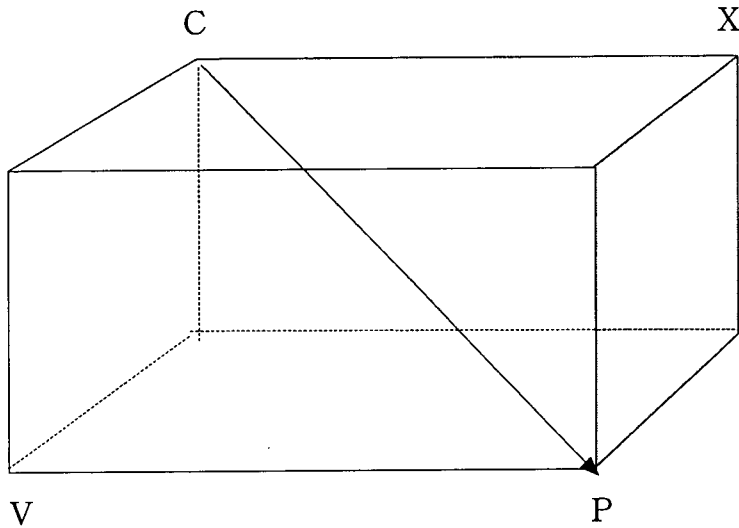
$$R = \rho \frac{L}{A} \text{이다.}$$

여기서, ρ 는 비례상수로서 물체의 크기 및 모양에 관계없는 물체의 전기적 특성

을 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.



<그림 3-3> 점진원에 의한 전위

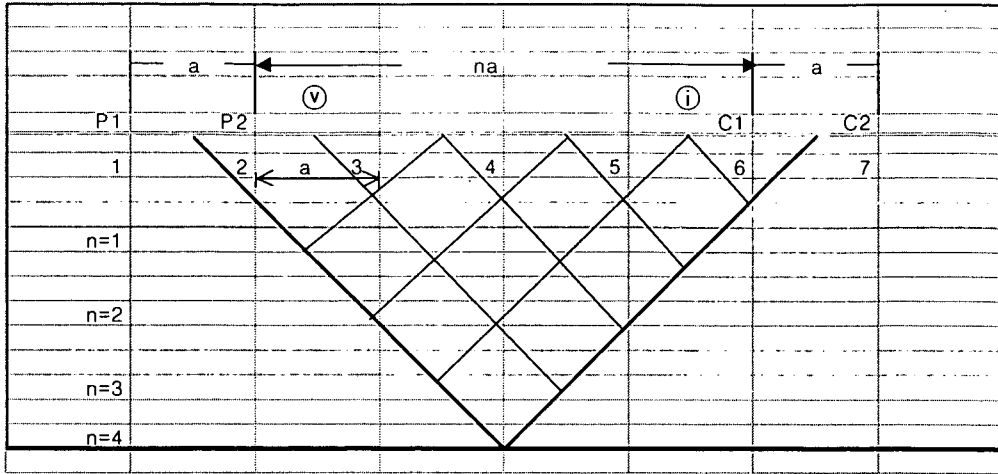
<그림. 3-3>에서와 같이 지중의 일점 C에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점 전류 I(amp.)를 보낼 때, 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는 다음과 같다.

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

여기서, $r = X^2 + Y^2 + Z^2$ 이다.

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

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



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

<그림. 3-4> 쌍극자 탐사 측선 배열 방법

<그림. 3-4>에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 C1(+I)과 C2(-I)를 가정하고 임의의 점 P1, P2에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C1과 C2에 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 C1과 C2에 의해서 P1과 P2의 전위차 V는 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 ρ로 풀어쓰면 다음과 같다.

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

또한, K를 기하학적 계수(Geometric Factor)라 하며 다음과 같고, 각종 전극 배열 방식에 따라 계산하여 그 값을 구할 수 있다.

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)}$$

상기 식에서 쌍극자 배열은 전위 및 전류전극 간격이 모두 a로 C1P1 = C2P2 =

$(n+1)a$, $C_2P_2 = na$, $C_1P_2 = na$, $C_1P_2 = (n+2)a$ 이므로 기하학적 계수는 다음과 같다.

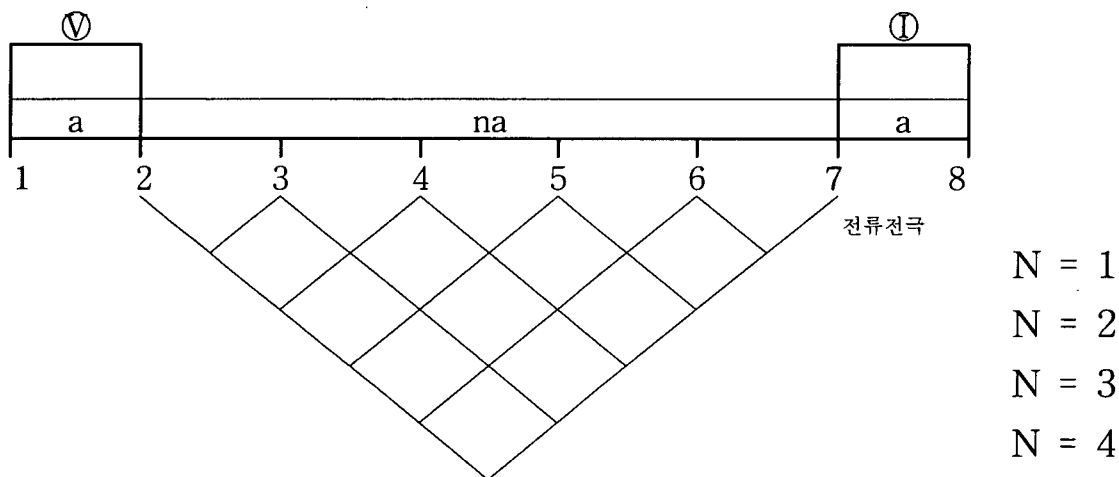
$$K = \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{na} - \frac{1}{(n+2)a} + \frac{1}{(n+1)a} \right]} = n(n+1)(n+2) \cdot \pi \cdot a$$

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. 3-4>과 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.

야외탐사 결과치는 <그림. 3-5>과 같이 전위전극 중심과 전류전극의 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각이등변 삼각형의 꼭지점에 겉보기 비저항치를 기입하여 수평 및 수직적 변화를 탐지할 수 있다. 이와 같은 쌍극자배열 탐사결과 획득된 겉보기 비저항 도면을 가단면도(pseudo-Section)라고 한다.



<그림 3-5> 전기비저항탐사(쌍극자탐사)가단면도 모식도

가단면도에 나타난 겉보기비저항 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, 쌍극자 배열 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, 쌍극자 배열 탐사는 연속적인 2차원 탐사이므로 이러한 가능성이 상대적으로 낮다고 할 수 있을 것이다. 그러나 쌍극자 배열에 의한 전기비저항 탐사 시 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 25m로 하고 측정 간격을 25m, 50m, 75m, 100, . . .으로 25m씩 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, $n=10$ 을 택하여 가탐심도를

100m이상 되게 하였다. 측선별 내용 및 역산법에 의한 분석내용은 <표. 3-1>과 같다. 전체적으로 RMS ERROR가 높은 것은 탐사방법보다는 탐사장소에문제가 있는 것으로 짐작된다. 예를 들면, 각 측정점은 조사지역내 평야부에서 실측하였지만 비닐하우스 경작으로 논두렁 및 길 가장자리에서 탐사할 수 밖에 없었으며, 일부 도로변에서의 탐사시의 접지 불량으로 인한 것이다.

수치모델링 역산비저항 해석자료에서는 각 쌍극자 측선별 겹보기비저항 가단면도, 계산된 이론자료의 겹보기비저항 가단면도 그리고 역산결과 해석된 진비저항분포를 칼라양상화한 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 평활한 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. 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 전기 구조적인 환경(Geoelectric structural environment)으로서 지하수가 유동, 집적되어 부존가능성이 가장 높은 부분인 것으로 간주할 수 있다.

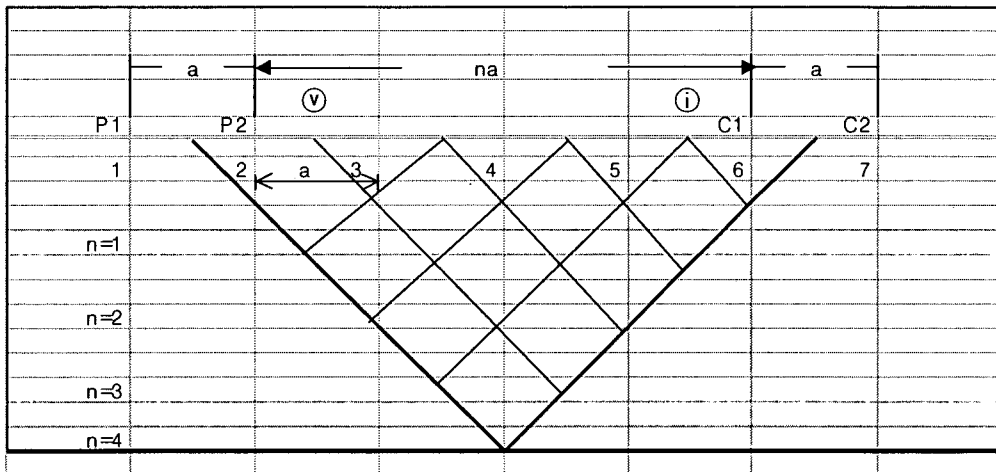
한편, 위와 같이 구분한 암상이 각각의 물리적 특성을 갖는 암체라 할 때 상호

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

여기서, $r = X^2 + Y^2 + Z^2$ 이다.

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

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



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

<그림 3-5> 쌍극자 탐사 측선 배열 방법

<그림 3-5>에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 C₁(+I)과 C₂(-I)를 가정하고 임의의 점 P₁, P₂에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C₁과 C₂에 의한 전위 차로 나타나며, 다음과 같다.

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

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.

<표 3-2> 쌍극자 탐사 측선별 총괄표

NO	위 치	측선방향	길이	겉보기저항		RMS ERROR
				최소치	최대치	
E - 1	가례면대청리	500m	NW - SE	6.1	4286	0.705128
E - 2	칠곡면신포리	500m	NW - SE	111	537	0.0548738
E - 3	용덕면정암리	500m	W - E	43.3	414	0.121193
E - 4	용덕면신촌리	500m	SW - NE	87.4	3317	0.223667
E - 5	용덕면정동리	500m	N - S	56.5	633	0.173238
E - 6	정곡면예둔리	500m	NW - SE	36.2	311	0.0920954
E - 7	대의면마쌍리	500m	NW - SE	39.2	379	0.106367
E - 8	대의면행정리	500m	W - E	103.6	831	0.209946
E - 9	대의면어전리	500m	NW - SE	203	964	0.0942629
E - 10	봉수면토곡리	500m	NW - SE	65.9	337	0.117573
E - 11	유곡면송산리	500m	SW - NE	33.4	1866	0.342149
E - 12	화정면대산리	500m	N - S	22.1	518	0.381596
E - 13	화정면화양리	500m	S - N	19.7	466	0.284378
E - 14	화정면상이리	500m	W - E	41.4	808	0.290263
E - 15	화정면상이리	500m	W - E	30.6	268	0.180364

이러한 전기적 비저항대의 구분의 암반에 대한 지하수탐사에서 중요한 의미를 갖는다. 즉, 외국의 경우 지하수 유동 및 집적이 투수성이 높은 사암층 등의 대다수 퇴적암층이 층서적이 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. 그러나 전기비저항 탐사에 의해 지하수함양에 유리한 지하구조를 보인다 할지라도 그 구조사이를 채우는 물질의 특성에 의해 지하수산출과 유동이 좌우된다. 예를 들어 지하단층 구

조사이에 암석쇄설물인 단층 각력이 존재할 경우에는 높은 지하수 산출을 보일 수 있고, 파쇄된 정도가 더욱 심하여 파쇄면 사이에 단층점토등의 세립물질들이 존재할 경우 지하수 함유율은 높으나 오히려 지하수 유동을 방해하는 구조로 작용할 수 있어 그 여부는 탐사 후 시추조사나 공내 TV검층 등을 이용해 더 자세히 조사할 수 있다. 위에서 기술한 바와 같은 관점에서 탐사결과를 축선별로 분석하면 다음과 같다.

○ E-1 축선

E-1 축선은 의령군 가례면 대청리 지역에서 북서-남동 방향으로 설정하고 측정하였다. E-1 축선 결과 전체적으로 고비저항대가 분포하고 있어 지하수 부존 가능성이 높다.

○ E-2 축선

E-2 축선은 의령군 칠곡면 신포리 지역에서 북서-남동 방향으로 설정하여 측정하였다. E-2 축선 결과 전체적으로는 상대적 고비저항대가 형성되나, 축점 8~12 사이 하부 약 30m~50m 부근에 저비저항대가 분포하여 소량의 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-3 축선

E-3 축선은 의령군 용덕면 정암리 지역에서 의령천변 경작지를 대상으로 서-동 방향으로 설정하여 측정하였다. E-3축선 결과 축점 3~10 사이의 하부에는 고비저항대가 형성하고 있으나 축점 8에서 시작되어 축점 12~13 사이의 하부 80~100m 지점에 이르는 저비저항의 연장성으로 보아 지하수 부존 가능성이 높다.

○ E-4 축선

E-4 축선은 의령군 용덕면 신촌리 지역에서 남서-북동 방향으로 설정하여 측정하였다. 전체적으로는 고비저항대가 형성되어 있으나 축점 3의 하부 약 90~100m 지점에 저비저항대가 분포하고 있어 지하수 부존 가능성이 있어 추후 정밀한 탐사를 실시하여야 할 것이다.

○ E-5 측선

E-5 측선은 의령군 용덕면 정동리 지역에서 북-남 방향으로 남강변 경작지를 대상으로 설치하여 측정하였다. E-5측선 결과 측점 8~9사이 하부 약 30m~50m 지점 및 측점 13~14 사이 하부 약 20~50m 지점에서 저비저항대가 형성되어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-6측선

E-6 측선은 의령군 정곡면 예둔리 지역에서 북서-남동 방향으로 월현천변 경작지를 대상으로 설치하여 측정하였다. E-6측선 결과 상부 표토의 비저항치는 대체로 낮아 많은 양의 지표수 부존이 예상되며 측점 15~16 사이 하부 약 60~80m 부근에 상대적 저비저항대가 형성되어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-7 측선

E-7 측선은 의령군 대의면 마쌍리 지역에서 북서-남동 방향으로 설치하여 측정하였다. E-7 측선 결과 전체적으로 고비저항대가 형성되나 측점 16하부 약 80~90m 부근에 저비저항대가 분포하여 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-8 측선

E-8 측선은 의령군 대의면 행정리 지역에서 서-동 방향으로 설치하여 측정하였다. E-8 측선 결과 하부에 저비저항대가 전체적으로 분포하며 측점 11~12 사이 하부 약 80~100m 구간에서 상대적 저비저항대가 형성되어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-9 측선

E-9 측선은 의령군 대의면 어전리 지역에서 북서-남동 방향으로 설정하고 측정하였다. E-9 측선 결과 측점 9~10 사이 하부 약 60~80m 부근에 저비저항대가 형성되어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-10 측선

E-10 측선은 의령군 봉수면 토곡리 지역에서 북서-남동 방향으로 설정하고

측정하였다. E-10 측선 결과 측점 14~15 사이 하부 약 20~80m 부근에 저비저항대가 형성되어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-11 측선

E-11 측선은 의령군 유곡면 송산리 지역에서 남서-북동 방향으로 설정하고 측정하였다. E-11 측선 결과 상부에 저비저항대가 형성되어 있고 측점 15~16 사이 하부 약 60~80m 부근으로 저비저항대가 연장되어 있어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-12 측선

E-12 측선은 의령군 화정면 대산리 지역에서 북-남 방향으로 설정하고 측정하였다. E-12측선 결과 상부에 저비저항대가 형성되어 있고 측점 15~16 사이 하부 약 60~80m 부근으로 저비저항대가 연장되어 있어 지하수 부존 가능성이 있다.

○ E-13 측선

E-13 측선은 의령군 화정면 화양리 지역에서 남-북 방향으로 설정하고 측정하였다. E-13 측선 결과 하부에 고비저항대가 분포하나 이는 신선한 암반으로 측점 8에서 시작하여 측점 16으로 이어지는 지질구조대나 단층 균열대의 하반으로 작용할 것으로 예상되어 지하수 부존 가능성이 있다.

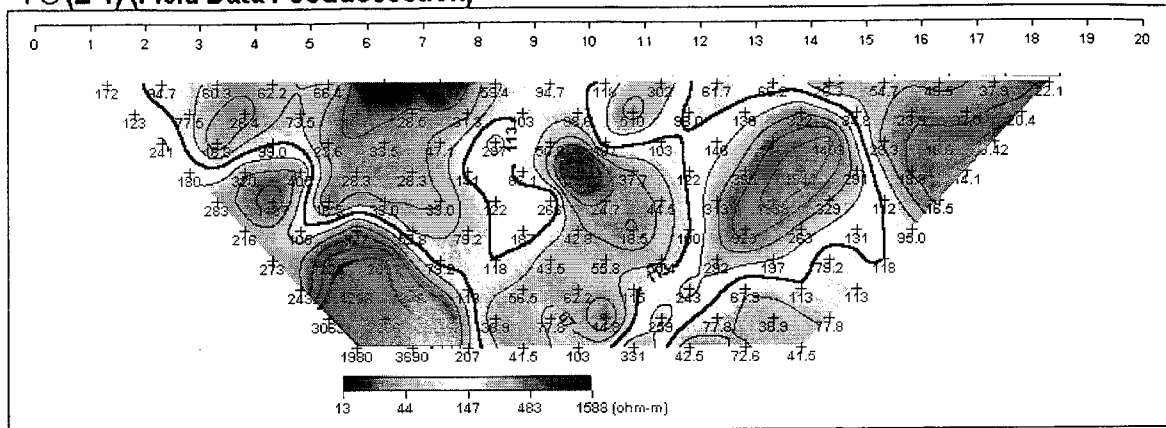
○ E-14 측선

E-14 측선은 의령군 화정면 상이리 지역에서 서-동 방향으로 설정하고 측정하였다. E-14 측선 결과 측점 5 및 측점 11과 12 사이에 저비저항대가 분포하고 있어 지하수 부존 가능성이 있다.

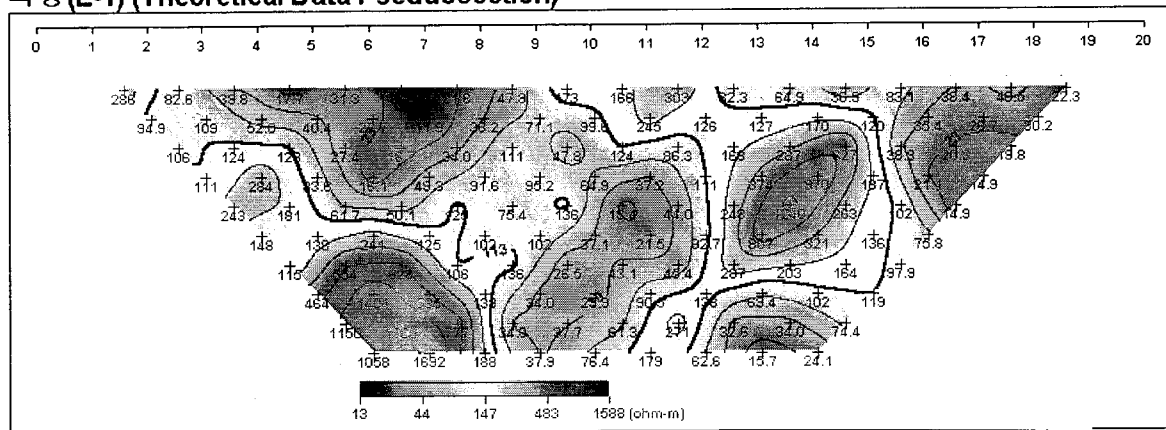
○ E-15측선

E-15 측선은 의령군 화정면 상이리 지역에서 서-동 방향으로 설정하고 측정하였다. E-15 측선 결과 전체적으로 고비저항대가 분포하여 양호한 지하수 부존의 가능성은 없다.

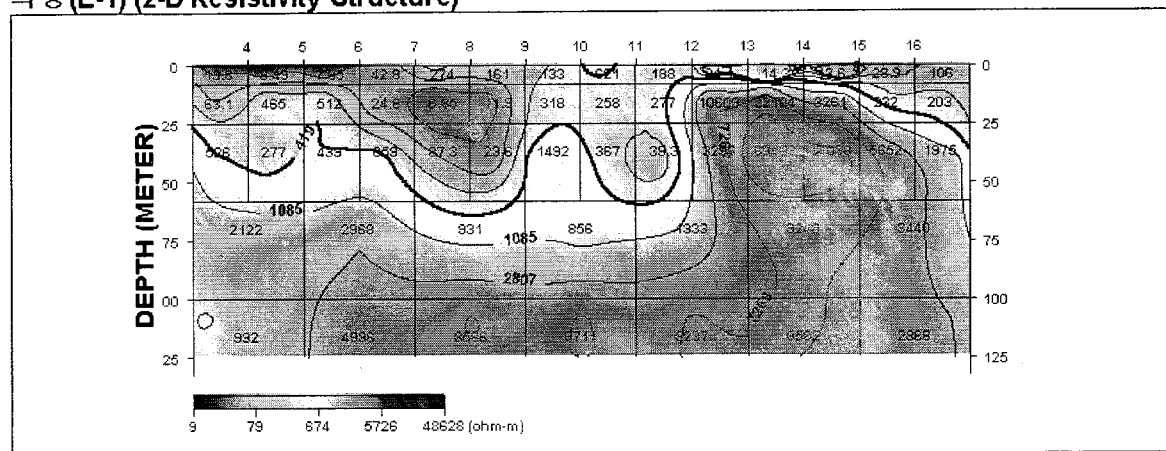
의 평 (E-1) (Field Data Pseudosection)



의 평 (E-1) (Theoretical Data Pseudosection)

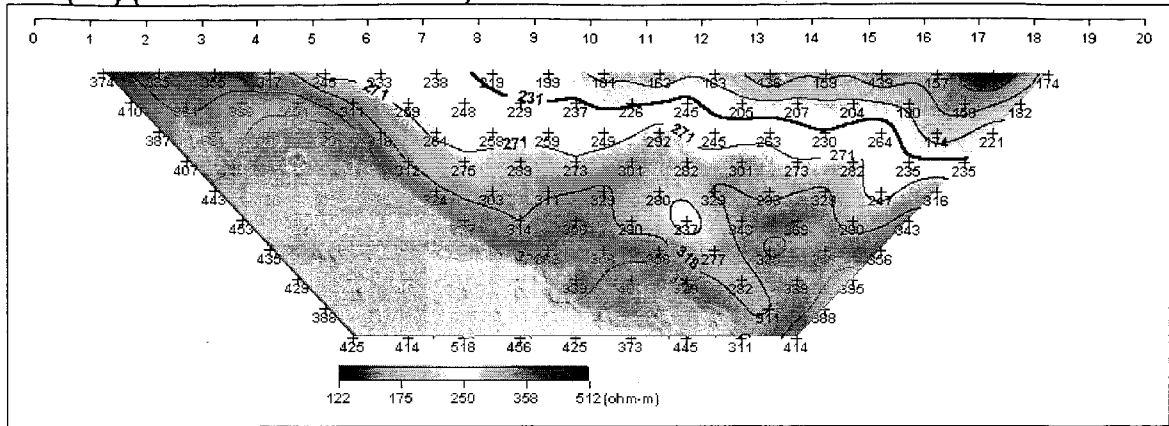


의 평 (E-1) (2-D Resistivity Structure)

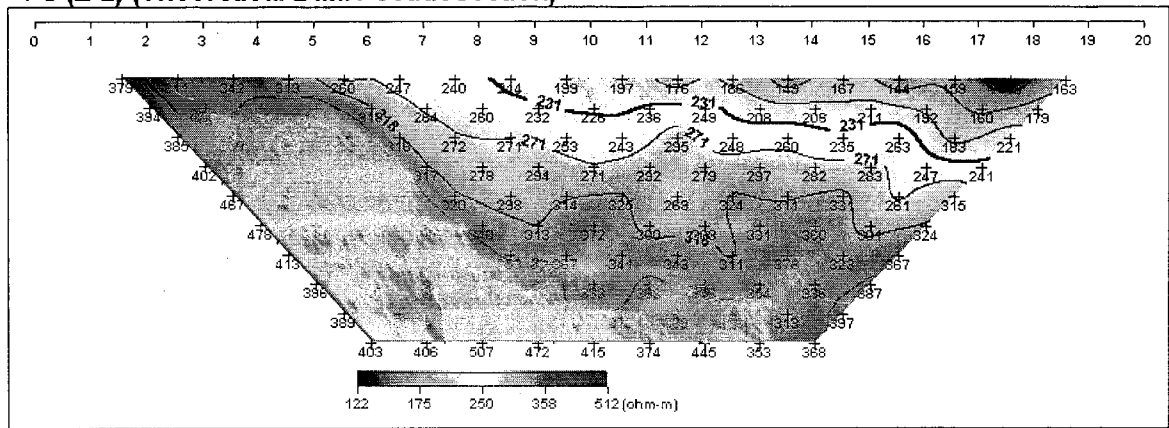


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-6> 축선 E-1 쌍극자 탐사 결과도

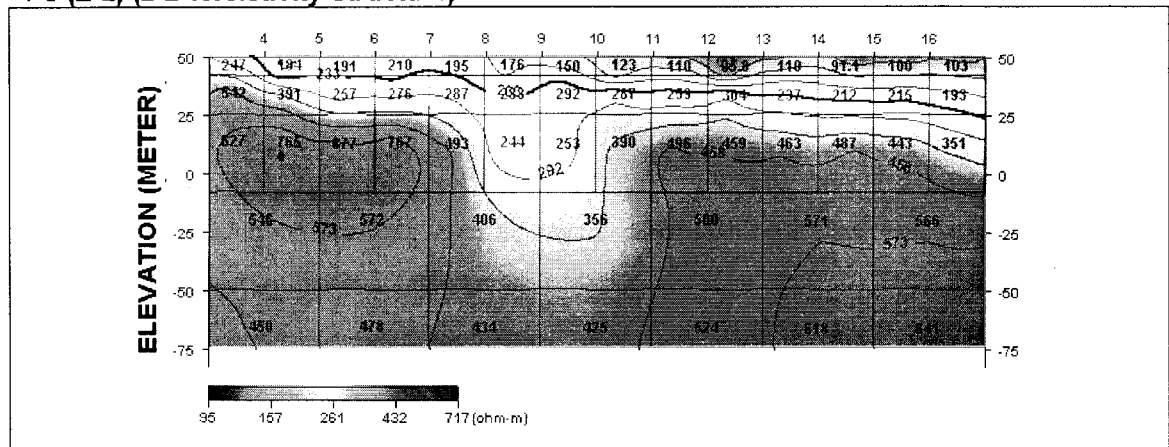
의령 (E-2) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-2) (Theoretical Data Pseudosection)

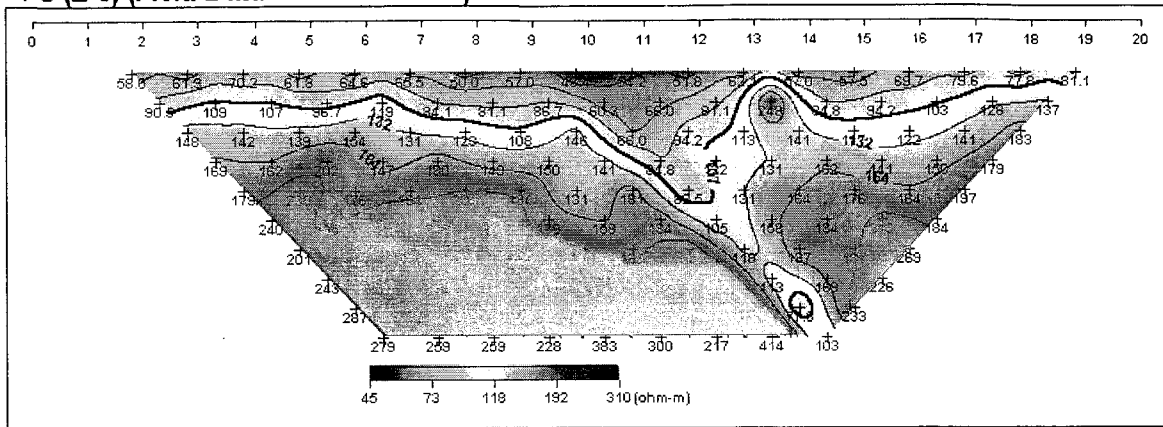


의령 (E-2) (2-D Resistivity Structure)

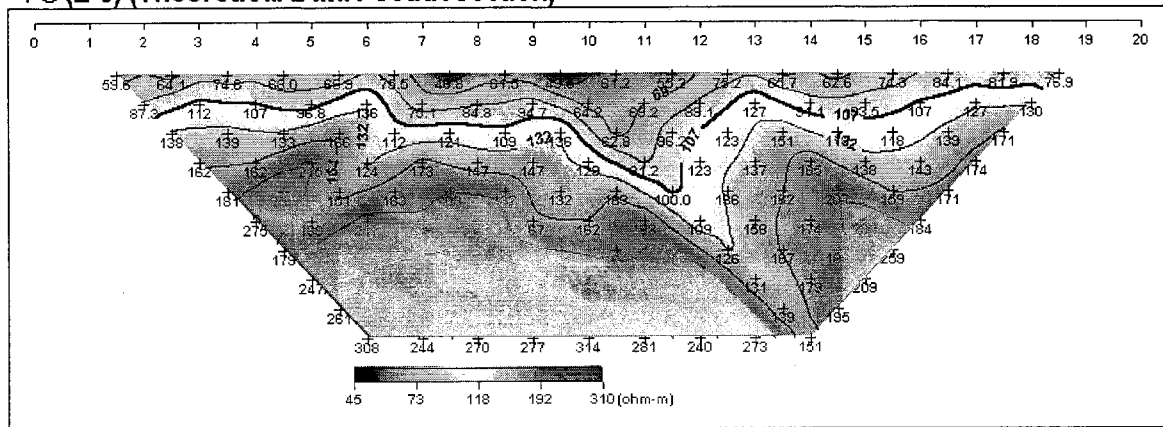


- <상> 현장 측정자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-7> 축선 E-2 쌍극자 탐사 결과도

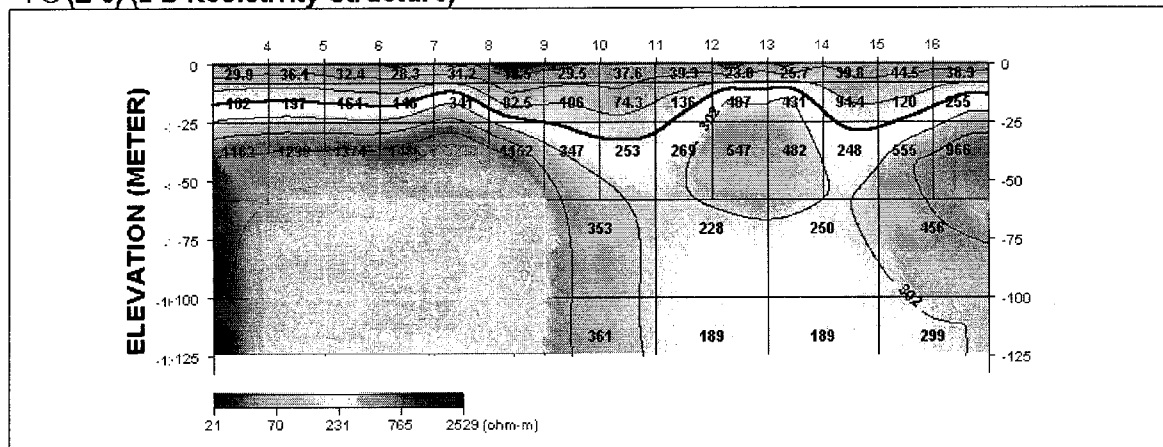
의령 (E-3) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-3) (Theoretical Data Pseudosection)

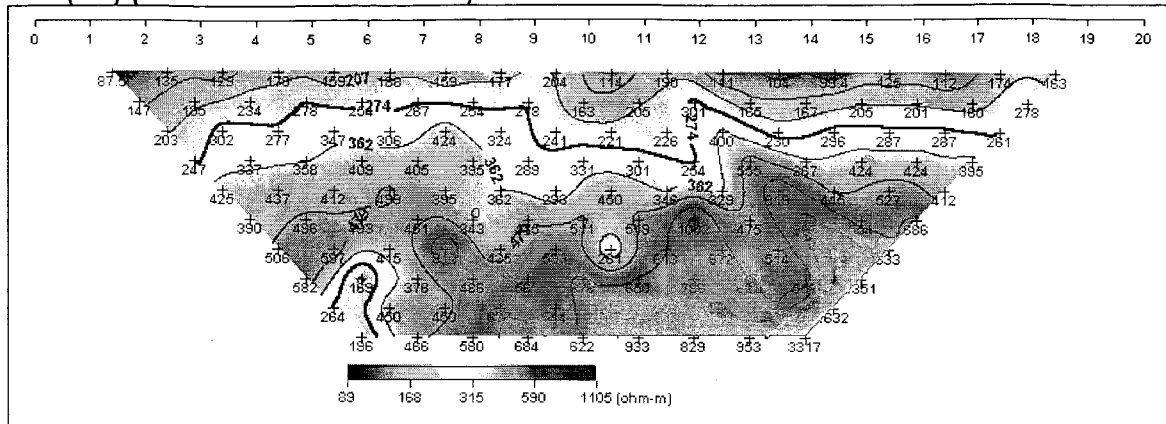


의령 (E-3) (2-D Resistivity Structure)

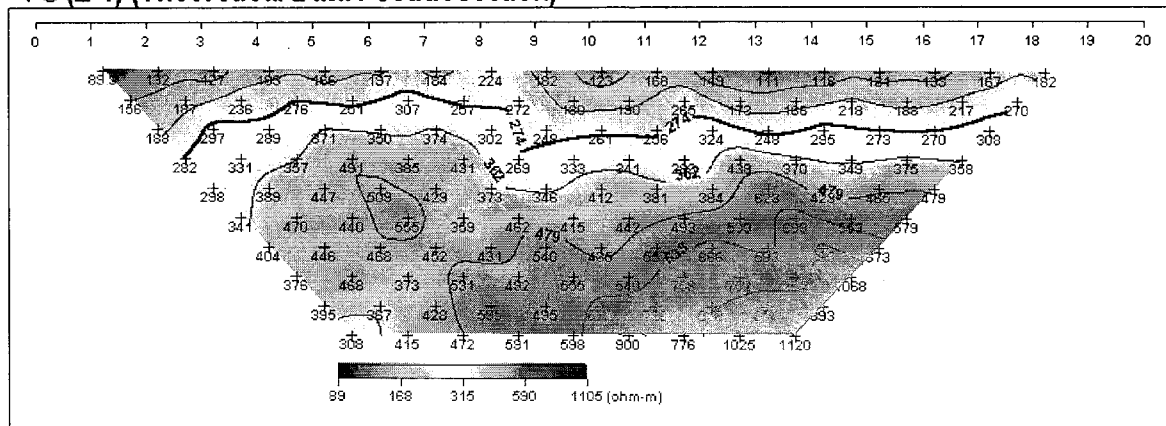


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-8> 측선 E-3 쌍극자 탐사 결과도

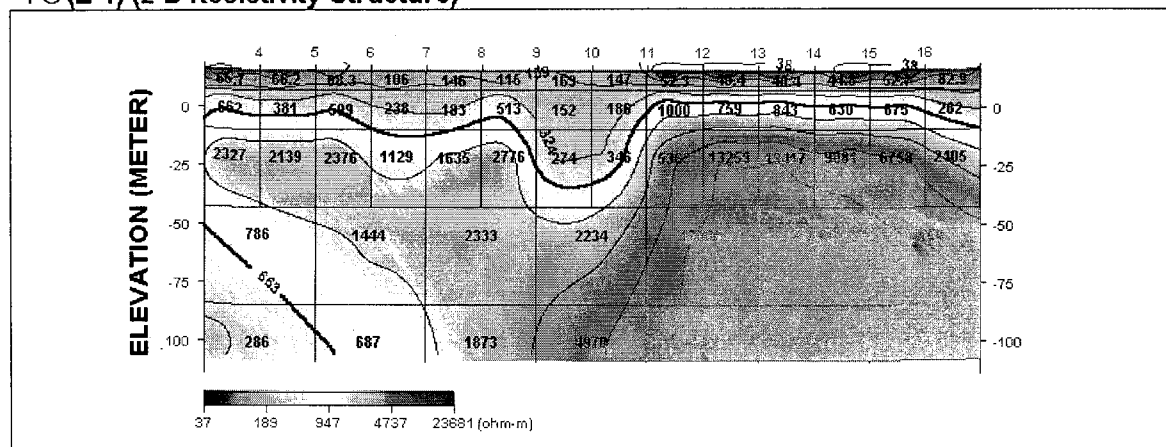
의령 (E-4) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-4) (Theoretical Data Pseudosection)

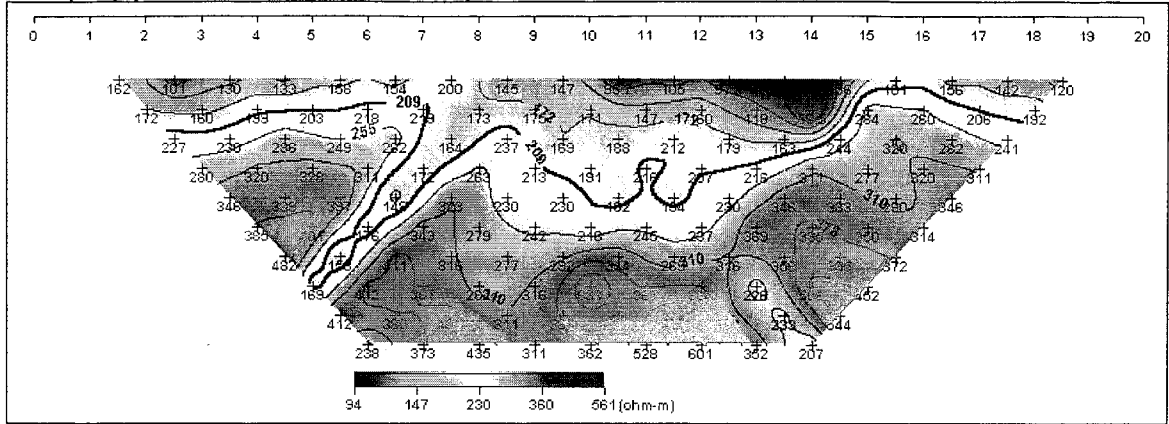


의령 (E-4) (2-D Resistivity Structure)

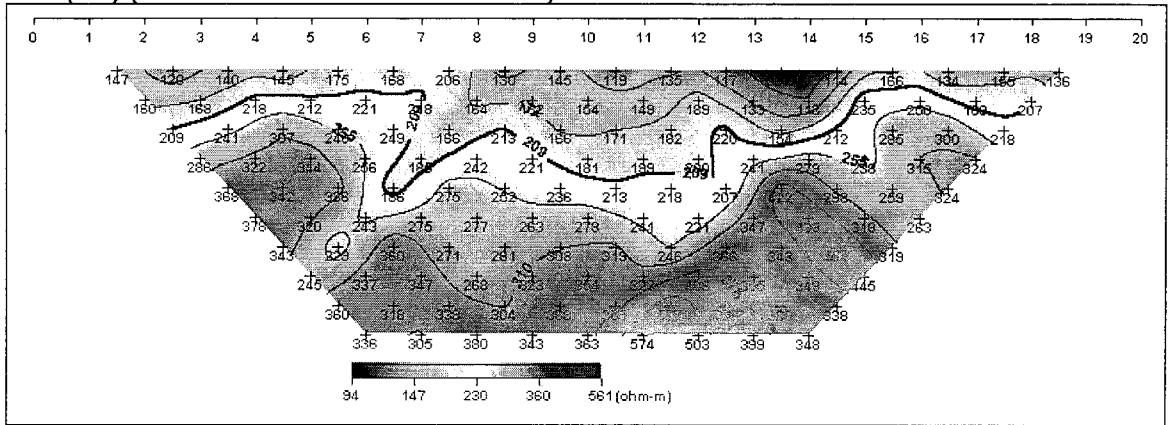


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-9> 축선 E-4 쌍극자 탐사 결과도

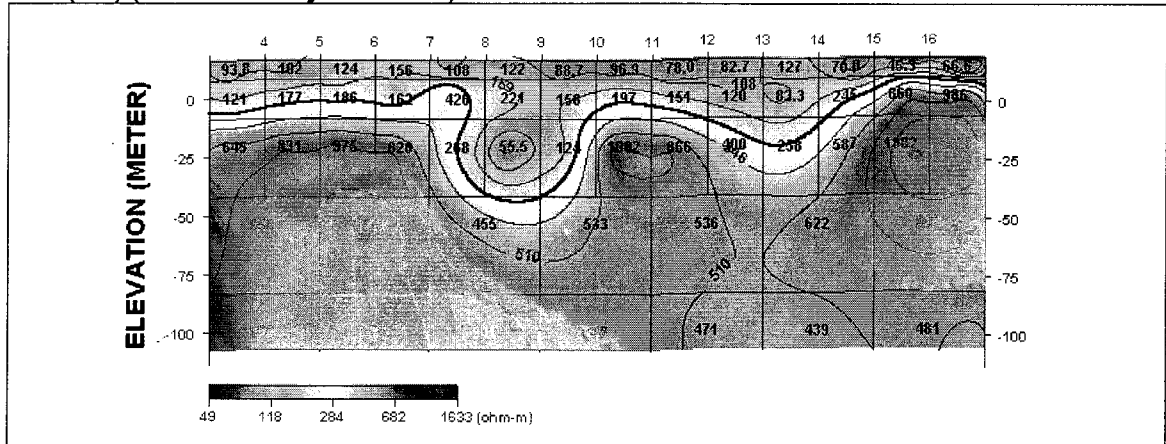
의평 (E-5) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-5) (Theoretical Data Pseudosection)

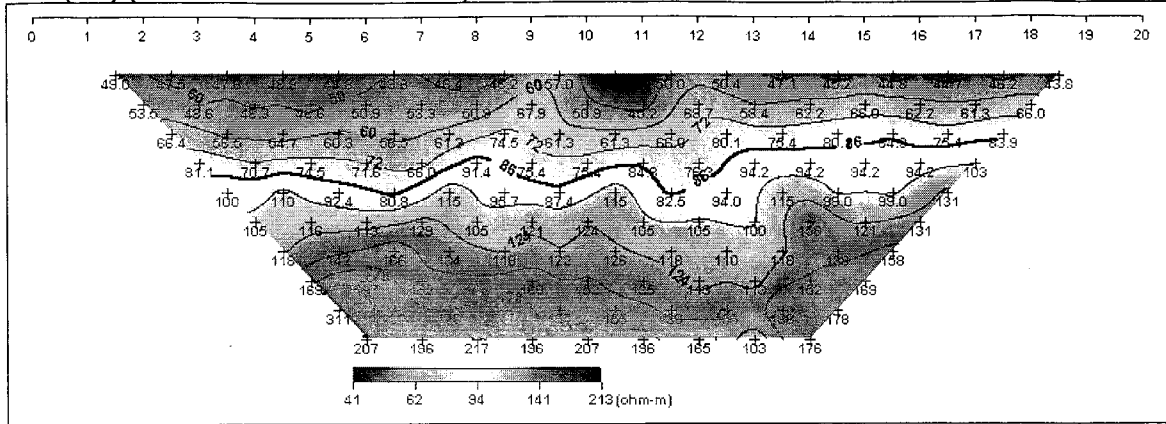


의령 (E-5) (2-D Resistivity Structure)

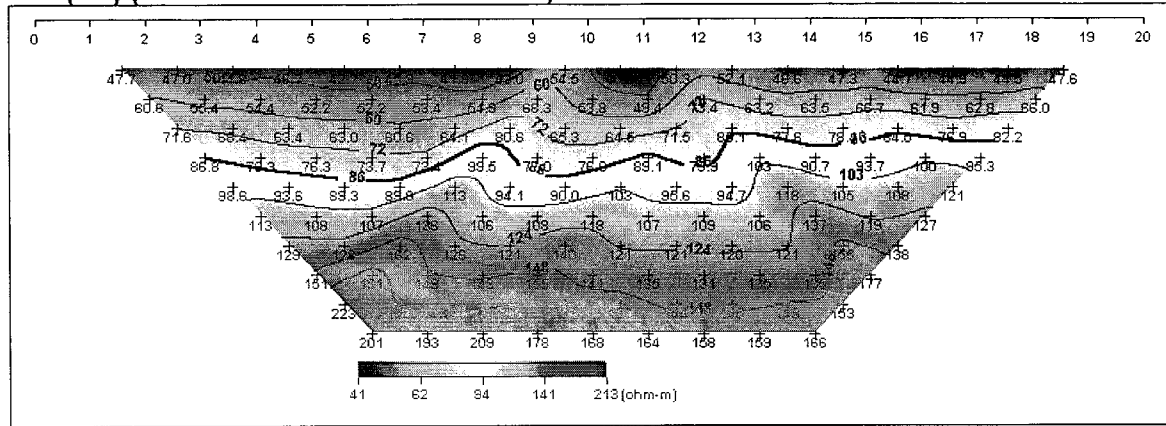


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-10> 축선 E-5 쌍극자 탐사 결과도

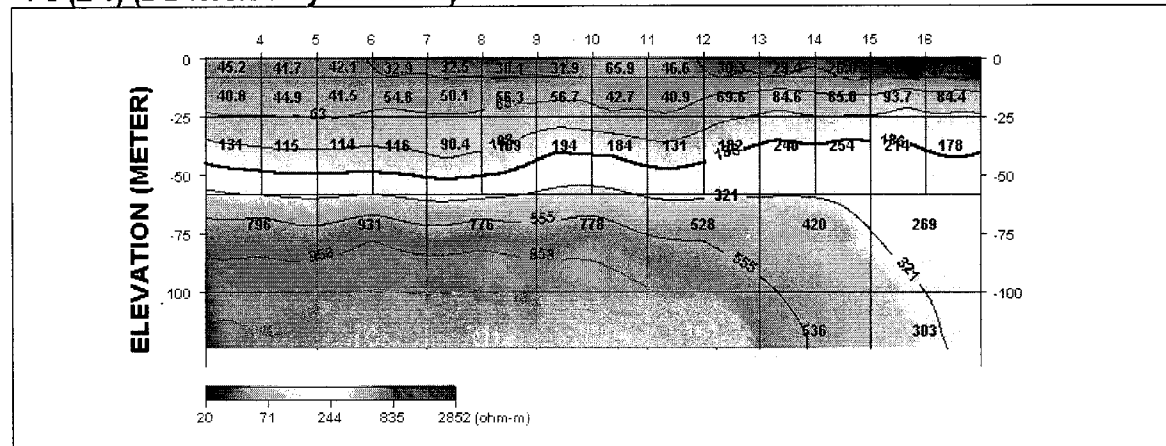
의령 (E-6) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-6) (Theoretical Data Pseudosection)

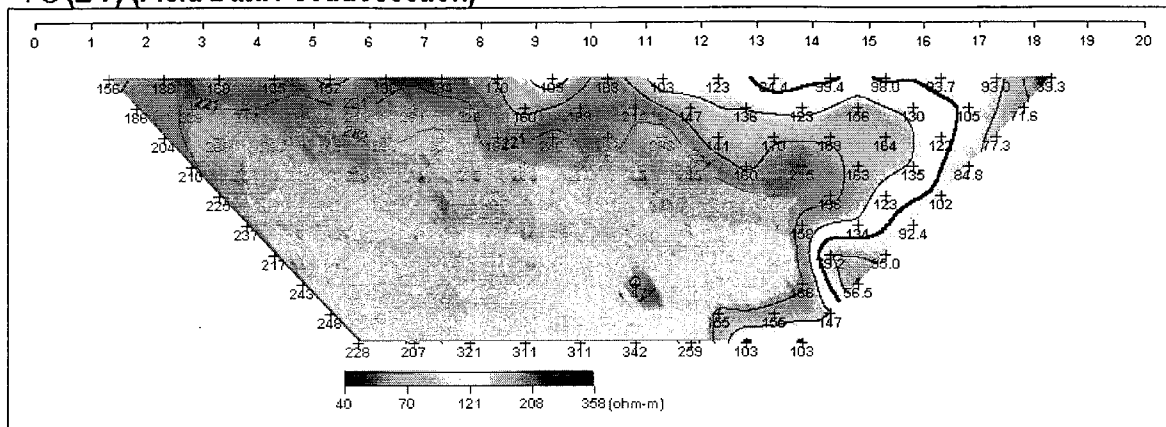


의령 (E-6) (2-D Resistivity Structure)

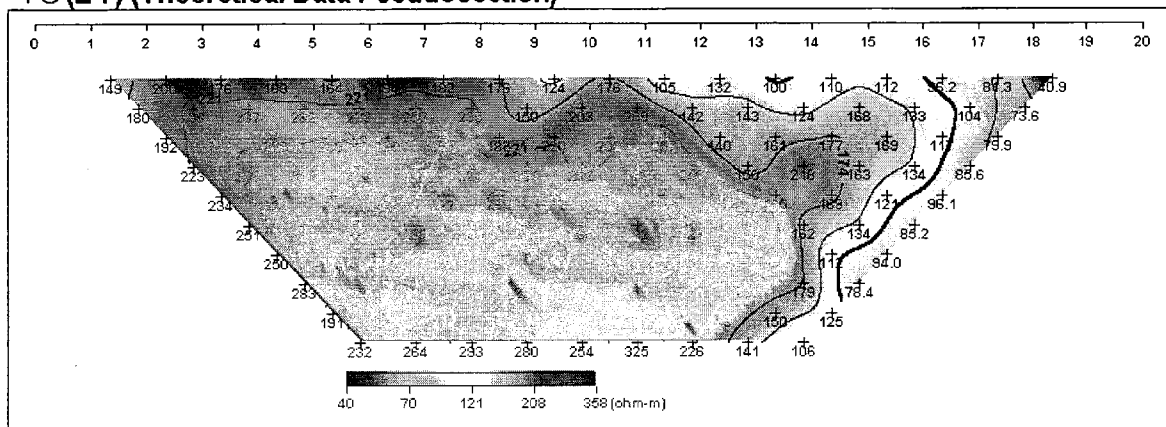


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-11> 축선 E-6 쌍극자 탐사 결과도

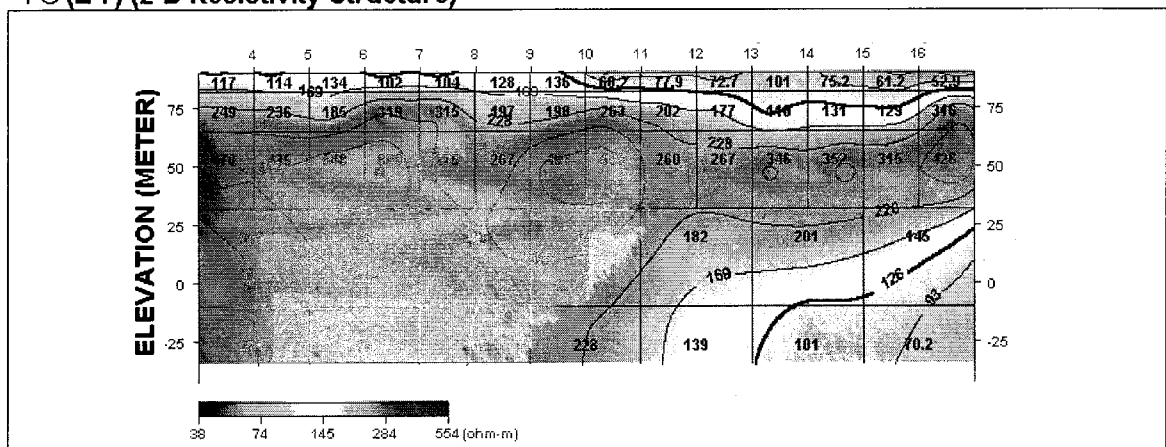
의령 (E-7) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-7) (Theoretical Data Pseudosection)

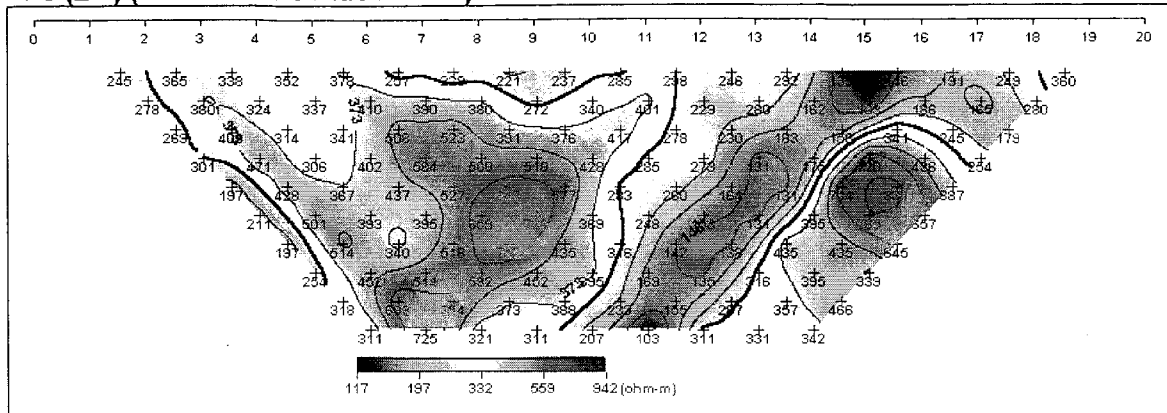


의령 (E-7) (2-D Resistivity Structure)

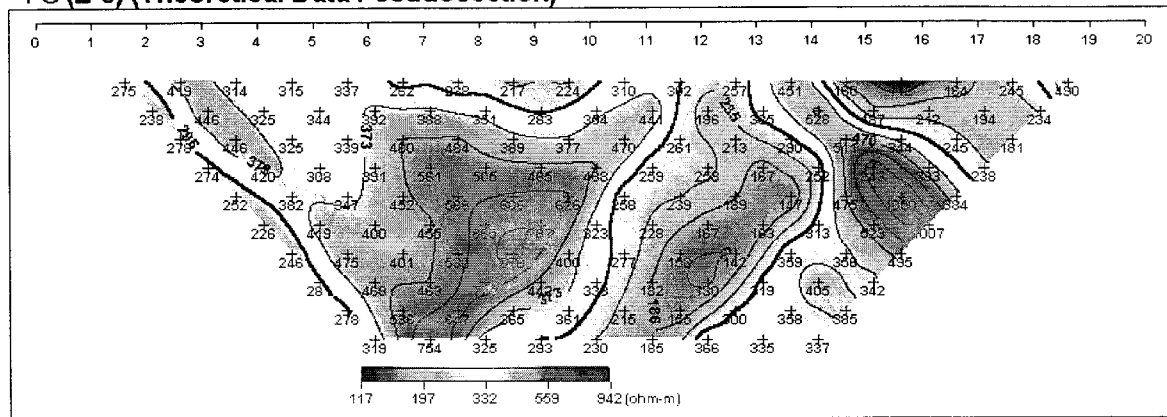


- <상> 현장 측정자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-12> 측선 E-7 쌍극자 탐사 결과도

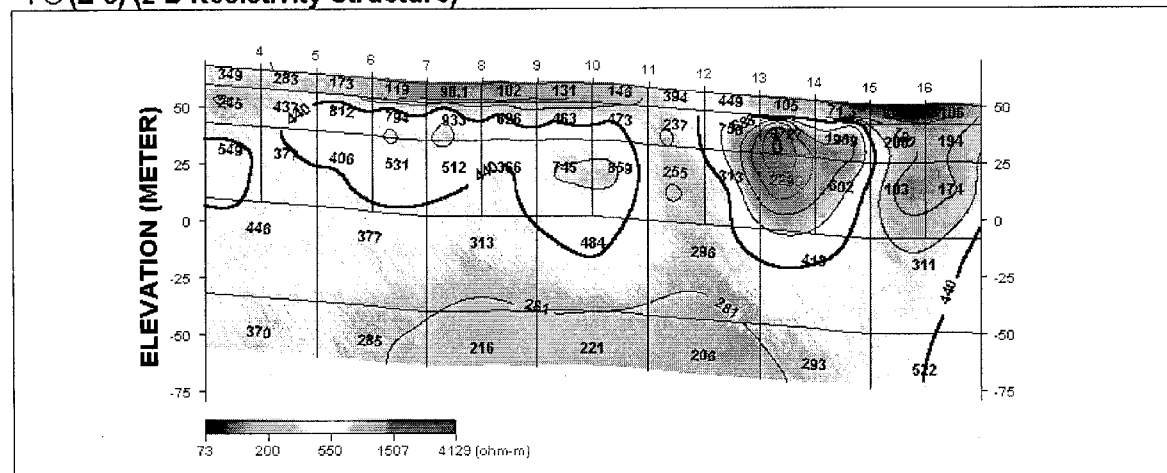
의령 (E-8) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-8) (Theoretical Data Pseudosection)



의령 (E-8) (2-D Resistivity Structure)



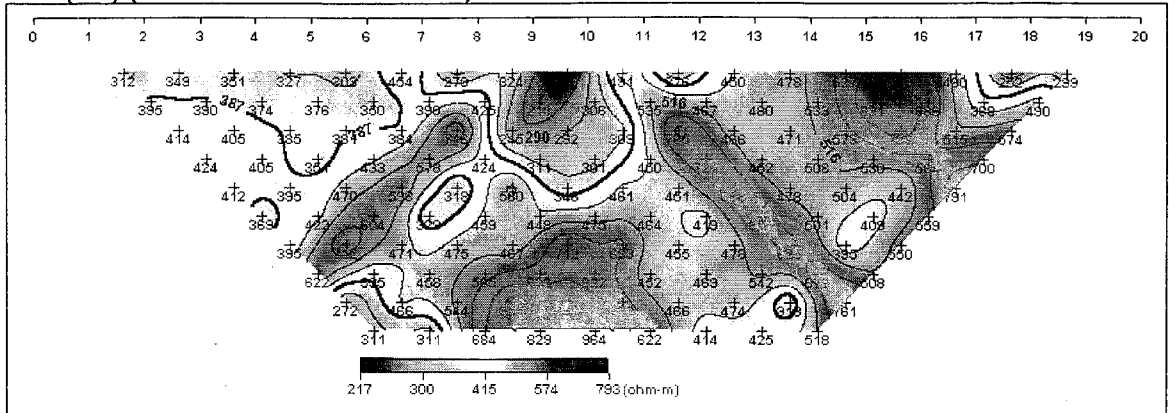
<상> 현장 측정자료의 길보기 비저항 가단면도

<중> 계산된 이론자료의 길보기 비저항 가단면도

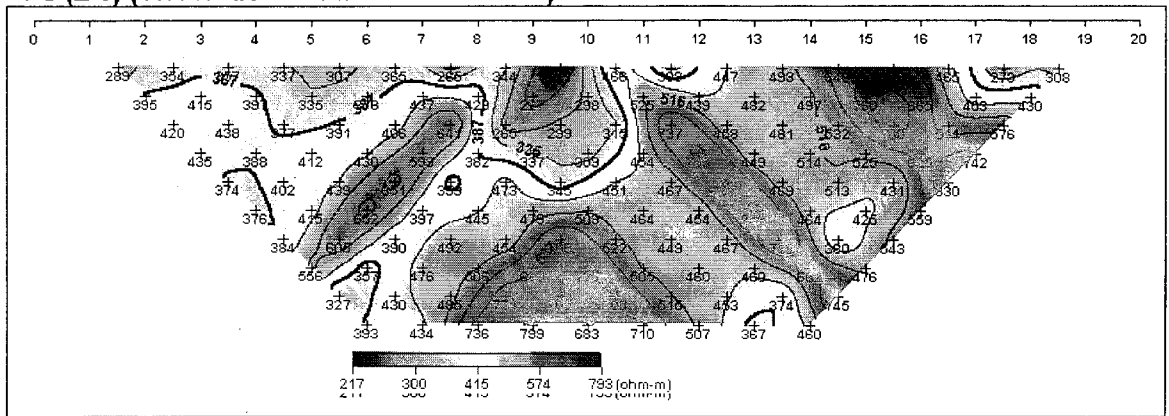
<하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도

<그림 3-13> 축선 E-8 쌍극자 탐사 결과도

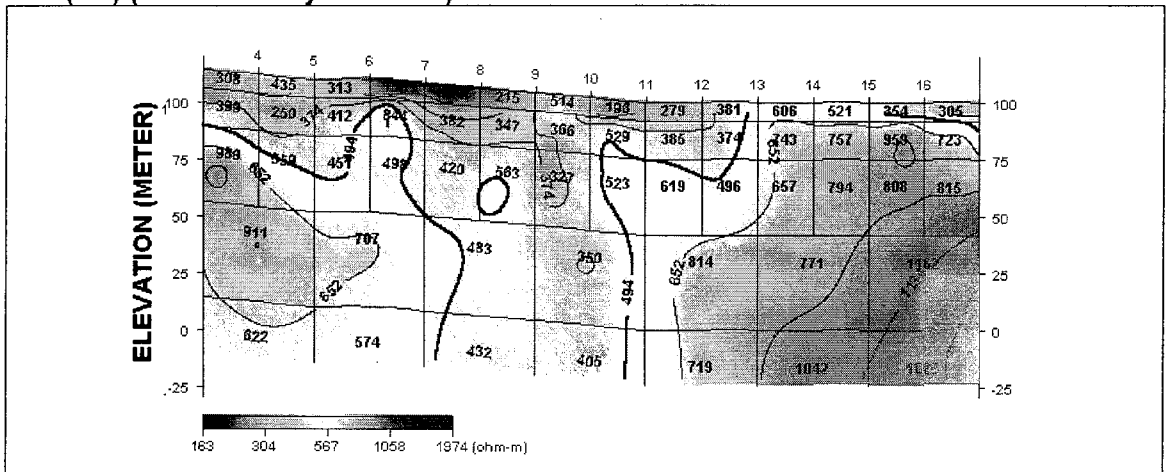
의경 (E-9) (Field Data Pseudosection)



의경 (E-9) (Theoretical Data Pseudosection)

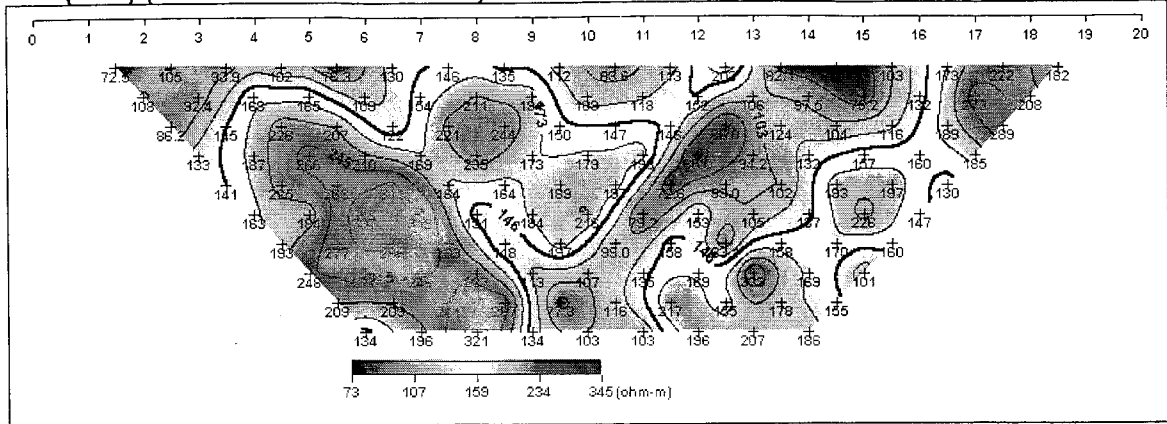


의경 (E-9) (2-D Resistivity Structure)

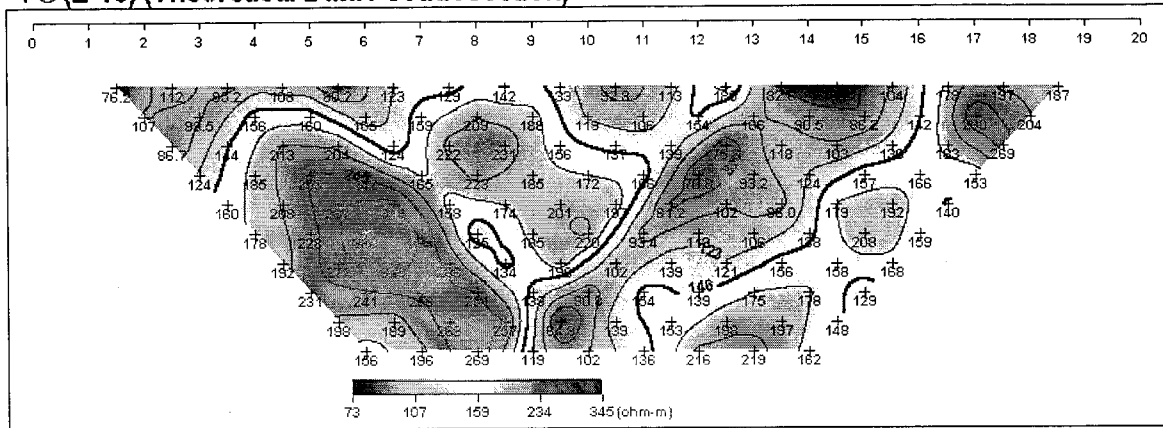


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-14> 축선 E-9 쌍극자 탐사 결과도

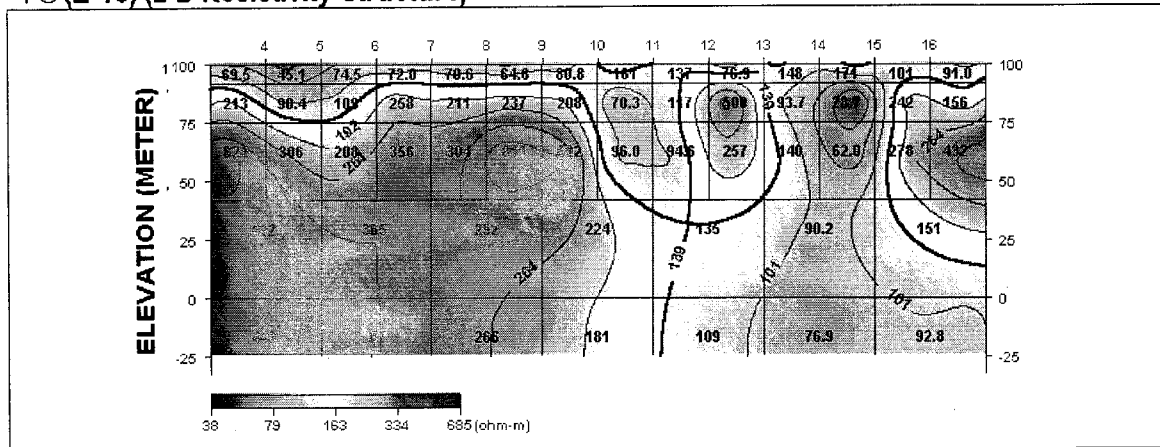
의령 (E-10) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-10) (Theoretical Data Pseudosection)

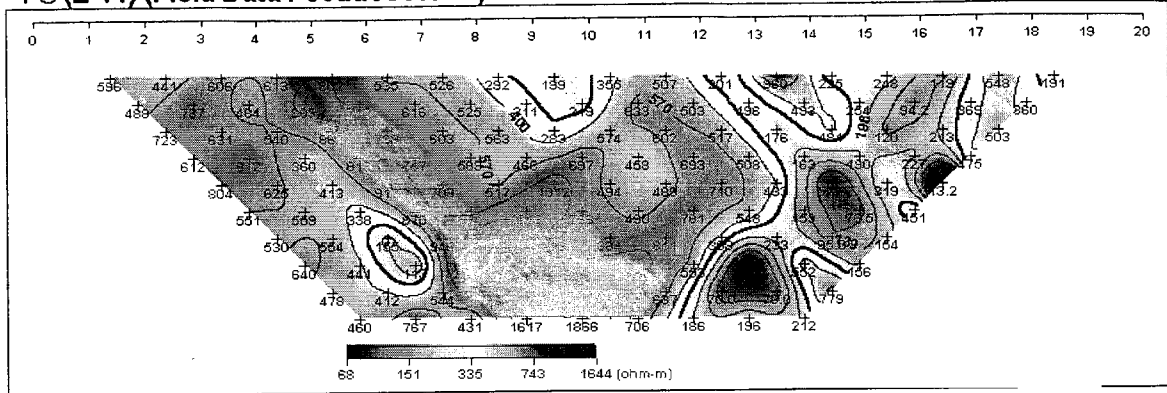


의령 (E-10) (2-D Resistivity Structure)

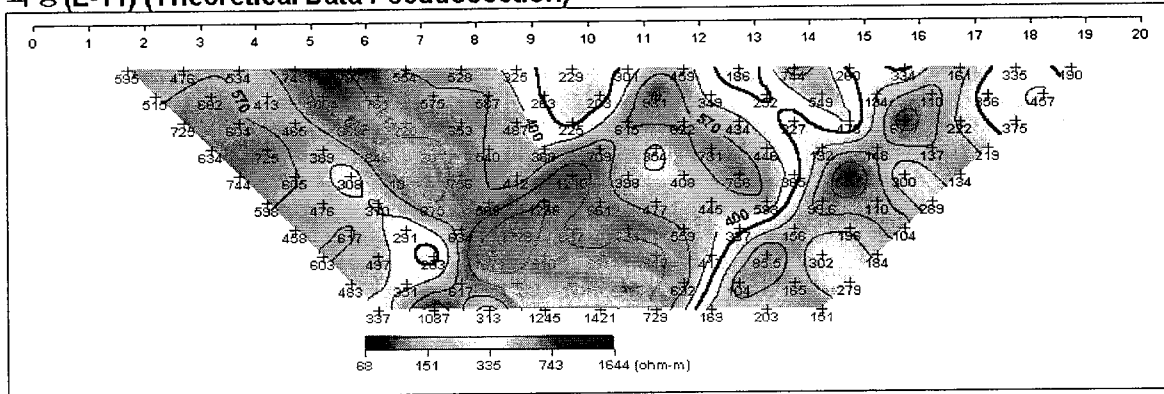


- <상> 현장 측정자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-15> 축선 E-10 쌍극자 탐사 결과도

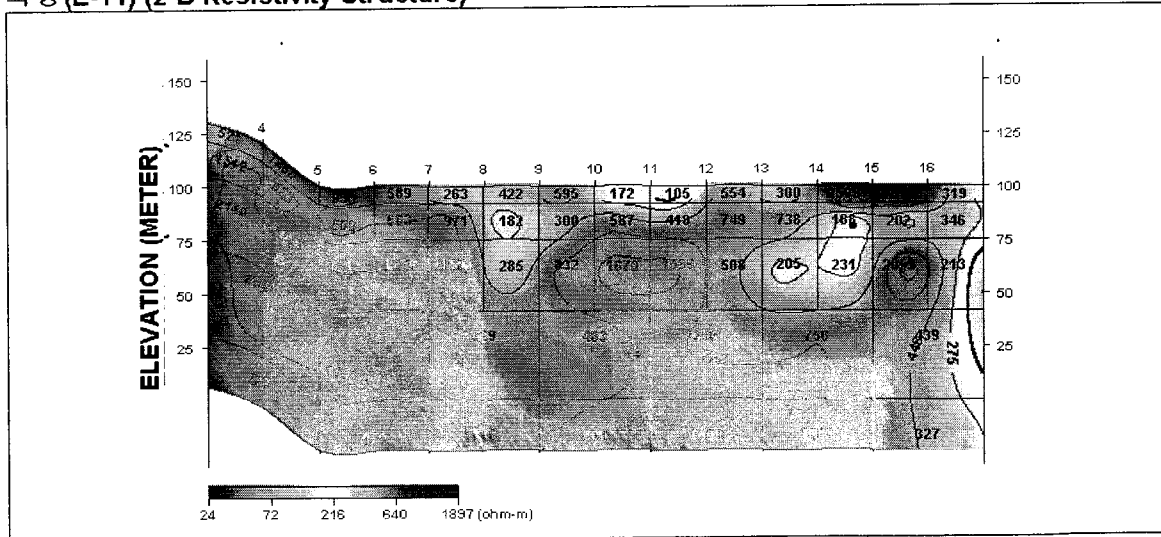
의령 (E-11) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-11) (Theoretical Data Pseudosection)



의령 (E-11) (2-D Resistivity Structure)



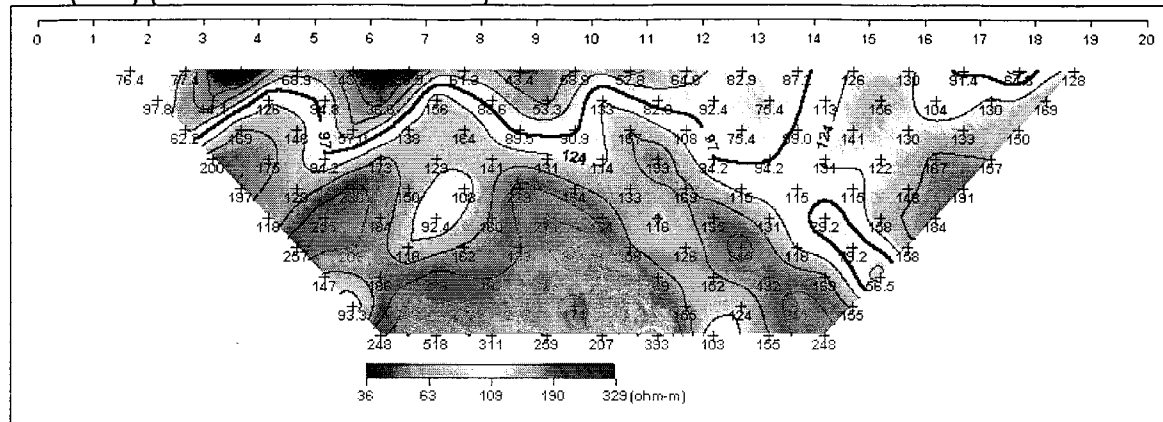
<상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도

<중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도

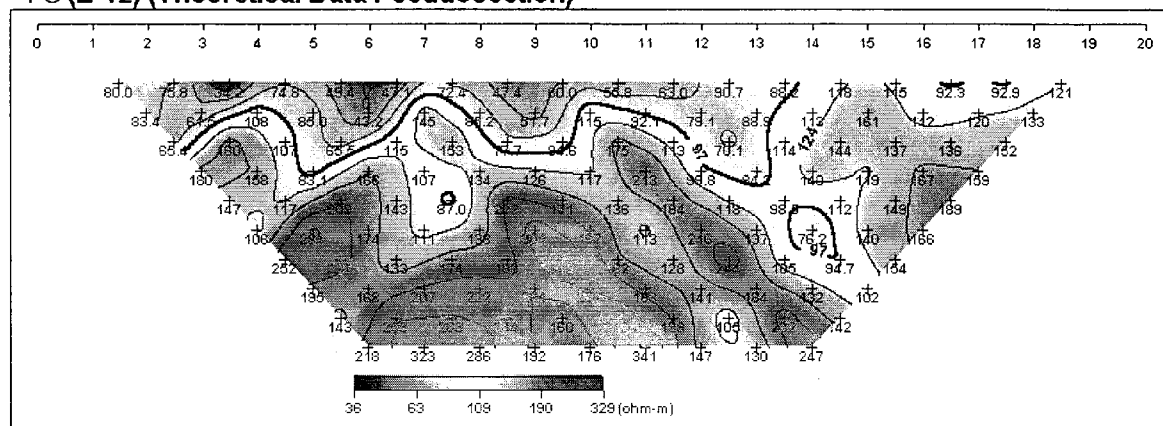
<하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도

<그림 3-16> 축선 E-11 쌍극자 탐사 결과도

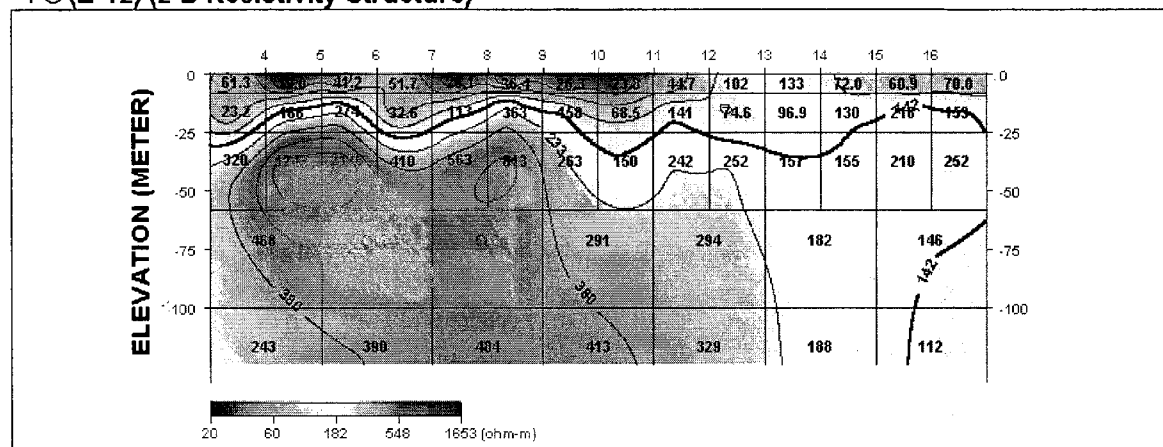
의령 (E-12) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-12) (Theoretical Data Pseudosection)

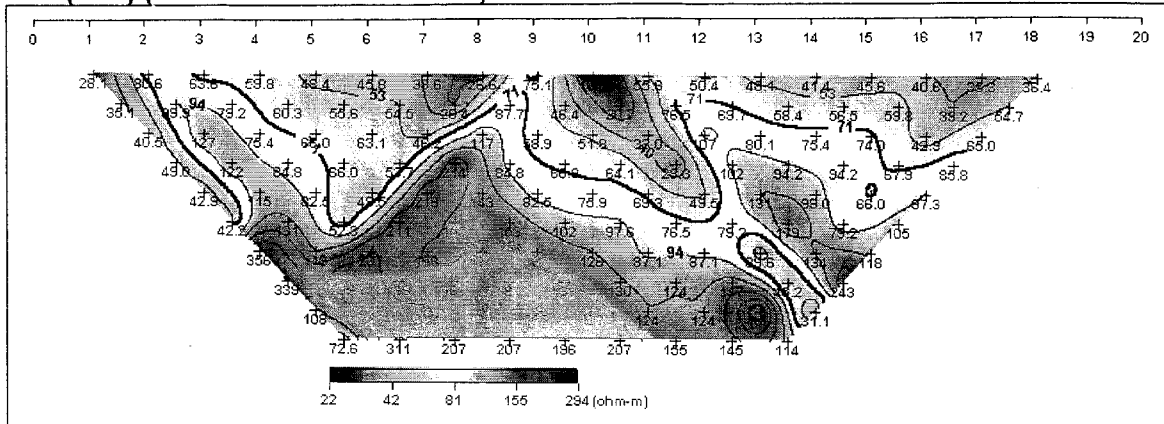


의령 (E-12) (2-D Resistivity Structure)

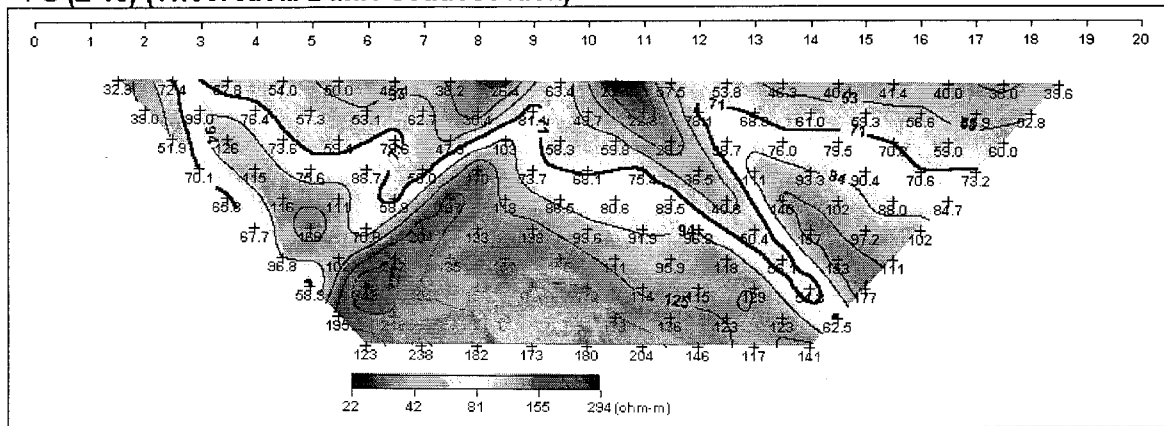


- <상> 현장 측정자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겹보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-17> 축선 E-12 쌍극자 탐사 결과도

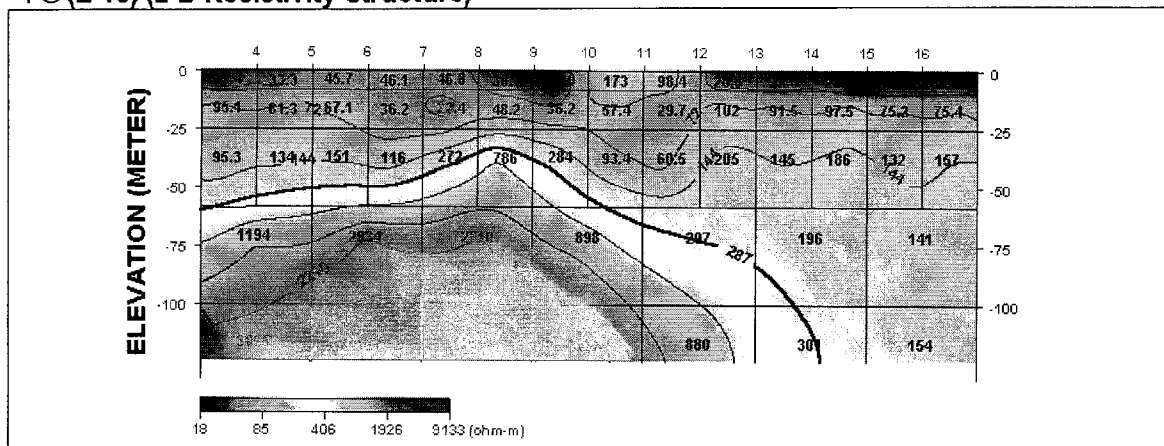
의평 (E-13) (Field Data Pseudosection)



의평 (E-13) (Theoretical Data Pseudosection)

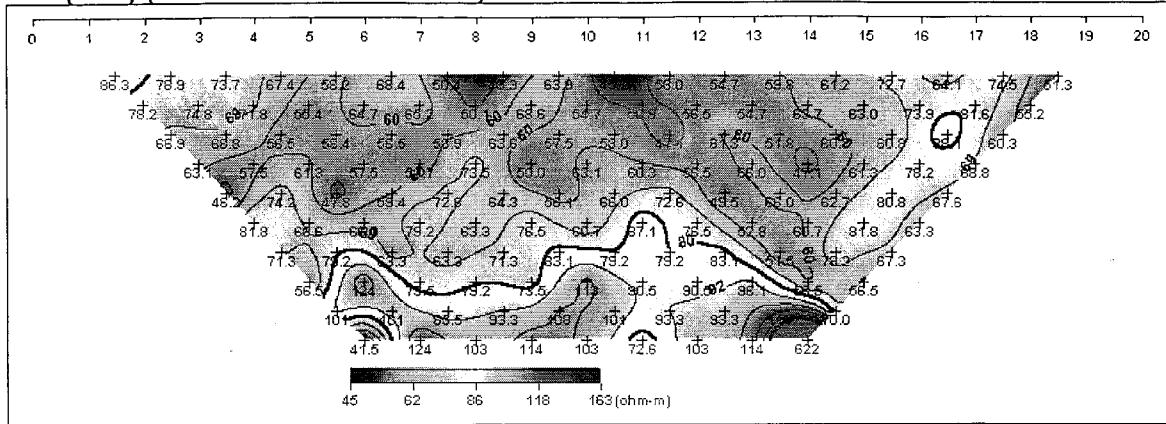


의평 (E-13) (2-D Resistivity Structure)

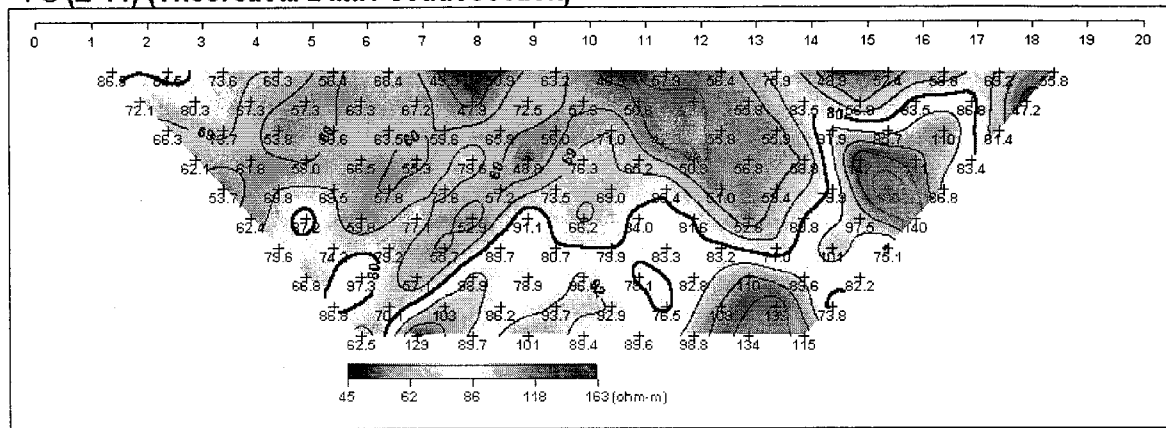


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-18> 축선 E-13 쌍극자 탐사 결과도

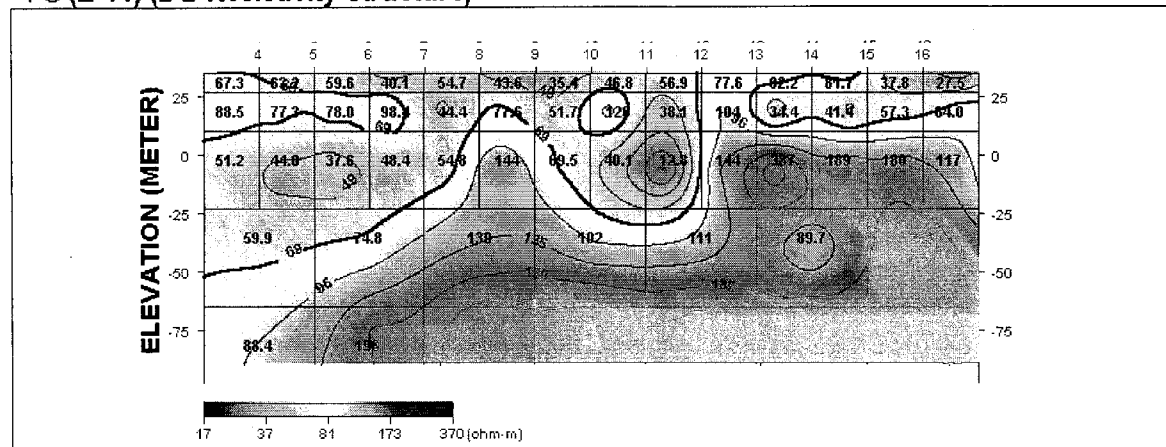
의령 (E-14) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-14) (Theoretical Data Pseudosection)

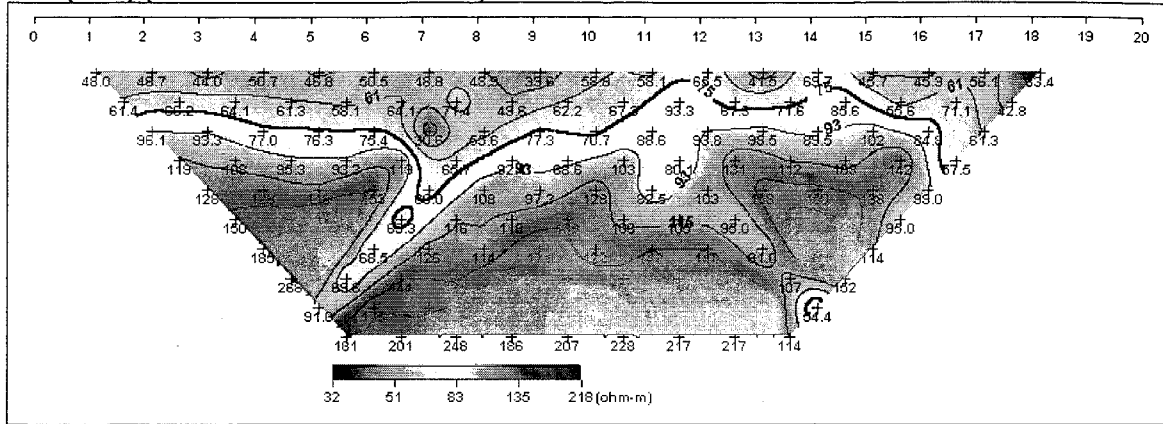


의령 (E-14) (2-D Resistivity Structure)

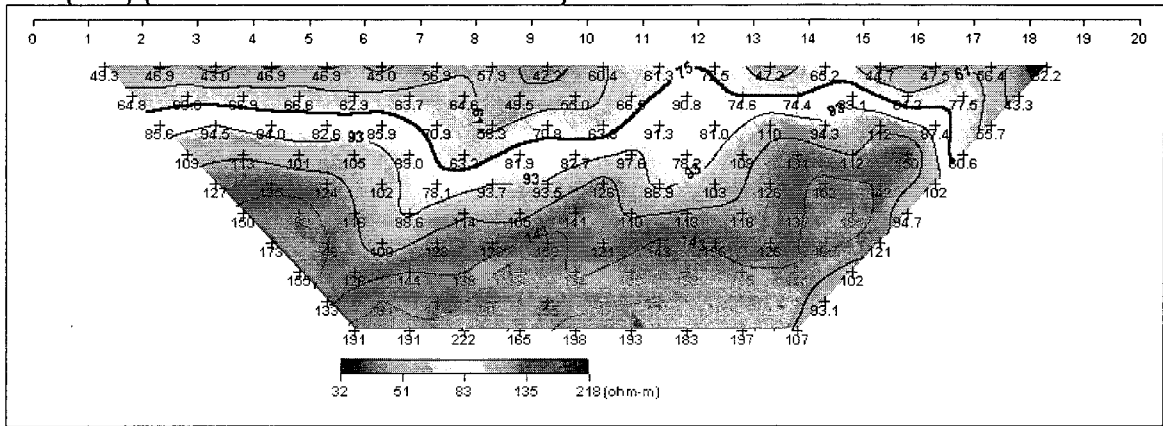


- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-19> 측선 E-14 쌍극자 탐사 결과도

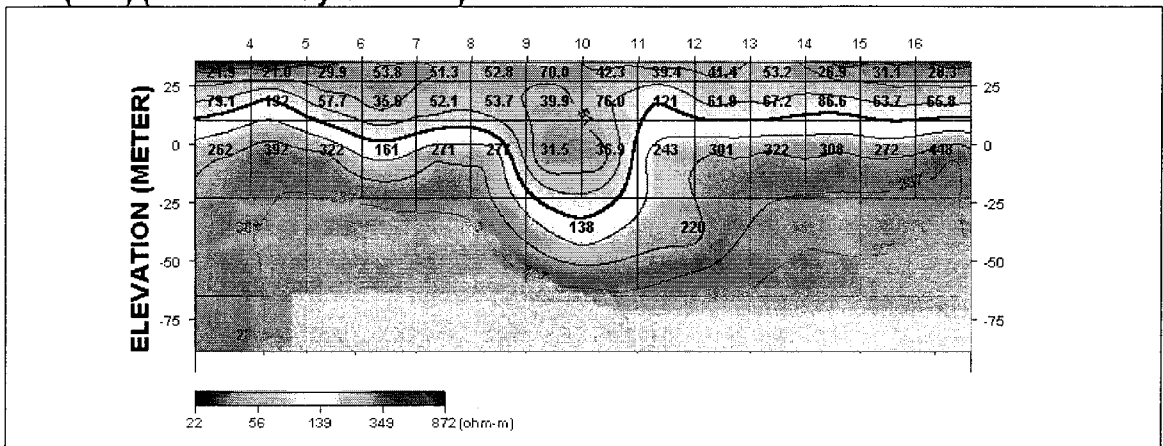
의령 (E-15) (Field Data Pseudosection)



의령 (E-15) (Theoretical Data Pseudosection)



의령 (E-15) (2-D Resistivity Structure)



- <상> 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <중> 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- <하> 현장 측정자료와 이론자료에 의한 모델링 단면도
- <그림 3-20> 축선 E-15 쌍극자 탐사 결과도

3-3. 양수시험

3-3-1. 양수시험 일반

지하의 물은 암석이나 토양에 발달되어 있는 공극에 포화되어 있으므로 이 공극의 성질, 특히 수리적 성질에 따라 물의 이동이나 투수능력이 결정된다. 양수시험을 시행하는 주요 목적은 대수층에 물이 충전 혹은 대수층으로부터 지하수를 채수함으로써 인하여 발생하는 수위상승 및 수위강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적인 성질 즉, 투수계수, 투수량계수, 저류계수 등을 결정하기 위하여 시행하는 것이다.

수리상수는 지역에 따라 그리고 심도에 따라 변화가 심한 경우도 있기 때문에 여러 곳에서 상수를 구하여 지하수에 대한 양적 평가를 해야한다. 수리상수의 산출은 양수시험을 통하여 이루어지는 바 양수정에서 양수를 지속하였을때 관측정에서의 시간(t)에 대한 수위강하(s)를 측정한다. 특히, 양수시험 동안 일정양수량(Constant Pumping Rate)을 유지시키는 것이 양질의 자료를 얻을 수 있다. 양수량의 높고 낮음은 대수층의 투수성에 의해 결정되므로 비교적 낮은 투수성을 가지는 매질에서는 양수량을 낮추고, 높은 투수성을 가진 매질에서는 양수량을 높여야 하는 것이 일반적이다. 만일 시험에 소요되는 시간을 줄이면서 정류상태의 양수시험 자료를 필요로 한다면 낮은 양수량으로 시험을 진행해야 보다 빠른 시간 안에 정류상태에 도달할 수 있다.

일반적으로 양수시험 수행공정은 시험 대상 양수정과 관측정이 설치된 대수층의 포화두께, 자연 수위, 스크린길이, 관정 내경등을 기록한 다음 수중모터나 자동수위기록기 등의 장비를 설치하고 양수정에서의 양수량과 관측정에서의 시간에 따른 수위강하량을 측정하여 그 측정결과로부터 시험자료를 해석하고 우물이론을 이용하여 투수량계수(T)와 저류계수(S) 등의 수리상수를 취득하게 된다. 여기서 투수량계수는 투수계수(K)에 대수층의 두께(B)를 곱한 값과 같으며 지하수의 수리경사가 1일때 단위 폭의 대수층에서 단위시간 동안 유출되는 물의 양으로 정의된다.

본 조사지구내에서의 양수시험은 기설관정 이용실태조사 결과 양수능력 100m³/일 이상의 암반관정 14개소를 대상으로 실시하였다. 암반관정에 대한 대수층 해

석은 자연수위가 대수층보다 훨씬 높은 점을 감안하여 피압대수층으로 가정하였고, 실제 양수시 정류상태(Steady state)에 도달하려면 상당한 시간을 요하므로 Theis의 비평형방정식을 적용하였다. 관정에서의 양수량(Q)과 투수량계수(T), 수위강하량(s) 사이의 관계식은 다음과 같다.

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u)$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

여기서, T ; 투수량계수

Q ; 양수량

S ; 저류계수

t ; 양수 개시 이후 경과시간

r ; 양수정과 관측정 사이의 거리

s ; 수위강하

$W(u)$; 우물함수

u ; 우물함수

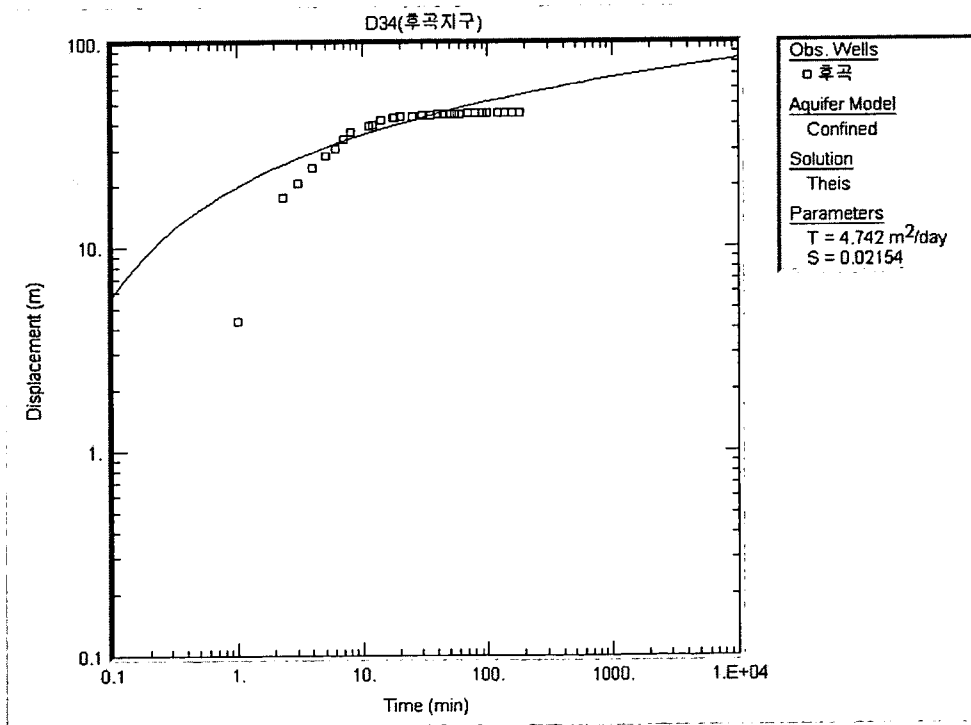
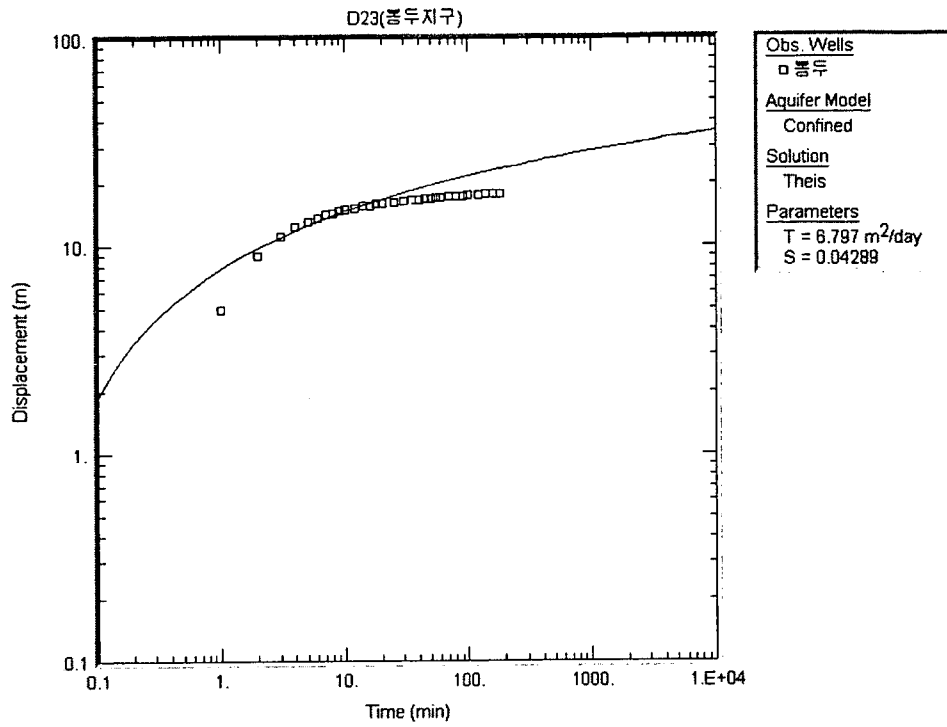
$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = \left(-0.577216 - \log e^u + u + \frac{u^2}{2 \cdot 2!} \right. \\ \left. + u + \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^2}{3 \cdot 3!} + \dots + \frac{u^2}{n \cdot n!} \right)$$

대수성시험 자료들은 상기 방정식을 토대로 미국의 Geraghty & Miller, Inc.에서 개발한 AQTESOLV(Aquifer Test Solver) 프로그램을 이용하여 대수층의 수리상수를 구하였다.<표 3-3>

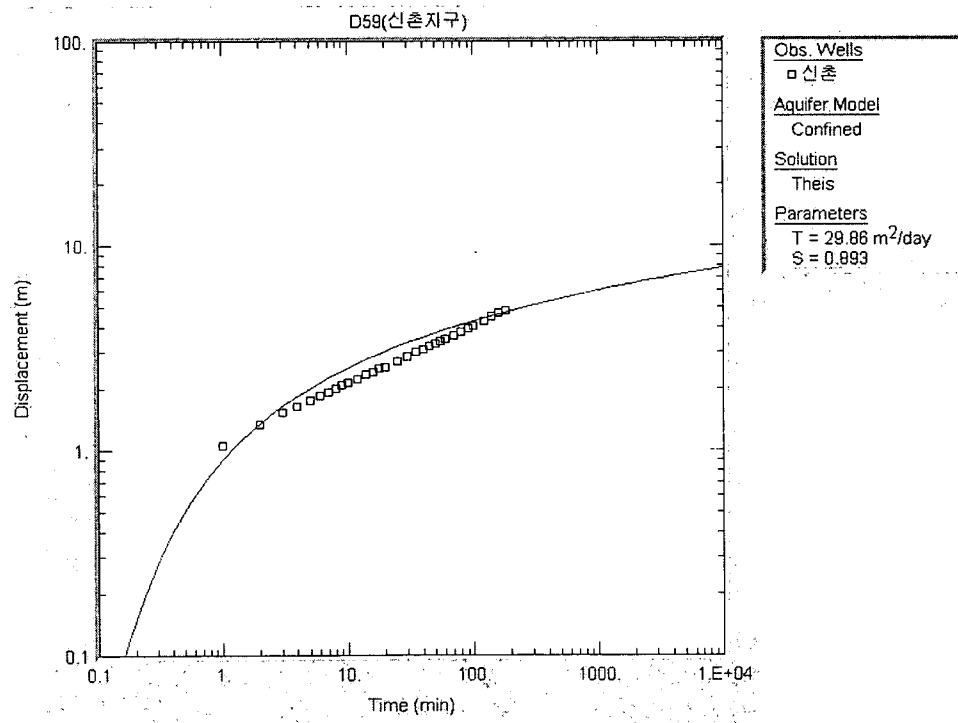
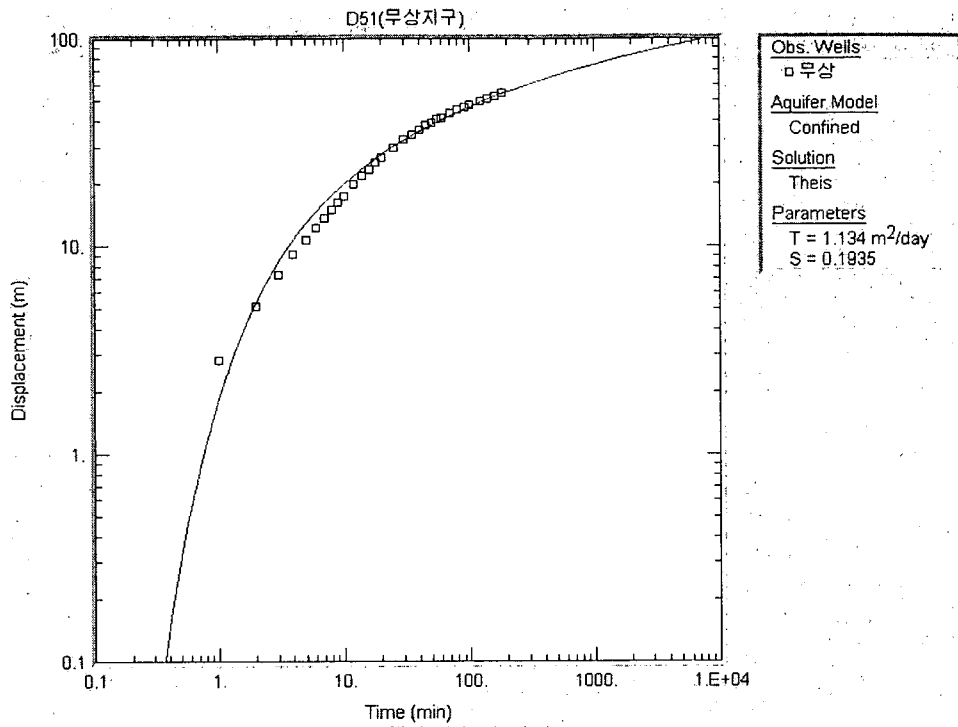
3-3-2. 양수시험 결과

<표 3-3> 양수시험 총괄표

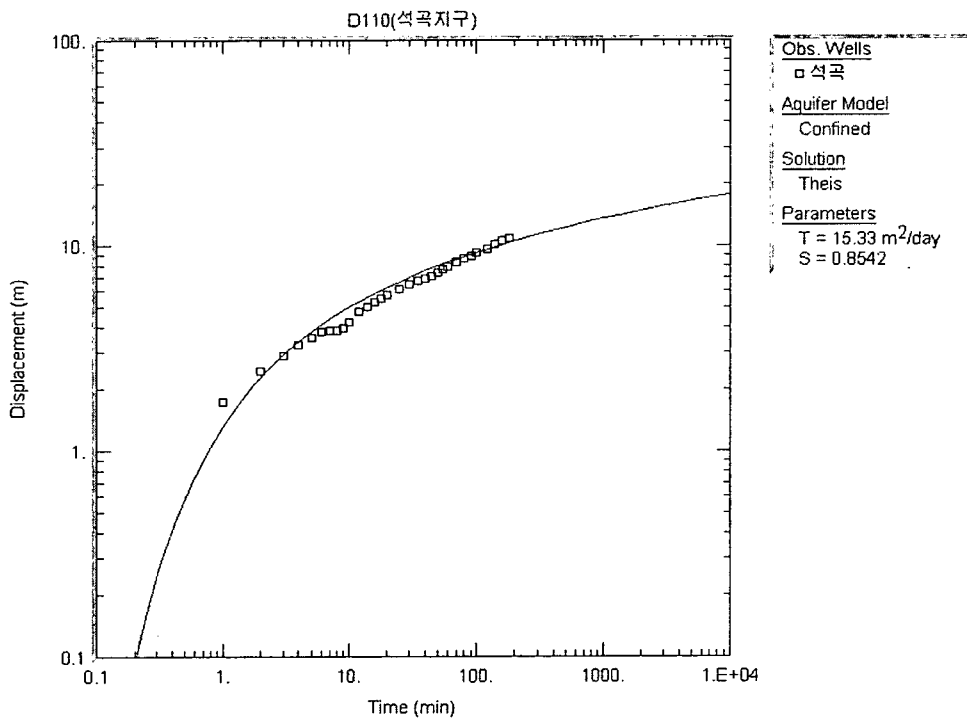
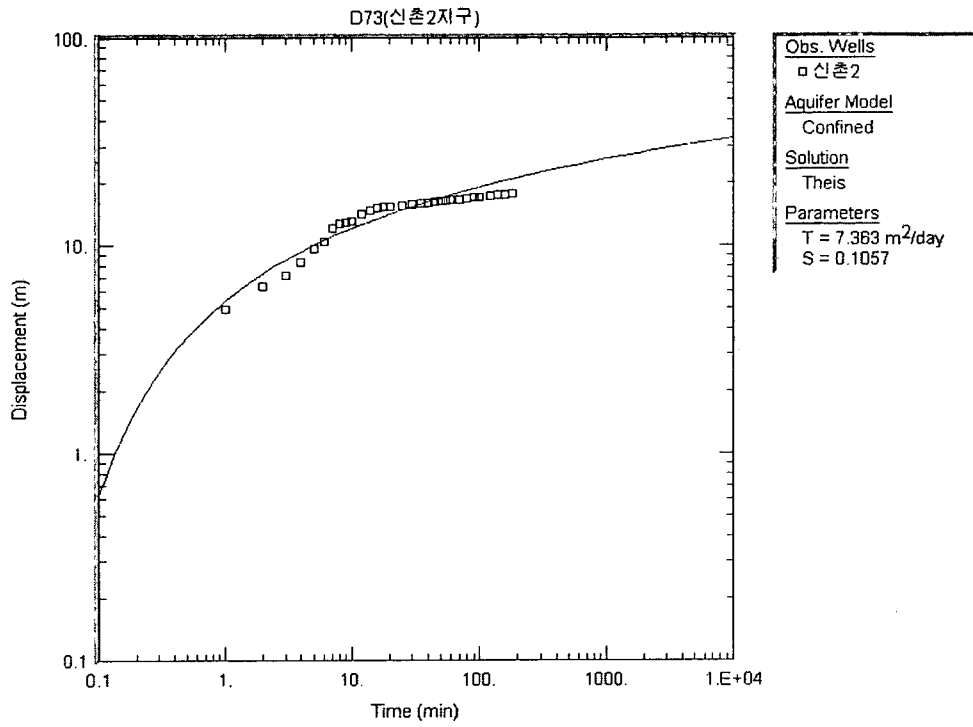
공 변	위 치		심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m ³ /d)	자연 수위 (m)	안정 수위 (m)	투수량계수 (m ² /d)	저류계수
	읍·면	리							
D-23	가례	봉두	150	250	260	1.98	19.85	6.797	0.04289
D-34	화정	화양	120	250	411	0.05	45.50	4.742	0.02154
D-51	의령	무전	80	250	173	2.17	60	1.134	0.1935
D-59	용덕	신촌	153	250	288	1.87	10	29.86	0.893
D-73	유곡	신촌	85	200	280	10.22	29	7.363	0.1057
D-110	정곡	석곡	78	250	360	1.53	15	15.33	0.8542
D-113	정곡	상촌	120	200	210	5.10	35	4.894	0.01463
D-127	지정	태부	110	250	320	1.37	10	32.35	0.6066
D-131	지정	웅곡	167	250	411	3.07	18	15.75	0.1584
D-151	부림	오소	84	200	432	4.23	18	19.23	0.7509
D-161	부림	막곡	112	250	309	0.74	17	10.7	0.157
D-199	칠곡	도산	70	250	250	0.62	12	16.83	0.1356
D-201	칠곡	산남	208	250	133	3.63	15.5	5.068	0.1356
D-206	칠곡	산북	102	250	253	3.88	24.47	6.274	0.04139
D-212	대의	중촌	154	250	288	1.65	19	11.28	0.1241
평 균			119.5		291.8	2.80	23.22	12.50	0.28



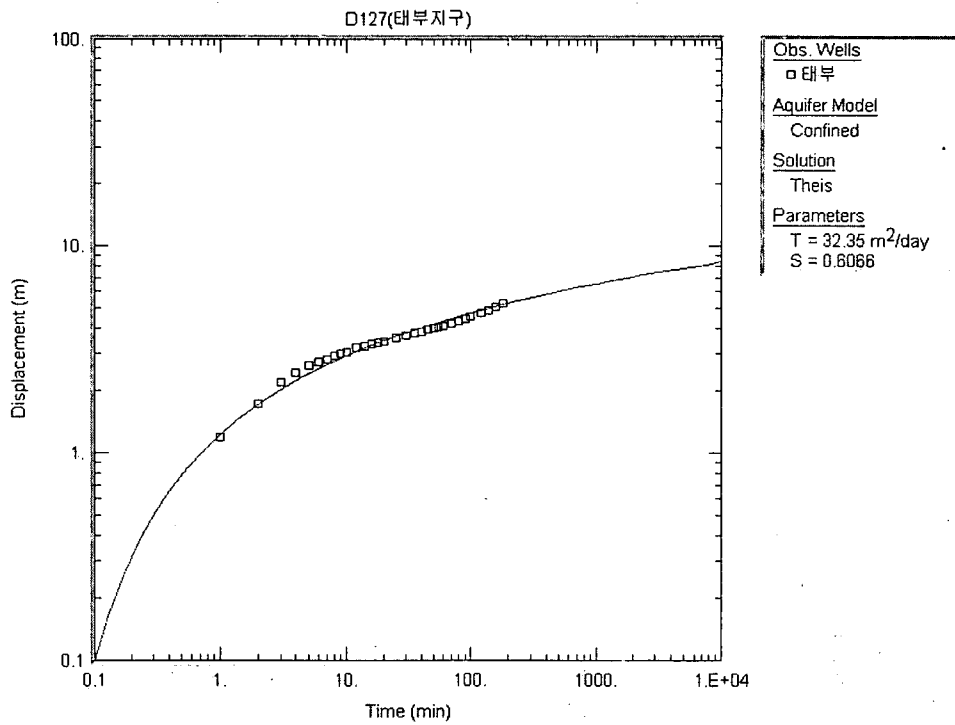
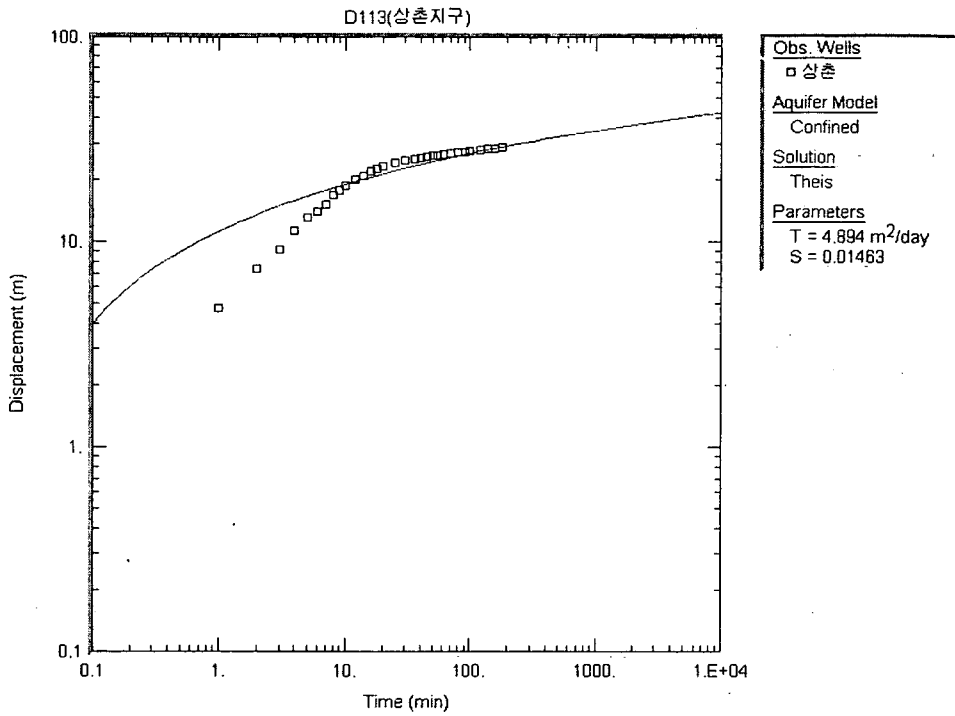
< 그림 3-21. 양수시험 해석결과 >



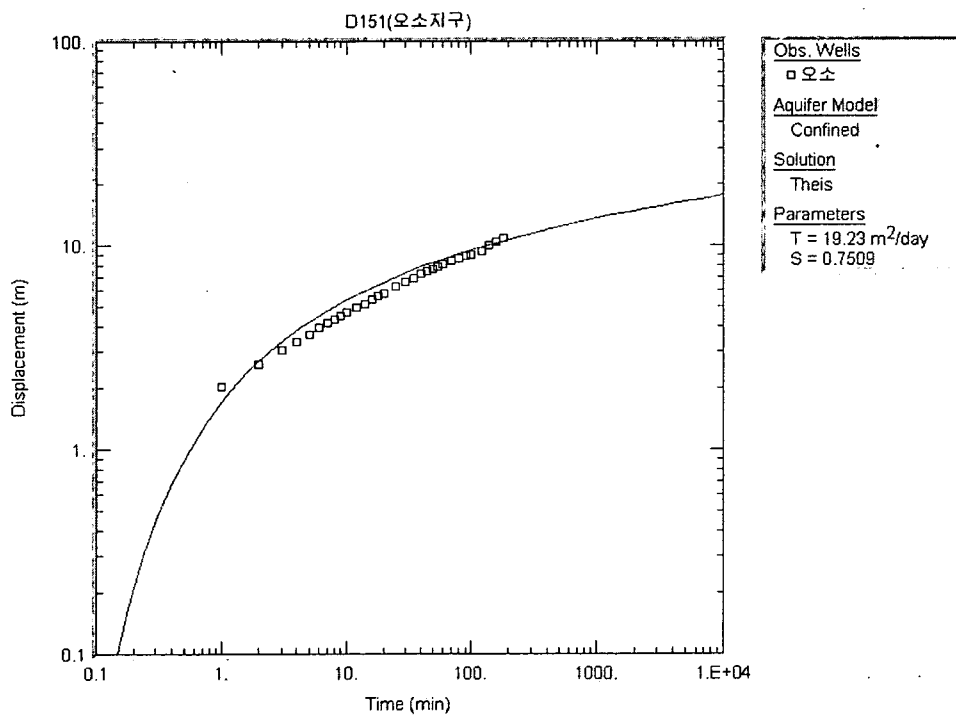
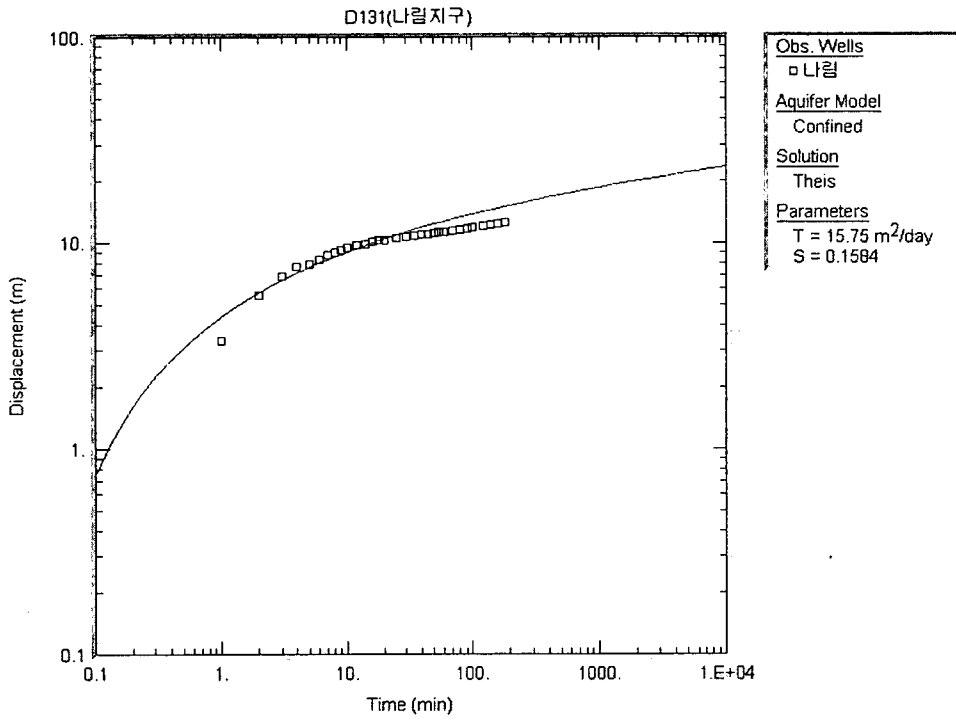
< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >



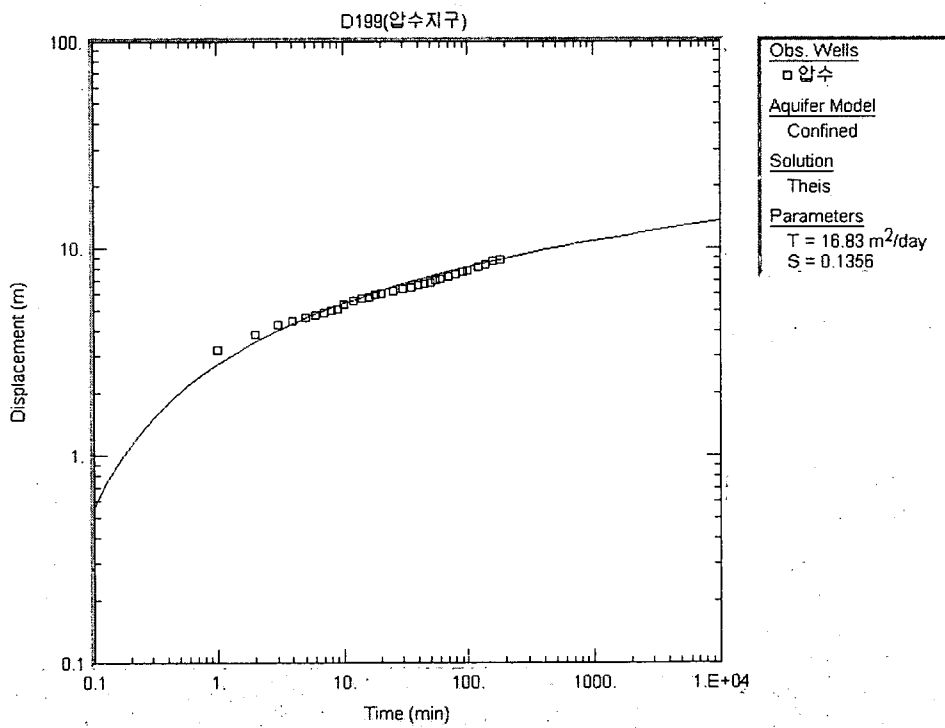
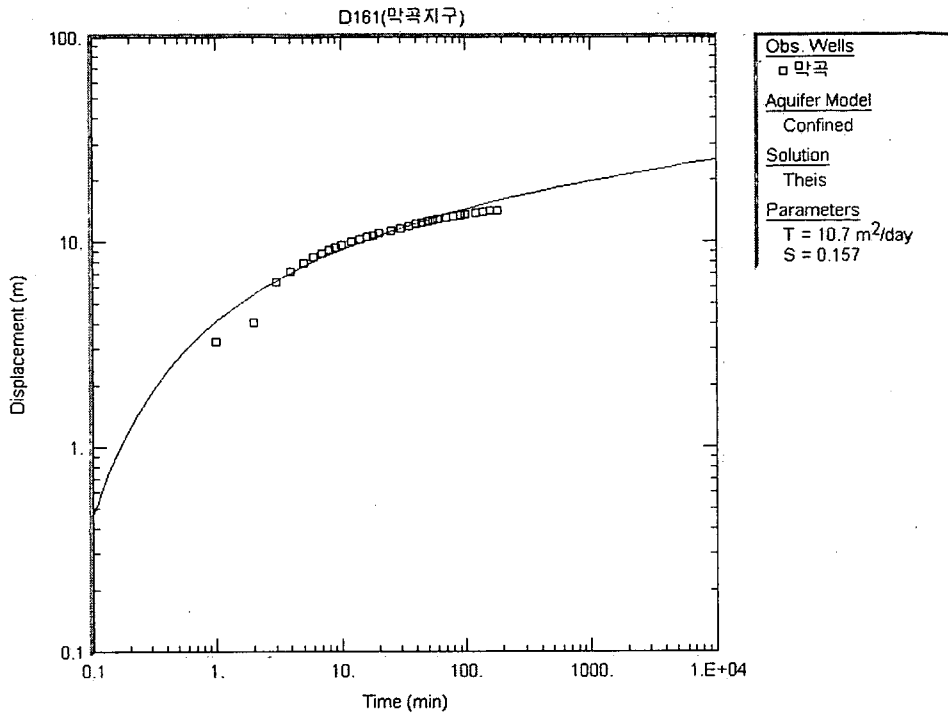
< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >



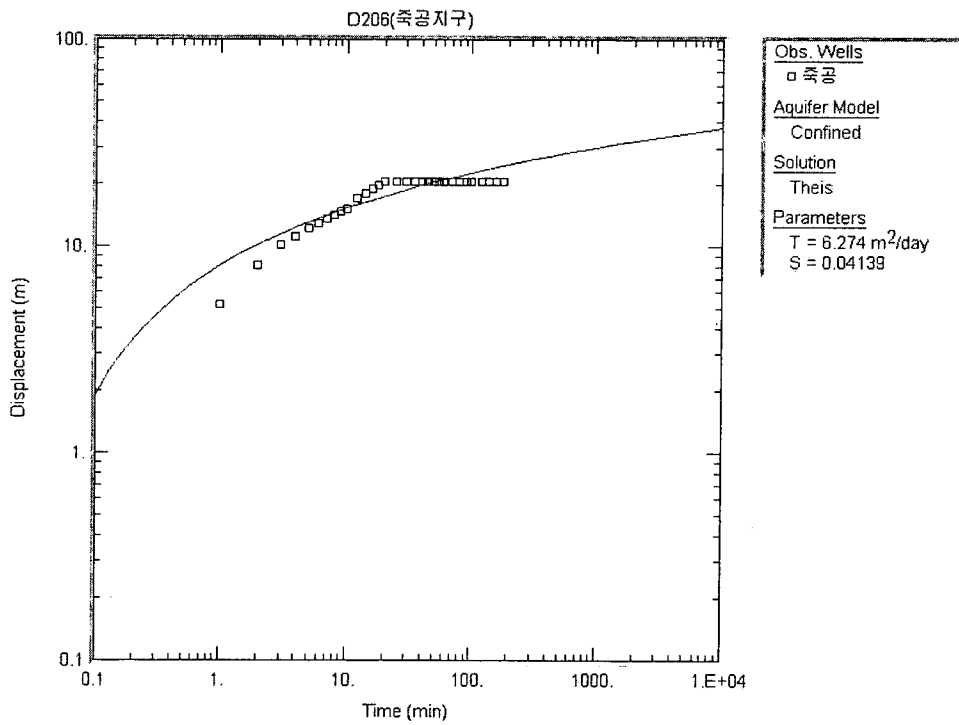
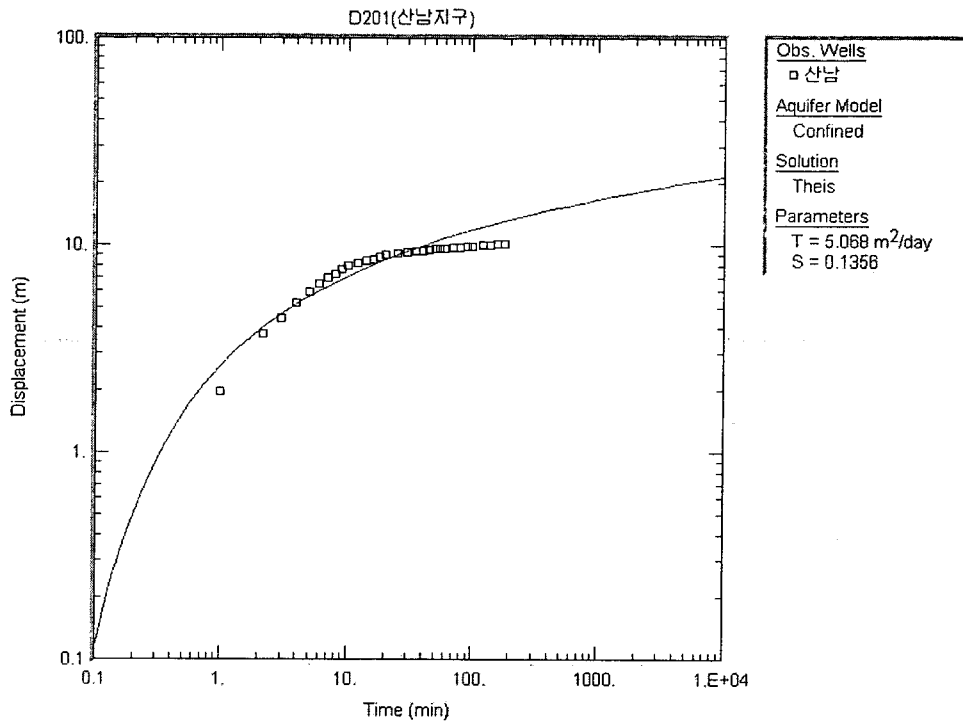
< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >



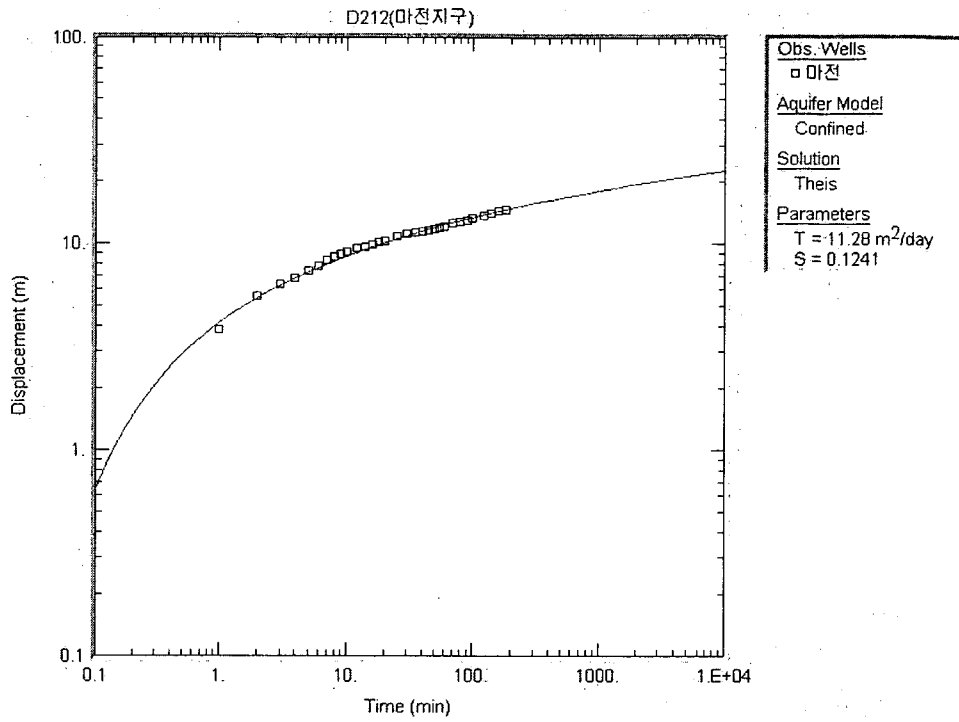
< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >



< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >



< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >



< 그림 3-21. 양수시험 해석결과(계속) >

4. 기설관정 이용실태조사

4-1. 기설관정 현황조사

본 조사지구의 지하수 이용실태조사는 건설교통부 두레박 자료와 의령군 지하수 이용현황 자료를 이용 현장조사를 실시하였다. 의령군 지역의 기설관정 이용실태 조사는 기 신고된 관정을 중심으로 이루어졌으며, 이외에 신고되지 않은 암반관정에 대해서도 용도, 심도, 사용량 등 조사 가능한 범위 내에서 실태조사를 실시하여 조사자료로 활용하였다. 특히 의령지역은 대부분이 산악지형으로 암반선이 얽기 때문에 대부분 암반관정으로 개발되어 충적관정은 하천지역 일부를 제외하고는 거의 개발이 불가능한 지형이었다.

조사지구의 지하수 개발·이용시설은 총 1,378개소에 연간 이용량이 15,367천m³/년이다. 이 가운데 허가시설은 없고, 신고시설은 533개소(38.7%)이고 845개소(62.3%)가 사용량이 경미하거나 이용이 미비한 기타시설로 이용되고 있다.

<표 4-1>. 지하수 허가·신고현황

(단위: 공, m³/년)

지 구	총 계		신고시설		경미시설 및 기타	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
의 령	1,378	15,367,240	533	8,422,766	845	6,944,474

4-1-1. 지하수 이용 및 시설현황

가. 지역별 지하수 이용현황

조사지구의 지하수 개발·이용시설은 총 1,378개소이며 이중 생활용수 723개소(52.5%), 농업용수 621개소(45.1%), 공업용수 34개소(2.4%) 순으로 생활용 개발관정이 가장 많았으나 지하수 이용량에서는 농업용수 8,607천m³/년(56%), 생활용수 6,004천m³/년(39%), 공업용수 755천m³/년(5%) 순으로 농업용수 이용량이 가장 많

았다.

행정구역별 지하수 개발·이용시설 개소수는 화정면이 가장 많고 공유면이 가장 적었으며, 지하수 이용량은 낙서면이 가장 많고 대의면이 가장 적었다. 화정면의 지하수 이용시설은 190개소(13.8%)이며 낙서면의 지하수 연간 이용량은 2,529천m³/년으로 전체 이용량의 16.5%에 해당한다. 공유면의 경우 68개소(4.9%)가 개발되어 있고, 대의면의 이용량은 79천m³/년으로 전체 이용량의 0.5%에 해당한다.

<표 4-2> 행정구역별 지하수 이용현황

(단위: 공, m³/년)

행정구역	총 계		생활용		공업용		농업용		
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	
의령군	계	1,378	15,367,240	723	6,004,360	34	755,520	621	8,607,360
	가례면	96	1,189,980	66	674,680	3	48,500	27	466,800
	공유면	68	895,830	29	209,260	0	0	39	686,570
	낙서면	113	2,529,100	33	797,000	0	0	80	1,732,100
	대의면	97	79,890	56	56,350	0	0	41	23,540
	봉수면	80	1,074,140	44	537,840	10	278,000	26	258,300
	부림면	150	1,071,523	59	416,033	4	98,740	87	556,750
	용덕면	79	1,344,700	31	385,600	2	11,600	46	947,500
	유곡면	72	566,540	53	326,980	1	15,000	18	224,560
	의령읍	140	1,779,065	75	1,018,900	10	193,500	55	566,665
	정곡면	97	1,612,830	59	455,230	2	106,200	36	1,051,400
	지정면	116	882,449	108	699,549	0	0	8	182,900
	칠곡면	80	1,327,695	41	215,135	0	0	39	1,112,560
	화정면	190	1,013,498	69	211,803	2	3,980	119	797,715

나. 용도별 지하수 이용현황

□ 생활용 지하수

총 계		가정용		일반용		학교용		민방위용	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
723	6,004,360	232	652,747	93	567,898	30	285,747	0	0
공동주택용		간이상수도용		상수도용		농업·생활겸용		기타	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
7	24,233	278	3,112,305	2	65,000	57	1,205,450	24	90,980

생활용수는 이용형태에 따라 상수도, 간이급수, 학교, 국방, 민방위급수와 목욕탕, 음식점, 일반 가정용 지하수 등으로 구분할 수 있다. 조사지구의 생활용 지하수 시설은 총 723개소이며 이용량은 6,004천m³/년이다. 조사지구의 상수도 보급율은 31.7%로 매우 낮아 미급수 지역에서의 생활용수 공급은 대부분 간이상수도 및 가정용 지하수를 개발사용하고 있다. 가정용 및 간이상수도용 지하수 시설은 총 510개소(70.5%)이며 이용량은 3,765천m³/년(62.7%)이다.

□ 농업용지하수

총 계		전작용		답작용		원예용 및 기타	
개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
621	8,607,360	5	231,000	497	6,523,365	119	1,852,995

조사지구의 농업용 지하수 시설은 총 621개소가 개발되어 전작용, 답작용, 원예용으로 연간 8,607천m³이 농업용수로 이용되고 있다. 세부용도별 이용량은 답작용이 6,523천m³/년(75.8%), 전작용 231천m³/년(2.7%), 원예용 및 기타 1,853천m³/년(21.5%)으로 대부분 답작용이 개발·이용되고 있다. 낙동강 부근의 충적층 지대에서는 수로를 이용하거나 충적관정을 농업용수로 이용하고 있고, 기타 산간 지방의 경우는 대부분 저수지 수로나 암반관정을 농업용수로 이용하고 있다.

4-1-2. 지하수 이용특성

가. 공동지하수 이용량

지 구	개소수	년이용량 (m ³ /년)	일이용량 (m ³ /일)	공당년이용량 (m ³ /년/공)	공당일이용량 (m ³ /일/공)
의 령	1,378	15,367,240	42,102	11,152	30.6

조사지구의 지하수 개발·이용 시설수는 총 1,378개소로 15,367천m³/년이 이용되고 있으며 공당 연간 지하수 이용량은 11,152m³/년이다.

나. 단위면적당 지하수 이용현황

조사지구의 단위면적당 지하수 이용량은 단위면적 즉 1km²당 31,816m³/년이 이용되고 있다.

지 구	이용량(m ³ /년)	면적(km ²)	단위면적당 이용량	
			(m ³ /년/km ²)	(m ³ /일/km ²)
의 령	15,367,240	483	31,816	87.2

다. 양수능력별 지하수 이용현황

조사지구의 양수능력별 지하수 개발·이용현황은 30~100m³/일 미만의 정호가 1,739개소(50.4%)가 개발, 1,177천m³/년이 이용되고 있고 중, 대형 암반관정에 해당하는 100m³/이상의 정호는 83개소(2.4%)가 개발, 496천m³/년이 이용되고 있다. 또한 양수능력에 따른 용도별 개발·이용특성은 30m³/일 미만의 정호는 생활용 지하수로 개발·이용되고 있으며, 30m³/일 이상 100m³/일 이하의 양수능력을 가지는 정호는 지방상수도 및 간이상수도용 및 농업용수로 개발·이용되고 있다.

구분	총 계		0-30m ³ /일 미만		30이상 100이하		100초과 150이하		150m ³ /일 초과	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
계	1,378	15,367,240	190	479,774	517	3,616,632	350	5,049,514	321	6,221,320
생활용	732	6,004,360	168	457,889	326	2,298,907	138	1,597,599	91	1,649,965
공업용	34	755,520	0	0	7	97,000	5	15,020	22	634,500
농업용	621	8,607,360	22	21,885	184	1,220,725	207	3,436,895	208	3,927,855

4-2. 시설관정 지하수위조사

대수층에 설치된 관정으로부터 지하수위를 조사하여 지하수위 등고선도를 작성할 수 있다. 동일한 지하수위를 서로 연결한 선을 등수위선(equipotential line)이라고 하며, 등수위선을 서로 연결한 측고면을 지하수위 등고선도(potentiometric map) 또는 등수위선도라 한다.

대수층은 포화대의 최상단면에서 작용하는 압력이나 자유수면의 존재 여부에 따라 자유면대수층과 피압대수층으로 구분한다. 자유면대수층(충적대수층)의 지하수면(Water table)은 포화대의 최상단면으로서 비포화대의 공극을 통해 대기와 직접 접촉하고 있다. 따라서 지하수면에 작용하는 압력은 그 지역의 대기압과 동일하다. 그러므로 자유면대수층의 지하수면은 지하수위의 최상위에 위치한 물리적인 경계면으로써 계절에 따라 상하로 유동 가능하며 강수의 지하 함양이나 자연적인 지하수의 배출로 인해 주기적으로 변동한다. 따라서 지하수위의 변화는 자유면대수층 포화대의 두께 변화를 의미하며 이는 곧 지하수 저장량의 변화를 의미한다.

이와는 달리 포화대의 상하부가 불투수층으로 피복되어 있을 때는 대수층이 심한 압력을 받게 된다. 이러한 구속 대수층을 피압대수층이라 한다. 이러한 대수층에 개발된 관정의 지하수위가 변동하는 것은 피압대수층의 지하수 저장량의 변동이기보다는 피압대수층 최상단면에서의 압력변화를 의미한다.

지하수위의 관측은 대수층에 설치한 우물의 지하수위를 해발표고로 표시한 지하수위 등고선도를 작성함으로써 지하수의 흐름과 대수층내에서 지하수의 유동방향 그리고 개발 가능성, 개발 양수량을 파악하는 데 유용하다.

본 보고서에서는 의령지구의 특성이 산악지형으로 되어 있어 대부분이 암반관정으로 개발이 되어 있었고, 충적관정의 개발은 낙동강 인근의 일부지역에 국한되었다. 따라서 소유역별로 현재 사용하지 않는 기 개발된 농업용 암반관정을 대상으로 지하수위조사를 실시하였으며 지하수위 등고선도를 작성하여 이를 지하수의 흐름과 연계하여 해석하였다. 수위관측은 동일조건에서 일제조사를 통해 자료를 획득해야 하나 조사지역의 여건 및 제한된 인력과 시간에 따라 획득한 자료의 신뢰성이 다소 결여된 점을 언급해 둔다.

의령군 지역에서 실시한 지하수위 조사는 총 164개소로 평균 지하수위는 5.66m 였다. 읍면별 평균 수위는 의령읍(16개소) 6.46m, 가례면(15개소) 5.67m, 궁유면(5개소) 8.95m, 낙서면(8개소) 6.95m, 대의면(3개소) 2.88m, 봉수면(11개소)

7.40m, 부림면(16개소) 5.28m, 용덕면(11개소) 4.18m, 유곡면(21개소) 5.50m, 정곡면(15개소) 5.17m, 지정면(17개소) 4.68m, 칠곡면(13개소) 6.62m, 화정면(12개소) 5.04m 로 조사되었다. 상대적으로 볼 때, 궁유면이 8.95m로 수위가 가장 깊었고, 대의면이 2.88m로 수위가 가장 얇았다.

5. 수질 및 잠재오염원조사

지하수자원을 평가할 때, 지하수의 화학조성의 연구는 지하수의 운동, 저유 및 함양의 연구와 함께 중요하다. 이는 음료수, 각종 생활용수, 농업, 공업용수에 적합한가의 가부를 판단하기 위해 필요불가결함과 동시에, 함양과 함양원, 물의 운동의 속도와 방향, 지하수의 유출, 그의 집적과 저유, 대수층의 성질등에 대한 중요한 정보를 제공해준다. 지하수의 수질은 지하수와 지층간의 장시간에 걸친 상호작용에 의해 형성되어진 것이다.

의령지역 지하수에 대한 지화학적 특성을 알아보기 위하여 의령군 일대의 13개 읍·면에 분포하는 지하수를 2001년 8월 15개의 지하수 시료를 채취하였다. 지하수 시료는 관개용 농업용수와 주민들의 생활용수를 대상으로 하였다. 15개의 지하수 시료에 대하여 현장간이수질검사(전기전도도, 수소이온농도, 수온) 및 주요 양·음이온 분석을 하였다.

5-1. 현장간이수질검사

수질의 지표가 되는 것은 수온, 전기전도도와 용존성분량 그리고 수소이온농도(pH)이다. 지하수온은 지하수의 유동이 늦기 때문에 지온의 영향을 받는다. 지온은 깊이와 함께 연교차가 작아지고, 더욱이 지표의 영향이 미치지 않는 항온층이다. 항온층의 심도는 수문지질조건에 따라 다르지만 대개 10~20m이다. 전도도는 물질의 전기전도성을 표시하는 양으로써 비저항의 역수로 표시되며, 단위는 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이다. 지하수의 전도도에 의해 용존이온량을 대략적으로 파악할 수가 있다. 수소이온농도(pH)는 지하수가 산성인가 중성인가 염기성인가를 결정되는데 이는 수소이온지수(pH)로 표시된다. pH는 온도의 영향을 많이 받으며, 강산성의 온천수나 특수한 환경의 지하수를 제외하면, 일반적으로 지하수의 pH는 물에 용존되어 있는 탄산물질의 지배를 받는다. 여기서 말하는 탄산물질은 H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} 을 말한다.

현장 간이수질검사는 채수 후 즉시 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC) 및 수온을 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 EC가 안정된 후 측정을 한다.

5-2. 주요이온 분석결과

5-2-1. 측정 및 분석방법

지하수의 기원이 되는 강수의 용존물질의 양은 아주 미량이다. 특수한 경우에 한해 공업지대로부터의 회가스나 화산가스등에 기인한 물질이 용존되는 경우도 있지만, 지하수의 용존물질의 대부분은 지층을 통해 이동하는 동안의 암석이나 유기물과의 반응에 의해 형성되어진 것이다.

일반적으로 지하수와 같은 자연수는 양이온의 Na, K, Ca 그리고 음이온의 Cl, SO₄, HCO₃, CO₃의 8가지 성분이 이들 용존성분의 거의 대부분을 차지한다. 이들 8가지의 성분을 물의 주요성분이라고 하며, 이들의 조성비의 차이에 의하여 수질의 특성이 규정된다. 물 속에 함유된 주요 성분 이외의 미량성분들은 그 종류가 다양하나 함유량은 극히 빈약하다.

분석은 현장분석과 실내분석으로 이루어진다. 물 속에 용존되어 있는 기체 성분인 탄산가스CO₂ 그리고 음이온 성분중 변하기 쉬운 중탄산(HCO₃)과 탄산(CO₃)은 현장에서 습식으로 분석하였다. 나머지 성분은 실내에서 주로 원자흡광분석기(Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)를 이용하여 실시되었다. 각성분의 현장분석 및 실내분석용 물 시료의 채취는 각 시추공에서 30분 이상 양수한 후 안정되었다고 판단되었을 때 실시하였으며, 현장에서 공극크기가 0.45 μ m인 여과지로 여과한 후 채수하였으며, 아울러 진한 질산을 가해 시료 채취용기 벽면에 양이온이 흡착되는 것을 방지하였고, 음이온 분석 대상시료는 채수시 발생하는 기포를 제거하고 즉시 테이프로 밀봉하여 공기와의 접촉을 차단하였다. 채수한 시료는 아이스박스(4 $^{\circ}$ C 이하)를 이용하여 운반하였다.

5-2-2. 지하수의 수질특성

지하수와 물 속에 용해되어 있는 주 양이온과 음이온 등의 주요 용해물질의 농도를 epm이나 equivalent per liter로 도식화해서 Stiff 다이어그램으로 표현할 수 있다. 이 다이어그램은 도표의 중앙선을 중심으로 왼쪽은 양이온 중에서 Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg⁺의 농도를, 오른쪽은 음이온 중에서 주 음이온인 Cl⁻, HCO₃⁻ 및 SO₄⁻의 농도를 일종의 모형으로 나타내어 작성한 것이다. 지하수조사에 있어서 각 시료채

취지점의 수질분석 결과를 이러한 Stiff 다이어그램으로 도식화하면, 동일기원의 지하수는 같은 형태의 모양을 나타내기 때문에 수질의 특성을 파악하는데 유용하다. 그리고 Piper 다이어그램은 주요 양이온과 음이온 성분의 변화를 통하여 지하수의 유형분석과 진화 및 혼합작용을 분석하는 데 이용된다.

본 조사지구내 지하수의 전반적인 수질특성에 관한 자료는 표 5-1에 나타내었으며 이 표의 분석치를 토대로 Piper 다이어그램과 Stiff 다이어그램에 투영시켜 지역별 수질변화를 파악하였다. <그림 5-1>은 지하수중의 주요 양이온, 음이온들의 당량백분율을 이용하여 투영한 Piper 다이어그램이다.

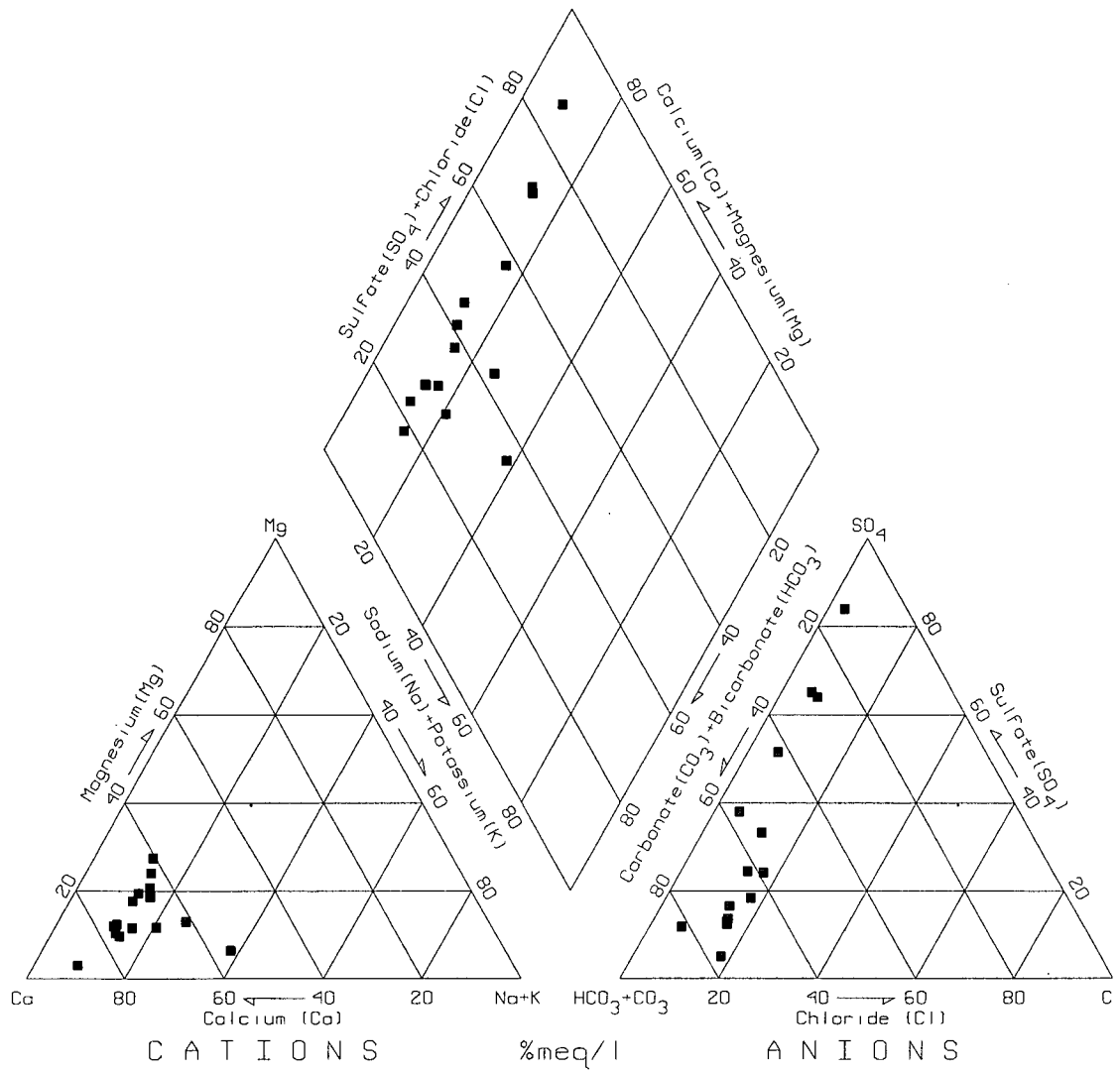
그림 <그림 5-2>는 각 지역별로 도시한 Stiff 다이어그램이다. 이 다이어그램은 동일기원의 지하수를 구별하는 데 용이하게 사용된다.

<표 5-1> 양·음이온 수질분석 결과표

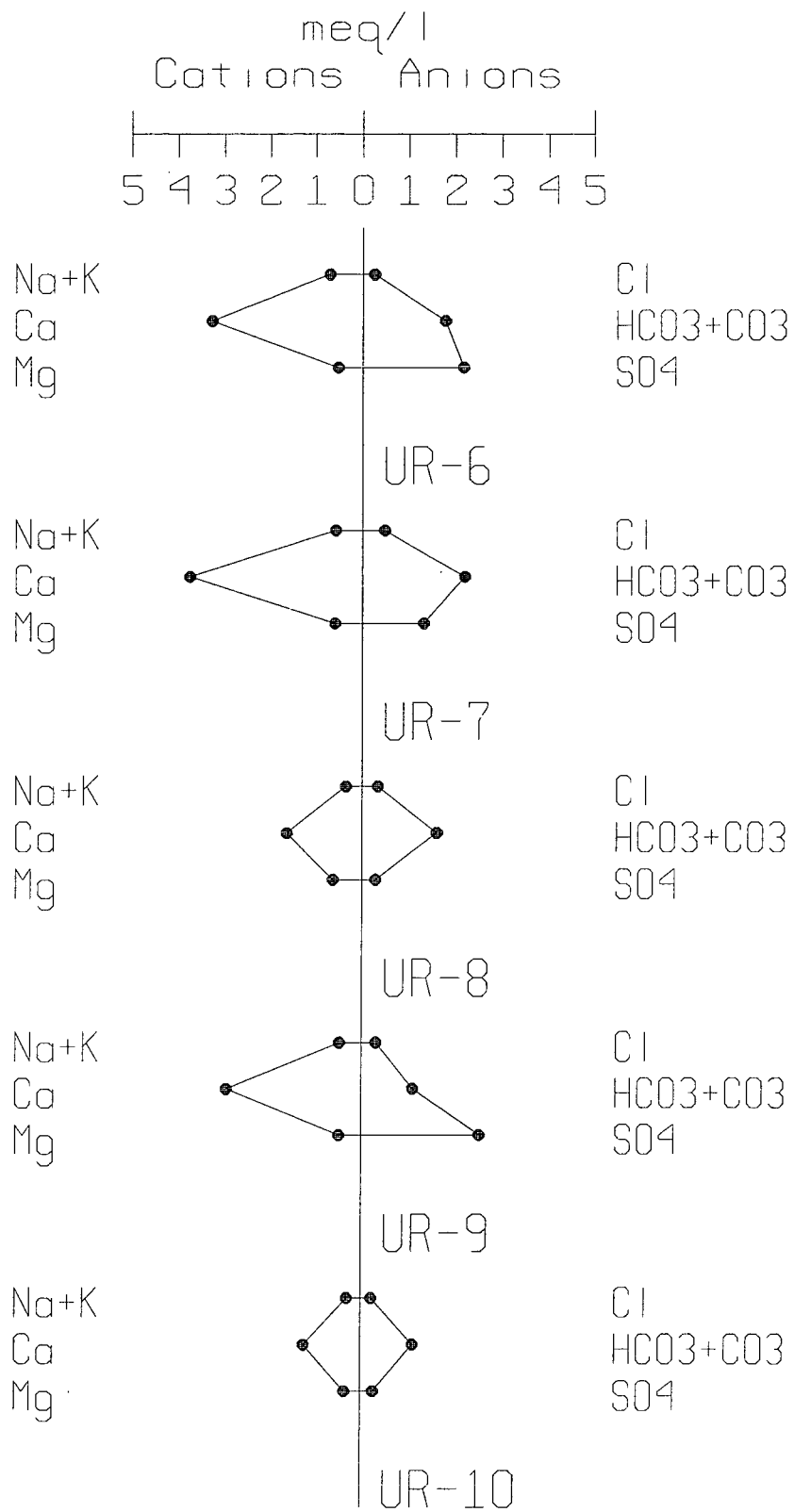
시 료 명		UR-1	UR-2	UR-3	UR-4	UR-5
시 험 항 목	시험번호	01-49	01-50	01-51	01-52	01-53
	기준					
칼슘(Ca)	- mg/L	50.50	217.00	48.70	45.70	34.30
마그네슘(Mg)	- mg/L	7.77	4.50	5.09	3.51	2.39
나트륨(Na)	- mg/L	9.50	24.70	16.70	9.34	26.40
칼륨(K)	- mg/L	1.80	0.74	0.51	0.60	1.04
황산이온(SO ₄ ⁻²)	200 mg/L	35	579	21	15	32
중탄산(HCO ₃)	- mg/L	108.5	111.0	139.0	131.1	142.1
염소이온(Cl ⁻)	250 mg/L	18	17	17	6	22

시 료 명		UR-6	UR-7	UR-8	UR-9	UR-10
시 험 항 목	시험번호	01-54	01-55	01-56	01-57	01-58
	기준					
칼슘(Ca)	- mg/L	65.50	74.90	32.60	58.80	24.60
마그네슘(Mg)	- mg/L	6.33	7.14	7.58	5.86	4.24
나트륨(Na)	- mg/L	15.80	12.90	7.46	10.30	6.44
칼륨(K)	- mg/L	0.74	0.42	0.83	0.97	0.65
황산이온(SO ₄ ⁻²)	200 mg/L	104	64	14	122	13
중탄산(HCO ₃)	- mg/L	108.5	134.2	98.8	68.3	69.5
염소이온(Cl ⁻)	250 mg/L	9	17	12	11	8

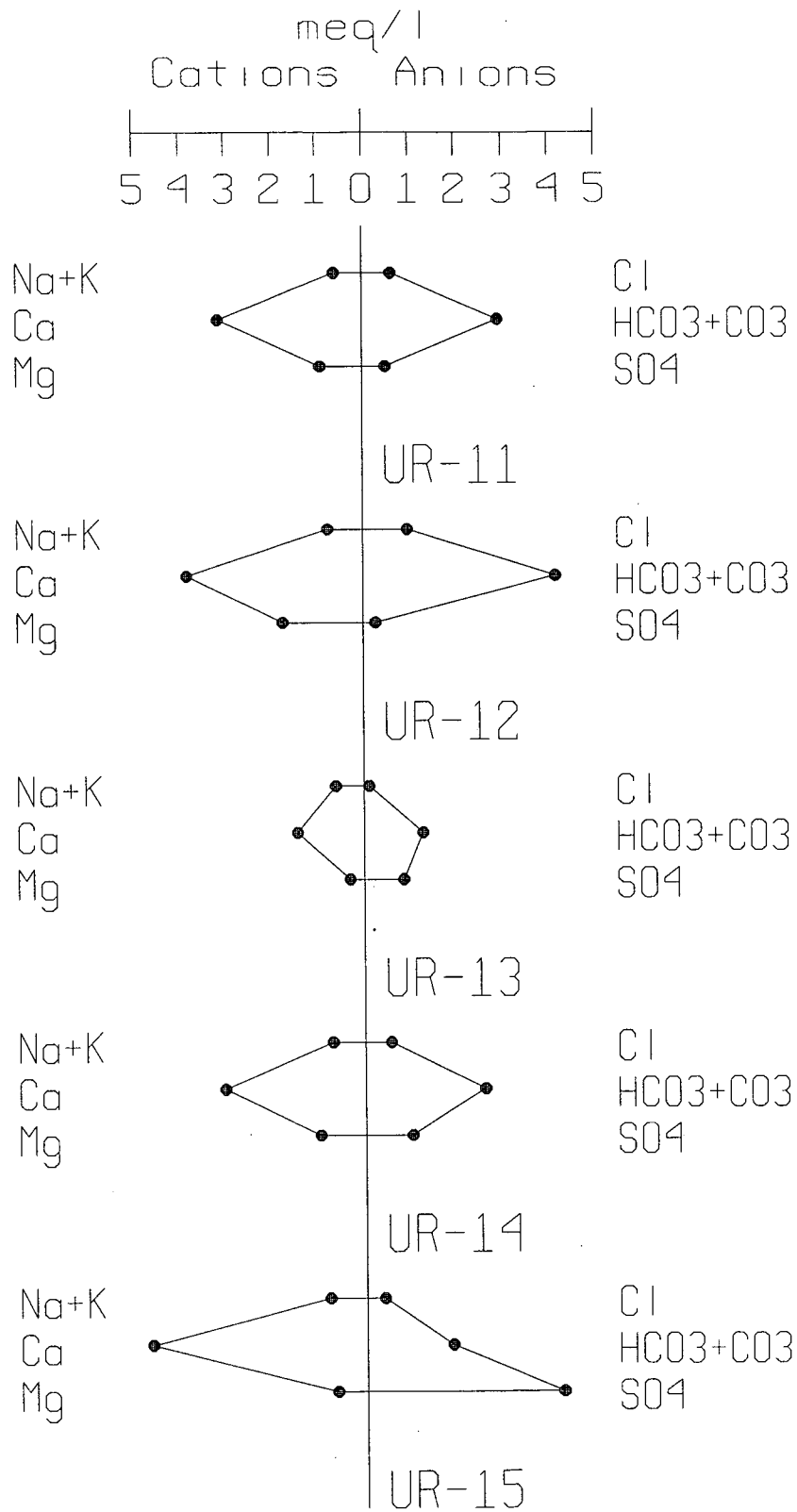
시 료 명		UR-11	UR-12	UR-13	UR-14	UR-15
시 험 항 목	시험번호	01-59	01-60	01-61	01-62	01-63
	기준					
칼슘(Ca)	- mg/L	63.00	77.30	28.90	61.30	93.80
마그네슘(Mg)	- mg/L	10.99	21.19	3.72	11.89	7.73
나트륨(Na)	- mg/L	13.40	17.00	13.70	15.50	17.80
칼륨(K)	- mg/L	0.81	0.86	0.38	1.04	0.62
황산이온(SO ₄ ⁻²)	200 mg/L	24	13	41	49	204
중탄산(HCO ₃)	- mg/L	177.5	252.5	78.0	157.9	114.6
염소이온(Cl ⁻)	250 mg/L	22	34	4	20	14



<그림 5-1> 의령 Piper diagram



<그림5-2. 의령 Stiff diagram(계속)>



<그림5-2> 의령 Stiff diagram(계속)

5-3. 먹는물 기준 수질검사 결과

본 조사지구의 먹는물 기준 수질검사를 통한 지하수 오염 실태를 파악하기 위하여 조사지구내 지역별 기설관정 15개소를 선택하여 농어촌연구원에 수질검사를 의뢰한 결과 다음 표와 같이 나타났다. 조사지구내 먹는물기준에 의해 분석한 총 15개소 중 3개소(UR-2, UR-9, UR-15)가 먹는물로 사용하기에 부적합한 것으로 나타났다. 검사항목 중 경도(300mg/L)는 UR-2에서 459mg/L로, 증발잔류물(500mg/L)은 UR-2에서 799mg/L로, 황산이온(200mg/L)은 UR-2에서 579mg/L 그리고 UR-15에서 204mg/L, 색도(5도)는 UR-9에서 8도로, 철(0.3mg/L)은 UR-9에서 0.32로 모두 기준치를 초과하였다.

질산성질소는 주로 분뇨 또는 하수 등의 질소화합물을 함유하는 오염물에 의해 오염된 것으로 가정 및 농경지의 비료살포, 축산폐수등이 오염원이다. 질산성 질소 함량은 최소 0.1mg/l 에서 최대 6.0mg/l 이며 평균 2.3mg/l 으로 상당히 낮은 값을 나타냈다. 증발잔류물은 103℃~105℃ 혹은 180℃에서 물을 증발시킬 때 증발접시에 남아있는 잔류량을 증발잔류물이라 한다. 그러므로 물을 증발시킨 후 증발접시에 남아있는 잔류물은 부유물질과 콜로이드 상태의 물질 그리고 용존물질의 합으로 나타낸다. 태안지역 지하수에서 검출되는 증발잔류물의 범위는 최소 121mg/l 에서 최대 799mg/l 로 나타나며, 평균 270.6mg/l 를 나타냈다. 수소이온 농도(pH) 범위는 최소 7.4에서 최대 7.9이며 평균 7.69로 중성에 해당한다.

시 료 명		UR-1	UR-2	UR-3	UR-4	UR-5
시 험 항 목	시험번호	01-49	01-50	01-51	01-52	01-53
	기준					
납(Pb)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소(F)	1.5 mg/L	불검출	0.3	0.8	0.1	0.2
비소(As)	0.05 mg/L	불검출	0.004	0.014	0.009	0.001
세레늄(Se)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은(Hg)	0.001 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안(CN)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05 mg/L	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소(NH ₄ ⁻ -N)	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소(NO ₃ ⁻ -N)	10 mg/L	6.0	2.2	0.1	0.1	0.1
카드뮴(Cd)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	0.005 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄(THMs)	0.1 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
다이아지논	0.02 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	0.06 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	0.25 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	0.04 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바닐	0.07 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1,1트리클로로에탄	0.1 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	0.02 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	0.7 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	0.3 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	300 mg/L	145	459	125	111	85
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	10 mg/L	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
냄새	무 취	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무 미	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	1 mg/L	0.088	0.004	0.001	0.008	불검출
색도	5 도	1	1	1	1	0
세제(ABS)	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	7.4	7.6	7.8	7.9	7.9
아연(Zn)	1 mg/L	0.076	0.011	0.135	0.092	0.058
염소이온(Cl ⁻)	250 mg/L	18	17	17	6	22
중발잔류물(TS)	500 mg/L	236	799	187	173	222
철(Fe)	0.3 mg/L	0.10	0.02	0.03	0.01	0.02
망간(Mn)	0.3 mg/L	0.004	불검출	0.018	불검출	0.004
탁도	1 NTU	0.51	0.07	0.09	0.14	0.06
황산이온(SO ₄ ⁻²)	200 mg/L	35	579	21	15	32
알루미늄(Al)	0.2 mg/L	0.12	0.06	0.18	0.07	0.15
1,1디클로로에틸렌	0.03 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	0.002 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
전기전도도	- μs/cm	337	962	317	251	349

시 료 명		UR-6	UR-7	UR-8	UR-9	UR-10
시 험 항 목	시험번호	01-54	01-55	01-56	01-57	01-58
	기준					
납(Pb)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소(F)	1.5 mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
비소(As)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세레늄(Se)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은(Hg)	0.001 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안(CN)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소(NH ₄ -N)	0.5 mg/L	0.02	0.04	0.05	0.06	0.01
질산성질소(NO ₃ -N)	10 mg/L	1.5	4.1	3.1	1.4	2.8
카드뮴(Cd)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	0.005 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄(THMs)	0.1 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
다이아지논	0.02 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	0.06 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	0.25 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	0.04 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바닐	0.07 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1,1트리클로로에탄	0.1 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	0.02 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	0.7 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	0.3 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	300 mg/L	157	168	110	160	80
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	10 mg/L	0.0	0.6	0.0	0.4	0.0
냄새	무 취	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무 미	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	1 mg/L	0.002	0.022	0.002	0.001	불검출
색도	5 도	2	1	0	8	1
세제(ABS)	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	7.6	7.8	7.5	7.4	7.6
아연(Zn)	1 mg/L	0.045	0.016	0.016	0.376	0.013
염소이온(Cl ⁻)	250 mg/L	9	17	12	11	8
증발잔류물(TS)	500 mg/L	262	271	153	246	121
철(Fe)	0.3 mg/L	0.03	0.04	0.04	0.32	0.02
망간(Mn)	0.3 mg/L	0.003	0.001	0.002	0.005	불검출
탁도	1 NTU	0.15	0.08	0.07	1.73	0.42
황산이온(SO ₄ ⁻²)	200 mg/L	104	64	14	122	13
알루미늄(Al)	0.2 mg/L	0.19	0.05	0.05	0.11	0.02
1,1디클로로에틸렌	0.03 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	0.002 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
전기전도도	- μs/cm	369	395	244	363	182

시 료 명		UR-11	UR-12	UR-13	UR-14	UR-15
시 험 항 목	시험번호	01-59	01-60	01-61	01-62	01-63
	기준					
납(Pb)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소(F)	1.5 mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
비소(As)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세레늄(Se)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은(Hg)	0.001 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안(CN)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소(NH ₄ ⁻ N)	0.5 mg/L	0.02	0.02	0.02	0.08	0.05
질산성질소(NO ₃ ⁻ N)	10 mg/L	2.9	3.7	0.5	3.2	2.1
카드뮴(Cd)	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	0.005 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄(THMs)	0.1 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
다이아지논	0.02 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	0.06 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	0.25 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	0.04 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바닐	0.07 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1.1트리클로로에탄	0.1 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	0.02 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	0.01 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	0.7 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	0.3 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	300 mg/L	185	219	81	180	227
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	10 mg/L	0.5	0.3	0.0	0.4	0.0
냄새	무 취	적합	적합	적합	부적합	적합
맛	무 미	적합	적합	적합	적합	적합
동(Cu)	1 mg/L	0.020	0.013	0.001	0.001	0.003
색도	5 도	0	1	1	3	0
세제(ABS)	0.5 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	7.7	7.8	7.9	7.7	7.8
아연(Zn)	1 mg/L	0.012	0.004	0.007	0.006	0.001
염소이온(Cl ⁻)	250 mg/L	22	34	4	20	14
증발잔류물(TS)	500 mg/L	284	369	169	221	346
철(Fe)	0.3 mg/L	0.05	0.06	불검출	0.08	0.04
망간(Mn)	0.3 mg/L	불검출	불검출	불검출	0.012	불검출
탁도	1 NTU	0.08	0.08	0.06	0.32	0.06
황산이온(SO ₄ ⁻²)	200 mg/L	24	13	41	49	204
알루미늄(Al)	0.2 mg/L	0.07	0.07	불검출	0.03	0.03
1,1디클로로에틸렌	0.03 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	0.002 mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
전기전도도	- μs/cm	402	535	216	407	515

5-4. 잠재오염원 조사

5-4-1. 잠재오염원의 분류

지하수 자원의 효율적 개발이용과 합리적인 보존관리를 위해서는 지하수 자원의 부존량을 조사 평가하여 적정개발이 요구되며, 지하수 자원에 관련된 장애, 즉 수질오염, 수원고갈, 수위저하, 지반침하, 염수침입 등을 조사하여 수질의 오염원이 되는 각종 오염원을 조사·관리하는 것이 필요하다.

지하수의 수질오염을 유발하는 오염원에는 크게 폐기물의 투기에 의한 오염원과 다른 인위적인 활동에 의한 오염원 등 두 종류가 있다. <표 5-2>.

<표 5-2 > 오염원의 종류

폐기물 투기에 의한 오염원	기타 인위적인 오염원
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 매립지, 쓰레기더미 또는 지표의 웅덩이 ◦ 광산 폐기물 ◦ 산업폐수의 방류 ◦ 방사성 폐기물의 투기 ◦ 지표에 분산된 슬러지 ◦ 주입관정 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 폐공(지하수개발, 온천수개발등) ◦ 사고로 인한 오염물질의 누출 ◦ 농화학 약품의 살포 ◦ 인위적 지하수 충전 ◦ 도로의 재설용 화학물질 ◦ 유전탐사 ◦ 지하유류 저장탱크의 연결관 ◦ 염수침입 및 염도증가

지표의 오염원으로부터 오염물질이 유출되어 지하수면에 도달하면 오염물질은 지하수와 함께 서서히 지하수계를 이동하여 그 농도차와 지하수 유로경로에 따라 주변으로 확산된다. 이때 오염물질은 지하수와 혼합되면서 지하수 오염체를 형성하며, 이 오염체는 지하수 뿐 아니라 지하수의 유동경로에 접하게 되는 모든 지질 매체(토양이나 암반 대수층)를 오염시킨다.

잠재오염원의 또다른 분류인 O.T.A 잠재오염원 분류를 소개하면 다음과 같

다.<표 5-3>

<표 5-3. O.T.A 잠재오염원 분류>

구분	종 류	
1군	-오염물질의 삼투 및 배출을 목적으로 계획된 오염원	
	1. 지하삼투형(정하조, 우수조)	
	2. 주입정(유해폐기물, 염수처리공)	
	3. 지상살포(관개용수살포, 슬러지살포)	
2군	-오염물질의 저장, 취급, 처리시설	
	1. 육상매립지	8. 묘지
	2. 쓰레기 하치장	9. 동물사체 매모지
	3. 주거지에서 쓰레기 처분	10. 지상탱크
	4. 지표 저수조	11. 지하탱크
	5. 광산폐석	12. 콘테이너
	6. 폐기물 하치장	13. 소각장과 발파지
	7. 재료의 비축지	14. 방사능 폐기물 처리장
3군	-운송, 송유시설	
	1. 수송관로	
	2. 운송, 화물	
4군	-기타활동으로 배출 및 살포되는 오염원	
	1. 관개용수	5. 제설, 제빙제 살포
	2. 농약살포	6. 도시의 강수유출
	3. 비료살포	7. 대기오염 물질의 지하삼투
	4. 동물사육	8. 광산과 광상폐수
5군	-지하수 유로의 변경에 따른 오염원	
	1. 관정(지하수, 유류, 지열)	
	2. 기타목적의 관정	
	3. 공사용 굴착	
6군	-인간활동에 의해 자연적으로 발생하는 오염원	
	1. 지표수와 지하수의 상호작용	
	2. 자연적인 삼출현상	
	3. 양수에 의한 염수침입	

5-4-2. 잠재오염원의 분포현황

조사지구내에서 지하수 및 토양을 오염시킬 가능성이 있는 대표적인 잠재오염원에 대해 미의회기술평가국의 방식에 의거하여 분류하였다.

<표 5-4. 의령지역의 잠재오염원 현황>

잠재오염원		오염원현황	O T A분류군
분류	업종		
정화조	정화조	28.3kl/일	1군(지하삼투형)
지하저장탱크	주유소	9개소	2군 오염물질의 저장, 취급처리시설
폐수배출업소	제조업체(섬유)	2개소	
	병·의원	14개소	
	식품위생업	588개소	
	환경위생업	117개소	
농약 및 비료살포	농경지	9,189ha	4군(기타활동)
가축사육	한우	10504	
	젓소	1729	
	말	1	
	돼지	27226	
	사슴	192	
	닭	165845	
	개	4973	
	오리	2297	
	토끼	467	
	산양	2331	

6. 지하수자원의 부존성 평가

6-1. 물수지 분석

물수지는 물질의 보존법칙을 물에 적용한다. 일정지역에서 물의 유입·유출량을 파악하여 물 수요를 결정하는 것을 물수지분석이라 한다. 물수지 분석은 조사 지역 내로 유입 및 유출되는 물의 양과 그 지역 내에 저류된 모든 수자원의 변화 사이에는 항상 평형조건이 이루어진다는 가정에 기초를 둔 것으로 수문 평형방정식이라는 다음과 같은 공식으로 표시된다.

$$\text{유입량}(I) = \text{유출량}(O) \pm \text{저류량의 변화}(\Delta S)$$

$$I = O \pm \Delta S$$

상기 공식에서 각 요소는 다음과 같이 요약할 수 있다.

○ 유입량의 요소

지하수 유입 + 표면하수(지하수)유입 + 유입수

○ 유출량의 요소

지하수 유출 + 표면하수(지하수)유출 + 증발산량 + 소비된 물 + 유출량

○ 저류량 요소

지하수 저류량 변화 + 지하수 부존량 변화 + 토양수 변화 등이다.

이중에서 어떤 요소는 매우 쉽게, 그리고 정확하게 측정할 수 있지만, 또 다른 요소들은 측정이 불가능한 경우도 있다. 간단한 물수지 분석에는 아래와 같은 수문 방정식을 사용하여 간단한 조건으로부터 시작하는 것이 일반적이다.

$$P = O + ET$$

여기서 P : 강수량, O : 전유출량(지표수 유출+지하수 유출), ET : 증발산량으로 인한 손실이다.

지하수 유출은 년주기별로 변동이 없다고 가정하면 지하수 함양량과 동일한 값으로 인정할 수 있다. 즉 상기 식에서 강수량은 지표층을 통한 유출량, 지하로 침투되는 함양량, 증발산량의 합으로 계산될 수 있으나, 이번 조사지역에서의 강수량 및 유출량, 함양량 분석에서는 동일 방식의 계산이 어려우므로 지역 특성 및 일반

화된 기준을 적용하여 산출한 수문방정식의 평형에 다소 불합리한 면이 나타난다.

6-1-1. 강수량

본 조사지역의 강수량은 합천측후소의 지난 13년(1988~2000년)간의 관측자료와 의령군 통계연보를 이용하여 분석하였다. 의령지역의 연평균강수량은 1,198.4mm로 나타났다.

조사지역의 강수량 분포를 분석하면 년도별 강수량이 가장 적었던 해는 95년 628.2mm/년이고, 강수량이 가장 풍부했던 해는 1989년 1802.1mm/년로서 연간 최소 강수량의 약 3배를 보여 년도별 강수량의 변화가 매우 심하다. 월평균 최대강수량은 지난 89년 7월 520.5mm이고, 월평균 최소강수량은 1995년 12월과 2000년 2월 0mm를 기록하였다. 계절별, 월별 강우 특성은 여름철인 7월과 8월에 전체 평균강수량의 42.6%가 이 기간에 집중되며 장마나 태풍의 영향으로 6월과 9월의 평균강수량도 각각 14.3%, 12.3%를 차지한다.

6-1-2. 유출분석

일반적인 수자원 부존량 평가는 물수지에 의한 평가방법을 사용하고 있는데 이것은 총 유역면적에 내린 평균강수량의 통계적 배분방법으로서 강수량의 하천유출량과 손실량의 비는 55:45로 추정하고 있다.

가. 증발산량

강수에 의해 저류대로 유입되는 양의 상당부분은 수면으로부터의 증발(Evaporation)과 식물로부터의 발산(Ttranspiration)에 의해 다시 대기 중으로 환원되기 때문에 물의 순환과정에서 증발과 발산은 매우 중요하다. 증발산량은 토양의 함수량을 연속적으로 측정함으로써 계산할 수 있으나 매우 좁은 범위에 적용할 수 있을뿐 광역적인 유역에 적용할 수 있는 계측방법이 확립되지 않고 있다. 또한 증발산은 기상학적 요인 이외에 식물의 종류, 식물의 밀도, 성장속도, 잎표면 크기 등 식물요소와 토양의 공극률, 수리전도도, 입자의 크기, 함수율 등 토양요인에 직접적으로 영향을 받으므로 증발산량의 추정방법은 매우 복잡하다. 따라서 물이 무한대로 공급되는 조건에서 수면증발 또는 식물이 발산할 수 있는 능력인 잠재 증발산량을 사용하여 실제 증발산량을 계산하는데 본 조사지구에서는 기후인자(기

온, 강수량)와의 관계에 의한 Turc, Coutagne 등의 경험식을 이용하여 산출하였다. 최근 13년간(1988~2000) 의령지역의 평균 강수량은 1,198.4mm이며 평균 기온은 12.9℃이다.

○ Turc에 의한 추정

Turc(1961)는 세계 각지의 254개 유역의 강수량, 증발량, 기온의 자료를 분석하여 다음과 같은 경험공식을 제안하였다.

$$E = \frac{P}{[0.9 + (P/L)^2]^{0.5}}$$

여기서 E는 증발산량(mm), P는 강수량(mm)이며, L은 기온 T(℃)의 함수로 $L=300+25T+0.05T^3$ 로 주어진다. 조사지역의 증발산량 비는 <표 6-1>와 같다.

<표 6-1> 의령지역 추정 증발산량 비 (Turc 방법)

구 분	연평균 강수량 (mm)	연평균 기 온 (℃)	추 정 증발산량 (mm)	강 우 대 증발산비 (%)	비 고
의령군	1,198.4	12.9	632.1	52.7	합 천 기상관측소

○ Coutagne에 의한 추정

Coutagne는 강수량과 기온 자료를 분석하여 다음과 같은 경험공식을 제안하였다.

$$D = P - \lambda P^2$$

여기서 D는 증발산량(m), P는 강수량(m), λ 는 기온 T(℃)의 함수로

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

로 주어진다.

적용조건은 강수량이 $1/(8\lambda) \sim 1/(2\lambda)$ 범위에 존재할 때에 유효하다. 조사지역의 증발산량 비는 <표 6-2>와 같다.

<표 6-2> 의령지역 추정 증발산량 비 (Coutagne 방법)

구 분	연평균 강수량 (mm)	연평균 기 온 (℃)	추 정 증발산량 (mm)	강 우 대 증발산비 (%)	비 고
의령군	1,198.4	12.9	647.3	54.01	합 천 기상관측소

6-1-3. 함양량 분석

지하수의 함양은 강수의 지하침투와 하천 및 호수 등 지표수의 침투 등으로 이루어져 있다. 일반적으로 강수의 지하침투를 자연함양이라 하며, 지표면이 투수성 물질로 구성된 자유면 대수층에서 주로 발생한다. 자연함양에 영향을 주는 인자로는 강수형태, 기후조건, 토양수분, 강수특성, 지표의 지형적 특성과 투수성 및 식생현황 등이다. 연간 또는 계절별 강우량에 의한 자연함양량을 추정하기 위해서는 자연함양량이 강수량보다는 대수층 특성에 관계되며, 일정기간의 강수량 중 일정비율이 함양된다는 가정을 택하는 것이 편리하다. 피압지하수의 경우는 인근자유면 대수층에서 2차적으로 함양된다.

가. 강수량에 의한 함양량 분석

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

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

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

본 조사지역의 최근 13년간 강수자료를 이용하여 지하수 이용량 및 지하수 함양량 등을 구해보면

연평균 강우량에 의한 유입량은

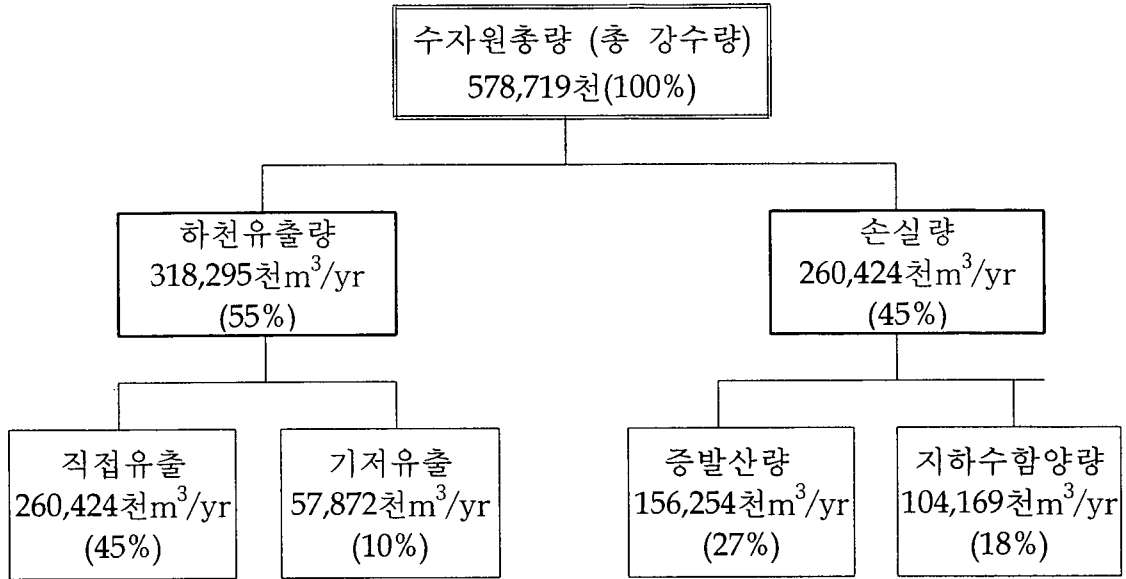
- 연평균 강수량 (합천기상관측소, 1988~2000)

평균 : 1,198.4mm/yr (최대 : 1802.1mm/yr, 최소 : 628.2mm/yr)

- 집수유역면적 : 482.91km²

- 기저유출량 : 수자원 총량($578,719,344\text{m}^3$) \times 기저유출률(0.1) = $57,871,934\text{m}^3$
 으로서 총 강수량을 수자원 총량으로 간주하면 조사지역의 계통표는 다음과 같다.

(단위 : m^3/yr)



<그림 6-1> 계통표에 의한 조사지구 유출량

그러므로, 조사지역의 연평균강우량에 의한 유입량은 유역면적 \times 연강수량인 $578,719\text{천m}^3/\text{년}$ 이며 지하수 함양량은 부존지역의 면적과 연평균강우량, 그리고 지하수함양율(18%)의 곱으로 표현되므로 $104,169\text{천m}^3/\text{년}$ 이다.

나. 유출분석에 의한 함양량 분석

하천의 유출률은 강수총량에 대한 유출총량의 비로써 다음과 같이 계산된다.

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

하천 유출량의 감소는 지하수위가 강하되었음을 의미하게 되며, 본 유역에 있어서 하천유출량의 측정은 한강유역의 연평균기저유출율(강우함양계수)인 12.1%를 적용하였다 (건설교통부-한국수자원공사 지하수관리 기본계획서, 1996).

하천유출이 지하수위의 변동과 관련이 있으므로 하천유출량의 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하면 지하수 저류로부터 배출되는 양, 즉 지하수 유동량으로 볼 수 있다. 기저유출율(강우함양계수)을 0.121로 하여 유량을 산출하면 다음과 같다. 여기서 연 강수량은 최근 13년간(1988~2000) 합천 기상관측소의 연평균 강수량인 1,198.4mm/yr로 계산하였다.

$$\frac{0.121 \times 482,910,000 \times 1.1984}{365 \times 86,400} \approx 2.2205 \text{ m}^3/\text{sec} = 191,851 \text{ m}^3/\text{day}$$

그러므로 연평균 함양량은 70,026천 m^3/yr 로 나타나고 이 수치는 지하수의 저유 상태에 인공적인 변화를 가하지 않고 소모시켜 버릴 수 있는 수량으로 지하수의 저류를 소모시킨다던가 혹은 관계수의 재침투를 고려하면 개발량은 더욱 상회할 수 있을 것이다.

다. 물수지 방법에 의한 함양량 분석

수문학적인 물수지 방법은 일정 수역내의 강수량과 직접유출, 증발산량, 지하수 함양량간의 수문평형 유지에 의해 다음식으로 구해진다.

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

I = 지하수 함양량

P = 총 강수량

DR = 지표수 적정유출량

ER = 증발산량

IU = 타지역으로부터 지하수 유출입량

최근 13년간(1988~2000) 조사지역의 연평균 강수량 1,198.4mm/년을 적용하여 총 강수량(P)을 구해보면,

$$1,198.4\text{mm} \times 482,910,000\text{m}^2 = 578,719,344\text{m}^3 \text{ 이다.}$$

증발산량(ER)은 Turc와 Coutagne의 증발산량 추정공식을 사용하여 얻어진 연간 증발산량 632.1mm/년 과 647.3mm/년의 평균치인 639.7mm/년을 적용시켜 조사지역의 증발산량(ER)을 구해보면,

$$639.7\text{mm} \times 482,910,000\text{m}^2 = 308,917,527\text{m}^3$$

이다. 따라서 상기 수문 평형식을 적용하면(유출량은 총강수량의 53%)

$$I = 578,719,344\text{m}^3 - 260,423,705\text{m}^3 - 308,917,527\text{m}^3 = 9,378,112\text{m}^3/\text{년 이다.}$$

라. 지하수 함양량

앞에서 언급한 의령지역의 지하수 함양량 분석결과를 비교하면 강수량에 의한 지하수 함양량 산출 방법이 104,169천 $\text{m}^3/\text{년}$ 으로 최대 함양량을 보였으며 유출분석에 의한 지하수 함양량이 70,026천 $\text{m}^3/\text{년}$, 물수지 방법에 의한 지하수 함양량이 9,378천 $\text{m}^3/\text{년}$ 로 나타났다. 이들 각각의 방법에 의해 산출된 의령 지역의 평균 지하수 함양량은 61,191천 $\text{m}^3/\text{년}$ 으로 나타났다 <표 6-3>.

<표 6-3> 의령군 지하수 함양량 분석 결과

지하수 함양량 분석 방법	지하수 함양량
강수량에 의한 지하수 함양량	104,169천 m^3/yr
유출분석에 의한 지하수 함양량	70,026천 m^3/yr
물수지 방법에 의한 지하수 함양량	9,378천 m^3/yr
평균 지하수 함양량	61,191천 m^3/yr

6-2. 지하수부존량 및 개발가능량

6-2-1. 지하수 부존량

지하수 부존량이란 대상지역의 지하 지층 공극내에 저류된 물의 총 포장량을 의미하나 부존자원의 이용 측면에서 볼 때 포장량 중 산출가능량만을 부존량으로 평가함이 타당하다.

지하수 포장량은 지층 중에 포화되어 있는 물의 총량으로 지층의 총 체적에 공극율을 곱하여 구할 수 있으며, 산출가능 포장량은 공극안에서 유동할 수 있는 수량을 말하므로 지층의 체적에 유효공극율을 곱하여 추정할 수 있다.

<표 6-4>는 우리나라의 지질별 분포면적과 지하수 부존심도를 고려하여 지하수 포장량과 재순환가능량을 산출한 것이다. 우리나라의 지하수 부존량은 지하수 부존심도와 암질별 유효공극율에 의해서 달라지며 지하수 총포장량의 40%를 산출가능 포장량으로, 산출가능 포장량의 20%를 가용포장량으로 추정하고 있다. 이것은 지하수를 취수하여 이용하는대는 기술적, 경제적 한계가 있을뿐 아니라 지하수가 재생가능한 순환자원이므로 순환가능한 범위내에서 이용량을 결정하는 것이 바람직하기 때문이다. 따라서 실제 개발가능량 분석시는 이러한 문제들을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

<표 6-4> 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)

분포 지질별	분포면적 (km ²)	지하수 부존심도 (m)	지하수포장량				가용포장량 (재순환가능량)		
			총포장량		산출가능량		재순환율 (%)	지하수량 (억 m ³)	
			공극율 (%)	지하수량 (억 m ³)	유효 공극률 (%)	지하수량 (억 m ³)			
합 계	98,490			13,240		5,450		1,170	
육지부	계	96,670			13,410		5,380		1,160
	충적층	(27,380)	3	35	280	14.2	110	14.2×1	110
	화성암	31,820	200	1	630	0.5	310	0.5×1/5	60
	퇴적암	28,780	800	5	11,510	2.0	4,600	2.0×1/5	920
	변성암	36,070	200	1	720	0.5	360	0.5×1/5	70
제주도	화산암	1,820	400	3.5	100	2.5	70	2.5×1/5	10

의령군 지역의 지하수 부존량 산출은 현재 군내 기설관정중 대형암반관정 및 최근 3년간 개발한 소형 관정 150개에 대한 평균 개발심도 100m를 부존심도로 적용하였으며 유효공극율은 <표6-4>에서 제시한 값을 이용하였다. 조사지역은 험준한 산계가 발달한 지역으로 임야가 전체 토지면적의 68.9%를 차지하며 기시행된 수맥조사 및 발기반 시추조사 결과 토사층 두께는 15m였으며 자연수위는 3m였다. 따라서 평균 자연수위를 제외한 12m를 충적층에서의 지하수 부존심도로 가정하였다. 지질별 분포면적은 퇴적암류가 352.11km², 화성암류가 24.15km², 변성암류가 48.29km²이고 충적층의 분포면적은 58.36km²이다.

<표 6-5> 의령군 지하수 부존량 추정

지 질 별	분포면적 (km ²)	지하수 부존심도(m)	유효공극률 (%)	산출가능포장량 (백만톤)	
계	482.91			336.0	
충 적 층	58.36	12	14.2	39.8	
암 반	화성암류	24.15	100	0.5	4.8
	변성암류	48.29	100	0.5	9.7
	퇴적암류	352.11	100	2.0	281.7

6-2-2. 지하수 개발가능량

지하수 개발가능량은 수문순환계가 파괴되지 않고 지하수 장애를 일으키지 않는 범위 내에서 지속적으로 대수층으로부터 양수할 수 있는 지하수량에 해당하며, 각 지방자치단체의 용수수급계획 수립시 지표로 활용될 수 있다.

여기서 수문순환계의 파괴란 물이 강수, 지표수, 증발산 등의 형태로 끊임없이 자연계에서 순환하는 체계가 파괴되는 것으로, 예를 들면 지하수의 과잉채수로 인한 지하수의 고갈 또는 인근 하천의 건천화 등을 들 수 있다. 또한 지하수의 장애는 지하수의 과잉채수로 인한 지하수위의 과도한 강하, 지하수 고갈 및 지반침하, 지하수오염, 염수침입등과 같이 정상적으로 지하수를 개발 이용하지 못하게 되는 현상을 의미한다. 지하수를 개발하면 자연상태에 어느 정도의 변화가 오게된다. 따라서 주변의 환경에 심각한 영향을 주지 않는 범위 내에서 지하수개발 가능량을 적정개발 가능량 또는 안전채수량 이라고 할 수 있다. 안정채수량은 지하수를

양수할 때 지하수 부존량의 점진적 감소, 수질 저하, 지하수위 악화, 지반침하, 기존 시설에 의한 우물간섭 등의 부정적 영향이 발생하지 않는 범위 내에서 항구적으로 이용할 수 있는 채수량이다. 따라서 지하수의 함양과 배출이 평형이 되도록 연간 함양량을 초과하지 않는 범위내로 연간 취수량을 제한하여야 한다.

90년대 들어서 우리나라 지하수의 체계적인 개발, 이용 및 보전관리의 필요성을 깊이 인식하고 관련 정책수립을 위한 기본 지표로서 우리나라의 지하수개발가능량을 산정하였다.<표 6-6> 광역적인 지하수 함양은 강우에 의한 자연함양이 주 요인이 되며 이의 산정방법으로 물수지 분석방법과 기저유출 분석 방법을 주로 사용하고 있다. 연구기관 및 연구자에 따라 개발가능량 산출에 있어서 산정방법에 따라 년 강우량에 대한 적용 비율은 7~18% 범위로 나타났다. 또한 산출된 지하수 함양량 전량을 개발가능량으로 추정한 경우와 함양량의 70%를 적정개발가능량으로 추정한 경우로 구분되는데 그 타당성 여부는 검증할 수 없으나 지역 단위의 적정개발가능량 분석에서는 해당 지역의 유역특성과 지하수 관리계획을 감안하여 함양량의 70~100% 범위에서 결정하는 것이 현실적이라 할 수 있다.

<표 6-6> 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)

연구자	개발가능량 (억톤/년)	연강수량에 대한 비율(%)	추정방법	사용용어
선우중호 (1992)	100~150	7.9~11.8	Cheremissionoff(1998) 의 기준, 물수지 방법	적정개발 가능량
한정상(1995) 이천복(1994)	228	18	물수지 방법 (건설부 통계편람)	지하수 함양량
최병수(1992)	143	11.3	함양량의 70% 적용	경제적 지하수 이용 가능량
한국수자원공 사 (1993)	136.3	10.6	지하수저장량의 변화량은 순환량에 해당된다는 물수지 법 적용	적정개발 가능량
건설교통부 (1994)	137.8	10.7	기저유출 분석 방법 (안정률 70% 적용)	적정개발 가능량
건설교통부 (1995)	132.7	10.3	기저유출 분석 방법 (안정률 70% 적용)	적정개발 가능량
이동률(1995)	64.8	7.8	지하수 감수곡선 이용 갈수기의 지하수 유출량 고려	지하수 함양량

본 조사에서는 지하수 적정개발가능량을 현실적으로 경제적인 지하수 이용가능량을 감안하고 전술한 지하수함양량의 안정채수율(70%)을 고려하여 산정하였다. 지하수조사연보(건설교통부, 1999)에 의하면 1998년 현재 의령지역의 지하수 관정 수는 1,378개소로 이용량은 15,367,240m³/년에 이른다. 따라서 조사지역에서의 추정 지하수 개발 가능량은 27,467천m³/년이며, 지하수 이용량은 개발가능량의 55.9%로 나타났다.

<표 6-7> 의령군 지하수 적정 개발 가능량

구 분	지하수 함양량 (천m ³ /년)	지하수 적정 개발 가능량 (천m ³ /년)	지하수 이용량 (천m ³ /년)	향후개발 가 능 량 (천m ³ /년)	이용량/개발가능량 (%)
의령	61,191	42,834	15,367	27,467	55.9

7. 지하수자원 개발계획

7-1. 용도별 소요수량 및 공급방안

7-1-1. 생활용수 소요수량 및 공급방안

급수방식에 따라 상수도시설에 의한 급수대상지역과 미급수지역인 간이급수대상지역으로 대별할 수 있으며, 이중 급수대상지역에서는 상수도에서 공급되는 양을 비교적 정확하게 계측할 수 있으나 미급수지역인 경우에는 이를 정확히 산출할 수가 없다. 국내의 상수도의 이용현황은 1996년에 전국 총인구 $46,426 \times 10^3$ 명 중 급수인구 $38,823 \times 10^3$ 명에게 급수하여 급수보급율 83.6%, 시설용량 $22,908 \times 10^3 \text{m}^3/\text{일}$, 급수량 $15,879 \times 10^3 \text{m}^3/\text{일}$, 1인1일 평균급수량 409 l pcd, 급수도시 649개소로 괄목할 만한 성장을 보이고 있다.

<표 7-1> 상수도 보급 현황

구 분	총인구 (명)	급수인구 (명)	보급율 (%)	시설용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	급수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	1일 1인 평균급수량 (ℓ)
계	35,487	11,262	31.7	9,500	2,759	245
의령읍	10,111	8,071	79.8	8,500	1,917	238
가례면	2,200	537	24.4	-	52	97
칠곡면	1,443	-	-	-	-	-
대의면	1,469	-	-	-	-	-
화정면	2,195	-	-	-	-	-
용덕면	2,351	-	-	-	-	-
정곡면	2,112	-	-	-	-	-
지정면	2,749	-	-	-	-	-
낙서면	1,273	-	-	-	-	-
부림면	4,559	2,654	38.2	1,000	790	298
봉수면	1,615	-	-	-	-	-
궁유면	1,627	-	-	-	-	-
유곡면	1,783	-	-	-	-	-

본 지구는 농촌지역으로 1999년 현재 35,487 (13,438세대)명이며 지난 10년 동안 인구변동은 거의 없었다. 상수도 보급율은 31.7%로 전국 평균의 1/2 수준에도 못 미치며, 의령읍 인구의 79.8%와 부림면 인구의 38.2%, 가례면인구의 24.4%가 상수도를 이용하여 용수를 공급받고 있고 기타 간이상수도(278개소)와 소규모 급수시설(232개소)로부터 상수도 보급지역을 제외한 지역에 대해 용수를 공급받고 있다. 따라서 상수도와 간이상수도 및 소규모 급수시설을 이용하여 공급받는 급수 구역내 총 인구는 중복되는 것을 제외하더라도 거의 대부분이 공급받는 것으로 나타나 있다.

현재 상수원의 보급 형태는 암반관정을 이용한 간이상수도 시설과 마을 공동으로 계곡 하천수를 이용한 지표수 개발과 자가 소형관정을 생활용수로 이용한 방법이 대부분이므로, 향후 안정적인 생활용수 공급이 필요한 실정이다.

<표 7-2> 간이상수도 및 소규모 급수시설 현황

구 분	시설수(개소)			급수인구			급수량(톤/일)		
	계	간이	소규모	계	간이	소규모	계	간이	소규모
계	510	278	232	31,952	26,284	5,668	16,038	12,663	3,375
의령읍	9	3	6	270	172	95	500	300	200
가례면	22	19	3	3,433	3,072	361	2,005	1,720	285
칠곡면	20	18	2	2,043	2,043	-	1,410	1,365	45
대의면	54	23	31	2,194	1,783	411	187	88	99
화정면	53	26	27	2,301	2,169	132	441	420	21
용덕면	26	23	3	2,670	2,630	40	835	715	120
정곡면	51	38	13	3,011	2,940	71	1,000	704	296
지정면	97	38	59	3,976	3,695	281	1,267	925	342
낙서면	25	19	6	420	360	60	1,785	585	1,200
부림면	38	2	36	3,827	125	3,702	506	180	326
봉수면	41	20	21	1,960	1,570	390	2,319	1,938	381
궁유면	26	22	4	2,027	2,008	19	628	623	5
유곡면	51	27	24	2,088	1,982	106	1,025	970	55

○ 생활용수 공급방안

1999년 현재 상수도가 보급된 읍·면지역에서의 1인당 1일 평균급수량은 245ℓ이며 1996년 전국 평균 상수도 공급에 의한 1인당 1일 평균급수량은 409ℓ로 이를 기준으로 평균값인 1인당 310ℓ를 총 인구수에 곱한 값을 안정적 용수수량으로 계산하여 현재 상수도 및 간이상수도, 소규모 급수시설을 이용하여 공급받는 급수량을 제외하면 읍면별 생활용수 수요수량을 예측할 수 있다(표 7-3).

<표 7-3> 읍·면별 생활용수 수요수량

구 분	총인구	총소요 수 량 (m ³ /일)	현재 급수량 (m ³ /일)			부족수량 (m ³ /일)	향후 개발 (100m ³ /일)
			계	상수도	간이상수도 및 소규모 급수시설		
계	35,487	11,000	18,797	2,759	16,038	+7,797	16
의령읍	10,111	3,134	2,417	1,917	500	-717	8
가례면	2,200	682	2,057	52	2,005	+1,375	-
칠곡면	1,443	447	1,410	-	1,410	+963	-
대의면	1,469	455	187	-	187	-268	3
화정면	2,195	680	441	-	441	-239	3
용덕면	2,351	729	835	-	835	+106	-
정곡면	2,112	655	1,000	-	1,000	+345	-
지정면	2,749	852	1,267	-	1,267	+415	-
낙서면	1,273	395	1,785	-	1,785	+1,390	-
부림면	4,559	1,413	1,296	790	506	-117	2
봉수면	1,615	501	2,319	-	2,319	+1,818	-
궁유면	1,627	504	628	-	628	+124	-
유곡면	1,783	553	1,025	-	1,025	+472	-

의령군의 생활용수 급수량은 18,797m³/day이며 이중 상수도 급수 2,759m³/day, 간이상수도 및 소규모 급수시설 16,038m³/day이 이용되고 있다. 안정적 용수공급량은 11,000m³/day로 전체적으로 7,797m³/day의 공급과잉이 예상된다. 하지만, 의

령읍, 대의면, 화정면, 부림면의 경우 다른 지역에 비해 공급부족이 있는 것으로 나타났다.

조사지구의 안정적 생활용수 수요량 공급을 위해 암반관정 1공당 채수 이용량을 100m³/일로 하고 향후 인구의 증감이 없다고 가정할 때 향후 개발해야 할 관정수는 16공으로 행정구역별 내역은 표와 같다.

7-1-2. 농업용수 소요수량 및 공급방안

의령군 지역의 경지면적은 9,569ha로 경지면적중 논은 5,837ha, 밭은 3,732ha이다. 농업용수의 이용량은 전·답별 경지면적에 각 단위용수량을 적용함으로써 산정하게 된다.

<표 7-4> 읍·면별 농업용수 소요수량

구 분	경지면적(ha)		총소요수량 (m ³ /일)	현재이용량 (m ³ /일)	부족수량 (m ³ /일)	향후개발 (100m ³ /일)
	밭	논				
계	3,732	5,837	676,242	39,141	48,770	588
의령읍	312	527	68,300	5,835	3,044	30
가례면	157	372	45,050	2,497	3,360	34
칠곡면	139	316	38,550	6,556	+1,545	-
대의면	126	383	44,600	3	5,795	58
화정면	281	510	65,050	803	7,654	77
용덕면	284	519	66,100	4,260	4,333	44
정곡면	458	579	80,800	5,030	5,474	55
지정면	585	580	87,250	550	10,793	108
낙서면	292	279	42,500	9,515	+3,990	-
부림면	460	593	82,300	3,611	7,088	71
봉수면	222	276	38,700	4,540	491	5
궁유면	188	387	48,100	3,366	2,887	29
유곡면	293	518	66,450	976	7,663	77

경작에 필요한 농업용수 수량은 경작지의 위치, 토질, 작물의 종류, 경작지 내의 증발산량 등에 따라 차이가 있을 수 있으나, 논인 경우 ha당 100m³, 밭의 경우 ha당 50m³을 적용하였고, 연간 경작일수는 논인 경우 90일, 밭의 경우 40일을 적

용하여 필요수량을 산출하였다. 경지면적당 총 소요수량은 지하수에 한하므로 용수산출량(ha*논과 밭의 용수량)을 적용하였다. 이 중 향후 지하수 암반관정으로 추정되는 소요량은 13%(농업용수량 중 암반관정이 차지하는 개소수와 면적의 비율을 합하여 나눈 값)를 적용하여 필요한 개발관정수를 산정하였다.

조사지구의 경지면적에 대한 농업용수 총 소요수량은 676천m³/일으로 현재 39천m³/일이 이용되고 있으며 안정적 용수공급을 위해 49천m³/일의 공급부족이 예상된다. 향후 개발공에 대해서는 공당 평균 100m³/일을 기준으로 588공이 소요된다.

7-1-3. 기타용수 소요수량 및 공급방안

축산용수의 경우, 마리당 젖소 150ℓ, 한우 50ℓ, 돼지 40ℓ, 닭 0.5ℓ, 산양 10ℓ를 적용하여 소요수량을 산출하였으며, 사육두수는 의령군 통계연보 자료를 이용하였다. 조사지구에서의 축산용수 소요수량 722,635m³/년이며 향후 개발공에 대해서는 공당 평균 50m³/일 기준으로 총 44공이 소요된다. 축산용수로 현재 사용되고 있는 관정은 총 10개소로 182,200m³/년이며, 실제로 개발이 필요한 소요관정수는 총 34공으로 추정된다.

<표 7-5> 축산용 관정 소요수량

구분	가 축 수 (마리)					소요수량 (m ³ /년)	개발공 (50m ³ /일)
	젖소	한우	돼지	닭	산양		
계	1,729	10,504	27,226	165,845	2,331	722,635	44
의령읍	368	361	1,470	2,063	85	48,885	3
가례면	487	629	1,777	1,510	244	65,253	4
칠곡면	51	420	316	393	278	16,157	1
대의면	-	1,345	4,742	735	91	94,246	6
화정면	59	296	329	1,150	184	14,317	1
용덕면	-	564	3,144	132,887	324	81,630	5
정곡면	-	923	-	421	68	17,170	1
지정면	531	995	8,950	188	88	178,257	10
낙서면	23	745	-	382	31	15,038	1
부림면	80	1,744	4,627	1,333	109	104,403	6
봉수면	50	862	1,517	500	118	41,139	3
궁유면	-	739	12	1,999	531	15,965	1
유곡면	80	881	342	22,284	180	30,175	2

7-2. 지하수 개발 계획

농어촌지역에서도 지표수 및 지하수의 오염이 진행되면서 생활용수 공급은 암반관정을 이용한 형태로 이루어지고 있는 있다. 의령군 지역은 2개소의 상수도 시설을 이용하여 급수총인구의 약 31.7%에 해당하는 11,262명이 생활용수를 공급받고 있다. 한편 상수도 미보급지역 주민들은 간이상수도 및 소규모 급수시설을 이용하거나 자가소형관정을 개발하여 용수를 공급받고 있는 실정이다. 농업용수의 경우 수리시설을 이용한 수리답 면적은 전체 90%이상이지만 년별, 계절별 강우 변동이 크고 유역의 평균 경사도가 매우 커 하천유출량이 많다. 그리고 대규모 축산단지가 조성되어 축산용수의 공급부족이 예상된다.

의령군 지역의 적절한 용수공급을 위해서 용도별 소요수량에 따른 향후 개발 암반관정은 생활용수 공당 이용량(100m³/일)을 기준으로 16공, 농업용수 공당 이용량(100m³/일)을 기준으로 588공, 축산용수 공급용 암반관정의 공당 이용량(50m³/일)을 기준으로 34공이 필요하다. 공당사업비는 생활용수의 경우 45백만원, 농업용수는 20백만원으로 계산하였으며 연차별 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다.

<표 7-6> 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비

구분		계	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년
계	공	638	123	123	123	123	146
	사업비 (백만원)	13,160	2,535	2,535	2,535	2,535	3,020
생활용수	공	16	3	3	3	3	4
	사업비 (백만원)	720	135	135	135	135	180
농업용수	공	622	120	120	120	120	142
	사업비 (백만원)	12,440	2,400	2,400	2,400	2,400	2,840

8. 지하수 보전 관리

8-1. 지하수 환경재해

8-1-1. 발생원인

지하수는 지표수와 같이 수문순환과정에 의해 보충되는 자원이지만 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 훼손시키면 여러 형태의 장애가 발생하게 된다. 일단 훼손된 지하수 대수층의 복원에는 오랜 기간과 막대한 비용이 소요되거나 전혀 복원이 불가능한 경우도 있으므로 사전에 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 보전관리를 위한 최선의 방안이다. 그러므로 조사지역의 항구적인 지하수 보전관리를 위해서는 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 운영, 지하수 정보관리시스템 구축, 사후 환경재해와 보전대책 등이 필요하다.

지하수 환경재해는 지하수와 관련된 모든 재해를 말하며, 과잉양수에 의한 수원고갈, 지하수위 강하에 따른 지반침하, 지하수위 변화에 따른 각종재해, 지하수 구조물 설치에 따른 지하수 유동변화, 지하수 오염에 따른 피해 등을 들 수 있다.

가. 과잉양수에 의한 수위강하 및 수원고갈

관정에서 지하수를 양수하게 되면 지하수 수위가 강하하고, 양수를 중지하면 수위는 회복된다. 그러나 지하수 과다 개발 등으로 양수량이 지하수 충전량보다 상당히 커서 수위회복이 불가능한 경우에는 평형상태가 파괴되어 유역 지하수계의 변형을 야기시켜 궁극적으로 수원이 고갈된다.

나. 지하수위 강하에 따른 지반침하

지반침하는 주로 지하수의 과잉양수에 의해 지하수위가 급격히 저하되는데 기인하여 지반이 압축·압밀되므로써 발생한다. 피압지하수를 과잉 채수하면 지하수위가 저하되고, 대수층 상·하의 점토층이 수축되어 지반침하가 발생한다. 지하수 양수에 의한 지반의 수축은 우물의 기저부에 있는 모래·자갈층 바로 밑의 연속성 좋은 점토층 또는 암반에서부터 지표까지 발생한다. 점토층이 두껍게 퇴적되어 있는 지반에서는 점토의 압밀현상에 의해 장기적으로 지반침하가 진행된다. 따라서 충전층에서 과다양수를 하면 양수량이 감소하면서 지반침하를 일으키게 된다. 제한된 일정지역에 지하수 이용시설이 밀집되었거나 지하수 함양량보다 많은 지

하수를 장시간 양수하여 사용하면 지하수 영향범위가 확대되고, 지층이 연약할 경우 지하수가 포화된 지역과 포화되지 않은 지역은 부등침하를 일으킬 수 있으므로 건축물·토목구조물 설치시에 많은 주의가 필요하다.

다. 지하수위 변화에 따른 각종 재해

지하수위가 강하하게 되면 양수량 감소, 지반침하 현상외에도 지표 오염물질의 침투가 촉진되거나 해안지역 기저의 염수 경계면이 상승되어 염분이 증가되기도 한다. 이와는 반대로 지하차수벽, 지하댐 등의 설치로 지하수위가 상승하면 지표 부위가 습지화되어 농작물에 피해를 줄 수 있으며 토양에서 서식하는 각종 동식물의 환경에 변화를 초래하여 생태계를 변화시키기도 한다. 또한 경사진 지역의 지하수위 변화는 지층 또는 암반열극내의 수압, 마찰력, 지내력 등의 변화를 유발하여 사면의 안정성이 저하되고 사면활동 또는 붕괴의 요인이 되기도 한다.

라. 지하구조물 설치에 따른 지하수 유동변화

지하철도, 터널, 지하저장고(유류), 지하폐기물처리장, 수로, 대규모 건축물, 지하공간 개발시설 등 구조물 설치로 지하수 유로를 차단하거나 지하수 충진을 억제하게 되어 지하수 유동에 장애가 되고 있으며, 다량의 지하수를 양수하므로써 지하수위 강하, 지하수 고갈, 지반침하, 심부지하수 오염촉진 등 지하수 장애를 유발하고 있다.

마. 지하수 오염으로 인한 각종재해

오염물질이 지하에 침투되면 지하수와 토양을 오염시키고 확산되는 만큼 오염된 지하수를 이용하는 사람, 동물, 농작물 등과 산업시설, 의·식·주생활에까지 피해를 입히고 있다.

8-2. 지하수 보전구역

8-2-1. 보전구역 정의

지하수 보전구역은 지하수의 개발·이용으로 인한 지하수의 고갈, 지반의 침하 또는 지하수의 오염을 방지하기 위하여 필요한 지역, 지하수를 이용하는 하류지역과 수리적으로 서로 연결된 상류의 지하수 함양지역, 기타 지하수의 수량이나 수질의 보전에 필요한 지역으로 대통령이 정하는 지역으로 지하수법 제12조에 명시되어 있다. 지하수 보전구역의 지정범위는 지하수 함양원 지역과 수원이 풍부한

주요 대수층 지역, 지하수 다량 사용지역, 관정 밀집지역, 수위강하 및 수질저하 등 지하수 환경재해 발생 가능성이 높은 지역과 발생지역 등 지하수와 관련된 거의 전지역에 대하여 세밀하게 지정토록 하고 있다.

8-2-2. 보전구역 분류

지하수는 한 장소에 정체되어 있는 자원이 아니라 대수층을 통하여 이동하고 있는 수자원이다. 따라서 지하수 보전구역 설정에는 다음 지역이 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

가. 지하수 함양지역

지하수는 대부분이 강수가 지표에서 퇴적층을 통하여 지하로 유입되어 함양된다. 만약 이때 지하수 함양이 인위적인 활동에 의하여 방해받게 되면 지하수 부존량과 이동량이 감소하게 되고 이에 따라 지하수 개발 가능량이 적어지게 된다. 또한 지하수 함양지역이 오염되면 지하수 함양시 대수층을 통하여 지하수 오염이 이루어지게 되어 국지적 내지 광역적인 지하수계 오염을 초래할 수도 있다.

나. 오염원 주변지역

지하수를 오염시킬 수 있는 잠재오염원이 존재하는 지역에 오염 취약지구를 설정하여 이들 지역을 통한 지하수의 오염의 확산을 방지하여야 한다. 지하수 오염이 이미 확인된 지역에서는 지질조사와 지하수의 수질조사에 의하여 오염된 지하수와 대수층의 범위를 확인하고, 관리의 목표와 우선순위 등을 종합적으로 평가하여 적절한 오염관리 대책을 체계적으로 수립, 시행하여야 한다.

다. 취수정 주변지역

취수정 주변 지역에서의 지하수 보전구역이란 음용수 목적으로 취수하는 관정 주변에서 지하수에 오염 물질이 유입되는 것을 방지하기 위하여 설정하는 보호구역을 말한다. 따라서 용수공급을 위하여 사용중인 공용 취수정을 보호한다는 의미로 이들 주변지역을 보호하여 관정으로부터 취수되는 지하수의 오염을 방지하고 궁극적으로 이를 용수로 사용하는 지역 주민들의 건강과 복리를 보호하려는 것이다.

8-2-3. 보전구역 설정 및 운영

지하수 보전구역을 지정하는 경우에는 보전구역 지정 및 설정기준에 의거하여 충분한 조사와 의견수렴을 거친 후 최종적으로 확정하여 시·도지사가 공고한다. 시·도지사는 더 이상 보전구역으로 지정·관리할 필요가 없다고 판단되는 경우에는 필요한 조사·평가를 실시한 이후 즉시 해제한다. 지하수 보전구역을 해제하는 경우에는 전항에서 언급한 보전구역 관리과정에서 획득한 지하수 수위 및 수질의 관측자료, 장애발생원인에 대한 정기적인 감시 관측자료 등을 토대로 지하수 보전구역 해제를 위한 기술적인 평가를 실시하고 해제에 관한 주민, 각계의 의견을 수렴한 다음 사회환경적인 변화 등을 충분히 검토하여 시·도지사가 공고한다.

8-2-4. 보전구역내 행위 제한

지하수 보전구역내에서는 지하수법, 수질환경보전법, 폐기물관리법, 오수분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 등에 의하여 각종 규제를 받게 된다. 보전구역내에 일정 규모 이상의 지하수 개발·이용과 시설물 설치 등을 적절히 규제하여 보전구역이 효율적으로 관리될 수 있도록 하고 환경 복구대책이 시행될 수 있도록 하고 있다.

지하수 오염방지를 위한 광역적 종합대책도 필요하겠지만 우선은 기존의 지하수 시설물과 신규 개발되는 지하수 관정의 관리는 더욱 중요하며, 지하수 오염방지를 위한 보전구역을 설정하기 위해서는 지역적 특성이 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

조사지역의 지속적이고 체계적인 지하수 보전관리를 위하여 지하수 관측망 설치운영과 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다. 지하수 정보의 전산화는 방대한 양의 자료를 간편하고 빠르게 수행할 수 있는 업무의 효율화 뿐만아니라 현재 부분적으로 전산화되어 관리되고 있는 지하수 개발공의 관리체계를 통합적인 전산시스템으로 개선함으로써 정보의 통합 분석을 통해 지자체의 정책결정에 기여할 것으로 기대된다. 지하수 정보관리시스템은 지하수 개발공 현황, 지하수 수질, 수리지질, 오염원 같은 D/B와 도면의 작성, 자료탐색 및 자료의 공간분석 등의 기능을 수행할 수 있게 된다.

9. 결 론

1. 본 조사지역은 경상남도 중앙에 위치하며 지구 총면적은 482.91km²이며 행정구역상 1개읍 12개면에 해당된다. 경상남도 내륙지방으로 낙동강의 본류와 지류(남강)가 합류하는 지대에 위치하고 있으며, 남부는 남강을 사이에 두고 함안군과 진주시와 경계를 이루며 동부는 낙동강을 경계로 창녕군과 접하고 서부는 산청군, 서북부는 합천군과 연결되어 있다.

2. 의령군의 총 인구는 1999년 현재 13,438세대 35,487명으로 경상남도 전체인구의 1.1%에 해당하며 평균인구밀도는 73.5(명/km²)이다. 총 토지면적은 482.91km²로 전체 면적의 68.9%가 임야에 해당되며, 전과 답 면적은 각각 7.7%, 12.1%로 점유면적 및 이용율이 비교적 낮다.

3. 조사지역의 지난 13년간 년평균기온은 12.9℃, 년평균강수량은 1,198.4mm를 나타냈으며 월평균 최대강수량은 지난 89년 7월 520.5mm를 기록했으며 여름철인 7월과 8월에 전체 평균강수량의 42.6%가 이 기간에 집중되어 계절적 편중이 심하다.

4. 조사지역의 지형은 본역의 대부분에 분포하는 경상계 낙동아층상부부터 신라아층군까지의 암층은 주로 초장년기 지형을 나타내고 있다. 수계는 주류가 북북동에서 남남서로 흐르고 있으며 이는 본역의 대부분을 차지하는 경상계 퇴적암들의 주향방향과 일치한다. 지류는 북서 또는 남동쪽으로 흐르며 발달되나 북쪽보다는 남동으로 흐르는 지류가 많은데 이 또한 경상계 퇴적암층의 경사방향과 일치되는 양상을 보인다.

5. 조사지역의 분포지질은 주로 중생대 경상계 낙동통, 신라통에 속하는 퇴적암류와 이를 관입하고 있는 불국사통의 화성암류로 대별된다. 퇴적암류는 본역에서 최하부층인 상부낙동통의 칠곡층과 이를 정합적으로 피복하고 있는 신라역암층 함안층의 순서로 분포를 보여주고 있다. 퇴적암류를 관입하고 있는 불국사통의 화성

암류는 흑운모화강암을 비롯하여 섬록암, 규장암 및 기타 여러 곳에 관입한 산성, 염기성암 맥을 볼 수 있다.

6. 조사지역에 분포하는 암반대수층에 대한 대수성 시험을 통해 Theis의 비평형 방정식을 이용하여 15개 기설관정에 대하여 AQTESOLV에 의한 프로그램을 적용시켜 수리능력을 평가한 결과, 투수량 계수는 평균 $12.5\text{m}^3/\text{d}$, 저류계수는 평균 0.28을 나타냈다.

7. 조사지구의 지하수 개발·이용시설은 총 1,378개소이며 이중 생활용수 723개소(52.5%), 농업용수 621개소(45.1%), 공업용수 34개소(2.4%) 순으로 생활용 개발관정이 가장 많았다. 지하수 이용량은 농업용수 8,607천 $\text{m}^3/\text{년}$ (56%), 생활용수 6,004천 $\text{m}^3/\text{년}$ (39%), 공업용수 755천 $\text{m}^3/\text{년}$ (5%) 순으로 농업용수 이용량이 가장 많았다. 기설관정 지하수위조사 결과 평균 지하수위는 5.66m였고, 공유면이 8.95m로 수위가 가장 깊었고, 대의면이 2.88m로 수위가 가장 얇았다.

8. 본 조사지역의 광역적인 물리탐사를 위해 원격탐사를 실시하여 선구조도를 작성한 후 이를 기초로 쌍극자 탐사를 실시하였다. 원격탐사 결과 선구조는 N20~30E 방향이 우세하고 N20~40W 방향도 비교적 우세하게 나타난다. 또 개략적인 지하지질 상태를 보기 위해 500m 축선으로 간격 30m, 쌍극자 20개로 하여 16지역에 대해 쌍극자탐사를 실시하였다.

9. 본 조사지구 내 지하수의 전반적인 수질특성을 파악하기 위하여 15개소의 수질을 채취하여 이 분석치를 토대로 Piper 다이어그램과 Stiff 다이어그램에 투영시켜 지역별 수질변화를 파악하였다. 조사지구내 먹는물 기준에 의해 총 21개소에 대해 수질검사를 한 결과 7개소에서 부적합 판정을 받았으며, 대부분 미생물에 관한 기준 항목 중 일반세균과 대장균군이 기준치를 초과하였다.

10. 조사지구 내 지하수 함양량 분석결과 강수량에 의한 지하수 함양량이 104,169천 m^3/yr , 유출분석에 의한 지하수 함양량이 70,026천 m^3/yr , 물수지 방법에 의한 지하수 함양량이 9,378천 m^3/yr 로 평균 지하수 함양량이 61,191천 m^3/yr 로 나타났

다. 지하수 적정개발가능량은 지하수 함양량의 안정채수율(70%)을 고려하여 42,834천 m^3 /yr로 나타났다.

11. 본 지구는 농어촌지역으로 암반관정을 이용한 간이 상수도 시설은 현재 278 개소이고 나머지는 개인전용 생활용수 관정으로 사용되고 있으며, 우리나라 생활용수 1인 급수량은 '94 서울시 평균 476 l /인을 적용하였다. 본 조사지역에 광역 상수도의 보급율은 31.7%(의령군 통계연보; 2000)정도이고, 장기적 광역 상수도 공급계획이 없을 경우 그 대안으로 암반관정 개발이 요구된다. 이를 위하여는 생활용수 공급용 암반관정의 이용량을 공당 100 m^3 /일로 볼 경우 16공이 필요하다.

12. 지하수는 지표수와 같이 수문순환과정에 의해 보충되는 자원이지만 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 훼손시키면 여러 형태의 장애가 발생하게 된다. 일단 훼손된 지하수 대수층의 복원에는 오랜 기간과 막대한 비용이 소요되거나 전혀 복원이 불가능한 경우도 있으므로 사전에 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 보전 관리를 위한 최선의 방안이다. 그러므로 조사 지역의 항구적인 지하수 보전 관리를 위하여 필요한 사항들, 즉 지사후 환경재해와 보전대책, 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 설치운영의 필요성, 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다.

10. 참고문헌

- 김좌관, 1995, 수질오염개론, 도서출판 동화기술, 353p.
- 김옥배, 박희열, 1997, 해수침투에 의한 수질오염판별을 위한 환경지구화학적 연구, 한국자원공학회지, 제34권 제5호, p. 548-558.
- 김창원, 윤태일, 1992, 환경미생물학, 도서출판 동화기술, 322p.
- 선우중호, 1994, 수문학, 동명사, 396p.
- 이종운, 전효택, 전용원, 1997, 국내 화강암질내 심부지하수의 지구화학적 특성, - 화강암질내 지하수와 비교연구, 지하수환경, 제4권, 제4호, p. 212-222.
- 이철효, 한정상, 1996, 난지도 매립지 주변 지하수환경의 오염 특성에 관한 연구, 지하수환경, 제3권 제1호, p. 27-36.
- 오석영, 전효택, 1996, 폐기물 매립지 주변의 지하수 오염과 오염물질의 지연 특성, 지하수환경, 제3권 1호, p. 37-49.
- 유재영, 1995, 광산배수의 산성화 및 그에 따른 환경문제, 대한지질학회 대한자원 환경지질학회 제11회 공동학술강연회 발표논문집, p. 32-55.
- 한국자원연구소, 1997, 지하수 오염방지 및 응용화 기술연구(서울지역), 과학기술 처, 418p.
- 한정상, 1998, 지하수환경과 오염, 박영사, 1071p.
- 환경부, 농어촌진흥공사, 1995, 먹는물관리법, 262p.
- Appleyard, A., 1995, The impact of urban development on recharge and groundwater quality in a coastal aquifer near Perth, Western Australia, hydrogeology Journal, v. 3, no.2,
- Becking, L. G. M., Kaplan, I. R. and Moore, D., 1960, Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-reduction potentials, The journal of

Geology, v. 68, p.243-284.

Berner, E. K., Berner, R. A., 1987, The global water cycle : geochemistry and environment, Prentice-Hall, Inc, 397p.

Brookins, D. G., 1988, Eh-pH diagrams for geochemistry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 176p.

Cloke, P. L., 1966, The geochemical application of Eh-pH diagrams, Journal of Geological Education, No.4, p. 140-148.

Faure, G., 1991, principles and applications of inorganic geochemistry, Macmillan Publishing company, 626p.

Frape, S. K., Fritz, P., 1987, Geochemical trends for groundwaters from the Canadian Shield, In; Edited(Fritz, P., Frape, S.k.) saline water and gases in crystalline, Geological Association of Canada Special Paper 33, 259p.

Freeze, R. A. and Cherry, J. A., 1979, Groundwater, Prentice-Hall Inc., 604p.

Garrels, R. M. and Christ, C., 1965, Solutions, Minerals and Equilibria, Jones and Bartlett Publisher, 449p.

Gorrel, H. A., 1953, Classification of formation waters base on sodium chloride content, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 42, p. 2513.

Hem, J., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, U. S Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263p.

Hem, J. D., 1959, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper 1473, p. 38-41.

Hounslow, A. W., 1995, Water quality data : analysis and interpretation, CRC Press, Inc, 397p.

Jackson, G. B., 1993, Applied water and spentwater chemistry-a laboratory

manual-, Van Nostrand Reinhold, 688p.

Nebitt, H. W. and Young, G. M., 1984, Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations, *Geochim Cosmochim. Acta*, 48, p. 1523-1534.

Nordstrom, D. K., Olsson, T., 1987, Fluid inclusions as a source of dissolved salts in deep granitic groundwaters, In; Edited(Fritz, P., Frape, S. K.) saline water and gases in crystalline, Geological Association of Canada Special Paper 33, 259p.

Nordstrom, D. K., Ball, J. W., Donahoe, R. J. and Whitemore, D., 1989, Groundwater chemistry and water-rock interaction at Stripa, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, p.1727-1740.

Piper, A. M, 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis: American Geophysical Union, Transaction, v. 5, p. 914-923.

Richter, B. C. and Keitler, C. W., 1993, Geochemical techniques for identifying sources of groundwater salinization, C. K. Smoley, 258p.

Sabinds, Floyd F., Jr., 1978, Remote Sensing Principles and Interpretation, W.H. Freeman and Company, USA.

Schwertmann, U. and Fitzpatrick, W., 1992, Iron minerals in surface environments, In (Skinner, H. C. W. and Fitzpatrick, R. W.(Editors) *Biominalization processes of iron and managanese-Modern and Ancient Environments-*, Catena supplement 21, Catena-A Cooperating Journal of the International Society of Soil Science, p. 1-6.

Snoeyink, V. L. and Jenkins, D., 1980, Water chemistry, John Wiley & Sons, 463p.

White, A., Claassen, H. C. and Benson, L. V., 1980, The effect of dissolution of volcanic glass on the water chemistry in a tuffaceous aquifer, Rainier Mesa, Nevada, Geological Survey Water-Supply paper 1535-Q.

부 록

1. 시설관정 이용현황
2. 양수시험 자료

여 백

1. 시설관정 이용현황

여 백

기설관정조사

관정번호	읍면	리	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	수위(m)	용도	양수량 (t)	개발년도
D1	가례	양성	200	5	165	65	3.3	농업용수	200	94
D2	가례	양성	250	5	100	50		생활용수	223	98
D3	가례	양성	150	2	110			생활용수		93
D4	가례	양성	150			40	5.5	농업용수		2000
D5	가례	갑을	150			40	1.98	농업용수		2000
D6	가례	갑을	150	3	90	40	2.83	농업용수		2000
D7	가례	갑을	150	3		40	3.93	농업용수		2000
D8	가례	개승	200	3	119	50	4.52	생활용수	100	95
D9	가례	개승	150	2	90	50	9.2	농업,생활	150	92
D10	가례	개승	200	3	81	40	15.28	농업용수	200	94
D11	가례	개승	200	2	91	50		생활용수	150	95
D12	가례	괴진	150	3	100	30		생활용수		
D13	가례	괴진	200	3	110	40	8.17	농업용수	200	94
D14	가례	수성	200			50		생활용수		
D15	가례	수성	250	3	150	40		생활용수		95
D16	가례	수성	200	3	100	40	5.69	학교급수	71	93
D17	가례	가례	250	3	129	80	3.4	생활용수		
D18	가례	가례	200	3	104	32	2.21	학교급수	150	86
D19	가례	운암	250	15	190	65	6.4	농업용수	250	94
D20	가례	상촌	250	7.5	88	65	10.47	농업용수	280	97
D21	화정	가수	150	2	48	32	11.51	생활용수	100	
D22	화정	가수	200	2.5	105	32	5.96	생활용수		84
D23	가례	봉두	250	7.5	150	65	2.2	농업용수	200	95
D24	가례	봉두	250		74			농업용수	288	93
D25	화정	덕교	200			40	3.71	생활용수	120	96
D26	화정	덕교	150			40	2.28	농업용수		95
D27	화정	덕교	250	7.5	144	65	3.92	농업용수	150	95
D28	화정	덕교	200			40	1.06	농업-생활		
D29	화정	삼정								
D30	화정	삼정	200	3	110	40	4.56	학교급수	67	93
D31	화정	삼정	200			40	11.19	생활용수		
D32	화정	상일	250		140	65	0.53	농업용수	250	94
D33	화정	상이	250	7.5	154	50	11.09	농업용수	150	95
D34	화정	화양	250	15	120	65	0.28	농업용수	450	94
D35	화정	상이	250	10	140	50	4.34	생활용수	210	
D36	화정	화양	250		140			농업용수	280	94
D37	의령	화양	250		110			농업용수	300	94
D38	의령	상	250	7.5	150	50	9.09	농업용수	200	95
D39	의령	상	200	2	138	50	0.42	농업용수	190	94
D40	의령	상	150			32	3.65	농업용수		
D41	의령	상리	250	15	100	65		농업용수	300	94
D42	의령	상	250	7.5	150	50	10.26	생활용수	200	
D43	의령	중	200	10	208	65	5.24	농업용수	260	97
D44	의령	중	250	7.5	80	65	8.8	농업용수	250	94
D45	의령	하	150			50	4.4	농업용수		

관정번호	읍면	리	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	수위(m)	용도	양수량 (t)	개발년도
D46	의령	하	200	2	56	50		농업용수	190	94
D47	의령									
D48	의령	동동	250			32	25.79	화장실용		98
D49	의령	무전	250	7.5	106	50	8.86	생활용수	300	96
D50	의령	무전	200	3	80	50	10.12	농업용수	200	94
D51	의령	무전	250			50	2.12	농업용수		
D52	의령	무전						생활용수		
D53	의령	만천	250			40	3.92	생활용수		97
D54	의령	만천	250			40	5.54	생활용수		
D55	의령	만천	200	3	80	50	0.72	농업용수	200	94
D56	의령	대산	250	10	104	40	3.96	농업용수	380	95
D57	의령	압곡	250					생활용수		
D58	의령	대산	250	7.5	186	65	0.54	농업용수	293	97
D59	용덕	신촌	250	7.5	153	65	1.84	농업용수	200	95
D60	용덕	신촌	250	7.5	153	50		생활용수	200	
D61	용덕	가락						생활용수		
D62	용덕	가락	200	3	140	50		농업용수	190	94
D63	용덕	가락	200	3	140		0.44	농업용수	150	95
D64	용덕	와요	250	10	90	65	3.6	농업용수	290	95
D65	용덕	와요	200	3	130	50	6.39	농업용수	200	94
D66	용덕	가미	250	7.5	86	50	11.3	농업용수	284	96
D67	용덕	가미	250		178		3.92	농업용수	284	94
D68	용덕	이목	200		113	50	1.08	농업용수	400	95
D69	용덕	이목	250	7.5	100	65	5.94	농업용수	253	97
D70	용덕	용소	200	3	80	50	6.02	농업용수	190	94
D71	용덕	연리	200			40	3.45	농업용수		94
D72	용덕	연리	250	10	110	65	-1.99	농업용수	260	95
D73	유곡	신촌	200	5	85	50	9.86	농업용수	309	98
D74	유곡	신촌	200	7.5	150	50	0.78	농업용수	300	94
D75	유곡	오목	250	7.5	70	50		농업용수	200	95
D76	유곡	오목	200	3	150	50	9.46	농업용수	190	94
D77	유곡	오목	250	5		32	2.26	생활용수		
D78	유곡	오목	150			40	6.55	생활용수		
D79	유곡	상곡	250	15	102	65	4.52	농업용수	700	94
D80	유곡	상곡	250	10	90	65	14.73	농업용수	260	95
D81	유곡	마두	250			40	6.11	생활용수	100	
D82	유곡	칠곡	250	3	120	40	2.86	학교급수	51	93
D83	유곡	덕천	200			40	4.08	생활용수		
D84	유곡	세간	150			32	2.65	생활용수		
D85	유곡	세간	150			32	4.79	생활용수		93
D86	유곡	마장	250			50	4.77	농업용수		
D87	유곡	마장	250			50	3.6	농업용수		
D88	유곡	마장	250			50	3.61	농업용수		
D89	유곡	마장	250	20	70	65	2.2	농업용수	402	94
D90	유곡	마장				32		생활용수		
D91	유곡	마장	200			65	11.17	생활용수		
D92	유곡	마장	300	7.5	120	65	8	농업용수	253	2000

관정번호	읍면	리	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	수위(m)	용도	양수량 (t)	개발년도
D93	유곡	당동	250	7.5	116	65	5.91	농업용수	293	97
D94	유곡	상촌	250	10	100		2.68	농업용수	400	95
D95	유곡	상촌				50		생활용수		
D96	유곡	상촌	200	3	80	65	4.93	농업용수	190	94
D97	공유	압곡	250	15	160	50		농업용수	370	94
D98	공유	다현	200	3	150	50	4.57	농업용수	190	94
D99	공유	토곡	250		106	65	9.23	농업용수	276	94
D100	공유	평촌	250	7.5	102	40	9.19	농업용수	321	97
D101	공유	평촌	250	5	55	65	12.02	농업용수	150	95
D102	공유	운계	250	15	100	32	9.73	농업용수	720	94
D103	정곡	중교	250			40	3.12	학교식수		
D104	정곡	중교	250			50	16.68	생활용수	150	
D105	정곡	중교	200		152	65	2.42	생활용수		
D106	정곡	중교	200	7.5		32	2.66	농업용수	253	97
D107	정곡	중교	150					생활용수		
D108	정곡	중교	80					학교식수		
D109	정곡	오방	250	7.5	150	65	10.25	농업용수	200	95
D110	정곡	석곡	250	7.5	78	65	1.53	농업용수	323	97
D111	정곡	성황	300		105	50	3.73	농업용수		
D112	정곡	상촌	300		94			농업용수	293	93
D113	정곡	상촌	200	3	120	50	5.38	농업용수	190	94
D114	정곡	상촌	200	3	110	50	2.75	농업용수	190	94
D115	정곡	성황	250	6	150	50	2.18	농업용수	260	94
D116	정곡	예둔	250	15	180	65	6.92	농업용수	360	94
D117	정곡	예둔	250	10	108	65	6.17	농업용수	430	95
D118	정곡	백곡	250	7.5	150	50	0.73	농업용수	250	95
D119	정곡	백곡	150				2.38	농업용수		
D120	지정	백야	200	3	180	50	2.82	농업용수	200	94
D121	지정	득소	250		145	50	10.4	농업용수	301	94
D122	지정	득소	150			32	10.93	생활용수		
D123	지정	득소	250	7.5	200	65	8.97	농업용수	150	95
D124	지정	태부						생활용수		
D125	지정	태부	250			50	3.7	농업용수		
D126	지정	태부	200	7.5	114	65	2.95	농업용수	284	97
D127	지정	태부	250	7.5		50	1.32	농업용수	200	95
D128	지정	신정	200	7.5	170	65	3.08	농업용수	253	97
D129	지정									
D130	지정							생활용수		
D131	지정	웅곡	250		167		1.55	농업용수	260	94
D132	지정	오천	250	10	105	65	8.75	농업용수	290	95
D133								생활용수		
D134	지정	두곡	250	7.5	150	50	10.56	생활용수	150	
D135	지정	두곡	250	7.5	150	65	5.04	농업용수	150	95
D136	지정	두곡	250		142		6.39	생활용수	150	
D137	지정	봉곡	200	3	134	40	0.33	농업용수	156.5	99
D138	지정	오천	300			50	0.45	농업용수		
D139	지정	오천	200	3	173	40	1.12	농업용수	140.5	99

관정번호	읍면	리	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	수위(m)	용도	양수량 (t)	개발년도
D140	지정	오천	200	3	134	40	1.16	농업용수	135.4	99
D141	부림	경산	200			40	5.76	생활용수		
D142	부림	경산	250			65	2.23	농업용수		
D143	부림	경산	250		161	50	3.28	농업용수	265	94
D144	부림	소오	150					생활용수		
D145	정곡	상촌	200			50	10.59			
D146	부림	단원	200			40	0.65	생활용수	100	
D147	부림	단원	200			50	16.74	생활용수		
D148	부림	단원	200	3	120	50	9.25	농업용수	210	94
D149	부림	단원	200	3	120	50	6.37	농업용수	190	94
D150	부림	단원	200					농업용수	720	83
D151	부림	오소	200	7.5	84	65	4.06	농업용수	309	97
D152	부림	신반	200			50	4.87	생활용수		
D153	부림	신반	200				8.77	생활용수		
D154	부림	감암	250	15	102	40	4.29	농업용수	453	94
D155	부림	대곡	300		150	50		농업용수	200	94
D156	부림	대곡	300		150	50		농업용수	200	94
D157	부림	대곡	300		150	50	6.03	농업용수	200	94
D158	부림	대곡	300		150	50	3.49	농업용수	200	
D159	부림	대곡	300		150	50	2.94	농업용수	200	
D160	부림	여배	250	7.5	150	65		농업용수	200	95
D161	부림	막곡	250	15	112	65	1.13	농업용수	460	94
D162	부림	막곡						생활용수		
D163	부림	막곡	250	7.5	172	50	4.55	농업용수	293	96
D164	봉수	서득						농업용수		
D165	봉수	서득	150		100			농업용수	350	92
D166	봉수	서득	150		100			농업용수	350	92
D167	봉수	천락	200	10	45	65	7.16	농업용수	254	94
D168	봉수	천락	150		100		8.45	농업용수	350	92
D169	봉수	서득	350		74	50	3.57	농업용수	318	91
D170	봉수	서득	150		100			농업용수	350	91
D171	봉수	죽전	200		100			농업용수	350	86
D172	봉수	신현	12		60	65	2.58	농업용수	432	1986
D173	봉수	서암	250	15	168	65	4.2	농업용수	420	94
D174	봉수	서암	250	7.5	150	50		생활용수	170	
D175	봉수	서암	250			50	11.18	생활용수		
D176	봉수	서암	250	10	102	65	9.05	농업용수	260	95
D177	봉수	서암	250		120		15.1	농업용수	260	94
D178	봉수	청계	150			32	7.34	생활용수		
D179	봉수	방계	200	7.5	130	65		농업용수	260	97
D180	봉수	신현	200	10	175	65		농업용수	300	94
D181	봉수	사현	250	3	100	50		농업및생활	185	99
D182	봉수	죽전	200		130			생활용수	160	97
D183	봉수	상곡	200	3	124	50	9.11	농업용수	200	94
D184	낙서	방계	250		102	80	7.66	농업용수	475	94
D185	낙서	오운	200	7.5	96	65	1.48	농업용수	301	97
D186	낙서	오운	300			50	5.91	농업용수		

관정번호	읍면	리	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	수위(m)	용도	양수량 (t)	개발년도
D187	낙서	오운	250	5	134	50	4.25	농업용수	173	99
D188	낙서	율산	250	7.5	93	50	8.03	농업용수	260	96
D189	낙서	정곡	300			50	13.93	생활용수		
D190	낙서	여의				50	6.93	농업용수		
D191	낙서	내제	200	3	150	50	7.38	농업용수	150	94
D192	봉수		200			50	3.69	농업용수		
D193	칠곡	내조	250	7.5	150	65	15.78	생활용수	200	95
D194	칠곡	내조	200	5	100	50	11.24	농업용수	190	94
D195	칠곡	내조						생활용수		
D196	칠곡	내조				40	4.2	농업용수		
D197	칠곡	도산	250	15	110	65		농업용수	300	94
D198	칠곡	도산	250	10	110	40	4.26	농업용수	300	
D199	칠곡	도산	250	7.5	70	65	1.19	농업용수	250	94
D200	칠곡	수부	250	10	98	65	5.57	농업용수	253	95
D201	칠곡	산남	250	7.5	208	65	4.47	농업용수	309	97
D202	칠곡	산남	250	7.5	70	40	9.57	농업용수	350	94
D203	칠곡	산북	250	15	110	65	5.09	농업용수	350	94
D204	칠곡	산북	250	7.5	80	50	2.47	농업용수	309	96
D205	칠곡	산북	200		80	65	6.69	농업용수	450	94
D206	칠곡	산북	250	7.5	102	65	4.32	농업용수	253	97
D207	칠곡	산북	200	10	100	50		농업용수	270	94
D208	칠곡	산북	250	7.5	95	50	11.22	농업용수	309	96
D209	대의		200	3	90	32	4.42	학교급수	158	86
D210	대의	추산	250		160	40	3.12	농업용수	280	94
D211	대의	중촌	250	7.5	154	50			150	
D212	대의	중촌	250	7.5	154	65	1.1	농업용수	150	95

이용현황조사

관정번호	읍면	리	번지	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	용도	양수량	개발년도
D213	가례	가례리	348	200	3	100	25	12	30	94-12-01
D214	가례	가례리	462	250	10	100	80	17	150	96-08-20
D215	가례	가례리	851	200	3	100	40	12	50	
D216	가례	가례리	858-1	200	2	204	40	30	80	94-11-08
D217	가례	가례리	865	200	3	80	25	12	20	94-10-01
D218	가례	가례리		200	3	121	40	17	150	90-07-01
D219	가례	괴진리	괴진	200	2	88	30	17	60	90-09-01
D220	가례	괴진리	우곡	200	2	97	50	30	150	94-06-01
D221	가례	괴진리		200	1.5	85	50	17	50	95-05-01
D222	가례	대천리	22	200	1.5	204	50	24	30	94-11-08
D223	가례	대천리	본동	200	3	132	40	17	80	94-07-01
D224	가례	대천리	전골	200	2	105	40	17	60	94-05-01
D225	가례	상촌리	675	200	3	100	50	17	150	96-03-20
D226	가례	상촌리		250	7.5	76	65	32	250	97-11-01
D227	가례	운암리	173	200	3	97	50	12	30	94-11-08
D228	가례	운암리	754	200	3	96	50	32	1000	94-11-08
D229	가례	운암리	754-6	200	2	140	40	30	158	94-11-08
D230	가례	운암리	79	200	2	99	40	24	100	94-11-08
D231	가례	운암리		200	2	130	40	17	80	92-05-01
D232	궁유	압곡리	451-2	200	5	100	50	17	150	96-03-20
D233	궁유	평촌리	본동	200	2	134	40	17	90	90-05-01
D234	궁유	평촌리		250	7.5		65	32	250	97-11-01
D235	낙서	내제리	106	200	5	135	50	32	200	94-08-25
D236	낙서	내제리	444	200	5	130	50	32	200	94-08-29
D237	낙서	아근리	407	200	3	120	40	17	250	94-08-13
D238	낙서	여의리	202-1	200	3	140	30	32	250	94-05-07
D239	낙서	울산리	370	200	2	116	30	17	150	96-02-23
D240	낙서	전화		4		84			192	1998
D241	낙서	전화리	1138	250	5	105	50	32	200	96-02-05
D242	낙서	전화리	37271	200	5	120	50	32	300	94-08-28
D243	낙서	전화리	352-3	250	30	120	80	32	500	94-11-17
D244	낙서	전화리	874	200	2	160	25	33	120	97-12-01
D245	낙서	전화리	916	200	3	130	40	32	150	94-12-29
D246	낙서	전화리	928	200	3	140	40	32	150	94-12-14
D247	낙서	정곡		250	3	100	50	17	98	
D248	낙서	정곡		250	7.5	145	50	17	150	
D249	낙서	정곡리	1069	200	5	120	50	30	250	94-04-21
D250	낙서	정곡리	1159	200	5	130	50	32	250	94-08-20
D251	낙서	정곡리	338-1	200	3	85	30	17	300	88-05-11
D252	낙서	정곡리	574	200	3	85	30	32	250	94-12-15
D253	낙서	정곡리	669-2	200	5	120	50	32	300	94-11-21
D254	낙서	정곡리	918-3	200	3	120	30	32	100	95-12-31
D255	낙서	정곡리	928	200	10	150	50	19	200	95-06-30
D256	대의	마전리	143	200	10	150	50	19	200	95-06-30
D257	대의	신전		4		84			254	1998

관정번호	읍면	리	번지	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	용도	양수량	개발년도
D258	대의	죽전리	459-1	200	3	84	20	17	100	89-01-01
D259	대의	죽전리	545-4	200	3	104	20	17	100	89-01-02
D260	대의	죽전리	729-3	200	3	100	30	17	80	94-01-01
D261	대의	중촌		250	7.5	154	50	17	150	
D262	대의	중촌		10		220			150	1995
D263	대의	중촌리	333-2	200	3	100	50	17	150	96-03-20
D264	대의	중촌리	965-1	200	5	100	50	17	150	96-03-20
D265	대의	천곡	663-3	4		188			50	1997
D266	대의	청계리	229	200	3	97	20	17	80	92-01-01
D267	대의	청계리	636-2	200	3	100	20	17	80	94-11-08
D268	부림	손오리	339	200	2	100	40	32	110	99-02-20
D269	부림	손오리	926-7	250	3	150	40	32	100	96-09-01
D270	부림	신반리	827	300	25	100	75	17	250	96-03-20
D271	부림	신반리	898	200	15	130	75	12	300	92-04-01
D272	부림	신반리	898	200	20	130	75	12	300	93-07-01
D273	부림	신반리	946-3	200	10	130	60	12	200	89-12-01
D274	용덕	소상리	171	200	3	97	30	32	50	
D275	용덕	소상리	229-2	200	3	80	30	32	70	
D276	용덕	소상리	230-2	200	3	60	40	32	100	
D277	용덕	소상리	387	200	3	98	50	32	100	
D278	용덕	소상리	400	200	3	110	40	32	100	
D279	용덕	와요리	111-1	200	5	114	50	32	200	
D280	용덕	와요리	198	200	3	141	25	17	80	94-11-01
D281	용덕	와요리	199	250	5	120	32	32	180	94-11-01
D282	용덕	운곡리	321-1	252	5	150	35	24	200	94-11-08
D283	용덕	운곡리	152-4	200	3	150	30	12	40	94-11-08
D284	용덕	운곡리	152-4	200	3	150	30	24	50	94-11-08
D285	용덕	운곡리	168-1	200	10	150	50	19	200	95-06-30
D286	유곡	상곡리	37288	200	10	90	50	32	260	95-12-01
D287	유곡	상곡리	266	200	3	100	50	17	150	96-03-20
D288	유곡	상촌리	402	200	3	120	50	32	250	94-10-07
D289	유곡	상촌리	44	200	10	100	65	32	400	95-12-01
D290	유곡	신촌리	103	200	2	80	35	17	80	92-05-01
D291	유곡	신촌리	125-2	200	7.5	92	50	32	150	94-06-01
D292	유곡	오목리	20	200	7.5	70	50	32	200	95-12-01
D293	유곡	오목리	659-1	200	3	102	40	32	150	94-07-01
D294	의령	동동리	1087	200	3	90	40	13	70	98-08-14
D295	의령	동동리	1539-5	200	3	200	30	12	150	97-04-29
D296	의령	만천리	27	200	5	120	50	23	180	91-01-01
D297	의령	만천리	39	200	10	150	40	17	200	96-12-06
D298	의령	만천리	799	200	3	100	50	17	150	96-03-20
D299	의령	중동리	269-1	200	3	90	40	12	50	96-01-24
D300	의령	중동리	410-5	200	5	300	50	11	200	97-04-23
D301	정곡	석곡리	142-2	200	5	100	50	17	150	96-05-08
D302	정곡	석곡리	142-2	200	5	100	50	17	150	96-03-20
D303	정곡	성황리	513-3	200	3	100	50	32	200	94-10-07
D304	정곡	성황리	794-3	200	5	180	30	32	200	94-10-25

관정번호	읍면	리	번지	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	용도	양수량	개발년도
D305	정곡	성황리	794-4	200	5	95	40	32	220	94-10-25
D306	정곡	예둔리	427	200	3	90	50	32	250	94-10-02
D307	정곡	예둔리	445-1	200	2	100	32	32	70	99-02-20
D308	정곡	예둔리	445-1	200	2	100	32	32	70	99-02-20
D309	정곡	오방리	422-1	200	10	150	50	17	200	95-06-01
D310	정곡	적곡리	35462	200	2	100	40	32	110	99-03-20
D311	정곡	중교리	1611	200	7.5	100	40	23	170	94-10-28
D312	정곡	중교리	164	200	7.5	90	40	23	170	94-10-28
D313	정곡	중교리	428-1	200	3	90	40	13	60	98-08-14
D314	지정	중교리	806-2	200	2	90	50	12	120	94-10-02
D315	지정	두곡리	1308	200	3	140	50	17	250	95-08-01
D316	지정	두곡리	172	200	3	100	40	32	130	99-02-06
D317	지정	두곡리	972-2	200	15	150	50	19	150	95-04-01
D318	지정	득소리	270-1	200	2	200	32	11	100	97-06-01
D319	지정	득소리	910-1	200	15	200	50	19	150	95-04-01
D320	지정	마산리	543-1	200	3	100	40	33	130	99-02-06
D321	지정	마산리	568	200	3	130	30	11	50	96-09-01
D322	지정	마산리	738-4	200	2	100	30	11	50	97-04-19
D323	지정	마산리	33270	200	3	100	40	32	130	99-02-06
D324	지정	백아리	535-3	200	2	130	30	30	150	94-02-01
D325	지정	봉곡리	485-3	203	3	150	30	11	50	95-04-01
D326	지정	봉곡리	549-1	250	3	150	30	11	50	97-03-01
D327	지정	봉곡리	704	250	5	130	30	11	50	90-05-01
D328	지정	봉곡리	775	250	5	130	50	13	50	95-04-01
D329	지정	성산리	356-2	200	3	100	40	32	130	99-02-06
D330	지정	오천리	632-1	200	5	100	50	17	150	96-03-01
D331	지정	태부	82	10		94			205	1991
D332	칠곡	내조리	221	200	10	150	50	10	200	95-10-15
D333	칠곡	내조리	455-2	200	3	85	25	10	80	95-11-15
D334	칠곡	내조리	740	200	7.5	100	80	32	300	95-01-01
D335	칠곡	내조리	산51	200	3	130	40	17	150	93-06-16
D336	칠곡	도산	306	10		90			253	1989
D337	칠곡	도산리	50-3도	200	7.5	80	60	32	250	94-09-01
D338	칠곡	도산리	468	200	3	72	60	32	300	94-12-01
D339	칠곡	도산리	520도로	200	7.5	100	80	32	250	95-01-01
D340	칠곡	도산리	600-4	200	10	110	10	32	300	94-12-01
D341	칠곡	도산리	773	203	2	60	35	17	60	92-09-02
D342	칠곡	산남리	522	200	7.5	100	80	32	300	94-12-01
D343	칠곡	산남리	586-3	200	2	50	20	10	80	95-11-15
D344	칠곡	산남리	604	200	2	50	30	10	80	95-11-15
D345	칠곡	산남리	843	200	7.5	70	50	31	350	94-07-19
D346	칠곡	산북리	614-3	200	5	100	50	31	300	94-05-01
D347	칠곡	산북리	634-6	200	5	100	70	32	200	95-01-01
D348	칠곡	산북리	647-2	250	10	100	80	32	300	94-01-01
D349	칠곡	산북리	959-1	200	3	130	40	10	200	92-04-06
D350	칠곡	신포리	714-46	200	3	90	25	10	200	95-11-15
D351	칠곡	신포리	726-4	250	3	110	25	32	250	94-07-01

관정번호	읍면	리	번지	구경(mm)	마력	심도(m)	토출관 직경(mm)	용도	양수량	개발년도
D352	칠곡	신포리	78-8	200	3	110	25	17	250	94-08-19
D353	칠곡	신포리	95-2	200	3	90	25	17	80	90-12-01
D354	칠곡	외도	73-1	10		105			240	1991
D355	칠곡	외조리	105-5	200	3	70	25	17	35	92-11-05
D356	칠곡	외조리	353	200	3	120	25	32	100	97-12-01
D357	화정	덕교리	256	200	5	100	50	32	150	90-04-01
D358	화정	덕교리	260	200	10	150	50	12	200	95-06-30
D359	화정	덕교리	860	200	5	100	50	17	150	96-03-20
D360	화정	백곡리	1162	200	3	100	40	13	60	98-08-14
D361	화정	백곡리	333-2	200	3	100	50	17	150	96-03-01
D362	화정	백곡리	333-2	200	3	100	20	17	150	96-03-01
D363	화정	백곡리	785-7	200	10	150	50	17	200	95-06-01
D364	화정	상이리	294	200	2	100	50	17	80	94-11-01
D365	화정	상이리	669-1	1200	1	10	25	13	130	87-03-01
D366	화정	상이리	713-1	200	10	150	50	12	200	95-06-30
D367	화정	상일	735-4	4		124			192	1997
D368	화정	상일리	691-2	200	2	88	50	17	70	93-07-01
D369	화정	상일리	834-13	200	2	200	25	33	100	97-12-01
D370	화정	석천	768	4		107			157	1997
D371	화정	석천리	521-2	200	1	100	25	17	50	92-11-01
D372	화정	유수	796-7	4		166			20	1997
D373	화정	화양리	139-5	200	5	100	50	32	150	98-09-22
D374	화정	화양리	164-10	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D375	화정	화양리	210-4	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D376	화정	화양리	214-10	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D377	화정	화양리	221-2	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D378	화정	화양리	221-6	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D379	화정	화양리	221-7	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D380	화정	화양리	298	200	2.5	145	50	32	170	94-03-01
D381	화정	화양리	582-1	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D382	화정	화양리	597-4	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D383	화정	화양리	695	200	2	95	40	17	130	90-05-01
D384	화정	화양리	75-5	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D385	화정	화양리	81-9	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D386	화정	화양리	89-1	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D387	화정	화양리	89-22	200	5	100	50	33	150	97-10-01
D388	화정	덕교		10		210			150	1995
D389	화정	덕교		250	7.5	144	50	17	150	
D390	화정	상이		250	7.5	154	50	17	150	

여 백

2. 양수시험 자료

여 백

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\봉두.aqt
 Title: D23(봉두지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:39:46

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 봉두
 Location: 봉두
 Test Well: 봉두

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 130. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 봉두

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data	
Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.	260.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 봉두

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	4.92	14.	15.47	60.	17.1
2.	9.	16.	15.6	70.	17.25
3.	11.14	18.	15.89	80.	17.36
4.	12.37	20.	15.94	90.	17.42
5.	13.15	25.	16.25	100.	17.51
6.	13.7	30.	16.44	120.	17.65
7.	14.13	35.	16.6	140.	17.72

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	14.39	40.	16.71	160.	17.83
9.	14.68	45.	16.84	180.	17.85
10.	14.88	50.	16.96		
12.	15.22	55.	17.04		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	6.797	m ² /day
S	0.04289	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	6.797	1.469	m ² /day
S	0.04289	0.03943	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 1530.7 m²
 Variance 52.78 m²
 Std. Deviation 7.265 m
 Mean -6.461 m
 No. of Residuals 31.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\후곡.aqt
 Title: D34(후곡지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:38:23

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 후곡
 Location: 후곡
 Test Well: 후곡

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 100. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 후곡

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	411.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 후곡

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 30

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	4.33	14.	41.69	55.	44.75
2.33	17.59	17.43	42.72	60.	44.84
3.	20.68	18.	43.05	70.	44.95
4.	24.49	20.	43.4	80.	45.06
5.	27.85	25.	43.74	90.	45.14
6.	30.38	30.	44.13	100.	45.2
7.	33.72	35.	44.25	120.	45.27

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	36.65	40.	44.45	140.	45.31
11.26	39.21	45.	44.59	160.	45.35
12.	39.75	50.	44.67	180.	45.38

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	4.742	m ² /day
S	0.02154	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	4.742	0.5346	m ² /day
S	0.02154	0.01327	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.97
S	-0.97	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 690.7 m²
 Variance 24.67 m²
 Std. Deviation 4.967 m
 Mean -0.01785 m
 No. of Residuals 30.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\무상.aqt
 Title: D51(무상지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:39:53

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 무상
 Location: 무상
 Test Well: 무상

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 70. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 무상

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	173.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 무상

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	2.84	14.	21.75	60.	41.45
2.	5.17	16.	23.37	70.	43.47
3.	7.3	18.	25.	80.	45.09
4.	9.15	20.	26.4	90.	46.55
5.	10.72	25.	29.62	100.	47.71
6.	12.23	30.	32.2	120.	49.67
7.	13.61	35.	34.33	140.	51.32

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	14.97	40.	36.15	160.	52.6
9.	16.13	45.	37.8	180.	54.2
10.	17.28	50.	39.27		
12.	19.9	55.	40.53		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	1.134	m ² /day
S	0.1935	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	1.134	0.3175	m ² /day
S	0.1935	0.01935	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.95
S	-0.95	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 1801. m²
 Variance 62.1 m²
 Std. Deviation 7.881 m
 Mean -4.154 m
 No. of Residuals 31.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\신촌.aqt
Title: D59(신촌지구)
Date: 01/05/02
Time: 11:39:15

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
Project: 신촌
Location: 신촌
Test Well: 신촌

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 130. m
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 신촌

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	288.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 신촌

X Location: 0.1 m
Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	1.05	14.	2.33	60.	3.5
2.	1.33	16.	2.42	70.	3.65
3.	1.52	18.	2.49	80.	3.79
4.	1.63	20.	2.55	90.	3.93
5.	1.75	25.	2.71	100.	4.06
6.	1.84	30.	2.86	120.	4.28
7.	1.92	35.	3.	140.	4.48

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
8.	1.99	40.	3.12	160.	4.67
9.	2.07	45.	3.23	180.	4.82
10.	2.12	50.	3.32		
12.	2.23	55.	3.41		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTSEstimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	
T	29.86	m ² /day
S	0.893	

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\신촌2.aqt
 Title: D73(신촌2지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:40:14

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 신촌2
 Location: 신촌2
 Test Well: 신촌2

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 65. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 신촌2

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	280.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 신촌2

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	4.94	14.	14.75	60.	16.53
2.	6.34	16.	15.08	70.	16.73
3.	7.16	18.	15.28	80.	16.94
4.	8.37	20.	15.39	90.	17.05
5.	9.58	25.	15.54	100.	17.17
6.	10.46	30.	15.81	120.	17.32
7.	12.12	35.	15.93	140.	17.5

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	12.7	40.	16.07	160.	17.59
9.	12.94	45.	16.2	180.	17.69
10.	13.15	50.	16.32		
12.	14.14	55.	16.42		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	7.363	m ² /day
S	0.1057	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	7.363	1.864	m ² /day
S	0.1057	0.05003	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 2857.4 m²
 Variance 98.53 m²
 Std. Deviation 9.926 m
 Mean -9.291 m
 No. of Residuals . . . 31.
 No. of Estimates . . . 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\석곡.aqt

Title: D110(석곡지구)

Date: 01/05/02

Time: 11:39:22

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사

Project: 석곡

Location: 석곡

Test Well: 석곡

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 60. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 석곡

X Location: 0. m

Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	360.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 석곡

X Location: 0.1 m

Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	1.73	14.	5.03	60.	7.89
2.	2.43	16.	5.28	70.	8.29
3.	2.9	18.	5.5	80.	8.62
4.	3.25	20.	5.69	90.	8.93
5.	3.54	25.	6.1	100.	9.21
6.	3.8	30.	6.43	120.	9.69
7.	3.83	35.	6.73	140.	10.12

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	3.83	40.	6.94	160.	10.55
9.	3.96	45.	7.12	180.	10.9
10.	4.22	50.	7.42		
12.	4.73	55.	7.65		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	15.33	m ² /day
S	0.8542	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	15.33	3.682	m ² /day
S	0.8542	0.09884	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 1.843E+04 m²
 Variance 635.7 m²
 Std. Deviation 25.21 m
 Mean -23.96 m
 No. of Residuals 31.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\상촌.aqt

Title: D113(상촌지구)

Date: 01/05/02

Time: 11:39:30

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사

Project: 상촌

Location: 상촌

Test Well: 상촌

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 100. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 상촌

X Location: 0. m

Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	210.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 상촌

X Location: 0.1 m

Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	4.75	14.	20.88	60.62	26.53
2.	7.36	16.	21.97	70.	26.78
3.	9.19	18.	22.65	80.	27.07
4.	11.27	20.	23.15	90.	27.33
5.	13.11	25.	24.11	100.	27.66
6.	14.01	30.	24.78	120.	27.93
7.	15.18	35.36	25.32	140.	28.2

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	16.83	40.	25.5	160.	28.5
9.	17.85	45.	25.81	180.	28.62
10.	18.69	50.	26.05		
12.	20.07	55.	26.3		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	4.894	m ² /day
S	0.01463	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	4.894	0.3188	m ² /day
S	0.01463	0.01069	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 139.2 m²
 Variance 4.8 m²
 Std. Deviation 2.191 m
 Mean -0.6702 m
 No. of Residuals 31.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\태부.aqt
 Title: D127(태부지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:38:35

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 태부
 Location: 태부
 Test Well: 태부

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 100. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 태부

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

Time (min)	Rate (cu. m/day)
0.	320.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 태부

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	1.19	14.	3.28	60.	4.11
2.	1.73	16.	3.36	70.	4.24
3.	2.19	18.	3.41	80.	4.34
4.	2.45	20.	3.47	90.	4.46
5.	2.64	25.	3.59	100.	4.57
6.	2.75	30.	3.68	120.	4.75
7.	2.84	35.	3.77	140.	4.91

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	2.92	40.	3.85	160.	5.06
9.	3.	45.	3.92	180.	5.25
10.	3.07	50.	3.98		
12.	3.21	55.	4.05		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	32.35	m ² /day
S	0.6066	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	32.35	4.052	m ² /day
S	0.6066	0.1088	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 1.764E+04 m²
 Variance 608.2 m²
 Std. Deviation 24.66 m
 Mean -23.26 m
 No. of Residuals 31.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\나림.aqt
 Title: D131(나림지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:39:05

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 나림
 Location: 나림
 Test Well: 나림

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 140. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 나림

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	411.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 나림

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	3.34	14.	9.94	60.	11.31
2.	5.58	16.	10.1	70.	11.51
3.	6.86	18.	10.23	80.	11.68
4.	7.65	20.	10.32	90.	11.8
5.	7.87	25.	10.62	100.	11.9
6.	8.29	30.	10.76	120.	12.02
7.	8.79	35.	10.89	140.	12.21

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	8.97	40.	10.93	160.	12.37
9.	9.24	45.	11.03	180.	12.59
10.	9.55	50.	11.14		
12.	9.8	55.	11.33		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	15.75	m ² /day
S	0.1584	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	15.75	3.326	m ² /day
S	0.1584	0.08928	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 1.961E+04 m²
 Variance 676.1 m²
 Std. Deviation 26. m
 Mean..... -24.42 m
 No. of Residuals.... 31.
 No. of Estimates.... 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\오소.aqt
 Title: D151(오소지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:38:51

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 오소
 Location: 오소
 Test Well: 오소

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 65. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 오소

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	432.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 오소

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	2.02	14.	5.17	60.	8.1
2.	2.61	16.	5.44	70.	8.39
3.	3.04	18.	5.65	80.	8.67
4.	3.38	20.	5.82	90.	8.91
5.	3.64	25.	6.26	100.	9.06
6.	3.92	30.	6.62	120.	9.43
7.	4.13	35.	6.94	140.	10.06

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	4.32	40.	7.23	160.	10.47
9.	4.5	45.	7.51	180.	10.81
10.	4.66	50.	7.72		
12.	4.93	55.	7.93		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	19.23	m ² /day
S	0.7509	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	19.23	3.829	m ² /day
S	0.7509	0.1028	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 2.871E+04 m²
 Variance 989.9 m²
 Std. Deviation 31.46 m
 Mean -29.83 m
 No. of Residuals.... 31.
 No. of Estimates.... 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\막곡.aqt
 Title: D161(막곡지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:40:00

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 막곡
 Location: 막곡
 Test Well: 막곡

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 90. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 막곡

X Location: 0. m

Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	309.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 막곡

X Location: 0.1 m

Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	3.26	14.	10.3	60.	12.84
2.	4.04	16.	10.55	70.	13.09
3.	6.41	18.	10.73	80.	13.26
4.	7.15	20.	10.94	90.	13.45
5.	7.86	25.	11.36	100.	13.59
6.	8.39	30.	11.67	120.	13.8
7.	8.79	35.	11.95	140.	13.97

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	9.13	40.	12.18	160.	14.17
9.	9.41	45.	12.38	180.	14.27
10.	9.62	50.	12.53		
12.	10.	55.	12.73		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	10.7	m ² /day
S	0.157	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	10.7	2.722	m ² /day
S	0.157	0.07306	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 7420.6 m²
 Variance 255.9 m²
 Std. Deviation 16. m
 Mean..... -15.12 m
 No. of Residuals.... 31.
 No. of Estimates.... 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\압수.aqt
 Title: D199(압수지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:38:58

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 압수
 Location: 압수
 Test Well: 압수

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 50. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 압수

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	250.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 압수

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	3.23	14.	5.72	60.	7.09
2.	3.84	16.	5.82	70.	7.27
3.	4.25	18.	5.93	80.	7.47
4.	4.47	20.	6.	90.	7.66
5.	4.65	25.	6.19	100.	7.79
6.	4.77	30.	6.34	120.	8.1
7.	4.89	35.	6.49	140.	8.34

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	4.98	40.	6.62	160.	8.6
9.	5.09	45.	6.7	180.	8.81
10.	5.35	50.	6.84		
12.	5.58	55.	6.97		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	16.83	m ² /day
S	0.1356	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	16.83	3.296	m ² /day
S	0.1356	0.08846	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 7121. m²
 Variance 245.6 m²
 Std. Deviation 15.67 m
 Mean..... -14.76 m
 No. of Residuals.... 31.
 No. of Estimates.... 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\산남.aqt
 Title: D201(산남지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:39:40

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 산남
 Location: 산남
 Test Well: 산남

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 180. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 산남

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	133.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 산남

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	1.96	14.	8.43	60.	9.64
2.15	3.75	16.	8.59	70.	9.74
3.	4.45	18.	8.77	80.	9.78
4.	5.3	20.	8.95	90.	9.83
5.	5.96	25.	9.19	100.	9.89
6.	6.52	30.	9.27	120.	9.98
7.	6.98	35.	9.36	140.	10.03

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	7.3	40.	9.43	160.	10.09
9.	7.63	45.	9.51	180.	10.18
10.	7.98	50.	9.57		
12.	8.22	55.	9.6		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	5.068	m ² /day
S	0.1356	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	5.068	1.253	m ² /day
S	0.1356	0.03364	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.97
S	-0.97	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 289.8 m²
 Variance 9.992 m²
 Std. Deviation 3.161 m
 Mean..... -2.894 m
 No. of Residuals.... 31.
 No. of Estimates.... 2

Data Set: D:\김수홍광역보고서\의령\의령_양수시험\죽공.aqt
Title: D206(죽공지구)
Date: 01/05/02
Time: 11:38:43

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
Project: 죽공
Location: 죽공
Test Well: 죽공

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 80. m
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 죽공

X Location: 0. m
Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	253.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 죽공

X Location: 0.1 m
Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	5.23	14.	18.03	60.	20.58
2.	8.09	16.	18.99	70.	20.58
3.	10.16	18.	19.91	80.	20.58
4.	11.22	20.	20.46	90.	20.58
5.	12.24	25.	20.54	100.	20.58
6.	12.99	30.	20.58	120.	20.58
7.	13.67	35.	20.58	140.	20.59

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	14.24	40.	20.58	160.	20.59
9.	14.72	45.	20.58	180.	20.59
10.	15.21	50.	20.58		
12.	17.15	55.	20.58		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	6.274	m ² /day
S	0.04139	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	6.274	0.9128	m ² /day
S	0.04139	0.0245	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 559.5 m²
 Variance 19.29 m²
 Std. Deviation 4.392 m
 Mean -3.727 m
 No. of Residuals 31.
 No. of Estimates 2

Data Set: D:\김수흥광역보고서\의령\의령_양수시험\마전.aqt
 Title: D212(마전지구)
 Date: 01/05/02
 Time: 11:40:07

PROJECT INFORMATION

Company: 농업기반공사
 Project: 마전
 Location: 마전
 Test Well: 마전

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 130. m
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 0.01

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: 마전

X Location: 0. m
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (min)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	288.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: 마전

X Location: 0.1 m
 Y Location: 0.1 m

No. of observations: 31

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	3.82	14.	9.65	60.	12.16
2.	5.55	16.	9.89	70.	12.53
3.	6.38	18.	10.13	80.	12.68
4.	6.77	20.	10.31	90.	12.94
5.	7.34	25.	10.81	100.	13.21
6.	7.83	30.	11.09	120.	13.58
7.	8.27	35.	11.27	140.	13.99

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
8.	8.6	40.	11.51	160.	14.3
9.	8.9	45.	11.67	180.	14.55
10.	9.13	50.	11.83		
12.	9.5	55.	11.9		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	11.28	m ² /day
S	0.1241	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	11.28	2.653	m ² /day
S	0.1241	0.07121	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.96
S	-0.96	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares 6124.9 m²
 Variance 211.2 m²
 Std. Deviation 14.53 m
 Mean..... -13.74 m
 No. of Residuals.... 31.
 No. of Estimates.... 2

의령군광역수맥조사보고서

2001년 12월 일 발행

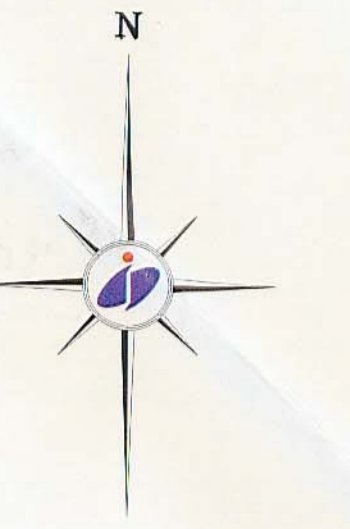
발 행 : 농림부, 농업기반공사
편 집 : 농업기반공사 지하수사업처
인 쇄 : 대영문화사 (02)2269-3881

의령지구 광역수맥도

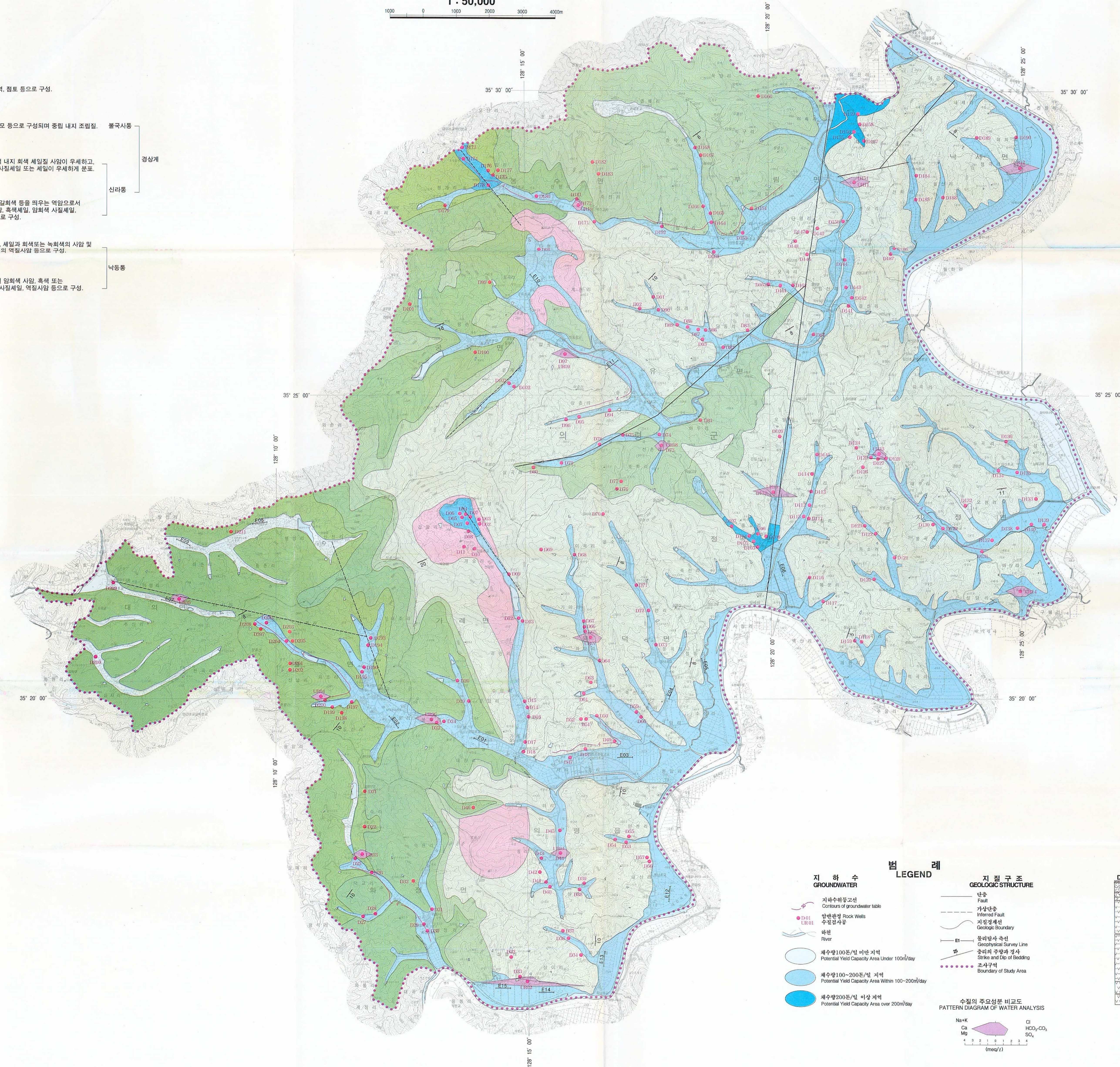
HYDROGEOLOGICAL MAP OF UIRYEONG AREA

1 : 50,000

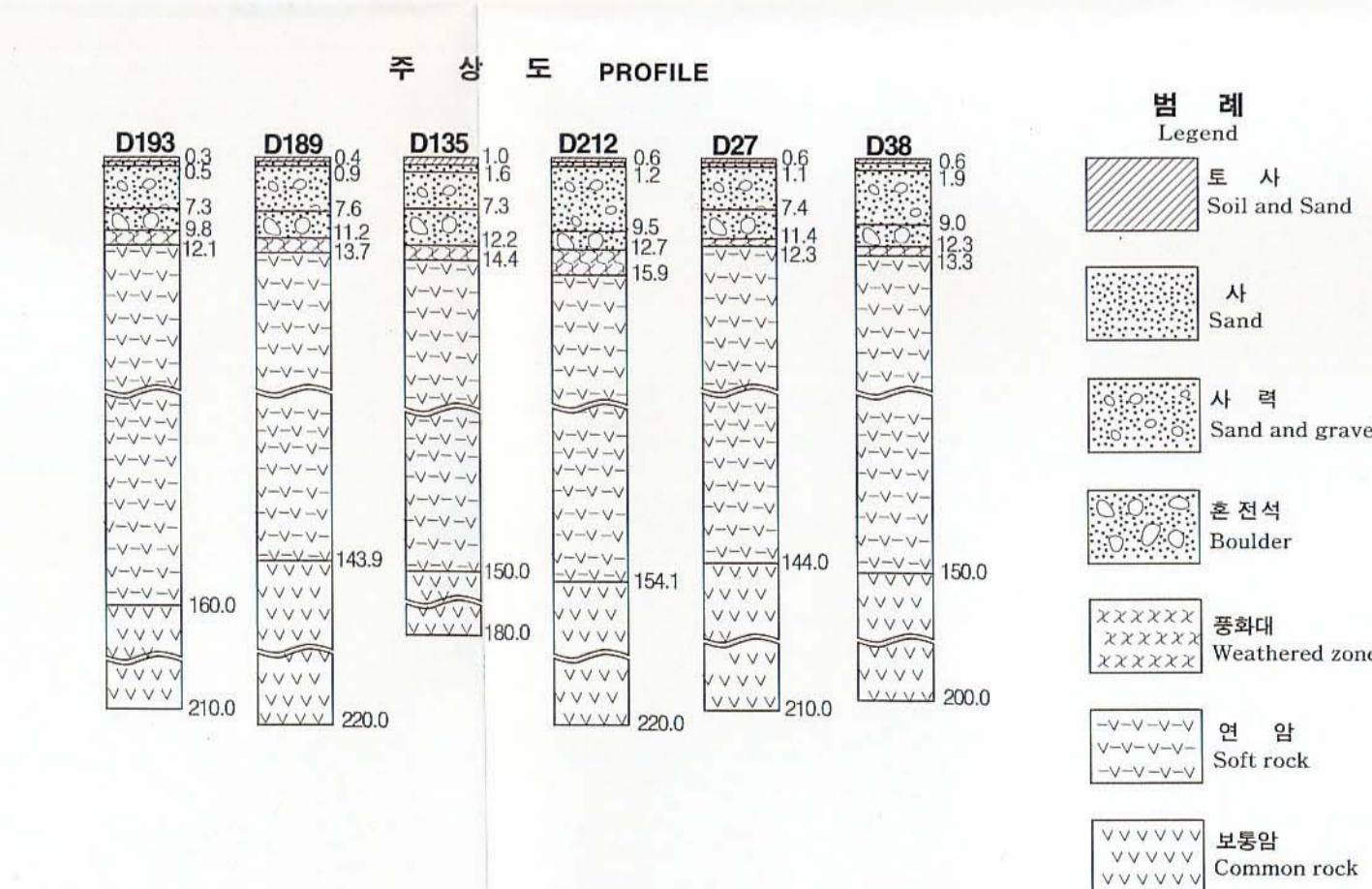
1000 0 1000 2000 3000 4000m



- 지 질 (GEOLOGY)**
- 제 4 기 QUATERNARY**
 - 충적층 Alluvium: 대부분이 사와 역, 점토 등으로 구성.
 - ~부정합~ Unconformity
 - 혹운모 화강암: 석영, 장석, 흑운모 등으로 구성되어 중립 내지 조립질. 불국사동
 - ~관입~ Intrusion
 - 백악기 CRETACEOUS**
 - 합안층: 고지대는 녹회색 내지 회색, 평지에서는 갈색이 우세하고, 저지대는 자색 사질세립 또는 세립이 우세하게 분포. 경상계
 - ~부정합(?)~ Unconformity(?)
 - 신라역암: 암회색, 저회색, 갈회색 등을 띠는 역암으로서 역암은 주로 규암, 흑색세립, 암회색 사질세립, 화강암질암 등으로 구성. 신라동
 - 철곡층: 저색의 사질세립, 세립과 회색 또는 녹회색의 사암 및 사질세립, 인회석의 석질사암 등으로 구성. 낙동동
 - 진주층: 세립 내지 중립질 암회색 사암, 흑색 또는 암회색의 세립, 사질세립, 역암사암 등으로 구성.



- 범례 LEGEND**
- 지하수 GROUNDWATER**
 - 지하수하중고선 Contour of groundwater table
 - 암반암경 Rock Wells
 - 수정관사공
 - 하천 River
 - 채수량 100톤/일 미만 지역 Potential Yield Capacity Area Under 100m³/day
 - 채수량 100~200톤/일 지역 Potential Yield Capacity Area Within 100~200m³/day
 - 채수량 200톤/일 이상 지역 Potential Yield Capacity Area over 200m³/day
 - 지질구조 GEOLOGIC STRUCTURE**
 - 단층 Fault
 - 가상단층 Imaginary Fault
 - 지질경계선 Geologic Boundary
 - 물리탐사 중선 Geophysical Survey Line
 - 중립의 주상과 경사 Strike and Dip of Bedding
 - 조사구역 Boundary of Study Area
 - 수질의 주요성분 비교도 PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS**
 - Na+K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, CO₃, SO₄ (mg/l)



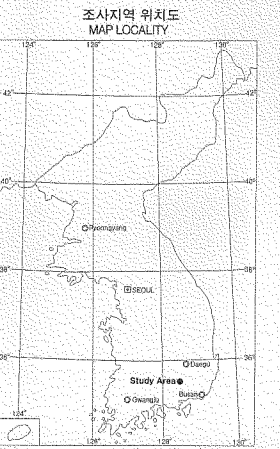
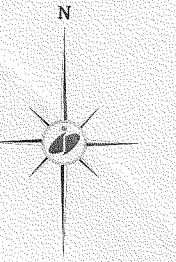
1. 대한측량원의 측량원 제2002-39호 (2002년12월21일)
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000 지형도를 기대로 사용하여 반경, 제작한것임.

의령지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF UIRYEONG AREA

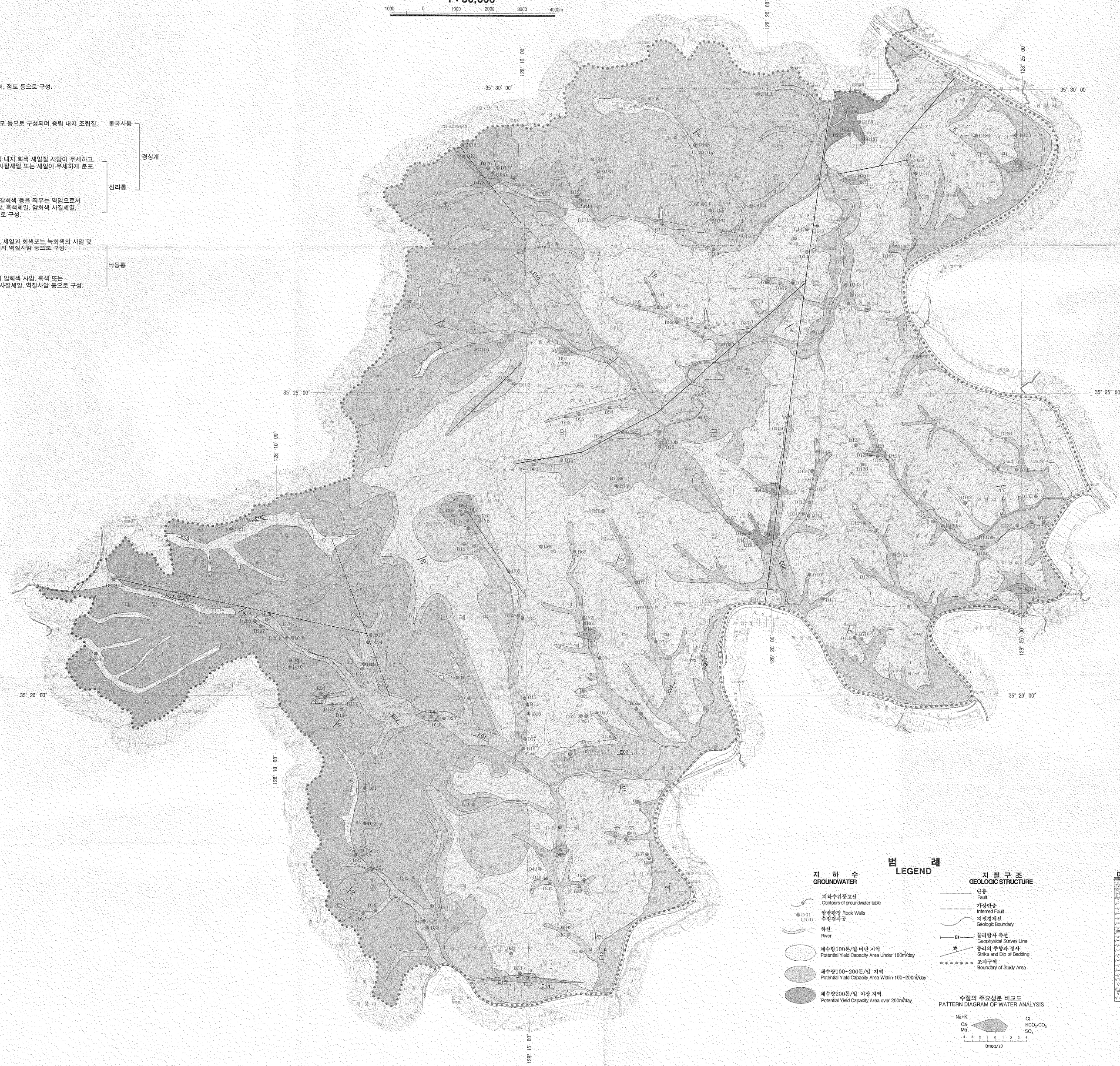
1 : 50,000

1000 0 1000 2000 3000 4000m



지질 (GEOLOGY)

제 4 기 QUATERNARY	충적층 Alluvium	대부분이 사와 역, 점토 등으로 구성.	
-부정합- Unconformity	속운모 화강암 Intrusion	석영, 장석, 흑운모 등으로 구성되어 중립 내지 조립질.	불국사동
	함안층	고지대는 녹회색 내지 회색, 평야지 사암이 우세하고, 저지대는 저색 사질세일 또는 세일이 우세하게 분포.	경상계
백악기 CRETACEOUS	신라역암	암회색, 저회색, 갈회색 등을 띠는 역암으로서 역암은 주로 규암, 흑색세일, 암회색 사질세일, 화강암질암 등으로 구성.	신라동
-부정합(?) Unconformity(?)	철곡층	저색의 사질세일, 세일과 회색 또는 흑회색의 사암 및 사질세일, 탄화석과 석회사암 등으로 구성.	낙동층
	전주층	세립 내지 중립질 암회색 사암, 흑색 또는 암회색의 세일, 사질세일, 역질사암 등으로 구성.	



지하수 범례

지하수
GROUNDWATER

- 지하수위표고선
Contours of groundwater table
- 암반공극 수질관사용
Rock Wells
- 하천
River
- 계수량 100톤/일 미만 지역
Potential Yield Capacity Area Under 100m³/day
- 계수량 100~200톤/일 지역
Potential Yield Capacity Area Within 100~200m³/day
- 계수량 200톤/일 이상 지역
Potential Yield Capacity Area over 200m³/day

범례

지질구조
GEOLOGIC STRUCTURE

- 단층
Fault
- 가상단층
Inferred Fault
- 지질경계선
Geologic Boundary
- 측량선
Geological Survey Line
- 중립의 주상과 경사
Strike and Dip of Bedding
- 조사구계
Boundary of Study Area

수질의 주요성분 비교도
PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS

Na+K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, CO₃, SO₄ (meq/l)

부상도 PROFILE

구분	D193	D199	D195	D212	D277	D38
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	7.5	7.6	7.3	7.4	7.4	9.0
20.0	12.1	11.7	11.2	11.5	11.5	13.3
30.0	15.0	14.4	13.9	14.4	14.4	16.0
40.0	16.0	15.9	15.0	15.1	15.1	17.0
50.0	16.0	15.0	14.0	14.0	14.0	18.0
60.0	16.0	14.9	13.0	13.0	13.0	19.0
70.0	16.0	14.0	12.0	12.0	12.0	20.0
80.0	16.0	13.0	11.0	11.0	11.0	20.0
90.0	16.0	12.0	10.0	10.0	10.0	20.0
100.0	16.0	11.0	9.0	9.0	9.0	20.0

범례

- 토사
Soil and Sand
- 사
Sand
- 사 및 자갈
Sand and gravel
- 중립석
Boulder
- 풍화대
Weathered zone
- 연암
Soft rock
- 보통암
Common rock

1. 대한민국방위청의 산시원 제2002-39호 (2002년12월21일)
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000 지형도를 기도로 사용하여 편집, 제작한것임.