

2000. 10. 5

합천군광역수맥조사보고서

1999

농림부
농어촌진흥공사

목 차

1. 서 언	7
1-1. 조사목적	9
1-2. 조사내용	9
2. 조사지역개요	11
2-1. 위치, 교통 및 면적	11
2-2. 토지이용 및 산업현황	14
2-3. 수문기상	17
2-3-1. 기 온	18
2-3-2. 강 수 량	20
2-3-3. 증발산량	22
3. 수문지질조사	25
3-1. 지형 및 지질	25
3-1-1. 지 형	25
3-1-2. 지 질	27
3-2. 물리탐사	37
3-2-1. 원격탐사(Remote Sensing)에 의한 선구조 분석	38
3-2-2. 전기비저항 탐사	39
3-3. 양수시험	71
4. 시설관정 이용실태조사	78
4-1. 시설관정 현황조사	78
4-2. 시설관정 지하수위 조사	93
5. 수질 및 잠재오염원 조사	94
5-1. 현장 간이수질 검사	94

5-2. 주요 이온 분석결과	127
5-3. 먹는물기준 수질검사 결과	138
5-4. 잠재오염원 조사	145
6. 지하수자원의 부존성 평가	148
6-1. 물수지 분석	148
6-1-1. 강수량에 의한 함양량 분석	148
6-1-2. 유출분석에 의한 함양량 분석	149
6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량	151
6-2-1. 지하수 부존량	151
6-2-2. 지하수개발 가능량	152
6-2-3. 지하수 개발 예정위치 선정	153
7. 지하수 활용계획	155
7-1. 용도별 소요수량 및 공급방안	155
7-2. 지하수 개발 계획	160
8. 지하수자원의 보전관리	161
8-1. 지하수 환경재해	161
8-2. 지하수 보전구역	162
9. 결 론	166

표 목 차

〈표. 1-1〉 조사 량	10
〈표. 2-1〉 조사지구 면적 및 행정구역 현황	12
〈표. 2-2〉 조사지구 가구 및 인구현황	13
〈표. 2-3〉 조사지구 토지이용 현황	15
〈표. 2-4〉 조사지구 산업현황	16
〈표. 2-5〉 월별 평균기온 분포	18
〈표. 2-6〉 월별 강수량 분포	20
〈표. 2-7〉 월별 증발량 분포	23
〈표. 2-8〉 조사지역구 증발량 비교	24
〈표. 3-1〉 쌍극자 탐사 축선별 총괄표	46
〈표. 3-2〉 양수시험 총괄표	71
〈표. 4-1〉 시설관정 현황	79
〈표. 4-2〉 조사지구 지하수개발 이용규모	91
〈표. 4-3〉 지하수 용도별 이용현황	91
〈표. 4-4〉 지하수 시설별 이용현황	92
〈표. 5-1〉 지하수 현장 수질검사 결과	96
〈표. 5-2〉 수계별 지표수 현장 수질검사 결과	115
〈표. 5-3〉 지하수 이온분석 결과(ppm)	129
〈표. 5-4〉 지하수 이온분석 결과(epm)	132
〈표. 5-5〉 먹는물 기준 지하수 수질검사 결과	139
〈표. 6-1〉 지하수 부존량 산출	152
〈표. 6-2〉 지하수 부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량	152
〈표. 6-3〉 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량	153
〈표. 7-1〉 생활용수 소요수량	155
〈표. 7-2〉 향후 생활용수 소요 관정수	157
〈표. 7-3〉 농업용수 소요수량	160
〈표. 7-4〉 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비	160

그 립 목 차

〈그림. 2- 1〉 연도별 평균기온 분포	19
〈그림. 2- 2〉 월별 평균기온 분포	19
〈그림. 2- 3〉 연도별 강수량 분포	21
〈그림. 2- 4〉 월별 평균강수량 분포	21
〈그림. 2- 5〉 월별 증발량 분포	23
〈그림. 3- 1〉 수계도	26
〈그림. 3- 2〉 지질계통도	27
〈그림. 3- 3〉 지질도	29
〈그림. 3- 4〉 조사지구 위성영상도	31
〈그림. 3- 5〉 위성영상 필터 이미지	33
〈그림. 3- 6〉 점전위에 의한 전위	40
〈그림. 3- 7〉 쌍극자 탐사 축선 배열 방법	41
〈그림. 3- 8〉 쌍극자 배열에 의한 겹보기저항 가단면도 작성법	43
〈그림. 3- 9〉 축선 E- 1, E- 2 쌍극자탐사 결과도	51
〈그림. 3-10〉 축선 E- 3, E- 4 쌍극자탐사 결과도	53
〈그림. 3-11〉 축선 E- 5, E- 6 쌍극자탐사 결과도	55
〈그림. 3-12〉 축선 E- 7, E- 8 쌍극자탐사 결과도	57
〈그림. 3-13〉 축선 E- 9, E-10 쌍극자탐사 결과도	59
〈그림. 3-14〉 축선 E-11, E-12 쌍극자탐사 결과도	61
〈그림. 3-15〉 축선 E-13, E-14 쌍극자탐사 결과도	63
〈그림. 3-16〉 축선 E-15, E-16 쌍극자탐사 결과도	65
〈그림. 3-17〉 축선 E-17, E-18 쌍극자탐사 결과도	67
〈그림. 3-18〉 축선 E-19, E-20 쌍극자탐사 결과도	69
〈그림. 3-19〉 양수시험 결과도(Curve matching)	73
〈그림. 5- 1〉 지하수 EC 등수치선도	107
〈그림. 5- 2〉 지하수 TDS 등수치선도	109
〈그림. 5- 3〉 지하수 pH 등수치선도	111

〈그림. 5- 4〉 지하수 온도 등수치선도	113
〈그림. 5- 5〉 지하수 수질 특성Piper diagram(지질평균)	135
〈그림. 5- 6〉 지하수 수질 특성 Stiff diagram(지질평균)	137
〈그림. 6- 1〉 수자원 계통도	149

여 백

1. 서 론

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

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

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

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

금번 광역수맥조사 위치는 합천군 전역으로 축척 1:50,000 현풍, 가야, 거창, 합천, 창녕, 산청, 삼가, 남지도폭에 대하여 지질조사, 기설관정 이용현황조사, 지하수위조사, 양수시험, 물리탐사, 수질검사를 실시하여 이들 자료와 과거 조사지역 내에 국지적으로 수행된 수맥조사와 지하수개발 자료를 취합, 인공위성을 이용한 원격탐사 자료를 이용하여 조사지역에 대한 광역적인 지하지질 상태를 파악하여 합천군 광역수맥도를 작성하였다.

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

여 백

1-1. 조사목적

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

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

1-2. 조사내용

가. 조사지구 : 합 천 군

나. 조사위치 : 경상남도 합천군 (합천읍, 봉산면, 묘산면, 가야면, 야로면, 울곡면, 초계면, 쌍책면, 덕곡면, 청덕면, 적중면, 대양면, 쌍백면, 삼가면, 가회면, 대병면, 용주면)

다. 조사면적 : 983.40km²

라. 조사기간 : 1998. 4. 1 ~ 1999. 2. 28.

마. 조 사 자

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

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

< 표. 1-1 > 조 사 량

조 사 항 목	단위	조 사 량	비 고
○ 지구협의 답사	지구	1	합천군 전역
○ 지표지질조사	ha	98,340	
○ 지하수 이용현황조사			
-자연수위조사	회	451	
-현장간이수질검사	회	638	
○ 물리탐사			합천군 전역
-선구조 추출 (위성영상 해석)	지구	1	
-쌍극자탐사	측선	20	
-전기비저항탐사(쌍극자탐사)			
○ 수질검사			
-먹는물 기준 (45항목)	회	50	
-이온분석	회	50	

사. 조사장비

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

2. 조사지역 개요

2-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지구 합천군은 국립지리원 발행 축척 1:50,000의 현풍, 가야, 거창, 합천, 창녕, 산청, 삼가, 남지도쪽에 걸쳐 위치하며, 행정구역상 동서남북의 경계는 각각 청덕면 양진리 (동경:128° 22' 30"), 대병면 대지리 (동경:127° 57' 30"), 삼가면 외토리(북위:32° 22'), 가야면 치인리(북위:35° 48')로서 동서간 연장은 45km, 남북간 연장은 63km로 면적은 983.40km²이다.

지형상 북으로는 가야산, 두리봉등 1000m가 넘는 험준한 산계에 의해 경북 성주군, 고령군과 접하며, 서로는 오도산, 황매산등의 산계에 의해 산청군과 접하며 남으로는 낮은 구릉성지형과 평야부로 진주시, 의령군과 접하고, 동으로는 낙동강을 지형 경계로 창녕군과 접하여 조사지구를 형성하고 있다.

경북 고령군에서 전라북도 남원군으로 이어지는 88올림픽고속도로가 지구 북측에서 서에서 동쪽으로 야로면과 가야면을 통과하고, 남북으로는 고령IC에서 합천읍을 지나 진주으로 이어지는 33번국도가 진주시를 통과하여 남해고속도로와 만난다. 1089번 지방도가 지구 남쪽 삼가면 33번 국도에서 가회, 대병면을 거쳐 봉산면의 26번 국도와 만나고, 지구 남동쪽 1026번 지방도는 24번 국도와 33번 국도가 만나는 대양면에서 대병면으로 이어져 1089번 지방도와 만나는 모양을 이루고 있다.

조사지역은 <표.2-1>에서 나타난 것과 같이 1읍 16개면으로 행정리 366개, 법정리 192개, 695반, 자연마을 682개로 총면적은 983.40km²으로 경남면적 대비 9.36%를 차지한다

합천군의 1997년 총가구수 및 인구는 <표.2-2>에서 약 23,303가구에 66,520명이며, 그 중 남자는 48.9%인 32,515명이고, 여자는 51.1%인 34,005명으로 가구당 인구는 2.85명이고 인구밀도는 1km²당 67.6명이다.

<표. 2-1> 조사지구 면적 및 행정구역 현황

(단위 : km², 개)

읍·면	면적	동·리		반	자연마을	비고
		행정	법정			
계	983.40	366	192	695	682	
합천읍	53.04	22	9	72	42	
봉산면	80.60	20	12	26	26	
묘산면	50.01	21	11	37	36	
가야면	104.99	26	14	56	53	
야로면	47.90	23	12	37	40	
울곡면	72.30	26	14	50	49	
초계면	23.04	17	11	40	24	
쌍책면	39.61	18	10	25	33	
덕곡면	26.61	12	7	17	20	
청덕면	57.52	23	12	40	51	
적중면	23.91	16	9	29	19	
대양면	57.12	16	11	38	43	
쌍백면	63.27	27	13	48	57	
삼가면	60.57	34	13	52	60	
가회면	70.39	23	9	41	38	
대병면	63.23	17	9	37	37	
용주면	89.29	25	16	50	54	

<표. 2-2> 조사지구 가구 및 인구현황(1997)

(단위: 세대, 명)

읍·면	총 계				인구밀도	가구당 인구	비 고
	세 대	인 구					
		계	남	여			
계	23,303	66,520	32,515	34,005	67.6	2.9	
합천읍	4,128	13,348	6,594	6,754	251.6	3.2	
봉산면	901	2,260	1,094	1,166	28.0	2.5	
묘산면	995	2,741	1,284	1,457	54.8	2.8	
가야면	2,176	7,115	3,710	3,405	67.8	3.3	
야로면	1,437	3,850	1,885	1,965	80.3	2.7	
울곡면	1,404	3,792	,1843	1,949	52.4	2.7	
초계면	1,467	4,228	2,039	2,189	183.5	2.9	
쌍책면	828	2,235	1,082	1,153	56.4	2.7	
덕곡면	561	1,397	691	706	52.5	2.5	
청덕면	1,088	2,737	1,324	1,413	47.6	2.5	
적중면	898	2,272	1,048	1,224	95.0	2.5	
대양면	940	2,493	1,192	1,301	47.1	2.7	
쌍백면	1,215	3,225	1550	1,675	50.1	2.7	
삼가면	1,986	5,785	2,705	3,080	95.6	2.9	
가회면	972	2,600	1,284	1,316	36.9	2.7	
대병면	1,065	2,878	1,431	1,447	45.5	2.7	
용주면	1,243	3,564	1,759	1,805	39.9	2.9	

2-2. 토지이용 및 산업현황

조사지역의 지목별 토지이용 현황은 총면적 983.40km²중 전 49.66km²(0.05%), 답 112.07km²(0.11%), 임야 71.66km²(0.07%), 과수원 18.94km²(0.02%), 목장용지 4.01km²(0.004%), 기타 10.01km²(0.015%)로 구성되며, 이중 전,답 면적이 161.73km²로 전체면적의 0.16 %를 차지한다. 조사지구의 읍·면별 토지이용 현황은 <표. 2-3>과 같다.

조사지역의 97년 기준 산업현황을 보면 총 종사자는 12,627명으로 합천읍이 4,439명(35.1%)으로 타 지역에 비해 많은 인원이 집중되어 있다. 그밖에 가야면, 삼가면, 야로면, 초계면 순으로 5개 지역이 전체 종사자수의 68.5%를 차지한다.

산업별 현황을 보면 농림업 및 광업에 종사하는 인원은 총 산업종사자 12,627명중 130명(1.03%)으로 타 산업에 비해 그 종사자는 적은 편이고, 지역별로는 초계면, 합천읍, 묘산면에 그 산업의 대부분이 집중되어 있다. 또, 건설 및 제조업 종사자수는 2,792명(22.1%)으로 합천읍, 야로면, 울곡면, 삼가면에 발달되어 있으며 숙박 및 음식점 종사자는 1,850명(14.7%)로 특히 군청이 위치하는 합천읍과 관광지가 많은 가야면에 많은 경향을 보인다.

그 외의 산업으로는 교육 및 서비스, 금융보험, 국방, 공공행정등으로 나머지 대부분의 종사자가 종사하고 있다.

<표. 2-3> 조사지구 토지이용 현황

(단위: m²)

읍면	계	전	답	임야	대지	기타
계	983,397,674	49,656,735	112,074,993	716,593,785	10,684,605	94,387,556
합천	53,040,487	2,680,182	5,968,637	38,721,965	935,818	4,733,885
봉산	80,595,214	3,089,283	6,166,800	56,318,232	583,078	14,437,821
묘산	50,014,526	2,338,526	5,565,057	38,610,335	553,320	2,947,288
가야	104,986,790	4,287,706	7,665,969	86,302,760	760,192	5,970,163
야로	47,903,994	2,228,727	5,670,585	34,985,525	570,906	4,448,251
울곡	72,303,013	3,741,551	8,635,309	50,291,048	698,113	8,936,992
초계	23,035,191	1,356,890	6,342,073	12,335,051	610,578	2,390,599
쌍책	39,606,934	3,002,893	4,161,501	27,737,983	461,360	4,243,197
덕곡	26,610,113	2,436,305	3,184,664	18,025,502	327,713	2,635,929
청덕	57,516,451	5,274,923	6,109,823	38,406,060	620,573	7,105,072
적중	23,912,565	979,847	7,522,217	11,603,673	488,414	3,318,414
대양	57,117,133	2,489,166	5,295,926	44,998,466	578,478	3,755,097
쌍백	63,272,640	3,454,380	7,140,428	48,639,683	636,719	3,401,430
삼가	60,574,508	3,524,638	8,294,725	43,177,865	846,266	4,731,014
가회	70,388,357	2,475,926	7,595,270	54,487,584	631,907	5,197,670
대병	63,229,113	2,750,676	8,028,048	45,666,209	752,676	6,031,504
용주	89,290,645	3,545,116	8,727,961	66,285,844	628,494	10,103,230

<표. 2-4> 조사지구 산업현황

(단위: 명)

읍·면	합 계	농업 및 광업	건설 및 제조업	숙박 및 음식업	기 타
계	12,627	130	2,792	1,850	7,855
합천읍	4,439	28	527	538	3,346
봉산면	249	-	11	92	146
묘산면	398	21	112	49	216
가야면	1,511	-	366	386	759
야로면	915	-	490	76	349
울곡면	713	-	435	36	242
초계면	826	40	133	140	513
쌍책면	202	-	27	30	145
덕곡면	165	-	13	20	132
청덕면	298	8	50	61	179
적중면	290	10	92	29	159
대양면	427	15	32	55	325
쌍백면	235	-	16	28	191
삼가면	958	-	261	128	569
가회면	236	-	60	32	144
대병면	342	8	36	106	192
용주면	423	-	131	44	248

2-3. 수문기상

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

우리나라의 연평균 강수량은 1,274mm로 세계 평균 973mm의 약 1.3배에 이르고 있어 비교적 풍부한 듯하나, 1인당 수자원 총량은 2,900m³로 국토면적과 인구수에 비교하면 세계 평균치의 11분의 1에 불과하다. 더욱이 우리나라의 강수형태는 연중 고르게 내리는 것이 아니라 연평균 강수량의 2/3가 6월~9월 사이에 집중되어 수자원의 대부분이 홍수로 유출되는 반면, 과우기인 10~3월은 연강수량의 1/5에 지나지 않는 등 강수량의 계절적 편중이 매우 심하여 한해와 수해를 입는 등 수자원 관리가 매우 어려운 실정이다.

지역적으로는 제주도와 남동해안 지방의 1,800mm를 최다로 하여 섬진강 하류의 1,500mm, 낙동강 하류의 1,400mm, 금강상류의 1,300mm 순으로 연간 강수량이 많은 지역을 형성하고, 적은 지역으로는 경북 북부 영양과 의성지방이며, 연간 900mm 이내이다. 전국적으로 볼 때, 년 1,274mm의 강수량을 보인다.

우리나라의 연간 수자원량은 1,276억m³/년에 이르고 있으며, 이중 45%에 해당하는 570억m³이 증발하거나 지하에 침투되어 손실되고 55%인 697m³이 하천 또는 기저유출을 통하여 유출된다. 유출량의 67%인 467억m³이 홍수시 하천을 통하여 유출되고, 33%인 230억m³이 평상시 유출된다. 또, 평상시 유출량의 75%인 172억m³과 홍수시 댐 등으로 공급받는 103억m³을 합하여 지표수로 275억m³이 이용된다.

조사지역의 기상현황을 파악하기 위하여 합천기상대의 기상자료를 수집·분석하였다.

2-3-1. 기온

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

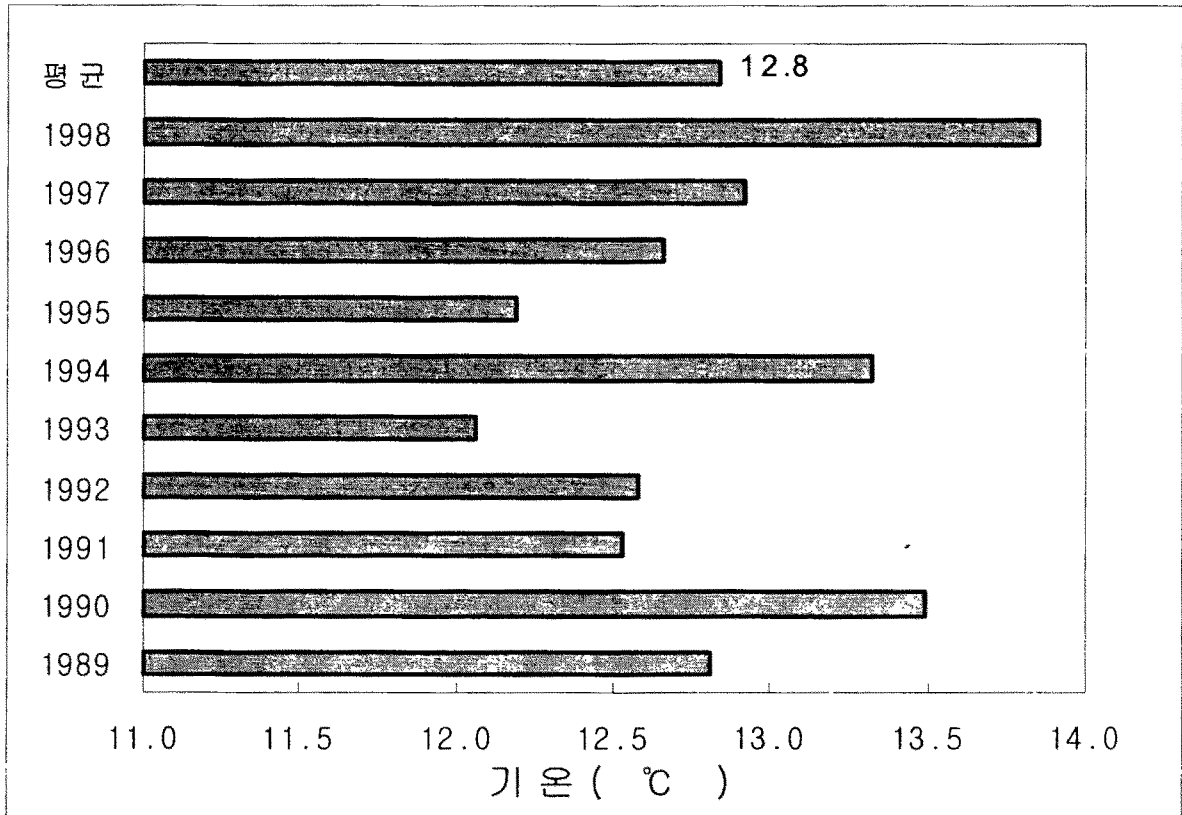
조사지역의 최근 10년 평균기온은 12.8℃를 나타내며, 전체적으로 1월에만 영하의 기온을 기록하고 월평균 기온이 영상의 기온분포를 나타내고 있다.

<표. 2-5> 월별 평균기온 분포(1989~1998)

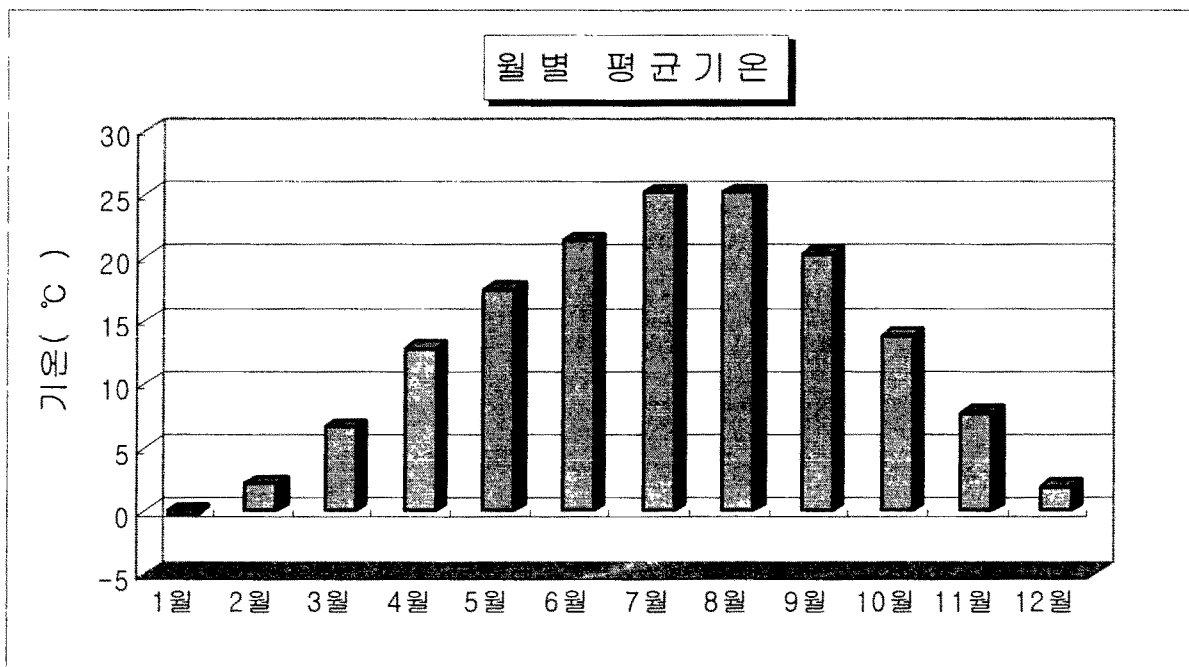
(단위:℃)

월 년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
1989	1.2	2.8	6.4	13.5	18.2	20.5	24.1	24.3	20.2	12.8	7.6	2.1	12.8
1990	-1.5	4.2	7.3	11.9	17.2	22.1	26.5	27.0	21.4	14.3	9.8	1.7	13.5
1991	-0.3	0.1	6.1	12.3	17.1	22.9	24.8	23.9	20.6	13.2	6.3	3.4	12.5
1992	0.9	1.8	7.3	12.8	16.4	20.7	25.4	24.3	20.0	12.8	6.1	2.4	12.6
1993	-0.6	2.2	5.9	12.4	16.9	21.6	22.5	21.9	19.6	12.6	8.6	1.1	12.1
1994	-0.6	1.4	4.9	13.8	17.9	21.6	29.0	27.2	20.6	13.9	8.5	1.7	13.3
1995	-1.1	1.3	6.4	12.1	16.4	20.9	25.6	27.0	19.0	13.8	5.4	-0.5	12.2
1996	-0.9	0.2	5.4	11.0	17.6	21.6	24.8	26.1	20.4	14.8	8.4	2.5	12.7
1997	0.5	3.3	8.2	12.8	17.4	21.8	24.1	24.2	19.2	13.0	8.4	2.1	12.9
1998	0.3	3.8	8.0	15.6	19.3	19.8	24.7	25.2	21.9	16.8	8.2	2.6	13.9
평균	-0.2	2.1	6.6	12.8	17.4	21.4	25.2	25.1	20.3	13.8	7.7	1.9	12.8

최근 10년간의 연간 기온분포는 <그림.2-1>에서 보는 바와 같이 12.1~13.9℃의 범위로 비교적 고른 연평균 기온분포를 보이는 반면, 월별 기온분포는 <그림.2-2>와 같이 다양한 변화 즉, 최저치는 1월에 -0.21℃, 최고치는 7월에 25.2℃를 나타내고, 1월에서 2월 사이의 기온 분포는 평균기온 -0.21~2.11℃의 범위이며, 6월에서 7월 사이는 평균기온 21.4~25.2℃까지 상승하였다가 8월에서부터 익년 1월까지는 기온이 하강하는 특징을 보인다.



<그림. 2-1> 연도별 평균기온 분포 (1989~1998)



<그림. 2-2> 월별 평균기온 분포 (1989~1998)

2-3-2. 강수량

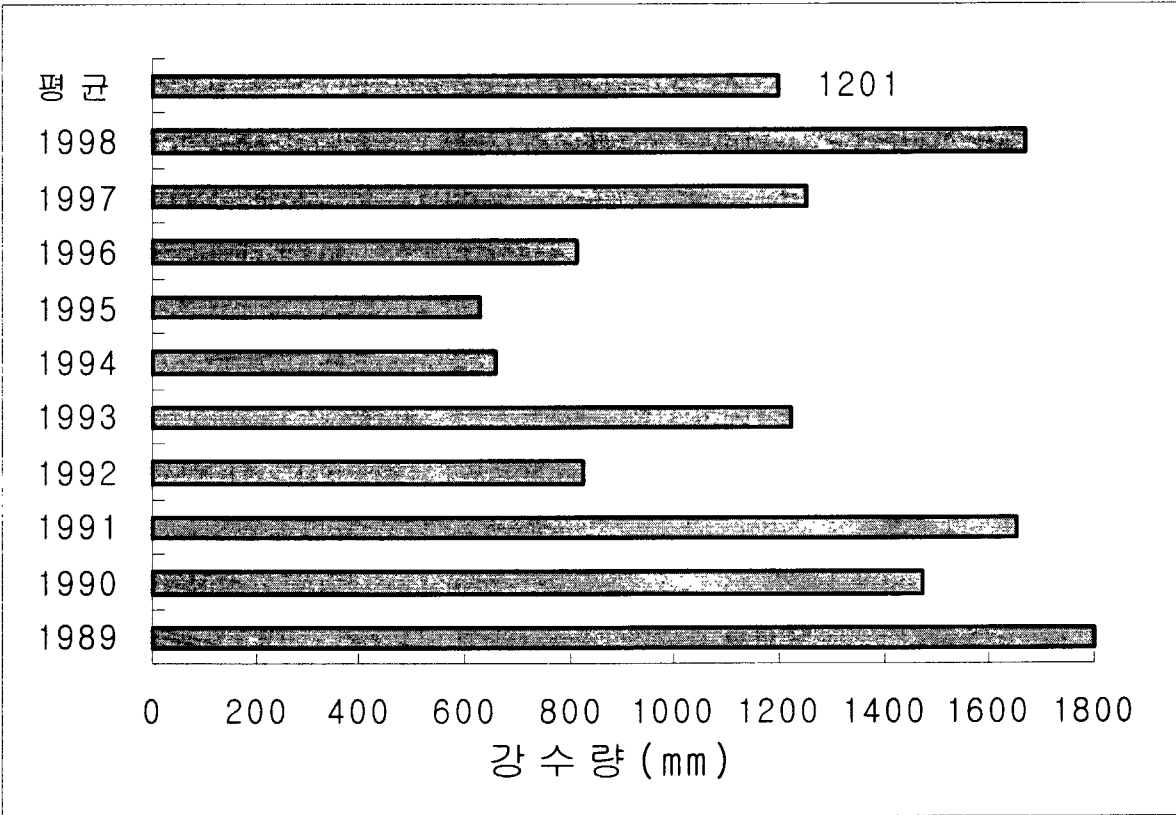
조사지구의 1989~1998년까지의 연간 강수량의 평균은 1,201.8mm/year로 한국 평균 강수량 1,274.0mm/year 보다 다소 낮은 지역이다. 강수량이 가장 적은 시기는 12월로 월간 0.0~59.1mm 범위로 월평균강수량 18.8mm/월이며, 강수량이 가장 많은 시기는 8월로 월간 65.5~503.0mm 범위로 월평균강수량 261.6mm/월이다. 최근 10년간의 연간 강수량 분포는 <그림.2-3>에서 보는 바와 같이 628.7~1804.6mm/년으로 연간 변화가 심하게 나타나며, 4~5년 간격으로 강수량이 800mm/년에 못미쳐 한해발생의 원인이 되고 있다.

<표. 2-6> 월별 강수량 분포(1989~1998)

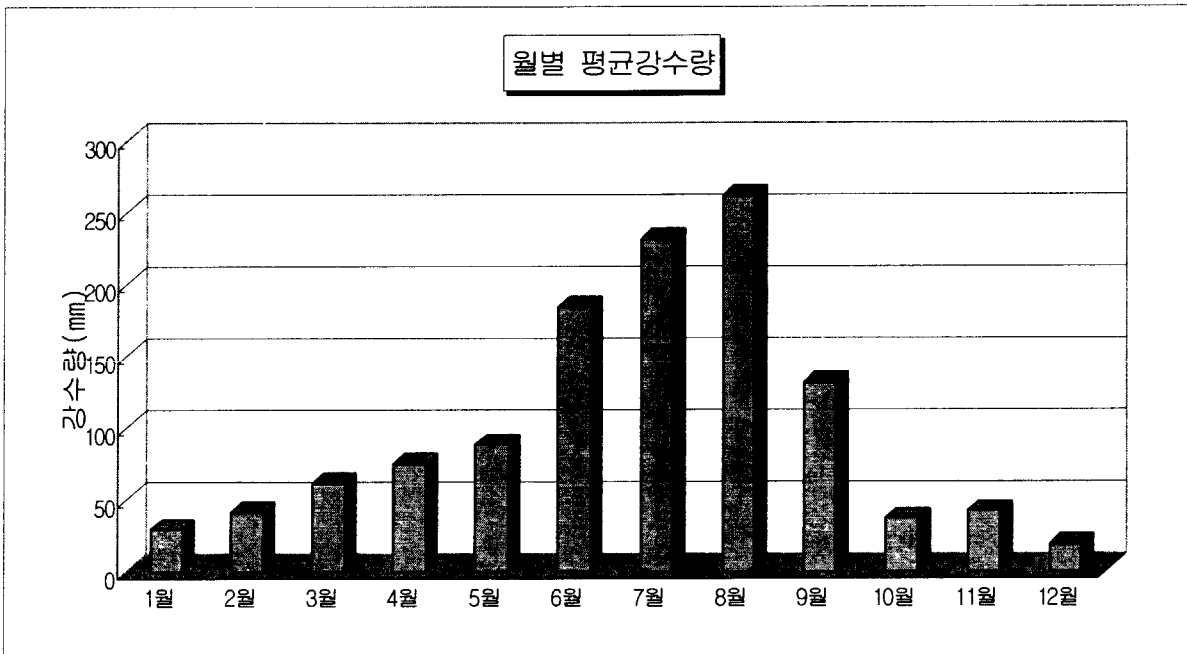
(단위:mm)

년도/월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
합계	296.7	416.2	615.7	748.4	883.7	1,835.1	2,315.0	2,616.5	1,315	369.4	418.4	187.6	12,017.7
1989	121.0	119.0	108.0	51.4	36.0	215.0	521.0	354.0	192.0	22.0	49.2	16.0	1,804.6
1990	16.2	98.4	61.5	163.0	135.0	369.0	212.0	105.0	247.0	13.5	54.0	3.0	1,477.6
1991	17.7	41.2	86.5	51.9	50.1	154.0	478.0	481.0	244.0	0.2	7.3	42.0	1,653.9
1992	13.8	14.5	59.6	94.8	48.1	15.6	177.0	144.0	184.0	34.0	13.0	27.2	825.6
1993	23.9	55.0	47.0	26.6	130.0	216.0	173.0	416.0	33.5	41.5	48.0	17.0	1,227.5
1994	19.4	18.2	28.6	47.6	118.0	88.0	29.5	125.0	12.5	138.0	27.6	7.5	659.9
1995	17.1	15.5	47.0	59.1	69.0	56.5	145.0	162.0	25.5	31.5	0.5	0.0	628.7
1996	22.0	1.7	114.0	47.0	51.5	281.0	83.5	65.5	58.5	23.5	53.3	15.3	816.8
1997	4.4	7.0	29.5	53.0	105.0	204.0	350.0	261.0	18.0	3.0	16.0	59.1	1,254.0
1998	41.2	45.7	34.0	154.0	141.0	236.0	146.0	503.0	300.0	62.2	5.5	0.5	1,669.1
평균	29.7	41.6	61.6	74.8	88.4	183.5	231.5	261.6	131.5	36.9	41.8	18.8	1,201.8

월별 강수량 분포를 볼 때, 월평균 강수량은 100.1mm이고, 6월에서9월까지만 월평균 강수량보다 많은 강수를 보여주고 있다. 연중강수량의 월별 점유율은 우기인 7월, 8월에 연간 전체 강수량의 41.0%가 집중되어 나타나고, 6월에서 9월 사이 4개월에 내리는 강수량은 연강수량의 67.2%에 달하며, 이중 약 90%이상이 증발 혹은 지표유출로 바다로 유실되고 있다.



<그림. 2-3> 연도별 강수량 분포 (1989~1998)



<그림. 2-4> 월별 평균강수량 분포 (1989~1998)

2-3-3. 증발산량

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

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

우리나라의 년평균 증발량 분포를 보면 태양에너지의 입사량이 많은 위도가 낮은 남쪽으로 갈수록 증가되고 해안지방이 내륙지방보다 많은 경향을 보이는 것으로 보다 수면증발량은 기온과 온도에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다.

증발산량의 측정방법에는 직접측정에 의한 방법, 이론적 방법, 기후인자와의 상관관계에 의한 방법 등이 있다.

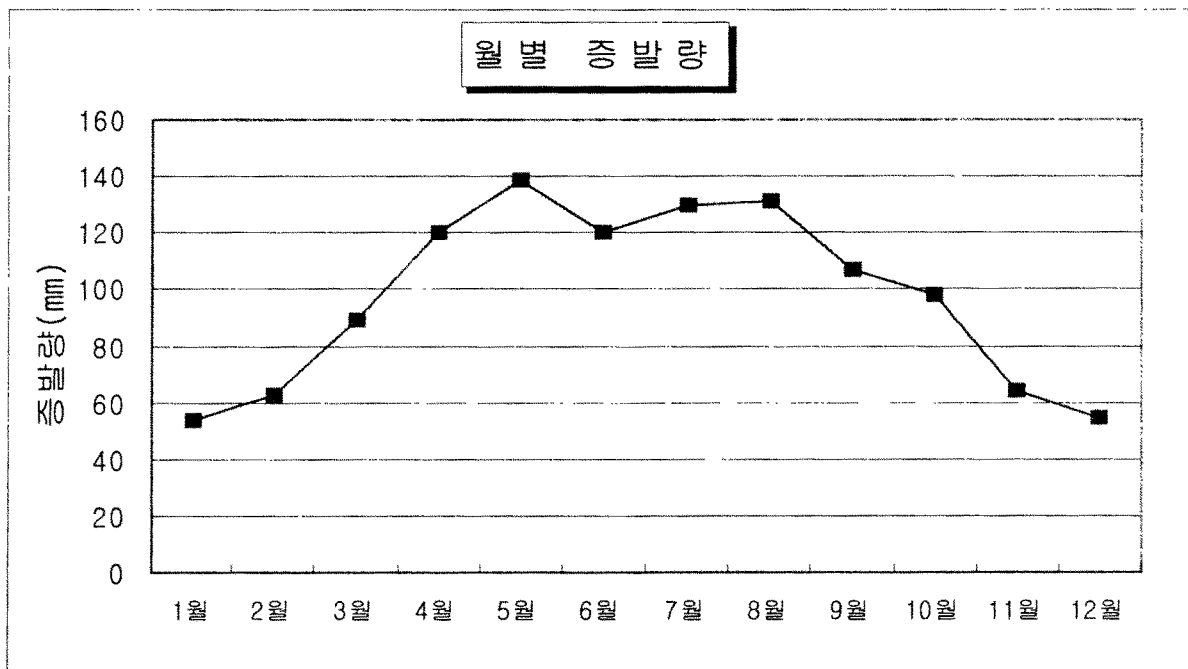
본 조사에서는 인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로부터의 직접적인 증발산량 측정으로 얻어진 합천에서 근접한 진주기상대에서 측정한 최근 10년간의 계기증발량 자료를 참고로 하였다

계기증발량 자료에서 연간 증발량은 1,082.3mm/년에서 1,405.9mm/년 사이로 평균 1,169.9mm/년이며, 가뭄이 극심했고 강수량이 적었던 해일수록 평균치 이상의 높은 증발량을 보여주고 있다. 월별 증발량은 1월의 40.3~62.6mm/월 사이로 평균 53.8mm/월로 최소치를 보이며, 8월의 평균 계기증발량이 131.5mm/월로서 최대치를 나타내고 있다. 또한, 4월부터 9월까지의 하절기 6개월 사이에 평균 100mm/월 이상으로 연증발량의 63.9%를 차지하고 있다.

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

<표. 2-7> 월별 증발량 분포(1989~1998)

년도/월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
합계	537.6	625.2	894.9	1,202.8	1,388.8	1,202.7	1,300.5	1,315.2	1,065.7	977.6	640.1	547.4	11,160.9
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	106.0	138.9	161.1	98.0	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	84.0	103.8	109.5	57.3	61.8	1,110.0
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	109.0	154.5	146.7	100.0	92.0	55.1	48.8	1,205.8
1997	53.8	67.0	92.6	114.8	143.6	142.1	106.2	115.0	131.0	108.3	60.9	47.3	1,182.6
1998	55.4	57.0	102.7	99.9	135.4	86.2	118.2	109.5	113.1	87.1	63.4	54.4	1,082.3
평균	53.8	62.5	89.5	120.3	138.9	120.3	130.1	131.5	106.6	97.8	64.0	54.7	1,169.9



<그림. 2-5> 월별 증발량 분포(1989~1998)

조사지역에 적용한 이론적 방법에 의한 증발산량 추정은 Penman(1984), Thornthwaite (1954), Turc(1975) 등의 공식중 Turc 공식을 이용하여 증발산량을 산출하였다. 증발산량 산정의 이론적 방법으로서는 공기동력학적 방법과 에너지 보존법칙의 방법이 사용되었으나 증발산(ETR)의 경우에는 식물 표면으로부터의 발산이 고려되어야 하므로 자유수면에서와 같은 공기동력학적 방법만으로는 사용될 수 없다. 즉, 증발산량 산정은 자유수면 및 식물의 표면으로부터의 증발량이 계산되어야 한다. Turc 공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어 있는 수분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로, 본 조사지역내 평균 기온과 강수량은 합천기상대에서 측정된 자료를 이용하였다.

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

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}} \quad \text{여기서, } P \text{ (연평균 강수량)} = 1,200.6\text{mm}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 = 729.8\text{mm}$$

$$T \text{ (연평균 기온)} = 12.9^\circ\text{C}$$

따라서, 증발산량 (ETR) = 632.2mm/년 이다.

Turc 공식을 사용한 이론적인 연평균 증발산량은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량 1,200.6mm/년에 비해 약 54.0% 수준에 불과하다.

<표. 2-8> 조사지역 증발량 비교

년도	계기증발량 (mm)	Turc공식에 의한 증발산량			
		증발산량 (ETR)	연강수량 (P/mm)	연평균기온 (T/ °C)	L (300+25T+0.05T ³)
1989	1,090.3	681.3	1,802.1	12.9	729.8
1990	1,116.2	683.3	1,476.1	13.5	760.5
1991	1,092.4	661.5	1,653.4	12.6	715.0
1992	1,189.3	552.2	824.7	12.6	715.0
1993	1,110.0	609.5	1,226.5	12.1	691.1
1994	1,405.9	511.0	658.4	13.4	755.3
1995	1,223.7	481.2	628.2	12.3	700.5
1996	1,205.8	552.0	815.8	12.7	719.9
1997	1,182.6	642.1	1,252.5	13.0	734.9
1998	1,082.3	712.3	1,668.0	13.9	779.1
평균	1,169.9	608.6			

3. 수문지질조사

3-1. 지형 및 지질

3-1-1. 지형

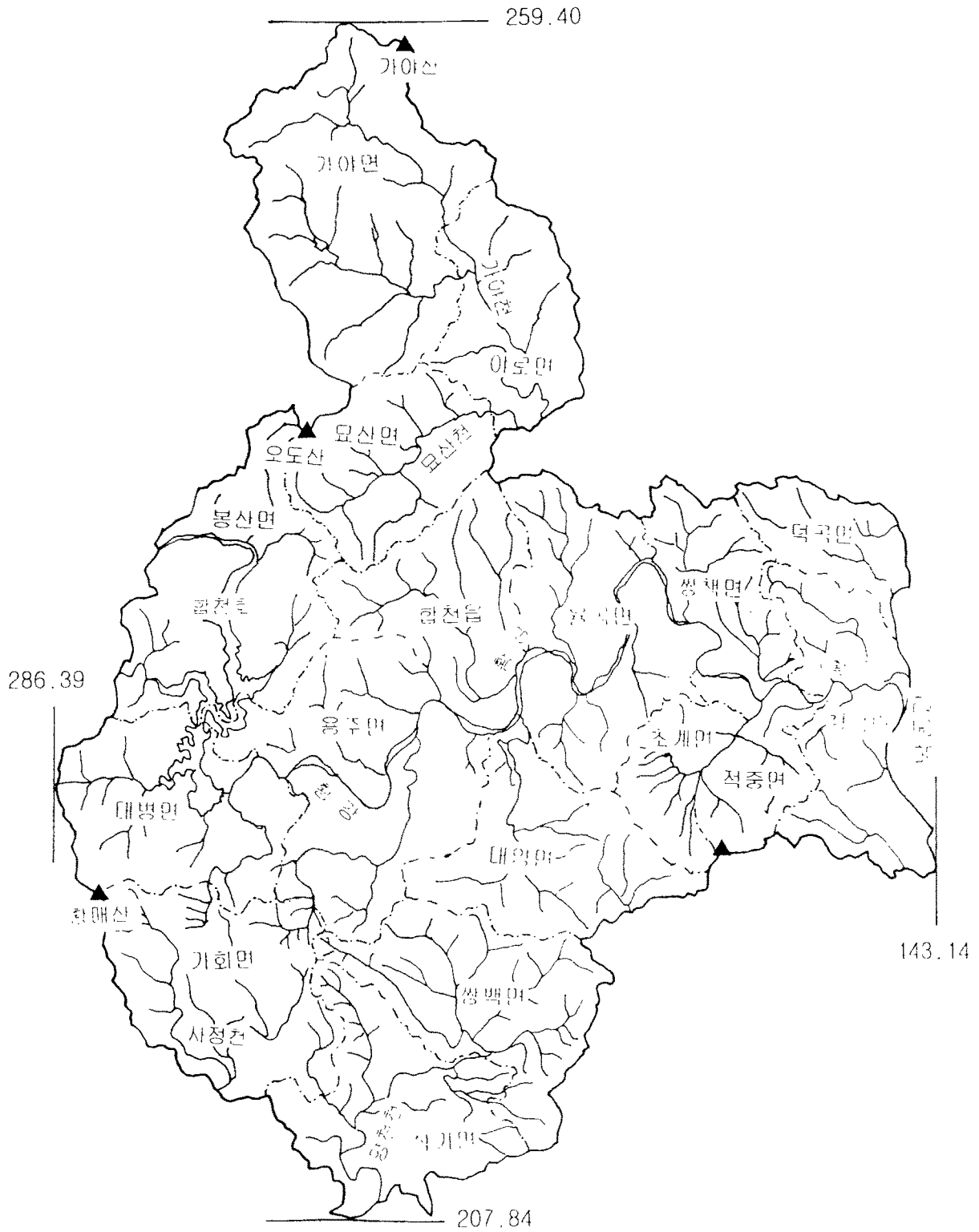
조사지역 지형의 전반적인 형성은 암석분포와 밀접히 연관되어 나타난다. 일반적으로 기계적 풍화에 약한 경상계 퇴적암류의 분포에 비해 화산암류의 분포지가 협준한 편이며, 국부적인 심성암류의 관입에 따른 지구 동편일대가 가장 높은 지형을 보여준다

조사지역은 북서쪽으로 1000m가 넘는 협준한 산계에 의해 산청군, 거창군과 경계를 이루며 남으로는 삼가면의 낮은 평야부가 진주시와 경계를, 동으로는 낙동강을 경계로 창녕군, 고령군과 접한다.

가야산($\Delta 1,430\text{m}$)을 지형중 최고점으로 시작하여 반시계 방향으로 두리봉($\Delta 1,133.4\text{m}$), 이상봉($\Delta 1,046\text{m}$), 비계산($\Delta 1,125.7\text{m}$), 두무산($\Delta 1,038.4\text{m}$), 오도산($\Delta 1,133.7\text{m}$)으로 이어지는 산능선들에 의해 거창군과 산계로서 행정경계를 이루며, 남쪽으로 갈수록 황매산($\Delta 1,103.5\text{m}$)를 제외하고는 1,000m 아래의 비교적 낮은 산계로 이어져 남쪽 삼가면에서는 구룡과 평야부로 경계가 형성된다. 동쪽으로는 합천호에서 이어지는 황강이 사행하여 낙동강으로 유입되어 창녕군, 고령군등과 경계를 이룬다. 지형경계이외에 조사지구 내에도 600~700m의 산계가 형성돼 있어 황강 주변과 초계면, 적중면 일부를 제외하고는 평야부가 적은 편이다. 위성영상 관찰시 대병면과 초계면 일대에 지하 화성암의 관입에 의한 것으로 추측되는 환상구조를 보이기도 한다.

본 지역의 수계는 조사지역 동측에서 남쪽으로 사행하는 낙동강이 본류로서 강폭이 평균 1km, 유하폭은 평균 50~70m 이고 하상의 표고가 해발고도 50m 정도이며, 유속은 느린편이다. 하상 상태는 중립~세립사로 구성되어 있다.

낙동강으로 유입되는 수계로는 거창을 지나 합천호를 거쳐 합천군을 서에서 동으로 크게 사행하여 흐르는 황강이 청덕면 적포리에서 낙동강으로 유입되며, 황강은 합천군의 서측 경계에서 동측 경계까지 크게 연결돼 있기 때문에 황강으로

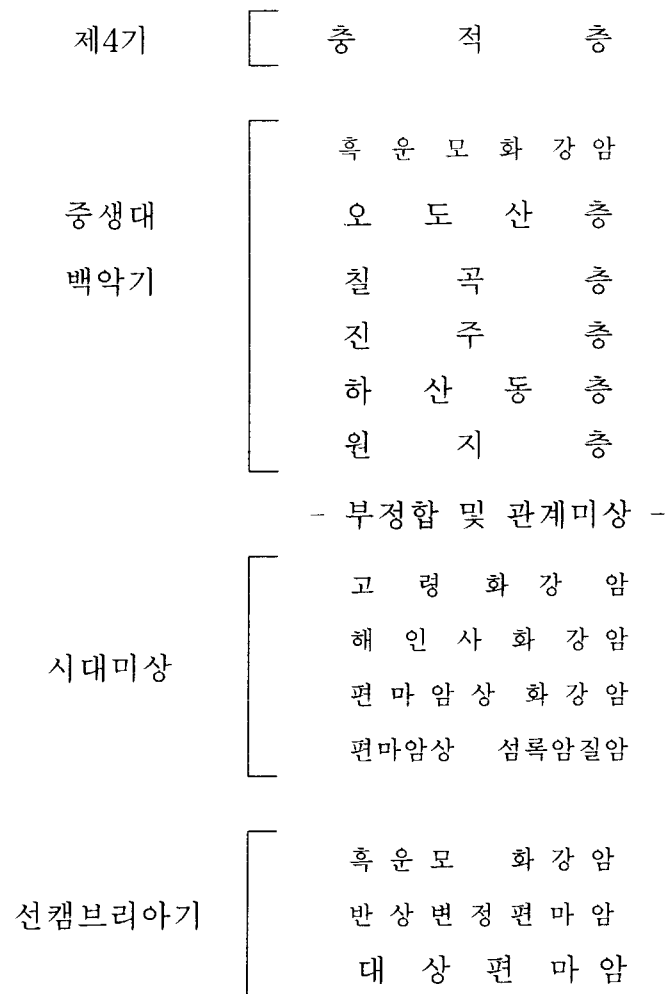


<그림. 3-1> 수계도

유입되는 수계는 여러개로서 합천읍에서는 합천강이, 대양면에서는 본천등 여러 소하천이 유입된다. 가야면에서 발원하는 가야천이 야로면을 거쳐 묘산면에서 발원한 묘산천과 야로면 정대리에서 만나 안림천을 이루며 서에서 동으로 흘러 고령군에서 낙동강으로 유입된다.

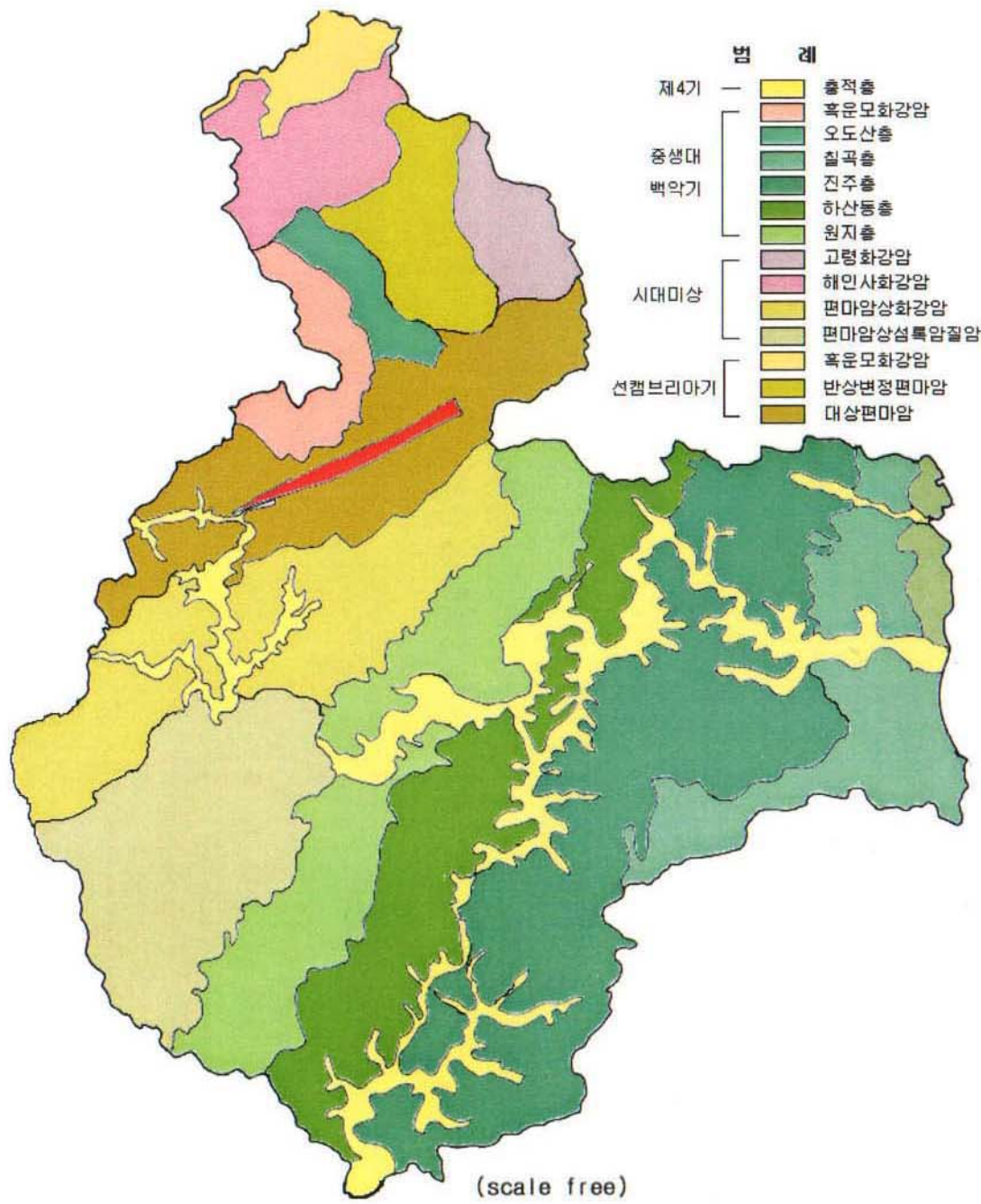
그밖에 가회면의 대부분을 수지상 수계로 흐르는 사정천과 삼가, 쌍백면을 남유하하는 하천이 산청 장죽리에서 만나 양천강을 이루고 대병면, 봉산면 일부를 점유하는 합천호가 하류지역에 각종 용수를 공급하고 홍수조절등의 용도로 건설 되어 있다.

3-1-2. 지 질

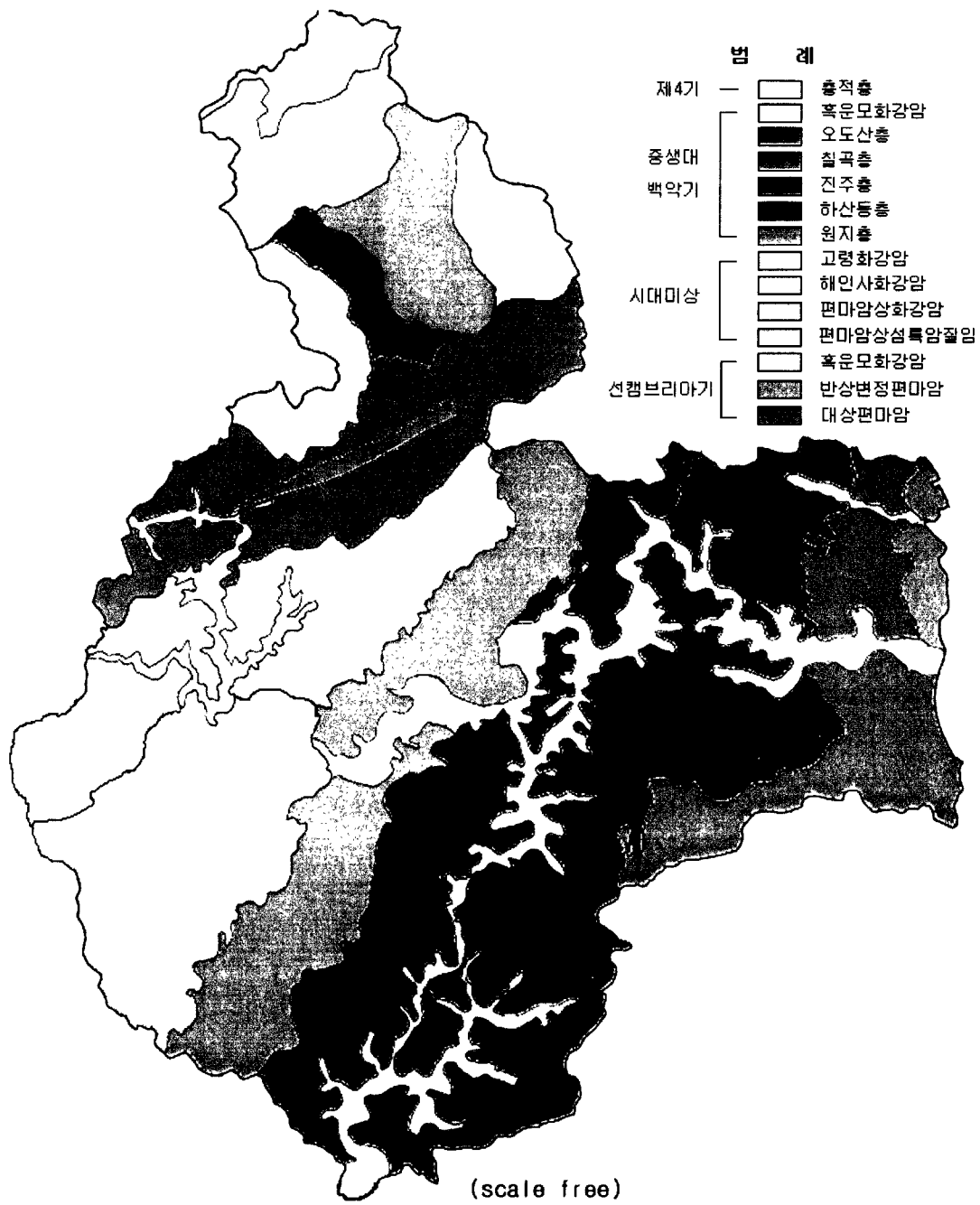


<그림. 3-2> 지 질 계 통 도

여 백

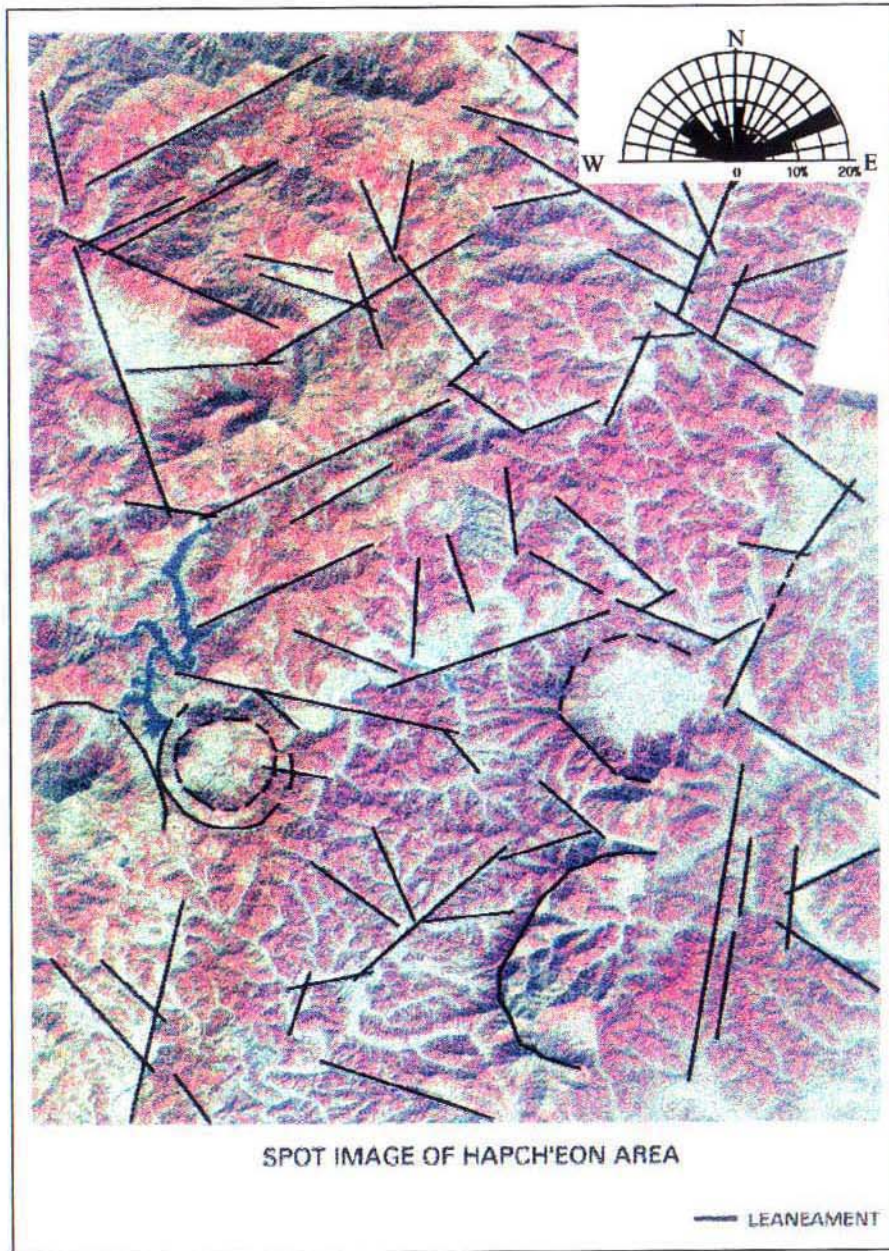


<그림. 3-3> 지질도

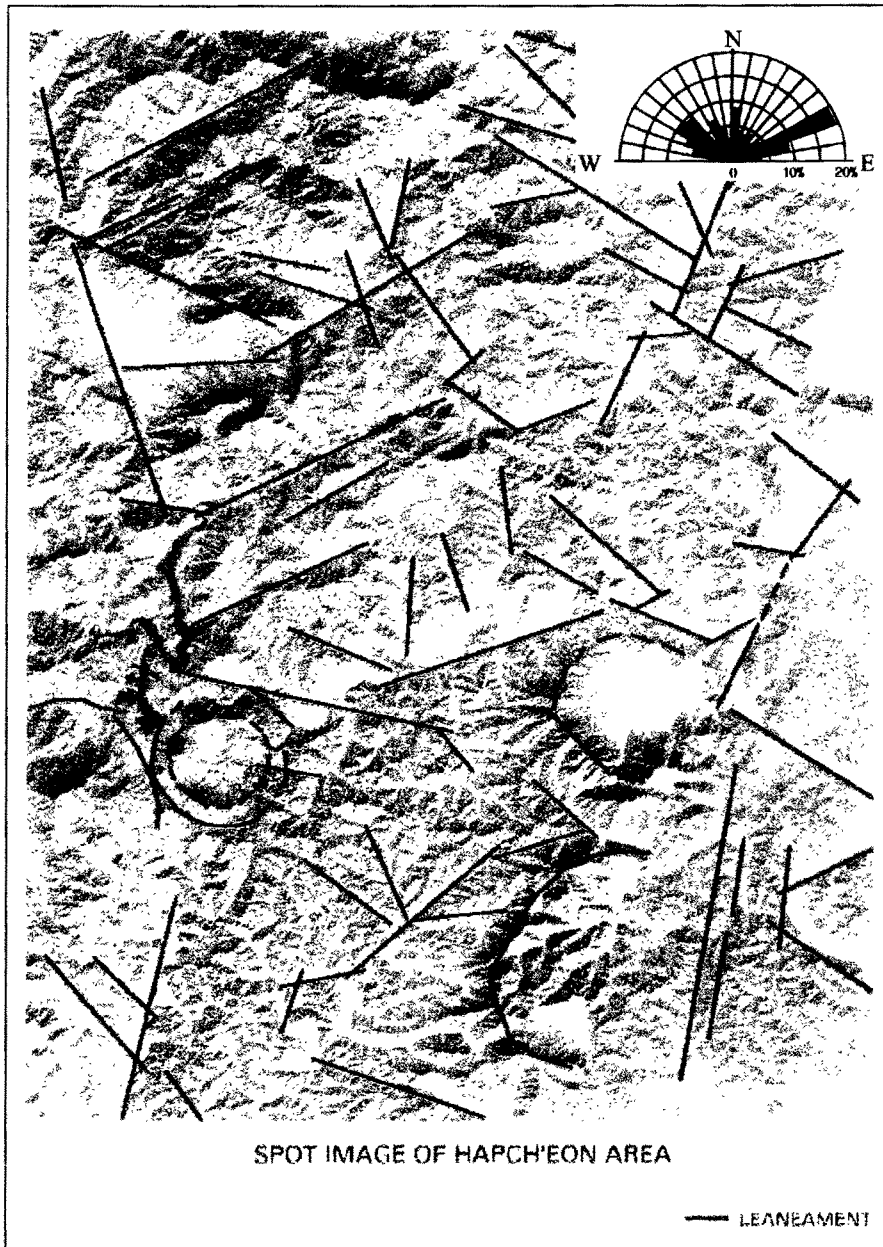


<그림. 3-3> 지질도

여 백

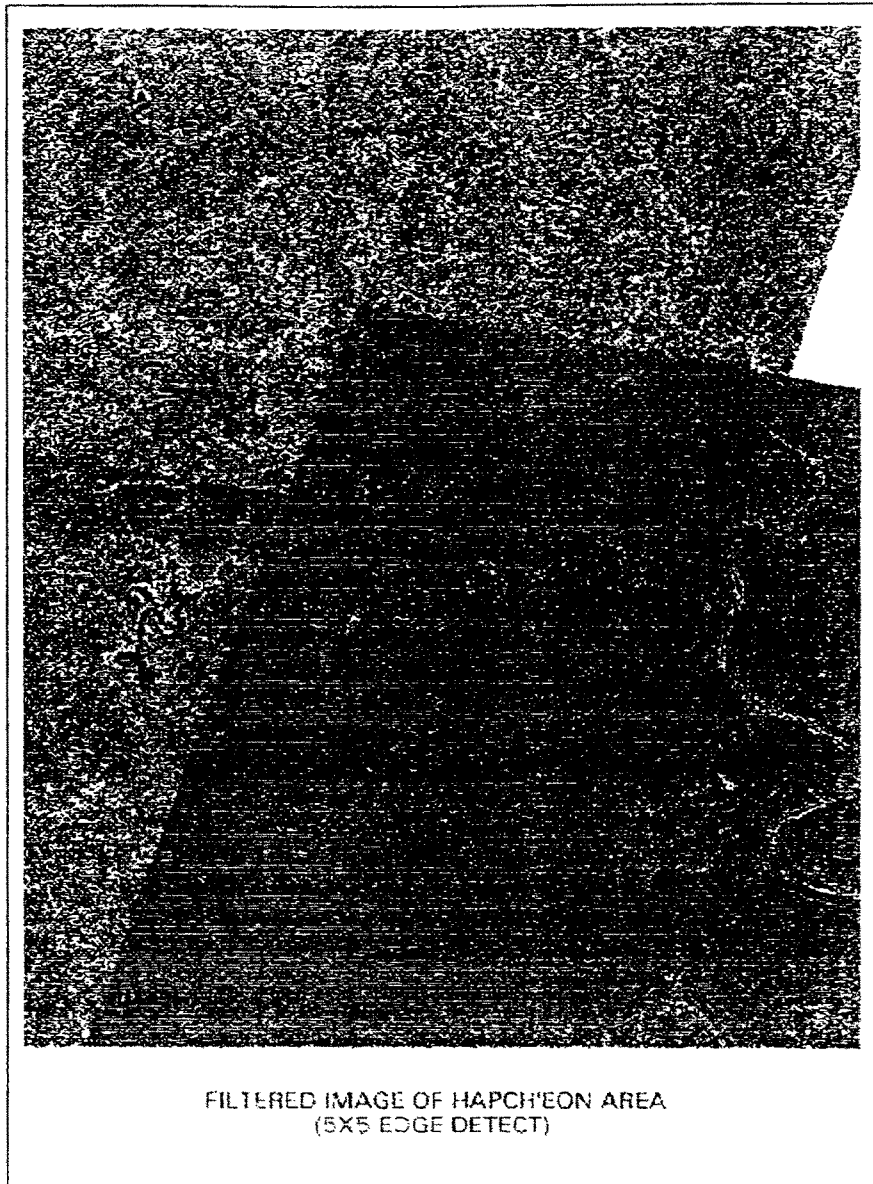


<그림. 3-4> 조사지구 위성영상도



<그림. 3-4> 조사지구 위성영상도

여 백



<그림. 3-5>. 위성영상 필터 이미지

본 조사지역의 지표지질은 고기편마암류 및 이를 관입한 편상화성암류 그리고 이 양자를 부정합적으로 덮는 상부 중생대층들 및 이를 관입한 불국사화성암류로 대별된다. 조사지역에 분포하는 암류를 도표로 나타내면 <그림. 3-2>와 같다.

본 조사지역에 나타나는 시대미상의 암석류들은 주로 조사지역의 서부와 북부에 나타나는데 정확한 시대는 알 수 없으나 조사지역의 2/3를 차지하는 경상계 퇴적암류 보다는 고기의 암석들로 이들의 상호관계는 반상변정미그마타이트질편마암을 기저암으로 하여 우백화강암, 편마암상섬록암, 섬장암, 편마암상화강암이 각각 이를 관입하였다.

경상계 퇴적암류는 낙동 아층군의 전암층과, 신라역암등이 분포되는데 시대미상의 편마암과 섬장암을 경상계 퇴적층들이 부정합으로 덮고 있다. 낙동아층군은 암상의 측면변화가 심하고 석회암의 박층이 협재되고 석회질세일이 많이 협재되어 있다.

가. 반상결정편마암

본암은 조사지역의 북서부에 분포하며 화강암, 편마암상섬록암질암에 의해 관입당하여 있으며, 경상계낙동아층군에 의해 피복되어 있다. 본암은 일반적으로 우백관입물질들의 주입이 심하며, 주구성광물로는 석영, 장석 및 세립의 흑운모가 대부분이며, 편마암의 엽리방향은 N20~90° E, 30~35° SE가 지배적이다.

나. 화강암류

해인사화강암은 가야면 해인사 일대에 주로 분포하며, 흑운모화강암을 관입하고 우백화강암과 접하나 상호관계는 미상이다. 본암은 지역에 따라 구조에 있어서 상당한 차이를 보이나 전반적으로 편마암상 구조를 보인다. 우백화강암은 가야면 및 야로면 일대에 분포하며 풍화 침식에 극히 약하여 비교적 평탄하고 낮은 지형을 형성한다. 본암은 전역에 걸쳐 흑운모, 석영의 배열로 인해 대략 N30~40° E에 50° NW 경사를 갖는다. 석영보다는 장석을 많이 포함해서 여러곳에 백토를 보인다.

다. 편마암상 섬록암질암

본암은 지구 서부일대에 광범위하게 산재되어 있으며, 주로 장석, 각섬석, 흑운모, 석영등의 광물로 구성되며, 각섬석의 양이 많아 일반적으로 어두운 색을 띤다. 입자의 크기는 중립내지 조립이다.

라. 섬 장 암

본암은 대병면, 가회면 일대에 소규모로 분포되는데 본암의 동남부에서 낙동아층군에 의해 부정합적으로 피복되어 있다. 본암은 조립질 내지 거정질로서 주구성 광물은 미사장석 퍼사이트이며, 소량의 정장석, 각섬석 및 부분적으로 석영을 가진다.

마. 원 지 층

본 층은 경상계 낙동아층군의 최하부층으로서 본 지구에서는 남남서-북북동으로의 대상분포를 하며, 반상변정미그마타이트질편마암과 섬장암을 부정합적으로 피복하며 부정합면은 대부분 흑색셰일로 구성되어 부분적으로 역암으로 되어 있다. 본층은 낙동아층군중 가장 조립질상으로 역암, 역질사암, 조립~중립질 사암, 셰일 및 사질셰일로 구성되어 있다. 전반적인 주향과 경사는 N20~30° E, 10~15° SE로 대표되며, 층후는 약 800m 정도이다.

바. 하산동층

본층은 남남서-북북동으로 대상분포를 하며, 원지층을 정합적으로 피복하고 있으며 진주층에 의하여 정합적으로 피복되어 있다. 담회색사암, 저색 또는 회색의 셰일이나 사질셰일들은 풍화면에서 오히려 구조에 유사하게 박리되는 현상을 보이며, 암질은 대체적으로 석회질이 우세하며 10cm내외의 결핵체를 가지는 곳도 많다. 하위층인 원지층과의 경계 부근에는 담회색 알코식사암이 우세하게 분포되어 있고, 상부로 감에 따라 점차 사질셰일, 셰일이 많아져 중부는 비교적 이들이 우세하고, 다시 상부에서는 담회색 알코식 사암이 우세해 진다.

본층의 대체적인 주향과 경사는 N20~40° E, 10~15° SE이며, 층후는 약 750cm 정도이다.

사. 진 주 층

본층은 조사지구의 동부와 남부에 걸쳐 북북동-남남서의 대상분포를 하고 있다. 본층은 하산동층을 정합적으로 피복하여 칠곡층에 의하여 정합적으로 피복당해 있다. 일반적으로 세립 내지 중립질 암회색사암, 흑색 내지 암회색셰일, 사질셰일, 역질사암등으로 구성되며, 각각의 층후들은 2m 내외이다. 본층의 대체적인 주향과 경사는 N10~20° E, 60~15° SE이며, 그 층후는 약 1,450m에 달한다.

아. 칠곡층

본 층은 지구 동부 청덕면, 덕곡면 일대에 주로 분포되는데 다른 경사계층과 마찬가지로 북북동-남남서의 대상분포를 보인다. 주 구성암석은 저색의 사질세일, 세일과 녹회색의 사암 및 담회색 역질 사암을 포함한다. 본층의 저색암은 하산동층의 저색암에 비해서 약간 밝은 색을 띠는 경향이 있으며, 하부에 비해 상부에 더 많이 나타난다. 본층이 주향과 경사는 N10~20E, 10~15° SE이며, 층후는 약 400m이다.

자. 불국사 화강암류

본층들은 조사지역내에서 경상계 퇴적암류를 관입한 암들로서 주위의 세립질 사암을 심하게 규질화 시켰다. 주구성광물은 석영, 장석, 흑운모 등이고, 중립 내지 조립질이다. 맥암류들은 주로 안산반암과 섬록암질 암맥인 염기성 암맥과 산성암맥인 규장암맥과 석영맥으로 되어 있다.

본 조사지구의 편마암류의 엽리는 N20~30° E 방향이 대표적이며, 소습곡 구조를 노두에서 관찰할 수 있다. 조사지구의 2/3 이상을 차지하고 있는 퇴적암들은 간단한 단사구조를 이루고 있으며, 이들의 주향과 경사는 N20~30° E, 10~15° SE로 대표되나 광범위하고 완만한 습곡 구조도 보인다. 위성영상에 의한 구조선 (Structural Lineament trace)에 의하면 하산동층, 진주층에 선구조의 발달이 다른 층보다 우세하여 초계면과 함천담 주위 대병면 일대 등에 방사상 선구조가 발달되어 있는데 이들은 화강암의 관입에 의한 것으로 보인다. 이 선구조들은 동북동-서남서의 방향이 가장 빈도가 높고, 일반적으로 N60~65° E의 방향이 우세하다. 본 조사지역을 화성암류와 경상계퇴적암류 그리고 불국사 화성암류로 나눌 수 있는데 이들의 지질계통을 표시하면 <그림. 3-2>와 같다.

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 층적층층후의 발달상태를 객관적으로 탐사하는데 주로 사용된다. 일반적으로 지하수조사는 그 효율성을 높이기 위해서 지표지질조사와 자료수집 및 분석, 1차 탐사, 2차 탐사의 3단계로 수행되어 진다.

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

본 조사지구 일원에서 실시한 2차 탐사는 수문지질도의 작성을 위하여 전기비저항 쌍극자탐사를 수행하였다. 이는 평야부에 대한 전반적인 심부 구조대의 존재확인을 위하여 전기축선을 연장설정하여 0.5 ~ 1km 에 걸쳐서 전극간격을 30m로 하여 가탐심도를 최대 100m까지 가능하도록 하였다. 조사량은 20축선으로 약 12km 에 달한다.

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

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

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

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

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

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

선구조(Lineament)란 지표면에 나타난 지형적 광역규모의 선형구조로서 암종의 차이, 암상변화 및 지질구조적인 현상을 반영한다고 할 수 있다. 지질구조선과 관련된 선구조선은 약선대이기 때문에 암반지하수 통로 역할을 할 수 있는 가능성이 많아 지하수부존과 매우 밀접한 관련이 있으며, 실제로 선구조가 발달된 지역에서 착정할 경우 지하수 산출율이 높다. <그림. 3-4>는 조사지역의 위성영상자료

로서 그 영상을 해석한 후 추출한 선구조를 나타내었으며, <그림. 3-5>은 수평, 수직방향으로 필터링된 영상이다.

조사지역 지질 선구조의 광역적인 방향성을 인지하기 위하여 장미도(Rose Diagram)를 사용·분석하였으며, 조사지역의 선구조는 N60~70° E 방향으로 매우 우세하게 발달되어 있으며, N520~60° W 방향도 우세성을 보인다.

N60~70° E 방향의 선구조는 조사지역에서 발생빈도가 가장 높고, 가장 좋은 연장성을 보이는데 이는 조사지구 제암석들의 지질구조의 주발달 방향을 나타내는 것으로 해석되며, N50~60° W 방향은 조사지구의 지질구조 발달의 주방향에 부수된 공액방향의 구조대나 조사지역에 분포하는 제암석들의 층서적인 방향성으로 해석된다. 또, 합천댐이 위치한 대병면 일대와 초계면 일대는 선구조가 휘어져 환성구조를 보이는데 이는 지하 화성물질의 관입에 의한 원형구조를 보인다.

3-2-2. 전기비저항 탐사

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

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

전기비저항법은 전류의 크기, 각 전극에서의 전위의 크기 및 각 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로써 정량적인 해석이 가능하고, 또 그

이론도 비교적 잘 발달되어 있어서 이론적 계산치와 현장 측정치를 비교 해석할 수 있다는 점에서는 매우 과학적이라 할 수 있겠다. 그러나 전류전극이 대지와 전기적으로 잘 접촉되어야 하므로 동토, 사막등 표토층이 전기적 절연지역이거나 반대로 표토층이 너무 전기적 양도체인 경우, 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, 슐럼버져(Schlumberger)배열법, 리(Lee)배열법, 3극점(Three Point)배열법, 쌍극자(Dipole)배열법 등이 있다.

가. 쌍극자배열 전기비저항 탐사(Dipole-Dipole Method)

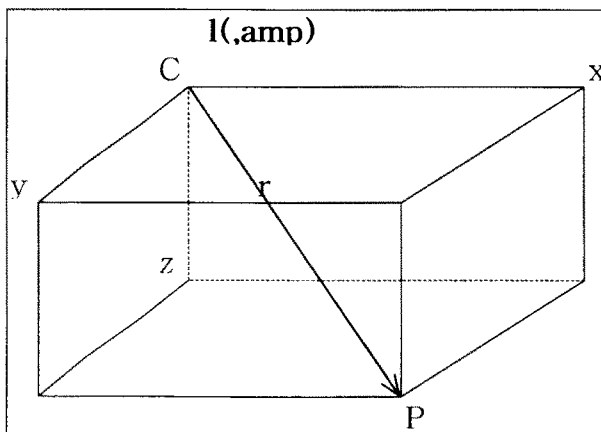
도선의 전기저항 R은 길이 L에 비례하고 단면적 A에 반비례한다. 즉,

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{이다.}$$

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

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

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



<그림3-6>에서와 같이 지중의 일 점 C에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류 I(amp.)를 보낼 때, 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는 다음과 같다.

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

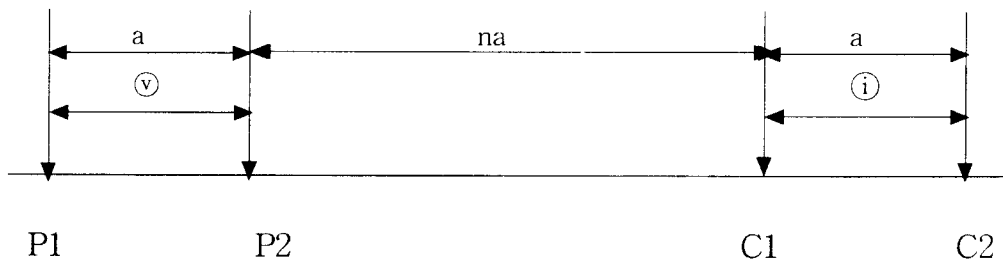
<그림. 3-6> 점전원에 의한 전위

여기서,

$$r = X^2 + Y^2 + Z^2 \text{ 이다.}$$

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

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



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

<그림. 3-7> 쌍극자 탐사 측선 배열 방법

<그림.3-7>에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 $C_1(+I)$ 과 $C_2(-I)$ 를 가정하고 임의의 점 P_1, P_2 에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C_1 과 C_2 에 의한 전위차로 나타나며, 다음과 같다.

$$V_{P1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} \right)$$

$$V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_2} - \frac{1}{C_2P_2} \right)$$

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

$$V = V_{P1} - V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2} \right)$$

이것을 비저항의 식 ρ 로 풀어쓰면 다음과 같다.

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

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

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

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

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

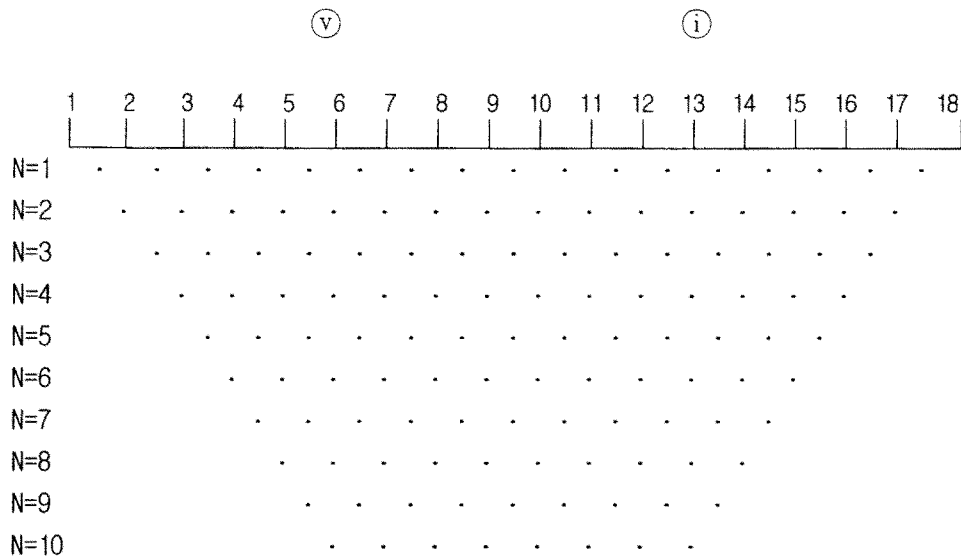
또한, 쌍극자배열에 의한 겉보기비저항 (Apparent Resistivity)은 다음과 같다.

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

쌍극자 비저항탐사는 <그림. 3-7>과 같이 전류 및 전위전극 간격 a 를 탐사목적 및 정밀도 등을 고려하여 결정하고, $a, 2a, 3a, \dots, na$ 간격으로 단계적으로 이동하

면서 전위차를 측정하여 겉보기 비저항치를 계산한다.

야외탐사 결과치는 <그림. 3-8>과 같이 전위전극 중심과 전류전극의 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각이등변 삼각형의 꼭지점에 겉보기 비저항치를 기입하여 수평 및 수직적 변화를 탐지 할 수 있다. 이와 같은 쌍극자배열 탐사결과 획득된 겉보기 비저항 도면을 가단면도(Pseudo-Section)라고 한다.



<그림. 3-8> 쌍극자 배열에 의한 겉보기저항 가단면도 작성법

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 국부적으

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

또한, 수직탐사는 각 측정사이에 국부적인 이상대가 존재할 경우 이를 놓칠 우려가 많으나, 쌍극자배열 탐사는 연속적인 2차원 탐사이므로 이러한 가능성이 상대적으로 낮다고 할 수 있을 것이다. 그러나 쌍극자 배열에 의한 전기비저항 탐사시 지표천부의 수평전기전도도 변화(Lateral conductivity variation)에 대단히 민감하므로, 그로부터 야기되는 이상대를 정확히 해석할 수 없는 어려움이 있다.

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

이번 탐사에 적용한 쌍극자배열법(雙極子排列法 : Dipole-Dipole Array)은 한 쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극 간격 a 를 30m로 하고 측정 간격을 30m, 60m, 90m, 120, ...으로 30m씩 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, $n=11\sim 12$ 를 택하여 가탐심도를 100m이상 되게 하였다. 탐사위치는 1,2축선 (E-1, E-2이하 E-*)은 합천읍 울진리 일원에 E-3, E-4 축선은 울곡면 낙민리 들주막, E-5, E-6은 적중면 황정리, E-7, E-8은 초계면 상대리, E-9, E-10은 용주면 고평리, E-11, E-12 용주면 선목리, E-13, E-14는 대양면 대목리, E-15, E-16은 쌍백면 육리, E-17, E-18은 삼가면 양전리 주막거리, E-19, E-20은 삼가면 어은동 일원등 조사지역의 평야부에 선정하였고, 축선별 내용 및 역산법에 의한 분석내용은 <표.3-1>과 같다. 전체적으로 RMS ERROR가 높은 것은 탐사방법보다는 탐사장소 및 탐사시기에 문제가 있는 것으로 짐작된다. 예를 들면, 각 측정들은 조사지역내 평야부에서 실측하였지만 비닐하우스 경작으로 논두렁 및 길 가장자리에서 탐사할 수 밖에 없었으며, 계절도 초겨울이라는 점을 무시할 수는 없을 것이다.

수치모델링 역산비저항 해석자료에서는 각 쌍극자 축선별 겹보기비저항 가단면도, 계산된 이론자료의 겹보기비저항 가단면도 그리고 역산결과 해석된 진비저항분포를 칼라영상화한 2차원 단면 구조도를 도시하였다.

겹보기비저항 가단면도는 겹보기비저항의 분포양상을 천부에서 심부로 갈수록 차례로 저비저항대(청색부), 중간비저항대(녹색부), 고비저항대(적색부)로 나타난다.

2차원 비저항단면 구조도는 각 축선별 현장자료를 입력자료로하여 유한차분법 모델링(FDM modeling)과 평활화 제한을 가한 2차원 자동역산(Automatic 2-D inversion)을 수행한 결과로 지하의 진비저항 분포를 도시한 것이다.

이론자료의 겹보기비저항 가단면도는 각 축선에 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 축선의 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 전기구조적인 환경(Geoelectric structural environment)으로서 지하수가 유동, 집적되어 부존가능성이 가장 높은 부분인 것으로 간주할 수 있다.

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

<표. 3-1> 쌍극자 탐사 축선별 총괄표

NO	위치	축선방향	길이	걸보기저항		RMS ERROR
				최소치	최대치	
E-1	합천읍 울진리	N 55 °W	240	63	625	0.2600
E-2	합천읍 울진리	N 36 °W	240	145	496	0.1300
E-3	울곡면 낙민리 들주막	N 26 °W	240	62	719	0.5518
E-4	울곡면 낙민리 들주막	N 26 °W	240	44	634	0.4570
E-5	적중면 황정리	N 88 °W	240	30	291	0.4155
E-6	적중면 황정리	N 88 °W	240	32	105	0.3460
E-7	초계연 상대리	N 88 °E	240	37	97	0.2757
E-8	초계연 상대리	N 88 °E	240	24	98	0.1760
E-9	용주면 고평리	N 35 °E	240	213	1619	0.5980
E-10	용주면 고평리	N 70 °W	240	102	760	0.2690
E-11	용주면 선목리	N 60 °W	240	74	645	0.3840
E-12	용주면 선목리	N 60 °W	240	112	434	0.0950
E-13	대양면 대목리	N 30 °W	240	113	554	0.1230
E-14	대양면 대목리	N 30 °W	240	110	669	0.2520
E-15	쌍백면 욱리	N 25 °E	240	28	791	0.7100
E-16	쌍백면 욱리	N 58 °E	240	267	730	0.1100
E-17	삼가면주막거리(양전리)	N 87 °W	240	198	540	0.2950
E-18	삼가면주막거리(양전리)	N 87 °W	240	221	535	0.1298
E-19	삼가면 어은동	N 07 °E	240	118	953	0.3510
E-20	삼가면 어은동	N 07 °E	240	134	734	0.1584

이러한 전기적 비저항대의 구분은 암반에 대한 지하수탐사에서 중요한 의미를 갖는다. 즉, 외국의 경우 지하수 유동 및 집적이 투수성이 높은 사암층 등의 대다수 퇴적암층이 층서적인 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 지하단

층 구조사이에 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-1축선

E-1 축선은 합천읍 울진리 평야부 일대에 비저항분포를 측정하였다. 쌍극자 탐사 결과도와와의 2차원 비저항 단면구조도는 고심도일수록 비저항값이 증가하는 양상을 보여준다. 본 역산 프로그램은 양 끝점에서의 자료처리는 신뢰성이 떨어지므로 제외하고 고비저항체 사이에 축점 5~10번 사이가 심도가 증가할수록 낮은 비저항을 보여 지질구조 작용에 의해 파쇄정도가 상대적으로 높은 암석이 존재하는 것으로 보여 지하수 함양에 유리한 지질구조가 존재할 것으로 판단된다.

○ E-2축선

E-2 축선은 E-1 축선과 같은 위치에서 축선의 방향을 달리하여 N36° W 방향으로 축선을 설정하였다. 결과도와 같이 20m 정도 하부에 풍화대를 시작으로 하부로 갈수록 비저항 값이 낮아지며 12~13번 축점에서 작은 이상을 보이나 미미한 풍화정도이거나 계측오류에 포함되는 정도이다.

○ E-3축선, E-4축선

E-3축선과 E-4축선은 울곡면 낙민리 들주막들에서 같은 방향으로 200m 정도의 거리를 두고 측정하였다. E-3축선 결과도를 보면 기반암선이 평탄하지 않고 몇십 m의 기복을 보이며, 4~7번 축점에서 120m 정도까지 상대적으로 비저항이 낮은 값을 보이나 확연한 큰 차를 보이지 않고 지하수의 함양은 그리 높지 않을 것으로 보인다. E-4축선의 결과도는 E-3과 큰 차이를 보이지 않으며, 4번 축점 하부에 보이는 이상대는 경계부에 속하므로 그리 기대할 결과가 못 될 것으로 판단된다.

○ E-5축선, E-6축선

E-5, E-6 측선은 적중면 황정리 평야부에서 측정하였는데 그 측선 방향은 평행하며 N88° E이다. E-5측선 결과도를 보면 측선 중앙부는 심도가 증가함에 따라 일정하게 비저항이 증가하는 경향을 보이나 경계부로 갈수록 낮은 저항치의 심도가 깊어지다가 16번 측정점에서 비저항이 갑자기 낮아지는 현상을 보여 이상대로 보이나 경계부인 것 만큼 그 영향을 고려한다면 그리 양호한 이상대로는 판단되지 않는다. E-6측선은 2차원 비저항 단면도가 보여주듯 평탄하지 않은 기반암 등고선을 보이며 약하나마 9~11번 측정점에서 이상대를 보여준다.

○ E-7측선, E-8측선

E-7측선과 E-8 측선은 N88° E 방향으로 초계면 상대리 부근 평야에서 측정하였다. E-7 측선의 결과도를 보면, 6~8번 측정과 15~16번 측정 하부에서 저비저항대가 관찰되고 있으며 파쇄대가 각력들로 부서져 있을 때 지하수 함양에 유리한 위치가 된다. E-8번의 결과도를 보면 풍화대의 심도가 60~70m 정도로 깊고, 12~15번 측정 사이에 전형적인 이상대를 보여 지하수 배태에 좋은 조건을 보여준다.

○ E-9측선, E-10측선

측선들은 용주면 고품리의 탐사 결과도로서 E-9는 N35° E 방향으로 E-1은 N70° W 방향으로 측선을 설정하였다. E-9측선 결과도는 13~14 측정하 30~60m 주위의 탐사자료가 탐사시의 오류라고 할 때는 11~12 사이의 측정하에서 비저항이 낮은 이상대를 보여주어 지하수함양에 유리한 조건을 보여준다. E-10측선 결과도는 측선 중앙부를 경계로 고비저항치가 저비저항이 나뉘게 되는 결과를 보여주어 지하수나 파쇄대 존재의 유리한 조건을 보여준다.

○ E-11측선, E-12측선

E-11과 E-12 측선은 용주면 선목리 일대에서 실시하였으며, E-11 측선은 기반암의 심도가 20~60m 까지로 다양하게 나타나며 11~14번 사이의 저비저항체의 요철은 구하상에 의한 비저항 이상으로 해석된다. E-12 측선은 심도 증가에 따라 비저항이 증가하는 전형적인 지하구조를 보이며 특이한 비저항 이상대는 보이지 않는다.

○ E-13측선, E-14측선

이 측선들은 대양면 대목리 일대에서 실시하였으며, E-13 측선의 결과도를 보면 기반암의 심도가 요철을 심하게 보이며 10번 측정점에서 저비저항체를 보이며 지하수 유동에 유리한 구조대가 존재할 것으로 판단된다. E-14 측선은 전체적으로 낮은 비저항을 보이는 특이한 지형을 보이는데 8~10, 14~16 측정 하부로 갈수록 낮은 비저항치를 보여 파쇄대가 넓게 분포할 것으로 판단된다.

○ E-15측선, E-16측선

E-15, E-16 측선은 쌍백면 울리 일대에서 E-15는 N23° E 방향으로 E-16은 N56° E 방향으로 측정하였다. E-15 측선은 경계부의 영향으로 신뢰성이 떨어지는 3, 17측점을 제외하고는 그다지 특이한 이상대는 보이지 않으며, E-16 측선은 10번 측정점을 중심으로 낮은 측정쪽으로 대체로 낮은 비저항대를 보이거나 낮아지는 비저항치의 차이가 적어 아주 심한 파쇄상태나 이상상태는 기대되지 않는다.

○ E-17측선, E-18측선

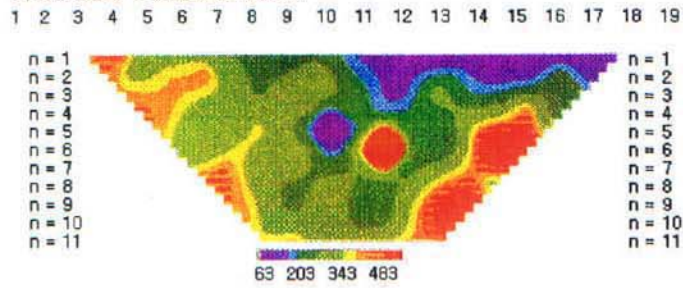
이 측선들은 삼가면 양전리 주막거리 일대에서 측정한 자료로서 E-17 측선에서는 12~13 측정 하부에 낮은 비저항 이상대를 보이며, E-18 측선은 기반암의 기복이 심하고 부분적으로 풍화대가 깊게 나타나는데 7~10번 사이와 14~15번 측정 하부가 낮은 비저항 값을 보여 지하수 유동에 유리한 구조대가 존재할 것으로 보인다.

○ E-19측선, E-20측선

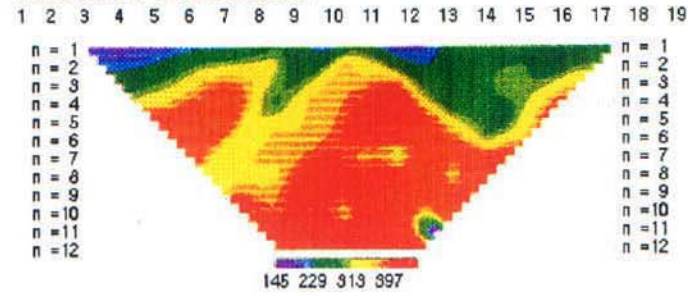
두 측선은 삼가면 어든동 앞 들에서 측정하였다. 두 측선은 모두 기반암의 심도가 기복이 심하며, 심도가 증가 할수록 비저항이 증가하는 안정적인 구조를 보여 지하수 함양에는 큰 영향을 끼치지 못할 것으로 판단된다.

여 백

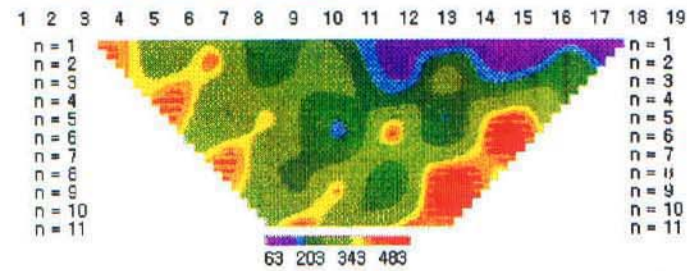
Field Data Pseudosection



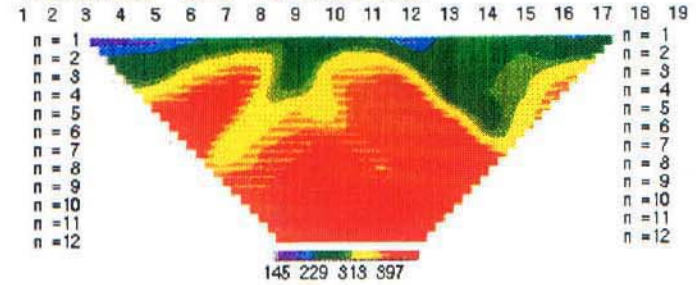
Field Data Pseudosection



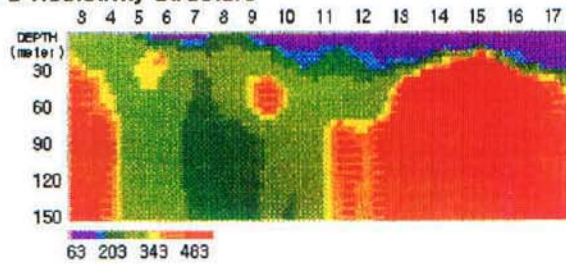
Theoretical Data Pseudosection



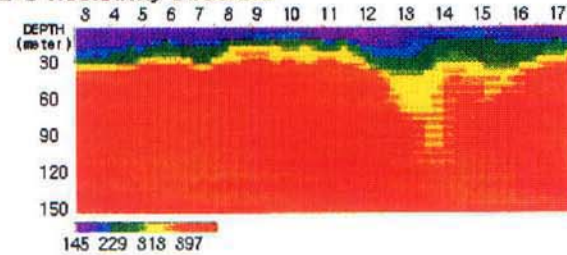
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

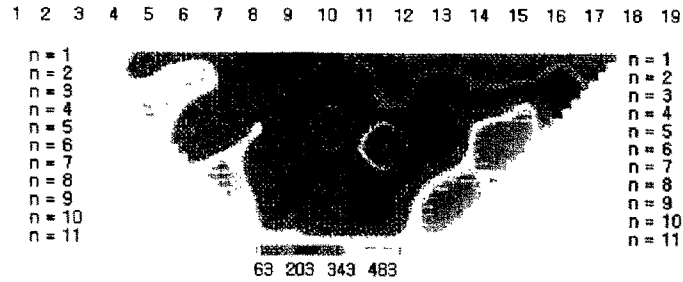


측선 E-1

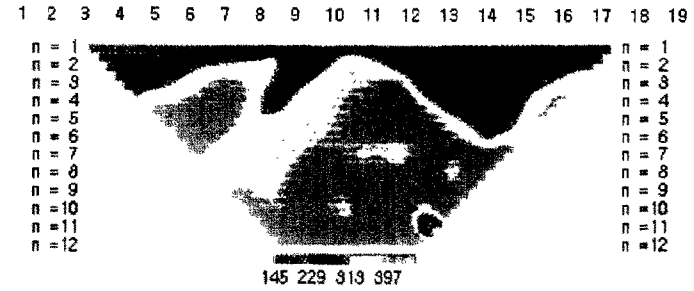
측선 E-2

<그림. 3-9> 측선 E-1, E-2 쌍극자 탐사 결과도

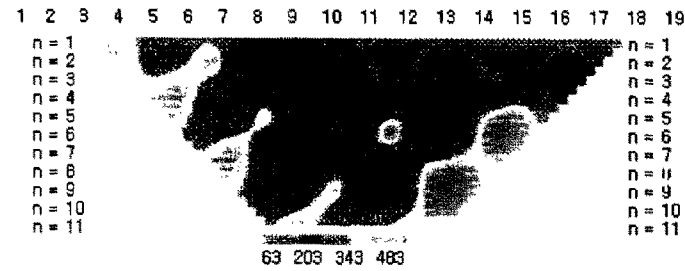
Field Data Pseudosection



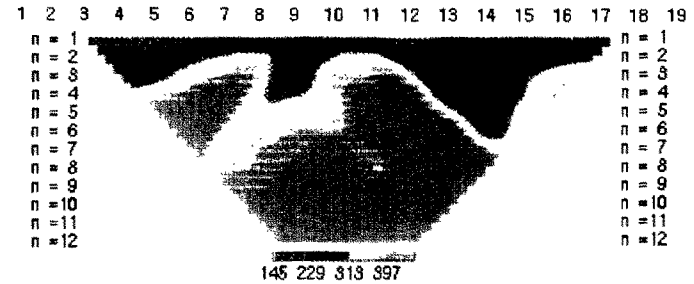
Field Data Pseudosection



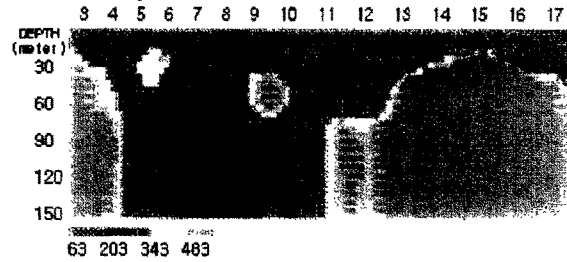
Theoretical Data Pseudosection



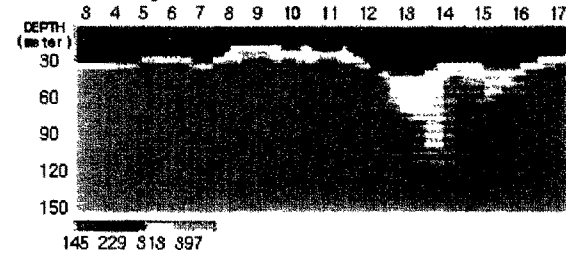
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

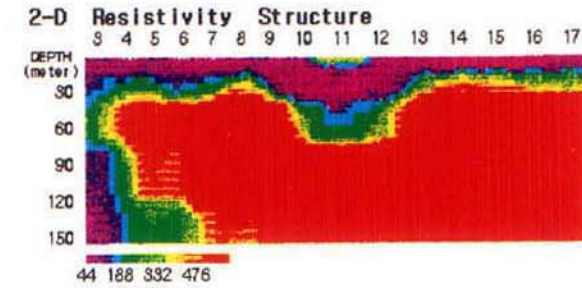
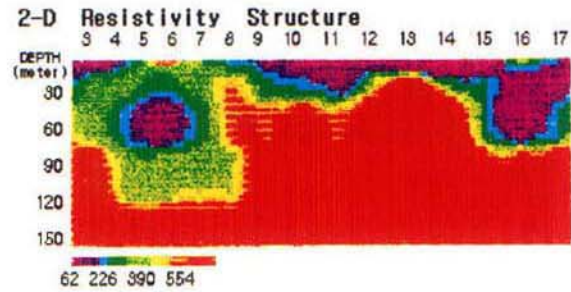
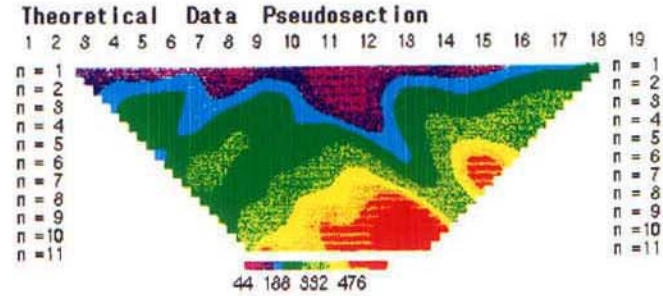
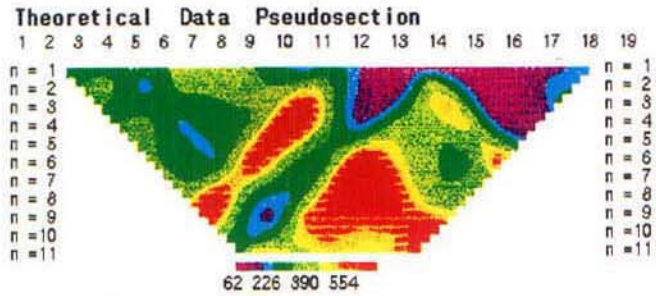
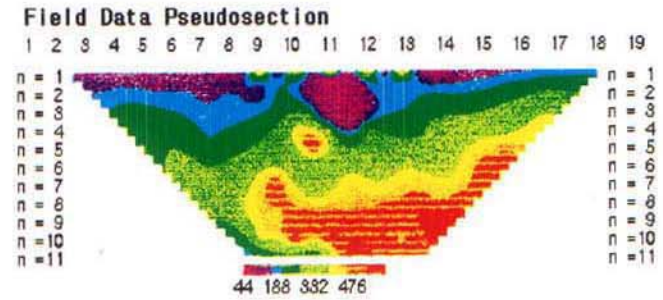
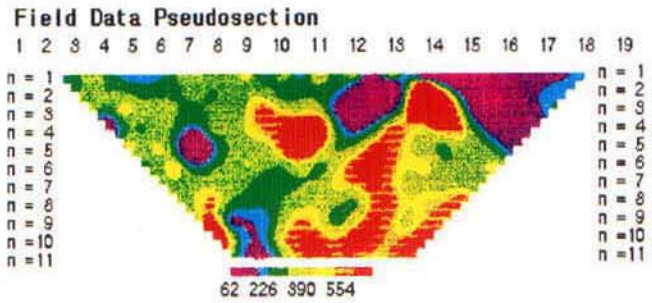


측선 E-1

측선 E-2

<그림. 3-9> 측선 E-1, E-2 쌍극자 탐사 결과도

여 백

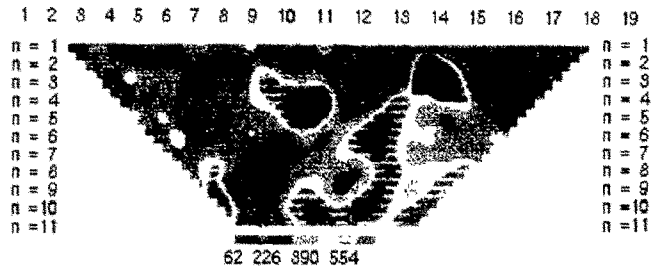


측선 E-3

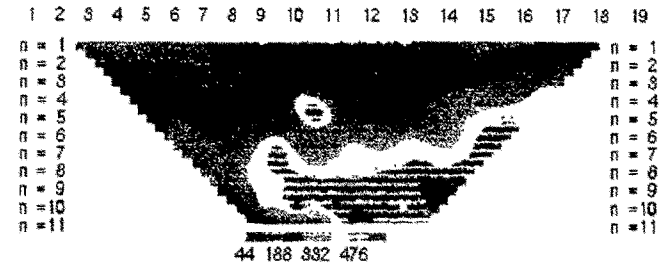
측선 E-4

<그림. 3-10> 측선 E-3, E-4 쌍극자 탐사 결과도

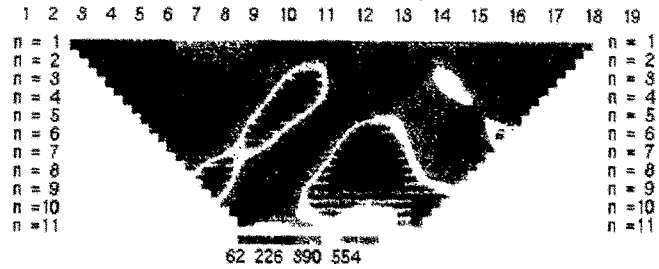
Field Data Pseudosection



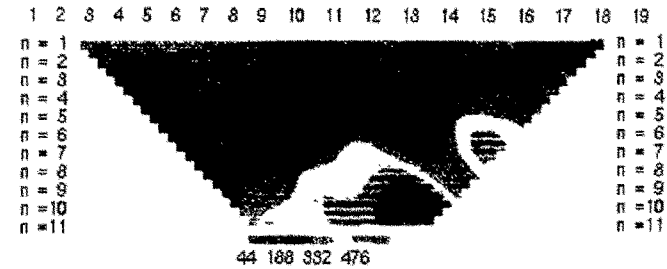
Field Data Pseudosection



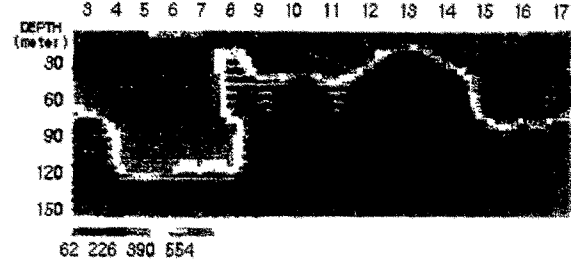
Theoretical Data Pseudosection



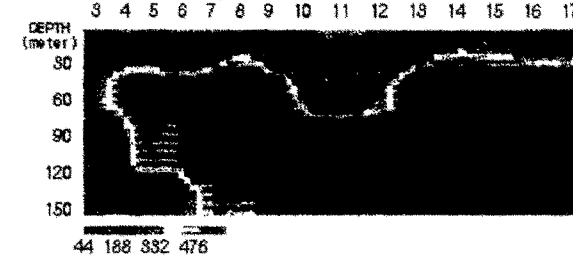
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

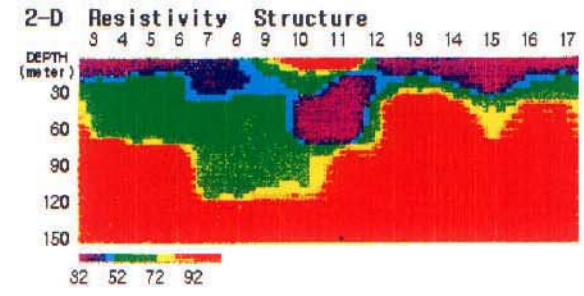
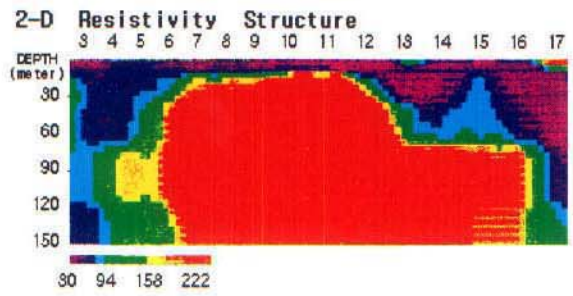
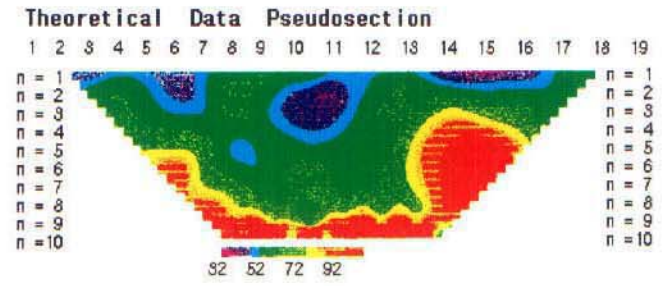
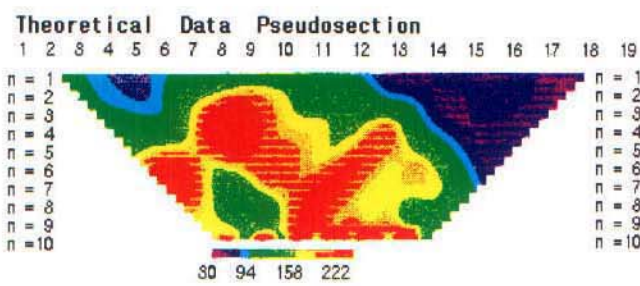
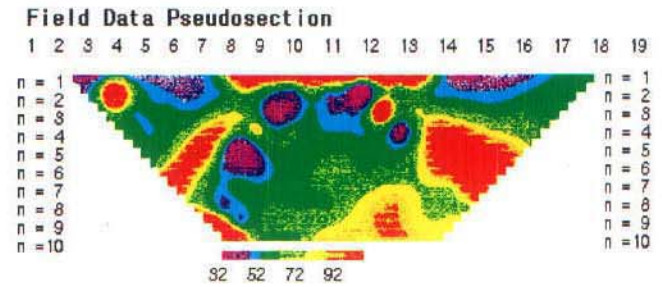
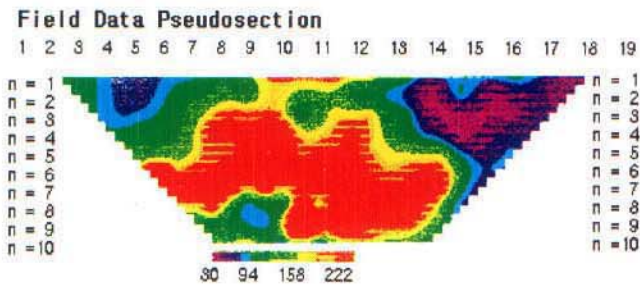


측선 E-3

측선 E-4

<그림. 3-10> 측선 E-3, E-4 쌍극자 탐사 결과도

여 백

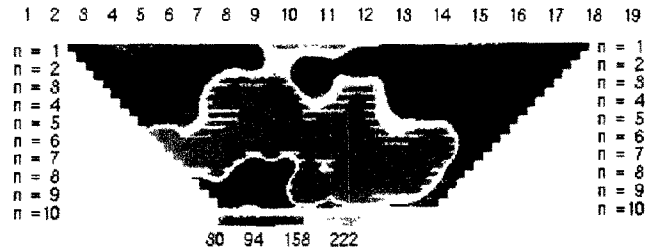


측선 E-5

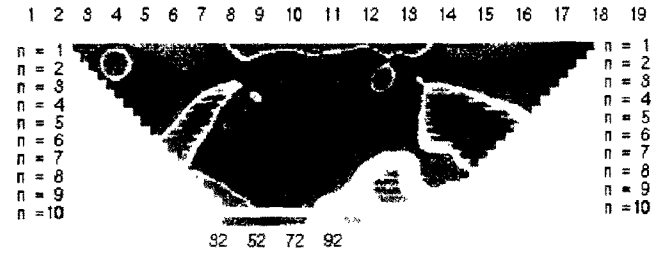
측선 E-6

<그림. 3-11> 측선 E-5, E-6 쌍극자 탐사 결과도

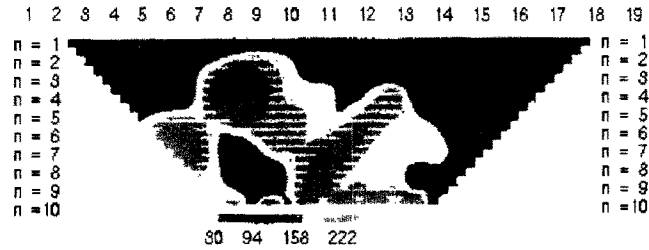
Field Data Pseudosection



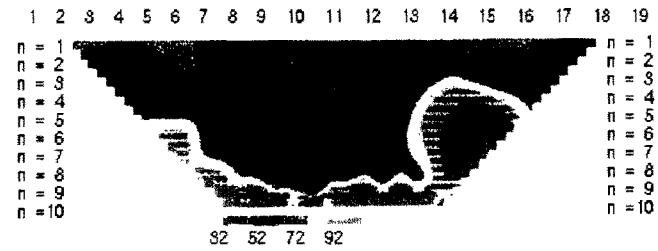
Field Data Pseudosection



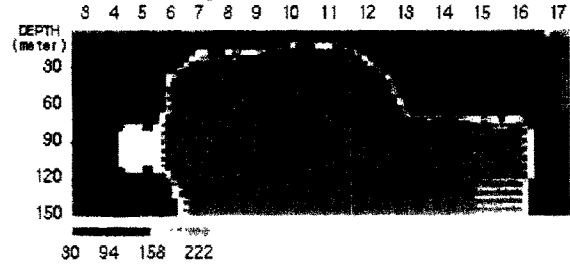
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

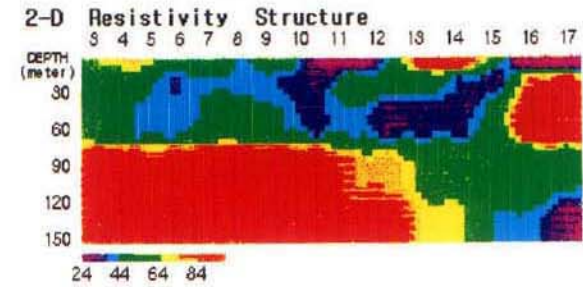
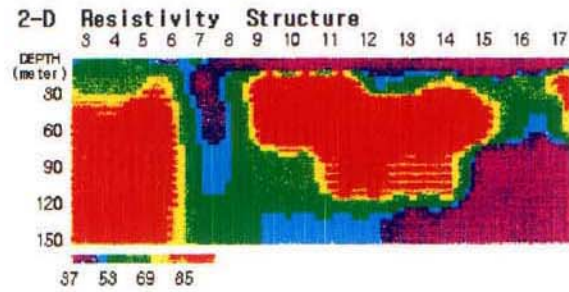
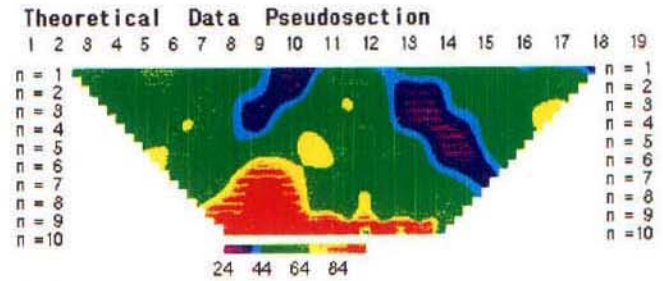
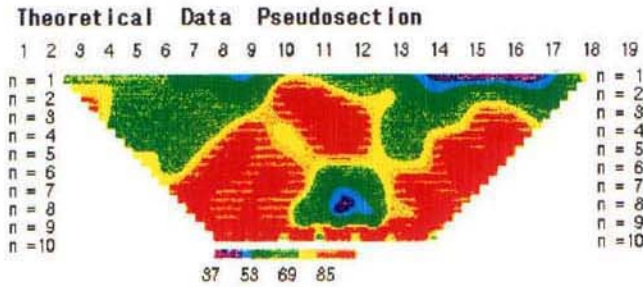
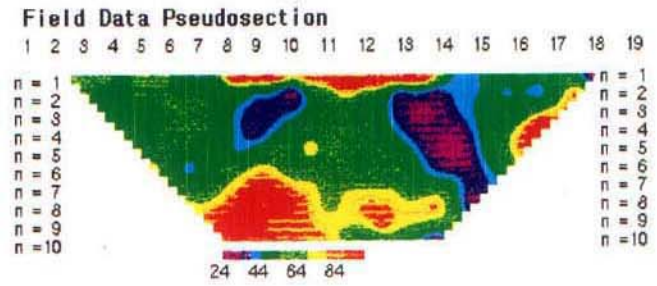
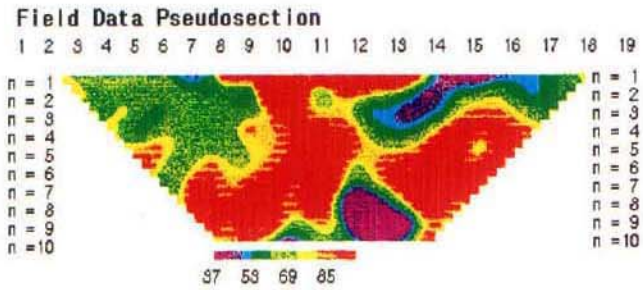


측선 E-5

측선 E-6

<그림. 3-11> 측선 E-5, E-6 쌍극자 탐사 결과도

여 백

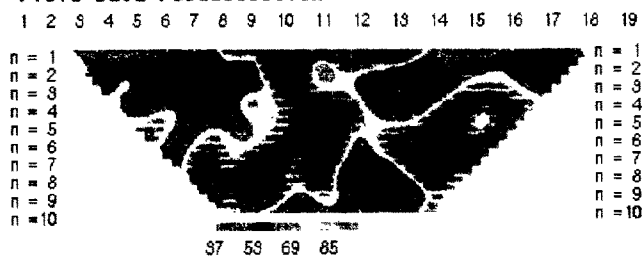


측선 E-7

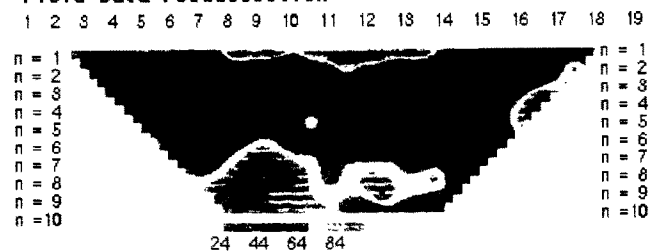
측선 E-8

<그림. 3-12> 측선 E-7, E-8 쌍극자 탐사 결과도

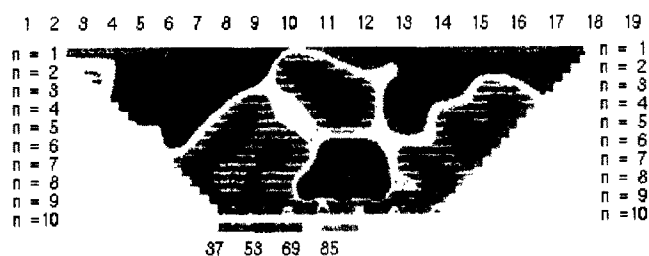
Field Data Pseudosection



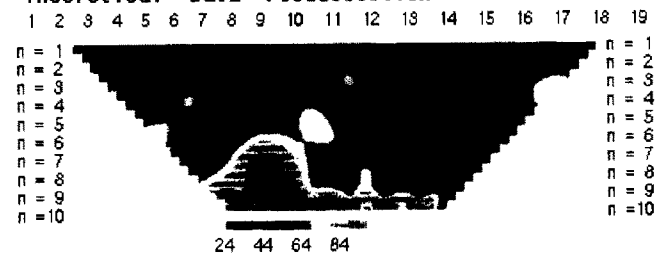
Field Data Pseudosection



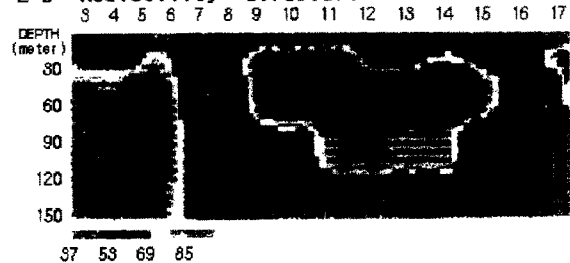
Theoretical Data Pseudosection



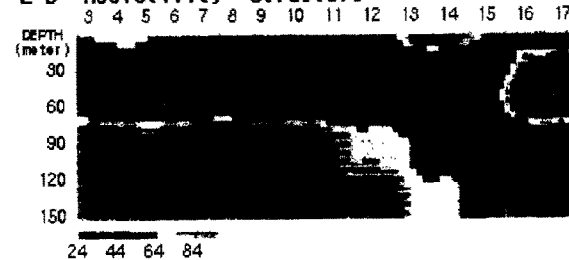
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

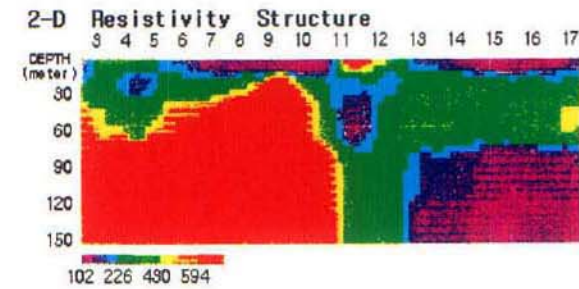
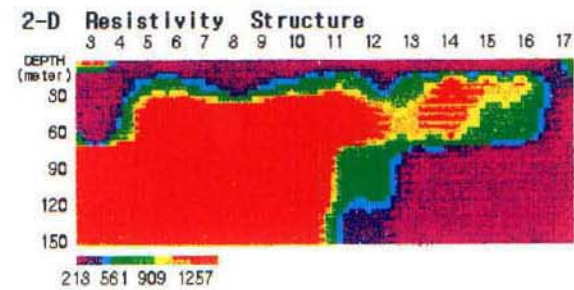
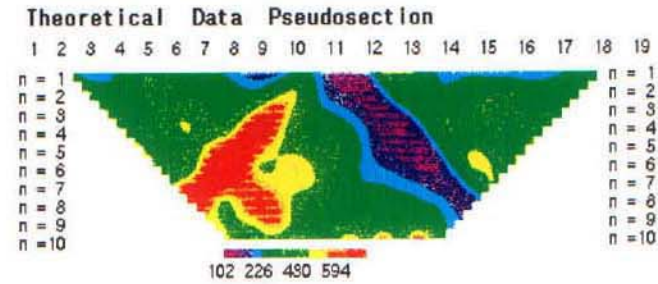
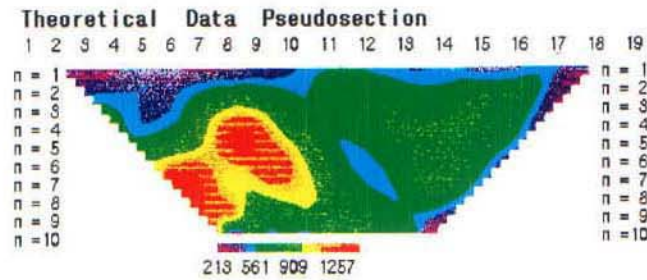
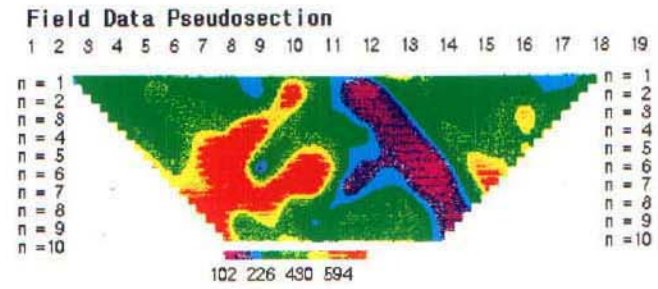
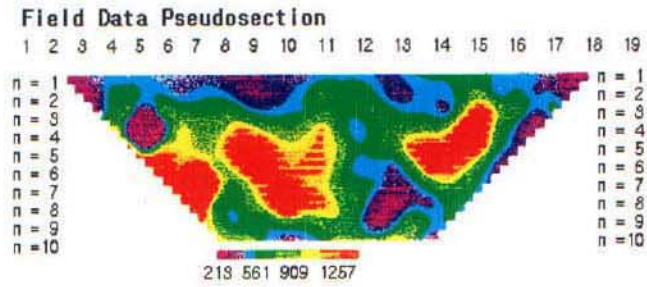


측선 E-7

측선 E-8

<그림. 3-12> 측선 E-7, E-8 쌍극자 탐사 결과도

여 백

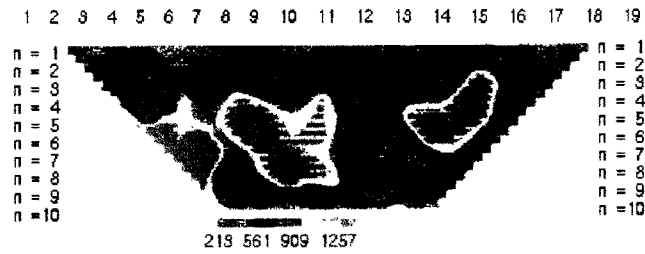


측선 E-9

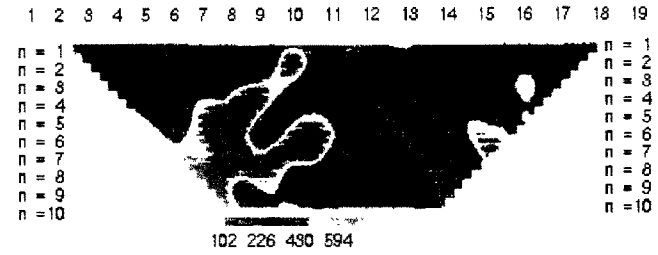
측선 E-10

<그림. 3-13> 측선 E-9, E-10 쌍극자 탐사 결과도

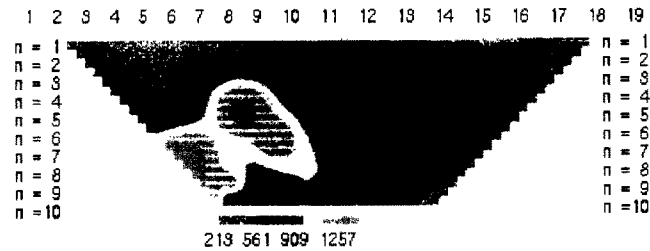
Field Data Pseudosection



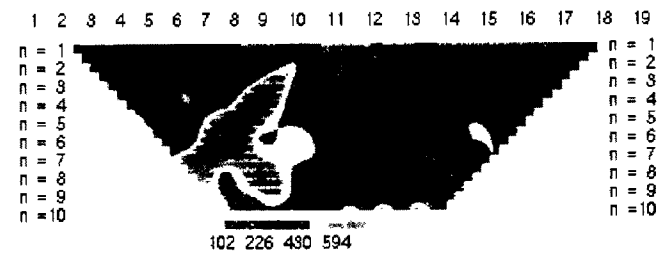
Field Data Pseudosection



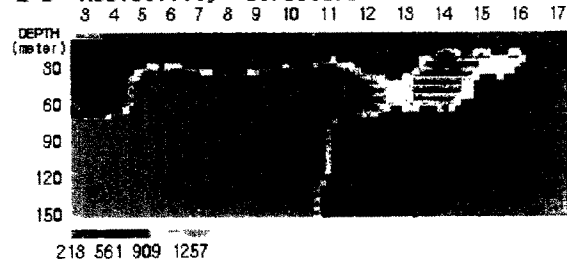
Theoretical Data Pseudosection



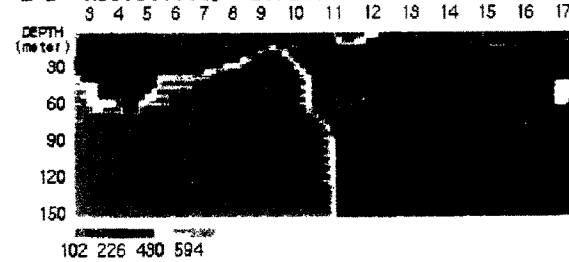
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

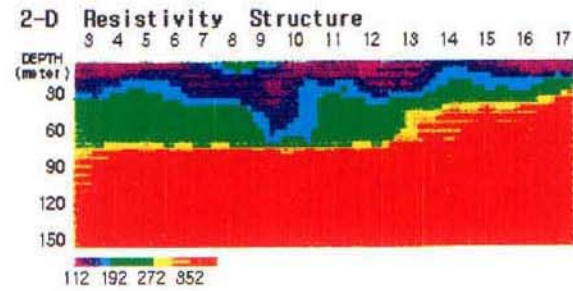
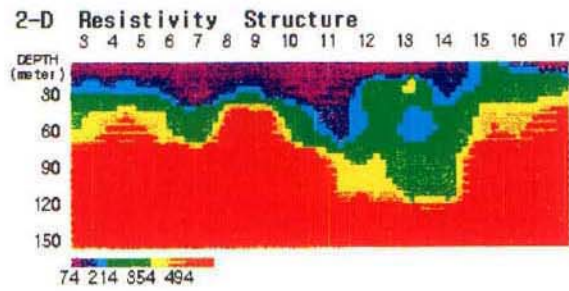
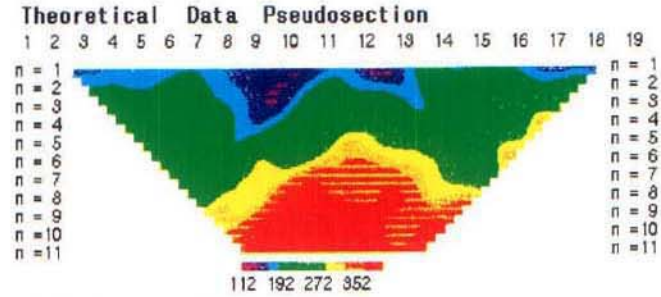
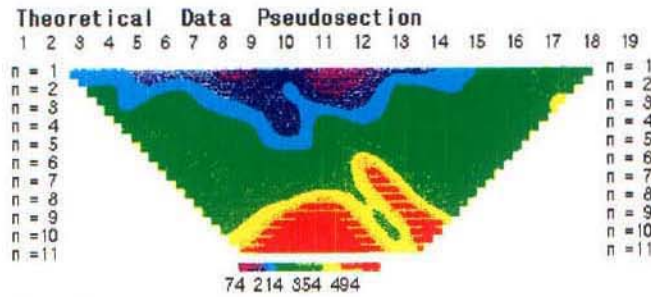
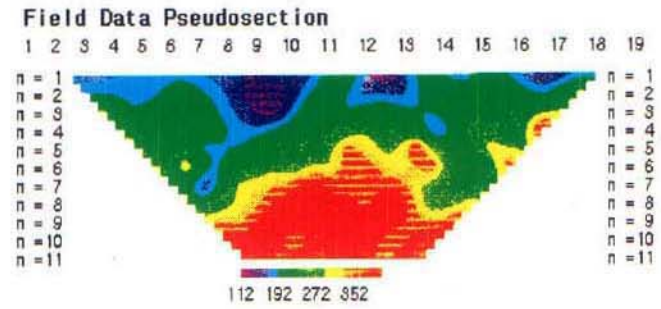
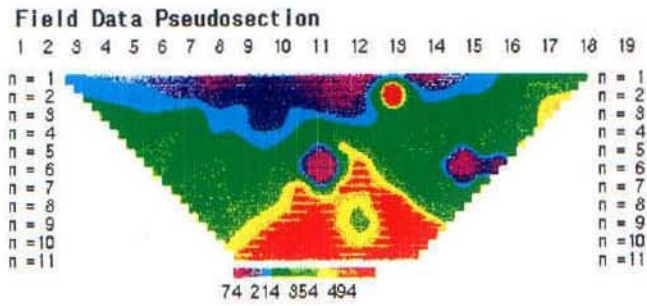


측선 E-9

측선 E-10

<그림. 3-13> 측선 E-9, E-10 쌍극자 탐사 결과도

여 백

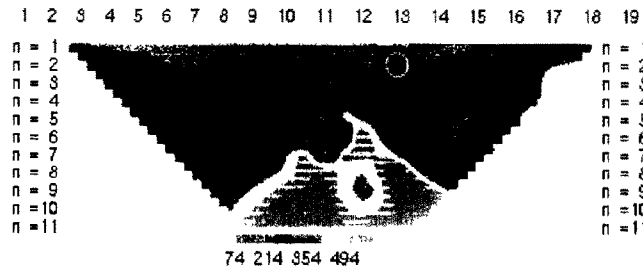


측선 E-11

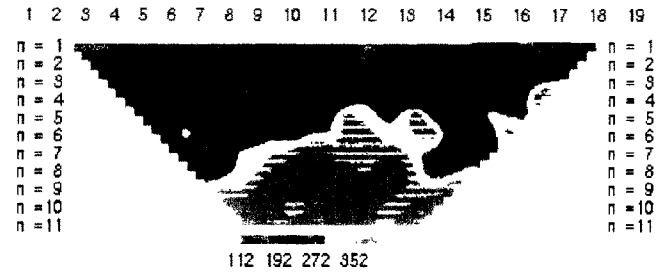
측선 E-12

<그림. 3-14> 측선 E-11, E-12 쌍극자 탐사 결과도

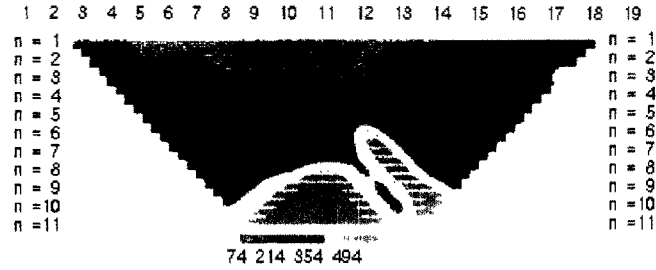
Field Data Pseudosection



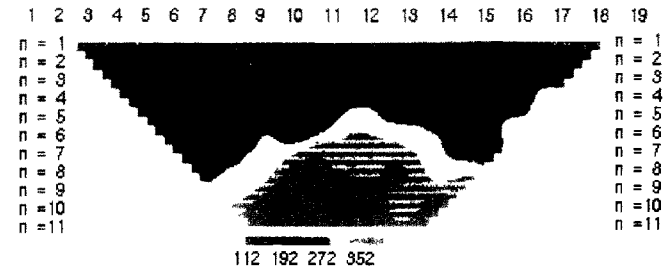
Field Data Pseudosection



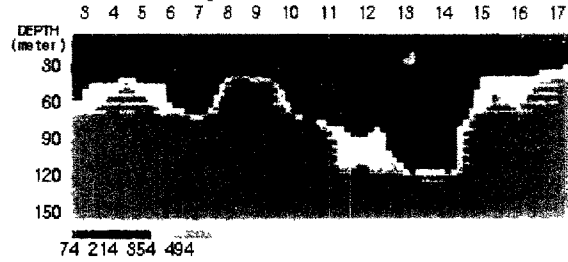
Theoretical Data Pseudosection



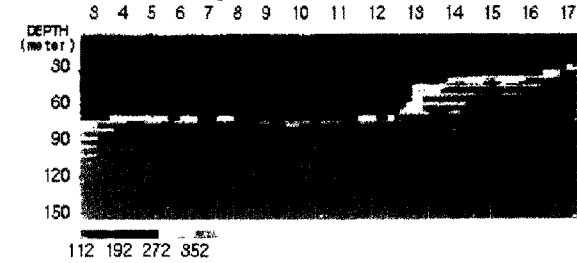
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

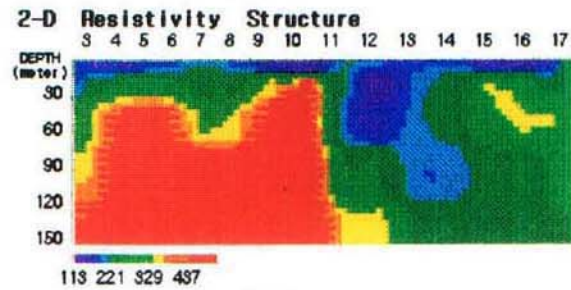
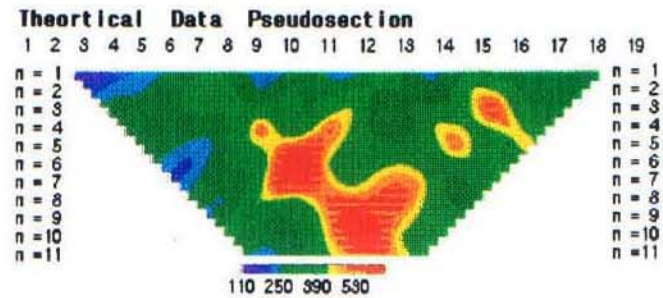
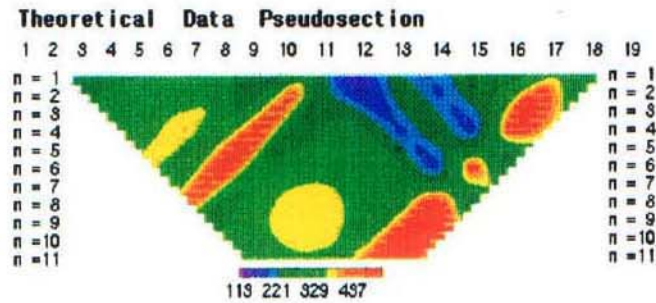
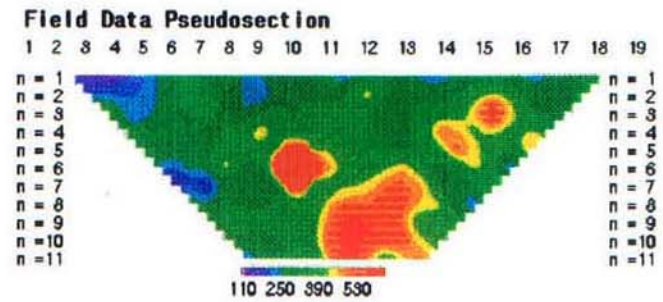
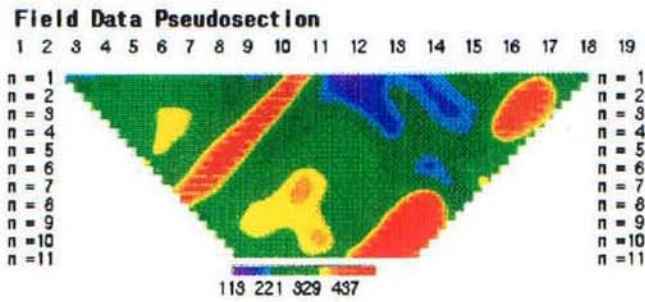


측선 E-11

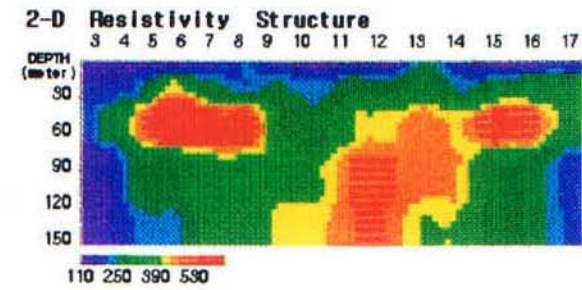
측선 E-12

<그림. 3-14> 측선 E-11, E-12 쌍극자 탐사 결과도

여 백



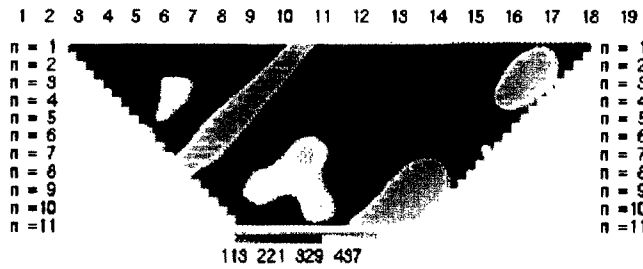
측선 E-13



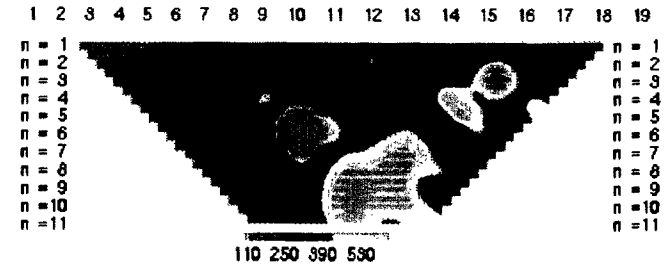
측선 E-14

<그림. 3-15> 측선 E-13, E-14 쌍극자 탐사 결과도

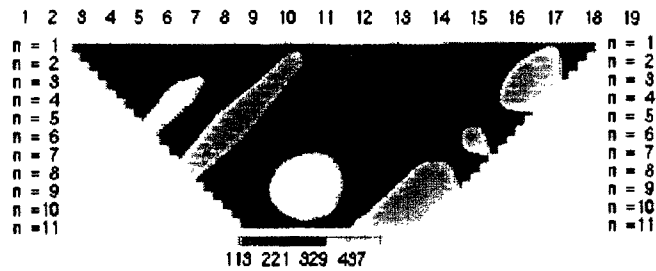
Field Data Pseudosection



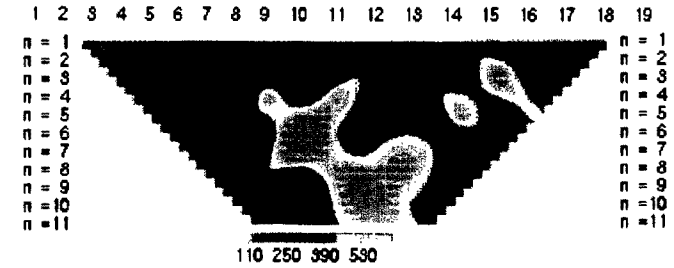
Field Data Pseudosection



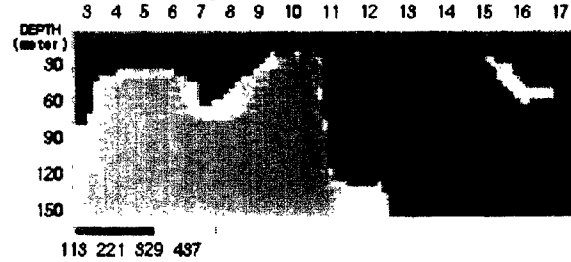
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

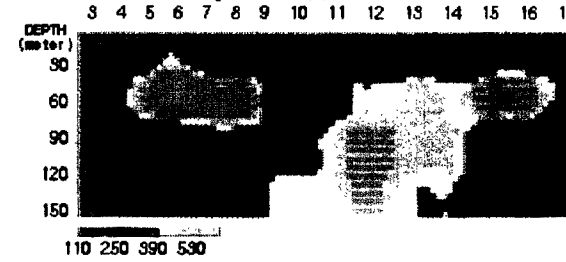


2-D Resistivity Structure



측선 E-13

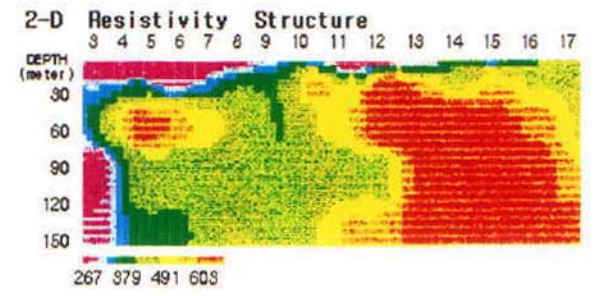
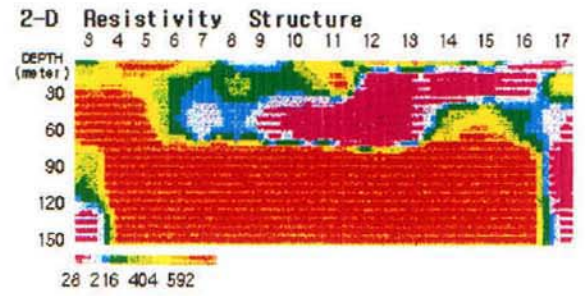
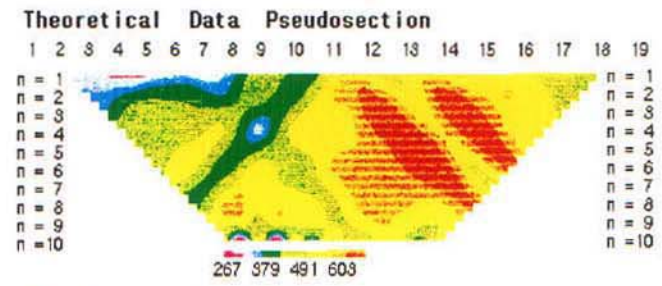
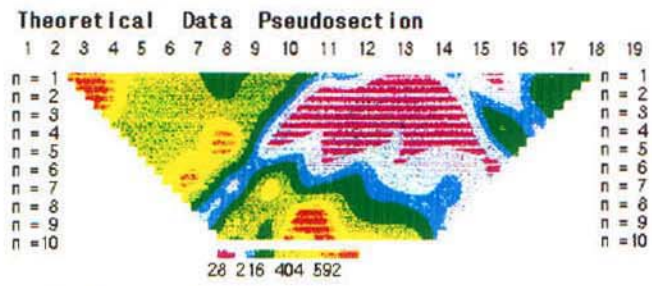
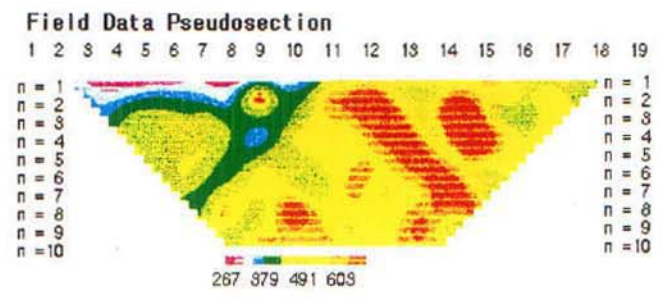
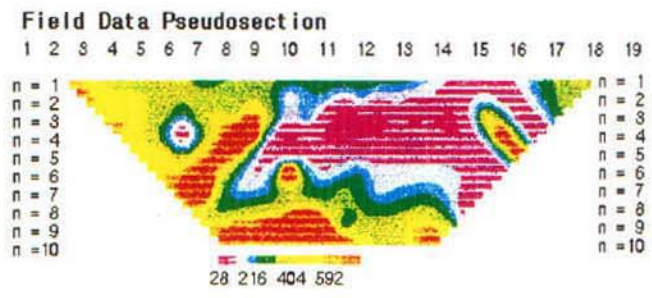
2-D Resistivity Structure



측선 E-14

<그림. 3-15> 측선 E-13, E-14 쌍극자 탐사 결과도

여 백

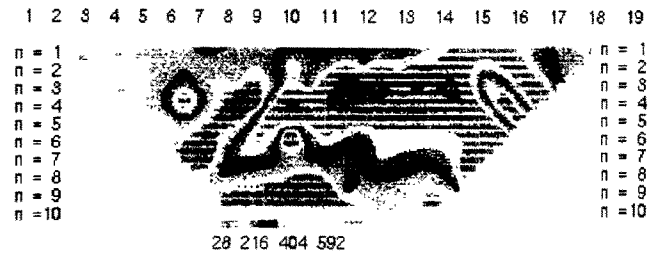


측선 E-15

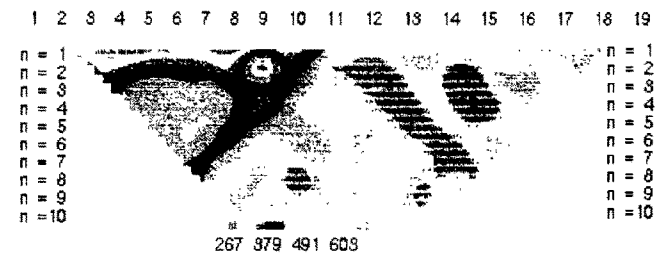
측선 E-16

<그림. 3-16> 측선 E-15, E-16 쌍극자 탐사 결과도

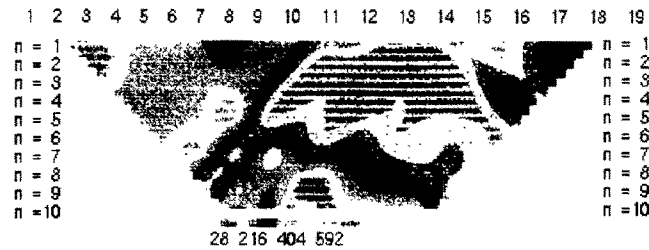
Field Data Pseudosection



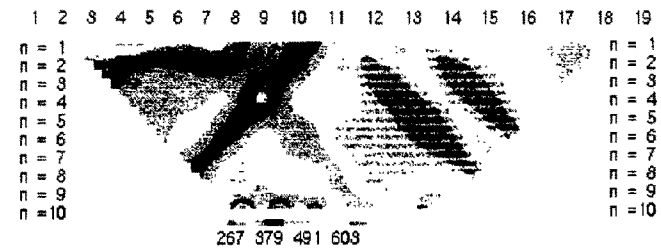
Field Data Pseudosection



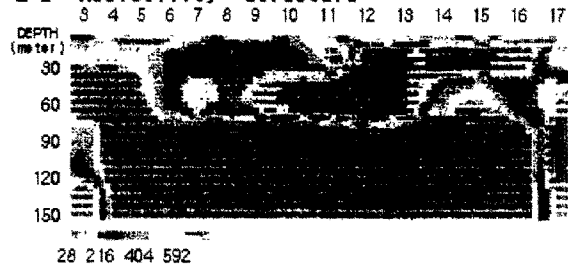
Theoretical Data Pseudosection



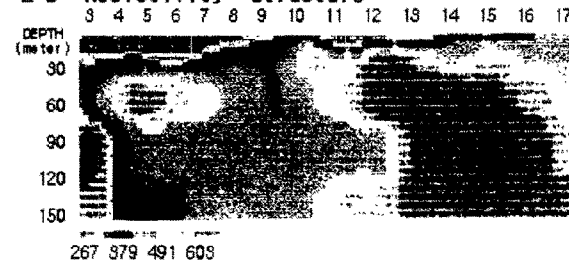
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

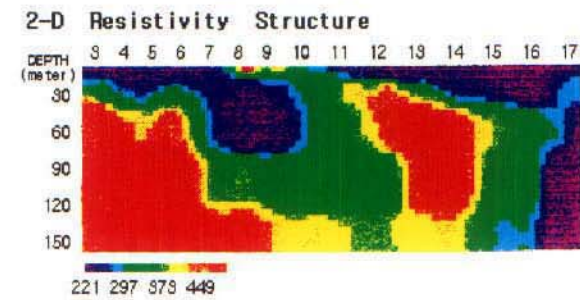
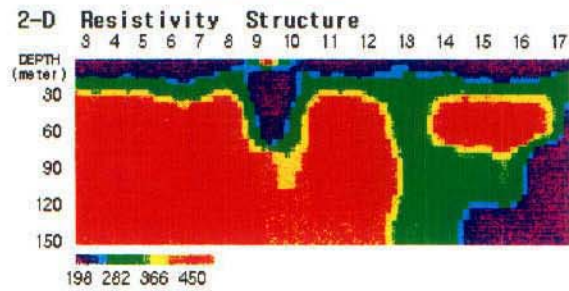
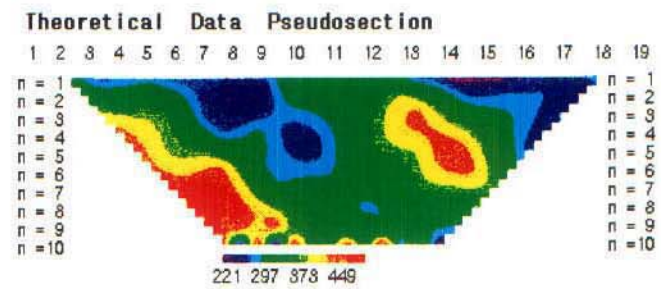
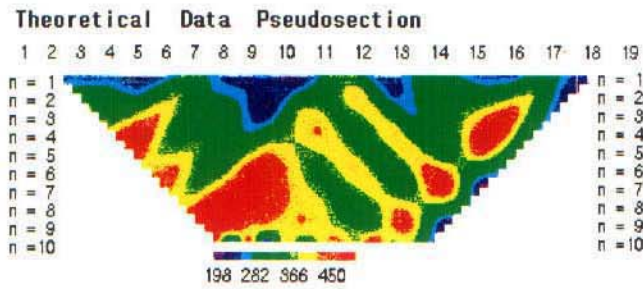
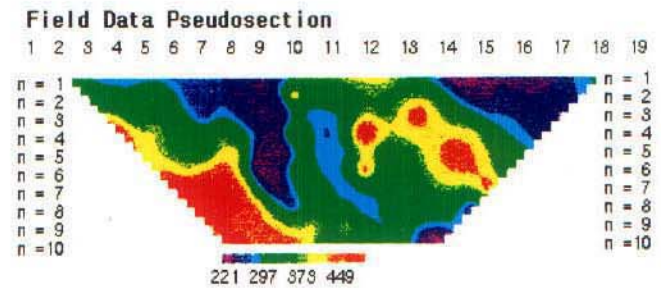
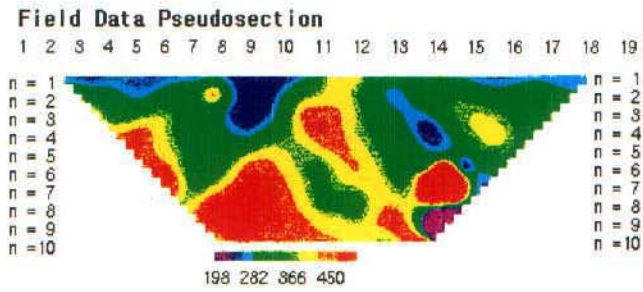


측선 E-15

측선 E-16

<그림. 3-16> 측선 E-15, E-16 쌍극자 탐사 결과도

여 백

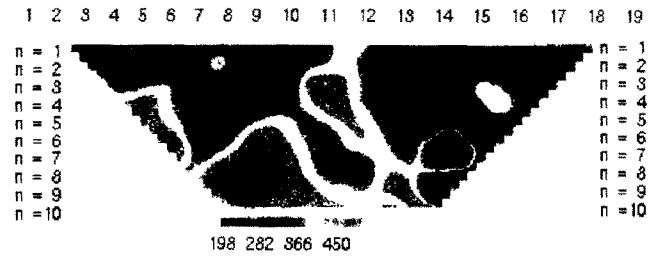


측선 E-17

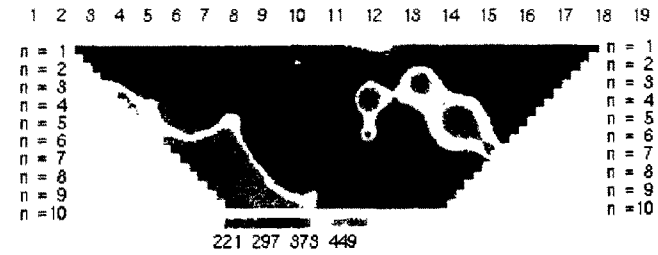
측선 E-18

<그림. 3-17> 측선 E-17, E-18 쌍극자 탐사 결과도

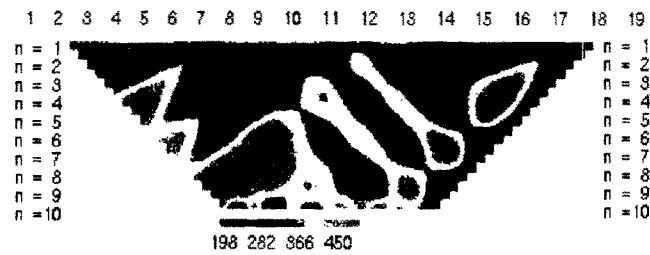
Field Data Pseudosection



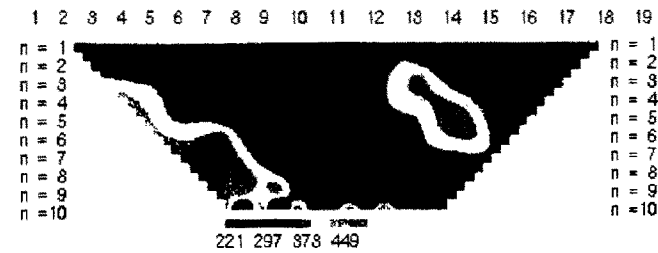
Field Data Pseudosection



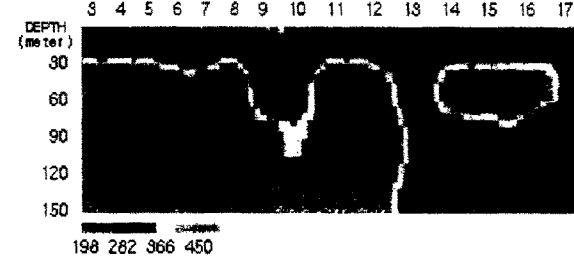
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

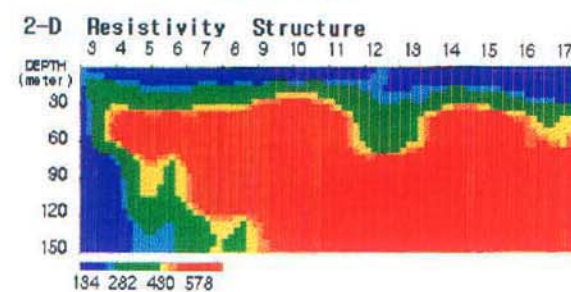
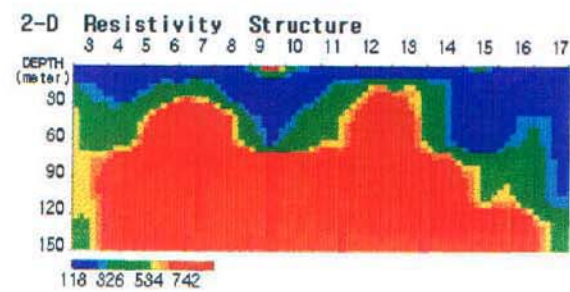
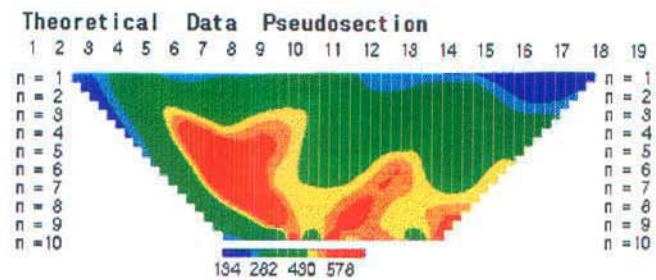
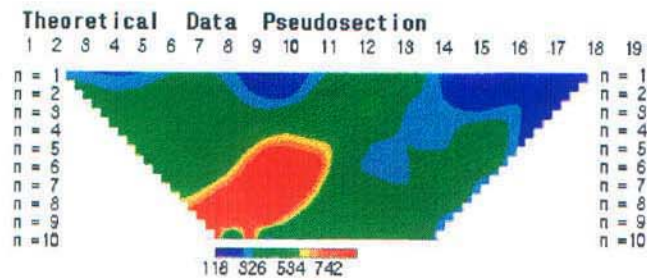
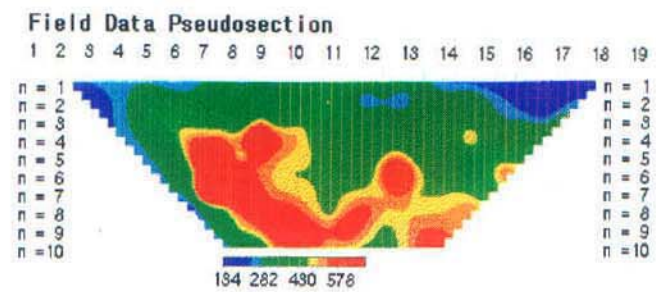
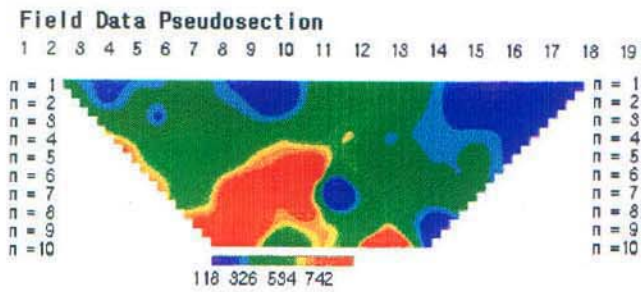


측선 E-17

측선 E-18

<그림. 3-17> 측선 E-17, E-18 쌍극자 탐사 결과도

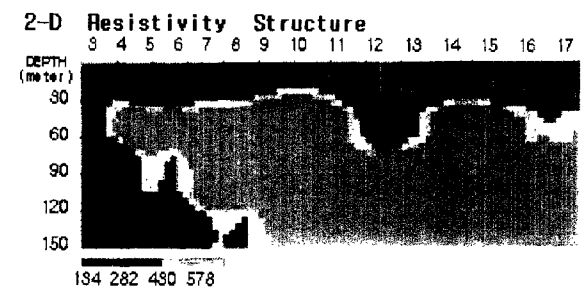
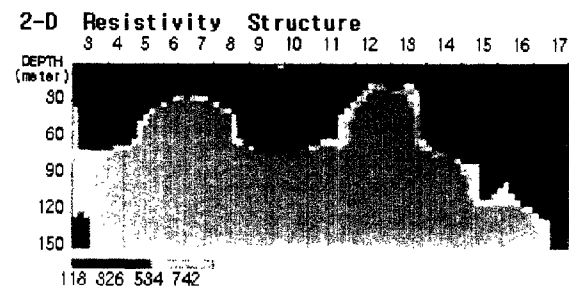
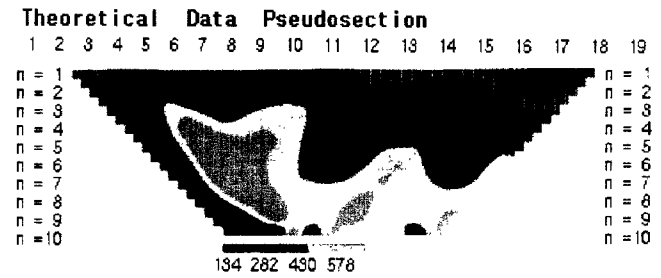
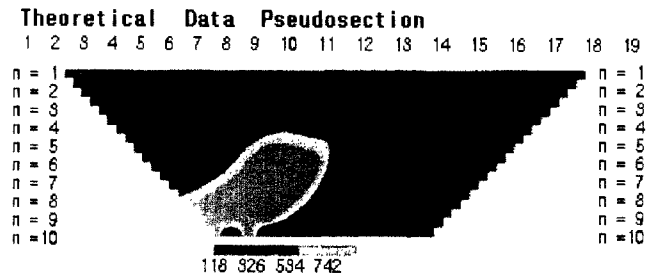
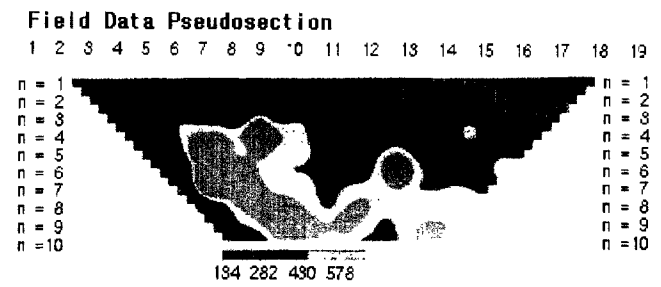
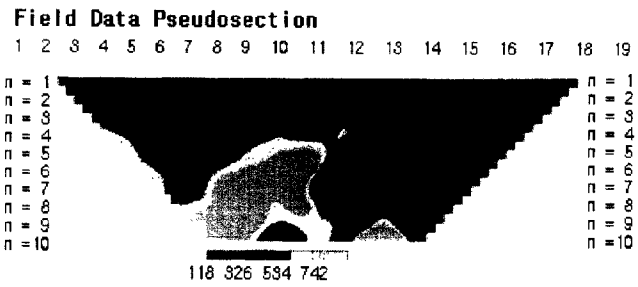
여 백



측선 E-19

측선 E-20

<그림. 3-18> 측선 E-19, E-20 쌍극자 탐사 결과도



측선 E-19

측선 E-20

<그림. 3-18> 측선 E-19, E-20 쌍극자 탐사 결과도

여 백

3-3. 양수시험

양수시험은 착정된 지하수관정으로부터 적정량의 지하수를 충전 혹은 채수함으로써 발생하는 대수층 수위상승 및 수위강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적 성질을 결정하기 위하여 시행하는 것이다. 조사지역 대수층의 수리적 특성을 파악하기 위하여 지역내에 분포하는 암반관정 8개소에 대해 지하수리 특성을 조사하였다.

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

<표. 3-2> 양수시험 총괄표

NO	위 치	심 도	구 경	자 연 수 위	안 정 수 위	양 수 량	투 수 량 계 수	전 기 전 도 도 (EC)	총 용 존 고 형 물 (TDS)	수 소 이 온 농 도 (pH)	온 도 (°C)	비 고
D-375	대병 회양	80	200	13.3	55.6	253	4.426	234	133	-	16.9	
D-376	야로 정대	120	200	6.4	75.8	185	1.6	425	233	7.0	17.0	
D-377	적중 죽고	160	200	11.5	18.8	233	61.87	454	304	6.9	17.1	
D-378	쌍책 덕봉	124	150	0.1	3.2	150	47.48	502	252	8.6	21.0	
D-379	야로 청계	80	200	4.7	47.8	260	4.75	217	110	-	17.4	
D-380	합천 금양	70	200	1.2	46.8	260	3.394	471	237	-	16.5	
D-381	울곡 문림	140	200	25.7	32.2	180	13.81	875	438	6.7	17.6	
D-382	대양 무곡	150	200	5.0	68.9	293	7.488	252	168	8.2	17.6	

투수량계수는 투수계수(K)에 대수층의 두께(B)를 곱한 것으로 표시되는 데 이는 1:1의 지하수 동수구배하에서 대수층의 전두께와 단위폭을 통해 단위시간 동안 유출되는 양을 의미하며, 그 단위는 흔히 m³/day로 표현된다. 따라서 어떤공의 투수량계수가 크면 많은 양의 지하수를 산출시킬 수 있고 그 값이 작으면 적은 양밖에 지하수를 산출시키지 못하게 되며 이 투수량계수(T), 양수량(Q) 및 그

때의 수위강하량(s) 관계식은 다음과 같으며

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

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

W(u) : 정호함수

ΔS : 양수시간 1 log cycle에서 수위차

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

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

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

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

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} \text{----- Jacob근사식}$$

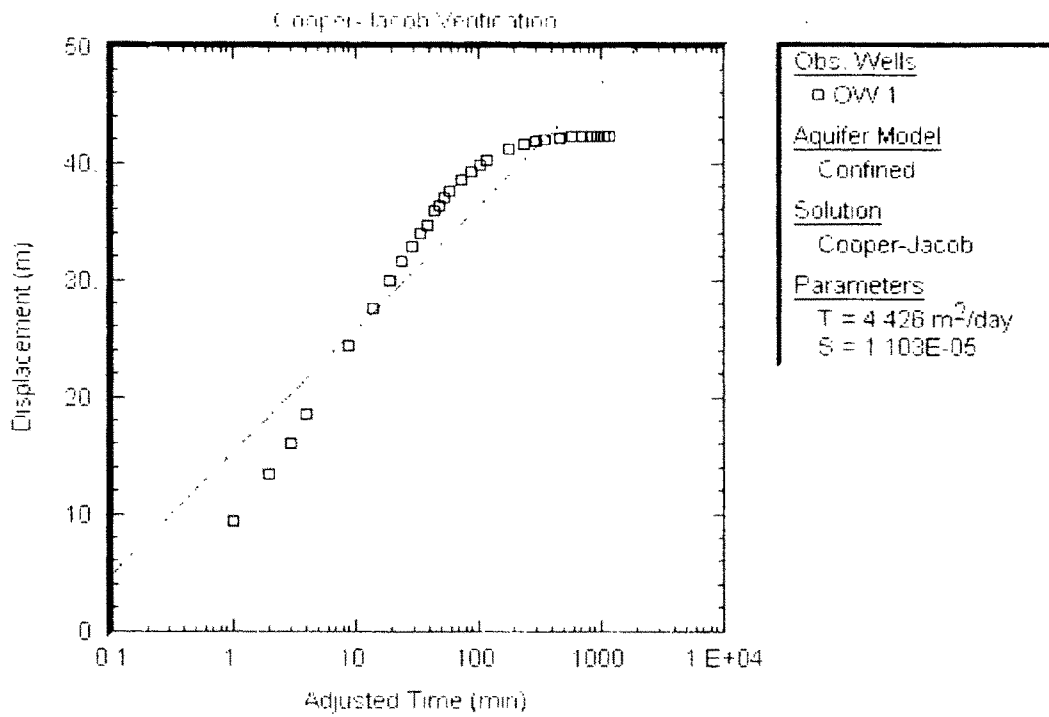
T : 투수량계수

t : 양수시간

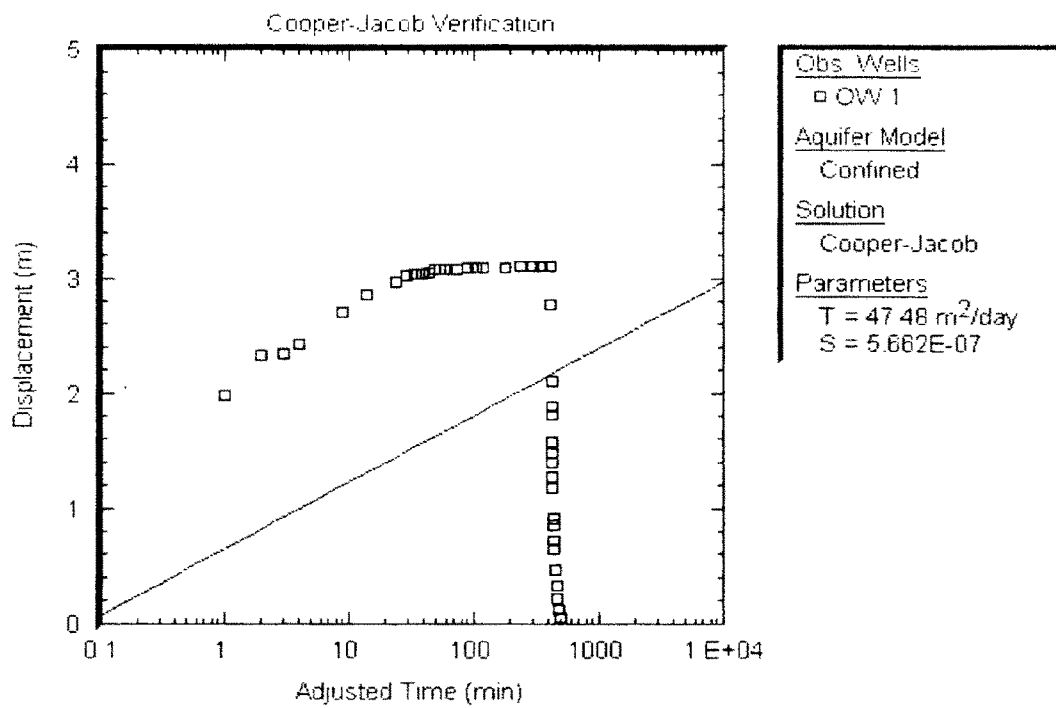
r : 양수정 관측정과의 거리

u : 정호계수

t₀ : 수위하강하가 0인 지점을 만나는 교점 (시간)

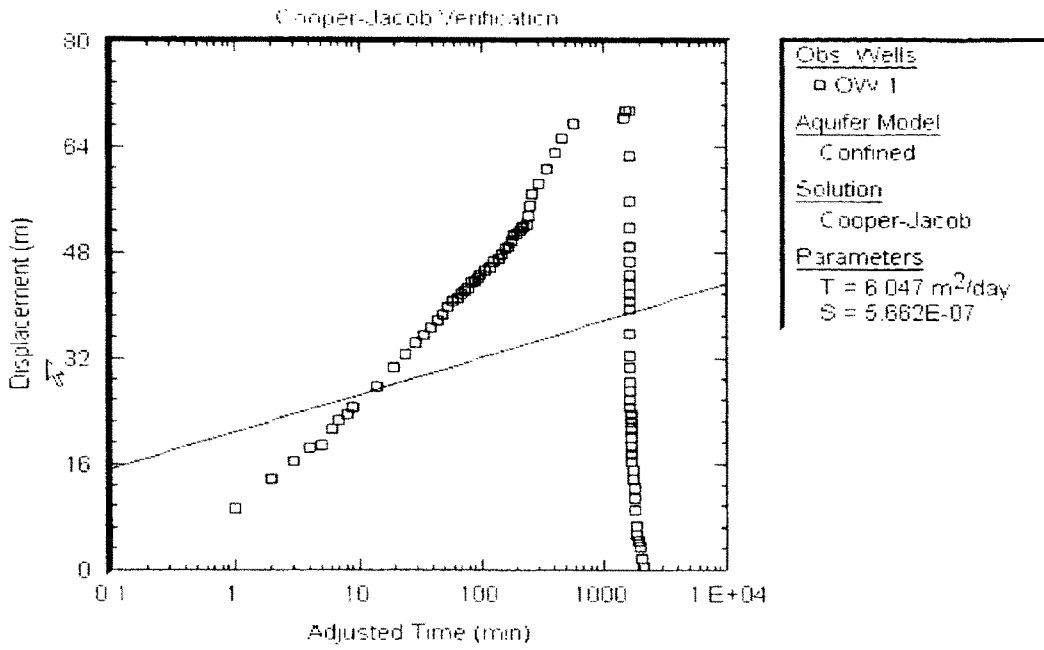


D-375 (HOI-YANG)

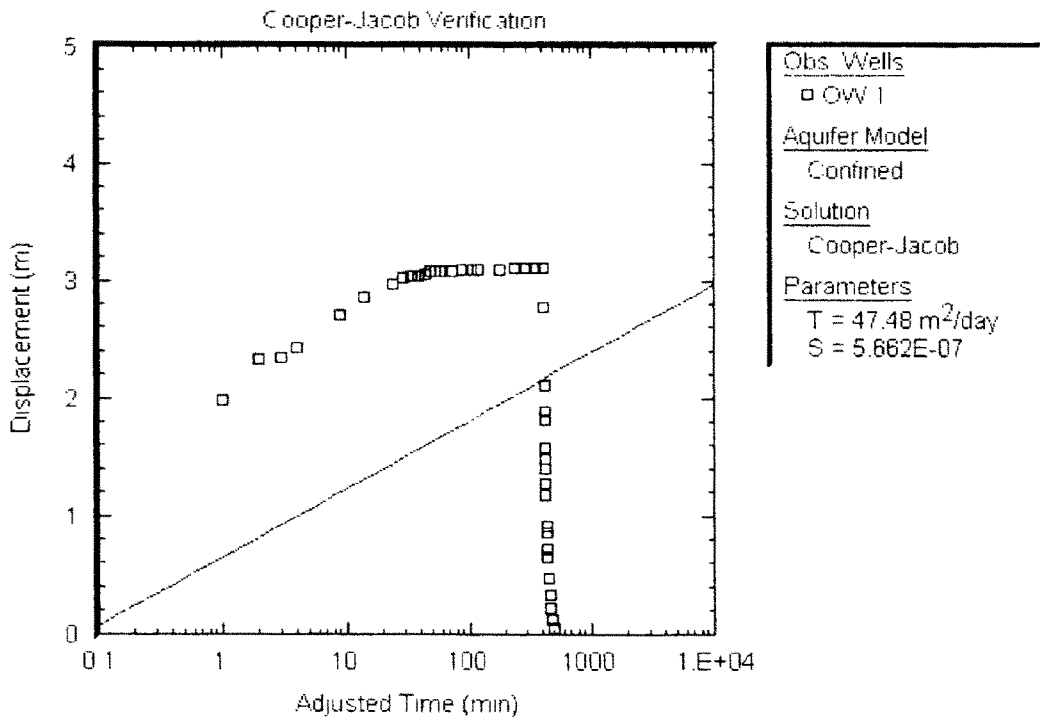


D-376 (JUNG-DAE)

<그림. 3-19> 양수시험 결과도 (Curve Matching)

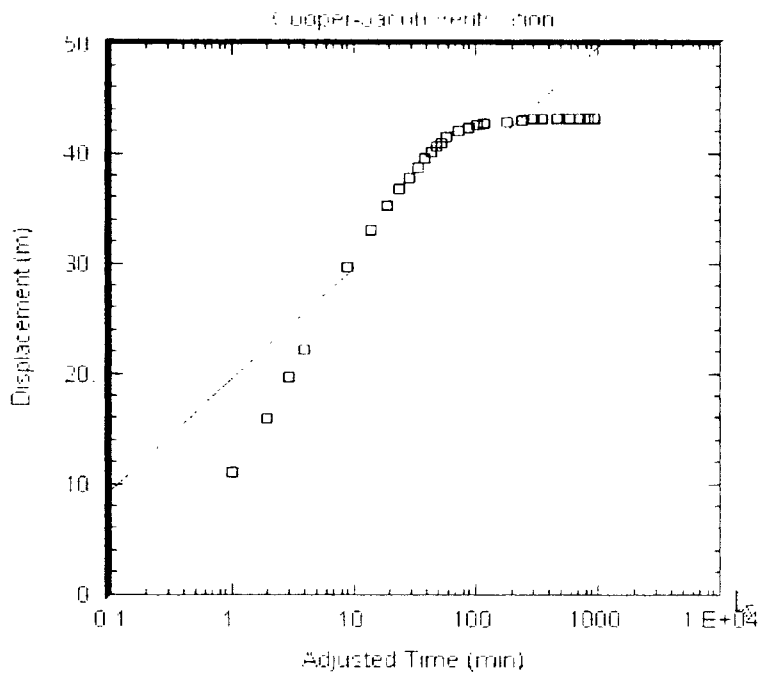


D-377 (JOOG-GO)



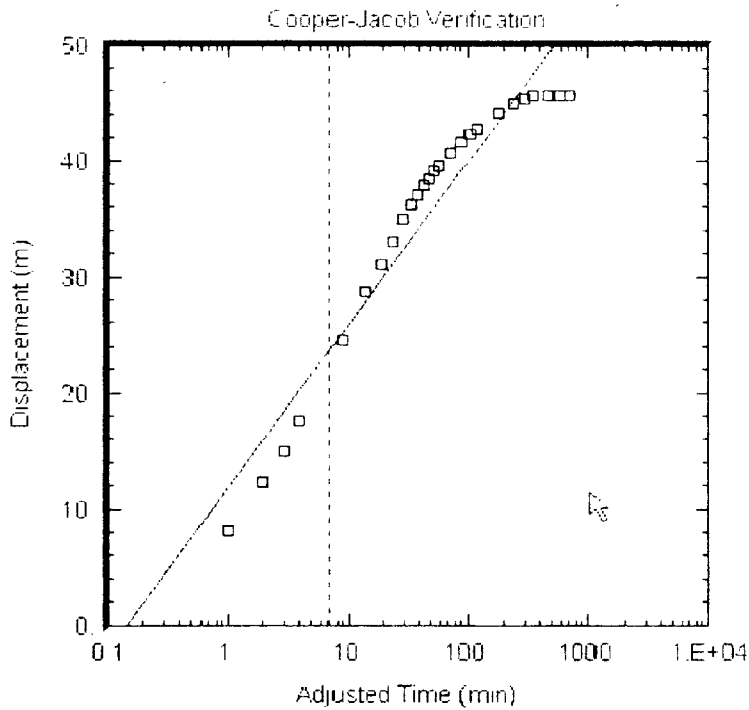
D-378 (BAEK-JUNG)

<그림. 3-19> 계속



Obs. Wells
 □ OW 1
 Aquifer Model
 Confined
 Solution
 Cooper-Jacob
 Parameters
 T = 4.75 m²/day
 S = 0.003778

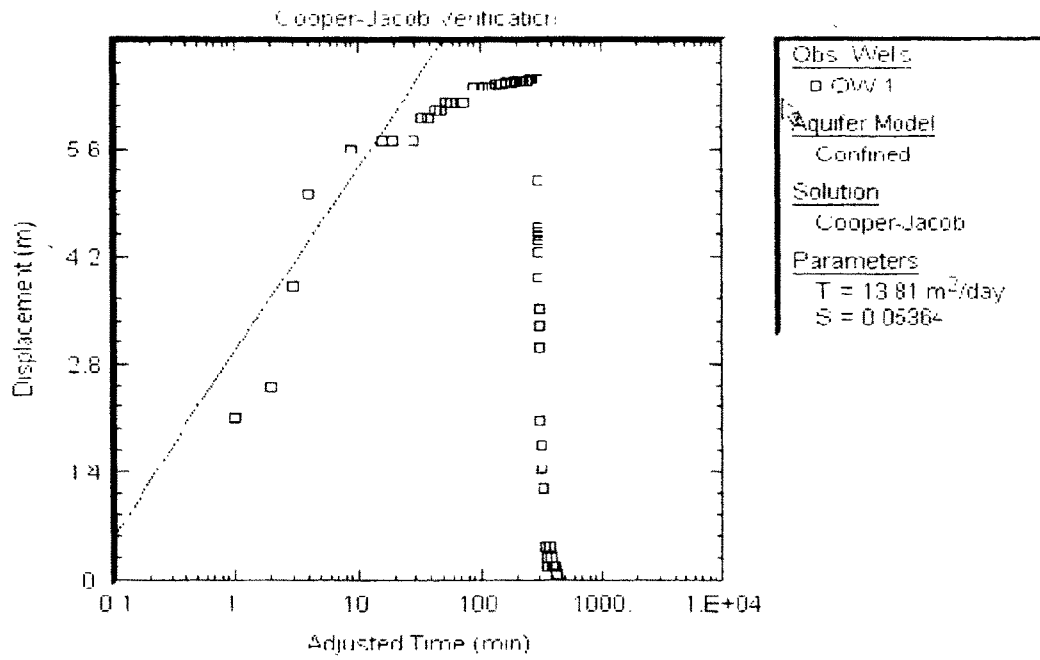
D-379 (DUG-AM)



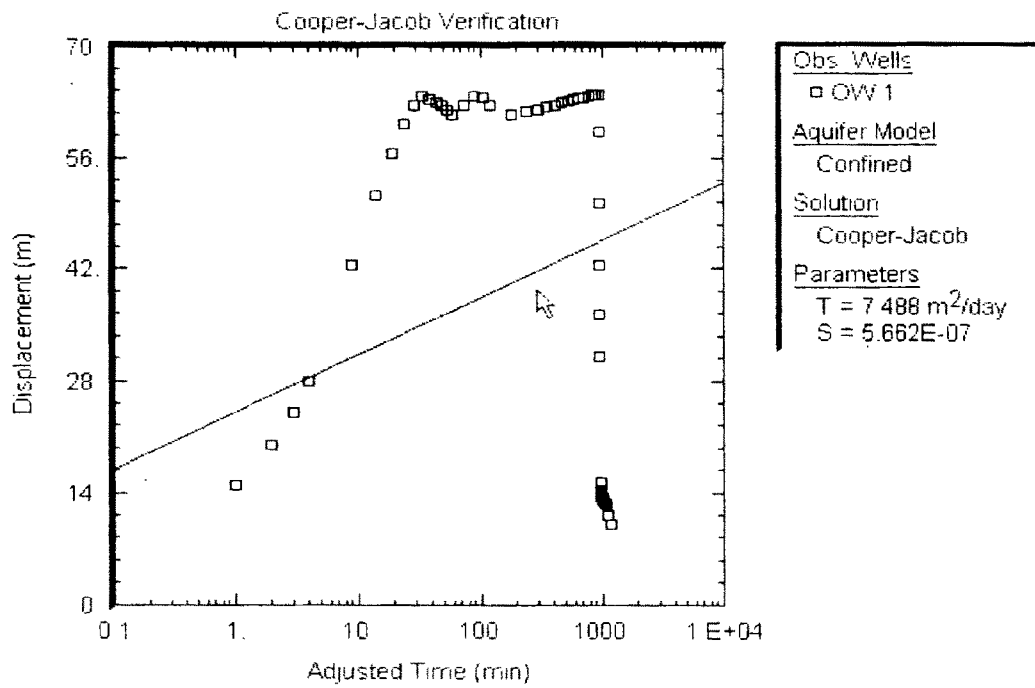
Obs. Wells
 □ OW 1
 Aquifer Model
 Confined
 Solution
 Cooper-Jacob
 Parameters
 T = 3.394 m²/day
 S = 0.0006295

D-380 (GUM-YANG)

<그림. 3-19> 계속



MOON-RIM



MOO-GOG

<그림. 3-19> 계속

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

수리상수의 산출은 상기 방정식을 토대로 양수시험 해석프로그램인 AQTESOLV를 이용하였다. 시험결과 조사지역 암반대수층 지하수의 평균 투수량 계수는 $11.19\text{m}^2/\text{일}$ 이다. 지질별로 투수량 계수를 산출하면 퇴적암 $15.98\text{m}^2/\text{일}$, 화강암 $2.34\text{m}^2/\text{일}$, 편마암 $2.9\text{m}^2/\text{일}$ 이다.

4. 시설관정 이용실태 조사

4-1. 시설관정 현황 조사

'80년대이후 조사·개발된 시추공, 착정공을 대상으로 우선 건설교통부에서 매년 지하수 통계를 내고 있는 두레박 Program을 이용하여 합천 시설관정에 대해 조사하고, 누락된 자료에 대해서는 담당 행정기관의 자료를 수집, 그 관정들에 대해 현장조사를 실시하여 용도, 심도, 사용량, 자연수위, 현장간이수질 등을 조사하였으며, 그외 최근 개발하게 시작된 관정들에 대해서도 현장답사를 통하여 조사가능한 범위 내에서 실태조사를 실시하여 지하수이용실태 조사자료로 활용하였다.

이번에 조사된 시설관정은 총 825개소이고, 그중 조사항목에서 중요 항목들이 조사되지 못한 관정을 제외하고 388개소의 자료를 추출하여 분석을 실시하였다. 총 조사관정중 암반관정이 378개소 충적관정이 10개소로 조사되었으나 미조사된 사설관정 또한 상당수 존재할 것으로 판단된다.

조사된 자료를 통하여 이용실태를 분석하면 심도별로는 충적관정의 개발심도는 평균 9.28m이고, 암반관정은 그 심도가 100~150m로 평균심도는 96.9m이다.

조사된 지하수개발 이용시설은 총 388공에 양수능력은 59,796m³/일이고, 암반관정은 378공 59,334m³/일로서 평균 156.9m³/일의 지하수를 이용하고 있으며, 충적관정 10개소는 평균 심도가 9.3m이고, 총 양수량이 462m³/일로서 평균 46.2m³/일을 쓰고 있는 것으로 나타났다.

조사된 암반관정을 면별로 보면 울곡면이 37개소로 가장 많고 다음으로 합천읍이 34개소이나 양수량으로 볼 때는 합천읍이 6,469m³/일로서 공당 평균 190.3m³/일로 가장 많은 사용량을 보인다. 반면, 가야면은 조사된 암반관정이 7개소, 양수량이 712m³/일로서 가장 적은 분포를 보인다.

조사지구에 존재하는 충적관정은 주로 개인 농업용으로 이용중인 것이 많고, 그 다음으로 개인 생활용수 용도로 많이 사용되는데 대부분의 농업용 관정은 소형관정들로 담당 행정기관에서 관리되지 않은 관정이 많았고 현장에서 심도, 양수량과 같은 주요 조사항목을 조사할 수 없는 경우가 대부분이었다.

<표.4-1> 시설관정 현황

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
D-1	가야	가천	118.06	249.36	70	250	150	생활용수	96
D-2	가야	대전	117.27	249.40	85	200	250	생활용수	97
D-3	가야	구미	118.67	249.25	76	200	17	생활용수	95
D-4	가야	구미	119.09	249.70	80	250	100	농업용수	97
D-5	가야	구미	119.46	248.76	85	200	38	생활용수	97
D-6	가야	매화	120.65	249.46	70	100	80	과수용	96
D-7	가야	사촌	120.28	249.95	100	200	77	생활용수	97
D-8	야로	하빈	126.31	247.84	120	200	60	생활용수	95
D-9	야로	하빈	126.50	247.59	160	250	160	농업용수	90
D-10	야로	금평	126.34	245.92	150	250	200	농업용수	96
D-11	야로	금평	126.49	245.53	85	200	50	생활용수	96
D-12	야로	청계	127.75	244.14	100	200	80	생활용수	93
D-13	야로	청계	127.58	246.06	80	200	60	생활용수	97
D-14	야로	하림	122.43	249.56	70	200	110	생활용수	97
D-15	야로	하림	123.06	251.10	230	200	140	생활용수	97
D-16	야로	하림	123.56	251.56	120	200	200	생활용수	95
D-17	야로	야로	124.38	246.26	80	300	250	생활용수	96
D-18	야로	청계	127.30	243.25	110	200	45	생활용수	91
D-19	야로	나대	125.28	249.35	100	250	120	농업용수	94
D-20	묘산	광산	120.14	238.40	93	200	400	농업용수	83
D-21	묘산	사리	118.94	238.06	200	200	120	생활용수	94
D-22	묘산	화양	120.80	244.50	80	250	200	생활용수	95
D-23	묘산	화양	121.83	242.96	105	250	180	농업용수	96
D-24	묘산	산재	119.44	240.34	80	150	100	생활용수	98
D-25	묘산	가산	121.40	240.71	100	200	260	생활용수	98
D-26	묘산	도목	120.14	241.20	83	250	450	농업용수	97
D-27	묘산	안성	121.65	241.74	100	200	67	생활용수	96
D-28	묘산	관기	120.67	239.40	200	250	216	농업용수	98
D-29	묘산	가산	120.61	240.33	90	250	260	농업용수	94
D-30	묘산	가산	122.85	242.60	80	200	116	농업용수	96
D-31	봉산	노곡	108.89	233.20	80	200	180	생활용수	94
D-32	봉산	노곡	108.50	234.14	150	200	200	생활용수	97
D-33	봉산	노곡	108.73	233.84	98	200	200	농업용수	94
D-34	봉산	양지	109.83	233.24	100	250	200	농업용수	93

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
D-35	봉산 양지	109.77	233.35	90	200	100	생활용수	95	
D-36	봉산 양지	109.70	232.43	80	250	50	생활용수	96	
D-37	봉산 양지	110.29	232.82	47	250	100	농업용수	93	
D-38	봉산 양지	110.29	233.05	100	250	200	농업용수	95	
D-39	봉산 고산	111.10	234.06	70	200	115	생활용수	94	
D-40	봉산 봉계	111.28	234.90	80	180	120	생활용수	98	
D-41	봉산 압곡	113.90	238.12	90	300	150	생활및농업	94	
D-42	봉산 압곡	113.96	237.82	90	200	120	농업용수	93	
D-43	봉산 압곡	114.16	239.00	100	250	300	농업용수	95	
D-44	봉산 압곡	114.75	237.84	90	200	130	농업용수	95	
D-45	봉산 김봉	113.05	236.36	120	200	120	생활용수	85	
D-46	봉산 권빈	116.04	230.95	95	250	300	농업용수	97	
D-47	봉산 권빈	115.92	235.45	60	250	100	농업용수	97	
D-48	봉산 권빈	116.01	236.36	100	200	150	농업용수	94	
D-49	봉산 계산	115.30	235.00	80	250	100	농업용수	95	
D-50	봉산 계산	115.21	233.93	130	250	300	농업용수	92	
D-51	봉산 계산	114.83	233.75	125	200	200	농업용수	87	
D-52	봉산 송림	113.10	235.04	150	200	200	생활용수	97	
D-53	합천 인곡	118.08	233.95	90	200	300	생활용수	96	
D-54	합천 인곡	118.46	234.25	90	200	75	농업용수	94	
D-55	합천 관자	118.80	234.78	92	200	180	생활용수	97	
D-56	합천 관자	118.90	234.95	70	200	87	농업용수	94	
D-57	합천 관자	118.97	234.59	78	200	116	농업용수	85	
D-58	합천 관자	118.89	234.32	76	200	88	농업용수	92	
D-59	합천 장계	119.68	234.78	86	250	125	농업용수	95	
D-60	합천 장계	120.17	234.81	57	200	360	농업용수	85	
D-61	합천 장계	120.46	235.31	80	200	125	농업용수	96	
D-62	합천 징계	120.68	236.63	70	250	486	농업용수	96	
S-1	합천 서산	122.57	233.46	9	200	80	농업용수	86	
D-63	합천 서산	122.86	233.19	70	200	178	생활용수	97	
S-2	합천 서산	122.56	233.08	10	300	14	농업용수	88	
D-64	합천 외곡	121.92	236.75	140	200	39	생활용수	97	
D-65	합천 외곡	122.01	236.56	108	250	180	농업용수	97	
D-66	합천 외곡	122.04	237.15	80	250	67	농업용수	97	
D-67	합천 외곡	122.23	237.75	80	200	54	생활용수	96	
D-68	합천 외곡	122.47	237.50	100	200	120	농업용수	83	

ID	면	리	좌 표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용 도	개발 연도	비고
			X	Y						
D-69	합천	내곡	122.82	238.00	120	200	185	농업용수	97	
D-70	합천	내곡	122.95	238.29	100	200	150	생활및농업	96	
D-71	합천	내곡	122.71	238.20	120	200	98	생활용수	95	
D-72	합천	용계	124.81	236.66	149	250	177	농업용수	93	
D-73	합천	용계	124.83	237.01	100	200	354	생활용수	96	
D-74	합천	용계	124.18	237.75	100	200	400	생활용수	98	
D-75	합천	금양	124.18	235.50	150	250	320	농업용수	83	
D-76	합천	금양	124.28	235.14	74	250	410	농업용수	85	
D-77	합천	금양	124.27	234.93	130	200	80	생활용수	98	
D-78	합천	금양	124.32	234.06	93	200	250	농업용수	85	
D-79	합천	금양	124.67	233.42	86	250	78	생활용수	98	
D-80	합천	금양	124.90	232.94	100	200	100	생활용수	90	
D-81	합천	영창	124.33	231.29	83	250	130	농업용수	97	
S-3	합천	영창	123.52	230.46	10	200	14	농업용수	84	
D-82	합천	서산	122.81	232.09	100	200	220	생활용수	97	
D-83	합천	서산	120.47	232.89	100	200	187	생활용수	97	
D-84	합천	서산	121.89	232.83	86	250	130	농업용수	95	
D-85	합천	서산	122.24	232.67	70	200	270	생활용수	94	
D-86	합천	서산	122.42	231.54	80	200	350	농업용수	84	
D-87	울곡	낙민	130.96	231.34	70	200	350	농업용수	84	
D-88	울곡	낙민	130.61	231.37	83	200	402	농업용수	93	
D-89	울곡	갑산	132.60	232.47	50	150	38	생활용수	94	
D-90	울곡	갑산	131.47	232.57	100	200	40	생활용수	96	
D-91	울곡	갑산	131.96	232.16	100	200	70	농업용수	98	
D-92	울곡	내천	131.11	235.08	120	200	200	농업용수	94	
D-93	울곡	내천	131.16	234.86	98	200	300	농업용수	97	
D-94	울곡	낙민	129.71	231.80	124	200	200	농업용수	97	
D-95	울곡	낙민	129.77	232.05	80	200	24	농업용수	84	
D-96	울곡	낙민	131.94	230.70	110	200	60	농업용수	98	
D-97	울곡	영진	131.94	229.95	120	250	100	농업용수	94	
D-98	울곡	노양	126.84	238.86	73	200	170	농업용수	94	
D-99	울곡	노양	126.68	239.06	100	250	100	생활용수	95	
D-100	울곡	노양	127.16	237.53	70	150	25	생활용수	96	
D-101	울곡	노양	126.69	237.54	50	200	200	농업용수	94	
D-102	울곡	노양	126.15	238.41	200	200	120	생활용수	98	
D-103	울곡	노양	126.83	236.80	85	200	47	농업용수	85	

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
D-104	울곡 노양	126.69	236.51	98	250	80	농업용수	92	
D-105	울곡 노양	126.91	236.20	70	200	30	생활용수	92	
D-106	울곡 노양	126.37	236.42	140	250	300	농업용수	95	
D-107	울곡 노양	126.52	236.67	80	200	50	생활용수	96	
D-108	울곡 와리	128.06	237.60	85	200	100	생활용수	95	
D-109	울곡 기리	127.40	234.92	120	200	120	생활용수	94	
D-110	울곡 기리	129.55	237.09	180	200	35	생활용수	94	
D-111	울곡 울진	126.70	234.17	70	250	190	농업용수	95	
D-112	울곡 울진	125.94	233.60	75	200	250	농업용수	94	
D-113	울곡 울진	125.56	234.04	83	250	150	생활용수	94	
D-114	울곡 향곡	128.39	233.26	60	200	200	생활용수	94	
D-115	울곡 문림	126.59	230.47	48	200	80	생활용수	94	
D-116	울곡 임북	125.33	230.03	78	150	110	생활용수	98	
D-117	울곡 본천	126.62	229.15	118	200	200	농업용수	94	
D-118	울곡 본천	126.78	228.80	87	250	100	농업용수	92	
D-119	울곡 본천	127.17	226.89	95	200	200	생활용수	90	
D-120	울곡 본천	126.62	229.34	68	200	120	생활용수	94	
D-121	울곡 본천	126.96	229.17	94	250	150	농업용수	97	
D-122	울곡 제내	127.60	231.76	150	200	200	생활용수	93	
D-123	울곡 제내	128.26	232.20	120	200	100	농업용수	96	
D-124	쌍책 상신	133.36	237.51	157	150	200	생활용수	96	
D-125	쌍책 하신	131.81	236.54	150	200	120	생활용수	94	
D-126	쌍책 하신	131.09	237.00	70	250	100	생활용수	96	
D-127	쌍책 하신	132.37	236.25	180	200	200	생활용수	98	
D-128	쌍책 사양	134.17	236.30	110	200	150	생활용수	95	
D-129	쌍책 사양	134.47	237.05	135	250	170	농업용수	94	
D-130	쌍책 사양	133.37	235.16	80	250	150	농업용수	96	
D-131	쌍책 건태	133.05	233.67	150	200	130	생활용수	97	
D-132	쌍책 건태	132.32	234.49	80	200	90	생활용수	94	
D-133	쌍책 덕봉	134.29	234.06	110	200	170	생활용수	96	
D-134	쌍책 덕봉	134.50	233.66	450	250	500	온천용	94	
D-135	쌍책 덕봉	134.40	234.44	80	250	150	농업용수	95	
D-136	쌍책 상포	134.15	231.53	75	200	100	농업용수	93	
D-137	쌍책 상포	133.94	231.42	100	200	120	농업용수	95	
D-138	쌍책 상포	134.05	232.81	110	200	150	생활용수	95	
D-139	쌍책 상포	133.25	231.90	55	200	100	농업용수	95	

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
D-140	쌍책	성산	134.80	232.00	100	250	120	농업용수	97
D-141	쌍책	오서	133.66	230.65	90	150	100	생활용수	98
D-142	쌍책	오서	133.65	230.49	40	200	100	생활용수	96
D-143	덕곡	울원	133.95	238.50	101	200	293	농업용수	97
D-144	덕곡	울원	136.00	237.34	100	250	200	농업용수	98
D-145	덕곡	본곡	137.60	238.16	100	250	192	농업용수	98
D-146	덕곡	장리	137.95	236.47	70	200	72	생활용수	93
D-147	덕곡	장리	137.55	236.42	96	200	100	농업용수	95
D-148	덕곡	장리	138.24	236.19	150	200	270	생활용수	97
D-149	덕곡	장리	138.77	236.18	96	200	27	생활용수	97
D-150	덕곡	장리	138.53	236.47	100	200	40	생활용수	95
D-151	덕곡	장리	138.82	236.35	120	200	150	생활용수	96
D-152	덕곡	장리	139.85	236.05	100	200	37	농업용수	94
D-153	덕곡	포두	140.80	238.16	130	250	115	생활용수	95
D-154	덕곡	포두	140.55	237.69	60	200	20	농업용수	97
D-155	덕곡	포두	141.52	237.52	50	200	80	농업용수	94
D-156	덕곡	포두	140.55	236.92	80	250	42	생활용수	96
D-157	덕곡	울지	141.65	235.46	50	200	100	농업용수	94
D-158	덕곡	학리	141.00	236.44	100	250	180	생활용수	97
D-159	덕곡	학리	141.25	236.44	105	200	130	생활용수	91
D-160	덕곡	학리	141.57	236.16	23	200	130	농업용수	97
D-161	덕곡	학리	141.59	236.00	30	150	28	농업용수	97
D-162	덕곡	울지	141.47	235.13	60	200	110	농업용수	96
D-163	덕곡	울지	141.30	235.21	80	200	80	농업용수	97
D-164	덕곡	울지	140.98	235.54	40	200	100	농업용수	94
D-165	대병	대지	106.91	227.89	45	200	80	생활용수	97
D-166	대병	대지	107.90	228.16	110	200	140	생활용수	94
D-167	대병	대지	107.56	228.47	180	250	200	농업용수	97
D-168	대병	하금	108.46	226.00	120	250	140	농업용수	96
D-169	대병	역평	109.82	230.13	250	200	280	농업용수	97
D-170	대병	역평	110.21	230.70	150	200	200	생활및농업	94
D-171	대병	성리	114.31	225.82	110	200	250	농업용수	94
D-172	대병	성리	115.68	226.96	80	200	180	농업용수	94
D-173	대병	성리	114.96	226.43	90	200	180	농업용수	97
D-174	대병	장단	113.68	225.50	120	200	260	농업용수	95
D-175	대병	장단	113.04	224.51	80	200	160	농업용수	96

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
D-176	대병	장단	112.70	224.60	80	200	120	생활용수	96
D-177	대병	장단	113.22	224.19	160	250	270	농업용수	95
D-178	대병	양리	111.89	224.12	120	250	90	농업용수	83
D-179	대병	회양	110.80	224.75	80	200	130	생활용수	97
D-180	대병	회양	110.87	225.68	50	100	80	생활용수	95
D-181	대병	회양	110.74	225.24	80	250	180	농업용수	97
D-182	대병	회양	110.54	225.12	80	250	200	농업용수	98
D-183	대병	장단	114.30	224.67	100	250	200	농업용수	98
D-184	대병	상천	111.96	228.58	30	200	100	생활및농업	94
D-185	대병	상천	111.82	228.43	40	200	120	생활및농업	94
D-186	대병	성리	113.84	228.70	120	250	280	생활용수	96
D-187	용주	월령	121.48	230.47	154	200	170	농업용수	93
D-188	용주	월령	120.81	230.47	30	250	160	농업용수	96
D-189	용주	월령	120.55	230.28	30	250	140	농업용수	96
D-190	용주	방곡	118.80	230.56	154	250	170	농업용수	94
D-191	용주	방곡	118.79	230.61	120	250	300	농업용수	88
D-192	용주	방곡	118.27	231.10	150	250	250	농업용수	95
D-193	용주	방곡	118.27	231.32	122	200	70	농업용수	94
D-194	용주	우곡	116.49	230.76	120	200	400	농업용수	92
D-195	용주	우곡	116.40	231.15	190	200	270	농업용수	92
D-196	용주	우곡	116.64	230.64	70	200	60	농업용수	85
D-197	용주	봉기	117.07	228.36	80	200	120	농업용수	94
D-198	용주	죽죽	113.02	228.40	57	200	130	생활용수	95
D-199	용주	내가	114.12	228.71	86	200	80	생활용수	97
D-200	용주	내가	115.73	228.10	90	250	112	농업용수	91
D-201	용주	내가	114.64	228.05	70	200	68	농업용수	92
D-202	용주	황계	117.60	223.65	230	250	120	농업용수	97
D-203	용주	황계	115.35	223.20	80	250	480	농업용수	95
D-204	용주	공암	117.79	221.30	100	200	120	농업용수	94
D-205	용주	공암	118.16	221.16	67	200	150	생활용수	95
D-206	용주	장전	119.50	223.50	130	200	125	농업용수	92
D-207	용주	장전	119.56	224.11	118	200	120	농업용수	93
D-208	용주	노리	120.47	225.15	138	200	150	농업용수	92
D-209	용주	팔산	122.98	225.61	130	250	75	농업용수	77
S-4	용주	선목	119.75	227.71	11	200	50	농업용수	84
S-5	용주	선목	120.17	227.90	12	200	14	농업용수	84

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
S-6	용주 선목	120.36	228.06	10	100	40	농업용수	85	
D-210	대양 도리	123.29	222.75	80	250	40	농업용수	90	
D-211	대양 도리	123.15	222.57	25	75	50	농업용수	88	
D-212	대양 함지	123.95	222.00	90	200	354	농업용수	86	
D-213	대양 함지	124.00	221.50	95	150	120	생활용수	97	
D-214	대양 양산	124.65	222.76	90	200	80	농업용수	97	
D-215	대양 안금	125.79	221.47	70	200	690	생활용수	95	
D-216	대양 안금	126.26	222.00	80	200	23	농업용수	96	
D-217	대양 안금	126.71	222.28	170	200	200	생활용수	98	
D-218	대양 안금	126.64	221.63	90	200	23	농업용수	92	
D-219	대양 대목	124.24	225.77	100	200	70	생활용수	95	
D-220	대양 대목	124.30	224.76	40	200	39	농업용수	94	
D-221	대양 덕정	125.44	223.89	150	200	150	생활용수	96	
D-222	대양 덕정	125.20	224.18	100	200	360	생활용수	92	
D-223	대양 덕정	125.02	224.09	70	200	116	생활용수	86	
D-224	대양 덕정	126.35	223.41	64	200	70	생활용수	91	
D-225	대양 무곡	125.62	225.00	80	250	320	농업용수	95	
D-226	대양 무곡	126.00	224.72	100	200	140	농업용수	97	
D-227	대양 무곡	126.34	224.83	150	200	200	생활용수	96	
D-228	대양 무곡	127.39	224.48	120	200	180	농업용수	97	
D-229	대양 무곡	127.84	224.80	150	250	300	생활용수	98	
D-230	대양 무곡	126.04	224.94	195	200	290	생활용수	98	
D-231	대양 백암	128.35	222.51	110	250	250	농업용수	93	
D-232	대양 백암	128.10	222.24	70	150	80	농업용수	98	
D-233	대양 백암	128.10	221.89	90	200	120	농업용수	94	
D-234	대양 백암	128.19	233.44	110	250	200	농업용수	97	
D-235	초계 택리	131.25	228.45	100	200	120	생활용수	98	
D-236	초계 택리	131.26	228.77	60	200	80	농업용수	95	
D-237	초계 유하	131.35	227.71	50	100	100	농업용수	94	
D-238	초계 원당	131.22	226.88	70	200	140	농업용수	95	
D-239	초계 유하	131.45	227.33	80	200	150	생활용수	89	
D-240	초계 중리	132.35	229.39	45	150	40	농업용수	88	
D-241	초계 중리	132.35	229.00	45	200	60	농업용수	88	
D-242	초계 중리	132.13	228.81	60	200	60	농업용수	93	
S-7	초계 관평	133.67	228.30	6	150	50	농업용수	93	
D-243	초계 관평	133.54	228.36	70	200	150	농업용수	92	

ID	면	리	좌 표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용 도	개발 연도	비고
			X	Y						
D-244	초계	관평	133.06	227.97	30	50	40	농업용수	91	
S-8	초계	관평	133.28	227.95	5	100	40	농업용수	89	
S-9	초계	관평	133.34	228.13	5	100	40	농업용수	90	
D-245	초계	관평	133.33	228.29	67	150	100	농업용수	94	
D-246	초계	신촌	131.76	225.48	88	200	125	농업용수	95	
D-247	초계	신촌	131.85	225.34	50	250	60	농업용수	96	
D-248	초계	신촌	131.99	225.09	80	200	100	농업용수	98	
D-249	초계	상대	131.87	226.08	170	200	50	생활용수	94	
D-250	초계	상대	131.89	226.56	100	200	50	농업용수	92	
D-251	초계	상대	132.52	226.35	80	200	120	농업용수	94	
D-252	초계	상대	131.66	226.24	42	200	70	농업용수	92	
D-253	초계	상대	131.80	226.24	70	200	100	농업용수	94	
D-254	초계	중리	132.20	228.82	125	200	150	농업용수	96	
D-255	초계	중리	132.12	228.70	160	200	80	농업용수	96	
D-256	초계	중리	132.10	228.54	35	200	100	농업용수	90	
D-257	초계	중리	132.04	228.41	45	200	160	농업용수	90	
D-258	초계	중리	132.24	228.34	45	200	80	농업용수	91	
D-259	초계	중리	132.34	228.54	60	200	70	농업용수	94	
D-260	초계	대동	131.50	228.67	35	200	300	농업용수	95	
D-261	초계	택리	131.46	228.49	80	200	100	농업용수	96	
D-262	초계	유하	131.29	227.55	35	200	100	생활용수	95	
D-263	초계	유하	131.20	226.21	80	200	80	생활용수	97	
D-264	적중	죽고	136.02	230.45	100	200	170	농업용수	94	
D-265	적중	죽고	136.24	230.45	120	200	185	농업용수	93	
D-266	적중	죽고	136.19	230.26	100	200	150	농업용수	95	
D-267	적중	죽고	136.64	230.08	75	200	150	농업용수	95	
D-268	적중	옥두	135.89	227.97	45	200	120	농업용수	98	
D-269	적중	옥두	135.86	227.81	30	200	150	농업용수	95	
D-270	적중	두방	135.66	226.19	80	200	100	농업용수	93	
D-271	적중	황정	135.39	226.64	70	200	100	농업용수	96	
D-272	적중	부수	135.30	227.55	70	200	150	농업용수	92	
D-273	적중	양림	133.62	226.26	60	200	90	생활용수	86	
D-274	적중	황정	134.35	226.56	80	200	100	농업용수	92	
D-275	적중	상부	134.54	228.25	70	200	120	농업용수	95	
D-276	적중	상부	134.80	227.78	80	200	120	농업용수	94	
D-277	청덕	운봉	135.82	235.43	90	250	270	농업용수	96	

ID	면	리	좌 표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용	도	개발 연도	비고
			X	Y							
D-278	청덕	운봉	135.60	235.42	80	200	80	생활용수	95		
D-279	청덕	운봉	136.47	235.32	104	200	150	농업용수	94		
D-280	청덕	운봉	136.85	234.96	85	250	180	농업용수	92		
D-281	청덕	운봉	137.64	234.28	90	250	175	농업용수	98		
D-282	청덕	소례	138.00	233.80	116	200	250	농업용수	94		
D-283	청덕	소례	138.37	233.64	84	200	100	농업용수	86		
D-284	청덕	소례	139.42	233.49	100	250	80	농업용수	97		
D-285	청덕	삼학	139.81	232.10	100	150	70	농업용수	96		
D-286	청덕	삼학	140.13	231.50	116	200	40	농업용수	94		
D-287	청덕	성태	138.27	231.92	100	200	153	생활용수	95		
D-288	청덕	뢰리	137.11	230.77	70	200	48	생활용수	90		
D-289	청덕	두곡	137.50	228.49	130	250	116	농업용수	98		
D-290	청덕	두곡	137.36	228.54	135	200	41	생활용수	94		
D-291	청덕	두곡	138.00	228.30	180	200	120	생활용수	96		
D-292	청덕	두곡	138.10	228.02	120	250	150	농업용수	95		
D-293	청덕	가현	139.04	230.00	130	200	120	생활용수	88		
D-294	청덕	초곡	138.39	224.76	90	200	135	농업용수	92		
D-295	청덕	초곡	138.72	224.40	75	250	300	농업용수	92		
D-296	청덕	양진	141.81	222.95	130	200	54	생활용수	95		
D-297	청덕	양진	142.40	223.00	40	200	100	농업용수	96		
D-298	청덕	양진	142.26	223.23	30	200	110	농업용수	95		
D-299	청덕	양진	141.78	225.35	80	200	80	생활용수	95		
D-300	청덕	대부	139.66	226.40	86	200	120	생활용수	95		
D-301	청덕	대부	140.25	227.35	48	200	40	생활용수	95		
D-302	가회	둔내	110.39	221.06	72	250	578	농업용수	92		
D-303	가회	둔내	109.24	219.45	120	150	430	농업용수	97		
S-10	가회	중촌	109.69	218.31	15	200	120	생활용수	94		
D-304	가회	중촌	109.38	216.65	85	200	240	생활용수	97		
D-305	가회	오도	110.77	217.50	56	200	110	농업용수	93		
D-306	가회	오도	111.41	217.16	120	200	115	생활용수	98		
D-307	가회	오도	112.40	216.86	150	150	85	농업용수	94		
D-308	가회	덕촌	110.45	215.20	70	200	95	농업용수	95		
D-309	가회	덕촌	110.32	215.06	80	200	130	농업용수	94		
D-310	가회	덕촌	110.60	215.44	150	200	150	생활용수	96		
D-311	가회	덕촌	111.86	215.81	85	150	70	생활용수	88		
D-312	가회	도탄	111.96	220.95	150	200	270	농업용수	94		

ID	면	리	좌 표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용 도	개발 연도	비고
			X	Y						
D-313	가회	도탄	112.54	219.55	150	200	90	생활용수	95	
D-314	가회	도탄	111.35	219.74	128	200	200	생활용수	94	
D-315	가회	도탄	111.65	218.75	41	200	100	생활용수	94	
D-316	가회	도탄	111.85	218.55	80	200	110	농업용수	94	
D-317	가회	장대	113.25	217.66	85	100	60	생활용수	97	
D-318	가회	장대	113.95	216.03	93	250	318	농업용수	97	
D-319	가회	장대	114.70	216.71	88	200	85	농업용수	95	
D-320	가회	장대	115.25	217.69	90	100	54	농업용수	95	
D-321	가회	덕촌	112.00	215.50	120	200	100	농업용수	96	
D-322	가회	함방	112.58	215.24	20	50	120	농업용수	91	
D-323	가회	함방	112.60	214.00	150	200	205	생활용수	95	
D-324	가회	외사	116.52	215.75	150	200	135	농업용수	96	
D-325	쌍백	장전	124.10	219.15	100	200	50	생활용수	97	
D-326	쌍백	장전	123.10	218.44	80	250	128	생활용수	96	
D-327	쌍백	장전	123.60	218.40	120	250	160	생활용수	96	
D-328	쌍백	운곡	122.18	217.25	60	200	125	농업용수	95	
D-329	쌍백	하신	121.06	217.23	130	150	100	생활용수	91	
D-330	쌍백	하신	120.63	217.75	80	200	125	생활용수	94	
D-331	쌍백	백역	120.62	219.56	105	200	125	생활용수	91	
D-332	쌍백	평구	121.69	214.44	93	200	200	생활용수	95	
D-333	쌍백	평구	121.50	214.55	93	200	180	생활용수	95	
D-334	쌍백	죽전	121.00	215.50	80	200	125	생활용수	96	
D-335	쌍백	죽전	119.56	216.30	110	200	150	농업용수	95	
D-336	쌍백	죽전	119.26	217.26	80	200	90	농업용수	97	
D-337	쌍백	삼리	119.02	217.56	100	200	200	농업용수	97	
D-338	쌍백	삼리	118.20	218.19	85	200	125	생활용수	92	
D-339	쌍백	외초	114.60	212.78	94	200	125	생활용수	93	
D-340	쌍백	내초	124.89	211.60	100	250	200	농업용수	89	
D-341	쌍백	안계	125.68	214.35	49	250	180	생활용수	94	
D-342	쌍백	평지	124.40	214.67	82	250	180	농업용수	94	
D-343	쌍백	육리	123.42	216.19	100	250	170	농업용수	96	
D-344	쌍백	육리	123.77	216.45	105	200	295	생활용수	95	
D-345	쌍백	육리	125.39	217.45	86	250	180	생활용수	94	
D-346	쌍백	육리	124.96	217.18	100	250	295	생활용수	97	
D-347	쌍백	대곡	126.40	218.70	80	200	125	생활용수	97	
D-348	삼가	하판	119.52	214.91	120	200	120	생활용수	98	

ID	면리	좌표(TM)		심도 (m)	구경 (m/m)	이용량 (m ³ /일)	용도	개발 연도	비고
		X	Y						
D-349	삼가 하판	119.57	216.92	72	200	120	생활용수	93	
D-350	삼가 하판	120.47	214.60	70	200	110	생활용수	94	
D-351	삼가 하판	118.50	216.20	120	200	90	생활용수	96	
D-352	삼가 하판	118.60	216.90	180	250	220	농업용수	96	
D-353	삼가 문송	117.32	217.75	150	200	200	생활용수	96	
D-354	삼가 문송	117.55	214.25	89	200	200	생활용수	85	
D-355	삼가 양전	122.13	214.17	118	250	300	농업용수	94	
D-356	삼가 동리	122.07	213.50	165	250	276	농업용수	97	
D-357	삼가 동리	122.76	213.50	106	150	130	생활용수	90	
D-358	삼가 양전	121.45	213.90	80	200	140	생활용수	95	
D-359	삼가 어전	119.67	211.50	30	200	130	생활용수	89	
D-360	삼가 어전	120.00	211.40	150	200	250	생활용수	94	
D-361	삼가 어전	120.19	211.15	70	200	150	생활용수	94	
D-362	삼가 어전	119.50	210.65	140	200	150	생활용수	95	
D-363	삼가 어전	119.47	210.10	80	200	130	생활용수	96	
D-364	삼가 어전	119.95	210.21	110	200	250	생활용수	95	
D-365	삼가 어전	110.35	206.60	140	150	130	생활용수	91	
D-366	삼가 덕진	116.75	212.96	76	200	250	생활용수	95	
D-367	삼가 학리	116.30	211.58	75	250	800	농업용수	94	
D-368	삼가 학리	117.70	212.25	70	200	130	생활용수	92	
D-369	삼가 외토	117.77	210.05	94	200	250	농업용수	96	
D-370	삼가 외토	117.75	208.55	100	200	250	생활용수	96	
D-371	삼가 외토	117.63	208.15	100	150	250	농업용수	96	
D-372	삼가 외토	117.65	208.05	50	200	250	농업용수	96	
D-373	삼가 외토	117.40	208.10	92	200	300	농업용수	97	
D-374	삼가 외토	116.98	208.45	96	200	300	농업용수	94	
D-375	대병 회양	109.94	255.00	80	200	253	비상용수	98	
D-376	야로 정대	124.64	244.72	120	200	185	생활용수	98	
D-377	적중 죽고	136.93	229.45	160	200	233	생활용수	98	
D-378	쌍책 덕봉	134.90	235.41	124	150	150	농업용수	98	

암반관정은 총 378개공 중에서 생활용수 159공, 농업용수 211공, 농업·생활 겸용수 5공, 기타 3공이 각각 이용되고 있으며, 총적관정 10개공은 주로 농업용수로 9공이 사용되고 생활용수로도 1공이 사용중이다. 개소수의 비율을 볼 때 농업용수가 57%로서 생활용수 45%보다 16%정도 많으나 사용량으로 볼 때는 농업용수가 60%, 생활용수가 38%로 22%나 더 많이 사용되어 주로 농업용수로 이용됨을 알 수 있다.

용도별 이용현황을 보면, 암반관정의 경우 생활용수가 159개소, 22,449m³/일로서 이용량으로 볼 때 전체의 38%를 차지하고, 농업용수가 211개소로 양수량은 35,332m³/일에 달해 전체사용량의 60%로 가장 큰 비율을 차지한다. 개소수에 비해 사용량 비율이 농업용수가 월등함에 따라 주 사용용도는 농업용수임을 알 수 있다. 농업용수와 생활용수를 겸하는 관정이 5개소로 기타 사용되는 관정과 같은 비율인 1% 내외를 차지한다. 총적관정의 경우는 대부분 사용량의 74%가 농업용수로 사용되고 있으며, 그 밖에 기타 과수용이나 온천용, 비상용들이 1%내외의 사용량을 보인다.

면별로 용도별 이용현황의 경우는 생활용수는 삼가면이 총 27개소의 조사된 관정중 18개소를 사용하여 생활용수의 비중이 크게 나타났는데 지하수를 생활용수로 많이 이용하는 곳은 대체로 하천의 유역면적이 넓어 지표수로 농업용수를 충당하기 충분한 지역이다. 삼가면 내를 흐르는 사정천과 양천천이 수지상 수계로 흐르고 있어 농업용수의 수급 평형이 잘 이루어져 생활용수의 비율이 커진 것으로 보인다.

생활용수의 경우는 160공으로 기존 관정중 41%를 차지하나 개인주택 내에 시설된 소형 사설관정 중 대부분이 금번조사에서 파악하기 곤란하여 조사에서 누락된 경우가 많았을 것으로 판단되므로 지하수를 이용한 생활용수의 사용은 이번조사 결과보다 훨씬 많을 것으로 판단된다.

농업용수를 보면 초계면이 27개소로 가장 많은 수를 보였는데 초계면과 적중면은 작은 분지지형을 이루고 중심부에 큰 평야부를 가지고 다작을 주로하여 상대적으로 다른면보다 농업용수의 사용비중이 큰 것으로 보인다. 사용량으로 볼 때는 합천읍이 가장 많은 사용량 3,889m³/일을 보이는데 이는 개발된 관정의 심도가 초계면 관정의 평균 심도보다 깊은 암반관정 때문인 것으로 보인다.

<표. 4-2> 조사지구 지하수개발 이용규모

용도별	암 반 관 정				층 적 관 정				계			
	개소수	비율	양수량	비율	개소수	비율	양수량	비율	개소수	비율	양수량	비율
계	378		59334		10		462		388		59796	
생활및농업	5	1%	720	1%	-		-		5	1%	720	1%
농업용수	211	56%	35332	60%	9	90%	342	74%	220	57%	35674	60%
기 타	3	1%	833	1%	-		-		3	1%	833	1%

<표. 4-3> 지하수 용도별 이용현황

용도별	생활용수		농업용수		농업및생활		기타		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	160	22569	220	35674	5	720	3	833	388	59796
가야면	5	532	1	100	-	-	1	80	7	712
야로면	10	1180	3	480	-	-	-	-	13	1660
묘산면	5	747	6	1622	-	-	-	-	11	2369
봉산면	8	1085	13	2400	1	150	-	-	22	3635
합천읍	14	2538	22	3889	1	150	-	-	37	6577
울곡면	17	1718	20	3493	-	-	-	-	37	5211
쌍책면	11	1510	8	1060	-	-	1	500	20	3070
덕곡면	9	1026	13	1470	-	-	-	-	22	2496
대병면	6	830	13	2590	3	420	1	253	23	4093
용주면	3	360	23	3584	-	-	-	-	26	3944
대양면	11	2566	14	1899	-	-	-	-	25	4465
초계면	5	500	27	2565	-	-	-	-	32	3065
적중면	2	323	12	1615	-	-	-	-	14	1938
청덕면	10	856	15	2226	-	-	-	-	25	3082
가회면	10	1350	14	2620	-	-	-	-	24	3970
쌍백면	16	2518	7	1115	-	-	-	-	23	3633
삼가면	18	2930	9	2946	-	-	-	-	27	5876

<표. 4-4> 지하수 시설별 이용현황

시설별	암반		층적		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	378	59334	10	462	388	59796
가야면	7	712	-	-	7	712
야로면	13	1660	-	-	13	1660
묘산면	11	2369	-	-	11	2369
봉산면	22	3635	-	-	22	3635
합천읍	34	6469	3	108	37	6577
울곡면	37	5211	-	-	37	5211
쌍책면	20	3070	-	-	20	3070
덕곡면	22	2496	-	-	22	2496
대병면	23	4093	-	-	23	4093
용주면	23	3840	3	104	26	3944
대양면	25	4465	-	-	25	4465
초계면	29	2935	3	130	32	3065
적중면	14	1938	-	-	14	1938
청덕면	25	3082	-	-	25	3082
가회면	23	3850	1	120	24	3970
쌍백면	23	3633	-	-	23	3633
삼가면	27	5876	-	-	27	5876

4-2. 시설관정 지하수위 조사

수위관측은 조사구역 내 수위 등고선도를 작성할 수 있도록 시설관정 위치를 파악하고 조사지구 일대를 격자화하여 수위를 측정하였다. 이번 조사에서는 총 조사공 825공중 사용중이거나 매몰된 관정등을 제외하고 451개공에 대해 지하수위가 조사되었다. 수위관측공은 지하수 함양조건이 동일한 상태에서 일제히 측정하여 지역 내 지하수위 조사를 해야한다. 이번 조사는 건·우기의 평균강수를 보이는 3~7월 사이에 측정하여 함양조건을 최대한 동일하게 주도록 하였다.

지하수위를 조사했을 때 주위의 자연수위 추이보다 급격히 낮은 관정은 과잉양수로 인해서 자연수위 회복이 아주느리거나 대수층이 그 기능을 상실하여 더 이상 채수를 못하는 경우이다.

지하수위 조사는 등수위선을 조사하여 지하수 유로를 추정하고 상류오염원의 하류로의 이송을 막으며, 과잉양수로 인해 양수능력이 저하된 관정이나 대수층이 파괴되어 그 효율이 저하된 관정을 파악하여 일정기간 양수를 중지하며 관정의 우물효율을 회복시켜주는데 의의가 있다.

조사된 451개공중 1:50,000 지형도에 지하수 등수위선을 작도할 수 있는 지역은 실제로 평야부나 넓은 하천지역에 국한되어 있다. 따라서 황강주변과 낙동강주변, 초계면 평야부등 작도가 가능한곳에 등고선도를 작도하였다.

자연수위의 경향은 수계의 수원으로 가까이 갈수록 자연수위가 낮았다.

조사지역 수계의 집수지인 낙동강으로 갈수록 지하수위가 높아지는 일반적인 경향을 보인다. 그 구배는 0.02로서 대체로 완만한 구배를 보이며, 초계면의 경우 지형등고와 비슷한 추이로 지하수위가 형성되는 경향을 보이며, 지형이 높은 정토리 부근이 70m, 지형이 낮은 적중면 죽고리로 갈수록 20m의 자연수위를 보여 그 구배가 0.1162로서 화강주변의 지하수위구배조다 훨씬 높은 구배를 보여 지형에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.

조사지역은 타지역에 비해 임야가 높은 지형 비중을 차지하고 있어 지하수 관정의 대부분이 평야부에 위치하며, 과잉양수로 인한 이상 자연수위를 보이는 곳은 거의 없었으나 지하수 유로를 추정하였을 때 유로의 상부에 지하수오염원(농장폐수, 깊은계곡의 음식점등)이 존재하는 경우가 있어 오염원 처리시 주의가 요망된다.

5. 수질 및 잠재오염원 조사

5-1. 현장 간이수질 검사

가. 현장조사

조사지구내 수질현황 및 수질오염현황을 파악하기 위하여 기설관정 조사와 병행하여 지하수 기설관정 638개, 지표수는 수계별로 크게 낙동강, 황강, 가야천, 묘산천, 사정천, 양천강등 총 6개의 수계로 대별하여 404점에 대하여 Check Mate 90, HACH ONE-pH Meter, HACH COND, TDS Meter등을 이용하여 수질을 측정하였다.

(표. 5-1, 표. 5-2)

○ pH(수소이온농도)

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

일반적으로 pH값에 따른 수질의 분류는 pH값이 5.5이하이면 산성, 5.5~6.5 사이는 약산성, 6.5~7.5 사이는 중성, 7.5~9.0 까지는 약알칼리성 그리고 9.0이상이면 알칼리성으로 분류하고 있다. 조사지구에서의 지하수 pH는 4.7~9.43 사이로 대부분이 먹는물 수질기준인 5.8~8.5 사이에 분포하며, 암반지하수는 평균 7.31를 나타낸다.

○ EC(전기전도도)와 TDS(총용존고형물)

매질이 전류를 통과시킬 수 있는 능력(전기저항의 역수)을 전기전도도라 하며, 단위체적을 가진 물체의 전기전도도를 전기비전도도라 한다. 순수한 물은 일종의 절연체이나 물에 혼합된 고용물질이 전하를 가지는 이온으로 분리되어 존재하면 용액의 전기비전도도는 높아진다. 그러므로 물속에 용해된 광물이나 기타물질의 종류와 양, 온도의 변화에 따라 전기비전도도 값이 변화하므로 물의 오염정도에 대한 지표로 사용된다. 일반적으로 전기비전도도는 물속에 용해된 광물의 종류에 따라 그 값이 변화를 보이지만 총용존고형물(TDS)과의 관계는 대략 전기비전도도 × (비율) = 총용존고형물(TDS)로 표시되며, 지하수의 경우 그 비율은 0.50~0.75의 범위 내에 존재한다.

본 조사지역의 지하수는 그 비율이 0.40~0.68 사이에 존재하고 평균 0.50을 나타낸다. 조사지역에서의 전기전도도는 59.7~2,000 μ S/cm로 평균 323.7 μ S/cm로 조사되었으며, 평균 값이 300 μ S/cm를 초과하는 오염상태가 상당히 진행된 것으로 판단되었다. 일반적으로 각 수계의 상류부에서 하류부로 향할수록 점차 높은 전기전도도 값을 나타낸다. 덕곡면 장리에서 EC가 1000이 넘는 곳이 2곳이나 되었는데 그곳을 제외한 장리의 평균 EC가 400 μ S/cm 으로 나타난 것으로 보아 측정시점이 농약 살포시기인 것으로 미루어 농약성분이 축적관정으로 소량 유입된 것으로 보이며, 오염성분의 침투가 빠른만큼 오염방지 처리를 철저히 해야 하고, 농약 살포에 더욱 주의를 기울여야 한다.

○ 현장 수질검사 결과

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

우선 지하수의 등EC도와 등TDS도를 보면 조사지역 동부 낙동강 주위가 가장 높은 수치를 보이는데, 덕곡면 장리와 청덕면 삼학리 등에 해당되고, 이들은 조사지구의 대부분의 수계가 마지막으로 유입되어 상대적으로 높은 EC수치를 보이는 낙동강 수계의 영향과 축사, 농약살포에 의한 영향이 더해진 것으로 보인다.

<표. 5-1> 지하수 현장 수질검사 결과

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-1	가야	가천	118.06	249.36	229.0	114.0	0.498	7.90	17.6
D-2	가야	대전	117.27	249.40	201.0	101.0	0.502	8.00	17.2
D-3	가야	구미	118.67	249.25	188.3	94.5	0.502	7.20	15.9
D-4	가야	구미	119.09	249.70	231.0	116.0	0.502	7.20	16.4
D-5	가야	구미	119.46	248.76	336.0	166.0	0.494	7.50	18.2
D-6	가야	매화	120.65	249.46	195.6	97.8	0.500	7.49	11.8
D-7	가야	사촌	120.28	249.95	272.0	136.2	0.501	6.29	12.6
D-8	야로	하빈	126.31	247.84	88.0	44.1	0.501	7.40	16.4
D-9	야로	하빈	126.50	247.59	137.9	69.1	0.501	8.70	16.7
D-10	야로	금평	126.34	245.92	139.0	69.6	0.501	8.50	17.4
D-11	야로	금평	126.49	245.53	207.0	103.0	0.498	7.60	19.0
D-12	야로	청계	127.75	244.14	236.0	118.0	0.500	7.60	22.1
D-13	야로	청계	127.58	246.06	327.0	163.0	0.498	6.80	16.9
D-14	야로	하림	122.43	249.56	201.0	103.0	0.512	7.70	17.6
D-15	야로	하림	123.06	251.10	143.6	73.3	0.510	7.50	17.7
D-16	야로	하림	123.56	251.56	144.6	72.3	0.500	7.20	21.9
D-17	야로	야로	124.38	246.26	141.7	71.0	0.501	8.10	19.5
D-18	야로	청계	127.30	243.25	284.0	142.5	0.502	7.41	19.0
D-19	야로	나대	125.28	249.35	253.0	127.0	0.502	7.00	19.0
D-20	묘산	광산	120.14	238.40	265.0	134.0	0.506	7.40	20.6
D-21	묘산	사리	118.94	238.06	122.6	61.6	0.502	7.20	21.9
D-22	묘산	화양	120.80	244.50	125.2	62.6	0.500	7.40	17.5
D-23	묘산	화양	121.83	242.96	205.0	105.0	0.512	8.10	19.9
D-24	묘산	산제	119.44	240.34	227.0	114.1	0.503	7.74	16.4
D-25	묘산	가산	121.40	240.71	284.0	142.5	0.502	7.90	16.9
D-26	묘산	도목	120.14	241.20	164.7	82.3	0.500	7.45	18.5
D-27	묘산	안성	121.65	241.74	112.0	56.2	0.502	7.37	19.0
D-28	묘산	관기	120.67	239.40	170.5	85.2	0.500	7.96	17.9
D-29	묘산	가산	120.61	240.33	177.1	88.6	0.500	7.95	16.5
D-30	묘산	가산	122.85	242.60	290.0	145.1	0.500	7.35	19.0
D-31	봉산	노곡	108.89	233.20	171.0	85.5	0.500	6.80	14.0
D-32	봉산	노곡	108.50	234.14	298.0	148.0	0.497	7.40	15.0
D-33	봉산	노곡	108.73	233.84	176.8	88.1	0.498	6.70	15.5
D-34	봉산	양지	109.83	233.24	264.0	132.0	0.500	6.80	18.6
D-35	봉산	양지	109.77	233.35	172.6	86.3	0.500	6.90	18.6

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-36	봉산	양지	109.70	232.43	170.8	85.4	0.500	7.20	18.2
D-37	봉산	양지	110.29	232.82	154.0	77.2	0.501	6.80	17.2
D-38	봉산	양지	110.29	233.05	199.0	99.7	0.501	7.10	19.7
D-39	봉산	고산	111.10	234.06	222.0	112.0	0.505	7.40	19.2
D-40	봉산	봉계	111.28	234.90	156.7	78.1	0.498	7.80	18.3
D-41	봉산	압곡	113.90	238.12	214.0	109.0	0.509	7.20	17.7
D-42	봉산	압곡	113.96	237.82	100.1	49.9	0.499	8.30	20.4
D-43	봉산	압곡	114.16	239.00	205.0	102.0	0.498	6.90	20.1
D-44	봉산	압곡	114.75	237.84	196.0	96.5	0.492	6.50	19.5
D-45	봉산	김봉	113.05	236.36	382.0	193.0	0.505	6.30	18.8
D-46	봉산	권빈	116.04	230.95	178.8	86.4	0.483	8.10	18.9
D-47	봉산	권빈	115.92	235.45	122.3	60.9	0.498	7.20	17.1
D-48	봉산	권빈	116.01	236.36	187.9	93.9	0.500	7.20	20.3
D-49	봉산	계산	115.30	235.00	148.6	74.7	0.503	7.40	18.3
D-50	봉산	계산	115.21	233.93	196.0	98.2	0.501	6.70	17.6
D-51	봉산	계산	114.83	233.75	251.0	128.0	0.510	6.20	20.1
D-52	봉산	송림	113.10	235.04	774.0	390.0	0.504	7.70	18.4
D-53	합천	인곡	118.08	233.95	181.1	90.9	0.502	7.40	18.3
D-54	합천	인곡	118.46	234.25	123.7	62.1	0.502	8.20	18.2
D-55	합천	관자	118.80	234.78	106.9	54.1	0.506	7.60	18.5
D-56	합천	관자	118.90	234.95	120.2	60.2	0.501	7.20	18.1
D-57	합천	관자	118.97	234.59	180.7	90.5	0.501	7.60	19.3
D-58	합천	관자	118.89	234.32	132.3	67.0	0.506	7.70	18.3
D-59	합천	장계	119.68	234.78	134.5	70.6	0.525	6.90	22.3
D-60	합천	장계	120.17	234.81	101.9	52.8	0.518	7.20	20.6
D-61	합천	장계	120.46	235.31	255.0	116.0	0.455	6.50	18.2
D-62	합천	장계	120.68	236.63	183.9	92.3	0.502	7.40	17.1
S-1	합천	서산	122.57	233.46	62.9	31.6	0.502	7.20	18.6
D-63	합천	서산	122.86	233.19	378.0	189.0	0.500	8.00	22.9
S-2	합천	서산	122.56	233.08	164.0	82.1	0.501	6.10	20.3
D-64	합천	외곡	121.92	236.75	206.0	102.9	0.500	7.90	18.5
D-65	합천	외곡	122.01	236.56	168.9	84.5	0.500	7.09	18.0
D-66	합천	외곡	122.04	237.15	157.6	78.9	0.501	7.00	18.5
D-67	합천	외곡	122.23	237.75	121.4	60.7	0.500	7.50	19.0
D-68	합천	외곡	122.47	237.50	244.0	122.1	0.500	7.67	20.0
D-69	합천	내곡	122.82	238.00	294.0	147.4	0.501	7.32	18.5
D-70	합천	내곡	122.95	238.29	324.0	162.2	0.501	7.40	17.5

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-71	합천	내곡	122.71	238.20	276.0	138.0	0.500	7.75	16.5
D-72	합천	용계	124.81	236.66	376.0	188.7	0.502	8.85	20.0
D-73	합천	용계	124.83	237.01	309.0	155.1	0.502	8.60	17.0
D-74	합천	용계	124.18	237.75	178.7	93.3	0.522	8.80	18.0
D-75	합천	금양	124.18	235.50	232.0	116.5	0.502	6.44	22.0
D-76	합천	금양	124.28	235.14	412.0	206.0	0.500	8.20	20.5
D-77	합천	금양	124.27	234.93	455.0	222.0	0.488	8.48	19.5
D-78	합천	금양	124.32	234.06	420.0	210.0	0.500	8.00	20.0
D-79	합천	금양	124.67	233.42	291.0	145.8	0.501	7.95	20.2
D-80	합천	금양	124.90	232.94	338.0	169.2	0.501	7.95	18.5
D-81	합천	영창	124.33	231.29	533.0	266.0	0.499	7.34	16.4
S-3	합천	영창	123.52	230.46	99.4	49.9	0.502	7.40	26.6
D-82	합천	서산	122.81	232.09	506.0	255.0	0.504	7.70	18.6
D-83	합천	서산	120.47	232.89	168.5	84.2	0.500	8.30	22.8
D-84	합천	서산	121.89	232.83	406.0	206.0	0.507	7.20	18.2
D-85	합천	서산	122.24	232.67	419.0	229.0	0.547	7.80	20.7
D-86	합천	서산	122.42	231.54	326.0	164.0	0.503	7.20	21.5
D-87	울곡	낙민	130.96	231.34	489.0	246.0	0.503	7.50	18.3
D-88	울곡	낙민	130.61	231.37	430.0	217.0	0.505	7.10	22.3
D-89	울곡	갑산	132.60	232.47	448.0	226.0	0.504	7.60	26.0
D-90	울곡	갑산	131.47	232.57	376.0	189.0	0.503	7.70	24.3
D-91	울곡	갑산	131.96	232.16	415.0	209.0	0.504	7.90	18.8
D-92	울곡	내천	131.11	235.08	548.0	275.0	0.502	7.40	18.5
D-93	울곡	내천	131.16	234.86	617.0	311.0	0.504	7.00	17.8
D-94	울곡	낙민	129.71	231.80	438.0	219.0	0.500	8.10	20.6
D-95	울곡	낙민	129.77	232.05	274.0	139.0	0.507	6.80	21.1
D-96	울곡	낙민	131.94	230.70	490.0	246.0	0.502	7.50	18.8
D-97	울곡	영진	131.94	229.95	477.0	243.0	0.509	8.20	18.9
D-98	울곡	노양	126.84	238.86	319.0	161.5	0.506	7.85	17.5
D-99	울곡	노양	126.68	239.06	319.0	150.1	0.471	8.20	18.0
D-100	울곡	노양	127.16	237.53	187.4	93.7	0.500	7.41	22.5
D-101	울곡	노양	126.69	237.54	463.0	231.0	0.499	7.56	16.5
D-102	울곡	노양	126.15	238.41	358.0	179.3	0.501	8.35	17.1
D-103	울곡	노양	126.83	236.80	288.0	144.6	0.502	6.50	21.6
D-104	울곡	노양	126.69	236.51	400.0	200.0	0.500	7.76	20.5
D-105	울곡	노양	126.91	236.20	218.0	109.6	0.503	6.56	21.0
D-106	울곡	노양	126.37	236.42	297.0	149.6	0.504	7.45	18.2

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-107	울곡	노양	126.52	236.67	442.0	220.0	0.498	6.66	17.6
D-108	울곡	와리	128.06	237.60	290.0	144.5	0.498	7.77	21.0
D-109	울곡	와리	127.40	234.92	310.0	156.2	0.504	8.43	23.0
D-110	울곡	기리	129.55	237.09	463.0	231.0	0.499	8.16	22.0
D-111	울곡	울진	126.70	234.17	378.0	189.2	0.501	7.80	20.0
D-112	울곡	울진	125.94	233.60	368.0	184.3	0.501	8.09	18.7
D-113	울곡	울진	125.56	234.04	616.0	306.0	0.497	8.09	17.5
D-114	울곡	항곡	128.39	233.26	586.0	287.0	0.490	7.70	20.5
D-115	울곡	문림	126.59	230.47	459.0	230.0	0.501	7.60	21.3
D-116	울곡	임북	125.33	230.03	412.0	207.0	0.502	8.00	18.8
D-117	울곡	본천	126.62	229.15	120.9	60.6	0.501	7.60	24.1
D-118	울곡	본천	126.78	228.80	297.0	151.0	0.508	7.40	20.4
D-119	울곡	본천	127.17	226.89	374.0	187.0	0.500	8.00	19.0
D-120	울곡	본천	126.62	229.34	276.0	138.0	0.500	7.30	23.2
D-121	울곡	본천	126.96	229.17	302.0	151.0	0.500	7.90	22.4
D-122	울곡	제내	127.60	231.76	476.0	238.0	0.500	7.70	20.9
D-123	울곡	제내	128.26	232.20	531.0	265.0	0.499	7.60	20.6
D-124	쌍책	상신	133.36	237.51	356.0	179.2	0.503	6.44	19.2
D-125	쌍책	하신	131.81	236.54	372.0	186.3	0.501	6.93	19.8
D-126	쌍책	하신	131.09	237.00	435.0	217.0	0.499	6.68	19.5
D-127	쌍책	하신	132.37	236.25	662.0	330.0	0.498	7.99	18.9
D-128	쌍책	사양	134.17	236.30	392.0	196.5	0.501	8.43	18.5
D-129	쌍책	사양	134.47	237.05	315.0	158.5	0.503	8.09	19.8
D-130	쌍책	사양	133.37	235.16	372.0	186.8	0.502	7.31	19.1
D-131	쌍책	건태	133.05	233.67	362.0	181.1	0.500	8.04	19.3
D-132	쌍책	건태	132.32	234.49	460.0	230.0	0.500	6.47	19.6
D-133	쌍책	덕봉	134.29	234.06	358.0	179.5	0.501	7.68	17.5
D-134	쌍책	덕봉	134.50	233.66	449.0	224.0	0.499	9.43	21.0
D-135	쌍책	덕봉	134.40	234.44	163.0	81.4	0.499	6.81	18.0
D-136	쌍책	상포	134.15	231.53	450.0	225.0	0.500	7.58	20.5
D-137	쌍책	상포	133.94	231.42	486.0	243.0	0.500	8.90	19.8
D-138	쌍책	상포	134.05	232.81	713.0	356.0	0.499	7.24	18.8
D-139	쌍책	상포	133.25	231.90	566.0	283.0	0.500	7.03	18.9
D-140	쌍책	성산	134.80	232.00	342.0	171.3	0.501	7.51	18.0
D-141	쌍책	오서	133.66	230.65	468.0	234.0	0.500	7.43	18.7
D-142	쌍책	오서	133.65	230.49	405.0	202.0	0.499	7.37	18.9
D-143	덕곡	울원	133.95	238.50	342.0	169.8	0.496	6.98	16.2

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-144	덕곡	울원	136.00	237.34	328.0	164.4	0.501	8.38	16.3
D-145	덕곡	본곡	137.60	238.16	469.0	234.0	0.499	6.75	15.6
D-146	덕곡	장리	137.95	236.47	317.0	158.8	0.501	6.45	16.5
D-147	덕곡	장리	137.55	236.42	305.0	153.1	0.502	6.59	16.1
D-148	덕곡	장리	138.24	236.19	345.0	172.9	0.501	6.46	16.9
D-149	덕곡	장리	138.77	236.18	1279.0	639.0	0.500	6.44	17.2
D-150	덕곡	장리	138.53	236.47	432.0	215.0	0.498	6.67	16.8
D-151	덕곡	장리	138.82	236.35	601.0	300.0	0.499	6.25	15.8
D-152	덕곡	장리	139.85	236.05	2000.0	1000.0	0.500	6.74	18.0
D-153	덕곡	포두	140.80	238.16	331.0	165.6	0.500	6.47	17.5
D-154	덕곡	포두	140.55	237.69	463.0	230.0	0.497	5.96	15.8
D-155	덕곡	포두	141.52	237.52	365.0	182.4	0.500	6.14	15.8
D-156	덕곡	포두	140.55	236.92	312.0	156.1	0.500	6.00	15.7
D-157	덕곡	울지	141.65	235.46	413.0	206.0	0.499	5.59	14.3
D-158	덕곡	학리	141.00	236.44	370.0	185.8	0.502	5.80	16.3
D-159	덕곡	학리	141.25	236.44	720.0	359.0	0.499	6.24	16.9
D-160	덕곡	학리	141.57	236.16	392.0	169.0	0.431	5.52	14.3
D-161	덕곡	학리	141.59	236.00	415.0	207.0	0.499	5.56	14.6
D-162	덕곡	울지	141.47	235.13	430.0	215.0	0.500	5.50	15.1
D-163	덕곡	울지	141.30	235.21	462.0	230.0	0.498	5.69	16.8
D-164	덕곡	울지	140.98	235.54	463.0	231.0	0.499	5.57	14.8
D-165	대병	대지	106.91	227.89	306.0	153.3	0.501	6.08	19.5
D-166	대병	대지	107.90	228.16	255.0	127.9	0.502	6.65	20.2
D-167	대병	대지	107.56	228.47	209.0	105.1	0.503	7.27	18.6
D-168	대병	하금	108.46	226.00	134.3	67.1	0.500	7.22	16.2
D-169	대병	역평	109.82	230.13	156.1	77.9	0.499	8.30	17.2
D-170	대병	역평	110.21	230.70	175.1	87.6	0.500	6.86	16.6
D-171	대병	성리	114.31	225.82	95.5	47.7	0.499	6.61	21.5
D-172	대병	성리	115.68	226.96	159.3	79.8	0.501	6.96	17.9
D-173	대병	성리	114.96	226.43	141.5	70.7	0.500	7.09	18.0
D-174	대병	장단	113.68	225.50	128.5	64.2	0.500	6.68	17.6
D-175	대병	장단	113.04	224.51	128.0	63.9	0.499	6.80	17.7
D-176	대병	장단	112.70	224.60	121.0	61.1	0.505	7.00	18.7
D-177	대병	장단	113.22	224.19	77.8	38.8	0.499	6.67	16.2
D-178	대병	양리	111.89	224.12	206.0	103.9	0.504	6.70	19.1
D-179	대병	회양	110.80	224.75	111.0	55.5	0.500	7.81	17.0
D-180	대병	회양	110.87	225.68	194.0	97.0	0.500	7.33	18.4

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-181	대병	회양	110.74	225.24	143.1	71.5	0.500	9.26	16.5
D-182	대병	회양	110.54	225.12	117.2	58.6	0.500	7.15	17.2
D-183	대병	장단	114.30	224.67	77.9	38.9	0.499	7.47	20.0
D-184	대병	상천	111.96	228.58	257.0	129.3	0.503	6.99	22.0
D-185	대병	상천	111.82	228.43	271.0	136.2	0.503	6.69	23.2
D-186	대병	성리	113.84	228.70	72.4	36.1	0.499	7.17	17.2
D-187	용주	월령	121.48	230.47	397.0	198.6	0.500	7.25	19.8
D-188	용주	월령	120.81	230.47	303.0	152.2	0.502	5.79	19.0
D-189	용주	월령	120.55	230.28	195.2	97.5	0.499	5.74	20.5
D-190	용주	방곡	118.80	230.56	147.9	73.4	0.496	6.69	19.5
D-191	용주	방곡	118.79	230.61	152.3	76.1	0.500	6.40	18.7
D-192	용주	방곡	118.27	231.10	156.3	78.1	0.500	7.91	20.0
D-193	용주	방곡	118.27	231.32	179.2	89.6	0.500	8.30	19.8
D-194	용주	우곡	116.49	230.76	215.0	107.0	0.498	6.87	20.0
D-195	용주	우곡	116.40	231.15	113.5	56.8	0.500	6.95	21.0
D-196	용주	우곡	116.64	230.64	220.0	109.0	0.495	6.13	20.0
D-197	용주	봉기	117.07	228.36	230.0	117.0	0.509	7.27	18.2
D-198	용주	죽죽	113.02	228.40	316.0	158.7	0.502	7.07	18.2
D-199	용주	내가	114.12	228.71	190.0	95.0	0.500	7.86	20.0
D-200	용주	내가	115.73	228.10	293.0	146.8	0.501	7.16	18.7
D-201	용주	내가	114.64	228.05	168.4	84.2	0.500	7.22	20.0
D-202	용주	황계	117.60	223.65	557.0	278.0	0.499	8.39	24.0
D-203	용주	황계	115.35	223.20	313.0	156.6	0.500	7.27	19.0
D-204	용주	공암	117.79	221.30	263.0	132.1	0.502	7.07	18.7
D-205	용주	공암	118.16	221.16	313.0	157.1	0.502	7.45	19.0
D-206	용주	장전	119.50	223.50	507.0	253.0	0.499	8.06	18.4
D-207	용주	장전	119.56	224.11	357.0	178.3	0.499	7.93	19.0
D-208	용주	노리	120.47	225.15	404.0	202.0	0.500	8.42	17.5
D-209	용주	팔산	122.98	225.61	350.0	175.4	0.501	8.21	19.2
S-4	용주	선목	119.75	227.71	141.4	70.5	0.499	4.83	22.0
S-5	용주	선목	120.17	227.90	754.0	378.0	0.501	7.27	19.0
S-6	용주	선목	120.36	228.06	247.0	124.2	0.503	5.01	18.4
D-210	대양	도리	123.29	222.75	396.0	198.0	0.500	7.32	15.1
D-211	대양	도리	123.15	222.57	388.0	194.0	0.500	7.42	14.7
D-212	대양	합지	123.95	222.00	593.0	296.0	0.499	7.24	15.2
D-213	대양	합지	124.00	221.50	300.0	149.0	0.497	7.23	15.3
D-214	대양	양산	124.65	222.76	236.0	117.0	0.496	7.10	16.8

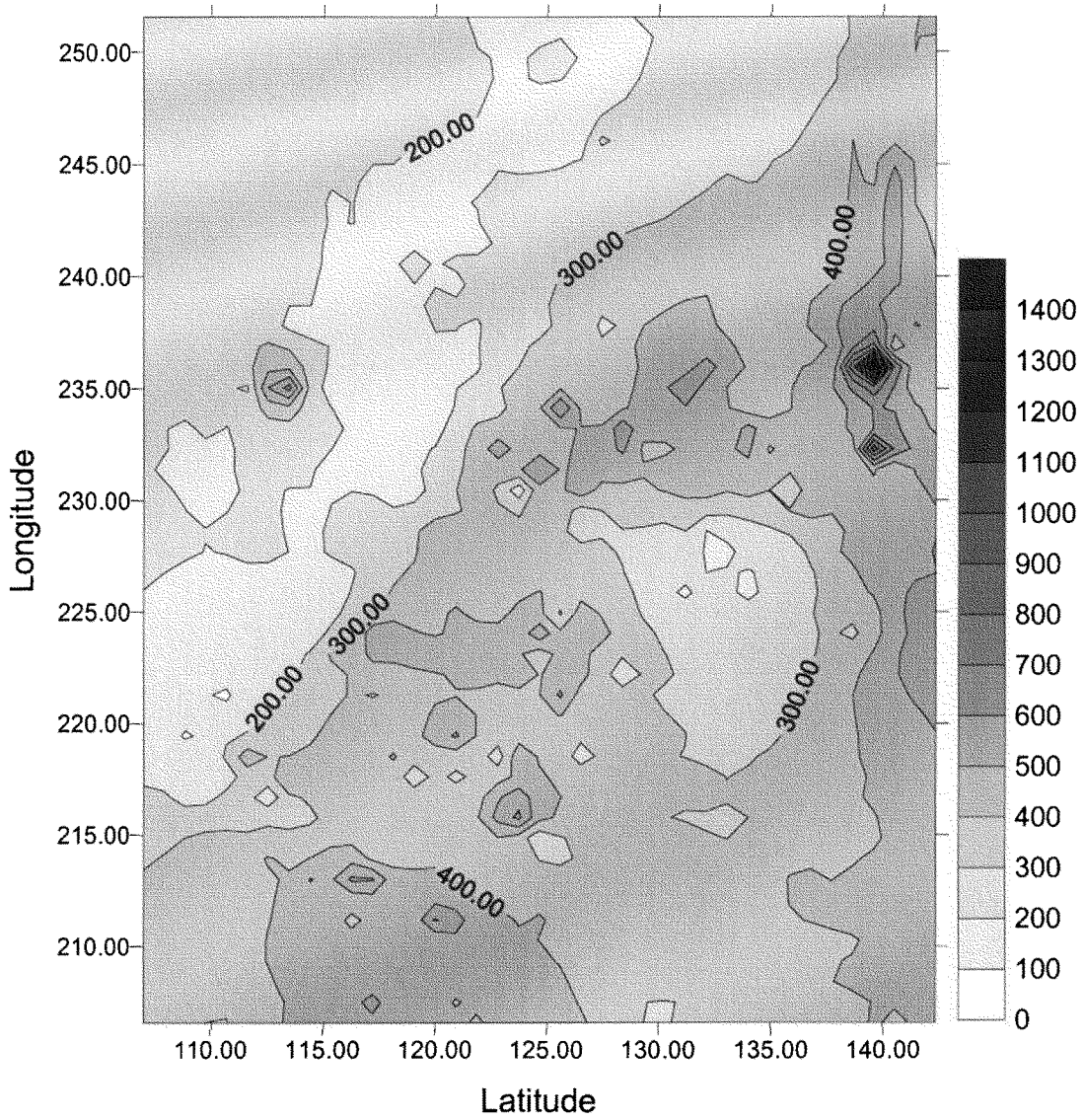
ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC(μ s/cm)	TDS(mg/l)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}$ C)
D-215	대양	안금	125.79	221.47	562.0	283.0	0.504	7.25	16.2
D-216	대양	안금	126.26	222.00	482.0	241.0	0.500	7.33	14.2
D-217	대양	안금	126.71	222.28	442.0	221.0	0.500	7.75	15.2
D-218	대양	안금	126.64	221.63	286.0	142.0	0.497	6.90	18.0
D-219	대양	대목	124.24	225.77	408.0	203.0	0.498	7.62	24.0
D-220	대양	대목	124.30	224.76	404.0	201.0	0.498	7.72	20.4
D-221	대양	덕정	125.44	223.89	386.0	193.0	0.500	7.55	20.0
D-222	대양	덕정	125.20	224.18	406.0	202.0	0.498	7.71	20.3
D-223	대양	덕정	125.02	224.09	845.0	423.0	0.501	8.38	19.6
D-224	대양	덕정	126.35	223.41	429.0	214.0	0.499	7.55	24.0
D-225	대양	무곡	125.62	225.00	281.0	140.3	0.499	6.74	22.1
D-226	대양	무곡	126.00	224.72	477.0	238.0	0.499	7.56	19.5
D-227	대양	무곡	126.34	224.83	497.0	248.0	0.499	8.82	19.3
D-228	대양	무곡	127.39	224.48	508.0	254.0	0.500	8.29	20.0
D-229	대양	무곡	127.84	224.80	324.0	161.0	0.497	8.10	17.9
D-230	대양	무곡	126.04	224.94	250.0	169.0	0.676	8.20	17.6
D-231	대양	백암	128.35	222.51	311.0	155.0	0.498	7.82	17.9
D-232	대양	백암	128.10	222.24	95.4	47.6	0.499	9.08	24.5
D-233	대양	백암	128.10	221.89	432.0	216.0	0.500	7.45	20.3
D-234	대양	백암	128.19	233.44	244.0	121.0	0.496	8.20	20.9
D-235	초계	택리	131.25	228.45	278.0	139.6	0.502	7.19	15.9
D-236	초계	택리	131.26	228.77	372.0	186.3	0.501	7.52	14.8
D-237	초계	유하	131.35	227.71	185.3	92.6	0.500	7.09	15.6
D-238	초계	원당	131.22	226.88	225.0	113.1	0.503	7.35	14.5
D-239	초계	유하	131.45	227.33	189.7	94.7	0.499	7.19	15.7
D-240	초계	중리	132.35	229.39	353.0	177.0	0.501	7.61	16.0
D-241	초계	중리	132.35	229.00	208.0	104.1	0.500	7.98	16.6
D-242	초계	중리	132.13	228.81	331.0	165.8	0.501	7.69	16.5
S-7	초계	관평	133.67	228.30	249.0	125.1	0.502	5.19	19.4
D-243	초계	관평	133.54	228.36	256.0	127.8	0.499	6.71	17.9
D-244	초계	관평	133.06	227.97	60.5	30.0	0.496	5.65	21.5
S-8	초계	관평	133.28	227.95	276.0	138.4	0.501	5.20	21.7
S-9	초계	관평	133.34	228.13	234.0	117.8	0.503	5.27	21.9
D-245	초계	관평	133.33	228.29	234.0	117.5	0.502	5.20	16.3
D-246	초계	신촌	131.76	225.48	243.0	121.7	0.501	6.35	14.3
D-247	초계	신촌	131.85	225.34	251.0	126.0	0.502	6.55	14.9
D-248	초계	신촌	131.99	225.09	204.0	102.2	0.501	6.10	15.1

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-249	초계	상대	131.87	226.08	263.0	131.8	0.501	6.50	16.8
D-250	초계	상대	131.89	226.56	177.0	88.8	0.502	6.92	15.3
D-251	초계	상대	132.52	226.35	269.0	134.7	0.501	5.87	15.5
D-252	초계	상대	131.66	226.24	195.7	97.8	0.500	6.06	18.2
D-253	초계	상대	131.80	226.24	189.1	94.5	0.500	5.86	15.2
D-254	초계	중리	132.20	228.82	234.0	117.3	0.501	6.77	17.9
D-255	초계	중리	132.12	228.70	184.0	92.5	0.503	6.70	17.5
D-256	초계	중리	132.10	228.54	177.9	88.9	0.500	6.68	18.0
D-257	초계	중리	132.04	228.41	181.2	90.5	0.499	7.00	18.8
D-258	초계	중리	132.24	228.34	176.5	88.2	0.500	7.00	17.3
D-259	초계	중리	132.34	228.54	211.0	105.6	0.500	6.70	18.0
D-260	초계	대동	131.50	228.67	299.0	149.8	0.501	5.68	15.0
D-261	초계	택리	131.46	228.49	180.3	90.1	0.500	6.81	14.8
D-262	초계	유하	131.29	227.55	231.0	115.7	0.501	6.45	15.4
D-263	초계	유하	131.20	226.21	127.0	63.9	0.503	5.84	14.8
D-264	적중	죽고	136.02	230.45	297.0	147.0	0.495	8.10	20.0
D-265	적중	죽고	136.24	230.45	276.0	139.0	0.504	7.40	21.8
D-266	적중	죽고	136.19	230.26	647.0	323.0	0.499	7.20	20.0
D-267	적중	죽고	136.64	230.08	477.0	239.0	0.501	7.10	19.3
D-268	적중	옥두	135.89	227.97	291.0	147.0	0.505	7.90	19.6
D-269	적중	옥두	135.86	227.81	234.0	119.0	0.509	8.10	17.7
D-270	적중	두방	135.66	226.19	200.0	100.0	0.500	7.70	18.9
D-271	적중	황정	135.39	226.64	198.8	99.0	0.498	7.90	20.6
D-272	적중	부수	135.30	227.55	220.0	112.0	0.509	7.90	19.6
D-273	적중	양림	133.62	226.26	138.2	71.1	0.514	7.50	19.4
D-274	적중	황정	134.35	226.56	169.7	84.7	0.499	7.60	20.9
D-275	적중	상부	134.54	228.25	276.0	139.0	0.504	7.90	23.1
D-276	적중	상부	134.80	227.78	292.0	147.0	0.503	8.10	18.7
D-277	청덕	운봉	135.82	235.43	336.0	168.1	0.500	8.50	19.0
D-278	청덕	운봉	135.60	235.42	491.0	245.0	0.499	7.61	18.8
D-279	청덕	운봉	136.47	235.32	367.0	183.8	0.501	7.75	19.0
D-280	청덕	운봉	136.85	234.96	471.0	235.0	0.499	7.65	18.7
D-281	청덕	운봉	137.64	234.28	435.0	217.0	0.499	7.10	18.8
D-282	청덕	소례	138.00	233.80	419.0	210.0	0.501	7.99	21.0
D-283	청덕	소례	138.37	233.64	477.0	238.0	0.499	7.03	22.0
D-284	청덕	소례	139.42	233.49	585.0	293.0	0.501	7.85	19.0
D-285	청덕	삼학	139.81	232.10	1128.0	564.0	0.500	9.15	19.0

ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC(μ s/cm)	TDS(mg/l)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}$ C)
D-286	청덕	삼학	140.13	231.50	262.0	130.9	0.500	8.50	22.0
D-287	청덕	성태	138.27	231.92	298.0	149.2	0.501	8.50	20.0
D-288	청덕	퇴리	137.11	230.77	476.0	238.0	0.500	9.00	18.9
D-289	청덕	두곡	137.50	228.49	280.0	140.5	0.502	8.90	17.9
D-290	청덕	두곡	137.36	228.54	410.0	205.0	0.500	8.95	18.1
D-291	청덕	두곡	138.00	228.30	467.0	233.0	0.499	7.98	19.0
D-292	청덕	두곡	138.10	228.02	423.0	211.0	0.499	7.55	18.5
D-293	청덕	가현	139.04	230.00	445.0	223.0	0.501	7.73	19.5
D-294	청덕	초곡	138.39	224.76	335.0	167.6	0.500	8.23	20.0
D-295	청덕	초곡	138.72	224.40	247.0	123.6	0.500	7.30	20.0
D-296	청덕	양진	141.81	222.95	550.0	275.0	0.500	7.90	20.0
D-297	청덕	양진	142.40	223.00	560.0	280.1	0.500	7.00	17.3
D-298	청덕	양진	142.26	223.23	534.0	266.0	0.498	7.00	17.0
D-299	청덕	양진	141.78	225.35	580.0	291.0	0.502	8.30	19.5
D-300	청덕	대부	139.66	226.40	402.0	203.0	0.505	7.89	18.4
D-301	청덕	대부	140.25	227.35	524.0	212.0	0.405	8.09	19.5
D-302	가회	둔내	110.39	221.06	59.7	29.8	0.499	7.28	13.5
D-303	가회	둔내	109.24	219.45	69.0	34.4	0.499	6.55	13.8
S-10	가회	중촌	109.69	218.31	102.1	51.1	0.500	6.45	16.9
D-304	가회	중촌	109.38	216.65	141.3	70.6	0.500	7.47	16.8
D-305	가회	오도	110.77	217.50	136.8	68.3	0.499	6.73	16.9
D-306	가회	오도	111.41	217.16	265.0	132.4	0.500	7.39	14.2
D-307	가회	오도	112.40	216.86	85.0	42.4	0.499	7.20	17.0
D-308	가회	덕촌	110.45	215.20	438.0	219.0	0.500	7.03	16.8
D-309	가회	덕촌	110.32	215.06	329.0	165.0	0.502	6.86	14.2
D-310	가회	덕촌	110.60	215.44	172.5	86.2	0.500	7.00	15.0
D-311	가회	덕촌	111.86	215.81	180.6	90.3	0.500	7.05	15.8
D-312	가회	도탄	111.96	220.95	169.5	84.7	0.500	7.59	15.7
D-313	가회	도탄	112.54	219.55	209.0	104.7	0.501	7.20	17.9
D-314	가회	도탄	111.35	219.74	141.1	70.5	0.500	7.45	15.2
D-315	가회	도탄	111.65	218.75	383.0	191.9	0.501	6.87	14.9
D-316	가회	도탄	111.85	218.55	376.0	188.1	0.500	7.17	15.0
D-317	가회	장대	113.25	217.66	397.0	198.8	0.501	8.08	18.0
D-318	가회	장대	113.95	216.03	235.0	117.7	0.501	7.61	18.0
D-319	가회	장대	114.70	216.71	319.0	160.0	0.502	7.39	13.7
D-320	가회	장대	115.25	217.69	357.9	179.7	0.502	7.56	16.2
D-321	가회	덕촌	112.00	215.50	464.0	232.0	0.500	5.61	15.5

ID	면리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-322	가회 함방	112.58	215.24	264.0	119.0	0.451	4.73	18.3
D-323	가회 함방	112.60	214.00	415.0	207.0	0.499	6.61	18.1
D-324	가회 외사	116.52	215.75	316.0	158.4	0.501	6.37	16.2
D-325	쌍백 장전	124.10	219.15	334.0	166.0	0.497	7.04	18.2
D-326	쌍백 장전	123.10	218.44	164.4	82.1	0.499	7.30	21.0
D-327	쌍백 장전	123.60	218.40	507.0	256.0	0.505	7.17	18.7
D-328	쌍백 운곡	122.18	217.25	275.0	138.1	0.502	7.29	17.6
D-329	쌍백 하신	121.06	217.23	343.0	172.1	0.502	8.77	20.3
D-330	쌍백 하신	120.63	217.75	200.0	100.2	0.501	8.14	17.8
D-331	쌍백 백역	120.62	219.56	560.0	281.0	0.502	7.34	17.4
D-332	쌍백 평구	121.69	214.44	386.0	192.0	0.497	6.46	16.0
D-333	쌍백 평구	121.50	214.55	337.0	168.0	0.499	6.57	16.5
D-334	쌍백 죽전	121.00	215.50	391.5	196.1	0.501	6.66	18.5
D-335	쌍백 죽전	119.56	216.30	271.0	135.0	0.498	6.27	17.8
D-336	쌍백 죽전	119.26	217.26	382.5	191.3	0.500	6.50	16.0
D-337	쌍백 삼리	119.02	217.56	224.6	122.2	0.544	5.82	21.8
D-338	쌍백 삼리	118.20	218.19	429.0	215.0	0.501	6.19	18.7
D-339	쌍백 외초	114.60	212.78	524.0	261.0	0.498	7.50	25.4
D-340	쌍백 내초	124.89	211.60	412.0	206.0	0.500	7.16	25.5
D-341	쌍백 안계	125.68	214.35	253.0	126.1	0.498	7.71	22.4
D-342	쌍백 평지	124.40	214.67	177.8	83.7	0.471	7.45	20.9
D-343	쌍백 육리	123.42	216.19	925.0	540.0	0.584	8.65	19.7
D-344	쌍백 육리	123.77	216.45	539.0	269.0	0.499	7.40	22.3
D-345	쌍백 육리	125.39	217.45	380.0	192.1	0.506	7.25	19.3
D-346	쌍백 육리	124.96	217.18	414.0	207.0	0.500	8.40	17.5
D-347	쌍백 대곡	126.40	218.70	246.0	122.3	0.497	7.70	19.4
D-348	삼가 하판	119.52	214.91	287.2	143.5	0.500	8.07	19.8
D-349	삼가 하판	119.57	216.92	467.0	233.0	0.499	7.89	22.5
D-350	삼가 하판	120.47	214.60	400.5	199.3	0.498	7.99	22.5
D-351	삼가 하판	118.50	216.20	443.0	222.0	0.501	7.90	18.8
D-352	삼가 하판	118.60	216.90	348.0	175.3	0.504	8.45	19.0
D-353	삼가 문송	117.32	217.75	385.4	192.9	0.501	8.83	18.7
D-354	삼가 문송	117.55	214.25	307.4	153.5	0.499	7.87	17.7
D-355	삼가 양전	122.13	214.17	432.0	217.0	0.502	7.68	18.7
D-356	삼가 동리	122.07	213.50	318.0	159.0	0.500	7.11	21.5
D-357	삼가 동리	122.76	213.50	264.0	134.5	0.509	7.79	18.5
D-358	삼가 양전	121.45	213.90	362.0	181.0	0.500	7.64	17.4

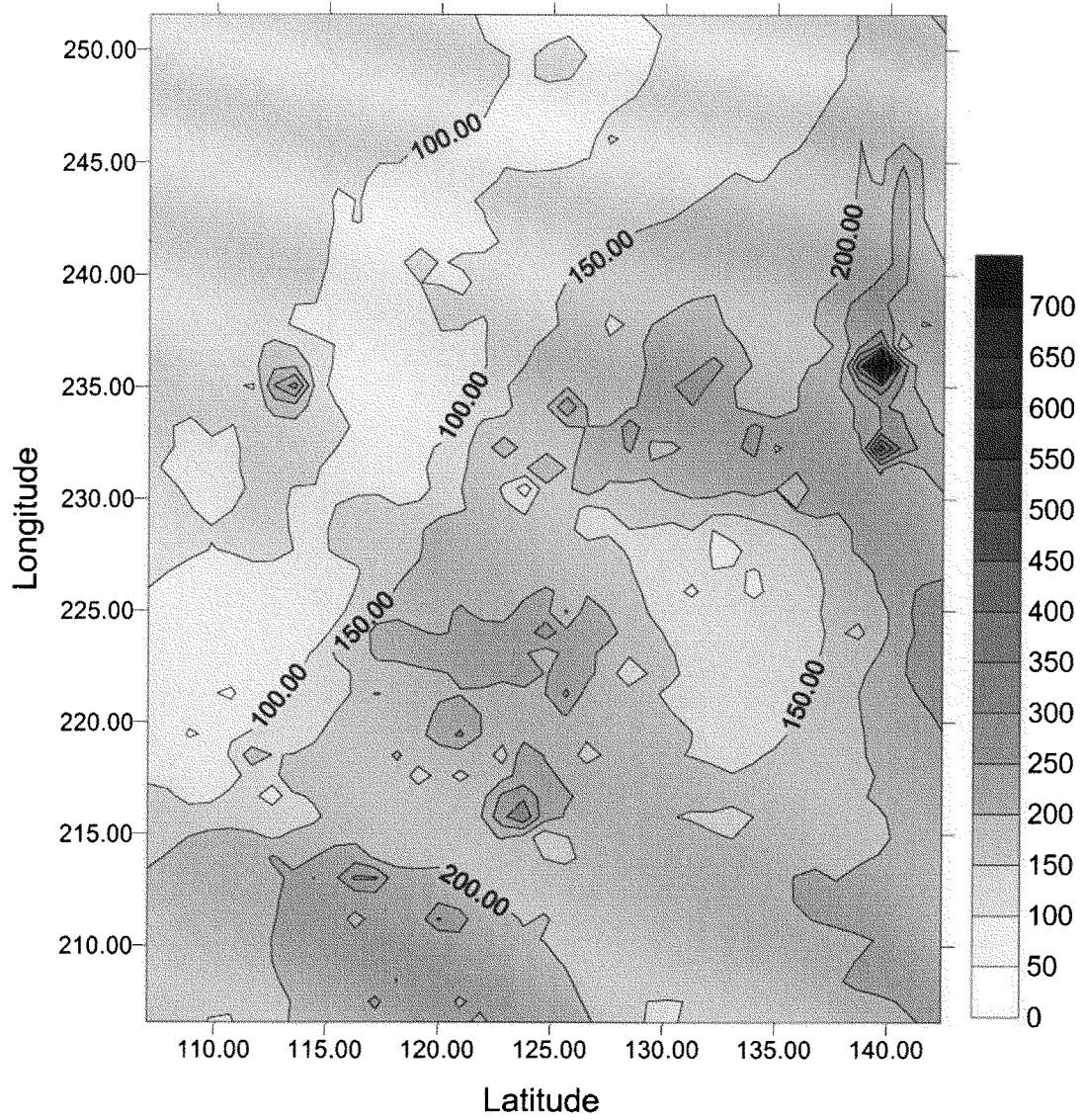
ID	면	리	X좌표	Y좌표	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	TDS/EC	pH	TMP.($^{\circ}\text{C}$)
D-359	삼가	어전	119.67	211.50	355.0	177.0	0.499	7.72	17.5
D-360	삼가	어전	120.00	211.40	546.0	272.0	0.498	7.07	16.8
D-361	삼가	어전	120.19	211.15	779.0	389.0	0.499	6.37	15.9
D-362	삼가	어전	119.50	210.65	335.0	167.0	0.499	7.59	16.5
D-363	삼가	어전	119.47	210.10	501.0	250.0	0.499	7.71	17.0
D-364	삼가	어전	119.95	210.21	412.0	205.0	0.498	7.78	16.9
D-365	삼가	어전	110.35	206.60	296.0	147.0	0.497	6.72	15.8
D-366	삼가	덕진	116.75	212.96	768.0	384.0	0.500	7.07	23.0
D-367	삼가	학리	116.30	211.58	358.5	179.2	0.500	7.65	20.7
D-368	삼가	학리	117.70	212.25	410.0	200.0	0.488	6.92	17.9
D-369	삼가	외토	117.77	210.05	374.0	186.0	0.497	7.65	17.5
D-370	삼가	외토	117.75	208.55	336.0	167.0	0.497	7.71	17.8
D-371	삼가	외토	117.63	208.15	193.1	96.4	0.499	7.39	16.2
D-372	삼가	외토	117.65	208.05	551.0	260.0	0.472	6.81	15.9
D-373	삼가	외토	117.40	208.10	819.0	409.0	0.499	6.38	14.9
D-374	삼가	외토	116.98	208.45	418.0	208.0	0.498	6.55	15.0
D-375	대병	회양	109.94	255.00	234.0	133.0	0.568		16.9
D-376	야로	정대	124.64	244.72	425.0	233.0	0.548	7.00	17.0
D-377	적중	죽고	136.93	229.45	454.0	304.0	0.670	6.90	17.1
D-378	쌍책	덕봉	134.90	235.41	502.0	252.0	0.502	8.60	21.0



Equal line of EC

<그림 . 5-1> 지하수 EC 등수치선도

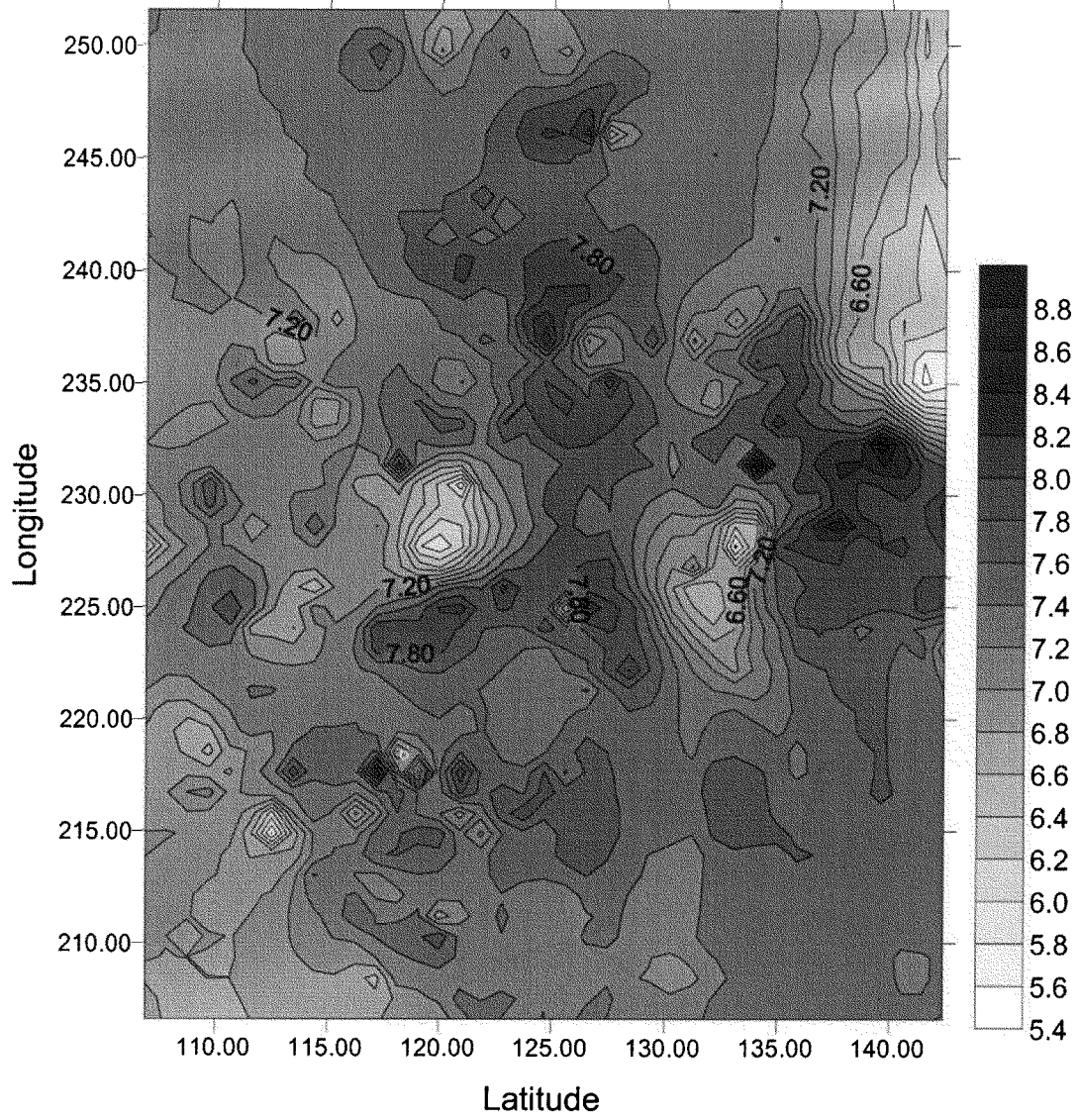
여 백



Equal line of TDS

<그림 . 5-2> 지하수 TDS 등수치선도

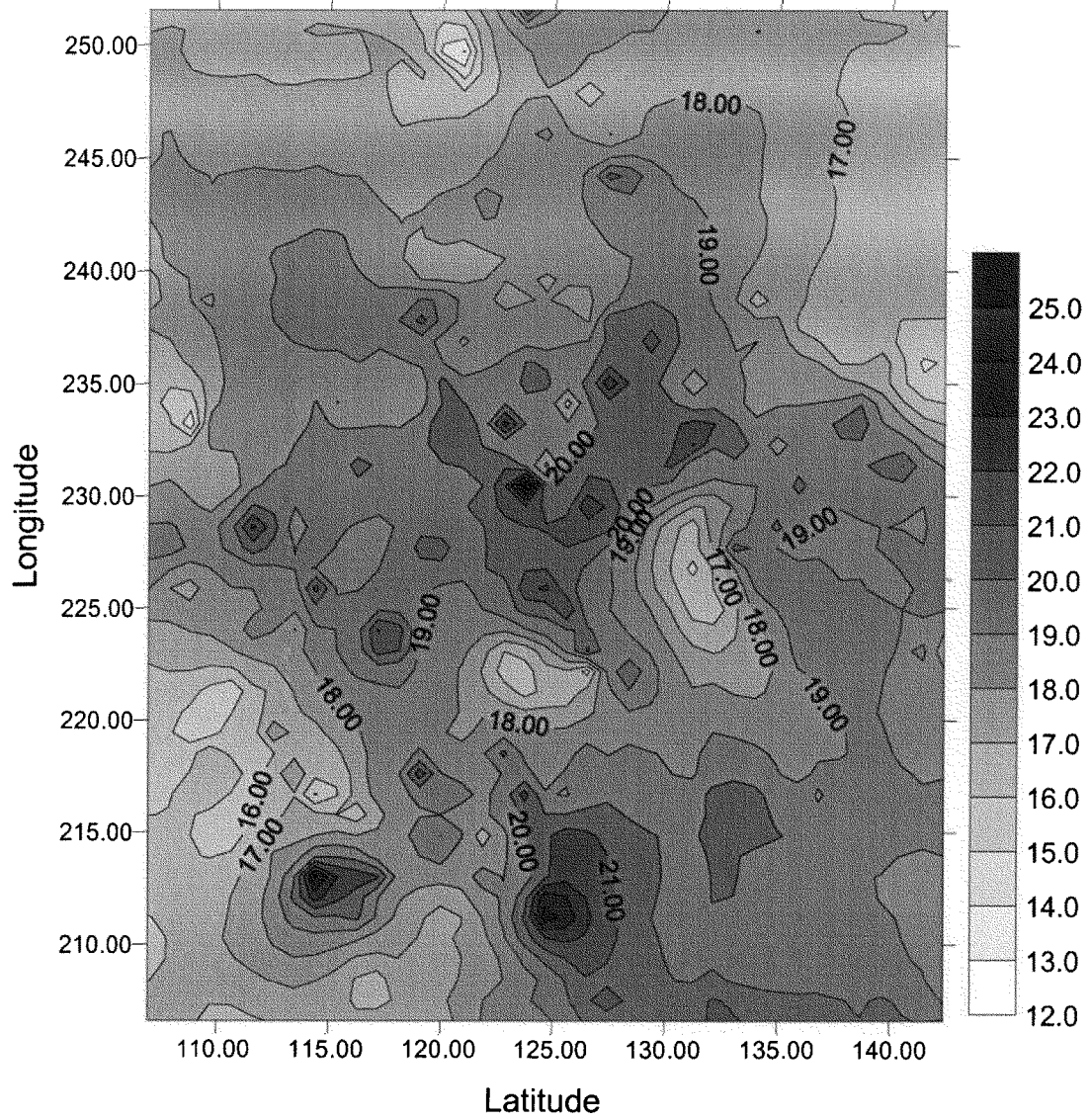
여 백



Equal line of pH

<그림 .5-3> 지하수 pH 등수치선도

여 백



Equal line of TMP

<그림 .5-4> 지하수 온도 등수치선도

여 백

<표. 5-2> 수계별 지표수 현장수질검사 결과

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
수계평균				121.0	60.6	7.54	14.8
낙동강	덕곡	포두	북동마을앞	145.7	72.8	7.81	16.2
낙동강	덕곡	율지	율지나루	378.0	189.5	7.72	16.8
낙동강	덕곡	율지	남재교	283.0	142.1	7.70	15.2
낙동강	덕곡	병배	병배동위	116.3	58.0	7.98	15.8
낙동강	덕곡	장리	장동	270.0	135.4	7.35	18.0
낙동강	덕곡	장리	상대못위	168.9	84.5	7.70	14.7
낙동강	덕곡	장리	한동마을	257.0	129.0	7.70	14.5
낙동강	덕곡	본곡	원두소류지	123.0	61.4	7.60	17.0
낙동강	덕곡	본곡	굼들못아래	278.0	139.4	7.59	15.7
낙동강	덕곡	본곡	대동지옆	250.0	125.4	7.62	14.5
낙동강	덕곡	율원	율원소류지	100.5	50.2	7.50	15.5
낙동강	덕곡	율원	야곡못앞	298.0	149.4	7.50	15.3
낙동강	덕곡	율원	구곡저수지	92.2	46.1	7.67	16.8
낙동강	덕곡	율원	율원윗동네	113.3	56.7	7.70	15.5
낙동강	덕곡	율원	율원입구	252.0	126.2	8.20	14.7
낙동강	대양	오산	오산소류지	65.9	32.8	7.99	18.5
낙동강	대양	오산	백산교	73.7	36.8	8.80	19.3
낙동강	대양	백암	상촌소류지	88.9	44.4	8.05	17.5
낙동강	대양	백암	백암소류지	98.2	49.0	7.70	18.5
낙동강	대양	백암	구산동	135.1	67.5	7.42	16.9
낙동강	청덕	초곡	초곡지	90.1	45.0	6.90	14.9
낙동강	청덕	초곡	지통골위	154.0	77.0	8.10	13.9
낙동강	청덕	초곡	정골소류지	79.5	39.7	7.51	14.9
낙동강	청덕	초곡	바갈정골아래	116.3	58.1	7.60	16.7
낙동강	청덕	양진	(유천)양진마을	190.5	95.3	7.40	17.5
낙동강	청덕	양진	오방곡(상포교)	196.6	98.3	7.35	19.0
낙동강	청덕	대부	부곡소류지	78.9	39.4	7.50	18.8
낙동강	청덕	대부	산발머리	195.5	97.7	7.30	19.0
낙동강	청덕	운봉	운봉소류지	107.0	53.4	7.56	16.6
낙동강	청덕	운봉	평촌마을(평촌교)	286.0	148.8	7.55	16.0
낙동강	청덕	소례	셋담(정산교)	268.0	134.4	7.66	15.5
낙동강	청덕	소례	소례초교앞	200.0	100.6	7.70	13.0
낙동강	청덕	삼학	삼학교	201.0	101.1	7.69	16.0
낙동강 수계 평균				174.3	87.4	7.67	16.3
황강	봉산	술곡	광산부락-술곡	60.6	30.2	7.70	14.4
황강	봉산	노곡	원노곡	77.8	38.8	7.31	16.5

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
황강	봉산	노곡	평산동	134.3	67.2	7.28	17.4
황강	봉산	양지	기장실위	90.1	45.0	7.20	16.3
황강	봉산	상현	상현	64.4	32.1	7.26	15.5
황강	봉산	압곡	압곡교	76.6	38.1	7.80	20.0
황강	봉산	압곡	지실마을	44.8	22.4	7.80	15.8
황강	봉산	계산	삼가남계	79.8	39.9	7.56	16.0
황강	봉산	계산	새터	89.9	44.9	7.75	16.5
황강	합천	인곡	우산못	81.3	40.6	7.14	10.8
황강	합천	인곡	약수방못	65.5	32.7	7.35	10.0
황강	합천	관자	삼박골못	57.6	28.7	7.37	13.5
황강	합천	관자	갓골마을입구	70.2	35.1	7.33	16.0
황강	합천	장계	안터못 위	66.1	33.0	7.70	16.0
황강	합천	장계	장계리 입구	87.0	43.5	7.13	17.7
황강	합천	장계	넘실못	124.2	62.1	7.00	15.0
황강	합천	장계	흰마우	119.6	59.9	7.31	16.0
황강	합천	장계	장계교	63.5	46.7	7.66	13.7
황강	합천	서산	머구재입구	92.3	46.1	7.05	15.5
황강	합천	외곡	외곡교위	120.0	60.3	7.11	14.4
황강	합천	외곡	가산초등학교	158.9	79.4	7.36	14.6
황강	합천	외곡	신평못아래	159.6	79.8	6.72	15.8
황강	합천	외곡	흙내미입구	149.6	74.8	7.49	15.4
황강	합천	서산	보림아을위	137.3	68.7	7.70	16.5
황강	합천	서산	새마마을다리	115.4	57.7	7.50	17.2
황강	합천	서산	내안계위	76.1	38.0	7.57	11.6
황강	합천	서산	외안계	167.8	83.9	7.53	12.9
황강	합천	서산	서산마을위	179.1	89.5	6.90	15.5
황강	합천	영창	이원동마을앞	120.1	60.0	7.00	14.2
황강	합천	금양	금양교	165.6	82.8	8.14	11.2
황강	합천	금양	중사동	145.6	72.7	8.39	11.0
황강	합천	용계	만대산못	65.4	32.6	7.23	13.7
황강	합천	용계	하룡계	101.9	50.9	7.30	13.0
황강	합천	용계	범정마을	113.0	56.5	7.52	13.2
황강	합천	용계	용양교위	162.6	81.3	7.35	13.4
황강	합천	외곡	소사마을입구	200.0	100.4	7.15	14.5
황강	합천	내곡	가산못	110.8	55.3	7.18	13.5
황강	울곡	내천	내동못	118.9	59.4	7.90	14.9
황강	울곡	두사	두사교	342.0	171.3	7.68	12.7
황강	울곡	낙민	월산사위	191.0	95.5	7.03	8.9

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
황강	울곡	낙민	낙민교	229.0	115.3	7.50	8.1
황강	울곡	영전	영전3못	144.8	72.4	7.58	7.9
황강	울곡	영전	영전2못	199.9	100.1	7.52	7.9
황강	울곡	영전	영전마을입구	202.0	101.4	7.50	7.9
황강	울곡	본천	수실못	330.0	165.6	7.30	10.0
황강	울곡	본천	대암못	111.4	55.6	7.65	8.0
황강	울곡	본천	대암마을아래	152.3	76.1	7.58	8.3
황강	울곡	본천	샘실	191.2	95.6	7.47	9.0
황강	울곡	본천	문림교	233.0	117.0	7.37	8.0
황강	울곡	기리	정골못	167.0	83.4	7.25	7.8
황강	울곡	기리	정골입구	169.7	84.8	7.34	10.8
황강	울곡	기리	웃기마을옆	102.9	51.4	7.42	7.7
황강	울곡	문림	현수출렁교	89.0	44.4	7.39	7.8
황강	울곡	노양	가재마을	140.9	71.9	6.50	12.6
황강	울곡	노양	깃너부리위저수지	58.2	29.0	6.45	15.5
황강	울곡	노양	셋땅교	167.0	83.5	6.42	12.4
황강	울곡	노양	언양골	101.9	50.8	6.23	14.7
황강	울곡	노양	잡쌀주막	220.0	160.0	7.86	13.4
황강	울곡	울진	와촌교	247.0	123.0	8.48	14.1
황강	울곡	울진	거시기못	174.6	87.3	7.83	10.7
황강	울곡	울진	오가리	231.0	115.0	7.46	10.8
황강	울곡	울진	울진교	280.0	140.0	6.30	12.1
황강	울곡	울진	황강(신소양)	106.9	53.4	6.86	14.0
황강	쌍책	소서	황강교	99.3	49.6	7.00	11.0
황강	쌍책	상포	상포나루	89.4	44.7	7.28	14.3
황강	쌍책	건태	매호나루	87.1	43.5	7.57	14.5
황강	쌍책	건태	내천교	86.8	43.2	7.42	13.9
황강	쌍책	다라	다라소류지	102.5	52.2	7.80	12.5
황강	쌍책	다라	다라교	270.0	135.6	8.00	9.8
황강	쌍책	진정	절골소류지	99.2	49.6	7.30	15.0
황강	쌍책	진정	햇골지위	140.6	70.3	7.13	10.0
황강	쌍책	진정	진정리입구	264.0	133.3	7.00	9.0
황강	쌍책	적봉	덕봉소류지	74.8	37.3	7.25	14.0
황강	쌍책	적봉	신백정동소류지	100.8	50.3	7.27	12.0
황강	쌍책	적봉	신백정동입구	192.3	96.1	7.60	12.0
황강	쌍책	적봉	덕봉마을 입구	211.0	105.7	7.35	12.5
황강	쌍책	성산	성산나루옆	99.2	49.5	7.60	13.5
황강	쌍책	건태	모서리	145.9	73.0	7.59	13.1

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
황강	쌍책	건태	건태마을위	263.0	132.2	7.57	12.1
황강	쌍책	하신	하신교	257.0	129.2	7.88	12.2
황강	쌍책	하신	창동교(창동)	231.0	115.8	8.00	12.5
황강	쌍책	하신	독실마을위	189.8	94.9	7.78	12.4
황강	쌍책	하신	순평마을입구	211.0	106.2	8.05	8.4
황강	쌍책	상신	애덕곡지	92.9	46.4	7.95	14.1
황강	쌍책	상신	사곡지	118.0	59.0	7.96	11.4
황강	쌍책	상신	상곡지위	196.3	98.1	8.18	7.7
황강	쌍책	상신	박곡지아래	227.0	113.7	8.30	9.0
황강	쌍책	상신	도방마을입구	224.0	112.4	8.30	9.0
황강	쌍책	사양	사양지	84.8	42.3	8.40	9.0
황강	쌍책	사양	새터마을	161.9	81.0	8.20	9.0
황강	쌍책	사양	점촌마을위	147.7	73.7	7.72	9.0
황강	쌍책	사양	죽전마을위	234.0	117.4	7.35	9.0
황강	쌍책	사양	대장교	174.9	87.4	8.12	9.0
황강	대병	양리	가회면경계	75.4	37.7	7.00	15.3
황강	대병	역평	점골마을	52.6	26.3	7.59	16.0
황강	대병	역평	부암교	51.5	25.6	7.81	15.6
황강	대병	대지	밖감골마을	44.8	22.3	7.46	13.3
황강	대병	대지	곰실마을위	38.5	19.2	7.77	14.0
황강	대병	대지	곰실마을아래	51.8	25.8	7.57	14.3
황강	대병	유전	유전교	57.5	28.7	7.65	15.2
황강	대병	하금	배나무골위	31.3	15.6	7.62	13.9
황강	대병	하금	배나무골아래	41.4	20.6	7.34	13.6
황강	대병	하금	하금교	41.5	20.7	7.36	14.6
황강	대병	성리	오동골소류지	92.4	46.0	7.45	13.0
황강	대병	성리	송터소류지옆	119.7	59.8	6.90	13.9
황강	대병	장단	샘골	79.7	39.8	6.85	13.9
황강	대병	성리	성리교	92.4	46.1	6.76	15.0
황강	대병	장단	쌍암교	80.8	40.4	7.14	14.9
황강	대병	양리	신 송정교	83.5	41.7	7.00	14.5
황강	대병	양리	구 송정교	74.2	37.1	7.10	14.5
황강	대병	회양	회양6	162.0	81.0	7.25	15.0
황강	용주	황계	황계제2소류지	78.9	39.4	7.30	19.4
황강	용주	황계	택계교	88.5	44.2	7.36	15.3
황강	용주	황계	하황동입구	111.5	55.7	7.17	16.0
황강	용주	공암	공암소류지	99.7	49.8	7.21	20.0
황강	용주	공암	양지입구	149.3	74.6	6.80	17.9

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
황강	용주	공암	공암교	126.2	63.0	7.17	18.5
황강	용주	공암	장천리입구	130.0	65.0	7.04	18.9
황강	용주	팔산	팔산소류지	63.4	31.6	7.30	19.5
황강	용주	팔산	초곡소류지	90.2	45.0	7.26	18.0
황강	용주	노리	팔산리입구	175.5	87.7	7.52	16.5
황강	용주	평산	평산교	147.5	73.7	7.75	17.4
황강	용주	평산	박실저수지	157.2	78.5	7.84	17.3
황강	용주	내가	용문교	99.3	49.6	7.59	17.0
황강	용주	내가	조정지댐	83.7	41.8	7.10	19.3
황강	용주	우곡	우곡소류지	62.7	31.3	7.05	18.9
황강	용주	우곡	우곡리입구	72.0	36.0	6.85	18.5
황강	용주	봉기	봉기리끝	71.8	35.8	7.10	18.2
황강	용주	봉기	봉기교	76.2	38.1	6.75	20.0
황강	용주	고품	고품리망곡동	81.7	40.8	7.02	19.5
황강	용주	용주	용주교	82.0	40.9	7.00	20.0
황강	용주	선목	조동	83.7	41.8	6.95	19.0
황강	용주	월평	월평교	88.0	43.9	7.31	18.9
황강	용주	성산	남정교	75.9	37.9	7.30	18.6
황강	용주	성산	연당소류지	103.0	51.5	7.00	21.3
황강	용주	성산	대남소류지	64.3	32.1	7.00	21.0
황강	용주	방곡	관음못	50.3	25.1	7.33	20.0
황강	용주	방곡	신방	86.6	43.4	7.37	19.0
황강	용주	월평	월평소류지	67.5	33.7	7.25	17.5
황강	용주	월평	신촌입구	154.8	77.4	7.00	18.4
황강	대양	도리	도리소류지	108.0	54.0	7.31	17.5
황강	대양	도리	도리교	168.4	84.1	6.90	18.9
황강	대양	합지	합지소류지	110.5	55.2	7.13	18.0
황강	대양	합지	합지수막	203.0	102.0	7.60	20.0
황강	대양	양산	신거리	203.0	101.9	7.26	19.0
황강	대양	안금	후사소류지	135.2	67.6	7.38	19.5
황강	대양	안금	후사포강	118.8	59.3	7.80	19.2
황강	대양	안금	중촌못	83.9	41.9	7.30	18.5
황강	대양	안금	안금교	161.0	80.5	7.65	19.8
황강	대양	덕정	덕산교	205.0	102.7	7.87	21.8
황강	대양	덕정	남암소류지	81.2	45.5	7.50	18.9
황강	대양	무곡	무곡저수지	88.6	44.2	7.98	18.5
황강	대양	무곡	옥산정입구	201.0	101.0	7.95	17.0
황강	대양	대목	이계소류지	107.1	53.4	7.80	15.1

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
황강	대양	대목	이계교	217.0	109.2	7.21	18.5
황강	대양	대목	대목교	233.0	116.7	7.00	20.0
황강	대양	아천	한원소류지	176.6	88.2	7.47	16.9
황강	대양	아천	아천소류지	147.1	73.5	7.14	22.0
황강	대양	아천	아천리입구	237.0	118.8	7.20	18.0
황강	대양	정양	정양지	212.0	106.2	7.25	24.0
황강	초계	신촌	신촌저수지	63.4	31.7	7.50	17.7
황강	초계	신촌	정곡지옆	168.2	84.0	7.45	15.0
황강	초계	신촌	병배마을	129.9	64.9	7.57	13.5
황강	초계	상대	하남2소류지옆	144.3	72.2	7.26	15.3
황강	초계	상대	무릉마을입구	118.2	58.8	7.00	16.3
황강	초계	상대	초계소류지	138.2	69.1	7.05	18.0
황강	초계	매평	창동입구	173.7	86.8	8.85	19.0
황강	초계	관평	관평	161.0	80.4	7.79	16.8
황강	초계	주일	사정교	194.1	97.0	9.29	18.0
황강	초계	관평	오리정교	169.9	84.9	8.80	18.3
황강	초계	원당	원당2소류지옆	108.6	54.2	6.80	13.0
황강	초계	원당	행정마을위	91.1	45.4	8.30	12.9
황강	초계	원당	1당1소류지(새밀)	81.6	40.8	8.30	14.8
황강	초계	원당	계남초교	125.2	62.2	6.90	14.8
황강	초계	택리	택리마을위	94.0	46.9	7.96	15.7
황강	초계	택리	택리마을 입구	219.0	109.0	8.20	15.3
황강	적중	두방	두방2리	82.2	41.3	9.30	16.0
황강	적중	두방	붉은디기못	66.6	33.2	9.15	16.0
황강	적중	두방	두방동상류	78.5	39.2	7.60	16.0
황강	적중	황정	황정마을	147.1	73.5	8.30	14.6
황강	적중	황정	지다리못	70.7	35.3	7.99	15.5
황강	적중	황정	말미모	48.2	24.1	7.75	16.4
황강	적중	황정	지다리못 옆	91.3	45.6	8.40	15.0
황강	적중	양림	명곡못	56.7	28.3	7.95	14.1
황강	적중	누하	명곡저수지	56.1	28.0	7.70	15.0
황강	적중	누하	누하마을 입구	108.9	54.4	7.39	14.0
황강	적중	누하	누하마을 위	83.7	41.8	7.15	13.9
황강	적중	상부	적중초교옆	155.7	77.8	8.34	14.2
황강	적중	황정	적중중학교옆	194.4	97.2	7.62	13.6
황강	적중	부수	부수교위	155.6	77.7	8.00	13.8
황강	적중	죽고	보림시멘트	294.0	147.4	7.90	15.0
황강	적중	죽고	내죽고	285.0	142.0	8.27	12.9

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
황강	적중	죽고	외죽고	260.0	130.5	8.00	13.0
황강	청덕	모곡	청덕교	95.3	47.5	7.80	16.4
황강	청덕	하회	하회마을	86.5	43.2	7.55	15.5
황강	청덕	가현	질매나루	82.1	41.0	7.40	15.2
황강	청덕	두곡	두곡지	58.5	29.2	7.00	17.0
황강	청덕	성태	화동저수지	62.1	31.0	7.20	16.8
황강	청덕	성태	성태리입구다리	119.2	59.1	7.45	17.0
황강 수계 평균				129.6	65.1	7.49	14.8
가야천	가야	성기리	합천터널아래	161.1	80.5	6.90	8.3
가야천	가야	성기리	성기대교	154.0	77.0	6.50	7.7
가야천	가야	매안	하수동마을앞	125.5	62.7	7.09	7.9
가야천	가야	죽전	석계1	46.9	23.4	7.26	7.4
가야천	가야	죽전	석계2	39.7	19.8	7.38	7.9
가야천	가야	죽전	석계3	40.3	20.1	7.32	7.7
가야천	가야	죽전	대밭골위	43.6	21.7	7.87	7.7
가야천	가야	죽전	죽전저수지	38.8	19.4	7.43	10.1
가야천	가야	대전	노른재위	63.6	31.7	7.05	7.8
가야천	가야	대전	한밭	79.5	39.7	7.22	9.0
가야천	가야	가천	더내못옆	57.4	28.6	7.02	8.6
가야천	가야	대전	대전교	60.8	30.3	7.85	8.5
가야천	가야	가천	구미실못옆	128.9	66.3	7.71	7.9
가야천	가야	가천	덕방위	89.4	49.6	7.50	8.0
가야천	가야	구미	새땀위	92.1	46.0	8.10	6.8
가야천	가야	구미	임복위	199.8	59.8	8.25	8.1
가야천	가야	구미	송산교	101.2	50.6	7.85	8.1
가야천	가야	청현	개터마을위	106.1	53.0	7.99	4.9
가야천	가야	청현	신평동위	51.6	25.7	8.00	7.3
가야천	가야	청현	청현교	78.2	39.1	7.30	9.0
가야천	가야	청현	오리밭	123.4	61.7	7.42	8.7
가야천	가야	매화	매화교	172.1	86.0	8.22	8.8
가야천	가야	매화	이천교	119.2	59.5	8.40	8.9
가야천	가야	사촌	내사위	101.3	50.6	6.60	7.2
가야천	가야	치인	홍제암위	26.4	13.2	7.12	3.6
가야천	가야	치인	용심선원위	35.9	17.9	6.70	5.3
가야천	가야	치인	보현암옆	38.8	19.4	7.17	5.3
가야천	가야	치인	내호막옆	127.9	63.9	6.40	7.3
가야천	가야	치인	장자동옆	95.1	47.5	6.65	5.4
가야천	가야	치인	치인교	54.9	27.4	6.95	5.2

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/ℓ)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
가야천	가야	구원	홍류동옆	70.8	35.3	6.80	3.4
가야천	가야	구원	무릉동입구	74.5	37.2	6.70	5.3
가야천	가야	청량	청량저수지	27.7	13.8	8.20	7.9
가야천	가야	야천	점골옆	60.8	30.4	7.93	5.8
가야천	가야	야천	탐동위계곡	44.5	22.2	8.00	4.8
가야천	가야	야천	가야교	66.2	33.0	8.10	6.5
가야천	가야	황산	황산교	88.6	44.2	8.31	8.6
가야천	야로	정대	신정대	137.1	68.5	6.66	15.5
가야천	야로	구정	구정교	155.3	77.6	6.79	15.5
가야천	야로	묵촌	명종마을앞	151.5	75.7	7.00	14.9
가야천	야로	묵촌	도동마을	130.4	65.2	6.77	15.0
가야천	야로	묵촌	도동소류지	118.6	59.2	7.16	14.2
가야천	야로	묵촌	묵촌소류지	93.5	46.7	7.28	14.3
가야천	야로	금평	역산	129.6	64.8	7.26	10.9
가야천	야로	하빈	황새목못옆	71.4	35.7	7.58	8.8
가야천	야로	하빈	상대마을	122.1	61.0	7.74	8.7
가야천	야로	하빈	웃담위	101.4	50.7	7.99	9.4
가야천	야로	하빈	하빈교	220.0	110.7	7.93	10.0
가야천	야로	야로	새마	121.4	60.7	8.00	9.4
가야천	야로	매촌	매촌지	80.8	40.4	8.50	9.4
가야천	야로	매촌	매촌지	105.6	52.6	8.70	9.2
가야천	야로	나대	상라못위	57.1	28.5	8.68	9.0
가야천	야로	나대	상라대	69.7	34.8	8.58	8.7
가야천	야로	나대	나대교	115.2	57.5	8.67	8.3
가야천	야로	월광	셋담옆	184.3	92.1	8.20	8.6
가야천	야로	월광	월광1교아래	134.0	67.0	7.60	7.6
가야천	야로	월광	월광교	166.3	83.1	7.90	9.3
가야천	야로	나래	모로동	115.7	57.8	7.30	4.9
가야천	야로	하림	셋터마을위	172.1	86.0	7.32	5.3
가야천	야로	하림	오곡위	38.2	19.0	7.65	5.2
가야천	야로	하림	오실아래	71.8	36.8	7.12	5.8
가야천	야로	하림	셋터마을	114.9	57.4	7.05	7.5
가야천	야로	하림	남산교	104.0	52.0	7.39	6.1
가야천	야로	하림	빙연마을위	103.9	51.9	7.00	5.6
가야천	수계	평균		98.0	48.5	7.52	8.2
묘산천	야로	정대	석사교	134.0	67.4	6.30	14.3
묘산천	야로	덕암	분기앞	126.7	63.4	6.48	14.8
묘산천	야로	덕암	둔터마을옆	123.4	61.7	7.00	14.5

수계	면	리	측정위치	EC(μ s/cm)	TDS(mg/l)	pH	TMP($^{\circ}$ C)
사정천	가회	둔내	두만마을위	34.6	17.2	7.64	15.0
사정천	가회	붕기	점촌마을	124.1	62.1	6.19	14.7
사정천	가회	붕기	장대교	138.1	69.0	6.25	15.0
사정천	가회	월계	월계마을앞저수지	149.2	74.5	7.20	17.1
사정천	가회	월계	비기못	98.4	49.1	8.84	17.8
사정천	가회	장대	비기교	106.6	53.2	9.03	15.9
사정천	가회	도탄	갈여울마을 앞	105.2	52.5	8.65	16.2
사정천	가회	도탄	도탄마을 앞	89.1	44.5	8.03	16.7
사정천	가회	월계	산두마을앞	58.2	29.1	7.16	16.1
사정천	가회	둔내	두심마을 앞	93.8	46.9	7.21	16.1
사정천 수계 평균				87.1	43.5	7.68	16.6
양천천	가회	외사	외사교	146.2	73.0	8.23	14.4
양천천	가회	외사	내사(저수지밑)	122.7	61.3	7.38	18.4
양천천	가회	외사	내사리앞	132.4	66.2	7.66	16.1
양천천	쌍백	대현	골한태못	81.7	40.9	7.00	16.9
양천천	쌍백	대현	안동	137.7	68.8	7.20	15.9
양천천	쌍백	평지	평지교	148.2	74.0	7.40	17.0
양천천	쌍백	대곡	한실소류지	87.6	43.7	7.15	16.7
양천천	쌍백	대곡	어리골	149.6	74.8	7.09	17.9
양천천	쌍백	육리	목골	169.7	84.8	7.13	17.8
양천천	쌍백	육리	반개골	188.5	94.3	6.90	18.6
양천천	쌍백	평지	갯마을	176.4	88.2	7.35	19.0
양천천	쌍백	외초	큰골소류지	78.7	39.3	7.20	28.0
양천천	쌍백	외초	어파소류지	83.4	41.6	7.50	19.0
양천천	쌍백	내초	내초2소류지	70.5	35.2	7.75	18.0
양천천	쌍백	외초	외초소류지	65.3	32.6	7.43	19.2
양천천	쌍백	외초	자양초교뒤	81.3	40.6	8.50	17.4
양천천	쌍백	동리	동리교	120.5	60.2	8.25	16.8
양천천	쌍백	삼리	삼리소류지	100.0	49.9	7.50	17.2
양천천	쌍백	삼리	귀암소류지상	123.1	61.5	7.80	17.5
양천천	쌍백	죽전	귀암소류지	67.9	33.9	7.60	17.8
양천천	쌍백	죽전	큰갯골소류지	115.3	57.5	7.30	17.3
양천천	쌍백	죽전	죽전소류지	86.0	43.1	7.52	17.7
양천천	쌍백	안산	안산	163.1	81.5	7.40	14.8
양천천	쌍백	평구	안구	162.8	81.4	7.30	16.3
양천천	쌍백	백역	백역소류지	104.7	52.3	7.88	18.2
양천천	쌍백	운곡	평촌	122.5	61.2	7.40	18.9
양천천	쌍백	하신	화신교	136.7	68.3	7.40	16.7

수계	면	리	측정위치	EC($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS(mg/l)	pH	TMP($^{\circ}\text{C}$)
묘산천	묘산	반포	동양산업위	59.9	29.9	7.13	15.4
묘산천	묘산	반포	삼묘교	108.8	54.4	7.29	15.4
묘산천	묘산	팔심	오리골못	50.9	25.4	7.53	15.2
묘산천	묘산	광산	광산잔류지아래	129.2	64.6	7.27	14.7
묘산천	묘산	광산	광산마을앞하천	131.5	65.7	7.44	15.2
묘산천	묘산	관기	덕령소류지위	134.2	67.1	7.50	14.4
묘산천	묘산	관기	바깥공터입구	164.4	82.2	7.58	15.5
묘산천	묘산	산제	가야마을위	76.2	38.1	7.18	12.3
묘산천	묘산	산제	가야입구	105.0	52.4	7.36	13.4
묘산천	묘산	산제	교동	105.7	52.8	7.44	14.4
묘산천	묘산	산제	산제저수지	45.5	22.7	7.10	13.0
묘산천	묘산	산제	산제마을입구	94.5	47.2	7.39	13.8
묘산천	묘산	가산	가산교	137.1	68.5	7.56	13.4
묘산천	묘산	가산	가산소류지위	68.2	34.1	7.40	11.1
묘산천	묘산	도옥	도옥소류지	69.4	34.6	8.25	12.3
묘산천	묘산	도옥	도옥마을입구	218.0	109.1	8.04	12.9
묘산천	묘산	안성	안성마을앞	144.0	71.9	8.59	13.8
묘산천	묘산	안성	안성소류지아래	59.0	29.4	8.23	12.7
묘산천	묘산	안성	평촌교	135.2	67.6	8.40	15.0
묘산천	묘산	화양	상라	97.4	48.6	8.26	14.2
묘산천	묘산	화양	갓마아래	114.4	57.2	8.30	13.4
묘산천	묘산	거산	음지마위	71.9	35.9	8.00	13.7
묘산천	묘산	거산	매봉교	127.8	63.9	7.90	15.7
묘산천 수계 평균				108.9	54.5	7.57	14.0
사정천	가회	장대	다공소류지	78.6	39.3	6.83	17.7
사정천	가회	장대	다공-장대	141.2	70.9	8.21	16.9
사정천	가회	장대	장대마을앞	169.7	84.8	7.85	15.5
사정천	가회	덕촌	도들소류지	55.5	27.6	7.77	19.6
사정천	가회	덕촌	동곡천중류	53.6	26.8	7.99	17.8
사정천	가회	덕촌	연동교	97.8	48.9	9.12	19.0
사정천	가회	오도	한골앞	92.5	46.2	8.35	18.0
사정천	가회	중촌	원골앞	83.1	41.5	8.00	18.9
사정천	가회	중촌	윗나무실	53.0	26.4	7.05	18.0
사정천	가회	중촌	한밭마을위	32.5	16.2	7.40	15.2
사정천	가회	둔내	묵방사앞	25.0	12.4	7.19	14.9
사정천	가회	둔내	천황재밑	27.6	13.8	7.44	14.5
사정천	가회	둔내	무넘기재	53.8	26.9	7.53	15.9
사정천	가회	둔내	마을하천 유입수	129.5	64.7	7.49	15.1

수계	면	리	측정위치	EC(μ s/cm)	TDS(mg/l)	pH	TMP($^{\circ}$ C)
양천천	쌍백	장전	떡곡소류지	90.9	45.4	7.24	21.0
양천천	삼가	문송	문송소류지	100.5	49.5	8.36	23.3
양천천	삼가	문송	내문-중둔	88.3	44.1	8.12	24.0
양천천	삼가	문송	내문지	82.5	41.3	8.04	24.8
양천천	삼가	하판	지동소류지	117.8	58.9	7.66	25.5
양천천	삼가	하판	상판	100.4	50.2	7.53	25.3
양천천	삼가	하판	박실못	90.5	45.4	7.55	25.8
양천천	삼가	하판	마장골못	119.5	59.8	8.25	25.0
양천천	삼가	용흥	위침실못	73.4	36.7	7.62	22.0
양천천	삼가	용흥	아랫침실못	95.7	47.7	9.61	27.9
양천천	삼가	용흥	설월소류지	104.5	52.1	9.02	27.6
양천천	삼가	용흥	용밤못	55.4	27.6	6.87	20.9
양천천	삼가	용흥	아초	103.9	51.9	7.73	25.0
양천천	삼가	동리	소내골못	58.8	29.3	6.92	22.8
양천천	삼가	일부	봉두못	72.5	36.2	7.16	23.7
양천천	삼가	일부	덤밀	129.1	64.5	7.51	25.1
양천천	삼가	덕진	송곡소류지	70.4	35.2	8.05	23.8
양천천	삼가	덕진	송곡교	103.3	51.6	7.75	25.3
양천천	삼가	학리	농암소류지	79.4	39.4	7.46	27.1
양천천	삼가	양전	양전못	103.9	51.9	7.73	25.0
양천천	삼가	양전	양전교	58.8	29.3	6.92	22.8
양천천	삼가	양전	신기교	72.5	36.2	7.16	23.7
양천천	삼가	일부	사미교	129.1	64.5	7.51	25.1
양천천	삼가	금리	남산마을소류지	70.4	35.2	8.05	23.8
양천천	삼가	학리	머정들교	103.3	51.6	7.75	25.3
양천천	삼가	학리	학리교	79.4	39.4	7.46	27.1
양천천	삼가	외토	용계교	121.7	60.8	6.90	25.0
양천천	삼가	외토	신정못	91.0	45.4	8.42	28.0
양천천	삼가	외토	삼곡교(대의경계)	132.0	68.7	7.62	25.7
양천천	삼가	두모	두모교	128.0	64.0	7.98	25.8
양천천	삼가	어전	못두덕소류지	109.3	54.6	8.65	24.5
양천천 수계 평균				106.2	53.1	7.63	21.5

그밖에 청덕면 삼학리의 경우도 EC가 $1,128\mu\text{s}/\text{cm}$ 이나 되는 관정이 있었는데 이는 낙동강 주변의 높은 EC와 주위 축산폐수의 영향으로 추측된다. 큰강이나 하천 주위의 관정은 특히 강물이 유입되지 않도록 오염방지 그라우팅에 신경을 써 주어야 한다.

지하수의 수질과 측정한 동일지점의 지표수의 수질을 보면 덕곡면 장리의 경우 지하수의 EC는 주위보다 높은 $1,200\sim 2,000\mu\text{s}/\text{cm}$ 을 보이는 반면, 지표수의 경우는 평균 $237\mu\text{s}/\text{cm}$ 으로 나타나는 지역이다. 지표수는 낮은 EC치를 보이나 지하수의 수치가 높게 나타나는 것은 타오염원이 지하로 유입되었거나 과잉양수로 인한 대수층의 불균형으로 지하수에서 연결된 대수층으로 주위의 높은 EC치를 가지는 타암석의 지하수가 대수층을 통해 유입됐다고 가정할 수 있다. 실제로 이 지역은 답작을 주로 하는 곳이며 관정이 다수 존재하여 앞에서 설명한 것과 같이 암석 자체의 원인보다는 상대적으로 높은 EC 수치의 타 지하수의 유입이나 타 오염원의 유입에 의해 높은 수치를 보이는 것으로 판단된다.

지표수의 수질을 보면 조사지역 수계의 수원이 가장 많은 가야천의 평균 EC가 $98\mu\text{s}/\text{cm}$ 으로 가장 낮고, 여러 수계의 최종 집수원이 되는 낙동강의 경우 6개의 수계 중 가장 높은 수치인 $174.3\mu\text{s}/\text{cm}$ 을 보인다. 중간수계인 황강의 경우 평균 EC수치가 $129.6\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 조사지역 지표수계의 평균인 $120.8\mu\text{s}/\text{cm}$ 와 유사한 수치를 보인다.

지하수의 pH의 경우는 평균 7.31로 나타났으며, 가장 높은 지역은 쌍책면 덕봉리(9.43), 가장 낮은 지역은 가회면 함당리(4.7)로 나타났다. 지표수의 경우는 평균 7.54를 나타내고 가장 수치가 높은 곳은 9.61, 낮은 곳은 6.19로 다른 지역과 유사한 수치를 보인다. 수온의 경우 6대 수계지역이 주위보다 상대적으로 낮은 특징을 보이고 낙동강 유입점으로 갈수록 높은 온도분포를 보여 유역면적이 넓고, 햇빛의 입사량이 많은 낙동강 수계가 가장 높은 온도분포를 보인다(그림. 5-4).

5-2. 주요 이온 분석결과

지하수에 용해된 화학성분중 대부분은 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 를 주요원소로 한다. 조사지구 지하수의 수질조성상의 특성과 물성분의 변화를 파악하기 위하여 총 50개소에 대하여 EC, 양이온, 음이온 분석을 농어촌진흥공사 농어촌연구원에 의뢰하였다.

분석결과를 토대로 하여 수질특성을 파악하기 위하여 주성분인 양이온 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ 등과 음이온 Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 의 함량비를 epm(equivalents per million)으로 환산하여 성분분석에 이용하였다(표. 5-4).

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

분석치의 평균을 보면, 양이온 평균은 K^+ 0.042epm, Ca^{2+} 1.581epm, Na^+ 0.894epm, Mg^{2+} 0.610epm 이며, 음이온 평균은 HCO_3^- 1.938epm, Cl^- 0.350epm, SO_4^{2-} 0.459epm 이다. 지질별로 보면 경상계퇴적암의 경우 Ca^{2+} 성분이 평균 2.260으로 다른 지질에 비해 높게 나타났으며, Na^+ 이온은 조사지역 평균은 0.894이고 퇴적암지역에서 0.969로 가장 높게 나타났으며, 염소이온은 평균 0.350으로 변성암 지역에서 0.141로 가장 낮게 관입암 지역에서 0.465로 가장 높게 나타났다.

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

- Ca- HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate hardness형
- Na- HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate alkali형
- Ca- SO_4 혹은 Ca-Cl형의 Noncarbonate hardness형
- Na- SO_4 혹은 Na-Cl형의 Noncarbonate alkali형

조사지역의 수질특성을 파악하기 위해서 지질별로 투영을 하였다.

Piper diagram<그림. 5-5>에서 조사지구의 지하수는 대체적으로 비슷한 수질 조성상의 분포를 나타내며, 경상계퇴적암 지역의 암반지하수는 양이온에서 Ca+Mg

가 음이온에서는 HCO_3 가 우세한 Carbonate hardness형, 관입암류 지역에서는 양이온은 $\text{Ca}+\text{Na}+\text{K}$ 가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3+Cl 가 우세한 carbonate Alkali형, 시대미상의 변성암은 양이온에서 $\text{Na}+\text{K}$ 가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3 가 우세한 Carbonate alkali형으로 나타났다. <그림.5-6>에서 Plot 지점을 중심으로 형성되는 원은 TDS를 나타내는 선으로서 변성암과 화성암의 경우 대부분이 $200\text{mg}/\ell$ 이하의 값을 보이지만 경상계 퇴적암의 경우 평균 $500\text{mg}/\ell$ 이상의 값을 보인다. 이는 퇴적암의 특징상 층리를 따른 물질 이동 비율이 다른 암석에 비해 높기 때문으로 보인다.

Stiff diagram<그림.5-6>은 diagram 좌측에 $\text{Na}+\text{K}$, Ca , Mg 양이온의 epm 함량을, 우측에 Cl , SO_4 , HCO_3 음이온의 epm 함량을 각각 표시하여 이온함량비를 diagram 모양을 이용, 형태적으로 분석하고 그 형태의 크기를 산출 비교하여 오염 정도의 척도로 이용하기 위해서 사용한다. Stiff diagram에서 양이온 함량은 총적관정과 암반관정의 모두 $\text{Ca} > \text{Na}+\text{K} > \text{Mg}$ 의 순으로 비슷하게 나타났으나 음이온 함량에 있어서는 암반관정 $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 \geq \text{Cl}$ 의 관계를 나타내고 있다. 암반관정에 있어 대체로 음이온 함량이 양이온 함량보다 약간 높게 나타나는 경향을 보인다

<표.5-3>지하수 이온분석 결과(ppm)

퇴 적	시 험 항 목	기 준	D-188	D-197	D-202	D-204	D-209	S-5	D-360	D-366	
			양이온 (ppm)	나트륨이온(Na) 칼륨이온(K) 칼슘이온(Ca) 마그네슘이온(Mg)	mg/l mg/l mg/l mg/l	10.182 1.406 18.071 4.515	11.130 2.336 25.924 7.454	45.936 3.118 17.295 8.355	8.028 1.075 44.550 9.931	14.221 1.437 22.336 29.105	9.947 3.382 24.245 5.600
암	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻) 중탄산이온(HCO ³⁻) 황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 150 mg/l mg/l < 200 mg/l	7 114.1 1	13 90.9 4	14 21.4 8	11 165.9 5	ND 198.9 2	13 137.5 15	36 152.5 51	35 164.7 15

퇴 적	시 험 항 목	기 준	D-354	D-307	D-330	D-332	D-326	D-275	D-273	D-281	
			양이온 (ppm)	나트륨이온(Na) 칼륨이온(K) 칼슘이온(Ca) 마그네슘이온(Mg)	mg/l mg/l mg/l mg/l	15.092 1.768 35.512 12.380	4.983 0.957 31.700 4.694	17.070 1.266 39.576 5.882	11.616 1.511 53.750 12.947	169.350 2.214 2.006 0.563	36.092 1.628 21.246 3.859
암	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻) 중탄산이온(HCO ³⁻) 황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 150 mg/l mg/l < 200 mg/l	9 176.9 8	6 97.6 5	7 162.3 9	20 161.0 14	1 334.9 2	3 162.3 4	4 95.8 4	13 158.6 17

퇴 적	시 험 항 목	기 준	D-300	D-130	D-139	D-107	D-123	D-149	D-164	D-254	
			양이온 (ppm)	나트륨이온(Na) 칼륨이온(K) 칼슘이온(Ca) 마그네슘이온(Mg)	mg/l mg/l mg/l mg/l	20.200 4.449 50.830 11.976	22.311 1.618 41.760 13.020	31.550 1.624 39.585 10.871	16.300 1.536 65.195 13.699	19.293 1.911 59.880 22.162	8.501 2.197 26.158 5.463
암	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻) 중탄산이온(HCO ³⁻) 황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 150 mg/l mg/l < 200 mg/l	34 131.1 12	7 196.4 11	28 96.4 33	22 219.6 17	47 206.2 11	ND 101.9 10	21 73.2 34	10 92.1 565

		시 험 항 목	기 준	S-7	D-141	D-227	S-2	S-3	D-116	D-112
퇴 적	양이온 (ppm)	나트륨이온(Na)	mg/ℓ	17.116	20.376	14.843	11.262	11.361	9.624	6.258
		칼륨이온(K)	mg/ℓ	1.470	1.742	2.870	2.298	1.271	3.676	2.237
		칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	51.100	26.678	24.997	15.075	23.677	10.891	9.440
		마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	12.586	5.433	7.636	5.206	6.371	3.756	2.931
압	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	9	2	24	7	6	10	5
		중탄산이온(HCO ³⁻)	mg/ℓ	254.4	145.8	68.9	76.9	108.0	58.6	47.6
		황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 200 mg/ℓ	ND	5	19	4	7	7	2

		시 험 항 목	기 준	D-194	D-169	D-50	D-22	D-14	D-19
화 성	양이온 (ppm)	나트륨이온(Na)	mg/ℓ	13.009	21.651	20.342	30.636	9.796	12.907
		칼륨이온(K)	mg/ℓ	0.912	0.543	2.567	1.465	1.216	1.438
		칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	15.802	12.343	19.095	42.046	27.297	31.582
		마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	3.146	1.400	4.892	6.956	3.177	4.138
압	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	11	1	21	48	7	11
		중탄산이온(HCO ³⁻)	mg/ℓ	52.5	214.7	25.6	69.5	90.3	81.7
		황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 200 mg/ℓ	5	5	12	12	8	12

		시 험 항 목	기 준	D-184	D-168	D-179	D-174	D-41	D-302	D-311	D-7
변 성	양이온 (ppm)	나트륨이온(Na)	mg/ℓ	8.783	3.380	2.943	4.695	10.206	5.591	8.540	5.726
		칼륨이온(K)	mg/ℓ	1.105	0.610	0.661	0.306	1.229	0.537	0.872	0.442
		칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	11.042	16.549	13.115	2.130	23.891	6.820	19.513	11.429
		마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	5.162	3.422	4.064	0.720	5.892	1.683	4.071	0.991
압	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	5	ND	1	1	11	4	3	2
		중탄산이온(HCO ³⁻)	mg/ℓ	52.5	64.7	56.1	22.6	75.6	30.5	81.1	45.1
		황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 200 mg/ℓ	2	3	3	ND	10	1	3	1

변 성	시 험 항 목	기 준	D-6	D-17	D-23	D-24	D-21
			양이온 (ppm)	나트륨이온(Na) 칼륨이온(K) 칼슘이온(Ca) 마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ mg/ℓ mg/ℓ mg/ℓ	9.071 2.252 22.543 6.051	13.273 1.328 16.891 5.253
암	음이온 (ppm)	염소이온(Cl ⁻) < 150 mg/ℓ 중탄산이온(HCO ³⁻) 황산이온(SO ₄ ⁻²) < 200 mg/ℓ	4 92.7 6	9 67.1 6	10 64.1 12	1 233.6 3	9 117.1 3

<표.5-4>지하수 이온분석 결과(epm)

퇴적암	시 험 항 목	기 준	D-188	D-197	D-202	D-204	D-209	S-5	D-360	D-366
			양이온 (epm)	나트륨이온(Na)	mg/l	0.438	0.479	1.975	0.345	0.612
칼륨이온(K)	mg/l	0.036		0.060	0.080	0.028	0.037	0.087	0.040	0.039
칼슘이온(Ca)	mg/l	0.902		1.294	0.863	2.223	1.115	1.210	3.136	2.520
마그네슘이온(Mg)	mg/l	0.372		0.613	0.688	0.817	2.395	0.461	1.704	1.959
음이온 (epm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	0.197	0.367	0.395	0.310	ND	0.367	1.015	0.987
	중탄산이온(HCO ₃)	mg/l	1.871	1.491	0.351	2.721	3.262	2.255	2.501	2.701
	황산이온(SO ₄ -2)	< 200 mg/l	0.021	0.083	0.166	0.104	0.042	0.312	1.061	0.312

퇴적암	시 험 항 목	기 준	D-354	D-307	D-330	D-332	D-326	D-275	D-273	D-281
			양이온 (epm)	나트륨이온(Na)	mg/l	0.649	0.214	0.734	0.499	7.282
칼륨이온(K)	mg/l	0.045		0.024	0.032	0.039	0.057	0.042	0.039	0.031
칼슘이온(Ca)	mg/l	1.772		1.582	1.975	2.682	0.100	1.060	0.959	2.685
마그네슘이온(Mg)	mg/l	1.019		0.386	0.484	1.066	0.046	0.318	0.422	0.897
음이온 (epm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	0.254	0.169	0.197	0.564	0.028	0.085	0.113	0.367
	중탄산이온(HCO ₃)	mg/l	2.901	1.601	2.662	2.640	5.492	2.662	1.571	2.601
	황산이온(SO ₄ -2)	< 200 mg/l	0.166	0.104	0.187	0.291	0.042	0.083	0.083	0.354

퇴적암	시 험 항 목	기 준	D-300	D-130	D-139	D-107	D-123	D-149	D-164	D-254
			양이온 (epm)	나트륨이온(Na)	mg/l	0.869	0.959	1.357	0.701	0.830
칼륨이온(K)	mg/l	0.114		0.041	0.042	0.039	0.049	0.056	0.039	0.035
칼슘이온(Ca)	mg/l	2.536		2.084	1.975	3.253	2.988	1.305	1.462	12.153
마그네슘이온(Mg)	mg/l	0.986		1.072	0.895	1.127	1.824	0.450	0.592	0.335
음이온 (epm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	0.959	0.197	0.790	0.620	1.325	ND	0.592	0.282
	중탄산이온(HCO ₃)	mg/l	2.150	3.221	1.581	3.601	3.382	1.671	1.200	1.510
	황산이온(SO ₄ -2)	< 200 mg/l	0.240	0.220	0.660	0.340	0.220	0.200	0.680	11.300

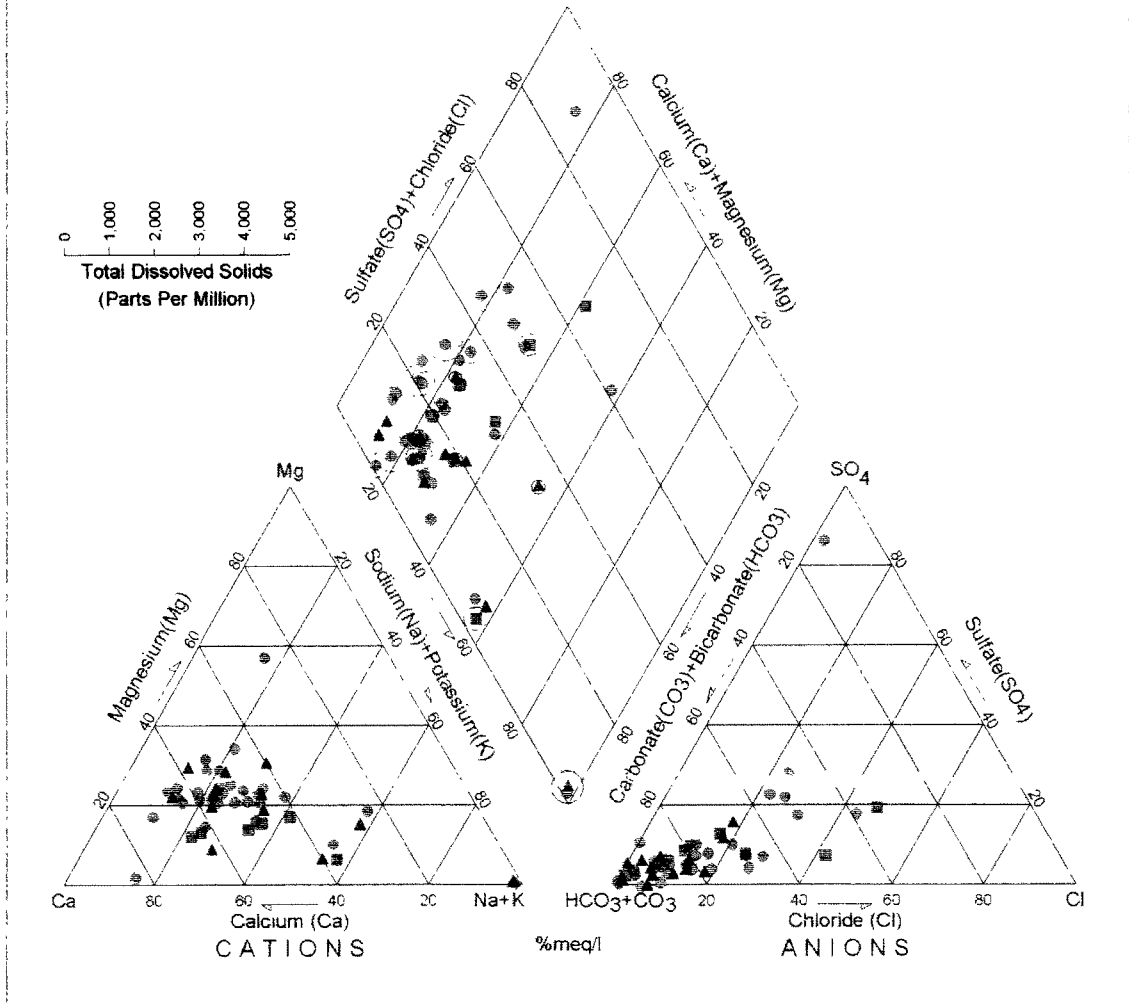
퇴적암	시 험 항 목	기 준	S-7	D-141	D-227	S-2	S-3	D-116	D-112	
			양이온 (epm)	나트륨이온(Na)	mg/l	0.736	0.876	0.638	0.484	0.489
	칼륨이온(K)	mg/l	0.038	0.045	0.073	0.059	0.033	0.094	0.057	
	칼슘이온(Ca)	mg/l	2.550	1.331	1.247	0.752	1.181	0.543	0.471	
	마그네슘이온(Mg)	mg/l	1.036	0.447	0.628	0.428	0.524	0.309	0.241	
암	음이온 (epm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	0.254	0.056	0.677	0.197	0.169	0.282	0.141
		중탄산이온(HCO ₃)	mg/l	4.172	2.391	1.130	1.261	1.771	0.961	0.781
		황산이온(SO ₄ -2)	< 200 mg/l	ND	0.104	0.395	0.083	0.146	0.146	0.042

화성암	시 험 항 목	기 준	D-194	D-169	D-50	D-22	D-14	D-19	
			양이온 (epm)	나트륨이온(Na)	mg/l	0.559	0.931	0.875	1.317
	칼륨이온(K)	mg/l	0.023	0.014	0.066	0.038	0.031	0.037	
	칼슘이온(Ca)	mg/l	0.789	0.616	0.953	2.098	1.362	1.576	
	마그네슘이온(Mg)	mg/l	0.259	0.115	0.403	0.572	0.261	0.341	
암	음이온 (epm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	0.310	0.028	0.592	1.354	0.197	0.310
		중탄산이온(HCO ₃)	mg/l	1.019	4.165	0.497	1.348	1.752	1.585
		황산이온(SO ₄ -2)	< 200 mg/l	0.104	0.104	0.250	0.250	0.166	0.250

변성암	시 험 항 목	기 준	D-184	D-168	D-179	D-174	D-41	D-302	D-311	D-7	
			양이온 (epm)	나트륨이온(Na)	mg/l	0.378	0.145	0.127	0.202	0.439	0.240
	칼륨이온(K)	mg/l	0.028	0.016	0.017	0.008	0.031	0.014	0.022	0.011	
	칼슘이온(Ca)	mg/l	0.551	0.826	0.654	0.106	1.192	0.340	0.974	0.570	
	마그네슘이온(Mg)	mg/l	0.425	0.282	0.334	0.059	0.485	0.139	0.335	0.082	
암	음이온 (epm)	염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	0.141	ND	0.028	0.028	0.310	0.113	0.085	0.056
		중탄산이온(HCO ₃)	mg/l	0.861	1.061	0.920	0.371	1.240	0.500	1.330	0.740
		황산이온(SO ₄ -2)	< 200 mg/l	0.042	0.062	0.062	ND	0.208	0.021	0.062	0.021

변 성 압	시 험 항 목	기 준	D-6	D-17	D-23	D-24	D-21
			양이온 (cpm)	나트륨이온(Na) 칼륨이온(K) 칼슘이온(Ca) 마그네슘이온(Mg)	mg/l mg/l mg/l mg/l	0.390 0.058 1.125 0.498	0.571 0.034 0.843 0.432
음이온 (cpm)	염소이온(Cl-) 중탄산이온(HCO3) 황산이온(SO4-2)	< 150 mg/l mg/l < 200 mg/l	0.113 1.520 0.125	0.254 1.100 0.125	0.282 1.051 0.250	0.028 3.831 0.062	0.254 1.920 0.062

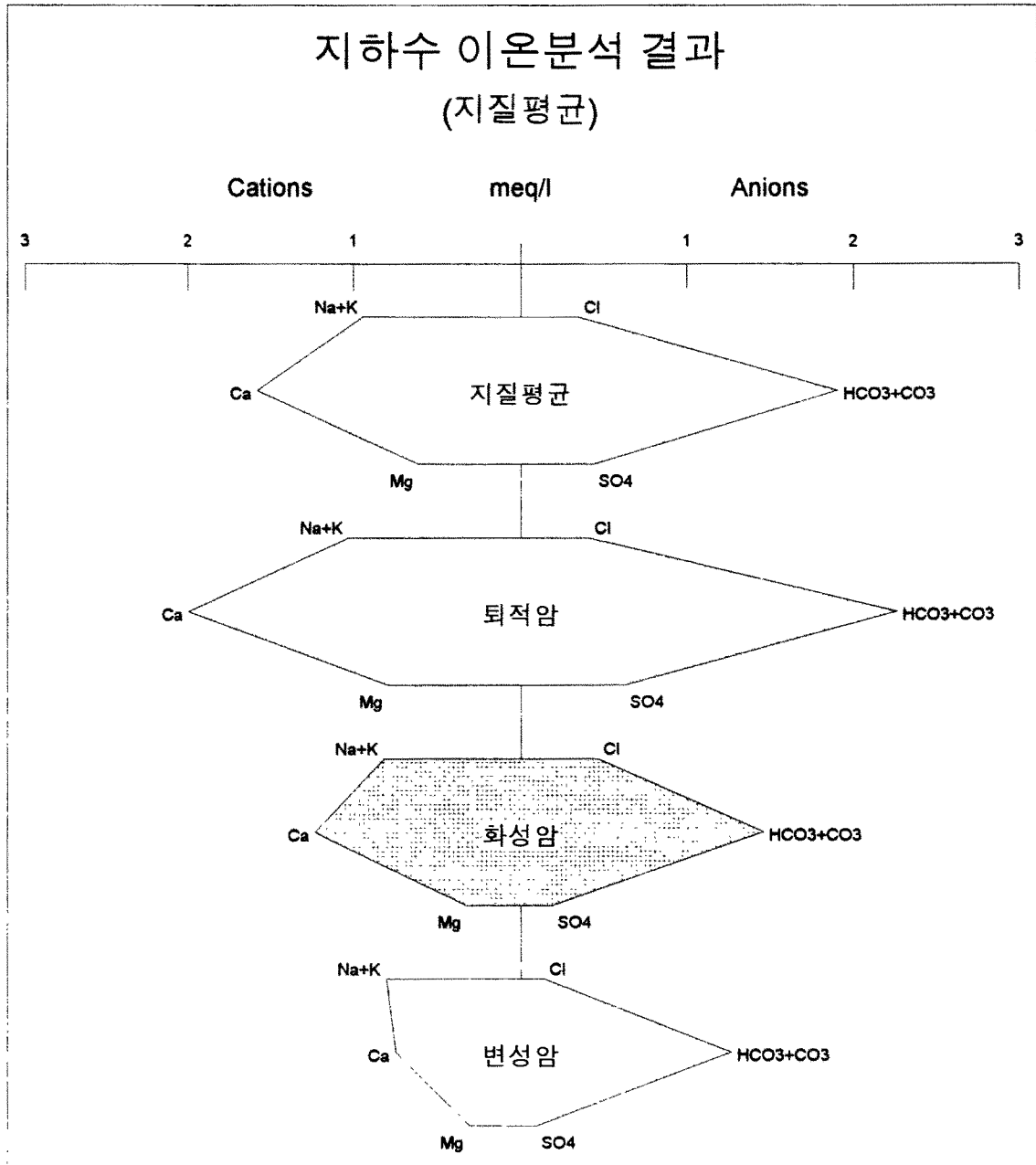
지하수 수질분석



<그림. 5-5> 지하수 수질특성 Piper diagram

(●:퇴적암, ▲:변성암, ■:화성암)

여 백



<그림. 5-6> 지하수 수질 특성 Stiff diagram(지질평균)

5-3. 먹는물 기준 수질검사 결과

조사지구내 지하수의 전반적인 수질성분을 파악하기 위하여 현재 사용중인 기설관정중 지하수 관측망 설치를 위한 암반관측정을 포함한 암반지하수 46개공과 층적관정 4개공을 포함하는 총 50점에 대하여 농어촌진흥공사 농어촌연구원에 먹는물 수질기준의 지하수 수질검사를 의뢰하였다. 표에서 ND는 불검출을 의미한다<표.5-5>

수질검사 항목별 분석을 보면 과망간산칼륨소비량은 평균 2.5mg/ℓ로 나타났으며, 지하수관정은 먹는물 수질기준 초과 공이 없었고 대병면 하금리와 초계면 관평리에서 수질기준 초과 공이 있었고, 총경도는 암반관정 평균 109.4mg/ℓ로서 초계 중리의 D-254관정만이 기준 초과된 수치를 보였으며, 현장 간이수질검사 결과 높은 EC, TDS를 보인 곳이다. 증발잔류물은 암반관정 평균 249.7mg/ℓ으로 나타났고, 초계면의 중리에서 (D-254) 기준초과 공이 있었는데 역시 전기전도도 수치가 2,000 μ S/cm을 넘게 나타난 곳이다.

염소이온은 검사공 공이 수질기준을 초과하는 곳은 없었다. 암모니아성 질소가 1개소에서 불합격 되었으며, 아연이 3개공에서, 불소가 4개공, 망간이 3개공, 수산화이온농도가 1개공에서 기준초과 검출되었다. 질산성질소가 봉사면 계산리의 D-50번 공에서 기준 초과하였으며, 암모니아성질소가 초계의 관평리에서 (S-7) 초과하여 나타났고, 망간이 4개공, 불소가 3개공, 아연이 2개공이 초과되었고, 알루미늄은 초과된 공이 없었다.

<표. 5-5> 먹는물 기준 지하수 수질검사 결과

시 험 항 목	기 준	D-188	D-194	D-197	D-202	D-204	D-209	S-5	D-169	D-184
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	ND	ND	0.5	ND	ND	ND	0.8	0.1
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/ℓ	ND	2.6	4.4	0.1	1.2	ND	5.8	ND	2.4
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바틸	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	64	52	95	78	152	177	83	36	49
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/ℓ	1.9	0.9	0.3	1.3	0.6	0.6	2.5	0.9	0.9
냄새	무취	부적합	적합	적합	부적합	적합	적합	부적합	적합	적합
맛	무미	부적합	적합	적합	부적합	적합	적합	부적합	적합	적합
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.107	0.157	0.089	0.045	0.063	0.011	0.021	0.102	0.056
색도	< 5도	15	ND	ND	3	ND	ND	30	ND	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.1	6.8	7.0	8.0	7.8	8.0	6.4	8.1	7.3
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	1.758	0.092	0.045	0.020	0.038	0.123	0.052	0.058	0.081
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	7	11	13	14	11	ND	13	1	5
증발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	103	ND	ND	ND	ND	202	185	ND	ND
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.04
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.678	0.004	0.001	0.003	ND	0.002	0.134	0.015	ND
탁도	< 2 도	10	적합	적합	4	적합	ND	10	적합	적합
황산이온(SO ₄ ²⁻)	< 200 mg/ℓ	1	5	4	8	5	2	15	5	2
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.09	0.06	0.02	0.01	0.04	0.05	ND	0.05	0.02
칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	18.071	15.802	25.924	17.295	44.550	22.336	24.245	12.343	11.042
마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	4.515	3.146	7.454	8.355	9.931	29.105	5.600	1.400	5.162
칼륨이온(K)	mg/ℓ	1.406	0.912	2.336	3.118	1.075	1.437	3.382	0.543	1.105
나트륨이온(Na)	mg/ℓ	10.182	13.009	11.130	45.936	8.028	14.221	9.947	21.651	8.783
중탄산이온(HCO ₃ ⁻)	mg/ℓ	114.1	52.5	90.9	21.4	165.9	198.9	137.5	214.7	52.5
전기전도도(EC)	μs/cm	157	156	224	429	290	329	223	142	121

시험 항목	기준	D-168	D-179	D-174	D-41	D-50	D-360	D-366	D-354	D-302
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	ND	0.1	0.1	ND	0.1	ND	ND	0.1
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/ℓ	0.1	0.3	0.3	1.9	10.5	13.7	0.2	0.9	1.0
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	55	49	8	84	68	243	225	140	24
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/ℓ	24.3	0.9	0.6	1.3	2.8	2.8	1.3	1.6	0.6
냄새	무취	부적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	적합	적합
맛	무미	부적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	적합	적합
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.012	0.043	0.050	0.079	0.043	0.025	0.054	0.024	0.094
색도	< 5도	18	ND	ND	15	15	3	15	ND	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.8	7.8	7.2	7.0	6.3	6.6	7.2	7.6	7.4
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.14	0.037	0.16	0.107	0.779	0.674	0.166	0.016	0.066
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	ND	1	1	11	21	36	35	9	4
증발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	269	ND	ND	269	214	ND	287	ND	ND
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	0.03	ND	ND	0.01	ND	ND	0.01	ND	ND
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.001	0.001	0.001	0.003	0.052	0.012	0.052	0.001	0.001
탁도	< 2 도	80	적합	적합	8	30	3	16	적합	적합
황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 200 mg/ℓ	3	3	ND	10	12	51	15	8	1
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.01	0.04	0.02	0.07	0.06	0.07	0.01	0.01	0.03
칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	16.549	13.115	2.1300	23.891	19.095	62.845	50.500	35.512	6.820
마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	3.422	4.064	0.7200	5.892	4.892	20.703	23.809	12.380	1.683
칼륨이온(K)	mg/ℓ	0.610	0.661	0.306	1.229	2.567	1.579	1.522	1.768	0.537
나트륨이온(Na)	mg/ℓ	3.38	2.943	4.695	10.206	20.342	22.218	25.855	15.092	5.591
중탄산이온(HCO ₃ ⁻)	mg/ℓ	64.7	56.1	22.6	75.6	25.6	152.5	164.7	176.9	30.5
전기전도도(EC)	μs/cm	113	99	42	188	242	1071	470	304	77

시험항목	기준	D-311	D-307	D-330	D-332	D-326	D-275	D-273	D-281	D-300
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	0.1	ND	0.1	5.8	0.2	0.1	0.1	0.1
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/ℓ	1.1	2.1	0.2	5.3	0.1	ND	1.0	6.5	9.3
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
폐놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바틸	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	65	98	123	188	7	69	69	179	177
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/ℓ	0.9	1.9	0.9	0.3	2.5	0.3	0.9	3.5	1.3
냄새	무취	적합	적합	부적합	적합	적합	적합	적합	부적합	적합
맛	무미	적합	적합	부적합	적합	적합	적합	적합	부적합	적합
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.051	0.013	0.083	0.026	0.051	0.075	0.020	0.043	0.014
색도	< 5도	ND	ND	ND	10	ND	ND	ND	10	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.0	7.7	7.9	7.4	9.1	8.1	7.9	7.3	7.4
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.074	0.011	0.103	0.058	0.03	0.051	0.045	0.820	0.046
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	3	6	7	20	1	3	4	13	34
증발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	ND	ND	211	ND	ND	ND	ND	288	ND
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.112	0.001	0.004	ND
탁도	< 2 도	적합	적합	9	적합	적합	적합	적합	20	적합
황산이온(SO ₄ ⁻²)	< 200 mg/ℓ	3	5	9	14	2	4	4	17	12
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.03	ND	0.08	0.01	0.04	0.05	0.01	0.03	ND
칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	19.513	31.700	39.576	53.750	2.006	21.246	19.223	53.800	50.830
마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	4.071	4.694	5.882	12.947	0.563	3.859	5.122	10.897	11.976
칼륨이온(K)	mg/ℓ	0.872	0.957	1.266	1.511	2.214	1.628	1.510	1.197	4.449
나트륨이온(Na)	mg/ℓ	8.54	4.983	17.070	11.616	169.35	36.092	12.828	14.545	20.200
중탄산이온(HCO ₃ ²)	mg/ℓ	81.1	97.6	162.3	161	334.9	162.3	95.8	158.6	131.1
전기전도도(EC)	μs/cm	152	204	279	382	1129	252	173	370	399

시험항목	기준	D-130	D-139	D-7	D-6	D-22	D-14	D-19	D-17	D-107
납(Pb)	< 0.05mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/l	0.1	0.1	0.2	0.1	ND	0.1	0.2	ND	ND
비소(As)	< 0.05mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/l	0.6	9.4	1.2	2.3	13.2	2.3	5.0	5.2	1.6
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	< 0.005mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	< 0.03mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/l	158	144	32	81	134	81	96	64	220
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/l	1.6	2.5	0.9	1.6	2.5	1.9	2.5	1.6	2.2
냄새	무취	적합	부적합	부적합	적합	적합	적합	부적합	적합	적합
맛	무미	적합	부적합	부적합	적합	적합	적합	부적합	적합	적합
동(Cu)	< 1 mg/l	0.036	0.017	0.055	0.082	0.073	0.045	0.119	0.031	0.094
색도	< 5도	ND	10	6	2	2	ND	6	ND	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.7	6.6	7.5	7.3	6.5	7.5	7.2	6.6	7.2
아연(Zn)	< 1 mg/l	0.109	0.023	0.046	0.059	0.328	0.128	0.065	0.059	0.067
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	7	28	2	4	48	7	11	9	22
중발칸류물(TS)	< 500 mg/l	ND	300	106	ND	ND	ND	195	ND	ND
철(Fe)	< 0.3 mg/l	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
망간(Mn)	< 0.3 mg/l	0.002	0.076	0.002	0.001	0.006	0.002	0.002	0.001	0.022
탁도	< 2 도	적합	5	5	4	4	적합	7	적합	적합
황산이온(SO ₄ ²⁻)	< 200 mg/l	11	33	1	6	12	8	12	6	17
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/l	0.02	ND	0.02	0.07	0.04	0.01	0.09	ND	0.08
칼슘이온(Ca)	mg/l	41.760	39.585	11.429	22.543	42.046	27.297	31.582	16.891	65.195
마그네슘이온(Mg)	mg/l	13.020	10.871	0.991	6.051	6.956	3.177	4.138	5.253	13.699
칼륨이온(K)	mg/l	1.618	1.624	0.442	2.252	1.465	1.216	1.438	1.328	1.536
나트륨이온(Na)	mg/l	22.311	31.550	5.726	9.071	30.636	9.796	12.907	13.273	16.300
중탄산이온(HCO ₃ ⁻)	mg/l	196.4	96.4	45.1	92.7	69.5	90.3	81.7	67.1	219.6
전기전도도(EC)	μs/cm	318	381	90	179	374	189	229	176	428

시험 항목	기준	D-123	D-149	D-164	D-254	S-7	D-141	D-227	D-23
납(Pb)	< 0.05mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/l	ND	0.1	0.1	1.9	0.2	0.1	0.1	0.2
비소(As)	< 0.05mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/l	ND	0.63	0.82	ND	3.71	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/l	5.2	ND	0.5	2.0	ND	ND	6.5	0.6
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	< 0.005mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	< 0.03mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/l	241	88	103	625	180	89	94	71
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/l	1.6	4.4	7.6	1.6	13.9	0.9	1.9	0.9
냄새	무취	적합	부적합	부적합	적합	부적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	부적합	부적합	적합	부적합	적합	적합	적합
동(Cu)	< 1 mg/l	0.024	0.133	0.093	0.023	0.038	0.065	0.061	0.131
색도	< 5도	ND	12	6	1	120	2	1	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.6	6.8	6.7	7.5	6.7	7.8	6.5	7.7
아연(Zn)	< 1 mg/l	0.025	0.050	0.045	0.188	1.676	0.057	0.063	0.063
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/l	47	ND	21	10	9	2	24	10
증발잔류물(TS)	< 500 mg/l	ND	143	214	933	327	ND	ND	ND
철(Fe)	< 0.3 mg/l	ND	0.04	0.1	ND	0.03	0.01	ND	ND
망간(Mn)	< 0.3 mg/l	0.015	2.413	3.862	0.038	3.474	0.009	0.003	0.002
탁도	< 2 도	적합	24	5	3	120	4	5	적합
황산이온(SO ₄ ²⁻)	< 200 mg/l	11	10	34	565	ND	5	19	12
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/l	0.01	0.09	0.04	0.01	0.01	0.02	0.05	0.04
칼슘이온(Ca)	mg/l	59.880	26.158	29.289	243.550	51.100	26.678	24.997	24.649
마그네슘이온(Mg)	mg/l	22.162	5.463	7.195	4.074	12.586	5.433	7.636	2.456
칼륨이온(K)	mg/l	1.911	2.197	1.538	1.357	1.47	1.742	2.870	0.814
나트륨이온(Na)	mg/l	19.293	8.501	12.436	48.360	17.116	20.376	14.843	37.552
중탄산이온(HCO ₃ ⁻)	mg/l	206.2	101.9	73.2	92.1	254.4	145.8	68.9	64.1
전기전도도(EC)	μs/cm	495	215	265	2131	401	231	256	261

시험항목	기준	D-24	D-21	S-2	S-3	D-116	D-112
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	1.5	0.1	0.1	0.1	ND	0.1
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시아나(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/ℓ	ND	2.7	1.9	5.6	1.6	ND
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	5	97	59	85	42	35
망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/ℓ	1.6	1.3	7.6	3.5	3.5	8.5
냄새	무취	적합	적합	부적합	적합	부적합	부적합
맛	무미	적합	적합	부적합	적합	부적합	부적합
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.062	0.088	0.004	0.045	0.101	0.029
색도	< 5도	ND	ND	16	ND	4	18
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	9.0	7.1	6.9	6.9	6.7	7.0
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.042	0.071	0.093	14.058	0.067	0.047
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	1	9	7	6	10	5
중발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	313	ND	327	175	101	83
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	0.01	ND	0.01	0.01	ND	0.48
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.002	0.001	0.010	0.003	0.006	0.001
탁도	< 2 도	적합	ND	20	ND	10	10
황산이온(SO ₄ ²⁻)	< 200 mg/ℓ	3	3	4	7	7	2
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.05	0.06	ND	0.01	0.03	0.01
칼슘이온(Ca)	mg/ℓ	1.543	24.717	15.075	23.677	10.891	9.440
마그네슘이온(Mg)	mg/ℓ	0.501	8.543	5.206	6.371	3.756	2.931
칼륨이온(K)	mg/ℓ	2.350	1.074	2.298	1.271	3.676	2.237
나트륨이온(Na)	mg/ℓ	110.880	11.818	11.262	11.361	9.624	6.258
중탄산이온(HCO ₃ ⁻)	mg/ℓ	233.6	117.1	76.9	108.0	58.6	47.6
전기전도도(EC)	μs/cm	434	220	153	243	138	89

5-4. 잠재오염원 조사

가. 오염원의 분류

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

○ 정 화 조

분뇨에는 다량의 질소화합물이 포함되어 있으며, 질소화합물은 토양에 유입되면 토양박테리아에 의해 질산염으로 산화되어 지하수로 침투된다.

유역별 인구와 경지면적은 수질에 영향을 미치는 인자이나 본지구의 인구밀도는 비교적 낮아(67.6명/km²) 지하수 오염에는 큰 영향은 미치지 않을 것으로 예상된다.

최근 농촌에서도 현대식 주택이 널리 보급되면서 정화조에 의한 분뇨유출이 이루어져 토양오염이 이루어질 가능성이 있다. 본 지구에서 질소화합물의 지하수 유입정도를 분석하기 위하여 암모니아성질소 및 질산성질소의 농도분석 결과를 살펴보면 암모니아성질소는 초계의 총적관정 1곳을 제외하고는 대부분이 불검출이고, 질산성질소의 평균농도는 3.3mg/l로 낮은 값을 나타낸다. 봉산면 계산리의 D-50, 삼가면 어전의 D-360, 묘산 회양리의 D-22등의 관정등 관정주위에 오염방지 시설이 되어 있지 않거나 주위 축사 경우는 대부분의 관정의 질산성질소가 기준초과를 보였다. 오염방지 시설을 한 경우에도 축사 배수시설이 정상적으로 되었는지 않고, 관정 보호공의 설계가 지면보다 낮고 보호공 덮개의 밀폐가 잘돼 있지 않을 경우 오염정도가 심각한 것으로 나타났다.

○ 농약 및 비료살포

농업오염원은 가축의 분뇨, 비료, 각종 농약 등이 대부분을 차지한다. 이들의 성분은 주로 질산화합물, 인산염, 박테리아, 염화물, 중금속 등이다. 총 농경지 분

포면적은 밭이 49.66km², 논이 112.07km²으로 총 161.73km²으로 조사지구 총면적의 16.4%의 면적을 보이는데 조사지구는 여느 시.군에 비해 산계 형성의 밀도가 높은 곳으로 황강주위 퇴적지대와 초계, 적중면의 소형분지 주위와 삼가면 일대의 충적층일대가 주농경지이다. 덕곡면의 농경지에 있는 관중중 오염방지 시설이 되어 있지 않은 충적관정의 경우 주변관정의 평균 EC가 400~600 μ s/cm을 보였는데 경작지에 농약 살포 이후 관정내 EC를 측정한 결과 2,000 μ s/cm을 넘는 EC 수치를 보일 만큼 오염물질의 유입속도가 빠른 것으로 나타났다. 따라서 농약 살포 처럼 넓은 면적으로의 잔존율이 높은 성분을 포함하는 오염원을 살포하는 경작지의 경우 주위관정의 오염방지 시설에 더욱 큰 주의를 기울여야 하고 인위적인 유입이 되지 않도록 주의해야 한다.

○ 폐기관정

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

본 지구에서 폐기관정수의 전체적 파악은 어려우나 개인이 온천용이나 생활용수의 목적으로 개발후 온도나 양수량이 목적에 부적합할 경우 다목적으로의 전환을 위해서나 폐공의 기회를 놓친 경우 그대로 방치해둔 관정이 몇 공 존재하는 것으로 보인다. 황강주위 농경지에 80년대 초에 대량 개발한 충적관정들이 내구연한과 수량부족으로 방치된 공들이 존재하고 있다.

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

○ 지하저장 탱크

주유소의 저장탱크에서 유해 유기화합물이 누출되면 지하수를 오염시킬 수 있다.

대부분 석유류 제품의 저장에 이용되는 지하저장 탱크는 주로 금속제품으로 만들어지기 때문에 시간이 지남에 따라 용접부위가 쉽게 부식되어 저장된 물질들

이 지하수로 누출될 수 있다. 지하수가 누출될 경우 가스성분과 벤젠, 톨루엔등 유독성 화합물이 분리되어 토양에 부착, 지하수에 녹게되어 지하수를 오염시키게 된다

6. 지하수자원의 부존성 평가

6-1. 물수지 분석

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

일반적으로 이 방법은 장기간에 걸친 평균적 균형상태를 가정하기 때문에 중간과정에서의 동적인 수문수리상태를 고려하지 못하는 결점이 있다. 이러한 약점에도 불구하고 계획단계에서 수자원의 지역적인 부존량의 정도를 파악하고 대수층의 초기 및 경계조건을 설정하는 데 있어 수문학적인 물수지분석은 필수적이다.

6-1-1. 강수량에 의한 함양량 분석

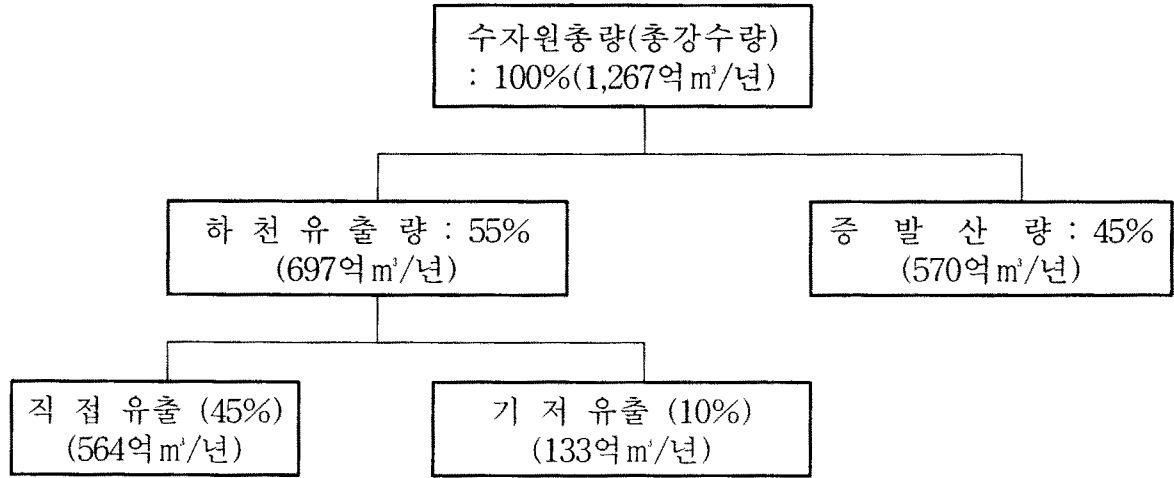
지하수의 기원은 강수에 의한 순환수이며, 지표수가 유동하는 과정에서 지질적인 구조, 지형특성, 임상조건, 기온 및 일조량 등에 의하여 대수층으로 함양되는 것으로 수순환계에 의하여 항상 평형상태가 유지되어야 한다.

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

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

본 조사지역의 수수지 분석을 위한 합천기상대의 10년간 강수량 분석에 의해 다음사항을 산출하였으며, <그림. 6-1> 수자원 계통표를 이용하여 조사지구의 연평균 강수량 1,201.8mm/년을 적용하여 기저유출량을 계산하였다.

- 조사지구 연평균 강수량(합천기상대, 1989~1998)
평균 : 1,201.8mm/yr, 최대 : 1,804.6mm/yr, 최소 : 628.7mm/yr
- 집수유역면적 : 983,427,143.7m²
- 기저유출량 : 수자원총량(1,181,883천m³)×기저유출율(0.1)=118,188천m³



<그림. 6-1> 수자원 계통도(건설교통부, 지하수관리기본계획, 1997.)

본 조사지역의 건교부 발행 우리나라 수자원 현황표에 의한 강수량과 물수지 분석에서 조사지구 연간 수자원 총량은 1,181,883천m³로 연간 지하수 함양량(18%)은 212,738.9천m³/년이며, 이를 1일 사용 가능량으로 환산하면 582.8천m³/일이다.

6-1-2. 유출분석에 의한 함양량 분석

하천의 유출률은 강수총량에 대한 유출총량의 비로써 다음과 같이 계산된다.

$$\text{유출률} = \frac{\text{월평균유출량(m³/sec)} \times 86,400 \times \text{월의일수}}{\text{월평균강우량} \times \text{유역면적}}$$

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

하천유출이 지하수위의 변동과 관련이 있으므로 하천유출량의 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하면 지하수 저류로부터 배출되는 량, 즉 지하수 유동량으로 볼 수 있다. 기저유출율(강우함양계수)을 0.115로 하여 유량을 산출하면 다음과 같다. 여기서 연강수량은 10년간(1989~1998) 합천기상대의 연평균 강수량인 1,201.8mm로 계산하였다.

$$\frac{0.115 \times 983,427,143.7 \times 1.2018}{365 \times 86,400} \approx 4,3098 \text{ m}^3/\text{sec} = 372,366.7 \text{ m}^3/\text{day}$$

그러므로 연평균 함양량은 135,914천m³로 나타나고 이 수치는 지하수의 저유 상태에 인공적인 변화를 가하지 않고 소모시켜 버릴 수 있는 수량이다.

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

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

여기서, I : 지하수함양량

DR : 지표수 직접유출량

P : 총강수량

ET : 증발산량

IU : 타수역으로부터 지하수 유출입량

○ 강수량, 증발 및 증발산량

조사지역 강수량은 합천기상대에서 관측한 1989~1998년 10년간 측정된 자료의 평균치 1,201.8mm/년을 적용하였고, 이로부터 연간 총 강수량을 산출하면,

$$1,201.8 \text{ mm} \times 983.4 \text{ km}^2 \approx 1,181,850 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{가 된다.}$$

증발량은 조사지역에 위치한 합천기상대의 10년간의 관측자료로 산출된 1,169.9 mm/년을 적용하여 조사지역에서의 수면증발량을 계산하면,

하천 및 저수지면적(46,587.609.5m²) × 증발량(1,169.9mm) ≈ 54.50 × 10⁶m³이다.

증발산량은 Turc(1975)의 증발산량 추정공식을 사용하여 얻어진 연간증발산량(ETR) 630.44mm/년을 적용하고 조사유역에 대한 총증발산량을 산출하면,

$$0.63044 \text{ mm} \times 983.49 \text{ km}^2 = 619.97 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{가 된다.}$$

6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량

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

유효공극률은 실내실험으로도 구해질 수 있으나, 이를 그대로 야외에 적용한다는 것은 위험한 일로 거의 적용을 삼가고 있다. 전체적인 저류계수의 산출은 장기적인 수문적 자료에 의한 물수지의 해석으로 가능해질 것이다. 일반적으로 대수층 시험에서 얻어진 수치보다 수배 높은 수치로 나오는 것이 보통이나 대수층시험에서 얻은 수치를 기본으로 하여 부존량의 총량을 구할 수 있다.

6-2-1. 지하수 부존량

충적층의 평균층후는 기설관정 자료에서 얻어진 9.28m를 적용하며, 풍화대 이하는 암반층으로 간주하였다.

암반대수층의 지하수 부존량은 대수층 심도와 관계된다. 조사지구내 기존 암반관정들의 평균 개발심도가 100~150m에 위치하므로 대수층 심도는 평균심도인 96.6m로 제한하였으며, 충적대수층은 충적층 평균 층후로부터 수위관측 조사에서 나타난 평균 지하수위가 지면 1.9m이므로 충적층의 포화대 층후는 6.48(≒ 6.5)m이다.

유효공극률은 암종별 평균공극률 퇴적암 5%, 충적층 35%, 화성암 1%, 변성암 1%(1991. 농어촌진흥공사)에서 충적층은 35%를 적용하고, 암반층은 조사지역이 경상계퇴적암, 관입암류화성암류, 시대미상변성암이 주로 존재하여 구성 지질별 면적비를 따져서 퇴적암 50%, 변성암류 50%를 적용시켜 평균 3%를 조사지역의 암반공극률로 산정하였다.

지하수 부존량 산정에 적용된 유역면적은 조사지역 총면적 983,427,143.7m²중 전, 답에 충적층이 주로 분포한다고 가정하여 충적층은 176.5km²를 산정하고 나머지 토지 806.9km²에는 암반대수층만을 고려하였다.

이와 같은 방법으로 산정한 조사지역의 지하수부존량은 $3,218.47 \times 10^6 \text{m}^3$ 이고, 이중 암반지하수가 87.5%인 $2,817.07 \times 10^6 \text{m}^3$ 로 평가된다.

<표. 6-1> 지하수 부존량 산출

구 분	면 적 (km^2)	대수층두께 (m)	공극률	부 존 량 ($\text{m}^3/\text{년}$)	비 고
계	983.4			$3,218.47 \times 10^6$	
층 적 층	176.5	6.5	0.35	401.54×10^6	
층적층하부암반	176.5	90.4	0.03	478.67×10^6	
암 반	806.9	96.6	0.03	$2,338.4 \times 10^6$	

6-2-2. 지하수개발 가능량

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

조사지구의 대수층의 공극률을 적용한 지하수부존량은 $3,218.47 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이고, 개발·이용가능량은 $362.02 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$, 일일 $772,028.2 \text{m}^3/\text{일}$ 로 산출되었다.

<표. 6-2> 지하수 부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평 가 방 법	단 위	부 존 량			이 용 가 능 량		
		계	층적층	암반층	계	층적층	암반층
공극률 적용 지하수 부존량	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	3,218.47	401.54	2,817.1	362.02	80.31	281.71
산출 (층적35%, 암반3.0%)	$\text{m}^3/\text{일}$	8,818,191	1,100,109	7,718,082	991,835.5	220,027	771,808.2

안정 채수율을 고려하여 지하수함양량의 70%정도로 적정개발량을 산출할 때 강수량에 의해 함양을 구했을 경우 $118,188 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 의 함양량으로 적정개발량은 $82,731.6 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$, $226,663 \text{m}^3/\text{일}$ 이고, 유출분석에 의한 함양량은 $135.914 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 산출되어 적정개발량은 $95.139 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이고 일일로 환산하면 $260,655 \text{m}^3$ 이다.

6-2-2. 지하수개발 가능량

관정개발은 크게 충적대수층과 암반대수층을 대상으로 이루어진다. 충적층이란 암석이 풍화운반 퇴적된 미고결퇴적물로서 지질시대 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에는 약 7개의 충적관정을 조사하였으며, 본 지구 내에서도 오염이 진행되고 있는 실정으로 향후 충적관정 개발에 의한 지하수 사용은 많은 제한이 있을 것으로 판단된다.

본 지구를 구성하는 기반암은 중생대 백악기 경상계 퇴적암류와 시대미상의 변성암류와 일부 불국사화강암류로 구성되어 있으며, 대부분이 결정질암과 층을 가지는 퇴적암으로서 조사지구 기반암내의 1차 공극에 형성된 암반대수층내의 부존은 불량하여 암반지하수의 부존은 파쇄대 발달지역으로 제한되며, 퇴적암의 경우는 층리를 따른 지하수이동과 결정질암과 마찬가지로 파쇄대 발달지역에 의존하게 된다.

파쇄대 발달은 지각운동, 화성암의 관입 등으로 암반의 파괴에 의해 발달하게 되고 암반중에 2차 공극을 형성한다. 본 지구에서 선구조의 발달은 $N60 \sim 70^\circ E$ 방향이 우세하게 나타나며, 기설암반관정도 이들 선구조 발달방향을 따라 많이 개발되었다

<표. 6-3> 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평가 방법	단 위	함양량	적정개발량	비 고
수자원 계통표 기저유출 10%	$\times 10^9 \text{m}^3/\text{년}$	118.188	82.732	
	$\text{m}^3/\text{일}$	323.803	226.663	
기저유출 (하천유출) 11.5%	$\times 10^9 \text{m}^3/\text{년}$	135.914	95.139	
	$\text{m}^3/\text{일}$	372,367	260,655	

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

7. 지하수 활용계획

7-1. 용도별 소요수량 및 공급방안

조사지구인 합천군은 대부분이 농촌지역으로 상수도 보급율이 1997년 현재 26.4%, 5개 읍.면에 지나지 않아 보급율이 낮은 편이다. 용주면, 쌍백면, 야로면, 울곡면은 인구가 3,000명이 넘는 곳으로 아직 상수도 보급이 되지 않은 곳으로 간이 상수도를 생활용수로 사용중이다.

<표. 7-1> 생활용수 소요수량

구분	급수대상 인구수(명)	급수량 (ℓ)	필요수량 (m ³ /일)	기공급량(m ³ /일)		향후소요수량 (m ³ /일)
				공수	사용량	
계	66,520	324	21,552	160	22,569	1,017
합천읍	13,348	324	4,325	14	2,538	1,787
봉산면	2,260	324	732	8	1,085	-353
묘산면	2,741	324	888	5	747	141
가야면	7,115	324	2,305	5	532	1,773
야로면	3,850	324	1,247	10	1,180	67
울곡면	3,792	324	1,229	17	1,718	-489
초계면	4,228	324	1,370	5	500	870
쌍백면	2,235	324	724	11	1,510	-786
덕곡면	1,397	324	453	9	1,026	-573
청덕면	2,737	324	887	10	856	31
석중면	2,272	324	736	2	323	413
대양면	2,193	324	808	11	2,566	-1,758
쌍백면	3,225	324	1,045	16	2,518	-1,473
삼가면	5,785	324	1,874	18	2,930	-1,056
가회면	2,600	324	842	10	1,350	-508
대병면	2,878	324	932	6	830	102
용주면	3,564	324	1,155	3	360	795

본 지구는 대부분이 농촌지역으로 합천읍, 가야면, 초계면, 적중면, 삼가면 지역을 제외한 12면은 상하수도 보급율이 전무한 상태로 상수도 보급율이 급수인구 대비 26.4%에 지나지 않는다. 지하수를 이용한 간이 상수도(생활용수)는 현재 159개소로 조사되었으나, 아직 그 혜택을 받지 못하는 곳이 많으며, 계곡하천수를 이용한 지표수나 자가 소형관정을 이용한 생활용수 활용이 이루어지고 있어 안정적인 생활용수 공급이 필요한 실정이다.

합천지역의 평균 1일 급수량이 1997년도 324ℓ로 나타났으며, 서울시의 경우 1994년 현재 누수손실량을 포함하여 476ℓ에 이르고 있다.

농촌에서도 지표수 및 지하수의 오염이 이루어지면서 암반관정을 이용한 생활용수 공급이 이루어지고 있다. 본 지구는 광역상수도 보급률이 낮은 지역으로 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급이 필요한 지역이다. 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급은 암반관정 1공당 채수 이용량을 100m³/일로 하고, 향후 인구의 증감이 없다고 가정할 때 소요수량은 21,552m³/일 이고, 기 사용량을 제외한 필요수량은 2,928m³/일로 산출되어 면별 필요공수를 추정한 결과, 총 60공으로 그 내역은 <표. 7-1>과 같다.

합천읍 지역은 평균 급수량을 급수대상 인구에 적용시켰을 때 인구밀집으로 인해 필요수량이 1,787m³/일로 많은 양이 필요하게 된다. 그러나 합천군 지역은 상수도가 80.1%로 가장 높은 보급율을 보이고, 인구밀집으로 인해 상대적으로 생활 오·폐수가 많이 배출되기 때문에 합천읍 외곽 지역만을 고려하여 소요관정수, 필요수량의 20%만 산정하였다.

봉산면과 울곡면, 쌍책면, 덕곡면, 대양면, 쌍백면, 삼가면, 가회면의 경우 인구대비 생활용수 사용량이 필요량을 초과하는 것으로 나타났는데 관정수와 양수량은 많은데 비해 관리소홀로 인한 낮은 우물효율, 과잉양수로 인한 수질오염 등으로 사용이 제한된 경우가 많으므로 어느관정의 경우도 마찬가지로 지하수 개발 계획시 그 수요와 필요량을 정확히 산정하여 안정채수량 만큼만 개발하되 시설의 관리와 지하수자원의 보전에 더욱 철저를 기해야 하는 곳이다.

<표. 7-2> 향후 생활용수 소요 관정수

구분	필요수량 (m ³ /일)	기공급량 (m ³ /일)	향후소요수량 (m ³ /일)	소요관정수 (공)	비고
계	21,552	18,624	2,928	60	
합천읍	4,325	2,538	179	2	
봉산면	732	1,085	-263	-	
묘산면	888	747	141	2	
가야면	2,305	532	1,773	18	
야로면	1,247	1,180	1,237	13	
울곡면	1,229	1,718	-329	0	
초계면	1,370	500	870	9	
쌍책면	724	1,510	-686	-	
덕곡면	453	1,026	-433	-	
청덕면	887	856	31	1	
적중면	736	323	413	5	
대양면	808	2,566	-708	-	
쌍백면	1,045	2,518	-1,043	-	
삼가면	1,874	2,930	-416	-	
가회면	842	1,350	-343	-	
대병면	932	830	102	2	
용주면	1,155	360	795	8	

농업용수를 볼때 현재 논과 밭을 대상으로 지표수와 지하수가 공급되고 있으며, 전체농지면적의 약 69% 를 차지하는 밭이 대부분 고산지에 있어 용수공급이 크게 부족한 경향을 보인다.

농업용수의 필요량을 산정하기위해 농어촌진흥공사에서 개발한 단위용수량 프로그램(단위용수량/Win Ver 1.0(B))을 사용하였다. 계산에 쓰인 조건으로는, 기온 자료는 합천축후소의 26년간의 일자료를 이용하였고, 면적은 농업용수가 주로 필요한 논과 밭의 합산면적을 면별로 사용하였으며, 삼투량은 <그림. 6-1> 수자원 계통도에따라 총 강수량의 10%인 10mm를 산정 하였으나 논의 삼투력을 고려하여 66%인 6.6mm로 계산하였다. 그 외의 자료는 주로 우리나라 평균값을 이용하였다.

다음은 합천읍의 단위용수량 계산 결과이다

○ 면적별 용수량 출력

4.1. 수로명 : 합천읍

** 지배면적 : 865 ha
** 상투량 : 6.6 m/m

$$Q1 = \frac{Dp}{8640 \times (1 - P / 100)}$$

$$= \frac{140.0}{8640 \times (1 - 10 / 100)} = 0.01800 \text{ (m}^3\text{/sec/ha)}$$

$$Q2 = \frac{Ept + Pp \times D}{8640 \times D \times (1 - P / 100)}$$

$$= \frac{42.368 + 6.6 \times 10}{8640 \times 10 \times (1 - 10 / 100)} = 0.00139 \text{ (m}^3\text{/sec/ha)}$$

$$Q31 = \frac{(n-1) / n \times (Ept / D + Dp) + T / n}{8640 \times (1 - P / 100)}$$

$$= \frac{(20-1) / 20 \times (42.368 / 10 + 6.6) + 140.0 / 20}{8640 \times (1 - 10 / 100)}$$

$$= 0.00222 \text{ (m}^3\text{/sec/ha)}$$

$$Q32 = \frac{Ept + Pp \times D}{8640 \times D \times (1 - P / 100)}$$

$$= \frac{94.526 + 6.6 \times 10}{8640 \times 10 \times (1 - 10 / 100)} = 0.00206 \text{ (m}^3\text{/sec/ha)}$$

여기서 Dp : 이양용수
P : 수로손실
Ept : 증발량

Pp : 삼 투 량
 Area : 수해면적
 D : 순 기 간 (10일)

농어촌진흥공사

(1) 면적이 5.0ha 미만인 경우

$$Q = \text{Area} \times Q1$$

(2) 면적이 5.0ha 이상 50.0ha미만인 경우

$$Q = 5.0 \times Q1 + (\text{Area} - 5.0) \times Q2$$

(3) 면적이 50.0ha 이상 100.0ha미만인 경우

$$Q = \frac{(Q2 - Q1)}{50} \times (\text{Area} - 50) + Q1$$

$$- Q2 = 100 \times Q3$$

$$- Q1 = 5 \times Q1 + 45 \times Q2$$

(4) 면적이 100.0ha 이상인 경우

$$Q = \text{Area} \times Q3 \quad (Q3 \text{ 은 } Q31 \text{ 과 } Q32 \text{ 중 큰 값을 택함})$$

$$\therefore \text{단위용수량} = 865 \times 0.002$$

$$= 1.924 \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

농어촌진흥공사

면별 단위용수량의 결과에 면적별 가중치를 주어 그 가중치의 합산결과를 조사 지구의 단위용수량으로 결정하였다.

그 결과 합천의 농지에 대한 단위용수량은 2.21m³/sec로서 일일 총 소요수량은 190,944m³ 이다.

기타용수에 대한 소요량 판단은 충분한 자료획득·분석이 미흡하고 그 양이 과소하여 금번 조사에서는 제외하였다.

< 표 7-3 > 농업용수 소요수량

농지면적 (ha)	총 소요수량 (m ³ /일)	기공급량 (m ³ /일)		소요수량 (m ³ /일)	소요 관정수	비 고
		지표수	지하수			
16,173	190,944	90,086	60,057	40,801	163	

여기서 지하수의 사용량은 조사된 농업용수(35,674m³/일)와 농업 및 생활용수량의 50%의 합(36,034m³/일)을 사용하였으며, 조사된 관정수가 기설관정의 60%, 라고 가정하여 총 농업용수 사용량은 60,057m³/일로 산정되었다.

지표수와 지하수의 농지에 대한 관개량은 60:40%로 산정하였으며 소요 관정수는 앞으로의 지표수관련 관개 개선사업을 고려하고, 지하수 보존 차원에서 공당 150m³/일을 기준으로 했을 때, 소요량기준 60%로 하였다.

그 결과 소요수량은 40,801m³/일, 소요관정수는 163공이 산출되었다.

7-2. 지하수 개발 계획

본지구에서 향후 생활용수로 개발해야 할 지하수 관정수는 생활용수가 62개공(공당 150m³/일), 농업용수가 163공(공당 150m³/일)으로 이는 연차별로 이루어져야 할 사업으로 지하수 개발사업비를 30백만원/지구로 하였을 때 연차별 지하수 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다.

<표. 7-4> 연차별 지하수 개발 사업량 및 사업비

(단위:지구,백만원)

년 도		계	2000	2001	2002	2003	2004이후
계	사업량	225	25	25	25	25	125
	사업비	6,750	750	750	750	750	3,750
생활용수	사업량	62	10	10	10	10	22
	사업비	1,860	300	300	300	300	660
농업용수	사업량	163	15	15	15	15	103
	사업비	4,890	450	450	450	450	3,090

8. 지하수 보전 관리

8-1. 지하수 환경재해

충적층지하수로도 충분히 그 사용목적에 충족 시키던 예전과는 달리 현대에는 지표수의 오염에 따른, 표층수 유입을 차단하는 지하수 개발 시공법과 깨끗한 천연 암반수를 획득하기 위해 점점더 심층의 지하수를 개발하는 추이로 인해 부수적으로 발생하는 재해 또한 커졌다 하겠다. 지하수는 수문순환과정상 순환 속도가 매우늦고 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 수질이 한번 오염되면 복원이 매우 어렵고 또한 여러 형태의 재해가 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 지하수 사후 환경재해와 보전대책, 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 설치운영의 필요성, 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다.

지하수 환경재해는 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. 본 지역에서는 지하수 시설이 밀집되어 있는 황강변 충적토에 관정이 밀집한 합천읍, 용주면, 울곡면등 답작용수가 밀집한 초계면 등 지역일대에서 과잉양수에 주의하여야 하며, 지반침하로 우려되는 인구 밀집지역인 합천읍 일대가 주요 관리대상 지역이다. 지하수의 밀집개발, 과잉양수, 유동장애, 수위강하를 방지하기 위해서는 신규개발 시설에 대해서는 사전에 전문기관의 조사 또는 환경영향조사를 시행하여야 하고 기존시설 역시 지하수 이용에 대한 제도적, 법적인 제한조치가 필요하며, 지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하기 위해서 오염방지 시설을 설치해야 한다. 오염원에서 배출되는 폐수는 발생원에서 일부 제거되고 하수도를 통해 이송되어 하수처리장에서 처리된다. 그러나 법적규제 대상에 포함되지 않는 소량의 폐수는 그대로 하수도

로 방류되는데 하수시설이 불완전한 경우에는 이동 중에 누수되어 지하수를 오염시킨다. 국내의 하수도는 대부분 합류식이며, 분류식으로 설치된 지역도 우수관 및 하수관이 노후 혹은 잘못 연결되었거나 관리가 소홀하여 이음이나 경사가 불량한 곳으로 폐수가 누출되어 지하수를 오염시키는 것을 방지하기 위하여는 하수도망에 대한 정밀조사를 실시한 후 보수공사를 시행하여야 한다.

오염수의 이동에 직접적인 영향을 미치는 매립 지반의 우수 계수와 오염물질의 반응 또는 생분해 정도 등이 있는데 이들 요소는 현장처리기술 적용 여부를 결정하는 것이 중요하다. 이러한 기술은 침출수와 지하수의 분리기술과 오염수의 확산 방지 기술로 나누어진다. 지하수 침출수 분리 기술은 매립층을 통과한 침출수가 매립지 하부의 오염되지 않은 지하수 층으로 유입되는 것을 방지하는 기술로써 위생 매립지에 적용이 가능하다. 반면, 오염수의 확산 방지 기술은 비위생 매립지에서처럼 침출수에 이미 오염된 지하수가 지표수 및 오염되지 않은 지하수 계를 오염시키는 것을 방지하는 기술이다.

8-2. 지하수 보전구역

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

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

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

지하수자원의 효율적인 관리를 위해서는 지하수, 지표수 등의 수문정보 관리

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

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

시설물관리를 위해 수리상수 및 지층의 상태, 스크린의 종류, 위치와 관정의 사용, 관리상태 등이 확인되어야 한다. 이를 위하여 기존관정에 대하여 관정 시공시의 자료를 획득하거나 관정에 대한 물리검층을 실시하여 시설물의 시공상황을 정리하여야 한다.

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

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

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

지하수의 오염은 폐기물의 방치, 매립처분과 지반개량을 위한 약재투입, 오염된 지표수의 유입등이 지하수 오염의 원인이 된다. 오염물질은 지하대수층에서 이동속

도가 느리기 때문에 지하수 오염은 국지적인 현상을 보이며, 오염의 특징에 따라 장시간에 걸쳐 진행이 된다. 지하수 수질관리를 위하여 상시 이용관정, 관측정의 수질을 계속적으로 측정하고 기록함으로써 지속적인 수질관리가 이루어지도록 하여야 한다.

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

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. 지하수 함양 지역에서의 보전구역 설정 함양지역으로부터 수질이 오염되기 시작하면 대수층을 통하여 이동되는 모든 지하수는 그 자체가 오염된 상태일 것이며 이러한 오염체는 대수층 매질까지도 오염시켜 결과적으로 지역적 내지는 광역적인 지하수맥 전체가 오염되어 버리는 결과를 초래할 수 있다. 또한 오염 취약 지구를 설정하여 이들 지역을 통한 지하수의 오염의 확산을 방지하는데 최선을 다하여야 한다. 지하수 오염이 이미 확인된 지역에서는 지질조사와 지하수의 수질조사에 의하여 오염된 지하수와 대수층의 범위를 확인하고, 관리의 목표와 우선순위 등을 종합적으로 고찰하여 적절한 오염관리 대책을 체계적으로 수립, 시행하여야 한다. 취수정 주변 지역에서의 지하수 보전 구역이란 음용수 목적으로 취수하는 관정 주변에서 지하수에 오염 물질이 유입되는 것을 방지하기 위하여 설정하는 보호구역을 말한다. 따라서 용수 공급을 위하여 사용중인 공용 취수정을 보호한다는 의미로 이들 주변지역을 보호하여 관정으로부터 취수되는 지하수의 오염을 방지하고 궁극적으로 이를 용수로 사용하는 지역 주민들의 건강과 복리를 보호하려는 것이다.

따라서 조사 지역의 지속적이고 체계적인 지하수 보전 관리를 위하여 지하수 관측망 설치운영의 필요성과 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다. 지하수 정보의 전산화는 방대한 양의 자료를 간편하고 빠르게 수행할 수 있는 업무의 효율화만으로도 큰 의미를 갖는다. 그러나 현재 수작업 혹은 부분적으로 전산화되어 관리되고 있는 지하수 개발공의 관리체계를 통합적인 전산시스템으로서 개선함으로써 항상 최신의 현황을 유지할 수 있도록 하고 향후 이러한 정보를 통합 분석하여 중요한 정책결정에 반영할 수 있는 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 이런 자료의 관리, 도면의 작성, 자료탐색 및 자료의 공간분석등을 통한 지하수의 효율적인 관리에는 지하수 개발공, 지하수 수질, 수리지질조사, 오염원 같은 D/B와 지리정보시스템(GIS)의 연계를 통한 지하수정보관리시스템의 구축이 필요하다.

지하수 관리에 필요한 지하수 자료는 크게 두가지 유형으로 구분된다. 첫번째는 지하수에 대한 전문지식이 필요하지 않은 일반적인 행정정보이며, 두번째는 지하수의 전문지식을 요구하는 정보들이다. 행정관정에서 활용할 수 있는 관정의 위치, 주소, 물의 사용량, 활용용도, 관정의 심도, 개발회사 및 일자 등과 같은 이용실태 데이터베이스는 첫번째 유형으로 분류될 수 있다.

지하수 수질의 일반적인 항목(색, 탁도, 맛)등과 유기물, 무기물의 함량을 수록한 수질 데이터 베이스는 두 번째 유형의 예라고 할 수 있다. 시추시 취합되는 토양 및 암상의 종류와 깊이, 시추공 내에서 획득되는 지하수의 심도별 투수계수, 수위, 대수층의 깊이 및 종류등을 취합할 수 있는 지질자료 테이블 역시 두번째 유형으로 분류될 수 있겠다. 일반적으로 널리 활용되고 있는 GIS는 첫 번째 유형의 자료를 처리하는데는 탁월한 기능들을 갖고 있다. 또한 첫번째 유형의 자료 처리를 위해서는 수리지질학적 훈련을 받은 전문가들보다는 전산에 밝은 전문가들이 효과적으로 업무를 수행할 수 있을 것이다. 두 번째 유형의 자료는 다소 특별한 처리방법을 요구하고 있다. 먼저 수리지질학적 자료의 구조는 시간대로 자료가 변하는 일시적인 자료구조를 갖고 있을 뿐 아니라, 고도별로 자료의 종류가 다른 3차원적 구조를 갖고 있다. 자료의 변화 폭 역시 매우 적어서 지형고도의 미세한 변화에도 매우 민감하다. 이러한 전문분야의 특성에서 유래되는 정보처리의 문제는 전산 전문가와 수리지질 전문가가 밀접한 공동연구 및 작업을 통하여 해결하여야 하겠다.

9. 결 론

1. 조사지역은 행정구역상 경상남도 합천군 전역으로 1개읍 16개면이 포함되며, 조사면적 983.4km²에 대하여 광역수리지질 조사를 실시하였다.

2. 조사지역의 지형은 지구 북, 서측이 고지대의 산계를 형성, 지형적·수리적 분수령으로 작용하고, 동측단을 따라 남유하는 낙동강으로 능선, 계곡 및 소수계들이 동향하면서 발달하고 있다. 본 조사지구는 북측 가야산을 최고 지형 경계로 형성하여 동남쪽 퇴적암지대로 가면서 지형이 낮아지는 산계가 잘 발달되고 상대적으로 충적층이 적은 지형이 특징이다.

조사지구의 지형과 지질은 매우 밀접한 연관성을 나타낸다. 지질구조의 주방향은 N60~70° E로 낙동강의 흐름과 비슷한 방향이며, 퇴적암의 지질경계선이 지질구조의 방향과 나란한 특징을 가지며, 불국사화강암과 시대미상의 변성암들이 존재하는 지구 서, 북측 일대는 험준한 산계를 형성하며 조사지역의 지질은 고기편마암류 및 이를 관입한 편상화성암류 그리고 이 양자를 부정합적으로 덮는 상부 중생대 퇴적암 및 이를 관입한 불국사화강암류로 대별되며, 본 조사지역에 나타나는 시대미상의 암석류들은 주로 조사지역의 서부와 북부에 나타나는데 정확한 시대는 알 수 없으나 조사지역의 2/3를 차지하는 경상계 퇴적암류 보다는 고기의 암석들로 이들의 상호관계는 반상변정미그마타이트질편마암을 기저암으로 하여 우백화강암, 편마암상섬록암, 섬장암, 편마암상화강암이 각각 이를 관입하였다.

경상계 퇴적암류는 낙동 아층군의 전암층과, 신라역암등이 분포되는데 시대미상의 편마암과 섬장암을 경상계 퇴적층들이 부정합으로 덮고 있다. 낙동아층군은 암상의 측면변화가 심하고 석회암의 박층이 협재되고 석회질세일이 많이 협재되어 있다. 수계는 지구 중앙으로 황강이 동유하여 동쪽 지형경계인 낙동강으로 유입되며, 가야천과 묘산천이 만나 고령군에서 낙동강으로 유입되며, 대병면, 가회면을 분수령으로한 사정천과 양천강이 지구 남서측 경계에서 합류하여 진주로 흘러 들어간다.

3. 본 지구내에서 암반관정 378공, 충적관정 10공에 대해 용도, 심도, 양수량, 자연수위, 간이수질 등을 조사하였으며, 사용용도별로 보면 생활용수가 160개소, 22,569m³/일, 농업용수가 220공 35,674m³/일, 농업용수와 생활용수 겸용 공이 5공 720 m³/일, 기타 3공으로 나타나 주로 농업용수로 사용됨을 알 수 있다.

4. 원격탐사에 의해 위성영상(SPOT IMAGE)을 분석하여 선구조도를 작성한 후 이를 기초로 쌍극자탐사 20축선을 실시하여 탐사지역 전반에 걸쳐 평야부의 지하수 부존성을 조사하고 제반 수리지질을 파악하였다.

5. 수질조사는 지하수의 경우 638지점에서 지하수의 물리적인 특성을 조사하기 위해 EC, TDS, pH, 온도등 현장조사를 실시하고 그 중 388지점에 대한 결과를 표. 5-1에 나타내었으며 암반 지하수 45개소, 충적관정 5개소에 대하여 먹는물 수질 기준으로 수질검사를 하였으며, 이온분석을 실시하여 조사지역의 전반적인 수질성분을 파악하였다. 지표수의 경우 낙동강, 황강, 가야천, 묘산천, 사정천, 양천천등 주요 6수계로 나누어 수계별로 현장 수질검사를 실시하였다. 조사물량은 각각 낙동강 수계 33점, 황강수계 199점, 가야천 수계 64점, 묘산천 수계 26점, 사정천 수계 24점, 양천천 수계 58점등 총 404점이 조사되었다. 평균 수질은 EC가 낙동강이 174.3, 황강이 129.6, 가야천이 98, 묘산천이 108.9, 사정천이 87.1, 양천천이 106.2로 나타나 수원에서 멀어지는 수계일수록 EC수치가 높은 것으로 나타났다.

먹는물 기준 수질검사 결과 수질오염이 심각한 지하수 관정들은 초계면 중리, 함천읍 관평리등 경작지에 위치한 공들로서 농약살포에 의한 오염이 의심되는 관정으로 5개 이상의 기준이 초과한 관정들이다.

이온분석의 경우 조사지구 전반이 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 보이는데, 대체로 양이온에서 칼슘과 마그네슘이, 음이온에서는 중탄산이온이 우세한 carbonate hardness형을 보인다. 또, 퇴적암의 TDS원이 크게 나타나 여타 암석보다 오염정도가 높음을 알 수 있다.

6. 대수층 유효공극률 적용에 의한 지하수 부존량 평가에 의해 조사지역 지하수의 부존량은 $3,218.47 \times 10^6$ m³/년이며, 개발이용 가능량은 362.02×10^6 m³/년으로 산출되었다.

지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량은 안정채수율을 고려할 때

82.7~95.1×10⁶m³/년으로 추정되며, 이는 평가방법에 따라 다소의 차이가 나타나므로 관측정의 수위관측 자료가 상당히 축적된 후 수위자료 분석에 의한 개발 가능량 산정이 이루어져야 보다 정확한 개발가능량 산출이 가능할 것이다.

7. 향후 생활용수 총소요수량은 1인 필요급수량이 324ℓ일 때 2,552톤/년으로 안정적인 생활용수 공급이 이루어지기 위해서는 향후 62공의 지하수개발이 이루어져야 하며, 이를 위하여 사업비 1,860백만원의 사업비가 소요된다. 농업용수 총소요수량은 40,801톤/년로서 소요관정수는 163공이며 소요되는 사업비는 4,890백만원으로 추정되었다.

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

합천군광역수맥조사보고서

1999년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

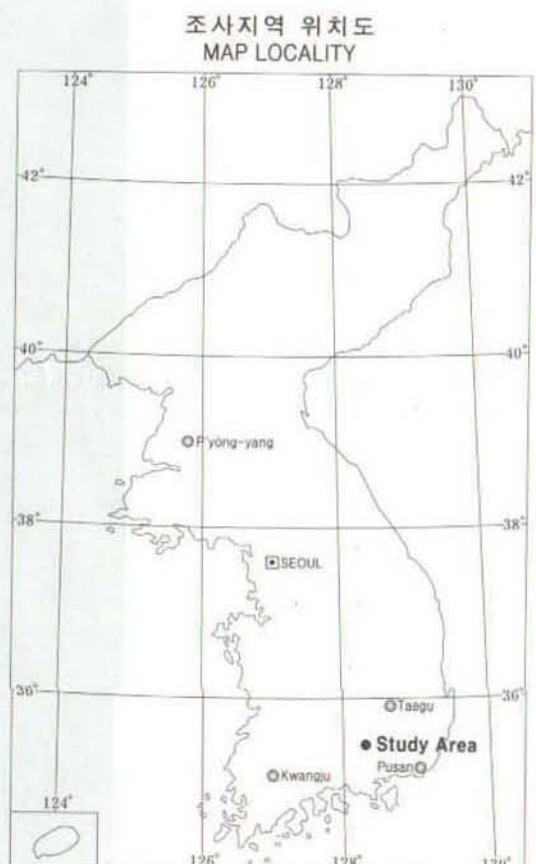
편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : 일 지 문 화 사

합천지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF HAPCHUN AREA

1 : 50,000



지질 (GEOLOGY)

- | | | |
|-------------------|--|--|
| QUATERNARY
제4기 | 충적층
Alluvium | 허실층이 주를 이루며 사, 석, 점토 등으로 이루어짐 |
| CRETACEOUS
백악기 | 불국사화강암류
Granites | 중립내지 조립질로 주구상광물은 석영, 장석, 흑운모 등이고 액상유동은 주로 열수작용에(단상열수) 결과로 형성됨. 산성암(과광암, 석영)으로 구리 |
| | 퇴적암류
Sedimentary rocks | 상회층 내의 단회석 석판, 중세, 퇴적 및 퇴적세정, 사질 세립 석판, 석회질암 등으로 구성 |
| TERTIARY
제3기 | ~부정합 및 관계미상~
(Unconformity, Relation Unknown) | |
| | 화강암류
Igneous rocks | 편마암질암, 편마암질암, 기타 화강암류 등으로 구성 |
| PALEOZOIC
고생대 | 흑운모화강암
Biotite Granite | 편마암질 흑운모가 장석, 석영에 비해 많은 비율을 차지함 |
| | 편마암류
Gneiss | 수백미터 단층을 지니 내장으로 주입되어 있으며 주구상 광물은 석영, 장석 및 석회질 유동암 |

범례 (LEGEND)

- | 지하수 (GROUNDWATER) | 지질구조 (GEOLOGIC STRUCTURE) |
|--|---|
| 지하수위용 고선
Contours of groundwater table | 단층
Fault |
| 지하수 흐름방향
Direction of groundwater flow | 자음단층
Inferred Fault |
| 수정관정 (직경 1.17")
Rock Wells | 지질경계
Geologic Boundary |
| 수정관정 (직경 1.67")
Sedimentary Wells | 지반층경도 고선
Contours of Internal Bedrock |
| 수정관정
Boreholes | 층리의 주향과 경사
Strike and Dip of bedding |
| 지반층
Internal Bedrock | 층리의 주향과 경사
Strike and Dip of Foliation |
| 잠수층 100%/일 미만 지역
Potential Yield Capacity Area under 100%/day | 지질조사선
Geological Survey Line |
| 잠수층 100-200%/일 지역
Potential Yield Capacity Area of 100-200%/day | E1
조사구계
Boundary of Study Area |
| 잠수층 200%/일 이상 지역
Potential Yield Capacity Area over 200%/day | |



수질의 주요성분 비교도 (PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS)

Na+Cl	Ca	Mg	HCO3	SO4	NO3
D12	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D24	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D51	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D79	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D115	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D124	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D178	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D200	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D227	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D273	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D291	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D317	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D357	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D375	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D376	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D377	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
D378	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00

1. 대한민국지질연구소 지질도 2000-87호 (2000년 4월 11일)
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000지형도를 사용하여 편집 제작한 것임.

발행 : 농림부·농업 기반기술사

