

GOVP1200012588

65-280-1

L 29-5

# 화순군광역수맥조사보고서

1999

농림부  
농어촌진흥공사

# 목 차

<b>1. 서 언</b> .....	5
1-1. 조사목적 .....	7
1-2. 조사내용 .....	7
<b>2. 조사지역개요</b> .....	9
2-1. 위치, 교통 및 면적 .....	9
2-2. 토지이용 및 산업현황 .....	10
2-2-1. 읍·면별 토지이용 특성 .....	10
2-2-2. 읍·면별 산업현황 특성 .....	11
2-3. 수문기상 .....	13
2-3-1. 기 온 .....	13
2-3-2. 강 수 량 .....	16
2-3-3. 증발산량 .....	19
<b>3. 수문지질조사</b> .....	22
3-1. 지형 및 지질 .....	22
3-1-1. 지 형 .....	22
3-1-2. 지 질 .....	22
3-2. 물리탐사 .....	30
3-2-1. 원격탐사 .....	30
3-2-2. 전기비저항 탐사 .....	33
3-3. 양수시험 .....	57
3-3-1. 기설관정 양수시험 .....	57
3-4. 대수층 특성 .....	59
<b>4. 기설관정 이용실태조사</b> .....	60
4-1. 기설관정 현황조사 .....	60
4-1-1. 시설별, 용도별 이용현황 .....	60

4-2. 기설관정 지하수위 조사 .....	74
<b>5. 수질 및 잠재오염원 조사 .....</b>	<b>80</b>
5-1. 현장 간이수질 검사 .....	84
5-2. 주요 이온 분석결과 .....	86
5-3. 먹는물기준 수질검사 결과 .....	93
5-4. 잠재오염원 조사 .....	105
<b>6. 지하수자원의 부존성 평가 .....</b>	<b>108</b>
6-1. 물수지분석 .....	108
6-1-1. 강 수 량 .....	109
6-1-2. 유출분석 .....	109
6-1-3. 함양량분석 .....	110
6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량 .....	111
6-2-1. 지하수 부존량 .....	111
6-2-2. 지하수개발 가능량 .....	112
6-2-3. 지하수 개발 예정위치 선정 .....	114
<b>7. 지하수자원 개발 계획 .....</b>	<b>115</b>
7-1. 용도별 소요수량 .....	115
7-2. 지하수 개발 계획 .....	117
<b>8. 지하수자원의 보전관리 .....</b>	<b>118</b>
8-1. 지하수 환경재해 .....	118
8-2. 지하수 보전구역 .....	120
<b>9. 결 론 .....</b>	<b>121</b>
<b>10. 참고문헌 .....</b>	<b>123</b>

## 표 목 차

〈표. 1-1〉 조사실적 .....	8
〈표. 2-1〉 토지이용현황(1998) .....	10
〈표. 2-2〉 주요산업별 사업체수 및 종사자수(1998) .....	12
〈표. 2-3〉 최근 26년간 평균기온 분포(℃) .....	14
〈표. 2-4〉 최근26년간 강수량 분포(mm) .....	17
〈표. 2-5〉 연도별 증발산량 분포(광주) .....	20
〈표. 2-6〉 연도별 월별 증발량 분포(광주) .....	20
〈표. 3-1〉 화순지역의 지질계통 .....	24
〈표. 3-2〉 전기비저항 쌍극자 측선 총괄표 .....	33
〈표. 3-3〉 기설관정 양수시험 총괄표 .....	58
〈표. 4-1〉 지하수 시설별 현황 .....	60
〈표. 4-2〉 지하수 읍·면별, 용도별 현황 .....	61
〈표. 4-3〉 기설관정현황 .....	62
〈표. 4-4〉 기설관정 자연수위 관측현황 .....	75
〈표. 5-1〉 현장 간이수질 검사 결과 .....	82
〈표. 5-2〉 주요이온성분 수질분석 결과 .....	88
〈표. 5-3〉 수질검사 기준 .....	97
〈표. 5-4〉 먹는물 기준 수질검사 결과 .....	98
〈표. 5-5〉 오염원의 종류 .....	105
〈표. 5-6〉 O.T.A 잠재오염원 분류 .....	106
〈표. 5-7〉 화순군 잠재오염원 현황 .....	107
〈표. 6-1〉 한국의 지하수부존량(농진공,1991) .....	111
〈표. 6-2〉 화순군 지하수부존량 추정 .....	112
〈표. 6-3〉 한국의 지하수개발가능량 추정 .....	113
〈표. 7-1〉 화순지역 생활용수 소요수량 .....	115
〈표. 7-2〉 화순지역 농업용수 소요수량 .....	116
〈표. 7-3〉 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비 .....	117

## 그림 목 차

〈그림. 2- 1〉 최근 26년간 연도별 평균기온 분포 .....	15
〈그림. 2- 2〉 최근 26년간 월평균 기온 분포 .....	15
〈그림. 2- 3〉 최근 26년간 연도별 강수량 분포 .....	18
〈그림. 2- 4〉 최근 26년간 월평균 강수량 분포 .....	18
〈그림. 2- 5〉 최근 18년간 연도별 증발산량분포 .....	21
〈그림. 2- 6〉 최근 18년간 월평균 증발산량분포 .....	21
〈그림. 3- 1〉 화순지역의 수계망도 .....	23
〈그림. 3- 2〉 화순지역의 지질도 .....	25
〈그림. 3- 3〉 화순지구 위성영상 및 선구조도 .....	31
〈그림. 3- 4〉 축선 E- 1, E- 2 쌍극자탐사 결과도 .....	39
〈그림. 3- 5〉 축선 E- 3, E- 4 쌍극자탐사 결과도 .....	41
〈그림. 3- 6〉 축선 E- 5, E- 6 쌍극자탐사 결과도 .....	43
〈그림. 3- 7〉 축선 E- 7, E- 8 쌍극자탐사 결과도 .....	45
〈그림. 3- 8〉 축선 E- 9, E-10 쌍극자탐사 결과도 .....	47
〈그림. 3- 9〉 축선 E-11, E-12 쌍극자탐사 결과도 .....	49
〈그림. 3-10〉 축선 E-13, E-14 쌍극자탐사 결과도 .....	51
〈그림. 3-11〉 축선 E-15, E-16 쌍극자탐사 결과도 .....	53
〈그림. 3-12〉 축선 E-17 쌍극자탐사 결과도 .....	55
〈그림. 5- 1〉 지하수 수질검사공 위치도 .....	81
〈그림. 5- 2〉 지하수 전기전도도 등치선도 .....	85
〈그림. 5- 3〉 암질별 구분에 의한 piper diagram .....	90
〈그림. 5- 4〉 지역별 구분에 의한 piper diagram .....	91
〈그림. 5- 5〉 지하수 염소이온 등치선도 .....	92
〈그림. 5- 6〉 지하수 질산성 질소 등치선도 .....	104
〈그림. 6- 1〉 우리나라 수자원 현황도(1996년 현재 건교부) .....	109

# 1. 서 언

수문지질조사(Hydrogeologic survey)란 지하수를 포함하고 있는 각 대수층의 분포상태와 수리성, 대수층에 부존된 지하수의 산출상태와 수질 등 지하수의 여러 가지 상태를 조사하는 것이며, 이들 제반 수리자료를 일목요연하게 도면화한 것이 수문지질도(Hydrogeologic map)이다. 광역 수문지질조사는 이제까지 통상적으로 시행되어온 특정지역을 대상으로 하는 국지적인 정밀 수리지질조사와는 달리 넓은 지역의 일반적인 수문지질특성을 파악하기 위해 실시되며, 지하수 자원의 종합적인 이용 및 보존차원에서 필요한 지하수 조사이다.

우리 나라 연평균 강우량은 1,100~1,200mm로서 세계 평균 강우량 730mm에 비하여 많은 편이나 강우의 60~70%가 하절기에 집중되고 하천의 구배가 급하여 대부분 유출되므로 하천수의 이용률이 낮은 뿐 아니라, 유역별 수자원 부존량과 용수 수요면에서도 균형을 이루지 못하고 있는 편이다. 더욱이 인구증가와 산업 발달, 생활수준 향상 등으로 각종 용수의 수요는 점증되고 있어 지표수는 물론 잠재된 중요 수원인 지하수도 거시적인 안목에서 보다 더 합리적으로 활용되어야 할 시점에 도달하였다.

이번 광역수문지질조사는 지하수자원의 효율적인 개발과 보존을 위해 새로이 개정된 지하수법의 취지를 살려 전라남도 화순군 일대(축적 1:50,000 광주, 복내, 독산, 청풍의 일부) 1개읍(화순), 12개면(한천, 춘양, 청풍, 이양, 능주, 도곡, 도암, 이서, 북, 동북, 남, 동) 78,593ha를 선정하여 지표지질조사, 물리탐사, 양수시험, 수질검사 등을 실시하고 이들 자료와 과거 조사구역 내에 국지적으로 시행한 수맥조사와 지하수 개발자료를 취합, 정리하고 인공위성을 이용한 원격탐사 자료(ERDAS)를 이용하여 화순지역 광역수문지질도를 작성하였다. 조사항목이 많고 넓은 반면 한정된 인력, 장비로 단기간 내 실시한 조사이므로 미흡한 부분이 있으나 지역 내 지형, 지질, 지하수 부존성, 수질 등을 종합적으로 고찰한 자료이므로 향후 유용하게 활용될 수 있기를 기대한다. 끝으로 본 조사에 많은 격려와 협조를 아끼지 않으신 농림부, 전라남도, 화순군 관계관들에게 깊은 감사를 드린다.

# 여 백

## 1-1. 조사목적

농촌지역 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해 상습지를 대상으로 분산적이고 국지적으로 시행하여온 수맥조사사업을 발전시켜 전 국토를 대상으로 지하수자원의 효율적인 개발·이용 및 보전관리 계획수립에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 광역수리지질도 작성을 시행하였으며, 시·군 단위로 연차적으로 시행되어 작성되고 있는 조사보고서 및 광역수리지질도는 조사지역의 분포지질, 지하수부존량 및 부존상태, 수질 분석자료 등의 지하수자원에 대한 광범위한 내용을 담고 있어 용수의 다목적 개발·이용 및 보전관리방향을 제시할 수 있도록 함.

## 1-2. 조사내용

- 가. 조사지구 : 화 순 지 구
- 나. 위    치 : 전라남도 화순군 일원(1개읍, 12개면)
- 다. 조사면적 : 785.93 km<sup>2</sup>
- 라. 조사기간 : 1998. . ~1999. .
- 마. 조 사 자 :

소 속	직 종	직 급	성 명	조사 업무 내용
전남지사	지질	2급	이 철	조사업무 총괄 및 지도
		3급	김제승	조사계획 수립
		4급	서정진	현장조사 및 자료수집정리
		4급	김진희	현장조사 및 자료수집정리
		4급	유 철	현장조사 및 자료수집정리

- 바. 조사내용 : 조사지역의 지형, 지질 등 수리지질특성에 따라 조사물량이 배분되었으며, 주요 조사내용은 지구답사 및 지표지질조사, 시설관정 조사, 물리탐사, 수질검사 등이다.



< 표 1-1 > 조사 실적

조사항목	조사량	비고
답사 및 지표지질조사	78,593ha	
기설관정 조사		
-이용현황 조사	428공	
-지하수위 관측	428공	
-양수시험	15공	
물리탐사		
-원격탐사(선구조추출)	1지구	
-전기탐사(쌍극자)	17측선	
수질검사		
-먹는물	60공	
-양음이온 분석	60공	

사. 조사기기 및 장비

- 클리노메타 및 브란톤 콤팩스 각 1대
- 전기탐사기(ABEM SAS-300C) 1대
- 수위측정기 2대
- 전기전도도 측정기 및 pH 측정기, 온도계 각 1대
- 차량 2대
- 양수기(수중모터펌프) 1대
- 발전기 1대

## 2. 조사지역 개요

### 2-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지역은 전라남도의 중남부에 해당되며, 행정구역상 1개읍, 12개면으로 화순읍, 한천면, 춘양면, 청풍면, 이양면, 능주면, 도곡면, 도암면, 이서면, 북면, 동북면, 남면, 동면으로 구성되어있다. 면적은 785.93km<sup>2</sup>로서 서쪽으로는 나주시, 영암군, 장흥군과, 동쪽으로는 순천시, 보성군과 접하고 있으며, 북쪽으로는 광주광역시와 담양군, 곡성군에 접한다. 대체로 소백산맥의 말미에 해당하는 산계가 북으로부터 남으로 연장되며 경사가 급하고 평지가 적으며 하천은 유역이 단소하나, 청풍면과 한천면 등지에서 발원한 소지류들이 합류하여 지석천을 이루며 지역 농업의 근원이 된다.

지리적 위치로는 동경 126° 52' ~ 127° 11' , 북위 34° 50' ~ 35° 13' 의 범위에 해당된다. 교통망은 광주에서 화순을 통과하여 벌교와 이어지는 15번 국도와 화순에서 장흥으로 연결되는 29번 국도가 남북으로 뻗어있으며, 화순에서 순천으로 이어지는 22번 국도가 호남고속도로와 연결되어 있다.

교통편은 광주광역시에서 화순군과 연결되어 있는 국도를 이용하는 방법이 있으며 거리는 약 20km이다.

## 2-2. 토지이용 및 산업현황

### 2-2-1. 읍·면별 토지이용 특성

화순군의 총 인구는 73,581명(24,343세대)이며, 이 중 화순읍이 31,850(43.3%)명으로 가장 큰 비율을 보인다. 화순군의 총 토지는 785,929,485m<sup>2</sup>이며, 이양면이 91,857,555m<sup>2</sup>(11.6%)로 가장 넓게 분포하고 남면, 북면, 화순읍, 동면, 한천면, 동북면, 이서면, 도암면, 청풍면, 춘양면, 도곡면, 능주면 순으로 나타난다(표 2-1).

용도별로 구분하면 임야, 전, 답이 전체 토지의 91%를 차지하고 있으며, 그 중에서 임야가 583,044,735m<sup>2</sup>로 전체 토지의 74%를 차지하여 면적이 가장 넓고 전, 답이 각각 6.6%, 10.4%를 차지한다. 그 외에 과수원, 목장용지, 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 하천, 철도용지, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 묘지 및 기타가 9%를 점유하고 있다.

< 표 2-1 > 토지이용현황(1998)

(단위:m<sup>2</sup>)

구분	계	전	답	과수원	목장용지	임야
계	786,237,869	52,003,881	80,810,019	782,973	1,193,869	583,051,934
화순	69,695,578	7,284,224	8,788,879	244,020	400,326	46,016,030
한천	65,160,238	2,224,766	4,128,298	11,028	44,291	54,790,459
춘양	49,743,569	3,831,551	6,881,286	48,435	8,672	33,746,752
청풍	50,205,772	2,476,993	6,268,076	33,043	899	37,784,052
이양	91,949,569	4,120,341	8,953,251	27,625	43,500	73,004,232
능주	15,834,757	2,316,893	5,376,648	192,025	9,780	4,662,529
도곡	38,201,190	3,436,284	6,762,882	49,125	53,536	22,582,224
도암	50,902,752	4,643,987	4,848,484	4,212	-	37,949,450
이서	52,701,789	3,408,556	3,382,811	19,989	14,143	37,619,117
북	85,411,733	5,890,577	6,335,867	72,322	211,581	67,384,368
동북	62,727,919	3,121,198	5,554,122	3,247	15,830	49,510,855
남	86,654,862	3,796,026	7,379,170	24,714	200,933	67,995,307
동	67,048,139	5,452,484	6,060,243	53,288	190,378	50,006,558

< 표 2-1 > 계속

(단위:m<sup>2</sup>)

구 분	대지	도로	하천	구거	유지	잡종지	기타
계	10,246,949	11,339,828	14,386,435	13,097,914	10,949,277	1,355,664	7,019,126
화순	2,130,539	1,245,874	1,181,289	1,248,906	185,484	171,821	
한천	479,960	558,640	1,143,323	851,444	500,505	106,088	
춘양	656,326	861,656	1,090,110	1,159,629	269,655	30,474	
청풍	454,723	691,164	1,147,367	858,626	184,187	51,143	
이양	802,603	1,183,360	1,365,763	1,321,115	397,629	54,810	
능주	614,048	521,605	826,389	584,077	99,248	66,363	
도곡	1,110,743	785,050	1,726,416	925,990	141,059	76,092	
도암	542,550	696,176	549,693	988,967	432,883	11,467	
이서	351,057	925,070	1,320,707	737,116	4,378,037	60,983	
북	667,070	972,307	1,373,568	1,099,004	810,329	139,641	
동북	576,814	897,359	915,166	1,185,482	356,114	79,780	
남	812,809	1,129,688	913,513	1,136,306	2,825,798	51,636	
동	1,047,705	871,941	833,131	971,250	368,349	455,360	

### 2-2-2. 읍·면별 산업현황 특성

화순군은 1997년말 현재 11,013호의 농가와 29,194명의 농가인구로 구성되며 경지면적은 12,426ha로 가구당 경지면적은 1.12ha규모를 보인다.

경작규모별로 보면 0.5ha~1.0ha규모의 농가가 전체의 40.3%를 차지하며, 작물 재배 면적은 미곡 7,231ha, 맥류 889ha, 잡곡 286ha로 미곡생산이 주를 이룬다.

화순군의 축산업 현황을 주요 가축별 사육호수와 마리수로 구분하여 보면, 한육우 3,294농가 10,795마리, 젖소 45농가 898마리, 돼지 733농가 29,598마리, 닭 981농가 638,137마리, 산양 856농가 8,814마리이며 이외에도 사슴, 토끼, 개, 오리,

칠면조, 거위 등 다양한 가축이 사육되고 있다.

이 지역의 임야 면적은 56,313ha로 임목지가 54,307ha, 무임목지가 2,006ha로 구성되며 침엽수림이 29,382ha로 전체의 52.1%를 차지한다.

산업별 특성을 보면 사업체 종사자중 농림어업, 광업 등 1차산업 종사자가 1,562명으로 전체의 9%를 차지한다.

< 표 2-2 > 주요 산업별 사업체수 및 종사자수(1998) (단위:개소,명)

구 분	합 계		농림어업, 광업		제조업		건설업		서비스외	
	사업체	종사자	사업체	종사자	사업체	종사자	사업체	종사자	사업체	종사자
계	3,232	17,600	20	1,562	404	2,901	75	2,681	2,733	10,456
화순	1,599	9,253	3	20	133	874	57	2,589	1,406	5,770
한천	76	358	1	15	17	187	-	-	340	156
춘양	112	439	3	37	12	71	-	-	97	331
청풍	64	147	-	-	12	14	1	5	51	128
이양	177	437	1	27	22	43	2	6	152	361
능주	335	1,952	1	37	45	476	6	19	283	532
도곡	125	1,315	3	273	30	440	1	12	91	590
도암	84	194	-	-	12	14	-	-	72	180
이서	46	175	1	6	7	13	-	-	38	156
북	79	292	-	-	11	23	-	-	68	269
동북	111	274	-	-	22	37	1	3	88	234
남	205	446	3	22	23	41	4	6	175	69
동	219	2,318	4	1,125	58	668	3	41	154	484

## 2-3. 수문기상

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

본 조사지역인 화순군에 대한 수문기상자료는 우리 공사 기술정보방의 수문기상정보 자료에서 최근 26년간 광주측후소의 측정 자료와 화순군에서 발행한 화순 통계연보(1998) 자료를 참조하였다.

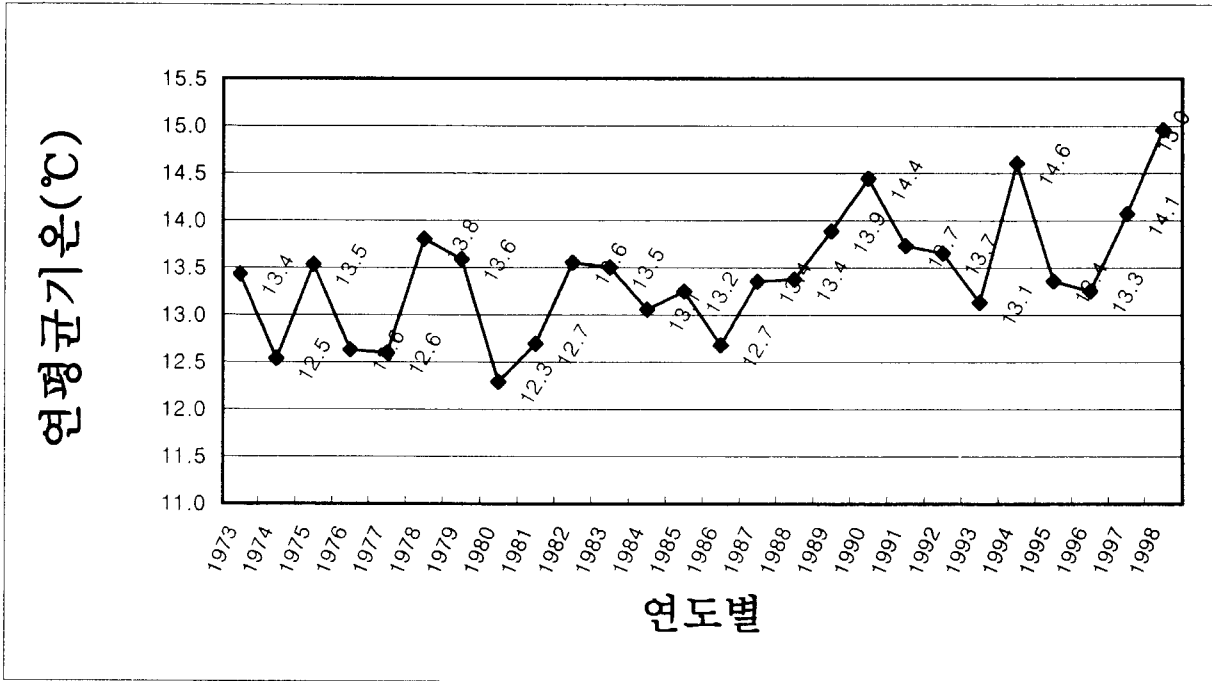
### 2-3-1. 기 온

대기의 온도는 지표면의 상태, 고도 등에 의하여 영향을 받음과 동시에 지역적, 시간적으로 많은 차이를 보인다. 온도의 시간적, 지역적 변화는 지표면과 태양 빛의 입사 각도에 따라 달라지기 때문에 지구의 자전 및 위치 등에 따라 크게 변화한다. 또한 이러한 대기의 온도 변화는 직접적으로 물의 순환 과정에 영향을 주며, 물의 수량 및 물의 흐름상태에도 많은 영향을 준다(선우중호, 1994).

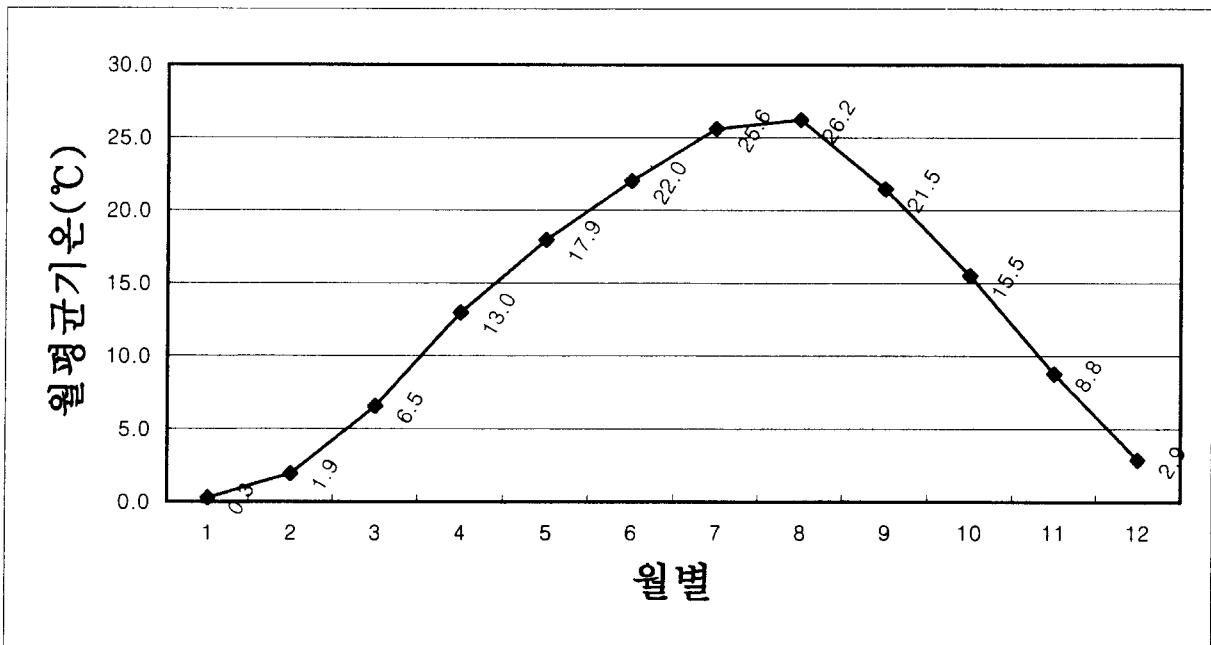
최근 26년간 월별 평균기온은 여름철인 7월과 8월에 각각 25.6℃와 26.2℃의 기온을 나타내고 겨울철인 11월~2월에는 0.3~8.8℃ 내외의 기온을 나타내며(표 2-3, 그림 2-1, 2-2), 최근 '96년~'98년까지는 전체적으로 온도가 상승하는 경향을 보여주고 있다.

<표 2-3> 최근 26년간 평균기온 분포(℃)

구분	년평균	월 평균 기 온											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	349.0	6.9	49.7	170.0	336.9	466.5	572.5	665.6	681.7	558.1	403.0	227.6	74.7
1973	13.4	2.6	3.0	5.9	13.9	17.3	22.1	27.0	27.1	20.6	14.4	7.0	0.4
1974	12.5	-0.2	0.9	5.2	12.3	17.6	20.3	23.5	26.1	20.6	14.3	7.4	2.4
1975	13.5	0.1	1.3	5.4	13.2	16.9	21.2	25.7	27.1	23.6	16.3	10.2	1.5
1976	12.6	-1.3	4.7	6.1	12.0	16.5	21.1	23.6	25.8	20.0	14.8	6.0	2.3
1977	12.6	-3.0	-0.4	7.7	14.4	19.7	23.4	29.5	27.5	24.1	19.1	9.6	4.9
1978	13.8	0.6	0.3	5.8	13.0	19.0	22.2	28.0	26.7	21.5	15.4	9.4	4.0
1979	13.6	2.9	3.4	7.1	11.9	16.8	22.1	24.9	25.9	20.3	15.9	8.0	3.7
1980	12.3	0.4	-0.2	6.3	11.8	17.3	21.8	23.5	22.9	19.7	14.3	9.5	0.3
1981	12.7	-2.3	1.1	7.4	12.4	17.4	22.1	26.6	25.4	20.6	14.1	5.6	1.9
1982	13.6	-0.7	2.0	7.4	12.5	19.1	22.1	24.5	26.0	20.8	16.3	10.2	2.5
1983	13.5	0.3	0.5	7.5	13.9	18.6	22.2	24.5	26.8	22.8	15.8	7.8	1.4
1984	13.1	-1.9	-0.8	4.5	13.4	18.2	23.0	25.6	27.3	20.8	14.7	9.5	2.4
1985	13.2	-1.7	2.2	5.9	12.7	18.7	21.6	25.8	27.2	22.2	15.8	8.2	0.4
1986	12.7	-1.3	-0.7	6.3	13.2	17.6	22.2	24.0	25.7	19.9	13.7	7.3	4.4
1987	13.4	0.5	2.4	5.7	12.1	17.9	22.3	24.5	25.4	20.3	16.7	9.5	3.0
1988	13.4	1.1	1.0	5.3	12.3	18.2	22.4	26.0	26.0	21.8	16.0	7.6	2.8
1989	13.9	2.7	4.0	6.8	14.5	18.2	20.7	25.0	25.7	21.5	14.8	8.6	4.0
1990	14.4	0.3	4.9	8.2	12.2	17.3	22.6	26.6	27.6	22.5	15.9	11.6	3.7
1991	13.7	1.4	1.4	7.1	13.5	18.0	22.8	25.3	25.3	22.2	15.0	8.4	4.4
1992	13.7	2.2	2.5	8.0	12.8	17.0	21.3	25.8	26.1	21.5	14.6	7.8	4.3
1993	13.1	0.4	2.8	6.4	11.9	18.1	22.1	23.9	23.4	21.4	14.4	10.1	2.7
1994	14.6	1.1	2.5	5.0	15.1	18.4	22.4	29.3	28.1	21.9	16.1	11.2	4.3
1995	13.4	0.5	2.5	7.4	11.9	17.2	21.8	25.4	27.4	20.9	16.3	7.8	1.3
1996	13.3	1.0	0.5	5.7	10.4	17.9	22.0	25.6	26.6	21.8	15.8	8.8	2.9
1997	14.1	-0.3	2.7	7.9	13.3	18.3	23.3	25.8	26.5	21.4	15.0	10.8	4.1
1998	15.0	1.6	5.5	8.1	16.3	19.0	21.5	25.8	26.2	23.4	17.9	9.7	4.4
평균	13.4	0.3	1.9	6.5	13.0	17.9	22.0	25.6	26.2	21.5	15.5	8.8	2.9



<그림 2-1> 최근 26년간 연도별 평균기온 분포



<그림 2-2> 최근 26년간 월 평균기온 분포



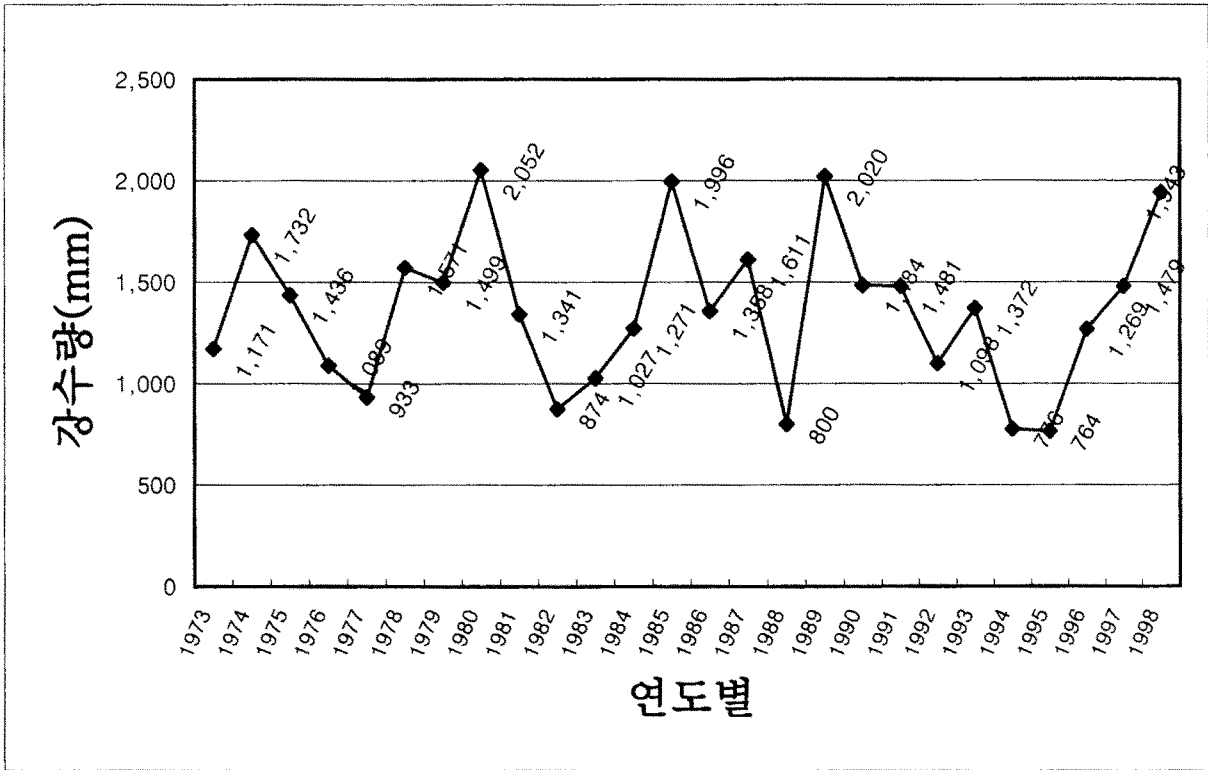
## 2-3-2. 강 수 량

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

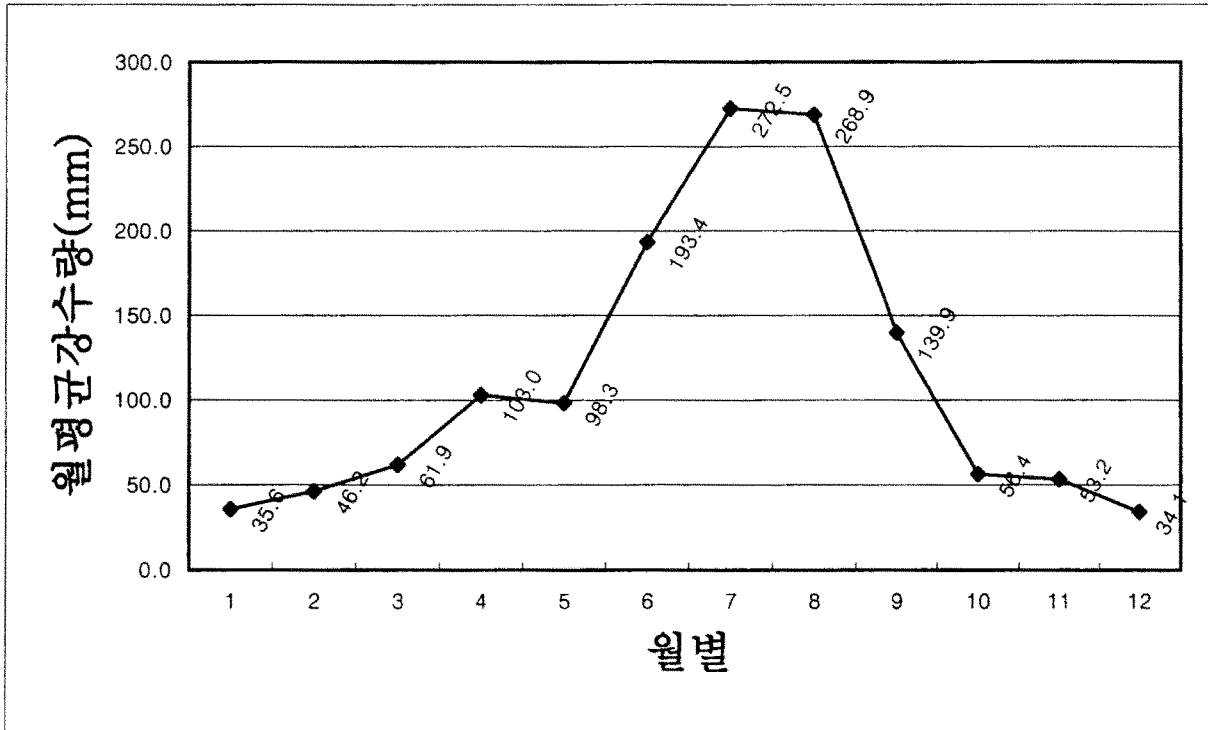
화순지역의 강수량의 분포를 분석하면, '73년~'98년까지의 년평균 강수량은 1363.4mm이다(표 2-4). 연도별 합계강우량의 변화는 '73년~'90년 사이에 10년을 기준으로 주기성을 나타내며, 특히 '80년, '89년에는 많은 강수량을 나타낸다. '77~'88년도에는 강수량의 주기성이 관찰되지 않아 불규칙한 강수량을 나타내며, '77년, '88년에는 강수량이 급격히 감소하고, 각 이듬해인 '78년, '89년에는 강수량이 급격히 증가하며, '95년 이후에는 점진적으로 강수량이 증가하고 있다(그림 2-3). 화순지역의 월별평균 강수량 분포는 6~9월 사이에 강수량이 집중되어 나타나는데, 이는 우리나라 강수량의 약 70% 이상이 6월에서 9월 사이에 집중되는 현상과 일치하며, 이 중 약 80% 이상이 증발 또는 지표수로 유출되어 하천으로 유실되고 있으므로, 상대적으로 지하수의 저류량은 강우량에 비해 매우 적다(그림 2-4).

<표 2-4> 최근 26년간 강수량 분포(mm)

구분	년강수량	월 별 강 우 량											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	35,447	926	1200	1610	2677	2556	5029	7084	6992	3637	1466	1384	886.9
1973	1,171	48.7	46	13.8	153.2	164.3	67.9	231.6	126	190.4	87.7	16.7	25.2
1974	1,732	21.3	43.9	62.2	184.8	207.6	126	506.2	354	34.5	126	23.9	41.4
1975	1,436	16.6	21.9	54.9	173	112.6	136	360.2	170	195.6	113	36.8	45.4
1976	1,089	22.4	109	59.5	126.5	82.5	187	99.1	215	55.7	56	36.1	40.9
1977	933	5.8	21	77.2	211.4	110	140	37.5	156	60.9	12.1	69.4	32
1978	1,571	50.1	45.2	39	21.4	4.4	517	196.5	438	130.6	66.8	38.2	24.1
1979	1,499	41	96.9	74.7	138.9	135.7	263	127.3	296	208	22.5	44.7	49.6
1980	2,052	54.7	31.4	56.3	219.4	117.9	125	408.5	505	315.6	109	42.5	67.9
1981	1,341	34.1	44.9	13.3	77.6	32.6	282	344.1	251	164.9	67.6	15.5	13.3
1982	874	27.3	25.6	55.8	65.5	77.9	34.6	188.3	158	29.4	33.2	131	48.2
1983	1,027	31.1	55.7	86	95.9	59	24.6	295.6	75.3	203.7	34.3	47	18.5
1984	1,271	12.1	14.1	9.4	177.5	35.1	163	325.7	148	247.6	58	53.8	27
1985	1,996	16.4	60.9	97.8	66.4	220.5	436	214.4	327	311.7	130	89.5	25.6
1986	1,358	23.1	24.3	84.3	35.1	172.7	302	148.4	214	181.9	88.1	22.4	61.8
1987	1,611	80.1	50	71.8	83.5	77.7	154	501.7	369	45.4	88.3	86.1	3.4
1988	800	27	7.5	52.1	58.4	110.9	106	274	89.8	29.2	4.4	18.2	22.9
1989	2,020	126	93.9	57.7	41.3	42	216	693.3	456	201.8	24.3	59.9	8
1990	1,484	51.7	105	57.3	83.7	100.1	345	192.7	285	141.2	25.7	62.3	35.1
1991	1,481	28.7	45.1	100	171.4	29.7	214	461.3	154	185.9	3.2	33.8	53
1992	1,098	15.4	25.1	67.2	68.1	110.5	48.5	233.4	232	183.8	26.2	29.7	58.2
1993	1,372	25.2	66.6	81.3	24.6	114	131	300.1	423	35.4	58.6	79.4	32.7
1994	776	30.7	32.4	35.7	43.3	86.6	65.8	78.8	225	39	82.4	32.5	24.6
1995	764	42.3	34.9	28.1	111.7	75.5	96.4	110	151	40.5	17.2	35.1	21.3
1996	1,269	32.9	11.8	127	38.4	37.4	303	186.3	262	66.1	60.7	112	30.8
1997	1,479	19.3	43.6	68.3	82.1	101.6	177	358.3	382	22.8	14	136	73.7
1998	1,943	41.3	44.4	78.2	124.2	136.9	370	210.9	531	315.7	57.4	30.9	2.3
평균	1,363.4	35.6	46.2	61.9	103.0	98.3	193.4	272.5	268.9	139.9	56.4	53.2	34.1



<그림 2-3> 최근 26년간 연도별 강수량 분포



<그림 2-4> 최근 26년간 월평균 강수량 분포

### 2-3-3. 증 발 산 량

지구 전체로 볼 때 지상에 낙하된 강수의 약 75%는 다시 증발(Evaporation)과 발산(Transpiration) 작용을 거쳐 대기로 환원되는 것으로 알려져 있다. 증발은 어떤 물질이 액체 상태에서 기체 상태로 변화하는 현상이며, 물 수면에서 단위시간당 물분자의 교환능력을 증발을이라 한다. 또한, 수면에서 나타나는 물분자의 이탈을 증발이라 하고, 식물의 표면에서 나타나는 증발현상을 발산이라 한다. 수문과정에서는 수면에서의 증발과 식물에서의 발산을 함께 취급하는 경우가 많으므로, 이를 통칭하여 증발산(Evapotranspiration)이라 한다. 증발산은 기상학적인 인자 이외에도 식물의 종류, 색깔의 농도, 밀도, 성장속도 그리고 잎 표면의 크기 등 식물요소 뿐만 아니라 토양의 공극율, 투수계수, 입자의 크기 및 토양의 함수율 등에 의하여 직접적으로 영향을 받는다(선우중호, 1994). 우리나라의 연평균 증발량 분포는 태양에너지의 입사량이 많은 남쪽지방으로 갈수록 증가되는 경향을 나타낸다. 연중 최대 증발량의 시기는 5~6월이며, 최대 증발량이 나타나는 지역은 포항지방으로 1,542.3mm이며, 최소 증발량은 성산포 지방으로 780.3mm이다.

증발산량은 이론적인 추정 기후인자와의 상관관계에 의해 결정되며 그 방법들은 Penman(1984), Thornthwaite(1954), Turc(1975)공식들이 있으며 본 조사에서는 Turc공식을 적용하였다. Turc공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어 있는 수분의 증발량과 지표면 식물에 의한 발산량을 포함한 것으로 간략하게 소개하면 다음과 같다.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{(0.9+P^2/L^2)}} \quad \begin{array}{l} \text{여기서, } P = (\text{연평균 강우량}) \\ T = (\text{연평균 기온}) \\ L = (300+25T+0.05T^3) \end{array}$$

본 조사지역의 최근 26년간 기상자료를 Turc공식에 적용하여 산출한 이론적인 연평균 증발산량(655.4mm/년)은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량(1,168.9mm/년)의 56.1%수준에 달한다(표 2-5, 표 2-6).

< 표 2-5 > 연도별 증발산량 분포 (광주)

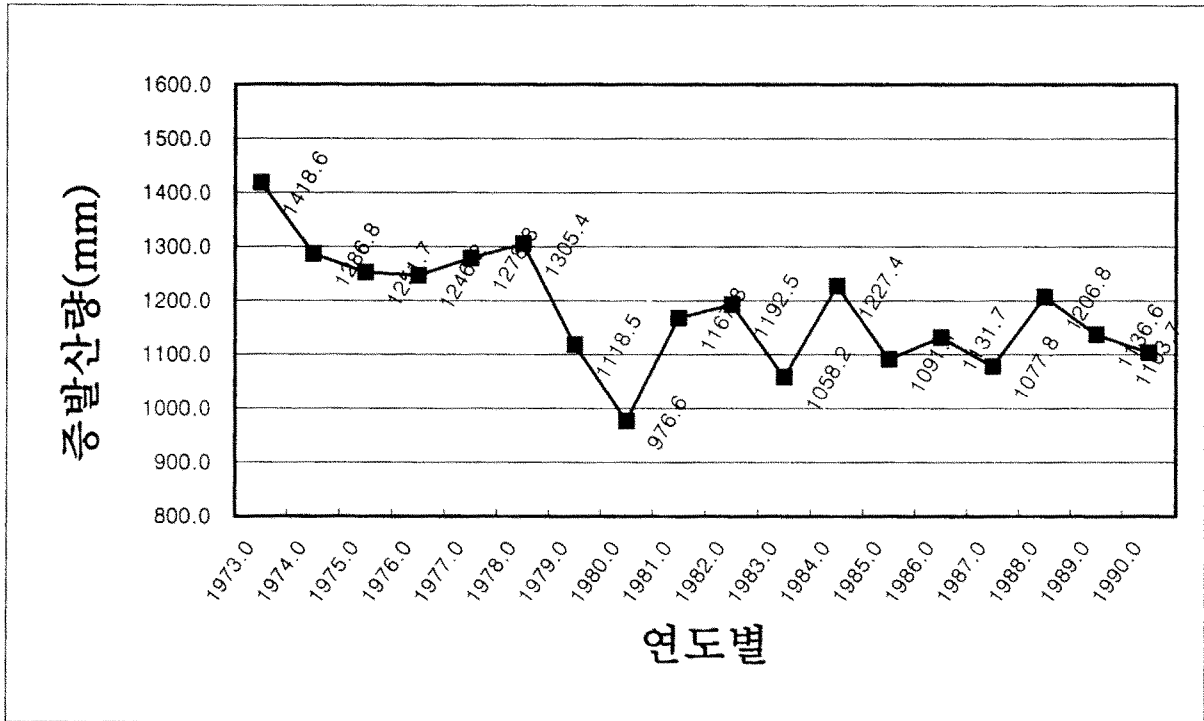
(단위 : mm)

년도	계기증발량	Turc공식 증발산량	년도	계기증발량	Turc공식 증발산량
1973	1181.9	645.3	1986	1131.7	642.4
1974	1286.8	663.3	1987	1077.8	688.4
1975	1251.7	680.9	1988	1206.8	562.1
1976	1246.2	607.8	1989	1136.6	733.4
1977	1278.8	578.3	1990	1103.7	720.6
1978	1305.4	703.2	1991	-	692.5
1979	1118.5	688.6	1992	-	640.4
1980	976.6	666.1	1993	-	660.0
1981	1167.8	641.3	1994	-	579.6
1982	1192.5	587.9	1995	-	550.3
1983	1058.2	622.3	1996	-	652.6
1984	1227.4	646.3	1997	-	705.4
1985	1091.1	704.4	1998	-	778.2
평균	-	-	평균	1,168.9	655.4

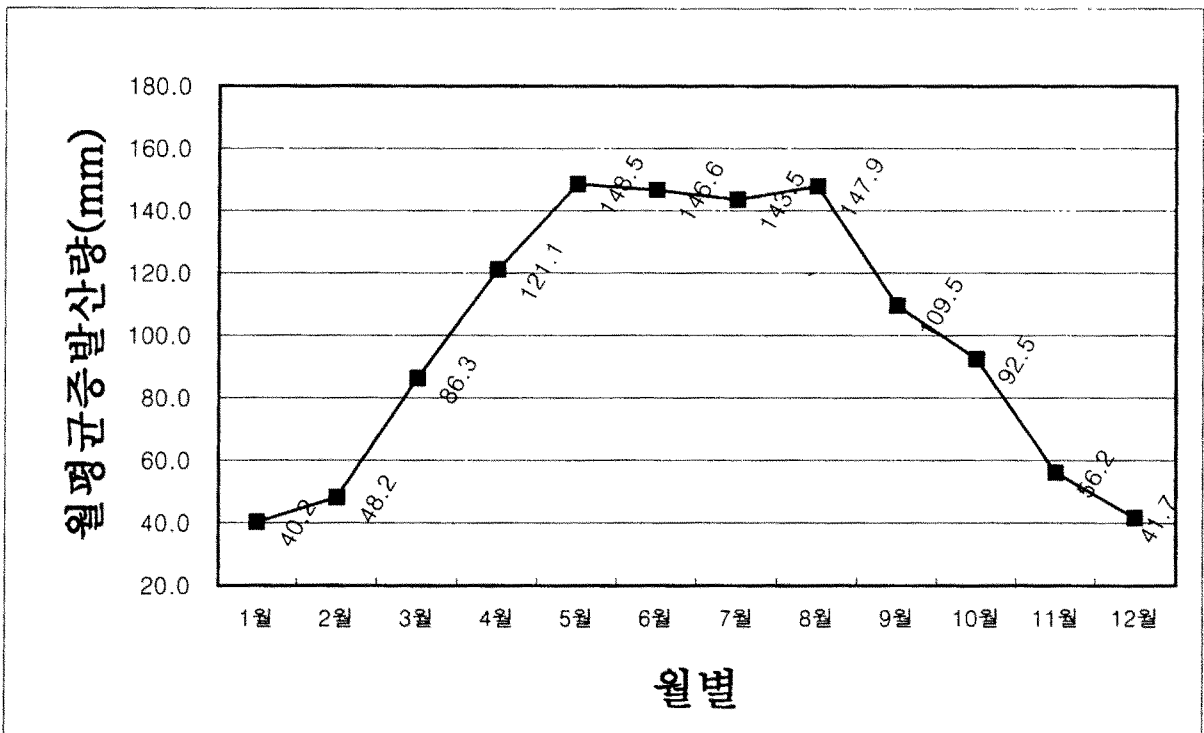
< 표 2-6 > 연도별 월별 증발량 분포 (광주)

(단위 : mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
1973.0	45.2	54.5	107.7	125.4	138.0	217.8	238.4	199.5	112.7	80.0	62.0	37.4	1418.6
1974.0	42.1	46.3	78.8	127.9	160.8	187.8	107.9	184.7	136.9	94.8	65.0	53.8	1286.8
1975.0	48.2	52.9	96.3	110.9	146.1	145.6	161.3	185.9	117.4	86.0	59.0	42.1	1251.7
1976.0	36.4	56.3	100.9	116.4	137.7	147.1	178.9	146.7	126.9	99.0	61.3	38.6	1246.2
1977.0	52.3	54.0	84.9	114.4	128.0	148.6	187.4	154.0	133.5	120.1	59.7	41.9	1278.8
1978.0	34.5	51.0	90.2	155.6	196.7	138.9	194.6	140.7	108.1	100.0	50.9	44.2	1305.4
1979.0	37.0	44.6	87.0	123.2	158.9	111.9	135.8	132.6	91.6	99.6	53.9	42.4	1118.5
1980.0	31.6	46.6	71.9	96.8	143.4	128.1	85.4	93.7	116.3	76.6	55.8	30.4	976.6
1981.0	43.3	48.7	97.8	118.9	174.9	137.3	135.3	124.5	107.4	79.6	53.2	46.9	1167.8
1982.0	44.9	58.7	92.5	121.6	150.7	182.6	126.3	129.4	112.8	85.7	48.2	39.1	1192.5
1983.0	34.0	42.3	73.4	101.7	130.3	153.2	123.0	145.3	91.5	78.8	45.2	39.5	1058.2
1984.0	41.1	52.8	93.3	121.5	159.4	147.5	127.9	166.9	106.6	109.1	63.0	38.3	1227.4
1985.0	46.2	39.7	80.0	122.3	132.3	122.2	144.3	143.2	99.4	74.3	47.9	39.3	1091.1
1986.0	37.0	46.1	79.4	132.6	144.1	137.6	121.7	156.1	93.8	84.2	56.6	42.5	1131.7
1987.0	43.1	45.5	64.7	114.7	152.3	152.6	91.5	110.5	111.7	88.7	55.8	46.7	1077.8
1988.0	43.5	49.5	80.8	128.2	151.3	135.1	140.7	153.1	110.1	113.0	64.5	37.0	1206.8
1989.0	29.1	40.1	90.7	136.2	145.1	127.2	146.2	133.4	96.8	99.8	47.9	44.1	1136.6
1990.0	34.3	37.8	82.3	110.8	123.5	117.5	136.0	161.3	97.1	95.3	62.3	45.5	1103.7
평균	40.2	48.2	86.3	121.1	148.5	146.6	143.5	147.9	109.5	92.5	56.2	41.7	1182.0



<그림 2-5> 최근 18년간 연도별 증발산량 분포



<그림 2-6> 최근 18년간 월평균 증발산량 분포

## 3. 수문지질조사

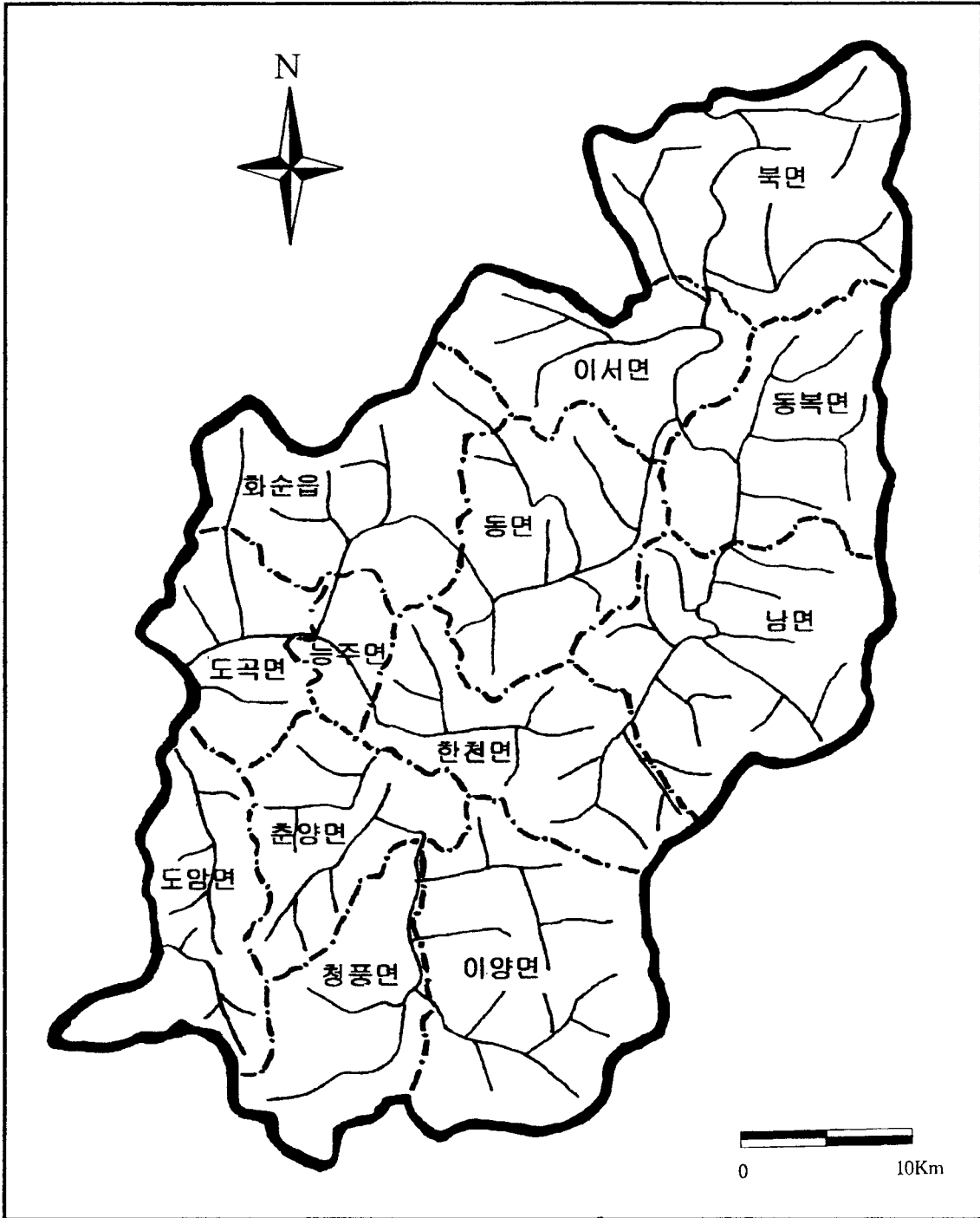
### 3-1. 지형 및 지질

#### 3-1-1. 지 형

본 조사지역인 화순군은 전라남도 지역의 중앙부에 위치하고 있으며 광주, 나주, 장흥, 화순, 순천, 곡성, 담양군 등으로 둘러싸여 있으며 평야는 적고 주로 산으로 형성된 지형을 보이고 있다. 무등산(1,186m)을 경계로 광주와 구분되어 있으며 이는 용암층으로 구성되어 있어 풍화에 강하고 고봉을 이루고 있으며 동측으로는 백아산, 모후산(850m), 운월산(617m), 범실산(597m) 등의 고봉들이 남북으로 순천시와 곡성군 등을 경계로 산맥을 발달시키고 있다. 서측으로는 비교적 완만한 경사를 보이는 낮은산들을 경계로 나주시와 접하고 있으며 남쪽으로 갈수록 산계의 발달이 우수하며 화학산(613.8m)과 장흥의 가지산(509m)에 연결된다. 동남측으로는 계당산을 중심으로 보성군과 경계를 이루면서 산계를 형성하고 있다. 하계발달은 영산강지류인 지식천과 화순강지류인 동복천이 주하천이며 북측의 무등산과 안양산에서 발원한 지류가 동복댐을 통과하여 동복천을 이루며 천운산과 두봉산등지에서 발원한 지류와 합류하여 화순강 상류를 형성하며 주암댐에 이른다. 또한 남측의 화학산과 국사봉 등지에서 발원한 소지류가 지식천을 형성하며 화순천과 합류하여 영산강 상류가 된다. 이들 하상퇴적물 등이 평야지대를 만들면서 화순군의 주 농경지를 형성하고 있다. 지형을 개괄하면 대체적으로 동측에 산맥발달이 우수하고 경사가 급하며 하천은 유역이 넓으나 평지는 적고 하천의 유로는 주로 수지상으로 발달되어 있다(그림 3-1).

#### 3-1-2. 지 질

화순지역의 지질은 주로 변성암류, 퇴적암류, 화성암류 및 화산암류로 구성되어 있다(그림 3-2). 변성암류는 화강암질편마암과 편암으로 구성되어 있으며 퇴적암류는 적벽응회암 등 응회암이 주를 이루고 있으며 화성암류는 미문상화강암과 화강섬록암 등이 분포되고 있으며 화산암으로는 용암류가 발달되고 있다. 본



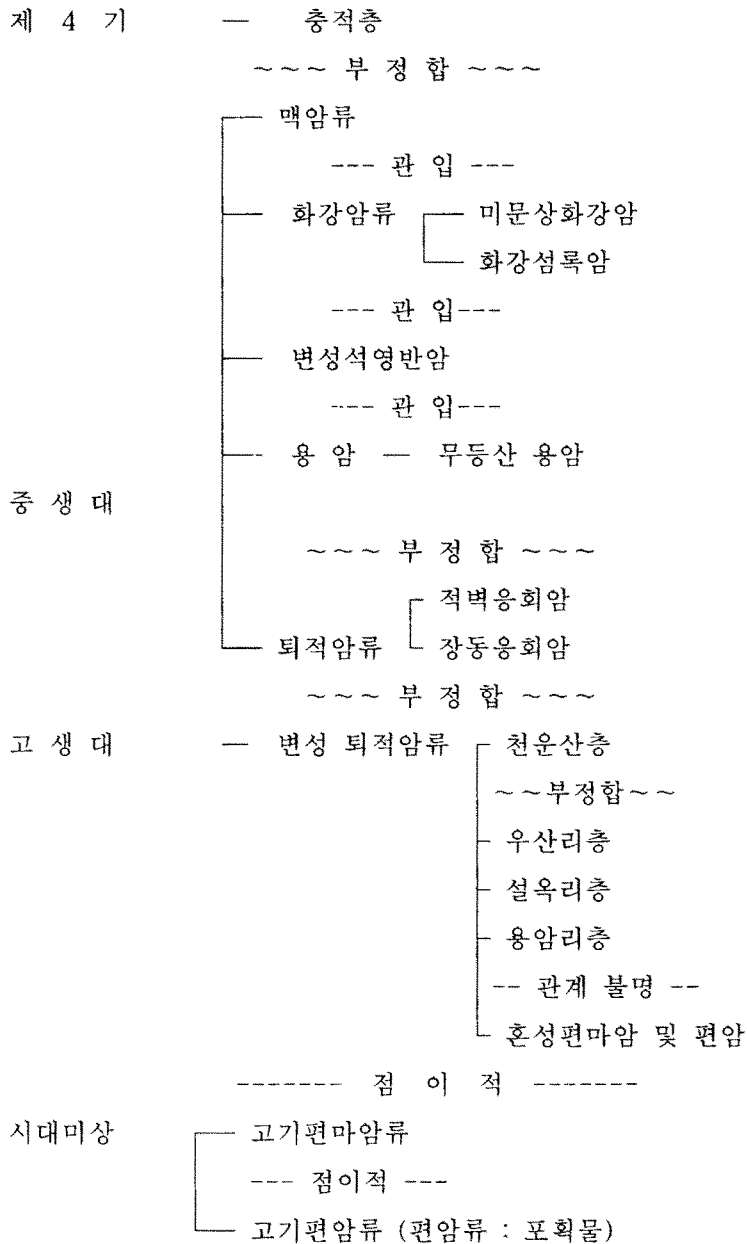
<그림 3-1> 화순지역의 수계망도

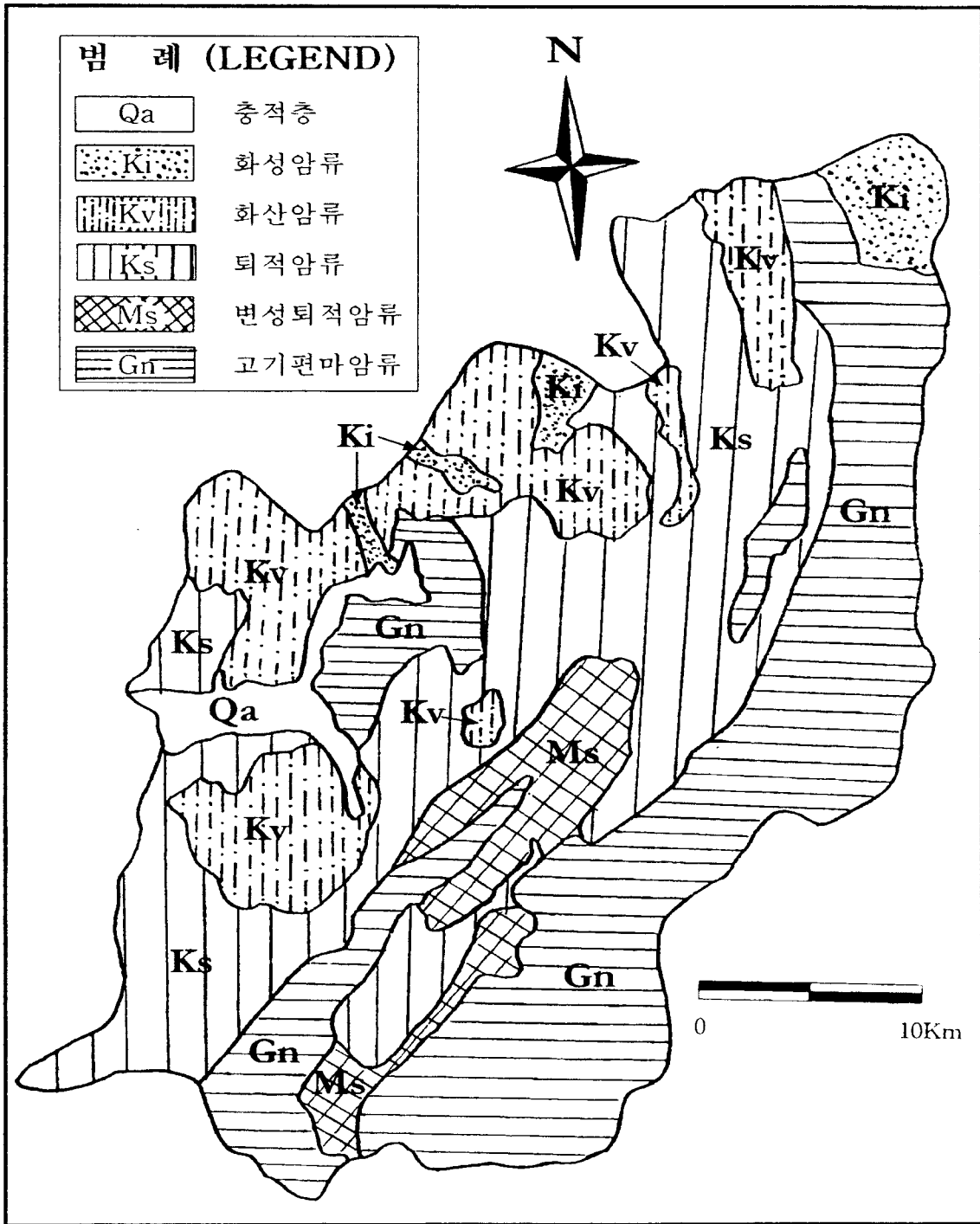


지구 동쪽에는 편마암류, 북쪽에는 화산암류가 북북동~남남서 방향으로 분포하고 있으며 퇴적암에 함탄층이 발견되어 여러곳 채광중에 있다.

본 역에서 산출되는 암석의 지질계통은 다음과 같다(표 3-1).

< 표 3-1 > 화순지역의 지질계통





<그림 3-2> 화순지역의 지질도

## 가. 선캠브리아기 편마암류

### ○ 화강암질 편마암(Granitic Gniess)

화순지역 내에서 가장 널리 분포되는 암석으로 주로 본 지역 동측을 점유하고 있으며 그 서변에서는 고생대의 함탄층인 퇴적층과 접하고 있고, 그 동북측에서는 호상편마암과 접하여 있다. 본 암석의 분포지역은 북면, 남면, 동면, 춘양, 이양면 일대에 북동~남서방향으로 길게 분포되어 있다. 본 암석은 본 역의 편마암중에서 화강암화 작용의 정도가 가장 높은 것으로서 화강암과 유사하다. 육안관찰에 의하면 주로 석영, 장석, 운모 등의 화강암질 구조를 보이고 있지만 흑운모가 한 곳에 군집되어 있는 것과 기원암의 사질암, 운모편암, 각섬석편암들이 잔존되어 있으며 미약한 편마구조를 보여주는 점으로 화강암과 구별할 수 있다. 반상변정 편마암과는 반상변정이 없는 점으로 구별되고 혼성편마암과는 편리의 발달이 불량하고 녹니석을 거의 함유하지 않은 점으로 구별할 수 있다. 본암은 풍화에 약하여 대개 적색의 토양으로 되어있고 기원암인 잔류물은 풍화에 대한 저항력이 강하다. 유백색의 장석사이에 흑운모의 입자가 일정한 방향으로 배열되어 있어 편리가 매우 잘 발달되어 있으며 주향은 대체로 주향은  $N30^{\circ} E$ 이고 경사는  $40^{\circ} E$  이다.

## 나. 고 생 대

### ○ 용 암 산 층

본층의 표식적 발달지는 화순군 한천면의 용암산이며 평안계 최하부 함탄층을 이루고 있으며 본암이 대단히 풍화에 강하여 고준한 산악을 형성하고 있다. 본암은 대체로 세립질 내지 중립질로서 층리가 있고 견고 치밀한 유백색의 규암으로 되어 있으며 백운모 입자는 층리에 대하여 평행하게 배열되며 화강암질 편마암중에 포획되어 있는 규암에서는 그 함량이 더 많다. 본 암층은 화강암질 편마암과는 매우 점이적이며 주향은  $N30^{\circ} W \sim N15^{\circ} W$ 이고 경사는  $30^{\circ} SE$ 를 보인다.

### ○ 설 옥 리 층

본 암층은 북면 용곡리 일대와 남면 유마리 일대에 분포하고 있다. 본 암층은 낮은 변성정도를 보이며 주로 백운모, 견운모로 이루어지고 회색 내지 녹색을 띠

고 있다. 용곡리 일대에서는 본암층의 동변에는 화강암질편마암과 점이적 관계로 접하고 있으며 서변의 북측에는 무등산용암과 부정합으로 접하고 있다. 본암의 특징으로는 회색 석회암층과 백색 석회암층이 20~30m 층후로 협재되어 있고 간혹 흑색탄질 점판암이 협재하기도 한다.

#### ○ 오 산 리 층

본 암층은 북면 수리 지역에서 대상(帶狀)으로 한천면 한천리까지 길게 발달되어 있고, 화순지역의 탄광지대는 대부분 이 암층과 밀접한 관계가 있다. 본층의 셰일, 탄질셰일에서 함탄대가 발달되어 있으며 흑색셰일은 대부분 슬레이트화 되어 있다. 본 층의 최하부에는 석영편암이 발달되어 있고 그 상부로부터는 회색석회암층으로 이루어져 있으며 흑색슬레이트등이 박층으로 협재 되어 있다. 본층은 하위의 용암산층과는 정합으로 접하며 상부층인 천운산층과 관계는 불분명하나 부정합 관계로 추정되며 층후는 약 250m 정도로 추정된다.

#### ○ 천 운 산 층

본 층은 천태산을 중심으로 도암면 오치까지 연장되며 청풍면 옥녀봉 일대에도 넓게 분포하고 있다. 본층의 규암은 용암산층과 구별하기 어려우나 희고 투명한 감을 주는 것이 구별된다. 본 층은 탄전 내에 가장 광범위하게 분포하고 있으며 그 후는 700m 이상으로 두껍게 퇴적되어 있고, 오산리층 함탄대와는 부정합관계이며 본 층은 장동리용회암에 의하여 피복당하여 중앙부와 연결되지 않고 청풍면 차리에서 다시 노출되어 옥녀봉 일대에 발달되어 있다. 본층의 암석은 회색~회백색의 조립질 사암과 흑색셰일 등이 호층을 이룬다. 또한 1~5cm의 직경을 가진 석영력을 함유하고 역질사암이 호층으로 협재되어 있다. 이러한 사암류는 광역변성작용을 받아 재배열되어 편리가 발달되었고 편리방향으로 백운모와 견운모가 함유되기도 한다. 셰일층은 변성작용으로 장석물질이 도입되어 사장석의 결정상태를 육안으로 관찰할 수 있다. 일반적으로 주향은 N40° E 내외이며 경사는 보통 30° ~ 40° SE이다.

## 다. 중생대

### ○ 장동응회암

본 지층은 화순 북면에서 한천면까지 길게 분포하고 있으며 경상계의 최하부를 구성하는 지층으로서 그 기저부에는 10~20cm 내외의 역암이 있어 고생대에 속하는 기반암을 부정합으로 피복하고 있다. 암색은 주로 저색이며 주로 화강암 질편마암, 편암류, 각종응회암류등의 역으로 구성되어 있다. 춘양면 일대에 분포하는 본 암층은 백색 내지 담회색의 화산력과 세립질 화산회로 되어 있으며 암색은 대체로 담회색이다. 본암은 각력응회암이나 적색~흑색세일과 같은 암석은 포함하지 않는다. 주향방향은 N30~40° E 이고 경사는 30° ~ 40° SE이다.

### ○ 무등산 용암

본 암층은 도곡면의 해망산 산정 부근과 동면 옥호리의 운산과 호동 계곡을 따라 소규모로 분포되어 있다. 암질은 매우 치밀하고 견고하며 녹색의 반정을 가끔 보이며 암색은 녹회색을 띄고 있다.

### ○ 변성 석영반암

본 암류는 동북면 안성리 부근에서 남면 사평을 거쳐 동북천 연안과 그 지류를 따라 광범위하게 노출되어 있으며 주로 암상을 이루고 화강암질 편마암, 변성 퇴적암층 및 퇴적암층을 관입하고 있다. 대체로 담녹색 내지 회색을 띄며 석기 중 석영반정이 안구상을 이루고 있어 변성퇴적암인 편암으로 보이나 본암의 산출상태로 보나 타 변성퇴적층과는 대비가 불가능한 점과 암석을 구성하는 광물입자들이 파쇄되어 불명한 편리를 보이는 점, 현미경하에서 화성암의 조직이 아직도 남아 있는 점 등은 본 암이 화성 기원의 변성암임을 지시해 준다. 즉 본암은 광역변성작용에 의한 국부적인 동력변성작용을 받아 암석이 압쇄작용을 일으켜 구성광물이 재배열되고 파쇄변형을 일으켰으며 견운모화된 석영을 중심으로 재배치하게 됨으로써 편리를 발달시켰으며 치밀화된 암석으로 변한 것이다.

### ○ 미문상 화강암

본암은 화순읍 수만리 및 화방산, 금당산에 암주상으로 분포되며 주위의 화산

암류에 비하여 비교적 낮은 지형을 이루고 있다. 본암은 안산암, 석영안산암, 석영반암을 관입하였고 암색은 홍색 내지 담홍색을 띄며 드물게 작은 장석, 석영반정을 함유하여 반상을 이루기도 한다.

○ 맥암류

염기성 암맥은 주로 변성퇴적층의 인접부에 나타나며 분포가 매우 적다. 주향은 N15° E 방향이 보통이며 총후는 1m 내지 5m로 연장은 수십m에 달하는 것이 대부분이다. 중성암맥은 변성퇴적층과 화강암질 편마암을 주로 관입하고 있으며 두께는 2m 내지 20m에 달하는 것도 있다. 산성암맥에는 석영반암, 규장암등이 포함되는데 화강암질 편마암내에 주로 나타난다. 폭은 0.5m 내지 수m에 달하며 주향방향은 일정하지 않다.

## 3-2. 물리탐사

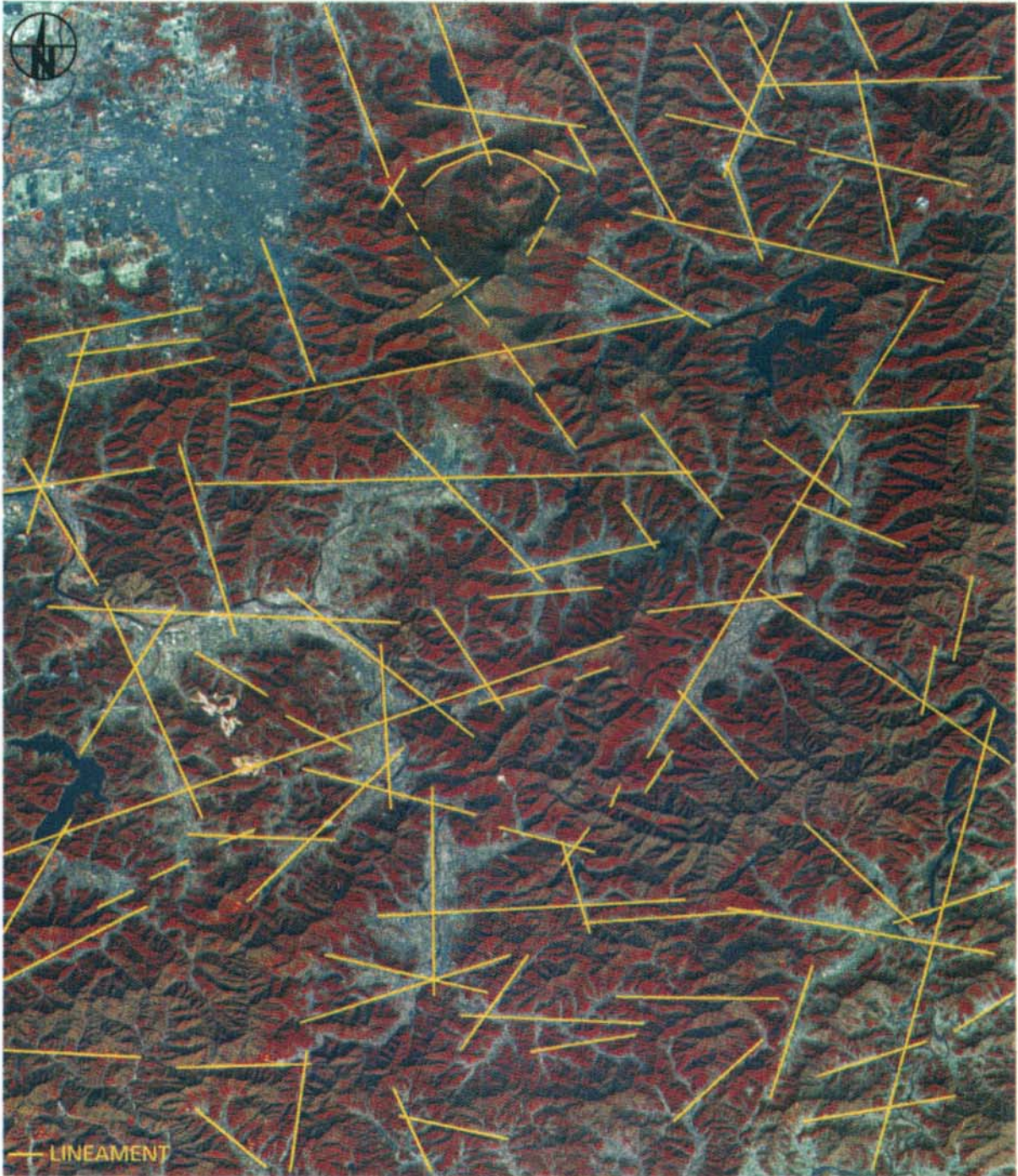
### 3-2-1 원격탐사

지하수 조사를 위한 물리탐사는 주로 전기탐사, 탄성파탐사, 전자기탐사 등을 이용하고 있으나, 조사지역이 넓을 때에는 많은 시간과 인력 및 비용이 필요할 뿐 아니라 국지적인 자료의 취합에 의한 광역적인 종합·분석에 어려움이 따르게 되어 넓은 지역을 포괄적으로 다룰 수 있는 원격탐사가 도입되었다.

원격탐사(Remote sensing)란 지상이나 항공기 및 인공위성 등의 탑재기에 설치된 센서를 이용하여 지표, 지하, 대기권 및 우주공간의 대상물에서 반사 혹은 방사되는 전자기파를 탐지하고, 이들 자료로부터 토지, 환경 및 자원에 대한 정보를 얻어 해석하는 기법을 말한다.

단층이나 절리 등은 보통 지하수, 광물등에 관련된 지구조에 대한 정보를 제공한다. 이러한 열극의 위치, 형태와 밀도는 지진, 산사태, 오염민감도(Pollution susceptibility) 등에 중요하다. 암반열극은 보통 원격탐사로 얻은 선구조로 나타난다. 선구조는 직선 혹은 완곡의 지형요소로서, 인접한 표면 및 천부의 지형요소와 구분이 명확한 단층, 파쇄대, 습곡축 등이 지질구조선과 암석경계를 따라 나타나며, 이러한 요소는 원격탐사자료에서 지형의 기복변화 및 화소의 명암차에 의해 구분이 가능하다(Sabins, 1978). 선구조는 지표면의 현상으로서 지도상에 나타낼 수 있는 단일 혹은 복합된 선적인 특성으로서 지하현상을 반영한다고 생각되어지는 것이다.

지표면의 선구조는 지형, 수계, 식생 및 토양 등 다양한 지형 요소들에 의해 형성된다. 일반적으로 선구조는 지하 지질구조를 반영하는 광역적인 규모이고 비교적 협소한 대이며, 지표 암석권의 파쇄대와 주로 일치하고 단층, 열극, 절리, 습곡 등에 의해 형성되는 약선대를 반영하는 것이다. 수계의 형성은 산계의 형성과 선구조의 분포와 밀접하다. 선구조는 대규모 지각변동에 의해 형성되었다고 추정되며, 하계망의 특징을 결정하는데 중요한 역할을 하며 하계망의 형태결정에 절대적인 영향을 미친다. 오랜 침식으로 야외 관측이 불가능한 경우 항공사진이나 위성자료를 이용하여 추출하면 효과적이다. 이번 조사에 이용된 원격탐사는 프랑스에서 발사한 SPOT 위성의 SPOT IMAGE(해상도 20m×20m)를 이용하였으며,



<그림 3-3> 화순지구 위성영상 및 선구조





<그림 3-3> 화순지구 위성영상 및 선구조

# 여 백

선구조는 미국 ERDAS사의 ERDAS(earth resources data analysis system) IMAGINE v.8.3.1을 이용하여 분석·추출하였고(그림 3-3), 추출된 선구조는 각종 탐사의 예비자료로 활용하였다.

### 3-2-2. 전기비저항탐사

화순군 일대에 대해 쌍극자배열법을 이용하여 17개 측선을 설치하여 전기비저항탐사를 실시하였다(표 3-2).

쌍극자배열법의 적용은 한쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극을 25m로 하고 측정간격을 25m, 50m, 75m, . . . , 500m로 간격을 25m씩 단계적으로 이동하면서 각 측정에서의 전위차를 측정하여 겉보기비저항값을 구하였다. 측정간격이

< 표 3-2 > 전기비저항 쌍극자 측선 총괄표

측 선 번 호	위 치	측 선 방 향	길 이(m)	비 고
E-1	이양면 송정리	N20° W	500	
E-2	청풍면 어리	N61° E	500	
E-3	이양면 강성리	N80° E	500	
E-4	도암면 천태리	N59° W	500	
E-5	춘양면 월평리	N20° E	500	
E-6	한천면 정리	N27° W	500	
E-7	남면 검산리	N54° W	500	
E-8	남면 벽송리	N10° W	500	
E-9	북면 남치리	N23° W	500	
E-10	북면 옥리	N6° W	500	
E-11	이서면 보월리	N25° W	500	
E-12	동북면 구암리	N10° W	500	
E-13	동면 무포리	N28° W	500	
E-14	화순읍 계소리	E - W	500	
E-15	화순읍 감도리	N73° W	500	
E-16	능주면 만수리	N69° W	500	
E-17	도곡면 효산리	N51° E	500	

멀어지면 탐사심도도 깊어지므로 한 측선을 전개해 나가면 외견비저항의 2차원 단면을 구할 수 있고, 등비저항곡선도를 작성하여 전기비저항분포 이상대를 파악할 수 있게 된다. 자료처리는 현장 겉보기비저항 단면도, 자동역산에 의한 이론적인 해석도 및 모델링에 의한 2차원 단면구조도를 나타냈고, 현장측정값(겉보기비저항)과 이론값 사이의 RMS(Root Mean Squared relative error)를 최소화시키기 위해 해석 반복계산 횟수를 5회로 하였다.

#### 가. E-1

화순군 이양면 송정리에서 측선을 N20° W방향으로 설치하였다. 역산결과를 보면 대체로 측점 -1~-6 범위에서 저비저항대가 존재하고 있으며, 그 깊이는 25m 이내에 분포한다(그림 3-5). 규모는 적으나 1번 측점과 4~5번 측점에서 50m 깊이까지 저비저항대가 존재하는 것은 부분적인 파쇄대의 발달 가능성을 보여준다.

#### 나. E-2

화순군 청풍면 어리에서 측선을 N61° E 방향으로 설치하였다. 좌측 2Km 거리에 가더골재가 있고 측선은 구릉지와 충적 평야지가 만나는 경계부에 해당된다(그림 3-5). 측점 -3~-6번을 제외한 전구간이 30~50m 깊이의 풍화대 발달가능성을 보이고, 특히 -7번 측점은 하부로 갈수록 저비저항값을 나타낸다.

#### 다. E-3

화순군 이양면 강성리에서 측선을 N80° E방향으로 설치하였다. 하천 인근의 충적지와 구릉지 접촉부를 따라 측선을 배열하였으며, 역산결과 -2~-6번 측점 사이와 1~7번 측점 사이에서 비교적 넓은 규모로 깊이 100m 내에 저비저항대가 존재하여 전체적으로 지하수 부존가능성이 매우 높을 것으로 판단된다(그림 3-6).

#### 라. E-4

화순군 도암면 천태리에서 측선을 N59° W 방향으로 설치하였다. 주변에 천태산(△479.0m)이 있고 측선은 저수지(안성제)하부에서 도로방향과 평행하게 배열하였다. 역산결과 전반적으로 비저항값의 변화가 적어 지층의 변화가 적고 유망한

지하수체의 발달은 기대하기 힘들 것으로 판단된다. 국부적으로 -7번 측점의 하부는 비저항치가 하부로 갈수록 급격히 증가하는 특성을 보인다(그림 3-6).

#### 마. E-5

화순군 춘양면 월평리에서 측선을 N20° E 방향으로 설치하였다. 비교적 넓은 충적지의 중앙부분에 측선을 배열하였으며, 역산결과 2번과 3번 측점 사이에서 깊이 50m 정도의 저비항대가 존재하나 규모는 적고, 7번 측점은 하부 100m 깊이까지 점진적인 비저항값의 감소가 나타나 지하수 부존가능성이 상대적으로 높을 것으로 판단된다(그림 3-7).

#### 바. E-6

화순군 한천면 정리에서 측선을 N27° W 방향으로 설치하였다. 매봉산 동쪽 골짜기에 수직방향으로 측선을 배열하였으며, 역산결과 0~-7번 측점과 0~7번 측점의 비저항치가 서로 상대적으로 나타나는 특징을 보인다. 0~7번 측점은 25~50m 깊이의 풍화대가 발달되고 그 하부는 급격히 비저항값이 높아지는 반면, 0~-7번 측점은 100m 깊이까지 비저항값의 변화가 없다가 100m 이후 서서히 증가하는 경향을 보인다(그림 3-7).

#### 사. E-7

화순군 남면 검산리에서 측선을 N54° W 방향으로 설치하였다. 주변에 화산봉, 토끼봉이 존재하고, 역산결과 상대적으로 타구간에 비하여 -1~-7번 측점구간이 비교적 낮은 비저항값을 보이지만 전체적으로 비저항값이 매우 높은 특성을 보이고 있어 지하수 대수층의 발달 가능성이 희박하다(그림 3-8).

#### 아. E-8

화순군 남면 벽송리에서 측선을 N10° W 방향으로 설치하였다. 범바위산 하부의 골짜기 모양 충적지에 수직방향으로 측선을 배열하였다. 역산결과 대체로 충적층의 분포심도 변화가 많을 것으로 판단된다. -3~1번 측점과 5~7번 측점을 제외한 지역의 비저항값은 대체로 낮은 값을 보이며 지하수 대수층의 발달 가능성이 매우 높을 것으로 판단된다(그림 3-8).

#### 자. E-9

화순군 북면 남치리에서 측선을 N23° W 방향으로 설치하였다. 측선위치는 구릉지 말단부로 역산결과 지층의 변화가 심하고, 풍화대는 10~50m 범위로 분포하는 것으로 사료된다(그림 3-9). -3~-5번 측점은 타구간에 비하여 상대적으로 비저항값이 낮고 심도 50m 내외까지 지하수 대수층 발달이 기대된다.

#### 차. E-10

화순군 북면 옥리에서 측선을 N6° W 방향으로 설치하였다. 측선위치는 동북호로 흘러드는 하천 주변에 발달한 충적지로 화순온천과 약 1km 떨어져 있다. 풍화대의 전체심도는 전반적으로 50m를 넘지 못하는 것으로 판단된다(그림 3-9). 이 지역은 전반적으로 하부의 대수층보다는 지표 가까이에 대수체가 발달하는 자유면 지하수 형태의 대수층이 발달된 것으로 사료된다.

#### 카. E-11

화순군 이서면 보월리에서 N25° W 방향으로 측선을 설치하였다. 주변에 해발 367.3m의 무명산이 위치하고 있으며, 무등산에서 발원한 지류가 동쪽의 동북호로 유입되는 형태를 보인다. 역산결과 측점 -4~3 에서 전체적으로 고비저항값을 나타내며 측점 4~7에서 50m 가량의 풍화대가 발달된 것으로 보인다(그림 3-10).

#### 타. E-12

화순군 동북면 구암리에서 N10° W 방향으로 측선을 설치하였다. 주변에 무명산(△338.4m)이 위치하고 있고, 서쪽으로 동북천이 흐르고 있다. 역산결과 측점 -4~5 구간에서 고비저항값을 나타내며 전체적으로 저비저항값을 나타내는 형태를 보인다. 특히 측점 7번 구간에서는 하부로 갈수록 저비저항값을 나타내어 대수층 발달이 기대된다(그림 3-10).

#### 파. E-13

화순군 동면 무포리에서 측선을 N28° W 방향으로 설치하였다. 북서쪽에 건지산(△472.0m)이 위치해 있다. 역산결과 -6~1 구간에서 고비저항값을 보이며 측점 5~8 구간은 하부로 갈수록 비저항값이 낮아지는 형태를 보여 지하수 부존이

매우 기대되는 지역이다(그림 3-11).

#### 하. E-14

화순군 화순읍 계소리에 측선을 E - W 방향으로 설치하였다. 주변에 무명산( $\Delta 427.0\text{m}$ )이 위치해 있고 동쪽으로 화순천이 흐르고 있다. 역산결과 실제 측정값과 이론적 비저항값간의 편차가 심하고 전체적으로 고비저항값을 나타내어 지하수 부존가능성은 희박한 것으로 추정된다(그림 3-11)

#### 가. E-15

화순군 화순읍 감도리에서 측선을  $N73^\circ W$  방향으로 설치하였다. 주변에는 120m의 무명산이 존재한다. 역산결과 전체적으로는 고비저항값을 보이는 형태를 지니며, 측정점 6구간에서 하부에 나타나는 저비저항 구간을 볼 수 있다. 특히 -3~-2 구간에서 50m 내외의 풍화대가 잘 발달되어 있는 것으로 추정되어 지하수 부존 가능성은 양호한 편이다(그림 3-12).

#### 나. E-16

화순군 능주면 만수리에서 측선을  $N69^\circ W$  방향으로 설치하였다. 동쪽의 화순천이 남쪽의 지석천으로 유입되는 형태를 보인다. 역산결과 측정점 -6~-2 에서 나타나는 고비저항 구간을 제외하면 전체적으로 저비저항대를 형성하고 있으며 측정점 5~8 구간의 하부에서 저비저항 구간이 관찰되어 지하수 부존가능성은 양호한 것으로 추정된다(그림 3-12).

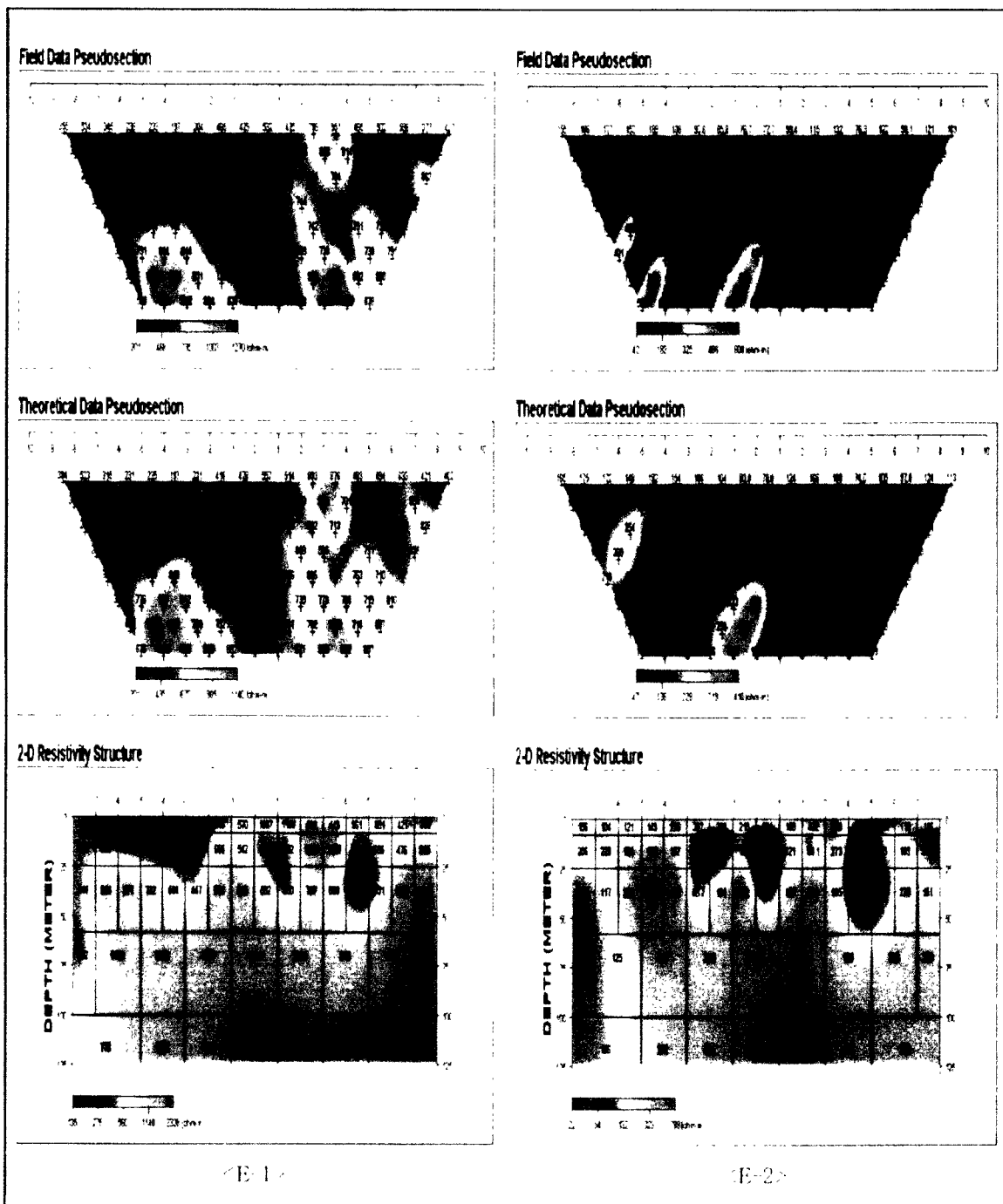
#### 다. E-17

화순군 도곡면 효산리에서 측선을  $N51^\circ E$  방향으로 설치하였다. 주변에 지석천을 따라 평야가 발달되어 있으며 남쪽에 무명산( $\Delta 125.0\text{m}$ )이 위치한다. 역산결과 측정점 -2~3의 고비저항 구간을 제외하면 전체적으로 저비저항대를 형성하고 있다. 특히 측정점 -8~3구간에서 하부로 갈수록 저항값이 낮게 나오는 형태를 보여 지하수 부존가능성은 양호한 것으로 추정된다(그림 3-13).

# 여 백

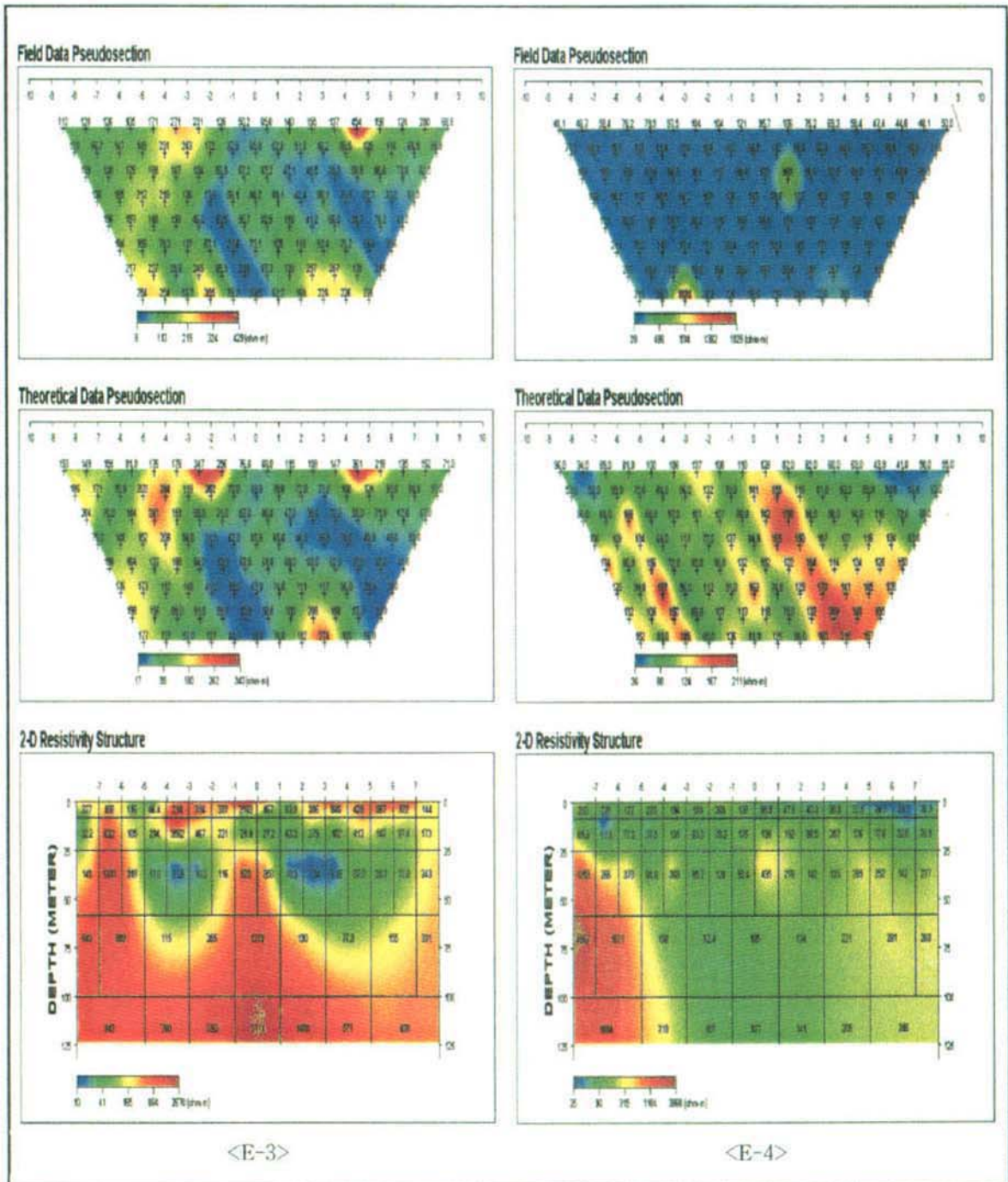




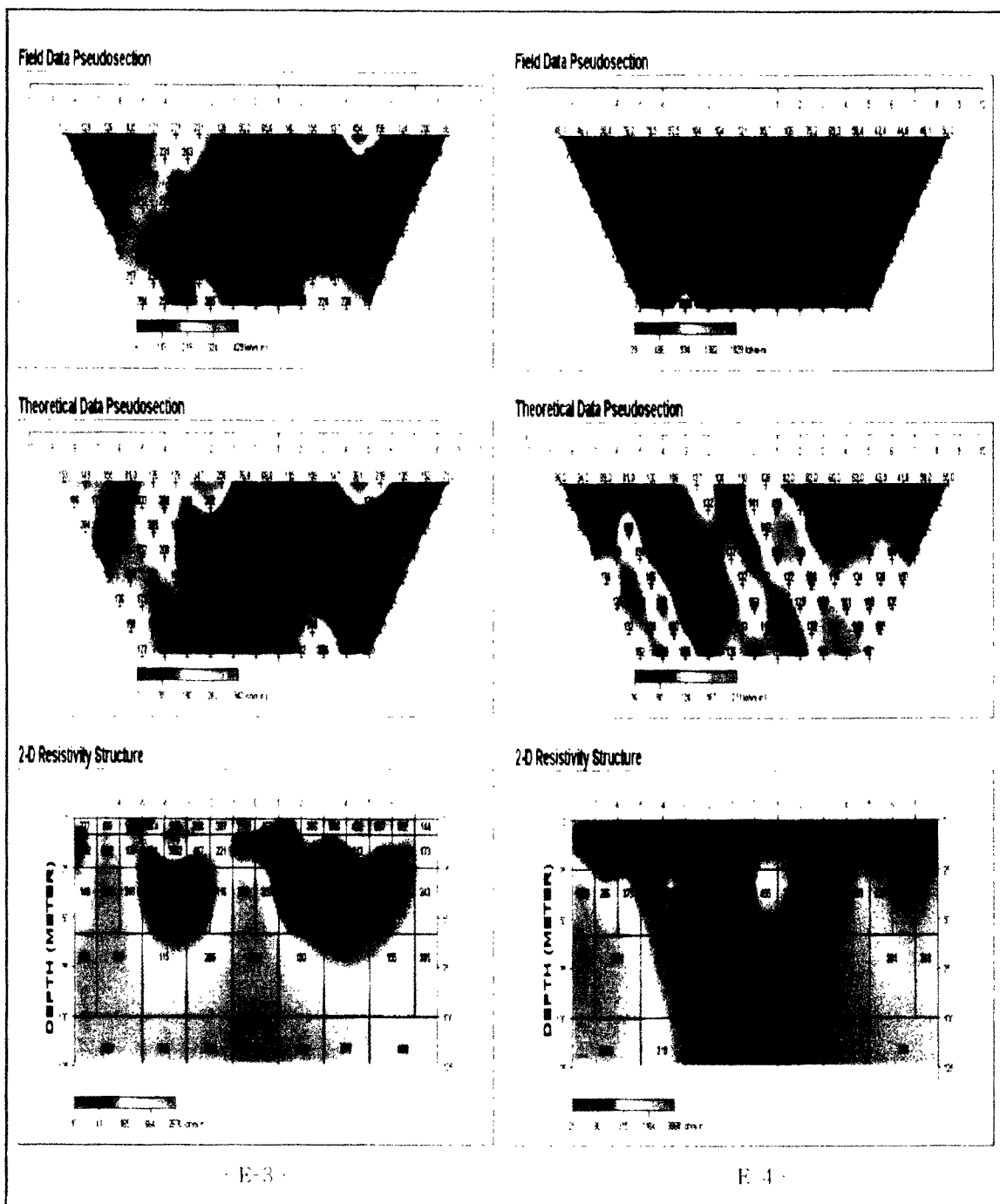


< 그림 3-4 > 측선 E-1, E-2 쌍극자탐사 결과도

# 여 백

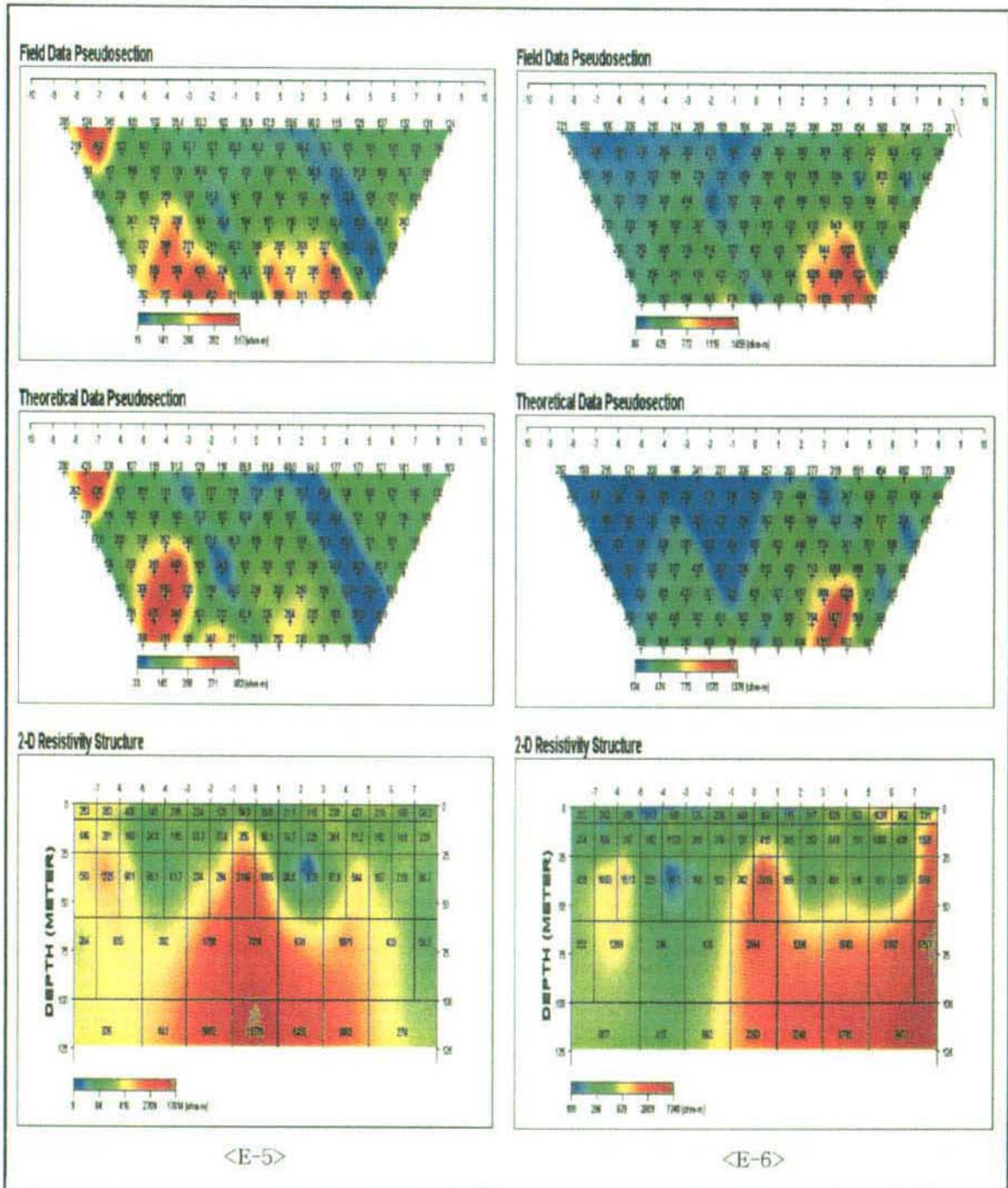


< 그림 3-5 > 측선 E-3, E-4 쌍극자탐사 결과도

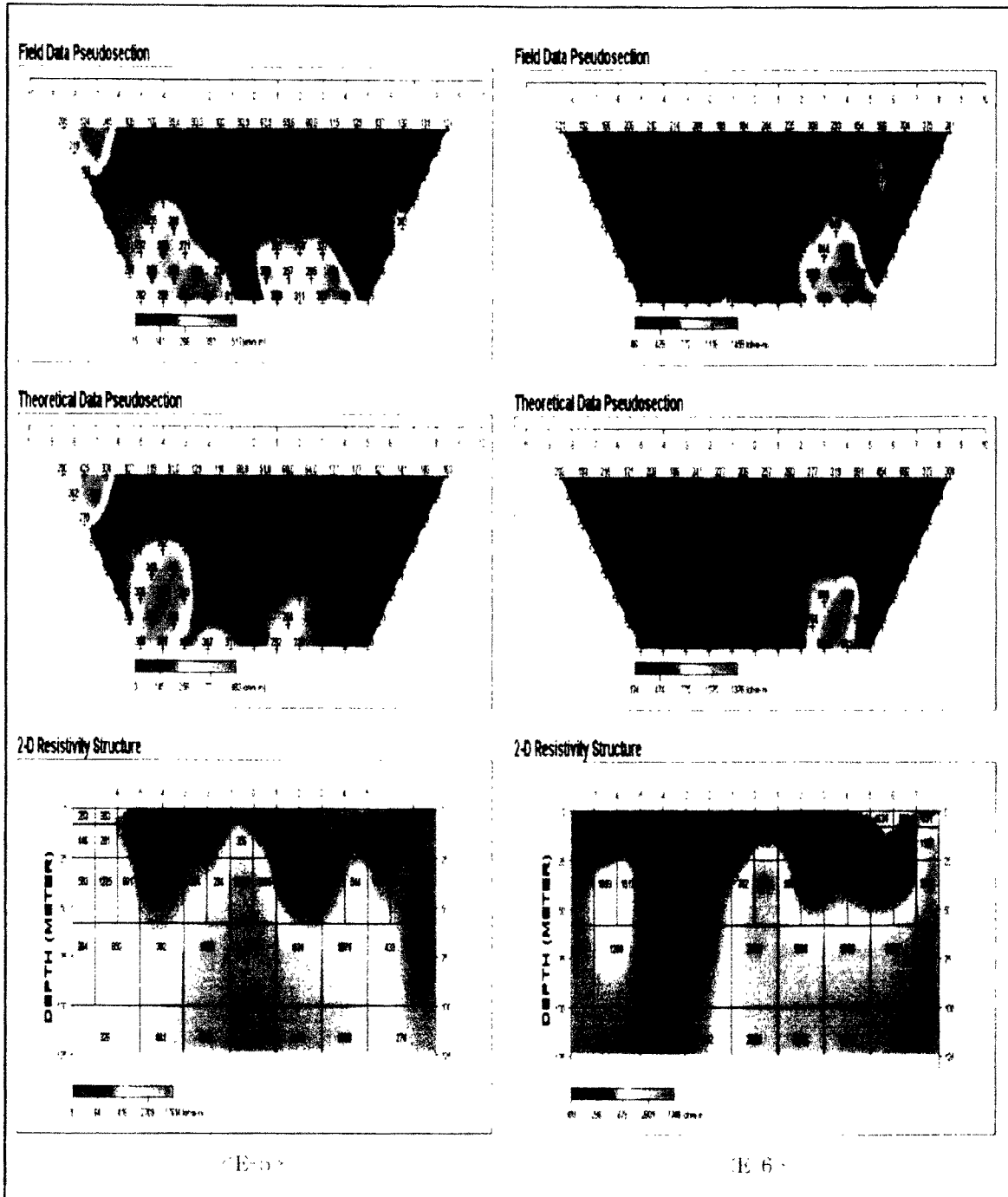


< 그림 3-5 > 측선 E-3, E-4 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



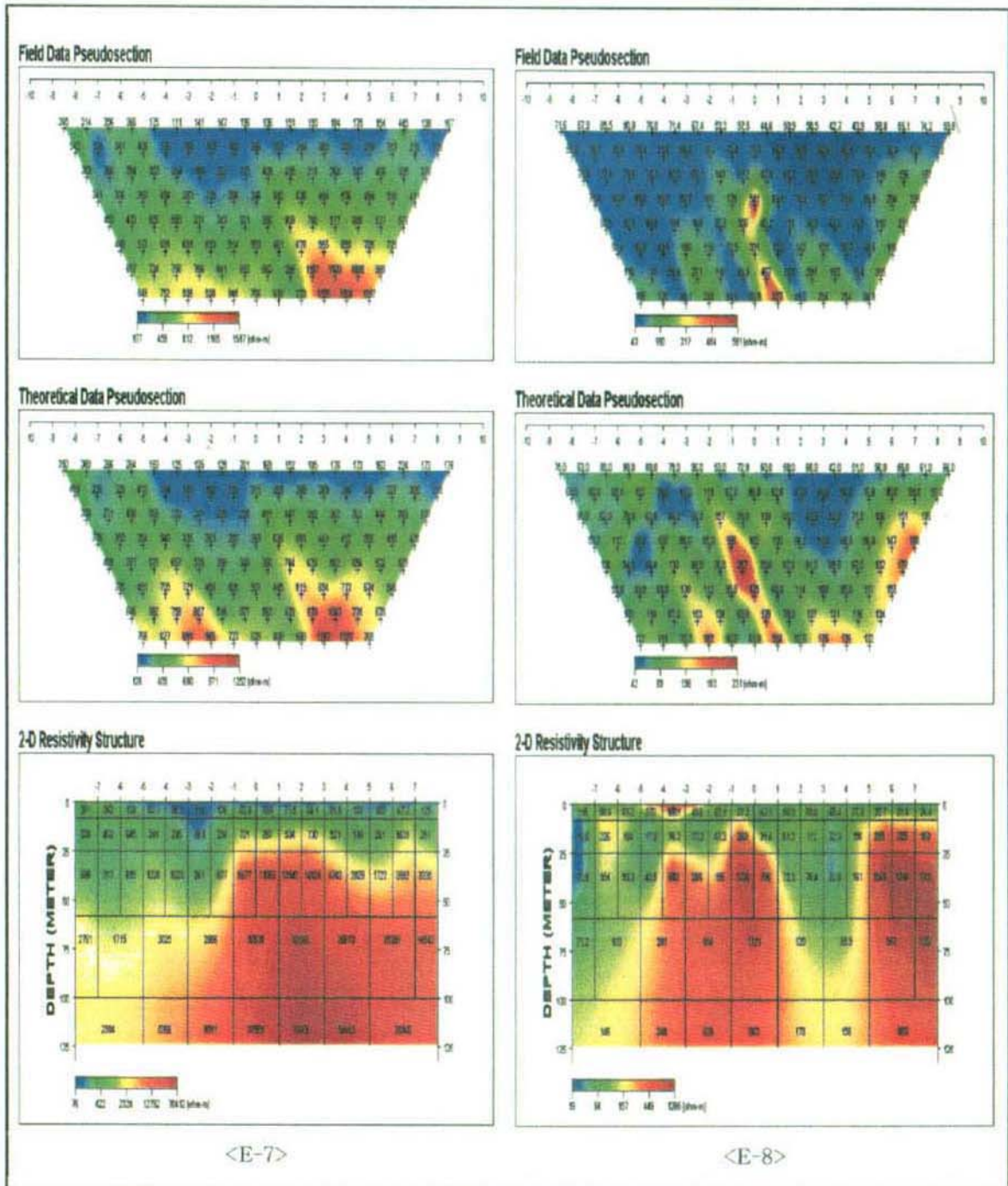
< 그림 3-6 > 축선 E-5, E-6 쌍극자탐사 결과도



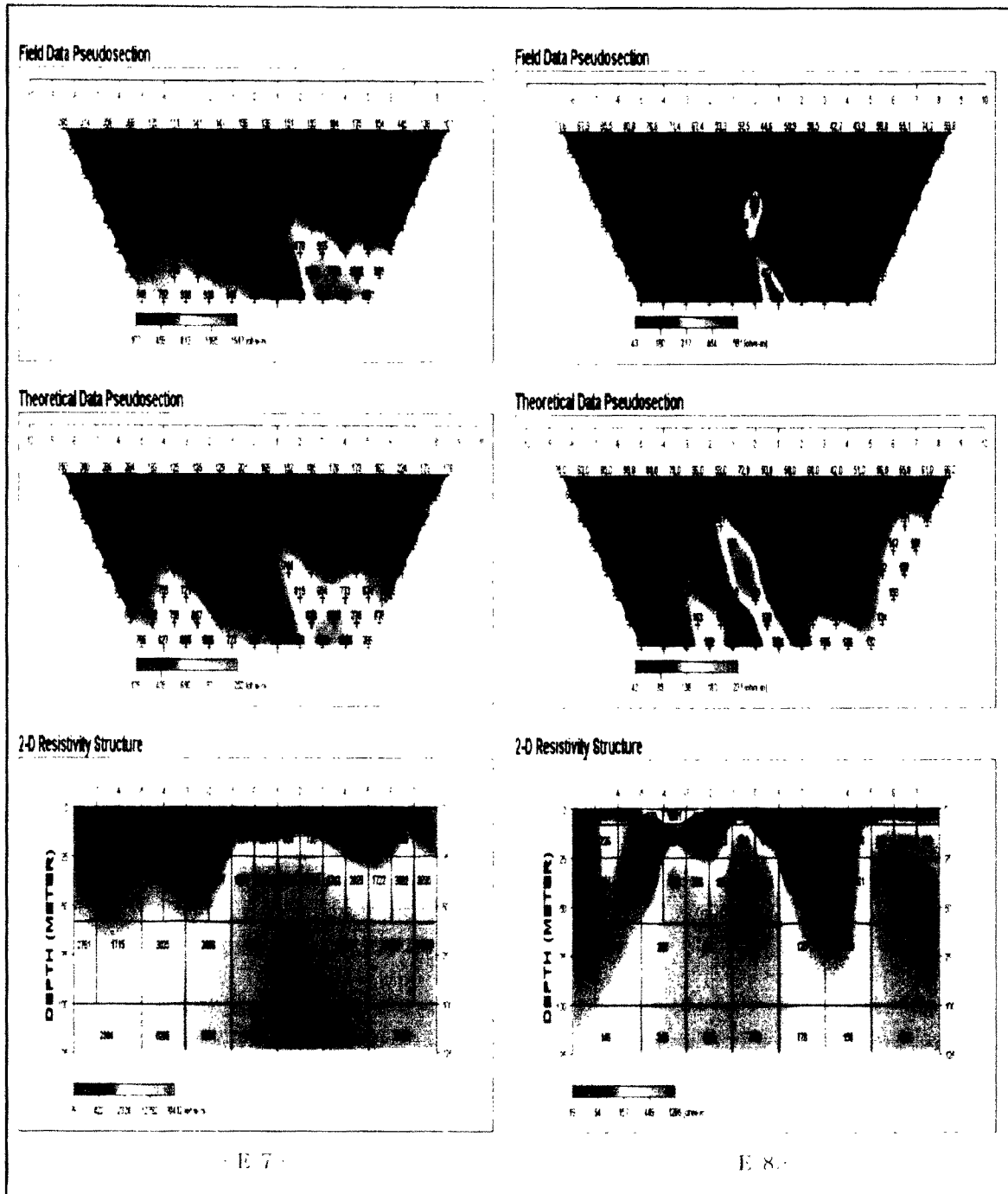
< 그림 3-6 > 측선 E-5, E-6 쌍극자탐사 결과도



# 여 백



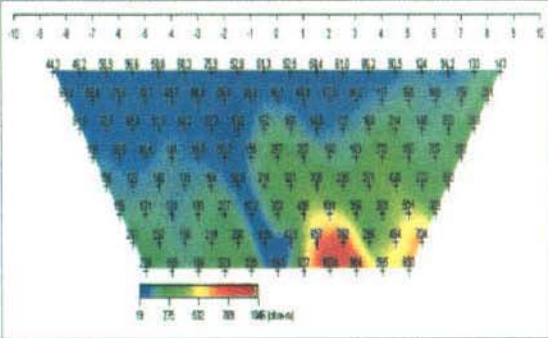
< 그림 3-7 > 측선 E-7, E-8 쌍극자탐사 결과도



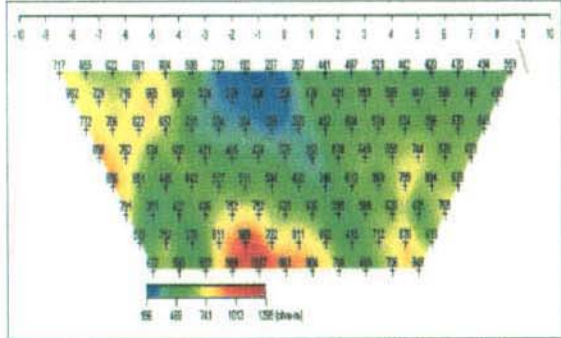
< 그림 3-7 > 축선 E-7, E-8 쌍극자탐사 결과도

# 여 백

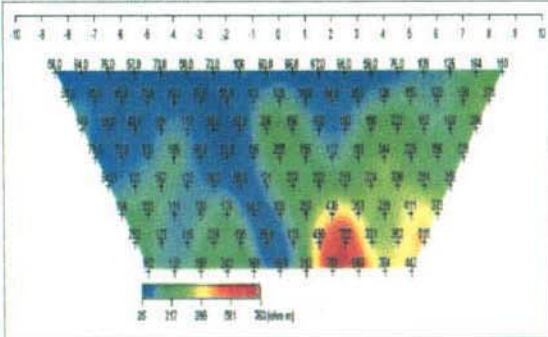
Field Data Pseudosection



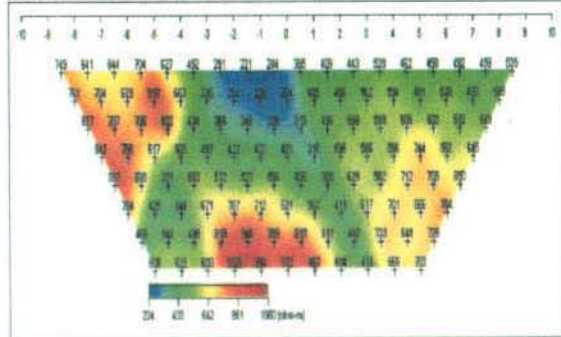
Field Data Pseudosection



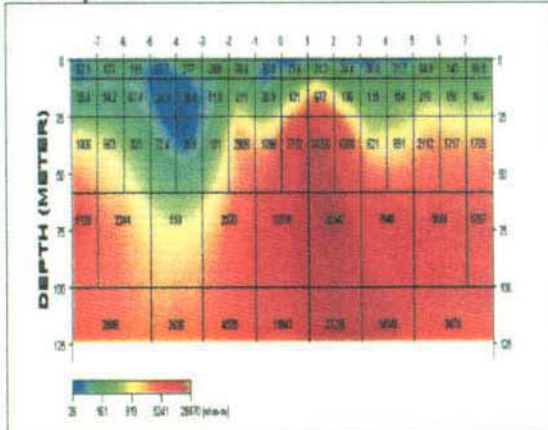
Theoretical Data Pseudosection



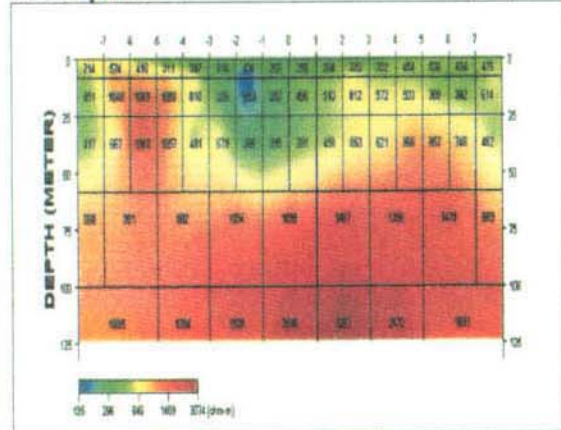
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



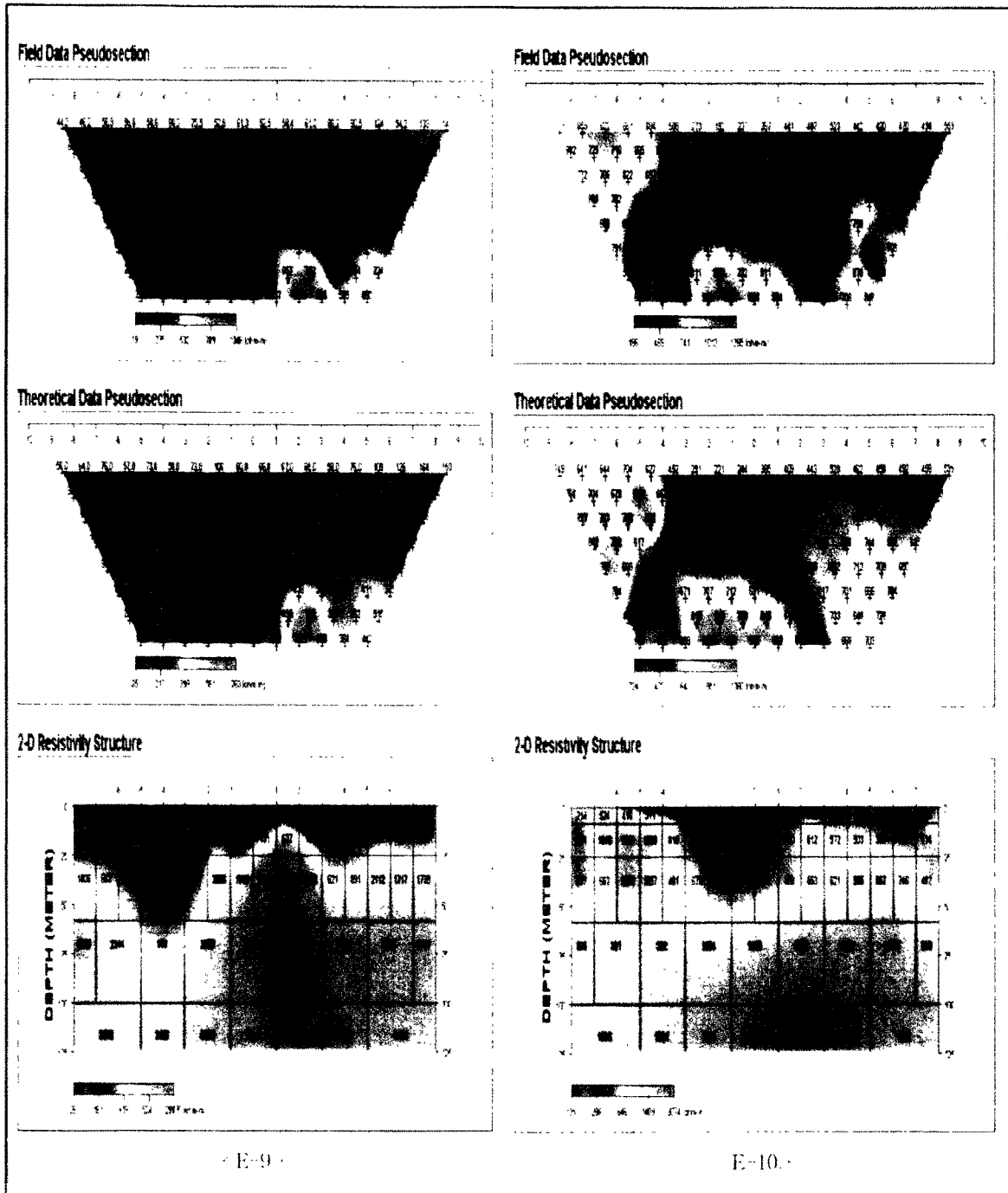
2-D Resistivity Structure



<E-9>

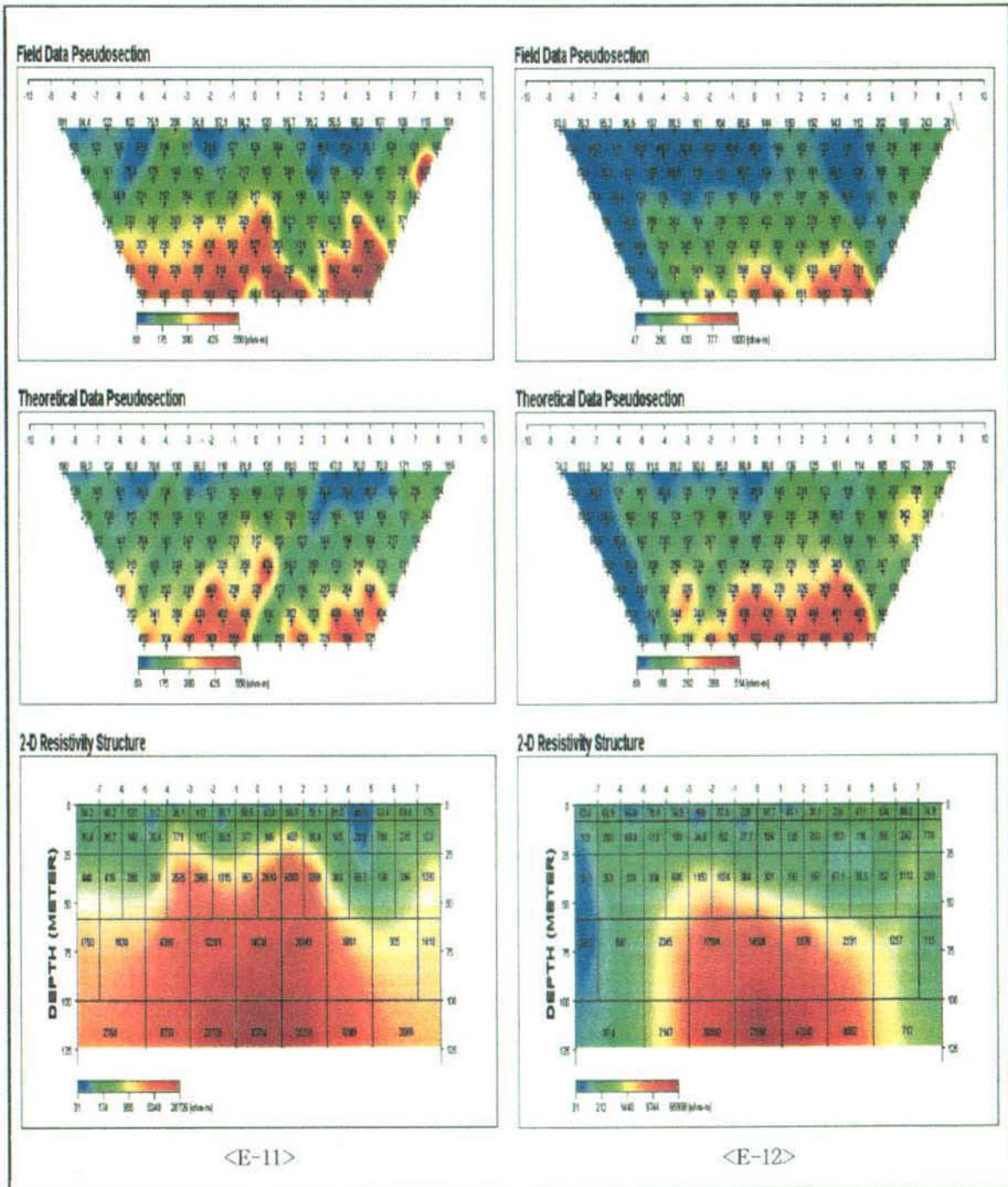
<E-10>

< 그림 3-8 > 측선 E-9, E-10 쌍극자탐사 결과도



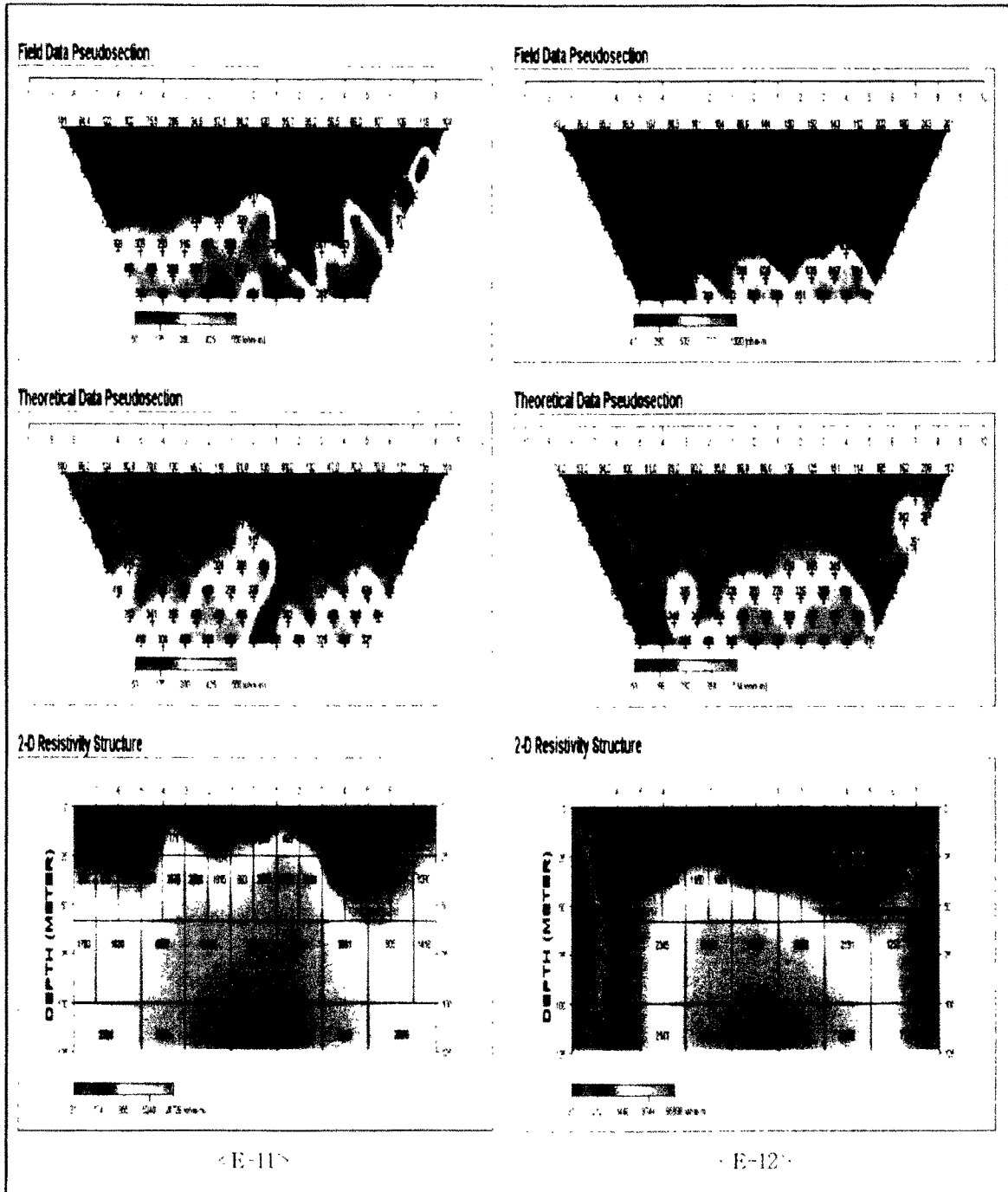
< 그림 3-8 > 측선 E-9, E-10 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



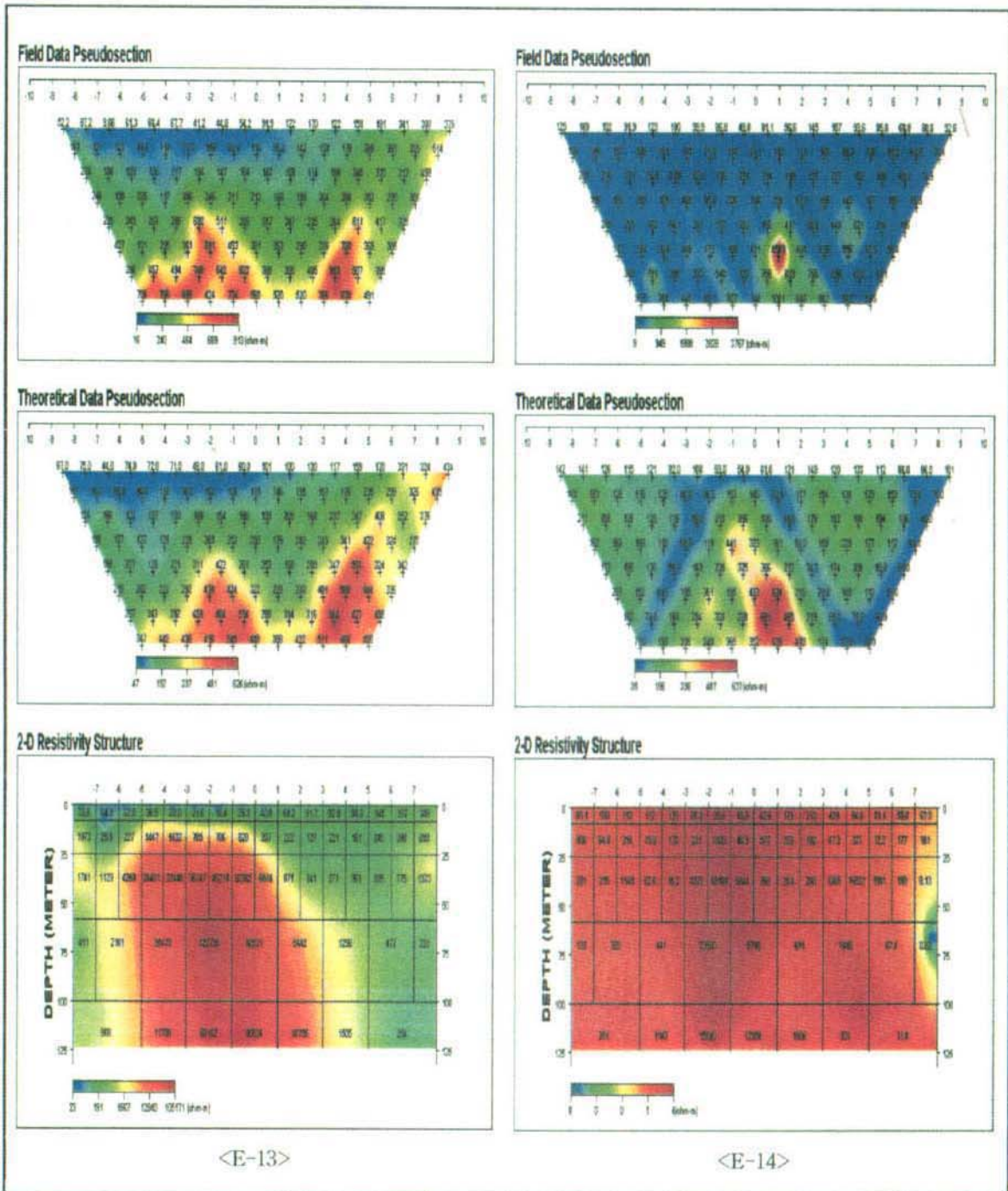
< 그림 3-9 > 측선 E-11, E-12 쌍극자탐사 결과도



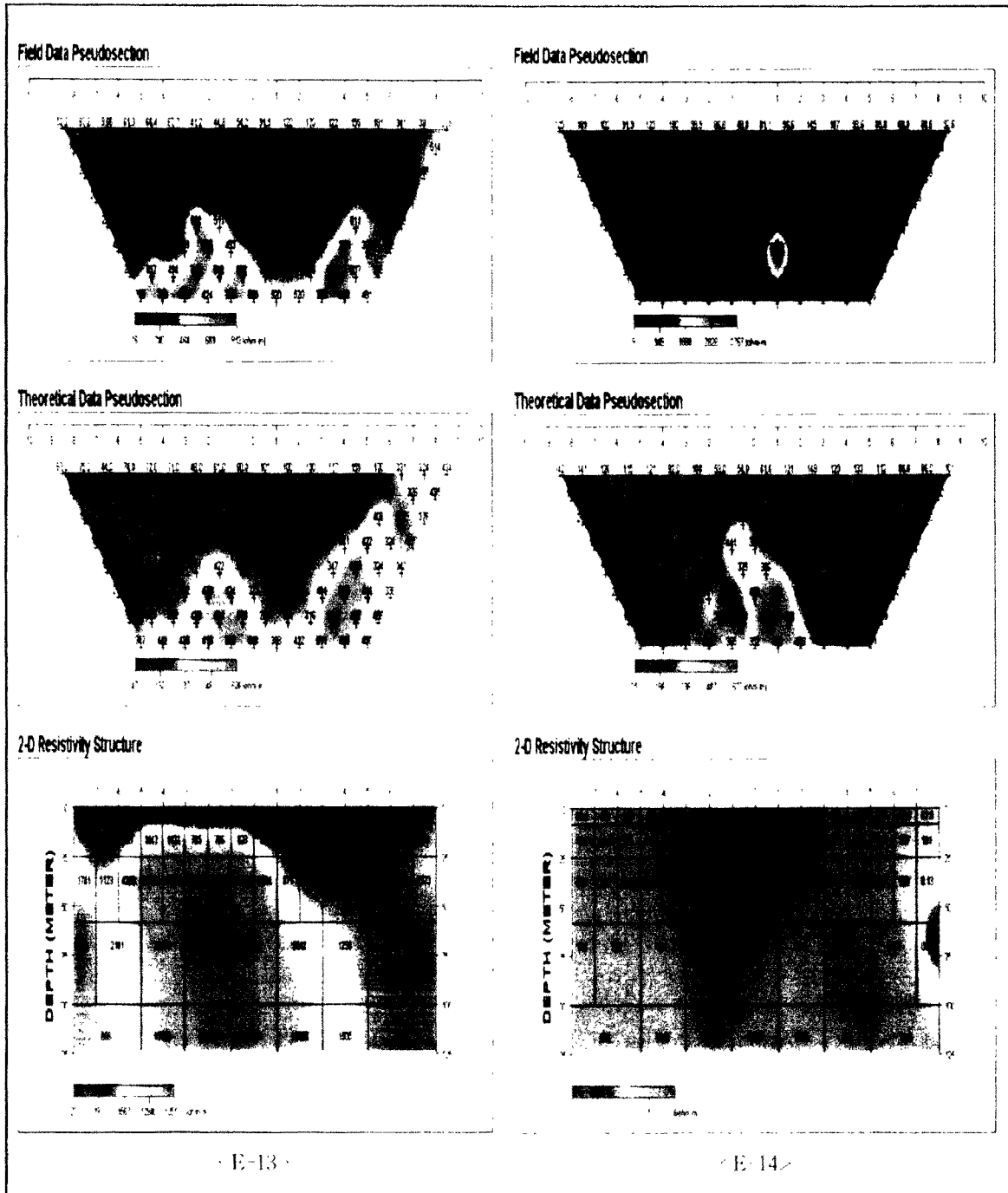


< 그림 3-9 > 측선 E-11, E-12 쌍극자탐사 결과도

# 여 백

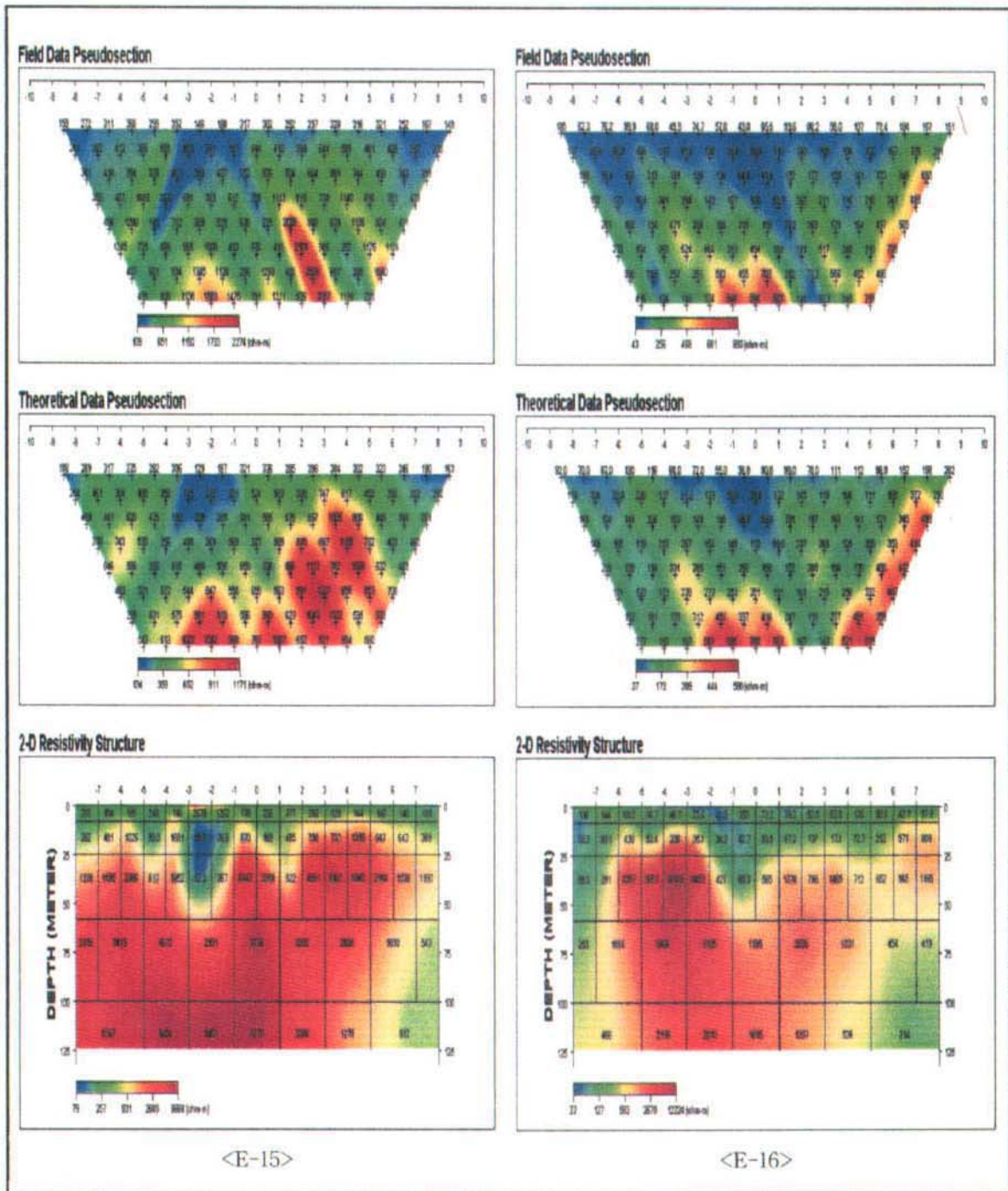


< 그림 3-10 > 축선 E-13, E-14 쌍극자탐사 결과도

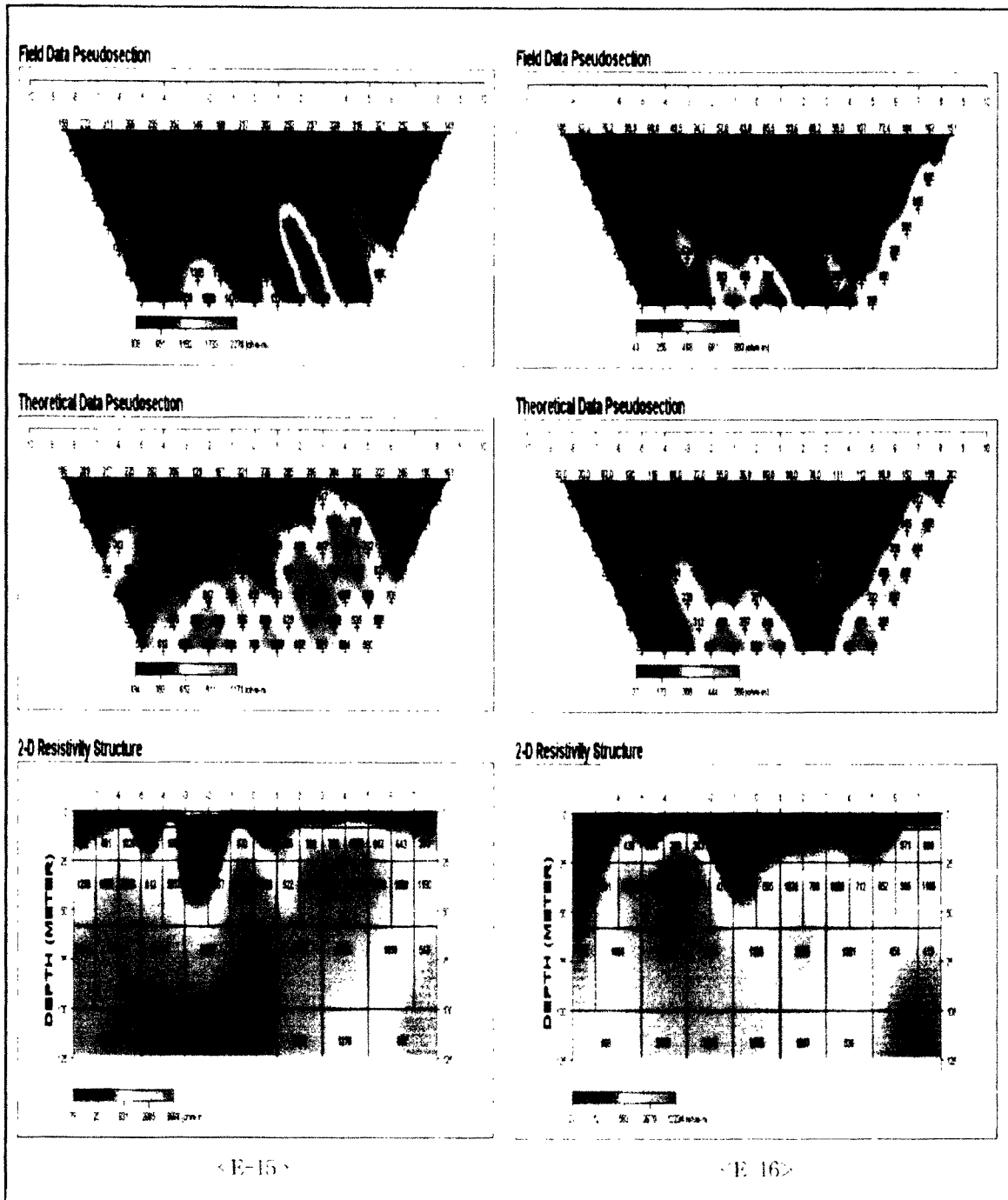


< 그림 3-10 > 축선 E-13, E-14 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



< 그림 3-11 > 측선 E-15, E-16 쌍극자탐사 결과도

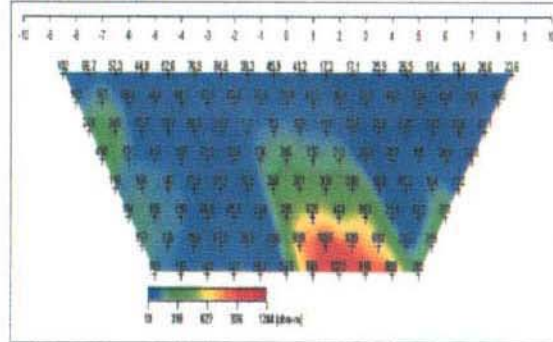


< 그림 3-11 > 측선 E-15, E-16 쌍극자탐사 결과도

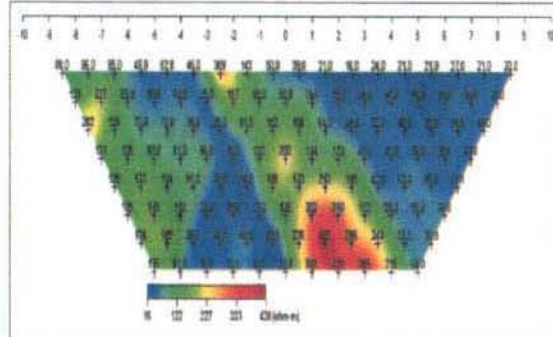
# 여 백



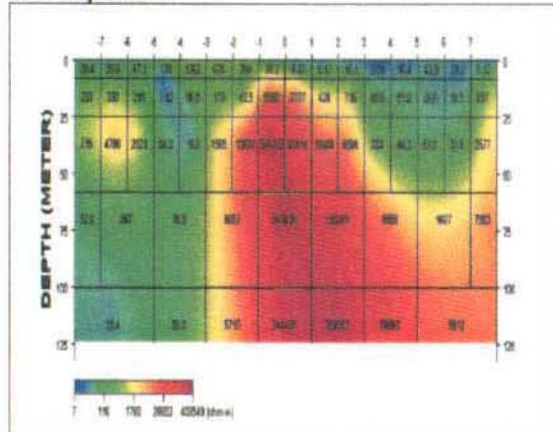
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

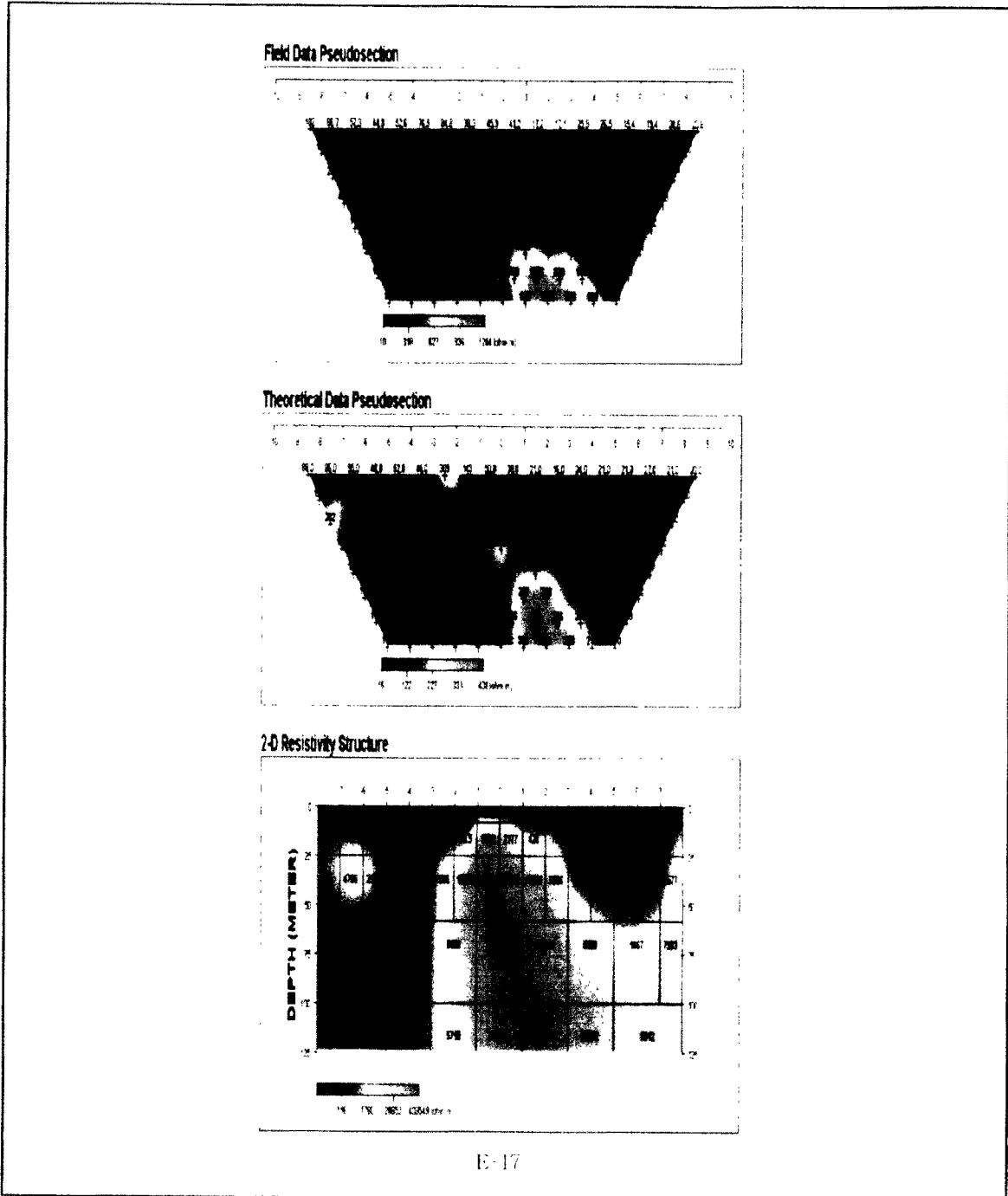


2-D Resistivity Structure



<E-17>

< 그림 3-12 > 측선 E-17 쌍극자탐사 결과도



E-17

< 그림 3-12 > 축선 E-17 쌍극자탐사 결과도

# 여 백

### 3-3. 양수시험

#### 3-3-1. 기설관정 양수시험

양수시험을 시행하는 주요 목적은 대수층으로 물을 충전 혹은 대수층으로부터 지하수를 채수함으로써 인하여 발생하는 수위상승 및 강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적인 성질인 대수층 상수, 즉 투수계수, 투수량계수, 저류계수 및 기타 성질을 결정하기 위하여 시행하는 것이다. 조사지역의 충적층 및 암반대수층의 수리적 성질을 파악하기 위하여 조사지역 내에 분포하는 15개 공의 충적 및 암반관정에 대하여 양수시험을 시행하였다. 시험결과 대수층 해석은 대부분 암반관정에 속하며 평균 자연수위가 5.5m로 대수층 위치보다 상부인 점을 감안하여 피압 또는 누수피압 대수층로 보았고, 실제 양수시 정류상태(Steady state)에 도달하려면 상당한 시간을 요하므로 Theis의 비평형방정식을 적용하였다. 즉,

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

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

여기서,  $T$ ; 투수량계수

$Q$ ; 양수량

$S$ ; 저류계수

$t$ ; 양수 개시 이후 경과시간

$r$ ; 양수정과 관측점 사이의 거리

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

여기서,  $W(u)$ ; 우물함수

수리상수의 산출은 상기 방정식을 토대로 AQTESOLV 프로그램을 이용하여 대수층의 수리상수를 구하였다(표3-3, 부록). 조사지역의 평균 투수량계수는 9.88 m<sup>2</sup>/d, 평균자연수위는 5.55m, 평균안정수위는 35.49m, 평균양수량 260m<sup>3</sup>/d이다.

< 표 3-3 > 기설관정 양수시험 총괄표

No.	위 치		자연수위 (m)	안정수위 (m)	양 수 량 (m <sup>3</sup> /day)	투수량계수 (m <sup>2</sup> /day)	비 고
	읍·면	리					
D15	화순	이십곡	9.20	35.20	250.00	9.01	
D20	화순	주도	11.50	44.50	280.00	7.33	
D60	한천	평	4.20	22.20	250.00	12.39	
D86	춘양	석정	9.70	35.70	200.00	7.01	
D124	청풍	신석	1.00	42.00	250.00	4.54	
D162	이양	매정	1.00	30.00	150.00	4.54	
D178	능주	만인	4.50	44.50	250.00	4.90	
D202	도곡	월곡	8.40	29.40	270.00	12.84	
D282	도암	용강	4.00	38.00	250.00	6.67	
D318	이서	영평	4.70	50.70	300.00	4.90	
D336	북	용곡	2.00	11.00	250.00	31.51	
D360	동북	가수	3.50	48.50	250.00	5.43	
D373	남	검산	6.25	28.25	350.00	16.11	
D374	남	벽송	7.70	30.70	350.00	14.86	
D407	동	무포	5.70	41.70	250.00	6.17	
평 균			5.55	35.49	260.00	9.88	

### 3-4. 대수층 특성

본 조사지역의 지형은 대체적으로 동쪽에 산맥발달이 우수하고 경사가 급하며 평지는 적고 하천은 수지상으로 발달되어 있다.

이 지역의 지질은 고기편마암류, 변성퇴적암류, 화성암류, 퇴적암류, 화성암류로 구성되어 있으며, 전체적인 지질구조 방향은 소위 조선방향과 일치하며 변성퇴적암층의 주향은 북동-남서 내지 북북동-남남서 방향이며 고기편마암류의 편리방향은 이와 평행하게 발달하고 있다. 이 지역의 단층선 방향은 습곡층 방향과 거의 일치하나 발달정도는 미미하다.

기설관정 15공의 양수시험 분석이 조사지구 전체를 대표하기는 어려우나 1일 150m<sup>3</sup>/D 내지 350m<sup>3</sup>/D의 양수량을 보이는 관정을 각 읍·면별로 선별하여 대수층 특성을 분석하였다. 우선 양수시험공은 그 지역 일대에서 비교적 양수량 확보가 용이한 관정이 선택되었기 때문에 그 지역일대의 대표성을 갖기는 힘들지만 나름대로 대수층발달 상태나 양수특성 등은 지역특수성을 내포하리라고 판단된다.

관정들의 평균투수량계수는 9.88m<sup>3</sup>/D이며 북면에 위치한 D336관정의 경우 투수량계수가 31.51m<sup>3</sup>/D로 시험관정 가운데 가장 양호한 수리성을 갖는 것으로 나타났다으며, 청풍면과 이양면에 위치한 D124 및 D162호 관정의 경우 가장 낮은 투수량계수(4.54m<sup>3</sup>/D)를 보인다.

전체적으로 평균투수량계수 이상의 값을 보인 관정이 위치한 지역은 한천면(D60), 도곡면(D202), 북면(D336), 남면(D373, D374)이며, 평균투수량계수 이하의 값을 보인 관정이 위치한 지역은 화순읍(D15, D20), 춘양면(D86), 청풍면(D124), 이양면(D162), 능주면(D178), 도암면(D282), 이서면(D318) 동북면(D360), 동면(D407)등으로 특별한 지역적 연계성은 찾기 어렵다.

조사지역내 시험관정들의 평균안정수위와 평균자연수위와의 차이는 29.9m이며 기반암의 종류로 화산암류, 퇴적암류, 편마암류, 화성암류 등으로 구성되어 대수층 발달형태는 대부분 기반암내 파쇄대 발달에 의한 것으로 판단된다.

## 4. 기설관정 이용실태조사

### 4-1 기설관정 현황조사

#### 4-1-1. 시설별·용도별 이용현황

이번 화순지역의 관정조사는 실제 주민들의 사용빈도가 높은 중·대형 암반관정을 대상으로 하였으며, 그 수는 총 428개공에 이른다. 용도별 관정현황은 암반관정 428공중 305공(71%)이 농업용수로, 123공(29%)이 생활용수로 이용되고 있다(표 4-1, 4-2, 4-3).

< 표 4-1 > 지하수 시설별 현황

총 계	암 반 관 정			층 적 관 정		
	계	농업용수	생활용수	계	농업용수	생활용수
428	428(100%)	305(71%)	123(29%)	-	-	-

이번 조사된 기설관정수는 화순지역 전체 현황을 파악하기에는 미흡한 점이 있으나 사용빈도가 높은 중·대형관정들의 자료분석 결과, 농업용수관정의 평균심도는 99.4m, 생활용수관정의 평균심도는 90.2m로서 공당 평균심도는 94.8m이다. 공당 농업용수관정의 평균양수량은 188.7m<sup>3</sup>/일, 공당 생활용수관정의 평균양수량은 154.2m<sup>3</sup>/일, 공당 평균양수량은 171.4m<sup>3</sup>/일 이다(표 4-2).

**< 표 4-2 > 지하수 읍면별 용도별 현황**

구 분		농업용수	생활용수	계
계	공수	305	123	428
	평균심도(m)	99.4	90.2	94.8
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	188.7	154.2	171.4
화순읍	공수	44	11	55
	평균심도(m)	90.0	65.0	77.5
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	202.6	240.0	221.3
한천면	공수	11	5	16
	평균심도(m)	121.9	65.0	93.5
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	194.3	60.0	127.2
춘양면	공수	29	16	45
	평균심도(m)	93.1	90.0	91.6
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	175.1	134.3	154.7
청풍면	공수	23	7	30
	평균심도(m)	97.5	101.1	99.3
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	172.6	241.7	207.2
이양면	공수	16	8	24
	평균심도(m)	87.7	70.0	78.9
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	221.7	150.0	185.9
능주면	공수	29	2	31
	평균심도(m)	87.8	-	87.8
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	183.5	-	183.5
도곡면	공수	32	19	51
	평균심도(m)	96.1	83.8	90.0
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	123.5	178.9	151.2
도암면	공수	45	20	65
	평균심도(m)	93.8	140.0	116.9
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	156.6	167.8	162.2
이서면	공수	9	7	16
	평균심도(m)	84.8	72.5	78.7
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	213.3	123.3	168.3
북면	공수	15	10	25
	평균심도(m)	100.2	124.2	112.2
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	200.7	180.9	190.8
동북면	공수	8	3	11
	평균심도(m)	155.3	-	155.3
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	250.0	-	250.0
남면	공수	25	5	30
	평균심도(m)	96.6	-	96.6
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	172.0	120.0	146.0
동면	공수	19	10	29
	평균심도(m)	87.2	-	87.2
	평균양수량(m <sup>3</sup> /일)	186.9	99.2	143.1



**< 표 4-3 > 기 설 관 정 현 황**

No	위 치			심 도 (m)	구 경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /d)	용도	개발년도	비고 T.M 좌표
	면	리	지번						
D1	화순	삼천4	78	70			농업	78	
D2	화순	계소2	692-1	90		200	농업	87	X195.4, Y172.35
D3	화순	도웅	53	80		200	농업	87	X194.4, Y172.6
D4	화순	감도	204-5	70		150	농업	87	X198.3, Y170.25
D5	화순	서태	775	80		200	농업	92	X194.1, Y171.65
D6	화순	이십곡1	166-1	90		240	농업	94	X197.35, Y175.3
D7	화순	감도	204-5	70	200	150	농업	94	X198.05, Y170.65
D8	화순	계소	693-4	95		190	농업	94	X195.3, Y172.3
D9	화순	도웅	133-3	90	200	150	농업	94	X194.6, Y172.8
D10	화순	세량	316-1	90	200	250	농업	94	
D11	화순	앵남	681-2	90	200	150	농업	94	X190.7, Y173.3
D12	화순	수만	452	70	200	150	농업	94	X200.75, Y177.5
D13	화순	다지	42-1	70	150	150	농업	94	X200.3, Y171
D14	화순	삼천	170	80	200	240	농업	95	X198.35, Y171.1
D15	화순	이십곡	285	70	200	250	농업	95	X197.15, Y174.6
D16	화순	감도	204-1	70	250	150	농업	95	X197.8, Y170.95
D17	화순	앵남	310	80	200	100	생활	94	X191.5, Y172.8
D18	화순	앵남	310	90	200	250	농업	95	X192.35, Y172.6
D19	화순	벽라	20-4	105	200	280	농업	96	X197.3, Y172.3
D20	화순	주도	503	103	200	280	농업	96	X193.55, Y170.55
D21	화순	유천	99-1	100	200	260	농업	96	
D22	화순	삼천			250		농업	97	X198.3, Y171
D23	화순	유천	169	80	200	390	농업	96	X200.95, Y174
D24	화순	운산			150		농업	97	X198.6, Y171.6
D25	화순	도웅			150		농업	97	X194.95, Y172.35
D26	화순	계소		83	125	120	농업	96	X195.7, Y171.85
D27	화순	앵남	408-2	82	150	290	농업	96	X192.1, Y173.05
D28	화순	유천			125		농업	96	X199.5, Y175
D29	화순	유천	169		125		농업	96	X200.1, Y174.55
D30	화순	유천	102-2	85	150	150	농업	96	X197.5, Y175.85
D31	화순	이십곡	57-1	110	120	150	농업	95	X193.35, Y170.7
D32	화순	주도					농업	95	X197.5, Y170
D33	화순	연양	354	85	150		농업	95	X196.5, Y170.95
D34	화순	감도	403	83	125		농업	95	X197.85, Y171
D35	화순	내평	479		125		농업	95	X197.1, Y170.65

**< 표 4-3 > 계 속**

D36	화순	도용2	77-1	110	200		농업	95	X194.85, Y172.55
D37	화순	계소1	366	95	120	120	농업	95	X197.75, Y172.8
D38	화순	주도	265	135	120	110	농업	95	X193.6, Y170.55
D39	화순	서태	810-2	170	120	150	농업	95	X194.75, Y171.8
D40	화순	연양	16-2		150		농업	95	X197.1, Y171.3
D41	화순	연양	170-2	110	150		농업	95	X196.7, Y171.1
D42	화순	도용			150		농업	94	X192.6, Y171.75
D43	화순	앵남			150		농업	93	X193.4, Y.172.4
D44	화순	이십곡			150		농업	93	X197.45, Y175.3
D45	화순	감도2			200		농업	93	X198.25, Y170.7
D46	화순	이십곡			200		생활	95	X196.95, Y174.2
D47	화순	감도	상하만		200		생활	95	X198.35, Y170.35
D48	화순	감도	하하만				생활	95	X197.9, Y170.75
D49	화순	감도2			200		생활	95	X197.75, Y171.05
D50	화순	서태1			250		생활	95	X194.3, Y171.6
D51	화순	주도1					생활	95	X194.3, Y171.6
D52	화순	주도3			150		생활	95	X194.5, Y170.45
D53	화순	앵남3			200		생활	95	X190.9, Y173.9
D54	화순	앵남1			200		생활	95	X191.9, Y172.6
D55	화순	세량	316-1	50	200	380	생활	95	X191.95, Y174.85
D56	한천	동가2	342-2	86	200	100	농업	85	X205.7, Y163.25
D57	한천	정리1	453-1	87	200	85	농업	94	X198.35, Y165.55
D58	한천	가암1	545-2	150	200	70	농업	94	X198.65, Y167.05
D59	한천	가암2	32	69	200	280	농업	94	X199.25, Y166.65
D60	한천	평리	44	93	200	259	농업	94	X206.9, Y165.35
D61	한천	동가1	433	195	200	320	농업	94	X205.85, Y162.8
D62	한천	정리2	90	100	200	280	농업	95	X199.55, Y165.9
D63	한천	정우리	294-2	195	200	160	농업	95	X207.1, Y163.3
D64	한천	한계2	487-4		200		농업	96	X200.1, Y164.9
D65	한천	한계1			200		농업	97	X199.8, Y163.85
D66	한천	모산			200		농업	95	X201.55, Y163.55
D67	한천	정리1		60	150	50	생활	95	X198.2, Y165.65
D68	한천	가암1		70	200	70	생활	95	X198.5, Y167.6
D69	한천	가암2			200		생활	95	X199.5, Y166.55
D70	한천	반곡1			200		생활	95	X206.7, Y165
D71	한천	평리1			200		생활	95	X206.8, Y165.4
D72	춘양	산간			150		농업	93	X195.4, Y158.7
D73	춘양	월평	736	102	200	293	농업	94	X193.55, Y158.5

< 표 4-3 > 계 속

D74	춘양	대신3	270-4	100	200	325	농업	94	X194.65, Y163.05
D75	춘양	변천		90	200	276	농업	94	X193.85, Y157.85
D76	춘양	우봉1	산39	70	200		농업	95	X198.95, Y161.75
D77	춘양	대신2		175	200	185	농업	95	X194.7, Y161.9
D78	춘양	양곡2	646-2	100	200	170	농업	95	X193.75, Y160.4
D79	춘양	대신	873-2	90	250	100	생활	95	X194.2, Y162.35
D80	춘양	용곡	524-2	120	200	260	농업	96	X193.35, Y158.95
D81	춘양	석정		100	250	300	농업	96	X196.35, Y161.1
D82	춘양	화림3		104	200	254	농업	96	X195.8, Y162.1
D83	춘양	월평			250	264	농업	97	X194.2, Y158.7
D84	춘양	용곡2			200		농업	97	X193.35, Y159.25
D85	춘양	용곡2			200		농업	97	X192.5, Y159.4
D86	춘양	석정	17-1	90	200	200	생활	95	X196, Y161.3
D87	춘양	화림	678-1	70	200	100	생활	95	X196.1, Y161.75
D88	춘양	화림2			200		생활	95	X195.9, Y162.5
D89	춘양	화림3	735-3	75	200	100	생활	95	X195.8, Y161.95
D90	춘양	대신1			200		생활	95	X194.5, Y162.2
D91	춘양	대신2			200		생활	95	X195.05, Y161.9
D92	춘양	회송1		85	200	90	생활	95	X194.35, Y161.3
D93	춘양	양곡1			200		생활	95	X193.15, Y161
D94	춘양	산간		120	125	200	생활	95	X195.35, Y158.8
D95	춘양	가봉			200		생활	95	X195.7, Y160.05
D96	춘양	용곡2			200		생활	95	X193, Y159.15
D97	춘양	용곡1		100	150	150	생활	95	X193.5, Y160
D98	춘양	부곡1			200		생활	95	X198.2, Y162.3
D99	춘양	부곡2			250		생활	95	X197.3, Y162.5
D100	춘양	부곡3			200		생활	95	X197.55, Y163.4
D101	춘양	변천	163				농업	97	X194.4, Y157.6
D102	춘양	월평1	779-3	80	150	100	농업	97	X193.35, Y158.8
D103	춘양	회송	232-1	87	150	150	농업	97	X194.75, Y161.5
D104	춘양	용곡2	399	87	150	115	농업	96	X193, Y159.4
D105	춘양	월평1	779-1	80	150	100	농업	96	X194.9, Y159.2
D106	춘양	월평1	510-1	84	150	100	농업	96	X193.5, Y158.35
D107	춘양	산간	57-3	85	150	100	농업	96	X195.5, Y158.3
D108	춘양	월평	362	80	150	100	농업	95	X193.65, Y158.25
D109	춘양	우봉	602-3	80	150	100	농업	95	X197.6, Y161.39
D110	춘양	용곡	380-1		150		농업	95	X192.3, Y158.7
D111	춘양	화림3	117-2		150		농업	95	X196.95, Y162.4

**< 표 4-3 > 계 속**

D112	춘양	가봉	831	90	200	120	농업	95	X195.9, Y159.1
D113	춘양	우봉	611				농업	95	
D114	춘양	석정	456-1	87	125	115	농업	95	X196, Y160.71
D115	춘양	산간	57-3	85	200	100	농업	95	X195.7, Y158.5
D116	춘양	용곡2	69-4	70	150	150	농업	93	X193.3, Y159.65
D117	청풍	한지	582-10		200		농업	86	
D118	청풍	어리	598	115	200	250	농업	94	X196.6, Y156
D119	청풍	세청	846	120	200	250	농업	94	X196.9, Y155.8
D120	청풍	차리1	466	153	200	300	농업	94	X196.22, Y152.9
D121	청풍	대비	347	100	200	300	농업	95	X196, Y154.25
D122	청풍	청룡	428	102	250	250	농업	95	X194.59, Y152.7
D123	청풍	신리	391-1	103	200	250	농업	95	X197.4, Y151.8
D124	청풍	신석	377-3	110	200	250	생활	95	X195.05, Y151.8
D125	청풍	이만	240-1	100	250	250	농업	96	X194.15, Y148.82
D126	청풍	어리		100	250	270	농업	96	X196.8, Y156.4
D127	청풍	세청			250		농업	97	X196.9, Y155.8
D128	청풍	풍암	294-5	98	200	250	생활	95	X198.3, Y158.81
D129	청풍	한지1	238-1	110	200	250	생활	95	X197.53, Y156.21
D130	청풍	한지2	582-10	100	200	250	생활	95	X197.25, Y156.75
D131	청풍	백운1	526-1	90	150		생활	95	
D132	청풍	청룡	428	102	200	250	생활	95	X194.7, Y153.1
D133	청풍	신리1	520-1	98	200	200	생활	95	X197.2, Y151.5
D134	청풍	신리	265	85	150	100	농업	97	X198.15, Y152.9
D135	청풍	신리	496-1	85	150	100	농업	97	X198.1, Y152.5
D136	청풍	풍암	92-1	83	150	120	농업	97	X198.2, Y158.52
D137	청풍	차리	502	94	150	140	농업	95	X196.61, Y152.45
D138	청풍	백운	532	94	150	100	농업	95	X194.65, Y153.8
D139	청풍	백운	802	89		100	농업	95	X194.51, Y154.25
D140	청풍	백운	526-1	90	150	100	농업	95	
D141	청풍	차리			200	1970	농업	95	X197.3, Y153.4
D142	청풍	대비	292-14	86	150	100	농업	95	X196, Y154
D143	청풍	신리2	269	84	200	100	농업	93	X198.5, Y153.35
D144	청풍	차리1	29-3	80	200	100	농업	93	X197.5, Y151.9
D145	청풍	차리2			200		농업	93	X198.3, Y152.5
D146	청풍	차리2	282-2	90	150	100	농업	93	X197.71, Y153.4
D147	이양	강성					농업	93	
D148	이양	옥리	233	60	200	270	농업	94	X207.1, Y155.8
D149	이양	품평2	448-11	125	200	260	농업	94	X198.6, Y156.5

< 표 4-3 > 계 속

D150	이양	품평	442-19	95	200	150	농업	94	X198.5, Y155.6
D151	이양	품평1	469-2	65	200	200	농업	95	X200, Y156.1
D152	이양	초방1	241-2	55	200	180	농업	95	X200.47, Y150.7
D153	이양	쌍봉		126	200	270	농업	96	X203.3, Y151.8
D154	이양	올계			250		농업	97	X200.1, Y152.5
D155	이양	이양1			250		농업	97	X199.5, Y153.45
D156	이양	품평2	824-1	80	200	50	생활	95	X198.5, Y156.3
D157	이양	품평3			250		생활	95	X199.7, Y155.8
D158	이양	오류1			200	250	생활	95	X199, Y154.6
D159	이양	오류2			200		생활	95	X199.19, Y155.1
D160	이양	오류4			200	150	생활	95	X198.8, Y155.7
D161	이양	송정1			200	150	생활	95	X200.75, Y151.4
D162	이양	매정2	518	60	250	150	생활	95	X201.45, Y152.1
D163	이양	오류3				150	생활	95	
D164	이양	이양			150		농업	97	X199.55, Y153.9
D165	이양	품평			150		농업	97	X199.6, Y156.4
D166	이양	강성리			200		농업	95	X199.15, Y158.6
D167	이양	강정			150		농업	95	X199.2, Y159.2
D168	이양	옥리			150		농업	95	X207.2, Y156
D169	이양	오류			150		농업	95	X199.9, Y156.25
D170	이양	강성			200		농업	93	X199.3, Y159.05
D171	능주	천덕		50	200	660	농업	82	X196.4, Y167.15
D172	능주	내리		90	200	480	농업	83	X195.5, Y165.1
D173	능주	천덕		90	200	250	농업	92	X196.49, Y167
D174	능주	내리		90	200	250	농업	95	X195.4, Y164.9
D175	능주	광사		100	250	250	농업	95	X197.4, Y170
D176	능주	백암		100	250	250	농업	95	X196.7, Y169.8
D177	능주	만수		100	200	250	농업	95	X195.7, Y168.3
D178	능주	만인2		106	250	250	농업	96	X197.3, Y167.9
D179	능주	광사					생활	95	X194.3, Y169.9
D180	능주	백암1	229-9		250		생활	95	X196.5, Y169.4
D181	능주	백암	339-11	120	150	150	농업	97	X195.8, Y169.1
D182	능주	만수2	13	81	150	150	농업	97	X195.9, Y168.8
D183	능주	만인		80	150	150	농업	97	X196.8, Y167.5
D184	능주	만수1	229-2	85	150	110	농업	96	X195.8, Y168.2
D185	능주	만수2		83	150	100	농업	96	X195.5, Y168.3
D186	능주	만인	141-4	85	130	115	농업	96	X196.7, Y167.9
D187	능주	원지	163	82	150	80	농업	95	X196.1, Y168

**< 표 4-3 > 계 속**

D188	능주	만수	229-13	90	200	150	농업	95	X195.6, Y168.5
D189	능주	천덕			125		농업	95	X196.3, Y166.8
D190	능주	만수			150		농업	95	X195.7, Y169
D191	능주	만수2	324-1	83	125	110	농업	95	X195.7, Y168.9
D192	능주	만수2	290-2	82	125	105	농업	95	X195.1, Y168.3
D193	능주	만수2	293-6	85	150	100	농업	95	X195.5, Y168.6
D194	능주	만수2	388	85	150	100	농업	95	X195.4, Y169
D195	능주	만수2	6-1		125		농업	95	X196, Y168.5
D196	능주	만수2	9-1	110	150	150	농업	93	X196.5, Y168.5
D197	능주	만수1	348-8	80	200	100	농업	93	X195.8, Y167.7
D198	능주	백암1	863	85	200	110	농업	93	X196.5, Y170
D199	능주	만수	349-17	80	150	100	농업	95	X195.4, Y168.6
D200	능주	만수		81	150	100	농업	96	X195.8, Y168.4
D201	능주	만수	8	80	150	150	농업	97	X196.4, Y168.9
D202	도곡	월곡3	1053	106	200	270	농업	89	X191.2, Y165.9
D203	도곡	효산	738	70	200	100	농업	94	X191.8, Y165.8
D204	도곡	신덕	361		250		농업	95	X192.8, Y168.6
D205	도곡	미곡	417-1	150	200	200	농업	95	X193.8, Y168.3
D206	도곡	월곡	92	120	250	200	농업	96	X191.9, Y165
D207	도곡	대곡1		50	200	200	생활	95	X194.4, Y166.4
D208	도곡	대곡2	323		250		생활	95	X194.1, Y166.3
D209	도곡	대곡3		50	200	200	생활	95	X194.3, Y165.9
D210	도곡	효산1	749		200		생활	95	X192.5, Y166.2
D211	도곡	효산2		100	200	200	생활	95	X192.5, Y165.6
D212	도곡	월곡1	92		200		생활	95	X191.8, Y165.1
D213	도곡	월곡2		50	200	200	생활	95	X191.4, Y165.4
D214	도곡	월곡3			200	120	생활	95	X191.4, Y165.6
D215	도곡	쌍옥1			200		생활	95	X190.1, Y165
D216	도곡	쌍옥2			200	15	생활	95	X190.4, Y164.8
D217	도곡	평리			200	150	생활	95	X190, Y165
D218	도곡	덕곡1	534-1		200	250	생활	95	X189, Y167.7
D219	도곡	신성		60	200	200	생활	95	X190.8, Y167.3
D220	도곡	천암	335	100	200	200	생활	95	X191.6, Y168.9
D221	도곡	원화	402	200	200	200	생활	95	X191, Y171.7
D222	도곡	신덕1		60	200	200	생활	95	X192.5, Y168.8
D223	도곡	신덕2			200	120	생활	95	X192.6, Y168.3
D224	도곡	미곡2				250	생활	95	
D225	도곡	죽청1	34		200		생활	95	X194.3, Y168.5

**< 표 4-3 > 계 속**

D226	도곡	효산2		90	150	200	농업	97	X192.5, Y165.5
D227	도곡	효산1	801-2		150		농업	97	X192.1, Y166.2
D228	도곡	효산2	60	100	150	100	농업	97	X192.6, Y165.6
D229	도곡	효산2	188	100	150	100	농업	97	X192.9, Y166.4
D230	도곡	쌍옥	197-6	100	150	100	농업	96	X190.4, Y164.9
D231	도곡	신성2		90		100	농업	96	
D232	도곡	대곡	36-1		150		농업	95	X194.8, Y166.6
D233	도곡	대곡3	779-1	90	150	100	농업	95	X193.4, Y166.1
D234	도곡	월곡		80	150	100	농업	95	X182, Y165.2
D235	도곡	쌍옥2	426-1		150		농업	95	X190, Y164.9
D236	도곡	쌍옥2	544	100	150	100	농업	95	X190.6, Y164.2
D237	도곡	쌍옥2	467	80	150	100	농업	95	X190.3, Y164.4
D238	도곡	쌍옥2	631		150	120	농업	95	X190.4, Y164.6
D239	도곡	쌍옥2	428-7	80	200	100	농업	95	X190.1, Y165
D240	도곡	덕곡	131-1	100	150	100	농업	95	X189.7, Y166.9
D241	도곡	원화	365-5	100	200	100	농업	95	X191.2, Y171.7
D242	도곡	월곡	125	100	150	100	농업	95	X191.8, Y164.9
D243	도곡	월곡	542-1	80	150	100	농업	95	X191.4, Y165
D244	도곡	쌍옥1	331-5		150		농업	95	X190.2, Y164.8
D245	도곡	신성	215		125	150	농업	95	X190, Y166.9
D246	도곡	효산	34-1		150		농업	95	X191.9, Y165.7
D247	도곡	대곡	374	100	150	100	농업	95	X193.6, Y166.4
D248	도곡	천암		80	200	100	농업	94	X192, Y169.1
D249	도곡	덕곡1			200		농업	93	X189.7, Y167.1
D250	도곡	쌍옥1			150		농업	93	X190.15, Y164.7
D251	도곡	쌍옥1			150	100	농업	92	X190.2, Y164.9
D252	도곡	효산2			150	100	농업	92	X192.3, Y165.4
D253	도암	대초				100	농업	93	
D254	도암	호암	662-1		250		농업	94	X188.8, Y156.1
D255	도암	운월2	420-1	80	250	250	농업	94	X189.5, Y163.5
D256	도암	벽지1	920	80	250	250	농업	94	X189.4, Y162.1
D257	도암	정천	212-1	80	250	250	농업	94	X190.1, Y161.5
D258	도암	원천1		80	150	250	농업	94	
D259	도암	원천1			150		농업	94	X189.8, Y160.5
D260	도암	도장			200	150	농업	94	X190.2, Y163.2
D261	도암	천태2		80	250	250	농업	95	X191.2, Y158.8
D262	도암	진월3		80		250	농업	95	
D263	도암	지월2	503-1	90	200	250	농업	96	X190.1, Y158.9

**< 표 4-3 > 계 속**

D264	도암	벽지2	313-1	100	200	259	농업	96	X191.2, Y162.2
D265	도암	천태1		100	200	300	농업	96	X191.1, Y158.5
D266	도암	천태1		100	250	250	농업	97	X191.5, Y159.2
D267	도암	안성		100	200	250	농업	97	X192, Y168.3
D268	도암	용강3			200	300	농업	97	X189.1, Y157
D269	도암	운월2			200		생활	95	X189.2, Y163.5
D270	도암	도장			200	150	생활	95	X189.5, Y162.8
D271	도암	벽지1			200	100	생활	95	X189.8, Y161.8
D272	도암	정천			200	100	생활	95	X190, Y161
D273	도암	원천1			200		생활	95	X190.2, Y160.3
D274	도암	원천2	동산부락	80	250	250	생활	95	X190.7, Y160.9
D275	도암	원천2	옥동부락		200		생활	95	X191.7, Y160.1
D276	도암	원천3			200	120	생활	95	X190.1, Y159.7
D277	도암	천태		200	200	300	생활	95	X191, Y159.5
D278	도암	지월2			200	120	생활	95	X190.2, Y159
D279	도암	지월3			200	120	생활	95	X190.2, Y157.6
D280	도암	등광			200		생활	95	X190.5, Y156.5
D281	도암	대초			200		생활	95	X188.5, Y159.5
D282	도암	용강1,2			200	250	생활	95	X188.6, Y157.4
D283	도암	용강3			250		생활	95	X188.7, Y156.8
D284	도암	호암1			200		생활	95	X189.4, Y155.6
D285	도암	호암2			150		생활	95	X189, Y156.2
D286	도암	우치리			200		생활	95	X191, Y154.3
D287	도암	행산			200		생활	95	X184.5, Y150.9
D288	도암	지월1			150		생활	95	X190.7, Y158.5
D289	도암	정천	505	82	150	130	농업	97	X189.7, Y161.5
D290	도암	원천	209	85	150	130	농업	97	X191.7, Y161.1
D291	도암	원천	1162	85	150	110	농업	97	X190.25, Y159.6
D292	도암	등광	208-1	170	150	150	농업	97	X190.5, Y156.2
D293	도암	호암	129	85	150	140	농업	97	X189.2, Y154.7
D294	도암	운월			150	130	농업	97	X189.3, Y164.4
D295	도암	대초		70	150	120	농업	97	X188.4, Y159.8
D296	도암	원천	1121	190	150	110	농업	97	X189.9, Y159.7
D297	도암	도장	468	80	150	100	농업	96	X189.5, Y163.1
D298	도암	호암	237-1	83	150	100	농업	96	X189, Y155.7
D299	도암	원천	199	80	150	100	농업	96	X191.9, Y161.2
D300	도암	호암	237-1	83	150	100	농업	96	X189.1, Y155.7
D301	도암	대초	산49-2	89	150	100	농업	96	X189.2, Y160



**< 표 4-3 > 계 속**

D302	도암	대초	94-1	83	150	110	농업	95	X188.5, Y159.4
D303	도암	정천	297	83	150	100	농업	95	X190.4, Y161.6
D304	도암	정천	519	97	150	100	농업	95	X189.7, Y161.2
D305	도암	원천	179-1	91	150	100	농업	95	X191.5, Y160.8
D306	도암	원천			150		농업	95	X188.9, Y160.1
D307	도암	원천	1164-1	83	150	100	농업	95	X190, Y159.9
D308	도암	원천	1029	111	150	100	농업	95	X189.8, Y160.5
D309	도암	천태	103	91	150	100	농업	95	X192.2, Y158
D310	도암	대초	96-1	80	130	100	농업	95	X188.3, Y159.3
D311	도암	용강3	798-1	85	150	110	농업	95	X188.9, Y156.5
D312	도암	호암	6	109	150	100	농업	95	X188.9, Y155.8
D313	도암	호암	6	80	150	100	농업	95	X188.6, Y156
D314	도암	호암	171-1	82	150	100	농업	95	X189, Y156.1
D315	도암	벽지2	212-1	82	150	120	농업	95	X191.7, Y162
D316	도암	우치	596-1	81		100	농업	95	X190.7, Y153.9
D317	도암	대초	487	81	150	100	농업	95	X188, Y159.9
D318	이서	영평	695-1	92	250	300	농업	94	X202.8, Y179.1
D319	이서	야사	443-1	100	200	250	농업	95	X206.3, Y179
D320	이서	야사	727-1		200	280	농업	95	X206.2, Y179.3
D321	이서	인계	산40	62	150	250	농업	95	X203, Y180.1
D322	이서	야사1			125		농업	98	X206.4, Y178.5
D323	이서	야사2			125		농업	98	X207.5, Y178.4
D324	이서	창광2	590-1	70	200	150	생활	95	X209.5, Y181.1
D325	이서	야사4			200		생활	95	X207.3, Y179.1
D326	이서	보월1			200		생활	95	X204.8, Y180.3
D327	이서	영평1			200	120	생활	95	X202.9, Y179.8
D328	이서	안심3			200		생활	95	X203.7, Y178.3
D329	이서	창광1	380	75	200	100	생활	95	X209.1, Y181.3
D330	이서	야사1			200		생활	97	X205.5, Y178.9
D331	이서	인계	106-2	90	125	100	농업	96	X203.3, Y180.5
D332	이서	보월	산61-1	80	125	100	농업	95	X205.1, Y179.9
D333	이서	영평	521		125		농업	95	X202.7, Y179.6
D334	북	수리	333-1	120	200	250	농업	88	X213.5, Y182.1
D335	북	노기	106	100	200	250	농업	94	X211, Y186.4
D336	북	용곡	131-1	100	200	250	농업	94	X212.6, Y184.7
D337	북	송단	88-1	100	200	250	농업	94	X215.4, Y187.5
D338	북	다곡2	688-2	102	200	250	농업	95	X212.5, Y180.8
D339	북	용곡	64	90	200	250	농업	95	X212.39, Y184.9

**< 표 4-3 > 계 속**

D340	북	맹리1	540	90	200	250	농업	95	X207.3, Y186.9
D341	북	임곡	220	120	200	200	생활	95	X209.4, Y182.4
D342	북	용곡1	424-1	100	200	250	농업	95	X212.9, Y183.9
D343	북	다곡	260-2	100	200	250	농업	96	X212.4, Y180.7
D344	북	노기	97-3		250		농업	96	X212.4, Y186.6
D345	북	남치					생활	97	X211.01, Y187.8
D346	북	옥리1	768	120	200	200	생활	95	X207.7, Y185.1
D347	북	맹리	456-1	120	200	200	생활	95	X208.1, Y187
D348	북	원리		85	200	250	생활	95	X212.5, Y187.4
D349	북	송단2		100	200	150	생활	95	X215.6, Y187.8
D350	북	이천1			200		생활	95	X212.4, Y185.7
D351	북	이천2			200		생활	95	X211.1, Y185
D352	북	길성		200	200	85	생활	95	X211, Y184
D353	북	수리			200		생활	95	X214.9, Y182.8
D354	북	와천	573		150	120	농업	95	X210.9, Y181.7
D355	북	옥리	457		150	110	농업	94	X207.8, Y184.5
D356	북	노기			150	100	농업	93	X211.9, Y186.1
D357	북	용곡			150	120	농업	93	X212.4, Y185
D358	북	남치			150	110	농업	93	X211.1, Y187.3
D359	동북	신을1	452	170	250	250	농업	94	X211.9, Y177.1
D360	동북	가수	672	150	250	250	농업	94	X215.5, Y178.85
D361	동북	안성	419-1	170	200	250	농업	94	X213.9, Y178.9
D362	동북	읍애	159-2	150	250	250	농업	94	X210.2, Y173
D363	동북	연월	631		200	250	농업	94	X211.7, Y175.3
D364	동북	구암	622		200	250	농업	94	X210.6, Y172.2
D365	동북	신을	452	190	250	250	농업	94	X213.4, Y177.7
D366	동북	유천	392	102	200	250	농업	94	X215.8, Y175
D367	동북	유천			200		생활	95	X216.1, Y174
D368	동북	안성2			200		생활	95	X213.1, Y178.4
D369	동북	연월2			200		생활	95	X210.4, Y174.2
D370	남	대곡	969	90	200	354	농업	88	X209.3, Y165.7
D371	남	검산	76	72	200	350	농업	93	X208.5, Y165.8
D372	남	내리2	584	90	250	370	농업	93	X212.3, Y170.5
D373	남	검산		75	200	370	농업	94	X208.7, Y165.1
D374	남	벽송		75	250	350	농업	94	X207.2, Y168
D375	남	내리3	1076	90	250	270	농업	94	X211.5, Y171
D376	남	운산	270	220	200	350	농업	95	X208.6, Y162.5
D377	남	벽송		75	200	350	농업	95	X207.8, Y168

< 표 4-3 > 계 속

D378	남	다산	360	100	250	250	농업	95	X211.3, Y169.3
D379	남	내리		120	250	270	농업	95	X212.9, Y170.6
D380	남	벽송		120	250	250	농업	95	X207.7, Y168.4
D381	남	운산			200		생활	95	X207.4, Y163.6
D382	남	장전1			150		생활	95	X210.3, Y168.4
D383	남	장전2			200	120	생활	95	X209, Y169.6
D384	남	주산			200		생활	95	X213.2, Y164.7
D385	남	용리			250		생활	95	X210.8, Y169.6
D386	남	절산	362	82	150	50	농업	97	X211.1, Y167
D387	남	검산	475-2	80	125	45	농업	96	X208.6, Y164.7
D388	남	검산	444	80	125	40	농업	96	X208.5, Y164.9
D389	남	사평	산11-2	85	120	30	농업	95	X208.9, Y166.4
D390	남	주산	353-3	80	120	40	농업	95	X212.4, Y163.8
D391	남	검산	77-17	80	120	50	농업	95	X207.9, Y164.1
D392	남	검산	614	80	150	50	농업	95	X208.3, Y165.6
D393	남	남계	267-1	84	150	40	농업	95	X214.3, Y164.5
D394	남	장전1			150		농업	94	X209.9, Y168.8
D395	남	검산	660	120	150	50	농업	93	X207.9, Y164.1
D396	남	검산	29-2	120	200	50	농업	93	X208.3Y165.7
D397	남	용리	10	120	125	50	농업	93	X210.9, Y169.8
D398	남	용리	195-6	80	125	50	농업	93	X210.3, Y169.5
D399	남	용리	536-6	100	150	50	농업	93	X209.5, Y169.2
D400	동	무포	462	65	250	260	농업	93	X205.9, Y173.7
D401	동	옥호3	101	100	250	250	농업	93	X201.7, Y167.7
D402	동	북암	934-1	100	250	250	농업	94	X208, Y172.7
D403	동	운농	470	70	150	150	농업	94	X203.9, Y169
D404	동	오동	622	100	250	250	농업	95	X205.4, Y171
D405	동	대포		100	200	150	농업	95	X201.8, Y168.75
D406	동	대포3		60	200	300	농업	96	X201.7, Y169.4
D407	동	무포	267-3	100	200	258	농업	96	X206, Y173.5
D408	동	대포	705	82	200	292	농업	96	X201.1, Y168
D409	동	운농	470	100	200	318	농업	96	X203.6, Y169.5
D410	동	오동3			250		농업	97	X205, Y171.6
D411	동	오동3			250		농업	97	
D412	동	언도리1			200		생활	95	X202.1, Y171
D413	동	언도리2			200	45	생활	95	X201.8, Y171.9
D414	동	청궁리2			200		생활	95	X204.3, Y175.6
D415	동	마산			200		생활	95	X205.8, Y174.4

< 표 4-3 > 계 속

D416	동	무포1			200		생활	95	X206.8, Y172.9
D417	동	무포2			200	150	생활	95	X206.5, Y173.2
D418	동	경치1			200	100	생활	95	X207.5, Y173.7
D419	동	경치2			200	100	생활	95	X208.1, Y174.8
D420	동	복암			200	100	생활	95	X207.9, Y173
D421	동	대포1			200	100	생활	95	X201.8, Y168.5
D422	동	경치	231-4	82	125	120	농업	97	X207.9, Y174.45
D423	동	청궁	491	82	125	60	농업	97	X205.2, Y175.4
D424	동	경치	231-4	82	125	120	농업	96	X208.9, Y174.9
D425	동	운농	878	100	125	100	농업	96	X203.3, Y169.5
D426	동	경치	79	100	125	50	농업	95	X208.4, Y174
D427	동	무포	470	80	200	100	농업	95	X206.9, Y172.6
D428	동	옥호	209	80	150	150	농업	95	X201.6, Y166

## 4-2. 기설관정 지하수위조사

수위관측은 조사구역 내 수위 등고선도를 작성할 수 있도록 기설관정 위치를 파악하고 조사지구 일대를 격자화하여 수위를 측정한다. 기설관정이 없거나 자료가 부족한 경우 오거(Auger)를 사용하여  $\psi$  3" 구경으로 4m 내외를 굴착, 수위 관측공을 설치하여 조사·관측하되, 수위관측공은 지하수 함양조건이 동일한 상태에서 일제히 측정하여 지역 내 지하수 수위조사를 해야한다. 화순지역은 기존의 농업용수용으로 개발된 암반관정이 다수 산재하며, 이들의 조사만으로 충분한 자료획득이 가능하다고 판단되어 오거(Auger)를 사용한 관측공을 시추하지 않았다. 수위관측은 동일조건에서 일제히 실시하여야 하나, 이번 조사에서는 한정된 인원과 기간 내에 다수의 관측공을 측정함에 따라 측정시간이나 조건의 동일성 등 측정자료에 대한 신뢰도가 다소 떨어지는 경향이 있다.

조사지역의 행정구역별 평균 지하수위는 화순읍(55개소) 8.5m, 한천면(16개소) 3.7m, 춘양면(45개소) 6.8m, 청풍면(30개소) 6.6m, 이양면(24개소) 5.2m, 능주면(31개소) 8.0m, 도곡면(51개소) 10.0m, 도암면(65개소) 8.7m, 이서면(16개소) 7.1m, 북면(25개소) 7.7m, 동북면(11개소) 5.0m, 남면(30개소) 7.7m, 동면(29개소) 6.9m 등이다. 화순지역 평균 지하수위는 428개소에서 7.07m로 나타났다(표 4-4).

**< 표 4-4 > 시설관정 자연수위 관측현황**

No	위 치		자연수위(m)	No	위 치		자연수위(m)
	읍·면	리			읍·면	리	
D1	화순	삼천4	7.5	D44	화순	이십곡	6.8
D2	화순	계소2	2.4	D45	화순	감도2	14.0
D3	화순	도용	8.5	D46	화순	이십곡	13.6
D4	화순	감도	1.8	D47	화순	감도	10.5
D5	화순	서태	8.3	D48	화순	감도	1.8
D6	화순	이십곡1	7.7	D49	화순	감도2	9.2
D7	화순	감도	4.2	D50	화순	서태1	8.9
D8	화순	계소	3.6	D51	화순	주도1	-
D9	화순	도용	7.5	D52	화순	주도3	13.2
D10	화순	세량	8.1	D53	화순	앵남3	12.5
D11	화순	앵남	2.0	D54	화순	앵남1	6.2
D12	화순	수만	16.5	D55	화순	세량	4.9
D13	화순	다지	7.9	D56	한천	동가2	1.7
D14	화순	삼천	10.7	D57	한천	정리1	2.5
D15	화순	이십곡	9.2	D58	한천	가암1	2.0
D16	화순	감도	8.8	D59	한천	가암2	9.0
D17	화순	앵남	1.8	D60	한천	평리	4.2
D18	화순	앵남	6.1	D61	한천	동가1	3.5
D19	화순	벽라	7.0	D62	한천	정리2	1.0
D20	화순	주도	11.5	D63	한천	정우리	1.4
D21	화순	유천	-	D64	한천	한계2	0.0
D22	화순	삼천	4.3	D65	한천	한계1	5.3
D23	화순	유천	12.5	D66	한천	모산	3.7
D24	화순	운산	7.5	D67	한천	정리1	2.0
D25	화순	도용	2.5	D68	한천	가암1	7.8
D26	화순	계소	12.6	D69	한천	가암2	6.7
D27	화순	앵남	16.9	D70	한천	반곡1	3.1
D28	화순	유천	14.7	D71	한천	평리1	5.3
D29	화순	유천	7.6	D72	춘양	산간	2.2
D30	화순	유천	11.3	D73	춘양	월평	6.2
D31	화순	이십곡	17.5	D74	춘양	대신3	3.0
D32	화순	주도	-	D75	춘양	변천	2.2
D33	화순	연양	7.3	D76	춘양	우봉1	1.2
D34	화순	감도	9.8	D77	춘양	대신2	0.9
D35	화순	내평	5.0	D78	춘양	양곡2	3.1
D36	화순	도용2	4.3	D79	춘양	대신	6.1
D37	화순	계소1	0.8	D80	춘양	용곡	4.2
D38	화순	주도	16.4	D81	춘양	석정	5.5
D39	화순	서태	14.0	D82	춘양	화림3	1.3
D40	화순	연양	7.9	D83	춘양	월평	6.5
D41	화순	연양	7.3	D84	춘양	용곡2	19.5
D42	화순	도용	7.7	D85	춘양	용곡2	4.3
D43	화순	앵남	14.7	D86	춘양	석정	9.7

< 표 4-4 > 계속

No	위 치		자연수위(m)	No	위 치		자연수위(m)
	읍·면	리			읍·면	리	
D87	춘양	화림	10.0	D130	청풍	한지2	6.0
D88	춘양	화림2	20.0	D131	청풍	백운1	19.5
D89	춘양	화림3	2.0	D132	청풍	청룡	2.2
D90	춘양	대신1	7.3	D133	청풍	신리1	3.7
D91	춘양	대신2	33.2	D134	청풍	신리	2.5
D92	춘양	회송1	5.7	D135	청풍	신리	3.0
D93	춘양	양곡1	14.2	D136	청풍	풍암	2.8
D94	춘양	산간	6.4	D137	청풍	차리	4.5
D95	춘양	가봉	7.8	D138	청풍	백운	4.5
D96	춘양	용곡2	21.0	D139	청풍	백운	15.0
D97	춘양	용곡1	3.6	D140	청풍	백운	19.5
D98	춘양	부곡1	7.1	D141	청풍	차리	4.2
D99	춘양	부곡2	3.0	D142	청풍	대비	4.1
D100	춘양	부곡3	8.0	D143	청풍	신리2	3.5
D101	춘양	변천	-	D144	청풍	차리1	12.0
D102	춘양	월평1	3.5	D145	청풍	차리2	4.0
D103	춘양	회송	2.6	D146	청풍	차리2	4.5
D104	춘양	용곡2	24.0	D147	이양	강성	2.7
D105	춘양	월평1	2.5	D148	이양	옥리	4.2
D106	춘양	월평1	6.3	D149	이양	품평2	7.2
D107	춘양	산간	1.5	D150	이양	품평	2.5
D108	춘양	월평	2.5	D151	이양	품평1	0.0
D109	춘양	우봉	2.8	D152	이양	초방1	1.7
D110	춘양	용곡	11.2	D153	이양	쌍봉	0.8
D111	춘양	화림3	2.9	D154	이양	을계	3.0
D112	춘양	가봉	1.8	D155	이양	이양1	0.0
D113	춘양	우봉	2.0	D156	이양	품평2	12.7
D114	춘양	석정	3.1	D157	이양	품평3	17.7
D115	춘양	산간	6.0	D158	이양	오류1	2.2
D116	춘양	용곡2	3.3	D159	이양	오류2	11.4
D117	청풍	한지	3.2	D160	이양	오류4	17.0
D118	청풍	어리	11.3	D161	이양	송정1	3.5
D119	청풍	세청	18.5	D162	이양	매정2	1.0
D120	청풍	차리1	4.3	D163	이양	오류3	13.5
D121	청풍	대비	12.3	D164	이양	이양	3.8
D122	청풍	청룡	1.7	D165	이양	품평	8.5
D123	청풍	신리	1.0	D166	이양	강성리	1.5
D124	청풍	신석	1.0	D167	이양	강정	3.5
D125	청풍	이만	1.0	D168	이양	옥리	2.4
D126	청풍	어리	5.0	D169	이양	오류	2.4
D127	청풍	세청	16.7	D170	이양	강성	1.5
D128	청풍	풍암	2.8	D171	능주	천덕	5.2
D129	청풍	한지1	4.3	D172	능주	내리	4.7

< 표 4-4 > 계속

No	위 치		자연수위(m)	No	위 치		자연수위(m)
	읍·면	리			읍·면	리	
D173	능주	천덕	6.2	D216	도곡	쌍옥2	3.6
D174	능주	내리	10.9	D217	도곡	평리	9.2
D175	능주	광사	5.6	D218	도곡	덕곡1	5.8
D176	능주	백암	4.3	D219	도곡	신성	6.7
D177	능주	만수	3.1	D220	도곡	천암	12.6
D178	능주	만인2	4.5	D221	도곡	원화	8.5
D179	능주	광사	2.7	D222	도곡	신덕1	12.3
D180	능주	백암1	6.3	D223	도곡	신덕2	4.7
D181	능주	백암	2.3	D224	도곡	미곡2	-
D182	능주	만수2	11.1	D225	도곡	죽청1	4.5
D183	능주	만인	9.3	D226	도곡	효산2	9.5
D184	능주	만수1	9.7	D227	도곡	효산1	7.4
D185	능주	만수2	4.8	D228	도곡	효산2	11.8
D186	능주	만인	4.5	D229	도곡	효산2	6.0
D187	능주	원지	17.0	D230	도곡	쌍옥	7.0
D188	능주	만수	4.3	D231	도곡	신성2	-
D189	능주	천덕	1.8	D232	도곡	대곡	16.2
D190	능주	만수	3.2	D233	대곡3	대곡3	29.0
D191	능주	만수2	5.7	D234	도곡	월곡	14.7
D192	능주	만수2	6.3	D235	도곡	쌍옥2	16.0
D193	능주	만수2	21.0	D236	도곡	쌍옥2	4.3
D194	능주	만수2	11.0	D237	도곡	쌍옥2	1.0
D195	능주	만수2	18.5	D238	도곡	쌍옥2	12.6
D196	능주	만수2	5.1	D239	도곡	쌍옥2	13.2
D197	능주	만수1	10.0	D240	도곡	덕곡	4.3
D198	능주	백암1	11.2	D241	도곡	원화	11.5
D199	능주	만수	21.6	D242	도곡	월곡	14.7
D200	능주	만수	7.5	D243	도곡	월곡	3.5
D201	능주	만수	11.0	D244	도곡	쌍옥1	10.5
D202	도곡	월곡3	8.4	D245	도곡	신성	4.0
D203	도곡	효산	6.3	D246	도곡	효산	37.0
D204	도곡	신덕	4.2	D247	도곡	대곡	10.9
D205	도곡	미곡	6.8	D248	도곡	천암	2.0
D206	도곡	월곡	15.0	D249	도곡	덕곡1	4.5
D207	도곡	대곡1	12.3	D250	도곡	쌍옥1	6.3
D208	도곡	대곡2	9.0	D251	도곡	쌍옥1	18.3
D209	도곡	대곡3	4.0	D252	도곡	효산2	8.6
D210	도곡	효산1	11.7	D253	도암	대초	-
D211	도곡	효산2	12.5	D254	도암	호암	0.5
D212	도곡	월곡1	16.5	D255	도암	운월2	7.8
D213	도곡	월곡2	13.0	D256	도암	벽지1	3.0
D214	도곡	월곡3	8.9	D257	도암	정천	3.5
D215	도곡	쌍옥1	7.3	D258	도암	원천1	3.5



< 표 4-4 > 계속

No	위 치		자연수위(m)	No	위 치		자연수위(m)
	읍·면	리			읍·면	리	
D259	도암	원천1	15.6	D302	도암	대초	6.3
D260	도암	도장	8.3	D303	도암	정천	1.5
D261	도암	천태2	5.3	D304	도암	정천	13.5
D262	도암	진월3	-	D305	도암	원천	10.7
D263	도암	지월2	11.4	D306	도암	원천	7.4
D264	도암	벽지2	6.4	D307	도암	원천	11.5
D265	도암	천태1	7.2	D308	도암	원천	11.4
D266	도암	천태1	9.5	D309	도암	천태	2.5
D267	도암	안성	2.4	D310	도암	대초	23.1
D268	도암	용강3	4.5	D311	도암	용강3	5.6
D269	도암	운월2	4.2	D312	도암	호암	6.8
D270	도암	도장	12.3	D313	도암	호암	1.5
D271	도암	벽지1	6.0	D314	도암	호암	3.5
D272	도암	정천	14.6	D315	도암	벽지2	5.5
D273	도암	원천1	7.8	D316	도암	우치	1.3
D274	도암	원천2	9.3	D317	도암	대초	11.8
D275	도암	원천2	17.3	D318	이서	영평	4.7
D276	도암	원천3	11.4	D319	이서	야사	2.4
D277	도암	천태	9.8	D320	이서	야사	2.6
D278	도암	지월2	8.3	D321	이서	인계	13.5
D279	도암	지월3	3.7	D322	이서	야사1	2.7
D280	도암	등광	5.7	D323	이서	야사2	3.5
D281	도암	대초	6.2	D324	이서	창광2	4.7
D282	도암	용강1,2	4.0	D325	이서	야사4	4.2
D283	도암	용강3	9.6	D326	이서	보월1	15.2
D284	도암	호암1	1.5	D327	이서	영평1	6.4
D285	도암	호암2	4.5	D328	이서	안심3	2.2
D286	도암	우치리	2.3	D329	이서	창광1	8.7
D287	도암	행산	8.5	D330	이서	야사1	3.0
D288	도암	지월1	5.1	D331	이서	인계	16.0
D289	도암	정찬	27.0	D332	이서	보월	7.8
D290	도암	원천	8.8	D333	이서	영평	16.5
D291	도암	원천	6.1	D334	북	수리	8.3
D292	도암	등광	1.5	D335	북	노기	10.0
D293	도암	호암	12.5	D336	북	용곡	2.0
D294	도암	운월	22.5	D337	북	송단	6.7
D295	도암	대초	16.8	D338	북	다곡2	2.3
D296	도암	원천	16.1	D339	북	용곡	3.0
D297	도암	도장	4.5	D340	북	맹리1	6.3
D298	도암	호암	3.5	D341	북	임곡	7.0
D299	도암	원천	36.5	D342	북	용곡1	2.5
D300	도암	호암	4.5	D343	북	다곡	1.9
D301	도암	대초	24.7	D344	북	노기	14.5

< 표 4-4 > 계속

No	위 치		자연수위(m)	No	위 치		자연수위(m)
	읍·면	리			읍·면	리	
D345	북	남치	6.3	D388	남	검산	21.0
D346	북	옥리1	11.5	D389	남	사평	5.9
D347	북	맹리	13.5	D390	남	주산	5.8
D348	북	원리	0.0	D391	남	검산	26.3
D349	북	송단2	2.8	D392	남	검산	3.5
D350	북	이천1	12.0	D393	남	남계	6.8
D351	북	이천2	15.5	D394	남	장전1	2.5
D352	북	길성	1.2	D395	남	검산	27.3
D353	북	수리	11.5	D396	남	검산	9.2
D354	북	와천	10.7	D397	남	용리	3.5
D355	북	옥리	11.5	D398	남	용리	5.5
D356	북	노기	6.0	D399	남	용리	5.6
D357	북	용곡	17.0	D400	동	무포	5.0
D358	북	남치	9.5	D401	동	옥호3	1.0
D359	동북	신을1	5.0	D402	동	북암	3.0
D360	동북	가수	3.5	D403	동	운농	5.0
D361	동북	안성	7.8	D404	동	오동	1.5
D362	동북	읍애	2.9	D405	동	대포	1.5
D363	동북	연월	3.0	D406	동	대포3	12.7
D364	동북	구암	0.0	D407	동	무포	5.7
D365	동북	신을	5.5	D408	동	대포	1.0
D366	동북	유천	3.0	D409	동	운농	1.7
D367	동북	유천	9.8	D410	동	오동3	1.3
D368	동북	안성2	1.7	D411	동	오동3	2.1
D369	동북	연월2	12.8	D412	동	언도리1	1.0
D370	남	대곡	4.3	D413	동	언도리2	2.7
D371	남	검산	2.1	D414	동	정궁리2	0.0
D372	남	내리2	2.7	D415	동	마산	6.7
D373	남	검산	6.3	D416	동	무포1	9.0
D374	남	벽송	7.7	D417	동	무포2	7.5
D375	남	내리3	2.5	D418	동	경치1	4.0
D376	남	운산	4.9	D419	동	경치2	4.1
D377	남	벽송	4.9	D420	동	북암	6.0
D378	남	다산	4.1	D421	동	대포1	7.8
D379	남	내리	9.6	D422	동	경치	5.0
D380	남	벽송	9.6	D423	동	청궁	5.5
D381	남	운산	0.6	D424	동	경치	3.2
D382	남	장전1	4.7	D425	동	운농	8.3
D383	남	장전2	5.3	D426	동	경치	5.5
D384	남	주산	2.3	D427	동	무포	14.0
D385	남	용리	0.6	D428	동	옥호	20.0
D386	남	절산	5.3				
D387	남	검산	29.8				

## 5. 수질 및 잠재오염원조사

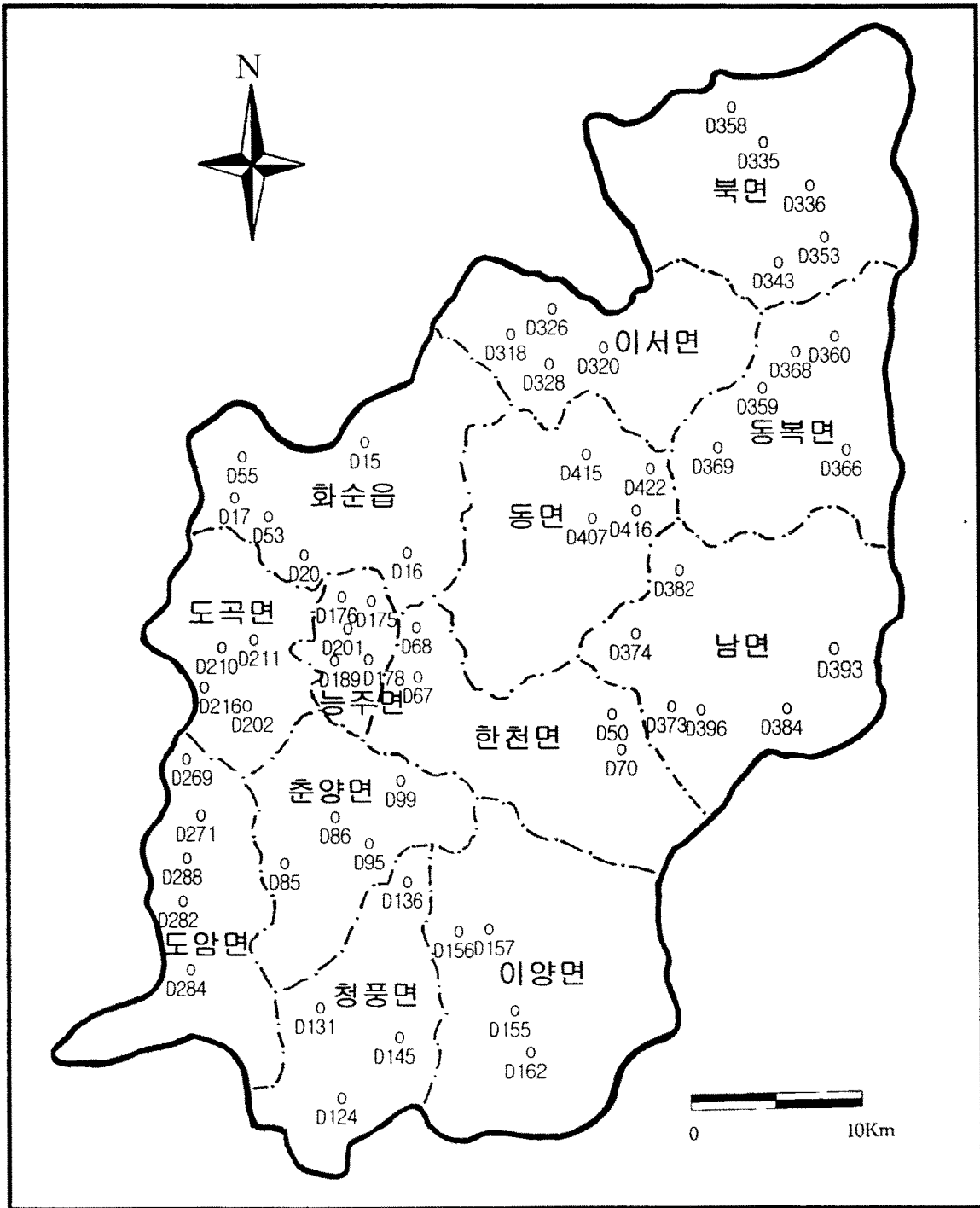
화순지역 지하수에 대한 지화학적 특징을 밝히기 위하여 화순군 일대의 13개 읍·면에 분포하는 지하수를 1999년 2월 19일에서 1999년 3월 6일에 걸쳐 60개의 지하수 시료를 채취하였다(그림 5-1, 표 5-1). 지하수 시료는 관개용 농업용수와 주민들의 생활용수를 대상으로 하였으며, 60개의 지하수에 대하여 현장간이수질 검사(전기전도도, 수소이온농도, 수온) 및 주요이온 분석, 그리고 먹는물 기준검사 항목으로 전 시료를 분석하였다.

조사지역의 현장 간이수질검사는 채수 후 즉시 Temp & pH meter(HACH), EC meter(Checkmate)를 이용하여 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC) 및 수온등을 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH r가 안정된 후 측정하였다. 주요이온분석 대상시료는 현장에서 수동진공펌프를 이용하여 공극 크기  $0.45\mu\text{m}$  셀룰로스 박막 필터에 통과시켜 부유물질을 제거하고 진한 질산을 가해 pH 3 이하로 시료 채취용기 벽면에 양이온의 흡착을 방지하였으며, 채수한 시료는 아이스박스에서  $4^{\circ}\text{C}$  이하로 냉장 보관하였다. 음이온 분석 대상시료는 채수시 발생하는 기포를 제거하고 즉시 테이프로 밀봉하여 공기와의 접촉을 차단하였다. 먹는물 수질기준 분석 대상 시료는 4ℓ의 멸균 채수병에 지하수 시료를 채취하고 즉시 아이스박스에 냉장 보관하여 전라남도 보건환경연구원에 의뢰하여 44개 수질기준 항목에 대해 분석하였다.

주요이온분석은 전북대학교 공업기술연구소 의뢰하여 양이온 4개, 음이온 4개를 분석하였다.

화순지역에 분포하는 지하수에 대한 수질 인자중 수소이온농도, 온도, 전기전도도(electric conductivity)를 표 5-1에 수록하였다.

양이온 중  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 와 음이온 중  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 에 대한 이온함량은 표5-2에 정리하였다. 전라남도 보건환경연구원에서 분석한 색도(color), 탁도(turbidity), 암모니아성질소( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), 과망간산칼륨소비량( $\text{KMnO}_4$  consumed), 증발잔류물(evaporation residual) 및 일반세균 등 먹는물기준에 의한 수질검사결과 자료는 표5-4에 정리하였다.



< 그림 5-1 > 지하수 수질검사공 위치도

< 표 5-1 > 현장 간이수질검사 결과

공번	위 치		온도 (℃)	전기전도도 ( $\mu$ S)	pH	지질	비고
	읍·면	리					
D15	화순	이십곡	11.9	172	8.11	화산암류	암반관정
D16	화순	감도	14.7	165	7.12	고기편마암류	암반관정
D17	화순	앵남	12.8	268	8.58	화산암류	암반관정
D20	화순	주도	16.8	233	6.90	화산암류	암반관정
D53	화순	앵남	13.1	171	7.91	화산암류	암반관정
D55	화순	세량	10.5	156	8.10	화산암류	암반관정
D60	한천	평	12.5	280	7.46	변성퇴적암류	암반관정
D67	한천	정	13.8	214	8.09	퇴적암류	암반관정
D68	한천	가암	13.3	312	7.63	퇴적암류	암반관정
D70	한천	반곡	11.4	245	7.23	변성퇴적암류	암반관정
D85	춘양	용곡	16.8	271	7.79	퇴적암류	암반관정
D86	춘양	석정	17.3	301	7.83	퇴적암류	암반관정
D95	춘양	가봉	18.3	210	8.15	퇴적암류	암반관정
D99	춘양	부곡	13.0	201	7.02	퇴적암류	암반관정
D124	청풍	신석	15.6	120	7.00	고기편마암류	암반관정
D131	청풍	백운	13.5	88	7.12	고기편마암류	암반관정
D136	청풍	풍암	17.1	250	7.67	고기편마암류	암반관정
D145	청풍	차	14.7	223	6.88	퇴적암류	암반관정
D155	이양	이양	13.5	180	7.99	고기편마암류	암반관정
D156	이양	품평	12.7	267	7.11	퇴적암류	암반관정
D157	이양	품평	11.1	195	7.44	퇴적암류	암반관정
D162	이양	매정	15.2	120	6.77	고기편마암류	암반관정
D175	능주	광사	16.2	187	7.77	화성암류	암반관정
D176	능주	백암	15.8	185	7.02	화성암류	암반관정
D178	능주	만인	13.1	257	8.02	화성암류	암반관정
D187	능주	원지	15.8	308	8.08	화성암류	암반관정
D201	능주	만수	15.2	286	6.77	화성암류	암반관정
D202	도곡	월곡	12.5	512	7.72	퇴적암류	암반관정
D210	도곡	효산	13.1	379	7.66	퇴적암류	암반관정
D211	도곡	효산	11.8	304	7.65	퇴적암류	암반관정

< 표 5-1 > 계속

공번	위 치		온도 (℃)	전기전도도 ( $\mu$ s)	pH	지질	비고
	읍·면	리					
D216	도곡	쌍옥	13.7	353	7.82	퇴적암류	암반관정
D269	도암	운월	12.3	287	7.56	퇴적암류	암반관정
D271	도암	벽지	13.5	313	7.99	퇴적암류	암반관정
D282	도암	용강	15.6	234	7.41	화성암류	암반관정
D284	도암	호암	13.8	76	6.88	퇴적암류	암반관정
D288	도암	지월	14.9	90	6.48	퇴적암류	암반관정
D318	이서	영평	13.8	98	6.95	퇴적암류	암반관정
D320	이서	야사	13.5	267	7.81	퇴적암류	암반관정
D326	이서	보월	14.9	123	6.76	퇴적암류	암반관정
D328	이서	안심	14.5	35	7.01	퇴적암류	암반관정
D335	북	노기	13.5	144	7.19	퇴적암류	암반관정
D336	북	용곡	16.1	131	8.11	변성퇴적암류	암반관정
D343	북	다곡	11.6	104	7.56	변성퇴적암류	암반관정
D353	북	수	14.6	170	8.08	변성퇴적암류	암반관정
D358	북	남치	13.1	105	7.78	고기편마암류	암반관정
D359	동북	신율	12.8	98	6.95	고기편마암류	암반관정
D360	동북	가수	11.5	92	6.67	고기편마암류	암반관정
D366	동북	유천	13.0	132	7.42	고기편마암류	암반관정
D368	동북	안성	14.7	150	7.67	고기편마암류	암반관정
D369	동북	연월	13.5	268	7.34	퇴적암류	암반관정
D373	남	검산	14.5	35	6.90	고기편마암류	암반관정
D374	남	벽송	17.4	200	7.91	퇴적암류	암반관정
D382	남	장전	12.8	29	6.86	퇴적암류	암반관정
D384	남	주산	15.6	79	6.67	고기편마암류	암반관정
D393	남	남계	14.0	182	6.45	고기편마암류	암반관정
D396	남	검산	14.4	265	5.98	고기편마암류	암반관정
D407	동	무포	14.0	251	7.89	퇴적암류	암반관정
D415	동	마산	14.5	146	7.19	퇴적암류	암반관정
D416	동	무포	13.2	207	7.89	퇴적암류	암반관정
D422	동	경치	13.1	167	7.85	퇴적암류	암반관정

## 5-1. 현장 간이수질검사

화순지역 지하수에 대하여 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC) 및 수온 등을 현장에서 채수한 후 즉시 Temp & pH meter(HACH), EC meter(Checkmate)를 이용하여 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH가 안정된 후 측정하였다(표 5-1).

### ○ 수소이온 농도(pH)

화순지역 지하수의 수소이온농도(pH) 범위는 최소 5.98에서 최대 8.58이다. pH값이 5.98로 약산성에 해당되는 지하수 시료(시료번호 D396)는 화순군 남면 검산리의 농업용수이고, pH 값이 8.58로서 약알카리에 해당되는 지하수 시료(시료번호 D17)는 화순읍 앵남리의 농업용수이다.

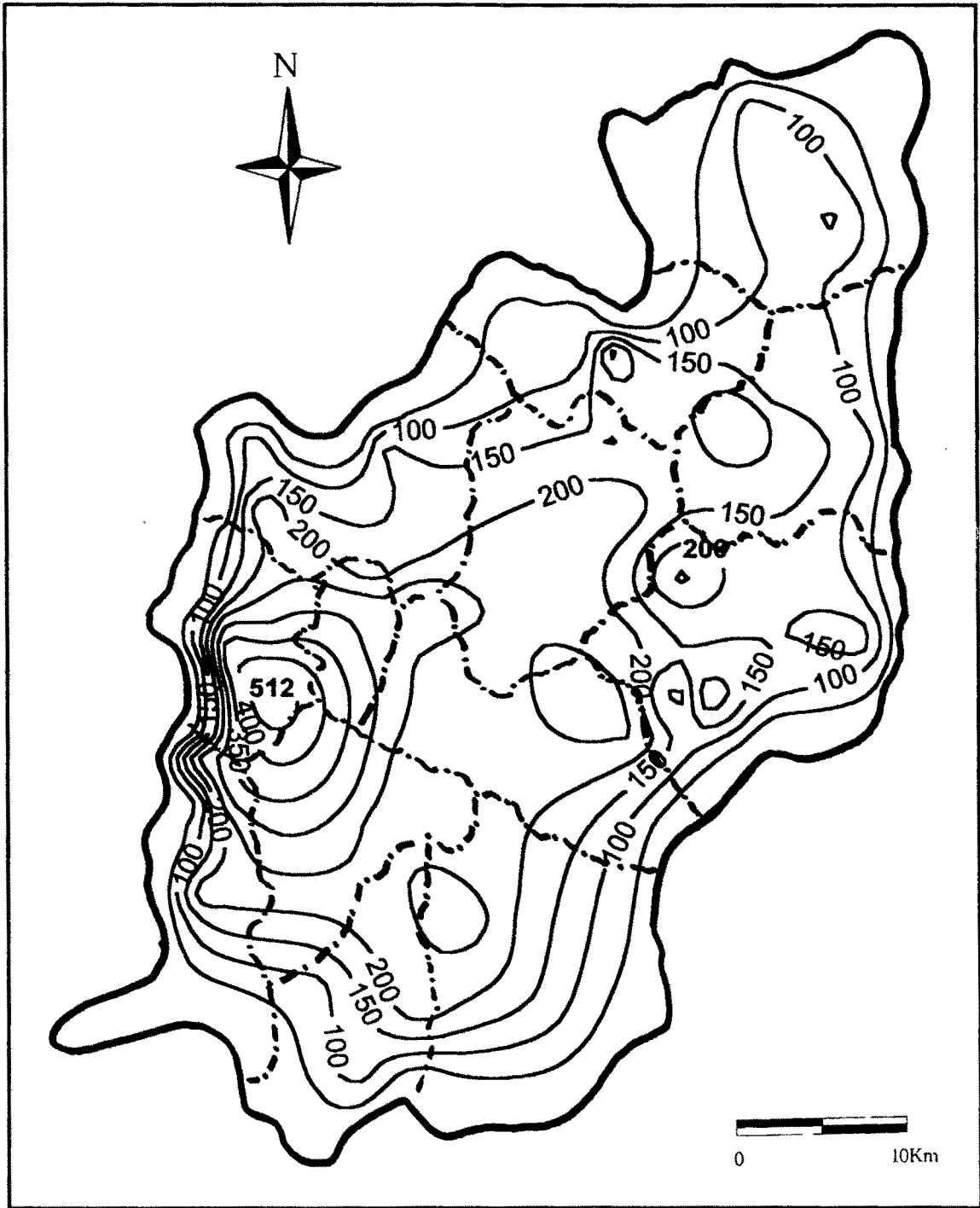
### ○ 온 도

화순지역의 지하수 수온은 최소 10.5℃에서 최대 18.3℃이다. 수온이 최대값으로 나타나는 지하수는 춘양면 가봉리의 생활용수(시료번호 D95)이며, 최소값을 보여주는 지하수 시료는 화순읍 세량리의 생활용수(시료번호 D55)이다.

### ○ 전기전도도(EC, electric conductivity)

전기전도도는 용액이 전기를 전달할 수 있는 능력을 말하며, 전기저항의 역수로 나타난다. 즉 전기전도도는 물 속에 용해되어 있는 전해질의 농도 차이에 의해 결정되므로 용액중의 이온의 세기를 신속하게 평가할 수 있다(Hem, 1985).

화순지역 지하수의 전기전도도는 최소 29 $\mu$ s/cm에서 최대 512 $\mu$ s/cm, 평균 198 $\mu$ s/cm로 나타난다. 전기전도도가 최소인(시료번호 D382) 지하수는 남면 장전리의 생활용수이며, 전기전도도가 최대값을 보이는 지하수(시료번호 D202)는 도곡면 월곡리의 농업용수이다(그림 5-2).



< 그림 5-2 > 지하수 전기전도도 등치선도( $\mu S/cm$ )



## 5-2. 주요이온 분석결과

본 지구 내에서 선정된 60개 조사공의 지하수 시료를 대상으로 전북대학교 공업기술연구원에 의뢰하여 지하수 수질 분석의 주요 기준이 되는 양이온(Na, K, Ca, Mg), 음이온(Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>)을 분석하였다. 본 보고서에서는 조사지구가 해안지역과는 멀리 떨어진 내륙지역인 관계로 타 지역에서 흔히 발생하는 해수 침입의 양상은 고려하지 않았으며, 분석 결과와 결과에 대한 Piper trilinear diagram, 염소이온 등치선도 등을 각각 표 5-2와 그림 5-3, 5-4, 5-5 등에 나누어 정리하였다.

### ○ 지하수 유형의 분류

화순지역의 지하수는 지석천을 중심으로 소평야지대가 형성된 서부지역과 산계가 잘 발달되어있는 동부지역으로 구분되며, 지하수의 수질특성은 주변 대수층의 환경과 구성물질에 의해서 좌우되므로 서로 상이한 지화학적 특성이 내포되어 있을 것으로 판단된다. 화순지역 지하수에 대한 지화학적 특성을 알아보기 위하여 양이온 Na, K, Ca, Mg와 음이온 Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>을 분석하였으며, 함량비를 화학성분의 당량에 대한 용액내 용질의 농도로 나타내기 위하여 epm(equivalent per million)%로 환산하여 지하수 조사에 널리 이용되고 있는 수질도식법인 Piper trilinear diagram(piper, 1944)에 투시하였다. 화순지역의 지하수를 기반암의 분포 위치에 따라 퇴적암류, 화산암류, 화성암류, 변성퇴적암류, 고기편마암류로 구분하고, 지역적 위치에 따라 동부지역 지하수와 서부지역 지하수로 구분하여 Piper trilinear diagram에 도시하였다(그림 5-3, 5-4).

화순지역 60개 지하수시료에 대한 Piper diagram을 분석하여 보면 전반적으로 Ca성분이 우세한 Calcium type에 도시되고, Bicarbonate type 영역에 해당된다.

조사지역 내에서 분석된 지하수 이온함량을 바탕으로 간략하게 수질을 판명하여 볼때 Na+K 성분과 SO<sub>4</sub>+Cl 성분의 함량이 대체적으로 낮아 지하수의 수질은 양호한 것으로 사료된다. Ca+Mg 성분으로 지하수의 경도를 판단해 볼 때 조사시료는 전체적으로 중경수인 것으로 나타되며, 소수 시료에서 경수 또는 연수특성을 보여준다.

조사지역내에서 구분된 암질들을 기반암으로 하는 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시하면 Bicarbonate-Hardness형에 속한다. 이들은 Ca+Mg 유형과  $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$  유형이 우세한 영역에 투영되어  $\text{CaCO}_3$ 형 지하수 수질을 나타낸다.

편마암 지역에서 채취한 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과 전체적으로 산재되어 있는 형태를 보이고 있기 때문에 쉽게 구분짓기는 어려우나 대체적으로 양이온은 Ca+Mg가 우세하고 음이온은  $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ 가 우세한 중탄산경도(Bicarbonate-Hardness)형에 속한다. 음이온의 경우 대체적으로  $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ 가 우세한 지하수로 나타나며 일부 시료에서  $\text{SO}_4$  성분과 Cl 성분이 우세한 지하수 형태를 보이기도 한다.

그 외 암질이 분포된 지역에서 채취한 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과, 전체적으로 양이온은 Ca+Mg가 우세하고 음이온은  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$ 가 우세한 지하수 형태를 보여준다(그림 5-3).

동부지역 지하수와 서부지역 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과, 전체적으로 특정 영역내에 산재되어 분포하는 형태를 나타낸다. 따라서 정유형이라 규정하기는 어려우며 Ca과  $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ 이 어느 정도 우세한 중탄산 경도(Bicarbonate-Hardness)형에 가깝다고 볼 수 있다(그림 5-4).

일반적인 지하수는 탄산기 이온의 함량비가 50% 내외인 영역에 도시되지만, 해수오염의 영향을 받은 지하수는 염소이온의 함량이 우세한 영역에 해당된다. Richter와 Kcitrler(1993)에 의하면 해수는 염소이온이 지배적인 음이온으로 나타나는 반면, 일반적인 지하수는 탄산이온( $\text{HCO}_3^-$ )과 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )이 지배적이라고 보고하였다.

본 지역의 경우 60개 시료전체에서 염소이온 농도가  $40(\text{mg}/\ell)$ 이하를 나타내 지하수의 염수화가 진전된 지역은 존재하지 않는 것으로 판단되며, 이는 본 지구가 해안과는 멀리 떨어진 내륙지역인 관계로 해수의 침입이 이루어지지 않았기 때문으로 판단된다(그림 5-5, 표 5-4).

< 표 5-2 > 주요이온성분 수질분석 결과 ( 단위 : mg/ℓ )

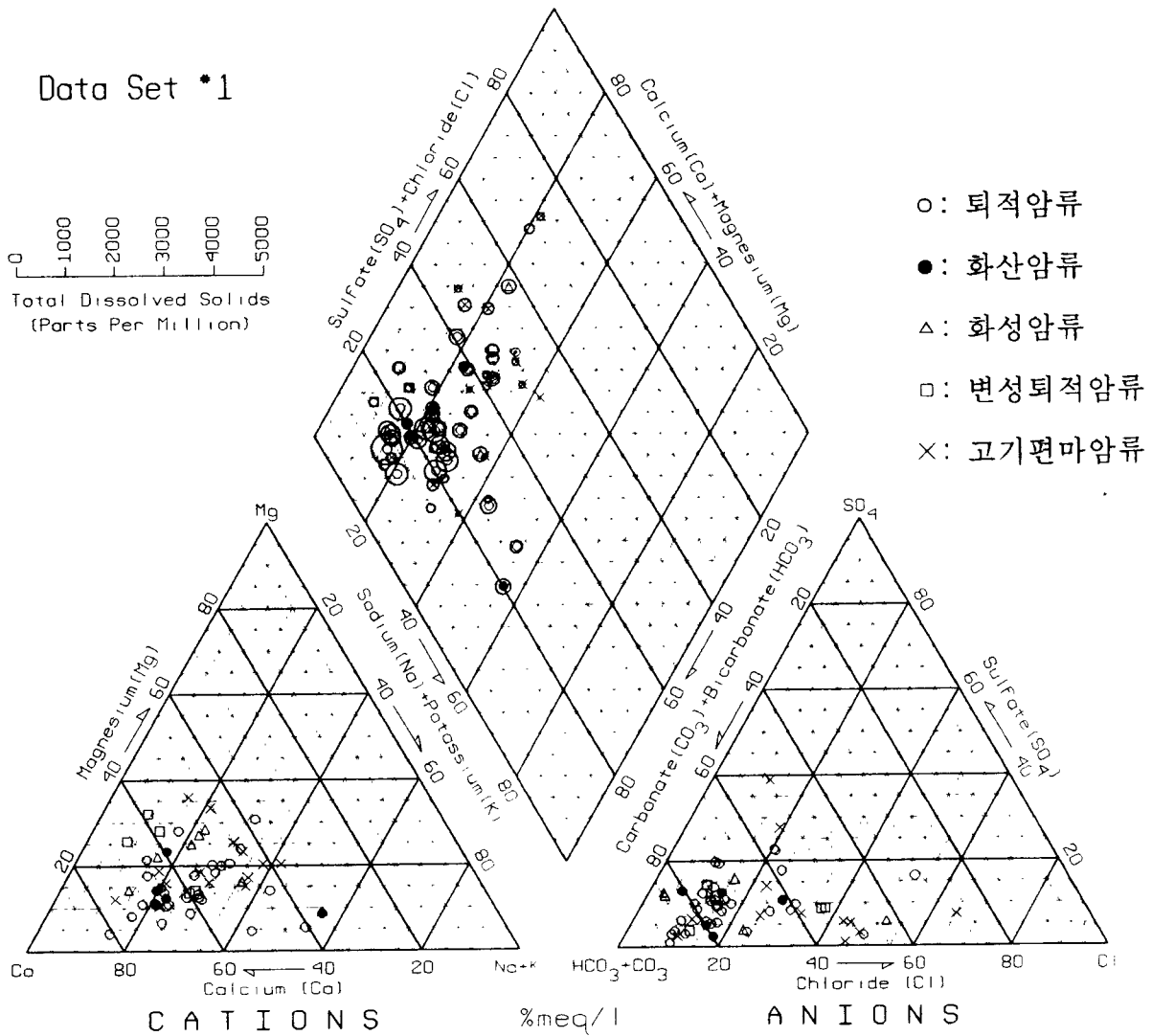
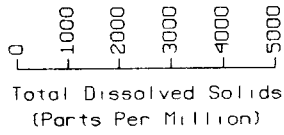
공변	읍·면	양 이 온				음 이 온			
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
D15	화순	11.85	0.91	3.51	35.38	61.43	8.15	4.03	9.35
D16	화순	10.54	0.84	3.16	17.97	26.33	12.53	5.89	3.78
D17	화순	34.12	0.97	2.82	19.47	81.90	9.55	2.79	4.18
D20	화순	7.90	2.65	6.69	28.38	13.20	10.36	32.55	1.70
D53	화순	9.38	0.88	2.85	25.09	39.53	11.42	1.86	5.88
D55	화순	10.99	1.10	4.36	34.06	62.93	3.63	6.82	9.59
D60	한천	15.28	1.16	4.32	29.68	43.88	20.69	4.42	6.57
D67	한천	12.88	0.77	1.84	32.82	70.20	7.23	1.67	10.75
D68	한천	11.41	1.12	1.64	56.18	103.88	7.35	3.10	6.09
D70	한천	15.11	1.12	4.24	31.09	45.38	21.38	3.57	6.81
D85	춘양	20.66	0.49	5.74	59.15	120.0	7.79	3.48	3.17
D86	춘양	19.16	0.46	6.45	51.08	89.59	10.67	19.64	16.33
D95	춘양	31.45	0.49	1.76	33.23	70.40	10.24	4.85	9.26
D99	춘양	15.69	5.56	6.67	27.84	33.60	12.72	13.65	19.11
D124	청풍	10.58	1.20	2.78	12.47	17.55	13.55	5.27	2.39
D131	청풍	9.00	1.10	2.08	10.89	19.05	6.97	6.20	2.63
D136	청풍	9.99	0.88	2.60	28.16	57.08	7.65	9.30	8.66
D145	청풍	15.91	1.53	2.65	31.34	43.84	16.29	12.40	6.63
D155	이양	13.55	1.11	6.43	18.90	61.43	5.89	4.65	4.26
D156	이양	12.78	2.16	3.29	34.50	45.38	18.76	9.30	6.81
D157	이양	11.70	1.14	2.97	45.50	58.50	21.10	5.36	8.89
D162	이양	6.70	5.78	3.79	11.96	17.55	14.76	5.58	2.39
D175	능주	8.12	0.81	5.26	18.72	62.85	10.26	10.69	9.58
D176	능주	9.40	1.16	6.56	20.42	19.05	12.26	23.25	2.63
D178	능주	10.45	1.25	8.08	37.61	71.70	1.92	10.79	10.98
D187	능주	10.80	0.56	5.90	49.52	80.48	2.69	15.50	12.38
D201	능주	15.79	1.35	11.07	31.56	36.60	35.80	7.13	5.41
D202	도곡	21.58	0.29	12.43	77.77	150.41	13.05	27.09	6.55
D210	도곡	13.27	0.26	10.62	53.23	91.23	16.05	27.67	8.24
D211	도곡	22.85	0.38	5.75	46.30	64.02	12.91	22.79	10.44

< 표 5-2 > 계 속

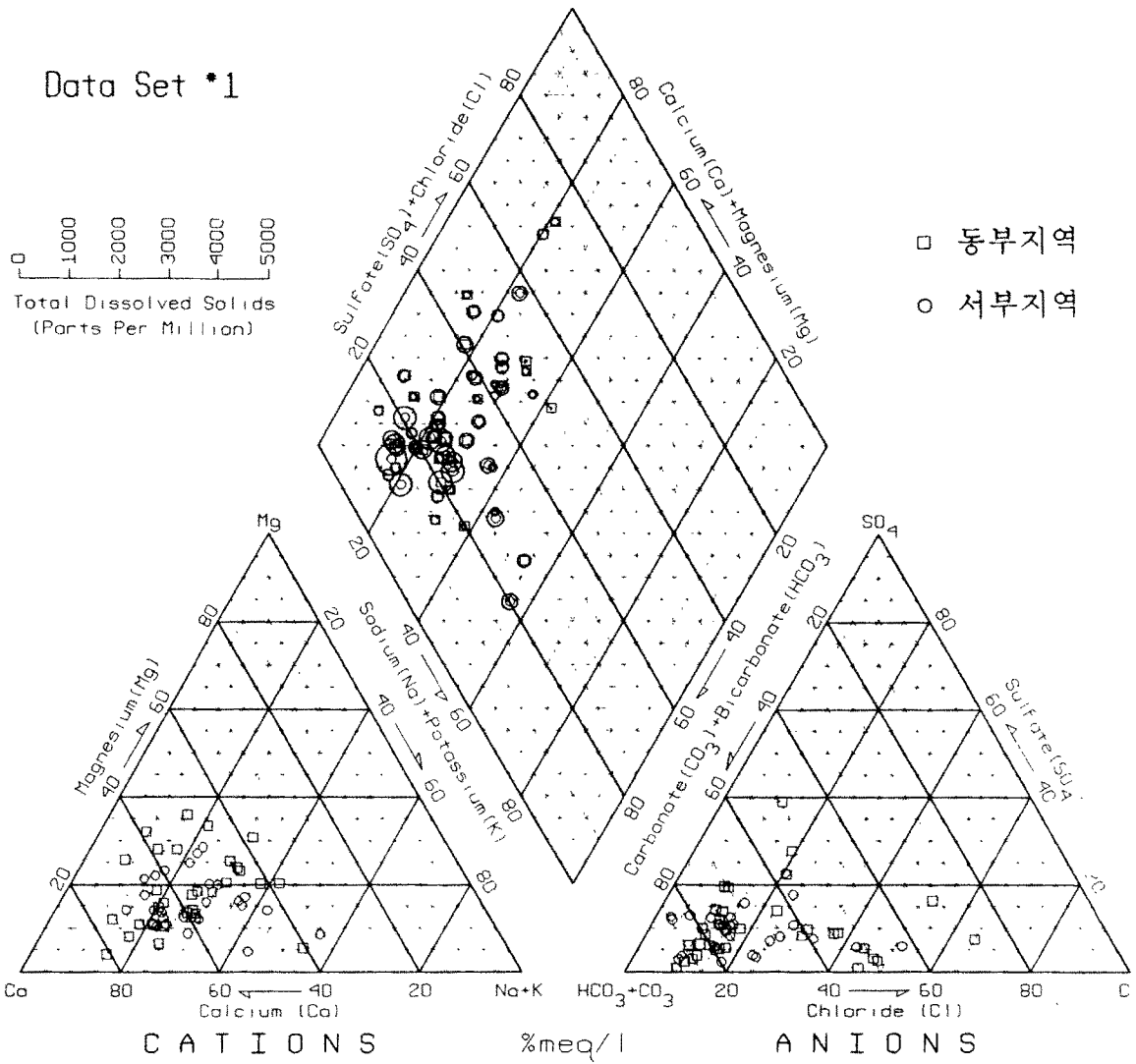
( 단위 : mg/ l )

공변	읍·면	양 이 온				음 이 온			
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
D216	도곡	27.66	0.06	6.69	66.79	104.02	15.08	6.01	9.83
D269	도암	23.39	3.18	6.17	45.12	75.16	11.46	14.58	11.70
D271	도암	30.46	0.19	6.49	52.24	95.98	11.74	9.79	12.67
D282	도암	23.15	2.22	5.82	28.53	58.36	9.53	6.41	12.82
D284	도암	6.66	0.43	2.61	11.21	13.44	6.24	5.98	6.09
D288	도암	12.15	1.69	2.28	11.74	30.41	6.53	1.62	1.19
D318	이서	12.07	1.10	5.03	15.49	46.39	4.10	1.87	1.31
D320	이서	12.20	0.11	3.82	42.14	68.77	5.83	1.14	15.55
D326	이서	11.29	0.40	3.97	15.50	31.97	5.59	7.54	2.45
D328	이서	4.65	0.00	1.52	7.21	11.23	3.26	2.02	4.71
D335	북	8.76	0.15	7.52	24.30	55.98	4.53	7.15	0.47
D336	북	3.36	0.00	5.57	23.74	43.20	4.51	4.56	1.79
D343	북	4.37	0.28	4.95	17.04	31.97	4.95	4.92	4.15
D353	북	5.26	0.25	9.83	29.82	60.82	5.35	1.40	9.59
D358	북	7.33	0.04	4.02	22.59	48.03	4.14	4.81	1.17
D359	동북	3.86	0.23	2.05	21.37	24.02	5.62	1.47	11.02
D360	동북	5.86	0.52	2.27	11.32	14.43	6.78	8.63	5.55
D366	동북	10.95	0.41	2.62	20.84	33.61	4.58	6.31	5.82
D368	동북	9.75	0.69	4.07	27.07	40.00	6.12	2.32	27.52
D369	동북	25.14	3.82	6.71	48.60	104.02	11.19	13.68	11.08
D373	남	3.14	0.49	0.88	2.72	4.43	3.59	1.02	0.31
D374	남	9.96	1.11	4.07	29.70	71.70	26.12	7.58	10.98
D382	남	2.39	0.26	1.31	2.68	5.85	8.19	4.19	0.54
D384	남	7.02	1.64	2.23	7.62	14.63	3.25	8.90	1.93
D393	남	7.67	1.54	7.15	16.10	14.63	23.89	1.43	3.63
D396	남	10.29	1.79	13.77	30.85	7.35	32.15	28.70	0.77
D407	동	17.28	0.27	4.60	48.64	88.03	7.26	3.67	9.39
D415	동	10.73	0.20	3.95	21.02	40.00	6.34	4.54	2.73
D416	동	34.36	0.36	1.82	22.84	43.20	8.72	8.78	6.51
D422	동	18.64	0.51	4.29	33.56	64.02	5.84	0.64	14.02

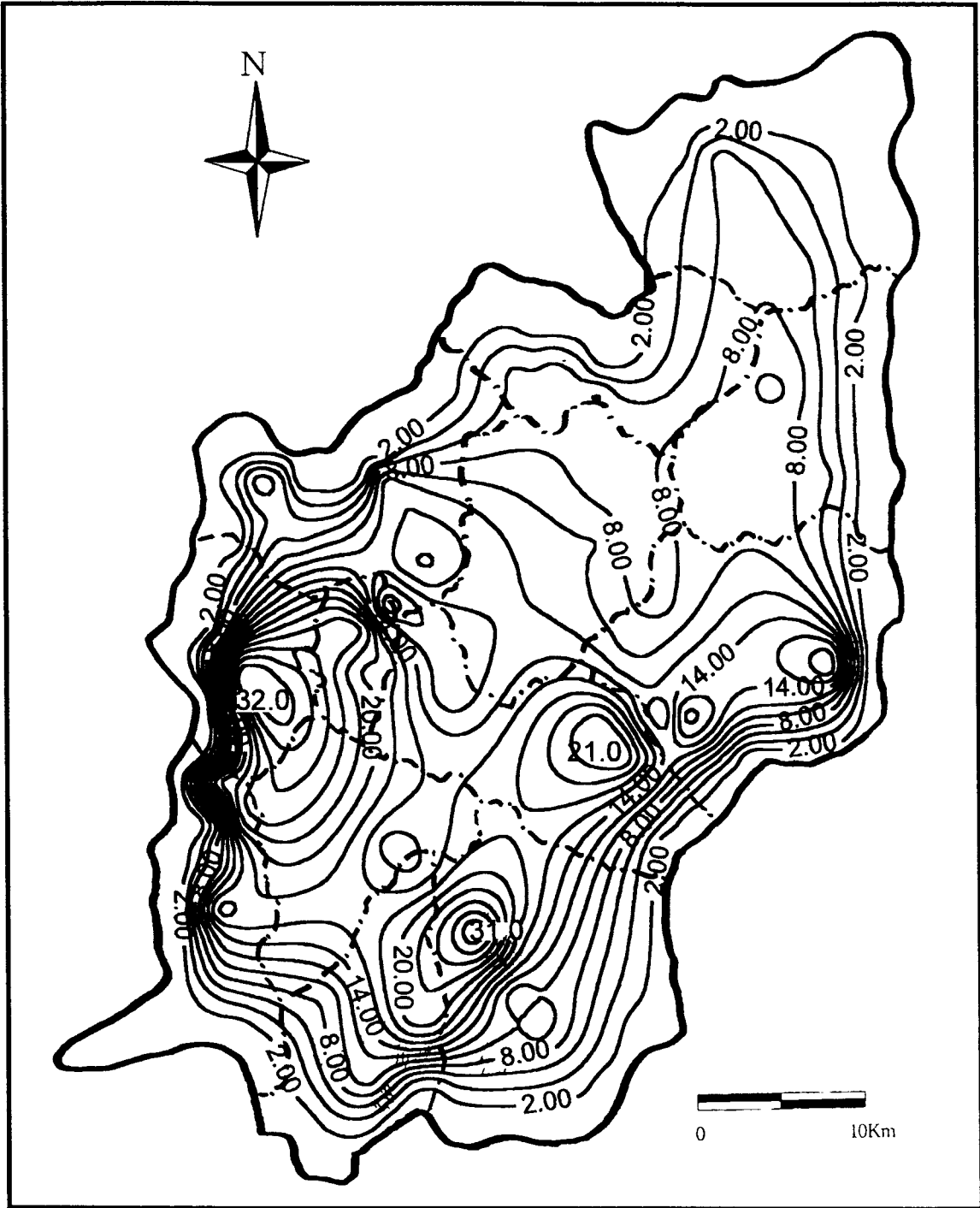
Data Set \*1



< 그림 5-3 > 암질별 구분에 의한 piper diagram



< 그림 5-4 > 지역별 구분에 의한 piper diagram



< 그림 5-5 > 지하수 염소이온 등치선도(mg/ℓ)

### 5-3. 먹는물 기준 수질검사결과

#### ○ 색도(color)

화순지역 지하수에서 색도가 먹는물 기준인 5도 이하인 공은 60개 조사공 중 55공이며 5공은 6도 이상으로 나타난다. 이는 조사공의 대부분이 농업용수로 이용되고 있기 때문에 색도규정이 없는 농업용수 특성상 색도와 관계없이 지하수가 개발·이용되고 있는 것으로 판단된다. 이 지역에서 색도가 최대인 300을 보이는 지하수(시료번호 D359)는 동북면 신울리에 위치하며 양수시간 30분이 경과하여도 주황색의 부유물질이 다량으로 관찰되었다. 색도가 5이상으로 나타나는 지하수는 5공이며, 이중 색도가 50이상으로 색도가 먹는물 기준의 10배가 넘는 관정은 1공(D359)으로 모두 노란색 내지 황갈색의 부유물질이 관찰된다. 색도에 영향을 주는 인자로는 Fe 이온과 Mn 이온이 가장 크게 작용하고 부식토, 프랭크톤 및 산업폐기물 영향도 크다(Jackson, 1993).

#### ○ 탁도(turbidity)

화순지역 지하수 중에서 이번 조사공 60공 중 탁도가 먹는물기준인 2이하로 유지되는 관정은 42공이며 18공이 5이상의 탁도를 보이는 것으로 나타났고, 먹는물 기준인 2보다 50배가 넘는 100이상의 탁도를 보이는 관정도 3공(D85, D318, D359)에 이른다. 탁도가 400으로서 최대값을 보이는 관정(D85)은 춘양면 용곡리의 농업용 관정이다.

#### ○ 암모니아성질소(NH<sub>3</sub>-N), 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N)

화순지역에서 암모니아성질소는 조사시료 전체가 불검출로 나타나며, 질산성질소는 60공 중 56개공에서 검출되고 있으나 농업용수 수질기준을 초과하지는 않고 4개공에서 먹는물 수질기준인 10mg/ℓ 을 초과한다. 암모니아성질소는 용해도가 매우 크며 암모니아 자체는 위생상 무해한 기체이나 생물체 또는 분뇨의 분해산물로 나타나므로 수질에서 오염지표가 된다. 질산염은 암모니아성질소와 질산성질소로 구분되며, 암모니아성질소는 주로 과거 농경지에서 그 함량이 높게 나타나며 질산성질소(그림 5-6)는 가축의 분뇨 등 인위적인 오염에 의하여 함량이 높게 나



타난다(과학기술처, 1997).

○ 과망간산칼륨 소비량(KMnO<sub>4</sub> consumed)

과망간산칼륨 소비량은 지하수 중에 함유되어 있는 유기물의 함량을 평가하는 오염지수이다. 화순지역 지하수중에서 검출되는 과망간산칼륨 소비량은 0.3~3.5 mg/ℓ이다. 동면 경치리의 지하수(D422)는 과망간산칼륨 소비량이 3.5mg/ℓ로 최대값을 나타냈으며, 과망간산칼륨 소비량이 비교적 높은 지하수는 부유물질이 관찰되는 지하수이다.

○ 증발잔류물(evaporation residual)

증발잔류물은 103℃~105℃ 혹은 180℃에서 물을 증발시킬 때 증발접시에 남아있는 잔류량을 말한다. 그러므로 물을 증발시킨 후 증발접시에 남아있는 잔류물은 부유물질과 콜로이드 상태의 물질 그리고 용존물질의 합으로 나타난다. 용액 속에 함유되어 있는 물질을 용존물질(dissolved solid), 콜로이드물질(colloidal solid) 및 부유물질(suspended solid)로 분류한다. 여기서 부유물질은 그 크기가 filter를 통과하지 못하는 1 micron(10<sup>-6</sup>m) 정도이며 유기물질과 무기물질로 다시 분류된다. 부유물질 중에서 유기물질의 함량을 휘발성 부유물질로 나타내며, 600℃에서 휘발되는 물질이다. 또한 600℃에서 휘발되고 남은 잔류량은 Ash나 Residue로 표현되며 이를 고정 부유물질이라하고, 무기물의 함량을 나타내는 척도가 된다. 그러므로 총고용물질의 양은 증발잔류물에서 부유물질을 뺀 값을 그 함량으로 보통 정의한다(한정상, 1998). 화순지역 지하수에서 검출되는 증발잔류물의 범위는 최소 25mg/ℓ에서 최대 311mg/ℓ로 먹는물 수질기준인 500mg/ℓ를 초과하지는 않는다. 증발잔류물이 최대값인 311mg/ℓ을 보이는 지하수는 남면 검산리의 농업용수(시료번호 D396)이다.

○ 일반세균(total colonies), 대장균군(coliform group)

화순지역 지하수중에는 일반세균이 최대 3800CFU/ml가 검출되었고, 60개 조사공중 11개공이 먹는물 수질기준(100CFU/ml이하)을 초과하는 것으로 나타났으며, 대장균군은 9개공(D53, D55, D157, D175, D178, D187, D360, D374, D422)을 제외한 모든 공에서 음성으로 나타났다. 특히 일반세균은 시료채취 및 분석의뢰 과정

에서 오염되는 경우가 많아서 자료분석에 상당한 주의를 요하며, 대장균군의 분석 시 양성판정은 생활오수에 의한 오염을 지시한다고 판단할 수 있다.

○ 아연 및 알루미늄

아연은 광산폐수, 공장폐수등의 혼입으로 지하수에서 용출될 수 있으나, 통상 양수용 파이프인 아연도강관에 기인하여 흔히 지하수에서 나타나고 있으며, 금번 60개 조사공 모두에서도 검출되었으나 먹는물 수질기준( $1\text{mg}/\ell$ )을 초과하는 관정(D422)은 동면에 위치한 1개소로 나타나 전반적으로 우려할 만한 수준은 아니다.

알루미늄은 화합물 형태로 자연에 풍부하게 존재하며 때로는 물에서도 발견되나, 식품으로 섭취되는 알루미늄( $88\text{mg}/1\text{일}/1\text{인}$ )에 비교해서 물로부터 섭취되는 것은 극미량이며 다만 농도에 따라 음용수가 변색될 수 있기 때문에 심미적인 사항을 고려하여 먹는물 수질기준은  $0.2\text{mg}/\ell$ 로 규정되어 있다. 금번 조사결과, 조사 지역에서는 60개 관정중 18개 관정에서 검출되었으며 먹는물 수질기준치를 초과한 관정은 3개소(D20, D85, D318)로 나타났다.

# 여 백

< 표 5- 3 > 수질검사 기준

검사항목			먹는물	생활용수	농업용수	공업용수
미생물에 관한 기준	일반세균	저온세균	-	-	-	-
		고온세균	100CFU/1mg / ℓ이하	-	-	-
	대장균군		불검출/50mg / ℓ이하	5000MPN/100mg / ℓ이하	-	-
건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준	납(Pb)		0.05mg / ℓ이하	0.1mg / ℓ이하	0.1mg / ℓ이하	0.2mg / ℓ이하
	불소(F)		1.5mg / ℓ이하	-	-	-
	비소(As)		0.05mg / ℓ이하	0.05mg / ℓ이하	0.05mg / ℓ이하	0.1mg / ℓ이하
	세레늄(Se)		0.01mg / ℓ이하	-	-	-
	수은(Hg)		불검출	불검출	불검출	불검출
	시안(CN)		불검출	불검출	불검출	0.2mg / ℓ이하
	6가크롬(Cr <sup>6+</sup> )		0.05mg / ℓ이하	0.05mg / ℓ이하	0.05mg / ℓ이하	0.1mg / ℓ이하
	암모니아성질소		0.5mg / ℓ이하	-	-	-
	질산성질소(NO <sub>3</sub> -N)		10mg / ℓ이하	20mg / ℓ이하	20mg / ℓ이하	40mg / ℓ이하
카드뮴(Cd)		0.01mg / ℓ이하	0.01mg / ℓ이하	0.01mg / ℓ이하	0.02mg / ℓ이하	
건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준	패놀		0.005mg / ℓ이하	0.005mg / ℓ이하	0.005mg / ℓ이하	0.01mg / ℓ이하
	총트리할로메탄		0.1mg / ℓ이하	-	-	-
	다이아지논		0.02mg / ℓ이하	-	-	-
	파라티온		0.06mg / ℓ이하	-	-	-
	말라티온		0.25mg / ℓ이하	-	-	-
	페니트로티온		0.04mg / ℓ이하	-	-	-
	카바틸		0.07mg / ℓ이하	-	-	-
	1.1.1트리클로로에탄		0.1mg / ℓ이하	-	-	-
	1.1디클로로에틸렌		0.03mg / ℓ이하	-	-	-
사염화탄소(CCl <sub>4</sub> )		0.002mg / ℓ이하	-	-	-	
	테트라클로로에틸렌		0.01mg / ℓ이하	0.01이하	0.01이하	0.02이하
	트리클로로에틸렌		0.03mg / ℓ이하	0.03이하	0.03이하	0.06이하
	디클로로메탄		0.02mg / ℓ이하	-	-	-
	벤젠		0.01mg / ℓ이하	-	-	-
	톨루엔		0.7mg / ℓ이하	-	-	-
	에틸벤젠		0.3mg / ℓ이하	-	-	-
	크실렌		0.5mg / ℓ이하	-	-	-
	유기인		-	불검출	불검출	0.2mg / ℓ이하
심미적 영향물질에 관한기준	냄새		무취	-	-	-
	맛		무미	-	-	-
	색도		5도이하	-	-	-
	탁도		2도이하	-	-	-
	수소이온농도(pH)		5.8-8.5	5.8-8.5	6.0-8.5	5.0-9.0
	염소이온(Cl <sup>-</sup> )		150mg / ℓ이하	250mg / ℓ이하	250mg / ℓ이하	500mg / ℓ이하
	황산이온(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		200mg / ℓ이하	-	-	-
	증발잔류물		500mg / ℓ이하	-	-	-
	과망간산칼륨소비량		10mg / ℓ이하	-	-	-
	화학적산소요구량		-	6mg / ℓ이하	8mg / ℓ이하	10mg / ℓ이하
	철(Fe)		0.3mg / ℓ이하	-	-	-
	경도		300mg / ℓ이하	-	-	-
	구리(Cu)		1mg / ℓ이하	-	-	-
	아연(Zn)		1mg / ℓ이하	-	-	-
	망간(Mn)		0.3mg / ℓ이하	-	-	-
세제(ABS)		0.5mg / ℓ이하	-	-	-	
알루미늄(Al)		0.2mg / ℓ이하	-	-	-	

< 표 5-4 > 먹는물기준 수질검사 결과

구분	검사항목	D15	D16	D17	D20	D53	D55	D60	D67	D68	D70
1	색도	1이하	1이하	1이하	10	2	1이하	1이하	1이하	1이하	3
2	탁도	8	적합	적합	20	10	적합	적합	적합	적합	적합
3	냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
4	맛	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
5	암모니아성질소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	질산성질소	2.5	6.2	0.4	23.1	2.1	3.0	2.6	1.0	0.6	2.5
7	수소이온농도	8.2	7.0	8.6	6.8	7.9	8.0	7.3	8.2	7.6	7.4
8	경도	106	70	58	114	82	106	94	89	145	95
9	염소이온	14	17	8	21	8	12	24	10	10	24
11	증발잔류물	169	146	251	304	149	167	164	160	207	177
12	불소	0.3	불검출	0.4	0.2	0.6	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3
13	시아나이드	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
14	페놀	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15	세제	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	황산이온	16	3	27	10	10	12	12	6	10	13
17	철	불검출	불검출	불검출	0.14	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.09
18	망간	불검출	0.005	불검출	0.018	불검출	불검출	불검출	불검출	0.040	0.010
19	구리	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.009	불검출	불검출	불검출
20	아연	0.017	0.310	0.030	0.879	0.121	0.167	0.086	0.012	0.009	0.27
21	납	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22	알루미늄	0.10	불검출	0.02	0.62	0.13	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	6가크롬	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	카드뮴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25	비소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26	수은	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	세레늄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28	카바릴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29	다이아지논	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	파라치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	페니트로치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	말라치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	디클로로메탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	총트리할로메탄	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무
35	1,1,1-트리클로로에탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	트리클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	테트라클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
38	벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	톨루엔	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	에틸벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	크실렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
42	1,1-디클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
43	사염화탄소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
44	일반세균	20	음성	52	91	53	28	49	33	4	44
45	대장균군	음성	음성	음성	음성	양성	양성	음성	음성	음성	음성



< 표 5-4 > 계속

구분	검사항목	D176	D178	D187	D201	D202	D210	D211	D216	D269
1	색도	2	4	1이하	2	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하
2	탁도	10	15	10	5	적합	적합	적합	적합	적합
3	냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
4	맛	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
5	암모니아성질소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	질산성질소	13.7	6.0	8.3	5.3	6.3	7.2	5.1	1.7	3.2
7	수소이온농도	7.0	8.1	8.1	6.7	7.7	7.7	7.8	7.9	7.6
8	경도	80	141	162	118	152	174	130	173	122
9	염소이온	19	20	19	27	30	32	28	29	21
11	중발잔류물	203	171	221	195	315	271	230	219	205
12	불소	0.2	0.2	불검출	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
13	시아나	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
14	페놀	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15	세제	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	황산이온	불검출	8	13	14	8	10	12	11	12
17	철	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	망간	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.007	불검출	불검출
19	구리	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.008
20	아연	0.786	0.397	0.053	0.094	0.046	0.082	0.032	0.014	0.024
21	납	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22	알루미늄	불검출	0.05	0.04	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	6가크롬	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	카드뮴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25	비스	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26	수은	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	세레늄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28	카바릴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29	다이아지논	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	파라치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	페니트로치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	말라치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	디클로로메탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	총트리할로메탄	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무
35	1.1.1-트리클로로에탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	트리클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	테트라클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
38	벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	톨루엔	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	에틸벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	크실렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
42	1.1-디클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
43	사염화탄소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
44	일반세균	21	36	81	31	22	음성	78	음성	음성
45	대장균군	음성	양성	양성	음성	음성	음성	음성	음성	음성



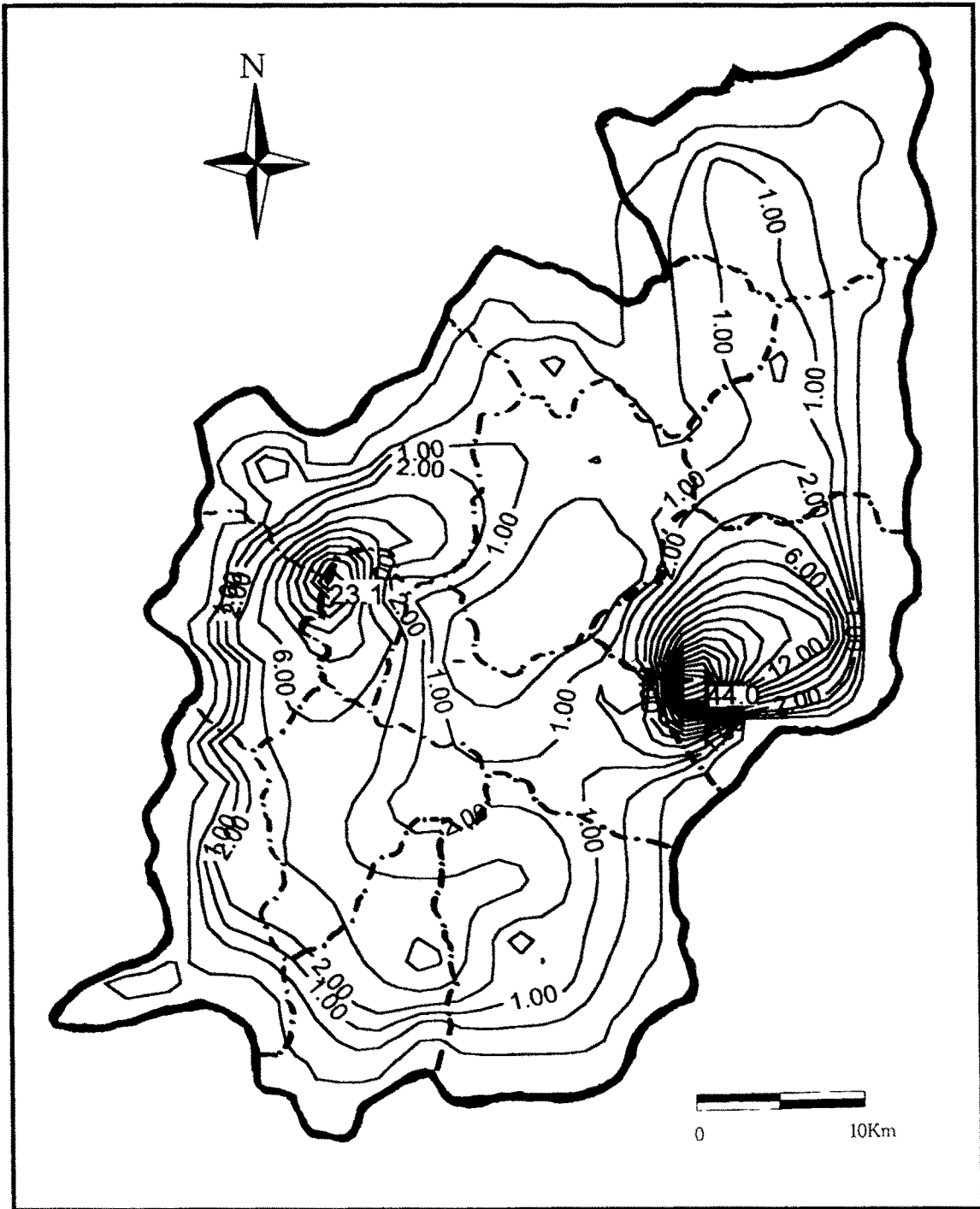


< 표 5-4 > 계속

구분	검사항목	D359	D360	D366	D368	D369	D373	D374	D382	D384
1	색도	300	8	15	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하
2	탁도	100	35	50	적합	적합	적합	적합	적합	적합
3	냄새	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
4	맛	적합	적합	부적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
5	암모니아성질소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	질산성질소	0.7	2.0	1.6	2.2	불검출	0.6	1.5	불검출	8.9
7	수소이온농도	7.0	6.6	7.4	7.7	7.2	6.9	7.9	6.9	6.7
8	경도	50	27	53	69	126	27	106	22	45
9	염소이온	8	8	6	11	10	8	10	7	9
11	중발잔류물	92	71	115	107	152	35	146	25	71
12	불소	0.2	불검출	0.2	불검출	불검출	불검출	0.2	불검출	불검출
13	시아나	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
14	페놀	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15	세제	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	황산이온	13	6	7	8	15	5	5	3	4
17	질	0.20	불검출	0.08	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	망간	0.046	0.038	불검출	불검출	0.076	불검출	불검출	불검출	불검출
19	구리	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	아연	0.157	0.030	0.138	0.053	0.066	0.054	0.211	0.047	0.032
21	납	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22	알루미늄	불검출	0.07	불검출	불검출	불검출	0.03	0.07	불검출	불검출
23	6가크롬	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	카드뮴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25	비소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26	수은	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	세레늄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28	카바릴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29	다이아지논	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	파라치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	페니트로치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	말라치온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	디클로로메탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	총트리할로메탄	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무	해당무
35	1,1,1-트리클로로에탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	트리클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	테트라클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
38	벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	톨루엔	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	에틸벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	크실렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
42	1,1-디클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
43	사염화탄소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
44	일반세균	79	3800	음성	210	25	21	67	25	46
45	대장균군	음성	양성	음성	음성	음성	음성	양성	음성	음성

< 표 5-4 > 계속

D393	D396	D407	D415	D416	D422
1이하	1이하	3	2	1이하	4
적합	적합	50	적합	적합	40
적합	적합	적합	적합	적합	적합
적합	적합	부적합	적합	적합	부적합
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13.7	44.0	1.0	1.1	0.8	불검출
6.3	5.6	8.0	7.1	8.0	7.8
91	137	112	56	49	91
21	21	10	7	7	8
172	311	165	86	93	85
불검출	불검출	0.3	0.2	0.9	0.2
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
4	10	10	3	30	14
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.06
불검출	0.058	0.024	불검출	불검출	0.566
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
0.039	0.052	0.260	0.072	0.004	1.350
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	0.03	불검출	0.03	0.19	0.05
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
46	3	146	23	58	577
음성	음성	음성	음성	음성	양성



< 그림 5-6 > 지하수 질산성질소 등치선도(mg/ℓ)

## 5-4. 잠재오염원 조사

지하수 자원의 효율적 개발·이용과 합리적인 보존관리를 위해서는 지하수 자원의 부존량을 조사 평가하여 이를 기초로 하는 적정개발이 요구되며, 지하수 자원에 관련된 장애, 즉 수질오염, 수원고갈, 수위저하, 지반침하, 염수침입 등을 조사하여 수질의 오염원인이 될 수 있는 각종 오염원(잠재오염원)을 조사·관리하는 것이 필요하다.

지하수의 수질오염을 유발하는 오염원에는 크게 폐기물의 투기에 의한 오염원과 기타 인위적인 활동에 의한 오염원 등 두 종류가 있다(표 5-5).

< 표 5-5 > 오염원의 종류

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

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

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

< 표 5-6 > O.T.A 잠재오염원 분류

구분	종 류
1군	-오염물질의 삼투 및 배출을 목적으로 계획된 오염원 1. 지하삼투형(정화조, 오수조) 2. 주입정(유해폐기물, 염수처리공) 3. 지상살포(관개용수살포, 슬러지살포)
2군	-오염물질의 저장, 취급, 처리시설 1. 육상매립지 2. 쓰레기 하치장 3. 주거지에서 쓰레기 처분 4. 지표 저수조 5. 광산 폐석 6. 폐기물 하치장 7. 재료의 비축지 8. 묘지 9. 동물사체 매몰지 10. 지상탱크 11. 지하탱크 12. 컨테이너 13. 소각장과 발파지 14. 방사능 폐기물 처리장
3군	-운송, 송유시설 1. 수송관로 2. 운송, 화물
4군	-기타 활동으로 배출 및 살포되는 오염원 1. 관개용수 2. 농약 살포 3. 비료 살포 4. 동물 사육 5. 제설, 제빙제 살포 6. 도시의 강수유출 7. 대기오염 물질의 지하삼투 8. 광산과 광산폐수
5군	-지하수 유로의 변경에 따른 오염원 1. 관정(지하수, 유류, 지열) 2. 기타 목적의 관정 3. 공사용 굴착
6군	-인간활동에 의해 자연적으로 발생하는 오염원 1. 지표수와 지하수의 상호작용 2. 자연적인 삼출현상 3. 양수에 의한 염수침입

< 표 5-7 > 화순군 잠재오염원 현황

지역	환경오염물질 배출시설		쓰레기 매립지 (개소)	분뇨 종말처리장 (개소)	하수처리장 (개소)
	대기(개소)	수질(폐수)			
계	81	66	2	1	2
화순	23	23	1	1	1
한천	7	1	-	-	-
춘양	4	1	-	-	-
청풍	1	1	-	-	-
이양	4	-	1	-	-
능주	8	10	-	-	-
도곡	9	5	-	-	1
도암	-	-	-	-	-
이서	-	1	-	-	-
북	-	1	-	-	-
동북	-	-	-	-	-
남	-	-	-	-	-
동	21	23	-	-	-

## 6. 지하수 자원의 부존성 평가

### 6-1. 물수지 분석

일정지역에서 물의 유입·유출량을 파악하여 물 수요를 결정하는 것을 물수지 분석이라 한다. 물수지 분석은 조사지역 내로 유입 및 유출되는 물의 양과 그 지역 내에 저류된 모든 수자원의 변화 사이에는 항상 평형조건이 이루어진다는 가정에 기초를 둔 것으로 다음과 같은 수문 평형방정식으로 표시된다.

$$\text{유입량} = \text{유출량} \pm \text{저류량의변화}$$

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

상기 공식에서 각 요소는 다음과 같이 요약할 수 있다.

· 유입량의 요소

지표수 유입 + 표면하수(지하수) 유입 + 유입수

· 유출량의 요소

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

· 저류량 요소

지하수 저류량 변화 + 지하수 부존량 변화 + 토양수 변화 등이다.

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

$$P = O + ET$$

P : 강수량, O : 전유출량(지표수 유출+지하수 유출), ET : 증발산량

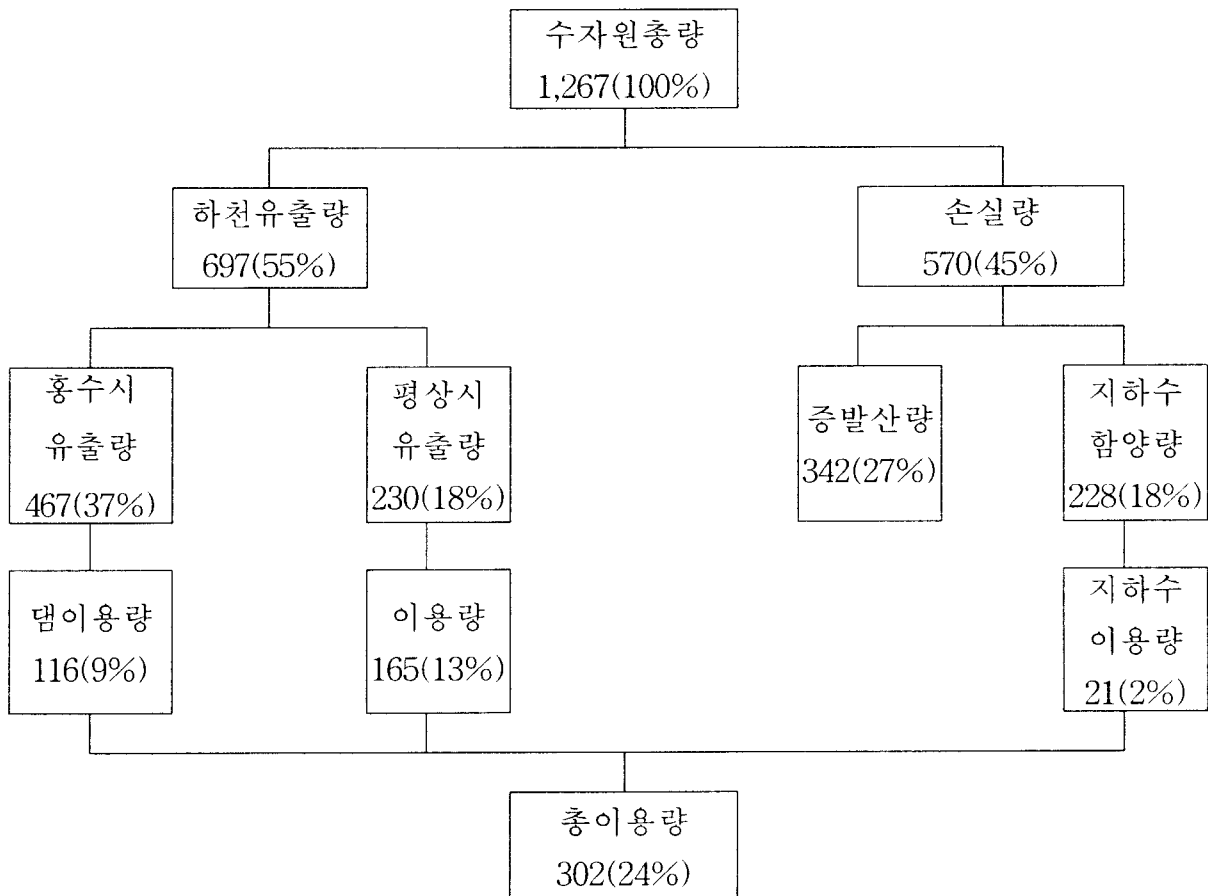
· 지하수 유출은 년주기별로 변동이 없다고 가정하면 지하수 함양량과 동일한 값으로 인정할 수 있다. 즉 상기 식에서 강수량은 지표층을 통한 유출량, 지하로 침투되는 함양량, 증발산량의 합으로 계산될 수 있으나, 이번 조사지역에서의 강수량 및 유출량, 함양량분석에서는 동일 방식의 계산이 어려우므로 지역 특성 및 일반화된 기준을 적용하여 산출한 수문방정식의 평형에 다소 불합리한 면이 나타난다.

### 6-1-1. 강수량

본 조사지역의 강수량은 2장에서 분석한 바와 같이 광주기상대 자료를 적용하였으며 최근 26년간 연평균 강수량은 1363.4mm이다. 연평균 강우량에 의한 유입량은  $785,929,485\text{m}^2(\text{유역면적}) \times 1363.4\text{mm}(\text{연강수량}) = 1,071,536,260\text{m}^3$ 이다.

### 6-1-2. 유출 분석

일반적인 수자원 부족량 평가는 물수지에 의한 평가 방법을 이용할 수 있으며 통계적으로 우리나라의 경우, 강수량의 하천유출량과 손실량의 비는 55:45로 추정하고 있다. 강수량으로부터 증발산량 및 침투에 의한 손실을 뺀 값을 초과강수량 또는 지표유출(Run-off)이라 하며, 지표유출량 계산방법에는  $\phi$  지표법( $\phi$  Index method), W 지표법(W Index method), SCS 방법(Soil conservation service method) 등이 있다.



< 그림 6-1 > 우리나라 수자원현황도 (1996년 현재, 건교부)



본 조사에서는 조사지역이 속해 있는 섬진강수계의 기 조사된 실측유출율(지하수 이용관리방안 수립 및 대체용수원 개발지역 선정조사, 1994, 한국수자원공사) 51.7%를 적용하여 하천유출량을 추정하였다. 하천유출 총량은 연간총강수량×하천유출률로서  $1,071,536,250\text{m}^3 \times 0.517 = 553,984,246\text{m}^3$ 에 이른다.

증발산량을 추정하는 방법에는 여러가지 방법이 있으나 본 조사에서는 기후인자와의 관계에 의한 Turc공식을 이용하였다. 2장에서 계산된 바와 같이 실제 연증발산량(PE)은 655.4mm이다. 본 지구에서 증발산량에 의한 손실을 655.4mm로 하였을 때 증발산에 의한 손실은  $785,929,485\text{m}^2(\text{유역면적}) \times 655.4\text{mm} = 515,098,184\text{m}^3/\text{년}$ 이다.

지상에 도달한 강수의 일부는 토양의 지면을 통하여 침투하고, 그 초과분은 토양의 표면으로 흘러 유출하게 된다. 따라서 강수로부터 발생하는 유출은 침투량에 크게 영향을 미치며, 침투량의 계산은 강수와 유출의 관계에서 필수적인 요소이다. 강수로부터의 유출은 토양의 건조상태에 따라 크게 달라진다. 매우 건조한 상태에서의 토양은 무한에 가까운 침투율을 갖고 있으나, 이미 발생한 강수의 영향으로 토양의 함수량이 많은 상태라면 동일한 강수량이라고 할지라도 건조상태보다 많은 유출을 야기시킨다. 이와 같이 토양의 초기 함수상태에 따라 침투량은 직접적으로 영향을 받기 때문에 강수로부터 발생하는 유출량을 결정하는 요인이 된다.

만약 어떤 수역에서 호우로 인한 유출량 자료가 없을 경우에는 직접유출량의 결정이 불가능하며  $\phi$ -혹은 W지표를 구할 수 없으므로 초과강수량을 결정할 수 없다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 경우에 유역의 토질특성과 식생피복상태 등에 대한 세세한 자료만으로서 총 수량으로부터 초과강수량을 산정할 수 있는 방법을 미국토양보존국(U.S Soil conservation service, SCS)이 개발하였으며 미계획 유역의 초과강수량(혹은 유효수량)의 산정에 널리 사용되고 있다.

### 6-1-3. 함양량 분석

지하수함양량은 부존지역면적과 연평균강우량, 지하수함양율의 곱으로 표현되므로 지하수함양량=지구면적( $\text{m}^2$ )×연평균강우량(m)×지하수함양율(한정상,1998)  
 $=785,929,485\text{m}^2 \times 1363.4\text{mm} \times 18\% = 192,876,527\text{m}^3$ 이다.

## 6-2. 지하수 부존량 및 개발 가능량

### 6-2-1. 지하수 부존량

지하수 부존량이란 대상 지역의 지하 지층 공극 내에 저류된 물의 총 포장량을 의미하나 부존자원의 이용 측면에서 볼 때 포장량 중 산출 가능량만을 부존량으로 평가함이 타당하다. 지하수 포장량은 지층 중에 포화되어 있는 물의 총량으로 지층의 총 체적에 공극율을 곱하여 구할 수 있으며, 산출가능포장량은 공극 안에서 유동할 수 있는 수량을 말하므로 지층의 체적에 유효공극율을 곱하여 추정할 수 있다. 표 6-1에서 제시한 우리나라의 지하수 부존량은 지하수 부존 심도와 암질별 유효공극율에 따라서 결정된 것임을 알 수 있고, 지하수 총포장량의 40%를 산출가능 포장량으로, 산출가능포장량의 20%를 가용포장량으로 추정하고 있으나, 총체적인 이용가능 범위를 추정하였기 때문에 실제 개발가능량 분석시는 기술, 경제적 문제를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

< 표 6-1 > 한국의 지하수 부존량(농진공,1991)

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

< 표 6-2 > 화순군 지하수 부존량 추정

지질별	분포면적 (km <sup>2</sup> )	지하수부존심도 (m)	유효공극율 (%)	지하수부존량 (백만톤)	비 고
계	866			749	
암반	변성암류	430	100	0.5	215
	화성암류	161	100	2.0	322
	퇴적암류	195	100	0.5	98
충적층	80	10	14.2	114	

화순지역의 지하수 부존량은 이번 화순지역 기설관정조사에서 분석된 공당 평균심도(94.8m)와 현재 전남도내에서 이루어지고 있는 통상 개발심도(100~150m)를 고려하여 부존심도를 100m로 추정하고 유효공극율은 표 6-1에서 제시한 값을 적용하여 계산하였다.

### 6-2-2. 지하수 개발 가능량

지하수 개발가능량은 수문순환계가 파괴되지 않고 지하수 장애를 일으키지 않는 범위내에서 지속적으로 대수층으로부터 양수할 수 있는 지하수량에 해당하며, 유역 또는 각 지방자치단체의 용수수급계획 수립시 지표로 활용될 수 있다. 여기서 수문순환계의 파괴란 물이 강수, 지표수, 증발산 등의 형태로 끊임없이 자연계에서 순환하는 체계가 파괴되는 것으로, 예를 들면 지하수 부존량의 점진적 감소, 지반침하, 대수층 파괴, 지하수오염, 염수침입등과 같이 정상적으로 지하수를 개발 이용하지 못하게 되는 현상을 의미한다. 본 지구에 대하여는 지하수함양량 추정 산출에 의해 연간 지하수개발가능량을 추정코자한다. 지하수 함양량 추정을 위하여는 유역 유출량 조사를 바탕으로 물수지 분석이 선행되어야 하나, 본 조사에서 적용한 평균지하수함양율(18%) 외에 조사지역의 충적층 및 암반층의 평균 공극률을 이용하여 지하수 함양량을 산출하는 방법도 있으나 본 조사에서는 지하수 적정개발가능량을 현실적인 경제적 지하수 이용가능량을 감안하여 진술한 지하수함양량의 안정채수율(70%)을 고려하여 계산하였다.

< 표 6-3 > 한국의 지하수개발 가능량 추정

연구자 또는 기관	개발가능량 (억톤)	연강우량에 대한비율(%)	추 정 방 법	사 용 용 어
선우중호(1992)	100~150	7.9~11.8	Cheremissionoff(1988)의 기준 물수지분석	적정개발가능량
한정상(1995) 이천복(1994)	228	18	물수지방법(건설부통계편람)	지하수 함양량
최병수(1992)	143	11.3	함양량의 70%적용	경제적 지하수 이용가능량
한국수자원공사 (1993)	136.3	10.6	지하수 저장량의 변화량은 순환량에 해당된다는 물수지법 적용	적정개발가능량
건설교통부(1994)	137.8	10.7	기저유출 분석방법 (안정율 70% 적용)	적정개발가능량
건설교통부(1995)	132.7	10.3	기저유출 분석방법 (안정율 70% 적용)	적정개발가능량
이동률(1995)	64.8	7.8	지하수 감수곡선 이용, 갈수기의 지하수 유출량 고려	지하수함양량

$$\begin{aligned} \text{연간지하수적정개발량} &= \text{지하수함양량(m}^3\text{)} \times \text{안정채수율(최병수, 1992)} \\ &= 192,876,527\text{m}^3 \times 70\% = 135,013,568\text{m}^3 \text{ 이다} \end{aligned}$$

특히, 잠재오염원에 의한 수질오염 예상지역은 특별히 관리되어야 한다. 이번 조사에서 수질 기초자료 분석과 현지 현황특성 등을 감안하여 적정 수질기준을 초과하는 일부 지역에 대하여는 지하수개발량 결정에 신중을 기해야 한다.

### 6-2-3. 지하수 개발 예정 위치 선정

관정개발을 위하여는 위치 선정이 중요한데 이를 구분하면 충적층과 암반층 대상으로 구분할 수 있다. 충적층이란 암석이 풍화, 운반 및 퇴적된 미고결 퇴적물로서 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에서는 충적층 대형관정이 조사되지 않았으나 실제로 생활용수 및 농업용수용 소형관정으로 다수의 관정이 개발·이용되고 있으며, 대체로 개발심도가 낮고 오염 방지 시설이 미비하여 많은 관정에서의 오염 진행 가능성이 높은 실정으로 향후 충적관정에 의한 지하수 개발 사용은 양적·질적인 차원에서 많은 제한이 있을 것으로 판단된다.

조사 지역내 암반층 지하수는 이번 조사에서 428개공(농업용수:305공, 생활용수:123공)이 조사되었으며 대체로 수질오염 방지시설 등이 설치되었거나, 행정기관에서 계획적인 개발을 통하여 이용되고 있어 향후 지하수개발방향을 제시하고 있다. 조사 지구 내에서는 다양한 암석이 분포하여 암석 경계나 파쇄대 발달 지역에서 암반 지하수의 부존을 기대할 수 있으며, 암석별로는 화강암과 편마암 분포지역에 지하수 부존이 기대된다.

## 7. 지하수자원 개발계획

### 7-1. 용도별 소요수량

본 지구는 농어촌지역으로 화순읍, 한천면, 능주면, 도곡면, 동북면, 남면, 동면을 제외한 6개 면이 상수도 보급이 아직 이루어지지 않고 있으며, 현재의 상수원 보급 형태는 암반관정을 이용한 간이 상수도 시설과 마을 공동으로 계곡 하천수를 이용한 지표수 개발과 자가소형관정을 이용한 방법이 대부분이므로, 향후 안정적인 생활용수 공급방안이 필요한 실정이다.

< 표 7-1 > 화순지역 생활용수 소요수량

읍면별	가구수 (세대)	인구수	총수요량 (m <sup>3</sup> /일)	기공급량 (m <sup>3</sup> /일)	소요수량 (m <sup>3</sup> /일)	소요 관정수	비 고
계	24,955	76,326	31,822	15,943	15,879	108	
화순	10,772	37,605	15,681	11,359	4,320	29	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1인당 상수원 급수량 = 417 ℓ/일</li> <li>● 생활용수관정 양수량 = 150m<sup>3</sup>/일</li> </ul>
한천	925	2,461	1,026	447	579	4	
춘양	1,189	3,092	1,289	-	1,289	9	
청풍	750	1,999	833	-	833	6	
이양	1,304	3,345	1,394	-	1,394	9	
능주	1,684	5,254	2,190	1,183	1,007	7	
도곡	1,436	3,723	1,552	157	1,552	10	
도암	904	2,432	1,014	-	1,014	7	
이서	512	1,301	542	-	542	4	
북	1,054	2,765	1,153	-	1,153	8	
동북	1,107	2,919	1,217	197	1,020	7	
남	1,345	3,824	1,594	444	1,150	7	
동	1,973	5,606	2,337	2,156	181	1	

\* 자료: 급수사용량('98 화순통계연보)

'98년 현재 화순군 생활용수 1인 급수량을 417 ℓ/인을 적용할 경우 추가소요수량이 15,879m<sup>3</sup>/일 정도며, 전소요량을 지하수로 충당할시 소요관정수는 약 108개 공으로 산출된다.

농업용수는 현재 답과 전을 대상으로 지표수와 지하수가 공급되고 있으며, 전체 농지면적의 60% 이상을 차지하는 밭에 대한 용수공급이 크게 부진한 양상을 보인다. 향후 밭작물의 충분한 용수공급 방안이 강구되어야 할 것으로 판단되며, 농업용수 소요수량의 50%를 추가용수 개발목표로 설정하였다.

추가소요관정수는 소요수량중 지하수의 농업용수 공급율(지표수:지하수=66:34)을 감안하여 추정하였으며, 지하수 기공급량은 중·대형관정(428공\*평균양수량(171m<sup>3</sup>/일) 및 소형관정(1,367공\*평균양수량(32m<sup>3</sup>/일)의 합계로 산출하였다. 기타 용수에 대한 소요량 판단은 충분한 자료획득·분석이 미흡하고 그 양이 과소하여 이번 조사에서는 제외하였다.

< 표 7-2 > 화순지역 농업용수 소요수량

읍면별	농지면적 (ha)	총 소요수량 (m <sup>3</sup> /일)	기공급량 (m <sup>3</sup> /일)		소요수량 (m <sup>3</sup> /일)	소요 관정수	비 고
			지표수	지하수			
계	13,281	849,984	201,984	103,236	545,764	618	
화순	1,607	102,848					<ul style="list-style-type: none"> <li>● 농지면적 = 전+답</li> <li>● 농업용수 단위면적용수량 = 64m<sup>3</sup>/ha/일</li> <li>● 농업용관정 평균양수량 =150m<sup>3</sup></li> </ul>
한천	644	41,216					
춘양	1,072	68,608					
청풍	874	55,936					
이양	1,308	83,712					
능주	770	49,280					
도곡	1,021	65,344					
도암	946	60,544					
이서	679	43,456					
북	1,224	78,336					
동북	867	55,488					
남	1,118	71,552					
동	1,151	73,728					

\* 자료 : 화순군청 건설과, 화순농지개발조합

## 7-2. 지하수 개발계획

농어촌지역에서도 지표수 및 지하수 오염이 이루어지면서 생활용수 공급은 암반관정을 이용한 형태로 이루어지고 있다. 본 조사지역에서 광역상수도 보급율은 약 51%(화순군통계연보: 1998)정도이고, 장기적 광역상수도 공급계획이 없을 경우 그 대안으로 암반관정 개발이 요구되고 있으며, 농업용수 공급 또한 향후 막대한 발작물 재배면적에 대한 용수공급방안이 수립되어야 한다. 이를 위하여는 생활용수 공급용 암반관정의 이용량을 공당 150m<sup>3</sup>/일로 볼 경우 108공, 농업용수 공급용 암반관정의 이용량을 공당 150m<sup>3</sup>/일로 계산하면 618공이 필요하다. 공당 사업비를 생활용수는 170백만원, 농업용수는 40백만원으로 계산할 경우 연차별 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다

< 표 7-3 > 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비

구 분		계	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년 이후	비 고
계	공수	726	25	25	25	25	25	591	
	사업비 (백만원)	43,080	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	34,830	
생활용수 (공)		108	5	5	5	5	5	83	
사업비 (백만원)		18,360	850	850	850	850	850	14,110	
농업용수 (공)		618	20	20	20	20	20	518	
사업비 (백만원)		24,720	800	800	800	800	800	20,720	



## 8. 지하수 보전 관리

### 8-1. 지하수 환경재해

지하수는 지표수와 같이 수문순환과정에 의해 보충되는 자원이지만 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 훼손시키면 여러 형태의 장애가 발생하게 된다. 일단 훼손된 지하수 대수층의 복원에는 오랜 기간과 막대한 비용이 소요되거나 전혀 복원이 불가능한 경우도 있으므로 사전에 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 보전 관리를 위한 최선의 방안이다. 그러므로 조사 지역의 항구적인 지하수 보전 관리를 위하여 필요한 사항들, 즉 지하수 환경재해 예방과 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 과잉양수가 우려되는 화순읍, 능주면, 동면 지역과 지반침하가 우려되는 인구 밀집지역인 화순읍 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 법적, 제도적 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 하수도로 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 요소로는 매립 지반의 투수 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 기술로서 위생 매립지에 적용이 가능하다. 반면, 오염수의 확산 방지 기술은 비위생 매립지에서처럼 침출수에 이미 오염된 지하수가 지표수 및 오염되지 않은 지하수계를 오염시키는 것을 방지하는 기술이다.

## 8-2. 지하수 보전구역

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 지역에서 수질이 오염되기 시작하면 대수층을 통하여 이동되는 모든 지하수는 그 자체가 오염된 상태일 것이며 이러한 오염체는 대수층 매질까지도 오염시켜 결과적으로 지역적 내지는 광역적인 지하수맥 전체가 오염되는 결과를 초래할 수 있다. 또한 오염 취약 지구를 설정하여 이들 지역을 통한 지하수 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 설치·운영의 필요성과 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다. 지하수 정보의 전산화는 방대한 양의 자료를 간편하고 빠르게 처리할 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, 자료 탐색 및 자료의 공간분석등을 통한 지하수의 효율적인 관리에는 지하수 개발공, 지하수 수질, 수리지질조사, 오염원 같은 D/B와 지리정보시스템(GIS)의 연계를 통한 지하수정보관리시스템의 구축이 필요하다.

## 9. 결 론

1. 본 조사지역은 전라남도의 남부에 위치하며, 행정구역상 1개읍, 12개면이 포함되며, 조사면적 총 786.24km<sup>2</sup>에 대하여 광역수맥지질조사를 실시하였다.
2. 조사지역의 동측은 대부분 500m이상의 고봉들이 산맥을 이루고 서측은 비교적 낮은산들로 연결되어 나주시와 접하며, 남쪽으로 갈수록 산계가 발달하며 장흥군, 보성군과 접한다. 하계는 영산강 지류인 지식천과 화순강 지류인 동복천이 주하천이다. 화순지역의 지질은 주로 변성암류, 화성암류 및 화산암류, 퇴적암류로 구성되어 있으며, 변성암류는 화강암질편마암과 편암, 화성암류는 미분상화강암, 화강섬록암, 맥암류, 반암류등이며, 화산암류는 용암류, 그리고 퇴적암류는 천운산층, 우산리층, 설옥리층, 용암리층 등이 있다.
3. 조사지역 대수층의 수리적 성질을 파악하기 위하여 지역내에 분포하는 15개의 암반관정에 대하여 양수시험을 시행하였고, Theis의 비평형방정식을 적용하여 산출한 조사지역의 지역의 평균투수량계수는 9.88m<sup>3</sup>/d, 평균자연수위는 5.55m, 평균안정수위는 35.49m, 평균양수량은 260m<sup>3</sup>/d이다.
4. 금번 조사에 이용된 원격탐사에서는 ERDAS IMAGINE v.8.3.1 program을 이용하여 분석·추출된 구조선 자료를 이용하였으며 물리탐사의 예비자료로 활용하였다. 전기탐사에서는 조사지역에 대해 쌍극자배열법을 이용하여 17개 축선을 탐사하였다. 자연수위 조사결과, 142개소에서 측정한 평균자연수위는 7.07m로 조사되었다. 금번에 화순지역에서 조사된 기설관정은 총 428개로 모든 관정이 암반관정이며, 용도별로 구분하면 농업용수가 305개(71%)로 주류를 이루며, 생활용수는 123개(12%)로 나타나고 있다.
5. 화순지역의 지하수 수질분석을 위하여 60개소의 지하수관정에 대한 현장 간이수질검사(수소이온농도(pH, 전기전도도(EC), 수온)와 지하수 주요이온성분 분석(8항목), 그리고 먹는물 수질기준에 의한 수질검사(44개항목)를 실시하였다.

간이수질검사 결과, pH범위는 5.98~8.58, 평균전기전도도(EC)는  $198 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 수온은  $10.5^{\circ}\text{C} \sim 18.3^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 주요이온 분석결과, Piper trilinear diagram으로 도시하여 보면 전반적으로 기반암질 종류와 지역에 관계없이  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 이온이 우세한 중탄산경도(Bicarbonate-Hardness)형에 속한다. 먹는물 수질기준 검사결과, 검사시료 60개중 대장균군이 8개소에서 양성판정을 받아 생활오수 등에 의한 오염진행이 예상되며 질산성질소의 경우 먹는물 수질기준인  $10\text{mg}/\ell$  이상으로 나타나는 곳이 3개소로 나타났다. 특히 심미적영향물질에 관한기준에 속하는 아연이 모든 검사시료에서 검출되었으나, 먹는물수질기준치를 초과한 판정은 1개소뿐이고, 알루미늄은 3개소에서 먹는물 수질기준( $0.2\text{mg}/\ell$ )를 초과하였으며, 이는 특수한 지역적 배경지질에 기인한 것으로 판단된다.

6. 지하수 자원의 효율적 개발이용과 합리적인 보존관리를 위하여 물수지 분석을 실시하였으며, 분석결과 조사지역의 지하수 부존량(포장량 중 산출가능량)은 749백만톤, 지하수함양량은 192백만톤, 연간 지하수 적정개발량은 135백만톤으로 계산되었다. 특히 잠재오염원에 의한 수질오염 예상지역은 특별히 관리되어야 할 것으로 판단된다.

7. 조사지역의 생활용수 및 농업용수의 소요수량 판단결과 생활용수 총수요량은  $31,822\text{m}^3/\text{일}$ , 기공급량은  $15,943\text{m}^3/\text{일}$ , 추가소요수량은  $15,879\text{m}^3/\text{일}$ 으로 전소요량을 지하수로 충당할 시 추가소요관정수는 108공이며, 총농지면적(전+답)에 대한 농업용수 총수요량은  $849,984\text{m}^3/\text{일}$ , 기공급량은  $304,220\text{m}^3/\text{일}$ , 추가소요수량은  $545,764\text{m}^3/\text{일}$ 으로 판단되며, 추가소요수량이 답작용인 점을 감안하여 개발율을 50%로 할 경우 추가소요관정수는 618공으로 분석된다.

8. 지하수는 수문순환과정에 의해 보충되는 자원이지만 결코 무궁한 자원은 아니며 특히, 일단 오염이 진행되면 원상태로 복원하는데 막대한 기간과 비용이 소요되거나 복원이 불가능한 경우도 있으므로, 지하수시설물 관리, 지하수관측망 설치 운영, 지하수정보관리시스템 구축 등을 통하여 지하수의 수질 및 수량 측면에서의 총체적인 보전·관리에 최선을 다해야 할 것이다.

## 10. 참고문헌

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

- of Geology, v. 68, p.243-284.
- Berner, E. K., Berner, R. A., 1987, The global water cycle : geochemistry and environment, Prentice-Hall, Inc, 397p.
- Brookins, D. G., 1988, Eh-pH diagrams for geochemistry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 176p.
- Cloke, P. L., 1966, The geochemical application of Eh-pH diagrams, Journal of Geological Education, No.4, p. 140-148.
- Faure, G., 1991, principles and applications of inorganic geochemistry, Macmillan Publishing company, 626p.
- Frape, S. K., Fritz, P., 1987, Geochemical trends for groundwaters from the Canadian Shield, In; Edited(Fritz, P., Frape, S.k.) saline water and gases in crystalline, Geological Association of Canada Special Paper 33, 259p.
- Freeze, R. A. and Cherry, J. A., 1979, Groundwater, Prentice-Hall Inc., 604p.
- Garrels, R. M. and Christ, C., 1965, Solutions, Minerals and Equilibria, Jones and Bartlett Publisher, 449p.
- Gorrel, H. A., 1953, Classification of formation waters based on sodium chloride content, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 42, p. 2513.
- Hem, J., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, U. S Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263p.
- Hem, J. D., 1959, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper 1473, p. 38-41.
- Hounslow, A. W., 1995, Water quality data : analysis and interpretation, CRC Press, Inc, 397p.
- Jackson, G. B., 1993, Applied water and spentwater chemistry-a laboratory

- manual-, Van Nostrand Reinhold, 688p.
- Nebitt, H. W. and Young, G. M., 1984, Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations, *Geochim Cosmochim. Acta*, 48, p. 1523-1534.
- Nordstrom, D. K., Olsson, T., 1987, Fluid inclusions as a source of dissolved salts in deep granitic groundwaters, In: Edited(Fritz, P., Frape, S. K.) saline water and gases in crystalline, Geological Association of Canada Special Paper 33, 259p.
- Nordstrom, D. K., Ball, J. W., Donahoe, R. J. and Whittemore, D., 1989, Groundwater chemistry and water-rock interaction at Stripa, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, p.1727-1740.
- Piper, A. M, 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis: American Geophysical Union, Transaction, v. 5, p. 914-923.
- Richter, B. C. and Keitler, C. W., 1993, Geochemical techniques for identifying sources of groundwater salinization, C. K. Smoley, 258p.
- Sabinds, Floyd F., Jr., 1978, Remote Sensing Principles and Interpretation, W.H. Freeman and Company, USA.
- Schwertmann, U. and Fitzpatrick, W., 1992, Iron minerals in surface environments, In (Skinner, H. C. W. and Fitzpatrick, R. W.(Editors) Biomineralization processes of iron and manganese-Modern and Ancient Environments-, Catena supplement 21, Catena-A Cooperating Journal of the International Society of Soil Science, p. 1-6.
- Snoeyink, V. L. and Jenkins, D., 1980, Water chemistry, John Wiley & Sons, 463p.



---

---

## 화순군광역수맥조사보고서

1999년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

편 집 : 농어촌진흥공사

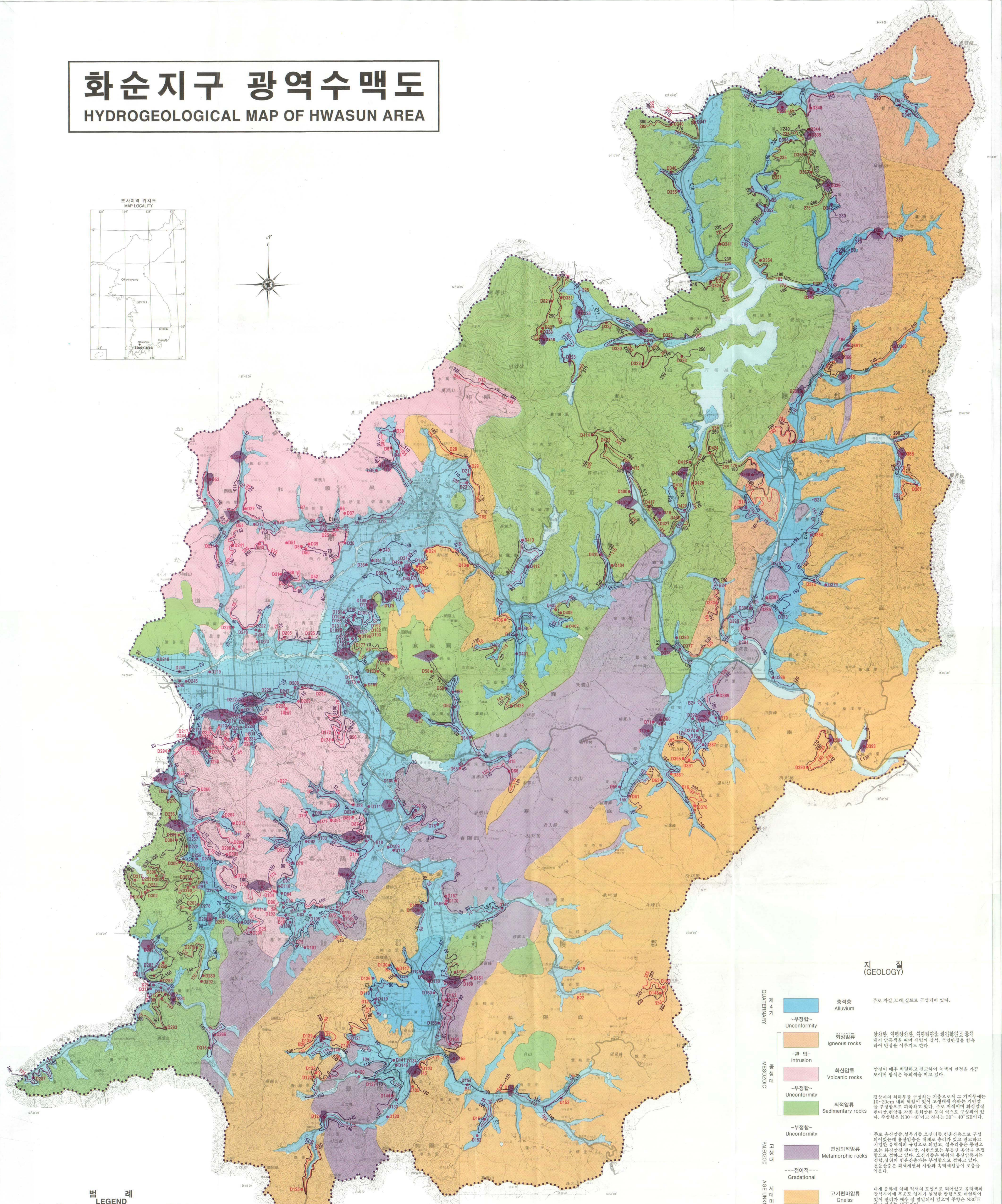
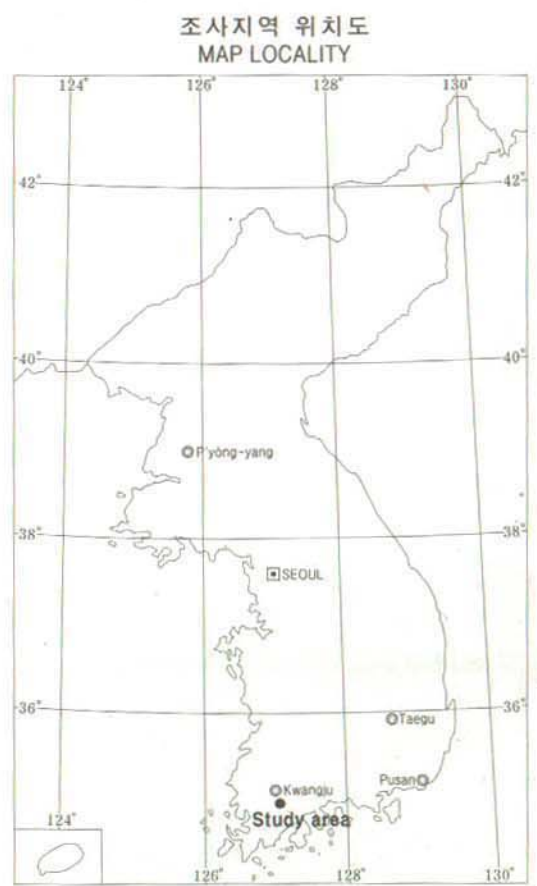
인 쇄 : 일 지 문 화 사

---

---

# 화순지구 광역수맥도

## HYDROGEOLOGICAL MAP OF Hwasun AREA

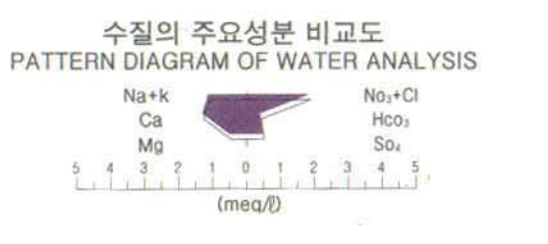
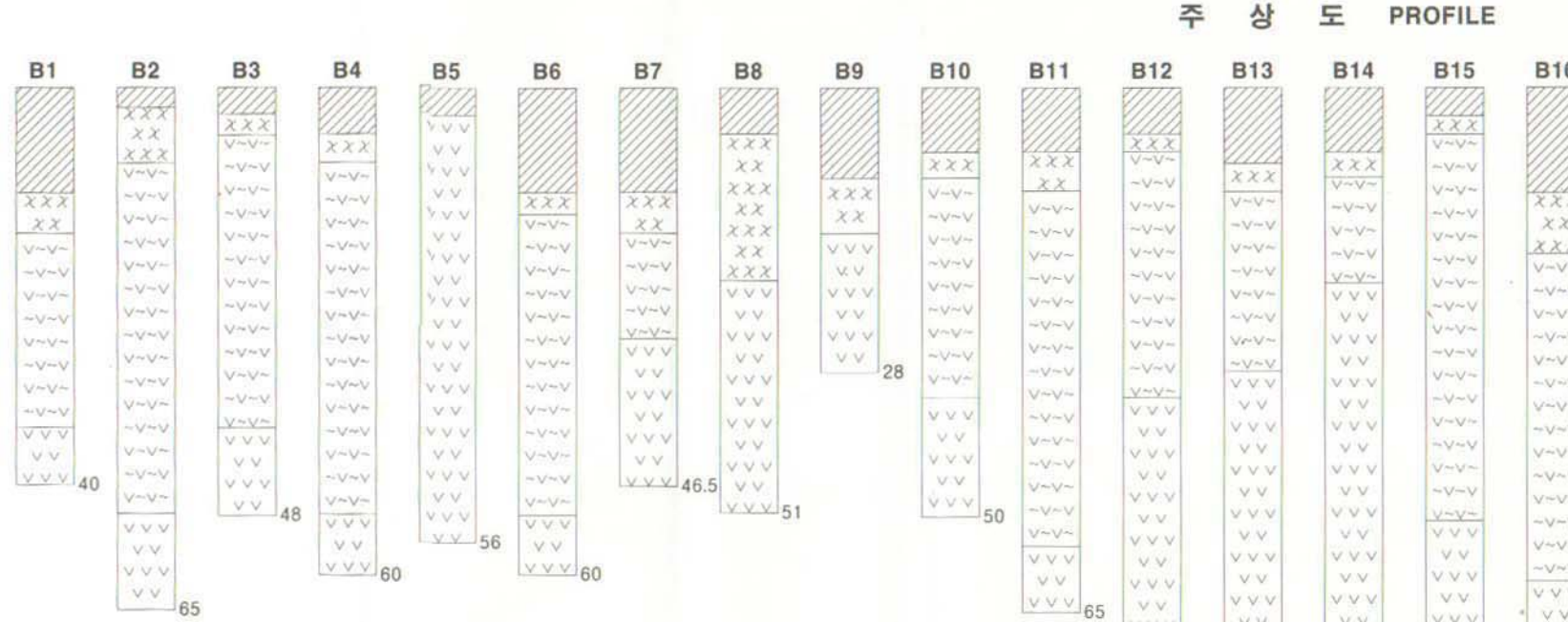


### 지질 (GEOLOGY)

QUATERNARY	충적층 Alluvium	주로 저산모래, 실트도 구성되어 있다.
	-부정합- Unconformity	
	화강암류 Igneous rocks	완전함, 절리, 단층, 절리, 단층을 포함하고 풍화대의 발달을 이차적으로 나타낸다.
	-관입- Intrusion	
MESOZOIC	화산암류 Volcanic rocks	암질이 매우 치밀하고 견고하여 녹색의 반질은 가끔 보이며 암색은 누회색을 띠고 있다.
	-부정합- Unconformity	
	퇴적암류 Sedimentary rocks	경사면의 최하부를 구성하는 지층은 그 기저에는 10~20cm 내의 역암이 있어 고생대에 속하는 기암암석을 부정합으로 퇴적하고 있다. 주로 사암이며 화강암류와 편암, 편암을 포함하며 중세로 구성되어 있다. 주향은 N30~40°이고 경사는 30~40° SE이다.
	-부정합- Unconformity	
PALEOZOIC	변성퇴적암류 Metamorphic rocks	주로 용암암, 선암, 오산리층, 현문산층으로 구성되어 있는데 용암암은 대체로 중립기라고 되고 편암은 주로 사암, 편암, 편암, 편암으로 구성되어 있다. 시멘트로는 무탄산 용암과 부정합으로 퇴적하고 있다. 오산리층은 편암, 편암, 편암, 편암으로 구성되어 있다. 현문산층은 최상부의 사암과 육색제암류가 포함된다.
	점진적- Gradational	
UNKNOWN	고기편마암류 Gneiss	대체 풍화에 의해 지층의 모암으로 되어있고 용암암류와 편암이 매우 잘 발달되어 있으며 주향은 N30° E이고 경사는 40°이다.

### 범례 (LEGEND)

지하수 GROUNDWATER	지하수 위치도 Contours of groundwater table	지하수 유동방향 Direction of groundwater flow	암반경도 (° <math>C_{dia}</math> <math><14^\circ</math>)	ROCK WELLS	지질구조 GEOLOGIC STRUCTURE
	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	단층 Fault
	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	기암단층 Intruded Fault
	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	지질경계선 Geologic Boundary
	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	층리의 준향과 경사 Strike and Dip of Bedding
	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	지질조사구획 Geological Survey Line
	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	ROCK WELLS	조사구경 Boundary of Study Area



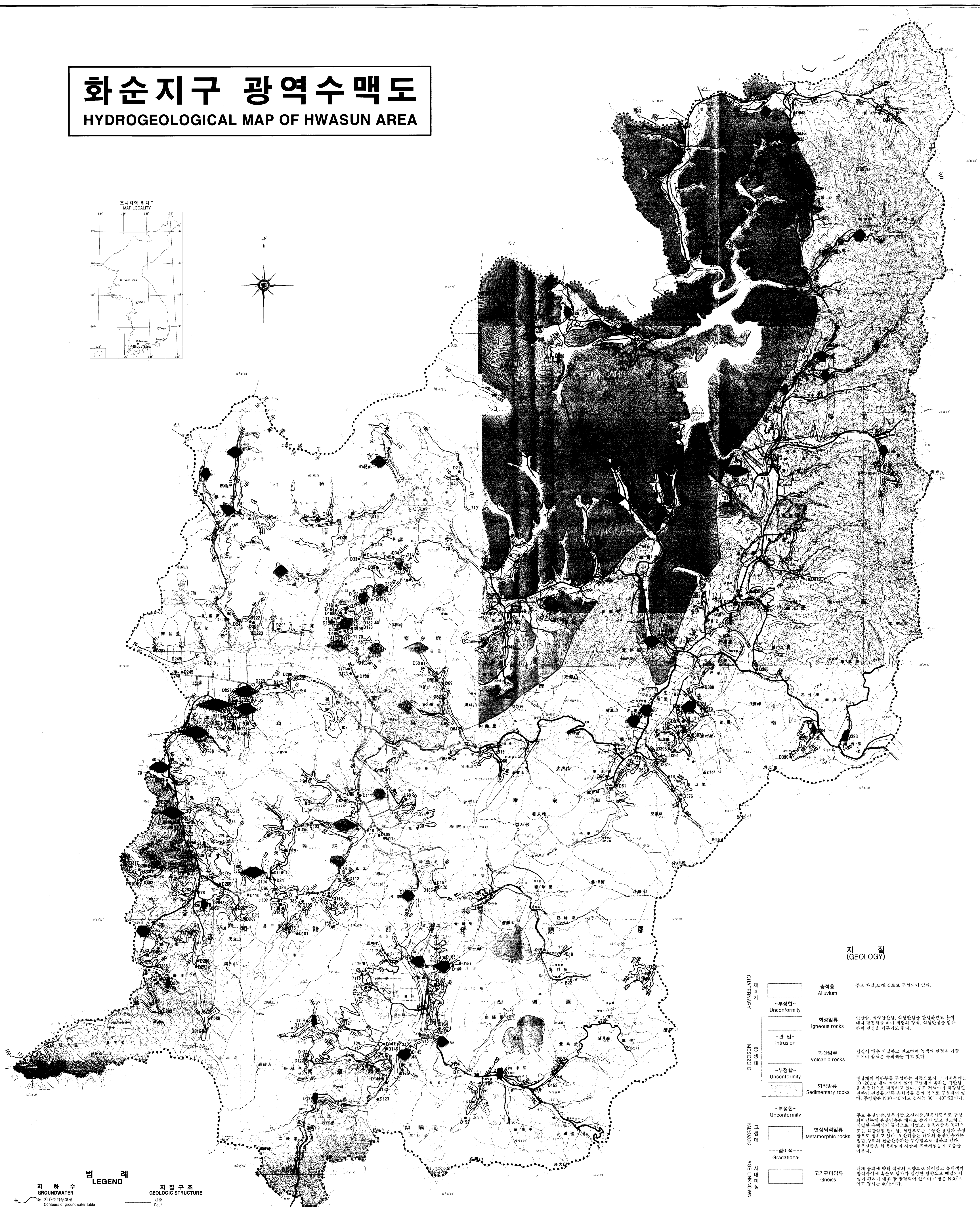
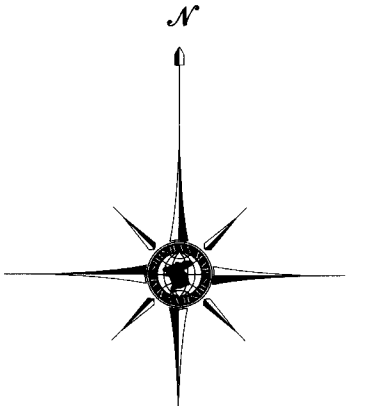
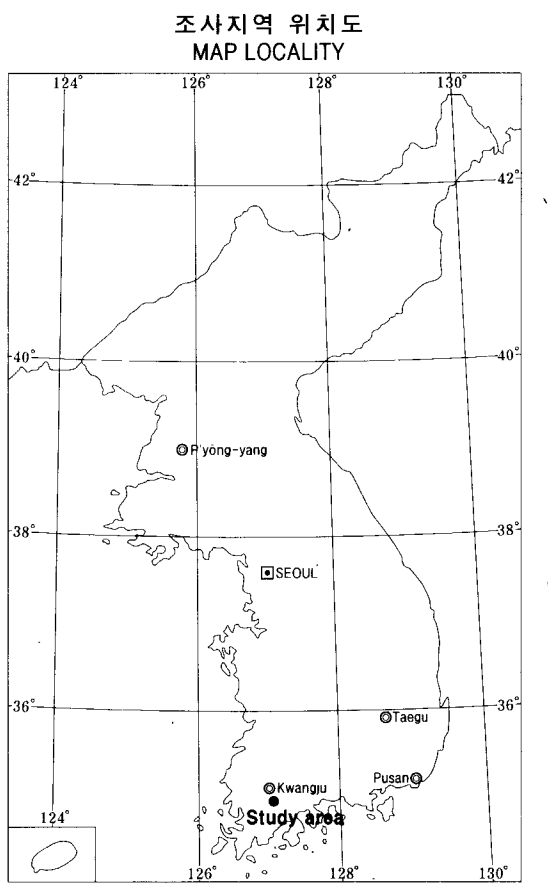
1 : 50,000

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

발행 : 농림부·농업 기판공사

# 화순지구 광역수맥도

## HYDROGEOLOGICAL MAP OF Hwasun AREA

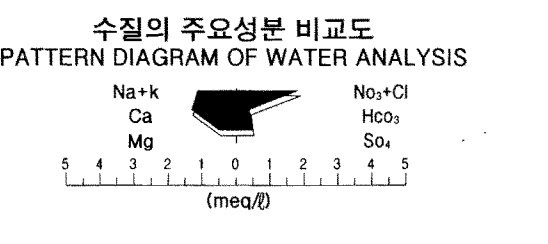


### 지질 (GEOLOGY)

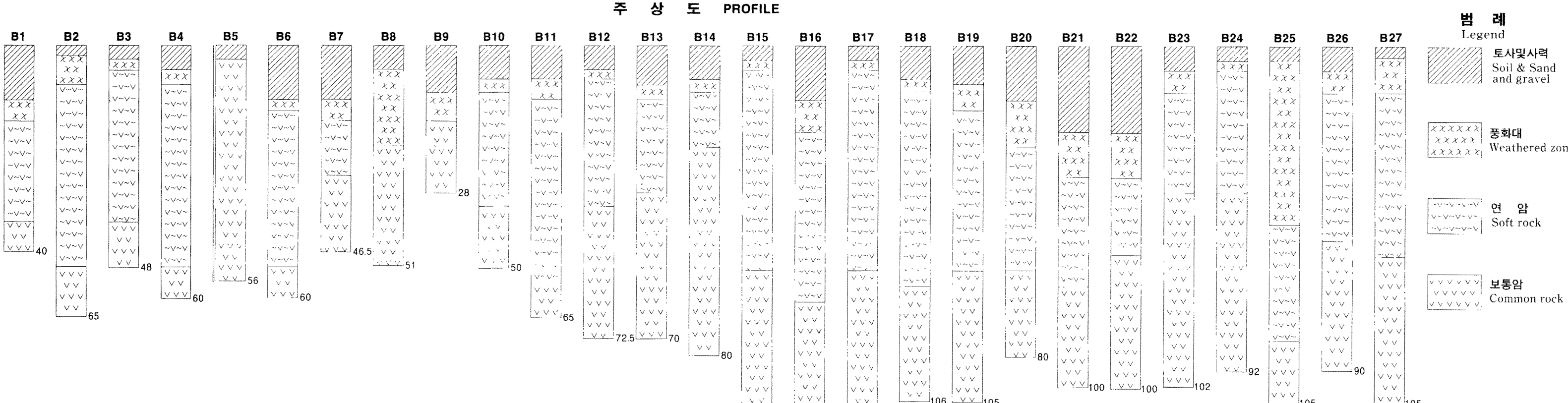
QUATERNARY	충적층 Alluvium	주로 자갈, 모래, 실트로 구성되어 있다.
	~부정합~ Unconformity	
MESOZOIC	화성암류 Igneous rocks	안산암, 석영안산암, 석방암을 포함하고 홍색 내지 갈색을 띠며 세립의 알기. 석방암을 함유하여 반강을 이루기도 한다.
	~관입~ Intrusion	
PALEOZOIC	화산암류 Volcanic rocks	암질이 매우 치밀하고 견고하여 녹색의 반강을 가끔 보이며 암색은 흑회색을 띠고 있다.
	~부정합~ Unconformity	
PALEOGENE	퇴적암류 Sedimentary rocks	경상계의 최하부를 구성하는 지층으로서 그 기저부에는 10~20cm 내의 역암이 있어 고령대 역하는 기반암을 부정합으로 괴화하고 있다. 주로 적색의 화강암질 편마암, 편암류, 각종 용암암류 등의 역으로 구성되어 있다. 주상향은 N30~40°이고 경사는 30~40° SE이다.
	~부정합~ Unconformity	
TERTIARY	변성퇴적암류 Metamorphic rocks	주로 운산암, 철록암, 호산리층, 연운산층으로 구성되어 있는데 운산암층은 대체로 슬기하고 견고하고 치밀한 유백색의 규암으로 되어있고, 철록암은 중립 또는 화강암질 편마암, 세립 또는 중립암류와 부정합으로 접합되고 있다. 운산암층은 화강암 용암암류와는 정합, 상위의 편암층과는 부정합으로 접합되고 있다. 철록암층은 최상부의 사암과 흑색세립암이 호층을 이룬다.
	---점이적--- Gradational	
AGE UNKNOWN	고기편마암류 Gneiss	대개 등회색 아래 적색이 도약으로 되어있고 유백색의 정석사이에 흑운모 입자가 밀집한 방향으로 배열되어 있어 편리가 매우 잘 발달되어 있으며 주상향은 N30° E이고 경사는 40° E이다.

### 범례

지하수 GROUNDWATER	지질구조 GEOLOGIC STRUCTURE
지하수위등고선 Contours of groundwater table	단층 Fault
지하수 유동방향 Direction of groundwater flow	간섭단층 Interrupted Fault
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	지질경계선 Geologic Boundary
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	중립의 수향과 경사 Strike and Dip of Bedding
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	영리의 수향과 경사 Strike and Dip of Foliation
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	지질조사선 Geological Survey Line
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	---점이적--- Gradational
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	---점이적--- Gradational
● D1 ● CSI ● B1 ● B2	---점이적--- Gradational



1 : 50,000



1. 대한민국지질조사원 2000-87호 (2000년 4월 11일)  
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000지형도를 바탕으로 편집 제작한 것이다.

발행 : 농림부·농업 기반공사