

보성군광역수맥조사보고서

1999

농림부
농어촌진흥공사

목 차

1. 서 연	5
1-1. 조사목적	7
1-2. 조사내용	7
2. 조사지역개요	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
3. 수문지질조사	22
3-1. 지형 및 지질	22
3-1-1. 지 형	22
3-1-2. 지 질	24
3-2. 물리탐사	30
3-2-1. 원격탐사	30
3-2-2. 전기비저항 탐사	33
3-3. 양수시험	57
3-3-1. 시설관정 양수시험	57
3-4. 대수층 특성	59
4. 시설관정 이용실태조사	60
4-1. 시설관정 현황조사	60
4-1-1. 시설별, 용도별 이용현황	60

4-2. 시설관정 지하수위 조사	66
5. 수질 및 잠재오염원 조사	69
5-1. 현장 간이수질 검사	73
5-2. 주요 이온 분석결과	75
5-3. 먹는물기준 수질검사 결과	83
5-4. 잠재오염원 조사	94
6. 지하수자원의 부존성 평가	97
6-1. 물수지분석	97
6-1-1. 강 수 량	98
6-1-2. 유출분석	98
6-1-3. 함양량분석	99
6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량	100
6-2-1. 지하수 부존량	100
6-2-2. 지하수개발 가능량	101
6-2-3. 지하수 개발 예정위치 선정	103
7. 지하수자원 개발 계획	104
7-1. 용도별 소요수량	104
7-2. 지하수 개발 계획	106
8. 지하수 보전관리	107
8-1. 지하수 환경재해	107
8-2. 지하수 보전구역	109
9. 결 론	110
10. 참고문헌	112

표 목 차

〈표. 1-1〉 조사실적	8
〈표. 2-1〉 토지이용현황(1997)	10
〈표. 2-2〉 주요산업별 사업체수 및 종사자수(1997)	12
〈표. 2-3〉 최근 26년간 평균기온 분포(℃)	14
〈표. 2-4〉 최근26년간 강수량 분포(mm)	17
〈표. 2-5〉 연도별 증발산량 분포(순천)	20
〈표. 2-6〉 연도별 월별 증발량 분포(순천)	20
〈표. 3-1〉 보성지역의 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	67
〈표. 5-1〉 현장 간이수질 검사 결과	71
〈표. 5-2〉 주요이온성분 수질분석 결과	78
〈표. 5-3〉 수질검사 기준	87
〈표. 5-4〉 먹는물 기준 수질검사 결과	88
〈표. 5-5〉 오염원의 종류	94
〈표. 5-6〉 O.T.A 잠재오염원 분류	95
〈표. 5-7〉 보성지역 잠재오염원 현황	96
〈표. 6-1〉 한국의 지하수부존량(농진공,1991)	100
〈표. 6-2〉 보성군 지하수부존량 추정	101
〈표. 6-3〉 한국의 지하수개발가능량 추정	102
〈표. 7-1〉 보성지역 생활용수 소요수량	104
〈표. 7-2〉 보성지역 농업용수 소요수량	105
〈표. 7-3〉 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비	106

그 림 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〉 보성지역의 수계망도	23
〈그림. 3- 2〉 보성지역의 지질도	25
〈그림. 3- 3〉 보성지구 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	70
〈그림. 5- 2〉 지하수 전기전도도 등치선도	74
〈그림. 5- 3〉 암질별 구분에 의한 piper diagram	80
〈그림. 5- 4〉 지역별 구분에 의한 piper diagram	81
〈그림. 5- 5〉 지하수 염소이온 등치선도	82
〈그림. 5- 6〉 지하수 질산성 질소 등치선도	86
〈그림. 6- 1〉 우리나라 수자원 현황도(1996년 현재 건교부)	98

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 한 국지적인 정밀 수리지질조사와는 달리 넓은 지역의 일반적인 수문지질특성을 파악하기 위해 실시되며, 지하수 자원의 종합적인 이용 및 보존차원에서 필요한 지하수 조사이다.

우리나라 년평균 강우량은 1,100~1,200mm로서 세계 평균 강우량 730mm에 비하여 많은 편이나 강우의 60~70%가 하절기에 집중되고 하천의 구배가 급하여 대부분이 유출되므로 하천수의 이용률이 낮을뿐 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.

이번의 광역수문지질조사는 지하수자원의 효율적인 개발과 보존을 위해 새로이 개정된 지하수법의 취지를 살려 전라남도 보성군 일대(축적 1 : 50,000 복내, 순천, 장흥, 회천의 일부) 2개읍(보성, 벌교), 10개면(문덕, 복내, 울어, 곽백, 미력, 노동, 조성, 득량, 웅치, 회천) 66,313ha를 선정하여 지표지질조사, 물리탐사, 양수 시험, 수질검사 등을 실시하고 이들 자료와 과거 조사구역 내에 국지적으로 시행한 수맥조사와 지하수 개발 자료를 취합, 정리하고 인공위성을 이용한 원격탐사 자료(ERDAS)를 이용하여 보성지역 광역수문지질도를 작성하였다. 조사항목이 많고 넓은 반면 한정된 인력, 장비로 단기간에 실시한 조사이므로 미흡한 부분이 있으나 지역내 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, 보성군 관계관들에게 깊은 감사를 드린다.

여 백

1-1. 조사목적

농촌지역 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해상습지를 대상으로 분산적이고 국지적으로 시행하여온 수맥조사사업을 발전시켜 전국토를 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 : 보 성 지 구
- 나. 위 치 : 전라남도 보성군 일원(2개읍, 10개면)
- 다. 조사면적 : 663.131 km²
- 라. 조사기간 : 1998. . ~1999.
- 마. 조 사 자 :

소 속	직 종	직 급	성 명	조사 업무 내용
전남지사	지질	2급	이 철	조사 업무 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, 기설관정 조사, 물리탐사, 수질검사등이다.

< 표 1-1 > 조사 실적

조사 항목	조사 량	비 고
답사 및 지표지질조사	66,313ha	
기설관정 조사		
-이용현황 조사	142공	
-지하수위 관측	142공	
-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 2개읍, 10개 면으로 보성읍, 벌교읍, 문덕면, 복내면, 울어면, 노동면, 미력면, 곁백면, 조성면, 득량면, 응치면, 회천면으로 구성되어있다. 면적은 663.131km²로 서쪽으로 장흥군, 동쪽으로 순천시, 북쪽으로 화순군과 접하고 있으며, 남쪽으로는 고흥군과 득량만에 접한다. 대체로 소백산맥의 말미에 해당하는 산계가 북으로부터 남으로 연장되며 경사가 급하고 평지가 적으며 하천은 유역이 단소하나, 주하천인 보성강은 응치면 봉산리에서 발원하여 8개 읍면을 거쳐 섬진강에 합류하며 이 지역 농업의 근원이 된다.

지리적 위치로는 동경 126° 58' ~ 127° 29' , 북위 34° 38' ~ 34° 59' 의 범위에 해당된다. 교통망은 보성에서 화순과 이어지는 29번 국도와 순천시 송광면과 이어지는 18번 국도, 그리고 벌교에서 순천시 송광면과 연결되는 27번 국도가 남북으로 뻗어있으며, 동서방향으로는 서쪽으로 장흥, 동쪽으로 순천과 연결되는 2번 국도가 연장되어있다.

교통편은 광주광역시에서 화순읍-화순군 능주면-화순군 춘양면-보성읍을 거치는 국도를 이용하는 방법이 있으며 거리는 약70km이다. 동쪽에 위치한 순천시와는 약44km 떨어져 있으나 2번 국도가 4차선으로 포장되어 교통편은 매우 편리하다.

2-2. 토지이용 및 산업현황

2-2-1 읍·면별 토지이용 특성

보성군의 총 인구는 67,718명(22,858세대)이며, 이 중 별교읍이 21,227(31%)명으로 가장 큰 비율을 보인다. 보성군의 총 토지 면적은 663,131,684m²이며, 별교읍이 102,352,578m²(15.4%)로 가장 넓게 분포하고 득량면, 복내면, 문덕면, 회천면, 울어면, 보성읍, 겸백면, 노동면, 조성면, 웅치면, 미력면 순으로 나타난다(표 2-1).

용도별로 구분하면 임야, 전, 답이 전체 토지의 88%를 차지하고 있으며, 그 중에서 임야가 421,884,041m²로 전체토지의 64%를 차지하여 면적이 가장 넓고 전, 답이 각각 7.3%, 17.8%를 차지한다. 그 외에 과수원, 목장용지, 염전, 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 하천, 철도용지, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 묘지 및 기타가 12%를 점유하고 있다.

< 표 2-1 > 토지이용현황(1997)

(단위:m²)

구 분	계	전	답	과수원	목장용지	임야
계	663,131,684	48,153,914	117,317,202	1,201,216	1,507,513	421,884,041
보성	49,075,193	5,351,031	10,112,628	38,288	60,363	27,431,622
별교	102,352,578	9,775,972	22,111,632	227,033	202,459	58,625,949
노동	46,955,706	2,998,836	6,225,479	85,620	49,391	33,654,796
미력	30,771,304	2,232,598	6,002,140	-	77,333	18,443,462
겸백	47,254,604	3,197,144	5,725,843	40,178	167,199	33,165,509
울어	49,080,018	2,704,732	7,118,221	-	219,405	35,186,191
복내	66,883,154	3,334,732	6,496,000	64,762	197,271	49,436,112
문덕	59,328,475	2,233,415	4,116,622	-	145,325	44,574,450
조성	44,575,612	2,827,005	16,972,498	101,099	57,407	17,864,486
득량	73,899,656	4,719,520	15,904,789	571,474	74,937	44,244,431
회천	53,515,118	6,508,577	8,812,439	62,723	106,130	33,086,380
웅치	39,440,264	2,270,341	7,718,912	10,039	150,293	26,170,613

< 표 2-1 > 계속

(단위:m²)

구 분	염전	대지	도로	하천	제방	구거	기타
계	499,369	12,313,932	16,115,020	9,501,742	972,053	12,662,656	21,003,026
보성	-	1,675,843	1,566,155	821,958	120,883	1,072,098	
별교	483,234	2,398,826	2,662,590	1,601,890	186,167	1,893,589	
노동	-	566,854	1,130,036	1,048,687	49,540	787,357	
미력	-	683,761	992,664	757,023	24,442	646,604	
겸백	-	705,909	1,107,617	1,275,351	7,279	703,466	
을어	-	598,211	978,208	608,537	6,995	734,769	
북내	-	806,433	1,295,752	562,340	11,236	755,858	
문덕	-	447,797	851,404	524,730	57,748	473,052	
조성	245	1,429,574	1,368,660	249,112	175,015	1,599,969	
득량	-	1,450,822	1,692,618	1,223,803	214,050	201,655	
회천	15,890	943,912	1,667,354	269,884	70,622	1,179,725	
웅치	-	605,990	801,958	558,426	48,074	814,502	

2-2-2 읍·면별 산업현황 특성

보성군은 1997년말 현재 11,167호의 농가와 30,778명의 농가인구로 구성되며 경지면적은 16,072ha로 가구당 경지면적은 1.43ha규모를 보인다.

경작규모별로 보면 0.5ha~1.5ha규모의 농가가 전체의 50.1%를 차지하며,작물 재배 면적은 미곡 10,749ha, 맥류 2,702ha, 잡곡 425ha로 미곡생산이 주를 이룬다.

보성군의 축산업 현황을 주요 가축별 사육호수와 마리수로 구분하여 보면, 한육우 5,810농가 29,581마리, 젓소 68농가 2,841마리, 돼지 272농가 10,841마리, 닭 1,202농가 104,452마리, 산양 1,535농가 9,501마리이며 이외에도 사슴, 토끼, 개, 오리, 칠면조, 거위등 다양한 가축이 사육되고 있다.

이 지역의 임야 면적은 42,188ha로 임목지가 40,295ha, 무임목지가 1,250ha로 구성되며 침엽수림이 26,962ha로 전체의 64.8%를 차지한다.

산업별 특성을 보면 사업체 종사자중 농림어업, 광업 등 1차산업 종사자가 1,465명으로 전체의 11.4%를 차지한다(표 2-2).

< 표 2-2 > 주요 산업별 사업체수 및 종사자수(1997) (단위:개소,명)

구 분	합 계		농림어업,광업		제조업		건설업		서비스외	
	사업체	종사자	사업체	종사자	사업체	종사자	사업체	종사자	사업체	종사자
계	3,739	12,787	43	1,331	339	1254	64	230	3,293	9,972
보성	1,026	3,681	1	5	85	206	29	119	911	3351
별교	1,356	5,170	20	769	104	546	28	96	1204	3759
노동	52	142	-	-	4	8	1	2	47	132
미력	60	392	-	-	10	169	-	-	50	223
검백	57	137	-	-	7	8	-	-	50	129
울어	64	138	-	-	8	18	-	-	56	120
복내	161	335	-	-	15	22	5	9	141	304
문덕	51	142	-	-	2	2	1	4	48	136
조성	305	625	7	34	44	74	-	-	254	517
득량	357	1030	5	133	40	149	-	-	312	748
회천	184	837	10	390	11	38	-	-	163	409
웅치	66	158	-	-	9	14	-	-	57	144

2-3. 수문기상

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

본 조사지역인 보성군에 대한 수문기상자료는 우리 공사 기술정보방의 수문기상정보 자료에서 최근 26년간 순천측후소의 측정 자료와 보성군에서 발행한 보성통계연보(1998) 자료를 참조하였다.

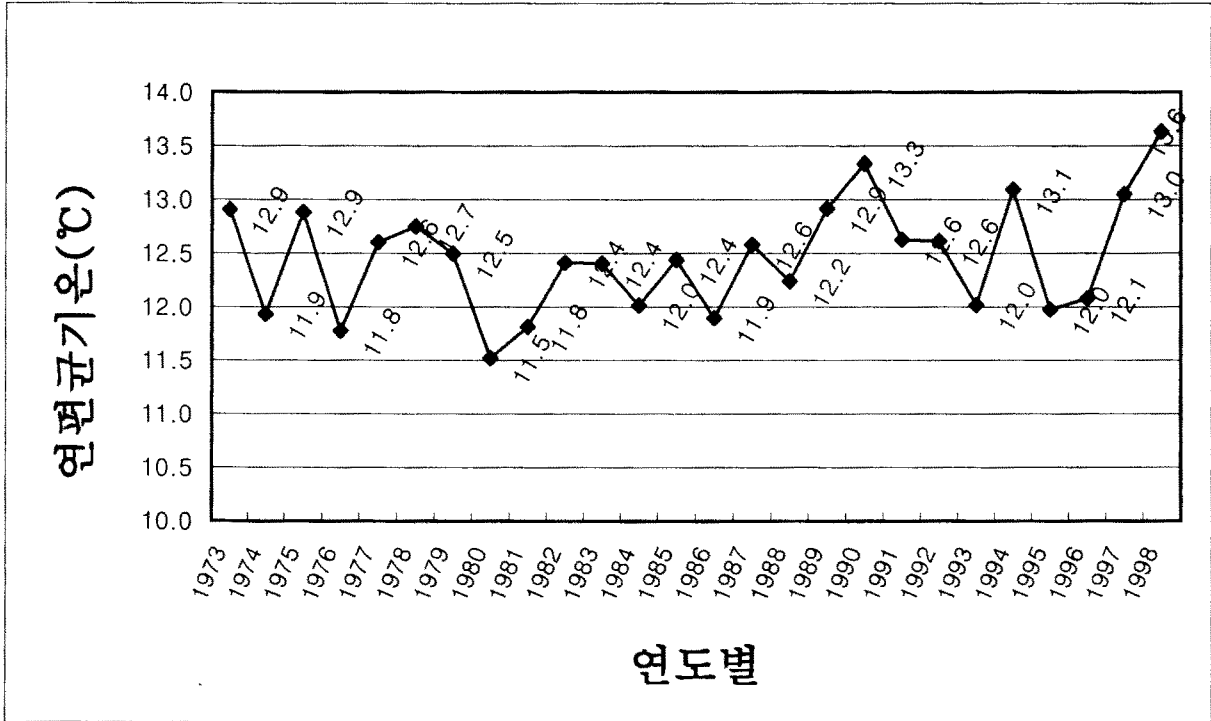
2-3-1. 기 온

대기의 온도는 지표면의 상태, 고도 등에 의하여 영향을 받음과 동시에 지역적, 시간적으로 많은 차이를 보인다. 온도의 시간적, 지역적 변화는 지표면과 태양빛의 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).

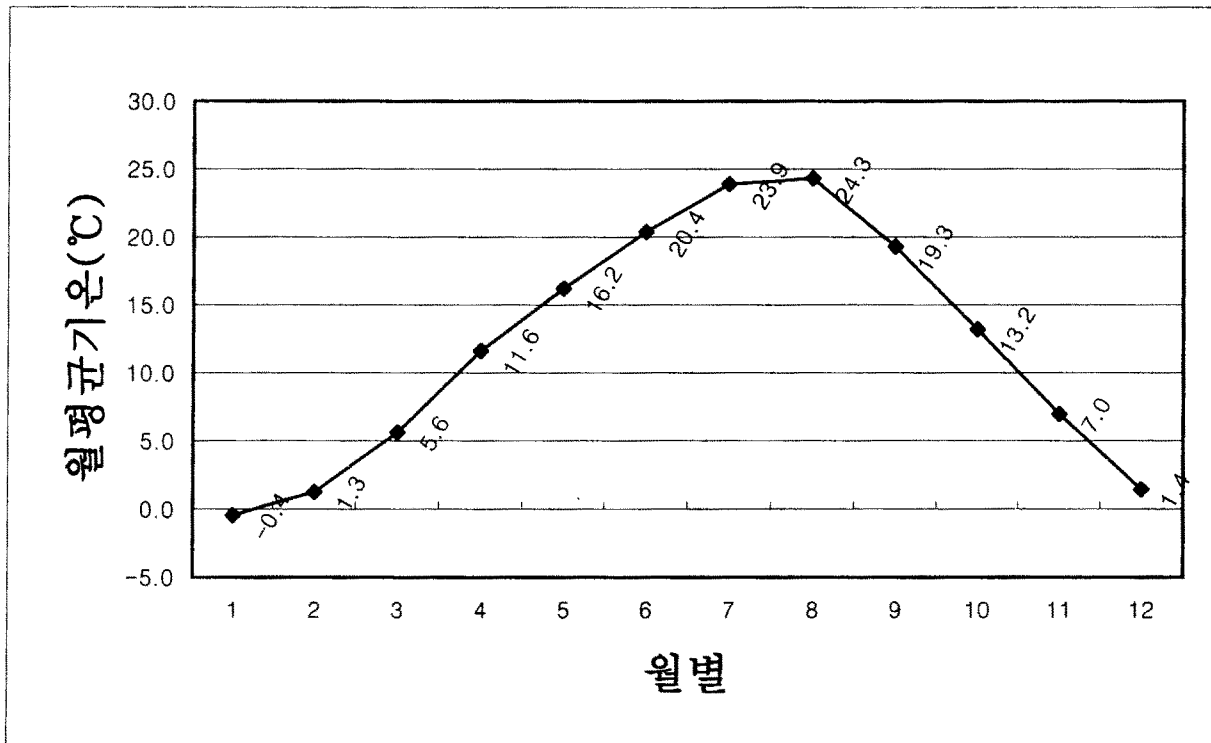
최근 26년간 월별 평균기온은 여름철인 7월과 8월에 각각 23.9℃와 24.3℃의 기온을 나타내고, 겨울철인 11월~익년 2월에는 -0.4~7℃ 내외의 기온을 나타내며(표 2-3, 그림 2-1, 2-2), 최근 '95년~'98년까지는 전체적으로 온도가 상승하는 경향을 보여주고 있다.

< 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	324.0	-11.6	32.7	146.1	302.0	421.1	529.6	621.4	632.3	501.5	342.9	181.5	37.2
1973	12.9	2.1	2.9	5.4	13.4	17.0	21.8	26.8	26.8	19.8	13.3	6.3	-0.6
1974	11.9	-1.1	0.2	4.7	12.2	17.1	20.3	23.1	25.4	19.6	13.5	6.5	1.7
1975	12.9	-0.1	1.1	5.4	12.5	16.3	20.6	25.0	26.1	22.7	15.1	8.7	1.1
1976	11.8	-1.7	3.9	5.8	11.3	15.6	20.5	23.1	24.9	18.5	13.4	4.6	1.3
1977	12.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	12.7	0.0	0.0	5.3	12.6	17.8	21.4	26.9	25.8	20.1	13.1	7.8	2.3
1979	12.5	1.6	2.8	6.0	11.1	15.6	21.2	24.2	25.0	19.4	14.0	6.5	2.6
1980	11.5	-0.3	-0.8	6.1	11.3	16.4	21.2	23.0	22.3	18.3	13.3	8.0	-0.5
1981	11.8	-2.7	0.5	6.5	12.0	16.5	21.2	26.0	24.8	19.5	12.8	4.4	0.3
1982	12.4	-1.5	1.1	6.4	11.4	17.9	21.3	23.7	25.4	18.8	14.4	9.0	1.1
1983	12.4	-0.7	-0.5	6.3	12.8	17.0	21.3	24.1	26.1	21.7	14.4	6.3	0.2
1984	12.0	-2.9	-1.4	3.8	12.5	16.9	21.7	25.2	26.4	19.7	12.7	7.8	1.6
1985	12.4	-2.9	1.7	5.8	11.7	17.5	20.5	25.4	26.3	21.6	14.9	7.3	-0.6
1986	11.9	-1.9	-1.2	5.7	12.6	17.0	21.5	23.5	24.7	19.1	12.6	6.1	3.1
1987	12.6	-0.2	2.1	5.7	11.5	17.2	21.4	24.4	24.9	19.3	15.3	8.1	1.3
1988	12.2	0.0	0.2	4.7	11.3	17.1	22.0	25.3	25.1	20.3	14.0	5.7	1.1
1989	12.9	1.8	3.2	6.0	13.2	17.7	20.2	24.6	24.8	20.7	13.1	7.5	2.2
1990	13.3	-0.9	4.2	7.4	11.3	16.4	21.8	26.0	26.4	21.4	14.1	9.7	2.2
1991	12.6	0.1	0.3	6.6	12.4	16.8	22.3	25.0	24.5	21.0	13.0	6.6	2.9
1992	12.6	1.3	1.4	7.3	12.0	15.9	20.4	25.3	25.3	20.2	13.0	6.4	3.0
1993	12.0	-0.4	2.0	5.2	11.4	16.7	21.5	22.9	22.4	19.5	12.4	9.0	1.6
1994	13.1	-0.3	1.5	4.3	13.5	17.0	21.2	28.2	26.5	19.5	13.9	9.1	2.9
1995	12.0	-0.4	1.1	6.0	10.9	15.7	20.8	24.7	26.2	19.0	13.8	5.6	0.2
1996	12.1	0.2	-0.2	4.9	9.6	16.6	21.1	24.8	25.5	20.1	13.8	7.5	0.9
1997	13.0	-1.5	1.7	7.1	12.3	17.5	22.2	25.3	25.7	20.4	13.4	9.6	3.0
1998	13.6	0.9	4.8	7.6	15.2	18.0	20.3	24.9	25.1	21.5	15.7	7.3	2.2
평균	12.5	-0.4	1.3	5.6	11.6	16.2	20.4	23.9	24.3	19.3	13.2	7.0	1.4



< 그림 2-1 > 최근 26년간 연평균기온 분포



< 그림 2-2 > 최근 26년간 월평균기온 분포

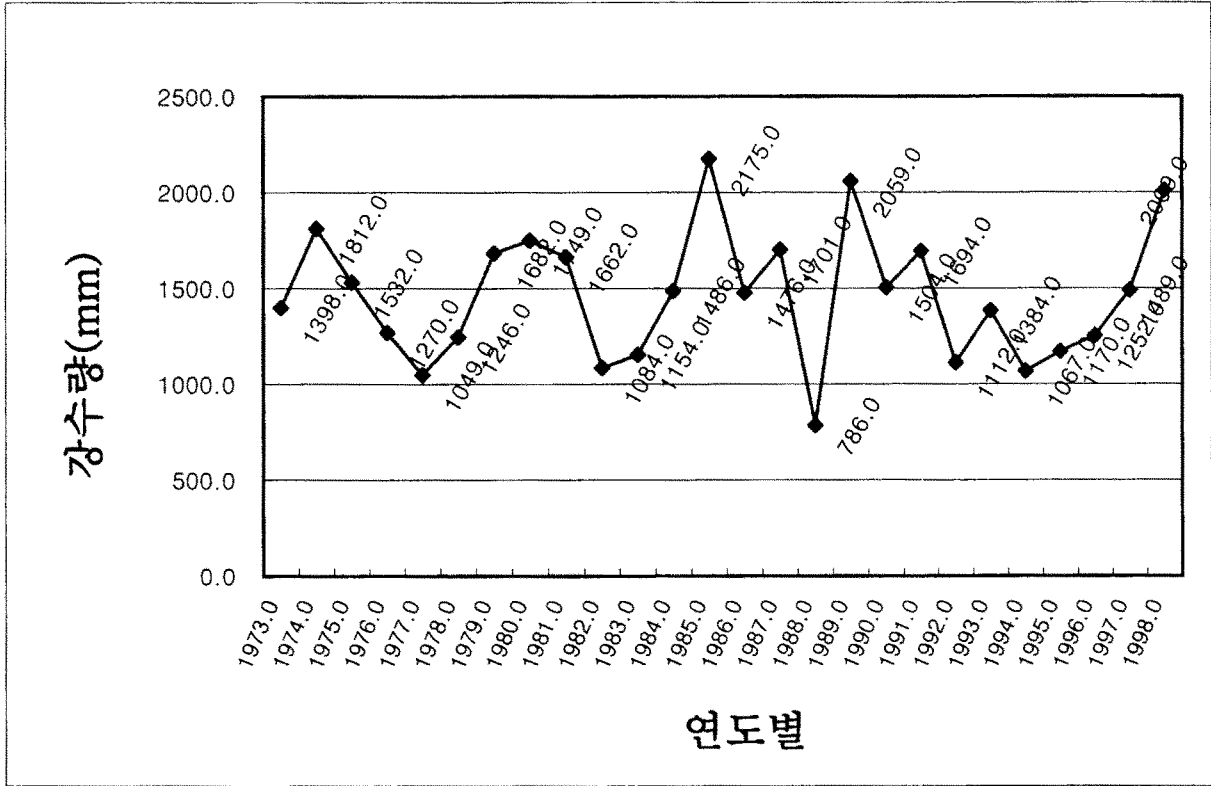
2-3-2. 강 수 량

강수(Precipitation)는 구름이 응축되어 지상으로 떨어지는 모든 형태의 수분을 통틀어 말하는 것으로 강우와 강설을 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 보성지역에 대한 조사에서는 강우량과 강설량을 구분하지 않고 전체적인 강수량으로 기술하였다.

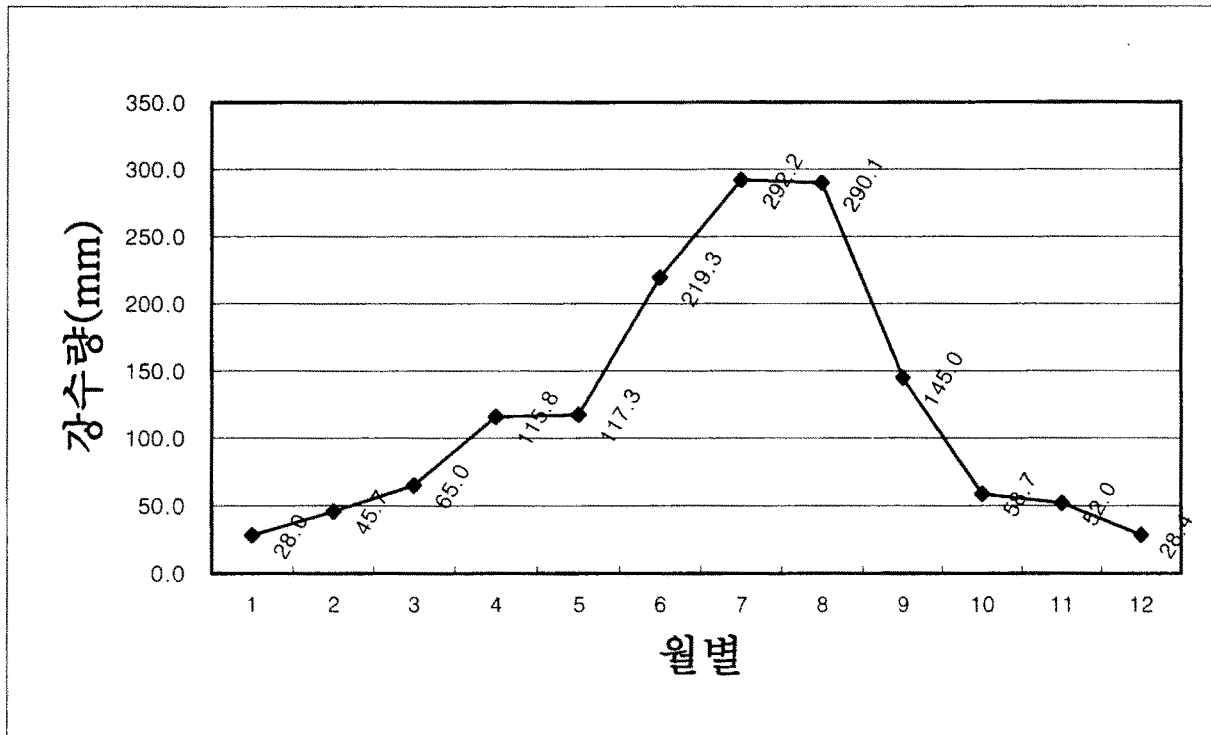
보성지역의 강수량의 분포를 분석하면, '73년~'98년까지의 년평균 강수량은 1461.6mm이다(표 2-4). 연도별 합계강우량의 변화는 '73년~'82년 사이에 '77년을 변곡점으로 하여 주기성을 나타내며, 특히 '74, '80, '85, '89년에는 많은 강수량을 나타낸다. '83~'97년도에는 강수량의 주기성이 관찰되지 않아 불규칙한 강수량을 나타내며, '85년에는 강수량이 급격히 증가하고, '88년에는 강수량이 급격히 감소하였으며, '95년 이후에는 점진적으로 강수량이 증가하고 있다(그림 2-3). 보성지역의 월별평균 강수량 분포는 6~8월 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 바다로 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	38002.0	727.8	1187.4	1689.3	3011.5	3050.5	5701.9	7596.9	7541.8	3770.8	1526.0	1350.7	738.6
1973.0	1398.0	61.7	59.4	25.3	201.9	200.1	96.2	283.6	169.5	163.9	91.9	26.6	18.3
1974.0	1812.0	24.1	38.4	58.1	214.7	286.4	174.1	514.0	263.2	36.8	132.3	24.5	45.4
1975.0	1532.0	26.1	27.3	42.2	204.0	133.0	130.0	521.0	104.0	154.5	95.5	49.5	45.4
1976.0	1270.0	15.7	124.5	70.9	188.2	113.3	227.0	117.9	232.6	60.9	57.8	32.4	29.4
1977.0	1049.0	5.2	1.4	87.9	215.7	142.8	88.3	118.1	225.1	55.6	8.2	67.9	33.4
1978.0	1246.0	35.2	54.5	35.8	24.1	2.9	453.8	146.7	279.2	55.0	84.0	51.1	24.0
1979.0	1682.0	23.5	103.8	65.3	94.7	107.7	330.5	198.7	463.1	206.8	17.2	31.7	39.4
1980.0	1749.0	62.6	28.0	60.6	188.7	145.2	162.9	371.9	492.8	22.5	116.8	38.5	58.8
1981.0	1662.0	27.4	43.2	15.7	71.9	48.7	339.4	401.3	260.2	364.6	56.2	18.9	14.6
1982.0	1084.0	25.0	31.6	73.1	78.4	77.2	68.3	222.1	257.5	35.2	47.9	141.9	26.6
1983.0	1154.0	24.0	47.1	79.5	123.3	94.2	36.6	342.1	63.1	260.2	36.7	38.0	9.8
1984.0	1486.0	8.9	11.5	15.7	184.6	94.5	225.7	345.1	241.9	250.9	42.7	48.9	16.1
1985.0	2175.0	11.7	63.3	111.6	65.3	232.5	495.1	167.9	402.8	346.7	155.9	89.1	33.1
1986.0	1476.0	15.1	29.0	69.6	35.9	134.1	358.1	164.8	325.2	211.3	70.0	12.0	51.2
1987.0	1701.0	73.3	38.6	73.3	115.6	95.5	164.5	544.3	387.0	53.6	71.6	83.6	0.3
1988.0	786.0	23.4	5.7	59.0	73.2	114.3	118.4	235.9	91.4	40.5	3.2	8.2	13.6
1989.0	2059.0	1.0	103.9	54.9	50.9	35.1	284.2	549.5	499.0	278.0	15.4	63.2	5.5
1990.0	1504.0	38.1	107.8	64.3	110.8	125.6	348.9	171.5	212.5	202.6	23.0	71.2	28.0
1991.0	1694.0	34.9	42.0	111.5	164.9	43.3	234.9	559.6	216.7	209.9	4.6	21.1	51.2
1992.0	1112.0	17.8	37.0	81.2	104.7	107.3	18.0	219.5	172.5	243.8	28.0	22.7	60.3
1993.0	1384.0	20.0	48.3	69.3	19.5	134.3	190.5	212.9	482.5	47.5	51.1	82.0	26.4
1994.0	1067.0	25.3	37.2	24.0	49.5	89.0	111.0	27.5	475.5	8.5	159.0	37.5	23.3
1995.0	1170.0	39.5	34.0	50.5	124.5	139.0	83.0	229.5	366.5	49.0	24.0	27.2	3.6
1996.0	1252.0	36.8	5.1	159.5	63.0	50.5	350.5	208.0	126.5	61.0	58.0	116.5	16.6
1997.0	1489.0	14.9	22.8	61.5	110.0	183.0	236.0	338.5	292.5	27.0	21.0	120.0	61.8
1998.0	2009.0	36.6	42.0	69.0	133.5	121.0	376.0	385.0	439.0	324.5	54.0	26.5	2.5
평균	1461.6	28.0	45.7	65.0	115.8	117.3	219.3	292.2	290.1	145.0	58.7	52.0	28.4



<그림2-3> 최근 26년간 연도별 강수량 분포



<그림2-4> 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 증산(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 증산이라 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. Turc 공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어 있는 수분의 증발량과 지표면 식물에 의한 증산량을 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(636.1mm/년)은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량(1,100.3mm/년)의 57.8%수준에 달한다.

< 표 2-5 > 연도별 증발산량 분포 (순천)

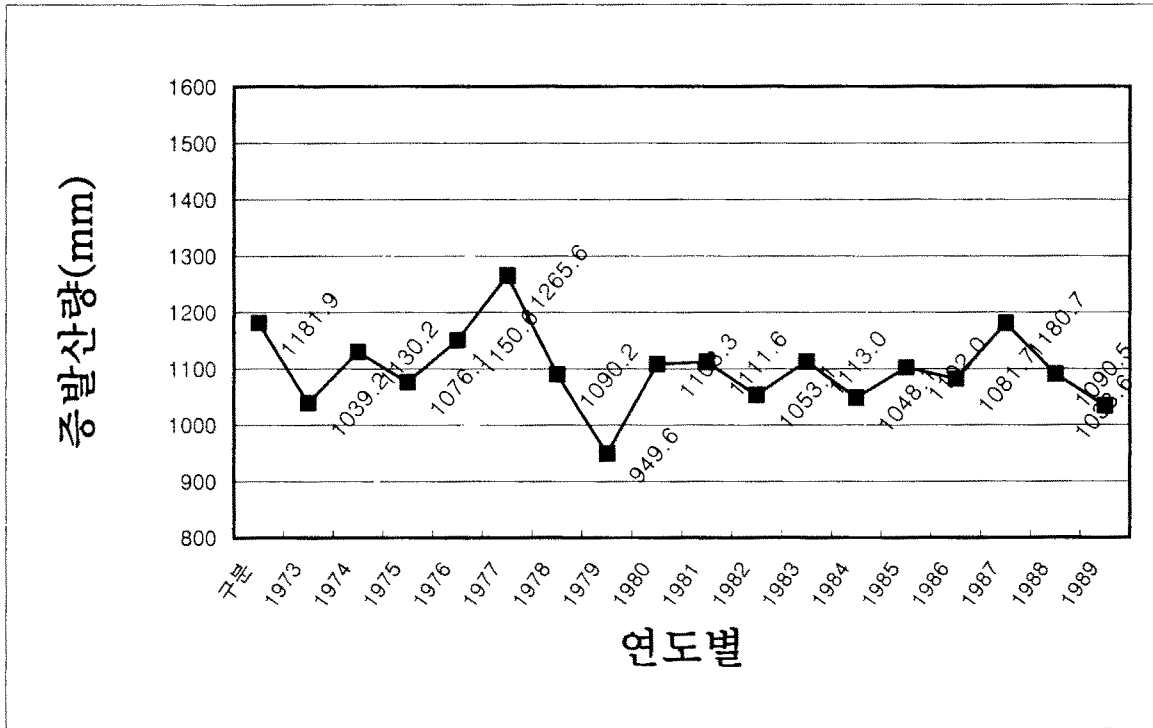
(단위:mm)

년도	계기증발량	Turc공식 증발산량	년도	계기증발량	Turc공식 증발산량
1973	1181.9	654.2	1986	1102.0	624.3
1974	1039.2	643.4	1987	1081.7	663.3
1975	1130.2	664.3	1988	1180.7	533.7
1976	1076.1	603.4	1989	1090.5	692.4
1977	1150.6	600.4	1990	1033.6	679.4
1978	1265.6	632.9	1991	0.0	664.8
1979	1090.2	659.1	1992	0.0	610.8
1980	949.6	625.1	1993	0.0	621.7
1981	1108.3	632.2	1994	0.0	617.9
1982	1111.6	600.5	1995	0.0	599.0
1983	1053.1	610.3	1996	0.0	611.4
1984	1113.0	629.2	1997	0.0	667.4
1985	1048.1	675.8	1998	0.0	721.5
평균	-	-	평균	1,100.3	636.1

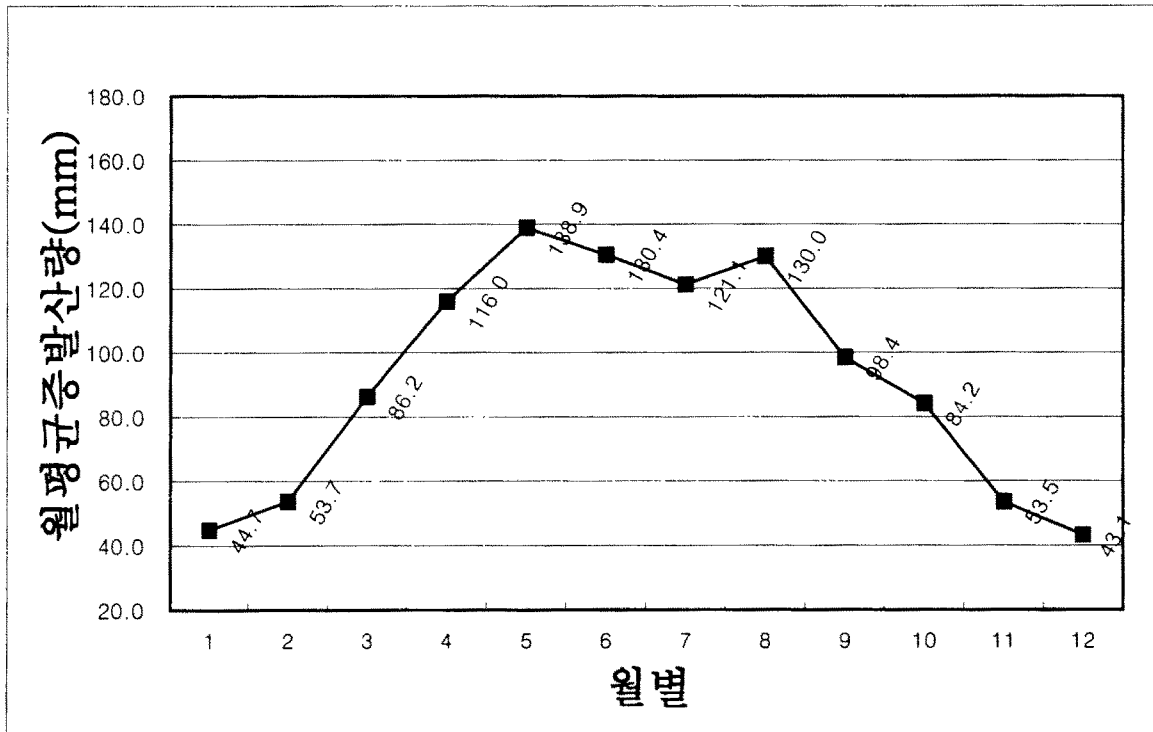
< 표 2-6 > 연도별 월별 증발량 분포 (순천)

(단위:mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
1973	35.9	54.1	91.3	116.1	131.2	160.3	172.6	150.7	95.6	73.1	57.6	43.4	1181.9
1974	46.5	48.8	73.7	111.7	125.4	156.5	83.1	131.2	100.0	73.1	52.2	37.0	1039.2
1975	46.3	51.4	98.4	100.8	128.8	124.9	128.2	162.2	107.7	79.1	53.7	48.7	1130.2
1976	47.7	59.4	92.3	108.2	122.0	138.9	119.8	116.0	103.5	81.1	49.2	38.0	1076.1
1977	49.3	61.9	81.1	104.8	131.4	147.8	142.6	134.8	116.1	95.7	46.4	38.7	1150.6
1978	39.0	56.3	98.0	157.7	201.6	127.7	155.9	140.2	100.8	95.0	48.5	44.9	1265.6
1979	40.5	52.6	93.6	119.7	141.4	101.4	123.6	129.9	87.5	93.6	64.4	42.0	1090.2
1980	41.7	58.8	80.4	107.8	138.7	104.0	74.8	73.4	104.7	75.0	53.7	36.6	949.6
1981	48.7	55.1	94.9	109.9	164.4	130.8	111.0	120.8	103.2	77.7	49.3	42.5	1108.3
1982	41.5	53.1	93.9	111.1	132.7	151.8	119.6	130.9	112.3	79.9	48.3	36.5	1111.6
1983	36.2	43.7	77.5	103.7	135.7	154.7	108.1	138.5	77.6	78.0	50.1	49.3	1053.1
1984	52.0	65.2	90.5	108.6	143.1	122.9	121.7	132.7	93.0	88.3	55.4	39.6	1113.0
1985	50.1	42.1	77.0	110.8	121.2	115.8	136.3	130.9	98.5	75.8	45.2	44.4	1048.1
1986	50.9	60.8	84.9	138.3	147.2	111.1	103.2	135.5	82.3	74.0	59.3	54.5	1102.0
1987	50.9	62.0	72.4	114.0	143.2	143.4	90.5	96.7	112.1	90.2	55.9	50.4	1081.7
1988	51.7	56.3	80.9	126.0	142.7	131.3	133.1	135.5	98.2	109.5	68.4	47.1	1180.7
1989	38.0	45.9	90.3	134.1	140.1	112.3	127.4	134.1	82.8	93.3	49.9	42.3	1090.5
1990	38.4	39.4	81.3	104.5	109.3	112.4	128.5	145.8	95.2	82.4	56.0	40.4	1033.6
평균	44.7	53.7	86.2	116.0	138.9	130.4	121.1	130.0	98.4	84.2	53.5	43.1	1100.3



<그림 2-5> 최근 18년간 연도별 증발산량 분포



<그림 2-6> 최근 18년간 월평균 증발산량 분포

3. 수문지질조사

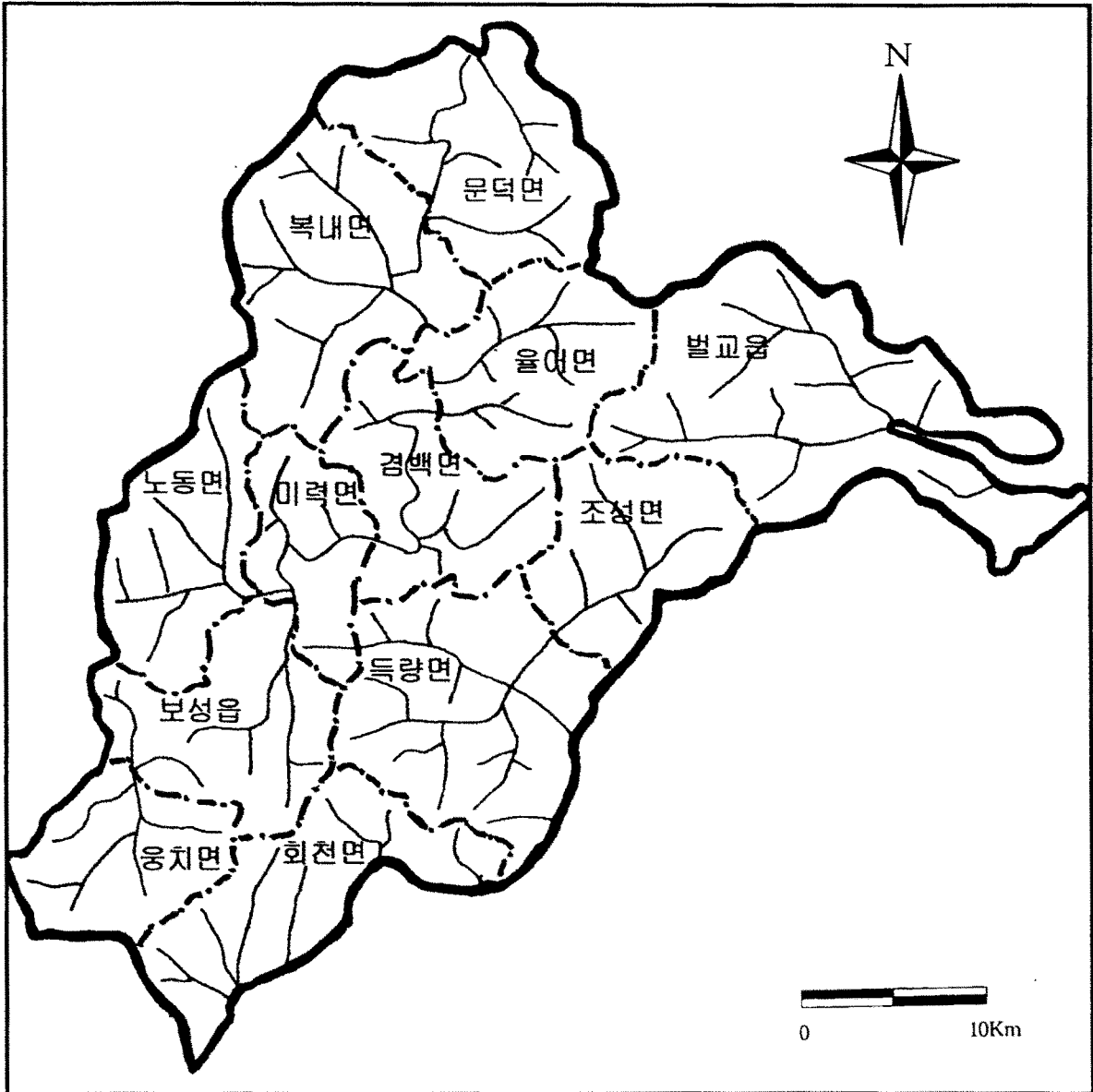
3-1. 지형 및 지질

3-1-1. 지 형

본 조사지역인 보성군은 전라남도 남부에 위치하며 북으로부터 서남방에 이르는 경계는 고지대로서 화순군·장흥군·순천시와 접하고, 남방은 회천·득량·조성·별교등 4개 읍면이 보성만과 접하는 해안지역으로 이들 해안지역 일부만이 약간의 평야를 형성하고 나머지 지역은 거의 산간지대로 구성되어 있다.

본 조사지역의 북쪽은 소백산맥의 남서부에 위치하며 지형은 침식과정상 노년기에 해당되고, 산계는 대부분 500m~700m 내외의 비교적 낮은 산봉으로된 소지맥들이 지질구조선 발달방향인 화순군과 보성군의 경계방향(남서-북동)으로 발달되어 있다. 이들 지맥은 남북으로 흐르는 보성강의 상류와 동북천의 지류에서 소멸된다. 본 역의 하계는 산계의 발달과 밀접한 관계를 가지며, 보성강이 남서-북동방향의 산계와 거의 평행하게 발달하여 주류를 형성하고 이와 직각방향으로 격자상 지류군이 하계망을 형성한다(그림 3-1).

본 조사지역의 남쪽은 복잡한 리아스식 침강해안선을 가지는 남해의 득량만과 접하고 있으며 득량만을 사이에 두고 고흥군 두원면과 상대하고 있다. 산계는 소백산맥의 말미에 해당되는 지역으로 동남측의 오봉산을 제외하고는 북북동-남남서방향으로 2조가 달리고 산록에 저평한 구릉이 넓게 발달하여 그 사이사이에 산간분지가 형성되어 있다. 득량만은 지질구조방향인 N30~40° E 방향의 침투양상 분포를 보이고 있으며 비교적 얇은 관계로 넓은 간척평야가 형성되어 있다.



<그림 3-1> 보성지역의 수계망도

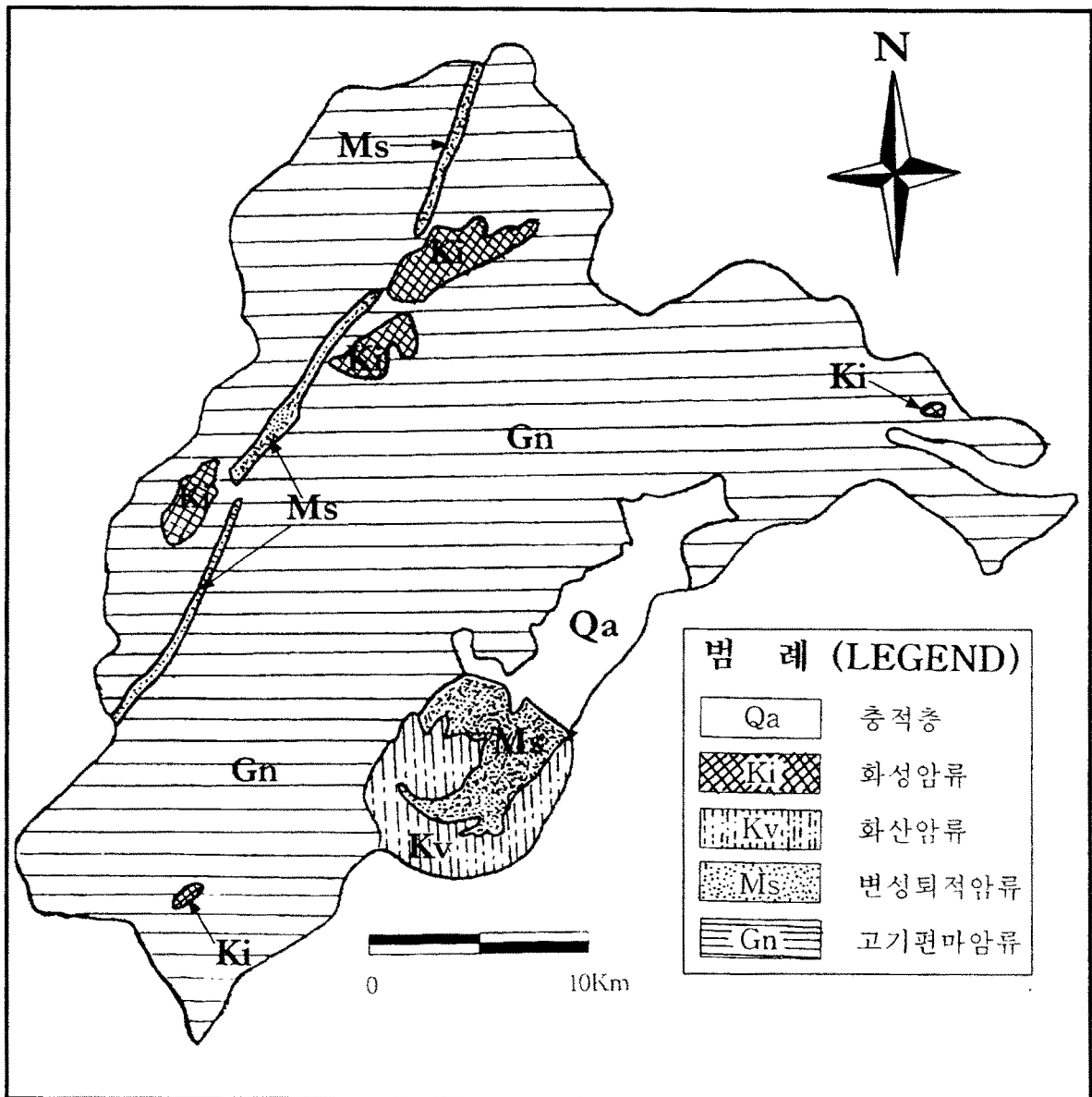
3-1-2. 지 질

보성지역의 지질은 주로 화성암류, 변성암류, 퇴적암류 및 화산암류로 구성되어 있다(그림 3-2). 변성암류는 고기편마암류가 주를 이루며 화성암류와 화산암류가 변성퇴적암류와 퇴적암을 관입내지 피복하고 있다. 고기편마암류는 화강암화작용의 차이에 따라 화강암질 편마암, 반상변정편마암, 메타텍틱편마암 등으로 구분할 수 있으며, 화강암질 편마암은 혼성페그마타이트질 편마암과 백운모화강암질 편마암 등으로 구성되어 있다. 백악기의 관입암인 화성암류는 그 분포가 좁고, 함탄층을 구성하는 퇴적층은 평안계로 각 암층의 시대를 결정할 수 있는 기준암이 된다. 화산암류는 본 역의 남서쪽에 응회암, 유문암과 유문각력암이 소규모 분포하고, 중서부에 안산암류와 장동리응회암이 다소 분포한다. 충적층은 보성강, 동복천, 섬진강 유역과 그 지류가 발달하는 계곡에 분포되어 있다.

본 역에서 산출되는 암석의 지질계통은 다음과 같다(표 3-1).

< 표 3-1 > 보성지역의 지질계통

제 4 기	—	충적층 (Alluvium)
		~~~ 부정합 ~~~
백 악 기	[	맥암류
		--- intrusion ---
		변성맥암
		--- intrusion ---
		심성암류
		--- intrusion ---
		용암 및 응회암류
		~~~ 부정합 ~~~
		퇴적암류
		~~~ 부정합 ~~~
		변성퇴적암층
		--- 점이적 ---
시대미상	—	고기편마암류



<그림 3-2> 보성지역의 지질도

## 가. 고기편마암류

보성지역 내에서 가장 고기의 지층으로 동정(identification)되는 지층으로서 가장 넓은 면적을 차지하며 화강암화작용의 정도에 따라 화강암질편마암, 반상변정편마암, 메타텍틱편마암등으로 나누어진다. 화강암질편마암은 조사지역에서 화강암화 작용의 정도가 가장 높은 것으로 편마구조가 파괴되어 괴상을 이루고 외관상 화강암과 매우 유사한 암석이다. 이는 변성퇴적층에 가까워짐에 따라 미세하게 편마구조가 발달하게 되면서 메타텍틱편마암으로 접이하게 된다. 반상변정편마암은 조사지역에서 변성퇴적층과 혼성페그마타이트질편마암으로 접이한다. 변성퇴적암층과 접이적인 변질대는 미력면 은곡리에서 가장 명료히 관찰할 수 있으며 반상변정편마암, 반상변정녹니석편마암, 혼성편암, 녹니석백운모편암의 순서로 접이한다. 본 조사지역의 고기편마암류들은 알카리( $K_2O$ ,  $Na_2O$ )등의 도입으로 인해서 원퇴적암이 화강암화작용을 일으킨 것으로 보인다.

## 나. 백악기 변성퇴적암층

### ○ 반상변정녹니석편마암 (Porphyroblastic chlorite gneiss)

본 암은 반상변정편마암의 남서부를 따라 띠모양으로 분포하며 북내리에서 시작하여 보성도폭까지 뻗어있다. 변성퇴적암의 최하위의 암석으로 편리는 잘 발달되어 있고, 녹니석을 주로하는 유색광물과 석영, 장석을 주로하는 무색광물이 교호되어 대상구조를 보여준다. 석영이 약 25%, 미사장석이 약 20%, 사장석이 약 35%, 녹니석이 약 15%를 차지하며 대체로 일정한 방향성을 가진다.

### ○ 혼성편마암과 혼성편암 (Contaminated gneiss & Contaminated schist)

본 암은 분포지대에 따라 광물성분과 조직의 차이를 보이며 메타텍틱혼성편마암, 화강암질혼성편마암, 혼성편암 등으로 구분된다. 이들은 현미경하에서 안구상 조직을 보이고 있는 것이 대부분이고 석영은 파쇄되어 몰타조직을 나타내며 녹니석과 백운모가 편리방향과 대각선인 소습곡의 크레놀레이슨(crenulation)을 나타내기도 한다. 광물의 변성작용에 뒤이어 파쇄작용, 소습곡작용이 있었다. 조성광물은 녹니석이 대부분이며 재결정된 백운모가 이에 수반하고 흑운모는 메타텍틱혼성편마암을 제외하면 거의 볼 수 없다.

#### ○ 용암산층

본 층은 조사지역의 북서부의 호남탄전 중앙부에 대상으로 좁게 분포하며 용암산배사의 핵축을 이루고 있는 견고치밀한 규암으로 되어있다. 본 층의 상위는 오산리층의 하부운모편암대가 정합으로 놓여 있으며 그 경계선은 어디서나 비교적 확연하게 나타난다. 주구성암석인 유백색 규암은 풍화에 강하여 능선이나 고봉을 이루고 있어 야외에서 타 지층과의 식별이 용이하며 담회색 유색광물에 의하여 미약한 층리를 보여주기도 하나 대체로 괴상으로 나타난다. 거의 95% 이상이 석영으로 구성된 규암은 대부분 파쇄변형이 되어있어 작은 석영립이 부스러져 손에 묻기 때문에 타 지층의 규암과는 용이하게 구별된다.

#### ○ 설옥리층(녹니석견운모편암)

본 암층은 변성퇴적층의 상위에 속하는 암층으로 북내리를 중심으로 대개 북북동-남남서 방향으로 대상으로 분포되어 있다. 본 암층은 조사지역의 변성암류 중에서 변성정도가 가장 낮은 것이며 변성트렌드(metamorphic trend)는 본 암층의 주향방향과 대체로 수직이다. 주구성광물은 석영, 백운모, 견운모, 스틸프노메라인 등이며 수반광물로 녹니석, 자철석 등이 있다. 백운모는 견운모와 밀접히 수반되며 본 암의 약 60%를 이루고 있다.

### 다. 백악기 퇴적층

#### ○ 명봉층

본 층은 상기한 변성퇴적층과는 부정합적 관계를 가지며 비교적 변질을 받지 않은 퇴적층으로 그 분포지대에 따라 암질과 층서구조등이 상이하므로 북내리를 중심으로 하여 북북동-남남서 방향으로 길게 분포되어 있는 명봉층과 이와 대비되는 화순군 한천리, 오음리 부근의 오산리층으로 나누어진다. 명봉층은 역암, 중조립 혹은 세립의 흑색사암, 장석질사암, 석영질사암, 역질사암, 흑색내지 암회색 세일, 암회색 세일, 무연탄, 탄질 세일 등으로 되어있다. 오산리층은 상위로 부터 함탄대, 석영편암대, 운모편암대로 구분되며 운모편암대는 북내리 부근의 설옥리층, 그리고 함탄대는 명봉층에 각각 대비된다.



○ 천운산층

본 층은 탄전내에 가장 광범위하게 분포되어 있고 그 층후는 700m 이상으로 가장 두텁게 퇴적된 지층이며, 본층의 하한은 오산리층 상부 함탄대와 부정합적인 관계이며 상한은 거의 대부분 경상계의 장동리응회암과 인곡응회암이 부정합으로 피복된다. 본 층을 구성하는 암석은 회색 또는 회백색역질조립사암 및 조립사암, 흑색 셰일로 이들이 서로 호층을 이룬다.

○ 선소역암 및 선소층

선소역암층은 득량면 선소부락 일대에서 화산활동에 의해 생성된 공급원에 의해 형성되었으며 층 하부가 해중에 분포하여 그 층후가 불명하다. 구성암석은 일반적으로 회색 역암, 사암, 셰일과 심하게 풍화된 화강암의 소단위 그리고 자색의 역암셰일, 각력암, 응회질 셰일의 단위층 및 적색 셰일, 응회질 암석으로 된 단위층의 호층으로 구성된다. 선소층은 선소역암층을 정합으로 피복하며 상부 유문암에 의해 정합으로 피복된다. 본 암층은 성인적으로 하부, 중부, 상부의 3개 단위층으로 구분되며, 하부는 수성퇴적암, 중부와 상부는 화성쇄설퇴적암이 우세하다.

**라. 백악기 용암류 및 응회암층**

용암류 및 응회암층은 주로 조사지역 서남부에 소규모로 분포하며 전기한 퇴적암을 부정합으로 피복한다. 그 종류는 필봉유문암, 객산리용암, 오봉산각력질응회암, 도림리유문암, 부용산분출암류, 월산응회암층, 월산유문암 및 유문각력암, 무등산용암, 장동리응회암 등이다.

**마. 백악기 화성암류**

○ 심성암류

심성암류는 석영섬록암, 반상흑운모화강암, 화강섬록암 및 섬록암, 흑운모화강암 등이 분포하며, 석영섬록암 및 반상흑운모화강암은 화강암질편마암과 혼성편마암, 편암등을 관입하고 있으며 노동면 거석리 부근에서 소규모로 분포한다. 화강섬록암 및 섬록암은 반상변정편마암을 관입하고 있으며 대체로 북동-남서방향으

로 길게 연장된 분포 형태를 보여준다. 흑운모화강암은 평촌 사래등 일부 지역에 한정 분포하며 화강섬록암에 접하여 나타난다.

○ 맥암류

맥암류는 그 성분에 따라 초염기성암맥, 염기성암맥, 중성암맥, 산성암맥, 페그마타이트등으로 구분된다. 초염기성암맥은 반상변정편마암내에 국한되어 나타나며 주향이 일정하지 않은 특징을 보이며, 염기성암맥은 주로 변성퇴적층의 인접부에 나타나며 분포가 매우 적으며, 중성암맥은 변성퇴적층과 화강암질편마암을 주로 관입하고 그 연장이 수십m~수백m에 이른다. 산성암맥은 석영반암, 규장반암등이 포함되며 화강암질편마암내에 주로 나타난다. 페그마타이트는 반상변정편마암내에 특히 많이 나타나며 변성석영반암은 동북천 연안과 그 지류를 따라 광범위하게 노출되어 주된 암종을 이루고 화강암질편마암과 변성퇴적암층 및 퇴적암층을 관입하고 있다.

## 3-2. 물리탐사

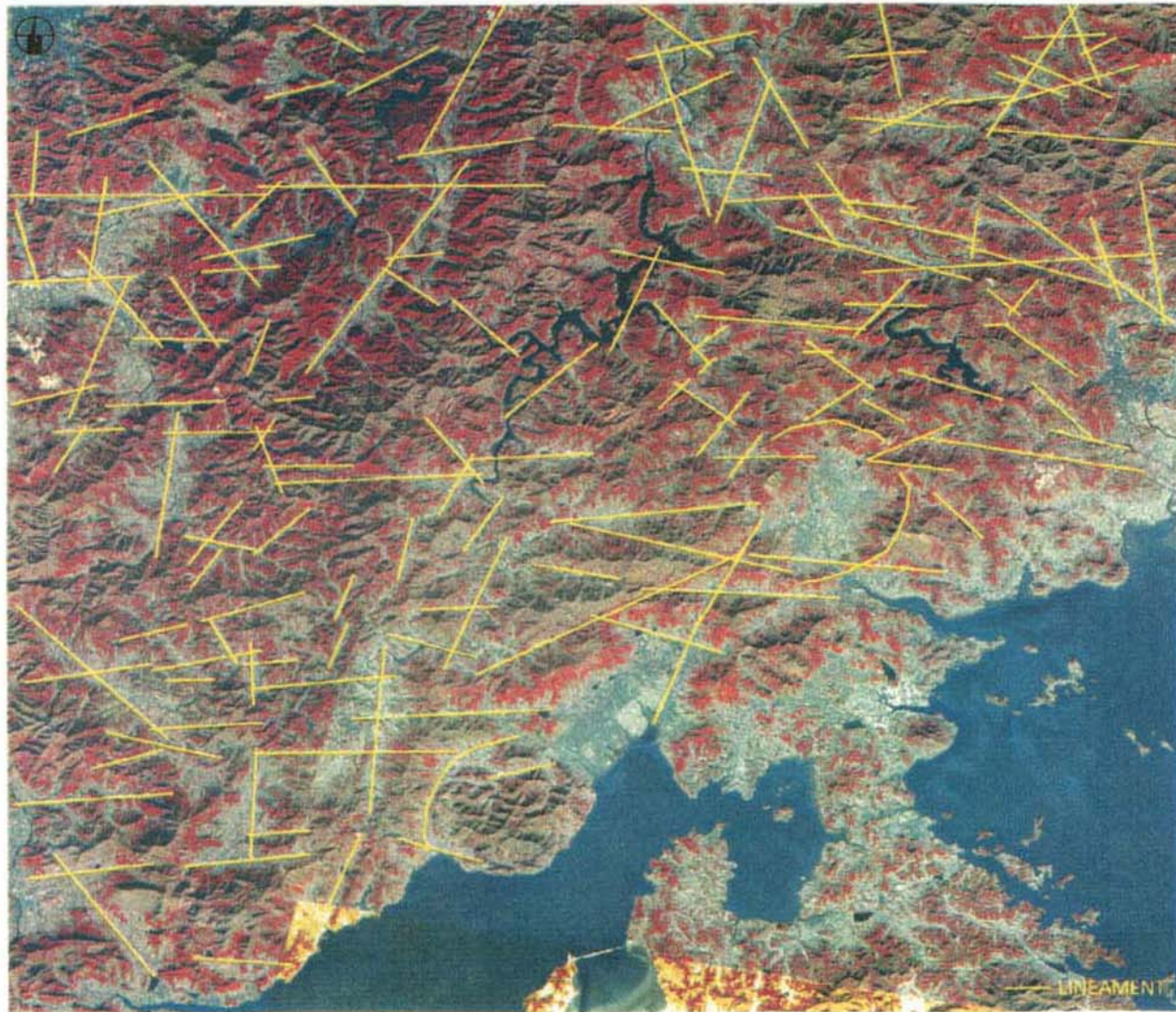
### 3-2-1. 원격탐사

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

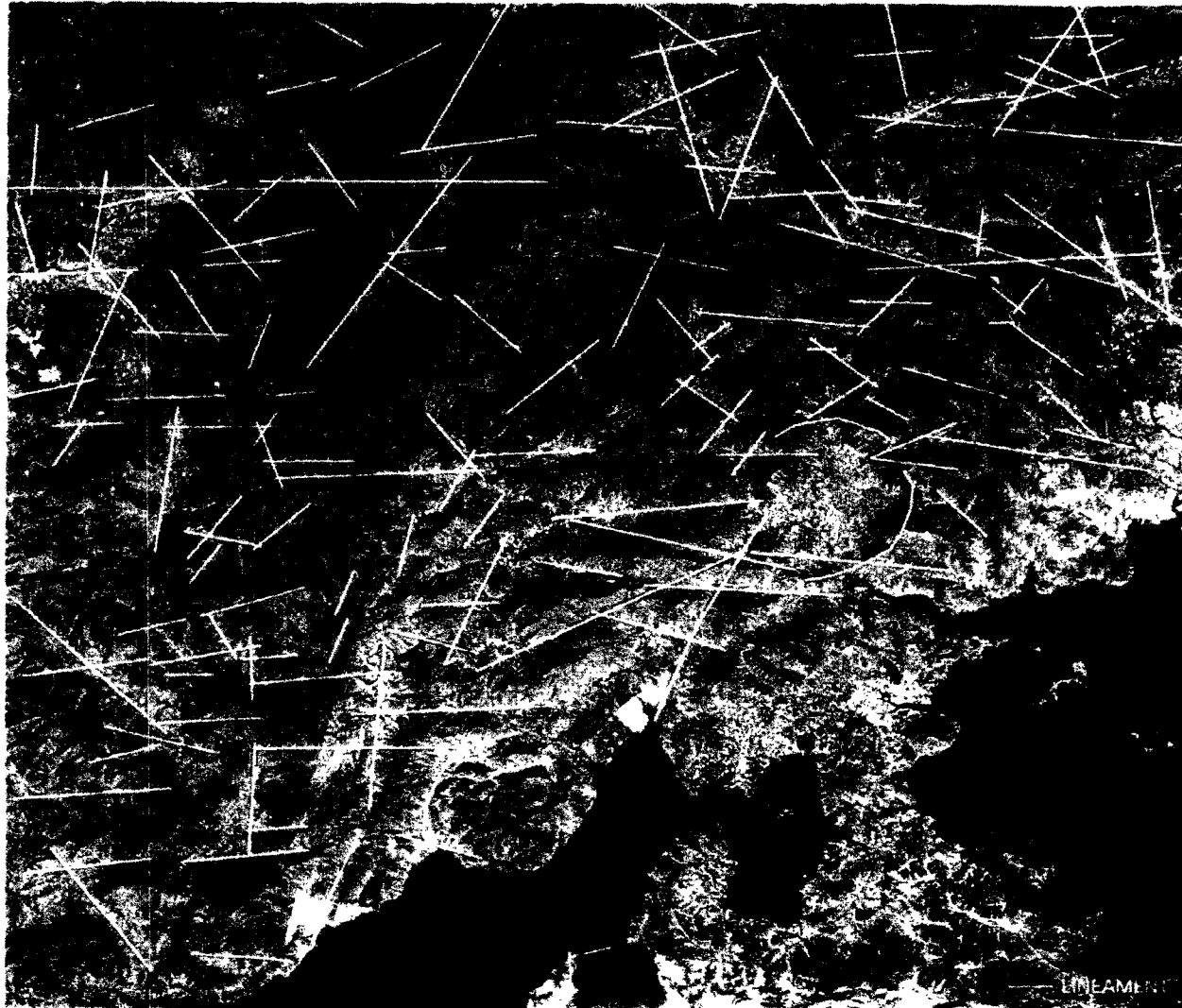
원격탐사(Remote sensing)란 지상이나 항공기 및 인공위성 등의 탑재기에 설치된 센서를 이용하여 지표, 지하, 대기권 및 우주공간의 대상물에서 반사 혹은 방사되는 전자기파를 탐지하고, 이들 자료로부터 토지, 환경 및 자원에 대한 정보를 얻어 해석하는 기법을 말한다.

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. 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 발사된 SPOT 위성의 SPOT IMAGE(해상도 20m×20m)를 이용하였으며,



< 그림 3-3 > 보성지구 위성영상 및 선구조도



< 그림 3-3 > 보성지구 위성영상 및 선구조도

# 여 백

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

### 3-2-2. 전기비저항탐사

보성군 일대에 대해 쌍극자배열법을 이용하여 17개 측선을 설치하여 전기비저항탐사를 실시하였다.

< 표 3-2 > 전기비저항 쌍극자 측선 총괄표

측 선 번 호	조사지역(보성군)	측 선 방 향
E-1	문덕면 용암리	N 25° E
E-2	문덕면 양동리	N 40° E
E-3	회천면 봉강리	N 5° W
E-4	회천면 화죽리	N 5° E
E-5	웅치면 대산리	N 80° W
E-6	웅치면 강산리	E - W
E-7	보성읍 봉산리	N - S
E-8	노동면 대련리	N 15° E
E-9	노동면 거석리	N 70° W
E-10	득량면 송곡리	N 75° E
E-11	검백면 남양리	N 5° E
E-12	북내면 반석리	N 5° W
E-13	율어면 칠음리	N 40° W
E-14	미력면 반응리	N 5° E
E-15	조성면 조성리	N 50° E
E-16	별교읍 칠동리	N 15° W
E-17	별교읍 지동리	N 50° W

쌍극자배열법의 적용은 한쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극을 25m로 하고 측정간격을 25m, 50m, 75m, . . . , 500m로 간격을 25m씩 단계적으로 이동하

면서 각 측정에서의 전위차를 측정하여 겐보기비저항값을 구하였다. 측정간격이 멀어지면 탐사깊이도 깊어지므로 한 측선을 전개해 나가면 외견비저항의 2차원 단면을 구할 수 있고, 등비저항곡선도를 작성하여 전기비저항분포 이상대를 파악할 수 있게 된다. 자료처리는 현장 겐보기비저항 단면도, 자동역산에 의한 이론적인 해석도 및 모델링에 의한 2차원 단면구조도를 나타냈고, 현장측정값(겐보기비저항)과 이론값 사이의 RMS(Root Mean Squared relative error)를 최소화 시키기 위해 해석 반복계산 횟수를 5회로 하였다.

#### 가. E-1

보성군 문덕면 용암리에서 측선을 N25° E 방향으로 하천을 따라 설치하였다. 주변에는 용암제와 무명산(△360m)등의 낮은 봉이 산재한다. 역산결과는 측정 -6~-4 에서 상대적으로 낮은 비저항값을 나타내어 약간의 지하수 부존가능성을 나타내며, 대체적으로 고비저항값을 보인다. (그림 3-4)

#### 나. E-2

보성군 문덕면 양동리에서 측선을 N40° E 방향으로 하천을 따라 설치하였다. 평야지대의 중심에는 배암산(△194m)이 있으며 주변에 주암호, 봉천제 등이 있다. 역산결과는 측정 0~1, 5~7에서 주변보다 비저항값이 낮게 나타나 지하수 부존가능성을 보이며 대체적으로 마이너스 측정 방향으로 고비저항값을 보인다(그림 3-4).

#### 다. E-3

보성군 회천면 봉강리에서 측선을 N5° W 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 북서쪽에 위치한 일립산(△626.8m)을 중심으로 산계가 발달되어 있으며 역산결과는 전체적으로 0~50m 구간에서 저비저항값을 나타내어 약간의 지하수 부존가능성을 보인다(그림 3-5).

#### 라. E-4

보성군 회천면 화죽리에서 측선을 N5° E 방향으로 회천천을 따라 설치하였다. 주변에 무명산(△175m)이 있고 회천천은 남쪽에 위치한 득량만으로 유입된다.



역산결과 지하 0~25m 구간에서 약간의 저비저항값을 보이거나 대체적으로 고비저항값을 보여 지하수 부존 가능성은 매우 희박한 것으로 추정된다(그림 3-5).

#### 마. E-5

보성군 웅치면 대산리에서 측선을 N80° W 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 남쪽의 무명산(△561.7m)과 북동쪽의 화강천으로 연결되는 소지류가 형성되어있다. 역산결과 측정점 -7~-2 에서 지하 0~75m 까지 상대적으로 낮은 비저항값을 나타내 지하수 부존 가능성을 보이며 그 외 지역에서는 상대적으로 높은 비저항값을 보인다(그림 3-6).

#### 바. E-6

보성군 웅치면 강산리에서 측선을 동-서 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 주변에 무명산(△439m)이 있고 동쪽의 화강천이 북쪽의 보성강과 연결된다. 역산결과 측정점 -1~1을 제외한 나머지 조사지역에서 지하 0~50m까지 낮은 비저항값을 보여 지하수 부존 가능성을 보이며 전체적으로는 고비저항값을 가진다(그림 3-6).

#### 사. E-7

보성군 보성읍 봉산리에서 측선을 남-북 방향으로 하천을 따라 설치하였다. 주변에 무명산(△411.3m)과 소지류들이 북쪽의 보성강으로 유입되는 형태를 보인다. 역산결과 측정점 -4~-2, 6~8에서 지하 0~50m까지 낮은 비저항값을 보여 지하수 부존가능성을 보이며 전체적으로 고비저항값을 보인다(그림 3-7).

#### 아. E-8

보성군 노동면 대련리에서 측선을 N15° E 방향으로 하천을 따라 설치하였다. 남쪽에 범바위산(△309.0m)과 소지류들이 북쪽의 보성강으로 유입된다. 역산결과 측정점 -8~-5, 6~8에서 상대적으로 저비저항값을 보여 지하수 부존가능성을 보이며 측정점 0을 중심으로 고비저항값을 보인다(그림 3-7).

#### 자. E-9

보성군 노동면 거석리에서 측선을 N70° W방향으로 하천을 따라 설치하였다. 주변에 말고리재와 덕머리재가 있으며 황곡천이 남쪽의 보성강으로 유입된다. 역산결과 측점 -7~-5 에서 지하 40m부근에서 저비저항값을 보이거나 조사지역 내에서는 대체적으로 고비저항값을 보여 지역 내의 지하수 부존 가능성은 희박한 것으로 추정된다. (그림 3-8)

#### 차. E-10

보성군 득량면 송곡리에서 측선을 N75° E 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 북쪽에 무명산(△335.5m)이 있고, 평야지역을 흐르는 송곡천이 북서쪽의 득량천으로 유입된다. 역산결과 측점 -3~1 등에서 50m 내외까지 낮은 비저항값을 보여 지하수 부존 가능성을 보이며 대체적으로 조사지역 내에서는 고비저항값을 가진다(그림 3-8).

#### 카. E-11

보성군 겸백면 남양리에서 측선을 N5° E 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 주변에 무명산(△164.9m)등이 있고, 주변의 겸백천이 동쪽의 보성강으로 유입된다. 역산결과 전체적으로 고비저항값을 보여 지하수의 부존가능성은 매우 희박한 것으로 추정된다(그림 3-9).

#### 타. E-12

보성군 북내면 반석리에서 측선을 N5° W 방향으로 소하천을 따라 설치하였다. 주변에는 남쪽의 무명산(△343.9m)과 동쪽의 주암호가 있다. 역산결과 측점 3~5 등에서 40m 내외까지 저비저항값을 보이거나 전체적으로 고비저항값을 나타내어 지하수 부존 가능성은 희박한 것으로 추정된다(그림 3-9).

#### 파. E-13

보성군 울어면 칠음리에서 측선을 N40° W 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 주변에 무명산(△435.7m)이 있고, 지역내의 소하천이 서쪽의 주암호로 유입된다. 역산결과 지하 0~25m 구간에서 저비저항값을 보이거나 전체적으로 고비저항

값을 보여 지하수 부존가능성은 희박한 것으로 추정된다(그림 3-10).

#### 하. E-14

보성군 미력면 반응리에 측선을 N5° E 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 주변에 대룡산(△440m)이 있고 지역내 소하천이 북쪽의 보성강으로 유입된다. 역산결과 측점 -1~2 구간의 0~50m 구간에서 저비저항값을 보여 지하수 부존 가능성을 보이며 전체적으로 고비저항값을 보인다(그림 3-10).

#### 가. E-15

보성군 조성면 조성리에서 측선을 N50° E 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 주변에는 해안간척평야가 넓게 분포하고 있으며 대곡제 등의 크고 작은 저수지가 산재해 있다. 역산결과 측점 0~7에서 지하 0~50m 구간까지 저비저항값을 보여 지하수 부존 가능성을 보이며, 마이너스 측점 방향으로 고비저항값을 보인다(그림 3-11).

#### 나. E-16

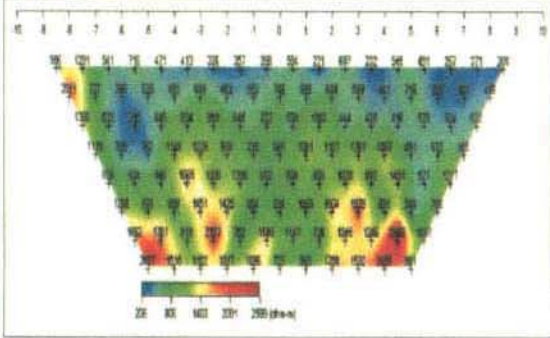
보성군 별교읍 칠동리에서 측선을 N15° W 방향으로 설치하였다. 남쪽에 장군봉(△414.7m)이 위치하며 지역내의 칠동천이 동쪽의 남해로 유입된다. 역산결과 측점 4~7에서 지하 10~75m 구간이 고비저항값을 보이며 전체적으로 저비저항값을 보인다. 측점 -1~0 의 지하 100~125m 구간은 주변보다 상대적으로 낮은 비저항값이 관찰되어 지하수 부존 가능성이 유망하다(그림 3-11).

#### 다. E-17

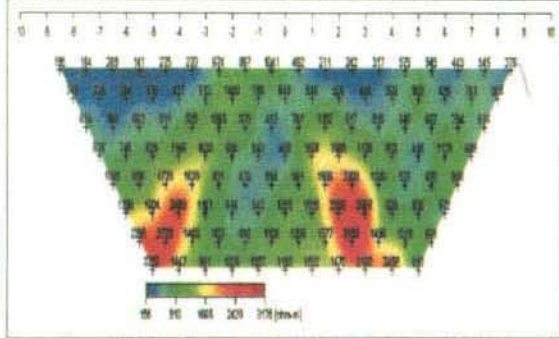
보성군 별교읍 지동리에서 측선을 N50° W 방향으로 평야지대를 따라 설치하였다. 동쪽의 제석산을 경계로 순천시와 접하며 평야지대(고읍들)가 넓게 펼쳐져 있다. 역산결과 -5~-4 구간 등에서 저비저항값을 보여 지하수 부존 가능성을 보이며, 특히 7~8 구간에서 상대적으로 낮은 비저항값을 보여 지하수 부존 가능성이 높은 것으로 추정된다. 그 외 전체적으로 고비저항값을 보인다(그림 3-12).

# 여 백

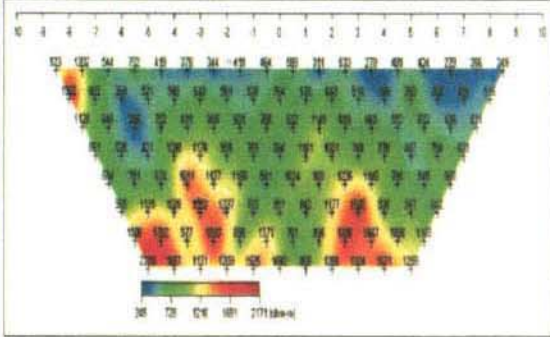
Field Data Pseudosection



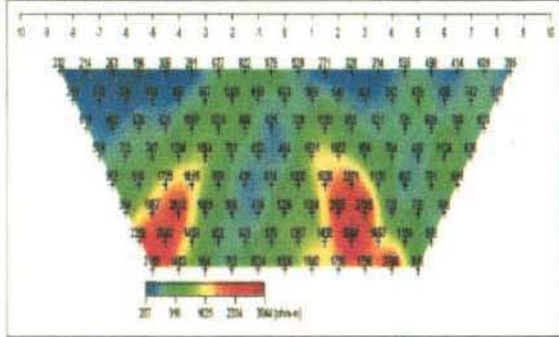
Field Data Pseudosection



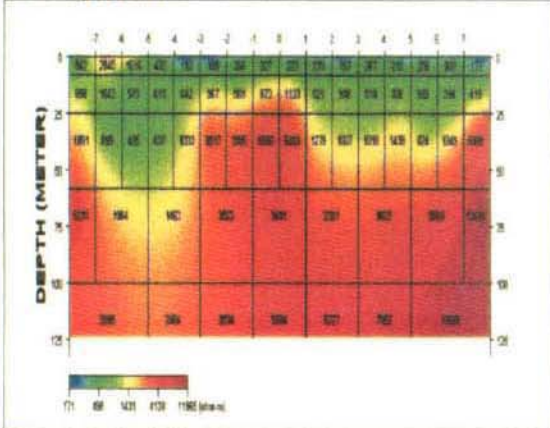
Theoretical Data Pseudosection



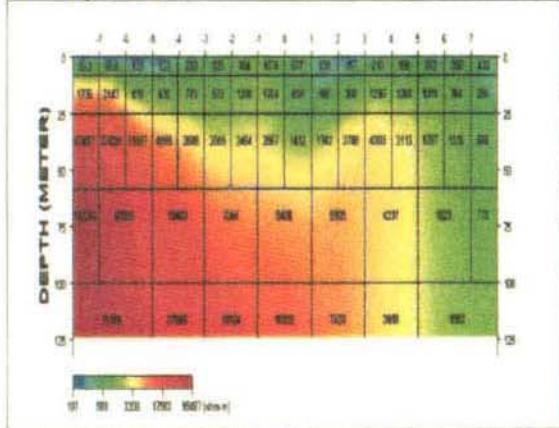
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure



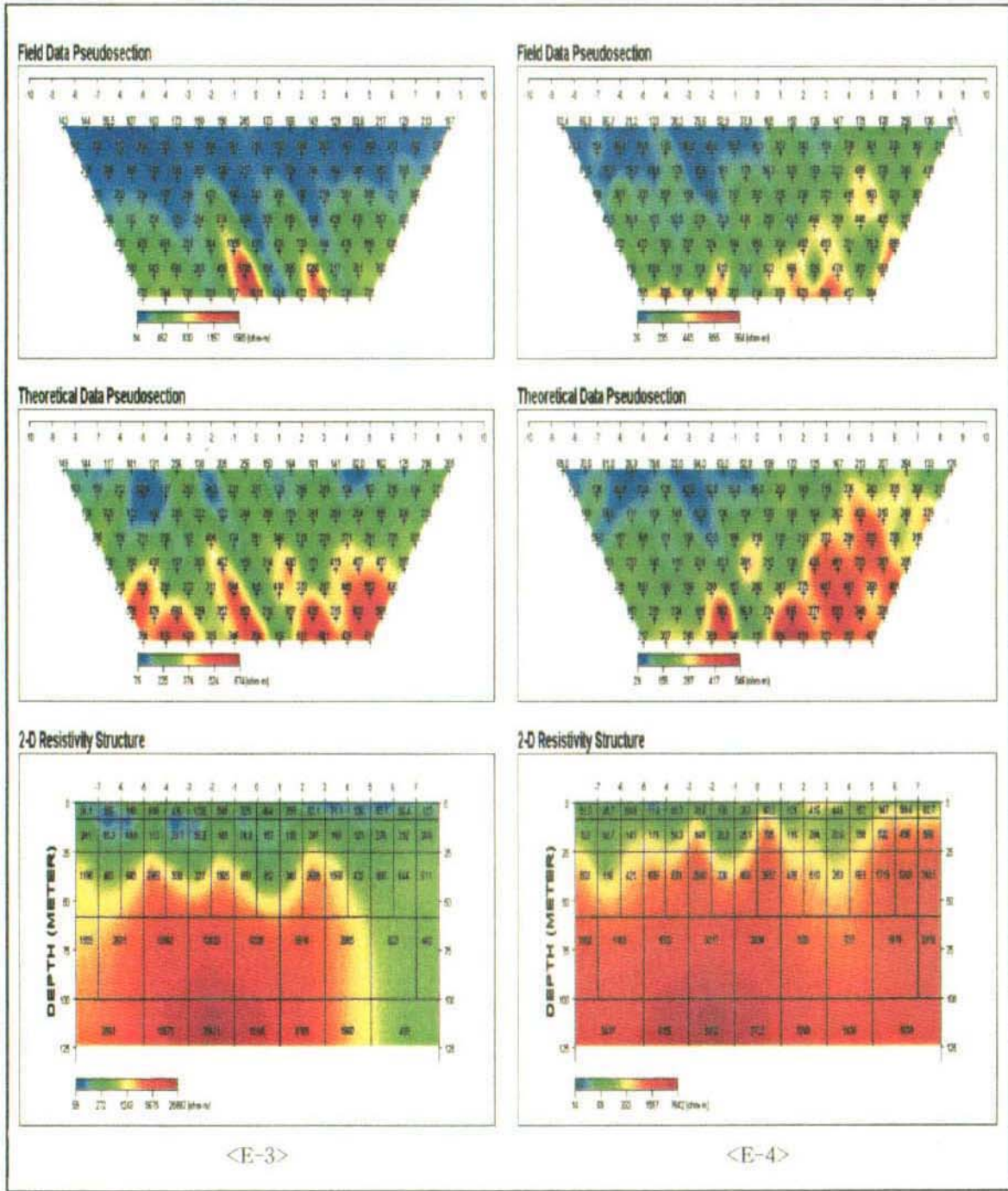
<E-1>

<E-2>

< 그림 3-4 > 축선 E-1, E-2 쌍극자탐사 결과도

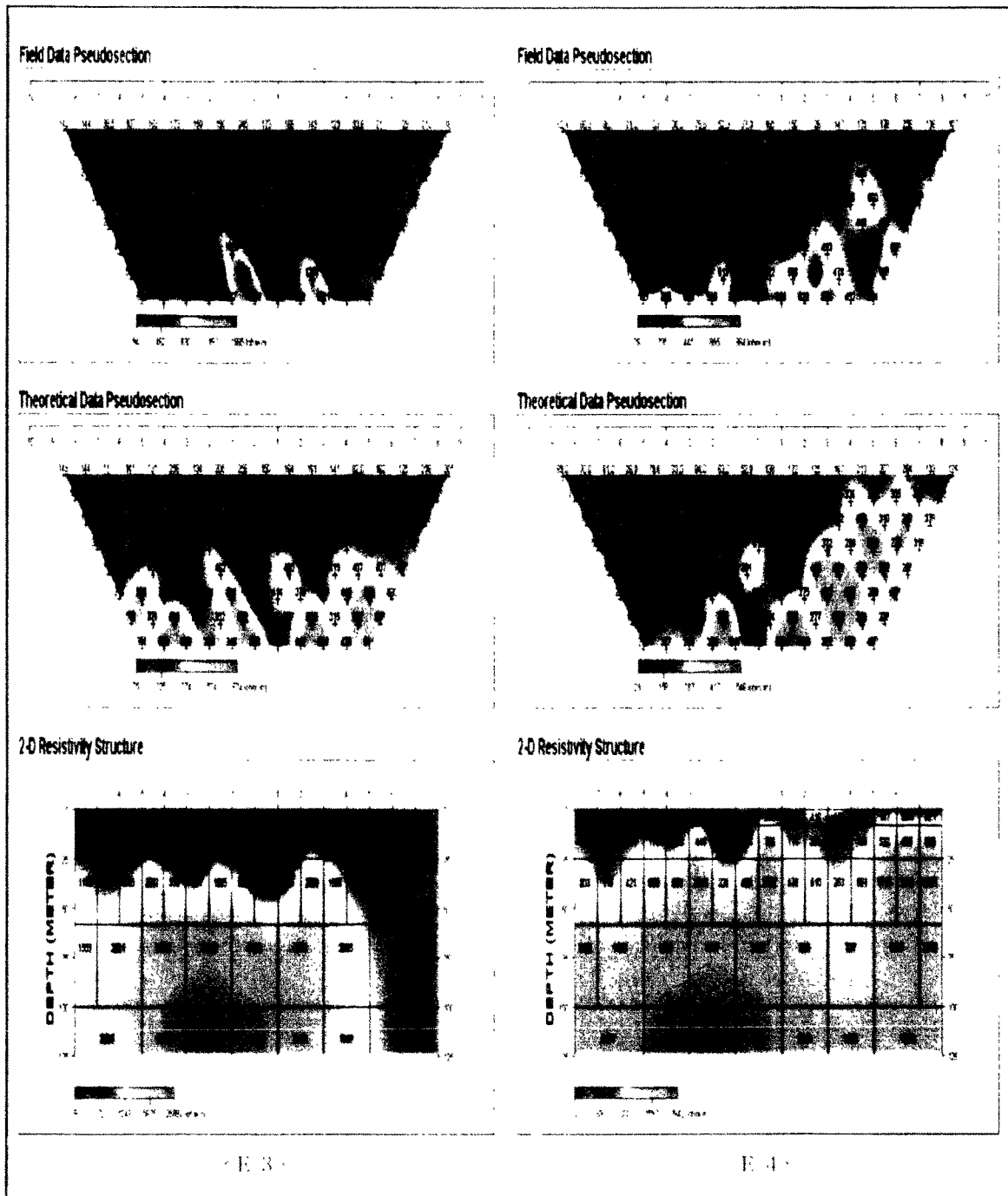


# 여 백



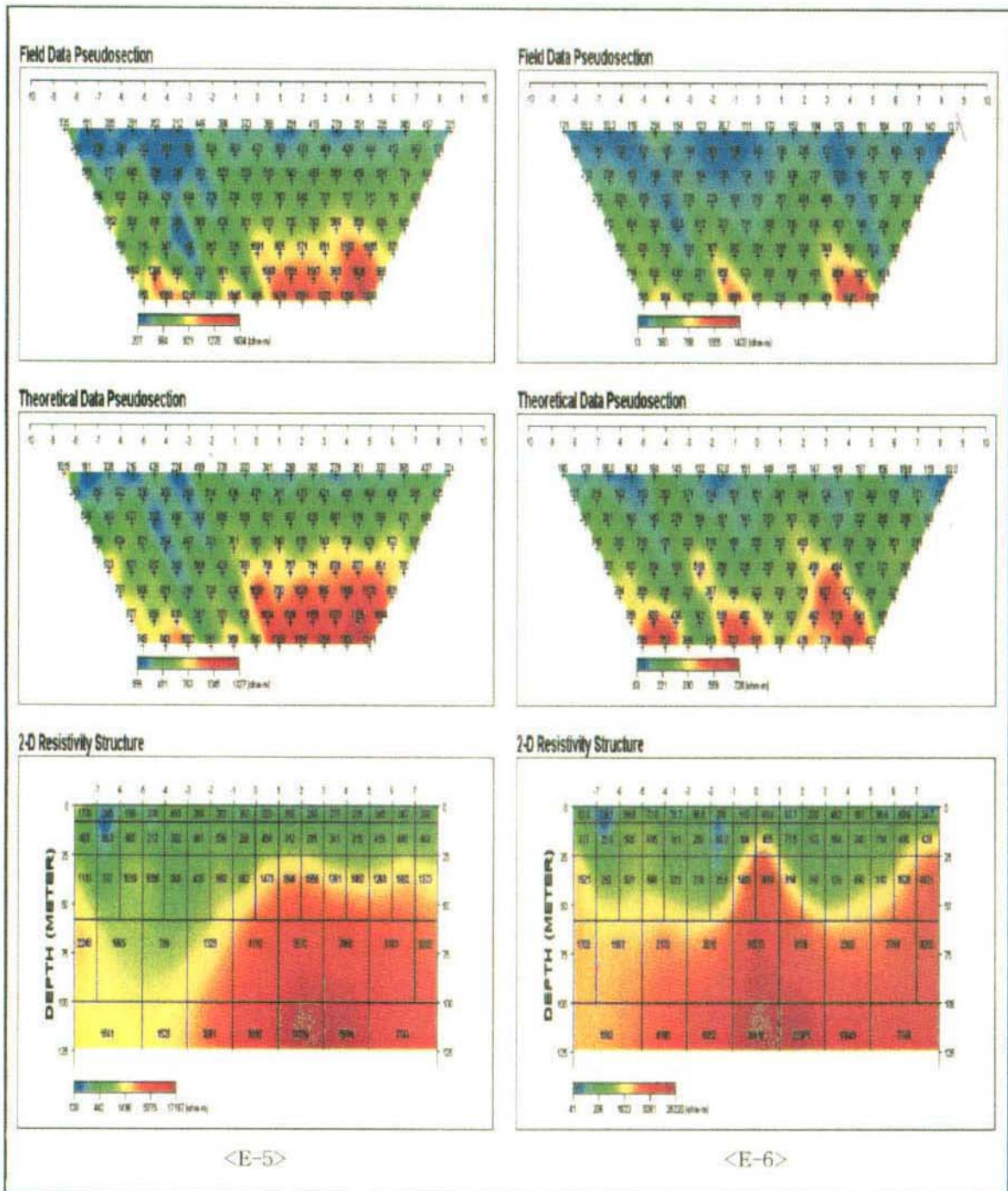
< 그림 3-5 > 측선 E-3, E-4 쌍극자탐사 결과도



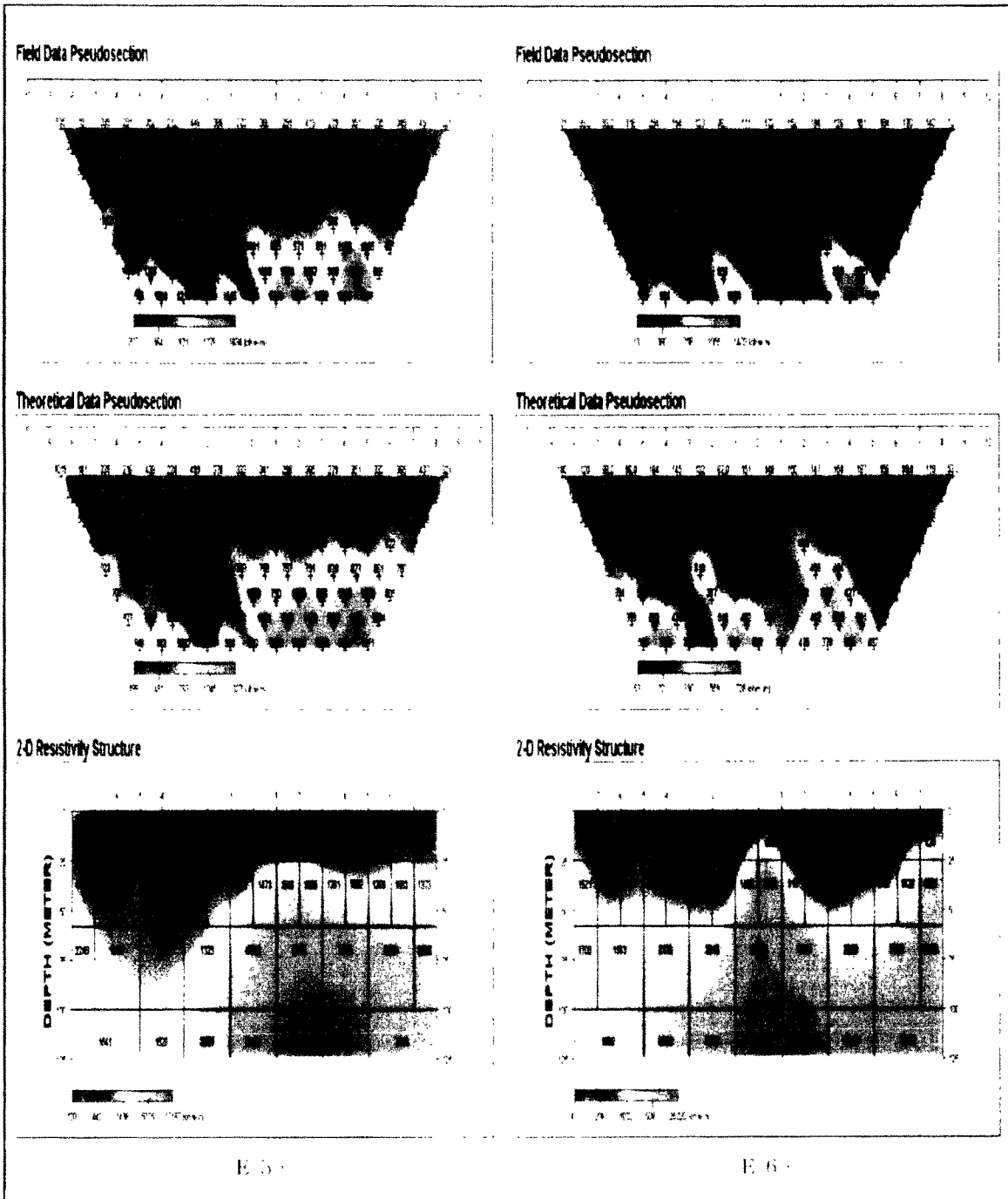


< 그림 3-5 > 축선 E-3, E-4 쌍극자탐사 결과도

# 여 백

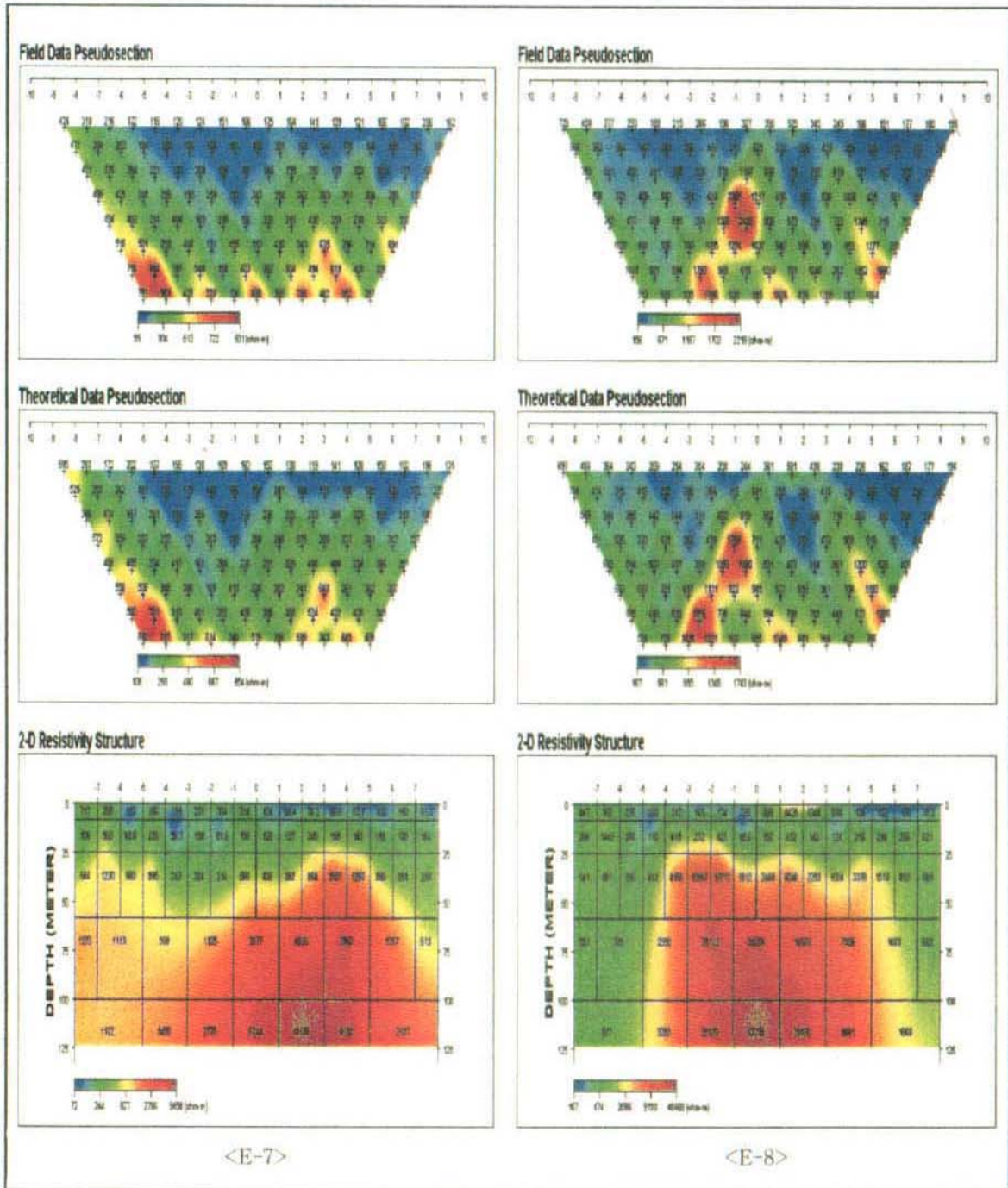


< 그림 3-6 > 측선 E-5, E-6 쌍극자탐사 결과도

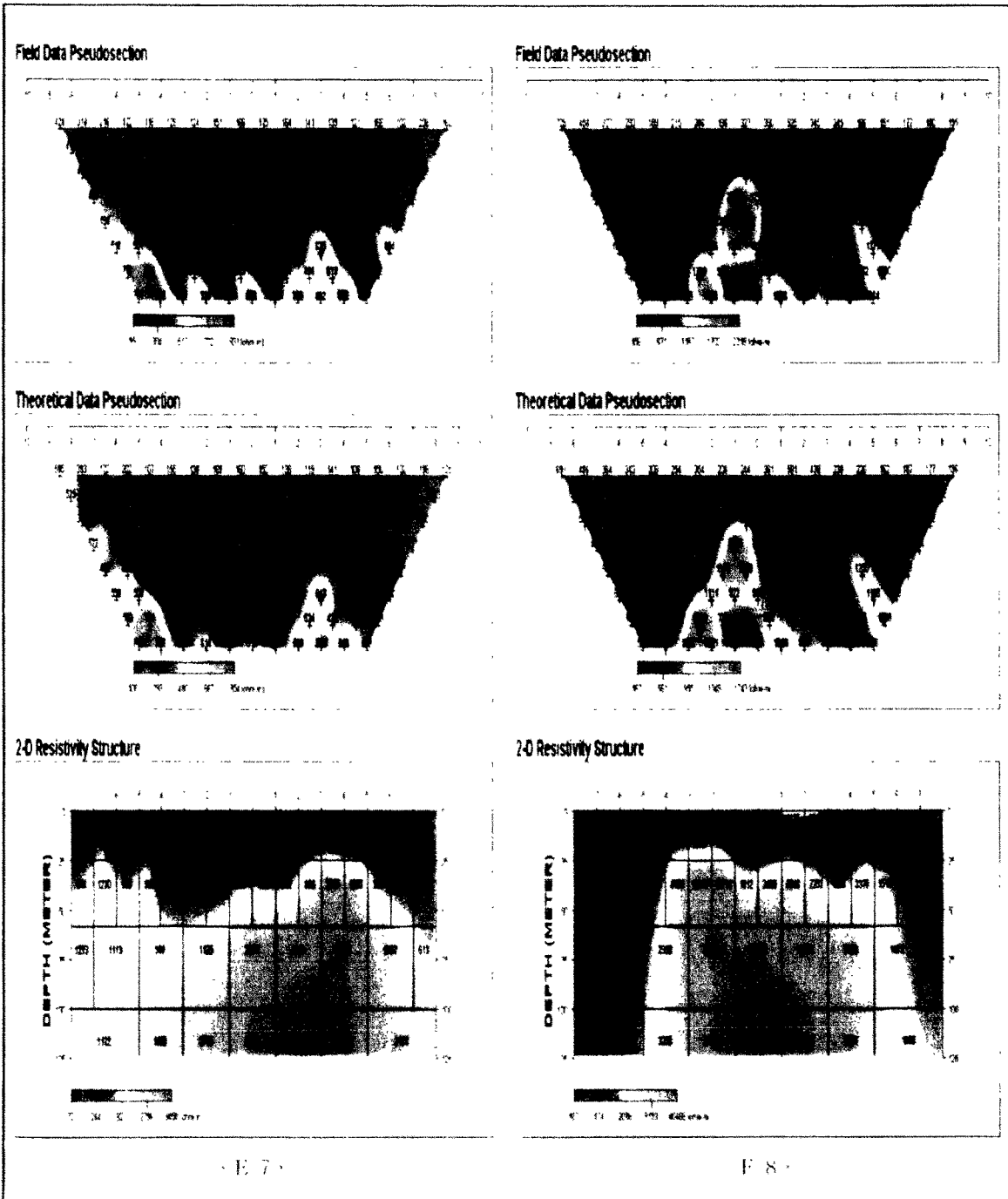


< 그림 3-6 > 측선 E-5, E-6 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



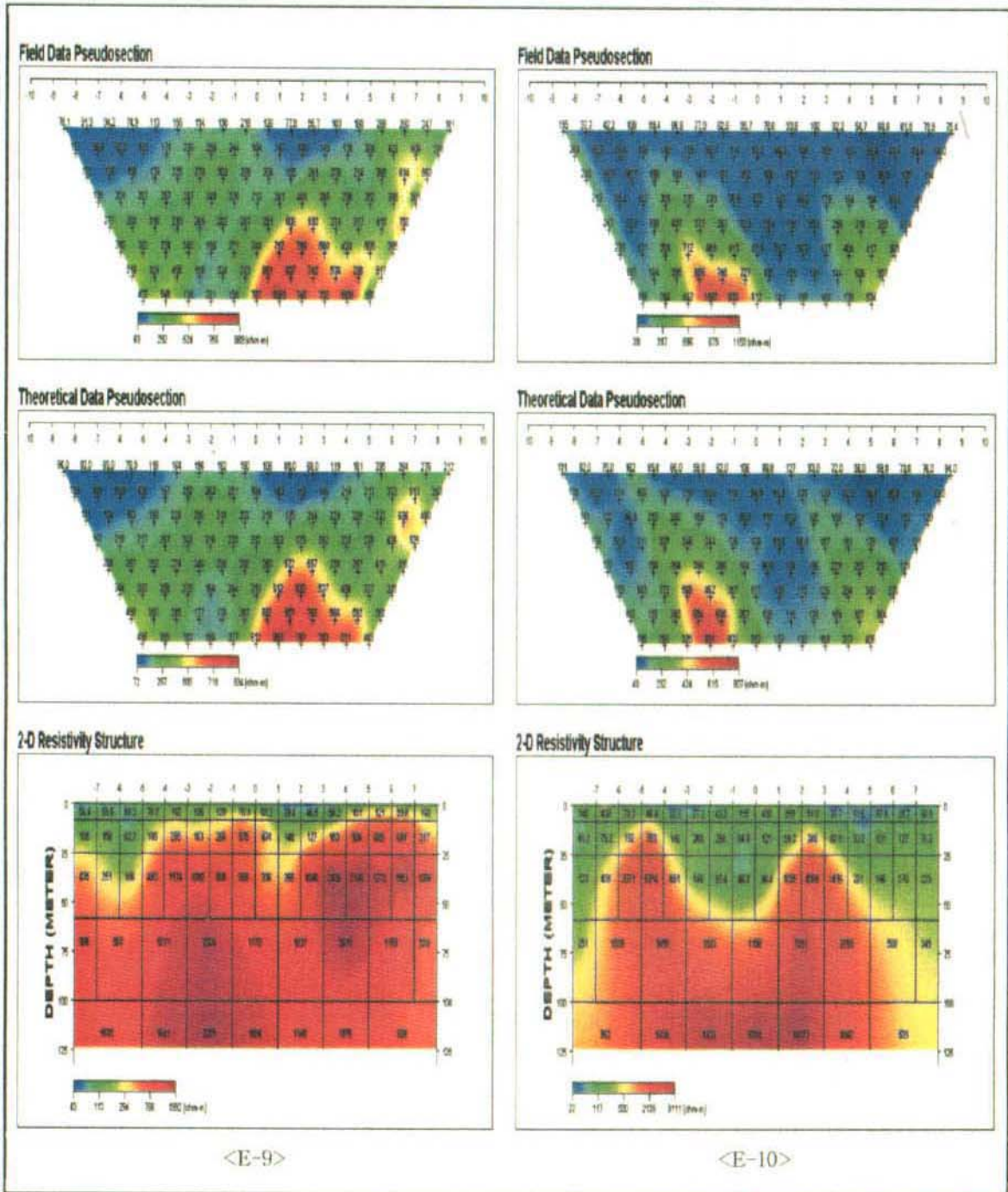
< 그림 3-7 > 측선 E-7, E-8 쌍극자탐사 결과도



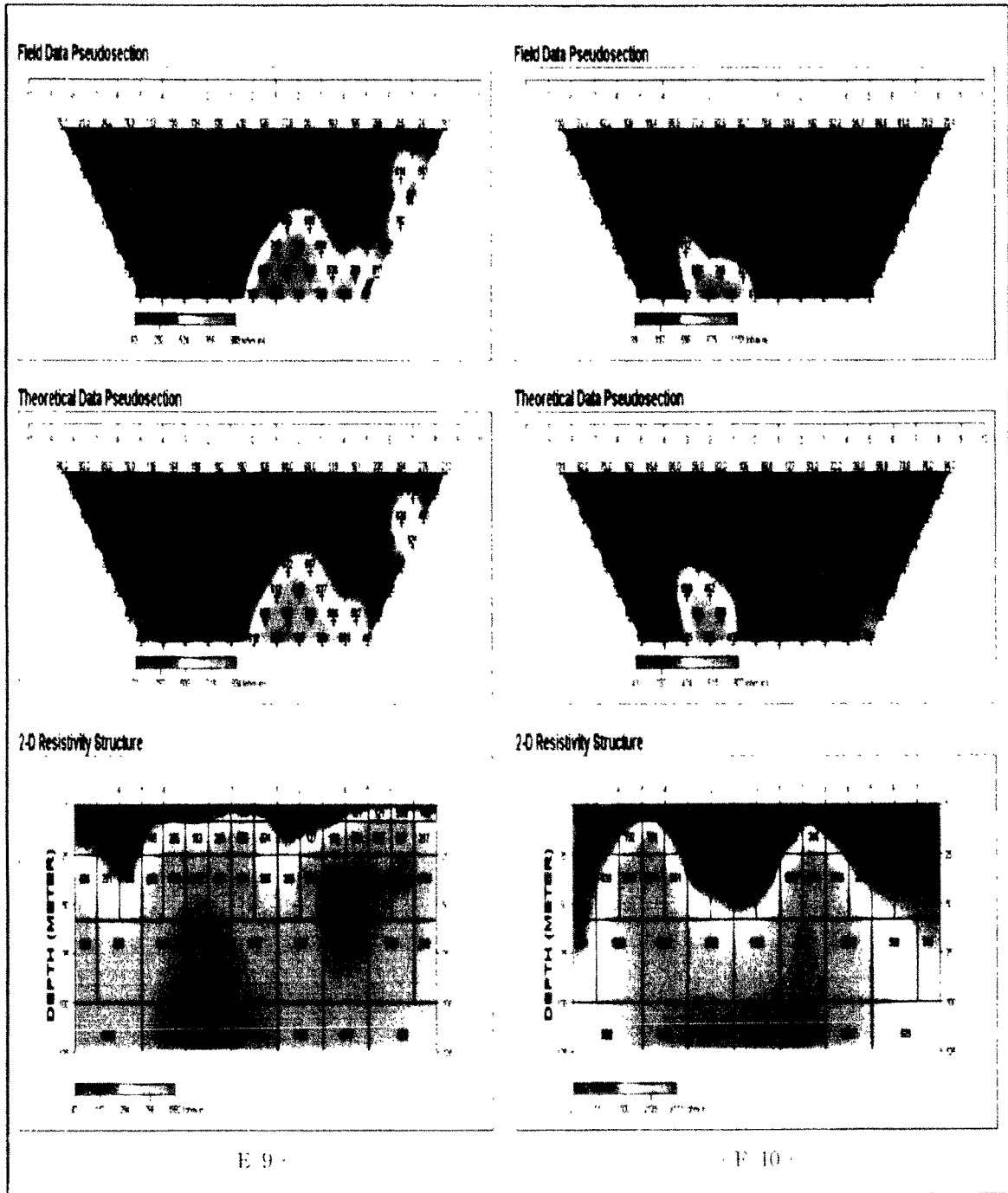
< 그림 3-7 > 축선 E-7, E-8 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



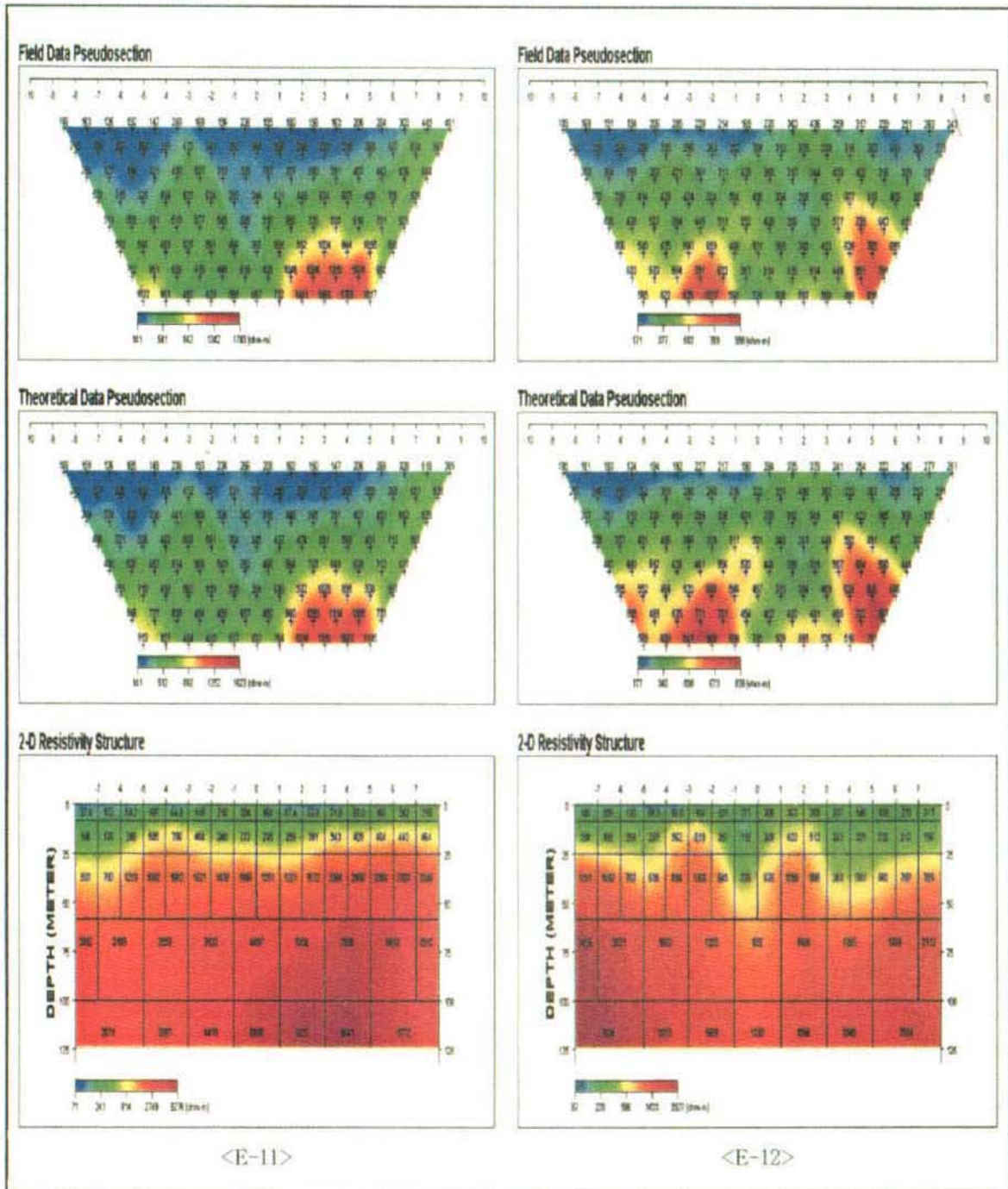


< 그림 3-8 > 측선 E-9, E-10 쌍극자탐사 결과도

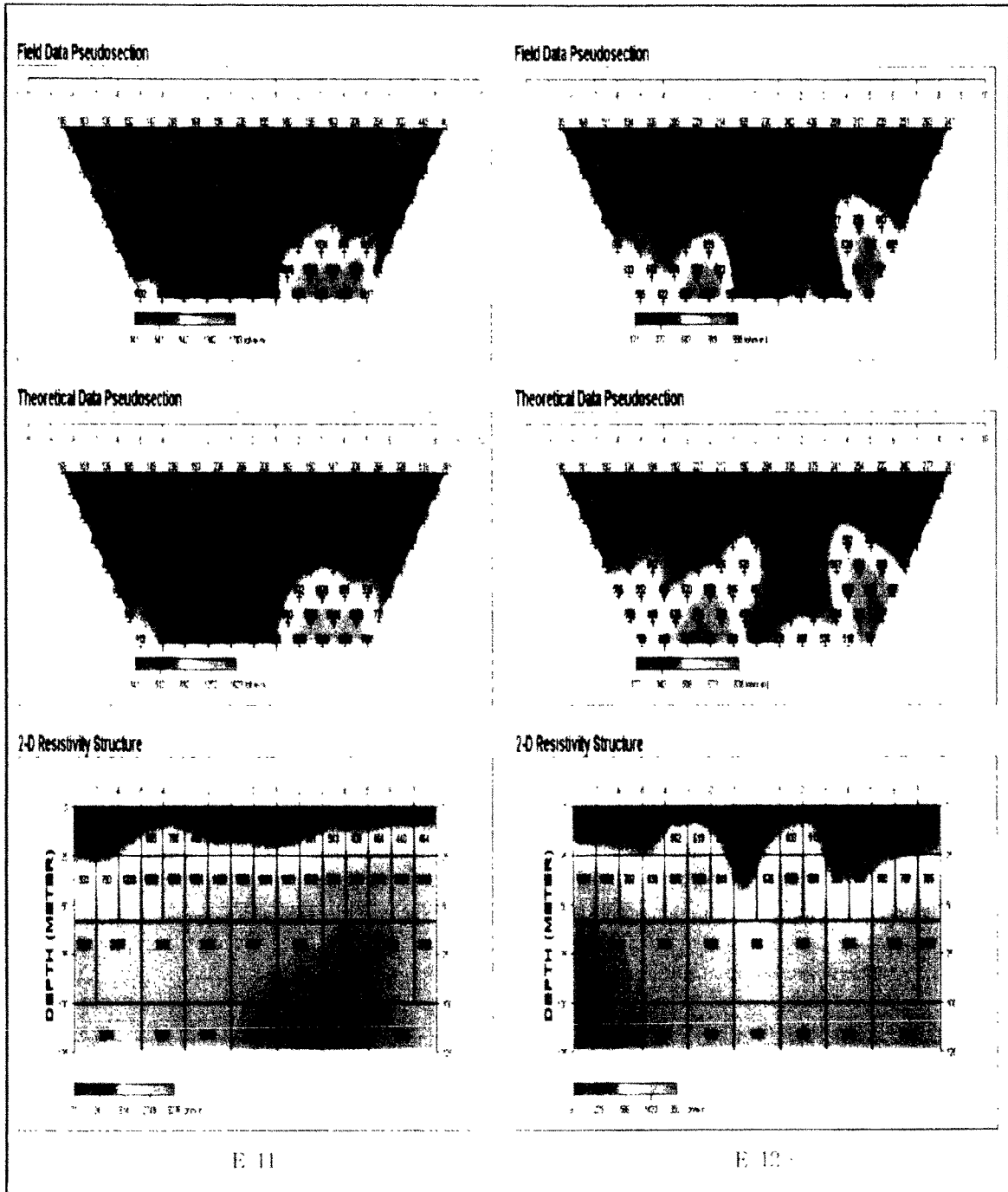


< 그림 3-8 > 측선 E-9, E-10 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



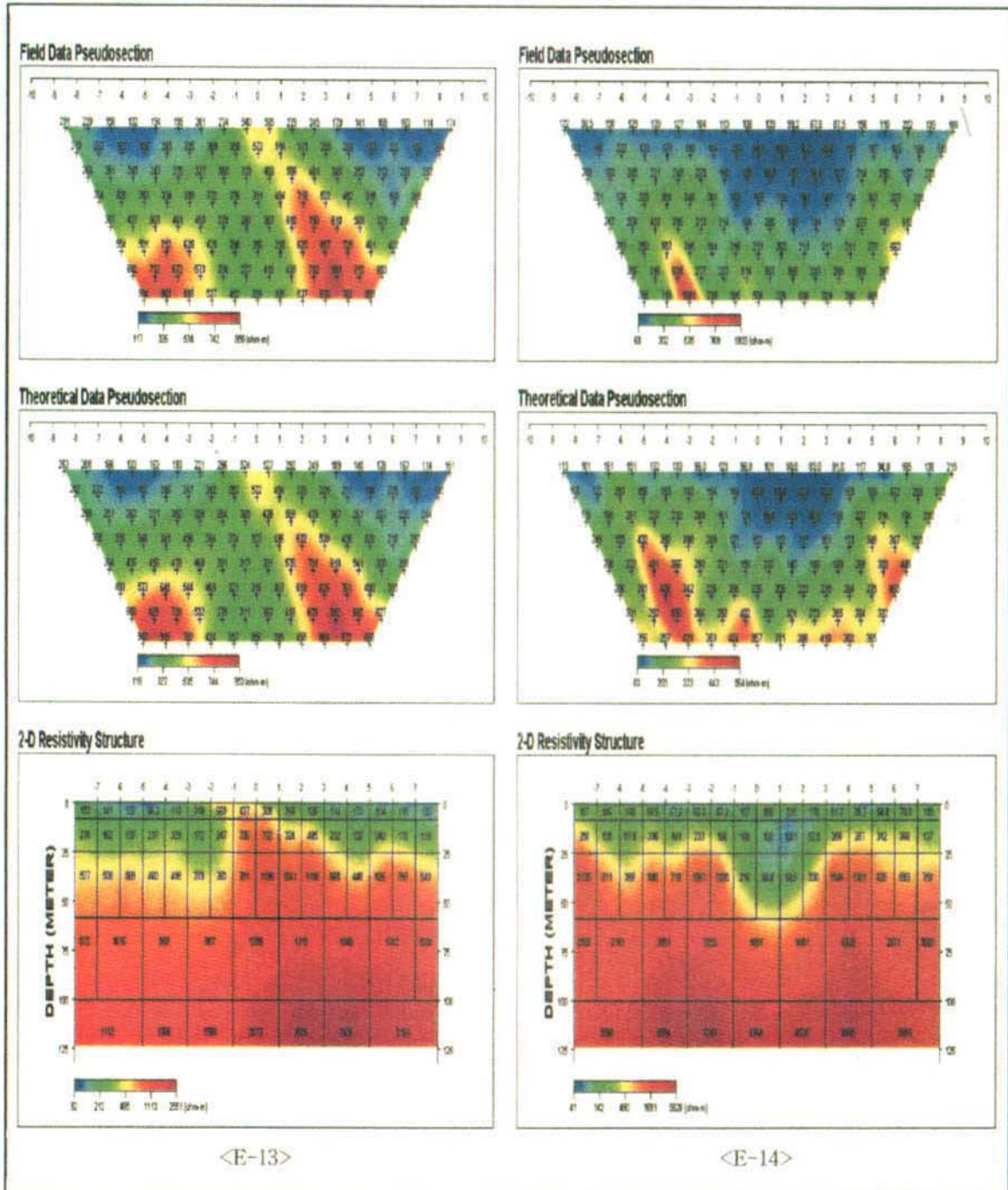
< 그림 3-9 > 측선 E-11, E-12 쌍극자탐사 결과도



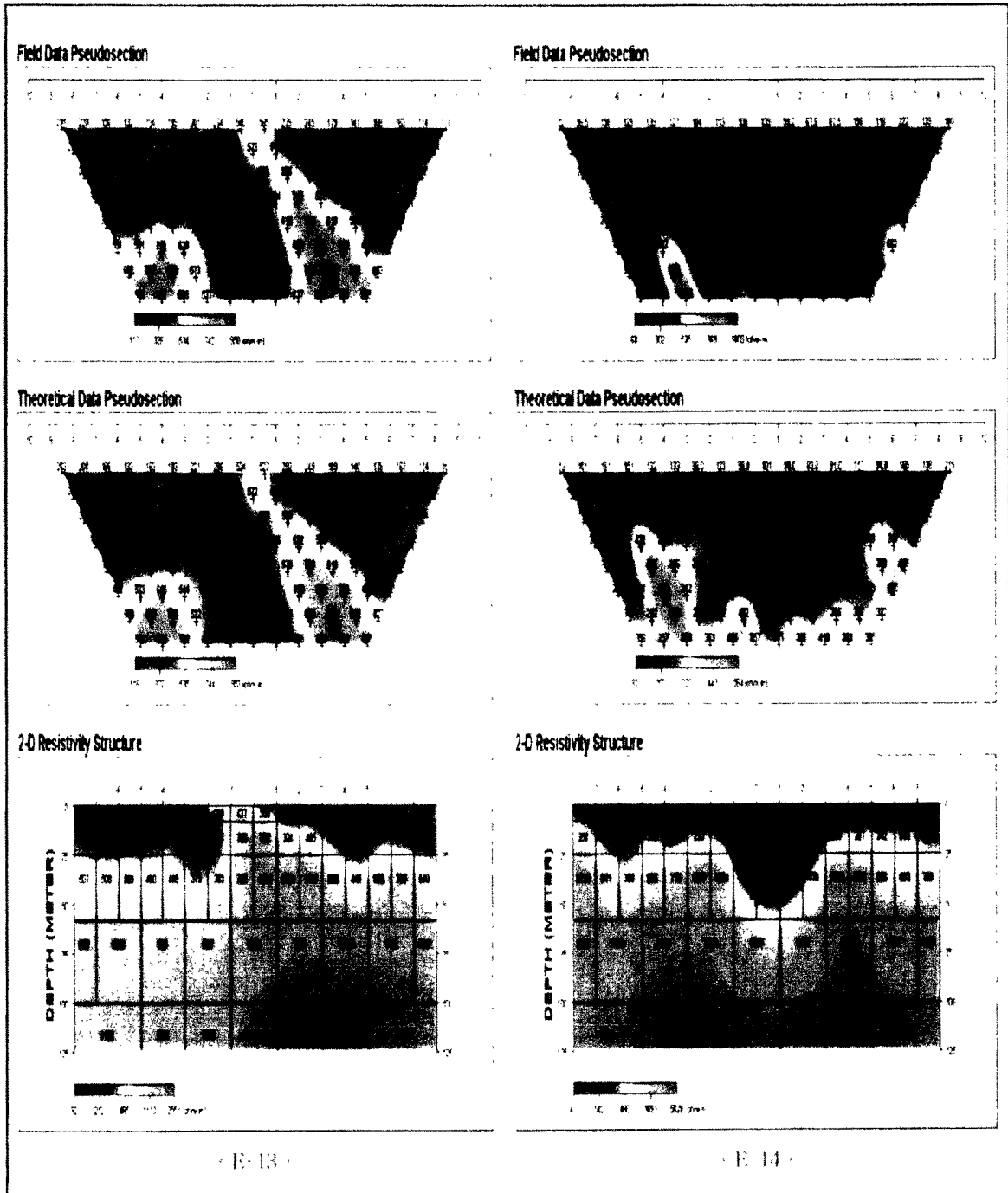
< 그림 3-9 > 측선 E-11, E-12 쌍극자탐사 결과도

# 여 백





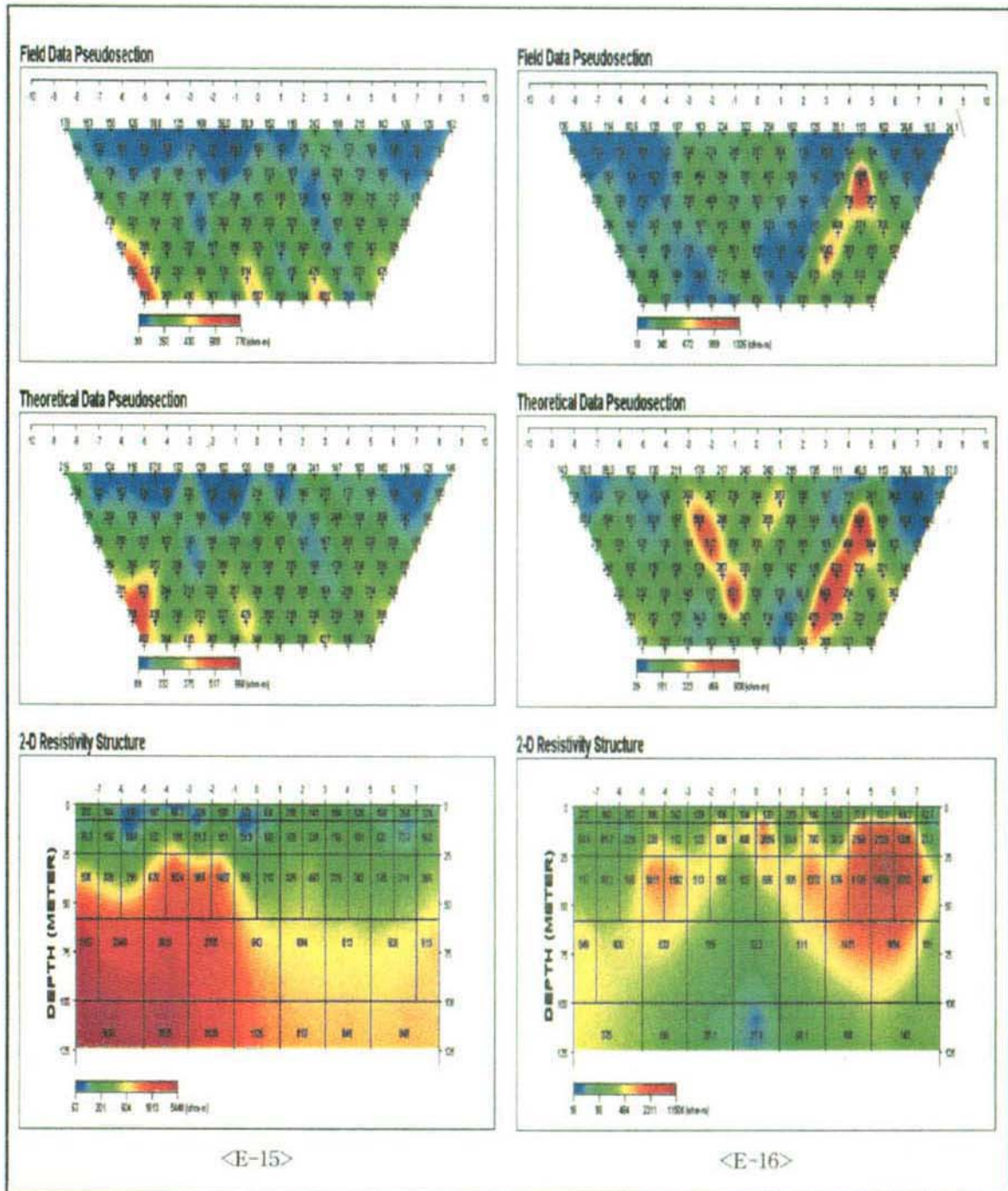
< 그림 3-10 > 측선 E-13, E-14 쌍극자탐사 결과도



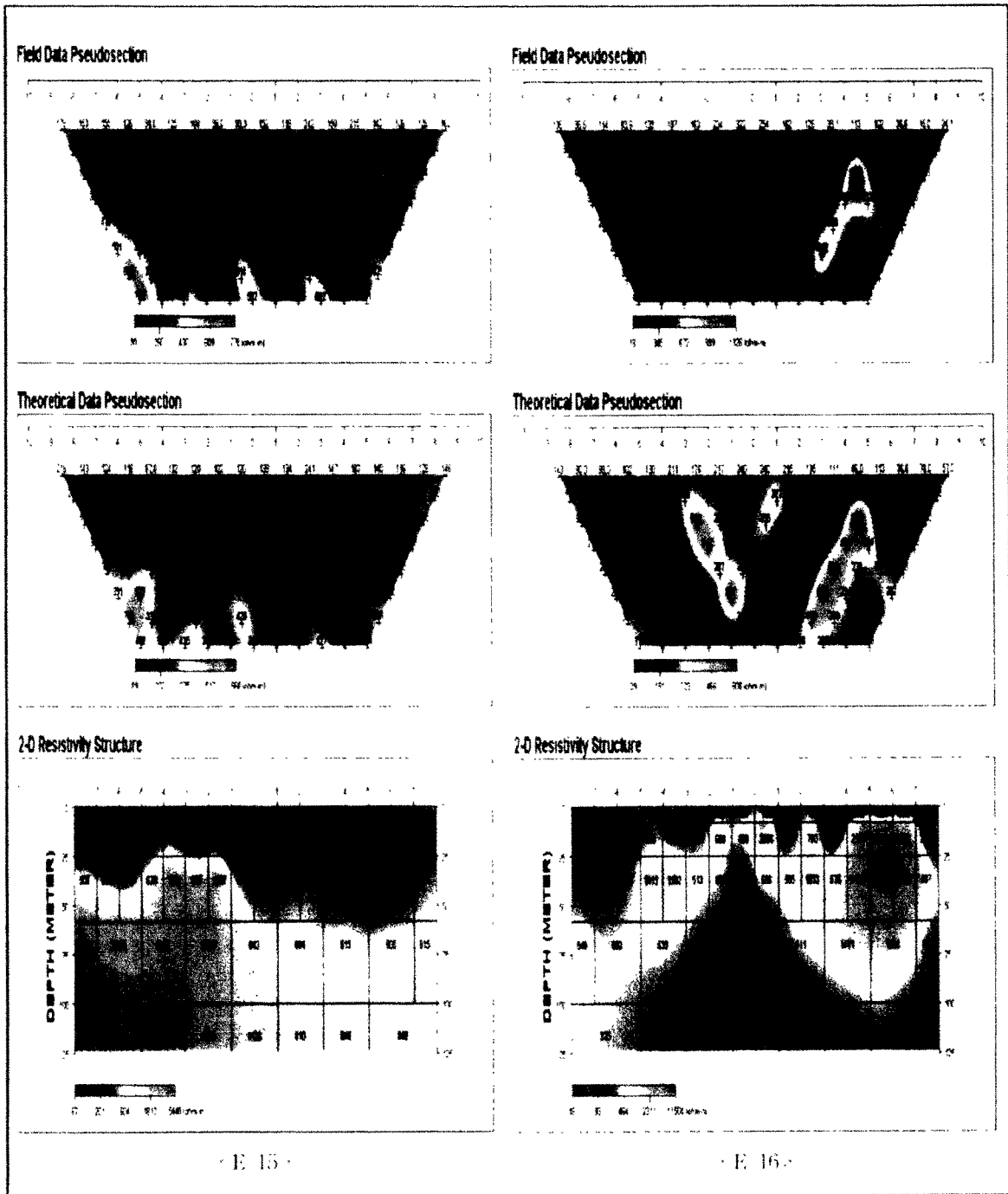
< 그림 3-10 > 측선 E-13, E-14 쌍극자탐사 결과도



# 여 백

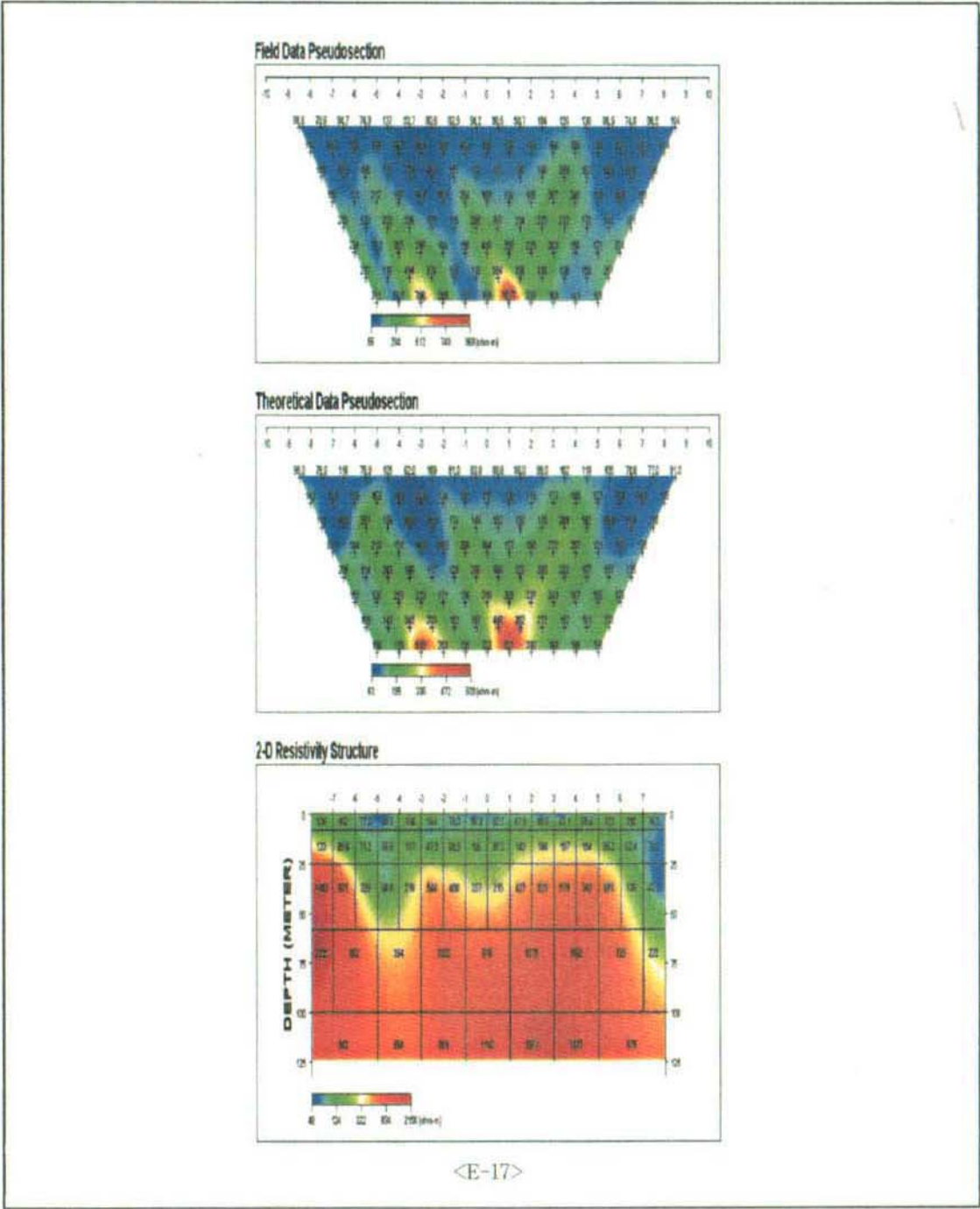


< 그림 3-11 > 측선 E-15, E-16 쌍극자탐사 결과도



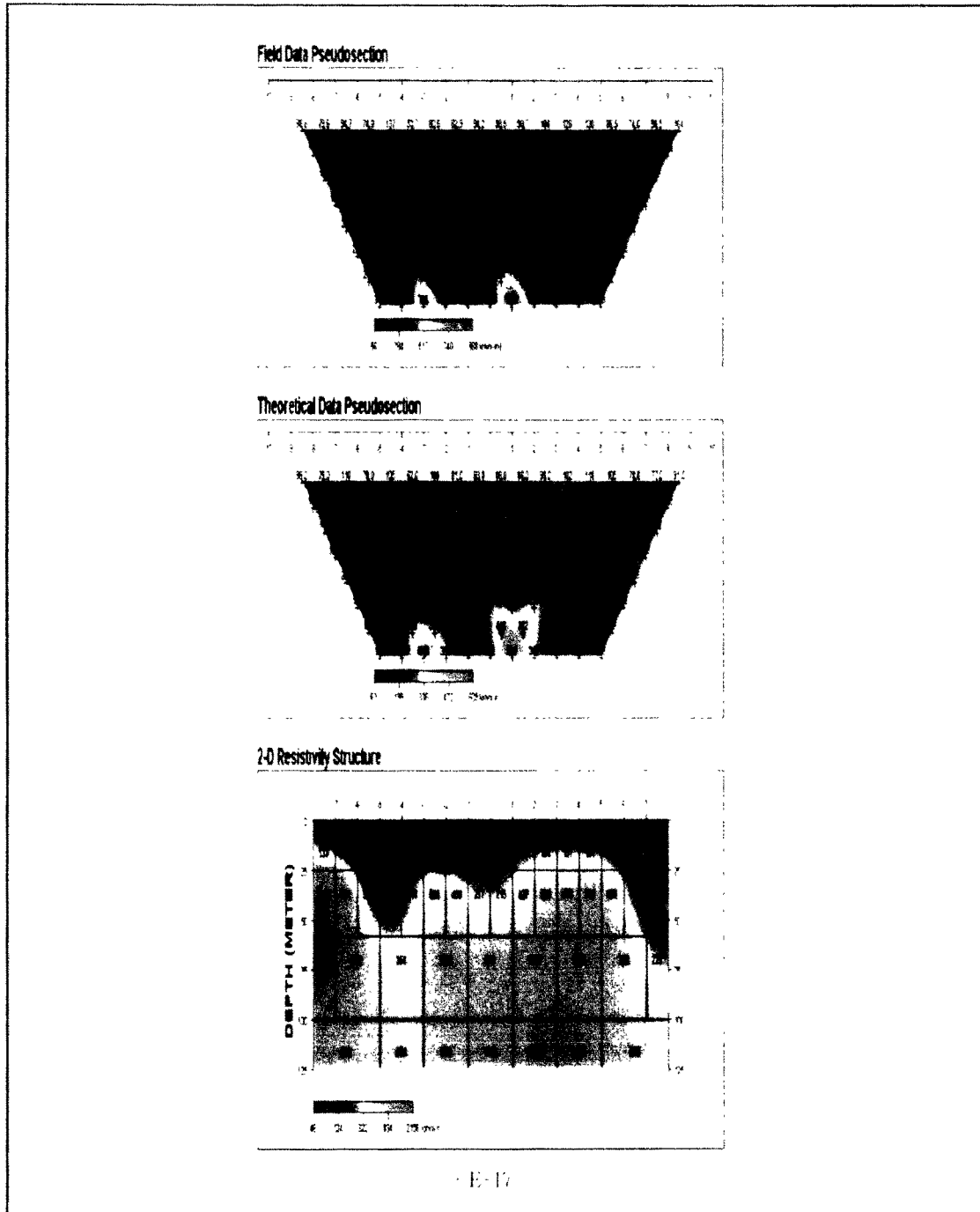
< 그림 3-11 > 축선 E-15, E-16 쌍극자탐사 결과도

# 여 백



<E-17>

< 그림 3-12 > 측선 E-17 쌍극자탐사 결과도



< 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 채수함으로 인하여 발생하는 수위상승 및 강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적인 성질인 대수층 상수, 즉 투수계수, 투수량계수, 저류계수 및 기타 성질을 결정하기 위하여 시행하는 것이다. 조사지역의 충전층 및 암반대수층의 수리적 성질을 파악하기 위하여 조사지역 내에 분포하는 15개 공의 충전 및 암반관정에 대하여 양수시험을 시행하였다. 시험결과 대수층 해석은 충전관정인 경우 자유면 대수층으로 해석하였으며, 암반관정의 경우 자연수위가 대수층보다 훨씬 높은 점을 감안하여 피압 대수층으로 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 관측정 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 10.25 m³/d, 평균자연수위는 6.92m, 평균안정수위는 38.35m, 평균양수량 264.28m³/d이다.



< 표 3-3 > 기설관정 양수시험 총괄표

No.	위 치		자연수위 (m)	안정수위 (m)	양 수 량 (m ³ /day)	투수량계수 (m ² /day)	비 고
	읍·면	리					
D3	웅치	오류	3.00	10.00	300.00	42.37	
D10	웅치	강산	8.00	48.00	250.00	4.17	
D21	회천	벽교	15.00	35.00	300.00	14.18	
D27	회천	동을	6.00	48.00	200.00	3.95	
D31	득량	심곡	6.00	15.00	250.00	30.13	
D36	득량	역전	5.00	42.00	300.00	6.29	
D50	조성	은곡	4.00	48.00	250.00	4.48	
D59	문덕	동산	4.00	37.00	200.00	4.39	
D69	북내	동교	15.00	50.00	350.00	7.52	
D72	울어	문양	7.00	39.00	250.00	6.29	
D86	검백	석호	3.00	30.00	300.00	10.22	
D101	미력	풍치	3.00	35.00	250.00	6.03	
D110	노동	지심	6.00	50.00	250.00	4.85	
D121	벌교	전동	12.00	50.00	250.00	5.43	
D135	보성	봉산	7.00	55.00	250.00	3.54	
평 균			6.92	38.35	264.28	10.25	

### 3-4. 대수층 특성

본 조사지역의 지형은 북으로부터 서남방까지 고지대가 우세하고 남쪽과 동쪽 일대는 해안평야지대가 우세한 특성을 보인다. 이 지역의 지질은 화성암류, 변성암류, 퇴적암류 및 화산암류로 구성되어 있으며 전반적으로 고기편마암류의 변성암류와 퇴적암을 화성암류와 화산암류가 후기에 관입내지 피복하고 있다.

본 조사지역에서 15공의 기설관정 양수시험자료로 지구 전체의 양상을 대변하기는 어려우나, 각 읍·면별로 1일 200m³ 내지 350m³의 양수량을 보이는 관정을 선별하여 대수층 특성을 분석하였다.

선별된 양수시험공은 대체로 그 지역일대에서 비교적 양수량 확보가 용이한 관정이기 때문에 그 지역 전체의 대표성을 갖기는 힘들지만 나름대로 정밀한 양수시험 분석기법을 통하여 대수층 발달 상태나 지하수 부존 특성 등, 조사 지역의 수리특성을 간접적으로 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

양수시험결과 관정들의 평균투수량계수는 10.25m³/day 이며 웅치면에 위치한 D3관정의 경우 42.37m³/day로 시험관정 중 가장 양호한 수리성을 갖는 것으로 나타났다. 보성읍에 위치한 D135관정의 경우 가장 낮은 투수량계수(3.54m³/day)를 보인다. 전체적으로 평균투수량계수 이상의 값을 보인 관정이 위치한 지역은 웅치면(D3공), 회천면(D21공), 득량면(D31공)이며 평균투수량계수 이하의 값을 보인 관정이 위치한 지역은 웅치면(D10), 회천면(D27), 득량면(D36공), 조성면(D50공), 문덕면(D59공), 복내면(D69공), 울어면(D72공), 검백면(D86공), 미력면(D101공), 노동면(D110공), 벌교읍(D121공), 보성읍(D135공) 등으로 보성군의 서남부 지역이 대체로 높은 투수량계수를 보인 반면, 그 외 지역은 상대적으로 낮은 투수량계수 값을 나타낸다.

조사지역내 시험관정들의 평균안정수위와 평균자연수위의 차이는 31.4m이며 기반암의 종류로는 고기편마암류와 화성암류가 주류를 이루나 관정별로 기반암에 따른 투수량계수의 상관성은 없어보이며 전체적인 대수층 발달 형태는 충적관정을 제외하고는 기반암내 파쇄대 발달에 의한 것으로 판단된다.

## 4. 기설관정 이용실태조사

### 4-1. 기설관정 현황조사

#### 4-1-1. 시설별·용도별 이용현황

이번 보성지역의 관정조사는 실제 주민들의 사용빈도가 높은 중·대형 관정을 대상으로 하였으며 그 수는 총 142개공에 이른다. 시설별 관정현황은 암반관정 138공과 충적관정 4공이다. 용도별 관정현황은 충적관정의 경우, 4공 모두 농업용수로 이용되고 있으며, 암반관정은 138공중 121공(88%)이 농업용수로, 17공(12%)이 생활용수로 이용되고 있다(표 4-1, 4-2, 4-3).

< 표 4-1 > 지하수 시설별 현황

총 계	암 반 관 정			충 적 관 정		
	계	농업용수	생활용수	계	농업용수	생활용수
142	138(100%)	121(88%)	17(12%)	4(100%)	4(100%)	-

이번 조사된 기설관정수는 보성지역 전체 현황을 파악하기에는 미흡한 점이 있으나 사용빈도가 높은 중·대형관정들의 자료분석 결과, 농업용수관정의 평균심도는 71.2m, 생활용수관정의 평균심도는 143.7m로서 공당 평균심도는 79.9m, 공당 농업용수관정의 평균양수량은 308.7m³/일, 공당 생활용수관정의 평균양수량은 250.5m³/일, 공당 평균양수량은 301.7m³/일 이다(표 4-2).

< 표 4-2 > 지하수 읍면별 용도별 현황

구 분		농업용수	생활용수	계
계	공수	125	17	142
	평균심도(m)	71.2	143.7	79.9
	평균양수량(m ³ /일)	308.7	250.5	301.7
보성읍	공수	10	0	10
	평균심도(m)	65.3	0	65.3
	평균양수량(m ³ /일)	404.4	0	404.4
별교읍	공수	14	0	14
	평균심도(m)	67.7	0	67.7
	평균양수량(m ³ /일)	281.8	0	281.8
문덕면	공수	6	1	7
	평균심도(m)	77.5	159	89.1
	평균양수량(m ³ /일)	334.0	210	316.3
복내면	공수	8	3	11
	평균심도(m)	67.5	150.7	90.2
	평균양수량(m ³ /일)	302.8	266.7	292.9
율어면	공수	11	1	12
	평균심도(m)	72.6	150.0	79.1
	평균양수량(m ³ /일)	329.2	150.0	314.3
노동면	공수	10	1	11
	평균심도(m)	70.8	150.0	78.0
	평균양수량(m ³ /일)	255.8	260.0	256.2
미력면	공수	11	0	11
	평균심도(m)	50.2	0	50.2
	평균양수량(m ³ /일)	354.1	0	354.1
검백면	공수	12	2	14
	평균심도(m)	100.2	145.0	106.6
	평균양수량(m ³ /일)	279.4	268.0	124.2
조성면	공수	8	1	9
	평균심도(m)	65.9	150.0	75.2
	평균양수량(m ³ /일)	298.8	380.0	100.8
득량면	공수	12	4	16
	평균심도(m)	74.3	138.3	90.3
	평균양수량(m ³ /일)	293.1	238.8	115.4
웅치면	공수	12	1	13
	평균심도(m)	78.4	150.0	83.9
	평균양수량(m ³ /일)	312.0	350.0	99.3
회천면	공수	11	3	14
	평균심도(m)	62.3	130.0	76.8
	평균양수량(m ³ /일)	281.5	206.0	93.1

**< 표 4-3 > 시설관정현황**

NO	위 치			착정심도 (m)	케 이 싱 구경(mm)	양수량 (m ³ /d)	용 도	개발년도	비 고 T.M
	면	리	지번						
S1	미력	반룡	823-2	8.4	250	468	농업용수	79	X143.75,Y208.80
S2	미력	반룡	828-7	8.5	250	432	농업용수	79	X143.20,Y209
S3	미력	반룡	822-18	9.6	250	808	농업용수	79	X143.60,Y209
S4	미력	반룡	833-42	8.1	250	170	농업용수	79	X142.75,Y209.10
D1	웅치	강산	1638-18	80	200	430	농업용수	94	X136.85,Y202.10
D2	웅치	강산	1666	85	200	300	농업용수	94	X136.60,Y201.70
D3	웅치	유산	639	80	200	350	농업용수	94	X135.95,Y203.09
D4	웅치	유산	156	80	200	500	농업용수	94	X135.75,Y204.60
D5	웅치	대산	496-1	77	150	150	농업용수	94	X133.75,Y200
D6	웅치	용반	101-1	80	150	150	농업용수	94	X133.5,Y202.60
D7	웅치	대산	836	80	200	200	농업용수	95	X134.25,Y200.02
D8	웅치	중산	299-1	70	200	430	농업용수	95	X134.5,Y201.9
D9	웅치	강산	1398	75	200	370	농업용수	96	X135.75,Y200.75
D10	웅치	강산	산 114-1	67	200	260	농업용수	97	X135.8,Y200.7
D11	웅치	강산	1631-3	95	200	250	농업용수	97	X136.4,Y201.8
D12	웅치	강산	1598-2	72	200	354	농업용수	88	X136.85,Y202.1
D13	웅치	강산	1056-1	150	200	350	생활용수	95	X135.55,Y201.1
D14	회천	화죽	417-1	65.5	200	423	농업용수	87	X134.8,Y211.35
D15	회천	화죽	6	39.8	200	354	농업용수	91	X135.1,Y211.25
D16	회천	전일	883-3	90	200	280	농업용수	94	X127.95,Y205.1
D17	회천	객산	270	70	200	600	농업용수	94	X133.4,Y214.95
D18	회천	화죽	404-2	60	150	215	농업용수	94	X135.5,Y211.15
D19	회천	서당	240	63	150	180	농업용수	94	X134.4,Y212.6
D20	회천	천포	482	50	150	200	농업용수	94	X135.6,Y212.15
D21	회천	벽교	699	80	200	300	농업용수	95	X130.45,Y206.9
D22	회천	봉강	668	70	200	260	농업용수	95	X130.1,Y204.05
D23	회천	화죽	893	80	200	200	농업용수	96	X134.8,Y210.7
D24	회천	회령	73-4	80	200	265	농업용수	96	X131.75,Y205.3
D25	회천	천포	87-1	145	200	192	생활용수	94	X135.45,Y212
D26	회천	천포	156-1	145	200	226	생활용수	94	X135.2,Y212.1
D27	회천	동울	490	100	200	200	생활용수	95	X131.2,Y209.85
D28	득량	해평	143	80	200	380	농업용수	94	X137.55,Y218.45
D29	득량	예당	632-1	80	200	320	농업용수	94	X143.2,Y217.45
D30	득량	정흥	452	80	200	360	농업용수	94	X138.5,Y211.55
D31	득량	상정	694-1	80	200	270	농업용수	94	X141.7,Y212.05
D32	득량	송곡	178-4	41	150	150	농업용수	94	X142,Y215.8

**< 표 4-3 > 계 속**

NO	위 치			착정심도 (m)	케 이 싱 구경(mm)	양수량 (m ³ /d)	용 도	개발년도	비 고 T.M
	면	리	지번						
D33	득량	정흥	312-2	60	200	250	농업용수	95	X138, Y211.35
D34	득량	상정	14	63	200	280	농업용수	95	X140.7, Y213.15
D35	득량	정흥	243	82	200	277	농업용수	96	X137.65, Y211.5
D36	득량	오봉	897	80	200	327	농업용수	96	X140.05, Y215.25
D37	득량	송곡	160-2	83	200	344	농업용수	96	X142.35, Y215.5
D38	득량	예당	1170	60	200	306	농업용수	96	X142.75, Y216.55
D39	득량	비봉	725-1	102	200	253	농업용수	97	X134.8, Y217.25
D40	득량	비봉	527-2	110	200	200	생활용수	95	X136.25, Y217.75
D41	득량	송곡	1031	140	200	250	생활용수	95	X142.5, Y215.3
D42	득량	도촌	444	153	200	250	생활용수	96	X138.75, Y214.25
D43	득량	마천	265-4	150	200	255	생활용수	97	X140, Y213.75
D44	조성	봉능	371-1	99	200	293	농업용수	92	X144.25, Y210.05
D45	조성	귀산	517-1	31	200	372	농업용수	93	X148.60, Y222.35
D46	조성	은곡	961-4	80	200	270	농업용수	94	X145.55, Y225.35
D47	조성	매현	324	63	200	345	농업용수	94	X144.35, Y223.5
D48	조성	조성	673-10	66	200	252	농업용수	95	X145.8, Y222.35
D49	조성	용전	303-5	61	200	293	농업용수	96	X143.5, Y220.6
D50	조성	은곡	952-1	65	200	280	농업용수	96	X146.05, Y224.5
D51	조성	용전	821-4	62	200	285	농업용수	96	X144.4, Y221.35
D52	조성	덕산	2-2	150	200	380	생활용수	95	X143.9, Y219.3
D53	문덕	양동	127	61	200	412	농업용수	90	X157.25, Y218.80
D54	문덕	동산	1185	80	200	362	농업용수	94	X156.65, Y217.30
D55	문덕	양동	1468-5	80	200	320	농업용수	94	X157.25, Y217.25
D56	문덕	용암	1455-5	80	200	400	농업용수	95	X157.20, Y216.25
D57	문덕	용암	1070	82	200	260	농업용수	95	X162.55, Y218
D58	문덕	용암	880-2	82	200	250	농업용수	95	X161.10, Y218.50
D59	문덕	동산	681-2	159	200	210	생활용수	95	X156.10, Y216.80
D60	복내	유정	544-1	64	200	354	농업용수	89	X154.05, Y211.75
D61	복내	장천	1536	67.7	200	350	농업용수	93	X150.75, Y209.60
D62	복내	봉천	741	61	200	300	농업용수	94	X155.70, Y212.50
D63	복내	동교	1213	80	200	300	농업용수	94	X156, Y214.80
D64	복내	계산	1157	54	150	155	농업용수	94	X153.25, Y210.70
D65	복내	유정	823	51	150	155	농업용수	94	X153.50, Y211.05
D66	복내	반석	540-6	82	200	509	농업용수	95	X155.85, Y211
D67	복내	장천	1301	80	200	300	농업용수	96	X152.85, Y208.60
D68	복내	반석	402-7	150	200	190	생활용수	95	X155.90, Y211.30

**< 표 4-3 > 계 수**

NO	위 치			착정심도 (m)	케 이 싱 구경(mm)	양수량 (m ³ /d)	용 도	개발년도	비 고 T.M
	면	리	지번						
D69	북내	동교	산93	152	200	400	생활용수	96	X154.75, Y214.25
D70	북내	계산	204	150	200	210	생활용수	97	X153, Y210.50
D71	율어	장동	638-1	57.5	200	388	농업용수	87	X152.70, Y219.25
D72	율어	문양	328	90	200	260	농업용수	94	X153.90, Y216.70
D73	율어	문양	627	85	200	430	농업용수	94	X152.20, Y216.75
D74	율어	이동2구	1086-1	65	150	155	농업용수	94	X152.90, Y220.25
D75	율어	고죽	378-1	79	200	160	농업용수	94	X154.60, Y217.55
D76	율어	금천	944-2	80	200	500	농업용수	95	X150.70, Y214.90
D77	율어	장동	114	80	200	406	농업용수	95	X152.05, Y219.25
D78	율어	이동	706-2	82	200	414	농업용수	95	X153.80, Y219.25
D79	율어	찰음	763-1	60	200	280	농업용수	96	X152.40, Y217.95
D80	율어	장동	381-1	60	200	350	농업용수	96	X153.05, Y219.75
D81	율어	금천	771-5	60	200	278	농업용수	97	X151.05, Y215.75
D82	율어	문양	957	150	200	150	생활용수	96	X152.75, Y216.10
D83	경백	용산	477	75	200	500	농업용수	86	X144.25, Y212.75
D84	경백	사곡	331-1	61.7	200	300	농업용수	93	X146.25, Y215.15
D85	경백	은덕	213	80	200	260	농업용수	94	X150.80, Y211.30
D86	경백	석호	395	80	200	330	농업용수	94	X148.55, Y213.80
D87	경백	수남	509-5	63	150	150	농업용수	94	X145.90, Y216.20
D88	경백	남양	415-12	150	200	250	농업용수	94	X145.95, Y214
D89	경백	문림	569-1	350	150	160	농업용수	94	X152.50, Y212.50
D90	경백	은덕	69	60	200	250	농업용수	96	X150.30, Y211.70
D91	경백	문림	968	82	200	270	농업용수	95	X151.30, Y212
D92	경백	수남	497-4	81	200	370	농업용수	96	X145.60, Y215.80
D93	경백	평호	597	60	200	255	농업용수	97	X148.05, Y212.20
D94	경백	평호	622	60	200	258	농업용수	97	X147.80, Y211.80
D95	경백	석호	421	140	200	320	생활용수	95	X148.50, Y214.75
D96	경백	용산	138	150	200	216	생활용수	95	X144.45, Y211.75
D97	미력	용정	609-16	80	250	290	농업용수	94	X146.75, Y208.80
D98	미력	미력	173	60	150	250	농업용수	94	X148.80, Y209
D99	미력	미력	310-2	80	250	280	농업용수	95	X148.30, Y208.40
D100	미력	용정	541-1	82	250	300	농업용수	95	X147.70, Y209.10
D101	미력	초당	130-1	60	250	360	농업용수	96	X141.50, Y210.60
D102	미력	초당	336	75	250	253	농업용수	96	X142.20, Y210.20
D103	미력	도개	154	80	200	284	농업용수	97	X143.85, Y208.10
D104	노동	용호	635-1	80	200	300	농업용수	94	X146.07, Y204.30

**< 표 4-3 > 계 속**

NO	위 치			착정심도 (m)	케 이 싱 구경(mm)	양수량 (m ³ /d)	용 도	개발년도	비 고 T.M
	면	리	지번						
D105	노동	학동	113	86	200	300	농업용수	94	X149.Y207.10
D106	노동	용호	290-5	45	150	190	농업용수	94	X145.25.Y203.50
D107	노동	명봉	523-1	60	150	150	농업용수	94	X146.25.Y206.75
D108	노동	광곡	836-10	64	200	293	농업용수	95	X145.50.Y205.50
D109	노동	옥마	99	85	200	280	농업용수	95	X145.10.Y202.95
D110	노동	거석	741	70	200	254	농업용수	96	X146.75.Y203.85
D111	노동	거석	483-4	80	200	255	농업용수	96	X147.47.Y204.10
D112	노동	명봉	750-5	78	200	256	농업용수	96	X146.60.Y206.95
D113	노동	대련	552	60	200	280	농업용수	97	X141.Y204.55
D114	노동	금호	515-4	150	200	260	생활용수	95	X143.35.Y202
D115	벌교	지동	1038-1	80	250	270	농업용수	95	X153.30.Y228.70
D116	벌교	장암	986	66	200	301	농업용수	96	X145.75.Y236.50
D117	벌교	낙성	398-1	67	200	280	농업용수	96	X154.05.Y228.30
D118	벌교	연산	113	65	200	300	농업용수	96	X151.25.Y231.60
D119	벌교	마동	776	65	200	270	농업용수	96	X147.Y226.80
D120	벌교	칠동	1290-1	60	200	260	농업용수	96	X149.20.Y226.20
D121	벌교	전동	90	60	200	250	농업용수	97	X150.20.Y230.20
D122	벌교	영등	1-30	60	250	275	농업용수	97	X147.30.Y234.75
D123	벌교	연산	106-1	64	250	275	농업용수	97	X151.Y231.50
D124	벌교	영등	346	62	250	300	농업용수	97	X146.10.Y234.90
D125	벌교	대포	산73	88	250	345	농업용수	94	X234.80.Y235.60
D126	벌교	마동	525	80	250	270	농업용수	94	X147.10.Y227.86
D127	벌교	지동	110-1	80	250	400	농업용수	94	X153.Y230.50
D128	벌교	지동	1031	52	150	150	농업용수	94	X154.Y228.60
D129	보성	용문	794-4	47	200	604	농업용수	82	X143.20.Y207.80
D130	보성	용문	990-12	49	200	812	농업용수	82	X143.45.Y207.75
D131	보성	옥평	403-1	80	250	350	농업용수	94	X141.25.Y209.85
D132	보성	봉산	685-1	80	250	285	농업용수	94	X143.05.Y208.40
D133	보성	봉산	산17	40	150	200	농업용수	94	X139.10.Y209.25
D134	보성	옥평	504	40	150	200	농업용수	94	X141.50.Y209.25
D135	보성	봉산	1137	80	250	280	농업용수	95	X138.20.Y208.50
D136	보성	봉산	796-6	82	250	694	농업용수	95	X137.95.Y208.40
D137	보성	옥평	303	80	250	349	농업용수	96	X140.37.Y209.25
D138	보성	봉산	601-1	75	250	270	농업용수	96	X138.05.Y208.80



## 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  $\phi 3''$  구경으로 4m 내외를 굴착, 수위관측공을 설치하여 조사·관측하되, 수위관측공은 지하수 함양조건이 동일한 상태에서 일제히 측정하여 지역 내 지하수 수위조사를 해야한다. 보성지역은 농업용 수용으로 기 개발된 암반관정이 다수 산재하며, 이들의 조사만으로 충분한 자료획득이 가능하다고 판단되어 오거(Auger)를 사용한 관측공은 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 행정구역별로 평균 지하수위는 보성읍(10개소) 6.8m, 벌교읍(14개소) 6.7m, 문덕면(7개소) 5.8m, 복내면(11개소) 5.5m, 울어면(12개소) 8.2m, 노동면(11개소) 5.8m, 미력면(11개소) 4.5m, 겸백면(14개소) 4.4m, 조성면(9개소) 5.9m, 득량면(16개소) 7.0m, 웅치면(13개소) 6.1m, 회천면(14개소) 6.4m 등이다. 보성지역 평균지하수위는 142개소에서 6.16m로 나타났다(표 4-4).

<표4-4> 기설관정 자연수위 관측현황

NO	위 치		자연수위(m)	NO	위 치		자연수위(m)
	면	리			면	리	
S1	미력	반룡	1.8	D33	득량	정흥	2
S2	미력	반룡	2.4	D34	득량	삼정	3
S3	미력	반룡	2.3	D35	득량	정흥	2
S4	미력	반룡	2.5	D36	득량	오봉	5
D1	웅치	강산	8	D37	득량	송곡	3
D2	웅치	강산	2	D38	득량	예당	20
D3	웅치	유산	3	D39	득량	비봉	19
D4	웅치	유산	5	D40	득량	비봉	6
D5	웅치	대산	4	D41	득량	송곡	4
D6	웅치	용반	5	D42	득량	도촌	4
D7	웅치	대산	6	D43	득량	마천	20
D8	웅치	중산	3	D44	조성	봉능	4
D9	웅치	강산	5	D45	조성	귀산	2.7
D10	웅치	강산	8	D46	조성	은곡	3
D11	웅치	강산	19	D47	조성	매현	5
D12	웅치	강산	4.5	D48	조성	조성	15
D13	웅치	강산	7	D49	조성	용전	4
D14	회천	화죽	4.5	D50	조성	은곡	4
D15	회천	화죽	6	D51	조성	용전	4
D16	회천	전일	7	D52	조성	덕산	12
D17	회천	객산	7	D53	문덕	양동	3
D18	회천	화죽	5	D54	문덕	동산	4
D19	회천	서당	11	D55	문덕	양동	4
D20	회천	천포	6	D56	문덕	용암	15
D21	회천	벽교	15	D57	문덕	용암	4
D22	회천	봉강	5	D58	문덕	용암	7
D23	회천	화죽	5	D59	문덕	동산	4
D24	회천	회령	3	D60	복내	유정	4.5
D25	회천	천포	4	D61	복내	장천	4.3
D26	회천	천포	5	D62	복내	봉천	3
D27	회천	동울	6	D63	복내	동교	7
D28	득량	해평	9	D64	복내	계산	2.79
D29	득량	예당	3	D65	복내	유정	3.5
D30	득량	정흥	3	D66	복내	반석	12
D31	득량	삼정	6	D67	복내	장천	3
D32	득량	송곡	3	D68	복내	반석	3

<표 4-4 계속>

NO	위 치		자연수위(m)	NO	위 치		자연수위(m)
	면	리			면	리	
D69	복내	동교	15	D104	노동	용호	4
D70	복내	계산	3	D105	노동	학동	4
D71	율어	장동	2	D106	노동	용호	9.2
D72	율어	문양	7	D107	노동	명봉	6.5
D73	율어	문양	7	D108	노동	광곡	5
D74	율어	이동2구	4	D109	노동	옥마	8
D75	율어	고죽	8	D110	노동	거석	6
D76	율어	금천	15	D111	노동	거석	4
D77	율어	장동	20	D112	노동	명봉	1
D78	율어	이동	16	D113	노동	대련	17
D79	율어	찰음	5	D114	노동	금호	6
D80	율어	장동	5	D115	별교	지동	10
D81	율어	금천	9	D116	별교	장암	8
D82	율어	문양	3	D117	별교	낙성	5
D83	검백	용산	4.7	D118	별교	연산	10
D84	검백	사곡	3	D119	별교	마동	8
D85	검백	은덕	3	D120	별교	칠동	3
D86	검백	석호	3	D121	별교	전동	12
D87	검백	수남	4	D122	별교	영등	1
D88	검백	남양	3.7	D123	별교	연산	6
D89	검백	운림	5	D124	별교	영등	2
D90	검백	은덕	2	D125	별교	대포	17
D91	검백	운림	6	D126	별교	마동	6
D92	검백	수남	2	D127	별교	지동	3
D93	검백	평호	6	D128	별교	지동	4
D94	검백	평호	8	D129	보성	용문	5
D95	검백	석호	6	D130	보성	용문	4
D96	검백	용산	6	D131	보성	옥평	3
D97	미력	용정	3	D132	보성	봉산	9
D98	미력	미력	4.45	D133	보성	봉산	1.8
D99	미력	미력	12	D134	보성	옥평	2
D100	미력	용정	6	D135	보성	봉산	7
D101	미력	초당	3	D136	보성	봉산	10
D102	미력	초당	6	D137	보성	옥평	2
D103	미력	도개	7	D138	보성	봉산	17

## 5. 수질 및 잠재오염원조사

보성지역 지하수에 대한 지화학적 특징을 밝히기 위하여 보성군 일대의 12개 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 Temp & pH meter(HACH), EC meter(Checkmate)를 이용하여 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC) 및 수온등을 현장에서 채수후 즉시 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH meter가 안정된 후 측정하였다. 주요이온분석 대상시료는 현장에서 수동진공펌프를 이용하여 공극 크기  $0.45\mu\text{m}$  셀룰로스 박막 필터에 통과시켜 부유 물질을 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.

보성지역에 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.



< 표 5-1 > 현장 간이수질검사 결과

공번	위 치		온도 (℃)	전기전도도 ( $\mu$ s)	pH	지질	비고
	읍면	리					
D3	웅치	오류	15.2	87	6.50	고기편마암류	암반관정
D6	웅치	용반	15.7	122	6.55	고기편마암류	암반관정
D8	웅치	봉산	14.7	62	6.40	고기편마암류	암반관정
D9	웅치	강산	14.4	150	6.73	충적층	암반관정
D10	웅치	오류	14.4	58	6.82	고기편마암류	암반관정
D13	웅치	용반	14.8	106	6.14	고기편마암류	암반관정
D15	회천	화죽	16.4	269	6.59	화산암류	암반관정
D17	회천	객산	17.2	523	7.36	화산암류	암반관정
D19	회천	서당	17.5	334	6.86	화산암류	암반관정
D21	회천	벽교	17.3	182	7.47	고기편마암류	암반관정
D27	회천	동울	16.7	224	6.23	고기편마암류	암반관정
D31	득량	삼정	15.0	255	6.76	고기편마암류	암반관정
D36	득량	오봉	16.8	190	6.97	고기편마암류	암반관정
D37	득량	송곡	17.1	176	7.59	고기편마암류	암반관정
D38	득량	예당	16.4	198	7.05	고기편마암류	암반관정
D43	득량	마천	13.7	325	7.01	고기편마암류	암반관정
D48	조성	조성	16.3	234	7.45	충적층	암반관정
D50	조성	은곡	16.4	186	6.89	충적층	암반관정
D51	조성	용전	16.5	241	6.88	충적층	암반관정
D52	조성	덕산	16.1	121	7.10	고기편마암류	암반관정
D58	문덕	용암	17.1	221	8.23	변성퇴적암류	암반관정
D59	문덕	동산	16.1	319	7.16	화성암류	암반관정
D60	복내	유정	18.9	259	7.23	고기편마암류	암반관정
D62	복내	봉천	13.5	250	6.78	고기편마암류	암반관정
D68	복내	반석	14.2	132	6.45	고기편마암류	암반관정
D69	복내	동교	14.3	163	7.51	화성암류	암반관정
D70	복내	계산	15.0	126	6.11	변성퇴적암류	암반관정
D71	울어	장동	17.2	145	6.80	고기편마암류	암반관정
D72	울어	문양	15.7	139	6.73	고기편마암류	암반관정
D73	울어	상울	15.6	121	6.44	고기편마암류	암반관정
D75	울어	고죽	14.7	98	6.92	고기편마암류	암반관정

< 표 5-1 > 계 속

공번	위 치		온도 (℃)	전기전도도 ( $\mu$ s)	pH	지질	비고
	읍면	리					
D79	울어	찰음	15.0	142	6.49	고기편마암류	암반관정
D80	울어	장동	16.5	47	7.18	고기편마암류	암반관정
D84	검백	사곡	16.0	79	6.64	고기편마암류	암반관정
D86	검백	석호	15.2	69	7.16	고기편마암류	암반관정
D87	검백	수남	13.3	96	7.06	고기편마암류	암반관정
D90	검백	은덕	15.9	73	6.57	고기편마암류	암반관정
D91	검백	운림	15.7	181	6.89	고기편마암류	암반관정
D95	검백	석호	12.9	77	7.09	고기편마암류	암반관정
D100	미력	용정	16.0	76	6.64	고기편마암류	암반관정
D101	미력	초당	16.6	160	6.48	고기편마암류	암반관정
D103	미력	도개	16.4	45	7.28	변성퇴적암류	암반관정
D107	노동	명봉	13.1	126	8.18	변성퇴적암류	암반관정
D110	노동	거석	15.9	123	8.52	화성암류	암반관정
D111	노동	거석	15.4	137	8.97	화성암류	암반관정
D112	노동	명봉	13.4	205	7.34	변성퇴적암류	암반관정
D113	노동	대련	15.8	43	7.13	고기편마암류	암반관정
D114	노동	금호	13.3	85	7.29	고기편마암류	암반관정
D115	별교	지동	16.5	173	6.58	변성퇴적암류	암반관정
D118	별교	연산	16.2	96	7.03	화성암류	암반관정
D121	별교	전동	16.2	64	7.56	변성퇴적암류	암반관정
D123	별교	연산	15.7	98	7.13	화성암류	암반관정
D126	별교	마동	16.7	56	7.46	변성퇴적암류	암반관정
D128	별교	지동	16.0	227	6.75	변성퇴적암류	암반관정
D131	보성	옥평	16.0	50	7.16	고기편마암류	암반관정
D134	보성	옥평	16.2	76	7.23	고기편마암류	암반관정
D135	보성	봉산	15.0	115	6.96	고기편마암류	암반관정
D136	보성	봉산	15.6	214	6.88	고기편마암류	암반관정
D137	보성	옥평	15.8	71	6.57	고기편마암류	암반관정
D138	보성	봉산	15.0	110	7.24	고기편마암류	암반관정

## 5-1. 현장 간이수질검사

보성지역 지하수에 대하여 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC) 및 수온 등을 Temp & pH meter(HACH), EC meter(Checkmate)를 이용하여 현장에서 채수 후 즉시 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH meter가 안정된 후 측정하였다.

### ○ 수소이온 농도(pH)

보성지역 지하수의 수소이온농도(pH) 범위는 최소 6.11에서 최대 8.97이다. pH값이 6.11로 약산성에 해당되는 지하수 시료(시료번호 D70)는 보성군 북내면 계산리의 생활용수이고, pH 값이 8.97로서 약알카리에 해당되는 지하수 시료(시료번호 D111)는 노동면 거석리의 농업용수이다. 노동면 거석리, 명봉리 지역의 D107, D110, D111시료는 모두 pH 값이 8을 넘는 특성을 보인다.

### ○ 온 도

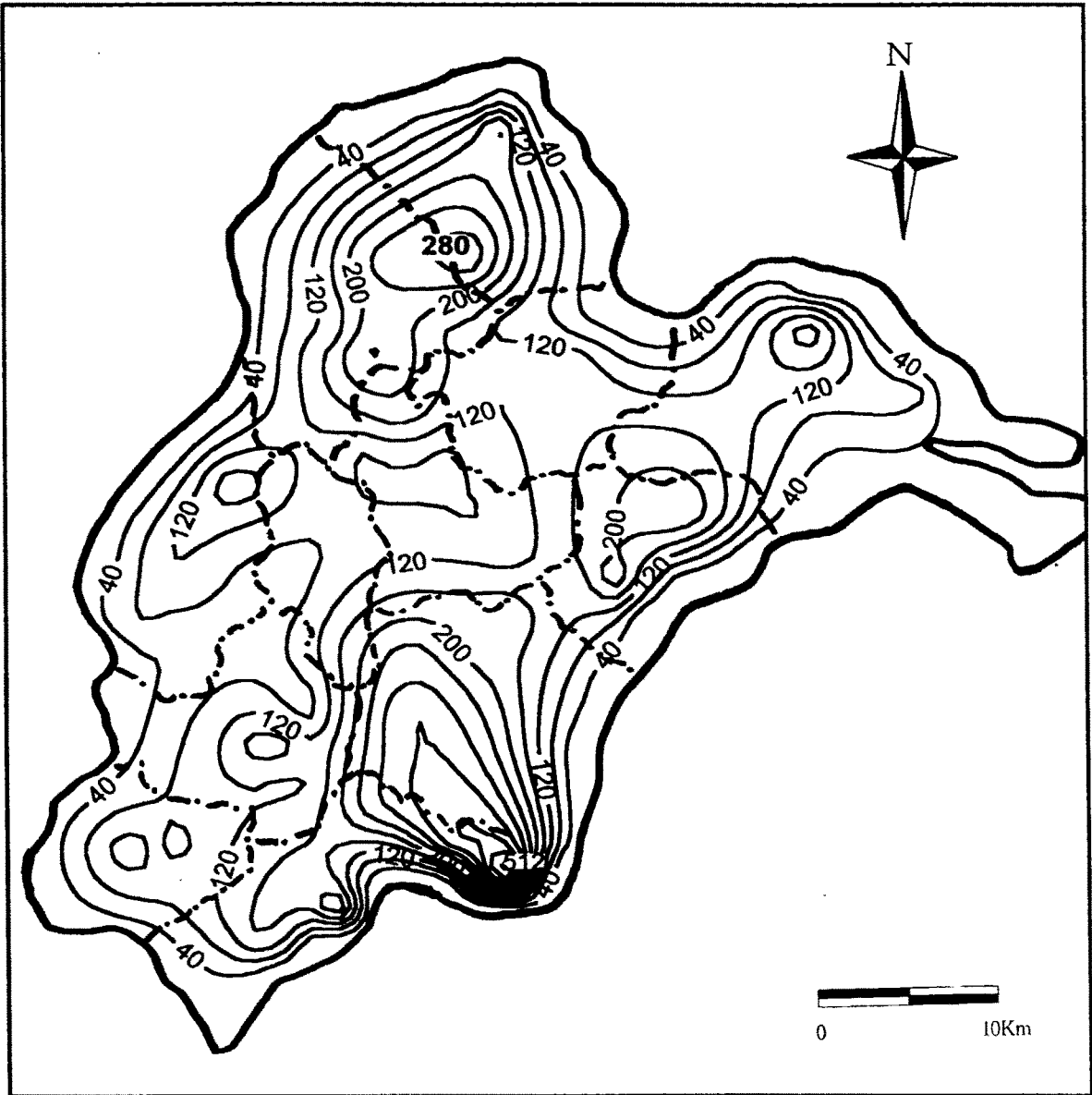
보성지역의 지하수 수온은 최소 12.9℃에서 최대 18.9℃이다. 수온이 최대값으로 나타나는 지하수는 북내면 유정리 시료(시료번호 D60)이며, 최소값을 보여주는 지하수 시료는 겸백면 석호리(시료번호 D86) 지하수이다.

### ○ 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 용액 중의 이온의 세기를 신속하게 평가할 수 있다(Hem, 1985).

보성지역 지하수의 전기전도도는 최소 43 $\mu$ s/cm에서 최대 523 $\mu$ s/cm, 평균 152 $\mu$ s/cm로 나타난다. 전기전도도가 최소인 지하수는(시료번호 D113) 노동면 대련리 농업용지하수이다. 전기전도도가 최대값을 보이는 지하수(시료번호 D17)는 회천면 객산리의 농업용수이다. 시료번호 D17공은 해안에 인접한 지하수로서 시추심도가 70m, 1일 양수량이 600 $m^3$ 으로 해수의 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.





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

## 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, SO₄, HCO₃, NO₃)을 분석하였으며, 분석 결과와 결과에 대한 Piper trilinear diagram, 염소이온 등치선도 등을 각각 표 5-2와 그림 5-3, 5-4, 5-5 등에 나누어 정리하였다.

### ○ 해수침입의 양상

보성지역의 지하수는 바다와 인접한 지역이므로 해수의 침입을 고려해야 하는 지역이다. 특히 조성면, 회천면 등에서는 간척지를 농경지로 이용하는 곳이 많으므로 영농에 문제가 될 수 있는 해수의 침입 가능성을 배제할 수 없다. Frapce와 Fritz(1987)는 지하수에서 해수의 침입 판정을 Cl, Ca, Mg, Sr, K, Li, B, F, I, Br 등의 이온함량으로 규명하였으며, 김옥배와 박희열(1997)은 Cl, I, Br, Na, Ca, Mg, Sr, 황동위원소 및 전기전도도를 이용하여 해수침입을 분석하기도 하였다. 금번 조사에서 해안지역과 내륙지역간의 지역별 수질분석결과(그림 5-4), 회천면 등 해안 일부지역에서 해수 침입이 이루어진 것으로 판단된다.

### ○ 지하수 유형 분류

보성지역의 지하수는 득량만과 접하고 있는 해안지역 지하수와 전형적인 육지형 지하수로 구분되며 지하수의 수질특성은 주변 대수층의 환경과 구성물질에 의해서 좌우되므로 서로 상이한 지화학적 특성이 내포되어 있을 것으로 판단된다. 보성지역 지하수에 대한 지화학적 특성을 알아보기 위하여 양이온 Na, K, Ca, Mg와 음이온 Cl, SO₄, HCO₃, NO₃을 분석하였으며, 함량비를 화학성분의 당량에 대한 용액내 용질의 농도로 나타내기 위하여 epm(equivalent per million)%로 환산하여 Piper trilinear diagram(piper, 1944)에 투시하였다. 보성지역의 지하수를 기반암의 분포위치에 따라 화성암류, 화산암류, 변성퇴적암류, 고기편마암류로 구분하고, 해안과의 거리에 따라 해안인접지하수와 육지지하수로 구분하여 Piper trilinear diagram에 각각 도시하였다(그림 5-3, 5-4).

보성지역 60개 지하수시료에 대한 분석결과를 Piper diagram에서 보면 대체로 Ca성분이 우세한 Calcium type과  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$  성분이 우세한 Bicarbonate type 영역이 우세한 형태를 보인다.

조사지역 내에서 분석된 지하수 이온함량을 바탕으로 간략하게 수질을 판명하여 볼 때 Na+K 성분과  $\text{SO}_4+\text{Cl}$  성분의 함량이 대체적으로 낮아 지하수의 수질은 양호한 것으로 사료되며 2개의 시료에서 Na+K성분의 함량이 70이 넘는 결과를 보였다. Ca+Mg 성분으로 지하수의 경도를 판단해 볼 때 조사시료는 대체적으로 경수(hard water)인 것으로 사료되며 소수의 시료에서만 Ca+Mg성분이 낮은 연수(soft water)형태를 보여준다.

화산암류와 고기편마암류를 기반암으로 하는 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과 대체적으로 Bicarbonate-Hardness형에 속한다. 이들은 Ca+Mg 유형과  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$  유형이 대체적으로 우세한 영역에 투영되어  $\text{CaCO}_3$ 형 지하수 수질을 나타내며, 대수층의 사장석과 방해석 성분 등이 일부 기인하는 것으로 해석된다.

화성암류와 변성퇴적암류를 기반암으로 하는 지하수를 Piper diagram에 도시한 결과, 특정하게 우세한 이온성분은 관찰되지 않으나 대체적으로 양이온은 Ca+Mg, 음이온은  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$ 가 우세한 중탄산경도(Bicarbonate-Hardness) 형에 속한다. 특히 2개의 지하수 시료는 Ca성분이 결핍된 Sodium과 Potassium type이 지배적인 Na+K 성분이 우세한 지하수로 나타난다. 음이온의 경우 Cl와  $\text{SO}_4$  성분이 결핍된 Bicarbonate type이 지배적인 지하수로 나타난다(그림 5-3).

해안인접지하수와 육지지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과 대체적으로 집중되어 분포하는 형태를 나타낸다. 특히 2개의 지하수에서는 Na+K이 우세한 형태를 보이고 있다. 따라서 특별한 어느 유형이라 규정하기는 어려우며 대략적으로 Ca가 우세하고  $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ 가 우세한 중탄산경도(Bicarbonate-Hardness) 형에 가깝다(그림 5-4).

일반적인 지하수는 탄산기와 경수이온의 함량비가 70% 내외인 영역에 도시되며, 내륙지역 3개공이 경수이온 함량비가 50%이내이고, 해안인접지역에서 1개공만이 탄산기가 50%이하로 나타나는 특성을 보인다. 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 시료중 득량만과 접하고 있는 회천면에 위치한 1개공 (D17)에서 염소이온농도( $\text{mg}/\ell$ )가 42.17로 나타나 부분적으로 해수가 침입하여 지하수의 염수화가 진전된 지역이 존재하는 곳도 있는 것으로 판단되나 대체로 전 지역이 전형적인 담수형 특성을 보인다(그림 5-5, 표 5-4).

< 표 5-2 > 지하수 주요이온성분 분석결과 ( 단위 : mg/ℓ )

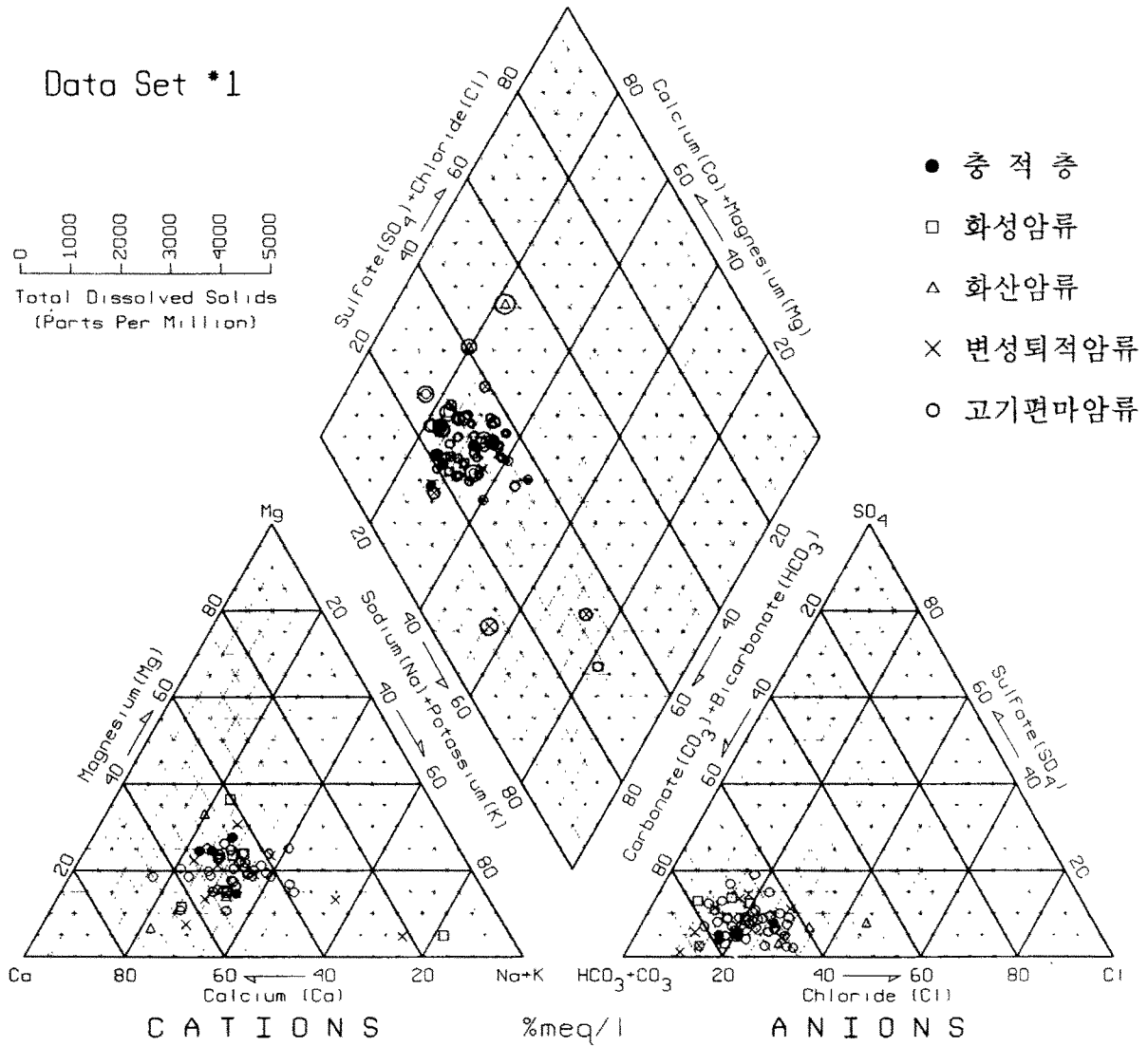
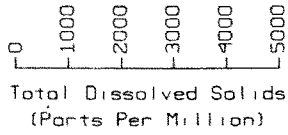
공변	읍·면	양 이 온				음 이 온			
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
D3	웅치	6.93	1.47	2.29	8.36	19.52	9.42	7.13	0.90
D6	웅치	7.98	0.94	3.38	10.33	19.52	9.94	12.18	1.21
D8	웅치	5.25	1.29	2.03	7.92	23.42	5.96	3.58	2.28
D9	웅치	8.61	1.14	4.74	16.00	39.04	8.57	13.72	2.58
D10	웅치	5.87	0.74	1.53	5.70	18.54	3.98	3.77	1.64
D13	웅치	7.35	1.54	2.80	7.63	19.52	10.79	8.41	0.87
D15	회천	10.49	1.90	10.30	24.35	51.73	26.90	14.66	7.41
D17	회천	19.90	1.61	3.37	59.43	40.99	42.17	17.45	10.02
D19	회천	17.46	3.37	4.35	26.78	58.56	22.09	13.69	3.10
D21	회천	9.86	0.55	2.23	21.80	62.46	8.07	5.23	13.77
D27	회천	17.62	2.15	3.73	14.18	16.59	14.15	21.40	4.49
D31	득량	9.21	1.53	5.99	34.76	86.08	9.20	0.05	11.83
D36	득량	11.07	2.64	4.52	15.86	33.18	9.49	17.72	3.38
D37	득량	8.44	1.64	4.80	22.75	73.20	7.72	1.98	8.43
D38	득량	14.24	1.81	5.26	18.00	35.14	12.52	13.29	11.08
D43	득량	21.88	1.10	3.60	30.42	88.13	16.68	2.32	3.94
D48	조성	10.75	1.35	6.50	23.17	54.66	13.77	14.73	4.18
D50	조성	8.18	1.44	4.71	12.57	56.61	7.56	2.21	3.05
D51	조성	14.67	1.47	3.41	19.43	68.32	17.22	2.91	6.82
D52	조성	9.49	1.05	2.93	11.44	33.18	8.29	9.68	2.54
D58	문덕	31.84	1.42	1.08	8.46	58.76	9.21	0.18	9.87
D59	문덕	14.15	1.72	12.58	23.14	69.29	16.82	15.64	9.33
D60	복내	12.21	1.18	5.32	27.57	82.90	12.40	6.18	8.86
D62	복내	12.56	1.64	6.93	20.44	58.56	15.34	10.32	7.76
D68	복내	8.03	1.01	3.85	13.70	40.02	10.14	4.88	5.09
D69	복내	12.78	0.96	3.15	18.37	54.66	10.33	3.90	8.87
D70	복내	8.46	0.57	1.21	17.19	49.78	5.30	2.06	6.24
D71	울어	10.55	1.42	2.77	15.62	45.87	9.49	5.76	5.87
D72	울어	8.67	0.94	2.43	14.54	48.80	6.58	1.05	4.65
D73	울어	8.36	0.85	2.34	13.36	29.28	9.64	12.40	6.38

< 표 5-2 > 계속

( 단위 : mg/ℓ )

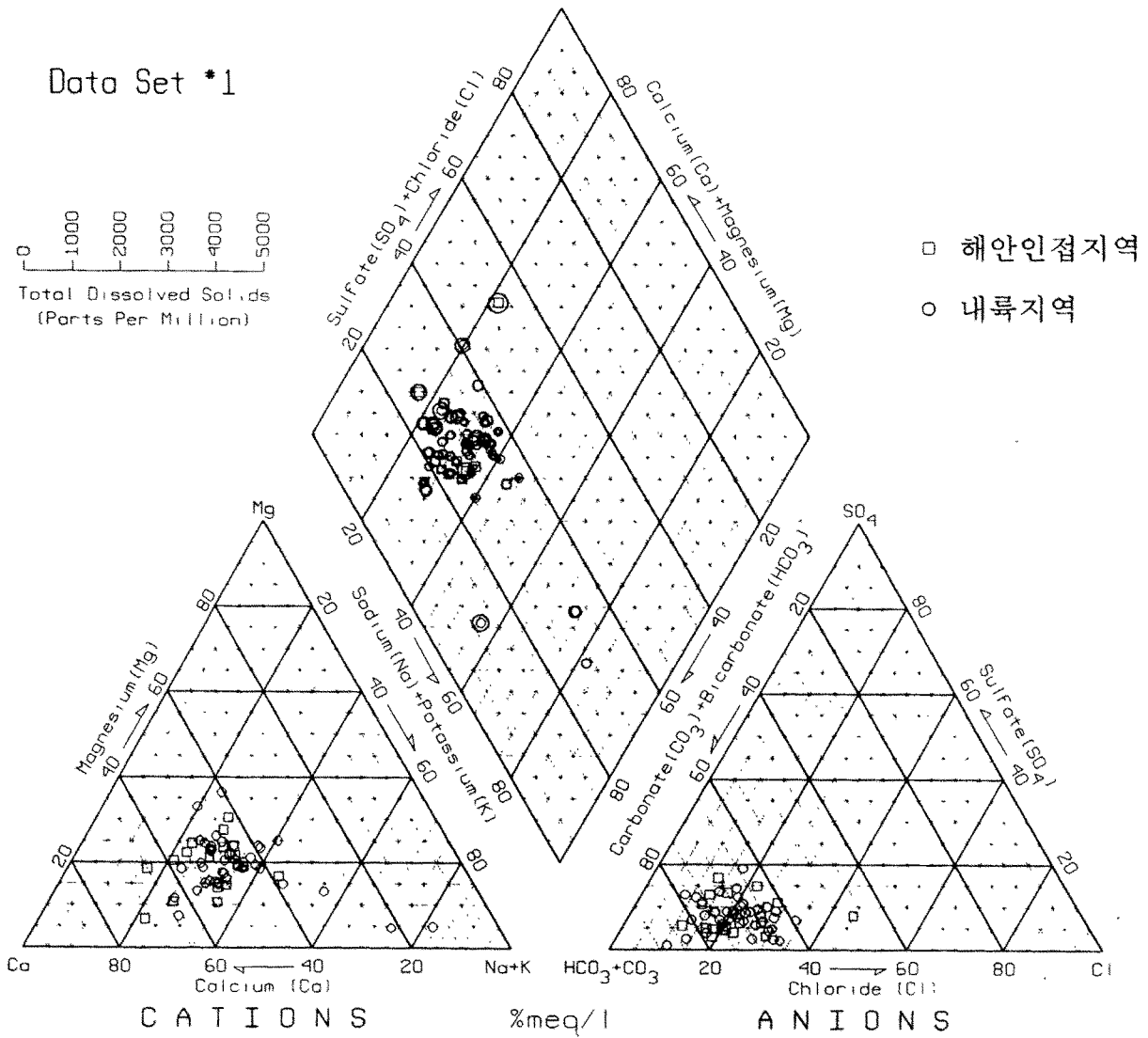
공번	읍·면	양 이 온				음 이 온			
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
D75	울어	8.12	1.12	2.43	11.41	24.40	7.03	10.23	10.55
D79	울어	10.16	1.23	3.10	12.39	29.28	11.06	10.46	5.64
D80	울어	5.59	0.66	1.01	4.33	21.47	6.06	1.73	3.09
D84	검백	8.94	1.17	2.44	13.71	36.11	11.12	2.79	3.84
D86	검백	5.26	1.00	2.11	7.20	28.30	2.71	1.93	4.04
D87	검백	8.72	1.34	3.04	11.14	32.21	7.82	5.89	3.68
D90	검백	6.65	0.84	1.89	6.77	21.47	8.19	6.28	2.67
D91	검백	7.26	1.29	3.10	13.80	45.87	7.32	2.55	3.74
D95	검백	6.84	0.97	2.62	12.35	37.09	4.14	2.53	0.97
D100	미력	6.04	0.82	1.85	8.65	27.33	5.41	1.24	2.83
D101	미력	11.02	1.71	3.01	15.15	25.38	10.07	14.76	6.83
D103	노동	4.67	0.98	1.71	4.73	15.62	5.50	2.72	1.09
D107	노동	27.37	0.75	3.46	13.51	92.23	8.99	15.98	1.02
D110	노동	9.00	0.64	2.24	20.01	66.37	4.27	0.29	8.63
D111	노동	25.24	0.41	0.79	3.61	47.82	6.16	1.13	7.51
D112	노동	11.17	1.88	2.93	20.80	70.37	6.89	0.16	1.61
D113	노동	4.64	0.78	1.67	3.80	15.62	5.27	2.02	1.14
D114	노동	6.29	0.98	2.94	10.76	42.94	5.60	3.24	4.04
D115	벌교	9.31	0.95	5.08	20.69	39.63	8.37	9.83	8.95
D118	벌교	8.19	0.69	3.55	11.67	39.04	7.23	5.99	1.51
D121	벌교	6.14	0.58	1.79	6.91	22.45	5.37	3.12	1.98
D123	벌교	6.52	0.71	2.71	8.35	27.33	6.76	7.42	2.46
D126	벌교	5.72	0.50	2.40	9.46	38.06	3.43	1.98	2.20
D128	벌교	11.37	0.57	6.87	15.64	34.16	15.11	11.00	8.06
D131	보성	5.39	0.92	1.60	6.43	20.49	4.44	3.37	2.15
D134	보성	4.89	1.21	2.53	7.81	31.23	7.28	0.57	2.11
D135	보성	6.73	1.43	3.29	11.68	41.97	6.90	1.73	4.40
D136	보성	11.01	2.34	6.77	22.66	41.97	13.21	20.02	4.67
D137	보성	6.01	0.98	1.99	6.56	20.50	7.25	3.23	3.06
D138	보성	5.79	1.85	3.15	10.79	45.87	4.45	1.03	3.28

Data Set *1



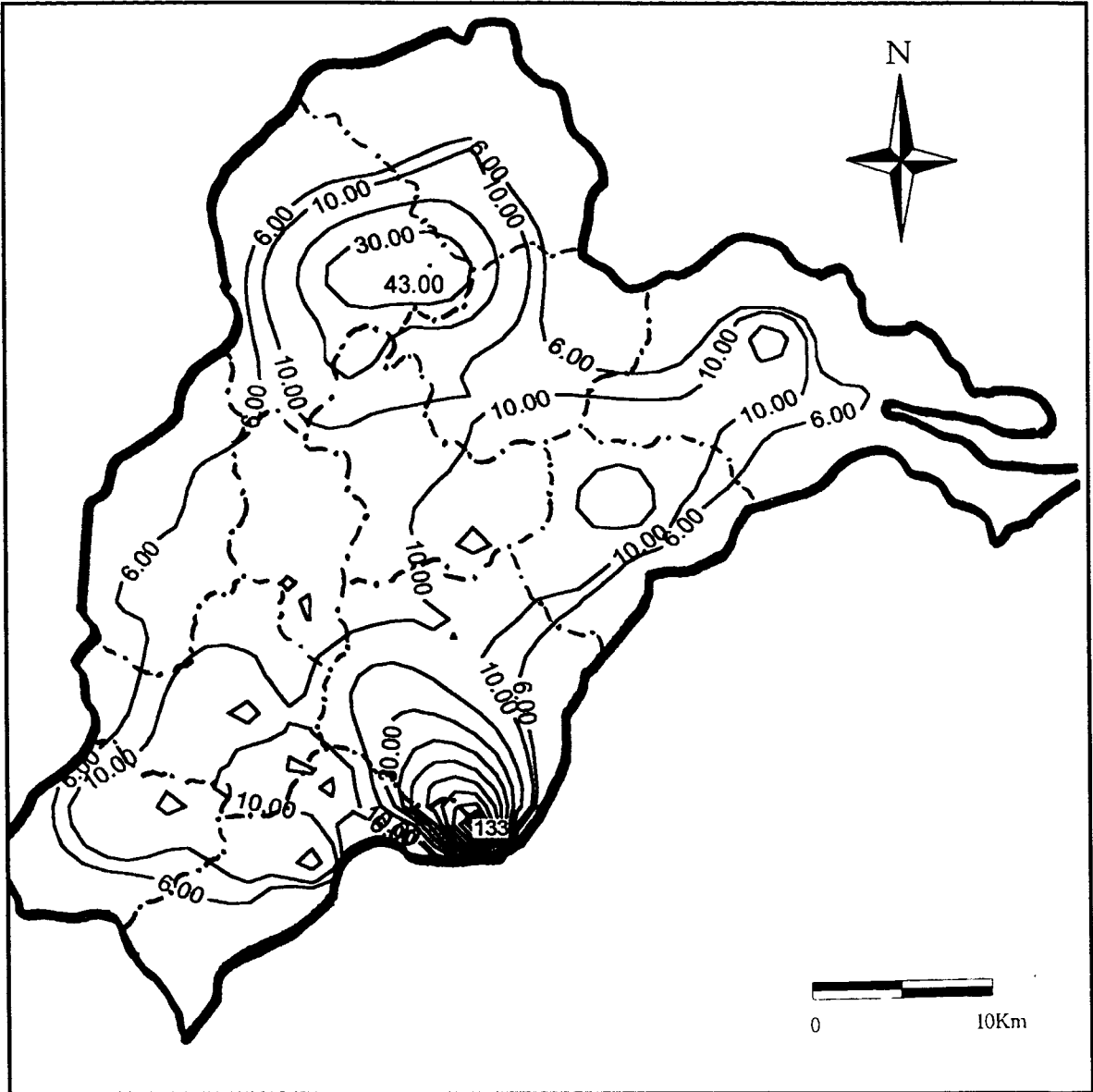
< 그림 5-3 > 암질별 구분에 의한 piper diagram

Data Set *1



< 그림 5-4 > 지역별 구분에 의한 piper diagram





< 그림 5-5 > 지하수 염소이온 등치선도(mg/ℓ)

### 5-3. 먹는물 기준 수질검사결과

#### ○ 색도(color)

보성지역 지하수에서 색도가 먹는물 기준인 5도 이하를 유지하는 공은 60개 조사공 중 37공이며 23공은 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 500을 보이는 지하수(시료번호 D72, D100)는 울어면 문양리와 미력면 용정리에 위치하며 양수시간 30분이 경과하여도 주황색의 부유물질이 다량으로 관찰되었다. 색도가 6이상으로 나타나는 지하수는 23공이며, 이중 50이상으로 색도가 먹는물 기준치의 10배가 넘는 관정은 8공(D8, D59, D60, D71, D72, D100, D134, D135)으로 모두 노란색 내지 황갈색의 부유물질이 관찰된다. 색도에 영향을 주는 인자로는 Fe 이온과 Mn 이온이 가장 주요하게 작용하고 부식토, 프랭크톤 및 산업폐기물 영향도 크다(Jackson, 1993).

#### ○ 탁도(turbidity)

보성지역 지하수 중에서 이번 조사공 60공 중 탁도가 먹는물기준인 2이하인 관정은 32공이며 28공이 5이상의 탁도를 보이는 것으로 나타났고, 먹는물 기준치 2보다 50배가 넘는 100이상의 탁도를 보이는 관정도 7공(D3, D15, D31, D50, D51, D72, D100)에 이른다. 탁도 350으로 최대값을 보이는 관정(D31)은 득량면 삼정마을의 농업용 관정이다.

#### ○ 암모니아성질소(NH₃-N), 질산성질소(NO₃-N)

보성지역 지하수에서 암모니아성질소는 대체로 불검출로 나타나며, 질산성질소는 60공 중 56개공에서 검출되고 있으나 농업용수 수질기준을 초과하지는 않고 2개공에서 먹는물 수질기준인 10mg/l 을 초과한다. 암모니아성질소는 용해도가 매우 크며 암모니아 자체는 위생상 무해한 기체이나 생물체 또는 분뇨의 분해산물로 나타나므로 수질에서 오염지표가 된다. 질산염은 암모니아성 질소와 질산성 질소로 구분되며, 암모니아성 질소는 주로 과거 농경지에서 그 함량이 높게 나타나

며 질산성 질소는 가축의 분뇨 등 인위적인 오염에 의하여 함량이 높게 나타난다 (과학기술처, 1997).

○ 과망간산칼륨 소비량(KMnO₄ consumed)

과망간산칼륨 소비량은 지하수 중에 함유되어 있는 유기물의 함량을 평가하는 오염지수이다. 보성지역 지하수 중에서 검출되는 과망간산칼륨 소비량은 0.3~10.5 mg/ℓ 이다. 회천면 서당마을의 지하수는 과망간산칼륨 소비량이 10.5mg/ℓ 로 최대 값을 나타냈으며, 과망간산칼륨 소비량이 비교적 높은 지하수는 부유물질이 관찰 되는 지하수이다.

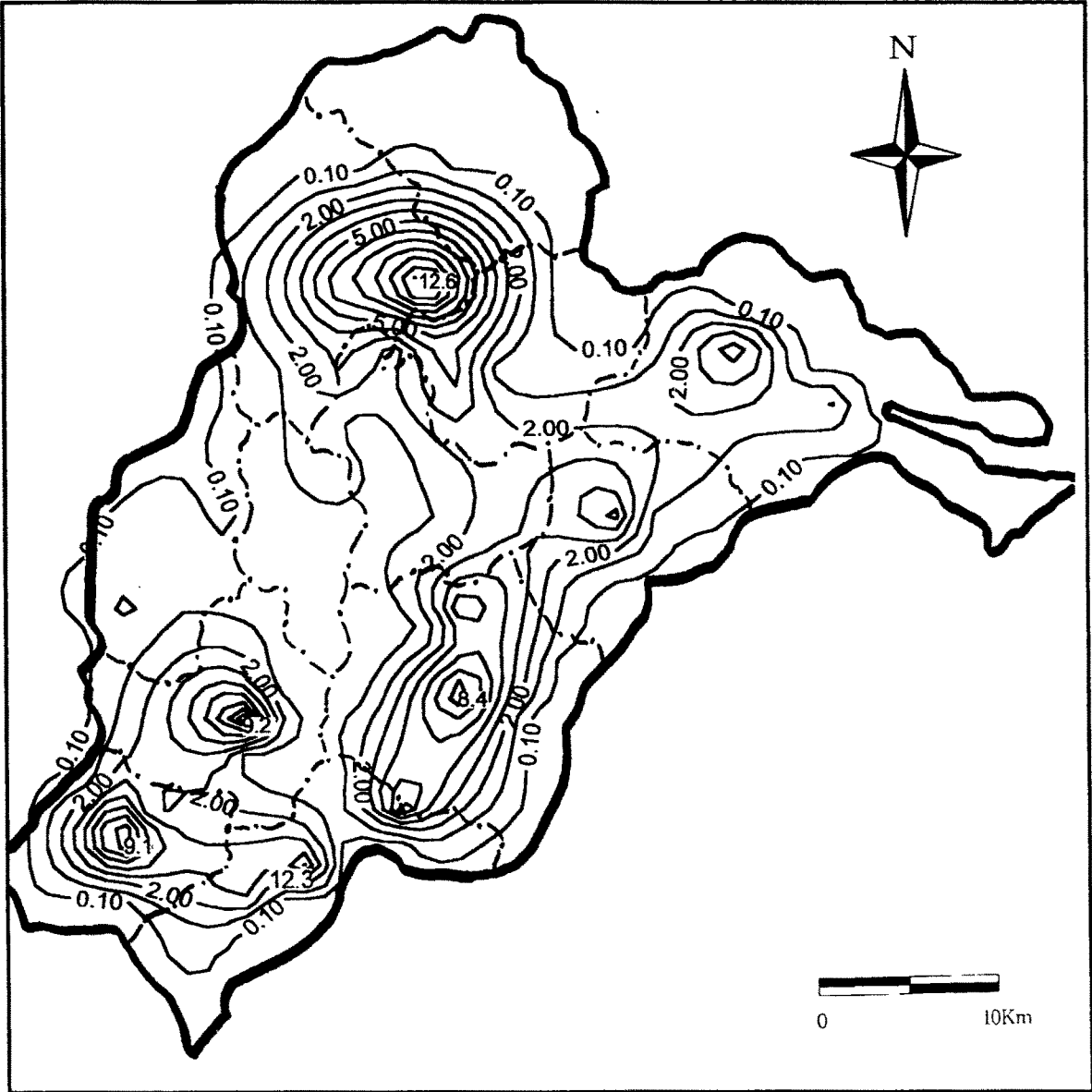
○ 증발잔류물(evaporation residual)

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(10⁻⁶m) 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). 보성지역 지하수에서 검출되는 증발잔류물의 범위는 최소 31mg/ℓ 에서 최대 424mg/ℓ 로 먹는물 수질기준인 500mg/ℓ 를 초과하지는 않는다. 증발잔류물이 최대값인 424mg/ℓ 을 보이는 지하수는 회천면 객산리의 농업용수(시료번호 D17)이다.

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

보성지역 지하수 중에는 일반세균이 최대 2800CFU/ml가 검출되었고, 60개 조사공 중 20공이 먹는물 수질기준(100CFU/ml이하)을 초과하는 것으로 나타났으며,

대장균군은 3개공(D59, D107, D115)을 제외한 모든 공에서 음성으로 나타났다. 특히 일반세균은 시료채취 및 분석의뢰 과정에서 오염되는 경우가 많아서 자료분석에 상당한 주의를 요하며, 대장균군의 분석시 양성판정은 생활오수에 의한 오염을 지시한다고 판단할 수 있다.



< 그림 5-6 > 지하수 질산성질소 등치선도(mg/ℓ)

< 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 ⁶⁺ )	0.05mg / ℓ이하	0.05mg / ℓ이하	0.05mg / ℓ이하	0.1mg / ℓ이하
	암모니아성질소	0.5mg / ℓ이하	-	-	-
	질산성질소(NO ₃ -N)	10mg / ℓ이하	20mg / ℓ이하	20mg / ℓ이하	40mg / ℓ이하
건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준	카드뮴(Cd)	0.01mg / ℓ이하	0.01mg / ℓ이하	0.01mg / ℓ이하	0.02mg / ℓ이하
	페놀	0.005mg / ℓ이하	0.005mg / ℓ이하	0.005mg / ℓ이하	0.01mg / ℓ이하
	중트리할로메탄	0.1mg / ℓ이하	-	-	-
	다이아지논	0.02mg / ℓ이하	-	-	-
	파라티온	0.06mg / ℓ이하	-	-	-
	말라티온	0.25mg / ℓ이하	-	-	-
	페니트로티온	0.04mg / ℓ이하	-	-	-
	카바릴	0.07mg / ℓ이하	-	-	-
	1.1.1트리클로로에탄	0.1mg / ℓ이하	-	-	-
심미적 영향물질에 관한 기준	1.1디클로로에틸렌	0.03mg / ℓ이하	-	-	-
	사염화탄소(CCl ₄ )	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	-	-	-	
심미적 영향물질에 관한 기준	유기인	-	불검출	불검출	0.2mg / ℓ이하
	냄새	부취	-	-	-
	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 ⁻ )	150mg / ℓ이하	250mg / ℓ이하	250mg / ℓ이하	500mg / ℓ이하
	황산이온(SO ₄ ²⁻ )	200mg / ℓ이하	-	-	-
	중발칸류물	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	D3	D6	D8	D9	D10	D13	D15	D17	D19
1	색도	10	8	100	10이하	2	10	25	2	10이하
2	탁도	250	50	50	적합	5	5	300	10	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	3.1	9.1	1.6	5.8	0.4	3.0	0.3	0.4	6.5
7	수소이온농도	6.6	6.7	6.1	6.6	6.9	6.2	6.8	7.2	7.0
8	경도	29	46	31	61	22	31	110	203	110
9	염소이온	13	18	9	14	9	16	6	133	55
10	과망간산칼륨소비량	0.8	4.2	1.0	0.9	0.5	0.6	0.9	1.7	10.5
11	증발잔류물	71	85	61	106	46	75	235	424	272
12	불소	불검출	0.2	0.2	0.2	불검출	0.2	불검출	0.2	불검출
13	시아나이드	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	3	3	5	5	6	3	3	13	5
17	철	불검출	0.12	불검출	불검출	불검출	불검출	0.07	불검출	불검출
18	망간	0.011	불검출	0.027	불검출	불검출	0.009	0.018	불검출	0.024
19	구리	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	아연	0.404	0.888	0.078	0.008	0.583	0.511	0.245	0.068	2.630
21	납	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22	알루미늄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.10	불검출
23	6가크롬	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	카드뮴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25	비스무트	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	94	52	2000	24	58	880	19	73	77
45	대장균군	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성





< 표 5-4 > 계 속

구분	검사항목	D62	D68	D69	D70	D71	D72	D73	D75	D79
1	색도	10이하	10이하	10이하	10이하	50	500	10이하	10이하	50
2	탁도	적합	적합	적합	적합	30	300	적합	적합	30
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	6.6	2.2	1.4	0.7	0.4	4.5	3.9	4.1	0.7
7	수소이온농도	6.7	6.4	8.0	6.2	6.7	6.5	6.5	6.8	6.4
8	경도	96	52	58	49	60	49	44	42	55
9	염소이온	38	16	16	9	9	10	9	16	5
10	과망간산칼륨소비량	0.7	0.7	0.4	3.2	0.3	0.5	0.5	0.8	0.3
11	총발산류물	141	31	40	43	103	96	86	87	110
12	불소	불검출	0.2	0.8	1.3	불검출	0.2	불검출	불검출	0.2
13	시아나이드	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	8	13	9	6	8	6	8	3
17	철	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.12	불검출	불검출	불검출
18	망간	불검출	불검출	불검출	불검출	0.008	0.073	불검출	불검출	0.010
19	구리	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	아연	0.051	0.051	0.043	0.038	0.068	0.169	0.040	0.020	1.740
21	납	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22	알루미늄	불검출	불검출	불검출	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	비스무트	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	중트리할로메탄	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	96	47	23	59	390	92	220	7	190
45	대장균군	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성



< 표 5-4 > 계속

구분	검사항목	D112	D113	D114	D115	D118	D121	D123	D126	D128
1	색도	20	10이하	10이하	30	3	10이하	10이하	10이하	10이하
2	탁도	5	적합	적합	10	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	불검출	0.7	1.2	3.5	1.7	1.1	2.2	0.8	4.9
7	수소이온농도	7.3	7.3	7.6	6.7	6.9	7.3	6.9	7.2	6.7
8	경도	89	18	45	78	48	33	34	35	97
9	염소이온	9	6	7	11	9	7	8	6	32
10	과망간산칼륨소비량	1.6	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.4	0.7	0.4
11	증발잔류물	149	52	52	148	104	93	89	76	198
12	불소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.2	불검출	불검출
13	시아나이드	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	2	2	4	11	2	3	3	3	9
17	철	0.09	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	망간	0.378	불검출	불검출	0.005	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	구리	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	아연	0.349	0.064	0.093	0.256	0.157	0.153	0.093	0.092	0.125
21	납	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22	알루미늄	0.13	불검출	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출	0.03	불검출
23	6가크롬	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	카드뮴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25	비스무트	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	790	87	음성	140	130	68	410	120	음성
45	대장균군	음성	음성	음성	양성	음성	음성	음성	음성	음성



## 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 5-13).

< 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 분류(표 5-6)와 보성지역 잠재오염원 현황을 표 5-7에 정리하였다.

< 표 5-6 > O.T.A 잠재오염원 분류

구분	종 류
1군	-오염물질의 삼투 및 배출을 목적으로 계획된 오염원 1. 지하 삼투형(정하조, 오수조) 2. 주입정(유해폐기물, 염수처리공) 3. 지상 살포(관개용수 살포, 슬러지 살포)
2군	-오염물질의 저장, 취급, 처리시설 1. 육상 매립지 2. 쓰레기 하치장 3. 주거지에서 쓰레기 처분 4. 지표 저수조 5. 광산 폐석 6. 폐기물 하치장 7. 재료의 비축지 8. 묘지 9. 동물사체 매모지 10. 지상탱크 11. 지하탱크 12. 콘테이너 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 강수 유출 7. 대기오염 물질의 지하삼투 8. 광산과 광산 폐수
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 > 보성군 잠재오염원 현황

지 역	환경오염물질 배출시설		쓰레기 매립지 (개소)	분뇨 종말처리장 (개소)	하수처리장 (개소)
	대기(개소)	수질(폐수)			
계	50	56	11	1	-
보성	15	22	1	-	-
별교	23	23	1	-	-
노동	-	-	1	-	-
미력	2	4	1	1	-
검백	-	-	1	-	-
율어	-	-	1	-	-
복내	-	1	1	-	-
문덕	-	-	1	-	-
조성	5	1	1	-	-
득량	4	5	1	-	-
회천	-	-	-	-	-
웅치	1	-	1	-	-

## 6. 지하수자원의 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

· 저류량요소

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 조건으로 부터 시작하는 것이 일반적이다.

$$P = O + ET$$

P : 강수량, O : 전유출량 (Os(지표유출), Oy(지하수유출)), 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, 함양량 분석에서는 동일 방식의 계산이 어려우므로 지역 특성 및 일반화된 기준을 적용하여 산출한 수문방정식의 평형에 다소 불합리한 면이 나타난다.

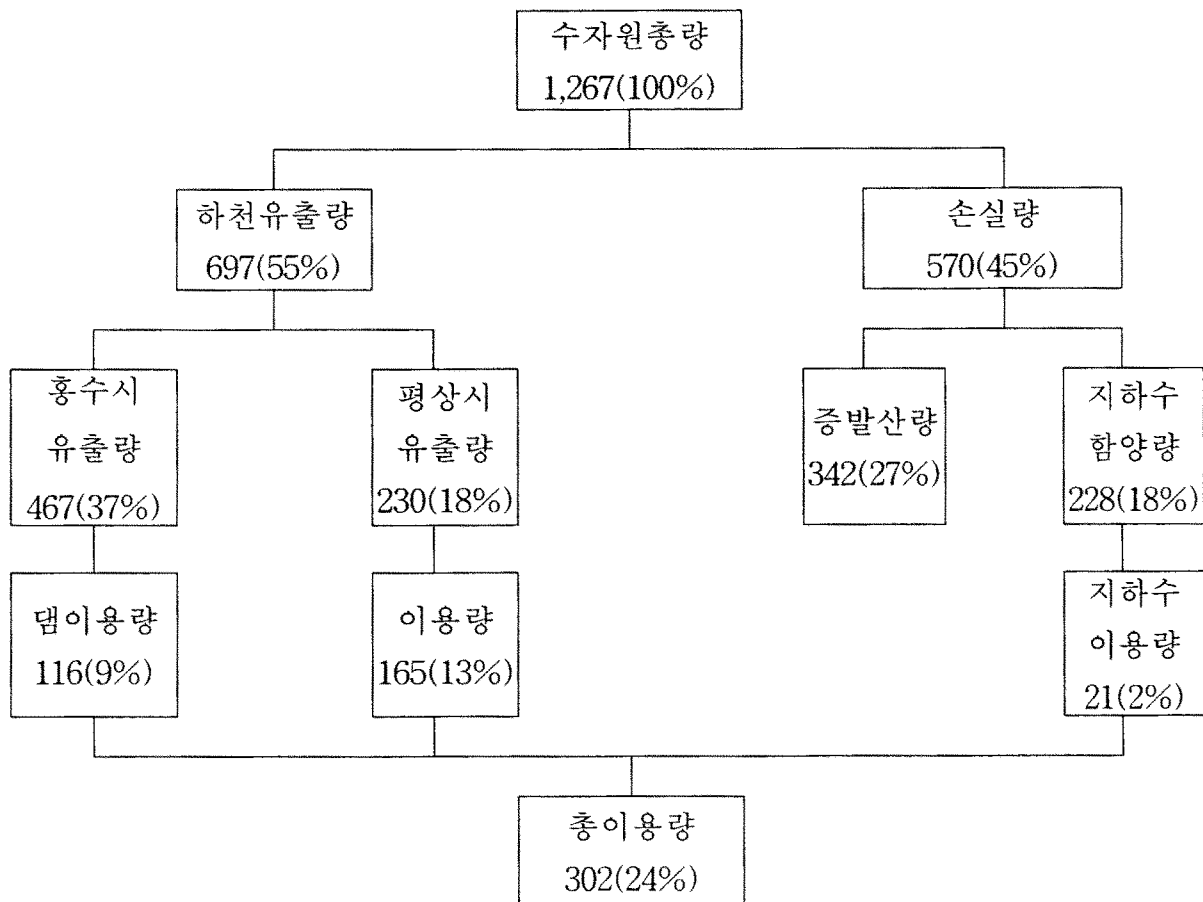


### 6-1-1. 강수량

본 조사지역의 강수량은 2장에서 분석한 바와 같이 순천기상대 자료를 적용하였으며 최근 26년간 연평균 강수량은 1461.6mm이다. 연평균 강우량에 의한 유입량은  $663,131,684\text{m}^3(\text{유역면적}) \times 1461.6\text{mm}(\text{연강수량}) = 969,233,269\text{m}^3$ 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  $f$  지표법( $f$  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  $969,233,269\text{m}^3 \times 0.517 = 501,093,600\text{m}^3$ 에 이른다.

증발산량을 추정하는 방법에는 여러가지 방법이 있으나 본 조사에서는 기후인자와의 관계에 의한 Turc공식을 이용하였다. 2장에서 계산된 바와 같이 실제 연증발산량(PE)은 636.1mm이다. 본 지구에서 증발산량에 의한 손실을 636.1mm로 하였을 때 증발산에 의한 손실은  $663,131,684\text{m}^2(\text{유역면적}) \times 636.1\text{mm} = 421,818,064\text{m}^3/\text{년}$ 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 강수량이라 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 토질 특성과 식생 피복상태 등에 대한 세세한 자료만으로서 총 수량으로부터 초과강수량을 산정할 수 있는 방법을 미국토양보존국(U.S Soil conservation service, SCS)이 개발하였으며 미 계획 유역의 초과강수량(혹은 유효수량)의 산정에 널리 사용되고 있다.

### 6-1-3. 함양량 분석

지하수함양량은 부존지역면적과 연평균강수량, 지하수함양율의 곱으로 표현되므로 지하수함양량=지구면적( $\text{m}^2$ )×연평균강수량(m)×지하수함양율(한정상,1998)  
 $=663,131,684\text{m}^2 \times 1461.6\text{mm} \times 18\% = 174,461,988\text{m}^3$ 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 개발가능량분석시는 기술,경제적 문제를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

< 표 6-1 > 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)

분포 지질별	분포면적 (km ² )	지하수 부존심도 (m)	지하수 포장량				가용포장량 (재순환가능량)		
			총 포장량		산출가능량		재순환율 (%)	지하수량 (억m ³ )	
			공극율 (%)	지하수량 (억m ³ )	유효 공극율 (%)	지하수량 (억m ³ )			
합계	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 > 보성군 지하수 부존량 추정

지질별	분포면적 (km ² )	지하수부존심도 (m)	유효공극율 (%)	지하수부존량 (백만톤)	비 고
계	711			556	
암반	변성암류	600	100	0.5	300
	화성암류	39	100	2.0	78
	퇴적암류	24	100	0.5	12
총적층	117	10	14.2	166	

보성지역의 지하수 부존량은 이번 보성지역 기설관정조사에서 분석된 공당 평균심도(79.9m)와 현재 전남도 내에서 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 개발 가능량은 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 추정산출에 의해 연간 지하수개발가능량을 추정코자한다. 지하수 함양량 추정을 위하여는 유역 유량출 조사를 바탕으로 물수지 분석이 선행되어야 하나, 본 조사에서 적용한 평균지하수함양율(18%) 외에 조사지역의 총적층 및 암반층의 평균공극률을 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)	년강우량에 대한비율(%)	추 정 방 법	사 용 용 어
선우중호(1992)	100~150	7.9~11.8	Cheremisionoff(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

$$\begin{aligned} \text{연간지하수적정개발량} &= \text{지하수함양량(m}^3\text{)} \times \text{안정채수율(최병수, 1992)} \\ &= 174,461,988\text{m}^3 \times 70\% = 122,123,391\text{m}^3 \text{ 이다} \end{aligned}$$

특히, 잠재오염원에 의한 수질오염 예상지역은 특별히 관리되어야 한다. 이번 조사에서 수질 기초자료 분석과 현지 현황특성 등을 감안하면, 농업용수 수질기준에는 적합하지만 복내면 일부지역에서 분뇨등에 의한 질산성질소의 농도가 상대적으로 높은 지역이 관찰되었고, 해수침입가능성에 대한 지표로 이용될 수 있는 해안지역의 염소이온농도 또한 농업용수 수질기준을 초과하지는 않으나, 득량면 해안 일부 지역에서 상대적으로 높은 수치를 보이고 있어, 지하수개발량 결정을 위한 안정채수율은 오염정도를 감안하여 50% 또는 그 이하로 유지하여야 할 것으로 판단된다.

### 6-2-3. 지하수 개발 예정 위치 선정

관정개발을 위하여는 위치 선정이 중요한데 이를 구분하면 충적층 대상과 암반층 대상으로 구분할 수 있다. 충적층이란 암석이 풍화, 운반 및 퇴적된 미고결 퇴적물로서 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구의 충적층 대상 대형관정으로 4개공 만이 조사되었으나 실제로 생활용수 및 농업용수용 소형관정으로 다수의 충적관정이 개발되었으나, 충적관정의 경우 대체로 개발심도가 낮고 오염방지시설이 미비하여 많은 관정에서의 오염 진행 가능성이 높은 실정으로 향후 충적관정에 의한 지하수 개발 사용은 양적·질적인 차원에서 많은 제한이 있을 것으로 판단된다.

조사지역내 암반층 지하수는 이번 조사에서 138개공이 조사되었으며 대체로 수질오염 방지시설 등이 설치되었거나, 행정기관에서 계획적인 개발을 통하여 이용되고 있어 향후 지하수 개발 방향을 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 보성읍, 벌교읍, 득량면을 제외한 9개 면이 공식적인 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 > 보성지역 생활용수 소요수량

읍면별	가구수 (세대)	인구수	총수요량 (m ³ /일)	기공급량 (m ³ /일)	소요수량 (m ³ /일)	소요 관정수	비 고
계	22,668	65,317	19,856	6,198	13,658	95	
보성	3,752	11,498	3,495	2,383	1,112	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1인당 상수원 급수량 = 304 l/일</li> <li>● 생활용수관정 양수량 = 150m³/일</li> </ul>
벌교	6,856	20,565	6,251	3,285	2,966	20	
노동	764	1,847	561	-	561	4	
미력	856	2,357	716	-	716	5	
겸백	767	2,104	639	-	639	4	
울어	768	2,160	656	-	656	4	
복내	1,045	2,763	839	-	839	6	
문덕	524	1,238	376	-	376	3	
조성	2,401	6,766	2,056	-	2,056	14	
득량	2,544	7,221	2,195	-	2,195	15	
회천	1,682	4,873	1,481	-	1,481	10	
웅치	709	1,925	585	202	383	3	

* 자료: 급수사용량('98 보성통계연보)

'98년 현재 보성군 생활용수 1인 급수량 304 l/인을 적용할 경우 추가소요수량이 13,658m³/일 정도며, 전소요량을 지하수로 충당할시 소요관정수는 약 95개공으로 산출된다.

농업용수는 현재 논과 밭을 대상으로 지표수와 지하수가 공급되고 있으며, 전체 농지면적의 70% 이상을 차지하는 밭에 대한 용수공급이 크게 부진한 양상을 보인다. 향후 밭작물에 대한 충분한 용수공급 방안이 강구되어야 할 것으로 판단되며, 농업용수 소요수량의 50%를 추가용수 개발목표로 설정하였다.

추가소요관정수는 소요수량중 지하수의 농업용수 공급율(지표수:지하수=55:45)을 감안하여 추정하였으며, 기타용수에 대한 소요량 판단은 충분한 자료획득·분석이 미흡하고 그 양이 과소하여 이번 조사에서는 제외하였다.

< 표 7-2 > 보성지역 농업용수 소요수량

읍면별	농지면적 (ha)	총 소요수량 (m ³ /일)	기공급량 (m ³ /일)		소요수량 (m ³ /일)	소요 관정수	비 고
			지표수	지하수			
계	16,535	1,058,240	240,822	195,232	622,176	933	
보성	1,546	98,944		31,136			
별교	3,188	204,032		32,896			● 농지면적 = 전+답
노동	921	58,944		9,504			
미력	823	52,672		16,032			
검백	891	57,024		8,192			● 농업용수 단위면적용수량 = 64m ³ /ha/일
울어	981	62,784		7,872			
복내	982	62,848		9,728			
문덕	634	40,576		3,744			
조성	1,979	126,656		17,856			● 농업용관정 평균양수량 =150m ³ /일
득량	2,061	131,904		12,800			
회천	1,531	97,984		20,256			
응치	998	63,872		25,216			

* 자료 : 보성군청 건설과, 보성농지개량조합



## 7-2. 지하수 개발계획

농어촌지역에서도 지표수 및 지하수 오염이 이루어지면서 생활용수 공급은 암반관정을 이용한 형태로 이루어지고 있다. 본 조사지역에서 광역상수도 보급율은 약 31%(보성군통계연보: 1998)정도이고, 장기적 광역상수도 공급계획이 없을 경우 그 대안으로 암반관정 개발이 요구되고 있으며, 농업용수 공급 또한 향후 막대한 발작물 재배면적에 대한 용수공급 방안이 수립되어야 한다. 이를 위하여는 생활용수 공급용 암반관정의 이용량을 공당 150m³/일로 볼 경우 95공, 농업용수 공급용 암반관정의 이용량을 공당 150m³/일로 계산하면 933공이 필요하다. 공당사업비를 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	1,128	25	25	25	25	25	1,003	
	사업비 (백만원)	53,470	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	45,220	
생활용수 (공)		95	5	5	5	5	5	70	
사업비 (백만원)		16,150	850	850	850	850	850	11,900	
농업용수 (공)		933	20	20	20	20	20	833	
사업비 (백만원)		37,320	800	800	800	800	800	33,320	

## 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 방과와 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 보성읍, 벌교읍, 득량면 등 지역과 지반침하가 우려되는 인구 밀집지역인 보성읍, 벌교읍 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 기술로써 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 지역에서의 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 오염물질이 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 2개읍, 10개면이 포함되며, 조사면적 총 663.131km²에 대하여 광역수맥지질조사를 실시하였다.
2. 조사지역의 지형은 노령산맥의 줄기가 뺏어내려 소백산맥으로 이어지면서 분기된 소지맥이 부드러운 산세를 형성하고, 대부분 500m~800m 내외의 산봉들이 남서-북동방향으로 발달되어 있다. 보성지역의 지질은 주로 화성암류, 화산암류, 변성퇴적암류 및 고기편마암류로 구성되어 있다. 고기편마암류가 조사지역의 주류를 이루며 변성퇴적암류는 반상변정녹니석편마암, 혼성편마암과 혼성편암, 용암산층 그리고 설옥리층 등으로 구성되어 있고 이외에도 화성암류로는 심성암류, 맥암류 등이 있다.
3. 조사지역의 충적층 및 암반대수층의 수리적 성질을 파악하기 위하여 지역내에 분포하는 15개의 암반관정에 대하여 양수시험을 시행하였고, Theis의 비평형방정식을 적용하여 산출한 조사지역의 평균투수량계수는 10.25m²/d, 평균자연수위는 6.92m, 평균안정수위는 38.35m, 평균양수량은 264.28m³/d이다.
4. 이번 조사에 이용된 원격탐사에서는 ERDAS IMAGINE v.8.3.1 program을 이용하여 분석·추출된 구조선 자료를 이용하여 물리탐사의 예비자료로 활용하였다. 금번 전기탐사에서는 쌍극자배열법으로 17개 축선을 탐사하였다. 자연수위 조사결과 142개소의 평균수위는 6.16m로 관측되었다. 보성지역에서 이번에 조사된 기설관정은 총 142개로 암반관정(138개소)과 충적관정(4개소)으로 구분되며, 용도별로 구분하면 농업용수는 125개(88%), 생활용수는 약 12%를 나타내고 있다.
5. 보성지역의 지하수 수질분석을 위하여 60개소의 지하수관정에 대한 현장 간이수질검사(수소이온농도, 전기전도도, 수온)와 지하수 주요이온성분 분석(8항목), 그리고 먹는물 수질기준에 의한 수질검사(44개항목)를 실시하였다.

간이수질검사 결과, pH범위는 6.11~8.97, 평균전기전도도(EC)는 152  $\mu$ S/cm,

수온은 12.9℃~18.9℃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. 먹는물기준 수질검사결과, 검사시료 60개중 대장균군이 3개소에서 양성판정을 받아 생활오수 등에 의한 오염진행이 예상되며 질산성질소의 경우 먹는물 수질기준인 10mg/l 이상으로 나타나는 곳이 2개소로 나타났다. 해수침입의 지표가 될 수 있는 염소이온은 모든 지하수가 먹는물 수질기준을 충족하는 것으로 분석되었으나 3개소의 지하수에서 알루미늄이 먹는물 수질기준(0.2mg/l)를 초과하였으며 이는 특수한 지역적 배경지질에 기인한 것으로 판단된다.

6. 지하수 자원의 효율적 개발이용과 합리적인 보존관리를 위하여 물수지 분석을 이용하였으며, 분석결과 조사지역의 지하수 부존량(포장량 중 산출가능량)은 556백만톤, 지하수함양량은 174백만톤, 연간 지하수 적정개발량은 122백만톤으로 계산되었다. 특히 잠재오염원에 의한 수질오염 예상지역은 특별히 관리되어야 할 것으로 판단된다.

7. 조사지역의 생활용수 및 농업용수의 소요수량 판단결과 생활용수 총수요량은 19,856m³/일, 기공급량은 6,198m³/일, 추가소요수량은 13,658m³/일으로 전소요량을 지하수로 충당할 시 추가소요관정수는 약 95공이며, 총농지면적(전+답)에 대한 농업용수 총수요량은 1,058,240m³/일, 기공급량은 436,054m³/일, 추가소요수량은 622,176m³/일으로 판단되며, 추가소요수량이 주로 답작용인 점을 감안하여 개발율을 50%로 할 경우 추가소요관정수는 933공으로 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 수량측면에서 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., Frapre, 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.
- Sabins, 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.

---

---

## 보성군광역수맥조사보고서

1999년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : 일 지 문 화 사

---

---



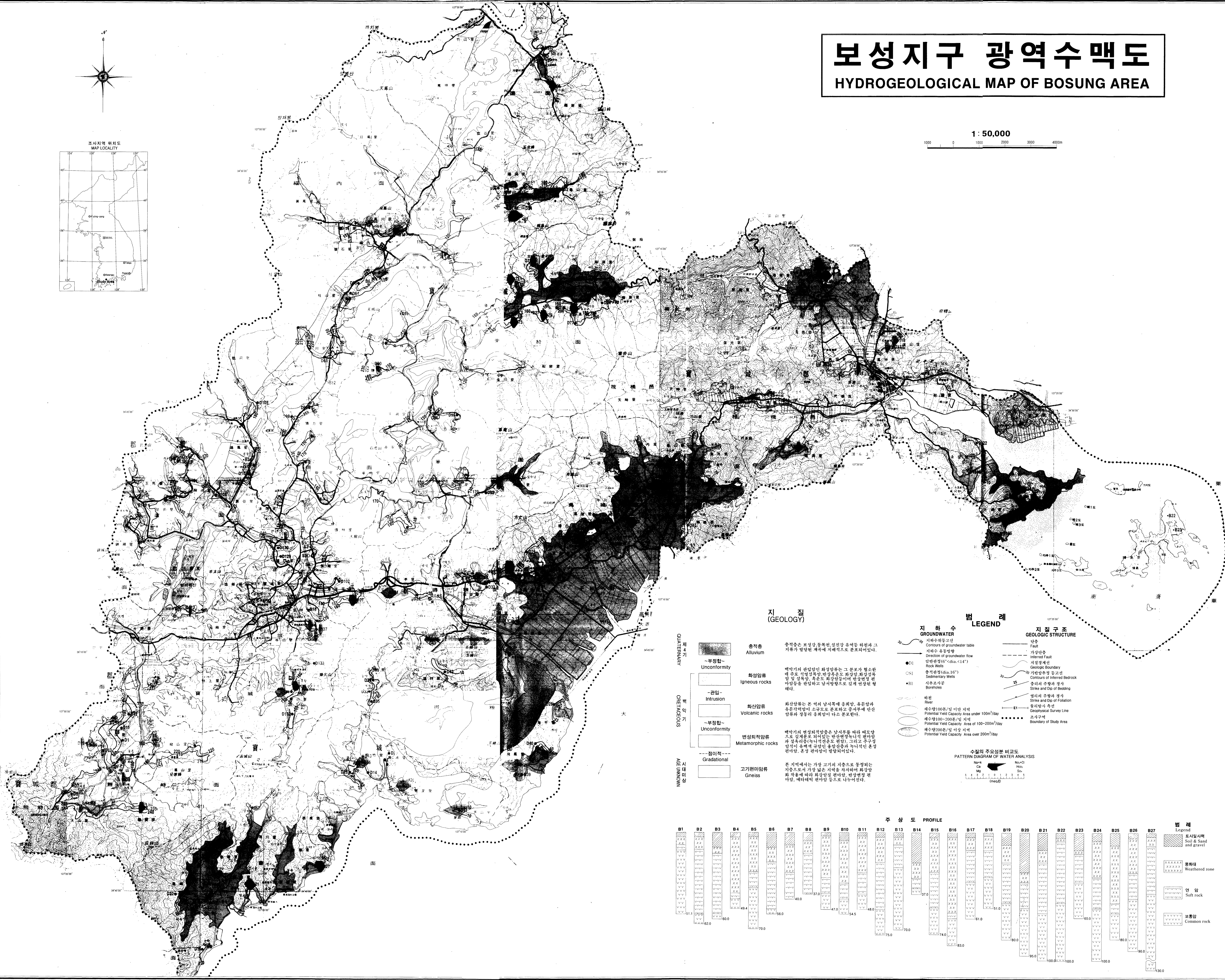
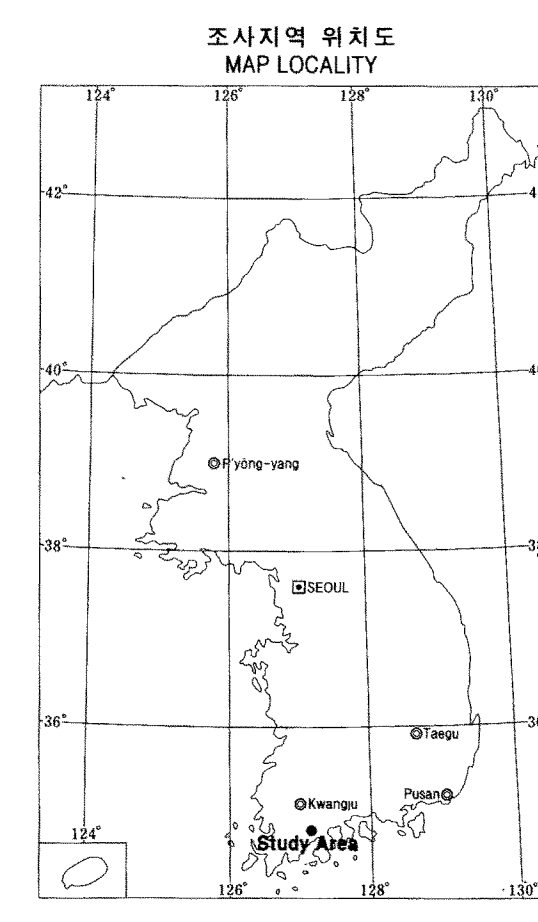




# 보성지구 광역수맥도

## HYDROGEOLOGICAL MAP OF BOSUNG AREA

1:50,000



### 지질 (GEOLOGY)

- QUATERNARY**
  - 부정합 - Unconformity
  - 퇴적층 - Alluvium
- CRETACEOUS**
  - 관입 - Intrusion
  - 불정합 - Unconformity
- AGE UNKNOWN**
  - 점이적 - Gradational
  - 고기편암류 - Gneiss

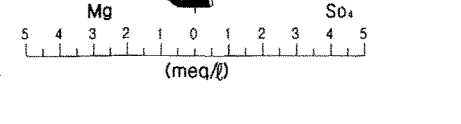
### 지하수 (GROUNDWATER)

- 지하수면고선 - Contours of groundwater table
- 지하수유동방향 - Direction of groundwater flow
- RO1, RO2, RO3 - Rock Wells (diam. <math><14''</math>)
- CS1, CS2 - Cistern Wells (diam. $16''$)
- B1, B2 - Boreholes
- 하천 - River
- 잠수양 100톤/일 미만 지역 - Potential Yield Capacity Area under 100m³/day
- 잠수양 100~200톤/일 지역 - Potential Yield Capacity Area of 100~200m³/day
- 잠수양 200톤/일 이상 지역 - Potential Yield Capacity Area over 200m³/day

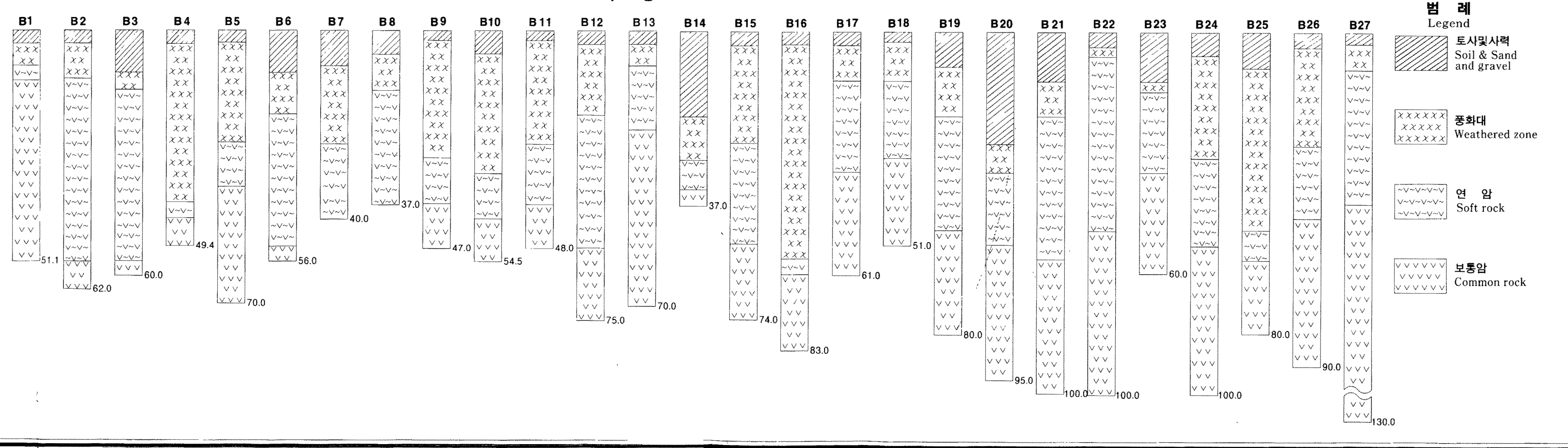
### 범례 (LEGEND)

- 단층 - Fault
- 간층 - Intermittent Fault
- 지질경계 - Geologic Boundary
- 기반추정 등고선 - Contours of Interbed Bedrock
- 층리의 주향과 경사 - Strike and Dip of Bedding
- 시추조사선 - Geophysical Survey Line
- 연구의 주향과 경사 - Strike and Dip of Foliation
- 물리탐사 선 - Geophysical Survey Line
- 조사구역 - Boundary of Study Area

### 수질의 주요성분 비교도 (PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS)



### 주상도 (PROFILE)



- 범례 (Legend)
- 토사(사석) - Soil & Sand and gravel
- 풍화대 - Weathered zone
- 연암 - Soft rock
- 보통암 - Common rock