

고흥군광역수맥조사보고서

1998

농림부
농어촌진흥공사

목 차

1. 서 언	7
2. 조사개요	7
2-1. 조사목적	7
2-2. 조사내용	7
3. 일반현황	10
3-1. 위치, 교통 및 면적	10
3-2. 기상	11
3-2-1. 기온	11
3-2-2. 강수량	14
3-2-3. 증발산량	17
3-2-4. 일조시간	19
3-2-5. 상대습도	21
3-3. 인구 및 토지현황	22
3-3-1. 인구현황	22
3-3-2. 토지현황	23
3-4. 토지이용 및 산업현황	25
3-4-1. 농업	25
3-4-2. 축산업	27
3-4-3. 임업	29
3-4-4. 어업	31
4. 수문지질조사	34
4-1. 지형 및 지질	34
4-1-1. 지형	34
4-1-2. 지질	36
4-2. 시설관정 이용실태조사	42
4-2-1. 시설별·용도별 이용현황	42
4-2-2. 시설관정 양수시험	48

4-3. 물리탐사.....	49
4-3-1. 원격탐사.....	49
4-3-2. 전기비저항탐사.....	56
4-4. 수위관측.....	76
4-5. 수질 및 잠재오염원조사.....	79
4-5-1. 수질.....	79
4-5-2. 잠재오염원 조사.....	117
5. 지하수 이용현황 및 자원평가.....	119
5-1. 지하수 이용현황.....	119
5-2. 물수지 분석.....	120
5-2-1. 분석기준.....	120
5-2-2. 강수량 및 증발산량.....	120
5-2-3. 지표유출 및 충전량.....	121
5-3. 지하수 개발가능량 및 개발예정위치.....	127
5-3-1. 지하수 개발가능량.....	127
5-3-2. 지하수 개발 예정위치 선정.....	128
6. 지하수자원 개발계획.....	129
6-1. 용도별 소요수량.....	129
6-2. 소요수량 공급방안.....	130
7. 지하수 보전관리.....	131
8. 결 론.....	134
참고문헌.....	138
부 록.....	143

표 목 차

<표 2-1> 조사실적.....	9
<표 3-1> 최근 25년간 평균기온 분포(℃).....	12
<표 3-2> 최근 25년간 강수량 분포(mm).....	15
<표 3-3> 증발산량(1973~1997).....	18
<표 3-4> 최근 25년간 일조시간 분포(hr).....	20
<표 3-5> 상대습도('91~'96).....	21
<표 3-6> 세대 및 인구 (단위: 세대, 명) 1996년기준.....	22
<표 3-7> 토지이용현황(1997).....	23
<표 3-8> 고흥군 경지면적.....	25
<표 3-9> 농업진흥구역 지정.....	25
<표 3-10> 식량 작물 생산량	26
<표 3-11> 가축사육가구 및 마리.....	27
<표 3-12> 소유별 임야면적.....	29
<표 3-13> 임상별 산림면적.....	30
<표 3-14> 어가 및 어가인구.....	31
<표 3-15> 어선보유현황.....	32
<표 3-16> 수산물 어획고.....	33
<표 4-1> 고흥지역의 지질계통.....	36
<표 4-2> 지하수 시설별 현황.....	42
<표 4-3> 기설관정현황.....	43
<표 4-4> 지하수 용도별 이용현황.....	47
<표 4-5> 양수시험총괄표.....	49
<표 4-6> 전기비저항 쌍극자 축선 총괄표.....	56
<표 4-7> 기설관정수위관측현황.....	77
<표 4-8> 고흥군 양이온, 음이온 시료채취.....	81
<표 4-9> 고흥지역 지하수의 물리적 특성.....	83
<표 4-10> 고흥지역 지하수의 양이온 함량.....	84

<표 4-11> 고흥지역 지하수의 음이온 함량.....	86
<표 4-12> 고흥지역 지하수의 일반적인 특성.....	87
<표 4-13> 오염원의 종류.....	117
<표 4-14> O.A.T 잠재오염원 분류.....	118
<표 5-1> 고흥지역 지하수 이용현황.....	119
<표 5-2> SCS 토양분류.....	123
<표 5-3> 선형 토양 함수조건의 분류.....	124
<표 5-4> 토양-피복형별 유출곡선지수, CN, (A.M.C-II, $I_a=0.2S$)	125
<표 5-5 > 선형함수조건(A.M.C)에 따른 유출곡선지수의 조정	126
<표 6-1> 고흥지역 생활용수 소요수량.....	129

그림 목 차

<그림 3-1> 최근 25년간 평균 기온 분포.....	13
<그림 3-2> 최근 25년간 연도별 강우량 분포.....	16
<그림 3-3> 최근 25년간 평균 강우량 분포.....	16
<그림 3-4> 최근 25년간 평균 일조시간 분포.....	19
<그림 4-1> 고흥지역의 산계 및 수계도.....	35
<그림 4-2> 고흥지역의 지질도.....	37
<그림 4-3> Spot Image of Koheung-Gun.....	51
<그림 4-4> Filtered Image of Koheung-Gun.....	53
<그림 4-5> 고흥지역의 선구조 Rose diagram.....	55
<그림 4-6> 측선 Dp1 쌍극자 탐사 결과도.....	61
<그림 4-7> 측선 Dp2 쌍극자 탐사 결과도.....	62
<그림 4-8> 측선 Dp3 쌍극자 탐사 결과도.....	63
<그림 4-9> 측선 Dp4 쌍극자 탐사 결과도.....	64
<그림 4-10> 측선 Dp5 쌍극자 탐사 결과도.....	65
<그림 4-11> 측선 Dp6 쌍극자 탐사 결과도.....	66
<그림 4-12> 측선 Dp7 쌍극자 탐사 결과도.....	67
<그림 4-13> 측선 Dp8 쌍극자 탐사 결과도.....	68
<그림 4-14> 측선 Dp9 쌍극자 탐사 결과도.....	69
<그림 4-15> 측선 Dp10 쌍극자 탐사 결과도.....	70
<그림 4-16> 측선 Dp11 쌍극자 탐사 결과도.....	71
<그림 4-17> 측선 Dp12 쌍극자 탐사 결과도.....	72
<그림 4-18> 측선 Dp13 쌍극자 탐사 결과도.....	73
<그림 4-19> 측선 Dp14 쌍극자 탐사 결과도.....	74
<그림 4-20> 측선 Dp15 쌍극자 탐사 결과도.....	75
<그림 4-21> 고흥지역의 이온 시료채취 위치도.....	80
<그림 4-22> 고흥지역 지하수의 Eh-pH diagram.....	93
<그림 4-23> 고흥지역 지하수의 전기전도도와 TDS 관계.....	96

<그림 4-24> 고흥지역 지하수의 전기전도도와 각 원소함량과의 관계.....	98
<그림 4-25> 고흥지역 지하수의 전기전도도와 음이온, 용존산소량 및 일반세균과의 관계.....	100
<그림 4-26> 고흥지역 지하수의 pH와 각 성분원소와의 관계.....	101
<그림 4-27> 고흥지역 지하수의 TDS와 각 원소함량과의 관계.....	107
<그림 4-28> 고흥지역 지하수의 중발잔류물과 $KMnO_4$ 와의 관계, 중발잔류물과 일반세균의 관계 SO_4 와 중발잔류물과의 관계, NO_3 와 $KMnO_4$ 와의 관계, Cl 과 NO_3 와의 관계, SO_4 와 Cl 과의 관계.....	109
<그림 4-29> 고흥지역 지하수의 심도에 따른 각 원소의 함량변화.....	110
<그림 4-30> 고흥지역 지하수의 염소이온과 각 이온들의 함량관계.....	112
<그림 4-31> 고흥지역 지하수의 주요성분 Piper diagram.....	115
<그림 4-32> 고흥지역의 반산화강암과 불국사화강암에 대한 지하수의 Piper diagram.....	115
<그림 4-33> 고흥지역의 산성화산암과 중성화산암에 대한 지하수의 Piper diagram.....	116
<그림 4-34> 고흥지역의 반상편마암과 반상변정 화강암질 편마암에 대한 지하수의 Piper diagram.....	116

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. 광역수문지질조사는 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 홍수로 유출되어 하천수의 이용률이 낮을뿐 아니라, 유역별 수자원 부존량과 용수 수요면에서도 균형을 이루지 못하고 있는 편이다. 더욱이 인구증가와 산업발달, 생활수준 향상 등으로 각종 용수의 수요는 점증되고 있어 표류수는 물론 잠재된 중요 수원인 지하수도 거시적인 안목에서 보다 더 합리적으로 활용되어야 할 시점에 도달하였다.

이번의 광역수문지질조사는 지하 수자원의 효율적인 개발과 보존을 위해 새로이 개정된 지하수법의 취지를 살려 전라남도 고흥군 일대(축적 1:50,000 순천, 회천, 고흥, 거금, 손죽, 여수도폭의 일부)의 2개 읍(고흥, 도양), 14개 면(풍양, 도덕, 금산, 도화, 포두, 봉래, 동일, 점암, 영남, 과역, 남양, 동강, 대서, 두원) 74,746ha를 선정하여 지표지질조사, 물리탐사, 양수시험, 수질검사 등을 실시하고 이들 자료와 과거 조사구역 내에 국지적으로 시행한 수맥조사와 지하수 개발 자료를 취합, 정리하고 인공위성(프랑스의 SPOT위성)을 이용한 원격탐사 자료를 이용하여 고흥지역 광역수문지질도를 작성하였다. 조사지역이 넓고 조사항목이 많은 반면에 한정된 인력과 장비로 단기간 내에 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, 고흥군 관계관들에게 깊은 감사를 드린다.

2. 조 사 개 요

2-1. 조사목적

농어촌지역 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역 내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해상습지를 대상으로 분산적이고 국지적으로 시행하여온 수맥조사사업을 발전시켜 1/50,000 도폭 단위별로 광범위하고 종합적인 지하수 조사를 실시하여 광역 수문지질도를 작성하고자 시행하였다.

2-2. 조사내용

- 가. 조사지구 : 고 흥 지 구
- 나. 위 치 : 전라남도 고흥군 일원(2개 읍, 14개 면)
- 다. 조사면적 : 747.46 km²
- 라. 조사기간 : 1997. . ~1998. .
- 마. 조 사 자 :

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

- 바. 조사내용 : 지형, 지질 및 지하수 부존성과 이용현황을 감안하여 조사물량을 배분하였다. 주요 조사내용은 지표지질조사, 기설관정 실태 조사, 물리탐사, 양수시험, 수질검사 등이다.

< 표 2-1 > 조 사 실 적

조 사 항 목	조 사 량	비 고
답사 및 지표지질조사	74,746ha	
기설관정 실태조사	188공	
물리탐사		
- 원격탐사	1식	
- 전기탐사(쌍극자)	15측선	
양수시험	15회	
수질검사		
- 먹는물 기준	51개	
- 주요 양이온 분석	55개	
- 주요 음이온 분석	55개	

사. 조사장비

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

3. 일 반 현 황

3-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지역은 전라남도의 남부에 해당되며, 행정구역상 2개 읍, 14개 면으로 전라남도 고흥군 도양읍, 고흥읍, 동강, 대서, 남양, 과역, 점암, 영남, 두원, 풍양, 포두, 도화, 동일, 봉래, 금산, 도덕면으로 구성되어있다. 면적은 747.460km²로 서쪽으로 장흥군과 동쪽으로 여천군, 북쪽으로 보성군과 접하고 있으며, 남서부의 소록도, 거금도, 시산도와 남동부의 내나로도, 외나로도에 연결된다. 대체로 기복하는 산맥이 북으로부터 남으로 연장되어 경사가 급하고 평지가 적으며 하천은 유역이 단소하다.

지리적 위치로는 동경 127° 00' ~ 127° 35' , 북위 34° 20' ~ 34° 50' 의 범위에 해당된다. 교통망은 북측 상단부에 위치한 벌교 화정리에서 유둔리-과역리-옥하리로 27번과 15번 국도가 남북으로 연결되고 고흥읍에서 27번과 15번 국도가 분기되며, 27번 국도는 고흥읍에서 등암리-한동리-도덕리-봉암리로 도양읍까지 남동부로 연결되며, 15번 국도는 고흥읍에서 포두면-동일면-봉래면으로 이어져 외나로도 신금리까지 연장되어있다.

교통편은 광주광역시에서 화순-보성-벌교-고흥를 거치는 국도를 이용하는 방법과 동광주나 서광주 I/C를 이용하여 순천을 거쳐 현지에 도달할 수 있으며 광주-고흥간 직행버스가 05시00분에서 20시25분까지 15분마다 운행되고 있어 교통상황은 매우 양호한 편이다.

3-2. 기 상

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

본 조사지역인 고흥군에 대한 수문기상자료는 우리 공사 기술정보방의 수문기상정보 자료에서 최근 25년간 고흥측후소의 측정 자료와 고흥군에서 발행한 고흥통계연보(1997) 자료를 인용하였다.

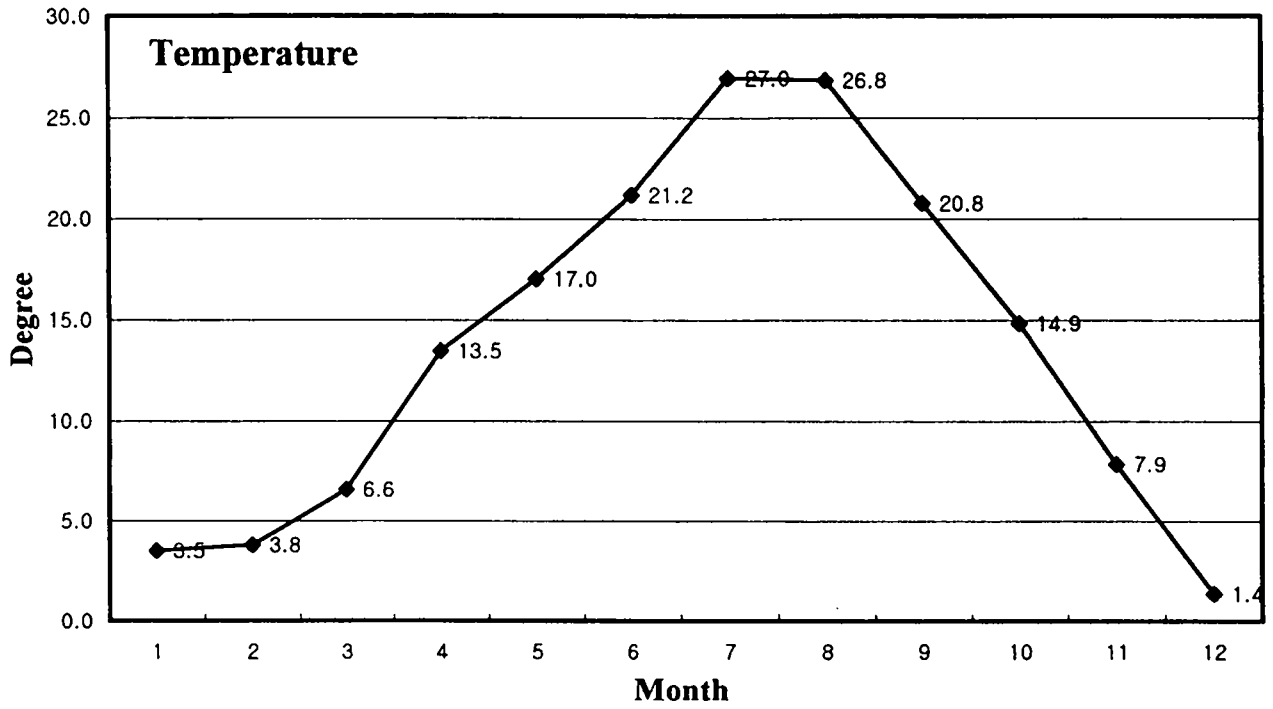
3-2-1 기 온

대기의 온도는 지표면의 상태, 고도 등에 의하여 영향을 받음과 동시에 지역적, 시간적으로 많은 변화를 하고 있다. 온도의 시간적, 지역적 변화는 지표면과 태양열의 입사 각도에 따라 달라지기 때문에 이는 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 25년간 월별 평균기온은 여름철인 7월과 8월에 각각 24.9℃와 25.9℃의 높은 기온을 나타내는 반면 겨울철인 11월~익년 2월에는 1~4℃ 내외의 기온을 나타내며(표 3-1, 그림 3-1), 최근 '95년~'97년까지는 지속적으로 온도가 상승하고 있다.

< 표 3-1 > 최근 25년간 평균기온 분포(℃)

년	월	년평균	월 평균											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균		13.5	1.0	2.5	6.9	12.6	17.3	21.1	24.9	25.9	21.4	15.6	9.1	3.3
1973		13.7	3.5	3.8	6.6	13.5	17.0	21.2	27.0	26.8	20.8	14.9	7.9	1.4
1974		12.8	0.7	1.6	5.6	12.6	17.3	20.6	22.5	25.6	21.1	15.3	8.1	3.2
1975		14.0	1.5	2.4	6.6	12.8	16.8	20.9	25.6	27.1	24.0	17.0	11.0	2.9
1976		12.9	0.3	4.8	6.7	11.9	16.3	20.4	23.3	25.6	19.9	15.4	6.7	3.0
1977		13.7	-1.8	0.8	7.6	13.4	17.5	21.0	26.0	24.7	22.6	17.6	9.9	4.7
1978		14.2	2.0	1.9	6.5	13.2	18.5	21.8	27.6	26.9	22.1	16.0	10.2	4.1
1979		13.9	2.8	4.1	7.7	12.0	17.4	21.8	24.5	25.9	21.1	16.6	8.8	4.5
1980		12.7	1.6	1.1	7.0	11.8	17.1	21.4	23.1	22.7	20.1	15.2	9.9	1.5
1981		13.0	-0.7	1.9	7.5	12.8	17.0	21.0	26.4	25.5	20.7	14.6	6.4	2.6
1982		13.7	0.3	2.9	8.0	12.5	18.2	21.5	23.8	26.0	20.5	16.4	11.0	3.0
1983		13.7	1.3	1.5	7.6	13.5	17.3	21.1	24.2	26.7	22.8	16.3	8.8	2.9
1984		13.2	-1.0	0.5	5.3	12.8	17.4	21.8	25.4	27.1	21.2	14.9	9.7	2.9
1985		13.5	-1.1	2.9	6.6	12.2	17.6	20.4	25.8	27.1	23.2	16.6	8.9	1.4
1986		13.1	0.2	0.6	7.1	13.0	17.6	21.3	23.3	25.9	20.1	14.3	8.3	4.9
1987		13.6	1.4	3.7	6.6	12.3	17.5	21.5	24.4	25.3	20.4	17.2	9.8	3.1
1988		13.5	2.2	2.0	6.1	12.4	17.4	21.8	25.1	25.9	21.5	16.1	8.1	3.4
1989		14.0	3.4	4.5	7.3	14.4	18.1	20.3	24.8	25.6	21.6	15.0	9.4	3.9
1990		14.4	0.5	5.5	8.6	12.3	17.1	21.9	26.2	27.5	22.4	15.8	11.3	3.5
1991		13.5	1.6	2.1	7.1	12.8	17.1	22.3	25.0	24.8	22.2	14.9	8.2	4.1
1992		13.5	2.6	2.6	8.3	13.2	16.7	20.1	25.1	25.4	21.7	14.4	7.8	4.3
1993		12.7	0.5	2.8	5.9	12.0	16.9	21.0	22.5	22.8	20.4	14.4	10.2	2.6
1994		13.9	0.7	2.6	5.3	13.6	17.2	20.4	27.9	27.2	21.3	15.6	10.6	4.1
1995		12.9	0.7	2.4	7.0	11.6	16.2	20.5	24.4	27.1	20.1	15.7	7.2	2.1
1996		13.0	1.7	1.1	5.9	10.6	17.2	20.9	24.1	25.9	21.2	15.6	9.3	2.8
1997		13.7	0.6	3.0	7.7	12.6	17.4	21.9	24.6	25.6	21.0	15.0	10.6	4.4



< 그림 3-1 > 최근 25년간 평균 기온 분포

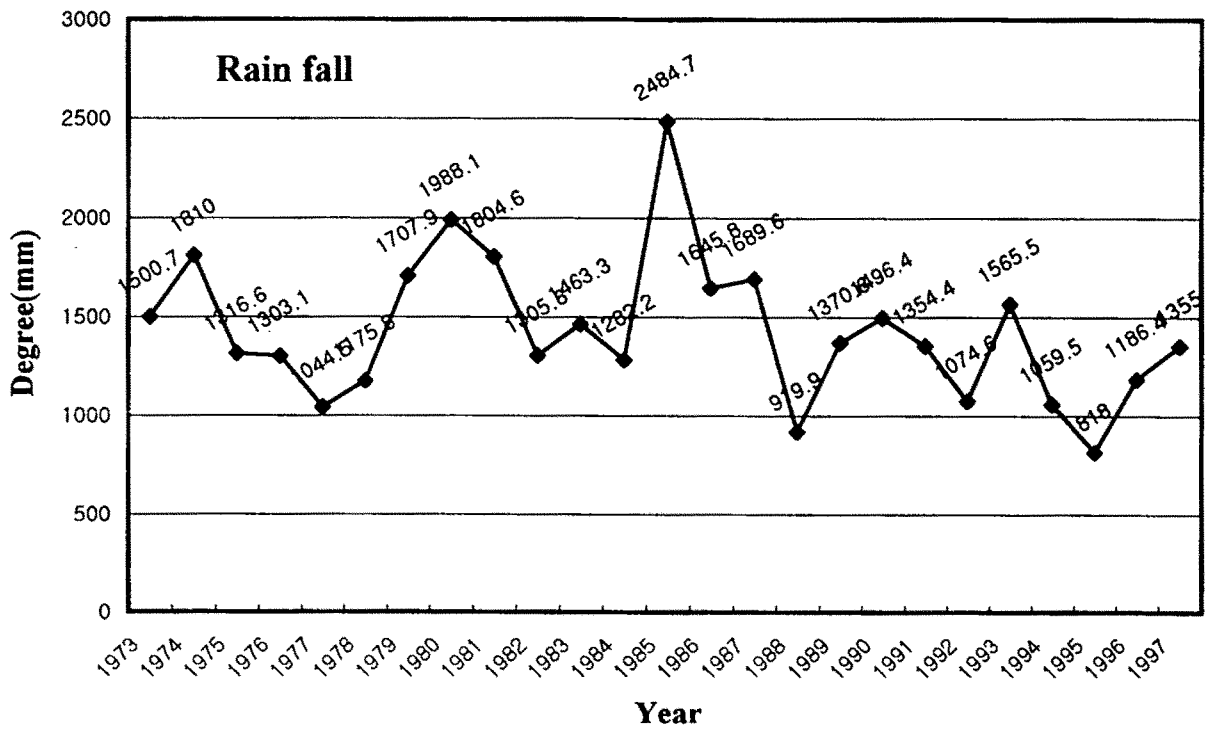
3-2-2 강 수 량

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

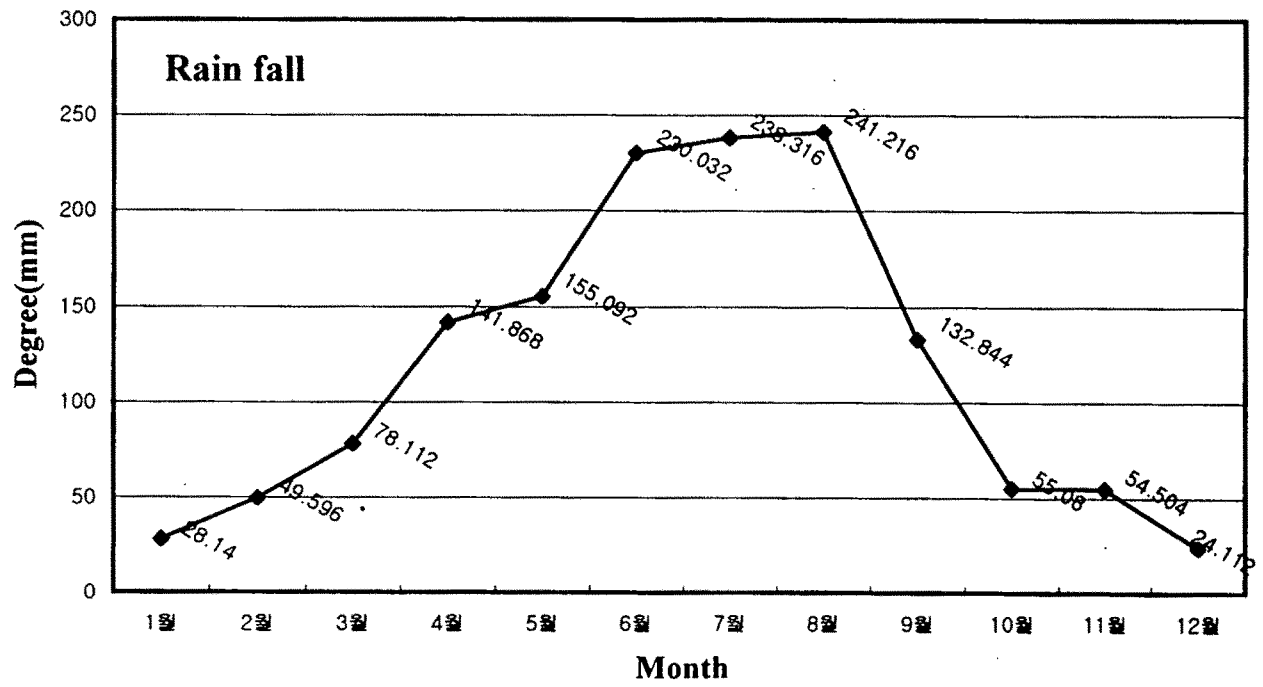
고흥지역의 강수량의 분포를 분석하면, '73년~'97년까지의 년평균 강수량은 1428.9mm이다(표 3-2). 연도별 합계강우량의 변화는 '73년~'82년 사이에 '77년을 변곡점으로 하여 주기성을 나타내며, 특히 '74, '80년에는 많은 강수량을 나타낸다. '83~'97년도에는 강수량의 주기성이 관찰되지 않아 불규칙한 강수량을 나타내며, '85년에는 강수량이 급격히 증가하고, '88년에는 강수량이 급격히 감소하였으며, '95년 이후에는 점진적으로 강수량이 증가하고 있다(그림 3-2). 고흥지역의 월별 평균 강수량 분포는 6~8월 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 작다(그림 3-3).

< 표 3-2 > 최근 25년간 강수량 분포(mm)

년	월	년강수량	월 별 강 우 량											
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계		35722.8	703.5	1239.9	1953	3547	3877	5751	5958	6030	3321	1377	1363	602.8
평균		1428.91	28.14	49.596	78.11	142	155.1	230	238.3	241	133	55.08	54.5	24.11
1973		1500.7	69.6	55	15.9	270	330.5	50	300	93.9	194	89.1	24	8.8
1974		1810	24.9	46.2	64.2	217	296.7	271.4	578.1	162	28.1	72.7	13.6	34.7
1975		1316.6	30.1	22.5	59.7	271	157.6	145	195.1	51.7	145	127.7	58.6	52.6
1976		1303.1	1.9	170.6	60.3	157	130.3	267.7	107.8	215	55.4	46.6	40.3	49.9
1977		1044.5	1.9	1.3	111.7	246	224.4	108	133.5	52.6	63.6	6.6	68.1	27.1
1978		1175.8	13.2	32.3	55.2	36.6	6	542.1	73.7	186	54.9	108	48.5	19.7
1979		1707.9	32.2	67.3	85.7	158	195.1	290.6	267.2	344	168	0	37.8	61.5
1980		1988.1	39.3	32.7	86.4	154	202.4	182.4	383.2	583	32.8	205.7	60.6	25.6
1981		1804.6	31.2	57.8	31.2	72.9	54	267.4	307.3	193	722	34.2	27.6	6.4
1982		1305.6	24.8	44.2	95.6	98.4	57.6	90.3	302.8	335	57.8	34.1	156.7	8.6
1983		1463.3	31.5	46.4	85.4	205	159.5	79.6	327.2	155	286	48.5	20.9	18.4
1984		1282.2	6.4	16.1	14.8	139	42.4	262.9	196.7	326	193	33.8	38.2	12.4
1985		2484.7	10.5	76.5	131.5	128	400.7	648	184.5	403	235	153.6	91.8	21.9
1986		1645.8	3.4	40.7	52.8	77.9	238.9	375	280.7	265	216	60.8	6.8	27.9
1987		1689.6	53.8	30.3	99.1	109	105.1	154.8	577.8	390	59.5	48.4	61.8	0
1988		919.9	12.8	9.3	77	118	132	227.1	166.1	113	49.8	4.3	3.9	6.8
1989		1370.6	112.6	109.8	47.4	45.3	75.1	316.2	250.7	232	129	12.4	40	0
1990		1496.4	28.2	141.6	84.3	229	204.2	334.1	152	137	136	2.5	47.3	1
1991		1354.4	24	21.4	108.8	135	106	239.2	275	260	123	0	17.2	45.8
1992		1074.6	21.5	26	95.3	155	178	30.5	90	162	222	32.5	20.5	41.1
1993		1565.5	16.3	96.4	61	51.5	119.3	249	120.5	640	22	48.5	108	33
1994		1059.5	18	45.5	42.5	126	155	64.5	72	344	25.5	119	38.5	10
1995		818	39.5	26	101	101	118.5	66.5	220.5	52.5	42	36	14.5	0
1996		1186.4	52	10	174	97	58	316.5	161	121	35.5	52	88.4	21.5
1997		1355	3.9	14	112	151	130	172	234.5	216	25.5	0	229	68.1



< 그림3-2 > 최근 25년간 연도별 강우량 분포



< 그림 3-3 > 최근 25년간 평균 강우량 분포

3-2-3 증발산량

지구 전체로 볼 때 지상에 낙하된 강수의 약 75%는 다시 증발(Evaporation)과 발산(Transpiration) 작용을 거쳐 대기로 환원되는 것으로 알려져 있다. 증발은 어떤 물질이 액체 상태에서 기체 상태로 변화하는 현상이며, 물 수면에서 단위시간당 물분자의 교환능력을 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 것 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 남쪽지방이 저위도로 갈수록 증가되는 경향을 나타낸다. 연중 최대 증발량의 시기는 5~6월이며, 최대 증발량이 나타나는 지역은 포항지방으로 1,542.3mm이며, 최소 증발량은 성산포 지방으로 780.3mm이다.

증발산량의 추정방법은 측정에 의한 방법과 이론적 방법 및 기후인자와의 상관관계에 의한 산출방법 등이 있으며, 본 조사에서는 기후인자와의 상관관계를 이용한 Thornthwaite 방법을 적용하였다. Thornthwaite 방법을 간략하게 소개하면 다음과 같다. Thornthwaite는 북위 29° ~ 43° 사이의 미국전역을 대상으로 증발산량 측정 자료를 수집, 분석하여 기온과 잠재 증발산량과의 상관관계를 광범위하게 연구하였으며, 다음과 같은 식으로 표시된다.

즉, 한 해의 매월 평균기온을 t_j (여기서 $j = 1, 2, 3, \dots, 12$)라 하고 월열지수(Monthly Heat Index)를 J_r 라 할때, 경험식으로 얻는 t_j 와 J_r 의 관계는 다음과 같다.

$$J_r = \left(\frac{t_j}{5} \right)^{1.514} = 0.0875(t_j)^{1.514}$$

따라서, 연열지수(Yearly Heat Index) J 는 월열지수(Monthly Heat Index)의 합으로 다음과 같다.

$$J = \sum_{j=1}^{12} Jr_j$$

월 평균기온이 t°C인 임의의 월의 잠재 증발산량(PE_x)은 다음식으로 표시된다.

$$PE_x = 1.6 \left[\frac{10T}{J} \right]^a (cm/month)$$

$$a = (675 \times 10^{-9})J^3 - (771 \times 10^{-7})J^2 + (179 \times 10^{-4})J + 0.4924$$

또한 월평균 기온이 t°C 인 임의의 월의 실제 증발산량(PE)은 다음식으로 주어진다.

$$PE = PE_x \times \frac{DT}{30 \times 12} (cm/mon)$$

(여기서, D : 해당월의 일수, T : 해당월의 평균일조시간(시간/일))

조사 지역의 증발산량과 관련자료는 표 3-3에 정리하였다.

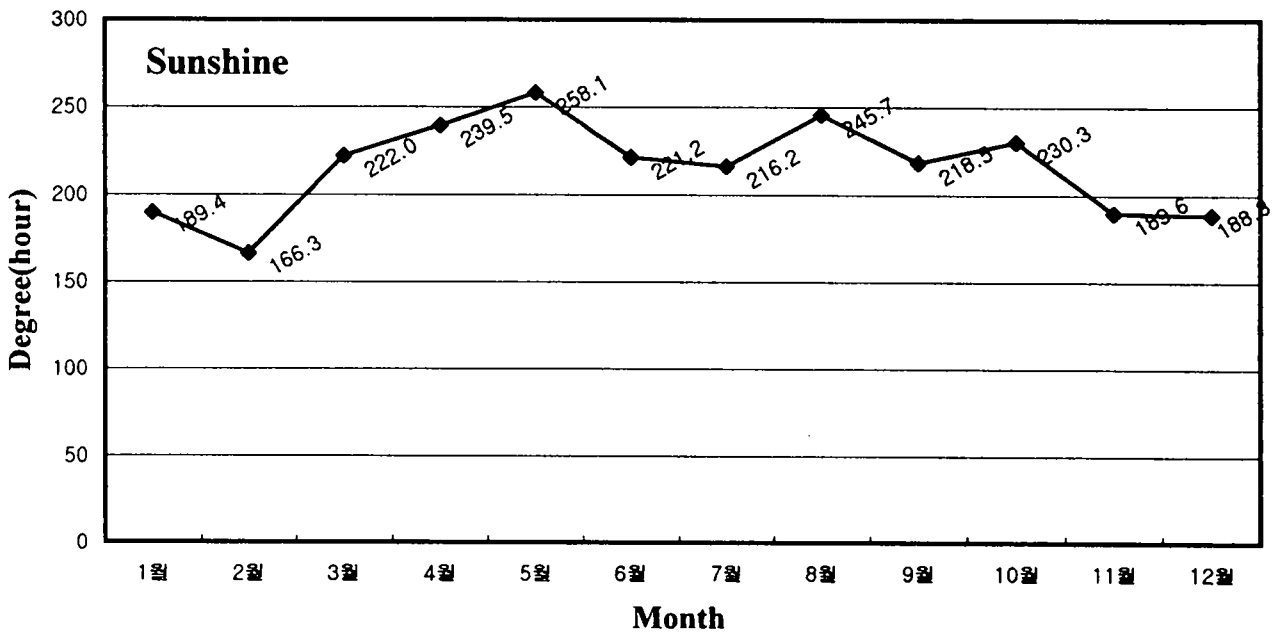
< 표 3-3 > 증발산량(1973~1997)

구 분	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균기온(°C)		1	2.5	6.9	12.6	17.3	21.9	24.9	25.9	21.4	15.6	9.1	3.3
평균일조시간 (h/d)		6.1	5.9	7.1	7.9	8.3	7.3	6.9	7.9	7.2	7.4	6.3	6.0
$\frac{t_j}{5}$		0.2	0.5	1.38	2.52	3.46	4.22	4.98	5.18	4.28	3.12	1.82	0.66
Jr (월열지수)	J=62.59	0.09	0.35	1.63	4.05	6.55	8.85	11.37	12.06	9.04	5.60	2.48	0.53
PE _x (잠재증발산량)		0.107	0.413	1.848	4.495	7.177	9.622	12.286	13.021	9.824	6.161	2.780	0.622
$\frac{DT}{360}$		0.525	0.459	0.611	0.658	0.715	0.608	0.594	0.680	0.600	0.637	0.525	0.517
PE (실제 증발산량)	43.076	0.056	0.189	1.130	2.959	5.130	5.853	7.300	8.858	5.894	3.926	1.460	0.321

3-2-4 일 조 시 간

일조시간은 지형과 위도, 계절풍 등 복합적인 요인에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 겨울에는 북서 계절풍의 영향을 많이 받는 서해안 지방이 동해안 지방보다 짧고, 상대적으로 여름철에는 남동 계절풍의 영향을 받아 반대 현상이 나타난다.

최근 25년간 고흥지역의 월별 평균 일조시간은 11, 12, 1, 2월의 경우 166.3~189.6 시간으로 낮은 분포를 보이며, 3, 4, 6, 7, 9, 10월은 216.2~239.5 시간으로 중간치를 보이고, 5, 8월은 245.7~258.1 시간으로 최대치를 나타낸다(그림 3-4, 표 3-4). 일조량은 특정 지역의 수문순환계에 큰 영향을 미치며, 이는 지하수 부존량에도 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다.



<그림 3-4> 최근 25년간 평균 일조시간 분포

<표 3-4> 최근 25년간 일조시간 분포(hr)

년도	년합계	월 별 일 조 시 간											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	65130.2	4735	4158	5551	5989	6452	5529	5406	6144	5461	5758	4741	4707
평균	2605.21	189.4	166	222	239.5	258	221	216	246	218	230	190	188
1973	2896	179.3	167	260	229.4	261	284	323	296	238	219	229	211
1974	2736.5	217.9	188	219	264.6	289	301	140	282	258	217	203	156
1975	2853.9	191	192	267	224.8	272	262	251	319	230	217	208	221
1976	2657	219.7	170	254	240.7	251	215	221	244	236	231	192	183
1977	2690	204.2	224	210	225.4	236	229	241	245	240	263	191	181
1978	2925.1	196.1	21.7	252	289.5	309	210	302	279	237	248	189	213
1979	2789.6	171	183	250	238.4	312	208	257	268	224	287	194	197
1980	2557.4	177.1	229	221	215.8	280	217	167	178	261	200	210	202
1981	2712.8	215.8	197	227	247.6	269	201	241	265	235	229	170	217
1982	2778.2	209.7	222	244	248	255	281	229	265	245	239	168	192
1983	2664.6	203.9	200	223	212.6	265	268	217	247	201	210	200	217
1984	2727.9	214	223	246	235.5	288	208	233	266	211	254	206	164
1985	2569.7	221.5	157	210	242.5	231	202	246	262	220	204	183	192
1986	2758.3	221.8	221	247	259.2	270	226	197	292	212	237	198	178
1987	2613.9	195.1	200	210	233.8	276	259	164	195	246	220	198	219
1988	2761.8	208.2	192	214	273.8	270	228	223	263	218	249	228	195
1989	2614.3	139.3	142	250	270.9	267	225	229	268	178	257	186	201
1990	2566.1	164	124	223	239.1	231	196	247	299	207	242	205	189
1991	2486.1	180	172	194	239.7	248	199	185	203	210	275	210	172
1992	2544.2	178.9	29.4	174	254.2	272	254	235	230	195	203	181	158
1993	1984.6	127.5	177	207	253.9	223	169	111	80.8	157	197	123	159
1994	2380.1	158.2	149	177	192.3	216	167	269	248	254	205	178	167
1995	2367.8	189.1	181	203	210.7	230	213	166	250	148	204	198	176
1996	2213.2	162.5	23.2	171	232.2	227	97.4	170	204	193	208	146	200
1997	2281.1	189	174	199	214	206	210	144	195	209	244	149	149

3-2-5 상대 습도

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

고흥지역의 상대습도는 고흥군에서 발행한 고흥통계연보(1997) 자료를 인용하였으며, 관측치는 매일 3시, 9시, 15시 및 21시에 총 4회를 실시하여 산술평균한 값을 이용하였다. 최근 6년간의 상대습도는 '91년~'92년보다 '93년~'96년은 하향세를 나타내고 있다. '96년중 월별 추이는 3, 7, 8월에 낮게 나타나고, 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11, 12월은 60% 이상의 상대습도를 보인다. 또한 5월은 가장 높은 71%의 상대습도를 보이고 있다(표 3-5).

< 표 3-5 > 상대습도('91~'96)

연도 및 월별	상 대 습 도(%)		연도 및 월별	상 대 습 도(%)	
	평균	최소		평균	최소
1991	79	12	4월	60	17
1992	73	16	5월	71	22
1993	61	18	6월	64	33
1994	65	18	7월	57	38
1995	62	17	8월	57	32
1996	64	17	9월	61	18
1월	62	25	10월	62	21
2월	63	23	11월	61	23
3월	52	22	12월	63	20

*자료:고흥기상대 주:매일 3시, 9시, 15시, 21시의 4회 관측치를 산술평균한 것임

3-3. 인구 및 토지현황

3-3-1 인구현황

고흥군의 총 인구는 108,148명이며, 이 중 고흥읍 14,191(13.1%)명, 도양읍 16,305(15.0%)명, 풍양면 6,426(6.0%)명, 도덕면 5,705(5.3%)명, 금산면 8,446(7.8%)명, 도화면 7,654(7.1%)명, 포두면 9,134(8.5%)명, 봉래면 3,557(3.3%)명, 동일면 2,452(2.3%)명, 점암면 5,168(4.8%)명, 영남면 2,534(2.3%)명, 과역면 6,171(5.7%)명, 남양면 4,421(4.1%)명, 동강면 5,566(5.1%)명, 대서면 4,647(4.3%)명 및 두원면 5,771(5.3%)명이 거주하고 있다. 또한 총 35,887 세대수로서 고흥읍과 도양읍이 우세하며, 남녀의 성비는 비슷하게 유지하고 있으며, 세대당 인구수는 평균 3명 꼴이며, 고흥읍과 도양읍이 세대, 인구, 인구밀도 그리고 세대당 인구수 등에서 우위를 나타내고 있다(표 3-6).

< 표 3-6 > 세대 및 인구 (단위 : 세대, 명) 1996년 기준

구분 읍면별	총 계				한 국 인				외 국 인			
	세대수	인구수			세대수	인구수			세대수	인구수		
		계	남	여		계	남	여		계	남	여
계	35,887	108,148	53,503	54,645	35,872	108,128	53,497	54,631	15	21	6	15
고흥	4,380	14,191	6,978	7,213	4,375	14,183	6,975	7,208	5	8	3	5
도양	5,535	16,305	8,223	8,082	5,531	16,300	8,221	8,079	4	5	2	3
풍양	2,194	6,426	3,117	3,309	2,192	6,424	3,117	3,307	2	3	0	3
도덕	1,944	5,705	2,770	2,935	1,943	5,704	2,770	2,934	1	1	0	1
금산	2,649	8,446	4,323	4,123	2,649	8,446	4,323	4,123	0	0	0	0
도화	2,476	7,654	3,817	3,837	2,476	7,654	3,817	3,837	0	0	0	0
포두	2,998	9,134	4,517	4,617	2,997	9,132	4,517	4,615	1	2	0	2
봉래	1,245	3,557	1,790	1,767	1,245	3,557	1,790	1,767	0	0	0	0
동일	809	2,452	1,249	1,203	809	2,452	1,249	1,203	0	0	0	0
점암	1,828	5,168	2,481	2,687	1,828	5,168	2,481	2,687	0	0	0	0
영남	849	2,534	1,194	1,340	849	2,534	1,194	1,340	0	0	0	0
과역	2,069	6,171	3,034	3,137	2,068	6,170	3,033	3,137	1	1	1	0
남양	1,513	4,421	2,140	2,281	1,513	4,421	2,140	2,281	0	0	0	0
동강	1,868	5,566	2,759	2,807	1,868	5,566	2,759	2,807	0	0	0	0
대서	1,505	4,647	2,273	2,374	1,504	4,646	2,273	2,373	1	1	0	1
두원	2,025	5,771	2,838	2,933	2,025	5,771	2,838	2,933	0	0	0	0

3-3-2 토지현황

고흥군의 총 토지는 747,460,463m² 이며, 포두면이 88,605,158m²(11.9%)로 가장 넓게 분포하고 금산면 8.8%, 점암면 8.8%, 도화면 8.4%, 두원면 7.8%이며, 풍양면, 영남면, 과역면, 동강면, 남양면, 도덕면, 고흥읍, 대서면, 도양읍, 봉래면 및 동일면 순으로 나타난다(표 3-7). 용도별로 구분하면 임야, 전, 답, 도로가 전체 토지의 93%를 차지하고 있으며, 그 중에서 임야가 462,555,936m²로 62%로 차지하는 면적이 가장 넓고 전, 답 그리고 도로는 각각 11.36%, 17.42%, 2.28%를 차지한다. 과수원, 목장용지, 염전, 대지, 공장용지, 학교용지, 하천, 제방, 수도용지, 공원, 묘지, 사적지 및 기타가 0.3%를 점유하고 있다.

< 표3-7 > 토지이용현황(1997)

(단위: m²)

읍면	항목	총 계	전	답	과수원	목장용지	임야
계		747,460,463.6	84,890,080	130,175,667.2	624,380	1,900,414	462,555,936
고흥		34,942,322.0	4,350,284	5,142,048	84,009	30,811	21,682,619
도양		33,179,959.5	6,409,248	5,398,464	15,860	36,572	17,491,762
풍양		47,967,440.1	5,509,488	11,052,464	57,015	10,472	26,306,117
도덕		37,774,464.0	4,931,809	13,535,460	89,947	33,907	12,314,476
금산		65,584,472.0	9,590,766	4,964,678	61,148	176,728	47,235,314
도화		66,040,623.5	6,249,088	9,262,988	24,061	159,569	45,586,637
포두		88,605,158.0	7,251,666	11,755,133.5	63,180	386,398	62,507,864
봉래		28,175,538.0	3,429,718	1,433,902	28,090	0	21,952,993
동일		21,112,717.0	2,817,804	2,084,770	0	209,082	15,052,559
점암		65,170,614.9	6,352,964	9,797,121.9	9,373	69,714	42,852,646
영남		43,035,614.0	2,643,003	2,497,683	0	129,056	36,179,145
과역		42,290,124.0	5,819,629	8,646,696	6,241	187,113	23,682,532
남양		39,612,965.5	5,982,304	10,539,777.6	46,065	107,913	18,411,194
동강		41,443,502.0	4,505,222	12,350,616	44,629	128,863	19,653,515
대서		34,462,141.0	3,459,106	11,192,789	13,356	109,014	14,943,821
두원		58,062,808.1	5,587,981	10,521,076.2	81,406	125,202	36,702,742

< 표 3-7 계속 >

항목 읍면	영전	대지	공장용지	학교용지	도로	하천	제방
계	400764	12,898,190.9	142,101.2	1,526,218	16,989,500.7	4,875,643.6	1,275,550
고흥	0	914,393	28,446	154,365	951,503	197,680	25,594
도양	371	1,426,574.9	39,124.4	162,609	948,262	562	59,009
풍양	128,511	890,228	50,169.8	82,553	1,339,145.4	170,986	120,969
도덕	125,530	778,212	0	63,576	1,337,781	4,143	280,828
금산	0	997,316	0	139,288	1,048,961	285,966	55,504
도화	25,954	874,943	19,953	104,052	1,307,223.3	406,715	102,062
포두	0	1,089,372	0	165,646	1,547,233.6	669,640	42,464
봉래	317	382,156	0	88,273	365,828	69,921	23,959
동일	0	287,255	0	46,820	245,945	9,726	10,046
점암	60	871,061	0	93,567	1,391,410	789,608	87,471
영남	0	233,864	0	54,171	407,932	122,398	18,042
과역	0	718,171	0	118,674	1,003,211.4	382,827.6	83,211
남양	67,815	721,276	0	61,058	1,188,218.4	360,685	141,113.1
동강	48,947	937,605	4,408	58,625	1,092,974	664,162	52,610
대서	3,049	847,527	0	64,267	1,255,934	326,165	88,281
두원	210	928,237	0	68,674	1,557,938.60	414,459	84,386.9

< 표 3-7 계속 >

항목 읍면	구거	유지	도용	공원	종교용	사적지	묘지	기타
계	13,455,164.2	10,031,787.8	163,467	7980.6	106,998	24546	1,910,000	3,506,074.4
고흥	655,655	419,169	7,097	0	22,224	0	199,769	76,656
도양	417,523	372,932	1,960	7,980.6	17,783	3,314	129,846	240,202.6
풍양	1,261,102	800,692	0	0	1,478	0	65,277	120,772.9
도덕	1,419,288	2,142,193	0	0	1,686	0	83,127	632,501
금산	579,031	194,511	0	0	4,457	0	50,742	200,062
도화	840,571.2	687,787	45,795	0	3,222	4,658	163,323	172,022
포두	1,100,982.9	1,220,203	0	0	4,139	9,039	226,265	565,932
봉래	99,233	79,074	98,125	0	9,432	0	46,097	68,420
동일	185,270	49,684	0	0	17,036	0	28,357	68,363
점암	1,033,666	1,152,479	0	0	592	3,862	222,546	442,474
영남	353,341	240,789	0	0	3,094	3,673	107,699	41,724
과역	788,301	482,341	8,411	0	5,370	0	72,510	284,885
남양	961,102.4	755,115	0	0	7,172	0	160,987	101,170
동강	1,236,529	299,405	0	0	3,363	0	110,404	251,625
대서	1,206,718	760,584	1,586	0	1,454	0	139,291	49,199
두원	1,316,850.7	374,829.8	493	0	4,496	0	103,760	190,065.9

3-4. 토지이용 및 산업현황

3-4-1 농업

고흥지역의 경지면적은 총 22,929ha로 논은 14,661ha, 밭은 8,268ha를 차지한다. 가구당 경지면적은 논과 밭이 각각 '91년 이후 '96년까지 지속적인 증가세를 보인데 반하여, 경지면적은 '92, '94 및 '96년에 약간의 감소세를 보이고 '91, '93, '96년은 약간의 증가세를 보인다(표 3-8). 또한 고흥지역의 농업진흥구역 변동추이를 보면 농업보호구역은 '93년 이후 변화가 없고, 농업진흥구역도 '93~'94년에 약간의 증가를 보이다가 '95년 이후에는 변화가 없다(표 3-9). 최근 몇 년간 고흥군에서 재배하는 식량작물의 분포 변화를 보면, 미곡이 70.0%, 서류 11.7%, 맥류가 10.4%, 두류가 7.7%, 잡곡이 0.2%로 미곡이 절대적인 우위를 보이고 있다(표 3-10). 그리고 연도별 식량작물의 변화는 전체적으로 '91년 이후 '96년까지 면적이 27,761ha에서 22,512ha로 지속적으로 감소하며 식량작물의 생산량도 또한 '91년에서 '94년까지 감소하고 '95년에 반등세를 나타내고 있다.

< 표 3-8 > 고흥군 경지면적

연도별	구분	경 지 면 적			가 구 당 경 지 면 적		
		계	논	밭	계	논	밭
1991		22,045	14,057	7,988	1.0	0.6	0.4
1992		21,952	13,933	8,019	1.1	0.7	0.4
1993		23,005	14,965	8,040	1.1	0.7	0.4
1994		22,987	14,777	8,210	1.14	0.73	0.41
1995		23,007	14,778	8,229	1.16	0.75	0.42
1996		22,929	14,661	8,268	1.21	0.77	0.44

*자료 : 전남 농수산통계사무소

< 표 3-9 > 농업진흥구역 지정

연도별	구분	계		농업 진흥 구역		농업 보호 구역	
		필지수	면적	필지수	면적	필지수	면적
1993		85,257	15,493	67,375	13,125.4	17,892	2,367.9
1994		85,266	15,493.3	67,375	13,125.4	17,891	2,367.9
1995		85,366	15,506.6	67,475	13,138.1	17,891	2,367.9
1996		85,366	15,506	67,475	13,138.1	17,891	2,367.9

*자료: 전남 농수산통계사무소

< 표 3-10 > 식량 작물 생산량

구분 연도별	합 계		미 곡		맥 류	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
1991	27,761	100,986.6	14,103	64,874	6,482	18,991
1992	25,751	97,105	14,091	67,073	5,961	17,564
1993	23,696	88,090	13,355	61,299	5,023	15,252
1994	22,900	87,190	13,881	62,326	4,396	12,540
1995	23,162	87,836	13,304	60,192	4,705	14,338
1996	22,512	98,803	13,692	69,187	3,966	10,343

* 자료 : 농산과

< 표 3-10 계속 >

구분 연도별	잡 곡		두 류		서 류	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
1991	184	215	6,002	9,566.6	990	7,340
1992	143	169	4,809	7,243	747	5,056
1993	210	248	4,479	7,308	629	3,983
1994	149	192	4,224	6,037	250	6,095
1995	122	186	4,531	7,217	500	5,727
1996	89	241	4,267	7,497	498	3,440

* 자료 : 농산과

3-4-2 축산업

고흥지역의 축산업은 표 3-11과 같이 한육우, 젓소, 돼지, 산양 등은 사육호수의 감소에도 불구하고 사육 마리수에서 몇 년 사이에 지속적인 증가세를 보이고 있다. 이는 대량으로 사육하는 축산농가의 증가를 나타낸다. 닭, 오리, 토끼 등은 '91년 이후 '96까지 지속적으로 감소하고 있으며, 개의 경우 사육호수는 감소하였으나 마리수는 일정한 경향을 보이고 있다. 예외적으로 꿀벌은 '91년이후 지속적인 증가세를 보이고 있다.

< 표 3-11 > 가축사육가구 및 마리

구분 연도별 및 읍면별	한 육 우		젓 소		돼 지		닭		산 양	
	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수
1991	9,524	16,559	60	842	2,720	2,412	3,022	37,305	956	4,090
1992	9,551	18,660	57	1,019	19,793	18,447	2,379	36,815	1,449	5,992
1993	9,935	21,241	54	1,070	1,533	17,488	2,115	35,282	1,540	7,370
1994	9,430	24,543	70	1,529	877	15,321	1,806	12,469	1,616	7,895
1995	9,625	28,230	53	1,473	770	17,307	1,387	21,613	1,532	9,362
1996	9,575	31,880	47	1,377	524	17,782	1,588	17,388	1,356	9,418
고흥	347	1,166	4	135	10	179	86	877	59	181
도양	362	900	1	20	120	3,200	135	920	27	131
풍양	658	1,559	1	48	71	468	63	624	206	923
도덕	729	2,536	1	28	9	35	64	967	9	37
금산	614	1,410	-	-	53	377	189	1,137	351	3,875
도화	677	1,778	4	167	6	1,405	67	1,224	135	1,074
포두	1,171	5,400	5	178	32	7,005	185	904	135	644
봉래	231	526	-	-	3	22	53	301	54	358
동일	303	1,115	-	-	2	195	92	849	36	110
점암	817	3,021	-	-	19	542	80	680	63	196
영남	305	899	-	-	1	250	16	512	18	663
과역	476	1,299	4	140	112	560	56	363	1	46
남양	557	2,190	8	148	44	340	99	1,146	34	95
동강	637	2,041	14	429	3	320	51	3,473	76	559
대서	583	2,636	5	84	4	49	121	1,626	71	259
두원	1,008	3,404	-	-	35	2,835	201	1,780	81	267

* 자료 : 농산과

< 표3-11계속 >

연도별 및 읍면별	구분		사슴		토끼		개		오리		꿀벌	
	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수	사육호수	마리수
1991	68	554	132	1,070	7,458	12,871	621	3,880	165	582		
1992	66	527	174	529	7,203	13,928	592	4,040	208	1,900		
1993	61	572	152	905	6,879	12,627	488	,898	202	1,519		
1994	80	662	74	640	6,296	10,357	313	2,265	193	2,318		
1995	77	655	53	326	6,596	12,556	250	2,086	226	2,420		
1996	77	718	63	414	5,672	12,518	153	1,461	261	2,655		
고흥	4	27	3	21	304	764	3	24	9	176		
도양	1	5	1	6	746	1,104	4	50	4	9		
풍양	1	20	1	2	384	690	6	148	8	21		
도덕	1	9	5	42	161	462	1	35	8	27		
금산	4	13	7	61	693	1,069	49	396	-	-		
도화	6	102	-	-	169	522	1	52	28	214		
포두	15	215	10	66	348	1,049	8	49	22	156		
봉래	2	8	-	-	132	411	2	35	-	-		
동일	11	54	-	-	147	327	9	88	7	35		
점암	5	54	11	23	403	871	13	83	35	223		
영남	1	8	-	-	108	218	-	-	12	235		
과역	2	43	2	6	208	504	16	150	10	33		
남양	5	35	-	-	595	1,521	-	-	29	249		
동강	1	5	4	114	611	1,354	21	158	30	465		
대서	12	70	18	169	259	676	14	125	32	293		
두원	6	50	1	4	404	876	6	68	27	329		

* 자료 : 농산과

3-4-3 임업

고흥군의 임야 총 면적은 46,553ha로 소유별 임야면적은 사유림 38,636ha(83.0%), 공유림 5,338ha(11.5%), 그리고 국유림 2,579ha(5.5%)를 차지한다. 지역별로 고흥군의 2개 읍, 14개 면에서 포두면이 6,283ha로 가장 넓게 분포하며 금산면, 도화면, 점암면, 영남면, 두원면, 풍양면, 봉래면, 과역면, 고흥읍, 동강면, 도양읍, 남양면, 동일면 및 대서면 순서로 나타난다(표 3-12).

고흥군의 임상별 산림면적은 입목지가 45,482ha로 97.7%를 차지하며, 무입목지는 0.3%이다. 입목지의 경우, 침엽수가 24,928ha(54.8%)로 가장 우세하며, 활엽수 13,634ha(29.7%), 혼효림 6,868ha(15.1%) 그리고 죽림 152ha(0.4%) 순으로 나타난다(표 3-13).

< 표 3-12 > 소유별 임야면적 (단위: ha)

연도별 및 읍면별	구분 합계	국유림			공유림			사유림
		계	산림청소관	타부처소관	계	도유림	군유림	
1991	46,537	2,307	1,915	392	5,334	1,675	3,659	38,896
1992	46,523	2,317	1,937	392	5,334	1,675	3,659	38,872
1993	46,481	2,315	1,935	380	5,334	1,675	3,659	28,832
1994	46,652	2,544	2,164	380	5,334	1,675	3,659	38,774
1995	46,612	2,543	2,163	380	5,334	1,675	3,659	38,735
1996	46,553	2,579	2,199	380	5,338	1,675	3,659	38,636
고흥	2,117	65	63	2	123	-	123	1,929
도양	1,951	197	11	186	7	-	7	1,747
풍양	2,665	102	9	93	299	-	299	2,264
도덕	1,252	5	4	1	3	-	3	1,244
금산	4,738	254	254	-	2,071	-	2,071	2,413
도화	4,590	577	559	18	217	-	217	3,796
포두	6,283	615	576	39	259	-	259	5,409
봉래	2,369	262	251	11	396	368	28	1,711
동일	1,502	66	66	-	-	-	-	1,436
점암	4,369	200	198	2	519	402	117	3,630
영남	3,596	120	114	6	1,235	905	330	2,241
과역	2,374	57	41	16	177	-	177	2,140
남양	1,845	27	26	1	1	-	1	1,817
동강	1,967	5	3	2	3	-	3	1,959
대서	1,502	6	5	1	7	-	7	1,489
두원	3,453	21	19	2	21	-	21	3,411

* 자료 : 산림과, 임업통계연보

< 표 3-13 > 임상별 산림면적

(단위: ha)

연도별 및 읍면별	구분 합 계	입 목 지					무 입 목 지			
		계	침엽수	활엽수	혼효림	죽림	계	미입목지	황폐지	제지
1991	46,537	45,471	25,011	13,669	6,659	152	1,046	15	-	1,031
1992	46,523	45,316	24,906	13,598	6,660	152	1,207	60	2	1,145
1993	46,481	45,194	24,875	13,503	6,664	152	1,287	161	-	1,126
1994	46,652	45,439	24,910	13,485	6,892	152	1,213	286	-	927
1995	46,612	45,421	24,905	13,483	6,881	152	1,191	234	-	957
1996	46,553	45,482	24,928	13,534	6,868	152	1,071	66	-	1,005
고흥	2,110	2,022	1,129	566	321	6	88	6	-	82
도양	1,954	1,923	986	471	460	6	31	2	-	29
풍양	2,664	2,601	1,509	695	390	7	63	7	-	56
도덕	1,253	1,235	750	284	197	4	18	6	-	12
금산	4,740	4,662	2,635	1,291	721	15	78	5	-	73
도화	4,590	4,491	2,525	1,256	695	15	99	4	-	95
포두	6,284	6,086	2,725	2,432	910	19	198	4	-	195
봉래	2,370	2,453	1,246	849	350	8	83	3	-	80
동일	1,500	1,392	850	342	197	3	108	1	-	107
점암	4,349	4,191	2,260	1,184	733	14	153	6	-	152
영남	3,597	3,590	2,087	979	512	12	7	5	-	2
과역	2,377	2,273	1,315	614	336	8	104	7	-	97
남양	1,847	1,831	869	813	144	5	16	4	-	12
동강	1,966	1,894	1,129	494	263	8	72	3	-	69
대서	1,502	1,439	884	356	194	5	63	2	-	61
두원	3,450	3,399	2,029	908	445	17	51	2	-	49

* 자료 : 산림과, 임업통계연보

3-4-4 어업

고흥지역의 어업은 표 3-14와 같이 어가 및 어가인구가 매년 감소하고 있으며, 상대적으로 어선 보유수도 감소하고 있는 추세이다(표 3-15). 그러나 수산물 어획고의 경우, 어류는 '92년 이후에 증가하다가 '93, '94년에 약간 감소하였으나 다시 '95년 이후 증가세를 나타낸다. 반면 갑각류는 소폭으로 증가하였으며, 연체동물은 '91년에 비해 '96년에 절반으로 감소하였으며, 해조류는 연체동물과는 반대 경향을 나타내고 있다(표 3-16).

< 표 3-14 > 어가 및 어가인구

(단위: 가구, 명)

연도별 및 읍면별	구분		어 가			어 가 인 구				어 업 종 사 자			
	합계	전업	겸업			합계	호당 인구	남	여	계	호당 종사자	남	여
			소계	제1종	제2종								
1991	5,515	734	4,781	2,432	2,349	22,836	-	11,342	11,494	-	-	-	-
1992	5,534	752	4,782	2,433	2,349	22,883	-	11,366	11,517	-	-	-	-
1993	5,534	752	4,782	2,433	2,349	22,833	-	11,366	11,517	-	-	-	-
1994	4,337	734	3,603	1,801	1,802	15,338	-	7,606	7,732	-	-	-	-
1995	4,350	747	3,603	1,801	1,802	14,269	-	6,969	7,300	-	-	-	-
1996	4,350	839	3,511	2,193	1,318	14,279	3.28	6,966	7,313	8,549	2	4,421	4,128
고흥	79	1	78	4	74	245	2.96	114	131	150	2	76	74
도양	640	212	428	329	99	2,256	3.53	1,140	1,116	1,235	2	691	544
풍양	227	43	184	87	97	788	3.47	375	413	433	2	223	270
도덕	355	18	337	172	165	976	2.75	461	515	687	2	326	361
금산	713	226	487	347	140	2,435	3.42	1,208	1,227	1,436	2	762	674
도화	431	118	313	253	60	1,561	3.62	790	771	893	2	481	412
포두	275	8	267	144	123	909	3.31	438	471	564	2	281	283
봉래	193	143	50	44	6	679	3.52	324	355	385	2	207	178
동일	141	25	116	80	36	502	3.56	232	270	257	2	149	108
점암	60	-	60	60	-	186	3.10	95	91	116	2	61	55
영남	185	-	185	182	3	663	3.58	335	328	367	2	198	169
과역	305	33	272	194	78	918	3.00	457	461	615	2	302	313
남양	302	7	295	102	193	815	2.70	366	449	569	2	254	315
동강	55	2	53	20	33	186	3.38	83	103	103	2	50	53
대서	163	-	163	119	44	534	3.28	263	271	327	2	170	157
두원	226	3	223	56	167	626	2.77	285	341	412	2	190	222

* 자료: 수산과

< 표 3-15 > 어선보유현황

(단위 : 척, 톤)

구분 연별 및 읍면별	총 계			
	동 력		무 동 력	
	척 수	톤 수	척 수	톤 수
1991	5,395	10,173.34	1,146	969.78
1992	4,074	10,982.82	1,283	1,249.60
1993	3,347	8,554.17	831	851.97
1994	3,315	8,277.65	453	484.00
1995	3,261	8,247.27	402	428.61
1996	3,113	8,092.215	395	420.99
고흥	5	16.20	3	3.14
도양	874	2,231.15	182	191.64
풍양	144	491.12	6	6.09
도덕	120	131.79	6	6.63
금산	730	1,229.36	129	130.32
도화	408	857.86	12	13.00
포두	113	357.02	9	10.74
봉래	217	1,727.56	6	7.79
동일	116	422.80	2	2.35
점암	64	85.55	-	-
영남	135	202.55	14	16.92
과역	162	594.39	23	29.01
남양	44	73.78	-	-
동강	18	82.42	-	-
대서	131	243.88	1	1.07
두원	76	625.65	2	2.29

* 자료 : 수산과, 「농림수산통계연보」

< 표 3-16 > 수산물 어획고

(단위 : W/T, 천원)

구분 연별	합 계		어 류		갑 각 류		연 체 동 물		해 조 류	
	수 량	금 액	수 량	금 액	수 량	금 액	수 량	금 액	수 량	금 액
1991	105,890	52,415,000	19,798	13,827,000	3,287	5,158,000	43,530	10,254,000	39,275	23,176,000
1992	103,604	55,836,000	29,587	29,035,000	3,440	1,117,000	33,847	11,167,000	36,730	14,517,000
1993	94,032	76,458,000	26,364	37,701,000	4,181	4,387,000	22,728	11,137,000	40,759	23,233,000
1994	94,033	76,400,000	26,364	21,420,000	4,181	3,398,000	22,728	18,466,000	40,759	33,116,000
1995	105,296	128,000,000	29,522	35,887,000	4,681	5,693,000	25,450	30,980,000	45,643	55,482,000
1996	119,933	149,185,000	19,117	42,763,000	4,414	6,986,000	21,240	31,860,000	73,662	67,576,000

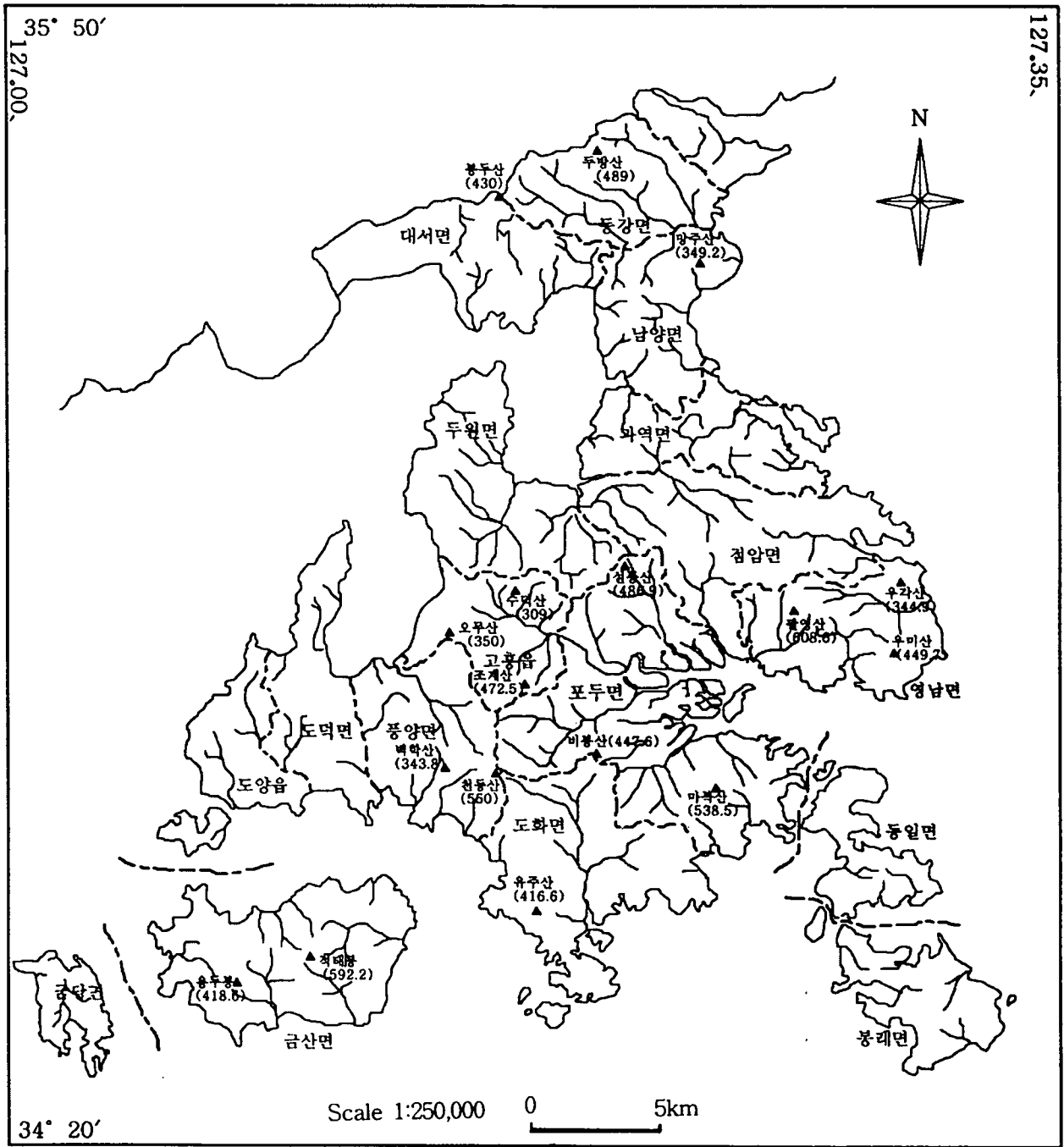
* 자료 : 수산과, 「어업생산량통계」

4. 수문지질조사

4-1. 지형 및 지질

4-1-1 지형 (Topography)

본 조사지역인 고흥군은 전라남도 남동쪽 보성만(寶城灣)과 순천만(順天灣) 사이에 돌출한 반도와 소속도서(유인도 17, 무인도 155)로 구성되어 있으며 동쪽은 여자만을 격하고 여천군, 북쪽은 순천시, 보성군, 서쪽은 완도군과 이격하고, 남쪽은 제주 해협에 접하여 태평양에 임하고 있으며, 또한 소백산맥의 줄기가 이어내려와 분기된 소지맥이 부드러운 산세를 형성하고, 이들 산계의 규모, 경사 및 기복은 지질구조와 풍화도에 밀접한 관계를 갖는다. 산계는 대부분 500m내외의 낮은 구릉을 이루며, 동쪽에는 최고봉인 팔영산(八影山, 609m)이 위치하고 있으며, 서남쪽에는 조계산(曹溪山, 463m)과 천등산(天登山, 554m)이 점유하고, 남쪽에 마복산 등이 위치하여, 북동쪽이 높고 남서쪽이 낮은 지형을 이룬다. 고흥군은 전체적인 윤곽이 바다와 인접하고 있어 해안선의 출입이 심하고, 해안선을 따라 개펄막이를 하여 만든 간척지가 많으며, 간척지중 포두면 해창만(海倉灣)과 도양읍 오마도(五馬島)를 중심으로 넓은 간척지를 농경지화 하여 농작물 재배가 활발하다. 또한 해양성 기후로서 동백나무 등의 난대성 식물이 자란다. 지형을 개괄하면 대체적으로 기복하는 산맥이 남북으로 뻗혀져 경사가 급하고 평지가 적으며 하천은 유역이 단소하고, 연해안은 패조류와 어류 등의 번식에 적합하다. 하천의 유로는 주류에 대하여 직각으로 지류가 발달되어 있다(그림 4-1).



< 그림 4-1 > 고흥지역의 산계 및 수계도

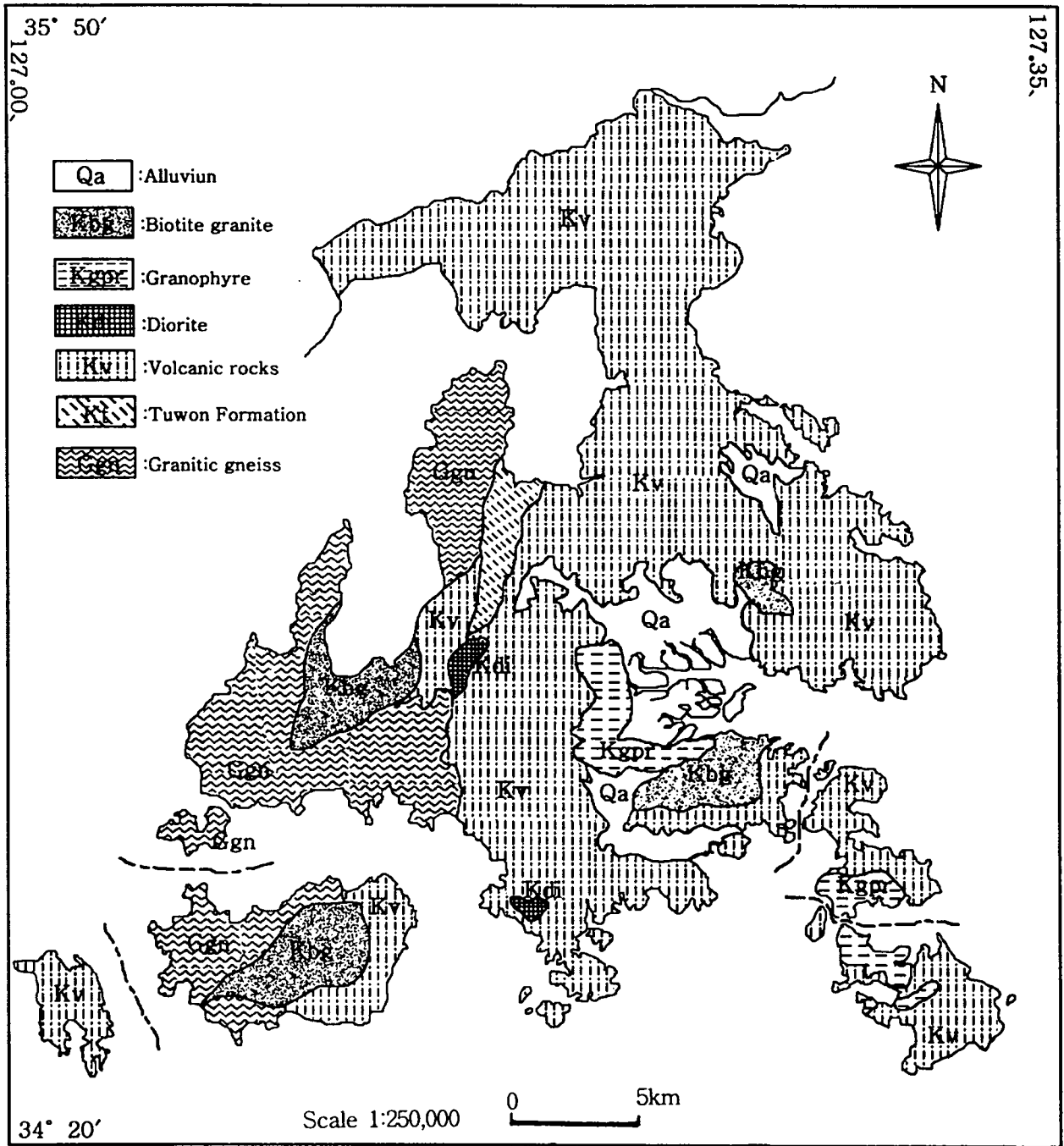
4-1-2. 지 질

고흥지역의 지질은 주로 변성암류, 심성암류, 퇴적암류 및 화산암류로 구성되어 있다(그림 4-2). 변성암류는 화강암질편마암으로 구성되어 있으며 심성암은 흑운모 화강암과 섬록암, 그리고 Granophyre 등으로 구성되어 있다. 이외에도 퇴적암류로는 두원층군이 있고, 화산암류로는 안산암질응회암, 안산반암 및 용결응회암 등이 있다. 고흥지역의 암석별 분포는 산성화산암류가 광범위하게 분포하며 서북부에는 화강암질편마암, 남부지역에는 흑운모화강암이 분포한다. 이밖에 안산암질 응회암, 섬록암, Granophyre 등이 부분적으로 분포한다.

본 역에서 산출되는 암석의 지질계통은 다음과 같다(표 4-1).

< 표 4-1 > 고흥지역의 지질계통

제 4 기	—	충적층 (Alluvium)
		~~~~ 부정합 ~~~~
백 약 기	[	Biotite granite
		Granophyre
		섬록암(Diorite)
		--- intrusion ---
		화산암류(Volcanic rocks)
		--- flow and intrusion ---
		두원층군(Tuwon formation)
		~~~~ 부정합 ~~~~
선캠브리아기	—	화강암질 편마암(Granitic gneiss)



< 그림 4-2 > 고흥지역의 지질도

가. 선캠브리아기 편마암류

○ 화강암질 편마암(Granitic Gniess)

고흥지역 내에서 가장 고기의 지층으로 동정되는 지층으로서 서북부인 두원면 일대에 걸쳐 넓게 분포하며 서남부인 도덕면과 도양읍, 풍양면, 그리고 북동부 지역인 동강면 청송리 일대에 부분적으로 나타난다. 본 암은 영남육괴 서남부 지역에서 널리 분포하는 화강암질 편마암으로서 특징적으로 회색 석영과 회색 장석을 함유한다. 본 암은 재결정화된 유색광물로 형성된 뚜렷한 엽리구조를 보여주며 그 주향과 경사는 N20~30E와 50~70SE이다.

화강암질 편마암은 두원층과 화산암질 응회암에 의해서 부정합으로 피복하고, 후기의 섬록암과 화강암 내에서 포획암으로 관찰된다. 화강암질 편마암에 대한 지질연대 연구는 아직 수행된 바 없으나, 본 역과 가까운 순천 부근에서 본 암과 유사한 암상을 관입하는 반상변정질 편마암에서 분리한 U-Pb법 저어콘 지질연대는 $1890 \pm 6\text{Ma}$ 로 원생대 초기에 해당한다(Turek and Kim, 1996). 비록 이 절대연대는 본 암을 관입하는 반상변정질 편마암을 대상으로 하였지만 화강암질 편마암의 최소한의 지질연대가 원생대 초기임을 시사한다(박영석외, 1997).

화강암질 편마암의 주조성광물은 석영, 장석, 미사장석, 흑운모와 백운모이고 부조성광물은 녹니석, 녹염석, 견운모, 저어콘 및 인회석 등이다. 석영은 2~5mm의 크기를 갖고, 파동소광이나 봉합상의 조직을 보이며, 사장석은 보통 알바이트 내지 페리클린 쌍정을 보이거나 쌍정이 나타나지 않은 결정도 있다. 대부분의 사장석은 견운모화 작용으로 심하게 변질되어 신선한 미사장석과 석영과는 쉽게 구분된다. 대부분의 흑운모나 백운모는 편마구조 방향을 따라 재결정화되었으며, 파동소광이나 만곡된 벽개면을 보이는 것도 관찰된다(박영석외, 1997).

나. 백악기 퇴적암류

○ 두원층(Tuwon Formation)

고흥읍 북서부 지역에는 남북 방향으로 분포하고 하부는 주로 역암, 사질 셰일과 사암이 우세하나 상부는 암상변화가 심한 응회암질 사암, 응회암질 역암과 저색 셰일로 이루어져 있다. 본 층의 하부를 구성하는 역의 분급(sorting)은 매우 양호하며 역의 종류는 층의 하부에서 규암, 화강암질 편마암, 운모 편암과 흑운모 화강암 및 화산암으로 구성되고, 역의 장경은 10cm 이내로 바탕이 사질 내지 점

토질로 되어있다. 두원층의 상부를 구성하는 역의 종류는 응회암질 사암, 응회암질 역암, 저색 셰일 등이며, 역의 분급은 불량하고 원마도는 아원형 내지 아각형이고 암층의 연속성이 불량하다. 본 암은 화강암질 편마암을 부정합으로 덮고 후기의 안산암질암과 맥암류에 의해 관입된다(박영석외, 1997).

다. 백악기 화성암류

○ 화산암류(Volcanic rocks)

본 암은 지질도상에 가장 넓게 분포하고 있는 지층으로서 고흥군 전역에 특히 점암면, 포두면, 영남면, 과역면 등에 넓게 분포한다. 화산암류는 행인상 구조를 함유하는 안산암질 응회암, 사장석 반정을 함유하는 안산 반암 및 용결 응회암등으로 구분된다. 본 암류는 화강암질 편마암과 두원층을 부정합으로 덮으며 후기의 섬록암, 흑운모 화강암과 그레노파이어에 의해 관입된다. 안산암질 응회암은 장경이 2~10mm의 행인을 가지며, 행인의 구성광물은 방해석, 옥수, 녹렴석 등이다. 단주상의 사장석은 장경이 0.1~2.0mm로써 견운모와 녹렴석 등으로 심하게 변질되어 있다. 수반광물은 자철석, 적철석, 금홍석, 티탄철석 및 녹렴석 등이다. 안산 반암은 담록색에서 암록색을 띠는 치밀하고 견고한 관입암으로 주조성광물은 사장석과 휘석이고 부조성광물은 녹렴석과 불투명광물이다. 안산 반암의 반정은 큰 사장석과 휘석 결정으로 그리고 석기는 세립 내지 미정질 휘석, 녹니석, 유리질 및 약간의 불투명광물로 이루어져 있다.

사장석은 석기에서 외형(lath like)이나, 반정에서는 정방형이나 직사각형의 자형으로 나타나며 대부분이 알바이트 쌍정을 보여주고 그 성분은 안데신(An32~38)에 해당한다. 쌍정의 대부분은 견운모화 작용으로 심하게 변질되어 있으며, 방해석은 절리나 깨진면을 충전하는 세맥상의 것이 있으며, 이들은 주위 퇴적암에서 이동해 온 것이다. 휘석의 대부분은 정사각형에 가까운 자형으로 산출되며 자소휘석에 속하고 벽개면이 잘 발달한다. 휘석은 불투명광물을 수반하거나 결정의 외곽이 각섬석으로 둘러싸인 코로나 구조를 보이기도 한다. 각섬석은 휘석을 포획하거나 연정으로 관찰되며 화강암과 접촉부에는 녹니석으로 변질되어 있다(박영석외, 1997).

○ 섬록암(Diorite)

본 암은 연구지역의 남부인 유주산과 서부의 울치리 지역에 장축 약 2km 이내의 소규모 암주상 관입암체로 분포하며 안산암과 화강암질 편마암을 관입한다. 유주산 부근에 분포하는 섬록암체는 섬록암에서 석영 섬록암 및 석영 몬조니암으로 점이적인 양상을 보이거나, 암질은 중립질로 대체로 균질하며 현재 석재로 개발 중이다.

본 암은 신선한 노두에서는 우흑질을 떠나 풍화면은 적갈색을 보인다. 섬록암의 주조성광물은 사장석, 각섬석, 흑운모, 석영이고 부조성광물은 불투명광물, 저어콘과 인회석으로 구성된다. 사장석은 자형 내지 반자형으로 그 성분은 대체로 안데신에 해당한다. 각섬석은 기존의 휘석류가 마그마의 잔액과 반응하여 생성된 것으로 휘석류의 잔유물로 사료되는 흔적이 관찰되며, 석영은 간극 충전상의 불규칙한 결정들로 그 함량은 5~10% 용적이다(박영석외, 1997).

○ 그레노파이어(Granophyre)

본 암은 주로 포두면 봉림리와 점암면 성기리, 동일면 내나로도외와 외나로도외 협소하게 분포하나 맥상으로 빈번하게 관찰되며, 괴상의 중립 내지 조립질 담홍색 화강암질암으로 노두에서 박리작용의 표면을 보여준다. 본 암은 직경 3mm 이내의 Mirolitic 기공과 불투명광물을 포유하는 등 천소 관입암의 특징을 갖는다. 본 암과 흑운모 화강암은 비봉산 동쪽 사면에서 점이적인 암상을 보이거나 안산암을 관입하는 경계부에서는 급냉에 의한 연변상이나 변질대가 자주 관찰된다. 그레노파이어의 주조성광물은 석영, 알칼리장석, 사장석, 흑운모, 각섬석과 녹니석화된 흑운모이고, 부조성광물은 저어콘, 인회석, 녹렴석과 티탄석이다. 정장석은 0.1~1.0mm의 세립내지 중립질로 타형과 반자형을 이루며 석영과 Intergrowth 또는 석영이 정장석을 교대하여 문상조직을 보여준다. 사장석은 자형 내지 반자형으로 크기는 0.1~2.0mm로 거의 견운모화 되어있고 알바이트, 알바이트-칼스바드 쌍정 및 누대구조를 보인다. 대부분 녹니석화된 각섬석과 흑운모는 0.3mm 이하의 자형 내지 반자형의 침상으로 관찰되며 저어콘과 인회석을 포유하기도 한다(박영석외, 1997).

○ 흑운모 화강암(Biotite granite)

흑운모 화강암은 괴상의 중립 내지 조립질 화강암질암으로 포두면에 위치한 차동리 지역에 분포하며, 그레노파이어와 접이적이다. 본 암은 다수의 세립질에서 중립질 섬록암을 포획하며, 그 중 일부는 거의 동화되어 유색광물의 집합체로 관찰되나 상당수는 선명한 경계면을 보여준다. 흑운모 화강암은 안산암과 안산암질 응회암을 관입하며 접촉부에서는 급냉에 의한 연변상과 변질대가 관찰된다. 주조성광물은 석영, 정장석, 사장석, 녹니석화된 각섬석과 흑운모이며, 부조성광물은 녹염석, 저어콘, 인회석과 불투명광물이다. 석영은 0.1~2.0mm의 타형 혹은 반자형이며, 정장석을 교대하여 문상조직을 보이거나 장석들 주위에 Stringers로 산출된다. 정장석은 0.1~1.0mm의 타형 내지 반자형이 대부분이고 세립 혹은 중립질로 석영에 의해서 교대되어 문상조직을 보여준다. 사장석은 0.2~2.0mm로 주로 알바이트, 알바이트-칼스바드 쌍정을 보이고 반자형이나 자형이며 대부분 견운모화되었거나 후기의 석영이 교대하여 미르메카이트 조직을 이루기도 한다. 각섬석과 흑운모는 대부분 0.1~0.4mm 크기로 자형 내지 반자형이며, 상당수가 녹니석화 되었다(박영석외, 1997).

4-2. 기설관정 이용실태조사

4-2-1 시설별·용도별 이용현황

이번 고흥지역에서 조사된 기설관정 수는 총 188공이며, 시설별 관정현황은 암반관정 60개 공과 층적관정 126개 공이다. 용도별 관정현황은 층적관정의 경우 128개 공이고, 이 중 농·생활용수 1개 공, 생활용수 2개 공 그리고 농업용수는 125개 공으로 거의 농업용수로 이용되고 있으며, 암반관정은 농업용수가 48개(80%) 공, 생활용수 3개(5%) 공, 상수도용으로 9개(15%) 공으로 주로 농업용수로 이용되고 있다(표 4-2, 4-3).

< 표 4-2 > 지하수 시설별 현황

총 계	암 반 관 정				층 적 관 정			
	계	농업용수	생활용수	농·생활용수	계	농업용수	생활용수	농·생활용수
188	60(100%)	48(80%)	3(5%)	9(15%)	128	125	2	1

이번 조사된 기설관정수는 고흥지역 전체적인 현황을 파악하기에는 미흡하여 '53~'97년까지 건설교통부의 개발 시추공 및 착정공의 자료를 발췌하여 이번 조사지역에 위치한 것을 위치별, 심도별, 양수량별로 취합·정리하여 보조자료로 이용하였으며 세부적인 자료는 부록에 정리하였다. 자료를 통하여 분석한 결과, 총 884개 공이며, 농업용수는 504개 공, 공업용수는 41개 공, 생활용수는 317개 공 및 기타 22개 공이 각각 이용되고 있으며, 고흥지역의 공당 평균심도는 88.47m, 공당 평균 양수량은 162.3m³/일 이다(표 4-4).

< 표 4-3 > 시설관정 현황

No	영도	위 치(고흥군)			우물자재	
		읍면	리	지목	구경(mm)	재질
D1	영암	고흥	성촌	밭	200	철재
S1	영암	고흥	남계	밭	50	P.V.C
S2	영암	고흥	동암	밭	50	P.V.C
S3	영암	고흥	송곡	밭	50	P.V.C
D2	영암	과역	호곡	밭	150	철재
D3	영암	과역	외로	밭	200	철재
D4	영암	과역	석촌	밭	200	철재
D5	영암	과역	화석	밭	150	철재
S10	영암	과역	신곡	밭	100	집수정
S11	영암	과역	인화	밭	50	P.V.C
S12	영암	과역	신곡	밭	50	P.V.C
S13	영암	과역	심포	밭	50	P.V.C
S4	영암	과역	문청	밭	40	P.V.C
S5	영암	과역	노일	밭	50	P.V.C
S6	영암	과역	도천	밭	50	P.V.C
S7	영암	과역	도야	밭	50	P.V.C
S8	영암	과역	호덕	밭	50	P.V.C
S9	영암	과역	녹대	밭	50	집수정
D6	영암	금산	금장	밭	200	철재
S14	영암	금산	대흥	밭	50	P.V.C
S15	영암	금산	석정	밭	50	P.V.C
S16	영암	금산	성지	밭	50	P.V.C
S17	영암	금산	신촌	밭	50	P.V.C
S18	영암	금산	신명	밭	50	P.V.C
S19	영암	금산	월포	밭	50	P.V.C
S20	영암	금산	남천	밭	50	P.V.C
S21	영암	금산	내동	밭	50	P.V.C
S22	영암	금산	어전	밭	50	P.V.C
D10	영암	남양	화담	밭	250	철재
D7	영암	남양	침교	생활	200	철재
D8	영암	남양	월정	밭	200	철재
D9	영암	남양	노송	밭	150	철재
S23	영암	남양	부도	밭	65	P.V.C
S24	영암	남양	주암	밭	50	P.V.C
S25	영암	남양	선정	밭	50	P.V.C
S26	영암	남양	망주	밭	50	P.V.C
S27	영암	남양	와야	밭	50	P.V.C
S28	영암	남양	주교	밭	50	P.V.C
S29	영암	남양	대곡	밭	50	P.V.C
S30	영암	남양	남양	밭	40	P.V.C
S31	영암	남양	중산	밭	50	P.V.C
S32	영암	남양	탄포	밭	50	P.V.C
S33	영암	남양	윤모	밭	50	P.V.C
S34	영암	남양	화담	밭	40	P.V.C
D11	영암	대서	안남	밭	200	철재
D12	영암	대서	금곡	밭	200	철재
D13	영암	대서	마암	밭	200	철재

< 표4-3 계속 >

No	종도	위 치(고흥군)			우물자재	
		읍면	리	지목	구경(mm)	재질
S35	농업	대서	남정	밭	50	P.V.C
S36	농업	대서	자연	밭	50	P.V.C
S37	농업	대서	신기	밭	50	P.V.C
S38	농업	대서	송림	밭	50	P.V.C
S39	농업	대서	모금	밭	50	P.V.C
S40	농업	대서	평촌	밭	50	P.V.C
S41	농업	대서	송강	밭	50	철재
S42	농업	대서	상남	밭	50	P.V.C
S43	농업	대서	금곡	밭	50	P.V.C
S44	농업	도덕	도덕	밭	50	P.V.C
S45	농업	도덕	장전	밭	50	P.V.C
S46	농업	도덕	가아	밭	50	P.V.C
S47	농업	도덕	오마	밭	50	P.V.C
S48	농업	도덕	용동	밭	50	P.V.C
S49	농업	도덕	봉덕	밭	50	P.V.C
S50	농업	도덕	신양	밭	50	P.V.C
S51	농업	도덕	신홍	밭	50	P.V.C
S52	농업	도덕	도촌	밭	50	P.V.C
D14	농업	도양	관리	밭	200	철재
D15	농업	도양	장수	밭	200	철재
D16	농업	도양	용정	밭	200	철재
S53	농업	도양	북어포	밭	50	P.V.C
S54	농업	도양	장계	밭	50	집수정
S55	농업	도양	잠두	밭	50	P.V.C
S56	농업	도양	잠례	밭	50	집수정
S57	농업	도양	노양	밭	50	P.V.C
S58	농업	도양	용정	밭	50	P.V.C
S59	농업	도양	상류	밭	50	P.V.C
D17	농업	도화	도화	생활	200	철재
D18	농업	도화	단장	생활	200	철재
D19	농업	도화	구암	밭	150	철재
D20	농업	도화	가화	밭	150	철재
D21	농업	도화	이목	밭	200	철재
D22	농업	도화	원도	밭	200	철재
D23	농업	도화	전어포	밭	150	철재
D24	농업	도화	대릉	밭	150	철재
S60	농업	도화	세동	밭	50	P.V.C
S61	농업	도화	봉릉	밭	40	P.V.C
S62	농업	도화	신호	밭	50	P.V.C
S63	농업	도화	음성	밭	50	P.V.C
S64	농업	도화	원산	밭	40	P.V.C
S65	농업	도화	석수포	밭	50	P.V.C
S66	농업	도화	내밭해수욕장	밭	40	P.V.C
S67	농업	도화	내밭	밭	50	P.V.C
D25	농업	동강	세곡	밭	250	철재
S68	농업	동강	신촌	밭	50	P.V.C
S69	농업	동강	신촌	밭	50	P.V.C
S70	농업	동강	신촌	밭	50	P.V.C
S71	농업	동강	한천	밭	50	P.V.C

< 표4-3 계속 >

No	읍도	위 치(고흥군)			우물자재	
		읍면	리	지목	구경(mm)	재질
S72	농업	동강	장덕	논	40	철재
S73	농업	동강	매곡	논	50	철재
S74	농업	동강	유둔	논	50	철재
S75	농업	동강	마동	논	40	철재
S76	농업	동강	덕촌	논	50	철재
S77	농업	동강	대강	논	50	철재
S78	농업	동강	덕암	논	50	철재
S79	농업	동강	장월	논	40	철재
S80	농업	동강	오수	논	50	철재
D26	농업	동일	덕흥	논	200	철재
D27	상수도	동일	동포	상수도	200	철재
S81	농업	동일	구룡	논	50	P.V.C
S82	농업	동일	섭정	논	50	P.V.C
S83	상수도	동일	소영	상수도	50	P.V.C
D28	상수도	두원	금성	상수도	150	철재
D29	농업	두원	용반	논	150	철재
D30	농업	두원	금계	논	200	철재
D31	농업	두원	두원	논	200	철재
D32	농업	두원	풍류	논	200	철재
D33	상수도	두원	성두	상수도	150	철재
D34	농업	두원	은대	논	200	철재
D35	농업	두원	송정	논	200	철재
D36	상수도	두원	용산	상수도	200	철재
S84	농업	두원	외룡	논	50	P.V.C
S85	농업	두원	관덕	논	50	P.V.C
S86	농업	두원	두우	논	50	P.V.C
S87	농업	두원	영오	논	50	P.V.C
S88	농업	두원	상애	논	50	P.V.C
D37	농업	봉래	신금	상수도	200	철재
D38	상수도	봉래	교동	상수도	200	철재
D39	농업	봉래	외초	밭	150	철재
D40	상수도	봉래	예당	상수도	200	철재
D41	상수도	봉래	예내	상수도	200	철재
D42	농업	봉래	봉래	밭	200	철재
S89	농업	봉래	사계	집수정	40	P.V.C
S90	농업	봉래	중창	밭	50	P.V.C
S91	농업	봉래	큰골	논	50	P.V.C
D43	농업	영남	간천	밭	150	철재
D44	농업	영남	금사	논	150	철재
D45	농업	영남	양사	밭	150	철재
D46	상수도	영남	양화	상수도	150	철재
D47	농업	영남	양사	논	150	철재
D48	농업	영남	신성	논	200	철재
D49	생활	점암	여호	상수도	200	철재
D50	농업	점암	도룡	논	200	철재
D51	농업	점암	장남	논	150	철재
S100	농업	점암	사정	논	50	P.V.C
S101	농업	점암	대룡	논	50	P.V.C
S102	농업	점암	천화	논	50	P.V.C

< 표4-3 계속 >

No	종도	위 치(고충군)			우물자재	
		읍면	리	지목	구경(mm)	재질
S103	농업	점암	여봉	논	50	P.V.C
S104	농업	점암	용강	밭	50	P.V.C
S105	농업	점암	신안	밭	40	P.V.C
S106	농업	점암	상신	논	50	P.V.C
S107	농업	점암	북남	논	50	P.V.C
S108	농업	점암	시목	밭	50	P.V.C
S92	농업	점암	성기	밭	50	P.V.C
S93	농업	점암	평촌	논	50	P.V.C
S94	생활	점암	한동	상수도	50	철재
S95	농업	점암	강산	논	50	철재
S96	생활	점암	오산	생활	50	철재
S97	농업	점암	성기	논	50	P.V.C
S98	농업	점암	방내	논	50	P.V.C
S99	농업	점암	덩치	논	50	P.V.C
D52	농업	포두	우산	밭	150	철재
D53	농업	포두	차동	상수도	200	철재
D54	농업	포두	포두	논	200	철재
D55	생활	포두	금사	상수도	150	철재
D56	농업	포두	상포	밭	150	철재
S109	농업	포두	차동	밭	50	P.V.C
S110	농업	포두	외산	밭	50	P.V.C
S111	농업	포두	양지	논	50	P.V.C
S112	농업	포두	외촌	논	40	P.V.C
S113	농업	포두	상대	논	50	P.V.C
S114	농업	포두	남촌	밭	50	P.V.C
S115	농업	포두	송산	밭	40	P.V.C
S116	농업	포두	상대	밭	50	P.V.C
S117	농업	포두	동산	밭	40	P.V.C
S118	농업	포두	중흥	논	50	P.V.C
D57	농업	풍양	한동	밭	200	철재
D58	농업	풍양	가옥	논	200	철재
D59	농업	풍양	올치	논	200	철재
D60	상수도	풍양	풍담	상수도	150	철재
S119	농업	풍양	망두	밭	50	P.V.C
S120	농업	풍양	공호	논	50	P.V.C
S121	농업	풍양	보천	논	50	P.V.C
S122	농업	풍양	상림	논	50	P.V.C
S123	농업	풍양	사동	논	40	P.V.C
S124	농업	풍양	송정	논	50	P.V.C
S125	농업	풍양	백석	논	50	P.V.C
S126	농업	풍양	대곡	밭	50	P.V.C
S127	농업	풍양	등암	논	100	
S128	농업	풍양	안동	밭	50	P.V.C

< 표 4-4 > 지하수 용도별 이용현황

구 분		농업용수	공업용수	생활용수	기타	계
고흥읍	공수	56	3	71	12	142
	평균심도(m)	82.4	130	102.1	86.3	133.6
	평균양수량(㎥/일)	177.1	93	145.7	73.3	163.0
도양읍	공수	8	5	21	0	34
	평균심도(m)	82.8	50	83.3	0	72.0
	평균양수량(㎥/일)	225	61	168.8	0	151.6
풍양면	공수	41	0	11	8	60
	평균심도(m)	109.1	0	102.9	101.3	104.4
	평균양수량(㎥/일)	263.7	0	221.5	181.3	222.2
도덕면	공수	22	0	18	1	41
	평균심도(m)	85.7	0	94.3	200	126.7
	평균양수량(㎥/일)	52.5	0	133.8	500	228.8
금산면	공수	2	5	15	1	23
	평균심도(m)	85.5	57	99.8	50	97.4
	평균양수량(㎥/일)	235	90	179.9	50	185.0
도화면	공수	100	20	24	0	144
	평균심도(m)	118.2	125.3	113.3	0	118.9
	평균양수량(㎥/일)	123.3	210	161.3	0	164.9
포두면	공수	2	0	16	0	18
	평균심도(m)	132	0	93.5	0	75.2
	평균양수량(㎥/일)	160	0	226.3	0	128.8
봉래면	공수	3	0	10	0	13
	평균심도(m)	90.7	0	93.8	0	61.5
	평균양수량(㎥/일)	140	0	117	0	85.7
동일면	공수	11	0	16	0	27
	평균심도(m)	75.3	0	75.9	0	50.4
	평균양수량(㎥/일)	172.8	0	110	0	94.3
점암면	공수	62	1	31	0	94
	평균심도(m)	88.2	100	106.2	0	98.1
	평균양수량(㎥/일)	191.5	250	198	0	213.2
영남면	공수	13	0	8	0	21
	평균심도(m)	104.2	0	127.1	0	77.1
	평균양수량(㎥/일)	218.2	0	215.5	0	144.6
과역면	공수	48	0	17	0	65
	평균심도(m)	67.9	0	83.8	0	50.6
	평균양수량(㎥/일)	86.9	0	172.9	0	86.6
남양면	공수	39	0	23	0	62
	평균심도(m)	83.5	0	56.1	0	46.5
	평균양수량(㎥/일)	221.5	0	24.7	0	82.1
동강면	공수	19	2	5	0	26
	평균심도(m)	83.5	90	118.2	0	97.2
	평균양수량(㎥/일)	211.1	204.5	219.2	0	211.6
대서면	공수	26	2	9	0	37
	평균심도(m)	99.5	126.5	109.4	0	111.8
	평균양수량(㎥/일)	210.2	275	167.2	0	217.5
두원면	공수	52	3	22	0	77
	평균심도(m)	94.7	80	103.3	0	92.7
	평균양수량(㎥/일)	198.4	233.3	217.7	0	216.5
계	공수	504	41	317	22	884
	평균심도(m)	92.7	47.4	97.7	27.4	88.4
	평균양수량(㎥/일)	180.45	88.6	167.5	50.3	162.3

4-2-2 시설관정 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 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

u ; 우물함수

수리상수의 산출은 상기 방정식을 토대로 AQTESOLV 프로그램을 이용하여 대수층의 수리상수를 구하였다(표 4-3). 조사지역의 투수량계수는 평균 12.67m³/d이다. 조사지역의 평균치는 각각 자연수위는 4.83m, 안정수위는 30.39m, 양수량 159.33m³/d이다.

< 표 4-5 > 양수시험총괄표

No.	위 치	자연수위(m)	안정수위(m)	양수량(m ³ /d)	투수량계수(m ³ /d)
D 25	동강면 세곡리	0.5	4.75	100	5.769
D 10	남양면 화담리	3.0	27.75	200	1.421
D 21	도화면 이목리	5.6	39.2	250	2.875
D 27	동일면 동포리	4.0	38	200	2.640
S 83	동일면 소영리	6.0	26	60	4.411
S 41	대서면 송강리	4.0	14	50	5.234
D 4	과역면 석촌리	14.0	21.6	100	8.744
D 36	두원면 용산리	2.5	25	100	7.369
D127	풍양면 등암리	1.3	2.7	50	6.437
D 6	금산면 금장리	8.3	35.1	250	3.522
S 52	도덕면 도촌리	5.7	18.2	100	8.286
S 95	점암면 강산리	12.0	40	230	5.402
D 1	고흥읍 성촌리	0.0	52.7	250	2.725
S 95	도양읍 상류리	3.5	62.1	250	2.020
D 54	포두면 포두리	2.1	48.8	200	3.098
평 균		4.83	30.39	159.33	4.66

4-3 물 리 탐 사

4-3-1 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 다룰수 있는 원격탐사가 도입되었다.

원격탐사(Remote sensing)란 지상이나 항공기 및 인공위성 등의 탑재기에 설

치된 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(유복모, 1994).

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(O'leary et al, 1976, Moore, 1984).

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(한옥외, 1995). 이번 조사에 이용된 원격탐사는 프랑스에서 발사 SPOT 위성의 SPOT IMAGE(해상도 20km×20km)를 이용하였으며, 선구조는 미국 ERDAS사의 ERDAS(earth resources data analysis system) IMAGE v.8.3을 이용하여 분석·추출하였다(그림 4-3, 4-4). 추출된 선구조는 각종 탐사의 예비자료로 활용하였다. 또한 이번 조사지역에 대한 육안 판독에 의한 선구조를 추출을 시행하여, 선구조의 공간 분포 특성을 알아보기 위해 로즈도표(rose diagram)에 의한 선구조 군집방향을 도시하였으며(그림 4-5), 조사지역 선구조의 주방향분석 결과 N10~40° W, N40~70E 방향의 선구조가 우세한 것으로 나타났다.



SPOT IMAGE OF KOHEUNG-GUN

SCALE = 1:250,000
— LINEAMENT

< 그림 4-3 > Spot Image of Koheung-Gun

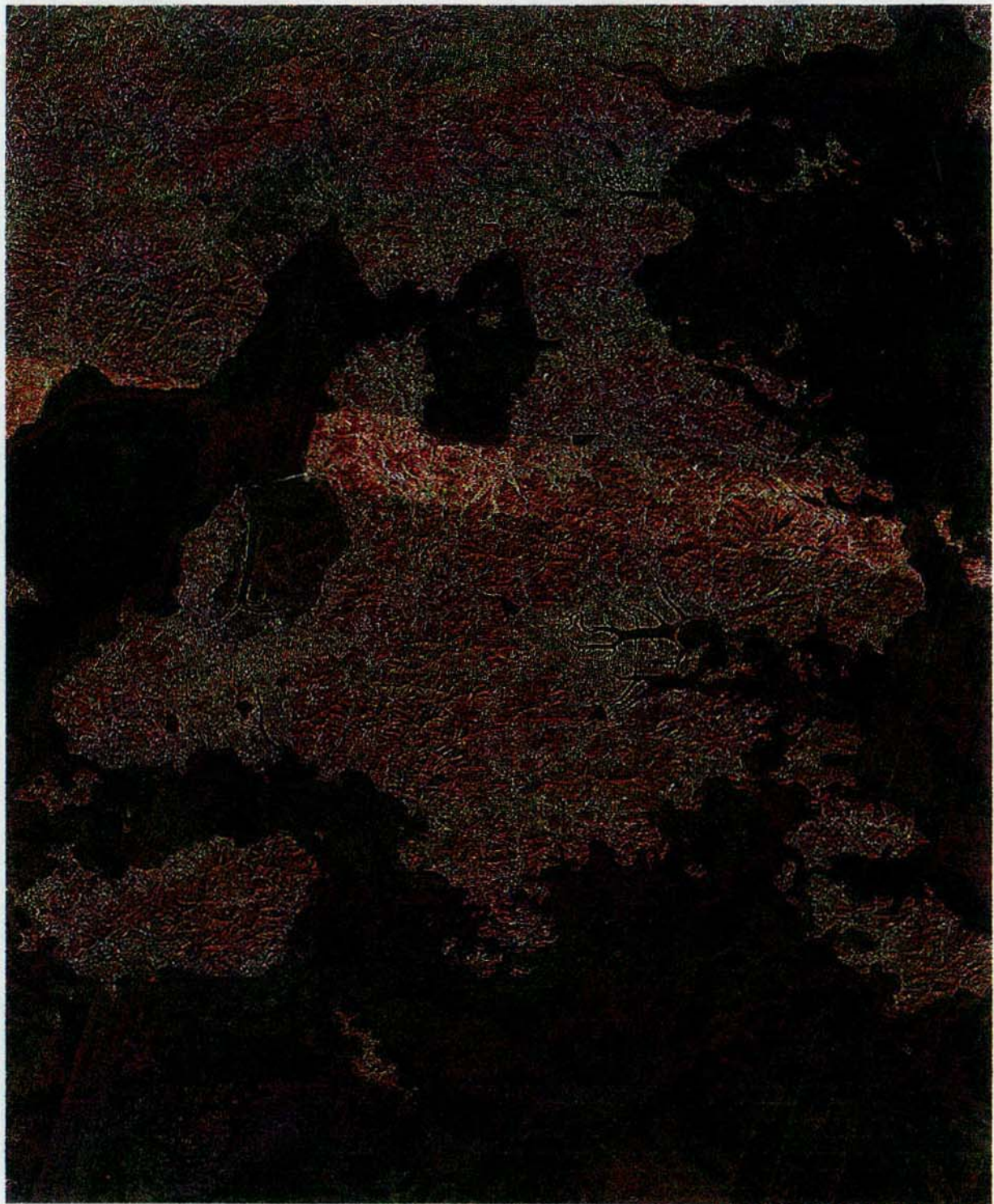


SPOT IMAGE OF KOHEUNG-GUN

SCALE = 1:250,000
— LINEAMENT

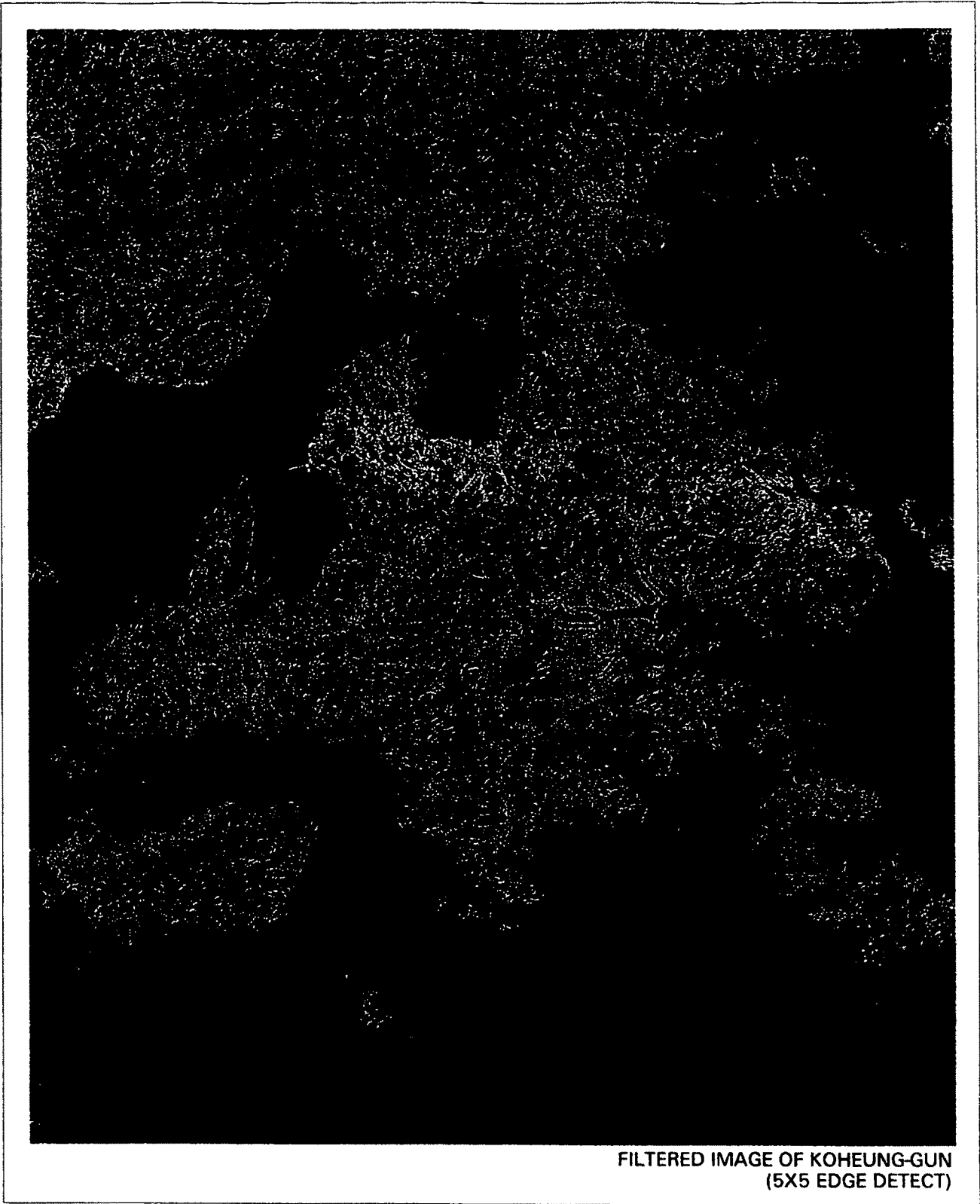
< 그림 4-3 > Spot Image of Koheung-Gun

여 백



FILTERED IMAGE OF KOHEUNG-GUN
(5X5 EDGE DETECT)

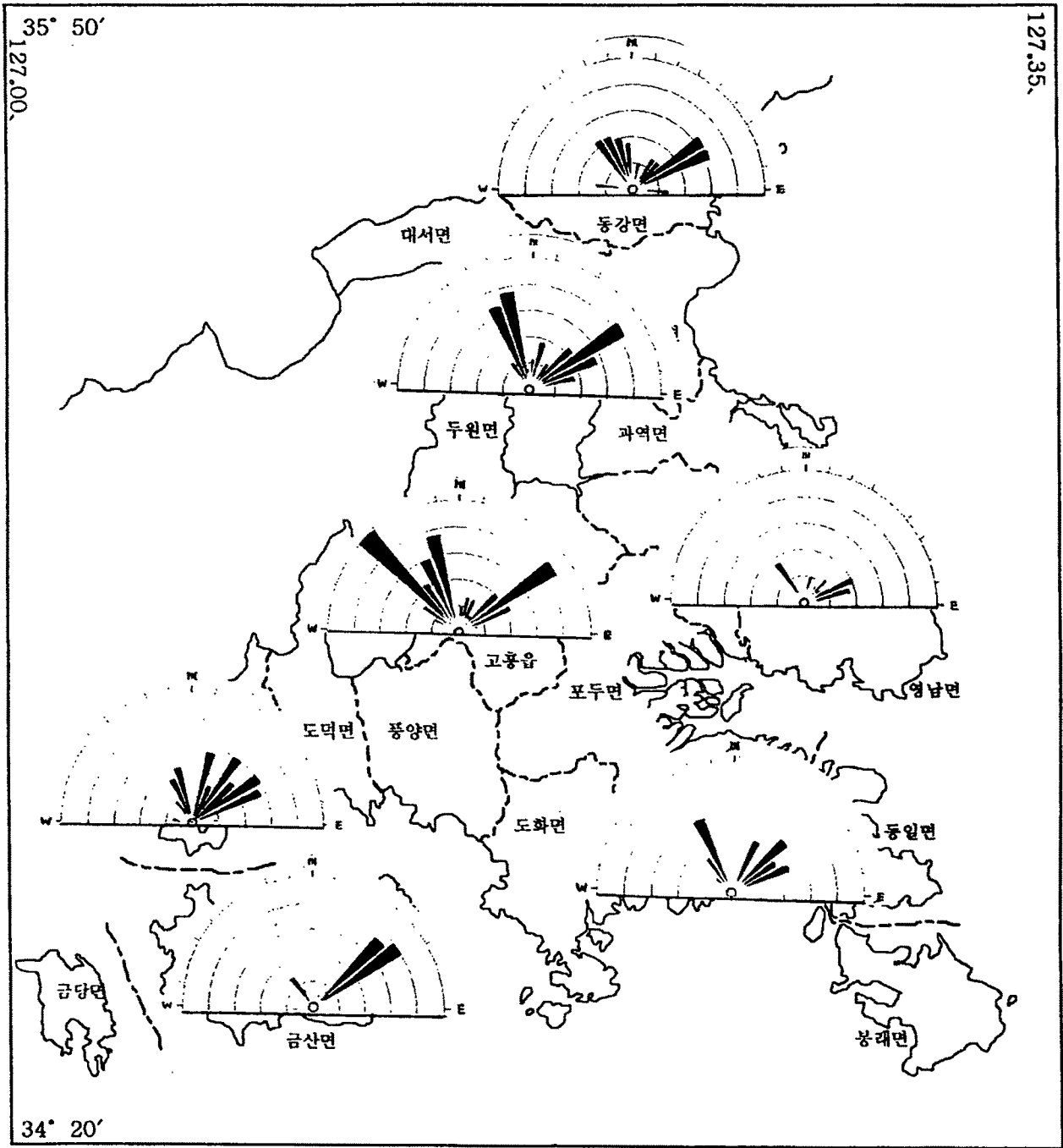
< 그림 4-4 > Filtered Image of Koheung-Gun



FILTERED IMAGE OF KOHEUNG-GUN
(5X5 EDGE DETECT)

< 그림 4-4 > Filtered Image of Koheung-Gun

여 백



< 그림 4-5 > 고흥지역의 선구조 Rose diagram

4-3-2 전기비저항탐사

고흥군 일대에 대해 쌍극자배열법을 이용하여 15개 측선을 설치하여 전기비저항탐사를 실시하였다. 쌍극자배열법은 한쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극 간격을 25m로 하고 측정간격을 25m, 50m, 75m, . . . , 500m로 간격을 25m씩 단계적으로 이동하면서 각 측정에서의 전위차를 측정하여 겹보기비저항치를 구한다. 측정간격이 멀어지면 탐사깊이도 깊어지므로 한 측선을 전개해 나가면 외견 비저항의 2차원 단면을 구하고, 등비저항곡선도를 작성하여 전기비저항분포 이상대를 파악하게 된다. 자료처리는 현장 겹보기비저항 단면도, 자동역산에 의한 이론적인 해석도 및 모델링에 의한 2차원 단면구조도를 나타냈고, 현장측정치(겹보기비저항)와 이론치 사이의 RMS(Root Mean Squared relative error)는 최소화시키기 위해 해석 반복계산을 5회로 하였다.

< 표 4-6 > 전기비저항 쌍극자 측선 총괄표

측 선 번 호	조사지역(고흥군)	측 선 방 향
Dp-1	동강면 마우리	<i>E - W</i>
Dp-2	대서면 상남리	<i>N40°E</i>
Dp-3	남양면 침교리	<i>N - S</i>
Dp-4	과역면 도천리	<i>N10°W</i>
Dp-5	점암면 대용리	<i>N20°E</i>
Dp-6	두원면 신송리	<i>N35°E</i>
Dp-7	고흥읍 등암리	<i>N35°E</i>
Dp-8	풍양면 풍남리	<i>N20°W</i>
Dp-9	도덕면 신양리	<i>N30°E</i>
Dp-10	도양읍 유전리	<i>N80°E</i>
Dp-11	도화면 당조리	<i>N - S</i>
Dp-12	포두면 세동리	<i>N - S</i>
Dp-13	동일면 덕흥리	<i>E - W</i>
Dp-14	영남면 남열리	<i>N40°E</i>
Dp-15	포두면 용림리	<i>N10°E</i>

가. Dp-1

고흥군 동강면 마윤리(평촌부락)에서 측선을 동-서 방향으로 설치하였다. 역산결과를 보면 대체로 층적층이 8~9m 사이에 존재하고 있으며, 풍화대는 25m까지 분포한다(그림 4-6). 측정번호 14번에서 17번 사이는 조그마한 단층으로 사료되며 서쪽으로 갈수록 고비저항치를 갖는다.

나. Dp-2

고흥군 대서면 상남리에서 측선을 N40° E 방향으로 설치하였다. 주변에는 가드리재가 있고 서호재와 풍천재가 있다. 역산결과는 대체적으로 층적층은 5m 이내로 얇게 분포하고 있다(그림 4-7). 다소 차이는 있지만 풍화대는 5~10m 사이에 분포하고, 하부로 갈수록 급격히 고비저항치를 나타낸다.

다. Dp-3

고흥군 남양면 침교리(침교부락)에서 측선을 북-남 방향으로 설치하였다. 옆에 쌍내천이 흐르고 있고, 주변에 침교제와 아평제가 있다. 측정 1번에서 3번에 나타나는 저비저항치는 측정시 초기 측정자료의 불량으로 인한 노이즈(noise)로 간주된다. 층적층이 5~15m 사이에 분포하고 있고 남쪽으로 갈수록 깊어지고 있음을 보여준다(그림 4-8). 풍화대는 10~50m 사이에 존재하는 것으로 사료된다.

라. Dp-4

고흥군 과역면 도천리에서 측선을 N10° W 방향으로 설치하였다. 주변에 월악산(254.0m)이 있고 해발 9.6m이다. 역산결과 지층의 변화가 심하고 자유면 대수층이 넓게 분포하고 있음을 보여준다(그림 4-9). 층적층은 약 5m 이내이고, 풍화대는 50m까지 분포하는 것으로 사료된다. 측정 1번에서 3번사이의 심도 60~100m 사이에 존재하는 저비저항치는 측정오차에 의한 noise로 사료된다.

마. Dp-5

고흥군 점암면 대용리에서 측선을 N20° E 방향으로 설치하였다. 주변에는 점암저수지가 있다. 역산결과 자유면 대수층과 피압 대수층이 비교적 넓게 분포하고 있다. 측정 10번은 측선이상에 의한 noise로 생각할 수 있다. 측선에서 측정

16~21번 사이에 75m 지점은 피압 대수층으로 사료되고, 총적층은 10m 이내이다 (그림 4-10).

바. Dp-6

고흥군 두원면 신송리(반산부락)에서 측선을 N35° E 방향으로 설치하였다. 반산제가 주변에 있고 해발 180.5m되는 산이 존재한다. 총적층은 약 1m 이내이고, 풍화대는 존재하지 않는 것으로 사료된다(그림 4-11). 또한 측점 8번에서 12번 사이의 심도 50~100m 지점은 피압 대수층으로 사료된다.

사. Dp-7

고흥군 고흥읍 동암리에서 측선을 N35° E 방향으로 설치하였다. 주변에 가무산(365.5m)이 존재하고 역산결과 총적층은 1~4m에 존재하며 풍화대는 15m로 보여진다(그림 4-12). 측점 4번에서 8번 사이에 보여지는 저비저항치는 파쇄대로 보여진 대수층으로 사료된다.

아. Dp-8

고흥군 풍향면 풍남리에서 측선을 N20° W 방향으로 설치하였다. 주변에 천등산(550.0m)이 있다. 대체로 총적층이 깊게 분포하고 자유면 대수층도 넓게 분포하고 있음을 보여준다(그림 4-13). 풍화대는 최대 100m까지 분포하는 것으로 사료된다. 남동쪽으로 갈수록 고비저항치가 나타나고 있다.

자. Dp-9

고흥군 도덕면 신양리에서 측선을 N30° E 방향으로 설치하였다. 역산결과 지층의 변화가 심하고, 총적층은 대체로 10m 이내이며, 풍화대는 최대 60m까지 분포하는 것으로 사료된다(그림 4-14). 측점 11번에서 심도 100m 지점은 피압 대수층으로 사료되고 남서쪽으로 갈수록 고비저항치를 보여준다.

차. Dp-10

고흥군 도양읍 유전리에서 측선을 N80° E 방향으로 설치하였다. 주변에 비봉산(220.5m)과 장계산(227.0m)이 있고, 총적층은 매우 얇게 분포하고 풍화대는

60m까지 대체로 넓게 분포하는 것으로 사료된다(그림 4-15). 자유면 대수층이 잘 발달되어 있는 것으로 사료되고 심부로 갈수록 급격히 고비저항치를 나타내고 있다.

카. Dp-11

고흥군 도화면 당조리에서 북-남 방향으로 측선을 설치하였다. 주변에 해발 342.8m의 무명산이 위치하고 있으며, 역산결과 지층의 변화가 평이하고, 충적층은 약 10~15m에 분포하며, 풍화대는 최대 50m까지 분포하는 것으로 사료된다(그림 4-16).

타. Dp-12

고흥군 포두면 세동리(장촌부락)에서 측선을 북-남 방향으로 측선을 설치하였다. 주변에 마복산(538.5m)이 위치하고 있고, 평이한 지형이며, 충적층은 25m까지 분포하고, 풍화대는 최대 50m까지 분포하며, 자유면 대수층이 잘 발달되어 있는 것으로 사료된다(그림 4-17).

파. Dp-13

고흥군 동일면 덕흥리에서 측선을 동-서 방향으로 설치하였다. 주변에 구룡산(240.6m)이 위치해 있고, 심부에 보여지는 저비저항치는 해수의 유입에 의한 영향으로 사료된다(그림 4-18). 충적층은 약 10m 이내이고, 풍화대는 30m까지 분포하는 것으로 사료된다.

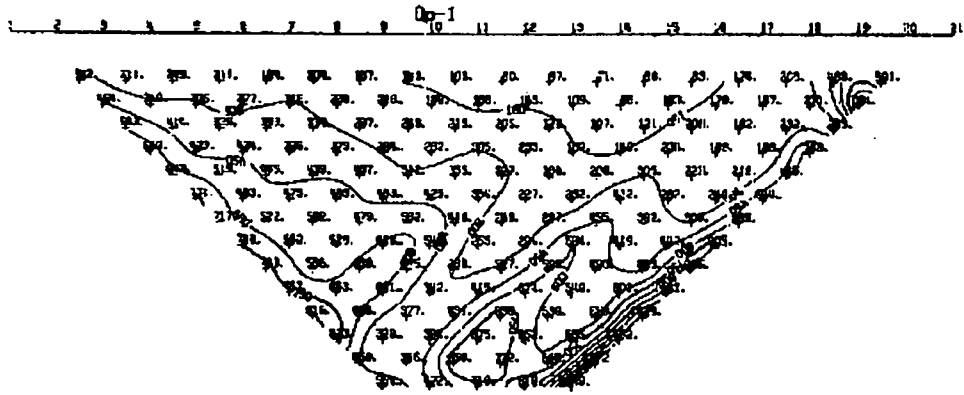
하. Dp-14

고흥군 영남면 남열리에 측선을 N45° E 방향으로 설치하였다. 주변에 무미산(449.0m)이 위치해 있고 충적층은 비교적 얇게 분포하며, 풍화대는 최대 50m까지 분포하는 것으로 사료된다(그림 4-19). 측점 4번에서 6번사이의 심도 100m 지점에 존재하는 저비저항치는 측정오차에 의한 noise로 사료된다.

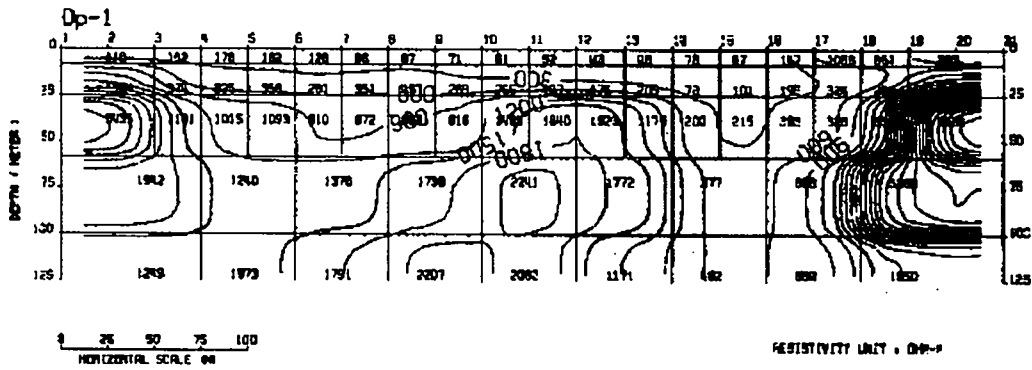
가. Dp-15

고흥군 포두면 봉림리에서 측선을 N10° E 방향으로 설치하였다. 주변에 천등

산(550.0m)이 위치하고 해발 380m이다. 역산결과 총적층은 대략 1~2m이내이고 풍화대는 깊게 분포하며 자유면 대수층이 잘 발달된 것으로 사료된다(그림 4-20).

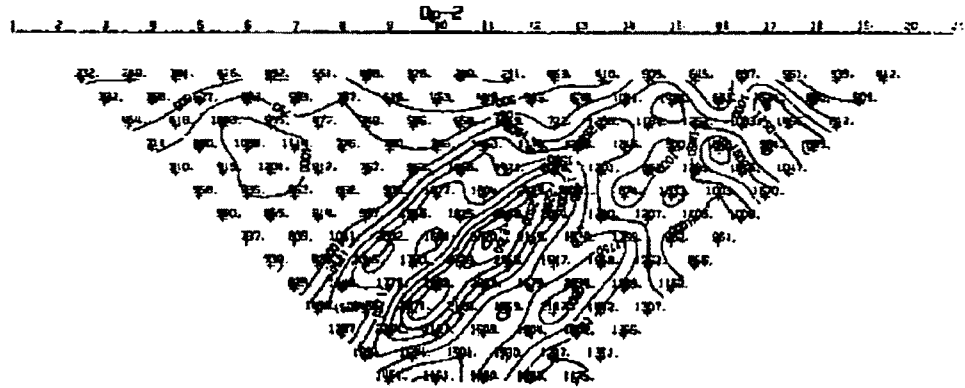


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

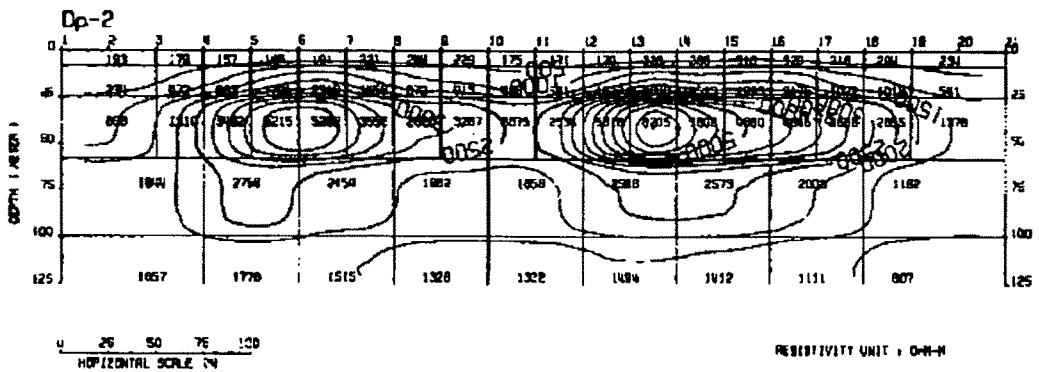


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-6 > 축선 Dp1 쌍극자 탐사 결과도

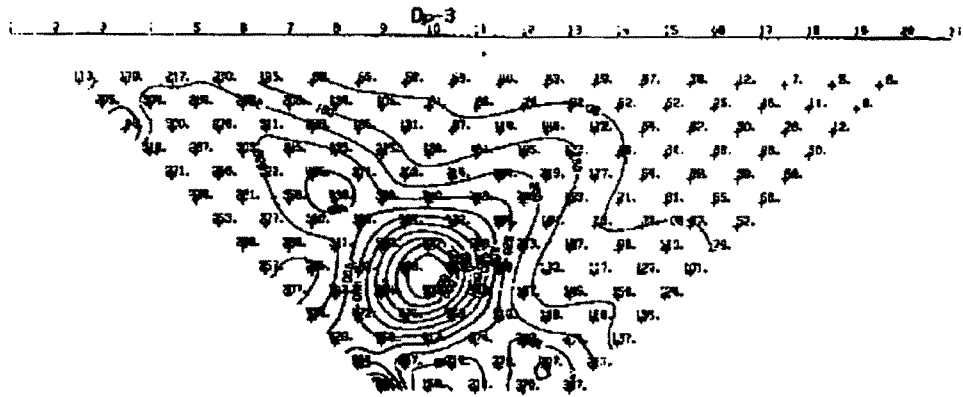


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

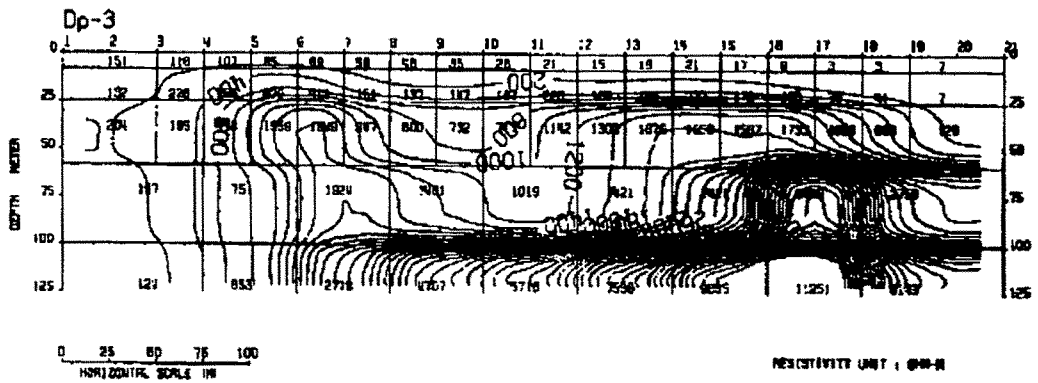


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-7 > 축선 Dp2 쌍극자 탐사 결과도

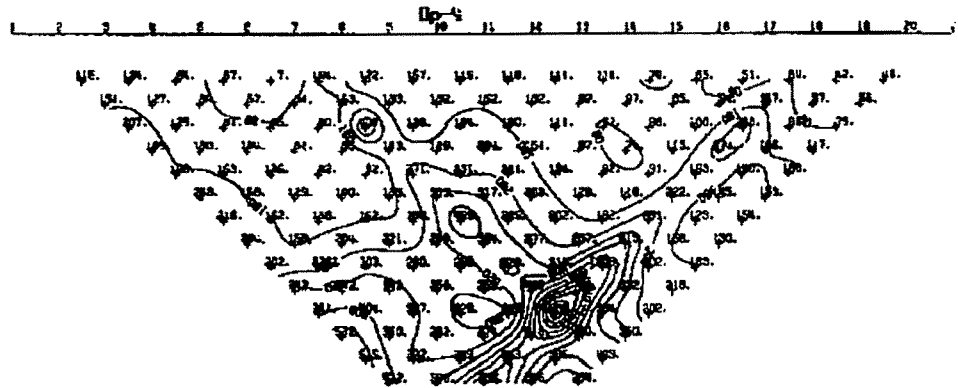


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

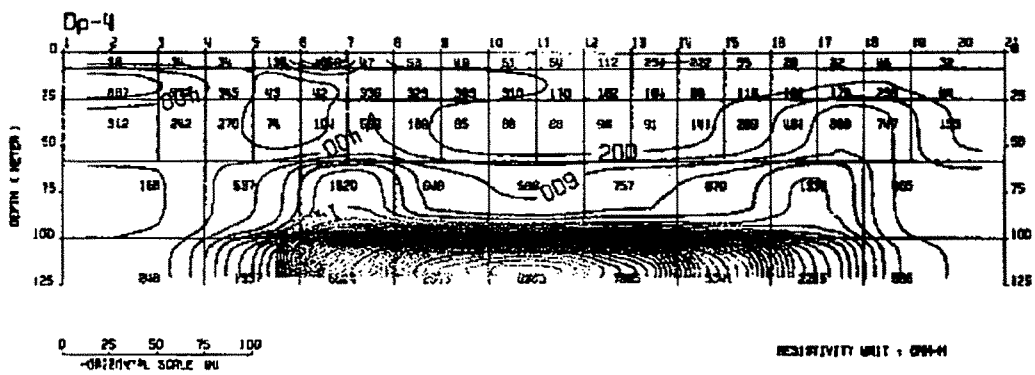


(B) 추정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-8 > 축선 Dp3 쌍극자 탐사 결과도

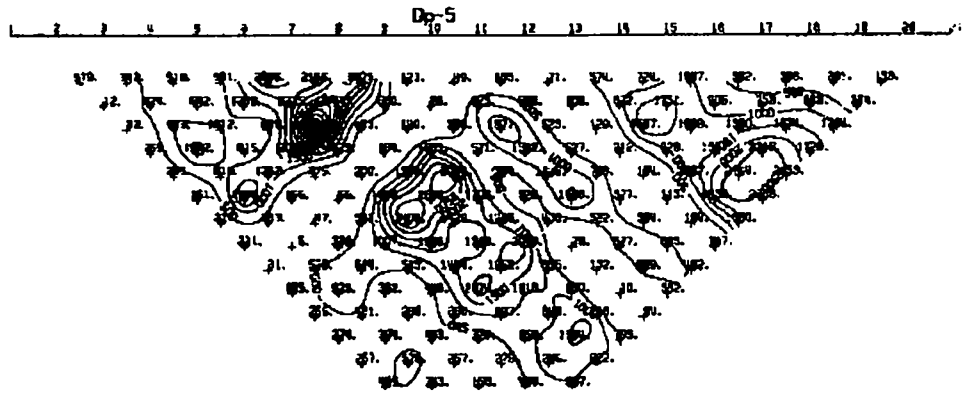


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 의견비저항 자료

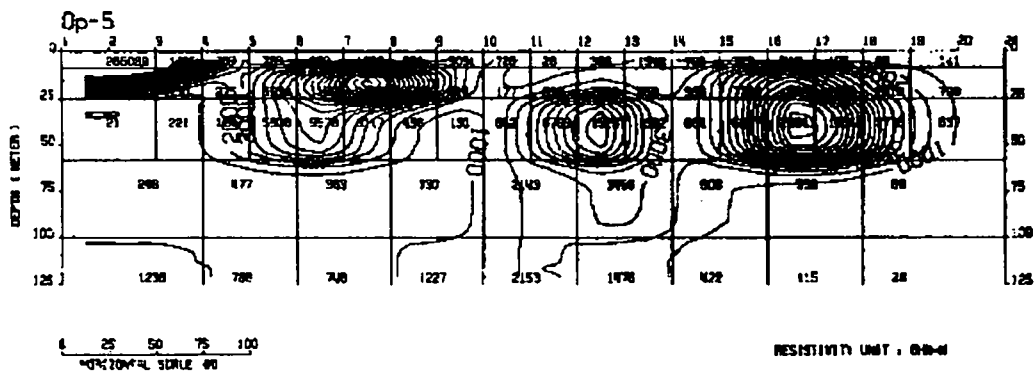


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-9 > 축선 Dp4 쌍극자 탐사 결과도

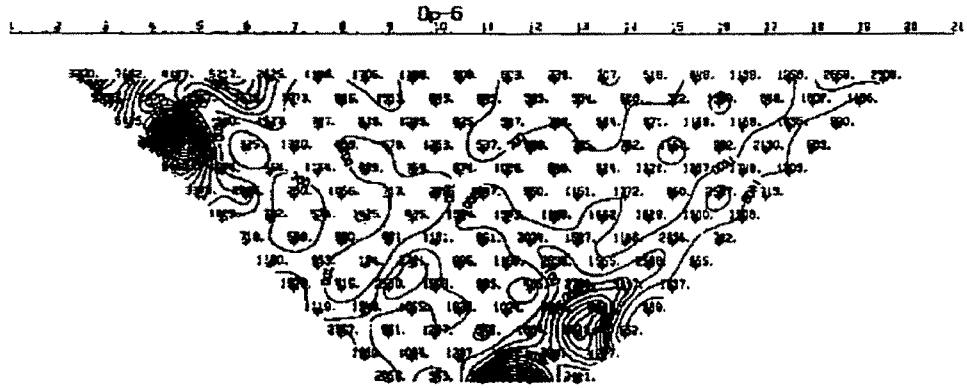


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

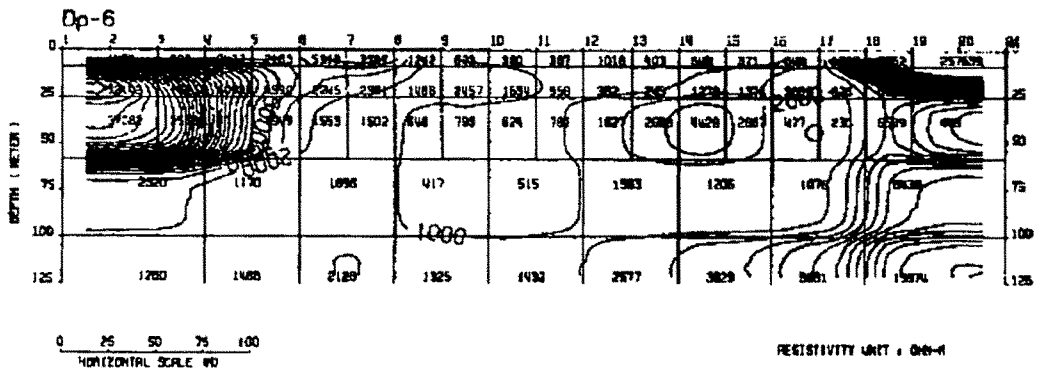


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-10 > 측선 Dp5 쌍극자 탐사 결과도

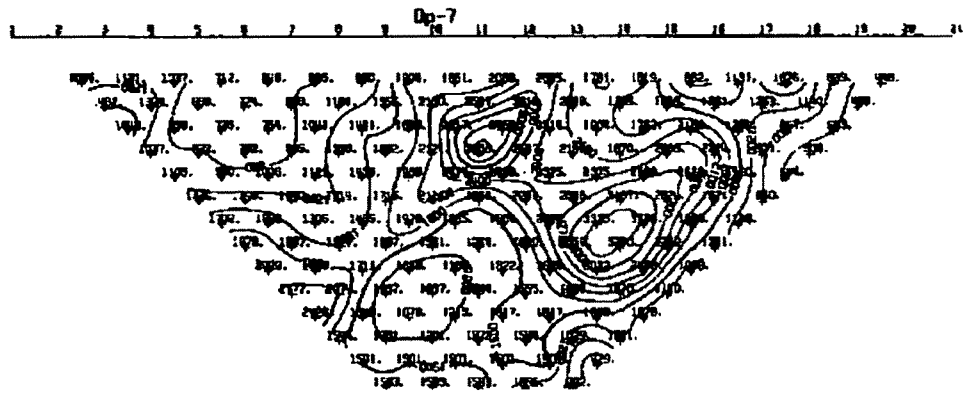


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

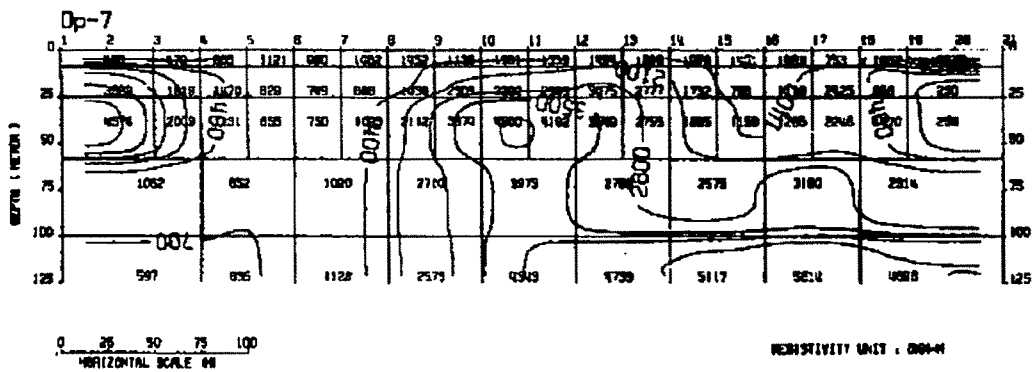


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-11 > 측선 Dp6 쌍극자 탐사 결과도

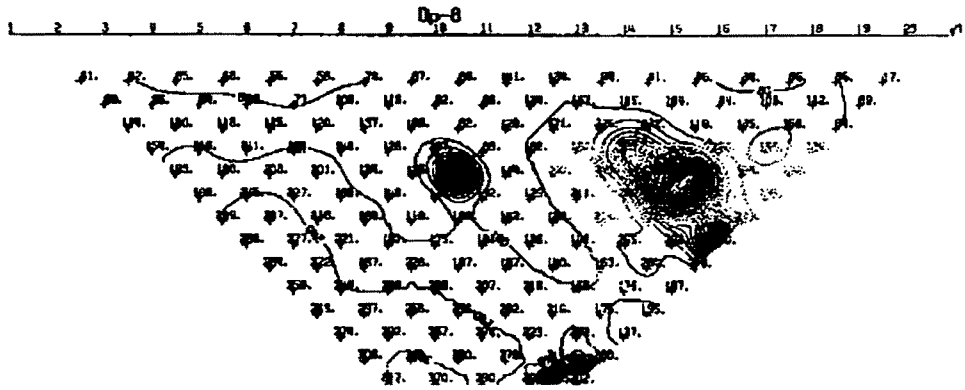


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

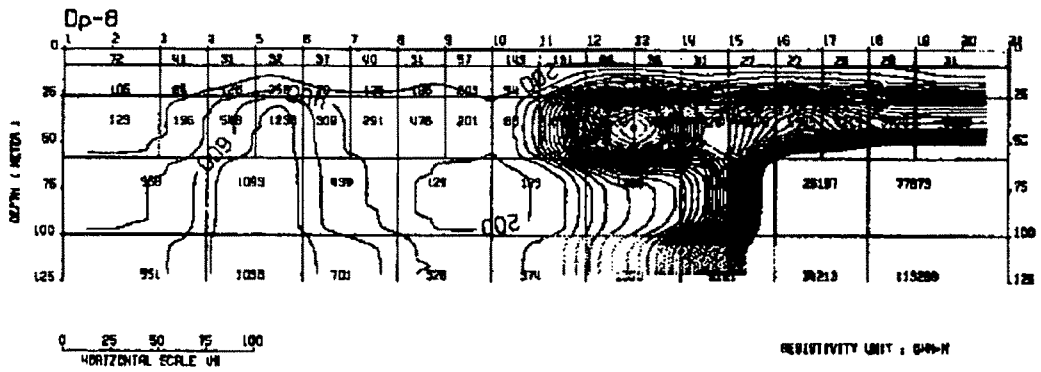


(B) 측정리로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-12 > 축선 Dp7 쌍극자 탐사 결과도

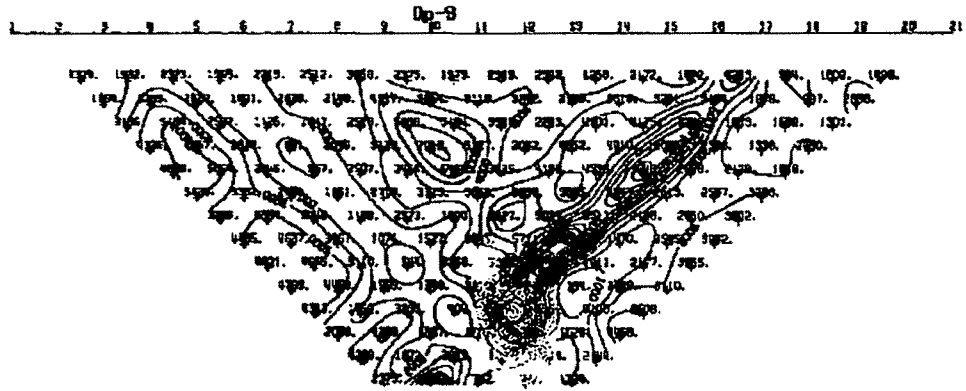


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

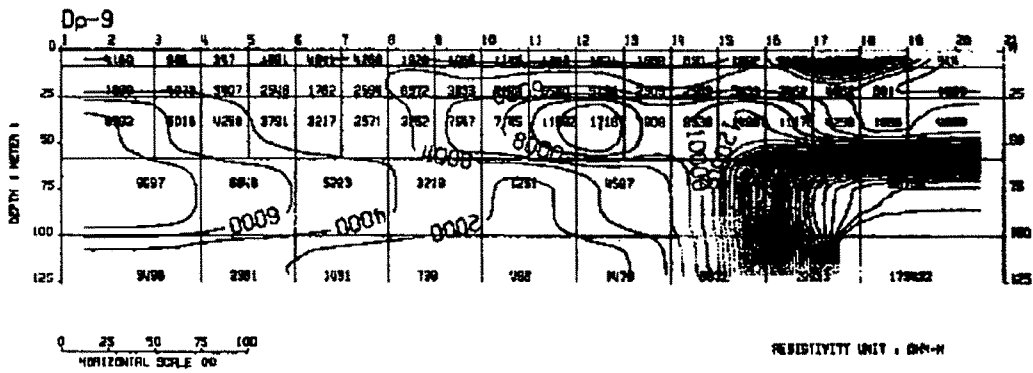


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-13 > 측선 Dp8 쌍극자 탐사 결과도

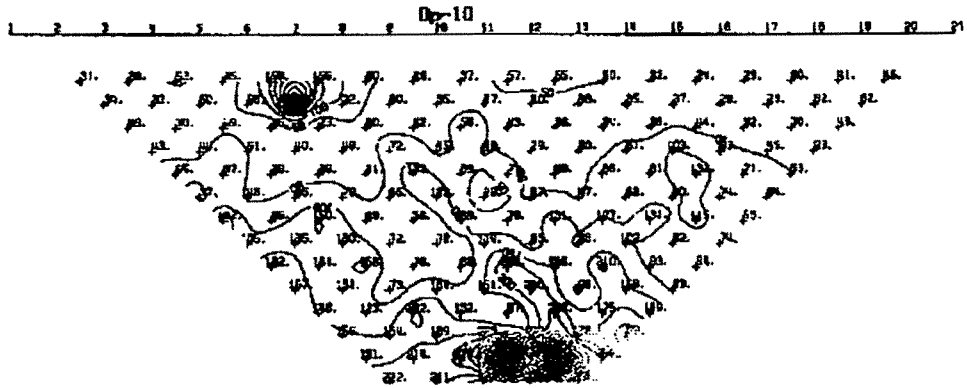


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

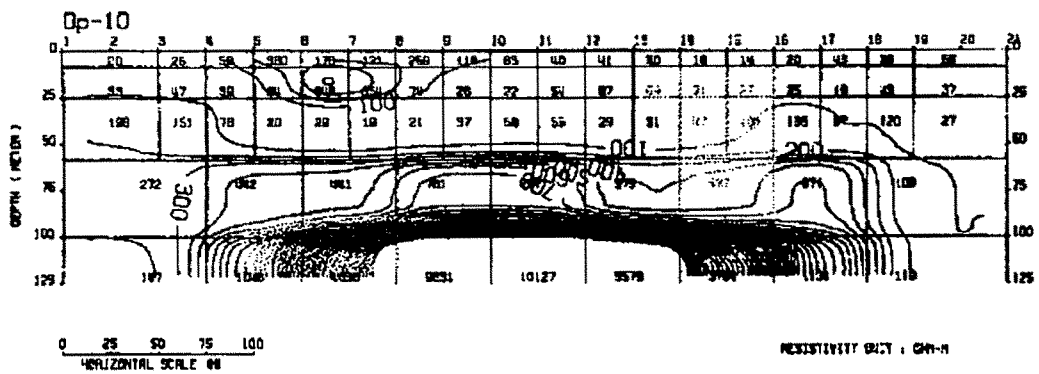


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-14 > 측선 Dp9 쌍극자 탐사 결과도

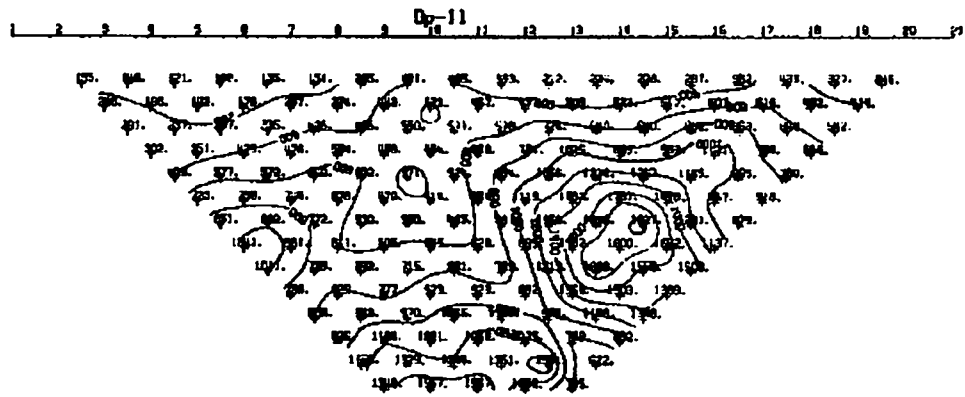


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

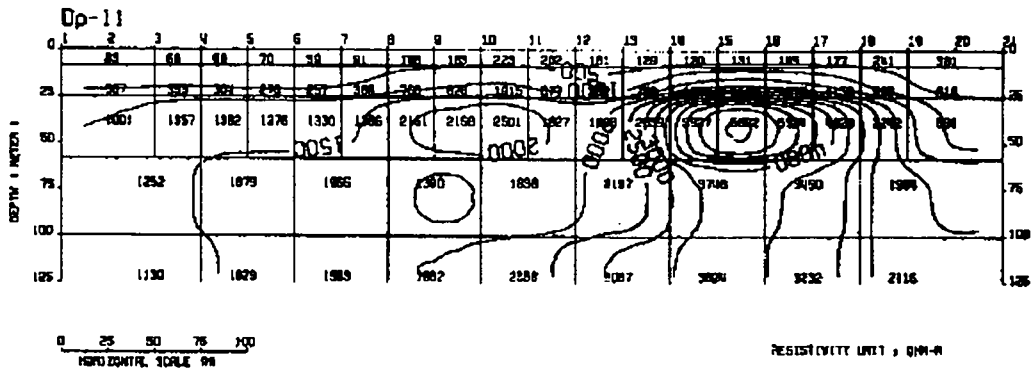


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-15 > 측선 Dp10 쌍극자 탐사 결과도

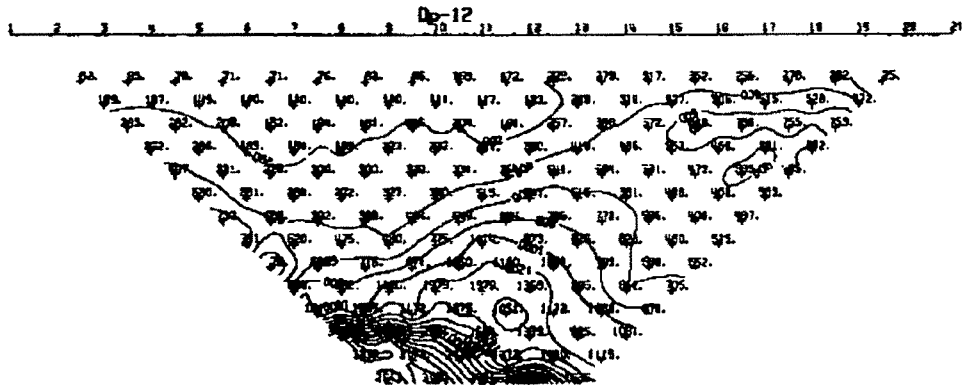


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

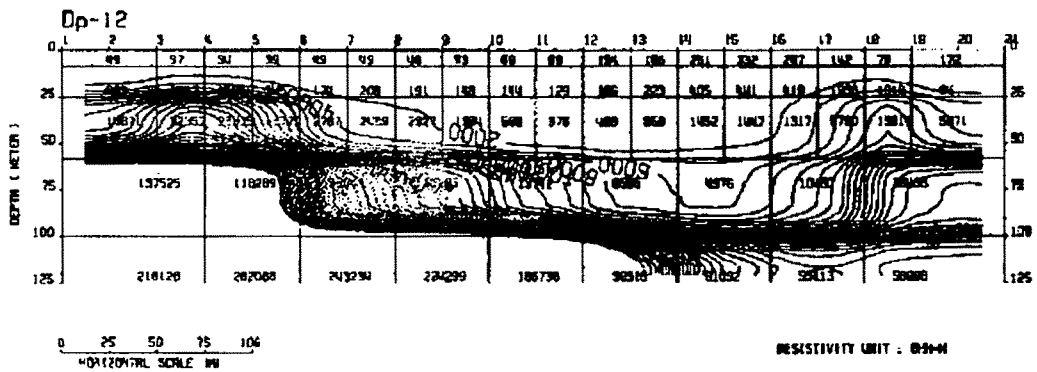


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-16 > 축선 Dp11 쌍극자 탐사 결과도

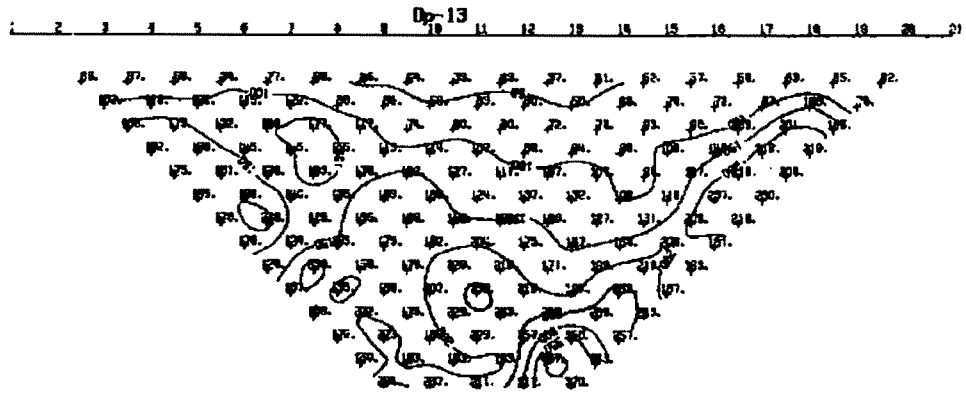


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

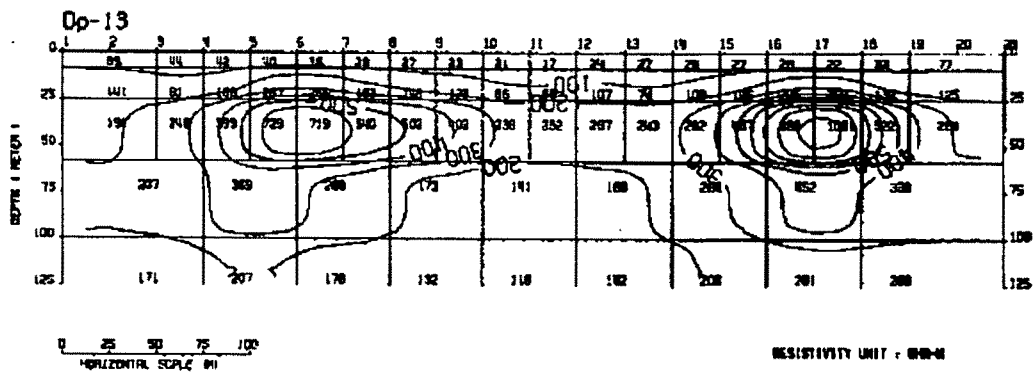


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-17 > 축선 Dp12 쌍극자 탐사 결과도

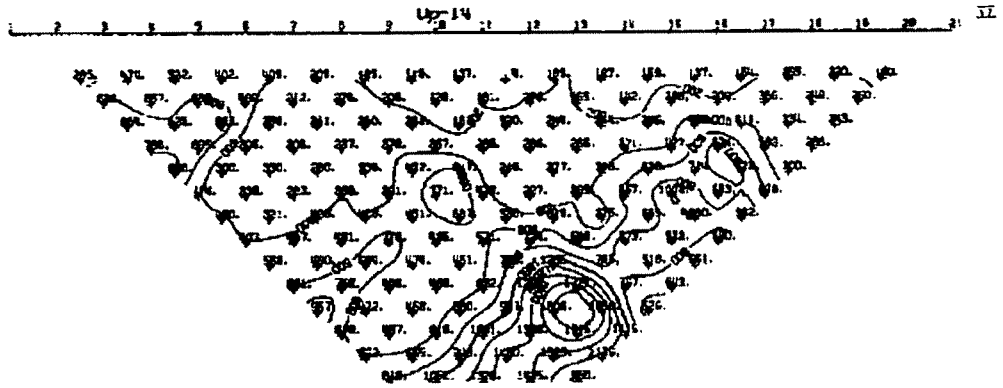


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

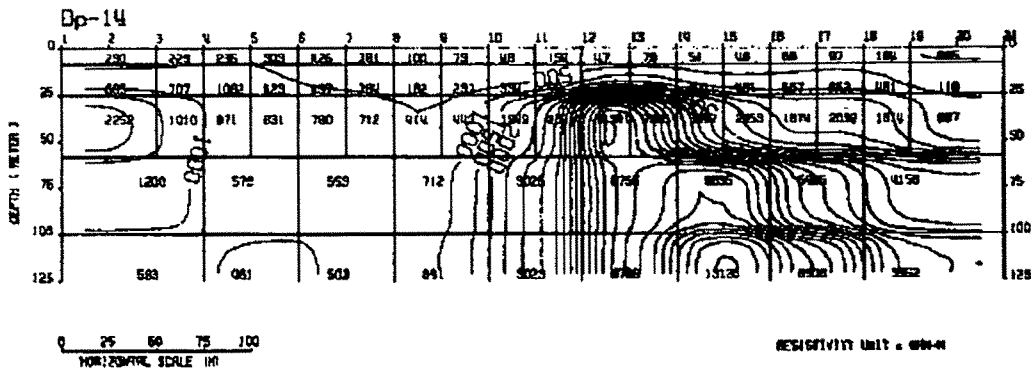


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-18 > 축선 Dp13 쌍극자 탐사 결과도

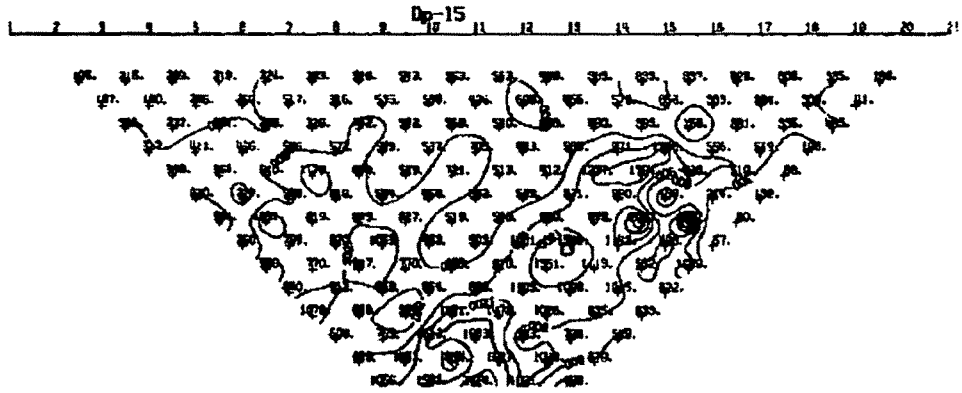


(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료

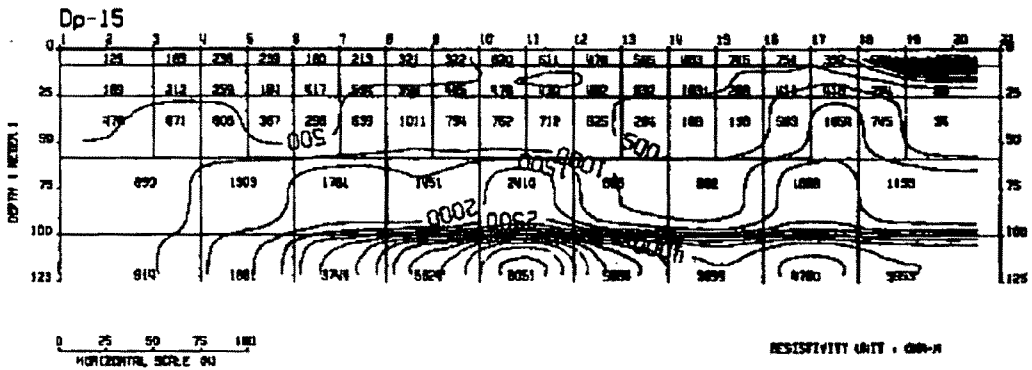


(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-19 > 축선 Dp14 쌍극자 탐사 결과도



(A) 지질 단면도로부터 이론적으로 계산한 외견비저항 자료



(B) 측정치로부터 역산에 의해 해석된 비저항 단면도

< 그림 4-20 > 축선 Dp15 쌍극자 탐사 결과도

4-4. 수 위 관 측

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 ϕ 3" 구경으로 4m 내외를 굴착, 수위관측공을 설치하여 조사 관측하되, 수위관측공은 지하수 함양조건이 동일한 상태에서 일제히 측정하여 지역 내 지하수 수위조사를 해야한다. 고흥지역은 기존의 농업용수용으로 개발된 소형 충전관정이 다량 산재하며, 이들의 조사만으로 충분한 자료획득이 가능하다고 판단되어 오거(Auger)를 사용한 관측공을 시추하지 않았다. 수위관측은 동일조건에서 일제히 실시하여 획득된 자료의 신뢰성을 확보해야 하나, 이번 조사에서는 한정된 소요인원과 시간 내에 다량의 관측공을 측정하다보니 측정자료에 대한 신뢰도가 다소 떨어지는 경향이 있다.

조사지역을 행정구역별로 평균 수위는 과역면(14개소) 1.69m, 금산면(10개소) 2.98m, 남양면(16개소) 3.76m, 대서면(13개소) 1.52m, 도덕면(9개소) 2.28m, 도양면(10개소) 2.12m, 도화면(20개소) 5.87m, 동강면(14개소) 1.24m, 두원면(14개소) 4.20m, 영남면(20개소) 6.02m, 점암면(20개소) 4.97m, 포두면(15개소) 6.64m, 풍양면(13개소) 2.5m이다. 고흥지역 평균수위는 188개소에서 3.87m를 나타낸다(표 4-7).

< 표 4-7 > 시설관정수위관측현황

No	위치(고흥군)		자연수위(m)	No	위치(고흥군)		자연수위(m)
	읍면	리			읍면	리	
S1	고흥	남계	1.6	D11	대서	안남	2.5
S2	고흥	등암	1.2	S37	대서	신기	0.7
S3	고흥	송곡	1.5	S38	대서	송림	0.5
D1	고흥	성촌	0	S39	대서	모금	1
S4	과역	문청	1.3	S40	대서	평촌	1
D2	과역	효곡	1.7	D12	대서	금곡	5
S5	과역	노일	0.8	D13	대서	마암	1
D3	과역	외로	2.3	S41	대서	송강	4
S6	과역	도천	3	S42	대서	상남	1
S7	과역	도야	1.7	S43	대서	금곡	4.5
D4	과역	석촌	14	S44	도덕	도덕	1.3
S8	과역	호덕	0.5	S45	도덕	장전	1.7
S9	과역	녹대	0.3	S46	도덕	가야	2.1
D5	과역	화석	6.1	S47	도덕	오마	2.4
S10	과역	신곡	1.5	S48	도덕	용동	2.4
S11	과역	인학	0.8	S49	도덕	봉덕	1.7
S12	과역	신곡	1.4	S50	도덕	신양	1
S13	과역	심포	1.3	S51	도덕	신흥	2.3
S14	금산	대흥	1.2	S52	도덕	도촌	5.7
S15	금산	석정	1	S53	도양	북어포	1.5
S16	금산	성지	1.3	D14	도양	관리	6
S17	금산	신촌	0.8	D15	도양	장수	5
S18	금산	신평	0.6	S54	도양	장계	1
S19	금산	월포	1.3	D16	도양	용정	2
S20	금산	남천	1.1	S55	도양	잠두	1.7
S21	금산	내동	2.2	S56	도양	잠계	1
D6	금산	금장	8.3	S57	도양	노양	1
S22	금산	어전	12	S58	도양	용정	1.2
D7	남양	침교	7.5	S59	도양	상류	3.5
S23	남양	부도	1	S60	도화	세동	1
S24	남양	주암	4	S61	도화	봉룡	1.4
D8	남양	월정	13	S62	도화	신호	2
S25	남양	선정	3	S63	도화	음성	1.7
S26	남양	망주	2.3	S64	도화	원산	0.9
S27	남양	와야	1.1	S65	도화	석수포	1.7
S28	남양	주교	1	S66	도화	내밭해수목장	1.3
S29	남양	대곡	4.2	S67	도화	내밭	1.1
D9	남양	노송	8	D17	도화	도화	5
S30	남양	남양	2.5	D18	도화	단장	6.3
S31	남양	중산	1.4	D19	도화	구암	5
S32	남양	탄포	2.7	D20	도화	가화	13
S33	남양	운모	3	D21	도화	이목	5.6
S34	남양	화담	2.5	D22	도화	원도	28
D10	남양	화담	3	D23	도화	전어포	25
S35	대서	남정	1	D24	도화	대릉	13
S36	대서	자연	0.8	S68	동강	신촌	1

< 표 4-7 계속 >

No	위치(고흥군)		자연수위(m)	No	위치(고흥군)		자연수위(m)
	읍면	리			읍면	리	
S69	동강	신촌	1.2	S93	점암	평촌	1.2
S70	동강	신촌	1.6	S94	점암	한동	17
S71	동강	한천	1	S95	점암	강산	12
D25	동강	세곡	0.5	S96	점암	오산	9
S72	동강	장덕	2	S97	점암	성기	0.8
S73	동강	매곡	0.3	S98	점암	방내	1.3
S74	동강	유둔	2	D49	점암	여호	19
S75	동강	마동	1.2	S99	점암	덩치	1.7
S76	동강	덕촌	1.1	S100	점암	사정	1.3
S77	동강	대강	1.4	S101	점암	대룡	1.9
S78	동강	덕암	1.8	S102	점암	천화	0.8
S79	동강	장월	1.6	S103	점암	여봉	1.6
S80	동강	오수	1.2	S104	점암	용강	1.9
D26	동일	덕흥	0.5	S105	점암	신안	2.7
S81	동일	구룡	1	S106	점암	상신	1.4
S82	동일	섬정	1.5	S107	점암	봉남	2
D27	동일	동포	4	D50	점암	도룡	5.7
S83	동일	소영	6	D51	점암	장남	14
D28	두원	금성	8	S108	점암	시목	2.3
D29	두원	용반	7.8	S109	포두	차동	5
S84	두원	와룡	1.7	S110	포두	외산	1.2
D30	두원	금계	5	S111	포두	양지	1.3
D31	두원	두원	6	S112	포두	외촌	1.8
S85	두원	관덕	0.9	S113	포두	상대	2
D32	두원	풍류	4	D52	포두	우산	14
S86	두원	두우	1.3	D53	포두	차동	20
S87	두원	영오	1.2	D54	포두	포두	2.1
D33	두원	성두	12	D55	포두	금사	22
D34	두원	운대	6	S114	포두	남촌	1.4
S88	두원	상애	1	S115	포두	송산	1.9
D35	두원	송정	4	S116	포두	상대	
D36	두원	홍산	2.5	S117	포두	동산	2
D37	봉래	신금	5	D56	포두	상포	13
S89	봉래	사계	1	S118	포두	중흥	1
D38	봉래	교동	6.5	D57	풍양	한동	4.5
D39	봉래	외초	1.7	D58	풍양	가옥	1.5
S90	봉래	중창	1.3	S119	풍양	당두	1.8
D40	봉래	예당	12	S120	풍양	공호	1
D41	봉래	예내	7	S121	풍양	보천	1.2
S91	봉래	큰골	2.3	S122	풍양	상림	0.8
D42	봉래	봉래	1.2	D59	풍양	율치	5.7
D43	영남	간천	3	S123	풍양	사동	1.3
D44	영남	금사	2.9	S124	풍양	송정	1.5
D45	영남	양사	34.5	D60	풍양	풍담	8.6
D46	영남	양화	21.5	S125	풍양	백석	1.3
D47	영남	양사	3.5	S126	풍양	대곡	1.7
D48	영남	신성	4	S127	풍양	등암	1.3
S92	점암	성기	1.8	S128	풍양	안동	1.6

4-5. 수질 및 잠재오염원조사

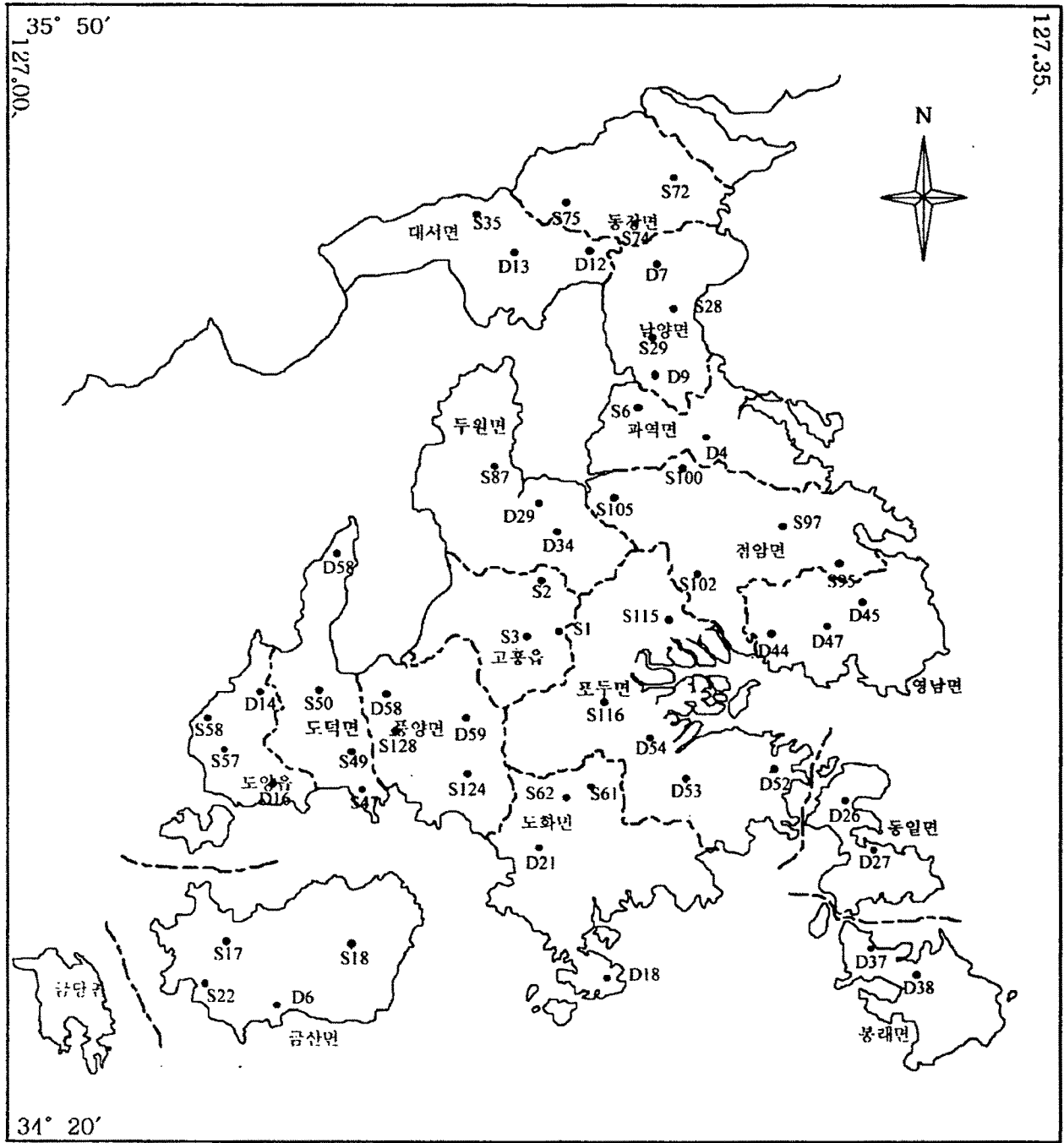
4-5-1. 수질

가. 시료채취 및 분석방법

고흥지역 지하수에 대한 지화학적 특징을 밝히기 위하여 고흥군 일대의 14개 면에 분포하는 지하수를 1998년 7월 7일에서 1998년 7월 12일에 걸쳐 55개의 지하수 시료를 채취하였다(그림4-21, 표 4-8). 지하수 시료는 관개용 농업용수와 주민들의 생활용수를 대상으로 하였다. 55개의 지하수에 대하여 주원소 및 중금속원소를 분석하였고, 이 중 51개의 지하수 시료에 대해서는 먹는물 기준항목을 분석하였다.

고흥지역 지하수에 대하여 수소이온농도(pH), 산화-환원 전위(Eh), 온도, 용존산소(dissolved oxygen, DO), 전기전도도(conductivity) 및 총용존고형물(total dissolved solid, TDS) 등을 현장에서 채수한 후 즉시 pH meter(TOA HM-14P), ORP meter(TOA RM-12P), Conductivity meter(HACH COS50), EC meter(TOA CM-14P) 및 DO meter(TOA DO-14P)를 이용하여 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH meter가 안정된 후 측정하였다. 양이온분석 대상시료는 현장에서 수동진공펌프를 이용하여 Pore size 0.45 μ m cellulose membrane filter에 통과시켜 부유물질을 제거시키고 진한 질산을 가해 pH 3 이하로 하여 시료 용기벽면에 양이온의 흡착을 방지하였으며 채수한 시료는 Ice box에서 4 $^{\circ}$ C 이하로 냉장 보관하였다. 음이온 분석 대상시료는 채수시 발생하는 공기 기포를 제거하고 즉시 테이프로 밀봉하여 공기와의 접촉을 차단하였다. 먹는물의 수질기준 분석 대상 시료는 4 ℓ 의 멸균 채수병에 지하수 시료를 채취하고 즉시 Ice box에 냉장 보관하여 전라남도보건환경연구원에 의뢰하여 44개 항목의 수질기준을 분석하였다.

양이온의 화학분석은 한국기초과학지원연구소에 의뢰하여 17개 원소를 분석하였다. 양이온 원소중 Fe원소는 GFAAS(GF90PLUS)를 이용하였고, K원소는 AAS(UNICAM989)를, Na, Mg 및 Ca원소는 ICP-AES(ICP1000-III, SHIMADZ)를, 그리고 Al, Zn, Cr, Cu, Mn, Cd, Pb, Hg, As, Se 및 Ge원소는 ICP-MS(PQ3STE, FISIONS)를 이용하여 분석하였다. 음이온 중 F $^{-}$, Cl $^{-}$, NO $_{3}^{-}$, Br $^{-}$, PO $_{4}^{3-}$ 및 SO $_{4}^{2-}$ 는 서울대학교 자원공학과에 의뢰하여 Ion Chromatography



< 그림 4-21 > 고흥지역의 이온 시료채취 위치도

< 표 4-8 > 고흥군 양이온, 음이온 시료채취

No	위치			TM		지질	시설구분
	읍.면	리	마을	경도	위도		
S57	도양읍	용정리	남암	127°08'00"	34°32'49"	화강암질편마암	농업용수(대형)
S58	도양읍	용정리	장래	127°07'26"	34°33'32"	"	먹는물
D14	도양읍	관리		127°09'05"	34°33'49"	"	농업용수(대형)
S17	금산면		금진	127°07'53"	34°27'33"	"	농업용수
S18	금산면		홍련	127°11'52"	34°27'29"	흑운모화강암	생활용수
D6	금산면	어전리	금창	127°08'52"	34°25'42"	화산암	생활, 농업용수
S22	금산면	어전리	금산초교	127°07'13"	34°26'36"	흑운모화강암	먹는물
D16	도양읍	봉암리	대봉	127°09'33"	34°31'41"	충적층	농업용수
S47	도덕면	오마리		127°12'18"	34°31'51"	"	먹는물
S49	도덕면	봉덕리	내봉	127°11'23"	34°32'22"	"	농업용수
S50	도덕면	신양리	회룡	127°10'41"	34°34'10"	"	먹는물
S48	도덕면	용동리		127°10'56"	34°37'41"	"	농업용수
D58	풍양면	가옥리	삼각	127°12'59"	34°34'11"	"	농업용수
S128	풍양면	안동리	안동	127°13'19"	34°33'20"	화강암질편마암	농업용수
D59	풍양면	울치리		127°15'22"	34°33'37"	화산암	생활용수
S124	풍양면	송정리	냉정	127°15'16"	34°32'04"	화강암질편마암	생활용수
D21	도화면	가화리	이목동	127°17'35"	34°30'14"	화산암	농업용수(밭작물)
D18	도화면		단장	127°19'42"	34°26'44"	"	생활용수
S61	도화면	봉용리	봉서	127°19'31"	34°31'54"	흑운모화강암	상수도용
D27	동일면		등포	127°28'14"	34°30'17"	화산암	생활용수
D37	봉래면	신금리		127°28'21"	34°27'44"	그래노파이어	생활용수
D38	봉래면	교동리		127°29'28"	34°26'47"	"	생활용수
D26	봉래면	덕흥리		127°27'36"	34°31'28"	화산암	생활용수
S62	도화면	신호리		127°18'46"	34°31'41"	흑운모화강암	농업용수
S1	고흥읍	남계리	호천	127°18'19"	34°35'49"	화산암	생활용수
S115	포두면	송산리		127°21'45"	34°36'01"	"	생활용수
S102	점암면	천학리	구천	127°22'32"	34°37'43"	"	상수도용
S97	점암면	성기리	평촌	127°24'48"	34°38'19"	"	상수도용
S95	점암면	강산리	오산	127°27'36"	34°37'30"	"	상수도용
D45	영남면	양사리	삼일	127°28'21"	34°36'40"	"	
D47	영남면	양사리	사포	127°27'21"	34°36'00"	"	
D44	영남면	금사리	만호	127°25'01"	34°35'46"	"	밭, 생활용수
D54	포두면	길두리	봉덕	127°21'03"	34°33'12"	충적층	밭, 논 용수
D53	포두면	차동리	내산	127°22'33"	34°32'02"	흑운모화강암	상수도
D52	포두면		우산	127°25'17"	34°32'23"	화산암	과수
S116	포두면	상대리	장자	127°19'54"	34°33'55"	"	농업용수, 과수
D29	두원면	용반리	금성	127°18'27"	34°39'26"	"	상수도
S87	두원면	영오리		127°16'30"	34°40'10"	충적층	
S3	고흥읍	등암리		127°16'39"	34°35'50"	화산암	농업용수
S2	고흥읍		송곡	127°17'56"	34°37'17"	"	식수
D34	두원면	운대리	중대	127°18'55"	34°38'27"	"	생활용수
S105	점암면	신안리	상신	127°20'24"	34°39'06"	"	생활용수
S100	점암면	사정리	내동	127°22'27"	34°39'57"	충적층	생활용수
D4	과역면	석봉리	봉촌	127°22'44"	34°42'15"	"	
S6	과역면	도천리	하송	127°21'01"	34°41'40"	화산암	
D9	남양면		노송	127°21'11"	34°42'31"	"	농업용수
S29	남양면	대곡리	하와	127°21'20"	34°43'16"	충적층	농업용수
S28	남양면		주교	127°21'33"	34°44'13"	"	농업용수
D7	남양면	침교리	화담	127°20'59"	34°45'36"	화산암	농업용수
D12	대서면		금곡	127°19'35"	34°45'55"	"	생활용수
S74	동강면	유둔리	죽산	127°20'30"	34°46'26"	"	생활용수
S72	동강면	장덕리	장동	127°21'08"	34°48'12"	"	농업용수
S75	동강면		마동	127°18'13"	34°46'45"	"	밭용수
D13	대서면		마암	127°16'23"	34°46'10"	"	
S35	대서면	남정리	월동	127°15'43"	34°46'38"	"	

(Dionex 500)를 이용하여 분석하였다. HCO_3^- 는 페놀프탈레인(Phenolphthalein)용액과 메틸레드-브롬크레졸그린(Methyl red-Brom cresol green) 혼합용액과 pH meter(TOA CM-14P)를 병용하여 적정법(titration)으로 Alkalinity를 구한 후 계산(Jackson, 1993; Snoeyink and Jenkins, 1980)에 의하여 구하였다.

고흥지역에 분포하는 지하수에 대한 물리적 인자인 pH, 산화-환원 전위(Eh), 온도, 전기전도도(electric conductivity), 총고용물질(TDS; total dissolved solids), 용존산소량(DO; dissolved oxygen), 전기비저항(ER; electric resistivity) 및 NaCl 함량을 표 4-9에 수록하였다.

양이온 중 Na, Mg, Si, Ca, K, Fe, Al, Cr, Mn, Cu, Zn, Ge, As, Se, Cd, Hg 및 Pb에 대한 이온함량은 표 4-10에 정리하였고, 음이온 중 F, Cl, NO_2^- , Br, NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 및 HCO_3^- 에 대한 이온함량은 표 4-11에 수록 정리하였다. 전라남도보건환경연구원에서 분석한 색도(color), 탁도(turbidity), 암모니아성질소($\text{NH}_3\text{-N}$), 과망간산칼륨소비량(KMnO_4 consumed), 증발잔류물(evaporation residual) 및 일반세균에 대한 자료는 표 4-12에 정리하였다.

나. 간이수질검사

고흥지역 지하수의 물리적 특성은 다음과 같다.

○ 수소이온 농도(pH)

고흥지역 지하수의 수소이온농도(pH) 범위는 최소 5.92에서 최대 8.82이며 평균값은 6.8이다. pH값이 5.92로 약산성에 해당되는 지하수 시료(시료번호 S62)는 고흥군 도화면 신기리의 농업용수이고, pH 값이 8.82로서 약알칼리에 해당되는 지하수 시료(시료번호 S87)는 두원면 영오리의 농업용수이다. 두원면 영오리 지역의 S87 시료는 부유물질이 다량 검출되며 해안에 근접해 있는 지하수다. 이 지역은 응회암이 넓게 분포하며 노두에 형석광물이 발달되어 있으며 진한 염산에 반응하는 것이 관찰된다.

○ 산화-환원전위(Eh)

고흥지역 지하수의 산화-환원전위는 최소 -104mV에서 최고 67mV이고, 평균

< 표 4-9 > 고흥지역 지하수의 물리적 특성

Sample No.	Tem. (°C)	pH	Eh (mV)	DO (mg/l)	TDS (mg/l)	EC (µs)	ER (Ω · m)	NaCl (%)	Sample No.	Tem. (°C)	pH	Eh (mV)	DO (mg/l)	TDS (mg/l)	EC (µs)	ER (Ω · m)	NaCl (%)
S57	16.9	6.17	48	2.31	127	266	35.8	0.01	S97	17	6.73	16	3.7	95	201	49.1	0.01
S58	17.5	6.52	28	4.13	165	345	27.9	0.02	S95	20.5	8.21	-70	2.35	90	189.6	51.4	0.01
D14	16.9	6.54	26	1.81	75	158.4	59.8	0.01	D45	17.5	8.63	-93	1.44	164	344	28.4	0.02
S17	17.1	6.92	0	1.3	179	38	22.6	0.02	D47	17.6	6.94	4	4.83	45	94.7	105.4	0
S18	17.2	6.51	29	1.22	136	287	31.9	0.01	D44	20.6	7.76	-43	2	311	647	14.9	0.03
D6	17.3	6.87	8	4.08	60	125.7	65.7	0.01	D54	18.9	6.78	13	3.25	132	277	35.5	0.01
S22	17.3	6.6	24	4.3	76	160.3	57.4	0.01	D53	16.8	6.24	45	3.85	113	237	41.6	0.01
D16	17.6	6.04	56	3.46	145	305	28.1	0.02	D52	17.5	6.16	47	4.73	60	25.5	49	0.01
S47	17.5	6.09	53	2.5	255	533	16.7	0.03	S116	17.8	7.2	-11	2.9	112	235	41.1	0.01
S49	18	6.42	35	4.46	162	340	25.9	0.02	D29	16.7	6.54	27	3.14	328	683	14.14	0.03
S50	18.9	6.43	34	4.5	218	456	17.63	0.03	S87	17.2	8.82	-104	0.91	162	340	28.5	0.02
S48	17.8	8.18	67	1.56	81	170.5	51.8	0.01	S3	17	6.2	46	3.81	98	206	21.1	0.01
D58	17.5	6.18	47	3.3	178	373	25.4	0.02	S2	18.2	7.11	-6	2.05	105	222	44.2	0.01
S128	17	8.64	-90	0.91	1720	3410	2.84	0.18	D34	17.8	7.51	-29	2.8	109	230	42.7	0.01
D59	17.9	7.88	-50	3.93	97	204	48.5	0.01	S105	17	6.85	9	1.6	76	160.8	61.9	0.01
S124	17.7	7.02	0	4.28	96	202	49.2	0.01	S100	17.3	6.23	44	2.89	254	531	54.1	0.03
D21	17.6	6.98	1	3.71	50	106.2	93.9	0	D4	16.5	6.13	50	3.61	112	235	41.3	0.01
D18	18.3	6.48	30	3.9	68	144.1	68.3	0.01	S6	18.1	6.49	4	2.96	149	317	29.6	0.01
S61	20.4	6.86	9	3.79	80	168.5	58.7	0.01	D9	16.1	6.64	20	3.11	135	284	33.8	0.01
D27	18.1	6.67	20	2.2	210	459	22.3	0.02	S29	16.6	6.42	33	3.43	173	364	26.9	0.02
D37	19.2	6.58	24	4.25	142	298	32.4	0.01	S28	15.6	6.33	38	4.47	71	149	65.1	0.01
D38	17.5	6.61	22	2.3	113	238	40.4	0.01	D7	16.1	7.29	-16	2.95	105	228	43.4	0.01
D26	21	7.19	-10	3.95	71	150.8	65.3	0.01	D12	17.4	6.7	18	6.8	70	148	66.8	0.01
S62	23.4	5.92	64	3.6	48	100.9	99.1	0	S74	16.6	6.71	17	2.19	499	1031	9.52	0.05
S1	20.7	7.75	-43	3.4	79	167.3	60.2	0.01	S72	16	6.52	17	2.93	95	200	49.5	0.01
S115	17.9	7.76	-43	2.9	102	214	45.8	0.01	S75	16.5	6.61	23	4.56	97	205	48.5	0.01
S102	18.3	8.13	-65	1.55	84	176.8	55.9	0.01	D13	15.1	6.09	52	5.44	70	148.6	66.2	0.01
									S35	15.8	6.01	55	126	134	280	35	0.01

DO : Dissolved oxygen. EC : Electric conductivity. TDS : Total dissolved solids ER : Electric resistivity

< 표 4-10 > 고흥지역 지하수의 양이온 함량

Sample No.	Na (ppm)	Mg (ppm)	Si (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Fe (ppb)	Al (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Ge (ppb)	As (ppb)	Se (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
S57	21.8	4.82	11	24	17.2	982	0.92	<0.1	276	8.35	199	<0.1	<0.5	0.17	<0.1	<0.1	<0.1
S58	27.4	6.35	8.8	27.5	2.82	340	3.11	<0.1	22.2	3.36	15.5	<0.1	8.466	1.94	<0.1	<0.1	1.53
D14	10.9	3.78	12.2	13.8	14.1	88.3	1.28	0.86	14	5.6	3325	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	1.12
S17	33.5	12	13.4	30.9	3.8	5671	0.8	<0.1	170	3.09	20.5	0.35	1.66	0.72	<0.1	<0.1	0.15
S18	18.7	6.22	13.7	25.8	0.81	91.2	0.76	3.28	42.3	2.77	251	<0.1	<0.5	0.22	<0.1	<0.1	0.19
D6	27.5	1.38	11.1	49.3	0.39	78.8	4.56	1.06	146	1.86	47	0.26	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	1.18
S22	16.6	3.03	12.8	11	1.66	13.8	1.44	1.18	2.01	7.14	91.2	<0.1	1.02	<0.1	<0.1	<0.1	0.86
D16	26.2	5.57	12.2	20.9	2.43	16.2	1.56	0.64	1.11	2.66	8.86	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.43
S47	55.5	16.6	14.8	18	3.27	11.3	1.78	2.72	2.02	1.75	12.4	<0.1	0.81	1.11	<0.1	<0.1	0.51
S49	23.1	5.87	8.9	28.5	3.3	418	3.04	066	8.83	2.05	482	<0.1	<0.5	0.2	<0.1	<0.1	1.95
S50	35.6	7.07	12.1	39.7	4.13	48.7	0.76	0.86	1.49	4.98	74.7	<0.1	4.64	0.45	0.44	0.68	1.23
S48	37.6	0.14	8.27	0.28	2.11	21.1	38	1.42	2.23	0.47	0.79	<0.1	7.68	0.18	<0.1	<0.1	0.17
D58	22	9.55	12.2	29.5	2.95	59.5	0.82	1.07	5.18	0.97	841	<0.1	<0.5	0.2	<0.1	<0.1	0.21
S128	367.8	16.5	1.44	229	2.62	51.7	0.29	0.66	139	1.24	379	<0.1	7.18	18.92	<0.1	<0.1	0.35
D59	16.4	2.68	11.2	31.5	0.61	8.24	0.62	0.95	1.95	1.87	68	<0.1	2.23	0.7	<0.1	<0.1	0.27
S124	13	8.84	9.58	9.81	1.37	27.6	0.85	1.61	2.77	4.51	280	<0.1	1.62	0.24	<0.1	<0.1	0.65
D21	13.2	15.9	22.7	6.72	0.5	8.02	0.76	0.7	0.53	0.68	235	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.87
D18	16.5	3.56	13.1	7.34	1.01	14.5	6.82	1.69	1.99	1.37	464	<0.1	<0.5	0.21	<0.1	<0.1	0.32
S61	11.6	4.33	17.2	15.7	0.5	17.6	0.44	0.67	0.44	2.5	56.7	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.26
D27	31	6.06	11.4	46.8	1.47	7.88	1.02	0.98	6.31	8.44	29.3	<0.1	2.14	0.87	<0.1	<0.1	1.18
D37	25.5	3.85	16.1	23	0.79	38	3.17	0.69	3.34	1.32	259	<0.1	0.98	0.46	<0.1	<0.1	0.59
D38	18.2	3.13	13.5	35.7	0.61	9.76	0.63	0.65	96.5	4.81	39.6	<0.1	1.48	0.6	<0.1	<0.1	3.47
D26	10.8	4.44	13.5	13.2	0.79	9.31	0.55	0.36	1.03	2.14	161	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.23
S62	5.7	1.95	5.3	8.08	0.98	13.6	2.9	0.33	1.22	0.96	10.1	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
S1	14.6	2.76	14.8	15.3	0.25	6.46	0.94	0.48	0.25	0.47	26.7	<0.1	0.98	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
S115	15.2	3.31	11.1	24.5	0.64	6.93	0.8	0.53	0.81	0.48	202	<0.1	2.77	<0.1	<0.1	<0.1	0.21
S102	22.1	1.07	8.18	15	0.4	4.53	2.06	0.77	0.42	0.76	7.19	<0.1	2.13	<0.1	<0.1	<0.1	0.62

< 표 4-10 계속 >

Sample No.	Na (ppm)	Mg (ppm)	Si (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Fe (ppb)	Al (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Ge (ppb)	As (ppb)	Se (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
S97	16.4	2.59	15.3	18.8	0.68	11.6	1.18	0.48	1.23	1.76	188	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.24
S95	18	1.13	9.96	21.1	0.29	9.67	3.12	0.56	3.98	0.67	12.8	<0.1	5.43	0.49	<0.1	<0.1	0.25
D45	54.7	0.68	6.95	8.91	0.38	11.8	1.16	0.32	12.8	1.33	56.8	0.24	2.94	0.19	0.89	<0.1	0.75
D47	11.5	0.96	14.9	10.1	1.45	22.1	0.74	0.93	0.71	1.27	18.8	<0.1	1.71	<0.1	<0.1	<0.1	0.23
D44	50.8	1.05	8.87	67.6	0.87	14.5	1.62	0.32	246	0.85	17.1	<0.1	8.2	2.05	<0.1	<0.1	0.23
D54	14.8	4.81	14.1	17.5	2.97	32	0.28	0.04	21.7	3.91	2511	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.54
D53	21.9	3.47	15.2	18.4	0.95	25.3	0.77	0.29	4.55	1.89	64.6	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.19
D52	13.8	4.45	13.7	15	1.54	29.8	1.53	2.01	1.45	0.86	20	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.36
S116	14.4	4.79	11.1	27.7	0.45	8.23	1.26	0.59	0.57	2.72	12.6	<0.1	0.61	0.43	<0.1	<0.1	0.34
D29	36.1	17.4	11.9	69.8	3.98	8.27	0.71	1.28	2.66	2.09	32.4	<0.1	0.84	1.14	<0.1	<0.1	0.23
S87	65.1	1.05	5.1	7.89	0.91	52.9	31.92	01.05	36.4	1.49	3.66	<0.1	20.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.7
S3	15.7	3.94	19	17.2	1.81	17.6	2.95	0.58	3.09	1.82	184	<0.1	0.75	<0.1	<0.1	<0.1	0.23
S2	17.5	2.06	11.1	25.3	0.73	33.2	1.93	7.64	2.03	2.59	41.8	<0.1	<0.5	0.24	<0.1	<0.1	0.15
D34	29.3	1.01	8.97	19.3	0.53	11.8	1.97	0.74	0.51	0.38	3.48	<0.1	0.58	<0.1	<0.1	<0.1	0.16
S105	17.4	0.87	12.7	16.1	0.55	13.4	5.3	0.53	13.6	0.62	32.6	<0.1	0.95	<0.1	<0.1	<0.1	0.23
S100	21.9	3.47	15.2	18.4	3.52	25.3	0.4	0.25	1.71	6.68	101	<0.1	<0.5	0.16	<0.1	<0.1	0.39
D4	13.8	5.74	20.4	24.2	1.54	6.11	1.12	1.4	0.49	1	48.4	<0.1	0.62	0.19	<0.1	<0.1	0.22
S6	15.6	13.2	11.7	32.2	0.126	27.3	3.27	1.55	0.91	0.61	3.76	<0.1	0.74	0.73	<0.1	<0.1	0.16
D9	14.8	7.32	14.4	31.8	0.69	23.6	0.4	0.21	13.23	1.59	951	<0.1	<0.5	0.38	<0.1	<0.1	0.16
S29	13.1	11.8	16.3	45.7	0.78	34.4	1.28	3.8	0.7	0.58	20.5	<0.1	0.69	<0.1	<0.1	<0.1	0.25
S28	11.5	2.4	14.6	12.6	1.97	18.6	1.45	0.37	2.09	3.67	101	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.51
D7	9.92	6.37	12.5	27.4	0.61	41.3	10.1	1.1	6.81	0.81	167	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.35
D12	9.8	3.33	11.9	12.6	1.53	28.2	1.01	0.43	1.93	3.33	12.2	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.42
S74	182	4.57	18.2	2.26	11.87	16.5	1.13	1.45	0.78	0.99	29.5	<0.1	1.14	1.67	<0.1	<0.1	0.17
S72	12.6	4.15	12.8	21.7	1.45	26.6	0.24	0.39	0.87	1.62	118	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.17
S75	13.3	5.8	14.4	18.7	1.08	10.1	0.4	0.31	0.71	0.38	19.9	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
D13	15	2.18	11.5	11.6	1.45	6.87	0.48	0.87	0.45	1.27	4.32	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.17
S35	21.9	6.43	11.6	23.4	1.68	39.2	0.34	0.4	1.1	0.86	4.34	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

< 표 4-11 > 고흥지역의 지하수 음이온 함량(unit in pm)

Sample No.	F	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	PO ₄	SO ₄	HCO ₃	Sample No.	F	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	PO ₄	SO ₄	HCO ₃
S57	0.22	32.96	nd	nd	5.96	nd	41.46	48.81	S95	2.35	8.88	nd	nd	2.66	nd	13.99	63.46
S58	0.18	52.17	1.11	nd	73.55	nd	19.7	17.13	D45	1.89	5.19	nd	nd	nd	nd	34.92	73.22
D14	0.05	12.66	nd	nd	10.6	nd	6.1	47.59	D47	nd	9.68	nd	nd	3.46	nd	2.63	25.63
S17	0.01	65.48	nd	nd	0.61	nd	11.73	109.83	D44	0.03	241.02	nd	0.6	nd	nd	6.43	58.58
S18		46.86	nd	nd	62.34	nd	5.94	34.17	D54	nd	24.85	nd	nd	85.68	nd	0.6	20.75
D6	3.81	18.8	nd	nd	nd	nd	89.85	78.1	D53	0.07	37.25	nd	nd	36.16	nd	9.14	34.17
S22		26.23	nd	nd	33.52	nd	1.94	21.97	D52	nd	28.73	nd	nd	64.46	nd	1.2	15.86
D16		37.8	nd	nd	118.61	nd	2.24	15.86	S116	0.43	12.34	nd	nd	15.09	nd	11.55	80.54
S47	0.01	160.99	nd	nd	54.99	nd	9.65	41.49	D29	nd	95.45	nd	nd	160.67	nd	21.6	100.07
S49	0.04	39.13	nd	nd	156.72	nd	3.38	14.64	S87	7.92	10.57	nd	nd	nd	nd	16.44	125.7
S50	0.05	110.95	nd	nd	91.52	nd	7.28	36.61	S3	0.04	19.77	nd	nd	46.02	nd	7.84	32.95
S48	0.19	17.96	nd	nd	3.03	nd	8.75	48.81	S2	nd	22.74	nd	nd	14.58	nd	6.47	65.9
D58		74.81	nd	nd	106.05	nd	3.17	21.97	D34	2.83	17.84	nd	nd	6.81	nd	11	58.58
S128	2.3	1638.9	nd	4.7	nd	nd	25.55	34.17	S105	0.22	6.6	nd	nd	0.84	nd	9.87	61.02
D59	0.08	23.65	nd	nd	2.1	nd	8.03	85.42	S100	0.04	94.02	nd	nd	138.46	nd	16.28	51.26
S124	0.02	48.71	nd	nd	7.54	nd	5.06	29.29	D4	0.02	32.2	nd	nd	15.12	nd	4.98	62.24
D21	0.01	9.22	nd	nd	0.21	nd	0.74	40.27	S6	0.01	28.58	nd	nd	6.01	nd	18.54	112.27
D18		25.62	nd	nd	8.44	nd	6.14	25.62	D9	0.04	32.42	nd	nd	23.4	nd	5.73	79.32
S61	0.02	13.39	nd	nd	18.22	nd	2.84	48.81	S29	0.03	28.42	nd	nd	6.5	nd	14.59	130.58
D27	0.32	79.12	nd	nd	40	nd	18.85	65.9	S28	0.18	11.1	nd	nd	20.24	nd	6.93	30.51
D37	0.05	50.82	nd	nd	56.3	nd	7.81	32.94	D7	0.05	11.79	nd	nd	10.83	nd	5.94	61.02
D38	0.14	35.94	nd	nd	0.22	nd	17.75	80.54	D12	nd	14.76	nd	nd	28.16	nd	2.17	28.07
D26		13.88	nd	nd	4.01	nd	2.74	50.03	S74	0.48	286.52	nd	0.45	88.9	nd	42.68	118.37
S62		8.01	nd	nd	16.08	nd	4.85	15.86	S72	nd	20.18	nd	nd	30.56	nd	2.01	51.26
S1	0.66	6.73	nd	nd	nd	nd	7.96	62.24	S75	0.02	24.96	nd	nd	29.69	nd	1.15	48.81
S115	0.33	17.47	nd	nd	5.63	nd	6.68	72	D13	nd	15.47	nd	nd	12.37	nd	2.44	52.48
S102	0.38	6.53	nd	nd	9.04	nd	5.15	65.9	S35	nd	42.42	nd	nd	25.29	nd	14.45	53.7
S97	0.17	28.07	nd	nd	17.01	nd	2.99	48.81									

nd : not determined.

< 표 4-12 > 고흥지역 지하수의 일반적인 특성

Sample No.	color	turbidty	NH3-N (mg/l)	KMnO4 (mg/l)	E.R. (mg/l)	toluene (mg/l)	bacteria (cfu/l)	Sample No.	color	turbidty	NH3-N (mg/l)	KMnO4 (mg/l)	E.R. (mg/l)	toluene (mg/l)	bacteria (cfu/l)
S57	300	200	0.35	1.2	101	0	35	S97	0	0	0	0.6	171	0	0
S58	0	0	0	0.9	160	0	87	S95	0	0	0	0.3	121	0	0
D14	10	20	0	0.3	58	0	86	D45	0	0	0	0.6	347	0	0
S17	30	50	0.15	0.6	185	0	10	D47	0	0	0	0.6	116	0	0
S18	20	30	0	1.5	285	0	0	D44	0	0	0	0.9	176	0	10
D6	0	0	0	0.3	125	0	1300	D54	0	0	0	0.9	176	0	7
S22	0	0	0	0.6	70	0	10	D53	0	0	0	0.9	231	0	0
D16	0	0	0	0.9	186	0	0	D52	0	0	0	1.2	218	0	0
S47	0	0	0	0.9	272	0	42	S116	0	0	0	0.6	248	0	0
S49	0	0	0	1.8	261	0	230	D29	0	0	0	1.5	550	0	36
S50	0	0	0	0.6	279	0	0	S87	20	100	0	0.9	309	0	86
S48	0	0	0	0.3	21	0	64	S3	0	0	0	0.9	178	0	1800
D58	20	30	0	0.6	305	0	10	S2							
S128	0	0	0	1.8	1081	0	86	D34	0	0	0	0.6	142	0.01	0
D59	0	0	0	0.6	151	0.012	78	S105	0	0	0	0.3	76	0.003	72
S124	0	0	0	0.6	180	0	5	S100	0	0	0	1.2	373	0.011	65
D21	0	0	0	0.3	124	0	28	D4	0	0	0	0.6	177	0	0
D18	0	0	0	0.6	120	0	280	S6							
S61	0	0	0	0.3	138	0	52	D9	0	0	0	0.9	194	0	1200
D27	0	0	0	0.9	293	0	5	S29	0	0	0	0.6	58	0	6
D37	0	0	0	0.9	296	0	0	S28	0	0	0	0.3	97	0	93
D38	0	0	0	0.3	190	0	10	D7	0	0	0	0.6	163	0	760
D26	0	0	0	0.3	168	0	95	D12	0	0	0	0.6	93	0	0
S62	0	0	0	0.6	114	0	1600	S74	0	0	0	1.2	604	0.016	58
S1	0	0	0	0.3	119	0	10	S72	0	0	0	0.9	152	0	62
S115	0	0	0	0.3	150	0	0	S75							
S102	0	0	0	0.3	109	0	0	D13							
								S35	0	0	0	0.6	169	0.001	0

E.R. : Evaporation residual.

값은 9.64mV이다. Eh값(-104mV)이 최소인 지역은 두원면 영오리 지역의 지하수(시료번호 S87)로서 응회암이 넓게 분포된 지역이다. Eh값(67mV)이 최대인 곳은 도덕면 용덕리의 농업용수(시료번호 S48)이다. 시료번호 S48은 해안에서 약 100m정도 떨어진 곳에 위치하는 지하수로서 노란색 부유물질이 다량 발견되며 0.45 μ m membrane filter로 filtering이 어려웠다. 이 지역은 유문암질 암석이 분포하며, 유문암 파쇄대에 Calcite 결정이 발달된 것이 관찰된다.

○ 온 도

고흥지역의 지하수 수온은 최소 15.1 $^{\circ}$ C에서 최대 23.4 $^{\circ}$ C이며, 평균 17.4 $^{\circ}$ C이다. 수온이 최대값으로 나타나는 지하수는 도화면 신기리(시료번호 S62)이며, 최소값을 보여주는 지하수 시료는 대서면 마암리(시료번호 D13) 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 용액중의 이온의 세기를 신속하게 평가할 수 있다(Hem, 1985).

고흥지역 지하수의 전기전도도는 최소 25.5 μ s/cm에서 최대 3410 μ s/cm으로 나타나며, 평균은 323.83 μ s/cm이다. 전기전도도가 최소인 지점(시료번호 D52)의 지하수는 포두면 우산리 포도밭 과수용 지하수이다. 전기전도도가 최대값을 보이는 지하수(시료번호 S128)는 풍암면 안동리의 농업용수이다. 시료번호 S128은 간척지 지하수로서 시추심도가 100m이다. 물맛이 뽕떠름하여 해수가 침입한 것으로 사료되는 지하수다.

○ 총용존고형물(TDS, total dissolved solids)

고흥지역 지하수의 총용존고형물 함량은 최소 45mg/l에서 최대 1720mg/l이며, 평균값은 159.65mg/l이다. 총용존고형물의 함량이 최소로 나타나는 지하수(시료번호 D47)는 영남면 삼일리이고, 총용존고형물 함량이 최대치를 보이는 지하수(시료번호 S128)는 풍양면 안동리 농업용수이다. 시료번호 S128은 간척지 지하수로 전기전도도가 최대값을 보이는 지하수이다. 이 지하수는 해수가 침입하여 전기전도도와 총용존고형물의 함량도 높게 나타나는 것으로 사료된다.

○ 용존산소량(DO)

대기중에 약 21%가 산소로 되어 있으며, 산소의 용해도는 1기압 0℃에서 14.6mg/ℓ 고흥지역 지하수의 용존 산소량은 최소 0.91mg/ℓ에서 126mg/ℓ이며, 평균 5.42mg/ℓ 이고, 35℃에서 7mg/ℓ로 녹는다. 용존 산소량은 수질을 평가하는 하나의 지표로서 물 속에 녹아 있는 유리산소량(O₂)을 의미한다. 그러므로 용액 속의 용존 산소량은 수중의 생물학적 화학반응을 추정하는데 유용하게 이용된다. 용존 산소량은 토양층의 비포화대를 통하여 지하수로 유입되므로 천부지하수는 용존 산소량이 높고, 심부 지하수로 갈수록 그 함량이 적어진다(Appleyard, 1995). 고흥지역 지하수의 용존 산소량은 최소 0.91mg/ℓ에서 126mg/ℓ이며, 평균 5.42mg/ℓ이다. 용존 산소량이 최소치를 보이는 지하수(시료번호 S128)는 풍양면 안동리 농업용수이다. 용존 산소량이 최대치를 보이는 지하수(시료번호 S35)는 대서면 월동리이다.

○ 전기비저항(ER)

전기비저항은 전기전도도의 역수이므로 용액속의 이온의 농도가 높을수록 전기전도도는 증가하고, 전기비저항은 감소한다(한정상, 1998). 고흥지역 지하수의 전기비저항은 최소 2.84Ωm에서 최대 105.4Ωm이며, 평균은 43.78Ωm이다. 전기비저항값이 최소치를 보이는 지하수(시료번호 S128)는 풍양면 안동리의 농업용수이고, 최대치를 보이는 지하수는 영남면 삼일리지역 S45 시료이다.

○ NaCl 함량(%)

고흥지역 지하수에 대한 NaCl 함량은 최소 0.01%에서 최대 0.18%이며, 평균 0.017%이다. NaCl 함량이 최대치로 나타나는 지하수(시료번호 S128)는 풍양면 안동리 농업용수로서 간척지의 지하수이다. 시료번호 S128의 지하수는 전기전도도, 총고용물질 및 NaCl 함량이 최대값으로 나타나며, 용존 산소량, 전기비저항값이 최소치를 보이는 지하수이다.

○ 색도(color)

고흥지역 지하수에서 색도가 무색으로 나타나는 지하수가 대부분이나 최대

300을 보이는 지하수가 분포한다. 51개 지하수에 대하여 색도가 5 이상으로 나타나는 지하수는 6개이다. 이 지역에서 색도가 최대치인 300을 보이는 지하수(시료번호 S57)는 도양읍 용정리에 위치하며 양수시간 30분이 경과하여도 주황색의 부유물질이 다량으로 관찰되며 풍화토가 매우 깊은 지역의 지하수이다. 색도가 5 이상으로 나타나는 지하수 시료는 도양읍 관리 마을의 D14번 시료(색도 10), 금산면 금진 마을의 농업용수인 S17번 시료(색도 30), 금산면 홍민리 마을의 생활용수인 S18 시료(색도 20), 풍양면 가옥리 마을의 농업용수인 D58 시료(색도 20) 및 두원면 영오리 마을의 지하수인 S87 시료(색도 20)이다. 색도가 5 이상으로 나타나는 지하수는 공통적으로 노란색 내지 황갈색의 부유물질이 관찰된다. 색도에 영향을 주는 인자로는 Fe 이온과 Mn 이온이 가장 크게 작용하고 부식토, 프랭크톤 및 산업폐기물 영향이 크다(Jackson, 1993).

○ 탁도(turbidity)

고흥지역 지하수에서 탁도가 최대 200을 보이는 지하수가 관찰된다. 대체로 고흥지역 지하수의 탁도는 적함으로 나타나지만, 2 이상으로 탁도를 보이는 지하수는 51개 중 6개의 지하수가 기준치를 초과하고 있다. 탁도가 최대 200의 수치를 보이는 곳(시료번호 S49)은 도양읍 용정리 마을의 지하수이다. 도양읍 관리 마을의 지하수(시료번호 D14)는 탁도가 20으로 나타나고, 금산면 홍민 마을의 생활용수(시료번호 S18)와 풍양면 가옥리 마을의 농업용수(시료번호 D58)는 탁도가 30을 나타내고, 금산면 금진 마을의 농업용수(시료번호 S17)는 탁도가 50을 그리고 두원면 영오리 마을의 지하수는 탁도가 100을 보이고 있다. 탁도가 2 이상을 보이는 지하수는 부유물질이 다량으로 관찰되는 지하수이다.

○ 암모니아성 질소(NH₃-N)

고흥지역 지하수에서 암모니아성질소는 대체로 검출되지 않으나, 시료번호 S57인 도양읍 용정리 마을의 지하수에서는 0.35mg/l 이 검출되고, 금산면 금진 마을의 농업용수(시료번호 S17)에서는 0.15 mg/l 으로 검출된다. 비록 고흥지역의 지하수에서 암모니아성 질소가 먹는물 기준치 0.5mg/l 이하로 검출되어 나타나지만 세심한 지하수 관리가 요망된다. 암모니아성질소는 용해도가 매우 큰 기체이며 암모니아 자체는 위생상 무해한 기체이나 생물체 또는 분뇨의 분해산물로 나

타나므로 수질에서 오염지표가 된다. 질산염은 암모니아성 질소와 질산성 질소로 구분된다. 암모니아성 질소는 주로 과거 농경지에서 그 함량이 높게 나타나며 질산성 질소는 가축의 분뇨등 인위적인 오염에 의하여 함량이 높게 나타난다(과학기술처, 1997).

○ 과망간산칼륨소비량(KMnO₄ consumed)

과망간산칼륨 소비량은 지하수 중에 함유되어 있는 유기물의 함량을 평가하는 오염지수이다. 고흥지역 지하수중에서 검출되는 과망간산칼륨 소비량은 최대 1.8mg/ℓ가 검출되고, 평균 0.73 mg/ℓ이다. 도덕면 내봉 마을의 지하수(시료번호 S49)와 풍양면 안동 마을의 지하수(시료번호 S128)는 과망간산칼륨 소비량이 1.8mg/ℓ로 검출된다. 과망간산칼륨 소비량이 비교적 높은 지하수는 부유물질이 관찰되는 지하수이다.

○ 증발잔류물(evaporation residual)

증발잔류물은 103℃~105℃ 혹은 180℃에서 물을 증발시킬 때 증발접시에 남아있는 잔류량을 증발잔류물이라 한다. 그러므로 물을 증발시킨 후 증발접시에 남아있는 잔류물은 부유물질과 콜로이드 상태의 물질 그리고 용존물질의 합으로 나타낸다. 용액속에 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). 고흥지역 지하수에서 검출되는 증발잔류물의 범위는 최소 21mg/ℓ에서 최대 1081mg/ℓ로 나타나며, 평균은 209.4mg/ℓ이다. 증발잔류물이 최대값인 1081mg/ℓ을 보이는 지하수는 풍양면 안동 마을의 농업용수(시료번호 S128)이다. 두원면 용반리 금성마을의 상수원의 지하수에서는 550mg/ℓ가 검출되어 상수원의 이용에 문제가 있는 것으로 판단된다.

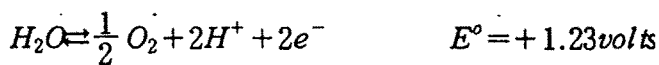
○ 일반세균(total colonies)

고흥지역 지하수중에는 일반세균이 최대 1800CFU/ml가 검출되며 평균은 164.27CFU/ml이다. 고흥읍 등암리 지역의 지하수(시료번호 S3)가 일반세균이 최대값으로 검출되며, 도화면 신기리의 농업용수(시료번호 S62)에서 일반세균이 1600CFU/ml, 금산면 금장마을의 생활용수(시료번호 D6)에서 1300CFU/ml가, 남양면 노송마을의 농업용수(시료번호 D9)에서 1200CFU/ml가 검출된다.

○ pH-Eh 다이어그램

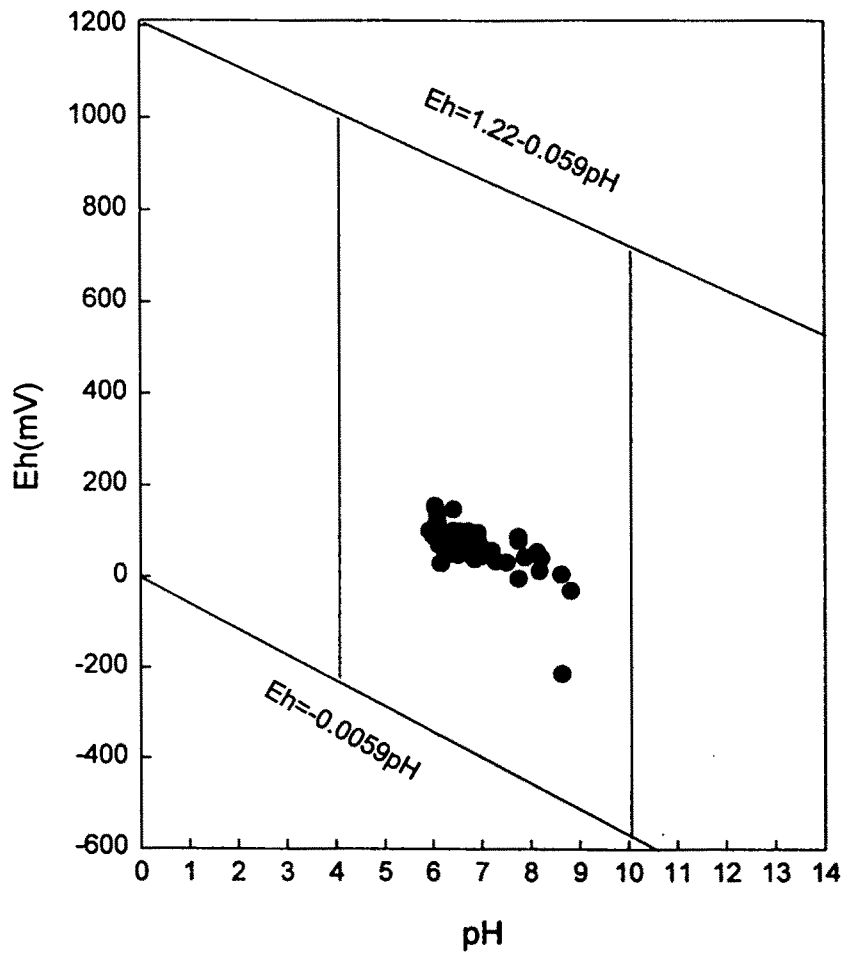
고흥지역 지하수에 대한 수소이온농도와 산화-환원전위를 pH-Eh 다이어그램에 도시한 결과(그림 4-22), 대체로 환원환경이 우세한 지하수 영역에 도시된다. 풍양면 안동 마을의 지하수(시료 S128)는 지하수 영역에서 이탈되어 도시된다. 이는 지하수 채수지역이 간척지의 지하수로서 산화-환원전위가 -214mV를 보이기 때문이다. pH-Eh 다이어그램에서 고흥지역의 지하수는 환원환경이 우세하고 약 알칼리성의 환경을 제시해주고 있다. pH와 Eh에 대한 개념은 원소들의 이동도에 관련되며 현장측정에 의해서 조사지역의 원소들의 분산(haloes)이 어떻게 지역적으로 배치되는지를 아는데 유용하게 이용될 수 있다. Garrels와 Christ(1965)가 pH-Eh 다이어그램을 이용하여 지구환경을 해석하였고, Brookins(1987)은 pH-Eh 다이어그램을 사용하여 여러가지 화학원소의 안정영역을 제시하였다. Eh는 용액에 잠긴 백금전극과 수소전극 사이에서 볼트로 측정되며, 보통 높은 Eh는 산화계를 나타내며 낮은 Eh는 환원계를 나타낸다. Eh와 pH는 Nernst식으로 나타낼 수 있다(Cloke, 1966). 물분자가 가수분해를 일으켜 산소이온과 수소이온으로 해리된다. 열역학적인 Gibbs의 자유에너지(Gibbs free energy(G))는 엔탈피(enthalpy, H)와 엔트로피(entropy, S) × 절대온도(T)의 차이이므로

$$\Delta G^{\circ}_R = \Delta H^{\circ}_R - T\Delta S^{\circ}_R$$



$$\Delta G^{\circ}_R = \sum n_i G^{\circ}_f(\text{products}) - \sum n_i G^{\circ}_f(\text{reactant})$$

$$\Delta G^{\circ}_R = [2G^{\circ}_f(H^+) + \frac{1}{2} G^{\circ}_f(O_2) + 2 G^{\circ}_f(e^-)] - [G^{\circ}_f(H_2O(l))]$$



< 그림 4-22 > 고흥지역 지하수의 Eh-pH diagram

여기서 $G^{\circ}_f(H^+) = G^{\circ}_f(O_2) = G^{\circ}_f(e^-) = 0$ 이므로,

$$\Delta G^{\circ}_R = - G^{\circ}_f(H_2O(l)) = +56.687 \text{ kJ}$$

가 된다. 여기서 ΔG°_R 는 표준상태에서의 Gibbs free energy이고, ΔG° 는 standard Gibbs free energy of formation of a compound이다. 그러므로

$$E^{\circ} = + \frac{56.687}{2 \times 23.06} = +1.23 \text{ V}$$

이다. 여기서 E° 는 표준전위이다. Nernst 식은,

$$E_h = E^{\circ} + \frac{RT}{nF} \log \frac{[\text{product}]}{[\text{reactant}]}$$

로 표현되며, 여기서 R은 기체상수, T는 Kelvin 온도, n은 반응에 참여한 전자수, F는 Faraday 상수이다.

$$E_h = 1.23 + \frac{0.05916}{2} \log([O_2]^{\frac{1}{2}}[H^+]^2)$$

$$E_h = 1.23 + \frac{0.05916}{2} \left(\frac{1}{2}\right) \log[O_2] + \frac{0.05916 \times (2)}{2} \log[H^+]$$

$$E_h = 1.23 + 0.01479 \log[O_2] - 0.05916 \text{ pH}$$

산소분압이 1기압일 때 E_h 는 다음 식과 되어 상한선이 된다.

$$E_h = 1.23 - 0.05916 \text{ pH}$$

산소분압이 $10^{-83.1}$ 기압인 경우는,

$$E_h = -0.0591 \text{ pH}$$

가 되어 하한선이 된다.

그러므로 산소의 분압이 큰 환경은 대기와 접촉하고 있는 빗물, 하천 및 대양 등이며 이러한 환경에서는 E_h 가 양의 값을 보이고, 대기와 격리된 환경 즉 산소의 분압이 $10^{-83.1}$ 기압을 나타내는 환경인 습지의 토양, 유기물이 풍부한 염수 등에서는 E_h 값이 음의 값을 나타낸다(Faure, 1991).

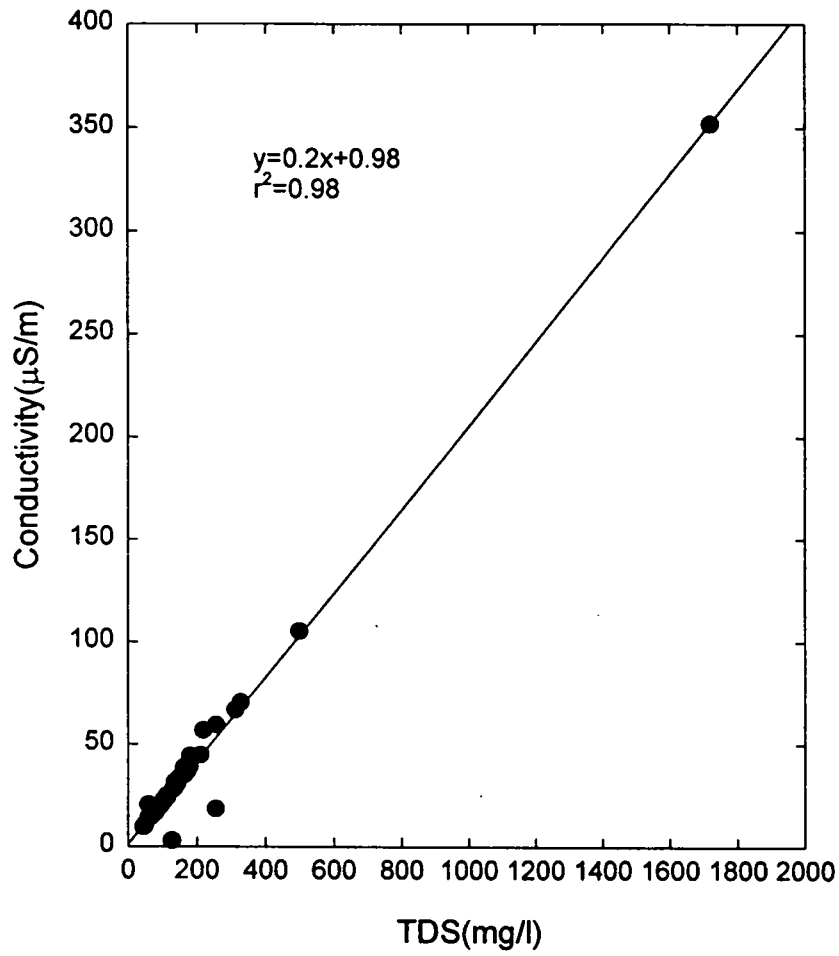
Becking 등은 pH와 산화환원 전위를 이용하여 Meteoric water, Peat bogs water, Shallow groundwater, Mine water, Fresh water, Marginal marine sediments, Sea water, Geothermal water 등으로 구분하였다. 그는 지각의 거의 모든 자연환경에서 pH와 E_h 에 대한 수치들은 두 개의 계산된 직선사이에 한정되어 나타난다고 하였다.

○ EC-TDS 다이어그램

고흥지역 지하수에 대한 전기전도도(EC)와 총고용물질(TDS)의 관계를 그림 4-23에 도시하였다. 전기전도도와 TDS 관계에서 $y=0.2x+0.98$ 의 회귀식이 얻어졌으며, 결정계수(r^2)가 0.98로 나타났다. 풍양면 안동마을의 농업용수(시료번호 S128)는 TDS가 1720mg/l 와 전기전도도가 352 μ S/cm로 이탈되어 도시된다. S128 시료는 전기비저항이 2.84 Ω /m로서, 고흥지역 지하수 중 최저치를 기록하고, 전기전도도 역시 고흥지역 지하수 중 최대값인 352 μ S/cm로 나타난다. NaCl 함량 %가 0.18%로 최대값을 보이고, Na^+ 가 367.8ppm으로 최대치를, Ca^{2+} 도 229ppm을 보여 최대값으로 나타난다. Se는 18.92ppb, Br^- 은 4.7mg/l, F^- 는 2.3mg/l 그리고 Cl^- 은 1638.87mg/l로 검출되어 고흥지역 지하수 중에서 모두 최대값을 보여준다. Frapce와 Fritz(1987)는 Na^+ 함량이 110mg/l ~1600mg/l, Ca^{2+} 가 264mg/l ~1400mg/l, Cl^- 의 함량이 97mg/l ~5250mg/l, Br^- 의 함량이 3.6mg/l ~96.8mg/l 정도로 검출되면 흑수(Brackish water)로 분류하였다. 고흥지역 지하수 중 시료번호 S128은 Frapce와 Fritz가 분류하는 흑수 범주에 Na^+ , Cl^- , Br^- 원소가 포함된다. Nordstrom과 Olsson(1987)은 화강암 속의 유체포유물(fluid inclusion)이 유리되어 심부 지하수에 Br, I 및 Cl과 같은 할로젠원소가 농축될 수 있다고 지적한 바 있다. 그는 Br/Cl의 비가 0.00347이고, I/Cl의 비가 0.000003이면 해수로 간주하였다. 그러나 화강암의 심부 지하수에서 Br/Cl의 비와 I/Cl의 비가 해수의 비율과 매우 유사하게 나올 수 있다고 하였다.

Gorrel(1953)는 TDS의 함량을 이용하여 담수(Fresh water(<1000 TDSmg/l)), 흑수(Brackish water(1,000~10,000 TDSmg/l)), 해수(Saline water(10,000~100,000 TDSmg/l)) 및 고염수(Brine water(>100,000TDSmg/l))로 구분하였다. Gorrel(1953)의 분류에 의하면, 고흥지역 지하수는 대체로 Fresh water에 해당되나 시료번호 S128은 Brackish water에 속한다. 이는 간척지의 지하수이기 때문에 염수의 침입 가능성을 시사해준다.

Hounsolow(1995)에 의하면, $\text{TDS}(\text{mg/l}) = A \times \text{conductivity}(\mu\text{mhos})$ 가 성립되며 비례상수 A값은 0.54~0.96이 되며, $\text{conductivity}(\mu\text{mhos}) = \text{sum of cations}(\text{meq/l}) \times 100$ 의 관계가 성립되어 전기전도도는 양이온의 농도에 비례한다고 제안하였다.



< 그림 4-23 > 고흥지역 지하수의 전기전도도와 TDS 관계

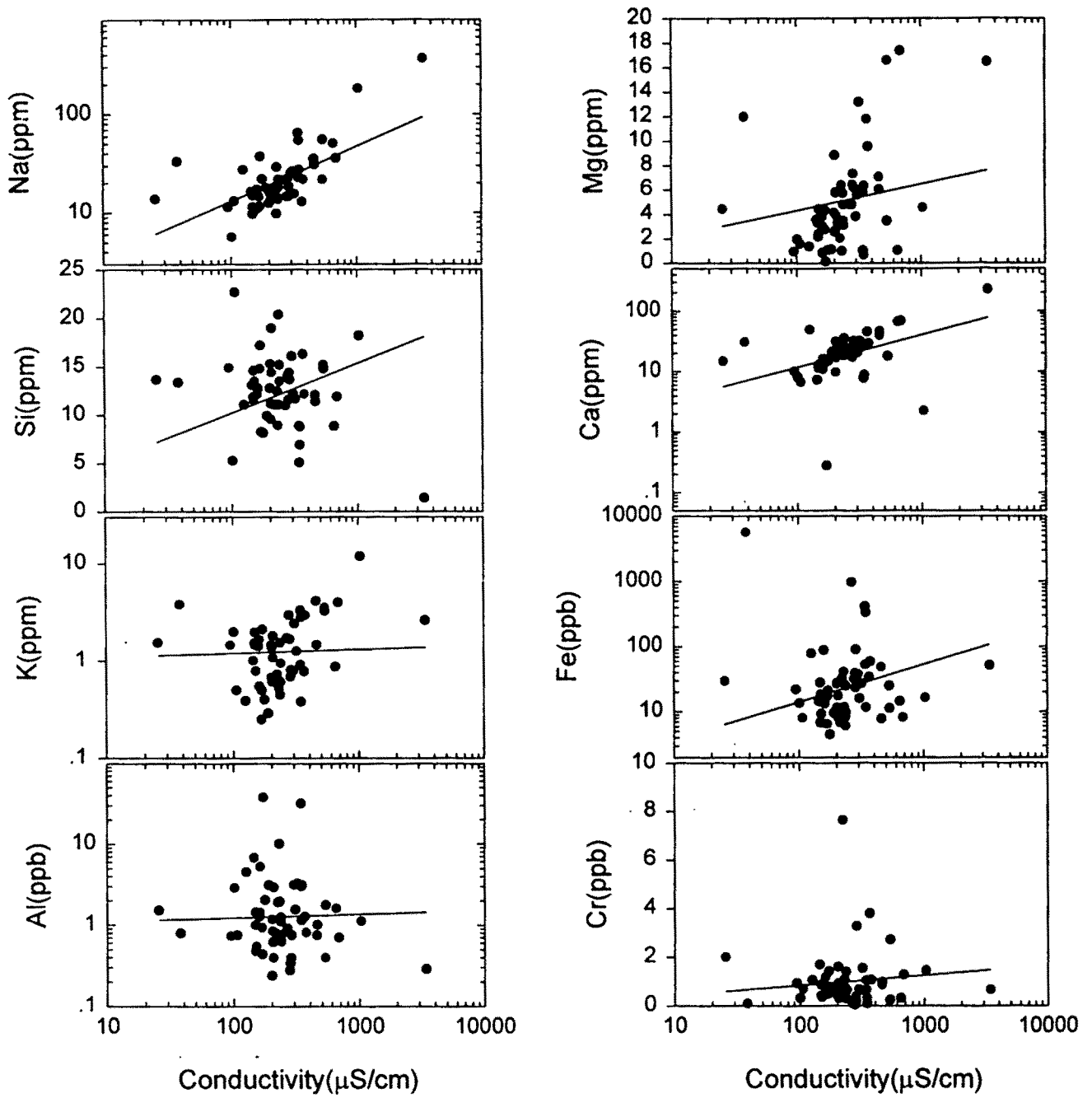
○ 전기전도도와 각 원소성분과의 관계

전기전도도는 양이온과 비례관계가 있다. 고흥지역 지하수에 대하여 전기전도도와 각 원소함량을 그림 4-24에 도시하였다. 전기전도도가 증가할수록 Na, Si, Mg, Ca, Fe, Cr, Mn, Zn, Cu, Se, Hg 등의 원소들은 증가 경향을 보이고 있다. 전기전도도와 각 원소함량 사이의 회귀선에 대한 기울기 차이는 있지만, 대체로 이들 원소들은 전기전도도와 비례관계를 나타낸다. 그러나 K와 Al원소는 기울기의 정도가 미약하나마 증가 경향을 보여주나 Ge원소는 전기전도도가 증가함에 따라 그 함량이 오히려 감소 경향을 보여준다. 그림 4-25는 전기전도도에 대한 음이온 원소인 Cl^- 와 SO_4^{2-} , 용존 산소량과 일반세균을 함께 도시하였다. Cl^- 와 SO_4^{2-} 는 전기전도도가 증가함에 따라 그 함량도 함께 증가 경향을 보여주나, 용존 산소량과 일반세균은 전기전도도가 증가하면 오히려 감소 경향을 보여 주며, 용존 산소량과 일반세균은 함께 감소 경향을 나타낸다. 물속의 용존 산소량은 대기중에 존재하는 산소의 자연적인 용해에 의하여, 조류나 수생생물의 광합성작용에 의하여 그 함량이 증가하고, 수중에 함유되어있는 불순물의 환원작용과 동식물의 호흡작용에 의하여 그리고 미생물에 의한 유기물의 분해작용에 의하여 그 함량이 감소한다(김좌관, 1995). 따라서 세균이 성장하면 용존 산소량이 감소하므로 용존 산소 소모율을 측정하면 미생물의 성장을 평가하는 척도로 이용될 수 있다(김창원과 윤태일, 1992).

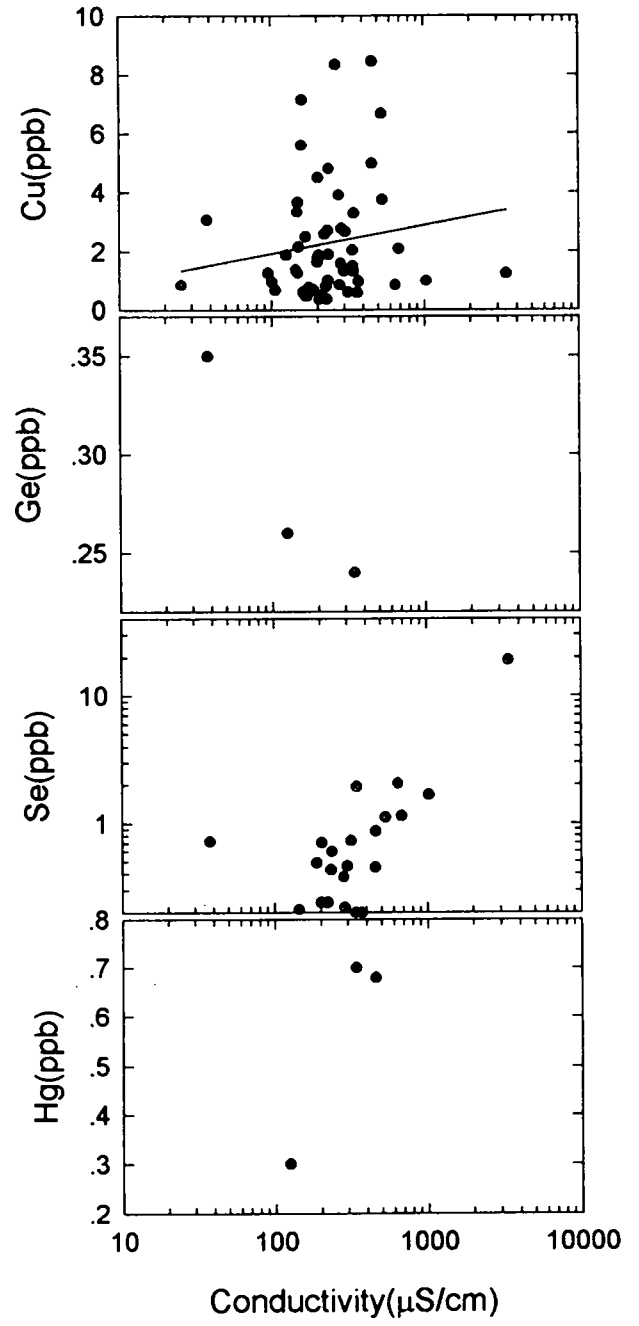
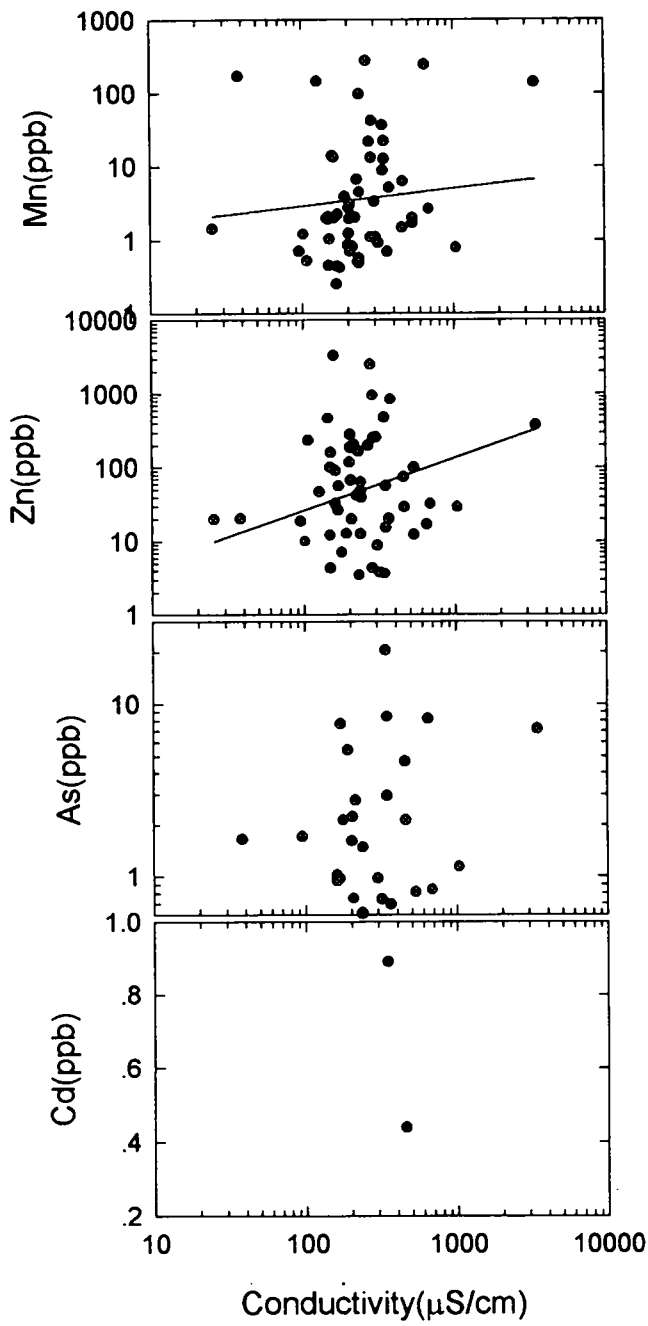
○ pH와 각 성분원소간의 관계

고흥지역 지하수에 대하여 수소이온농도와 각 성분원소 사이의 관계를 알아보기 위하여 pH와 화학원소의 함량을 함께 도시하였다(그림 4-26). 고흥지역 지하수 중 Mg, K, Fe, Si, Mn, Cr, Cu, Zn, Ge, NO_3^- 등의 성분들은 pH가 증가할수록 감소 경향을 보여준다. Ca, Al, Se, F, SO_4^{2-} , HCO_3^- 등의 성분들은 pH가 증가할수록 그 함량이 함께 증가 경향을 보여주나 Al, As, Se 및 NO_3^- 성분은 pH가 증가할수록 감소 경향을 보인다.

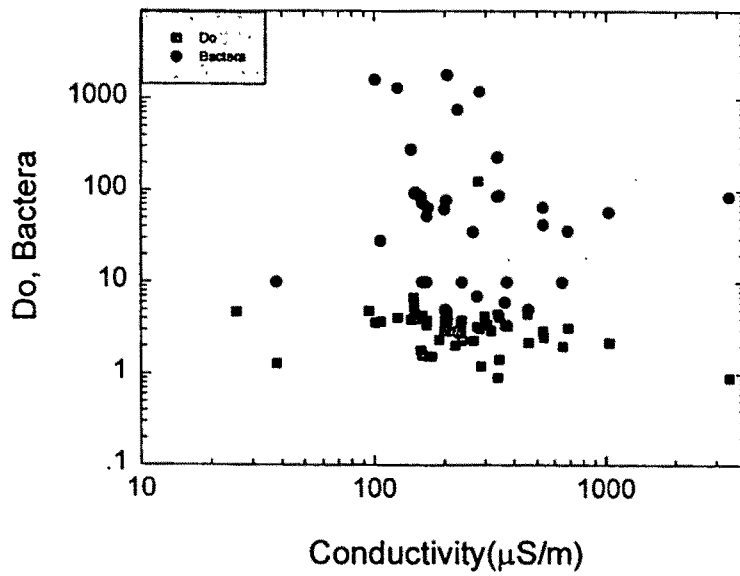
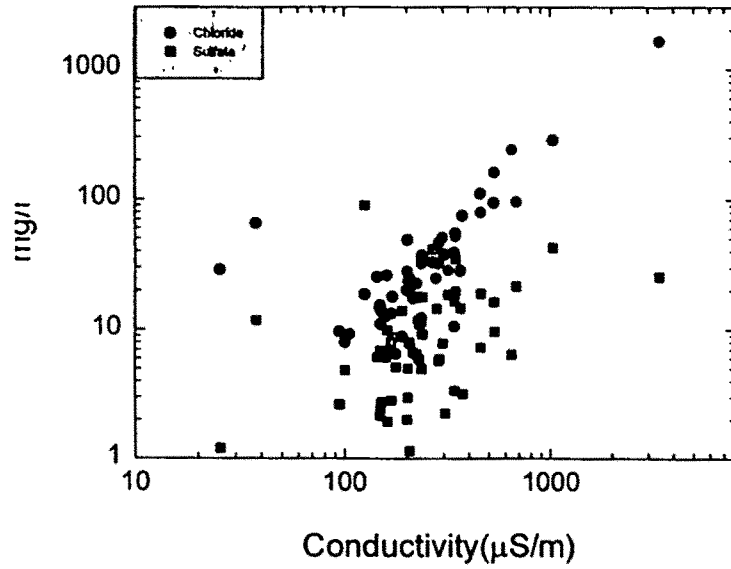
TDS는 산성환경에서 그 농도가 높은 것이 일반적인 경향이지만, 고흥지역의 지하수에서는 알칼리 환경인 pH 8 부근에서 그 함량이 높게 나타난다. 이는 시료 채취 지역이 Ca 성분이 많은 옹화암 지역이며, 형석광물이 발견되는 지역이다. F



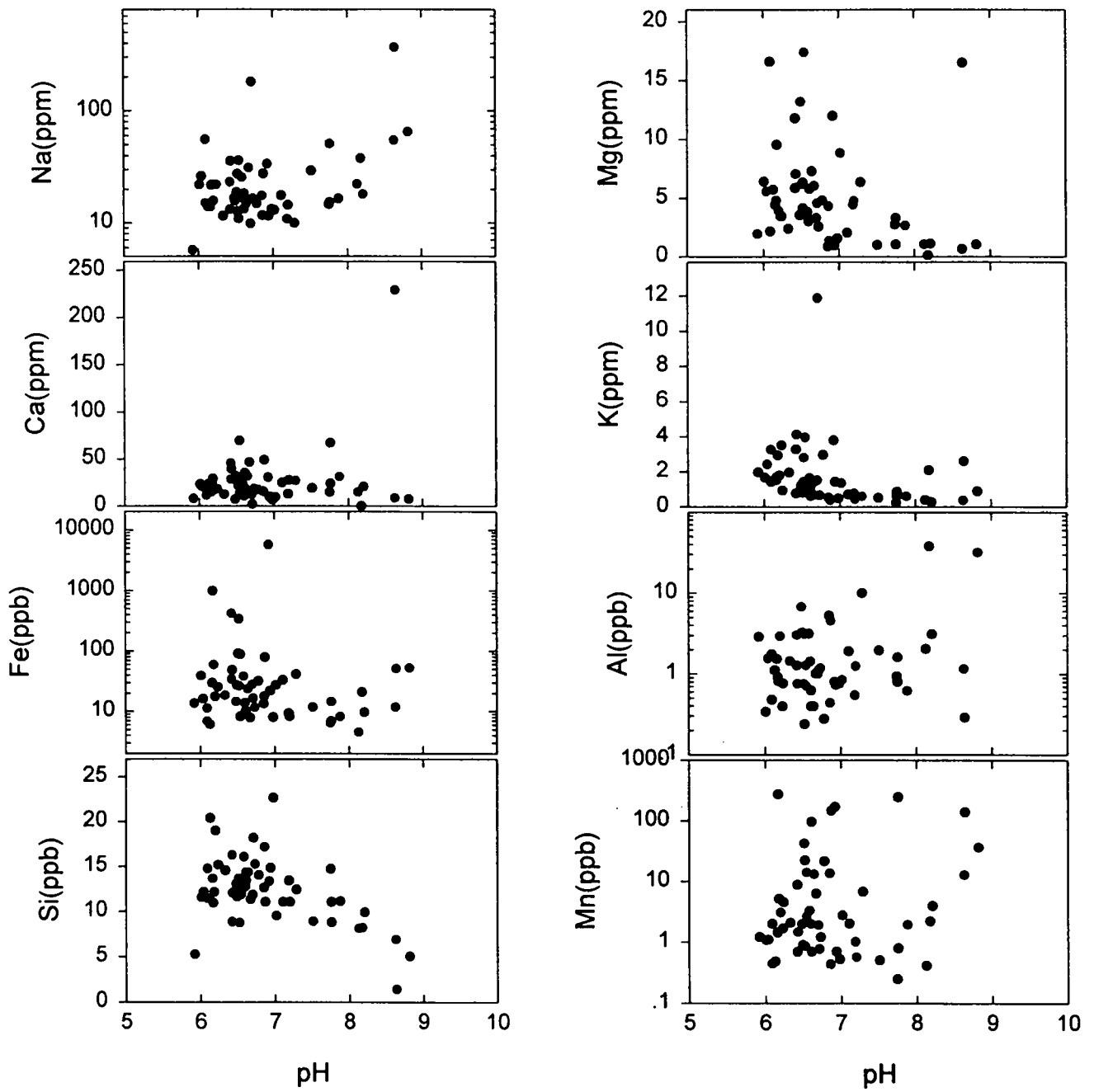
< 그림 4-24 > 고흥지역 지하수의 전기전도도와 각 원소함량과의 관계



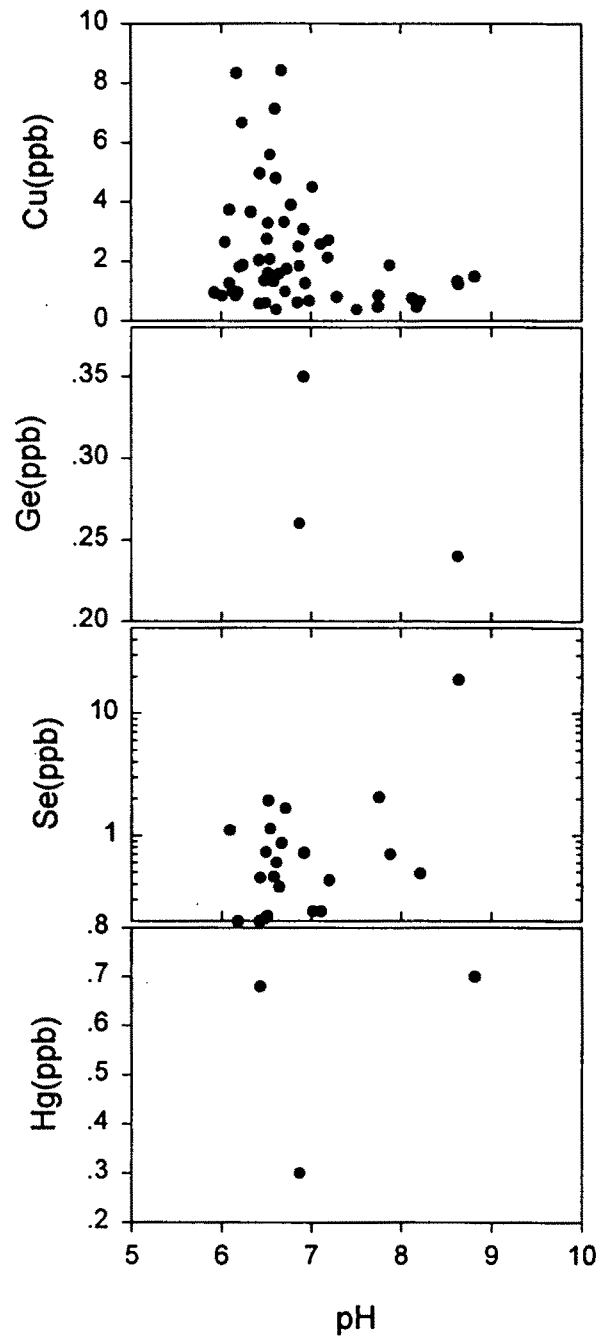
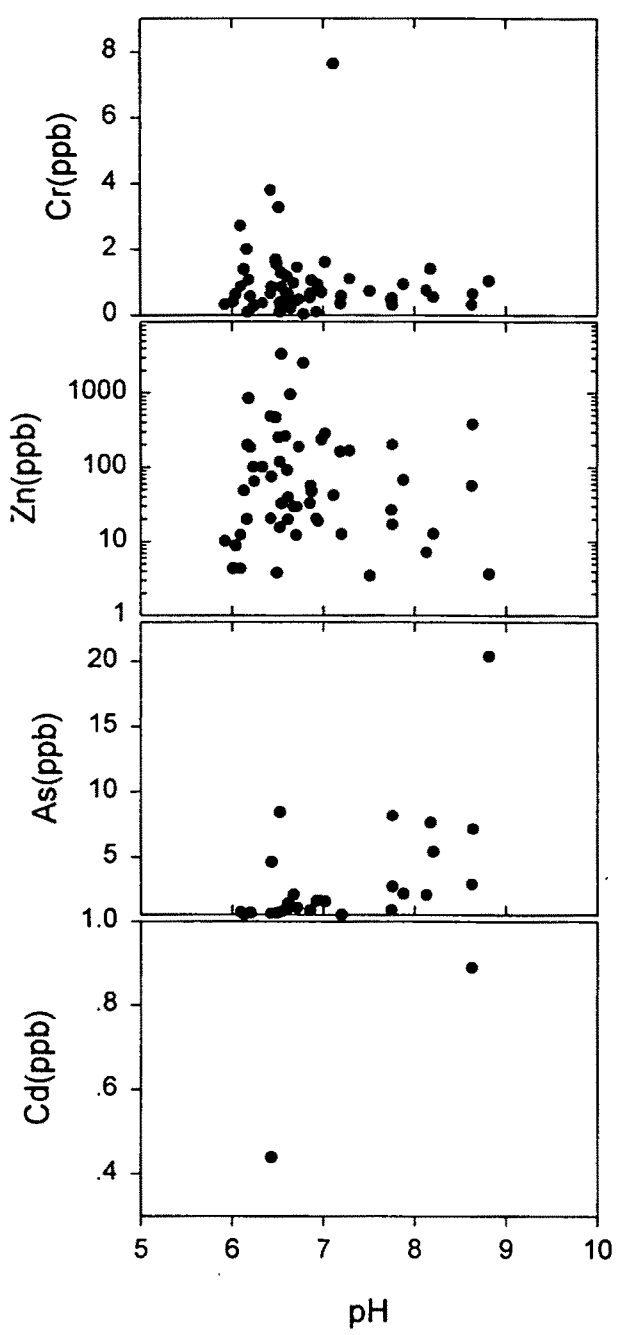
<그림 4-24> 계속



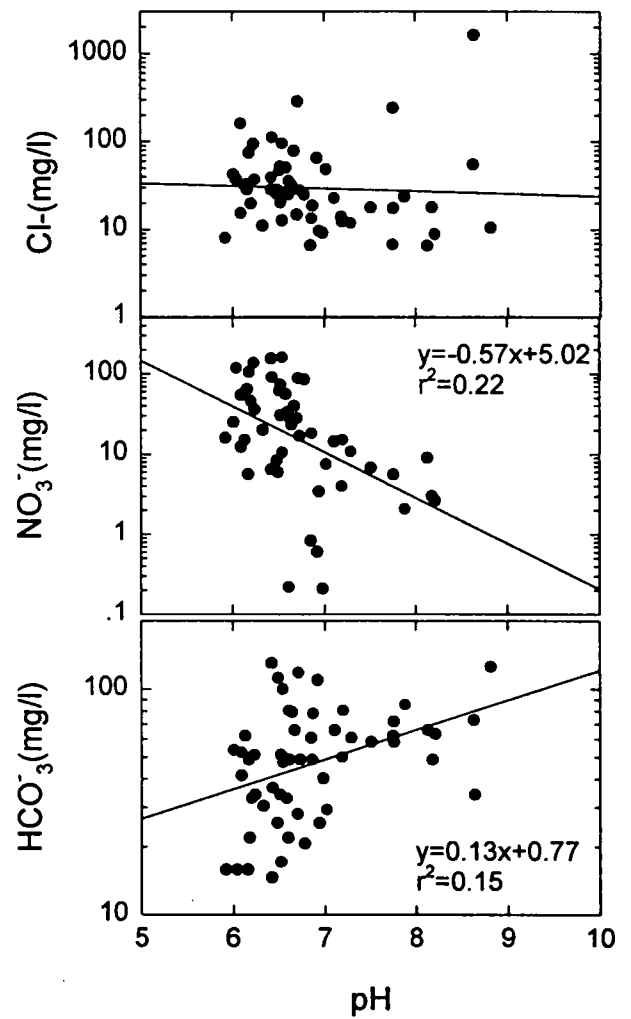
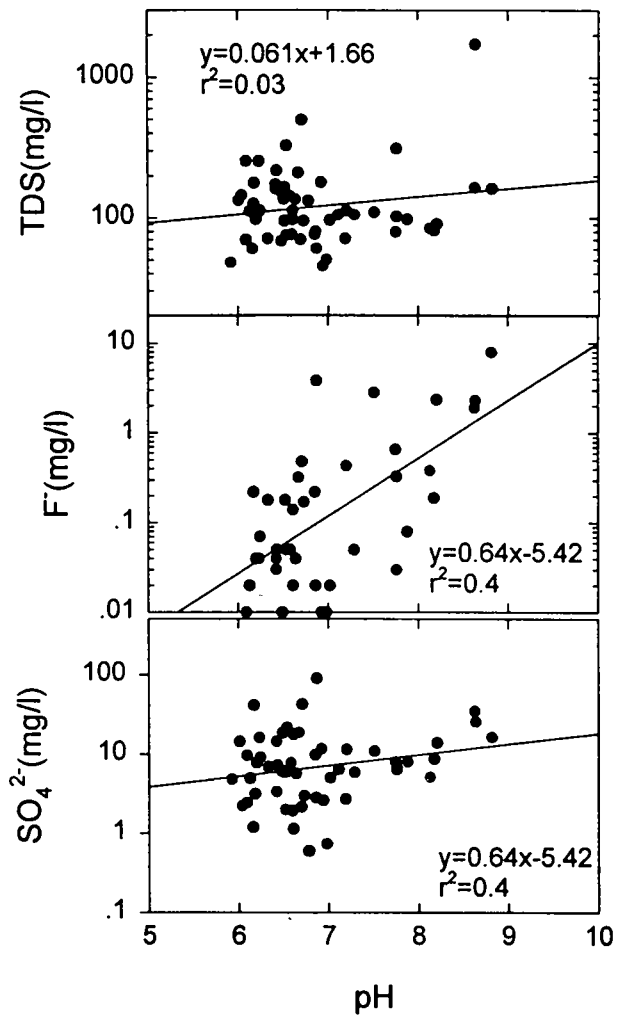
< 그림 4-25 > 고흥지역 지하수의 전기전도도와 음이온, 용존산소량 및 일반세균과의 관계



< 그림 4-26 > 고흥지역 지하수의 pH와 각 성분원소와의 관계



<그림 4-26 계속 >



<그림 4-26 계속 >

는 화강암, 편암 및 편마암 지역의 지하수에서 높은 함량을 보이는 이온으로 알려져 있다. 특히 형석광물이 발달되는 형석광상 주변의 지하수에는 F의 함량이 높게 나타나는데 이는 형석의 용해에 기인된다.

Cl은 대체로 pH 8 부근에서 상당히 높은 값이 나타나는데 이는 해수의 침입을 고려하게 된다. Nordstrom 등(1989)에 의하면, 높은 염도의 기원을 외부적 기원과 내부적 기원 그리고 이 두 유형의 혼합형으로 그 기원을 설명한 바 있다. 높은 염도의 내부적 기원은 규산염광물 특히 흑운모와 각섬석등과 같은 광물의 수화반응 및 유체포유물의 유리에 의해서 높은 염도가 부화되는 것이고, 외부기원은 과거 해수가 침입한 지역의 지하수로 설명할 수 있다.

NO₃⁻는 중성환경인 pH 6~7 사이에서 높은 함량을 보이다가 pH 7 이상의 알칼리환경에서 함량이 감소 경향을 보인다. 대체로 NO₃⁻는 자연적인 지질매체와의 반응에 의해서 농도가 증가되기 보다는 유기물의 부식에 의해서 생활하수나 축산폐기물 등의 오염에 의하여 물속에 주로 높은 함량으로 존재하게 된다. 이종운 등(1997)에 의하면, 지표수에서 NO₃⁻함량이 5.69mg/ℓ, 천부 지하수에서 5.21mg/ℓ, 중간지하수에서 1.18mg/ℓ 그리고 심부 지하수에서 0.2mg/ℓ로 검출되어 지표수에서 심부 지하수로 갈수록 그 함량이 감소되는 것으로 보고되었다. 따라서 NO₃⁻는 지표환경에서 주로 지하수로 유입되는 것으로 해석할 수 있다. 먹는물 수질기준에서 질산성질소의 검출한계는 10mg/ℓ 이하이다. 고흥지역 지하수 중에서 질산성 질소의 함량이 10mg/ℓ 을 초과하는 지하수 시료는 58%가 되어 대체로 고흥지역의 지하수는 질산성 질소에 오염되었다는 것을 알 수 있다.

Na⁺의 가장 중요한 자연환경에서의 기원은 조암광물인 사장석의 비조화용해(Incongruent)에 의해서 Na⁺함량이 증가될 수 있다. 또한 해수와 근접한 지역에서는 지하로 침투한 해수의 영향으로 혹은 해무로 비산된 염분성분이 지표로 강하하여 지표수 및 지하수에 높은 Na⁺함량이 나타날 수 있다. Berner와 Berner(1987)에 의하면, 북미대륙의 강수는 해안지역을 따라 Na⁺와 Cl⁻의 함량이 높게 나타나고, 대륙 쪽으로 갈수록 그 함량이 감소한다고 보고하였다.

고흥지역 지하수에서 Fe는 4.53ppb에서 최대 5671ppb로 나타나며, 평균치는 157.64ppb으로 검출된다. 지하수 속에 포함된 철은 생활 및 공업용수 사용에 큰 영향을 줄 수 있다. 우리나라 먹는물 수질 기준에서 철이온의 농도는 0.3mg/ℓ 로 규정하고 있으나, 이 보다 많은 양의 철분을 섭취해도 인체에 영향을 주지는 않는다

다. 철이 함유된 물은 세탁물을 얼룩지게 하거나 스크린과 파이프에 피각현상이나 공매현상을 일으킬 수 있다. 지하수속에 함유되어 있는 철분은 2가철(Fe^{2+} , ferrous)과 3가철(Fe^{3+} , ferric)로 존재하는데 2가철은 대기중의 산소와 반응하여 3가철로 산화하게 된다. 3가철은 침전반응을 일으켜 2차광물인 Ferrihydrite, Goethite(α - FeOOH), Lepidocrocite(γ - FeOOH), Akaganeite(β - FeOOH), Feroxyhyte(δ - FeOOH), Hematite(α - Fe_2O_3), Magnetite(Fe_3O_4), Maghemite(γ - Fe_2O_3) 등의 광물이 형성된다(Schwertmann and Fitzpatrick, 1992). 그러나 Goethite, Lepidocrocite, Hematite, Magnetite 등의 광물은 침전반응 속도가 매우 느리기 때문에 과포화상태가 형성되어도 침전되기 어려운 광물이다(유재영, 1995).

Snoeyink와 Jenkins(1980)에 의하면 수중에 Ca 성분이나 Mg 성분 등이 높으면 공업용수 파이프에 Ca 침전물이나 Mg 침전물인 MgNH_4PO_4 (Magnesium Ammonium Phosphate)가 형성되어 파이프에 문제를 일으킨다고 보고하였다. 지하수에서 Mg의 함량은 백운석 또는 Mg를 포함하는 방해석, Mg-산화물이나 규산염광물의 용해가 Mg의 근원이라는 견해가 일반적이다.

Ca는 방해석, 백운석, 석고 등이 조화용액(Congruent solution) 또는 Ca를 포함하는 규산염광물의 비조화용액(Incongruent solution)에 의하여 지하수로 공급된다. 화강암질암에서는 규산염광물의 비조화용액(Incongruent solution)에 의하여 Ca가 지하수로 공급되는 것이 일반적인 견해이나 화강암질암에서는 열극이 지하수의 통로 역할을 한다. 이 때 열극이 방해석으로 충전되어 있는 점을 고려하면 지하수의 Ca 공급원은 방해석의 용해로 생각할 수 있다.

K는 조암광물중의 칼리장석 또는 운모 등의 용해로 그 기원을 생각한다. 또한 K는 비료의 구성요소이므로 농경지의 농업활동에 의하여 인위적으로 공급될 수 있다. 고흥지역 지하수에서 K의 함량은 Ca나 Na의 함량에 비하여 매우 낮은 값을 보이는데 이는 장석류의 용해속도 차이로 생각된다. Nesbitt와 Young(1984)에 의하면 화강암질암에서 풍화용액의 초기 조성용액에서 칼리장석보다 사장석이 영향을 크게 미치는 것으로 보고되고 있다.

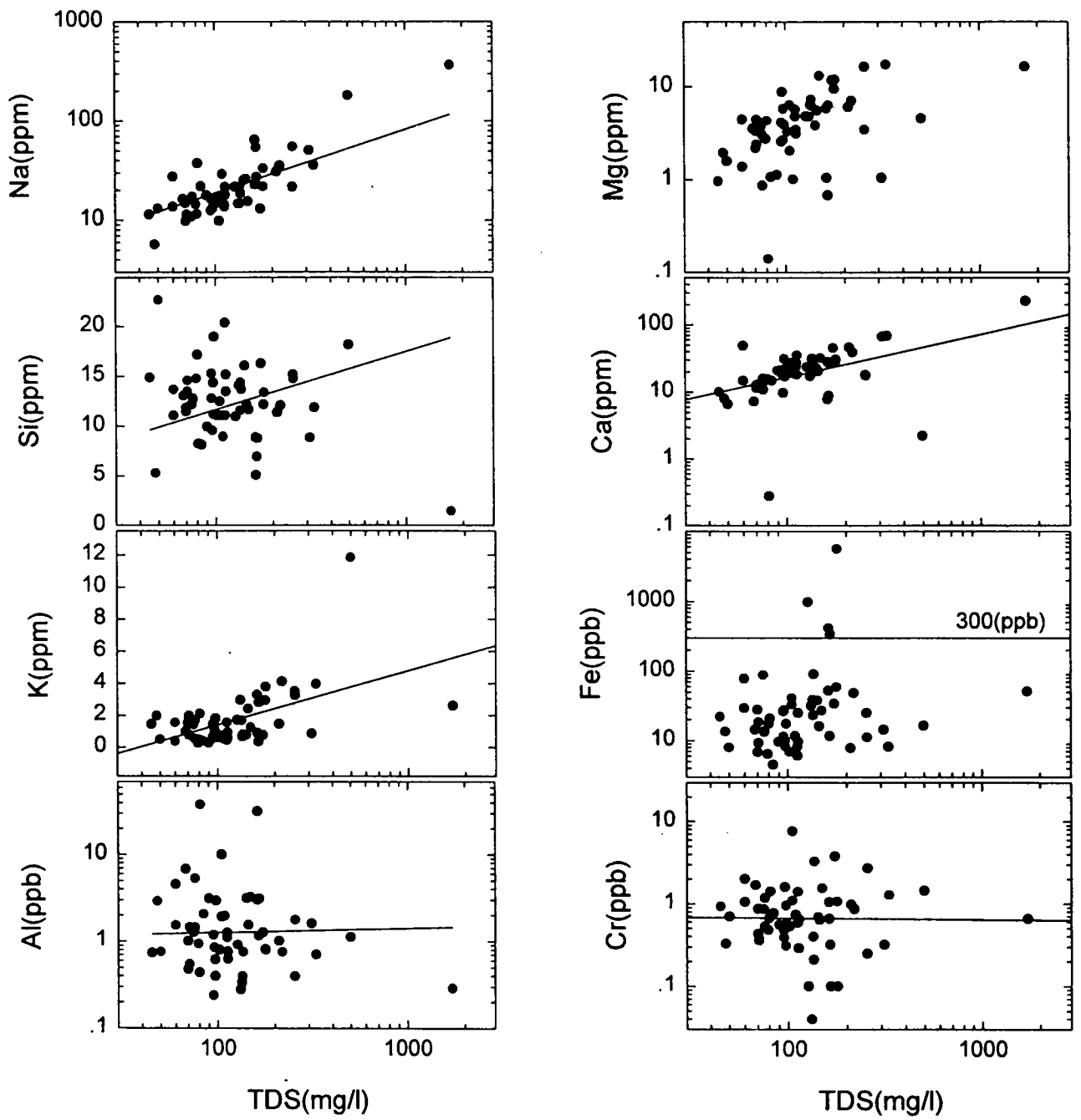
Si는 화강암질암석에서 규산염광물이 주요 조암광물로 존재하므로 이들의 분해로 지하수내로 공급된다.

○ TDS와 각 성분원소와의 관계

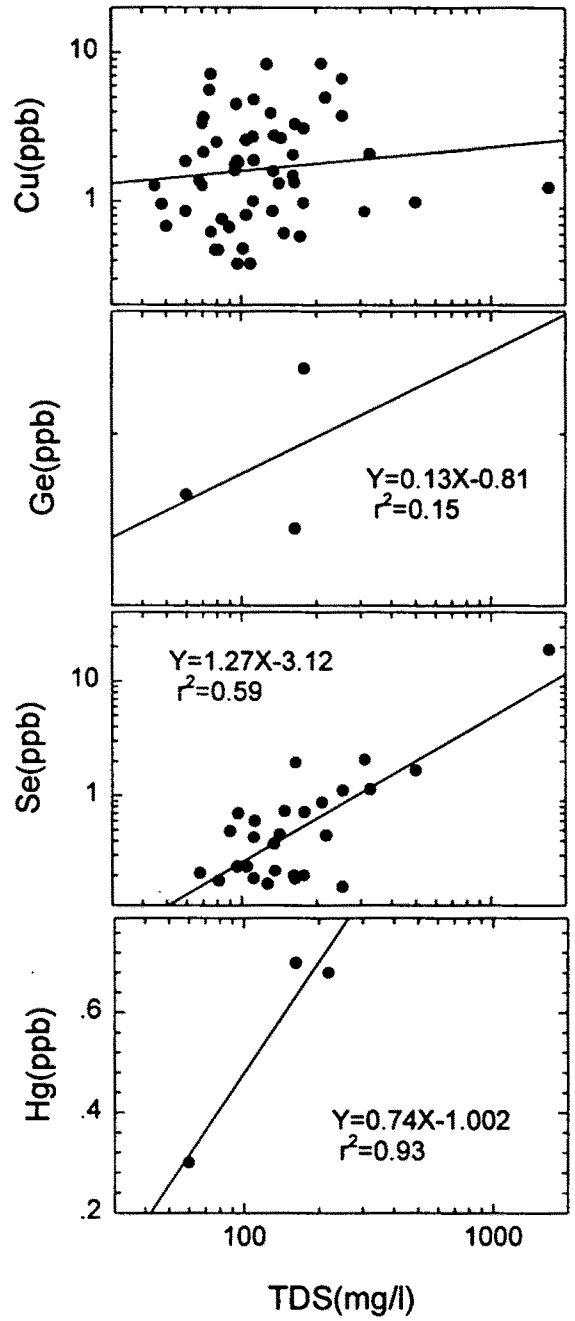
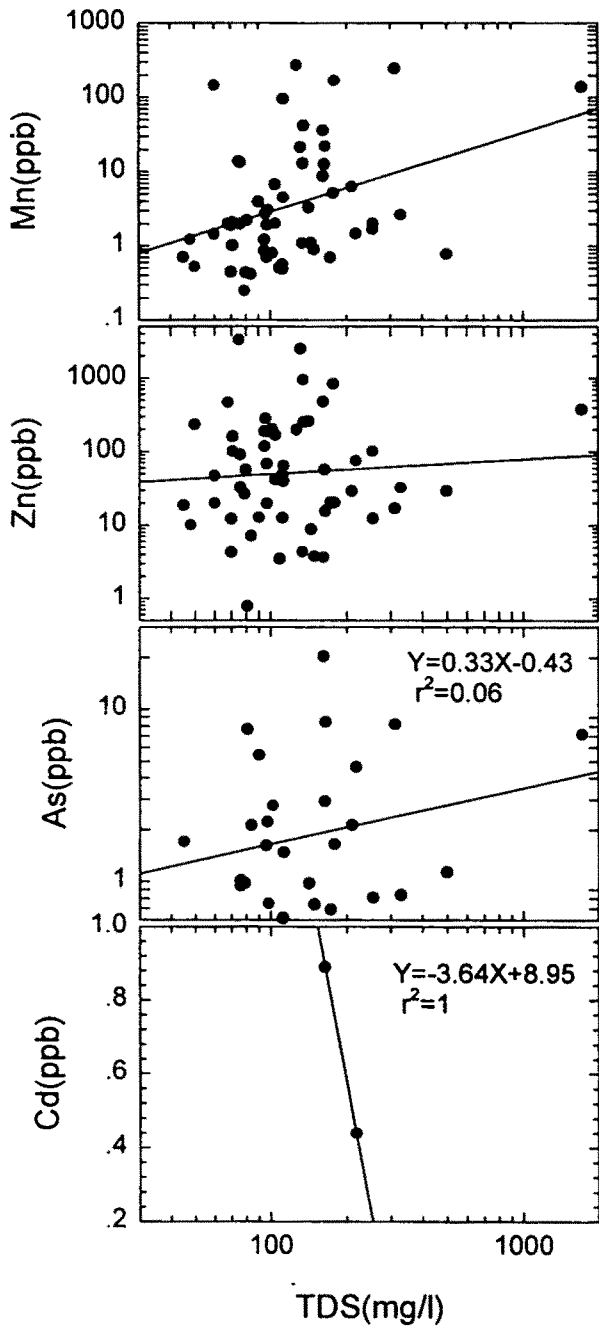
고흥지역 지하수에 대하여 TDS와 각 원소 사이의 함량관계를 도시하였다(그림 4-27). TDS가 증가함에 따라 Na, Mg, Si, Ca, K, Mn, Cu, Zn, Ge, As, Se, Hg 등의 원소함량은 함께 증가 경향을 보여주고 있다. Al, Fe, Cr 등의 이온들은 TDS와 상관성이 거의 없는 것으로 해석되며, Cu와 Zn의 이온은 TDS와 상관성이 매우 미약하게 나타난다. Cd 이온 또한 TDS의 함량과 무관한 것으로 해석된다.

비오염된 지역의 지하수에서 TDS와 전기전도도는 지하수 수온에 따라 차이는 있지만 일반적으로 $TDS = (0.55 \sim 0.75) \times EC$ 의 상관관계를 가진다(Hem, 1959). 전기전도도는 오염지시인자로 사용되는데 용존고형물이나 콜로이드 입자 또는 입자상태로 존재하는 오염물질이나 침전물 등은 전기전도도를 종합적으로 나타내는 수질특성인자이다. 전기전도도는 TDS와 상관성이 좋아 오염정도를 평가하는 지시자로 이용된다(이철효와 한정상, 1996). 즉 전기전도도는 지하수에 용해되어 있는 전해질의 양과 비례하여 TDS와 선형관계가 있어 비오염된 지하수에서 TDS는 전기전도도와 약 0.7의 기울기로 나타나지만, 오염된 지하수나 침출수의 지하수에서는 0.4의 기울기로 나타난다(오석영과 전효택, 1996; Freeze and Cherry, 1979).

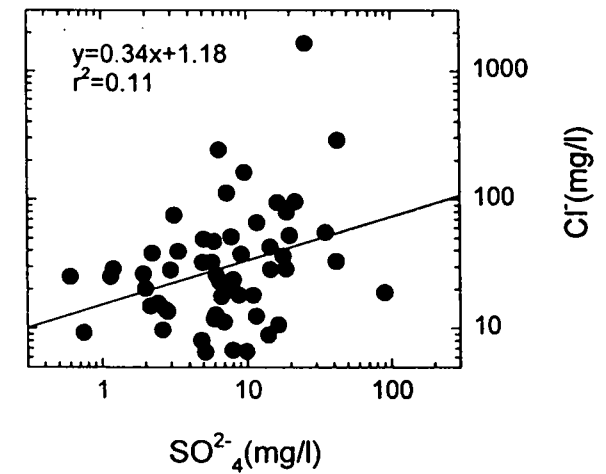
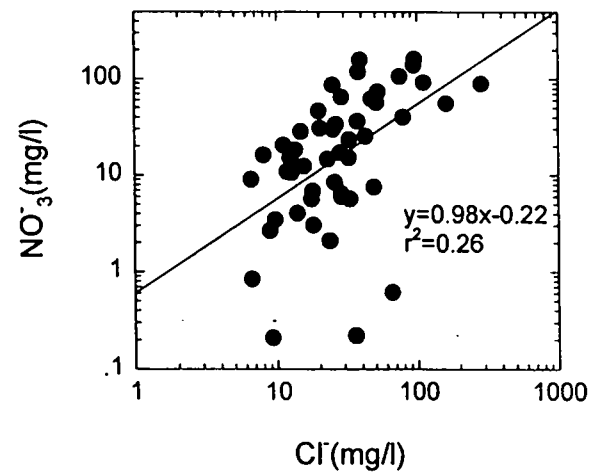
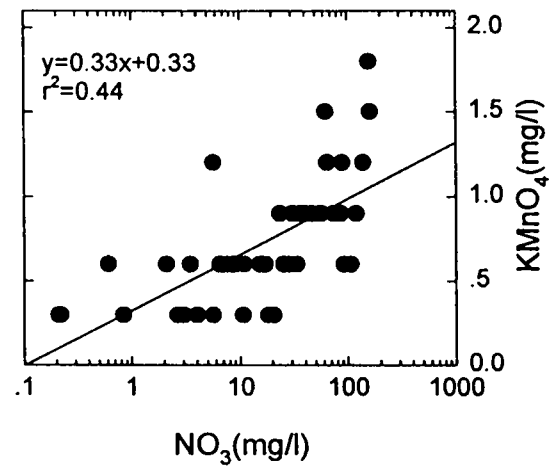
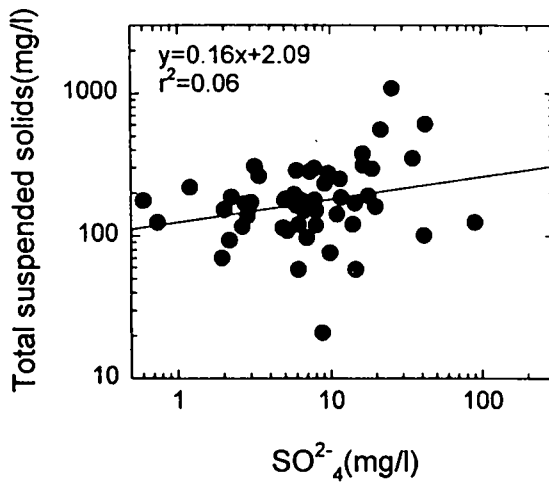
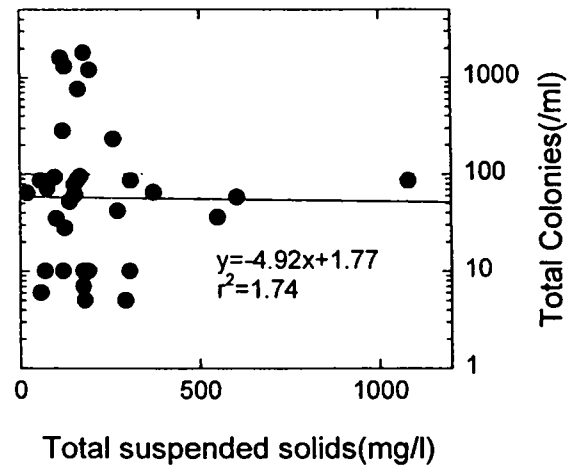
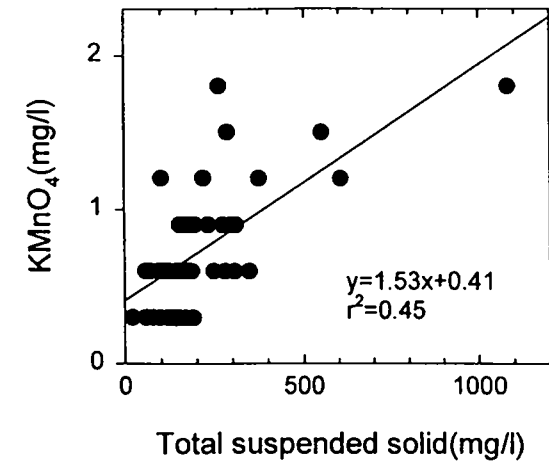
중발잔류물(Total suspended solid)과 과망간산칼륨소비량(KMnO₄) 관계에서 회귀식이 $y = 1.53x + 0.41$ 로 도출되며, 결정계수가 0.45이다(그림 4-28). 과망간산칼륨 소비량은 수용액의 유기물을 평가하는 지시자로 많이 사용된다. 중발잔류물과 일반세균수(Total colonies)에 대한 상관도(그림 4-28)에서 회귀식이 $y = -4.92x + 1.77$ 로 도출되지만 결정계수가 1.74를 보여 이들은 서로 상관성이 없는 것으로 나타난다. 그러나 일반세균수가 100mg/l를 초과하는 지하수 시료가 7개나 나타나 음용수로 이용하기는 부적절한 것으로 사료된다. 중발잔류물과 SO₄²⁻ 이온의 상관성에서 회귀식이 $y = 0.16x + 2.09$ 로 나타나며 결정계수가 0.06으로 도출되어, 황산이온은 중발잔류물과 상관성이 없는 것으로 판단된다. 질산성 질소와 과망간산칼륨 소비량에 대한 상관도(그림 4-28)에서 회귀식이 $y = 0.33x + 0.33$ 로 나타나고 결정계수가 0.44로 도출되어 질산성 질소와 과망간산칼륨 소비량과는 서로 상관성이 있는 것으로 사료된다. 질산성 질소는 지표 환경의 오염물질에 그 기



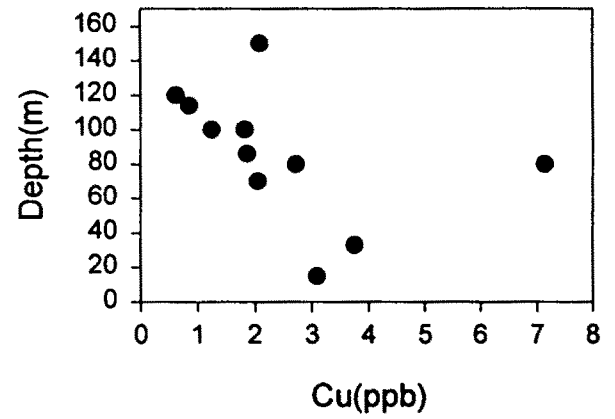
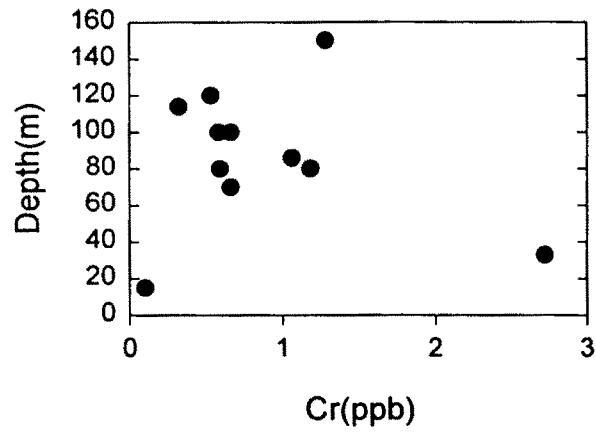
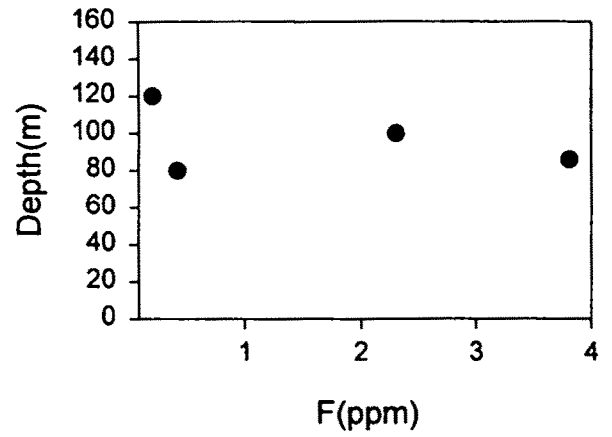
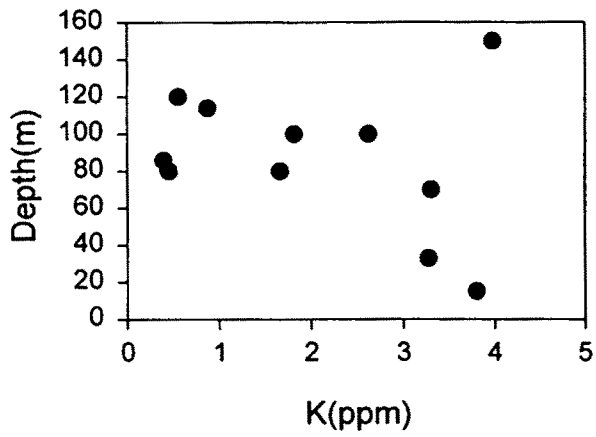
< 그림 4-27 > 고흥지역 지하수의 TDS와 각 원소함량과의 관계



<그림 4-27 계속 >



< 그림 4-28 > 고흥지역 지하수의 증발잔류물과 $KMnO_4$ 와의 관계, 증발잔류물과 일반세균의 관계 SO_4 와 증발잔류물과의 관계, NO_3 와 $KMnO_4$ 와의 관계, Cl 과 NO_3 와의 관계, SO_4 와 Cl 과의 관계



< 그림 4-29 > 고흥지역 지하수의 심도에 따른 각 원소의 함량변화

원이 있으며 과망간산칼륨 소비량 또한 지표환경에서 유래된 유기물을 평가하는 지시자로 이용된다.

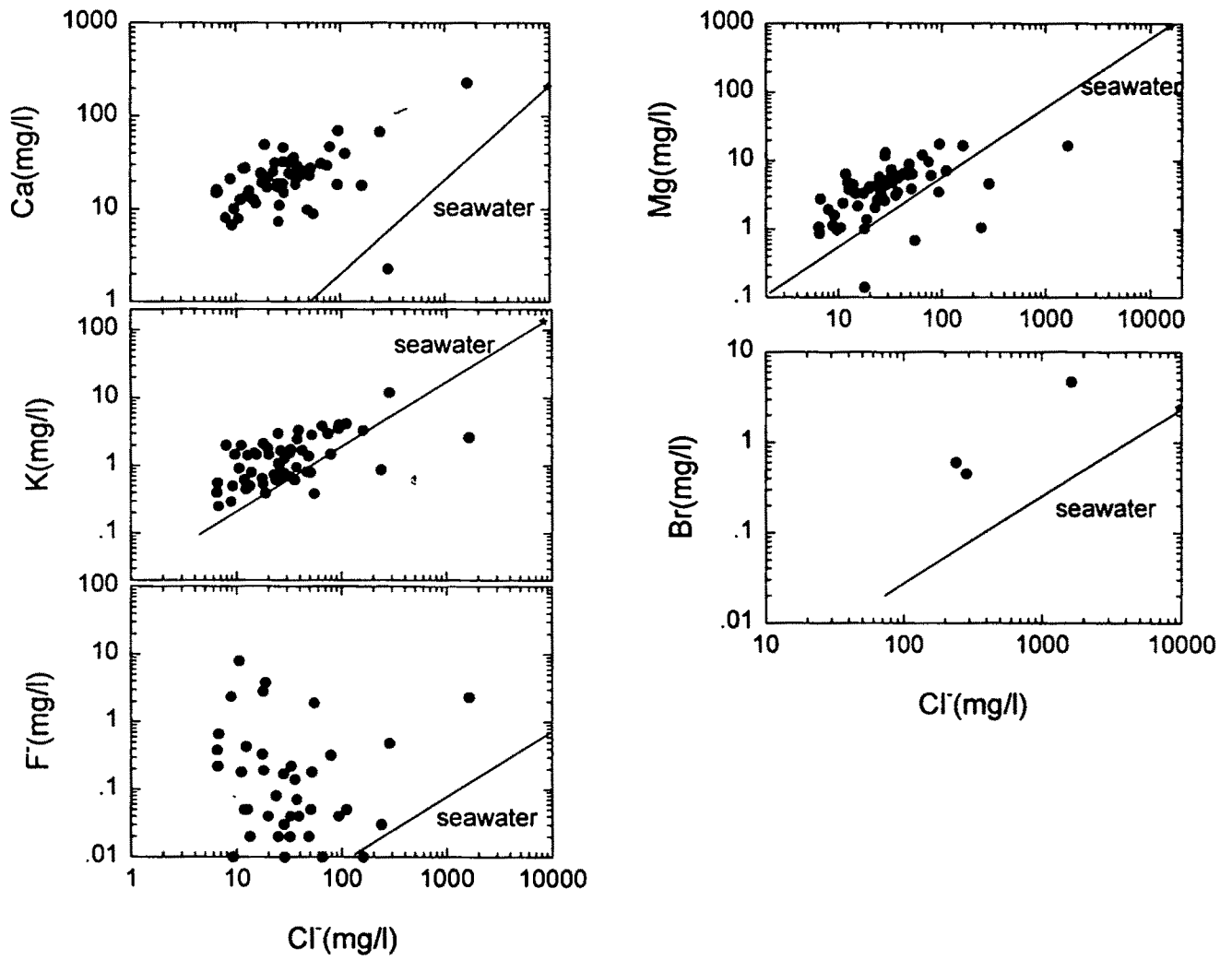
질산성 질소와 염소 이온의 상관도(그림 4-28)에서 회귀식이 $y=0.98x-0.22$ 로 나타나며, 결정계수가 0.26으로 도출되어 질산성 질소와 염소이온은 서로 상관성이 없는 것으로 나타난다. 지하수에서 Cl의 기원은 해수의 침입이나 Nordstrom과 Olsson(1987)가 발표한 바와 같이 화강암속의 유체포유물(Fluid inclusion)이 유리되어 심부 지하수에 Cl의 함량이 높게 나타날 수도 있지만, Cl의 기원은 주로 지표환경의 오염물질에 그 근원을 찾을 수 있다. White 등(1980)에 의하면, 지하수의 수질은 심도에 따라 화학원소의 함량이 변화하게 되는데, Cl의 이온함량은 심도가 깊은 지하수에서 그 함량이 감소하고 심도가 얇은 지하수 일수록 Cl의 함량은 증가하여 나타난다고 보고하였다. 따라서 고흥지역의 지하수에서 Cl의 함량이 높은 이유가 해수의 영향을 받았다고 생각할 수도 있지만 질산성 질소의 높은 함량은 해수의 영향으로 볼 수 없고 농경활동의 영향인 인위적인 원인으로 해석할 수 있다. 염소이온과 황산이온에 대한 상관도(그림 4-28)에서 회귀식이 $y=0.34x+1.18$ 로 나타나며, 결정계수가 0.11로 도출된다.

○ 지하수 심도에 따른 화학원소의 함량변화 특성

White 등(1980)에 의하면 응회암질 대수층의 지하수에서 심도에 따라 화학원소의 함량이 변화하는 것으로 보고하였다. 즉 Si, K, Ca, Mg, Cl 등의 이온은 심도가 깊을수록 그 함량이 감소하고 심도가 얇을수록 함량이 증가하지만 Na, HCO_3^- 이온은 반대로 심도가 깊을수록 함량이 증가 경향을 보인다고 하였다. 고흥지역 지하수에서 심도에 따른 화학원소의 함량변화를 그림 4-29에 도시하였다. K, F, Cr 및 Cu 이온들은 심도가 얇을수록 그 함량이 증가 경향을 보인다.

○ 해수침입의 양상

고흥지역의 지하수는 바다와 인접한 지역이라 해수의 침입을 고려해야 하는 지역이다. 특히 간척지를 농경지로 이용하는 곳이 많으므로 농경활동에 문제가 될 수 있는 해수의 침입을 생각할 수 밖에 없다. Frappe와 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 전



< 그림 4-30 > 고흥지역 지하수의 염소이온과 각 이온들의 함량관계

기전도도를 이용하여 해수침입을 판정하였다. 고흥지역 지하수에 해수의 침입을 알아보기 위하여 Frapce와 Fritz(1987)가 제안한 방법에 의하여 염소이온의 농도와 Ca, Mg, K, Br 및 F의 함량을 상관도로 나타냈다(그림 4-30). 염소이온과 Ca이온 그리고 F 이온의 경우 하나의 시료만 해수 영역에 도시되지만 Mg 이온과 K 이온의 경우는 약 8개의 시료가 해수의 침입을 받은 것으로 나타났다. 고흥지역의 지하수에는 해수오염의 영향이 없는 것으로 나타났다. 해안에 인접하여 분포하는 지하수, 간척지의 지하수 그리고 해무 등의 영향으로 고흥지역과 같은 해안도서 지역의 지하수는 해수오염을 고려해야 할 것이다.

○ 지하수형의 분류

고흥지역의 지하수는 해안지역에 위치하므로 육지의 다른 정상적인 지하수에 비하여 상이한 지화학적 특성이 내포되어 있을 것이다. 따라서 지하수의 수질특성은 주변 대수층의 구성물질에 의해서 좌우된다. 고흥지역 지하수에 대한 지화학적 특성을 알아보기 위하여 양이온 Na, K, Ca, Mg와 음이온 Cl, SO₄, HCO₃의 함량비를 화학성분의 당량에 대한 용액내 용질의 농도로 나타내기 위하여 epm(equivalent per million)%로 환산하여 Piper trilinear diagram(piper, 1944)에 투영하였으며, 고흥지역의 지하수를 기반암의 분포위치에 따라 반상질 화강암과 불국사 화강암지역으로, 산성 및 중성암질 분출암으로 구분하고, 변정질 편마암과 반암질 편마암으로 구분하여 Piper trilinear diagram에 투영하였다(그림 4-31).

고흥지역 55개 지하수시료에 대한 Piper diagram에서 보면 전반적으로 Ca성분이 우세한 Calcium type에 도시되고, Bicarbonate type 영역과 Chloride type 영역에 분산 도시된다.

반상질 화강암과 불국사 화강암의 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시하면 Noncarbonate-Hardness형에 속한다(그림 4-32). 이들은 Ca+Mg 유형영역과 Cl+SO₄ 유형이 우세한 영역에 투영되어 CaCl₂형 지하수와 CaSO₄형 지하수 수질을 나타내며, 대수층의 사장석과 방해석 성분이 반영된 것으로 해석된다.

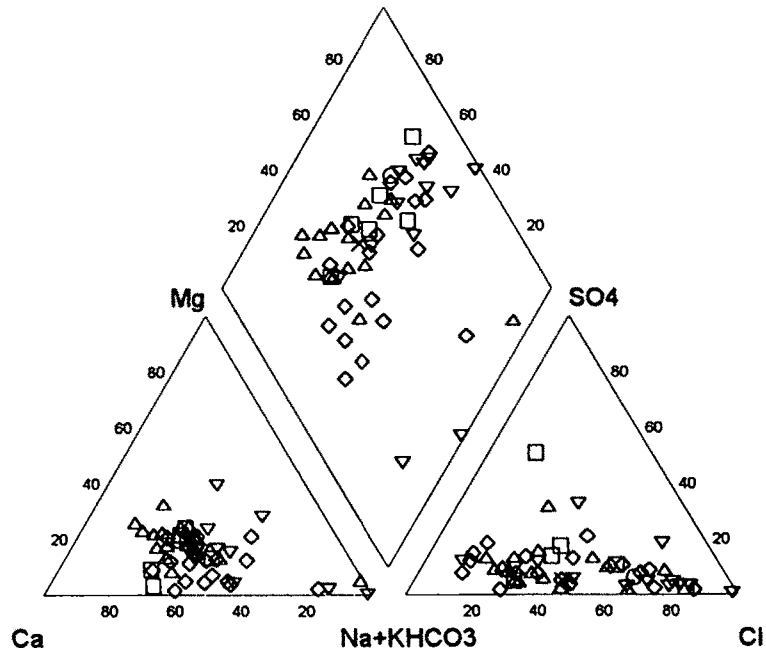
산성 및 중성 분출암류가 분포하는 지역의 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과 전체적으로 산재되어 분포하는 형태를 나타낸다. 따라서 특별한 어느 유형이라 규정하기는 어려우나 중성 분출암에 부존된 지하수를 Na+K가 우세하고

$\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ 가 우세한 Carbonate-Hardness형에 가깝다. 그러나 산성분출암의 경우 유형을 규정하기 어렵다(그림 4-33).

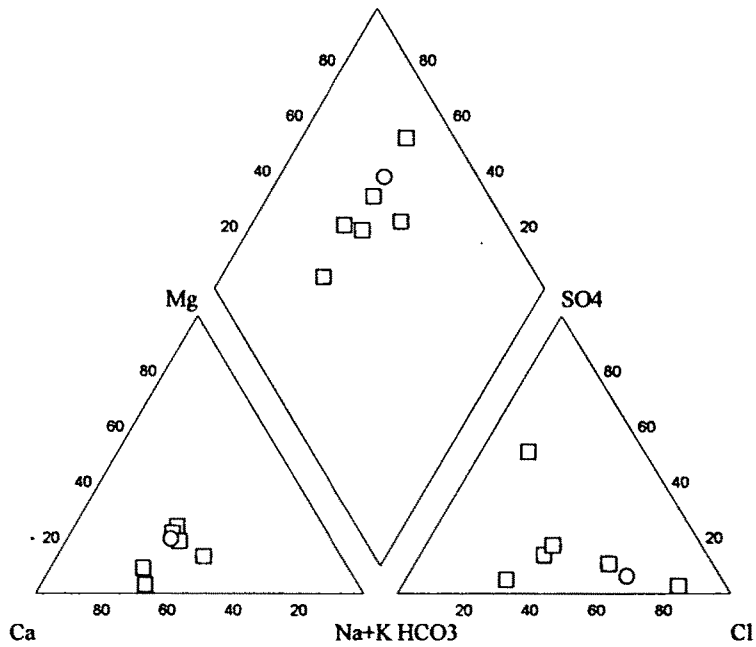
편마암 지역에서 채취한 지하수를 Piper trilinear diagram에 도시한 결과 양이온은 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 가 우세하고 음이온은 $\text{Cl} + \text{SO}_4$ 가 우세한 Noncarbonate-Hardness 형에 속한다(그림 4-34). 특히 2개의 지하수 시료는 Ca 성분이 결핍된 Sodium과 Potasum type이 지배적인 $\text{Na} + \text{K}$ 성분이 우세한 지하수로 나타난다. 음이온의 경우 SO_4 성분이 결핍된 Bicarbonate type이 지배적인 Chloride type이 우세한 지하수로 나타난다.

일반적인 지하수는 탄산기 이온의 함량비가 50% 내외인 영역에 도시되지만, 해수오염의 영향을 받은 지하수는 염소이온의 함량비가 지배적인 영역에 해당된다. Richter와 Kcitler(1993)에 의하면 해수는 염소이온이 지배적인 음이온으로 나타나는 반면, 일반적인 지하수는 탄산이온(HCO_3^-)과 황산이온(SO_4^{2-})이 지배적이라고 보고하였다.

본 지역의 경우 55개 시료중 10여개 시료에서 염소이온농도(% epm)가 70 이상을 나타내 이미 해안가 주변 육지부에 해수가 침입하여 지하수의 염수화가 진행된 지역이 존재하는 것으로 판단된다.

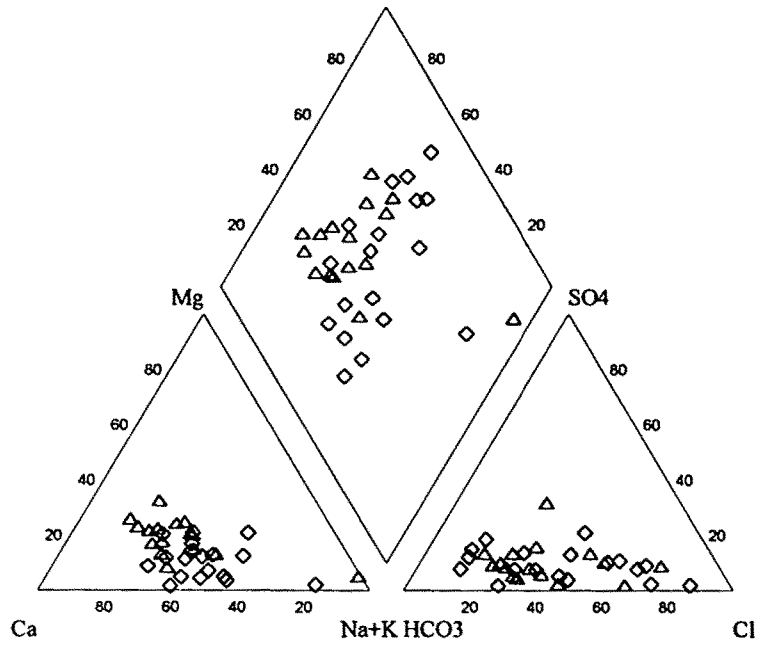


<그림 4-31> 고흥지역 지하수의 주요성분 Piper diagram



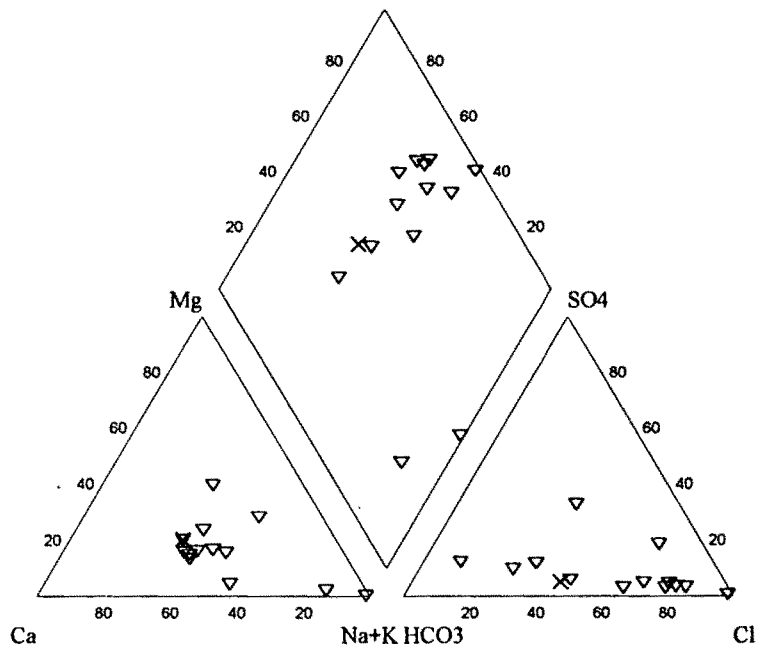
<그림 4-32> 고흥지역의 반상화강암과 불국사화강암에 대한 지하수의 Piper diagram

○ : 반상화강암 □ : 불국사화강암



<그림 4-33> 고흥지역의 산성화산암과 중성화산암에 대한 지하수의 Piper diagram

◇ : 산성화산암 △ : 중성화산암



<그림 4-34> 고흥지역의 반상편마암과 반상변정 화강암질 편마암에 대한 지하수의 Piper diagram

▽ : 반상변정 화강암질 편마암 × : 반상편마암

4-5-2. 잠재오염원 조사

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

지하수의 수질오염을 유발하는 오염원에는 크게 폐기물의 투기에 의한 오염원과 다른 인위적인 활동에 의한 오염원 등 두 종류가 있다(표 4-13).

< 표 4 -13 > 오염원의 종류

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

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

잠재오염원의 또다른 분류인 O.T.A 잠재오염원 분류를 소개하면 다음과 같다(표 4-14).

< 표4 - 14 > O.T.A 잠재오염원 분류

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

5. 지하수 이용현황 및 지하수 자원평가

5-1. 지하수 이용현황

고흥지역에서 이번 조사된 시설관정은 총 188개로 암반관정과 충적관정으로 구분하면, 암반관정은 60개소로 32%, 충적관정은 128개로 68%로 충적관정이 암반관정보다 두배이상 나타나며, 용도별로 구분하면, 농업용수는 173개(92%)로 주류를 이루며, 생활용수 및 농업·생활용수는 각각 2.6%, 5.4%를 나타내고 있다(표 5-1). 또한 개인주택 내에 시설된 소형 사설관정 중 대부이 이번조사에서 파악하기 곤란하여 조사에서 누락된 경우가 많았을 것으로 판단되므로 지하수를 이용한 생활용수의 사용은 이번 조사 결과보다 훨씬 많을 것으로 사료된다.

< 표 5-1 > 고흥지역 지하수 이용현황

구분 읍면별	구분			구분			
	계	암반관정	충적관정	계	농업용	생활용	농·생활용
계	188	60	128	188	173	5	10
고흥	4	1	3	4	4	-	-
도양	10	3	7	10	10	-	-
풍양	14	4	10	14	13	-	1
도덕	9	-	9	9	9	-	-
금산	10	1	9	10	10	-	-
도화	16	8	8	16	16	-	-
포두	15	5	10	15	14	1	-
봉래	9	6	3	9	6	-	3
동일	5	2	3	5	3	-	2
점암	20	3	17	20	17	3	-
영남	6	6	-	6	5	-	1
과역	14	4	10	14	14	-	-
남양	16	4	12	16	15	1	-
동강	14	1	13	14	14	-	-
대서	12	3	9	12	12	-	-
두원	14	9	5	14	11	-	3

5-2. 물수지 분석

5-2-1. 분석기준

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 수문 평형방정식이라는 다음과 같은 공식으로 표시된다.

$$\text{유입} = \text{유출량} \pm \text{저수량의변화}$$

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

상기 공식에서 각 요소는 다음과 같이 요약할 수 있다.

· 유입량의 요소

지하수유입 + 표면하수(지하수)유입 + 유입수

· 유출량의 요소

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

· 저류량요소

지하수 저류량 변화 + 지하수 부존량 변화 + 토양수 변화 등이다.

이중에서 어떤 요소는 매우 쉽게, 그리고 정확하게 측정할 수 있지만 또 다른 요소들은 측정이 불가능한 경우도 있어 상기식을 통상적으로 물수지 분석에 이용하는 단순한 수문 방정식을 표현할 수 있다.

$$P = O + ET$$

여기서 P : 강우량, O : 전유출량, ET : 증발산으로 인한 손실이다.

5-2-2. 강우량 및 증발산량

본 조사지역의 강우량은 3장에서 분석한 바와 같이 최근 25년간 연평균 강수량은 1428.9mm이다. 강우량에 의한 유입량은 $747,460,463\text{m}^3(\text{유역면적}) \times 1428.9\text{mm}(\text{연강수량}) = 1,068,046,256\text{m}^3$ 이다.

증발산량을 추정하는 방법에는 여러 가지 방법이 있으나 본 조사에서는 기후 인자와의 관계에 의한 Thornthwaite의 방법을 이용하였다. 3장에서 계산된 바와 같이 실제 연증발산량(PE)은 430.76mm이다. 본 지구에서 증발산량에 의한 손실을

430.76mm로 하였을 때 증발산에 의한 손실은 $747,460,463\text{m}^3(\text{유역면적}) \times 430.76\text{mm} = 32,197,606.9\text{m}^3/\text{년}$ 이다.

5-2-3. 지표유출 및 침투량

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.

강수량으로부터 증발산량 및 침투에 의한 손실을 뺀 값은 초과강수량 또는 지표유출(Run-off)이라 하며, 지표유출량 계산방법에는 ϕ 지표법(ϕ Index method), W 지표법(W Index method), SCS 방법(Soil conservation service method) 등이 있다.

만약 어떤 수역에서 호우로 인한 유출량 자료가 없을 경우에는 직접유출량의 결정이 불가능하며 ϕ -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.

SCS 방법에서는 유효수량의 크기에 직접적으로 영향을 미치는 인자로서 유역을 형성하고 있는 토양의 종류(Soil type)와 토지이용(Land use) 혹은 식생피복의 종류, 처리상태(Cover treatment) 및 토양의 수문학적 조건(Hydrologic condition)도 포함하고 있다.

SCS는 초과강수량(Rainfall excess) 또는 직접유출량(Direct condition)을 구하는 방법으로서 다음과 같이 간단한 공식을 제시하였다.

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

여기서 F는 시간(t)에서 토양의 저유량(mm)

S는 토양이 완전포화되었을 경우 저유량(mm)

Q는 직접유출량에 해당하는 유효수량(mm)

P는 누적강수량(mm)이다.

즉, 강수로부터 발생하는 직접유출량은 토양이 최대로 저유할 수 있는 양(S)과 실제로 토양으로 흡수되는 물의 양(F)의 함수로 표시되며, 직접유출량과 강수량과의 차이이다.

즉 $F = P - Q$ 이며, 이 관계를 식(1)에 대입하면

$$Q = \frac{P^2}{P+S} \dots \dots \dots (2)$$

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

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

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

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

식 (3)의 S는 선행 토양 함수조건(Antecedent soil moisture condition, A.M.C)에 따라 상이한 값을 가지게 될 것이며, 선행강우량의 적은 A.M.C-I 등급에 대한 S는 선행강우량이 다소 있는 A.M.C-II 등급에 대한 S보다 클것이나 선행강우량이 충분한 A.M.C-III 등급에 대한 S값보다 작을 것이다.

유역의 잠재보유수량의 크기를 표시하는 S는 유역의 토양이나 토지이용 및 처리상태 등의 이른바 수문학적 토양-피복형(Hydrologic soil-cover complexes)의 성질을 대변하는 것으로서 한 유역의 유출능력을 표시하는 유출곡선지수, CN, (Runoff curve number)라는 변수를 다음과 같이 S의 함수로 정의함으로서 유출

에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고찰하게 된다.

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

여기서 CN은 SCS에서 토양의 종류 및 지표의 상태에 따라 정한 지표이다. SCS에서는 식(3)과 식(4)를 사용하여 직접유출 또는 초과강수량을 계산하는데 있어서 고찰되어야 할 사항을 다음 세가지로 구분하였다.

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

따라서 위의 세가지 요소는 식(4)의 CN값에 의하여 직접유출량 계산에 반영되었으며, CN의 값도 이에 따라 구분되어야 한다. SCS에서는 토양의 종류를 유출 발생 가능정도에 따라 A,B,C,D의 네가지로 구분하였다(표 5-2).

< 표 5-2 > SCS 토양분류

토양 분류	특 성
A	최저 유출 발생가능량(Lowest runoff potential)이 있는 진흙, silt가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층
B	유출 발생 가능성이 다소 높은(Moderately low runoff potential)사질토이며, 침투율은 평균보다 높으나 다소 진흙이나 silt가 함유된 토양
C	유출 발생 가능성이 B급보다는 높은(Moderately high runoff potential)토양으로서 진흙에 silt가 많이 섞여 얇은 층을 구성하며 침투율은 평균보다 다소 낮은 토양
D	유출 발생 가능성이 가장 높은(Highest runoff potential) 토양으로 대부분이 진흙과 silt로서 불투수층과 직접 접하여 있는 토양

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

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

- A.M.C-I : 지역의 토양이 대체로 건조상태에서 유출율이 대단히 낮은 상태 (Lowest runoff potential)
- A.M.C-II : 유출율이 보통인 상태(Average runoff potential)
- A.M.C-III : 지역의 토양이 수분으로 거의 포화되어 있어서 유출율이 대단히 높은 상태(Highest runoff potential)

상기한 3개의 선행 토양 함수조건은 5일 선행강수량의 크기에 의하여 지역의 습윤정도를 분류하는 기준이 되며, SCS에서 사용하고 있는 5일 선행 강수량의 크기에 따른 A.M.C 분류는 다음과 같다(표 5-3, 5-4, 5-5).

< 표 5-3 > 선행 토양 함수조건의 분류

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

< 표 5-4 > 토양-피복형별 유출곡선지수, CN, (A.M.C-II, $I_a=0.2S$)

토지이용상태	피복처리상태	토양의 수문학적 조건	토 양 형			
			A	B	C	D
Fallow	Straight row	-	72	86	91	94
	Straight row	Poor	72	81	88	91
Row crops	Straight row	Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
	Contoured	Good	65	75	82	86
	Contoured and terraced	Poor	66	74	80	82
	Contoured and terraced	Good	62	71	78	84
	Straight row	Poor	65	76	84	88
Small grains	Straight row	Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
	Contoured	Good	61	73	81	84
	Contoured and terraced	Poor	61	72	79	82
	Contoured and terraced	Good	59	70	78	81
	Straight row	Poor	66	77	85	89
Closed-seeded	Straight row	Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
Legumes or rotation	Contoured	Good	55	69	78	83
	Contoured and terraced	Poor	63	73	80	83
meadow	Contoured and terraced	Good	61	67	76	80
		Poor	68	79	86	89
Pasture or range		Fair	49	69	79	84
	Contoured	Good	39	61	74	80
	Contoured	Poor	47	67	81	88
	Contoured	Fair	25	59	75	83
Meadow woods		Good	6	35	70	79
		Poor	30	58	71	78
Forests		Fair	45	66	77	83
		Good	36	60	73	79
Farmsteads	very sparse	-	25	55	70	77
Roads(dirt)		-	56	75	86	91
(hard surface)		-	59	74	82	86
		-	72	82	87	89
Commercial and Business area		-	74	84	90	92
Industrial area	85% impervious	-	89	92	94	95
Residential area	72% impervious	-	81	88	91	93
	65% impervious	-	77	85	90	92
	30% impervious	-	57	71	86	86

< 표 5-5 > 선행함수조건(A.M.C)에 따른 유출곡선지수의 조정

A.M.C별 CN			S (A.M.C-II) (mm)	Curve의 시점 (mm)	A.M.C별 CN			S (A.M.C-II) (mm)	Curve의 시점 (mm)
II	I	III			II	I	III		
100	100	100	0.00	0.0	60	40	78	169	33.8
99	97	100	2.57	0.5	59	39	77	177	35.3
98	94	99	5.18	1.0	58	38	76	184	36.8
97	91	99	7.85	1.5	57	37	75	192	38.4
96	89	99	10.6	2.0	56	36	75	200	39.9
95	87	98	13.4	2.8	55	35	74	208	41.6
94	85	98	16.2	3.3	54	34	73	216	43.2
93	83	98	19.1	3.8	53	33	72	225	45.0
92	81	97	22.1	4.3	52	32	71	234	47.0
91	80	97	25.1	5.1	51	31	70	244	48.8
90	78	96	28.2	5.6	50	31	70	254	50.8
89	76	96	31.5	6.4	49	30	69	264	52.8
88	75	95	34.5	6.9	48	29	68	276	54.9
87	73	95	37.8	7.6	47	28	67	287	57.4
86	72	94	41.4	8.4	46	27	66	297	59.4
85	70	94	44.7	8.9	45	26	65	310	62.0
84	68	93	48.3	9.6	44	25	64	323	64.5
83	67	93	52.1	10.4	43	25	63	335	67.1
82	66	92	55.9	11.2	42	24	62	351	70.1
81	64	92	59.4	11.9	41	23	61	366	73.2
80	63	91	63.5	12.7	40	22	60	381	76.2
79	62	91	67.6	13.5	39	21	59	396	79.2
78	60	90	71.6	14.2	38	21	58	414	82.8
77	59	89	76.0	15.2	37	20	57	432	86.4
76	58	89	80.3	16.0	36	19	56	452	90.4
75	57	88	84.6	17.0	35	18	55	472	94.5
74	55	88	89.2	17.8	34	18	54	493	98.6
73	54	87	94.0	18.8	33	17	53	516	103.0
72	53	86	98.8	19.8	32	16	52	538	108.0
71	52	86	104.0	20.8	31	16	51	564	113.0
70	51	85	109.0	21.8	30	15	50	592	118.0
69	50	84	114.0	22.9					
68	48	84	119.0	23.9	25	12	43	762	152.0
67	47	83	125.0	24.9	20	9	37	1016	203.0
66	46	82	131.0	26.2	15	6	30	1440	288.0
65	45	82	137.0	27.4	10	4	22	2286	457.0
64	44	81	143.0	28.4	5	2	13	4826	965.0
63	43	80	149.0	29.7	0	0	0	∞	∞
62	42	79	156.0	31.2					
61	41	78	162.0	32.5					

5-3. 지하수 개발 가능량 및 개발예정위치

5-3-1. 지하수 개발가능량

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 지하수오염, 염수침입등과 같이 정상적으로 지하수를 개발 이용하지 못하게 되는 현상을 의미한다. 본 지구에 대하여 함양량 추정산출에 의한 연간 지하수 적정 개발량을 추정하면,

$$\begin{aligned} \text{지하수함양량} &= \text{지구면적}(\text{m}^2) \times \text{연평균강수량}(\text{m}) \times \text{지하수함양율}(\text{한정상,1998}) \\ &= 747,460,463.6\text{m}^2 \times 1428.9\text{mm} \times 12.3\% = 131,369,689.5\text{m}^3 \end{aligned}$$

이다.

지하수 함양량을 추정하는 다른 방법으로 암석의 평균공극율을 적용하는 방법이 있다. 이경우는 충적층과 암반층을 구분하여 계산한다. 충적층 지하수 부존량은 충적층 평균심도-자연수위 값을 대수층 두께로 설정하였다. 충적층의 하한은 풍화대 상부로 설정하였으며 본 계산에서는 수평탐사를 반영하였다.

$$\begin{aligned} \text{충적층지하수부존량} &= (\text{충적층평균심도}-\text{자연수위}) \times \text{충적층공극율}(\text{한정상,1998}) \times \text{충적층면적} \\ &= (8.2\text{m}-3.8\text{m}) \times 35\% \times 255,016,836.0\text{m}^2 = 392,725,927.4\text{m}^3 \end{aligned}$$

이다.

충적층 평균공극율은 토사층 40%, 사층35%, 사력층 30%, 혼전석층 25%로 각각 적용하였으며, 충적층면적은 조사면적중 임야, 대지 및 도로를 제외한 면적을 적용하였다. 암반층은 평균심도 100m를 적용하였으며, 평균공극율은 본 지구의 지질을 대표하는 화강암(3%), 편마암(3%), 및 화산암류(5.5%)의 평균공극율을 산술평균하여 적용하였다(한정상, 1998).

$$100\text{m} \times 3.83\% \times 747,460,463.6(\text{조사면적})\text{m}^2 = 2,862,773,575\text{m}^3$$

이중 조사지역에서 지하수 개발 가능량을 총적층의 경우 포장능력(부존량)의 20%를 적용하고 암반층의 경우 10%를 적용(1991, 농진공)할 경우 본 조사지역의 지하수 개발 가능량은,

$$(392,725,927.4\text{m}^3 \times 20\%) + (2,862,773,575\text{m}^3 \times 10\%) = 364,822\text{천톤/년}$$

이다. 이는 연간 추정 함양량 131,369천톤/년 보다 232,453천톤이 많은 양이다.

5-3-2. 지하수 개발 예정위치 선정

관정개발을 위하여는 위치 선정이 가장 중요한데 이를 구분하면 총적층 대상과 암반층 대상으로 구분할 수 있다. 총적층이란 암석이 풍화, 운반 및 퇴적된 미고결 퇴적물로서 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에는 약 130여개의 총적관정이 있으며 본 지구내에서도 오염이 진행되고 있는 실정으로 향후 총적관정 개발에 의한 지하수 사용은 많은 제한이 있을 것으로 판단된다. 암반층 지하수는 조사지구가 다양한 암석이 분포하여 암석 경계나 파쇄대 발달지역에서 암반 지하수의 부존을 기대할 수 있다. 암석별로 화강암과 편마암 분포지역에 지하수 부존량이 기대된다.

6. 지하수자원 개발계획

6-1. 용도별 소요수량

본 지구는 농어촌지역으로 고흥읍, 도양읍, 도화면, 포두면, 봉래면, 과역면을 제외한 10개 면이 상수도 보급이 아직 이루어지지 않고 있으며, 암반관정을 이용한 간이 상수도 시설은 현재 317개소이나 대부분 개인전용 생활용수 관정으로 사용되고 있으며, 대부분의 마을에서 계곡 하천수를 이용한 지표수나 자가소형관정을 이용한 생활용수 활용이 이루어지고 있어 안정적인 생활용수 공급이 필요한 실정이다. 우리나라 생활용수 1인 급수량을 '94 서울시 평균 476ℓ/인을 적용할 경우 추가소요 수량이 43,359m³/일 정도로 추정된다(표 6-1). 본 조사지역의 생활용수 관정현황은 건설교통부의 자료를 인용하였다.

< 표 6-1 > 고흥지역 생활용수 소요수량

읍면별	가구수	인구수	수요량 (m ³ /일)	급수사용량		소요수량 (m ³ /일)
				공수	사용량(m ³ /일)	
계	35,927	108,148	51,478	317	8,119	43,359
고흥	4,380	14,191	6,744	71	3,542	3,202
도양	5,535	16,305	7,761	21	3,543	4,218
풍양	2,194	6,426	3,058	11	-	3,058
도덕	1,944	5,705	2,715	18	-	2,715
금산	2,649	8,446	4,020	15	-	4,020
도화	2,476	7,654	3,643	24	209	3,434
포두	2,998	9,134	4,347	16	256	4,091
봉래	1,245	3,557	1,693	10	266	1,427
동일	849	2,452	1,167	16	-	1,167
점암	1,828	5,168	2,459	31	-	2,459
영남	849	2,534	1,206	8	-	1,206
과역	2,069	6,171	2,937	17	303	2,634
남양	1,513	4,421	2,104	23	-	2,104
동강	1,868	5,566	2,649	5	-	2,649
대서	1,505	4,647	2,211	9	-	2,211
두원	2,025	5,771	2,746	22	-	2,746

* 자료: 급수사용량('96 고흥통계연보)

6-2. 소요수량 공급방안

농어촌지역에서도 지표수 및 지하수 오염이 이루어지면서 생활용수 공급은 암반관정을 이용한 생활용수 공급이 이루어지고 있다. 본 조사지역에 광역상수도의 보급율은 약 26%(고흥군통계연보; 1996)정도이고, 장기적 광역 상수도 공급계획이 없을 경우 그 대안으로 암반관정 개발이 요구된다. 이를 위하여는 생활용수 공급용 암반관정의 이용량을 공당 100m³/일로 볼 경우 433공이 필요하다.

7. 지하수 보전 관리

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 환경재해와 보전대책, 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 설치운영의 필요성, 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다.

지하수 환경재해는 과잉양수에 의한 수원고갈, 지하수위 강하에 따른 지반침하, 지하수위 변화에 따른 각종재해, 지하수 구조물 설치에 따른 지하수 유동변화, 지하수 오염에 따른 피해 등을 들 수 있다. 본 지역에서는 지하수 시설이 밀집되어 있는 고흥읍, 도화면, 점암면, 두원면 일대 과잉양수에 주의하여야 하며, 지반침하로 우려되는 인구 밀집지역인 고흥읍, 도양읍 일대가 주요 관리대상 지역이다. 지하수의 밀집개발, 과잉양수, 유동장애, 수위강하를 방지하기 위해서는 신규 개발 시설에 대해서는 사전에 전문기관의 조사 또는 환경영향조사를 시행하여야 하고 기존시설 역시 지하수 이용에 대한 제도적, 법적인 제한조치가 필요하며, 지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하기 위해서 오염방지 시설을 설치해야 한다. 오염원에서 배출되는 폐수는 발생원에서 일부 제거되고 하수도를 통해 이송되어 하수처리장에서 처리된다. 그러나 법적규제 대상에 포함되지 않는 소량의 폐수는 그대로 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 매립 지반의 우수 계수와 오염물질의 반응 또는 생분해 정도 등이 있는데 이들 요소는 현장처리기술 적용 여부를

결정하는 것이 중요하다. 이러한 기술은 침출수와 지하수의 분리기술과 오염수의 확산 방지 기술로 나누어진다. 지하수 침출수 분리 기술은 매립층을 통과한 침출수가 매립지 하부의 오염되지 않은 지하수층으로 유입되는 것을 방지하는 기술로써 위생 매립지에 적용이 가능하다. 반면, 오염수의 확산 방지 기술은 비위생 매립지에서처럼 침출수에 이미 오염된 지하수가 지표수 및 오염되지 않은 지하수 계를 오염시키는 것을 방지하는 기술이다.

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

따라서 조사 지역의 지속적이고 체계적인 지하수 보전 관리를 위하여 지하수 관측망 설치운영의 필요성과 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다. 지하수 정보의 전산화는 방대한 양의 자료를 간편하고 빠르게 수행할 수 있는 업무의 효율화만으로도 큰 의미를 갖는다. 그러나 현재 수작업 혹은 부분적으로 전산화되어 관리되고 있는 지하수 개발공의 관리체계를 통합적인 전산시스템으로서 개선함으로써 항상 최신의 현황을 유지할 수 있도록 하고 향후 이러한 정보를 통합 분석하여 중요한 정책결정에 반영할 수 있는 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 이런 자

료의 관리, 도면의 작성, 자료탐색 및 자료의 공간분석등을 통한 지하수의 효율적인 관리에는 지하수 개발공, 지하수 수질, 수리지질조사, 오염원 같은 D/B와 지리정보시스템(GIS)의 연계를 통한 지하수정보관리시스템의 구축이 필요하다. 지하수 관리에 필요한 지하수 자료는 크게 두가지 유형으로 구분된다. 첫번째는 지하수에 대한 전문지식이 필요하지 않은 일반적인 행정정보이며, 두번째는 지하수의 전문지식을 요구하는 정보들이다. 행정관정에서 활용할 수 있는 관정의 위치, 주소, 물의 사용량, 활용용도, 관정의 심도, 개발회사 및 일자등과 같은 이용실태 데이터베이스는 첫번째 유형으로 분류될 수 있다.

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

8. 결 론

1. 본 조사지역인 고흥은 전라남도의 남부에 위치하며, 행정구역상 2개읍, 14개면이 포함되고 조사면적은 747.460km²으로 광역수질지질조사를 실시하였다.
2. 조사지역의 지형은 소백산맥의 줄기가 뺏어내려와 분기된 소지맥이 부드러운 산세를 형성하고, 대부분 500m 내외의 낮은 구릉을 이루며 동쪽에는 최고봉인 팔영산(八影山, 609m)이 있고, 서남쪽에는 조계산(曹溪山, 463m)과 천등산(天燈山, 554m) 남쪽에 마복산등이 있으며 북동쪽이 높고 남서쪽이 낮은 지형이다. 고흥지역의 지질은 주로 변성암류, 심성암류, 퇴암류 및 화산암류로 구성되어 있다. 변성암류는 화강암질 편마암으로 구성되어 있으며 심성암 혹은 모 화강암과 섬록암, 그리고 Granophyre 등으로 구성되어 있다. 이외에도 퇴적암류로는 두원층군이 있고, 화산암류로는 안산암질 용회암, 안산반암 및 용결용회암 등이 있다.
3. 조사지역의 충적층 및 암반대수층의 수리적 성질을 파악하기 위하여 지역 내에 분포하는 15개의 충적 및 암반관정에 대하여 양수시험을 시행하였다. 양수 이전의 측정된 자연수위는 평균 4.83m로 나타났으며, 평균은 159.33m³/일의 양수량으로 양수한 결과 안정수위는 평균 30.39m로 나타났다. Theis의 비평형방정식을 적용하여 경과시간에 따른 수위변동량 자료를 해석한 결과 본 지역의 투수량계수는 평균 12.67m³/일로 나타났다.
4. 본 조사지역의 전체적인 구조파악을 위해 인공위성 자료를 이용한 원격탐사를 실시하였다. 프랑스의 SPOT 영상을 ERDAS IMAGINE S/W를 이용하여 선구조를 분석하였다. 분석·추출된 선구조 자료를 이용하여 각종 탐사의 예비자료로 활용하였으며, 조사지역의 선구조 주방향은 N10⁰~40⁰W, N40⁰~70⁰E이다.
5. 원격탐사 결과를 기초로 조사지역에 대해 전기비저항탐사를 실시하였다. 쌍극

자배열법을 이용하였으며 총 15개 측선을 설치하여 심도별 지질특성을 고찰하였다.

6. 조사지역 내 기설관정 188개소에서 수위를 측정한 결과 평균 3.87m를 나타내었으며, 동강면에서 1.24m, 포두면에서 6.64m로 나타나는 등 지역의 지형, 지질 특성에 따라 차이를 보였다.
7. 고흥지역 55개의 지하수에 대하여 주성분원소 및 중금속원소를 분석하였고, 이 중 51개의 지하수 시료에 대해서는 먹는 물의 기준항목을 분석하였다. 고흥지역 지하수 시료에 대하여 물리적 특징, 화학원소의 특성 및 환경인자의 특성을 정리하면 고흥지역의 지하수는 pH 범위가 5.92에서 8.82로 나타나며, 평균 pH는 6.87이다. 산화-환원전위 범위는 -104mV에서 67mV로 나타나며, 평균 Eh는 9.64이다. 수온은 평균 17.39℃로 나타나며, 최대 23.4℃로 나타나는 지하수도 존재한다. TDS는 평균 159.65mg/l로 나타나며, 최대 1720mg/l에서 최소 45mg/l를 보인다. 전기전도도는 평균 EC가 323.83 μ S/cm로 나타나며 최대 3410 μ S/cm를 보여 역시 해수의 침입을 받은 것으로 나타난다. pH-Eh diagram에서 고흥지역 지하수는 환원환경이 우세한 중성의 지하수로 나타나고 약 알칼리환경을 보여주고, 전기전도도와 TDS diagram에서 서로 상관성이 높게 나타나며 회귀식이 $y=0.2x+0.98$ 그리고 결정계수(r^2)는 0.98을 보여준다. 전기전도도와 각 원소의 이온함량에 대한 상관도에서 전기전도도가 증가함에 따라 Na, Mg, Si, Ca, Fe, Zn, Cu 및 Se 등의 이온함량은 증가 경향을 보여준다. 전기전도도가 증가함에 따라 음이온인 염소이온과 황산이온은 함께 증가경향을 보여 준다. pH와 각 성분원소의 이온함량에 대한 상관도에서 수소이온농도가 증가함에 따라 Na, Ca, Al, Mn, As, Se, TDS, F, SO₄ 및 HCO₃ 이온은 증가 경향을 보이지만, Mg, K, Fe, Si, Cr, Cu, Zn, Ge, NO₃ 등의 성분은 감소 경향을 보여준다. 총고용물질(TDS)에 대한 각 성분원소의 이온함량의 상관도에서 TDS가 증가함에 따라 Na, Mg, Si, Ca, K, Mn, Cu, Zn, Ge, As, Se, Hg 등의 성분이온 함량은 증가 경향을 보여주나 Cd 성분의 이온함량은 감소경향을 보여 준다. 과망간산칼륨(KMnO₄)의 소비량과 중발잔류물

(Total suspended solid)의 상관도에서 유기물의 평가에 지시자로 사용되는 과망간산칼륨소비량은 증발잔류물과 상관성이 높게 나타나고, 일반세균(Total colonies)과 증발잔류물의 관계도에서는 서로 상관성이 없는 것으로 나타나지만 일반세균이 먹는 물 수질기준의 100CFU/ml를 초과하는 지하수가 다수 나타난다. 질산성질소와 염소이온의 상관도에서 이들은 서로 상관성이 매우 높게 나타나며, 질산성질소가 먹는물 수질기준 10mg/l 이상으로 나타나는 지하수가 전체 시료중 약 58%로 나타나 지하수 관리에 주의가 요망된다. 지하수 심도와 원소이온 함량관계에서 대체로 심도가 증가할수록 이온함량은 감소하고 심도가 얕을수록 K, F, Cr 및 Cu의 이온함량은 증가한다. 해수의 오염여부를 평가하기 위하여 염소이온의 함량과 각 성분원소의 함량을 도시한 결과 고흥지역의 지하수는 해수오염이 진행된 것으로 판명되었다. Piper's diagram에서 고흥지역 지하수는 대체로 Calcium type 영역에 밀집되고 Bicarbonate type영역과 Chloride type 영역에 분산도시된다. 양이온과 음이온이 투영된 부분은 $Ca+Mg > Na+K$ 와 우세한 영역에 도시되며 Carbonate hardness type이 지배적이다.

8. 고흥지역에서 이번 조사된 기설관정은 총 188개로 암반관정과 충적관정으로 구분하면, 암반관정은 60개소로 32%, 충적관정은 128개로 68%로 충적관정이 암반관정보다 두배이상 우세하다. 지하수 이용을 용도별로 구분하면, 농업용수로 이용되는 관정이 173개로 92%를 차지하여 주를 이루며, 생활용수 및 농업·생활용수로는 각각 2.6%, 5.4%를 나타내고 있다.
9. 본 지역은 강수에 의한 유역 내 유입량은 1,068,046,256m³이며, 이중 지하수 개발 가능량 산출을 위해 충적층의 경우 포장능력(부존량)의 20%를 적용하고 암반층의 경우 10%를 적용(1991, 농진공)한 결과 본 조사지역의 지하수 개발 가능량은 364,822천톤으로 산출되었다. 이는 연간 추정 함양량 131,369천톤/년 보다 232,453천톤이 많은 양이다. 암반층 지하수는 조사지구가 다양한 암석 분포하여 암석 경계나 파쇄대 발달지역에서 암반 지하수의 부존을 기대할 수 있으며, 암석별로는 화강암과 편마암 분포지역에 지하수 부존량이 기대된다.

10. 농어촌지역인 본 조사지구는 암반관정을 이용한 간이상수도 시설이 현재 317개소 분포하나 대부분 개인전용 생활용수 관정으로 사용되고 있다. 생활용수 1인 급수량을 '94 서울시 평균인 476ℓ/인으로 적용할 경우, 본 지역의 추가소요수량은 43,359m³/일 정도로 추정된다. 본 조사지역에 광역상수도의 보급율은 약 26%(고흥군통계연보, 1996) 정도이고, 장기적 광역상수도 공급계획이 없을 경우 그 대안으로 암반관정 개발이 요구된다. 이를 위해서 생활용수 공급용 암반관정의 공당 이용량을 100m³/일로 볼 경우 433공이 필요하다.
11. 지하수 자원의 합리적 개발·이용과 효율적인 보존·관리를 위해서는 지하수 자원의 부존량을 조사·평가하여 적정량을 개발·이용하는 것이 필수적이다. 지하수는 지표수와 같이 수문순환과정에 의해 보충되는 자원이지만 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 훼손시키면 여러 형태의 장애가 발생된다. 일단 훼손된 대수층의 복원에는 오랜 기간과 막대한 비용이 소요되거나 전혀 복원이 불가능한 경우도 있으므로 사전에 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 보전 관리를 위한 최선의 방안이다. 그러므로 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 설치운영 등을 통해서 수질오염, 수원고갈, 수위저하, 지반침하, 염수침입 등의 지하수 환경재해를 방지하고, 이때 취득된 지하수에 대한 소중한 자료를 지하수 정보관리시스템을 통한 관리가 요구된다.

참 고 문 헌

- 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.
- 박영석, 김정빈, 윤정한, 안건상, 1997, 고흥지역에 분포하는 백악기 심성암류의 지질 시대와 암석화학적 연구, 한국지구과학학회지, 제18권 제1호, p. 70-83.
- 선우중호, 1994, 수문학, 동명사, 396p.
- 이종운, 전효택, 전용원, 1997, 국내 화강암질내 심부지하수의 지구화학적 특성, - 화강암질내 지하수와와의 비교연구, 지하수환경, 제4권, 제4호, p. 212-222.
- 이철효, 한정상, 1996, 난지도 매립지 주변 지하수환경의 오염 특성에 관한 연구, 지하수환경, 제3권 제1호, p. 27-36.
- 오석영, 전효택, 1996, 폐기물 매립지 주변의 지하수 오염과 오염물질의 지연 특성, 지하수환경, 제3권 1호, p. 37-49.
- 유재영, 1995, 광산배수의 산성화 및 그에 따른 환경문제, 대한지질학회 대한자원 환경지질학회 제11회 공동학술강연회 발표논문집, p. 32-55.
- 한국자원연구소, 1997, 지하수 오염방지 및 음용화 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 base on sodium chloride content, *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 42, p. 2513.
- Hem, J., 1985, *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*, U. S Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263p.
- Hem, J. D., 1959, *Study and interpretation of the chemical characteristics of*

- natural water, USGS Water Supply Paper 1473, p. 38-41.
- Hounslow, A. W., 1995, Water quality data : analysis and interpretation, CRC Press, Inc, 397p.
- Jackson, G. B., 1993, Applied water and spentwater chemistry-a laboratory manual-, Van Nostrand Reinhold, 688p.
- Nebitt, H. W. and Young, G. M., 1984, Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations, *Geochim Cosmochim. Acta*, 48, p. 1523-1534.
- Nordstrom, D. K., Olsson, T., 1987, Fluid inclusions as a source of dissolved salts in deep granitic groundwaters, In ; Edited(Fritz, P., Frape, S. K.) saline water and gases in crystalline, Geological Association of Canada Special Paper 33, 259p.
- Nordstrom, D. K., Ball, J. W., Donahoe, R. J. and 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.

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

여 백

부 록

1. 시설관정내역
2. 먹는물 수질검사(44개 항목)

여 백

기 설 관 정 내 역

여 백

기설관정내역(건교부 자료)

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (φ)	양수량 (㎡/일)	용도	개발 년도	일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (φ)	양수량 (㎡/일)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
1	고흥	가상	80.0	150.0	150.0	농업용	1997	48	고흥	등암	63.0	40.0	70.0	생활용	1994
2	고흥	고소	59.9	200.0	360.0	농업용	1993	49	고흥	등암	65.0	76.0	152.0	농업용	1994
3	고흥	고소	60.0	80.0	150.0	농업용	1994	50	고흥	등암	65.0	90.0	200.0	농업용	1995
4	고흥	고소	65.0	86.0	216.0	농업용	1994	51	고흥	등암	80.0	20.0	70.0	생활용	1994
5	고흥	고소	67.0	83.0	250.0	농업용	1995	52	고흥	등암	80.0	32.0	87.0	생활용	1994
6	고흥	고소	70.0	83.0	152.0	농업용	1995	53	고흥	등암	89.0	200.0	300.0	농업용	1994
7	고흥	고소	85.0	200.0	264.0	농업용	1996	54	고흥	등암	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
8	고흥	고소	85.0	152.0	0.0	농업용	1996	55	고흥	등암	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
9	고흥	고소	87.0	200.0	400.0	농업용	1994	56	고흥	등암	200.0	200.0	200.0	농업용	1994
10	고흥	고소	100.0	150.0	150.0	농업용	1997	57	고흥	등암	200.0	200.0	200.0	농업용	1995
11	고흥	남계	50.0	50.0	70.0	생활용	1971	58	고흥	서문	50.0	40.0	30.0	기타	1994
12	고흥	남계	50.0	150.0	80.0	생활용	1996	59	고흥	서문	50.0	50.0	40.0	기타	1994
13	고흥	남계	55.0	40.0	25.0	생활용	1994	60	고흥	서문	50.0	40.0	50.0	기타	1994
14	고흥	남계	60.0	50.0	66.0	생활용	1995	61	고흥	서문	63.0	78.0	200.0	농업용	1995
15	고흥	남계	60.0	50.0	70.0	생활용	1996	62	고흥	서문	70.0	200.0	300.0	농업용	1994
16	고흥	남계	60.0	50.0	66.0	생활용	1993	63	고흥	서문	70.0	85.0	150.0	생활용	1992
17	고흥	남계	60.0	40.0	40.0	기타	1994	64	고흥	서문	80.0	100.0	150.0	생활용	1992
18	고흥	남계	60.0	50.0	50.0	기타	1994	65	고흥	서문	80.0	100.0	80.0	생활용	1992
19	고흥	남계	61.0	78.0	170.0	농업용	1995	66	고흥	서문	80.0	120.0	70.0	생활용	1992
20	고흥	남계	63.0	150.0	150.0	농업용	1995	67	고흥	서문	80.0	50.0	50.0	기타	1994
21	고흥	남계	65.0	50.0	80.0	기타	1994	68	고흥	서문	85.0	100.0	110.0	생활용	1994
22	고흥	남계	66.0	81.0	150.0	농업용	1995	69	고흥	서문	85.0	50.0	80.0	생활용	1994
23	고흥	남계	70.0	200.0	70.0	생활용	1993	70	고흥	서문	110.0	200.0	250.0	생활용	1994
24	고흥	남계	70.0	50.0	80.0	생활용	1995	71	고흥	서문	120.0	200.0	220.0	생활용	1988
25	고흥	남계	70.0	50.0	70.0	생활용	1994	72	고흥	서문	120.0	200.0	220.0	생활용	1987
26	고흥	남계	70.0	40.0	66.0	생활용	1996	73	고흥	서문	120.0	200.0	220.0	생활용	1995
27	고흥	남계	70.0	40.0	62.0	생활용	1995	74	고흥	서문	120.0	150.0	70.0	생활용	1996
28	고흥	남계	70.0	75.0	70.0	생활용	1994	75	고흥	서문	130.0	200.0	200.0	생활용	1989
29	고흥	남계	70.0	50.0	70.0	생활용	1990	76	고흥	서문	130.0	200.0	220.0	생활용	1993
30	고흥	남계	70.0	50.0	70.0	생활용	1994	77	고흥	서문	130.0	200.0	200.0	생활용	1993
31	고흥	남계	70.0	50.0	80.0	생활용	1994	78	고흥	서문	130.0	200.0	220.0	생활용	1993
32	고흥	남계	75.0	40.0	65.0	생활용	1985	79	고흥	서문	140.0	50.0	150.0	기타	1994
33	고흥	남계	76.0	40.0	65.0	생활용	1986	80	고흥	서문	180.0	100.0	80.0	기타	1994
34	고흥	남계	80.0	200.0	90.0	생활용	1991	81	고흥	성촌	65.0	76.0	152.0	농업용	1994
35	고흥	남계	80.0	40.0	70.0	생활용	1994	82	고흥	성촌	65.0	83.0	153.0	농업용	1994
36	고흥	남계	80.0	40.0	70.0	생활용	1994	83	고흥	성촌	65.0	80.0	154.0	농업용	1994
37	고흥	남계	80.0	200.0	150.0	생활용	1966	84	고흥	성촌	130.0	200.0	250.0	생활용	1995
38	고흥	남계	85.0	60.0	70.0	생활용	1994	85	고흥	성촌	131.0	200.0	150.0	농업용	1993
39	고흥	남계	88.0	200.0	270.0	농업용	1994	86	고흥	성촌	132.0	200.0	300.0	농업용	1993
40	고흥	남계	90.0	200.0	80.0	생활용	1988	87	고흥	옥하	62.0	86.0	155.0	농업용	1994
41	고흥	남계	94.0	50.0	60.0	생활용	1992	88	고흥	옥하	70.0	90.0	190.0	농업용	1995
42	고흥	남계	110.0	80.0	150.0	공업용	1995	89	고흥	옥하	80.0	40.0	40.0	생활용	1995
43	고흥	남계	110.0	80.0	120.0	생활용	1995	90	고흥	옥하	100.0	200.0	180.0	농업용	1994
44	고흥	남계	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	91	고흥	옥하	120.0	50.0	110.0	기타	1994
45	고흥	남계	125.0	40.0	65.0	생활용	1985	92	고흥	옥하	120.0	50.0	80.0	생활용	1994
46	고흥	남계	129.0	200.0	250.0	생활용	1996	93	고흥	옥하	123.0	200.0	250.0	생활용	1996
47	고흥	대금	150.0	150.0	150.0	농업용	1997	94	고흥	옥하	140.0	200.0	100.0	생활용	1989

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
95	고흥	귀하	150.0	25.0	90.0	생활용	1994	143	과역	과역	50.0	40.0	50.0	생활용	1982
96	고흥	귀하	150.0	25.0	300.0	생활용	1980	144	과역	과역	50.0	40.0	50.0	생활용	1982
97	고흥	귀하	160.0	200.0	200.0	생활용	1995	145	과역	과역	50.0	40.0	50.0	농업용	1992
98	고흥	귀하	160.0	200.0	200.0	생활용	1995	146	과역	과역	60.0	40.0	50.0	생활용	1983
99	고흥	귀하	160.0	200.0	200.0	생활용	1995	147	과역	과역	70.0	40.0	50.0	농업용	1989
100	고흥	귀하	200.0	200.0	300.0	생활용	1993	148	과역	과역	89.0	220.0	100.0	생활용	1992
101	고흥	귀하	204.0	200.0	300.0	생활용	1995	149	과역	과역	89.0	220.0	100.0	생활용	1991
102	고흥	현정	69.0	80.0	110.0	농업용	1995	150	과역	과역	89.0	220.0	100.0	생활용	1992
103	고흥	현정	87.0	200.0	264.0	농업용	1996	151	과역	과역	100.0	200.0	200.0	농업용	1994
104	고흥	현정	90.0	200.0	150.0	농업용	1994	152	과역	과역	100.0	200.0	50.0	생활용	1993
105	고흥	현정	100.0	200.0	500.0	생활용	1995	153	과역	과역	100.0	20.0	200.0	생활용	1980
106	고흥	하동	50.0	70.0	70.0	농업용	1996	154	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1989
107	고흥	하동	50.0	70.0	60.0	농업용	1997	155	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1989
108	고흥	하동	61.0	40.0	61.0	농업용	1983	156	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1990
109	고흥	하동	65.0	83.0	165.0	농업용	1994	157	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1993
110	고흥	하동	65.0	83.0	200.0	농업용	1995	158	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1994
111	고흥	하동	68.0	76.0	172.0	농업용	1994	159	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1994
112	고흥	하동	68.0	77.0	157.0	농업용	1994	160	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1994
113	고흥	하동	70.0	80.0	151.0	농업용	1994	161	과역	노일	50.0	40.0	50.0	농업용	1995
114	고흥	하동	70.0	80.0	170.0	농업용	1994	162	과역	노일	55.0	40.0	50.0	농업용	1995
115	고흥	하동	70.0	85.0	153.0	농업용	1995	163	과역	노일	55.0	40.0	50.0	농업용	1995
116	고흥	하동	70.0	150.0	150.0	농업용	1996	164	과역	노일	56.0	40.0	50.0	농업용	1995
117	고흥	하동	72.0	40.0	72.0	농업용	1983	165	과역	노일	60.0	40.0	50.0	농업용	1993
118	고흥	하동	81.0	40.0	70.0	생활용	1994	166	과역	노일	60.0	40.0	50.0	농업용	1994
119	고흥	하동	86.0	40.0	86.0	농업용	1983	167	과역	노일	60.0	40.0	50.0	농업용	1994
120	고흥	하동	91.0	40.0	91.0	농업용	1983	168	과역	노일	66.0	40.0	50.0	농업용	1995
121	고흥	하동	100.0	150.0	150.0	농업용	1997	169	과역	노일	70.0	40.0	50.0	농업용	1994
122	고흥	하동	100.0	150.0	120.0	농업용	1997	170	과역	노일	70.0	40.0	50.0	농업용	1994
123	고흥	하동	115.0	40.0	115.0	농업용	1983	171	과역	노일	92.0	250.0	250.0	생활용	1994
124	고흥	하동	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	172	과역	노일	100.0	160.0	150.0	농업용	1996
125	고흥	하동	144.0	40.0	144.0	농업용	1983	173	과역	도천	50.0	40.0	50.0	농업용	1988
126	고흥	하동	50.0	200.0	300.0	농업용	1988	174	과역	도천	85.0	200.0	222.0	농업용	1994
127	고흥	하동	64.0	87.0	180.0	농업용	1995	175	과역	도천	50.0	40.0	50.0	농업용	1988
128	고흥	하동	66.0	82.0	157.0	농업용	1995	176	과역	도천	50.0	40.0	50.0	농업용	1990
129	고흥	하동	68.0	83.0	250.0	농업용	1995	177	과역	도천	65.0	200.0	150.0	생활용	1994
130	고흥	하동	78.0	250.0	250.0	농업용	1995	178	과역	도천	90.0	160.0	150.0	생활용	1994
131	고흥	하동	80.0	50.0	50.0	기타	1994	179	과역	도천	100.0	160.0	150.0	농업용	1996
132	고흥	하동	88.0	40.0	100.0	생활용	1994	180	과역	도천	105.0	160.0	150.0	생활용	1995
133	고흥	하동	90.0	60.0	100.0	생활용	1994	181	과역	백일	55.0	40.0	50.0	농업용	1993
134	고흥	하동	100.0	150.0	150.0	기타	1997	182	과역	백일	120.0	160.0	150.0	농업용	1995
135	고흥	하동	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	183	과역	석봉	50.0	40.0	50.0	농업용	1995
136	고흥	하동	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	184	과역	석봉	94.0	200.0	260.0	생활용	1994
137	고흥	하동	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	185	과역	석봉	95.0	160.0	200.0	농업용	1995
138	고흥	하동	129.0	200.0	300.0	생활용	1995	186	과역	신곡	60.0	40.0	50.0	농업용	1988
139	고흥	하동	130.0	200.0	110.0	생활용	1991	187	과역	신곡	85.0	220.0	250.0	농업용	1996
140	고흥	하동	130.0	50.0	50.0	농업용	1994	188	과역	신곡	86.0	200.0	500.0	생활용	1994
141	고흥	하동	135.0	200.0	250.0	생활용	1996	189	과역	신곡	115.0	160.0	150.0	농업용	1995
142	고흥	하동	150.0	50.0	80.0	농업용	1994	190	과역	연등	50.0	40.0	50.0	농업용	1992

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
191	과역	연등	50.0	40.0	50.0	농업용	1992	239	남양	노송	90.0	200.0	354.0	농업용	1995
192	과역	연등	50.0	40.0	50.0	농업용	1992	240	남양	대곡	64.0	200.0	354.0	농업용	1986
193	과역	연등	50.0	40.0	50.0	농업용	1994	241	남양	대곡	85.0	25.0	87.0	생활용	1994
194	과역	연등	54.0	40.0	50.0	농업용	1992	242	남양	대곡	85.0	200.0	309.0	농업용	1996
195	과역	연등	55.0	40.0	50.0	농업용	1992	243	남양	대곡	85.0	200.0	222.0	농업용	1994
196	과역	연등	60.0	40.0	50.0	농업용	1989	244	남양	대곡	86.0	25.0	87.0	생활용	1994
197	과역	연등	60.0	40.0	50.0	농업용	1992	245	남양	망주	80.0	200.0	222.0	농업용	1996
198	과역	연등	60.0	40.0	50.0	농업용	1994	246	남양	망주	85.0	200.0	222.0	농업용	1995
199	과역	연등	75.0	250.0	280.0	생활용	1992	247	남양	망주	85.0	200.0	222.0	농업용	1995
200	과역	연등	88.0	250.0	250.0	생활용	1994	248	남양	망주	88.0	250.0	354.0	농업용	1996
201	과역	연등	100.0	160.0	150.0	농업용	1996	249	남양	신흥	50.0	40.0	16.0	생활용	1970
202	과역	연등	100.0	160.0	150.0	농업용	1996	250	남양	신흥	50.0	70.0	18.0	생활용	1987
203	과역	연등	100.0	160.0	150.0	농업용	1996	251	남양	신흥	80.0	250.0	354.0	농업용	1995
204	과역	연등	100.0	160.0	150.0	농업용	1996	252	남양	신흥	85.0	200.0	354.0	농업용	1994
205	과역	연등	102.0	200.0	250.0	생활용	1994	253	남양	신흥	85.0	200.0	224.0	농업용	1996
206	과역	훈덕	85.0	220.0	250.0	농업용	1996	254	남양	신흥	85.0	200.0	222.0	농업용	1994
207	과역	훈덕	100.0	160.0	150.0	농업용	1996	255	남양	신흥	120.0	200.0	250.0	농업용	1996
208	금산	대흥	50.0	100.0	50.0	기타	1985	256	남양	신흥	200.0	250.0	200.0	농업용	1995
209	금산	대흥	70.0	200.0	70.0	생활용	1993	257	남양	월정	50.0	40.0	21.0	생활용	1987
210	금산	대흥	76.4	40.0	138.0	생활용	1986	258	남양	월정	50.0	40.0	14.0	생활용	1985
211	금산	대흥	85.0	150.0	150.0	생활용	1994	259	남양	월정	50.0	40.0	15.0	생활용	1978
212	금산	대흥	95.0	32.0	200.0	생활용	1990	260	남양	월정	50.0	40.0	13.0	생활용	1978
213	금산	석정	70.0	150.0	70.0	생활용	1995	261	남양	월정	50.0	40.0	18.0	생활용	1987
214	금산	신전	55.0	100.0	200.0	생활용	1990	262	남양	월정	50.0	40.0	20.0	생활용	1985
215	금산	신전	65.0	150.0	200.0	농업용	1988	263	남양	월정	50.0	40.0	13.0	생활용	1987
216	금산	신촌	50.0	50.0	50.0	농업용	1989	264	남양	월정	50.0	40.0	16.0	생활용	1978
217	금산	신촌	55.0	50.0	50.0	농업용	1987	265	남양	월정	50.0	40.0	17.0	생활용	1978
218	금산	신촌	55.0	50.0	50.0	농업용	1986	266	남양	월정	50.0	40.0	21.0	생활용	1985
219	금산	신촌	60.0	50.0	100.0	농업용	1991	267	남양	월정	50.0	40.0	20.0	생활용	1984
220	금산	신촌	90.0	200.0	300.0	생활용	1996	268	남양	월정	50.0	40.0	24.0	생활용	1994
221	금산	신평	50.0	150.0	150.0	생활용	1986	269	남양	월정	57.0	40.0	50.0	농업용	1984
222	금산	신평	86.0	200.0	220.0	농업용	1994	270	남양	월정	60.0	40.0	13.0	생활용	1978
223	금산	신평	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	271	남양	월정	60.0	40.0	20.0	생활용	1987
224	금산	신평	120.0	200.0	150.0	생활용	1996	272	남양	월정	60.0	40.0	20.0	생활용	1991
225	금산	신평	190.0	200.0	250.0	생활용	1995	273	남양	월정	60.0	40.0	18.0	생활용	1987
226	금산	신평	200.0	200.0	250.0	생활용	1995	274	남양	월정	70.0	40.0	50.0	농업용	1993
227	금산	어진	80.0	20.0	150.0	생활용	1996	275	남양	월정	85.0	200.0	224.0	농업용	1994
228	금산	어진	85.0	200.0	250.0	농업용	1996	276	남양	월정	85.0	200.0	224.0	농업용	1994
229	금산	오천	76.0	32.0	120.0	생활용	1992	277	남양	장담	50.0	40.0	55.0	농업용	1995
230	금산	오천	120.0	200.0	250.0	생활용	1995	278	남양	장담	50.0	40.0	54.0	농업용	1985
231	남양	남양	50.0	40.0	10.0	생활용	1993	279	남양	장담	80.0	200.0	300.0	농업용	1992
232	남양	남양	50.0	40.0	10.0	생활용	1993	280	남양	장담	132.0	250.0	280.0	농업용	1996
233	남양	남양	50.0	40.0	50.0	농업용	1992	281	남양	중산	62.0	200.0	336.0	농업용	1985
234	남양	남양	55.0	150.0	54.0	농업용	1994	282	남양	중산	80.0	150.0	150.0	농업용	1994
235	남양	남양	56.0	150.0	50.0	농업용	1994	283	남양	중산	85.0	200.0	222.0	농업용	1995
236	남양	남양	80.0	40.0	58.0	생활용	1994	284	남양	중산	85.0	200.0	222.0	농업용	1994
237	남양	남양	80.0	200.0	500.0	농업용	1994	285	남양	중산	85.0	50.0	112.0	농업용	1994
238	남양	남양	85.0	190.0	22.0	농업용	1995	286	남양	중산	87.0	200.0	320.0	농업용	1994

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
287	남양	중산	100.0	200.0	300.0	농업용	1986	335	도덕	가야	90.0	200.0	280.0	농업용	1992
288	남양	침교	80.0	65.0	250.0	농업용	1994	336	도덕	가야	90.0	350.0	150.0	농업용	1996
289	남양	침교	82.0	200.0	250.0	농업용	1994	337	도덕	가야	93.0	200.0	150.0	농업용	1995
290	남양	침교	85.0	200.0	224.0	농업용	1996	338	도덕	가야	120.0	100.0	100.0	농업용	1990
291	남양	침교	85.0	200.0	222.0	농업용	1995	339	도덕	가야	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
292	남양	침교	90.0	250.0	250.0	농업용	1995	340	도덕	도덕	68.0	200.0	363.0	농업용	1995
293	대서	금마	70.0	20.0	150.0	생활용	1994	341	도덕	도덕	75.0	150.0	300.0	생활용	1994
294	대서	금마	81.0	20.0	138.0	생활용	1994	342	도덕	도덕	75.0	200.0	380.0	농업용	1991
295	대서	금마	100.0	70.0	100.0	농업용	1994	343	도덕	도덕	85.0	250.0	250.0	농업용	1996
296	대서	남정	80.0	20.0	87.0	생활용	1994	344	도덕	도덕	85.0	250.0	300.0	농업용	1996
297	대서	남정	130.0	250.0	250.0	생활용	1996	345	도덕	도덕	120.0	32.0	920.0	생활용	1994
298	대서	남정	150.0	200.0	350.0	농업용	1995	346	도덕	도덕	180.0	150.0	300.0	농업용	1995
299	대서	남정	150.0	250.0	350.0	농업용	1995	347	도덕	도덕	50.0	50.0	76.0	농업용	1982
300	대서	상남	65.0	250.0	250.0	농업용	1991	348	도덕	도덕	50.0	250.0	160.0	농업용	1995
301	대서	상남	100.0	70.0	100.0	농업용	1994	349	도덕	도덕	50.0	50.0	50.0	생활용	1996
302	대서	상남	143.0	20.0	200.0	농업용	1994	350	도덕	도덕	70.0	50.0	50.0	농업용	1996
303	대서	송강	85.0	200.0	400.0	농업용	1994	351	도덕	도덕	80.0	200.0	310.0	농업용	1994
304	대서	송강	85.0	250.0	400.0	농업용	1994	352	도덕	도덕	87.0	200.0	350.0	농업용	1994
305	대서	송강	102.0	250.0	270.0	농업용	1994	353	도덕	신양	50.0	100.0	50.0	생활용	1994
306	대서	송림	80.0	250.0	250.0	농업용	1992	354	도덕	신양	87.0	40.0	138.0	생활용	1994
307	대서	송림	200.0	70.0	100.0	농업용	1994	355	도덕	신양	87.0	200.0	250.0	농업용	1994
308	대서	안남	65.0	40.0	50.0	농업용	1993	356	도덕	신양	200.0	250.0	500.0	기타	1996
309	대서	안남	65.0	40.0	50.0	농업용	1993	357	도덕	신양	250.0	55.0	42.0	생활용	1966
310	대서	안남	80.0	250.0	250.0	농업용	1993	358	도덕	오마	50.0	100.0	100.0	농업용	1995
311	대서	안남	85.0	250.0	285.0	농업용	1996	359	도덕	오마	50.0	50.0	30.0	생활용	1996
312	대서	안남	85.0	250.0	290.0	농업용	1996	360	도덕	오마	50.0	59.0	30.0	생활용	1996
313	대서	안남	86.0	250.0	250.0	농업용	1995	361	도덕	오마	50.0	50.0	30.0	생활용	1996
314	대서	안남	100.0	70.0	100.0	농업용	1995	362	도덕	오마	95.0	40.0	55.0	생활용	1995
315	대서	안남	100.0	200.0	280.0	농업용	1988	363	도덕	오마	95.0	35.0	55.0	생활용	1988
316	대서	안남	100.0	200.0	290.0	농업용	1995	364	도덕	오마	100.0	25.0	60.0	생활용	1995
317	대서	안남	110.0	200.0	350.0	농업용	1996	365	도덕	오마	110.0	20.0	60.0	생활용	1994
318	대서	안남	124.0	200.0	250.0	생활용	1996	366	도덕	오마	110.0	150.0	120.0	농업용	1996
319	대서	안남	150.0	100.0	250.0	농업용	1993	367	도덕	오마	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
320	대서	안남	150.0	100.0	200.0	생활용	1996	368	도덕	오마	150.0	200.0	20.0	생활용	1983
321	대서	안남	180.0	200.0	250.0	생활용	1996	369	도덕	용동	90.0	200.0	280.0	농업용	1995
322	대서	화산	70.0	70.0	100.0	농업용	1994	370	도덕	용동	90.0	200.0	280.0	농업용	1995
323	대서	화산	70.0	70.0	100.0	생활용	1994	371	도양	관	60.0	60.0	138.0	생활용	1985
324	대서	화산	84.0	250.0	300.0	농업용	1994	372	도양	관	80.0	60.0	138.0	생활용	1985
325	대서	화산	100.0	100.0	100.0	농업용	1985	373	도양	관	90.0	150.0	150.0	농업용	1994
326	대서	화산	100.0	100.0	100.0	농업용	1985	374	도양	관	120.0	200.0	350.0	생활용	1996
327	대서	화산	100.0	100.0	100.0	농업용	1985	375	도양	관리	82.0	250.0	250.0	농업용	1993
328	대서	화산	100.0	100.0	100.0	농업용	1985	376	도양	관리	85.0	250.0	250.0	농업용	1996
329	대서	화산	100.0	15.0	80.0	생활용	1994	377	도양	특량	80.0	250.0	110.0	생활용	1996
330	도덕	가야	55.0	50.0	36.0	생활용	1984	378	도양	특량	82.0	250.0	200.0	생활용	1994
331	도덕	가야	70.0	100.0	33.0	생활용	1987	379	도양	봉암	50.0	50.0	65.0	공업용	1988
332	도덕	가야	75.0	65.0	27.0	농업용	1992	380	도양	봉암	55.0	70.0	138.0	생활용	1984
333	도덕	가야	80.0	150.0	180.0	농업용	1994	381	도양	봉암	60.0	100.0	50.0	생활용	1994
334	도덕	가야	80.0	300.0	200.0	농업용	1995	382	도양	봉암	60.0	60.0	138.0	생활용	1986

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (φ)	양수량 (㎡/일)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (φ)	양수량 (㎡/일)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
383	도양	봉암	60.0	50.0	150.0	생활용	1994	431	도화	가화	120.0	200.0	210.0	생활용	1987
384	도양	봉암	80.0	100.0	300.0	생활용	1994	432	도화	가화	120.0	200.0	210.0	생활용	1987
385	도양	봉암	80.0	60.0	138.0	생활용	1990	433	도화	가화	125.0	150.0	120.0	농업용	1995
386	도양	봉암	80.0	200.0	150.0	생활용	1991	434	도화	가화	150.0	200.0	250.0	생활용	1995
387	도양	봉암	82.0	250.0	250.0	생활용	1992	435	도화	가화	150.0	150.0	100.0	농업용	1995
388	도양	봉암	82.0	250.0	250.0	농업용	1995	436	도화	가화	150.0	200.0	200.0	생활용	1993
389	도양	봉암	85.0	250.0	280.0	농업용	1996	437	도화	가화	170.0	200.0	270.0	공업용	1994
390	도양	봉암	86.0	250.0	250.0	농업용	1994	438	도화	가화	180.0	70.0	200.0	생활용	1989
391	도양	봉암	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	439	도화	가화	200.0	200.0	200.0	생활용	1987
392	도양	소록	50.0	50.0	65.0	생활용	1988	440	도화	가화	1200.0	150.0	130.0	농업용	1996
393	도양	소록	100.0	50.0	250.0	생활용	1994	441	도화	가화	1500.0	150.0	100.0	농업용	1995
394	도양	소록	110.0	50.0	80.0	생활용	1995	442	도화	구암	50.0	40.0	30.0	농업용	1985
395	도양	시산	50.0	50.0	40.0	생활용	1988	443	도화	구암	50.0	40.0	50.0	생활용	1994
396	도양	시산	50.0	50.0	55.0	공업용	1988	444	도화	구암	80.0	200.0	150.0	공업용	1994
397	도양	시산	50.0	50.0	60.0	공업용	1988	445	도화	구암	85.0	250.0	250.0	농업용	1994
398	도양	시산	50.0	50.0	60.0	공업용	1988	446	도화	구암	85.0	200.0	260.0	농업용	1995
399	도양	시산	50.0	50.0	65.0	공업용	1988	447	도화	구암	90.0	200.0	150.0	공업용	1994
400	도양	용정	82.0	250.0	250.0	농업용	1995	448	도화	구암	90.0	150.0	100.0	농업용	1996
401	도양	용정	100.0	50.0	110.0	생활용	1994	449	도화	구암	100.0	200.0	170.0	공업용	1994
402	도양	장계	70.0	100.0	120.0	농업용	1995	450	도화	구암	100.0	150.0	110.0	농업용	1996
403	도양	장계	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	451	도화	구암	110.0	200.0	250.0	공업용	1994
404	도양	장계	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	452	도화	구암	120.0	200.0	150.0	공업용	1994
405	도화	가화	50.0	40.0	60.0	농업용	1980	453	도화	구암	120.0	200.0	230.0	공업용	1994
406	도화	가화	50.0	40.0	40.0	농업용	1987	454	도화	구암	120.0	200.0	170.0	공업용	1994
407	도화	가화	50.0	40.0	40.0	생활용	1993	455	도화	구암	120.0	150.0	110.0	농업용	1993
408	도화	가화	76.0	200.0	270.0	생활용	1992	456	도화	구암	120.0	150.0	120.0	농업용	1993
409	도화	가화	80.0	150.0	100.0	농업용	1993	457	도화	구암	130.0	200.0	230.0	공업용	1994
410	도화	가화	80.0	150.0	100.0	농업용	1995	458	도화	구암	130.0	200.0	250.0	공업용	1994
411	도화	가화	80.0	40.0	90.0	생활용	1995	459	도화	구암	140.0	200.0	250.0	생활용	1996
412	도화	가화	84.0	200.0	380.0	농업용	1994	460	도화	구암	140.0	150.0	150.0	농업용	1995
413	도화	가화	85.0	150.0	110.0	농업용	1994	461	도화	구암	146.0	200.0	250.0	생활용	1995
414	도화	가화	85.0	150.0	100.0	농업용	1994	462	도화	구암	150.0	200.0	250.0	공업용	1994
415	도화	가화	85.0	150.0	100.0	농업용	1994	463	도화	구암	150.0	150.0	120.0	농업용	1993
416	도화	가화	85.0	150.0	100.0	농업용	1995	464	도화	구암	180.0	150.0	100.0	농업용	1993
417	도화	가화	90.0	150.0	25.0	농업용	1994	465	도화	구암	190.0	200.0	300.0	생활용	1995
418	도화	가화	90.0	150.0	110.0	농업용	1995	466	도화	당오	50.0	20.0	50.0	공업용	1994
419	도화	가화	90.0	150.0	100.0	농업용	1989	467	도화	당오	50.0	50.0	50.0	농업용	1994
420	도화	가화	90.0	150.0	100.0	농업용	1996	468	도화	당오	80.0	150.0	210.0	공업용	1994
421	도화	가화	95.0	150.0	95.0	농업용	1995	469	도화	당오	90.0	200.0	300.0	농업용	1994
422	도화	가화	100.0	150.0	120.0	농업용	1995	470	도화	당오	90.0	150.0	120.0	농업용	1993
423	도화	가화	100.0	50.0	120.0	농업용	1993	471	도화	당오	90.0	150.0	100.0	농업용	1994
424	도화	가화	100.0	150.0	150.0	농업용	1996	472	도화	당오	90.0	150.0	100.0	농업용	1992
425	도화	가화	105.0	200.0	350.0	공업용	1994	473	도화	당오	95.0	40.0	160.0	생활용	1994
426	도화	가화	110.0	200.0	320.0	농업용	1994	474	도화	당오	100.0	150.0	100.0	농업용	1993
427	도화	가화	110.0	150.0	250.0	농업용	1994	475	도화	당오	100.0	150.0	100.0	농업용	1994
428	도화	가화	110.0	150.0	130.0	농업용	1995	476	도화	당오	100.0	150.0	100.0	농업용	1995
429	도화	가화	120.0	200.0	150.0	공업용	1994	477	도화	당오	100.0	200.0	150.0	농업용	1995
430	도화	가화	120.0	50.0	150.0	농업용	1992	478	도화	당오	100.0	150.0	150.0	농업용	1996

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
479	도화	양오	120.0	200.0	250.0	농업용	1994	527	도화	북동	90.0	150.0	100.0	농업용	1993
480	도화	양오	120.0	150.0	100.0	농업용	1994	528	도화	북동	95.0	150.0	100.0	농업용	1996
481	도화	양오	130.0	150.0	110.0	농업용	1994	529	도화	북동	95.0	150.0	100.0	농업용	1996
482	도화	양오	150.0	150.0	120.0	농업용	1994	530	도화	북동	100.0	200.0	250.0	농업용	1995
483	도화	양오	170.0	200.0	200.0	생활용	1994	531	도화	북동	100.0	150.0	100.0	농업용	1995
484	도화	포동	50.0	40.0	40.0	생활용	1987	532	도화	북동	100.0	150.0	120.0	농업용	1996
485	도화	포동	50.0	40.0	30.0	생활용	1993	533	도화	북동	120.0	150.0	120.0	농업용	1995
486	도화	포동	85.0	250.0	260.0	농업용	1996	534	도화	사덕	50.0	40.0	40.0	농업용	1988
487	도화	포동	95.0	150.0	100.0	농업용	1995	535	도화	사덕	50.0	40.0	40.0	농업용	1988
488	도화	포동	100.0	150.0	100.0	생활용	1993	536	도화	사덕	100.0	150.0	100.0	생활용	1995
489	도화	포동	100.0	150.0	150.0	생활용	1995	537	도화	사덕	100.0	150.0	100.0	농업용	1996
490	도화	포동	100.0	150.0	150.0	농업용	1995	538	도화	사덕	100.0	150.0	100.0	농업용	1996
491	도화	포동	110.0	150.0	120.0	농업용	1994	539	도화	사덕	120.0	150.0	100.0	농업용	1994
492	도화	포동	110.0	150.0	120.0	농업용	1995	540	도화	사덕	120.0	150.0	120.0	농업용	1995
493	도화	포동	120.0	150.0	110.0	농업용	1993	541	도화	신호	50.0	40.0	40.0	생활용	1985
494	도화	포동	120.0	150.0	100.0	농업용	1993	542	도화	신호	90.0	150.0	100.0	농업용	1994
495	도화	포동	150.0	150.0	150.0	농업용	1995	543	도화	신호	90.0	150.0	100.0	농업용	1994
496	도화	반포	50.0	40.0	50.0	농업용	1986	544	도화	신호	100.0	150.0	100.0	농업용	1995
497	도화	반포	50.0	40.0	40.0	농업용	1986	545	도화	신호	100.0	150.0	100.0	농업용	1996
498	도화	반포	50.0	40.0	40.0	농업용	1986	546	도화	신호	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
499	도화	반포	50.0	40.0	40.0	농업용	1988	547	도화	신호	125.0	200.0	210.0	농업용	1995
500	도화	반포	50.0	40.0	40.0	농업용	1990	548	도화	신호	152.0	200.0	250.0	생활용	1995
501	도화	반포	50.0	40.0	50.0	농업용	1990	549	동강	노동	62.0	150.0	100.0	농업용	1995
502	도화	반포	85.0	200.0	300.0	농업용	1994	550	동강	노동	96.0	250.0	340.0	농업용	1994
503	도화	반포	100.0	150.0	100.0	농업용	1996	551	동강	노동	193.0	250.0	253.0	생활용	1996
504	도화	반포	100.0	150.0	120.0	농업용	1996	552	동강	대강	66.0	150.0	120.0	농업용	1994
505	도화	반포	120.0	150.0	120.0	농업용	1995	553	동강	대강	84.0	250.0	300.0	농업용	1994
506	도화	반포	140.0	200.0	150.0	농업용	1994	554	동강	대강	120.0	250.0	301.0	생활용	1996
507	도화	반포	185.0	200.0	270.0	농업용	1994	555	동강	매곡	66.0	150.0	120.0	농업용	1995
508	도화	반포	185.0	200.0	250.0	농업용	1994	556	동강	매곡	66.0	150.0	120.0	농업용	1994
509	도화	반포	200.0	200.0	250.0	농업용	1994	557	동강	매곡	79.0	250.0	310.0	농업용	1992
510	도화	북산	50.0	40.0	30.0	농업용	1995	558	동강	매곡	80.0	200.0	259.0	농업용	1994
511	도화	북산	50.0	40.0	30.0	농업용	1995	559	동강	매곡	85.0	200.0	250.0	농업용	1992
512	도화	북산	80.0	200.0	250.0	농업용	1992	560	동강	매곡	89.0	250.0	470.0	농업용	1985
513	도화	북산	80.0	40.0	30.0	생활용	1985	561	동강	매곡	100.0	250.0	150.0	농업용	1995
514	도화	북산	86.0	250.0	350.0	농업용	1996	562	동강	매곡	110.0	250.0	250.0	농업용	1994
515	도화	북산	90.0	150.0	120.0	농업용	1994	563	동강	매곡	200.0	200.0	200.0	농업용	1995
516	도화	북동	50.0	40.0	60.0	농업용	1986	564	동강	오월	62.0	150.0	100.0	농업용	1994
517	도화	북동	50.0	40.0	60.0	농업용	1994	565	동강	오월	82.0	200.0	250.0	농업용	1994
518	도화	북동	50.0	40.0	40.0	농업용	1993	566	동강	유득	63.0	50.0	138.0	생활용	1994
519	도화	북동	50.0	40.0	40.0	농업용	1993	567	동강	유득	85.0	200.0	151.0	생활용	1994
520	도화	북동	50.0	40.0	50.0	농업용	1985	568	동강	장덕	84.0	200.0	250.0	농업용	1995
521	도화	북동	50.0	40.0	50.0	농업용	1985	569	동강	장덕	85.0	250.0	330.0	농업용	1996
522	도화	북동	67.2	200.0	345.0	농업용	1993	570	동강	침송	84.0	200.0	200.0	농업용	1994
523	도화	북동	80.0	150.0	150.0	농업용	1995	571	동강	침송	130.0	250.0	253.0	생활용	1996
524	도화	북동	85.0	200.0	260.0	농업용	1985	572	동강	한천	62.0	150.0	100.0	농업용	1994
525	도화	북동	90.0	150.0	100.0	농업용	1994	573	동강	한천	62.0	150.0	100.0	농업용	1994
526	도화	북동	90.0	150.0	100.0	농업용	1995	574	동강	한천	62.0	150.0	100.0	농업용	1995

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
575	해일	덕흥	55.0	70.0	65.0	농업용	1994	623	두원	영오	120.0	150.0	200.0	농업용	1996
576	해일	덕흥	55.0	70.0	50.0	농업용	1993	624	두원	예회	66.9	50.0	90.0	농업용	1996
577	해일	덕흥	75.0	150.0	150.0	농업용	1994	625	두원	예회	68.0	50.0	150.0	농업용	1994
578	해일	덕흥	85.0	40.0	200.0	생활용	1994	626	두원	예회	71.0	50.0	90.0	농업용	1996
579	해일	덕흥	85.0	200.0	270.0	농업용	1996	627	두원	예회	80.0	200.0	309.0	농업용	1993
580	해일	백양	50.0	150.0	150.0	농업용	1994	628	두원	예회	85.0	200.0	300.0	농업용	1995
581	해일	백양	50.0	60.0	30.0	생활용	1989	629	두원	예회	85.0	150.0	160.0	농업용	1994
582	해일	백양	50.0	60.0	30.0	생활용	1990	630	두원	예회	85.0	100.0	170.0	농업용	1994
583	해일	백양	50.0	60.0	30.0	생활용	1985	631	두원	예회	100.0	150.0	164.0	농업용	1994
584	해일	백양	50.0	60.0	30.0	생활용	1982	632	두원	예회	102.0	150.0	150.0	농업용	1994
585	해일	백양	50.0	60.0	30.0	생활용	1988	633	두원	예회	118.0	150.0	150.0	농업용	1995
586	해일	백양	53.0	32.0	87.0	생활용	1994	634	두원	예회	180.0	150.0	160.0	농업용	1996
587	해일	백양	60.0	60.0	20.0	생활용	1994	635	두원	웅당	72.0	150.0	160.0	생활용	1986
588	해일	백양	70.0	25.0	90.0	생활용	1994	636	두원	웅당	75.0	150.0	180.0	농업용	1993
589	해일	백양	75.0	150.0	150.0	농업용	1994	637	두원	웅당	80.0	65.0	60.0	농업용	1996
590	해일	백양	80.0	200.0	150.0	생활용	1996	638	두원	웅반	60.0	100.0	150.0	농업용	1994
591	해일	백양	82.0	200.0	140.0	농업용	1995	639	두원	웅반	68.0	150.0	200.0	농업용	1994
592	해일	백양	85.0	60.0	20.0	생활용	1991	640	두원	웅반	75.0	200.0	250.0	농업용	1992
593	해일	백양	85.0	200.0	300.0	생활용	1996	641	두원	웅반	80.0	50.0	200.0	농업용	1994
594	해일	백양	86.0	250.0	300.0	농업용	1994	642	두원	웅반	80.0	150.0	152.0	농업용	1994
595	해일	백양	87.0	40.0	200.0	생활용	1994	643	두원	웅반	85.0	100.0	200.0	생활용	1994
596	해일	해영	70.0	150.0	160.0	농업용	1994	644	두원	웅반	85.0	250.0	330.0	농업용	1936
597	해일	해영	85.0	200.0	250.0	농업용	1994	645	두원	웅반	88.0	200.0	360.0	생활용	1994
598	해일	해영	110.0	200.0	216.0	생활용	1995	646	두원	웅반	100.0	150.0	150.0	농업용	1996
599	해일	해영	110.0	200.0	216.0	농업용	1995	647	두원	웅반	115.0	150.0	80.0	생활용	1989
600	해일	해영	120.0	200.0	117.0	생활용	1995	648	두원	웅반	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
601	해일	해영	130.0	200.0	210.0	생활용	1995	649	두원	웅반	200.0	200.0	450.0	농업용	1995
602	두원	관덕	90.0	200.0	250.0	생활용	1995	650	두원	웅산	76.0	50.0	87.0	생활용	1994
603	두원	관덕	106.0	50.0	79.0	농업용	1985	651	두원	웅산	78.0	150.0	180.0	농업용	1994
604	두원	관덕	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	652	두원	웅산	83.0	150.0	180.0	농업용	1995
605	두원	대금	60.0	150.0	170.0	생활용	1988	653	두원	웅산	90.0	200.0	300.0	농업용	1994
606	두원	대금	82.0	50.0	283.0	생활용	1994	654	두원	웅산	90.0	50.0	80.0	농업용	1994
607	두원	대금	85.0	200.0	300.0	농업용	1994	655	두원	웅산	92.0	200.0	250.0	농업용	1994
608	두원	대금	93.0	200.0	380.0	농업용	1995	656	두원	웅산	115.0	800.0	125.0	농업용	1978
609	두원	대금	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	657	두원	웅산	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
610	두원	대전	50.0	50.0	34.0	생활용	1994	658	두원	웅산	131.0	65.0	300.0	생활용	1996
611	두원	대전	100.0	150.0	150.0	농업용	1995	659	두원	웅산	140.0	150.0	150.0	농업용	1996
612	두원	성두	80.0	200.0	205.0	생활용	1987	660	두원	유대	60.0	200.0	270.0	생활용	1987
613	두원	성두	81.0	150.0	175.0	농업용	1995	661	두원	유대	60.0	50.0	350.0	농업용	1994
614	두원	성두	240.0	150.0	150.0	농업용	1996	662	두원	유대	60.0	40.0	160.0	농업용	1979
615	두원	신송	62.0	150.0	157.0	농업용	1994	663	두원	유대	60.0	150.0	150.0	농업용	1995
616	두원	신송	62.0	150.0	157.0	농업용	1994	664	두원	유대	80.0	100.0	150.0	농업용	1994
617	두원	신송	74.0	150.0	159.0	농업용	1994	665	두원	유대	88.0	200.0	250.0	농업용	1994
618	두원	신송	78.0	150.0	184.0	농업용	1994	666	두원	유대	100.0	50.0	150.0	농업용	1994
619	두원	신송	129.0	200.0	250.0	생활용	1996	667	두원	유대	120.0	50.0	250.0	생활용	1996
620	두원	영오	71.0	150.0	150.0	농업용	1994	668	두원	유대	148.0	200.0	250.0	농업용	1994
621	두원	영오	85.0	200.0	250.0	농업용	1991	669	두원	유대	150.0	150.0	80.0	생활용	1992
622	두원	영오	90.0	150.0	200.0	농업용	1995	670	두원	유대	200.0	200.0	450.0	농업용	1995

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (φ)	양수량 (㎡/일)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (φ)	양수량 (㎡/일)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
671	두원	중류	62.0	200.0	318.0	농업용	1990	719	점암	강산	185.0	200.0	250.0	생활용	1995
672	두원	중류	80.0	200.0	250.0	농업용	1991	720	점암	대룡	50.0	40.0	56.0	농업용	1994
673	두원	중류	82.0	200.0	250.0	농업용	1991	721	점암	대룡	50.0	60.0	54.0	농업용	1994
674	두원	중류	85.0	250.0	290.0	생활용	1996	722	점암	대룡	50.0	60.0	54.0	농업용	1994
675	두원	중류	85.0	150.0	150.0	농업용	1996	723	점암	대룡	50.0	40.0	54.0	농업용	1994
676	두원	화곡	80.0	150.0	170.0	농업용	1995	724	점암	대룡	80.0	100.0	150.0	생활용	1995
677	두원	화곡	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	725	점암	대룡	80.0	80.0	100.0	농업용	1995
678	두원	화곡	200.0	200.0	270.0	생활용	1995	726	점암	대룡	100.0	80.0	150.0	농업용	1994
679	봉래	사양	53.0	48.0	20.0	생활용	1953	727	점암	대룡	110.0	100.0	150.0	생활용	1995
680	봉래	신금	60.0	40.0	50.0	생활용	1994	728	점암	모룡	60.0	100.0	150.0	생활용	1994
681	봉래	신금	70.0	70.0	150.0	생활용	1982	729	점암	모룡	60.0	100.0	150.0	생활용	1994
682	봉래	신금	200.0	250.0	250.0	생활용	1995	730	점암	모룡	70.0	100.0	150.0	생활용	1994
683	봉래	예내	62.0	90.0	150.0	생활용	1995	731	점암	모룡	77.0	100.0	150.0	생활용	1994
684	봉래	예내	83.0	200.0	250.0	생활용	1995	732	점암	모룡	78.0	250.0	800.0	농업용	1994
685	봉래	예내	85.0	250.0	150.0	농업용	1996	733	점암	모룡	87.0	100.0	150.0	생활용	1995
686	봉래	외초	80.0	200.0	95.0	생활용	1996	734	점암	모룡	88.0	100.0	150.0	생활용	1995
687	봉래	외초	80.0	200.0	75.0	생활용	1996	735	점암	모룡	90.0	100.0	150.0	생활용	1995
688	봉래	외초	82.0	200.0	170.0	농업용	1995	736	점암	모룡	90.0	100.0	150.0	생활용	1995
689	봉래	외초	105.0	200.0	100.0	농업용	1995	737	점암	모룡	90.0	100.0	150.0	농업용	1995
690	봉래	외초	120.0	200.0	80.0	생활용	1996	738	점암	모룡	96.0	250.0	250.0	농업용	1996
691	봉래	외초	130.0	200.0	50.0	생활용	1996	739	점암	모룡	105.0	150.0	180.0	농업용	1995
692	영남	금사	95.0	200.0	250.0	농업용	1995	740	점암	모룡	125.0	200.0	250.0	농업용	1995
693	영남	금사	101.0	155.0	100.0	농업용	1995	741	점암	모룡	150.0	200.0	500.0	생활용	1994
694	영남	금사	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	742	점암	모룡	150.0	250.0	354.0	농업용	1996
695	영남	금사	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	743	점암	사정	70.0	150.0	150.0	농업용	1994
696	영남	남월	70.0	40.0	50.0	농업용	1994	744	점암	사정	120.0	250.0	260.0	생활용	1996
697	영남	남월	82.0	250.0	200.0	농업용	1995	745	점암	성기	50.0	20.0	50.0	농업용	1994
698	영남	남월	85.0	210.0	600.0	농업용	1995	746	점암	성기	63.0	150.0	120.0	농업용	1994
699	영남	양사	85.0	250.0	250.0	농업용	1996	747	점암	성기	65.0	80.0	150.0	농업용	1993
700	영남	양사	101.0	155.0	157.0	농업용	1995	748	점암	성기	76.0	130.0	150.0	농업용	1996
701	영남	양사	120.0	100.0	120.0	농업용	1992	749	점암	성기	77.0	150.0	200.0	농업용	1995
702	영남	양사	125.0	250.0	250.0	생활용	1996	750	점암	성기	80.0	100.0	150.0	농업용	1995
703	영남	양사	130.0	60.0	87.0	생활용	1990	751	점암	성기	83.0	150.0	150.0	농업용	1995
704	영남	양사	130.0	203.0	270.0	농업용	1994	752	점암	성기	85.0	100.0	150.0	농업용	1995
705	영남	양사	140.0	60.0	87.0	생활용	1989	753	점암	성기	85.0	250.0	250.0	농업용	1995
706	영남	양사	150.0	60.0	130.0	생활용	1988	754	점암	성기	145.0	200.0	250.0	생활용	1991
707	영남	양사	150.0	203.0	170.0	농업용	1994	755	점암	성기	150.0	200.0	250.0	생활용	1995
708	영남	우천	60.0	155.0	120.0	농업용	1994	756	점암	성기	150.0	200.0	250.0	농업용	1994
709	영남	우천	62.0	150.0	170.0	생활용	1994	757	점암	신안	80.0	40.0	138.0	생활용	1984
710	영남	우천	105.0	150.0	150.0	농업용	1994	758	점암	신안	85.0	250.0	250.0	농업용	1996
711	영남	우천	170.0	210.0	500.0	생활용	1994	759	점암	신안	95.0	200.0	250.0	생활용	1995
712	영남	우천	170.0	203.0	400.0	농업용	1995	760	점암	신안	100.0	150.0	150.0	생활용	1995
713	점암	강산	50.0	45.0	60.0	농업용	1994	761	점암	신안	100.0	150.0	150.0	생활용	1995
714	점암	강산	85.0	80.0	200.0	농업용	1992	762	점암	신안	130.0	200.0	276.0	농업용	1996
715	점암	강산	85.0	200.0	336.0	농업용	1992	763	점암	여호	80.0	200.0	150.0	농업용	1996
716	점암	강산	110.0	220.0	220.0	농업용	1995	764	점암	여호	82.0	200.0	250.0	농업용	1995
717	점암	강산	145.0	200.0	150.0	생활용	1995	765	점암	여호	85.0	200.0	250.0	농업용	1996
718	점암	강산	160.0	200.0	205.0	농업용	1995	766	점암	여호	86.0	80.0	80.0	생활용	1990

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
767	정암	여호	90.0	80.0	150.0	생활용	1995	815	포두	송산	160.0	200.0	250.0	생활용	1995
768	정암	연봉	84.0	200.0	200.0	농업용	1985	816	포두	오취	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
769	정암	연봉	90.0	150.0	100.0	농업용	1995	817	포두	옥강	80.0	200.0	250.0	농업용	1993
770	정암	연봉	90.0	150.0	150.0	농업용	1994	818	포두	옥강	80.0	200.0	250.0	생활용	1991
771	정암	연봉	98.0	150.0	100.0	농업용	1994	819	포두	옥강	88.0	200.0	250.0	생활용	1992
772	정암	연봉	110.0	150.0	150.0	농업용	1995	820	포두	옥강	88.0	200.0	250.0	생활용	1994
773	정암	연봉	110.0	150.0	150.0	농업용	1995	821	포두	옥강	88.0	200.0	250.0	생활용	1995
774	정암	연봉	120.0	250.0	260.0	생활용	1996	822	포두	옥강	120.0	200.0	250.0	생활용	1995
775	정암	연봉	120.0	250.0	250.0	생활용	1996	823	포두	옥강	184.0	50.0	70.0	농업용	1992
776	정암	장남	70.0	40.0	62.0	농업용	1995	824	포두	장수	120.0	200.0	250.0	생활용	1996
777	정암	장남	85.0	90.0	120.0	생활용	1995	825	풍양	고옥	50.0	40.0	60.0	농업용	1996
778	정암	장남	123.0	100.0	150.0	생활용	1995	826	풍양	고옥	69.0	40.0	250.0	농업용	1994
779	정암	천화	50.0	50.0	95.0	농업용	1988	827	풍양	고옥	100.0	150.0	200.0	농업용	1994
780	정암	천화	85.0	250.0	250.0	농업용	1996	828	풍양	고옥	150.0	200.0	250.0	농업용	1990
781	정암	천화	85.0	250.0	250.0	농업용	1996	829	풍양	매곡	61.0	200.0	200.0	농업용	1993
782	정암	천화	85.0	250.0	250.0	농업용	1996	830	풍양	매곡	70.0	40.0	160.0	농업용	1994
783	정암	천화	85.0	250.0	250.0	농업용	1996	831	풍양	매곡	80.0	40.0	160.0	농업용	1994
784	정암	천화	85.0	250.0	270.0	농업용	1996	832	풍양	매곡	85.0	200.0	250.0	농업용	1996
785	정암	천화	85.0	250.0	300.0	농업용	1996	833	풍양	매곡	89.0	160.0	200.0	농업용	1994
786	정암	천화	100.0	200.0	250.0	공업용	1994	834	풍양	매곡	98.0	160.0	250.0	농업용	1994
787	정암	천화	120.0	250.0	250.0	생활용	1996	835	풍양	매곡	110.0	40.0	200.0	농업용	1994
788	정암	천화	150.0	150.0	400.0	생활용	1995	836	풍양	보천	95.0	40.0	150.0	농업용	1994
789	정암	천화	150.0	150.0	400.0	생활용	1995	837	풍양	보천	110.0	80.0	280.0	농업용	1994
790	정암	화계	80.0	150.0	150.0	농업용	1995	838	풍양	보천	112.0	300.0	300.0	농업용	1994
791	정암	화계	50.0	45.0	60.0	농업용	1994	839	풍양	봉양	57.0	200.0	250.0	농업용	1988
792	정암	화계	80.0	100.0	100.0	농업용	1992	840	풍양	봉양	85.0	40.0	150.0	농업용	1994
793	정암	화계	80.0	100.0	150.0	농업용	1995	841	풍양	상림	100.0	200.0	160.0	농업용	1995
794	정암	화계	80.0	100.0	150.0	농업용	1995	842	풍양	송정	80.0	40.0	200.0	농업용	1995
795	정암	화계	80.0	100.0	150.0	생활용	1991	843	풍양	송정	80.0	40.0	200.0	기타	1994
796	정암	화계	80.0	150.0	120.0	농업용	1996	844	풍양	송정	120.0	40.0	350.0	생활	1994
797	정암	화계	82.0	200.0	250.0	농업용	1995	845	풍양	송정	120.0	200.0	250.0	생활	1996
798	정암	화계	85.0	200.0	300.0	농업용	1993	846	풍양	송정	150.0	40.0	150.0	농업용	1994
799	정암	화계	85.0	200.0	300.0	농업용	1996	847	풍양	송정	150.0	250.0	260.0	농업용	1996
800	정암	화계	85.0	250.0	250.0	농업용	1996	848	풍양	안동	105.0	40.0	250.0	농업용	1994
801	정암	화계	86.0	80.0	80.0	생활용	1995	849	풍양	야막	78.0	40.0	108.0	생활	1994
802	정암	화계	100.0	150.0	100.0	농업용	1995	850	풍양	야막	82.0	40.0	138.0	생활	1994
803	정암	화계	105.0	200.0	300.0	농업용	1994	851	풍양	야막	110.0	40.0	180.0	농업용	1994
804	정암	화계	125.0	100.0	250.0	농업용	1994	852	풍양	야막	129.0	200.0	400.0	생활	1995
805	정암	화계	140.0	200.0	200.0	농업용	1994	853	풍양	율치	80.0	150.0	150.0	생활	1981
806	정암	화계	140.0	200.0	200.0	농업용	1994	854	풍양	율치	83.0	150.0	160.0	농업용	1994
807	포두	길두	50.0	70.0	150.0	생활용	1994	855	풍양	율치	83.0	150.0	160.0	농업용	1995
808	포두	길두	50.0	70.0	150.0	생활용	1993	856	풍양	율치	84.0	200.0	200.0	생활	1995
809	포두	길두	88.0	200.0	250.0	생활용	1985	857	풍양	율치	89.0	200.0	260.0	농업용	1982
810	포두	길두	88.0	200.0	250.0	생활용	1985	858	풍양	율치	90.0	40.0	80.0	생활	1994
811	포두	길두	120.0	200.0	250.0	생활용	1996	859	풍양	율치	98.0	200.0	260.0	생활	1996
812	포두	남성	88.0	200.0	250.0	생활용	1994	860	풍양	율치	98.0	40.0	300.0	농업용	1994
813	포두	봉림	60.0	40.0	70.0	생활용	1995	861	풍양	율치	105.0	40.0	160.0	농업용	1994
814	포두	송산	88.0	200.0	250.0	생활용	1985	862	풍양	율치	131.0	200.0	250.0	생활	1995

일련 번호	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도	일 번	위 치		심도 (m)	구경 (ϕ)	양수량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	용도	개발 년도
	읍면	리							읍면	리					
863	중앙	천동	79.0	40.0	150.0	농업용	1994	874	중앙	북남	150.0	40.0	150.0	기타	1994
864	중앙	중남	70.0	40.0	150.0	기타	1994	875	중앙	북남	150.0	40.0	200.0	기타	1994
865	중앙	중남	80.0	40.0	160.0	농업용	1994	876	중앙	한동	57.0	40.0	300.0	농업용	1994
866	중앙	중남	80.0	40.0	150.0	기타	1994	877	중앙	한동	83.0	200.0	250.0	농업용	1992
867	중앙	중남	80.0	40.0	150.0	기타	1994	878	중앙	한동	95.0	40.0	300.0	농업용	1994
868	중앙	중남	80.0	40.0	150.0	기타	1994	879	중앙	한동	200.0	400.0	600.0	농업용	1996
869	중앙	중남	85.0	40.0	200.0	농업용	1995	880	중앙	한동	200.0	400.0	600.0	농업용	1996
870	중앙	중남	100.0	40.0	150.0	농업용	1994	881	중앙	한동	200.0	400.0	600.0	농업용	1996
871	중앙	중남	120.0	40.0	300.0	기타	1994	882	중앙	한동	200.0	400.0	600.0	농업용	1996
872	중앙	중남	120.0	40.0	150.0	농업용	1994	883	중앙	한동	200.0	400.0	600.0	농업용	1996
873	중앙	중남	120.0	200.0	250.0	생활	1995	884	중앙	한동	200.0	400.0	600.0	농업용	1996

먹는물 수질검사 (44개 항목)

여 백

지 하 수 수 질 검 사 결 과

A : 대형관정(농업용수), B : 중·소형관정(생활용수), C : 소형관정(농업용수)

NO.	위 치			시설구분	검사항목 기준 단위	색도 5 이하	탁도 2 이하	냄새 무취	맛 무미	NH3-N 0.5 이하	NO3-N 10 이하
	읍·면	동·리	마을								
S57	도양	용정	남암	A	부적합	300	200	적합	적합	0.35	1.5
S58	도양	용정	장계	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	15.5
D14	도양	관		A	부적합	10	20	적합	적합	불검출	2.2
S17	금산		금진	C	부적합	30	50	적합	적합	0.15	0.5
S18	금산		홍전	B	부적합	20	30	적합	적합	불검출	12
D6	금산	어전	금장	B,C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.2
S22	금산	어전	제원초교	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	6.4
D16	도양	봉암	대봉	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	22
S47	도덕	오마		B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	13
S49	도덕	봉덕	내봉	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	26.5
S50	도덕	신양	회룡	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	15.6
S48	도덕	용동		C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.6
D58	풍양	가옥	삼각	C	부적합	20	30	적합	적합	불검출	18.3
S128	풍양	안동	안동	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.9
D59	풍양	울치		B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.7
S124	풍양	송정	냉정	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.9
D21	도화	가화	이목동	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	0.2
D18	도화		단장	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.7
S61	도화	봉용	봉서	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.9
D27	동일		동포	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.9
D37	봉래	신금		B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	11.3
D38	봉래	교동		B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.2
D26	봉래	덕흥		B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1
S62	도화	신호		C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.3
S1	고흥	남계	호천	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	불검출
S115	포두	송산		B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.3
S102	절암	천화	구천	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.9
S97	절암	성기	평촌	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.3
S95	절암	강산	오산	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	0.6
D45	영남	양사	삼일		부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	불검출
D47	영남	양사	사포		적합	무색	적합	적합	적합	불검출	0.3
D44	영남	금사	만호	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	불검출
D54	포두	길두	봉덕	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	5.9
D53	포두	차동	내산	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	6.7
D52	포두		우산	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	12.2
S116	포두	상대	장자	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	2.9
D29	두원	용반	금성	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	25.1
S87	두원	영오			부적합	20	100	적합	적합	불검출	불검출
S3	고흥	등암		C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	8.6
S22	고흥		송곡	B							
D34	두원	운대	중대	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.4
S105	절암	신안	상신	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	1.4
S100	절암	사정	내동	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	22.1
D4	과역	석봉	봉촌		적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.6
S6	과역	도천	하송								
D9	보양		노송	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	5
S29	보양	대곡	하와	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	3.7
S28	보양		주교	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	4.4
D7	남양	침교	화담	C	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	2.8
D12	대서		금곡	B	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	5.4
S74	동강	유둔	죽산	B	부적합	무색	적합	적합	적합	불검출	14.4
S72	동강	장덕	장동	C	적합	무색	적합	적합	적합	불검출	5.9
S75	대서		마동	C							
D13	대서		마암								
S35	대서	남정	월동		적합	무색	적합	적합	적합	불검출	5.2

NO.	pH	경도	Cl-	KMnO4	증발잔류물	F	CN	폐놀	세제	SO42-
	5.8-8.5	300 이하	150 이하	10 이하	500 이하	1.5 이하	검출	0.005 이하	0.5 이하	200 이하
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
S57	6.8	71	29	1.2	101	0.4	검출	검출	검출	39
S58	6.1	78	45	0.9	160	검출	검출	검출	검출	13
D14	6.7	55	17	0.3	58	0.3	검출	검출	검출	7
S17	6.9	115	40	0.6	185	0.2	검출	검출	검출	14
S18	6.4	88	32	1.5	285	0.3	검출	검출	검출	6
D6	6.5	32	17	0.3	125	0.4	검출	검출	검출	10
S22	6.4	37	21	0.6	70	0.4	검출	검출	검출	검출
D16	6.2	72	26	0.9	186	검출	검출	검출	검출	7
S47	6.4	115	80	0.9	272	0.2	검출	검출	검출	14
S49	6.5	91	22	1.8	261	검출	검출	검출	검출	4
S50	6.6	127	56	0.6	279	검출	검출	검출	검출	6
S48	7.9	3	17	0.3	21	0.3	검출	검출	검출	12
D58	6.5	109	46	0.6	305	검출	검출	검출	검출	4
S128	6.8	356	630	1.8	1081	검출	검출	검출	검출	16
D59	6.6	8.3	13	0.6	151	검출	검출	검출	검출	11
S124	7	57	32	0.6	180	검출	검출	검출	검출	6
D21	7.1	23	17	0.3	124	검출	검출	검출	검출	검출
D18	6.7	26	19	0.6	120	검출	검출	검출	검출	7
S61	7.1	54	19	0.3	138	검출	검출	검출	검출	3
D27	7.8	139	38	0.9	293	0.5	검출	검출	검출	20
D37	6.3	72	34	0.9	296	검출	검출	검출	검출	7
D38	6.9	65	26	0.3	190	검출	검출	검출	검출	13
D26	7.5	48	21	0.3	168	검출	검출	검출	검출	4
S62	6.3	28	13	0.6	114	검출	검출	검출	검출	6
S1	7.7	47	6	0.3	119	0.7	검출	검출	검출	7
S115	7.7	71	14	0.3	150	0.4	검출	검출	검출	6
S102	8.1	40	5	0.6	109	0.5	검출	검출	검출	5
S97	6.6	57	24	0.6	171	0.2	검출	검출	검출	4
S95	8	59	7	0.3	121	2.2	검출	검출	검출	12
D45	8.5	24	35	0.6	347	1.7	검출	검출	검출	30
D47	7.9	42	8	0.6	116	검출	검출	검출	검출	4
D44	7.5	56	23	0.9	176	검출	검출	검출	검출	3
D54	6.9	45	4	0.9	176	검출	검출	검출	검출	10
D53	6.5	57	28	0.9	231	검출	검출	검출	검출	8
D52	6.4	58	23	1.2	218	검출	검출	검출	검출	검출
S116	7.5	87	10	0.6	248	0.6	검출	검출	검출	10
D29	6.9	236	44	1.5	550	검출	검출	검출	검출	18
S87	8.6	25	8	0.9	309	5.7	검출	검출	검출	16
S3	7.7	56	15	0.9	178	검출	검출	검출	검출	11
S22										
D34	6.2	52	13	0.6	142	2	검출	검출	검출	13
S105	7.5	44	7	0.3	76	0.3	검출	검출	검출	13
S100	7.1	156	63	1.2	373	검출	검출	검출	검출	17
D4	6.5	80	22	0.6	177	검출	검출	검출	검출	8
S6										
D9	6.7	106	23	0.9	194	검출	검출	검출	검출	9
S29	6.8	67	17	0.6	58	검출	검출	검출	검출	10
S28	7.4	42	9	0.3	97	0.3	검출	검출	검출	10
D7	6.7	93	9	0.6	163	검출	검출	검출	검출	9
D12	7.6	44	11	0.6	93	검출	검출	검출	검출	7
S74	7	28	187	1.2	604	검출	검출	검출	검출	35
S72	7	67	15	0.9	152	검출	검출	검출	검출	6
S75										
D13										
S35	7	82	29	0.6	169	검출	검출	검출	검출	16

NO.	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Al	Cr6+	Cd	As
	0.3 이하 mg/l	0.3 이하 mg/l	1 이하 mg/l	1 이하 mg/l	0.05 이하 mg/l	0.2 이하 mg/l	0.05 이하 mg/l	0.01 이하 mg/l	0.05 이하 mg/l
S57	0.05	0.187	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
S58	0.05	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054
D14	0.14	0.01	1.21	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
S17	0.129	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105
S18	0.08	0.023	0.149	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
D6	0.06	0.008	1.32	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
S22	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191
D16	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
S47	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
S49	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349
S50	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
S48	0.22	0.006	1.02	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
D58	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468
S128	0.102	0.386	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
D59	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144
S124	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156
D21	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391
D18	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454	0.454
S61	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069
D27	0.007	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
D37	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
D38	0.018	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
D26	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
S62	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071
S1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
S115	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
S102	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
S97	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
S95	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
D45	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
D47	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
D44	0.037	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157
D54	0.008	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
D53	0.005	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136
D52	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
S116	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
D29	0.038	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
S87	0.31	0.013	0.01	0.01	0.01	1.17	1.17	1.17	1.17
S3	0.319	0.319	0.319	0.319	0.319	0.09	0.09	0.09	0.09
S22									
D34	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.08	0.08	0.08	0.08
S105	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.06	0.06	0.06	0.06
S100	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.02	0.02	0.02	0.02
D4	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.02	0.02	0.02	0.02
S6									
D9	0.009	0.572	0.572	0.572	0.572				
S29	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06
S28	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.02	0.02	0.02	0.02
D7	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064				
D12	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049				
S74	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026				
S72	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075				
S75									
D13									
S35	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045				

고흥군광역수맥조사보고서

1998년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

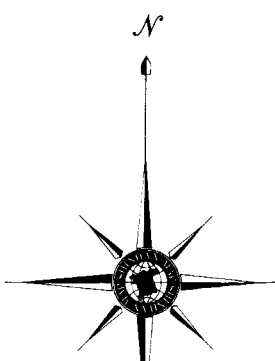
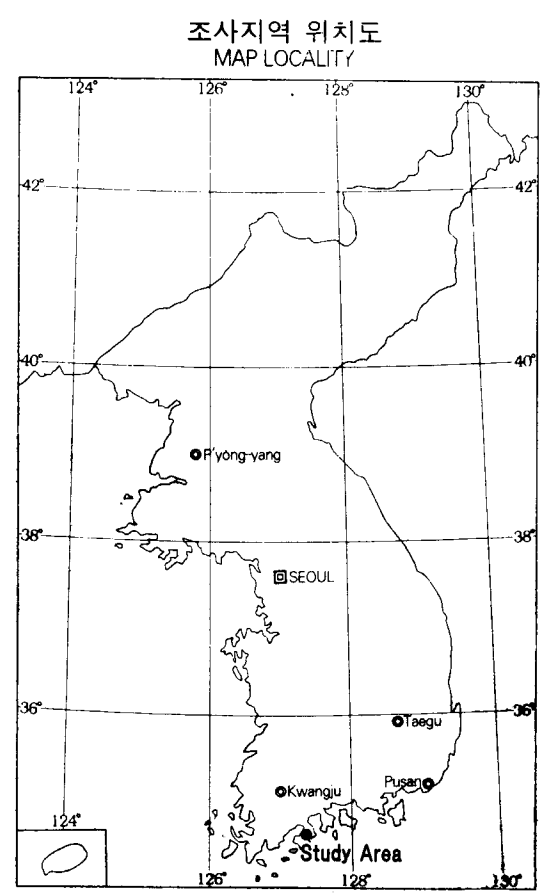
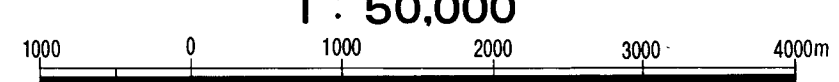
편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : 서라벌인쇄주식회사 (02)732-1851~2

고흥지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF KOHUNG AREA

1 : 50,000

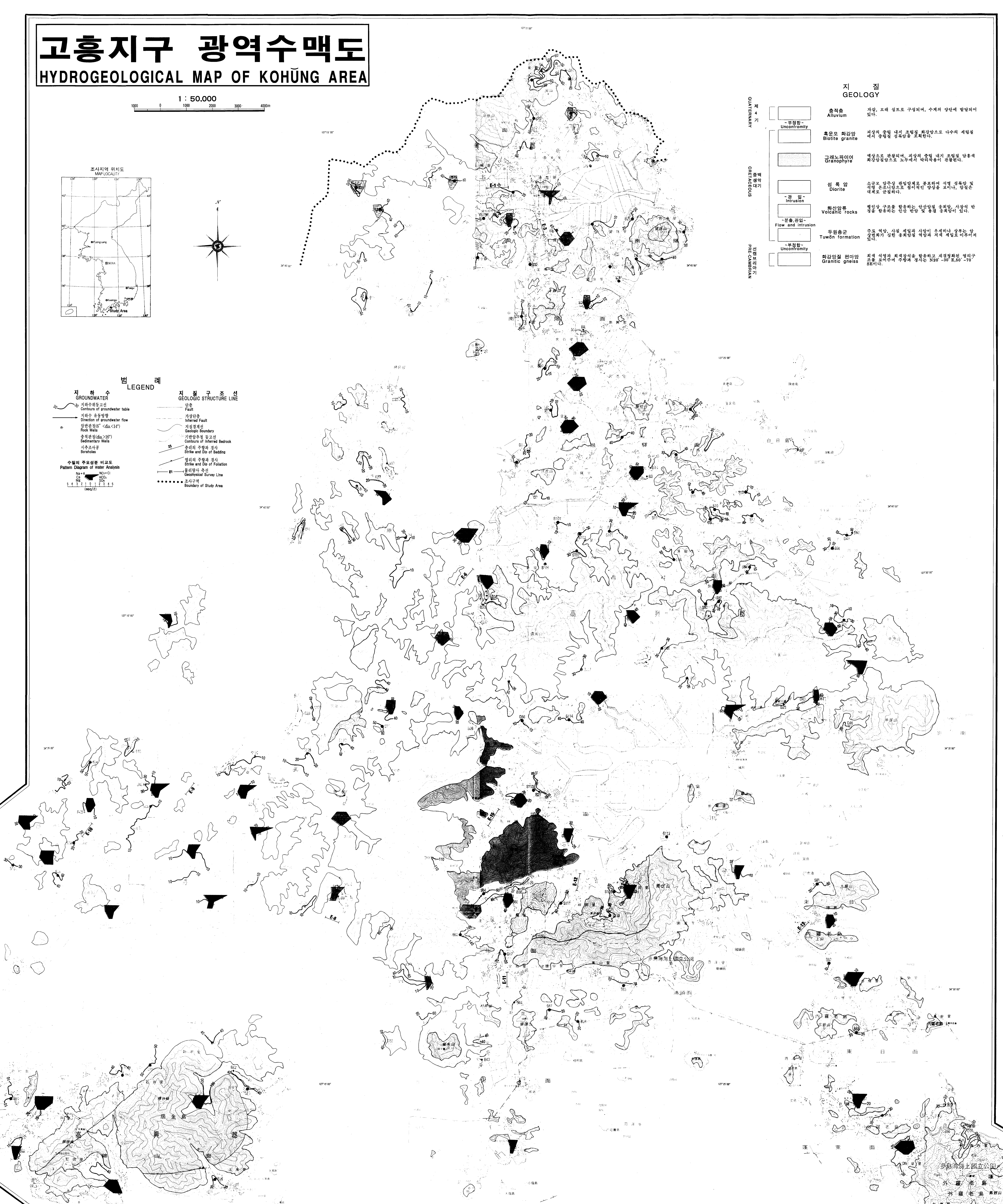


지질 GEOLOGY

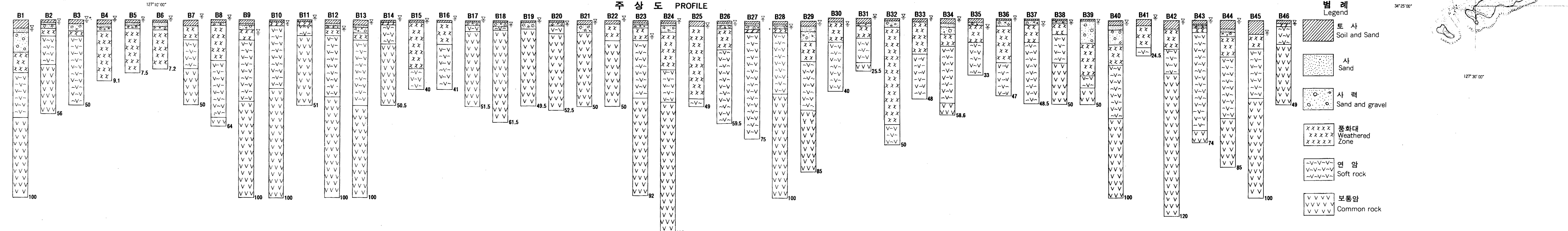
ANNUAL W/C 수계	부정합 Unconformity	충적층 Alluvium	작상, 모래 실트로 구성되어, 수계의 양단에 발달되어 있다.
SIOGNEAL W/C 수계	불합치 Discontinuity	흑운모 화강암 Biotite granite	최상위 중생대의 침입암으로 다수의 세립질에서 중립질 화강암으로 대체된다.
	불합치 Discontinuity	그라노다이어아 Granodiorite	결상으로 변질되며, 최상위 중생대의 중립질 화강암으로 대체된다.
ANNUAL W/C 수계	불합치 Discontinuity	현석암 Diorite	중생대 말부터 중생대 초엽에 형성된 현석암으로, 수계의 양단에 발달되어 있다.
	불합치 Discontinuity	화산암류 Volcanic rocks	결상암 구조를 띠고 있으며, 수계의 양단에 발달되어 있다.
ANNUAL W/C 수계	불합치 Discontinuity	투원층군 Turon formation	중생대 말, 서부 세립질 화강암에 의해 침투된 투원층군으로, 수계의 양단에 발달되어 있다.
	불합치 Discontinuity	화강암류 Granitic rocks	최상위 중생대의 화강암으로, 수계의 양단에 발달되어 있다.

범례 LEGEND

지하수 GROUNDWATER		지질구조선 GEOLOGIC STRUCTURE LINE	
지하수 수위곡선 Contours of groundwater table	지하수 유동방향 Direction of groundwater flow	단층 Fault	지질경계선 Geologic Boundary
관정점 위치 Location of well	관정점 깊이 Q_{10} Well depth	간상단층 Inferred Fault	기암층의 경사선 Contours of Inferred Bedrock
관정점 수위 Well water level	관정점 수위 Well water level	침식곡선 Erosion Curve	침식의 수향과 경사 Strike and Dip of Folding
관정점 수위 Well water level	관정점 수위 Well water level	침식의 수향과 경사 Strike and Dip of Folding	지질조사선 Geological Survey Line
관정점 수위 Well water level	관정점 수위 Well water level	지질조사선 Geological Survey Line	연구지역의 경계 Boundary of Study Area



주상도 PROFILE



범례 LEGEND

토사 Soil and Sand	모래 Sand	사질 Sand and gravel
풍화대 Weathered Zone	연암 Soft rock	보통암 Common rock

1. 대한지질학회 지질조사 제98-28호(1998. 12.29)
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000지형도를 기본으로 사물에 의해 변형, 왜곡하지 않음

발행 : 농림부 · 농어촌진흥공사