

557.46
L293
1998

서산시광역수맥조사보고서

1998

농림부
농어촌진흥공사

목 차

1. 서 언	7
2. 조사 개요	9
2-1. 조사목적	9
2-2. 조사내용	9
3. 일반현황	11
3-1. 위치, 교통 및 면적	11
3-2. 기상	12
3-2-1. 기 온	13
3-2-2. 강수량	16
3-2-3. 증발산량	16
3-3. 인구현황	21
3-4. 토지이용 및 산업현황	21
3-4-1. 농업, 축산업, 임업 현황	23
3-5. 수자원 이용현황 및 이용시설	26
3-5-1. 하천현황	26
3-5-2. 지표수 이용현황	27
3-5-3. 지하수 이용현황	27
4. 수문지질조사	32
4-1. 지형 및 지질	32
4-1-1. 지 형	32
4-1-2. 지 질	32
4-2. 물리탐사	35
4-2-1. 탐사개요	35
4-2-2. 원격탐사 선구조분석	37
4-2-3. 전기 비저항 탐사	38
4-3. 기설관정 이용실태 조사	71

4-3-1. 시설별·용도별 이용실태 조사	71
4-3-2. 기설관정 양수시험	72
4-4. 수질검사 및 잠재오염원 조사	85
4-4-1. 수질검사	85
4-4-2. 수질오염기구 및 영향	110
4-4-3. 잠재오염원조사	116
5. 지하수 이용현황 및 지하수자원 평가	119
5-1. 지하수 이용현황	119
5-1-1. 농업용수	120
5-1-2. 생활용수	120
5-2. 지하수개발 가능량	121
5-2-1. 지하수 부존량 평가	121
5-2-2. 지하수개발 가능량 평가	123
5-3. 적정개발 가능량 및 개발 예정위치	126
5-3-1. 지하수 개발 가능량 분석	126
5-3-2. 지하수 개발 예정 위치 선정	126
6. 지하수 자원 개발 계획	128
6-1. 용도별 소요수량	128
6-2. 소요수량 공급방안	129
6-3. 지하수개발 계획	130
7. 지하수자원 보전 관리 계획	131
7-1. 지하수자원 보전·관리	131
8. 결 론	134

표 목 차

<표 2 - 1>	조사실적	10
<표 3 - 1>	조사지구 면적 및 행정구역 현황	12
<표 3 - 2>	서산지역의 기상개황	13
<표 3 - 3>	월별 평균기온 분포	14
<표 3 - 4>	월별 강수량 분포	17
<표 3 - 5>	월별 계기 증발량	19
<표 3 - 6>	조사지역 가구 및 인구현황	22
<표 3 - 7>	조사지역 읍·면별 토지이용 현황.....	23
<표 3 - 8>	농가 및 농가인구 현황.....	24
<표 3 - 9>	가축사육 현황	25
<표 3 - 10>	산림 현황	26
<표 3 - 11>	하천 현황	27
<표 3 - 12>	지하수 관정시설 현황	29
<표 3 - 13>	소류지 현황	30
<표 3 - 14>	수리시설 현황	31
<표 4 - 1>	지하수 용도별 현황	72
<표 4 - 2>	지하수 시설별 현황.....	72
<표 4 - 3>	양수시험 총괄표.....	73
<표 4 - 4>	생활용수 이용현황	79
<표 4 - 5>	간이상수도 이용현황.....	80
<표 4 - 6>	농업용수 이용현황	82
<표 4 - 7>	현장 간이수질검사 결과	92
<표 4 - 8>	지하수 수질검사 현황	96
<표 4 - 9>	지하수 수질분석 결과	97
<표 4 - 10>	주요원소 함양 분석표	104
<표 4 - 11>	먹는물 수질기준	114
<표 4 - 12>	오염원의 종류	116

<표 4 - 13>	OTA 잠재오염원 분류	117
<표 4 - 14>	조사지역의 오염원 분류	118
<표 5 - 1>	서산시 지하수개발 이용규모 현황.....	119
<표 5 - 2>	지하수 용도별 시설 및 이용현황	120
<표 5 - 3>	지하수부존량 산출	122
<표 5 - 4>	지하수 부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량	126
<표 5 - 5>	지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량	126
<표 6 - 1>	생활용수 소요수량	128
<표 6 - 2>	향후 지하수개발 관정수	129
<표 6 - 3>	연차별 지하수개발 사업량 및 사업비	130

그림 목 차

<그림 3- 1>	연도별 평균기온 분포	15
<그림 3- 2>	월별 평균기온 분포	15
<그림 3- 3>	연강수량 분포	18
<그림 3- 4>	월평균 강수량 분포...	18
<그림 3- 5>	월별 계기증발량	19
<그림 3- 6>	수계도	28
<그림 4- 1>	지질계통표	33
<그림 4- 2>	조사지구 위성영상도	39
<그림 4- 3>	위성영상 필터링 이미지.....	41
<그림 4- 4>	점전위에 의한 전위	43
<그림 4- 5>	쌍극자탐사 축선 배열방법.....	44
<그림 4- 6>	쌍극자 배열에 의한 겉보기 저항 가단면도 작성법.....	46
<그림 4- 7>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	53
<그림 4- 8>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	55
<그림 4- 9>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	57
<그림 4-10>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	59
<그림 4-11>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	61
<그림 4-12>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	63
<그림 4-13>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	65
<그림 4-14>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	67
<그림 4-15>	축선 SDD-1, SDD-2 쌍극자탐사 결과도.....	69
<그림 4-16>	수위강하 및 회복수위 그래프(E-17).....	74
<그림 4-17>	수위강하 및 회복수위 그래프(E- 2).....	75
<그림 4-18>	수위강하 및 회복수위 그래프(E-12).....	76
<그림 4-19>	수위강하 및 회복수위 그래프(E-14).....	77
<그림 4-20>	수위강하 및 회복수위 그래프(E- 4).....	78
<그림 4-21>	지하수 EC 등수치선도	93
<그림 4-22>	지하수 TDS 등수치선도.....	94

<그림 4-23>	지하수 pH 등수치선도	95
<그림 4-24>	지하수 수질분포 Piper diagram (흑운모화강암).....	106
<그림 4-25>	지하수 수질분포 Piper diagram (대산리층)	107
<그림 4-26>	지하수 수질분포 Piper diagram (태안층)	108
<그림 4-27>	지하수 수질분포 Piper diagram (반상섬장암).....	109
<그림 5-1>	수자원 계통표.....	125

1. 서 언

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

광역수맥조사는 이제까지 시행되어 온 특정지역을 대상으로 국지적인 정밀 지하수조사(수맥조사)와는 달리 넓은 지역의 일반적인 수문지질개황을 파악하기 위하여 실시되며, 지하수 자원의 종합적 이용 및 보전차원에서 필요한 지하수 조사과정으로 전국 농어촌용수 구역별로 시범조사, 표본조사, 본조사 등을 연차적으로 시행하여 용수구역내 지하수자원을 광범위하게 파악, 농어촌 다목적용수 개발·이용 및 보전관리 방향을 제시하며 '96시범조사를 통하여 향후 본 조사의 조사기준 정립 및 방향을 설정하는데 그 목적이 있다.

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

우리나라의 지하수조사 사업은 '60년대 초 지구답사를 위주로 한 용수개발 기본조사가 실시되었고, '66년부터 한해지역에 대한 층적층을 대상으로 한 조사가 착수되었으며, '81년 농업용수 10개년 계획의 일환인 항구지하수개발사업으로 '82년부터는 암반에 대한 조사까지 시행, 근래에 와서는 수질오염이 사회적으로 문제가 되면서 층적층 지하수조사보다는 암반 지하수조사로 전환되었고, '86년부터 답작에 대하여 암반수맥조사가 시행되고 있다.

금번의 서산시 광역수맥조사는 '90년 전북 고창지구 광역수맥조사, '91년 경기 안성지구등 광역수맥조사에 이어 전국적으로 시범지역을 선정, 시행되었으

며 위치는 서산시 전역으로 축척 1:50,000 난지, 서산, 당진, 신은, 홍성도폭 내의 서산시 일원이다. 지질조사, 기설관정 이용현황조사, 지하수위관측, 양수시험, 물리탐사, 수질검사 및 주요이온 분석등을 실시하여 이들 자료와 과거 조사구역 내에 국지적으로 수행된 수맥조사와 지하수개발 자료를 취합하고, 인공위성을 이용한 원격탐사 자료를 이용하여 조사지역에 대한 광역적인 수리지질을 조사하고 서산시 광역수맥도를 작성하였다.

끝으로 본조사에 많은 격려와 협조를 주신 농림부, 충청남도, 서산시, 읍·면 관계관에 감사를 드린다.

2. 조 사 개 요

2-1. 조사목적

농어촌지역 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역 내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해상습지에 대하여 국지적으로 시행하여 온 수맥조사사업을 발전시켜 농어촌용수 구역중 가뭄이 심한 서산시 일원에 대하여 광범위하고 종합적인 광역수맥조사를 실시하여 용수구역내 지하수자원을 광범위하게 파악, 농어촌 다목적 용수개발·이용 및 보전관리 방향을 제시하고, 향후 본 조사 기준정립 및 조사방향을 제시하는데 목적이 있다.

2-2. 조사내용

가. 조사지역 : 서산시

나. 조사위치 : 충청남도 서산시 일원(6개 동, 10개 읍·면)

다. 조사면적 : 73,913ha

라. 조사기간 : 1997. 11. ~ 1998. 10. 31.

마. 조 사 자 :

소 속	직종	직급	성 명	조 사 업 무 내 용
충남지사	지 질	2급	김 종 경	지하수 업무총괄
		3급	이 종 민	지하수 조사업무 총괄 및 지도.
		4급	이 동 의	현장조사 및 자료수집 정리.
		4급	구 본 훈	수질검사, 양·음이온분석 및 도표작성
		4급	장 병 철	물리탐사 및 지하수위관측 자료 정리

바. 조사실적

기존 자료 및 원격탐사 자료 등을 활용하여 조사계획을 수립, 실시한 후 지형 및 지질에 따라 조사량을 분배하였다.

<표. 2-1> 조사실적

공 종 별	단위	조 사 량	비 고
○ 기본조사			
- 지구협의 및 답사	지구	1	
- 선구조 추출	지구	1	
- 지표지질조사 (평야부)	ha	41,961	} 73,913
- 지표지질조사 (임야부)	ha	31,952	
○ 시설관정조사			
- 이용현황 조사	공	163	
- 지하수위 관측	회	163	
- 양 수 시 험(암반)	공	5	
○ 물리탐사	측선		
- 쌍극자 전기비저항탐사	회	17	
○ 수질검사	공	45	
○ 양이온 · 음이온 분석		43	

사. 조사장비

- Clino-Compass 및 브란튼Compass 각 1대
- 전기탐사기(ABEM SAS-300) 및 부대장비 일체
- HACH Conductivity / TDS Meter
- HANNA pH meters kit, DR-2000
- 휴대용 수위 측정기 1set
- 조사용 차량 1대
- 선구조 추출장비

3. 일 반 현 황

3-1. 위치, 교통 및 면적

서산시는 국립지리원 발행 축척 1:50,000의 난지, 서산, 당진, 신은, 홍성 도폭에 걸쳐 위치하며, 행정구역상 동서남북의 경계는 각각 동단으로는 운산면 와우리(126° 39'), 서단으로는 필봉면 진장리(126° 22'), 남단으로는 부석면 간월도리(360° 36'), 북단으로는 대산읍 화곡리(370° 0')로서 동서간 연장은 27km, 남북간 연장은 44.6km이고 면적은 739,130,822.4m²이다.

동으로는 당진군 대호지면, 정미면, 서로는 태안군 태안읍과, 남으로는 홍성군 갈산면, 예산군 덕산면, 북으로는 당진군 석문면과 접하고 있으며 동측의 문길산, 응산, 옥양봉, 가죽봉, 삼준산을 잇는 산계를 경계로 조사지구를 형성하고 있다.

교통망은 조사지역 남동측에서 당진군 석문면으로 연결되는 29번 국도가 남·북으로 서산시내를 통과하여 서측의 대산면으로 빠져 나가며 북측 예산에서 연결되는 32번 국도가 동·서로 서산시내를 통과하여 서쪽 태안방향으로 이어지고, 남서쪽으로 부석면을 이어주는 649번 지방도가 남으로 지나고 있어 대체로 교통상황은 양호한 편이다.

조사지역은 <표. 3-1>에서 나타난 것과 같이 1개 읍 9개 면 6개 동으로 행정리 333개, 법정리 140개, 1,412반, 658 자연마을로 총면적은 739.13km²으로 조사되었다.

<표. 3-1> 조사지역의 면적 및 행정구역 현황

(단위 : km², 개소)

읍·면	면적	동·리		반	자연마을	비고
		행정	법정			
계	739.13	333	140	1,412	658	
대산읍	103.89	30	10	112	36	
인지면	35.49	20	10	71	33	
부석면	123.82	26	14	105	55	
팔봉면	51.40	22	9	57	27	
지곡면	57.94	21	9	64	41	
성연면	43.82	21	9	58	40	
음암면	43.98	28	10	120	70	
운산면	82.72	29	19	117	82	
해미면	68.07	29	22	109	80	
고북면	71.79	31	13	105	78	
부춘동	9.45	17	2	109	26	
동문동	4.43	15	3	116	20	
활성동	4.34	9	1	64	5	
수석동	8.80	17	2	103	12	
석남동	18.06	12	4	78	32	
오산동	11.13	6	3	24	21	

3-2. 기상

우리나라 기후의 특징은 아시아 계절풍의 영향과 중앙아시아의 고기압이 동남방향으로 발달할 때 한냉하고 건조한 기류의 영향을 받는 점이다. 특히, 우리나라 여름철의 기후는 해양에서 중앙아시아의 저기압권을 향하여 다습한 공기가 서북방향으로 이동하는 영향을 크게 받는다. 이때 강우전선이 형성되어 본격적인 우기로 들어가 장마가 계속된다. 이 기간은 6월~9월 사이로 강수량이 가장 많다.

우리나라의 연간 총강수량은 1,276억 m³/년으로 계산하고 있으며, 이 중 45%에 해당하는 570억 m³이 증발에 의하여 손실되고 55%인 697억 m³이 하천 또는 기저유출을 통하여 유출된다.

유출량의 67%인 467억m³이 홍수시 하천을 통하여 유출되고, 33%인 230억m³이 평상시 유출된다. 평상시 유출량의 71%인 164억m³과 홍수시 댐 등으로 공급 받는 103억m³을 합하여 지표수로 267억m³이 이용된다.

조사지역의 기상현황을 파악하기 위하여 서산기상대의 17년간(1981~1997) 기상자료를 수집·분석하였고, 그 결과를 요약하면 표. 3-2와 같다.

<표. 3-2> 서산지역의 기상개황

구 분 월별	기 온(℃)			강수량	평균습도 (%)	일조시간 (h)	풍 속(m/s)		평균기압 (hpa)
	평 균	최 고	최 저				평 균	최 대	
1 월	-2.6	3.1	-7.1	26.9	68	142.4	1.8	11.7	1,023.9
2 월	-0.5	6.1	-6.0	26.4	67	186.7	1.9	10.0	1,023.9
3 월	5.3	11.9	0.1	51.1	69	230.0	2.2	9.7	1,022.0
4 월	11.1	17.6	5.2	60.8	68	224.1	2.2	12.3	1,016.8
5 월	16.5	21.5	12.1	100.3	78	197.8	2.8	11.5	1,008.6
6 월	22.1	27.6	17.4	122.9	76	226.3	2.0	14.2	1,008.6
7 월	25.3	29.7	21.8	239.7	80	173.3	1.9	11.7	1,007.1
8 월	26.1	31.6	21.9	269.0	76	258.9	1.9	13.0	1,008.4
9 월	19.5	26.2	14.5	134.7	72	219.8	1.7	9.0	1,014.5
10 월	13.2	19.9	6.9	62.4	68	218.9	2.0	10.3	1,018.2
11 월	8.2	14.6	3.2	71.4	75	152.6	1.6	7.3	1,021.9
12 월	1.9	7.0	-2.3	34.8	74	123.7	1.8	9.3	1,025.3
평 균	12.2	18.0	7.3	1,200.5	73	196.2	2.0	10.8	1,016.6

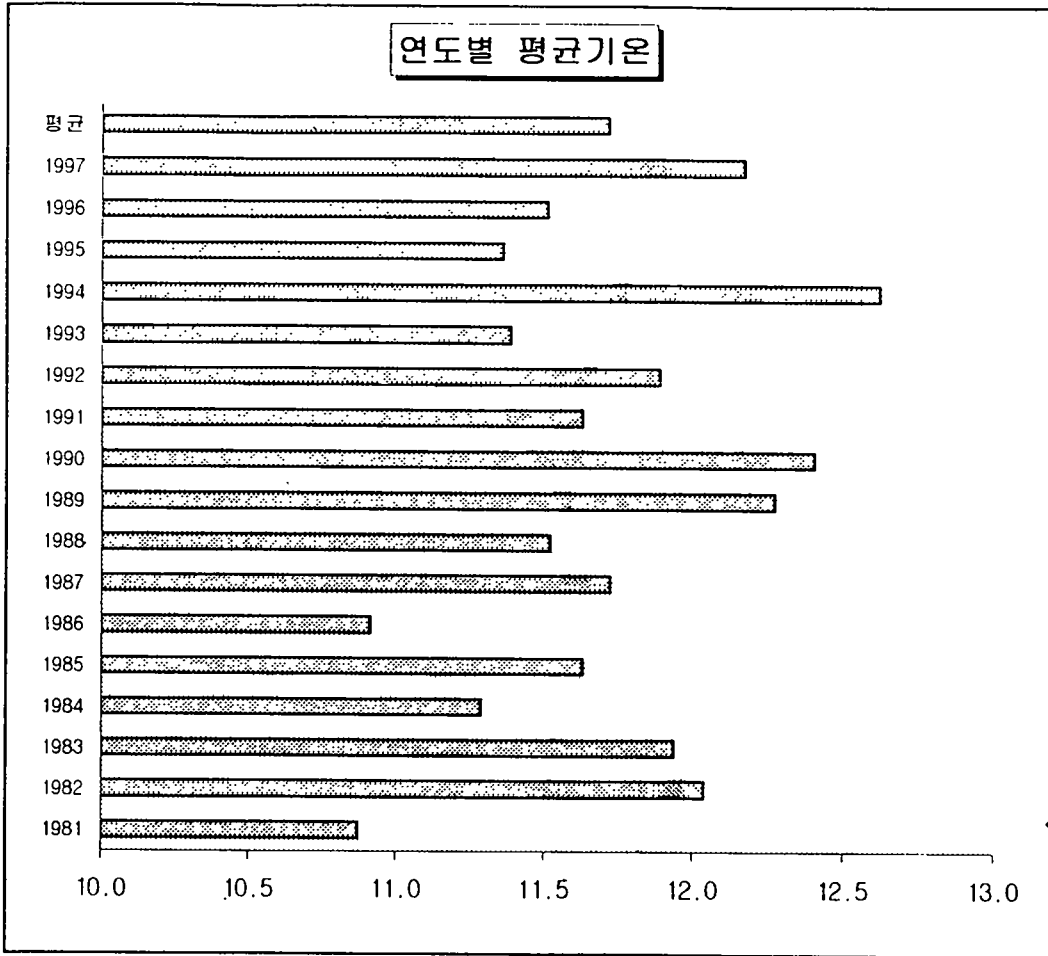
3-2-1. 기온

대기의 기온변화는 직접적으로 물의 순환과정에 영향을 준다. 특히, 증발, 증발산 및 식물의 성장 등은 수자원의 양적인 면에 영향을 주며, 기온의 차이에 의한 식물의 성장여부 등은 유출현상 및 물의 흐름상태에도 상당한 영향을 준다.

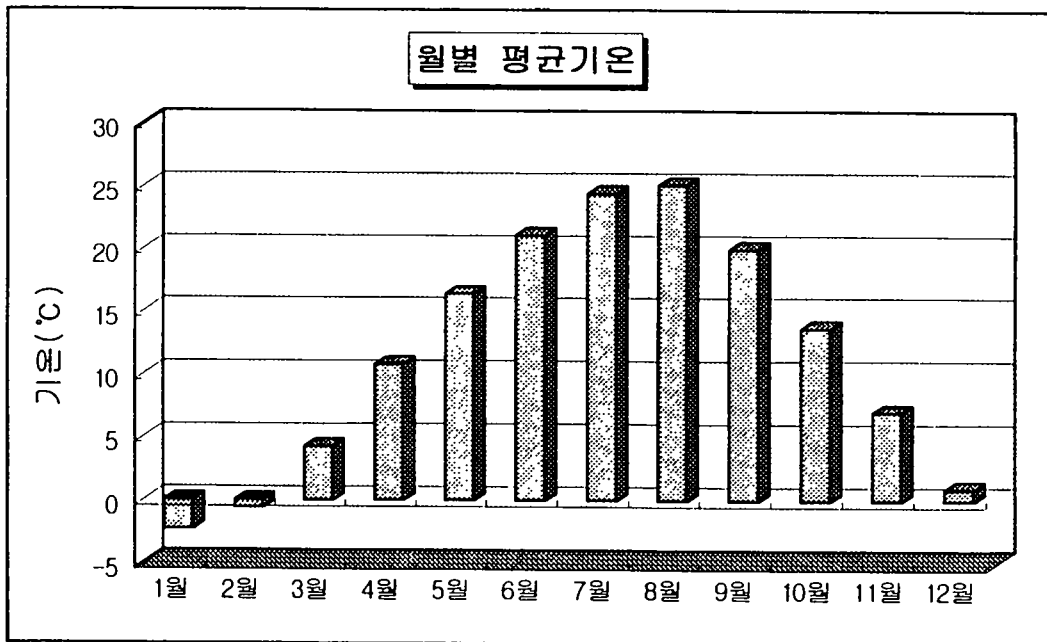
<표. 3-3> 월별 평균기온 분포(1981~1997)

[단위: °C]

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
1981	-6.2	-1.3	5.3	10.6	15.3	20.9	25.2	24.1	19.3	12.9	4.1	0.3	10.9
1982	-2.4	-0.3	4.9	10.7	17.0	20.9	24.3	25.0	19.5	15.3	8.4	1.2	12.0
1983	-1.6	-1.5	5.8	12.1	17.4	20.9	23.3	25.3	21.5	14.0	6.6	-0.5	11.9
1984	-4.5	-3.0	2.1	10.9	16.9	21.9	24.5	25.9	19.5	13.5	7.8	0.0	11.3
1985	-4.4	0.2	3.5	10.6	17.3	21.4	24.9	26.2	20.4	14.5	6.6	-1.6	11.6
1986	-4.3	-3.0	4.1	10.5	15.8	21.2	23.1	24.3	18.9	12.2	5.9	2.3	10.9
1987	-1.5	0.3	3.5	9.6	15.8	21.2	24.4	24.3	19.2	14.7	7.8	1.4	11.7
1988	-1.2	-1.4	3.4	10.1	16.7	21.4	24.1	25.1	20.4	13.8	5.2	0.7	11.5
1989	0.7	1.7	5.0	12.4	16.7	20.2	24.1	24.9	19.9	12.9	7.1	1.7	12.3
1990	-2.1	2.1	6.0	10.4	15.4	20.5	24.8	25.5	20.7	14.1	9.7	1.8	12.4
1991	-1.7	-0.9	4.3	11.3	16.4	21.3	23.8	24.2	19.9	12.8	5.9	2.3	11.6
1992	-0.3	0.3	6.1	10.9	15.6	19.9	24.5	24.6	20.0	13.0	6.1	2.0	11.9
1993	-1.8	0.4	4.2	9.4	16.8	20.5	23.0	22.5	20.4	12.5	8.3	0.5	11.4
1994	-1.4	-0.3	3.0	13.3	16.8	21.5	27.5	26.7	20.2	14.4	8.3	1.5	12.6
1995	-1.7	-0.5	2.0	9.7	15.7	21.3	24.3	26.2	19.5	14.7	6.0	-0.8	11.4
1996	-1.7	-2.1	3.7	8.7	16.5	21.1	24.3	25.7	20.6	13.8	6.7	0.9	11.5
1997	-2.6	-0.5	5.3	11.1	16.5	22.1	25.3	26.1	19.5	13.2	8.2	1.9	12.2
평균	-2.3	-0.6	4.2	10.7	16.4	21.1	24.4	25.1	20.0	13.7	7.0	0.9	11.7



<그림. 3-1> 연도별 평균기온 분포(1981~1997)



<그림. 3-2> 월별 평균기온 분포(1981~1997)

조사지역의 최근 17년 평균기온은 11.7℃를 나타내며, 전체적으로 1~2월에 만 영하의 기온을 기록하고 월평균 기온이 영상의 기온분포를 나타내고 있다 (표. 3-3).

최근 17년간의 연간 기온분포는 그림. 3-1에서 보는 바와 같이 10.9~12.6℃의 범위로 비교적 고른 연평균 기온분포를 보이는 반면, 월별 기온분포는 그림. 3-2와 같이 다양한 변화 즉, 1월에서 2월 사이의 기온분포는 평균기온 -2.3~-0.6℃의 범위이며, 7월에서 8월 사이는 평균기온 24.4~25.1℃까지 상승하였다가 9월에서부터 익년 1월까지의 기온이 하강하는 특징을 보인다.

3-2-2. 강수량

조사지구의 1981~1997년까지의 연평균강수량은 1,200.5mm/year로 한국 평균 강수량 1,274mm/year보다 다소 낮은 강수량 분포지역이다. 강수량이 가장 적게 발생하는 시기는 2월(0.8~68.2mm)로 평균강수량 26.4mm/월을 나타낸다. 반대로 강수량이 가장 많은 시기는 8월(74.1~992.7mm)로 평균 강수량 269.0mm/월이다 (표. 3-4 참조).

최근 17년간의 연평균강수량의 변동은 그림. 3-3에서 보는 바와 같이 685.6~1,788.3mm/년으로 연간 변화가 심하게 나타나며, 7~8년 간격으로 강수량이 900mm/년에 못미쳐 한해가 발생하고 있다. 월별 강수량 분포를 볼 때, 월평균 강수량은 100mm이고, 5월에서 9월까지 월평균 강수량보다 많은 강수를 보여주고 있다.

연중 강수량의 월별 점유율은 우기인 7월, 8월에 연간 전체 강수량의 42.3%가 집중되어 나타나고, 5월에서 9월사이 4개월에 내리는 강수량은 연강수량의 72.2%(그림. 3-4)에 달하며, 이중 약 80%이상이 증발 혹은 지표유출로 바다로 유실되고 있다.

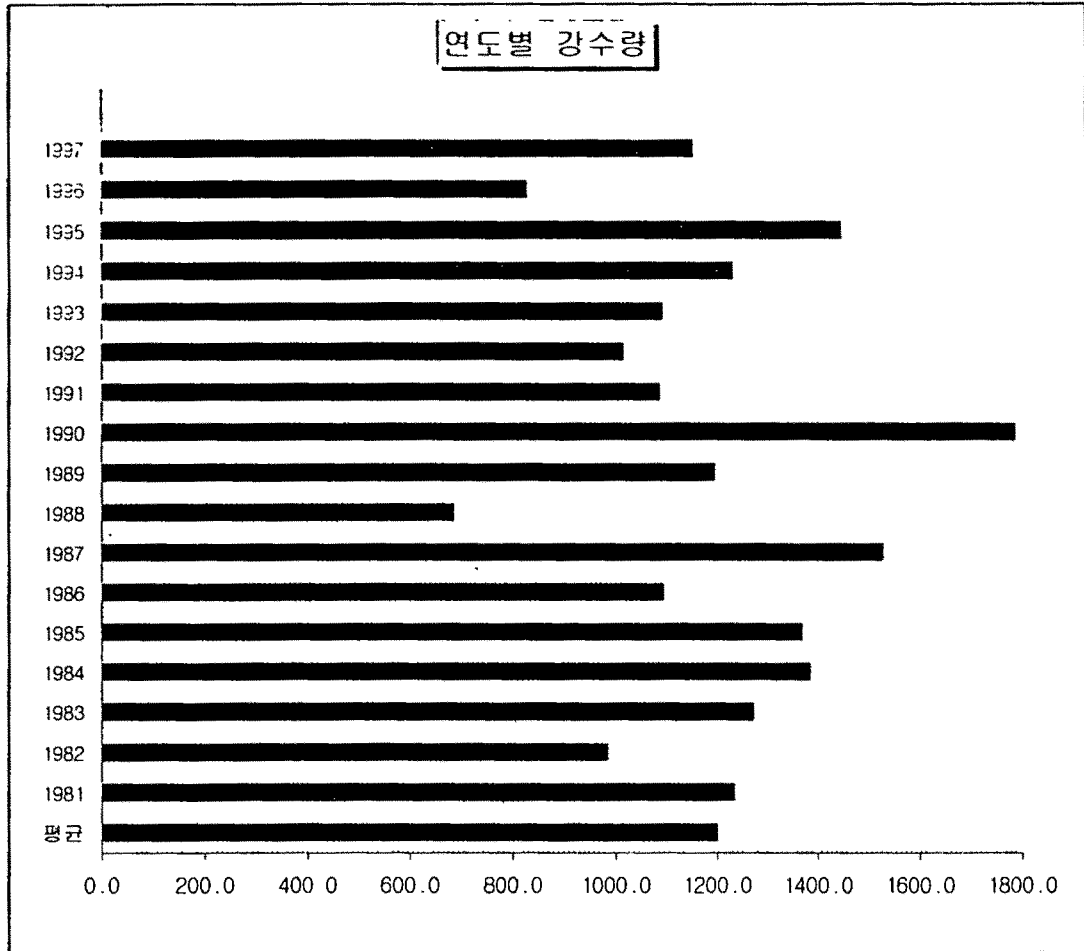
3-2-3. 증발산량

일반적으로 증발산량 (ETR)은 지표면에 떨어진 강수가 지표면이나 호수, 강물 및 바다등의 표면에서 기화되거나 토양하부로 침투된 물이 토양의 모세관력에 의하여 지표로 노출되어 대기중으로 증발(Evaporation)하는 물과 식물의

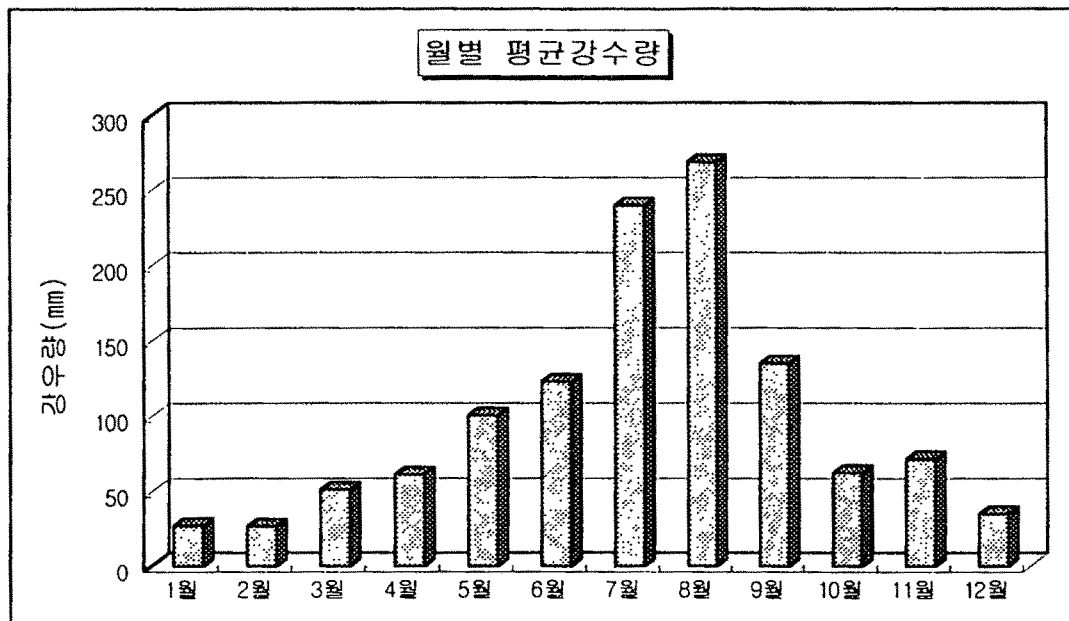
<표. 3-4> 월별 강수량 분포(1981~1997)

[단위: mm]

연도 월	전년계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	20408.1	458	449	869	1034	1705	2089	4075	4574	2290	1060	1214	591.4
1981	1234.3	37.5	15.4	26.6	68.0	37.8	39.7	508	255.0	111	73.3	37.0	24.4
1982	984.2	30.0	4.3	61.1	17.3	162.0	9.5	253	177	14.4	35.2	164	56.3
1983	1272.3	13.9	37.4	72.0	99.2	78.0	58.3	238	317.0	257	34.4	51.7	15.7
1984	1385.4	19.5	16.4	21.6	76.6	62.7	98.8	324.0	344	297	29.5	54.6	40.7
1985	1369.3	23.0	24.4	59.1	94.1	191	22.9	133	154	229	268	123	48.2
1986	1093.6	17.3	16.0	31.6	46.9	101	127	193	241	135	110	38.7	35.8
1987	1527.8	64.4	33.5	31.5	74.4	78.8	122	415	534	63.2	39.4	62.3	8.9
1988	685.6	16.9	0.8	37.9	65.5	37.1	75.5	270	83.0	38.6	3.9	25.4	31.4
1989	1197.7	64.9	47.9	96.1	20.4	59.4	225	105	203	206.0	42.3	113	15.0
1990	1788.3	51.3	66.9	65.5	99.7	94.3	439	255	243	321	0.0	106	47.9
1991	1088.6	19.3	45.2	69.4	59.8	209	64.2	229	120.0	199	23.7	21.2	29.5
1992	1017.6	3.4	21.7	21.2	68.2	67.0	79.2	58.0	345	196	32.1	50.7	75.7
1993	1093.6	9.2	68.2	27.4	45.2	50.7	152	393	95.0	81.7	31.5	105	34.7
1994	1234.5	14.6	5.9	65.6	32.4	156.0	168	107	310	99.2	216	23.3	36.6
1995	1448.3	22.7	7.2	37.3	48.2	67.1	24.5	144	993	20.2	19.3	49.9	15.1
1996	830.1	29.1	5.7	115	48.1	20.0	179	153	74.1	6.4	92.2	72.1	35.3
1997	1156.9	20.5	32.5	29.6	69.5	233	204	299	87.2	16.1	8.7	117	40.2
평균	1200.5	26.9	26.4	51.1	60.8	100.3	122.9	239.7	269.0	134.7	62.4	71.4	34.8



<그림. 3-3> 연강수량 분포

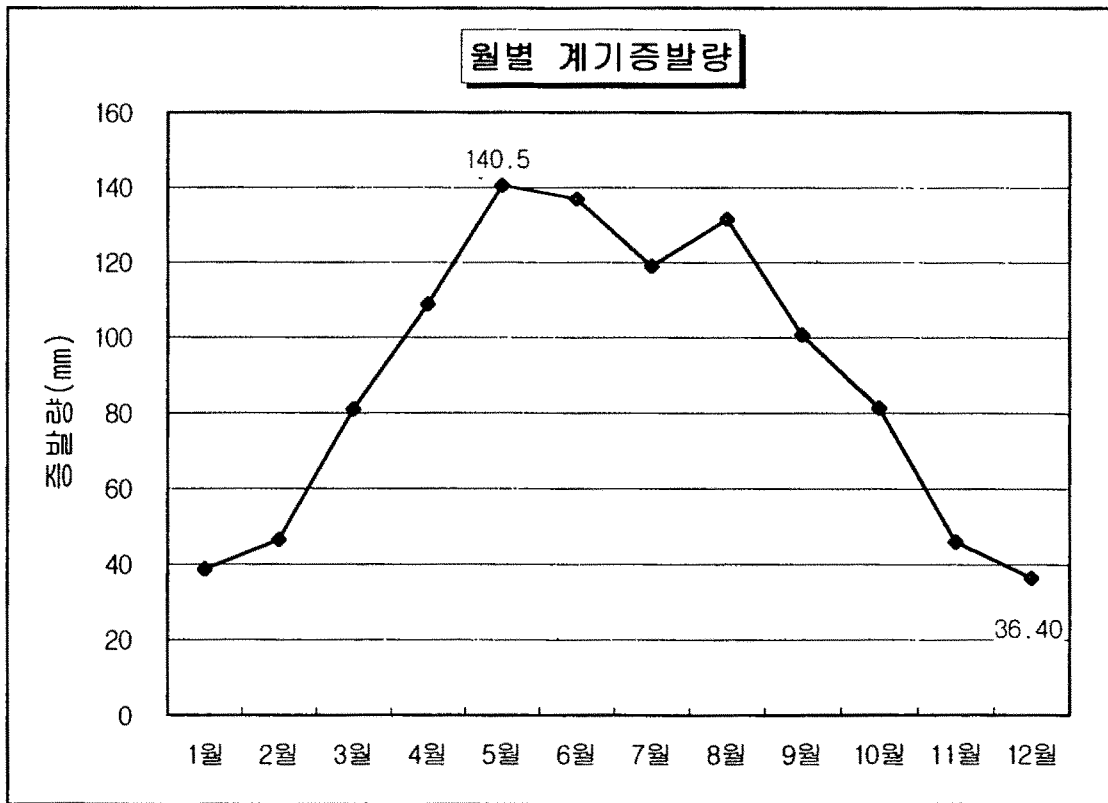


<그림. 3-4> 월별 평균강수량 분포

<표. 3-5> 월별 계기증발량(1981~1997)

(단위: mm)

구분	월	합계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균		1067.3	38.6	46.4	81.0	108.9	140.5	136.9	119.1	131.6	100.8	81.3	45.8	36.4
최대		1390.7	54.2	56.9	110.4	135.3	178.3	168.4	184.4	177.1	125.6	96.8	57.8	45.5
최소		758.8	26.5	32.7	60.3	85.4	93.0	79.8	88.0	99.6	74.1	63.6	28.6	27.2
일최대		80.9	3.2	4.1	7.8	8.0	8.8	9.0	9.2	8.6	7.2	7.8	3.7	3.5



<그림. 3-5> 월별 계기증발량 분포(1981~1997)

생리현상으로 인해 엽수면에서 공중으로 날아가는 발산(Transpiration)의 합을 의미한다.

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

우리나라의 년평균 증발량 분포(1981~1997년)를 보면 태양에너지의 입사량이 많은 위도가 낮은 남쪽으로 갈수록 증가되고 해안지방이 내륙지방보다 많은 경향을 보이는 것으로 보아 수면증발량은 기온과 온도에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다. 증발산량의 측정방법에는 직접측정에 의한 방법, 이론적 방법, 기후인자와의 상관관계에 의한 방법 등이 있다.

본 조사에서는 인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로 부터의 직접적인 증발산량 측정으로 얻어진 서산기상대에서 측정한 최근 17년간의 계기증발량 자료를 참고로 하였다(표. 3-5).

계기증발량 자료에서 연간 증발량은 1,067.3mm/년이며, 가뭄이 극심했고 강수량이 적었던 해일수록 평균치 이상의 높은 증발량을 보여주고 있다. 월별 증발량은 12월의 36.4mm/월로 최소치를 보이며, 5월의 계기증발량이 140.5mm/월로서 최대치를 나타내고 있다. 또한, 4월부터 8월까지의 하절기 4개월 사이에 평균 132mm/월 이상으로 연증발량의 49.5%를 차지하고 있다(그림. 3-5).

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

조사지역에 적용한 이론적 방법에 의한 증발산량 추정은 Penman(1984), Thornthwaite(1954), Turc(1975) 등의 공식중 Turc공식을 이용하여 증발산량을 산출하였다. 증발산량 산정의 이론적 방법으로서는 공기동력학적 방법과 에

너지 보존법칙의 방법이 사용되었으나 증발산(ETR)의 경우에는 식물 표면으로부터의 발산이 고려되어야 하므로 자유수면에서와 같은 공기동력학적 방법만으로는 사용될 수 없다. 즉, 증발산량 산정은 자유수면 및 식물의 표면으로부터의 증발량이 계산되어야 한다. Turc 공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어 있는 수분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로 본 조사지역 내 평균기온과 강수량은 서산기상대에서 측정된 자료를 이용하였다.

Turc공식에 의한 이론적인 증발산량(ETR) 계산은 다음과 같다.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}} \quad \text{여기서, } P \text{ (연평균 강수량)} = 1,200.5 \text{ mm}$$

$$T \text{ (연평균 기온)} = 11.7^\circ\text{C}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 = 672.58 \text{ mm}$$

따라서, 증발산량(ETR) = 593.89mm/년 이다.

Turc 공식을 사용한 이론적인 연평균 증발산량은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량 1,067.3mm/년에 비해 약 56% 수준에 불과하다.

3-3. 인구현황

서산시의 1997년 총가구수 및 인구는 약 46,400가구 149,785명이며, 그중 남자가 50.7%인 75,925명이고, 여자가 49.3%인 73,860명으로 가구당 인구는 3.2명이고 인구밀도는 1km²당 202.0명이다(표. 3-6).

3-4. 토지이용 및 산업현황

조사지역의 지목별 토지이용 현황은 총면적 739.13km²중 전이 80.25km²(10.86%), 답이 201.86km²(27.31%), 임야 319.52km²(43.23%), 대지 12.55km²(1.7%)이며, 기타 124.95km²(16.9%)로 구성되며, 이중 전, 답면적이 282.11km²로 전체면적의 38.2%를 차지한다. 조사지구의 읍·면별 토지이용 현황은 (표. 3-7)과 같다

<표. 3-6> 조사지역 가구 및 인구현황

(단위 : 세대, 명)

구분 읍면동 별	세 대 수	인 구			인구증가율 (전년대비)	인구밀도 (명/km ²)	비고
		계	남	여			
계	46,400	149,785	75,925	73,860	2.5	202	
대 산 읍	6,515	20,023	10,547	9,467	7.6	192	
인 지 면	1,610	5,452	2,767	2,685	△1.5	158	
부 석 면	2,515	8,550	4,390	4,160	△3.8	69	
팔 봉 면	1,420	4,801	2,428	2,373	△3.3	93	
지 곡 면	1,572	5,324	2,707	2,617	△2.4	91	
성 연 면	1,186	3,951	1,995	1,956	△0.03	90	
음 암 면	2,802	9,250	4,703	4,547	4.9	210	
운 산 면	2,261	7,425	3,772	3,653	△2.1	89	
해 미 면	3,319	9,821	5,017	4,804	5.3	144	
고 북 면	2,766	9,117	4,610	4,507	12.1	126	
부 춘 동	4,571	14,740	7,377	7,363	2.1	1,560	
동 문 동	5,084	16,807	8,411	8,396	△1.2	1,835	
활 성 동	2,690	8,053	3,999	4,054	1.2		
수 석 동	4,524	14,356	7,124	7,232	3.0	1,631	
석 남 동	2,951	10,041	5,047	4,994	3.8	555	
오 산 동	614	2,074	1,031	1,043	△2.0	186	

<표. 3-7> 읍·면별 토지이용 현황

(단위 : m²)

구분 읍면동별	계	전	답	임야	대지	기타
계	739,130,822.4	80,247,393	201,864,967.2	319,518,491.6	12,548,403	124,951,567.6
대산읍	103,890,294.2	7,485,132	20,259,265.1	49,639,673.3	1,127,238	25,378,985.8
인지면	35,494,707.5	5,812,009	10,663,270.8	1,435,2522	829,696.5	3,837,209.2
부석면	123,818,691.2	105,003,58.7	54,235,710.9	29,613,385.1	1,049,335.8	28,419,900.7
팔봉면	5,139,571.7	7,228,426	7,070,717.5	3,175,559.1	687,779	4,016,746
지곡면	57,935,746.4	6,353,444	12,573,676.6	31,167,266.7	659,238	7,182,121.1
성연면	43,817,679.8	44,614,00.7	7,640,837.8	27,031,823.5	572,227	4,111,390.8
음암면	43,981,290.9	9,152,649	10,160,522.4	18,123,365	982,912	5,561,842.5
운산면	8,272,483.9	7,044,645	1,322,566.1	53,474,323	1,147,241	7,832,969
해미면	68,072,322.2	5,118,628	1,723,055.6	31,609,507	1,239,671	12,873,960.2
고북면	71,793,875.2	73,375,27.6	29,825,761.6	17,868,929	1,136,908.7	15,624,748.3
부춘동	9,447,647.6	891,923	1,212,270	5,744,567	651,371	947,516.6
동문동, 활성동	876,608.7	1,914,485	2,385,883	2,420,701	1,004,129.9	1,040,888.1
수석동	8,800,400.5	2,304,494	2,896,830	1,743,884	536,779.1	1,318,413.4
석남동	18,063,935.8	2,580,932	8,222,006	1,633,154	680,381	4,947,462.8
오산동	11,127,588.1	2,061,339	3,625,541	3,339,800	243,495	1,857,413.1

3-4-1. 농업, 축산업, 임업 현황

본 조사지역은 1997년말 현재 15,176호의 농가와 51,001명의 농가인구로 서산시 전체비율 34.0%로 구성되며 전체 경지면적은 28,187ha로써 답 20,930ha 전 7,257ha로 나타났다.

<표 3-8 > 농가, 농가인구 현황 (1997년말 현재)

(단위 : 세대, 명)

구 분 읍면동별	세대수	인구수	농가수	농가인구	인구비율 (%)	비 고
계	46,400	149,785	15,176	51,001	34.0	
대 산 읍	6,515	20,023	1,506	5,107	25.5	
인 지 면	1,610	5,452	1,194	3,976	72.9	
부 석 면	2,515	8,550	1,870	6,063	70.9	
팔 봉 면	1,420	4,801	1,118	3,490	72.7	
지 곡 면	1,572	5,324	1,143	3,839	72.1	
성 연 면	1,186	3,951	932	2,999	75.9	
음 암 면	2,802	9,250	1,509	4,777	51.6	
운 산 면	2,261	7,425	1,660	5,071	68.3	
해 미 면	3,319	9,821	1,337	3,973	40.5	
고 북 면	1,776	9,117	1562	4,644	50.9	
부 춘 동	4,571	14,740	193	768	5.2	
동 문 동	5,084	16,807	294	1,219	7.3	
활 성 동	2,690	8,053	35	138	1.7	
수 석 동	4,524	14,356	377	1,337	9.3	
석 남 동	2,951	10,041	591	2,162	21.5	
오 산 동	614	2,074	395	1,438	69.3	

<표. 3-9> 가축사육 현황 (1997년말 현재)

구분 읍면동별	한 우		젖 소		돼 지		닭		비 고
	호수	마리수	호수	마리수	호수	마리수	호수	마리수	
계	5,041	36,099	165	5,454	475	51,519	284	481,032	
대 산 읍	403	2,043	11	441	11	764	88	1,038	
인 지 면	282	1,803	15	496	7	1,703	13	20,046	
부 석 면	355	2,695	9	350	28	9,898	39	30,044	
팔 봉 면	337	6,867	7	245	20	879	6	35,217	
지 곡 면	482	2,670	19	465	21	2,130	31	72,413	
성 연 면	300	1,602	22	587	32	4,844	8	104	
음 암 면	560	3,677	7	196	77	14,893	15	70,115	
운 산 면	650	6,884	26	1,037	73	4,095	21	733	
해 미 면	459	4,019	3	72	80	6,246	20	30,198	
고 북 면	744	5,459	20	852	86	4,699	23	35,886	
부 춘 동	34	234	12	278	1	15	1	41,000	
동 문 동	54	320	1	50	6	462	1	10,112	
활 성 동							5		
수 석 동	36	247	2	100	1	610		34,000	
석 남 동	204	1,039	7	159	14	126	3	97	
오 산 동	141	540	4	126	18	155	4	29	

구분 읍면동별	산 양		사슴		토끼		개		비 고
	호수	마리수	호수	마리수	호수	마리수	호수	마리수	
계	1,126	4,825	113	1,199	100	1,185	4,982	18,743	
대 산 읍	179	432	15	135	11	144	599	2,230	
인 지 면	72	352	13	129	4	33	294	987	
부 석 면	153	392	7	91	29	278	468	1,232	
팔 봉 면	69	359	12	177	3	60	411	1,386	
지 곡 면	255	627	4	25	5	20	494	1,465	
성 연 면	44	177	10	80	4	19	269	725	
음 암 면	130	879	5	42	12	347	347	1,290	
운 산 면	96	617	16	248	4	39	508	1,807	
해 미 면	32	398	5	39	4	43	486	2,871	
고 북 면	53	136	7	44	19	158	594	2,596	
부 춘 동			3	40			131	311	
동 문 동	3	56	4	14			54	246	
활 성 동									
수 석 동	4	42	1	11	1	17	33	334	
석 남 동	28	288	6	81	2	21	170	822	
오 산 동	8	70	5	43	2	6	124	441	

본 조사지역내에 대규모, 전문적 축산농가는 분포하지 않으며 소규모로 각 농가별로 수마리에서 수십마리의 한우와 젓소를 사육하고 있으며 젓소보다는 한우의 사육이 상대적으로 활발하다. 기타 돼지, 닭, 산양, 사슴, 토끼등을 사육하고 있으며 특히 개의 사육이 두드러진다.

<표. 3-10> 산림현황

○ 소유별 임야면적

(단위 :ha)

구 분	계	국 유 립	공 유 립	사 유 립	비 고
합 계	31,818	354	471	30,993	

○ 임상별 임야면적

(단위 : ha)

구 분	계	침 엽 수	활 엽 수	혼 효 립	기 타 (무 립 목 지)	비 고
합 계	31,818	22,086	3,879	3,752	33	2,068

○ 임상별 임목축적

(단위 : m³)

구 분	계	침 엽 수	활 엽 수	혼 효 립	죽 립	비 고
합 계	1,200,658	977,766	104,114	118,778		

3-5. 수자원 이용현황 및 이용시설

3-5-1. 하천현황

조사지역의 하천은 둔당천, 도당천, 해미천, 태봉천, 성연천, 역천 등 6개의 소수계로 구분할 수 있는데, 수계의 발달이 매우 미약하며 특징적 형태를 나타내지 않는 기타 수계형태를 보이고 각 계곡부에서 발원한 세천지류들은 소유역을 분수령으로 구분되어지는 6개의 수계로 유입된 후 북으로는 삼교호, 가로림만으로 유입되고 남으로는 천수만으로 흐른다.

조사지역 내를 흐르는 수계의 분포는 <표. 3-11>과 <그림. 3-6>과 같다. 하천의 경사도는 매우 완만하며 수계 말단부인 삼교호, 가로림만, 천수만에는 해수면과 거의 비슷한 저지의 평야부를 형성한다.

<표. 3-11> 하천현황

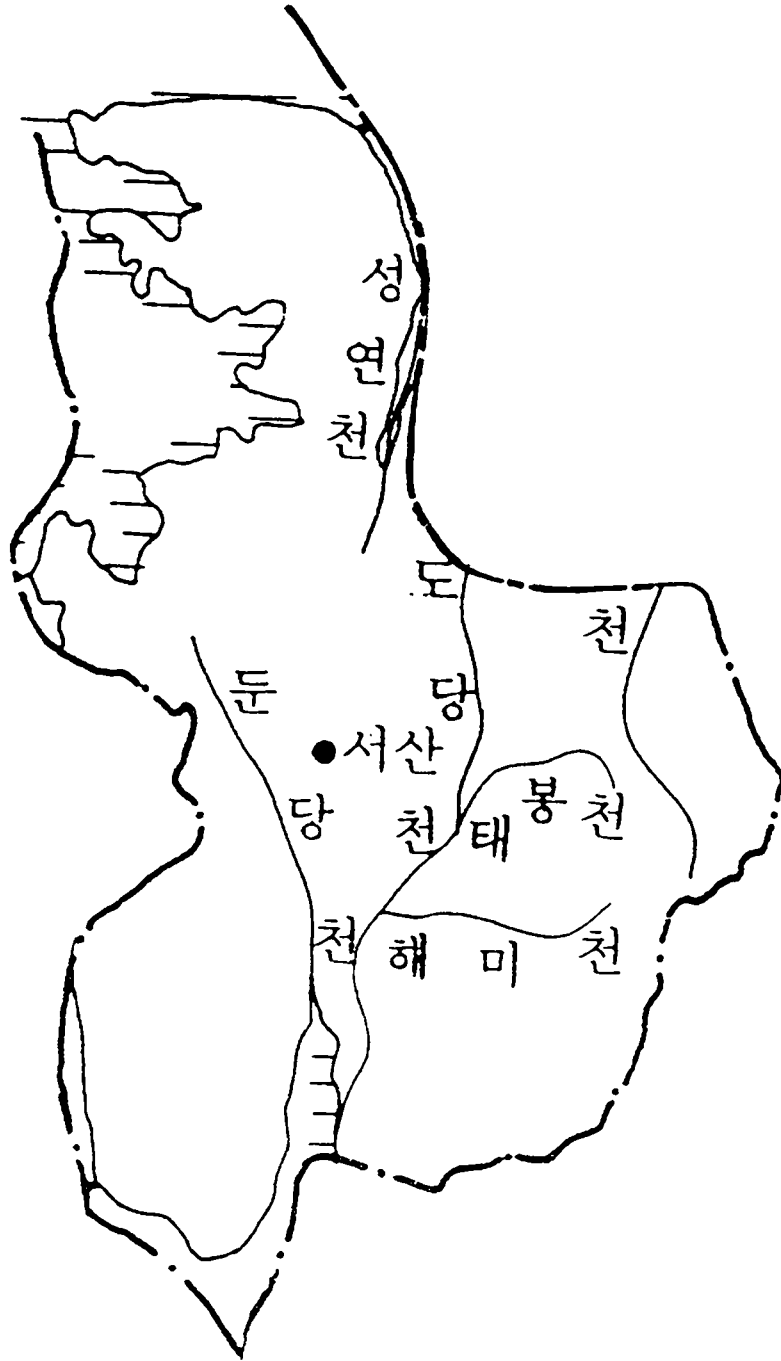
수 계 분 류	유로연장(km)	유역면적(km ²)	비 고
도 당 천	13.0	98.3	
둔 당 천	5.6	29.19	
역 천	19.0	126.5	
성 연 천	5.6	27.3	
해 미 천	8.9	31.4	
태 봉 천	2.0	3.16	
계	54.1	315.85	

3-5-2. 지표수 이용현황

조사지구의 지표수 수리시설 현황은 저수지 15개소와 소류지 39개소가 이용되고 있다. 서산시 관리소류지 39개소, 농지개량조합관리 저수지 15개소 등 54개소의 수리시설로 전체 전·답 면적 28,211ha중 16,276ha(57.6%)에 용수공급을 하고 있다. 표. 3-13은 조사지구 내 소류지 현황이며, 표. 3-14는 수리시설현황 총괄내역이다.

3-5-3. 지하수 이용현황

조사 지구에서의 지하수 이용현황은 1998년 현재 지하수시설은 총 22,325개소로 생활용관정 12,268개소, 농업용관정 10,035개소, 공업용관정 22개소가 이용되고 있다(표. 3-12).



<그림. 3-6> 수 계 도

<표. 3-12> 지하수 관정시설 현황

(단위:m³/년)

구 분	계		생활용수		공업용수		농업용수	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	22,325	55,086,009.6	12,268	15,947,112.1	22	850,675	10,035	41,288,222.5
대산읍	817	9,776.005	88	2,628.995	6	131,400	723	7,015,610
인지면	1,534	5,407.885	777	557,780	2	12,775	755	4,837,330
부석면	2,867	10,761.037	903	735,917	-	-	1,964	10,025,120
팔봉면	978	2,369,238.6	561	236,333.6	2	72,000	415	2,060,905
지곡면	2,253	5,682,020	1,067	816,500	-	-	1,186	4,865,520
성연면	1,114	2,881.687	767	1,749,477	3	225,000	344	907,210
음암면	2,896	2,394,062.0	1,762	735,200	-	-	1,107	1,659,420
운산면	1,865	1,455.695	1,270	560,345	-	-	595	895,350
해미면	2,184	1,669,443.5	1,699	787,293.5	-	-	485	882,130
고북면	2,214	3,366,563	891	441,280	5	109,500	1,318	2,815,783
부춘동	222	281,575	198	186,675	-	-	24	94,900
동문동	347	1,719,958	122	525,938	-	-	225	1,194,020
활성동	85	140,160	85	140,160	-	-	-	-
수석동	1,023	4,877,474.5	758	2,797,275	4	300,000	261	1,780,199.5
석남동	1,137	4,905,891	883	2,857,706	-	-	254	2,048,185
오산동	816	396,757	437	190,237	-	-	379	206,520

<표. 3-13> 서산시 소류지 현황

1997년 12월말 현재

소류지명	몽리면적(ha)	저수량(m ³)	비 고
계 39개소	10,867.6	25,033.5	
중앙 소류지	49.0	136.1	
은식 소류지	22.1	22.2	
축자재 소류지	35.0	128.8	
당울 소류지	46.2	83.4	
산동 1 소류지	17.1	18.5	
산동 2 소류지	15.0	3.5	
서당 소류지	20.0	24.9	
토곡 소류지	38.0	37.6	
황곡 소류지	23.0	27.8	
옥석 소류지	15.0	20.4	
개암 소류지	10.0	7.6	
황도곡 소류지	18.0	16.3	
배램이 소류지	12.0	11.2	
사양암 소류지	25.0	28.7	
봉전 소류지	50.0	145.3	
덕송 소류지	25.5	32.1	
흑식 소류지	15.9	8.9	
강서 소류지	18.0	3.8	
신대 소류지	12.0	5.2	
원성2 소류지	17.6	29.7	
운산 1 소류지	54.0	30.3	
영암 소류지	54.0	4.2	
화곡 소류지	35.0	120.5	
기은 소류지	2.7	8.4	
오지 소류지	2.5	9.3	
운산2 소류지	10.0	14.9	
화곡 3 소류지	1.5	4.9	
왕성 소류지	10.0	5.8	
긴현 소류지	14.0	38.4	
산좌 소류지	3.0	1.8	
중들 소류지	2.0	7.4	
넛골 소류지	1.5	1.2	
산지 소류지	5.0	1.2	
대곡 소류지	15.0	9.3	
용입 소류지	12.0	3.9	
금하 소류지	20.0	62.7	
관중 소류지	20.0	57.3	
간 월 호	6,376.0	14.493	
부 남 호	3,745.0	9,367	

<표 3-14> 서산시 수리시설 현황

1997년 12월말 현재

저수지명		개소수	몽리면적	저수량	비고
계		54	16,276.6	53,239.5	
소 류 지 (서산시)	소 계	39	10,867.6	25,033.5	
	대 산 읍	7	159.7	192.5	
	인 지 면	3	78.3	105.4	
	부 석 면	9	211	319.8	
	팔 봉 면	5	91.4	112.7	
	지 곡 면	1	17.6	29.7	
	성 연 면	2	24.0	44.2	
	운 산 면	5	31.5	68.9	
	해 미 면	1	15.0	9.3	
	고 북 면	1	12.0	3.9	
	부 춘 동	1	49.0	136.1	
	동 운 동	1	22.1	22.2	
	석 남 동	1	35.0	128.8	
	서 산 A	1	6,376.0	14,493	
	서 산 B	1	3,745.0	9,367	
저 수 지 (농지개발 조합)	소 계	15	5,409	28,206	
	풍 전	1	684	3,060	
	삼 흥	1	402.	1,527	
	고 남	1	178	1,049	
	지 곡	1	46	273	
	미 릉	1	38	250	
	강 수	1	32	197	
	대 산	1	112	479	
	중 왕	1	220	964	
	산 수	1	657	3,590	
	성 임	1	616	2,780	
	신 송	1	519	3,020	
	황 락	1	158	1,040	
	고 풍	1	1,359	7,829	
	용 현	1	129	287	
신 창	1	259	1,861		

4. 수 문 지 질 조 사

4-1. 지형 및 지질

4-1-1. 지 형

본 조사지역의 지형 및 지질은 난지, 서산, 당진, 홍성, 신온의 지형도, 지질도, 원격탐사 자료와 기존 수맥조사 보고서를 참조하여 현지조사를 시행하였으며 국지적인 정밀조사에 치중하기 보다는 광역적 개념으로 지형과 지질을 파악하였다. 본 지구의 지형은 서측으로는 우리나라 서해안의 전형인 리아스식 해안선을 형성하며 동측으로는 180~620m내외의 산들이 분포하여 산악지형을 이루고 지구 북서측과 남서측은 서해와 접한 가로림만과 간월호가 위치한다.

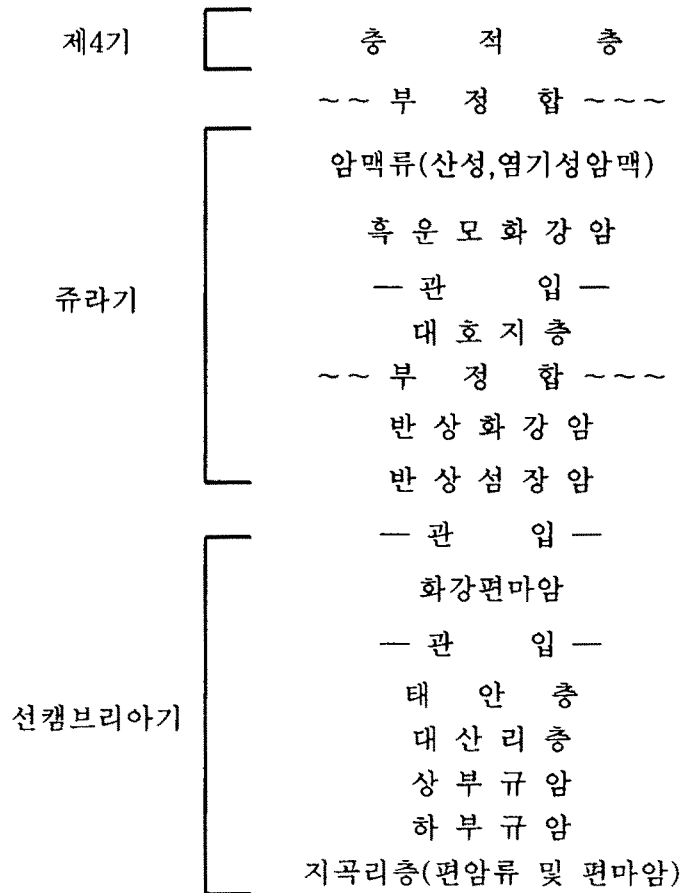
지질분포 산계와 수계의 발달을 고려하면 3개 영역으로 분리할 수 있는데 동측의 지구경계를 따라 문길산($\Delta 189\text{m}$)-옥양봉($\Delta 621.4\text{m}$)-삼준산($\Delta 489.9\text{m}$)를 잇는 산계가 남북으로 발달하고 있으며 서산읍내를 중심으로 북서측으로 해발고도가 낮아지면서 충적지를 상당히 넓게 발달시키고 남서측으로는 반대로 서해와 접하여 매우 넓은 충적지를 형성하고 있다.

본 조사지역 내 수계의 발달은 지구 내 높고 낮은 산계부에서 발원한 소지류들이 소수계를 형성하여 산재해 있는 소류지, 저수지 등에 담수되었다가 농업용수로 활용되고, 재차 유하하여 지구 북서측의 가로림만, 남서측의 간월호로 흐른다.

4-1-2. 지 질

조사지역의 지질은 선캠브리아기의 지곡리층이 최하위 지층을 이루고 있으며 조사지역 북부의 대산읍 인근에 상·하부 규암층이 국부적으로 위치하고 태안층이 성연면, 지곡면, 서산시내 일부에 걸쳐 넓게 분포한다. 태안층을 관입하여 분포하는 쥐라기의 반상화강암과 반상섬장암이 재차 조사지구 하단부에 분포암반중 가장 넓게 분포하는 흑운모화강암에 의해 관입 당하여 나타난다. 그리고 상기 제지층들은 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층이 하천주변, 계곡부, 해안연변을 따라 다양하게 분포한다.

조사지역의 지질은 종합한 지질계통과 각 분포암석에 대한 지질각론은 다음과 같다.



<그림. 4-1> 지 질 계 통 표

가. 지곡리층

본 조사지역의 북서부에 주로 분포하며 쥬라기의 반상화강암이 관입하고 있다. 서산시 지곡면 일대와 팔봉면 그리고 당진군 일부에 발달하며 본 조사지역 내에서 최하부의 암석들로 추정되고 있다. 본 지층의 주체를 이루는 편암류들은 중립질 내지 조립질이고 대개 흑운모 편암으로 이루어져 각섬석 편암도 상당히 분포하고 있다. 전반적으로 편리를 잘 발달시키는 본 층은 연화리-대요리-당진군으로 나아감에 따라 편리의 변화를 보이는데 이는 대규모 배사형 구조로 해석할 수 있다.

나. 하부 규암

본 조사지역의 팔봉면 호리 일대에서 잘 발달하고, 하부 지곡리층(석회암, 편암층)과 각각 정합적인 관계를 가지고 분포한다. 암상은 조밀건고하고 비교적 미약한 편리를 발달시키며 운모편암을 협재시킨다.

다. 상부 규암

팔봉면 호리, 고파도리, 대산면 응도리, 대로리, 화곡리로 연장되어 분포하며 대산리의 망일산 상부도 규암으로 이루어져 있다. 석회암 및 편암과 정합적인 관계를 가지며, 정합적으로 대산리층이 피복되어 있다. 전반적으로 황갈색 내지 적갈색으로 조밀건고한 규암이다. 대부분 석영으로 이루어지며 장식립도 간혹 존재한다.

라. 대산리층

본 조사지역 대산면 전역에 걸쳐 나타나며 하부 규암을 정합적으로 피복하고 화강편마암에 의해 곳곳에서 관입 당하여 나타난다. 편리를 잘 발달시키는 본 암은 대체적으로 N30E, 50NW의 방향성을 보인다. 흑운모, 석영이 주구성광물이며 간혹 장석이 산출되기도 한다.

마. 태안층

서산시 팔봉면 호리, 지곡면, 장현리, 성연면 대부분 지역에 걸쳐 분포하며 당진으로 연장 분포한다. 본 지층은 선캠브리아기의 타 지층과의 관계는 미상이다. 편리를 잘 발달시키고 있으며, 대체로 N40~60E의 주향을 보이며, 경사는 동남향으로 40° 이내의 경사를 보이거나 지역적인 변화가 매우 크게 나타난다. 주로 석영으로 구성되며 소량의 흑운모, 백운모, 녹니석 등이 수반되기도 한다.

바. 화강편마암

본 조사지역 북부 팔봉면 호리 및 대산읍 인근에 분포하며 당진군 대호지면에도 일부 분포한다. 전반적으로 홍색 장석을 많이 포함하는 것이 특징이며 구성광물이나 조적이 비교적 균질한 암석으로 우백대나 우흑대를 잘 발달시키며 석영, 장석, 흑운모로 구성되며 녹니석, 각섬석, 견운모 등을 포함하며 kaolin, 스피넬, 저어콘 등이 보이기도 한다.

사. 반상섬장암

서산시 인지면, 성연면, 팔봉면의 행정구역이 만나는 금강산 일대 서남부 남면, 몽산포 해수욕장 부근, 부석면 송포리, 갈마리 등에 분포한다. 본 암은 반상조석이 잘 발달되고 유색광물로는 각섬석을 풍부하게 함유한다.

아. 반상화강암

본 조사지역 내의 팔봉산과 금강산 사이를 연결하는 능선 일대, 인지면 남정리 일대, 팔봉면 대황리 일대에 분포한다. 본 암은 변성퇴적암류를 관입하고 흑운모화강암에 의해 관입 당하여 나타난다. 입자크기는 세립질이고 편리를 발달시키며 유색광물 내지는 흑운모를 함유하는 세립 흑운모 반상화강암으로 세분 명명할 수 있다. 편리를 잘 발달시키며 대체로 북동주향에 남동경사가 우세하다.

자. 흑운모 화강암

팔봉면 팔봉산, 연봉산 일대에 넓게 원형으로 둥글게 분포하며 연봉산 부근에서 남쪽으로 강수리, 송포리, 풍락리로 연결되며 이는 다시 월계리, 야당리 쪽으로 연결되어 저지지형을 이루는 서산 시내 일대에 넓게 분포한다. 본 암은 조립질 내지 중립질의 massive한 흑운모 화강암으로 석영, 사장석, 미사장석, 정장석, 흑운모 등의 구성광물로써 조성되며 백운모, 저어콘, 인회석, 자철석 등이 수반되어 있다.

4-2. 물리탐사

4-2-1. 탐사개요

지구물리탐사는 지표에서 측정된 물리현상을 이용하여 지구내부의 구조 및 특성을 규명하는 탐사방법으로 지하자원탐사에 널리 사용되어지고 있다. 일반적으로 지구물리탐사는 그 효율성을 높이기 위해서 지표지질조사자료 수집 및 분석, 1차탐사, 2차탐사의 3단계로 수행되어 진다. 지하수탐사의 경우에는 현장 지질조사와 항공 또는 위성사진자료를 수집하여 전반적인 지질학적 환경을 파악하고 이를 바탕으로 지하수부존과 관련된 요소들의 정보를 축적한다. 특히

변성암이나 화성암 등의 결정질 암석으로 이루어진 지질환경에서는 단층, 파쇄대 등의 선구조가 지하수부존과 관련된 가장 중요한 지질요소가 된다. 1차탐사는 1단계 조사자료를 바탕으로 넓은 지역에서 선구조 위치와 분포상태 등 지하구조대 발달상태를 객관적으로 확인 조사할 수 있는 전자탐사법의 일종인 극저주파탐사와 같은 신속하고 경제적인 탐사방법이 사용된다. 1차탐사 결과 선구조 또는 이상대가 발견되면 이들을 확인하고 보다 구체적인 구조와 상태, 그리고 지하수부존 가능성을 밝히기 위해서 집중적이고 정밀한 2차탐사법인 쌍극자탐사, 수직탐사 등이 널리 사용되어지고 있다.

조사지구 광역수맥조사를 통하여 수행된 물리탐사는 인공위성 원격탐사를 통해 영상판독 분석후 선구조를 추출하고 전기비저항 쌍극자탐사를 실시하여 지하수 부존상태와 제반 지하지질 구조를 파악하였다.

지구물리탐사는 지구물리학의 응용분야로서 자연적 또는 인위적인 신호(signal)를 통해 지표 및 지하 지질의 특성을 측정하므로써 지하지질구조와 지하에 부존하고 있는 유용광물 및 석유, 천연가스, 지열, 지하수 등의 부존여부를 추측하는 방법이다.

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

본 조사지구 일원에서 실시한 물리탐사는 수문지질도의 작성을 위하여 전기비저항 쌍극자탐사를 수행하였다. 이는 평야부에 대한 전반적인 심부 구조대의 존재확인을 위해 축선을 연장설정하여 0.5 - 1km 에 걸쳐서 전극간격을 40m로

하여 가탐심도를 최대 200m까지 가능하도록 하였다. 조사량은 17측선을 연결하여 측선 약 14.6km에 달한다.

4-2-2. 원격탐사(Remote sensing) 선구조 분석

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

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

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

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

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

선구조(Lineament)란 지표면에 나타난 지형적 광역규모의 선형구조로서 암종의 차이, 암상변화 및 지질구조적인 현상을 반영한다고 할 수 있다. 지질구조선과 관련된 선구조선은 약선대이기 때문에 암반지하수 통로 역할을 할 수 있는 가능성이 많아 지하수부존과 매우 밀접한 관련이 있으며, 실제로 선구조가 발달된 지역에서 착정할 경우 지하수 산출율이 높다. 그림. 4-2는 조사지역

의 위성영상자료로서 그 영상을 해석한 후 추출한 선구조를 나타내었으며, 그림. 4-3은 수평, 수직방향으로 필터링된 영상이다.

조사지역 선구조의 광역적인 방향성을 인지하기 위하여 장미도(Rose Diagram)를 사용·분석하였으며, 조사지역의 선구조는 N20~35E 방향으로 매우 우세하게 발달되어 있으며, 주방향에 부수된 2차방향인 N20~40W 방향도 비교적 우세하게 나타난다.

N20~35E 방향의 선구조는 조사지역에서 발생빈도가 가장 높고, 가장 좋은 연장성을 보이는데 이는 조사지구 제암석들의 지질구조의 주 발달방향을 나타내는 것으로 해석되며, N20~40W 방향은 조사지구의 지질구조 발달의 주방향에 부수된 2차방향의 구조대나 조사지역에 분포하는 제암석들의 층서적인 방향과 일치되어 해석된다.

4-2-3. 전기비저항 탐사

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

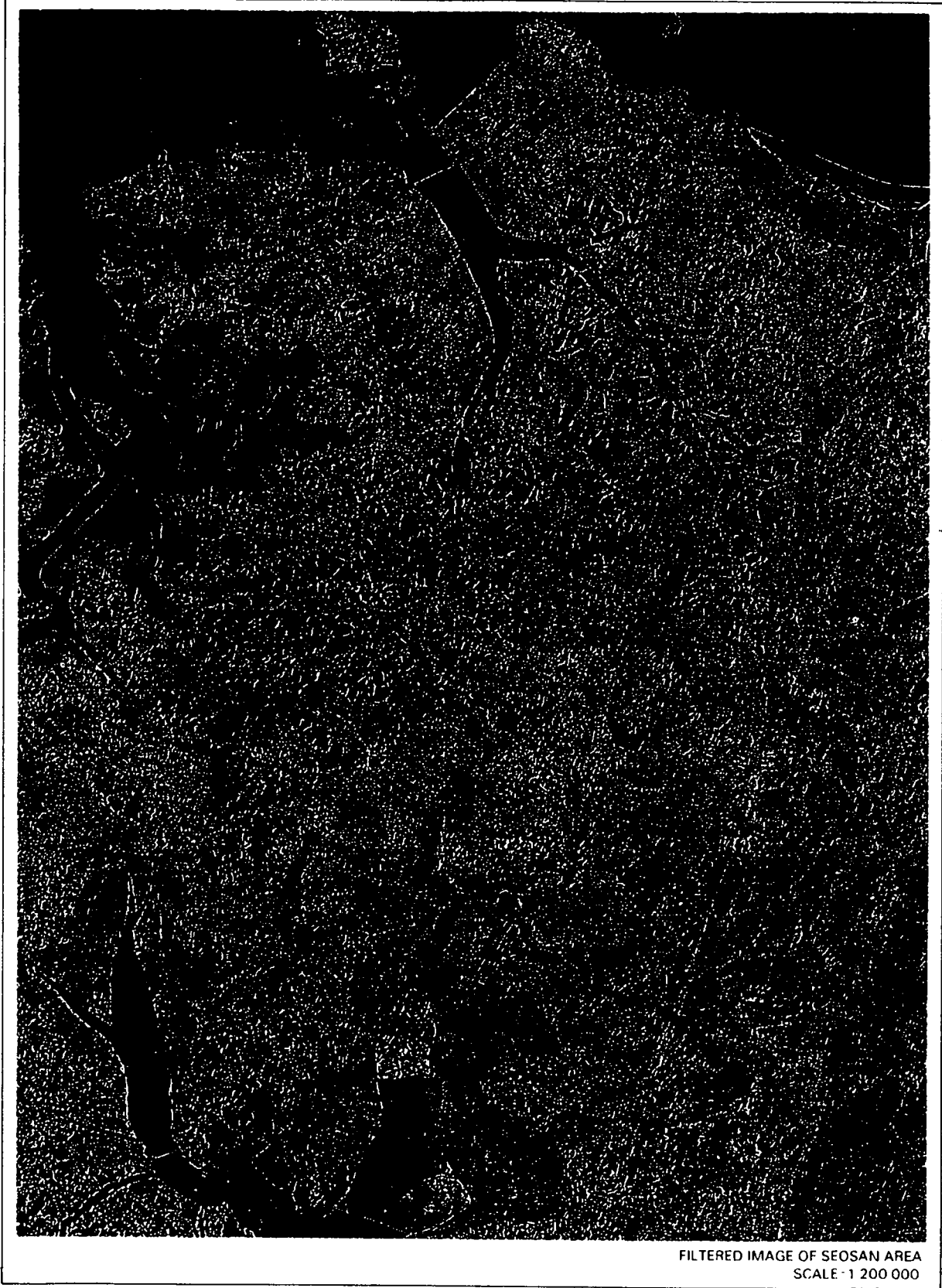
전기비저항(電氣比抵抗:Electric resistivity)은 어떤 물체의 전위경도 (Potential gradient)와 전류밀도 (Current density)의 비(比)로서 그 단위는 Ω -m로 표시한다. 지하구성물질이 균질하고 등방성이라면 측정된 전기비저항 값은 일정할 것이나 암석의 공극율, 공극의 유체포화율, 공극내의 유체의 성질, 조암광물의 종류, 암석구성입자의 크기 및 성질, 고화도, 파쇄대, 균열대, 단층 및 기타 지질구조의 영향에 의하여 전기비저항 값이 달라져 전기비저항 분포 이상대를 알 수 있게 된다.

전기비저항법은 전류의 크기, 각 전극에서의 전위의 크기 및 각 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로써 정량적인 해석이 가능하고, 또 그 이론도 비교적 잘 발달되어 있어서 이론적 계산치와 현장 측정치를



<그림. 4-2> 조사지구 위성영상도

여 백



<그림. 4-3> 위성영상 필터링 이미지

여 백

비교 해석할 수 있다는 점에서는 매우 과학적이라 할 수 있겠다.

그러나 전류전극이 대지와 전기적으로 잘 접촉되어야 하므로 동토, 사막등 표토층이 전기적 절연지역이거나 반대로 표토층이 너무 전기적 양도체인 경우, 지하 심부로 전류의 공급이 이루어지지 않아서 이 전기비저항법을 사용할 수 없으며, 또 실제적인 문제로 넓은 지역의 탐사에는 전극들과 전선들을 이동시키는 작업이 매우 번거롭다는 단점이 있다. 전기비저항 탐사는 전극배열법에 따라 웨너법, 슬림버저법, 리법, 3극점법, 쌍극자법이 있다.

1) 쌍극자배열 전기비저항 탐사 (Dipole-Dipole Method)

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

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ 이다.}$$

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

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

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

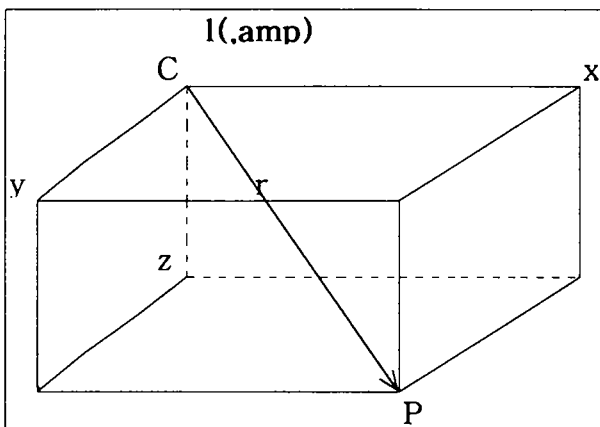


그림.4-4에서와 같이 지중의 일점 C에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류 I(amp.)를 보낼 때, 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는 다음과 같다.

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

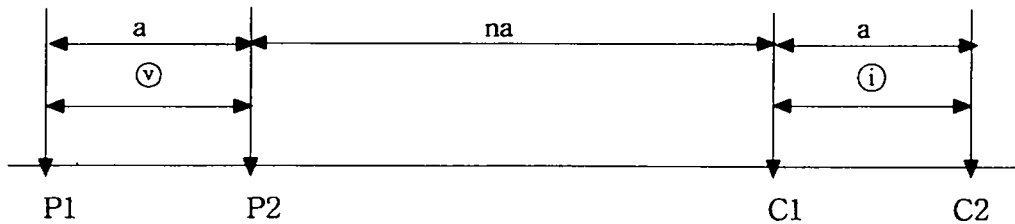
여기서,

$$r = X^2 + Y^2 + Z^2 \text{ 이다.}$$

<그림. 4-4> 점전원에 의한 전위

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

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



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

<그림. 4-5> 쌍극자탐사 축선배열 방법

그림. 4-5에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 $C_1(+I)$ 과 $C_2(-I)$ 를 가정하고 임의의 점 P_1, P_2 에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C_1 과 C_2 에 의한 전위차로 나타나며, 다음과 같다.

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

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

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

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

이것을 비저항의 식 ρ 로 풀어쓰면 다음과 같다.

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

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

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

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

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

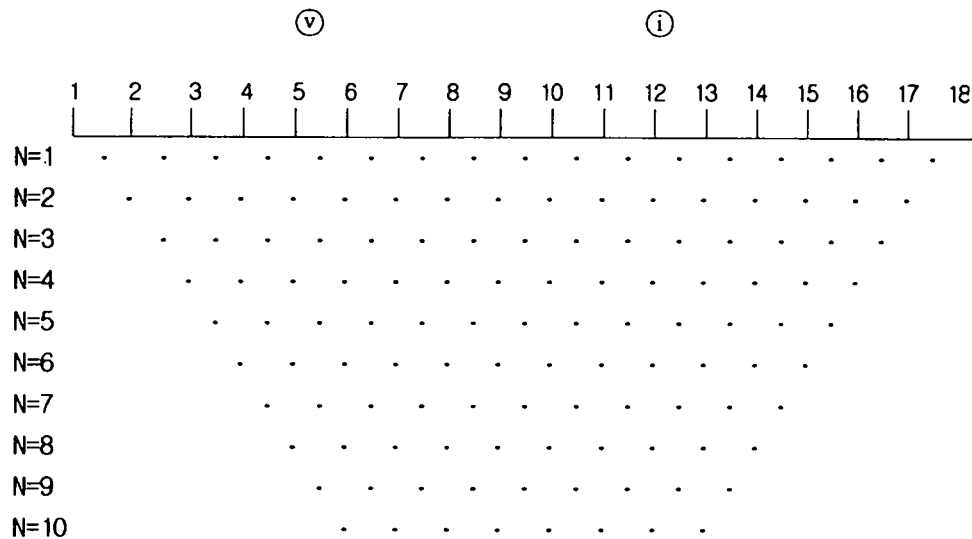
또한, 쌍극자배열에 의한 겉보기비저항 (Apparent Resistivity)은 다음과 같다.

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

쌍극자 비저항탐사는 그림. 4-5와 같이 전류 및 전위전극 간격 a 를 탐사목적 및 정밀도 등을 고려하여 결정하고, $a, 2a, 3a, \dots, na$ 간격으로 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하여 겉보기 비저항치를 계산한다.

▶ 탐사방법 및 해석결과

야외탐사 결과치는 (그림. 4-6)과 같이 전위전극 중심과 전류전극의 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각이등변 삼각형의 꼭지점에 겹보기 비저항치를 기입하여 수평 및 수직적 변화를 탐지 할 수 있다. 이와 같은 쌍극자배열 탐사결과 획득된 겹보기 비저항도면을 가단면도(Pseudo-Section)라고 한다.



<그림. 4-6> 쌍극자 배열에 의한 겹보기저항 가단면도 작성법

가단면도에 나타난 겹보기비저항 값은 암석의 전기비저항치를 나타내는 것이 아니고, 표시된 수직점에서 얻어진 비저항치를 야기시키는 진짜 심도를 표시하는 것도 아니다. 그러므로 이를 해석하기 위해서는 컴퓨터에 의한 해석 프로그램이 필요한 것이다. 그러나 쌍극자 배열방법은 다른 배열방법 즉, Wenner 배열 및 Schlumberger 배열 등과 달리 신속하게 2차원적 수직-수평탐사를 행할 수 있어 비교적 광역적으로 지하 2차원 구조, 특히 전기전도도 구조 (Geoelectric Structure)를 파악할 수 있는 장점이 있다.

근본적으로 Wenner 배열이나 Schlumberger 배열을 채용한 수직탐사는 1개 점 하부의 심도에 따른 비저항의 변화 양상을 파악하고자 함에 목적이 있으므로 1차원적 탐사의 범주에 속한다. 지하 1개점 하부의 자세한 정보 획득에는

수직탐사가 효율적이며, 정량적이라 할 수 있다.

그러나, 암반지하수의 경우와 같이 국부적으로 발달하는 파쇄대 탐지의 문제는 그 대상이 2차원 구조이므로 2차원적인 탐사를 필요로 한다. 쌍극자배열 탐사는 1점이 아닌 1측선상에서 수평-수직 탐사를 동시에 수행하므로 2차원적 탐사로 간주된다. 물론, 쌍극자배열 탐사의 측선상에 각 측정마다 수직탐사를 수행한다면, 1개점이 아닌 측선상의 하부에 2차원적인 비저항분포를 파악할 수 있다.

또한, 수직탐사는 각 측정사이에 국부적인 이상대가 존재할 경우 이를 놓칠 우려가 많으나, 쌍극자배열 탐사는 연속적인 2차원 탐사이므로 이러한 가능성이 상대적으로 낮다고 할 수 있을 것이다.

그러나 쌍극자 배열에 의한 전기비저항 탐사시 지표천부의 수평전기전도도 변화 (Lateral conductivity variation)에 대단히 민감하므로, 그로부터 야기되는 이상대를 정확히 해석할 수 없는 어려움이 있다.

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

이번 탐사에 적용한 쌍극자배열법(雙極子排列法 : Dipole-Dipole Array)은 한 쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극 간격 a 를 40m로 하고 측정 간격을 40m, 80m, 120m, 160, ...으로 40m씩 단계적으로 이동하면서 각 측정에서의 전위차를 측정하여 겉보기비저항치(外見比抵抗値 : Apparent resistivity)를 구하고, 측정간격이 멀어지면 탐사깊이도 깊어지므로, 한 측선을 전개해 나가면 외견비저항의 2차원단면을 얻게 되고, 단면상에서 등비저항곡선도를 작성하여 전기비저항 분포이상대(異狀帶:Anomaly zone)를 파악하였다.

측선의 길이는 현장여건에 따라 조정하였으며, $n=8\sim 11$ 을 택하여 가탐심도를 200m이상 되게 하였다. 탐사위치는 서산시 전역에 걸쳐 각 읍·면에 1개측선 이상 설정하여 조사에 임하였으며, 전체적으로 RMS ERROR 수렴 수치가 높은 것은 탐사방법보다는 탐사장소 및 탐사시기에 문제가 있는 것으로 짐작된다. 예를들면, 각 측정들은 조사지역내 평야부에서 실측하였지만 비닐하우스

경작으로 논두렁 및 길 가장자리에서 탐사할 수밖에 없었으며, 계절도 초겨울이라는 점을 무시할 수는 없을 것이다.

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

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

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

이론자료의 겹보기비저항 가단면도는 각 축선에 대한 전기비저항 탐사자료의 역산 결과, 계산된 이론 겹보기비저항 가단면도를 도시한 것이다. 이들은 현장 겹보기비저항 가단면도에 비하여 다소 부드러워 졌으며, 겹보기비저항 분포는 매우 유사하게 나타난다.

이러한 점은 현장자료를 입력자료로 하여 수행한 자동역산의 결과가 진비저항 분포를 갖는 각 축선의 2차원적 지하모형이 현장자료에 대한 유일해 (Unique solution)는 아니라도 수학적으로 안정적인 해 (Stable solution)가 될 수 있음을 의미한다.

따라서 역산결과에 대한 객관적인 타당성, 합리성을 부여할 수 있다. 그리고 진비저항 분포도는 고(적색), 저(청색) 및 중간(녹색) 비저항 암체로 구분이 가능하며, 이와 같은 구분은 본 조사지역에 분포하는 암체를 각각의 전기비저항 특성을 갖는 암체로 특징화할 수 있음을 의미한다.

고비저항 암체는 상당히 신선하고 치밀·견고한 암반이며, 저비저항 암체는 상대적으로 절리나 균열대, 단층등 파쇄대의 발달이 양호한 암반을 뜻하거나 천부풍화대 등에 의한 영향임을 의미한다. 또한 중간 비저항 암체는 상기 암체 특성의 중간적인 비저항 특성을 보이는 암상이라 하겠다. 그러므로 관심대상인 저비저항 암상은 전기구조적인 환경(Geoelectric structural environment)

으로서 지하수가 유동, 집적되어 부존가능성이 가장 높은 부분인 것으로 간주할 수 있다.

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

이러한 전기적 비저항대의 구분은 암반에 대한 지하수탐사에서 중요한 의미를 갖는다. 즉, 외국의 경우 지하수 유동 및 집적이 투수성이 높은 사암층 등의 대다수 퇴적암층이 충서적인 대수층의 역할을 하는데 반하여, 우리나라와 같이 지하수 유동이 이루어지는 투수성이 높은 퇴적암의 분포가 적은 기반암체 내에서는 파쇄대가 중요한 대수층의 역할을 하게 된다. 이는 비저항의 분포상태를 결정하는 구조선이 지하수의 유동통로 역할을 하는 확률이 높기 때문이다.

위에서 기술한 바와 같은 관점에서 탐사결과를 축선별로 분석하면 다음과 같다.

○ SDD-1 축선

SDD-1 축선은 부석면 지산리 도요동 부근의 계곡부에서 탐사를 실시하였다. 그림. 4-7 쌍극자탐사 결과도와의 2차원 비저항 단면구조도는 고심도일수록 비저항값이 증가하는 양상을 보여준다. 본 역산 프로그램은 양 끝점에서의 자료처리는 신뢰성이 떨어지므로 이를 제외 시키더라도 탐사 시점부와 축점 13과 17지점 심부에 발달하고 있는 것으로 판단된다.

○ SDD-2 축선

SDD-2 축선은 부석면 월계리 일원에서 축선을 설정하였다. 그림. 4-7에서와 같이 비저항값이 상대적으로 높으며 실측결과 7번 심부에 지하수 유동에 대한 유리한 구조대가 존재할 것으로 판단된다(그림. 4-7).

○ SDD-3 측선

부석면 마룡리 상부 인근에서 실측한 SDD-3측선은 649번 지방도와 나란히 간월호 방향으로 측정하였다. 그림. 4-8 탐사결과도의 2차원 비저항단면 구조도에서 심도가 증가할수록 비저항값이 점차 증가하고 15--18번 사이가 비저항 이상대로 해석된다(그림. 4-8).

○ SDD-4 측선

SDD-4 측선은 고북면 사기리, 정자리 평야부에서 실측하였으나 위에서 살펴본 측선들과 거의 같은 결과가 나타남을 알수있으며 상대적으로 비저항은 낮게 나타났다. 그림. 4-8은 특별한 비저항 이상대가 존재 해석되지 않으나 전반적으로 저비저항을 보이며 특히 14--19 지점에 저비저항 단면을 보인다(그림. 4-8).

○ SDD-5 측선

SDD-5 측선은 고북면 신정리 인근의 평야부 하천을 따라 측정하였다. 그림. 4-9에서와 같이 타 측선과 달리 기반암이 저심도에서 관측되며 특이한 비저항치 이상대는 보이지 않는다. 다만, 4 -- 8번의 저비저항체의 요철은 구하상에 의한 비저항 이상으로 해석된다(그림. 4-9).

○ SDD-6 측선

SDD-6 측선은 고북면 용암이 부근 29번 국도에서 고북면 소재지 쪽으로 측정하였다. 고북면쪽으로 갈수록 기반암의 변화폭이 크며 8번과 9--11번 지점에서 지하수의 유동가능성이 많을 것으로 예측된다(그림. 4-9).

○ SDD-7 측선

SDD-7 측선은 음암면 신장리 상부를 시점으로 북측으로 측선을 설정하고 측정을 실시하였다. 기반암의 발달은 매우 낮게 분포하며 암반하부는 매우 균질하게 발달하는 것으로 해석되었다(그림. 4-10).

○ SDD-8 측선

해미면 삼송리 지역의 평야부에서 남북 방향으로 탐사한 SDD-8측선은 기반암의 분포가 불안정하며 전반적으로 파쇄가 발달되어 있을 것으로 추정되는 바 대체적으로 지하수부존 가능성이 높을 것으로 판단된다(그림. 4-10).

○ SDD-9 측선

SDD-9 측선은 해미면과 서산시 덕지천동의 경계부에 발달하는 충적지에서

탐사가 실시되었다. 본 측선은 하천 연결부로서 비저항 값이 매우 낮게 분포하며 기반암 역시 24.0m 정도로 깊게 분포한다. 이는 수계 말단부 및 이전에 해수에 의한 침수가 일부 발생했던 것으로 추정된다(그림. 4-11).

○ SDD-10 측선

SDD-10 측선은 SDD-9측선과 유사한 위치인 태안읍과 서산시의 경계부인 간사지에서 실시하였다. 시점부를 간사지측에서 육지 방향으로 설치하였다. 결과 간사지쪽으로 갈수록 비저항값이 낮게 나타났으며 육지부로 갈수록 상대적으로 비저항값이 높게 나타난다. 기반암 분포 역시 매우 불안정하여 간사지에서 육지쪽으로 기반암 추정선이 상승한다(그림. 4-11).

○ SDD-11측선

SDD-11측선은 팔봉면 호리 인근에 설치하였으며, 측선 설치가 지형적으로 어려워, 640m를 설치 측정하였으나, 측정치가 좌우대칭 효과를 나타내 신뢰성 부여가 어려울 것으로 보인다(그림. 4-12).

○ SDD-12측선

SDD-12측선은 산성초등학교 좌측부에 하천을 가로질러 계곡부에 설치, 측정하였다. 측정결과 기반암 심고는 좌우측에서 중앙부로 가면서 심도가 깊어지는 것으로 나타났으며 중심부 하상위치를 분명히 나타내주고 있다. 측선 종점부와 중심부에 지하수 부존성이 가장 클 것으로 판단된다(그림. 4-12).

○ SDD-13측선

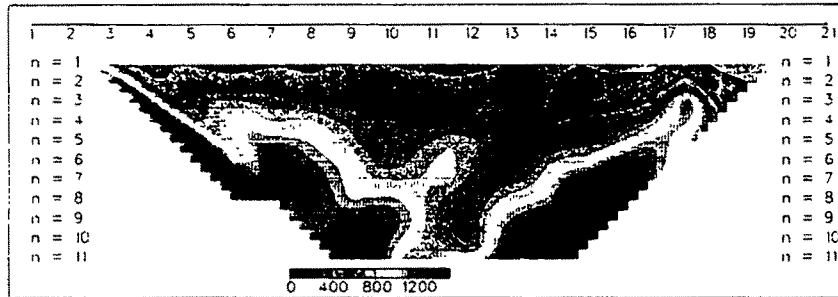
지곡면 대곡리 인근의 협소한 평야지에서 측정하였으며 단면 양상은 SDD-12측선과 유사한 지형에 설치하였다. 전반적으로 낮은 비저항값을 보이며 3--7사이의 암반이 비교적 균질하며 시점부는 전반적으로 연약한 암반 상태일 것으로 추정된다(그림. 4-13).

○ SDD-14측선

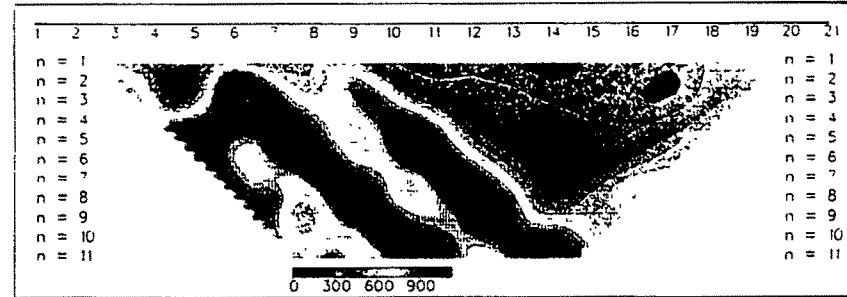
대산읍과 영담리와 지곡면 환성리의 행정 경계부에 측선을 설치하여 실측하였다. 지표부와 기반암과의 비저항값의 차가 타 측선에 비하여 매우 크며 이는 지표부 충적층부에는 물이 포함되어 있으나 암반층에는 거의 존재치 않는 치밀 견고한 암반을 보이고 있다(그림. 4-13).

여 백

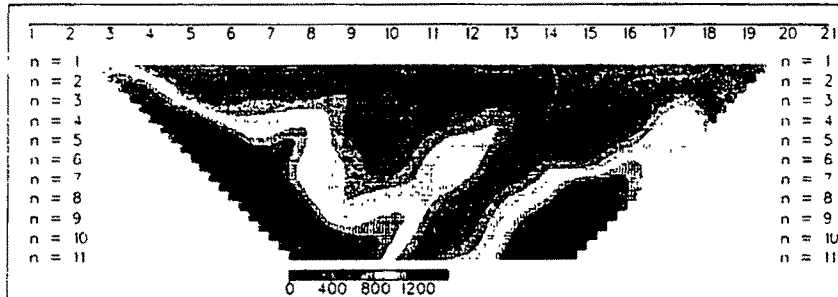
Field Data Pseudosection



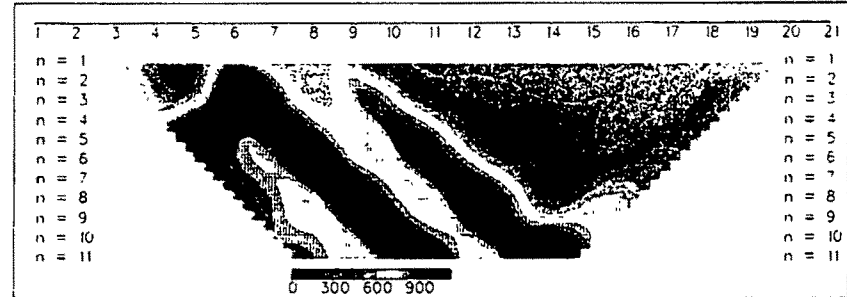
Field Data Pseudosection



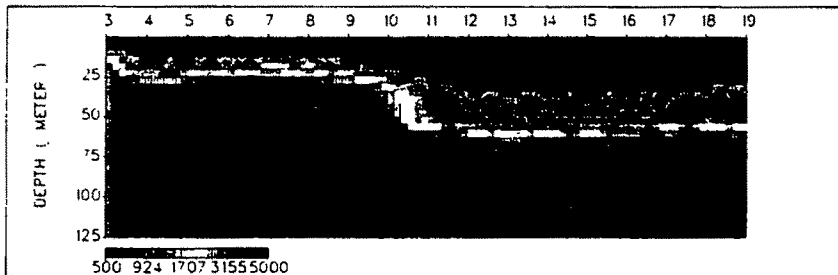
Theoretical Data Pseudosection



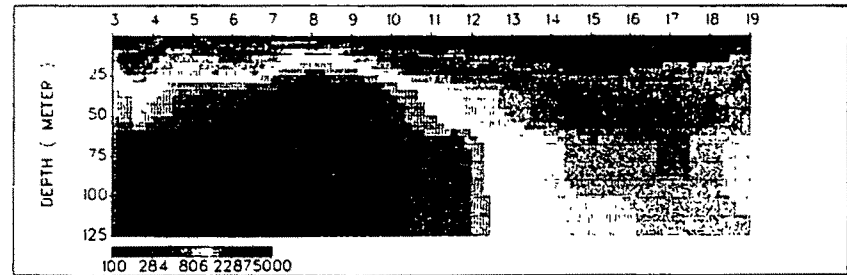
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure



<그림. 4-7> SDD-1(좌), SDD-2(우) 쌍극자탐사 결과도

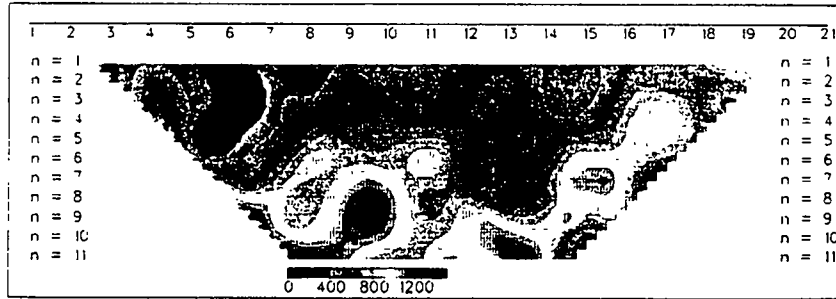
(A) 현장측정자료의 걸보기 비저항 가단면도

(B) 계산된 이론자료의 걸보기 비저항 가단면도

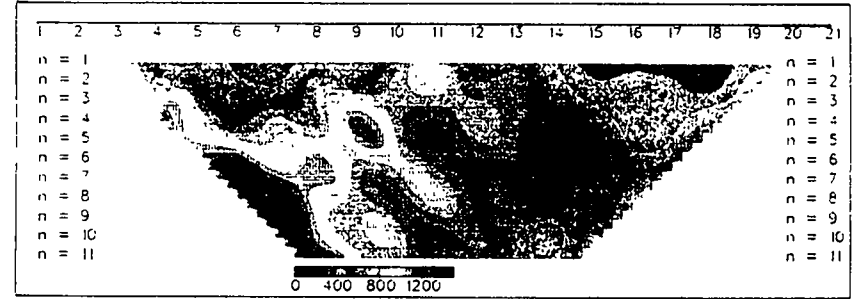
(C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

여 백

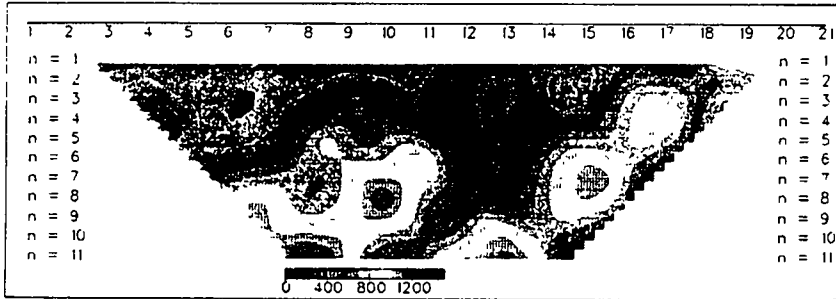
Field Data Pseudosection



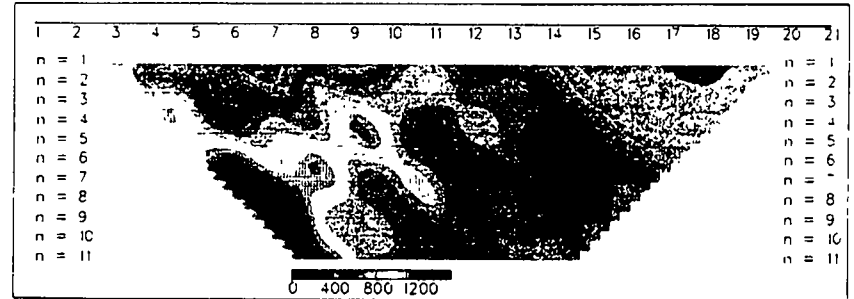
Field Data Pseudosection



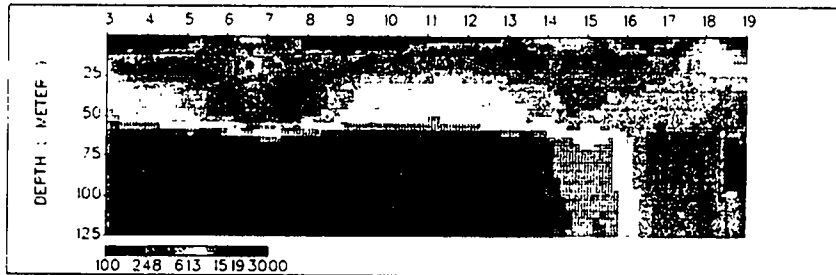
Theoretical Data Pseudosection



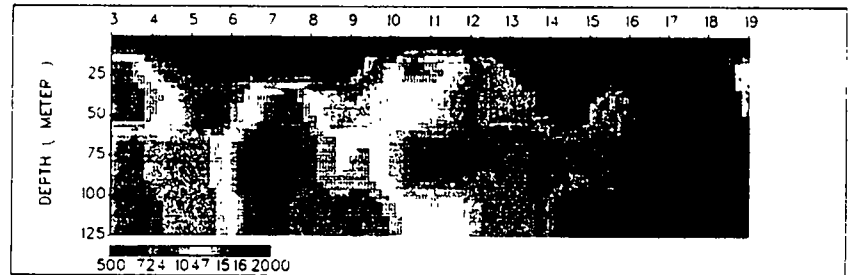
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



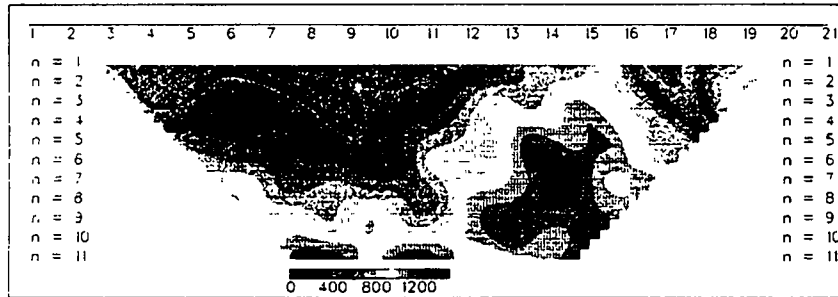
2-D Resistivity Structure



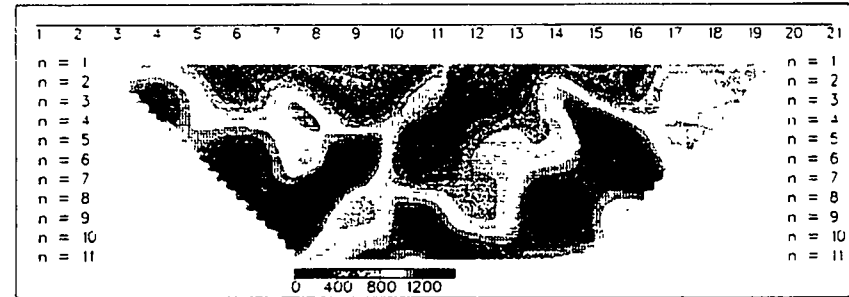
<그림. 4-8> SDD-3(좌), SDD-4(우) 쌍극자탐사 결과도
 (A) 현장측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
 (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
 (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

여 백

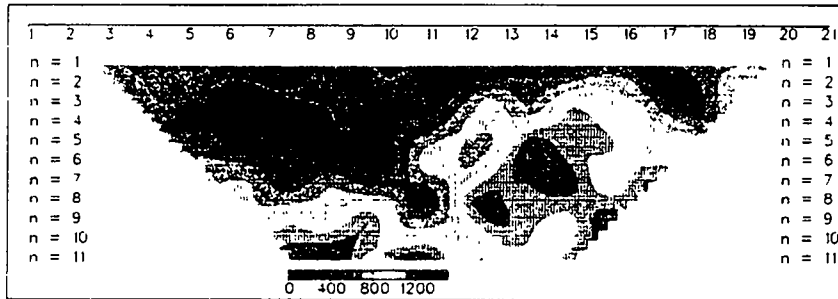
Field Data Pseudosection



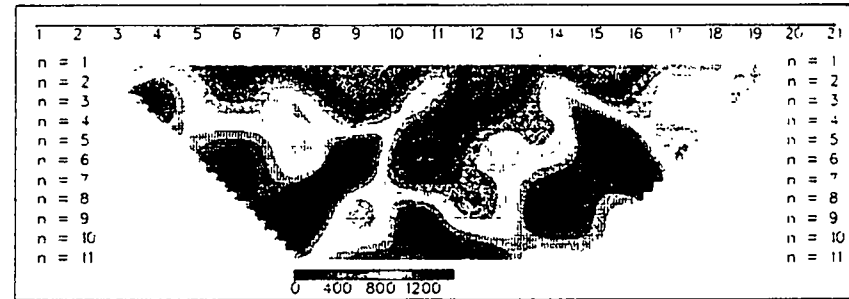
Field Data Pseudosection



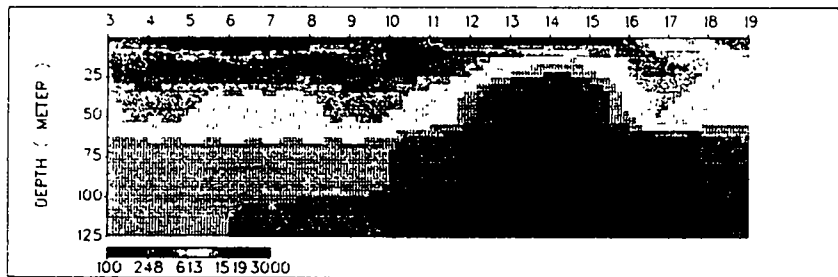
Theoretical Data Pseudosection



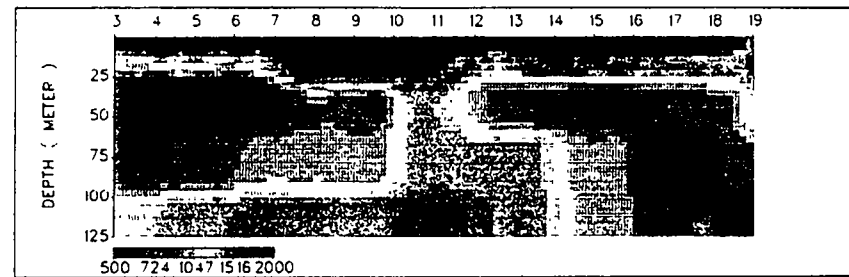
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

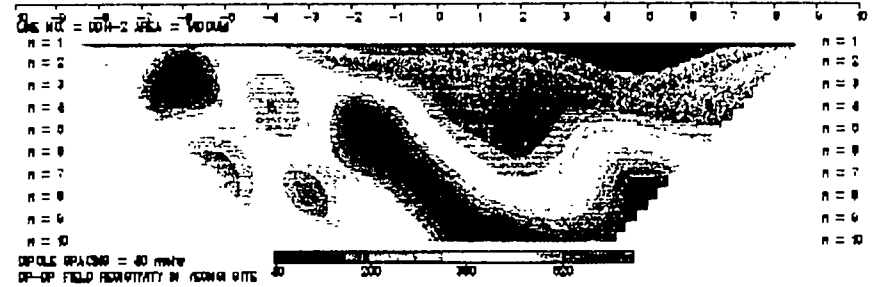
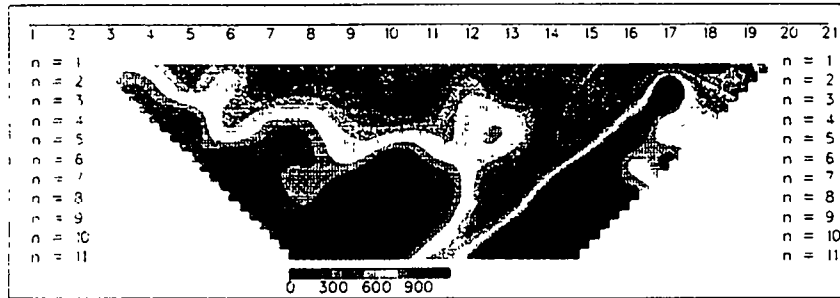


<그림. 4-9> SDD-5(좌), SDD-6(우) 쌍극자탐사 결과도

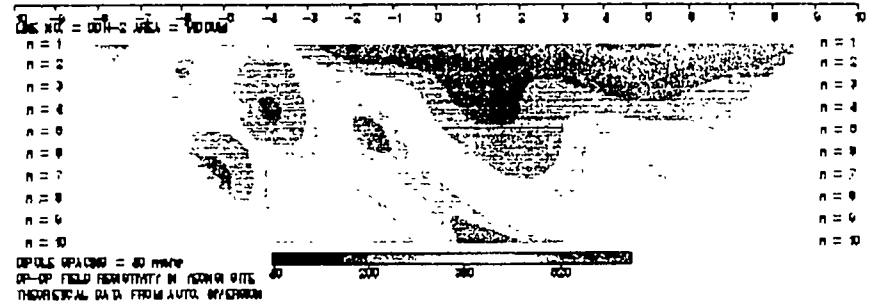
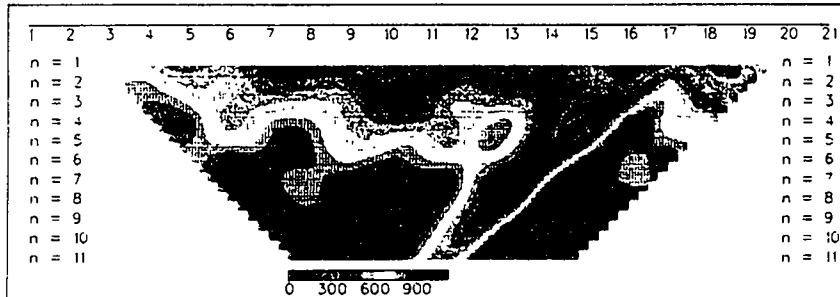
- (A) 현장측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

여 백

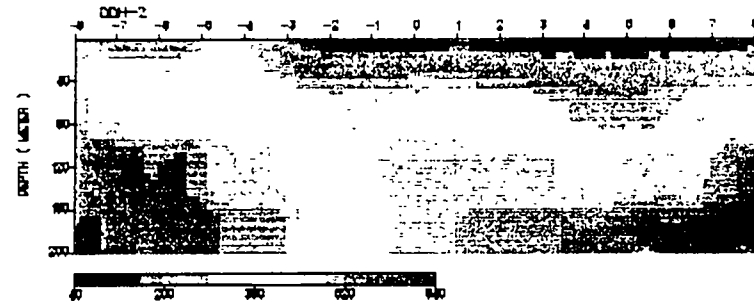
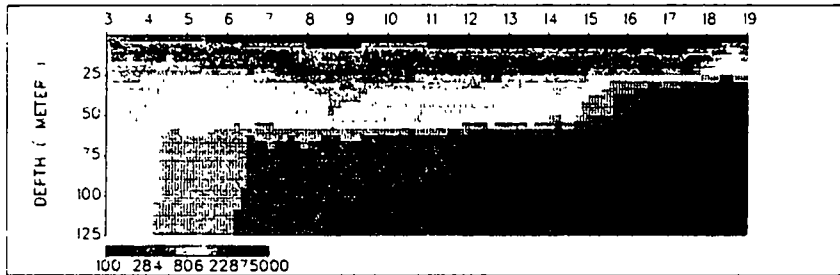
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



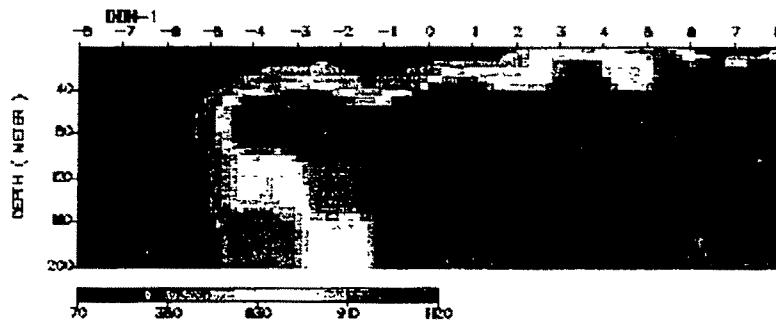
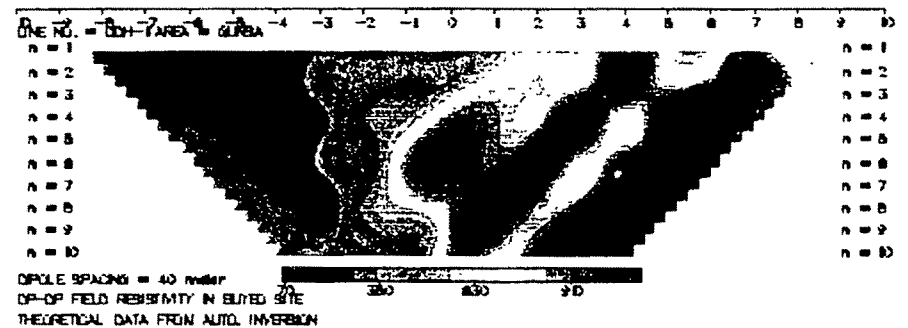
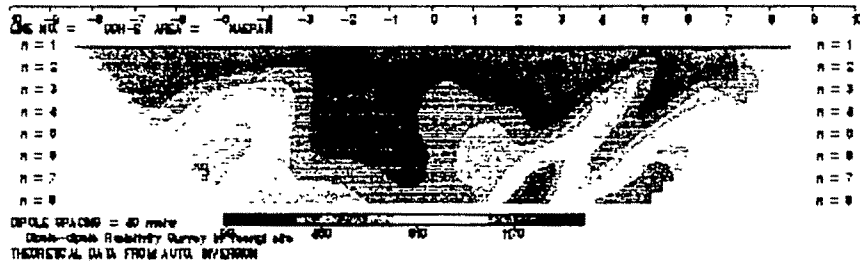
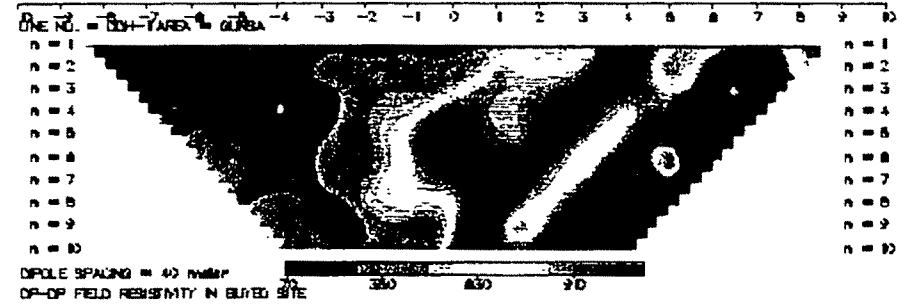
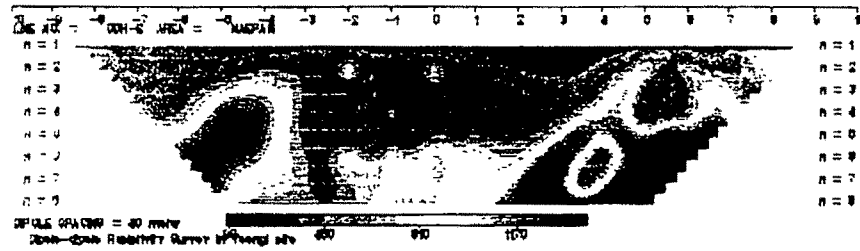
2-D Resistivity Structure



<그림. 4-10> SDD-7(좌), SDD-8(우) 쌍극자탐사 결과도

- (A) 현장측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

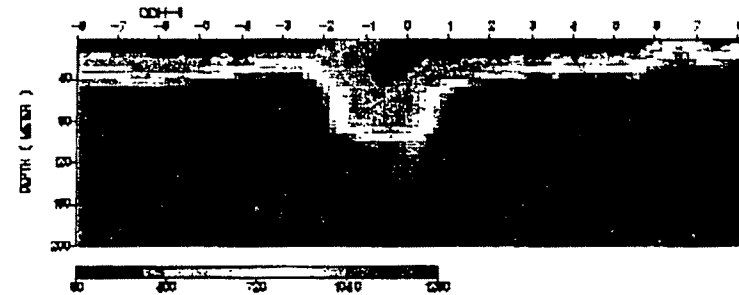
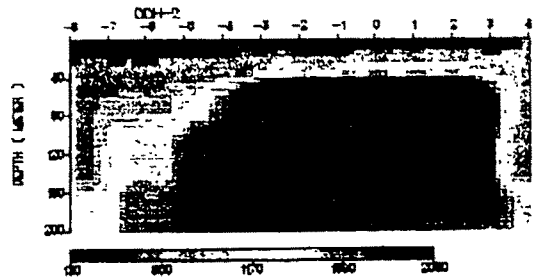
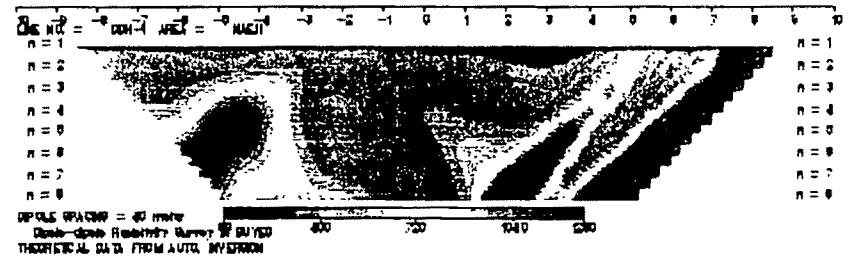
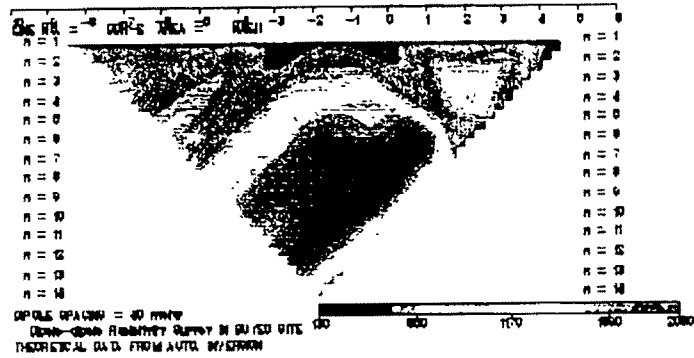
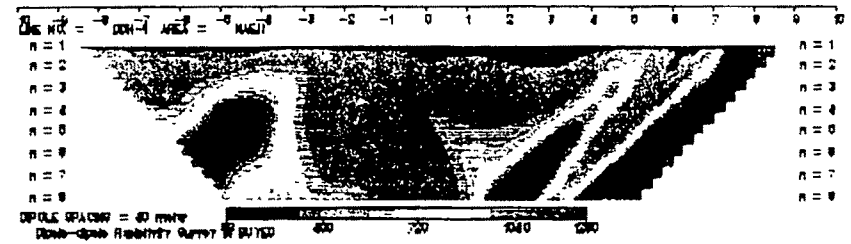
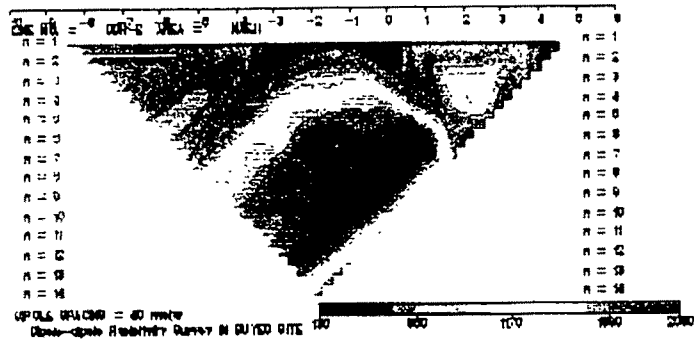
여 백



<그림. 4-11> SDD-9(좌), SDD-10(우) 쌍극자탐사 결과도

- (A) 현장측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

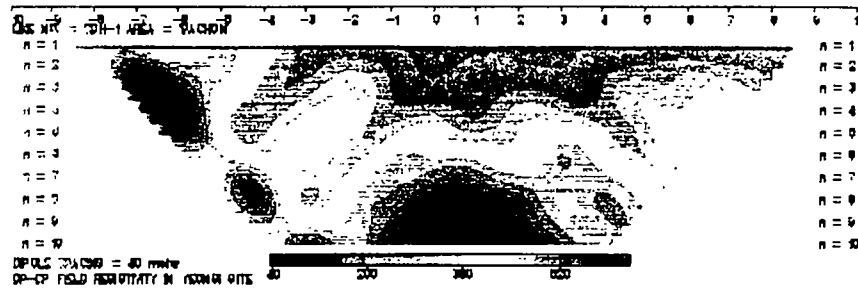
여 백



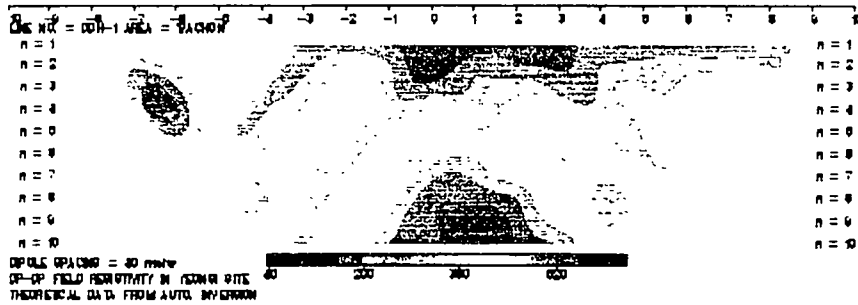
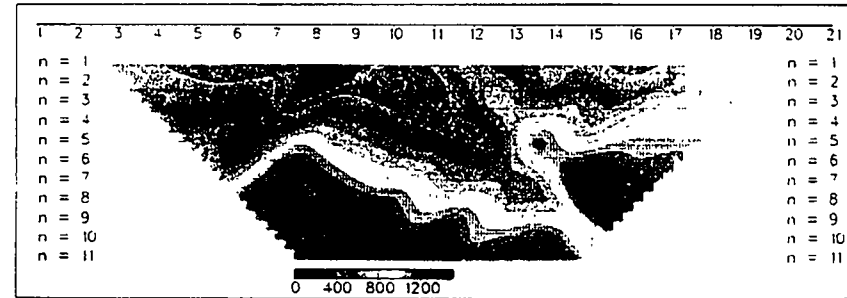
<그림. 4-12> SDD-11(좌), SDD-12(우) 쌍극자탐사 결과도

- (A) 현장측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

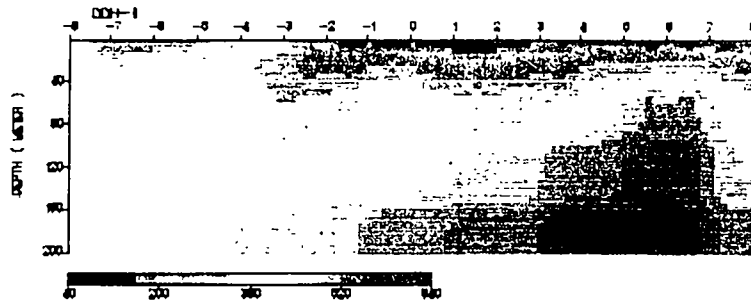
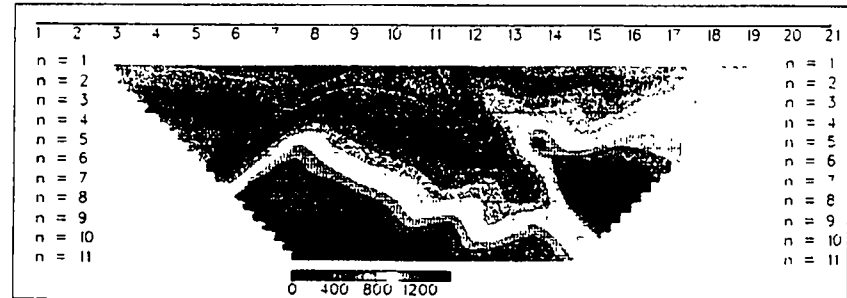
여 백



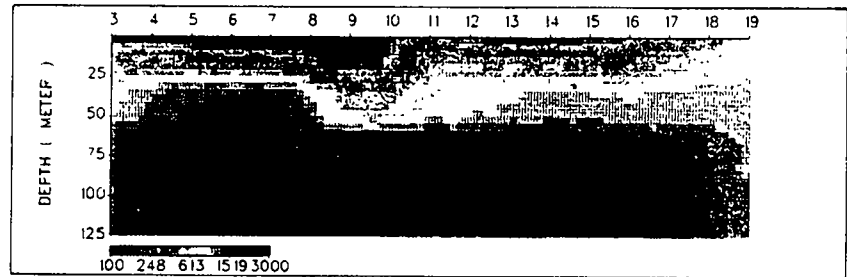
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

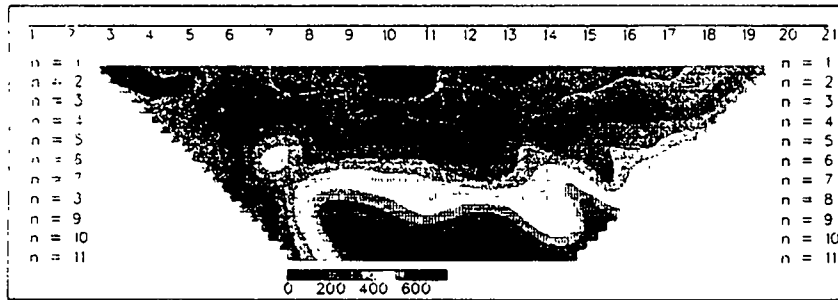


<그림. 4-13> SDD-13(좌), SDD-14(우) 쌍극자탐사 결과도

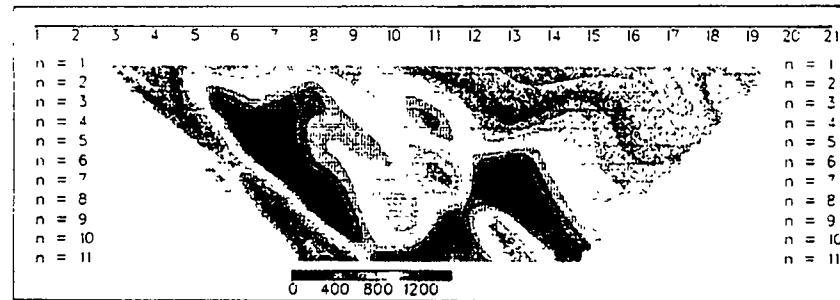
- (A) 현장측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

여 백

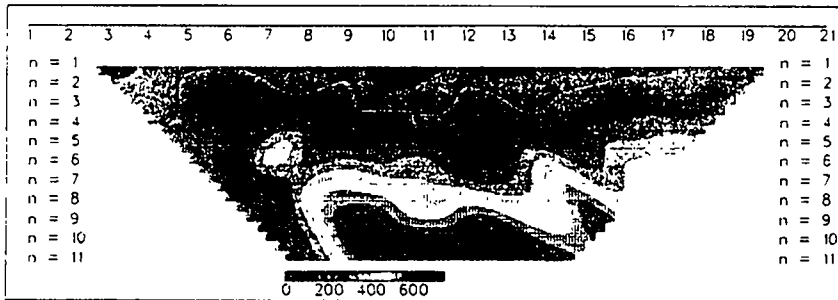
Field Data Pseudosection



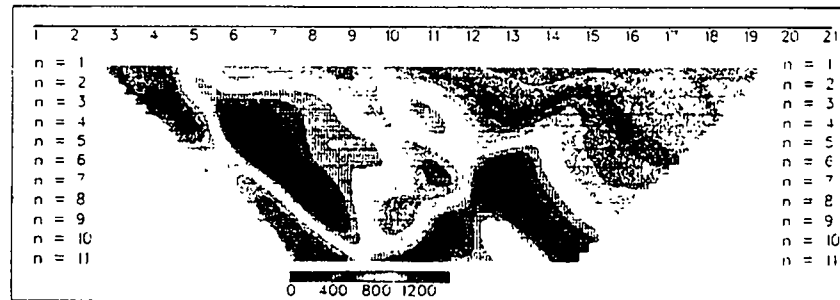
Field Data Pseudosection



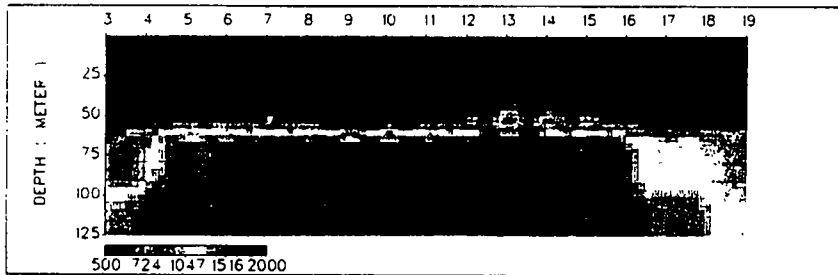
Theoretical Data Pseudosection



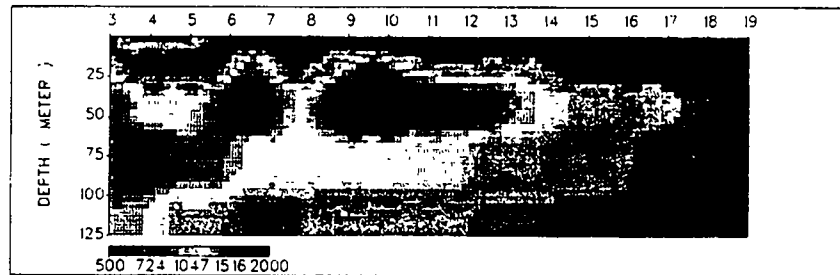
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



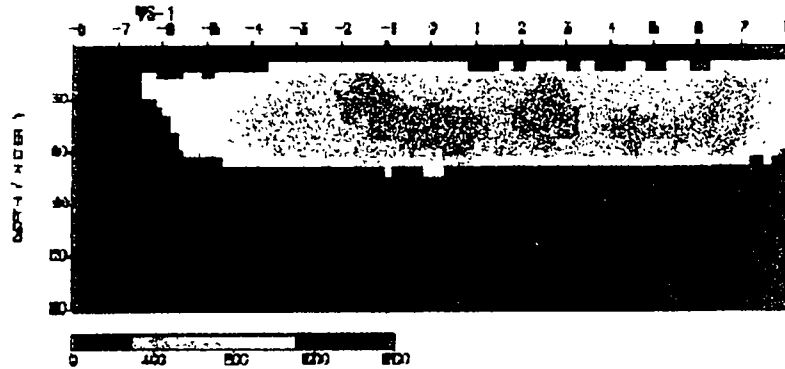
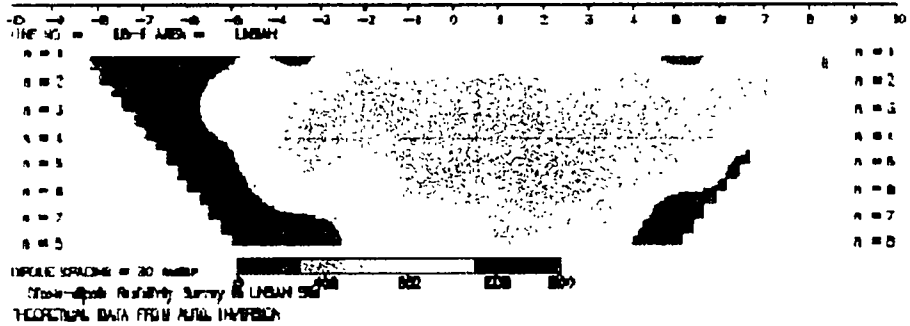
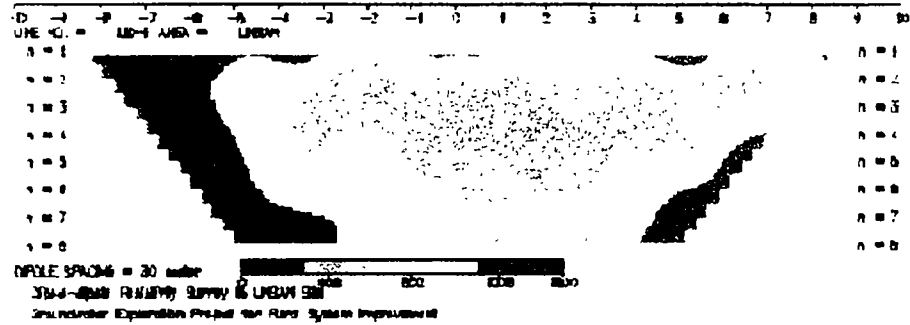
2-D Resistivity Structure



<그림. 4-14> SDD-15(좌), SDD-16(우) 쌍극자탐사 결과도

- (A) 현장측정자료의 겹보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겹보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

여 백



<그림. 4-15> SDD-17 쌍극자 탐사결과도

- (A) 현장측정자료의 걸보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 걸보기 비저항 가단면도
- (C) 현장측정자료와 이론자료에 의한 Modeling 단면도

여 백

○ SDD-15측선

대산읍과 대산리 대산 초등학교 북동측에 측선을 설정하여 측정을 실시하였다. 본 측선 역시 지표 표고에 따라 기반암 심도가 비례하여 분포하며 심도 약 65m 하부에는 치밀 견고한 암반상태로 지하수부존성이 결핍되어 있을 것으로 사료된다(그림. 4-14).

○ SDD-16측선

SDD-16측선은 서해의 가로림만과 접해있는 대로리에 측선을 설정, 실측하였다. 본 측선은 북-남으로 측선을 설치하였는데 해석결과 동일한 방향으로 구조대가 발달하여 기반암 심도가 불규칙적으로 나타났다(그림. 4-14).

○ SDD-17측선

본 측선은 조사지역중 최상부인 대산읍 대죽리 부근에 설치하였다. 측점 -8에서 +8사이에 비저항이 $400\sim 800\Omega \cdot m$ 로 시점부인 -10 지점의 $1600\Omega \cdot m$ 보다 상대적으로 낮게 분포하고 있다(그림. 4-15).

4-3. 시설관정 이용실태 조사

4-3-1. 시설별·용도별 이용실태조사

생활, 공업 및 농업용 총적관정이 22,196개소로 전체 시설물의 99.4%를 차지하며 지하수관정을 이용한 용수공급이 상대적으로 활발한 지역이다. 반면 암반관정을 이용한 용수활용은 미흡한 실정이다. 시설관정 조사자료중 읍면동별로 생활용수(간이상수도 포함) 78공, 농업용수 85공에 대하여 실태조사가 이루어졌으며, 공업용수의 경우는 관정 현황자료가 전무하였으며 현장조사도 불가하여 관정내역에서 기재치 못하였다. 시설별로는 암반관정 109공, 총적관정은 54공에 대하여 실태조사가 이루어졌고 표. 4-1와 표. 4-2는 서산시 전체의 관정실태자료를 기재하였으며 표. 4-4, 4-5, 4-6는 금번 조사시 얻어진 관정자료이다. 본 조사지구는 암반관정의 개발이 본격적으로 착수된 것은 1993년 부터로 이전에는 대부분 소형관정에 의존한 총적지하수를 사용하고 있는 것으로 조사되었다

'80년대이후 농어촌진흥공사와 서산시에서 조사·개발한 총적관정 및 암

반관정에 대한 실태조사 자료를 조사지역의 수리현황 및 관정개발 계획수립의 보조자료로 활용하였다.

본 지구의 지하수 시설은 단위 면적당 33.1개소/㎢로 조밀하게 분포하는 것으로 조사되었으나 실제 사용치 않는 폐관정이 상당수 존재할 것으로 판단되는 바 분포 개소수는 다소 줄어들 것으로 판단된다.

<표. 4-1> 지하수 용도별 현황

구분	계	생활용수	공업용수	농업용수
계	22,325 (100%)	12,268 (54.95%)	22 (0.1%)	10,035 (44.95%)
암반관정	129 (0.6%)	28 (0.15%)	20 (0.09%)	81 (0.36%)
층적관정	22,196 (99.4%)	12,240 (54.8%)	2 (0.01%)	9,954 (44.59%)

<표. 4-2> 시설별 이용현황

계	암반관정	층적관정	비고
22,325(100%)	129(0.6%)	22,196(99.4%)	

관정의 용도별 이용현황을 살펴보면 생활용수, 농업용수, 공업용수 순으로 이용되고 있으며 그 비율은 각각 54.95%, 44.95%, 0.1%에 해당된다. 시설별로 볼때는 암반관정이 129공(0.6%), 층적관정이 22,196공(99.4%)으로 층적관정의 이용률이 암반관정 이용률의 170배가 넘는다. 보다 세부적으로 살펴보면 층적관정에 의한 생활용수로의 이용현황이 12,240공(54.8%)로 가장 많으며 공업용수로의 이용현황이 단 2공으로 가장 적게 나타났다.

4-3-2. 기설관정 양수시험

양수시험은 착정된 지하수 관정으로부터 적정량의 지하수를 충전 혹은 채수

함으로서 발생하는 대수층 수위하강 및 상승 자료를 이용하여 대수층의 수리적 성질을 결정하기 위하여 행하여 지는 것이다.

조사구역내 충적층 및 암반대수층의 수리적 특성을 파악하기 위해 지역내에 위치한 관정 15개소에 대하여 양수시험을 실시하였으나 현장조사 자료획득이 지난 하였거나 획득된 자료의 신뢰도 부여가 어려워 조사지역내 5개 관정을 대상으로 양수시험을 실시하였다(표. 4-3).

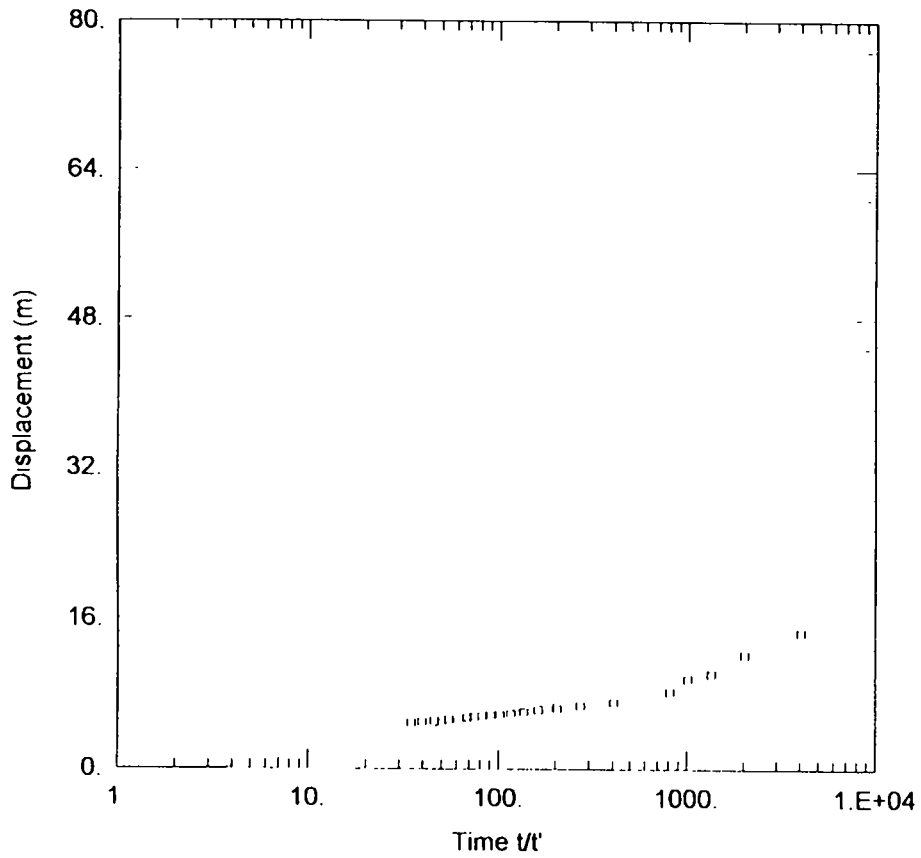
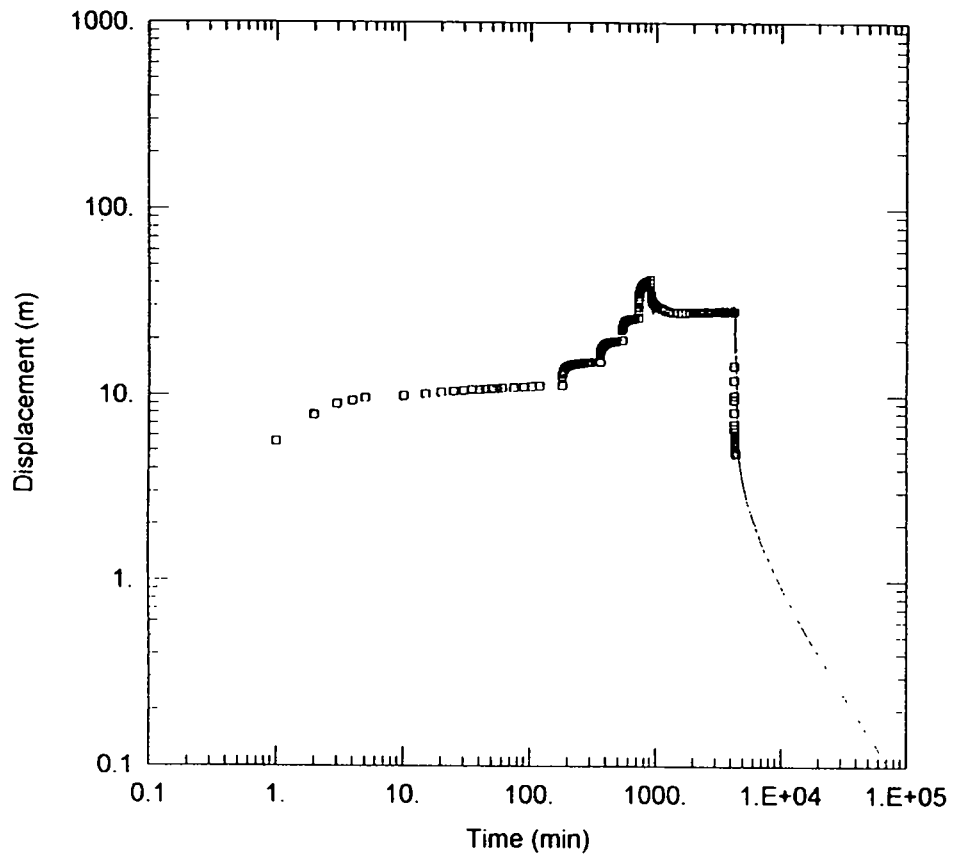
양수시험시 채수하는 양수량은 착정개발 자료와 예비 양수시험을 통하여 결정 하였으며, 수위측정은 양수시험 개시후 분단위로 측정을 실시하였다. 시험결과에 대한 대수층 해석은 충적관정은 자유면 대수층으로 해석하여야 하나 암반관정은 자연수위가 대수층보다 상부에 있는점을 감안하여 피압면 대수층으로 해석하였으며 양수시험시 정상상태(Steady state)에 도달하려면 상당한 시간을 요하므로 Theis의 비평형방정식을 적용하였다.

$$T=0.183Q/\Delta S=2.3Q/4\pi \Delta S \quad (T\text{는 투수량계수, } \Delta S\text{는 수위강하, } Q\text{는 양수량})$$

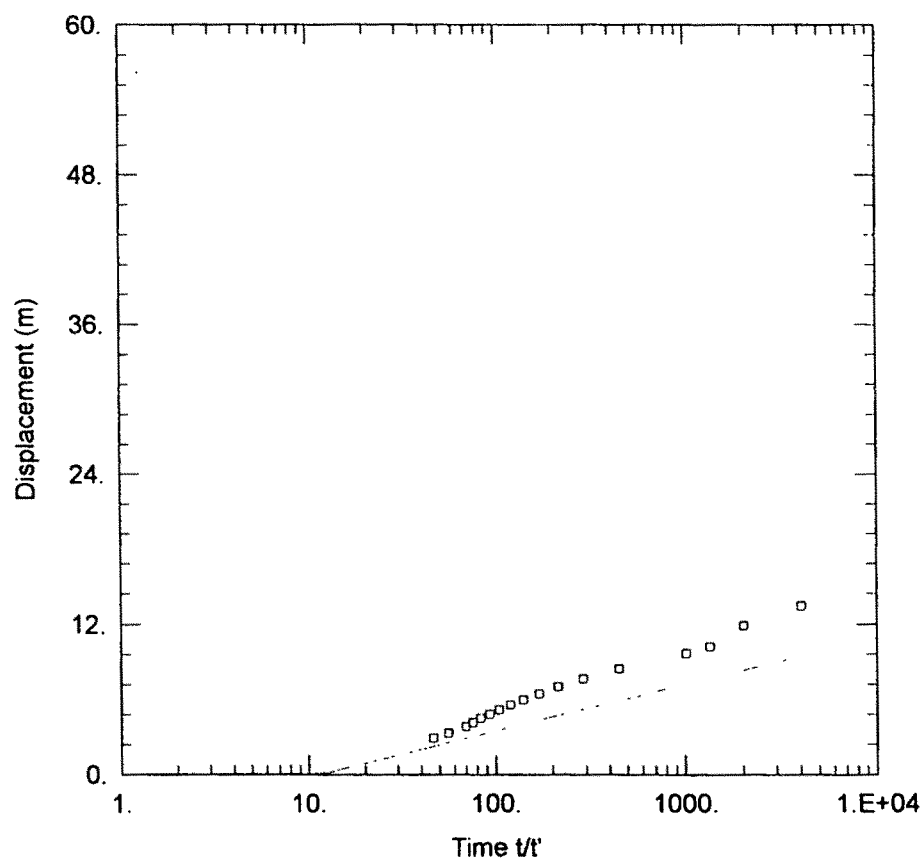
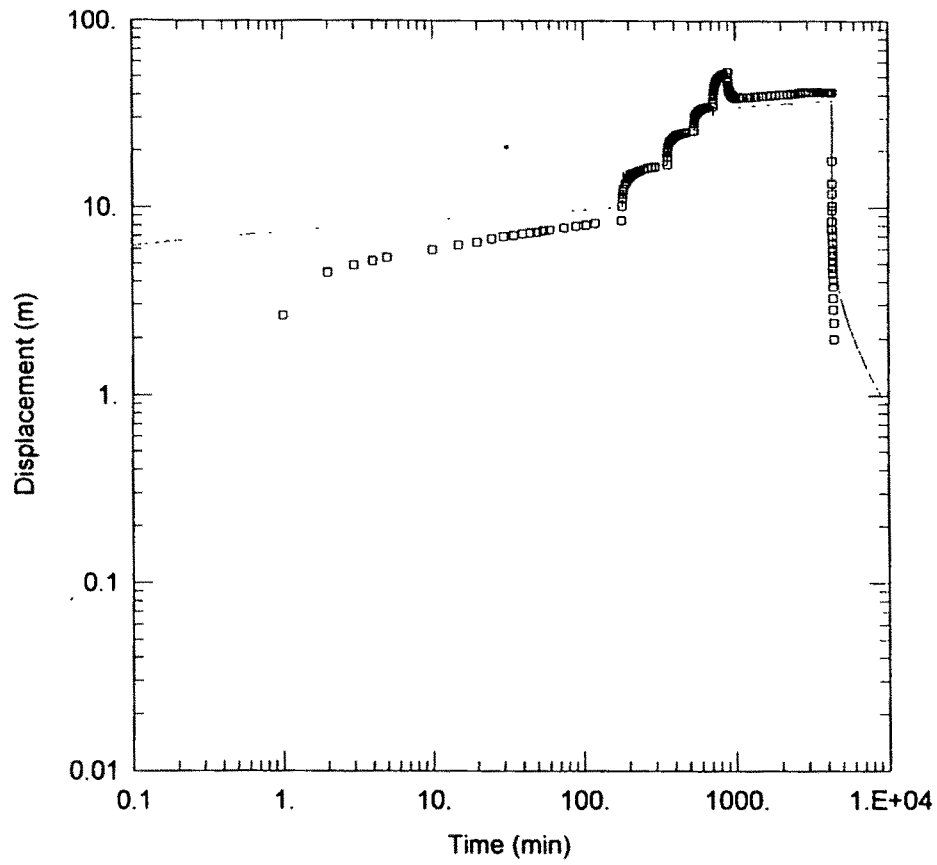
수리상수 산출은 상기방정식을 토대로 양수시험 해석프로그램인 AQTE-SOLV를 이용하였다(그림. 4-16, 4-17, 4-18, 4-19, 4-20).

<표. 4-3> 양수시험 총괄표

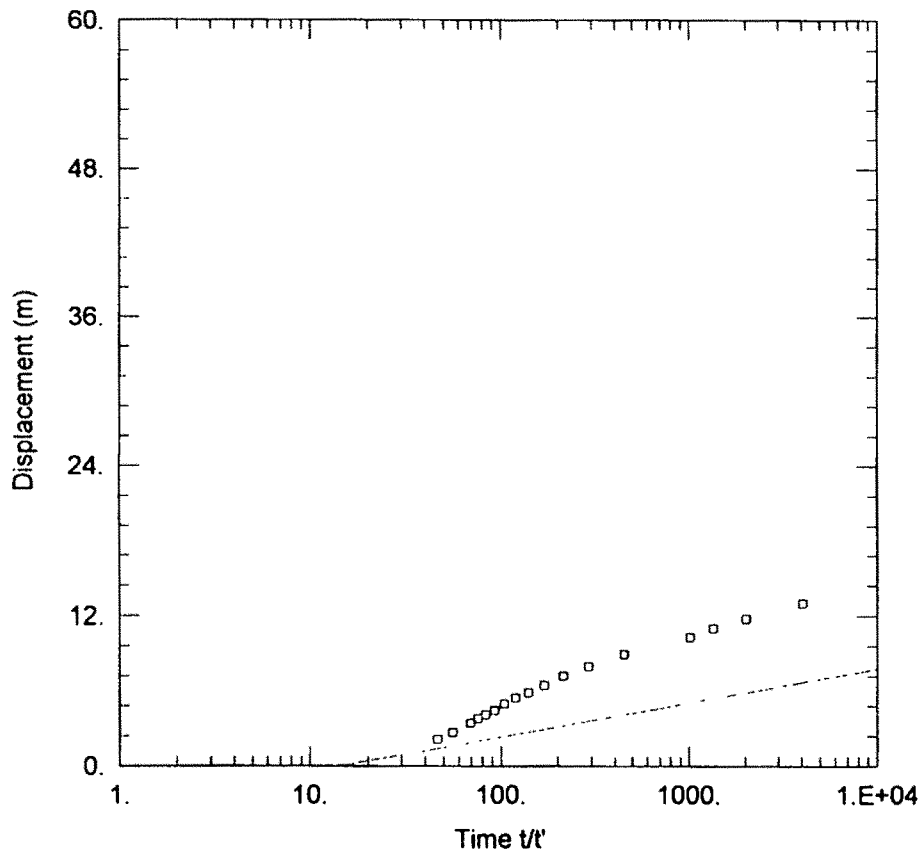
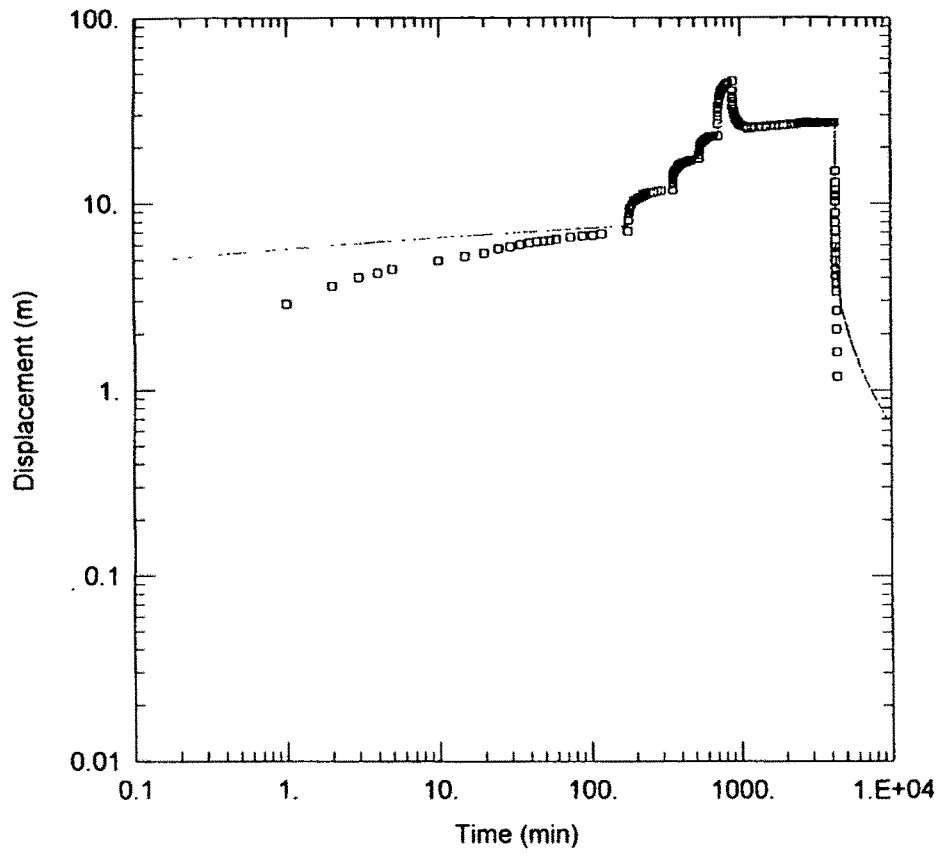
No.	위 치	심도	양 수 시 험				
			자연 수위 (m)	안정 수위 (m)	양수량 (m ³ /day)	투수량 계수 (m ³ /day)	저류계수
평 균		185	5.88	33.77	265	17.68	
E-17	해미면 기지리	205	14.01	42.22	226	10.22	0.0001966
E- 2	고북면 신송리	180	3.59	44.84	253	12.43	7.36×10 ⁻¹
E-12	음암면 울목리	180	7.08	34.43	253	13.63	5.66×10 ⁻¹
E-14	지곡면 산성리	180	1.26	20.93	276	19.02	1.22×10 ⁻⁰
E- 4	대산읍 운산리	180	3.46	26.45	318	33.1	7.89×10 ⁻¹



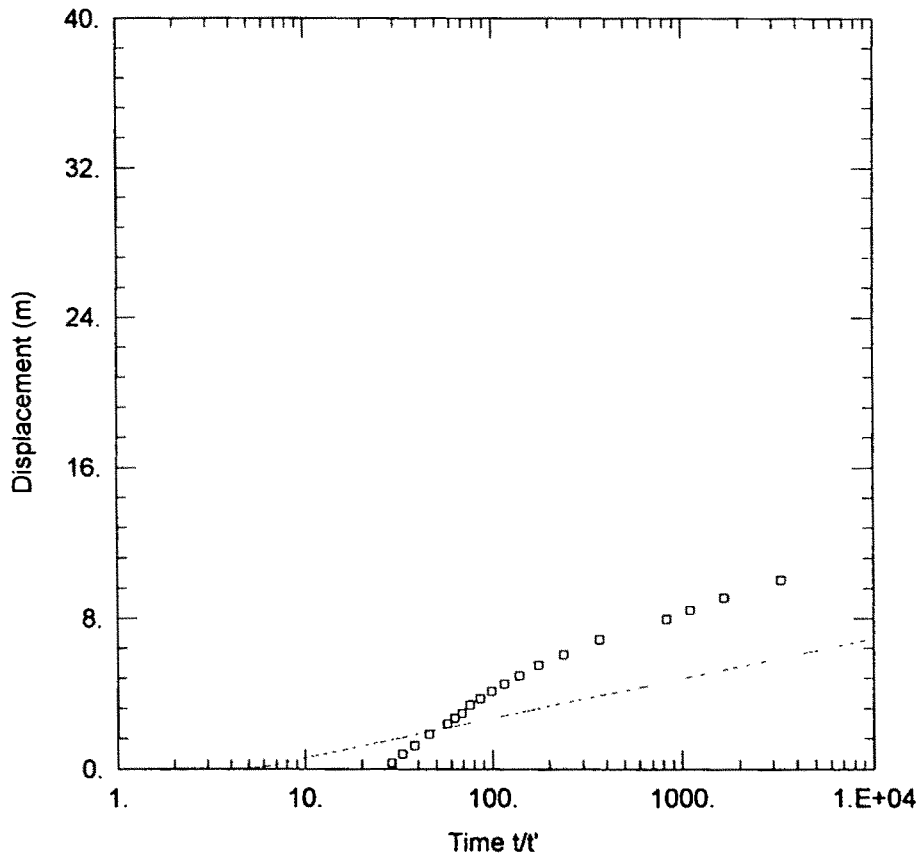
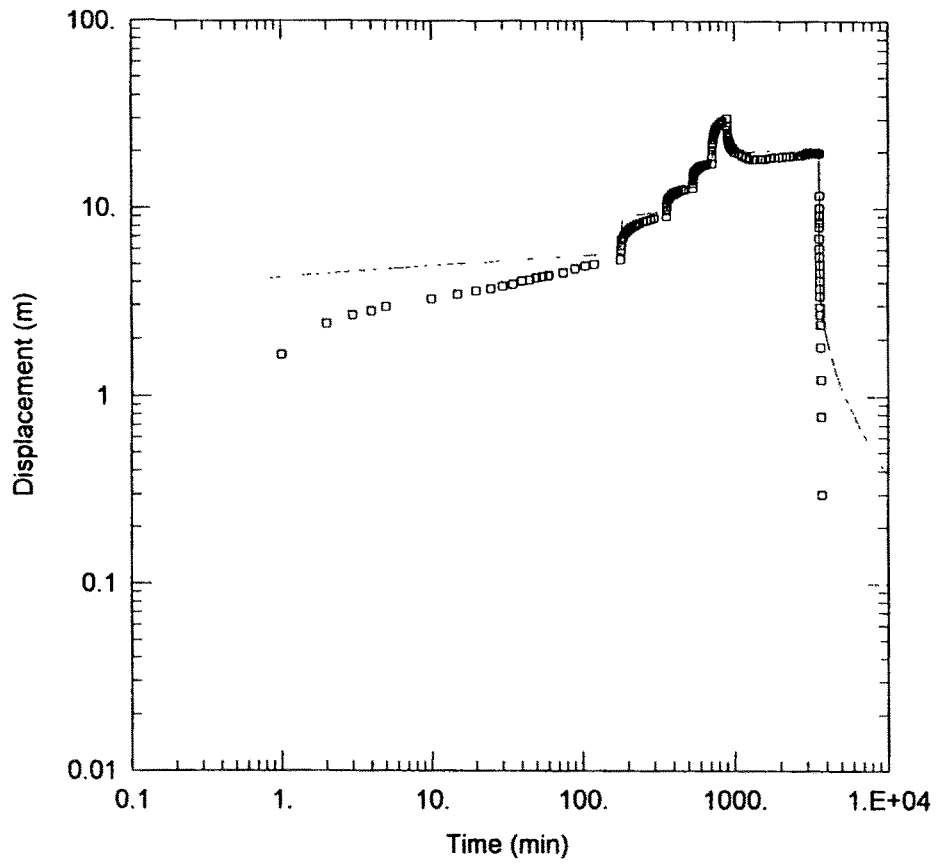
<그림 4-16> 수위강하 및 회복수위 그래프(E-17)



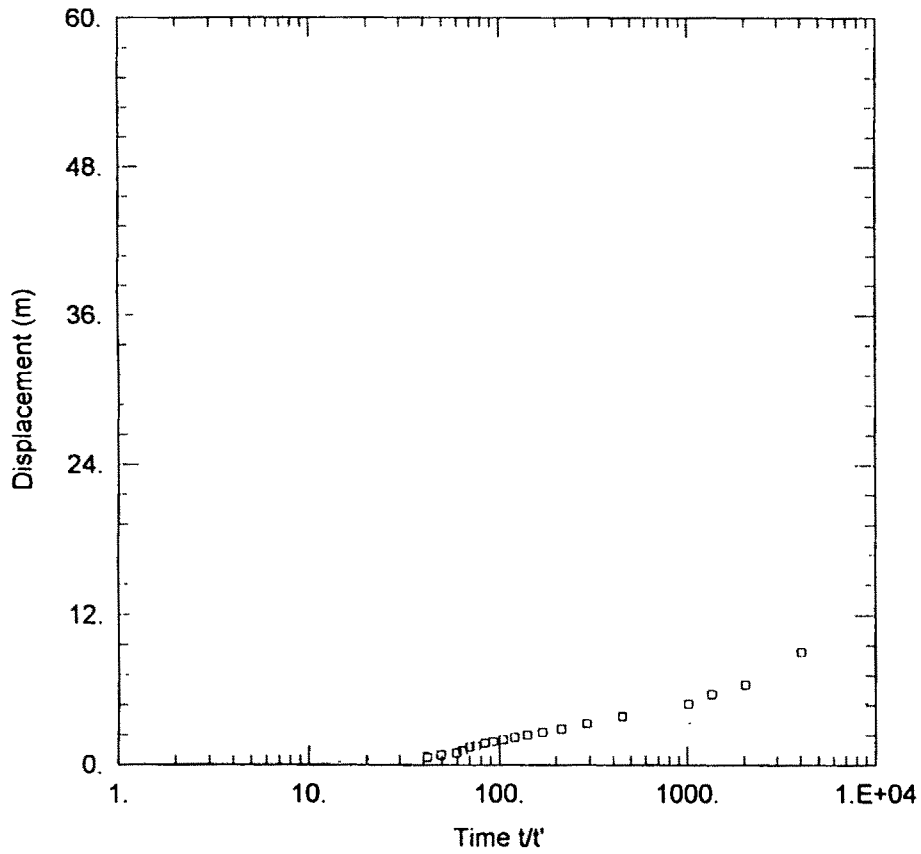
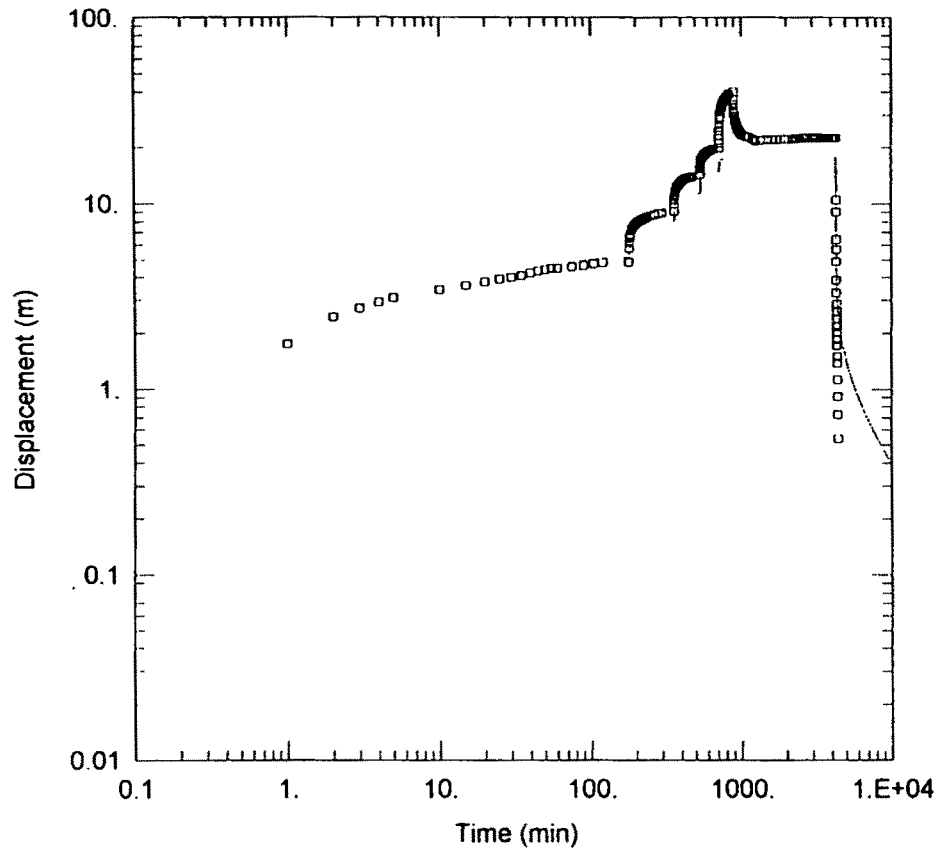
<그림. 4 -17> 수위강하 및 회복수위 그래프(E- 2)



<그림. 4 -18> 수위강하 및 회복수위 그래프(E-12)



<그림.4 -19> 수위강하 및 회복수위 그래프(E-14)



<그림. 4 -20> 수위강하 및 회복수위 그래프(E- 4)

<표. 4-4> 생활용수 이용현황

공 번	위 치				심도 (m)	구경 (ϕ ")	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m ³ /d)	용도	개발년도
	시·군	읍·면	동·리	지번							
E-1	서산	고북	신상	-	200	10	4.0	84.0	233	생활용	'95
E-2	"	고북	신송	144	180	10	3.59	44.84	253	"	'98
E-3	"	대산	운산	80	200	10	2.5	85.0	453	"	'97
E-4	"	대산	운산4	산232	180	10	3.96	26.45	318	"	'98
E-5	"	부석	가사2	-	200	10	6.0	106.0	205	"	'95
E-6	"	부석	강당	691	150	10	5.0	65.0	300	"	'96
E-7	"	부석	취평	133	220	10	3.5	65.2	156	"	'96
E-8	"	부석	갈마	333	200	10	2.6	74.0	226	"	'97
E-9	"	성연	평리	15-2	180	10	2.94	64.55	293	"	'96
E-10	"	성연	오사	363-3	200	10	2.5	72.0	212	"	'97
E-11	"	운산	원평	160-3	200	10	4.0	74.0	80	"	'94
E-12	"	음암	울목	532-1	180	10	7.08	34.43	253	"	'98
E-13	"	지곡	대요	산139-17	200	10	3.2	78.0	156	"	'96
E-14	"	지곡	산성	990	180	10	1.26	20.93	276	"	'98
E-15	"	팔봉	호	205	200	10	8.0	104.0	240	"	'95
E-16	"	해미	대곡	759	200	10	1.8	30.0	650	"	'96
E-17	"	해미	기지2	132-1	205	10	14.01	42.22	226	"	'98

<표. 4-5> 간이상수도 이용현황

공 번	위 치				심도 (m)	구경 (ϕ ")	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m^3/d)	용도	개발년도
	시·군	읍·면	동·리	지번							
S-1	서산	고북	가구1	(창동)	18	6	3.24	-	12	음용수	'80
S-2	"	고북	사기	-	150	10	5.2	48.24	300	"	'96
S-3	"	고북	용암2	-	100	10	2.26	52.66	130	"	'97
S-4	"	고북	장요1	-	27	6	4.21	-	43	"	'75
S-5	"	고북	장요2	(고요골)	30	6	4.09	-	40	"	'77
S-6	"	고북	장요3	(올라미)	20	6	3.67	-	18	"	'77
S-7	"	고북	초록1	-	39	6	3.76	-	120	"	'72
S-8	"	고북	초록2	-	33	6	4.11	-	68	"	'75
S-9	"	대산	기은1	-	29	4	3.08	-	80	"	'85
S-10	"	대산	대로2	-	60	4	3.16	51.08	150	"	'78
S-11	"	대산	대산2	수구물	34	4	2.45	-	50	"	'82
S-12	"	대산	대죽1	-	42	4	2.99	-	75	"	'83
S-13	"	대산	대죽3	-	45	4	3.24	-	50	"	'85
S-14	"	대산	독곳1	-	35	4	2.11	-	50	"	'82
S-15	"	대산	영탑1	-	60	4	4.25	-	70	"	'78
S-16	"	대산	영탑2	-	100	10	3.98	-	70	"	'75
S-17	"	대산	오지1	-	25	4	7.08	-	30	"	'79
S-18	"	대산	운산3	-	54	4	3.97	-	75	"	'75
S-19	"	대산	운산4	-	60	4	3.84	-	50	"	'82
S-20	"	대산	웅도	-	25	4	5.44	-	35	"	'79
S-21	"	대산	화곡3	-	44	4	2.44	63.38	363	"	'96
S-22	"	부석	가사1	-	33	4	5.25	51.94	226	"	'97
S-23	"	부석	가사2	-	39	4	6.04	-	38	"	'78
S-24	"	부석	가사3	-	45	6	5.81	-	24	"	'84
S-25	"	부석	대두1	-	60	4	4.77	-	50	"	'78
S-26	"	부석	대두2	-	70	4	4.25	-	30	"	'84
S-27	"	부석	지산1	달천	62	4	5.62	-	72	"	'85
S-28	"	부석	지산1	도요동	51	4	5.18	-	44	"	'85
S-29	"	부석	지산3	-	120	4	4.29	-	72	"	'85
S-30	"	부석	창리	-	21	4	5.09	-	148	"	'79
S-31	"	부석	취평2	-	52	4	4.24	41.19	110	"	'87
S-32	"	성연	고남	-	25	2	2.84	-	80	"	'79
S-33	"	성연	명천3	(개근너)	29	2	3.24	-	56	"	'84

공 번	위 치				심도 (m)	구경 (ϕ ")	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m ³ /d)	용도	개발년도
	시·군	읍·면	동·리	지번							
S-34	"	성연	예덕2	(하솔)	18	2	2.98	45.69	52	"	'90
S-35	"	성연	평리1	(하평)	34	2	3.16	-	90	"	'79
S-36	"	운산	갈산3	-	35	6	4.74	-	43	"	'79
S-37	"	운산	고풍	(영락원)	25	6	3.69	-	30	"	'78
S-38	"	운산	소중1	(소동)	18	6	5.25	-	48	"	'82
S-39	"	운산	소중1	(동구리)	29	6	4.41	-	25	"	'84
S-40	"	운산	소중1	(까치말)	35	6	4.27	-	36	"	'84
S-41	"	운산	소중2	-	40	6	3.84	-	48	"	'84
S-42	"	운산	안호	(샛말)	24	6	3.98	-	43	"	'79
S-43	"	운산	용현1	(보현동)	27	6	5.24	-	27	"	'77
S-44	"	음암	문양1	-	30	2	4.22	39.99	22	"	'87
S-45	"	음암	유계2	-	25	2	3.02	-	48	"	'82
S-46	"	음암	탑곡1	-	30	6	6.98	-	40	"	'72
S-47	"	인지	모월1	-	49	4	4.44	46.88	43	"	'84
S-48	"	인지	모월3	-	53	4	5.16	-	48	"	'79
S-49	"	인지	산동1	-	60	4	4.97	-	93	"	'82
S-50	"	인지	화수2	-	100	10	4.62	39.31	84	"	'79
S-51	"	지곡	대요1	-	41	2	2.87	-	20	"	'78
S-52	"	지곡	화천2	-	32	2	3.11	-	42	"	'76
S-53	"	지곡	환성3	-	33	2	2.69	-	72	"	'76
S-54	"	팔봉	어송1	고두실	49	4	4.34	-	22	"	'82
S-55	"	팔봉	어송1	양지편	48	4	5.25	-	74	"	'84
S-56	"	팔봉	호리3	-	53	6	4.11	68.09	36	"	'93
S-57	"	해미	관유	아랫문터	30	6	9.25	-	28	"	'80
S-58	"	해미	관유	(윗문터)	35	6	10.18	-	30	"	'80
S-59	"	해미	귀밀	-	20	6	9.09	-	36	"	'82
S-60	"	해미	반양1	-	30	6	8.44	-	54	"	'79
S-61	"	해미	삼송2	(버드실)	24	6	8.29	-	40	"	'80

<표. 4-6> 농업용수 이용현황

공 번	위 치				심도 (m)	구경 (ϕ ")	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m^3/d)	용도	개발년도
	시·군	읍·면	동·리	지번							
A - 1	서산	고북	가구	63-17	90	10	7.0	44.5	150	농업용	'98
A - 2	"	고북	가구	166-21	88	10	13.0	48.0	293	"	'97
A - 3	"	고북	가구	50-45	150	10	8.0	44.0	293	"	'97
A - 4	"	고북	가구	-	150	10	19.3	46.0	293	"	'97
A - 5	"	고북	가구	-	82	10	13.6	49.0	293	"	'97
A - 6	"	고북	가구	659-12	70	10	4.01	40.41	250	"	'94
A - 7	"	고북	가구	2-7	67	10	4.11	49.24	250	"	'95
A - 8	"	고북	신상	309-2	70	10	3.98	44.08	250	"	'95
A - 9	"	고북	예천	687	120	10	3.29	59.63	145	"	'92
A - 10	"	고북	용암	428	76	10	5.24	34.98	145	"	'92
A - 11	"	고북	용암	559	80	10	6.28	32.98	140	"	'93
A - 12	"	고북	장요	658	73	8	3.08	43.98	140	"	'90
A - 13	"	고북	장요	203	72	10	4.21	46.44	145	"	'92
A - 14	"	고북	정자	54-1	94	10	12.6	47.0	530	"	'97
A - 15	"	고북	정자	33-6	150	10	14.8	48.0	284	"	'97
A - 16	"	고북	정자	409-16	150	10	13.5	47.0	260	"	'97
A - 17	"	고북	정자	10-24	150	10	14.3	44.0	156	"	'97
A - 18	"	고북	정자	70-4	150	10	16.5	43.0	301	"	'97
A - 19	"	고북	정자	64-17	150	10	12.2	48.0	354	"	'97
A - 20	"	고북	초록	262	150	10	15.0	65.1	205	"	'96
A - 21	"	고북	초록	235	100	10	7.2	52.5	453	"	'96
A - 22	"	대산	기은	546	85	10	4.11	58.15	148	"	'93
A - 23	"	대산	기은	374	100	10	5.21	39.09	145	"	'94
A - 24	"	대산	대죽	734-1	100	10	5.04	47.98	145	"	'94
A - 25	"	부석	가사	산248	150	10	5.0	82.0	156	"	'97
A - 26	"	부석	가사	산205-1	200	10	5.08	42.11	250	"	'95
A - 27	"	부석	갈마	산86-3	60	6	4.21	-	148	"	'83

공 번	위 치				심도 (m)	구경 (ϕ)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m^3/d)	용도	개발년도
	시·군	읍·면	동·리	지번							
A - 28	"	부석	갈마	272-2	70	10	7.02	37.43	148	"	'91
A - 29	"	부석	갈산	746	90	6	2.17	-	145	"	'84
A - 30	"	부석	강당	469	72	8	8.24	40.04	148	"	'91
A - 31	"	부석	강당	603	80	10	6.43	35.25	140	"	'91
A - 32	"	부석	강당	1050	80	10	11.08	49.37	140	"	'93
A - 33	"	부석	강수	137	100	10	7.04	61.87	250	"	'94
A - 34	"	부석	강수2	-	160	12	2.15	104	253	"	
A - 35	"	부석	예천	249	70	6	3.84	-	145	"	'88
A - 36	"	서산	갈산	895	110	8	4.09	-	145	"	'90
A - 37	"	서산	갈산	654	100	10	4.62	-	145	"	'91
A - 38	"	서산	갈산	72	110	10	2.94	48.54	145	"	'94
A - 39	"	서산	갈산	852-2	130	10	4.08	50.24	145	"	'95
A - 40	"	서산	갈산2	-	70	10	4.0	42.0	276	"	'95
A - 41	"	서산	수석	735	116	10	2.48	39.88	580	"	'95
A - 42	"	서산	수석2	735	116	10	4.7	45.0	580	"	'95
A - 43	"	서산	오남	541-1	70	8	3.87	60.43	145	"	'90
A - 44	"	서산	오남	309-1	70	8	3.94	43.2	145	"	'90
A - 45	"	서산	오남	65-33	70	10	3.24	63.14	148	"	'94
A - 46	"	성연	고남	765	150	10	5.0	35.0	200	"	'96
A - 47	"	성연	예덕	533-1	58	10	4.0	48.5	150	"	'98
A - 48	"	성연	예덕	342-3	100	10	5.1	46.0	210	"	'95
A - 49	"	성연	오사	-	70	10	8.0	54.0	253	"	'95
A - 50	"	운산	갈산	51-1	70	10	3.98	48.23	250	"	'94
A - 51	"	운산	수당	157-1	120	10	3.21	45.44	148	"	'92
A - 52	"	운산	수당	301	100	10	4.08	53.25	148	"	'92
A - 53	"	운산	태봉	1-1	90	10	3.47	35.68	250	"	'95
A - 54	"	음암	도당	17-1	70	10	7.24	44.25	148	"	'93
A - 55	"	음암	부산	536	74	10	5.24	69.24	130	"	'94
A - 56	"	음암	신장	744-6	86	10	4.24	57.09	250	"	'94

공 번	위 치				심도 (m)	구경 (ϕ ")	자연수위 (m)	안정수위 (m)	양수량 (m^3/d)	용도	개발년도
	시·군	읍·면	동·리	지번							
A - 57	"	음암	탑곡	510	80	10	2.0	30.4	150	"	'98
A - 58	"	인지	남정	21-3	156	10	15.0	70.0	285	"	'97
A - 59	"	인지	남정	200	200	10	4.98	52.59	250	"	'94
A - 60	"	인지	남정	405-1	70	10	3.09	44.18	285	"	'97
A - 61	"	인지	남정1	-	100	12	2.88	70	354	"	'95
A - 62	"	인지	모월	2-3	75	10	4.19	29.78	148	"	'92
A - 63	"	인지	산동	508-2	78	10	4.78	31.69	148	"	'92
A - 64	"	인지	아당	199-1	75	10	3.88	55.28	148	"	'92
A - 65	"	인지	차	354	75	10	3.9	36.0	480	"	'95
A - 66	"	인지	차	558	80	10	3.7	37.0	576	"	'95
A - 67	"	지곡	도성	59-1	80	10	5.0	30.0	250	"	'96
A - 68	"	지곡	산성	6-11	80	10	5.0	30.0	450	"	'96
A - 69	"	지곡	산성	27-6	80	10	5.0	30.0	480	"	'96
A - 70	"	지곡	장현	4-9	80	10	5.0	30.0	330	"	'96
A - 71	"	지곡	환성	376-5	153	10	5.24	40.37	148	"	'91
A - 72	"	지곡	환성	652	70	10	4.89	41.98	148	"	'91
A - 73	"	팔봉	대황	-	190	10	9.5	54.4	219	"	'95
A - 74	"	팔봉	덕송	596	73	10	2.95	8.48	150	"	'98
A - 75	"	팔봉	양길	1099	145	10	3.5	45.2	156	"	'97
A - 76	"	팔봉	양길	187	80	10	4.2	58.0	285	"	'97
A - 77	"	팔봉	양길	454	160	8	6.98	31.09	140	"	'90
A - 78	"	팔봉	양길	360	70	10	6.24	38.88	130	"	'97
A - 79	"	팔봉	어송	1329-1	96	10	3.7	15.16	150	"	'98
A - 80	"	팔봉	어송	28	150	10	6.02	44.79	140	"	'92
A - 81	"	팔봉	호	-	120	10	7.8	58.0	300	"	'95
A - 82	"	팔봉	호	79-3	200	10	6.97	54.2	250	"	'95
A - 83	"	팔봉	흑석	174-1	85	10	1.6	8.34	150	"	'98
A - 84	"	팔봉	흑석	산721-1	80	10	6.98	51.09	130	"	'97
A - 85	"	해미	휴암	251	70	10	3.88	55.28	145	"	'92

4-4. 수질검사 및 잠재오염원 조사

4-4-1. 수질검사

가. 조사목적

수질은 지역의 자연적, 인위적 여건에 따라 수시로 변화한다. 일반적으로 수질은 지하매질의 지구화학적 특성에 영향을 받으며 화학적 조성, 이동기간 동안의 물의 양과 유속 등에 따라 고유 수질특성을 갖게 된다. 지하수 수질은 지하매체의 화학적 특성과 지하로 스며드는 물(강수 및 지표수 등) 및 오염물질의 조성 등 복합적 요인에 의하여 영향을 받기 때문에 순수한 수질특성을 파악하는 것은 현실적으로 어려움이 있으나, 금번 조사구역에 대한 수질조사를 실시함으로써 조사지역내의 개략적인 수질 현황을 분석하고 원수의 생활, 농업, 공업용수, 기타 용도에 대한 적합성 여부와 청정수원의 보존에 유익한 자료를 제시하고자 본 수질조사를 실시하였다.

나. 조사방향

본 역에서는 기존 지하수 시설물에 대하여 $\text{NO}_3\text{-N}$, pH, 경도, Cl 등의 45개 항목에 대해 수질조사를 실시하였다.

먹는 샘물이나 먹는물의 수질시험은 1977. 12. 31일 환경부가 제정한 수질공정시험법에서 정한 방법에 의하여 분석하였으며, 미국의 공중보건협회(APHA) 및 수환경연맹(WEF)에서 마련한 물 및 폐수검사 표준방법을 이용하였다. 일반적으로 먹는 샘물 혹은 먹는물의 양이온이나 금속성분의 분석시에는 전처리로 산처리한후 OA여과지로 여과하여 유도플라스마(ICP)방법으로 분석하며, 음이온의 분석시 수중 양이온이 많을 경우에는 여과지에 여과시켜 이온크로마토그래피(IC)로 분석하는 방법을 이용한다.

통상 지하수원의 수질은 지표수원의 수질에 비해 계절적, 시간적으로 변화가 적고 수질형성이 장시간에 걸쳐 형성된 것이므로 검사결과에 있어 보다 신뢰성있는 자료일 것으로 사료된다.

다. 조사항목 및 주요성질

천연의 물은 다소 불순물이 섞여있는 상태로 이들의 함유정도를 파악하거나

각종 용수로 활용하기 위해서는 그 물의 물리적, 화학적, 생물학적 성질을 규명하여야 한다. 이들 성질들을 대별하여 보면 온도, 탁도, 색도, 경도, 맛, 냄새, 전기전도도, 수소이온농도, 각종금속 및 비금속이온, 염류, 질소화합물, 기타 유독성물질등의 물리화학적 성질과 BOD, COD, 부유물질(SS), 병원생물 등의 생물학적성질 등으로 나뉘어진다

물리화학적 성질과 생물학적성질을 약술하면 다음과 같다.

○ 탁도

물의 혼탁은 토사나 그 밖의 부유물질의 혼입, 용존물질의 화학변화 혹은 정화방법의 부적 등에 의한 것으로 표준 탁도액과 비교 측정하는 방법이 있다.

○ 색도

물의 색의 정도를 나타내는 것으로 수중에 용해물질 유무를 감지하는데 유효하며 표준액의 색상과 비교하여 측정한다.

○ 냄새, 맛

오수의 혼입, 미생물 번식, 지질여건, 인위적 조작 등에 기인한다.

○ 수소이온농도

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

일반적으로 pH값에 따른 수질의 분류는 pH값이 5.5이하이면 산성, 5.5~6.5사이는 약산성, 6.5~7.5사이는 중성, 7.5~9.0까지는 약알칼리성 그리고 9.0이상

이면 알카리성으로 분류하고 있다. 조사지구에서의 지하수 pH는 6.7~8.1사이로 대부분이 먹는물 수질기준인 5.8~8.5 사이에 분포하며, 암반지하수는 평균 7.32를 나타낸다.

○ 경도(Hardness)

경도란 수중에 함유된 칼슘 및 마그네슘 이온량을 이에 대응하는 탄산칼슘(CaCO_3)의 ppm으로 환산하여 나타내는 것으로 일반적으로 비누거품을 일으키는 표준비누액의 소모량으로 산출한다. 경도는 끓여도 석출되지 않는 황산염, 질산염, 염화물 등에 의한 영구경도와 중탄산염과 같이 끓임으로서 석출되는 칼슘 및 마그네슘에 의한 일시경도를 구분할 수 있다. 수중의 칼슘 및 마그네슘의 성인은 주로 지질여건에 의하나 해수, 공장, 폐수, 하수 등의 혼입에 기인할 수도 있다. 조사지역의 경도는 26~215로 먹는물 수질기준치에 속하나 다양한 값을 나타내며 평균경도는 87.6값을 나타낸다.

○ 염소이온

염소이온이란 수중에 용해되어 있는 염화물중의 염소를 말한다. 자연수는 지질영향에 의해 염소이온을 함유하고 있으며 특히 해안지대에서는 해수의 영향을 받는 일이 많다. 그러나 하수, 공장폐수, 분뇨 등에 의해 증대될 수도 있으므로 염소이온은 수질변화도의 한 지표가 된다. 조사지역 내의 염소이온 함유량은 0~62ppm범위를 나타내며 평균값은 29ppm으로 비교적 낮다.

○ 전기전도도(Electric Conductivity)

전기전도도는 물질이 전류를 통과시킬 수 있는 정도를 나타낸다. 화학적으로 순수한 물은 전기전도도가 매우 낮은 일종의 절연체이나 순수한 물에 소량의 고형물이 혼합되면 고형물질이 물속에서 이온으로 분리되어 전류가 흐를 수 있게 되고, 이온의 양이 많을수록 용액의 전기전도도는 커지며 온도와 이온의 종류에 따라 전기전도도가 다르게 된다. 따라서 시료의 전기전도도는 수중의 고형물의 양을 추정할 수 있는 지표가 된다.

지하수를 포함한 통상의 물에서는 전기전도도의 55%~75%를 총용존고형물의 양으로 간주할 수 있고, 전기전도도가 클수록 물속에 유리된 광물질의 전기

화학적 작용이 활발하다는 것을 의미한다.

전기비전도도는 물속에 용해된 광물의 종류에 따라 그 값이 변화를 보이지만 총용존고용물 (TDS)과의 관계는 대략 전기비전도도*(비율) = 총용존고용물 (TDS)로 표시되며, 지하수의 경우 그 비율은 0.50~0.75의 범위내에 존재한다.

○ 용존산소(DO : Dissolved Oxygen)

수중에 용해되어 있는 산소를 말하며 20℃의 흐르는 물에는 약 9ppm 정도의 산소가 용해되어 있으며, 어류가 살 수 있는 DO의 최소량은 5ppm 정도이다. 용존산소는 담수와 염수, 오탁성 유기물질량, 주야간 무기화합물 함량 등에 의해 변화한다.

○ 생물학적 산소요구량(BOD : Biochemical Oxygen Demand)

물속의 미생물이 주로 유기물질을 분해할 때 필요한 산소량으로 물속에 녹아있는 용존산소(DO)와는 다르며, 유기물 분해시 소비되는 용존산소의 양을 의미한다.

BOD는 하천 수질오염 판정의 지표가 되며 BOD가 크면 수중에 분해가 가능한 유기물질이 많이 남아있어 수질이 악화된 것을 뜻한다. 상수도 수질기준은 BOD가 6ppm이하이며 BOD가 10ppm을 넘으면 악취가 발생하고 DO는 2ppm이하로 떨어진다.

○ 화학적 산소요구량(COD : Chemical Oxygen Demand)

COD는 BOD와 함께 수질오염을 나타내는 중요지표로서 수중에 존재하는 무기성 오염물질 또는 비분해성 유기물질이 산화제(주로 KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 등)에 의해 분해될 때 소비되는 산소량을 ppm, mg/l 등으로 표시한 것이며 주로 해역, 호수 등의 수질오염 지표로 이용된다.

호수나 바닷물의 오염도를 BOD가 아닌 COD로 나타내는 이유는 호수와 바닷물에는 조류(algae)가 다량으로 존재하기 쉬워 탄소동화작용의 영향이 큰 BOD보다는 COD가 오염도 판단에 더 적절하기 때문이다. 어느 수역의 COD가 크면 수중에 무기성 오염물질이나 비분해성 유기물질이 많이 포함되어 있어 수

질이 악화되어 있음을 의미한다.

○ 부유물질(SS : Suspended Solids)

부유물질 또는 현탁물질이라고 하며 수중에 떠서 돌아 다니는 여러 가지 물질로서 여과 또는 원심분리에 의해 분리될 수 있는 0.1이상 2mm이하의 입자를 말한다. 부유물질은 물의 탁도의 유발원인 물질로서, 그 성분은 무기질과 유기질인데 특수한 경우를 제외하고는 거의 유기물질로서 플랑크톤, 세균 등의 미생물을 다량 함유하고 있다.

○ 질소화합물(Nitrogen Compounds)

질소화합물의 검출은 위생학적으로 의의가 크다. 수중에는 오염물질에 의해 유기성 질소화합물(암모니아성 질소화합물, 아질산성 질소, 질산성 질소 등)이 존재한다. 즉 수중의 유기성 질소화합물은 유기물 암모니아성질소($\text{NH}_3\text{-N}$), 아질산성질소($\text{NO}_2\text{-N}$), 질산성질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 과정을 거치며 분해된다. 따라서 시료에서 암모니아성질소($\text{NH}_3\text{-N}$)가 검출되면 그 물은 최근에 오염되었으며, 오염시간이 단기간이므로 병원균이 살아있을 가능성이 있음을 의미한다.

아질산성질소($\text{NO}_2\text{-N}$)는 암모니아성질소의 분해(산화)의 첫단계 생성물질이므로 물의 오염을 추정할 수 있는 유력한 지표가 된다.

질산성질소($\text{NO}_3\text{-N}$)는 질소화합물의 최종 분해산물로서 채취 수원은 과거에 오염되었음을 나타낸다. 그러나 심층수중에서는 질산성질소의 환원작용에 의하여 암모니아성질소, 아질산성질소가 생성될 수도 있으며, 이 경우 오염되었다고 단정지을 수 없을때가 많다. 음료수 기준은 암모니아성질소($\text{NH}_3\text{-N}$)와 아질산성질소($\text{NO}_2\text{-N}$)가 동시에 검출되지 않고, 질산성질소($\text{NO}_3\text{-N}$)가 10ppm이하인 경우로 규정하고 있다.

○ 대장균군(Coliform Group)

대장균 자체는 병원성균이 아니지만 인간, 가축의 배설물에 의한 오염을 의심할 수 있다. 그리고 소화기계통의 전염병균보다 비교적 저항성이 크기 때문에 살균시 대장균의 검출유무로 다른 병원균의 사멸여부를 판단할 수 있다. 조

사 시료중 상당수가 기준치 이상의 대장균으로 감염되어 있음을 알 수 있었다.

○ 일반세균(Bacteria)

수중에서 세균의 증식이 있으면 수중생태계에 변화가 일어난다. 특히 상수원에 인체에 유해한 세균이 존재하면 수인성 전염병을 전파시킬 수 있다. 세균은 하수나 분뇨중에 많이 존재하므로 정수공정의 점검 등에 지표로 이용된다. 금번 조사시료중 18 %가 기준치를 초과하고 있어 오염이 계속되고 있음을 보여준다.

○ 철(Fe), 망간(Mn)

지질여건, 공장폐수, 광산폐수 등에 의해 수중에 수산화철로 존재하는 경우가 많다. 철분이 다량일때는 특이한 냄새를 발생시키고 적조현상을 일으키며, 망간이 다량일 경우 생리적 독성을 띠며 착색되거나 토양과 작물에 피해를 준다. 조사지역내의 지하수에서는 철성분은 검출되지 않았으며 망간은 불검출 또는 소량 검출되는 곳도 있다.

○ 기타 유해물질과 중금속류

시안(CN), 불소(F), 비소(As) 등은 생물에 심각하게 유독하다. 특히 시안과 비소는 동물에, 불소는 식물에 피해를 유발한다.

크롬(Cr), 동(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 수은(Hg), 카드뮴(Cd)등은 광산폐수, 농약, 공장폐수 등에서 유입되며 생물에 농축되어 급만성 중독을 유발한다.

유기인 및 페놀류(C_6H_5OH)는 농약, 염료, 각종 화공약품 관련 공장으로부터 배출되는 물질로서 사람과 가축에 대단히 유해하여 배출규제를 엄격히 적용하고 있다.

라. 현장 수질검사 결과

본 조사지역의 전기전도도는 $82\sim 2,020\mu s/cm$ 로 평균 $309\mu s/cm$ 로 조사되었으며, 평균 값이 $300\mu s/cm$ 를 초과하는 오염상태가 상당히 진행된 것으로 판단되었다. 일반적으로 각 수계의 상류부에서 하류부로 향할수록 점차 높은 전기전도

도 값을 나타내며, 특히 팔봉면 덕중리 몇몇 가로림만에 가까워지는 지역은 EC가 $2,020\mu\text{s}/\text{cm}$ 를 보이는 곳도 있다. 이는 해수침투를 암시한다.

등EC도, 등TDS도 및 등pH도를 보면 조사지역 중앙 좌우측부 두 부분이 높은 수치를 보이는데(표. 4-7, 그림.4-21, 그림.4-22, 그림.4-23) 좌측부는 옹도섬 인근 지역으로 염수가 전체적으로 침수되어 있으며 우측부 역시 해수침투지역으로 이들 지역은 현장조사에서 지하수 채수시 맛을 느낄 수 있을 정도의 염도를 보여준 곳으로 시설비닐하우스를 하지 못할 만큼 높은 염도를 보이며 먹는 물 또한 수원이 먼곳에서 지하수를 개발하여 물을 끌어 사용하거나 상수도를 쓰고 있는 지역이다.

즉, 이 두지역은 암석자체의 특성상 많은 Cl 성분을 포함하여 높은 EC치를 보이는 것으로 판단된다.

마. 먹는물 수질검사

조사지구내 지하수의 전반적인 수질성분을 파악하기 위하여 현재 사용중인 시설관정중 암반지하수 45개공에 대하여 충청남도 보건환경연구원에 먹는물 수질기준의 지하수 수질검사를 의뢰하였다(표. 4-8, 4-9).

지하수 분석결과 생활용수 3공, 간이상수도 7공, 농업용수 1공등 총 11개공이 먹는물 기준을 초과하였으며 항목별로 보면 질산성질소 4공, 불소 4공, 납 1공, 아연 1공, 증발잔유물 1공 등이 먹는물 기준을 초과하여 나타났다. 지역별로는 부석면 취평리, 갈마리, 창리에서 질산성질소의 함량이 초과로 나타났으며 해미면 대곡리, 관유리, 운산면 용현 1리 보현동 등 3개공의 생활용수와 고북면 초록리의 1공 농업용수에서 불소가 초과되어 나타났다.

<표. 4-7> 간이 수질검사 결과

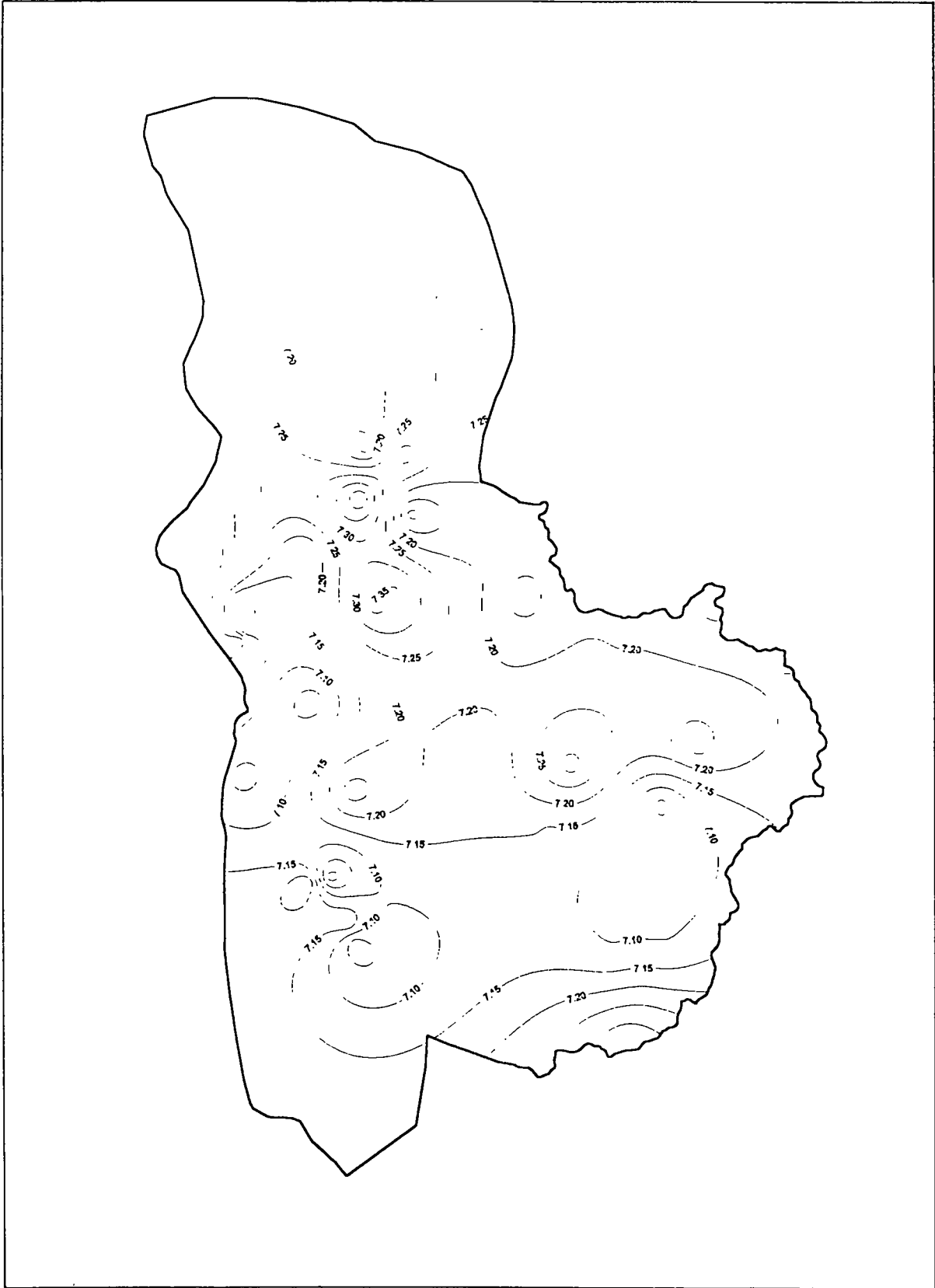
시료 번호	위 치				현 장 측 정 치				
	시·군	읍·면	동·리	지 번	pH	온도	Eh	EC	TDS
A-57	서 산	음 암	탑 곡	510	7.2	16.7	0.0137	284	133
S-44	"	음 암	문 양	15	7.2	15.4	0.0135	381	172
S-45	"	음 암	유계 2	-	7.32	17.6	0.0067	249	135
E-12	"	음 암	을 목	532	7.11	14.8	0.0176	215	113
S-9	"	대 산	가은 1	-	7.15	15.6	0.0173	185	85
S-11	"	대 산	대산 2 (수구물)		7.22	14.8	0.0117	221	117
E-3	"	대 산	운 산	80	7.33	15.5	0.0055	264	129
S-43	"	운 산	용현 1	-	7.27	15.9	0.0108	160	88
S-42	"	운 산	안 호 (셋말)		7.14	18.1	0.0187	116	58
E-11	"	운 산	원 평	-	7.18	17.2	0.0055	292	140
S-40	"	운 산	소중 1 (까치말)		7.23	16.8	0.0131	268	125
S-32	"	성 연	고 남	-	7.36	16.3	0.0029	186	93
E-10	"	성 연	오 사	363-3	7.35	15.8	0.0010	191	101
S-33	"	성 연	명천 3 (개래)		7.18	15.7	0.0151	152	72
E-9	"	성 연	평	15-2	7.21	14.6	0.0105	139	73
S-30	"	부 석	창	-	7.2	15.5	0.0151	180	93
S-27	"	부 석	지산 1 (달천)		7.2	14.6	0.0147	196	95
S-25	"	부 석	대두 1	-	7.24	14.3	0.0127	192	101
E-6	"	부 석	강 당	691	7.11	15.3	0.0158	200	110
E-7	"	부 석	취 평	133	6.97	16.1	0.0261	182	83
E-8	"	부 석	갈마	333	7.14	15.8	0.0136	224	112
S-23	"	부 석	가사 2	-	7.03	16.6	0.0259	82	38
S-28	"	부 석	지산 1 (도요동)		7.02	16.5	0.0243	128	65
A-79	"	팔 봉	어 송	1329-1	7.12	16.3	0.0161	208	111
S-55	"	팔 봉	어송 1 (양지편)		7.28	15.4	0.0057	250	115
A-81	"	팔 봉	호	-	7.5	15.3	-0.0060	299	148
A-74	"	팔 봉	덕 송	596	7.11	15.8	0.0160	2020	1005
A-83	"	팔 봉	흑 석	174-1	7.15	16.4	0.0155	197	98
S-52	"	지 곡	화천 2	-	7.08	14.5	0.0163	158	87
E-14	"	지 곡	산 성	990	7.45	14.2	-0.0040	165	77
E-13	"	지 곡	대 요 산	139	7.33	15.1	0.0028	152	81
A-67	"	지 곡	도 성	59-1	7.12	16.5	0.0179	212	105
S-59	"	해 미	귀 밀	-	7.15	14.6	0.0185	131	62
S-58	"	해 미	관 유 (윗관터)		7.15	16.8	0.0185	134	66
E-16	"	해 미	대 곡	759	7.11	17.1	0.0186	104	47
S-61	"	해 미	삼송 2	-	7.04	16.2	0.0252	128	60
E-2	"	고 북	선 송	144	7.35	16.6	0.0052	218	117
A-21	"	고 북	초 록	235	7.11	15.8	0.0209	131	69
S-5	"	고 북	장요 2 (고요골)		7.22	16.1	0.0115	145	66
S-48	"	인 지	모월 3	-	7.12	13.9	0.0193	149	73
A-58	"	인 지	남 정	21-3	7.28	14.6	0.0104	141	70
A-65	"	인 지	차	354	7.02	15.7	0.0250	157	82
A-41	"	서 산	수석	735	7.17	14.8	0.0147	164	89



<그림.4 -21> 지하수 EC 등수치선도



<그림. 4 -22> 지하수 TDS 등수치선도



<그림. 4 -23> 지하수 pH 등수치선도

본 조사지역의 수질검사 결과를 간략하게 분석 요약하면 다음과 같다.

<표. 4-8> 지하수수질검사현황

구분	수질검사 현황(공)					비 고
	대수층별		용 도 별			
	층적	암반	농업용	생활용	간이상수도	
계	19	26	10	16	19	○ 농업용 1개소 불합격(불소) ○ 생활용 10개소 불합격 - 불소(4개소) - 질산성질소(4개소) - 아연 (1개소) - 증발잔유물(1개소)
수석동	-	1	1	-	-	
고북면	1	2	1	1	1	
대산읍	2	2	-	2	2	
부석면	4	4	-	4	4	
성연읍	1	3	1	2	1	
운산리	3	1	-	1	3	
음암리	2	2	1	1	2	
인지면	1	2	2	-	1	
지곡리	1	3	1	2	1	
팔봉면	1	4	3	1	1	
해미면	3	2	-	2	3	

바. 이온분석

지하수에 용해된 화학성분중 대부분은 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 를 주요원소로 한다. 조사지구 지하수의 수질조성상의 특성과 물성분의 변화를 파악하기 위하여 43개소에 대하여 EC, 양이온, 음이온 분석을 충남대학교 공동 실습관에 의뢰하였다.

분석결과를 토대로 수질특성을 파악하기 위하여 주성분인 양이온 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ 등과 음이온 Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3-N 의 함량비를 epm (equivalents per million)으로 환산하여 성분분석에 이용하였다.

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

분석치의 평균을 보면, 양이온 평균은 K^+ 1.35ppm, Ca^{2+} 20.91ppm, Na^+ 9.152ppm, Mg^{2+} 5.0ppm 이며, 음이온 평균은 HCO_3^- 51.58ppm, Cl^- 22.35ppm,

<표. 4-9> 지하수 수질분석 결과(먹는물 기준)

시 험 항 목	기 준	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
일반세균	< 100CFU/ml	5	0	0	0	0	0	0
대장균군	불검출/50ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
여시니아균	불검출/2ℓ	-	-	-	-	-	-	-
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은(Hg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안(CN)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소(NH ₄ -N)	< 0.5mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소(NO ₃ -N)	< 10 mg/ℓ	2.0	2.9	0.3	2.8	2.0	13.5	11.0
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	< 0.005mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
헵트리클로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	0.008	0.01	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	< 0.06mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	< 0.25mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바릴	< 0.07mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1,1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로에탄	< 0.02mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	< 0.01mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	< 0.5mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
황산이온(SO ₄ ²⁻)	< 200 mg/ℓ	15	10	12	7	4	5	5
시용화탄소	< 0.002mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	< 300mg/ℓ	110	122	114	26	97	79	82
탁도	< 2 도	적	적	적	적	적	적	적
냄새	무취	적	적	적	적	적	적	적
맛	무미	적	적	적	적	적	적	적
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
색도	< 5도	1	1	1	1	1	1	1
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.2	8.0	8.1	7.0	7.7	7.0	7.2
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	불검출	0.061	불검출	0.514	불검출	0.677	0.122
염소이온(Cl ⁻)	< 150 mg/ℓ	21	44	7	35	48	24	27
중발칸류콜(TS)	< 500 mg/ℓ	185	219	150	81	196	146	169
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	0.24	불검출	0.13	불검출	불검출	불검출	불검출
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	< 10 mg/ℓ	불검출	1.0	불검출	불검출	불검출	0.5	0.6
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

시험 항목	F-9	F-10	F-11	F-12	F-13	F-14	F-15	F-16
	0	0	0	0	0	15	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-
납(Pb)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
플로(F)	☞	☞	0.7	☞	☞	☞	☞	2.5
비소(As)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
셀레늄(Se)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
수은(Hg)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
시안(CN)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
6가크롬(Cr+6)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
암모니아성질소(NH ₄ -N)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
질산성질소(NO ₃ -N)	1.4	6.3	9.0	4.4	☞	1.2	9.5	2.2
카드뮴(Cd)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
페놀	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
중트리할로메탄(THMs)	0.009	0.01	0.012	0.009	0.007	0.015	0.011	0.006
다이아지논	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
파라티온	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
말라티온	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
테트라메틸론	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
카바릴	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
1,1,1-트리클로로에탄	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
테트라클로로에틸렌	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
트리클로로에틸렌	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
디클로로에탄	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
벤젠	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
에틸벤젠	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
크실렌	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
황산이온(SO ₄ ²⁻)	12	16	16	6	7	17	12	9
시용화탄소	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
경도	71	96	104	79	92	93	166	29
탁도	적	적	적	적	적	적	적	적
냄새	적	적	적	적	적	적	적	적
맛	적	적	적	적	적	적	적	적
동(Cu)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
색도	1	1	1	1	1	1	1	1
세제(ABS)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
수소이온농도(pH)	8.1	8.0	7.6	6.6	7.5	7.2	7.8	7.4
아연(Zn)	☞	☞	0.007	0.061	0.018	☞	0.17	0.076
염소이온(Cl ⁻)	13	16	29	62	7	12	33	8
총발견류량(TS)	109	191	195	223	145	147	267	63
철(Fe)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
망간(Mn)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
1,1-디클로로에틸렌	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
과망간산칼륨(KMnO ₄) 소비량	☞	☞	0.8	☞	0.7	☞	☞	0.5
알루미늄(Al)	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞

시 원 항목	F-17	S-5	S-9	S-11	S-25	S-27	S-28	S-30
	0	0	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-
납(Pb)		2.0						
불소(F)			0.3			0.5		
비소(As)								
셀레늄(Se)								
수은(Hg)								
시안(CN)								
6가크롬(Cr+6)								
암모니아성질소(NH ₃ -N)								
질산성질소(NO ₃ -N)		1.2	5.0	3.3	2.3	6.7	2.5	12.4
카드뮴(Cd)								
페놀								
총트리할로메탄(THMs)	-		0.009	0.008	0.008	0.008	0.006	0.008
다이아지프								
파라티온								
말라티온								
페니트로티온								
카비틸								
1,1,1-트리클로로에탄								
테트라클로로에틸렌								
트라이클로로에틸렌								
디클로로에틸렌								
벤젠								
톨루엔								
에틸벤젠								
크실렌								
황산이온(SO ₄ ²⁻)	4	4	7	9	6	9	3	5
시원화질소								
경도	26	63	74	114	98	87	44	81
탁도	적	적	적	적	적	적	적	적
냄새	적	적	적	적	적	적	적	적
맛	적	적	적	적	적	적	적	적
동(Cu)								
색도	1	1	1	1	1	1	1	1
세제(ABS)								
수소이온농도(pH)	7.3	7.2	7.1	7.9	7.6	7.3	7.2	7.1
아연(Zn)			0.011	0.027		0.046	1.741	0.561
염소이온(Cl ⁻)	9	8	28	41	44	42	15	24
총발견류물(TS)	95	104	138	213	184	186	95	179
철(Fe)								
망간(Mn)								
1,1-디클로로에틸렌								
망간산칼륨(KMnO ₄)소비량		0.6					0.6	
알루미늄(Al)								

시험항목	S-33	S-40	S-42	S-43	S-44	S-45	S-48	S-52
	0	0	0	0	0	0	0	0
	○	○	○	○	○	○	○	○
	-	-	-	-	-	-	-	-
납(Pb)	○	○	○	○	○	○	○	○
플루오린(F)	○	0.7	○	2.0	○	0.2	○	○
아연(Zn)	○	○	○	○	○	○	○	○
셀레늄(Se)	○	○	○	○	○	○	○	○
수은(Hg)	○	○	○	○	○	○	○	○
시안(CN)	○	○	○	○	○	○	○	○
6가크롬(Cr+6)	○	○	○	○	○	○	○	○
암모니아성질소(NH ₄ -N)	○	○	○	○	○	○	○	○
질산성질소(NO ₃ -N)	1.8	17.3	2.9	3.4	1.3	4.2	3.9	0.7
카드뮴(Cd)	○	○	○	○	○	○	○	○
비소	○	○	○	○	○	○	○	○
헥사린화물메탄(THMs)	0.005	0.009	0.005	0.006	0.009	○	○	0.007
다이아지논	○	○	○	○	○	○	○	○
파리티온	○	○	○	○	○	○	○	○
말라티온	○	○	○	○	○	○	○	○
테트라메틸티온	○	○	○	○	○	○	○	○
키바린	○	○	○	○	○	○	○	○
1,1,1-트리클로로에탄	○	○	○	○	○	○	○	○
테트라클로로에틸렌	○	○	○	○	○	○	○	○
트라이클로로에틸렌	○	○	○	○	○	○	○	○
디클로로에탄	○	○	○	○	○	○	○	○
벤젠	○	○	○	○	○	○	○	○
톨루엔	○	○	○	○	○	○	○	○
에틸벤젠	○	○	○	○	○	○	○	○
크실렌	○	○	○	○	○	○	○	○
황산이온(SO ₄ ²⁻)	12	20	5	6	294	67	11	6
시용화탄소	○	○	○	○	○	○	○	○
경도	69	104	59	64	215	102	60	86
탁도	적	적	적	적	적	적	적	적
냄새	적	적	적	적	적	적	적	적
맛	적	적	적	적	적	적	적	적
구리(Cu)	○	○	○	○	○	○	○	○
색도	1	1	1	1	1	1	1	1
세제(ABS)	○	○	○	○	○	○	○	○
수소이온농도(pH)	7.9	7.6	7.2	7.3	6.6	7.1	7.0	7.5
아연(Zn)	○	○	○	○	○	○	○	0.036
염소이온(Cl ⁻)	15	28	16	20	19	25	20	11
총질소농도(TS)	108	190	104	112	559	208	116	154
철(Fe)	○	○	○	○	○	○	○	○
망간(Mn)	○	○	○	○	○	○	○	○
1,1-디클로로에틸렌	○	○	○	○	○	○	○	○
망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	0.5	0.8	○	0.4	0.9	0.4	○	0.6
알루미늄(Al)	○	○	○	○	○	○	○	○

시험항목	S-55	S-58	S-59	S-61	A-21	A-41	A-46
	0	0	0	0	0	0	0
	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	-	-	-	-	-	-	-
납(Pb)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
플루오린(F)	불검출	2.0	불검출	불검출	2.7	0.2	불검출
비소(As)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
셀레늄(Se)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은(Hg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안(CN)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬(Cr+6)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소(NH ₄ -N)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소(NO ₃ -N)	8.5	2.5	3.5	0.5	1.9	4.5	6.0
카드뮴(Cd)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
중트리클로로메탄(TCMs)	0.016	0.007	불검출	불검출	0.005	0.005	0.008
다이아지논	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바릴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
황산이온(SO ₄ ²⁻)	13	9	4	4	6	8	15
시염화탄소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	144	43	57	28	61	63	94
탁도	적	적	적	적	적	적	적
냄새	적	적	적	적	적	적	적
맛	적	적	적	적	적	적	적
동(Cu)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
색도	1	1	1	1	1	1	1
세제(ABS)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)	7.8	7.4	7.0	6.9	7.5	7.1	7.9
아연(Zn)	0.156	0.089	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
염소이온(Cl ⁻)	32	10	불검출	4	14	23	17
중금속류총량(TS)	258	82	99	51	118	125	196
철(Fe)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.27
망간(Mn)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.007	불검출
1,1-디클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	0.5	불검출	0.5	불검출	불검출	0.6	1.0
알루미늄(Al)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

시 험 항 목	A-57	A-58	A-65	A-67	A-74	A-79	A-83
	0	0	0	0	0	0	0
	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	-	-	-	-	-	-	-
납(Pb)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소(F)	0.2	불검출	불검출	0.2	불검출	불검출	불검출
비소(As)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
셀레늄(Se)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은(Hg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안(CN)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬(Cr+6)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소(NH ₄ -N)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소(NO ₃ -N)	3.7	2.2	4.4	4.3	5.3	4.9	5.2
카드뮴(Cd)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄(THMs)	불검출	0.006	0.006	0.009	0.006	불검출	불검출
다이아지논	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
알라티온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바릴	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디트리클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로에탄	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
황산이온(SO ₄ ²⁻)	99	20	8	49	11	9	11
시염화탄소	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	116	61	68	92	83	76	76
탁도	적	적	적	적	적	적	적
냄새	적	적	적	적	적	적	적
맛	적	적	적	적	적	적	적
동(Cu)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
색도	1	1	1	1	1	1	1
세제(ABS)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도(pH)	6.9	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1
아연(Zn)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
염소이온(Cl ⁻)	23	11	23	25	34	31	32
총질산류량(TS)	262	122	149	180	176	151	164
철(Fe)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
망간(Mn)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1-디클로로에틸렌	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
과망간산칼륨(KMnO ₄)소비량	1.0	불검출	0.6	불검출	불검출	불검출	0.6
알루미늄(Al)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

SO_4^{2-} 15.43ppm, $\text{NO}_3\text{-N}$ 20.92ppm이다(표. 4-10).

Piper diagram은 $\text{Na}+\text{K}$ 와 $\text{Ca}+\text{Mg}$ 및 $\text{Cl}+\text{SO}_4$ 와 HCO_3 의 함량 백분율을 Key diagram으로 표시한 것으로 양이온은 $\text{Na}+\text{K}$, Mg 및 Ca 를 그리고 음이온에서 HCO_3 , Cl , SO_4 의 관계를 백분율로 환산하여 각각 삼각 diagram에 투영한 것이다. Piper diagram의 양이온과 음이온의 백분율로서 4가지 유형으로 분류할 수 있다.

- Ca-HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate hardness형
- Na-HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate alkali형
- Ca-SO_4 혹은 Ca-Cl 형의 noncarbonate hardness형
- Na-SO_4 혹은 Na-Cl 형의 noncarbonate alkali형

조사지역의 수질특성을 파악하기 위해서 지질별로 투영을 하였다.

Piper diagram에서 조사지구의 지하수는 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 나타내며, 흑운모화강암 지역의 암반지하수는 양이온에서 $\text{Ca}+\text{Mg}$ 가 음이온에서는 HCO_3 가 우세한 Carbonate hardness형(그림. 4-32), 대산리층 지역에서는 양이온은 $\text{Ca}+\text{Na}$ 가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3+SO_4 가 대체적으로 우세한 carbonate alkali형(그림. 4-33), 태안층은 양이온은 $\text{Ca}+\text{Mg}$ 가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3 가 우세한 Carbonate hardness형(그림. 4-34), 반상섬장암은 양이온에서 $\text{Ca}+\text{Na}$, 음이온에서 SO_4+Cl 이 우세한 noncarbonate hardness형(그림. 4-35)으로 나타났다.

Cl^- 과 SO_4^{2-} 의 높은 함량을 나타내는 음이온 분포를 보이는 것은 지하수의 오염과 관련된 것으로 보인다.

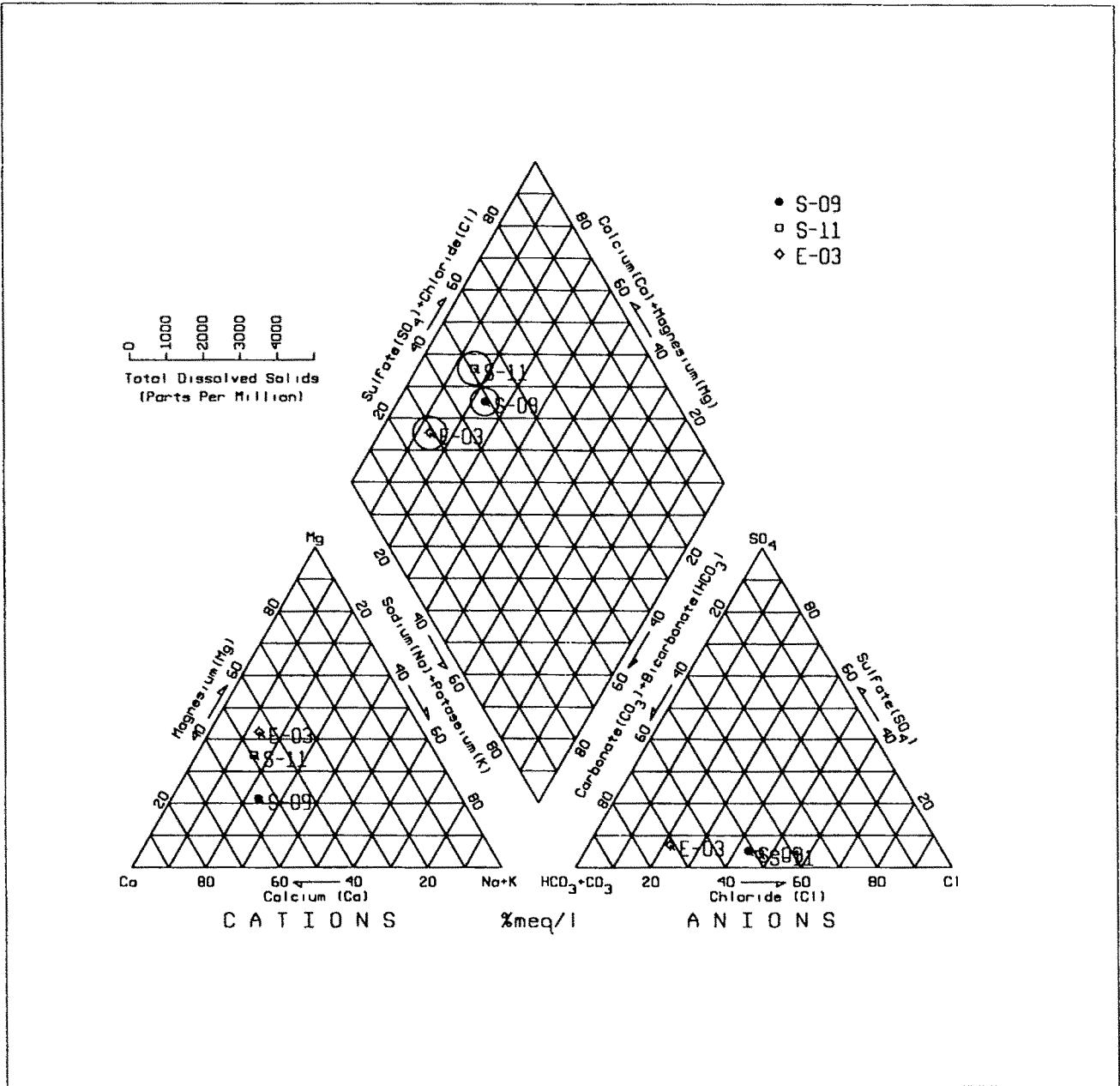
Stiff diagram은 diagram 좌측에 $\text{Na}+\text{K}$, Ca , Mg 양이온의 epm 함량을 각각 표시하고 음이온의 epm 함량을 diagram 우측에 Cl , SO_4 , HCO_3 로 각각 표시하여 이온함량비를 diagram 모양을 이용, 형태적으로 분석하고 그 형태의 크기를 산출 비교하여 오염정도의 척도로 이용하기 위해서 사용한다. Stiff diagram에서 양이온 함량은 총적관정과 암반관정의 모두 $\text{Ca} > \text{Na}+\text{K} > \text{Mg}$ 의 순으로 비슷하게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

<표. 4-10> 조사지역내 주요원소 함량 분석표

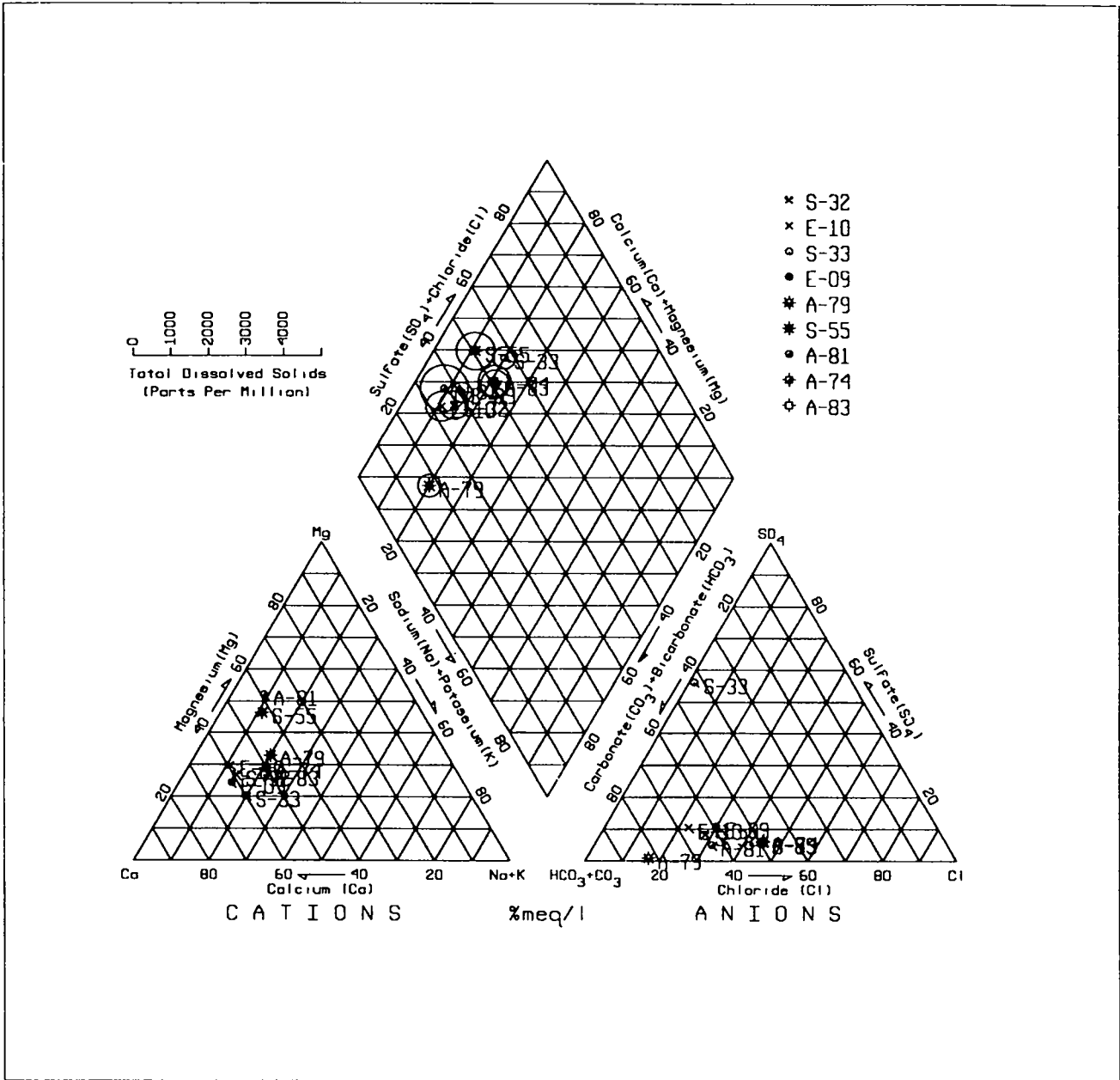
(분석치 : ppm)

시료 번호	위 치				분 석 원 소							
	시·군	읍·면	동·리	지 번	Ca	K	Mg	Na	HCO ₃ ⁻	Cl	NO ₃	SO ₄
평 균					20.91	1.35	5.00	9.15	51.58	22.35	20.92	15.43
A-57	서 산	음 암	탕 곡	510	35.3	1.6	7.81	10.7	15.26	19.98	16.18	90.05
S-44	"	음 암	문 양	15	54.5	2.3	14.8	10.9	73.23	17.54	7.32	225.79
S-45	"	음 암	유계 2	-	30.1	1.46	6.02	10.3	47.29	21.08	18.35	65.47
E-12	"	음 암	울 목	532	18.4	3.22	4.29	12	27.46	55.2	20.4	2.14
S-9	"	대 산	가은 1	-	21	1.19	3.04	11.4	44.24	26.89	24.92	5.95
S-11	"	대 산	대산 2 (수구물)		24.3	1.06	6.36	9.71	61.02	32.21	19.22	5.38
E-3	"	대 산	운 산	80	27.5	1.19	9.68	10.6	73.23	10.5	14.51	6.34
S-43	"	운 산	용현 1	-	19.2	0.76	1.91	9.88	42.72	16.19	14.88	3.46
S-42	"	운 산	안 호 (셋말)		12.5	0.79	1.74	7.46	36.61	11.62	10.79	2.11
E-11	"	운 산	원 평	-	33.6	2.95	6.18	15.8	54.92	26.5	96.22	17.28
S-40	"	운 산	소중 1 (까치말)		33.9	2.93	6.12	15.1	56.44	25.65	91.45	17.09
S-32	"	성 연	고 남	-	23.5	1.43	3.92	6.8	54.92	16.79	28.52	9.22
E-10	"	성 연	오 사	363-3	26	1.75	4.81	5.65	56.44	13.89	32.55	11.71
S-33	"	성 연	명천 3 (개래)		18.6	1.25	2.32	7.69	42.71	0.46	0.93	-
E-9	"	성 연	평	15-2	17.5	1.59	2.55	4.66	45.77	11.23	10.23	7.49
S-30	"	부 석	창	-	14.3	1.12	6.39	8.4	30.51	22.92	46.25	2.88
S-27	"	부 석	지산 1 (달천)		20.1	1.13	3.99	10.4	42.72	33.06	31.37	5.95
S-25	"	부 석	대두 1	-	20	1.27	5.45	7.75	45.77	32.84	16.74	2.69
E-6	"	부 석	강 당	691	20.7	1.87	8.46	6.04	46.68	45.85	10.54	2.11
E-7	"	부 석	취 평	133	9.84	1.53	9.6	6.46	19.83	28.38	44.27	2.69
E-8	"	부 석	갈마	333	21.7	1.63	5.47	11.2	43.63	39.04	32.61	5.76
S-23	"	부 석	가사 2	-	4.68	1.24	1.14	6.23	19.83	11.37	9.11	0.77
S-28	"	부 석	지산 1 (도요동)		10.8	1.05	1.54	7.83	33.56	16.19	15.75	2.11
A-79	"	팔 봉	어 송	1329-1	21.5	2	5.56	11.4	47.29	3.65	3.47	0.38

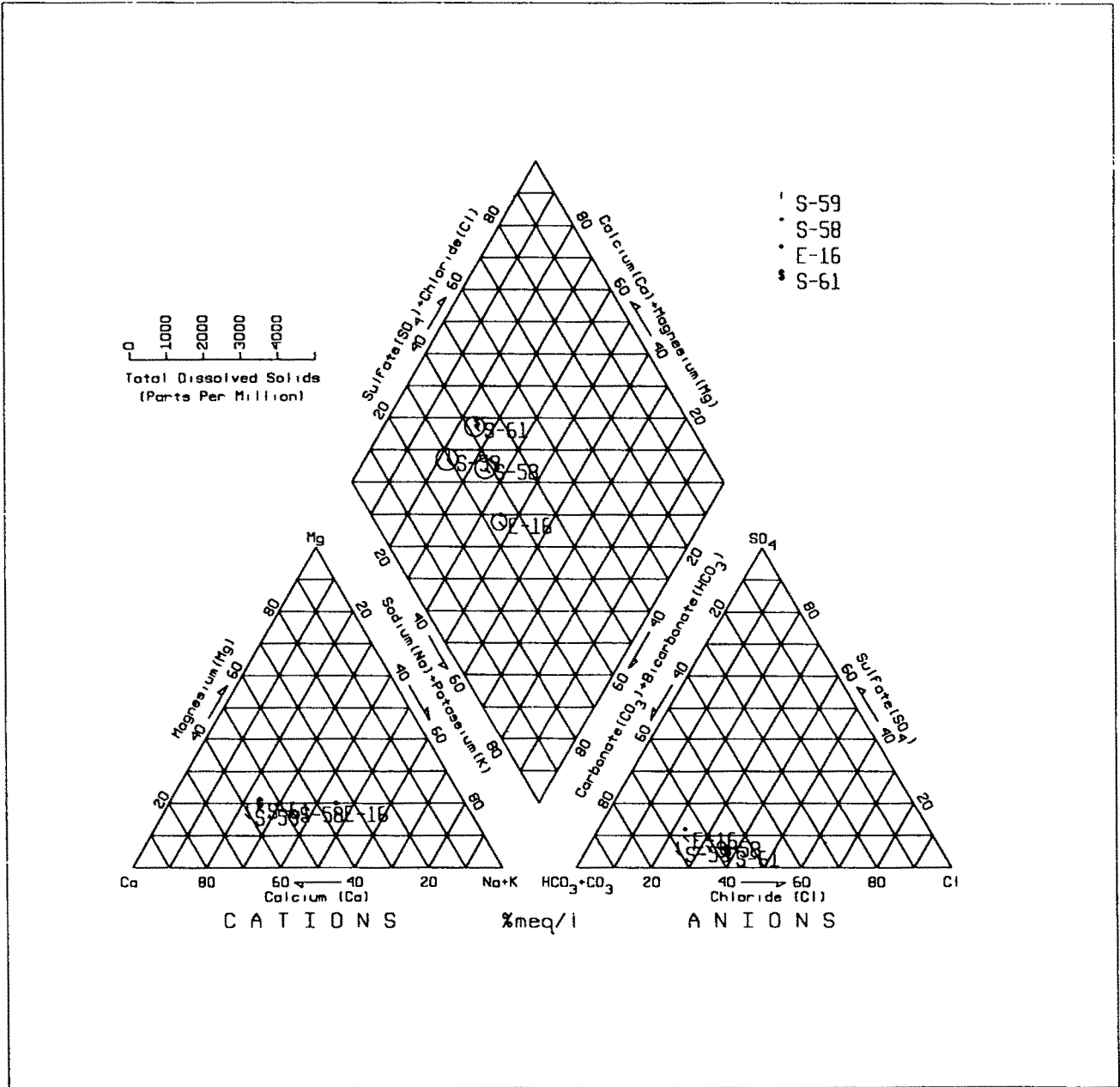
시료 번호	위 치				분 석 원 소							
	시·군	읍·면	동·리	지 번	Ca	K	Mg	Na	HCO ₃ ⁻	Cl	NO ₃	SO ₄
S-55	"	팔봉	어송 1	(양지편)	28.4	1.57	11.4	9.25	75.05	28.38	8.56	6.91
A-81	"	팔봉	호	-	31	1.75	15.1	8.43	85.43	29.44	44.83	8.64
A-74	"	팔봉	덕송	596	21	1.62	4.51	11	51.87	31.25	24.49	8.06
A-83	"	팔봉	흑석	174-1	19.7	1.35	3.77	10.3	44.24	28.38	24.18	7.1
S-52	"	지곡	화천 2	-	19.1	0.74	4.4	7.99	69.87	14.38	10.66	3.65
E-14	"	지곡	산성	990	14.1	1.17	12.3	4.82	89.09	6.29	0.62	8.06
E-13	"	지곡	대요	산139	17.8	0.72	6.29	5.78	100.68	7.05	0.31	3.84
A-67	"	지곡	도성	59-1	27.2	1.23	4.78	9.81	64.07	21.9	20.21	49.34
S-59	"	해미	귀밀	-	17	0.54	1.72	7.93	68.65	8.75	4.28	3.65
S-58	"	해미	관유	(윗관터)	11.8	0.7	1.58	10.6	47.29	13.64	16.37	5.57
E-16	"	해미	대곡	759	7.12	0.64	1.29	11.6	38.14	7.12	10.48	5.38
S-61	"	해미	삼송 2	-	14.7	0.79	1.8	8.14	39.66	15.84	16.24	3.07
E-2	"	고북	선송	144	31.3	2.56	5.25	8.3	100.68	17.89	9.24	11.14
A-21	"	고북	초록	235	16.5	0.5	1.73	8.08	54	9.03	4.9	4.03
S-5	"	고북	장요 2	(고요골)	18.1	0.65	1.84	9.16	48.82	16.19	14.69	3.65
S-48	"	인지	모월 3	-	16.5	0.82	2.05	9.42	42.71	16.58	18.41	8.26
A-58	"	인지	남정	21-3	13.1	0.88	2.1	9.2	45.77	9.46	10.6	14.98
A-65	"	인지	차	354	17.4	0.78	2.02	9.73	44.24	120.55	22.01	6.14
A-41	"	서산	수석	735	17.7	0.77	2.04	9.69	45.77	20.09	21.76	7.1



<그림. 4 -25> 지하수 수질분포 Piper diagram (대산리층)



<그림. 4 -26> 지하수 수질분포 Piper diagram (태안층)



<그림. 4 -27> 지하수 수질분포 Piper diagram (반상점장암)

높게 나타나는 경향을 보인다.

4-4-2. 수질오염기구 및 영향

가. 수질오염의 기구

천연수의 수질은 자연현상이나 인위적인 물질 혼입에 의해 변화 혹은 오염된다. 예전에 깨끗하고 맑은 수역이 보존될 수 있었던 것은 오염원이 적었고 배출물이 희석, 확산, 침전, 산화, 분해, 화학적, 생물학적 작용 등에 의해 수역 스스로 안정화될 수 있는, 즉 자연정화 능력의 범위 내에서 순환이 이루어졌기 때문이다. 그러나 인구증가, 산업발달에 따라 자정능력(自淨能力)범위내의 용량 즉 환경용량(Environmental Volume : 수용가능량)을 초과하는 배출이 장기간 계속되고 수질보존에 대한 노력이 미흡할 때에 오염은 필연적 결과가 될 것이다.

하천, 호수, 지하수 등 수역별로 오염기구를 약술하면 다음과 같다.

○ 하천

대도시나 공업도시 인근 하천의 오염이 현저하게 높아지는 원인은 인구나 공장등의 과도집중, 배출되는 오염물의 부하량에 대해 하천의 자기유량(自己流量)부족, 자정능력 저하, 가정하수나 공장들의 하수처리시설 미비, 배출원의 분산 및 영세성에 의한 배출규제 곤란, 기술진보에 따른 제품의 다양화, 소비의 다양화로 오염원인물질의 종류증가 및 오염형태의 복잡화 등에 기인하며, 하천의 유량증감, 기온, 수온 등의 변화도 큰 영향을 미친다.

○ 호수

인공 및 자연호수는 저지대일수록 오염되기 쉬울것이나 통상 유역면적 대비 호수용적의 비율이 클수록, 유역인구 대비 호수용적의 비율이 작을수록 오탁되기 쉽다. 오탁물질은 얇은 호수에서는 취송류(바람에 의한 흐름)에 의해, 깊은 호수에서는 취송류와 밀도류(수온차에 의해 물이 순환하는 현상)에 의해 혼합, 확산된다.

호수는 하천과는 달리 물의 체류시간이 길어 보다 쉽게 오탁되고 도시하수

나 농업배수의 유입은 질소(N)와 인(P) 등의 무기염류의 농도를 증가시켜 조류나 플랑크톤이 과다 번식되는 부영양화(富營養化)현상이 일어나기 쉽다.

○ 해안

해안은 담수보다 용존 산소량이 적고 대기로부터 산소용해율이 적다. 오락물질은 해류, 조류, 조석류, 파도 등에 의해 혼합 확산되며, 수직방향보다는 주로 수평방향으로 확산되고 층을 이루며 흐른다. 정체수역에서는 질소, 인 등의 영양염류의 증가에 의해 식물성 플랑크톤이 과도하게 번식되어 바닷물이 적색을 띠는 적조현상(Red Tide)이 일어나기도 한다.

○ 토양 및 지하수

지하수는 강우나 하천 및 호수의 물이 지하로 침투되어 포화대를 이루며 형성되므로, 공급되는 수원의 수질이 지하수질을 결정하는 주요인이 될 것이다. 지하로 유입, 침투되는 과정은 강우의 형태나 하천의 유량, 토양 및 지질의 투수성, 지표경사 등에 따라 형태가 다양하고, 오염의 과정, 토양이나 암반과 침투수간의 화학적 반응정도, 공급되는 물의 이동시간, 공급내 체재시간, 농도변화양상 등에 따라 차이가 많으므로 지하수 오염기구의 파악에는 수준 높은 조사기술이 필요하다. 그러나 통상 강수나 하천수의 오염, 토양의 오염은 층적층 지하수부터 서서히 오염되고 암반지하수로 전이되며, 쓰레기나 산업폐기물 등의 매립, 정화조 등의 하수처리, 비료 및 농약의 살포, 액상연료의 누출, 방사능 폐기물의 불안전한 격리, 염수의 침입 등은 직접적인 지하수 오염 원인이 된다.

나. 수질이상이 용수이용에 미치는 영향

○ 생활용수

생활용수로서의 수질은 매우 중요하다. 생활용수는 맛, 색, 냄새, 탁도가 없고 인체에 유해한 생물도 없어야 한다.수도법에서 규제하고 있는 상수원의 오염물질은 일반물질인 수은, 유기인, 동, 철, 망간, 납, 연, 크롬, 비소, 페놀류, 시안화합물 등이 있으며 이들은 음료수원의 오염물질로써 대두될 가능성이 높고 독성이나 장해유발성이 현저하여 주의를 요하며, 산업폐수중에 많이 검출되는 Acetaldehyde, Aniline, Benzene, Sb, Ba, BHC, DDT, HCL, 합성세제, Mercaptan, Nitrobenzere, PCB, 석유 특수물질은 음료수를 오염시킬 가능성이

있는 물질로서 법규에 의해 엄격히 규제되고 있다.

○ 농업용수

관개용수의 수질은 식생의 정상적인 발육, 성장에 직접적인 영향을 주며, 토양보존 차원에서도 매우 중요하다. 기후, 토질, 작목에 따라 농업용수로서의 적정수질은 다소 차이가 있다.

일반적으로 오염된 용수에 의한 피해를 열거하면 다음과 같다.

· 가용성 유독물질에 의한 식물의 직접적인 피해

동, 아연 등의 수용성 중금속을 다량으로 함유한 용수가 농지에 침입되었을 때는 그 독성으로 인해 농작물이 직접적인 피해를 입는다.

· 토지악화에 따른 간접적인 피해

용수중에 함유된 유해물질은 토양표면에 침적되어 장시간 누적되면 토양표면을 피복하므로써 토양에 대한 산소공급에 지장을 받고, 유해성분이 풍화, 기타 작용으로 가용성이 되어 식물에 흡수된다.

· 환경악화에 따른 간접피해

불용성 무기질이 농지에 침적되어 토양의 이화학적 성질을 악화시키며, 유기물이 과다 함유되어 있을시는 그 자체로도 유해할 뿐 아니라, 관개수나 논에 박테리아의 이상번식을 초래하며 악환경을 조성하여 피해를 받게된다. 또한 영농환경도 저해시켜 농업 종사자가 피해를 입게된다.

· 식물흡수에 의한 축적피해

유해물질은 식물성장의 영양요소로 작용하여 식물체내에 축적되며, 작물을 섭취한 인축은 식물에 비해 다량의 유해물질이 축적되어 큰 피해를 준다.

○ 공업용수

공업용수로서의 적정수질은 용도에 따라 매우 다르다. 냉각용이나 세척용, 선광용수 등은 수질에 대한 제약을 적게 받으나 음용수, 제약, 제지용수 등은 수질에 더욱 엄격해야 할 것이며 생활용수와 같이 오염도가 지나치면 용수가치를 상실할 것이다.

· 제품에 미치는 영향

자연상태로 존재하는 물은 순수하게 존재하는 경우는 매우 희박하며, 다양

한 불순물을 함유하고 있다. 이런 불순물들은 착색, 착미, 착취, 흙 등으로 제품 자체를 더럽히거나 부패하기 쉽게 만든다. 또한 기존의 제품에 대해서 화학반응을 일으켜 부패나 변질 등을 유발함으로써 제품의 품질에 큰영향을 끼친다.

- 공장시설에 미치는 영향

시설물에 대한 부식, 침식, 폐색을 일으키기 쉽고 각종 기기의 기능감퇴, 작업환경 등을 저해한다.

- 수처리에 미치는 영향

하수처리의 공정지연, 비용증가, 처리시설 손상을 촉발한다.

- 수산업(어업)

하천, 호수, 연안에 서식하거나 양식하는 어패류는 오수의 영향을 직접 받는다. 오수는 자연수역의 생물상에 영향을 미치고, 중금속류와 CN, 농약 등의 화합물질은 독성을 내포하고 DO, pH, 용존염류 등은 수산물 양식환경의 변화를 일으키게 되며, 폐유 등은 독성은 없으나 상품가치를 상실케한다.

<표. 4-11> 먹는물 수질기준

환경정책 기본법상의 수질기준 : 보건사회부령 음용수의 수질기준(제2조관련)

1. 미생물에 관한 기준

- 가. 일반세균(보통 한천지배에서 무리를 형성할 수 있는 생균을 말한다)은 1ml 중 100을 넘지 아니할 것.
- 나. 대장균군(그람음성의 무아포성의 단간균으로 유당을 분해하여 산과 가스를 만드는 호기성 또는 통성혐기성균을 말한다)은 50ml에서 검출되지 아니할 것..

2. 건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준

- 가. 납은 0.05ml/l 를 넘지 아니할 것
- 나. 불소는 1.5ml/l 를 넘지 아니할 것
- 다. 비소는 0.05ml/l 를 넘지 아니할 것
- 라. 세레늄은 0.01ml/l 를 넘지 아니할 것
- 마. 수은은 검출되지 아니할 것
- 바. 시안은 검출되지 아니할 것
- 사. 6가크롬은 0.05ml/l 를 넘지 아니할 것
- 아. 암모니아성질소는 0.5ml/l 를 넘지 아니할 것
- 자. 질산성질소는 10ml/l 를 넘지 아니할 것
- 차. 카드뮴은 0.01ml/l 를 넘지 아니할 것

3. 건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준

- 가. 페놀은 0.005ml/l 를 넘지 아니할 것
- 나. 총트리할로메탄은 0.1ml/l 를 넘지 아니할 것
- 다. 다이아지논은 0.02ml/l 를 넘지 아니할 것
- 라. 파라티온은 0.06ml/l 를 넘지 아니할 것
- 마. 말라티온은 0.25ml/l 를 넘지 아니할 것
- 바. 페니트로티온은 0.04ml/l 를 넘지 아니할 것

4. 심미적 영향물질에 관한 기준

- 가. 경도는 300 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 나. 과망간산칼륨소비량은 10 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 다. 냄새와 맛은 소독으로 인해 변해서는 아니됨
- 라. 동은 1 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 마. 색도는 5도를 넘지 아니할 것
- 바. 세제(음이온계면활성제)는 0.5 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 사. 수소이온농도는 pH 5.8 ~8.5 이어야 할 것
- 아. 아연은 1 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 자. 염소이온은 150 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 차. 증발잔류물은 500 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 카. 철 및 망간은 각각 0.3 mg/l 를 넘지 아니할 것
- 타. 탁도는 2도를 넘지 아니할 것
- 파. 황산이온은 200 mg/l 를 넘지 아니할 것

4-4-3. 잠재오염원 조사

지하수 자원의 효율적인 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 조사관리하는 것이 필요하다..

지하수의 수질오염을 유발하는 오염원에는 크게 폐기물의 투기에 의한 오염원과 다른 인위적인 활동에 의한 오염원 등 두 종류가 있다.

<표. 4-12> 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·온천수개발 등) · 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 유동경로에 따라 주변으로 확산된다. 이때 오염물질은 지하수와 혼합되면서 지하수 오염체를 형성하며, 이 오염체는 지하수 뿐 아니라, 지하수의 유동경로에 접하게 되는 모든 지질매체(토양이나 암반대수층)를 오염시킨다.

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

<표 4-13> OTA 잠재오염원 분류

구 분	종 류
1군	오염물질의 삼투 및 배출을 목적으로 계획된 오염원
	1. 지하삼투형(정화조, 오수조)
	2. 주입정(유해폐기물, 염수처리공)
	3. 지상살포(관개용수살포, 슬러지살포)
2군	오염물질의 저장, 취급, 처리시설
	1. 육상매립지
	2. 쓰레기 하치장
	3. 주거지에서 쓰레기 처분
	4. 지표 저수조
	5. 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	기타활동동으로 배출 및 살포되는 오염원
	1. 관개용수
	2. 농약살포
	3. 비료살포
	4. 동물사육
	5. 제설, 제빙제 살포
	6. 도시의 강수유출
	7. 대기오염 물질의 지하삼투
8. 광산의 광상폐수	
5군	지하수 유로의 변경에 따른 오염원
	1. 관정(지하수, 유류, 지열)
	2. 기타 목적의 관정
	3. 공사용 굴착
6군	인간활동에 의해 자연적으로 발생하는 오염원
	1. 지표수와 지하수의 상호작용
	2. 자연적인 삼출현상
	3. 양수에 의한 염수침입

위와 같이 지하수의 오염원은 방대하고 우리가 간과하기 쉬운 부분도 많다
이들중, 본 조사 지역에서 유의하여야 할 분야를 선별하여 보면 다음과 같다.

<표. 4-14> 조사지역 오염원 분류

구 분	종 류	대 상 지 역
제 1군	지하 삼투형 정화조, 오수조	부춘동외 5개 동 인구밀집 지역
2군	쓰레기 하치장	설치예정지구
	쓰레기 처분	전 지역 (각면)
	유류 등 비축지	부 석 면
3군	송유시설	송유관 통과한 지역
4군	농약살포	골 프 장
	동물사육	축산농가 밀집지역
5군	관 정	전 지역

5. 지하수 이용현황 및 지하수 자원평가

5-1. 지하수 이용현황

이번 조사기간에 조사된 지하수관정 이용시설은 총 22,325개소에 양수 능력은 159,135m³/일이다. 이는, '96 서산시 지역의 관정 이용실태 조사시 확보된 자료로써 관정자료 수집이 지난한 오거 Boring 등에 의해 사용되는 타설식 소형관정 수백개소는 이번조사에서 제외 되었다. 각 읍·면별, 용도별 지하수 이용량은 다음과 같다.

<표. 5-1> 서산시 지하수개발 이용규모 현황

(단위 : m³/일)

구 분	생활용		공업용		농업용		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	12,268	43,689	22	2,330	10,035	113,116	22,325	159,135
대산읍	88	7,203	6	360	723	19,220	817	26,783
인지면	777	1,528	2	35	755	13,253	1,534	14,816
부석면	903	2,016	-	-	1,964	27,466	2,867	29,482
팔봉면	561	648	2	197	415	5,646	978	6,491
지곡면	1,067	2,237	-	-	1,186	13,330	2,253	15,567
성연면	767	4,793	3	616	344	2,486	1,114	7,895
음암면	1,762	2,014	-	-	1,107	4,546	2,869	6,560
운산면	1,270	1,535	-	-	595	2,453	1,865	3,988
해미면	1,699	2,157	-	-	485	2,417	2,184	4,574
고북면	891	1,209	5	300	1,318	7,714	2,214	9,223
부춘동	198	511	-	-	24	260	222	771
동문동	122	1,411	-	-	225	3,271	347	4,712
활성동	85	384	-	-	-	-	85	384
수석동	758	7,663	4	82	261	4,877	1,023	13,362
석남동	883	7,829	-	-	254	5,611	1,137	13,440
오산동	437	521	-	-	379	566	816	1,087

용도별 이용현황을 보면, 생활용수(12,268개소, 54.9%, 43,689m³/일, 27.4%)와 농업용수 (10,035개소, 44.9%, 113,116m³/일, 71.1%)로 사용되는 바 생활용수에 비해 농업용수로의 이용이 약 2.5배의 이용율을 나타내고 있다. 이는 하천수계의 발달이 매우 미흡하고 소수계에만 의존함에 따라 지하수를 이용한 농업용수의 활용이 활발하기 때문 일 것이다.(표. 5-2)

<표. 5-2> 지하수 용도별 시설 및 이용현황

(단위 : m³/일)

구 분	암반관정		층적관정		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	129	27,598	22,196	131,537	22,325	159,135
생활용수	28	6,046	12,240	37,643	12,268	43,689
농업용수	81	19,257	9,954	93,859	10,035	113,116
공업용수	20	2,295	2	35	22	2,330
기 타	-	-	-	-	-	-

조사된 관정중 시설별 이용현황에서 암반관정은 총 양수량이 27,598m³/일로써 평균 213.9m³/공의 지하수를 이용하고 있으며 층적관정은 22,196개소로 총 131,537m³/일로써 공당 평균 사용량은 5.9m³/일로 나타났다. 공당 평균 사용량이 10m³/일 정도의 적은 수치를 나타내는 것은 가정용 소형관정이 전체 층적관정의 55% 이상을 차지하기 때문이다.

5-1-1. 농업용수

지하수를 이용한 농업용수는 10,035개소로 이중 부석면, 지곡면, 음암면, 고북면에 편중되어 있으며 (5,575개소, 46.9%) 이는 금번 조사지역중 상기 지역등이 상대적으로 수계의 발달이 미흡하여 지하수 의존도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

5-1-2. 생활용수

하천의 유역이 협소하여 지하수를 생활용수로의 이용보다 농업용수로의 이용이 많은 지역으로 생활용수의 경우는 12,268공으로 기존관정 개소수중 54.9%

를 차지하나 지하수 이용량은 전체 사용량의 27%로 개인소유의 소형관정을 이용한 소량의 생활용수 이용이 대부분으로 이용량이 농업용수에 비해 적게 나타나고 있다.

5-2. 지하수개발 가능량

5-2-1. 지하수 부존량 평가

지하수개발 가능량은 수문순환계가 파괴되지 않고 지하수 장애를 일으키지 않는 범위내에서 지속적으로 대수층으로부터 양수할 수 있는 지하수량에 해당하며, 유역 또는 각 지방 자치단체의 용수수급계획 수립시 지표로 활용될 수 있다. 여기서 수문순환계의 파괴란 물이 강수, 지표수, 증발산 등의 형태로 끊임 없이 자연계에서 순환하는 체계가 파괴되는 것으로, 예를 들면 지하수 오염, 염수침입등과 같이 정상적으로 지하수를 개발·이용하지 못하게되는 현상을 의미한다. 이러한 지하수개발 가능량은 광역적인 단위로 지하수를 관리하거나 지하수의 개발이용계획 수립에 필수적인 기본지표이다. 따라서 지방자치단체는 합리적인 지하수의 이용 및 보전계획을 수립하기 위하여 해당 지구내의 지하수 개발가능량을 산정할 필요가 있다.

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

유효공극률은 실내실험으로도 구해질 수 있으나, 이를 그대로 야외에 적용한다는 것은 위험한 일로 거의 적용을 삼가고 있다. 야외의 대수층 시험에서 얻을 수 있는 상수로 저류계수가 있으며, 이는 자유면 지하수에서 비산출물(Specific Yield) 즉, 유효공극률과 비슷하게 된다. 그러나 양수시험과 같이 수시간 정도의 수압 혹은 수위변화에 의해서 지층으로부터 짜여져 나와 지하수 흐름에 가해지는 수량은 지층 전체적의 불과 몇 %에 지나지 않는 것으로 장시간의 변화에 대해서는 그것보다 훨씬 많은 양을 낼 수 있다. 즉, 대수층시험에서 얻어진 저류계수보다 높은 수치로 전체를 생각해야 할 것으로, 전체적인 저류

계수의 산출은 장기적인 수문자료에 의한 물수지의 해석으로 가능해질 것이다. 일반적으로 대수층 시험에서 얻어진 수치보다 수배 높은 수치로 나오는 것이 보통이나 대수층시험에서 얻은 수치를 기본으로 하여 부존량의 총량을 구할 수 있다.

지하수부존량을 추정하는 다른방법으로는 암석의 평균공극률을 적용하는 방법이 있다. 이 경우 총적층과 암반층을 구분하여 계산한다.

총적층의 평균층후는 기설관정 자료에서 얻어진 19.9m를 적용하며, 풍화대 이하는 암반층으로 간주하였다. 암반대수층의 경우 대수층 심도를 깊게 가정할 수록 부존량이 높아지므로 조사지구내 기존 암반관정들의 평균 개발심도가 100~150m에 위치하므로 대수층 심도는 100m로 제한하였으며, 총적대수층은 총적층 평균 층후로부터 수위관측 조사에서 나타난 평균 지하수위가 지면 5.3m이므로 총적층의 포화대 층후는 14.6m를 적용하였다.

유효공극률은 암종별 평균공극률 퇴적암 5%, 총적층 35%, 화성암 1%, 변성암 1%(1991. 농진공)에서 총적층은 35%를 적용하고, 암반층은 조사지역 내의 구성 지질별 면적비를 비교하여 저변성퇴적암류 20%, 화성암류 80%를 적용시켜 평균 1.4%를 조사지역의 암반 공극률로 산정하였다.

지하수부존량 산정에 적용된 유역면적은 조사지역 총면적 739,130,822.4m² 중 전, 답, 대지에 총적층이 주로 분포한다고 가정하여 총적층은 294.66km²를 산정하고 나머지 임야 444.47km²에는 암반층대수층만을 고려하였다. 이와 같은 방법으로 산정한 조사지역의 지하수부존량은 2,480.26×10⁶m³이고, 이중 암반지하수가 39.3%인 974.55×10⁶m³로 평가된다.

<표. 5-3> 지하수부존량 산출

구 분	면 적 (km ²)	대수층두께 (m)	공극률	부 존 량 (m ³)	비 고
계	739.13			2,480.26×10 ⁶	
총 적 층	294.66	14.6	0.35	1,505.71×10 ⁶	
총적층 하부	294.66	85.4	0.014	352.29×10 ⁶	
암 반	444.47	100	0.014	622.26×10 ⁶	

양수시험에 의한 저류계수나 대수층의 유효공극률을 적용하여 산출된 지하수 부존량은 실제로 채수할 수 있는 수량으로 간주할 수는 없다. 지하수 수리학 (Groundwater hydraulics)적인 견지에서도 어느 정도의 한계가 필요한 것이며, 이러한 한계를 무시한 과잉양수는 지하수 저류체인 대수층의 물리적 성격을 파괴하여 결국 회복할 수 없는 경지에 들어가는 경우가 야기될 수 있다. 결국 지하수의 양적문제는 저류되어 있는 양보다 저류체를 변화시키지 않고 양수할 수 있는 안정양수량의 결정이 현실적인 문제이다.

안정적인 양수량을 구하려면 강우에 의한 지하수의 함양량을 계산하여 연중 지하수의 함양과 유출량을 산출해야 한다.

5-2-2. 지하수개발 가능량 평가

가. 지하수 수위자료 분석에 의한 평가

지하수 수위자료 분석방법은 해당지역 및 유역내 산재된 관측정으로부터 장기간의 수위관측자료를 이용하여 지하수개발 가능량을 산정하는 방법이다. 이 방법은 장기간의 자연상태의 수위자료를 도시하여 최저수위를 찾아 기준수위로 설정하고, 양수에 의하여 지하수위가 미리 설정한 기준수위 이하로 내려가지 않는 범위내에서 대수층내의 지하수를 개발할 수 있다는 가정에 기초한 것으로, 다음 식에 의하여 주어진 기간에 대한 개발 가능량을 산정할 수 있다.

$$\text{지하수개발 가능량} = \sum (\text{주어진 기간의 평균지하수위} - \text{최저수위}) \\ \times (\text{하나의 관측정이 지배하는 면적}) \times \text{유효공극률}$$

이 방법에 의한 산정치는 가장 안전한 개발 가능량을 제시할 수 있지만, 갈수기와 홍수기의 개발 가능량을 다르게 설정하여야 하고 또한 많은 관측정에서 믿을 만한 장기간의 수위관측 자료가 꼭 필요 하다는데에 산정의 어려움이 있다. 광역수맥조사에 의해 설치된 상.하류 관측정에 1년이상 관측자료가 축적되면 조사지역 내의 보다 객관적인 지하수개발 가능량 산정이 가능할 것으로 판단되지만 금번 조사에서는 관측자료가 미약하여 개발가능량 산정에서 제외하였다.

나. 하천유출률에 의한 평가

하천의 유출률은 강우총량에 대한 유출총량의 비로써 다음과 같이 계산되어진다.

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

하천의 유출은 지하수의 함양에 의하여 지탱되어 진다. 이 기간에 있어서 하천 유출량의 감소는 지하수위가 강하되었음을 의미하게 되며, 본 유역에 있어서 하천유출량의 연평균기저유출율(강우함양계수)인 29.6%를 적용하였다. (건설교통부, 한국수자원공사 충남서북부 지하수개발 타당성조사 보고서 1995. 7. 196쪽 참조)

하천유출이 지하수의 감소에 의하여 유지됨은 바꿔 말하면 하천유출량의 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하면 지하수 저류로부터 배출되는 량, 즉 지하수 유동량으로 볼 수 있다. 기저유출율(강우함양계수)을 0.296로 하여 유량을 산출하면 다음과 같다. 여기서 연강수량은 17년간(1981~1997) 서산기상대의 연평균 강수량인 1,200.5mm로 계산하였다.

$$\frac{0.296 \times 739,130,822.4 \times 1.2005}{365 \times 86,400} \approx 8.3285 \text{m}^3/\text{sec} = 719,582 \text{m}^3/\text{day}$$

그러므로 연평균 함양량은 262,647천 m^3 /년으로 나타나고 이 수치는 지하수의 저유상태에 인공적인 변화를 가하지 않고 소모시켜 버릴 수 있는 수량으로, 지하수의 저류를 소모 시킨다던가 혹은 관개수의 재침투를 고려하면 개발량은 더욱 상회할 수 있을 것이다.

다. 수자원 순환계통표에 의한 평가

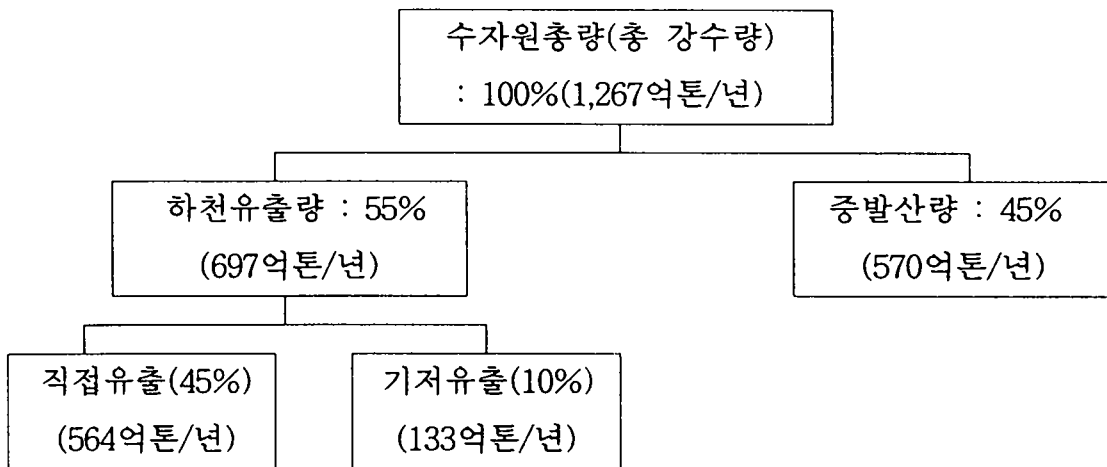
지하수의 기원은 강우에 의한 순환수이며, 지표수가 유동하는 과정에서 지질적인 구조, 지형적인 상황, 임상조건, 기온 및 일조량 등에 의하여 지하수로 함양되는 것으로 수순환계에 의하여 항상 평형상태가 유지되어야 한다.

따라서 평형상태가 파괴될 경우 저류량의 감소(자연수위의 저하)를 나타낸다. 강우에 의한 지하수수지를 분석할 때 지하수수지는 다음과 같다.

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

본 조사지역의 수수지 분석을 위한 서산기상대의 17년간 강수량 분석에 의해 다음 사항을 산출하였으며, 그림 5-1은 수자원 계통표를 이용하여 조사지구의 연평균 강수량 1,200.5mm/년을 적용하여 기저유출량을 계산하였다.

- 조사지구 연평균 강수량(서산기상대, 1981~1997)
 평균 : 1,200.5mm/년, 최대 : 1,788.3mm/년, 최소 : 685.6mm/년
- 집수유역 : 739,130,822.4m²
- 기저유출량 : 수자원총량(887,326천m³) x 기저유출율(0.1)
 = 88,733천m³/년



<그림 5-1 > 수자원계통표(건설교통부, 지하수관리기본계획, 1996)

본 조사지역의 건교부 발행 우리나라 수자원 현황표에 의한 강수량과 물수지 분석에서 조사지구 연간 수자원 총량은 887,326톤으로 연간 지하수 함양량(100%)은 88,733천톤/년이며, 이를 1일 사용가능량으로 환산하면 243,104톤/일이다.

5-3. 적정개발 가능량 및 개발예정위치

5-3-1. 지하수개발 가능량 분석

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

조사지구의 대수층의 공극률을 적용한 지하수부존량은 $2,480.26 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이고, 개발.이용가능량은 $298.67 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$, 일일 $1,092,054 \text{m}^3/\text{일}$ 로 산출되었다.

<표. 5-4> 지하수부존량 평가에 의한 지하수 개발가능량

평가방법	단위	부존량			개발가능량		
		계	총적층	암반층	계	총적층	암반층
공극률 적용 지하수 부존량 산출 (총적35%, 암반1.4%)	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	2,480.26	1,505.71	974.55	398.6	301.14	97.46
	$\text{m}^3/\text{일}$	6,795,233	4,125,233	2,670,000	1,092,054	825,041	267,013

<표. 5-5> 지하수 함양량 평가에 의한 지하수 개발가능량

평가방법	단위	함양량	개발가능량	비고
하천유출 (기저유출) 29.6%	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	262.647	262.647	기저유출량 = 함양량 = 이용가능량
	$\text{m}^3/\text{일}$	719,850	719,580	
수자원 순환계통표 기저유출 10%	$\times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$	887.331	887.331	"
	$\text{m}^3/\text{일}$	243,104	243,104	

5-3-2. 지하수개발 예정위치 선정

관정개발을 위하여는 위치선정이 가장 중요한데 이를 구분하면 총적층 대상과 암반층 대상으로 구분할 수 있다. 총적층이란 암석이 풍화운반 퇴적된 미

고결퇴적물로서 지질시대 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에서는 50개의 층적관정을 조사하였으며, 본 지구 내에서도 오염이 진행되고 있는 실정으로 향후 층적관정 개발에 의한 지하수 사용은 많은 제한이 있을 것으로 판단된다. 또한, 본 지구를 구성하는 기반암은 선캠브리아기의 변성퇴적암류, 중생대 주라기 흑운모화강암, 반상섬장암, 반상화강암과 일부 산성, 염기성 암맥으로 구성되어 있으며, 대부분이 결정질암으로서 조사지구 기반암 내의 1차 공극을 유동하는 암반지하수의 부존은 미약하므로 조사지역 내의 암반지하수의 부존은 파쇄대 발달지역으로 제한된다.

파쇄대 발달은 지각운동, 화성암의 관입 등으로 암반이 파괴가 일어나며 발달하게 되고 암반중에 2차 공극을 형성한다. 본 지구에서 선구조의 발달은 N20~40E 방향이 우세하게 나타나며, 기설 암반관정도 이들 선구조 발달방향을 따라 많이 개발되었다.

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

6. 지하수자원 개발계획

6-1. 용도별 소요수량

본 지구는 농촌지역으로 부춘동, 동문동, 활성동, 수석동, 석남동, 오산동지역을 제외한 9개 면, 대산읍은 상수도 보급율이 극히 저조한 상태로 상수도 보급율이 급수인구 대비 37.6%에 지나지 않는다. 암반관정을 이용한 생활용수(간이 상수도 포함)의 공급은 28개소이며 총적관정 12,240개소가 생활용수로 이용되고 있으나 시설을 노후 및 수질오염의 심화로 지속적인 이용은 불가능할것임을 감안할 때 아직 혜택을 받지 못하는 지역이 대부분이며, 제공하천수를 이용한 지표수나 타설식 자가소형관정을 이용한 생활용수 활용이 이루어지고 있어 안정적인 생활용수 공급이 절대적으로 필요한 실정이다.

우리나라 전국 평균 1일 급수량이 1991년도 376ℓ로 나타났으며, 서울시의 경우 1994년 현재 누수손실량을 포함하여 476ℓ에 이르고 있다. 상수도 보급지역은 1998년 현재 1인당 급수량을 적용하였으며 비급수 지역은 476ℓ를 적용하였다.

<표. 6-1> 생활용수 소요수량

구 분	급수대상 인구수	급수량 (ℓ)	수요량 (m ³ /일)	급수사용량 (m ³ /일)		소요수량 (m ³ /일)
				공수	사 용 량	
계	149,785		63,989	28	19,067	44,922
대산읍	20,023	310	6,207	4	1,284	4,923
인지면	5,452	476	2,595	2	127	2,468
부석면	8,550	476	4,069	5	1,223	2,846
팔봉면	4,801	476	2,285	2	276	2,009
지곡면	5,324	476	2,534	2	432	2,102
성연면	3,951	476	1,880	3	557	1,323
음암면	9,250	476	4,403	2	275	4,128
운산면	7,425	345	2,561	1	80	2,481
해미면	9,821	310	3,044	3	876	2,168
고북면	9,117	325	2,963	4	916	2,047
부춘동	14,740	476	7,016	상수도 보 급	13,021	18,427
동문동	16,807	476	8,000			
활성동	8,053	476	3,833			
수석동	14,356	476	6,833			
석남동	10,041	476	4,779			
오산동	2,074	476	987			

본 지구는 총면적 739.13km²중 전답 면적이 282.112km²로 면적비 38%를 차지하며 조사지역에 산재해 있는 소류지(39개소) 및 저수지(54개소) 시설을 통해 162.76km²의 전답에 용수를 공급하므로써 몽리하고 있으며 기존 충적관정 및 암반관정 10,035개 시설로 113,116m³/일의 농업용수를 공급하므로써 전답면적 전반에 용수공급이 원활한 것으로 조사되었다.

6-2. 소요수량 공급방안

농촌에서도 지표수 및 지하수의 오염이 이루어지면서 생활용수 공급은 암반관정을 이용한 생활용수 공급이 이루어지고 있다. 본 지구는 광역상수도 보급률이 낮은 지역으로 생활용수 공급을 암반관정 개발에 의한 용수공급이 이루어져야 할 지역이다. 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급은 암반관정 1공당 채수 이용량을 150m³/일로 하고, 향후 인구의 증감이 없다고 가정할 때 소요수량은 63,989m³/일 이고, 기 사용량을 제외한 필요수량은 44,922m³/일로 산출되어 면별 필요공수를 추정한 결과, 총 188공으로 그 내역은 다음과 같다.

<표. 6-2> 향후 지하수개발 관정수

구 분	소요수량 (m ³ /일)	기사용량 (m ³ /일)	필요수량 (m ³ /일)	소요관정수 (공)	비고
계	63,989	19,067	28,337	188	
대산읍	6,207	1,284	4,923	33	
인지면	2,595	127	2,468	16	
부석면	4,069	1,223	2,846	19	
팔봉면	2,285	276	2,009	13	
지곡면	2,534	432	2,102	14	
성연면	1,880	557	1,323	9	
음암면	4,403	275	4,128	27	
운산면	2,561	80	2,481	17	
해미면	3,044	876	2,168	14	
고북면	2,963	916	2,047	14	
부춘동	7,016	13,021	(18,427)	(122)	
동문동	8,000				
활성동	3,833				
수석동	6,833				
석남동	4,779				
오산동	987				
			1,842	12	

서산시 지역은 각 읍·면별 급수량을 급수대상 인구에 적용시켰을 때 인구 밀집으로 인해 필요수량이 44,922m³/일로 많은 양이 필요하게 된다. 그러나 서산시 6개 동지역은 상수도 보급이 이루어지고 있으며 지속적인 상수도 보급이 이루어질 계획으로 상수도 혜택이 어려운 서산시 외곽지역만을 고려하여 소요 관정수, 필요수량을 10%만 산정하였다. 지하수개발 계획시 그 수요와 필요량을 정확히 산정하여 안정채수량 만큼만 개발하되 시설의 관리와 지하수자원의 보전에 더욱 철저를 기해야 할 것이다.

6-3. 지하수개발 계획

본 지구에서 향후 생활용수로 개발해야 할 지하수관정수는 188개공으로 이는 연차별로 이루어져야 할 사업으로 생활용수 개발사업비를 180백만원/지구로 하였을 때 연차별 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다.

<표. 6-3> 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비

년 도	계	1999	2000	2001	2002	2003	2004 이후
사 업 량 (지구)	188	30	30	30	30	30	38
사 업 비 (백만원)	33,840	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	6,840

7. 지하수자원 보전·관리 계획

7-1. 지하수자원 보전·관리

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

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

- 풍수기와 갈수기의 지하수위 변화
- 지역별 지하수 동수구배
- 지역별 지하수 배출 및 함양 파악
- 지하수 EC 및 pH의 급격한 변화등에 대한 원인규명 및 원인파악을

위한 수질검사 실시

지하수자원의 효율적인 관리를 위해서는 지하수, 지표수 등의 수문정보 관리와 이와 관련된 제반지질, 경제, 인문학적 사항등과의 연계성을 파악하여 이들 정보를 이용하여 앞으로 예견가능한 지하수자원의 변화 예측 및 지하수자원의 합리적인 방안이 종합적으로 검토될 수 있도록 지하수의 수위 및 수질변화에 대한 분석 및 해석은 반드시 지하수 전문가에 의하여 이루어져야만 그 정보와 신뢰도를 제고할 수 있고, 지하수자원의 보전관리에 기초가 되는 양질의 중요한 정보를 산출할 수 있다.

지하수자원의 보전을 목적으로 지하수 모니터링에 의하여 지하수의 사용금지, 규제 등을 결정하는 것은 지하수를 계속 사용하기 위하여는 필요한 조치이

다. 모니터링을 위해서는 사용되고 있는 관정을 다음 사항을 정기적으로 계속 측정 관리하도록 하여야 한다.

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

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

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

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

지하수의 오염은 폐기물의 방치, 매립처분과 지반개량을 위한 약재투입, 오염된 지표수의 유입등이 지하수 오염의 원인이 된다. 오염물질은 지하수층에서 이동속도가 느리기 때문에 지하수 오염은 국지적인 현상을 보이며, 오염의 특징에 따라 장시간에 걸쳐 진행이 된다. 지하수 수질관리를 위하여 상시 이용관정, 관측정의 수질을 계속적으로 측정하고 기록함으로써 지속적인 수질관리가 이루어지도록 하여야 한다.

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

8. 결 론

1. 조사지역은 행정구역상 충청남도 서산시 전역으로 1읍 9면 6개동으로 대산읍, 팔봉면, 지곡면, 성연면, 음암면, 운산면, 해미면, 고북면, 부춘공, 동문동, 활성동, 수석동, 석남동, 오산동이 포함되며 조사면적 739.13km²에 대하여 광역수리 지질조사를 실시하였다.

2. 조사지역의 지형 및 지질은 난지, 서산, 당진, 홍성, 신온의 지형도, 지질도, 원격탐사 자료와 기존 수맥조사 보고서를 참조하여 현지조사를 시행하였으며 국지적인 정밀조사에 치중하기 보다는 광역적 개념으로 지형과 지질을 파악하였다. 본 지구의 지형은 서측으로는 우리나라 서해안의 전형인 리아스식 해안선을 형성하여 동측으로는 180~620m내외의 산들이 분포하여 산악지형을 이루고 지구 북서측과 남서측은 서해와 접한 가로림만과 간월호가 위치한다.

지질분포 산계와 수계의 발달을 고려하면 3개 영역으로 분리할수 있는데 동측의 지구경계를 따라 문길산(△189m)-옥양봉(△621.4m)-삼준산(△489.9m)를 잇는 산계가 남북으로 발달하고 있으며 서산시내를 중심으로 북서측으로 해발고도가 낮아지면서 충적지를 비교적 넓게 발달시키고 남서측으로는 반대로 서해와 접하여 매우 넓은 충적지를 형성하고 있다.

본 조사지역내 수계의 발달은 지구내 높고 낮은 산계부에서 발원한 소지류들이 소수계를 형성하여 산재해 있는 소류지, 저수지 등에 담수되었다가 농업용수로 활용되고, 재차 유하하여 지구 북서측의 가로림만, 남서측의 간월호로 흐른다.

3. 조사지역의 지질은 선캠브리아기의 지곡리층이 최하위 지층을 이루고 있으며 조사지역 북부의 대산읍 인근에 상·하부 규암층이 국부적으로 위치하

고 태안층이 성연면, 지곡면, 서산읍내 일부에 걸쳐 넓게 분포한다. 태안층을 관입하여 분포하는 주라기의 반상화강암과 반상섬장암이 재차 조사지구 하단부에 분포암반중 가장 넓게 분포하는 흑운모화강암에 의해 관입 당하여 나타난다. 그리고 상기 제지층들은 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층이 하천주변, 계곡부, 해안연변을 따라 다양하게 분포한다.

4. 본 지구내의 기설관정 총 22,325공(암반관정 129공, 충적관정 22,196공)에 대한 자료를 토대로 163공(암반관정 109공, 충적관정 54공)에 대해 심도, 양수량, 자연수위 및 읍면동별로 안배하여 45공에 대해 간이수질등을 조사하였으며, 사용용도별로 보면 생활용수가 12,268개소, 43,689m³/일, 농업용수가 10,035공 113,116m³/일, 공업용수 공이 22공 2,330m³/일으로 나타나 주로 농업용수로 사용되며 암반관정의 경우 또한 생활용수 사용량보다 높은 것으로 나타났다. 이는 수계의 발달이 미약하여 지하수의 농업용수 활용도가 높은 것으로 나타났다.

5. 물리탐사는 원격탐사 후 위성영상을 분석하여 선구조선도를 작성한 바 쌍극자탐사 17측선을 실시하여 탐사지역 전반에 걸쳐 평야부의 지하수 부존성을 조사하여 제반 수리지질을 파악한 결과 조사지역의 선구조는 N20~35E 방향으로 매우 우세하게 발달되어 있으며, 주방향에 부수된 2차방향인 N20~40W 방향도 우세하게 나타난다. 본 지구의 지하수개발시 파쇄대에 의한 대수층 발달 추정방향과 대체적으로 일치한다.

6. 기설관정조사 163개 지점중에서 45공에 대하여 EC, TDS, pH, 온도등 현장조사를 실시하고 지하수 45개소에 대해 먹는물 수질검사 기준으로 수질 검사한 결과, 이온분석을 실시하여 조사지역의 전반적인 수질성분을 파악하였다.

7. 조사지역내 기설관정중 지하수관정 45개공에 대하여 충청남도 보건환경연구원에 먹는물 수질기준의 지하수 수질검사를 의뢰한 결과 생활용수 3공, 간이상수도 7공, 농업용수 1공등 총 11개공이 먹는물 기준을 초과하였

으며 항목별로 보면 질산성질소 4공, 불소 4공, 납 1공, 아연 1공, 중발잔유물 1공등이 먹는물 기준을 초과하여 나타났다. 지역별로는 부석면 취평리, 갈마리, 창리에서 질산성질소의 함량이 초과로 나타났으며 해미면 대곡리, 관유리, 운산면 용현 1리 보현동 등 3개공의 생활용수와 고북면 초록리의 1공 농업용수에서 불소가 초과되어 나타났다.

8. 대수층 유효공극률 적용에 의한 지하수 부존량 평가에 의해 조사지역 지하수의 부존량은 $2,480.26 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이며, 개발이용 가능량은 $974.55 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 조사되었다.

9. 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량은 평가방법에 따라 $262.6 \sim 887.3 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 판단되며, 평가방법에 따라 개발이용 가능량의 상당한 차이가 나타나므로 가장 객관적인 지하수개발 이용량의 조사는 관측정의 수위관측 자료가 상당히 축적된 후 수위자료 분석에 의한 개발 가능량 산정이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

10. 향후 생활용수 총소요수량은 $44,922 \text{m}^3/\text{일}$, 안정적인 생활용수 공급이 이루어지기 위해서는 향후 188공의 지하수개발이 이루어져야 하며, 이를 위하여 사업비 33,840백만원의 사업비가 소요된다.

11. 지하수자원의 효율적 관리를 위해서는 지하수 전문가에 의하여 장기적인 제반 수문지질 자료의 관측에 의한 지하수문 모델링을 운영하여 각수계별 관측망을 구축하고 종합적인 수지분석을 통해 향후 지하수개발의 제한, 보전·관리 및 오염확산 요인을 제거함으로써 지하수 사용을 극대화 해야 할 것이다.

서산시광역수맥조사보고서

1998년 12월 일 발행

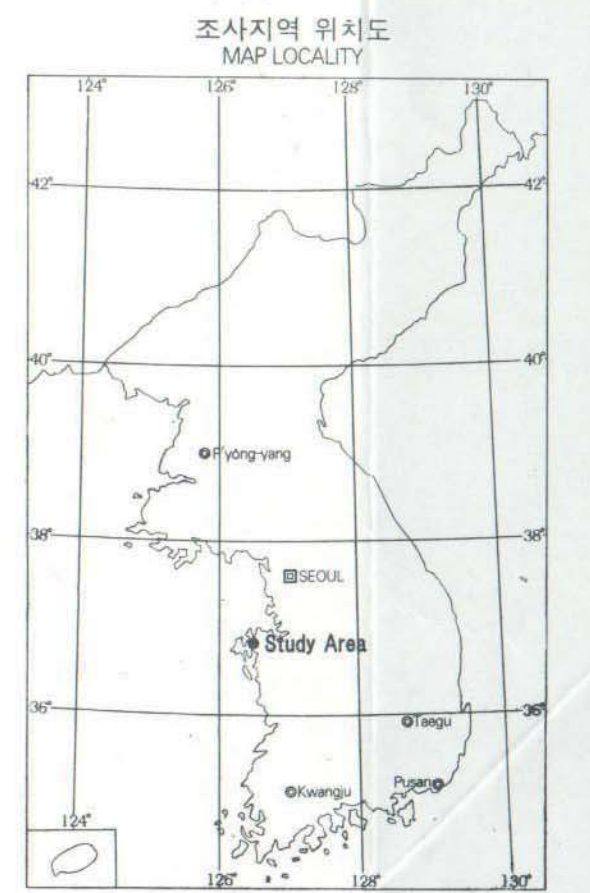
발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : 서라별인쇄주식회사 (02)732-1851~2

서산지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF SŌSAN AREA



지질

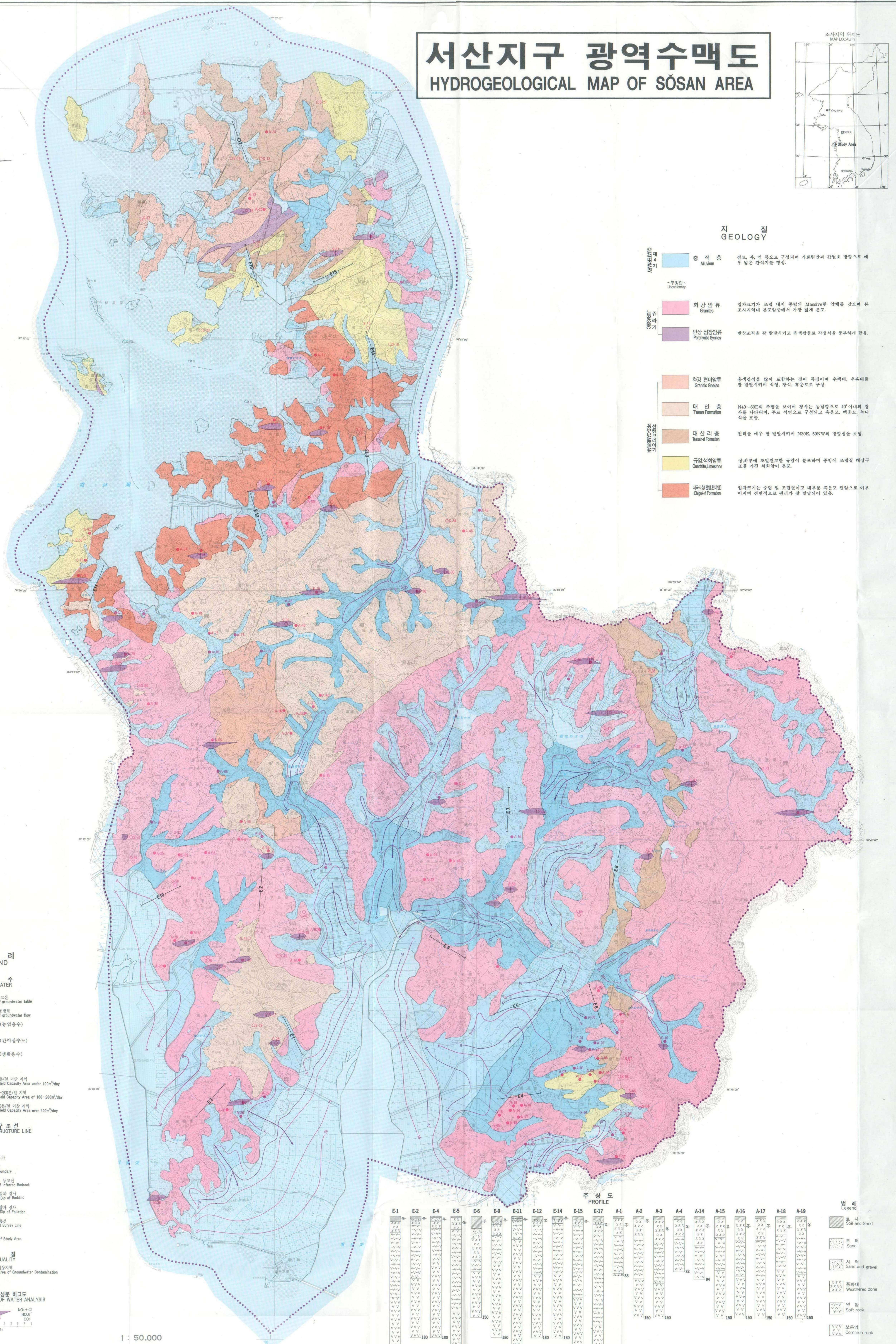
GEOLOGY

- 충적층** (Alluvium): 평토, 사, 역 등으로 구성되어 가포된면과 간헐호 방향으로 매우 넓은 관석지를 형성.
- 화강암류** (Granite): 입석크기가 조밀 내지 중형의 Massive한 암체를 갖으며 본 조사지역의 분포양상에서 가장 넓게 분포.
- 반상 석암암류** (Porphyric Syntex): 반상조석을 잘 발달시키고 유색광물로 각성석을 풍부하게 함유.
- 화강편암암류** (Granitic Gneiss): 용해작용을 많이 포함하는 것이 특징이며 우해대, 우해대를 잘 발달시키며 석영, 장석, 흑운모로 구성.
- 태안층** (Tae'an Formation): N40~60E의 주향을 보이는 정사는 동남향으로 40°이내의 경사를 나타내며, 주로 석영으로 구멍되고 흑운모, 백운모, 녹니석을 포함.
- 대산리층** (Tae-san Formation): 편리층 매우 잘 발달시키며 N30E, 50NW의 방향성을 보임.
- 규암석회암류** (Quartzite Limestone): 상하부에 조밀조밀한 규암이 분포하며 중앙에 조밀한 대산리층을 가진 석회암이 분포.
- 지리산(편암암류)** (Ogik Formation): 입석크기는 중형 및 조밀조밀하고 대부분 흑운모 편암으로 이루어져 전반적으로 편리가 잘 발달되어 있음.

범례

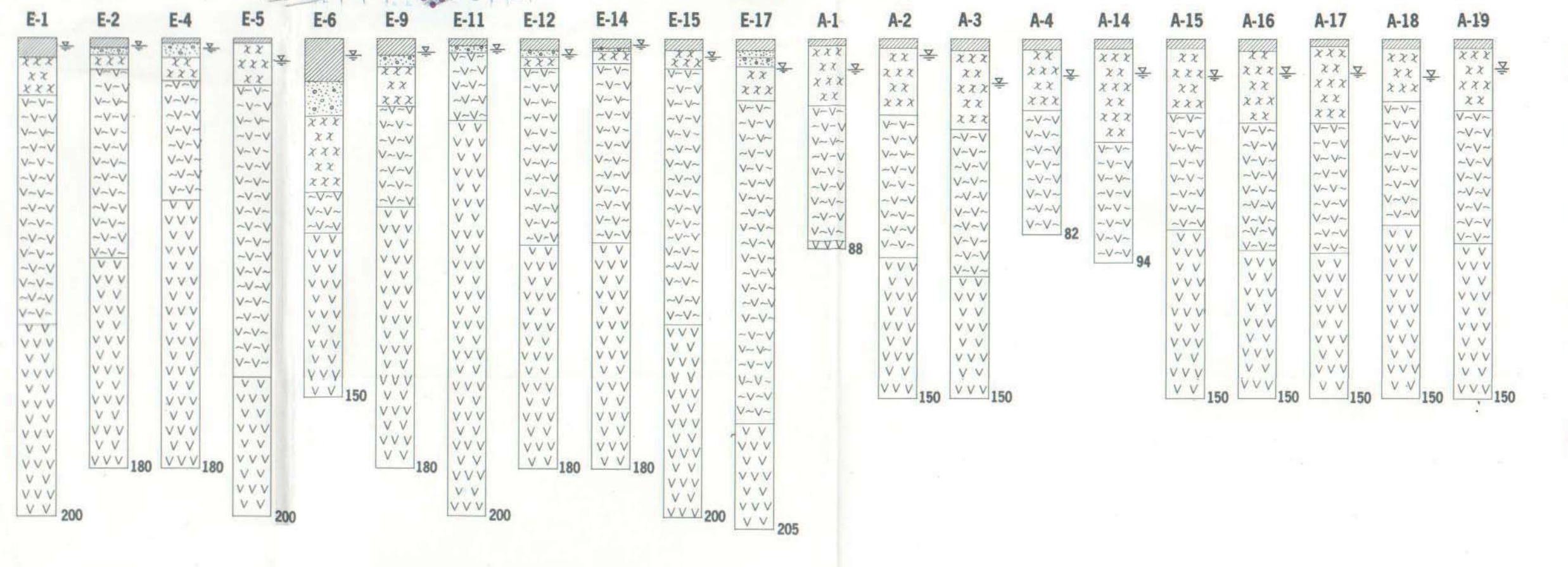
LEGEND

- 지하수** (GROUNDWATER)
 - 지하수위등고선 (Contours of groundwater table)
 - 지하수 유동방향 (Direction of groundwater flow)
 - 암반관정 (농업용수) (Rock Hole)
 - 중적관정 (간이용수) (중적관정)
 - 암반관정 (생활용수) (암반관정)
 - 하천 (River)
 - 계수율 100%/일 미만 지역 (Potential Yield Capacity Area under 100m³/day)
 - 계수율 100~200%/일 지역 (Potential Yield Capacity Area of 100-200m³/day)
 - 계수율 200%/일 이상 지역 (Potential Yield Capacity Area over 200m³/day)
- 지질구조선** (GEOLOGIC STRUCTURE LINE)
 - 단층 (Fault)
 - 가상단층 (Inferred Fault)
 - 지질경계선 (Geologic Boundary)
 - 기반암층 등고선 (Contours of Inferred Bedrock)
 - 층리의 주향과 경사 (Strike and Dip of Bedding)
 - 절리의 주향과 경사 (Strike and Dip of Folding)
 - 지리조사 선 (Geological Survey Line)
 - 조사구역 (Boundary of Study Area)
- 수질** (WATER QUALITY)
 - 수질오염위험지역 (Potential Area of Groundwater Contamination)
- 수질의 주요성분 비고도** (PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS)
 - Na+K, Ca, Mg, NO₃-N, HCO₃, CO₃



주상도

PROFILE



- 범례** (Legend)
 - 토사 (Soil and Sand)
 - 모래 (Sand)
 - 사력 (Sand and gravel)
 - 풍화대 (Weathered zone)
 - 연암 (Soft rock)
 - 보통암 (Common rock)

1 : 50,000