

순창군광역수맥조사보고서

1999

농림부
농어촌진흥공사

목 차

1. 서 언	9
1-1 조사목적	10
1-2 조사내용	10
2. 조사지역 개요	12
2-1 위치, 교통 및 면적	12
2-2 토지이용 및 산업현황	12
2-2-1 토지이용현황	12
2-2-2 인구현황	13
2-2-3 산업현황	16
2-3 수문기상	21
2-3-1 기온	21
2-3-2 강수량	22
2-3-3 증발산량	24
3. 수문지질조사	27
3-1 지형 및 지질	27
3-1-1 지형	27
3-1-2 지질	27
3-2 물리탐사	37
3-2-1 원격탐사	37
3-2-2 전기비저항탐사	48
3-3 양수시험	85
3-3-1 양수시험 일반	85
3-3-2 양수시험 방법 및 결과	87
3-4 대수층 특성	101
4. 지하수 이용 실태조사	102
4-1 시설관정 현황조사	102

4-1-1	지하수 시설현황	108
4-1-2	행정구역별 지하수 이용현황	109
4-1-3	용도별 지하수 이용현황	112
4-2	기설관정 지하수위조사	113
5.	수질 및 잠재오염원 조사	115
5-1	현장간이수질검사	115
5-1-1	간이수질조사	115
5-2	주요이온 분석결과	120
5-3	먹는물 기준 수질검사결과	133
5-3-1	먹는물 기준 지하수 부적합 항목	135
5-4	잠재오염원조사	142
5-4-1	잠재오염원분류	142
5-4-2	잠재오염원 분포현황	144
6.	지하수자원의 부존성평가	148
6-1	물수지분석	148
6-1-1	강수량	148
6-1-2	유출분석	150
6-1-3	함양량 분석	153
6-2	지하수부존량 및 개발가능량	155
6-2-1	지하수부존량	155
6-2-2	지하수개발가능량	157
7.	지하수 활용계획	161
7-1	용도별 소요수량 및 공급방안	161
7-1-1	생활용수 소요수량 및 공급방안	161
7-1-2	농업용수 소요수량 및 공급방안	163
7-2	지하수 개발계획	164
8.	지하수자원의 보전관리	165

8-1 지하수 환경재해	165
8-1-1 발생원인	165
8-1-2 지하수 재해방지 대책	167
8-1-3 정화처리	170
8-2 지하수 보전구역	171
8-2-1 보전구역 정의	171
8-2-2 보전구역 분류	173
8-2-3 지하수 보전구역 설정 및 운영관리	174
8-2-4 보전구역 내 행위제한	174
9. 결론	175
참고문헌	

표 목 차

<표 2-1> 순창군 토지이용 현황	13
<표 2-2> 순창군 인구변동 추이	14
<표 2-3> 순창군 농가수 및 농가현황	14
<표 2-4> 순창군 면별 가구수 및 인구수	15
<표 2-5> 순창군 경지면적 변동추이	16
<표 2-6> 축산 현황	17
<표 2-7> 임상별 임야 면적	18
<표 2-8> 광업현황	19
<표 2-9> 공업현황	20
<표 2-10> 연도별 월별 온도분포(1988~1997, 10개년)	21
<표 2-11> 연도별 월별 강수량 분포(1993~1997, 5개년)	23
<표 2-12> 월평균 증발량	25
<표 2-13> 연간 증발량 비교	26
<표 3-1> 위성종류별 영상자료	38
<표 3-2> 양수시험 결과	89
<표 4-1> 지하수 개발·이용 시설의 허가·신고 대상 분류	102
<표 4-2> 시설관정 지하수 개발·이용 실태	104
<표 4-3> 지하수 개발·이용규모	108
<표 4-4> 용도별 심도별 개소수 및 이용량	109
<표 4-5> 용도별 시설수 및 이용량	112
<표 5-1> 간이 수질조사 분석	118
<표 5-2> 조사지역 주요원소의 농도환산(ppm→epm)	129
<표 5-3> 면별 조사공과 기존자료 현황	134
<표 5-4> 수질검사 부적합 항목 (먹는물 기준)	134
<표 5-5> 먹는물 수질기준 및 인체에 미치는 영향	136

<표 5-6> 수질검사 기준	141
<표 5-7> O.T.A 잠재오염원 분류	143
<표 5-8> 오염원별 분포현황	144
<표 6-1> 연도별 월별 강수량 분포(1988~1998, 11개년)	149
<표 6-2> 유출량 분석	151
<표 6-3> 월평균 증발량	152
<표 6-4> 연간 증발량 비교	153
<표 6-5> 함양량 산정	154
<표 6-6> 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)	155
<표 6-7> 순창군 지하수 부존량 추정	157
<표 6-8> 한국의 지하수개발 가능량 추정	158
<표 6-9> 부존량분석에 의한 적정개발 가능량 추정	159
<표 6-10> 기저유출 분석에 의한 적정개발가능량	159
<표 6-11> 지하수 자연함양량 추정	159
<표 6-12> 분석방법별 개발가능량산정	160
<표 7-1> 순창군 상수도 현황	161
<표 7-2> 생활용수 소요수량	162
<표 7-3> 향후 지하수개발 관정수	163
<표 7-4> 순창군 농업용수 소요수량	164
<표 7-5> 연차별 생활용 지하수개발·사업량 및 사업비	164

그 립 목 차

<그림 2-1 > 기온변화도	22
<그림 2-2 > 강수량변화도	23
<그림 2-3 > 증발산량 변화도	25
<그림 3-1> 순창군 지형도	28
<그림 3-2> 순창지구 수계망도(상), 지하수 집수구역도(하)	29
<그림 3-3> 지질계통도	31
<그림 3-4> 순창지구 원격탐사 식생분포(상), 습윤도(하)	43
<그림 3-5> 순창지구 선구조 로즈다이어그램(상), 음영기복도 선구조분석(하)	46
<그림 3-6> 쌍극자 배열모식도	49
<그림 3-7> 순창지구 쌍극자 탐사위치도	50
<그림 3-8> E-1축선 쌍극자 탐사결과도	55
<그림 3-9> E-2축선 쌍극자 탐사결과도	57
<그림 3-10> E-3축선 쌍극자 탐사결과	59
<그림 3-11> E-4축선 쌍극자 탐사결과도	61
<그림 3-12> E-5축선 쌍극자 탐사결과도	63
<그림 3-13> E-6축선 쌍극자 탐사결과도	65
<그림 3-14> E-7축선 쌍극자 탐사결과도	67
<그림 3-15> E-8축선 쌍극자 탐사결과도	69
<그림 3-16> E-9축선 쌍극자 탐사결과도	71
<그림 3-17> E-10축선 쌍극자 탐사결과도	73
<그림 3-18> E-11축선 쌍극자 탐사결과도	75
<그림 3-19> E-12축선 쌍극자 탐사결과도	77

<그림 3-20> E-13측선 쌍극자 탐사결과도	79
<그림 3-21> E-14측선 쌍극자 탐사결과도	81
<그림 3-22> E-15측선 쌍극자 탐사결과도	83
<그림 3-23> 순창지구 양수시험 위치도	86
<그림 3-24> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-2, 하: D-4)	93
<그림 3-25> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-26, 하: D-29)	94
<그림 3-26> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-30, 하: D-37)	95
<그림 3-27> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-40, 하: D-63)	96
<그림 3-28> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-65, 하: D-71)	97
<그림 3-29> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-78, 하: D-95)	98
<그림 3-30> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-98, 하: D-125)	99
<그림 3-31> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-141)	100
<그림 4-1> 암반대수층 등수위선도(상), 충적대수층 등수위선도(하)	114
<그림 5-1> 심성암류 지하수의 Piper Diagram	124
<그림 5-2> 화산암 지하수의 Piper Diagram	125
<그림 5-3> 충적층 지하수의 Piper Diagram	126
<그림 5-4> 순창지구 잠재오염원 위치도(상), 특정 오염량 변동추이(하)	145
<그림 6-1> 한국 수자원 현황도(1996년 현재, 건교부)	151

여 백

1. 서 언

지하수조사란 지하수를 포함하고 있는 각 대수층의 분포상태와 수리성, 대수층에 부존된 지하수의 산출상태와 수질 등 지하수의 여러가지 상태를 조사하는 것이며 이들 수문자료를 일목요연하게 도면화한 것이 수문지질도이다.

광역수맥조사는 이제까지 시행되어온 특정지역을 대상으로한 국지적인 지하수 개발 조사(수맥조사)와 달리 넓은 지역의 일반적인 수문지질개황을 파악하기 위해 실시되며, 지하수자원의 종합적 이용 및 보존차원에서 필요한 지하수조사 과정으로 조사구역내 지하수자원을 광범위하게 파악하여 놓어준 다목적 용수의 개발·이용 및 보존관리 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

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

우리나라의 지하수조사사업은 '60년대 초 지구답사를 위주로 한 용수개발기본 조사가 실시되었고 '66년부터 한해지역에 대한 총적층을 대상으로 조사가 착수되었으며 '81년 농업용수개발 10개년계획의 일환인 항구지하수개발사업으로 '82년부터는 암반층에 대한 조사가 시행, 근래에 와서는 수질오염이 사회적으로 문제가 되면서 총적층 조사보다는 암반지하수조사로 전환되었다.

금번의 광역수맥조사는 '90년 전북 고창지구 광역수맥조사, '91년 경기 안성지구 광역수맥조사, '96년 남보지구 광역수맥조사와 '98년 진안군 광역수맥조사에 이어 시행되었으며 위치는 축적 1:50,000 정읍, 임실, 남원, 담양, 순창 등의 도폭에 대하여 지질조사, 기설관정을 이용한 이용현황조사, 지하수위관측, 양수시험, 물리탐사 및 수질검사를 통하여 이들 자료와 과거 조사구역 내에서 국지적으로 수행한 수맥조사와 지하수 개발자료를 취합하고, 인공위성을 이용한 원격탐사 자료를 이용하여 조사지역에 대한 광역적인 지하지질상태의 파악을 시도하여 순창지구 광역수맥도를 작성하였다.

끝으로 본 조사에 많은 격려와 협조를 주신 농림부, 전북도, 순창군 관계관에게 감사를 드린다.

1-1. 조사목적

농어촌지역 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해 상습지에 대하여 국지적으로 시행하여 온 수맥조사사업을 발전시켜 광범위하고 종합적인 광역수맥조사를 실시하여 조사구역내 지하수자원을 광범위하게 파악, 농어촌 다목적용수 개발·이용 및 보전·관리 방향을 제시하는데 목적이 있다.

1-2. 조사내용

가. 조사지구 : 순창군

나. 조사면적 : 495.8 km²

다. 조사기간 : '98. 8 ~ '99. 3

라. 조사자

소 속	직 종	직 급	성 명	조사업무내용
전북지사	지질	2급	강정구	조사업무 총괄 및 지도
		3급	안충영	조사계획수립
		4급	김형수	수질분석 자료정리
		4급	장병철	현장조사 및 자료수집 정리

마. 조사실적

지형, 지질 및 수계에 따라 조사량을 배분하였고 기존자료와 원격탐사 자료를 활용하여 조사를 실시하였다. 각 항목별 조사실적은 다음과 같다.

공 종 별	단 위	조 사 량	비 고
· 기본구조			
-지구협의 및 답사	지구	1	
-지표지질조사(농경지)	km ²	116.3	
-지표지질조사(임야)	km ²	331.2	
· 시설관정조사			
-이용현황조사	공	50	
-지하수위 관측	회	50	
-양수시험(암반)	공	15	
· 물리탐사			
-쌍극자 탐사	측선	15	
· 수질검사	회	50	

바. 기기 및 장비

공종별	조사장비
원격 탐사	위성영상 분석장비 (ERDAS-System)
지표지질조사	Clino compass, rock hammer
물리 탐사	ABEM SAS 300B 전기비저항탐사기, SAS2000부스터
시설관정조사	휴대용 수위측정기
수질 검사	Checkmate 90

2. 조사지역 개요

2-1. 위치, 교통 및 면적

순창군은 한반도의 남서부에 위치하며 행정구역상 전라북도 순창군에 속한다. 전라북도의 남부중앙 노령산맥줄기의 산간지대에 위치하여 전주와는 60.5km, 광주광역시와는 40km거리로서 대부분의 지형이 산지로 형성되어 있는데 동쪽은 섬진강을 경계로 남원시와, 서쪽은 노령산맥의 주능선을 경계로 정읍시, 북쪽은 임실군과 인접하며 남쪽은 전남 장성군, 담양군, 곡성군의 일부와 접하고 있다.

이 지역을 1:50,000 도폭으로 보면 정읍, 임실, 남원, 담양, 순창 등 5개 도폭에 걸쳐 분포한다. 순창군의 면적은 1998년 순창군 통계연보에 위하면 495.8km²로서 지리좌표로는 극동은 동계면 수정리 노적봉 561고지로서 동경 127° 18', 극서는 북흥면 봉덕리 세계 539고지로 동경 126° 52', 극남은 풍산면 삼촌리 설산 522고지로서 북위 35° 18', 극북은 쌍치면 학선리 461고지로 35° 33' 에 위치한다.

교통망은 순창군 일대 5개 국도, 7개 지방도와 5개 군도로 이루어져 있으며 전북의 주요 도시인 전주에서의 거리는 60.5km이고, 전주-순창간 교통편은 수시로 시외버스와 군내버스가 운행되어 교통이 편리한 편이다.

순창군은 지형적으로 임야가 전체면적의 67%를 차지하는 산악지대이며 전답은 전체면적의 약 23.1%에 해당된다. 하지만 이 지역의 주요산업은 농업으로서 답작농업이 성행하고 있다.

2-2. 토지이용 및 산업현황

2-2-1. 토지이용 현황

순창군은 전복면적 8,046.6km² 중 495.8km²을 차지하는데 이는 전복면적의 6.1%에 해당된다.

총 면적 495.8km² 중 가장 많은 면적을 차지하는 것은 '97년 현재 임야로서 그 면적이 331.2km²로 전체면적의 66.8%를 차지하며, 농경지는 그 비중이 23%로 면적은 116.5km² 이다.

순창군의 토지이용현황을 보면 다음과 같다.

<표 2-1> 순창군 토지이용 현황 (1997년 현재)

토지이용	토지지목	토지지목별 현황	토지이용별 면적	토지이용별 비율 (%)
계			495.80km ²	
농 경 지	논	77.84 km ²	111.78km ²	22.5%
	밭	32.20 km ²		
	과수원	0.23 km ²		
	목장용지	1.51 km ²		
임 야	임 야	331.15 km ²	331.15km ²	66.8%
기 타	하 천	12.72 km ²	52.87km ²	10.7%
	도 로	11.61 km ²		
	기 타	28.54 km ²		

2-2-2. 인구현황

1997년 현재 순창군 총 인구수는 37,595명으로 남자 18,495명, 여자 19,100명으로 1957년 인구조사를 실시한 이래 계속 감소하는 추세를 보인다. 총 가구수 12,728로 가구당 인구수는 3.0명이다. 순창군 인구중 농가수는 7,839가구이고 인구수는 20,718명으로 총인구수의 55.1%를 차지하는데 이로 보아 순창군은 중심산업이 농업이라는 것을 알 수 있다

순창군의 면별 인구분포를 보면 순창읍의 가구수는 3,392가구로 순창군 평균 가구수의 3.7배이며 동계면은 1,138가구, 그 외 9개면은 평균 가구수에 미치지 못한다. 하지만 가구당 인구수는 평균 3.0명으로 대체적으로 면별로 거의 비슷하다. 이는 1957년 가구당 인구수 5.3명의 절반정도로 1957년 이후로 순창군의 인구수가 계속 줄고 있다는 것을 알 수 있다.

<표 2-2> 순창군 인구변동 추이

연도별	가구수	인 구 수				
		계	남	여	가구당 인구	인구밀도
1957	15,370	81,669	39,367	42,302	5.3	
1973	15,809	93,621	47,050	46,571	5.9	
1978	15,293	83,974	41,619	42,355	5.5	
1983	14,367	67,876	33,904	33,972	4.7	
1988	13,597	51,575	25,463	26,112	3.8	
1993	12,939	42,840	21,198	21,642	3.3	86.6
1996	12,793	38,679	19,102	19,577	3.0	78.1
1997	12,728	37,595	18,495	19,100	3.0	75.8

본 지구의 연도별 인구밀도는 1km²당 1993년 86.6명, 1995년 80.3명, 1996년 78.1명으로 계속 감소하여 1997년 본 지역의 인구밀도는 1km²당 75.8명으로 전라북도 평균 249.5명 보다 훨씬 낮은 편이다.

<표 2-3> 순창군 농가수 및 농가현황

연도별	가구수 (A)	농가수 (B)	B/A (%)	인구수 (C)	농가인구수 (D)	D/C (%)
1993	12,939	8,714	67.3	42,840	26,101	60.9
1994	12,704	8,586	67.6	40,991	24,545	59.9
1995	12,752	8,012	62.8	39,763	22,368	56.3
1996	12,793	7,912	61.8	38,679	21,558	55.7
1997	12,728	7,839	61.6	37,595	20,718	55.1

'97년 현재 전체인구의 55.1%에 해당되는 20,718명이 농가인구로 순창군의 주요산업이 농업임을 알 수 있다.

<표 2-4> 순창군 면별 가구수 및 인구수('97년 현재)

면 별	가구수	인 구 수			가구당 인구
		계	남	여	
계	12,728	37,595	18,495	19,100	3.0
순 창	3,392	10,900	5,430	5,470	3.2
인 계	828	2,343	1,127	1,216	2.8
동 계	1,138	3,154	1,561	1,593	2.8
적 성	717	1,978	967	1,011	2.8
유 등	673	1,897	920	977	2.8
풍 산	886	2,509	1,218	1,291	2.8
금 과	888	2,426	1,190	1,236	2.7
팔 덕	817	2,171	1,056	1,115	2.7
복 흥	1,109	3,477	1,715	1,762	3.1
쌍 치	1,019	3,065	1,489	1,576	3.0
구 립	1,261	3,675	1,822	1,853	2.9

2-2-3. 산업현황

가. 농업

순창군의 전체 토지면적중 농경지는 22.5%에 불과하나 총 인구수 중 농업인구가 차지하는 비중은 55.1%로 가장 많은 비중을 차지한다. 경지면적은 농경지 11,473ha중 논 7,784ha, 밭 3,220ha로 11,004ha이며, 경작규모로 볼 때는 1ha미만의 농업이 많이 발달한 소규모 농업형태를 보이고 있다.

<표 2-5> 순창군 경지면적 변동추이

(단위 : ha)

연도별	계	논	밭	가구당 경지면적		
				계	논	밭
1993	11,493	9,162	2,331	1.31	1.05	0.26
1994	11,460	9,132	2,328	1.34	1.06	0.28
1995	11,199	7,615	3,584	1.40	0.95	0.45
1996	11,095	7,796	3,299	1.40	0.98	0.42
1997	11,004	7,784	3,220	1.40	0.99	0.41

나. 축산업

본 지구의 축산업 현황은 한우사육 3,096 농가 17,345두로 사육농가당 5.6마리, 돼지는 60농가 7,945두로 농가당 132.4마리, 닭 36가구 815,200수로 농가당 22,644수, 산양 1,114농가 10,488두로 농가당 9.4마리를 사육하고 있다.

한우, 돼지, 산양은 구림면에서, 닭은 쌍치면에서 가장 많이 사육되고 있다.

<표 2-6> 축산 현황

구분	한 우		돼 지		개		닭		산 양	
	사육 가구	마리 수	사육 가구	마리수	사육 가구	마리수	사육 가구	마리수	사육 가구	마리수
계	3,096	17,345	60	7,945	3,935	12,734	36	815,200	1,114	10,488
순 창	146	904	17	965	526	1,347	2	210,000	20	311
인 계	232	1,377	7	1,415	281	1,074	3	60,200	113	390
동 계	327	1,647	7	1,121	378	1,536	6	149,800	150	1,116
적 성	145	789	3	130	398	911	8	15,900	156	620
유 등	159	950	3	422	276	809	5	240,100	52	192
풍 산	289	1,133	9	1,191	309	840	-	-	65	964
금 과	272	1,216	3	456	335	869	2	200	125	1,125
팔 덕	265	1,680	3	286	250	651	1	20,300	63	481
복 흥	346	1,761	4	171	383	1,267	1	10,000	47	413
쌍 치	372	1,511	1	11	409	1,595	6	70,100	90	1,617
구 립	543	4,377	3	1,777	390	1,835	2	38,600	233	3,259

다. 임업

본 지구의 임야면적은 33,115ha로서 이중 국유림 2,186ha, 공유림 1,107ha, 사유림 29,822ha로 사유림이 전체 산림의 90.0%를 차지하고 있다.

입목별 면적은 총 임야면적 중 입목지가 31,896ha로 96.3%이며 입목지 중 침엽수 면적이 18,207ha로 전체 면적의 57.0%를 차지한다.

〈표 2-7〉 임상별 임야 면적

〈단위 : ha〉

구분	계	입 목 지					무입목지
		계	침엽수	활엽수	혼합림	죽림	
계	33,115	31,896	18,207	9,987	3,598	104	1,219
순창	1,022	968	554	304	107	3	54
인계	2,404	2,263	1,308	697	253	5	141
동계	4,085	3,937	2,079	1,454	401	3	148
적성	1,952	1,890	1,072	598	215	5	62
유등	776	697	413	201	72	11	79
풍산	1,428	1,363	808	398	143	14	65
금과	1,322	1,289	697	411	144	37	33
팔덕	2,690	2,595	1,546	801	236	12	95
복흥	5,279	5,117	2,889	1,482	740	6	162
쌍치	5,861	5,661	3,314	1,665	679	3	200
구림	6,296	6,116	3,527	1,976	608	5	180

라. 광업

본 지구에는 29개소의 비금속 광구중 현재 4곳이 가동중에 있으나 민간주도로 생산이 이루어지기 때문에 뚜렷한 생산량 결과가 없다.

〈표 2-8〉 광업현황

구 분	계	비 금 속 광		
		계	가 행	비 가 행
계	29	29	4	25
인 계	2	2	-	2
동 계	11	11	2	9
적 성	3	3	-	3
유 등	2	2	-	2
풍 산	3	3	1	2
팔 덕	6	6	1	5
복 흥	1	1	-	1
구 립	1	1	-	1

마. 공업

공업은 대규모의 사업체는 없고 현재 56개의 공장이 가동중이나 대부분 규모가 영세하며 그 현황은 다음과 같다.

〈표 2-9〉 공업현황

구 분	공 장 수	종업원수	비 고
계	56	814	
순 창	24	482	식료품 15, 기타9
인 계	3	9	섬유2, 기타 1
동 계	5	55	식료품 4, 기타 1
적 성	1	4	기타 1
유 등	2	12	기타 2
풍 산	11	98	식료품 4, 기타 7
금 과	2	-	기타 2
팔 덕	3	75	기타 3
복 흥	2	42	기타 2
쌍 치	2	27	기타 2
구 립	1	10	기타 1

2-3 수문기상

본 조사지역의 기후는 겨울철은 시베리아 대륙으로부터 건조한 대륙성 한대기단인 북서 계절풍의 영향으로 춥고 건조하며 여름철은 북태평양 고기압의 영향으로 고온다습한 기후를 나타낸다.

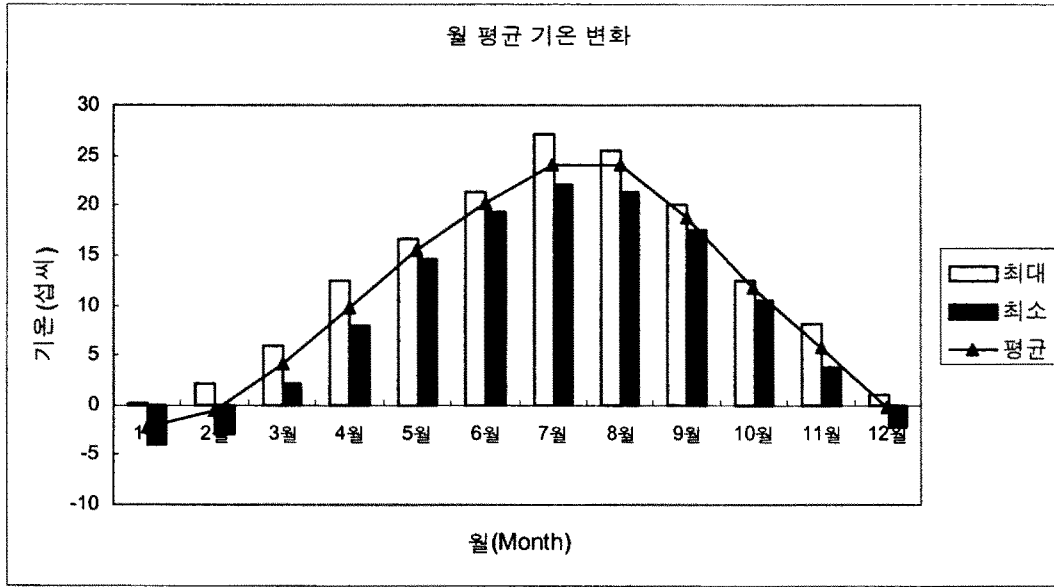
2-3-1. 기 온

본 지구의 기온변화를 보면 최근 10년간의 년평균기온('88~'97)은 <표2-10> 에서와 같이 순차 11.0℃를 나타내고 있으며 일반적으로 12, 1, 2월은 영하의 기온분포를 나타내고 그 외는 영상의 기온을 보이고 있다.

월평균 기온분포는 <표 2-10> 에서와 같이 다양한 변화를 나타내고 있다. 즉 12월부터 3월 사이는 0℃내외에 분포하고 4월에서 7월 사이는 22.1℃~27.1℃까지 계속 증가하다가 8월부터 월평균 약 6℃ 하강하기 시작하여 익년 1월까지 하강을 계속하는 특징을 나타낸다. 본 지구는 겨울철인 12~2월의 평균기온이 순차 -2.3~-0.2℃의 분포를 보이며 여름철인 7~8월의 예년 평균기온은 순차 24.1℃의 기온분포를 보인다.

<표 2-10> 연도별 월별 온도분포(1988~1997,10개년)

월 년	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
'88	-2.1	-2.1	2.8	9.5	16.1	21.1	24.6	24.1	19.1	12.5	3.7	-0.7	10.7
'89	0.1	1.3	4.2	12.1	16.6	19.3	23.4	23.7	19.3	11.0	5.9	-0.7	11.3
'90	-2.9	2.2	5.6	9.8	15.3	20.9	25.1	25.5	20.0	12.5	8.1	0	11.8
'91	-2.1	-2.0	4.4	10.6	16.0	21.4	24.0	23.6	19.5	11.2	4.4	1.1	11.0
'92	-0.4	-0.4	5.9	10.4	14.7	19.1	24.1	23.9	18.8	11.4	4.5	0.9	11.0
'93	-3.1	-0.1	3.5	9.6	15.7	20.3	22.1	21.3	18.3	10.5	7.0	-0.6	10.3
'94	-2.8	-0.6	2.2	12.5	16.0	20.2	27.1	25.4	18.1	12.2	7.2	-0.7	11.4
'95	-3.1	-1.2	4.4	9.4	14.7	19.7	23.4	24.7	17.5	12.4	3.9	-2.3	10.2
'96	-2.6	-3.0	3.0	7.9	15.5	20.4	23.6	24.4	19.0	11.9	5.4	-1.3	10.3
'97	-4.0	-0.6	5.1	10.4	15.8	20.7	23.8	24.2	18.1	10.9	7.2	0.6	11.0
평균	-2.3	-0.6	4.1	9.8	15.6	20.3	24.1	24.1	18.8	11.7	5.7	-0.2	11.0



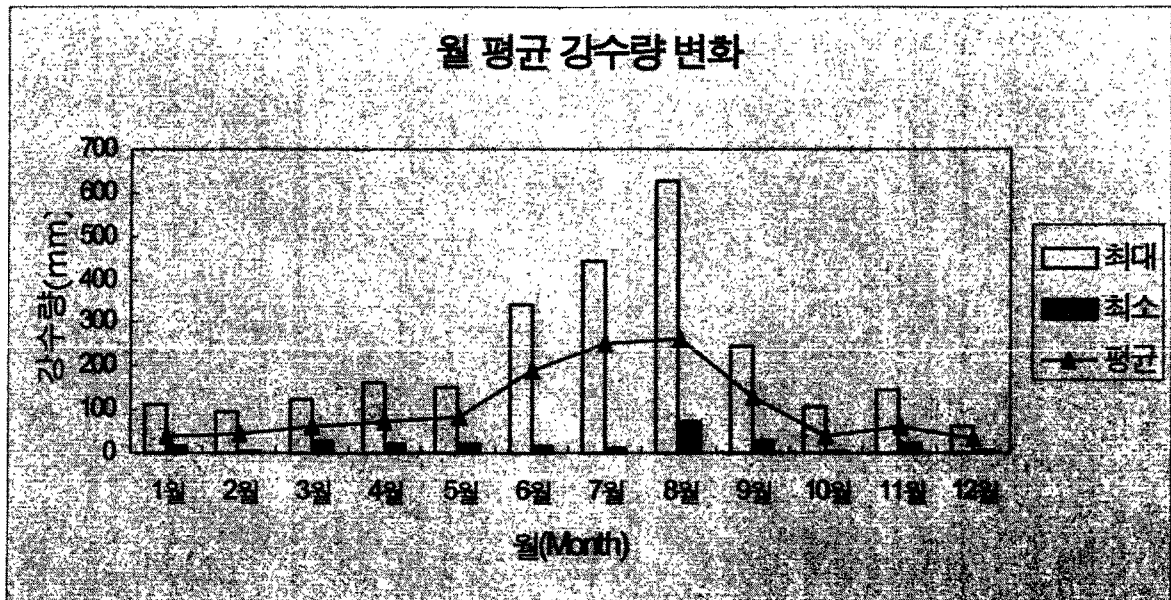
<그림 2-1 > 기온변화도

2-3-2. 강수량

조사구역내에는 측후소가 없으며 인접한 임실 측후소의 관측결과에 의하면 '88~'97년의 10개년간의 평균강수량은 1,205.9mm로 계절별로는 건기와 우기가 뚜렷하게 구분된다. 연강수량은 여름철에 집중되는데 7, 8월 2개월은 월평균 강수량이 200mm를 초과하는 반면 12월부터 2월까지의 강수량이 50mm에 이르지 못한다.

<표 2-11> 연도별 월별 강수량 분포(1993~1997, 5개년)

월 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
'88	25.8	7.6	45.5	58.8	104.1	72.4	257.5	74.1	58.6	8.6	30.4	27.5	770.9
'89	110.5	94.4	90.3	62.2	23.0	193.7	443.0	253.2	212.1	30.2	81.3	14.5	1,608.4
'90	61.1	95.3	61.0	96.6	91.7	343.6	319.2	254.2	238.6	7.9	60.2	47.7	1,677.1
'91	28.0	55.9	84.9	114.0	45.3	247.3	420.7	221.9	117.5	5.0	22.9	44.8	1,408.2
'92	19.2	26.0	50.6	88.7	53.3	14.8	231.2	227.9	217.2	35.5	37.1	54.6	1,056.1
'93	18.4	56.5	49.6	20.1	116.5	256.8	261.5	305.0	118.0	62.0	71.1	22.7	1,358.2
'94	29.7	28.4	33.5	27.5	93.0	81.5	13.0	189.5	41.5	104.5	23.5	18.5	684.1
'95	30.6	23.6	29.2	59.5	76.0	37.5	96.0	349.0	84.5	22.0	28.3	13.9	850.1
'96	27.5	11.5	120.5	42.0	66.0	323.5	172.0	144.0	29.0	74.0	121.3	38.6	1,169.9
'97	25.7	59.3	51.5	62.0	150.5	240.0	377.0	235.5	58.5	10.5	146.8	58.9	1,476.2
평균	37.6	45.8	61.6	63.1	81.9	181.1	259.1	225.4	117.5	36.0	62.2	34.1	1,205.9



< 그림 2-2 > 강수량변화도

2-3-3. 증발산량

증발산량은 토양의 함수량을 연속적으로 측정함으로써 계산할 수 있으나 매우 좁은 범위에 적용할 수 있을 뿐 광역적인 유역 전체에 적용할 수 있는 계측방법은 확립되어 있지 않다. 따라서 물이 무한대로 공급되는 조건에서 수면증발 또는 식물이 발산할 수 있는 능력인 잠재 증발산량을 사용하여 실제 증발산량을 계산하며, 이는 보통 Turc공식, Thornthwaite공식, Penman공식 등으로 추산하거나 증발접시등 계기를 사용하여 측정한다.

강수에 의해 저류대로 유입되는 양의 상당부분은 수면으로부터의 증발(Evaporation)과 식물로부터의 발산(Transpiration)에 의해 다시 대기 중으로 환원되기 때문에 물의 순환과정에서 이의 분석은 중요하다.

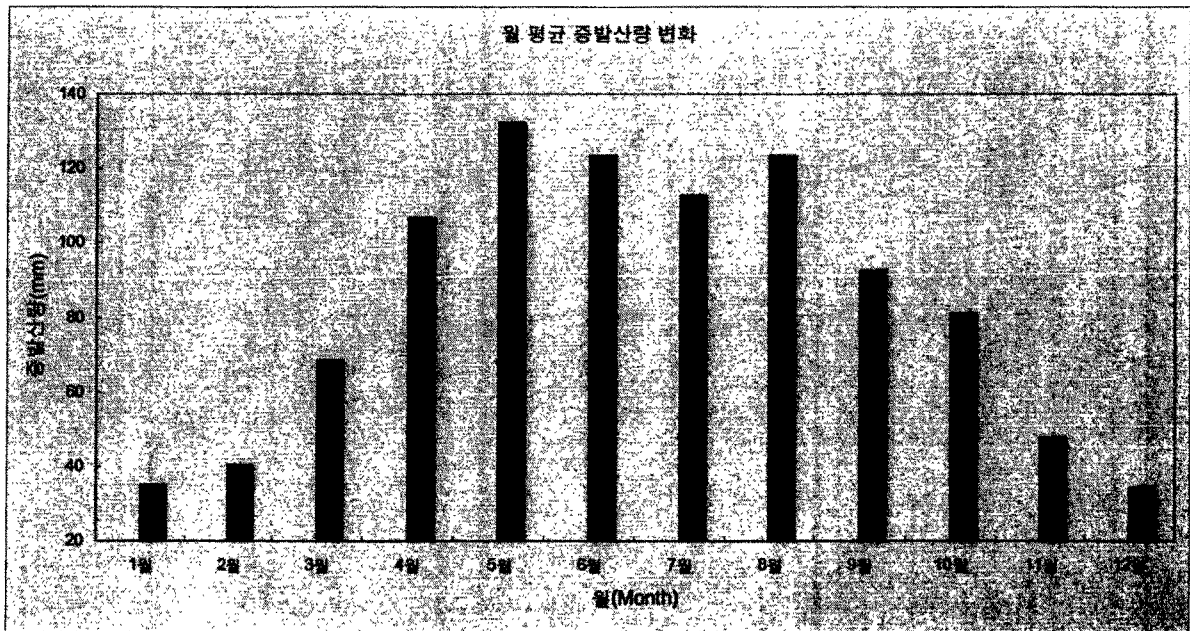
증발산량 계산은 증발접시에서 자유수면으로부터의 직접적인 증발산량 측정 및 Turc공식 등에 의하여 계산되어 진다. Turc공식에 의한 증발산량 계산은 토양에 포함되어 있는 수분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로 본 조사지역 내 평균기온과 강우량은 임실, 장수관측소에서 측정된 기상자료를 이용하였다.

계기측량에 의한 계측은 임실지역은 1990년까지 이루어져 있으며 계측에 의한 증발산량은 1,000.9mm 이다.

〈표 2-12〉 월평균 증발산량

(단위: mm)

월 별	임 실 ('81~90)
계	1000.9
1	35.2
2	40.2
3	68.6
4	106.6
5	132.1
6	123.3
7	112.9
8	123.2
9	92.6
10	80.9
11	47.7
12	47.6



〈그림 2-3〉 증발산량 변화도

임실관측소의 월평균 증발량은 5~6월 기간중 최대치를 보이며 7월에는 전월에 비하여 증발량이 다소 떨어지는 경향을 보이는데 이것은 우기의 영향인 것으로 판단된다.

조사지역의 월 평균 강우량과 월평균 증발산량을 비교하면 우기인 6~9월 사이에는 강우량이 증발산량보다 높으나 나머지 기간에서는 증발산량이 강우량을 상회한다.

<표 2-13> 연간 증발산량 비교

(단위 : mm)

년 도	계기 측량 증발산량	Turc공식에 의한 증발산량
81	953.1	-
82	931.4	-
83	953.6	-
84	1068.9	-
85	984.4	-
86	981.0	-
87	1014.3	-
88	1107.3	503.02
89	1075.2	601.67
90	986.7	609.86
91	-	572.30
92	-	555.20
93	-	550.94
94	-	490.17
95	-	533.12
96	-	533.69
97	-	586.771
평 균	1000.9	553.67

3. 수문지질조사

3-1. 지형 및 지질

3-1-1. 지형

본 지구의 지형과 지질은 순창군을 포함하는 지형도, 지질도, 원격탐사 자료와 기존 수맥조사 보고서를 참조하여 현지조사를 시행하였으며 국지적인 정밀조사에 치중하기보다 광역적 개념으로 지형과 지질을 파악하였다. 본 조사지역의 지형은 많은 부분이 산지로 이루어져 평야부의 발달은 미약하다. 이 지역은 노령산맥의 남부에 해당되는 곳으로서 지형적으로 험준한 북서부와 낮은 남동부로 크게 양분된다. 이와 같이 지형상 양분되는 두 구역은 지질로 보아도 뚜렷이 대조적인 양상을 보여주고 있다. 본 지역의 서북반부는 노령산맥의 남부를 이루는 회문산(839m), 여분산(774m), 용화봉(576m) 등의 높은 산들이 북동-남서방향으로 고지대를 형성하고 있다. 이 지역의 수계는 크게 추령천과 구림천 두곳으로 나눌수 있으며 이 하천들은 북동류하여 섬진강으로 유입된다.

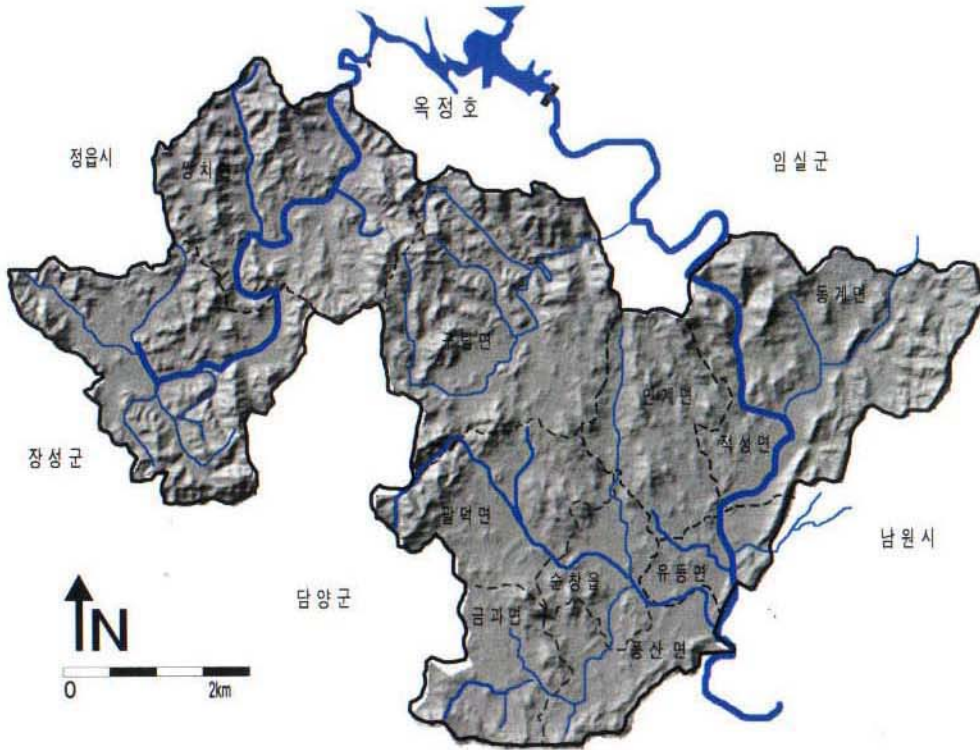
동남반부 평야지의 해발고도는 80-90m로서 산악지와는 고저차는 100-300m 이다. 수계는 수지상을 이루며 남동류하여 이 지역의 동부를 남서류하는 섬진강에 유입된다. 섬진강은 조사지역 북부에서 오수천과 합류하여 조사지역 남부에서 넓은 충적평야를 사행하며 흐른다. 이 강은 상류에서 섬진강댐으로 인하여 정읍쪽으로 유로가 변경되어 발전에 이용되고 있어 수량은 많지 않다.

3-1-2. 지질

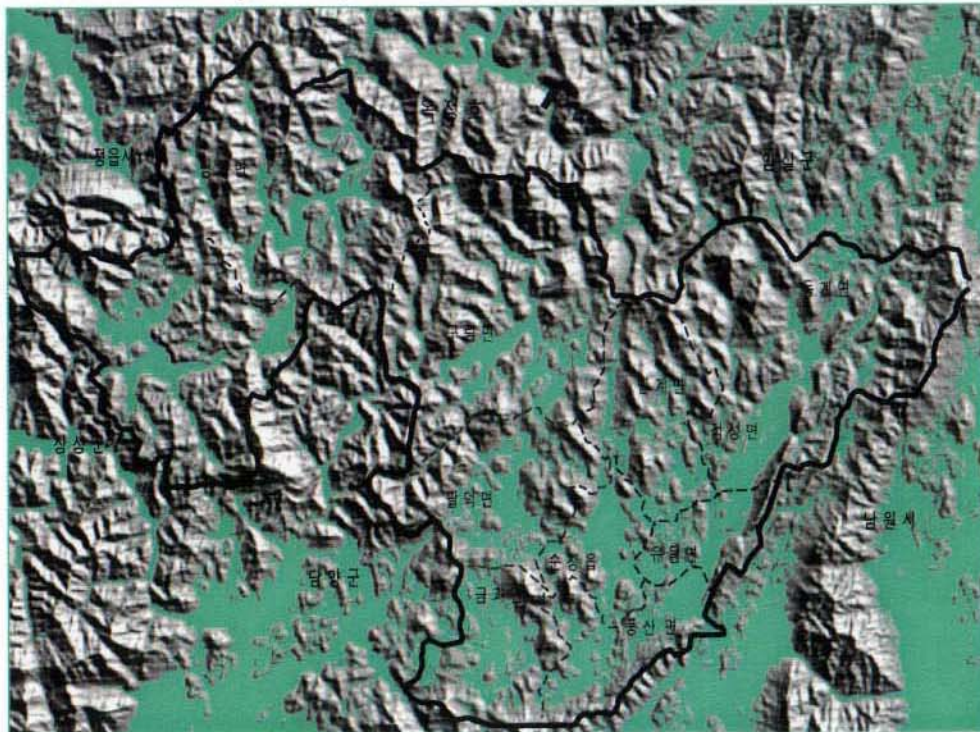
본 지역의 지질은 시대미상의 변성퇴적암류와 이를 관입한 화성암류 및 백악기 분출암류로 대별된다. 이들 암류의 분포를 살펴보면 변성퇴적암류는 이 지역의 동남부에, 편리상화강암을 주로하는 화성암류는 중앙부에, 그리고 분출암류는 서북부에 각각 대략 N30° E 방향으로 분포하고 있다.

변성퇴적암류는 본지역내 분포하는 최고기의 암류로서 하부로부터 편암류, 설옥리층의 순서로 위치한다. 이들 암류는 화강암류에 의하여 관입되어 있고 중앙

Surfacewater Flow System In Sunchang site

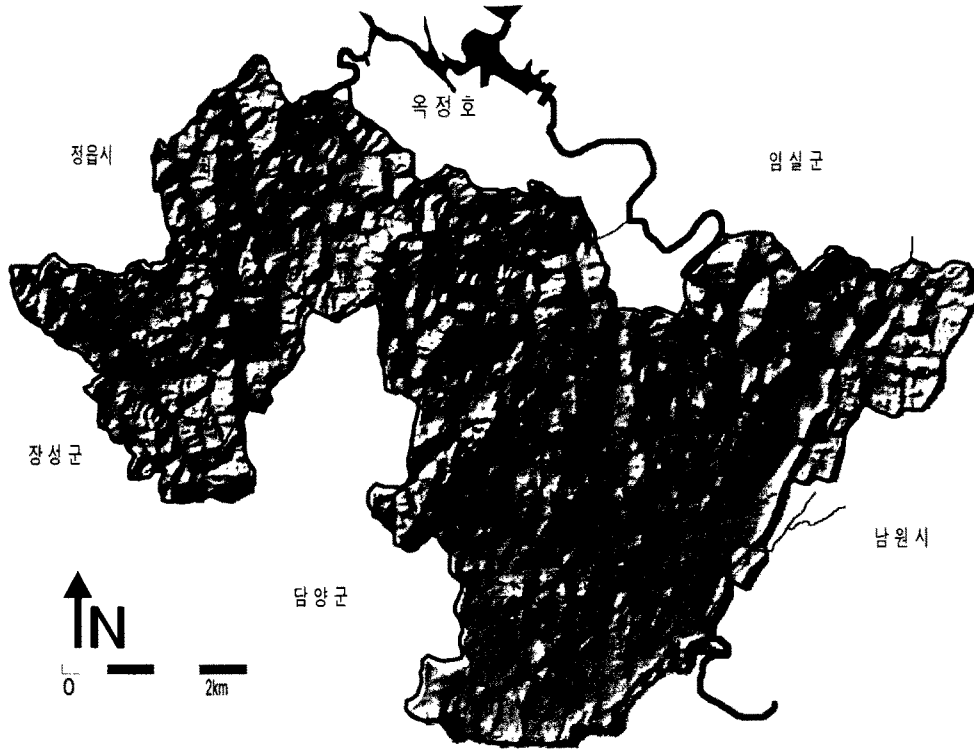


Groundwater Recharge Area By Dem- Water slop Processing

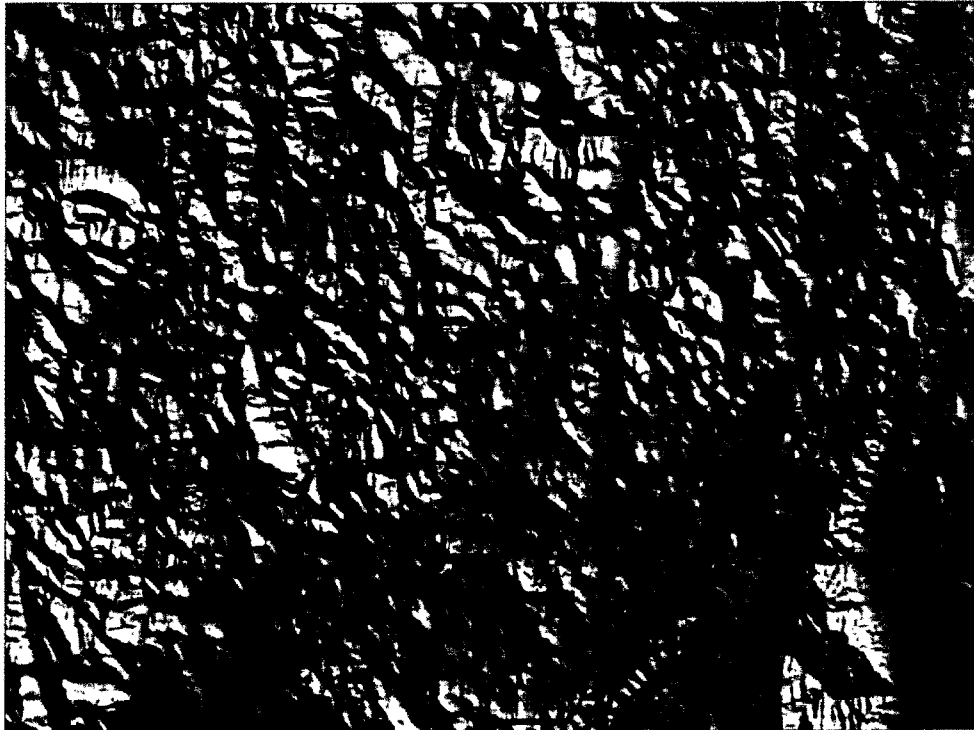


<그림 3-2> 순창군 수계망도(상), 충적층 집수구역도(하)

Surfacewater Flow System In Sunchang site

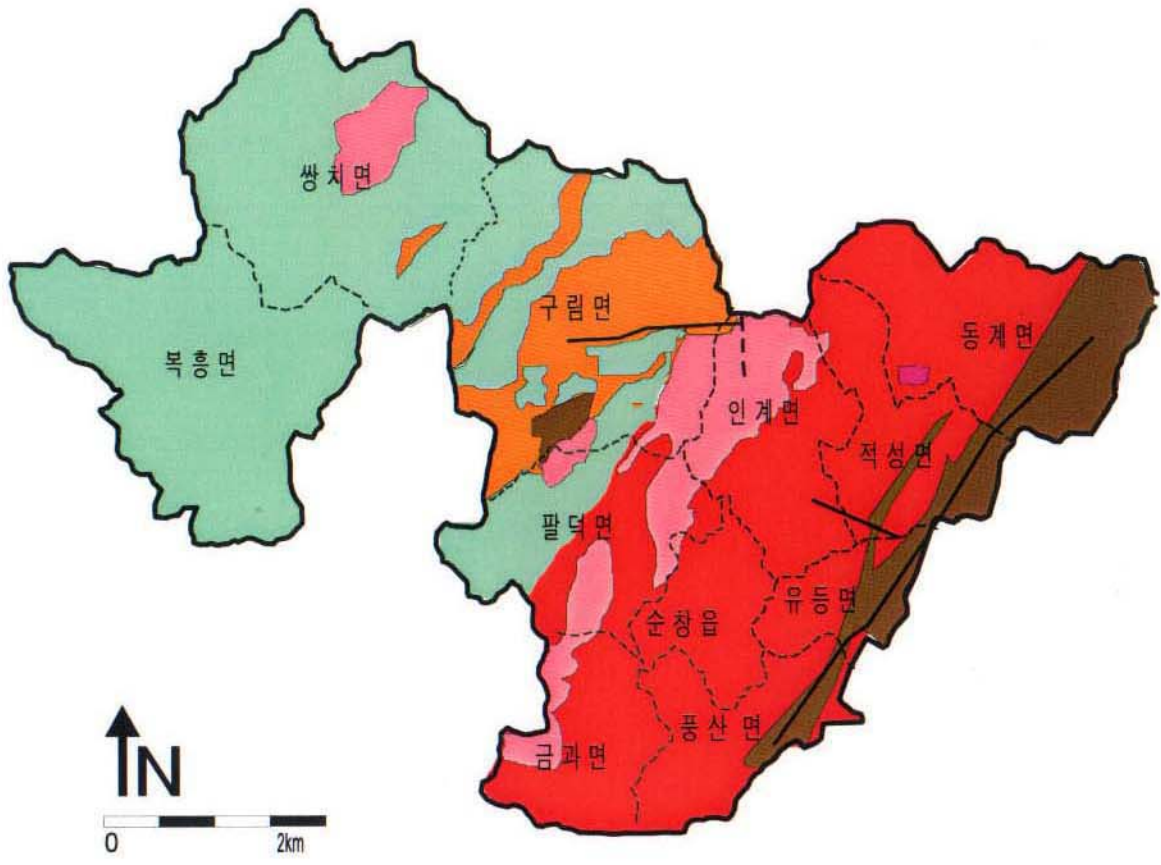


Groundwater Recharge Area By Dem- Water slop Processing










<그림 3-2> 순창군 수계망도(상), 총적층 집수구역도(하)

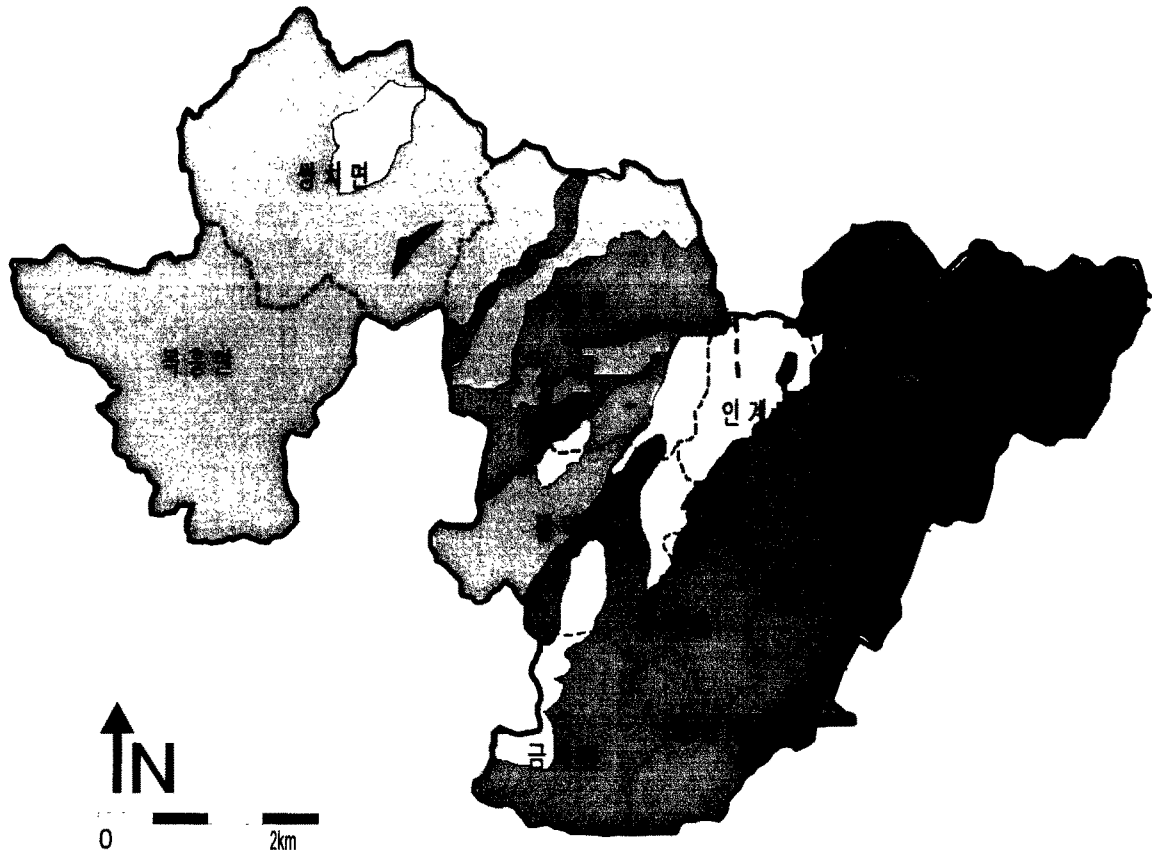
여 백










LEGEND

	선 캠프리아 편마암류		단층선
	쥬라기 화강암류		단층 추정선
	백악기 경상층군		
	백악기 불국사 화강암류		
	백악기 화산암류		

<그림 3-3> 지질계통도



LEGEND

	선 캠프리아 편마암류		단층선
	쥬라기 화강암류		단층 추정선
	백악기 경상층군		
	백악기 불국사 화강암류		
	백악기 화산암류		

<그림 3-3> 지질계통도

여 백

화강암대의 서측에 일부 분포하는 편암은 분출암류에 의하여 부정합으로 덮혀 있다. 중앙부에 위치한 화강암류의 암석들은 고기의 편리상 분출암류와 이를 관입한 반려암, 섬록암 및 화성암류로 구성되어 있다.

이 지역의 지질구조를 대표하는 가장 중요한 방향성은 N30° E이다. 이는 백악기 화산활동 이전의 조산운동을 야기한 방향에 해당된다. 동남 변성퇴적암대와 중앙 화강암대는 방향이 많은 변위를 받았으며 서북부에 위치한 분출암류도 이 방향의 조산운동으로 변위된 후에 분출하였다. 이 외에 N50° W계, NS계, EW계는 NE계가 변위받은 것과 함께 화산활동 이후의 것이다.

조사지역의 지질계통과 각 분포 암석에 대한 각론은 다음과 같다.

제 4 기	홍적 및 충적층	
	~ 부정합 ~	
	암 맥 류	
	- 관 입 -	시 대 미 상
백 악 기	청홍리층군	
	~ 부정합 ~	관 입 암 류
	강선사층군	- 관 입 -
	~ 부정합 ~	편상화강암류
	무 이 산 층	- 관 입 -
	~ 부정합 ~	설 옥 리 층
	천 담 리 층	용 암 산 층
	~ 부정합 ~	
중생대	변 성 화 강 암	
선캠브리아기	편 마 암 류	

가. 편마암류

편마암류는 본지역에서는 최고기에 속하는 암류로서 중앙부 화강암대의 동측과 서측에 분포한다. 동측에서는 층서상 상위에 용암산층이 놓이나 양자의 관계는 본조사지역내에서는 미상이다. 한편 중앙부 화강암대 서측에 분포하는 편마암류는 백악기의 분출암류에 의하여 부정합으로 덮혀있다. 편마암류의 엽상구조는

중앙부의 화강암대 동측에서는 N25° ~50° E에 45° ~60° SE로 경사하나 서측에서는 N30° ~60° E의 주향에 35° ~60° NW로 경사한다. 이는 거의 같은 주향의 축을 갖는 배사구조에 기인하는 것이다.

편마암류는 암상으로 보아 화강편마암, 메타텍틱편마암, 혼성화강암질편마암으로 분류된다. 이들은 서로 점이적인 관계를 가지며 특히 순창편상화강암에 의하여 동화된 곳이 많다.

나. 용암산층

용암산층은 도폭의 NE-SW의 방향으로 북으로는 남원으로 계속 연장되어 가며 주로 규암으로 구성되어있다.

이 층은 혼성화강암질편마암의 상부에 놓이며 설옥리층에 의하여 덮힌다. 하부의 편마암과의 관계는 이 도폭내에서는 명확치 않으나 시대적인 분포지인 남부의 창평, 구례도폭에서는 점이적인 관계를 갖는다고 한다. 이 층은 한내리 사이에서 삼오리편상화강암에 의하여 관입되고 적성교 동쪽에서는 염기성암맥에 의하여 관입 절단되고 있다. 적성교에서 편마암과의 접촉부 가까이에는 많은 규장질암맥들이 관입하고 있다.

이층의 주향은 N20° E에 50° ~60° SE로 경사하나 남쪽에서는 N30° E를 축으로 하여 굴곡한다. 북쪽의 남방에서는 주향이 N5° ~10° E에 65° ~85° SE 또는 NW로 급하게 우회한다. 층후는 250~40m로 나타나며 분포지역의 중앙부가 비교적 두텁고 북부와 남부로 가며 점차로 좁아지고 있다.

암석은 주로 백색의 규암으로 구성되나 분포지의 중앙부에는 석영-견운모편암층이 일부 혼재하는 곳도 있다.

다. 설옥리층

설옥리층은 무이산층을 정합으로 피복한 편암류로 구성된 지층이다. 이 지층은 조사지역에서는 동남 변성퇴적암대 내에 한하여 분포할 뿐이나 창평도폭을 비롯한 남부지역에 일부 분포한다고 한다. 이 지역내에서의 도식적인 분포지는 월출산동사면에 이르는 지질대이다. 이층은 분포지역의 서부와 중간부에서 삼오리편상화강암에 의하여 관입되고 동부에서는 화강편마암에 의하여 각각 관입되고 있다. 습곡과 단층으로 반전과 절단을 거듭하여 층서는 추정키 어렵다. 편리나 엽상

구조는 대체로 주향이 N20° ~30° E에 55° ~85° SE로 경사한다. 마계부락 동남부에서는 경사가 반대되나 이는 습곡과 함께 단층으로 교란된 때문이다.

이층은 편암류와 함께 천매암, 규암, 돌로마이트, 석회암, 점판암 및 편마암 등으로 구성되어 있다. 암상으로 보아 도폭내에서는 하위로부터 상위로 가며 대체로 천매암대, 편암대 및 편마암대로 삼분된다.

라. 편상화강암류

편상화강암류는 도폭 중앙부의 대부분과 남동부에 일부 분포한다. 이 암류는 편마암류와 그 상부에 놓이는 변성퇴적암층을 관입하고 흑운모화강암을 주로하는 후기의 관입암류에 의하여 관입되고 있다. 이 암류와 편마암류가 접촉하는 곳에서는 동화작용이 현저하게 보이며 점이적인 접촉관계를 갖는 곳이 많다. 편상화강암류에는 편상구조와 함께 일부 안구상구조가 현저하여 편마암으로 호칭하여야 타당할 곳도 많다. 편상화강암류는 삼오리편상화강암 및 화강편마암으로 삼분된다. 편상화강암류중 대표적인 것은 순창편상화강암이다. 삼오리편상화강암은 우백질이며 페그마틱한 것이 특징이고 주입형의 관입을 한 곳이 많다. 화강편마암은 반상 결정조직이 뚜렷하여 특징이 된다.

마. 관입암류

여기서 관입암류라 함은 변질을 받지 않은 심성암류의 일종으로 암맥류는 포함하지 않는다. 이들 관입암류의 정확한 관입시기나 각 암류 상호간의 관입시기는 분명치 않다. 다만 편상화강암류를 관입하고 백악기의 분출암류에 덮히는 것만이 확실할 뿐이다. 관입암류에는 반려암, 섬록암, 흑운모화강암 및 창덕리우백질화강암이 있다. 관입암류가 존재하는 구조는 연약대를 따라 분포하는 경우가 많으므로 파쇄대에 의한 대수층의 부존에 비교적 양호한 지질구조이다.

바. 중생대층

중생대층은 편마암류와 함께 편상화강암 및 관입암류를 부정합으로 덮는 백악기의 지층이다. 유문암질응회암류, 유문암류 및 안산암류 등의 분출암류를 주로 하고, 사암등의 퇴적암층이 존재한다.

사. 맥암류

문상반암은 구림면 울북리에서 지역에 한하여 암맥으로 관입하고 있다. 이 암맥의 분포지역은 백악기화산암류의 기저를 이루는 화강질편마암, 흑운모화강암과 함께 화산암류의 하부에 속하는 무이산층의 분포지역에 한한다. 문상반암은 홍색을 띠우며 장석과 각섬석의 결정을 갖는다.

애플라이트는 도폭의 북북서부의 금창리 부근에 비교적 넓게 분포한다. 암상은 홍색을 띠며 세립질이다. 장석의 색은 모두 홍색을 띠운다.

기타 맥암에는 염기성 및 중성암맥, 석영반암 및 기타 산성암맥, 페그마타이트 및 석영맥이 있다.

아. 제4기층

제4기층은 고기하성층과 신고기하성층으로 구성되어있다. 순창군 지역의 층적층은 상술한 모든 지층을 부정합으로 피복하며 화강암류와 변성암류의 분포지역에 비교적 평행하게 분포하고 있고 중생대화산암류 분포지역에는 큰 계곡에 접한 일부지역에만 국한된다. 그 구성은 주로 자갈, 모래, 실트등으로 구성되며 주로 농경지로 많이 이용되고 있다.

고기하성층의 분포지는 조사지역 남동부 가까이 한내리부근과 대강면 소재지 동쪽의 저지대이다. 한내리 부근에는 평야의 전답지보다 10~20m 높은 사력층이 형성되어있다.

3-2. 물리탐사

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 수행되어진다. 지하수탐사의 경우에는 현장지질조사와 항공사진자료 또는 위성사진자료를 수집하여 전반적인 지질학적 환경을 파악하고 이를 바탕으로 지하수부존과 관련된 요소들의 정보를 축적한다. 특히 변성암이나 화성암등의 결정질 암석으로 이루어진 지질환경에서는 단층, 파쇄대 등의 선구조가 지하수부존과 관련된 가장 중요한 지질요소가 된다. 1차탐사는 1단계 조사자료를 바탕으로 넓은 지역에서 선구조 위치와 분포상태등 지하구조대 발달상태를 객관적으로 확인·조사할 수 있는 원격탐사가 사용될 수 있으며 광역적인 지역을 신속하고 경제적으로 조사할수있는 탐사방법이 된다. 1차탐사 결과 선구조 또는 이상대가 발견되면 이들을 확인하고 보다 구체적인 구조와 상태, 그리고 지하수부존 가능성을 밝히기 위해서 집중적이고 정밀한 2차 탐사법인 쌍극자탐사, 수직탐사 등이 널리 사용되어지고 있다.

본 지구에서 물리탐사는 수문지질도 작성과 지하수 확보를 위하여

- (1) 지표지질조사, 광역물리탐사자료, 원격탐사자료 등에서 예측된 구조선의 확인
- (2) 지하수 충전량 계산을 위한 퇴적층후 파악
- (3) 조사공, 관측공 등의 시추위치 선정 등에 그 목적이 있다.

본 조사에서 적용한 물리탐사는 원격탐사 및 파쇄대, 단층, 암상경계 등을 규명하는데 신속하고 효과적인 쌍극자배열전기비저항탐사를 이용하였다. 조사지역 내에서의 탐사는 축선 연장 500m, 전극간격 25m, 전극전개수 10개로 하여 15개 축선을 배열 실시하였다.

3-2-1. 원격탐사

원격탐사 (remote sensing)란 멀리 떨어져 있는 대상물을 관측하는 기술로서 측정하고자 하는 목표물에 직접 접촉하지 않고 목표물에서 복사되어 나오는 전자파를 감지하여 그 물리적 성질을 측정하는 것이다.

대상물로부터의 정보수집에는 대상물로부터 반사 (reflection) 또는 복사

(radiation)되는 전자파가 주로 이용되고 있다. 이외에 중력과 자력도 수단으로 사용되는 경우가 있는데 이는 넓은 의미에서 원격탐사에 포함된다. 대상물로부터 반사 또는 복사되는 전자파 등을 수신하는 장치를 리모트 센서라 하고 카메라와 스캐너 등이 여기에 해당한다. 그리고 이런 센서를 탑재하는 이동체를 플랫폼이라 하는데 항공기와 인공위성 등이 있다. 리모트 센싱이라는 용어는 1960년대 미국에서 만들어진 기술용어로, 이전에 사용되고 있던 사진측량, 사진판독, 사진지질 등을 종합하는 의미로 사용되기 시작하였다. 특히 이 용어는 1972년 최초의 지구 관측 위성 Landsat이 발사된 후부터 급속도로 보급되었다.

리모트 센싱에 의해 지표의 대상물과 현상을 판독, 해석할 수 있는 것은 “모든 물체는 종류와 환경조건이 다르면 서로 다른 전자파를 반사 혹은 복사하는 특성을 가지고 있다” 라는 물체의 전자파 특성에 기초하고있다. 즉 원격 탐사란 물체에서 반사 혹은 복사되는 전자파의 고유성에 착안해서 전자파로 관측된 물체를 식별하거나 그것이 놓여진 환경조건을 파악하는 기술이라고도 말할 수 있다.

순창군 일대에 대한 인공위성 선구조 분석은 금번 조사에서는 Landsat과 DEM 자료를 이용하여 순창일대 수문관찰 인자에 대한 식생도, 토지이용도, 습윤도 등을 추가 조사하였다.

가. 탐사에 사용되는 위성

센서를 탑재하고 우주공간에서 지구를 관측하는 인공위성을 원격 탐사위성 또는 지구관측위성이라 하고, 인공위성은 자료수집의 목적에 따라 <표 3-1>과 같이 나누어진다.

<표 3-1> 위성종류별 영상자료

구 분	Landsat		Spot		Ladarsat	비 고
	T.M.	M.S.S	Panch-romatic	Multi-spectral	SAR	
국적	미국		프랑스		캐나다	
밴드수	7	4	1	3		
전자파 영역	0.42~2.35	0.5~1.0	0.5~0.72	0.5~0.9	meiro-wave영역	단위 : μm
해상도	28.5×28.5	57×78.5 또는 78.5×78.5	10×10	20×20	8.4×8.4 ~ 73.5×47.8	단위 : m
위성종류	Landsat 5		Spot 1,2		Ladarsat	

암석은 침식·풍화에 의하여 그 자체적인 특징을 갖기 때문에 서로 다른 암석이 접하는 경계부나 지질구조적인 현상이 있는 부분에서는 지형적 변화현상이 나타난다. 이러한 현상은 인공위성에 의하여 만들어진 위성영상 자료를 가지고 전파영역별 구분으로 나누어 분석{밴드 4 (0.70~0.90 μm)와 밴드 7 (2.08~2.35 μm)의 파장대 사용}하면 선구조로 나타나게 된다.

사용된 영상자료는 1997년의 WRS (World Reference System, 세계표준체계)의 Path ; 116, Row ; 35에 해당되는 Landsat TM 위성 영상자료로서 bulk correction된 자료이다.

(1) Landsat 위성

Landsat은 미국이 1972년에 세계에서 최초로 발사한 본격적인 지구관측 위성이며, 그 우수한 관찰능력으로 인공위성에 의한 원격탐사가 비약적으로 발전하는 계기가 되었다.

○ 궤도 요소

Landsat -4,5,6호는 비행고도 705 km, 궤도 경사각 98 °의 태양동기 준회귀궤도를 취하며, 적도 통과시각은 지방(순창)평균시 9:39 A.M.이다. 17일 동안에 지구 전체의 관측을 완료하고, 17일 만에 같은 지점의 상공으로 돌아오게 된다(17일 회귀).

○ 관측기구

다중 스펙트럼 주사계 (Multispectral Scanner System : MSS)와 Thematic Mapper (TM)의 2종류의 기기를 탑재한다. TM은 4호 이후에 탑재되었으며 관측기능은 지표분류, 식생, 지질등 다양하다. 양자 모두 주사경에 의한 기본적인 주사방식을 취하며 MSS의 IFOV는 80 m인데 비해 TM의 IFOV는 열적외선 밴드 6을 제외하고 30 m로 되어 있다. 관측폭은 지상 약 185 km이다. 그리고 6호 이후는 ETM (Enhanced Thematic Mapper)만 탑재되고 IFOV 15 m의 팬크로 밴드가 추가될 예정이다.

○ 자료

MSS, TM의 자료는 신 (Scene)이라는 단위로 구성되어 있으며, 하나의 신은 지상에서 약 185 km×170 km의 넓이이다. 각 신은 위성궤도에서 결정되는 패스번호 (path number)와 중심위도로부터 결정되는 로우번호(row number)에 의해 규정되어진다. 이 시스템은 WRS (World Reference System)라 불리며, CCT상에

서는 1개의 자료단위가 그 센서의 분해능과 거의 같은 넓이의 지상으로부터의 반사회도 강도를 파장대별로 기록하고 있으며, 각 파장대의 강도는 8비트 수치로 나타내고 있다.

○ 자료의 이용

Landsat 관측자료는 현재 세계의 15개 지상국에서 수신되며, 주로 육지의 자원탐사, 환경감시를 위해 널리 이용되고 있다. TM자료는 그 열적외선 밴드를 포함하여 연안지역의 환경감시에도 유효하다. 자료는 세계 각국에서 배포되며, 지구관측 자료로서는 현재 가장 널리 이용되고 있는 자료이다.

나. 기하학적 보정 (Ground Control Point Correction)

선정된 각각의 영상을 동일한 좌표계에 정렬시키기 위한 과정이며, 우선 지형도 등 지상의 실제위치를 알 수 있는 단면을 토대로 하여 기하학적으로 일정한 출력행렬 (output matrix)을 설정한 후 이 출력행렬상의 좌표와 이에 대응하는 영상위의 좌표사이의 관계를 구하여 컴퓨터를 통해 출력순열의 순서에 따라 재배열시키는 것이다. 기하학적 보정 과정은 다음과 같은 몇 개의 주요소 과정으로 나누어 작성하였다

○ 좌표변환

Digitizer평면상의 좌표에 입력된 각 기준점 (GCP)의 위치를 영상위의 좌표 또는 지질도상의 좌표로 변환시킨다. 영상의 직각좌표가 지도상에 옮겨지면 직각이 유지되지 않는 경우가 많아 경사좌표로서의 변환도 가능하도록 작성하였다.

○ 좌표비교

영상자료상의 기준점들의 좌표와 이에 대응하는 지도상의 좌표와의 상관관계를 구하는 과정으로서 최소자승법을 이용하였으며 경우에 따라 대수상관식의 추출도 가능하다.

○ 재구성

기준점 대비를 통하여 얻어진 영상과 출력배열상 대응하는 점의 값을 취하는 과정이다. 이를 위한 방법은 계산된 좌표값과 가장 가까운 화소(pixel;nearest neighbor)의 값을 취하는 방법, 중첩되는 pixel들의 값의 평균값을 취하는 방법 (bilinear interpolation), 그리고 그 주위의 pixel값까지 고려하여 값을 얻는 방법 (cubic convolution)등 크게 3가지로 구분될 수 있으나, 나중의 두 방법은 자료값

의 변질, 과도한 계산소요시간 등으로 인해 처음의 방법이 많이 쓰이는데 본 조사에서도 이 방법을 사용하였다.

다. 위색 칼라 영상

원격탐사 자료를 육안으로 판독할 수 있는 영상으로 나타내기 위한 방법중의 하나로, 7개의 band로 구성된 Landsat TM 영상 자료중에서 3개 band만을 선택하여 이들을 각각 적색 (Red), 녹색 (Green), 청색 (Blue)에 할당시켜 칼라합성시키는 것으로 금번에는 band 4에 적색, band 3에 녹색, band 2에 청색을 할당하여 위색칼라영상을 작성하였다.

이와 같은 칼라합성은 band 1 (blue band)에 청색, band 2에 (green band)에 녹색, band 3 (red band)에 적색을 할당시켜 합성한 Natural Color Composite 영상과는 다른 적외선 사진의 효과를 갖는다. 따라서 적외선 반사도가 큰 식생 분포 지역은 적색을 나타내며 반사도가 매우 낮은 물은 매우 검게 나타난다. 밴드5, 4, 3으로 조합되어진 영상은 7, 5, 3조합의 영상에 비하여 실제 색깔 (nature color)에 더 근접되어 나타나고 있다. 산악지대는 초록색, 도시지역은 분홍색으로 나타나며 주사되어진 시기가 6월이므로 산악지역에서는 짙은 녹색을 보이고 있다.

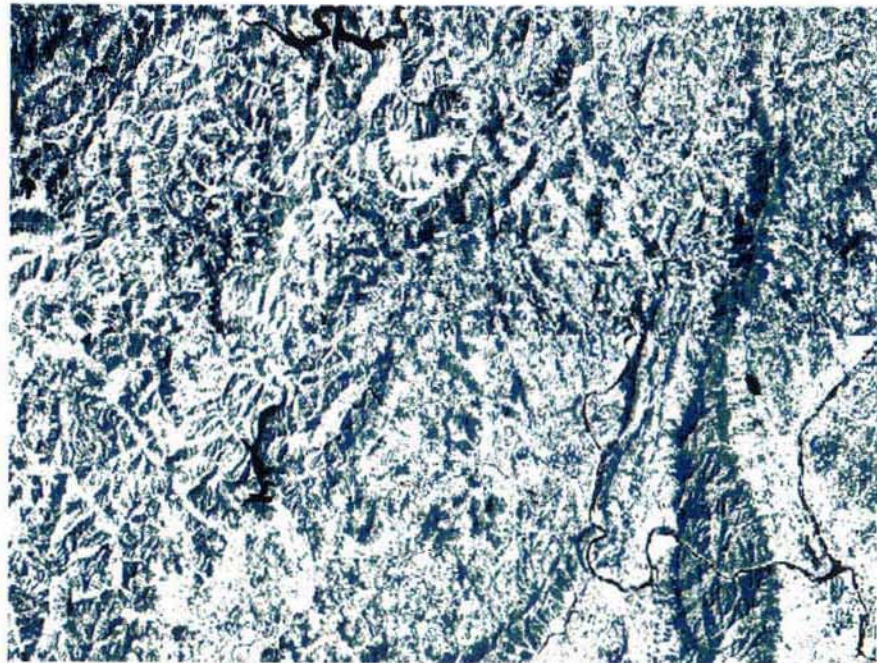
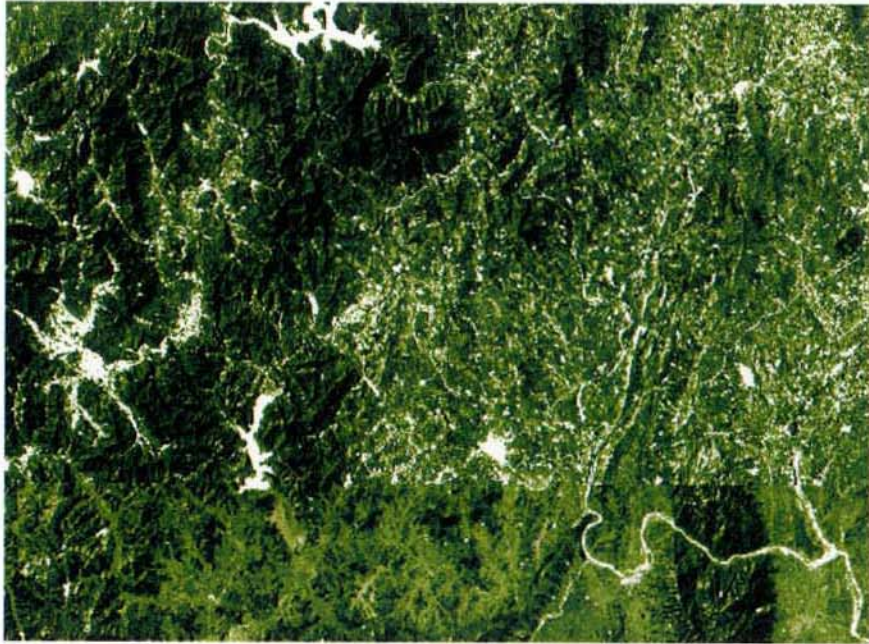
라. 식생지수 (NDVI)

유역에 분포하는 식생의 분포 및 활성화도 (잎의 밀집도) 등은 수분의 지표면 지체시간, 침투 및 배수, 증발산, 보수효과 등 유역의 유출 특성을 좌우하는 주요 인자이다. 그러나 넓은 지역을 대상으로 계절적으로 변화하는 식생의 활성화도, 수종등을 야외조사를 통하여 구하는 것은 시간적으로나 비용면으로 볼 때 매우 많은 문제점이 있다. 이에 따라 최근에 원격탐사자료에서 도출되는 식생지수를 유출 해석에 이용하려는 연구가 진행되고 있다.

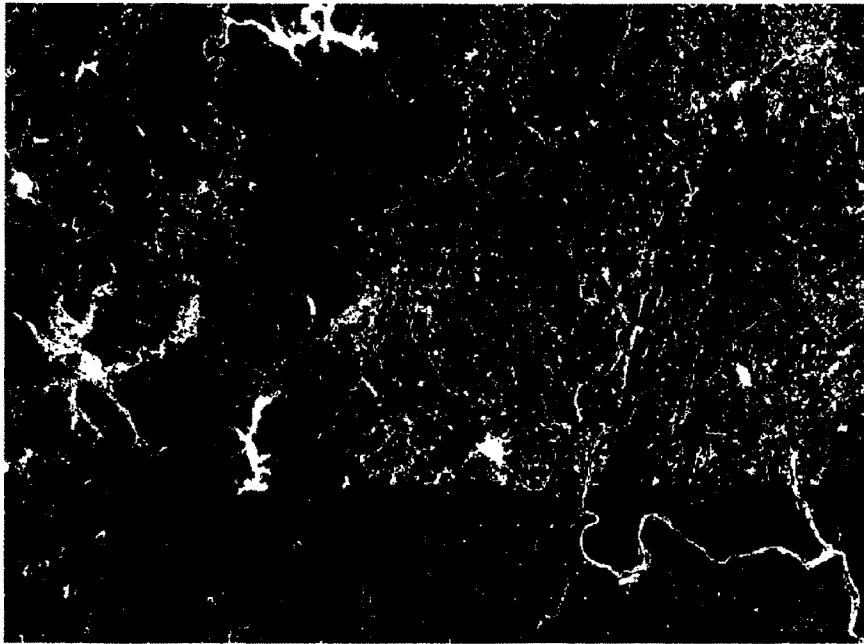
식생지수 도출방법은 여러 가지 알려져 있으나 대부분 식생의 종류보다는 활성화도를 나타낸다.

이번 연구에서는 녹색식물의 반사율이 근적외선 영역 밴드 자료에서는 매우 높고 적색영역 밴드 자료에서는 매우 낮은 현상을 이용한 Ratio Index의 일종인 NDVI를 통하여 연구하였다.

여 백



<그림3-4> 순창지구 원격탐사 식생분포도(상), 습윤도(하)



<그림3-4> 순창지구 원격탐사 식생분포도(상), 습윤도(하)

여 백

$$\text{식생지수} = \sqrt{\frac{DN4 - DN3}{DN4 + DN3} + 0.5} \times 100$$

Landsat TM은 MSS에 비해 3개의 밴드가 추가되어 있기 때문에 더 많은 식생에 대한 정보를 얻을 수 있다. Landsat TM자료를 가지고 식생지수를 구하는 경우 Landsat MSS 자료에서 식생지수를 구하는 방법과 같은 방법을 이용하여 계산하게 되며, 실제 지상에서 구한 식생지수와 NDVI값은 상당한 연관성을 가지고 있다.

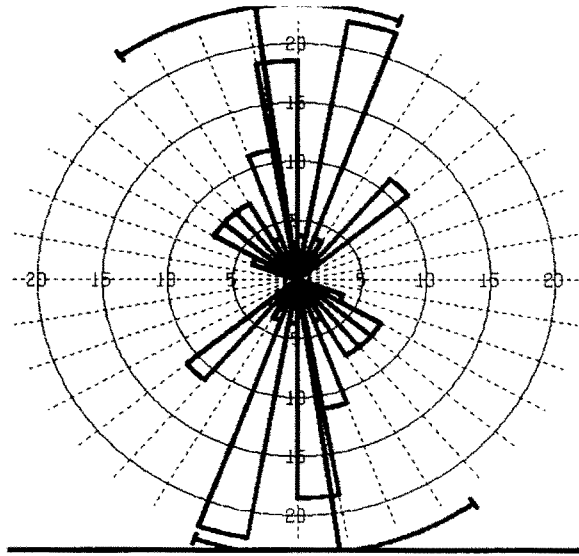
식생지수영상에서 산악지역에 분포하는 산림지역은 매우 높은 식생 활성도를 보여주고 있다. 경작지 지역 또한 6월에 주사되어진 자료이므로 논에 대한 식생지수가 어느 정도 값을 가지고 있다. 도시와 도로등 인공구조물, 저수지 등은 최저의 값을 나타내고 있다.

마. 습윤도 (Wetness)

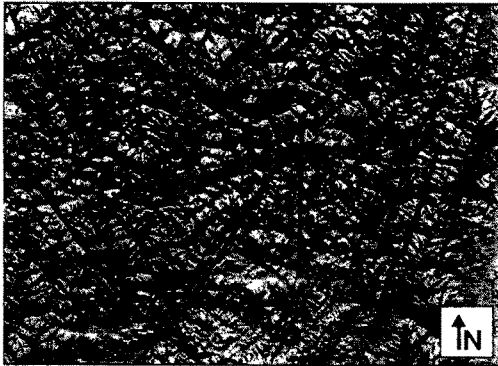
본 조사에서는 인공위성 영상을 통하여 조사지역의 습기나 물의 양 등을 파악하는 간접적인 조사방법으로 이 기법을 사용하였다. 영상에서 저수지 및 하천 지역이 최대의 습윤도를 나타내고 있다. 또한 영상의 중앙부에 위치한 경작지, 특히 논지역이 높은 습윤도를 나타내고 있는데 본 영상의 주사시기가 여름임을 감안한다면 논에 있는 물의 영향으로 생각되어진다. 특히 산악지역에서 낮은 습윤도에서 높은 습윤도로 나타나는 것은 실제의 영향보다는 영상이 주사될 당시의 태양의 위치에 의하여 생긴 그림자의 영향으로 생각되어진다.

바. 고도자료(Digital Elevation Model) 선구조 분석

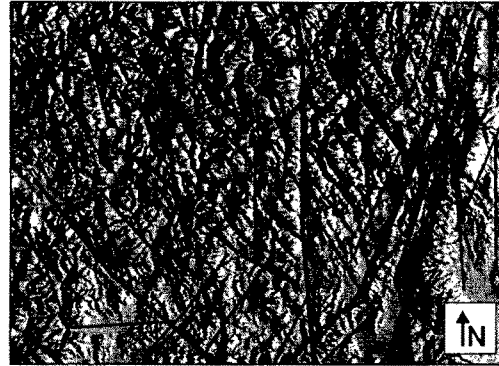
지하수부존과 관련하여 충적층 지하수가 아닌 암반지하수의 개발에서는 지질구조에 의한 파쇄대를 찾는 것이 주 목적이다. 이러한 파쇄대는 지표의 양상, 선구조와 관련이 있으므로 이를 원격탐사 방법과 수치지형도(Digital Elevation Model)에 의한 음영기복도(Shadow relief)로 해석을 실시하였다. 음영기복도는 지형도에서 존재하는 각 구간의 고도자료를 추출하여 가상의 태양각을 비출 때 나타나는 지형의 형태를 판단하므로 구조선 판독에 효과적이다. 또한 태양각을 임의로 조정할 수 있으므로 여러 태양각에 의한 선구조 판독이 가능하다는 장점이 있



IF= SUN Angel.45 Horizontal:North



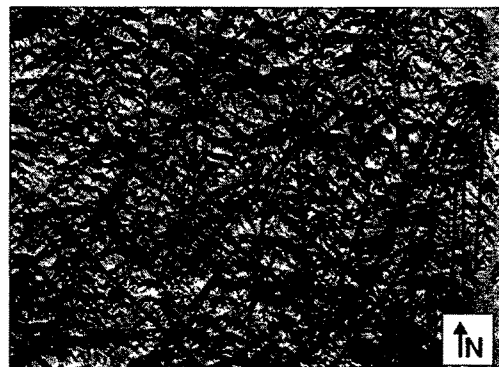
IF= SUN Angel.45 Horizontal:East



IF= SUN Angel.45 Horizontal:West



IF= SUN Angel.45 Horizontal:South



<그림 3-5> 순창지구 선구조 로즈 다이어그램(상),
음영기록도 선구조분석(하)

으며 육안으로도 선구조의 인식을 가능하게 해주는 장점이 있다. 또한 인공위성 영상은 지표피복물에 의한 영상을 제공하므로 지상의 고도값이 쉽게 드러나지 않는 경우가 있다. 그러므로 이러한 약점을 극복하기 위하여 DEM을 이용한 음영기복도를 작성하는 것은 효과적인 선구조추출 수단이 된다. 본 조사에서는 지형도상에서 고도값을 추출하여 음영기복도를 작성하고 태양의 방향을 N, E, S, W로 바꾸어 비추었을 때 나타나는 선구조를 종합하여 선구조 밀도를 나타내고 로즈다이아그램을 통해 분석하였다.

남원군과 임실군에 접하는 지역부근의 선구조는 모든 태양각에서 인지되는데 이는 지질상으로도 변성대를 따라 단층이 지나가는 부분이다. 또한 조사지역의 남동방향에서 북서방향으로 향하는 선구조는 태양각에 따라 다소 미약하기는 하나 전체적으로 뚜렷한 방향성을 지시하고 있다. 그러나 음영기복도상의 강도가 부분적으로 넓은 지역에 걸쳐 미약하게 나타나므로 지질역사상 신기에 형성되어진 구조로 보기엔 무리가 있다. 또한 이들 주 선구조가 지나는 순창읍 부근은 선구조 밀도로 볼 때 여러 선구조가 중첩되고 있고 또한 동측에 큰 변성대와 인접하고 있어서 지하수 부존에 유리할 것으로 추정된다. 그러나 조사지역의 서측부는 선구조의 발달이 부분적으로 국한되어 나타나므로 대수층의 발달 가능성도 국지적으로 존재할 것으로 추정된다. 로즈다이아그램으로 볼 때 조사지역인 순창군의 선구조는 대체적으로 NE 방향의 선구조가 주류를 이루고 나타난다.

3-2-2. 전기 비저항 탐사

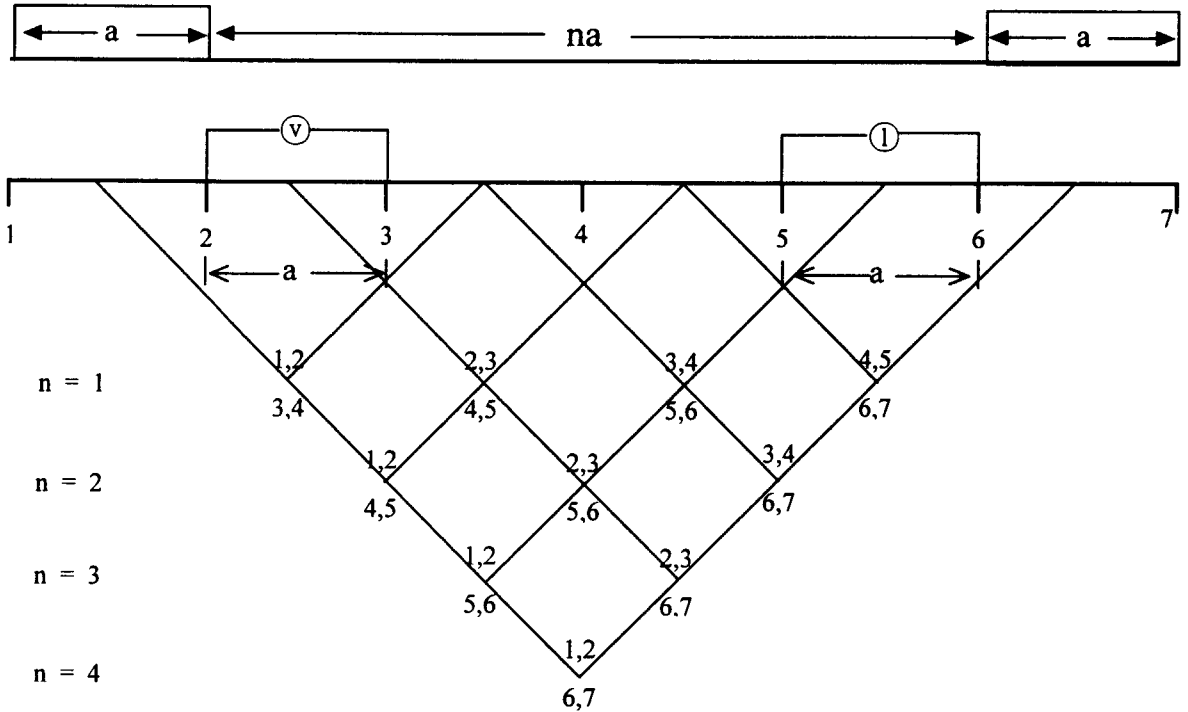
전기비저항 탐사는 대지에 전류를 주입한후 이에 의한 전위차를 측정하여 측선 하부의 전기비저항 분포를 작성함으로써 지하구조를 규명하고자 하는 물리 탐사로서 파쇄대, 단층, 암상경계 등을 규명하는데 효과적인 물리탐사법이다. 우리나라의 경우 지하수의 부존 양상이 퇴적층 내의 공극 충전형 보다 파쇄대나 단층 등의 구조대를 따른 유동, 집수에 의한 대수층이 보편적이므로 전기비저항탐사가 지하수탐사를 위하여 매우 널리 이용되고 있으며, 그 유용성이 현장에서 널리 입증된 탐사법이다.

전기비저항탐사는 전극의 배열에 따라 쌍극자배열(dipole-dipole array), 슬럼버저배열(schlumberger array), 단극-쌍극자 배열(pole-dipole array)등 여러 가지 전극배열법이 있다. 전기비저항탐사를 위한 여러 가지 전극배열법 중에서 지하수 탐사에서는 수직, 수평적 전기비저항 분포를 비교적 간단하고 정확하게 측정할 수 있는 쌍극자배열 전기비저항탐사와 한 측정에서의 수직적 전기비저항 변화를 탐사하는 슬럼버저배열이 가장 널리 이용된다. 본 조사에서는 측선하부의 수평 및 수직 방향의 2차원적인 전기비저항 분포를 효과적으로 파악할 수 있는 쌍극자 탐사방법을 이용하였다.

쌍극자배열 전기비저항 탐사는 지하의 수평·수직적 전기전도도의 변화를 비교적 간단하면서도 정확하게 탐사하는 방법으로, 각종 지하수탐사 및 광상탐사에서 성공적으로 적용되고 있는 탐사방법의 하나이다. 쌍극자탐사의 전극 배열은 그림 3-6과 같다

쌍극자탐사는 전류, 전위전극 간격 a 를 탐사목적, 정밀도 등을 고려하여 설정한후 전류전극과 전위전극 사이의 거리를 a 의 정수배로 증가시키면서 전위전극 간의 전위차를 측정하여 지하의 외견비저항값을 계산하는 탐사법이다. 외견비저항은 전류전극에서 보내준 전류의 세기를 I , 두 개의 전위전극 사이에서 측정된 전위차를 ΔV 라 할 때, 다음 식으로 표현된다.

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



〈그림 3-6〉 쌍극자 배열

야외탐사 결과는 전위전극 중심과 전류전극 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각 이등변삼각형의 꼭지점에 외견비저항을 기입하여 수평 및 수직적 변화를 해석하게 되는데 이와같이 쌍극자배열 전기비저항 탐사결과 획득된 외견 전기비저항 도면을 외견전기비저항 가단면도(apparent resistivity pseudo-section)라고 한다. 그러나 이 가단면도에 나타난 외견전기비저항값은 지하의 진전기비저항값을 나타내는 것이 아니고 아울러 표시된 수직점이 얻어진 전기비저항값을 야기시키는 원인의 진짜심도를 표시하는 것은 아니기 때문에 지하의 위치별 전기비저항 분포를 정량적으로 규명하기 위해서는 수치역산을 이용한 정량적 해석이 필요하다.

쌍극자배열 전기비저항 탐사법은 다른 전극배열방법, 즉 웨너배열이나 솔럼버저배열등과 달리 신속하게 2차원적인 수평, 수직 탐사를 수행할 수 있어 비교적 광역적으로 지하의 2차원 전기전도도 분포를 파악할 수 있다. 쌍극자 간격 a 는 원하는 탐사심도 또는 지질학적 조건에 따라 변경할 수 있으며 전극 간격 전개수 n 을 조정함으로써 수직적인 변화양상을 신속하게 탐지할 수 있다. 그러나 쌍극자배열 전기비저항 탐사시 지표 천부의 수평적인 전기전도도의 변화 때문에 이상대



<그림 3-7> 순창지구 쌍극자탐사 위치도

의 정확한 해석이 어려운 단점 등이 있기 때문에 이러한 단점을 해결하고 자료의 정확한 정량적인 해석을 위한 방법으로서 forward modelling에 의한 반복적 시행 착오법과 역산을 이용한 방법 등이 있다. 본 조사에서는 해석의 정확성 및 지질구조와의 적합성을 유지시키기 위하여 역산법과 forward modelling을 병행하여 사용하였다.

본 조사에서는 총 15개의 탐사측선을 지표지질조사결과 지하수 부존 가능성이 높은 지역에 대하여 가능한한 예상되는 선구조의 주향방향과 수직이 되도록 설정하였고 전극간격 $a=25\text{m}$, 전극간격 전개수 n 은 최대 10까지 측정함으로써 지하심부 약 125m지점까지의 자료를 취득하였다.

<그림 3-8>이하에 본 지구에서 수행된 쌍극자배열 전기비저항 탐사의 결과가 나타나있다. 그림의 위는 현장에서 측정된 겉보기비저항 가단면도, 그림의 아래는 2차원 역산의 결과로 얻어진 측선하부의 외견비저항 분포 단면도, 그림의 가운데는 아래그림에 나타난 비저항 분포에 대해 이론적으로 계산해낸 겉보기 비저항 가단면도이다. 따라서 현장자료의 질은 그림의 위와 가운데가 일치할수록 양호한 것으로 생각할 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 탐사자료들은 대체적으로 양호한 것으로 판단할 수 있으며 따라서 역산결과 또한 지하의 자료를 제대로 반영한다고 볼 수 있다.

E-1측선은 인계면 도룡리 일대에서 탐사를 수행하였는데 대체적으로 10-20m의 풍화대 심도를 나타내고 있다. 또한 측점 11번부터 14번사이에 가장 깊은 50m내외의 저비저항을 나타내는 것이 특징적이다. 좌우측 하부의 저비저항대는 역산결과로 내삽된 부분으로 해석하였다.

E-2측선과 E-3측선은 순창읍 장덕리일대 답작지에서 예상 선구조의 주향방향에 수직으로 두 측선을 평행하게 설정하여 탐사를 수행하였는데 현장자료와 이론 자료의 상관관계가 좋게 나타나고 있다. E-2번 측선은 25m이내, E-3번 측선은 15m내외의 풍화대 심도를 나타내는 것으로 미루어 E-2측선쪽으로 기반암의 심도가 깊어짐을 추측 할 수 있다. 또한 2번 측선의 17번 측점 하부에 나타나는 저비저항대와 3번 측선의 17번 측점 하부에 나타나는 저비저항대를 비교하여 보면 2번 측선에서 3번측선 방향으로 갈수록 파쇄대의 규모가 증가하는 것으로 추측 할 수 있다.

E-4번 측선은 유등면 창신리에서 탐사를 수행하였으며 16~19번 측점하부의

천부에서 심부로 저비저항대가 나타나고 있으며 풍화대 심도는 약 25m로 추정된다. 천부를 제외한 비저항의 평균이 800 Ohm-m를 나타내고 있다.

E-5번 측선은 풍산면 용내리에서 용내호수를 기준으로 북쪽에서 탐사측선을 설정하였는데 풍화대의 심도는 대체적으로 30m 이내이다. 그러나 5, 6번 측점 하부로 이어지는 미약한 파쇄대의 존재가 추측되며 그 하부에 기반암의 영향으로 판단되는 고비저항이 분포하고 있다. 현장탐사시 노이즈가 많아 극값을 가지는 점들이 나타나고 있으며 대수층으로서 양호한 파쇄대는 감지되지 않는다.

E-6번 측선과 E-7번 측선은 동계면 관전리, 마상동에서 같은 지역내에 평행하게 탐사측선을 설정하였는데 6번 측선은 약 25m의 풍화대 심도를 보이나 9~11번 측점사이에서는 충적층의 심도가 깊은 것으로 나타나고 있으며 파쇄대 등에 의한 이상대는 인지되지 않는 반면 7번 측선은 9번 측점을 경계로 하부에 비저항값의 차이가 비교적 명확히 나타나고 있으며 역산자료에서도 8~11번 측점 하부에 저비저항대가 발달하고 있는 것으로 미루어 6번 측선의 9~11번 측점에서 7번 측선의 8~11번 측점 하부 방향으로 파쇄대의 발달이 추측된다.

E-8번 측선과 E-9번 측선은 적성면 고원리에서 실시하였으며 선구조의 발달이 직접적으로 인지되지 않는 지역이다. 탐사결과도 특징적인 지하수의 유동을 야기시키는 파쇄대를 인지하기 힘들다. 8번 측선은 30-50m의 풍화대 심도를 나타내며 3번 측점에서 19번 측선으로 갈수록 저비저항대의 완만한 하강분포가 관측된다. 9번 측선의 경우 평균 50m의 기반암 심도를 나타내며 19번 측점에서 3번 측점으로 갈수록 풍화대의 심도가 감소하는 것을 볼 수 있다. 또한 4번 측점하부에는 저비저항대가 발달하고 있으므로 파쇄대를 기대할 수도 있으나 측선의 말단부이므로 좀더 자세한 조사가 필요하다.

E-10번 측선과 E-11번 측선은 풍산면 평지리 평야부에서 예상되는 선구조의 주향방향에 수직으로 탐사측선을 설정하였다. 두 측선 모두 고비저항이 2000 Ohm-m 이상을 보이고 있다. 10번 측선은 20m내외의 풍화대 심도를 나타내고 9번에서 11번 측점하부에 저비저항대가 연속적으로 발달되고 있다. 이는 현장 측정값에서도 비교적 잘 나타나고 있으므로 파쇄대에 기인한 결과로 추측된다. 11번 측선도 풍화대로 추측되는 30m상부를 제외한 하부에서는 2000 Ohm-m 이상을 보이고 있어 10번 측선과 상관관계를 보이나 10번 측선에서 보이는 파쇄대의 존재는 보이지 않고 기반암이 일정심도로 분포하고 있는 것으로 판단된다.

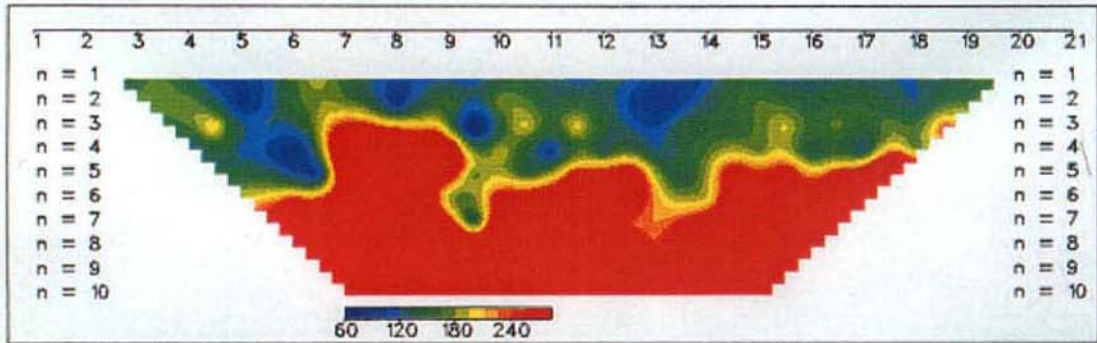
E-12번 측선은 금과면 수양리와 대각리의 중간부에서 이상대의 발달방향을 추정하고 기반암의 분포를 파악하기 위해 실시하였다. 12번 측선은 총적층을 지시하는 저비저항대의 분포가 30m내외로 일정하게 분포하면서 3, 4번 측점, 11, 14번 측점, 16, 19번 측점에서 하부로 발달하는 소규모의 이상대를 나타내고 있다. 그러나 지하수 유동과 관련된 파쇄대로 추측하기에는 저비저항대의 폭과 연장성이 미흡하다.

E-13측선은 팔덕면 덕천리에서 탐사를 시행하였다. 전체적으로 12번 측점을 기준으로 풍화대의 심도가 양분되고 있다. 3번에서 12번 측점까지는 50m의 풍화대를 나타내며 12번 측선에서부터 19번 측선까지는 25m의 풍화대 심도를 나타내고 있다. 특징적인 지질구조를 반영한 것일 수도 있겠으나 경계부인 12번 측점하부에 심부로 연장되는 파쇄대의 발달이 미약하므로 대수층의 발달은 기대하기가 어렵다. 그러나 3번에서 12번 측점까지는 풍화대 심도가 깊으므로 풍화대 대수층의 존재 가능성이 있는 것으로 보인다.

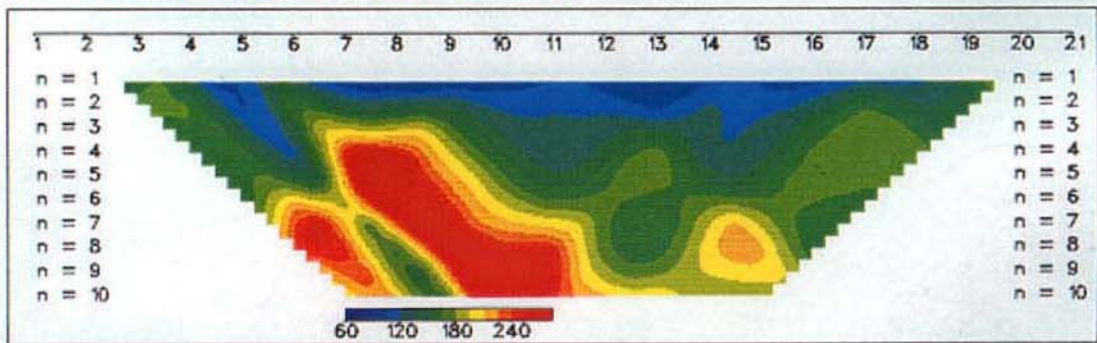
E-14번 측선과 E-15번 측선은 구림면 화암리에서 전극배치가 용이한 측선을 선정하여 배열하였다. 현장자료를 보면 두 측선 모두 13번 측점 하부의 저비저항대가 하부로 연장됨을 알 수 있다. 14번 측선의 경우에는 하부로 연결되는 폭과 심도가 만족할만하나 현장자료와 이론 자료를 비교해 보면 천부 저비저항대의 pants-type이 관찰되므로 사실 과장된 것임을 알 수 있다. 15번 측선은 14번측선보다 풍화대 심도가 증가한 반면 하부로 저비저항대가 연장되지는 않는 것으로 추측된다. 또한 측점 13번의 하부에 저비저항은 14번 측선과 비교해 볼 때 감소한 것을 볼 수 있으며 전기전도도에 의한 비저항탐사로 대수층의 존재는 없는 것으로 판단된다.

여 백

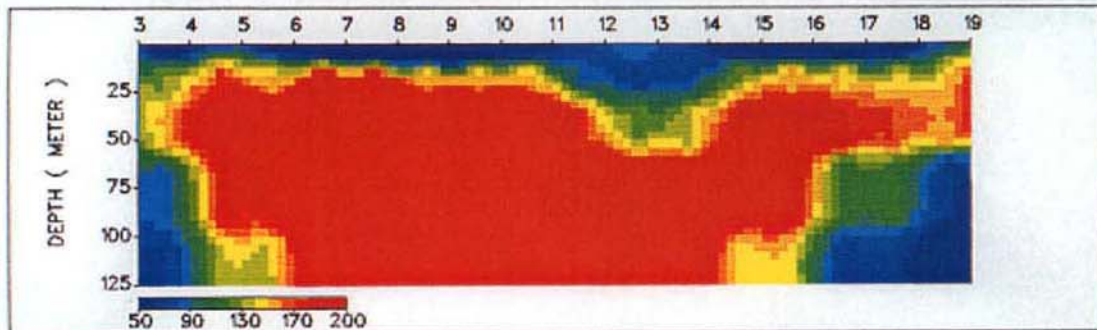
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



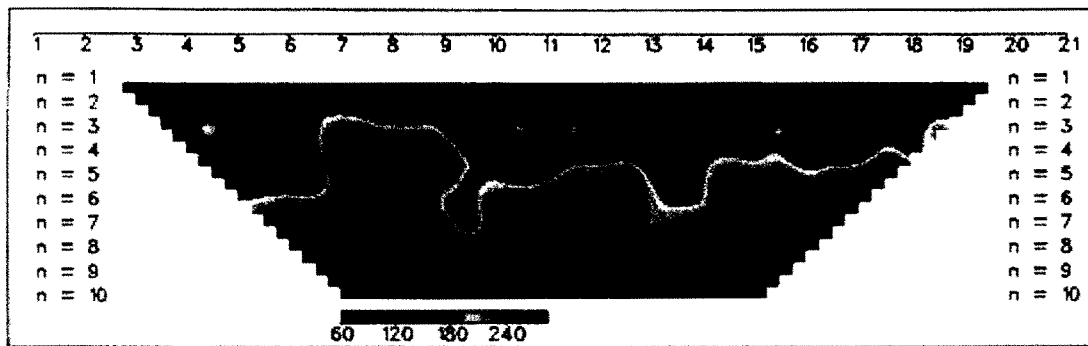
2-D Resistivity Structure



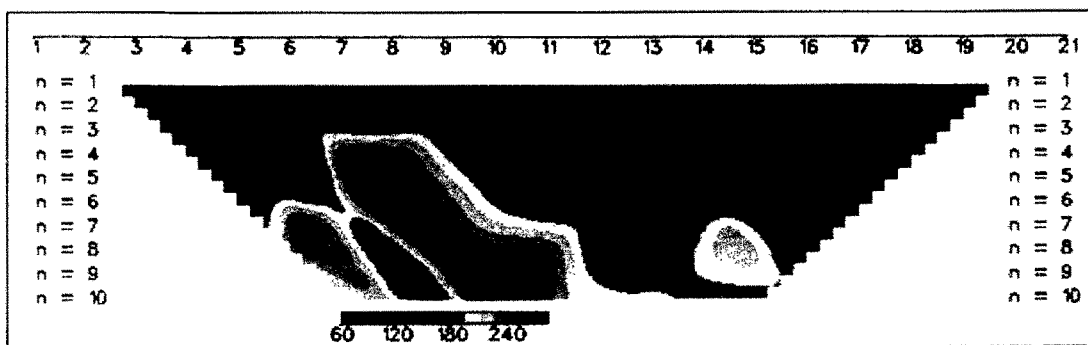
Line No. = SCDP-1 Area = SUNCHANG
Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-8> E-1축선 쌍극자 탐사결과도

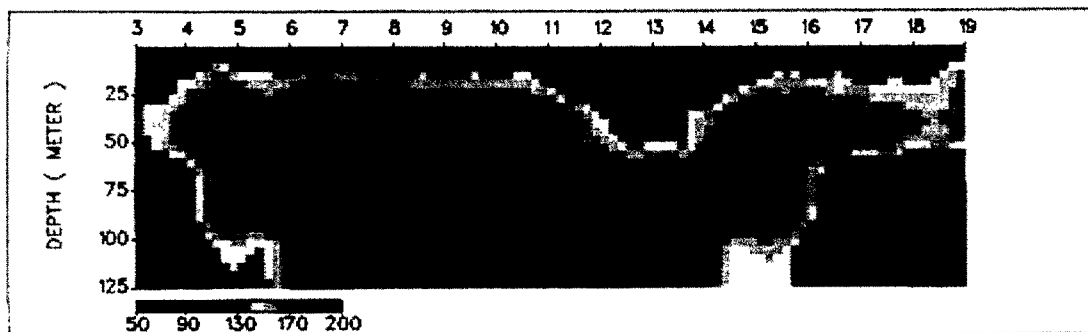
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

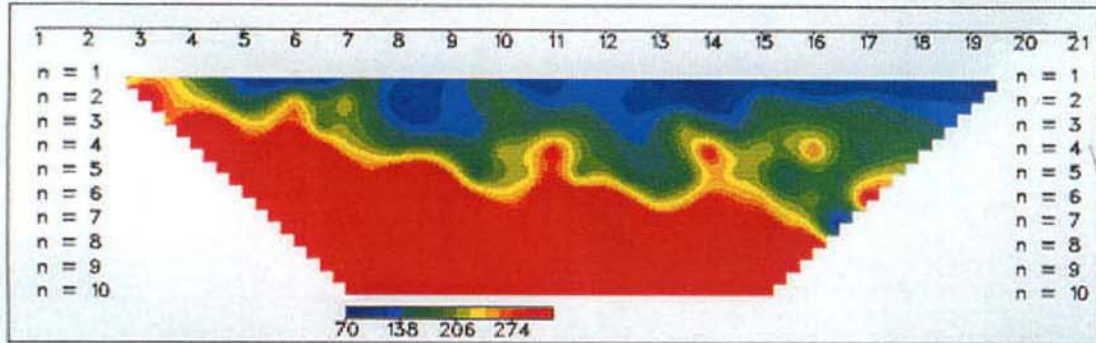


Line No. = SCDP-1 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

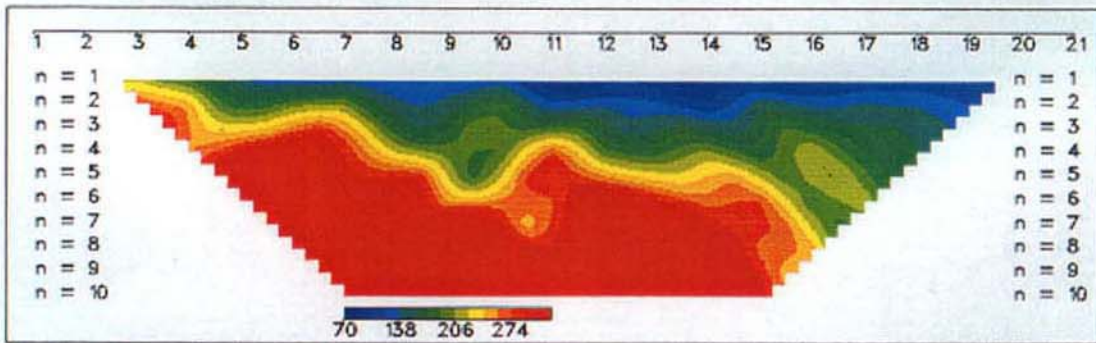
<그림 3-8> E-1축선 쌍극자 탐사결과도

여 백

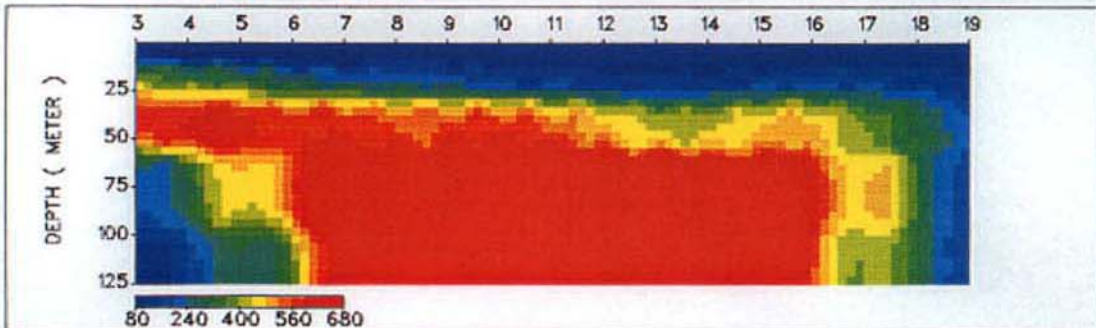
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



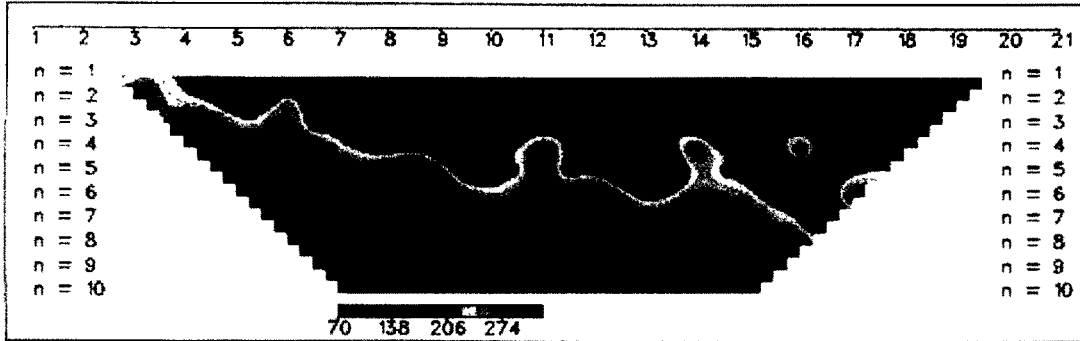
2-D Resistivity Structure



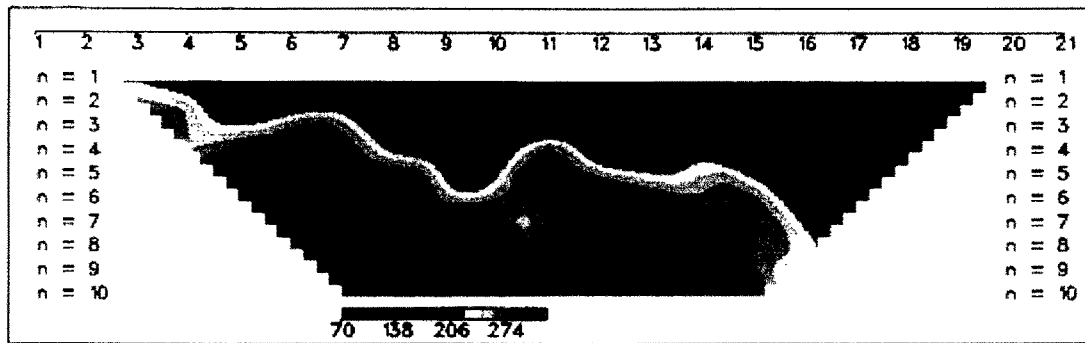
Line No. = SCDP-2 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-9> E-2측선 쌍극자 탐사결과도

Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

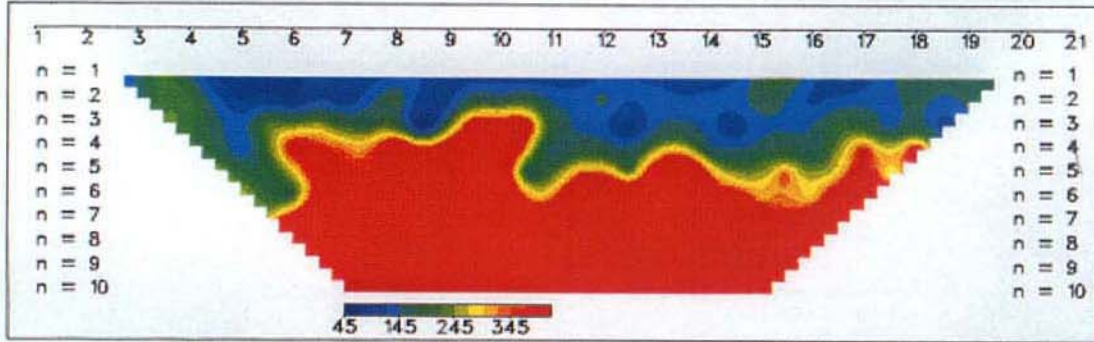


Line No. = SCDP-2 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

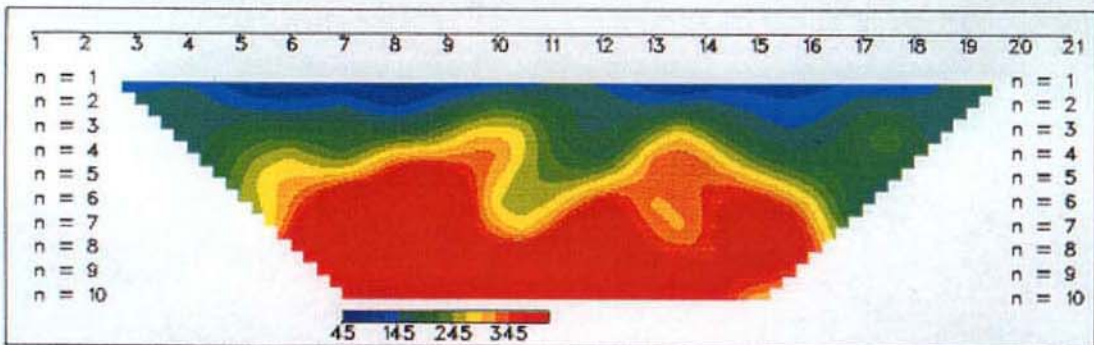
<그림 3-9> E-2측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

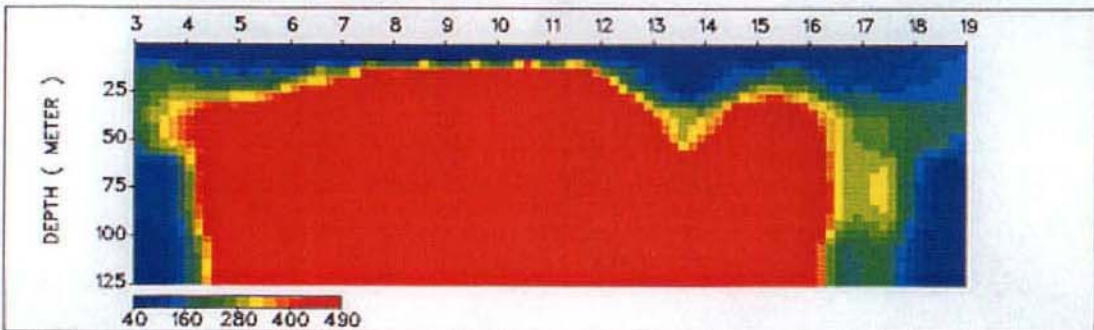
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



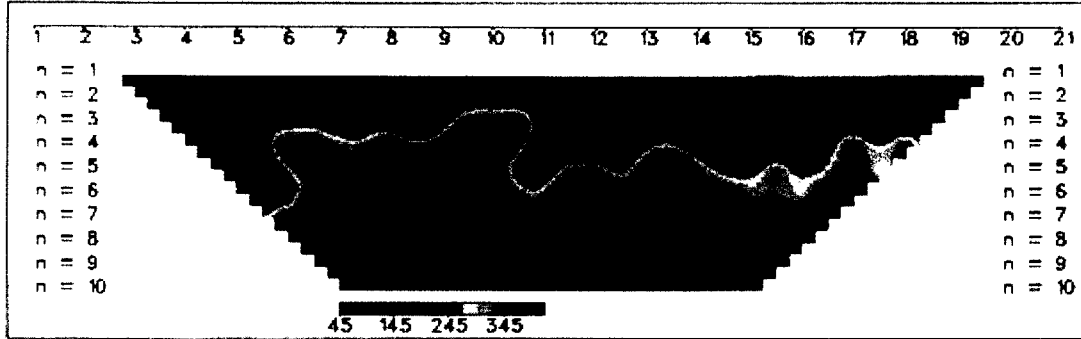
2-D Resistivity Structure



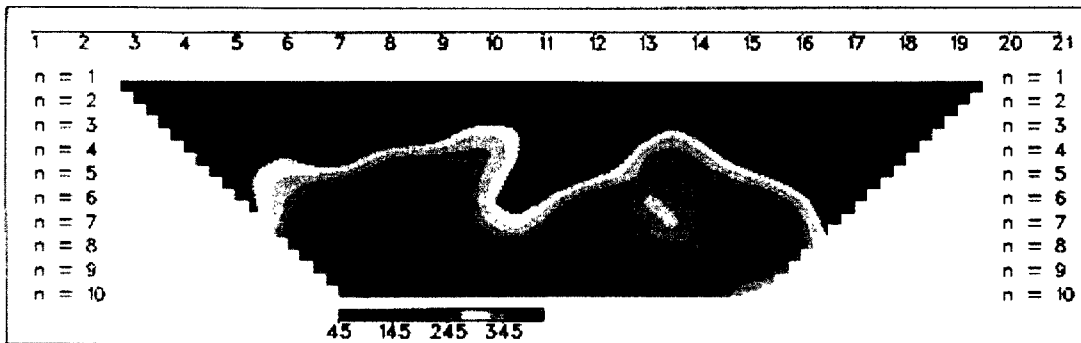
Line No. = SCDP-3 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-10> E-3측선 쌍극자 탐사결과도

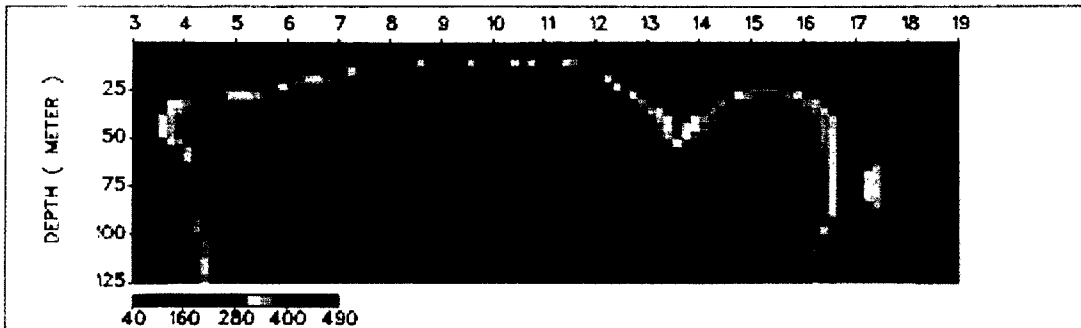
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

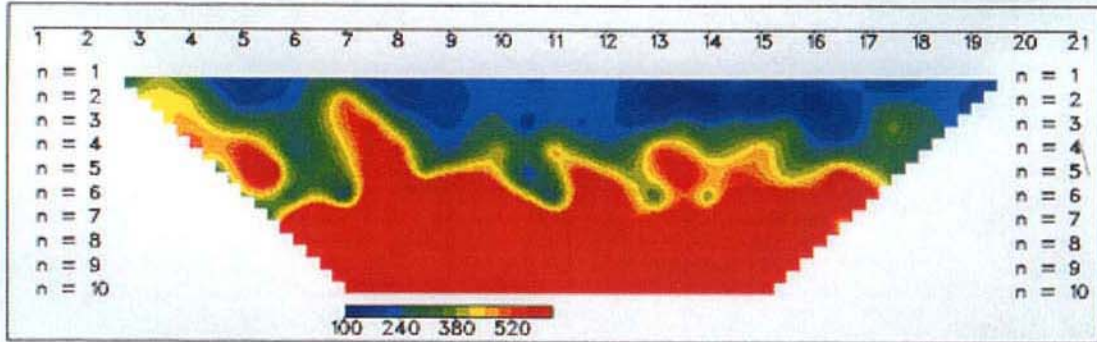


Line No. = SCDP-3 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

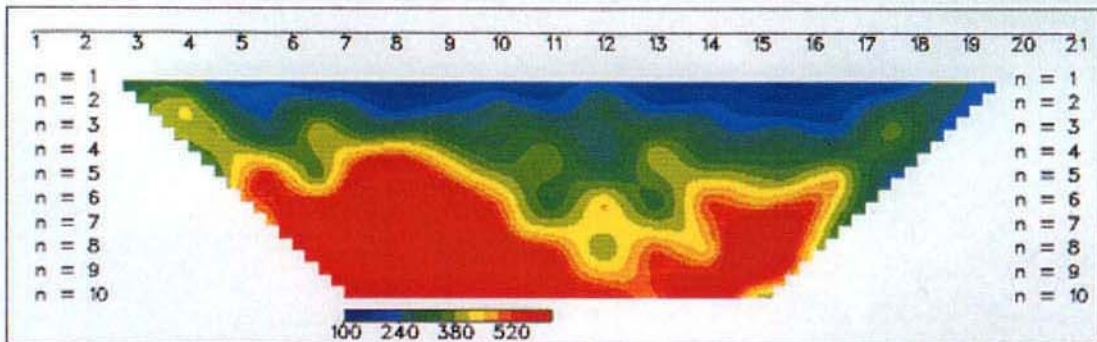
<그림 3-10> E-3측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

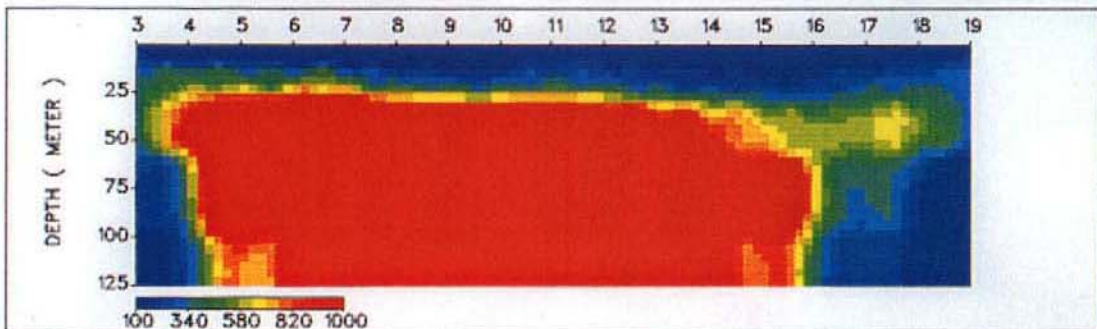
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



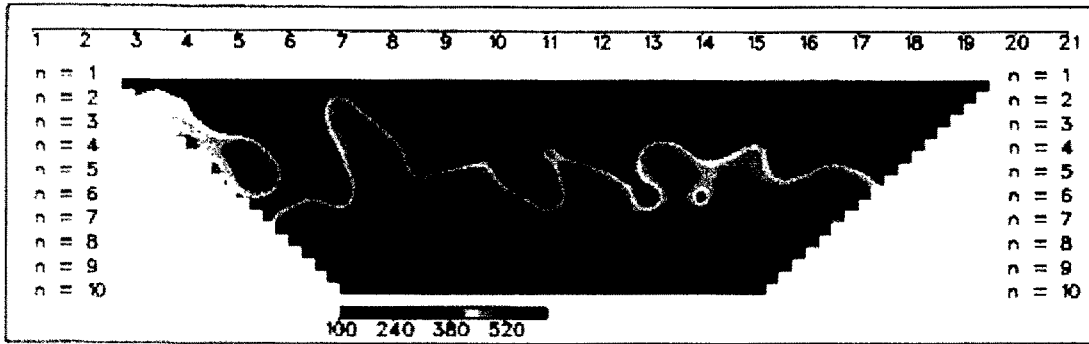
2-D Resistivity Structure



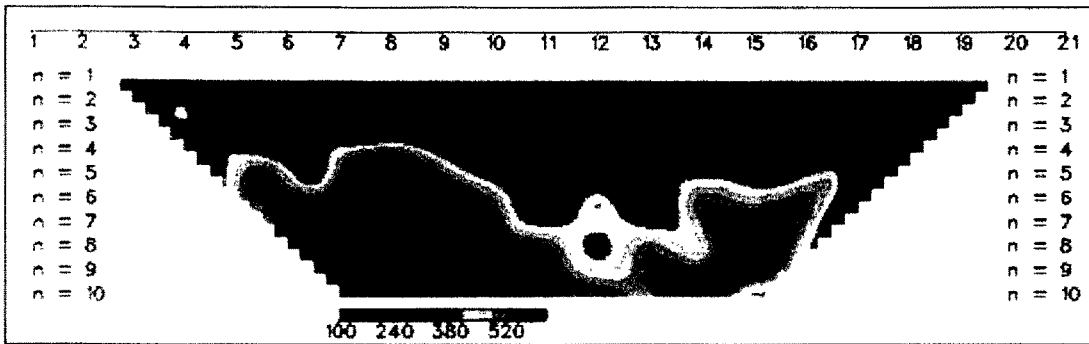
Line No. = SCDP-4 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-11> E-4측선 쌍극자 탐사결과도

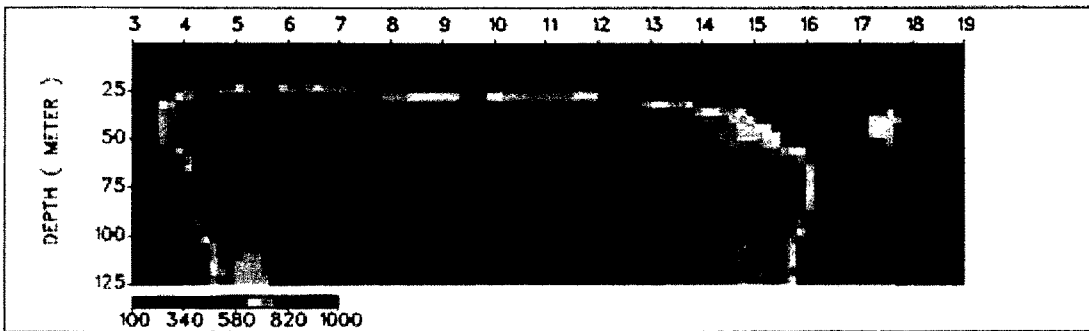
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

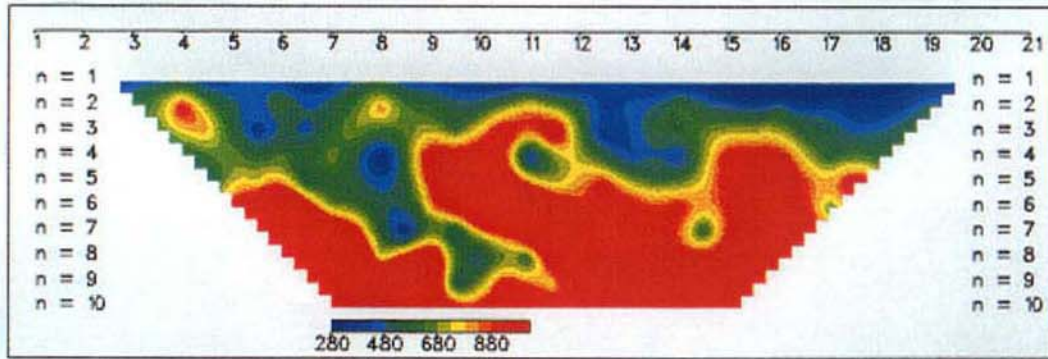


Line No. = SCDP-4 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

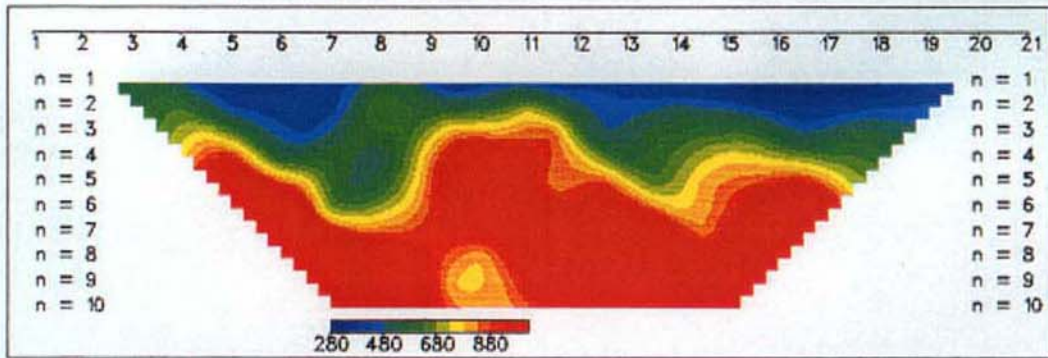
<그림 3-11> E-4측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

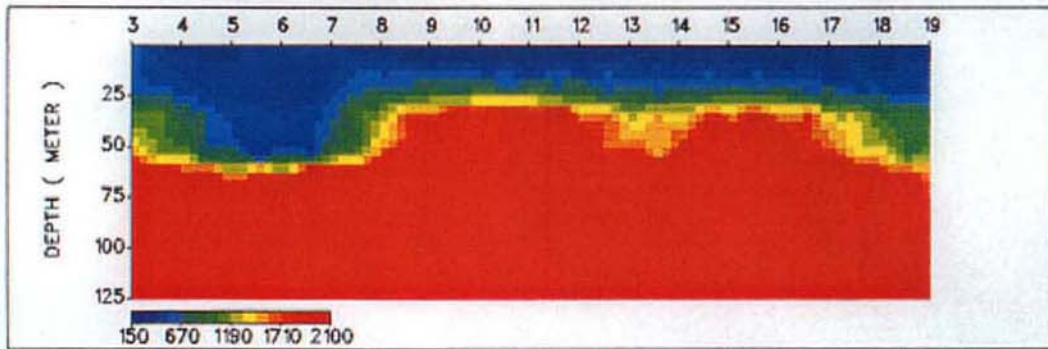
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



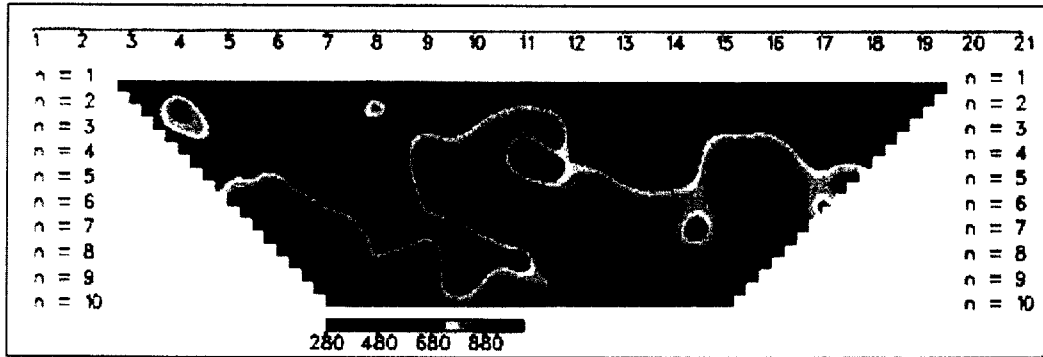
2-D Resistivity Structure



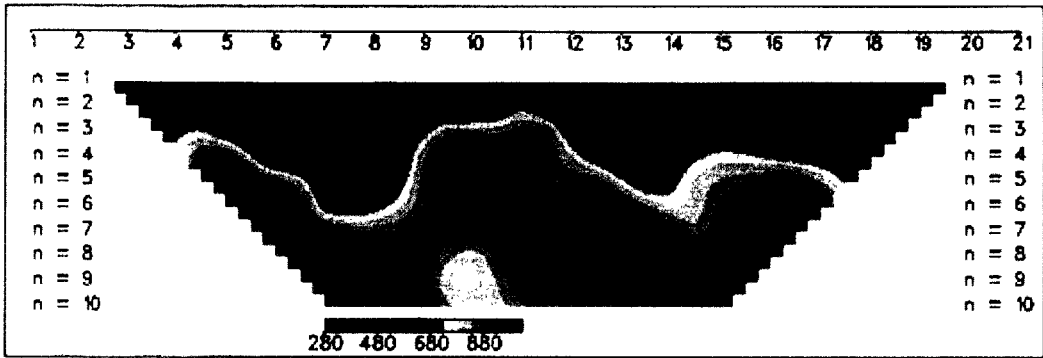
Line No. = SCDP-5 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-12> E-5측선 쌍극자 탐사결과도

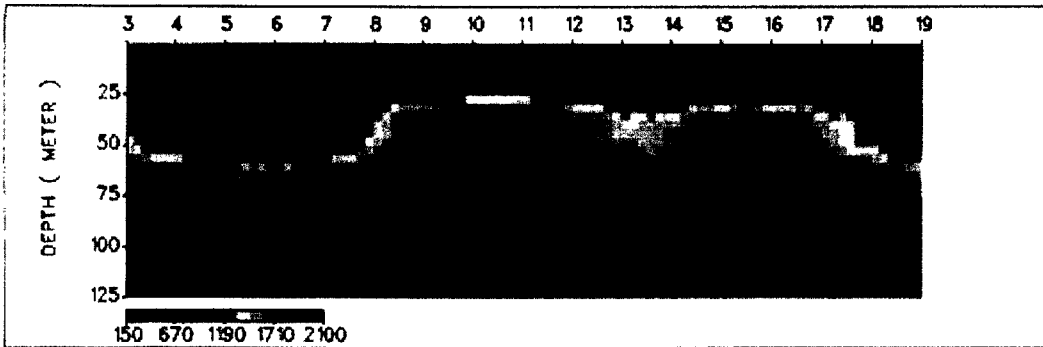
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

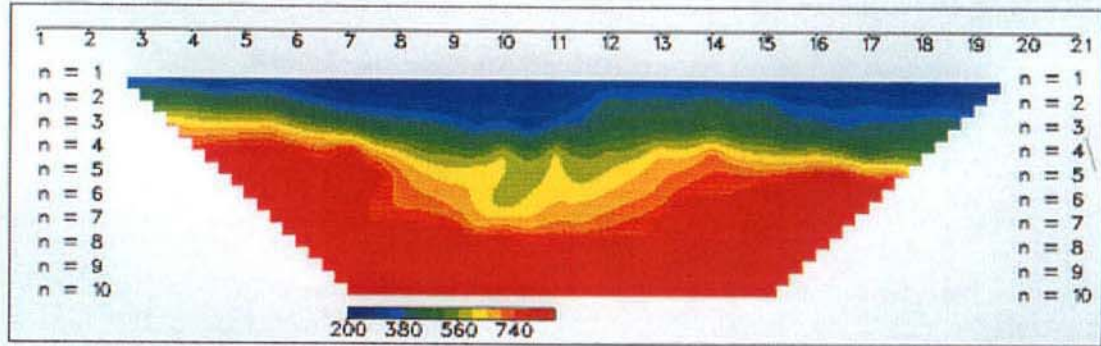


Line No. = SCDP-5 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

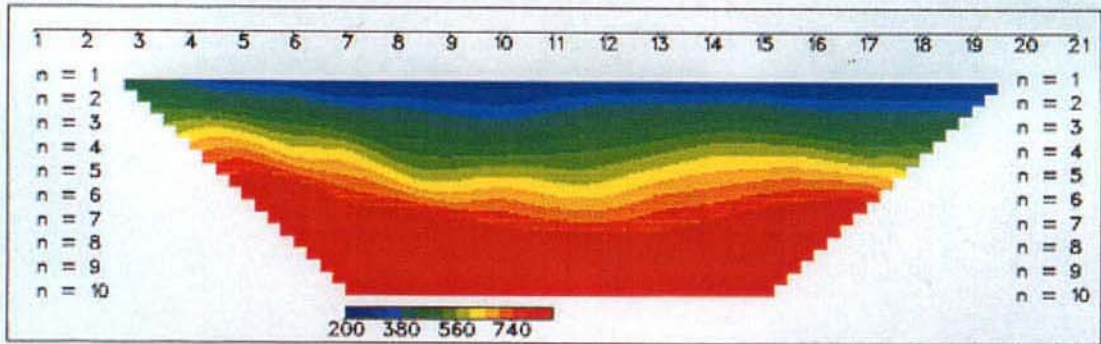
<그림 3-12> E-5측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

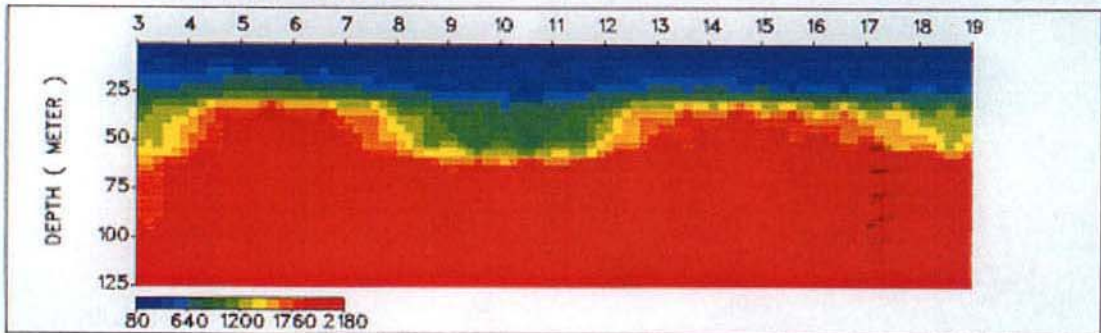
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



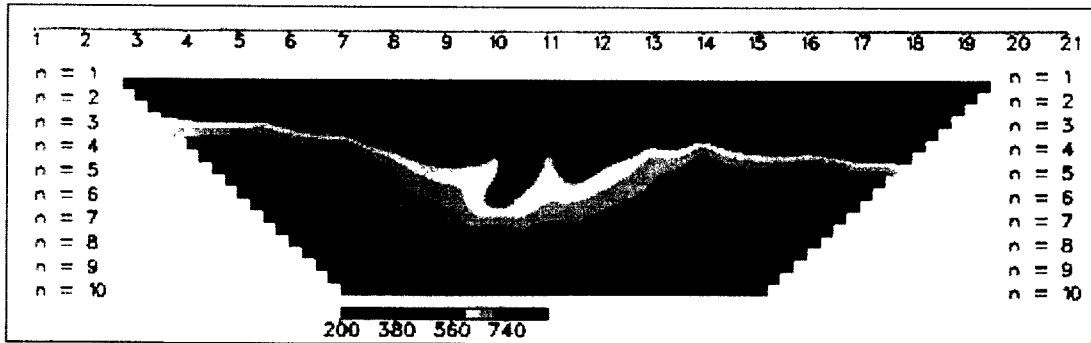
2-D Resistivity Structure



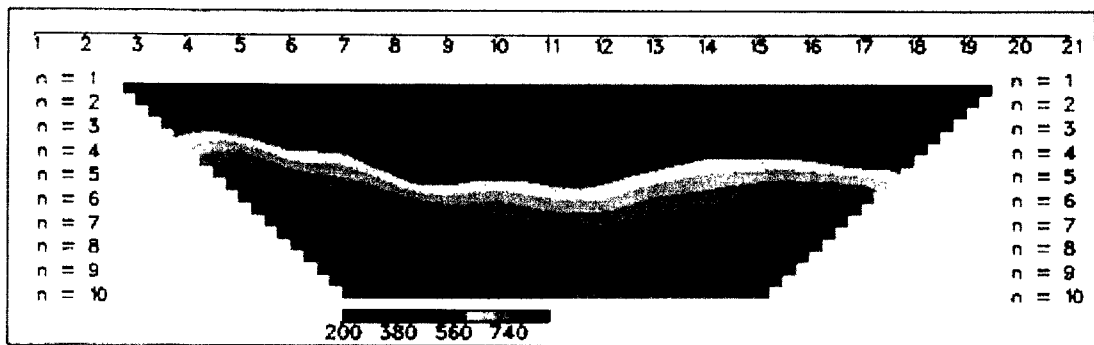
Line No. = SCDP-6 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-13> E-6축선 쌍극자 탐사결과도

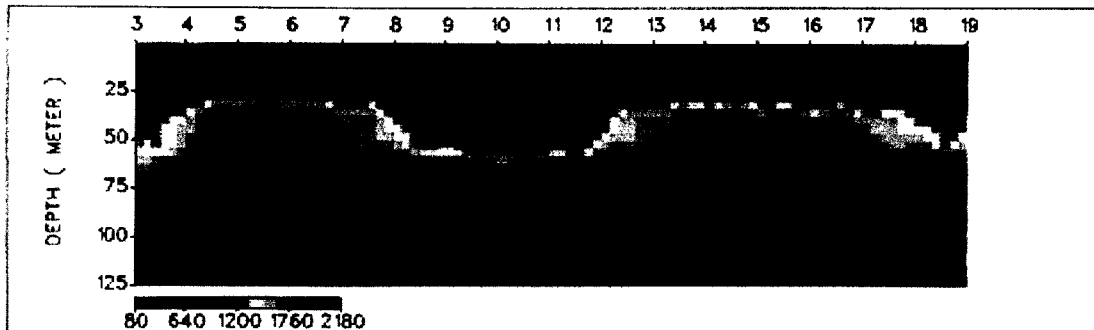
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

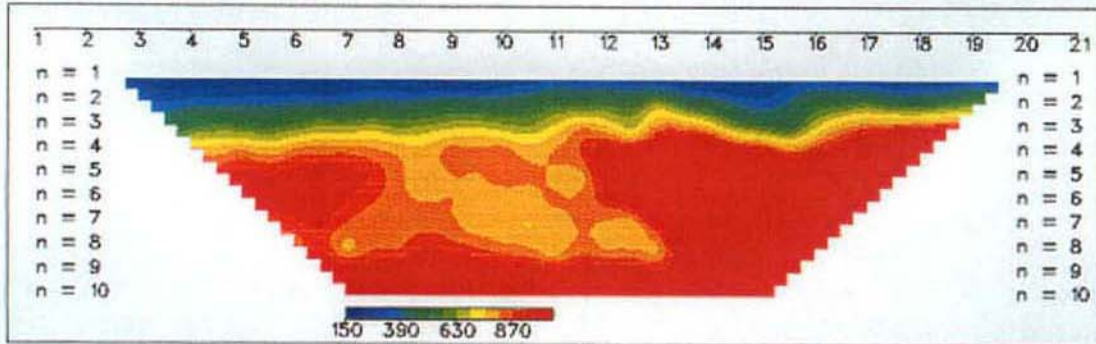


Line No. = SCDP-6 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

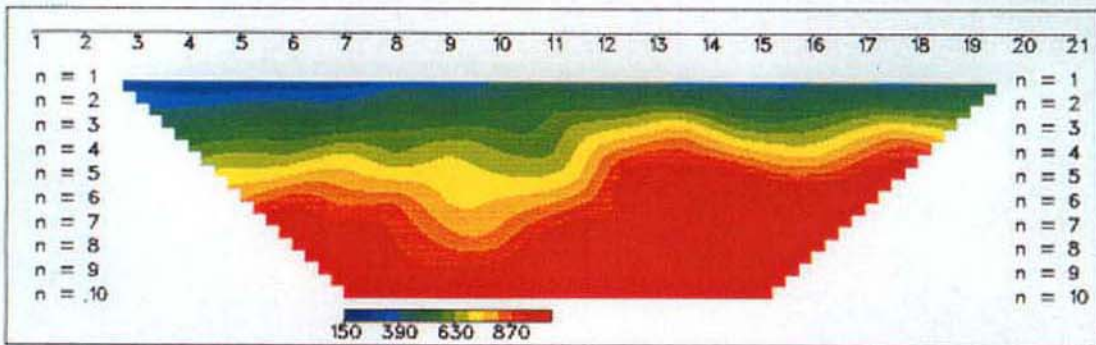
<그림 3-13> E-6측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

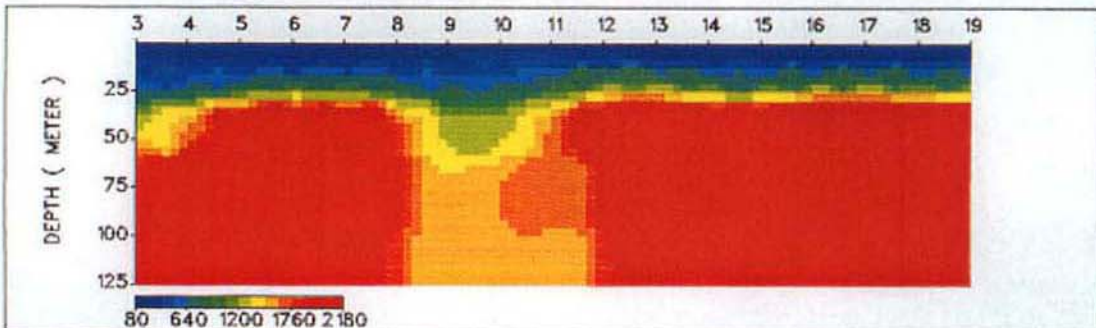
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



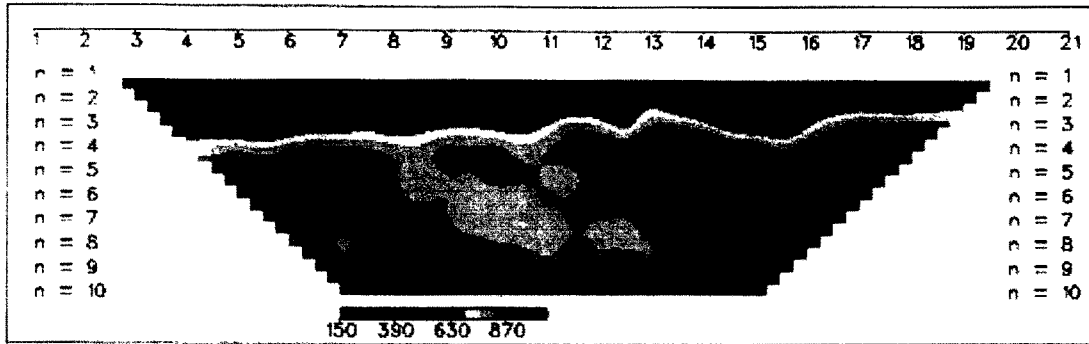
2-D Resistivity Structure



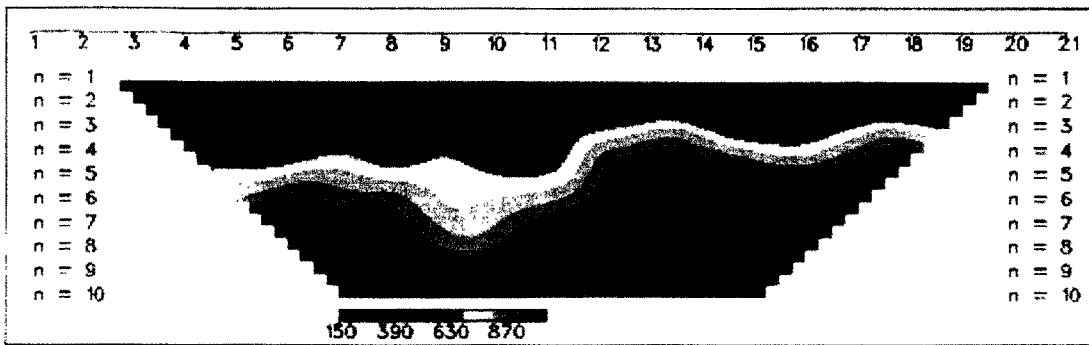
Line No. = SCDP-7 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-14> E-7측선 쌍극자 탐사결과도

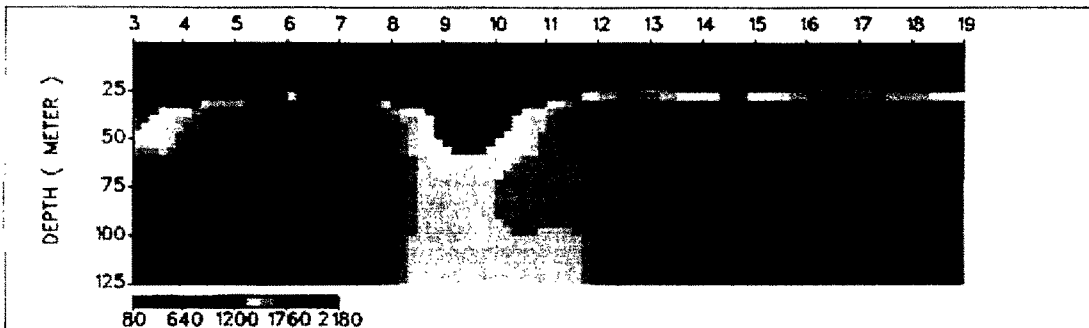
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

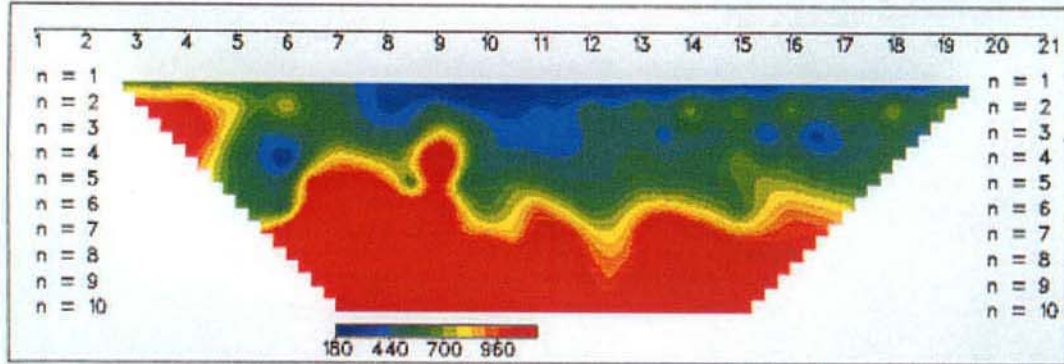


Line No. = SCDP-7 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

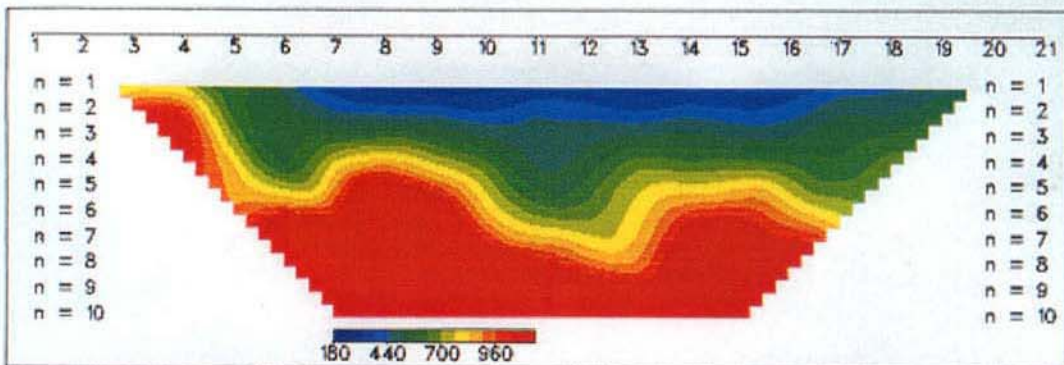
<그림 3-14> E-7측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

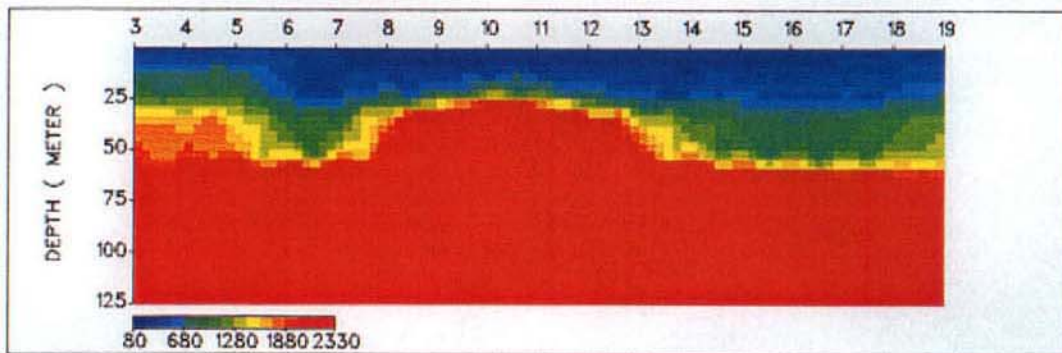
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



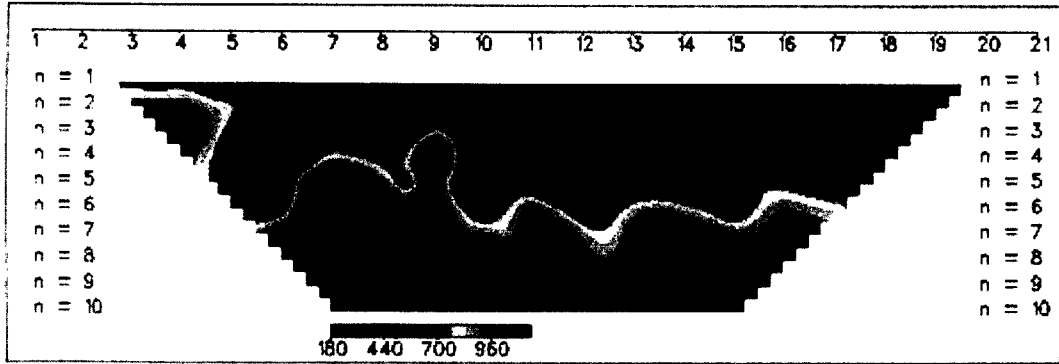
2-D Resistivity Structure



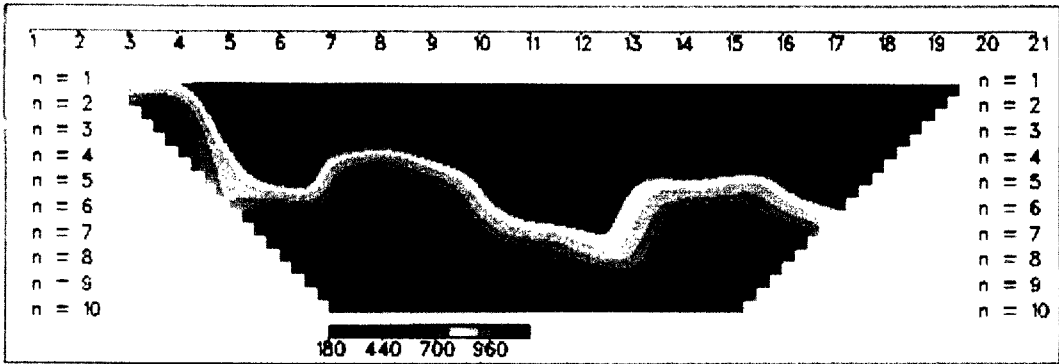
Line No. = SCDP-8 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-15> E-8축선 쌍극자 탐사결과도

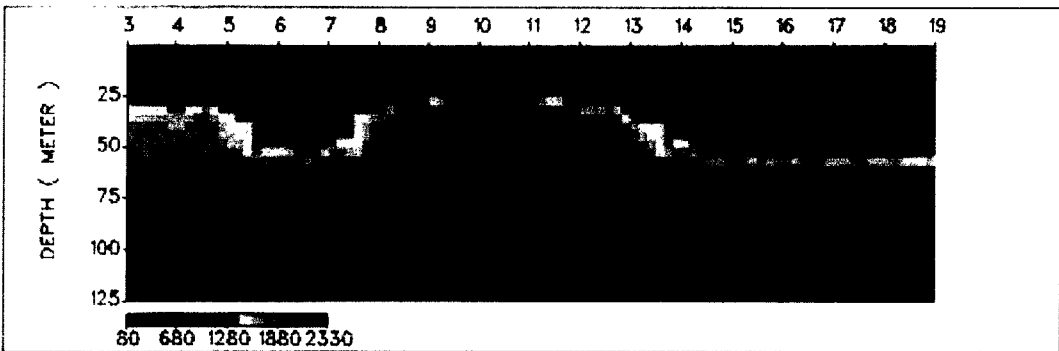
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

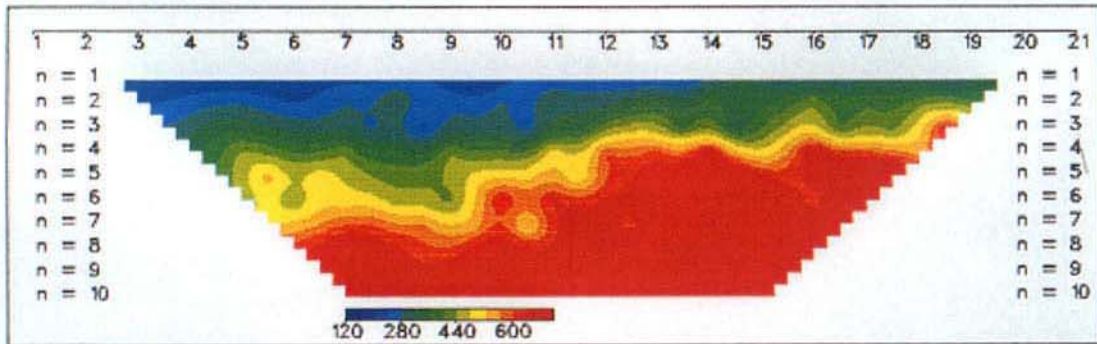


Line No. = SCDP-8 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

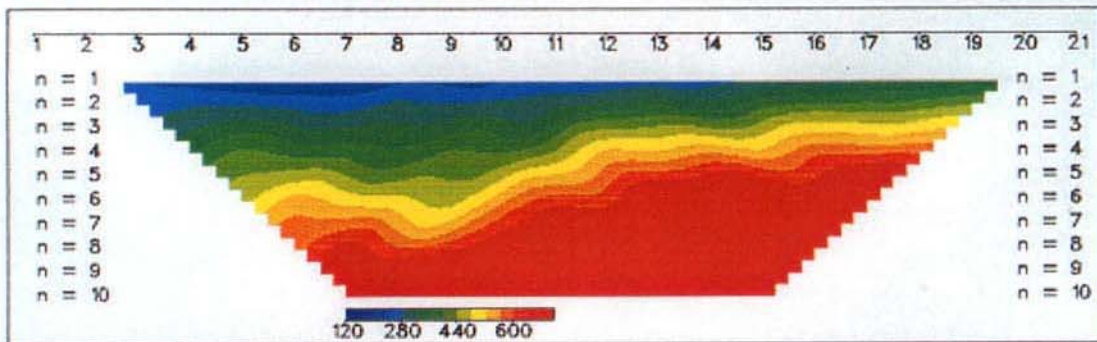
<그림 3-15> E-8측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

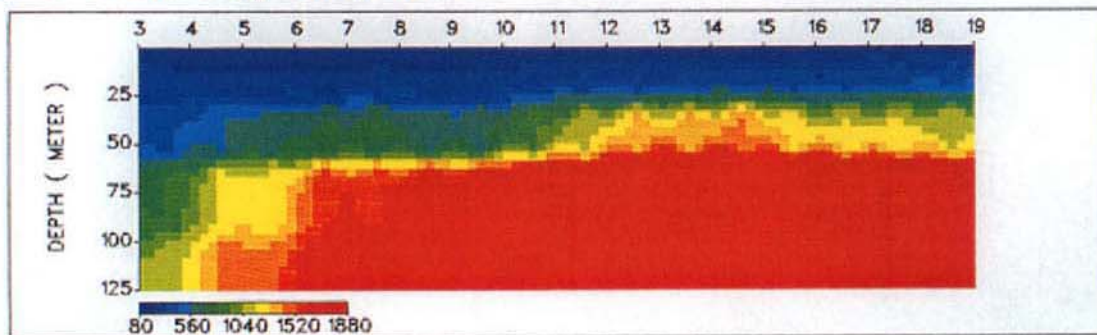
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



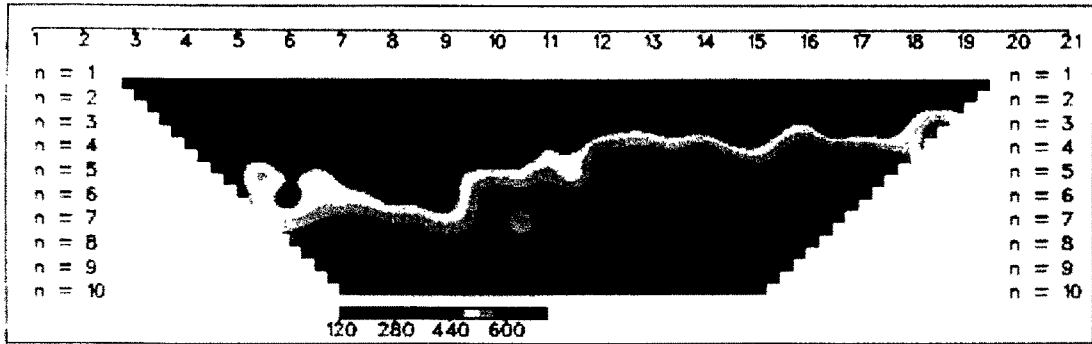
2-D Resistivity Structure



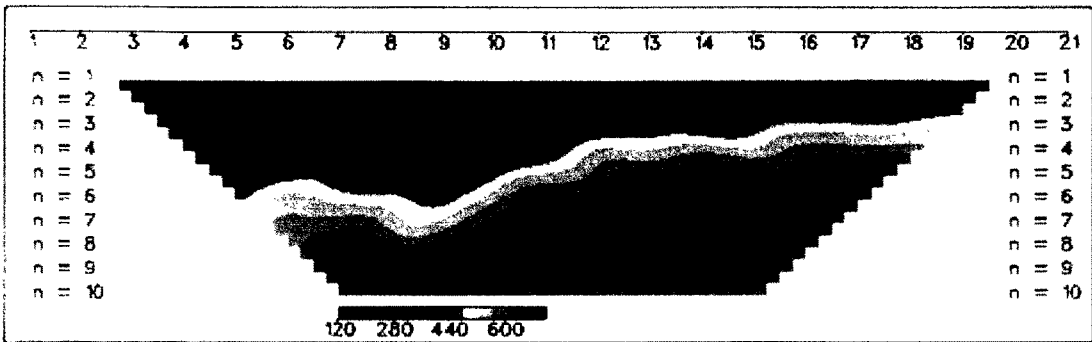
Line No. = SCDP-9 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-16> E-9측선 쌍극자 탐사결과도

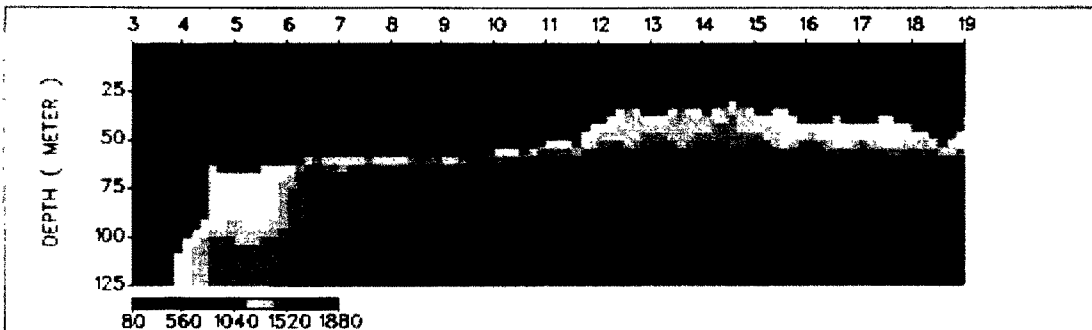
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

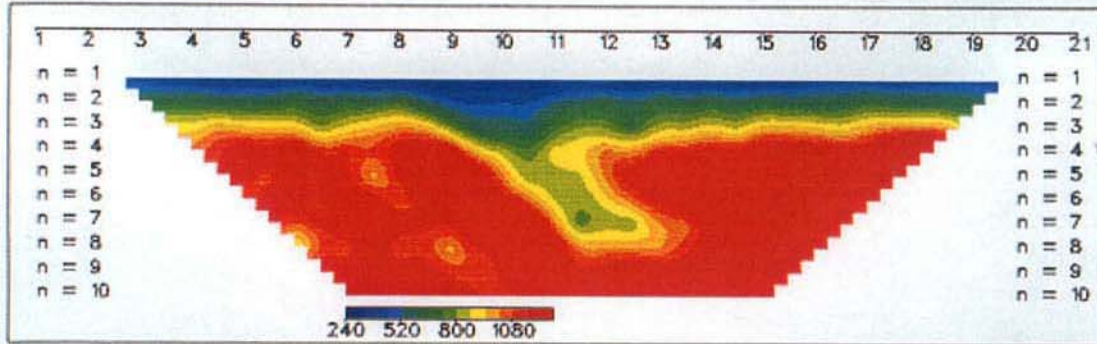


Line No. = SCDP-9 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

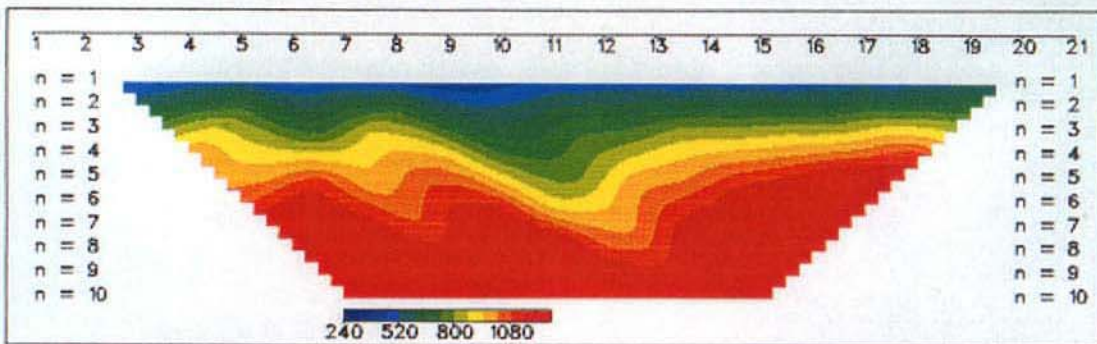
<그림 3-16> E-9측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

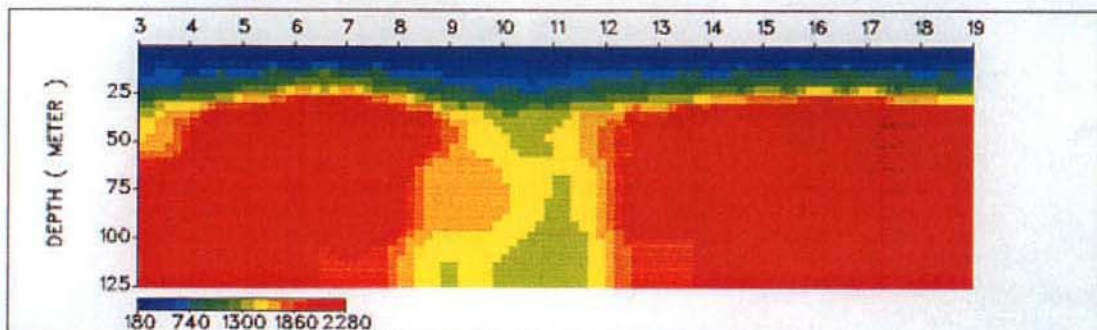
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



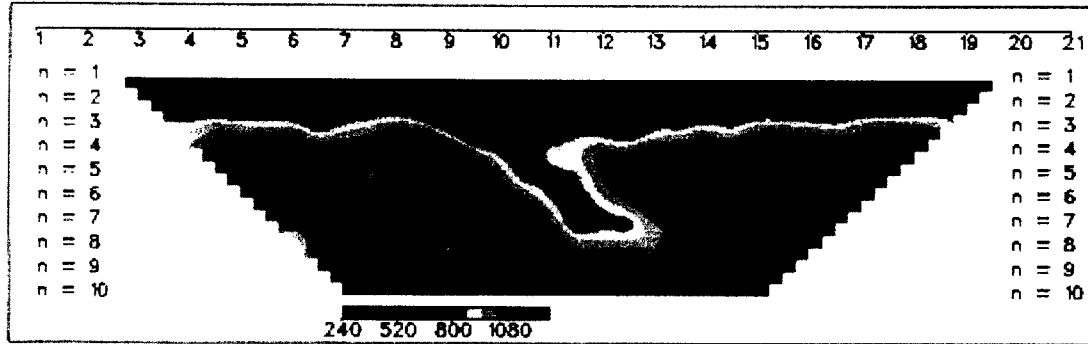
2-D Resistivity Structure



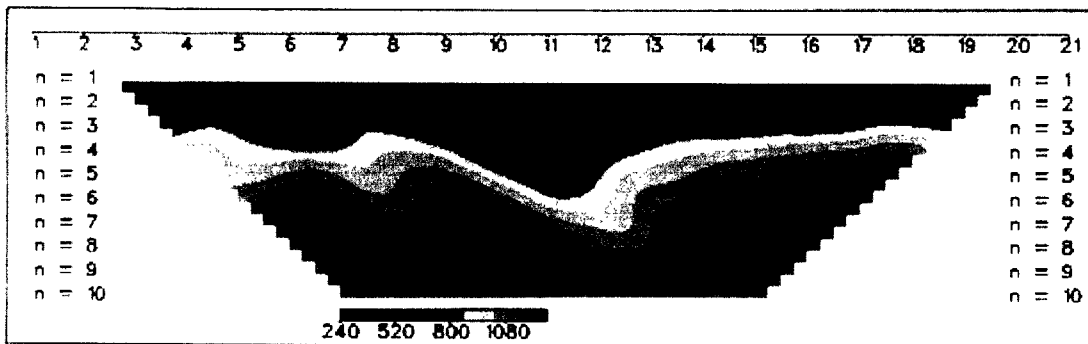
Line No. = SCDP-10 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-17> E-10측선 쌍극자 탐사결과도

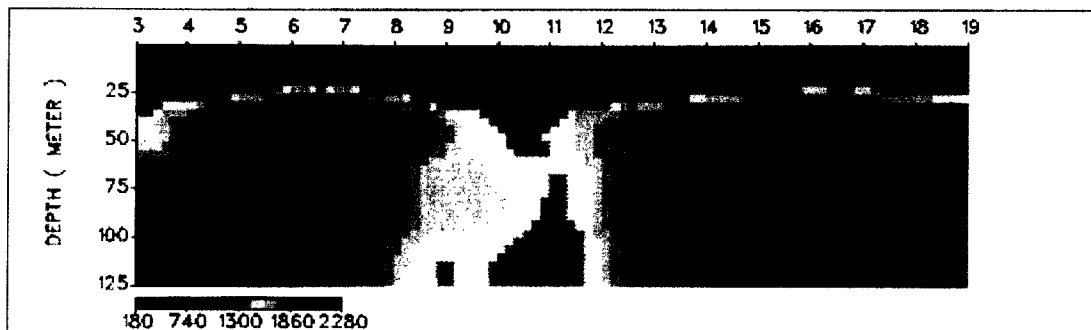
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

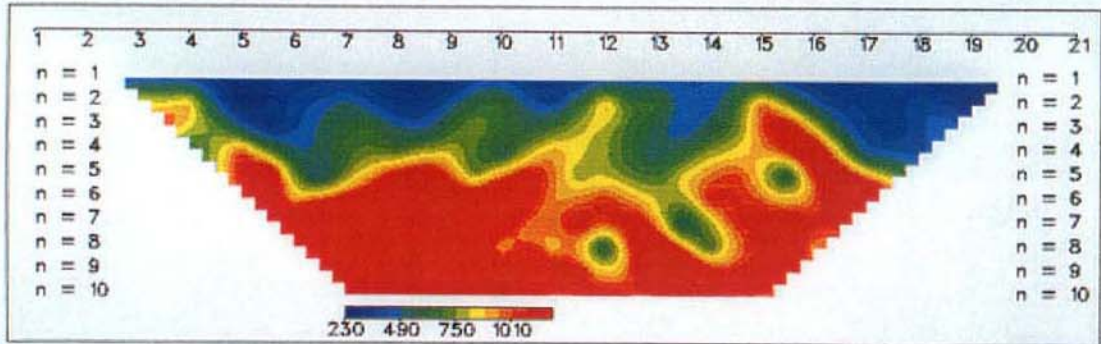


Line No. = SCDP-10 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

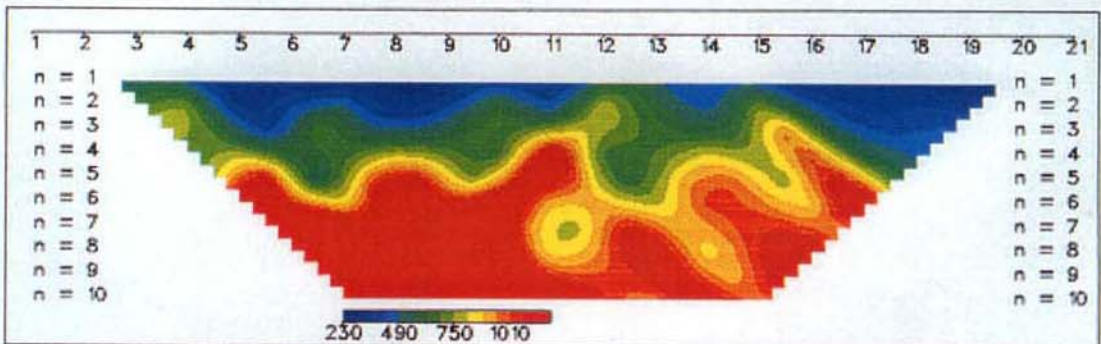
<그림 3-17> E-10측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

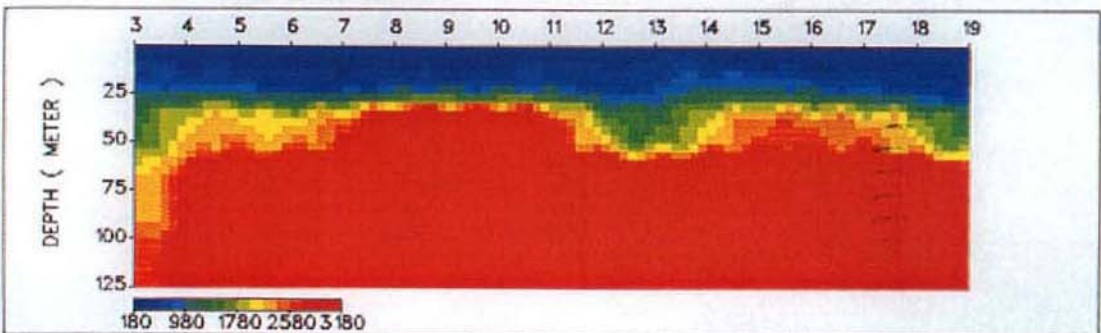
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



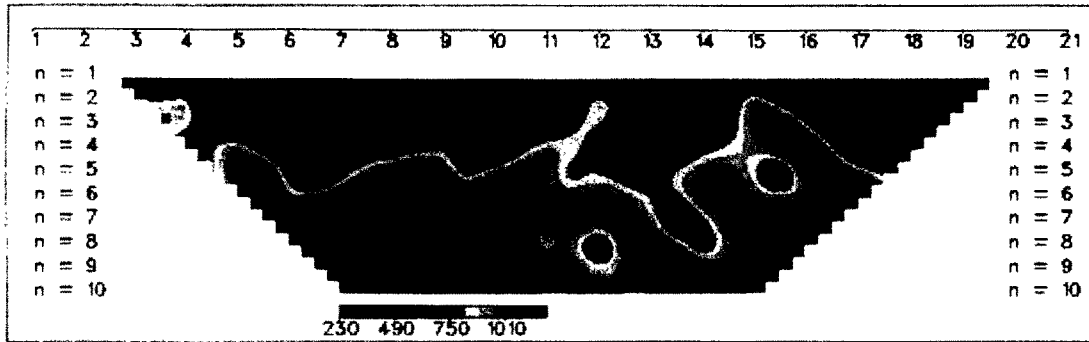
2-D Resistivity Structure



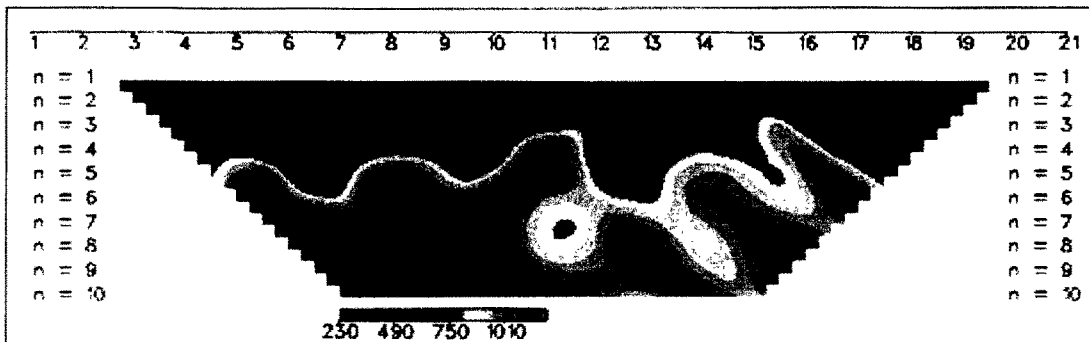
Line No. = SCDP-11 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-18> E-11측선 쌍극자 탐사결과도

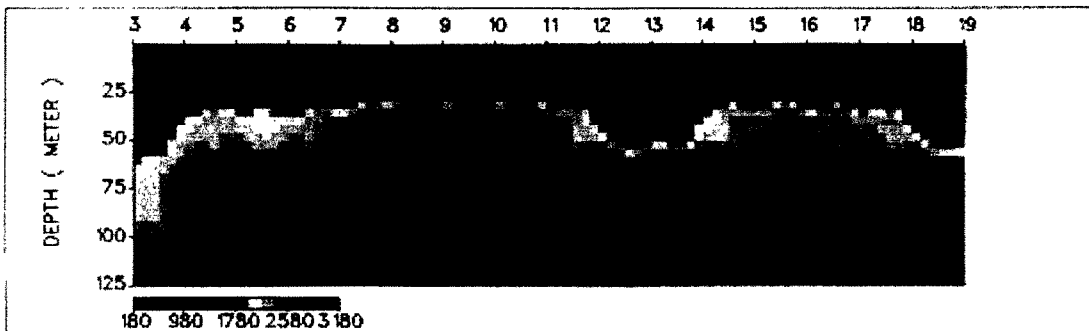
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

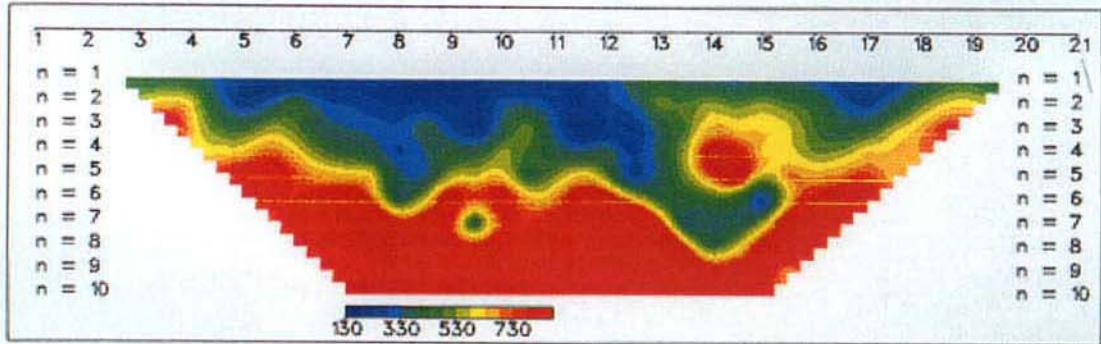


Line No. = SCDP-11 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

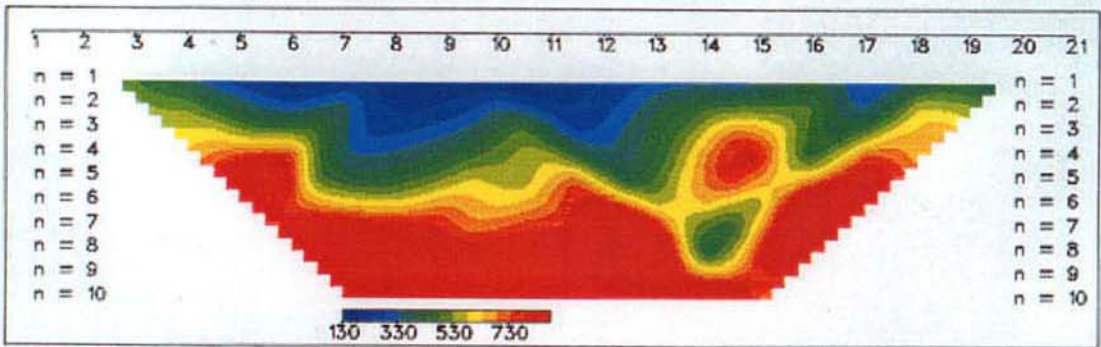
<그림 3-18> E-11측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

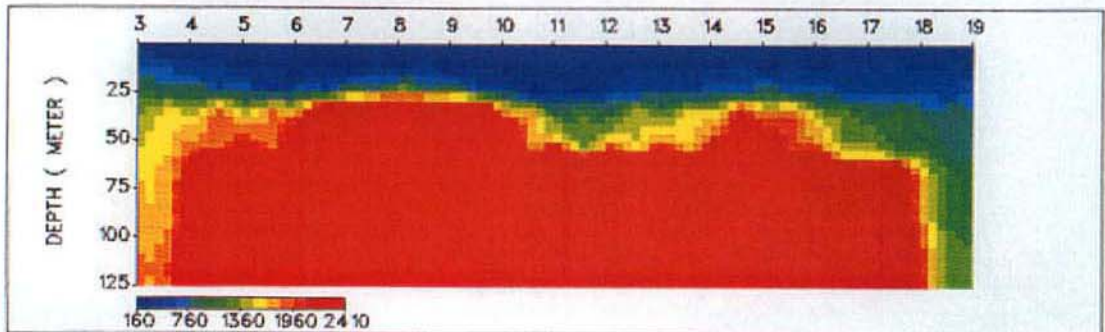
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



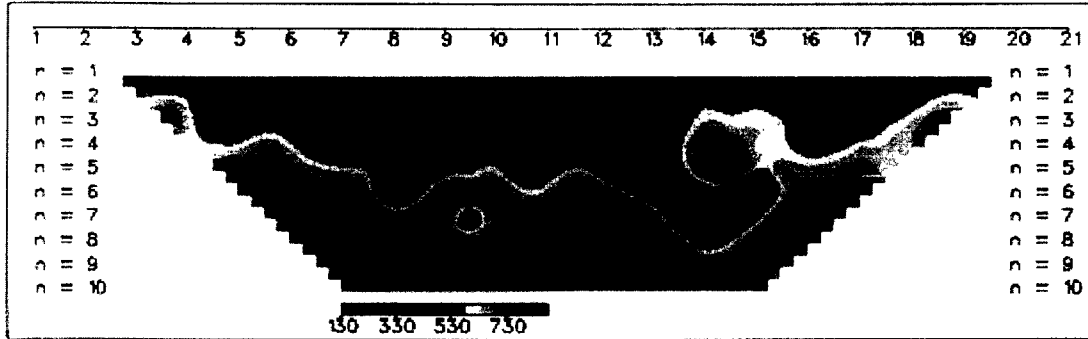
2-D Resistivity Structure



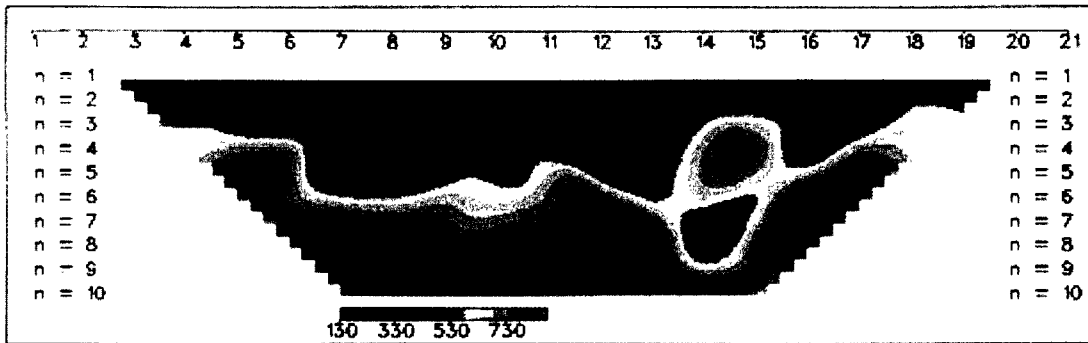
Line No. = SCDP-12 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-19> E-12측선 쌍극자 탐사결과도

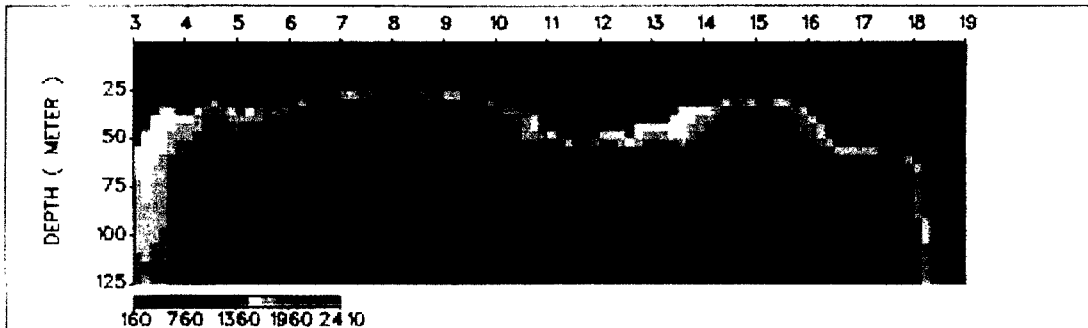
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

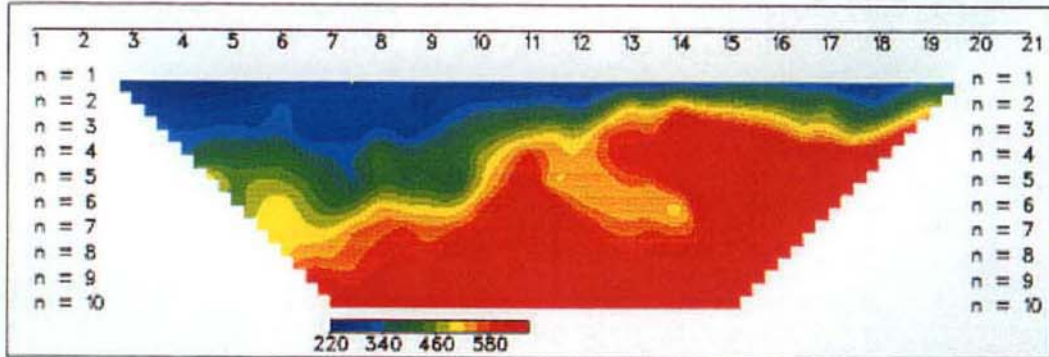


Line No. = SCDP-12 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

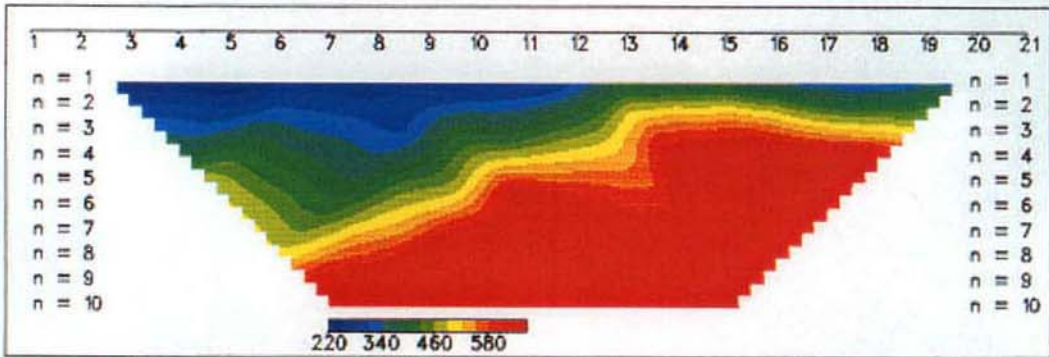
<그림 3-19> E-12측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

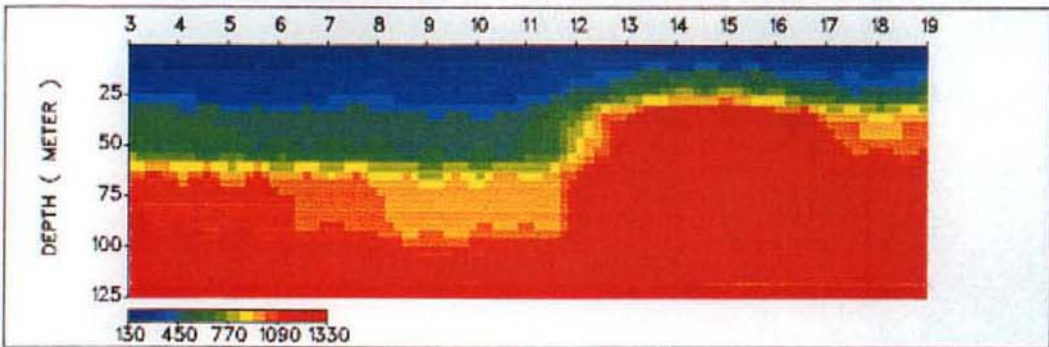
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



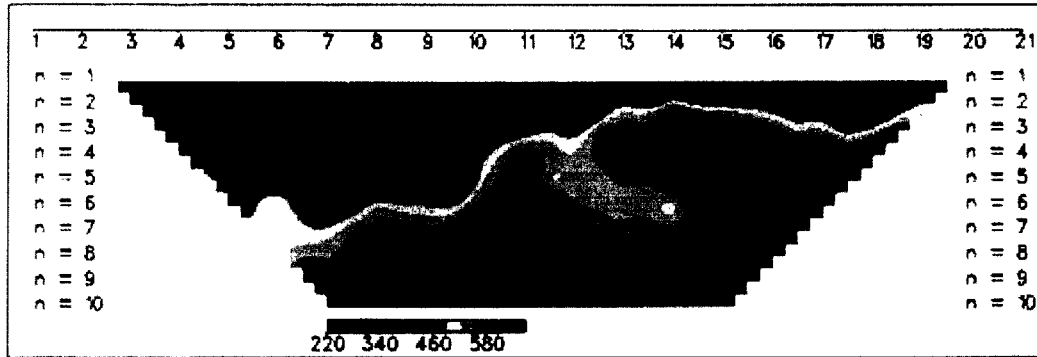
2-D Resistivity Structure



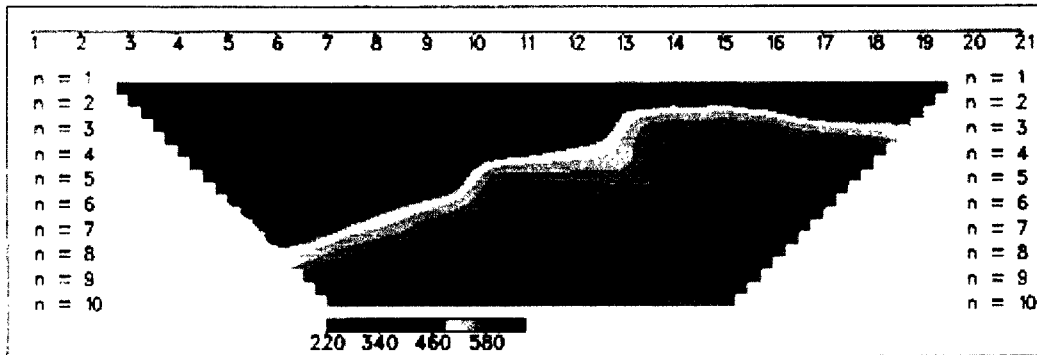
Line No. = SCDP-13 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-20> E-13측선 쌍극자 탐사결과도

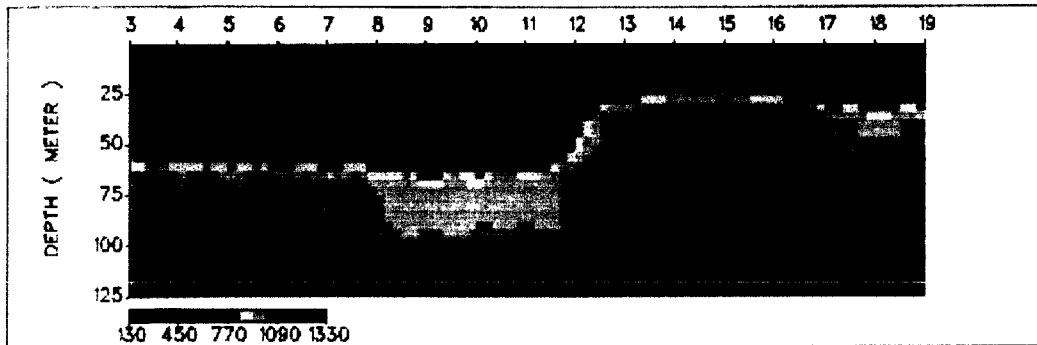
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

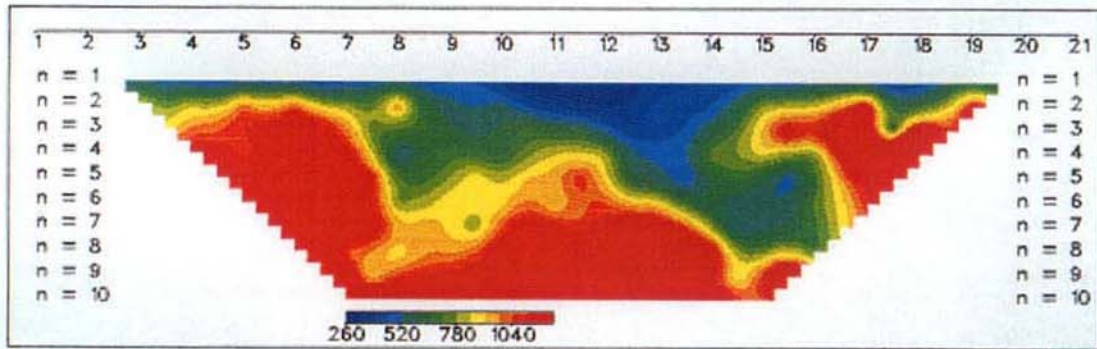


Line No. = SCDP-13 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

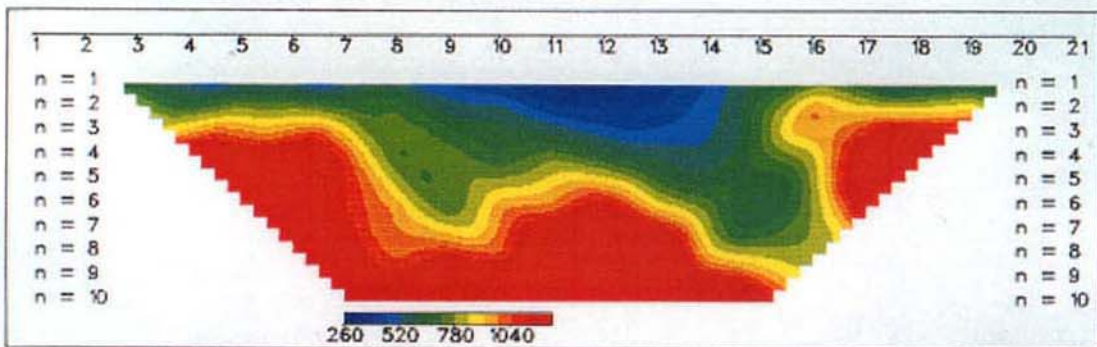
<그림 3-20> E-13측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

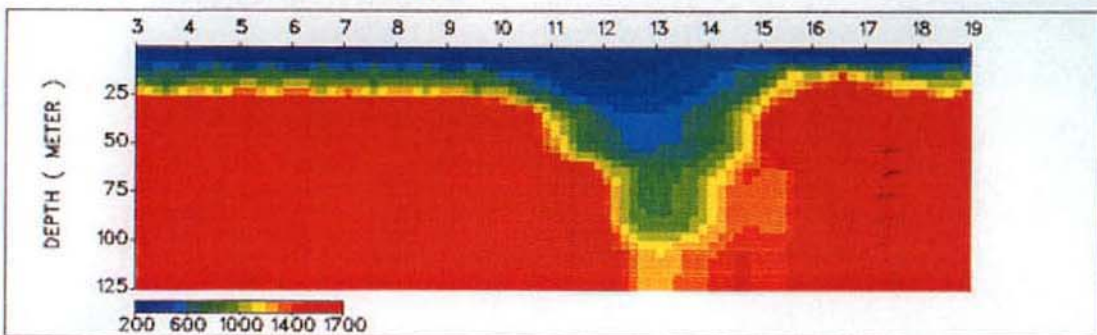
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



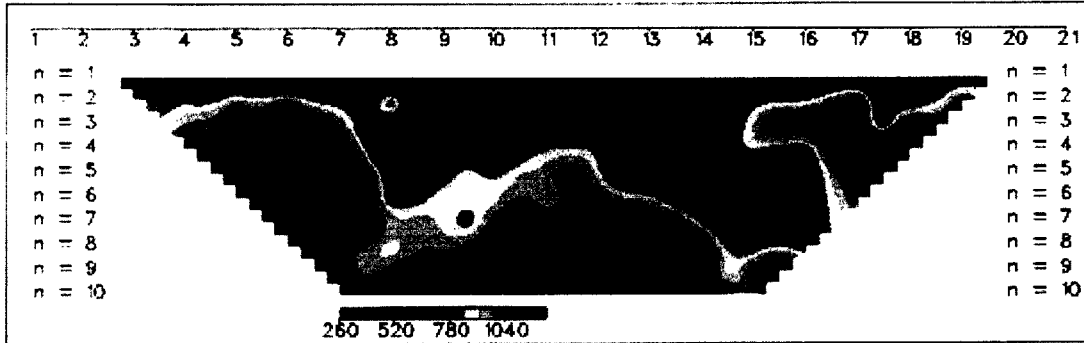
2-D Resistivity Structure



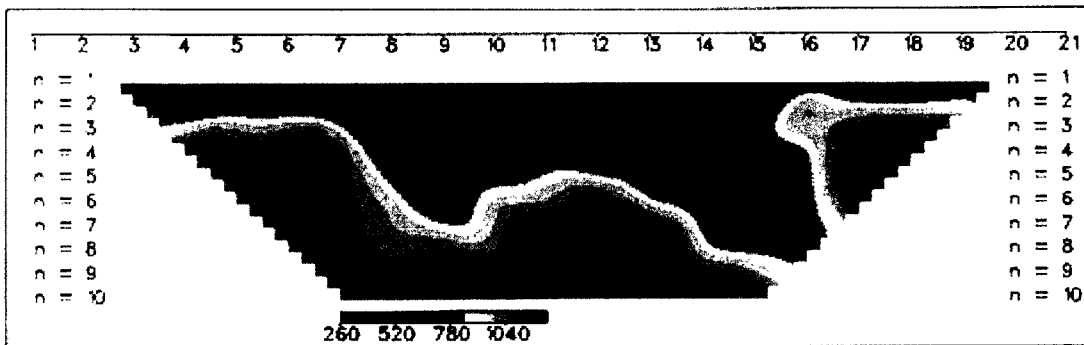
Line No. = SCDP-14 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-21> E-14측선 쌍극자 탐사결과도

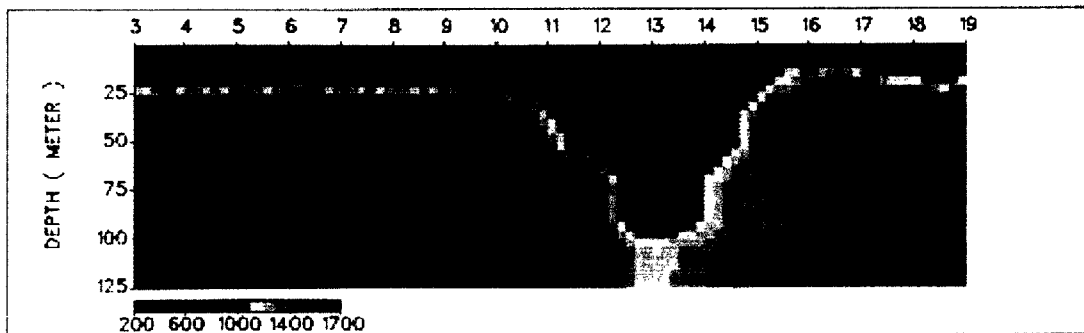
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

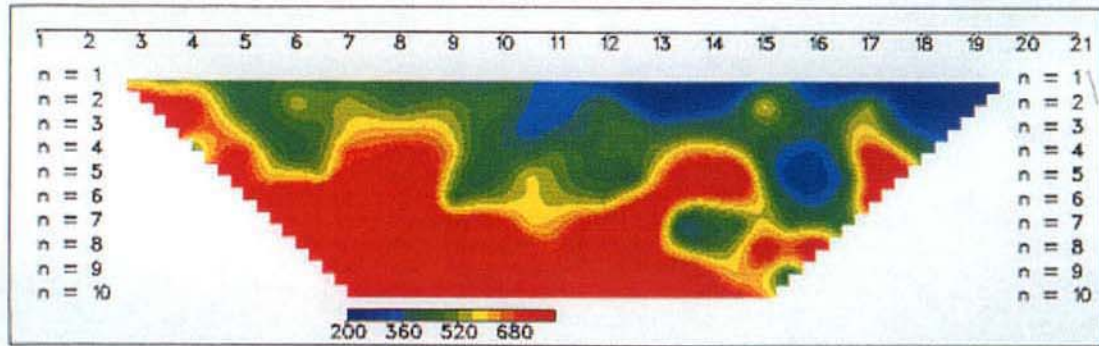


Line No. = SCDP-14 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

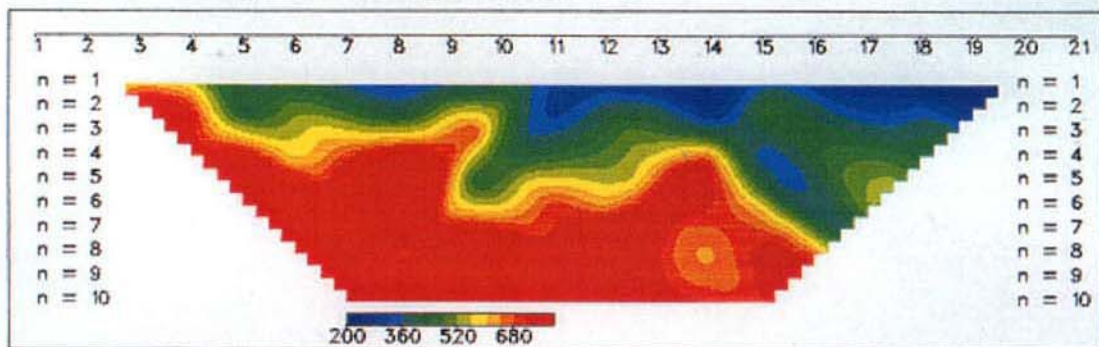
<그림 3-21> E-14측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

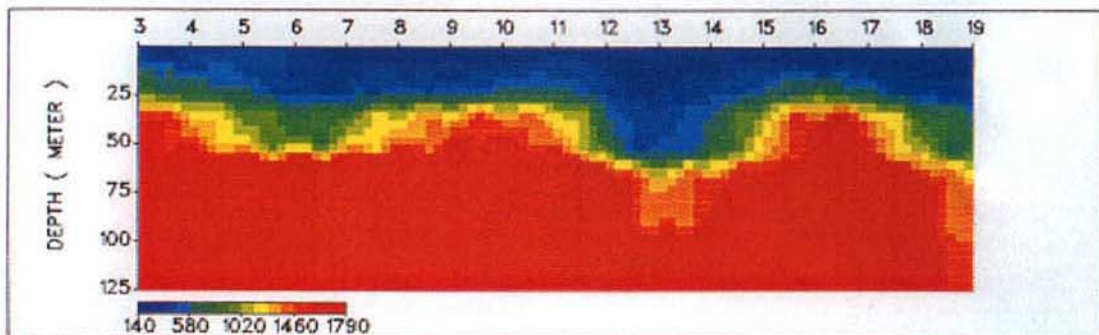
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



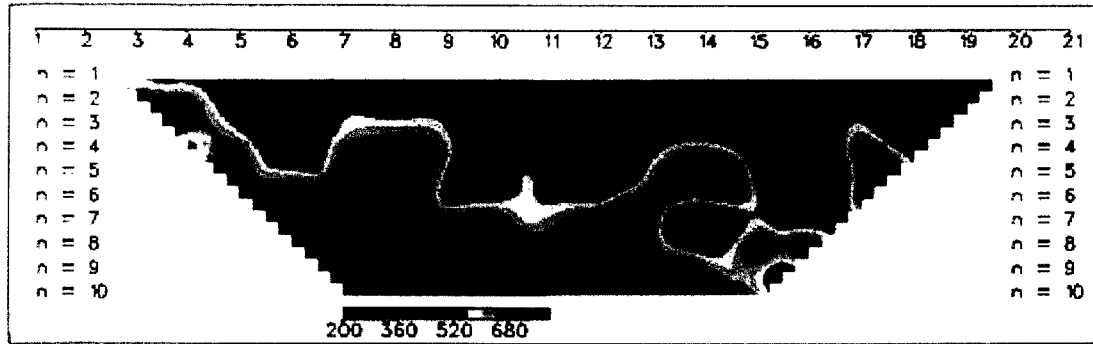
2-D Resistivity Structure



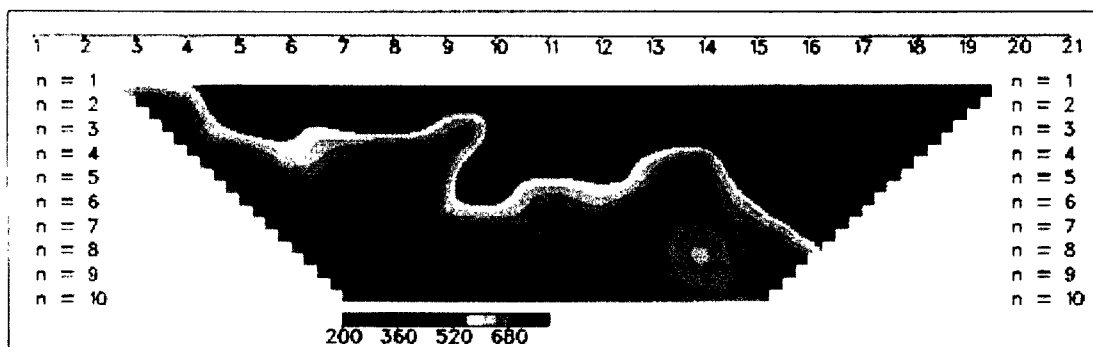
Line No. = SCDP-15 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-22> E-15측선 쌍극자 탐사결과도

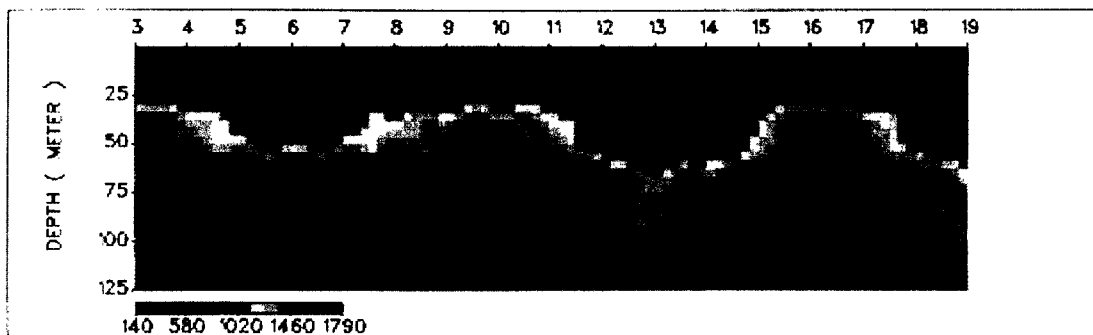
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



Line No. = SCDP-15 Area = SUNCHANG
 Dipole Spacing = 25 meter

<그림 3-22> E-15측선 쌍극자 탐사결과도

여 백

3-3. 양수시험

대수성 시험은 대수층의 수리전도도, 투수량계수, 저류계수 등 대수층 수리상수를 구하고 비양수량과 적정양수량 및 영향 반경등 우물에 관한 자료를 얻기 위하여 실시한다.

양수시험을 시행하는 주요 목적은 대수층에 물의 충전 혹은 대수층으로부터 지하수를 채수함으로써 발생하는 수위상승 및 수위강하 자료를 이용하여 수리적 성질을 결정하는 것이다.

조사지역의 대수층의 수리적 성질을 파악하기 위하여 기설관정 15공에 대하여 단공 양수시험을 실시하였다.

3-3-1. 양수시험 일반

관정의 양수능력은 관정이 위치한 대수층의 수리적 특성을 나타내는 수리상수와 밀접한 관련이 있다. 수리 상수의 측정방법으로는 양수시험, 순간수위변화시험등 여러 가지가 있지만, 대수층의 물을 직접 채취하면서 양수정 주변의 지하수 수위강하량을 측정하는 양수시험이 가장 적합한 방법이다. 양수시험은 양수정에서의 양수량과 관측점에서 수위강하량을 측정하여 그 측정결과로부터 우물이론을 이용하여 역으로 수리상수를 구하는 방법이다. 이런 양수시험에 의해 산출되는 수리상수는 투수량계수(T), 저류계수(S) 등이다.

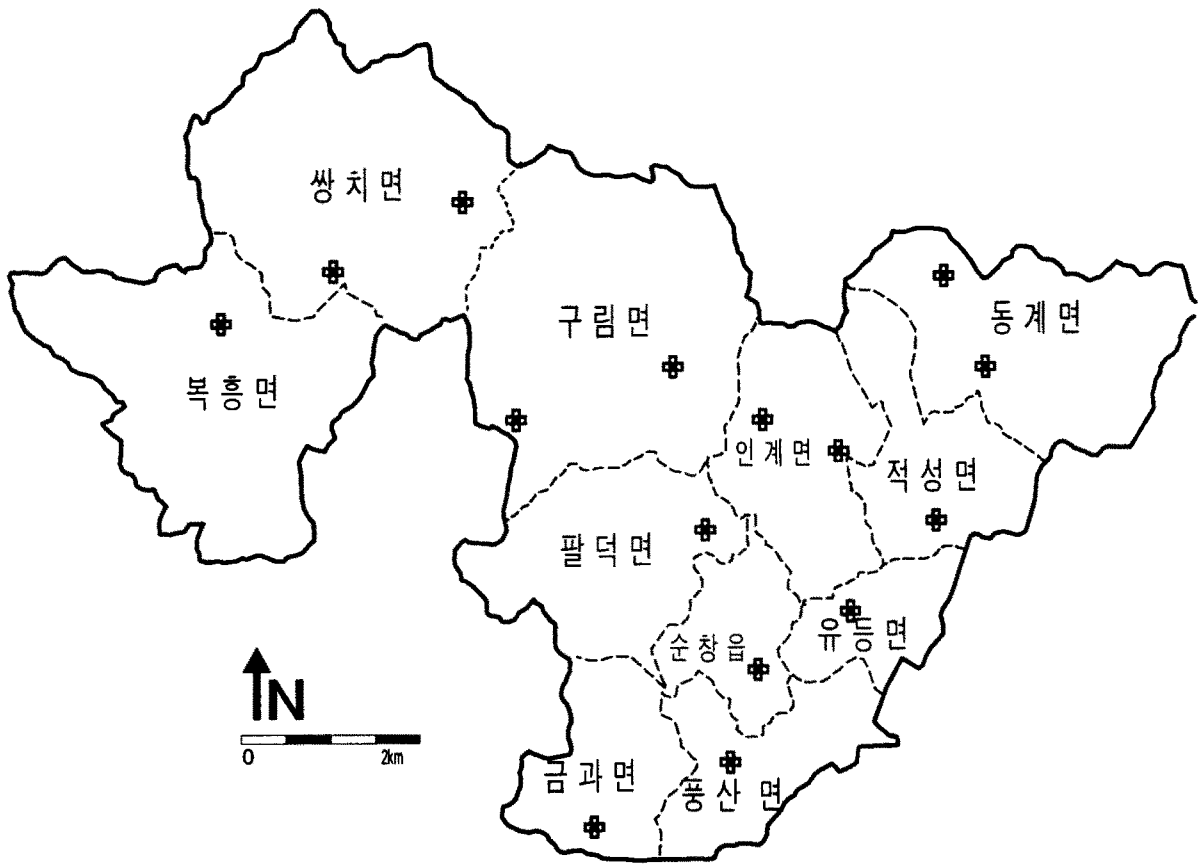
투수량계수는 투수계수(K)에 대수층의 두께(B)를 곱한 값과 같으며 ($T=K \times B$) 지하수의 수리경사가 1일 때 단위폭의 대수층에서 단위시간 동안 유출되는 물의 양으로 정의된다. 단위는 m^3/sec , m^3/day 등을 사용한다. 관정에서의 양수량(Q)과 투수량계수(T), 수위강하량(s) 사이에는 아래와 같은 관계가 있다.

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) \dots \dots \dots \text{Theis이론식}$$

$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

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

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s} \dots \dots \dots \text{Jacob근사식}$$



<그림 3-23> 순창지구 양수시험 위치도

여기서 $W(u)$: 우물함수, u : 우물계수

s : 수위강하량

Δs : 양수시간 1 log cycle 동안의 수위강하량

저류계수(S)는 단위 수두의 강하에 의해 단위 면적의 대수층으로부터 유출되는 물의 체적으로 단위는 무차원이다. 저류계수는 일반적으로 대수층의 종류에 따라 달라 비피압대수층인 경우 0.1~0.3이지만 피압대수층은 0.00001~0.001이다.

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

$$s = \frac{2.25T t_0}{r^2} \dots \dots \dots \text{Jacob근사식}$$

T : 투수량계수

t : 양수 개시 이후 경과시간

r : 양수정과 관측정사이의 거리

t_0 : 수위강하가 0인 지점을 만나는 시간 절편

3-3-2. 양수시험 방법 및 결과

가. 양수시험 방법

순창군의 수리지질 특성중 투수량계수를 측정하기 위하여 관정관리 상태가 양호한 관정을 선정, 기설관정 양수시설을 이용하여 암반층 15개 지점에 대한 양수시험을 실시하였다. 암반층의 양수시험시 암반관정외에 그 인근에 관측정이 존재하지 않아 양수시의 수위외에 양수정지 후의 회복수위를 측정하여 그 결과를 해석하였다.

암반층을 대상으로 한 양수시험은 Theis의 양수해법에 의해 해석하였다. 해석을 위한 curve matching에는 Aqtewin32 Pre-test S/W를 사용하였다.

나. 양수시험 결과

기설관정에 의한 양수량 분포 분석은 기설관정 이용실태조사 결과 양수능력 100m³/일 이상의 관정 15공에 대하여 실시하였으므로 이들 관정이 지구전체를 대표한다고는 할 수 없으나 지질별 특성은 반영하는 것으로 판단된다. 기설관정중 기설 양수시설이 양호한 관정을 대상으로 양수시험을 실시하였으므로 대상공의 분포상 본 조사지역의 대표적인 대수층상수라고 판단하기 미흡하나 기설관정 이

용실태조사 결과 및 양수시험 결과를 종합하여 지질별 지하수 부존특성을 기술하면 다음과 같다.

충적층은 지형의 급한 경사로 인하여 상류의 소지류에 운반 퇴적된 하상퇴적층의 두께는 5m이하로 투수성은 미약하나 하류지역인 섬진강과 순창읍 부근에서는 8m 내외의 모래 및 사력으로 되어있어 투수성은 보통인 편이다.

퇴적암류는 경상계 퇴적암층으로 역암, 역질사암, 사암, 세일 등의 쇄설성 퇴적암으로 구성되어 있으며 응회질의 기질을 갖고 있다. 지구의 중앙부와 우측부에 주향이동단층의 활동이 우세한 환경에서 퇴적된 퇴적체로 구성되어 NE 방향의 선구조 발달등 지질구조의 발달이 양호하다. 퇴적암지대에서 지하수 부존능력은 다양한 범위를 보이나 선구조등 지질구조가 발달한 퇴적암중 사암과 세일이 교호하며 산성암맥의 관입을 받은 곳에서는 지하수 부존능력이 양호한 편이다.

변성암류중 화강편마암은 중립 내지 조립질의 석영, 사장석, 백운모 등을 주구성광물로 하고 있으며 풍화에 약하여 지역적으로 20m 두께의 풍화대를 형성하기도 한다. 기설관정의 위치 및 양수량을 선구조와 비교 검토하여 보면 양수량과 선구조와의 관련성은 적어 보이나 지구 우측부의 변성대에서는 비교적 높은 관련성을 보인다. 주대수층은 상부에 발달한 풍화대와 신선한 암석 내에 발달한 파쇄대 등으로 판단된다. 편암대에서의 지하수 개발실적은 많지 않으며 지하수 부존능력은 빈약하다.

화성암류중 화산암류는 중앙부와 동측부에 넓게 분포하고 있으며 퇴적암들을 덮고 있거나 관입한 형태로 분포하고 있다. 선구조가 발달된 지역에서 지하수 개발이 기대되나, 그외의 화산암 분포 지역에서는 지하수 부존능력은 빈약하다. 화강암류는 중립 내지 조립질이며 기설관정 분석결과 지하수 부존능력은 보통으로 낮다.

양수시험결과 투수량계수는 암질별로 변성암에서 4.28m³/day의 범위를 보이고, 퇴적암류는 3.42~13.51m³/day, 평균 9.23m³/day이고 화성암류는 2.29~23.35m³/day, 평균 7.66m³/day이다. 퇴적암류가 가장 높게 나타나고 화성암류, 변성암류 순으로 투수성이 양호하게 나타났다.

<표 3-2> 양수시험 결과

No	시·군	읍·면	리	양수량 (m ³ /d)	양수 시간 (min)	수위 강하량 (m)	투수량 계수 (m ³ /d)	해석법	지질 분포
D-2	순창군	동계면	유산리	150	180	17.0	5.08	Theis	화성암
D-4	순창군	동계면	동심리	170	120	4.0	23.35	Theis	화성암
D-26	순창군	적성면	고원리	100	216	10.69	4.29	Theis	변성암
D-29	순창군	인계면	쌍암리	200	180	10.5	5.65	Theis	화성암
D-30	순창군	인계면	마홀리	150	180	10.5	1.10	Theis	화성암
D-37	순창군	유등면	오교리	200	300	16.3	4.00	Theis	화성암
D-40	순창군	구림면	월정리	300	90	14.9	5.98	Theis	화성암
D-63	순창군	구림면	울북리	200	180	26.7	2.94	Theis	화성암
D-65	순창군	팔덕면	월곡리	200	240	26.5	2.38	Theis	화성암
D-71	순창군	순창읍	남계리	200	216	8.9	10.30	Theis	화성암
D-78	순창군	풍산면	반월리	150	180	10.5	8.53	Theis	화성암
D-95	순창군	쌍치면	운암리	200	200	11.54	10.76	Theis	퇴적암
D-98	순창군	쌍치면	도길리	200	181	5.0	13.51	Theis	퇴적암
D-125	순창군	북흥면	서마리	100	200	21.9	3.42	Theis	퇴적암
D-141	순창군	금과면	방성리	200	90	23.1	2.29	Theis	화성암
평 균					183.5	14.5	6.9	-	-

○ 동계면 유산리 (D-2)

관측정의 심도는 83m이며 자연수위는 1.8m이다. 150m³/일로 180분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 45분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 T= 5.08m³/day로 나타났다.

○ 동계면 동심리 (D-4)

관측정의 심도는 200m이며 자연수위는 5.8m이다. 170m³/일로 120분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 25분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시

간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 23.35 \text{ m}^2/\text{day}$ 로 나타났다.

○ 적성면 고원리 (D-26)

관측정의 심도는 360m이며 자연수위는 15m이다. $100\text{m}^3/\text{일}$ 로 216분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 40분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 4.29\text{m}^2/\text{day}$ 로 나타났다.

○ 인계면 쌍암리 (D-29)

관측정의 심도는 200m이며 자연수위는 4.0m이다. $200\text{m}^3/\text{일}$ 로 180분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 160분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 5.65\text{m}^2/\text{일}$ 로 나타났다.

○ 인계면 마흘리 (D-30)

관측정의 심도는 125m이며 자연수위는 4.9m이다. $150\text{m}^3/\text{일}$ 로 180분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 105분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 1.10\text{m}^2/\text{일}$ 로 나타났다.

○ 유등면 오교리 (D-37)

관측정의 심도는 130m이며 자연수위는 8.7m이다. $200\text{m}^3/\text{일}$ 로 300분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 260분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 4.00\text{m}^2/\text{일}$ 로 나타났다.

○ 구림면 월정리 (D-40)

관측정의 심도는 160m이며 자연수위는 5.4m이다. $300\text{m}^3/\text{일}$ 로 90분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 90분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시

간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 5.98\text{m}^2/\text{일로}$ 나타났다.

○ 구림면 울복리 (D-63)

관측정의 심도는 200m이며 자연수위는 7.2m이다. $200\text{m}^2/\text{일로}$ 180분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 45분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 2.94\text{m}^2/\text{일로}$ 나타났다.

○ 팔덕면 월곡리 (D-65)

관측정의 심도는 230m이며 자연수위는 12.4m이다. $200\text{m}^2/\text{일로}$ 240분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 40분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 2.38\text{m}^2/\text{일로}$ 나타났다.

○ 순창읍 남계리 (D-71)

관측정의 심도는 170m이며 자연수위는 2.3m이다. $200\text{m}^2/\text{일로}$ 216분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 45분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 10.30\text{m}^2/\text{일로}$ 나타났다.

○ 풍산면 반월리 (D-78)

관측정의 심도는 200m이며 자연수위는 6.2m이다. $150\text{m}^2/\text{일로}$ 180분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 45분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 8.53\text{m}^2/\text{일로}$ 나타났다.

○ 쌍치면 운암리 (D-95)

관측정의 심도는 70m이며 자연수위는 3.5m이다. $200\text{m}^2/\text{일로}$ 200분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 40분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시

간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 10.76$ $m^2/일$ 로 나타났다.

○ 쌍치면 도길리 (D-98)

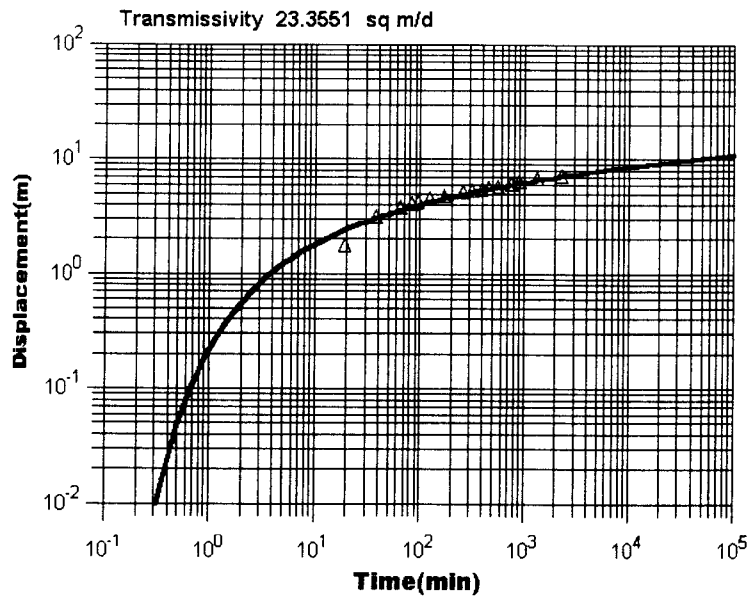
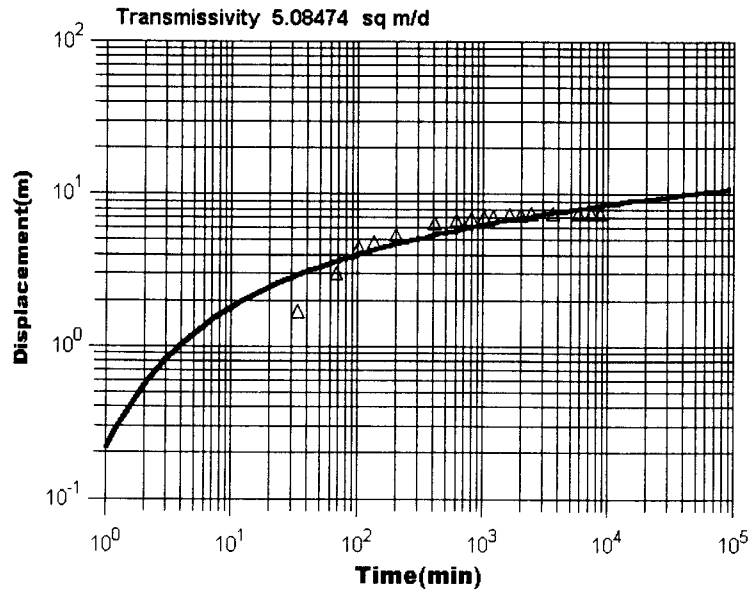
관측정의 심도는 120m이며 자연수위는 2.7m이다. 200 $m^3/일$ 로 181분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 35분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 13.51$ $m^2/일$ 로 나타났다.

○ 복흥면 서마리 (D-125)

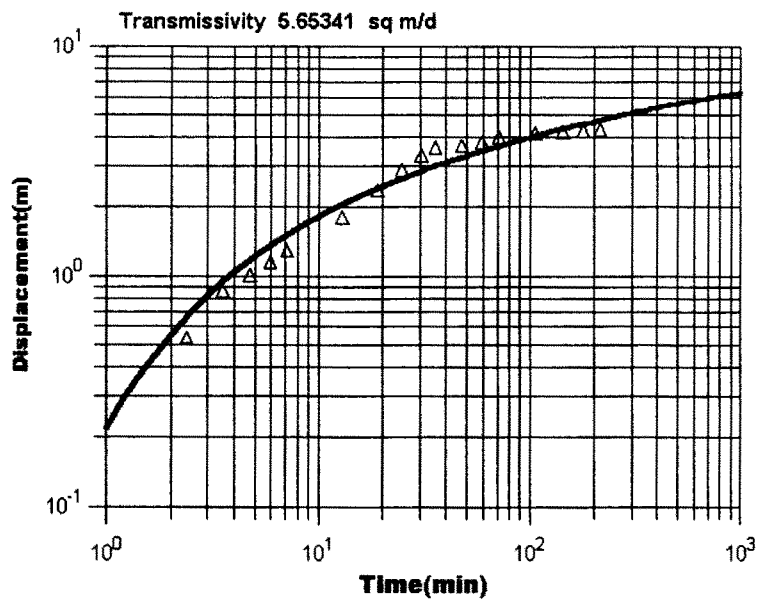
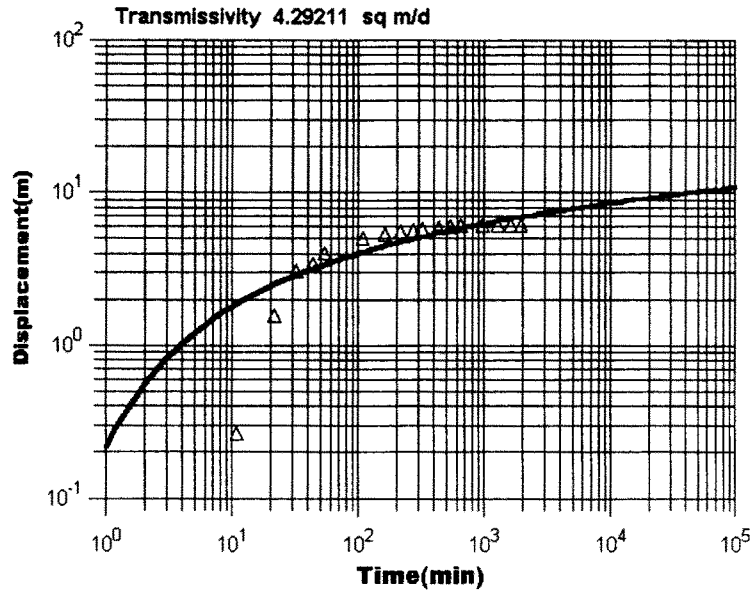
관측정의 심도는 130m이며 자연수위는 3.9m이다. 100 $m^3/일$ 로 200분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 40분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 3.42m^2/일$ 로 나타났다.

○ 금과면 방성리 (D-141)

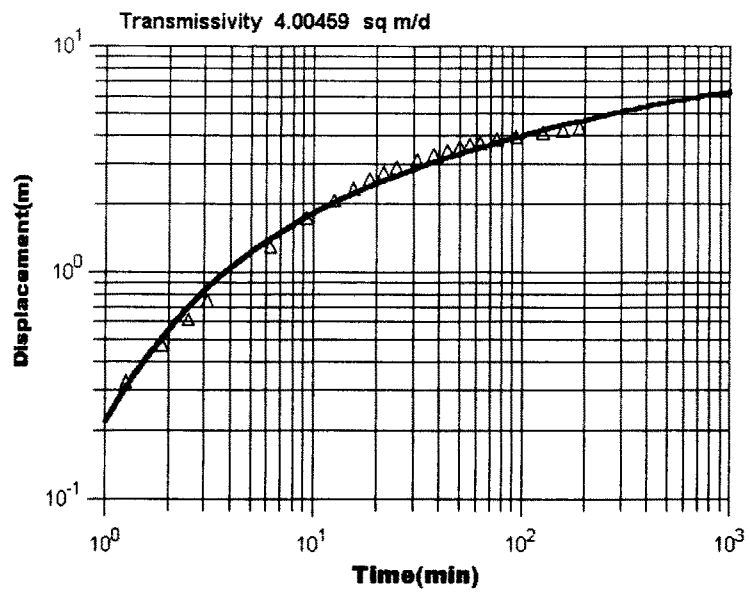
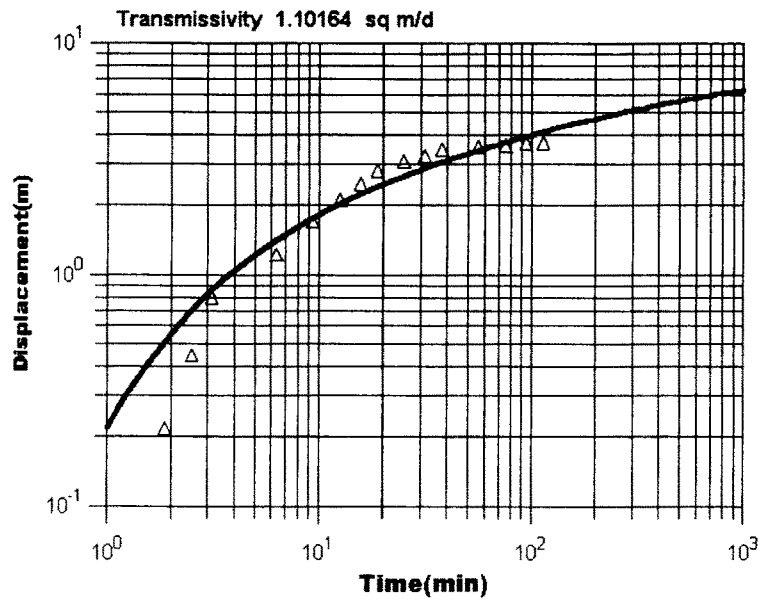
관측정의 심도는 87m이며 자연수위는 2.4m이다. 200 $m^3/일$ 로 90분 동안 양수를 하였으며 양수를 종료한 후에 35분 동안 회복수위를 측정하였다. 측정한 시간-수위강하량의 자료를 Theis의 해를 이용하여 수리상수를 구한 결과 $T= 2.29m^2/일$ 로 나타났다.



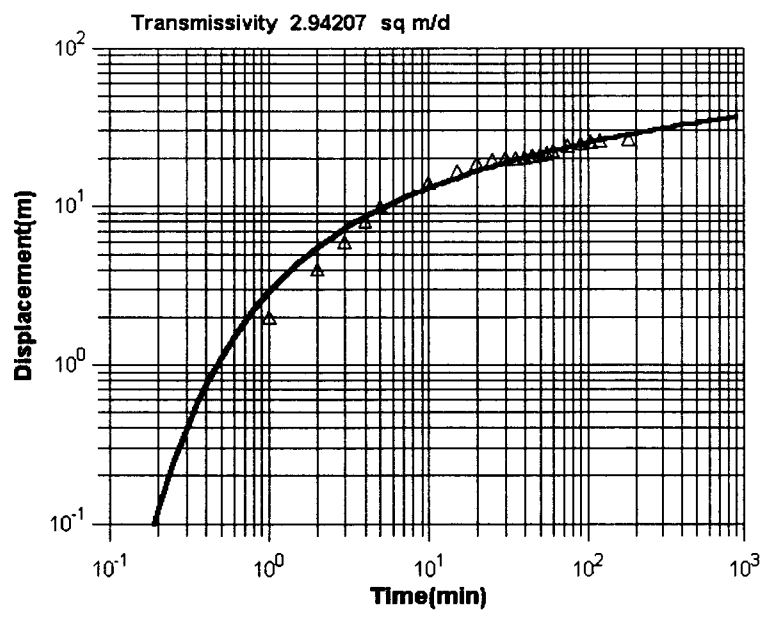
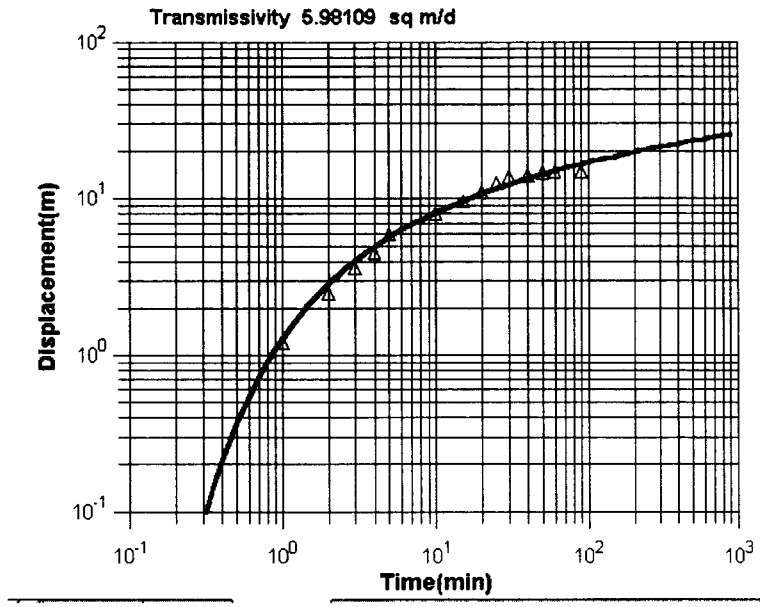
<그림 3-24> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-2, 하: D-4)



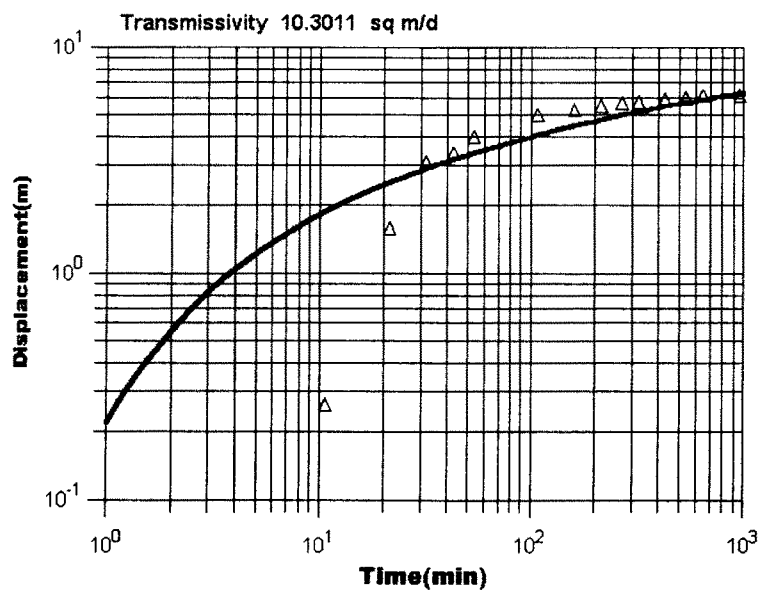
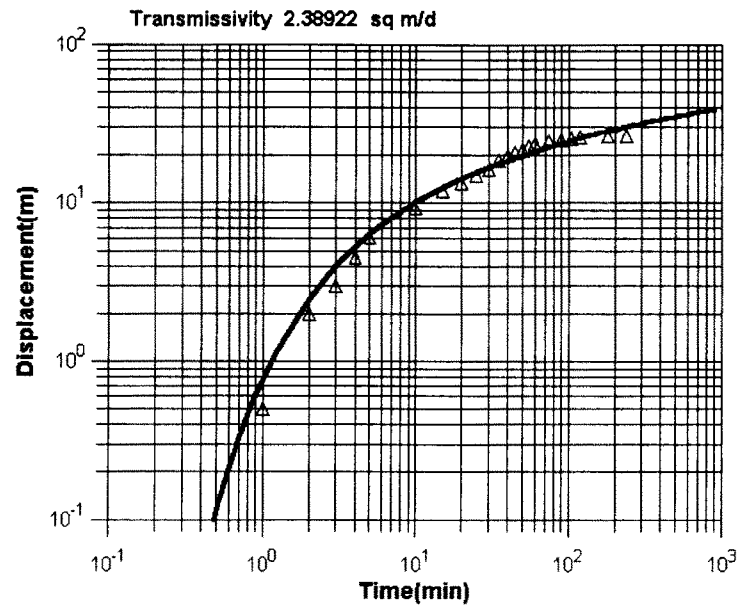
<그림 3-25> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-26, 하: D-29)



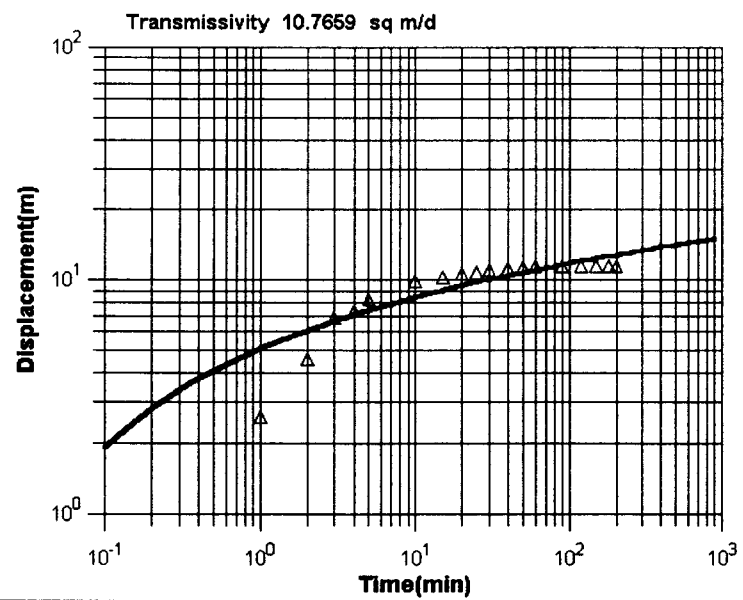
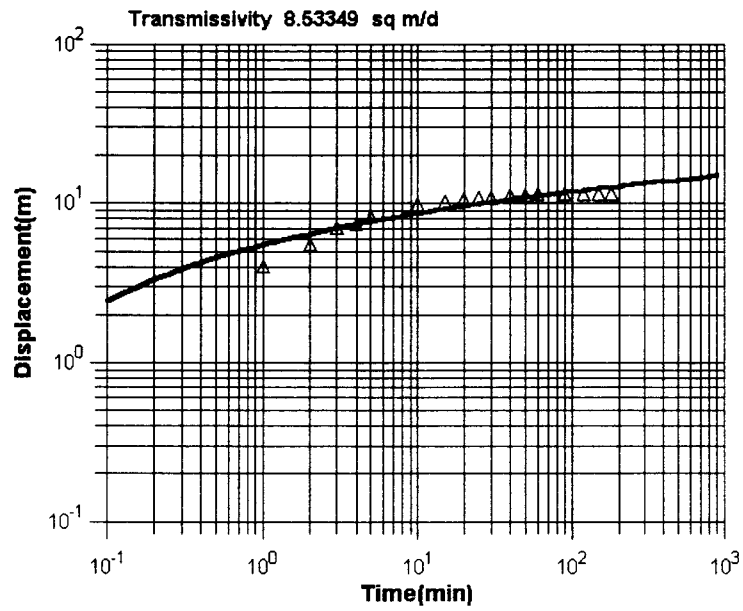
<그림 3-26> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-30, 하: D-37)



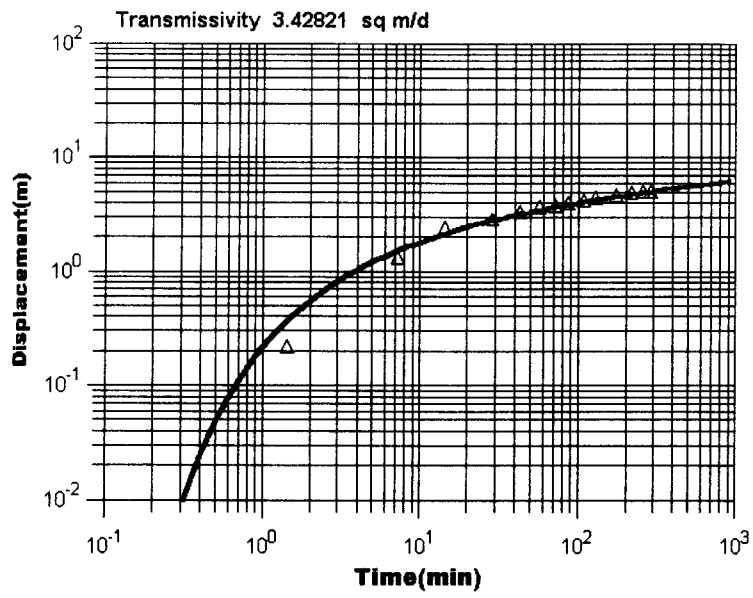
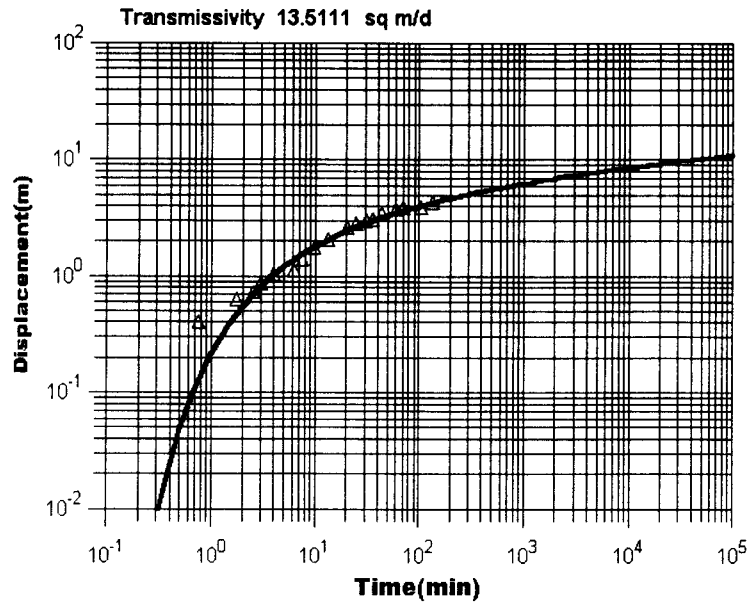
<그림 3-27> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-40, 하: D-63)



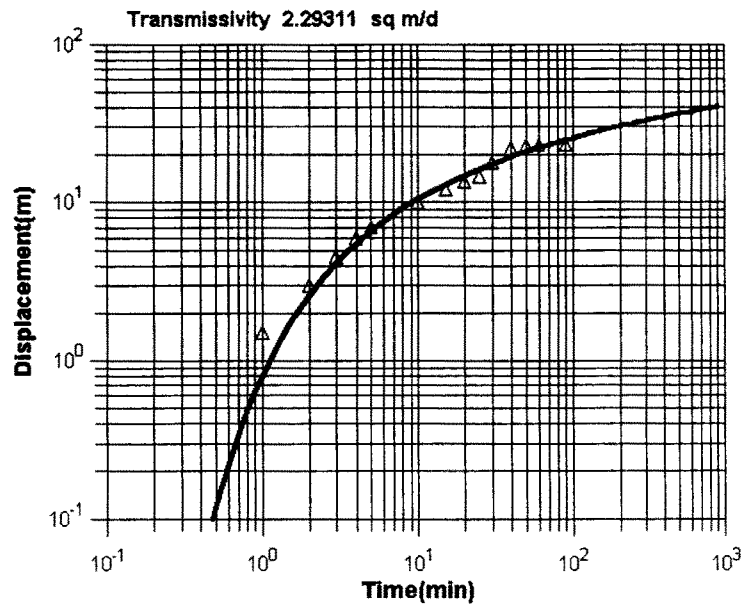
<그림 3-28> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-65, 하: D-71)



<그림 3-29> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-78, 하: D-95)



<그림 3-30> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-98, 하: D-125)



<그림 3-31> 순창지구 양수시험 해석도(상: D-141)

3-4. 대수층 특성

조사지역 내에 분포된 각종 대수층특성을 지배하는 요인으로는 지형, 지질 등 수리특성과 관계된 일차적 요인과 홍수와 가뭄, 그리고 인위적인 양수와 댐의 건설 등 일시적으로 발생하는 이차적 요인으로 구분할 수 있다. 따라서 이들 수리특성인자를 파악하기 위하여 각 지점에 있는 관측정으로부터 대수성시험을 실시하고 물리탐사와 원격탐사 그리고 지질조사 등을 병행하여 실시하였다.

Walton(1988)에 의하면 투수량계수와 직접적으로 관계되는 공극율 범위는 퇴적암중 사암과 이암의 경우 0.25-0.5이며 화성암과 변성암을 포함하는 결정질암중 파쇄암과 화강암의 경우 0.005-0.1정도로 보고되었다. 본 순창군에서 산출된 투수량계수는 양수정의 산출능력을 나타내는 척도로서 양수량과는 정비례의 관계를 갖으며 수위강하량과는 반비례 관계이다. 퇴적암, 변성암, 그리고 화성암에서는 평균이나 평균이상의 값을 나타내고 화산암 지대에서는 낮은 투수량계수를 나타내었다.

15개 시설관정의 양수시험 결과를 이용하여 투수량계수를 계산하였으며, <표 3-2>와 같이 평균 투수량계수는 $6.90\text{m}^3/\text{일}$ 이다. 우리나라의 평균투수량 계수가 $2\text{-}5\text{m}^3/\text{일}$ 임을 고려할때 평균보다 약간 높음을 알 수 있다. 가장 높은 곳은 동계면 동심리(D-4) $23.35\text{m}^3/\text{일}$ 이고, 가장 낮은 곳은 인계면 마홀리(D-30) $1.10\text{m}^3/\text{일}$ 이다.

4. 지하수 이용 실태조사

4-1. 시설관정 현황조사

지하수 개발·이용 시설은 개정(1997. 1.13)된 지하수법에 의해 <표 4-1>과 같이 허가, 신고, 면제여부가 구분되고 있다.

<표 4-1> 지하수 개발·이용 시설의 허가·신고 대상 분류

용 도	구 분		허가·신고 여 부
가 정 용	동력장치가 없는 경우		면 제
	동력장치가 있는 경우	1일 양수능력 30톤 미만 (토출관직경 32mm 이하)	면 제
		1일 양수능력 100톤 (토출관직경 40mm) 이하	신 고
		1일 양수능력 100톤 (토출관직경 40mm) 초과	허 가
농 업 용	동력장치가 없는 경우		면 제
	동력장치가 있는 경우	1일 양수능력 150톤 (토출관직경 50mm) 이하	신 고
		1일 양수능력 150톤 (토출관직경 50mm) 초과	허 가
국방,군사용	1일 양수능력 30톤 미만 (토출관직경 32mm 이하)		면 제
	1일 양수능력 30톤 이상 (토출관직경 32mm 초과)		신 고
일 반 용	1일 양수능력 100톤 (토출관직경 40mm) 이하		신 고
	1일 양수능력 100톤 (토출관직경 40mm) 초과		허 가
전시등 대비 비상급수용	양수능력에 관계 없음		신 고
재해 등 대비 용	양수능력에 관계 없음		신 고
지 하 수 보전구역내	1일 양수능력 30톤 이상 또는 토출관 직경이 32mm이상인 경우(용도에 관계 없음)		허 가

※ 지하수보전구역내에서 1일 양수능력 30톤미만(토출관직경 32mm미만)의 지하수 개발시는 상기 각 용도별 기준에 따라 신고 또는 면제로 구분됨.

순창군 기존 지하수 이용실태 자료수집은 신고시설을 대상으로 1997년까지 신고된 내용을 지하수법 시행규칙 제 21조 서식에 의거 자료를 수집하였고, 1997년까지 군에서 작성한 건설교통부 『두레박』 프로그램의 지하수 개발·이용실태 자료를 수집하여 분석하였다.

지하수개발·이용 실태자료 data base 프로그램인 두레박의 자료를 기본으로 하여 현장조사를 통해 추가입수 및 보완기록의 방법으로 자료를 수집하였다.

지하수법 시행규칙 제 21조와 관련된 제 21호 서식 및 건교부 D/B 프로그램 「두레박」에 신고된 자료를 기본자료로 조사를 하였으나 많은 부분이 부정확하고 지하수위 등 많은 부분이 누락되었으므로 양수능력에 따른 암반관정과 이온분석, 양수시험이 실시된 관정을 중심으로 지하수개발·이용시설을 현지 답사하여 기 수집자료를 보완하였다.

<표 4-2> 기설관정 지하수 개발·이용 실태

No	위 치				심도 (m)	직경 (cm)	양수능력 (m ³ /D)	용도	비고
	시·군	읍·면	리	번지					
D-1	순창군	동계면	수정리	437	-	40	50	농업용	
D-2		동계면	유산리	250	83	200	400	농업용	
D-3		동계면	어치리	110-1	-	200	250	농업용	
D-4		동계면	동심리	1738	200	200	400	농업용	
D-5		동계면	수장리	407	-	200	250	농업용	
D-6		동계면	관전리	57	-	40	30	생활용	
D-7		동계면	관전리	392-2	83	200	300	농업용	
D-8		동계면	동심리	1557	70	200	400	농업용	
D-9		동계면	수장리	497	84	200	300	농업용	
D-10		동계면	어치리	410	86	200	250	농업용	
D-11		동계면	어치리	501	70	200	250	농업용	
D-12		동계면	어치리	746	-	40	50	생활용	
D-13		동계면	오동리	80	200	100	400	생활용	
D-14		동계면	유산리	506-2	83	200	250	농업용	
D-15		동계면	이동리	261	-	200	250	농업용	
D-16		동계면	이동리	339-2	85	200	250	농업용	
D-17		동계면	이동리	804	150	150	150	공업용	
D-18		동계면	장항리	107	-	200	250	기타	
D-19		동계면	주월리	255	70	200	250	기타	
D-20		동계면	현포리	611-2	-	50	50	생활용	
D-21		동계면	현포리	611-2	-	50	100	생활용	
D-22		동계면	현포리	582-2	-	50	70	생활용	
D-23		동계면	현포리	105	70	200	250	생활용	
D-24		동계면	현포리	553-1	-	50	52	기타	
D-25		동계면	현포리	613-3	-	50	20	생활용	
D-26		적성면	고원리	616	360	150	100	생활용	
D-27		적성면	내월리	11-1	130	200	200	농업용	
D-28		인계면	심초리	105	199	200	200	생활용	
D-29		인계면	쌍암리	268-5	200	200	350	생활용	
D-30		인계면	마흘리	대마	125	200	250	농업용	

< 표 4-2 계속 >

No	위 치				심도 (m)	직경 (cm)	양수능력 (m ³ /D)	용도	비고
	시·군	읍·면	리	번지					
D-31	순창군	인계면	중산리	548	17	40	50	농업용	
D-32	순창군	인계면	동촌리	114-1	200	200	350	생활용	
D-33	순창군	인계면	갑동리	1272	156	40	25	농업용	
D-34	순창군	인계면	동촌리	114-1	200	200	350	생활용	
D-35	순창군	인계면	심초리	105	200	20	200	생활용	
D-36	순창군	인계면	쌍암리	268-5	200	200	300	생활용	
D-37	순창군	유등면	오교리		130	200	290	농업용	
D-38	순창군	인계면	탐리	457	155	40	25	농업용	
D-39	순창군	유등면	유촌리		34	50	30	생활용	
D-40	순창군	구림면	금천리	378	435	200	100	생활용	
D-41	순창군	구림면	월정리	476	160	210	180	농업용	
D-42	순창군	구림면	운남리	1058	26	50	85	농업용	
D-43	순창군	구림면	율북리	151	120	210	250	농업용	
D-44	순창군	구림면	구암리	1068	130	210	250	농업용	
D-45	순창군	구림면	구곡리	374	20	50	72	농업용	
D-46	순창군	구림면	구산리	609	28	50	123	농업용	
D-47	순창군	구림면	구암리	1088	130	210	250	농업용	
D-48	순창군	구림면	구암리		105	100	200	생활용	
D-49	순창군	구림면	금창리	450-1	160	210	180	농업용	
D-50	순창군	구림면	금창리	317-3	105	130	105	생활용	
D-51	순창군	구림면	금창리	384	95	130	40	생활용	
D-52	순창군	구림면	금천리	90-16	120	210	180	생활용	
D-53	순창군	구림면	금천리	378	435	200	100	생활용	
D-54	순창군	구림면	방화리	618	104	210	300	농업용	
D-55	순창군	구림면	안정리	187	100	160	250	농업용	
D-56	순창군	구림면	안정리	187	100	200	250	농업용	
D-57	순창군	구림면	운북리	416-1	125	210	250	농업용	
D-58	순창군	구림면	운북리		130	100	220	생활용	
D-59	순창군	구림면	운북리		110	100	350	생활용	
D-60	순창군	구림면	월정리	79-1	130	210	180	농업용	
D-61	순창군	구림면	월정리	712-1	85	210	400	농업용	
D-62	순창군	구림면	월정리	712-1	85	0	24	생활용	

< 표 4-2 계속 >

No	위 치				심도 (m)	직경 (cm)	양수능력 (m ³ /D)	용도	비고
	시·군	읍·면	리	번지					
D-63	순창군	구림면	울북리	844-1	70	210	350	농업용	
D-64		구림면	울북리	151	200	20	250	생활용	
D-65		구림면	자양리	234-1	77	210	350	농업용	
D-66		팔덕면	월곡리	902	230	200	300	생활용	
D-67		팔덕면	청계리	733-1	120	200	300	생활용	
D-68		팔덕면	장안리	189	20	40	30	농업용	
D-69		팔덕면	구룡리	650-41	200	20	200	생활용	
D-70		팔덕면	군림공원		80	150	90	생활용	
D-71		순창읍	남계리	487-1	18	50	300	생활용	
D-72		순창읍	남계리	556	50		500	생활용	
D-73		순창읍	백산리	297-6	100	200	100	공업용	
D-74		순창읍	가남리	203-13	18	50	240	공업용	
D-75		순창읍	순화리	160-1	70	150	100	생활용	
D-76		풍산면	한내리	463	200	200	100	생활용	
D-77		풍산	오산초교				200	생활용	
D-78		풍산면	반월리	174	200	200	250	생활용	
D-79		풍산면	금곡리	18-3	24	40	50	농업용	
D-80		풍산면	덕산리	369-3	78	200	50	농업용	
D-81		풍산면	반월리	174	200	200	100	생활용	
D-82		풍산면	삼촌리	629	90	200	50	농업용	
D-83		풍산면	삼촌리	862	90	200	50	농업용	
D-84		풍산면	삼촌리	19-10	120	200	250	공업용	
D-85		풍산면	삼촌리	산19-10	100	150	100	생활용	
D-86		풍산면	삼촌리	1	80	200	50	농업용	
D-87		풍산면	상촌리	8	200	200	180	생활용	
D-88		풍산면	상촌리	8	200	20	180	생활용	
D-89		풍산면	소촌리	290-4	80	200	50	농업용	
D-90		풍산면	송두리	892	80	40	50	농업용	
D-91		풍산면	죽전리	555-6	150	120	300	공업용	
D-92		풍산면	향가리	463	200	20	160	생활용	
D-93		풍산면	회덕리	119-1	80	200	50	농업용	
D-94		쌍치면	운암리	471-1	70	200	250	농업용	

< 표 4-2 계속 >

No	위 치				심도 (m)	직경 (cm)	양수능력 (m ³ /D)	용도	비고
	시·군	읍·면	리	번지					
D-95	순창군	구림면	안정리	187	100	200	250	농업용	
D-96		쌍치면	도고리	381	120	50	26	생활용	
D-97		쌍치면	도고리	306-1	86	60	200	농업용	
D-98		쌍치면	도고리	172-1	150	60	30	생활용	
D-99		쌍치면	도고리	360	80	40	19	생활용	
D-100		쌍치면	도고리	391	70	40	16	생활용	
D-101		쌍치면	도고리	346-1	70	40	13	생활용	
D-102		쌍치면	도고리	367	70	40	12	생활용	
D-103		쌍치면	둔전리	산2-1	400	203	915	공업용	
D-104		쌍치면	둔전리	325-1	120	200	250	농업용	
D-105		쌍치면	둔전리	402-3	70	50	15	생활용	
D-106		쌍치면	방산리	313-1	102	200	250	농업용	
D-107		쌍치면	시산리	348	125	60	26	생활용	
D-108		쌍치면	시산리	352-1	80	60	25	생활용	
D-109		쌍치면	신성리	14-1	200	20	150	생활용	
D-110		쌍치면	신성리	14-1	200	200	55	생활용	
D-111		쌍치면	양신리	181-2	100	200	400	농업용	
D-112		쌍치면	옥산리	산29	130	200	300	농업용	
D-113		쌍치면	용전리	104-1	80	40	15	생활용	
D-114		쌍치면	운암리	392-2	70	40	19	생활용	
D-115		쌍치면	운암리	371	70	40	18	생활용	
D-116		쌍치면	운암리	352	70	40	13	생활용	
D-117		쌍치면	운암리	380	70	40	13	생활용	
D-118		쌍치면	운암리	350	70	40	12	생활용	
D-119		쌍치면	적곡리	118-1	200	20	250	생활용	
D-120		쌍치면	전암리	138	127	200	300	농업용	
D-121		쌍치면	중곡리	118-1	200	200	55	생활용	
D-122		쌍치면	학선리	407-1	125	200	300	농업용	
D-123		북흥면	서마리	716-6	130	200	200	농업용	
D-124		북흥면	동산리	268-1	70	250	70	생활용	
D-125		북흥면	하리	11-3	0	0	29	생활용	
D-126		북흥면	주평리	33	0	0	29	생활용	

< 표 4-2 계속 >

No	위 치				심도 (m)	직경 (cm)	양수능력 (m ³ /D)	용도	비고
	시·군	읍·면	리	번지					
D-127	순창군	복흥면	정산리	95	23	0	90	농업용	
D-128	순창군	복흥면	상송리	111-1	125	0	304	온천공	
D-129	순창군	복흥면	상송리	106-2	120	0	345	온천공	
D-130	순창군	복흥면	상송리	93-1	120	0	270	온천공	
D-131	순창군	복흥면	상송리	76	120	0	213	온천공	
D-132	순창군	복흥면	서마리	263-7	280	250	1000	생활용	
D-133	순창군	복흥면	서마리	263-7	130	250	1000	생활용	
D-134	순창군	복흥면	서마리	263-7	150	250	500	생활용	
D-135	순창군	복흥면	서마리	263-7	130	250	500	생활용	
D-136	순창군	금과면	방축리	270-1	0	0	420	농업용	
D-137	순창군	금과면	모정리	511-1	0	0	117	농업용	
D-138	순창군	금과면	발산리	293-1	200	200	250	생활용	
D-139	순창군	금과면	방성리	307-1	87	200	412	농업용	
D-140	순창군	금과면	목동리	468-1	85	250	30	농업용	
D-141	순창군	풍산면	반월리	145	70	250	70	생활용	

4-1-1. 지하수 시설현황

1997. 12월 현재 순창군 관내의 지하수개발·이용시설은 총 10,671개소에 연간 이용량이 10,630천m³/년이다. 이는 지하수법에 의한 지하수 신고시설과 타법률에 의한 시설을 포함한 순창군의 지하수이용 총량이며 이들을 지하수법에 의해 구분하면 <표 4-3> 과 같다. 순창군의 지하수시설은 단위면적 즉 1km²당 21.5개소로 서울시(24.6개소/km²)와 비교하여 그 밀도가 낮으나 농업용의 밀도로는 상당히 높은 수치이다. 순창군 1km²당 지하수 이용량은 21.4천m³/년이다.

<표 4-3> 지하수 개발·이용규모

(단위 : 개소, m³/년)

구 분	계	신고시설	경미한 개발시설
시설수(개소)	10,671	141	10,530
이용량 (천m ³ /년)	10,630	1,003	9,627

지하수법에 의하여 신고된 시설은 141개소에 1,003m³/년을 이용하고 있으며, 경미한 개발시설은 10,530개소, 9,627m³/년의 이용량을 나타낸다.

4-1-2. 행정구역별 지하수 이용 현황

순창군 각 읍·면의 지하수개발·이용시설과 지하수 이용량은 <표 4-6> 과 같으며 시설수에 있어서 순창읍, 금과면, 구림면, 풍산면의 순이며 이용량은 풍산면, 금과면, 순창읍, 팔덕면의 순서이다.

<표 4-4> 용도별 심도별 개소수 및 이용량

구 분	용 도 별				심 도 별 (m)					이 용 량 (m ³ /년)				
	계	생활용수	공업용수	농업용수	계	0	31	51	100	201	계	생활용수	공업용수	농업용수
						~ 30	~ 50	~ 100	~ 200	이상				
	10,671	4,980	12	5,679	10,671	10,517	21	70	59	4	10,630	1,961	395	8,274
순창	1,863	1,529	8	326	1,863	1,860	0	3	0	0	1,359	420	107	832
인계	772	18	-	754	772	763	0	1	8	0	1,034	68	-	966
동계	708	317	1	390	708	690	4	11	3	0	324	101	36	187
적성	692	352	-	340	692	687	2	2	1	0	1,066	142	-	924
유등	731	339	-	392	731	727	3	1	0	0	274	158	-	116
풍산	1,044	234	2	808	1,044	1,027	0	9	8	0	2,053	176	30	1,847
금과	1,435	519	-	916	1,435	1,433	0	1	1	0	1,911	213	-	1,698
팔덕	907	351	-	556	907	903	0	1	2	1	1,128	113	-	1,015
복흥	842	668	-	174	842	830	1	3	7	1	424	263	-	161
쌍치	250	218	1	31	250	198	9	29	13	1	482	83	222	177
구림	1,427	435	-	992	1,427	1,399	2	9	16	1	575	224	-	351

가. 순창읍 지하수 이용현황

순창읍의 지하수 시설은 1,863개소(17.4%) 1,359천 m³/년(12.7%)을 이용하고 단위 면적(km²)당 88.29개소가 분포하며 개소당 평균이용량은 729m³/년이다.

지하수시설 1,863개소는 생활용수 1,529개소, 공업용수 8개소, 농업용수 326개

소로 생활용수가 가장 많고, 심도별 분포는 0~30m 1,860개소며 전체 이용량 1,359천m³/년 중 생활용수 420천m³/년, 공업용 107천m³/년, 농업용수 832천m³/년으로 생활용수 사용량이 가장 많다.

순창읍의 지하수 이용현황은 주로 소형관정을 개발하여 생활용수로 이용함을 알 수 있다.

나. 인계면 지하수 이용현황

인계면의 지하수 시설은 772개소이고 이용량은 1,034천m³/년으로 단위면적당 21.4개소/km²가 있으며 단위면적당 이용량은 28.7천m³/년/km²이다.

용도별로 농업용수가 754개소로 전체의 97.6%를 차지하고 있으며 이용량은 966천m³/년으로 93.4%를 차지한다.

심도별 분포는 30m미만의 소형관정이 763개소로 전체의 98% 이상을 차지한다. 따라서 인계면의 지하수는 주로 소형관정을 개발하여 농업용수로 사용하고 있음을 알수있다.

다. 동계면 지하수 이용현황

동계면의 지하수 시설은 708개소이고 이용량은 324천m³/년으로 단위면적당 12.4개소 5.7천m³/년을 이용하고 있다. 생활용수가 317개소로 44%, 농업용수 390개소로 55%가 이용되고 있다.

심도별로 30m 미만의 소형관정이 690개소를 차지한다. 따라서 동계면의 지하수는 다수의 소형관정을 개발하여 주로 생활용수 및 농업용수로 이용하고 있음을 알수있다.

라. 적성면 지하수 이용현황

적성면의 지하수 시설은 692개소이고, 이용량은 1,066천m³/년으로 단위면적당 21.1개소, 32.6천m³/년을 이용하고 있다.

심도별로 30m 미만이 687개소이고, 생활용으로 352개소, 농업용으로 340개소가 이용되고 있어 소형관정을 개발하여 생활용수 및 농업용수로 사용되고 있음을 알수있다.

마. 유등면 지하수 이용현황

유등면의 지하수 시설은 731개소이고 이용량은 274천 m^3 /년으로 단위면적당 39.9개소, 14.9천 m^3 /년을 이용하고 있다.

심도별로 30m 미만이 727개소로 주를 이루고, 생활용으로는 339개소, 농업용으로 392개소가 이용되고 있어 주로 소형관정을 개발하여 생활용수 및 농업용수로 사용되고 있는 것으로 나타났다.

바. 풍산면 지하수 이용현황

풍산면의 지하수 시설은 1,044개소(순창군의 56%)이고 이용량은 2,053 m^3 /년을 이용하여 단위면적당 37.2개소, 73.1천 m^3 /년을 이용하고 있다.

심도별로는 30m 미만이 1,027개소이고, 생활용으로 234개소, 농업용으로 808개소가 이용되고 있다. 따라서 소형관정을 개발하여 농업용수 및 생활용수로 이용하고 있음을 알수있다.

사. 금과면 지하수 이용현황

금과면의 지하수 시설은 1,435개소이고, 이용량은 1,911천 m^3 /년을 이용하여 단위면적당 52.5개소, 69.9천 m^3 /년을 이용하고 있다.

심도별로 30m 미만이 1,433개소이며 생활용으로는 519개소, 213천 m^3 /년이 이용되고 있으며 농업용으로는 916개소, 1,698천 m^3 /년이 이용되고 있다. 따라서 소형관정을 개발하여 농업용수 및 생활용수로 사용되고 있음을 알수있다.

아. 팔덕면 지하수 이용현황

팔덕면의 지하수 시설은 907개소이고, 이용량은 1,128천 m^3 /년으로 단위면적당 23.0개소, 28.6천 m^3 /년을 이용하고 있다.

심도별로는 30m 미만이 903개소를 차지하고 있으며 생활용으로 351개소 113천 m^3 /년, 농업용으로 556개소 1,015천 m^3 /년이 이용되고 있다.

자. 복흥면 지하수 이용현황

복흥면의 지하수 시설은 842개소이고 이용량은 424천 m^3 /년으로 단위면적당 11.4개소, 5.7천 m^3 /년을 이용하고 있다.

심도별로는 30m 미만이 830개소이며 용도별로는 생활용으로 668개소, 263천 m³/년(62%) 농업용으로 174개소, 161천m³/년이 이용되고 있다.

북흥면의 지하수 개발·이용은 주로 30m 미만의 소형관정을 개발하여 농업용수 및 생활용수로 사용하고 있는 양상이다.

차. 쌍치면 지하수 이용현황

쌍치면의 지하수 시설은 250개소이고, 이용량은 482천m³/년으로 단위면적당 3.2개소/km², 6.1천m³/년을 이용하고 있다. 심도별로는 30m 미만이 198개소를 차지하고 있으며, 용도별로는 생활용으로 218개소, 83천m³/년, 농업용으로 31개소(12.3%), 177천m³/년이 이용되고 있다.

카. 구림면 지하수 이용현황

구림면의 지하수 시설은 1,427개소이고 이용량은 575천m³/년으로 단위면적당 17.1개소/km², 6.9천m³/년을 이용하고 있다.

심도별로는 30m 미만이 1,399개소이며, 용도별로는 생활용으로 435개소, 224천m³/년, 농업용으로 992개소, 351천m³/년이 이용되고 있다.

4-1-3. 용도별 지하수 이용현황

1997년 12월말 현재 순창군 지하수 신고시설을 용도별로 구분하면 생활용수, 공업용수, 농업용수로 나눌 수 있고 <표 4-5> 와 같이 생활용수 4,980개소(46.6%), 공업용수 12개소(0.2%), 농업용수 5,679개소(53.2%)가 된다.

지하수 시설의 개소당 평균이용량은 생활용수 393m³/년, 공업용수 32,916m³/년, 농업용수 1,457m³/년으로 공업용수의 평균이용량이 다른 용수의 평균이용량에 비해 월등히 많음을 알수있다.

<표 4-5> 용도별 시설수 및 이용량
(단위 : 개소, 천m³/년)

구 분		계	생활용수	공업용수	농업용수
시설수	개 소	10,671	4,980	12	5,679
	비율(%)	100	46.6	0.2	53.2
이용량	이용량	10,630	1,961	395	8,274
	비율(%)	100	18.5	3.7	77.8
개소당이용량			393	32,916	1,457

4-2. 시설관정 지하수위조사

대수층에 설치된 관정으로부터 지하수위를 조사하여 지하수위등고선도를 작성할 수 있다. 동일한 지하수위를 서로 연결한 선을 등수위선(equipotential line)이라고 하며, 등수위선을 서로 연결한 축고면을 지하수위 등고선도(potentiometric map) 또는 등수위선도라 한다.

대수층은 포화대의 최상단면에서 작용하는 압력이나 자유수면의 존재 여부에 따라 자유면 대수층과 피압대수층으로 구분한다.

자유면 대수층(충적대수층)의 지하수면(Water Table)은 포화대의 최상단면으로서 비포화대의 공극을 통해 대기와 직접하고 있다. 따라서 지하수면에 작용하는 압력은 그지역의 대기압과 동일하다. 그러므로 지하수면은 지하수위의 최상위에 위치한 물리적인 경계면으로써 계절에 따라 상하로 유동 가능하다.

지하수면의 이동과 관측은 대수층에 설치한 우물의 지하수위를 해발표고로 표시한 지하수위 등고선도를 작성함으로써 대수층내에서 지하수의 이동방향, 분포, 그 운동 및 개발 가능량을 알아낼 수 있다. 자유면 대수층의 지하수면은 고정된 것이 아니라 강수의 지하 함양이나 자연적인 지하수의 배출로 인해 주기적으로 변동한다. 그러므로 지하수위의 변화는 바로 자유면 대수층 포화대의 두께 변화를 의미하며 이는 다시 지하수 저장량의 변화를 의미한다.

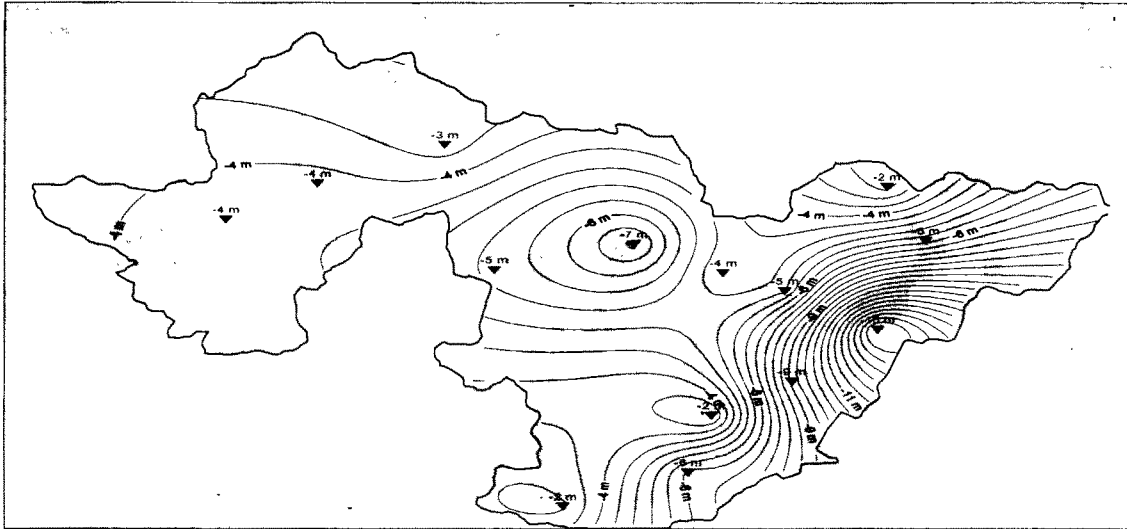
이와 달리 포화대의 상하부가 불투수층으로 피복되어 있을 때는 대수층이 심한 압력을 받게된다. 이러한 구속 대수층을 피압대수층이라 한다. 이러한 관정의 지하수위가 변동하면 이는 피압대수층의 지하수 저장량의 변동이기보다는 피압대수층의 최상단면에서의 압력변화가 된다.

본 보고서에서는 충적층이 발달된 지역의 소유역별로 충적층 지하수위 등고선도와 암반지하수위 등고선도를 작성하여 이를 지하수의 흐름과 연계하여 해석하였다.

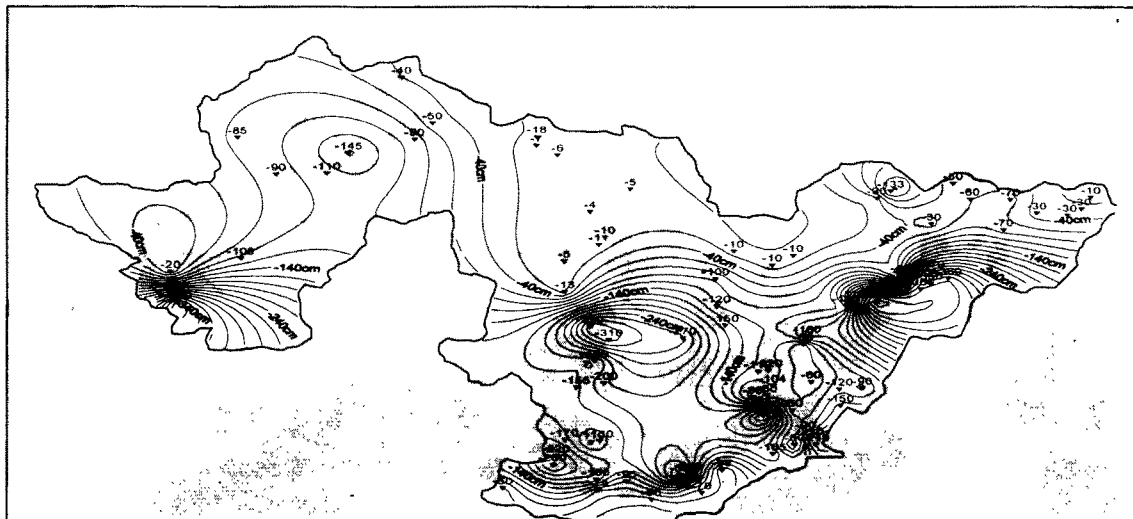
<그림 4-1>의 회색 부분은 집수구역을 나타내며 집수구역외의 지역은 산악지역으로 등수위선도를 위한 조사가 실시되기 어려운 지역이다. 그러므로 이 부분은 추정 등수위선으로 해석할 수 있다. 집수구역은 원격탐사 방법중 고도자료(Digital Elevation Model)를 사용하여 DEM-slop분석을 거쳐 취득되었다.

암반대수층 등수위선도에서 적성면과 유등면의 자연수위가 타지역보다 낮게 나타났으며, 충적대수층 등수위선도에서는 동계면-적성면-유등면 풍산면을 잇는 섬진강을 따라 자연수위가 낮게 나타났다.

 Catchment area



Confined aquifer Potentiometric Map



Free-artesian aquifer Potentiometric Map

<그림 4-1> 암반대수층 등수위선도(상), 충적대수층 등수위선도(하)

5. 수질 및 잠재오염원 조사

5-1. 현장간이수질조사

지하수에 포함된 광물성분과 지하수를 함유하고 있는 대수층의 구성성분 사이에는 서로 밀접한 관계가 있음은 알려져 있다. 만일 일종의 지하수가 강우의 지하침투에 의해 대수층으로 충전되었거나 1개의 대수층내에서 다른 종류의 지하수가 혼합되지 않은 경우에는 그들 사이의 관계가 비교적 간단하지만, 성질이 서로 다른 지하수가 서로 혼합되는 경우나 성분이 완전히 상이한 대수층을 통해 염기치환이나 용해질 이온의 흡착과 같은 화학적 반응이 발생한 경우는 대수층과 지하수의 수질 관계가 매우 복잡하게 된다. 특히 지표면에 가까이 부존된 지하수나 지표수는 토양성분이나 토양내에 포함된 여러 가지 다른 종류의 물의 성질에 따라 크게 영향을 받는다. 우리나라는 산업의 발달과 생활환경의 개선으로 물의 사용량이 크게 증가하고 있는 반면 기상이변으로 인한 장기간의 가뭄이나 강수량의 집중현상으로 물부족 국가로 분류되고 있으며 특히 환경오염에 따라 양질의 수자원의 안정적인 공급이 절실한 실정이다. 따라서 지하수자원은 부존량 조사와 개발뿐만 아니라 관리 및 보전의 역할도 중요하므로 먼저 수자원의 지구화학적 특성을 규명하여 용도별 이용 효율을 높여야 한다.

본 조사에서는 순창지역에 분포하는 수자원의 지구화학적 특징을 규명하였으며 지표수를 포함한 지하수의 물리적 및 화학적 성질에 대하여 기술하였다.

순창지구내 수질현황 및 지하수 오염현황을 파악하기 위하여 암반관정 50공에 대하여 온도, 전기전도도(EC) 및 pH를 checkmate 90 간이수질측정기를 이용하여 현장에서 측정하였다. 또한 수질의 정밀조사를 위하여 기설관정 총50개소를 선정, 전북보건환경연구원에 먹는물수질기준의 지하수수질검사를 의뢰하였고 전북대학교 기초과학연구소에 양이온 및 음이온 분석, pH, EC 측정을 의뢰하여 분석하였다.

5-1-1. 간이수질조사

현장에서 pH, EC($\mu\text{S/cm}$), TDS(ppm) 및 수온($^{\circ}\text{C}$)의 값을 측정하여 수자원(지표수, 천부지하수 및 심부지하수)에 대한 전반적인 물리화학적 특성을 파악하였다. 지표수 시료는 주로 하천에서 채취하였으며 천부지하수는 주로 농업용수

로 이용하는 심도 약 5m~ 10m의 풍화대에 부존하는 충적층 지하수이고 심부지하수는 농업용수나 생활용수로 이용하고 있는 심도 약 50m~200m의 암반 지하수이다.

물 속에 용해되어 있는 수소이온의 상대적인 농도를 pH(수소이온농도)라 하는데 지하수의 pH값은 용해된 탄산염이나 탄산가스의 양에 의해 값이 달라지며 압력이나 온도도 영향을 미친다. 일반적으로 pH값에 따른 수질의 분류는 pH값이 5.5이하이면 산성, 5.5~6.5까지는 약산성, 6.5~7.5사이는 중성, 7.5~9.0까지는 약알카리성 그리고 9.0이상이면 알카리성으로 분류하고 있다. 만일 수소이온(H^+)이 수산기(OH^-)이온보다 많을 때는 산성작용을 나타내며 금속물질을 부식시킨다.

물의 전기적 성질인 전기전도도(EC ; Electric Conductivity)의 측정으로 수질개황의 파악과 이에 따른 지하수의 유동 및 분포를 추정 할 수 있다. EC는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도를 말하며 단위는 $\mu S/cm$ 를 사용한다. 화학적으로 순수한 물은 EC가 매우 낮은 일종의 절연체이지만 고형물이 혼합되면 고용물질이 물속에서 서로 각각 다른 전하를 가지는 이온으로 분리되어 전기가 흐르게 되므로 EC는 물에 용존되어 있는 이온의 양을 간접적으로 나타내는 지표로 사용될 수 있다. 일반적으로 강우의 EC는 $5\sim 30\mu S/cm$, 오염되지 않은 지하수는 $30\sim 2000\mu S/cm$ 정도이다.

EC는 물질이 전류를 통과시킬 수 있는 능력을 의미하며 전기저항의 역수이다. 각각의 물질은 그자체의 전기저항력이 모두 서로 다르듯이 그 자체의 전기전도도도 다르다. 강우의 형태로 지표에 도달한 물의 전기전도도는 매우 낮은 값을 보이나 지하로 유동함에 따라 용존성분을 증가시켜 전기전도도의 값은 높아지게 된다. 따라서 전기전도도를 측정하여 지하수 유동을 규명하는 한 방법으로 사용되고 있다. 최근에는 인위적인 오염으로 인하여 그 해석에 어려움이 따르고 있으나 오염 상태를 파악하는데 어느 정도 기여하고 있다. 물론 SiO_2 와 같이 전해질이 아닌 물질의 농도는 전도도에 어떤 영향을 주지는 못한다. 이와 같이 용존물질의 양과 관계되는 EC는 야외에서 수질의 개황파악을 쉽게할 수 있어 지하수 조사에 널리 이용되고 있다. EC는 물 속에 용해되어 있는 전해질의 차이에 의하여 결정되기 때문에 총용존고형물(TDS:Total Dissolved Solids)과는 비례관계를 갖게 된다. 총용존고형물은 물속에 용해되어 있는 고형체의 총농도를 말한다.

순창지역에 부존하는 지표수, 천부지하수 및 심부지하수에 대한 각이수질측

정 결과 물리화학적 특성은 다음과 같다.

가. 수온(Temperature)

지하수의 평균 수온은 그 시료 채취 지점의 연평균 수온보다 약간 높고 동일시료일지라도 계절적 영향 및 관정의 심도 등에 의해 온도 차이가 크게 나타날 수 있다(이종훈,1977). 조사지역의 화산암지역 지하수는 16.7~17.3℃, 심성암지역 지하수는 15.9~17.6℃를 분포를 보이고 있다. 지표수와 화산암지역 지하수는 대기 온도의 영향을 받으나 조사기간이 2월중에 이루어진 관계로 온도변화 범위가 모두 비슷하게 나타나며, 국내지하수의 평균수온인 14~15℃(한정상, 1982)보다 약간 상회하는 경향을 보이고 있다.

나. 수소이온농도 (pH)

pH는 지하수의 산출상태와 농도등에 중요한 영향을 주는 변수이며 물과 공기와의 접촉에 따라 많은 영향을 받는다. 심성암지역 pH의 분포는 7.56~6.08로 평균6.90이며 화산암의 경우보다 약간 높은 경향이 있으나 큰차이를 보이지 않고 중성에 해당되며 다른 지역의 화산암지역과 비교하여 비슷한 경향을 보이고 있다. 일부 지역에서 약산성의 경향을 보이거나 전체적으로는 중성이 우세하게 나타나고 있고 극히 일부지역에서 약알카리의 경향을 보이고 있다.

다. 전기전도도 (EC)

EC의 분포를 보면 화산암 지역의 경우 심부지하수에서는 36.7~655 μ S/cm 이나 쌍치면 도길리를 제외하면 36.7~128.3 μ S/cm로 130 μ S/cm이하의 값을 보이며 평균 65.03 μ S/cm이다. 심성암지역의 경우 13.38~313 μ S/cm로 평균 180.08 μ S/cm이며 화산암지역보다 높은값을 보이고 있으며 다양한 분포를 보이고 있다. 이는 심성암지역의 지하수대에 이온성분들이 많음을 의미한다. EC는 지하수의 유동과 밀접한 관련이 있으나 오염의 경우도 이에 영향을 미치는 경우가 많은 점을 감안할 때 쌍치면 도길리 지역에서 높은수치(655 μ S/cm)를 보이는 것은 인근 전답의 오염과 관련된 것으로 판단된다.

라. 총용존고형물 (TDS)

TDS의 분포는 화산암지역의 경우 전기전도도가 극히 높은 쌍치면 도길리 지역을 제외하면 31.6~37.6ppm으로 평균 38.42ppm이며 심성암지역에서는 측정하지 못한 일부지역(표참조)을 제외하면 32.3~181ppm으로 평균 97.46ppm으로 화산암지역에 비하여 높은 경향을 보이고 있다.

<표 5-1> 간이 수질조사 분석

Label	지 명	위 도	경 도	pH	온도 (°C)	Conductivity (μ S/cm)	TDS (mg/l)
D-5	동계면 수장 수장마을	35° 26´ 03.26	127° 16´ 18´´	6.82	16.6	297	42
D-4	동계면 동심 오동마을	35° 27´ 11.88	127° 14´ 10´´	7.36	16.9	225	119
D-3	동계면 어치마을	35° 28´ 19.51	127° 13´ 04´´	7.17	17.1	59	32
D-2	동계면 유산	35° 28´ 25.99	127° 15´ 14´´	7.03	16.3	221	114
D-1	동계면 수정 방화촌	35° 27'58.42	127° 17´ 11´´	7.25	16.2	98	52
D-6	동계면사무소	35° 26´ 34.08	127° 14´ 52´´	6.31	16.6	217	114
D-26	적성면 적성초등학교	35° 23´ 47.08	127° 12´ 44´´	6.63	15.9	235	124
D-30	인계면 마흘리 대마	35° 25´ 24.33	127° 10´ 16´´	7.10	16.7	113	58
D-29	인계면 쌍암리	35° 25´ 51.90	127° 08´ 46´´	6.60	16.7	194	104
D-33	인계면 도룡리 외야골	35° 24´ 32.50	127° 08´ 04´´	7.30	17.0	123	65
D-37	유등면 오교리 오교	35° 22´ 38.96	127° 10´ 46´´	7.56	16.0	156	82
D-28	인계면 상초리 상초	35° 26´ 51.92	127° 09´ 50´´	6.91	16.1	135	77
D-31	인계면 중산	35° 23´ 43.84	127° 11´ 12´´	6.72	16.2	112	59
D-32	인계면 동촌리 동촌	35° 22´ 56.80	127° 10´ 04´´	7.38	16.7	199	98
D-70	순창읍 남계리	35° 22´ 27.60	127° 08´ 46´´	7.03	16.6	191	103
D-73	순창읍 간암리	35° 21´ 37.32	127° 08´ 40´´	7.29	17.1	202	73
D-72	순창읍 백상리 민속마을	35° 21´ 47.05	127° 06´ 46´´	6.85	16.8	134	73
D-71	순창읍 남계리 북은	35° 22´ 25.98	127° 09´ 26´´	6.75	16.2	136	75
D-76	풍산면 대가리 오산초교	35° 20´ 50.98	127° 10´ 30´´	6.82	15.9	215	120
D-77	풍산면 대가리 옥출	35° 21´ 37.32	127° 10´ 42´´	7.11	17.3	44	65
D-38	유등면 유촌리 유촌	35° 22´ 22.74	127° 12´ 36´´	7.15	16.7	188	99
D-78	풍산면 반월리 월산	35° 19´ 55.20	127° 07´ 58´´	6.87	17.5	250	130
D-75	풍산면 한내리 한사	35° 21´ 03.74	127° 09´ 46´´	6.63	17.5	165	86

<표 5-1 계속>

Label	지 명	위 도	경 도	pH	온도 (°C)	Conductivity (μ S/cm)	TDS (mg/l)
D-79	풍산면 금곡리 안곡	35° 18' 45.46	127° 08' 18"	6.51	17.6	18.98	103
D-140	금과면 발산	35° 20' 32.44	127° 06' 12"	6.99	17.0	271	142
D-141	금과면 방성리	35° 19' 00.06	127° 44' 80"	7.04	17.1	228	122
D-142	금과면 목동리 일목	35° 19' 14.65	127° 03' 44"	6.60	17.3	228	121
D-139	금과면 모정리	35° 20' 32.44	127° 04' 58"	6.08	17.0	295	158
D-138	풍산면 방축리 방축	35° 21' 04.88	127° 04' 40"	6.65	16.3	185.5	
D-41	구림면 운암리 연산	35° 26' 50.30	127° 06' 30"	7.20	16.9	166.5	88.4
D-39	구림면 금천리 청소년수련장	35° 28' 22.75	127° 06' 18"	6.38	17.3	62.0	32.4
D-42	구림면 율북리 통안	35° 27' 22.74	127° 08' 12"	7.13	16.8	119.6	63.3
D-63	유등면 창신리 정동	35° 21' 47.05	127° 09' 32"	6.43	16.8	263	130
D-43	구림면 구암리 봉곡	35° 26' 09.75	127° 06' 40"	6.54	16.9	345	181
D-65	팔덕면 월곡리 외월	35° 24' 11.41	127° 26' 46"	7.18	17.0	165.9	
D-66	팔덕면 청계리 청계	35° 22' 40.58	127° 06' 52"	6.61	16.9	124.4	
D-67	팔덕면 장안리 이목	35° 23' 11.40	127° 04' 22"	6.51	17.1	77.7	
D-45	구림면 구산리 구산	35° 25' 24.33	127° 06' 58"	6.72	16.9	110.7	
D-44	구림면 구곡리 상리	35° 26' 37.32	127° 04' 52"	6.52	16.7	285	
D-40	구림면 월정 오정	35° 25' 56.77	127° 03' 11"	6.46	17.3	68.3	40.2
D-96	쌍치 양신리 양사마을	35° 28' 43.84	127° 01' 14"	6.84	17.1	36.7	21.6
D-95	쌍치 운암면 운암	35° 29' 50.34	127° 02' 02"	7.30	17.1	128.3	67.9
D-98	쌍치 도갈리 신도	35° 28' 34.10	127° 59' 04"	6.31	16.9	655	365
D-125	북홍면 서마리 서지	35° 27' 58.42	127° 56' 38"	6.64	17.2	55.0	30
D-126	북홍면 동산리 동산	35° 27' 11.84	127° 55' 20"	7.43	16.8	263	137
D-129	북홍면 정산리 동서	35° 25' 37.31	127° 56' 22"	6.48	16.9	95.3	
D-128	북홍면 주평리 송정	35° 26' 04.88	127° 57' 32"	6.79	16.7	39.9	
D-127	북홍면 하리 사창	35° 27' 01.65	127° 59' 12"	7.07	17.0	203	
D-97	쌍치 신성리 신성	35° 29' 58.45	127° 57' 04"	7.39	16.9	313	

5-2. 주요이온 분석결과

지하수의 화학적 특징은 기상적 및 지질학적 요인에 의해 영향을 받게된다. 특히 지하수가 부존되어 있는 암석의 종류, 암석의 광물학적 및 화학적 조성, 조직, 지질구조 등의 지배를 받는다.

가. 시료 채취방법 및 처리

실내 화학성분을 위하여 물시료는 현장에서 여과지 및 여과도구를 사용하여 부유 고체를 제거하였으며 여과된 물은 양·음이온 분석용으로 분리하여 채수하였다. 여과지는 공극크기가 $0.45\mu\text{m}$ (직경 47mm)인 cellulose nitrate membrane filter를 사용하였다. 물속에 용존되어 있는 기체 성분인 탄산가스(free CO_2)와 음이온중 대기에 노출된 후 변화되기 쉬운 중탄산이온(HCO_3^-)과 탄산이온(CO_3^{2-})등은 현장에서 습식으로 분석하였다.

지하수의 주요이온은 지하수에 용해되어 있는 화학성분의 대부분을 차지하는 Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} 등 8가지 성분을 말한다. 이 이온들은 지하수 용존성분의 85% 이상을 차지하고 있으며, 주로 대수층의 암석, 퇴적물질 등에서 용해된 성분이기 때문에 주요이온을 분석하면 지하수가 생성된 대수층의 암석 종류를 알 수 있다. 순창지구 지하수의 수질조성상의 특성과 물성분의 변화에 관하여 알아보기 위하여 총 50공에 대한 양·음이온 분석을 실시하였다.

음이온(HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-}) 분석을 위한 시료는 250ml 용기의 폴리에틸렌 병에 채취하여 이동식 냉장box에 4°C로 보관, 화학분석실로 운반하여 7일이내에 ion chromatography(IC)를 이용하여 분석하였다. 또한 양이온(Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+)을 분석하기 위한 시료는 폴리에틸렌 시료병 벽면의 양이온 흡착을 막기 위하여 농질산(Conc. HNO_3)을 2l 용기에 1~2(0.5ml) 방울 첨가 후 상온에서 보관하여 실험실로 운반하였다.

나. 심부지하수의 화학적 특성

○ K^+ (Potassium)

지하수중 K^+ 의 주된기원은 암석중의 장석광물이다. 장석류는 물과 반응에 의해 변질되어 점토광물로 변하고 용해도가 높아지면 칼륨이 용해되어 지하수중에

이온으로 존재하게 된다. 그밖에 칼륨비료의 주성분이므로 농경작업 등에 의해서 인위적으로 유입되기도 한다(이종운,1997). 화산암의 K^+ 함량은 $0.48\sim 2.652\text{mg}/\ell$, 평균 $1.2217\pm 5.2097\text{mg}/\ell$ 이며, 심성암의 K^+ 는 $0.5270\sim 8.1480\text{mg}/\ell$, 평균은 $1.15\pm 1.71\text{mg}/\ell$ 이다.

○ Na^+ (Sodium)

Na^+ 은 자연계에서 풍부한 원소중의 하나이며, 화성암의 주성분으로서 Na-Ca 사장석류의 화학적 풍화에 의하여 물에 주로 Na^+ 상태로 존재한다.

Na^+ 은 염의 상태로 물에 잘 녹기 때문에 무기물 형태로 풍부하다. 대부분의 Na^+ 함량은 F^- , Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 함량과 비례하며 이는 양이온과 음이온 교환 작용때문으로 해석된다. 지하수의 Na^+ 은 사장석의 불일치 용해에 의하여 카오리나이트가 형성될 때 나타난다. 화산암의 Na^+ 함량은 $3.7670\sim 7.5840\text{mg}/\ell$ 이며 평균 $5.1102\pm 17.1449\text{mg}/\ell$, 그리고 심성암 Na^+ 함량은 $4.7820\sim 18.1570\text{mg}/\ell$ 이며 평균 $11.1572\pm 21.5374\text{mg}/\ell$)이다.

○ Ca^{2+} (Calcium)

지하수중의 Ca^{2+} 은 방해석(calcite, $CaCO_3$), 석고(gypsum, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)/ (anhydrite, $CaSO_4$) 또는 백운석(dolomite, $CaMg(CO_3)_2$)의 해리(dissolution)나 규산염 광물의 분해용해(incongruent solution)에 의해서 공급되는데, 특히 화강암 지역에서는 전자보다는 후자에 의한 영향에 의해 지배된다. 방해석은 다른 광물보다 열역학적으로 용해 및 침전속도가 빠르므로 화강암체 중에 열극이 지하수의 주요이동로인 경우 그 열극을 충전하고 있는 방해석의 존재여부는 지하수 중의 칼슘 거동을 조절하는 주된 요인이 된다.

화산암의 Ca^{2+} 함량은 $2.1090\sim 12.7280\text{mg}/\ell$, 평균 $5.2315\pm 34.5662\text{mg}/\ell$ 이며, 심성암의 Ca^{2+} 함량은 $1.1450\sim 42.1490\text{mg}/\ell$, 평균 $19.0798\pm 50.5712\text{mg}/\ell$ 이다.

○ Mg^{2+} (Magnesium)

지하수내의 Mg^{2+} 은 일반적으로 흑운모의 풍화작용에 의해서 공급되며 일부는 철망간 광물과 백운석 또는 Mg^{2+} 을 포함한 방해석등의 용해로부터 공급된다(Hong,1993). 화산암의 Mg^{2+} 은 $0.81\sim 3.2200\text{mg}/\ell$, 평균 $1.4775\pm 7.2896\text{mg}/\ell$ 이며, 심성암의 Mg^{2+} 함량은 $0.81\sim 10.0370\text{mg}/\ell$, 평균 $3.9673\pm 13.3802\text{mg}/\ell$ 이다.

○ HCO_3^-

지하수 중의 탄산기는 CO_2 가스, 방해석의 용해와 다른 탄산 광물의 용해에 지배를 받는다. 이는 수중의 CO_2 가 탄산염과 수산화물을 중탄산염으로 변화시키기 때문이다. 따라서, 자연수 중의 pH는 주로 중탄산염의 양과 비례하며 탄산염이나 수산화물의 반대현상이 나타난다. 특히 HCO_3^- 는 탄산(H_2CO_3)에 의한 규산염광물의 화학적 풍화작용에 의해서도 자연수중에 유리된다. 화산암의 HCO_3^- 는 3.66~64.0500mg/ℓ, 평균 15.86 ± 90.4241 mg/ℓ이며, 심성암의 HCO_3^- 는 8.300~140.9100mg/ℓ, 평균 59.7331 ± 182.6760 mg/ℓ이다.

○ Cl^- (Chloride)

염소(chloride)는 음전하 이온으로서 해수에 가장 많이 포함되어 있으며, 해수속의 염소의 양은 약 19,000ppm이나 된다. 해수속에 포함된 염소함량의 기원에 대해서는 여러 학설이 있으나, 최근에는 대부분의 학설이 화산폭발시에 생성된 염분(Chloride Salt)이나 온천, 처녀수 및 마그마수나 염산의 형태로서 해수에 차츰 농집된 것이라고 한다. 화산암의 Cl^- 은 4.1~6.5mg/ℓ, 평균 4.9333 ± 20.3953 mg/ℓ이며, 심성암의 Cl^- 은 4.1~28.2mg/ℓ, 평균 12.8116 ± 40.8181 mg/ℓ이다.

○ SO_4^{2-}

지하수내의 SO_4^{2-} 는 일차적으로 황화광물의 산화작용과 석고/무수석고 또는 다른 황화광물의 해리에서 나오며 자동차의 배기가스나 공장 매연 등에 의해 오염된 대기수가 지하로 스며들게 될 경우도 높은 SO_4^{2-} 함량을 보인다. 또한 휴, 폐광산 주변의 경우는 황철석의 산화작용에 의해 SO_4^{2-} 함량이 상대적으로 높게 나타나고 있다. 화산암의 SO_4^{2-} 은 4.5~6.5mg/ℓ, 평균 5.4833 ± 3.4478 mg/ℓ이며, 심성암의 SO_4^{2-} 은 1.2~26.6mg/ℓ, 평균 7.2070 ± 40.3633 mg/ℓ이다.

○ NO_3^-

자연수중의 NO_3^- 함량은 다양하나 대부분 식물의 부식, 질소비료, 생활하수나 축산폐기물 등으로부터 유래되는 경우가 많으며, 질산기(NO_3^-)로 오염된 물을 과다 섭취시 청색증을 유발하는 것으로 알려져 수자원을 관리하는데 있어서 최근

중요한 인자가 되고 있다.

화성암의 NO_3^- 은 1.4~11.9mg/l, 평균 4.8333 ± 20.9996 mg/l 이며. 심성암의 NO_3^- 은 2.7~67.9mg/l, 평균 16.0512 ± 99.6547 mg/l 이다.

○ Piper diagram

지하수의 주요양이온과 음이온의 변화는 물과 암석과의 상호반응에 의해 지배되며, 주요 음이온(Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^-)의 변화를 통하여 지하수의 진화 정도와 체류시간을 판단할 수 있다.

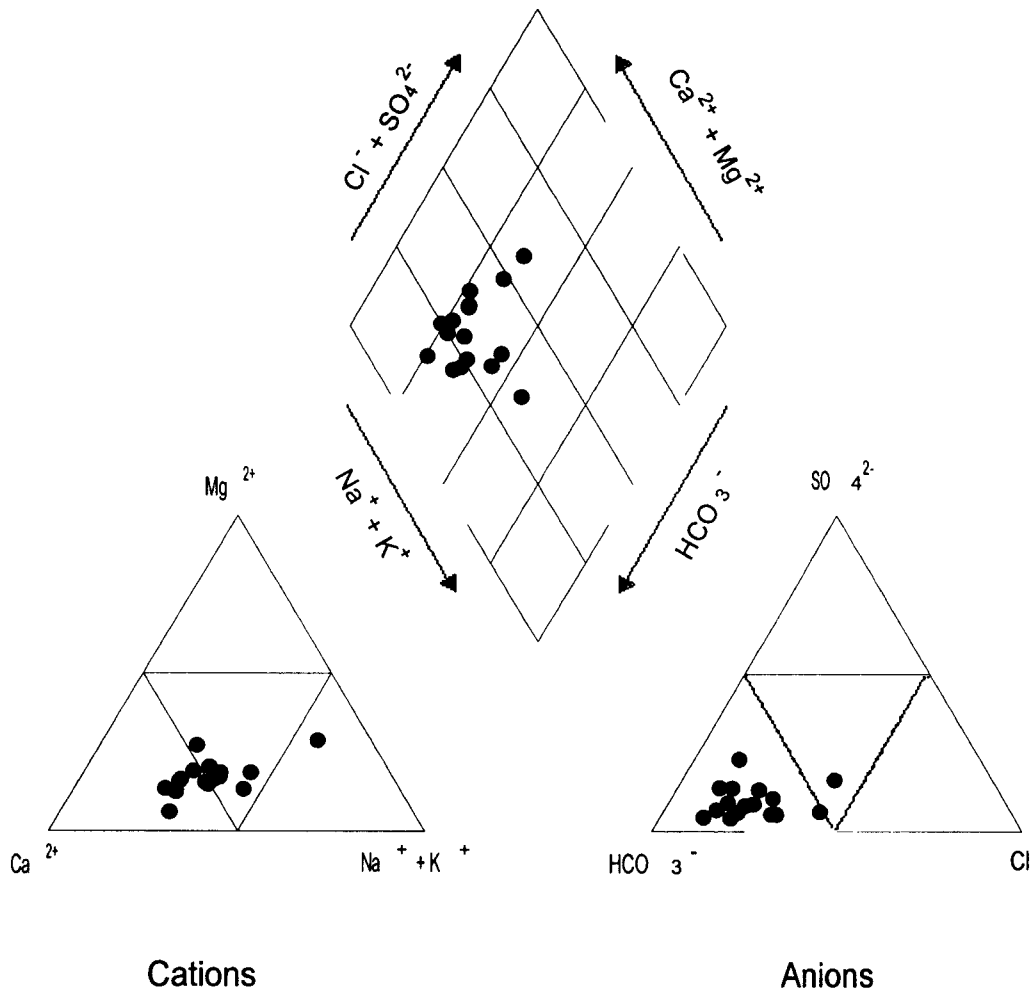
수질분석결과를 토대로 수질 특성을 파악하기 위하여 주성분인 양이온 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 과 음이온 Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- 의 함량비를 epm으로 환산한 후 지질 특성별로 piper trilinear diagram에 투영하였다. Piper diagram은 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 와 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 및 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 와 HCO_3^- 의 epm 백분율을 key diagram으로 표시한 것으로 양이온은 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 와 Mg^{2+} 및 Ca를 그리고 음이온에서 Cl^- , SO_4^{2-} , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ 의 관계를 백분율로 환산하여 각각 삼각 diagram에 투영한 것이다.

화산암의 양이온 평균은 Ca^{2+} 5.2315mg/l, Na^+ 5.1102mg/l, Mg^{2+} 1.4775mg/l, K^+ 1.2217mg/l 이며 음이온 평균은 HCO_3^- 15.8600mg/l, Cl^- 14.9333mg/l, SO_4^{2-} 5.4833mg/l, NO_3^- 4.8333mg/l 이다. 심성암의 양이온 평균은 Ca^{2+} 19.0768mg/l, Na^+ 11.1572mg/l, Mg^{2+} 3.9673mg/l, K^+ 1.16191mg/l 이며 음이온 평균은 HCO_3^- 57.7331mg/l, Cl^- 12.8116mg/l, SO_4^{2-} 7.2070mg/l, NO_3^- 16.0512mg/l 이다.

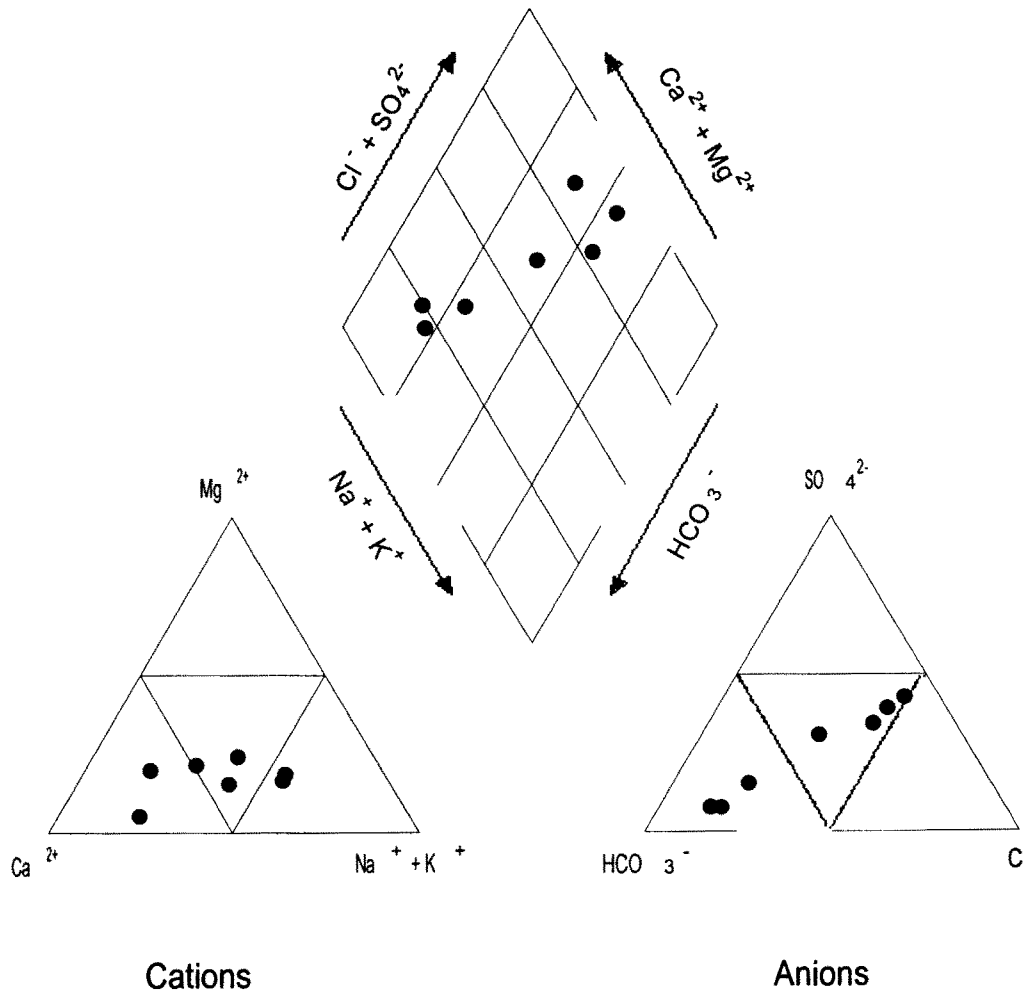
Piper diagram의 양이온과 음이온의 백분율로서 다음과 같이 4가지로 분류할 수 있다.

- 1) Ca- HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate hardness형
- 2) Na- HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate alkali형
- 3) Ca- SO_4 혹은 Ca-Cl noncarbonate hardness형
- 4) Na- SO_4 혹은 Na-Cl noncarbonate alkali형

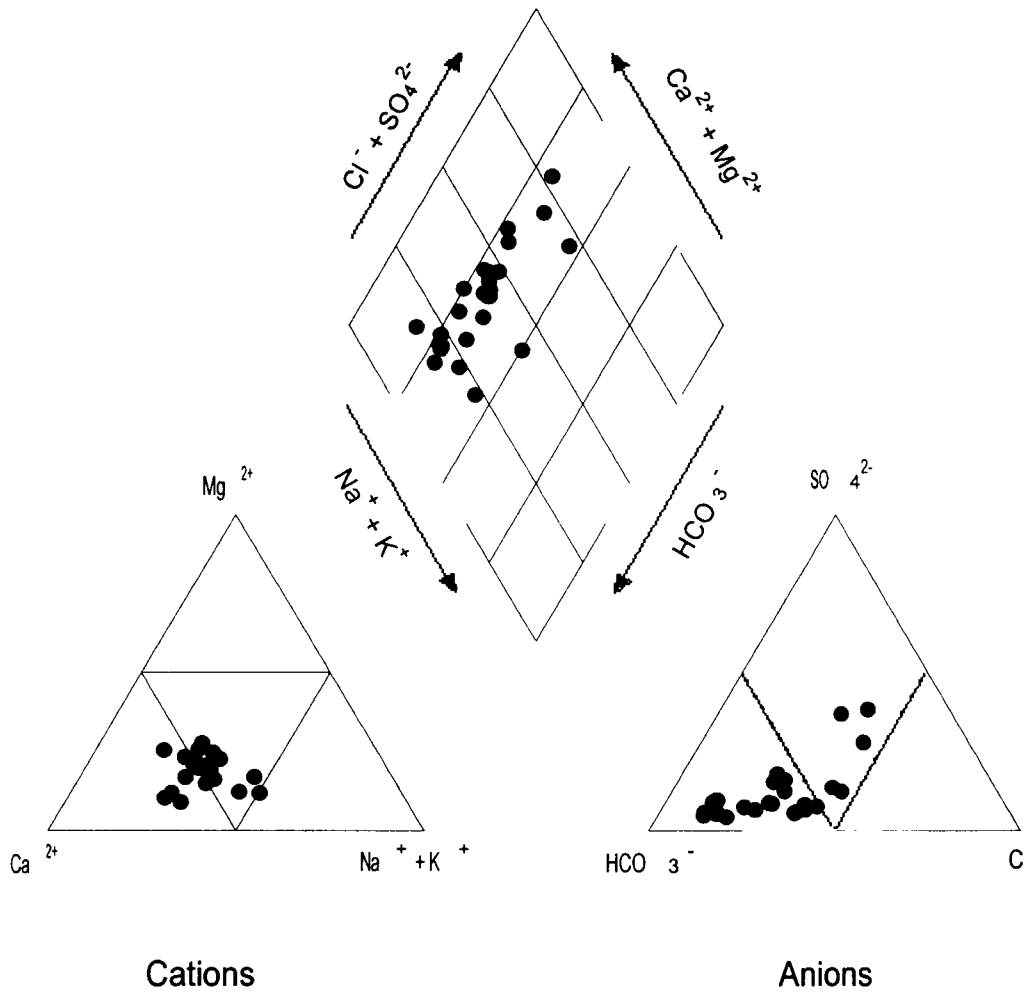
조사지역의 수질특성을 파악하기 위하여 Piper diagram에 지하수 유형별, 지질별 등으로 구분하여 투영하였다. 화산암지역 지하수 경우 양이온은 Mg^{2+} 의 함량비가 25%이내이며 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} 이 25~75%정도로 고루 분포한다. 음이온 SO_4^{2-} 와 Cl^- 의 함량변화는 크지 않고 HCO_3^- 가 다양한 함량 비를 보여준다. 양이온과 음이온을 함께 도시한 부분에서 양이온은 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 이 지배적이고, 음이온



<그림 5-1> 심성암류 지하수의 Piper Diagram



<그림 5-2> 화산암 지하수의 Piper Diagram



<그림 5-3> 충적층 지하수의 Piper Diagram

은 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 가 지배적인 부분인 carbonate hardness형에서 양이온은 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 가 지배적이고 음이온은 $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 가 지배적인 부분인 $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ 형으로 대표되는 noncarbonate alkali형으로 분산되어 나타난다.

심성암지역 지하수의 경우 먼저 양이온을 살펴보면 Mg^{2+} 은 결핍되고, Ca^{2+} 이 45~75%영역에 집중되며, 음이온의 경우 SO_4^{2-} 의 함량비를 약25%이내에서 큰 변화가 없고, HCO_3^- 가 45~90%영역에 집중되는 현상을 보인다. 양이온과 음이온을 함께 도시한 부분에서 양이온은 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 이 지배적이고, 음이온은 탄산기 ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$)가 지배적이므로 $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$ 형으로 대표되는 carbonate hardness형에 해당된다.

○ Stiff diagram

지하수의 주요이온의 구성 특성을 자세히 알기 위해 stiff diagram을 작성하였다. Stiff diagram은 도표의 중앙선을 중심으로 하여 왼쪽은 양이온 중에서 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 의 이온수를, 오른쪽은 음이온 중에서 주요 음이온인 Cl^- , HCO_3^- 및 SO_4^{2-} 의 이온수를 그 농도에 따라 일종의 모형으로 나타내어 작성한 도표이다. 지하수조사에 있어서 각 시료채취지점에 수질분석 결과를 이러한 Stiff의 모형 diagram으로 도식화를 해 놓으면 동일기원의 지하수는 같은 형태의 모양을 나타내므로 지하수의 산출상태를 알아낼수 있으며 오염원 파악에도 상당히 널리 이용되고 있는 도식법이다.

조사지역에서 stiff diagram의 형태(주요이온의 구성)는 화산암지역 지하수의 경우 극히 일부 지역을 제외하고 주요이온의 총량이 매우 적어 비교하기가 힘들며 대부분이 유사한 형태를 보이고 있다.

심성암지역 지하수의 경우는 비교적 유사하며 주요이온의 총량이 증가함에 따라 이온들의 구성비가 변화하는 경향을 보이나. 주요이온 총량증가에 따른 양이온과 음이온의 구성비 변화를 보면 주요이온의 총량이 증가할수록 Ca^{2+} 의 구성비가 증가하지만 Na^+ 의 구성비는 감소하는 경향을 보이며, HCO_3^- 구성비는 감소하지만 Cl^- 이나 NO_3^- 의 구성비가 증가하고 있다. 따라서 순창군과 같은 지질조건에서 지하수가 오염되지 않은 경우 지하수가 유동되어 감에 따라 Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} 의 구성비가 상대적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 이와 같이 같은 암석에서는 stiff diagram의 형태가 비슷하므로 동일 기원의 지하수라고 판단된다.

앞으로는 주요원소보다 미량 또는 유해 원소들의 함량이 지하수의 수질을

결정하는 주요 요인이 될 것이며, 산업화나 차량증가등의 인위적인 요인에 의해 중금속원소들의 오염이 심각해지기 때문에 지하수의 수질 관리를 위해서 지하수 중의 용존 미량원소들에 대한 체계적인 분석 및 연구가 수행되어야 할 것이다.

<표 5-2> 조사지역 주요원소의 농도환산(ppm→epm)

NO	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	cation	Cl	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	anion
D-5	6.121	14.382	30.309	6.049		21.600	20.600	20.000	82.960	
	0.157	0.625	1.515	0.496	2.793	0.608	0.429	0.429	1.360	2.720
	5.621	22.377	54.243	17.759	100.000	22.353	15.772	15.772	50.000	100.000
D-4	1.025	9.343	26.547	7.333		9.500	6.200	8.300	112.240	
	0.026	0.406	1.327	0.601	2.360	0.268	0.129	0.323	1.840	2.371
	1.102	17.203	56.229	24.466	100.000	11.303	5.441	5.652	77.604	100.000
D-3	0.553	5.913	5.053	0.980		5.100	1.200	6.200	18.300	
	0.014	0.257	0.252	0.080	0.603	0.144	0.025	0.134	0.300	0.569
	2.322	46.620	41.791	13.267	100.000	25.307	4.394	17.575	52.724	100.000
D-2	1.207	11.887	24.637	2.970		10.300	6.100	18.600	95.160	
	0.031	0.517	1.232	0.243	2.023	0.290	0.127	0.100	1.560	2.277
	1.532	25.556	60.900	12.012	100.000	12.736	5.578	13.175	68.511	100.000
D-1	1.200	5.998	10.627	2.375		6.900	5.500	8.000	34.770	
	0.031	0.261	0.531	0.194	1.017	0.194	0.115	0.300	0.570	1.008
	3.048	25.664	52.212	19.076	100.000	19.246	11.408	12.798	56.548	100.000
D-6	3.535	12.828	21.210	5.135		18.400	14.100	16.400	62.220	
	0.090	0.558	1.060	0.420	2.128	0.518	0.294	0.294	1.020	2.097
	4.229	26.222	49.812	19.737	100.000	24.702	14.020	12.637	48.641	100.000
D-26	1.709	13.937	23.864	6.555		19.000	6.700	11.700	89.060	
	0.044	0.606	1.193	0.537	2.380	0.535	0.140	0.265	1.460	2.324
	1.849	25.462	50.125	22.564	100.000	23.021	6.024	8.132	62.823	100.000
D-30	0.729	9.182	11.036	2.292		6.500	2.000	9.400	46.360	
	0.019	0.399	0.551	0.188	1.157	0.183	0.042	0.189	0.760	1.137
	1.642	34.486	47.623	16.249	100.000	16.095	3.693	13.369	66.843	100.000
D-29	1.406	12.904	17.253	4.715		18.200	3.800	22.800	50.630	
	0.036	0.561	0.862	0.386	1.845	0.513	0.079	0.152	0.830	1.790
	1.951	30.407	46.721	20.921	100.000	28.659	4.413	20.559	46.369	100.000
D-33	0.527	8.501	17.215	0.972		5.300	13.600	1.900	49.410	
	0.013	0.370	0.860	0.080	1.323	0.149	0.283	0.368	0.810	1.273
	0.983	27.967	65.003	6.047	100.000	11.705	22.231	2.435	63.629	100.000
D-37	1.424	10.326	16.963	4.262		7.200	3.800	1.900	84.180	
	0.036	0.449	0.848	0.349	1.682	0.203	0.079	0.031	1.380	1.693
	2.140	26.694	50.417	20.749	100.000	11.991	4.666	1.831	81.512	100.000
D-28	1.574	8.560	17.493	3.087		6.900	8.600	5.600	57.340	
	0.040	0.372	0.875	0.253	1.540	0.194	0.179	0.090	0.940	1.403
	2.597	24.156	56.818	16.429	100.000	13.828	12.758	6.415	66.999	100.000
D-31	0.909	9.231	10.681	2.428		7.500	3.000	5.900	47.580	
	0.023	0.401	0.534	0.199	1.157	0.211	0.063	0.095	0.780	1.149
	1.987	34.659	46.154	17.200	100.000	18.364	5.483	8.268	67.885	100.000

(상단: ppm, 중단: epm, 하단: 이온%)

<표 5-2 계속>

NO	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	cation	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃	HCO ₃ ⁻	anion
D-32	1.244	12.986	17.357	4.198		17.800	3.900	25.100	48.800	
	0.032	0.565	0.868	0.344	1.809	0.501	0.081	0.405	0.800	1.787
	1.769	31.233	47.982	19.016	100.000	28.036	4.533	22.664	44.767	100.000
D-70	0.711	10.564	19.793	5.444		17.000	7.300	9.40	67.100	
	0.018	0.459	0.990	0.446	1.913	0.479	0.152	0.152	1.100	1.883
	0.941	23.994	51.751	23.314	100.000	25.438	8.072	8.072	58.418	100.000
D-73	0.822	9.058	18.196	2.325		8.000	13.100	8.70	90.890	
	0.021	0.394	0.910	0.190	1.515	0.225	0.273	0.140	1.490	2.128
	1.386	26.007	60.066	12.541	100.000	10.573	12.829	6.579	70.019	100.000
D-72	0.905	10.457	13.345	3.353		9.800	4.500	5.000	54.90	
	0.023	0.455	0.667	0.275	1.420	0.276	0.094	0.080	0.900	1.350
	1.620	32.042	46.972	19.366	100.000	20.444	6.963	5.926	66.667	100.000
D-71	1.125	10.663	14.420	3.800		9.700	5.100	11.200	56.730	
	0.029	0.464	0.721	0.311	1.525	0.273	0.106	0.181	0.930	1.490
	1.902	30.426	47.279	20.393	100.000	18.322	7.114	12.148	62.416	100.000
D-76	1.119	12.985	20.541	5.433		20.100	5.900	40.600	50.020	
	0.029	0.565	1.027	0.445	2.066	0.566	0.123	0.655	0.820	2.164
	1.403	27.348	49.710	21.538	100.000	26.155	5.684	30.268	37.893	100.000
D-77	0.565	6.422	4.408	0.847		4.600	2.600	2.700	15.250	
	0.014	0.279	0.220	0.069	0.582	0.130	0.054	0.044	0.250	0.478
	1.405	47.938	37.801	11.856	100.000	27.197	11.297	9.205	52.301	100.000
D-38	1.072	18.439	15.905	2.783		8.600	8.500	6.400	86.620	
	0.027	0.802	0.795	0.228	1.852	0.242	0.177	0.103	1.420	1.942
	1.458	43.305	42.927	12.310	100.000	12.461	9.114	5.304	73.121	100.000
D-78	1.497	13.958	23.847	8.367		11.300	5.900	5.900	140.910	
	0.038	0.607	1.192	0.686	2.523	0.318	0.122	0.095	2.310	2.845
	1.506	24.059	47.245	27.650	100.000	11.178	4.288	3.339	81.195	100.000
D-75	1.208	12.209	16.388	2.951		13.900	5.600	19.000	52.460	
	0.030	0.531	0.817	0.242	1.620	0.391	0.117	0.306	0.860	1.674
	1.852	32.778	50.432	14.938	100.000	23.357	6.989	18.280	51.374	100.000
D-79	1.629	10.933	20.053	3.779		10.300	4.800	7.200	90.890	
	0.042	0.475	1.003	0.310	1.830	0.290	0.100	0.116	1.490	1.996
	2.295	25.956	54.809	16.940	100.000	14.539	5.010	5.812	74.649	100.000
D-140	1.495	14.616	22.968	7.713		15.800	3.700	10.000	39.040	
	0.038	0.635	1.148	0.632	2.453	0.445	0.077	0.161	0.640	1.323
	1.468	25.956	46.881	25.764	100.000	33.636	5.820	12.169	48.375	100.000
D-141	0.937	13.569	26.485	4.490		18.900	9.800	25.000	74.420	
	0.024	0.590	1.324	0.368	2.306	0.532	0.204	0.403	1.220	2.359
	1.041	25.585	57.416	15.958	100.000	22.552	8.648	17.084	51.716	100.000

(상단: ppm, 중단: epm, 하단: 이온%)

<표 5-2 계속>

NO	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	cation	Cl	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	anion
D-142	2.168	16.062	22.766	4.206		26.200	5.200	12.700	54.900	
	0.055	0.698	1.138	0.345	2.236	0.738	0.108	0.205	0.900	1.951
	2.460	31.216	50.894	15.430	100.000	37.827	5.536	10.507	46.130	100.000
D-139	1.560	18.157	26.295	6.603		28.000	26.600	26.400	26.840	
	0.040	0.789	1.315	0.541	2.685	0.789	0.763	0.426	0.440	2.418
	1.490	29.385	48.976	20.149	100.00	32.630	31.555	17.618	18.197	100.000
D-138	1.857	13.378	17.307	5.973		19.000	4.800	56.600	40.870	
	0.047	0.582	0.865	0.490	1.984	0.535	0.100	0.913	0.670	2.218
	2.369	29.335	43.598	24.698	100.000	24.121	4.509	41.163	30.207	100.000
D-41	0.805	10.102	22.382	2.222		8.100	7.800	4.100	79.300	
	0.020	0.439	1.119	0.182	1.760	0.228	0.163	0.066	1.300	1.757
	1.132	23.943	63.550	11.375	100.000	12.977	9.277	3.756	73.990	100.000
D-39	1.025	3.767	4.717	1.524		4.300	6.500	9.700	6.710	
	0.026	0.164	0.236	0.125	0.551	0.121	0.135	0.156	0.110	0.522
	4.719	29.764	42.831	22.686	100.000	23.180	25.862	29.885	21.073	100.000
D-42	1.002	9.207	12.563	2.261		5.600	3.700	5.100	54.900	
	0.026	0.405	0.628	0.185	1.239	0.158	0.077	0.082	0.900	1.217
	2.098	32.285	50.686	14.931	100.000	12.983	6.327	6.738	73.952	100.000
D-63	1.570	17.504	21.861	4.503		20.600	11.000	52.700	36.600	
	0.040	0.761	1.093	0.369	2.263	0.580	0.229	0.850	0.600	2.259
	1.768	33.627	48.299	16.306	100.000	25.675	10.137	37.628	26.560	100.000
D-43	3.027	16.858	26.861	10.037		28.200	10.400	67.900	45.140	
	0.077	0.733	1.340	0.823	2.973	0.794	0.217	1.095	0.740	2.846
	2.590	24.655	45.073	27.682	100.000	27.899	7.625	38.475	26.001	100.000
D-65	0.749	9.317	21.914	2.875		8.600	6.600	10.900	70.150	
	0.019	0.405	1.096	0.236	1.756	0.242	0.138	0.176	1.150	1.706
	1.082	23.064	62.414	13.440	100.000	14.185	8.089	10.317	67.409	100.000
D-66	1.315	11.738	9.168	2.777		7.500	3.800	10.000	38.430	
	0.034	0.510	0.458	0.228	1.230	0.211	0.079	0.161	0.630	1.082
	2.764	41.463	37.236	18.537	100.000	19.519	7.308	14.894	58.275	100.000
D-67	1.446	5.528	1.450	1.786		6.000	1.500	11.800	23.180	
	0.037	0.253	0.073	0.146	0.509	0.169	0.031	0.190	0.380	0.770
	7.269	49.705	14.342	28.684	100.000	21.948	4.026	24.675	49.351	100.000
D-45	0.968	9.451	10.903	2.728		6.800	2.000	7.400	47.580	
	0.025	0.411	0.545	0.223	1.204	0.192	0.042	0.119	0.780	1.133
	2.076	34.136	45.266	18.522	100.000	13.943	3.307	12.083	65.814	100.000
D-44	3.692	14.877	24.983	6.223		23.100	10.100	55.200	41.480	
	0.094	0.647	1.249	0.510	2.500	0.651	0.210	0.890	0.680	2.432
	3.760	25.880	49.960	20.440	100.000	26.779	8.638	36.610	27.973	100.000

(상단: ppm, 중단: epm, 하단: 이온%)

<표 5-2 계속>

NO	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	cation	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	anion
D-40	2.652	5.685	4.969	1.408		6.500	5.600	11.900	7.320	
	0.068	0.247	0.248	0.115	0.678	0.183	0.117	0.192	0.120	0.612
	10.029	36.431	36.578	16.962	100.000	29.902	19.118	31.373	19.607	100.000
D-96	0.645	4.650	2.109	0.898		4.300	4.500	4.500	3.660	
	0.016	0.202	0.105	0.074	0.397	0.121	0.094	0.073	0.060	0.348
	4.030	50.882	26.448	18.640	100.000	34.670	27.011	20.907	17.412	100.000
D-95	0.929	7.584	12.728	3.220		6.000	5.700	1.400	64.050	
	0.024	0.33	0.636	0.264	1.254	0.169	0.119	0.023	1.050	1.361
	1.914	26.316	50.718	21.052	100.000	12.417	8.744	1.690	77.014	100.000
D-98	19.468	42.507	43.325	17.477		45.500	5.000	10.000	26.840	
	0.498	1.848	2.166	1.433	5.945	1.282	0.104	0.161	0.440	1.987
	8.377	32.085	36.434	24.109	100.000	64.519	5.234	8.103	22.144	100.000
D-125	1.600	4.102	4.586	1.001		4.400	5.800	6.200	9.150	
	0.041	0.178	0.229	0.082	0.530	0.124	0.121	0.100	0.150	0.495
	7.736	33.585	43.207	15.472	100.000	26.051	23.242	20.204	30.403	100.000
D-126	1.875	10.132	32.353	6.283		14.300	8.900	19.800	110.410	
	0.022	0.441	1.618	0.515	2.596	0.403	0.185	0.319	1.810	2.717
	0.837	16.988	62.327	19.838	100.000	14.833	6.809	11.741	66.617	100.000
D-129	1.301	4.782	8.033	2.146		8.100	7.700	12.600	50.020	
	0.033	0.208	0.402	0.176	0.819	0.274	0.206	0.066	0.865	1.411
	4.029	25.397	49.084	21.490	100.000	19.396	14.576	4.676	61.352	100.000
D-128	0.480	4.873	2.280	0.814		4.100	4.800	5.300	4.270	
	0.012	0.212	0.114	0.067	0.405	0.130	0.115	0.100	0.025	0.370
	2.963	52.346	28.148	16.543	100.000	35.163	31.109	27.055	6.673	100.000
D-127	1.064	14.459	25.400	1.316		15.500	12.500	10.500	61.000	
	0.027	0.629	1.270	0.190	2.116	0.437	0.260	1.694	1.000	3.391
	1.276	29.726	60.019	8.979	100.000	12.887	7.667	49.956	29.490	100.000
D-97	0.825	14.292	42.149	1.853		6.600	5.000	5.000	64.050	
	0.021	0.621	2.107	0.152	2.901	0.186	0.104	0.080	1.050	1.420
	0.724	21.406	5.240	5.240	100.000	13.099	7.323	5.634	73.944	100.000
입 석	8.148	8.148	7.369	2.166		10.500	6.400	8.600	25.742	
	0.098	0.354	0.368	0.178	0.998	0.296	0.133	0.139	0.422	0.568
	9.820	35.471	36.874	17.835	100.000	29.899	13.434	14.041	42.626	100.000

(상단: ppm, 중단: epm, 하단: 이온%)

5-3. 먹는물기준수질검사 결과

조사지구의 먹는물기준수질검사를 통한 지하수 오염 실태를 파악하기 위하여 오염원의 위치, 지질 등을 고려하여 분석이 필요한 위치를 선정, 총 50개소에서 채취한 시료를 전북보건환경연구원에 먹는물수질기준으로 지하수 수질검사를 의뢰하였다. 또한 공사에서 관리하고 있는 33개소의 자료와 '98년말 기준 전라북도 와 순창군, 순창군 교육청의 자료를 이용하여 시군별 지하수(먹는물)수질분석내용을 분석하였다.

본 조사시 먹는물기준에 의해 조사한 수질검사 총 50개 중 38개 지점의 자료가 적합으로 판정되어 검사자료 중 76%가 먹는물로 사용하기에 적합한 것으로 나타났다. 검사항목중 먹는물기준에 부적합 판정을 받은 항목들로는 일반세균, 대장균, 탁도, 질산성질소($\text{NO}_3\text{-N}$), 철(Fe), 알루미늄(Al), 납(Pb), 불소, 색도 등 10개 항목으로 나타났다. 항목별 부적합 비율을 보면 일반세균이 74%로 부적합 비율이 가장 높으며 다음으로 질산성질소가 16%, 대장균 18%, 철, 불소, 아연 각각 6%, 탁도 14%, 색도 4%, 납 2%로 나타났다.

공사에서 관리하고 있는 기존 자료에 의하면 먹는물기준 수질검사 자료 33개 중 합격 32개소로 먹는물로 사용하기에 적합한 것으로 나타났다.

또한 98년 9월 시군별 지하수(먹는물) 수질분석내용을 보면 전라북도 전체 2,347개소를 실시하여 1,724개소가 먹는물 적합판정을 받아 검사자료중 73.45%가 먹는물로 적합한 것으로 나타났고, 이중 순창군은 검사실적 73개중 적합판정 57개소로 78%가 적합한 것으로 나타났다. 불합격원인은 일반세균 16개소로 일반세균과 대장균이 주원인으로 보고된 바 있다.

기설관정을 이용한 면별 조사결과와 기존자료의 수질현황은 다음과 같다.

〈표 5-3〉 면별 조사공과 기존자료 현황

<적합판정/총개소(적합율)>

면 별	본 조사시	기존자료	계
계	38/50 (76%)	32/33 (97%)	70/83 (84%)
순 창	3/4 (75%)	14/14 (100%)	17/18 (94%)
인 계	4/6 (67%)	1/1 (100%)	5/7 (71%)
동 계	5/6 (83%)	1/1 (100%)	6/7 (86%)
적 성	1/1 (100%)	1/1 (100%)	2/2 (100%)
유 등	0/3 (0%)	1/1 (100%)	1/4 (25%)
풍 산	4/5 (80%)	3/3 (100%)	7/8 (87%)
금 과	3/5 (60%)	1/1 (100%)	4/6 (67%)
팔 덕	4/4 (100%)	1/1 (100%)	5/5 (100%)
복 흥	5/5 (100%)	4/4 (100%)	9/9 (100%)
쌍 치	3/4 (75%)	2/3 (67%)	5/7 (71%)
구 립	6/7 (86%)	3/3 (100%)	9/10 (90%)

〈표 5-4〉 수질검사 부적합 항목 (먹는물 기준)

(부적합 항목 %)

항목 \ 관정별	항목수	본 조사시 부적합판정항목%	기존자료 부적합판정항목%
합계	19	100	100
일반세균	1	-	50
대 장 균	1	-	50
탁 도	7	36.8	-
질산성질소	2	10.5	-
철	1	26.3	-
알루미늄	1	5.2	-
망간	1	5.2	-
아 연	4	21	-
색 도	1	26.3	-

5-3-1. 먹는물기준 지하수 부적합 항목

먹는물 수질기준의 부적합율이 높고 지하수오염과 관련된 주요 성분의 농도, 인체에 미치는 영향, 주요 오염원 등은 아래와 같다.

가. 일반세균과 대장균

일반세균은 대장균을 제외한 모든 세균을 말한다. 일반세균의 먹는물 기준은 100CFU이하/1ml이다. 대장균군은 분뇨오염의 지표로서 소화기계 병원균에 의한 오염가능성이 있다고 볼 수 있다. 대장균의 먹는물 기준은 불검출/50ml이다. 본 조사자료 50개중 부적격한 것으로 판정된 것은 없으나, 전라북도 시군별 수질분석 내용(98년9월)에 의하면 순창군의 73개 검사개소 중 부적합 판정을 받은 16개소가 일반세균과 대장균군이 초과 검출된 것으로 나타났다. 기초사 자료에는 동계면의 1개소가 검출되었다.

나. 아연, 철.

아연의 먹는물 기준치는 1mg/l로 이를 초과할 경우는 심미적으로 영향을 준다. 아연을 함유하는 물은 불쾌한 맛을 내며, 5mg/l 이상의 농도에서는 백탁수를 나타내며 끓였을 때 불쾌하고 미끈미끈한 느낌을 갖게 한다. 음용시 구토, 탈수, 복부손상, 구역질, 무기력증, 현기증 등을 일으키며, 염화아연에 의해 심장병을 일으킨다. 수질분석자료 50개 관정의 최대값은 8.621mg/l, 평균은 3mg/l이다. 먹는물 기준치를 초과한 관정은 50개중 약 6%에 해당하는 3개 관정으로 특히 동계면 유산리 1개관정에서는 먹는물 기준의 8배 이상까지 검출되었다.

철의 먹는물 기준치는 0.3mg/l로 이를 초과하는 관정은 전체의 8%에 해당하는 4개소이고 풍산면 금곡리 관정에서 1.934mg/l로 최대치를 나타낸다.

다. 질산성질소

질산성질소는 주로 분뇨 또는 하수 등의 질소화합물을 함유하는 오염물에 의하여 오염된 것으로 오염원으로는 가정 및 산업폐수, 농경지의 비료살포, 동물의 배설물, 폐기물의 침출수, 대기중의 낙진, 자동차의 배기가스, 토양내의 유기물질을 들 수 있다. 질산성질소는 이들 오염원에서 지하수로 유입된 암모니아성질소가 산화 분해 작용을 받아 형성된 것이다.



지하수 수질기준에서 질산성질소의 기준치는 먹는물의 경우 10mg/l 이하, 먹

는물의 경우 질산성질소의 농도 범위는 0~22.7mg/ℓ 이며 평균은 5.668mg/ℓ 이다.

<표 5-5 > 먹는물 수질기준 및 인체에 미치는 영향

○ 미생물에 관한 기준(3항목)

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
1	일반세균	100CFU/ml	하수오물, 폐기물, 인간 및 동물의 배설물	수처리 효율의 지표로 이용되며, 세균 에 의한 오염여부의 판단자료
2	대장균군	불검출/50ml	인간 및 동물의 배설물	병원성 미생물의 존재가능성에 대한 지표
3	여시아나균	음성/2ℓ		병원성 미생물의 존재가능성에 대한 지표

○ 건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준(10항목)

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
4	납(Pb)	0.05mg/ℓ	안료, 도료, 활자제조업, 연관제조업, 인쇄공장, 유리제조공장 등의 폐 수 및 납관에서의 유출	0.5mg/day 이상 섭취시 축적성 만성중독 -정신착란, 심근마비, 악성빈혈 급성중독 - 복통, 구토 소아 : 신경, 면역장애
5	불소(F)	1mg/ℓ	지하수중의 천연상태 (불소인화석), 살충제, 방부제, 불소화학	1mg/ℓ 이하- 충치예방효과 만성중독(1mg/ℓ 이상) - 반상치 신장 : 지방산 산화효소활성저하, 간 : 질소, 지방함량 감소
6	비소(As)	0.05mg/ℓ	광산제련공업, 의약품 및 비소계 살충제 제조 공장 폐수, 안료 및 도료공업 유기, 무기상태 (3, 5가 : 독성크다)	만성중독(0.2mg/ℓ 이상) - 수족지각장해, 수족각화증, 빈혈, 흑피증, 손톱, 모발의 위축, 급성 중독(성인 : 5~50mg) - 구토, 설사 100~150mg : 경구치사량
7	세레늄(Se)	0.01mg/ℓ	전기부품 (광전지), 정류기제조에 이용	위장장해, 피부의 황달성착색, 치아장 해, 위장관으로 93% 흡수, 알칼리병, 혈운증

<표 5-5 계속>

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
8	수 은 (Hg)	불검출	소다공업, 농약제조, 수 은정제공장, 도료공장폐 수, 폐건전지 무기상태(1,2가염 : 15% 흡수), 유기수은(매탈수 은 : 미생물에 의해 생 성, 100% 흡수되어 먹 이 사슬에 축적)	만성중독 - 언어장애, 지각이상, 신경쇠약, 난청유발, 생식선 자극(돌연변이) 급성중독 - 위장병, 구내염, 신장장해 (단백뇨) 유기수은이 축적된 담수어의 섭취 (일본 : 미나마타병)
9	시 안 (CN)	불검출	도금공장, 가스공업, 코 크스공장, 정유공장 등 폐수 염소처리에 의한 무해 한 시안산염으로	세포호흡저해, 질식성경련, 의식장해, 뇌의 젓산함량증가로 인한 혼수상태 와 뇌손상 50~60mg : 경구치사량 0.05mg/l 이상 : 물고기에 유해
10	6가크롬 (Cr)	0.05mg/l	염색공업, 피혁제조, 석 유화학공업, 도금공장폐 수	만성중독 - 피부궤양, 폐암유발, 급성중독 - 미각장해, 위장염 0.1mg/l : 음용수로서 유해
11	암모니아성 질 소 (NH ₄ -N)	0.5mg/l	가정하수, 산업폐수, 동 물배설물, 비료, 폐기물 의 침출수, 자동차 및 연소기관, 대기중의 낙 진, 토양내의 유기물질	유아 : 10mg/l 이상의 물과 우유는 청색증(Blue baby) 유발 (Methemoglobinemia : 혈액과 반응 하여 호흡장애)
12	질산성질소 (NO ₃ -N)	10mg/l		
13	카드뮴 (Cd)	0.01mg/l	광산(갱내수의 산성화 에 의한 용출, 광재, 습 식제련공정중 가용성염 의 용출, 도금공장폐수 및 급수설비에 의한 오 염)	간, 신장, 갑상선, 뼈에 축적 만성중독 - 내분비, 칼슘대사, 신장, 위장장해, 골연화증 카드뮴에 오염된 쌀의 섭취 (일본 : 이따이 이따이병)

<표 5-5 계속>

○ 건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준(17항목)

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
14	페놀 (C-H-OH)	0.005mg/ℓ	석탄, 석유정제, 도시가스, 제약, 페놀계 합성수지공장폐수, 살충제의 미생물 분해	소독용 염소와 반응하여 클로로페놀 생성(독성보다 악취가 문제) 만성중독 : 중추신경계 마비
15	총트리할로메탄 (THM) CHCl & CHBr Cl & CHBr	0.1mg/ℓ	자연유기물(폴빈산, 휴민산)이 소독용 염소와 반응하여 발암성물질(THM)생성	발암성 물질 만성중독 - 불안, 불면, 흥분, 간위축, 신장장애 급성중독- 중추신경계 마비, 피부탈지
16	다이아지논	0.02mg/ℓ	유기인계 농약물질, 살충제 합성제조, 석유제품 촉매	맹독성, 발암성물질, 신경과 뇌신경계 마비증상, 근육경련
17	파라티온	0.06mg/ℓ		
18	말라티온	0.25mg/ℓ		
19	페니트로티온	0.04mg/ℓ		
20	카바릴	0.07mg/ℓ		구토, 설사, 기관지수축, 경련, 시력감퇴, 혼수, 호흡곤란
21	1.1.1-트리클로에탄 C H D I	0.1mg/ℓ		눈 점막자극 고농도 : 마취
22	테트라클로로에틸렌 (PCE) C Cl	0.01mg/ℓ	금속탈지공업, 드라이크리닝용매, 염소화탄산수소류 생산공장	중추신경계 억제. 불쾌감, 마취 고농도: 의식불명, 반사기능 저하, 간장장애, 다발성신경염, 간종양유발(새양귀)
23	트리클로로에틸렌 (TCE) C HCl	0.03mg/ℓ	금속산업 : 비윤활용매, 드라이크리닝 용매, 식품추출용매, 흡입마취제	급성중독 - 중추신경계억제, 두통, 간장장애, 관절이상, 간종양유발 (새양귀)
24	디클로로메탄 CH Cl	0.02mg/ℓ		

<표 5-5 계속>

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
25	벤젠 CH	0.01mg/ℓ	화학공장 : 페놀, 사이 크로헥산 생산의 중간 물질 공업 : 플라스틱, 페인 트 경화제의 합성을 위 한 중간물질이나 용매, 기체코크 생산의 부산 물	만성중독 - 빈혈, 백혈구감소, 면역기능 저하
26	톨루엔 C H CH	0.7mg/ℓ		중추신경계 기능저하, 기형, 발암, 변이성은 없음
27	에틸벤젠 C H C H	0.3mg/ℓ		현기증, 호흡곤란
28	크실렌 CH ₄ (CH ₃) ₂	0.5mg/ℓ		메스꺼움, 구토, 의식불명 유발, 신 장 및 간장손상
29	1,1-디클로로 에틸렌	0.3mg/ℓ 이하		
30	사염화탄소	0.002mg/ℓ 이하		

○ 심미적 영향물질에 관한 기준(16항목)

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
31	경도	300mg/ℓ	자연적, 사회적 조건에 서 유래 (Ca, Mg, Sr, Ba)	세탁, 보일러용수 장애 다량존재시 불쾌한 맛
32	과망간산칼 륨 소비량	10mg/ℓ	폐기된 유기물	유기물 오염정도 지표
33	냄새	소독으로 인한 냄새와 맛이외는 무미무취	용수원의 수질변화, 물처리공정의 결함, 급수관의 화학적 부식, 미생물 성장을 암시	
34	맛			
35	동(Cu)	1mg/ℓ	동제련공장, 금속표면 (도금)업소, 수도용 동 관	1mg/ℓ : 청색, 착색 1.5~3mg/ℓ : 금속성 맛 5mg/ℓ : 짙은 맛 80~170mg/ℓ : 간장장해

<표 5-5 계속>

	항 목	허용기준	오 염 원	인체에 미치는 영향
36	색도	5도	미생물, 플랑크톤의 번식 용해성물질, 오수 등의 혼입	심미적 나쁜영향
37	세제(음이온 계면활성제)	0.5mg/l	합성세제	1.0~1.5mg/l : 기름기있고, 생선냄새 규제이유 : 맛, 거품
38	수소이온농도 (pH)	5.8~8.5	알칼리폐수 또는 산폐수	낮은 pH : 수도시설의 부식 높은 pH : 쓴맛, 미끈미끈한 느낌, pH8.0이하에서 염소소독이 효과적
39	아연(Zn)	1mg/l	광산제련공업, 지하수중 천연유래	20~30mg/l : 금속맛, 뽀은맛 급성중독 : 구토, 탈수 근육조절불능, 전해질 불균형
40	염소이온 (Cl)	150mg/l	세균소독을 위해 투입	불쾌한 맛, 부식유발
41	중발잔유물	500mg/l	맛, 경도, 부식성에 영향	급수시스템의 부식, 스케일의 형성
42	철(Fe)	0.3mg/l	지하수나 저수지 심층수중에서 천연유래	0.3mg/l : 황갈색, 적갈색 0.5~1mg/l : 금속성맛 급성중독 - 설사, 구토, 혈색증
43	망간(Mn)	0.3mg/l	지하수나 저수지 심층수중에서 천연유래	0.05mg/l : 흑색, 흑갈색 0.5~1mg/l : 금속성맛 56mg/l : 개의 치사량
44	탁도	2도	가정 및 산업용수의 일반적인 수질오염지표	살균소독방해, 유기체에 의한 질병감염 우려, 부유물질의 함유의미
45	황산이온	200mg/l	산업폐수, 대기방출, 화석연료의 연소	1000mg/l : 설사유발 알칼리도 낮은 물에서 급수계 금속부식
46	알루미늄	0.2mg/l	산업폐기물, 광물, 토양 침출, 응집처리	0.1mg/l 이상 : 변색(퇴색) 경구섭취시 거의 배설(배제외), 호흡기 흡입시 허파와 임파선에 축적

<표5-6>이용목적별수질기준

검 사 항 목		먹는물	생활용수	농업용수	공업용수
미생물에 관한 기준	일반세균	저온세균	-	-	-
		고온세균	100/1ml이하	-	-
	대장균군	ND/50ml이하	5,000MPN/100ml이하	-	-
건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준	납(Pb)	0.05ml이하	0.1ml이하	0.1ml이하	0.2ml이하
	불소(F)	1.5ml이하	-	-	-
	비소(As)	0.05ml이하	0.05ml이하	0.05ml이하	0.1ml이하
	셀레늄(Se)	0.01ml이하	-	-	-
	수은(Hg)	불검출	불검출	불검출	불검출
	시안(CN)	불검출	불검출	불검출	0.2ml이하
	6가 크롬(Cr+b)	0.05ml이하	0.05ml이하	0.05ml이하	0.1ml이하
	암모니아성 질소(NH4-N)	0.5ml이하	-	-	-
	질산성 질소(NO3-N)	10ml이하	20ml이하	20ml이하	40ml이하
	카드뮴(Cd)	0.01ml이하	0.01ml이하	0.01ml이하	0.02ml이하
건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준	페놀(C6H5OH)	0.005ml이하	0.005ml이하	0.005ml이하	0.01ml이하
	총트리할로메탄(THM)	0.1ml이하	-	-	-
	다이아지논	0.02ml이하	-	-	-
	파라티온	0.06ml이하	-	-	-
	말라티온	0.25ml이하	-	-	-
	페니트로티온	0.04ml이하	-	-	-
	카바틸	0.07ml이하	-	-	-
	1.1.1 크리클로에탄	0.1ml이하	-	-	-
	테트라글로에틸렌	0.01ml이하	0.01ml이하	0.01ml이하	0.02ml이하
	트리클로로에틸렌	0.03ml이하	0.03ml이하	0.03ml이하	0.06ml이하
	디클로메탄	0.02ml이하	-	-	-
	벤젠	0.01ml이하	-	-	-
	톨루엔	0.7ml이하	-	-	-
	에틸벤젠	0.3ml이하	-	-	-
	크실렌	0.5ml이하	-	-	-
	유기인	-	불검출	불검출	0.2ml이하
	심미적 영향물질에 관한 기준	냄새	무취	-	-
맛		맛이 없을 것	-	-	-
색도		5도 이하	-	-	-
탁도		2도 이하	-	-	-
수소이온농도(pH)		5.8~8.5	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
염소이온농도(Cl ⁻)		150ml이하	250ml이하	250ml이하	500ml이하
황산이온(SO4 ²⁻)		200ml이하	-	-	-
증발잔유물		500ml이하	-	-	-
과망간산칼륨소비량 화학적 산소요구량(COD)		10ml이하	6ml이하	8ml이하	10ml이하
철(Fe)		0.3ml이하	-	-	-
경도		300ml이하	-	-	-
동(Cu)		1ml이하	-	-	-
아연(Zn)		1ml이하	-	-	-
망간(Mn)		0.3ml이하	-	-	-
세제(ABS)		0.5ml이하	-	-	-
알루미늄(Al)		0.2ml이하	-	-	-
1.1 디클로에틸렌		0.03ml이하	-	-	-
사염화탄소	0.002ml이하	-	-	-	

5-4. 잠재오염원 조사

5-4-1. 잠재오염원 분류

인간의 활동에 의해서 수문환경으로 유입되는 모든 물질은 지하수를 오염시킬 수 있으며, 지하 수문계로 유입된 오염물질의 농도가 인간생활에 지장을 줄 정도로 위험한 상태에 이른 경우 지하수가 오염되었다고 할 수 있다. 지하수 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구분할 수 있다.

점오염원은 점원위치에서 오염물질이 배출되는 것을 말하며, 정화조, 지하저장 탱크, 유해폐기물 부지, 매립지, 지표저류시설, 폐관정 등이다. 비점오염원은 넓은 지역에서 오염물질이 광범위하게 확산되는 것을 말하며, 농약살포, 비료살포 등의 농업오염원과 산성강우 등이 있다.

미의회 기술평가국(OTA)에서는 1984년 오염원 및 잠재오염원을 방류특성에 따라 <표 5-7>과 같이 6군 33종으로 분류하였다.

<표 5-7> O.T.A 잠재오염원 분류

구 분	종 류
1군	- 오염물질의 삼투 및 배출을 목적으로 계획된 오염원 1) 지하삼투형 (정화조, 우수조) 2) 주입정 (유해폐기물, 염수처리공) 3) 지상살포 (관개용수 살포, 슬러지 살포)
2군	- 오염물질의 저장, 취급, 처리시설 4) 육상매립장 5) 쓰레기 하치장 6) 주거지에서의 쓰레기 처분 7) 지표 저수조 8) 광산폐석 9) 폐기물 하치장 10) 재료의 비축지 11) 묘지 12) 동물사체 매립지 13) 지상탱크 14) 지하탱크 15) 콘테이너 16) 소각장과 발파지 17) 방사능 폐기물처리장
3군	- 운송, 송유시설 18) 수송관로 19) 운송, 화물
4군	- 기타 활동으로 배출 및 살포되는 오염원 20) 관개용수 21) 농약 살포 22) 비료 살포 23) 동물 사육 24) 제설, 제빙제 살포 25) 도시의 강수유출 26) 대기오염물질의 지하삼투 27) 광산과 광산폐수
5군	- 지하수 유로의 변경에 따른 오염원 28) 관정(지하수, 유류, 지열) 29) 기타 목적의 관정(감시정, 탐사시추공) 30) 공사용 굴착
6군	- 인간활동에 의해 자연적으로 발생하는 오염원 31) 지표수와 지하수의 상호작용 32) 자연적인 삼출현상 33) 양수에 의한 염수침입

5-4-2. 잠재오염원 분포현황

조사지역내 지하수를 오염시킬 가능성이 있는 대표적인 잠재오염원을 미의회 기술평가국의 방식에 의거하여 분류하였다.

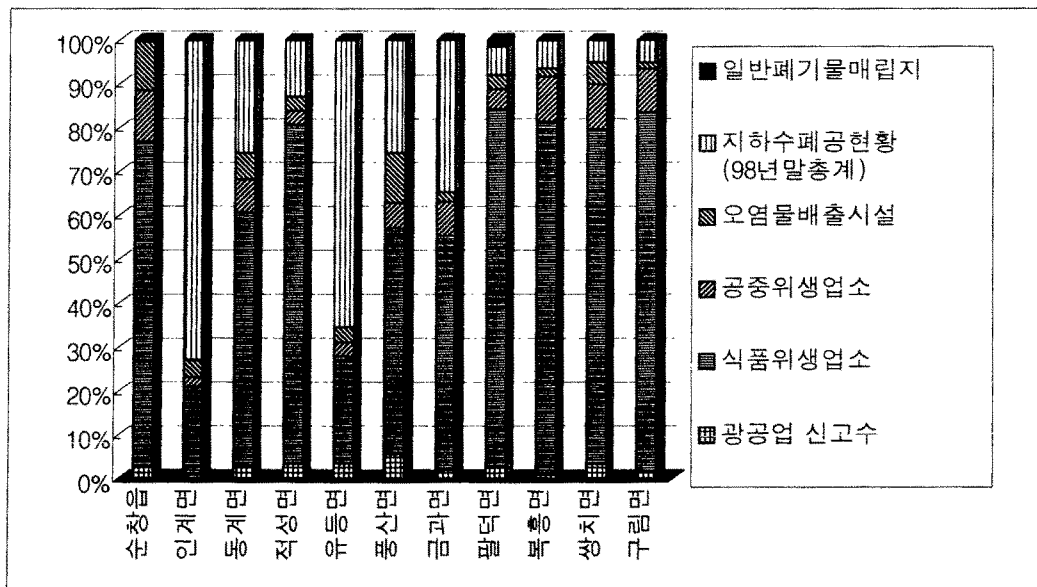
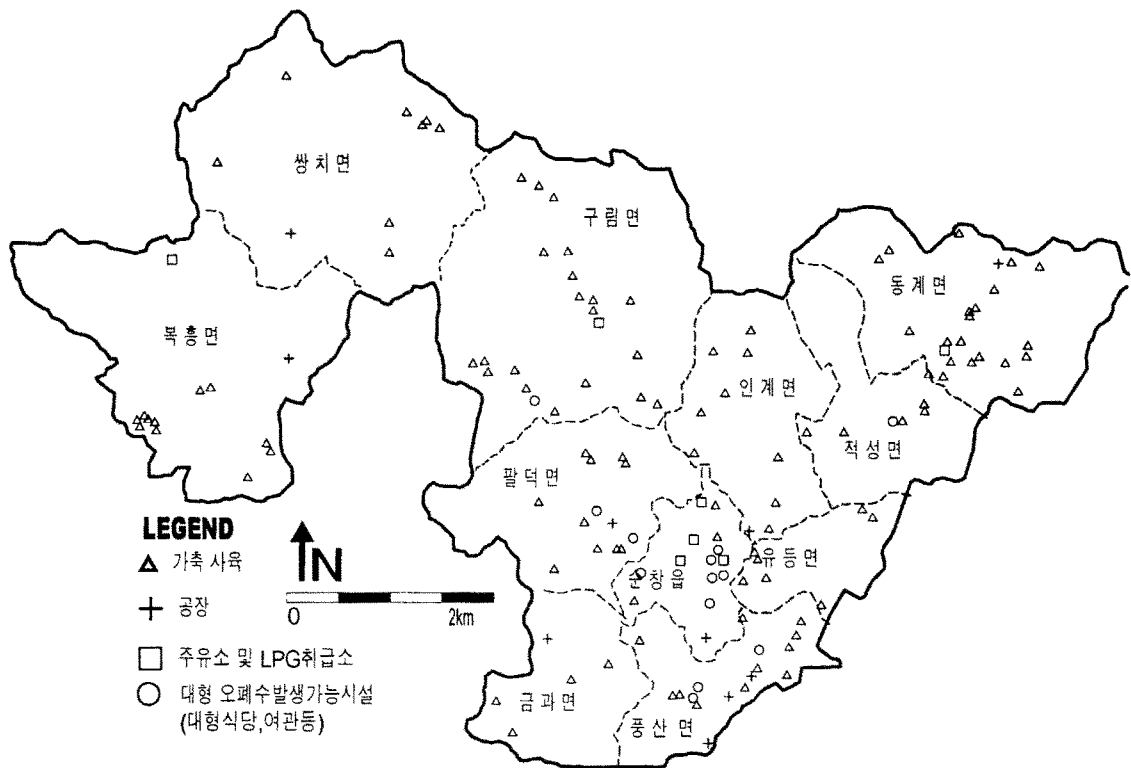
<표 5-8> 오염원별 분포현황

잠재오염원		오염원 현황	O T A 분류군
분 류	업 종		
정 화 조	정 화 조	37.6kl/일	1군(지하삼투형)
지하저장탱크	주 유 소	9개소	2군(오염물질의 저장, 취급처리시설)
폐수배출업소	제조업체 (섬유, 기타)	56개소	
	병·의원 숙박, 음식점업	13개소 379개소	
농약및비료살포	농 경 지	11,004ha	4군(기타활동)
가 축 사 육	한우, 말	17,363마리	
	젓 소	1,468마리	
	돼 지	7,945마리	
	사슴	399마리	
	닭	815,200마리	
	개	12,734마리	
	오 리	12,489마리	
	토끼	1,395마리	
	산양	10,488마리	
	칠면조	80마리	

가. 정화조

정화조란 수세식 변소에서 나오는 오수를 침전, 분해 등의 방법으로 정화하는 시설을 의미하는 것으로 하수도가 보급되지 않은 지역에서 하수도가 만들어질때까지 잠정적으로 실시하는 처리시설로 각 가정의 수세식 변소로부터 배출되는 희석된 분뇨를 그대로 하천으로 방류하기 곤란하여 만들어진 위생시설이다. 정화조 탱크 내의 고형물질이 침전되고 남은 액체 성분이 토양속으로 침투하면 잠재적인 지하수의 오염원이 된다. 정화조 액상 폐기물의 성상은 BOD 28~84mg/ℓ 암모니아성 질소 10~78mg/ℓ 이며 박테리아, 중금속 등이 포함되어 있다.

또한 수거식 변소의 분뇨에는 다량의 질소화합물이 포함되어 있는데 질소화



<그림 5-4> 순창지구 잠재오염원 위치도(상), 특정 오염량 변동추이

합물이 토양에 유입되면 토양박테리아에 의해 질산염으로 산화되어 지하수로 침투된다. 순창군의 분뇨발생량은 1997년 12월말 현재 37.6kl/일로 이중에서 수거식 변소의 분뇨 발생량이 32.7kl/일이며 정화조 오니 발생량은 4.9kl/일이다. 순창군의 분뇨종말처리장은 1개소 있으며 처리용량은 30kl/일이다 (순창군 통계연보, 1997).

최근 농촌에서도 현대식 주택이 널리 보급되면서 정화조에 의한 분뇨의 하천 유출이 이루어져 토양 오염의 가능성이 있으며 본 지구에서의 질소화합물의 지하수 유입 상황을 분석하면 수질자료중 암모니아성 질소가 나타나는 곳은 없으며 질산성 질소의 평균농도는 5.272mg/l이다. 질산성질소는 조사지역 전체에 골고루 분포하고 특히 마을 근처 소형관정에서 높게 나타난다.

나. 지하저장탱크(주유소)

지하저장탱크는 여러 가지 유해물질과 석유류 제품의 저장에 이용되고 있다. 이 탱크들은 주로 금속으로 만들어진 제품들이므로 시간이 경과함에 따라 용접부위가 쉽게 부식되어 저장된 물질들이 지하로 유출되거나 지하매설물 설치 등에 의해 파손되어 유해물질이 누출됨으로써 지하수를 오염시킨다.

주유소에서 유출된 유해 유기화합물은 낮은 농도에서도 장기간 노출되면 암을 유발시킬 수 있으며 농도가 높아지면 발암위험 외에 짧은 기간만 노출되더라도 현기증, 두통, 멀미, 피부나 눈의 자극, 면역성 상실 또는 간이나 신장 그리고 중앙신경계통에 피해를 줄 수 있다.

다. 폐수 배출

산업폐수는 강관, 콘크리트 등으로 저장소를 만들어 처리하거나 자연상태로 배출되기도 한다. 저류시설로부터 누출된 오염물은 대수층으로 침투하여 지하수를 오염시킨다. 오염물은 주로 암모니아, 질산염, 인산염, 박테리아, 바이러스, 브롬, 비소화합물, 중금속, 산, 휘발유, 제품, 페놀, 기타 미량의 화합물 등으로 구성되어 있다. 1997년 순창군의 폐수 배출시설은 총 100개, 환경오염 물질배출업소는 65개소로 세탁소, 세차장, 정비업소, 운수업소, 레미콘 등으로 구성되어 있다. 또한 여관등 숙박업과 음식점, 병원 및 의료원등의 수는 392개소이다.

라. 농약 및 비료살포

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

질산염(Nitrates)이 지하수를 오염시킨 경우 이를 음료수로 사용하게 되면 유아에 있어서는 청색증(cyanosis)을 유발하며, 어른들에게는 위암의 발생원인이 된다. 순창군 농경지 면적은 108.2km²이며 답이 60.9km², 전이 44.7km², 과수원 및 목장용지 2.6km²이며 이에대한 '97년도 비료공급 실적은 질소질 3,116 M/T, 인산질 1,165 M/T,加里질 1,322 M/T로 총 5,603 M/T이다.

마. 폐기관정

지하광물자원 및 지하수 등을 탐사 또는 개발하기 위하여 시추를 많이 하고 있다. 대체로 시추심도는 20m의 충적층에서부터 수백m에 이르는 심부까지 이르고 있다. 이러한 시추공들은 보통 소기의 목적을 달성한 후 방치하여 시추공의 처리작업을 소홀히 할 경우, 지표의 여러 오염물들이 시추공내로 침투하여 대수층을 단시일내에 오염시키게 된다.

본 지역의 관정은 대부분은 농업용 관정으로 영농기에만 사용되고 비영농기에는 사용되지 않아 이들 관정에 대해서도 수질보호를 위한 관리가 요망된다.

바. 일반폐기물 매립지

순창군에 일반 폐기물 매립지 1개소가 분포하며 면적은 21,700m²이고 매립 총용량은 173,100m³, 기매립량은 50,000m³, 잔여매립 가능량은 123,000m³이다

6장. 지하수자원의 부존성평가

6-1. 물수지 분석

물수지는 물질의 보존법칙을 물에 적용한다. 일정지역에서 물의 유입·유출량을 파악하여 물수요를 결정하는 것을 물수지분석이라 한다. 물수지분석은 조사지역내로 유입 및 유출되는 물의 양과 그 지역내에 저류된 모든 수자원의 변화 사이에는 항상 평형 조건이 이루어 진다는 가정하에 기초를 둔 것으로 수문 평형 방정식이라는 다음과 같은 공식으로 표시된다.

$$\text{유입} = \text{유출량} \pm \text{저수량의 변화}$$

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

상기 공식에서 각 요소는 다음과 같이 요약할 수 있다.

○ 유입량 요소

지하수 유입 + 표면하수(지하수)유입 + 강우 + 유입수

○ 유출량 요소

지하수 유출 + 표면하수(지하수)유출 + 증발산량 + 소비된물 + 유출수

○ 저류량 요소

지하수 저류량 변화 + 지하수 부존량 변화 + 토양수변화등 이다.

이 중에서 어떤 요소는 매우 쉽게, 그리고 정확하게 측정할 수 있지만 또 다른요소들은 측정이 불가능한 경우도 있어 상기식을 통상적으로 물 수리분석에 이용하여 단순한 수문 방정식으로 표현할 수 있다.

$$P = O + ET$$

여기서 P : 강우량

O : 전유출량

ET : 증발확산으로 인한 손실 이다.

6-1-1. 강수량

순창군내에는 측후소가 없으며 인접한 임실 측후소의 강수량 관측결과에 의하면 '88~'97년의 10개년간의 평균강수량은 1,205.9mm이다. 계절별로는 건기와

우기가 뚜렷하게 구분되며 연강수량은 여름철에 집중된다.

6~8월(3개월) 강수량은 665.6mm로서 강수량의 여름(6~8월)집중율은 55%, 로 높게 나타난다. 강우량과 강수량과의 차이가 있으나 겨울철 강설량은 용융된 높이로 계속되고 있고 또한 시간 간격이 원만하므로 강수량으로 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 평균강수량의 변화를 보여주는 <표6-1> 을 보면 강수량의 분포는 특히 '88, '92, '94년에 평균강수량 보다 적은 현상을 보이고 있으며 그외에는 평균강수량 이상을 상회한다. 또 월평균 강수량 분포를 보면 100.5mm, 월별 편차를 보면 6월에서 9월까지만 평균 강수량보다 많은 강수를 보여주고 있다.

월평균 강수량이 200mm을 초과하는 달은 7, 8월이고 10월과 12월부터 1월까지는 50mm에 이르지 못한다.

<표 6-1> 연도별 월별 강수량 분포(1988~1997, 10개년)

월 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
'88	25.8	7.6	45.5	58.8	104.1	72.4	257.5	74.1	58.6	8.6	30.4	27.5	770.9
'89	110.5	94.4	90.3	62.2	23.0	193.7	443.0	253.2	212.1	30.2	81.3	14.5	1,608.4
'90	61.1	95.3	61.0	96.6	91.7	343.6	319.2	254.2	238.6	7.9	60.2	47.7	1,677.1
'91	28.0	55.9	84.9	114.0	45.3	247.3	420.7	221.9	117.5	5.0	22.9	44.8	1,408.2
'92	19.2	26.0	50.6	88.7	53.3	14.8	231.2	227.9	217.2	35.5	37.1	54.6	1,056.1
'93	18.4	56.5	49.6	20.1	116.5	256.8	261.5	305.0	118.0	62.0	71.1	22.7	1,358.2
'94	29.7	28.4	33.5	27.5	93.0	81.5	13.0	189.5	41.5	104.5	23.5	18.5	684.1
'95	30.6	23.6	29.2	59.5	76.0	37.5	96.0	349.0	84.5	22.0	28.3	13.9	850.1
'96	27.5	11.5	120.5	42.0	66.0	323.5	172.0	144.0	29.0	74.0	121.3	38.6	1,169.9
'97	25.7	59.3	51.5	62.0	150.5	240.0	377.0	235.5	58.5	10.5	146.8	58.9	1,476.2
평균	37.6	45.8	61.6	63.1	81.9	181.1	259.1	225.4	117.5	36.0	62.2	34.1	1,205.9

6-1-2. 유출분석

우리나라의 수자원 부존량평가는 통상적으로 연간 물수지에 의한 평가방법을 사용하고 있는데 이것은 총 유역면적에 내린 평균강수량의 통계적 배분방법으로서 하천유출량 55%, 손실량 45%으로 추정하고 유출량중에서 이용가능량과, 지하수침투량 중에서 이용가능량을 평가하여 수자원 이용가능량으로 하고 있다.

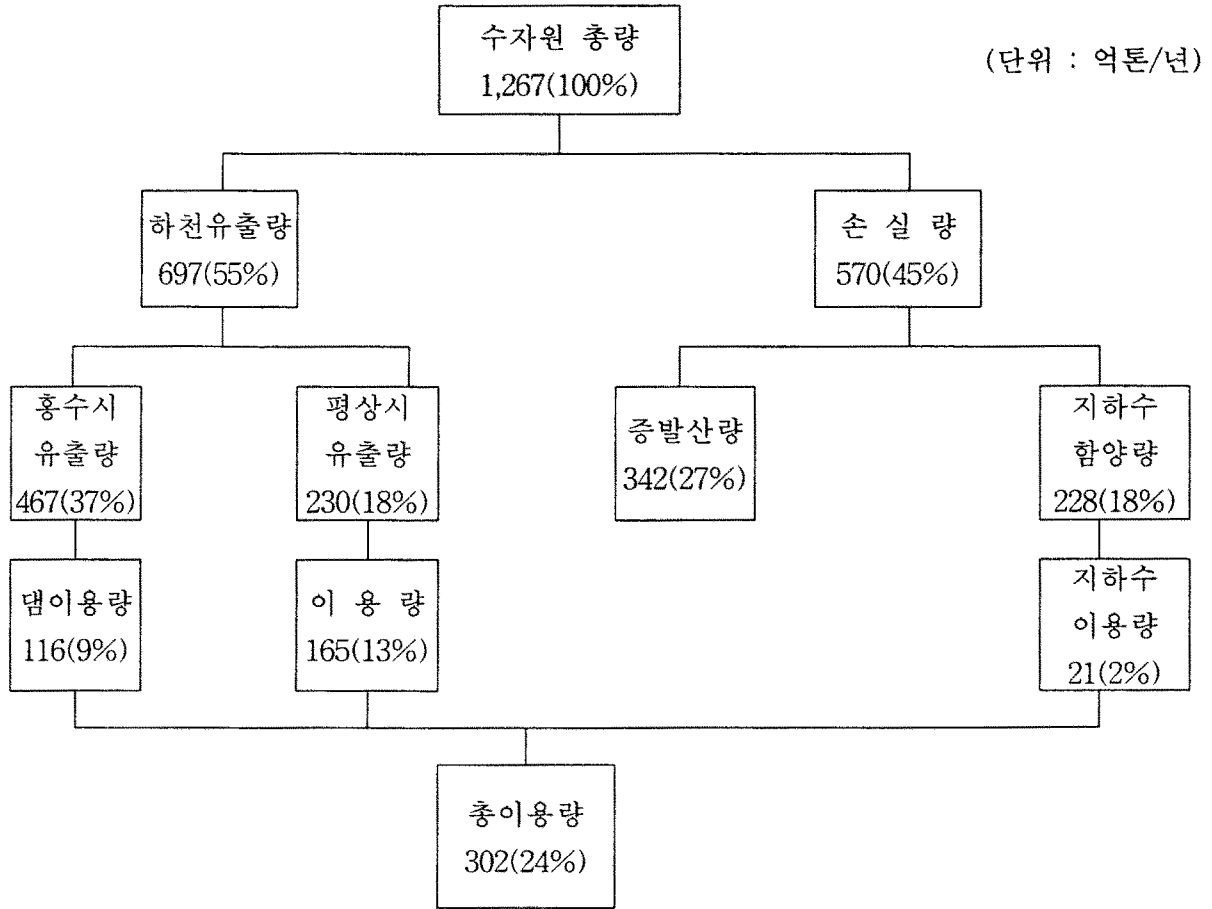
〈그림 6-1〉은 우리나라 수자원 현황을 총괄적으로 보여주고 있는데 여기서는 지하수함양량(침투량)을 손실량의 40%로 계상하고 있다. 이것은 전국적인 통계에 의한 것이므로 지역별로 유역특성과 함양조건에 따라서 차이가 있을 수 있다.

지하수함양량을 추정하는 여러 가지 방법중 수자원총량에서 유출량을 제외하여 손실량으로 보고 손실량에서 증발산량을 빼내고 나머지를 지하 침투량으로 추정하는 물 수지분석 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 유출량 관측소가 있는 지역에서는 다년간의 강우량과 유출량 자료를 직접 비교하여 물 수지를 분석할 수 있겠으나 과거의 유출량 기록이 없는 지역에서는 강수량등 기상자료를 분석하여 유출량을 추정하고 이것을 기준으로 하여 손실량과 침투량을 추정할 수 있다.

가. 유출량

비교적 짧은 기간 동안의 평균유출량은 지하로부터 유출되거나 지하로 침투하는 수량에 의하여 변화한 것이다. 따라서 수문요소와 함께 유출현상을 검토하면 지하로 들어가고 나오는 물의 양을 개략적으로 추정할 수 있다. 일반적으로 평균 유출률은 유출특성과 추정방법에 따라 다소 상이하다.

순창군의 수계는 섬진강 수계로 대표할 수 있다. 섬진강댐 상류수계의 연평균 유출을 51.7%는 오수관측소에서 관측된 평균유출을 47.1% (한국건설기술연구원, 1989)보다 약간 높게 나타나며, 섬진강 유역은 유출율이 전체적으로 50% 이상 높게 나타난다. 섬진강댐 상류수계의 지형의 경사도는 0.66%이고 수계 길이밀도는 0.483/km로 나타난다.



<그림6-1> 한국 수자원 현황도(1996년 현재, 건교부)

<표 6-2> 유출량 분석

유역별	강수량 (mm)	유 출		손 실		비 고
		유출량 (mm)	유출율 (%)	손실량 (mm)	손실율 (%)	
섬진강	1,205.9	623.5	51.7	582.4	48.3	

나. 증발산량

강수에 의해 저류대로 유입되는 양의 상당부분은 수면으로부터의 증발(Evaporation)과 식물로부터의 발산(Transpiration)에 의해 다시 대기 중으로 환원 되기 때문에 물의 순환과정에서 이의 분석은 중요하다.

증발산량은 토양의 함수량을 연속적으로 측정함으로써 계산할 수 있으나 매우 좁은 범위에 적용할 수 있을뿐 광역적인 유역에 적용할 수 있는 계측방법이 확립되지 않고 있다. 따라서 물이 무한대로 공급되는 조건에서 수면증발 또는 식물이 발산할 수 있는 능력인 잠재 증발산량을 사용하여 실제 증발산량을 계산하며 이는 보통 Turc공식, Thornthwaite공식, Penman공식 등으로 추산한다.

조사지구의 증발산량 계산은 증발접시에서 자유수면으로 부터의 직접적인 증발산량 측정자료를 Turc공식에 의하여 계산하였다. Turc공식에 의한 증발산량 계산은 토양에 포함되어 있는 수분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로 본 조사지역 내 평균기온과 강우량은 임실, 장수관측소에서 측정된 기상자료를 이용하였다. 계측량에 의한 계측은 임실지역이 1990년까지 이루어져 있으며 계측에 의한 증발산량은 1,000.6mm로 나타난다.

〈표 6-3〉 월평균 증발산량

(단위: mm)

월 별	임 실('81~'90)
계	1000.9
1	35.2
2	40.2
3	68.6
4	106.6
5	132.1
6	123.3
7	112.9
8	123.2
9	92.6
10	80.9
11	47.7
12	47.6

월평균 증발산량은 큰 차이가 없이 5~6월 기간중 최대치를 보이며 7월에는 전월에 비하여 증발산량이 다소 떨어지는 경향을 보이는데 이것은 우기의 영향인 것으로 판단된다. 월 평균 강우량과 월평균 증발산량을 비교하면 우기인 6~9월

사이에는 강우량이 증발량보다 높으나 나머지 기간에서는 증발량이 강우량을 상회함을 알 수 있다.

계기 증발산량을 바탕으로 한 Turc공식에 의한 증발산량은 571.12mm이다.

<표 6-4> 연간 증발산량 비교

(단위 : mm)

년 도	계기 측량 증발량	Turc공식에 의한 증발량
81	953.1	538.51
82	931.4	555.42
83	953.6	546.23
84	1,068.9	584.48
85	984.4	578.60
86	981.0	581.71
87	1,014.3	581.71
88	1,107.3	615.55
89	1,075.2	638.66
90	986.7	633.92
91	-	591.44
92	-	558.66
93	-	566.03
94	-	488.28
95	-	505.46
96	-	551.24
97	-	593.12
평 균	1,000.9	571.12

6-1-3. 함양량 분석

침투(Infiltration)란 물이 지표면을 통해 토양속으로 스며드는 현상으로 침투가 발생하는 비율은 식생의 피복상태, 면적, 지표면의 상태, 온도, 강우강도, 토양의 물리적 성질과 같은 요소에 의해 영향을 받는다. 또한 지표면을 통과한 물이 지하수로 저류되는 양은 하부토양층의 전달특성에 의해 조절된다.

침투율은 단위 시간당 토양 표면을 투과하는 물의 침투량이며 함양율은 장기

간의 침투량을 뜻하는 개념으로 연간 침투량의 의미를 가지고 있으나 강우량과의 비교개념 즉 자연함양율로 사용될 때는 강우량과 함양량의 백분율로 표시한다.

$$\alpha = \frac{\sum F}{\sum P} \times 100$$

여기서 α 는 함양율(%), P는 강우량(mm), F는 침투량(mm)이다. 침투량은 일정기간의 침투량 누계를 그 기간의 강우량 누계에 대한 비율로 표기하는 것이므로 자연함양율과 같은 것이다.

지하수 함양량 계산에서는 통계적으로 손실량의 40%를 계상하고 있어 이 방법으로 이지역에서의 함양율을 계산한다면 조사지역에서 19.3%이다.

<표 6-5> 함양량 산정

강수량 (mm)	손실량 (mm)	손실율 (%)	함양량 (mm)	함양율 (%)	비 고
1205.9	584.1	48.3	233.6	19.3	

6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량

6-2-1. 지하수 부존량

지하수 부존량이란 광의로는 대상지역의 지하지층의 공극 내에 저류된 물의 총 포장량을 의미하나 부존자원의 이용측면에서 볼 때 포장량 중 산출가능량만을 부존량으로 평가함이 타당하다.

지하수 포장량은 지층중에 포화되어 있는 물의 총량으로 지층의 총 체적에 공극율(porosity)을 곱하여 구해 진다. 산출가능 포장량은 공극 안에서 유동할 수 있는 수량을 말하며 이것은 지층의 체적에 유효공극율(effective porosity)을 곱하여 추정할 수 있다.

〈표 6-6〉은 우리나라 전체에 대한 지하수 총 포장량을 13,240억톤, 산출가능 포장량을 5,450억톤, 그리고 이용가능 포장량을 1,170억톤으로 추정하였다.

이 표에서 총적층 분포면적은 암반 분포면적과 중복되어 ()로 표시되어 있으며 총적층의 지하수 부존심도는 전국 총적층 평균심도에서 평균 자연수위를 빼 값이다. 암석층의 특성에 따라 지하수 부존심도를 200~800m로 보았으며 평균 공극율을 1~5%로, 평균 유효공극율을 0.5~2.0%로 적용하였다. 이것은 안전율을 감안하여 최소값을 선택한 것으로서 학자에 따라서는 암석별 공극율을 이 보다 크게 적용하여 지하수 총 포장량을 15,448억톤(한정상, 1993)으로 추정한 예도 있다.

〈표 6-6〉 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)

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

표에서 보는 바와 같이 산출가능 포장량, 즉 지하수 부존량을 포장량의 40% 정도로 계산하고 이중에서 약 20% 정도만 이용 가능한 량으로 추정하고 있는데, 이것은 지하수를 취수하여 이용하는데는 기술적, 경제적 한계가 있을뿐 아니라 지하수가 재생가능한 순환자원이므로 순환가능한 범위 내에서 이용량을 결정하는 것이 바람직 하기 때문이다. 그러나 이것은 총체적인 이용 가능범위를 추정한 것이며 실제 재생가능량은 지하수 함양량에 의하여 결정된다고 볼 수 있다.

지하수 함양량은 다음과 같다.

지하수 함양량 = 부존지역 면적 × 연 평균 강수량 × 지하수 함양율

지하수는 공급지역의 강수가 지하에 침투하고 이동하여 다시 지상으로 용출되는 순환수로 지하수의 부존량은 일정한 지역에 함유된 지하수의 총량을 의미하며 실질적으로 하부경계 추정이 가능한 충적층 지하수는 결정될 수 있으나 암반층의 부존량은 개발 가능심도에 따라 부존량이 상당한 차이를 보일 수도 있다.

순창군 지역의 지하수 부존량을 추정함에 있어 이 지역의 분포지질별 면적과 지하수 부존심도 및 지질별 유효 공극율을 먼저 결정하여야 한다. 이 지역의 분포지질별 면적은 화강암과 화산암을 포함한 화성암류가 전체면적의 48.6%에 해당하는 240.9km²이고 경상계 퇴적암을 포함한 퇴적암류는 순창군 전체면적의 33.0%인 163.6km² 이고 변성암류는 순창군 전체면적의 18.4%인 91.3km²이다.

순창지역의 지하수 부존량은 현재 전라북도내에서 이루어지고 있는 통상 개발심도(100m~150m)를 고려하여 부존심도를 100m로 추정하고 유효공극율은 표 6-6에서 제시한 값을 적용하였다. 순창군은 험준한 산계가 발달하고 임야가 전체의 67%를 차지하므로 충적층의 두께는 풍화 잔적토를 포함하여 5m로 추정하여 소형관정 평균 자연수위 2.3m를 제외하고 지하수 부존 평균심도를 2.7m로 가정하였다.

〈표 6-7〉 순창군 지하수 부존량 추정

지질별		분포면적 (km ²)	지하수 부존심도 (m)	유효 공극율 (%)	지하수 부존량 (백만톤)	비 고
총 적 층		495.8	2.7	14.2	190	
암 반	변성암류	91.3	100	0.5	45	
	화성암류	240.9	100	0.5	120	
	퇴적암류	163.6	100	2.0	327	
계		495.8			682	

6-2-2. 지하수 개발가능량

지하수를 개발하면 자연상태에 어느정도의 변화가 오게된다. 따라서 주변의 환경에 심각한 영향을 주지 않는 범위 내에서 지하수 개발 가능량을 적정 개발 가능량이라고 할 수 있다. 지하수수문학에서는 적정개발 가능량을 소위 안정채수량(Safe Yield)이라 부르는데 이것은 지하수유역(Groundwater basin)의 관리 조건 하에서 지하수를 양수할 때 부정적 영향이 발생하지 않는 범위내에서 항구적으로 이용할 수 있는 채수량이라고 정의된다. 부정적 영향이라 함은

- ① 지역내 지하수 부존량의 점진적 감소
- ② 지하수의 수질저하
- ③ 지하수위 저하에 따른 비경제적 양수
- ④ 지하수위 저하에 의한 지반침하
- ⑤ 기존시설에 대한 우물간섭

등을 들 수 있다. 이러한 나쁜 영향이 발생되지 않게 하기 위하여 Todd(1980)는 지하수의 함양과 배출이 평형이 되도록 연간 함양량을 초과하지 않는 범위내로 연간 취수량을 제한하여야 한다고 하였다.

소유역단위의 지하수 함양량 추정에는 물 수지분석을 시행하여야 한다. 물 수지 분석에 대하여는 다음에 세부적으로 설명한다. 함양량 산정에 기저유출 분리를 사용하기도 하는데 이것은 장기간의 물 수지 평형으로 볼 때 유역의 기저유출량(base flow)은 그 유역내의 지하수 함양량과 같다고 보기 때문이다. 그러나 이

방법은 장기간의 유출조사 자료가 있어야 분석이 가능하기 때문에 유출조사가 시행되지 않은 소유역에서는 사용할 수가 없다.

광역적인 지하수 함양은 강우에 의한 자연함양이 주 요인이 되며 이의 산정 방법으로 물수지 분석방법과 기저유출 분석방법을 주로 사용하고 있다. 90년대에 들어오면서 정부, 유관기관 및 학계에서는 우리나라 지하수의 체계적인 개발, 이용 및 보전 관리의 필요성을 깊이 인식하고 관련 정책 수립을 위한 기본 지표로서 우리나라 지하수개발 가능량을 추정하여 발표 하였던 바 그 내용을 요약하면 다음 <표 6-8> 와 같다.

<표 6-8> 한국의 지하수개발 가능량 추정

연구자 또는 기관	개발가능량 (억톤/년)	년 강우량에대한 비율(%)	추 정 방 법	사 용 용 어
선 우 증 호 (1992)	100~150	7.9~11.8	Cheremisionoff(1988)의 기 준 물수지 방법	적정개발가능량
한 정 상(1995) 이 천 복(1994)	228	18	물수지 방법 (건설부 통계편람)	지하수 함양량
최 병 수 (1992)	143	11.3	함양량의 70%적용	경제적 지하수 이용가능량
한국수자원공사 (1993)	136.3	10.6	지하수 저장량의 변화량은 순환량에 해당된다는 물수지 법 적용	적정개발가능량
건 설 교 통 부 (1994)	137.8	10.7	기저유출 분석 방법 (안정율 70% 적용)	적정개발가능량
건 설 교 통 부 (1995)	132.7	10.3	기저유출 분석 방법 (안정율 70% 적용)	적정개발가능량
이 동 틀 (1995)	64.8	7.8	지하수 감수곡선 이용, 갈 수기의 지하수 유출량 고려	지하수 함양량

위 표의 개발가능량을 보면 발표자에 따라 다소 차이가 있으며 연 강수량에 대하여 10~18%의 분포를 보이고 있다. 이것은 지하수 함양량에 기준을 두고 안전율을 어느 정도로 보고 안정채수량 즉, 적정개발 가능량을 추정하느냐의 차이로 볼 수 있다. 산출된 지하수 함양량 전량을 개발가능량으로 추정한 경우와 함양량의 70% 내외를 적정개발가능량으로 추정한 경우로 구분되는데 어느 편이 더 타당한지는 검증할 수 없으나 지역단위의 적정개발 가능량 분석에서는 그 지역의 특성과 지하수 관리계획을 감안하여 함양량의 70~100% 범위에서 결정하는 것이 타당하다고 할 수 있다.

가. 부존량분석에 의한 개발가능량 산정

부존량을 이용한 지하수개발 가능량 분석은 충적층의 경우 포장능력의 20%를 적용하고, 암반층은 포장능력의 10%를 적용하였다. (21세기 농어촌지역 용수 공급 및 개발보전세미나, 농진공, '91. 12). 그 결과 순창군 부존량의 분석에 의한 가능량은 83.01백만톤/년이다.

〈표 6-9〉 부존량분석에 의한 적정개발 가능량 추정
(단위 : 백만톤)

부 존 량			적 정 개 발 가 능 량		
계	충적	암반	계	충적	암반
682	190	492	87	38	49

나. 기저 유출량 분석에 의한 적정개발가능량

본 지역에 대하여 섬진강수계의 기저유출을 14.1%와 안전율 70%를 적용하였을 때 개발가능량은 9.87%이다.(1994, 건설교통부).

〈표 6-10〉 기저유출 분석에 의한 적정개발가능량

유역면적(km ²)	강수량(mm)	개발가능율(%)	개발 가능량 (백만톤)
495.8	1,205.9	9.87	59

다. 물수지분석에 의한 개발가능량.

강우의 유출량 분석에 의한 지하수 함양율은 섬진강유역 19.3%로 나타났다. 이는 우리나라 평균 지하수 함양율은 18%보다 높은 수치이다.

〈표 6-11〉 지하수 자연함양량 추정

유역면적(km ²)	강수량(mm)	함양율(%)	함양량 (백만톤)
495.8	1,205.9	19.3(섬진강유출량분석)	115

그밖에도 1997년 순창군 통계연보에 의하면 상수도 급수량은 일평균 2,249m³으로 연간 820천톤/년 이된다. 상수도 평균누수율이 10~20%에 해당하므로 급수량에 대하여 10% 누수율을 추정하면 연간 82천톤이 상수도 수로손실에 의한 지

하수 함양량이라 할 수 있다. 또한 순창군의 이용현황 자료에 의하면 지하수이용 총량은 10,630천톤/년이고, 이 중 농업용 8,274천톤/년, 공업용 395천톤/년, 생활용 1,961천톤/년이다. 농업용은 지하수 이용량의 25%를, 기타용수는 5%를 재순환하는 것으로 계산하면 지하수 이용에 따른 재순환 함양량은 연간 2,186천톤이다.

적정개발가능량 산정은 지하수 관리계획 수립시 반드시 고려되어야 하며 적정개발 가능량의 판단에는 안전채수량 산정이 중요하고 함양량과 유출량의 추정 등에 신뢰도가 있으면 안전채수량을 100% 개발가능량으로 계획할 수도 있다. 지하수 함양량은 실측되지 않은 여러 항목을 간접적인 방법에 의해 추정하는 것이므로 이를 감안하여 여유율을 두고 계획을 수립하는 것이 합리적이라고 판단되는 바, 순창군의 경우 지하수 적정개발 가능량을 물수지에 의한 지하수함양량의 80% 정도에서 결정하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 그렇게 할 경우 순창군의 지하수 적정 개발가능량은 69.6백만톤이 된다.

순창군의 지하수 적정개발가능량은 부존량을 이용한 분석에 의하면 87백만톤/년, 기저유출량 분석에 의하면 59백만톤/년, 물수지분석에 의하면 115백만톤/년으로 평균 87백만톤/년이다.

현재 순창군의 지하수 이용량은 10.6백만톤/년으로 개발가능량의 15% 정도이다.

<표 6-12> 분석방법별 개발가능량산정

분 석 방 법	개발가능량(백만톤)
부 존 량 분 석	87
기 저 유 출 분 석	59
물 수 지 분 석	115
평 균	87

7. 지하수 활용계획

7-1. 용도별 소요수량 및 공급방안

7-1-1. 생활용수 소요수량 및 공급방안

전라북도 대부분의 농촌지역은 상수도의 보급율이 낮은 실정이다.

순창군 상수도 현황은 11개 읍면중 순창, 동계, 복흥, 쌍치 4개 읍·면에 보급되었으며 총인구 37,595명중 급수인구가 7,954명으로 21.2%의 보급율을 보이고 있다. '96 상수도 징수요율에 따르는 총사용량 658m³/일 중 가정용 333m³/일 (50.6%), 영업용 247m³/일 (37.5%), 업무용 73m³/일 (11.1%), 목욕탕 5m³/일 (0.8%)의 비율로 사용한다.

〈표 7-1〉 순창군 상수도 현황

면 별	총인구 (명)	급수인구 (명)	보급율 (%)	시설용량 (m ³ /일)	급수량 (m ³ /일)	1인당 급수량/일 (ℓ)
계	37,595	7,954	21.2	4,550	2,249	283
순 창	10,900	6,489	59.5	3,000	2,020	310
인 계	2,343	-	-	-	-	-
동 계	3,154	567	18.0	200	94	166
적 성	1,978	-	-	-	-	-
유 등	1,897	-	-	-	-	-
풍 산	2,509	-	-	-	-	-
금 과	2,426	-	-	-	-	-
팔 덕	2,171	-	-	-	-	-
복 흥	3,477	642	18.5	400	109	170
쌍 치	3,065	256	8.4	450	36	171
구 립	3,675	-	-	500	-	-

상수도 미보급지역중 대형관정을 생활용수 전용으로 사용하는 간이상수도 공급지역을 제외하고 대부분의 마을에서 계곡하천수를 이용한 지표수나, 자가 소형관정을 생활용수로 이용하고 있어 안정적인 생활용수 공급이 필요한 실정이다.

우리나라 전국 평균 1인 1일 급수량은 1991년도 376ℓ이고 순창군의 경우 상수도 공급에 의한 1인당 급수량은 283ℓ이다. 이를 기준으로 평균값인 1인당 320ℓ를 상수도 미급수인구에 대해 적용할 경우 생활용수 수요량은 9481m³/일이다.

<표 7-2> 생활용수 소요수량

면 별	상수도 미급수인구(명)	급수량 (ℓ)	수요량 (m ³ /일)	비 고
계	29,641	320	9,481	
순창	4,411	"	1,411	
인계	2,343	"	749	
동계	2,587	"	827	
적성	1,978	"	633	
유등	1,897	"	607	
풍산	2,509	"	802	
금과	2,426	"	776	
팔덕	2,171	"	694	
복흥	2,835	"	907	
쌍치	2,809	"	899	
구림	3,675	"	1,176	

농촌에서도 지표수 및 지하수의 오염이 가속화되면서 생활용수는 암반관정을 이용한 공급이 이루어지고 있는 추세이다. 본 지구는 광역상수도가 공급되지 않는 지역으로 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급이 요구되고 있다. 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급은 암반관정 1공당 채수 이용량을 100m³/일로 하고, 향후 인구의 증감이 없다고 가정할 때 소요 관정수는 101공이고 향후 개발해야 할 관정수는 80공으로 면별 내역은 다음과 같다.

<표 7-3> 순창지역 생활용수 필요수량

면 별	소요수량 (m ³ /일)	소요관정 (공)	기사용관정 (공)	향후개발 (공)	비 고
계	9,481	101	21	80	
순창	1,411	15	2	13	
인계	749	8	3	5	
동계	827	9	1	8	
적성	633	7	1	6	
유등	607	7	1	6	
풍산	802	9	2	7	
금과	776	8	1	7	
팔덕	694	7	3	4	
복흥	907	10	4	6	
쌍치	899	9	1	8	
구림	1,176	12	2	10	

7-1-2 농업용수 소요수량 및 공급방안

순창지역의 경지면적은 11,004ha로 경지면적중 논은 7,784ha, 밭은 3,220ha이다. 경작에 필요한 수량은 경작지의 위치, 토질, 작물의 종류, 경작지내의 증발산량 등에 따라 차이가 있을 수 있으나, 논의 경우 ha당 70m³, 밭의 경우 ha당 30m³을 적용하여 필요수량을 산출하였으며, 연간 경작일수 100일, 지표수와 지하수의 이용비율은 75:25를 적용하였다.

〈표 7-4〉 순창군 농업용수 소요수량

면 별	경지면적(ha)		소요용수량 (m ³ /일)	기설용량 (m ³ /일)	부족용량 (m ³ /일)	최소 소요 관정(공)
	답	전				
계	7,784	3,220	641,480	83,178	797,142	4,561
순 창	515	164	40,970	11,224	52,043	347
인 계	634	256	52,060	14,263	68,549	457
동 계	723	430	63,510	17,400	66,902	467
적 성	632	89	46,910	12,852	55,150	369
유 등	547	136	42,370	11,608	54,324	363
풍 산	814	175	62,230	65,553	13,567	91
금 과	724	283	59,170	4,651	75,909	507
팔 덕	626	259	51,590	2,780	68,020	454
복 흥	810	473	70,890	452	102,188	680
쌍 치	769	576	71,110	483	107,117	714
구 립	990	379	80,670	960	108,560	724

7-2. 지하수 개발계획

순창군의 지하수 개발계획중 농업용수는 강우로 대체할 수 있으며, 산정량이 크므로 개발계획산정은 제외하고 다른 용수로 대체할 수 없는 생활용수의 산정량을 계산하였다.

본 지구에서 향후 생활용수로 개발해야 할 지하수 관정수는 80공으로 이는 연차별로 이루어져야 할 사업으로 개발사업비를 250백만원/지구로 하였을 때 연차별 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다.

〈표 7-5〉 연차별 생활용 지하수개발·사업량 및 사업비

년 도	계	2000	2001	2002	2003	2003년 이후
사업량 (지구)	80	15	15	15	15	20
사업비 (백만원)	20,000	3,750	3,750	3,750	3,750	5,000

8. 지하수자원의 보전관리

8-1. 지하수 환경재해

8-1-1. 발생원인

지하수의 환경재해(지하수 장애)는 지하수와 관련된 모든 재해를 말하며 지하수의 윤택작용에 의한 산사태, 과잉양수에 의한 수원고갈, 지하수위 강하에 따른 지반침하, 지하구조물 설치에 따른 지하수의 유동 변화, 지하수 오염으로 인한 재해 등을 들 수 있다.

가. 과잉양수에 의한 수위강하 및 수원고갈

관정에서 지하수를 양수하게 되면 지하수 수위가 강하하고, 양수를 중지하면 수위는 회복된다. 이러한 수위 강하와 회복이 단시간에 반복될 경우에는 재해를 일으킬 가능성이 희박하다. 그러나 지하수 밀집 개발 등으로 양수량이 지하수 충전량보다 상당히 커서 수위회복이 불가능한 경우에는 평형상태가 파괴되어 전체적인 지하수계의 변형을 일으키며, 궁극적으로는 수원이 고갈된다.

나. 지하수위 강하에 따른 지반침하

지반침하는 주로 지하수의 과잉 양수에 의해 지하수위가 급격히 저하되는데 기인하여 지반이 압축·압밀되므로 발생한다. 피압지하수를 과잉채수하면 모래·자갈층(대수층)의 수압이 저하(지하수위 저하)되고, 대수층 상·하의 점토층(난투수층) 내 간극수가 모래·자갈층으로 배출되므로 점토층이 수축되어 지반침하가 발생한다. 지하수 양수에 의한 지반의 수축은 우물의 기저부에 있는 모래·자갈층 바로 밑의 연속성 좋은 점토층 또는 암반에서부터 지표까지 발생한다. 따라서 지표면의 침하량에 비례하여 우물의 양수량도 감소한다.

점토층이 두껍게 퇴적되어 있는 지반에서는 점토의 압밀현상에 의해 장기적으로 지반침하가 진행된다. 따라서 충적층에서 과다양수를 하면 양수량이 감소하면서 지반침하를 일으키게 된다.

제한된 일정지역에 지하수 양수시설이 밀집되었거나, 지하수 함양량보다 많

은 지하수를 장시간 양수하여 사용하면 지하수 영향범위가 확대되고, 지층이 연약할 경우 지하수가 포화된 지역과 포화되지 않은 지역은 부등침하를 일으킬 수 있으므로 건축물·토목구조물 설치시에 많은 주의가 필요하다.

다. 지하수위 변화에 따른 각종 재해

지하수위가 변화(주로 수위강하)되면 양수량 감소, 지반침하 현상외에도 지표 오염물질의 침투가 촉진되거나 해안지역 기저의 염수 경계면이 상승되어 염분이 증가되기도 한다. 또한 수목, 식물이 고사되는 특이한 경우도 발생하며, 반대로 지하차수벽, 지하댐 등의 설치로 지하수위가 상승하면 지표부위가 습지화되어 농작물에 피해를 줄 수 있으며 토양에서 서식하는 각종 동식물의 환경에 변화를 초래하여 생태계를 변화시키기도 한다. 경사진 지역의 지하수위 변화는 지층 또는 암반 열극내의 수압, 마찰력, 지내력 등의 변화를 유발하여 사면의 안정성이 저하되고 사면활동(Land sliding) 또는 붕괴의 요인이 되기도 한다.

라. 지하구조물 설치에 따른 지하수 유동변화

최근에는 지하철도, 터널, 지하저장고(유류 기타), 지하폐기물처리장, 운하, 수로, 대규모 건축물, 지하공간 개발시설 등 구조물 설치로 지하수 유로를 차단하거나 지하수 충진을 억제하게 되어 지하수 유동에 장애가 되고 있으며, 다량의 지하수를 양수하므로써 지하수위 강하, 지하수 고갈, 지반 침하, 심부지하수 오염촉진 등 지하수 장애를 유발하고 있다. 이들 구조물 설치에는 반드시 정밀한 환경영향 조사와 이에 따른 재해 예방대책이 사전에 수립되어야 한다.

마. 지하수 오염으로 인한 각종재해

오염물질이 지하에 침투되면 지하수와 토양을 오염시키고, 확산되는 만큼 오염된 지하수를 이용하는 사람, 동물, 농작물, 식물 뿐 아니라 여러 산업시설, 의·식·주생활에까지 폐해를 입히고 있다.

8-1-2. 지하수 재해 방지대책

가. 오염방지

지하수 수질을 보호하기 위해서는 오염물질이 지하수로 유입되는 것을 방지하고, 기존의 지하수 오염 지역에서 오염체가 확산되어 인근 지하수를 오염시키는 것을 방지해야한다. 오염물질이 지하수로 유입되는 것은 잠재 오염원 관리를 통해 오염물질의 배출을 억제하고 오염물질이 이동하는 경로를 차단함으로써 방지 할 수 있다. 오염물질이 지하수로 이동하는 경로는 다음과 같이 네가지로 구분된다.

○ 침투에 의한 오염물질 이동

지표면에 도달한 강우의 일부는 토양으로 침투하여 중력에 의해 하부로 이동되어 간다. 이 물이 지표면이나 토양속의 오염지대를 통과할 때 오염물질을 용해시켜 지하수면까지 운반하게 된다.

○ 오염물의 직접적인 이동

지하수면 아래에 있는 잠재오염원(저장탱크, 파이프라인등)에서 누출된 오염물질은 지하수로 직접 이동된다. 오염물질은 부적절하게 시공한 관정의 보호벽과 그라우팅의 틈이나 폐기된 관정을 통하여 지표에서 지하수로 직접 이동하기도 한다.

○ 대수층간의 오염물 이동

여러 대수층을 관통하는 관정에 의해 대수층들이 수리적으로 연결되어 있고 이들 중 일부 대수층이 오염된 경우 오염물질은 다른 깨끗한 대수층으로 이동 할 수 있다. 관정에서 양수를 하지 않은 때 물은 수두가 큰 대수층에서 작은 대수층으로 이동하기 때문에 수두가 큰 대수층이 오염되면 오염물질은 수두가 작은 대수층으로 이동된다.

○ 지표수의 함양에 의한 오염물 이동

양수시 또는 자연조건하에서 지하수의 수위가 지표수의 수위보다 낮게 되면 지표수에서 지하수로 함양이 발생한다. 이때 지표수의 오염물질이 지하수로 이동하게 된다.

이와 같은 경로에 의해 지하수로 유입된 오염물질은 지하수와 함께 이동하면서 분산메카니즘에 의해 거동하므로 지속적인 수질관측을 통해 조기에 지하수 오염을 발견하고 오염원을 처리하며 지하수 오염체를 정화시켜야 한다.

나. 잠재 오염원 관리

지하수의 수질오염방지를 위해서는 지하수 오염물질을 배출할 수 있는 잠재 오염원의 관리를 통해 오염물이 배출되는 것을 방지해야 한다. 지하수 충전지역이나 지하수 오염 가능성이 높은 수리지질상태를 가진 지역의 잠재오염원을 관리해야 한다 <잠재오염원은 6장의 O.T.A 잠재오염원 분류 참조> .

○ 하수도망

오염원에서 배출되는 폐수는 발생원에서 일부 제거되고 하수도를 통해 이송되어 하수처리장에서 처리된다. 그러나 법적규제 대상에 포함되지 않는 소량의 폐수는 그대로 하수도로 방류되는데 하수시설이 불완전한 경우에는 이동 중에 누수되어 지하수를 오염시킨다. 하수 및 폐수는 하수관이 노후되고 이음이나 경사가 불량한 곳에서 이동중에 누수되어 지하수를 오염시킨다. 이렇게 폐수가 누출되어 지하수를 오염시키는 것을 방지하기 위하여는 하수도망에 대한 정밀조사를 실시한 후 보수공사를 시행해야 한다.

○ 지하유류 저장탱크

유류 누출은 저장탱크의 부식이나 균열에 의해 발생한다. 주유탱크 시설기준 개정안(1995.5.27)이 제정되기 이전에 설치된 지하저장탱크에 대한 보수 점검을 유도하며, 저장조 주변에 1~4개의 누유탐사관을 설치하여 정기적으로 검사하도록 한다.

○ 폐수배출업소

공장등 산업폐수 배출업소의 폐수 배출관리를 강화하여 오염물질이 그대로 하수관이나 하천으로 배출되지 않도록 한다. 농촌지역의 주 오염원중 하나인 축사 시설에 대해서는 관련법령에 의한 정화시설을 설치하도록 하여 오염을 사전에 차단한다.

○ 지하수 시설의 오염방지

지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하기 위해서 오염방지 시설을 다음과 같이 설치해야 한다.

- ① 상부보호공은 콘크리트 제품으로 가로, 세로, 높이는 각각 100cm이상, 두께 150cm이상 크기로 하며, 상단부의 높이는 지표면보다 30cm이상 높게 설치한다.
- ② 지하수 개발·이용시설의 지표하부 보호벽(케이싱) 깊이는 3m 이상으로

설치하며 암반층 이하 깊이로 굴착하는 경우에는 암반선까지 설치한다.

- ③ 지하수 개발·이용시설의 지표하부에 있는 보호벽(케이싱) 외부의 그라우팅은 두께 5cm 이상이 되도록하며, 차수용 시멘트로 밑에서부터 충전한다.
- ④ 지하수 개발·이용시설의 주변 반경 1m 이내의 경사도는 10도이상으로 한다.
- ⑤ 지하수 개발·이용시설 설치시 굴착 등으로 인하여 유입된 오염물질, 파쇄 물질, 착정용수 등을 완전히 제거하고 소독한다.

○ 폐기 관정으로의 오염물질 유입차단

지하에 설치한 시추조사공, 지하수 개발 실패공 및 미 사용 폐기관정은 적절하게 처리되지 않고 방치되면 지표나 지하의 각종 오염물질을 이동시키는 통로 역할을 하여 대수층과 지하수를 급속히 오염시킬 수 있기 때문에 다음과 같이 시공하여야 한다.

- ① 지표하부에 그라우팅이 되어 있는 경우에는 토지굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트 슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 되메움(공매작업)한다.
- ② 지표하부에 그라우팅이 되어 있지 않고 보호벽(케이싱)이나 유공관(파이프)등이 설치되어 있는 경우에는 가능한 한 이를 제거한 후 토지굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트 슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 되메움(공매작업)을 한다.

다. 정기적인 수질관측 및 자료 분석

오염원으로 부터 유출된 오염물질이 지하수면에 도달하게 되면 오염물질은 서서히 지하수계로 이동하면서 그 농도의 차이와 지하수 유동경로에 따라서 주변으로 퍼져나가게 된다. 이때 오염물질은 지하수와 혼합되면서 지하수 오염체를 형성하며 이 오염체는 지하수와 함께 지하수 유동 경로에서 접하는 대수층의 지질매체를 오염시키게 된다. 암반대수층의 경우 지하수가 암반내 균열대를 통해 비교적 빠르게 이동하며 오염체 주변의 관정에서 양수 등에 의해 자연상태 보다 오염물질이 주변으로 빠르게 퍼져나갈 수 있다. 따라서 잠재오염원과 그 주변의 수질을 정기적으로 조사하고 오염물이 일정농도 이상 검출된 경우 그 오염물질을 배출한 오염원을 조사하여 오염물의 지속적인 유입을 차단함으로써 오염체의 확산을 방지하여야 한다. 정기적인 수질관측 및 자료분석은 다음과 같은 절차로 이루어져야 한다.

○ 주요 잠재오염원이나 지하수 오염 취약지구에 관측망을 설치하여 수위와 수질을 정기적으로 측정한다.

○ 잠재오염원과 그 주변의 사용중인 관정에서 지하수법에 의해 정기적으로 수질변화 상태를 감시하고 잠재오염원으로 부터 오염물질이 누출되었을 때 조기 발견할 수 있도록 한다.

○ 잠재오염원이나 그 주변의 토양 검사, 지표수나 지하수의 수질자료 등을 종합 관리하여 지하수 오염을 조기 발견한다.

지하 유류저장탱크에서 오염물질이 누출되는 경우 지하수로 유입되기 전에 지하수면 위의 토양을 오염시키게 되며 오염된 지표수가 지하수로 함양될 경우 지하수를 오염시킬 수 있다. 따라서 토양환경보전법에 의해 매년 시행하는 토양조사 결과를 지표수 수질자료와 함께 지속적으로 관리하여 분석함으로써 오염원으로부터의 오염물질 누출 및 지하수 오염 여부를 판단할 수 있다.

라. 오염된 지하수의 확산방지

지하수가 오염된 지역은 지역내의 조밀한 수질조사와 잠재오염원조사를 통하여 지하수를 오염시킨 오염원을 추적하여 오염물질이 더 이상 누출되지 않도록 차단한다. 오염체는 적절한 정화 기술에 의해 정화처리하여 더 이상 확산되지 않도록 한다.

8-1-3. 정화 처리

지하수가 오염된 지역을 정화하기 위해서는 1) 지하수 오염을 유발하는 오염원을 처리해야하며 2) 오염원에 의해 이미 오염된 지하수와 대수층의 매질을 정화처리해야 한다. 오염원의 처리는 오염원으로부터 지하수로의 오염물질의 지속적인 유출을 막기 위한 조치이며 오염 지하수와 대수층 매질의 정화처리는 지하수와 대수층 매질에 잔존하는 오염물질의 농도를 점차적으로 줄여나가는 조치이다.

가. 오염원의 처리

지표 또는 지하의 오염원을 처리하는 방법에는 오염원을 굴착하여 처리하는 직접적인 방법과 오염원을 그 자리에서 주변의 지하수와 격리시키는 간접적인 방법이 있다.

○ 굴착제거

높은 농도로 적은 양의 오염물질이 점오염원 형태로 지하수를 오염시키는 경우에 적용한다. 오염원을 가시적으로 제거하지만 굴착한 오염물질을 안전하게 처리할 수 있는 매립지나 투기장이 필요하다.

○ 오염원의 격리

인위적으로 오염지역의 지하수계를 변화시켜 오염원과 지하수를 격리함으로써 오염물질이 지하수로 유입되는 것을 방지하거나 유입속도를 감소시키는 방법이다. 이를 위하여 오염원 상부에 방수용 덮개장치를 설치하여 강수의 침투를 방지하고 오염원과 지하수를 격리시켜야 한다.

나. 지하수 오염체의 정화 처리

지하수 오염체를 처리하는 방법은 양수처리방법과 현장처리방법 등이 있다.

양수처리법은 오염된 물을 양수기로 지상으로 펴낸 후 이 물을 다양한 수처리방법으로 오염물질을 제거하는 방법이다.

8-2. 지하수 보전구역

8-2-1. 보전구역 정의

지하수법 “제12조”에 시·도지사는 다음 각 1호에 해당하는 지역을 “지하수 보전구역”으로 지정하거나 그 지정을 변경할 수 있다고 되어 있다.

- ① 지하수의 개발·이용으로 인한 지하수의 고갈, 지반의 침하 또는 지하수의 오염을 방지하기 위하여 필요한 지역
- ② 지하수를 이용하는 하류지역과 수리적으로 서로 연결된 상류의 지하수 함양 지역
- ③ 기타 지하수의 수량이나 수질의 보전에 필요한 지역으로 대통령이 정하는 지역

동법 시행령 19조에 지하수 보전구역의 지정범위는

- ① 주요 지하수 함양원을 보호하기 위한 지역
지하수가 주로 함양되는 지역으로서 수질이 양호하여 보전의 필요성이 있는 지역

- ② 지하수 고갈 및 지반침하 지역
 - ㉠ 관정의 채수율 저하지역
 - ㉡ 지하수 이용량 과다지역
 - ㉢ 지반침하로 인하여 구조물에 변형이 발생하는 지역
 - ㉣ 관정밀집 지역
 - ㉤ 지하수의 사용량이 많은 위락시설지역
- ③ 오염발생 및 수질 악화지역
 - ㉠ 인체 유해오염시설의 존재지역
 - ㉡ 오염유발시설의 밀집지역
 - ㉢ 폐광 및 폐기물 처리지역
 - ㉣ 폐기물처리장 분포지역
 - ㉤ 폐관정의 분포가 많은 지역
 - ㉥ 사고시 오염물질 유출지역
 - ㉦ 지하유류 및 화학약품 저장탱크의 분포지역
- ④ 해안염수침입지역
 - ㉠ 해안 및 도서지방의 면적당 채수량이 과다하거나 이용량의 지하수 시설이 존재하는 지역
 - ㉡ 대수층의 수리특성상 투수성이 높아 해수의 침입이 용이한 지역으로 되어 있다.

이를 종합하면 지하수 함양원 지역과 수원이 풍부한 주요 대수층 지역, 지하수 다량 사용지역, 관정 밀집지역, 수위강하 및 수질저하 등 지하수 환경재해 발생 가능성이 높은지역과 발생지역 등 지하수와 관련되는 거의 전지역에 대하여 세밀하게 지정토록 하고 있다. 또한 지하수 보전구역내에서 일정 규모(1일 양수능력 30톤 이상) 이상의 지하수 개발·이용시는 허가를 받아야 하며 특정시설물을 설치할 경우에도 관련 타법률이 정하는 것에 따라 허가를 받도록 되어있다.

8-2-2. 보전구역 분류

지하수는 한 장소에 정체되어 있는 자원이 아니라 대수층을 통하여 유동하고 있는 수자원이다. 따라서 지하수 보전구역 설정에는 다음 3가지 지역이 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

가. 지하수 함양지역

지하수는 대부분이 강수가 지표에서 퇴적층을 통하여 지하로 유입되어 함양되게 된다. 만약 이때 지하수 함양이 인위적인 활동에 의하여 방해받게 되면 지하수 부존량과 유동량이 감소하게 되고 이에 따라 지하수 개발 가능량이 적어지게 된다.

또한 지하수 함양지역이 오염되어 지면 지하수 함양시 대수층을 통하여 지하수 오염이 이루어지며 유동되는 지하수는 모두 오염된 상태가 될 것이다. 이러한 현상은 대수층 자체를 오염시키는 결과를 가져오며 국지적 내지 광역적인 지하수계 오염이 이루어지게 된다. 따라서 지하수 함양지역에서 지하수 함양 방해시설물과 오염원을 제거하고 지하수를 보전할 수 있도록 한다.

나. 오염원 주변지역

지하수를 오염시킬수 있는 잠재오염원이 존재하는 지역에 지하수 오염 취약지역을 설정하여 이 지역을 통한 지하수 오염확산 방지에 최선을 다하도록 한다.

지하수 오염이 이미 확인된 지역에서는 오염된 지역 규모와 농도를 조사하여 관리 목표와 우선순위를 정하여 종합적인 오염정화 관리대책을 수립토록 한다. 이때 중요한 것은 오염지역의 확산이 일어나지 않도록 현상태를 유지시킬수 있도록 철저한 계몽과 계도로서 더 이상의 지하수 오염 확산이 일어나지 않도록 한다.

다. 취수정 주변지역

취수정 주변지역에서는 오염물질이 지하수로 유입되는 것을 방지하고 무분별한 양수로 인한 지하수 환경재해가 발행하지 않도록 하여야 한다.

취수정 보호대책(Wellhead Protection Program)은 일반적으로 공용관정 자체와 관정지역(Well Field)을 그 대상으로 하며, 관정 주변지역에 보호구역(Protection area)을 설정하여 지하수원을 보호하는 방법으로서 보호구역을 설정하여 이 지역 내 잠재오염원에 대하여 특별한 제재를 가하는 것이다.

8-2-3. 지하수 보전구역 설정 및 운영 관리

지하수 보전구역은 지하수 환경재해가 발생할 가능성이 있는 지역에서의 제반 행위들을 규제·관리하므로서 원천적으로 지하수를 보호하고 필요한 복구 대책을 강구하기 위하여 설정 되어야 한다.

지하수 보전구역을 지정하는 경우에는 지하수 보전구역 지정 및 설정 기준에 의거하여 충분한 조사와 의견수렴을 거친 후 최종적으로 확정하여 시·도지사가 공고한다.

시·도지사는 더 이상 보전구역으로 지정·관리할 필요가 없다고 판단되는 경우에는 필요한 조사·평가를 실시한 이후 즉시 해제한다. 지하수 보전구역을 해제하는 경우에는 전항에서 언급한 보전구역 관리과정에서 획득·조사된 지하수 수위 및 수질의 관측자료, 장애발생원인에 대한 정기적인 감시관측 자료 등을 토대로 지하수 보전구역 해제를 위한 기술적인 평가를 실시하고 해제에 관한 주민·각계의 의견 및 사회환경적인 변화 등을 충분히 검토하여 시·도지사가 공고한다.

8-2-4. 보전구역내 행위 제한

지하수 보전구역내에서는 지하수법, 수질환경 보전법, 폐기물 관리법, 오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 등에 의하여 각종 규제를 받게 된다. 보전구역내에 일정 규모 이상의 지하수 개발·이용과 시설물 설치 등을 적절히 규제하여 보전구역이 효율적으로 관리될 수 있도록 하고 환경 복구대책이 시행될 수 있도록 하고 있다.

9. 결 론

1. 조사지역은 전라북도 순창군 전체로 1개읍 10개면이 포함되며 조사면적은 약 495.8km²가 된다. 지리적 좌표상은 동경 126° 52' ~ 127° 18', 북위 35° 18' ~ 35° 33'이다.

2. 순창군에서 사용하고 있는 지하수 개발·이용시설은 1997년 현재 10,771개소이고 이용량은 32,715천톤/년이다. 지하수 사용용도별로는 생활용수 5055개소(46.9%) 1,958천톤/년(5.99%), 공업용수 12개소(0.4%) 396천톤/년(0.1%), 농업용수 5694개소(36.4%) 30,360천톤/년(94%) 사용중이며, 심도별로는 30m미만 및 미분류 6924개소(64.2%)로 과반수 이상을 차지한다.

3. 지형은 산지가 넓게 분포된 반면 평야의 발달은 미약하다. 지질은 최고기의 선캄브리아안 편마암이 기저를 이루며 주라기의 대보화강암류가 동측으로 분포한다. 백악기 경상층군의 퇴적암류는 이들과 부정합으로 지구 서쪽에 넓게 분포하고 이를 백악기 불국사화강암이 관입하고 다시 백악기 화산암류가 부정합으로 피복되어 있다. 수계는 섬진강 수계로 대표되며, 조사지구내의 북동측에서 남동측으로, 북서측에서 남서측으로 발달되어 있다

4. 물리탐사는 원격탐사자료와 음영기복도(Digital Elevation Model) 분석결과 순창읍을 기준으로 크게 NW군, NS군, NE군의 선구조가 밀집되어 나타나고 로즈다이어그램에 의해 NS군이 우세하게 발달한다. 쌍극자탐사는 지하수부존 가능성이 높은 지역에 대하여 전극간격 25m, 전극간격전개수 N은 10으로 하여 15측선을 실시하였다. 기설관정 양수시험결과 투수량계수는 2.29~23.35m³/일의 범위, 평균 7.2m³/일이고, 선구조가 우세한 지역의 화성암, 그 외 퇴적암 지역에서 높게 나타난다.

5. 수질조사를 위하여 50개 관정을 대상으로하여 간이 수질측정과 음용수 기준 수질 검사 및 이온 분석을 실시하여 조사한 순창군내 지하수의 유형별 특징은 다음과 같다.

구 분		T(°C)		pH		EC(μS/cm)		TDS(ppm)	
간이수질측정 (평균)		16.72		7.09		200.65		77.00	
이 온 분 석	Ion	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
	최소값	0.48	3.76	1.45	0.81	4.10	1.20	1.40	3.66
	최대값	19.46	42.50	42.14	17.47	45.50	26.60	56.60	140.91
	평균	2.270	11.410	17.635	3.930	12.173	8.685	14.040	50.293
	표준편차	19.262	40.949	65.812	20.109	56.329	41.037	101.847	204.155

조사지역의 수질조성상 특징은 Piper의 Trilinear diagram에 의하면 심성암지역 지하수의 경우 Ca와 HCO₃가 우세한 Carbonate hardness type에 속하고, 화산암지역 지하수 경우 Na⁺-SO₄²⁻형으로 대표되는 noncarbonate alkali형에 해당된다. 먹는 기준으로 검사한 50개 지점중 76%가 먹는물로 사용하기에 적합한 것으로 나타났으며 부적합으로 판정된 수질중 부적합 항목은 일반세균이 74%로 부적합 비율이 가장 높으며 다음으로 질산성질소가 16%, 대장균군 18%, 철, 불소, 아연 각각 6%, 탁도 14%, 색도 4%, 납 2%로 나타났다. 순창군에서 지하수를 오염시킨 가능성이 있는 잠재오염원으로는 분뇨종말처리장 1개소, 폐기물 매립소 1개소, 주유소 9개소, 폐수 배출시설 100개소 등이 있으며 기타 가축사육, 폐기관정기 주요 오염 가능원으로 파악된다.

6. 순창군 지역의 년평균 강우량은 1209.4mm이다. 손실율은 48.3% 함양량은 233.6mm로 추정되었다.

순창군 지역의 지하수 부존량은 640.1백만톤이고 지하수 개발가능량은 87.87백만톤/년이다. 순창군의 지하수 이용량은 32.7백만톤/년으로 개발가능량의 37.2%이다.

7. 향후 생활용수 소요량은 9485.1m³/일으로 안정적인 생활용수 공급이 이루어지기 위해서는 향후 80공의 지하수 개발과 20,000백만원의 사업비가 소요된다.

참 고 문 헌

1. 농어촌진흥공사, 1997, 지하수 보존관리
2. 농어촌진흥공사, 1995. 12, 농어촌진흥공사 25년사
3. 농어촌진흥공사, 1996. 12, 한국지하수 총람
4. 농어촌진흥공사, 1994. 6. 30, 지하수 개발과 농어촌 용수
5. 농어촌진흥공사, 1997. 12, 지하수 관련 법규 및 실무해설집
6. 한국수자원공사, 1993. 3, 지하수 자원 기본조사 보고서
7. 한국수자원공사, 1994. 5, 지하수이용관리 방안수립 및 대체용수원개발지역 선정조사 보고서
8. 순창군, 1997, 순창군통계연보
9. 농어촌진흥공사, 1991, 고창지구 광역수리지질 시범조사 보고서
10. 부천시, 농어촌진흥공사, 1997, 부천시 지하수 관리계획 기본조사 보고서
11. 한정상(신우문학사), 1998, 환경수리지질학
12. 농어촌진흥공사, 1996. 12, 지하수 모델링 교육 교재
13. 민경덕외 2인, 1987, 응용지구 물리학
14. 전라북도, 1997, 전북통계연보
15. 농어촌진흥공사, 1995. 12, 지하수 환경영향 조사방안에 관한 연구
16. 농어촌진흥공사, 1996. 12, 지하수내 오염물질의 거동에 관한 연구
17. Bower H., "Groundwater hydrology", Mcgraw-Hill, 1978, pp. 235-239
21. 박길복외, 1966, 순창도폭 지질도폭설명서 1:50,000 한국자원연구소
20. 홍성호외, 1984, 구례도폭 지질보고서 1:50,000 자원개발연구소
21. 홍성호외, 1986, 송정도폭 지질보고서 1:50,000 한국자원연구소
22. 이대성외, 1969, 갈담도폭 지질조사 1:50,000 국립지질조사소
23. 김규봉외, 1984, 오수도폭 지질보고서 1:50,000 한국동력자원연구소
24. 홍만섭외, 1966, 한국지질도(갈담도폭) 1:50,00
25. 손치무외, 1966, 한국지질도(창평도폭) 1:50,000
26. 김연기외, 1992, 한국수문지질 및 보고서(가남지역 양화천 유역) 1:25,000
26. 최순학외, 1994, 한국수문지질 및 보고서(이천지역 복하천 유역) 1:25,000
27. 한국건설기술연구원, 1989, 장기수자원계획을 위한 유역 물수지 추정방법 개발

28. Lillesand, Kifer, 1994, Remote sensing and Image Interpretation
29. Robert. Vincent, 1997, Fundamentals of Geological and Environmental Remotesensing.

순창군광역수맥조사보고서

1999년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

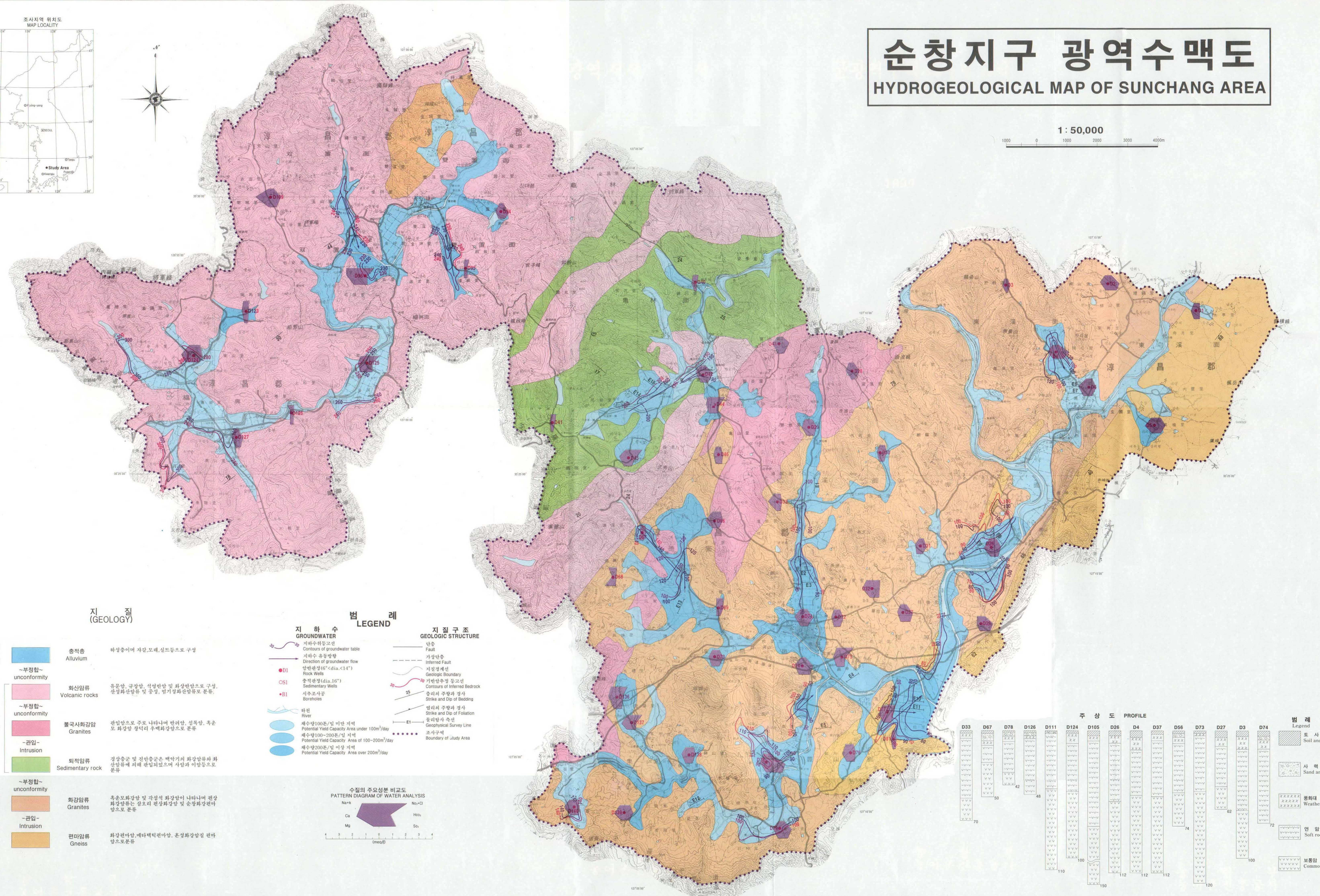
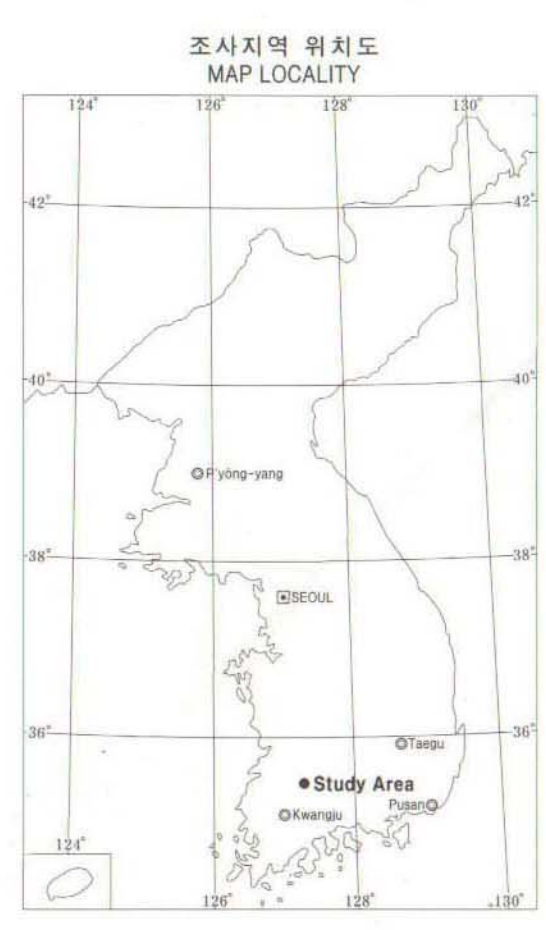
편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : (주) 범 신 사 (02) 720-9786~9

순창지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF SUNCHANG AREA

1 : 50,000



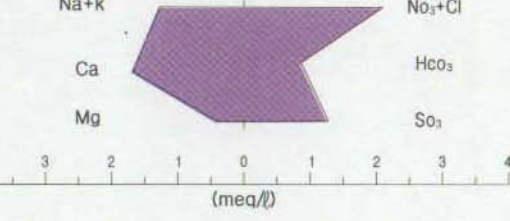
지질 (GEOLOGY)

<p>QUATERNARY</p> <p>층적층 Alluvium</p> <p>~부정합~ unconformity</p>	<p>충적층 Alluvium</p> <p>하상층이며 사질, 모래, 실트층으로 구성</p>
<p>CRETACEOUS</p> <p>화산암류 Volcanic rocks</p> <p>~부정합~ unconformity</p>	<p>화산암류 Volcanic rocks</p> <p>용암암, 규장암, 석영편암 및 화강암으로 구성, 산성화산암류 및 중성, 염기성화산암류로 분류</p>
<p>CRETACEOUS</p> <p>불국사화강암 Granites</p> <p>~관입~ intrusion</p>	<p>불국사화강암 Granites</p> <p>전입암으로 주로 나타나며 편입암, 절곡암, 흑운모 화강암 상악의 우백화강암으로 분류</p>
<p>JURASSIC</p> <p>퇴적암류 Sedimentary rock</p> <p>~부정합~ unconformity</p>	<p>퇴적암류 Sedimentary rock</p> <p>결상층상 및 전안층상은 백악기의 화강암류와 화산암류에 의해 관입되었으며 사질과 이암층으로 분류</p>
<p>PRECAMBRIAN</p> <p>편마암류 Gneiss</p> <p>~관입~ intrusion</p>	<p>편마암류 Gneiss</p> <p>화강편마암, 메타석판암, 혼성화강암질 편마암으로 분류</p>

범례 (LEGEND)

<p>지하수 GROUNDWATER</p> <p>지하수위등고선 Contours of groundwater table</p> <p>지하수 유동방향 Direction of groundwater flow</p> <p>ROCK WELLS 암반관정 (6" < dia. < 14") Rock Wells</p> <p>SOI 중직관정 (dia. 16") Sedimentary Wells</p> <p>BI 시추조사공 Boreholes</p> <p>하천 River</p> <p>잠수량 100톤/일 미만 지역 Potential Yield Capacity Area under 100m³/day</p> <p>잠수량 100~200톤/일 지역 Potential Yield Capacity Area of 100~200m³/day</p> <p>잠수량 200톤/일 이상 지역 Potential Yield Capacity Area over 200m³/day</p>	<p>단층 Fault</p> <p>가상단층 Inferred Fault</p> <p>지질경계선 Geologic Boundary</p> <p>기반암추정 등고선 Contours of Inferred Bedrock</p> <p>층리의 주향과 경사 Strike and Dip of Bedding</p> <p>입면의 주향과 경사 Strike and Dip of Foliation</p> <p>물리탐사 축선 Geophysical Survey Line</p> <p>조사구역 Boundary of Study Area</p>
--	---

수질의 주요성분 비교도



주상도 PROFILE

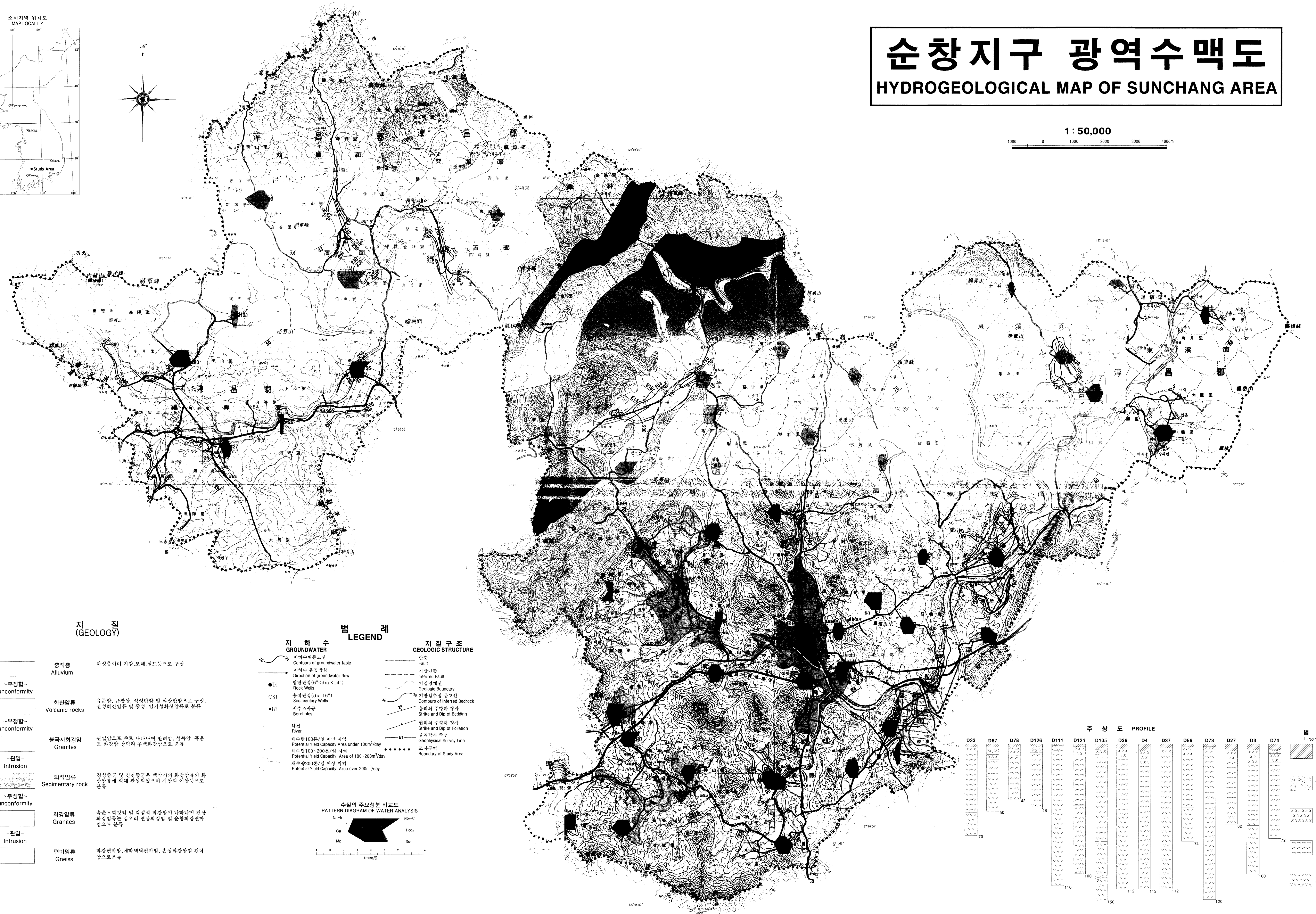
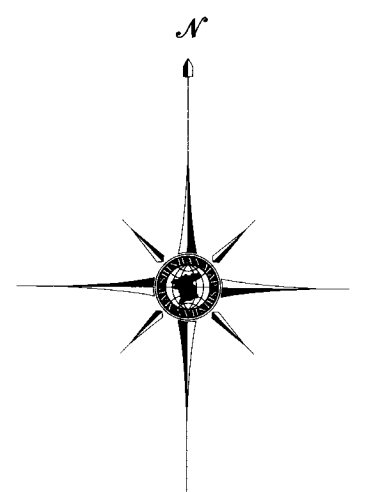
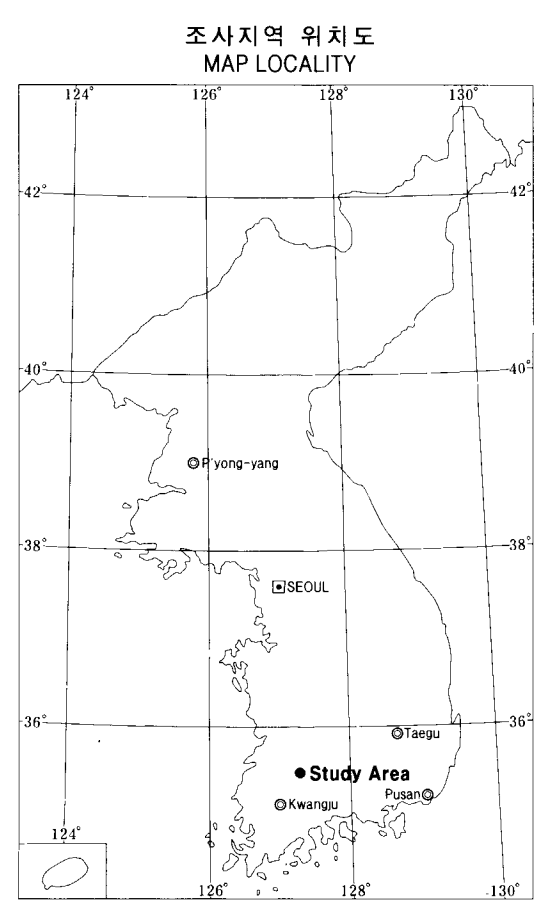
구분	D33	D67	D78	D126	D111	D124	D105	D26	D4	D37	D56	D73	D27	D3	D74
토사	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
사력	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
풍화대	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
연암	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
보통암	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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

순창지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF SUNCHANG AREA

1 : 50,000

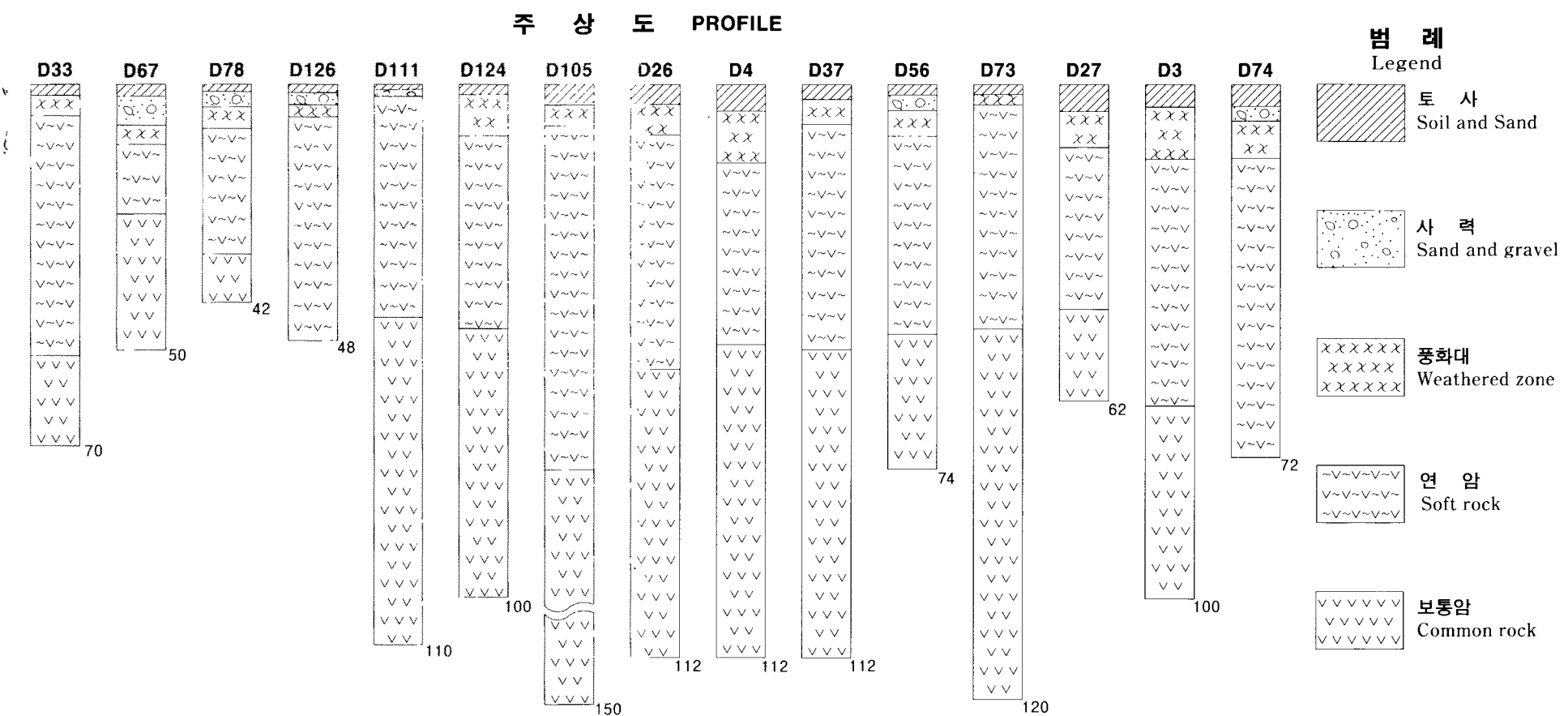
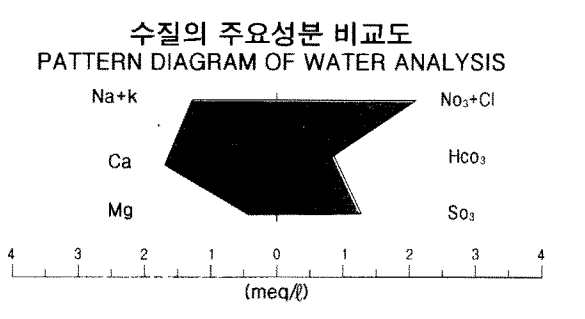


지질 (GEOLOGY)

QUATERNARY	충적층 Alluvium	하성층이며 사갈, 실트 등으로 구성
~부정합~ unconformity	화산암류 Volcanic rocks	유문산, 규장암, 선영반암 및 화산면암으로 구성. 산성화산암류 및 중성, 염기성화산암류로 분류.
CRETACEOUS	불국사회강암 Granites	관입암으로 주로 나타나며 반어암, 실족암, 혹은 모 화강암 장력리 유백화강암으로 분류.
~관입~ Intrusion	퇴적암류 Sedimentary rock	경상충곡 및 진안충곡은 백악기의 화강암류와 화산암류에 의해 관입되었으며 사암과 이암 등으로 분류.
~부정합~ unconformity	화강암류 Granites	혹은 모 화강암 및 자성석 화강암이 나타나며 편상 화강암류는 암모리 편상화강암 및 순창화강암과 연으로 분류.
~관입~ Intrusion	편마암류 Gneiss	화강편마암, 메타퇴적편마암, 혼성화강암질 편마암으로 분류.
JURASSIC-PRECAMBRIAN		

LEGEND

지하수 GROUNDWATER		지질구조 GEOLOGIC STRUCTURE	
	지하수위등고선 Contours of groundwater table		단층 Fault
	지하수 유동방향 Direction of groundwater flow		가상단층 Inferred Fault
	암반관정 (φ6~14") Rock Wells		지질경계선 Geologic Boundary
	층적관정 (dia. 16") Sedimentary Wells		가상암추경 등고선 Contours of Inferred Bedrock
	시추조사정 Boreholes		층리의 주향과 경사 Strike and Dip of Bedding
	하천 River		엽리의 주향과 경사 Strike and Dip of Foliation
	잠수역100톤/일 지역 Potential Yield Capacity Area of 100m ³ /day		물리탐사 축선 Geophysical Survey Line
	잠수역200톤/일 지역 Potential Yield Capacity Area of 200m ³ /day		조사지역 Boundary of Study Area



1. 대한민국지질학회 지질조사 2000-87호 (2000년 4월 11일)

2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000지도를 사용하며 변경 재작성 것임.