

# 경주시광역수맥조사보고서

1998

농 어 촌 림 진 흥 공 사  
농 어 촌 림 진 흥 공 사

# 목 차

1. 서 론 .....	3
2. 조사개요 .....	5
2-1. 조사목적 .....	5
2-2. 조사내용 .....	5
3. 일반개요 .....	7
3-1. 위치, 교통 및 면적 .....	7
3-2. 토지이용 및 산업현황 .....	7
3-3. 기 상 .....	9
4. 수문지질조사 .....	13
4-1. 지 형 .....	13
4-2. 지 질 .....	14
4-3. 시설관정이용실태조사 .....	22
4-4. 물리탐사 .....	37
5. 수질 및 잠재오염원 조사.....	59
5-1. 지하수수질 .....	59
5-2. 지하수잠재오염원조사 .....	91
6. 지하수자원의 부존성조사 .....	92
6-1. 지하수부존량 .....	92
6-2. 지하수자원의 부존성평가 .....	93

7. 지하수자원개발계획 .....	108
7-1. 지하수개발가능량 .....	108
7-2. 지하수개발계획 .....	110
8. 지하수자원보전관리계획 .....	112
9. 결    론 .....	115
참고문헌 .....	118
부    록 .....	119
I. 양수시험 전산해석 결과 .....	121

# 1. 서 론

우리 국민 생활수준이 향상됨에 따라 용수 수요는 날로 증가하고 있으나, 지표수의 공급부족 및 산업화에 부수된 지표수 오염이 심화되고 있어 지표수 이외의 대체 수원개발이 절실해지고 있으며, 이로 인해 최근 지하수의 수요가 급격히 증가하고 있다.

우리나라 지하수개발은 1970년대부터 본격적으로 추진되어 왔으나 지하수의 개발과 이용에 따른 법적 제도적 규제장치없이 필요에 따라 무계획적으로 지하수가 개발 이용되었다. 무분별한 지하수개발은 지하수위저하, 지하수고갈, 지하수 수질오염 등의 지하수 환경상의 재해를 초래하고 있다.

지하수는 지표수와 같이 강우에 의하여 지속적으로 보충되는 재활용 가능한 수자원이지만 적정 수준이상으로 지하수를 과다 채취하거나 오염시키면 필연적으로 여러형태의 장애가 발생하게 된다. 일단 훼손된 지하수 대수층은 복원에 상당한 기간과 막대한 비용이 소요되므로 사전에 수원을 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 재해방지를 위한 최선의 방안이다.

지하수는 크게 두종류로 나눌수 있는데 강이나 하천변에 퇴적물이 퇴적되어 모래와 자갈을 형성하고 있는 충적층에 부존되어 있는 천층지하수와 암반내의 공극을 따라 저류되어 있는 암반지하수로 분류된다.

우리나라에서는 1960년대부터 지하수조사를 시작하였으나 지역적으로 국부적인 수맥조사에 치중하여서 간헐적인 조사에만 그치고 지속적이고 광역적인 수리지질조사는 미약하였다.

금번 광역수리지질조사는 90년대들어처 한해가 극심한 농어촌지역을 대상으로 하였는데 본조사에서는 경주시일대에 대하여 각종현장조사 및 시험을 수행하였다.

본 지역은 서쪽의 태백산능성에서 발원한 소하천들이 동해로 유입되는 지역으로 생활용수와 농업용수의 지하수 의존도가 매우 높으며 공업용수의 지하수 의존도는 타지역에 비하여 낮은 편이다.

경주시지구 기본조사에는 지하수 이용실태를 파악하고 수문지질도, 수질오염분



포도 및 지층구조도를 작성하여 지하수문조사와 함께 먹는물기준 수질검사 및 양·음이온분석을 통한 지하수성분 및 지하수오염지역을 조사하여 지구 내의 전체적인 지하수 유동과 부존성에 대해서 조사를 실시하였다.

금회조사한 경주시지구 광역수리지질보고서가 지하수의 보존관리는 물론 효율적인 지하수 조사 개발에 활용되고, 앞으로의 지하수장기관측망 및 지하수정보관리(GIS) 시스템의 기초가 될 것으로 기대한다.

## 2. 조 사 개 요

### 2-1. 조사목적

농어촌지역의 종합개발사업을 효과적으로 추진하고 지역 내의 수자원을 합리적으로 활용, 보존하기 위하여 지금까지 한해상습지에 대하여 국지적으로 시행하여 온 수맥조사를 한단계 발전시켜 농어촌용수구역중 가뭄이 심한 경주지역에 대하여 광범위하고 종합적인 광역수맥조사를 실시, 용수구역 내 지하수자원을 파악하여 지하수자원의 효율적인 개발·이용 및 보전관리 계획수립에 필요한 기초자료를 취득하는데 조사목적이 있다.

### 2-2. 조사내용

- 가. 조사지역 : 경주시 전역
- 나. 조사면적 : 31,710ha
- 다. 조사기간 : 1997. 9. 1 ~ 1998. 8. 31
- 라. 조 사 자 :

소 속	직 종	직 책	성 명	조사업무내용
농어촌진흥공사 경 북 지 사	지 질	지하수부 장	전 춘 길	조사업무총괄
		조 사 과 장	정 대 요	조사업무지도
		조 사 계 장	우 동 광	현장조사 및 자료수집정리
		조 사 계 장	백 진 희	자료수집정리

마. 조사실적

공 종 별	단 위	조사량	조 사 기 간	비 고
· 기본조사				
- 지구협의 및 답사	지구	1	1997.9 ~ 1997.10	
- 지표지질조사	ha	31,710	1997.9 ~ 1997.10	
· 기설관정조사				
- 이용현황조사	공	371	1997.9 ~ 1998.6	
- 지하수위관측조사	회	101	1997.9 ~ 1998.6	
- 양수시험	공	15	1997.9 ~ 1997.10	
· 물리탐사				
- 쌍극자탐사	측선	17	1997.9 ~ 1997.11	
· 수질검사				
- 먹는물기준검사	회	55	1998.6 ~ 1998.8	
- 양·음이온분석	회	55	1998.6 ~ 1998.8	

바. 조사기기 및 장비

공 종 별	조 사 장 비	비 고
지표지질조사	Clino-compass, Rock hammer	
기설관정조사	휴대용수위측정기 2대	
물 리 탐 사	전기탐사기(SAS300B) 부스터(SAS2000) 및 부대품	
수 질 검 사	Check Mate90 1set 및 현장수질측정기일체	

## 3. 일 반 개 요

### 3-1. 위치 교통 및 면적

본 조사지역은 경상북도 경주시 일대로서 지리적좌표는 동경 128 °58' ~ 129 °31' , 북위 35 °39' ~ 36 °04' 의 범위에 해당하고 면적은 1324.8km<sup>2</sup>이며, 12개면을 포함한 17개 행정면, 동으로 구성되어 있다. 북동쪽으로는 포항시 기계면, 서로는 영천시, 남으로는 청도군·울산시와 경계를 같이하고 있다. 동서간의 거리는 감포읍 오류1리에서 산내면 신원리까지 48km이며, 남북간의 거리는 산내면 대현리에서 강동면 단구리까지 47.8km이다. 총 면적중 임야는 전체의 69%인 911km<sup>2</sup>이며, 전과답은 전체의 19%인 254km<sup>2</sup>의 분포면적을 보이고 있다. 기타 12%인 160km<sup>2</sup>는 경주시의 시가지 및 하천, 호수 등으로 이루어져 있다. 조사면적은 전체 1324.82km<sup>2</sup>중 23.9%에 해당하는 평지부지역 317km<sup>2</sup>(31,710ha)이다.

교통편은 경부고속도로가 경주시 건천읍, 경주시, 내남면 지역을 통과하고 있으며, 7번국도가 외동읍을 지나 경주시, 천북면을 지나고 있다. 조사지역의 도로망 및 철도망은 잘 발달되어 있어 교통은 대단히 편리한 편이다.

### 3-2. 토지이용 및 산업현황

본 조사지역의 전체면적 1,324.82km<sup>2</sup>중 답은 전체의 13.29%인 176.13km<sup>2</sup> , 전은 전체면적의 5.88%인 77.87km<sup>2</sup>이며, 임야는 전체면적 대부분인 68.41% 911.61km<sup>2</sup> 의 분포면적을 이루고 있다.

#### 3-2-1. 농업

조사지역 내의 농업현황을 보면 해안가인 감포읍, 양북면, 양남면 지역은 관광 및 어업 기타 생업에 종사하는 관계로 농업면적이 적고 대규모 농지지역은 안강읍, 외동읍, 강동면에 분포하고 있다.

<표 3-1> 경주시지역 농업분포현황

(단위 : km<sup>2</sup>)

구 분	계	전	답	임야및기타
계	1324.82	77.87	176.13	1,070.82
감포읍	44.75	4.00	4.40	36.35
안강읍	139.00	9.09	20.90	109.01
건천읍	92.44	4.84	15.10	72.50
외동읍	110.00	7.32	22.90	79.78
양북면	120.00	5.01	10.00	104.90
양남면	85.19	3.17	9.00	73.02
내남면	122.10	6.13	13.80	102.17
산내면	142.50	6.98	8.09	127.43
서 면	52.12	2.85	7.46	41.81
현곡면	55.86	3.67	8.73	43.76
강동면	81.53	6.40	13.95	61.18
천북면	58.21	4.77	9.80	43.64
경주시내	221.12	13.64	32.00	175.48

3-2-2. 축산업

조사지역내의 축산업 현황은 한우가 사육농가 11,527호에 74,763마리로 사육가 구당 평균 6.5마리를 사육하고 있으며, 젓소는 안강읍 점단리, 사방리 등지에서 대 규모로 404가구에 10,716마리를 사육하고 있다. 돼지는 서면에서 많이 사육되고 있으며, 천북면, 정래동 등에는 대규모 양계장이 있다.

<표 3-2> 경주시지역 축산업현황

(단위 : 마리)

구 분	한 우	젓 소	돼 지	닭
계	74,763	10,716	52,316	1,711,083
감포읍	1,366	0	1,031	533
안강읍	9,384	5,148	2,686	119,635
건천읍	7,422	663	4,384	43,737
외동읍	10,111	706	6,566	274,450
양북면	4,468	279	200	174
양남면	2,638	63	1,143	79
내남면	5,747	26	2,348	85,793
산내면	4,033	56	5,267	4,526
서 면	3,507	147	11,097	11,353
현곡면	5,069	564	525	50,413
강동면	4,100	302	5,851	446
천북면	4,723	304	3,126	811,520
경주시내	12,195	2,458	8,092	308,424

### 3-3. 기 상

본 조사지역은 경상북도의 동남부에 위치하고 있으며, 대륙성기후의 영향을 받아 겨울철에는 차고 건조하며, 여름철에는 북태평양 고기압의 영향을 받아 고온다습한 기후를 나타낸다.

연중 1월과 12월의 최저기온이 평균 -2℃내외이고, 7~8월의 최고기온은 평균 28.3℃내외로 여름과 겨울의 기온차이가 심한 편이며 여름철인 7~8월에 전체 강우량의 50%를 차지하는 전형적인 대륙성 기후이다.

### 3-3-1. 기온

본 조사지역의 기온변화를 1991년부터 1995년까지 포항측후소에서 측정된 자료를참고하면 년 평균기온은 13.86℃이며 1995년을 제외한 1월기온이 영상의 기온을 보이고 있는바 전체적으로 난온대성의 기후를 보이고 있다.

<표 3-3> 연도별 월별 온도분포(1991 ~ 1995년) (단위 : °C)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
'91년	1.8	2.3	7.3	13.0	17.5	22.9	24.8	23.3	21.8	16.5	9.6	6.4	13.9
'92년	3.8	4.1	8.7	14.1	17.0	21.3	26.8	24.1	22.3	15.9	9.8	5.5	14.5
'93년	2.1	4.9	7.3	13.4	17.5	20.2	21.3	22.4	21.3	15.6	11.1	3.7	13.4
'94년	2.2	4.0	6.5	14.8	19.2	21.6	29.2	28.8	22.8	17.1	12.4	5.6	15.4
'95년	-0.5	1.9	6.2	12.3	15.5	19.0	25.0	27.3	18.6	14.2	6.0	0.1	12.1
평균	1.88	3.44	7.2	13.52	17.34	21	25.42	25.18	21.36	15.86	9.78	4.26	13.86

### 3-3-2. 강수량

조사지역의 최근 7년간 평균 강수량은 1,045mm로써 최근10년간의 평균 강수량 1,212 mm보다 훨씬 적은 강수량을 나타내고 있다. 이는 '94년이후 이지역에 계속된 가뭄의 영향 때문이다.

계절별로 강수량을 비교하면 연평균 강수량의 70% 이상이 6월에서 9월사이에 집중적으로 내리고 있으며 이중 약 80% 이상이 증발 혹은 지표유출로 바다로 유입되고 있어 지하수로 함양 될 수 있는 강수량은 극히 일부분이다.

<표 3-4> 연도별.월별 강수량 분포

(단위: mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 계
'91년	34.7	48.2	88.4	82.7	27	80.6	414.1	579.0	125.9	0.2	6.4	99.6	1586.9
'92년	64.2	23.6	84	119	55	25.2	105.0	273.5	130.4	16.4	13.3	40.6	950.2
'93년	71.6	70.8	69.2	25.8	121.2	157.2	296.7	451.7	53.4	39.2	64.2	10.2	1431.2
'94년	24.0	28.5	29	38.9	115.7	105.7	16.9	19.8	11.4	122.7	41.9	4.1	600.0
'95년	21.1	17.1	56.5	64.7	69.1	64.4	116.9	221.7	68.4	43.7	1.2	0.0	744.8
'96년	23.5	15.8	136.2	63.2	57.2	339.4	71.2	111.5	25.5	37.4	42	30.2	953.1
'97년	8.9	4.9	29.6	62.9	97.5	183.3	229.8	171.2	54.8	0.4	136	69.7	1049.0
평균													1,045.0

3-3-3. 증발산량

일반적으로 증발산량(ETR)은 지표면에 떨어진 강수가 지표면이나 호수, 강물 및 바다 등의 표면에서 기화되거나 토양 하부로 침투된 물이 토양의 모세관력에 의하여 지표로 노출되어 대기중으로 증발(Evaporation)하는 물과 식물의 생리현상으로 인해 엽수면에서 공중으로 날아가는 발산(Transpiration)의 합을 의미한다. 따라서 강수로 지표면에 도달하기 전에 다시 대기중에서 증발하는 양은 제외되며 수면으로부터의 증발과 식물로부터의 발산의 합으로 수분이 기체상태로 대기중에 환원되는 양이다. 이는 기상학적 인자 이외에도 식물의 종류, 색깔의 농도, 투수계수, 입자의 크기, 토양의 함수율 등이 직접적인 영향인자가 된다.

증발산량의 측정방법에는 직접측정에 의한방법, 이론적방법, 기후인자와의 상관관계에 의한 방법이 있다.

본 조사에서는 인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로 부터의 직접적인 증발산량을 포항기상대에서 측정한 자료를 참고하였으며, 기상관측에 의한 평균 증발량은 1,253mm이다. 이론적방법에 의한 증발산량 추정은 Turc 공식을 이용하여 증발산량을 산출하였다. Turc 공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어



있는 수분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로 본 조사지역 내 평균기온과 강우량은 포항기상대에서 '85년 ~ '95년사이 측정된 평균기온과 평균강우량을 이용하였다.

Turc 공식에 의한 이론적인 증발산량(ETR) 계산은 다음과 같다.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

여기서 P(연평균강우량) = 1,212mm

T(연평균기온) = 13.86°C

$L = 300 + 25T + 0.05T^3 = 779\text{mm}$ 이다.

따라서 증발산량은 665.93mm이다.

Turc 공식을 사용한 이론적인 연평균 증발산량은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량 1,253mm/년의 약 53.14% 정도에 불과하다.

## 제 4 장 수 문 지 질 조 사

### 4-1. 지형

본 조사지역의 지형은 양산단층을 비롯한 모량단층 외 NE - SW 방향의 단층을 경계로 동부지역과 서부지역 산계의 모양과 고도의 차이가 많이난다.

전체적인 지형상으로 보아 장년기 중기 또는 말기에 해당하는 안산암 및 석영 안산암지대는 비교적 험준하고 가파른 산악지형을 이루고 있고, 노년기 초기 및 말기지형에 해당하는 부분은 퇴적암류로 이루어져 있다.

형산강을 중심으로 동쪽지대 즉 양산단층 동쪽지역은 불국사통 화강암지대의 산릉과 경상계 대구층의 지역은 비교적 낮은 지형을 이루고 있으나, 내남면 남동쪽의 호온펠스 지대는 비교적 급경사의 산악지형을 이루고 있다.

양북면, 양남면, 감포읍 일대는 신생대 3기 및 4기의 청년기 지형으로 산지가 많고 평야부가 적은 전형적인 해안산지 지형을 이루고 있다.

건천읍 모량리에서 내남면 박달리로 이어지는 모량단층 동부지역은 건천읍 모량리와 화천리 일대로 경상계 퇴적암지대를 형성하여, 비교적 낮은 산악지형의 저능성을 이루고 있고, 내남면 비지리 이남지대는 북으로 선도산(380m), 남으로 벽도산(424m), 윗고사리의 569m 고지 등이 모두 안산암으로 구성되어 있다. 이 안산암은 1차적 또는 2차적으로 변성된 안산암이 화강암보다 풍화에 강하기 때문에 고지를 이루고 있고 산악지형도 험준한 편이다.

모량단층 서부지역은 본 조사지역에서 가장 험준한 지역으로 전체적으로 안산암 및 규장암으로 구성되어 있다. 산세를 보면 북으로 단석산(827m)에서 시작하여 남으로 조래봉(683m) 산지로 이어지는데, 이들 산세의 방향은 대개 단층선의 방향과 거의 일치하여 발달하고 있다.

본 지역 수계의 발달은 양산단층, 모량단층을 비롯한 주변단층에 의해 NS방향, NNE방향의 수계가 광역적으로 발달되어 있다. 화강암지대에서는 방사상(radial)수계를 형성하고 있으며 안산암 지대에서는 단층선을 중심으로 수지상

(dendritic)수계를 형성하고 있고, 본 지역의 소하천들은 단층을 중심으로한 지질 구조선을 따라 형성되어 형산강으로 합류된다.

## 4-2. 지 질

### 4-2-1. 지질개요

본 지역에 분포하는 암질은 경상계 백악기 퇴적암류인 대구층 및 건천리층 퇴적암이 최하부를 이루고 있고 이 퇴적암류는 안산암이 부정합으로 피복되어 분포하고 있으며, 이들 퇴적암과 안산암류들은 백악기 불국사화강암류와 언양화강암에 의해 관입당하는 양상을 보이고 있다.

경상계 퇴적암류중 대구층은 본지역에 나타나는 암질중 최고기의 지층으로 내남면 이조리, 명계리, 월산리, 노곡리에 분포하고 있고, 시대미상의 건천리층군의 퇴적암류들은 건천읍 일대와 서면 대부분 및 현곡면 일대에 분포하고 있으며, 불국사 화강암류는 내남면 이조리 위쪽 방향에 분포하고 있으며, 언양화강암류는 내남면 망성리, 화곡리일대 및 현곡면 하구리 및 상구리일대, 감포읍 오류리일대에 분포하고 있으며, 그외 산성암맥류가 현곡면 남사리 및 내태리 일대에 관입하고 있다.

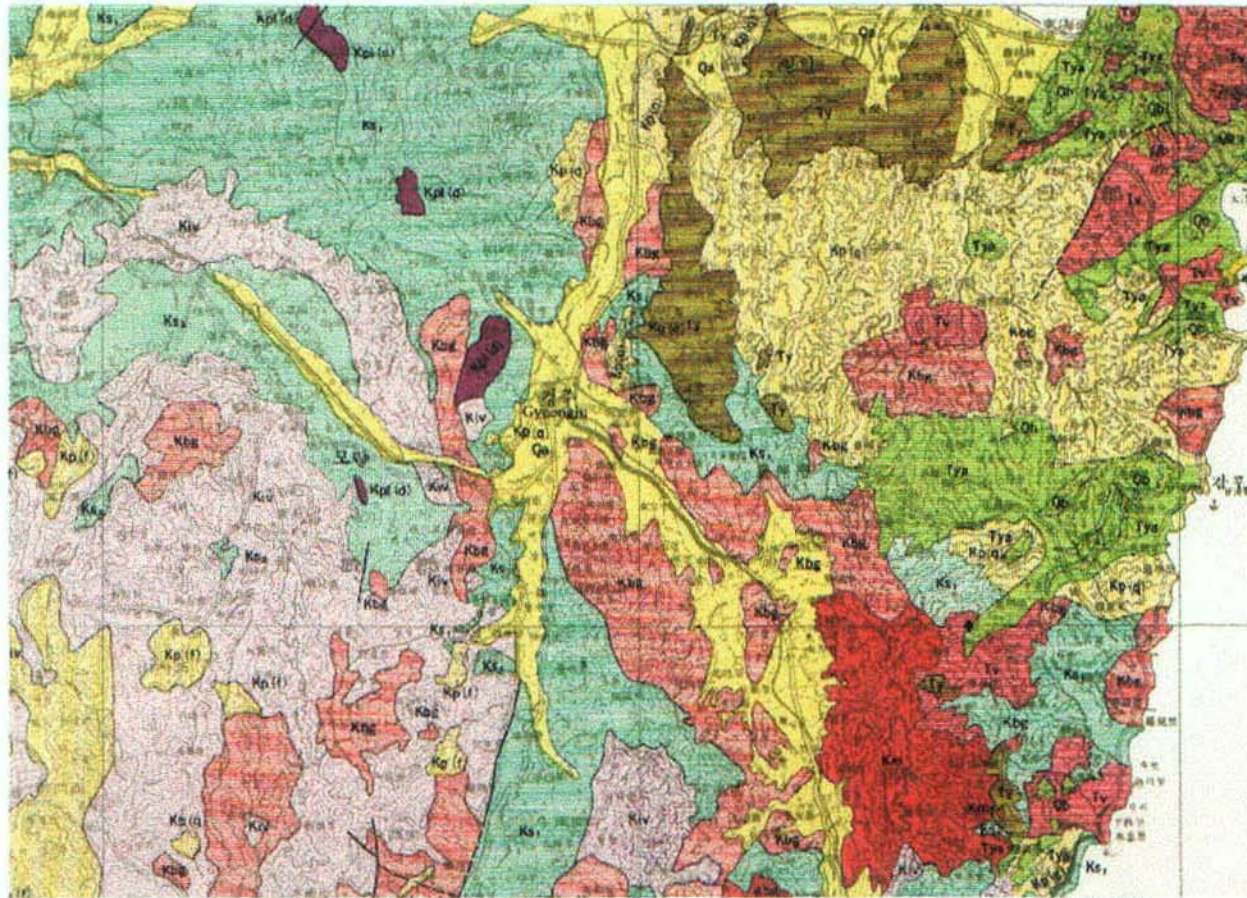
본 조사지역에 가장 넓게 분포되어 있는 안산암류는 결정질(phaneritic)안산암, 비결정질(aphanitic)안산암, 반상(porphyrific)안산암, 각력질(brecciated)안산암 등이 있다. 안산암류는 서면을 제외한 전 지역에서 나타나며 화강암과의 접촉부 부근 즉 내남면 비지리, 박달리 일대의 안산암은 각력질 안산암을 이루고 있으며, 건천읍 모량리 남쪽 산지 정상부 부근에는 섬록암질의 암석이 분포하고 있다.

본 지역에 분포하는 암질은 불국사 화강암류들을 제외한 전 분포암석이 단층에 수반된 지질구조로 인해 심한 파쇄작용을 받아 대부분 파쇄 되었거나 풍화되어 지표에 노출되어 있는 곳이 많다.

감포읍, 양남면, 양북면에 분포하는 반암 및 응회암은 중생대 퇴적암 및 화성암류를 부정합으로 피복하고 있으며, 이 반암 및 응회암은 안산암, 응회암, 화강

암, 현무암 등과 함께 복잡하게 섞여서 분포하고 있다

여 백

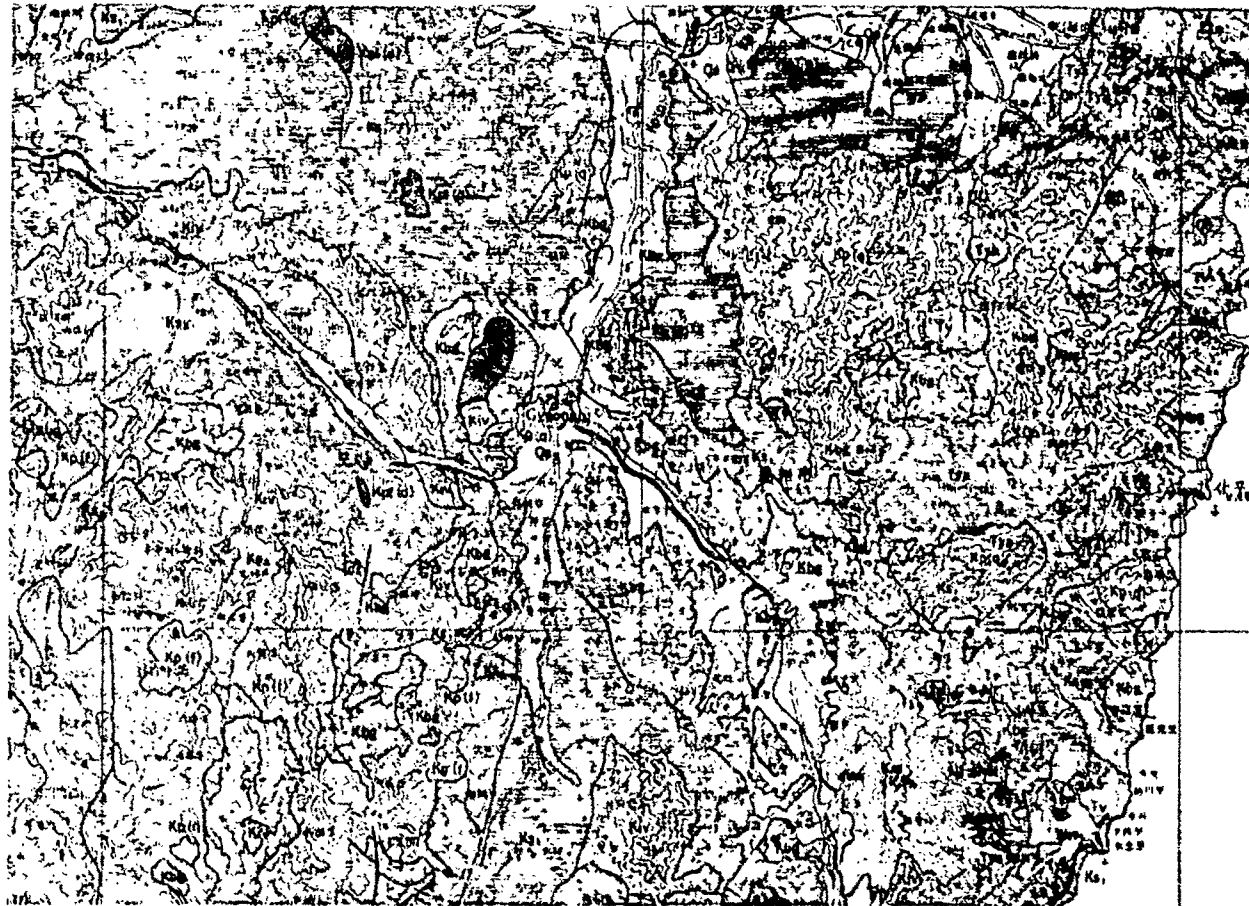


<그림 4-1> 경주시지역 지질도

scale : 1:250,000

범례

- 충적층(Qa)   ■ 화산암층, tuff(Tv)   ■ 반암류(Kp)   ■ 섬록암질류(Kpl)
- 불굴사화강암(kbg)   ■ 안산암(k1v)   ■ 건천리층퇴적암(kpl)   ■ 대구층퇴적암(Ksi)



<그림 4-1> 경주시지역 지질도

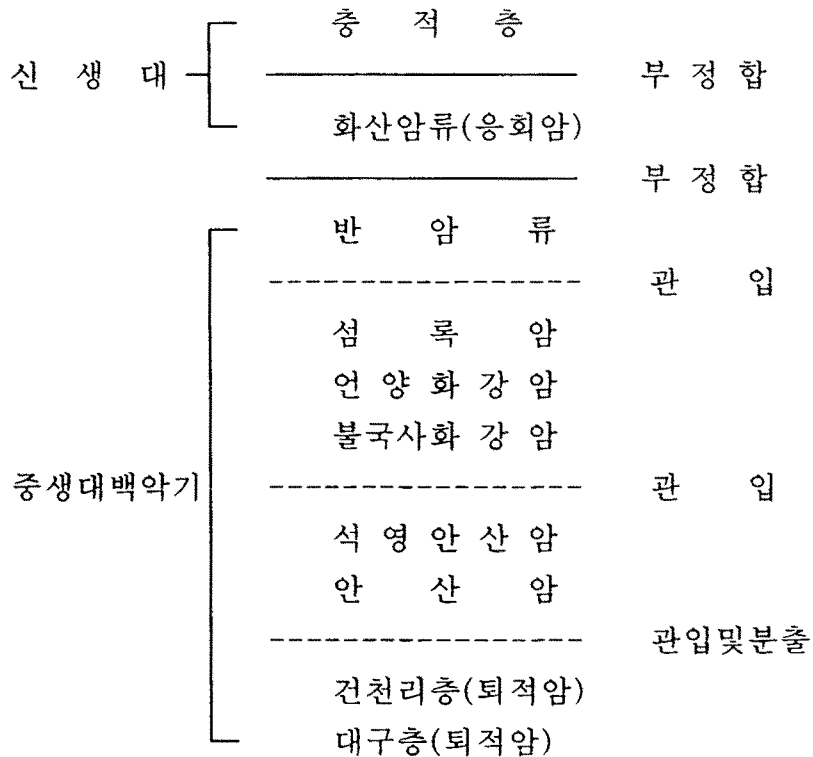
scale : 1:250,000

범 레

- 충적층(Qa)   □ 화산암층,tuff(Tv)   □ 반암류(Kp)   ■ 심록암질류(Kpl)
- 불굴사화강암(kbg)   □ 안산암(k1v)   ■ 건천리층퇴적암(kpl)   ■ 대구층퇴적암(Ksi)

# 여 백





<그림 4-2> 지질계통표

#### 4-2-2. 지질각론

##### 가. 퇴적암류

##### ○ 대구층

본 지층은 내남면 노곡리, 명계리, 월산리, 덕천리, 이조리, 기장리, 망성리일대에 분포하고 있다. 이 퇴적암의 주향과 경사는 곳에 따라서 조금씩 차이가 있고, 또 화성암의 관입에 의해 일부 교란받고 있으나 일반적으로 단사구조를 보이고 있으며, 양산단층 동부에서는 주향이 N20 - 60E이고, 경사는 대략 10 - 40NW이다. 양산단층 서부지역에서의 주향은 N10 - 40 W이며, 경사는 대략 5 - 30SW이다.

양산단층을 경계로하여 동부에 있는 암석은 적색과 회색 또는 녹회색의 세일

및 사암이 호층으로 퇴적되어 있으며 안산암과의 접촉부에서는 변정질의 안산암이 협재되어 있는 곳이 많다. 화성암이 관입한 접촉부 내남면 명계리부근에서는 상당한 넓이로 열변질을 받아 호온펠스화 되어있다. 양산단층 서부지역 내남면이조리 부근에서도 안산암과의 접촉부는 호온펠스화 되어있다.

양남면에 분포하는 대구층퇴적암은 해안의 제3기 응회암과 심하게 교란되어 분포하고 있어 잡색질 내지 암녹색 빛깔을 보이고 있다.

#### ○ 건천리층

본 지층은 서면일대, 안강읍, 강동면일대와 건천읍 모량리, 건천리, 금척리, 방내리 일대에 분포하고 있다. 건천읍 모량리와 내남면 박달리 사이의 모량단층을 중심으로 동쪽지역은 N15W, 22SW의 주향과 경사를 이루고 있으나, 화성암의 관입지역부근은 N70E, 12SE로써 다소의 변이를 보이고 있다. 모량단층 서쪽지역은 일반적으로 주향이 N15-45W, 경사는 8-15SW로 되어있는 것이 보통이다.

#### 나. 화산암류

##### ○ 안산암

안산암류는 본 조사지역에서 가장 광범위하게 분포하는 화산암질로써 경상계 백악기 퇴적암류인 대구층이나 건천리층을 관입하고 있으며, 불국사 화강암, 언양 화강암, 섬록암 등에 의해 관입당하여 왔다.

이 안산암류들은 암상의 차이로 크게 비결정질의 안산암, 반상조직의 안산암, 각력질 안산암등으로 분류된다. 각력질 안산암은 건천읍 방내리, 송선리, 내남면 박달리 부근에 넓게 분포하고 있으며, 그 각력은 거의 모든 안산암의 력으로 되어 있다. 비결정질 안산암은 내남면 화천리, 성산리, 박달리 부근에 분포하고 있으며, 반상조직을 갖는 안산암은 비결정질 석기질에 장석이 반정으로 함유되어 있고 건천읍 송선리 절골부근, 방내리 단석산 일대에 분포하고 있으며, 내남면 화곡리 송림지역, 월산리 구일지역, 비척리 점말지역 등에 분포하고 있다.

##### ○ 반암류

본 암석은 감포읍 서편에 비교적 넓게 분포하고 있으며 응회암질암과 비슷하

나, 장석질을 많이 함유하고 있으며 암색은 회백색을 띄고 있으며 반정으로 안산암, 섬록암, 화강암을 포함하고 있다.

#### ○ 응회암질류

응회암질암은 동부 해안가에 넓게 분포하고 있으며 중생대 화강암질화성암류를 부정합으로 피복하고 있다. 암색은 회백질 내지 담회색이며 화강암질을 포획하고 있는 지역도 있으며, 안산암 및 반암류, 현무암과 복잡하게 섞여서 분포하고 있어 정확한 지층관계는 파악하기 힘들다.

#### 다. 화성암류

##### ○ 불국사화강암

불국사 화강암은 내남면 기장리 위쪽의 경상계 퇴적암인 대구층을 관입하여 분포한다. 본 화강암은 카리장석(potassium feldspar)을 많이함유 하고 있으며, 주구성광물은 석영, 사장석이고 유색광물로는 각섬석, 흑운모를 함유하고 있다.

##### ○ 언양화강암

언양화강암은 양산단층 서쪽에 분포하고 있으며, 불국사화강암과는 달리 카리장석은 별로 없으며 석영이 주성분이고 그 외에 장석, 흑운모가 주구성성분을 이루고 있다. 입도는 내남면 망성리 부근은 중립질이나 밀으로 갈수록 세립화 되어 가는 경향이다.

##### ○ 섬록암

본 암석은 건천읍 모량리 남쪽 산악지형 정상부에 분포하고 있으며, 석영과 흑운모는 회귀하고, 장석과 각섬석이 주로 함유되어 있으며 주변의 건천리층 퇴적암을 관입하고 있다.

#### 라. 암맥류

본 지역에 분포하는 암맥류는 대부분이 산성암맥류이고 염기성암맥으로 안산암질암맥이 안산암질 분포지역에 단층을 따라서 관입하고 있다. 산성암맥류는 현곡면 내태리와 남사리, 금장리 일대에 많이 분포하고 있으며 폭은 1-6m에 이르기까지 다양하다.

### 4-2-3. 지 질 구 조

본 지역에 분포하는 대표적인 지질구조는 단층이며 단층은 크게 경주시 중심부에서 내남면 명계리 사이를 관통하는 양산단층, 건천읍 모량리에서 내남면 박달리를 가로지르는 모량단층, 건천읍 건천리에서 건천읍 송선리 사이를 가로지르는 밀양단층 등으로 구분하여 나눌 수 있으며 이 주단층 주변에는 수많은 소규모의 단층들이 생성되어 있다.

양산단층 주변의 퇴적암들은 양산단층의 방향인 NNE-SSW방향으로 신장된 돔구조를 보이고 있다. 이러한 퇴적암의 주향의 변화는 양산단층이 좌수, 우수주향이동과 함께 경사이동단층등 여러번의 운동이 있었음을 지시해 주고 있다.

현곡면 일대 퇴적암의 주향과 경사는 동쪽에서는 약 N30-70W, 30-40SW정도 이나 서쪽으로 갈수록 경사가 낮아지는 경향을 보이고 있다. 이는 동쪽지역의 화성암의 관입으로 인한 영향으로 보이나, 화성암의 관입보다는 지구 동쪽을 관통하는 양산단층으로 인한 지층의 교란으로 볼 수 있다.

화성암의 관입은 단층을 따라서 관입된 곳이 많고 특히 이 관입 경계부에서는 산성 암맥류가 폭 1 ~ 10m정도로 다양하게 분포하고 있어 지하 대수층 형성에 좋은 지질구조를 이루고 있다.

## 4-3. 기 설 관 정 이 용 실 태 조 사

### 4-3-1. 지하수 용도별 이용현황

본 조사지구내의 지하수이용 신고관정은 총 1,043개이며 36,638<sup>'</sup>m<sup>3</sup>/day의 지하수를 사용하고 있으며, 이중 양수량이 150m<sup>3</sup>/day이상인 암반관정은 371개공으로 총 양수량은 84,687m<sup>3</sup>/day이다.

기설관정 이용현황조사에서는 '97년말 현재 지하수이용신고관정중 양수량150m<sup>3</sup>/day, 관정구경 150mm이상의 대형암반관정을 위주로 조사하였으며, 수위측정관이 있는 관정은 휴대용 간이수위측정기를 이용하여 자연수위를 측정하였다. 총적용 대형관정 및 소형관정의 총 양수량은 84,637m<sup>3</sup>/day이다.

경주시 전역에서 사용중 폐기된 관정은 전체신고 관정중 5%정도인 50개정도의 암반관정이 폐기 처분된 폐공이다.

<표 4-3> 경주시 지역별 지하수이용현황

(단위 : 1000m<sup>3</sup>/year)

위 치	총 계		생 활 용		공 업 용		농 업 용		기 타	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
계	1,043	14,468	729	8,135	93	2,204	221	4,129	0	0
감포읍	21	304	16	103	0	0	5	201	0	0
강동면	99	775	22	288	2	61	75	426	0	0
건천읍	47	744	26	337	4	74	17	333	0	0
산내면	20	350	18	300	0	0	2	50	0	0
서 면	48	457	37	213	3	20	8	224	0	0
안강읍	83	1,748	49	930	7	171	27	647	0	0
양북면	43	463	24	108	3	219	16	136	0	0
양남면	89	2,444	66	1,698	11	657	12	89	0	0
외동읍	100	1,235	72	763	8	133	20	339	0	0
천북면	49	1,037	25	381	9	72	15	584	0	0
현곡면	41	941	25	284	3	14	13	643	0	0
내남면	22	300	17	153	1	4	4	143	0	0
경주시내	381	3,670	332	2,577	32	779	7	314	0	0

<표 4-4> 경주시지역 기산관정현황

공번	위 치			개발년도 (Year)	심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu$ S/cm)	용도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	시군	읍면	리동								
D1	경주	김포	김포	1994	100.0	200.0	200.0		농업		
D2	경주	김포	오류3	1994	85.0	200.0	150.0		농업	3.6	1.7
D3	경주	안강	노담	1994	146.0	200.0	170.0				
D4	경주	안강	검단	1994	100.0	254.0	170.0		농업		
D5	경주	보덕		1995	300.0	200.0	350.0		생활		
D6	경주	보덕		1995	150.0	150.0	220.0		생활		
D7	경주	보덕		1995	100.0	200.0	160.0		생활		
D8	경주	안강	갑산	1995	100.0	200.0	160.0				
D9	경주	불국		1995	150.0	200.0	350.0		생활		
D10	경주	안강	두류	1995	200.0	200.0	250.0		공업		
D11	경주	산내	대천	1995	400.0	200.0	1800.0		생활		
D12	경주	중앙		1995	100.0	200.0	200.0				
D13	경주	천북	신당	1995	200.0	200.0	300.0		공업		
D14	경주	천북	신당	1995	200.0	200.0	300.0		공업		
D15	경주	천북	신당	1995	200.0	200.0	300.0		공업		
D16	경주	천북	신당	1995	200.0	200.0	300.0		공업		
D17	경주	천북	신당	1995	200.0	200.0	300.0		공업		
D18	경주	동천		1995	200.0	150.0	300.0		생활		
D19	경주	강동	국당	1995	250.0	150.0	430.0		생활		
D20	경주	강동	국당	1995	250.0	150.0	430.0				
D21	경주	강동	국당	1995	250.0	150.0	430.0				
D22	경주	강동	국당	1995	250.0	150.0	430.0				
D23	경주	상건		1995	100.0	200.0	187.0		생활		
D24	경주	외동	개곡	1995	150.0	200.0	450.0		공업		
D25	경주	외동	개곡	1995	150.0	200.0	450.0		공업		
D26	경주	외동	구어	1995	200.0	150.0	150.0		공업		
D27	경주	외동	임십	1995	120.0	200.0	220.0		공업		
D28	경주	양남	신대	1995	300.0	200.0	430.0		공업		
D29	경주	양남	신대	1995	300.0	200.0	430.0		공업		
D30	경주	건천	용명	1995	200.0	200.0	374.0		공업		
D31	경주	건천	용명	1995	170.0	200.0	374.0		공업		
D32	경주	천북	동산	1995	148.0	165.0	200.0				
D33	경주	보덕		1995	165.0	250.0	288.0		생활		
D34	경주	보덕		1995	200.0	200.0	200.0				
D35	경주	충효		1995	150.0	300.0	350.0		생활		
D36	경주	현곡	금장	1995	216.0	200.0	150.0	332.0	생활	7.2	42.0
D37	경주	현곡	소현	1995	150.0	200.0	293.0	311.0	생활	1.3	45.0
D38	경주	양북	장항	1995	150.0	200.0	220.0	174.0	생활	4.5	97.0
D39	경주	강동	국당	1995	150.0	200.0	336.0		생활	8.9	52.0
D40	경주	현곡	기정	1995	150.0	200.0	200.0	258.0	생활	6.8	105.0
D41	경주	서	아화	1995	150.0	200.0	220.0	667.0	생활	12.4	98.0
D42	경주	내남	월산	1995	150.0	200.0	120.0	789.0	생활	10.9	
D43	경주	내남	비지	1995	56.0	200.0	497.0	242.0	생활	3.8	190.0
D44	경주	천북	덕산	1995	146.0	200.0	400.0		생활	8.0	92.0
D45	경주	천북	화산	1995	150.0	200.0	210.0	428.0	생활	8.0	95.0
D46	경주	양남	나산	1995	150.0	200.0	350.0	898.0	생활	5.0	36.0
D47	경주	양남	석촌	1995	182.0	200.0	200.0		생활		
D48	경주	양남	효동	1995	150.0	200.0	161.0		생활		
D49	경주	산내	갑산	1995	150.0	200.0	220.0	201.0	생활	8.9	242.0
D50	경주	천북	화산	1995	100.0	200.0	330.0	201.0	생활	18.0	98.0
D51	경주	서	아화	1995	150.0	200.0	220.0	654.0	생활	11.0	97.0
D52	경주	내남	박달	1995	141.0	200.0	497.0	148.6	생활	5.4	210.0
D53	경주	정래		1995	250.0	200.0	150.0		공업		
D54	경주	김포	진동	1995	100.0	200.0	150.0	308.0	생활		
D55	경주	외동	문산	1995	150.0	200.0	150.0		공업		
D56	경주	산평		1995	130.0	200.0	450.0		공업		
D57	경주	현곡	나원	1995	150.0	150.0	150.0		공업		
D58	경주	외동	제내	1995	122.0	150.0	150.0		공업		
D59	경주	용강		1995	320.0	200.0	250.0		공업		
D60	경주	안강	검단	1995	100.0	200.0	216.0		공업		
D61	경주	섬내		1995	150.0	200.0	190.0		공업		
D62	경주	노서		1995	140.0	200.0	190.0		공업		

공번	위 치			개발년도 (Year)	심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu$ S/cm)	용도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	시군	읍면	리동								
D63	경주	동천		1995	150.0	250.0	324.0		생활		
D64	경주	황남		1995	130.0	200.0	195.0		공업		
D65	경주	건천	천포	1995	250.0	200.0	250.0		공업		
D66	경주	성건		1995	200.0	200.0	188.0				
D67	경주	동천		1995	200.0	200.0	200.0				
D68	경주	내남	명계	1995	600.0	200.0	300.0		공업		
D69	경주	양남	신대	1995	500.0	200.0	430.0		생활		
D70	경주	양남	신대	1995	500.0	200.0	430.0		생활		
D71	경주	용강		1995	140.0	200.0	288.0				
D72	경주	산내	의곡	1995	100.0	150.0	188.0				
D73	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D74	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D75	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D76	경주	동천		1995	250.0	150.0	360.0		생활		
D77	경주	안강	산대	1995	100.0	200.0	150.0		생활		
D78	경주	내남	명계	1995	600.0	200.0	300.0		공업		
D79	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D80	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D81	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D82	경주	현곡	금장	1995	300.0	200.0	300.0		공업		
D83	경주	안강	근계	1994	100.0	254.0	160.0		공업		
D84	경주	안강	산대1	1994	146.0	254.0	150.0				
D85	경주	안강	강교2	1994	80.0	254.0	150.0	279.0	공업	2.5	95.0
D86	경주	안강	산대3	1994	146.0	200.0	150.0				
D87	경주	건천	화천	1987	100.0	200.0	150.0		공업		
D88	경주	건천	화천	1987	100.0	200.0	150.0		공업		
D89	경주	감동	황신	1993	110.0	150.0	300.0		공업	4.5	48.0
D90	경주	외동	모화	1990	120.0	200.0	400.0		공업		
D91	경주	외동	입실	1992	70.0	150.0	300.0		공업		
D92	경주	외동	구어	1987	120.0	200.0	150.0		공업		
D93	경주	양북	입천	1988	75.0	200.0	200.0		공업		
D94	경주	현곡	나원	1994	131.0	200.0	150.0		공업		
D95	경주	성동		1994	120.0	200.0	200.0				
D96	경주	성동		1987	120.0	152.0	300.0		생활		
D97	경주	성동		1989	120.0	150.0	200.0		생활		
D98	경주	성건		1984	43.0	150.0	150.0				
D99	경주	선도		1993	150.0	200.0	200.0				
D100	경주	선도		1994	150.0	200.0	200.0				
D101	경주	선도		1994	130.0	150.0	200.0		생활		
D102	경주	용강		1990	10.0	150.0	200.0				
D103	경주	용강		1993	200.0	200.0	150.0				
D104	경주	황성		1994	120.0	200.0	288.0		공업		
D105	경주	황성		1986	120.0	200.0	200.0		공업		
D106	경주	황성		1990	100.0	200.0	300.0		공업		
D107	경주	황성		1990	100.0	200.0	250.0		공업		
D108	경주	황성		1994	680.0	150.0	250.0		생활		
D109	경주	보덕		1994	664.0	200.0	250.0				
D110	경주	보덕		1994	175.0	200.0	200.0				
D111	경주	보덕		1994	98.0	200.0	200.0				
D112	경주	안강	산대	1992	170.0	200.0	160.0		공업		
D113	경주	안강	산대	1988	200.0	200.0	360.0		공업		
D114	경주	안강	산대	1988	200.0	200.0	240.0		공업		
D115	경주	안강	산대	1988	200.0	200.0	430.0		공업		
D116	경주	천북	물천	1990	102.0	200.0	600.0		생활		
D117	경주	외동	모화	1994	210.0	150.0	720.0		공업		
D118	경주	외동	모화	1990	120.0	200.0	500.0		공업		
D119	경주	현곡	나원	1991	100.0	152.0	200.0		공업		
D120	경주	외동	문산	1994	145.0	200.0	300.0		공업		
D121	경주	서	심곡	1994	130.0	150.0	150.0		공업	4.4	110.0
D122	경주	안강	두류	1996	110.0	200.0	428.0		생활		
D123	경주	용강		1989	12.0	3000.0	2000.0		공업		
D124	경주	보덕		1991	85.0	200.0	300.0		공업		
D125	경주	보덕		1991	60.0	150.0	270.0		공업		

공번	위 치			개발년도 (Year)	심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	용도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	시군	읍면	리동								
D126	경주	보덕		1994	175.0	200.0	200.0		생활		
D127	경주	서	도	1996	110.0	200.0	521.0		농업		
D128	경주	신평		1986	98.0	200.0	610.0		생활		
D129	경주	충효		1994	100.0	200.0	150.0		생활		
D130	경주	충효		1994	100.0	200.0	150.0		생활		
D131	경주	황성		1994	250.0	150.0	200.0				
D132	경주	정래		1994	150.0	150.0	150.0		농업		
D133	경주	보황		1994	150.0	150.0	150.0		농업		
D134	경주	보황		1994	150.0	150.0	150.0		농업		
D135	경주	보황		1994	150.0	150.0	150.0		농업		
D136	경주	보황		1994	150.0	150.0	150.0		농업		
D137	경주	석장		1993	104.0	400.0	200.0		생활		
D138	경주	석장		1986	200.0	400.0	200.0		생활		
D139	경주	석장		1986	200.0	400.0	200.0		생활		
D140	경주	구정		1992	380.0	200.0	150.0				
D141	경주	구정		1992	380.0	200.0	150.0				
D142	경주	구정		1992	392.0	200.0	150.0				
D143	경주	구정		1992	420.0	200.0	150.0				
D144	경주	외동	제내2	1994	87.0	200.0	200.0		농업		
D145	경주	외동	석계1	1994	160.0	200.0	200.0	197.0	농업	3.8	59.0
D146	경주	외동	냉천1	1994	160.0	200.0	200.0		농업		
D147	경주	양북	봉길	1996	110.0	250.0	300.0				
D148	경주	양북	봉길	1996	110.0	250.0	300.0				
D149	경주	충효		1996	200.0	200.0	250.0		생활		
D150	경주	안강	하곡	1996	78.0	200.0	542.0				
D151	경주	양남	나아	1996	110.0	250.0	300.0				
D152	경주	안강	옥산	1996	80.0	200.0	714.0		농업		
D153	경주	안강	육룡	1996	120.0	200.0	357.0		농업		
D154	경주	안강	산대	1996	120.0	200.0	500.0				
D155	경주	내남	안심	1996	106.0	200.0	428.0		농업		
D156	경주	안강	옥산	1996	115.0	200.0	500.0		농업		
D157	경주	천북	성지	1996	105.0	200.0	371.0		농업		
D158	경주	천북	성지	1996	90.0	200.0	414.0		농업		
D159	경주	외동	임실	1996	80.0	200.0	542.0		농업		
D160	경주	서	삼곡	1996	105.0	200.0	400.0		농업		
D161	경주	안강	검단	1996	110.0	200.0	250.0		농업		
D162	경주	건천	천포	1996	170.0	200.0	385.0				
D163	경주	건천	신평	1996	105.0	200.0	423.0				
D164	경주	상동		1996	200.0	150.0	150.0		생활		
D165	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		농업		
D166	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		농업		
D167	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		농업		
D168	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		농업		
D169	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		농업		
D170	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		농업		
D171	경주	산내	의곡	1996	250.0	200.0	250.0				
D172	경주	서	아화	1996	150.0	200.0	480.0		농업		
D173	경주	황성		1996	150.0	200.0	190.0				
D174	경주	안강	옥산	1996	180.0	150.0	220.0				
D175	경주	황성		1996	300.0	200.0	360.0				
D176	경주	양남	수렴	1996	100.0	200.0	150.0		농업		
D177	경주	양남	나산	1996	100.0	200.0	200.0		생활		
D178	경주	양남	나산	1996	100.0	200.0	200.0		생활		
D179	경주	안강	두류	1996	100.0	200.0	288.0				
D180	경주	황성		1996	300.0	200.0	374.0		생활		
D181	경주	황성		1996	400.0	200.0	648.0		생활		
D182	경주	갑포	오류4	1996	100.0	200.0	180.0		농업	3.4	18.0
D183	경주	성건		1996	180.0	200.0	228.0				
D184	경주	서	도	1996	120.0	200.0	216.0		농업		
D185	경주	안강	두류1	1996	100.0	200.0	374.0				
D186	경주	양남	하서	1996	100.0	200.0	206.0		농업		
D187	경주	충효		1996	150.0	200.0	500.0		생활		
D188	경주	양남	나아	1996	127.0	250.0	300.0		생활		



공번	위 치			개발년도 (Year)	심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu$ S/cm)	용 도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	시.군	읍.면	리.동								
D189	경주	양남	나아	1996	118.0	250.0	300.0		생활		
D190	경주	양남	나아	1996	117.0	250.0	300.0		생활		
D191	경주	양남	나아	1996	116.0	250.0	300.0		생활		
D192	경주	양남	나아	1996	112.0	250.0	300.0		생활		
D193	경주	양북	봉길	1996	100.0	250.0	300.0		농업		
D194	경주	양남	나아	1996	125.0	250.0	300.0				
D195	경주	양남	나아	1996	230.0	250.0	300.0				
D196	경주	안강	하곡	1996	100.0	150.0	300.0				
D197	경주	황성		1996	150.0	200.0	162.0		생활		
D198	경주	황성		1996	150.0	250.0	162.0		생활		
D199	경주	천북	모아	1996	200.0	150.0	360.0		생활		
D200	경주	외동	냉천	1996	350.0	150.0	300.0				
D201	경주	황성		1996	100.0	200.0	216.0		생활		
D202	경주	황성		1996	150.0	150.0	150.0		생활		
D203	경주	안강	근계	1996	100.0	200.0	419.0		농업	2.4	17.0
D204	경주	안강	근계	1996	92.0	200.0	467.0		농업	2.5	16.0
D205	경주	건천	신평	1996	175.0	150.0	429.0		농업	9.4	92.0
D206	경주	건천	방내	1996	156.0	200.0	386.0		농업	14.6	82.0
D207	경주	서	사라	1996	100.0	200.0	361.0		농업		
D208	경주	외동	말방	1996	120.0	150.0	359.0		농업		
D209	경주	외동	신계	1996	170.0	150.0	359.0		농업		
D210	경주	외동	연안	1996	128.0	200.0	431.0	817.0	농업		
D211	경주	현곡	금장	1996	104.0	200.0	429.0		농업	6.0	47.0
D212	경주	현곡	내태	1996	260.0	200.0	400.0		농업		
D213	경주	현곡	내태	1996	83.0	200.0	383.0		농업		
D214	경주	현곡	오류	1996	100.0	200.0	371.0		농업		
D215	경주	현곡	무과	1996	80.0	150.0	454.0		농업		
D216	경주	현곡	무과	1996	102.0	150.0	573.0		농업		
D217	경주	현곡	소현	1996	130.0	200.0	364.0		농업	1.8	72.0
D218	경주	현곡	소현	1996	80.0	200.0	419.0		농업	1.4	65.0
D219	경주	현곡	남사	1996	120.0	200.0	403.0		농업	7.3	98.0
D220	경주	현곡	남사	1996	140.0	200.0	586.0		농업	7.4	98.0
D221	경주	마동		1996	100.0	200.0	563.0		농업		
D222	경주	천북	갈곡	1996	100.0	200.0	857.0		농업		
D223	경주	천북	성지	1996	60.0	200.0	860.0		농업		
D224	경주	천북	갈곡	1996	126.0	200.0	450.0		농업		
D225	경주	천북	성지	1996	135.0	150.0	360.0		농업		
D226	경주	천북	성지	1996	160.0	150.0	359.0		농업		
D227	경주	강동	국당	1996	150.0	200.0	394.0		농업		
D228	경주	외동	모화	1996	200.0	200.0	360.0		농업		
D229	경주	강동	황신	1996	100.0	200.0	430.0		농업		
D230	경주	북부		1996	100.0	150.0	150.0				
D231	경주	안강	신대	1996	200.0	250.0	360.0		생활		
D232	경주	안강	산대	1996	200.0	250.0	360.0		생활		
D233	경주	양남	환서	1996	400.0	200.0	700.0		농업	2.4	38.0
D234	경주	건천	방내	1996	150.0	200.0	316.0		농업	13.0	88.0
D235	경주	건천	방내	1996	150.0	200.0	316.0		농업	12.0	75.0
D236	경주	건천	금척	1996	150.0	200.0	316.0	330.0	생활		
D237	경주	건천	금척	1996	150.0	200.0	316.0	331.0	생활		
D238	경주	강동	다산	1996	100.0	200.0	216.0		농업		
D239	경주	동천		1996	150.0	200.0	300.0		생활		
D240	경주	동천		1996	150.0	200.0	300.0		생활		
D241	경주	양남	신대	1996	600.0	250.0	430.0		생활		
D242	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		생활		
D243	경주	천북	신당	1996	250.0	150.0	288.0		농업		
D244	경주	동천		1996	200.0	200.0	370.0		생활		
D245	경주	안강	두류	1996	150.0	200.0	300.0		농업		
D246	경주	외동	구어	1996	100.0	150.0	288.0		농업		
D247	경주	강동	인동	1996	200.0	200.0	288.0		농업		
D248	경주	안강	두류	1996	200.0	200.0	300.0		농업		
D249	경주	감포	오류	1996	136.0	150.0	480.0		농업		
D250	경주	감포	오류	1996	100.0	150.0	480.0		농업		
D251	경주	안강	근계	1996	105.0	200.0	250.0		농업	2.5	38.0

공번	위 치			개발년도 (Year)	심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu$ S/cm)	용 도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	사유	읍면	리 동								
D252	경주	안강	검단	1996	78.0	200.0	500.0		농업		
D253	경주	건천	모량	1996	90.0	250.0	274.0	423.0	농업	2.4	57.0
D254	경주	건천	화천	1996	86.0	250.0	400.0		농업		
D255	경주	외동	북토	1996	140.0	250.0	460.0		농업	6.8	
D256	경주	외동	방어	1996	140.0	250.0	340.0		농업		
D257	경주	양북	용담	1996	108.0	250.0	319.0	978.0	생활	11.0	28.0
D258	경주	양북	안동	1996	102.0	200.0	500.0		농업		
D259	경주	천북	동산	1996	70.0	200.0	400.0		농업		
D260	경주	내남	망성	1996	90.0	200.0	251.0	230.0	농업	6.3	50.0
D261	경주	내남	명계	1996	90.0	200.0	272.0	257.0	농업		
D262	경주	서	도	1996	130.0	200.0	255.0		농업		
D263	경주	서	운대	1996	222.0	200.0	310.0		농업		
D264	경주	현곡	상구	1996	90.0	250.0	350.0				
D265	경주	현곡	내태	1996	116.0	250.0	250.0		생활		
D266	경주	강동	모서	1996	135.0	200.0	275.0				
D267	경주	강동	오금	1996	102.0	200.0	260.0				
D268	경주	강동	오금	1996	102.0	250.0	450.0				
D269	경주	광명		1996	130.0	200.0	250.0		생활		
D270	경주	광명		1996	100.0	200.0	355.0		생활		
D271	경주	양남	석읍	1996	92.0	200.0	350.0		농업		
D272	경주	양남	석촌	1996	102.0	250.0	300.0		농업		
D273	경주	율		1996	100.0	250.0	280.0				
D274	경주	배반		1996	80.0	250.0	250.0				
D275	경주	인교		1996	180.0	250.0	320.0				
D276	경주	신내	우라	1996	100.0	250.0	360.0				
D277	경주	강동	안계	1996	135.0	200.0	400.0		농업		
D278	경주	김포	전동	1996	152.0	200.0	298.0		농업		
D279	경주	안강	산대	1996	142.0	200.0	420.0				
D280	경주	안강	산대	1996	134.0	200.0	400.0				
D281	경주	안강	산대	1996	134.0	200.0	400.0				
D282	경주	양남	효동	1996	560.0	200.0	430.0		생활		
D283	경주	양남	효동	1996	500.0	200.0	430.0		생활		
D284	경주	양남	효동	1996	560.0	200.0	480.0		생활		
D285	경주	양남	효동	1996	560.0	200.0	430.0		생활		
D286	경주	양남	효동	1996	500.0	200.0	430.0		생활		
D287	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	430.0		생활		
D288	경주	양남	신대	1996	500.0	200.0	480.0		생활		
D289	경주	내남	명계	1997	200.0	150.0	180.0		농업		
D290	경주	내남	명계	1997	200.0	150.0	160.0		농업		
D291	경주	서	도계	1997	180	250	300				
D292	경주	천북	덕산	1997	100.0	250.0	100.0		농업		
D293	경주	현곡	남사	1997	179	250	145		생활	6.7	124
D294	경주	외동	신계	1997	120	250	260		농업		
D295	경주	양북	불길	1997	50	250	360		농업		
D296	경주	양남	읍천	1997	100	250	250		농업		
D297	경주	양남	석읍	1997	100	250	250	205	생활		
D298	경주	내남	덕천	1997	240	250	250		농업		
D299	경주	내남	망성	1997	180	200	250	217	생활	5.7	110
D300	경주	강동	안계	1997	74	200	250	269	생활		
D301	경주	강동	유금	1997	203	250	260		농업		
D302	경주	건천	방내	1997	189	250	400		농업		
D303	경주	안강	대동	1997	100	250	280		농업		
D304	경주	안강	검단	1997	102	250	319		농업		
D305	경주	천북	율천	1997	100	250	300		농업		
D306	경주	서	서우	1997	230	200	156	448	생활	5.5	132
D307	경주	현곡	오류	1997	120	200	156	350	생활		
D308	경주	양남	나아	1998	100	250	445		생활		
D309	경주	양남	읍천	1998	100	250	457		생활		
D310	경주	양남	읍천	1998	100	250	457		생활		
D311	경주	양남	읍천	1998	70	250	300		생활		
D312	경주	건천	화천	1998	92	250	302		농업		
D313	경주	탑동		1998	170	250	336		농업		
D314	경주	건천	화천	1994	120	150	80	246	생활	3.5	90

공번	위 치			개발년도 (Year)	상도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu$ S/cm)	용 도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	시 군	읍 면	리 동								
D315	경주	건천	화천	1996	72	100	340		농업	3.8	125
D316	경주	효현			100	150	150	267	생활	4	56
D317	경주	건천	모량	1995	115	150	80		생활		
D318	경주	건천	모량	1994	105	150	150		생활		
D319	경주	효현		1997	200	250	288		생활		
D320	경주	건천	금척	1996	125	200	86	330	생활	4.5	75
D321	경주	건천	금척	1996	100	200	80	331	생활	4.7	65
D322	경주	건천	천포	1997	130	150	60	243	생활		
D323	경주	건천	용명	1996	90	150	200	267	생활	3.2	72
D324	경주	건천	송선	1991	115	150	36	264	생활		
D325	경주	건천	천포	1997	130	150	60	243	생활		
D326	경주	용		1996	80	200	293	269	생활		
D327	경주	남산		1996	100	200	150	421	생활	7	75
D328	경주	황성		1997	150	200	80		생활		
D329	경주	암곡		1996	56	200	173	219	생활		
D330	경주	충효		1996	150	200	288	334	생활		
D331	경주	조양		1996	100	200	156		생활	9.2	98
D332	경주	현곡	우과	1995	100	200	110	274	생활		
D333	경주	현곡	내태	1996	105	200	200	228	생활		
D334	경주	현곡	하구	1996	100	200	300	205	생활	1.2	78
D335	경주	현곡	나원	1996	98	250	400		농업		
D336	경주	현곡	남사	1996	80	200	300	322	생활	8	110
D337	경주	서	사라	1996	100	200	400	817	농업	2.6	81
D338	경주	서	사라	1996	120	200	180	494	생활		
D339	경주	감포	나정	1996	28	200	180	224	생활	6	9
D340	경주	감포	나정	1996	70	200	200	201	생활	5.6	14
D341	경주	감포	호동	1996	92	200	240	167	생활	5.4	86
D342	경주	감포	오류	1996	100	200	160	308	생활	3.2	14
D343	경주	산내	감산	1996	100	200	173		생활	2.8	300
D344	경주	산내	감산	1998	100	200	200	190	생활		
D345	경주	산내	외철	1996	100	200	150	147	생활	2.7	198
D346	경주	산내	외철	1996	130	200	150	187	생활	2.9	192
D347	경주	산내	일부	1996	84	200	200	201	생활	3	187
D348	경주	내남	망성	1996	110	200	156	155	생활	25	52
D349	경주	산내	내철	1995	170	200	156	213	생활	2.5	223
D350	경주	내남	상신	1996	92	200	200	134	생활	1.8	88
D351	경주	내남	덕천	1997	90	200	102	167	생활		
D352	경주	양남	서동	1996	75	200	156	788	생활	24.7	
D353	경주	양남	신서	1995	150	200	219	781	생활	20	38
D354	경주	양남	환서	1995	150	200	219	781	생활	20	46
D355	경주	양남	상라	1995	106	200	161	823	생활	4.5	51
D356	경주	양북	와읍	1995	63	200	500	778	생활	5	50
D357	경주	양북	안동	1996	84	200	160	819	생활	9.2	62
D358	경주	양북	호암	1996	60	200	100	348	생활	3.2	108
D359	경주	외동	북토	1996	114	200	156	77	생활	7	88
D360	경주	천북	물천	1994	100	200	150	279	생활		
D361	경주	천북	갈곡	1997	60	200	180	382	생활		
D362	경주	천북	동산	1996	110	200	156	345	생활		
D363	경주	천북	화산	1996	81	250	301		농업	4.2	87
D364	경주	천북	화산	1996	106	200	161	685	생활	4.8	92
D365	경주	천북	화산	1989	61	250	800		농업	2.6	85
D366	경주	강동	단구	1993	100	200	150	221	생활		
D367	경주	안강	검단	1995	100	200	150	218	생활	10.3	65
D368	경주	안강	검단	1996	100	200	156	225	생활	11.7	78
D369	경주	외동	녹동	1991	102	200	310		농업		
D370	경주	양남	신대	1996	75	200	1556	801	생활	24.7	268
D371	경주	강동	단구	1995	120	200	80	221	생활		
D372	경주	내남	화곡	1995	100	200	336	234	농업	4.8	95
D373	경주	양남	환서	1996	52	150	200		수맥	3.6	42
D374	경주	외동	재네	1996	120	150	250		수맥	3.2	186
D375	경주	서	천촌	1996	120	150	40		수맥	6.2	158
D376	경주	서	천촌	1996	120	150	10		수맥	2	144
D377	경주	산내	내철	1996	170	150	30		수맥	2.5	223

공번	위 치			개발년도 (Year)	심도 (m)	구경 (mm)	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	EC ( $\mu$ s/cm)	용도	자연수위 (m)	지표고 (m)
	시군	읍면	리동								
D378	경주	천북	갈곡	1996	61	150	500		수맥	2.5	101
D379	경주	천북	갈곡	1996	100	150	280		수맥	2.5	53
D380	경주	건천	화천	1996	72	150	340		수맥	3.8	124
D381	경주	서	서오	1995	212	150	50		수맥	5	125
D382	경주	현곡	하구	1995	134	150	300		수맥	2.5	35
D383	경주	안강	결단	1995	110	150	130		수맥	3.5	34
D384	경주	감포	감포	1997	120	150	30		수맥	1	57
D385	경주	감포	감포5	1997	120	150	80		수맥	0	15
D386	경주	강동	단구2	1997	112	150	220		수맥	1.1	62
D387	경주	천북	신당	1997	145	150	30		수맥	2.4	42
D388	경주	의동	모화	1997	150	150	150		수맥	2.1	105
D389	경주	양남	석촌	1997	120	150	170		수맥	1.4	83
D390	경주	의동	연안	1997	96	150	300		수맥	1	83
D392	경주	현곡	오류	1997	150	150	170		수맥	1	35
D393	경주	산내	대현	1995	127	150	50		수맥	4	24
D394	경주	인교		1995	120	150	30		수맥	3.2	47
D395	경주	현곡	내태	1996	148	150	100		수맥	1.3	165
평균					162.1		295.6				

#### 4-3-2. 지하수 이용현황

경주시내 지하수이용시설 1,043개중 암반관정은 802공이며 충적관정은 160개소이며 나머지는 소형관정이다. 암반관정 802공의 평균심도는 135.7m이며, 평균양수량은 182m<sup>3</sup>/day이다. 암반관정 중 300m이상의 고심도관정은 45개공이며, 평균양수능력은 400m<sup>3</sup>/day이다.

#### 4-3-3. 기설관정 수위관측조사

경주시 지역의 수위관측조사를 위해 지하수이용신고관정 1,043개중 수위측정이 가능한 암반관정에 대하여 휴대용 수위측정기로 자연수위를 측정하였다.

지하수위측정은 조사지역 전체의 지하수 부존상황과 지하수 유동상황을 파악하는데 목적이 있다. 조사의 결과는 지하수위 등고선도를 작성하여 지하수체의 연속성을 확인하고 지하수위의 경사도에 따라 지하수 유동방향을 판정할 수 있다.

지하수위는 강우에 의한 지하수 함양과 하천수 또는 관개용수의 침투로 상승되고 증발산과 하천으로의 기저유출로 강해된다. 지하수위 상승은 지하수 저류량의 증가를 가져오며 지하수위 강하는 저류량 감소를 뜻한다. 그러므로 지하수위 조사의 목적은 지하수 부존량의 평가와 이용가능량의 결정에 필요한 자료를 제공하는데 있다.

수위관측조사는 수동식 휴대용 수위측정기를 가지고 1997년 9월 ~ 1998년 6월에 지하수 암반관정중 수위를 측정할수 있는 곳을 중심으로 수위를 측정하였다. 수위측정은 관측공이 많으면 많을수록 좋으나 암반지하수의 수위를 측정시에는 수위관측관이 없거나 사용할 수 있는 공이 적어서 수위관측이 가능한 공을 중심으로 측정하였다.

기설관정자료에서는 '95년에서 '97년사이 농어촌진흥공사에서 실시한 수맥조사공을 참조하였다.

수위측정자료는 관측공별로 독립된 수위자료이므로 관측정에 대하여 표고를 측정하여 지하수 수위를 절대수위로 환산하여야 지하수 수위등고선을 작도할수 있다. 관측정 표고측정은 1:5,000 지형도에서 관측정위치를 확인하고 지형도에 표

기된 표고를 인용 하였으며 지면표고와 지하수위를 비교하여 지하수위(절대수위)를 산출하였다.

#### 4-3-3. 장기수위관측조사

경주시의 장기 수위관측은 건설교통부에서 설치한 경주시 천북면, 경주시 산내면의 관측공에서 측정된 장기수위관측 자료를 참조하였다.

조사결과 산내면의 수위변동은 계절에 따른 변동이 천북면에 비해 변동폭이 적으며, 이는 안산암질이 분포되어 있는 산내면은 지하수 함양에 따른 수위변동이 거의 없는 대수층을 형성하고 있으나, 천북면은 제3기 퇴적암 및 화산암으로 이루어진 대수층지역으로 지하수함양에 따른 지하수위변동이 큰 지역이기 때문이다.

<표 4-5> 장기관측망 수위변동자료

위 치	구 분	수위 (m)			분포지질	비고
		연 평 균	연 최 고	연 최 저		
경주시 산내면	충적층	0.96	0.45	1.15	안산암	
	암반층	1.61	1.10	1.95	안산암	
경주시 천북면	충적층	5.01	3.79	7.02	퇴적암	
	암반층	5.16	1.63	8.84	퇴적암	

#### 4-3-4. 기설관정 양수시험

양수시험을 시행하는 주요목적은 대수층으로 부터 지하수를 채수하거나 대수층으로 물을 충전함으로 인하여 발생하는 수위강하 및 상승자료를 이용하여 대수층의 수리적인 성질인 대수층상수 즉 투수계수, 투수량계수, 저류계수 등을 결정하는데 있다. 지하수 수리특성상수를 산출하는 목적은 적정양수량과 영향범위(영향반경)을 결정하기 위한 과정으로 이는 정밀한 양수시험 자료를 기초로 분석되어진다.

한 개의 우물에 장시간에 걸친 지속적인 양수에도 불구하고 급격한 수위변화가 일어나지 않는 범위내에서 채수할수 있는 최대 양수량을 적정양수량이라 하며,

이는 가채수량 또는 안전채수량과 동의어로 쓰이고 있다.

적정양수량은 하나의 수계에 속하는 저류체에서의 공급과 배출을 고려한 전체적인 물수지에 의해서 수량을 계산하여야 하는 것이 원칙이다. 적정양수량의 산출은 영향권 내에는 다른 우물에서의 양수가 없다는 전제조건과 대수층이 무한히 뻗어 있다는 가정하에 산출되기 때문에 저류층의 규모가 의외로 적을때는 그 값이 정확하지 않는 경우가 있다.

조사지역내 암반대수층의 수리적 특성을 파악하기 위하여 암반관정 15공에 대하여 양수시험을 실시하였다. 양수시험은 기설관정에서 V-notch 를사용한 유량을 측정하고, 양수시간은 8시간 내외로 실시하였다. 수위측정은 휴대용 간이수위측정기로 양수시 수위강하량을 측정하였으며 양수시험 결과 AQTESOLV 전산 프로그램을 사용하여 수리상수를 산출하였다.

#### 가. 수리상수

대수층의 수리적 특성은 수리상수로 표현되는데, 이는 양수정에서의 수위변화를 관측함으로써 얻을 수 있다. 양수시험의 의미는 개발공의 대수층 상태에 대한 수리상수를 산출하는데 있으며 이는 투수량계수(T)와 저류계수(S)로 표현된다.

#### ○ 투수량계수(T)

투수량계수는 투수계수(K)에 대수층두께(B)를 곱한 것으로 표시되는데,

$$T = K \times B$$

이는 1 : 1의 지하수 동수구배 하에서 대수층의 전두께와 단위폭을 통해 단위시간 동안 유출되는 양을 의미하며 그 단위는 흔히  $m^2/day$ 로 표현된다. 따라서 어떤 관정의 투수량계수가 크면 많은 양의 지하수를 산출시킬수 있고 그 값이 작으면 적은양의 지하수가 산출되는 것을 의미하며 이때 투수량계수(T), 양수량(Q) 및 그때의 수위강하량(s)관계식은,

$$T = \frac{QW(u)}{4\pi \Delta s} ; \text{ Theis 이론식}$$

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s} ; \text{ Jacob 근사식}$$

여기서  $W(u)$ 는 우물함수,  $\Delta s$ 는 양수시간 1 Log cycle 에서의 수위차이다.

양수시험에서 구한 일정 양수량(Q)에 대한 관측정 시간별 수위강하(s)로 투수량계수(T)를 구하게 된다. 특히 관측정이 없을 경우는 양수정의 수위강하 자료를 이용하기도 한다.

○ 저류계수(S)

저류계수란 단위수두차를 가지는 대수층에서 단위체적을 통하여 대수층 내 유입 또는 유출되는 지하수량과 단위체적과의 비율로서 자유면대수층의 경우는 유효공극율과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 피압대수층의 저류계수는 자유면대수층의 그것보다 현저히 작지만(약  $10^{-4}$  내외) 커다란 압력을 받고 있기 때문에 많은 양을 채수할 수 있다.

저류계수의 산출은 양수정으로부터 일정거리 만큼 떨어진 관측정의 수위강하 자료로 얻어지는 것으로 다음의 관계식으로 표시된다.

$$S = \frac{4Tt_0}{r^2} \quad ; \text{ Theis 이론식}$$

$$S = \frac{2.25Tt^2}{r^2} \quad ; \text{ Jacob 근사식}$$

T : 투수량계수                      t : 양수시간  
 r : 양수정과 관측정사이의 거리    u : 정호계수  
 t<sub>0</sub> : 수위강하가 0인 지점을 만나는 시간

○ 적정양수량

우물의 적정양수량은 학술적용어가 아닌 기술용어로서 양수시 대수층의 성질 또는 양수기에 무리를 주지 않는 범위의 양수량이라고 정의 할수 있다. 적정양수량은 영향권내에 있는 다른 우물에서 양수가 없고 대수층은 수평으로 무한히 펼쳐 있다는 가정하에서 산출되며 이것은 1일 가채수량의 개념과 같다.



암반대수층의 경우는 양수량을 변화 시키면서 단계양수시험을 시행하여 각 단계의 수위강하량을 측정후 양수량별 수위강하량을 양대수방안지에 작도하면, 초기에는 직선형으로 되나 양수량이 증가하면서 변곡점이 나타나는데, 이 시점부터는 양수량 증가와 수위강하량 사이의 균형이 깨져 수위강하가 급격히 증가하는 시점이므로 이를 한계양수량(Critical discharge)으로 정의한다(Kunjiro, 응용지하수학). 일반적으로 적정양수량은 한계양수량을 초과하지 않는 범위에서 정한다.

#### 나. 양수시험 결과

본 조사지역에서는 양수시험 결과를 AQTESOLV 전산 프로그램을 이용하여 분석한 자료(부록참조) 를 이용하여 수리적 특성을 파악하였다.

AQTESOLV에 의한 대수성상수 분석시 대수성 시험자료가 양수정에서 측정 한 자료에 국한되어 저류계수의 계산은 신뢰성이 없어 실시하지 않고(한정상, 1986), 투수량계수에 대한 계산만을 시행한 결과를 나타내었다.

조사지역의 대수층은 지하수면의 압력이 대기압과 차단된 피압대수층이고 지하수 부존형태는 암석내 발달한 1차 공극과 파쇄대, 절리 등의 2차 공극들의 조합에 의해 지하수 유로가 형성되어 있다.

<표 4-6>기설관정의 양수시험 결과

위 치	공 변	양수량 (m <sup>3</sup> /day)	투수량계수 (m <sup>2</sup> /day)	저류계수	자연수위 (m)	안정수위 (m)
경주시 현곡면 가정리	D46	212	1.331	0.0146	15.0	89
경주시 현곡면 오류리	D335	400	4.358	0.063	4.5	44
경주시 내남면 망성리	D348	180	1.122	0.0207	2.5	74
경주시 현곡면 하구리	D334	336	4.438	0.072	3.5	35
경주시 서면 사라리	D337	400	62.2	0.0056	2.4	7.8
경주시 내남면 화곡리	D373	336	5.45	0.063	4.8	30
경주시 내남면 상신리	D350	250	2.26	0.1	1.8	45
경주시 내남면 덕천리	D298	532	3.54	0.076	8.2	70
경주시 내남면 비지리	D43	497	4.84	0.1	4.6	46
경주시 건천읍 용명리	D323	156	3.99	0.0056	3.2	32
경주시 현곡면 무과리	D215	300	1.79	0.079	3.0	71
경주시 건천읍 방내리	D302	400	2.98	0.017	15.0	72
경주시 현곡면 남사리	D293	300	4.76	0.021	8.0	35
경주시 내남면 박달리	D52	497	3.168	0.061	5.4	74
경주시 현곡면 무과리	D216	300	1.722	0.09	3.0	71
평 균		339	7.19			

#### 4-4. 물리탐사

물리탐사에는 전기탐사, 자력탐사, 방사능탐사, 탄성파탐사, 중력탐사, 전자기탐사, 물리검층, 원격탐사 등 여러 가지가 있으나 본 조사에서는 전기비저항을 이용하여 지하 하부의 지질구조대와 파쇄대를 찾아서 지하수의 부존성을 탐사하는데 널리 사용되고있는 전기탐사의 일종인 전기비저항탐사중 쌍극자탐사를 단층대를 중심으로 17곳에 대하여 실시하였으며, 원격탐사는 광역적인 지질구조선을 찾는 데 사용하였다.

##### 4-4-1. 원격탐사

원격탐사는 항공기나 인공위성에 탑재된 센서를 통해서 지표면의 대상물이나 현장에 관한 전자파 정보를 수집해 이를 분류, 판단 및 분석하는 기술로 광역지질구조의 해석 및 열수 변질대의 추출등에 응용되고 있다. 처음에는 항공사진을 많이 이용하였으나 1970년이후는 인공위성을 이용한 위성영상 자료를 활용하게 되었다.

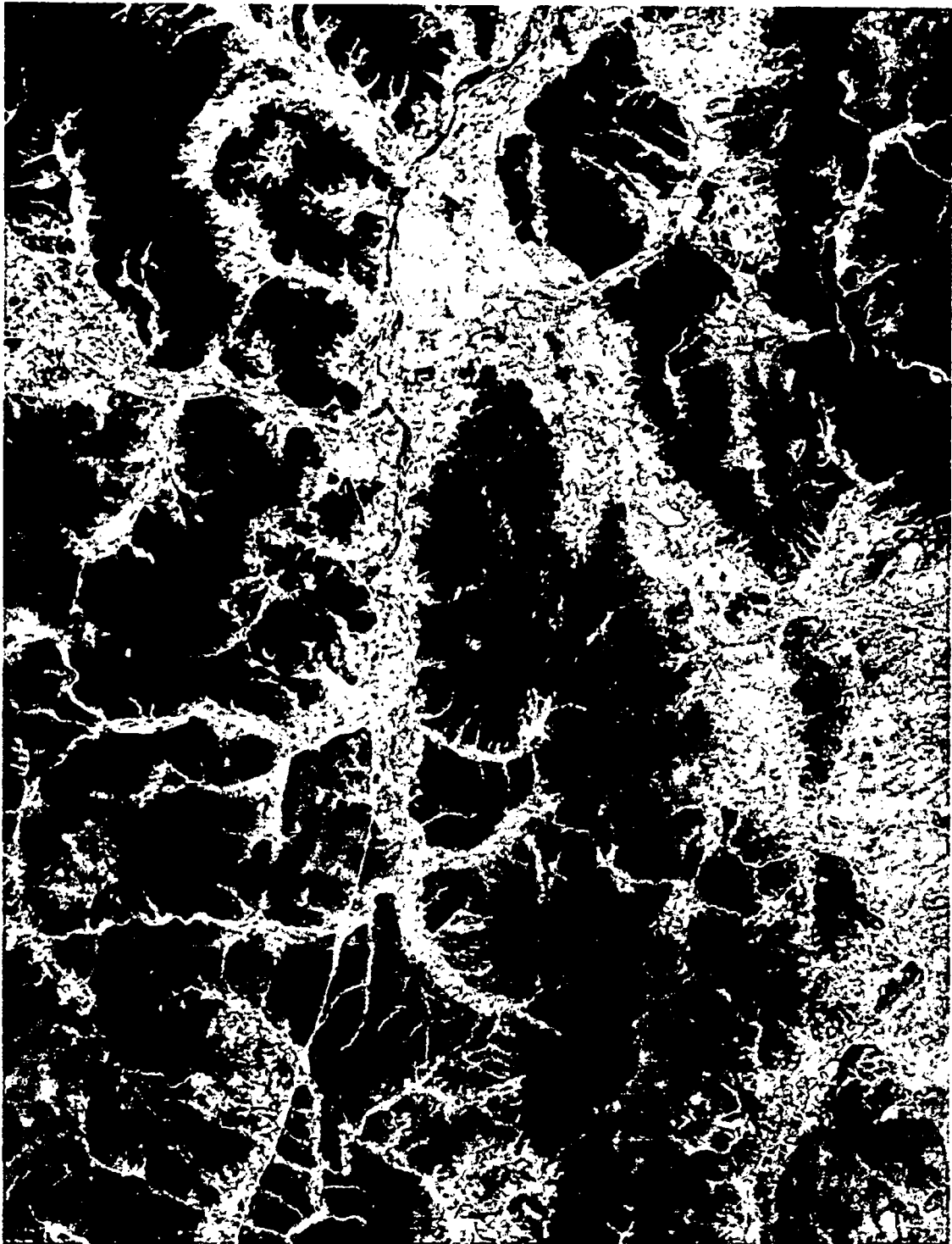
암석은 침식, 풍화에 의하여 그 자체적인 특징을 갖기 때문에 서로 다른 암석이 접하는 경계부나 지질구조적인 현상이 있는 부분에서는 지형적 변화 형상이 나타난다. 이러한 현상은 인공위성에 의하여 만들어진 위성영상 자료를 가지고 전파영역별 구분으로 나누어 분석하면 선구조로 나타나게 된다.

선구조는 지하지질구조를 반영하는 광역적규모의 선형구조로서 직선적이거나 약간 만곡된 선으로 나타나는 것을 의미하며 선구조는 지표암석권의 단열과 대부분 일치하여 암석분포조사, 지체구조, 지질구조조사, 지하수자원탐사, 광물자원탐사의 기초자료로 활용되고 있다.

여 백



<그림 4-7> 경주시일원 인공위성사진



<그림 4-7> 경주시일원 인공위성사진

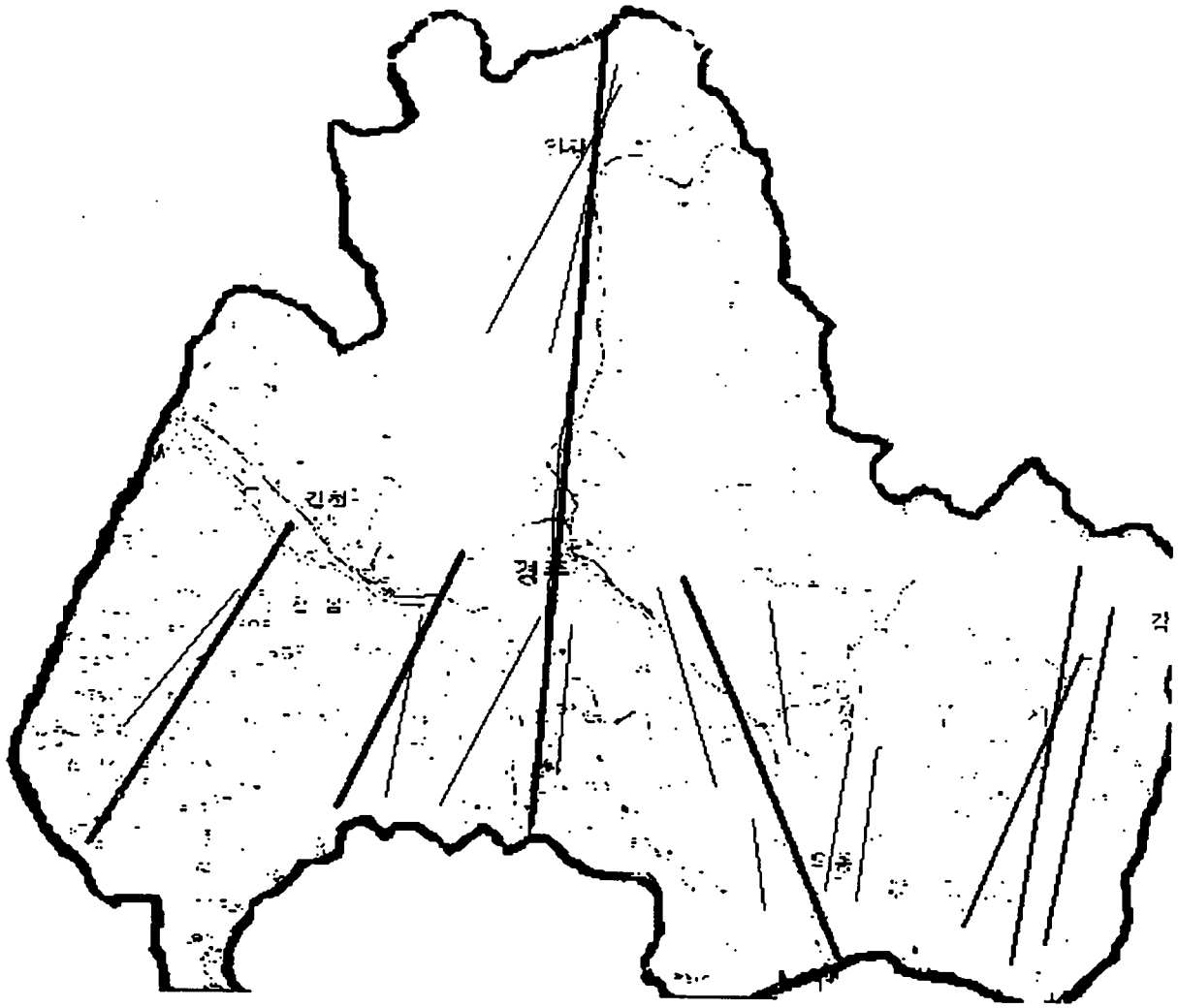
# 여 백

○ 탐사결과

경주시를 중심으로 인공위성사진을 분석하여 선구조를 추출한결과 N10E방향의 연장성이 좋은 선구조들이 형산강을 따라 분포하고 있으며, 양남면과 양북면에서도 N10 - 30E방향의 선구조들이 발달되어 있다. 이는 양산단층을 비롯한 모량단층, 울산단층, 언양단층 등의 주향이동성단층의 연장선과 관계가 있을 것으로 추측된다.

이 단층선의 중심부에는 관정이 분포되어 있지 않으나, 단층선주위 500 ~ 2000m사이에는 관정의 분포밀도가 다른 지역보다 비교적 조밀하게 분포하고 있는 것으로 보아 주단층대에 수반되는 수반단층대는 지하수부존에 좋은 지질구조대를 이루고 있을 것으로 판단된다.





<그림 4-8> 경주시 지역 선구조선 추출도

## 나. 전기비저항탐사

전기비저항탐사는 전기탐사의 일종으로 자연전위탐사와는 달리 전위전극과 더불어 전류전극을 사용한다. 전류전극에서는 인공적으로 전류가 대지에 공급되어 전위분포를 일으키게 되며, 이때 대지에 공급된 전류의 크기와 이에 의해 발생된 전위의 크기를 측정함으로써 전기비저항치의 변화 양상을 탐지하고, 이를 해석하여 지하 하부의 지질구조(파쇄대, 단층, 층서구조), 지하수, 지열지대의 부존여부 및 부존양상을 탐사하는 것이 전기비저항법이다. 전기비저항탐사의 단점은 동토와 같이 표토층이 전기적 절연 지역이거나 표토지역이 너무 전기적 양도체일 경우 지하심부로 전류의 공급이 이루어지지 않아 전기비저항법을 사용할 수 없다. 전기비저항법은 사용하는 전류전극과 전위전극의 배열방법, 전극간의 간격등으로 웨너, 슬럼버저, 쌍극자, 3점배열 등으로 분류된다.

본 지역에서는 전기비저항탐사로 쌍극자탐사 17축선을 실시하였고, 조사장비로는 당 공사의 ABEM SAS 300B 1대와 Booster SAS 2000 1대, 586노트북1대, Printer1대, Multicore cable and connector platel세트, Reel box and Stainless electrodes 1세트, Battery Charger 1세트 등을 사용하였다.

### ○ 전기비저항탐사 원리

도선의 전기저항  $R$ 은 그 길이  $L$ 에 비례하고, 단면적  $A$ 에 반비례함은 이미 잘 알려진 사실이다. 즉

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

여기서  $\rho$ 는 비례상수로서 물체의 크기, 모양에 관계없는 물체의 전기적 특성을 나타내는 것으로 이를 전기비저항(Electrical specific resistance)이라고 한다. 또한 옴의 법칙에 의하면  $R = \Delta V / I$  이므로

$$\rho = \frac{A}{L} \cdot R = \frac{A}{L} \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

이다. 그러므로  $\rho$ 의 단위는 ohm-m가 된다. 즉 전기비저항이란 단위체적의 저항이라고 정의할 수 있다.

대지중의 일점 C에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류 I(amp)를 보낼 때 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는

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

이다.

여기서  $r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$  이다. 그러나 실제로는 지표면의 점전극을 위치시키고 전류 I를 보낼 때 지표면 상부의 공기는 전기전도도를 영으로 가정할 수 있으므로 전류는 지중에서 반구상 방사상으로 흐른다. 그러므로 P점에서의 전위 V는

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2\pi r}$$

으로 처리하며. 이때  $Z = 0$  아므로  $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$  이 된다.

지표면에 매설한 한 쌍의 정, 부 전류전극  $C_1(+I)$ 과  $C_2(-I)$ 를 가정하고, 임의의 점  $P_1, P_2$ 에서의 각각의 전위를 생각하여 보자. 이때 P점의 전위는  $C_1$  과  $C_2$ 에 의한 전위의 차로 나타날 것이다. 즉

$$V_{P_1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_2} \right\}$$

$$V_{P_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2} \right\}$$

그러므로  $C_1$  과  $C_2$ 에 의해서  $P_1$  과  $P_2$ 점의 전위차 V는

$$V = V_{P_1} - V_{P_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right\}$$

이것을 비저항의 식  $\rho$ 로 풀어쓰면

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

상기 식에서

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

를 기하학적 계수(Geometric factor)라고 하며 각종 전극배열 방식에 따라 계산하면 구할 수 있다.

쌍극자 배열은 전류전극 간격이 모두  $a$ 이므로

$$C_1P_1 = C_2P_2 = (n+1)a$$

$$C_2P_1 = na$$

$$C_1P_2 = (n+2)a$$

이다.

기하학적 계수

$$\begin{aligned} K &= \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{na} - \frac{1}{(n+2)a} + \frac{1}{(n+1)a} \right)} \\ &= n(n+1)(n+2) \cdot \pi \cdot a \end{aligned}$$

가 되어 쌍극자 배열에 의한 겉보기 비저항(apparent resistivity)은

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

가 된다.

○. 전기비저항탐사결과분석

조사지역의 개략적인 지하지질 상태를 파악하기 위하여 지표지질조사시 관찰된 암맥이나 단층이 발달되어 있는 지질구조선을 횡단하는 방향으로 축선을 깔아서 탐사하였으며, 축선의 길이는 600m, 축점간격은 30m, 쌍극자전개수는 12로 시행하였다.

측정된 현장자료는 겉보기 비저항 가단면도와 수치역산에 의한 2차원 비저항단면도 및 이에 근거한 겉보기 비저항 가단면도를 작성하였다.

- 건천읍 송선리 지역

건천읍 송선리 지역은 계곡을 따라 축선을 깔아 실시하였다. 탐사결과 축선1번 지역은 축점 8번부터 15번 지역의 심도 90m 까지는 낮은 비저항치를 보여주고 있고, 축선2번 지역은 축점 7번지역에서 15번지역까지 높은 비저항치 분포를 보여주고 있다. 이는 이 지역이 단층에 의해서 심하게 교란되어 있는 현상과 거의 일치하고 있는것을 보여주고 있다.

- 건천읍 화천리 지역

건천읍 화천리 지역은 계곡분지를 동서로 가로지르는 방향으로 축선을 배열하여 실시하였다. 축선1번 지역의 탐사결과 축점 10번지역에서 15번사이에 심도에 관계없이 낮은 비저항치를 보여주는 해석치를 보여주고 있는데, 이 지역은 모량단층이 지나가는 지역으로 폭 150m 내외에 걸쳐서 단층대가 형성되어 있음을 보여주고 있고, 축선2번 지역은 이 단층대의 폭이 좁아짐을 알수 있는데 이 단층대와 주변 기반암의 접촉부인 10번 축점지역은 지하대수층을 형성시키는데 유용한 지질조건을 형성하고 있다.

- 현곡면 가정리 지역

현곡면 가정리 지역은 동서로 가로지르는 방향으로 축선을 배열하여 실시하였

으며 해석결과 뚜렷한 지질구조나 암상의 변화를 예측할 수는 없으나 측정 4번과 8번사이에 비교적 낮은 비저항분포를 보이고 있다.

- 건천읍 모량리 지역

건천읍 모량리 위쪽의 들판에 동서로 2개의 측선을 배열하여 탐사를 실시하였으며 탐사결과 심도 30m 이후에 높은 비저항치의 분포대를 보여주고 있는데 이는 중생대화산암류인 채약산빈암류가 광범위하게 기반암으로 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

- 내남면 화곡리 지역

내남면 화곡리 화곡지 하류의 논에 동서로 2개의 측선을 배열하여 탐사를 실시하였으며 탐사결과 1번측선의 6번지역에서 단층으로 판단되는 지질구조대가 지나감을 알 수 있으며 2번측선도 비슷한 전기비저항 분포치를 보이는 것으로 보아 이 지역의 모량단층대 폭은 30m 내외로 발달하고 있음을 인지할 수 있으며, 측점에 따라 전기비저항치의 분포가 약간씩 변화함을 알 수 있는데 이로 보아 모량단층 주위에 수 많은 수반단층이 형성되어 있음을 알 수 있으며 이 수반단층들은 지하수대수층 형성에 좋은 지질구조대를 이루고 있는 것으로 추측된다.

- 내남면 박달리 지역

내남면 박달리의 박달국민학교 옆 농지에 동서로 측선을 배열하여 탐사를 하였는데 탐사결과 1번측선은 주사산 안산암류가 기반암을 이루고 있는 양상을 보이고 있으며, 2번측선 지역은 측정 4번에서 10번사이 지역의 심도 60m 내외에서 낮은 비저항분포치를 보여주고 있는데 이는 모량단층에 의한 지층의 교란으로 인한 전기비저항분포 양상으로 판단된다.

- 서면 서오리 지역

서면 서오리 일대에 남북으로 측선을 배열하여 탐사를 실시하였으며 탐사결과 중생대 경상계 퇴적암인 건천리층이 기반암으로 분포하여 균일한 전기 비저항분포치를 보여주고 있다.

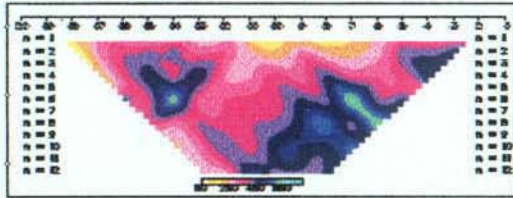
- 현곡면 하구리 지역

현곡면 하구리 지역 상부 들판에 동서로 측선을 배열하여 탐사를 실시하였으며 탐사결과 측선 1번지역의 측점 8번지역에서 전기비저항분포의 이상대 구간을 보여주고 있는데 이는 퇴적암과 화강암의 경계부로 인지된다.

- 현곡면 무과리지구

현곡면 무과리 위쪽의 들판에 동서로 2개의 측선을 배열하여 탐사를 실시하였으며 전반적으로 낮은 비저항분포대를 보여주고 있는데, 이는 경상계 퇴적암인 대구층이 기반암으로 분포하고 있는 지역으로 판단된다.

Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

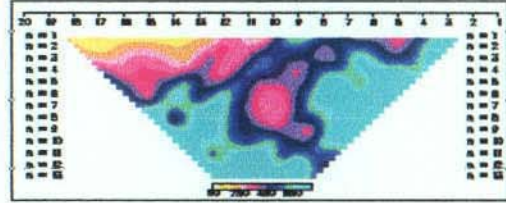


2-D Resistivity Structure



Line No. = line-3 Area = mugoa1  
Dipole Spacing = 30 meter

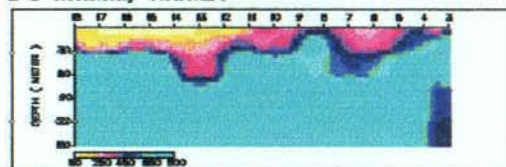
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

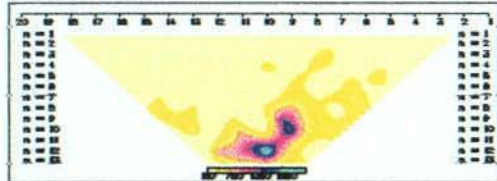


2-D Resistivity Structure



Line No. = line-1 Area = mugoa2  
Dipole Spacing = 30 meter

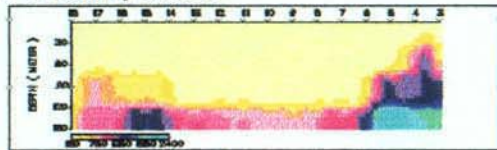
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

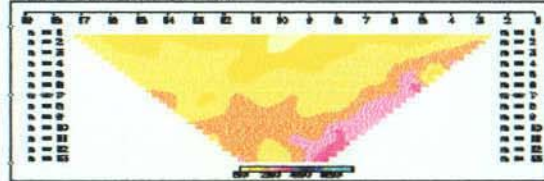


2-D Resistivity Structure



Line No. = line-1 Area = molang2  
Dipole Spacing = 30 meter

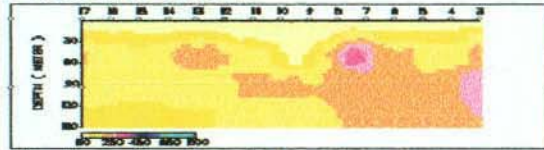
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

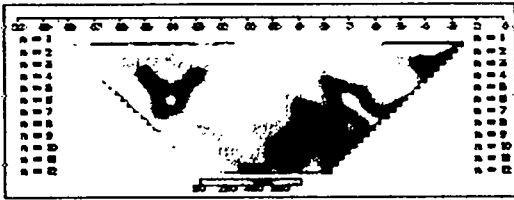


Line No. = line-1 Area = molang1  
Dipole Spacing = 30 meter

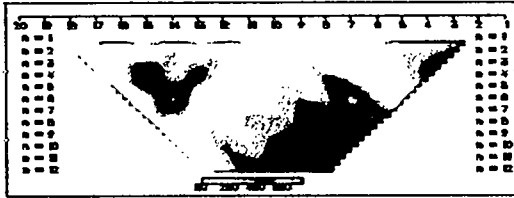
<그림 4-9> 무과리, 모량리지역 쌍극자탐사 해석도



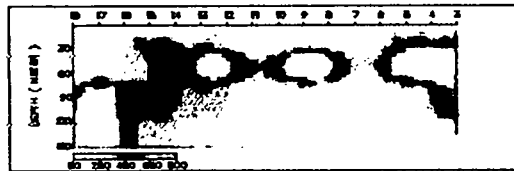
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

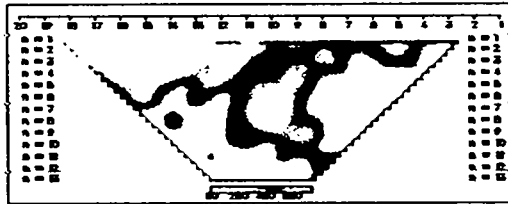


2-D Resistivity Structure



Line No. = line-3 Area = mugoa1  
Dipole Spacing = 30 meter

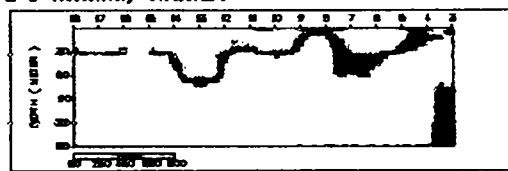
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

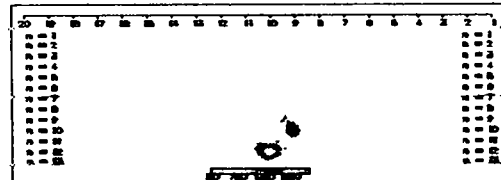


2-D Resistivity Structure

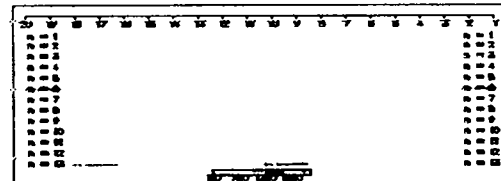


Line No. = line-1 Area = mugoa2  
Dipole Spacing = 30 meter

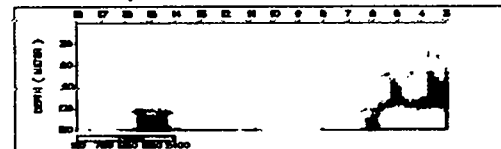
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

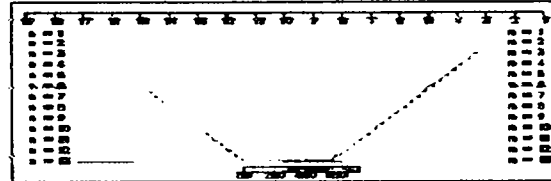


Line No. = line-1 Area = molang2  
Dipole Spacing = 30 meter

Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

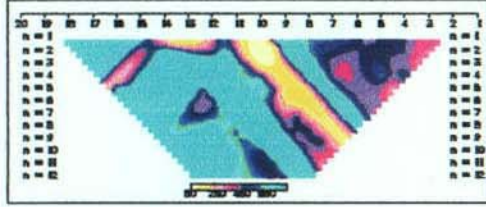


Line No. = line-1 Area = molang1  
Dipole Spacing = 30 meter

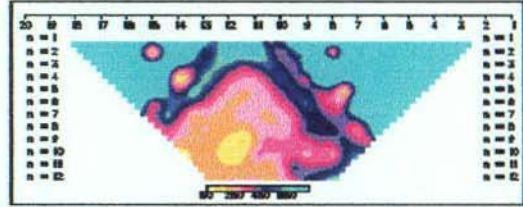
<그림 4-9> 무과리, 모랑리지역 쌍극자탐사 해석도

# 여 백

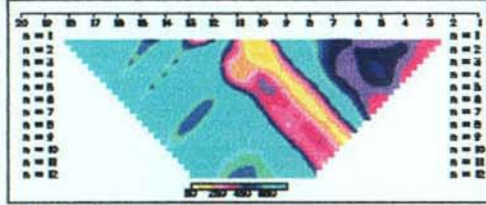
Field Data Pseudosection



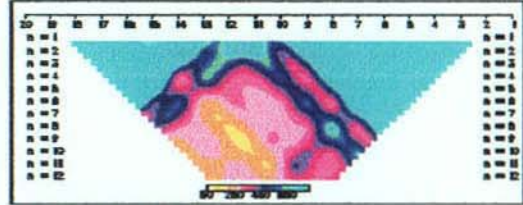
Field Data Pseudosection



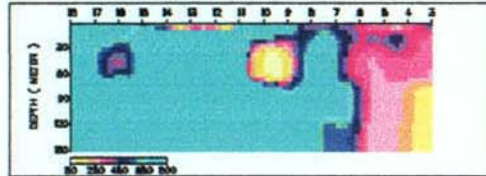
Theoretical Data Pseudosection



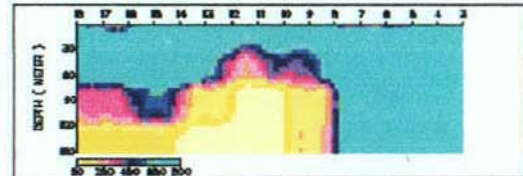
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



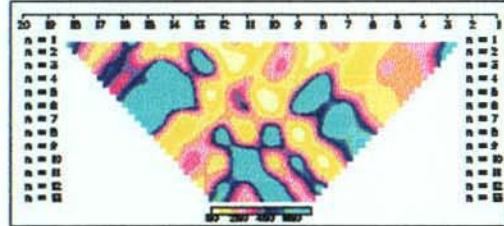
2-D Resistivity Structure



Line No. = line-2 Area = hagu2  
Dipole Spacing = 30 meter

Line No. = line-1 Area = hagu1  
Dipole Spacing = 30 meter

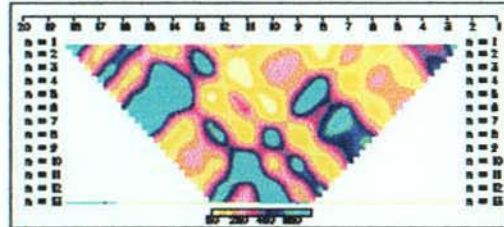
Field Data Pseudosection



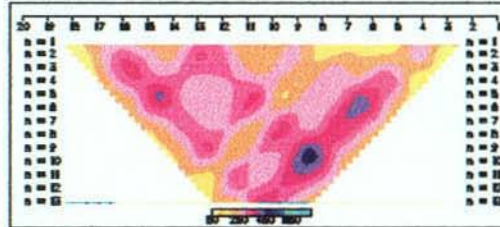
Field Data Pseudosection



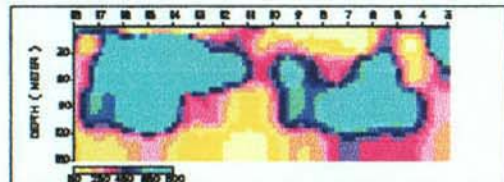
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure

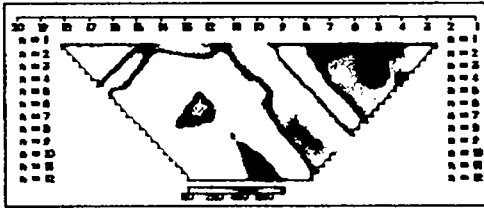


Line No. = line-1 Area = songsun1  
Dipole Spacing = 30 meter

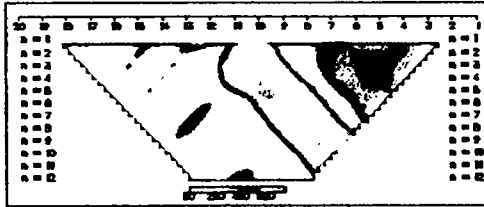
Line No. = line-1 Area = songsun2  
Dipole Spacing = 30 meter

<그림 4-10> 하구리, 송선리지역 쌍극자탐사 해석도

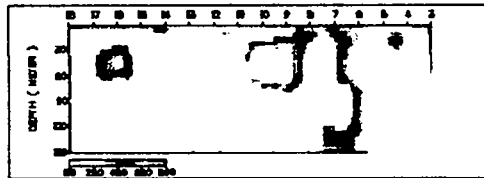
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

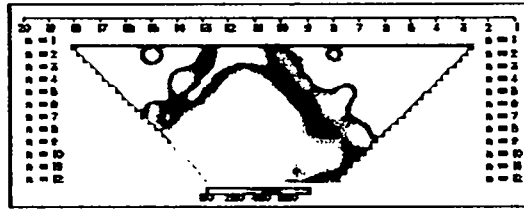


2-D Resistivity Structure

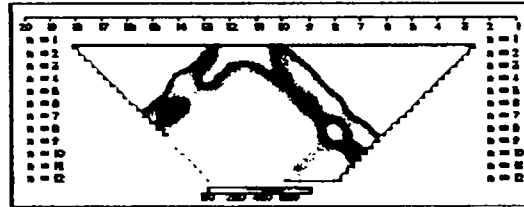


Line No. = line-2 Area = hagu2  
Dipole Spacing = 30 meter

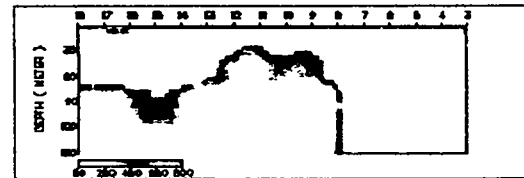
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

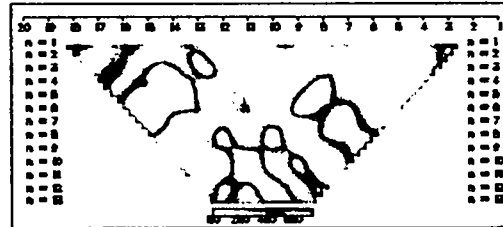


2-D Resistivity Structure

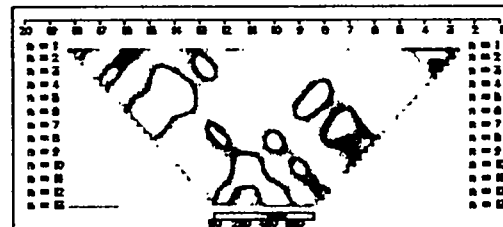


Line No. = line-1 Area = hagu1  
Dipole Spacing = 30 meter

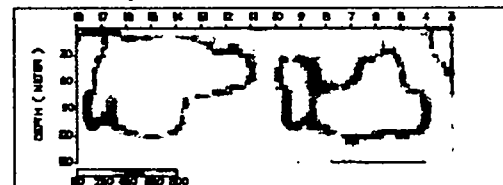
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure

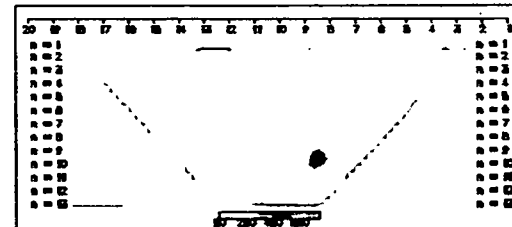


Line No. = line-1 Area = songsun1  
Dipole Spacing = 30 meter

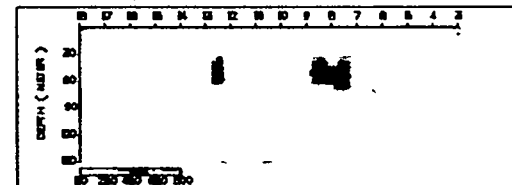
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



Line No. = line-1 Area = songsun2  
Dipole Spacing = 30 meter

<그림 4-10> 하구리, 송선리지역 쌍극자탐사 해석도

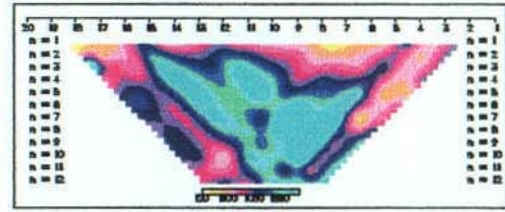
# 여 백



Field Data Pseudosection



Field Data Pseudosection



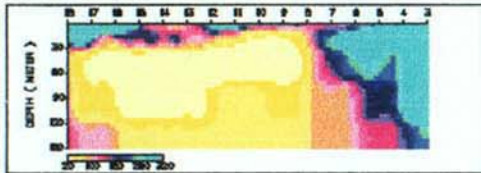
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



Line No. = line-1 Area = whagag2  
Dipole Spacing = 30 meter

Resistivity (ohm-meter) - 100 200 300 400

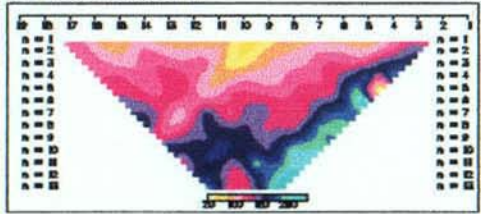
2-D Resistivity Structure



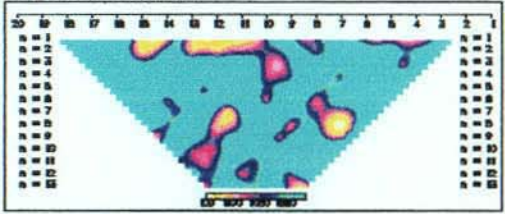
Line No. = line-3 Area = whagag1  
Dipole Spacing = 30 meter

Resistivity (ohm-meter) - 100 200 300 400

Field Data Pseudosection



Field Data Pseudosection



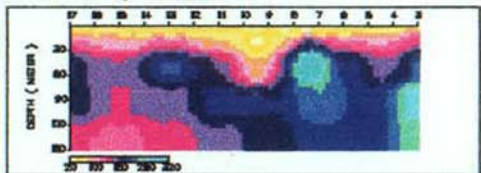
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection

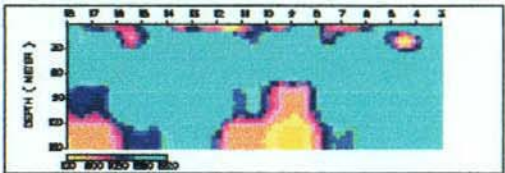


2-D Resistivity Structure



Line No. = line-1 Area = pakdal1  
Dipole Spacing = 30 meter

2-D Resistivity Structure

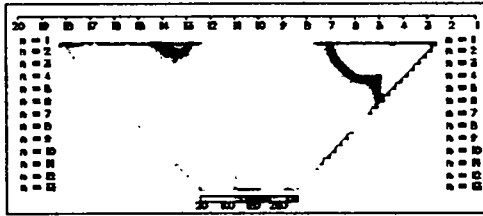


Line No. = line-2 Area = pakdal2  
Dipole Spacing = 30 meter

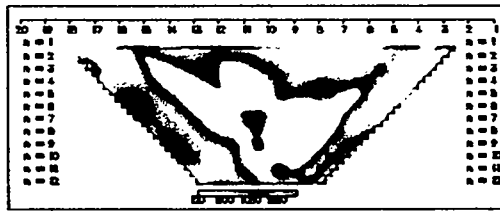
Resistivity (ohm-meter) - 100 200 300 400

<그림 4-11> 화곡리, 박달리지역 쌍극자탐사 해석도

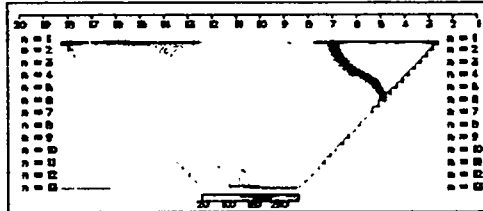
Field Data Pseudosection



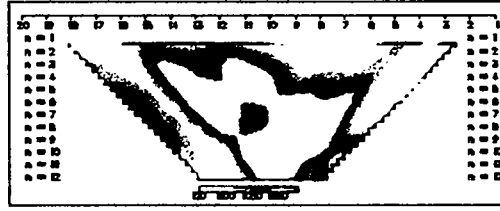
Field Data Pseudosection



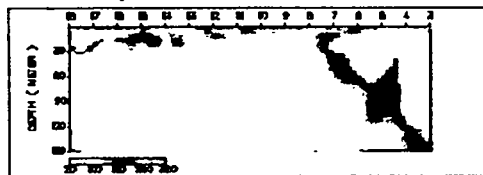
Theoretical Data Pseudosection



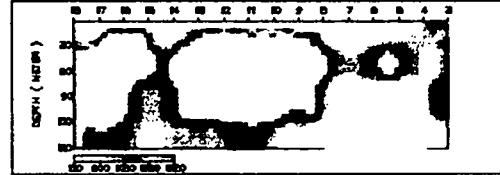
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure



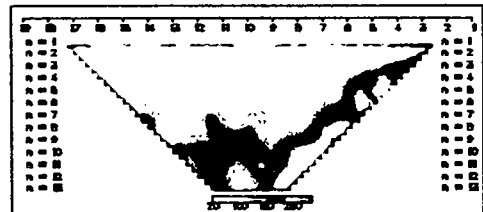
Line No. = line-1 Area = whagog2  
Dipole Spacing = 30 meter

Line No. = line-3 Area = whagog1  
Dipole Spacing = 30 meter

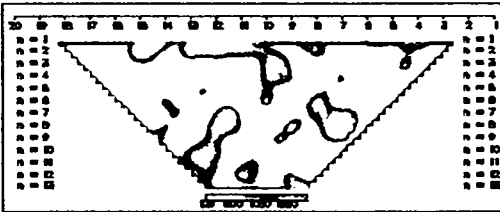
whagog2 - whagog2

whagog1 - whagog1

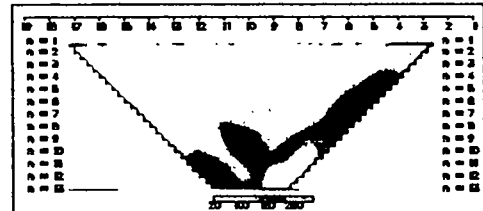
Field Data Pseudosection



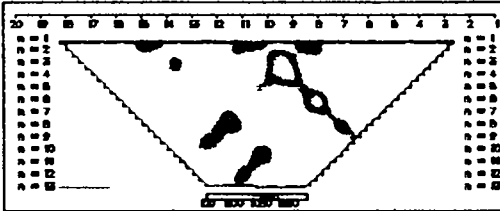
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure



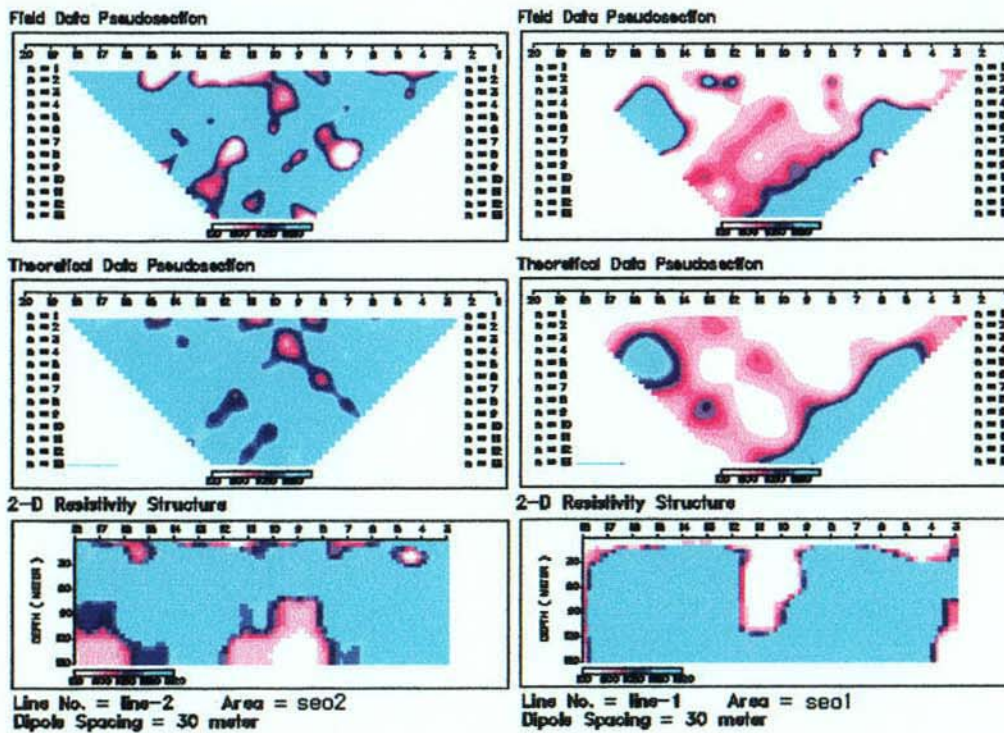
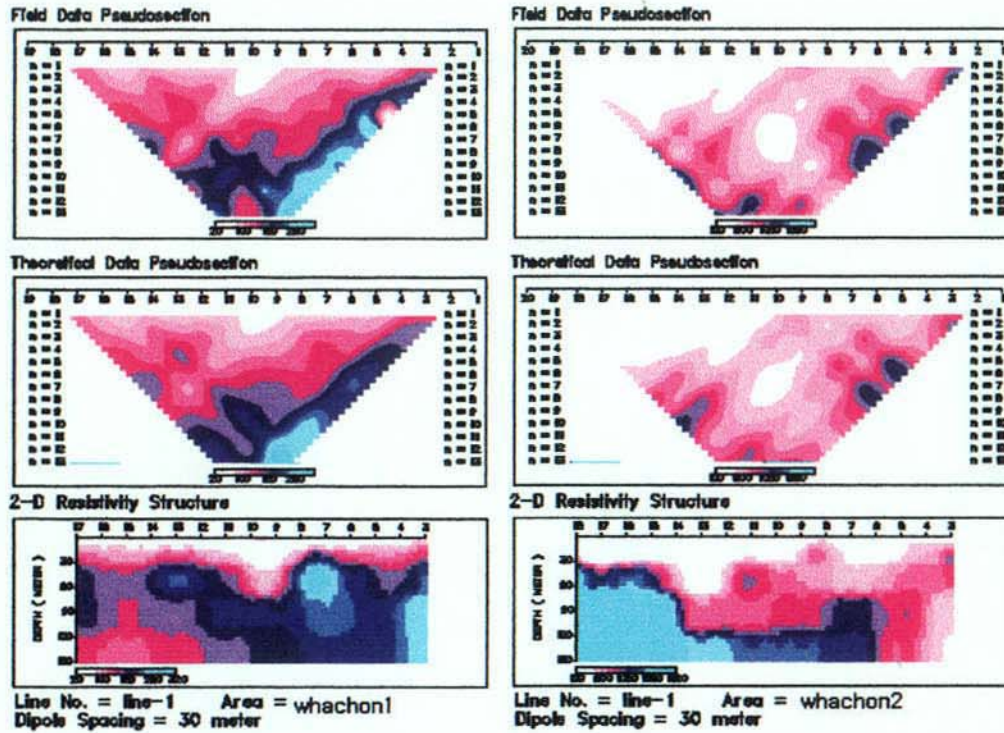
Line No. = line-1 Area = pakdal1  
Dipole Spacing = 30 meter

Line No. = line-2 Area = pakdal2  
Dipole Spacing = 30 meter

<그림 4-11> 화곡리,박달리지역 쌍극자탐사 해석도

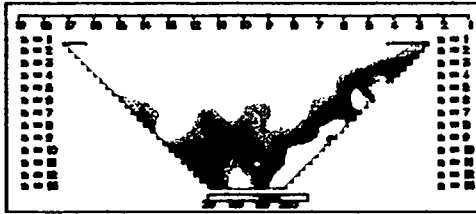
# 여 백



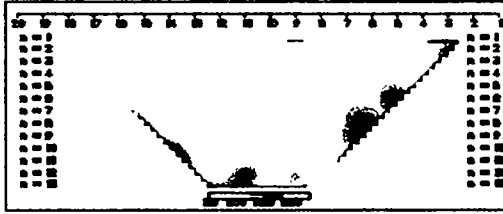


<그림 4-12> 화촌리, 서오리지역 쌍극자탐사 해석도

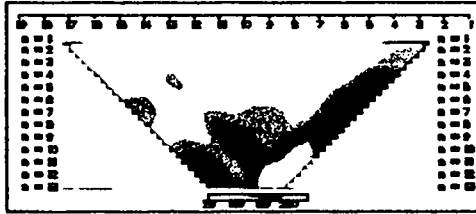
Field Data Pseudosection



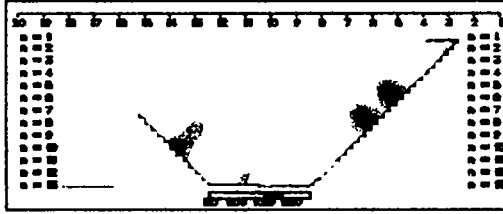
Field Data Pseudosection



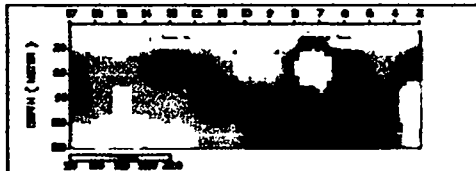
Theoretical Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



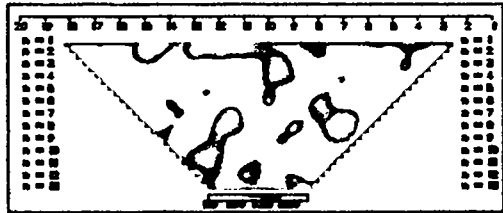
2-D Resistivity Structure



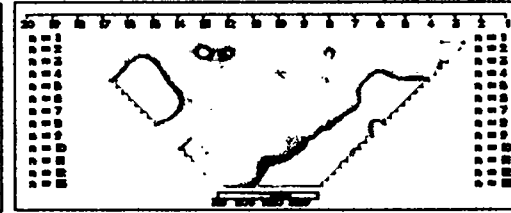
Line No. = line-1 Area = whachon1  
Dipole Spacing = 30 meter

Line No. = line-1 Area = whachon2  
Dipole Spacing = 30 meter

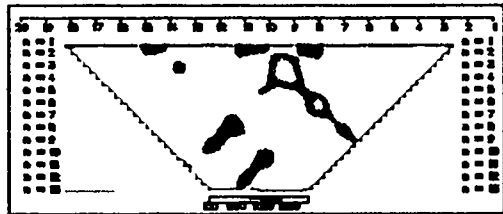
Field Data Pseudosection



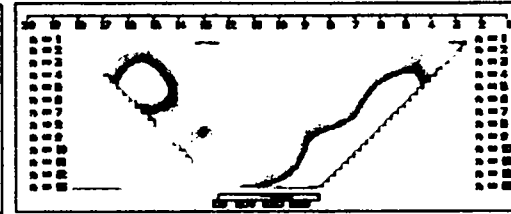
Field Data Pseudosection



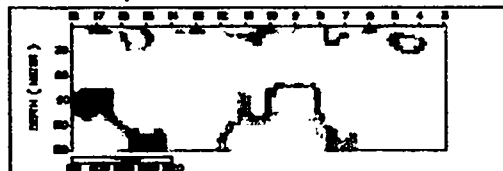
Theoretical Data Pseudosection



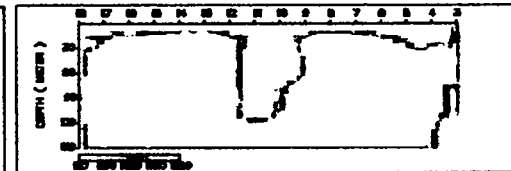
Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



2-D Resistivity Structure



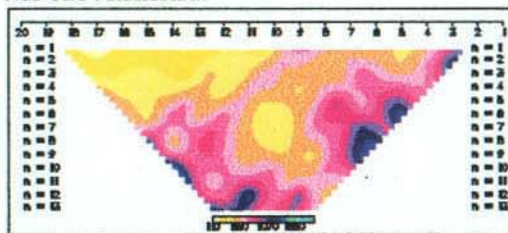
Line No. = line-2 Area = seo2  
Dipole Spacing = 30 meter

Line No. = line-1 Area = seo1  
Dipole Spacing = 30 meter

<그림 4-12> 화촌리, 서오리지역 쌍극자탐사 해석도

여 백

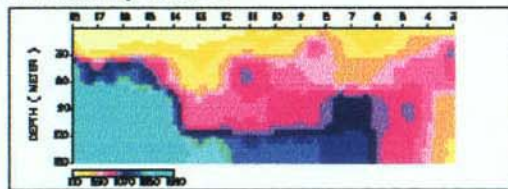
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



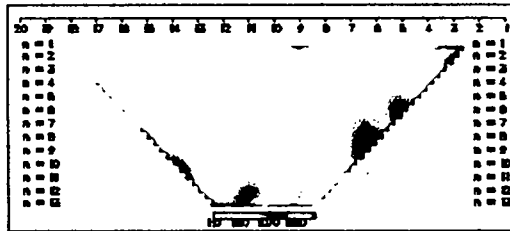
2-D Resistivity Structure



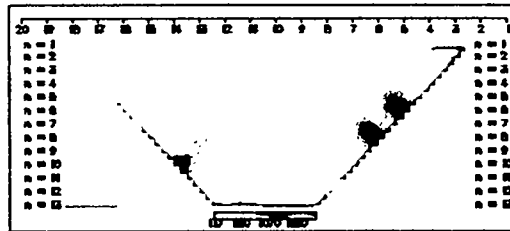
Line No. = line-1 Area = gajung  
Dipole Spacing = 30 meter

<그림 4-13> 가정리지역 쌍극자탐사 해석도

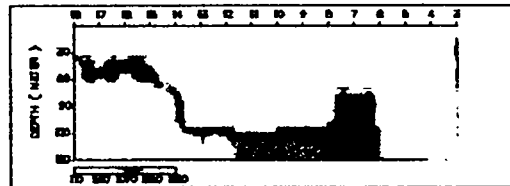
Field Data Pseudosection



Theoretical Data Pseudosection



2-D Resistivity Structure



Line No. = line-1 Area = gajung  
Dipole Spacing = 30 meter

<그림 4-13> 가정리지역 쌍극자탐사 해석도

여 백

## 5. 수질 및 잠재오염원 조사

### 5-1. 지하수 수질

지하수의 물리적 특성을 알아보기 위하여 현장에서 Checkmate90 과 휴대용수질측정기를 사용하여 EC, 온도, pH를 측정하였으며, 탄산( $\text{HCO}_3^-$ )은 0.02N 황산용액과 메틸오렌지용액을 사용한 적정법으로,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 의 양이온은 AAS 수질분석기를 사용하여 측정하였고,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 IC수질분석기를 사용하여 측정하였으며, 측정자료의 정확성을 기하기 위하여 양이온은 0.01N 질산 1ml를 첨가하여 분석의뢰하였으며, 음이온은 진공의 시험관10ml에 담아서 분석의뢰하였으며, 현장에서 물시료를 채취할 때는 물탱크에서 시료를 직접 채취하여 분석하였다.

#### 5-1-1. 지하수의 물리적 성질

##### 가. 전기전도도

전기전도도(Electrical conductivity, EC)는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도를 말하며, 단위는  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 사용한다. 화학적으로 순수한 물은 전기전도도가 매우 낮은 일종의 절연체이지만 소량의 고형물이 혼합되면 고형물질이 물속에서 서로다른 전하를 가지는 이온으로 분리되어 전기가 흐르게 되므로 EC는 물에 용존되어 있는 이온의 양을 간접적으로 나타내는 지표로 사용할 수 있다.

일반적으로 강우의 전기전도도는  $5 \sim 30 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 오염되지않은 지하수는  $30 \sim 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 의 분포를 나타낸다.

경주지역의 EC등치선도를 보면 양남과 양북 감포지역에서 평균  $679 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이상의 높은 전기전도도 값을 보여주고 있다. 이는 이 지역의 분포암질이 대부분 응회암을 비롯한 화산암질로써 대수층내에 다량의 고형물질이 혼합되어 있는 분포암질의 영향을 받아서 전기전도도 수치가 높으나 감포읍 오류4리, 양북면 나정리, 감포읍 천촌리 등은 기설관정에서 적정채수량을 초과한 과다양수로 인한 대수층 파괴로 해수가 침입하여 EC가 높은 지하수 재해지역이다.

<표 5-1> 경주시지역 EC측정결과

(단위:  $\mu$ S/cm)

암 석 별	측 점 지 점 수	EC 평균값	비 고
전 체	55	383	
화 강 암	12	288	
퇴 적 암	23	278	
안 산 암	10	213	
화 산 암	10	679	

나. pH

물속에 용해되어 있는 수소이온의 상대적인 농도를 pH라 하는데 지하수의 pH 값은 탄산이나 탄산가스의 양에 의해 값이 달라지며 또한 압력이나 온도가 변하면 pH값도 달라진다. 1995 ~ 1997년 사이에 개발관정의 pH값은 개발당시의 평균 7.677의 약알카리성이었으나 이번조사에서 측정한 먹는물 수질검사자료를 살펴 보면 평균 7.12로 pH값이 0.557 낮아졌다.

<표 5-2> 경주시지역 pH측정결과

암 석 별	측 점 지 점 수	pH 평균값	비 고
전 체	55	7.12	
화 강 암	12	7.06	
퇴 적 암	23	7.14	
안 산 암	10	7.12	
화 산 암	10	7.16	

다. 장기관측망에서의 수온, EC변화

경주시 산내면 의곡리 와 천북면 동산리에 설치된 암반층지하수 장기관측망에서의 pH, 수온, EC변화는 다음과 같다. 단위는 EC는  $\mu$ S/cm, 온도는  $^{\circ}$ C이다.



<표 5-3> 장기관측망에서의 EC와, 온도변화

구 분		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평 균
산 내 면	EC	141	141	144	143	140	142	140	140	141.57
	수온	14.1	14.1	14.1	14.1	14.2	14.2	14.2	14.2	14.15
천 북 면	EC	302	302	306	300	310	313	316	318	308.37
	수온	14.5	14.6	14.6	14.8	14.6	14.7	14.7	14.7	14.65

#### 5-1-2. 주요이온

지하수의 주요 이온은 지하수에 용해되어 있는 화학성분의 대부분을 차지하는  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 8가지 성분을 말한다. 이 이온들은 지하수용존성분의 85% 이상을 차지하고 있으며, 주로 대수층의 광물, 퇴적물 질 등에서 용해된 성분이기 때문에 주요이온을 분석하면 지하수가 생성된 대수층의 암석종류를 알 수 있다.

경주시 지하수에 용존된 주요이온의 조성상의 특징을 알기 위하여 55개 지점에서 물을 채취하여 경북대학교 기초과학연구소에 의뢰하여 주요성분의 농도를 측정하였다. 물시료 채취시 자료의 정확성을 기하기 위하여 채취장소는 압상파이프에서 직접 물이 토출되는 물탱크 안에서 시료를 채취하였으며, 실내분석시까지의 변질을 막기 위하여 양이온은 500ml플라스틱 병안에 질산0.01N 1ml를 첨가하여 보관하였으며, 음이온은 진공시험관에 공기를 주사기로 뺀후에 시료를 보관하였다. 시료분석은 음이온은 IC로, 양이온은 AAS분석기로 분석하였다. 현장에서 측정된 자료는 중탄산( $\text{HCO}_3^-$ )이온으로 시료 50ml에 메틸오렌지 0.1ml를 넣은후 황산 0.02N의 총량으로 물속에 녹아있는 탄산의 양을 적정법으로 환산하여 계산하였다.

주요이온과 함께 측정된  $\text{NO}_3^-$ 은 채취지점의 오염여부를 알수 있는 것으로 오

염되지 않은 지하수의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 농도는 보통 10mg/ℓ(epm단위:0.163)미만이기 때문에 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>농도가 10mg/ml를 초과하는 지점의 지하수는 지표의 오염물질에 의해 오염되었다고 볼 수 있다. 경주시에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이온의 함량이 높은 지역은 안강읍 사방리 일대와 천북면 일대에서 비교적 높은 수치를 나타내는데 이는 그 지역에서의 대규모축사에서 배출되어 나온 암모니아성 질소의 함량이 높은 까닭이다.

주요이온의 성분 구성상의 특징을 파악하기 위해 주요이온의 농도(mg/ℓ)를 epm(equivalents per million)농도로 환산하고 각 이온별 양이온 또는 음이온에 대한 epm구성비를 계산하여 Piper diagram을 작성하였다.

<표 5-4> 주요이온 농도 변화분석결과

(단위 : epm)

이온 \ 암석별	평 균	퇴적암	화강암	안산암	화산암
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.05	5.16	2.9	4.229	2.689
Cl <sup>-</sup>	0.703	0.8	0.69	0.423	0.686
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.12	0.157	0.086	0.09	0.1038
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.895	1.49	0.363	0.408	0.6537
K <sup>+</sup>	0.035	0.044	0.0221	0.0371	0.0268
Mg <sup>2+</sup>	0.348	0.403	0.348	0.1987	0.3704
Na <sup>+</sup>	0.712	0.758	0.61	0.5371	0.9399
Ca <sup>2+</sup>	4.666	6.44	3.081	4.356	2.802

Piper diagram 상의 지점을 암종별로 분류하면 안산암에서는 10개이온의 수질 측정결과 Ca<sup>2+</sup>가 70-80%, Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>가 20-30%, Mg<sup>2+</sup>가 20-30%인곳에 집중되어 있고, 음이온은 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 60-100%, Cl<sup>-</sup>이 0-40%, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>가 70-100%에 분포하는 것으로 보아 piper diagram 상에서 안산암지역 지하수의 화학적유형은 Ca<sup>2+</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>형과 Ca<sup>2+</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>형으로 분류된다. 화강암지역과 퇴적암지역도 안산암지역과 비슷한

지하수의 화학적유형 형태를 보이고 있으나 화산암지대에서는 양이온과 음이온이 전체적으로 20-80%에 산재분포하고 있다.

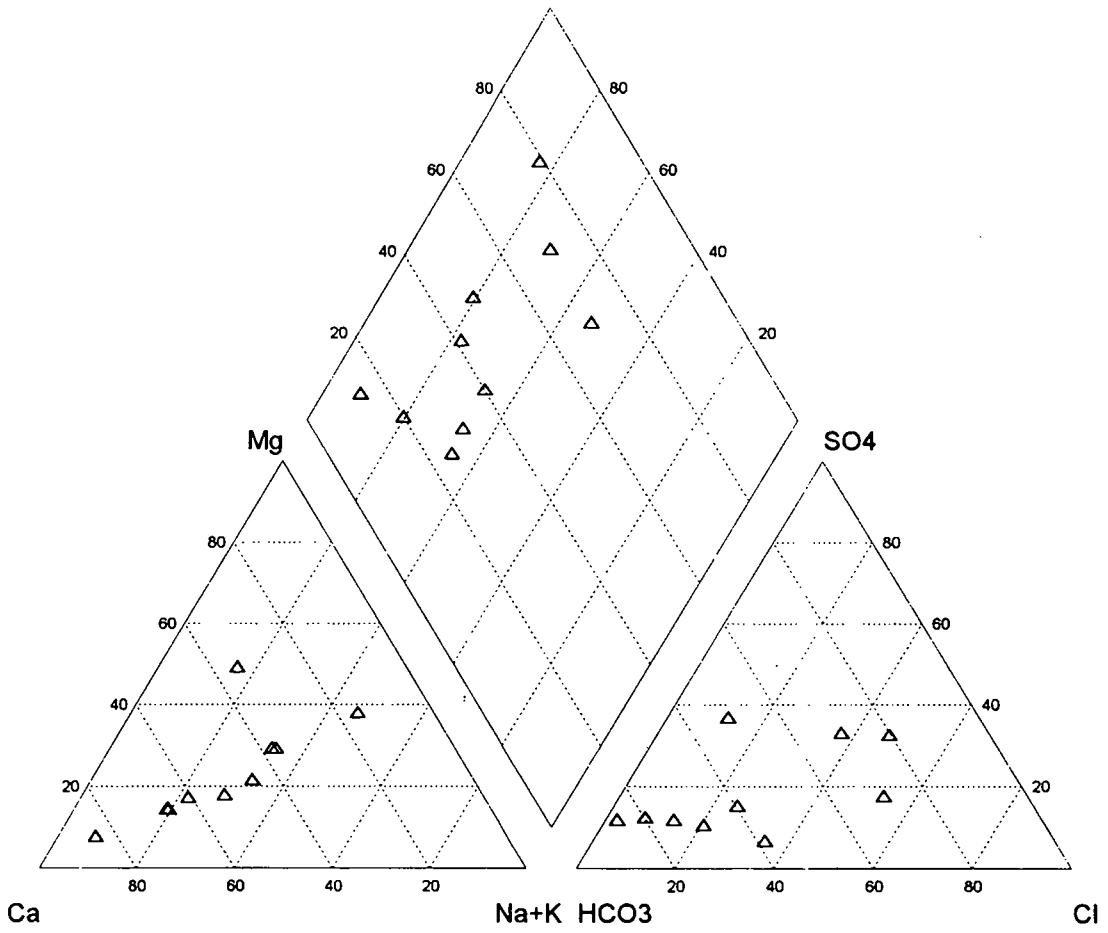
음이온은 양이온보다 비교적 산재되어 분포되어 있는데  $\text{Cl}^-$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 이온이 높은 분포치를 나타내는 곳은 지하수의 오염과 관련된 곳으로 판단된다. 퇴적암지역 중  $\text{Cl}^-$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 이온이 많이 분포하는 지역은 서면 아화2리, 사라리, 용명1리 현곡면 소현리, 천북면 갈곡리 등으로 이 지역에서  $\text{Cl}^-$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 이 많이 함유된 이유는 인구활동에 의한 생활하수등의 잠재오염원이 한 원인이 될 수 있으나, 건천읍용명1리 와 같이 주위에 별다른 오염인자가 존재하지 않은 곳에서도  $\text{Cl}^-$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 이온이 많이 함유되어 있는 것으로 보아, 퇴적암 자체에 포함되어 있는 음이온 성분이 농축되어 나타나는 것과 생활하수에 의해 오염되어지는 경우의 복합적인 요소에 의한 것으로 판단된다.

오염되지 않은 지하수 주요이온의 구성 특성을 자세히 알기위해 Stiff Diagram을 작성하였다. Stiff diagram은 6개의 축에 각 이온의 농도를 표시한 그림이기 때문에 물시료 채취지점의 주요 이온의 특성을 자세히 파악하기에 용이하다.

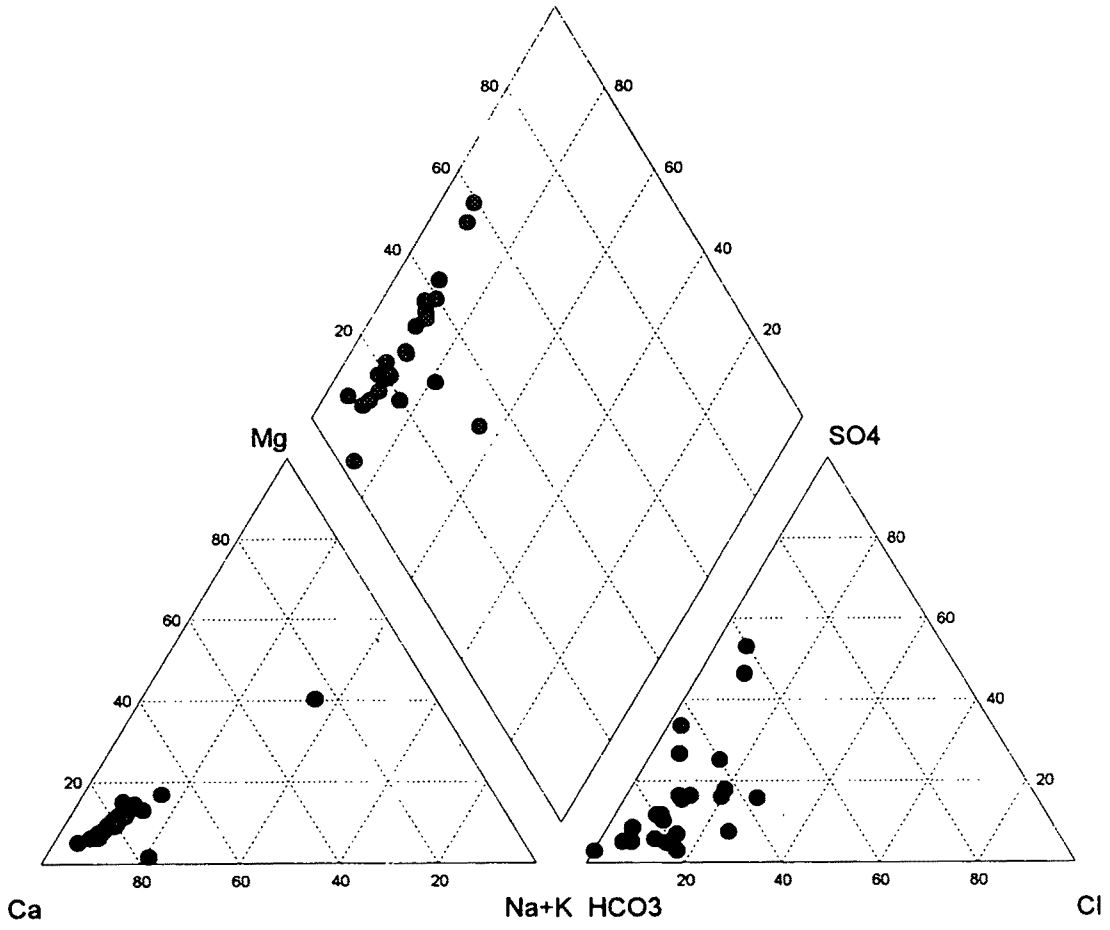
지하수 함양지역으로 침투한 물(강우)이 지하수 배출지역 쪽으로 이동되어 감에 따라 물은 점점 더 많은 대수층 내의 물질을 용해시키므로 함양지역으로 부터 이동거리가 증가할수록 지하수에 용존된 주요이온의 총량이 증가하게 된다. 따라서 지하수가 이동되어 감에 따라  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 구성비가 상대적으로 증가하는 경향을 보이고 있다.

<표 5-5> 경주시지역 주요이온 분석결과표

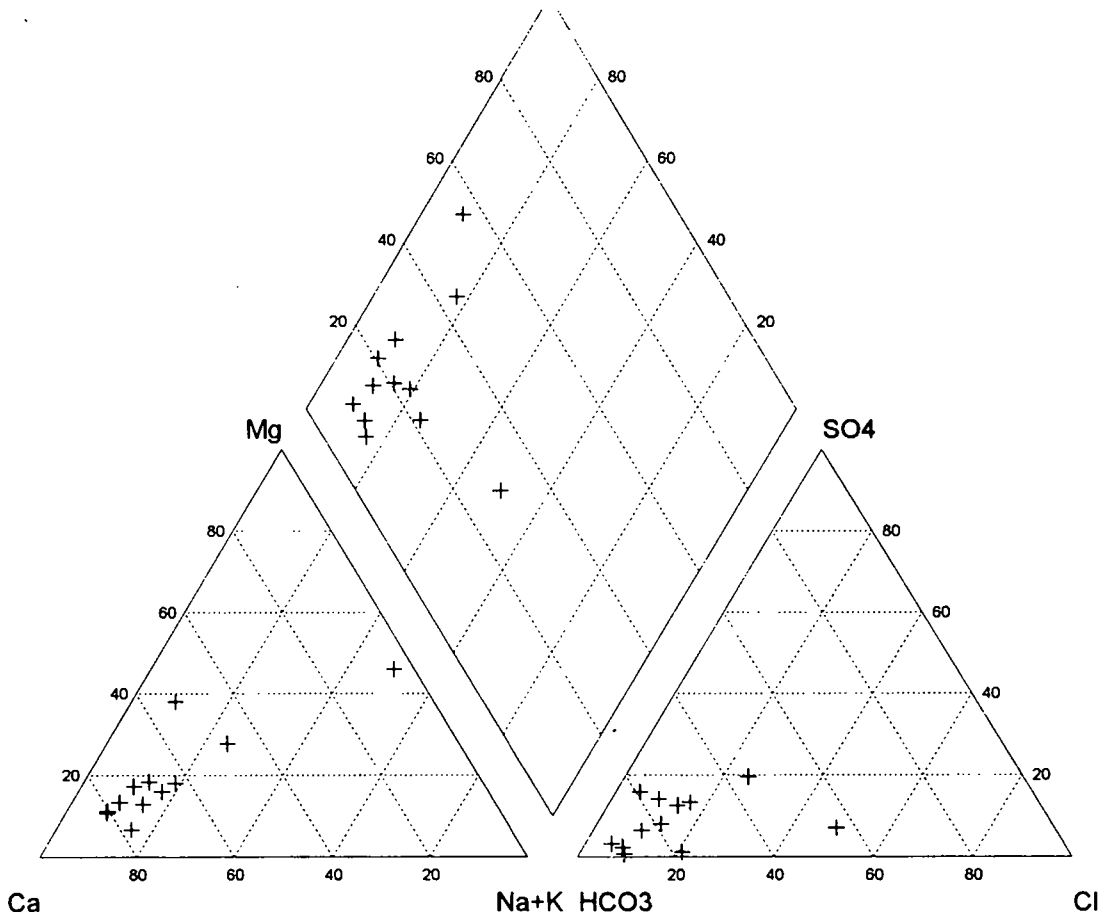
공번	위 치			EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	PH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{epm}$ )	Cl <sup>-</sup> ( $\text{epm}$ )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{epm}$ )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ( $\text{epm}$ )	K ( $\text{epm}$ )	Mg ( $\text{epm}$ )	Na ( $\text{epm}$ )	Ca ( $\text{epm}$ )	암석
	시군	읍면	동리											
D348	경주	내남	망성	230	7.02	3.28	0.31	0.012	0.080	0.0145	0.370	0.532	2.76	화강
D299	"	내남	망성1	217	6.68	2.95	0.36	0.105	0.226	0.0159	0.344	0.418	2.86	화강
D338	"	서면	서오	494	6.94	6.23	0.76	0.190	0.932	0.0164	0.525	0.935	6.63	퇴적
D306	"	서면	서오	448	7.05	6.89	0.28	0.015	0.432	0.0384	0.468	1.141	5.96	안산
D41	"	서면	아화2리	667	7.06	5.57	2.67	0.229	1.547	0.0379	0.545	0.926	8.51	퇴적
D207	"	서면	사간	817	7.08	6.23	1.34	0.006	6.554	0.0453	0.554	1.104	12.42	퇴적
D323	"	건천	용영1	748	7.01	6.89	2.15	0.105	1.979	0.0762	0.558	0.946	9.54	퇴적
D324	"	건천	송선	135	7.14	16.7	0.22	0.021	0.331	0.0645	0.136	0.285	16.80	안산
D344	"	산내	감산	190	6.89	2.95	0.21	0.038	0.090	0.0253	0.109	0.474	2.68	안산
D345	"	산내	외칠1	147	7.23	1.31	0.09	0	1.281	0.0338	0.139	0.309	2.20	안산
D346	"	산내	외칠2	187	7.36	1.97	0.36	0.279	0.220	0.0225	0.188	0.419	2.19	안산
D349	"	산내	내칠	213	7.06	2.95	0.39	0.136	0.084	0.0136	0.276	0.590	2.68	안산
D316	"	효현		267	7.33	2.30	0.75	0.029	0.901	0.0353	0.021	0.991	2.93	화강
D314	"	건천	화천1	246	7.25	3.93	0.30	0.064	0.228	0.0407	0.370	0.400	3.72	퇴적
D43	"	내남	비지	242	7.08	3.28	0.35	0.047	0.370	0.0711	0.307	0.492	3.17	안산
D52	"	내남	박달	149	7.10	0.98	0.45	0.250	0.349	0.0448	0.176	0.337	1.48	화강
D350	"	내남	상산1	135	6.99	1.31	0.33	0.256	0.238	0.0422	0.157	0.260	1.67	안산
D351	"	내남	덕천2	168	7.08	2.62	0.27	0.076	0.133	0.0248	0.185	0.412	2.48	안산
D319	"	경주대학교		227	7.19	3.61	0.22	0	0.128	0.0164	0.137	0.624	3.18	화강
D330	"	서라벌대학교		334	7.21	3.93	0.77	0.116	0.674	0.0197	0.393	0.563	4.52	화강
D36	"	현곡	금장2	332	7.15	7.54	1.45	0.301	0.685	0.0223	0.416	0.859	8.68	퇴적
D37	"	현곡	소현1	311	7.05	6.56	1.07	0.453	8.643	0.0450	0.542	1.145	15.00	퇴적
D333	"	현곡	내태1	228	6.79	3.61	0.54	0.442	0.819	0.0215	0.333	0.617	4.43	퇴적
D332	"	현곡	두과1	274	7.00	4.92	0.53	0.258	0.724	0.0340	0.463	0.703	5.23	퇴적
D334	"	현곡	하구1	205	7.16	3.61	0.67	0.051	0.842	0.0143	0.043	1.076	4.04	화강
D40	"	현곡	가정3	258	7.08	5.25	0.33	0.084	1.055	0.0246	0.381	0.587	5.72	퇴적
D293	"	현곡	남사1	350	7.10	5.90	0.25	0.013	3.121	0.0294	0.467	0.977	7.81	퇴적
D307	"	현곡	오류3	205	7.07	2.95	0.90	0.398	0.739	0.0701	0.362	0.536	4.02	퇴적
D368	"	안강	검단2	225	7.02	3.28	0.53	0.370	0.702	0.0668	0.385	0.543	3.89	퇴적
D367	"	안강	검단1	218	7.18	5.25	0.32	0	0.522	0.0481	0.380	0.580	5.08	퇴적
D366	"	강동	단구2	221	7.24	5.25	0.71	0.188	0.362	0.0194	0.379	0.702	5.40	퇴적
D300	"	강동	안계2리	269	7.24	3.61	0.90	0.272	1.519	0.0760	0.407	0.657	5.16	퇴적
D85	"	안강	강교	279	7.21	6.23	1.07	0.006	0.375	0.0138	0.255	0.647	6.76	퇴적
D236	"	건천	금장	200	7.34	5.25	0.35	0.201	0.157	0.021	0.420	0.870	4.64	퇴적
D360	"	전북	물천2리	706	7.33	3.28	0.70	0	0.122	0.068	0.380	0.643	3.01	퇴적
D361	"	전북	갈곡	382	7.24	5.90	0.51	0.002	2.336	0.057	0.420	0.870	7.40	퇴적
D50	"	전북	화산2	201	7.22	4.26	0.57	0.002	0.553	0.063	0.350	0.528	4.45	퇴적
D45	"	전북	화산1	428	7.28	11.5	0.63	0.049	0.655	0.062	0.342	0.578	11.83	퇴적
D364	"	전북	화산3	685	7.15	0.98	0.37	0.005	0.111	0.059	0.371	0.591	0.45	퇴적
D327	"		남산동	421	7.19	0.98	0.23	0.051	0.186	0.0188	0.432	0.921	0.08	화강
D359	"	외동	북도	77	7.13	1.64	0.17	0	0.013	0.018	0.428	0.186	1.19	화강
D200	"	외동	연안	817	7.02	0.98	0.26	0.010	0.014	0.011	0.204	0.357	0.70	화강
D145	"	외동	석계1	197	7.00	3.28	0.42	0	0.610	0.027	0.427	0.872	2.98	화강
D329	"	외동	왕곡	219	7.02	4.26	0.71	0.403	0.435	0.026	0.398	0.904	4.48	화강
D38	"	양북	장항	174	7.02	1.97	0.37	0.096	0.303	0.034	0.510	0.889	1.31	화산
D357	"	양북	안동1	819	7.00	0.98	0.42	0.142	0.246	0.023	0.212	0.640	0.91	화산
D358	"	양북	호암	348	7.04	0.33	0.76	0.138	0.891	0.0198	0.364	1.210	0.52	화산
D342	"	감포	오류4	308	7.05	3.61	4.05	0.004	0.585	0.0282	0.487	0.712	7.02	화강
D339	"	감포	나정1	224	7.02	0.98	1.81	0.441	0.581	0.0176	0.368	1.21	2.22	화산
D295	"	양북	봉천2	889	6.89	1.97	0.49	0	1.413	0.0243	0.297	0.78	2.77	화산
D46	"	양남	나산	898	7.08	1.64	0.49	0.063	0.242	0.0276	0.412	0.921	1.08	화산
D354	"	양남	환서1리	901	7.42	3.28	0.33	0.023	0.493	0.0301	0.312	0.843	2.94	화산
D353	"	양남	신서	781	7.52	13.1	0.40	0.012	1.761	0.0613	0.584	1.220	13.42	화산
D257	"	양북	용담	978	7.49	2.30	1.38	0.004	0.248	0.0278	0.364	0.926	2.61	화산
D356	"	양북	와음	778	7.16	0.33	0.41	0.117	0.358	0.0264	0.281	0.6700	0.24	화산



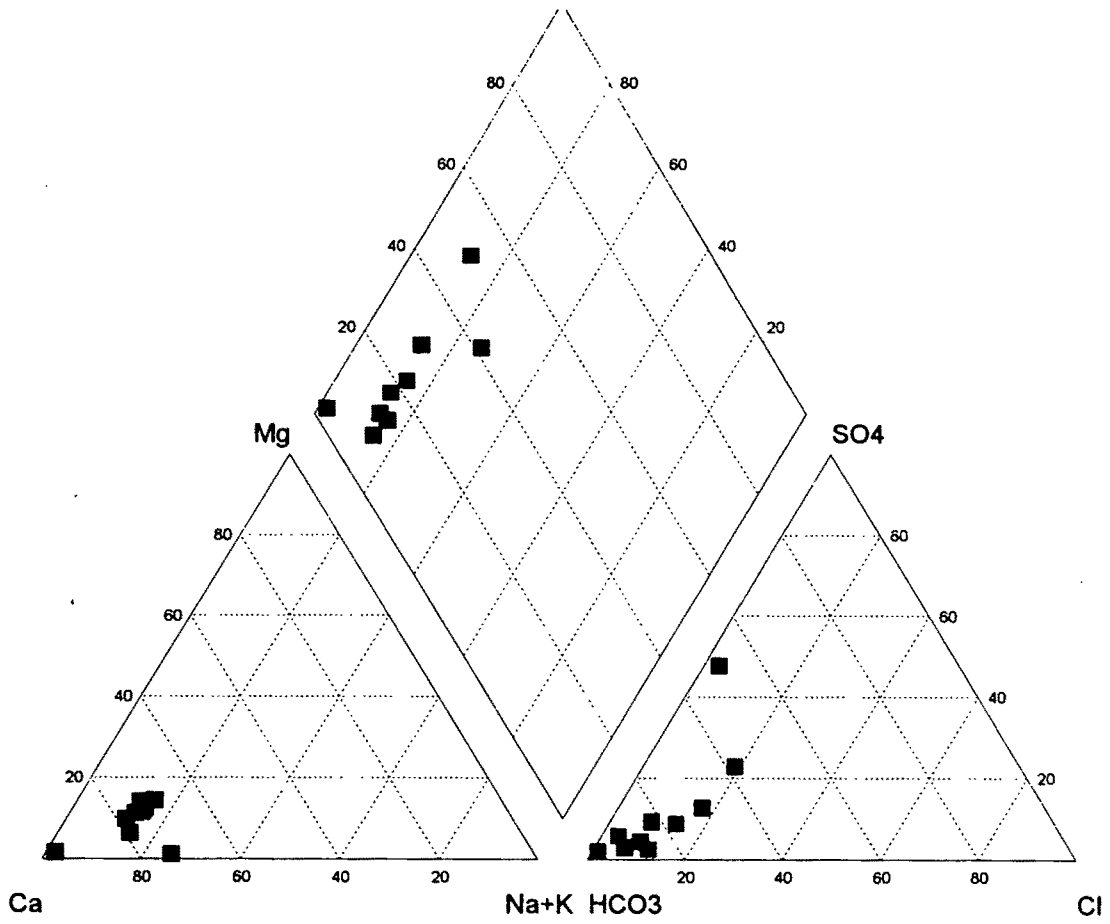
<그림 5-6> 경주시 화산암지역의 Piper Diagram



<그림 5-7> 경주시 퇴적암지역의 Piper Diagram

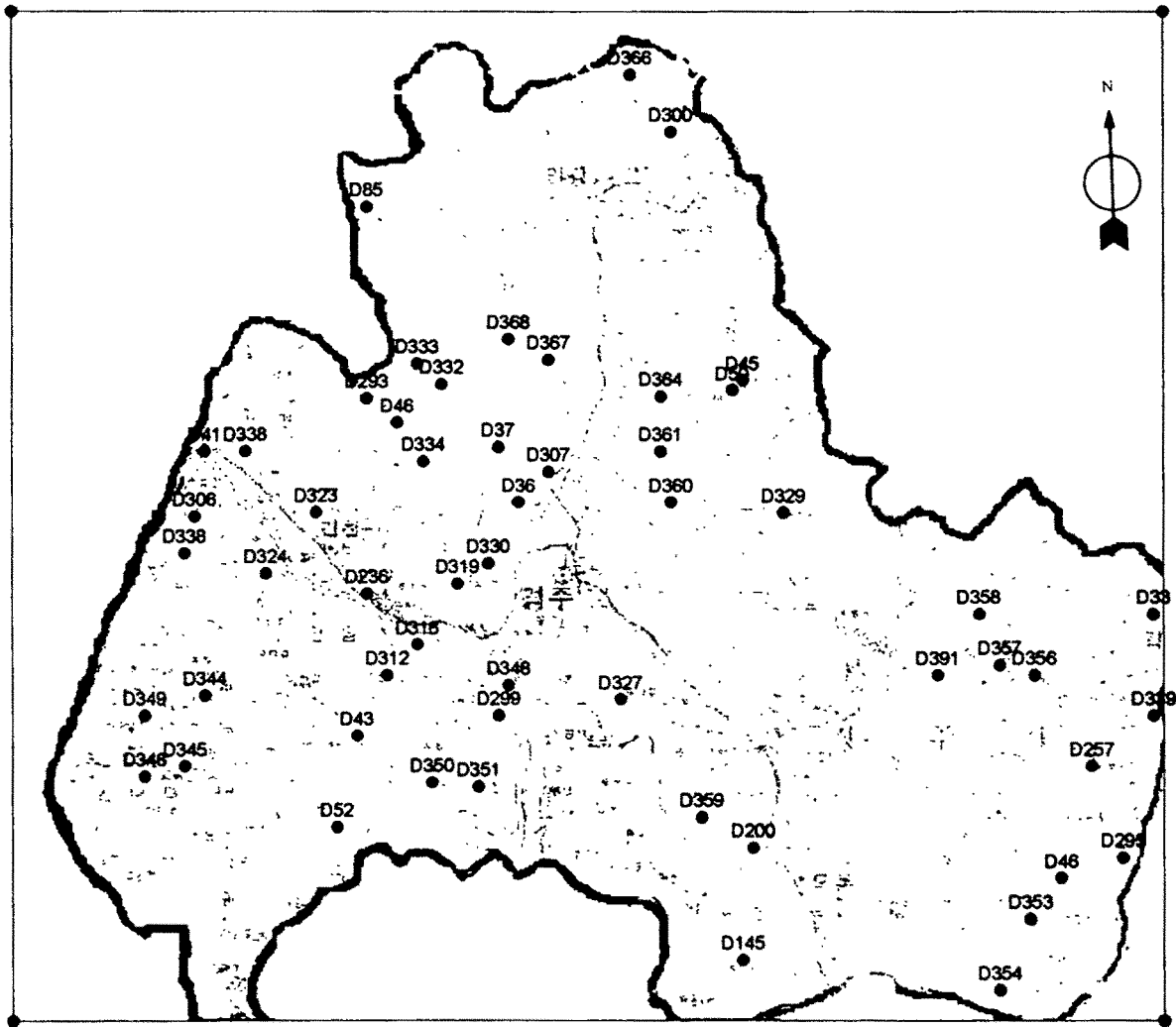


<그림 5-8> 경주시 화강암지역의 Piper Diagram



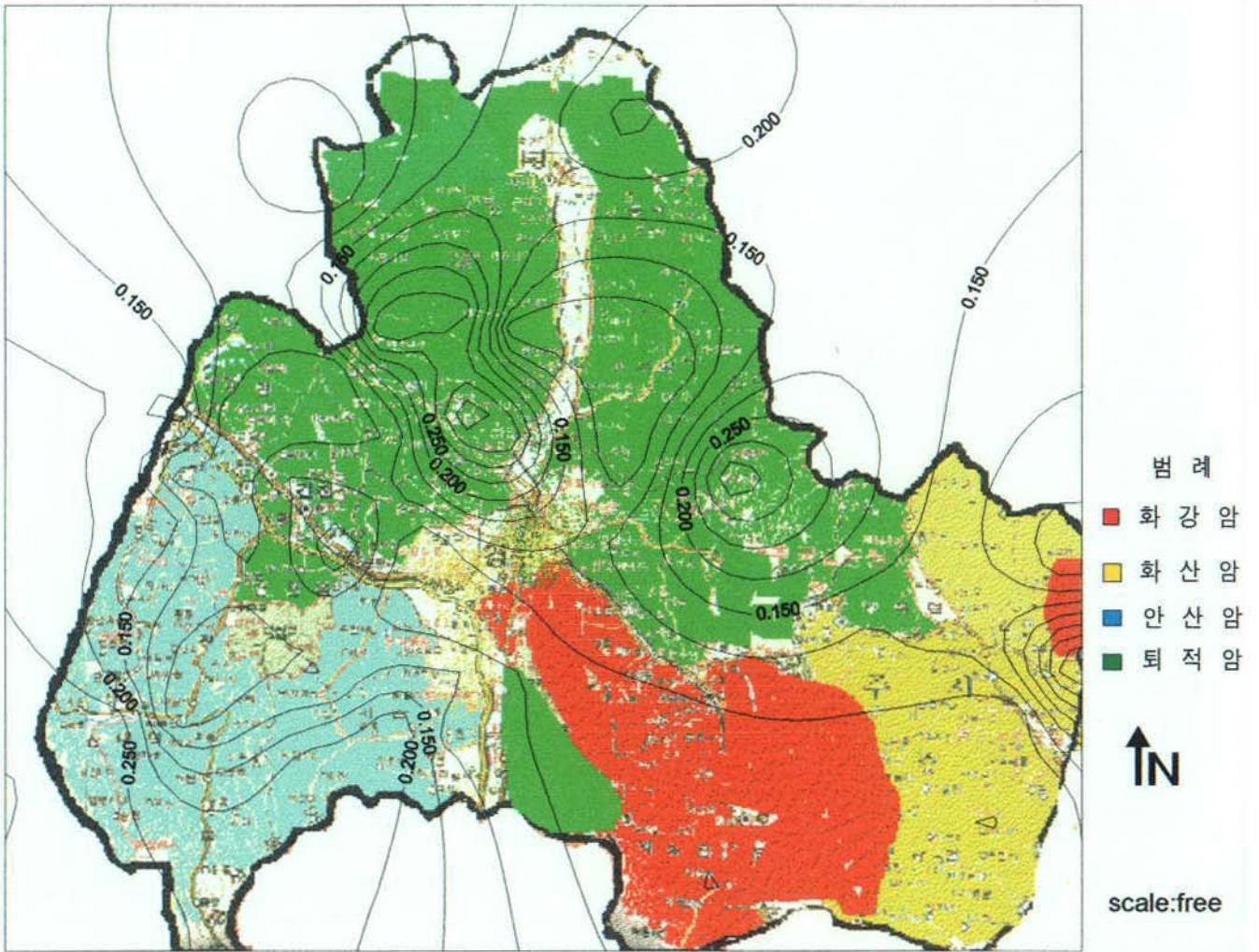
<그림 5-9> 경주시 안산암지역의 Piper Diagram



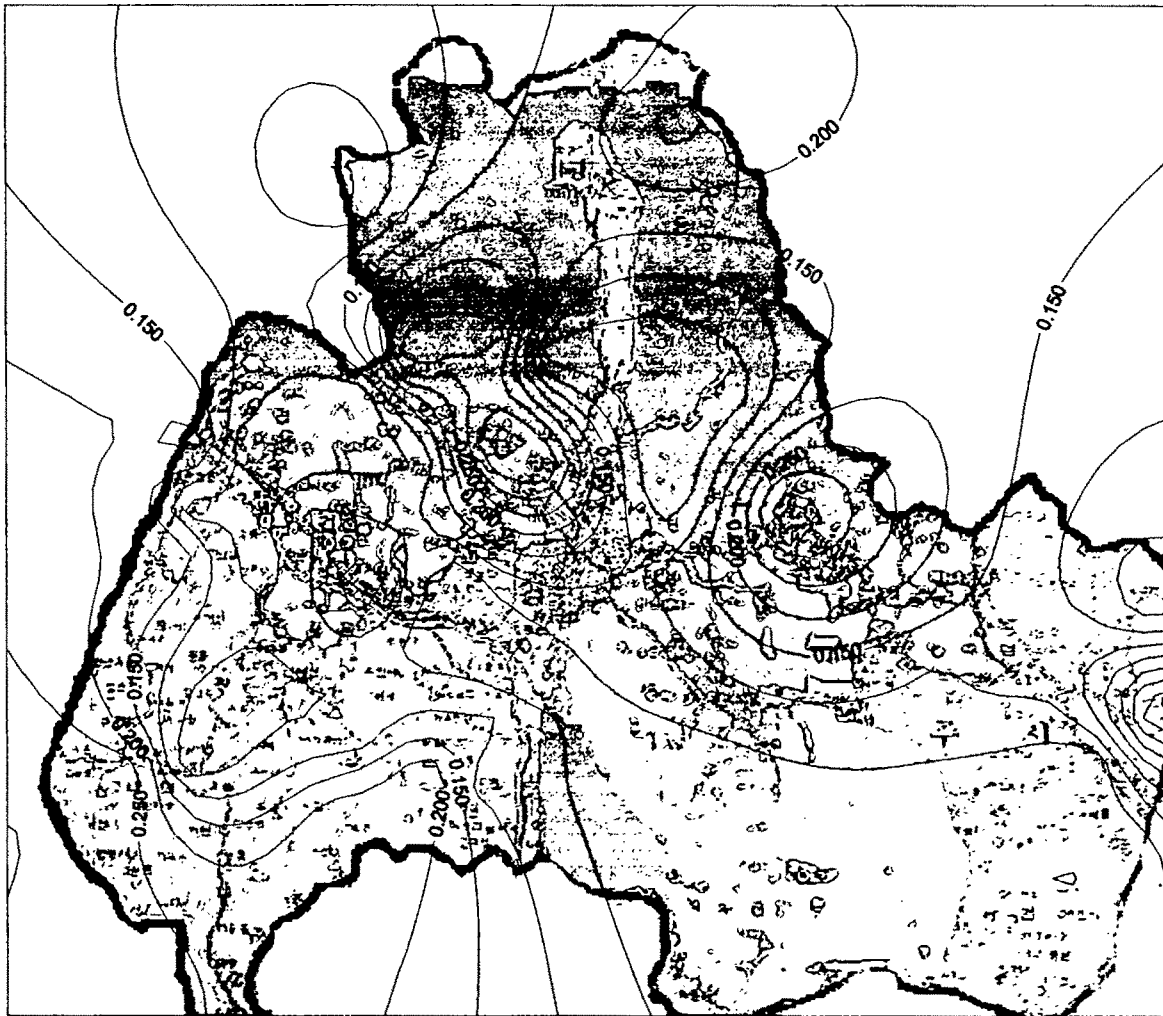


<그림 5-10> 경주시 수질검사측점위치도

여 백

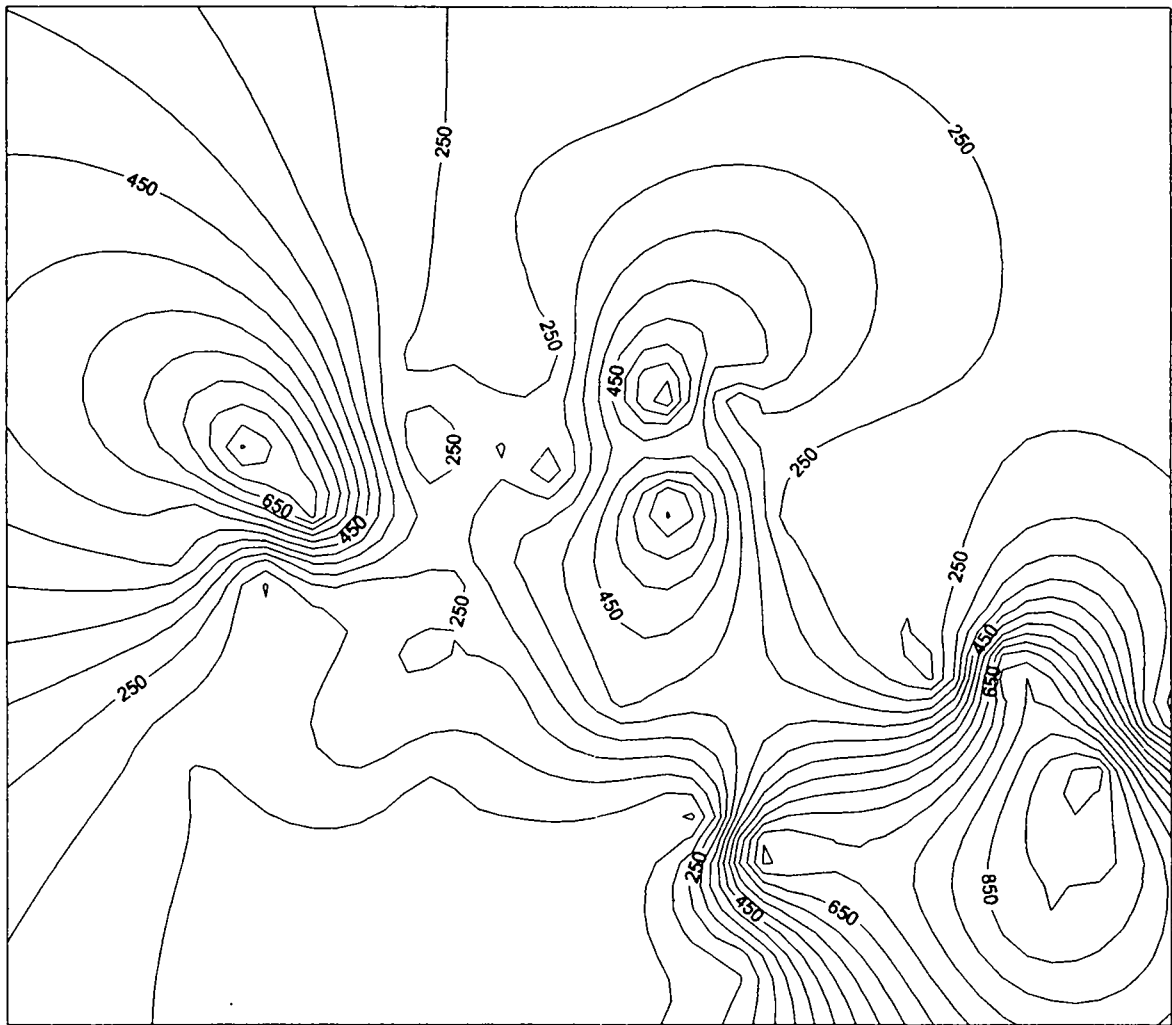


<그림 5-11>지질분포별 질산이온농도 등치선도 단위 : epm



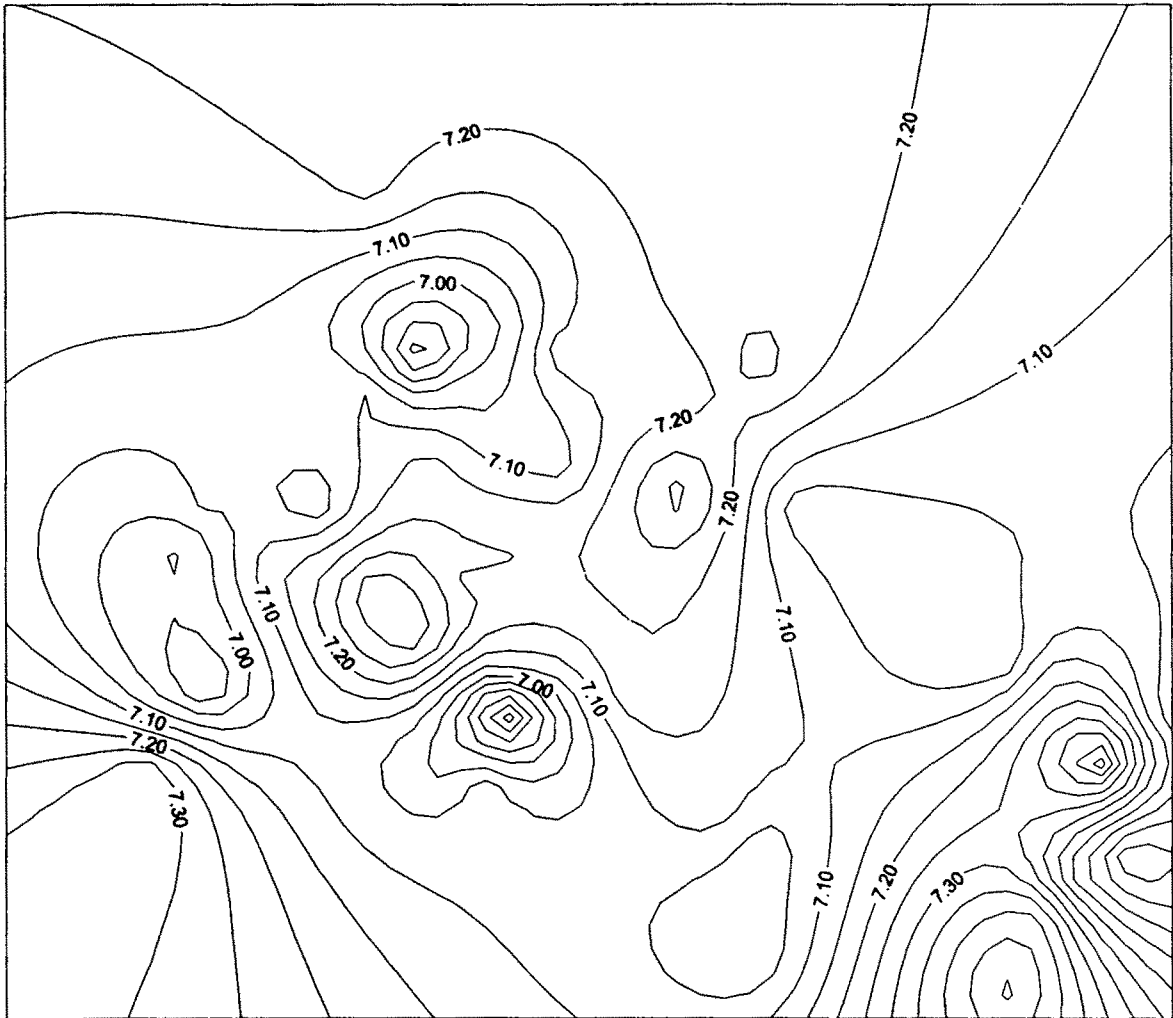
<그림 5-11>지질분포별 질산이온등치선도 단위 : epm

# 여 백



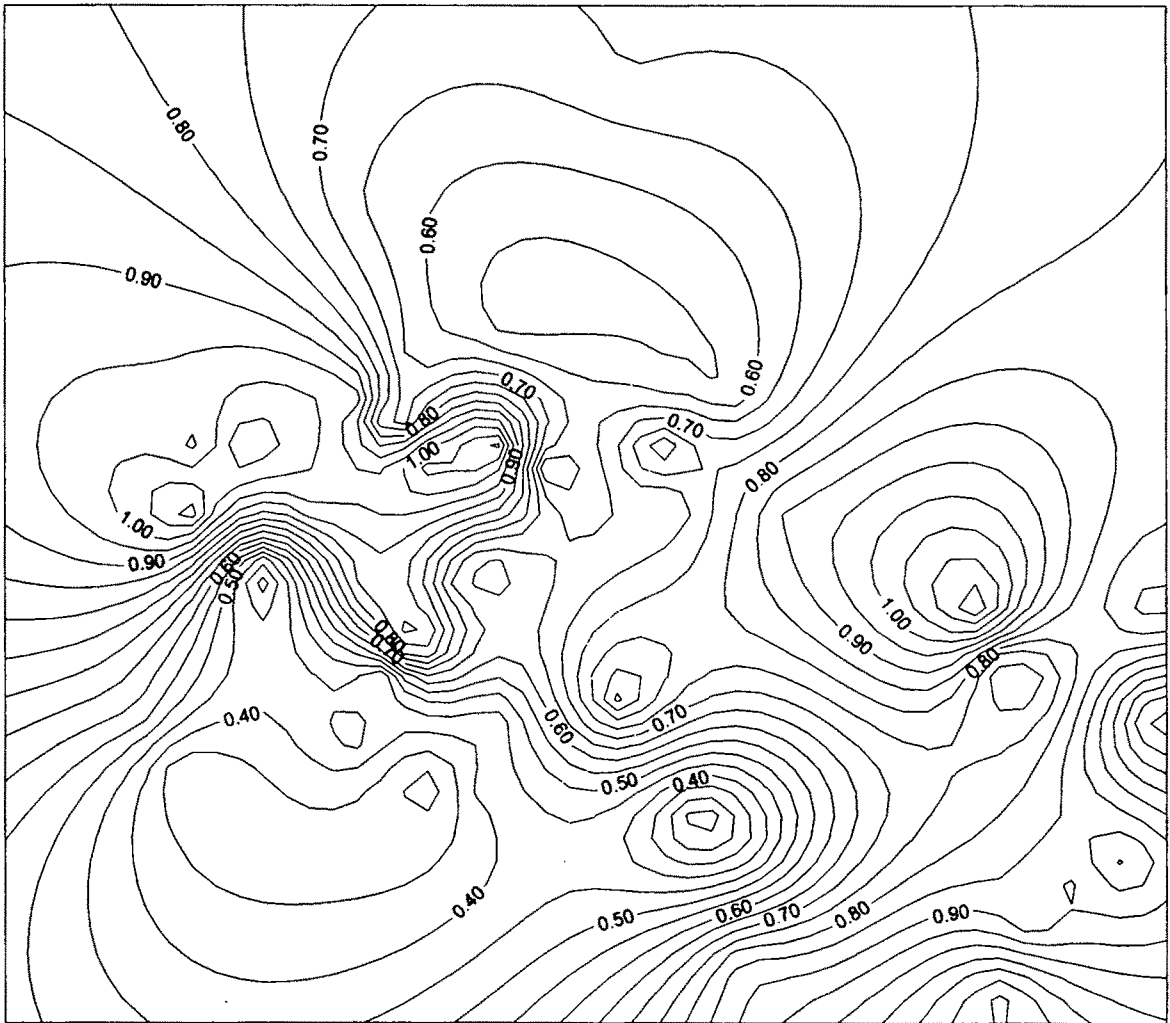
<그림 5-12> 경주시지역 EC 분포도

(단위:epm)



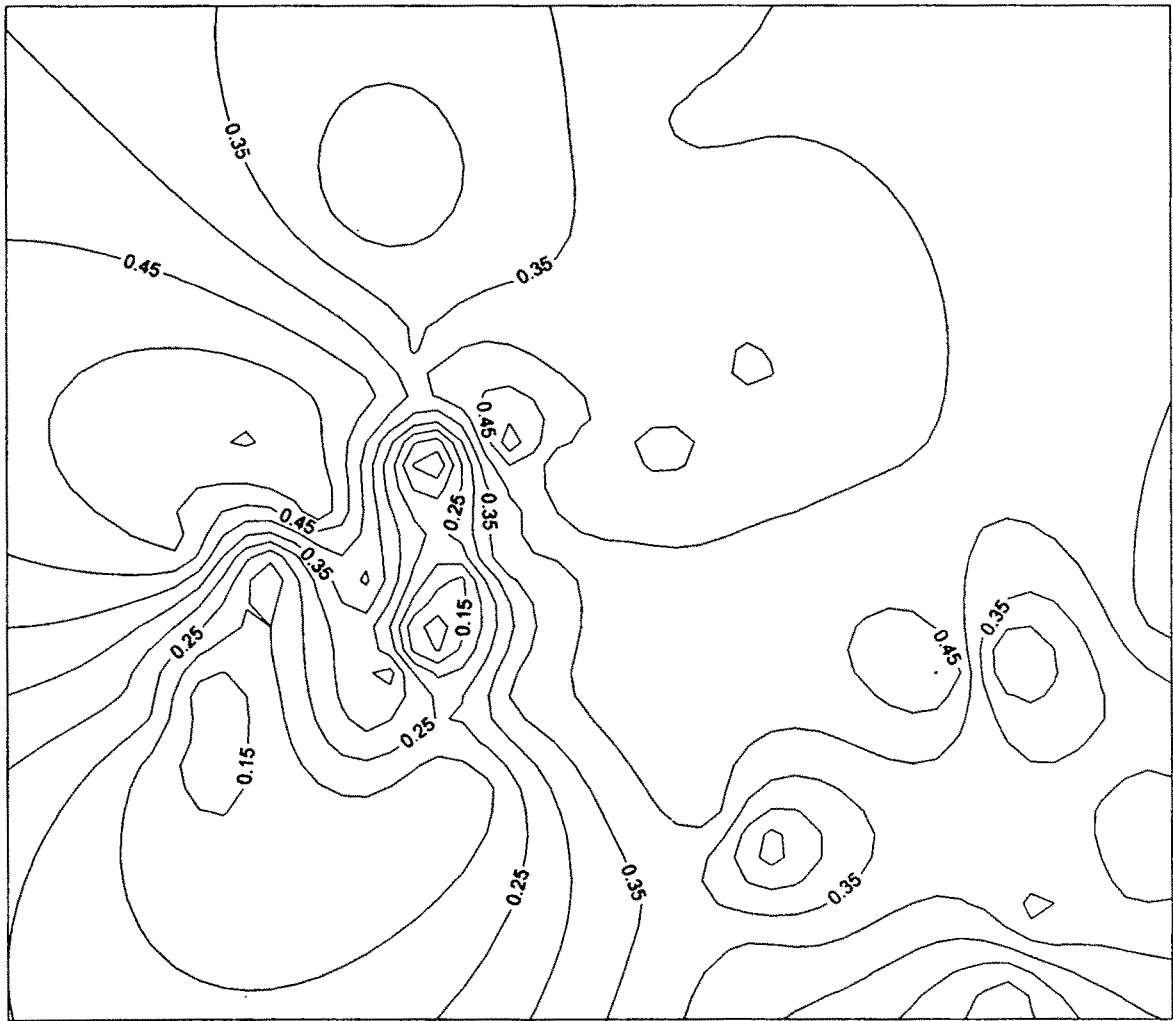
<그림 5-13> 경주시지역 pH분포도

(단위:epm)

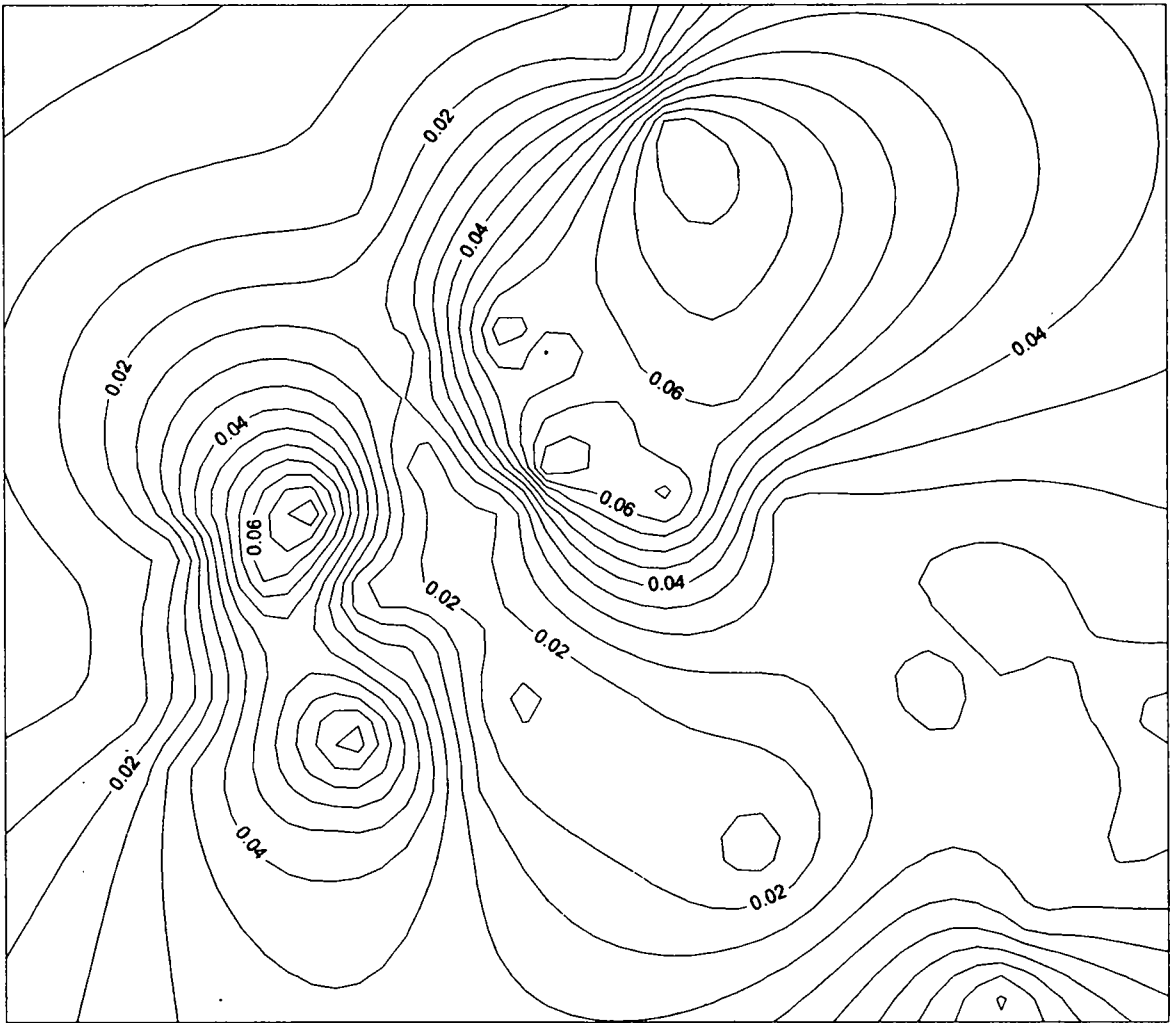


<그림 5-14> 경주시지역 Na<sup>+</sup>이온농도 분포도 (단위:epm)



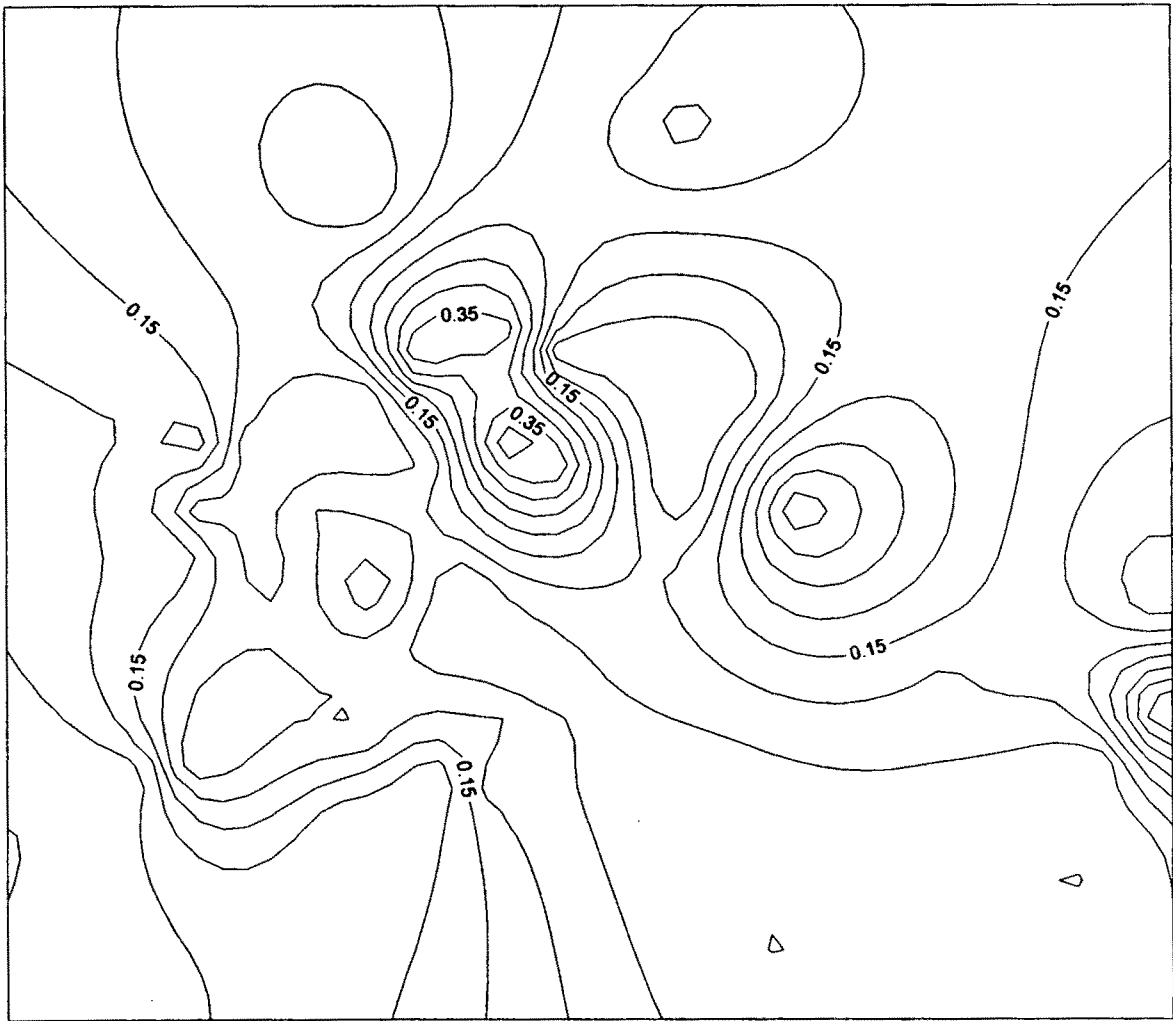


<그림 5-15> 경주시지역  $Mg^{2+}$ 이온농도 분포도 (단위:epm)



<그림 5-16> 경주시지역 K<sup>+</sup>이온농도 분포도

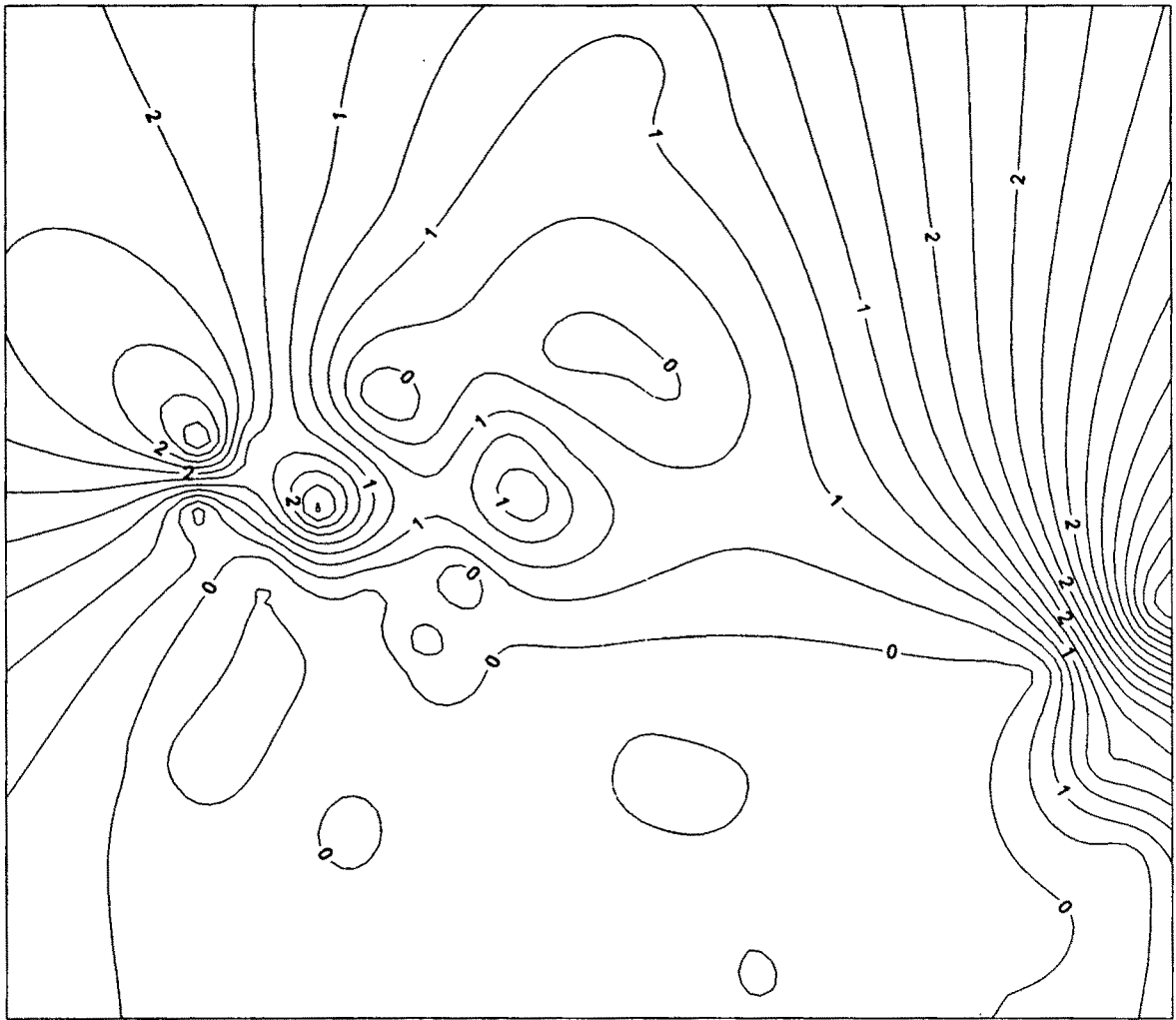
(단위:epm)



<그림 5-17> 경주시지역  $\text{NO}_3^-$ 이온농도 분포도 (단위:epm)

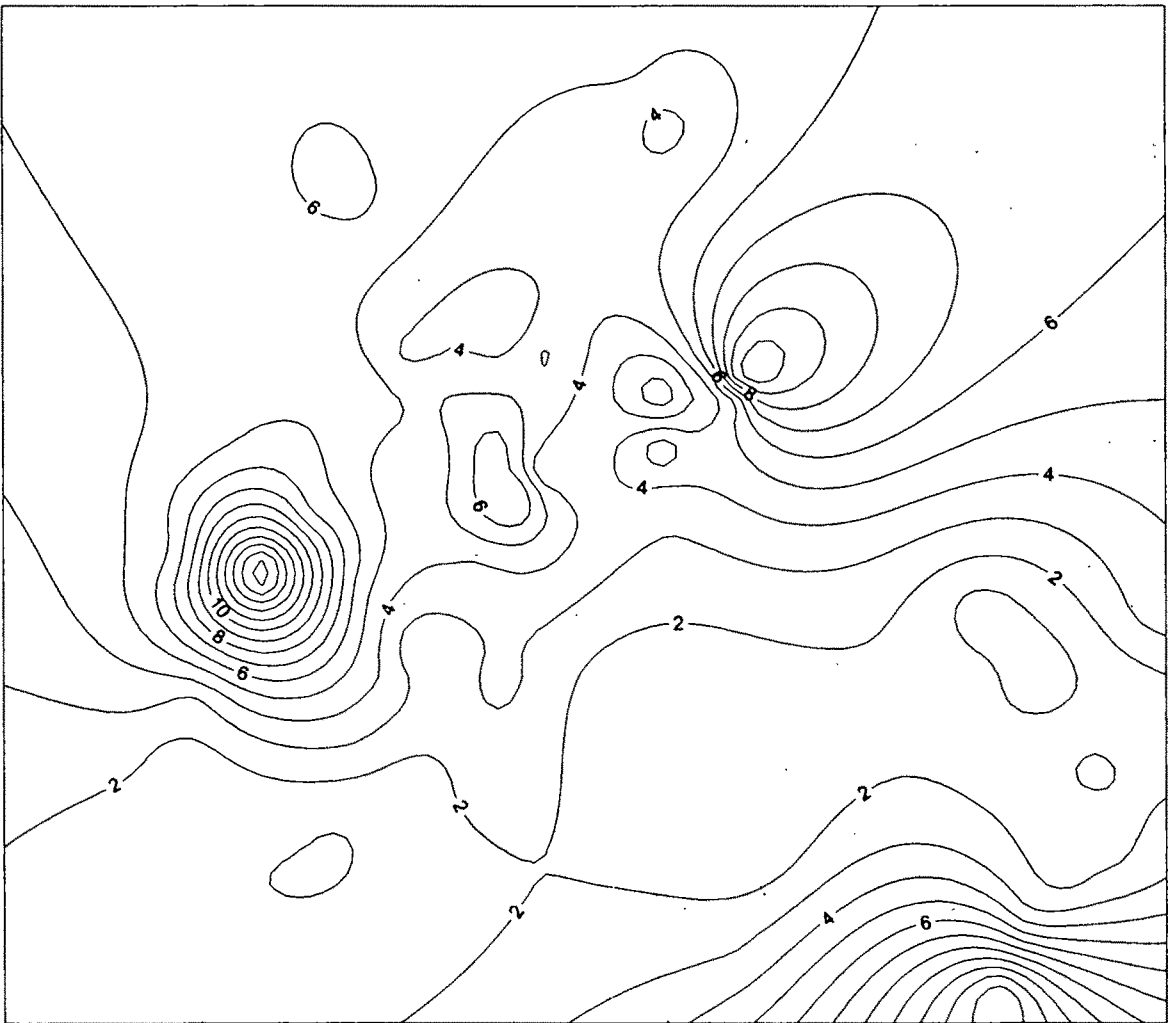


<그림 5-18> 경주시지역  $\text{SO}_4^{2-}$  이온농도 분포도 (단위:epm)



<그림 5-19> 경주시지역 Cl<sup>-</sup>이온농도 분포도

(단위:epm)



<그림 5-20> 경주시지역  $\text{HCO}_3^-$ 이온농도 분포도 (단위:epm)

### 5-1-3. 지하수 수질실태

경주시의 지하수 오염실태를 파악하기 위하여 경상북도 보건환경연구원에서 분석한 기존자료를 활용하였으며, 또한 오염원의 위치, 지질 등을 정밀 고려하여 분석이 필요한 위치를 선정하여 55개소에 먹는물기준 수질검사를 실시하였다.

1998년에 실시한 수질검사 결과, 38개소는 기준에 적합하였으며, 17개소는 기준에 부적합한 것으로 판명되었다. 기준에 부적합한 지구에 대하여 항목별로 보면 일반세균수가 초과한 지역이 6개소로 전체의 35%를 차지하고 있으며, 망간, 아연, 경도, 철, 중발잔류물 등이 기준초과항목으로 나타났다. 화강암 지역인 외동읍, 경주 암곡동 등은 불소가 기준을 초과하였으며 퇴적암지역인 서면 사라리, 현곡면 소현리 등은 경도와 중발잔류물이 기준을 초과하였다.

총 28개 지점에서 1995년, 1996년, 1997년에 측정된 지하수 수질검사 결과와 비교하기위해 같은 지역에서 1998년도에 수질분석을 한 결과 그중 개발당시 일반세균수와 대장균 철, 아연 등이 기준치를 초과한 16개지역에서 1998년 측정결과 기준적합으로 판명되었으며, 기준적합인 1개지역이 기준부적합으로 나타났다. 이는 암반관정 개발당시의 일반세균이나 대장균수가 관정을 계속 사용함으로써 줄어드는 것을 알 수 있었다.

#### 가. 일반세균과 대장균

일반세균의 먹는물기준은 100CFU이하/1ml이다. 수질검사결과 일반세균수를 초과한 지역은 6개 지역으로 이는 수질채취시에 공기중의 일반세균이 들어가서 배양된 것으로 판단되며 내남면 망성리에선 개발당시 일반세균이 기준에 적합하였으나 1998년 측정시에는 부적합으로 나타났다.

#### 나. 질산성질소

질산성질소는 분뇨 또는 하수 등의 질소화합물을 함유하는 오염물에 의하여 생성된 것으로 질산성질소는 오염원에서 지하수로 유입된 암모니아성 질소가 산화분해작용을 받아 형성된 것이다. 먹는물기준 검사공 55개에서 질산성질소가 기준치를 초과한 장소는 없었다. 일반적으로 층적관정에선 질산성질소가 기준치를

초과하는 현상을 볼 수 있으나 대수층의 심도가 깊은 암반관정에서는 질산성질소가 기준을 초과하는 곳은 드물다.

#### 다. 아연

아연의 먹는물기준치는 1mg/l로 이를 초과할 경우 심미적으로 영향을 준다. 아연을 함유한 물은 불쾌한 맛을 내며, 5mg/l 이상의 농도에서는 탁수를 보이며 끓였을 때, 불쾌하고 미끈미끈한 느낌을 가지게 한다. 독성은 구토, 설사 등을 일으킨다. 아연이 기준치를 초과한 지역은 천북면 갈곡리, 천북면 화산3리로 기준치를 약간 초과한 1.067mg/l의 수치를 나타낸다.

#### 라. 염 소

염소이온의 함량농도가 높으면 맛의 역치가 일어나므로 이를 고려하여 기준을 정한다. 염소이온의 농도는 오염의 정도를 나타내며 생활하수에 의한 오염원이 오염인자가 될 수 있다. 먹는물수질검사결과 양북면 용담2리, 양북면 장황동, 양북면 와읍리동 동해안가 지역에서 염소가 기준치를 초과하였고, 양·음이온 분석 결과 서면 아화2리, 건천읍 용명리, 감포읍 오류4리, 양북면 용담리 등에서 높은 수치를 나타낸다.

경주시 지역에선 특히 동해안가의 감포읍 나정리, 전동리, 오류리, 양북면 용담리 등은 해수침입이 우려되는 지역으로 지하수 보전관리에 세심한 주의가 요구되는 지역이다.

#### 바. 기타

경주시지역 먹는물기준 수질검사결과 현곡면 소현리, 서면 사라리 등에서 철분이 기준치를 약간 초과하였으며, 증발잔류물은 서면 사라리에서 기준을 초과하였으며, 기타 다른 중금속에 의한 기준초과를 보이는 지역은 없었다.

#### 사. 암석과 수질과의 관계

화강암 지역과 응회암 지역은 불소가 다른 지역보다 많고 철은 안산암지역에서 높은수치를 나타낸다. 화강암지역은 불소가 평균 0.275mg/l, 철이 평균 0.033mg/l를 보이며, 화산암지역은 불소가 0.97mg/l, 철이 평균 0.057mg/l의 농



도를 나타낸다. 특히 옹회암지역인 양북면 봉진리에서는 불소가 기준치를 훨씬 초과한 8.3mg/l의 수치를 보이고 있다. 이는 암석내의 대수층내에 용존되어 있는 구성성분에 의한 것으로 판단된다.

#### 5-1-4. 수질분석결과

경주시지역에서 1998년6월 ~ 8월사이 총 55공에 대한 먹는물기준 수질검사를 실시한 결과 총 38공이 먹는물기준에 적합하였고, 17공은 기준에 부적합하였다. 일반세균이 6공에서 기준을 초과하였고 철이 2공, 염소이온이 3공, 불소가 2공에서 기준을 초과하였으며, 특히 양남면 봉진2리는 불소가 기준을 6배나 초과하였으며, 서면 사라리는 증발잔류물, 철, 경도등이 기준을 초과하였다.

양·음이온 분석결과 지하수오염원의 기준이 되는  $\text{NO}_3^-$ 이온성분을 많이 함유한 지역은 안강읍 사방리, 천북면 성지리 등이 암모니아성질소이온의 과다로 인해 많은 양을 함유하고 있었다. Piper-Diagram상의 지하수화학적유형은  $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{HCO}_3^-$ 형과  $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ 형으로 분류된다.

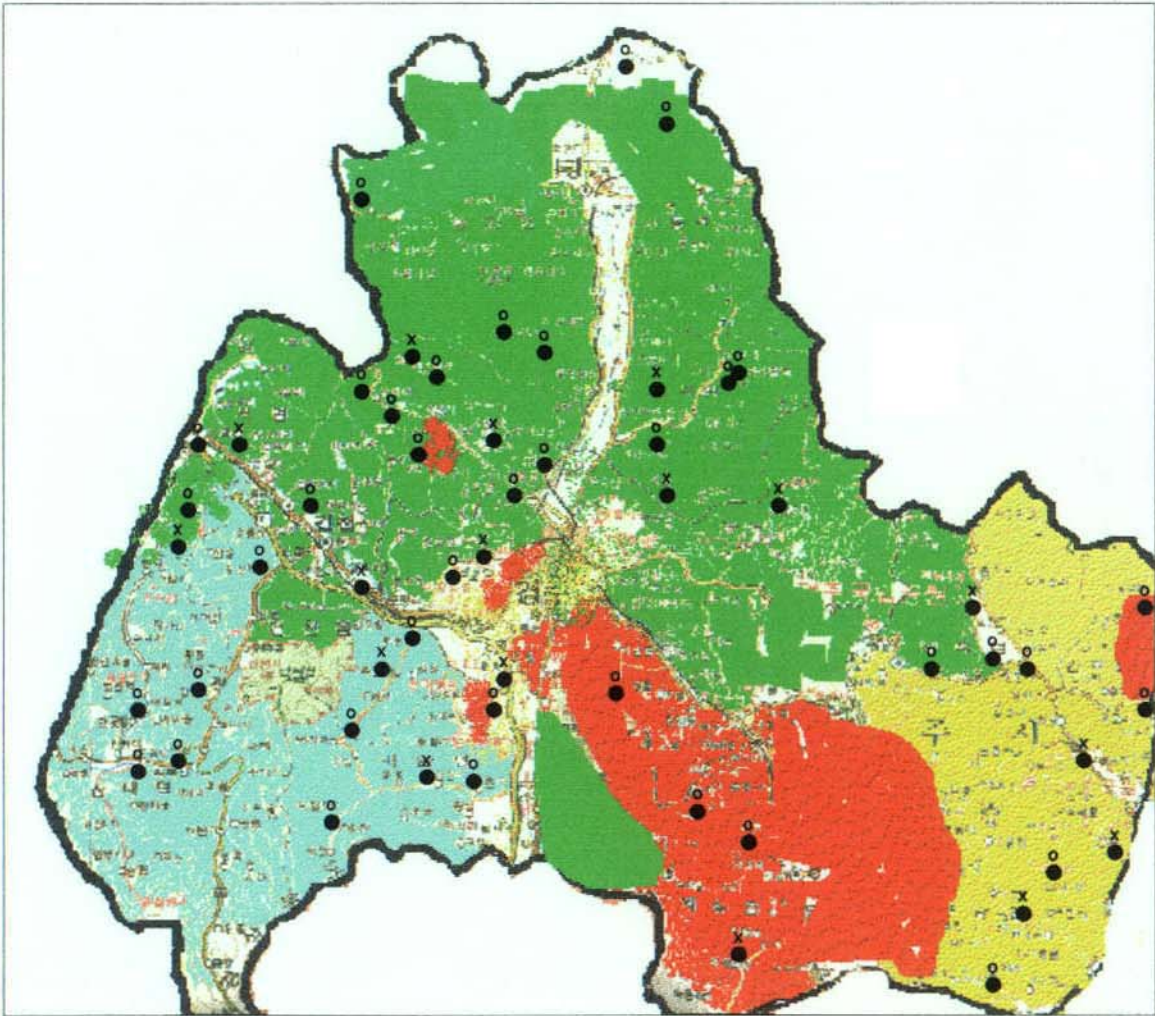
개발년도 공번	위 치	농소(F)		철산성질소		경도		과잉질소질량		동(CU)		pH	
		(1.5mg/l이하)		(10mg/l 이하)		(300mg/l이하)		(10mg/l이하)		(1mg/l이하)		5.8-8.8	
		개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정
95_D52	경주시 내남면 백달리	0	0.2	1.5	3.9	43	45	1.9	7.7	0	0	7.1	7.7
95_D43	경주시 내남면 비저리	0.03	0	0.1	0.8	68	105	2.6	1.9	0.02	0.012	7.8	7.3
95_D43	경주시 내남면 월산리					52		0.7				7.2	
95_D51	경주시 서면 아화4리					236		5.8				7	
95_D41	경주시 서면 아화2리	0	0	1.9	3.2	86	256	0.5	0.7	0	0	6.9	7.6
95_D45	경주시 천곡면 화산1리	0	0	4.1	0	51	52	5.3	2.2	0	0	6.7	8.3
95_D50	경주시 천곡면 화산2리	0	0	0.3	0.9	81	53	1.7	2.6	0	0	7.1	7.5
95_D44	경주시 천곡면 덕산리	0.1				58		0.4		0.02		7.1	
95_D37	경주시 한국면 소현1리	0	0	8.4	6.6	189	415	0	4.5	0	0	7.2	7.6
95_D40	경주시 한국면 기정3리		0	1.1	1.1	114	168		0.9			8	8
95_D39	경주시 감동면 국당리	0.8		0.2		140						7.8	
95_D49	경주시 산내면 감산리	0.2	0	0.4	1.9	81	87	4	0	0	0	7.8	8.3
95_D356	경주시 양북면 와육리	0.3	0.4	0.2	1.2	55	37		2	0.06		8.2	6.9
95_D47	경주시 양남면 석촌리			0.2		65		2.3				7.6	
95_D46	경주시 양남면 나산리	0	0.3	0	0.2	24	37	0	3.2	0	0	7.5	7.7
95_D354	경주시 양남면 신서리	0	0	0.9	2.5	28	74	0.6	1.2	0	0	7.3	8.2
95_D58	경주시 외동읍 제내리					140		0.4				8	
95_D316	경주시 건천읍 화천리			4.9		56		1.4				7.6	
96_D361	경주시 천곡면 갈곡리	0.3	0	0.1	0.1	122	136	4.4	7.3	0	0	7.6	7.3
96_D360	경주시 천곡면 물천리	0.9	0	0	0	108	75	1	2.2	0	0	7.5	8.2
96_D354	경주시 양남면 한서리			0.1		110		0.4				8.1	
96_D329	경주시 보덕동 알곡		4.5	0.3	2.2	175	136	4.3	4.5	0	0	8.1	7.6
96_D344	경주시 산내면 강산2리	0.4		3.5		97		0.5				8.1	
96_D345	경주시 산내면 괴와리	0.2	0	0.1	0	101	92	0.5	2	0	0	7.8	7.3
96_D346	경주시 산내면 월천리	0.4	0.2	0.1	3.6	100	86	2.6	0	0	0	8.3	7.7
96_D347	경주시 산내면 일부리	0.9		0.1		123		3.9				8.2	
96_D153	경주시 탑정동 운동	0.2		1.6		186		1.1				7.9	
96_D357	경주시 양북면 안동리	0.2	0	0.9	8.3	73	42	1.1	2.3	0	0	7.6	7.1
96_D353	경주시 양남면 한서1리	0	0	1.9	1.9	168	18	2	2.2	0	0	8.1	8
96_D364	경주시 천곡면 화산3리	0	0	0	0.3	20	22	0.3	2.2	0	0	6.5	8
96_D348	경주시 내남면 망성리	0.4	0.2	0.2	0.1	115	98	0.4	0.3			8.2	7.4
96_D350	경주시 내남면 상산리	0	0	1.5	0	91	49	1.8	5.7	0	0	8	7
96_D207	경주시 서면 사리리	0.2	0.2	0	0.1	397	273	2.4	0.5	0	0	8.2	7.6
96_D157	경주시 천곡면 성지리	11.6				58		6.7				8.3	
96_D271	경주시 양남면 석육리	0.7		0.6		47		1.3				7.4	
96_D334	경주시 한국면 하구리	2.2				892		2.4				7.6	
96_D368	경주시 안강읍 검단2리	0.1	0	0	4.4	148	132	0.4	0.6	0	0	7.5	7.5
96_D327	경주시 도동 남산	0.2	0.2	0.8	7.6	39	18	2.4	3.8	0	0	7.6	7.6
96_D334	경주시 천곡면 하구1리	1.4	0.7	0.3	0.8	42	46	1.6	0.5	0	0	8.3	8.4
96_D336	경주시 천곡면 남서2리	0.2		0.2		414		1.3				8.2	
96_D359	경주시 외동읍 북도리	0.4	0	0.2	1.2	56	14	0.5	1.9	0	0	7.5	7.5
96_D341	경주시 감포읍 호동	0.3		0.9		30		12.2				8.9	
96_D340	경주시 감포읍 나창리 청미육			0.8		37		1.7				7.4	
96_D339	경주시 감포읍 나창리	0.1	0	0.5	0.9	75	85	3.4	1.7	0	0	6.9	7
96_D323	경주시 건천읍 용평리	0.3	0.2	0.7	1.5	388	265	0.3	0	0	0	7.6	7.4
96_D236	경주시 건천읍 금척리	0.2		0.1		102		0.6				8.1	
96_D370	경주시 양남면 신대리					85		0.4				8.3	
96_D331	경주시 창래동 조양			0.2		39		1.8				7.4	
97_D299	경주시 내남면 망성1리	0			1.4		100		0.4				7
97_D145	경주시 외동읍 식계1리		1.6		0.2		74		2.6		0		7.5
97_D200	경주시 외동읍 연안리		0		1.1		31		1.9		0		7.4
96_D236	경주시 건천읍 금정리		0		3.2		128		2.1		0		8.1
96_D338	경주시 서면 서오리		0		2.4		217		0.5		0		7.7
97_D306	경주시서면 서오리		0.3		0.2		143		0.3		0		8
95_D324	경주시 건천읍 송산리		0		0.3		89		2.9		0		7.8
96_D349	경주시 산내면 내천리		0		1.8		98		0		0		7.6
97_D300	경주시 감동면 인계2리		0		3.4		124		0.6		0		7
95_D366	경주시 감동면 단구2리		0.5		2.7		127		0.5		0		8.1
95_D368	경주시 안강읍 검단2리		0		4.4		132		0.6		0		7.5
97_D307	경주시 한국면 오류3리		0		5		110		1		0		7.4
97_D293	경주시 한국면 남서1리		0.4		0.1		187		0.3		0		8.2
96_D334	경주시 한국면 우곡1리		0		3.3		160		0.9		0		7.7
96_D333	경주시 한국면 내태1리		0		5.1		136		1.5		0		7.4
96_D319	경주시 경주대학교		1.4		0		85		1.9		0		7.9
96_D351	경주시 내남면 덕천2리		0		1.3		65		2.2		0		7.5
96_D316	경주시 건천읍 화천1리		0.5		0.8		111		1.6		0		7.8
96_D311	경주시 건천읍 화천2리		1.5		0.2		33		1.9		0		7.5
95_D330	경주시 서리법대학교		0.3		1.6		165		1.6		0		8
94_D36	경주시 한국면 금정2리		0		4.3		103		2.6		0		7.9
94_D85	경주시 안강읍 강교리		0.8		0		136		2.6		0		8
97_D257	경주시 양북면 용진2리		0.2		0.2		71		1.3		0		8.2
97_D358	경주시 양북면 호암리		0		0.2		36		2.4		0		7.6
97_D38	경주시 양북면 장항동		0.2		0.2		51		4.1		0		7.5
96_D295	경주시 양북면 용진2리		8.3		0.2		73		2.1		0		7
96_D342	경주시 감포읍 오류4리		0		0.9		124		1.8		0		7.5

<표 5-21>경주시지역 먹는물기준 수질검사결과

개발년도 공번	위 지	아연(Zn)		염소(Cl)		중금속류		철(Fe)		망간(Mn)		타도		
		(1mg/이하)		(150mg/이하)		(500mg/이하)		(0.3mg/이하)		(0.3mg/이하)		2도 이하		
		개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	
95_D52	경주시 내남면 백담리	0.14	0.092	7	14	99	103	0	0.1	0	0	0	적합	적합
95_D43	경주시 내남면 비저리	0.04	0.165	7	15	217	166	0.07	0.11	0.04	0.006	10	적합	
95_D43	경주시 내남면 월산리			10		132								
95_D51	경주시 서면 아화4리	0.82		30		305				0.01				
95_D41	경주시 서면 이화2리	0	0	6	56	118	456	0	0	0	0			
95_D45	경주시 친북면 화산1리	0	0	22	6	271	432	0.14	0.08	0.01	0.017	적합	적합	
95_D50	경주시 친북면 화산2리	0.56	0.819	20	10	207	145	0.12	0.07	3.3	0.018	적합	적합	
95_D44	경주시 친북면 덕신리	0.05		15		175		0.27						
95_D37	경주시 한국면 소현1리	0.12	0.08	52	32	334	122	0	0.42	0.09	0.013	적합	적합	
95_D40	경주시 한국면 가창3리	0.07	0.016	9	12	164	366		0	0.02	0		적합	
95_D39	경주시 강동면 국당리	0.01		31		432		0.1		0.04				
95_D49	경주시 산내면 감산리	0.31	0.299	13	7	140	117	0	0	0	0	적합	적합	
95_D356	경주시 양북면 와음리		0.068	8	108	85	83		0.06	0.23	0			
95_D47	경주시 양남면 석촌리			9		221								
95_D46	경주시 양남면 나산리	0	0.271	6	52	59	145	0	0.11	0.04	0	적합	적합	
95_D354	경주시 양남면 신서리	0.12	0.023	9	22	53	632	0	0	0	0	적합	적합	
95_D58	경주시 와동읍 재내리			4		166		0.06						
95_D316	경주시 건천읍 화천리	0.125		5		122		0.27						20
96_D361	경주시 친북면 갈곡리	1.254	0.01	8	12	238	352	0.76	0.19	0.065	0	적합	적합	
96_D360	경주시 친북면 물천리	0	0.016	26	21	256	139	1.09	0.08	0.188	0		5	적합
96_D354	경주시 양남면 한서리			10		174								
96_D329	경주시 보덕동 암곡	0	0.082	12	25	257	226	0.47	0.16	0.36	0.096		30	4
96_D344	경주시 산내면 김산2리			19		249		0.84		0.03				40
96_D345	경주시 산내면 괴말리	0	0	8	3	162	137	0.7	0	0.03	0		5	적합
96_D346	경주시 산내면 월천리	0	0.295	5	10	251	131	2.6	0	0.14	0		30	적합
96_D347	경주시 산내면 일부리			10		257		0.72		0.11				10
96_D153	경주시 탑성동 율동	0.51		42		184		0.23		0.25				5
96_D357	경주시 양북면 인동리	0.04	0.051	18	61	217	139	0.83	0.07	0.04	0		30	적합
96_D353	경주시 양남면 한서1리	0.73	0.073	39	14	345	145	1.54	0.11	0.09	0		15	적합
96_D364	경주시 친북면 화산3리	0.32	1.067	9	9	100	89	0.08	0	0	0	적합	적합	
96_D348	경주시 내남면 망성리	0.04	0.904	7	7	146	135	0.76	0	0	0		20	적합
96_D350	경주시 내남면 상신리	0.06	0.015	13	13	120	86	0.39	0.12	0	0	적합	적합	
96_D207	경주시 서면 사리리	0	1.3	27	28	716	554	0.15	0.35	0.08	0.255		30	적
96_D157	경주시 친북면 섬지리	0.34		112		558		0.95		0.1			30	
96_D271	경주시 양남면 석음리	0.08		12		79		0.35		0.026				
96_D334	경주시 한국면 하구리	0.14		61		1545		2.51		0.15			30	
96_D368	경주시 안강읍 검단2리	0	0.027	10	16	238	390	0.07	0	0.012	0.012	적합	적합	
96_D327	경주시 도동 남산	0.07	0.032	5	28	48	63	0	0.07	0	0	적합	적합	
96_D334	경주시 한국면 하구1리	0.06	0.033	7	20	310	326	1.62	0	0	0.015		10	적합
96_D336	경주시 한국면 남서2리	0.08		7		1051		1.94		0.07				15
96_D359	경주시 와동읍 복도리	0.03	0.084	6	13	177	138	0.18	0	0	0		50	적합
96_D341	경주시 감포읍 호동	0.03		17		375		0.8		0.03			50	
96_D340	경주시 감포읍 나성리 침마을			8		81								
96_D339	경주시 감포읍 나정리	0.38	0.083	22	12	144	272	0.84	0.07	0	0		5	적합
96_D323	경주시 건천읍 용명리	0	0	12	38	748	462	0	0	0	0		0	적합
96_D236	경주시 건천읍 금척리			4		177		0.05						
96_D370	경주시 양남면 신대리			7		166								
96_D331	경주시 장래동 조양	0.17		5		107		0.27						15
97_D299	경주시 내남면 망성1리		0.18		9		148		0		0			적합
97_D145	경주시 와동읍 석계1리		0.097		7		199		0.08		0			적합
97_D200	경주시 와동읍 연안리		0.801		13		127		0		0			적합
96_D236	경주시 건천읍 금정리		0.027		14		196		0.19		0			적합
96_D338	경주시 서면 서오리		0		19		315		0		0			적합
97_D306	경주시서면 서오리		0		7		247		0		0			적합
95_D324	경주시 건천읍 송선리		0		6		119		0.1		0			적합
96_D349	경주시 산내면 내힐리		0		11		147		0		0			적합
97_D300	경주시 강동면 안계2리		0.171		24		416		0		0.016			적합
95_D366	경주시 강동면 단구2리		0.017		19		370		0		0.013			적합
95_D368	경주시 안강읍 검단2리		0.027		16		390		0		0.012			적합
97_D307	경주시 한국면 오류3리		0.547		24		406		0		0.006			적합
97_D293	경주시 한국면 남서1리		0.027		9		460		0		0.032			적합
96_D334	경주시 한국면 무과1리		0.075		16		438		0		0.009			적합
96_D333	경주시 한국면 내태1리		0.034		16		234		0		0.018			적합
96_D319	경주시 경주대학교		0		10		125		0.12		0.008			적합
96_D351	경주시 내남면 덕천2리		0.269		12		101		0.08		0			적합
96_D316	경주시 건천읍 화천1리		0.014		11		136		0.11		0			적합
96_D311	경주시 건천읍 화천2리		0.019		4		167		0.06		0.011			적합
95_D330	경주시 서리별대학교		0.405		25		108		0.2		0			적합
94_D36	경주시 한국면 금장2리		0.017		36		136		0.25		0			적합
94_D85	경주시 안강읍 갈곡리		0.052		28		112		0.18		0.006			적합
97_D257	경주시 양북면 용당2리		0.43		155		180		0.08		0			적합
97_D358	경주시 양북면 호암리		1.73		18		282		0.15		0.025			적합
97_D38	경주시 양북면 정황동		0.078		125		112		0.11		0			적합
96_D295	경주시 양북면 봉진2리		0.506		15		196		0.18		0.014			적합
96_D342	경주시 감포읍 오류4리		0.134		15		312		0.13		0			적합

개발년도 공번	위 치	황산이온(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (200mg/01차)		염화수소 (100mg/01차)		대장균군 (음성/80mg)		관 청		관 중	양 수 량 (m <sup>3</sup> /day)	차 연 수 위	인 장 수 위	설 도 (m)
		개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정	개발년도	98년측정					
95_D52	경주시 내남면 백달리	2	15	1500	21	음성	음성	부적	적합	회강암	497	5.4	74	141
95_D43	경주시 내남면 비저리	20	17	220	43	양성	양성	부적	적합	인산암	497	3.8	46	56
95_D43	경주시 내남면 월산리	5				음성		적합		퇴적암	120	2.5	102	210
95_D51	경주시 서면 아화4리	22		680		양성		부적		퇴적암	205	5.4	105	150
95_D41	경주시 서면 아화2리	8	50	77	0	음성	음성	적합	적합	퇴적암	200	6	83	150
95_D45	경주시 천북면 화산1리	12	0	420	34	양성	음성	부적	적합	퇴적암	330	18	70	100
95_D50	경주시 천북면 화산2리	35	7	2100	35	양성	음성	부적	적합	퇴적암	220	8	92	150
95_D44	경주시 천북면 덕산리	13				음성		적합		퇴적암	500	0	82	146
95_D37	경주시 한국면 소현1리	13	198	46	46	음성	음성	적합	부적	퇴적암	300	3	83	150
95_D40	경주시 한국면 가정3리	8	47		0	음성	음성	적합	적합	퇴적암	200	15	89	150
95_D39	경주시 강동면 국당리	91				음성		적합		퇴적암	340	8	70	150
95_D49	경주시 산내면 김산리	0	3	0	0	음성	음성	적합	적합	인산암	350	9	74	150
95_D356	경주시 양북면 외음리	19	1	51	25	음성	음성	적합	적합	응회암	400	5	55	63
95_D47	경주시 양남면 석촌리	8		2500		양성		부적		응회암	250	4.5	90	
95_D46	경주시 양남면 니산리	4	11	1500	94	양성	음성	부적	적합	응회암	300	5	82	105
95_D354	경주시 양남면 신서리	13	23	450	44	양성	음성	부적	부적	응회암	200	20	126	150
95_D58	경주시 외동읍 제내리	19		3400		음성		부적		화강암			6	
95_D316	경주시 건천읍 화천리	2		5500		양성		부적		인산암				
96_D361	경주시 천북면 갈곡리	14	4	5400	58	음성	음성	부적	적합	퇴적암				
96_D360	경주시 천북면 용천리	46	4	1700	18	음성	음성	부적	부적	퇴적암				
96_D354	경주시 양남면 흰서리	2		5400		양성		부적		응회암				
96_D329	경주시 보덕읍 임곡	42	33	3900	54	양성	음성	부적	부적	화강암				
96_D344	경주시 산내면 김산2리	6		39		음성		부적		인산암	300			100
96_D345	경주시 산내면 괴원리	20	40	0	0	음성	음성	부적	적합	인산암				
96_D346	경주시 산내면 월산리	22	7	0	0	음성	음성	부적	적합	인산암				
96_D347	경주시 산내면 앞부리	32		150		음성		부적		인산암	200			84
96_D153	경주시 탑정동 울동	54		110		양성		부적		화강암				
96_D357	경주시 양북면 안동리	27	23	420	34	양성	음성	부적	적합	화강암	154			84
96_D353	경주시 양남면 흰서1리	10	13	55	9	양성	음성	부적	적합	응회암	150			100
96_D364	경주시 천북면 화산3리	9	0	3200	39	음성	음성	부적	부적	퇴적암				
96_D348	경주시 내남면 망성리	3	2	3	620	음성	음성	부적	부적	화강암	150			110
96_D350	경주시 내남면 상산리	25	10	0	90	음성	음성	부적	부적	인산암	250			92
96_D207	경주시 서면 사리리	316	163	4300	0	음성	음성	부적	부적	퇴적암				
96_D157	경주시 천북면 성지리	68		4500		양성		부적		퇴적암				
96_D271	경주시 양남면 석음리	10		4300		양성		부적		응회암				
96_D334	경주시 한국면 하구리	980		360		음성		부적		퇴적암				134
96_D368	경주시 인강읍 검단2리	18	31	3500	0	음성	음성	부적	적합	퇴적암	150			100
96_D327	경주시 도동 남산	9	17	30	7	양성	음성	부적	적합	화강암				
96_D334	경주시 한국면 하구1리	70	40	0	0	음성	음성	부적	적합	화강암	300			150
96_D336	경주시 한국면 남사2리	605		21		음성		부적		퇴적암				
96_D359	경주시 외동읍 옥토리	1	8	27	11	음성	음성	부적	적합	화강암	150			114
96_D341	경주시 감포읍 오동	15		710		음성		부적		화강암	234			92
96_D340	경주시 감포읍 나창리 청	7		86		음성		적합						
96_D339	경주시 감포읍 나창리	8	19	270	15	양성	음성	부적	적합	응회암	180			28
96_D323	경주시 건천읍 용암리	410	61	3100	0	음성	음성	부적	적합	퇴적암	150			100
96_D236	경주시 건천읍 금척리	4		1900		음성		부적		퇴적암	100	3.2	48	120
96_D370	경주시 양남면 신대리	23		49		음성		적합		인산암	150			75
96_D331	경주시 장대동 조암	1		0		음성		부적		화강암				
97_D299	경주시 내남면 망성1리		8		220	음성	음성	부적		화강암				
97_D145	경주시 외동읍 석계1리		18		400	음성		부적		화강암				
97_D200	경주시 외동읍 연안리		6		35	음성		적합		화강암				
96_D236	경주시 건천읍 금창리		26		19	음성		부적		퇴적암				
96_D338	경주시 서면 서오리		30		250	음성		부적		인산암	150			150
97_D306	경주시서면 서오리		9		0	음성		적합		퇴적암				
95_D324	경주시 건천읍 송산리		9		0	음성		적합		인산암				
96_D349	경주시 산내면 내철리		3		0	음성		적합		인산암				
97_D300	경주시 강동면 안계2리		63		0	음성		적합		퇴적암				
95_D366	경주시 강동면 단구2리		16		0	음성		적합		퇴적암				
95_D368	경주시 인강읍 검단2리		31		0	음성		적합		퇴적암				
97_D307	경주시 한국면 오류3리		34		0	음성		적합		퇴적암				
97_D293	경주시 한국면 남사1리		117		0	음성		적합		퇴적암				
96_D334	경주시 한국면 무과1리		33		0	음성		적합		퇴적암				
96_D333	경주시 한국면 내테1리		36		1200	음성		부적		퇴적암				
96_D319	경주시 경주대학교		5		13	음성		적합		화강암				
96_D351	경주시 내남면 덕천2리		4		27	음성		적합		인산암				
96_D316	경주시 건천읍 화천1리		10		9000	음성		부적		퇴적암				
96_D311	경주시 건천읍 화천2리		36		78	음성		적합		퇴적암				
95_D330	경주시 서리빌대학교		31		38	음성		부적		화강암				
94_D36	경주시 한국면 금창2리		29		17	음성		적합		퇴적암				
94_D85	경주시 인강읍 갈곡리		19		19	음성		적합		퇴적암				
97_D257	경주시 양북면 용담2리		13		20	음성		부적		응회암				
97_D358	경주시 양북면 호암리		55		43	음성		부적		응회암				
97_D38	경주시 양북면 장항동		22		22	음성		적합		응회암				
96_D295	경주시 양북면 봉산2리		66		6	음성		부적		응회암				
96_D342	경주시 감포읍 오류4리		9		12	음성		적합		화강암				

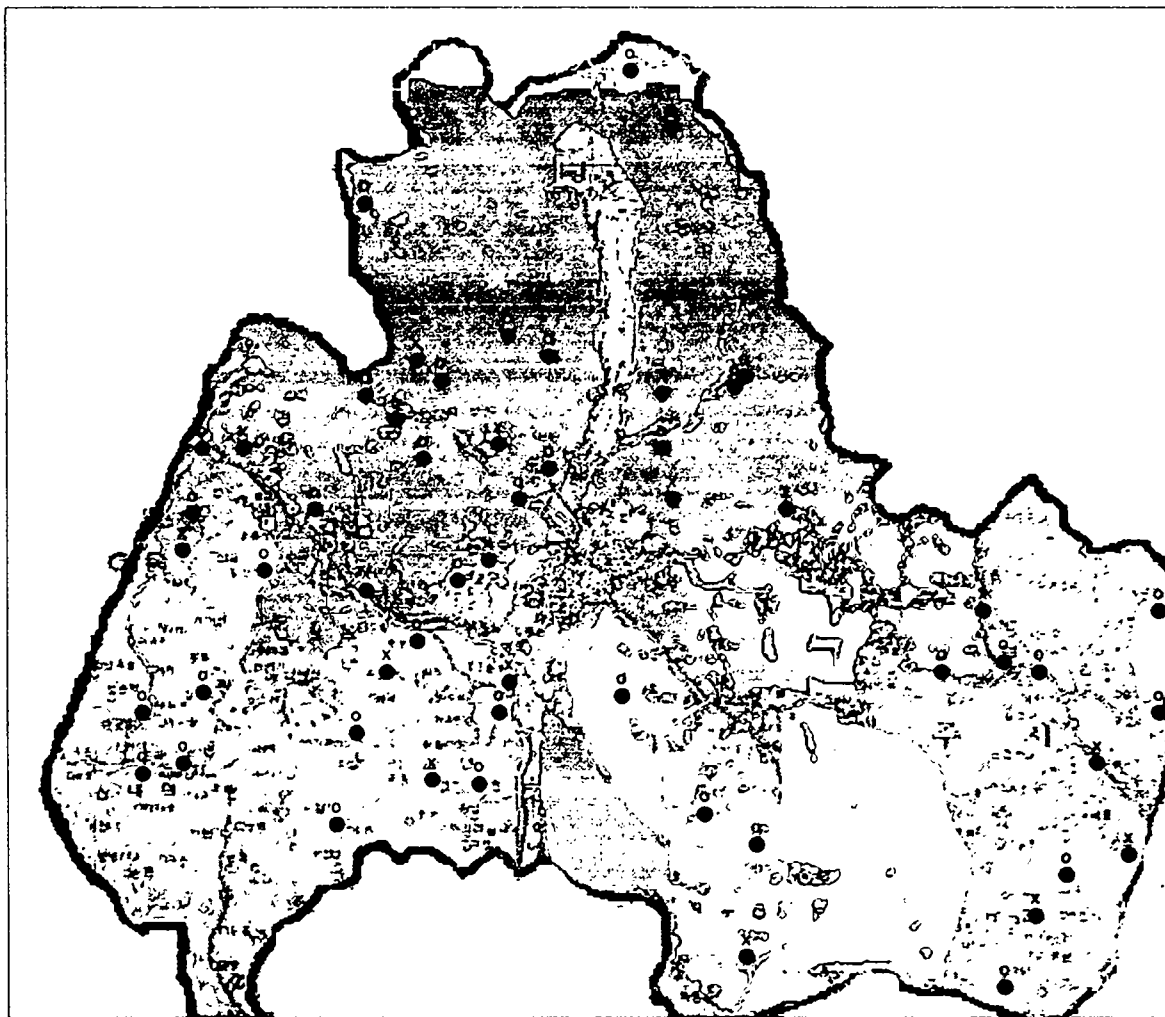
# 여 백



- 범례
- o : 기준 적
  - x : 기준 부 적
  - : Site
  - : 화 강 암
  - : 화 산 암
  - : 안 산 암
  - : 퇴 적 암

<그림 5-22>경주시수질오염현황도

scale:free



- 범례
- : 기준적
  - × : 기준부적
  - : Site
  - : 화강암
  - : 화산암
  - : 안산암
  - : 퇴적암

<그림 5-22>경주시수질오염현황도

scale:free

여 백



## 5-2. 지하수 잠재오염원조사

인간의 활동에 의해서 수문환경으로 유입되는 모든 물질은 지하수를 오염시킬 수 있으며, 지하수계로 유입된 오염물질의 농도가 인간생활에 지장을 줄 정도로 위험한 상태에 이른 경우 지하수가 오염되었다고 할 수 있다.

지하수오염원은 점오염원과 비점오염원으로 대별되고 점오염원은 한정된 위치에서 오염물질이 배출되는 형태로 정화조, 지하저장탱크, 유해폐기물 부지, 매립지, 지표저류시설, 폐관정등이고, 비점오염원은 넓은 지역에서 오염물질이 광범위하게 확산되는 것을 말하며 농약살포, 비료살포 등의 농업오염원과 산성강우 등이 있다.

경주시지역의 수질환경 오염물배출시설은 총 224개 시설이 있으며 이중 일반 폐기물매립지 6개소에 340,941m<sup>3</sup>(1995년 기준)의 폐기물이 매립되어 있으며, 분뇨처리장에서 203,000ℓ/일의 분뇨를 처리하고 있다. 전체적으로 경주시 지역의 지하수를 오염시킬수 있는 잠재오염원은 산업화에 따른 산업폐수, 인구에 의한 생활하수, 주유소 및 지하저장탱크, 폐관정 등과 같은 점오염원보다는 비점오염원인 농약에 의한 비료살포가 대부분이며 그밖에 잠재오염원은 안강읍 검단리, 사방리의 대규모축사, 천북면, 조양동일대의 대규모 양계장 등에서의 축산폐수가 지하수를 오염시킬 수 있는 잠재오염원으로 존재한다.

## 제 6 장 지하수자원의 부존성조사

### 6-1. 지하수부존량

지하수 부존량이란 광의로는 대상지역의 지하 지층 내에 저류된 물의 총포장량을 의미하나 부존자원의 이용측면에서 볼 때 포장량 중 산출가능량만을 부존량으로 평가함이 타당하다. 산출가능포장량은 공극안에서 유동할 수 있는 수량을 말하며 이것은 지층의 체적에 유효공극율(effective porosity)을 곱하여 구할 수 있다.

경주시 지역의 지하수 부존량을 추정함에 있어 먼저 이지역의 분포지질별 면적과 지하수 부존심도 및 지질별 유효공극율을 결정하여야 한다. 본지역의 분포지질은 중생대 경상계 퇴적암류와 이를 관입한 중생대 화성암류인 화강암과 중생대에서 신생대초기의 화산암류로 대별되는데 화강암은 159km<sup>2</sup>이며, 화산암은 340km<sup>2</sup>이며, 중생대 퇴적암류는 480km<sup>2</sup>의 분포면적을 가지며 나머지는 충적층으로 340km<sup>2</sup>의 분포면적을 가지고 있다.

지하수 부존심도를 결정하기 위하여 경주시 전역의 지하수 이용실태 조사자료를 검토한바 대부분의 관정이 심도 200m이내이나 불국사 화강암류에서는 500m이상의 관정이 10개 분포하고 있다. 그러나 경제적인 이용측면과 시설관정의 평균심도를 고려하여 암반층중 화강암지역의 지하수 부존심도를 200m, 퇴적암 및 화산암지역은 지하수 부존심도를 150m로 적용하였다. 충적층의 두께는 형산강 주변의 내남면, 안강읍, 경주시, 강동면 지역은 평균 10 ~ 25m 정도로 추정되나, 그밖의 지역과 경주시 지역의 충적관정 평균심도는 8.2m 내외의 두께를 보이고 있다. 지하수유동에 제한적인 요소인 실트층을 제외한 충적층의 지하수 부존 평균심도를 8m로 가정하였다.

<표 6-1> 한국의 지하수 부존량(농진공, 1991)

분포지질별	분포면적 (km <sup>2</sup> )	지하수 부존심도 (m)	지 하 수 포 장 량				가용 포장량 (재순환가능량)		
			총 포 장 량		산 출 가 능 량		재순환율 (%)	지하수량 (억m <sup>3</sup> )	
			공극율 (%)	지하수량 (억m <sup>3</sup> )	유효공극율 (%)	지하수량 (억m <sup>3</sup> )			
합계	98,490			13,240		5,450		1,170	
육 지 부	계			13,140		5,380		1,160	
	충적층	27,380	3	35	280	14.2	110	14.2 X 1	110
	화성암	31,820	200	1	630	0.5	318	0.5X1/5	60
	퇴적암	28,780	800	5	11,510	2.0	4,600	2.0X1/5	920
변성암	36,070	200	1	720	0.5	360	0.5X1/5	70	
제주도(화산암)	1,820	400	3.5	100	2.5	70	2.5X1/5	10	

지하수부존량 추정에서 지층별 유효공극율은 <표 6-1>의 자료를 인용하여 적용하였다. 이렇게 해서 추정된 경주시 지역의 지하수 부존량은 2,496백만톤으로 산정하였으며 내용은 다음과 같다.

<표 6-2 > 경주시 지하수 부존량 추정

지 질 별	분포면적 (km <sup>2</sup> )	지하수부존심도 (m)	유효공극율 (%)	지하수부존량 (백만톤)	비 고
충 적 층	340	8	14.2	386	
화 강 암	160	200	0.5	160	
퇴적암류	480	150	2	1,440	
화산암류	340	150	1	510	
계	1,320			2,496	

## 6-2. 지하수자원의 부존성 평가

### 6-2-1. 강수량 분석

경주시지역은 최근 10년간의 평균 강수량이 1,212mm이나, 1994년 이후에는 극심한 가뭄현상으로 인해 1991년 ~ 1997년 사이의 평균 강수량은 1,045mm로 적은 강수량을 보이고 있다. 1996년도의 총 강수량은 953.1mm이다.

<표 6-3> 연도별, 월별 강수량 분포

(단위: mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합 계
'91년	34.7	48.2	88.4	82.7	27	80.6	414.1	579.0	125.9	0.2	6.4	99.6	1586.9
'92년	64.2	23.6	84	119	55	25.2	105.0	273.5	130.4	16.4	13.3	40.6	950.2
'93년	71.6	70.8	69.2	25.8	121.2	157.2	296.7	451.7	53.4	39.2	64.2	10.2	1431.2
'94년	24.0	28.5	29	38.9	115.7	105.7	16.9	19.8	11.4	122.7	41.9	4.1	600.0
'95년	21.1	17.1	56.5	64.7	69.1	64.4	116.9	221.7	68.4	43.7	1.2	0.0	744.8
'96년	23.5	15.8	136.2	63.2	57.2	339.4	71.2	111.5	25.5	37.4	42	30.2	953.1
'97년	8.9	4.9	29.6	62.9	97.5	183.3	229.8	171.2	54.8	0.4	136	69.7	1049.0
평균													1,045.0

조사지역의 함양량분석을 위하여 최근 5년간의 강수량중 최대강수량을 보인 1993년과 1990년 이후 경주지역 강우량의 평균(1,045mm)에 가까운 1996년도와 1997년도 강수량 자료를 지하수 함양량계산에 참조하였다.

### 6-2-2. 유출분석

지하수함양량을 추정하는 여러 가지 방법 중 수자원총량에서 유출량을 제외하여 손실량으로 보고 손실량에서 증발산량을 뺀 나머지를 지하 침투량으로 추정하는 물수지분석 방법이 일반적으로 사용하고 있다. 유출량관측소가 있는 지역은 다년간의 강우량과 유출량 자료를 직접 비교하여 물 수지분석을 시행 할 수 있으나 과거의 유출량 기록이 없는 지역에서는 강수량 등 기상자료를 분석하여 유출량을 추정하고 이것을 기준으로 하여 손실량과 침투량을 추정할 수 있다. 지하수의 함양은 매일매일의 강우에 대응하기 보다는 장기적인 강우와 장기유출에 대응하기 때문에 지하수 침투량 추정에는 장기유출 분석이 더 효과적이다.

가. 가지야마 공식에 의한 월 유출별 분석

이 방법은 가지야마가 우리나라 중.대하천의 24개 수문지점에서 1916 ~ 1927(10년)기간중 관측한 자료 분석에 의하여 발표한 것으로 다음과 같은 경험식으로 표시된다.

$$Q = \sqrt{P^2 + (138.6f + 10.2)^2} - 138.6f + E$$

여기서 Q = 월유출량(mm), P : 강수량(mm), f : 계수(0.6 - 1.4), E : 보정값이다. 유역상황에 따른 f값 적용기준은 아래와 같이 분류할 수 있다.

<표 6-4> 유역상황별 f값

유역 상황	f 값
유역내 농경지, 임야가 많고 경사가 느리고, 년 평균기온이 높고 거리는 길어서 유역내의 소비량이 가장 많아 유출량이 가장 적은 경우	1.4
위와 대략 같으나 유역내에서의 소비수량이 비교적 많아 유출량이 비교적 적은 경우	1.2
유출량이 보통인 경우	1.0
유역으로의 유출량이 비교적 많은 경우	0.8
유역이 황폐되고, 경사가 급하고 유로는 짧아 유출량이 가장 많은 경우	0.6

조사지역의 1986~1996(11년간)의 월평균강수량을 이용하고 유역상황을 f=1.0으로 적용하여 월별 유출량을 계산하였는 바, 과거 유출조사 자료가 전무하여 계절별 유출량 보정에 대한 기준이 없으므로 보정값 E는 고려하지 않았다.

경주지역에서의 강수량을 최건기때인 1995년을 기준으로 657.5mm로 보면 월 유출량 Q = 535.5mm이고, 1986년에서 1996년사이의 월평균강수량 1212mm를 적용하면 월 유출량 Q = 1082.5mm이다.

6-2-3. 침투량 분석에 의한 함양량산정

가. 침투 이론

침투(Infiltration)란 물이 지표면을 통해 토양속으로 스며드는 현상으로 침투가 발생하는 비율은 식생의 피복상태, 면적, 지표면의 상태, 온도, 강우강도, 토양의

물리적 성질에 의해 영향을 받는다. 또한 지표면을 통과한 물이 지하수로 저류되는 양은 하부 토양층의 전달특성에 의해 좌우된다.

#### 나. 침투율과 함양율

침투율(Infiltration rate)은 단위 시간당 토양 표면을 투과하는 물의 침투량이며 함양율(Recharge rate)은 장기간의 침투량을 뜻하는 개념으로 연간 침투량(mm/년)의 개념을 갖고 있으나 강우량과의 비교개념 즉 자연함양율(Natural recharge ratio)로 사용될때는 강우량과 함양량의 백분율로 표시한다.

통계적으로 지하수함양량 계산에서는 지하수함양량을 손실량의 40%로 계상(한국 수자원현황도 1996년 건교부)하면 된다.

#### 다. SCS 방법에 의한 함양률

토양의 종류나 토지이용 및 관리상태 등은 강우의 유출과 침투에 지대한 영향을 미친다. 따라서 SCS방법은 유역내 여러 가지 토양을 종류에 따라 4가지의 수문학적인 토양그룹으로 분류하고 또한 사전강우에 의하여 습윤상태가 된 정도에 따라서 직접유출과 초기흡수 및 지하침투량의 계산을 조절하는 방법을 제시하고 있다.

#### ○ 기초이론

미국의 토양보전국(SCS)에서는 소유역에 대한 유출량 산정을 위하여 많은 토질보전 연합단체들에 의하여 측정된 유출량과 토양의 자료를 이용하여 SOC유출모형을 개발하였다.

SCS 모델의 세가지 기초적 과정은 다음과 같다.

첫째, 유역의 특성으로 강우시차단, 지표저류, 토양저류 등에 의한 최대저류량(potential retention, S)이 있다.

둘째, 실 저류량(Actual retention, F)이 최대저류량(S)에 대하여 갖는비율은 직접유출량(Q)이 강우량(P)에서 초기손실(Initial abstraction, Ia)을 뺀 값에 대한 비율과 같다. 즉

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - Ia}$$

셋째, 초기손실(Ia)은 최대저류량(s)의 크기에 비례한다.

$$Ia = \alpha s$$

여기서  $\alpha$ 는 상수로서 SCS에서는  $\alpha=0.2$ 를 채택하였다.

물수지로 볼 때 다음 식이 성립된다.

$$F = P - Ia - Q$$

즉,

$$Q = \frac{(P - \alpha S)^2}{P + (1 - \alpha)S} \quad (\text{단 } P \leq \alpha S \text{ 일 경우 } Q = 0)$$

$\alpha = 0.2$ 를 택하면,

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

위 식은 S변수 하나만으로 유출량을 구할 수 있어 강우자료만 있으면 사용할 수 있다. 변수 S는 호우와 유역특성에 따라 결정되며 SCS는 유출곡선지수(Runoff Number, CN)방법을 개발하여 S와 CN의 관계를 다음과 같이 제시하였다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (\text{mm})$$

본래 SCS모델은 유출량 분석을 목적으로 개발되었으나 강우중 실저류량 즉 누가침투량을 구할수 있다.

강수의 침투는 지하수함양과 직접적인 관계가 있다. 지하수함양 분석에 있어서는 장기적인 분석이 필요하며 따라서 각 강수분포별 침투량보다 계절별 또는 연간 침투량을 추정하여야 한다. SCN-CN 방법은 강우사상별로 유역상황에 상응하는 침투량을 구할수 있고 장기간의 침투량을 합하여 그 기간중 강우량 총량으로 나누면 지하수 함양률을 구할 수 있다.

#### ○ 수문학적 토양피복군

유출에 영향을 미치는 토양의 종류나 이용 및 관리상태 등을 기초로 수문학적 토양피복군을 분류할 수 있다. SCS에서는 유출곡선지수를 토양의 종류에 따라 4가지 그룹으로 나누고, 선행강우에 의한 토양의 습윤상태에 따라 강수의 침투율이 달라짐을 고려하여 수문학적 토양 피복군을 정의하였다.

<표 6-5> SCS의 토양의 분류

토 양 의 분 류	특 성
A	최저유출 발생가능량(Lowest runoff potential)이 있는 진흙, silt가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층
B	유출발생 가능성이 높은(Moderately low runoff potential)사질토이며, 침투율은 평균보다 높으나 다소 진흙이나 Silt가 함유된 흙
C	유출발생 가능성이 B급보다는 높은(Moderately high runoff potential) 흙으로서 진흙에 Silt가 많이 섞여 얇은층을 구성하며 침투율은 평균 보다는 다소 낮은 흙
D	유출발생 가능성이 가장 높은(Highest runoff potential)흙으로 대부분이 진흙과 Silt로서 불투수층과 직접 접하여 있는 흙

<표 6-5>는 조사지역 내 토지사용 및 SCS의 토양의 분류에 따라 CN값을 제시하고 있으며, 이는 토양의 5일 선행함수 조건이 II(보통)인 경우의 값이다.

○ 유출곡선지수(Runoff Curve Number)

토양종류별 유출곡선지수는 토지이용형태, 사전기상조건에 의해 결정된다. 미국의 경우 침투능에 따라 수문학적 토양의 네종류의 토양피복군별 유출곡선지수를 정리하였다.



<표 6-6> 토양의 피복형별 유출곡선지수 CN(AMC-II,  $I_a=0.2S$ )

토지 이용상태	피복 상태	수문학적 토양조건	토양의 종류			
			A	B	C	D
주거지역(Residential) <sup>1)</sup> 평균규모 (m <sup>2</sup> ) < 500 1,000 1,500 2,000 4,000	불투수면적비(%) <sup>2)</sup> 65 38 30 25 20		77	85	90	94
			61	75	83	87
			57	72	81	86
			54	70	80	85
			51	68	79	84
포장된 주차장, 지붕, 차도 등 <sup>3)</sup> 도로 및 보도 포장(록석 및 우수거 설치) 자갈 비포장			98	98	98	98
			98	98	98	98
			76	85	89	91
			72	82	87	89
상업지역 공업지역	(불투수면적 85%)		89	92	94	95
	(불투수면적 72%)		81	88	91	93
	(불투수면적 65%)		77	85	90	92
개활지, 잔디밭, 공원, 골프장, 공원묘지 등 양호한 상태 : 전 면적의 75% 이상 초지 피복 보통의 상태 : 전 면적의 50 ~ 75% 초지 피복			39	61	74	80
			49	69	79	84
휴경지(Fallow)	나지상태	-	77	86	91	94
	작물잔재물로 피복	불량	76	85	90	93
		양호	74	83	88	90
조식작물(Row crops)	직선줄재배	불량	72	81	88	91
		양호	67	78	85	89
	등고선재배	불량	70	79	84	88
		양호	65	75	82	86
	등고선 및 대상재배	불량	66	74	80	82
		양호	62	71	78	81
소곡류(Small grains)	직선줄 재배	불량	65	76	84	88
		양호	63	75	83	87
	등고선 재배	불량	63	74	82	85
		양호	61	73	81	84
	등고선 및 대상재배	불량	61	72	79	82
		양호	59	70	78	81
밀식 또는 산과 콩과작물 (또는 윤작초지) (Close seeded or broadcast legumes or rotation meadow)	직선줄 재배	불량	66	77	85	89
		양호	58	72	81	85
	등고선 재배	불량	64	75	83	85
		양호	55	69	78	83
	등고선 및 대상재배	불량	63	73	80	83
		양호	51	67	76	80

토지 이용상태	피복 상태	수문학적 토양조건	토양의 종류			
			A	B	C	D
방목지(Pasture, grassland or range- Continuous forage for grazing)	등고선 재배	불량	68	79	86	89
		보통	49	69	79	84
		양호	39	61	84	80
	등고선 및 대상재배	불량	47	67	81	88
		보통	25	59	75	83
		양호	6	35	70	79
목초지(방목불허, 건초용, 영구) (Meadow : continuous grass protected from grazing and generally mowed for hay)			30	58	71	78
관목-잡초 혼합현황(관목이 주종) (Broush : brush-weed graa mixture with brush being the major element)		불량	48	67	77	83
		보통	35	56	70	77
		양호	30	48	65	73
식림지(woods) 나무-초지 혼합형태(과수원 또는 나무농장) <sup>4)</sup> (Woods-grass combination, orchard or tree farm)		불량	57	73	82	86
		보통	43	65	76	82
		양호	32	58	72	79
식림용지 (Farm woodlots)		불량	45	66	77	83
		보통	36	60	73	79
		양호	25	55	70	77
임야(Forest) <sup>3)</sup>		매우불량	56	75	86	91
농가(Farmsteads : building, lanes, driveways)			59	74	82	86

- 1) 유출곡선지수는 가옥 또는 도로로부터 유출되는 수량이 거리로 유입되는 경우와 침수가 더 일어날 수 있는 잔디로 유입되는 경우를 가정하여 계산된 것이다.
- 2) 나무지 유역은 투수성재료(잔디)로 피복되어 있는 이는 양호한 목초상태로 간주하였다.
- 3) 기후가 따뜻한 지역에서는 CN=95가 될 수도 있다.
- 4) 나무 50%, 목초 5-%로 이루어진 곳에서 계산된 것임.
- 5) 미국 동부지역자료를 근거로 산정된 것임.

○ 토양의 선행함수조건(Antecedent Soil Moisture Condition, AMC)

선행토양수분상태란 홍수분석을 하는 시점을 기준으로 선행강우에 의해 유역 토양중의 수분함양을 지수로 표현한 것이다.

일반적으로 토양의 선행함수조건을 결정하는 것은 매우 어려우나 대체로 아래와 같은 경우로 각각 구분한다.

A.M.C - I : 유역의 토양이 대체로 건조상태에 있어서 유출률이 대단히 낮은 상태(lowest runoff potential)

A.M.C - II : 유출률이 보통인 상태(average runoff potential)

A.M.C -III : 유역의 토양이 수분으로 거의 포화되어 있어서 유출율이 대단히 높은 상태(highest runoff potential)

SCS에서 기준으로 삼고 있는 선행 토양함수조건은 1년을 성수기(growing season)와 비성수기(dormant season)로 나누어 각 경우에 대하여 5일간에 대한 선행강우량의 크기에 따라 토양의 함수조건을 다음과 같은 3가지 조건으로 구분하고 있다.

<표 6-7> 선행 토양함수조건 분류

AMC	5일간의 선행강우량, P <sub>5</sub> (mm)	
	비 성수기	성수기
I	P <sub>5</sub> < 13	P <sub>5</sub> < 35
II	13 < P <sub>5</sub> < 28	35 < P <sub>5</sub> < 53
III	P <sub>5</sub> > 28	P <sub>5</sub> > 53

<표 6-6> 및 <표 6-7>에 수록된 유출곡선지수(CN)는 평균적인 조건 즉 AMCII 일때의 값이므로 AMC값이 변화할 때는 CN값도 바뀌어야 한다. AMCII 조건에서 선행강우량 조건에 따라 홍수기의 AMCIII, 갈수기의 AMC I 조건으로 변화할 경우의 CN값은 <표 6-8>과 같다.

<표 6-8> 토양의 선행함수에 따른 유출곡선지수의 조정

A.M.C 별 CN			S(A.M.C-II) (mm)	Curve 의 시점(mm)	A.M.C 별 CN			S(A.M.C-II) (mm)	Curve 의 시점 (mm)
II	I	III			II	I	III		
100	100	100	0.00	0.0	60	40	78	169	33.8
99	97	100	2.57	0.5	59	39	77	177	35.3
98	94	99	5.18	1.0	58	38	76	184	36.8
97	91	99	7.85	1.5	57	37	75	192	38.4
96	89	99	10.6	2.0	56	36	75	200	39.9
95	87	98	13.4	2.8	55	35	74	208	41.6
94	85	98	16.2	3.3	54	34	73	216	43.2
93	83	98	19.1	3.8	53	33	72	225	45.0
92	81	97	22.1	4.3	52	32	71	234	47.0
91	80	97	25.1	5.1	51	31	70	244	48.8
90	78	96	28.2	5.6	50	31	70	256	50.8
89	76	96	31.5	6.4	49	30	69	264	52.8
88	75	95	34.5	6.9	48	29	68	276	54.9
87	73	95	37.8	7.6	47	28	67	287	57.4
86	72	94	41.4	8.4	46	27	66	297	59.4
85	70	94	44.7	8.9	45	26	65	310	62.0
84	68	93	48.3	9.6	44	25	64	323	64.5
83	67	93	52.1	10.4	43	25	63	335	67.1
82	66	92	55.9	11.2	42	24	62	351	70.1
81	64	92	59.4	11.9	41	23	61	366	73.2
80	63	91	63.5	12.7	40	22	60	381	76.2
79	62	91	67.6	13.5	39	21	59	396	79.2
78	60	90	71.6	14.2	38	21	58	414	82.8
77	59	89	76.0	15.2	37	20	57	432	76.4
76	58	89	80.3	16.0	36	19	56	452	90.4
75	57	88	84.6	17.0	35	18	55	472	94.5
74	55	88	89.2	17.8	34	18	54	493	98.6
73	54	87	94.0	18.8	33	17	53	516	103.0
72	53	86	89.8	19.8	32	16	52	538	108.0
71	52	86	104.0	20.8	31	16	51	564	113.0
70	51	85	109.0	21.8	30	15	50	592	118.0
69	50	84	114.0	22.9					
68	48	84	119.0	23.9	25	12	43	762	152.0
67	47	83	125.0	24.9	20	9	37	1016	203.0
66	46	82	131.0	26.2	15	6	30	1440	288.0
65	45	82	137.0	27.4	10	4	22	2286	457.0
64	44	81	143.0	28.4	5	2	13	4826	965.0
63	43	80	149.0	29.7	0	0	0	∞	∞
62	42	79	156.0	31.2					
61	41	78	162.0	32.5					

라. SCS에 의한 함양을 산정

○ 토양분류에 의한 토지이용상태

토양의 종류와 토지이용 및 관리상태 등은 강우의 유출과 침투에 지대한 영향을 미친다. 따라서 SCS방법은 유역내 여러 가지 토양을 종류에 따라 4가지의 수문학적인 토양그룹으로 분류하였다.

경주시 지역의 토양수문군 분류를 위하여 한국정밀토양도 경주시편( 1:25,000)을 이용하였는데 이 토양도는 토양의 형태적 분류에서 토양배수 상태의 구분을 매우양호, 양호, 약간양호, 약간불량, 불량 으로 나누었는데, 매우양호와 양호를 SCS토양수문군 분류의 A, 약간양호를 B, 약간불량을 C, 불량을 D로 적용하였다. 토지이용상태는 정밀토양도와 경주시통계연보 에서의 면적을 적용하였다. 산림지역은 대부분 숲이 무성하여 토양배수상태가 약간양호로 분류하였고, 도시지역 중 공업지, 학교, 주거지는 전체적인 토양배수상태가 약간양호, 도로 및 철도지역은 토양배수상태가 불량한 것으로 분류하였다.

<표 6-9> 경주시지역 토양분류에 따른 토지이용상태

(단위 : km<sup>2</sup>)

구분	경주시지역 토양분류에 따른 토지이용상태							
	논경지		산림지역	도시지역				
계	전	답		공업지	학교	도로	하천부지	주거지
	88.36	176.14	911.60	4.439	2.129	26.119	96.08	22.977
A	전	답					96.08	
	84.37							
B	전	답	911.60	4.439	2.129			22.977
	3.99	123.92						
C	전	답						
		48.20						
D	전	답				26.119		
		4.02						

○ 유출곡선지수 결정

토양분류에 따른 토지이용상태별 면적을 각각의 토지이용상태와 토양의 종류에 해당하는 유출곡선지수 CN(Curve Numbers)는 <표 6-6>의 SCS유출곡선지수 표에서 구할 수 있다.

<표 6-10> 경주시지역 SCS방법의 CN값

(단위 : km<sup>2</sup>)

구분	A		B		C		D		면적 계	평균 CN
	면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN		
전	84.37	65	3.99	76					88.36	65.5
답			123.92	79	48.20	84	4.02	88	176.14	80.56
산림지			911.60	65					911.60	65
공업지			4.439	88					4.439	88
학교			2.129	70					2.129	70
도로							26.119	98	26.119	98
하천부지	92.88	95							92.98	95
주거지			22.977	85					22.977	85
계	180.45		1069.15		48.20		30.139		1324.82	80.88

○ 침투량공식의 적용

SCS-CN 방법에서 강수량중 지하침투량 F에 대한 공식을 다시쓰면,

$$F = \frac{(P-0.2S)S}{(P + 0.8S)} \text{ 이고}$$

여기서 F는 침투량(mm), P는 강수량(mm), S는 최대저류능으로

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254(\text{mm})$$

로 주어지므로 해당지역의 유출곡선지수 CN값이 결정되면 S값을 구할 수 있고

따라서 각 강우사상에 대응하는 침투량을 구할 수 있다. 토양의 선행함수조건분류를 적용함에 있어 성수기는 5월에서 10월까지, 비성수기는 11월에서 익년 4월까지로 가정하여 토양의 선행함수조건(AMC)를 결정하였다.

연간 강수량과 침투량의 관계를 분석하기 위하여는 해당 기간의 강수량자료를 일별 강수량과 그 선행강우조건(AMC)별로 분류하고 위의 침투량공식을 사용하여 먼저 일별침투량을 구하고, 일 침투량을 년간으로 합산하여 연 침투량을 구한 다음 이것을 해당 연도의 연 강수량으로 나누어 함양율을 구한다. 이렇게 여러 해의 강수량자료를 분석하여 평균값을 구하면 그 지역의 평균 자연함양율을 구할 수 있다. 조사지역의 함양량분석을 위하여 최근5년간의 강수량중 최대강수량을 보인 1993년과 1990년이후 경주지역 강수량의 평균(1,045mm)에 가까운 1996년도와 1997년도 강수량 자료를 지하수 함양량계산에 참조하였다.

<표 6-11> 경주시지역 CN지수 변동에 따른 침투율의 변동

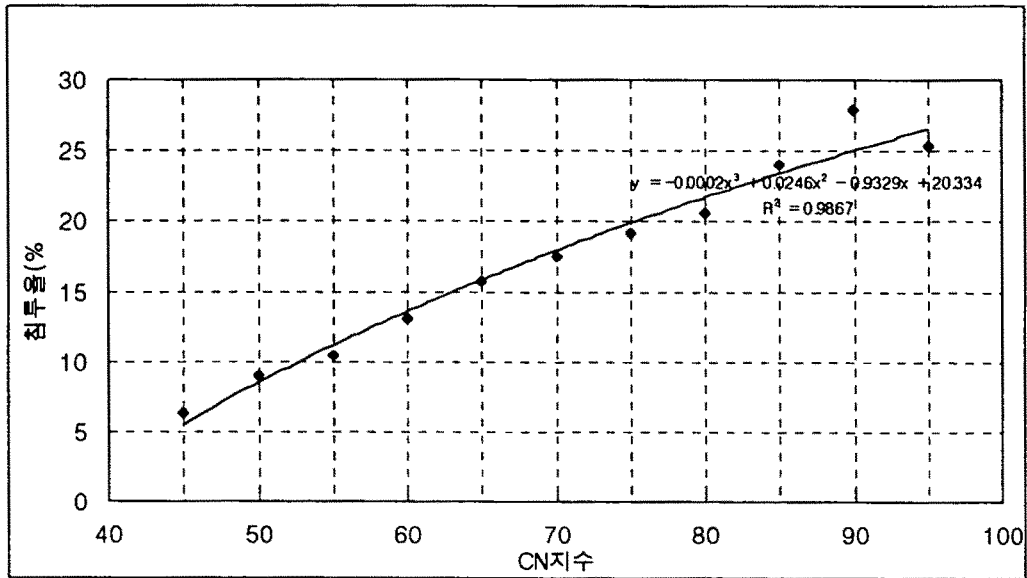
(단위 : mm)

구분	강수량	CN45	CN50	CN55	CN60	CN65	CN70	CN75	CN80	CN85	CN90	CN95
1993	1,431	124	190	185	225	263	284	282	302	334	380	398
1996	953	34.8	39.5	62.4	88.1	113.9	125.1	168.2	168	219.5	280.3	302
1997	1,049	59	79	110	138	163	190	207	238	270	296	301
평균	1,144	72.6	102.8	119.1	150.4	180	199.7	219.1	236	274.5	318.8	333.7
침투율 (%)		6.3	9.0	10.4	13.1	15.7	17.5	19.1	20.6	24	27.9	29.2

<표 6-11>의 CN값 변화에 대한 침투율의 변화를 Excel Program으로 작도하면 다음과 같은 3차원 회귀방정식으로 주어진다.

$$Y = -0.0002X^3 + 0.0246X^2 - 0.9329X + 20.334$$

여기서 X는 CN값이고 Y는 침투율(함양율)이다.



<그림 6-12> 경주시지역 강우침투율과 CN지수의 관계

<그림 6-12>에서 CN값이 증가할수록 침투율이 증가하는 결과를 나타내는데 이는 조사지역의 강우침투율 자료를 최근5년사이의 강우자료중 최대강수량을 보인 1993년과 1990년이후 경주시지역 강수량의 평균(1,045mm)에 가까운 1996년도와 1997년도 일일강수량 자료를 참조하여 계산을 한결과 나타난 것으로 이는 가뭄으로 인한 영향이다.

조사지역의 토지이용구분 및 토양구분별 CN값을 <그림 6-12>의 그래프에 적용하여 토지구분별 침투율을 계산하고 면적 가중치에 의하여 유역전체의 평균 침투율을 산정한 결과 16.65%로 구해졌으며 산정내용은 <표 6-13>과 같다.



<표 6-13> 경주시지역 SCS방법에 의한 침투율 산정

구 분	면 적 계	평균 CN	침 투 율 (%)	평균침투율 (%)
전	88.36	65.5	16	
답	176.14	80.56	22	
산 립 지	911.60	65	15.5	
공 업 지	4.439	88	24.5	
학 교	2.129	70	17.8	
도 로	26.119	98	29.2	
하천부지	92.98	95	27	
주 거 지	22.977	85	23.5	
계	1,324.82	80.88		16.65

○ SCS-CN방법에 의한 함양율산정결과

경주시의 지하수침투율(함양율)은 16.65%이다. 경주시 면적이 1,324.82km<sup>2</sup>이고, 조사지역 강수량 자료중 1990년이후 가뭄년도 및 최대강수량년도의 평균강수량인 1,144mm를 강수량으로 적용하면 경주시의 연간지하수함양량은 252.34백만톤이다.

## 7. 지하수자원개발계획

### 7-1. 지하수개발 가능량

지하수를 개발하면 자연상태에 어느 정도의 변화가 오게된다. 따라서 주변의 환경에 심각한 영향을 주지 않는 범위 내에서 지하수의 개발가능량을 적정개발가능량이라고 할 수 있다. 지하수역의 주어진 관리조건하에서 지하수를 양수할 때 부정적영향이 발생하지 않는 범위내에서 항구적으로 이용할수 있는 채수량이 적정개발량이다. 적정개발량은 지하수의 함양과 배출이 평형이 되도록 연간 함양량을 초과하지 않는 범위내로 연간 취수량을 제한하여야 한다.

광역적인 지하수함양은 강우에 의한 자연함양이 주요인이 되며 이의 산정방법으로 물수지 분석방법과 기저유출 분석방법을 주로 사용한다. <표 7-1>은 우리나라 지하수개발 가능량을 추정한 것이다.

<표 7-1> 한국의 지하수개발가능량 추정

연구자 또는 기관	개발가능량 (억톤/년)	년강우량에 대한비율(%)	추 정 방 법	사용 용어
선우중호(1992)	100 ~ 150	7.9 ~ 11.8	Cheremissionoff(1988)의 기준 물수지방법	적정개발가능량
한정상(1995) 이천복(1994)	228	18	물수지방법 (건설교통부)	지하수함량양
최병수(1992)	143	11.3	함양량의 70%적용	경제적 지하수 이용가능량
한국수자원공사 (1993)	136.3	10.6	지하수저장량의 변화량은 순환량에 해당된다는 물수지법 적용	적정개발가능량
건설교통부(1994)	137.8	10.7	기저유출분석방법 (안정률 70%적용)	적정개발가능량
건설교통부(1995)	132.7	10.3	기저유출분석방법 (안정률 70%적용)	적정개발가능량
이동률(1995)	64.8	7.8	지하수감수곡선이용, 갈수기의 지하수 유출량 고려	지하수함량양

\*자료 : 한국지하수총람(농어촌진흥공사, 1996)

위의 표는 지하수함양량에 기준을 두고 안전율을 어느 정도로 보고 적정개발가능량을 추정하느냐의 차이로 볼 수 있는데, 지역단위의 지하수 적정개발가능량은 그지역의 특성과 관리계획을 감안하여 함양량의 70 ~ 100% 범위에서 결정하는 것이 타당하다.

#### 7-1-1. 물 수지분석

지하수의 물 수지분석에 있어서는 지하수의 유동특성상 최소한의 대상 기간을 1년이상으로 하여야 하며, 지하수의 대상영역이 지하에 있어 유입량과 유출량 및 저류량 등을 실측할 수 없으므로 간접적인 방법에 의하여 추정하여 적용하여야 한다. 지하수 물수지 공식은 다음과 같다.

$$Q_i + Q_l + Q_{ur} + R_p + Q_{rs} + Q_{rg} = Q_o + Q_p + L_o \pm \Delta V$$

여기서

$Q_i$  : 지하수유입량

$Q_l$  : 수로손실에 의한 함양량

$Q_{ur}$  : 기타함양량

$R_p$  : 강우에 의한 함양량

$Q_{rs}$  : 지표수 관개용수의 순환함양량

$Q_{rg}$  : 지하수 관개용수의 순환함양량

$Q_o$  : 지하수 유출량

$Q_p$  : 지하수 양수 이용량

$L_o$  : 증발산손실 또는 기타손실에 의한 유출

$\Delta V$  : 지하수 저류변화량

지하수의 물수지분석은 위와 같으나 안정체수량 즉 지하수 개발가능량을 평가할시에는 수로손실에 의한 함양량, 지표수 및 지하수관개용수의 순환함양량 등을 산출하기 어려워 <표 7-1>의 지하수개발 가능량 추정방식중 “지하수함양량(252.34백만톤/년)”(1992. 최병수)의 70%를 적용하여 경주시의 적정개발가능량을 산출하면 176.638백만톤/년이다. 여기서 지하수함양량은 SCS-CN방식에 의한 경

주시의 지하수함양량(252.34백만톤/년)을 적용하였다.

## 7-2. 지하수 개발계획

경주시 지역중 지표수를 이용하여 광역상수도로 식수를 공급하는 지역은 경주시내 전역과 안강읍, 강동면일부 및 외동읍 등이며 기타 대부분의 농촌지역은 광역상수도 시설이 미비하여 지하수를 사용한 간이상수도시설을 사용하고 있다. 지표수를 이용한 수리시설이 미비한 지역에서는 농업용수로 지하수를 이용하고 있으나 1994~1997년의 가뭄으로 인해 농업용암반관정을 경주시전역에 걸쳐 많이 개발하였으므로 신규로 농업용수를 개발하는 것보단 기존시설의 유지 및 보수관리에 중점을 두고 지표수를 이용하기 어려운 지역 특히 산내면, 양남면의 고지대에는 발용수를 중심으로 적정 개발사업량을 정하여야 할 것이다..

<표 7-2 > 경주시 지하수 부존량 및 개발가능량 추정(지질별)

지 질 별	분포면적 (km <sup>2</sup> )	지하수부존량 (백만톤)	지하수개발가능량 (백만톤)	비 고
충 적 층	340	386	77.2	
화 강 암	160	160	16	
퇴적암류	480	1,440	144	
화산암류	340	510	51	
계	1,320	2,496	288.2	

<표 7-2>에서 충적층의 경우 개발가능량은 지하수부존량의 20%를 적용하였고 암반층의 포장능력은 10%를 적용하였다.

### ○ 생활용수개발계획

경주시에서 향후 생활용수로 지하수를 개발하여야할 관정은 123개로 이는 지역별, 지질별로 정밀한 조사가 완료된후 지하수로 개발이 가능한 지역에 대해서 개발이 이루어져야 한다.

우리나라 전국평균 1일 급수량 1996년 서울시기준 476ℓ을 적용하여 생활용수 수요량을 계산하여 광역상수도가 공급되지 않는 곳에 대한 소요공수는 다음과 같이 산정하였으며, 암반관정 1공당 채수 이용량을 1일 100m<sup>3</sup>/day 로 하였다.

<표 7-3> 경주시 향후 지역별 지하개발 관정수

위 치	총 계		생활용 관정		가구인구수		소요수량 (m <sup>3</sup> /day)	소요 관정수	향후개발 관정수
	개소수	이용량 (m <sup>3</sup> /day)	개소수	이용량 (m <sup>3</sup> /day)	가구수 (가구)	인구수 (명)			
계	1,043	14,469	729	8,135	87,505	284,230	36,503	365	123
감포읍	21	304	16	103	3,005	9,505	4,524	45	29
강동면	99	777	22	288	2,281	7,717	3,673	36	14
건천읍	47	746	26	337	4,353	13,869	6,601	66	40
산내면	20	350	18	300	6,512	4,678	2,226	22	4
서 면	48	457	37	213	1,804	5,598	2,664	26	-
안강읍	83	1,750	49	930	10,509	136,008			
양북면	43	464	24	108	1,972	6,224	2,962	29	5
양남면	89	2,445	66	1698	2,774	8,217	3,911	39	-
외동읍	100	1,236	72	763	6,512	21,038			
천북면	49	1,038	25	381	2,072	7,063	3,361	33	8
현곡면	41	942	25	284	1,951	6,441	3,065	30	5
내남면	22	300	17	153	2,471	7,387	3,516	35	18
경주시내	120	3,660	332	2577	5286	17222	8197		

○농업용수개발계획

경주시 지역에서 지표수를 이용한 수리시설이 미비한 지역에서는 농업용수로 지하수를 이용하고 있으나, 1994 ~ 1997년의 가뭄으로 인해 농업용암반관정을 경주시전역에 걸쳐 많이 개발하였으므로 신규로 농업용수를 개발하는 것보단 기존시설의 유지 및 보수관리에 중점을 두어야 할 것이다.

## 8. 지하수자원보전관리계획

경주시 지역의 지하수는 일부 오염되어 있거나 오염되어 가고 있다. 이러한 현상을 일시에 교정하기에는 어려우므로 현 상태를 유지하면서 차후의 개선대책을 수립할 수 있도록 하여 수질개선 및 수량확보를 할 수 있도록 하여야 할 것이다.

지하수의 밀집개발 등으로 양수량이 지하수 충전량보다 커서 수원이 고갈되거나, 지하수의 과잉양수로 인한 지하수위강하에 의한 지반침하와 같은 지하수 환경재해 및 지하수오염으로 인한 각종 재해를 예방하기 위해서는 대수층의 특성을 대표할 수 있는 지역에 관측정을 설치하고 수위를 정기적으로 관측하여 그 자료를 분석하는 것이 중요하다.

### 8-1. 지하수관리

경주시지역의 모든 지하수는 공공의 재산으로 취급하여 모든 지하수 시설물에 대한 자료를 D/B화하여 관리하고 변동상황을 수시로 변경 입력하여, 지하수 및 지표수 수질에 관한 현황을 수집 정리하여 D/B로 관리한다. 또한 지하수에 영향을 미칠수 있는 유해물질 취급업소, 폐수배출업소 등에 관한 실태를 파악 관리하고 폐기관정에 관한 실태를 파악하여 되메움조치를 철저히 하도록한다.

경주시 지역에서 1일 150m<sup>3</sup>/day이상 지하수를 대량으로 사용하거나 양수이용가능 시설은 전체 신고관정의 26%인 270개소이다. 특히 이런 대량 취수시설은 국부적인 지하수위저하, 지하수고갈등 환경재해(지하수를 다량 사용할 때에 적정이용량을 초과하여 양수할 경우 대수층 파괴 현상을 일으킴)를 발생시킬수 있으며 이것은 복구불능의 지하수 환경재해가 될 가능성이 있으므로 관정시설을 연중 관리하여 1일 사용량이 양수능력을 초과하여 사용치 않도록 지도 감독하여야 한다.

### 8-2. 지하수시설물관리

지하수관정에 대한 관리책임자를 임명하여 관정의 파손, 파괴등의 이상유무, 오염물질의 유입상태등을 관리하여야 하며 관정은 장기간 사용하지 않을 시에도 1

개월에 최소 4시간 이상 채수를 하여 적정양수량 및 적정수질을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

지하수 시설물에 대한 소독을 정기적으로 실시하며 수질검사 시료채취시 감독관의 입회하에 채취하고 수질검사 결과에 따라 시설개선 및 시설폐쇄 조치를 하여야 한다.

### 8-3. 지하수보전구역설정

경주시의 지하수 보전구역은 광역적인 측면에서 개발제한구역과 보전지역을 선정하고 국지적인 측면에서는 수위강하지역, 수질오염 진행지역을 대상으로 선정하도록 하되, 대민홍보 및 주민의견 수렴후 최종 결정하도록 한다.

지하수보전구역 설정에는 지하수함양지역, 오염원주변지역, 취수정주변지역이 고려 되어야한다. 지하수는 대부분이 강수가 지표에서 지하로 유입되어 함양된다. 이때 지하수함양이 인위적인 활동에 의하여 방해를 받게되면 지하수부존량과 유동량이 적어서 지하수개발가능량이 적어진다. 또한 지하수함양지역이 오염되면, 지하수함양시 대수층을 통하여 지하수 오염이 이루어지며 유동되는 지하수는 모두 오염된 상태가 될 것이다. 이러한 현상은 대수층 자체를 오염시키는 결과를 가져오며 국지적 및 광역적인 지하수계의 오염이 이루어지게 된다.

지하수를 오염시킬수 있는 잠재오염원이 존재하는 지역에 지하수 오염취약지역을 설정하여 이 지역을 통한 지하수 오염확산 방지에 최선을 다하도록한다. 취수정 주변지역에서는 오염물질이 지하수로 유입되는 것을 방지하고 무분별한 양수로 인한 지하수 환경재해가 일어나지 않도록 하여야 한다.

경주시의 대규모 지하수 함양구역은 경주시와 외동읍일대의 경주 남산지역과 외동읍과 양남면, 양북면 경계의 산악지역이다.

경주시 지역에서 지하수를 오염시킬 수 있는 잠재오염원이 존재하는 지역은 안강읍 사방리, 천북면 성지리와 같이 대규모 축사나 양계장이 존재하는 지역, 현곡면 금장리 안강공업단지, 경주시 용강동 등의 대규모 공업단지가 있는 지역이

지하수를 오염시킬수 있는 지역이다.

경주시지역에서 해안의 지하수 보전구역으로 지정해야 할곳은 경주시 감포읍 전동, 나정리, 오류리등으로 이곳은 염수침입을 방지하기위하여 지하수 보전구역의 지정이 필요한 지역으로 기존 관정의 과도한 양수를 제한하고, 지하수 신규개발을 제한하여야 한다



## 9. 결 론

- 본 조사지역은 경상북도 경주시 일대로서 지리적 좌표는 동경 128 °58' ~ 129 °31' , 북위 35 °39' ~ 36 °04' 의 범위에 해당하고 면적은 1324.8km<sup>2</sup>이며, 12개 면을 포함한 17개 행정면, 동으로 구성되어 있으며 북동쪽으로는 포항시기계면, 서로는 영천시, 남으로는 청도군 울산시와 경계를 같이하고 있다. 동서간의 거리는 감포읍 오류1리에서 산내면 신원리까지 48km이며, 남북간의 거리는 산내면 대현리에서 강동면 단구리까지 47.8km이다. 총 면적중 임야는 전체의 69%인 911km<sup>2</sup>이며, 전과 답은 전체의 19%인 254km<sup>2</sup>의 분포면적을 보이고 있다. 기타 12%인 160km<sup>2</sup>는 경주시의 시가지 및 하천, 호수 등으로 이루어져 있다. 조사면적은 전체 1,324.82km<sup>2</sup> 중에서 23.9%에 해당하는 평지지역 317km<sup>2</sup>(31,710ha)이다.
- 경주시지역은 전체적인 지형상으로 보아 장년기중기 또는 말기에 해당하는 안산암 및 석영안산암지대는 비교적 험준하고 가파른 산악지형을 이루고 있고, 노년기초기 및 말기지형에 해당하는 지역은 퇴적암류로 이루어져 있다.
- 본 지역에 분포하는 암질은 경상계 백악기 퇴적암류인 대구층 및 건천리층 퇴적암이 최하부를 이루고 있고 이 퇴적암류를 안산암이 부정합으로 피복하여 분포되고 있으며, 이들 퇴적암과 안산암류들은 백악기 불국사화강암류와 연양화강암에 의해 관입당하는 양상을 보이고 있다.
- 본 조사지구 내의 지하수이용 신고관정은 총 1,043개이며 이중 양수량이 150m<sup>3</sup>/day이상인 암반관정은 371개공으로 84,687m<sup>3</sup>/day의 지하수를 사용하고 있으며 기설관정 15공의 양수시험 결과 투수량계수가 평균 7.19m<sup>3</sup>/day이다.

- 경주시 중심부를 원격탐사에 의한 선구조추출 결과 N10E방향의 연장성이 좋은 선구조들이 형산강을 따라 분포하고 있으며, 양남면과 양북면에서도 N10-30E 방향의 선구조들이 발달하고 있다. 이는 양산단층을 비롯한 모량단층, 울산단층, 언양단층등의 주향이동성단층의 연장선과 관계가 있다.

이 단층선의 중심부에는 관정이 분포하지 않고 있으나 단층선주위 500~2,000m사이에는 관정의 분포밀도가 다른 지역보다 비교적 조밀하게 분포하고 있는 것으로보아 주단층대에 수반되는 수반단층대는 지하수부존에 좋은 지질구조대를 이루고 있다.

조사지역의 쌍극자탐사는 개략적인 지하지질 상태를 파악하기 위하여 지표지질조사에서 암맥이나 단층이 발달되어 있는 지역을 중심으로 지질구조선을 횡단하는 방향으로 측선을 배열하여 탐사하였으며, 측선의 수는 17개 측선이며, 측선의 길이는 600m, 측정간격은 30m, 쌍극자전개수는 12개로 시행하였다.

- 경주시 지역에서 총 55개 관정에 대한 먹는물기준 수질검사결과 총 38개 관정이 먹는물기준에 적합하였고, 17개 관정은 부적합하였다. 일반세균이 6개 관정에서 기준을 초과하였고 철이 2개 관정, 염소이온이 3개 관정, 불소가 2개 관정에서 기준을 초과하였다. 특히 양남면 봉진2리는 불소가 기준을 6배나 초과하였으며, 서면 사라리는 중발잔류물, 철, 경도 등이 기준을 초과하였다.

양·음이온 분석결과 지하수오염원의 기준이 되는  $\text{NO}_3^-$ 성분을 많이 함유한 지역은 안강읍 사방리, 천북면 성지리으로 암모니아성 질소이온의 과다로 인해 많은 양을 함유하고 있다. 주요이온농도를 Piper-Diagram상에 도시한 결과 지하수의 화학적유형은  $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$  형과  $\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$  형으로 분류된다.

- 경주시 지역의 지하수부존가능량을 암석의 유효공극율과 부존심도를 기준으로 추정하면 지하수부존량은 2,496백만톤이다.

- 경주시 지역의 연간 지하수 함양율을 SCS-CN방법으로 계산하면 경주시의 지하수침투율(함양율)은 16.65%이다. 경주시의 면적 1324.83km<sup>2</sup>과, 1990년이후 가뭄년도 및 최대강수량년도의 평균강수량인 1,144mm를 강수량으로 적용하여 산출한 경주시의 연간지하수함양량은 252.34백만톤이다.
- 지하수 개발가능량 산정하는 방법 중 지하수함양량(252.34백만톤/년)의 70%를 적용하는 방법으로 경주시의 적정 개발가능량을 산출하면 176.638백만톤/년이다. 이때 지하수 함양량은 SCS-CN방식에 의한 경주시의 지하수 함양량(252.34백만톤/년)을 적용하였다.
- 경주시 지역에서 1일 150m<sup>3</sup> 이상 지하수를 대량으로 사용하거나 양수이용가능 시설은 전체 신고관정의 26%인 270개소이다. 경주시의 대규모 지하수 함양구역은 경주시와 외동읍 일대의 경주 남산지역이며 외동읍과 양남면, 양북면 경계의 산악지역은 대규모의 지하수 함양구역이다.
- 지하수를 오염시킬수 있는 잠재오염원이 존재하는 지역은 안강읍사방리, 천북면 성지리와 같이 대규모축사나 양계장이 존재하는 지역, 현곡면 금장리 안강공업단지, 경주시 용강동 등의 대규모 공업단지가 있는 지역이다. 또한 경주시에서 해안의 지하수 보전구역으로 지정해야 할 곳은 경주시 감포읍 전동, 나정리, 오류리 등으로 이곳은 염수침입을 방지하기 위하여 기존관정의 과도한 양수를 제한하고, 지하수 신규개발을 제한하여야 한다

## - 참고 문헌 -

- |               |           |                               |
|---------------|-----------|-------------------------------|
| 1. 건설교통부      | 1997. 12  | 지하수업무수행지침서                    |
| 2. 한 정 상      | 1998. 2   | 지하수환경과 오염                     |
| 3. 서울특별시      | 1996. 12  | 서울특별시 지하수 관리계획 기본조사 보고서       |
| 4. 국립환경연구원    | 1993.     | 전국 주요하천 기초조사                  |
| 5. 환경처        | 1992.     | 수질보전종합계획수립 종합보고서              |
| 6. 경주시통계연보    | 1991~1997 | 경주시                           |
| 7. 농어촌진흥공사    | 1995. 12  | 한국지하수총람                       |
| 8. 한국수자원공사    | 1993. 3   | 지하수자원기본조사보고서                  |
| 9. 한국수자원공사    | 1993. 12  | 지하수자원실태조사보고서                  |
| 10. 건설교통부     | 1997      | 지하수조사연보                       |
| 11. 민경덕외 2인   | 1987      | 응용지구물리학                       |
| 12. 양승영       | 1998      | 지질학사전                         |
| 13. 김영기       | 1995      | 수리지질학사전                       |
| 14. 한국자원연구소   |           | 한국지질도(내남도폭)                   |
| 15. 국립지질광물연구소 |           | 한국지질도(포항도폭)                   |
| 16. 국립지질광물연구소 |           | 한국지질도(기계도폭)                   |
| 17. 부천시       | 1997      | 부천시 지하수관리계획 기본조사보고서           |
| 18. 과학기술처     | 1995      | 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구           |
| 19. 한정상       | 1998      | 환경수리지질학                       |
| 20. Todd.D.K  | 1959      | Groundwater Hydrology         |
| 21. Bower H   | 1978      | Groundwater Hydrology         |
| 22. Chow      | 1964      | Handbook of Applied Hydrology |
| 23. 한국정밀토양도   | 1977      | 농촌진흥청 농업기술연구소                 |

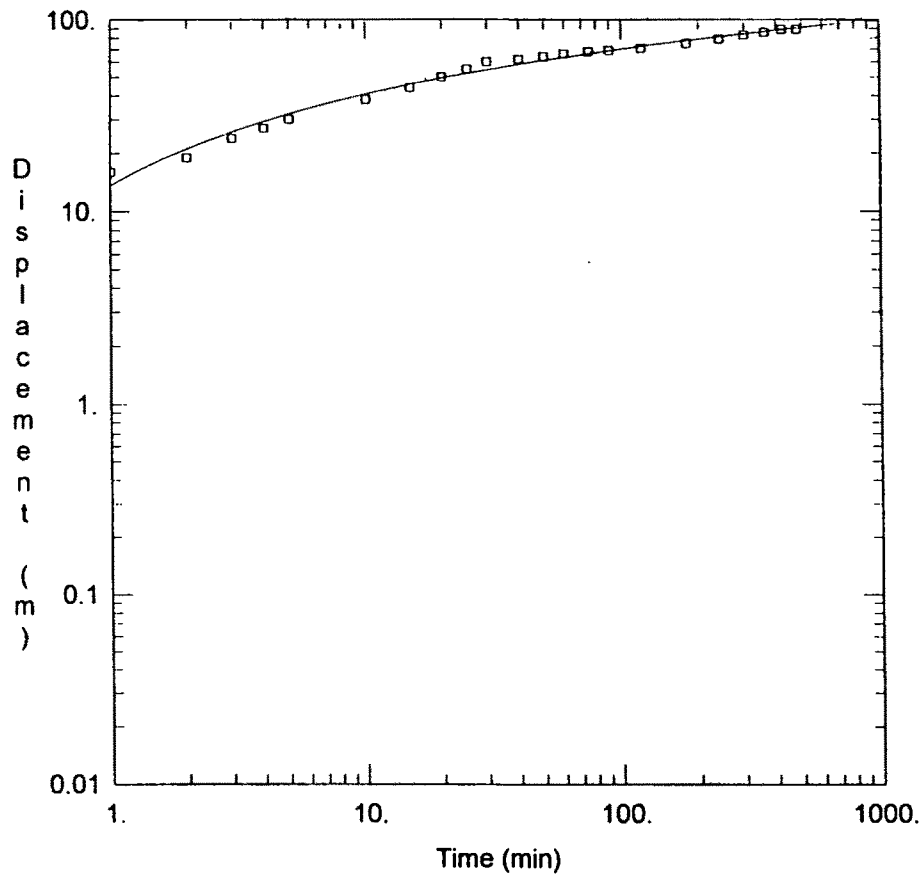
# 부 록

여 백

## 양수시험 전산해석결과

여 백





<u>가정리</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQTOUTR2.AQT</u>			Time: <u>15:36:21</u>		
Date: <u>09/24/98</u>					
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>1</u>					
Test Location: <u>경주시 현곡면 가정리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.5</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>100. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>1.331 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Theis</u>			S = <u>0.01463</u>		

가정리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQT\TOUR2.AQT  
 Title: 가정리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:37:01

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Location: 경주시 현곡면 가정리  
 Test Date: 1997.12.5  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 100. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

Pumping Period Data

Time (day)	Rate (cu. m/day)	Time (day)	Rate (cu. m/day)
0.	216.	480.	216.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	16.	25.	55.	180.	75.
2.	19.	30.	60.	240.	79.
3.	24.	40.	62.	300.	83.
4.	27.	50.	64.	360.	86.

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
5.	30.	60.	66.	420.	89.
10.	38.	75.	68.	480.	89.
15.	44.	90.	69.		
20.	50.	120.	71.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	1.331	0.03425	m <sup>2</sup> /day
S	0.01463	0.001494	

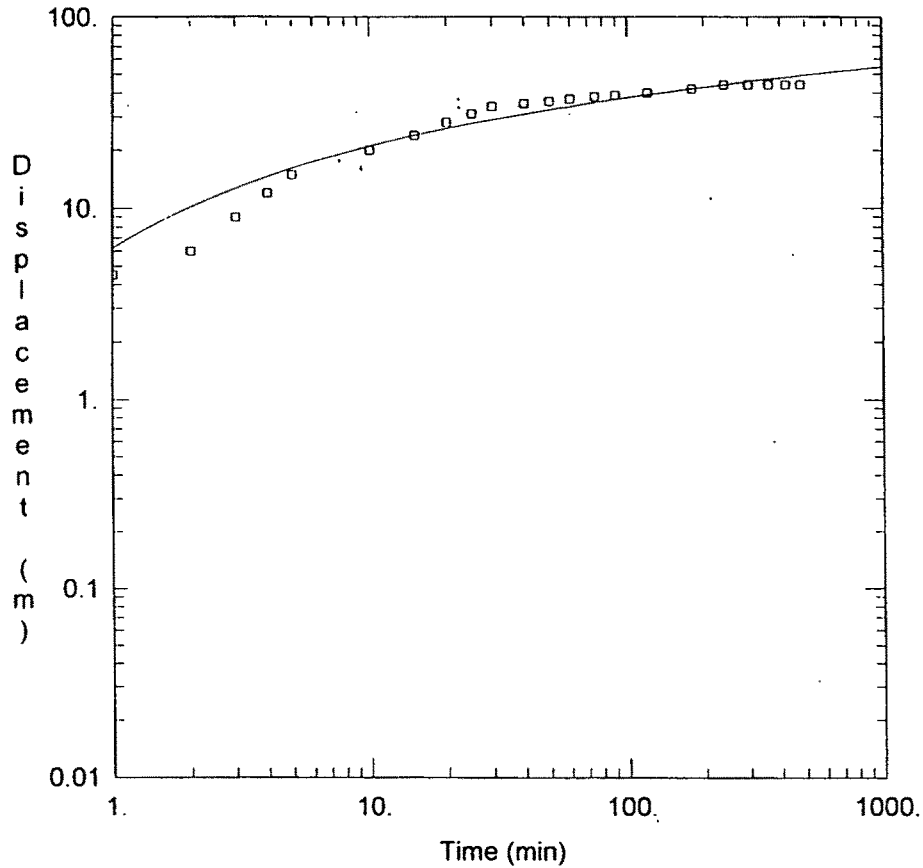
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.91
S	-0.91	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 118.6 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 5.932 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 2.436 m  
 Mean ..... -0.00311 m  
 No. of Residuals .... 22.  
 No. of Estimates .... 2



<u>오류리</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQ\TOUR2.AQT</u>			Time: <u>15:33:36</u>		
Date: <u>09/24/98</u>					
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>1</u>					
Test Location: <u>경주시현곡면오류리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.8</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>20. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>4.358 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Thisis</u>			S = <u>0.06308</u>		

오류리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQT\TOUR2:AQT  
 Title: 오류리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:34:16

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Location: 경주시현곡면오류리  
 Test Date: 1997.12.8  
 Test Well: W-1

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	400.	480.	400.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	4.5	25.	31.	180.	42.
2.	6.	30.	34.	240.	44.
3.	9.	40.	35.	300.	44.
4.	12.	50.	36.	360.	44.

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
5.	15.	60.	37.	420.	44.
10.	20.	75.	38.	480.	44.
15.	24.	90.	39.		
20.	28.	120.	40.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	4.358	0.2582	m <sup>2</sup> /day
S	0.06308	0.01402	

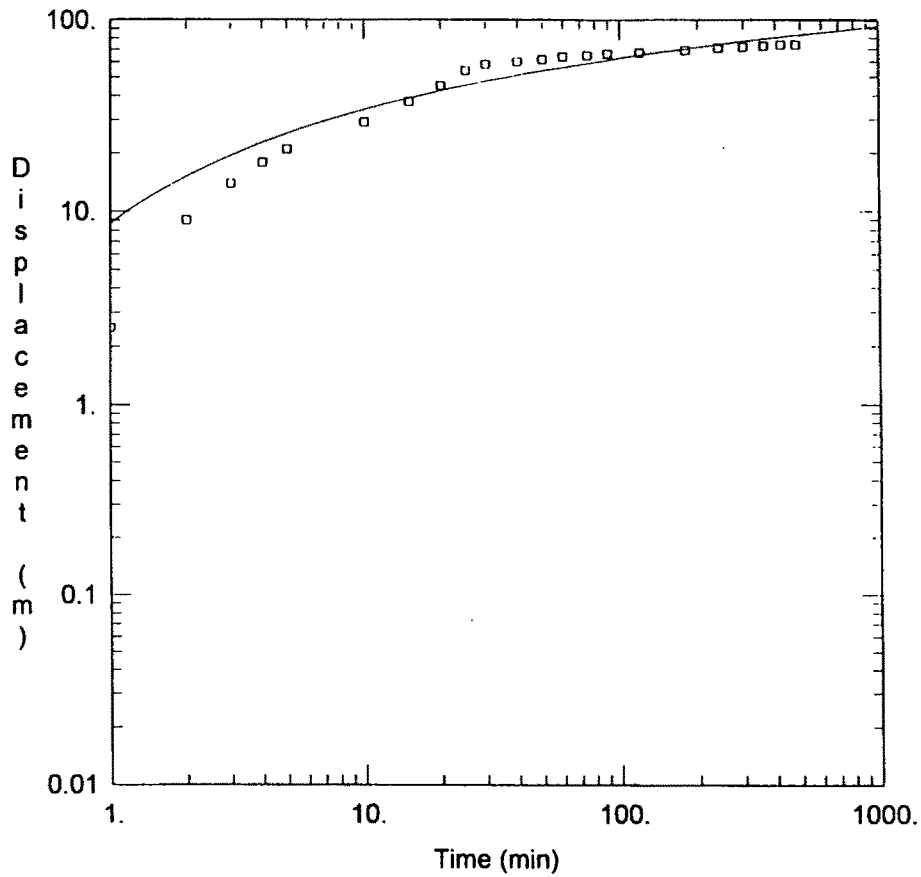
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.91
S	-0.91	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares ..... 189.1 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 9.453 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 3.075 m  
 Mean ..... -0.07246 m  
 No. of Residuals .... 22.  
 No. of Estimates .... 2



<u>망성리</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQITOUR2.AQT</u>			Time: <u>15:38:12</u>		
Date: <u>09/24/98</u>					
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>1</u>					
Test Location: <u>경주시내남면망성리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.9</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>20. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>1.122 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Theis</u>			S = <u>0.02073</u>		

망성리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQT\TOUR2.AQT  
 Title: 망성리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:38:38

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Location: 경주시내남면망성리  
 Test Date: 1997.12.9  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

Pumping Period Data

<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	180.	480.	180.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	2.5	25.	54.	180.	69.
2.	9.	30.	58.	240.	71.
3.	14.	40.	60.	300.	72.
4.	18.	50.	62.	360.	73.



Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
5.	21.	60.	64.	420.	74.
10.	29.	75.	65.	480.	74.
15.	37.	90.	66.		
20.	45.	120.	67.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	1.122	0.0824	m <sup>2</sup> /day
S	0.02073	0.005427	

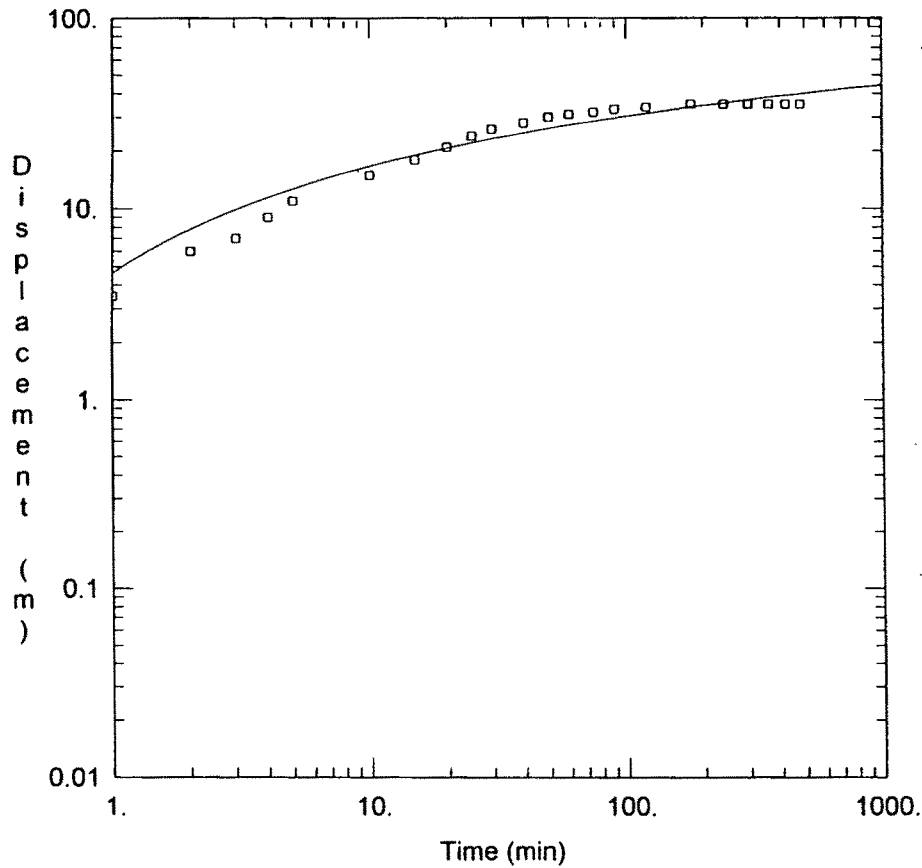
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.90
S	-0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares .... 831.7 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 41.59 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 6.449 m  
 Mean ..... -0.2035 m  
 No. of Residuals .... 22.  
 No. of Estimates .... 2



<u>HAGU</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQ\TOUR2.AQT</u>			Time: <u>15:21:33</u>		
Date: <u>09/24/98</u>					
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>1</u>					
Test Location: <u>경주시현곡면하구리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.10</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>25. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>4.438 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Theis</u>			S = <u>0.07205</u>		

하구리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQ\TOUR2:AQT  
 Title: Hagu  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:22:10

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Location: 경주시현곡면하구리  
 Test Date: 1997.12.10  
 Test Well: W-1

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 25. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

Pumping Period Data

<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	336.	480.	336.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	3.5	25.	24.	180.	35.
2.	6.	30.	26.	240.	35.
3.	7.	40.	28.	300.	35.
4.	9.	50.	30.	360.	35.

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
5.	11.	60.	31.	420.	35.
10.	15.	75.	32.	480.	35.
15.	18.	90.	33.		
20.	21.	120.	34.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Thisis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	4.438	0.2959	m <sup>2</sup> /day
S	0.07205	0.01759	

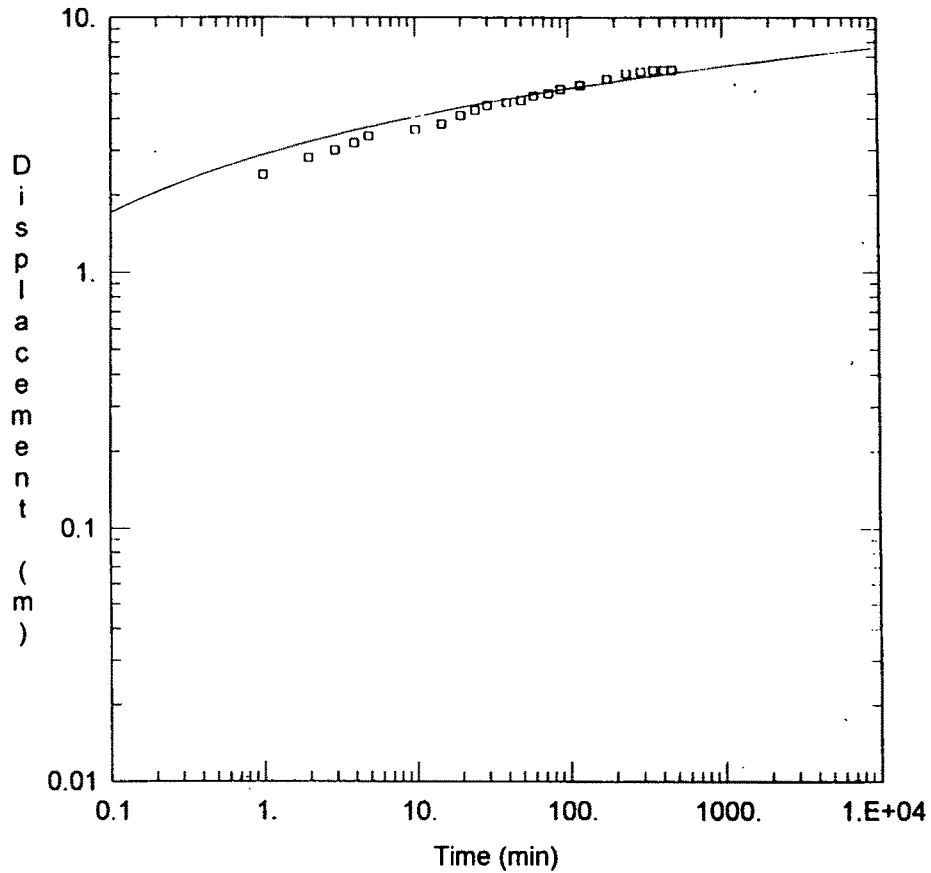
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.90
S	-0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . 158.2 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 7.908 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 2.812 m  
 Mean . . . . . -0.05607 m  
 No. of Residuals. . . . 22.  
 No. of Estimates. . . . 2



사라

Data Set: C:\WINAQT\TOUR1.AQT  
 Date: 09/24/98

Time: 14:27:56

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Test Location: 경주시서면사라리  
 Test Well: W-1  
 Test Date: 1997.12.10

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20 m                      Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined                      T = 62.2 m<sup>2</sup>/day  
 Solution Method: Theis                      S = 0.005662

사라리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQ\TOUR1.AQT  
 Title: 사라  
 Date: 09/24/98  
 Time: 14:28:45

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Location: 경주시서면사라리  
 Test Date: 1997.12.10  
 Test Well: W-1

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

Pumping Period Data

Time (day)	Rate (cu. m/day)	Time (day)	Rate (cu. m/day)
0.	400.	480.	400.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data

Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	2.4	25.	4.3	180.	5.7
2.	2.8	30.	4.5	240.	6.
3.	3.	40.	4.6	300.	6.1
4.	3.2	50.	4.7	360.	6.2
5.	3.4	60.	4.9	420.	6.2
10.	3.6	75.	5.	480.	6.2

---

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
15.	3.8	90.	5.2		
20.	4.1	120.	5.4		

---

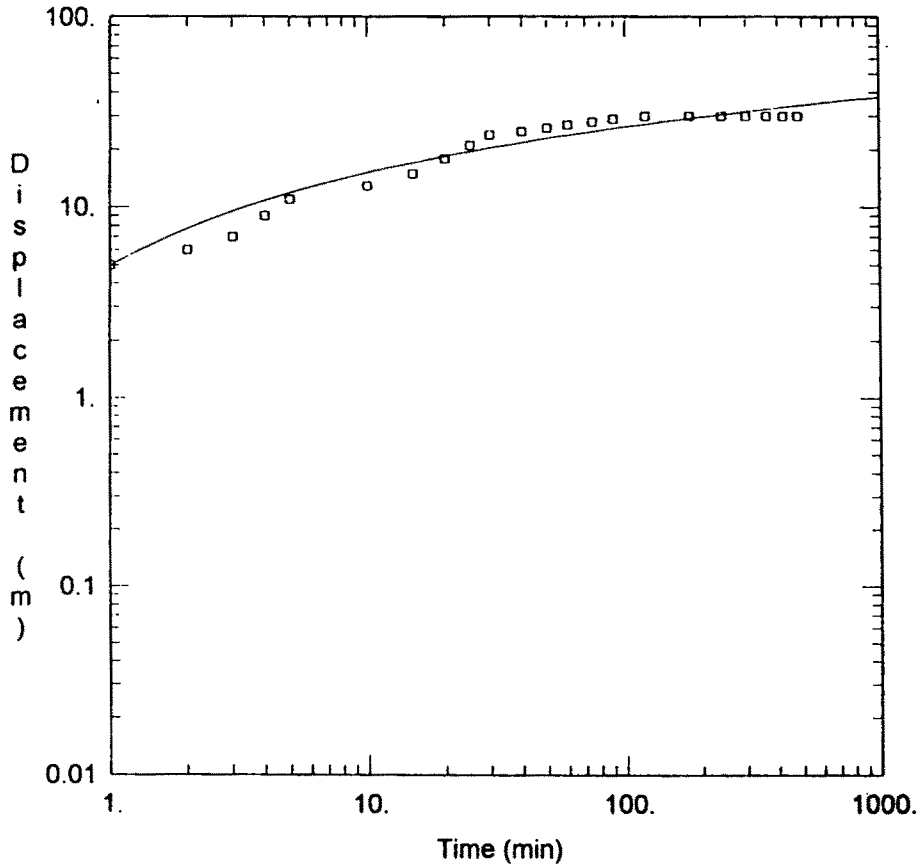
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTSEstimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	
T	360.	m <sup>2</sup> /day
S	9.997E-05	



<u>화곡리</u>					
Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT			Time: 15:24:36		
Date: 09/24/98					
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: R.D.C					
Project: 5					
Test Location: 경주시내남면화곡리					
Test Well: W-1					
Test Date: 1997.12.12					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: 30. m			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
W-1	0	0			
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: Confined			T = 5.452 m <sup>2</sup> /day		
Solution Method: Theis			S = 0.06396		

화곡리지역 양수시험전산출력결과



Data Set: C:\WINAQT\TOUR2.AQT  
 Title: 화곡리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:24:49

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시내남면화곡리  
 Test Date: 1997.12.12  
 Test Well: W-1

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

Pumping Period Data

<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	336.	480.	336.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	5.	25.	21.	180.	30.
2.	6.	30.	24.	240.	30.
3.	7.	40.	25.	300.	30.
4.	9.	50.	26.	360.	30.
5.	11.	60.	27.	420.	30.
10.	13.	75.	28.	480.	30.
15.	15.	90.	29.		
20.	18.	120.	30.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	5.452	0.3916	m <sup>2</sup> /day
S	0.06396	0.018	

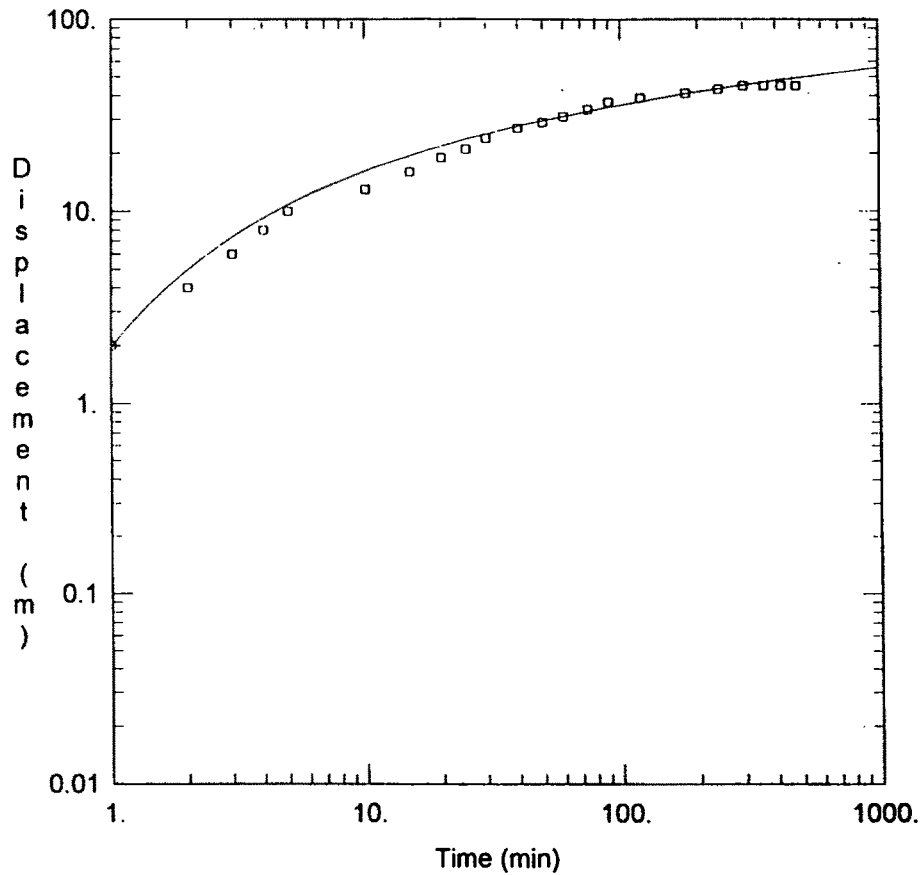
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.91
S	-0.91	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . . 132.2 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 6.612 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 2.571 m



상신리

Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT

Date: 09/24/98

Time: 15:31:28

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C

Project: 5

Test Location: 경주시내남면상신리

Test Well: W-1

Test Date: 1997.12.14

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0
W-1	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ W-1	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

T = 2.266 m<sup>2</sup>/day

Solution Method: Theis

S = 0.1

상신리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT  
 Title: 상신리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:31:14

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시내남면상신리  
 Test Date: 1997.12.14  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	250.	480.	250.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	2.	25.	21.	180.	41.
2.	4.	30.	24.	240.	43.
3.	6.	40.	27.	300.	45.
4.	8.	50.	29.	360.	45.
5.	10.	60.	31.	420.	45.
10.	13.	75.	34.	480.	45.
15.	16.	90.	37.		
20.	19.	120.	39.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	2.266	0.09164	m <sup>2</sup> /day
S	0.1	0.01188	

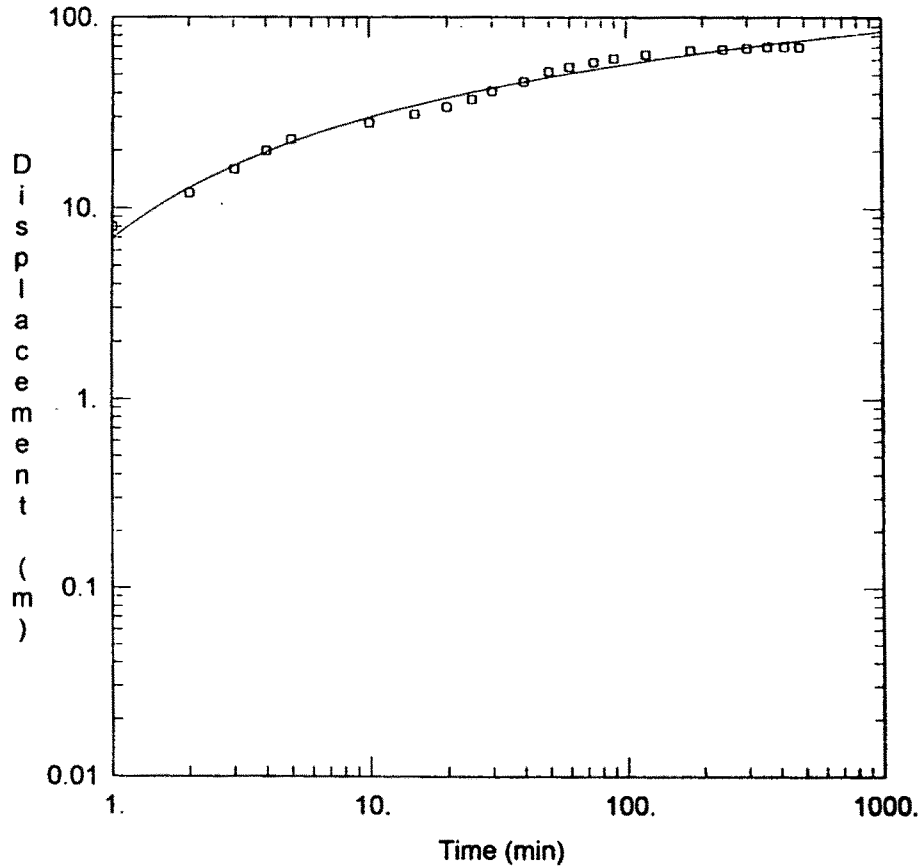
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.89
S	-0.89	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares ..... 86.99 m<sup>2</sup>  
 Variance ..... 4.349 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation ..... 2.086 m



덕천리

Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT

Date: 09/24/98

Time: 15:15:58

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C

Project: 5

Test Location: 경주시내남면덕천리

Test Well: W-1

Test Date: 1997.12.13

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m

Anisotropy Ratio ( $K_z/K_r$ ): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0
W-1	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ W-1	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Theis

$T = 3.548 \text{ m}^2/\text{day}$

$S = 0.07639$

덕천리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQT\TOUR2.AQT  
 Title: 덕천리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:16:12

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시내남면덕천리  
 Test Date: 1997.12.13  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	532.	480.	532.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	8.	25.	37.	180.	67.
2.	12.	30.	41.	240.	68.
3.	16.	40.	46.	300.	69.
4.	20.	50.	52.	360.	70.
5.	23.	60.	55.	420.	70.
10.	28.	75.	58.	480.	70.
15.	31.	90.	61.		
20.	34.	120.	64.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	3.548	0.1447	m <sup>2</sup> /day
S	0.07639	0.01074	

Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.90
S	-0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . 214.4 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 10.72 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 3.274 m





Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT  
 Title: 비지리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:43:45

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시내남면비지리  
 Test Date: 1997.12.20  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	497.	480.	497.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	4.6	25.	28.	180.	44.
2.	6.	30.	31.	240.	45.
3.	8.	40.	35.	300.	45.
4.	10.	50.	37.	360.	46.
5.	14.	60.	39.	420.	46.
10.	18.	75.	41.	480.	46.
15.	22.	90.	43.		
20.	25.	120.	44.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	1.122	m <sup>2</sup> /day
S	0.02073	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	4.848	0.2956	m <sup>2</sup> /day
S	0.1	0.02123	

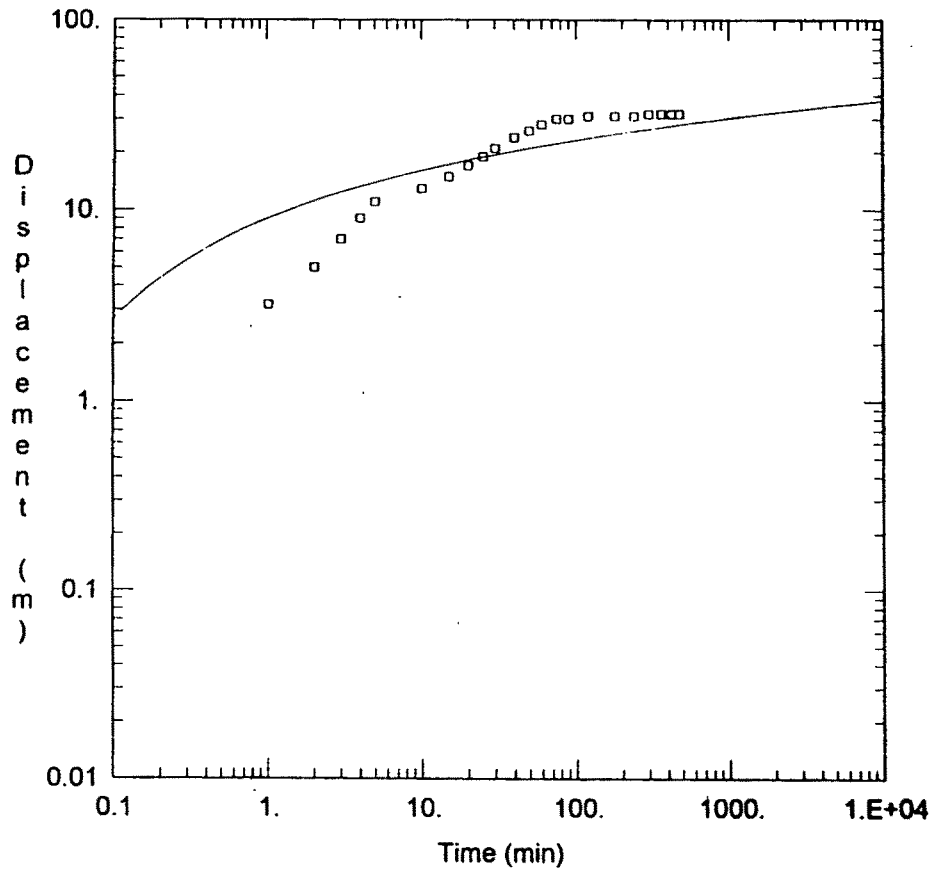
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.90
S	-0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . . 227.5 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 11.37 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 3.372 m



용명리

Data Set: C:\WINAQT\TOUR1.AQT

Date: 09/24/98

Time: 14:32:07

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C

Project: 1

Test Location: 경주시건천읍용명리

Test Well: W-1

Test Date: 1997.12.19

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m

Anisotropy Ratio ( $K_z/K_r$ ): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ W-1	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Theis

$T = 3.996 \text{ m}^2/\text{day}$

$S = 0.005662$

용명리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQ\TOUR1.AQT  
 Title: 용명리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 14:32:49

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 1  
 Location: 경주시건천읍용명리  
 Test Date: 1997.12.19  
 Test Well: W-1

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 1

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	156.	480.	156.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	3.2	25.	19.	180.	31.
2.	5.	30.	21.	240.	31.
3.	7.	40.	24.	300.	32.
4.	9.	50.	26.	360.	32.
5.	11.	60.	28.	420.	32.
10.	13.	75.	30.	480.	32.

<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
15.	15.	90.	30.		
20.	17.	120.	31.		

**SOLUTION**

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

**VISUAL ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	
T	360.	m <sup>2</sup> /day
S	9.997E-05	

**AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS**

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	3.996	0.8143	m <sup>2</sup> /day
S	0.005662	0.006643	

Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.95
S	-0.95	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . 531.8 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 26.59 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 5.156 m  
 Mean . . . . . 1.677 m  
 No. of Residuals . . . 22.  
 No. of Estimates . . . 2



Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT  
 Title: 무과리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:08:48

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시현곡면무과리  
 Test Date: 1997.12.15  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	300.	480.	300.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1



X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	3.	25.	37.	180.	66.
2.	6.	30.	42.	240.	69.
3.	8.	40.	49.	300.	70.
4.	11.	50.	52.	360.	71.
5.	15.	60.	54.	420.	71.
10.	21.	75.	57.	480.	71.
15.	27.	90.	60.		
20.	32.	120.	63.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters:

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	1.704	0.08241	m <sup>2</sup> /day
S	0.07859	0.01105	

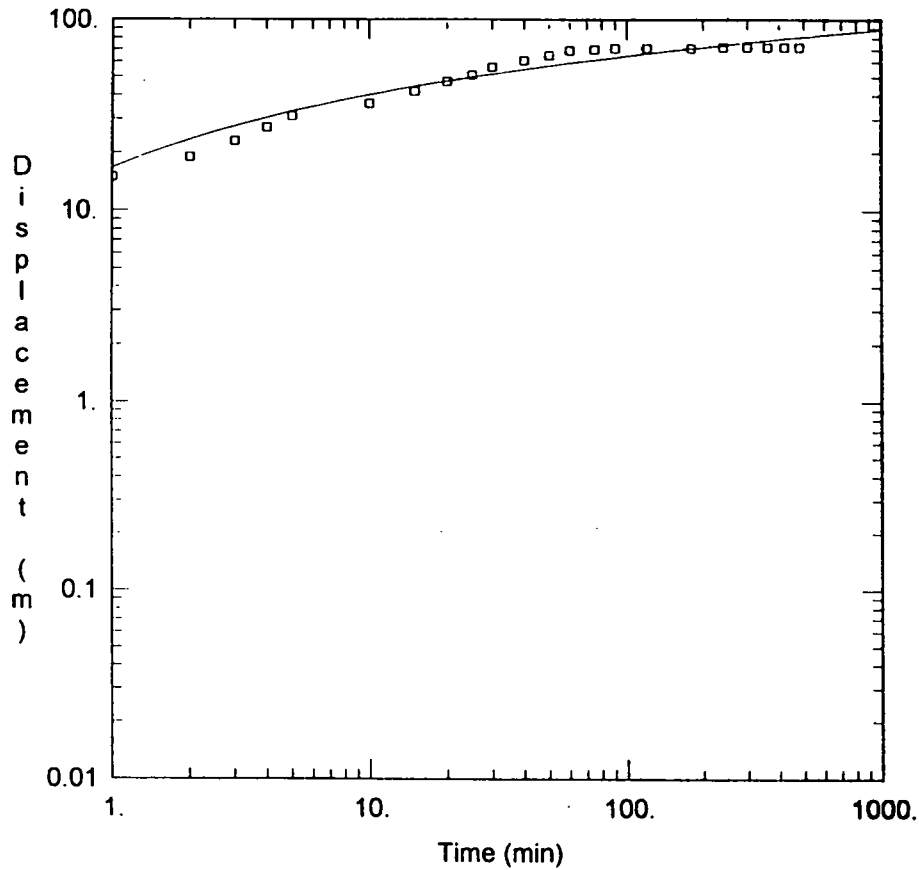
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.88
S	-0.88	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . 310. m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 15.5 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 3.937 m



<u>방내리</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQ\TOUR2.AQT</u>			Time: <u>15:02:33</u>		
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>5</u>					
Test Location: <u>경주시건천읍방내리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.17</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>30. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
W-1	0	0			
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>2.988 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Theis</u>			S = <u>0.01782</u>		

방내리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQT\TOUR2.AQT  
 Title: 방내리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:02:56

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시건천읍방내리  
 Test Date: 1997.12.17  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	400.	480.	400.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m

Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	15.	25.	51.	180.	71.
2.	19.	30.	56.	240.	72.
3.	23.	40.	61.	300.	72.
4.	27.	50.	65.	360.	72.
5.	31.	60.	69.	420.	72.
10.	36.	75.	70.	480.	72.
15.	42.	90.	71.		
20.	47.	120.	71.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	Std. Error	
T	2.988	0.2083	m <sup>2</sup> /day
S	0.01782	0.005561	

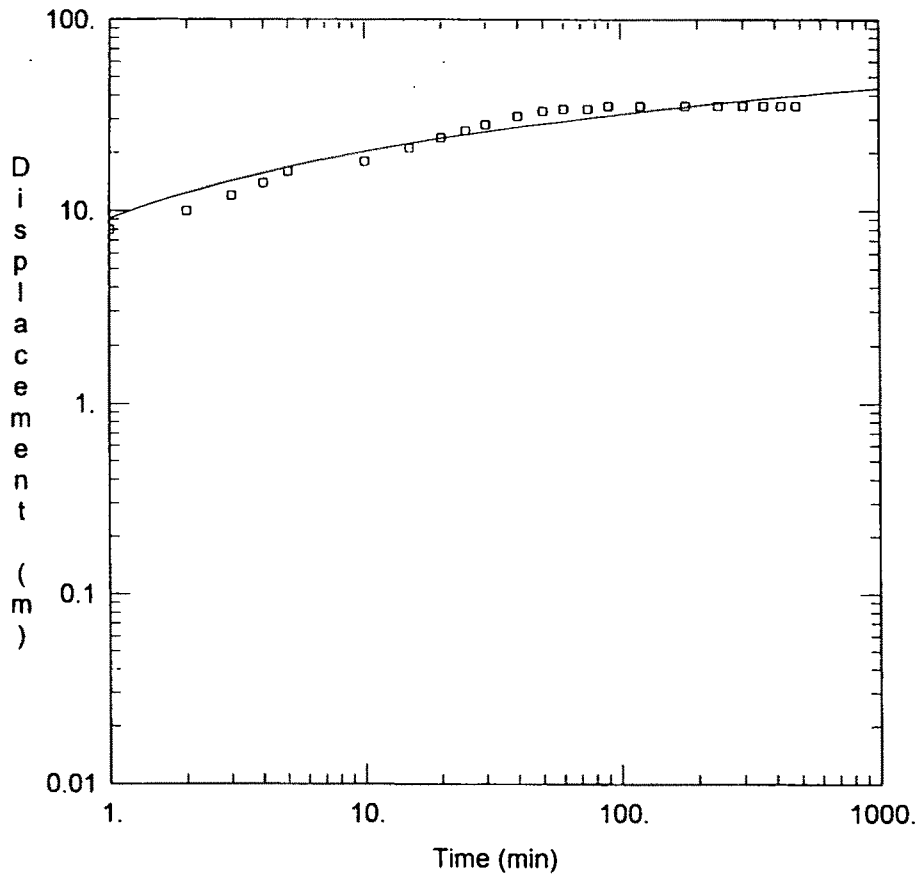
Parameter Correlations

	T	S
T	1.00	-0.93
S	-0.93	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . . 658.4 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 32.92 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 5.737 m



<u>남사리</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQTOUR2.AQT</u>			Time: <u>15:04:33</u>		
Date: <u>09/24/98</u>					
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>5</u>					
Test Location: <u>경주시현곡면남사리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.16</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>10. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
W-1	0	0			
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>4.763 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Theis</u>			S = <u>0.02138</u>		

남사리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT  
 Title: 남사리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:04:50

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시현곡면남사리  
 Test Date: 1997.12.16  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 10. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	300.	480.	300.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

Observation Data					
Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)	Time (min)	Displacement (m)
1.	8.	25.	26.	180.	35.
2.	10.	30.	28.	240.	35.
3.	12.	40.	31.	300.	35.
4.	14.	50.	33.	360.	35.
5.	16.	60.	34.	420.	35.
10.	18.	75.	34.	480.	35.
15.	21.	90.	35.		
20.	24.	120.	35.		

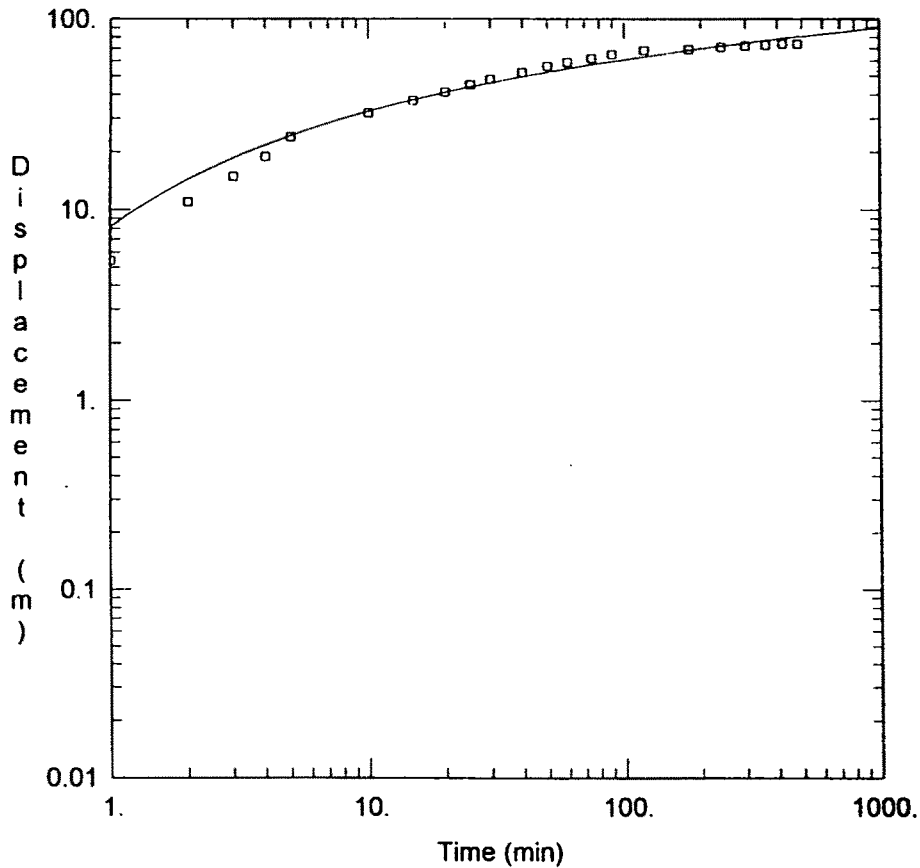
SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

Parameter	Estimate	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	



<u>박달리</u>					
Data Set: <u>C:\WINAQTOUTR2.AQT</u>			Time: <u>15:06:13</u>		
<u>PROJECT INFORMATION</u>					
Company: <u>R.D.C</u>					
Project: <u>5</u>					
Test Location: <u>경주시내남면박달리</u>					
Test Well: <u>W-1</u>					
Test Date: <u>1997.12.19</u>					
<u>AQUIFER DATA</u>					
Saturated Thickness: <u>30. m</u>			Anisotropy Ratio (Kz/Kr): <u>1.</u>		
<u>WELL DATA</u>					
<u>Pumping Wells</u>			<u>Observation Wells</u>		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0	□ W-1	0	0
W-1	0	0			
<u>SOLUTION</u>					
Aquifer Model: <u>Confined</u>			T = <u>3.168 m<sup>2</sup>/day</u>		
Solution Method: <u>Theis</u>			S = <u>0.06127</u>		

박달리지역 양수시험전산출력결과



Data Set: C:\WINAQT\TOUR2.AQT  
Title: 박달리  
Date: 09/24/98  
Time: 15:06:52

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
Project: 5  
Location: 경주시내남면박달리  
Test Date: 1997.12.19  
Test Well: W-1

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

Pumping Period Data

<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	497.	480.	497.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

Pumping Period Data

<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of observations: 22

<u>Observation Data</u>					
<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>	<u>Time (min)</u>	<u>Displacement (m)</u>
1.	5.4	25.	45.	180.	69.
2.	11.	30.	48.	240.	71.
3.	15.	40.	52.	300.	72.
4.	19.	50.	56.	360.	73.
5.	24.	60.	59.	420.	74.
10.	32.	75.	62.	480.	74.
15.	37.	90.	65.		
20.	41.	120.	68.		

SOLUTION

Aquifer Model: Confined  
 Solution Method: Theis

VISUAL ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	
T	0.773	m <sup>2</sup> /day
S	0.001799	

AUTOMATIC ESTIMATION RESULTS

Estimated Parameters

<u>Parameter</u>	<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	
T	3.168	0.1313	m <sup>2</sup> /day
S	0.06127	0.008963	

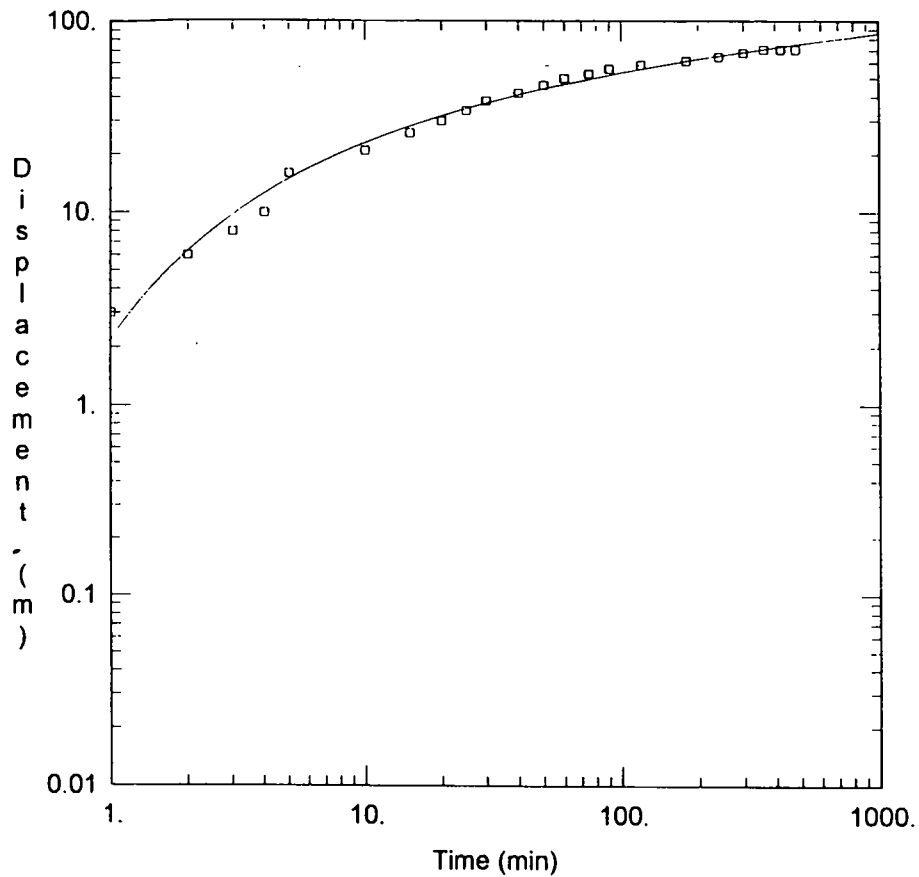
Parameter Correlations

	<u>T</u>	<u>S</u>
T	1.00	-0.90
S	-0.90	1.00

Residual Statistics

for weighted residuals

Sum of Squares . . . . . 250.9 m<sup>2</sup>  
 Variance . . . . . 12.54 m<sup>2</sup>  
 Std. Deviation . . . . . 3.542 m



무과리

Data Set: C:\WINAQTUR2.AQT

Date: 09/24/98

Time: 14:59:41

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C

Project: 5

Test Location: 경주시현곡면무과리

Test Well: W-1

Test Date: 1997.12.15

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
W-1	0	0
W-1	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
□ W-1	0	0

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

T = 1.722 m<sup>2</sup>/day

Solution Method: Theis

S = 0.09214

무과리지역 양수시험전산출력결과

Data Set: C:\WINAQ\TOUR2.AQT  
 Title: 무과리  
 Date: 09/24/98  
 Time: 15:00:19

---

PROJECT INFORMATION

Company: R.D.C  
 Project: 5  
 Location: 경주시현곡면무과리  
 Test Date: 1997.12.15  
 Test Well: W-1

---

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 30. m  
 Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

---

PUMPING WELL DATA

Number of pumping wells: 2

Pumping Well No. 1: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 2

<u>Pumping Period Data</u>			
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>	<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	300.	480.	300.

Pumping Well No. 2: W-1

X Location: 0. m  
 Y Location: 0. m

No. of pumping periods: 1

<u>Pumping Period Data</u>	
<u>Time (day)</u>	<u>Rate (cu. m/day)</u>
0.	1.

---

OBSERVATION WELL DATA

Number of observation wells: 1

Observation Well No. 1: W-1

---

---

## 경주시광역수맥조사보고서

1998년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농어촌진흥공사

편 집 : 농어촌진흥공사

인 쇄 : 서라벌인쇄주식회사 (02)732-1851~2

---

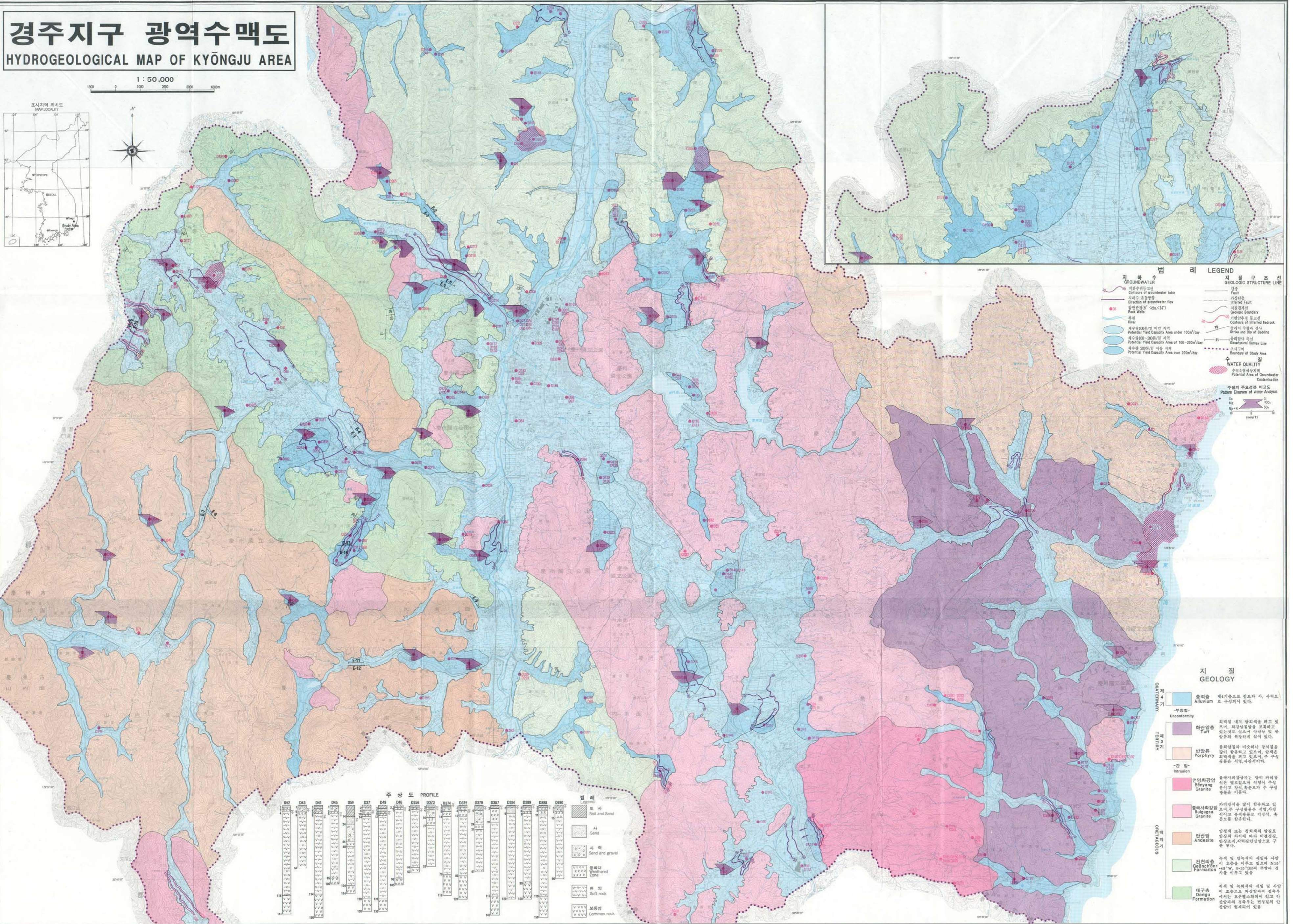
---



# 경주지구 광역수맥도

## HYDROGEOLOGICAL MAP OF KYŒNGJU AREA

1 : 50,000



### 지하수 범례 LEGEND

**GROUNDWATER**

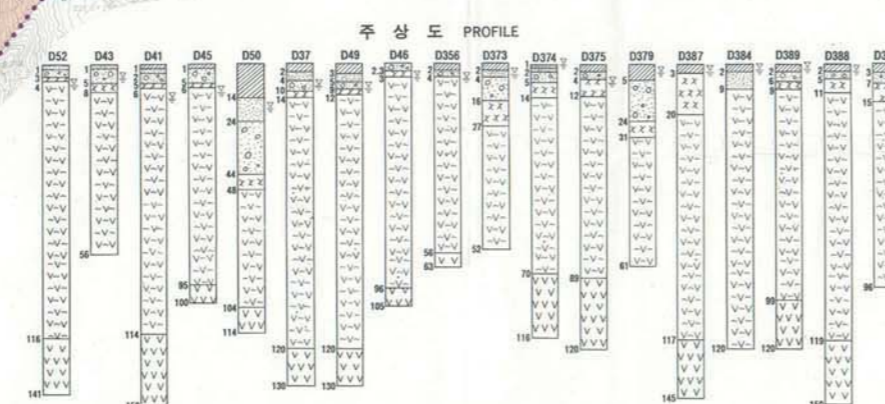
- 지하수면고선 Contour of groundwater table
- 지하수 유동방향 Direction of groundwater flow
- 암반단절선 <math>C\_d < 0.147</math> Rock Walls
- 잠수양분역 1000원/일 지역 Potential Yield Capacity Area under 100m<sup>3</sup>/day
- 잠수양분역 100-200원/일 지역 Potential Yield Capacity Area of 100-200m<sup>3</sup>/day
- 잠수양분역 200원/일 이상 지역 Potential Yield Capacity Area over 200m<sup>3</sup>/day

**지질구조선 GEOLOGIC STRUCTURE LINE**

- 단층 Fault
- 간층단층 Intermittent Fault
- 지질경계선 Geologic Boundary
- 기원암상층 분리기 Contour of Inferred Bedrock
- 층리의 추방과 경사 Strike and Dip of Bedding
- 지질조사선 Geophysical Survey Line
- 조사지역 경계선 Boundary of Study Area

**수질 범례 WATER QUALITY**

- 수질오염상태의 잠재영역 Potential Area of Groundwater Contamination
- 수질의 주요성분 비교표 Pattern Diagram of water Analysis



### 범례 Legend

- 토사 Soil and Sand
- 모래 Sand
- 사력 Sand and gravel
- 풍화대 Weathered Zone
- 연암 Soft rock
- 본암 Common rock

### 지질 GEOLOGY

**ANHYMENIUM**

- 충적층 Alluvium 제4기층으로 편호화 사, 사석으로 구성되어 있다.
- 부정합 Unconformity
- 회산암층 Tuff 퇴적된 내지 암괴를 파고 있으며, 화산암상을 포함하고 있는 것으로 인산암 및 반암류가 확인되어 있다.
- 인산암 Porphyry 중세암질과 비슷하나 장석질을 많이 함유하고 있으며, 암석은 현저하게 파쇄되어, 구성광물은 석영, 사장석이다.
- 관입 Intrusion

**ORIZATIONS**

- 연양화강암 EŒnyang Granite 분구사화강암과는 달리 커리강석은 발달했으며 석영이 주성 용암이고 암석은 주로 구상 광물류 이룬다.
- 북구사화강암 Bulguga Granite 커리강석을 많이 함유하고 있으며, 구 구성광물은 석영, 사장석이고 용암광물도 각형, 흑운모를 함유한다.
- 안산암 Andesite 암질적 또는 질회색의 암질로 암상의 지어에 따라 비정질, 암상조, 각질질안산암으로 구분 된다.
- 건천리층 GeŒnchŒnri Formation 녹색 및 암녹색의 세립 및 사립 이 주성으로 화강암류의 철축부에서는 호른펠스화되어 있고 안산암과 유사한 편암질과 안산암이 퇴적되어 있음
- 대구층 Daegu Formation

1. 대한민국지질연구소 지질도 1:50,000(1986. 12.29)  
2. 본 지도는 국립지리원 발행 1:50,000지형도를 기초로 하여 편집·제작한 것이다.

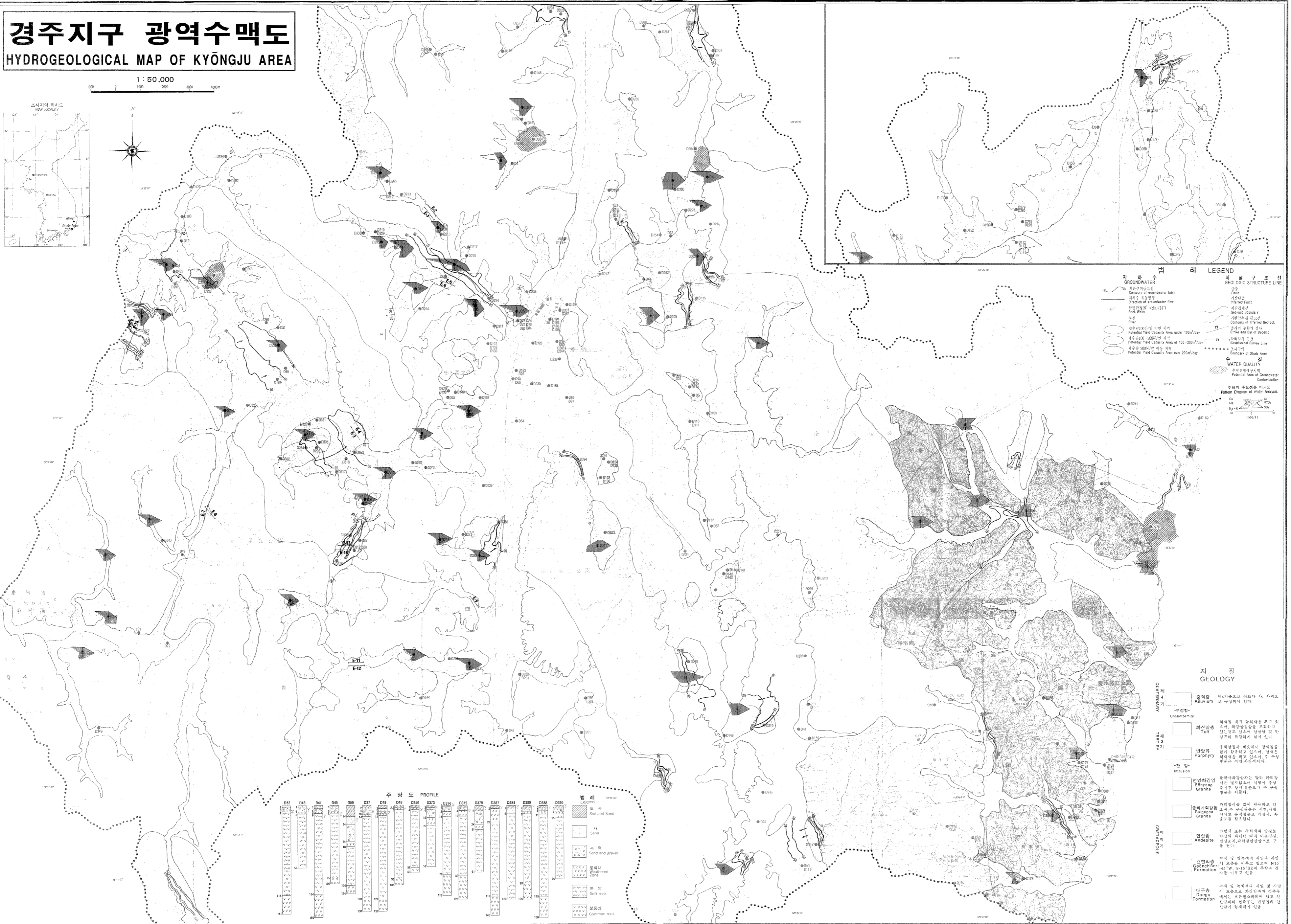
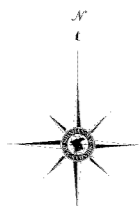
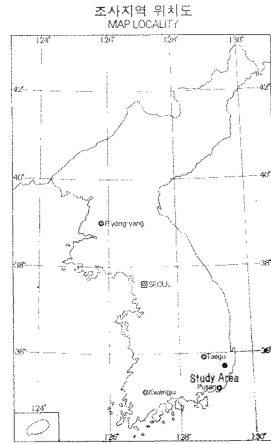
발행 : 농림부 - 농어촌진흥공사



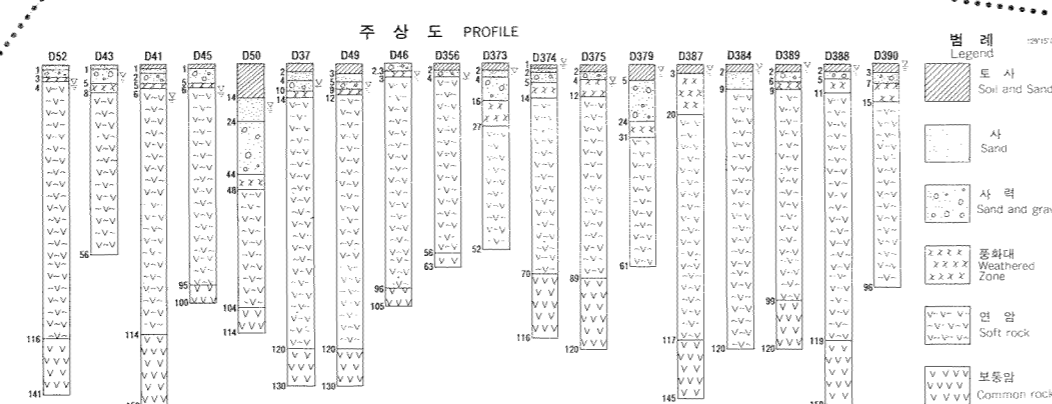
# 경주지구 광역수맥도

## HYDROGEOLOGICAL MAP OF KYŒNGJU AREA

1 : 50,000



- 지하수 범례**  
GROUNDWATER
- 지하수위곡선  
Contours of groundwater table
  - 지하수 유동방향  
Direction of groundwater flow
  - 암반구멍(15' ~ 45' C.I.T)  
Rock Wells
  - 세우양(100% 미만 지역)  
Potential Yield Capacity Area under 100%/day
  - 세우양(100~200% 지역)  
Potential Yield Capacity Area of 100-200%/day
  - 세우양(200% 이상 지역)  
Potential Yield Capacity Area over 200%/day
- 지질 구조 선**  
GEOLOGIC STRUCTURE LINE
- 단층  
Fault
  - 가상단층  
Inferred Fault
  - 지질경계선  
Geologic Boundary
  - 기타암상 경계선  
Contact of Inferred Bedrock
  - 암상 경계선  
Contact of Inferred Bedrock
  - 지질조사 선  
Geological Survey Line
  - 연구지역 경계선  
Boundary of Study Area
- 수질**  
WATER QUALITY
- 수질오염지역  
Potential Area of Groundwater Contamination
  - 수질의 주요성분 비교도  
Pattern Diagram of Water Analysis



- 범례**  
LEGEND
- 도사  
Soil and Sand
  - 사  
Sand
  - 사砾  
Sand and gravel
  - 풍화대  
Weathered Zone
  - 연암  
Soft rock
  - 보통암  
Common rock

- 지질**  
GEOLOGY
- ANNUANIAN 4기  
Alluvium  
제4기층으로 명료화 시, 사역으로 구성되어 있다.
  - 부정합  
Unconformity
  - ANNUANIAN 3기  
Tuff  
최대질 내지 암회석을 띠고 있으며, 화강암상을 포함하고 있는것도 있으며 단산암 및 암류가 국지적으로 있다.
  - ANNUANIAN 3기  
Porphyry  
용회암질과 비슷하나 장석질암 등이 함유하고 있으며, 암맥은 흔하게 보이고, 국지적으로 구상 광물은 석영, 시멘트이다.
  - 관입  
Intrusion
  - 연암화강암  
Eonyang Granite  
용구사화강암과는 달리 거의정석은 없고, 주상 광물은 석영, 시멘트 광물을 이룬다.
  - 용구사화강암  
Bulguga Granite  
기타암상과 유사한 암종으로, 주상 광물과 석영, 시멘트 광물과 함께 함유되어 있다.
  - 안암  
Andesito  
암상 또는 정회석의 암종으로, 암상의 위치에 따라 비정질, 암상, 광물, 광물, 광물 등으로 구분된다.
  - CHANGNIAN 4기  
Geonchi Formation  
녹색 및 암회색의 셰일과 사암이 주층을 이루고 있으며, 45 W, 8-15 W의 구덩이 사용이 보고되어 있음.
  - CHANGNIAN 4기  
Daegu Formation  
적색 및 녹색의 셰일 및 사암이 주층으로 화강암과의 접촉부에서는 호른펠스화되어 있고, 암상의 위치는 변질암의 단산암이 포함되어 있음.

1. 대우지질연구소 지질도 제50-774-3(1996.12.29)  
2. 본 지도는 국가기상청 발행 1:50,000(1:50,000) 기상을 사용하며, 변경·개작한 것은 없다.