GOVP1200107534

551.46
L293L

남해군광역수맥조사보고서

2000.

농 림 부
농 업 기 반 공 사

대한민국
기증등록
2001. 5. 31
869615
국회도서관

목 차

1. 서 론 1

1-1. 조사목적 2

1-2. 조사내용 2

2. 조사지역개요 4

2-1. 위치, 교통 및 면적 4

2-2. 토지이용 및 산업현황 6

2-3. 수문기상 8

2-3-1. 기 온 9

2-3-2. 강 수 량 11

2-3-3. 증발산량 13

3. 수문지질조사 16

3-1. 지형 및 지질 16

3-1-1. 지 형 16

3-1-2. 지 질 18

3-2. 물리탐사 26

3-2-1. 원격탐사(Remote Sensing)에의한 선구조 분석 27

3-2-2. 전기비저항 탐사 30

3-3. 양수시험 51

4. 기설관정 이용실태조사 61

4-1. 기설관정 현황조사 61

4-2. 기설관정 지하수위 조사 72

5. 수질 및 잠재오염원 조사 73
5-1. 현장 간이수질 검사 73
5-2. 주요 이온 분석결과 106
5-3. 먹는물기준 수질검사 결과 112
5-4. 잠재오염원 조사 116

6. 지하수자원의 부존성 평가 118
6-1. 물수지 분석 118
6-1-1. 강수량에 의한 함양량 분석 118
6-1-2. 유출분석에 의한 함양량 분석 119
6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량 121
6-2-1. 지하수 부존량 121
6-2-2. 지하수개발 가능량 122
6-2-3. 지하수개발 예정위치 선정 123

7. 지하수 활용계획 124
7-1. 생활용수 소요수량 및 공급방안 124
7-2. 농업용수 소요수량 및 공급방안 125
7-3. 지하수 개발계획 127

8. 지하수자원의 보전관리계획 128
8-1. 지하수 환경재해 128
8-2. 지하수 보전구역 129

9. 결 론 133

표 목 차

<표. 1-1> 조 사 량 3
<표. 2-1> 조사지구 면적 및 행정구역 현황 5
<표. 2-2> 조사지구 가구 및 인구현황 5
<표. 2-3> 조사지구 토지이용 현황 7
<표. 2-4> 조사지구 산업현황 7
<표. 2-5> 월별 평균기온 분포 9
<표. 2-6> 월별 강수량 분포 11
<표. 2-7> 월별 증발량 분포 14
<표. 2-8> Turc공식에 의한 증발산량 15
<표. 3-1> 쌍극자 탐사 측선별 총괄표 37
<표. 3-2> 양수시험 총괄표 51
<표. 4-1> 기설관정 현황 62
<표. 4-2> 지하수 용도별 이용현황 70
<표. 4-3> 지하수 시설별 이용현황 70
<표. 5-1> 지하수 현장 수질검사 결과 74
<표. 5-2> 지표수 현장 수질검사 결과 87
<표. 5-3> 지하수 이온분석 결과(ppm) 107
<표. 5-4> 지하수 이온분석 결과(epm) 107
<표. 5-5> 먹는물 기준 지하수 수질검사 결과 113
<표. 6-1> 지하수 부존량 산출 122
<표. 6-2> 지하수 부존량 평가에 의한 지하수 개발 가능량 122
<표. 6-3> 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량 123
<표. 7-1> 생활용수 소요수량 124
<표. 7-2> 농업용수 소요수량 126
<표. 7-3> 연차별 지하수개발 사업량 및 사업비 127

그 림 목 차

<그림. 2- 1> 연도별 평균기온 분포 10
<그림. 2- 2> 월별 평균기온 분포 10
<그림. 2- 3> 연도별 강수량 분포 12
<그림. 2- 4> 월별 평균강수량 분포 12
<그림. 2- 5> 월별 증발량 분포 14
<그림. 3- 1> 수계도 17
<그림. 3- 2> 지질계통도 18
<그림. 3- 3> 지질도 19
<그림. 3- 4> 조사지구 위성영상도 28
<그림. 3- 5> 위성영상 필터 이미지 29
<그림. 3- 6> 점전원에 의한 전위 31
<그림. 3- 7> 쌍극자 탐사 측선 배열 방법 32
<그림. 3- 8> 쌍극자 배열에 의한 겉보기저항 가단면도 작성법 34
<그림. 3- 9> 측선 E-1 쌍극자탐사 결과도 39
<그림. 3-10> 측선 E-2 쌍극자탐사 결과도 39
<그림. 3-11> 측선 E-3 쌍극자탐사 결과도 41
<그림. 3-12> 측선 E-4 쌍극자탐사 결과도 41
<그림. 3-13> 측선 E-5 쌍극자탐사 결과도 42
<그림. 3-14> 측선 E-6 쌍극자탐사 결과도 42
<그림. 3-15> 측선 E-7 쌍극자탐사 결과도 43
<그림. 3-16> 측선 E-8 쌍극자탐사 결과도 43
<그림. 3-17> 측선 E-9 쌍극자탐사 결과도 45
<그림. 3-18> 측선 E-10 쌍극자탐사 결과도 45
<그림. 3-19> 측선 E-11 쌍극자탐사 결과도 47

<그림. 3-20> 측선 E-12 쌍극자탐사 결과도 47
<그림. 3-21> 측선 E-13 쌍극자탐사 결과도 49
<그림. 3-22> 측선 E-14 쌍극자탐사 결과도 49
<그림. 3-23> 측선 E-15 쌍극자탐사 결과도 50
<그림. 3-24> 양수시험 결과도(Curve matching) 53
<그림. 5- 1> 지하수 EC 등수치선도 82
<그림. 5- 2> 지하수 TDS 등수치선도 83
<그림. 5- 3> 지하수 pH 등수치선도 84
<그림. 5- 4> 지하수 온도 등수치선도 85
<그림. 5- 5> 지표수 EC 등수치선도 101
<그림. 5- 6> 지표수 TDS 등수치선도 102
<그림. 5- 7> 지표수 pH 등수치선도 103
<그림. 5- 8> 지표수 온도 등수치선도 104
<그림. 5- 9> 지하수 수질 특성 Piper diagram 109
<그림. 5-10> 지하수 수질 특성 Stiff diagram 110
<그림. 6- 1> 수자원 계통도 119

1. 서 론

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

광역수맥조사는 이제까지 통상적으로 시행되어 온 특정지역을 대상으로 국지적인 정밀수맥조사와는 달리 넓은 지역의 일반적인 수리지질개황을 파악하기 위하여 실시되며, 지하수자원의 종합적 이용 및 보전차원에서 필요한 지하수 조사과정으로 전국 농어촌용수구역 또는 기초자치단체별로 시범조사, 표본조사, 본조사 등을 연차적으로 시행하여 지하수자원을 광범위하게 파악, 농어촌 다목적용수 개발·이용 및 보전관리 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

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

우리나라의 지하수조사 사업은 '60년대초 지구답사를 위주로 한 용수개발 기본조사가 실시되었고, '66년부터 한해지역에 대한 충적층을 대상으로 한 조사가 착수되었으며, '81년 농업용수 10개년 계획의 일환인 항구 지하수개발사업으로 '82년부터는 암반에 대한 조사까지 시행되어 근래에 와서는 수질오염이 사회적으로 문제가 되면서 충적층 조사보다는 암반 지하수조사로 전환되었고, '86년부터 답작에 대하여 암반수맥조사가 시행되고 있다.

금번 광역수맥조사 위치는 남해군 전역으로 축척 1:50,000 남해, 서상, 삼천포 도폭에 대하여 지질조사, 기설관정 이용현황조사, 지하수위조사, 양수시험, 물리탐사, 수질검사를 실시하여 이들 자료와 과거 조사지역내에 국지적으로 수행된 수맥조사와 지하수개발 자료를 취합, 인공위성을 이용한 원격탐사 자료를 이용하여 조사지역에 대한 광역적인 지하지질 상태를 파악하여 남해군 광역수맥도를 작성하였다.

끝으로 본조사에 많은 협조를 주신 농림부, 경상남도, 남해군, 읍·면 관계관에게 감사를 드린다.

1-1. 조사목적

광역수맥조사는 농어촌용수 이용합리화를 위한 자원기초조사에 부응하여 농어촌 지역 지하수자원의 효율적인 개발·이용 및 보전관리를 위하여, 현행 국지적이고 분산적인 개발위주의 수맥조사 방법을 개선하여 가뭄이 극심한 40개 시·군을 대상으로 연차적으로 시행하여 시·군별 지하수자원을 광범위하게 파악함에 그 목적이 있다.

이번조사는 남해군 전역을 조사 위치로 선정하여 지하수자원을 광범위하게 조사 파악하고 수리지질, 수문조사의 기준을 정립하여 향후 지하수자원의 개발·이용 및 보전관리의 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

1-2. 조사내용

가. 조사지구 : 남 해 군

나. 조사위치 : 경상남도 남해군 (남해읍, 이동면, 상주면, 삼동면, 미조면, 남면, 서면, 고현면, 설천면, 창선면)

다. 조사면적 : 357.28㎢

라. 조사기간 : 1999 ~ 2000

마. 조 사 자

소 속	직종	직급	직 책	성 명	조 사 업 무 내 용
농업기반공사 경남지사	지질	2급	지하수부장	서 정 근	조사업무 총괄
	지질	3급	조 사 과장	김 순 영	조사업무 현장총괄·지도
	지질	4급	조 사 계장	신 현 채	현장조사 업무협의 및 자료수집
	지질	4급	조 사 계장	백 미 경	현장조사 및 자료수집 정리

바. 조사내용 : 조사지역의 지형, 지질 및 지역여건에 따라 조사량을 조정·안배하였으며, 각 항목별 조사량은 다음과 같다.

< 표. 1-1 > 조 사 량

조 사 항 목	단위	조 사 량	조사장비
○ 지구협의 답사	지구	1	남해군 전역
○ 지표지질조사	ha	2,431	
○ 지하수 이용현황조사			
-자연수위조사	회	250	
-현장간이수질검사	회	269	
○ 물리탐사			
-선구조 추출 (위성영상 해석)	지구	1	남해군 전역
-쌍극자탐사	측선	15	
-전기비저항탐사(쌍극자탐사)			
○ 수질검사			
-먹는물 기준 (45항목)	회	15	
-이온분석	회	15	

사. 조사장비

○ 지표지질조사 : 클리노콤파스 2대 및 지표지질조사 장비 2set

○ 선구조추출 : SPOT IMAGE, ERDAS IMAGINE(S/W)

○ 물리탐사

- ABEM SAS-300 전기탐사기 및 부스터 SAS2000, 586 노트북, Printer Electrode외

○ 수질검사 : Check mate 90, HACH ONE-pH METER, DR-2000, HANNA PH Meter

○ 수위조사 : 고도계 1set, 휴대용 수위측정기 2set

2. 조사지역 개요

2-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지구 남해군은 국립지리원 발행 축척 1:50,000의 남해, 서상, 삼천포 도폭에 걸쳐 위치하며, 행정구역상 동서남북의 경계는 각각 미조면 조도리 구돌섬(동경:128° 07′ 15″), 서면 염해리 등대곶 (동경:127° 48′ 30″), 미조면 조도리 세존도(북위:34° 29′ 45″), 설천면 왕지리 수원늘등대(북위:34° 56′ 45″)로서 동서간 연장은 28.625㎞(구돌섬~염해), 남북간 연장은 49.875㎞(세존도~왕지)로 면적은 357.28㎢이다.

본 군은 남해, 창선의 두 섬으로 이루어져 있으며 북쪽은 하동군과 사천시에 동은 통영시, 서는 전남 광양시, 여천군, 여수시 남으로는 대한해협과 면하고 있다.

1973년 6월 남해대교의 개통으로 하동군과 육로가 연결 되었으며 여수, 삼천포, 충무, 부산 등 항구도시에도 직접 항로가 열려있고 1980년 6월에는 창선교가 개통되어 본섬과 창선도가 연결되었다.

망운산(786m), 금산(681m), 원산(627m) 등 산악이 많아 하천은 모두 짧고 평야 역시 협소하다. 조도, 호도 노도 등 유인도가 3개 있으며, 무인도가 65개 있다.

조사지역은 <표.2-1>에서 나타난 것과 같이 1읍 9면으로 행정리 220개, 법정리 79개, 476반 자연마을 332개로 총면적은 357.28㎢으로 경남면적 대비 3.08%를 차지한다

남해군의 1998년 총가구수 및 인구는 <표.2-2>에서 약 21,612가구에 63,739명이며, 그 중 남자는 48.4%인 30,834명이고, 여자는 51.6%인 32,905명으로 가구당 인구는 2.94명이고 인구밀도는 1㎢당 178명이다.

<표. 2-1> 조사지구 면적 및 행정구역 현황

(단위 : ㎢, 개)

읍·면	면 적	동 · 리		반	자 연 마 을	비 고
		행 정	법 정			
계	357.28	220	79	476	332	
남 해	27.16	30	10	98	33	
이 동	47.03	22	8	46	37	
상 주	23.75	9	2	19	12	
삼 동	51.13	23	6	45	40	
미 조	15.69	13	2	22	27	
남	43.48	26	9	49	33	
서	40.99	22	9	47	34	
고 현	28.95	24	9	45	35	
설 천	24.84	19	8	38	34	
창 선	54.26	32	16	67	47	

<표. 2-2> 조사지구 가구 및 인구현황(1998)

(단위: 세대, 명)

읍·면	총 계				인구밀도	가구당 인구	비 고
	세 대	인 구					
		계	남	여			
계	21,612	63,739	30,834	32,905	178	2.94	
남 해	4,618	15,060	7,314	7,746	554	3.26	
이 동	2,231	6,151	2,969	3,182	130	2.75	
상 주	958	2,741	1,316	1,425	115	2.86	
삼 동	2,163	6,006	2,966	3,040	117	2.77	
미 조	1,263	3,815	1,917	1,898	243	3.02	
남	2,141	5,824	2,722	3,102	133	2.72	
서	1,690	4,881	2,309	2,527	119	2.88	
고 현	2,039	6,002	2,911	3,091	207	2.94	
설 천	1,604	4,638	2,211	2,427	186	2.89	
창 선	2,905	8,621	4,199	4,422	158	2.96	

2-2. 토지이용 및 산업현황

조사지역의 지목별 토지이용 현황은 총면적 357.28㎢중 전 32.38㎢(9.1%), 답 49.24㎢(13.8%), 임야 241.42㎢(67.6%), 기타 33.18㎢(9.3%)로 구성되며, 이중 전, 답 면적이 81.63㎢로 전체면적의 22.8%를 차지한다. 조사지구의 읍·면별 토지이용 현황은 <표. 2-3>과 같다.

조사지역의 98년 기준 산업현황을 보면 총 종사자는 11,268명으로 남해읍이 5,378명(47.7%)으로 타 지역에 비해 많은 인원이 집중되어 있다. 그밖에 삼동면, 이동면, 창선면, 고현면 순으로 5개 지역이 전체 종사자수의 75.0%를 차지한다.

산업별 현황을 보면 농림업 및 광업에 종사하는 인원은 총 산업종사자 11,268명중 134명(1.19%)으로 타 산업에 비해 그 종사자는 적은 편이고, 지역별로 남해읍에 그 산업의 대부분이 집중되어 있다. 또, 건설 및 제조업 종사자수는 1,363명(12.1%)으로 남해읍, 고현면, 서면에 발달되어 있으며 숙박 및 음식업 종사자는 1,948명(17.3%)로 특히 남해읍과 상주면에 많다.

그 외의 산업으로는 교육 및 서비스, 금융보험, 국방, 공공행정등으로 나머지 대부분의 종사자가 종사하고 있다.

<표. 2-3> 조사지구 토지이용 현황(1998)

(단위: ㎡)

읍.면	계	전	답	과수원	목장용지	임야	기타
계	357,282,286	32,381,900	49,243,497	345,110	714,491	241,415,835	33,181,453
남 해	27,159,089	2,413,246	5,721,926	13,475	107,607	15,130,226	3,772,609
이 동	47,027,860	2,796,233	6,670,862	18,226	130,465	33,109,958	4,302,116
상 주	23,753,825	1,482,219	1,580,513	2,865	-	19,298,458	1,389,770
삼 동	51,132,953	3,685,858	5,151,563	35,242	55,813	38,274,397	3,930,080
미 조	15,687,703	1,536,723	535,214	5,906	20,713	12,319,237	1,269,910
남	43,480,177	5,374,209	5,535,727	25,379	27,340	28,512,339	4,005,183
서	40,987,924	3,927,501	5,297,609	24,129	38,639	28,057,585	3,642,461
고 현	28,945,633	2,988,532	6,129,538	20,609	147,502	15,883,836	3,775,616
설 천	24,843,308	2,908,430	5,223,123	115,694	175,662	13,441,296	2,979,103
창 선	54,263,814	5,268,949	7,397,422	83,585	10,750	37,388,503	4,114,605

<표. 2-4> 조사지구 산업현황

(단위: 명)

읍·면	합 계	농업 및 광업	건설 및 제조업	숙박 및 음식업	기 타
계	11,268	134	1363	1948	7823
남해	5378	117	569	709	3983
이동	770	6	77	105	582
상주	627	-	22	350	255
삼동	851	-	99	139	613
미조	678	-	66	177	435
남	583	2	64	130	387
서	467	1	100	70	296
고현	715	5	220	70	420
설천	466	3	50	97	316
창선	733	-	96	101	536

2-3. 수문기상

우리나라는 아시아 계절풍의 영향과 중앙아시아의 고기압이 동남방향으로 이동할 때 발생하는 한냉하고 건조한 기류의 영향을 받는다. 특히, 우리나라 여름철의 기후는 해양에서 중앙아시아의 저기압권을 향하여 다습한 공기가 서북방향으로 이동하는 영향을 크게 받는다. 이때 전선이 형성되어 본격적인 우기에 접어들어 장마가 지속된다.

우리나라의 연평균 강수량은 1,274㎜로 세계 평균 973㎜의 약 1.3배에 이르고 있어 비교적 풍부한 듯하나, 1인당 수자원 총량은 2,900㎥로 국토면적과 인구수에 비교하면 세계 평균치의 11분의 1에 불과하다. 더욱이 우리 나라의 강수형태는 연중 고르게 내리는 것이 아니라 연평균 강수량의 2/3가 6월~9월 사이에 집중되어 수자원의 대부분이 홍수로 유출되는 반면, 과우기인 10~3월은 연강수량의 1/5에 지나지 않는등 강수량의 계절적 편중이 매우 심하여 한해와 수해를 입는 등 수자원 관리가 매우 어려운 실정이다.

지역적으로는 제주도와 남동해안 지방의 1,800㎜를 최다로 하여 섬진강 하류의 1,500㎜, 낙동강 하류의 1,400㎜, 금강상류의 1,300㎜ 순으로 년간 강수량이 많은 지역을 형성하고, 적은 지역으로는 경북 북부 영양과 의성지방이며, 년간 900㎜ 이내이다. 전국적으로 볼 때, 년 1,274㎜의 강수량을 보인다.

우리 나라의 년간 수자원량은 1,276억㎥/년에 이르고 있으며, 이중 45%에 해당하는 570억㎥이 증발하거나 지하에 침투되어 손실되고 55%인 697㎥이 하천 또는 기저유출을 통하여 유출된다. 유출량의 67%인 467억㎥이 홍수시 하천을 통하여 유출되고, 33%인 230억㎥이 평상시 유출된다. 또. 평상시 유출량의 75%인 172억㎥과 홍수시 댐 등으로 공급받는 103억㎥을 합하여 지표수로 275억㎥이 이용된다.

조사지역의 기상현황을 파악하기 위하여 남해기상대의 기상자료를 수집·분석하였다.

2-3-1. 기온

대기의 기온변화는 직접적으로 물의 순환과정에 영향을 준다. 특히, 기온의 변화에 의한 증발, 증발산 및 식물의 성장 등의 변화는 물의 양적인 면에 영향을 주며, 기온의 차이에 의한 식물의 성장 여부 등은 유출현상 및 물의 흐름상태에도 많은 영향을 준다.

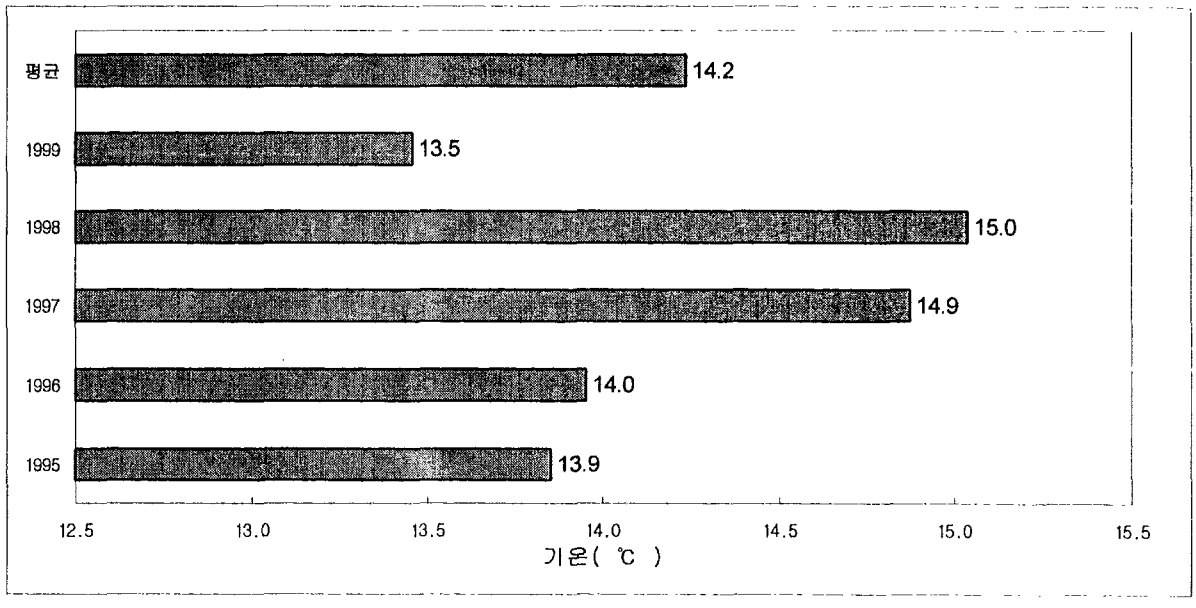
조사지역의 최근 5년 평균기온은 14.2℃를 나타내며, 전체적으로 월평균 기온이 영상의 기온분포를 나타내고 있다.

<표. 2-5> 월별 평균기온 분포(1995~1999)

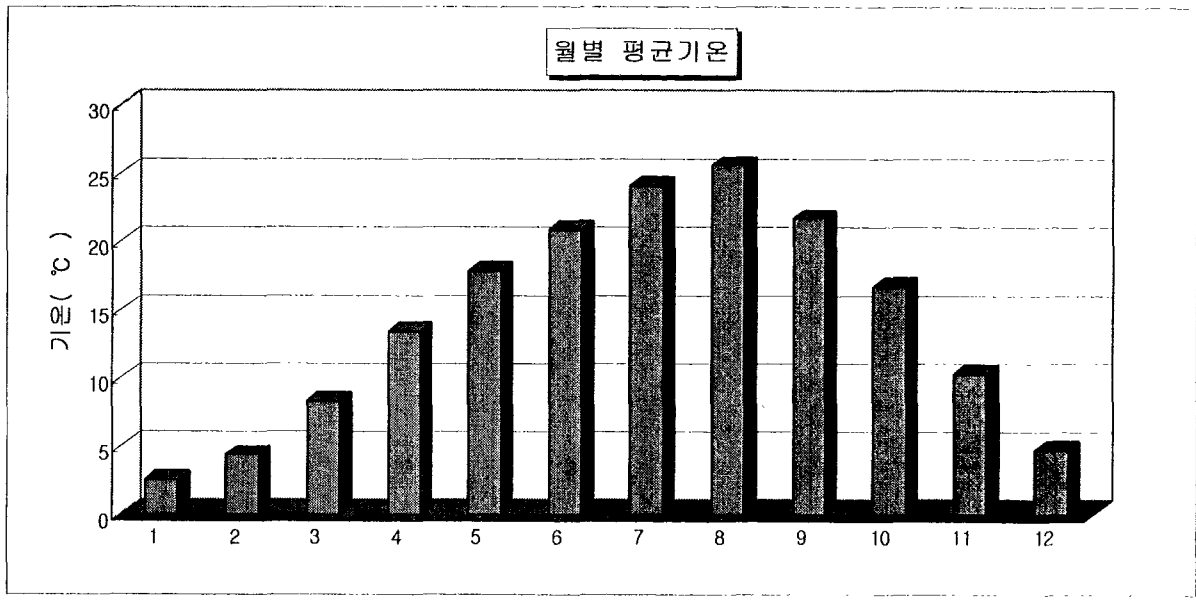
(단위:℃)

월 / 년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
1995	2.1	4.2	8.1	12.6	16.6	20.6	24.7	27.4	20.6	16.8	9.3	3.2	13.9
1996	2.5	2.5	6.7	11.6	17.9	21.0	24.1	25.9	22.0	16.9	10.7	5.6	14.0
1997	2.6	5.0	9.3	14.1	18.6	22.5	25.1	25.8	21.7	16.5	11.6	5.8	14.9
1998	3.4	6.7	9.8	15.8	18.8	19.8	24.7	26.2	22.6	17.7	9.7	5.3	15.0
1999	2.3	3.7	7.7	13.2	17.5	20.3	22.0	22.9	21.6	16.1	10.2	4.1	13.5
평균	2.6	4.4	8.3	13.4	17.9	20.9	24.1	25.6	21.7	16.8	10.3	4.8	14.2

최근 5년간의 년간 기온분포는 <그림.2-1>에서 보는 바와 같이 13.5~15.0℃의 범위로 비교적 고른 연평균 기온분포를 보이는 반면, 월별 기온분포는 <그림.2-2>와 같이 다양한 변화 즉, 최저치는 1월에 2.1℃, 최고치는 8월에 27.4℃를 나타내고, 1월에서 2월 사이의 기온 분포는 평균기온 2.6~4.4℃의 범위이며, 7월에서 8월 사이는 평균기온 24.1~25.6℃까지 상승하였다가 9월에서부터 익년 1월까지는 기온이 하강하는 특징을 보인다.



<그림. 2-1> 연도별 평균기온 분포 (1995~1999)



<그림. 2-2> 월별 평균기온 분포 (1995~1999)

대한민국국회도서관장서

2-3-2. 강수량

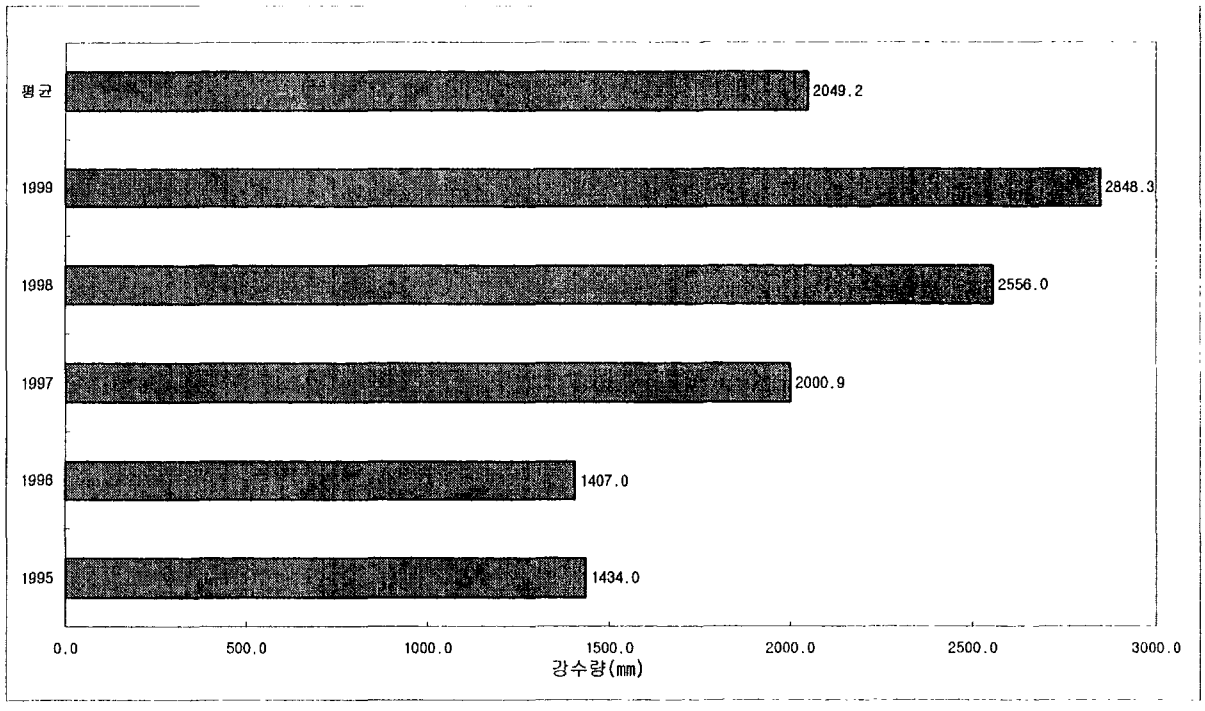
조사지구의 1995~1999년까지의 연간 강수량의 평균은 2,049㎜/year로 한국 평균 강수량 1,274.0㎜/year 보다 다소 높은 지역이다. 강수량이 가장 적은 시기는 12월로 월간 0.0~85.6㎜ 범위로 월평균강수량 23.0㎜/월이며, 강수량이 가장 많은 시기는 8월로 월간 153~472㎜ 범위로 월평균강수량 287㎜/월이다. 최근 5년간의 년간 강수량 분포는 <그림.2-3>에서 보는 바와 같이 1,407~2,848㎜/년으로 년간 변화가 심하게 나타난다.

<표. 2-6> 월별 강수량 분포(1995~1999)

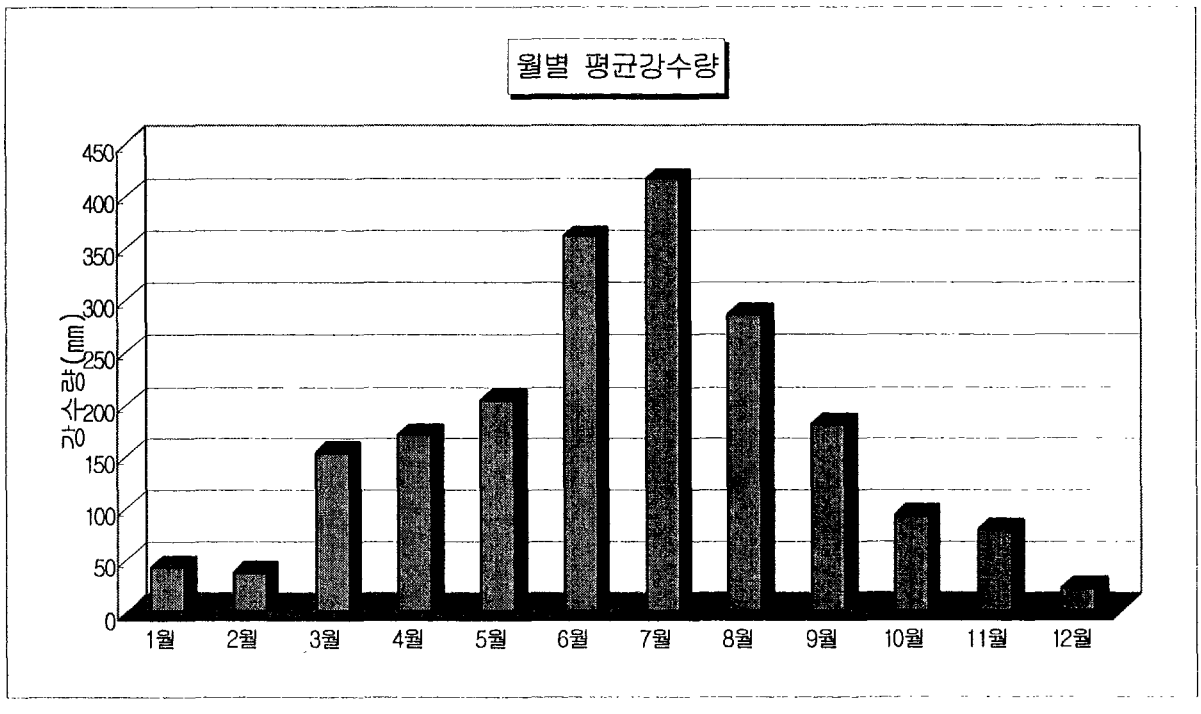
(단위:mm)

월 / 년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
1995	52	25	89	154	154	162	489	153	64	84	10	0	1434
1996	64	17	195	112	54.5	417	193	154	47	42	90	24	1407
1997	4.3	9.5	104	140	291	481	326	279	20	5	258	86	2001
1998	58.5	109	140	317	271	453	311	379	397	103	18.5	1	2556
1999	38	32.3	239	129	252	293	763	472	374	234	20.5	5	2848
평 균	43	39	153	170	204	361	416	287	180	93	79.3	23	2049

월별 강수량 분포를 볼 때, 월평균 강수량은 170.8㎜이고, 4월에서9월까지 월평균 강수량보다 많은 강수를 보여주고 있다. 연중강수량의 월별 점유율은 우기인 7월, 8월에 연간 전체 강수량의 34.3%가 집중되어 나타나고, 6월에서 9월 사이 4개월에 내리는 강수량은 연강수량의 60.7%에 달하며, 이중 약 90%이상이 증발 혹은 지표유출로 바다로 유실되고 있다.



<그림. 2-3> 연도별 강수량 분포 (1995~1999)



<그림. 2-4> 월별 평균강수량 분포 (1995~1999)

2-3-3. 증발산량

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

우리나라의 년평균 증발량 분포를 보면 태양에너지의 입사량이 많은 위도가 낮은 남쪽으로 갈수록 증가되고 해안지방이 내륙지방보다 많은 경향을 보이는 것으로 보다 수면증발량은 기온과 온도에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다.

증발산량의 측정방법에는 직접측정에 의한 방법, 이론적 방법, 기후인자와의 상관관계에 의한 방법 등이 있다.

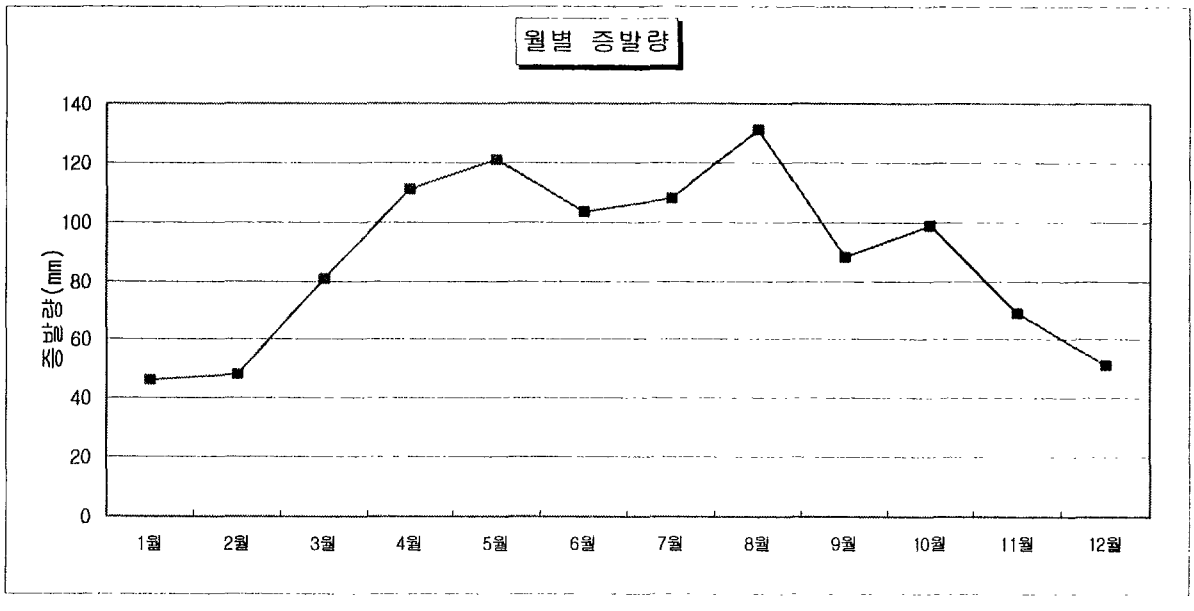
본 조사에서는 인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로 부터의 직접적인 증발산량 측정으로 얻어진 남해기상대에서 측정한 최근 5년간의 계기증발량 자료를 참고로 하였다

월별 증발량은 1월의 34.5~56.1㎜/월 사이로 평균 46.4㎜/월로 최소치를 보이며, 8월의 평균 계기증발량이 131.5㎜/월로서 최대치를 나타내고 있다. 또한, 4월부터 9월까지의 하절기 6개월 사이에 평균 100㎜/월 이상으로 연증발량의 62.7%를 차지하고 있다.

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

<표. 2-7> 월별 증발량 분포(1986~1990)

월 / 년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
합 계	232.0	241.0	404.2	556.7	604.1	518.4	540.7	655.1	439.3	494.0	345.8	257.2	5,288.5
1986	56.1	56.5	75.6	112.2	121.7	89.7	79.7	132.0	85.6	94.0	61.1	50.0	1,014.2
1987	48.5	50.1	73.2	111.6	113.1	108.1	113.3	123.5	93.6	104.1	80.0	49.2	1,068.3
1988	48.5	51.1	73.2	111.6	113.1	108.1	113.3	123.5	93.6	104.1	80.0	49.2	1,069.3
1989	34.5	42.4	89.2	116.4	129.5	108.2	101.9	116.3	76.7	89.4	50.8	43.5	998.8
1990	44.4	40.9	93.0	104.9	126.7	104.3	132.5	159.8	89.8	102.4	73.9	65.3	1,137.9
평 균	46.4	48.2	80.8	111.3	120.8	103.7	108.1	131.0	87.9	98.8	69.2	51.4	1,057.7



<그림. 2-5> 월별 증발량 분포(1986~1990)

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

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

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

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}}$$ 여기서, P (연평균 강수량) = 1,865.4㎜

L = $300+25T+0.05T^3$ = 803.7㎜

T (연평균 기온) = 14.3℃

따라서, 증발산량 (ETR) = 744.0㎜/년 이다.

Turc 공식을 사용한 이론적인 연평균 증발산량은 계기증발량 측정에 의한 연평균 증발량 1,865.4㎜/년에 비해 약 39.9% 수준에 불과하다.

<표. 2-8> Turc 공식에 의한 증발산량

년도	Turc공식에 의한 증발산량			
	증발산량 (ETR)	연강수량 (P/mm)	연평균기온 (T/ °C)	L (300+25T+0.05T3)
1995	694.4	1,434.0	13.9	781.8
1996	695.3	1,407.0	14.0	787.2
1997	778.5	1,996.4	14.9	837.9
1998	805.2	2,556.0	15.0	843.8
1999	737.2	2,848.0	13.5	760.5
평 균	742.1	2,048.3	14.3	802.2

3. 수문지질조사

3-1. 지형 및 지질

3-1-1. 지 형

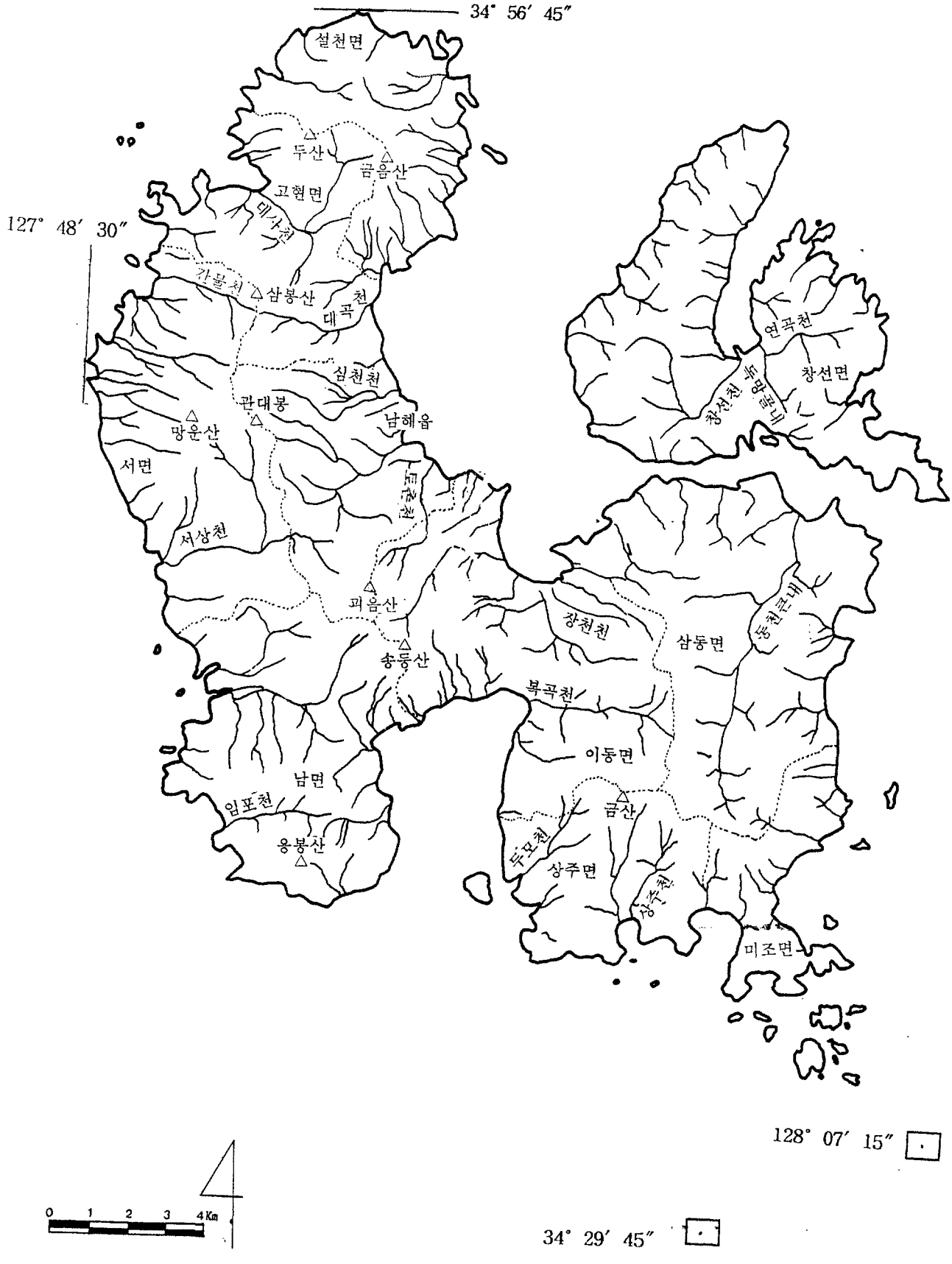
조사지역 지형의 전반적인 형성은 암석분포와 밀접히 연관되어 나타난다. 일반적으로 기계적 풍화에 약한 경상계 퇴적암류의 분포에 비해 화산암류의 분지가 험준한 편이며, 남북으로 높은 산이 형성되어 남북방향의 지형을 보이고 있다.

조사지역은 북쪽으로 남해대교를 통해 하동과 접해있고 동으로는 삼천포가 위치하며 서로는 전라남도가 위치하고, 남으로는 남해가 펼쳐져 있다.

망운산(△785.9m), 송등산(△617.2m), 삼봉산(△472.7m), 금산(△665.6m) 등이 솟아 남해도의 남북방향성 지형을 지배하고 있다. 평야의 발달은 빈약하고 산록에 소규모 페디먼트가 발달한다. 육지와 도서들의 해안선은 굴곡이 심한 리아스식 해안선의 양상을 보인다. 골짜기의 다수는 동서 내지 서북서-동남동 방향으로 발달하고 있는데 이는 단층 기타의 선상구조에 기인한다. 퇴적암류 및 화산암류로 이루어진 본 지형은 지형이 비교적 험준하며 역암, 화강암 등의 애추가 금오산, 망운산, 삼봉산, 금웅산, 송등산, 천황산, 괴음산을 중심으로 산사면에 넓게 발달하고 삼동면 상주리 부근에는 화강암의 풍화물이 천해의 사장을 이루었다. 그 외에도 해안퇴적물은 육지 구성암석에 따라 남면 석교리에서는 자갈과 옹자갈로 구성된 퇴적물이 우세하고 화포리 일대에는 소규모 해안사가 퇴적되어 있다. 창선면 서측 해안에는 전형적인 선상지가 수처에 발달하고 있다. 본 역의 지형은 대체로 장년기에 해당한다.

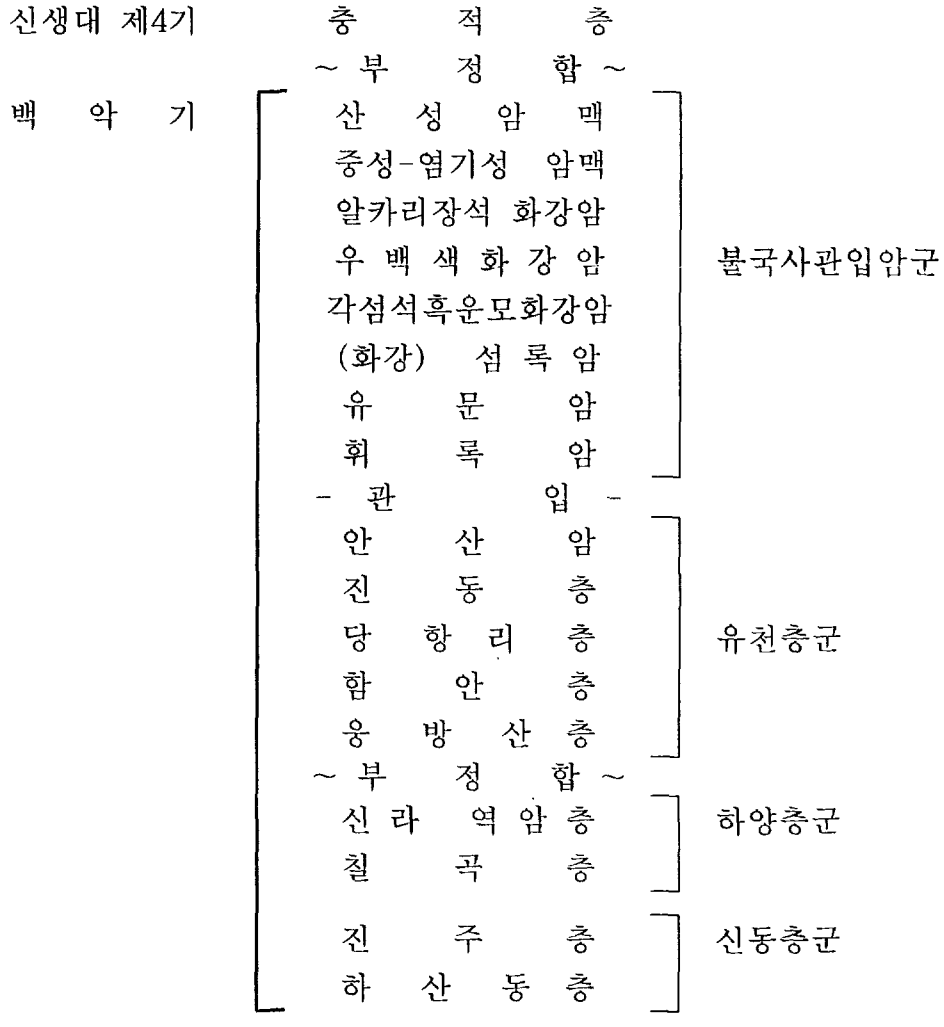
본 지역의 수계는 고봉을 중심한 방사상모양의 수계가 발달하여 남해로 흘러들어가고 있다.

대부분의 하천이 유량이 적고 건기에는 건천으로 존재하는 곳이 많아 우기에 갑자기 유량이 증가하면 하각작용을 일으키는 것이 관찰되기도 한다.


34° 56′ 45″
127° 48′ 30″
128° 07′ 15″
34° 29′ 45″
설천면
두산
금음산
고현면
대사천
가물치
삼봉산
대곡천
심천천
관대봉
망운산
남해읍
서면
서상천
괴음산
송등산
장천천
삼동면
동천교내
복곡천
이동면
남면
임포천
응봉산
금산
두모천
상주면
상주천
미조면
연곡천
창선천
창선면
0 1 2 3 4Km

<그림. 3-1> 수 계 도

3-1-2. 지 질

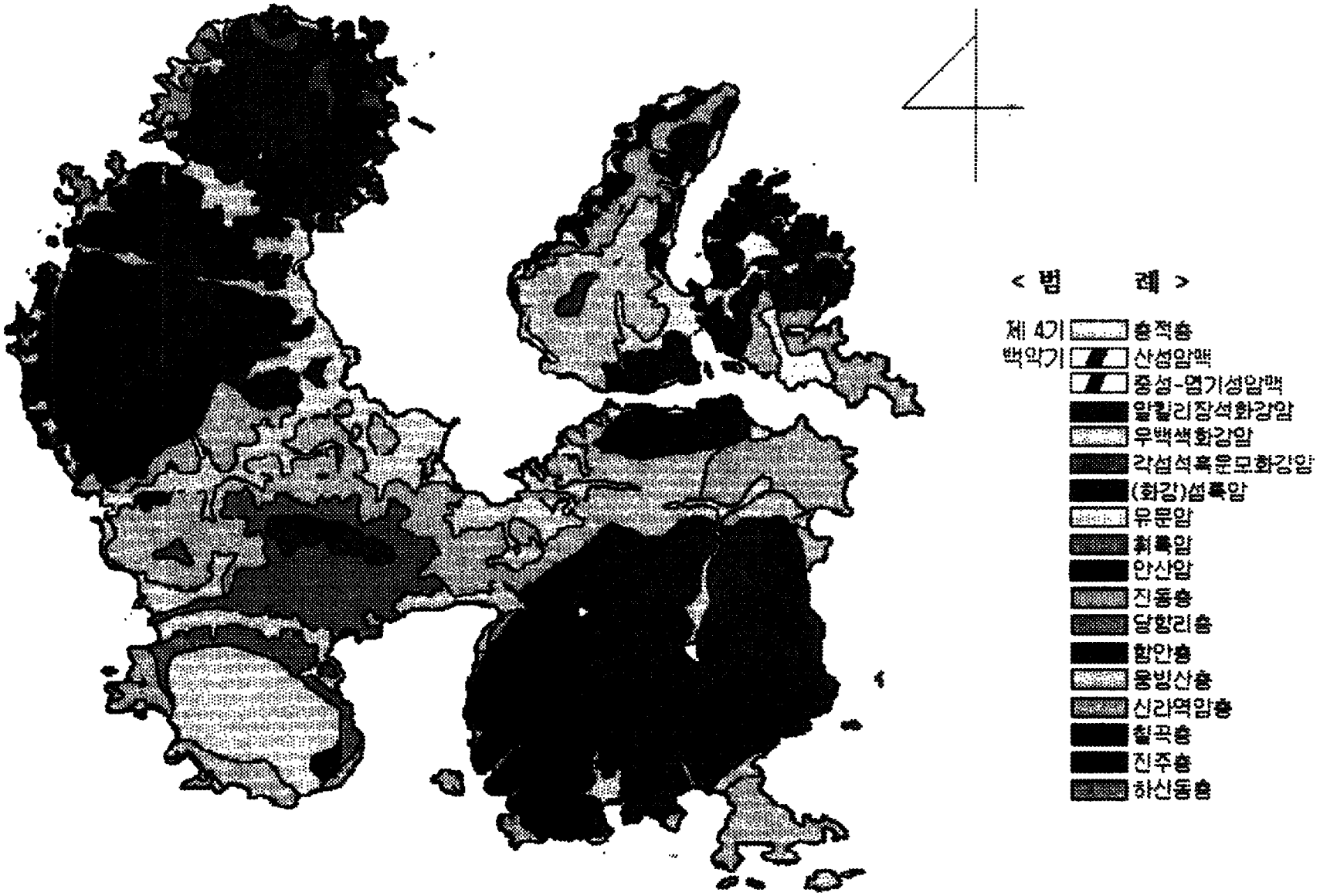


<그림. 3-2> 지 질 계 통 도

본 조사지역의 지표지질은 상부 중생대층들 및 이를 관입한 불국사화성암류로 대별된다. 조사지역에 분포하는 암류를 도표로 나타내면 <그림. 3-2>와 같다.

본 역의 신동층군은 그 북동 연속부보다 비교적 조립질로서 낙동층의 첨멸현상과 더불어 본 역이 본 층군의 퇴적분지 연변부였음을 시사한다.

칠곡층과 신라역암층도 그 분포가 본 역에 한하고 그 이서에서는 산출하지 않는다. 이들 제층 위에 유천층군이 부정합으로 놓여 있다. 이는 중성 및 산성화산암류로 주로 구성되나 퇴적암류도 많이 포함되어 있다. 함안층위에 오는 당항리층은 그 입자의 상당부분이 반암, 편마암 등 비화산원 물질이어서 화산원인 함안층과 구별된다.


< 범 례 >
제 4기
백악기
충적층
산성암맥
중성-염기성암맥
알칼리장석화강암
우백색화강암
각섬석흑운모화강암
(화강)섬록암
유문암
취록암
안산암
진동층
당항리층
함안층
웅빙산층
신라역암층
칠곡층
진주층
하신동층

<그림. 3-3> 지 질 도

1) 하산동층

본 층은 유백색 내지 담회색의 중립질 내지 조립질 사암, 함력조립질 사암, 역암, 역질 사암, 자색 내지 녹회색의 사질 이암, 세일 및 이질 세일과 암회색 세일과 실트스톤으로 구성되어 있으며 드물게 부층의 석회질암층을 협재하고 있다.

주향과 경사는 화성암이 관입한 연대봉 부근과 지역에 따라 다소 차이를 보이나 N50° ~80° E, 10° ~20° SE가 일반적이다. 그러나 남해도의 북서해안쪽에서는 주향이 차츰 E-W 및 N50° ~80° W 방향으로 바뀌어지는 경향을 보인다.

2) 진주층

본 층은 주로 담백색, 담회색 및 회색 사암, 녹회색, 흑색 및 암회색의 사질 세일, 이암 및 세일 담회색의 함각조립사암, 역암질 사암 및 암회색 내지 녹회색의 이회암 등으로 구성되어 있다.

대체적으로 조립질사암 중에는 약간의 역을 함유하는 경우가 많은데 역의 성분은 유백색 내지 암색의 규암, 화강암류, 편마암류, 변성퇴적암, 사암류 등이다.

본 층은 하부층에 비해 성층면을 잘 이루고 있으며 세립 및 중립질 사암층에는 다량의 백운모편을 함유하고 있는 경우가 흔하다.

본 층의 층후는 800~1000m 내외로 주향은 대체로 N50° ~85° E, 경사는 10° ~20° SE인 단사구조를 보여주나 남해도의 서측 해안쪽으로 감에 따라 주향이 차츰 NW 방향으로 변하고 관입암체 주위에서는 주향과 경사의 변화를 볼 수 있고 다소의 소규모 습곡현상이 나타난다.

3) 칠곡층

본 층은 상·하 자색층들이 협재하는 것이 특징이며 저색의 미사질이암, 담회색 내지 유백색의 중립 내지 조립질 함역사암, 역암질 사암, 연속성이 불량한 수m 내지 10여m 층후를 가진 담회색 내지 담황색의 역질암, 녹회색 내지 암회색의 미사암 및 세사질 세일로 구성되어 있다.

층후는 약 200~300m 내외로 추정되며 주향은 대체로 N60° ~80° E, 경사는 10~16° SE를 보여주나 지역적으로 다소 교란되어 소규모의 습곡양상을 보여주기도 한다.

4) 신라역암층

본 층은 본 역 창선도 북부 율도리와 서대리일대 표고 30~50m 정도의 비교적 높은 지역에 분포하고 있다. 본 층은 하부의 칠곡층을 정합적으로 피복하고 상부는 백악기 후기의 유천화산암류에 의해 부정합적으로 피복되어 있으며 역암, 함역조립질 사암, 중립 내지 조립질 사암, 저색이암 녹회색 이암으로 구성되어 있다.

화산암질 역으로는 안산암질암류나 규암류 및 현무암질 암류가 절대적으로 우세하며 비화산암질 역으로는 유백색, 담회색, 자색 혹은 암회색의 규암, 화강암, 편마암, 화강암질 편마암, 석영맥, 변성퇴적암류 장석질 또는 응회암질 사암, 처어트, 흑색 셰일 등이다. 역의 원마도는 대부분 아원형 내지 아각형이나 어떤 것은 아주 원마도가 좋은 것도 있는데 화산암질 역이 비화산암질 역보다는 대체로 원마도가 좋지못한 양상을 보여주고 있다. 역의 크기는 평균 2~4cm 정도의 것이 대부분이나 어떤 것은 30cm 정도의 것들도 발견된다. 기질로는 조립질 사암과 장석질 사암 및 응회암질 사암이 대부분이나 어떤 부분에서는 기질이 상당히 녹염석화 되어 있는 부분도 있다.

5) 웅방산층

본 역에 있어서 본 층은 안산암류가 그 대부분을 점하나 이들 속에 렌즈상 또는 설상으로 들어 있는 화산원퇴적암류도 포함한다. 안산암류는 용암류기원의 괴상안산암과 안산암질 화산각력암으로 구성된다. 남해도에서 본층의 층후는 약 250m 이다. 본 암석은 주로 녹회색, 자색 또는 암회색을 띠며 녹염석화작용의 변질을 받아 녹염석, 녹니석이 많이 관찰되어 전체적인 암색이 녹회색을 띠고 있다. 본암은 조사지역 내에서 최고기의 화산암으로 생각된다. 본 암체 중에서도 부분적으로 각력질화된 부분이 평현리 등 각지에서 관찰된다.

6) 함안층

주로 응회암질 사암과 역암으로 구성되어 있으며 그 외 부층의 암회색이암, 적자색 실트스톤, 유문암 및 안산암이 협재되어 있다. 응회암질 사암은 담회색을 띄나 풍화면은 담백색을 띄므로 멀리에서도 구별이 용이하다.

본 층의 주향과 경사는 모래개부락 지역에서 N25° W,15° SE, 배무시 부락 지역에서 N73° E, 30° SE, 우두리 지역에서 N83° E, 42° SE를 각각 보인다.

응회암질 사암에 대한 현미경관찰에 의하면 입자는 세립질로서 원마되지 않은 석영입자, 안산암편, 규암편 및 유리질 부분이 관찰된다. 녹염석화 녹니석화 작용을 심하게 받았다.

7) 당항리층

본 층의 층후는 400m 이상이며 녹회색, 회색, 혹은 담회색을 띠는 두꺼운 함각조립사암, 조립사암, 역질 사암, 역암 및 미사암으로 구성되어 있다. 이중 녹회색, 회색 내지 담회색의 함력조립사암과 조립사암이 압도적으로 우세하다. 하부에는 함력조립사암, 역질사암 및 조립사암이 우세하고 중부에는 회색 내지 암회색의 세일과 미사암이 자주 협재되는 경향을 보이다가 상부에서 다시 조립사암 내지 함력조립사암층이 우세해지는 경향을 보인다. 함력조립사암의 두께는 4~6m, 때로는 20m 이상에 달한다. 퇴적구조로는 간혹 소규모의 판상 사층리가 발견된다.

본 층의 주향은 N30° ~80° W, 경사는 8° ~20° SW의 범위 내에 있으나 우세한 주향, 경사는 N70° ~80° W, 10° ~12° SW이다. 그러나 국지적으로 북동방향의 주향과 SE방향의 경사를 가지는 부분도 있다.

본 층은 후기에 관입한 화석암류에 의해 열변성을 받아 접촉부는 다소 암색을 띠고 있다.

주구성광물은 석영, 장석암편, 처어트, 흑운편, 방해석 등으로 구성되어 있다.

8) 진동층

본 층의 암석은 회색, 암회색 및 회록색의 사질 세일, 세일 및 사암으로 구성되며 많은 부분이 혼펠스화되어 회색치밀질의 암상을 띄며 때로는 회색과 녹색의 호상 및 유상구조를 나타내는 부분도 있으며 때로는 점판암의 양상을 띈다.

현미경하에서는 대부분이 감식 불가능한 점토와 세립의 석영립(0.01~0.05mm)으로 되어 있으며 소량의 장석립과 견운모, 약간의 탄질물로 이루어져 있다.

규화작용을 받은 곳은 비교적 급한 산사면과 테일러스를 이루고 있는 곳이 많으며 이들 암석은 혼펠스화 되어 있다. 본 층은 화강섬록암의 관입에 의한 접촉변성작용에 기인되어 관입체 주변부를 따라 매우 넓게 혼펠스로 변성되었다.

9) 안산암

창선면 일대에 분포하는 안산암은 안산암질 집괴암으로서 응회암층이 본 암중에 협재되어 있기도 하며 여러 곳에서 화강섬록암에 의해 관입당해 있다. 대체로 암녹색 내지 녹회색 또는 적갈색 내지 암적갈색을 띄운다. 혼펠스, 사암 등의 외래각력도 함유하고 있으나 대부분 기질과 유사한 안산암질 각력이다. 기질과 각력은 외견상 거의 동질의 경우도 있으나 기질이 암녹색을 띄는 경우 각력은 흔히 적갈색이고 보다 반정질이다.

10) 휘록암

본 암은 남해군 설천면 금음리, 산성산 중턱, 금음산 중턱 일대에 여러개의 작은 암체로 분포하며 진주층을 관입하고 있다.

본 암은 암흑색, 암녹회색을 띄며 중립 내지 다소 조립상을 띈다. 부근에는 설천면 남현리를 중심으로 관입한 각섬석-흑운모화강암이 분포하고 있고 본 암은 그 열변성작용을 받았다. 본 암은 지역적으로 암색과 조직에 있어 다양성을 보여주고 있다. 지역적으로 열변성된 행인상구조를 보여주는 지역도 있다. 현미경적관찰에 의하면 본암은 주로 사장석과 녹색의 각섬석으로 구성되어 있고 소량의 흑운모정장석 및 석영도 관찰된다. 특히 본 암은 자철석이 많이 함유되어 있다 각섬석은 쪼개짐이 잘 발달하고 정장석은 대부분 견운모화 되었으며 사장석도 일부 견운모화 되었다.

11) 유문암

남해군 창선면 망치산 남쪽에 분포한다. 담색의 치밀한 암상을 띄며 육안으로 또는 현미경하에서 유동구조가 뚜렷이 보인다. 특히 정장석으로 보이는 lath상 또는 침상의 반정이 유동방향에 따른 배열 양상을 보이며 부분적으로는 equant 결정의 반정이 발달되기도 한다.

본 암은 북쪽으로 망치산 화강섬록암으로 연결되는 산상을 보이며 세립질 또는 반정질의 반심성암류의 조직으로 이화되는 현상으로 보아 화강섬록암과는 comagmatic인 관계라고 볼 수 있다. 본 암은 함안층과 진동층을 관입 또는 피복한다.

현미경하에서 반정은 석영, 정장석이 많으며 드물게 사장석도 있다. 석기는 감정이 불가능하나 규장질로서 미량의 흑운모, 각섬석 등이 포함되어 있다. 반심성암의 조직으로 이화되는 부분에서는 granophyric 조직을 보이며 현미경적 vermicular도 관찰된다.

부분적으로 안산암류의 작은 각력들이 들어 있으며 이러한 부분은 welded tuff와 같은 암상을 띄기도 한다.

12) (화강)섬록암

본 암은 남면 가천리 부근과 창선면 일대에 소규모로 분포하고 있다. 안산암 및 당항리층을 관입하고 있으며 호포리 반화강암과의 관입선후 관계는 미상이다. 본암은 중립~세립의 유색광물이 우세하며 현미경관찰에 의하면 사장석, 각섬석, 정장석 및 소량의 갈색흑운모 및 석영 등으로 구성되어 있다.

13) 각섬석흑운모화강암

남해도의 중부인 망운산과 설천면 남현리, 용강, 상촌, 덕신리, 연대봉 등지를 중심으로 분포하고 남해읍 남부의 송등산 및 창선도의 대방산을 중심으로 암주상으로 관입 분포하고 있다. 본암의 암색은 유색광물 함유량의 다과에 따라 다소의 차이를 나타낸다. 주로 세립 내지 중립질로 석영, 정장석, 사장석, 각섬석, 흑운모 등으로 구성되어 있으며 소량의 미사장석, 자철석, 그리고 저어콘이 관찰된다.

송등산에 분포하는 본암은 유천층군의 화산암체 중심부에 위치하고 있어 안산암을 분출시킨 화산의 화도를 관입했을 가능성을 생각하게 한다. 본 암체 주위의 퇴적암을 열변성 시켰고 일부 안산암류도 혼펠스화 되었다. 동일 화강암체에 있어서 중심부에서 외부로 갈수록 일반적으로 세립으로 변하며 유색광물이 많아지는 경향이 있다.

14) 우백색화강암

남면 화포리 일대에 분포하는 반화강질 암으로 침식에 약하여 타암류와의 경계는 지형상에 뚜렷이 나타난다. 본암은 유색광물이 적어 우백색이고 세립질 입이 특징이며 곳에 따라 장석 등이 반상조직을 나타내기도 한다.

현미경관찰에 의하면 본암은 주로 석영, 사장석, 정장석, 녹색의 각섬석, 갈색의 흑운모로 구성되어 있다 등립의 세립질 조직을 나타내며 자철석이 0.1~2%로 다량 포함되어 있다.

15) 알칼리장석화강암

본암은 본역 남동부인 금산-상주리 일대에 넓게 분포하며 주위 퇴적암류 및 화산암류의 경계가 암색 및 지형에 뚜렷이 나타난다.

본암은 종래 마산암으로 대별되던 것으로 유색광물의 함유량이 적고 조립 내지 중립질이며 작은 정동(druses)들이 많이 발달되어 있다. 본암에 특징적으로 나타나는 마이알로라이트조직으로 보아 비교적 관입암체의 상부에서 냉각된 것으로 예상된다. 정동 내에는 저온형 작은 결정의 수정들이 관찰된다. 암색은 암색광물이 적고 핑크색의 장석이 많아 핑크색을 띠는 우백색이다.

16) 맥암류

서면, 동면 일대에는 분암류들이 분포한다. 맥폭은 5~10cm내외이다. 소치도에는 램프로파이어암맥이 산출한다. 산성암맥은 암맥과 관입암상으로 산출되며 창선면, 설천면, 남해읍 부근 등지에 분포한다. 이들의 대부분은 규장암, 석영반암, 장석반암이다. 남면 덕월리 부근의 안산암질 집괴암을 관입한 규장암맥은 폭 6~10m, 연장 20~30m로 유상구조가 발달하고 있다.동면, 평리의 내금저수지 구근의 안산암을 관입한 폭 20~30m, 연장 50~60m의 규장암맥내에는 직경 0.1~10cm의 안산암각력이 포함되어 있다.

서면, 남상리와 설천면, 남양리 부근에 분포하는 장석반암의 맥암은 비교적 규모가 크며 기타 맥암류는 맥폭은 5~20cm 내외이며, 연소성과 맥암류 상호간의 방향성은 없다.

3-2. 물리탐사

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

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

특히, 이번 지하수조사에는 지하수 부존에 영향을 미치는 지하구조대 및 충적층 층후의 발달상태를 객관적으로 탐사하는데 주로 사용된다. 일반적으로 지하수조사는 그 효율성을 높이기 위해서 지표지질조사와 자료수집 및 분석, 1차 탐사, 2차 탐사의 3단계로 수행되어 진다.

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

본 조사지구 일원에서 실시한 2차 탐사는 수문지질도의 작성을 위하여 전기비저항 쌍극자탐사를 수행하였다. 이는 평야부에 대한 전반적인 심부 구조대의 존재확인을 위하여 전기측선을 연장설정하여 0.5 ~ 1km 에 걸쳐서 전극간격을 30m로 하여 가탐심도를 최대 100m까지 가능하도록 하였다. 조사량은 20측선으로 약 12km에 달한다.

3-2-1. 원격탐사(Remote Sensing)에의한 선구조 분석

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

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

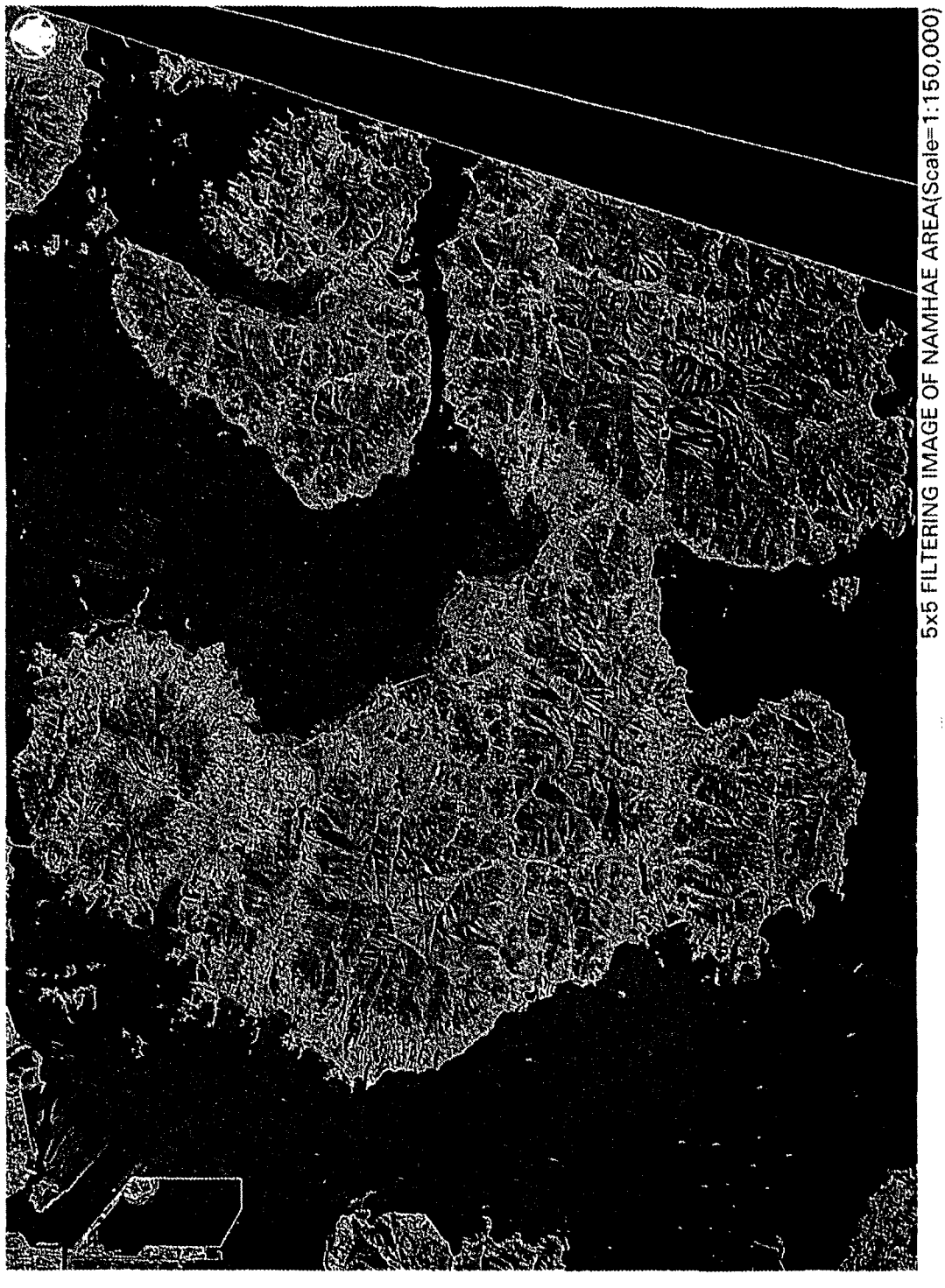
지표면의 대상물이나 현상에 관한 자기파 정보를 수신소에서 받아서 수정과 초기작업 과정을 수행한후 magnetic tape에 저장된다. 수신된 영상은 조직의 변화와 빛의 차이, 수분에 따라 차이가 나는 색과 그림자, 암석의 풍화에 의한 지형의 기복, 필터링 등을 기본원리로 해석된다. 그후 전문 software를 이용하여 분류, 판독후 선구조를 추출하게 되는 것이다.

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

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

선구조(Lineament)란 지표면에 나타난 지형적 광역규모의 선형구조로서 암종의 차이, 암상변화 및 지질구조적인 현상을 반영한다고 할 수 있다. 지질구조선과 관련된 선구조선은 약선대이기 때문에 암반지하수 통로 역할을 할 수 있는 가능성이 많아 지하수부존과 매우 밀접한 관련이 있으며, 실제로 선구조가 발달된 지역에서 착정할 경우 지하수 산출율이 높다. <그림. 3-4>는 조사지역의 위성영상자료

<그림. 3-4 조사지구 위성영상도>



<그림. 3-5 위성영상 필터 이미지>

로서 그 영상을 해석한 후 추출한 선구조를 나타내었으며, <그림. 3-5>은 수평, 수직방향으로 필터링된 영상이다.

3-2-2. 전기비저항 탐사

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

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

전기비저항법은 전류의 크기, 각 전극에서의 전위의 크기 및 각 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로 정량적인 해석이 가능하고, 또 그 이론도 비교적 잘 발달되어 있어서 이론적 계산치와 현장 측정치를 비교 해석할 수 있다는 점에서는 매우 과학적이라 할 수 있겠다. 그러나 전류전극이 대지와 전기적으로 잘 접촉되어야 하므로 동토, 사막등 표토층이 전기적 절연지역이거나 반대로 표토층이 너무 전기적 양도체인 경우, 지하 심부로 전류의 공급이 이루어지지 않아서 이 전기비저항법을 사용할 수 없으며, 또 실제적인 문제로 넓은 지역의 탐사에는 전극들과 전선들을 이동시키는 작업이 매우 번거롭다는 단점이 있다.

전기비저항 탐사는 전극배열법에 따라 웨너(Wenner)배열법, 슐럼버저(Schlumburger)배열법, 리(Lee)배열법, 3극점(Three Point)배열법, 쌍극자(Dipole)배열법 등이 있다.

가. 쌍극자배열 전기비저항 탐사(Dipole-Dipole Method)

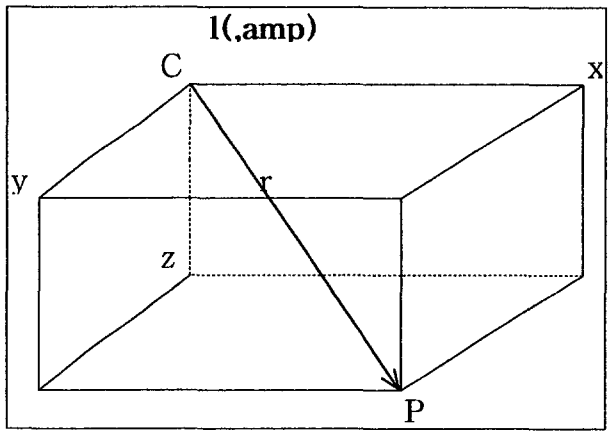
도선의 전기저항 R은 길이 L에 비례하고 단면적 A에 반비례한다. 즉,

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{이다.}$$

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

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

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



<그림. 3-6> 점전원에 의한 전위

<그림3-6>에서와 같이 지중의 일점 C에아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류 I(amp.)를 보낼 때, 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는 다음과 같다.

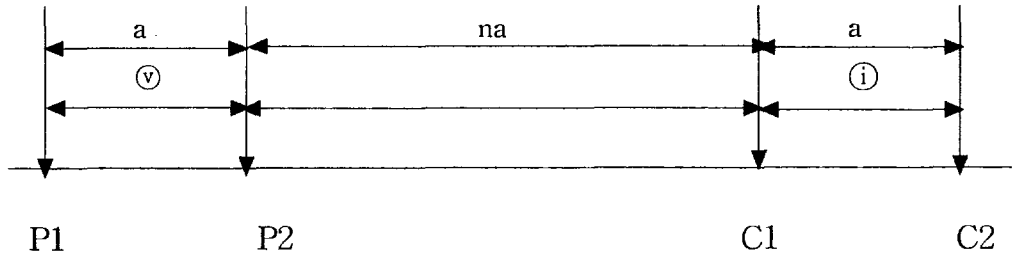
$$V = \frac{\rho I}{4\pi r}$$

여기서,

$$r = X^2 + Y^2 + Z^2 \quad \text{이다.}$$

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

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



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

<그림. 3-7> 쌍극자 탐사 측선 배열 방법

<그림.3-7>에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 $C_1(+I)$과 $C_2(-I)$를 가정하고 임의의 점 P_1, P_2에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C_1과 C_2에 의한 전위차로 나타나며, 다음과 같다.

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

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

그러므로 C_1과 C_2에 의해서 P_1과 P_2의 전위차 V는 아래의 식으로 구할 수 있다.

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

이것을 비저항의 식 ρ로 풀어쓰면 다음과 같다.

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

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

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

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

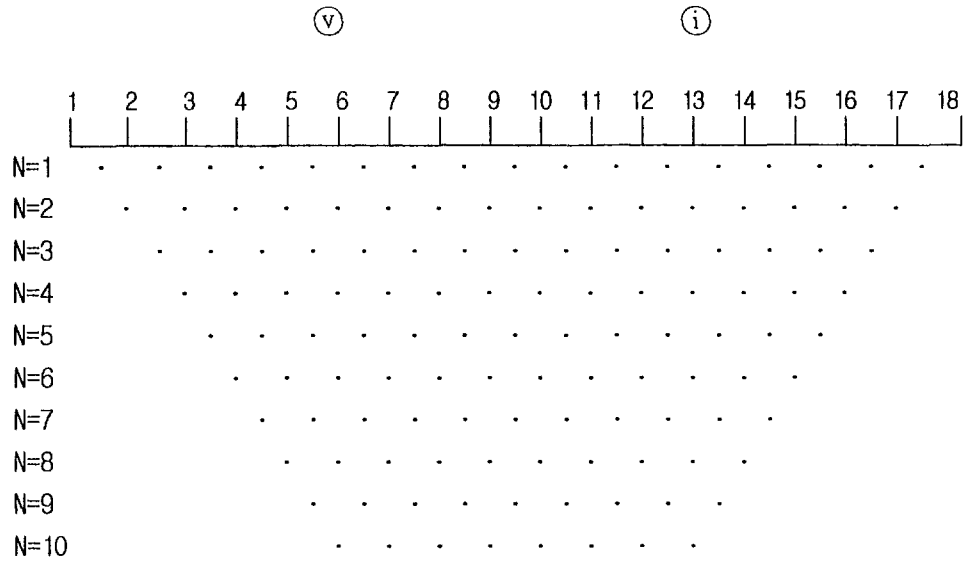
$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{na} - \frac{1}{(n+2)a} + \frac{1}{(n+1)a}\right)\right]} = n(n+1)\ (n+2) \cdot \pi \cdot a$$

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

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

쌍극자 비저항탐사는 <그림. 3-7>과 같이 전류 및 전위전극 간격 a를 탐사목적 및 정밀도 등을 고려하여 결정하고, a, 2a, 3a, ... na 간격으로 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하여 겉보기 비저항치를 계산한다.

야외탐사 결과치는 <그림. 3-8>과 같이 전위전극 중심과 전류전극의 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각이등변 삼각형의 꼭지점에 겉보기 비저항치를 기입하여 수평 및 수직적 변화를 탐지 할 수 있다. 이와 같은 쌍극자배열 탐사결과 획득된 겉보기 비저항 도면을 가단면도(Pseudo-Section)라고 한다.



<그림. 3-8> 쌍극자 배열에 의한 겉보기저항 가단면도 작성법

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

근본적으로 Wenner 배열이나 Schlumburger 배열을 채용한 수직탐사는 1개점 하부의 심도에 따른 비저항의 변화 양상을 파악하고자 함에 목적이 있으므로 1차원적 탐사의 범주에 속한다. 지하 1개점 하부의 자세한 정보 획득에는 수직탐사가 효율적이며, 정량적이라 할 수 있다. 그러나, 암반지하수의 경우와 같이 국부적으로 발달하는 파쇄대 탐지의 문제는 그 대상이 2차원 구조이므로 2차원적인 탐사를 필요로 한다. 쌍극자배열 탐사는 1점이 아닌 1측선상에서 수평-수직 탐사를 동시에 수행하므로 2차원적 탐사로 간주된다. 물론, 쌍극자배열 탐사의 측선상에 각 측점마다 수직탐사를 수행한다면, 1개점이 아닌 측선상의 하부에 2차원적인 비저항분포를 파악 할 수 있다.

또한, 수직탐사는 각 측점사이에 국부적인 이상대가 존재할 경우 이를 놓칠 우려가 많으나, 쌍극자배열 탐사는 연속적인 2차원 탐사이므로 이러한 가능성이 상

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

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

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

측선의 길이는 현장여건에 따라 조정하였으며, n=11~12를 택하여 가탐심도를 100m이상 되게 하였다. 탐사위치는 1측선(E-1, 이하 E-*)은 남해읍 차산리 일원에 E-2측선은 창선면 수산리, E-3은 삼동면 영지리, E-4는 이동면 난음리, E-5는 삼동면 지족리, E-6 삼동면 물건리, E-7은 삼동면 미조리, E-8은 창선면 가인리, E-9는 설천면 문의리, E-10은 고현면 대곡리, E-11은 고현면 오곡리, E-12는 서면 대정리, E-13 이동면 다정리, E-14는 이동면 화계리, E-15는 남면 죽전리 일원등 조사지역의 평야부에 선정하였고, 측선별 내용 및 역산법에 의한 분석내용은 <표.3-1>과 같다. 전체적으로 RMS ERROR가 높은 것은 탐사방법보다는 탐사장소 및 탐사시기에 문제가 있는 것으로 짐작된다. 예를 들면, 각 측점들은 조사지역내 평야부에서 실측하였지만 비닐하우스 경작으로 논두렁 및 길 가장자리에서 탐사할 수 밖에 없었으며, 계절도 초겨울이라는 점을 무시할 수는 없을 것이다.

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

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

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

이론자료의 겉보기비저항 가단면도는 각 측선에 대한 전기비저항 탐사자료의 역산결과, 계산된 이론 겉보기비저항 가단면도를 도시한 것이다. 이들은 현장 겉보기비저항 가단면도에 비하여 다소 부드러워 졌으며, 겉보기비저항 분포는 매우 유사하게 나타난다.

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

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

고비저항 암체는 상당히 신선하고 치밀·견고한 암반이며, 저비저항 암체는 상대적으로 절리나 균열대, 단층등 파쇄대의 발달이 양호한 암반을 뜻하거나 천부풍

의미한다. 또한 중간 비저항 암체는 상기 암체 특성의 중간적인 비저항 특성을 보이는 암상이라 하겠다. 그러므로 관심대상인 저비저항 암상은 전기구조적인 환경(Geoelectric structural environment)으로서 지하수가 유동, 집적되어 부존가능성이 가장 높은 부분인 것으로 간주할 수 있다.

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

<표. 3-1> 쌍극자 탐사 측선별 총괄표

NO	위치	측선방향	길이	겉보기저항		RMS ERROR
				최소치	최대치	
E-1	남해읍 차산리	N 80 °E	500	0.23	905	0.6981
E-2	창선면 수산리	N 43 °W	500	0.11	1119	0.8060
E-3	삼동면 영지리	N 69 °W	500	0.11	1379	1.1207
E-4	이동면 난음리	N 63 °W	500	1.13	741	0.8583
E-5	삼동면 지족리	N 83 °E	500	0.34	2317	0.8930
E-6	삼동면 물건리	N 82 °E	500	0.06	6220	1.0445
E-7	삼동면 미조리	N 58 °E	500	0.11	1831	0.8557
E-8	창선면 가인리	N 36 °E	500	0.34	2123	1.0571
E-9	설천면 문의리	N 55 °E	500	0.68	840	0.8200
E-10	고현면 대곡리	N 85 °W	500	0.17	7030	0.8918
E-11	고현면 오곡리	N 73 °W	500	0.34	572	0.6107
E-12	서면 대정리	N 61 °W	500	0.17	2840	0.7693
E-13	이동면 다정리	N 01 °E	500	0.06	3562	1.5659
E-14	이동면 화계리	N 56 °W	500	0.62	2208	1.0411
E-15	남면 죽전리	N 73 °W	500	0.17	1530	0.8553

이러한 전기적 비저항대의 구분은 암반에 대한 지하수탐사에서 중요한 의미를 갖는다. 즉, 외국의 경우 지하수 유동 및 집적이 투수성이 높은 사암층 등의 대다수 퇴적암층이 층서적인 대수층의 역할을 하는데 반하여, 우리나라와 같이 지하수 유동이 이루어지는 투수성이 높은 퇴적암의 분포가 적은 기반암체 내에서는 파쇄대가 중요한 대수층의 역할을 하게 된다. 이는 비저항의 분포상태를 결정하는 구조선이 지하수의 유동통로 역할을 하는 확률이 높기 때문이다. 그러나 전기비저항 탐사에 의해 지하수함양에 유리한 지하구조를 보인다 할지라도 그 구조사이를 채우는 물질의 특성에 의해 지하수산출과 유동이 좌우된다. 예를 들어 지하단층 구조사이에 암석쇄설물인 단층 각력이 존재할 경우에는 높은 지하수 산출을 보일 수 있고, 파쇄된 정도가 더욱 심하여 파쇄면 사이에 단층점토등의 세립물질

들이 존재할 경우 지하수 함유율은 높으나 오히려 지하수 유동을 방해하는 구조로 작용할 수 있어 그 여부는 탐사 후 시추조사나 공내 TV검층 등을 이용해 더 자세히 조사할 수 있다.

위에서 기술한 바와 같은 관점에서 탐사결과를 측선별로 분석하면 다음과 같다.

○ **E-1측선**

E-1 측선은 남해읍 차산리 일대에 측선방향 N80E, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사결과 2차원 비저항 단면구조는 대체로 중간 심도인 30~100m 부근에서 고비저항대가 형성되어 있으나 특별한 전기비저항 이상대가 나타나지 않으므로 지하수 함양에 유리한 지질구조는 존재하지 않는 것으로 판단된다.

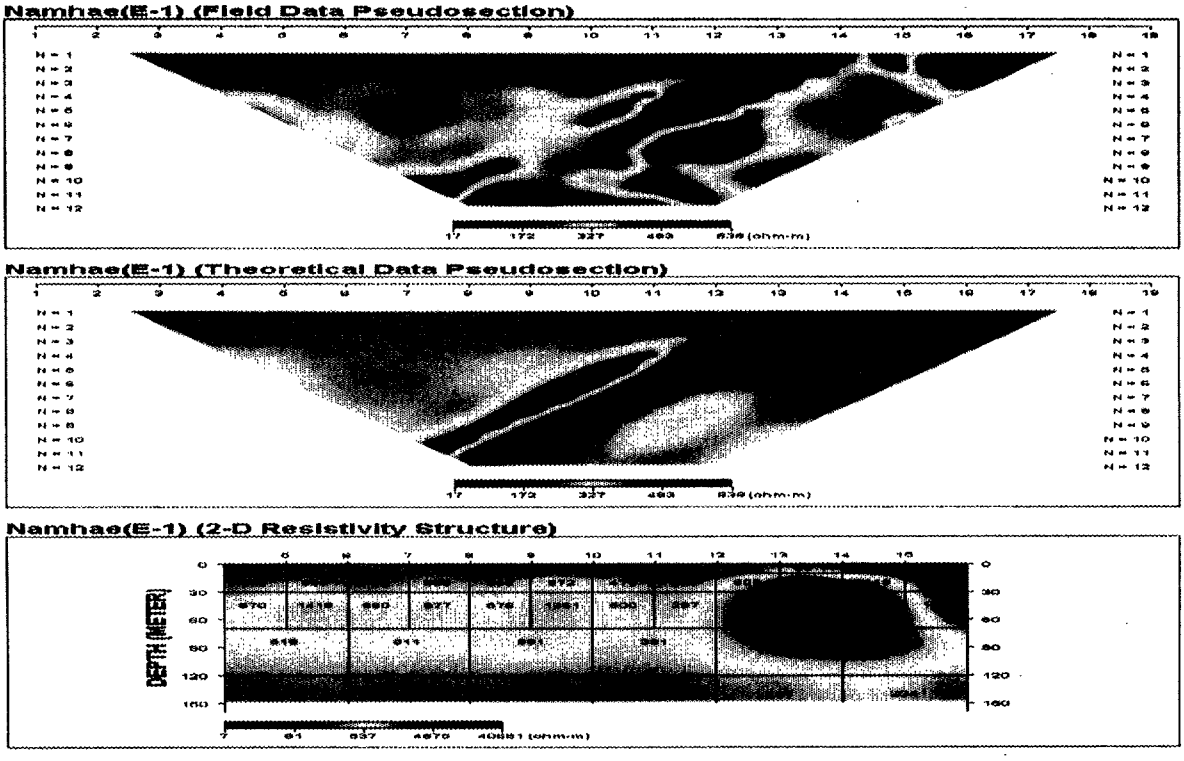
○ **E-2측선**

E-2 측선은 남해군 창선면 수산리 일대에서 측선방향 N43W, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사결과 2차원 비저항단면 구조도 측선 중앙부인 측점 9~11 지점의 심도 30~60m 부근에 저비저항대가 형성되어 있을뿐 나머지 구간에서는 확연한 저비저항대가 나타나지 않으며 4, 5번 측점 및 15번 측점 하부에서 다소 비저항이 낮아지나 이는 탐사의 경계부에 해당되므로 신뢰성이 다소 떨어지며, 지하수 함양에 유리한 지질구조는 나타나지 않는 것으로 판단된다.

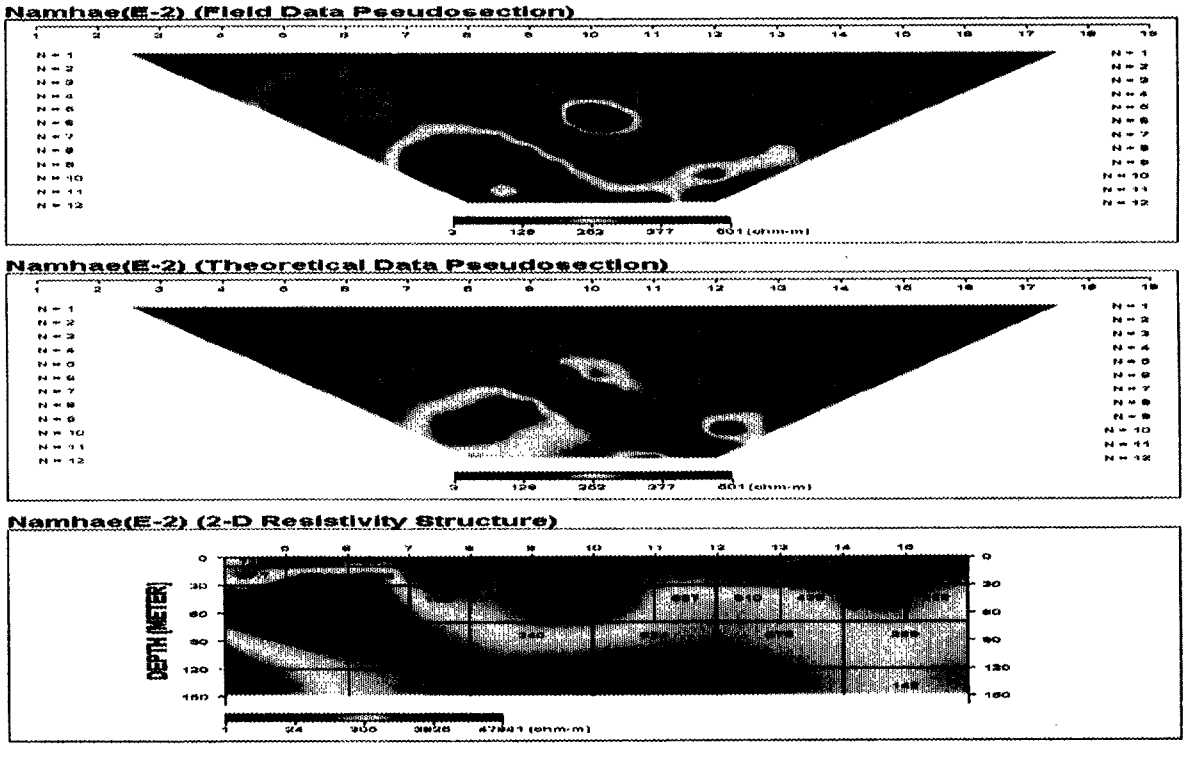
○ **E-3측선**

E-3측선은 남해군 삼동면 영지리 일대에서 측선방향 N69W, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다.탐사결과 2차원 비저항 단면구조는 중간 심도인 30~100m 구간에 고비저항대가 형성되어 있으며 그 하부에는 저비저항대가 형성되어 있어 하부구간에서 전기비저항 이상대가 타나난다.

특히, 측선 중앙부인 측점 9~13지점이 타지점에 비하여 상대적으로 저비저항대가 형성되어 있으며, 측점 10~13지점의 120m 하부구간에 나타나는 저비저항대는 지질구조 작용에 의하여 파쇄정도가 높은 암석이 존재하는 구간으로서 지하수 함양에 유리한 지질구조가 형성되어 있는 것으로 판단된다.



<그림. 3- 9> 측선 E-1 쌍극자탐사 결과도



<그림. 3-10> 측선 E-2 쌍극자탐사 결과도

○ **E-4측선**

E-4측선은 남해군 이동면 난음리 일대에서 측선방향 N63W, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사결과 2차원 비저항 단면구조를 주로 심도 30m 이내의 영역에 저비저항대가 형성되어 있으며, 전반적으로 심도 증가에 따라 비저항이 증가하는 전형적인 지하지질 구조를 보인다. 그러나 측점 8~11 지점의 심도 30~90m 구간에는 상대적으로 저비저항대가 분포하고 있으며, 이는 파쇄정도가 상대적으로 높은 암석이 분포하고 있어 지하수 함양에 유리한 지질구조를 형성하고 있는 것으로 판단된다.

○ **E-5측선**

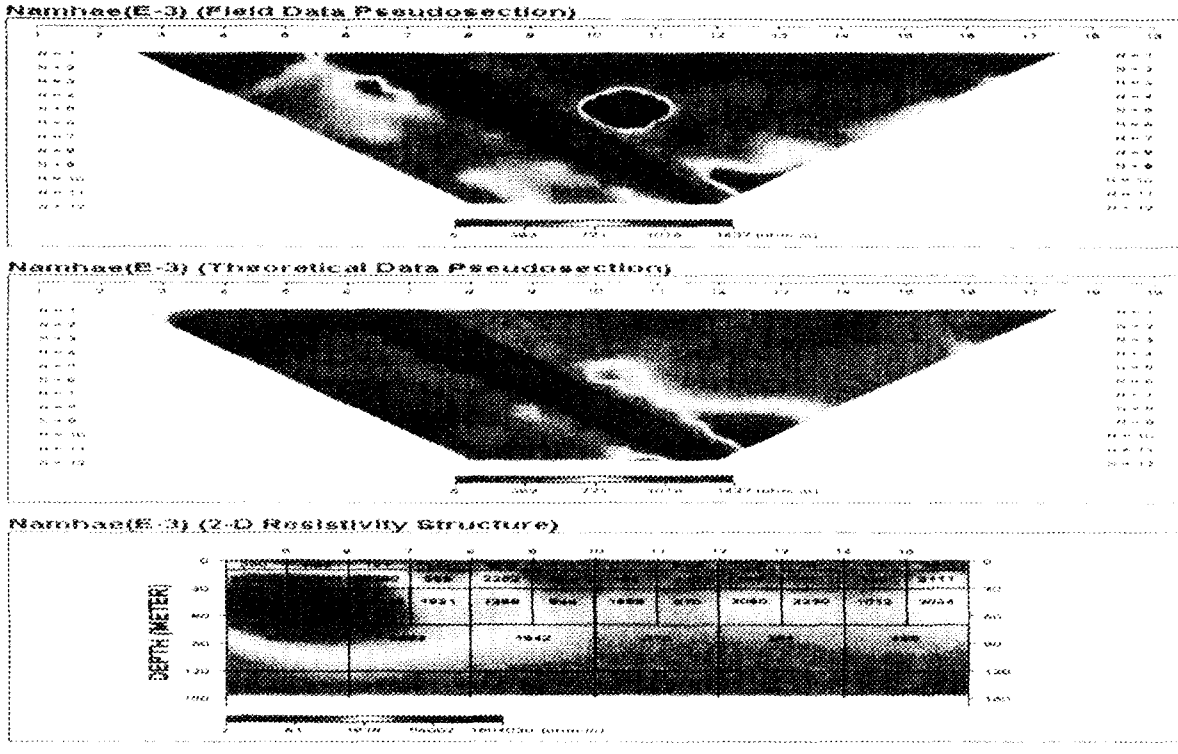
E-5 측선은 남해군 삼동면 지족 일대에서 측선방향 N83E, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사결과 2차원 비저항 단면구조는 대체로 심도 증가에 따라 비저항이 증가하는 전형적인 지하지질구조를 보인다. 측점 6~8지점 심도 10~40m 구간에서 일부 저비저항대가 나타날뿐 그 이외의 구간에서는 확연한 비저항 이상대가 나타나지 않아 본 측선에서는 특별한 지하수 함양에 유리한 지질구조는 인지되지 않는다.

○ **E-6측선**

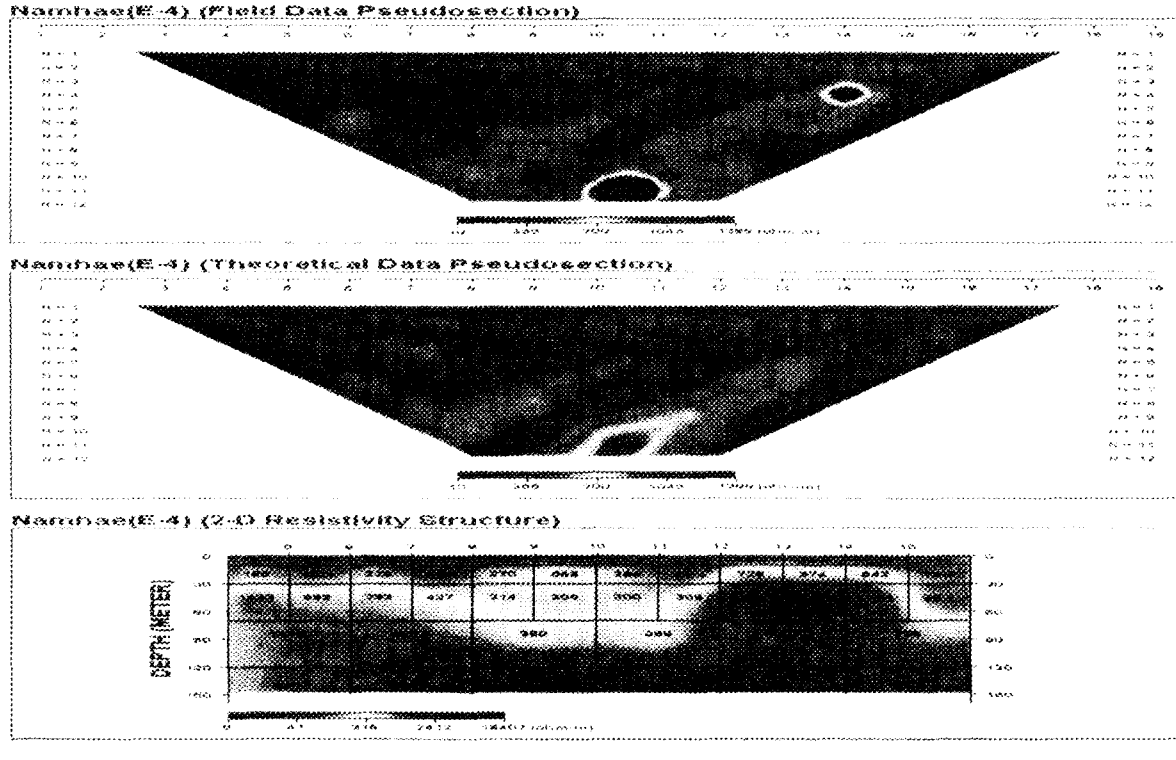
E-6측선은 남해군 삼동면 물건리 일원에서 N82° E, 측선길이 500m로 탐사를 실시한 결과 특별한 지질구조는 인지되지 않으며 2차원 비저항 단면구조는 측점 4~10지점의 심도 300m 이하 구간에 상대적으로 낮은 비저항대가 분포하고 있으며 특별한 지하지질구조는 인지되지 않으나 측점 9~10 지점의 30m 하부구간이 타 구간에 비하여 암반내에 파쇄구간이 발달되어 있을 가능성이 높다.

○ **E-7측선**

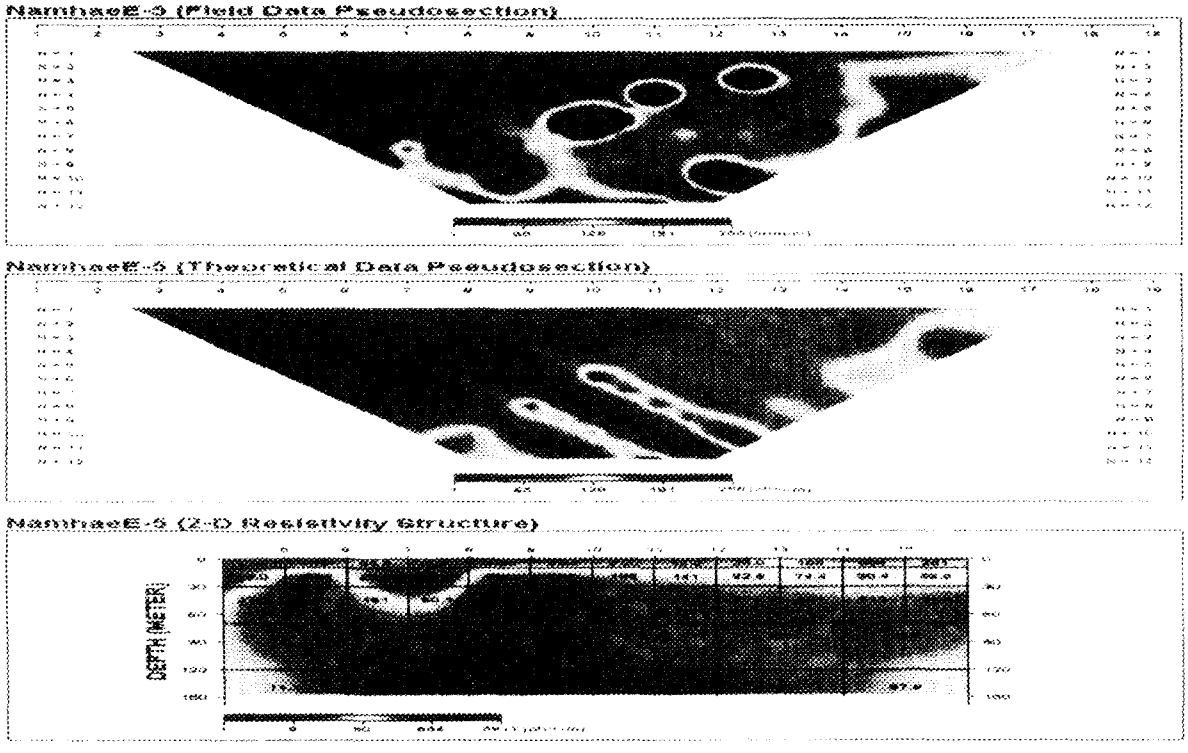
E-7측선은 남해군 삼동면 미조리 일원에서 측선방향 N58° E, 측선길이 500m로 탐사를 실시한 결과 2차원 전기비저항 단면구조는 주로 중간 심도인 20~90m 구간에 고비저항대가 형성되어 있으나 특별한 전기비저항 이상대가 인지되지 않는다. 따라서 본 측선지점은 지질구조 작용에 의한 파쇄구간 등 지하수 함양에 지층 구조간의 발달에 가능성이 희박할 것으로 판단된다.



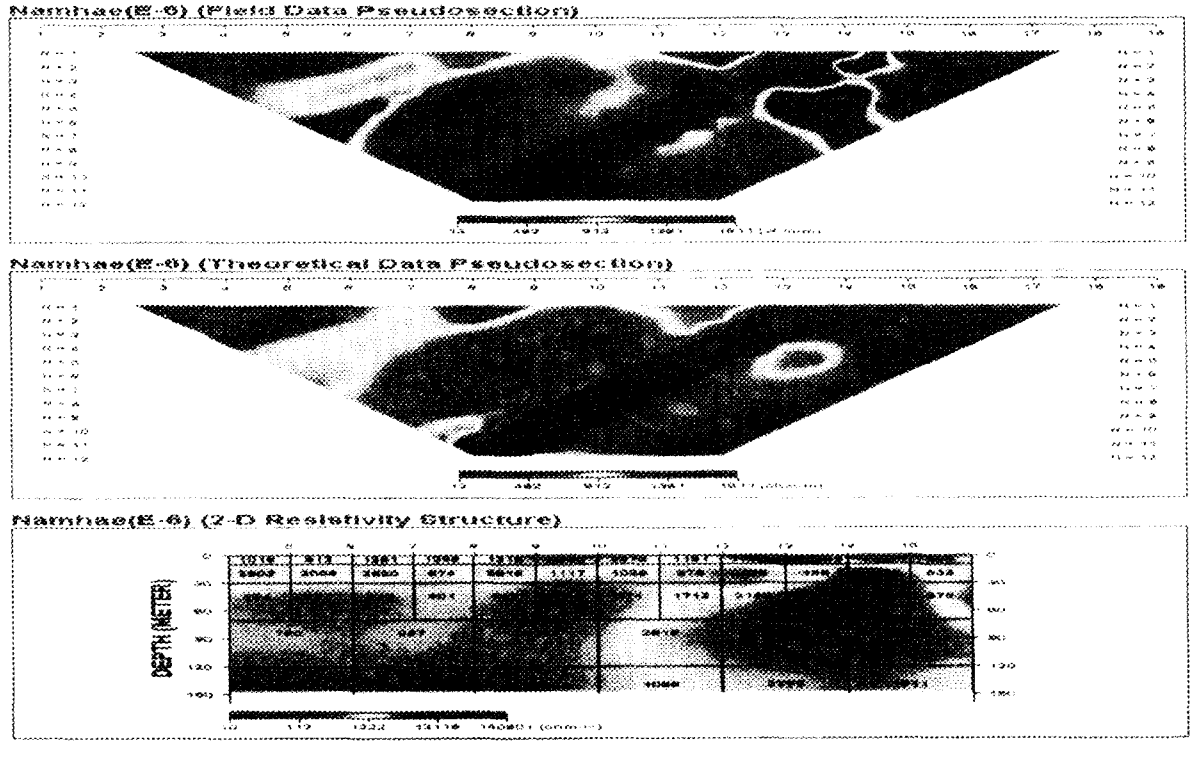
<그림. 3-11> 측선 E-3 쌍극자탐사 결과도



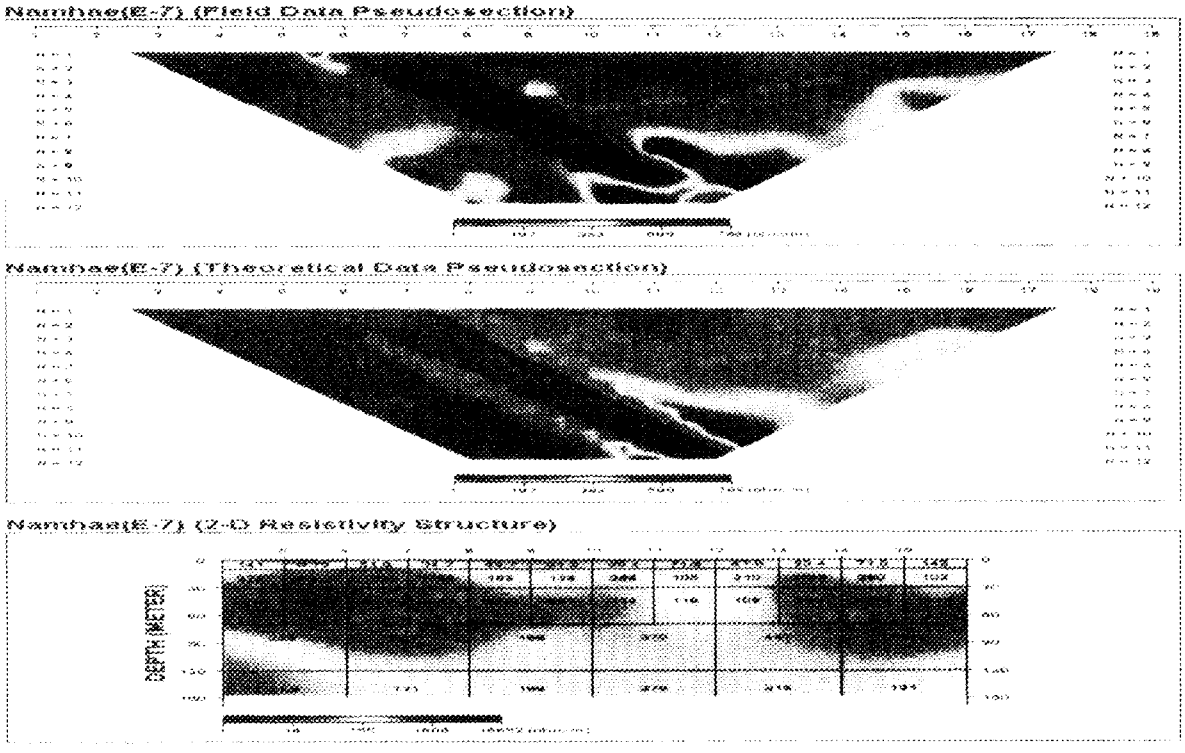
<그림. 3-12> 측선 E-4 쌍극자탐사 결과도



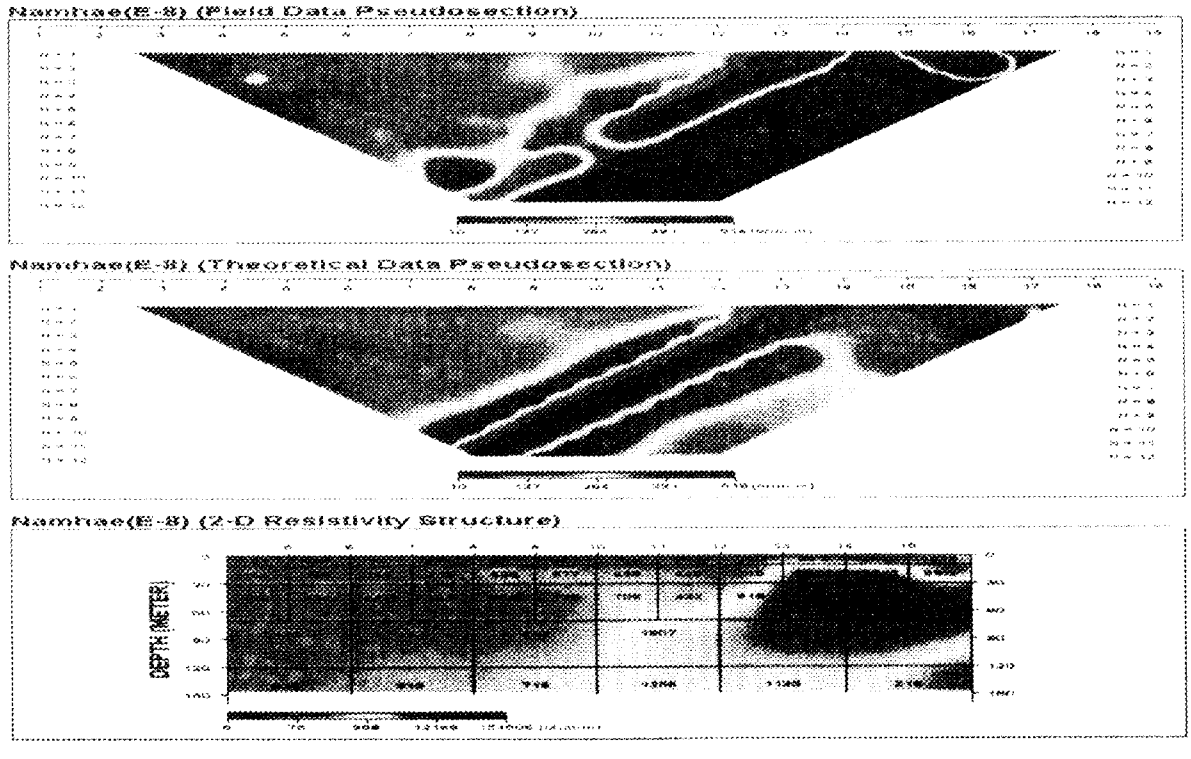
<그림. 3-13> 측선 E-5 쌍극자탐사 결과도



<그림. 3-14> 측선 E-6 쌍극자탐사 결과도



<그림. 3-15> 측선 E-7 방구자탐사 결과도



<그림. 3-16> 측선 E-8 방구자탐사 결과도

○ **E-8측선**

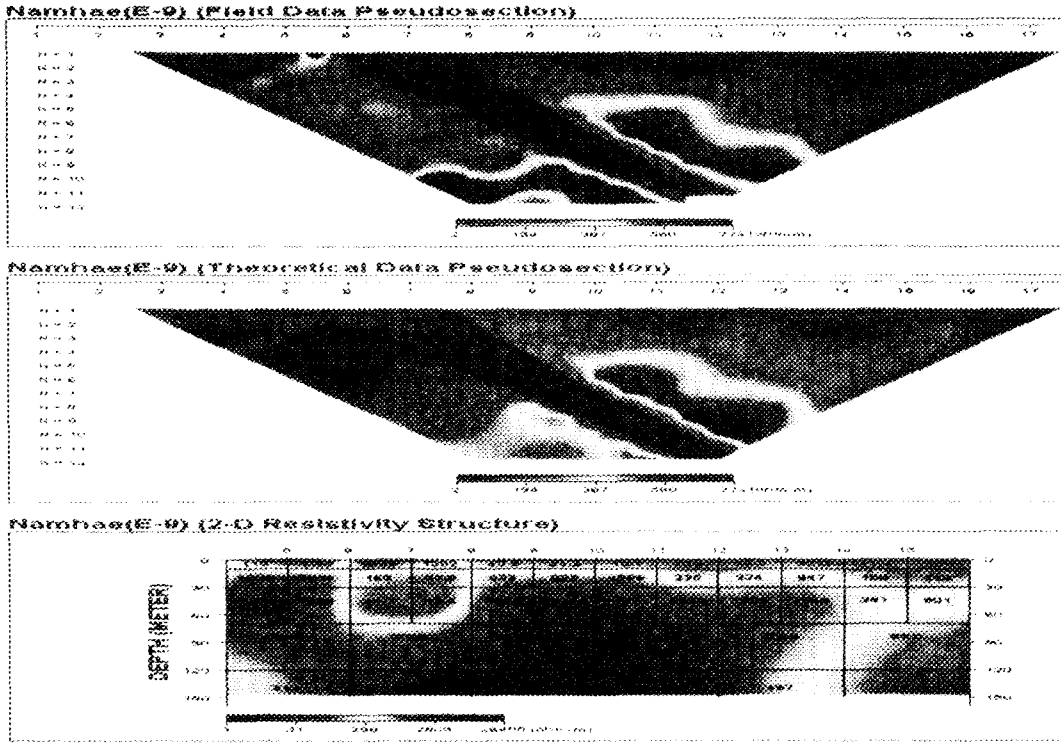
E-8 측선은 남해군 창선면 가인리 일대에서 측선방향 N36° E, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사자료 해석결과 쌍극자탐사 결과도의 2차원 비저항 단면구조도에서 나타난 것과 같이 본 측선을 따라서 시점부측의 하부구간에는 지질작용에 의한 파쇄정도가 높은 암석이 분포하여 지하수 함양 가능성이 아주 높은 지하지질상태가 형성되어 있는 것으로 판단된다. 측점의 시점부인 측점 1~10구간에는 저비저항대가 형성되어 있고 종점부인 측점 10~15 지점에는 고비저항대가 형성되어 있으며 명확한 대비를 이루고 있다.

○ **E-9측선**

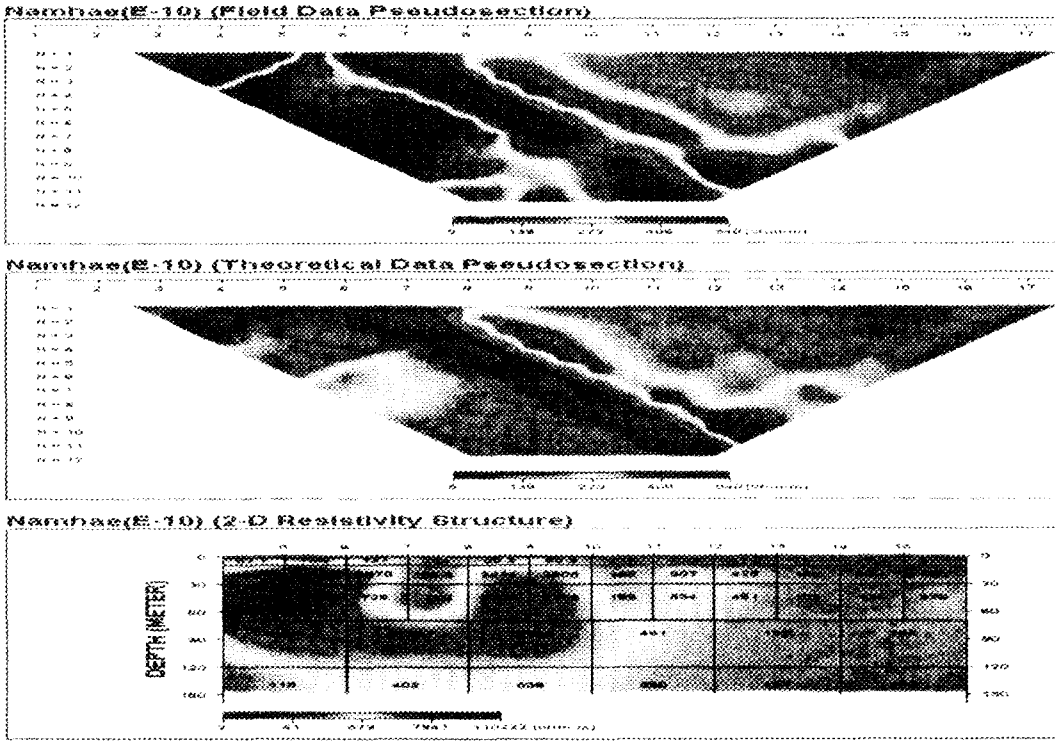
E-9 측선은 남해군 설천면 문의리 일대에서 N55E, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사자료 해석결과 본 측선은 기반암의 심도가 10m 정도인 것으로 판단되며, 측점 6~8번 지점의 30~60m 구간에 나타난 비저항 이상대를 제외하고 측선 14~19 지점에도 상대적으로 저비저항대가 분포하며 전기비저항이 특이 낮게 분포하는 이상대는 앞에서 언급한 측점 6~8의 30~60m 구간과 측점 15~16 지점의 90m 하부구간에 분포하며, 지하수 함양에 유리한 지하지질구조가 형성되어 있는 것으로 판단된다.

○ **E-10측선**

E-10 측선은 남해군 고현면 대곡리 일대에서 측선방향 N85W, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사자료 해석결과 본 측선은 1~10지점의 10m 하부구간에 고비저항대가 형성되어 있으며, 측점 10~19 지점은 상대적으로 저비저항대가 형성되어 있어 대비를 이루고 있다. 따라서 고비저항대가 분포하는 시점부측 암반으로 추정되며, 중점부에는 균열 및 파쇄대가 발달되어 있어 지하수의 유동통로가 형성되어 있는 상태로 추정된다.



<그림. 3-17> 측선 E-9 방국자탐사 결과도



<그림. 3-18> 측선 E-10 방국자탐사 결과도

○ **E-11측선**

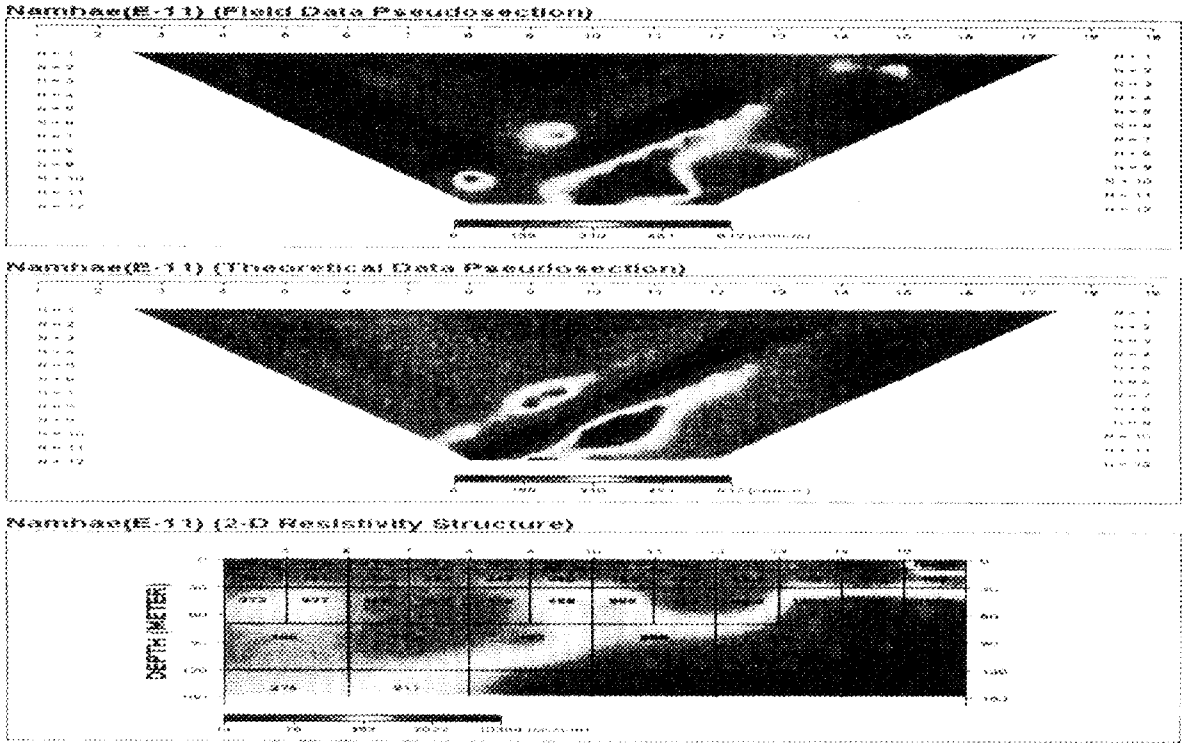
E-11 측선은 남해군 고현면 오곡리 일대에서 측선방향과 N73W, 측선길이 500m로 탐사를 실시하였다. 탐사자료 해석결과 본 측선은 주로 심도 30m 이내의 권부 저비저항대가 형성되어 있고 심도가 증가할수록 비저항이 증가하는 양상을 보이며 명확한 전기비저항 이상대는 인지되지 않는다. 따라서 본 측선내에서 지하수 함양에 유리한 지하 지질구조가 분포하지 않는 것으로 판단된다.

○ **E-12측선**

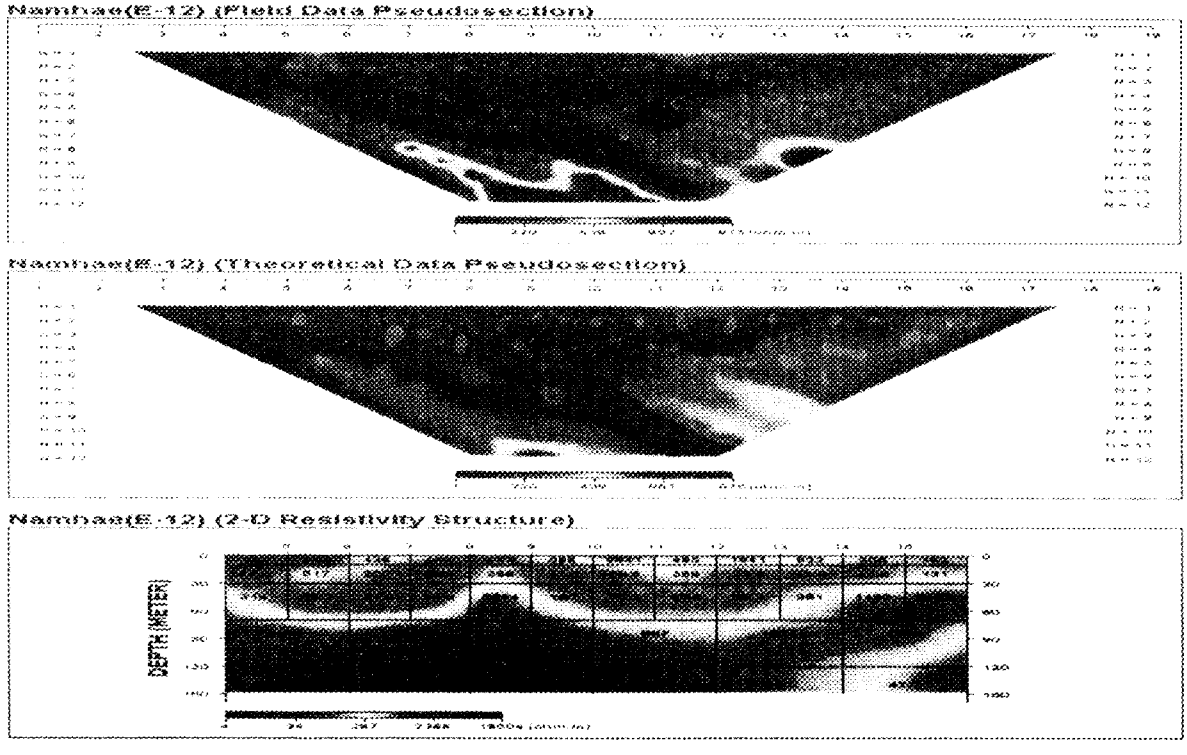
E-12 측선은 남해군 서면 대정리 일대에서 N61W, 500m에서 실시하였으며, 전반적으로 심도 60m 이내의 구간에 저비저항대 및 비저항 이상대가 폭넓게 분포하며, 그 하부는 고비저항대가 분포한다. 특히, 주목할 만한 전기비저항 이상대는 측점 5~8, 및 9~13 지점의 심도 20~60m 구간에 분포하는 저비저항대로서 지하수 함양에 유리한 지질구조인 파쇄대가 형성되어 있는 것으로 생각되며 측점 15~16지점의 심도 120m 하부에 나타나는 이상대는 탐사 경계로서 신뢰할 수가 없는 것으로 생각된다. 60m 하부에 분포하는 고비저항대는 균열 및 파쇄구간이 없는 양호한 암반이 분포하는 것으로 추정된다.

○ **E-13측선**

E-13 측선은 남해군 이동면 다정리 일대에서 N56E, 500m로 실시한 결과 전기비저항 이상대는 측점 6~7 지점으로 심도 30~60m 구간에 형성되어 있으며, 본 구간은 암반내에 파쇄대 및 균열 등이 발달하여 지하수 함양에 유리한 지질구조가 형성되어 있는 것으로 생각된다. 그 이외의 구간에서는 특이할 만한 이상대는 나타나지 않으나 측점 10~13지점의 하부 전구간이 주변에 비하여 상대적으로 낮은 비저항대가 형성되어 있다. 따라서 측점 10~13지점의 하부에는 지하수 함양 정도는 적으나 주변 암반에 비하여 지질구조 작용에 의한 파쇄대가 발달되어 지하수 함양 가능성이 높은 지하지질 상태인 것으로 판단된다.



<그림. 3-19> 측선 E-11 쌍극자탐사 결과도



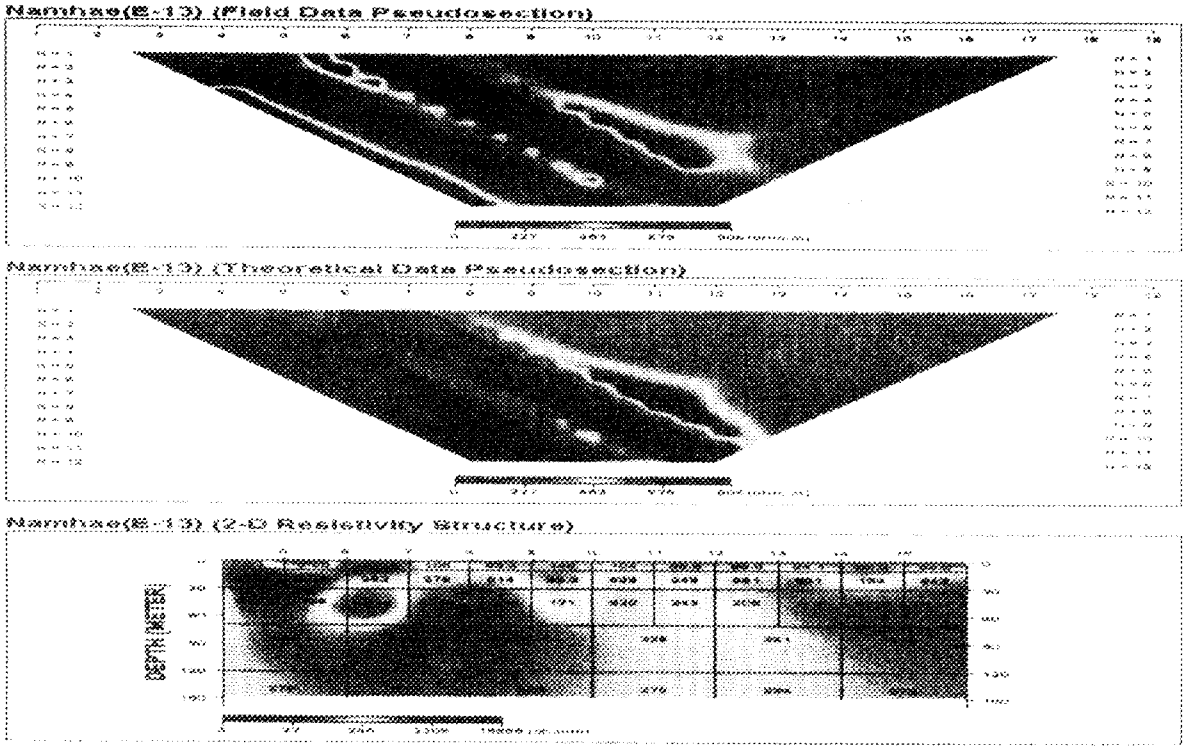
<그림. 3-20> 측선 E-12 쌍극자탐사 결과도

○ **E-14측선**

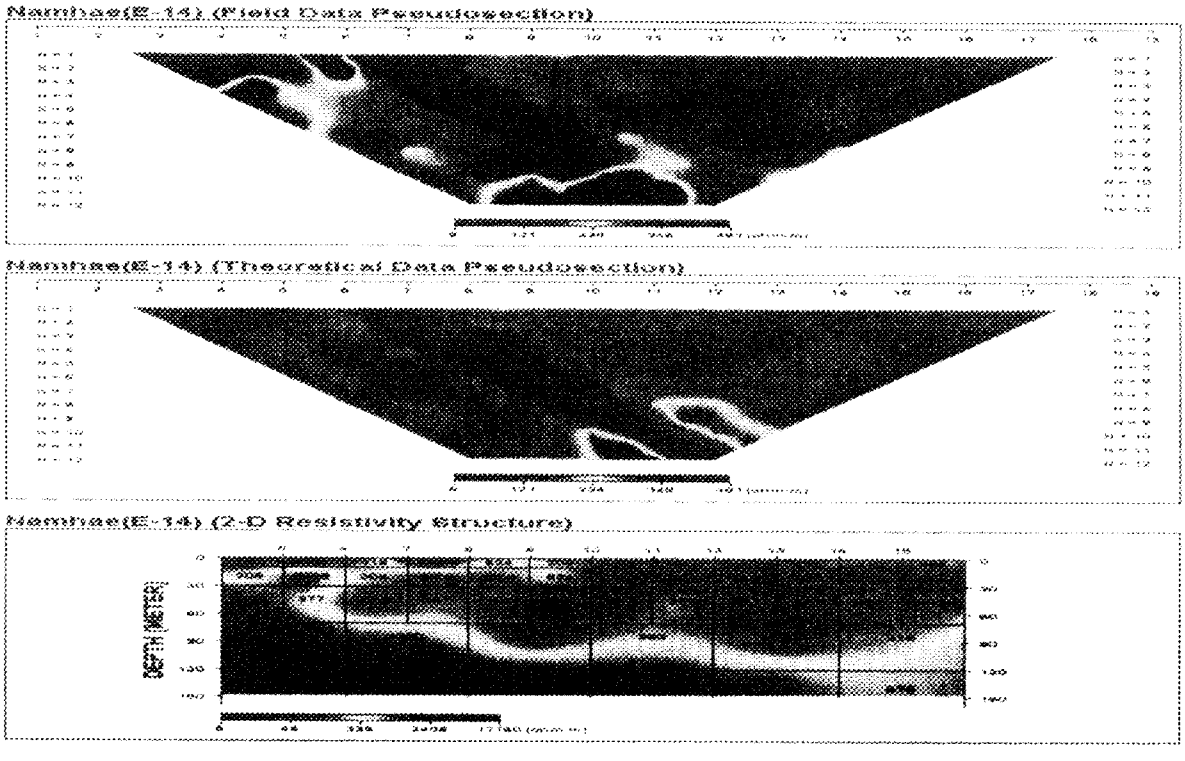
E-14 측선은 남해군 이동면 화계리 N56W, 500m로 탐사를 실시한 결과 측점 5~16 지점의 심도 100m 상부구간에 전기비저항대 및 이상대가 폭넓게 형성되어 있으며 그하부 구간에는 고비저항대가 분포한다. 특히, 측점 8~11지점과 12~14지점은 이상대의 분포심도가 10~100m 구간으로 아주 두껍게 분포하며 지하수 함양에 아주 유리한 지하지질 상태를 형성하고 있는 것으로 판단되다.

○ **E-15측선**

E-15측선들은 남해군 남면 죽전리 일대에서 N73W, 500m로 탐사한 결과 전반적으로 중간심도인 30~100m 구간에 고비저항대가 분포하며 그 하부에는 저비저항대가 분포한다. 전기비저항 이상대는 측점 8~14지점의 120m 하부 구간에 분포 하고 있으며 지하수 함양에 유리한 지질구조인 것으로 판단되고, 측점 10~11 지점의 하부구간은 타구간에 비하여 상대적으로 낮은 전기비저항대가 분포하고 있으며 지질구조 작용에 의한 파쇄대가 발달되어 있다.

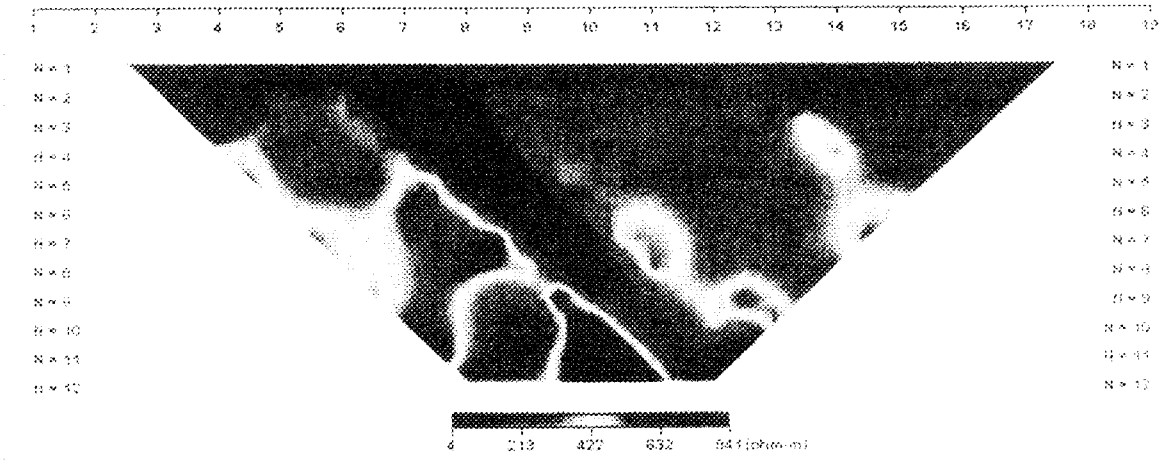


<그림. 3-21> 측선 E-13 상극자탐사 결과도

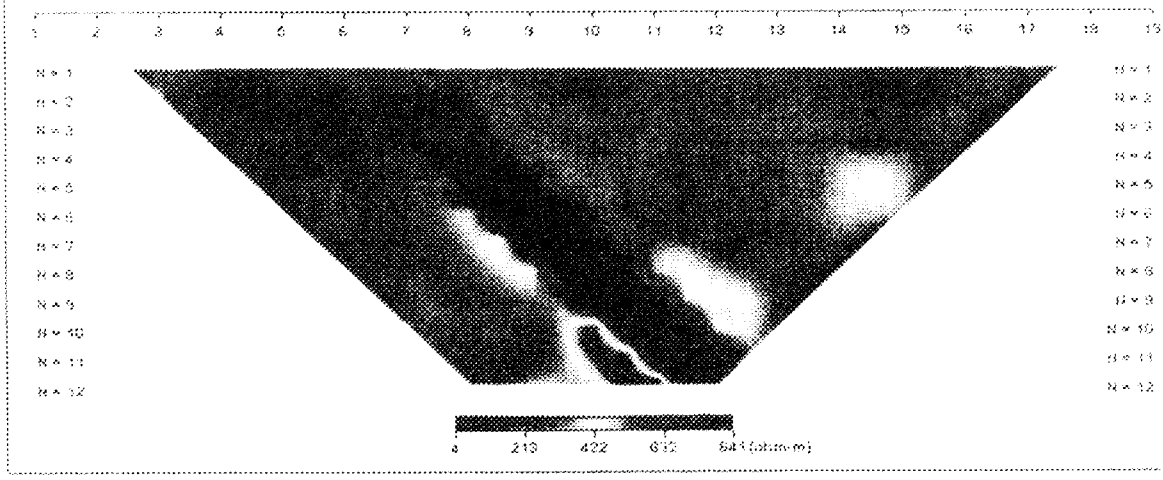


<그림. 3-22> 측선 E-14 상극자탐사 결과도

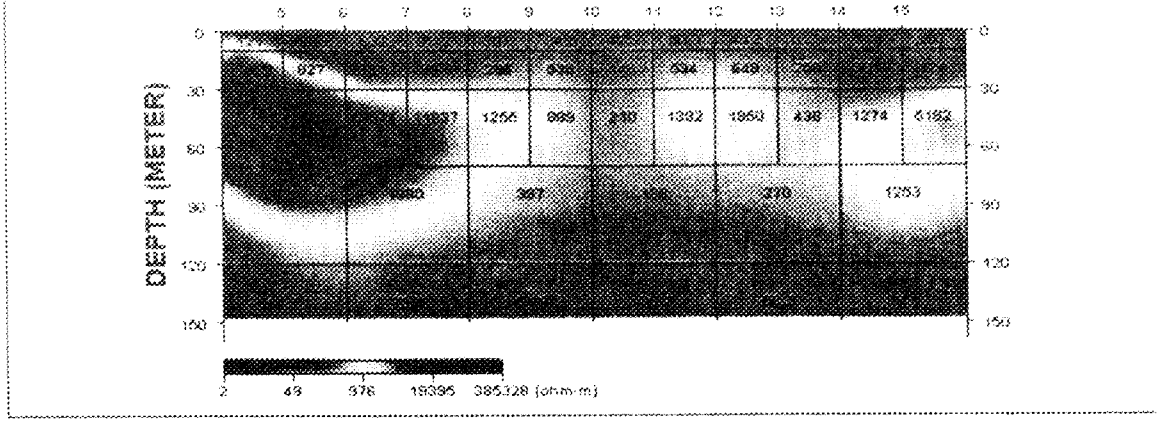
Namhae(E-15) (Field Data Pseudosection)



Namhae(E-15) (Theoretical Data Pseudosection)



Namhae(E-15) (2-D Resistivity Structure)



<그림. 3-23> 측선 E-15 영국자탐사 결과도

3-3. 양수시험

양수시험은 착정된 지하수관정으로부터 적정량의 지하수를 충전 혹은 채수함으로서 발생하는 대수층 수위상승 및 수위강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적 성질을 결정하기 위하여 시행하는 것이다. 조사지역 대수층의 수리적 특성을 파악하기 의하여 지역내에 분포하는 암반관정 15개소에 대해 양수시험을 시행하였다.

대수층의 수리적 특성은 수리상수로 표현되는데, 이는 양수정, 적절한 여건을 갖춘 관측정 또는 양수정에서 수위변화를 관측함으로서 얻을 수 있다. 특히, 장기양수시험과 수위회복시험의 의미는 조사공의 대수층상태에 대한 수리상수를 산출하는 데 있으며, 이는 투수량계수(T)와 저류계수(S)로 표현된다.

<표. 3-2> 양수시험 총괄표

No.	위치	표고	심도	양수량	자연수위	안정수위	수리전도도	투수량계수	저류계수
D027	고현면 갈화리	19	120	120	14.57	73.71	0.01703	1.82	0.04192
D040	고현면 도마리	85	130	150	5.96	91.21	0.005764	0.83	0.001809
D163	남면 상가리	35	100	300	9.97	24.68	0.16314	17.95	0.1
D222	삼동면 동천리	37	120	253	3.7	10.22	0.234525	34.1	0.07498
D009	설천면 덕신리	39	120	70	29.6	101.2	0.0088	0.7991	0.0065
D080	남해읍 심천리	38	96	180	3.9	24.2	0.101972	10.34	0.003277
D083	남해읍 아산리	48	150	160	10.4	66.02	0.007663	1.41	0.00115
D112	창선면 광천리	34	160	110	14	112.02	0.0067	0.85	0.007
D071	서면 정포리	60	120	150	32	75.2	0.013909	2.302	0.005662
D121	삼동면 봉화리	24	150	205	2.5	82.7	0.00973	1.653	0.005662
D204	이동면 용소리	38	182	205	15	19.7	0.150406	27.75	0.005
D032	고현면 대사리	31	200	173	5.17	14.1	0.097	17.44	0.00006
D010	설천면 덕신리	37	90	120	24.12	39.4	0.122	4.38	0.000304
D058	서면 대정리	45	120	150	15	70.1	0.1604	6.34	0.00012
D023	설천면 비란리	60	175	190	10.27	107.8	0.0078	1.17	8.33E-05

투수량계수는 투수계수(K)에 대수층의 두께(B)를 곱한 것으로 표시되는데 이는 1:1의 지하수 동수구배하에서 대수층의 전두께와 단위폭을 통해 단위시간 동안 유출되는 양을 의미하며, 그 단위는 흔히 m^3/day로 표현된다. 따라서 어떤공의 투수량계수가 크면 많은 양의 지하수를 산출시킬 수 있고 그 값이 작으면 적은 양밖에 지하수를 산출시키지 못하게 되며 이 투수량계수(T), 양수량(Q) 및 그 때의 수위강하량(s) 관계식은 다음과 같으며

$$T=\frac{QW(u)}{4\pi S}$$ ---------- *Theis*이론식

$$T=\frac{2.3Q}{4\pi \triangle S}$$ ---------- *Jacob*근사식

W(u) : 정호함수

△S : 양수시간 1 log cycle에서 수위차

양수시험에서 구한 일정 양수량(Q)에 대한 관측정 시간별 수위하강(s)로 투수계수량(T)를 구하게 된다. 특히 관측정이 없을 경우에는 양수정의 수위회복 자료를 이용하기도 한다.

저류계수(S)란, 단위수두차를 가지는 대수층에서 단위체적을 통하여 대수층내 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 채취할 수도 있다.

저류계수의 산출은 양수정으로부터 일정거리 떨어진 관측정의 수위하강 자료로 얻어지는 다음의 관계식으로 표시된다.

$$S=\frac{4Tt}{r^2}u$$ ---------- *Theis*이론식

$$S=\frac{2.25Tt0}{r^2}$$ ---------- *Jacob*근사식

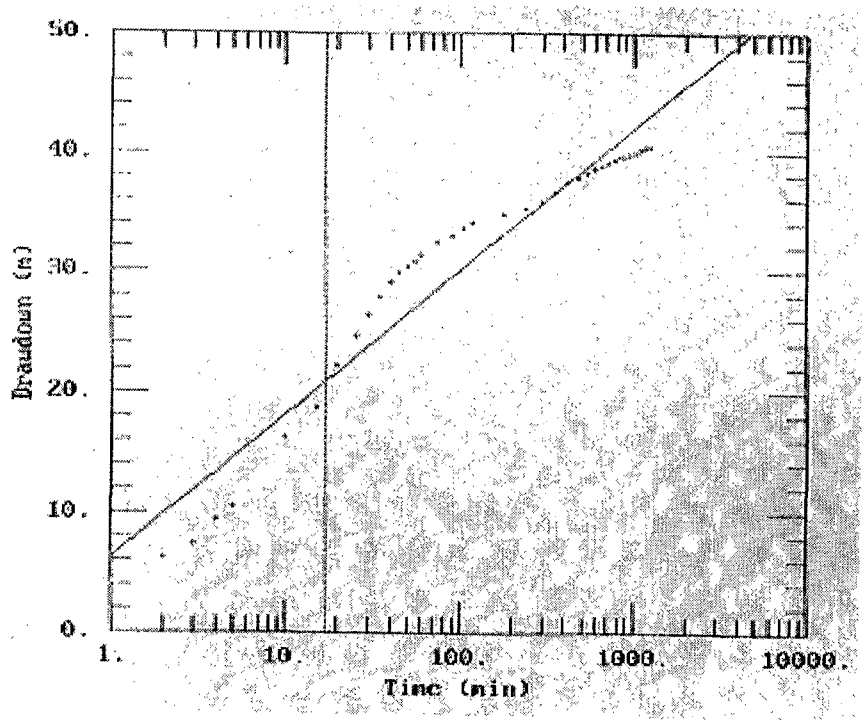
T : 투수량계수

t : 양수시간

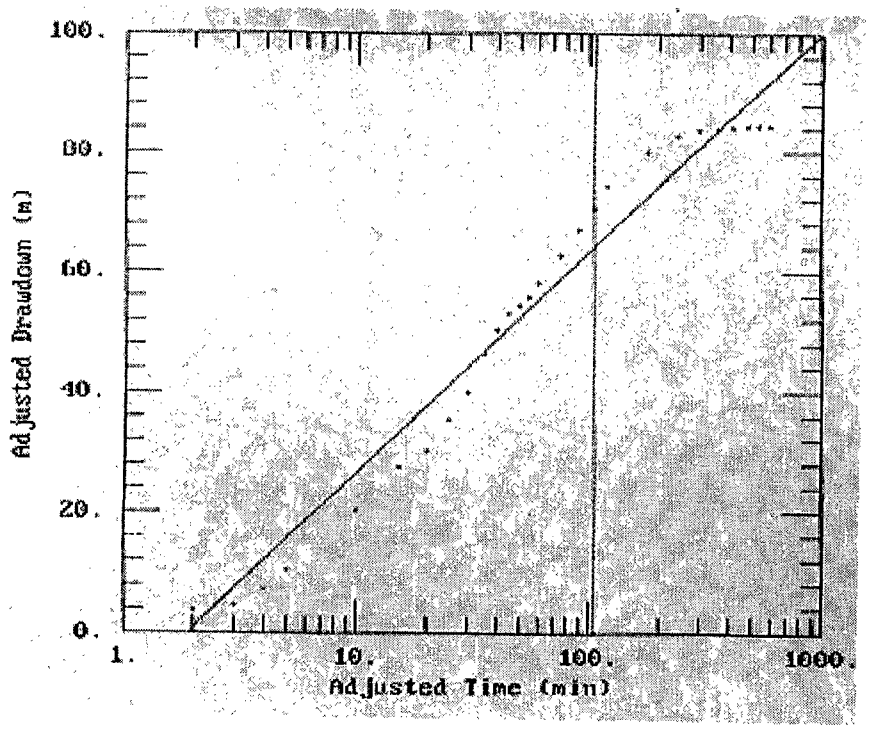
r : 양수정 관측정과의 거리

u : 정호계수

t_0 : 수위하강하가 0인 지점을 만나는 교점 (시간)

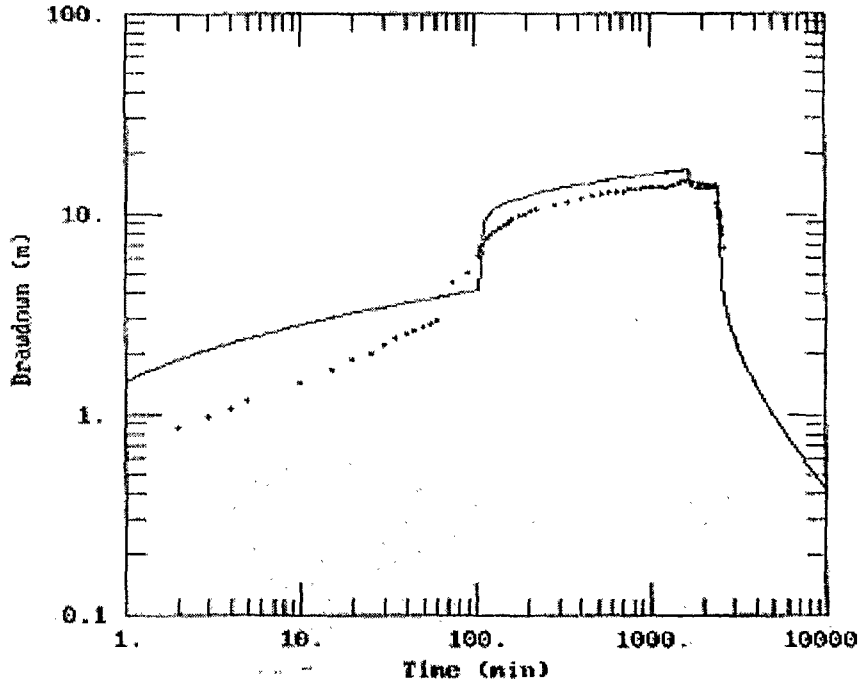


D027

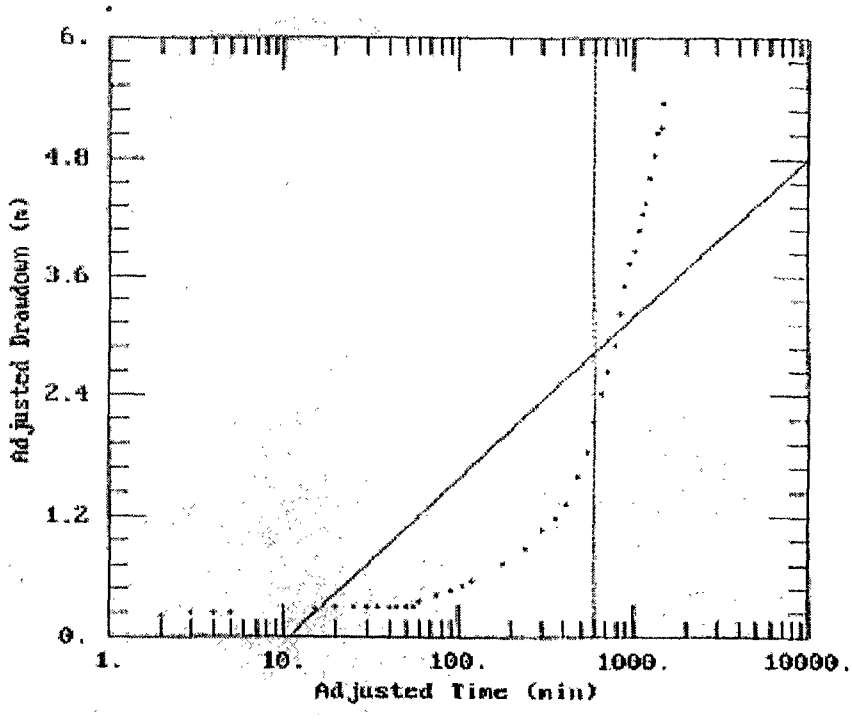


D040

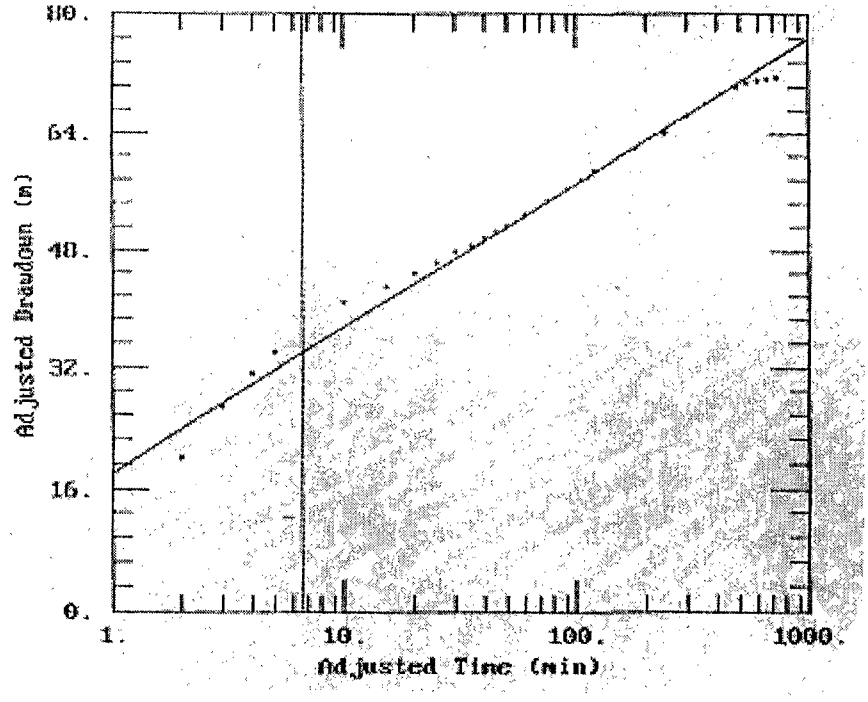
<그림. 3-24> 양수시험 결과도(Curve matching)


100.
10.
1.
0.1
Drawdown (m)
1.
10.
100.
1000.
10000
Time (min)

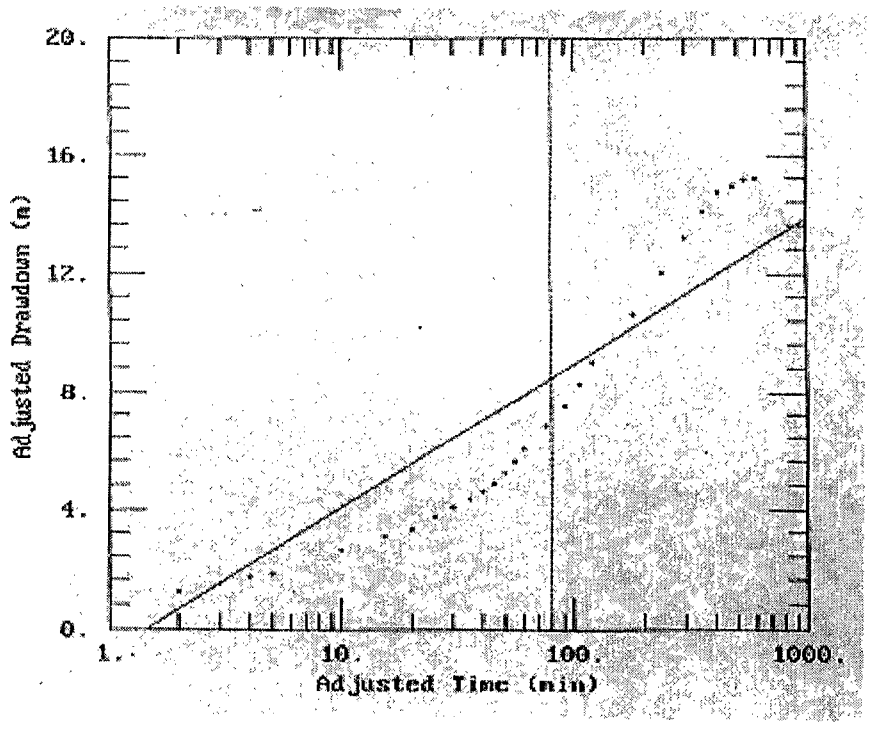
D163


6.
4.8
3.6
2.4
1.2
0.
Adjusted Drawdown (m)
1.
10.
100.
1000.
10000.
Adjusted Time (min)

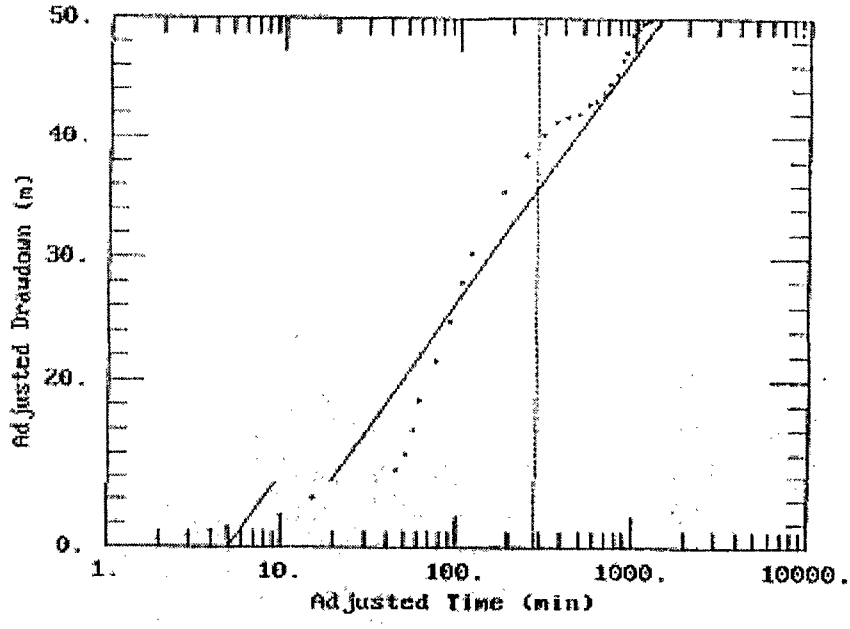
D222


80.
64.
48.
32.
16.
0.
Adjusted Drawdown (s)
1.
10.
100.
1000.
Adjusted Time (min)

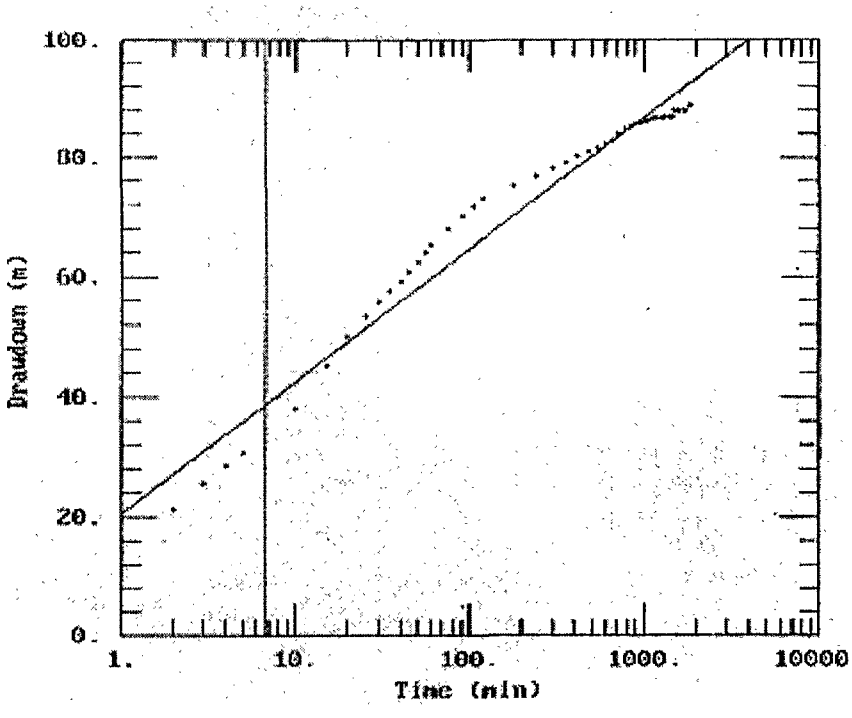
D009


20.
16.
12.
8.
4.
0.
Adjusted Drawdown (s)
1.
10.
100.
1000.
Adjusted Time (min)

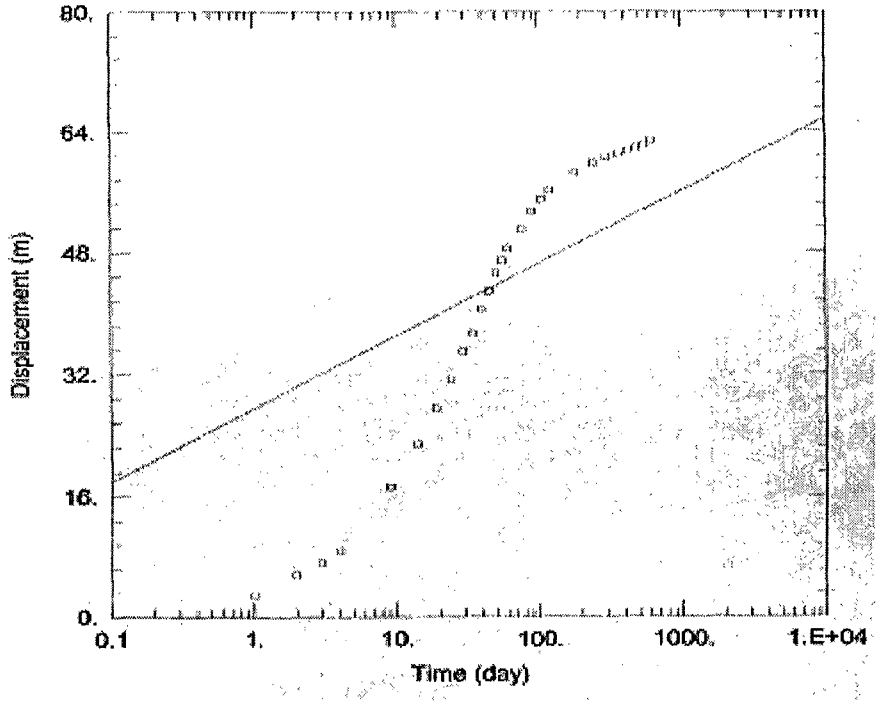
D080


50.
40.
30.
20.
0.
Adjusted Draudown (m)
1.
10.
100.
1000.
10000.
Adjusted Time (min)

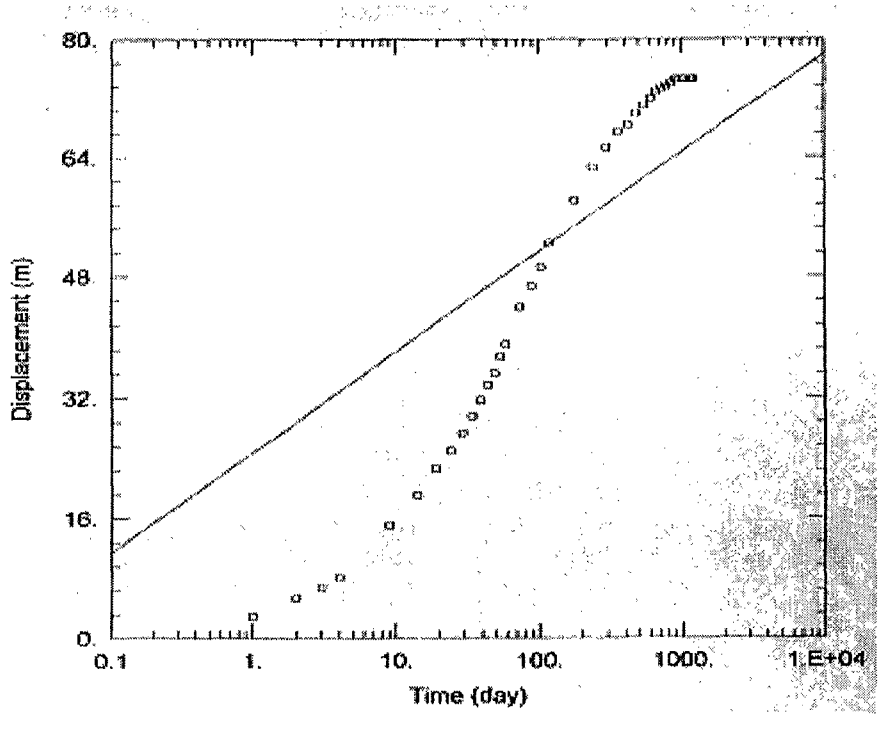
D083


100.
80.
60.
40.
20.
0.
Draudown (m)
1.
10.
100.
1000.
10000
Time (min)

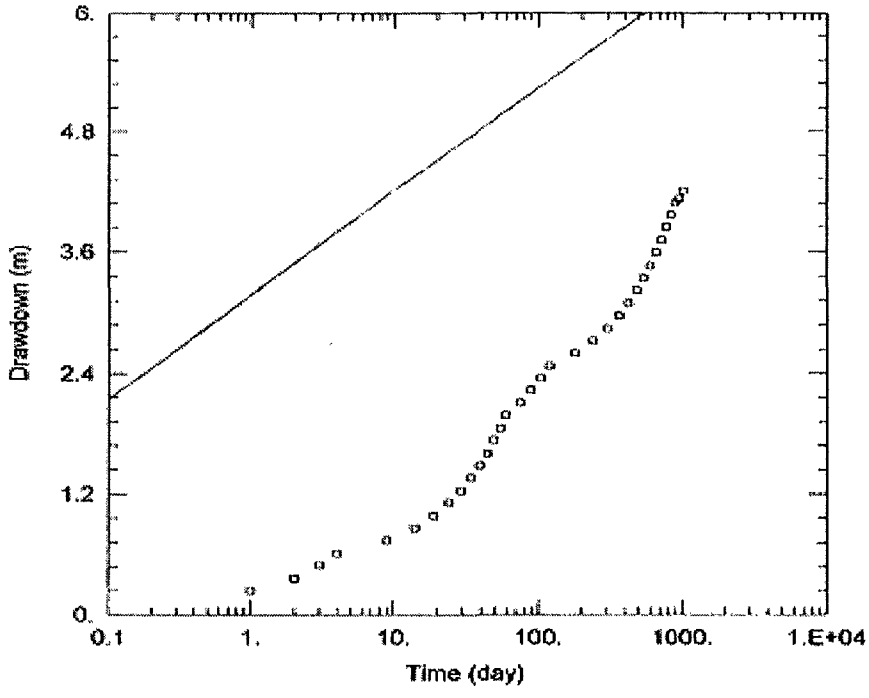
D112


80.
64.
48.
32.
16.
0.
Displacement (m)
0.1
1.
10.
100.
1000.
1.E+04
Time (day)

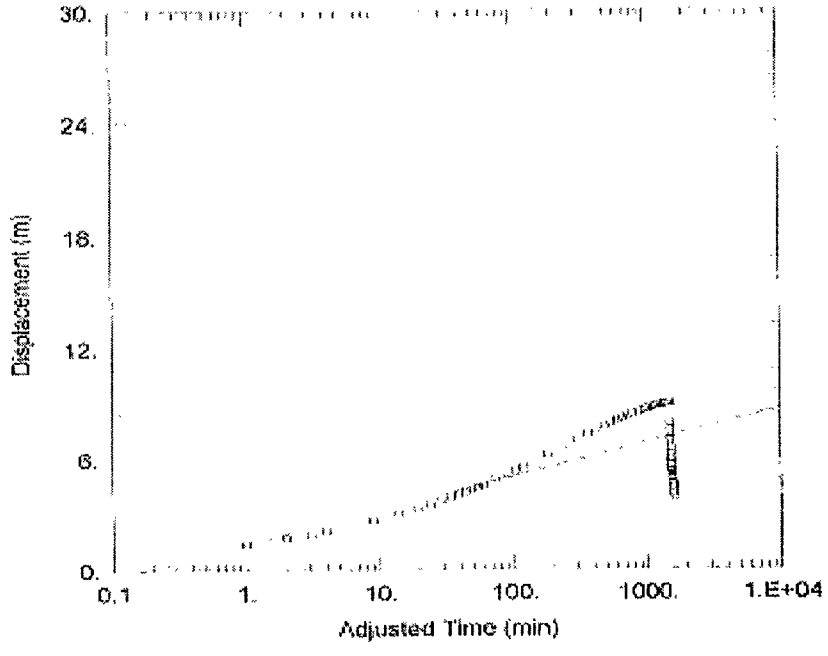
D071


80.
64.
48.
32.
16.
0.
Displacement (m)
0.1
1.
10.
100.
1000.
1.E+04
Time (day)

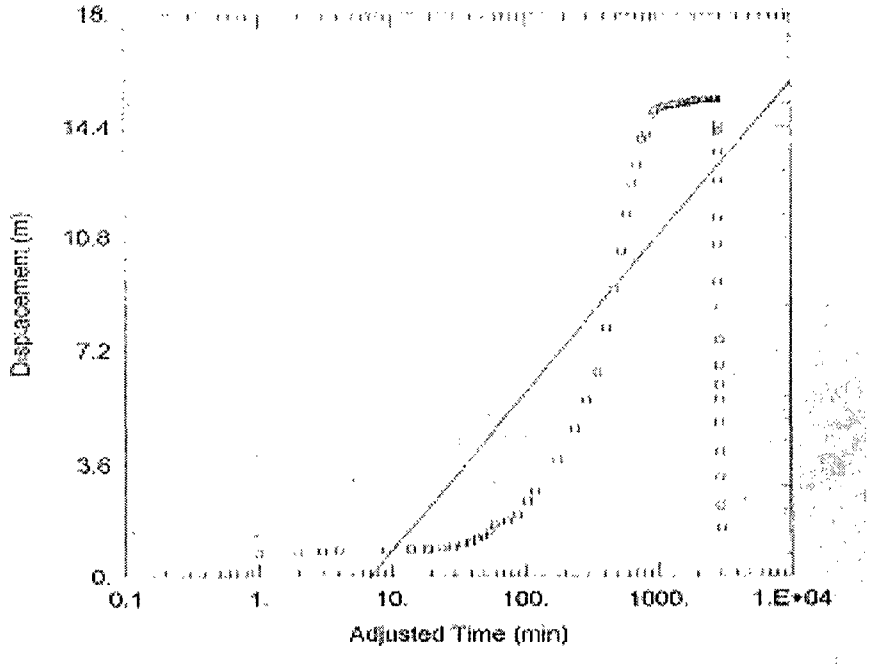
D121


6.
4.8
3.6
2.4
1.2
0.
Drawdown (m)
0.1
1.
10.
100.
1000.
1.E+04
Time (day)

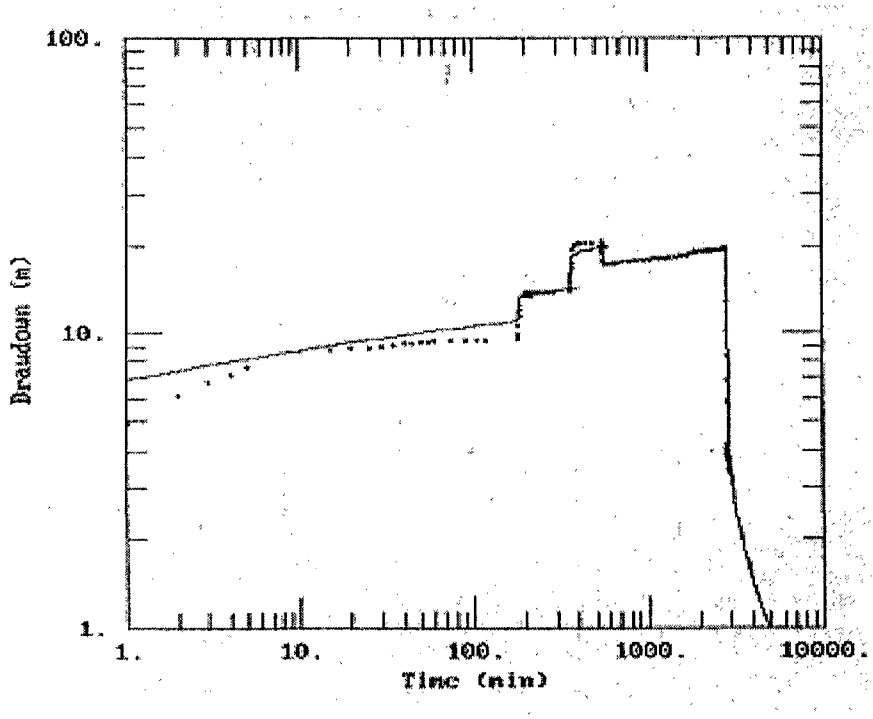
D204


30.
24.
18.
12.
6.
0.
Displacement (m)
0.1
1.
10.
100.
1000.
1.E+04
Adjusted Time (min)

D032


18.
14.4
10.8
7.2
3.6
0.
Displacement (m)
0.1
1.
10.
100.
1000.
1.E+04
Adjusted Time (min)

D010


100.
10.
1.
Breakdown (m)
1.
10.
100.
1000.
10000.
Time (min)

D058

양수시험시 채수하는 양수량은 착정개발 자료와 예비 양수시험을 통해 결정하였으며, 수위의 측정은 양수경과 후 분단위로 cm단위 까지 측정하였다. 시험결과 대수층의 해석은 자연수위가 대수층보다 높은 점을 감안하여 피압대수층으로 보았으며, 실제 양수시 정류상태(steady-state flow)에 도달하려면 상당한 시간을 요하므로 Theis의 비평형방정식을 적용하였다.

수리상수의 산출은 상기 방정식을 토대로 양수시험 해석프로그램인 AQTESOLV를 이용하였다. 시험결과 조사지역 암반대수층 지하수의 평균 투수량계수는 11.17㎡/일 이다. 지질별로 투수량 계수를 산출하면 진주층 4.16㎡/일, 당항리층 22.85㎡/일, 하산동층 2.59㎡/일, 칠곡층 6.00㎡/일, 웅방산층 3.60㎡/일이다.

4. 기설관정 이용실태 조사

4-1. 기설관정 현황 조사

'80년대이후 조사·개발된 시추공, 착정공을 대상으로 우선 건설교통부에서 매년 지하수 통계를 내고 있는 두레박 Program을 이용하여 합천 기설관정에 대해 조사하고, 누락된 자료에 대해서는 담당 행정기관의 자료를 수집, 그 관정들에 대해 현장조사를 실시하여 용도, 심도, 사용량, 자연수위, 현장간이수질 등을 조사하였으며, 그외 최근 개발하게 시작된 관정들에 대해서도 현장답사를 통하여 조사가능한 범위 내에서 실태조사를 실시하여 지하수이용실태 조사자료로 활용하였다.

이번에 조사된 기설관정은 총 439개소이고, 그중 조사항목에서 중요 항목들이 조사되지 못한 관정을 제외하고 269개소의 자료를 추출하여 분석을 실시하였다. 총 조사관정중 암반관정이 261개소 충적관정이 8개소로 조사되었으나 미조사된 사설관정 또한 상당수 존재할 것으로 판단된다.

조사된 자료를 통하여 이용실태를 분석하면 심도별로는 충적관정의 개발심도는 평균 42m이고, 암반관정은 그 심도가 56~212m로 평균심도는 104.0m이다.

조사된 지하수개발 이용시설은 총 269공에 양수능력은 40,382㎥/일이고, 암반관정은 261공 39,907㎥/일로서 평균 152.9㎥/일의 지하수를 이용하고 있으며, 충적관정 8개소는 평균 심도가 42.0m이고, 총 양수량이 475㎥/일로서 평균 59.0㎥/일을 쓰고 있는 것으로 나타났다.

조사된 암반관정을 면별로 보면 창선면이 45개소로 가장 많고 다음으로 남면이 39개소이며 1일사용량으로 볼 때는 남면이 672㎥/일로서 공당 평균 17.23㎥/일로 가장 많은 사용량을 보인다. 반면, 미조면은 조사된 암반관정이 9개소, 사용량이 198㎥/일로서 가장 적은 분포를 보인다.

조사지구에 존재하는 충적관정은 주로 개인 농업용으로 이용중인 것이 많고, 그 다음으로 개인 생활용수 용도로 많이 사용되는데 대부분의 농업용 관정은 소형관정들로 담당 행정기관에서 관리되지 않은 관정이 많았고 현장에서도 심도, 양수량과 같은 주요 조사항목을 조사할 수 없는 경우가 대부분이었다.

<표. 4-1> 기설관정 현황

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X(TM)	Y(TM)	비고
D001	남해군	설천	금음1	200	23	100	0.0	25	농업	1994	284.28	157.87	
D002	남해군	설천	금음2	150	24	74	14.0	50	생활	1994	282.99	157.96	
D003	남해군	설천	남양1	250	84	59	관정매몰	26	농업	1994	282.19	158.51	
D004	남해군	설천	남양2	200	165	120	1.3	17	농업	1997	281.78	158.90	
D005	남해군	설천	남양3	200	176	80	3.1	0	농업	1997	281.57	159.32	
D006	남해군	설천	남양4	150	220	100	3.0	30	생활	1994	282.03	158.61	
D007	남해군	설천	남양5	250	170	132	6.3	20	생활	1995	283.38	158.74	
D008	남해군	설천	노량1	0	49	80	관정매몰	48	생활	1992	281.68	159.77	
D009	남해군	설천	덕신1	250	5	120	29.6	100	생활	1998	278.80	158.79	
D010	남해군	설천	덕신2	200	49	80	1.5	17	농업	1999	279.87	159.37	
D011	남해군	설천	덕신3	0	9	120	3.4	28	농업	1996	280.00	159.16	
D012	남해군	설천	문의1	250	24	212	사용중	30	생활	1995	279.86	160.42	
D013	남해군	설천	문의2	250	296	142	4.0	21	농업	1993	283.87	159.46	
D014	남해군	설천	문의3	200	9	180	5.5	0	생활	1994	283.62	159.47	
S001	남해군	설천	문의4	200	21	22	3.5	13	농업	1994	282.80	159.64	
D015	남해군	설천	문항1	250	139	122	5.6	23	농업	1995	284.01	157.43	
D016	남해군	설천	문항2	200	63	120	1.2	17	농업	1997	284.25	157.51	
D017	남해군	설천	문항3	200	19	165	3.6	30	생활	1995	283.32	156.73	
D018	남해군	설천	문항4	250	66	80	6.3	17	농업	1995	283.78	156.38	
D019	남해군	설천	비란1	200	31	90	0.5	0	농업	1994	281.88	154.04	
D020	남해군	설천	비란2	200	7	110	0.0	28	농업	1985	281.24	154.71	
D021	남해군	설천	비란3	250	19	120	12.1	30	생활	1997	281.14	154.88	
D022	남해군	설천	비란4	200	20	84	0.5	39	농업	1994	281.57	155.72	
D023	남해군	설천	비란5	250	12	206	20.0	50	생활	1997	281.81	155.61	
D024	남해군	설천	비란6	200	40	159	7.7	12	농업	1994	282.39	154.88	
D025	남해군	설천	진목1	250	21	130	0.0	0	생활	1997	282.83	154.76	
D026	남해군	설천	진목3	150	30	90	5.6	0	생활	1982	283.64	155.81	
D027	남해군	고현	갈화1	250	38	120	14.5	60	생활	1998	276.83	155.14	
D028	남해군	고현	갈화2	250	23	80	2.5	70	생활	1995	276.29	155.35	
D029	남해군	고현	갈화3	200	9	140	1.3	33	농업	1990	277.43	156.13	
D030	남해군	고현	갈화4	200	10	70	2.5	50	생활	1994	278.30	156.06	
D031	남해군	고현	남치1	100	7	60	1.8	0	생활	1995	281.02	157.41	
D032	남해군	고현	대사1	150	120	70	1.6	30	생활	1994	279.19	156.18	
D033	남해군	고현	대사2	200	21	80	3.2	45	농업	1989	280.04	155.45	
D034	남해군	고현	대사3	100	15	80	1.8	0	생활	1994	280.31	155.83	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X[TM]	Y[TM]	비고
D035	남해군	고현	대사4	100	25	90	5.7	0	생활	1985	279.70	155.97	
D036	남해군	고현	도마1	150	20	108	3.3	18	농업	1989	280.84	153.19	
D037	남해군	고현	도마2	200	14	70	2.5	28	농업	1990	280.80	154.30	
D038	남해군	고현	도마3	250	39	82	0.5	24	농업	1994	281.33	153.92	
D039	남해군	고현	도마4	250	8	150	5.7	50	생활	1995	281.18	153.97	
D040	남해군	고현	도마5	200	11	125	0.7	20	농업	1993	281.33	153.21	
D041	남해군	고현	오곡1	200	20	150	4.8	20	농업	1999	280.81	155.43	
D042	남해군	고현	오곡2	150	34	120	2.2	17	농업	1997	280.73	154.98	
D043	남해군	고현	오곡3	150	17	120	1.5	40	생활	1997	280.99	154.89	
S002	남해군	고현	오곡4	200	19	50	4.4	10	생활	1996	279.95	154.06	
D044	남해군	고현	이어1	200	41	105	6.3	0	생활	1999	281.23	151.34	
D045	남해군	고현	차면1	150	15	60	12.7	12	농업	1994	278.68	158.01	
D046	남해군	고현	차면2	200	30	120	2.4	50	생활	1998	278.52	157.95	
D047	남해군	고현	차면3	150	18	75	3.6	0	생활	1995	278.31	157.45	
D048	남해군	고현	포상1	150	5	95	0.0	0	농업	1994	279.19	155.25	
D049	남해군	고현	포상2	150	31	120	6.7	17	농업	1997	279.31	155.23	
D050	남해군	고현	포상3	150	19	82	2.9	25	농업	1994	279.36	154.84	
D051	남해군	서면	남상1	250	28	120	0.8	14	농업	1995	274.95	150.03	
D052	남해군	서면	남상2	200	80	140	15.0	0	생활	1996	274.78	151.11	
D053	남해군	서면	남상3	250	27	93	0.0	60	농업	1994	274.92	150.44	
D054	남해군	서면	노구1	200	50	97	2.0	15	농업	1994	274.95	151.62	
D055	남해군	서면	대정1	250	36	130	14.0	36	농업	1994	279.53	145.05	
D056	남해군	서면	대정3	200	89	100	11.5	0	생활	1996	279.33	146.12	
D057	남해군	서면	대정4	200	45	125	8.7	13	농업	1994	278.97	146.77	
D058	남해군	서면	대정5	150	40	120	15.0	50	생활	1997	278.56	146.72	
D059	남해군	서면	서상1	150	45	80	10.4	28	생활	1995	276.90	144.79	
D060	남해군	서면	서상2	250	30	70	12.6	0	생활	1996	276.64	145.08	
D061	남해군	서면	서상3	200	24	90	0.4	0	생활	1997	277.20	145.92	
D062	남해군	서면	서상4	250	10	182	4.1	31	농업	1994	276.50	146.58	
D063	남해군	서면	서상5	200	20	150	19.5	15	농업	1999	276.37	146.34	
D064	남해군	서면	서호1	200	25	78	2.1	50	생활	1996	277.69	146.87	
D065	남해군	서면	서호2	200	36	68	2.2	24	농업	1994	277.75	146.61	
D066	남해군	서면	작장1	250	60	112	12.5	17	농업	1995	275.58	147.15	
D067	남해군	서면	작장2	250	30	112	12.3	20	생활	1995	275.52	147.47	
D068	남해군	서면	작장3	200	72	97	5.2	22	농업	1995	274.86	147.99	
D069	남해군	서면	작장4	250	34	172	15.0	15	농업	1995	274.95	148.69	
D070	남해군	서면	정포1	250	27	108	9.2	0	농업	1995	277.61	153.57	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X[TM]	Y[TM]	비고
D071	남해군	서면	정포2	150	70	120	32.0	17	농업	1997	276.62	153.95	
D072	남해군	서면	정포3	200	60	93	2.0	33	농업	1996	276.41	153.86	
D073	남해군	서면	중현1	100	7	70	2.5	0	생활	1997	277.36	152.82	
D074	남해군	서면	중현2	200	149	60	14.0	0	농업	1996	277.14	153.25	
S03	남해군	서면	중현3	200	71	50	5.0	10	생활	1990	277.19	153.11	
D075	남해군	서면	중현4	200	72	80	3.5	14	농업	1994	276.26	153.05	
D076	남해군	서면	중현5	150	39	89	4.1	29	농업	1986	275.68	152.89	
D077	남해군	남해	남변1	250	10	100	9.6	0	농업	1998	282.60	148.96	
D078	남해군	남해	남변2	250	15	100	1.0	33	농업	1996	282.22	148.95	
D079	남해군	남해	심천1	200	19	128	0.5	17	농업	1998	282.24	151.11	
D080	남해군	남해	심천2	200	16	96	3.9	20	농업	1993	281.55	150.90	
D081	남해군	남해	심천3	200	38	120	관정매몰	17	농업	1997	281.63	150.57	
D082	남해군	남해	심천4	150	27	85	1.6	16	농업	1994	282.04	150.75	
D083	남해군	남해	아산1	200	17	150	10.4	60	생활	1995	281.42	149.95	
D084	남해군	남해	아산2	200	48	80	12.0	0	농업	1998	280.43	149.79	
D085	남해군	남해	아산3	250	108	84	0.5	29	농업	1988	280.87	149.83	
D086	남해군	남해	입현1	250	24	93	12.3	33	농업	1996	283.70	147.38	
D087	남해군	남해	입현2	200	42	90	사용중	20	생활	1994	283.45	147.44	
D088	남해군	남해	입현3	200	65	60	2.5	17	농업	1994	283.58	148.31	
D089	남해군	남해	입현4	200	9	82	2.0	13	농업	1994	284.38	148.36	
D090	남해군	남해	입현5	200	2	100	측정불가	0	기타	1988	283.38	148.23	
D091	남해군	남해	차산1	200	8	100	사용중	30	생활	1994	282.59	150.45	
D092	남해군	남해	차산2	200	18	74	0.0	44	농업	1995	282.81	150.57	
D093	남해군	남해	차산3	200	8	110	1.4	42	농업	1995	282.79	150.22	
D094	남해군	남해	차산4	150	19	80	3.0	0	농업	1994	282.66	149.37	
D095	남해군	남해	차산5	200	17	120	0.2	30	생활	1995	282.77	149.55	
D096	남해군	남해	평1	250	18	98	2.0	44	농업	1995	281.33	147.51	
D097	남해군	남해	평2	200	28	80	사용중	10	생활	1992	281.58	146.90	
D098	남해군	남해	평3	250	61	120	6.3	33	농업	1995	281.74	148.06	
D099	남해군	남해	평4	200	19	100	19.4	30	생활	1995	282.55	147.47	
D100	남해군	남해	평현1	250	69	200	5.2	0	생활	1994	280.95	146.05	
D101	남해군	남해	평현2	200	120	110	사용중	12	농업	1994	281.01	146.49	
D102	남해군	남해	평현3	100	98	70	7.1	0	생활	1993	280.25	147.48	
D103	남해군	남해	평현4	250	58	110	5.0	42	농업	1995	280.81	147.84	
D104	남해군	남해	평현5	250	35	180	2.9	21	농업	1994	281.10	148.00	
D105	남해군	창선	가인1	150	24	84	측정불가	45	생활	1994	294.07	153.79	
D106	남해군	창선	가인2	200	20	91	25.6	30	생활	1997	294.26	154.50	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X[TM]	Y[TM]	비고
D107	남해군	창선	가인3	150	45	80	30.0	0	생활	1994	294.69	154.90	
D108	남해군	창선	가인4	200	60	113	30.0	10	생활	1997	296.42	153.48	
D109	남해군	창선	가인5	150	90	74	6.2	0	생활	1993	295.55	153.80	
D110	남해군	창선	가인6	200	14	70	8.3	0	생활	1994	295.69	154.16	
D111	남해군	창선	광천1	120	15	60	3.3	0	농업	1992	288.22	151.07	
D112	남해군	창선	광천2	200	12	160	14.0	30	생활	1998	288.49	151.25	
S004	남해군	창선	광천3	120	34	31	0.0	10	생활	1998	288.20	151.34	
D113	남해군	창선	광천4	200	4	76	2.8	20	농업	1997	288.03	152.85	
D114	남해군	창선	광천5	200	4	61	5.0	39	농업	1984	288.10	152.81	
D115	남해군	창선	광천7	250	11	63	7.6	0	생활	1984	288.26	152.82	
D116	남해군	창선	당저1	150	19	81	7.9	0	농업	1994	292.78	149.92	
D117	남해군	창선	당저3	200	24	105	12.0	0	생활	1997	292.87	150.64	
D118	남해군	창선	당항1	200	19	80	0.0	0	농업	1997	292.69	155.43	
D119	남해군	창선	당항2	200	12	105	12.5	20	생활	1997	293.91	156.81	
D120	남해군	창선	대벽1	200	21	85	8.2	0	생활	0	291.53	156.75	
D121	남해군	창선	대벽2	250	18	150	2.6	20	생활	1995	291.70	156.79	
D122	남해군	창선	대벽4	200	15	80	2.6	30	생활	1988	290.29	155.27	
D123	남해군	창선	동대1	200	39	120	4.5	50	생활	1997	292.06	152.71	
D124	남해군	창선	동대2	200	17	100	13.2	20	생활	1998	292.59	154.45	
D125	남해군	창선	동대3	200	29	65	28.0	15	농업	1994	292.63	154.89	
S005	남해군	창선	부윤1	150	31	50	3.2	10	농업	1999	294.12	151.29	
D126	남해군	창선	부윤2	200	9	120	2.1	50	생활	1997	294.73	150.05	
S006	남해군	창선	서대1	200	10	40	0.3	10	농업	1990	288.71	153.41	
D127	남해군	창선	서대2	150	21	80	관정매몰	28	농업	1994	289.86	153.69	
D128	남해군	창선	서대3	250	18	132	8.8	40	생활	1995	290.13	153.56	
D129	남해군	창선	수산1	200	25	90	1.0	18	농업	1999	293.71	151.74	
D130	남해군	창선	수산2	150	4	60	1.8	0	농업	1997	293.11	151.38	
D131	남해군	창선	수산3	250	2	80	2.8	22	농업	1983	292.34	150.86	
D132	남해군	창선	오용1	250	15	125	4.3	17	농업	1998	294.29	151.89	
D133	남해군	창선	오용2	250	10	120	1.5	17	농업	1997	294.61	152.32	
D134	남해군	창선	오용3	200	10	80	3.0	0	생활	1996	293.99	152.45	
D135	남해군	창선	오용4	250	10	74	0.3	28	농업	1985	295.33	152.73	
D136	남해군	창선	오용5	250	26	125	2.2	28	농업	1997	295.72	152.73	
D137	남해군	창선	오용6	200	26	130	1.3	22	농업	1998	295.88	152.60	
D138	남해군	창선	오용7	200	32	110	3.5	0	생활	1994	296.03	153.09	
D139	남해군	창선	오용8	150	70	60	1.7	0	농업	1998	294.57	152.73	
D140	남해군	창선	옥천1	250	19	160	1.5	30	생활	1996	290.83	152.13	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X[TM]	Y[TM]	비고
D141	남해군	창선	율도1	200	99	91	4.6	0	농업	1997	293.08	158.03	
D142	남해군	창선	율도2	250	7	110	24.0	10	생활	1997	291.01	155.91	
D143	남해군	창선	지족2	150	14	60	11.0	50	농업	1996	289.84	149.86	
D144	남해군	창선	지족3	200	19	90	5.0	0	농업	1984	289.14	150.06	
D145	남해군	창선	지족4	150	17	110	6.4	0	농업	1996	288.92	150.30	
D146	남해군	창선	진동1	250	19	100	사용중	0	생활	1996	297.73	149.65	
D147	남해군	창선	진동3	250	39	125	3.0	30	생활	1997	296.25	150.66	
D148	남해군	창선	진동4	150	-1	60	2.2	0	농업	1997	296.64	152.15	
D149	남해군	창선	진동5	200	33	100	3.0	50	생활	1996	295.99	152.80	
D150	남해군	남면	당항1	200	111	130	2.2	60	공업	1994	282.56	141.51	
D151	남해군	남면	당항2	200	14	90	2.7	10	생활	1996	282.72	141.78	
D152	남해군	남면	당항3	200	30	200	6.5	20	생활	1995	282.98	141.67	
D153	남해군	남면	당항4	200	23	100	1.2	17	농업	1996	282.46	142.68	
D154	남해군	남면	당항5	200	111	130	7.0	10	생활	1997	281.30	142.50	
D155	남해군	남면	당항6	250	62	118	3.6	18	농업	1994	281.07	141.71	
D156	남해군	남면	덕월1	200	38	60	6.8	10	생활	1992	277.67	143.44	
D157	남해군	남면	덕월2	200	25	60	5.9	10	생활	1992	278.08	143.33	
D158	남해군	남면	덕월3	200	22	150	5.4	17	농업	1998	278.81	142.90	
D159	남해군	남면	상가1	200	15	120	4.8	28	농업	1997	279.17	143.03	
D160	남해군	남면	상가2	200	20	61	7.4	14	농업	1994	279.79	143.94	
D161	남해군	남면	상가3	200	61	70	0.5	20	생활	1996	279.41	143.69	
S007	남해군	남면	상가4	150	40	50	4.8	20	생활	1994	279.58	143.46	
D162	남해군	남면	상가5	150	43	70	0.0	10	생활	1996	279.16	143.12	
D163	남해군	남면	상가6	250	26	100	9.9	30	생활	1998	279.62	143.07	
D164	남해군	남면	상가7	150	40	65	8.6	0	농업	1994	279.77	142.92	
D165	남해군	남면	상가8	250	50	125	2.2	17	농업	1998	279.59	144.04	
D166	남해군	남면	석교1	150	53	80	3.2	0	생활	1996	282.47	139.97	
D167	남해군	남면	석교2	200	42	125	2.3	21	농업	1994	282.40	140.61	
D168	남해군	남면	석교3	200	16	130	1.3	10	생활	1996	282.23	141.26	
D169	남해군	남면	선구1	200	9	56	10.2	20	생활	1995	278.52	138.30	
D170	남해군	남면	선구2	200	74	180	25.0	10	생활	1995	279.23	138.29	
D171	남해군	남면	선구3	200	100	105	17.0	10	생활	1995	279.17	137.42	
D172	남해군	남면	임포1	200	40	100	10.0	17	농업	1997	280.58	139.08	
D173	남해군	남면	임포2	250	80	127	0.5	17	농업	1997	280.28	139.08	
S008	남해군	남면	임포3	100	88	41	5.9	10	생활	1993	279.03	138.69	
D174	남해군	남면	임포4	250	15	128	2.1	30	생활	1997	278.58	138.14	
D175	남해군	남면	임포5	150	4	63	7.9	10	생활	1994	279.72	139.10	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X[TM]	Y[TM]	비고
D176	남해군	남면	죽전1	250	54	100	사용중	0	농업	1999	280.88	141.67	
D177	남해군	남면	죽전2	150	35	65	0.0	36	농업	1992	280.99	141.51	
D178	남해군	남면	죽전3	250	46	126	6.8	17	농업	1997	279.73	142.13	
D179	남해군	남면	죽전4	200	12	132	0.5	30	생활	1995	286.79	141.99	
D180	남해군	남면	평산1	250	24	118	2.8	20	농업	1995	279.43	141.57	
D181	남해군	남면	평산2	150	23	150	0.0	20	생활	1994	279.21	141.81	
D182	남해군	남면	평산3	100	39	90	5.2	10	생활	1992	278.85	141.86	
D183	남해군	남면	평산4	150	19	80	1.3	20	생활	1996	278.25	139.32	
D184	남해군	남면	홍현1	100	53	80	25.0	0	생활	1997	281.29	136.50	
D185	남해군	남면	홍현2	200	81	80	4.2	20	생활	1996	281.93	137.16	
D186	남해군	남면	홍현3	200	120	97	3.5	41	농업	1997	282.13	138.83	
D187	남해군	남면	홍현4	200	132	90	4.9	22	농업	1995	281.88	138.76	
D188	남해군	남면	홍현5	100	149	80	0.0	0	농업	1994	282.91	138.76	
D189	남해군	이동	난음1	200	79	100	3.4	20	생활	1997	288.90	145.32	
D190	남해군	이동	난음2	250	21	130	1.1	17	농업	1997	289.21	145.20	
D191	남해군	이동	다정1	250	29	120	7.5	28	농업	1995	284.89	146.50	
D192	남해군	이동	다정2	200	36	130	0.0	25	농업	1993	283.82	146.47	
D193	남해군	이동	무림1	250	71	97	4.7	30	생활	1995	287.23	143.77	
D194	남해군	이동	무림2	200	39	80	6.2	20	생활	1996	288.12	143.70	
D195	남해군	이동	무림3	200	34	84	0.0	10	생활	1994	287.61	144.80	
D196	남해군	이동	석평1	200	7	102	7.5	50	생활	1995	286.25	145.17	
D197	남해군	이동	석평2	250	33	120	9.1	28	농업	1995	286.04	145.14	
D198	남해군	이동	석평3	250	41	120	3.2	17	농업	1997	285.94	145.23	
D199	남해군	이동	신전1	100	42	120	0.0	14	농업	1997	286.75	140.22	
D200	남해군	이동	신전2	200	30	106	3.3	20	생활	1994	286.84	141.10	
D201	남해군	이동	신전3	200	8	90	12.5	20	생활	1997	287.97	142.03	
D202	남해군	이동	신전4	200	56	90	12.0	20	생활	1997	287.15	143.10	
D203	남해군	이동	용소1	200	41	135	4.9	20	생활	1996	284.58	142.63	
D204	남해군	이동	용소2	250	47	182	15.0	10	생활	1995	285.07	142.73	
D205	남해군	이동	초음1	200	38	105	12.1	30	생활	1995	285.61	146.90	
D206	남해군	이동	초음2	200	32	107	3.0	17	농업	1994	285.63	148.03	
D207	남해군	이동	초음3	200	7	110	1.5	22	농업	1992	285.22	148.40	
D208	남해군	이동	초음4	200	7	100	0.0	30	생활	1997	284.63	147.15	
D209	남해군	이동	초음5	200	37	80	0.0	0	농업	1994	284.76	146.97	
D210	남해군	이동	화계1	200	36	83	3.2	10	생활	1987	285.94	142.76	
D211	남해군	삼동	금송1	200	13	100	20.0	10	생활	1996	294.13	148.31	
D212	남해군	삼동	금송2	200	23	130	8.0	22	농업	1994	293.62	148.27	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X(TM)	Y(TM)	비고
D213	남해군	삼동	금송3	150	4	84	2.5	20	생활	1996	293.52	148.03	
D214	남해군	삼동	금송4	100	19	100	2.2	0	생활	1996	293.54	147.11	
D215	남해군	삼동	금송5	100	19	110	2.7	17	농업	1996	292.50	148.15	
D216	남해군	삼동	동천1	150	11	92	2.8	10	생활	1996	295.28	145.74	
D217	남해군	삼동	동천2	150	24	80	2.9	33	농업	1987	295.09	145.88	
D218	남해군	삼동	동천3	250	35	150	3.9	0	생활	1999	294.84	146.37	
D219	남해군	삼동	동천4	150	9	88	사용중	20	농업	1991	294.89	145.85	
D220	남해군	삼동	동천5	150	18	120	1.5	15	생활	1997	296.40	145.79	
D221	남해군	삼동	동천6	250	100	100	17.0	12	생활	1997	295.67	147.42	
D222	남해군	삼동	동천7	200	25	120	3.7	28	농업	1996	295.70	145.73	
D223	남해군	삼동	물건1	100	37	75	4.2	26	농업	1994	294.98	142.28	
D224	남해군	삼동	물건2	200	15	82	사용중	15	생활	1996	296.08	143.80	
D225	남해군	삼동	물건3	200	19	100	8.2	20	생활	1996	295.79	144.17	
D226	남해군	삼동	물건4	100	50	75	1.2	0	농업	1996	295.95	145.00	
D227	남해군	삼동	봉화1	250	7	150	2.5	0	생활	1995	292.94	142.04	
D228	남해군	삼동	봉화2	150	24	82	2.5	28	농업	1994	293.68	145.51	
D229	남해군	삼동	봉화3	200	28	100	7.5	15	생활	1996	294.36	145.85	
D230	남해군	삼동	봉화4	250	17	100	사용중	10	생활	1998	292.89	146.01	
D231	남해군	삼동	영지1	250	60	120	3.4	17	농업	1997	291.21	145.78	
D232	남해군	삼동	영지2	200	77	83	사용중	20	생활	1994	290.27	147.53	
D233	남해군	삼동	영지3	250	51	130	22.0	20	생활	1996	290.09	147.12	
D234	남해군	삼동	영지4	150	38	126	2.5	0	생활	1993	288.77	146.43	
D235	남해군	삼동	영지5	250	19	100	3.1	20	생활	1995	289.77	145.87	
D236	남해군	삼동	지족1	200	33	114	0.5	15	생활	1999	290.88	148.32	
D237	남해군	삼동	지족2	250	3	130	3.5	10	생활	1995	291.49	147.85	
D238	남해군	삼동	지족3	200	20	135	9.0	50	생활	1995	291.34	148.16	
D239	남해군	상주	상주1	250	10	70	8.4	20	생활	1995	292.00	136.12	
D240	남해군	상주	상주2	100	10	80	1.5	0	생활	1991	292.02	136.36	
D241	남해군	상주	상주4	100	50	160	1.6	0	농업	1994	290.53	136.80	
D242	남해군	상주	상주5	200	9	60	0.0	0	생활	1989	289.95	136.26	
D243	남해군	상주	상주6	200	6	76	5.5	17	농업	1994	289.58	136.60	
D244	남해군	상주	상주7	200	20	80	3.1	0	농업	1999	289.96	137.19	
D245	남해군	상주	상주8	200	29	120	11.6	17	농업	1997	289.69	137.59	
D246	남해군	상주	양아1	200	44	106	0.0	16	농업	1994	288.07	135.71	
D247	남해군	상주	양아2	200	19	85	23.0	0	생활	1995	287.67	136.32	
D248	남해군	상주	양아3	200	20	134	2.5	20	농업	1995	287.81	136.58	
D249	남해군	상주	양아4	200	10	100	2.4	28	생활	1995	287.56	137.86	

관정 번호	군	면	리	구경	표고	심도	자연 수위	사용량	용도	개발 년도	X(TM)	Y(TM)	비고
D250	남해군	상주	양아5	200	7	100	31.0	0	생활	1996	288.19	138.72	
D251	남해군	상주	양아6	200	99	116	22.0	24	농업	1994	287.25	138.50	
D252	남해군	상주	양아7	200	71	93	25.0	0	생활	1992	286.93	138.72	
D253	남해군	미조	미조1	200	78	87	사용중	26	농업	1994	295.02	135.70	
D254	남해군	미조	미조2	250	51	102	15.1	17	농업	1994	295.07	135.48	
D255	남해군	미조	미조3	200	53	85	0.5	30	생활	1994	295.67	135.30	
D256	남해군	미조	송정1	250	10	96	사용중	20	생활	1997	296.00	139.62	
D257	남해군	미조	송정2	200	52	86	20.0	18	생활	1995	295.78	139.54	
D258	남해군	미조	송정3	250	80	120	2.1	0	농업	1989	294.32	137.16	
D259	남해군	미조	송정4	250	10	202	0.0	50	생활	1995	294.23	137.71	
D260	남해군	미조	송정5	200	51	100	7.4	0	농업	1996	293.71	136.99	
D261	남해군	미조	송정6	200	19	80	2.4	37	농업	1994	293.59	136.55	

<표.4-2> 지하수 용도별 이용현황

읍면동	총계		생활용		농업용		공업용		기타용	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
계	269	5,168	134	2,589	133	2,489	1	60	1	30
설천	27	671	12	388	15	283				
고현	25	619	13	360	12	259				
서면	27	513	10	158	17	355				
남해	28	613	8	150	19	433			1	30
창선	48	799	25	475	23	324				
남면	41	702	23	340	17	302	1	60		
이동	22	458	13	290	9	168				
삼동	28	453	19	262	9	191				
상주	14	142	7	48	7	94				
미조	9	198	4	118	5	80				

<표.4-3> 지하수 시설별 이용현황

읍면동	총계		충적관정		암반관정	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
계	269	5168	8	123	261	5045
설천	27	671	1	13	26	658
고현	25	619	1	30	24	589
서면	27	513	1	20	26	493
남해	28	613	-	-	28	613
창선	48	799	3	30	45	769
남면	41	702	2	30	39	672
이동	22	458	-	-	22	458
삼동	28	453	-	-	28	453
상주	14	142	-	-	14	142
미조	9	198	-	-	9	198

암반관정은 총 261개공 중에서 생활용수 129공, 농업용수 130공, 공업용수 1공, 기타 1공이 각각 이용되고 있으며, 충적관정 8개공은 주로 생활용수로 5공이 사용되고 농업용수로도 3공이 사용중이다. 개소수의 비율을 볼 때 농업용수가 49%로서 생활용수 50%로 거의 비슷한 비율로 이용되고 있음을 알 수 있다.

용도별 이용현황을 보면, 암반관정의 경우 총 5,075㎥/일 중 생활용수가 2,529㎥/일로서 이용량으로 볼 때 전체의 49.8%를 차지하고, 농업용수가 2,456㎥/일로 전체사용량의 48.6%를 차지함으로써 사용량의 비율도 농업용수와 생활용수가 비슷한 것으로 조사되었다. 충적관정의 경우는 대부분 사용량의 59%가 생활용수로 사용되고 있으며, 그 밖에 기타 과수용이나 온천용, 비상용들이 1%내외의 사용량을 보인다.

면별로 용도별 이용현황의 경우는 생활용수는 삼동면이 총 28개소의 조사된 관정중 19개소를 사용하여 생활용수의 비중이 높게 나타났는데 지하수를 생활용수로 많이 이용하는 곳은 대체로 하천의 유역면적이 넓어 지표수로 농업용수를 충당하기 충분한 지역이다. 또한 해안가에 주로 집중된 창선, 삼동면 등의 경우 지표수를 이용한 생활용수 수급이 불량하여 지하수를 많이 이용하고 있다. 삼동면 내를 흐르는 동천큰내가 수지상 수계로 흐르고 있어 농업용수의 수급 평형이 잘 이루어져 생활용수의 비율이 커진 것으로 보인다.

생활용수의 경우는 232공으로 기존 관정중 86.2%를 차지하나 개인주택 내에 시설된 소형 사설관정 중 대부분이 금번조사에서 파악하기 곤란하여 조사에서 누락된 경우가 많았을 것으로 판단되므로 지하수를 이용한 생활용수의 사용은 이번조사 결과보다 훨씬 많을 것으로 판단된다.

농업용수를 보면 창선면이 23개소로 가장 많은 수를 보였는데 주로 마늘과 양파, 벼 등 다작을 주로하여 상대적으로 다른면보다 농업용수의 사용비중이 큰 것으로 보인다. 사용량으로 볼 때는 창선면이 가장 많은 사용량 799㎥/일을 보이는데 이는 개발된 관정의 심도가 관정의 평균 심도보다 깊은 암반관정 때문인 것으로 보인다.

4-2. 기설관정 지하수위 조사

조사된 439개의 관정중 250개소의 관정에서 자연수위를 측정하였다
조사된 자연수위는 평균 지표면하 5.4m를 보였으며 수위관측은 조사구역 내 수위를 측정하였다. 이번 조사에서는 총 조사공 269공중 사용중이거나 매몰된 관정등을 제외하고 250개공에 대해 지하수위가 조사되었다. 수위관측공은 지하수 함양조건이 동일한 상태에서 일제히 측정하여 지역 내 지하수위 조사를 해야한다. 이번 조사는 건·우기의 평균강수를 보이는 3~7월 사이에 측정하여 함양조건을 최대한 동일하게 주도록 하였다.

지하수위를 조사했을 때 주위의 자연수위 추이보다 급격히 낮은 관정은 과잉양수로 인해서 자연수위 회복이 아주 느리거나 대수층이 그 기능을 상실하여 더 이상 채수를 못하는 경우이다.

지하수위 조사는 등수위선을 조사하여 지하수 유로를 추정하고 상류오염원의 하류로의 이송을 막으며, 과잉양수로 인해 양수능력이 저하된 관정이나 대수층이 파괴되어 그 효율이 저하된 관정을 파악하여 일정기간 양수를 중지하며 관정의 우물효율을 회복시켜주는데 의의가 있다.

조사된 250개공중 1:50,000 지형도에 지하수 등수위선을 작도할 수 있는 지역은 실제로 평야부나 넓은 하천지역에 국한되어 있다. 따라서 황강주변과 낙동강주변, 초계면 평야부등 작도가 가능한곳에 등고선도를 작도하였다.
자연수위의 경향은 수계의 수원으로 가까이 갈수록 자연수위가 낮았다.

조사지역은 타지역에 비해 임야가 높은 지형 비중을 차지하고 있어 지하수 관정의 대부분이 평야부와 해안부에 위치하며, 과잉양수로 인한 이상 자연수위를 보이는 곳은 거의 없었으나 지하수 유로를 추정하였을 때 유로의 상부에 지하수오염원(농장폐수, 깊은계곡의 음식점등)이 존재하는 경우가 있어 오염원의 처리시 주의가 요망된다.

5. 수질 및 잠재오염원 조사

5-1. 현장 간이수질 검사

가. 현장조사

조사지구내 수질현황 및 수질오염현황을 파악하기 위하여 기설관정 조사와 병행하여 지하수 기설관정 388개, 지표수는 398점에 대하여 Check Mate 90, HACH ONE-pH Meter, HACH COND, TDS Meter등을 이용하여 수질을 측정하였다.

(표. 5-1, 표. 5-2)

○ pH(수소이온농도)

pH는 물속에 전해되어 있는 수소이온(H^+)의 상대적인 농도를 말한다. 순수한 물에서는 물의 일부분이 이온화($H_20 \rightarrow H^+ + 0H^-$) 하는데 이때 수소이온의 수가 pH=7 정도로 이온화 한다. 즉, pH값이 1증가하면 수소이온 농도는 10배 증가하게 된다. 지하수에서 pH값은 용해된 탄산염이나 탄산가스의 양에 의해서 달라지며, 압력이나 온도가 변해도 값이 달라진다. 즉, 탄산가스가 용해되어 있으면 pH값이 현저히 저하된다. 그러나 알카리염인 칼슘 및 마그네슘의 탄산염이 지하수속에 용해되어 있는 경우는 용존탄산가스 만큼 pH값이 저하되지는 않는다. 그러므로 지하수의 pH 측정은 지하수중에 탄산가스가 상당량 용해되어 있어도 압력감소(양수 등)에 의해 용존탄산가스가 공기중으로 달아나게 되어 채수후 일정시간이 경과하면 대수층의 pH값과는 차이가 나타나므로 지하수의 pH 측정은 현장에서 직접 측정하는 것이 바람직 하다.

일반적으로 pH값에 따른 수질의 분류는 pH값이 5.5이하이면 산성, 5.5~6.5 사이는 약산성, 6.5~7.5 사이는 중성, 7.5~9.0 까지는 약알카리성 그리고 9.0이상이면 알카리성으로 분류하고 있다. 조사지구에서의 지하수 pH는 6.6~10.6 사이로 대부분이 먹는물 수질기준인 5.8~8.5 사이에 분포하며, 암반지하수는 평균 8.2를 나타낸다.

<표. 5-1> 지하수 현장 수질검사 결과

관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D001	남해군	설천	금음1	17.90	511.00	7.20	288.00	
D002	남해군	설천	금음2	21.40	511.00	7.00	85.00	
D003	남해군	설천	남양1	19.70	143.30	7.70	82.00	
D004	남해군	설천	남양2	18.30	257.00	7.30	143.00	
D005	남해군	설천	남양3	23.10	127.30	7.20	63.00	
D006	남해군	설천	남양4	21.50	184.90	8.40	95.00	
D007	남해군	설천	남양5	22.10	263.00	7.20	132.00	
D008	남해군	설천	노량1	21.90	242.00	7.90	122.00	
D009	남해군	설천	덕신1	21.20	282.00	8.40	146.00	
D010	남해군	설천	덕신2	18.40	239.00	7.20	131.00	
D011	남해군	설천	덕신3	18.70	276.00	7.60	151.00	
D012	남해군	설천	문의1	18.20	108.50	8.80	59.00	
D013	남해군	설천	문의2	19.60	317.00	8.20	166.00	
D014	남해군	설천	문의3	18.30	332.00	8.20	175.00	
D015	남해군	설천	문항1	18.40	229.00	8.10	125.00	
D016	남해군	설천	문항2	17.30	379.00	8.10	261.00	
D017	남해군	설천	문항3	19.20	126.00	6.80	62.00	
D018	남해군	설천	문항4	18.40	231.00	6.90	125.00	
D019	남해군	설천	비란1	18.10	1540.00	7.90	890.00	
D020	남해군	설천	비란2	25.30	385.00	7.20	182.00	
D021	남해군	설천	비란3	19.90	339.00	7.60	181.00	
D022	남해군	설천	비란4	20.80	422.00	8.20	221.00	
D023	남해군	설천	비란5	18.80	257.00	6.60	141.00	
D024	남해군	설천	비란6	17.90	416.00	7.60	232.00	
D025	남해군	설천	진목1	20.30	433.00	7.80	228.00	
D026	남해군	설천	진목3	22.20	366.00	7.30	185.00	
D027	남해군	고현	갈화1	18.90	380.00	7.46	167.00	
D028	남해군	고현	갈화2	17.80	969.00	6.81	443.00	
D029	남해군	고현	갈화3	17.50	314.00	6.88	138.00	
D030	남해군	고현	갈화4	16.90	511.00	6.84	247.00	
D031	남해군	고현	남치1	18.60	227.00	6.67	123.00	
D032	남해군	고현	대사1	24.00	381.00	6.82	185.00	
D033	남해군	고현	대사2	23.20	121.40	7.38	60.00	
D034	남해군	고현	대사3	18.50	287.00	7.71	159.00	
D035	남해군	고현	대사4	21.70	459.00	7.15	218.00	
D036	남해군	고현	도마1	20.00	366.00	7.84	176.00	

관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D037	남해군	고현	도마2	22.10	282.00	7.44	134.00	
D038	남해군	고현	도마3	23.70	476.00	7.86	225.00	
D039	남해군	고현	도마4	19.90	306.00	8.12	145.00	
D040	남해군	고현	도마5	16.80	343.00	7.89	164.00	
D041	남해군	고현	오곡1	18.60	430.00	6.98	206.00	
D042	남해군	고현	오곡2	22.60	272.00	7.91	130.00	
D043	남해군	고현	오곡3	20.20	478.00	7.51	229.00	
D044	남해군	고현	이어1	18.80	274.00	6.54	133.00	
D045	남해군	고현	차면1	19.30	290.00	6.72	153.00	
D046	남해군	고현	차면2	18.70	288.00	6.66	158.00	
D047	남해군	고현	차면3	22.50	331.00	7.36	163.00	
D048	남해군	고현	포상1	19.50	589.00	7.42	320.00	
D049	남해군	고현	포상2	24.20	545.00	6.92	265.00	
D050	남해군	고현	포상3	21.20	155.80	7.27	80.00	
D051	남해군	서면	남상1	18.50	279.00	7.80	149.00	
D052	남해군	서면	남상2	20.20	285.00	8.30	151.00	
D053	남해군	서면	남상3	18.60	246.00	8.00	134.00	
D054	남해군	서면	노구1	18.40	232.00	7.50	128.00	
D055	남해군	서면	대정1	18.70	168.50	8.20	92.00	
D056	남해군	서면	대정3	20.90	149.40	7.50	78.00	
D057	남해군	서면	대정4	19.50	129.50	7.40	70.00	
D058	남해군	서면	대정5	22.50	297.00	7.80	149.00	
D059	남해군	서면	서상1	19.40	272.00	8.10	147.00	
D060	남해군	서면	서상2	17.70	246.00	7.00	138.00	
D061	남해군	서면	서상3	22.70	350.00	7.20	175.00	
D062	남해군	서면	서상4	24.80	201.00	7.60	95.00	
D063	남해군	서면	서상5	17.30	181.90	6.70	103.00	
D064	남해군	서면	서호1	23.10	256.00	7.60	129.00	
D065	남해군	서면	서호2	25.40	373.00	7.40	176.00	
D066	남해군	서면	작장1	22.20	332.00	7.30	168.00	
D067	남해군	서면	작장2	21.90	135.50	7.90	69.00	
D068	남해군	서면	작장3	19.80	341.00	7.50	183.00	
D069	남해군	서면	작장4	20.20	246.00	7.60	132.00	
D070	남해군	서면	정포1	20.40	69.40	7.70	37.00	
D071	남해군	서면	정포2	19.00	197.00	7.80	97.00	
D072	남해군	서면	정포3	18.70	231.00	8.30	127.00	
D073	남해군	서면	중현1	18.40	105.00	7.80	58.00	

관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D074	남해군	서면	중현2	16.90	134.90	7.50	77.00	
D075	남해군	서면	중현4	21.00	111.70	7.50	58.00	
D076	남해군	서면	중현5	22.10	145.80	7.40	72.00	
D077	남해군	남해	남변1	19.70	388.00	7.00	208.00	
D078	남해군	남해	남변2	18.60	396.00	7.30	219.00	
D079	남해군	남해	심천1	17.90	277.00	6.00	156.00	
D080	남해군	남해	심천2	22.00	266.00	7.10	128.00	
D081	남해군	남해	심천3	18.10	223.00	6.80	123.00	
D082	남해군	남해	심천4	18.90	357.00	7.50	195.00	
D083	남해군	남해	아산1	18.90	348.00	6.50	190.00	
D084	남해군	남해	아산2	18.80	132.50	7.20	72.00	
D085	남해군	남해	아산3	19.60	206.00	7.10	111.00	
D086	남해군	남해	입현1	16.80	131.00	7.20	75.00	
D087	남해군	남해	입현2	17.60	151.90	7.00	86.00	
D088	남해군	남해	입현3	17.50	328.00	6.60	186.00	
D089	남해군	남해	입현4	17.40	627.00	6.90	359.00	
D090	남해군	남해	입현5	19.00	205.00	7.00	111.00	
D091	남해군	남해	차산1	22.60	424.00	6.70	213.00	
D092	남해군	남해	차산2	18.60	452.00	8.30	250.00	
D093	남해군	남해	차산3	17.10	460.00	7.10	265.00	
D094	남해군	남해	차산4	16.40	387.00	6.40	226.00	
D095	남해군	남해	차산5	19.30	148.70	7.10	80.00	
D096	남해군	남해	평1	19.00	130.10	8.70	71.00	
D097	남해군	남해	평2	19.00	144.00	8.00	78.00	
D098	남해군	남해	평3	17.50	141.10	7.10	81.00	
D099	남해군	남해	평4	19.40	94.20	7.10	51.00	
D100	남해군	남해	평현1	23.70	71.80	7.70	35.00	
D101	남해군	남해	평현2	22.70	90.50	7.50	45.00	
D102	남해군	남해	평현3	18.60	215.00	7.40	118.00	
D103	남해군	남해	평현4	19.20	225.00	7.90	129.00	
D104	남해군	남해	평현5	22.80	303.00	7.40	151.00	
D105	남해군	창선	가인1	18.20	263.00	7.60	145.00	
D106	남해군	창선	가인2	18.70	156.70	6.70	87.00	
D107	남해군	창선	가인3	20.50	291.00	7.10	153.00	
D108	남해군	창선	가인4	16.70	111.30	7.10	64.00	
D109	남해군	창선	가인5	16.90	216.00	7.20	124.00	
D110	남해군	창선	가인6	16.70	173.00	7.10	99.00	

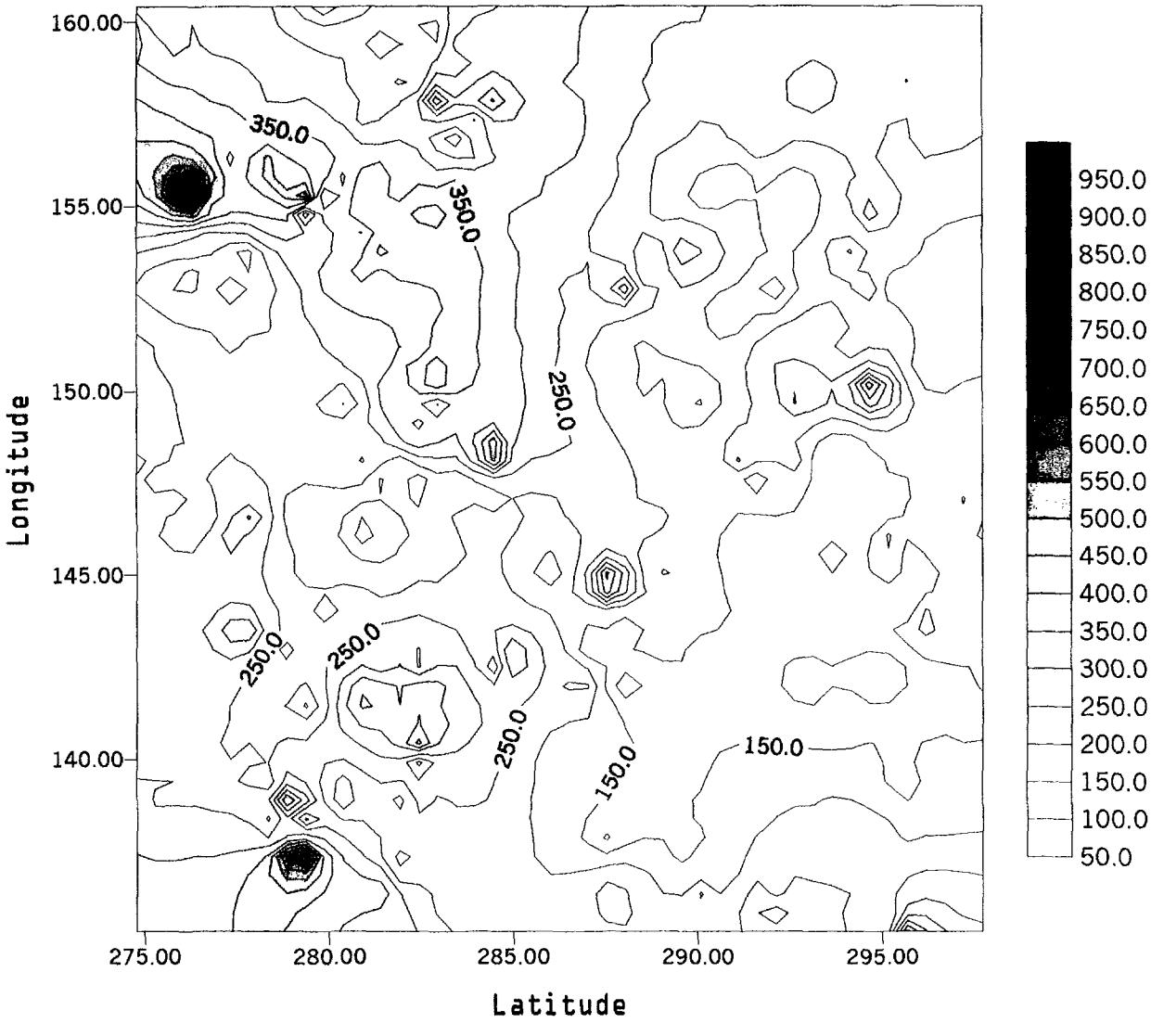
관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D111	남해군	창선	광천1	18.50	144.50	7.30	79.00	
D112	남해군	창선	광천2	18.90	141.40	7.30	77.00	
D113	남해군	창선	광천4	17.20	4940.00	7.00	3090.00	
D114	남해군	창선	광천5	17.40	434.00	7.40	248.00	
D115	남해군	창선	광천7	18.90	135.40	7.60	74.00	
D116	남해군	창선	당저1	18.30	350.00	7.08	156.00	
D117	남해군	창선	당저3	17.20	261.00	6.76	118.00	
D118	남해군	창선	당항1	18.60	98.00	8.00	54.00	
D119	남해군	창선	당항2	16.70	206.00	6.80	119.00	
D120	남해군	창선	대벽1	16.70	223.00	6.60	129.00	
D121	남해군	창선	대벽2	20.60	244.00	7.30	128.00	
D122	남해군	창선	대벽4	16.40	112.50	7.60	65.00	
D123	남해군	창선	동대1	19.40	57.10	5.70	25.00	
D124	남해군	창선	동대2	18.50	109.70	8.00	60.00	
D125	남해군	창선	동대3	18.50	110.50	7.60	60.00	
D126	남해군	창선	부윤2	17.60	504.00	7.20	286.00	
D127	남해군	창선	서대2	18.40	356.00	7.50	198.00	
D128	남해군	창선	서대3	18.70	187.70	7.10	104.00	
D129	남해군	창선	수산1	24.10	253.00	7.20	123.00	
D130	남해군	창선	수산2	17.50	219.00	6.80	124.00	
D131	남해군	창선	수산3	21.10	261.00	7.50	120.00	
D132	남해군	창선	오용1	17.50	10130.00	7.10	6690.00	
D133	남해군	창선	오용2	18.80	169.40	7.90	92.00	
D134	남해군	창선	오용3	17.20	181.30	6.40	103.00	
D135	남해군	창선	오용4	18.70	116.60	6.70	62.00	
D136	남해군	창선	오용5	20.50	144.50	7.10	80.00	
D137	남해군	창선	오용6	17.40	142.50	7.40	82.00	
D138	남해군	창선	오용7	19.40	75.90	5.66	39.00	
D139	남해군	창선	오용8	16.70	260.00	6.800	148.00	
D140	남해군	창선	옥천1	20.20	90.50	6.63	43.00	
D141	남해군	창선	율도1	18.50	291.00	7.10	160.00	
D142	남해군	창선	율도2	18.20	117.50	7.60	65.00	
D143	남해군	창선	지족2	17.50	63.90	7.30	36.00	
D144	남해군	창선	지족3	17.50	173.40	6.60	98.00	
D145	남해군	창선	지족4	19.70	112.50	7.20	60.00	
D146	남해군	창선	진동1	19.00	156.50	7.30	85.00	
D147	남해군	창선	진동3	19.10	101.70	6.60	55.00	

관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D148	남해군	창선	진동4	17.50	125.50	6.50	71.00	
D149	남해군	창선	진동5	17.00	83.20	6.90	47.00	
D150	남해군	남면	당항1	21.70	428.00	6.91	195.00	
D151	남해군	남면	당항2	23.20	438.00	7.37	200.00	
D152	남해군	남면	당항3	19.50	311.00	6.84	142.00	
D153	남해군	남면	당항4	17.90	208.00	8.15	95.00	
D154	남해군	남면	당항5	21.60	272.00	7.43	124.00	
D155	남해군	남면	당항6	19.00	468.00	6.38	213.00	
D156	남해군	남면	덕월1	21.60	469.00	6.65	206.00	
D157	남해군	남면	덕월2	22.60	268.00	6.47	118.00	
D158	남해군	남면	덕월3	17.80	151.30	6.94	68.00	
D159	남해군	남면	상가1	17.60	256.00	6.95	115.00	
D160	남해군	남면	상가2	18.50	136.10	6.35	60.00	
D161	남해군	남면	상가3	17.60	263.00	7.73	115.00	
D162	남해군	남면	상가5	18.40	244.00	7.23	109.00	
D163	남해군	남면	상가6	17.10	229.00	7.72	103.00	
D164	남해군	남면	상가7	18.60	250.00	6.95	113.00	
D165	남해군	남면	상가8	16.70	242.00	6.53	108.00	
D166	남해군	남면	석교1	18.20	181.40	7.63	82.00	
D167	남해군	남면	석교2	17.30	544.00	7.26	248.00	
D168	남해군	남면	석교3	22.70	302.00	7.54	137.00	
D169	남해군	남면	선구1	19.00	198.80	6.52	91.00	
D170	남해군	남면	선구2	22.40	103.00	7.00	47.00	
D171	남해군	남면	선구3	19.10	801.00	7.59	370.00	
D172	남해군	남면	임포1	19.20	250.00	6.58	113.00	
D173	남해군	남면	임포2	18.80	49.20	7.21	22.00	
D174	남해군	남면	임포4	18.60	280.00	6.48	124.00	
D175	남해군	남면	임포5	19.50	272.00	6.33	122.00	
D176	남해군	남면	죽전1	17.10	401.00	6.89	183.00	
D177	남해군	남면	죽전2	19.50	412.00	6.15	188.00	
D178	남해군	남면	죽전3	18.70	249.00	6.75	108.00	
D179	남해군	남면	죽전4	17.60	284.00	6.72	124.00	
D180	남해군	남면	평산1	21.50	122.80	6.48	54.00	
D181	남해군	남면	평산2	19.40	160.30	6.66	69.00	
D182	남해군	남면	평산3	19.50	221.00	6.58	97.00	
D183	남해군	남면	평산4	19.70	209.00	7.25	93.00	
D184	남해군	남면	홍현1	22.20	395.00	6.62	179.00	

관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D185	남해군	남면	홍현2	18.60	170.40	7.31	77.00	
D186	남해군	남면	홍현3	17.30	302.00	6.79	137.00	
D187	남해군	남면	홍현4	18.30	130.70	6.30	59.00	
D188	남해군	남면	홍현5	17.90	248.00	7.45	112.00	
D189	남해군	이동	난음1	18.20	154.10	6.63	84.00	
D190	남해군	이동	난음2	18.50	134.10	7.44	72.00	
D191	남해군	이동	다정1	20.50	217.00	6.71	99.00	
D192	남해군	이동	다정2	19.80	242.00	6.25	111.00	
D193	남해군	이동	무림1	16.60	131.40	6.62	67.00	
D194	남해군	이동	무림2	15.80	116.60	6.66	59.00	
D195	남해군	이동	무림3	18.90	562.00	6.65	310.00	
D196	남해군	이동	석평1	18.20	181.00	6.47	100.00	
D197	남해군	이동	석평2	21.30	97.20	6.76	50.00	
D198	남해군	이동	석평3	17.10	127.20	6.71	72.00	
D199	남해군	이동	신전1	16.70	142.70	6.34	73.00	
D200	남해군	이동	신전2	18.60	201.00	6.57	103.00	
D201	남해군	이동	신전3	16.80	55.70	6.25	28.00	
D202	남해군	이동	신전4	18.20	100.40	7.39	51.00	
D203	남해군	이동	용소1	18.80	137.50	7.71	70.00	
D204	남해군	이동	용소2	16.90	439.00	6.28	226.00	
D205	남해군	이동	초음1	18.30	170.20	6.41	85.00	
D206	남해군	이동	초음2	17.50	244.00	7.39	112.00	
D207	남해군	이동	초음3	21.50	261.00	6.65	120.00	
D208	남해군	이동	초음4	18.40	149.30	7.27	68.00	
D209	남해군	이동	초음5	20.30	212.00	7.17	96.00	
D210	남해군	이동	화계1	17.00	230.00	7.62	116.00	
D211	남해군	삼동	금송1	16.70	96.70	8.30	55.00	
D212	남해군	삼동	금송2	16.80	73.90	7.70	42.00	
D213	남해군	삼동	금송3	17.20	128.70	7.50	73.00	
D214	남해군	삼동	금송4	17.60	136.40	7.30	77.00	
D215	남해군	삼동	금송5	17.10	243.00	6.71	121.00	
D216	남해군	삼동	동천1	17.00	215.00	6.67	103.00	
D217	남해군	삼동	동천2	18.40	273.00	6.90	131.00	
D218	남해군	삼동	동천3	18.40	84.40	6.39	40.00	
D219	남해군	삼동	동천4	17.70	153.90	6.86	74.00	
D220	남해군	삼동	동천5	17.30	157.20	7.57	75.00	
D221	남해군	삼동	동천6	17.60	148.10	8.12	71.00	

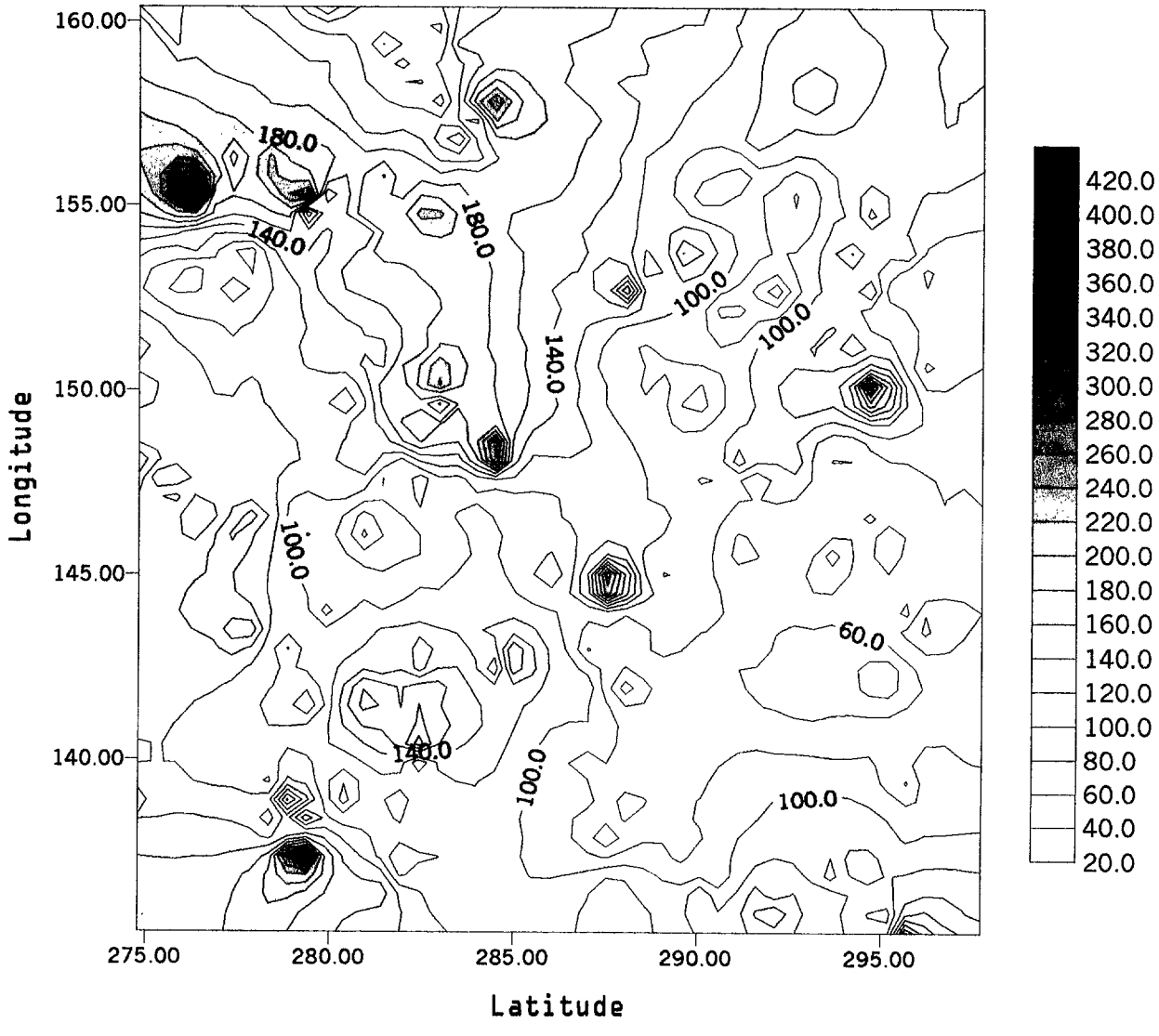
관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D222	남해군	삼동	동천7	17.60	114.80	7.30	65.00	
D223	남해군	삼동	물건1	17.50	36.40	6.30	17.00	
D224	남해군	삼동	물건2	17.90	251.00	6.61	121.00	
D225	남해군	삼동	물건3	16.60	86.80	7.51	43.00	
D226	남해군	삼동	물건4	18.00	138.50	7.21	69.00	
D227	남해군	삼동	봉화1	20.60	81.50	7.30	43.00	
D228	남해군	삼동	봉화2	19.70	54.80	7.10	28.00	
D229	남해군	삼동	봉화3	19.90	102.30	7.00	53.00	
D230	남해군	삼동	봉화4	17.40	150.40	6.70	75.00	
D231	남해군	삼동	영지1	16.60	92.80	7.50	46.00	
D232	남해군	삼동	영지2	18.10	149.00	7.63	75.00	
D233	남해군	삼동	영지3	17.30	174.30	7.52	87.00	
D234	남해군	삼동	영지4	18.40	224.00	7.57	112.00	
D235	남해군	삼동	영지5	17.60	192.20	6.83	96.00	
D236	남해군	삼동	지족1	17.60	1685.00	7.17	877.00	
D237	남해군	삼동	지족2	19.20	71.20	7.51	36.00	
D238	남해군	삼동	지족3	17.60	329.00	6.77	167.00	
D239	남해군	상주	상주1	18.50	397.00	7.26	219.00	
D240	남해군	상주	상주2	18.40	207.00	8.18	113.00	
D241	남해군	상주	상주4	17.60	153.80	7.05	85.00	
D242	남해군	상주	상주5	18.70	269.00	6.09	146.00	
D243	남해군	상주	상주6	18.80	165.60	6.28	90.00	
D244	남해군	상주	상주7	18.40	174.10	7.52	95.00	
D245	남해군	상주	상주8	18.30	102.90	6.81	56.00	
D246	남해군	상주	양아1	19.10	258.00	7.04	137.00	
D247	남해군	상주	양아2	18.90	274.00	7.17	137.00	
D248	남해군	상주	양아3	20.50	261.00	6.70	126.00	
D249	남해군	상주	양아4	22.70	91.90	7.45	43.00	
D250	남해군	상주	양아5	20.70	91.60	6.69	47.00	
D251	남해군	상주	양아6	24.80	137.10	7.23	64.00	
D252	남해군	상주	양아7	20.40	172.40	7.71	91.00	
D253	남해군	미조	미조1	20.40	172.80	8.12	78.00	
D254	남해군	미조	미조2	21.20	210.00	7.39	95.00	
D255	남해군	미조	미조3	24.50	506.00	7.12	245.00	
D256	남해군	미조	송정1	19.40	198.00	7.83	107.00	
D257	남해군	미조	송정2	19.00	90.80	6.73	48.00	
D258	남해군	미조	송정3	18.20	261.00	7.28	142.00	

관정번호	위치			온도	EC	pH	TDS	비고
D259	남해군	미조	송정4	20.80	219.00	8.04	112.00	
D260	남해군	미조	송정5	24.20	163.50	6.75	74.00	
D261	남해군	미조	송정6	21.10	306.00	6.94	138.00	
S001	남해군	설천	문의4	19.70	142.00	7.90	76.00	
S002	남해군	고현	오곡4	20.80	260.00	7.82	123.00	
S004	남해군	창선	광천3	17.70	168.30	7.40	86.00	
S005	남해군	창선	부윤1	18.20	146.00	7.10	81.00	
S006	남해군	창선	서대1	16.30	128.20	7.60	75.00	
S007	남해군	남면	상가4	20.40	244.00	6.69	110.00	
S008	남해군	남면	임포3	21.60	705.00	7.04	315.00	
S03	남해군	서면	중현3	18.20	218.00	7.80	121.00	



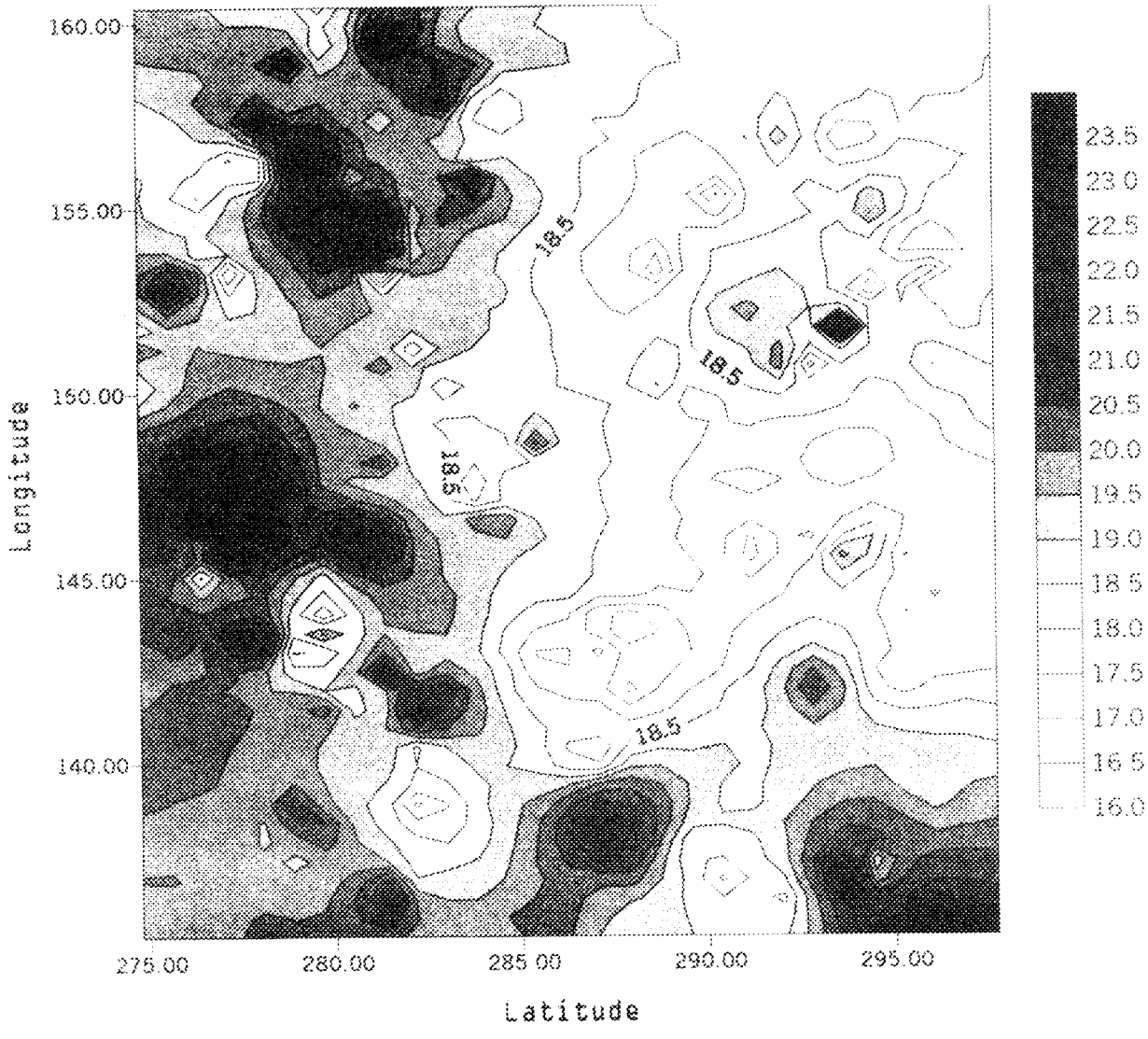
Equal line of EC

<그림. 5-1> 지하수 EC 등수치선도



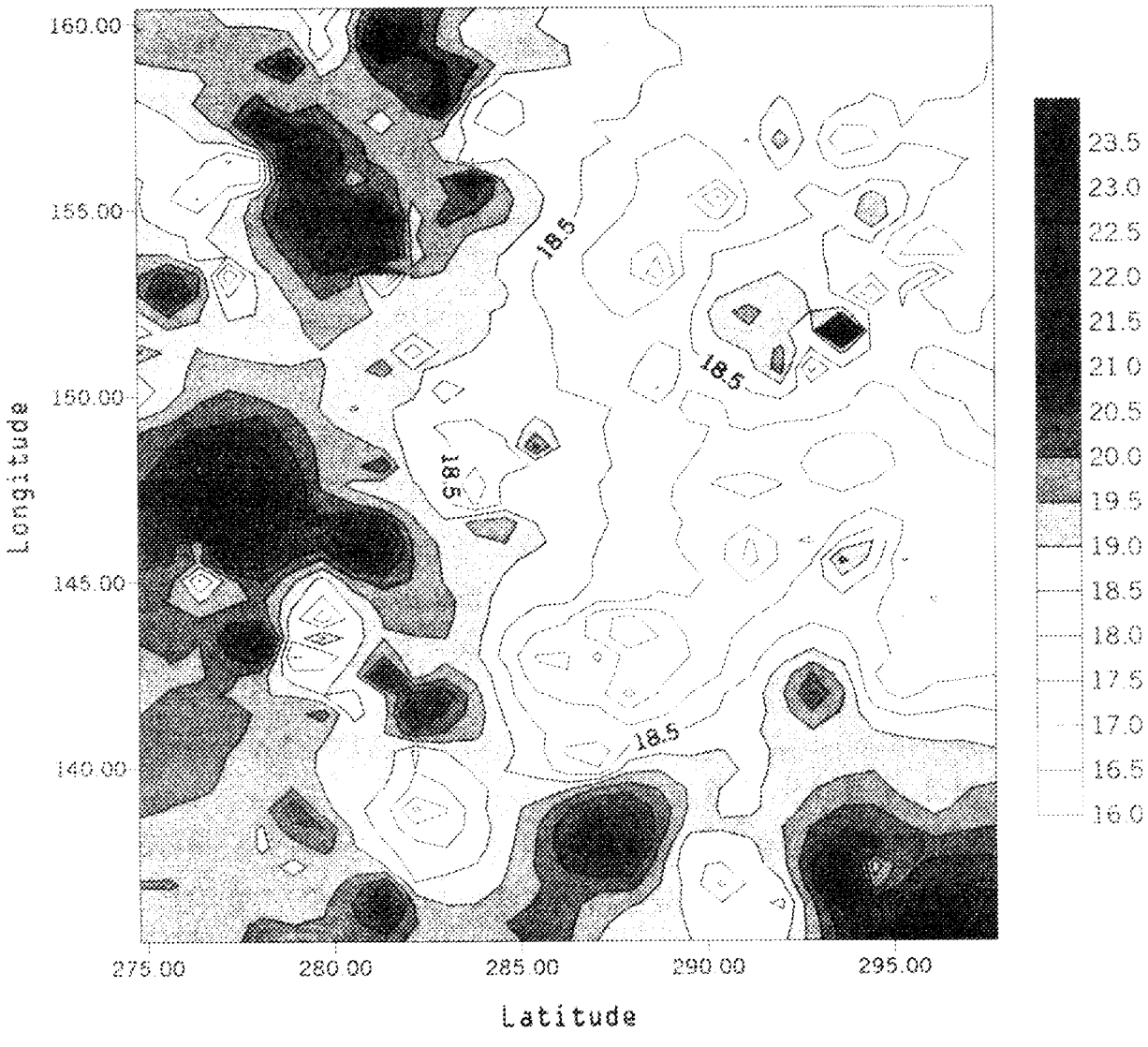
Equal line of TDS

<그림. 5-2> 지하수 TDS 등수치선도



Equal line of pH

<그림. 5-3> 지하수 pH 등수치선도



<그림. 5-4> 지하수 온도 등수치선도

○ EC(전기전도도)와 TDS(총용존고형물)

매질이 전류를 통과시킬 수 있는 능력(전기저항의 역수)을 전기전도도라 하며, 단위체적을 가진 물체의 전기전도도를 전기비전도도라 한다. 순수한 물은 일종의 절연체이나 물에 혼합된 고용물질이 전하를 가지는 이온으로 분리되어 존재하면 용액의 전기비전도도는 높아진다. 그러므로 물속에 용해된 광물이나 기타물질의 종류와 양, 온도의 변화에 따라 전기비전도도 값이 변화하므로 물의 오염정도에 대한 지표로 사용된다. 일반적으로 전기비전도도는 물속에 용해된 광물의 종류에 따라 그 값이 변화를 보이지만 총용존고형물(TDS)과의 관계는 대략 전기비전도도 × (비율) = 총용존고형물(TDS)로 표시되며, 지하수의 경우 그 비율은 0.50~0.75의 범위 내에 존재한다.

본 조사지역의 지하수는 그 비율이 0.43~0.69 사이에 존재하고 평균 0.51을 나타낸다. 조사지역에서의 전기전도도는 36.4~10,130 μS/㎝로 평균 304.4 μS/㎝로 조사되었으며, 평균 값이 300 μS/㎝를 초과하는 오염상태가 상당히 진행된 것으로 판단되었다. 먹는물 수질검사 결과 질산성질소나 암모니아성 질소의 초과가 없는 것으로 보아 염분이나 타오염원에 의한 것으로 판단된다. 일반적으로 해안쪽을 갈수록 높은 값을 나타낸다.

○ 현장 수질검사 결과

금번 조사에서는 지표수와 지하수를 분리 조사하여 등수치도를 제작하였는데 지표수의 높은 수치지역과 지하수의 높은 수치지역이 일치하는 곳도 있지만 전혀 무관한 곳도 몇군데 존재하므로 EC나 TDS의 수치가 높은 원인이 지질 자체의 특성이 아닌 다른 오염원에 의한 것일 수도 있다는 것을 보여준다.

우선 지하수의 EC와 TDS의 등수치도(Equal line of EC, TDS)를 보면 조사지역 t 서부와 남부에서 높은 수치가 관찰되는데, 고현면 갈화리, 남면 선구, 임포리 등에 해당되고 모두 해안 지방으로 염수침입에 의한 오염정도가 높은 곳임이 현장에서도 조사된 곳들이다. 전체적으로 볼 때 EC수치가 500μs/㎝이 넘는 곳이 17곳으로 고현면이 4곳, 남면이 3곳, 남해, 미조, 삼동 각 1곳, 설천 3곳, 이동 1곳, 창선 3곳 등으로 나타났다.

<표. 5-2> 지표수 현장 수질검사 결과

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
1	남해	평현	30.2	16	7.50	18.9	279.99	145.99	
2	남해	평현	30.4	17	7.50	18.6	280.70	146.40	
3	남해	평현	36.4	20	7.30	18.6	280.35	146.70	
4	남해	평현	56.9	31	7.20	18.7	280.32	147.32	
5	남해	평현	42.4	24	7.60	18.6	280.03	147.49	
6	남해	평현	53.9	29	7.30	18.3	280.37	147.58	
7	남해	평현	56.1	30	7.20	19.4	280.81	147.57	
8	남해	평현	51.2	27	7.30	19.9	280.21	147.08	
9	남해	평현	59.8	31	7.30	20.7	280.67	148.01	
10	남해	평현	95.3	51	7.30	19.5	281.21	147.97	
11	남해	평현	73.5	40	7.20	19.2	281.54	148.13	
12	남해	평현	79.3	43	7.10	18.9	281.39	147.69	
13	남해	평현	78.5	43	7.30	18.8	280.94	147.85	
14	남해	평현	53.6	28	7.30	20.0	281.86	147.18	
15	남해	평현	47.2	26	7.40	17.9	281.15	146.80	
16	남해	평현	47.8	27	7.10	17.9	281.43	147.12	
17	남해	대입현	42.3	23	7.70	19.3	282.93	147.18	
18	남해	입현	80.2	42	7.30	20.4	283.29	147.90	
19	남해	입현	84.9	44	8.70	21.0	283.49	148.22	
20	남해	입현	57.7	31	7.50	19.4	283.70	148.13	
21	남해	입현	61.8	33	7.50	19.5	283.86	148.68	
22	남해	입현	95.6	52	7.30	20.1	284.05	147.95	
23	남해	입현	40.6	21	7.60	20.4	284.49	148.28	
24	남해	입현	93.9	50	7.30	19.9	283.44	148.75	
25	남해	입현	98.7	52	7.30	19.9	282.45	148.52	
26	남해	남변	855.0	457	7.80	20.6	282.53	149.01	
27	남해	남변	157.2	83	7.40	20.1	282.86	149.05	
28	남해	남변	109.7	57	7.50	20.6	281.88	148.53	
29	남해	서변	99.6	52	7.50	20.7	281.30	148.90	
30	남해	서변	82.2	43	7.20	20.2	281.00	148.90	
31	남해	아산	66.2	35	7.50	20.5	280.95	149.33	
32	남해	아산	36.1	19	7.40	19.7	280.35	149.77	
33	남해	아산	34.9	18	7.40	20.1	280.60	150.21	
34	남해	아산	29.9	16	7.30	20.1	280.10	150.50	
35	남해	아산	49.5	25	7.20	21.1	281.17	149.92	
36	남해	유림	48.8	26	7.30	19.9	281.73	150.36	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
37	남해	심천	51.4	26	7.20	21.9	281.39	150.96	
38	남해	심천	44.0	24	7.30	19.6	281.48	150.71	
39	남해	심천	55.2	30	7.30	19.4	281.16	150.75	
40	남해	심천	34.2	18	7.30	19.6	280.98	151.01	
41	남해	심천	61.7	33	7.00	19.6	281.72	150.60	
42	남해	심천	141.8	72	7.00	21.8	282.23	151.06	
43	남해	심천	88.7	47	7.10	20.1	282.30	150.75	
44	남해	차산	57.8	31	7.00	19.9	282.50	150.62	
45	남해	차산	68.5	36	7.10	20.0	282.73	150.75	
46	남해	차산	138.8	71	7.80	21.3	282.35	150.23	
47	남해	동산	198.0	102	7.60	21.0	283.04	150.35	
48	남해	북변	969.0	521	7.40	20.3	282.14	149.22	
49	서	대정	47.3	26	7.70	17.7	279.58	145.02	
50	서	대정	54.4	36	7.50	18.2	279.69	145.52	
51	서	대정	63.9	35	7.40	18.1	279.74	146.04	
52	서	대정	46.3	25	7.40	19.2	279.10	146.20	
53	서	대정	51.6	28	7.50	18.7	278.82	146.12	
54	서	대정	48.7	27	7.50	18.2	279.36	146.45	
55	서	연죽	33.3	19	7.70	17.7	278.87	148.83	
56	서	연죽	32.1	18	7.40	17.9	278.25	148.53	
57	서	연죽	39.8	22	7.60	18.4	278.79	148.14	
58	서	연죽	41.6	22	7.30	19.2	279.23	147.20	
59	서	대정	57.1	31	7.30	19.3	278.23	146.26	
60	서	대정	55.8	30	7.30	18.6	278.39	145.76	
61	서	대정	61.4	33	7.30	19.0	278.27	147.01	
62	서	서호	77.8	42	7.40	19.4	278.16	146.55	
63	서	서호	84.4	44	7.30	20.7	277.53	146.91	
64	서	서호	94.6	50	7.50	20.0	277.76	146.47	
65	서	서상	38.0	20	7.40	20.0	277.08	146.12	
66	서	서상	63.2	35	7.40	17.7	277.23	145.70	
67	서	서상					276.70	145.79	염도11‰
68	서	서상	52.8	30	7.00	17.7	277.87	144.84	
69	서	서상	54.6	30	7.20	18.2	277.16	144.78	
70	서	서상	63.6	35	7.60	18.8	276.74	144.85	
71	서	서상	53.6	28	7.30	19.9	277.04	146.97	
72	서	서상	69.8	37	7.10	20.4	276.71	146.92	
73	서	서상	57.4	31	7.20	19.6	276.51	146.55	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
74	서	서상	68.8	37	7.30	19.7	276.41	146.08	
75	서	작장	58.1	32	7.40	18.8	275.93	147.08	
76	서	작장	95.0	51	7.40	19.4	275.75	147.03	
77	서	작장	59.4	33	7.30	18.2	275.27	148.37	
78	서	작장	40.5	21	7.40	20.0	275.18	149.28	
79	서	작장	57.1	31	7.20	19.3	274.88	149.10	
80	서	정포	55.9	34	7.40	14.5	277.98	152.70	
81	서	정포	78.5	44	7.40	17.6	278.12	153.10	
82	서	정포	65.7	38	7.40	16.2	277.36	153.47	
83	서	중현	54.1	30	8.00	18.1	277.32	153.18	
84	서	중현	40.6	22	8.00	19.3	277.44	152.90	
85	서	정포	85.3	48	7.60	17.1	276.78	153.68	
86	서	정포	90.9	51	7.70	17.5	275.97	153.77	
87	서	중현	126.2	74	7.60	15.9	276.33	153.07	
88	서	중현	140.0	81	7.70	16.4	275.78	153.10	
89	서	중현	85.5	50	7.70	16.2	275.60	153.00	
90	서	중현	75.8	44	7.70	15.6	275.94	152.30	
91	서	노구	161.5	89	7.80	18.3	275.24	153.00	
92	서	노구	205.0	105	9.60	21.6	275.23	152.49	
93	서	노구	50.6	29	7.80	16.6	275.31	152.22	
94	서	노구	248.0	141	7.50	17.3	275.10	152.19	
95	서	노구	39.1	22	7.90	16.9	275.82	151.57	
96	서	노구	48.6	27	7.80	17.5	275.13	151.83	
97	서	노구	54.9	32	7.50	16.1	274.88	151.70	
98	서	노구	39.7	23	7.70	16.1	275.33	151.48	
99	서	노구	53.5	30	7.50	16.9	274.38	151.55	
100	서	남상	75.1	42	7.60	17.5	274.53	151.84	
101	서	남상	53.9	31	7.60	16.7	274.32	151.08	
102	서	남상	52.2	28	7.60	19.3	275.02	151.03	
103	서	남상	85.2	48	7.50	17.7	274.22	151.06	
104	서	남상	184.0	107	7.40	16.4	274.45	150.80	
105	서	남상	39.0	20	7.80	20.2	275.00	150.76	
106	서	남상	36.7	22	7.70	15.5	275.58	150.76	
107	서	남상	59.5	34	7.50	17.2	274.89	150.45	
108	서	남상	36.7	20	7.60	18.0	275.53	150.07	
109	서	작장	67.3	38	7.50	16.9	275.00	149.53	
110	서	남상	61.0	36	7.50	15.1	275.08	149.91	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
111	서	남상	112.9	65	7.30	16.2	274.30	149.83	
112	서	남상	104.0	57	7.40	18.2	274.31	150.50	
113	설천	비란	248.0	148	7.60	15.2	281.83	154.30	
114	설천	비란					281.39	154.86	
115	설천	비란	94.8	58	7.80	14.2	281.42	155.30	
116	설천	비란	95.7	57	7.90	15.4	281.87	155.18	
117	설천	비란	165.3	97	7.50	15.9	281.94	154.72	
118	설천	비란	91.5	53	7.80	16.5	281.99	155.06	
119	설천	비란	262.0	160	7.50	14.7	282.16	154.10	
120	설천	비란	143.4	81	7.90	17.2	282.44	154.39	
121	설천	비란	181.3	105	7.70	16.6	282.60	154.46	
122	설천	비란	54.7	30	8.10	18.4	282.16	155.18	
123	설천	비란	106.1	60	7.90	17.3	282.29	154.73	
124	설천	비란	144.2	81	7.80	17.7	282.56	154.87	
125	설천	진목	168.7	95	7.70	17.5	283.02	154.81	
126	설천	진목	83.1	46	8.50	18.1	282.73	155.28	
127	설천	진목	158.1	90	7.70	17.3	283.33	155.58	
128	설천	진목	86.0	48	7.80	17.7	282.95	155.52	
129	설천	진목	54.2	29	7.60	19.1	282.71	156.04	
130	설천	진목	276.0	149	8.10	19.2	283.77	154.97	
131	설천	진목	109.0	63	7.90	16.7	283.49	155.70	
132	설천	진목	139.6	81	7.60	16.3	283.36	155.17	
133	설천	진목	53.8	28	7.90	20.5	283.26	156.22	
134	설천	문항	86.1	45	8.00	20.8	283.97	156.71	
135	설천	문항	90.2	49	7.60	18.7	284.26	156.76	
136	설천	문항	124.4	72	7.70	16.1	284.23	157.18	
137	설천	문항	104.3	56	9.70	19.3	284.10	157.43	
138	설천	문항	59.1	32	8.30	18.8	283.70	157.35	
139	설천	문항	45.8	25	7.80	19.3	283.71	157.08	
140	설천	문항	43.2	24	7.80	17.9	283.77	157.56	
141	설천	문항	67.9	38	7.40	17.7	284.27	157.49	
142	설천	문항	88.7	50	7.70	17.1	284.42	157.58	
143	설천	금음	64.5	34	9.40	20.2	284.01	157.86	
144	설천	금음	61.7	35	8.00	17.0	283.67	157.80	
145	설천	금음	69.6	37	9.80	19.7	283.16	158.22	
146	설천	금음	155.0	89	7.80	16.7	283.69	158.34	
147	설천	금음	250.0	143	8.00	17.2	284.32	158.22	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
148	설천	남양	125.1	69	8.10	18.2	283.98	159.39	
149	설천	문의	160.2	91	8.10	17.4	283.84	159.53	
150	설천	문의	128.0	74	7.90	16.5	283.52	159.30	
151	설천	문의	156.3	92	8.10	15.7	283.17	159.32	
152	설천	문의	52.0	29	8.20	16.9	282.88	159.20	
153	설천	문의	52.4	52.4	8.10	15.1	282.81	159.02	
154	설천	문의	44.1	44.1	7.90	17.6	281.77	159.93	
155	설천	남양	96.9	96.9	7.80	21.8	283.50	158.76	
156	설천	남양	92.5	92.5	8.10	17.4	282.74	158.67	
157	설천	남양	131.7	131.7	7.90	16.1	281.94	158.90	
158	설천	덕신	78.5	78.5	7.90	16.0	280.89	159.06	
159	설천	덕신	83.4	83.4	7.70	15.7	279.97	159.29	
160	설천	덕신	105.3	105.3	7.80	16.2	279.28	159.36	
161	설천	덕신	75.6	75.6	7.80	13.8	278.80	158.68	
162	설천	덕신	136.7	136.7	7.60	16.0	278.52	159.04	
163	설천	노량	105.4	105.4	7.90	14.7	280.06	159.97	
164	설천	노량	116.9	116.9	8.00	15.0	279.84	160.42	
165	설천	문의	59.5	59.5	7.90	15.0	282.08	160.52	
166	창선	지족	61.6	32	7.08	17.1	292.12	149.70	
167	창선	지족	61.1	32	7.28	16.3	292.31	149.47	
168	창선	당저	70.3	36	7.20	17.1	292.73	149.82	
169	창선	당저	156.0	80	7.56	16.8	293.11	149.56	
170	창선	당저	132.4	69	7.17	16.8	293.13	149.97	
171	창선	부윤	92.9	48	6.62	17.8	295.04	150.18	
172	창선	부윤	155.6	81	7.20	18.7	294.67	149.96	
173	창선	수산	136.4	71	9.38	19.5	293.91	151.61	
174	창선	부윤	62.0	32	7.61	18.2	294.32	150.91	
175	창선	수산	97.0	48	7.53	17.8	293.85	152.02	
176	창선	오용	58.0	30	7.63	16.4	294.62	151.83	
177	창선	오용	47.1	24	7.39	19.1	295.14	152.40	
178	창선	오용	105.9	56	7.28	18.6	294.88	152.75	
179	창선	오용	68.7	36	7.33	18.3	294.51	152.82	
180	창선	오용	95.5	50	7.28	20.3	294.23	152.09	
181	창선	오용	97.8	51	7.93	20.5	293.84	152.25	
182	창선	가인	62.7	49	7.36	17.7	294.16	153.72	
183	창선	가인	176.0	93	6.90	17.2	294.79	154.51	
184	창선	가인	186.3	99	6.80	18.1	295.07	154.76	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
185	창선	가인	110.5	58	7.36	17.5	295.23	154.08	
186	창선	가인	149.4	79	7.21	17.3	295.52	153.76	
187	창선	가인	136.8	72	7.71	18.4	295.64	154.41	
188	창선	가인	54.6	29	7.70	18.5	295.88	153.76	
189	창선	가인	51.3	27	7.32	18.7	295.60	153.38	
190	창선	가인	83.9	43	6.99	16.3	295.96	152.60	
191	창선	오용	95.5	49	7.14	18.4	295.06	152.74	
192	창선	오용	54.2	28	7.26	18.1	296.25	151.96	
193	창선	진동	84.8	44	7.26	18.6	296.53	152.22	
194	창선	진동	128.4	67	7.37	18.5	296.87	151.74	
195	창선	진동	66.3	34	7.48	17.4	296.69	151.57	
196	창선	진동	57.6	30	7.45	18.6	295.80	150.84	
197	창선	진동	68.9	36	7.36	18.3	296.32	150.80	
198	창선	진동	45.5	23	7.16	19.1	296.13	150.17	
199	창선	진동	55.1	28	6.90	17.8	296.37	150.64	
200	창선	지족	77.3	45	7.80	16.5	290.94	149.20	
201	창선	지족	46.9	27	7.50	16.3	291.02	149.54	
202	창선	옥천	40.4	23	9.10	16.9	290.80	149.89	
203	창선	옥천	52.7	30	8.00	16.2	291.00	150.10	
204	창선	옥천	38.6	22	7.70	16.7	290.62	150.56	
205	창선	옥천	51.2	29	7.70	17.5	291.92	150.56	
206	창선	옥천	65.7	38	7.70	16.7	290.76	152.20	
207	창선	옥천	42.0	23	7.70	18.7	290.87	151.39	
208	창선	옥천	46.0	25	7.40	18.0	291.40	150.77	
209	창선	옥천	47.0	27	7.50	17.8	291.52	150.55	
210	창선	옥천	65.0	37	7.40	16.4	291.67	150.36	
211	창선	옥천	39.4	21	8.90	18.7	292.13	150.40	
212	창선	옥천	53.9	29	7.40	18.6	292.20	150.70	
213	창선	상죽	61.2	32	8.20	20.3	292.44	151.15	
214	창선	수산	66.8	37	7.60	18.2	292.63	150.97	
215	창선	수산	85.6	46	7.60	19.2	292.96	151.63	
216	창선	상신	52.0	29	7.70	18.1	292.16	151.90	
217	창선	상신	93.6	53	7.60	16.9	291.77	152.04	
218	창선	상신	67.3	37	7.60	18.0	292.40	152.07	
219	창선	동대	47.7	27	7.70	17.7	291.41	152.92	
220	창선	동대	53.0	29	7.60	18.8	291.83	152.76	
221	창선	동대	68.0	37	7.60	18.7	292.36	152.90	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
222	창선	동대	50.0	28	7.60	18.3	292.00	153.76	
223	창선	동대	57.0	31	7.60	18.9	292.43	153.60	
224	창선	당항	30.7	18	7.70	16.0	292.24	155.38	
225	창선	율도리	61.8	32	9.40	20.7	290.92	155.77	
226	창선	율도리	65.1	37	7.80	17.5	291.06	155.75	
227	창선	율도리	80.5	44	7.90	18.5	290.60	155.82	
228	창선	율도리	53.8	31	8.80	17.0	290.48	154.87	
229	창선	율도리	81.3	46	7.90	17.5	290.86	155.30	
230	창선	서대	39.5	21	7.80	18.6	291.28	153.77	
231	창선	서대	38.4	22	7.80	15.8	290.43	153.30	
232	창선	서대	48.4	27	7.60	18.1	290.02	153.60	
233	창선	서대	56.1	31	8.00	18.5	289.50	153.38	
234	창선	서대	71.8	42	7.80	16.4	288.85	153.61	
235	창선	서대	59.1	35	7.90	15.8	289.04	153.20	
236	창선	광천	121.2	96	8.60	19.1	288.35	152.77	
237	창선	광천	48.1	28	7.90	15.7	288.51	152.57	
238	창선	광천	63.1	36	7.70	17.0	287.95	152.62	
239	창선	광천	95.4	54	7.60	17.6	288.19	151.42	
240	창선	광천	58.1	31	8.40	19.5	288.54	151.13	
241	창선	광천	48.0	26	7.90	18.0	288.55	151.27	
242	창선	지족	69.7	39	7.60	17.3	289.47	150.15	
243	창선	지족	92.2	52	7.30	17.3	289.05	150.07	
244	창선	대벽	102.0	60	7.90	15.5	291.73	157.29	
245	창선	대벽	55.5	33	7.70	15.3	292.02	156.81	
246	창선	대벽	41.4	24	7.80	16.5	292.56	157.70	
247	창선	대벽	140.1	82	7.70	16.0	292.75	158.17	
248	창선	대벽	57.3	34	7.50	15.4	293.14	157.70	
249	창선	대벽	39.7	23	7.50	16.9	293.15	158.02	
250	창선	당항	64.6	31	7.40	16.4	292.79	155.46	
251	창선	당항	52.8	30	7.50	17.1	293.14	155.85	
252	창선	당항	78.0	44	7.30	17.5	294.00	157.09	
253	미조	송정	148.8	73	7.93	21.1	293.85	134.81	해안인접
254	미조	미조	99.7	49	7.21	18.6	294.53	136.31	해안인접
255	미조	송정	37.8	19	7.07	19.6	295.42	140.78	
256	미조	송정	34.1	17	7.29	19.2	296.17	140.41	
257	미조	송정	48.9	24	7.18	19.0	295.86	139.58	
258	미조	송정	84.9	42	7.21	19.9	296.38	139.27	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
259	미조	송정	53.2	26	7.44	20.6	295.78	138.61	
260	미조	송정	49.5	24	7.01	19.8	295.50	138.86	
261	미조	송정	42.5	21	7.24	19.9	295.17	138.74	해안인접
262	미조	송정	49.3	24	6.75	20.7	294.37	137.40	해안인접
263	미조	송정	123.3	61	7.13	21.2	294.43	137.12	
264	미조	송정	82.8	41	6.63	21.8	294.15	137.18	
265	미조	송정	109.4	54	7.23	20.2	293.52	136.92	
266	미조	송정	60.7	30	7.29	20.5	293.61	136.96	
267	미조	송정	128.0	64	7.35	21.4	293.78	136.61	
268	미조	송정	86.3	43	7.25	19.9	293.87	136.09	해안인접
269	미조	송정	40.7	20	7.44	20.4	292.58	136.99	
270	미조	송정	41.4	20	7.37	20.3	292.59	136.66	해안인접
271	상주	상주	138.6	69	7.34	20.2	291.98	136.06	
272	상주	상주	121.0	60	7.19	19.8	291.77	136.22	
273	상주	상주	512.0	256	6.88	22.1	290.40	136.37	염도0.3‰
274	상주	상주	46.6	23	7.07	20.5	291.02	137.81	
275	상주	상주	48.0	24	6.52	20.5	290.71	137.29	
276	상주	상주	89.7	44	6.68	20.9	290.04	136.19	
277	상주	상주	68.6	34	7.15	19.6	289.36	136.59	
278	상주	상주	67.2	33	7.23	20.5	289.98	136.50	
279	상주	상주	60.0	29	7.19	20.0	289.84	137.16	
280	상주	상주	63.0	31	7.17	20.0	289.77	137.41	
281	상주	상주	57.2	27	7.24	19.7	290.01	137.71	
282	상주	상주	43.7	21	6.54	19.3	289.69	138.46	
283	상주	양아	31.5	15	6.76	19.1	288.16	138.81	
284	상주	양아	95.9	47	7.12	20.3	288.17	135.66	
285	상주	양아	32400.0	19000	7.81	21.7	287.76	135.88	염도20.9‰
286	상주	양아	93.4	45	7.68	19.6	287.94	136.71	
287	상주	양아	85.0	41	7.36	19.6	287.73	136.54	
288	상주	양아	43.4	21	7.21	19.4	288.13	138.22	
289	상주	양아	45.3	22	7.13	19.6	287.68	137.94	
290	상주	양아	82.2	40	6.89	19.8	287.39	137.61	
291	상주	양아	91.3	44	6.90	19.9	286.67	138.46	
292	상주	양아	98.4	48	7.17	19.9	287.14	138.47	해안인접
293	고현	차면	83.3	42	7.73	18.0	279.11	157.98	
294	고현	차면	89.2	45	7.66	18.5	278.40	157.74	
295	고현	차면	126.7	64	8.86	20.1	278.58	157.78	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
296	고현	차면	76.8	31	7.25	20.4	278.96	157.27	
297	고현	차면	68.3	34	7.57	18.0	279.13	157.42	
298	고현	차면	109.7	56	7.57	19.5	278.47	157.34	
299	고현	차면	94.0	48	7.28	19.8	278.51	157.19	
300	고현	갈화	86.0	44	7.45	19.5	276.86	154.88	
301	고현	갈화	89.1	45	7.46	19.3	277.01	155.07	
302	고현	갈화	109.7	56	6.96	22.0	276.69	155.03	
303	고현	갈화	106.7	54	7.65	20.5	276.39	155.18	
304	고현	갈화	76.6	39	9.22	20.6	277.42	155.72	
305	고현	갈화	141.0	72	7.50	19.9	277.13	156.02	
306	고현	갈화	122.4	63	7.37	19.9	278.32	156.29	해안인접
307	고현	갈화	97.3	50	7.61	19.9	278.16	155.76	
308	고현	갈화	131.6	67	7.66	19.8	278.33	155.75	
309	고현	갈화	131.8	67	7.29	19.7	278.06	155.75	
310	고현	포상	102.6	53	7.20	20.8	279.49	155.67	
311	고현	포상	70.1	36	7.50	18.5	279.11	154.78	축사
312	고현	포상	70.8	36	7.61	21.6	279.26	154.84	
313	고현	포상	86.8	44	7.45	19.0	279.43	155.23	
314	고현	포상	116.0	59	6.72	19.1	279.70	155.09	
315	고현	오곡	63.2	32	8.25	21.5	279.34	153.79	
316	고현	오곡	50.7	26	7.49	18.7	279.33	154.03	축사
317	고현	오곡	64.1	32	7.29	18.8	280.23	154.50	
318	고현	오곡	77.1	39	7.36	19.3	280.00	155.17	
319	고현	남치	66.4	33	7.33	18.4	280.87	157.58	축사
320	고현	남치	98.4	50	7.62	18.6	281.01	157.07	
321	고현	남치	98.0	49	7.50	18.3	281.11	157.08	
322	고현	남치	99.2	50	7.57	18.6	281.03	156.82	
323	고현	남치	91.8	46	7.60	18.7	281.21	156.66	축사
324	고현	남치	92.0	46	7.39	19.9	280.84	156.45	
325	고현	대사	150.5	77	7.59	19.8	280.34	155.61	
326	고현	대사	146.2	72	7.63	19.1	280.22	155.62	축사
327	고현	대사	97.2	48	7.64	19.1	280.16	156.09	
328	고현	대사	96.2	48	7.64	19.7	279.97	155.27	
329	고현	포상	107.8	53	7.47	19.8	279.68	155.32	
330	고현	오곡	96.0	47	7.54	18.2	280.87	155.42	
331	고현	대사	170.7	85	7.37	19.6	280.09	155.21	
332	고현	도마	216.0	115	7.16	18.3	280.86	154.09	

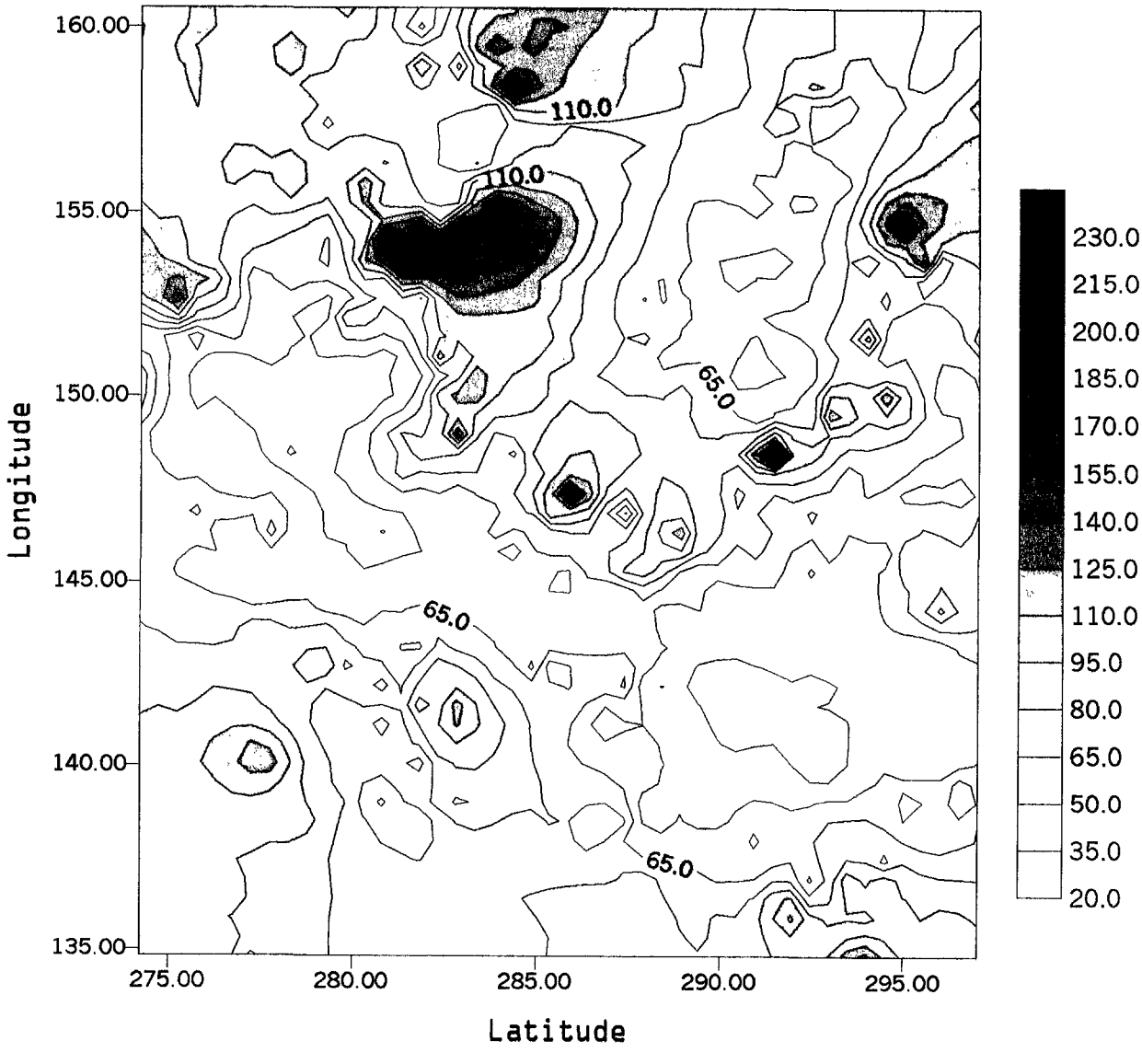
No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
333	고현	오곡	136.1	73	7.39	16.2	280.56	153.67	
334	고현	도마	87.6	47	7.24	15.9	280.76	153.26	
335	고현	도마	221.0	119	7.47	20.3	281.28	153.74	
336	고현	도마	207.0	117	7.51	19.7	281.61	153.64	
337	고현	대곡	30.0	16	7.38	13.6	278.92	152.19	
338	고현	대곡	30.0	16	6.98	18.0	279.43	152.61	
339	고현	대곡	74.5	40	7.33	17.0	279.15	152.81	
340	고현	대곡	56.2	30	7.39	18.3	279.88	152.68	축사
341	고현	대곡	75.7	41	6.86	19.9	280.31	152.63	굴착공사중
342	고현	대곡	64.2	35	7.44	18.1	280.95	152.38	
343	고현	도마	61.3	33	7.50	18.1	281.72	152.81	
344	고현	이어	58.9	32	6.92	18.9	281.59	151.05	
345	고현	이어	135.6	74	6.91	17.9	282.21	151.06	
346	남	홍현	59.6	33	7.37	17.0	281.90	137.18	
347	남	홍현	73.1	40	7.52	16.7	281.92	136.96	
348	남	홍현	77.0	42	7.50	15.8	281.81	136.78	
349	남	홍현	63.0	35	7.53	15.9	281.50	136.98	
350	남	임포	105.3	53	7.17	18.2	278.54	138.58	
351	남	임포	84.8	47	7.41	17.6	279.53	138.89	
352	남	임포	45.6	25	7.18	17.9	280.73	139.01	
353	남	임포	62.9	35	7.14	15.8	281.19	138.91	
354	남	평산	134.8	75	7.37	16.6	277.31	140.21	
355	남	평산	134.1	74	7.51	16.7	277.71	140.15	
356	남	당항	132.3	66	7.33	17.2	282.69	141.96	
357	남	당항	73.5	37	7.53	17.4	282.57	142.01	
358	남	당항	78.2	39	7.55	18.7	282.56	141.51	
359	남	당항	185.9	93	7.11	18.5	282.73	141.43	
360	남	석교	162.0	82	7.53	20.2	282.50	140.75	
361	남	석교	53.4	27	7.44	18.2	281.71	140.16	
362	남	석교	60.8	31	7.28	17.7	282.48	140.76	
363	남	홍현	44.1	22	8.16	17.1	281.93	138.37	
364	남	홍현	58.9	30	7.29	16.5	281.52	138.69	
365	남	홍현	89.6	45	7.23	18.0	282.18	138.86	
366	남	홍현	101.0	52	7.47	17.6	283.01	138.97	
367	남	당항	130.2	66	7.53	19.6	281.89	141.77	
368	남	당항	100.8	51	7.49	17.9	281.74	142.34	
369	남	당항	113.0	57	6.70	18.3	282.16	142.51	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
370	남	당항	41.6	21	7.25	19.3	281.62	142.99	
371	남	당항	49.2	25	7.20	18.9	281.33	142.46	
372	남	당항	63.2	32	7.26	19.0	281.02	142.03	
373	남	당항	85.1	43	7.33	19.4	280.98	142.49	
374	남	당항	103.4	52	7.42	19.9	280.79	142.13	
375	남	당항	92.3	47	7.44	19.5	280.71	142.06	
376	남	당항	102.0	51	7.38	19.0	280.71	141.84	
377	남	죽전	61.3	31	7.08	17.9	280.93	141.28	축사
378	남	죽전	51.5	26	7.29	18.0	280.84	141.22	
379	남	죽전	75.2	38	7.23	18.6	280.92	141.50	
380	남	죽전	117.3	56	7.24	19.7	280.02	152.15	
381	남	평산	64.8	31	8.24	19.4	279.72	141.33	해안인접
382	남	평산	92.0	44	7.63	19.3	279.72	142.03	
383	남	평산	72.2	34	7.53	20.0	279.38	142.00	
384	남	평산	61.3	29	7.42	19.2	279.42	141.40	
385	남	평산	81.3	38	7.43	17.7	278.66	141.81	
386	남	평산	119.9	56	7.65	21.0	278.99	142.47	
387	남	상가	74.0	35	8.58	21.1	279.77	142.82	
388	남	덕월	96.2	45	7.59	18.6	277.47	143.56	
389	남	상가	93.9	45	7.33	19.2	279.21	143.13	
390	남	상가	121.0	58	7.70	20.5	279.26	142.86	
391	남	상가	88.2	42	7.51	18.5	279.45	143.70	
392	남	상가	58.2	28	7.37	17.2	279.35	144.37	
393	남	상가	51.0	24	7.82	18.4	279.99	144.01	
394	이동	신전	28.3	14	7.38	15.7	287.29	146.84	
395	이동	신전	34.1	17	7.15	16.1	286.91	141.24	
396	이동	신전	95.7	49	6.72	17.6	287.31	142.42	해안인접
397	이동	신전	28.9	14	6.98	14.0	288.17	142.26	
398	이동	신전	27.5	14	6.72	19.5	289.57	142.36	
399	이동	신전	26.9	14	6.82	15.1	290.28	142.18	
400	이동	신전	26.8	14	5.99	16.3	290.50	141.10	
401	이동	용소	63.1	32	6.88	17.7	284.59	142.77	
402	이동	용소	96.4	49	7.16	17.7	284.63	142.45	
403	이동	용소	49.0	25	7.21	17.4	284.88	142.55	도로공사중
404	이동	용소	43.0	22	7.26	16.8	284.84	142.73	
405	이동	용소	41.2	21	7.26	17.8	284.60	143.36	
406	이동	용소	60.4	31	7.25	18.6	284.93	143.32	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
407	이동	용소	98.2	50	7.23	17.2	285.39	142.56	
408	이동	용소	49.8	25	7.25	17.0	285.78	143.61	축사
409	이동	용소	55.9	29	7.22	17.4	285.78	143.11	
410	이동	화계	89.1	45	7.14	19.2	285.83	142.51	
411	이동	무림	50.6	26	7.11	17.1	287.27	143.77	
412	이동	무림	70.5	36	8.75	19.2	287.86	143.56	
413	이동	무림	67.9	35	7.34	17.8	287.73	144.07	
414	이동	무림	73.6	37	7.33	18.0	287.83	143.97	
415	이동	무림	36.6	19	6.75	16.1	288.50	144.00	
416	이동	무림	30.0	15	6.96	16.5	288.27	144.02	
417	이동	무림	40.7	21	6.78	17.0	288.10	144.14	
418	이동	무림	73.9	36	6.97	18.7	287.62	144.66	
419	이동	난음	33.7	17	7.02	19.8	289.87	144.88	
420	이동	난음	51.1	25	7.02	18.2	289.42	145.20	
421	이동	난음	61.1	31	9.58	21.6	289.33	144.84	
422	이동	난음	49.2	24	7.33	18.1	289.53	144.87	
423	이동	난음	59.3	29	7.30	18.1	288.99	144.87	
424	이동	난음	34.1	17	7.52	20.0	288.99	144.60	
425	이동	난음	58.9	29	9.10	21.0	289.07	145.32	
426	이동	난음	102.6	51	8.86	20.1	288.31	145.62	공사중
427	이동	난음	106.6	53	7.69	20.0	287.91	145.22	
428	이동	무림	95.2	47	7.55	19.2	287.48	145.31	
429	이동	무림	103.4	52	7.42	19.5	287.47	145.23	
430	이동	무림	42.4	21	6.96	15.3	287.33	144.65	
431	이동	무림	66.2	33	7.21	18.3	286.83	144.39	축사
432	이동	석평	50.0	25	7.77	19.1	286.82	144.70	
433	이동	석평	41.9	21	6.93	16.6	285.69	145.17	
434	이동	석평	40.4	20	7.93	16.0	285.71	145.01	
435	이동	석평	75.6	38	7.50	18.8	286.59	145.83	
436	이동	다정	71.2	35	7.07	18.7	285.49	146.41	
437	이동	다정	32.5	16	7.15	17.2	284.21	145.97	
438	이동	초음	86.2	43	9.75	20.0	284.35	147.09	
439	이동	초음	71.7	36	9.72	19.7	285.05	148.04	
440	이동	초음	120.5	61	7.52	18.2	285.11	148.41	
441	이동	초음	119.3	59	9.69	19.7	285.40	147.68	
442	이동	초음	187.4	94	7.78	17.9	285.97	147.41	
443	이동	다정	56.6	23	7.72	17.5	284.82	146.61	

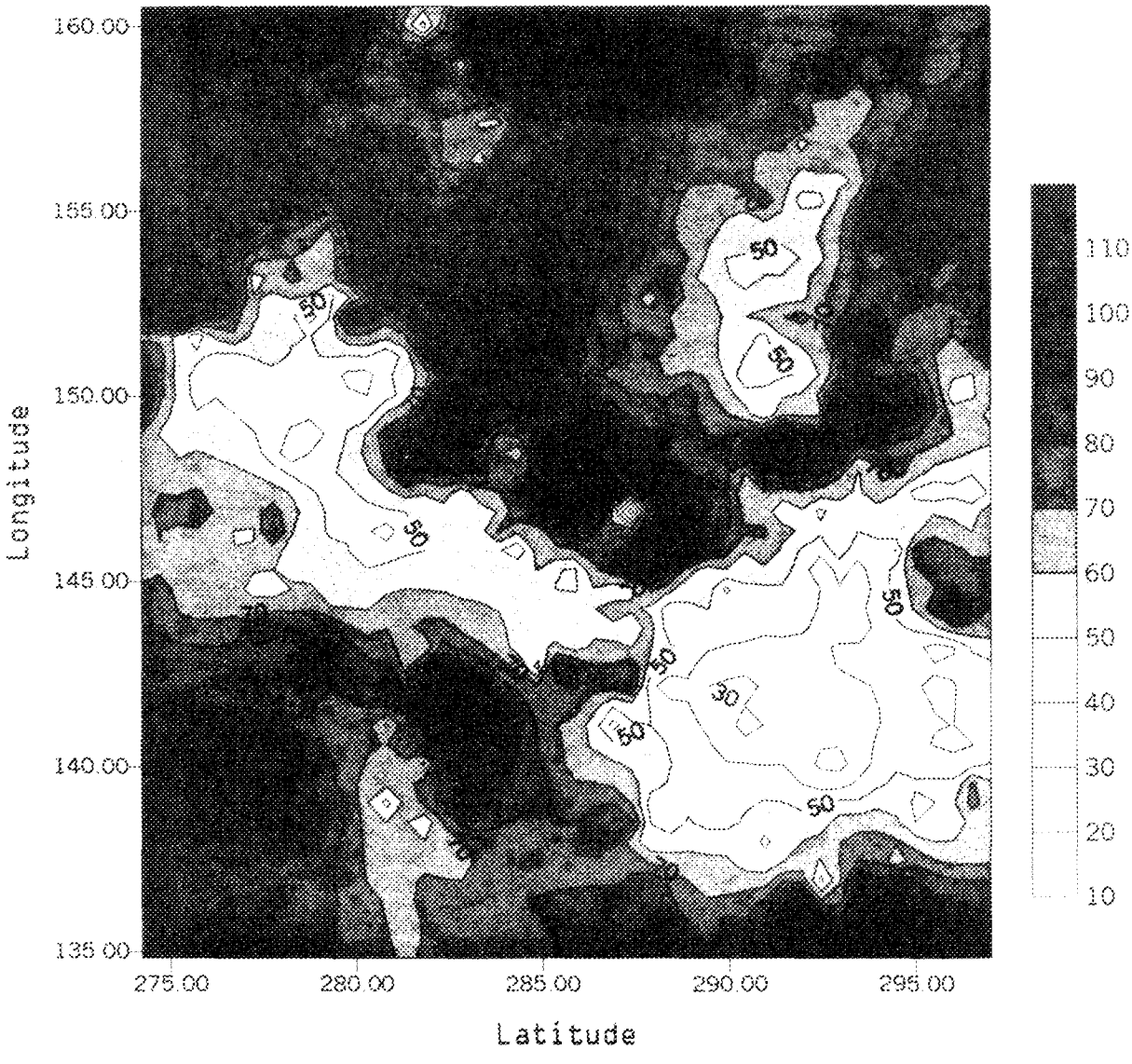
No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
444	이동	초음	155.2	77	9.16	19.1	285.27	147.08	
445	이동	다정	84.5	45	7.15	15.0	283.84	146.53	
446	이동	다정	42.1	21	7.42	15.1	283.61	146.60	
447	이동	다정	53.2	26	7.34	16.3	283.92	147.07	축사
448	삼동	물건	35.7	20	7.80	16.9	295.72	142.01	
449	삼동	물건	40.1	20	7.20	20.1	295.87	142.34	해안인접
450	삼동	물건	35.3	18	7.60	16.8	295.41	143.19	
451	삼동	물건	35.6	20	7.50	16.5	295.83	143.15	
452	삼동	물건	101.2	57	7.10	17.7	295.92	144.23	
453	삼동	물건	83.5	47	7.40	17.5	295.86	144.64	
454	삼동	물건	59.6	34	7.60	16.9	295.37	144.99	
455	삼동	동촌	69.0	40	7.20	16.1	296.43	145.69	
456	삼동	동촌	59.1	34	7.50	16.2	296.55	146.28	
457	삼동	동촌	72.4	41	7.50	16.8	297.02	146.57	
458	삼동	동촌	38.7	22	7.50	16.4	296.46	147.29	
459	삼동	동촌	38.4	22	7.50	15.7	295.64	147.48	
460	삼동	동촌	42.8	24	7.40	18.0	294.86	147.43	해안인접
461	삼동	동촌	38.0	21	7.50	18.0	294.89	146.41	
462	삼동	동촌	88.2	48	7.70	19.1	294.91	146.23	공사중
463	삼동	동촌	53.0	30	7.80	17.3	295.83	146.03	
464	삼동	동촌	99.3	54	7.40	18.3	295.74	145.74	
465	삼동	동촌	101.4	54	8.90	19.5	295.41	145.71	
466	삼동	동촌	58.4	33	8.20	17.7	295.48	145.95	
467	삼동	동촌	86.0	47	7.90	18.0	295.22	145.81	공사중
468	삼동	동촌	38.0	21	7.90	18.6	294.45	145.79	
469	삼동	동촌	24.2	15	7.30	15.2	292.75	140.11	
470	삼동	동촌	29.3	15	7.10	20.2	292.73	141.11	
471	삼동	동촌	38.8	22	7.20	16.4	292.78	141.86	
472	삼동	동촌	29.5	17	7.30	17.2	292.69	142.15	
473	삼동	동촌	47.0	25	7.00	19.0	293.63	142.54	
474	삼동	동촌	31.1	17	7.20	19.4	293.11	142.20	
475	삼동	동촌	46.9	25	7.00	19.2	293.16	142.86	
476	삼동	동촌	34.3	18	7.40	20.2	293.28	143.74	
477	삼동	동촌	32.9	18	7.40	19.2	293.59	144.68	
478	삼동	동촌	43.9	23	7.30	19.4	293.99	145.34	
479	삼동	동촌	34.2	19	7.20	18.1	293.63	145.51	
480	삼동	동촌	27.9	15	7.20	17.7	293.27	145.52	

No.	면	리	EC(㎲/cm)	TDS(ppm)	pH	TMP(℃)	X[TM]	Y[TM]	비고
481	삼동	동촌	49.8	29	7.30	16.2	292.76	146.19	
482	삼동	동촌	65.2	37	7.40	16.9	293.03	145.68	
483	삼동	동촌	26.9	15	7.30	18.4	292.41	145.51	
484	삼동	동촌	57.4	34	7.20	14.7	291.27	145.38	
485	삼동	동촌	77.2	44	7.40	16.9	290.78	146.08	
486	삼동	동촌	89.0	43	7.16	18.4	289.66	145.76	
487	삼동	동촌	135.4	66	7.87	17.8	288.76	146.08	
488	삼동	동촌	81.7	40	7.53	18.6	289.30	146.42	축사
489	삼동	동촌	159.6	78	7.23	19.3	288.82	146.20	
490	삼동	동촌	48.7	24	6.81	15.6	290.26	145.72	
491	삼동	동촌	78.9	39	7.10	17.8	290.03	146.22	
492	삼동	동촌	90.6	44	7.29	18.4	290.11	146.29	
493	삼동	동촌	51.5	25	7.23	17.1	290.26	146.65	
494	삼동	동촌	91.6	45	7.13	17.0	289.81	146.93	
495	삼동	동촌	52.3	26	7.23	20.0	290.56	147.61	
496	삼동	동촌	45.2	22	7.10	19.5	291.46	147.08	
497	삼동	동촌	92.3	45	7.42	18.8	291.49	148.01	
498	삼동	동촌	262.0	129	7.34	19.2	291.34	148.56	해안인접
499	삼동	동촌	112.4	55	7.61	19.8	292.66	148.30	해안인접
500	삼동	동촌	66.1	32	7.42	19.3	292.53	147.50	
501	삼동	동촌	46.0	22	6.93	18.6	292.43	146.97	
502	삼동	동촌	54.8	27	7.29	17.5	293.47	147.11	
503	삼동	동촌	67.7	33	7.28	17.6	293.96	147.53	
504	삼동	동촌	77.7	38	7.27	18.8	294.62	147.82	해안인접
505	삼동	동촌	49.3	24	7.38	19.4	293.30	147.78	
506	삼동	동촌	69.2	34	7.28	18.4	293.32	148.37	



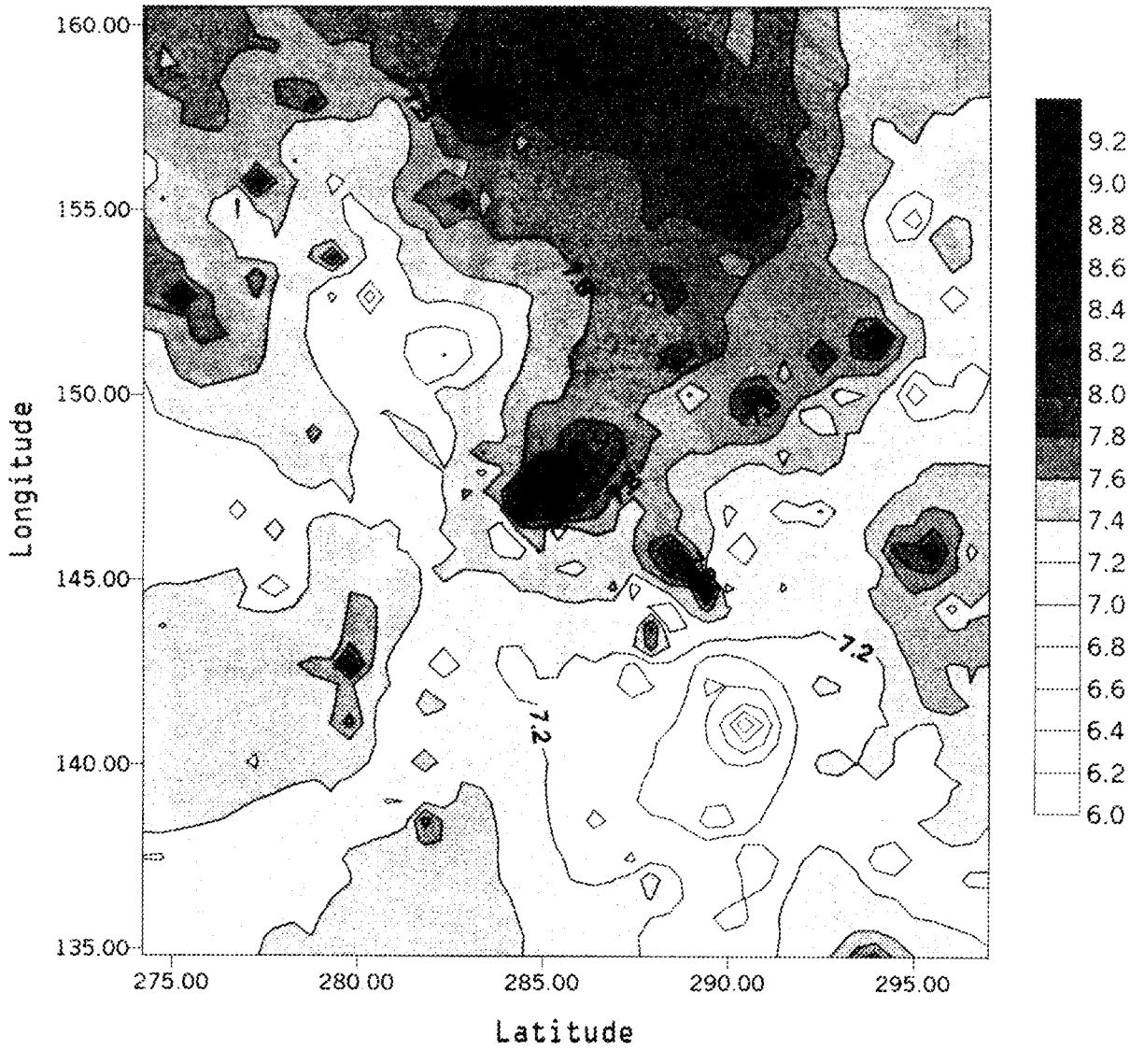
Equal line of EC

<그림. 5-5> 지표수 EC 등수치선도

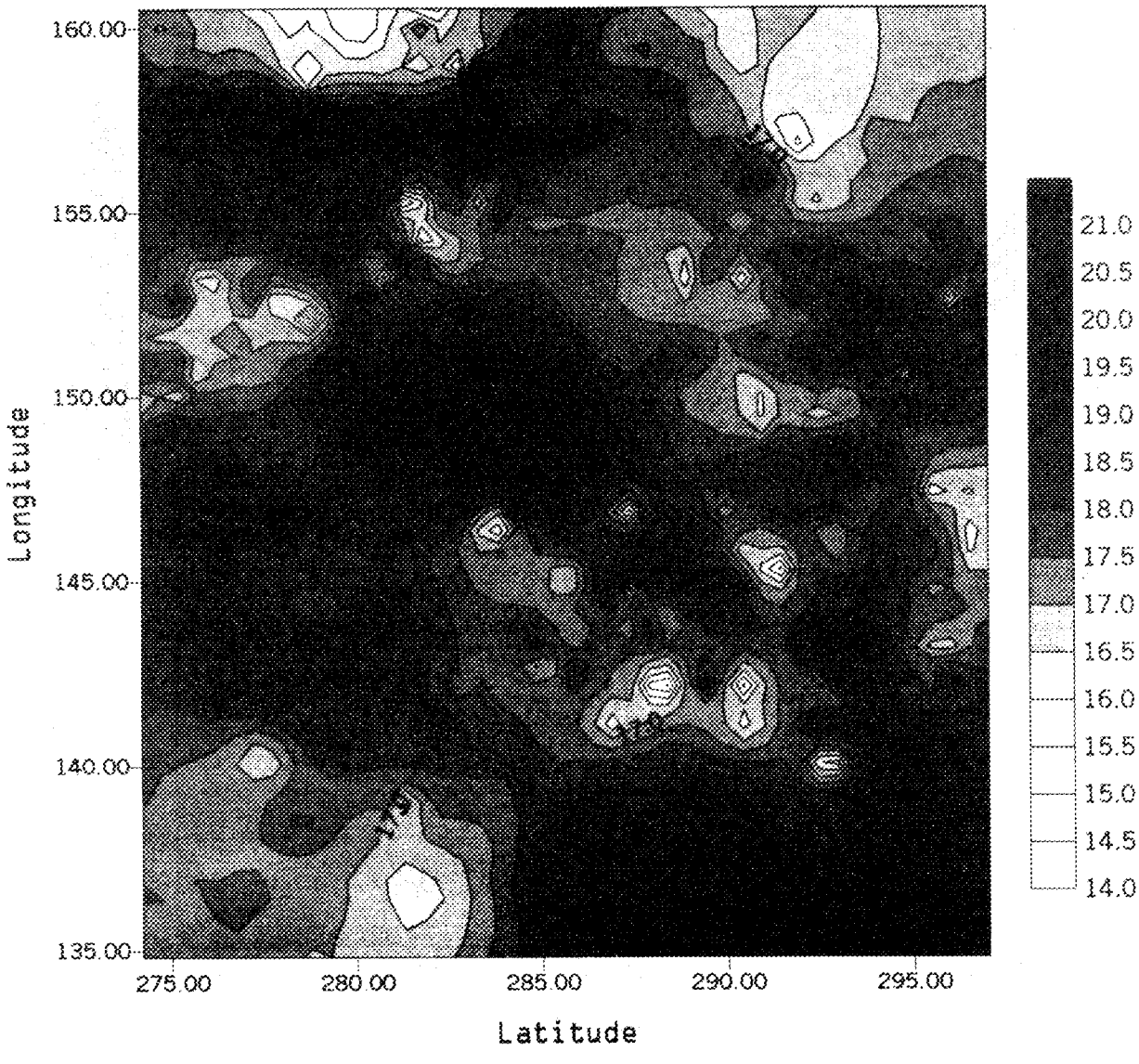


Equal line of TDS

<그림. 5-6> 지표수 TDS 등수치선도



<그림. 5-7> 지표수 pH 등수치선도



<그림. 5-8> 지표수 온도 등수치선도

그 중 1,000㎲/㎝이 넘는 곳이 4곳이나 되었는데 창선면 오용리 D132관정이 10,130㎲/㎝, 창선면 광천리가 4,940㎲/㎝, 삼동면 지족리가 1,685㎲/㎝, 설천면 비란리가 1,540㎲/㎝으로 조사되었다. 이들은 대부분 해안가에 위치한 관정이나, 해안에서 떨어져 있다 하더라도 지하 지질구조에 의해 염수침입이 의심되는 곳으로 정수장치나 보수가 필요한 지역이다.

지하수의 수질은 측정한 동일지점의 지표수의 수질을 보면 고현면 갈화리의 경우 지하수의 EC는 주위보다 높은 511~969㎲/㎝을 보이는 반면, 지표수의 경우는 평균 109.2㎲/㎝으로 나타나는 지역이다. 지표수는 낮은 EC치를 보이나 지하수의 수치가 높게 나타나는 것은 타오염원이 지하로 유입되었거나 과잉양수로 인한 대수층의 불균형으로 지하수에서 연결된 대수층으로 주위의 높은 EC치를 가지는 타암석의 지하수가 대수층을 통해 유입됐다고 가정할 수 있다. 실제로 이 지역은 해안을 개간하여 타용도로 토지를 이용하는 곳이 많으며 마을 공동 간이 상수도가 염수에 의한 침입으로 오염되어 여러번에 걸쳐 보수와 재개발을 했으며, 99년 해수침투 관측 시스템에 의해 관리되고 있는 지역으로, 대수층을 포함한 암석 자체의 원인보다는 상대적으로 높은 EC수치를 가진 타 오염원(염수)에 의한 침입에 의해 높은 EC를 보이는 곳이다.

지표수의 수질을 보면 조사지역 중 고현면 도마리의 경우 EC가 200㎲/㎝이 넘어 지구평균치를 웃돌고 있다. 남해의 경우 평야부가 적고 임야가 많은 섬지방으로 수계가 짧고 수계간의 연관성이 없어서 지구내 수계를 대 분류하기가 힘들다. 대부분의 수계는 발원지에서 낮은 EC치를, 해안에 가까울수록 높은 EC치를 보였으며, 상주면 양아리의 경우 밀썰물 차가 커서 육지수계의 경우도 EC수치가 32,400㎲/㎝으로 염도 20.9%를 보이는 곳이다.

지하수의 pH의 경우는 평균 7.21로 나타났으며, 가장 높은 지역은 설천면 문의리(8.80), 가장 낮은 지역은 창선면 오용리(5.66)로 나타났다. 지표수의 경우는 평균 7.52를 나타내고 가장 수치가 높은 곳은 설천면 금음리로 9.80, 낮은 곳은 이동면 신전리 복곡천으로 5.99로 다른 지역과 유사한 수치를 보인다.

5-2. 주요 이온 분석결과

지하수에 용해된 화학성분중 대부분은 Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, K^{+}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO^{2-}_4를 주요원소로 한다. 조사지구 지하수의 수질조성상의 특성과 물성분의 변화를 파악하기 위하여 총 15개소에 대하여 EC, 양이온, 음이온 분석을 농업기반공사 농어촌연구원에 의뢰하였다.

분석결과를 토대로 하여 수질특성을 파악하기 위하여 주성분인 양이온 Ca^{2}+, Na+, Mg^{2}+, K+등과 음이온 Cl-, SO42-, HCO_3^{-}의 화학비를 epm[B] million)으로 환산하여 성분분석에 이용하였다<표. 5-4>.

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

분석치의 평균을 보면, 양이온 평균은 K^{+} 0.047epm, Ca^{2+} 0.262epm, Na^{+} 0.565epm, Mg^{2+} 1.580epm 이며, 음이온 평균은 HCO^{-}_3 1.403epm, Cl^{-} 0.812epm, SO_4^{-2} 0.279epm 이다. 지질별로 보면 백악기 퇴적암의 경우 K^{+}가 0.055epm, Na^{+}가 0.546, Ca^{2+}가 0.291, SO_4^{-2}가 0.251, HCO^{-}_3가 1.556으로 지구 평균과 거의 유사하게 나타났으며, 백악기 화강암의 경우 K^{+}가 0.023, Na^{+}가 0.619로 약간 높게 나타났으며, 음이온에서는 HCO^{-}_3가 0.983epm으로 평균보다 높게 나타났다.

Piper diagram의 양이온과 음이온의 백분율로서 4가지 유형으로 분류할 수 있다.

- $Ca-HCO_3$ 형으로 대표되는 Carbonate hardness형
- $Na-HCO_3$ 형으로 대표되는 Carbonate alkali형
- $Ca-SO_4$ 혹은 Ca-Cl형의 noncarbonate hardness형
- $Na-SO_4$ 혹은 Na-Cl형의 noncarbonate alkali형

조사지역의 수질특성을 파악하기 위해서 지질별로 투영을 하였다.

Piper diagram<그림. 5-5>에서 조사지구의 지하수는 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 나타내며, 알칼리 장석 화강암의 경우 $Ca-HCO_3$형으로 대표되

<표.5-3 > 지하수 이온분석 결과(ppm)

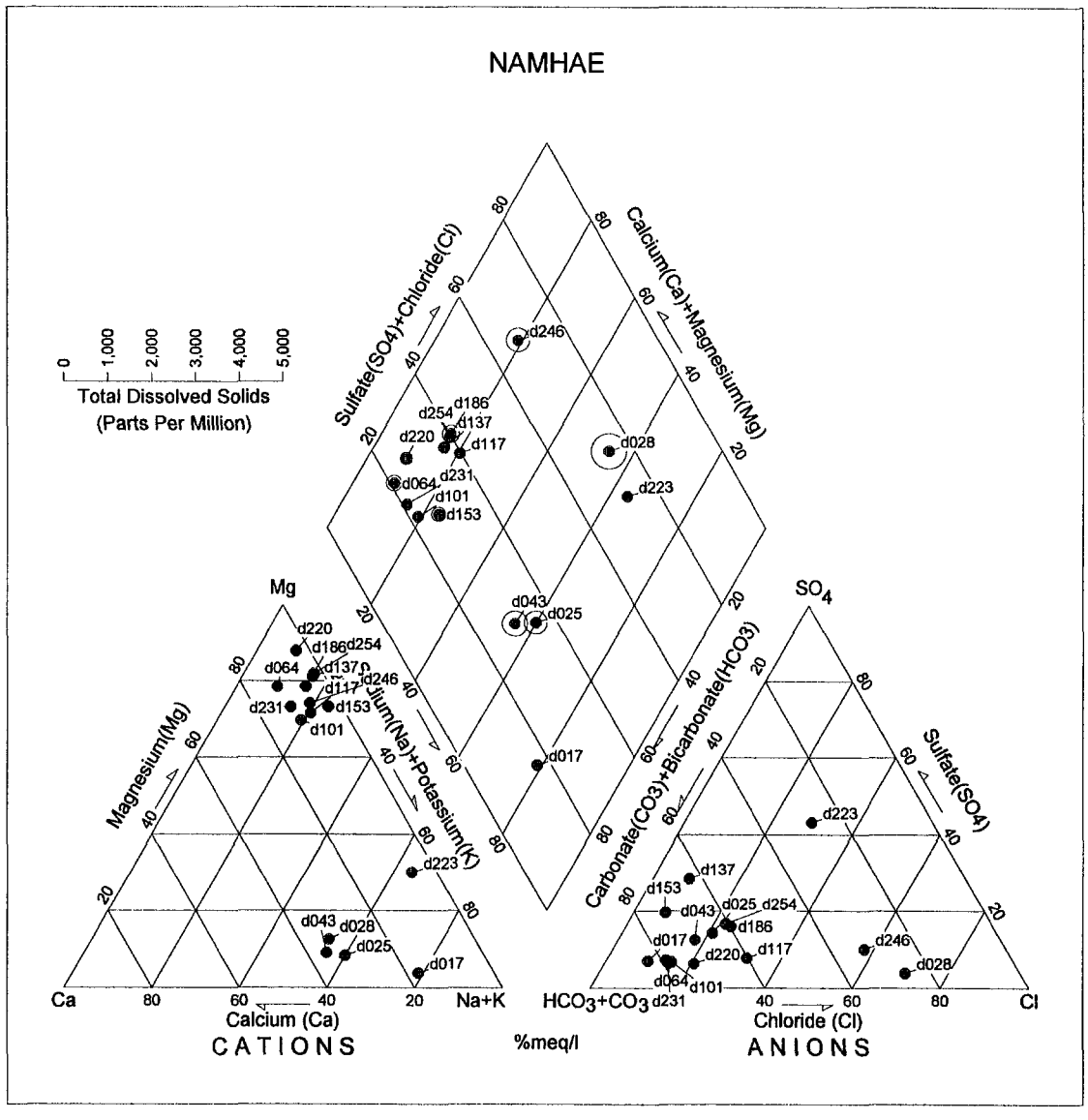
관정번호	위치	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO4	NO3	HCO3
D017	설천면 문항리	ND	10.10	1.93	0.26	6.00	6.00	2.00	89.06
D025	설천면 진목리	0.06	22.02	10.14	1.64	31.00	29.00	1.20	165.92
D028	고현면 갈화리	9.60	31.46	19.90	4.59	186.00	14.00	21.10	118.34
D043	고현면 오곡리	1.36	16.38	9.63	1.50	30.00	29.00	0.30	203.74
D064	서면 서호리	1.02	6.64	8.13	32.04	11.00	8.00	4.30	109.80
D101	남해읍 평현리	ND	5.38	2.72	10.36	5.00	3.00	0.90	43.92
D117	창선면 당저리	ND	11.04	3.74	20.47	15.00	5.00	7.70	48.80
D137	창선면 오용리	ND	9.87	1.48	26.37	5.00	23.00	ND	64.66
D153	남면 당항리	ND	17.93	2.07	29.49	5.00	18.00	0.30	84.79
D186	남면 홍현리	0.78	15.03	4.76	40.71	21.00	19.00	6.20	89.67
D220	삼동면 동천리	0.63	5.90	1.92	32.59	12.00	5.00	7.50	73.20
D223	삼동면 물건리	ND	8.24	0.63	2.05	3.00	6.00	0.40	4.88
D231	삼동면 영지리	ND	4.49	3.02	11.52	5.00	3.00	1.80	46.36
D246	상주면 양아리	1.05	24.46	7.88	51.91	84.00	20.00	2.70	80.52
D254	미조면 미조리	0.13	8.22	0.93	22.56	13.00	13.00	1.80	59.78

<표.5-4 > 지하수 이온분석 결과(epm)

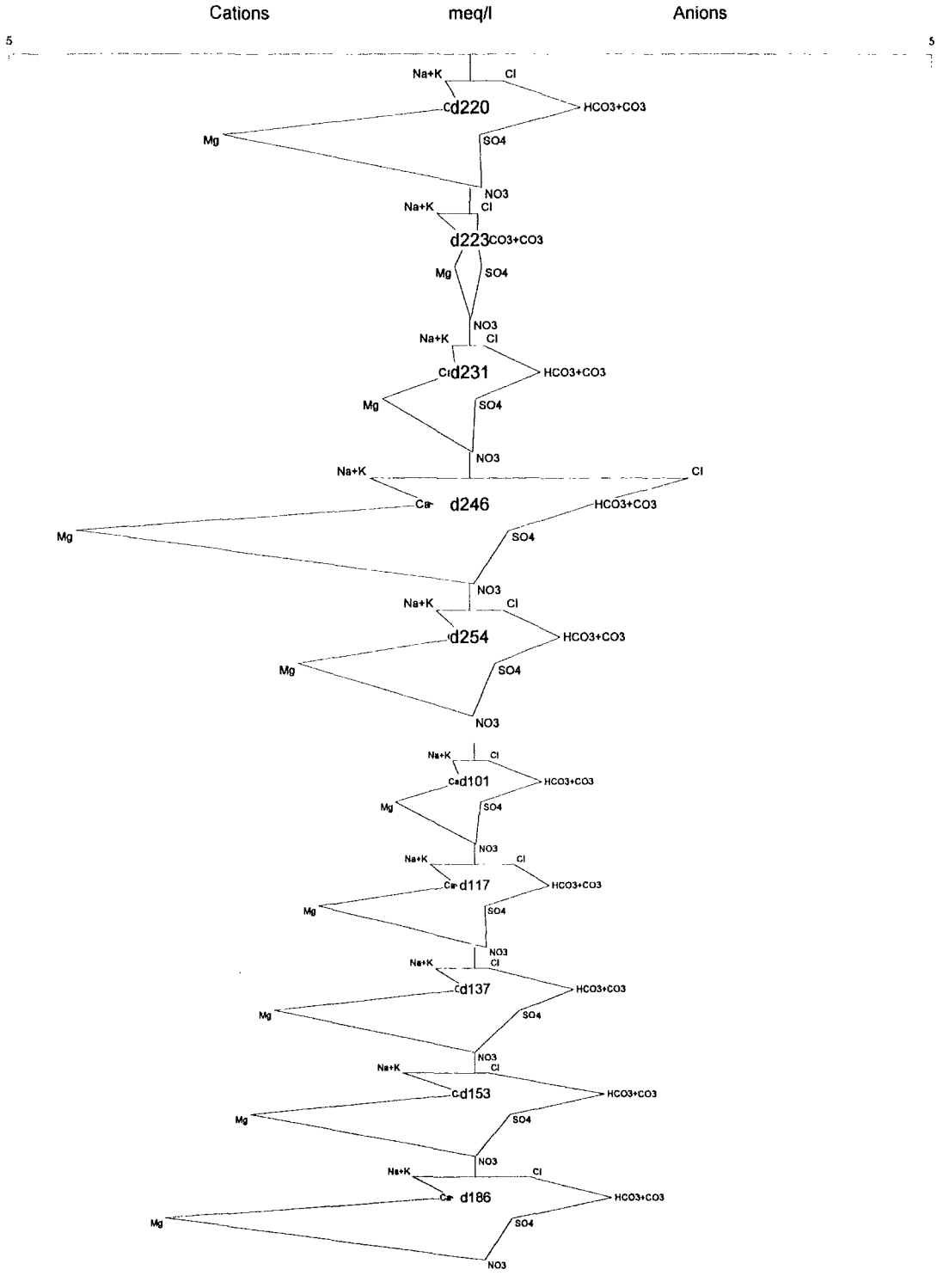
관정번호	위치	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO4	NO3	HCO3
D017	설천면 문항리	ND	0.43	0.10	0.02	0.17	0.12	0.03	1.46
D025	설천면 진목리	0.00	0.95	0.51	0.13	0.87	0.60	0.02	2.72
D028	고현면 갈화리	0.25	1.35	0.99	0.38	5.25	0.29	0.34	1.94
D043	고현면 오곡리	0.03	0.70	0.48	0.12	0.85	0.60	0.00	3.34
D064	서면 서호리	0.03	0.29	0.41	2.64	0.31	0.17	0.07	1.80
D101	남해읍 평현리	ND	0.23	0.14	0.85	0.14	0.06	0.01	0.72
D117	창선면 당저리	ND	0.47	0.19	1.68	0.42	0.10	0.12	0.80
D137	창선면 오용리	ND	0.42	0.07	2.17	0.14	0.48	ND	1.06
D153	남면 당항리	ND	0.77	0.10	2.43	0.14	0.37	0.00	1.39
D186	남면 홍현리	0.02	0.65	0.24	3.35	0.59	0.40	0.10	1.47
D220	삼동면 동천리	0.02	0.25	0.10	2.68	0.34	0.10	0.12	1.20
D223	삼동면 물건리	ND	0.35	0.03	0.17	0.08	0.12	0.01	0.08
D231	삼동면 영지리	ND	0.19	0.15	0.95	0.14	0.06	0.03	0.76
D246	상주면 양아리	0.03	1.05	0.39	4.27	2.37	0.42	0.04	1.32
D254	미조면 미조리	0.00	0.35	0.05	1.86	0.37	0.27	0.03	0.98

는 Carbonate hardness형으로 나타났으며, 나머지 대부분의 지질은 Ca-SO_4 혹은 Ca-Cl형의 noncarbonate hardness형으로 나타났다. 이들은 양이온에서는 주로 Mg와 Ca가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3+CO_3와 SO_4가 우세하게 나타났다. 그림에서 결과도에 나타나는 원은 TDS를 나타내는 원으로서 모두 1,000ppm미만으로 나타나 백아기 화강암을 제외하고는 모두 낮은 수치의 TDS원을 형성한다.

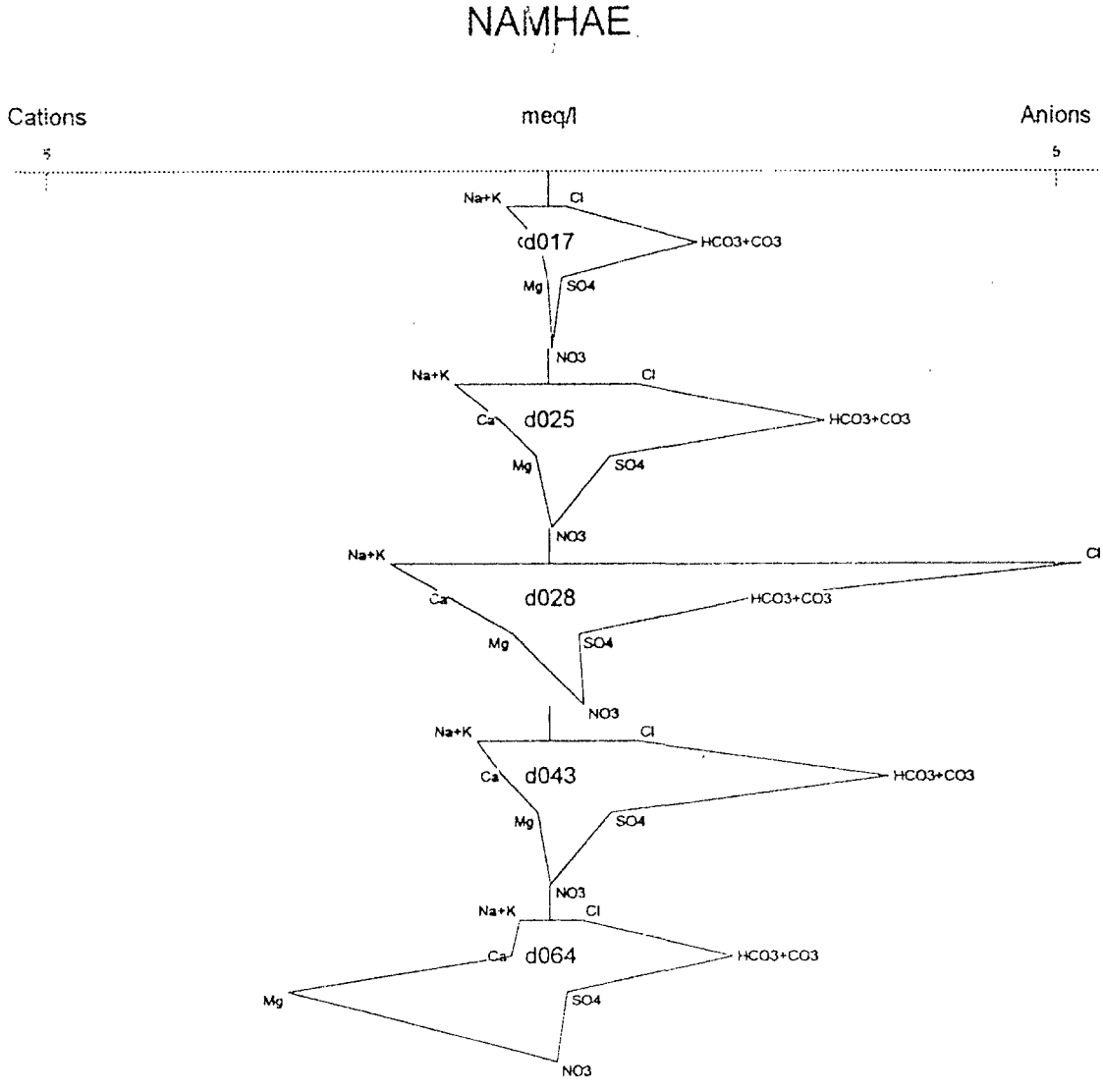
Stiff diagram<그림.5-6>은 diagram 좌측에 Na+K, Ca, Mg 양이온의 epm 함량을, 우측에 Cl, SO_4, HCO_3 음이온의 epm 함량을 각각 표시하여 이온함량비를 diagram 모양을 이용, 형태적으로 분석하고 그 형태의 크기를 산출 비교하여 오염정도의 척도로 이용하기 위해서 사용한다. Stiff diagram에서 양이온 함량은 d017, d025,d028, d034를 제외하고는 모두 Mg>Na+K>Ca의 순으로 비슷하게 나타났으나 음이온 함량에 있어서는 모두 HCO_3>Cl>SO_4의 관계를 나타내고 있다. 암반관정에 있어 대체로 양이온 함량이 음이온 함량보다 약간 높게 나타나는 경향을 보인다.



<그림. 5-9> 지하수 수질특성 Piper Diagram



<그림. 5-10> 지하수 수질특성 Stiff Diagram



<그림. 5-10> 지하수 수질특성 Stiff Diagram(계속)

5-3. 먹는물 기준 수질검사 결과

조사지구내 지하수의 전반적인 수질성분을 파악하기 위하여 현재 사용중인 기설관정중 지하수 관측망 설치를 위한 암반관측정을 포함한 암반지하수 15점에 대하여 농업기반공사 농어촌연구원에 먹는물 수질기준의 지하수 수질검사를 의뢰하였다. 표에서 ND는 불검출을 의미한다<표.5-5>

수질검사 항목별 분석을 보면 건강상 유해 영향 무기물질에 관한 기준중 대부분 기준초과공이 없었으나 고현면 갈화리의 D028관정에서 질산성질소가 21.1㎎/ℓ로 나타나 기준치인 10㎎/ℓ를 2배 초과했으며,. 특이한 것은 남면 당항리 D153의 경우 불검출되어야 할 수은이 0.027㎎/ℓ 검출되어 주변에 의한 정밀조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 건강상 유해 영향 유기물질에 대한 기준 중에서는 기준 초과공이 없었고, 심미적 영향 물질에 관한 기준 중 색도 초과공이 D028 1곳, 증발잔류물 초과공이 D028 1곳으로 고현면 갈화리의 D028관정은 질산성질소, 염소이온, 증발잔류물등을 초과하여 나타나서 이 또한 정밀조사가 이루어져야 할 관정이다. 그 밖에 과망간산 칼륨과 알루미늄 등은 초과한 관정이 없었다.

<표.5-5 > 먹는물 기준 지하수 수질검사 결과

시 험 항 목	기 준	D017	D025	D028	D043	D064
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	MD	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
암모니아성질소(NH_4-N)	< 0.5mg/ℓ	0.03	ND	0.01	0.03	0.03
질산성질소(NO_3-N)	< 10 mg/ℓ	2.0	1.2	21.1	0.3	4.3
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	0.004	0.002	0.002	0.007	0.004
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	0.003	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합
색도	< 5도	ND	ND	ND	ND	ND
탁도	< 2 도	0.08	0.14	0.2	0.12	0.08
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	6.9	7.6	6.8	7.2	7.5
염소이온(Cl-)	< 150 mg/ℓ	6	31	186	30	11
황산이온(SO_4^{-2})	< 200 mg/ℓ	6.0	29.0	14.0	29.0	8.0
증발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	124	262	905	303	191
간산칼륨($KMnO_4$)소비량	< 10 mg/ℓ	0.8	1.4	1.7	1.7	0.5
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	6	32	69	30	154
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.015	0.009	0.009	0.014	0.010
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.042	0.013	0.027	0.151	0.018
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.002	0.020	0.002	0.032	0.001
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02

시 험 항 목	기 준	D101	D117	D137	D153	D186
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	0.1	1.0	0.2	0.2
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	0.027	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
암모니아성질소(NH_4-N)	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	0.01	ND
질산성질소(NO_3-N)	< 10 mg/ℓ	0.9	7.7	ND	0.3	6.2
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	0.004	0.002	0.005	0.004	0.003
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합
색도	< 5도	3	ND	ND	ND	2
탁도	< 2 도	1.9	0.16	0.2	0.1	0.14
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.4	6.8	7.8	8.0	7.6
염소이온(Cl-)	< 150 mg/ℓ	5	15	5	5	21
황산이온(SO_4^{-2})	< 200 mg/ℓ	3.0	5.0	23.0	18.0	19.0
증발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	85	151	123	116	234
과산칼륨($KMnO_4$)소비량	< 10 mg/ℓ	0.2	0.6	0.2	0.3	0.6
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	0.02	ND	ND	0.01	ND
경도	< 300mg/ℓ	50	95	114	128	182
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.008	0.006	0.005	0.015	0.010
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.135	0.109	0.008	0.034	0.051
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.002	0.002	0.010	0.001	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.08	0.03	0.02	0.01	0.02

시 험 항 목	기 준	D220	D223	D0231	D246	D254
납(Pb)	< 0.05mg/ℓ	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03
불소(F)	< 1.5mg/ℓ	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1
비소(As)	< 0.05mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
세레늄(Se)	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	0.007	ND
수은(Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
시안(CN)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6가크롬(Cr+6)	< 0.05mg/ℓ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
암모니아성질소(NH_4-N)	< 0.5mg/ℓ	ND	0.01	0.01	0.01	0.02
질산성질소(NO_3-N)	< 10 mg/ℓ	7.5	0.4	1.8	2.7	1.8
카드뮴(Cd)	< 0.01mg/ℓ	ND	0.008	0.008	ND	ND
페놀	< 0.005mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
총트리할로메탄(THMs)	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
다이아지논	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
파라티온	< 0.06mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
말라티온	< 0.25mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
페니트로티온	< 0.04mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
카바릴	< 0.07mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
1.1디클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
사염화탄소	< 0.002mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
테트라클로로에틸렌	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
트리클로로에틸렌	< 0.03mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
디클로로메탄	< 0.02mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
벤젠	< 0.01mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
톨루엔	< 0.7mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
에틸벤젠	< 0.3mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
크실렌	< 0.5mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합
색도	< 5도	ND	ND	3	ND	7
탁도	< 2 도	0.14	0.3	4	0.05	13
수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	7.5	7.9	7.3	7.2	7.7
염소이온(Cl-)	< 150 mg/ℓ	12	3	5	84	13
황산이온(SO_4^{-2})	< 200 mg/ℓ	5	6.0	3.0	20.0	13.0
증발잔류물(TS)	< 500 mg/ℓ	188	37	106	389	157
과산칼륨($KMnO_4$)소비량	< 10 mg/ℓ	0.3	0.8	0.2	0.5	6.2
철(Fe)	< 0.3 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
경도	< 300mg/ℓ	141	10	56	236	96
동(Cu)	< 1 mg/ℓ	0.016	0.013	0.007	0.007	0.007
아연(Zn)	< 1 mg/ℓ	0.014	0.014	0.012	0.005	0.007
망간(Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.002	ND	0.001	ND	ND
세제(ABS)	< 0.5 mg/ℓ	ND	ND	ND	ND	ND
알루미늄(Al)	< 0.2 mg/ℓ	0.03	0.06	0.06	0.02	0.04

5-4. 잠재오염원 조사

가. 오염원의 분류

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. 지하수 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 대분할 수 있다. 점오염원은 점원위치에서 오염물질이 배출되는 것을 말하며, 정화조, 지하저장탱크, 유해폐기물 부지, 매립지, 지표저류시설, 폐관정등이다. 비점오염원은 넓은 지역에서 오염물질이 광범위하게 확산되는 것을 말하며, 농약살포, 비료살포 등의 농업오염원과 산성강우 등이 있다.

○ 정 화 조

분뇨에는 다량의 질소화합물이 포함되어 있으며, 질소화합물은 토양에 유입되면 토양박테리아에 의해 질산염으로 산화되어 지하수로 침투된다.

유역별 인구와 경지면적은 수질에 영향을 미치는 인자이나 본지구의 인구밀도는 비교적 낮아(178명/㎢) 지하수 오염에는 큰 영향은 미치지 않을 것으로 예상된다.

최근 농촌에서도 현대식 주택이 널리 보급되면서 정화조에 의한 분뇨유출이 이루어져 토양오염이 이루어질 가능성이 있다. 본 지구에서 질소화합물의 지하수 유입정도를 분석하기 위하여 암모니아성질소 및 질산성질소의 농도분석 결과를 살펴보면 암모니아성질소는 검사관정 모두가 불검출이고, 질산성질소의 평균농도는 4.16㎎/ℓ로 낮은 값을 나타낸다. 고현면 갈화리 D028과 같이 관정주위에 오염방지 시설이 되어 있지 않거나 주위에 축사가 있는 경우는 대부분의 관정의 질산성질소가 기준초과를 보였다. 오염방지 시설을 한 경우에도 축사 배수시설이 정상적으로 되있지 않고, 관정 보호공의 설계가 지면보다 낮을 경우 오염정도가 심각한 것으로 나타났다.

○ 농약 및 비료살포

농업오염원은 가축의 분뇨, 비료, 각종 농약 등이 대부분을 차지한다. 이들의 성분은 주로 질산화합물, 인산염, 박테리아, 염화물, 중금속 등이다. 총 농경지 분포면적은 밭이 32.3㎢, 논이 49.24㎢로 총 81.06㎢으로 조사지구 총면적의 22.4%

의 면적을 보이는데 조사지구는 여느 시.군에 비해 산계 형성의 밀도가 높은 곳으로 고현면의 관당들, 버리들, 남해읍 주변, 이동면 초음리, 이동면 소재지 일대, 창선면 수산리 일대 등 소규모의 농경지가 바닷가에 접해 있다. 고현면의 농경지에 있는 관정중 오염방지 시설이 되어 있지 않은 충적관정의 경우 주변관정의 평균 EC가 960㎲/㎝을 보였는데 농약살포 처럼 넓은 면적으로의 잔존율이 높은 성분을 포함하는 오염원을 살포하는 중금속등 경작지의 경우 주위관정의 오염방지 시설에 더욱 큰 주의를 기울여야 하고 인위적인 유입이 되지 않도록 주의해야 한다.

○ **폐기관정**

지하광물자원 및 지하수 등을 탐사 또는 개발하기 위하여 시추를 많이 하고 있다. 이러한 시추공들은 보통 소기의 목적을 달성한 후에는 방치하게 되는데, 이때 시추공의 처리작업을 소홀히 할 경우, 지표의 여러 오염물들이 시추공 내로 침투하여 대수층을 단시일내에 오염시키게 된다.

본 지구에서 폐기관정수의 전체적 파악은 어려우나 주로 해안지방 염수침입 지역에 음용수 개발을 시도하여 발생한 폐공이 몇공 존재하는 것으로 보인다.

본 지구의 농업용 관정의 대부분은 영농기에만 사용되고 비영농기에는 사용되지 않아 이들 관정에 대해서도 수질보호를 위하여 관리가 요망된다.

○ **지하저장 탱크**

주유소의 저장탱크에서 유해 유기화합물이 누출되면 지하수를 오염시킬 수 있다.

대부분 석유류 제품의 저장에 이용되는 지하저장 탱크는 주로 금속제품으로 만들어지기 때문에 시간이 지남에 따라 용접부위가 쉽게 부식되어 저장된 물질들이 지하수로 누출될 수 있다. 지하수가 누출될 경우 가스성분과 벤젠, 톨루엔등 유독성 화합물이 분리되어 토양에 부착, 지하수에 녹게되어 지하수를 오염시키게 된다.

6. 지하수자원의 부존성 평가

6-1. 물수지 분석

전통적인 수문학적 물수지 분석은 물의 순환과정에서 수문제량을 평가하여 지하수의 함양량을 추정하는 과정으로서 수자원의 부존 한계를 결정하는 중요한 도구가 된다.

일반적으로 이 방법은 장기간에 걸친 평균적 균형상태를 가정하기 때문에 중간과정에서의 동적인 수문수리상태를 고려하지 못하는 결점이 있다. 이러한 약점에도 불구하고 계획단계에서 수자원의 지역적인 부존량의 정도를 파악하고 대수층의 초기 및 경계조건을 설정하는 데 있어 수문학적인 물수지분석은 필수적이다.

6-1-1. 강수량에 의한 함양량 분석

지하수의 기원은 강수에 의한 순환수이며, 지표수가 유동하는 과정에서 지질적인 구조, 지형특성, 임상조건, 기온 및 일조량 등에 의하여 대수층으로 함양되는 것으로 수순환계에 의하여 항상 평형상태가 유지되어야 한다.

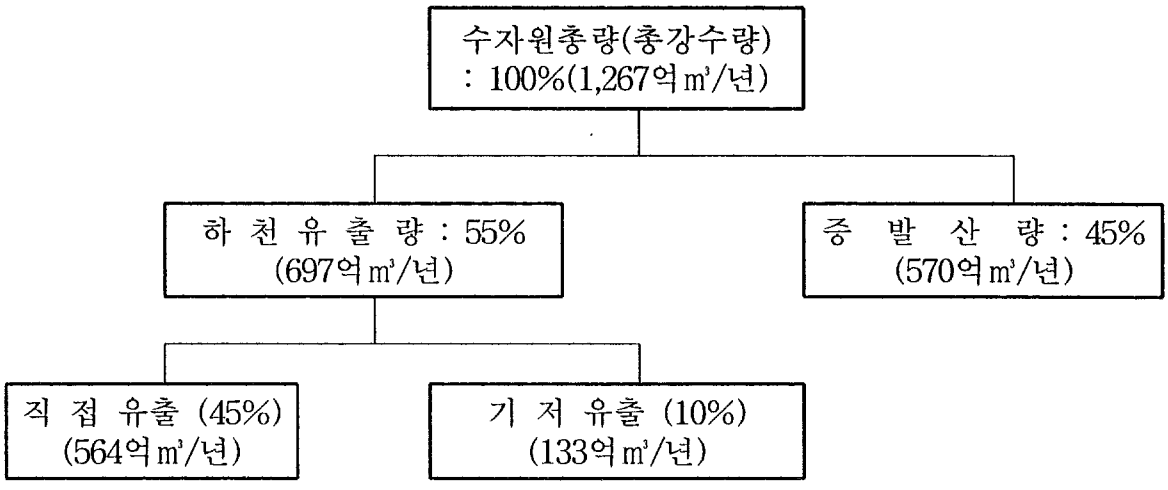
따라서 평형상태가 파괴될 경우 저류량의 변화(자연수위의 변화)를 나타낸다. 강수에 의한 수수지를 분석할 때 지하수 수지는 다음과 같다.

저류량 = 공급량 - 소비량 - 증발산량

본 조사지역의 수수지 분석을 위한 남해기상대의 5년간 강수량 분석에 의해 다음사항을 산출하였으며, <그림. 6-1> 수자원 계통표를 이용하여 조사지구의 연평균 강수량 2,049㎜/년을 적용하여 기저유출량을 계산하였다.

- 조사지구 년평균 강수량(남해기상대, 1995~1999)

  평균 : 2,049㎜/yr, 최대 : 2,848㎜/yr, 최소 : 1,407㎜/yr
- 집수유역면적 : 357,280,000㎡
- 기저유출량 : 수자원총량(732,067천㎥)×기저유출율(0.1)=73,207천㎥



<그림. 6-1> 수자원 계통도(건설교통부, 지하수관리기본계획, 1997.)

본 조사지역의 건교부 발행 우리나라 수자원 현황표에 의한 강수량과 물수지 분석에서 조사지구 년간 수자원 총량은 732,067천㎥로 년간 지하수 함양량(18%)은 131,772.1천㎥/년이며, 이를 1일 사용 가능량으로 환산하면 361.0천㎥/일이다.

6-1-2. 유출분석에 의한 함양량 분석

하천의 유출률은 강수총량에 대한 유출총량의 비로써 다음과 같이 계산된다.

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

하천 유출량의 감소는 지하수위가 강화되었음을 의미하게 되며, 본 유역에 있어서 하천유출량의 측정은 남해관측소에서 측정된 연평균기저유출율(강우함양계수)인 11.5%를 적용하였다(1996, 건설교통부-한국수자원공사 지하수관리 기본계획보고서).

하천유출이 지하수위의 변동과 관련이 있으므로 하천유출량의 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하면 지하수 저류로부터 배출되는 량, 즉 지하수 유동량으로 볼 수 있다. 기저유출율(강우함양계수)을 0.115로 하여 유량을 산출하면 다음과 같다. 여기서 연강수량은 5년간(1995~1999) 남해기상대의 년평균 강수량인 2,049㎜로 계산하였다.

$$\frac{0.115\times357,280\times2.049}{365\times86,400} \fallingdotseq 2,669\text{m}^3/\text{sec} = 230,644.8\text{m}^3/day$$

그러므로 연평균 함양량은 84,185천m³로 나타나고 이 수치는 지하수의 저유상태에 인공적인 변화를 가하지 않고 소모시켜 버릴 수 있는 수량이다.

수문학적인 물수지방법은 일정 수역내의 강수량과 직접유출, 증발산량, 지하수 함양량간에 수문평형이 유지되는 것으로 보아 다음식으로 표현된다.

$$I = P - DR - ER \pm IU$$

여기서, I : 지하수함양량

DR : 지표수 직접유출량

P : 총강수량

ET : 증발산량

IU : 타수역으로부터 지하수 유출입량

○ 강수량, 증발 및 증발산량

조사지역 강수량은 남해기상대에서 관측한 1995~1999년 5년간 측정한 자료의 평균치 2,049㎜/년을 적용하였고, 이로부터 년간 **총 강수량**을 산출하면,

2,049㎜ × 357.3㎢ ≒ 732,107 × 10^6m³가 된다.

증발량은 조사지역에 위치한 남해기상대의 5년간의 관측자료로 산출된 1,057.7㎜/년을 적용하여 조사지역에서의 **수면증발량**을 계산하면,

하천 및 저수지면적(3,249,331㎡) × 증발량(1,057.7㎜) ≒ 3.44 × 10^6m³ 이다.

증발산량은 Turc(1975)의 증발산량 추정공식을 사용하여 얻어진 연간증발산량(ETR) 646.1㎜/년을 적용하고 조사유역에 대한 **총증발산량**을 산출하면,

0.646㎜ × 357.3㎢ = 230.8 × 10^6m³가 된다.

6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량

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

유효공극률은 실내실험으로도 구해질 수 있으나, 이를 그대로 야외에 적용한다는 것은 위험한 일로 거의 적용을 삼가고 있다. 전체적인 저류계수의 산출은 장기적인 수문적 자료에 의한 물수지의 해석으로 가능해질 것이다. 일반적으로 대수층 시험에서 얻어진 수치보다 수배 높은 수치로 나오는 것이 보통이나 대수층시험에서 얻은 수치를 기본으로 하여 부존량의 총량을 구할 수 있다.

6-2-1. 지하수 부존량

충적층의 평균층후는 기설관정 자료에서 얻어진 42m를 적용하며, 풍화대 이하는 암반층으로 간주하였다.

암반대수층의 지하수 부존량은 대수층 심도와 관계된다. 조사지구내 기존 암반관정들의 평균 개발심도가 100~150m에 위치하므로 대수층 심도는 평균심도인 104m로 제한하였으며, 충적대수층은 충적층 평균 층후로부터 수위관측 조사에서 나타난 평균 지하수위가 지면 3.7m이므로 충적층의 포화대 층후는 38.1(≒6.5)m이다.

유효공극률은 암종별 평균공극률 퇴적암 5%, 충적층 35%, 화성암 1%, 변성암 1%(1991. 농어촌진흥공사)에서 충적층은 35%를 적용하고, 암반층은 조사지역이 경상계퇴적암, 관입암류화성암류, 시대미상변성암이 주로 존재하여 구성 지질별 면적비를 따져서 퇴적암 50%, 변성암류 50%를 적용시켜 평균 3%를 조사지역의 암반공극률로 산정하였다.

지하수 부존량 산정에 적용된 유역면적은 조사지역 총면적 357,280,000㎡중 전, 답에 충적층이 주로 분포한다고 가정하여 충적층은 81.63㎢를 산정하고 나머지 토지 275.65㎢에는 암반대수층만을 고려하였다.

이와 같은 방법으로 산정한 조사지역의 지하수부존량은 $2,109.079\times10^6$㎥이고, 이중 암반지하수가 48.4%인 $1,021.25\times10^6$㎥로 평가된다.

<표. 6-1> 지하수 부존량 산출

구 분	면 적 (㎢)	대수층두께 (m)	공극률	부 존 량 (㎥)	비 고
계	357.2			$2,109.79\times10^{6}$	
충 적 층	81.63	38.1	0.35	$1,088.54\times10^{6}$	
충적층하부암반	81.63	65.9	0.03	161.38×10^{6}	
암 반	275.6	104.0	0.03	859.87×10^{6}	

6-2-2. 지하수개발 가능량

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

조사지구의 대수층의 공극률을 적용한 지하수부존량은 $2,109.79\times10^{6}$㎥/년이고, 개발·이용가능량은 319.84×10^{6}㎥/년, 일일 876,273.9㎥/일로 산출되었다.

<표. 6-2> 지하수 부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평 가 방 법	단위	부 존 량			이 용 가 능 량		
		계	충적층	암반층	계	충적층	암반층
공극률 적용 지하수 부존량 산출 (충적35%, 암반3.0%)	$\times10^{6}$㎥/년	2,109.79	1,088.54	1,021.25	319.84	217.71	102.13
	㎥/일	5,780,246	2,982,301	2,797,945	876,273.9	596,465	279,808

안정 채수율을 고려하여 지하수함양량의 70%정도로 적정개발량을 산출할 때 강수량에 의해 함양을 구했을 경우 $73,207\times10^{6}$㎥/년의 함양량으로 적정개발량은 $51,244.9\times10^{6}$㎥/년, 140,397㎥/일이고, 유출분석에 의한 함양량은 84.185×10^{6}㎥/년으로 산출되어 적정개발량은 58.93×10^{6}㎥/년이고 일일로 환산하면 161,452㎥이다.

6-2-3. 지하수개발 예정위치 선정

관정개발은 크게 충적대수층과 암반대수층을 대상으로 이루어진다. 충적층이란 암석이 풍화운반 퇴적된 미고결퇴적물로서 지질시대 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에는 약 7개의 충적관정을 조사하였으며, 본 지구 내에서도 오염이 진행되고 있는 실정으로 향후 충적관정 개발에 의한 지하수 사용은 많은 제한이 있을 것으로 판단된다.

본 지구를 구성하는 기반암은 중생대 백악기 경상계 퇴적암류와 시대미상의 변성암류와 일부 불국사화강암류로 구성되어 있으며, 대부분이 결정질암과 층을 가지는 퇴적암으로서 조사지구 기반암내의 1차 공극에 형성된 암반대수층내의 부존은 불량하여 암반지하수의 부존은 파쇄대 발달지역으로 제한되며, 퇴적암의 경우는 층리를 따른 지하수이동과 결정질암과 마찬가지로 파쇄대 발달지역에 의존하게 된다.

파쇄대 발달은 지각운동, 화성암의 관입 등으로 암반의 파괴에의해 발달하게 되고 암반중에 2차 공극을 형성한다. 본 지구에서 선구조의 발달은 N60~70° E 방향이 우세하게 나타나며, 기설암반관정도 이들 선구조 발달방향을 따라 많이 개발되었다

<표. 6-3> 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평 가 방 법	단 위	함양량	적정개발량	비 고
수자원 계통표 기저유출 10%	$\times 10^6 m^3$/년	73,207	51.244	
	m^3/일	200.567	140.397	
기저유출 (하천유출) 11.5%	$\times 10^6 m^3$/년	84,185	58.93	
	m^3/일	230,645	161,452	

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

7. 지하수 활용계획

7-1. 생활용수 소요수량 및 공급방안

조사지구인 남해군은 대부분이 농어촌지역으로 상수도 보급율이 1999년 현재 33.1%오서 서면, 설천면, 창선면을 제외한 7개면에 보급되어 보급률은 높은 편이다. 창선면은 인구가 8,000명이 넘는 곳으로 아직 상수도 보급이 되지 않은 곳으로 간이 상수도를 생활용수로 사용중이다.

<표. 7-1> 생활용수 소요수량

읍면동	인구수	급수인구	비급수인구	소요수량	기공급량	향후 필요수량	향후 필요관정수
계	63,739	21,090	42,649	9,255	2,589	6,666	50
설천	4,638	-	4,638	1,006	388	618	5.0
고현	6,002	1,456	4,546	986	360	626	5.0
서	4,881	-	4,881	11,059	158	1	7.0
남해	15,060	10,282	4,778	1,037	150	887	6.0
창선	8,621	-	8,621	1,871	475	1,396	10.0
남	5,824	1,693	4,131	896	340	556	4.0
이동	6,151	2,457	3,694	802	290	512	4.0
삼동	6,006	1,470	4,536	984	262	722	5.0
상주	2,741	1,176	1,565	340	48	292	2.0
미조	3,815	2,556	1,259	273	118	155	2.0

지하수를 이용한 생활용수는 현재 134개소이나 아직 그 혜택을 받지 못하는 곳이 많으며, 계곡하천수를 이용한 지표수나 자가 소형관정을 이용한 생활용수 활용이 이루어지고 있어 안정적인 생활용수 공급이 필요한 실정이다.

남해지역의 평균 1일 급수량이 1999년도 217ℓ로 나타났으며, 서울시의 경우 1994년 현재 누수손실량을 포함하여 476ℓ에 이르고 있다.

농촌에서도 지표수 및 지하수의 오염이 이루어지면서 암반관정을 이용한 생활용수 공급이 이루어지고 있다. 본 지구는 광역상수도 보급률이 낮은 지역으로 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급이 필요한 지역이다. 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급은 암반관정 1공당 채수 이용량을 150㎥/일로 하고, 향후 인구의 증감이 없다고 가정할 때 소요수량은 9,255㎥/일 이고, 기 사용량을 제외한 필요수량은 6,666㎥/일로 산출되어 면별 필요공수를 추정한 결과, 총 32공으로 그 내역은 <표. 7-1>과 같다.

남해읍 지역은 평균 급수량을 급수대상 인구에 적용시켰을 때 인구밀집으로 인해 필요수량이 1,037㎥/일로 많은 양이 필요하게 된다. 그러나 함안군 지역은 상수도가 68.3%로 가장 높은 보급율을 보이고, 인구밀집으로 인해 상대적으로 생활 오·폐수가 많이 배출되기 때문에 향후 생활용수로 관정개발을 계획할 때 치밀한 판단이 필요하다.

인구대비 생활용수 사용량이 필요량을 초과하는 것은 없었으나 관정수와 양수량은 많은데 비해 관리소홀로 인한 낮은 우물효율, 과잉양수로 인한 수질오염 등으로 사용이 제한된 경우가 많으므로 어느관정의 경우도 마찬가지 이나 지하수 개발 계획시 그 수요와 필요량을 정확히 산정하여 안정채수량 만큼만 개발하되 시설의 관리와 지하수자원의 보전에 더욱 철저를 기해야 한다.

7-2. 농업용수 소요수량 및 공급방안

조사지역의 농지면적은 밭이 31.92㎢, 논이 49.14㎢으로 총 81.06㎢을 차지하여 전체면적 357.28㎢의 22.7%에 해당한다.

논 49.14㎢중 안전답은 14.14㎢이고, 불안전답은 35.00㎢이다. 단순 경지면적으로 농업용수 소요수량을 파악한 표는 표.7-2와 같다.

단위용수량을 ha당 70㎥/일 로 했을 때 소요수량은 590,801㎥/일 이며, 기공급량은 금회 조사된 농업용수 사용량을 적용하였으나 조사기간이 한정되어 전체 농업용 관정의 사용량이라 보기 힘들다. 그리고 답작에 대한 수리안전도가 전체논의 28.80%로 전체 경지면적의 17.4%로 다소 낮은 관개율을 보여주는바, 소요수량

을 80%로 조정함이 타당하다. 농업용 관정은 함안군 건설교통과에서 98년에 334개소로 조사된바 있다. 금회 조사량이 수량계 측정, 탐문, 유추등으로 이루어지므로 그 수량 또한 조정이 필요하다.

조사된 관정수(133공)가 전체 농업용 관정의 39.8%이고, 조사된 사용량의 신뢰도를 60%라고 가정할 때 기공급향 2,489㎥/일을 전체관정갯수로 환산하면 6,253㎥/일이고, 사용량의 신뢰도를 고려할 때 10,421㎥/일 이 산출된다.

앞에서 언급했듯이 소요수량을 80%로 환산하면 472,640㎥/일 이 된다. 따라서 향후 소요수량은 462,219㎥/일 이 되며 공당 200㎥/일을 적용했을 때 향후 필요관정수는 2,363공이 된다. 이 개수 또한 지표수개발과 저수지, 양수장의 개발등의 계획과 연관시켜 가감해야 할 것이다.

<표. 7-2> 농업용수 소요수량

읍면동	농지면적			소요수량	기공급량	향 후 필요수량	향 후 필요관정수
	계	전	답				
계	84.4	35.3	49.1	590,801	2,489	588,312	3,922
설천	8.1	2.9	5.2	56,921	283	56,638	378
고현	9.1	3.0	6.1	63,826	259	63,567	424
서면	9.2	3.9	5.3	64,576	355	64,221	428
남해	10.9	5.4	5.5	76,370	433	75,937	506
창선	12.7	5.3	7.4	88,665	324	88,341	589
남면	10.9	5.4	5.5	76,370	302	76,068	507
이동	9.5	2.8	6.7	66,270	168	66,102	441
삼동	'8.8	3.7	5.2	61,862	191	61,671	411
상주	3.1	1.5	1.6	21,439	94	21,345	142
미조	2.1	1.5	0.5	14,504	80	14,424	96

7-3. 지하수 개발 계획

본지구에서 향후 생활용수로 개발해야 할 지하수 관정수는 50개공, 농업용수의 경우 2,363공으로 이는 연차별로 이루어져야 할 사업으로 생활용수 개발사업비를 250백만원/지구로 하였을 때 연차별 지하수 개발사업량 및 사업비는 다음과 같다.

<표. 7-3> 연차별 지하수 개발 사업량 및 사업비

년 도		계	2001	2002	2003	2004	2005 이후
생활용수	사업량(지구)	50	5	5	5	5	30
	사업비(백만원)	8,000	1,250	1,250	1,250	1,250	7,500
농업용수	사업량(지구)	2,701	50	50	50	50	2,163
	사업비(백만원)	675,250	12,500	12,500	12,500	12,500	540,750

8. 지하수자원 보전·관리 계획

8-1. 지하수 환경재해

충적층지하수로도 충분히 그 사용목적을 충족 시키던 예전과는 달리 현대에는 지표수의 오염에 따른 표층수 유입을 차단하는 지하수 개발 시공법과 깨끗한 천연 암반수를 획득하기 위해 점점 더 심층의 지하수를 개발하는 추이로 인해 부수적으로 발생하는 재해 또한 커졌다 하겠다. 지하수는 수문순환과정상 순환 속도가 매우 늦고 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 수질이 한번 오염되면 복원이 매우 어렵고 또한 여러 형태의 재해가 발생하게 된다. 일단 훼손된 지하수 대수층의 복원에는 오랜 기간과 막대한 비용이 소요되거나 전혀 복원이 불가능한 경우도 있으므로 사전에 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 보전관리를 위한 최선의 방안이다. 그러므로 조사 지역의 항구적인 지하수 보전 관리를 위하여 필요한 사항들, 즉 지하수 사후 환경재해와 보전대책, 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 설치운영의 필요성, 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다.

지하수 환경재해는 과잉양수에 의한 수원고갈, 지하수위 강하에 따른 지반침하, 지하수위 변화에 따른 각종재해, 지하수 구조물 설치에 따른 지하수 유동변화, 지하수 오염에 따른 피해 등을 들 수 있다. 본 지역에서는 해안옆에 위치한 고현면과 가옥이 밀집한 남해읍 일대가 주요 관리대상 지역이다. 해안변에 위치한 간이상수도와 농업용수의 과잉양수, 우동장애, 수위강하를 방지하기 위해서 신규개발 시설에 대해서는 사전에 전문기관의 조사 또는 환경영향조사를 시행하여야 하고 기존시설 역시 지하수 이용에 대한 제도적, 법적인 제한조치가 필요하며, 지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하기 위해서 오염방지 시설을 설치해야 한다. 오염원에서 배출되는 폐수는 발생원에서 일부 제거되고 하수도를 통해 이송되어 하수처리장에서 처리된다. 그러나 법적규제 대상에 포함되지 않는 소량의 폐수는 그대로 하수도로 방류되는데 하수시설이 불완전한 경우에는 이동중에 누수되어 지하수를 오염 시킨다. 국내의 하수도는 대부분 합류식이며, 분류식으로 설치된 지역도 우수관 및 하수관이 노후 혹은 잘못 연결되었거나 관리가 소홀하여

소홀하여 이음이나 경사가 불량한 곳으로 폐수가 누출되어 지하수를 오염시키는 것을 방지하기 위하여는 하수도망에 대한 정밀조사를 실시한 후 보수공사를 시행하여야 한다.

오염수의 이동에 직접적인 영향을 미치는 매립 지반의 우수 계수와 오염물질의 반응 또는 생분해 정도 등이 있는데 이들 요소는 현장처리기술 적용 여부를 결정하는 것이 중요하다. 이러한 기술은 침출수와 지하수의 분리기술과 오염수의 확산 방지 기술로 나누어진다. 지하수 침출수 분리 기술은 매립층을 통과한 침출수가 매립지 하부의 오염되지 않은 지하수 층으로 유입되는 것을 방지하는 기술로써 위생 매립지에 적용이 가능하다. 반면, 오염수의 확산 방지 기술은 비위생 매립지에서처럼 침출수에 이미 오염된 지하수가 지표수 및 오염되지 않은 지하수계를 오염시키는 것을 방지하는 기술이다.

8-2. 지하수 보전구역

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

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

- 풍수기와 갈수기의 지하수위 변화
- 지역별 지하수 동수구배
- 지역별 지하수 배출 및 함양 파악
- 지하수 EC 및 pH의 급격한 변화 등에 대한 원인규명 및 원인파악을 위한 수질검사 실시

지하수자원의 효율적인 관리를 위해서는 지하수, 지표수 등의 수문정보 관리와 이와 관련된 제반지질, 경제, 인문학적 사항 등과의 연계성을 파악하여 이들 정보를 이용하여 지하수자원의 변화 예측 및 지하수자원의 합리적인 방안이 종합

적으로 검토될 되어야 한다. 지하수의 수위 및 수질변화에 대한 분석 및 해석은 반드시 지하수 전문가에 의하여 이루어져야만 그 정보와 신뢰도를 제고할 수 있고, 지하수자원의 보전관리에 기초가 되는 양질의 중요한 정보를 산출할 수 있다.

지하수자원의 보전을 목적으로 지하수 모니터링에 의하여 지하수의 사용금지, 규제 등을 결정하는 것은 지하수를 계속 사용하기 위하여 필요한 조치이다. 모니터링을 위해서는 사용되고 있는 관정에 대하여는 다음 사항을 정기적으로 계속 측정 관리하도록 하여야 한다.

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

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

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

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

지하수의 오염은 폐기물의 방치, 매립처분과 지반개량을 위한 약재투입, 오염된 지표수의 유입등이 지하수 오염의 원인이 된다. 오염물질은 지하대수층에서 이동속도가 느리기 때문에 지하수 오염은 국지적인 현상을 보이며, 오염의 특징에 따라 장시간에 걸쳐 진행이 된다. 지하수 수질관리를 위하여 상시 이용관정, 관측정의 수질

을 계속적으로 측정하고 기록함으로서 지속적인 수질관리가 이루어지도록 하여야 한다.

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

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

따라서 조사 지역의 지속적이고 체계적인 지하수 보전 관리를 위하여 지하수 관측망 설치운영의 필요성과 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다. 지하수 정보의 전산화는 방대한 양의 자료를 간편하고 빠르게 수행할 수 있는 업무의 효

율화만으로도 큰 의미를 갖는다. 그러나 현재 수작업 혹은 부분적으로 전산화되어 관리되고 있는 지하수 개발공의 관리체계를 통합적인 전산시스템으로서 개선함으로써 항상 최신의 현황을 유지할 수 있도옥 하고 향후 이러한 정보를 통합 분석하여 중요한 정책결정에 반영할 수 있는 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 이런 자료의 관리, 도면의 작성, 자료탐색 및 자료의 공간분석등을 통한 지하수의 효율적인 관리에는 지하수 개발공, 지하수 수질, 수리지질조사, 오염원 같은 D/B와 지리정보시스템(GIS)의 연계를 통한 지하수 정보관리시스템의 구축이 필요하다.

지하수 관리에 필요한 지하수 자료는 크게 두가지 유형으로 구분된다. 첫 번째는 지하수에 대한 전문지식이 필요하지 않은 일반적인 행정정보이며, 두 번째는 지하수의 전문지식을 요구하는 정보들이다. 행정관정에서 활용할 수 있는 관저으이 위치, 주소, 물의 사용량, 활용용도, 관정의 심도, 개발회사 및 일자 등과 같은 이용실태 데이터베이스는 첫 번째 유형으로 분류될 수 있다.

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

9. 결　　론

1. 조사지역은 행정구역상 경상남도 남해군 전역으로 1개읍 10개면이 포함되며, 조사면적 357.28㎢에 대하여 광역수리지질 조사를 실시하였다.

2. 조사지역의 지형은 지구 북, 서측이 고지대의 산계를 형성, 지형적·수리적 분수령으로 작용하고, 동측단을 따라 남유하는 낙동강으로 능선, 계곡 및 소수계들이 동향하면서 발달하고 있다. 본 조사지구는 북측 가야산을 최고 지형 경계로 형성하여 동남족 퇴적암지대로 가면서 지형이 낮아지는 산계가 잘 발달되고 상대저으로 충적층이 적은 지형이 특징이다. 조사지역 지형의 전반적인 형성은 암석분포와 밀접히 연관되어 나타난다. 일반적으로 기계적 풍화에 약한 경상계 퇴적암류의 분포에 비해 화산암류의 분포지가 험준한 편이며, 남북으로 높은 산이 형성되어 남북방향의 지형을 보이고 있다. 조사지역은 북쪽으로 남해대교를 통해 하동과 접해 있고 동으로는 삼천포가 위치하며 서로는 전라남도가 위치하고, 남으로는 남해가 펼쳐져 있다. 본 지역의 수계는 고봉을 중심한 방사상모양의 수계가 발달하여 남해로 흘러 들어가고 있다. 대부분의 하천이 유량이 적고 건기에는 건천으로 존재하는 곳이 많아 우기에 갑자기 유량이 증가하면 하각작용을 일으키는 것이 관찰되기도 한다. 본 조사지역의 지표지질은 상부 중생대층들 및 이를 관입한 불국사화성암류로 대별된다. 본 역의 신동층군은 그 북동 연속부보다 비교적 조립질로서 낙동층의 첨멸현상과 더불어 본 역이 본 층군의 퇴적분지 연변부였음을 시사한다. 칠곡층과 신라역암층도 그 분포가 본 역에 한하고 그 이서에서는 산출하지 않는다. 이들 제층 위에 유천층군이 부정합으로 놓여 잇다. 이는 중성 및 산성화산암류로 주로 구성되나 퇴적암류도 많이 포함되어 있다. 함안층 위에 오는 당항리층은 그 입자의 상당부분이 반암, 편마암 등 비화산원 물질이어서 화산원인 함안층과 구별된다.

3. 본 지구내에서 암반관정 261공, 충적관정 8공에 대해 용도, 심도, 양수량, 자

연수위, 간이수질 등을 조사하였으며, 사용용도별로 보면 생활용수가 134개소, 2,589㎥/일, 농업용수가 133공 2,489㎥/일, 공업용수가 1공 60㎥/일, 기타 1공으로 나타나 주로 생활용수로 사용됨을 알 수 있다.

4. 원격탐사에의해 위성영상(SPOT IMAGE)을 분석하여 선구조도를 작성한 후 이를 기초로 쌍극자탐사 20측선를 실시하여 탐사지역 전반에 걸쳐 평야부의 지하수 부존성을 조사하고 제반 수리지질을 파악하였다.

5. 수질조사는 지하수의 경우 269개 지점에서 EC, TDS, pH, 온도등 현장조사를 실시하고 암반 지하수 15개소에 대하여 먹는물 수질 기준으로 수질검사를 하였으며, 이온분석을 실시하여 조사지역의 전반적인 수질성분을 파악하였다.

먹는물 기준 수질검사 결과 수질오염이 심각한 지하수 관정들은 초계면 중리, 합천읍 관평리등 경작지에 위치한 공들로서 농약살포에 의한 오염이 의심되는 관정으로 5개 이상의 기준이 초과한 관정들이다. 이온분석의 경우 조사지구 전반이 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 보이는데, 대체로 양이온에서 칼슘과 마그네슘이, 음이온에서는 중탄산이온이 우세한 carbonate hardness형을 보인다. 또, 퇴적암의 TDS원이 크게 나타나 여타 암석보다 오염정도가 높음을 알 수 있다.

6. 대수층 유효공극률 적용에 의한 지하수 부존량 평가에 의해 조사지역 지하수의 부존량은 $2,109.79\times10^{6}$㎥/년이며, 개발이용 가능량은 319.84×10^{6}㎥/년으로 산출되었다.

7. 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량은 안정채수율을 고려할 때 $51.2\sim58.9\times10^{6}$㎥/년으로 추정되며, 이는 평가방법에 따라 다소의 차이가 나타나므로 관측정의 수위관측 자료가 상당히 축적된 후 수위자료 분석에 의한 개발 가능량 산정이 이루어져야 보다 정확한 개발가능량 산출이 가능할것이다.

8. 향후 생활용수 총소요수량은 3,106천톤/년으로 안정적인 생활용수 공급이 이루어지기 위해서는 향후 62공의 지하수개발이 이루어져야 하며, 이를 위하여 사업

비 15,500백만원의 사업비가 소요된다. 농업용수는 총 소요수량 462,219m^3/일로 향후 2,363공의 지하수 개발이 이루어져야 하나 저수지 개발, 지표수 보강 등이 사업과 연계하여 조정해야할 것이다.

9. 지하수자원의 효율적 관리를 위해서는 낙동강 대수계에 대한 관측망구축을 완료하고 지하수 전문가에 의하여 장기적인 제반 수문지질 자료를 취합·분석하여 낙동강 수계에 대한 종합적인 물수지분석 및 지하수문 분석이 요구된다. 정확한 대수층의 수리지질 특성과 지하수질특성을 파악하고 개발·이용하므로서 효율적이고 합리적인 지하수자원의 보전·관리가 이루어지도록 해야한다.

남해군광역수맥조사보고서

2000년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농업기반공사
편 집 : 농업기반공사 지하수사업처
인 쇄 : 진 명 사 (02)2275-2487

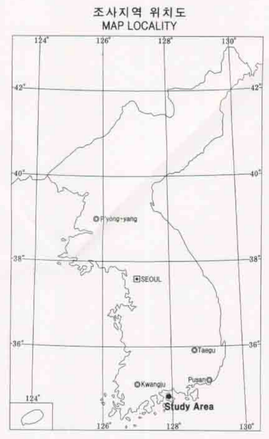
남해지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF NAMHAE AREA

1 : 50,000

1000 0 1000 2000 3000 4000m

조사지역 위치도
MAP LOCALITY



지 질 (GEOLOGY)

제4기 QUATERNARY

- 충적층 Alluvium — 하성퇴적물로서 점토, 사 및 역으로 구성된다.
- ~부정합~ Unconformity

백악기 CRETACEOUS

- 화성암류 Igneous rocks — 휘록암, 유문암, 섬록암, 각섬석흑운모화강암, 알칼리장석화강암 등으로 구성.
- –관입– Intrusion
- 화산암류 Volcanic rocks — 주로 청선면 일대에 분포하며, 안산암질 집괴암으로 녹회색 내지 적갈색이다.
- ~관입, 분출~ Intrusion, Extrusive
- 퇴적암류 Sedimentary rocks — 하부로부터 웅방산층, 함안층, 당항리층, 진동층으로 구성되며, 최하위의 웅방산층은 안산암류로 하부의 퇴적암들을 부정합으로 피복하고 있다.
- ~부정합~ Unconformity
- 퇴적암류 Sedimentary rocks — 하부로부터 하산동층, 진주층, 칠곡층, 신라역암층으로 구성됨.

범 례 LEGEND

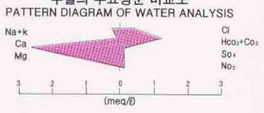
지 하 수 GROUNDWATER

- 30 — 30 지하수위등고선 Contours of groundwater table
- 지하수 유동방향 Direction of groundwater flow
- ●D1 암반관정(6"<dia.<14") Rock Wells
- ○S1 충적관정(dia.16") Sedimentary Wells
- 수질오염예상지역 Potential Area of Groundwater Contamination
- 하천 River
- 채수량100톤/일 미만 지역 Potential Yield Capacity Area under 100m³/day
- 채수량100~200톤/일 지역 Potential Yield Capacity Area of 100~200m³/day
- 채수량200톤/일 이상 지역 Potential Yield Capacity Area over 200m³/day

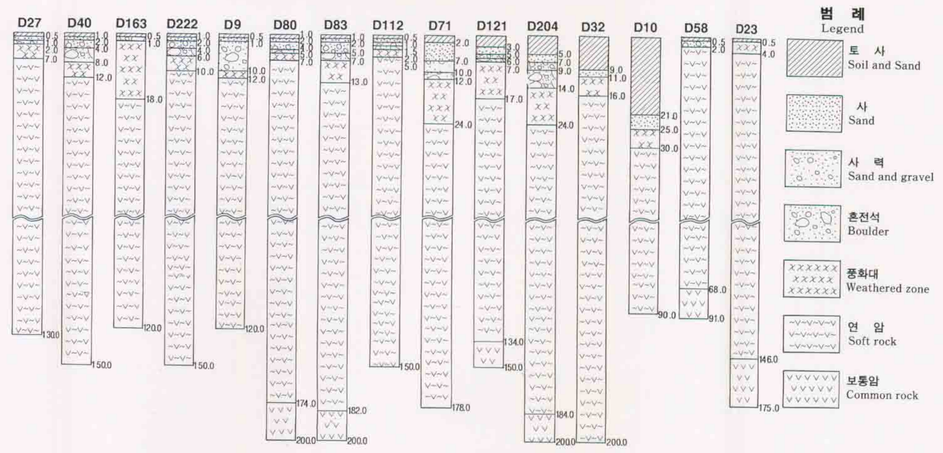
지 질 구 조 GEOLOGIC STRUCTURE

- 단층 Fault
- 가상단층 Inferred Fault
- 지질경계선 Geologic Boundary
- 30 기반암추정 등고선 Contours of Inferred Bedrock
- E1 물리탐사 측선 Geophysical Survey Line
- 조사구역 Boundary of Study Area

수질의 주요성분 비교도
PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS



주 상 도 PROFILE



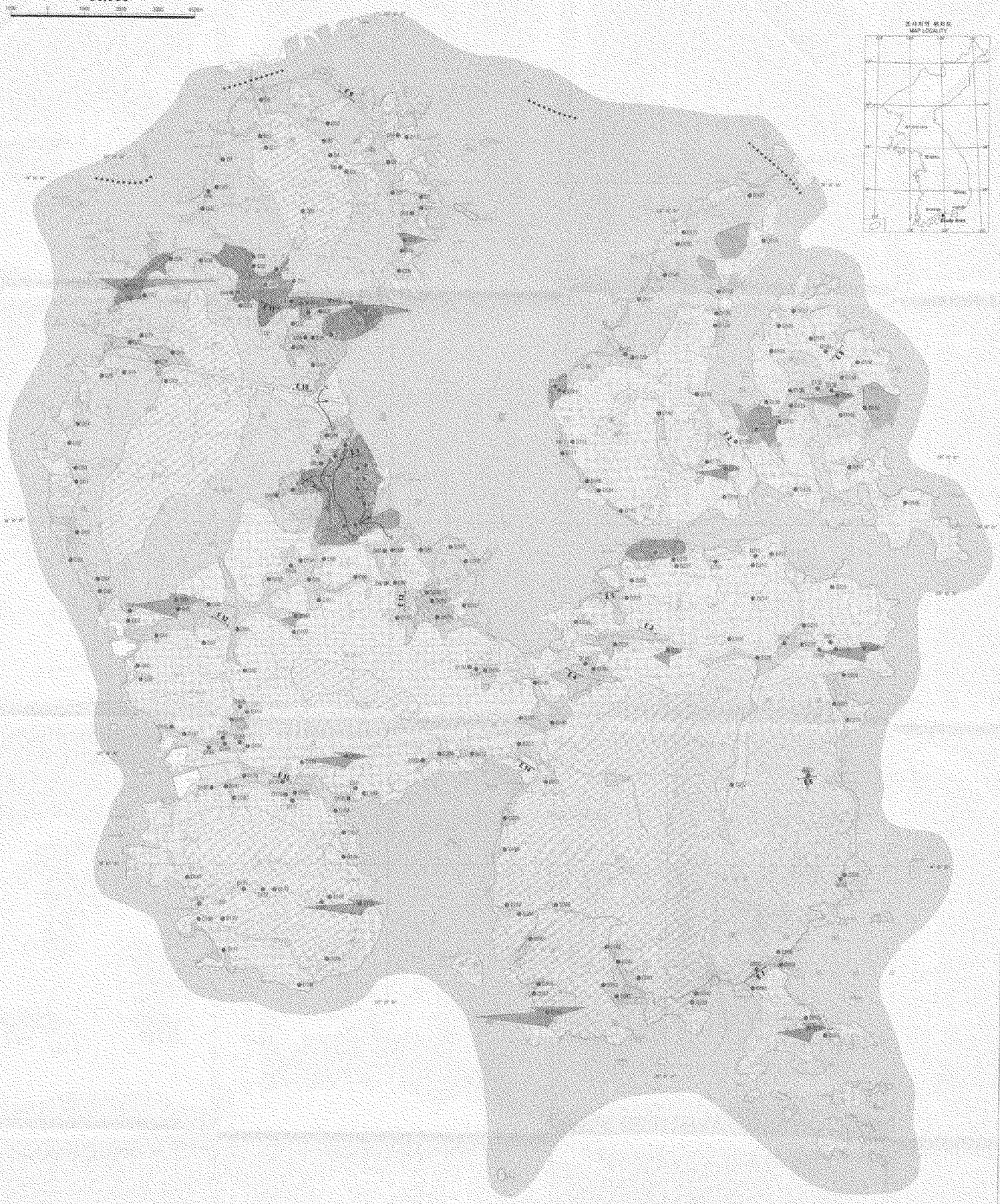
1. 대한측량협회 심사필 제2001 - 83호(2001년4월26일)
2. 본 지도는 국립지리원발행 1 : 50,000 지형도를 기도로 사용하여 편집, 제작한 것임.

발행 : 농림부·농업 기반공사

남해지구 광역수맥도

HYDROGEOLOGICAL MAP OF NAMHAE AREA

1 : 50,000



지 질 (GEOLOGY)

계 통			
QUATERNARY	충적층 Alluvium		하천퇴적물로서 점토, 사 및 역으로 구성된다.
	--부정합-- Unconformity		
CRETACEOUS	화성암류 Igneous rocks	관입 Intrusion	유looks암, 후진암, 염looks암, 각섬암류로분포하며 관입의형식학상 등으로 구성.
	화산암류 Volcanic rocks	관입, 분출 Intrusion, Extrusive	주로 청선은 질looks에 분포하며, 안산looks을 중심으로 녹회looks 색이 띠고looks다.
	퇴적암류 Sedimentary rocks	--부정합-- Unconformity	하부로부터 동성산층, 함안층, 당portion층, 진동층으로 구성looks며, looks이looks의 동당산층을 경looks입층으로 하부의 퇴적입층을 구성looks으로 looks분looks로 looks다.
	퇴적암류 Sedimentary rocks		하부로부터 하산동층, 반곡층, 칠곡층, 신라역암층으로 구성looks.

범 례 LEGEND

지 하 수 GROUNDWATER

- 지하수위등고선 Contours of groundwater table
- 지하수 흐름방향 Direction of groundwater flow
- 암반관정(D-number) Rock Well
- 충적관정(Alx.16") Sedimentary Wells
- 수질오염우려지역 Potential Area of Groundwater Contamination
- 하천 River
- 예수량(100톤/일) 이상 지역 Potential Yield Capacity Area over 100㎥/day
- 예수량(10~100톤/일) 지역 Potential Yield Capacity Area (10~100㎥/day)
- 예수량(10톤/일) 이상 지역 Potential Yield Capacity Area over 10㎥/day

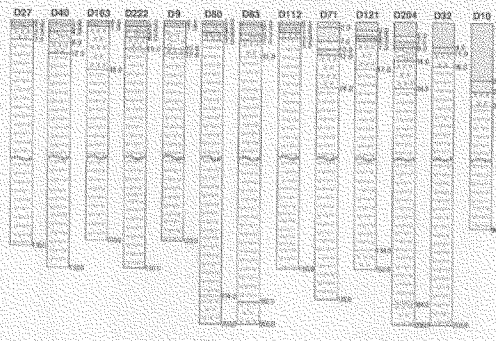
지 질 구 조 GEOLOGIC STRUCTURE

- 단층 Fault
- 추정단층 Inferred Fault
- 지질경계선 Geologic Boundary
- 지질탐사 측정 등고선 Contours of Inferred Bedrock
- 등자탐사 측선 Geophysical Survey Line
- 조사구역 Boundary of Study area

수질의 주요성분 비교도 PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS

Na+K, Ca, Mg / Cl, HCO3+CO3, SO4, NO3

주 상 도 PROFILE



범 례 Legend

- 토 사 Soil and Sand
- 사 Sand
- 사 력 Sand and gravel
- 풍화암 Boulder
- 풍화대 Weathered zone
- 연 암 Soft rock
- 보통암 Common rock

1. 대한측량협회 승인번호 제2001 - 보안 (2001.08.20)
2. 본 도면은 저작권법에 의해 보호받는 저작물로 무단 복제를 금함.

발행 : 농림부·농업 기반공사