

2011년

지하해수조사 보고서

강진군 강마지구

농림수산식품부

KF

한국농어촌공사

발간등록번호

11-1541000-001153-01



# 2011년 지하해수조사 보고서

강진군 강마지구



2011.12

농림수산식품부 Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries **KF** 한국농어촌공사 Clean & Green

▶ 지하해수에 관한 상담 및 문의

- 농림수산식품부 양식산업과 TEL : 02)500-2371
- 한국농어촌공사 환경지질처 TEL : 031)420-3717~3719

농림수산식품부 Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries **KF** 한국농어촌공사 Clean & Green

# 강진군 강마지구 2011년 지하해수조사 보고서

2011. 12.



농림수산식품부



한국농어촌공사



# 요 약 문

## ■ 사업개요

- 사업명 : 2011년 지하해수조사사업
- 목적 : 해안·도서지역 지하해수 개발가능적지 조사 및 개발 방안 제시
- 사업기간 : 2011. 1. ~ 2011. 12. (총 기간 : 2010. 1. ~ 2014. 12.)
- 연도별 추진계획

구 분	총계획	2010년까지	2011년	2012년 이후
사업량(지구)	50	10	8	32
사업비(백만원)	5,000	882	800	3,318

- 시군별 사업 가능 지역 및 추진현황

구분	계	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남
대상지구 (%)	126 (100)	1 (0.8)	2 (1.6)	8 (6.3)	1 (0.8)	64 (50.8)	13 (10.3)	37 (29.4)
2010년	10	1	-	2	1	6	-	-
2011년	8	-	-	1	-	4	1	2

- 사업내용

- 실태조사

- 기존자료 수집 및 분석 : 육상양식어가 현황, 지하수 이용현황, 관측망 등
- 육상양식장 실태조사 : DB/GIS 자료 웹사이트 자료 수록

- 개발타당성조사(8지구)

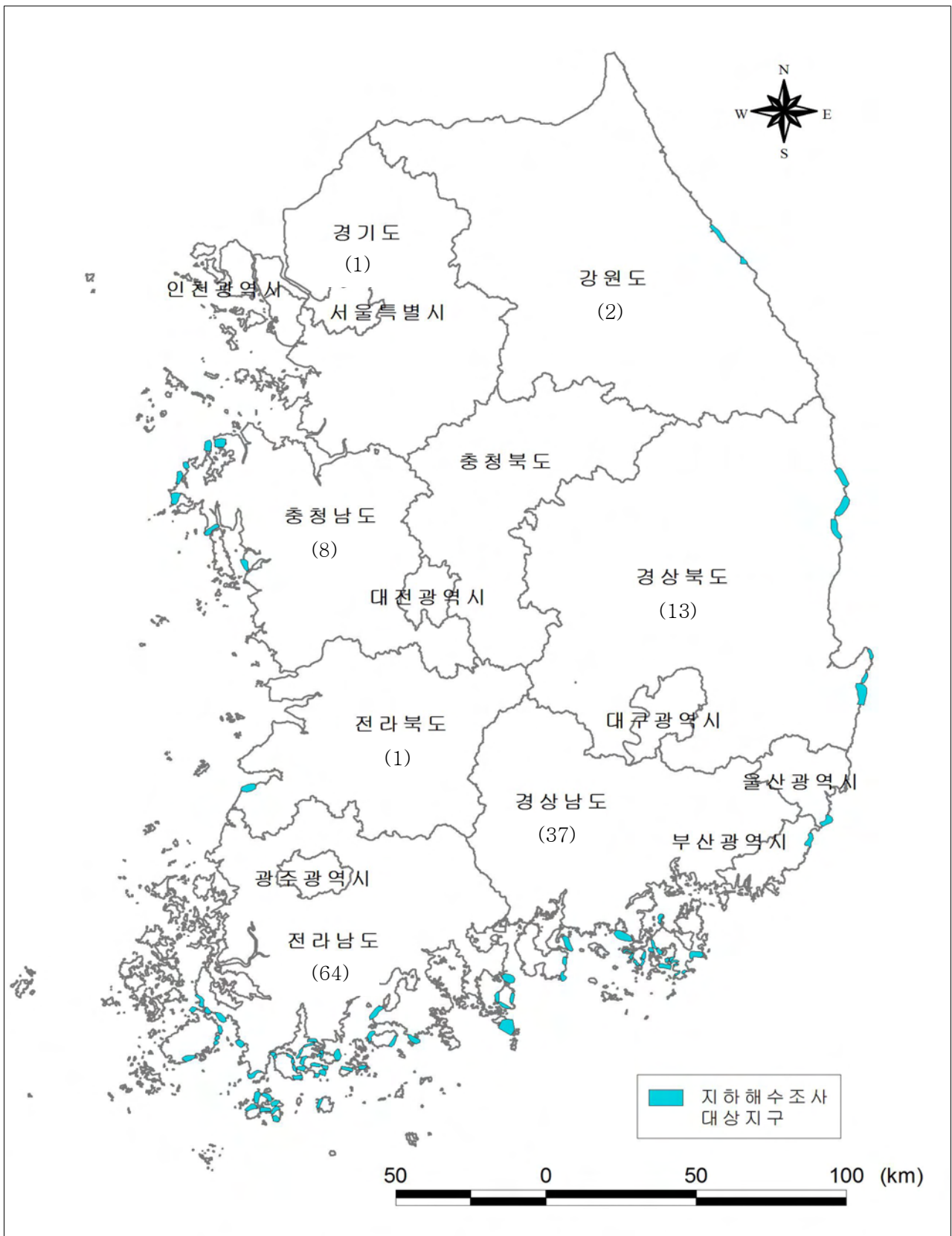
- 기초조사 : 지표지질, 원격탐사, 물리탐사, 지하수 현황조사 등
- 시추조사 : 암반시추(150mm×100m, 150mm×250m), 충적시추(100mm×40m)
- 영향조사 : 양수시험, 물리검층(온도, 전기전도도, 전기검층), 수질검사 등

- 보고서 작성 및 성과품 작성

- 지구별 지하해수 개발가능지점 및 개발가능량 도면 제시 등



▣ 지하해수조사 대상지구





## ▣ 『강진군 강마지구 지하해수조사』 는

1. 본 보고서는 강진군 강마지구 대하여 2011년 1월부터 2011년 11월까지 『지하해수조사』 결과를 종합하여 작성하였습니다.
2. 『지하해수조사사업』 은 제3차 수산진흥종합대책(2010~2014, 농림수산식품부, 2010)의 중점과제인 저탄소 녹색 수산업 중 양식산업의 에너지 절감을 위한 정책 사업입니다.
3. 육상수조식 양식장의 에너지 절감을 목표로 2014년까지 300개소의 지하해수를 보급하기 위한 개발가능 적지를 조사하는 사업으로 농림수산식품부에서 주관하고 한국농어촌공사에서 시행합니다.
4. 2011년은 서해안 및 남해안, 동해안 남부 지역을 대상으로 탐사 및 시추조사를 통한 지하해수 부존여부 및 개발가능 적지를 조사하였습니다.
5. 조사결과는 농어촌지하수넷(<http://www.groundwater.or.kr>)에서 조회가 가능합니다.



# 목 차

<b>제1장. 지하해수조사 개요</b> .....	1
1.1 사업목적 및 배경 .....	3
1.2 사업대상 및 규모 .....	4
1.2.1 사업대상 .....	4
1.2.2 지구선정기준 .....	4
1.3 과업수행체계 .....	5
1.3.1 조사공정별 흐름도 .....	5
1.3.2 공정별 조사내용 .....	6
<b>제2장. 일반현황</b> .....	9
2.1 육상양식장 현황 및 실태조사 .....	11
2.1.1 양식장 현황 .....	11
2.1.2 어종별 현황 .....	12
2.1.3 지역별 양식장 현황 .....	13
2.2 대상지 선정 .....	17
2.2.1 대상지 선정 요약 .....	17
2.2.2 조사지구 선정 기준 .....	17
2.2.3 조사지구 내역 .....	19
2.3 지형 및 지질 .....	22
2.3.1 지형특성 .....	22
2.3.2 지질 및 지질구조 .....	23
2.4 기초사 현황 .....	26
2.4.1 수맥조사 .....	26
<b>제3장. 지하수 개발·이용현황</b> .....	29
3.1 지하수 개발 현황 .....	31



3.2 지하수 이용 현황 .....	32
3.3 지하수 개발·이용 추이 .....	33
3.3.1 개발·이용 추이 .....	33
3.3.2 추세분석 .....	35
<b>제4장. 수리지질조사</b> .....	<b>37</b>
4.1 지구물리탐사 .....	39
4.1.1 탐사개요 .....	39
4.1.2 탐사이론 .....	41
4.1.3 조사방법 .....	45
4.1.4 현장조사 .....	46
4.1.5 탐사결과 .....	47
4.2 시추조사 .....	58
4.2.1 시추조사 개요 .....	58
4.2.2 시추조사 결과 .....	60
4.3 물리검층 및 전기비저항 토모그래피 .....	63
4.3.1 물리검층 개요 .....	63
4.3.2 물리검층 결과 .....	64
4.4 양수시험 .....	68
4.4.1 개요 .....	68
4.4.2 이론 .....	68
4.4.3 양수시험 결과 .....	70
4.4.4 양수에 따른 영향예측 및 분석 .....	77
4.4.5 잠재오염원에 의한 영향범위 .....	79
4.5 지하해수 수질특성 .....	84
4.5.1 시료채취 및 이화학 분석 방법 .....	84
4.5.2 지하수 수질유형 .....	85
4.5.3 지하해수 수질분석 결과 및 해석 .....	86
4.6 지하해수 모니터링 .....	97
4.6.1 지하해수 모니터링 개요 .....	97

4.6.2 수위관측 결과 .....	97
4.6.3 온도관측 결과 .....	99
4.6.4 염도관측 결과 .....	103
4.6.5 지하해수 관측 토의 .....	103
<b>제5장. 지하해수 개발·이용 방안 .....</b>	<b>105</b>
5.1 지하해수 조사 결과 .....	107
5.1.1 대상 어가별 용수 소요수량 .....	107
5.1.2 지하해수 산출 특성 .....	109
5.2 개발·이용 계획 .....	111
5.2.1 지하해수 개발 형태 분류 .....	111
5.2.2 조사지역의 개발가능지점 .....	119
5.2.3 개발·이용방안 .....	119
5.3 지하해수 자원 현황 .....	133
<b>제6장. 농어촌지하수관리시스템 .....</b>	<b>137</b>
<b>제7장. 종합결론 .....</b>	<b>143</b>
<b>[용어설명] .....</b>	<b>147</b>
<b>[참고문헌] .....</b>	<b>155</b>
<b>[과업참여자] .....</b>	<b>163</b>
<b>[부 록] .....</b>	<b>167</b>
지하해수 자원도, 어가현황, 물리탐사 위치도 및 해석도, 시추주상도, 양수 시험결과(해석도), 수질성적서/결과, 모니터링 자료	

## 표 목 차

<표 1-2-1> 전국 육상양식(종묘)장 현황 .....	2
<표 1-2-2> 지하해수조사 대상지 현황 .....	4
<표 1-2-3> 지하해수조사 지구 선정 기준 .....	4
<표 2-1-1> 전국 시·도별 육상양식장 현황 .....	11
<표 2-1-2> 어업종류별 어종현황 .....	12
<표 2-1-3> 경기도 소재 양식장 현황 .....	13
<표 2-1-4> 충청남도 소재 양식장 현황 .....	14
<표 2-1-5> 전라북도 소재 양식장 현황 .....	15
<표 2-1-6> 전라남도 소재 양식장 현황 .....	16
<표 2-2-1> 전국 조사 대상지구 .....	17
<표 2-2-2> 지하해수 조사지구 선정 세부 기준 및 배점표 .....	18
<표 2-2-3> 2010년 시행 10지구 현황 .....	19
<표 2-2-4> 강마지구 양식장 현황 .....	20
<표 2-3-1> 강마지구 지질·암상단위와 수문지질단위 분류 .....	24
<표 2-3-2> 강마지구 선형구조의 방향별 연장선과 개수 .....	25
<표 2-4-1> 국내 수맥조사 내역 .....	26
<표 2-4-2> 강마지구 수맥조사 현황 .....	27
<표 3-1-1> 강마지구 지하수 개발·이용현황 .....	31
<표 3-2-1> 강마지구 공당·단위면적당 지하수 이용량 및 개발 밀도 .....	33
<표 3-3-1> 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이 .....	33
<표 3-3-2> 강마지구의 지하수 시설수 및 이용량 추정 .....	35
<표 4-1-1> 암석의 전기비저항 .....	40
<표 4-1-2> 전기비저항탐사 내역 .....	47



<표 4-1-3> 솔림버저 전기비저항탐사 내역 .....	49
<표 4-2-1> 강마지구 시추조사 내역 .....	58
<표 4-2-2> 조사공별 지층내역 .....	59
<표 4-2-3> 강마지구 시추조사 결과 요약 .....	62
<표 4-4-1> 조사공의 양수시험 결과 .....	71
<표 4-4-2> 조사공의 수리상수 산출 결과 .....	72
<표 4-4-3> 조사공의 영향반경 산출 결과 .....	78
<표 4-4-4> 조사공의 포획구간 산출 입력 인자 .....	79
<표 4-4-5> 포획구간 산출 결과 총괄 .....	82
<표 4-5-1> 파이퍼 다이어그램 상의 영역별 수질 유형 .....	86
<표 4-5-2> 강마지구 기설관정 간이수질 조사 결과 .....	87
<표 4-5-3> 강마지구 지하수 및 지하해수 조사공 수질분석 결과 .....	89
<표 4-5-4> 물비에 따른 지하수 및 지하해수 분류 .....	91
<표 4-5-5> 강마지구 시추조사공 수질분석 현황 .....	92
<표 4-6-1> 강마지구 시추조사공 월별 관측 결과 .....	103
<표 5-1-1> 강마지구 현황 .....	107
<표 5-1-2> 강마지구 내 양식장 현황 .....	108
<표 5-1-3> 강마지구 구역별 지하해수 산출특성 .....	109
<표 5-2-1> 지하해수 신규 개발 규격 및 개략단가 .....	114
<표 5-2-2> 지하해수 조사공 개발 규격 및 개략단가 .....	115
<표 5-2-3> 강마지구 시추조사공별 지층내역 .....	116
<표 5-2-4> 방사상 집수정 개발 규격 및 개략단가 .....	118
<표 5-2-5> 강마지구 지하해수 개발 가능지점 .....	119
<표 5-2-6> 지하해수 산출특성에 따른 이용방안 .....	120
<표 5-2-7> 동절기 해수 가온 비용 및 지하해수 사용 시 필요 공수 예측 .....	123

<표 5-2-8> 혼합 사용에 따른 온도와 염도 변화 비교 .....	123
<표 5-2-9> 지중순환회로 형식에 따른 지열펌프 시스템의 분류 .....	127
<표 5-2-10> 지열형식 비교 .....	131
<표 5-3-1> 강마지구 지하해수 오각도표 배점 기준 .....	133

## 그 립 목 차

<그림 2-1-1> 전국 시·도별 육상양식장 현황 .....	11
<그림 2-1-2> 어업종류별 어종 현황 .....	12
<그림 2-1-3> 경기도 소재 양식장 현황 .....	13
<그림 2-1-4> 충청남도 소재 양식장 현황 .....	14
<그림 2-1-5> 전라북도 소재 양식장 현황 .....	15
<그림 2-1-6> 전라남도 소재 양식장 현황 .....	16
<그림 2-2-1> 강마지구 양식장 현황 .....	21
<그림 2-3-1> 강마지구 지형고도 .....	22
<그림 2-3-2> 강마지구 지형경사 .....	23
<그림 2-3-3> 강마지구 지질도 .....	24
<그림 2-3-4> 강마지구 선형구조의 방향별 특성 .....	25
<그림 2-3-5> 강마지구 선형구조의 분포도 .....	25
<그림 2-4-1> 강진군 마량면의 지하수 기초사 현황도 .....	27
<그림 3-1-1> 강마지구 지하수 개소수 및 이용량 비율 .....	32
<그림 3-3-1> 강진군 전체 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이 .....	34
<그림 3-3-2> 마량면 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이 .....	34
<그림 3-3-3> 강마지구 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이 .....	34
<그림 3-3-4> 강마지구 연도별 지하수 시설수 및 이용량 추정 .....	35
<그림 4-1-1> 기존의 단극 배열법과 변형된 단극 배열법의 축선 배열모식도 ..	43
<그림 4-1-2> 솔럼버저배열 전기비저항 수직탐사 축선도 .....	44
<그림 4-1-3> SP 곡선(V), 온도곡선(T), 물의 유속곡선(U) .....	45
<그림 4-1-4> 강마지구 물리탐사 축선 위치도 .....	46
<그림 4-1-5> GM-01 전기비저항 탐사 단면도 .....	50



<그림 4-1-6> GM-02 전기비저항 탐사 단면도 .....	50
<그림 4-1-7> GM-03 전기비저항 탐사 단면도 .....	51
<그림 4-1-8> GM-04 전기비저항 탐사 단면도 .....	51
<그림 4-1-9> GM-05 전기비저항 탐사 단면도 .....	52
<그림 4-1-10> GM-01 수직탐사 결과 .....	53
<그림 4-1-11> GM-02 수직탐사 결과 .....	53
<그림 4-1-12> GM-03 수직탐사 결과 .....	54
<그림 4-1-13> GM-04 수직탐사 결과 .....	54
<그림 4-1-14> GM-05 수직탐사 결과 .....	55
<그림 4-1-15> GM-06 수직탐사 결과 .....	55
<그림 4-1-16> GM-07 수직탐사 결과 .....	56
<그림 4-1-17> GM-08 수직탐사 결과 .....	56
<그림 4-1-18> GM-09 수직탐사 결과 .....	57
<그림 4-1-19> GM-10 수직탐사 결과 .....	57
<그림 4-2-1> 시추조사 위치도 .....	59
<그림 4-3-1> 물리검층 및 전기비저항 토모그래피 조사공 위치도 .....	64
<그림 4-3-2> GMBH-01호공의 물리검층 결과 .....	65
<그림 4-3-3> GMBH-03호공의 물리검층 결과 .....	66
<그림 4-3-4> GMBH-04호공의 물리검층 결과 .....	67
<그림 4-4-1> 강마지구 양수시험 위치도 .....	72
<그림 4-4-2> GMBH-01호공 양수시험 해석 결과도 .....	74
<그림 4-4-3> GMBH-02호공 양수시험 해석 결과도 .....	75
<그림 4-4-4> GMBH-05호공 양수시험 해석 결과도 .....	76
<그림 4-4-5> GMBH-01호공 포획구간 .....	80
<그림 4-4-6> GMBH-02호공 포획구간 .....	80

<그림 4-4-7> GMBH-05호공 포획구간 .....	81
<그림 4-4-8> GMBH-01,02,05호공 포획구간 .....	81
<그림 4-4-9> 조사공별 포획구간 현황도 .....	82
<그림 4-5-1> 파이프 다이어그램을 이용한 유형분류 .....	85
<그림 4-5-2> 강마지구 기설관정 및 시추조사공 간이수질 측정위치도 .....	88
<그림 4-5-3> 강마지구 지하수의 Piper diagram .....	89
<그림 4-5-4> 강마지구 지하수의 Stiff diagram .....	90
<그림 4-5-5> Ca/Cl, Na/Cl 몰비와 Cl이온 간의 상관관계 .....	91
<그림 4-6-1> 조사공의 월별 수위 관측 결과 .....	98
<그림 4-6-2> 조사공의 월별 온도 관측 결과 .....	100
<그림 4-6-3> 조사공의 월별 염도 관측 결과 .....	102
<그림 5-2-1> 개발 가능한 지하해수 관정 사진 .....	112
<그림 5-2-2> 지하해수 개발·이용 표준도 .....	113
<그림 5-2-3> 방사상 집수정의 개발 모식도 .....	117
<그림 5-2-4> 지하해수 부존 및 개발이용 모식도 .....	120
<그림 5-2-5> 기존 육상양식장 용수 공급 모식도 .....	125
<그림 5-2-6> 히트펌프를 이용한 육상양식장 용수 공급 모식도 .....	125
<그림 5-2-7> 개방형 1관정 시스템(Open loop 1 well system) 모식도 .....	128
<그림 5-2-8> 수직밀폐형 시스템(Vertical Closed loop system) .....	129
<그림 5-3-1> 강마지구 지하해수 조사분석도 .....	135
<그림 5-3-2> 강마지구 지하해수 자원도 .....	135





# 제 1 장 지하해수조사 개요



## 제1장 지하해수조사 개요

지하해수조사사업은 해안·도서지역에서 지표지질, 지하수 및 시추조사를 통해 지하해수 개발가능적지를 조사하여 육상양식(종묘)어가에 지하해수 개발·이용방안을 제시하는 사업으로 농림수산식품부 주관으로 2010년 신규로 수행하는 사업이다. 향후 2014년까지 연차별 계획에 의거 총 50지구에 대한 지하해수 조사를 시행할 계획(제3차 수산진흥종합대책, 농식품부 추진과제)이다. 국내 서·남해안 연안은 조수 간만의 차가 크고 넓은 농업지역의 분포로 지하수 이용량이 많으므로 해수침투가 진행되어 지하해수의 부존가능성이 높게 평가되고 있다.

본 보고서는 2011년 조사 결과로서 서·남해안 및 동해안 남부 연안 충남, 전남, 경북, 경남지역 대상지구의 지하해수 부존성을 파악하고 개발가능적지를 조사하여 육상양식장에 적용 가능한 개발 계획 및 이용방안을 제시할 것이다.

### 1.1 사업목적 및 배경

우리나라 해안변 육상 해수양식(종묘)장은 해수를 직접 취수하여 운영하고 있어 적조, 이상해류 발생 및 사고 선박의 기름유출 등으로 매년 피해<sup>1)</sup>가 빈발할 뿐만 아니라 동·하절기 온도 유지를 위한 가온·냉온에 필요한 유류비, 전기료 등의 막대한 유지비용<sup>2)</sup>이 필요하다. 즉 어종별, 치어와 성어에 따라 다르지만 대부분 겨울철 낮은 온도의 해수를 15℃ 전후로 가온하여 공급하고 여름철은 해수 원수를 사용하거나 때로는 높은 온도의 해수를 냉방기를 이용하여 온도를 낮춘다. 그 이유는 양식 어류는 적정 수온 범위에 들게 되면 성장이 촉진되어 체중 증가로 출하시기를 앞당길 수 있기 때문이다.

최근 고유가로 생산원가 상승 및 저가의 수입수산물의 국내시장 잠식확산 등의 위기상황을 맞아 수온과 수질이 일정한 지하해수의 개발가능성을 조사하여 생산원가절감을 통한 경쟁력 확보로 농어가 소득증대와 녹색양식어업의 활성화<sup>3)</sup>를 도모하기 위하여 지하해수조사사업을 시행하게 되었다.

1) '07년 적조피해액 : 28.3억원(넙치 26억원, 전복 1.5억원, 강도다리 76백만원)

2) 해수 직접 취수(종묘용수 4,000톤/일) 시 온도조절 비용 최대 2억원/월 사용

3) 제주도의 경우 육상양식장 대부분(65%)이 지하해수 개발로 원가절감 및 타지역 대비 성장기간 6개월 단축

## 1.2 사업대상 및 규모

### 1.2.1 사업대상

전국 육상양식(종묘)어가 2,034개소(양식 782개소, 종묘 1,252개소) 중 전국 읍면단위 양식 또는 종묘시설 50지구(5년간)를 선정하였다. 지구선정은 해안선을 따라 2~3km 이내에 육상양식(종묘)어가 밀집지역 중 지하해수 수요가 있는 지역을 조사지구로 선정하였다.

<표 1-2-1> 전국 육상양식(종묘)장 현황

구분	계	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남
합계	2,034	20	49	109	29	1,212	114	501
종묘	1,252	19	37	104	14	703	45	330
양식	782	1	12	5	15	509	69	171

※ 자료출처('09.11) : 지자체 및 국립수산물과학원(제주도 및 축제식 제외)

<표 1-2-2> 지하해수조사 대상지 현황

구분	계	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남
대상지구 (%)	126 (100)	1 (0.8)	2 (1.6)	8 (6.3)	1 (0.8)	64 (50.8)	13 (10.3)	37 (29.4)
2010년	10	1	-	2	1	6	-	-
2011년	8	-	-	1	-	4	1	2

### 1.2.2 지구선정 기준

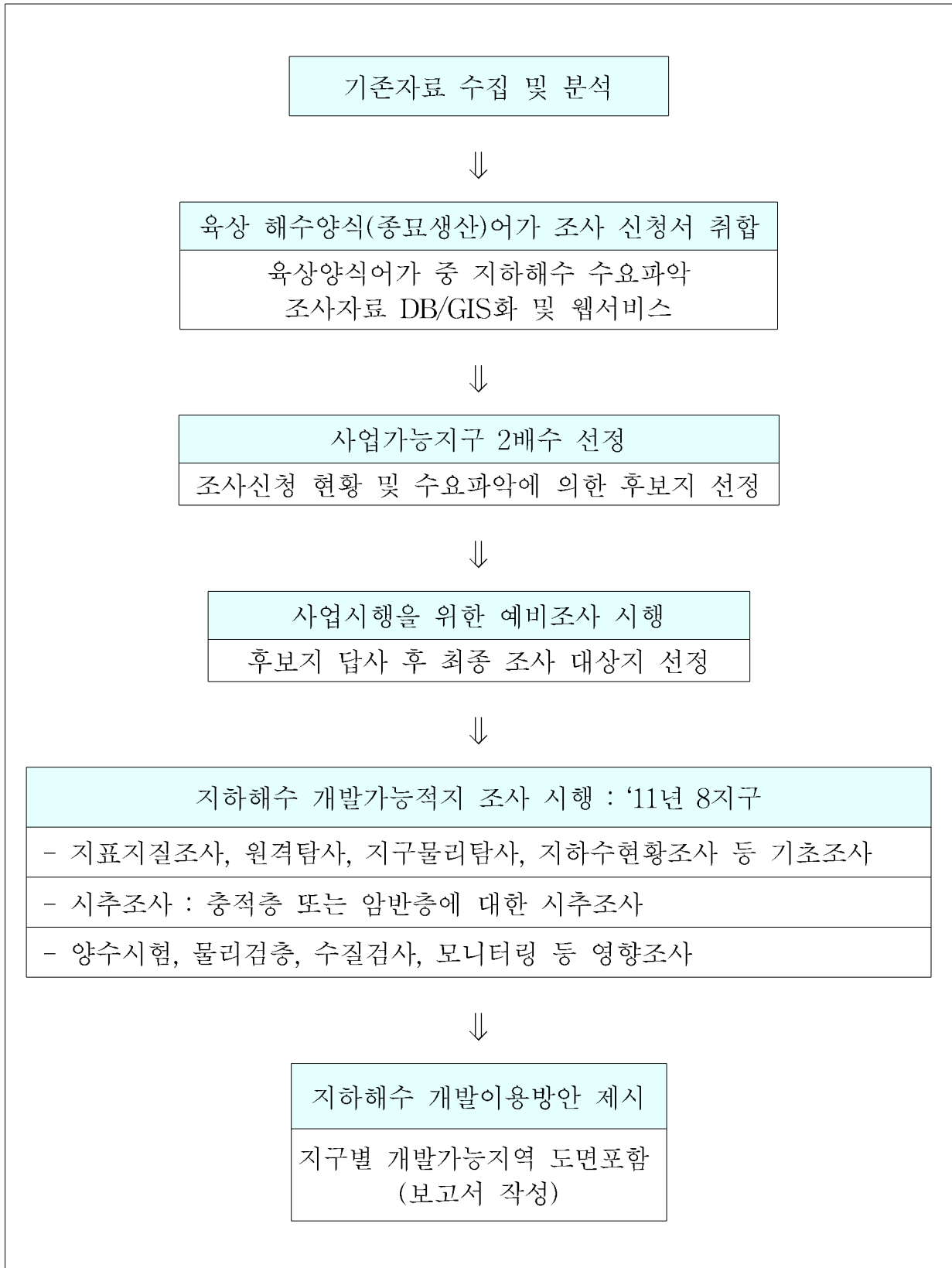
지하해수 개발타당성에 대한 조사지구 설정을 위하여 읍면별 지구특성, 지질 특성, 사업여건 등의 계량평가와 지자체별 양식장 분포수에 대한 가중치, 답사를 통한 비계량 평가를 종합하여 지구를 선정하였다.

<표 1-2-3> 지하해수조사 지구 선정 기준

평가항목	배점(점)	세부항목	비고	
계량	지구특성	50	용수확보, 어업종류, 신청서 회수율	양식장DB
	지질특성	25	대표지질, 충적층심도, 선구조발달, 지하수 산출량	지질도, 개발DB, 위성영상
	사업여건	25	지구접근 용이성, 기존조사자료 유무	위성자료, 개발실적자료
	양식장 분포	10	지자체별 양식장 분포 수	가점
비계량	답사평가	100	해당지자체 및 양식어가 호응도, 해안과의 거리 등	답사자료

### 1.3 과업수행 체계

#### 1.3.1 조사공정별 흐름도



## 지하해수조사사업 보고서

### 1.3.2 공정별 조사내용

#### ■ 실태조사

공 종	조 사 내 용
관련기관 협 의	·사업대상 예정지(2배수) 답사 및 협의 ·조사대상지의 행정기관(시·군)을 방문하여 사업설명 및 업무협의
기존자료 수집분석	·육상양식어가 현황, 해안지하수 개발 이용 현황, 지하수 및 지하 해수 이용현황, 해수침투 관측망 현황, 지하해수 수요조사 등
육상양식장 실태조사 및 지하해수 활용 효과분석(용역)	·2년간 2,034개소('10 : 1,000, '11 : 1,034) 실태조사 ·실태조사를 근거로 지하해수조사 대상지구 선정 ·지하해수 활용에 따른 에너지절감 등 효과분석 ·조사완료 지역은 GIS/DB화하여 웹사이트 자료등록

#### ■ 개발타당성조사(기초조사)

공 종	조 사 내 용
지표지질조사	·기 발간된 지질도를 기초로 분포지질 및 지질의 연속성, 지질구조, 기반암 및 미고결층의 분포 및 규모를 파악
원격탐사	·인공위성 영상자료를 이용하여 지하수의 유동에 관련된 지질 구조를 조사·추출
GPS정밀측위조사	·시추공 및 주요기준점에 대해 GPS정밀측위로 공간적Data Base 자료(GIS)로 구축
지구물리탐사	·단층, 지질경계 등의 지질구조대와 선구조 추출결과의 확인방법 으로 지하해수 개발가능성 판단 ·해안가의 높은 전기전도도를 고려하여 단극배열방식을 사용
지하수현황조사	·조사대상지구 인근에 기개발된 지하수관정에 대한 현황 파악 및 지하수위 및 현장수질(pH, EC, 온도)측정

■ 개발타당성조사(시추조사 및 영향조사)

공 종	조 사 내 용
시추조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>·기 실시한 지표지질조사, 지하수현황조사 및 물리탐사 등을 근거로 시추조사 위치 결정</li> <li>·충적층 시추조사는 100mm구경, 40m심도를 기본</li> <li>·암반층 시추조사는 150mm구경, 100m심도를 기본으로 하고 150mm구경, 250m심도 조사</li> </ul>
양수시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>·조사지역의 대수층 수리상수(투수량계수, 저류계수) 산정</li> <li>·개발시 적정이용량 산출 및 용출온도 및 수질측정</li> </ul>
물리검층	<ul style="list-style-type: none"> <li>·암반시추공을 대상으로 시추공 내의 심도에 따른 대수층 및 온도, 수질 등을 파악</li> </ul>
수질검사	<ul style="list-style-type: none"> <li>·생활용수 수질검사 20개 항목</li> </ul>
양음이온분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>·지하해수 수질유형 파악 및 정밀수질특성 파악</li> </ul>
주변영향조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>·해당지구 지하해수 개발에 따른 주변 지하수오염, 지반침하 등에 대한 영향조사(양수시험 시 제반 사항 파악)</li> </ul>
모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>·개발가능공을 대상으로 자동 수위 및 수질 (온도, EC) 측정장치 설치</li> <li>·조수간만의 차, 계절적인 변화 등에 따른 수위 및 수질, 온도변화를 장기적으로 관측</li> </ul>







## 제 2 장 일반현황



## 제2장 일반현황

### 2.1 육상양식장 현황 및 실태조사

#### 2.1.1 양식장 현황

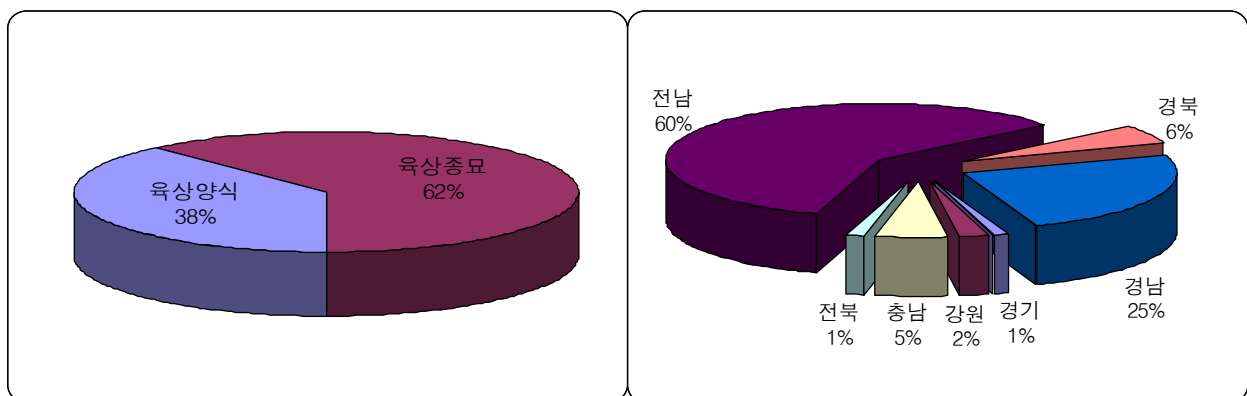
2009년 11월 말 현재 전국의 육상양식장은 제주 417개소 및 축제식 523개소를 제외하고 총 2,034개소(양식 782개소, 종묘 1,252개소)로서 해안 및 도서지역에 있으며 그중 육상종묘 양식장이 62%의 비중을 차지하고 있다.

전국 양식장 중 전남에 60%가 밀집해 있으며, 경남 25%, 경북 6%, 충남 5% 순으로 분포하고 그 외 지역은 분포도가 낮다.

<표 2-1-1> 전국 시·도별 육상양식장 현황

구분	계	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남
소계	2,034	20	49	109	29	1,212	114	501
육상양식	782	1	12	5	15	509	69	171
육상종묘	1,252	19	37	104	14	703	45	330

※ 자료출처 : 지자체 및 국립수산과학원('09.11)



<그림 2-1-1> 전국 시·도별 육상양식장 현황

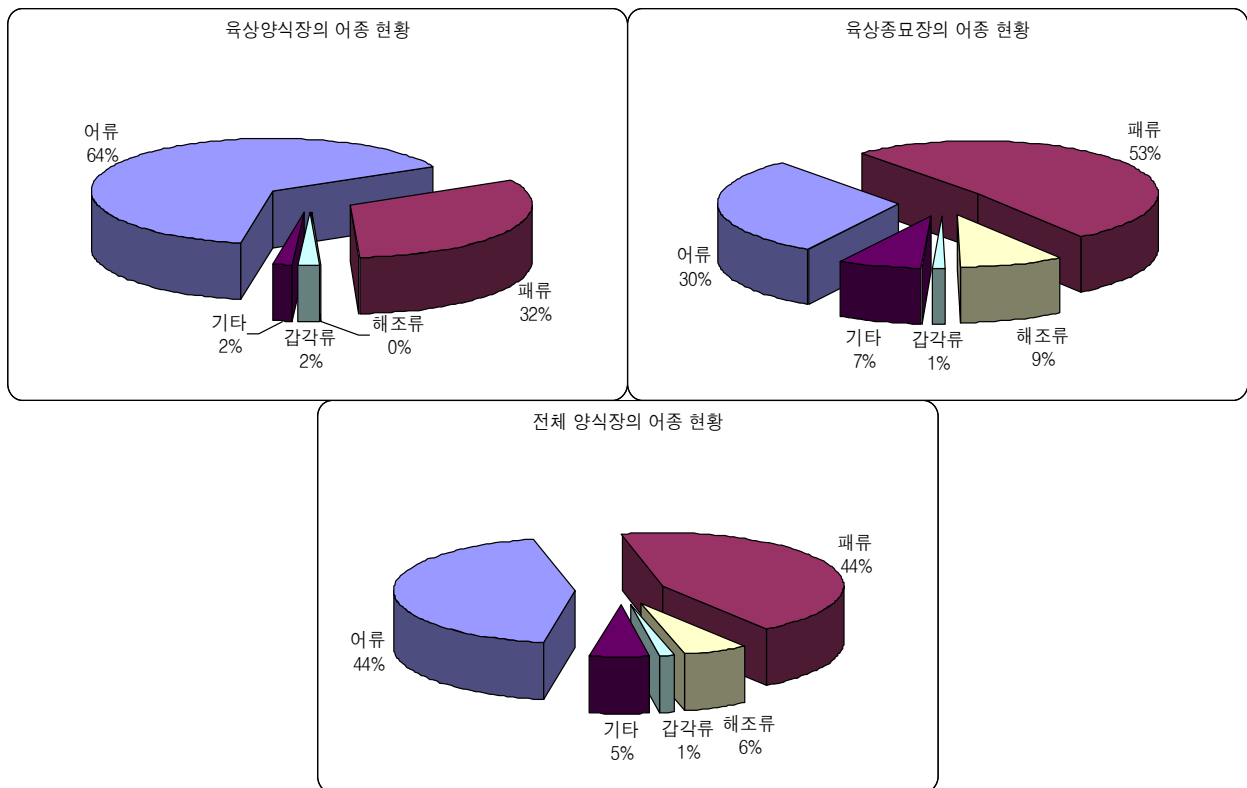
2.1.2 어종별 현황

양식장 내 어종은 그 종류가 매우 다양하여 크게 5가지로 분류하였다. 어류(넙치, 우럭, 돔, 조피볼락 등), 패류(전복, 굴, 조개류 등), 갑각류(새우, 꽃게 등), 해조류(김, 미역, 다시마 등), 기타(해삼, 멧게, 낙지, 갯지렁이 등)이다.

전체 양식장에서 양식하고 있는 대표 어종은 각각 44%로 나타나는 어류와 패류이고, 어업종류에 따라 육상양식장에서는 어류, 육상종묘장에서는 패류가 대표 어종으로 나타난다.

<표 2-1-2> 어업종류별 어종 현황

구분	계	어류	패류	해조류	갑각류	기타
소계	2,034	886	895	118	29	106
육상양식	782	505	249	0	15	13
육상종묘	1,252	381	646	118	14	93



<그림 2-1-2> 어업종류별 어종 현황

## 2.1.3 지역별 양식장 현황

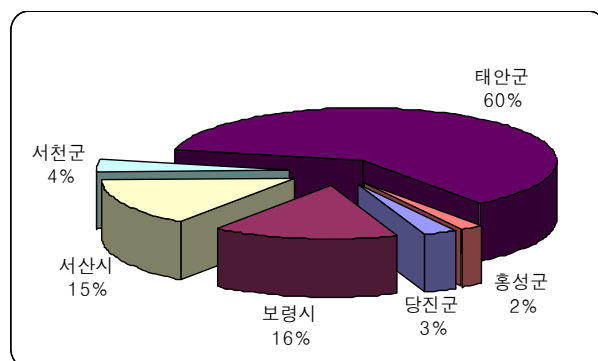
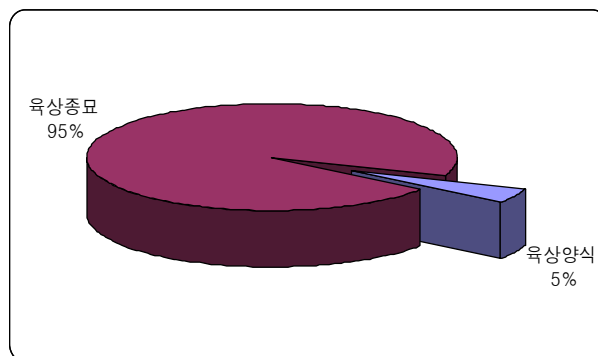
전국 양식장 현황을 기준으로 충청남도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 지역에 대하여 어업종류, 양식장 규모양식 그리고 어종을 분류하여 지구선정에 활용하였다.

## 1) 충청남도

충청남도 소재 양식장 중 95%가 육상종묘장이며, 세부 지역별로는 태안군, 보령시, 서산시가 상대적으로 많은 양식장이 소재해 있다.

<표 2-1-3> 충청남도 소재 양식장 현황

구분	계	당진군	보령시	서산시	서천군	태안군	홍성군
소계	109	3	17	16	4	67	2
육상양식	5	0	1	1	0	2	1
육상종묘	104	3	16	15	4	65	1



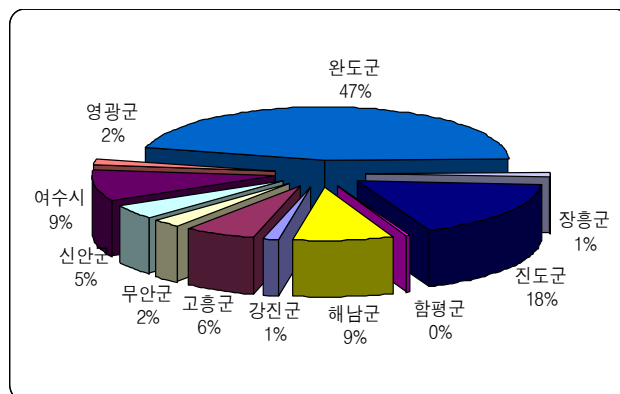
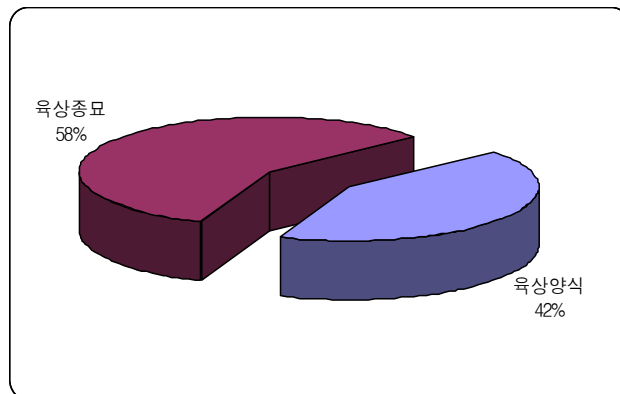
<그림 2-1-3> 충청남도 소재 양식장 현황

2) 전라남도

전라남도 지역은 국내 양식장의 60%가 밀집해 있고 여러 시·군 지역에서 양식업이 성행하고 있으며, 그 중 완도군에 전남지역의 절반에 가까운 양식장이 밀집해 있다. 어업종류로는 절반 이상이 육상종묘를 하고 있는 것으로 나타났다.

<표 2-1-4> 전라남도 소재 양식장 현황

구분	계	강진군	고흥군	무안군	신안군	여수시	영광군	완도군	장흥군	진도군	함평군	해남군
소계	1,212	16	78	29	57	113	20	558	16	215	3	107
육상양식	509	3	33	4	13	54	0	334	13	30	0	25
육상종묘	703	13	45	25	44	59	20	224	3	185	3	82



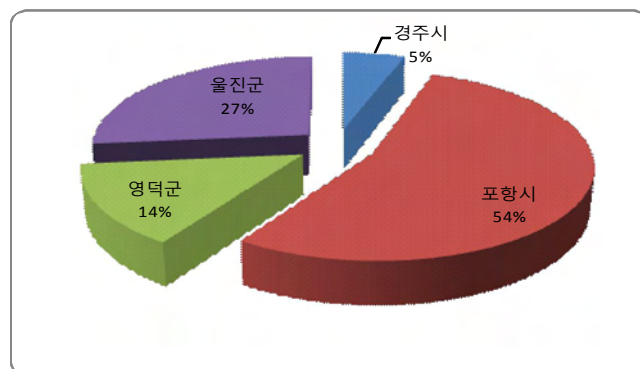
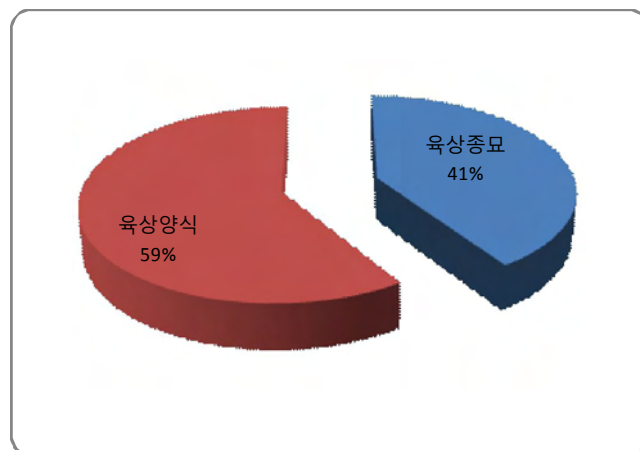
<그림 2-1-4> 전라남도 소재 양식장 현황

## 3) 경상북도

경상북도 지역은 113개소의 양식장 중 육상종묘가 46개소, 육상양식이 67개소가 있으며, 포항시가 가장 많은 양식장이 분포하고 있다.

<표 2-1-5> 경상북도 소재 양식장 현황

구분	계	경주시	포항시	영덕군	울진군
소계	113	6	61	16	30
육상양식	67	6	50	14	-
육상종묘	46	3	11	2	30



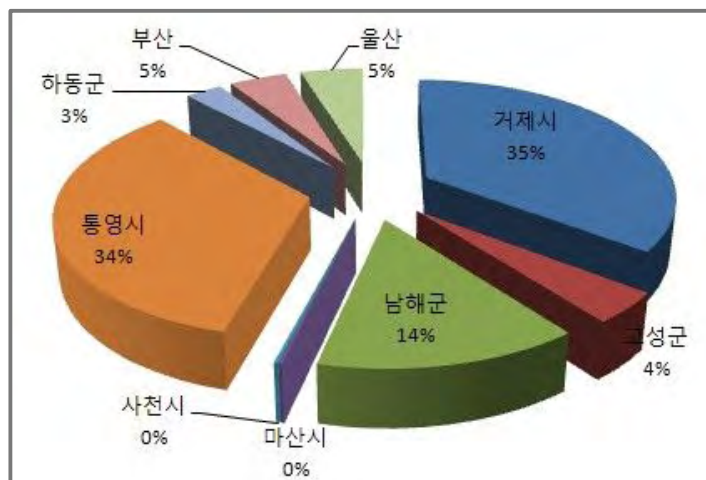
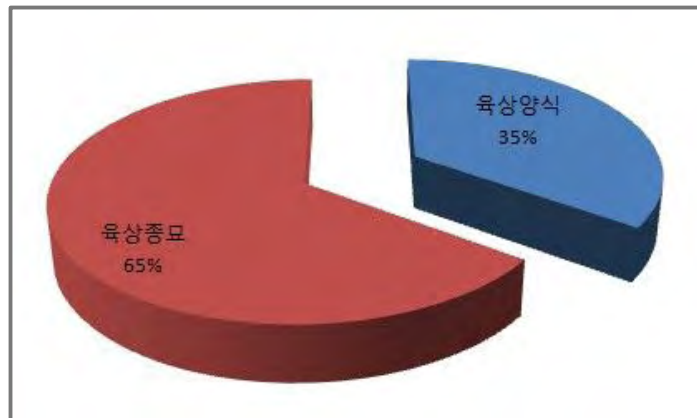
<그림 2-1-5> 경상북도 소재 양식장 현황

4) 경상남도

경상남도 지역은 국내 양식장의 25%가 밀집해 있고 여러 시·군 지역에서 양식업이 성행하고 있으며, 그 중 거제시와 통영시에 경남지역의 69% 이상이 밀집해 있다. 어업종류로는 65% 이상이 육상종묘를 하고 있는 것으로 나타났다.

<표 2-1-6> 경상남도 소재 양식장 현황

구분	계	거제시	고성군	남해군	마산시	사천시	통영시	하동군	부산	울산
소계	501	177	21	71	1	1	170	14	22	24
육상양식	175	55	12	34	1	-	39	3	19	12
육상종묘	326	122	9	37	-	1	131	11	3	12



<그림 2-1-6> 경상남도 소재 양식장 현황



## 2.2 대상지 선정

### 2.2.1 대상지 선정 요약

조사 대상 지구는 전국의 허가·신고된 양식장이 위치하는 182개 읍면 중 읍면별 평균 양식어가수 11개소 이상을 갖는 50개 읍면을 선정하였다. 이는 양식장 밀집도, 지구접근 용이성 등을 판단하여 선정하였다. 한편, 50개 읍면에 포함되지 않는 지역 중에서 인접한 읍면을 묶어 대상지로 포함시키거나, 평균보다 적은 양식어가수를 갖는 지역이더라도 부존성 확보를 통해 잠재적 양식어가 지원 및 양식업 육성 가능지역도 대상지에 포함하였다. 그리고 대상 읍면 면적이 넓고 대상어가가 30개소 이상인 경우에는 개소수가 밀집한 지역끼리 나누어 지구를 분할하여 총 126개의 대상지를 선정하였다.

대상지 선정결과 지역 소재지 양식장 수에 비례하여 전남과 경남지역에서 전국 조사 대상지구 중 80% 이상을 차지할 정도로 높은 분포를 보인다.

<표 2-2-1> 전국 조사 대상지구

구분	계	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남
대상지구	126	1	2	8	1	64	13	37
(%)	(100)	(0.8)	(1.6)	(6.3)	(0.8)	(50.8)	(10.3)	(29.4)

※ 선정된 대상지 중 인천광역시는 경기도, 부산광역시와 울산광역시는 경남에 편입하였음.

### 2.2.2 조사지구 선정기준

조사지구 선정을 위한 배점(200점) 항목은 계량평가(100점)와 비계량평가(100점)로 구분하였다. 계량평가 항목인 지구특성(50점), 사업여건(25점), 지질특성(25점)으로 구분하였으며 가점사항으로는 지자체별 양식장 분포수에 대하여 가중치를 부여하여 사업의 형평성을 높이하고자 하였다. 비계량평가는 계량평가에 의하여 선정된 지역별 우선순위에 입각하여 3배수의 후보지를 선정하고, 지자체 및 어가 호응도, 해안과의 거리 등 지구별 답사를 통한 점수를 부여하였다. 최종적으로는 계량평가와 비계량평가의 합산 점수 중 지역별 우선순위에 따라 최종 조사지구를 선정하였으며, 조사대상지 선정 기준은 <표 2-2-2>와 같다.

지하해수조사사업 보고서

<표 2-2-2> 지하해수 조사지구 선정 세부 기준 및 배점 표

구분	배점	범위	점수	범위	점수	범위	점수	비고	
계	200								
계량	지구특성	50							
	용수확보 시급성	25	서해·서남해안	25	남해안	10	동해안	5	
	어업종료 비율 (양식/종묘)	10	종묘 67%이상 양식 33%미만	10	종묘 66~34% 양식 34~66%	7	종묘 33%미만 양식 67%이상	5	
	시설규모(수조면적)	5	500~2,000m <sup>2</sup>	5	2,000m <sup>2</sup> 이상	3	500m <sup>2</sup> 미만	1	실질적 양식어가
	양식단지 또는 연구시설 계획 여부	5	현재 추진 및 계획 수립	5			없음	0	
	조사신청 회수비율	5	67%이상	5	66~34%	3	66~34%	1	
	사업여건	25							
	지구접근용이성	15	내륙	15	도서(도로연결)	5	도서	-10	장비이동 제한사항
	기존조사자료 유무	10							
	수백조사지구수	3	5지구 이상	3	1-5 지구	2	미조사	1	
	농촌지하수관리 등	4	조사	4			미조사	1	
	해수침투조사 등	3	조사	3			미조사	1	
	지질특성	25							
	대표 지질	5	화성암 및 퇴적암계열	5			변성암계열	1	
	지질여건	20							
	층적층두께	10	20m이상	10	10-20m	5	0-10m	1	층적개발
	지하수산출량	10	150m <sup>3</sup> /일 이상	10	100-150m <sup>3</sup> /일	5	100m <sup>3</sup> /일 미만	1	
지자체별 양식장 분포	10	300개 이상	10	100-300개	5	100개 미만	0	가점	
비계량	답사 평가	100							
	해당어가 호응도	20	좋음	20	보통	10	나쁨	0	개발여건
	지자체 호응도	20	좋음	20	보통	10	나쁨	0	"
	해안과의 거리	30	500m 이상	30	100~500m	20	100m 미만	10	떨물 시
	장비투입 용이성	30	투입 양호	30	보통	15	투입불량	0	

## 2.2.3 조사지구 내역

금번 조사지구는 선정기준에 따른 배점이 높은 지구를 우선 선정하였으나 양식장이 상대적으로 많이 모여 있는 일부 지역으로의 집중되는 것을 우려, 지역별 형평성을 고려하여 시·군별 한 지구씩으로 제한하여 조사지구를 선정하였으며 선정된 조사지구는 <표 2-2-3>과 같다.

&lt;표 2-2-3&gt; 2011년 시행 8지구 현황

시도	시군	읍면	지구명	점수 합계 (100점 기준)	양식 장수	어업 종류	해안 까지 거리 (m)	접근 용이성	기초조사			대표 지질	총적층 두께(m)	지하수 산출량 (m <sup>3</sup> /일)
									수맥조사 지구수	지하수 조사여부	해수침투 조사여부			
충남	태안군	남면	태남	74.5	19	종묘	400	내륙	3	미조사	미조사	변성 암류	14	110
전남	영광군	백수읍	영백	82.5	7	종묘	2,000	내륙	7	조사	조사	화성 암류	12	133
	무안군	해제면	무해	76.2	6	종묘 양식	2,500	내륙	10	조사	미조사	화성 암류	3	100
	완도군	군외면	완군2	75.2	13	종묘 양식	500	연륙도	9	미조사	조사	화성 암류	6	151
	강진군	마량면	강마	74.3	18	종묘 양식	80	내륙	2	미조사	미조사	화성 암류	4	155
경북	영덕군	병곡면	영병	65.1	9	종묘 양식	70	내륙	8	미조사	미조사	화성 암류, 퇴암류	37	288
경남	거제시	둔덕면	거둔1	74.3	10	종묘 양식	80	연륙도	8	조사	미조사	화성 암류	23	196
	통영시	산양읍	통산1	73.4	11	종묘 양식	80	연륙도	6	미조사	미조사	화성 암류	12	134

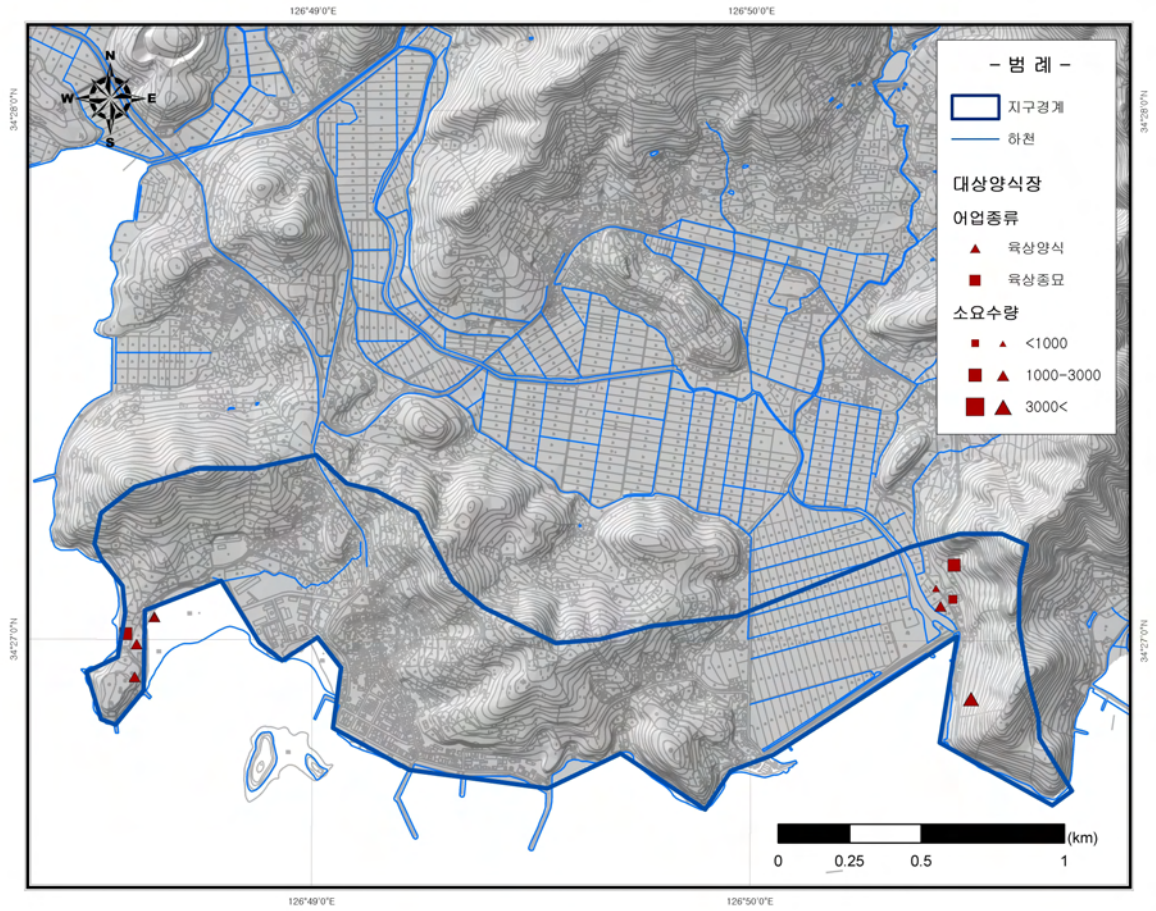
※ 양식장 수 및 어업종류는 허가 및 신고 내역(2009년말 기준 자료)을 참고하였음

## 지하해수조사사업 보고서

강마지구는 전라남도 강진군 마량면에 위치하고 있고 지구 내 양식장은 12개소가 있으며, 그 중 법인등록 양식장이 3개소이고, 개인 운영 양식장이 9개소이다. 어업 종류로는 양식과 종묘생산을 하고 있고 대표 어종으로는 전복, 해삼이다.

<표 2-2-4> 강마지구 양식장 현황

ID	주 소	부지면적 (m <sup>2</sup> )	수조면적 (m <sup>2</sup> )	소요수량 (m <sup>3</sup> /일)	어업종류	대표어종
GSW0698	마량면 마량리 1275-10 외	578	466	2,000	육상종묘	전복
GSW2044	마량면 마량리 1275-11	1,413	1,306	13,000	육상양식	전복
GSW0691	마량면 마량리 1275-6	1,552	1,267	6,000	육상종묘	전복
GSW0692	마량면 마량리 1275-6 외1	1,650	1,489	7,000	육상종묘	전복
GSW0689	마량면 마량리 1277-11 외	1,837	1,653	8,000	육상종묘	전복
GSW0690	마량면 마량리 1277-11 외	1,837	1,653	8,000	육상종묘	전복
GSW0699	마량면 원포리 755-10 외2	894	849	8,400	육상양식	전복
GSW0695	마량면 원포리 755-1 외1	672	563	2,000	육상종묘	전복
GSW0693	마량면 원포리 755-41	533	514	2,000	육상종묘	전복
GSW0694	마량면 원포리 755-41	1,485	1,274	6,000	육상종묘	전복
GSW0697	마량면 원포리 755-45 외2	4,953	4,330	21,000	육상종묘	전복, 해삼
GSW2045	마량면 원포리 산7-1 외 4	2,515	1,955	19,500	육상양식	전복



<그림 2-2-1> 강마지구 양식장 현황

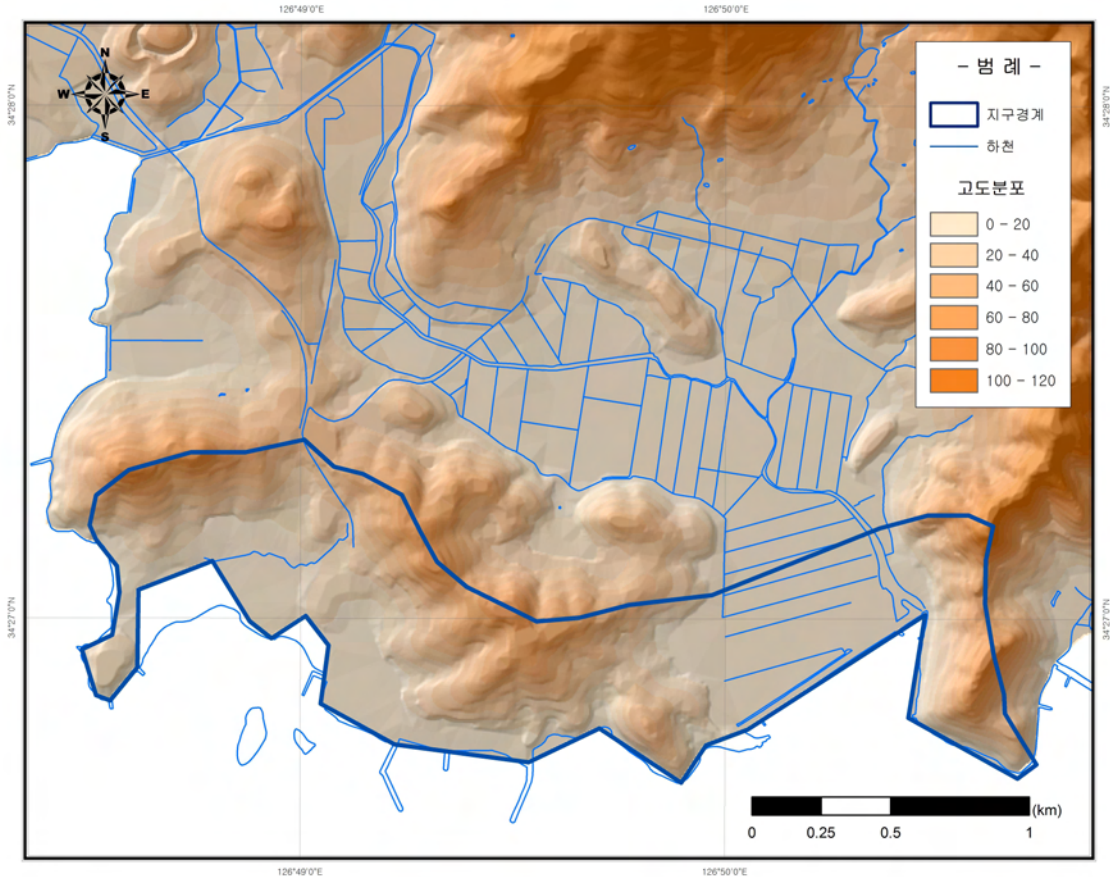
## 2.3 지형 및 지질

### 2.3.1 지형특성

본 지구는 행정구역상 전라남도 강진군 마량면 일대로서 1:25,000 고금지형도의 중간 중앙부에 해당된다. 동쪽은 장흥군, 북쪽은 칠량면에 접하고, 남쪽은 남해에 면한다. 구릉이 발달해 있고, 본 조사 지구의 동쪽에 고도 200m 정도의 산지와 접해 있으며 간척지에는 논밭이 조성되어 있다. 해안은 비교적 단조로우나 큰 만과 돌출부가 이어져 있고, 취락은 주로 해안을 따라 발달되어 있다. 또한 최남단에 항구가 위치하며, 마량앞바다는 청정의 해역으로써 밀물과 썰물의 영향으로 양질의 영양염류가 많고 싱싱한 패류, 어류가 생산되어 낚시터로도 유명하다.

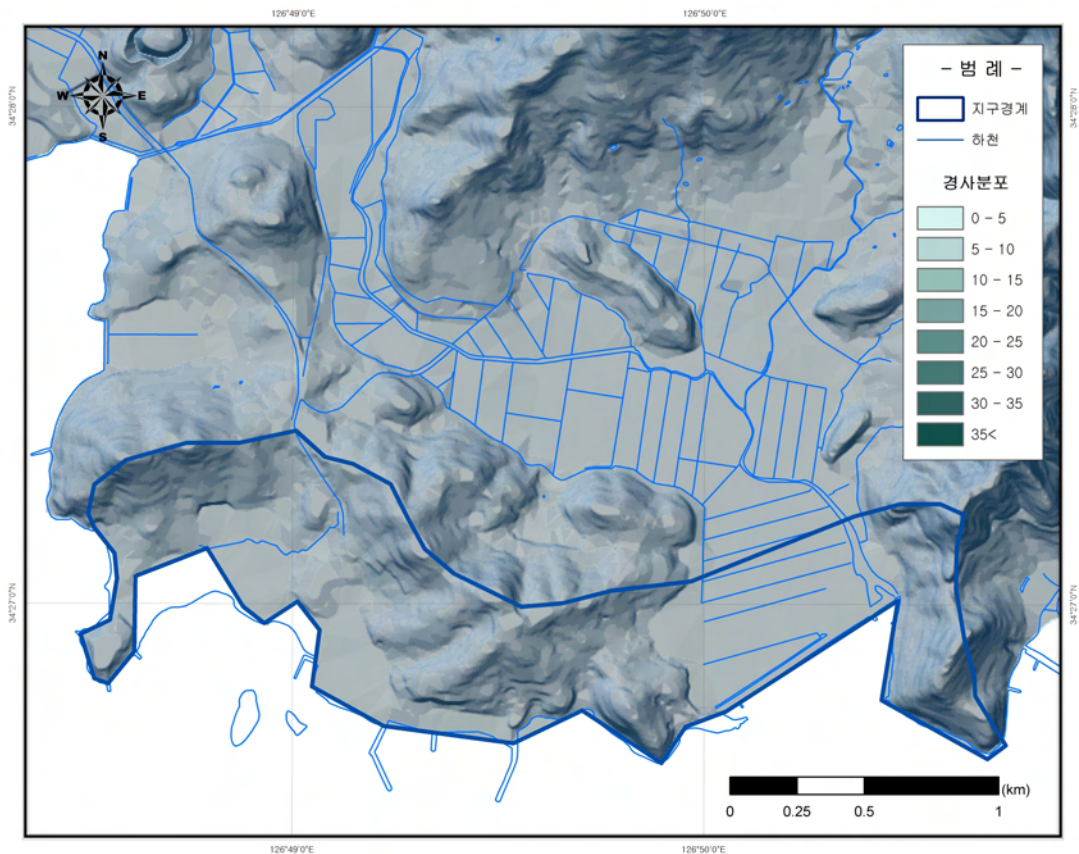
지형고도는 대체로 EL. 100m 이하의 구릉성 산지가 많이 나타나며, EL. 50m이하의 고도가 81.9%로 거의 대부분을 차지하고 있다.

조사지역은 평탄지 보다는 구릉성 산지가 대부분인 특성이 반영되어 지형경사가 5° 이하 37.1%, 10~15° 18.2%로 나타났다.



<그림 2-3-1> 강마지구 지형고도





<그림 2-3-2> 강마지구 지형경사

### 2.3.2 지질 및 지질구조

지표지질 조사는 한국지질자원연구원에서 발간한 1:50,000 지질도폭을 기준으로 지질분류를 하였으며 지질도폭이 없는 지역은 현장조사와 기존 문헌자료를 활용하여 인근지역의 지질을 연장하는 방법을 활용하였다.

지질조사는 지질도에 기재된 대규모 단층대 분포특성과 소규모 지질구조 분포특성을 분석하였고 선형구조(lineament)는 SPOT 위성영상자료와 지형고도의 DEM을 이용한 음영기복도(Hillshade) 및 3차원 영상분석에 의한 선형구조를 분석하였다. 이렇게 분석한 선형구조는 조사지구의 음영기복도를 중첩시켜 선형구조 발달 상태를 확인할 수 있도록 하였다.

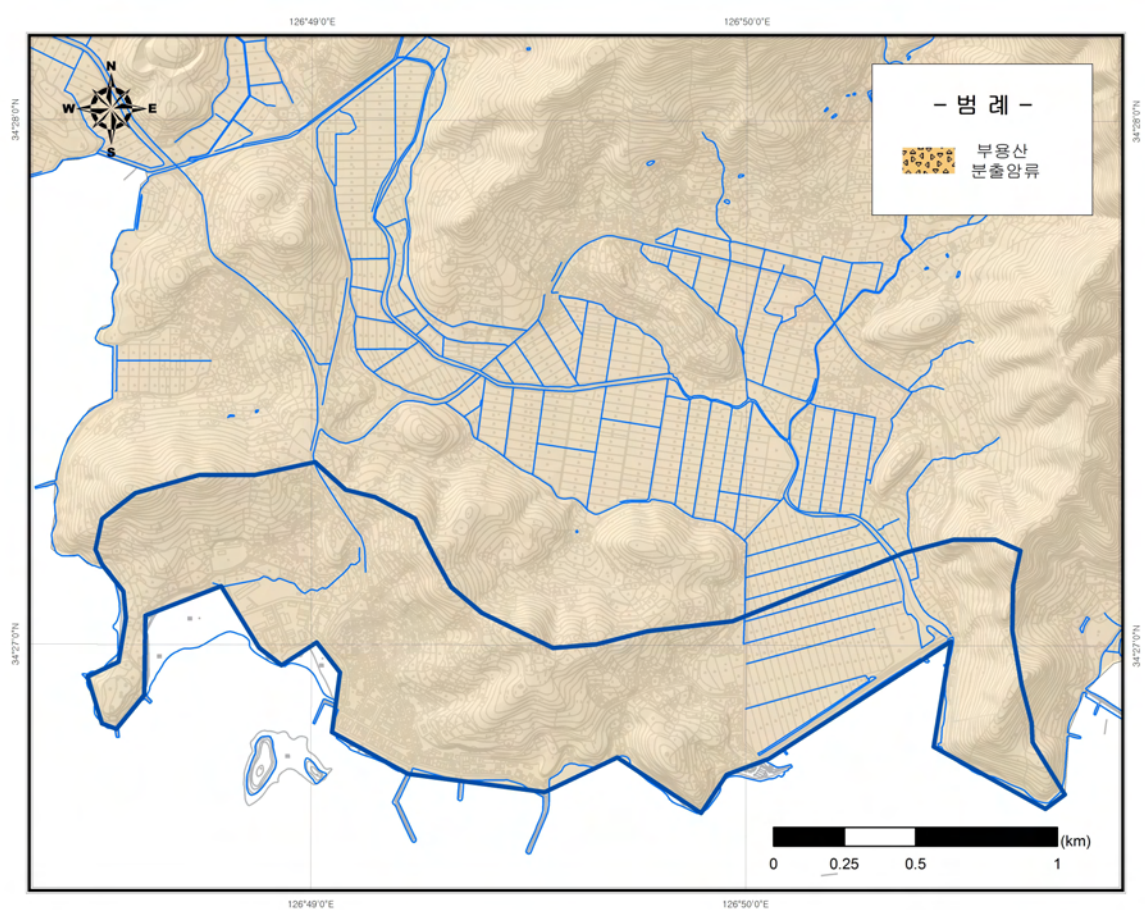
#### ① 지표지질

분포지질은 백악기의 부용산분출암류와 이를 관입한 산성~중성 관입암이 주로 분포하고 하천 하류지역 및 해안 저지대에는 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

**지하해수조사사업 보고서**

<표 2-3-1> 강마지구 지질·암상단위와 수문지질단위 분류

지질시대	지 질	수문지질단위	대수층 특성	지하수산출성
제4기	충적층	미고결 쇄설성 퇴적층	1차공극	کم
~ ~ ~ ~ ~ 부 정 합 ~ ~ ~ ~ ~				
백악기	유문암질응회암	분출암	단열	중간



<그림 2-3-3> 강마지구 지질도

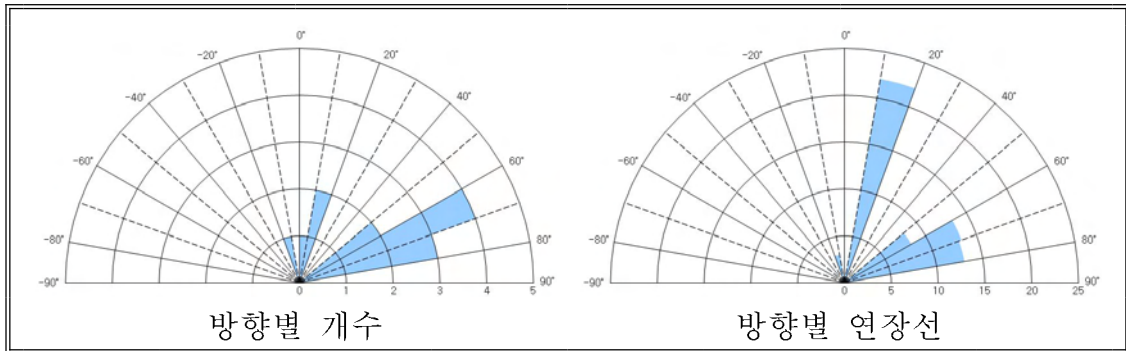
**② 지질구조**

조사지구 내 선형구조 개수는 총 13개, 총 연장은 6.06km 이며, 선형구조의 최소연장은 240m, 최대연장은 1,169m, 평균연장은 466m이다. 빈도분석 결과 선형구조의 개수는 N60~70E가 우세하게 나타나 연장성은 N10~20E가 우세한 것으로 나타났다.

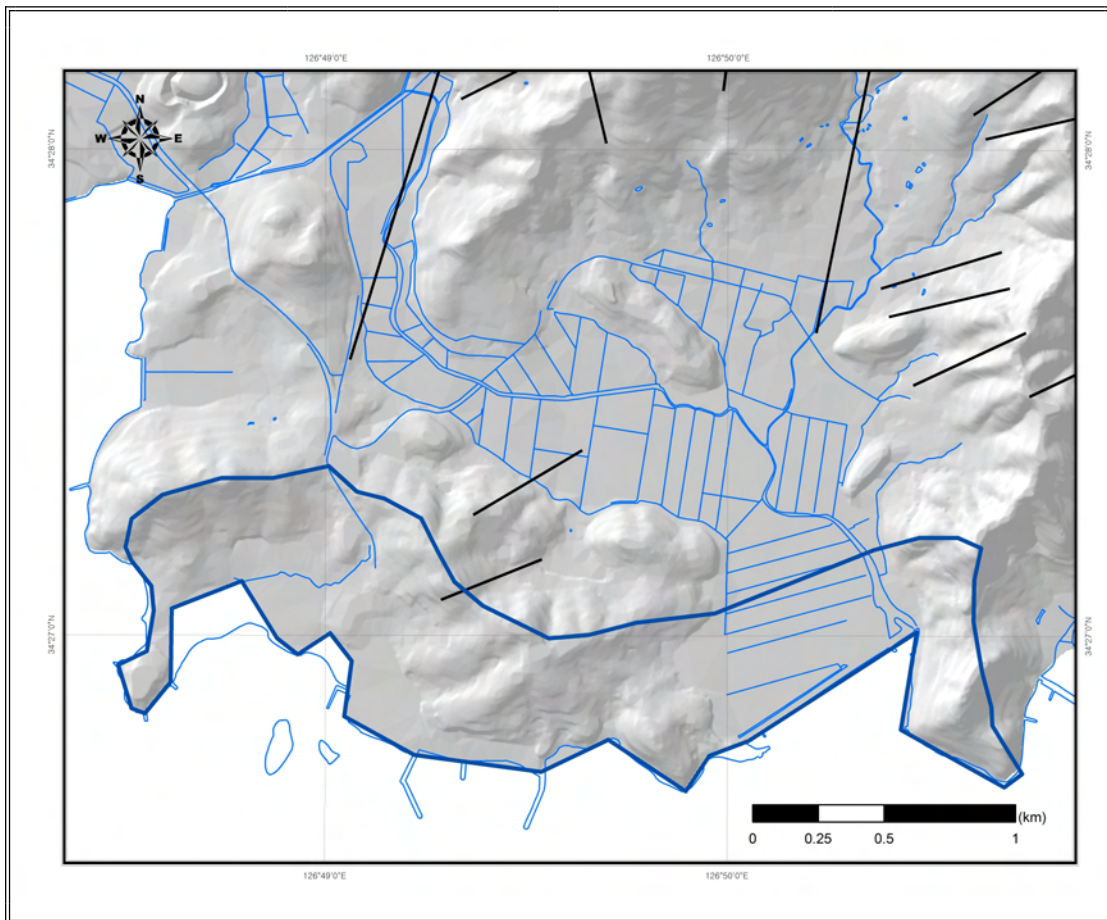


<표 2-3-2> 강마지구 선형구조의 방향별 연장선과 개수

방향(°)	-90 ~ -80	-80 ~ -70	-70 ~ -60	-60 ~ -50	-50 ~ -40	-40 ~ -30	-30 ~ -20	-20 ~ -10	-10 ~ 0	계
길이 (km)	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	6.06 km
개수	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
방향(°)	0 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 70	70 ~ 80	80 ~ 90	13개
길이 (km)	0.1	2.2	-	-	-	0.8	1.3	1.3	-	
개	1	2	-	-	-	2	4	3	-	



<그림 2-3-4> 강마지구 선형구조의 방향별 특성



<그림 2-3-5> 강마지구 선형구조(lineament) 분포도

## 2.4 기초사 현황

기존 지하수 조사 현황은 지하수법 제정 이전인 '93년까지는 수맥조사 자료가 대부분이며, 지하수법이 제정된 '94년 이후부터 지하수기초조사, 지하수영향조사 등에 의한 지하수조사가 시행되었다. 조사지역에 대한 지하수 조사 현황은 다음과 같다.

### 2.4.1 수맥조사

수맥조사는 지표수 개발이 불리한 농어촌 지역에 대한 지대별 지하수 부존량을 파악하여 향후 지하수개발계획 수립 및 지하수자원의 효율적인 보전·관리에 필요한 제반 자료를 제시함으로써 농어촌지역에 필요한 생활, 환경용수, 농어업용수 및 산업용수의 효율적인 개발을 도모하고자 시행하였다.

특히, 평시에 가뭄상습지역 등의 지역에 대한 지하수 부존상태, 개발가능량 등을 미리 조사하고 수맥도를 작성하여 향후 가뭄발생시 긴급 지하수개발 추진 등 지하수개발 예정지 판단의 기초자료로 활용하고 지하수개발이 주변지역 환경에 미치는 영향을 사전에 조사함으로써 농어촌지역 지하수 장애 예방과 합리적인 지하수 개발을 추진하는데 그 목적을 갖고 1982년도에 착수한 이래 2006년 말 현재까지 총 7,763지구 119,212ha에 걸쳐 조사가 완료되었다.

<표 2-4-1> 국내 수맥조사 내역

(단위 : ha)

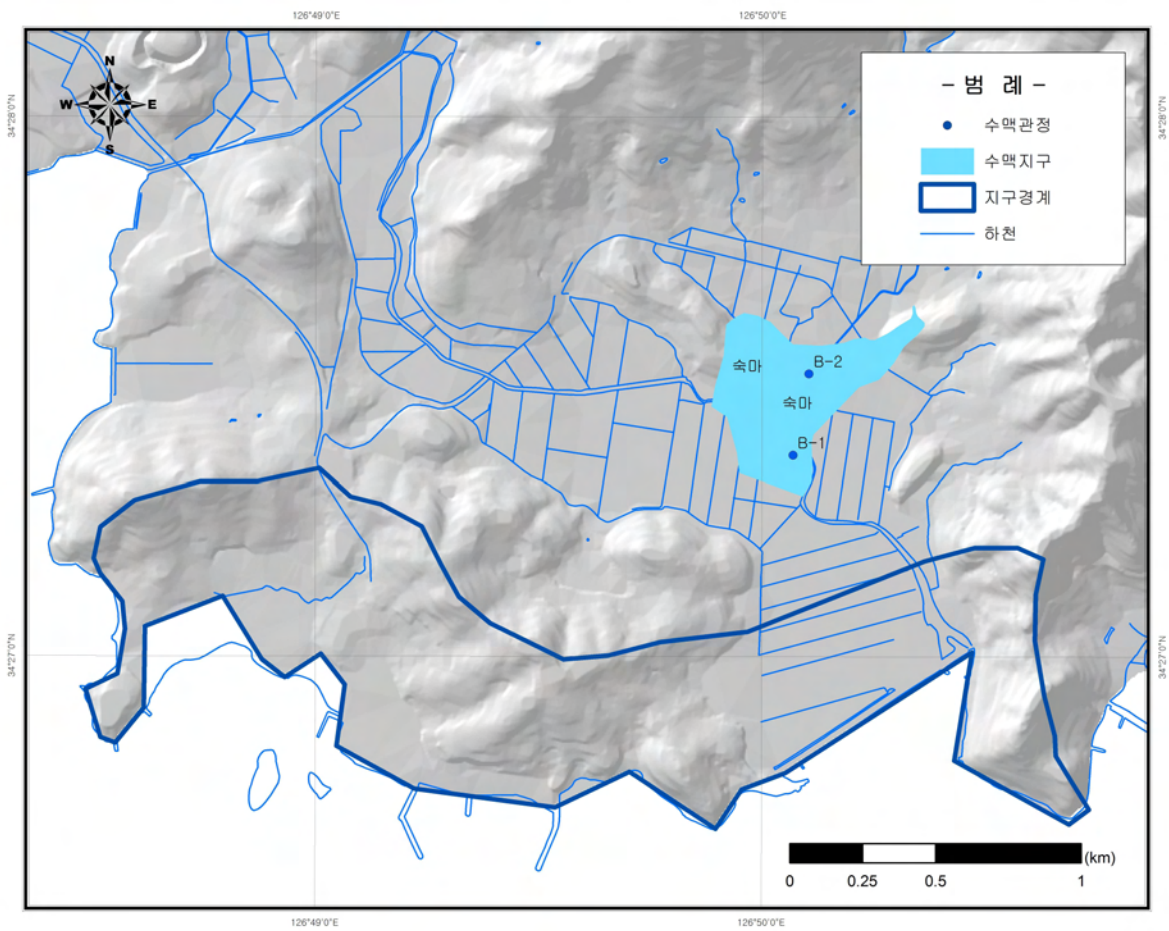
도별	총 계획	'06년까지 조사실적			잔여 조사면적
		지구	면적	계획대비 실적(%)	
계	140,212	7,763	119,212	85.0	21,000
경 기	16,617	624	13,996	84.2	2,621
강 원	11,209	572	9,559	85.3	1,650
충 북	10,860	705	9,212	84.8	1,648
충 남	18,172	940	15,416	84.8	2,756
전 북	18,992	1,452	16,224	85.4	2,768
전 남	23,782	1,205	20,064	84.4	3,718
경 북	20,469	1,259	17,585	85.9	2,884
경 남	20,111	1,006	17,156	85.3	2,955

강마지구가 포함되는 전라남도 강진군 마량면의 수맥조사는 총 1개 지구 2개 지역에서 시행되었으며, 조사면적 20ha에 대하여 2공의 시추조사를 실시하였다. 본 조사지역 내에 1개 지구가 조사되었으며 그 내역은 <표 2-4-2> 및 <그림

2-4-1>과 같다.

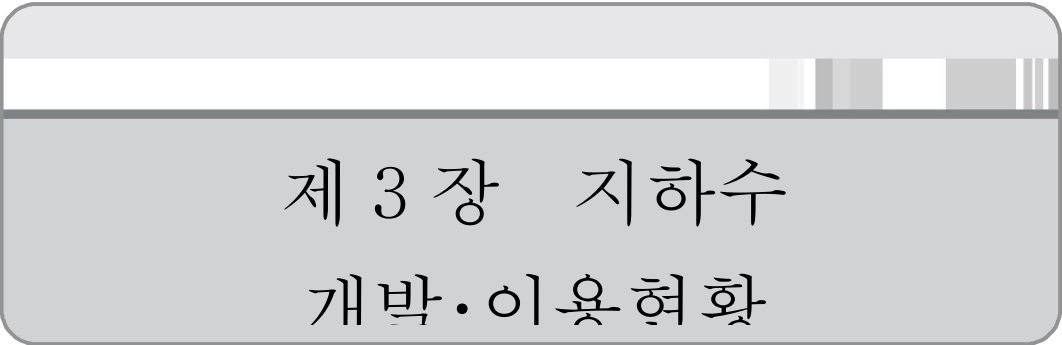
<표 2-4-2> 강마지구 수맥조사 현황

읍면	동리	지구명	조사년도	조사면적 (ha)	물리탐사 (점)	시추공번	산출량 (m <sup>3</sup> /일)
마량면	원포리	숙마	2000	20	10	BH-1 BH-2	10 300



<그림 2-4-1> 강진군 마량면의 지하수 기초조사 현황도





제 3 장 지하수  
개발·이용현황



## 제3장 지하수 개발·이용현황

## 3.1 지하수 개발현황

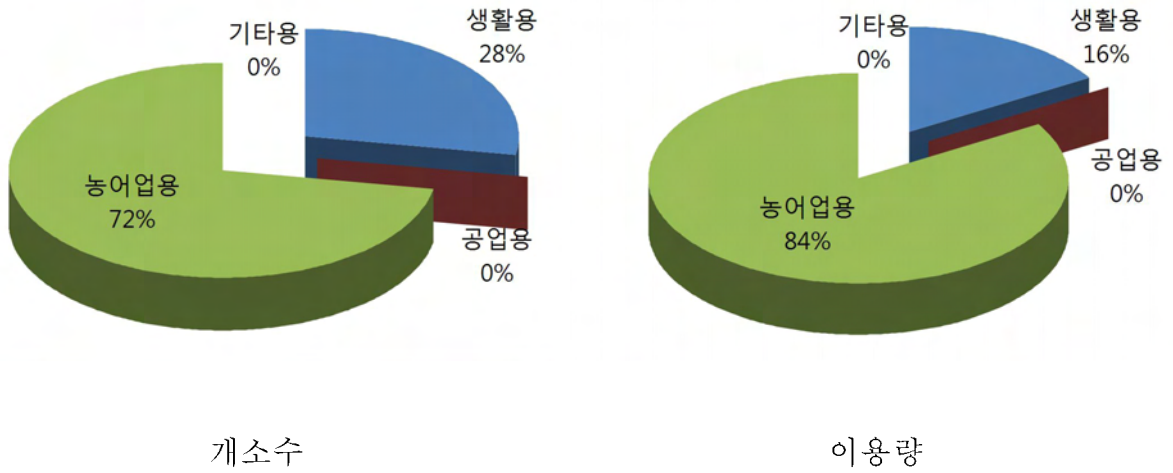
조사지역에 대한 지하수 개발 및 이용현황을 파악하기 위하여 강진군 지하수 행정자료를 기초로 하여 현황조사를 실시하였다. 강진군의 관정수는 총 6,939개소이고, 이용량은 21,318천 $m^3$ /년이며, 조사지구에 해당하는 마량면은 관정수가 206개소, 이용량은 1,669천 $m^3$ /년이다. 강마지구를 포함하는 마량면 마량리와 원포리 일원의 지하수 개발·이용현황은 마량리에 53개소, 이용량 452.4천 $m^3$ /년, 원포리에 66개소, 이용량 535.1천 $m^3$ /년으로서 강진군 전체 지하수 개소수의 1.7%(개소) 이용량의 4.6%(천 $m^3$ /년)이고, 마량면 전체 개소수의 57.8%, 이용량의 59.2%를 차지한다. 또한 용도별 개소수는 농업용이 72.3%, 생활용이 27.7%를 차지하고 이용량은 각각 83.5%와 16.5%로써 공당 이용량은 농업용수가 높은 것을 알 수 있으며, 수산업용이나 양어장용 지하수는 없는 것으로 조사되었다. (표 3-1-1).

&lt;표 3-1-1&gt; 강마지구 지하수 개발·이용현황

(단위: 공, 천 $m^3$ /년)

구분	총 계		생활용		공업용		농어업용		기타		
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	
강진군	6,939	21,318	2,476	6,255	28	213	4,233	14,812	6	23	
읍 면	마량면	206	1,669	66	325	-	-	140	1,343	-	-
	-마량리	53 (24)	452.4 (150.9)	12 (17)	59.1 (83.7)	-	-	41 (7)	393.3 (67.2)	-	-
	-원포리	66	535.1	21	103.4	-	-	45	431.7	-	-
	강마지구	119 (24)	987.5 (150.9)	33 (17)	162.5 (83.7)	-	-	86 (7)	825.0 (67.2)	-	-

※ 출처 : 2010 지하수조사연보, 국토해양부, ( )는 2011년 현장조사 관정 수



<그림 3-1-1> 강마지구 지하수 개소수 및 이용량 비율

### 3.2 지하수 이용현황

강진군 지하수 행정자료 분석 결과 강마지구의 공당 지하수 이용량은 8.3천 m<sup>3</sup>/년이며, 이는 전체 공당 지하수 이용량인 3.1m<sup>3</sup>천/년과 마량면의 공당 지하수 이용량인 8.1천m<sup>3</sup>/년 보다 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 단위면적당 이용량은 125천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>으로 강진군 42.6천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup>과 마량면 83.0천m<sup>3</sup>/년/km<sup>2</sup> 보다는 많음을 알 수 있다. 개발밀도는 15.1공/km<sup>2</sup>로써 강진군의 개발밀도 13.9공/km<sup>2</sup>와 마량면의 개발밀도 10.2공/km<sup>2</sup> 보다는 많았다. 현장조사 결과 강마지구 내에 조사가 이루어진 관정은 총 24개소로 공당 이용량 및 개발 밀도는 각각 6.3천m<sup>3</sup>/년/공 및 6.7공/km<sup>2</sup>로 행정자료와 비교하여 보면 공당 이용량과 개발 밀도 모두 작은 것으로 조사되었다(표 3-2-1).



&lt;표 3-2-1&gt; 강마지구 공당·단위면적당 지하수 이용량 및 개발밀도

구분	면적 (km <sup>2</sup> )	가구수	인구 (명)	개소수 (공)	이용량 (천m <sup>3</sup> /년)	공당 이용량 (천m <sup>3</sup> /년/공)	단위면적당 이용량 (천m <sup>3</sup> /년/km <sup>2</sup> )	개발밀도 (공/km <sup>2</sup> )	
강진군	500.3	18,491	41,428	6,939	21,318	3.1	42.6	13.9	
읍 면	마량면	20.1	1,034	2,218	206	1,669	8.1	83.0	10.2
	-마량리	3.6	458	1,027	53 (24)	452.4 (150.9)	8.5 (6.3)	125.0 (41.9)	14.7 (6.7)
	-월포리	4.3	36	76	66	535.1	8.1	124.4	15.3
	강마지구	7.9	494	1,103	119 (24)	987.5 (150.9)	8.3 (6.3)	125 (41.9)	15.1 (6.7)

※ 출처 : 2010 지하수조사연보, 국토해양부, ( )는 2011년 현장조사 내역

### 3.3 지하수 개발·이용 추이

#### 3.3.1 개발·이용 추이

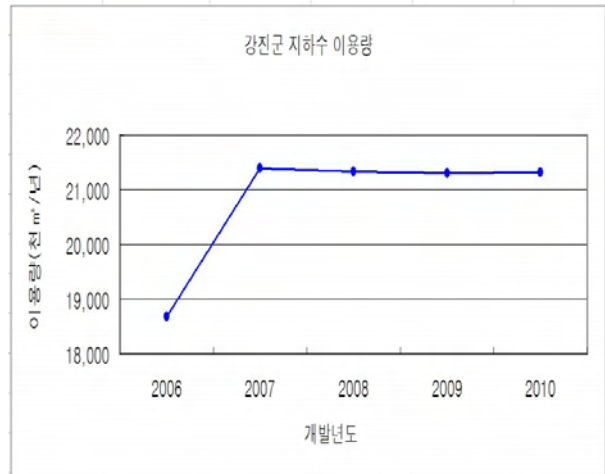
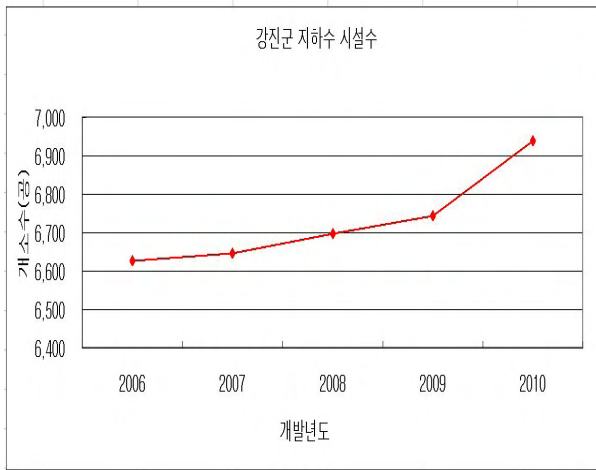
매년 발간되는 지하수조사연보를 기초로 2007년(2006년말 자료)부터 2011년(2010년말 자료)까지 5년간 강진군과 마량면 및 강마지구에 대한 지하수 개발·이용 추이를 분석한 결과 강진군 전체 지하수 시설수는 2006년 6,626개소, 연간 이용량이 18,688천m<sup>3</sup>/년에서 2010년 6,939개소, 21,318천m<sup>3</sup>/년으로 각각 313개소, 2,630천m<sup>3</sup>/년이 증가하였다. 그리고 강마지구의 지하수 시설수는 2006년 119개소, 연간 이용량이 898.1천m<sup>3</sup>/년에서 2010년 119개소, 954.9천m<sup>3</sup>/년으로 시설수의 변화 없이 이용량만 소폭 증가하였다. (표3-3-1 및 그림3-3-1~3).

&lt;표 3-3-1&gt; 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이

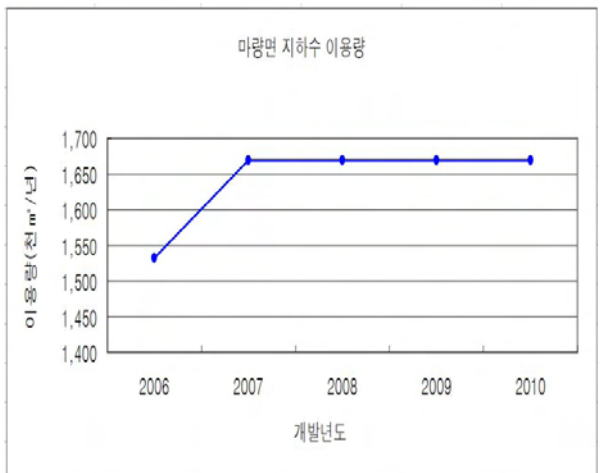
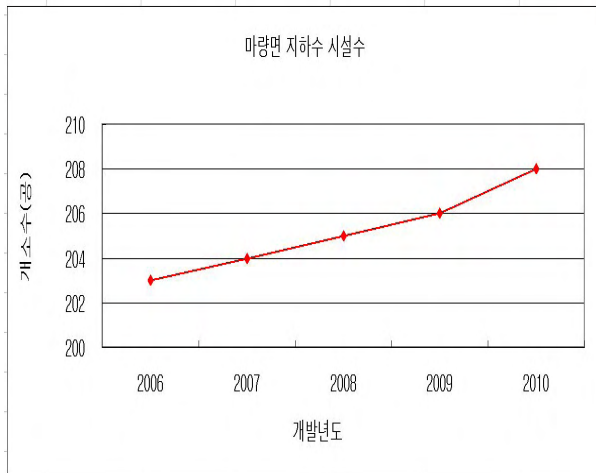
구분	시설수(개소)			이용량(천m <sup>3</sup> /년)		
	강진군	마량면	강마지구	강진군	마량면	강마지구
2006	6,626	203	119	18,688	1,532	898.1
2007	6,646	204	119	21,387	1,669	973.6
2008	6,697	205	119	21,337	1,669	968.8
2009	6,743	206	119	21,304	1,669	964.1
2010	6,939	208	119	21,318	1,669	954.9

※ 출처 : 지하수조사연보(2005~2010), 국토해양부

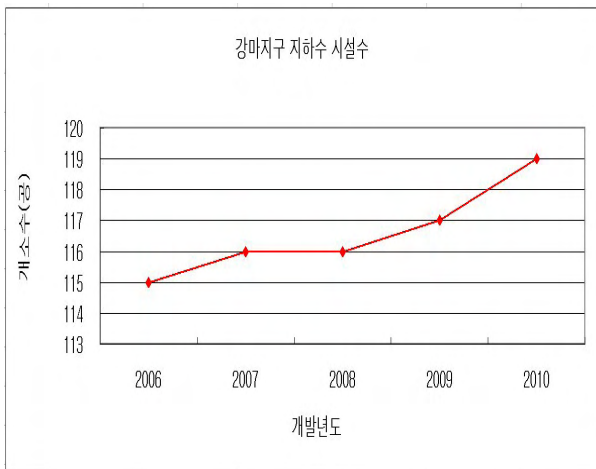
# 지하해수조사사업 보고서



<그림 3-3-1> 강진군 전체 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이



<그림 3-3-2> 마량면 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이



<그림 3-3-3> 강마지구 연도별 지하수 시설수 및 이용량 변화 추이

### 3.3.2 추세분석

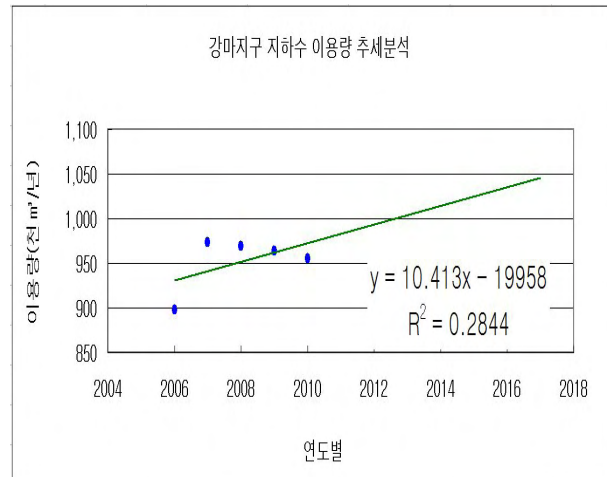
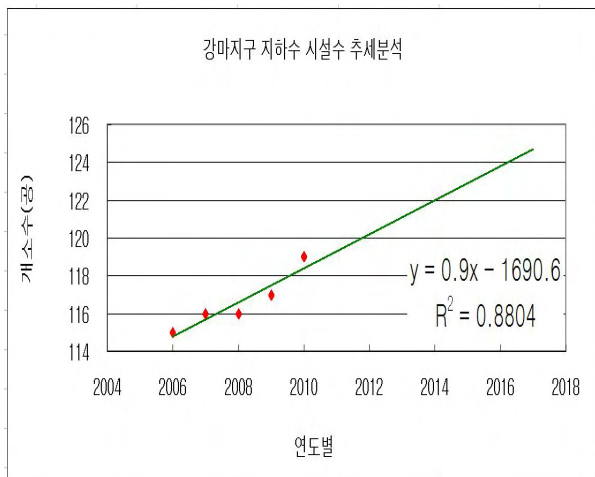
2006년 이후 최근 6년간 지하수 개발·이용 추이를 반영하여 회귀분석을 실시하여 아래의 회귀방정식을 산출해 향후 강마지구의 지하수 시설수 및 이용량을 추정하였다. 그 결과 <표 3-3-2> 및 <그림 3-3-4>와 같이 2011년 말 기준 119.3개소, 982.5천m<sup>3</sup>/년에서 2017년 124.7개소, 1,045.0천m<sup>3</sup>/년으로 점차 소폭 증가할 것으로 전망되었다.

- ① 지하수 시설 수  $Y=0.9X-1690.6$ ,  $R^2=0.8804$
- ② 지하수 이용량  $Y=10.413X-19958$ ,  $R^2=0.2844$

<표 3-3-2> 강마지구의 지하수 시설수 및 이용량 추정

(단위 : 공, 천m<sup>3</sup>/년)

구분	년도별 지하수 시설수 및 이용량											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
시설수	114.8	115.7	116.6	117.5	118.4	119.3	120.2	121.1	122	122.9	123.8	124.7
이용량	898.1	973.6	968.8	964.1	954.9	982.5	993.0	1,003.4	1,013.8	1,024.2	1,034.6	1,045.0



<그림 3-3-4> 강마지구 연도별 지하수 시설수 및 이용량 추정



## 제 4 장 수리지질조사



## 제4장 수리수질조사

### 4.1 지구물리탐사

#### 4.1.1 탐사개요

물리탐사는 일차적으로 지질, 토양 및 인공위성 영상자료 분석을 통하여 지질구조선, 암상 변이대, 층적층 및 기반암 분포, 식생, 토양 등을 사전 파악하고, 이들 자료를 기초로 관심지역 선정 및 지구물리탐사 수행을 통하여 층적층 분포심도, 범위, 지하지층분포 및 대수층을 이루는 암반과쇄대의 발달상태 등 이상대에 대한 지하정보를 얻고, 이를 검증하기 위한 실제적인 조사방법인 조사공 및 관측공의 시추위치를 선정하는데 그 목적이 있다.

지구물리탐사의 시행과정은 순차적으로 자료취득(Data acquisition), 자료 처리(Data processing) 및 자료 해석(Data interpretation)으로 구분된다.

일반적으로 탐사자료의 취득은 탐사 방법에 따라 자연발생적 또는 인공적으로 발생시킨 물리현상을 측정하는 과정으로, 물리적인 현상인 신호원이 자연적인 경우에는 신호원이 일정하고 자료취득이 상대적으로 간편한 장점은 있지만 그 강도(Intensity)가 상대적으로 작게 나타나므로 현장에서의 자료취득시 이상치를 정확히 알아내는데 어려움이 있다는 단점이 있다.

자료 처리는 현장에서 취득한 측정치 및 반응치를 정리하고, 자료해석을 보다 편리하게 할 수 있도록 자료의 편집 및 각종 보정을 하여 S/N(신호 대 잡음)비를 높이는 수치리 작업을 말한다. 이러한 자료처리 과정은 자연발생적인 신호원을 이용하는 탐사법에서는 특히 중요하다. 자료 해석은 자료처리 결과를 토대로 이론적 또는 경험적 분석을 통한 탐사대상체 또는 지층의 위치, 크기 및 형태를 규명하는 작업을 말한다. 최근에는 컴퓨터의 성능이 향상됨에 따라 각종 수치해석(Digital analysis)을 응용한 프로그램 개발로 물리탐사자료의 해석에서 역산법(Inversion method)들이 이용되어 현장측정 자료들을 최소허용 오차범위 내에 포함되도록 반복 계산 결과를 해석하는 추세이다.

본 조사지구에서는 8개 측선에 대하여 전기 비저항탐사를 실시하여 조사지역 2차원 단면에 대한 전기비저항 분포를 파악하였다. 그러나 해안선을 따라 일정거리에 대하여 직선으로 탐사가 시행되어야 하나, 해안선이 굴곡지고 절벽으로 이루어져 있어 접근이 어려운 곳은 해안가로부터 일정구간 이격시켜 시행하여 종합적인 분석이 이루어질 수 있도록 하였다.

## 지하해수조사사업 보고서

전기비저항탐사는 전류가 흐를 때 전류가 흐르는 통로상의 두 지점 사이에 매질의 저항에 비례하는 전위차가 발생하는데, 이때 발생하는 전위차를 이용하여 지질구조 등을 탐사하는 방법으로써, 1900년대 초에 개발되었지만 취득자료의 처리 및 분석을 위한 컴퓨터의 보급으로 1970년대 이후에서야 많이 보급되었고, 이러한 기술들은 지하수분야에 있어서 적절한 지하수자원 개발 및 지하수오염 형태를 관찰하는데 매우 많이 이용되고 있다.

자연상태에서 암석이나 구성광물의 전기비저항값은 공극률(porosity), 공극 내 유체포화율(fluid saturation), 공극 내 유체의 성질, 조암광물의 종류, 구성입자의 크기, 성질 및 암석의 고화도 등에 의존하는데, 이러한 인자들은 전기비저항값의 주요한 결정요인으로 작용한다(표 4-1-1).

이와 같은 암석의 전기비저항값들을 기초로 한 전기비저항 탐사법은 전류의 크기, 전극간의 전위차, 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로써 정량적인 해석이 가능하고, 취득된 자료들을 역산법에 의한 이론적 계산치와 실제의 값들을 비교할 수 있다는 점에서 유용한 탐사법이다.

<표 4-1-1> 암석의 전기비저항(Telford 등, 1976)

암석의 종류	전기비저항의 범위(ohm-m)
화강암	$3 \times 10^2 \sim 10^6$
화강반암	$4.5 \times 10^3$ (습윤시) $\sim 1.3 \times 10^6$ (건조시)
장석반암	$4 \times 10^3$ (습윤시)
알바이트	$3 \times 10^2$ (습윤시) $\sim 3.3 \times 10^3$ (건조시)
섬장암	$10^2 \sim 10^6$
섬록암	$10^4 \sim 10^6$
섬록반암	$1.9 \times 10^3$ (습윤시) $\sim 2.8 \times 10^4$ (건조시)
반암	$10 \sim 5 \times 10^4$ (습윤시) $\sim 3.3 \times 10^3$ (건조시)
탄산질반암	$2.5 \times 10^3$ (습윤시) $\sim 6 \times 10^4$ (건조시)
석영반암	$3 \times 10^2 \sim 9 \times 10^5$

전기비저항탐사는 사용되는 전류전극과 전위전극의 종류와 배열방법 및 전극간의 간격 등에 의해 여러 가지 방법으로 나누어 질 수 있는데 본 조사지역에서는 수평적 전기비저항 분포 파악을 위한 쌍극자 배열법 및 변형된 단극배열법과 수직적 전기비저항 분포를 파악하기 위한 슬럼버저 배열법을 이용하였다.



전기비저항탐사 장비는 AGI사에서 제작한 STING R1 및 자동측정기인 Swift를 이용하였는데, 본 장비의 특징으로는 자동으로 접지저항을 측정하여 접지저항이 매우 크거나 불량인 전극을 찾아냄으로써 에러(Error)율을 줄이고 보다 양호한 조건에서 양질의 전기비저항 자료를 취득할 수 있다는 장점이 있다.

#### 4.1.2 탐사이론

##### 가. 쌍극자 배열(Dipole-Dipole array)

한 도선의 전기저항  $R$  은 그 길이  $L$ 에 비례하고, 단면적  $A$ 에 반비례 한다.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

여기서  $\rho$ 는 비례상수로서 물체의 크기와 모양에 관계없는 물체의 전기적 특성을 나타내는 것으로 이를 전기비저항이라고 한다. 또한 Ohm의 법칙에 의하면,  $R = V/I$  이므로 다음식과 같이 쓸 수 있다.

$$\rho = A \cdot \frac{R}{L} = A \cdot \frac{\Delta V}{L} \cdot I \quad (\text{단위: ohm-m}) \quad (2)$$

그림 <4-3-1>에서와 같이 대지 위 임의의 한 전  $C$  에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류  $I$ 를 보낼 때 지중 임의의 점  $P$  에서 전위  $V$  (voltage)는 반무한 평면상에서

$$V = \rho \frac{I}{2\pi r} \quad (3)$$

이고, 이때  $z=0$  이므로  $r = \sqrt{(x^2+y^2)}$  이 된다.

지표면에 매설한 한쌍의 전류전극  $C_1(+I)$ 과  $C_2(-I)$ 를 가정하고 임의의 점  $P_1, P_2$ 에서 각각의 전위를 고려할 때, 점  $P$  의 전위는  $C_1$ 과  $C_2$ 에 의한 전위의 차  $V = V_{C_1} - V_{C_2}$  로 나타난다. 즉,

$$V = \frac{\rho a I}{2\pi} \left( \frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{C_2 P_2} \right) \quad (4)$$

와 같다. 따라서 쌍극자 배열은 전위 및 전류전극 간격이  $a$ 로 일정하므로 겉보기 비저항(Apparent resistivity)은 다음의 식(5)와 같다.

$$\rho_a = n(n+1)(n+2) \pi a \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

현장에서의 탐사방법 및 자료취득은 가단면도(Pseudosection) 같은 형태로 행해지는데 만약 매질이 균질하다면 가단면도에 나타난 전기비저항 값은 진비저항 값과 같으나, 실제로 현장탐사에서는 매질이 불균질한 특성을 보이기 때문에 전기비저항값은 겉보기비저항값이 된다. 그러므로, 이를 해석하기 위해서는 컴퓨터에 의한 Forward Modeling 이나 역산(Inversion)이 필요하다.

#### 나. 변형된 단극 배열(modified pole-pole array)

지하에 전기를 흘리고 이상대에 의한 전기장의 찌그러짐을 측정하여 지하구조를 규명하는 전기비저항탐사는 원리적으로 임의의 전극배열로 전극위치를 조합하여 탐사가 가능하며, 이와 같은 배열을 일반화된 전극배열법이라 부른다.

실제 현장에서 전기비저항탐사를 수행하는 경우 측정되는 전위는 지반의 전기적인 반응과 잡음이 합쳐진 형태로 측정된다. 따라서 잡음이 일정하다고 가정하면 측정전위가 낮아짐에 따라 측정자료의 신호대 잡음비가 상대적으로 낮아진다. 따라서 지반의 전기전도도가 증가할수록 측정전위가 감소하므로 신호대 잡음비가 낮아지게 된다. 그러므로 동일한 지반 상태를 가정할 때 전극배열 차이에 따라 측정되는 전위차가 달라지므로, 측정 전위차를 높이는 방법을 이용하는 경우 신호대 잡음비가 커지므로 상대적으로 탐사 결과를 얻는데 유리하다.

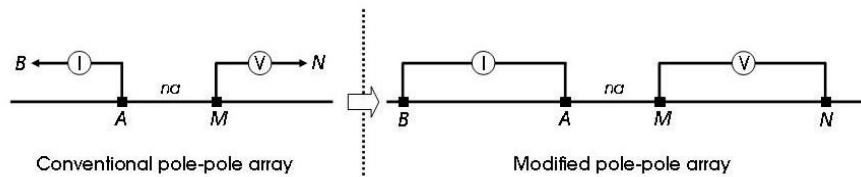
조사지역의 경우 해안지역에 위치하므로 체체 구성물질의 전기전도도가 높기 때문에 기존의 쌍극자 배열법을 이용하는 경우 전극전개수가 증가함에 따라 측정값이 매우 작아지므로, 신호대 잡음비가 매우 낮아 적용이 불가능한 방법이다. 이에 비해 단극배열은 신호대 잡음비가 높기 때문에 적용성이 높지만, 원거리 접지를 이용하여야 하므로 현장 자료 취득이 불편한 배열법이다. 따라서, 이와 같은 전극배열의 문제점을 보완하기 위해 변형된 전극배열을 사용하였다.

<그림 4-3-1>은 일반 단극배열법과 변형된 단극배열법을 보이고 있다. 그림에서  $n$ 은 기존의 전극배열법과 동일한 전극전개수를 의미한다.

변형된 단극 배열은 기존의 단극 배열을 변형한 것으로 음의 전류 및 전위전극을 원거리 접지하는 대신에 측선의 양단에 각각 고정시키고 단극법과 같은 방법으로 양의 전류 및 전위전극을 이동하면서 측정하는 방법이다. 이 전극배열은 원거리 접지가 불가능한 현장에서 사용될 수 있으며, 원거리 접지가 불필요하다는 점에서 현장 탐사의 이점이 있다. 그러나 측선 양단에 음의 전류 및 전위전극을 고정시킴으로 인하여 측정되는 전위는 측선 양단 부분에서는 단극 배열보다는 낮은 값이 측정되며, 측선의 중앙 부위에서는 단극 배열에 가까울 정도의 높은 전위측정이 가능하다. 변형된 단극 배열법에서 측선의 한쪽 끝에 고정된 음의 전류전극과 이동하는 양의 전류전극간의 간격을  $sa$ , 또 다른 측선의 한쪽 끝에 고정된 음의 전위전극과 측선상에서 이동하는 양의 전위전극 사이의 간격을  $\rho_a$ 라고 하였을 때, 측선의 연장은  $(s+n+p)a$ 가 되며, 겉보기 비저항은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{변형된 단극배열} : \rho_a = 2\pi na \frac{\Delta V (s+n)(n+p)(s+n+p)}{I sp(s+2n+k)}$$

변형된 단극 배열법은 기존의 단극 배열법보다 측정 전위는 약간 낮으나, 분해능은 오히려 높다. 전기전도도가 높은 지역에서 원거리 접지가 불가능한 경우 단극 배열법의 대안으로 적용할 수 있으며, 원거리 접지를 생략함으로써 탐사의 효율과 함께 측정값의 신호 대 잡음비를 향상시키는 목적으로도 사용할 수 있다.



<그림 4-1-1> 기존의 단극 배열법과 변형된 단극 배열법의 측선 배열모식도

#### 다. 슬럼버저 배열(Schlumberger array)

수직탐사의 목적은 지표면상 한 점에서 그 하부의 심도에 따른 전기비저항 변화를 측정하고, 그 결과를 다른 지질학적인 정보 내지는 지식과 대비시켜 지하의 구조를 더 상세히 파악하는데 있다. 수직탐사는 대지에 공급되는 전류가 전류전극 사이의 간격이 넓어질수록 더 깊은 곳을 통과한다는 사실에 기초하고 있다. 즉 전류전극 간의 간격이 넓을수록 심부의 정보를 반영하게 된다.

## 지하해수조사사업 보고서

수직탐사법은 전극배열 방식에 따라 여러 가지로 분류되지만, 대체로 슐럼버저 배열법이 사용된다. 슐럼버저 배열법에서는 중간 전위전극을 고정하고, 두 전류전극 사이의 간격을 중간지점을 중심으로 넓혀가면서 측정을 수행한다. 이 방법은 전류전극만을 이동시키므로 작업이 간편하고 지표의 국부적 이상체에 의한 영향이 전 자료에 균일하게 나타나므로 자료획득 및 해석이 편리하다.

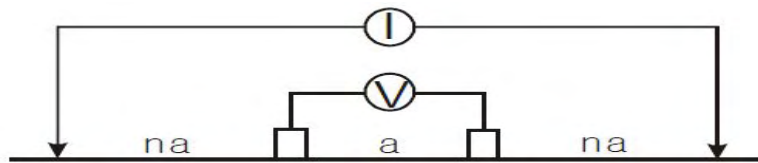
슐럼버저 배열의 겉보기 비저항은 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$\rho_a = \frac{\pi L^2}{2\ell} \times \frac{\Delta V}{I}$$

여기서  $L$ 은 전류전극,  $\ell$ 은 전위전극 간격의 1/2

전류전극 사이의 간격이 좁을 경우는 천부의 전기비저항 값에 수렴하며 간격이 넓어짐에 따라 심부의 전기비저항 값에 수렴하게 된다.

현재 주로 사용되고 있는 해석방법은 지하구조가 1차원, 즉 수평 다층구조로 이루어져 있다는 가정 하에서 표준곡선을 이용하거나, 앞의 쌍극자 탐사에서와 마찬가지로 모델링에 의한 시행착오법 또는 컴퓨터에 의한 역산 방법을 사용한다. 그러나 지하가 1차원 구조라는 가정은 실제로 성립되지 않으므로, 어떤 방법을 사용하더라도 정확하게 지하의 전기비저항 분포를 알아낼 수는 없다. 따라서 단 1개의 측정만으로 지하의 지질구조를 해석하는 것은 무리이며, 다른 지질학적 정보 내지는 다른 물리 탐사 자료와 병행하거나, 여러 점의 수직탐사 자료를 종합적으로 비교 해석하는 것이 지하의 지질구조 파악에 유리하다.



<그림 4-1-2> 슐럼버저배열 전기비저항 수직탐사 측선도

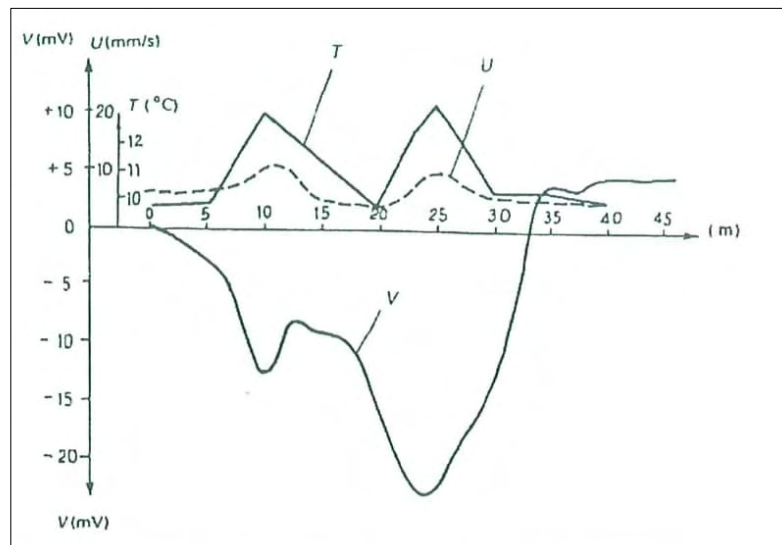
### 라. 자연전위(SP, Self Potential) 탐사

자연전위 탐사(self-potential(SP) Survey)는 전도체와 지하 유체 사이의 전기화학적 작용과 유체의 유동성에 기인하는 전기역학적 작용에 의해 발생하는 자연전위를 측정하는 탐사법이다. 자연전위 탐사는 대지에 두 개의 전위전극을 설치하고 두 전극간의 전위차를 측정하며 토목지질분야, 지하수유동 등 많은 부분에서 적용이

가능하며 특히 지열구조 및 단층구조와 관련된 각종 조사에 활용된다.

SP탐사는 일반적으로 격자상 측정에서 이루어지며 측정자료는 전위차(fixed base configuration) 또는 SP변화율(gradient configuration)의 형태로 표시된다. SP자료의 해석은 곡선(profile)이나 등전위 분포도를 작성하여 이루어지는데, 이들로부터 SP기원의 특성이라고 알려진 양상을 찾는 것이다.

자연전위탐사가 지하수탐사에 이용될 수 있는 것은 지하수의 유동에 의한 지하수의 변동이 SP탐사 시 이상대 즉 anomaly로 잘 나타나기 때문이다. 그러므로 이를 이용하여 방조제에서의 누수지점 탐지에 이용하거나 지하수오염의 확산범위를 추정할 수 있을 것이다. 또한 이상대의 그래프에도 유형이 있으므로 이를 이용하여 탐사자료를 해석하는 것이 필요하다. 예를 들면 댐이 누수되는 경우, 일반적으로 그 흐름이 하부로 향하는 경우(-)가, 상부로 올라가는 경우 (+)가 나타난다. 그 예로서 <그림 4-1-3>을 보면 10m와 25m 지점에서 SP값의 극소값이 나타나며, 물의 흐름 속도도 극대가 된다. 또한 온도도 최대값을 나타낸다. 이로부터 이 두 절리면이 누수 지점임을 알 수 있다(Ogilvy 등 1969).



<그림 4-1-3> SP 곡선(V), 온도곡선(T), 물의 유속곡선(U)

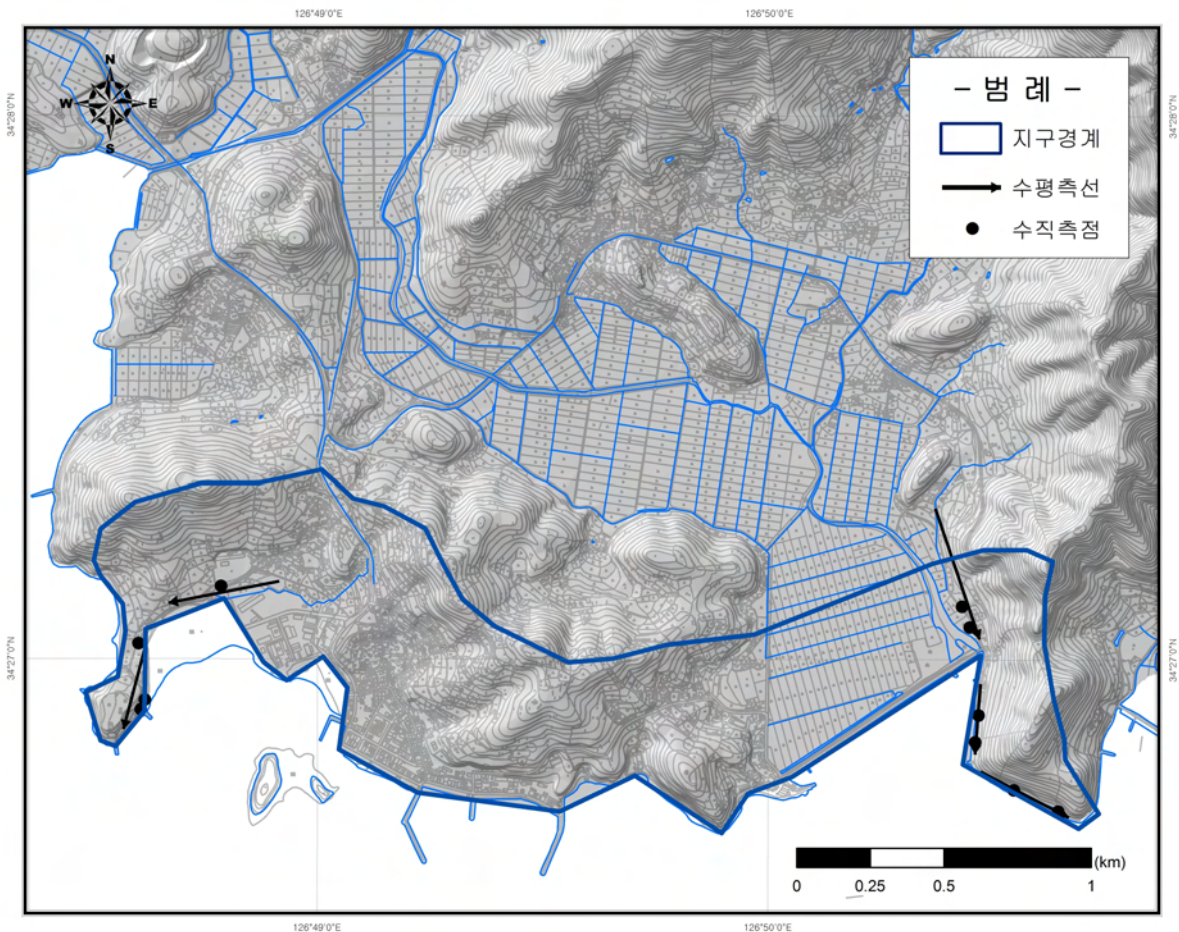
### 4.1.3 조사방법

본 조사지구에서 전기비저항탐사는 지하 결정질 암반의 수평적인 전기비저항 분포를 파악하기 위하여 매우 유용한 쌍극자(Dipole-Dipole)배열 탐사법과 측정값이 매우 작아 신호대 잡음비가 매우 낮아 측정이 어려운 지역에 유용한 변형된 단극(Modified Pole-Pole)배열을 이용하였고, 관심지역 내 한 측정점에서 수직적인 전기비저항 분포를 파악하기 위하여 슬럼버저(Schlumberger)배열 탐사법을 시행하였

다. 이들 자료들로부터 취득된 자료를 분석하여 전기비저항 분포가 낮은 저비저항 구간을 파악하였고 시추조사 적정 지점을 선정하였다.

#### 4.1.4 현장조사

본 조사지구내 전기비저항탐사는 지질구조선 확인 등 수리적 특성 파악을 위하여 마량리, 원포리 지역에 측선/측점을 설정하였다. 탐사방법으로는 2차원 구조의 분해능이 가장 탁월한 쌍극자배열법을 사용하였고, 전체적으로 낮은 측정값을 나타내는 해안지역의 특성상 낮은 S/N비를 나타내는 쌍극자배열법의 단점을 보완하기 위해 변형된 단극배열법을 사용하였다. 쌍극자배열 전기비저항 탐사인 경우 전극간 거리는 20m, 격리계수 n=8까지 자료를 취득할 수 있도록 프로그램을 설계하였는데 각 측선의 연장은 200~380m로써 총 5측선 1,460m를 탐사하고 자료의 신뢰성을 높이기 위해서 3회 이상 반복 측정하였다.



<그림 4-1-4> 강마지구 물리탐사 측선 위치도

각 탐사축선의 표기는 2차원의 수평탐사인 쌍극자배열 및 변형된 단극배열의 경우 지구명의 영문 첫글자를 병합하여 표기하였고, 조사지역의 순서에 따라 숫자를 혼용하였다. <그림 4-1-4>는 조사지역의 지구물리탐사 위치를 표기하였고, <표 4-1-2>는 조사한 물리탐사의 변형된 단극배열 내역을 나타내었다.

<표 4-1-2> 전기비저항탐사 내역

탐사축선			좌표(TM)		탐사방법	
구 분	거리(m)	방 향	시 점	종 점	배열법	심도(m)
GM-01	380	S45W	X:182759.67 Y:106402.27	X:182382.64 Y:106328.45	MPP	100
GM-02	280	S75W	X:182301.67 Y:106169.70	X:182230.23 Y:105898.24	MPP	100
GM-03	300	S70E	X:184988.06 Y:106648.95	X:185138.08 Y:106203.28	MPP	100
GM-04	200	NS	X:185141.36 Y:106052.17	X:185122.65 Y:105811.26	MPP	100
GM-05	300	S5E	X:185141.36 Y:105753.23	X:185441.40 Y:105596.64	MPP	100

※ DP : Dipole-Dipole array

#### 4.1.5 탐사결과

### 가. 수평탐사

본 조사지역 대상 양식장이 분포한 지역과 지리적 여건을 고려하여 GM-01~GM-05의 5개 축선에 대한 전기비저항 탐사결과를 서술하였다.

#### □ GM-01 축선

이 축선은 해창물산과 대익물산의 북서쪽에 위치하며, 탐사결과 2차원 가단면도를 보면 수평거리 280~300m, 심도 10~40m 부근에서 비이상적인 저비저항값이 나타난다(그림 4-1-5).

#### □ GM-02 축선

본 축선은 해안가를 따라 수평으로 접해 있으며 축선 설치는 280m를 하였다 탐사결과 수평거리 0~180m까지 심도가 깊어질수록 비저항값이 커지는 현상이 나타나며 수평거리 220~240m, 심도 30m 부근에서 비이상적인 저비저항값이 측정되었다(그림 4-1-6).

#### □ GM-03 축선

GM-03 축선은 지형상 해안가 근처 논과 밭 지역으로 탐사결과 수평거리 100~140m, 심도 40~100m 부근에서 비이상적인 저비저항값이 측정되었다(그림 4-1-7).

#### □ GM-04 축선

이 지점은 GM-03축선과 남쪽 방향으로 인접해 있으며 축선은 해안도로를 따라 설치하였다. 탐사결과 전반적으로 높은 비저항값이 측정되었으며, 수평거리 80~140m, 심도 5~10m 부근에서 상대적으로 비이상적인 저비저항값의 분포를 보이고 있다(그림 4-1-8).

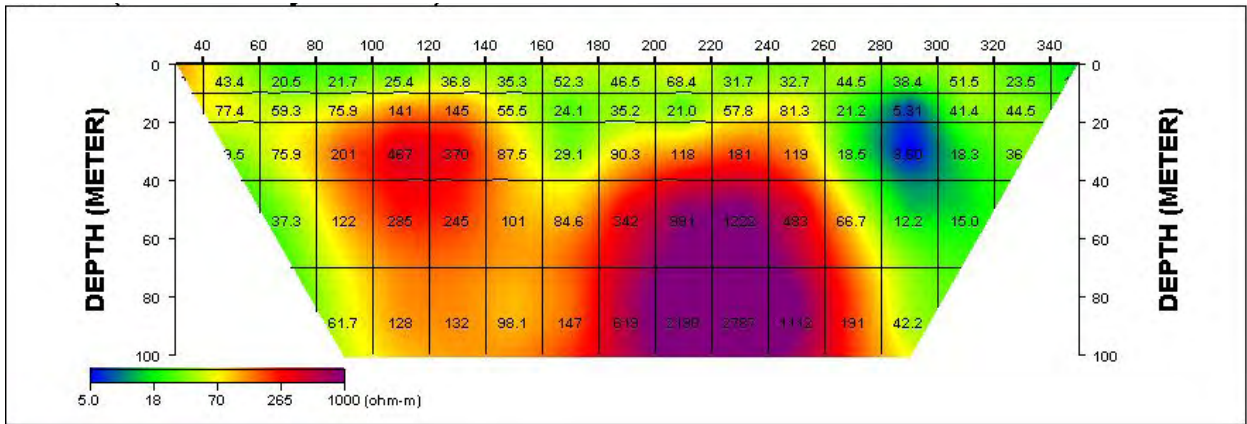
#### □ GM-05 축선

GM-05 축선은 해안선을 따라 남동 방향으로 300m 설치하였으며 인근에 위치하는 양식장은 없다. 탐사결과 심도별 다양한 비저항값이 측정되었고, 수평거리 30~70m, 심도 40~100m지점에서 비이상적인 저비저항값을 보인다(그림 4-1-9).

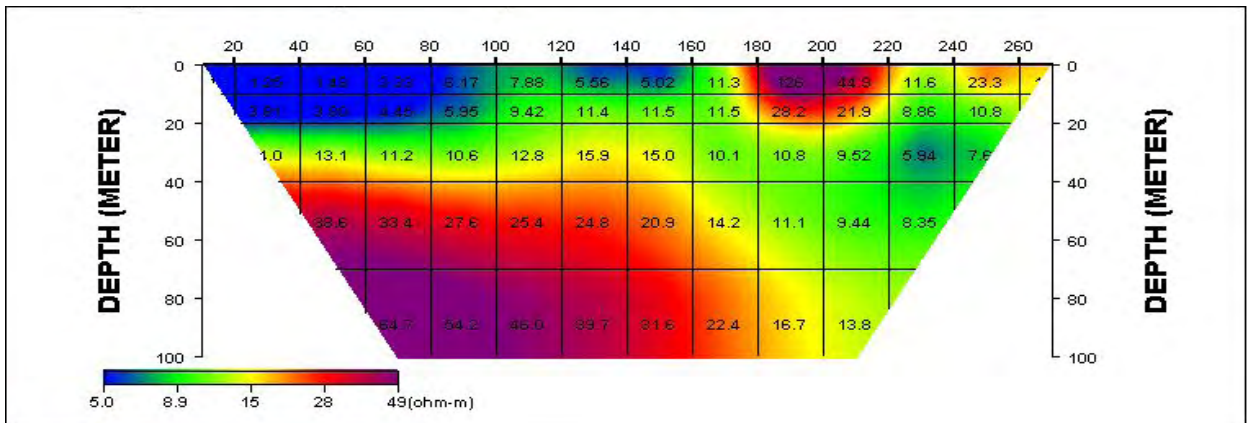


&lt;표 4-1-3&gt; 조사지구의 측선별 전기비저항 이상대 분포

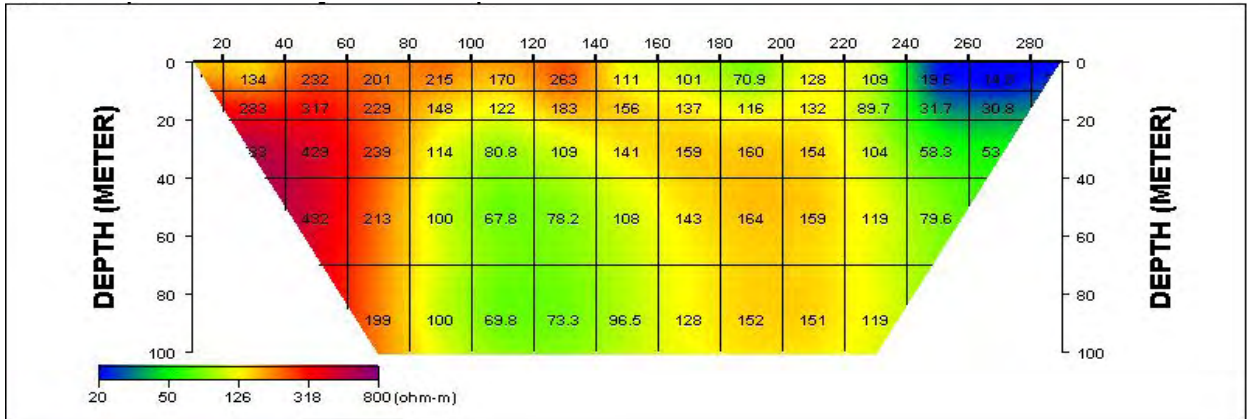
측선명	전기비저항 이상대 분포구간		
	수평거리(m)	심도(m)	비저항치( $\Omega$ -m)
GM-01	280~300	10~40	10미만
GM-02	220~240	30	10미만
GM-03	100~140	40~100	60~80
GM-04	80~140	5~10	5~20
GM-05	30~70	40~100	5미만



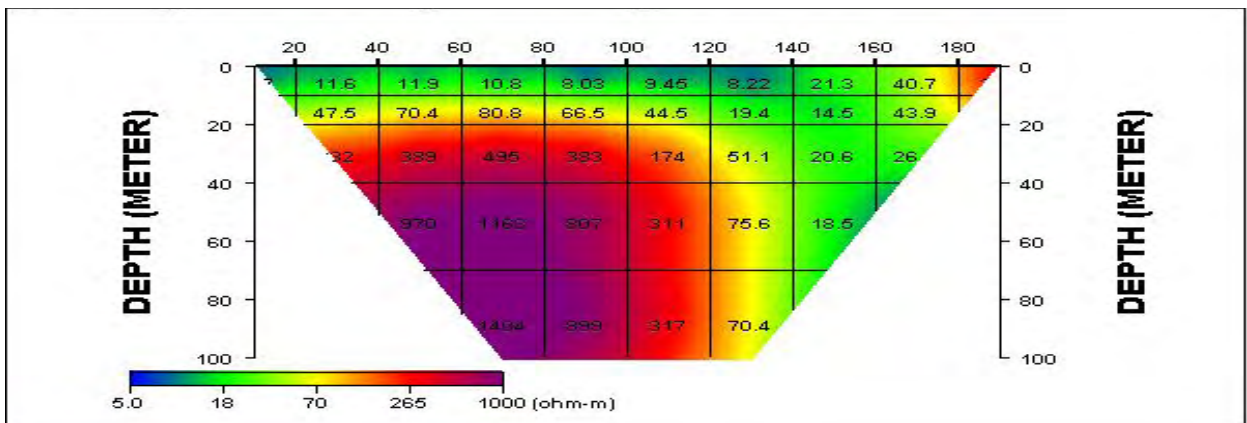
<그림 4-1-5> GM-01 전기비저항탐사 단면도



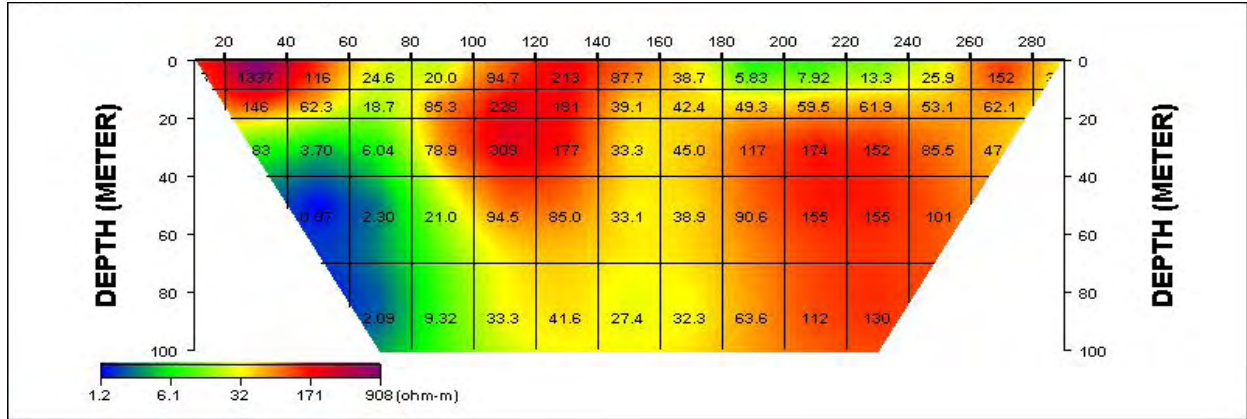
<그림 4-1-6> GM-02 전기비저항탐사 단면도



<그림4-1-7> GM-03 전기비저항탐사 단면도

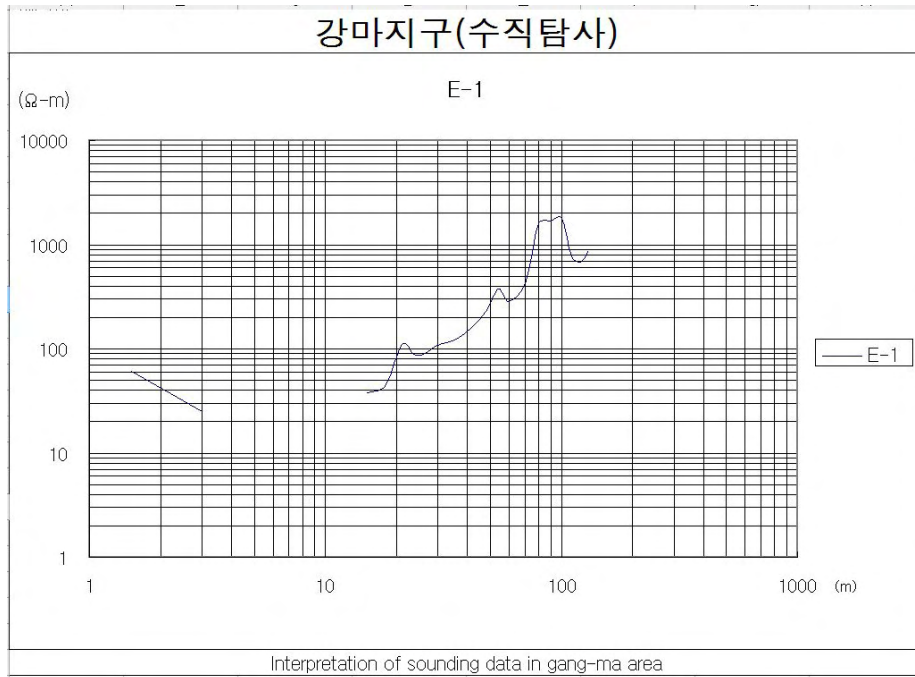


<그림 4-1-8> GM-04 전기비저항탐사 단면도

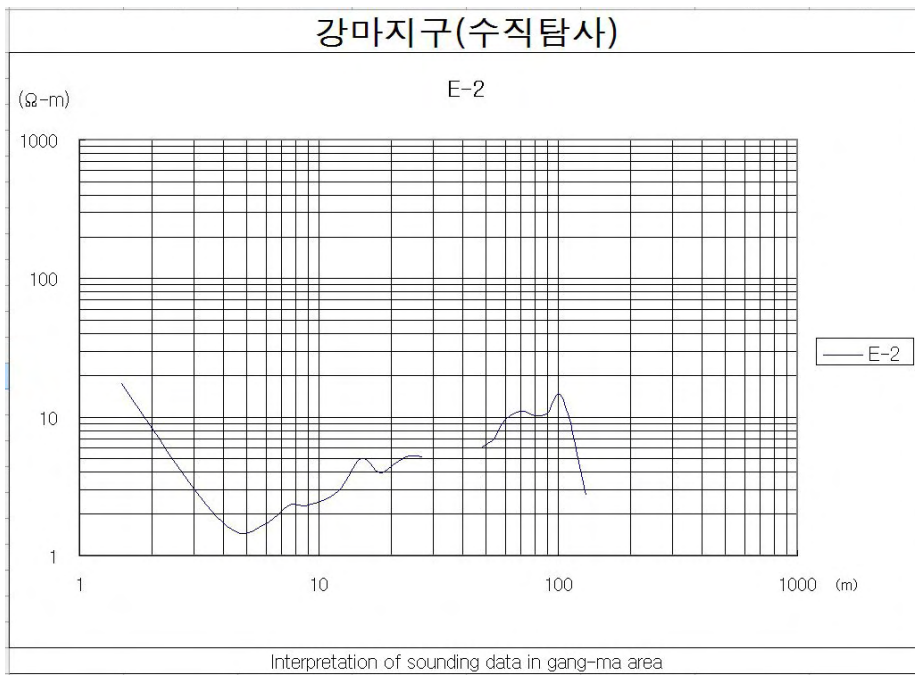


<그림 4-1-9> GM-05 전기비저항탐사 단면도

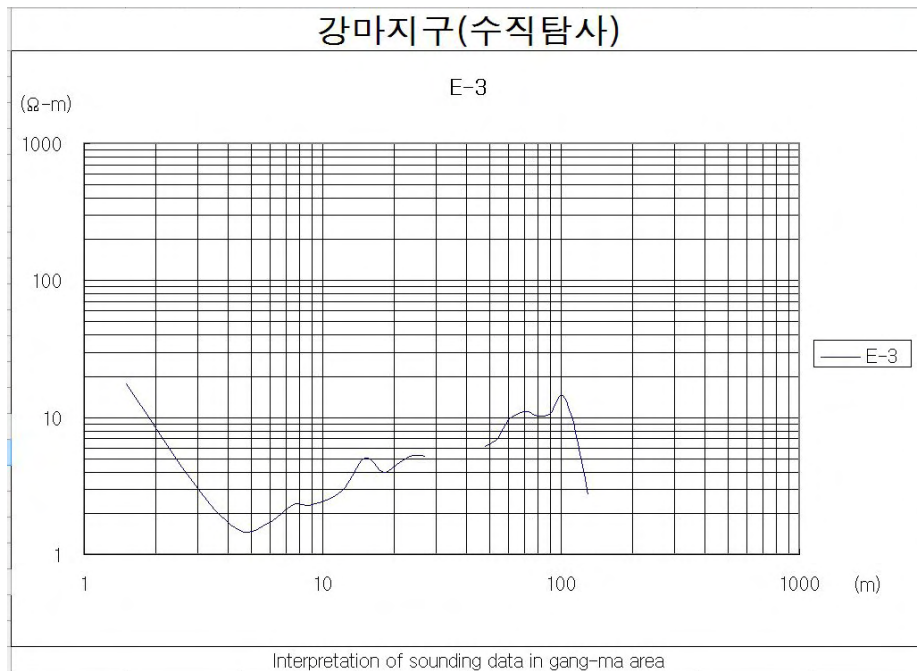
나. 수직탐사



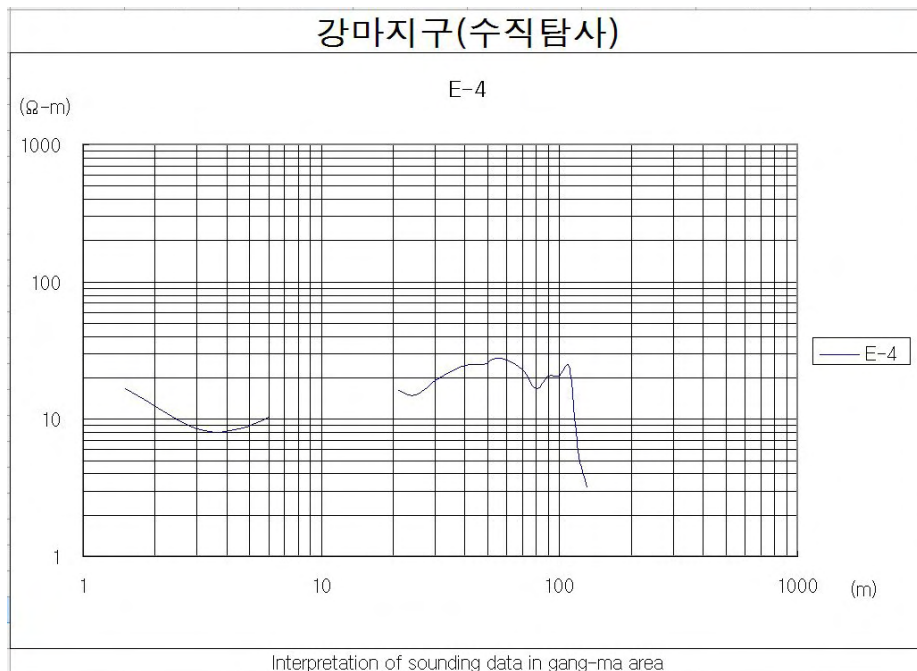
<그림 4-1-10> GM-01 수직탐사 결과



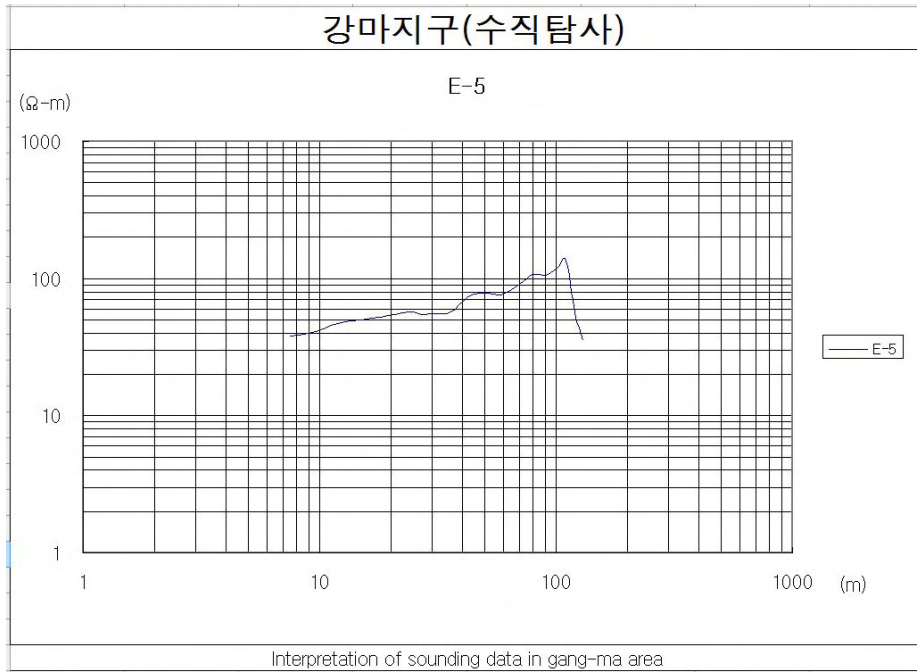
<그림 4-1-11> GM-02 수직탐사 결과



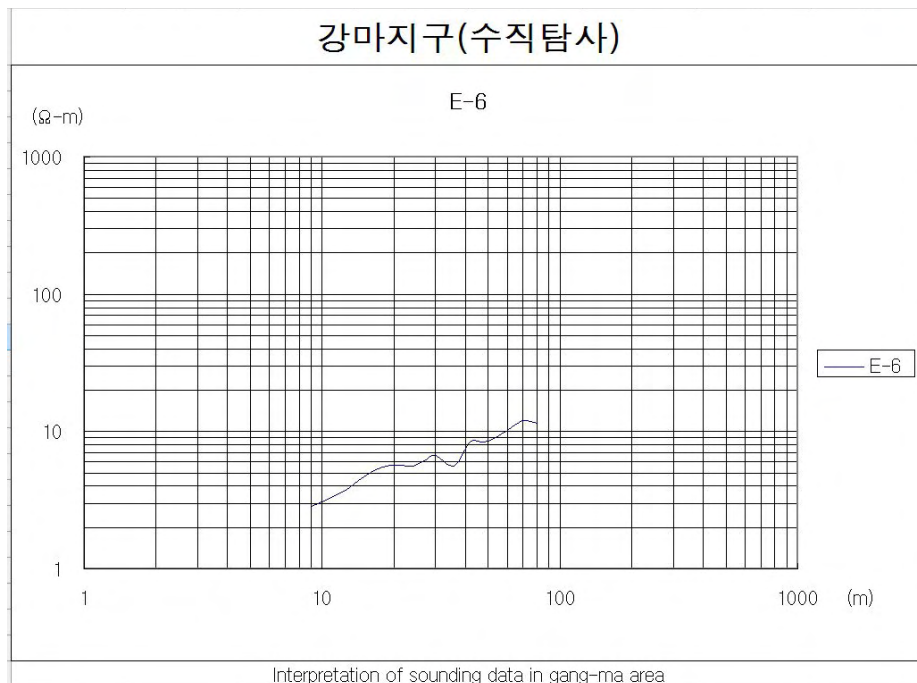
<그림 4-1-12> GM-03 수직탐사 결과



<그림 4-1-13> GM-04 수직탐사 결과

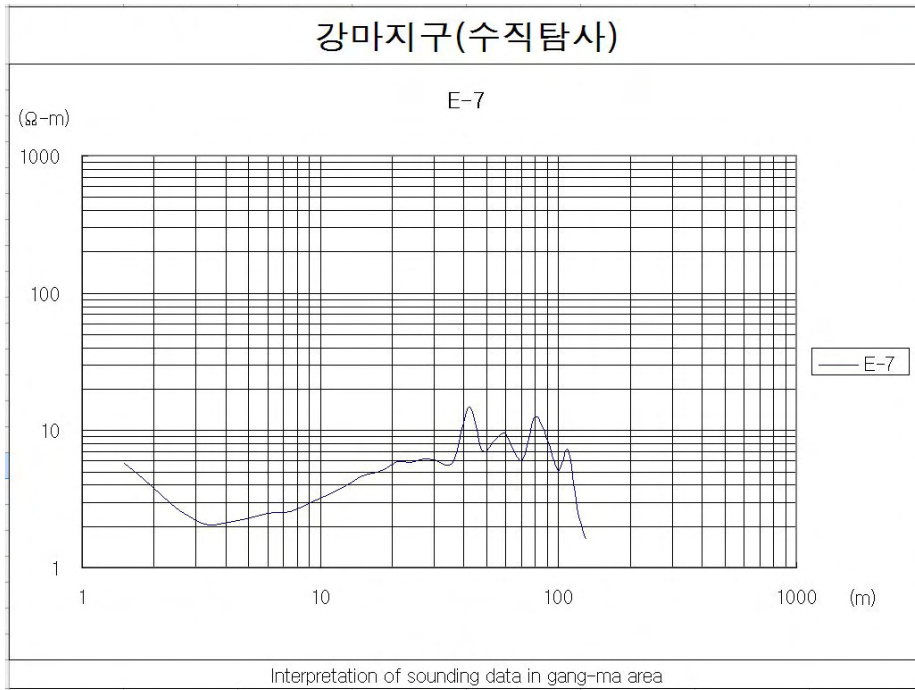


<그림 4-1-14> GM-05 수직탐사 결과

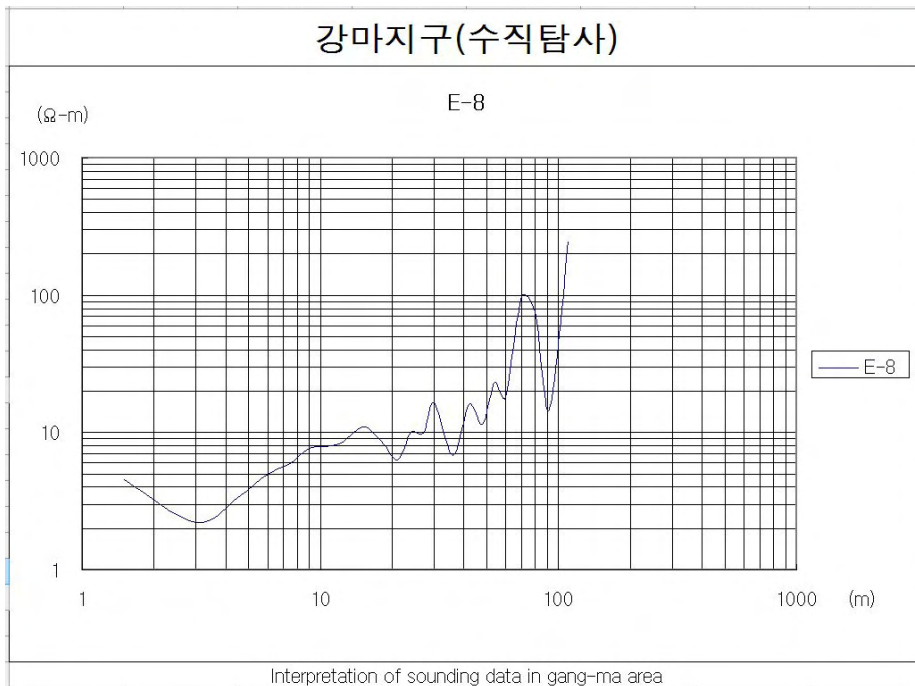


<그림 4-1-15> GM-06 수직탐사 결과



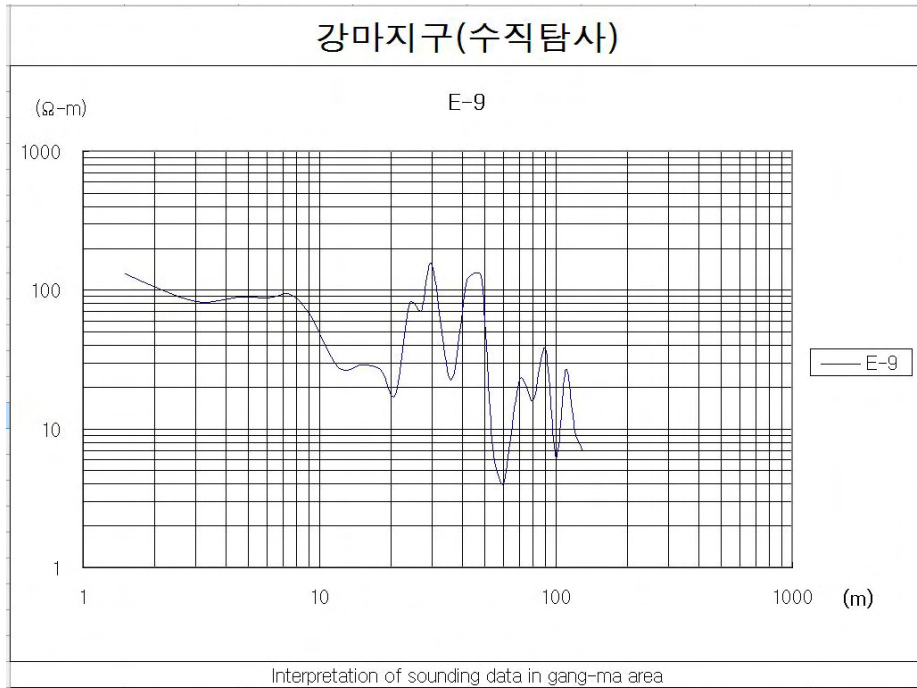


<그림 4-1-16> GM-07 수직탐사 결과

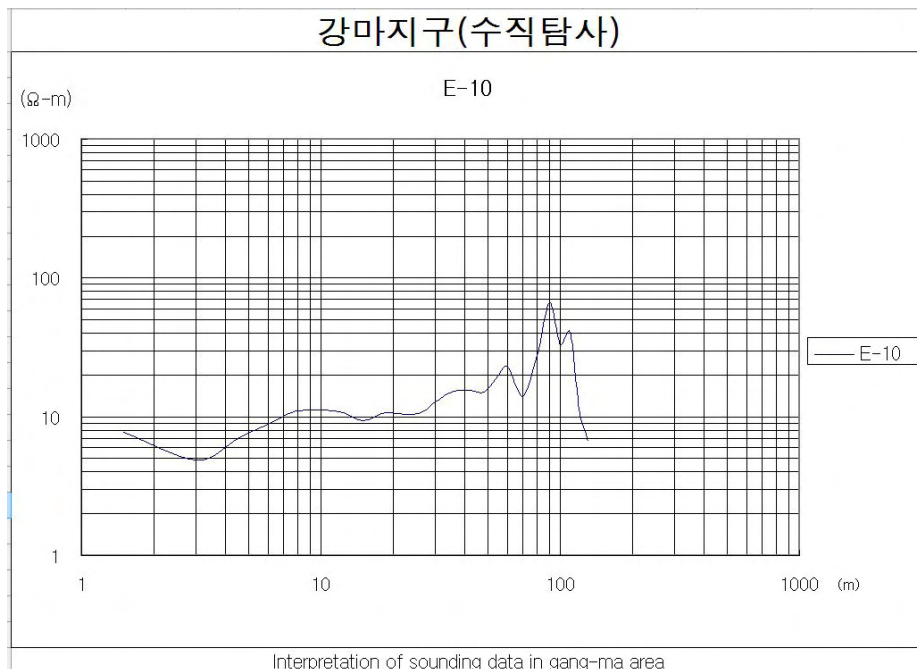


<그림 4-1-17> GM-08 수직탐사 결과





<그림 4-1-18> GM-09 수직탐사 결과



<그림 4-1-19> GM-10 수직탐사 결과

## 4.2 시추조사

### 4.2.1 시추조사 개요

시추조사는 지하의 지질분포, 절리 및 파쇄대 등의 지질구조 발달상황, 대수층의 성질 및 발달상태, 지하수위 등을 파악하는데 그 목적이 있다. 기 수행한 지표지질조사와 물리탐사 결과에 의하여 지하해수의 부존 및 유입 가능성이 있을 것으로 추정되는 지점에 대해 수행하였다(그림 4-2-1).

금번 조사는 고성능시추기(R50)를 투입하여 DTH(Down The Hole) Air Hammer공법으로 실시하였는데, 연암 상부의 미고결 퇴적층인 풍화대 구간까지는 직경 250mm로 굴착하여 공의 붕괴를 방지하고자 케이싱( $\Phi$  250mm)을 설치하였고 시추공 공벽과 케이싱 사이의 공간은 그라우팅을 실시하여 지표수의 및 지표 오염물질이 유입되는 것을 방지하였다. 미고결 퇴적층 하부는 직경 150mm로 시추하였으며 수량이 확보된 시추공에 대해서는 대수성시험 등의 수리특성 및 수질조사를 위하여 공내청소(air surging)를 실시하였다. 수량이 부족한 조사공은 지하수법에 의거 원상복구 하였으며 조사공의 내역은 <표 4-2-1> 및 <표 4-2-2>와 같으며, 각 조사공의 시추주상도는 부록에 수록하였다.

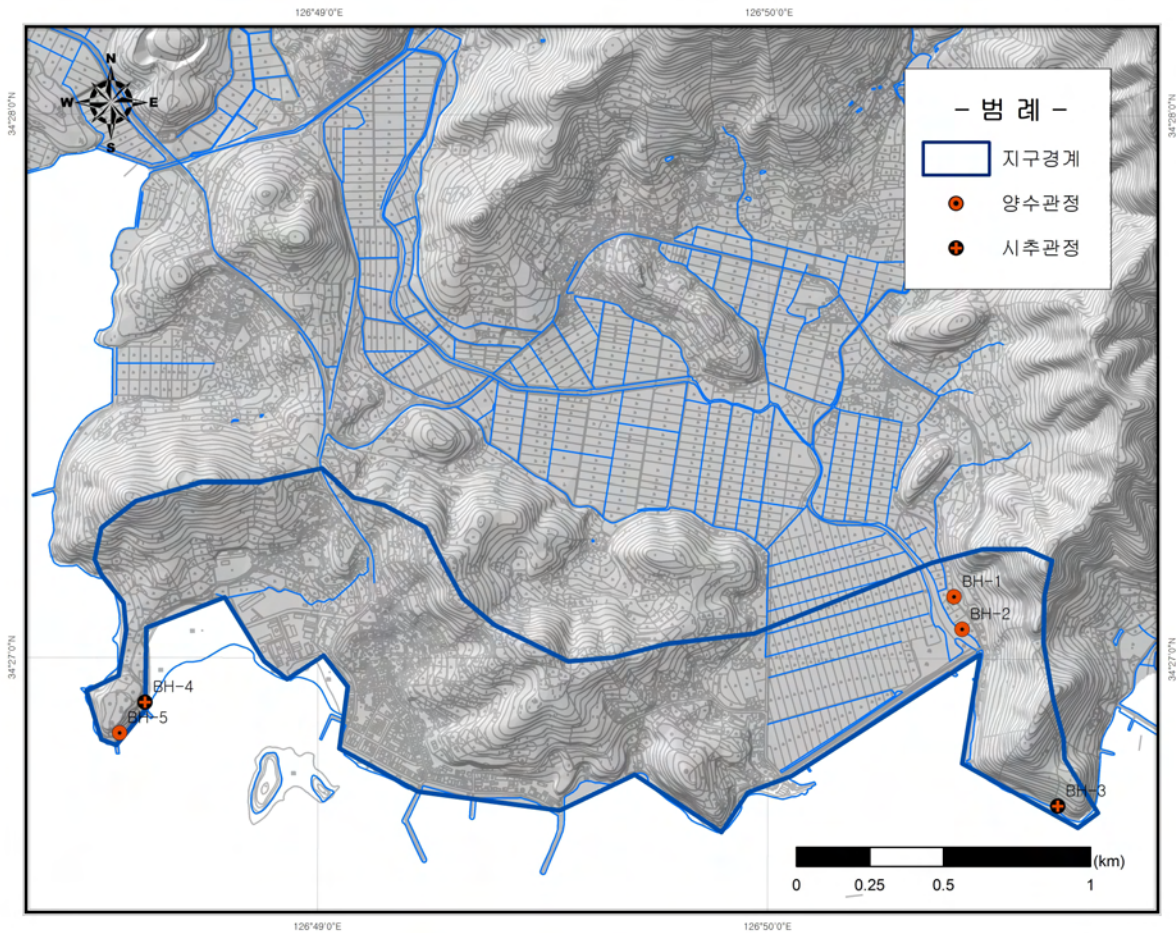
<표 4-2-1> 강마지구 시추조사 내역

조사공번	위 치	좌표		표고 (m)	케이싱 심도(m)	지하해수 산출량 (m <sup>3</sup> /일)	분포지질	양식장명
		TM_X	TM_Y					
GMBH-01	원포 산7-9	185053.75	106345.49	4	9	400	유문암질 응회암	해안수산
GMBH-02	원포 755-41	185081.57	106235.21	4	21	270	유문암질 응회암	정안수산
GMBH-03	상흥 산115-1	185406.37	105632.54	5	3	50	유문암질 응회암	삼복수산
GMBH-04	마량 1277-1	182300.86	105986.96	3	6	30	안산암질 응회암	벤티처 21수산
GMBH-05	마량 1277-13	182214.50	105882.18	3	6	150	안산암질 응회암	태평수산

<표 4-2-2> 조사공별 지층내역

(단위 : m)

조사공번	토사	실트	사	사력	혼전석	풍화대	풍화암	연암	보통암	경암	계	대수층 구간
GMBH-01	-	-	-	-	-	0~7	7~8	8~32	32~112	-	112	21, 28, 88, 90
GMBH-02	1~4	-	-	4~7	-	7~21	21~22	22~23	23~200	-	200	21, 87, 102
GMBH-03	0~1	-	-	-	-	1~2	2~4	-	4~103	-	103	42, 64, 72, 93
GMBH-04	0~2	-	-	-	-	-	2~12	-	12~121	-	121	25, 60, 100
GMBH-05	0~2	-	-	-	-	-	2~5	5~6	6~121	-	121	24, 42, 50, 60, 76, 107



<그림 4-2-1> 시추조사 위치도

### 4.2.2 시추조사 결과

#### 가. GMBH-01호공

본 조사공은 해안으로부터 약 250m 떨어진 지점으로 표고는 4m이며 총 시추 심도는 112m이다. 지표~7m까지는 완전풍화되어 풍화토가 산출되는 풍화대로 구성되었고, 7~8m까지는 유문암질 응회암의 풍화암이 산출되었다. 케이싱은 9m 지점까지 설치하였고, 시추심도 종료구간까지 유문암질 응회암의 보통암으로 구성되었다. 대수층 구간은 심도 21m, 28m, 88m, 90m로 총 400m<sup>3</sup>/일의 지하해수 산출을 확인하였고, 현장수질측정 결과 상부에서는 전기전도도가 10,300 $\mu$ s/cm의 값을 나타내며, 하부에서는 전기전도도가 1,200 $\mu$ s/cm의 값으로 감소되었다.

시추조사가 완료된 후 최종 지하해수 산출량과 간이수질 및 수온을 측정한 결과 400m<sup>3</sup>/일, 5,930.0 $\mu$ s/cm 및 17.2℃이며, 지하수위는 1.2m이다.

#### 나. GMBH-02호공

본 조사공은 해안으로부터 약 100m 떨어진 지점으로 표고는 4m이며 총 시추 심도는 200m이다. 지표 1~4m까지는 토사층의 표토로, 4~7m까지는 사력층이고, 7~21m까지는 완전풍화되어 풍화토가 산출되는 풍화대로 구성되었으며, 21~22m까지는 유문암질 응회암의 풍화암이 산출되었다. 케이싱은 21m 지점까지 설치하였으며, 시추심도 종료구간까지 유문암질 응회암의 보통암으로 구성되었다. 대수층 구간은 심도 21m, 87m, 102m로 총 270m<sup>3</sup>/일의 지하해수 산출을 확인하였고, 현장수질측정 결과 상부에서는 전기전도도가 23,100 $\mu$ s/cm의 값을 나타내며, 하부에서는 전기전도도가 25,200 $\mu$ s/cm의 값으로 증가되었다.

시추조사가 완료된 후 최종 지하해수 산출량과 간이수질 및 수온을 측정한 결과 270m<sup>3</sup>/일, 27,200.0 $\mu$ s/cm 및 17.5℃이며, 지하수위는 3.3m이다.

#### 다. GMBH-03호공

본 조사공은 해안으로부터 약 20m 떨어진 지점으로 표고는 5m이며 총 시추 심도는 103m이다. 지표 ~1m까지는 토사층의 표토로, 1~2m까지는 완전풍화되어 풍화토가 산출되는 풍화대로 구성되었으며, 2~4m까지는 유문암질 응회암의 풍화암이 산출되었다. 케이싱은 3m 지점까지 설치하였으며, 시추심도 종료구간까지 유문암질 응회암의 보통암으로 구성되었다. 대수층 구간은 심도 42m, 64m, 72m, 93m로 총 50m<sup>3</sup>/일의 지하해수 산출을 확인하였고, 현장수질측정 결과 상부에서는 전기전도도가 7,700 $\mu$ s/cm의 값을 나타내며, 하부에서는 전기전도도가 24,100 $\mu$ s/cm의 값으로 증

가되었다.

시추조사가 완료된 후 최종 지하해수 산출량과 간이수질 및 수온을 측정한 결과 200m<sup>3</sup>/일, 24,100.0 $\mu$ s/cm 및 18.7 $^{\circ}$ C이며, 지하수위는 3.1m이다.

#### 라. GMBH-04호공

본 조사공은 해안으로부터 10m 떨어진 지점으로 표고는 3m로 심도 121m까지 시추하였다. 지표 ~2m까지는 토사층의 표토로, 2~12m까지는 안산암질 응회암의 풍화암이 산출되었다. 케이싱은 6m 지점까지 설치하였으며, 시추심도 종료구간까지 안산암질 응회암의 보통암으로 구성되었다. 대수층 구간은 심도 25m, 60m, 100m로 총 30m<sup>3</sup>/일의 지하해수 산출을 확인하였고, 현장수질측정 결과 상부에서는 전기전도도가 15,600 $\mu$ s/cm의 값을 나타내며, 하부에서는 전기전도도가 16,800 $\mu$ s/cm의 값으로 증가되었다.

시추조사가 완료된 후 최종 지하해수 산출량과 간이수질 및 수온을 측정한 결과 30m<sup>3</sup>/일, 16,800 $\mu$ s/cm(비중 약 1.008, 염도 약 10.9%) 및 23.2 $^{\circ}$ C이며, 지하수위는 2.0m이다.

#### 마. GMBH-05호공

본 조사공은 해안으로부터 약 10m 떨어진 지점으로 표고는 3m로 시추 심도는 121m이다. 지표 ~2m까지는 토사층의 표토로, 2~5m까지는 안산암질 응회암의 풍화암이 산출되었다. 케이싱은 6m 지점까지 설치하였으며, 시추심도 종료구간까지 안산암질 응회암의 보통암으로 구성되었다. 대수층 구간은 심도 24m, 42m, 50m, 60m, 76m, 107m로 총 150m<sup>3</sup>/일의 지하해수 산출을 확인하였고, 현장수질측정 결과 상부에서는 전기전도도가 31,500 $\mu$ s/cm의 값을 나타내며, 하부에서는 전기전도도가 47,200 $\mu$ s/cm의 값으로 증가되었다.

시추조사가 완료된 후 최종 지하해수 산출량과 간이수질 및 수온을 측정한 결과 150m<sup>3</sup>/일, 47,200 $\mu$ s/cm(비중 약 1.023, 염도 약 30.7%) 및 17.4 $^{\circ}$ C이며, 지하수위는 3.2m이다.

## 지하해수조사사업 보고서

---

---

강마지구의 각 공별 시추조사 결과는 <표 4-2-3>과 같다.

<표 4-2-3> 강마지구 시추조사 결과 요약

조사공번	심도 (m)	양수량 (m <sup>3</sup> /일)	지하수위 (m)	온도 (°C)	EC ( $\mu$ s/cm)	비중	염도 (‰)	pH
GMBH-01	112	400	1.2	17.2	5,930.0	1.002	3.9	6.9
GMBH-02	200	270	3.3	17.5	27,200.0	1.013	17.7	6.8
GMBH-03	103	50	3.1	18.7	24,100.0	1.011	15.7	8.1
GMBH-04	121	30	2.0	23.2	16,800.0	1.008	10.9	7.9
GMBH-05	121	150	3.2	17.4	47,200.0	1.023	30.7	8.4

## 4.3 물리검층

### 4.3.1 물리검층 개요

물리검층은 시추공에 일정한 에너지를 사용함으로써 심도별 이상(anomaly) 구간을 찾을 수 있는 방법으로 직접적으로 수리지질구조를 밝힐 수 있는 방법으로 스웨덴 ABEM Terrameter SAS200 장비를 이용하여 가장 많이 이용하는 노말 전기비저항검층(normal resistivity logging)을 실시하였다. 본 검층은 4개의 전극을 이용하는데 전류전극(B)과 전위전극(N) 각 1개씩은 지표면에 접지시키고 나머지 전류전극(A)과 전위전극(M) 각 1개씩을 조사공에 일정한 간격으로 유지시켜 측정하는 방법이다. 측정하는 지층의 두께가 전극 간격보다 큰 경우는 측정값이 참비저항값에 가깝다. 조사공 내에서의 전류 및 전위전극 간격은 16“(0.4m)-단노말 short normal-와 64”(1.6m)-장노말 long normal-의 두 종류를 이용하며 가탐심도는 공내수의 전기전도도나 지층의 전기비저항에 따라서 변하나 일반적으로 전위 및 전류전극 간격의 약 2배 정도이다.

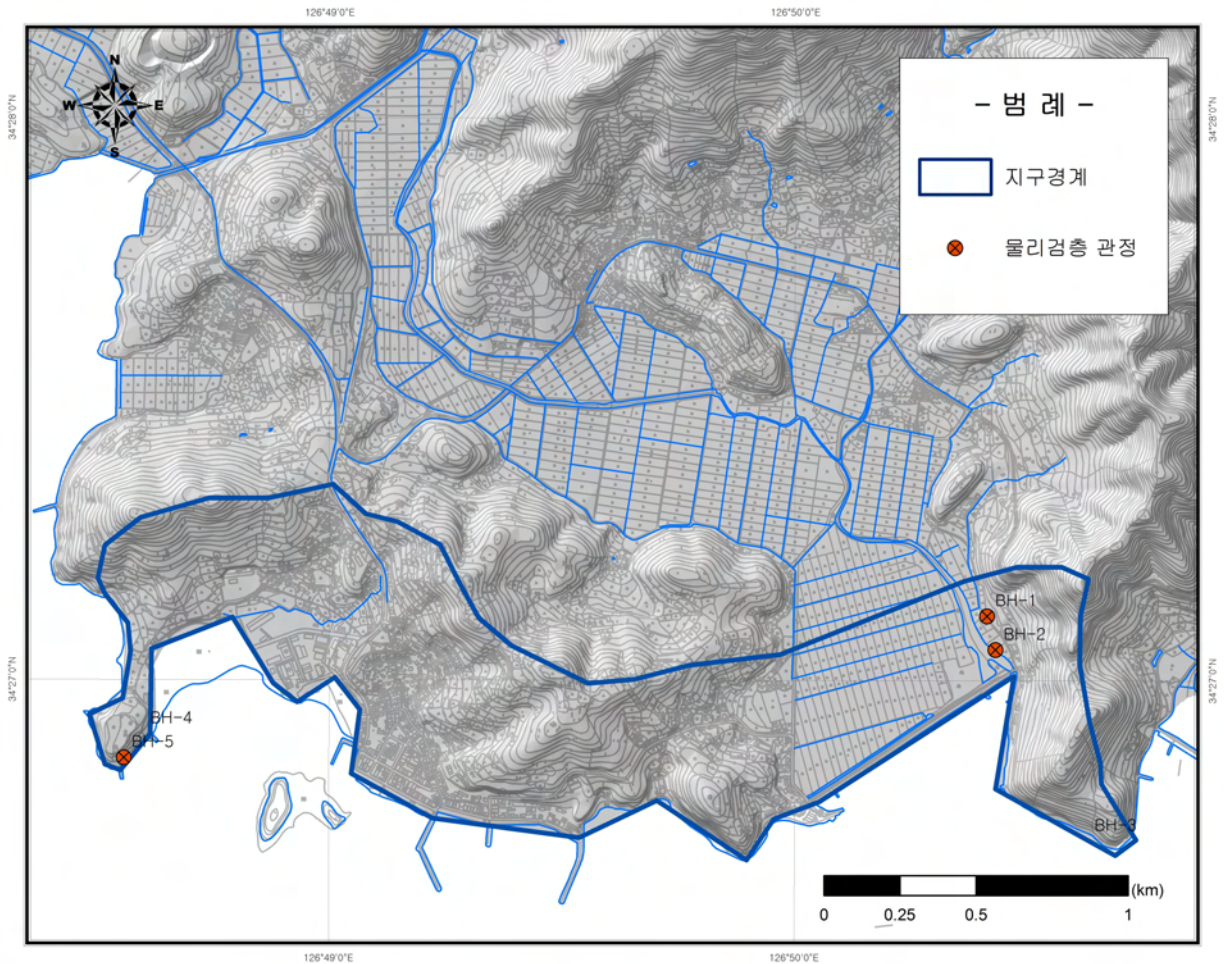
온도 및 전기전도도검층은 Hydrolab 장비를 이용하였다. 온도검층은 시추공을 따라 내려가면서 공내수의 온도를 연속적으로 측정하는 검층법으로서 공내수가 교란받지 않은 상태에서 온도를 측정하기 위하여 모든 물리검층법 중에서 가장 먼저 실시하였다. 일정한 온도변화보다 작거나 큰 경우는 파쇄대로부터의 지하수의 유입이나 유출, 공내에서의 물의 이동 등을 반영하여 투수성 있는 파쇄대의 확인에 이용된다.

전기전도도는 전기장이 가해졌을 때 전류를 흐르게 할 수 있는 물질의 능력을 의미하는데 전기전도도검층은 온도검층과 동일하게 시추공을 따라 가면서 공내수의 전기전도도를 연속적으로 측정하는 검층법이다.



### 4.3.2 물리검층 결과

본 조사지구내 시추조사 결과 공내 물리 검층이 가능한 조사공에 대하여 물리검층을 수행하였다. 물리검층 대상 측정 항목은 온도, 전기전도도, EC검층 등 모두 3가지를 수행하였다. <그림 4-3-1>은 물리검층을 수행한 조사공의 위치를 나타낸 것이다.

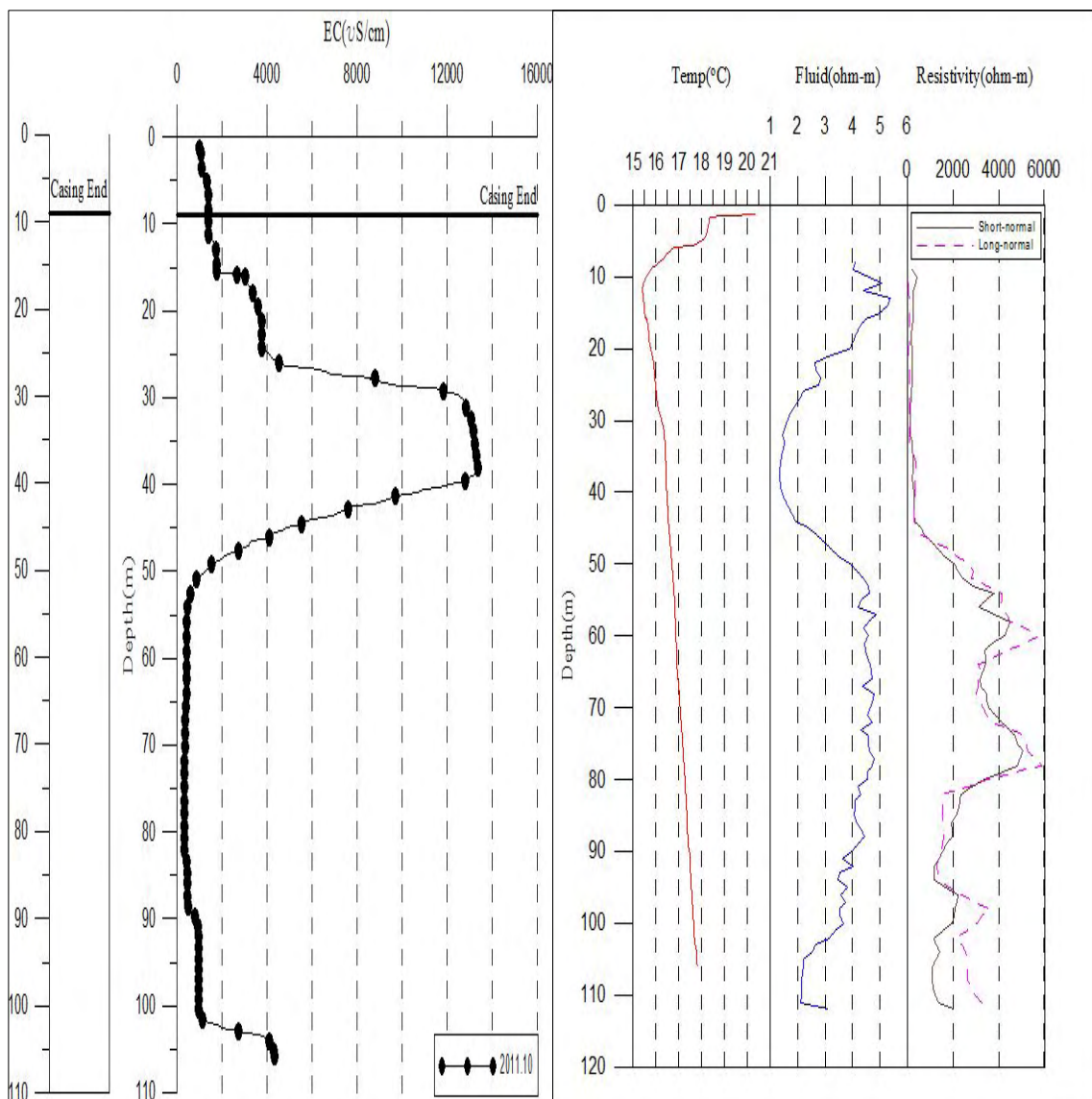


<그림 4-3-1> 물리검층 조사공 위치도



## 가. GMBH-01호공

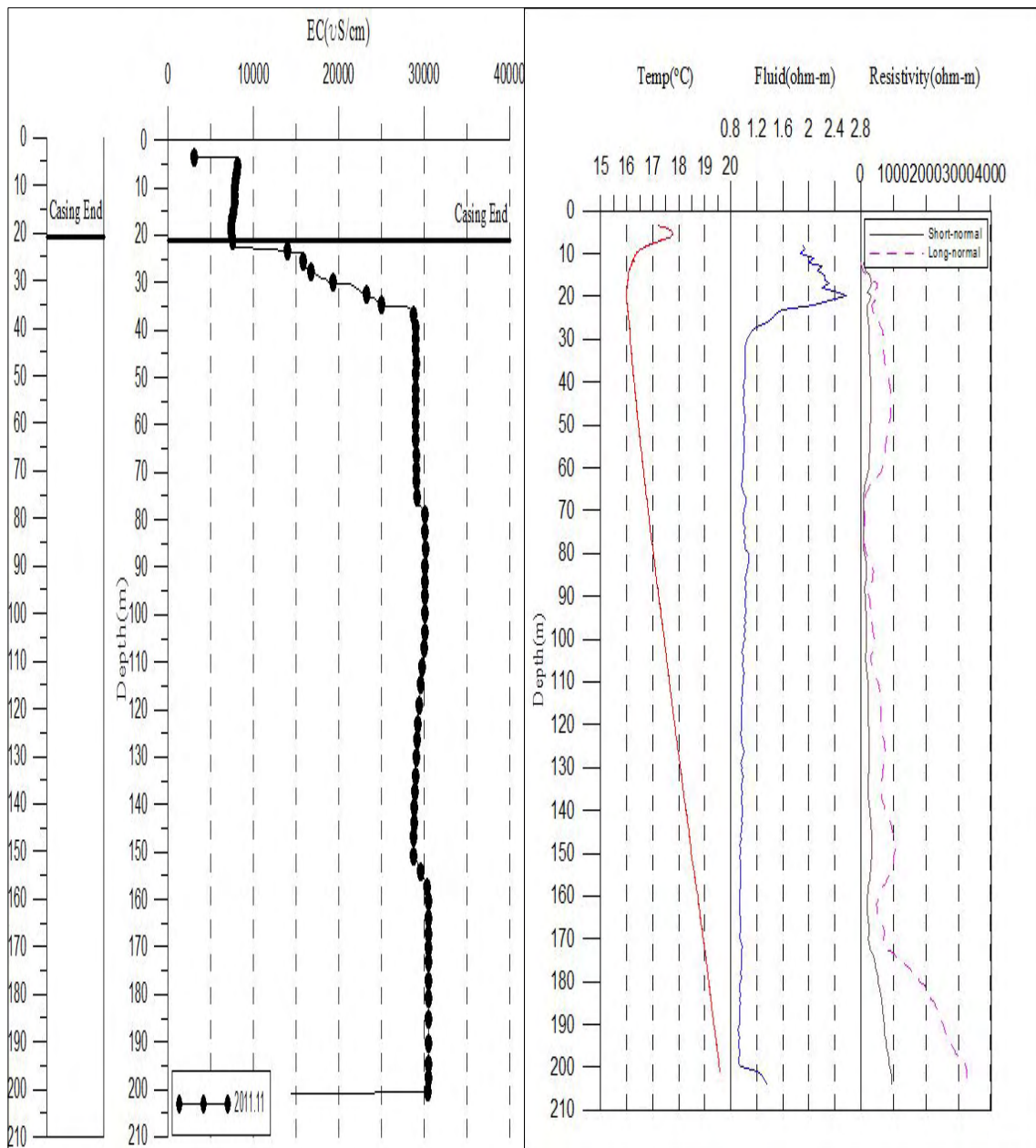
GMBH-01 관측정은 지표 하 약 25m에서 40m구간에 전기전도도 값이 약  $4,000\mu S/cm$ 에서  $14,000\mu S/cm$ 로 급격히 증가하였고 Fluid 검층결과에서는 감소하는 경향을 보이므로 해수의 유입 가능성이 있는 전이대로 판단된다. 40m 하부구간은 전기전도도 값이 급격히 감소하고 있으므로 염분농도가 높은 지하해수를 이용할 경우에는 시추심도는 40m 이하로 설계할 필요가 있다. 온도검층은  $2.61^{\circ}C/100m$ 의 증온율을 보이고 있으며 25~28m 부근에서 이상대가 나타나며, Short과 Long-normal 검층결과 45m, 65m, 90m 부근에서 상대적으로 비저항 구간이 발달되어 있다.



<그림 4-3-2> GMBH-01호공의 물리검층 결과 그래프

나. GMBH-02호공

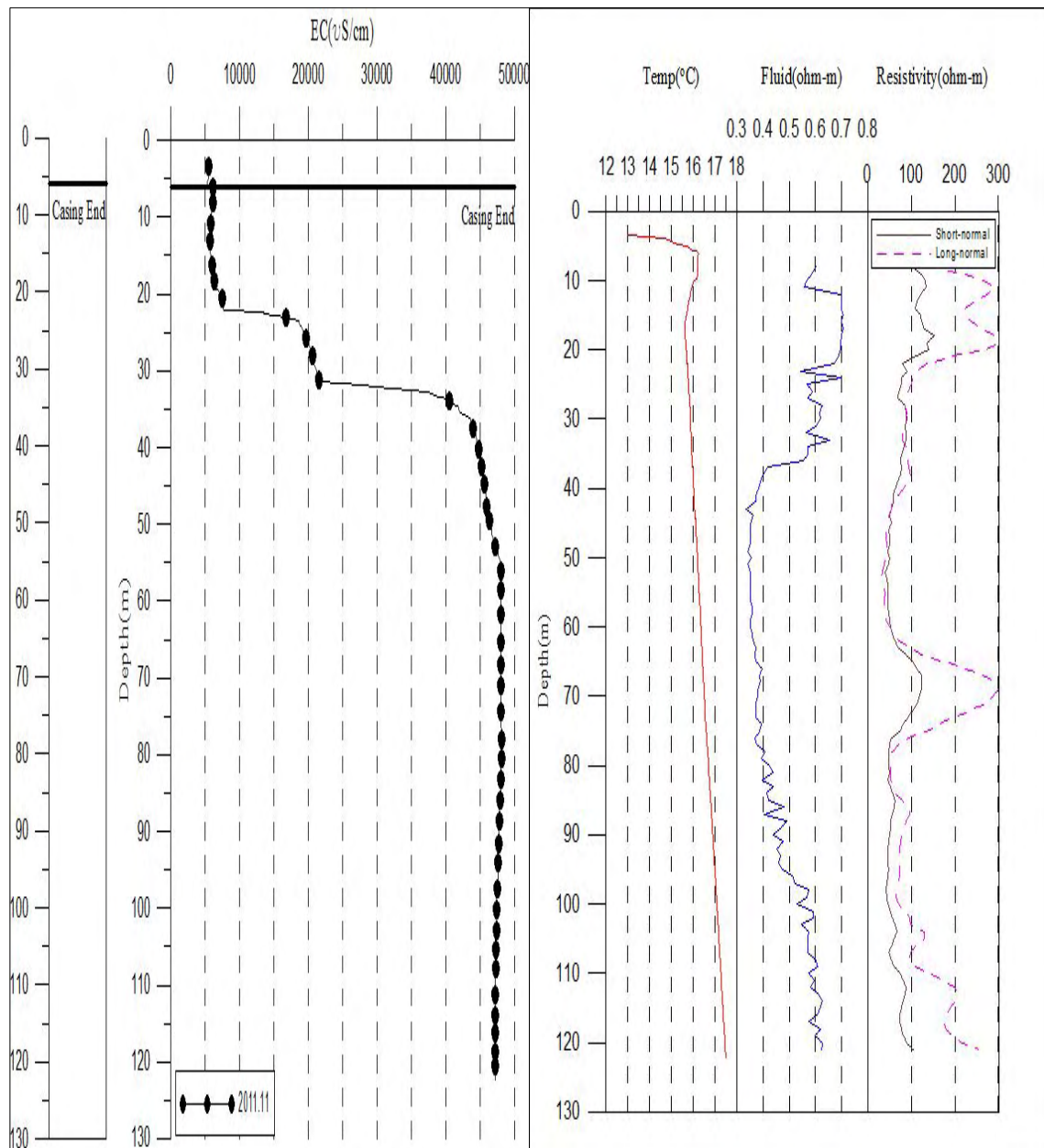
GMBH-02 관측정은 지표 하 20m에서 30m구간(케이싱하부)에 전기전도도 값이 약 $8,000\mu S/cm$ 에서  $30,000\mu S/cm$ 로 급격히 증가하였고 Fluid 검층결과에서는 감소하는 경향을 보이므로 해수의 유입 가능성이 있는 전이대로 판단된다. 온도검층에서는 이상대는 나타나지 않지만 증온율  $1.99^{\circ}C/100m$ 을 보이며, Short과 Long-normal 검층결과 지표 하 약70m에서 80m구간, 90m, 105m에서 비저항 구간이 발달되어 있다.



<그림 4-3-3> GMBH-02호공의 물리검층 결과 그래프

### 다. GMBH-05호공

GMBH-05 관측정은 지표 하 20m에서 35m구간에 전기전도도 값이 약6,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 45,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 급격히 증가하였고 Fluid 검층결과에서는 감소하는 경향을 보이므로 해수의 유입 가능성이 있는 전이대로 판단된다. 온도검층은 1.77 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 의 증온율을 보이고 있으며 20m 부근에서 이상대가 나타난다. Short과 Long - normal 검층결과 지표 하 약30m, 45m에서 60m구간, 80m에서 상대적으로 비저항 구간이 발달되어 있다.



<그림 4-3-4> GMBH-05호공의 물리검층 결과 그래프

## 4.4 양수시험

### 4.4.1 개요

양수시험은 가장 널리 적용되고 있는 현장투수시험 방법이다. 그 중에서도 일정양수량(Constant Pumping Rate)에 의한 양수시험이 가장 일반적이며 자료의 분석 방법도 간단하다. 양수율을 양수시험 전 기간동안 일정하게 유지시키는 것이 질 높은 양수시험 자료를 얻어낼 수 있는가 하는 문제를 좌우한다. 양수량의 높고 낮음은 대수층의 투수성에 의해 결정되어야 한다. 비교적 낮은 투수성을 가지는 매질에서는 양수량을 낮추고 높은 투수성을 가진 매질에서는 양수량을 높여야 하는 것이 일반적이다. 만일 시험에 소요되는 시간을 줄이면서 정류상태의 양수시험 자료를 필요로 한다면 낮은 양수량으로 시험을 진행해야 보다 빠른 시간안에 정류상태에 도달할 수 있다.

양수시험은 양수정과 관측정을 모두 이용하여 수행해야만 보다 정밀한 결과를 얻어낼 수 있으며, 1개의 양수정과 3개 이상의 관측정을 이용하여 수위강하를 관측할 수 있다면 이를 통해 투수량계수, 저류계수 이외에도 대수층 수리전도도의 이방성을 규명할 수 있다.

일정 양수량 양수시험의 수행 공정은 아래와 같다.

- ① 시험 대상 양수정과 관측정이 설치된 대수층의 포화두께, 자연수위, 스크린 길이, 관정 내경 기록
- ② 양수기, 자동수위기록기 등의 장비 설치
- ③ 양수 시작 후 양수율 및 시간에 따른 수위강하 관측
- ④ 시험자료 해석
- ⑤ 수리상수 취득

양수시험을 통해 얻어진 시간-수위강하 자료는 Theis 방법이나 Cooper-Jacob 직선법을 이용하여 해석할 수 있다.

### 4.4.2 이론

#### 가. Theis 방법

Theis는 양수에 의한 피압대수층에서의 부정류 흐름을 가정하여 식(4-4-1)을 구하고 이에 근거하여 양수시험 자료해석에 이용되는 표준곡선을 제시하였다.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u), \quad u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (\text{식 4-4-1})$$

Theis 방법은 국내에서 양수시험 자료 해석에 널리 이용되고 있으나 그 개념적, 이론적 기초가 완전 관통 관정이 설치된 다공질 피압대수층에 대한 것으로 한정되므로 파쇄암반대수층이 발달한 우리나라 수리지질 조건에 적용하기에는 다소 제한점을 가진다.

각 기호들이 나타내는 의미는 다음과 같다.

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| s : 수위강하                   | Q : 양수율             |
| T : 투수량계수                  | r : 양수정에서 관측정까지의 거리 |
| S : 저류계수                   | t : 시간              |
| W(u) : 관정함수(Well Function) |                     |

Theis 방법을 이용하여 투수량계수와 저류계수를 계산하는 과정은 아래와 같다.

- ① 대수용지에 수위강하대 시간의 자료를 도시한다.
- ② 표준곡선과 실측자료곡선을 중첩시킨다.
- ③ 중첩시킨 그래프에서 한 점을 택하여  $1/u$ ,  $W(u)$ ,  $s$ ,  $t/r^2$ 를 읽는다.
- ④ 식(4-5-1)을 이용하여 투수량계수, 저류계수를 계산한다.

### 나. Cooper-Jacob 직선법

Cooper-Jacob 직선법은 기본적으로 Theis 방법과 같은 이론적 기초에서 출발하나 양수 시작 후 충분한 시간이 경과했을 때 위의 식(4-4-1)이 아래의 식(4-4-2)과 식(4-4-3)으로 근사된다.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left( -0.5772 - \ln \frac{r^2 S}{4Tt} \right) \quad (\text{식 } 4-4-2)$$

$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S} \quad (\text{식 } 4-4-3)$$

양수량이 일정하면 T와 S는 상수이므로 수위강하량과 양수시간의 관계는 대수지에서 직선으로 나타난다. 그러므로 양수시간 log 1 cycle 에 해당하는 수위강하량  $\Delta s$ 를 취하면 투수량계수는 다음과 같이 구해진다.

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi \cdot \Delta s} \quad (\text{식 } 4-4-4)$$

## 지하해수조사사업 보고서

한편 수위강하량과 경과시간 관계 그래프에서 직선을 연장하여 수위강하량이 영(zero)인 점의 시간  $t_0$ 를 읽으면 저류계수  $S$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2} \quad (\text{식 4-4-5})$$

Cooper-Jacob 직선법을 이용하여 투수량계수와 저류계수를 계산하는 과정은 아래와 같다.

- ① 반대수용지에 수위강하(산술 눈금) 대 시간(대수 눈금)의 자료를 도시한다.
- ② 직선을 수위강하가 “0”인 지점(가로축과의 교점)까지 연장한다.
- ③ 직선의 기울기,  $t_0$  ( $s=0$  에서의  $t$ ), 식(4-4-4) 및 식(4-4-5)를 이용하여 투수량계수, 저류계수를 계산한다.

본 조사공의 양수시험 시 토출되는 양수량은 적산유량계, V-notch 등을 사용하여 측정하였고, 수위강하량은 양수정에서 자동수위측정기 및 수동 전기식 수위측정기를 이용하여 측정하였다. 대수층의 수리상수를 산출하는 방법으로서 부정류 피압대수층의 기본 우물집수공식인 Theis(1935) 및 Cooper & Jacob의 해석 방법을 통하여 AQTESOLV 전산 프로그램을 사용하여 분석하였다.

### 4.4.3 양수시험 결과

급번 조사에서는 총 7개소의 시추조사공 중 GMBH-01, GMBH-02, GMBH-05호공의 3개소에 대해서 24시간 동안 장기양수시험을 시행하여 경과시간별 수위강하량을 측정하였고, 양수시험 종료 후 양수를 중지한 상태에서 120분간 수위회복 및 잔류 수위강하량을 측정한 후 수리상수를 산정하였다. 시추조사 에어씨징시 GMBH-01, GMBH-02, GMBH-05호공의 산출량은 각각 400 $\text{m}^3$ /일, 270 $\text{m}^3$ /일, 150 $\text{m}^3$ /일로서 양수량은 각각 280 $\text{m}^3$ /일, 200 $\text{m}^3$ /일, 150 $\text{m}^3$ /일 조사 당시 산출량의 80~90% 수준으로 적용하였다. 양수시험 결과 Theis 방법에 의한 투수량계수  $T$ 는 GMBH-01호공 4.09 $\text{m}^2$ /일, GMBH-02호공 1.55 $\text{m}^2$ /일, GMBH-05호공이 1.33 $\text{m}^2$ /일이고, 저류계수  $S$ 는 GMBH-01호공 0.00409, GMBH-02호공 0.00313, GMBH-05호공 0.00243로 구해졌으며, Cooper & Jacob 방법으로 해석한 결과 투수량계수  $T$ 는 GMBH-01호공 4.09 $\text{m}^2$ /일, GMBH-02호공 1.55 $\text{m}^2$ /일, GMBH-05호공이 1.33 $\text{m}^2$ /일이고, 저류계수  $S$ 는 GMBH-01호공 0.00409, GMBH-02호공 0.00313, GMBH-05호공 0.00243로 산출되었

다. 그리고 수위회복에 의해서 투수량계수 T는 GMBH-01호공 4.48m<sup>3</sup>/일, GMBH-02호공 1.60m<sup>3</sup>/일, GMBH-05호공이 1.15m<sup>3</sup>/일로 산출되었다.

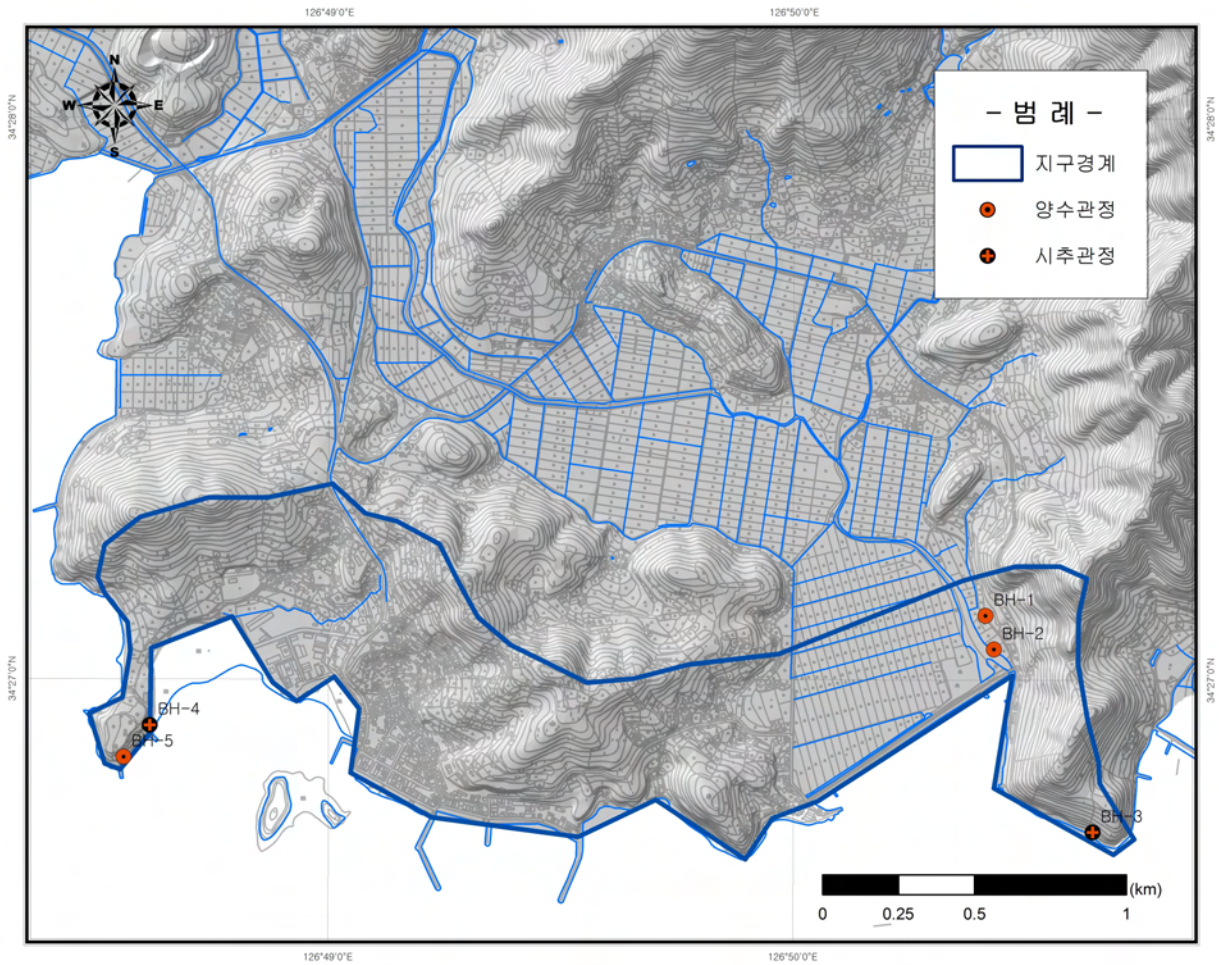
상기의 3가지 방법에 의한 양수시험 분석결과 수리상수는 <표 4-4-1> 및 <표 4-4-2>와 같으며 조사공의 평균 투수량계수 T는 GMBH-01호공 4.22m<sup>3</sup>/일, GMBH-02호공 1.57m<sup>3</sup>/일, GMBH-05호공이 1.27m<sup>3</sup>/일이고, 저류계수 S는 GMBH-01호공 0.00409, GMBH-02호공 0.00313, GMBH-05호공 0.00243로 산출되었다.

<표 4-4-1> 조사공의 양수시험 결과

공 번	시험방법	투수량계수 (T, m <sup>3</sup> /일)	저류계수(S)	해석법
GMBH-01	장 기	4.09	0.00409	Theis
		4.09	0.00409	Cooper-Jacob
	회 복	4.48		Theis Recovery
	평 균	<b>4.22</b>	<b>0.00409</b>	
GMBH-02	장 기	1.55	0.00313	Theis
		1.55	0.00313	Cooper-Jacob
	회 복	1.60		Theis Recovery
	평 균	<b>1.57</b>	<b>0.00313</b>	
GMBH-05	장 기	1.33	0.00243	Theis
		1.33	0.00243	Cooper-Jacob
	회 복	1.15		Theis Recovery
	평 균	<b>1.27</b>	<b>0.00243</b>	



# 지하해수조사사업 보고서



<그림 4-4-1> 강마지구 양수시험 위치도

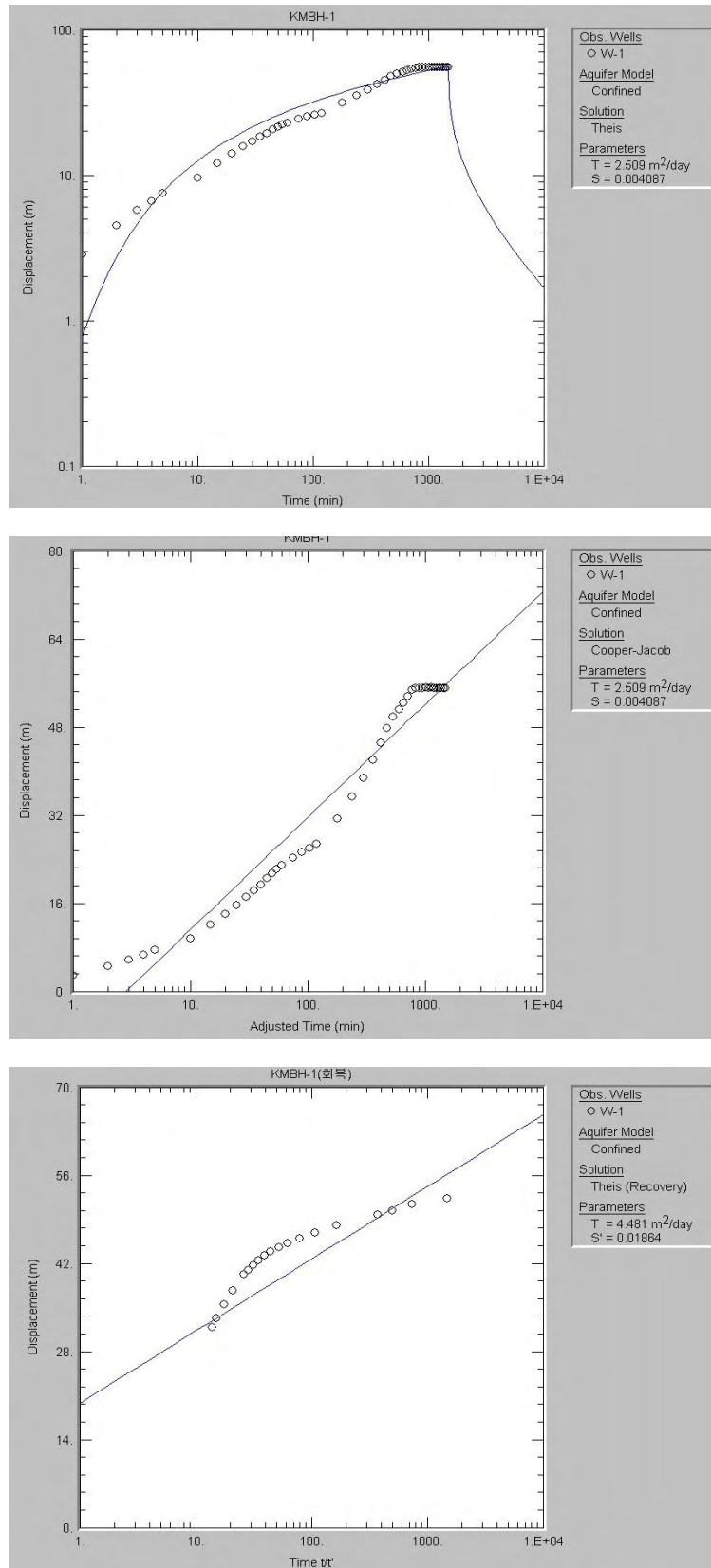
<표 4-4-2> 조사공의 수리상수 산출결과

공번	심도 (m)	관정구경 (mm)	케이싱심도 (m)	대수층두께 (m)	지하해수 산출량 (m <sup>3</sup> /일)	양수량 (m <sup>3</sup> /일)	양수시간 (min)
GMBH-01	112	250	9	103	400	280	1,488
GMBH-02	200	250	21	179	270	200	1,411
GMBH-05	121	250	6	115	150	150	1,129

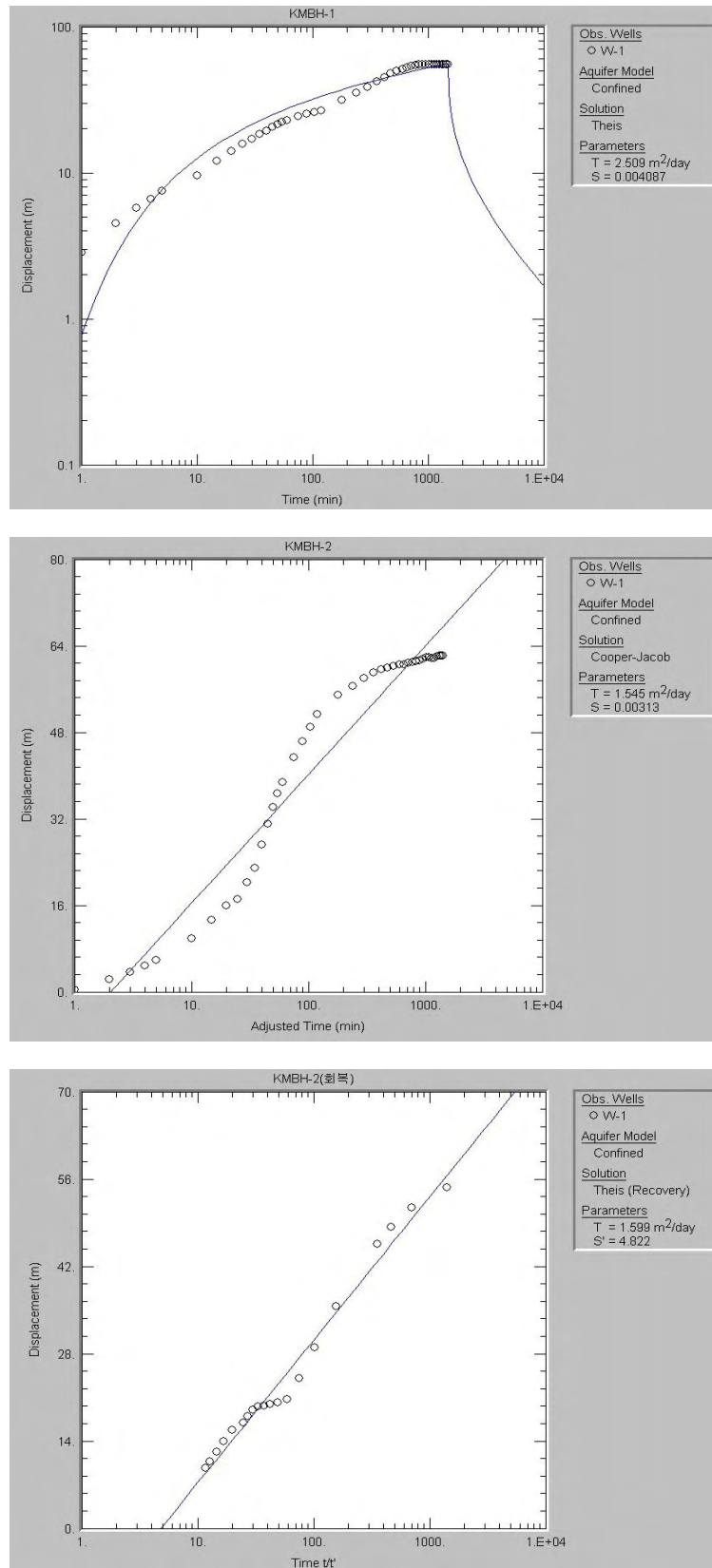


&lt;표 4-4-2&gt; 조사공의 수리상수 산출결과(계속)

공번	자연 수위 (m)	안정 수위 (m)	수위 강하량 (m)	비양수량 (m <sup>3</sup> /day)	평균 투수량계수 (m <sup>3</sup> /일)	평균 저류계수	평균 투수계수 (m/일)	비고
GMBH-01	1.20	56.24	55.08	4.92	4.22	0.00409	0.04097	confined
GMBH-02	3.30	65.43	62.16	3.28	1.57	0.00313	0.00877	"
GMBH-05	3.20	62.07	58.49	3.27	1.27	0.00243	0.01104	"

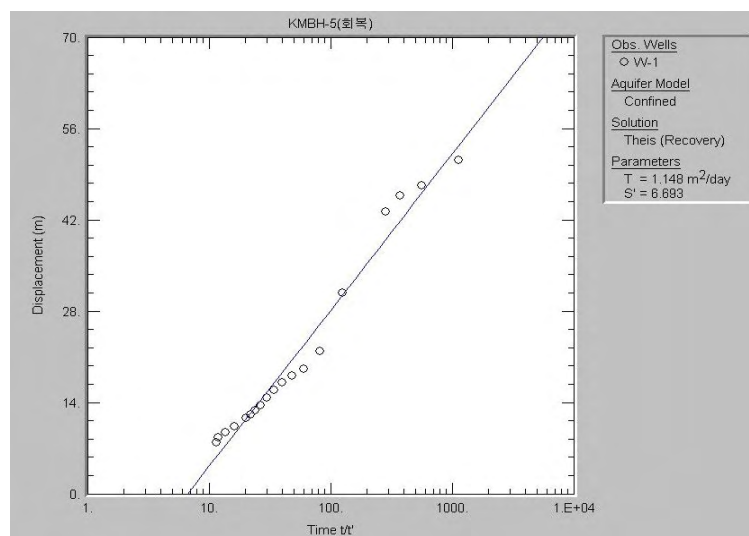
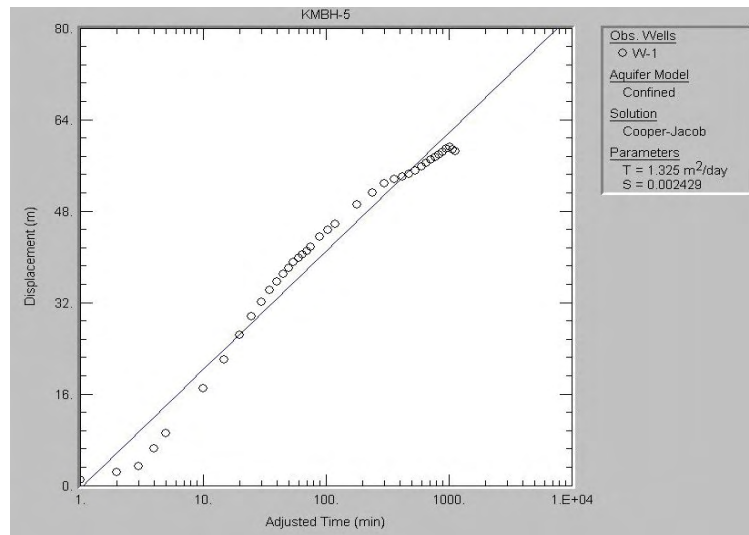
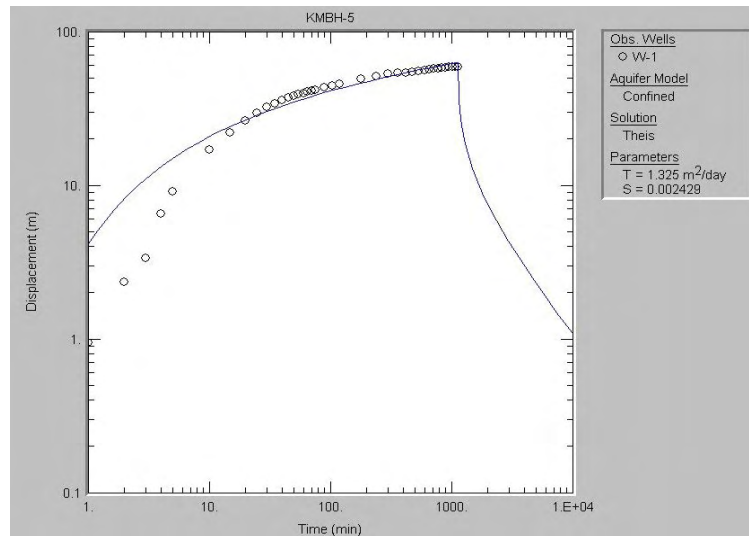


<그림 4-4-2> GMBH-01호공 양수시험 해석 결과도



<그림 4-4-3> GMBH-02호공 양수시험 해석 결과도

# 지하해수조사사업 보고서



<그림 4-4-4> GMBH-05호공 양수시험 해석 결과도

## 4.4.4 양수에 따른 영향에측 및 분석

일반적으로 관정에서 지하수를 양수할 때는 인근 주변지역 지하수위에 영향을 미치는데 이를 지하수 영향권(R) 내지 영향반경이라고 한다. 영향권은 양수량, 양수시간, 대수층두께, 투수계수, 공극율 그리고 지하수계의 경계조건 등에 따라 좌우된다. 본 조사지역내의 각 조사공에서는 수압손실 및 지하수의 이동으로 발생하는 영향권을 산출하기 위해 Shultze, Weber, Kozeny의 경험공식 및 Jacob의 영향반경 공식을 적용하였다.

R : 영향반경

bK (=T): 투수량계수 GMBH-01 : 4.22 m<sup>2</sup>/일, GMBH-02 : 1.57 m<sup>2</sup>/일,  
GMBH-05 : 1.27 m<sup>2</sup>/일

t : GMBH-01 : 0.5833, GMBH-02 : 0.9166, GMBH-05 : 0.6667

λ: 유효공극율 GMBH-01, GMBH-02, GMBH-05 : 0.01(WHPA 입력자료)

○ Shultze의 공식적용

$$R = \sqrt{6bKt/\lambda} = \sqrt{6Tt/\lambda}$$

$$R_{BH-1} = \sqrt{6 \times 4.22 \times 0.5833 / 0.01} = 38m$$

$$R_{BH-2} = \sqrt{6 \times 1.57 \times 0.9166 / 0.01} = 29m$$

$$R_{BH-5} = \sqrt{6 \times 1.27 \times 0.6667 / 0.01} = 23m$$

○ Weber의 공식적용

$$R = \alpha \sqrt{bKt/\lambda} = \alpha \sqrt{Tt/\lambda}$$

α는 상수로서 1.9~3, 여기서는 3적용

$$R_{BH-1} = 3 \sqrt{4.22 \times 0.5833 / 0.01} = 47m$$

$$R_{BH-2} = 3 \sqrt{1.57 \times 0.9166 / 0.01} = 36m$$

$$R_{BH-5} = 3 \sqrt{1.27 \times 0.6667 / 0.01} = 28m$$

**지하해수조사사업 보고서**

○ Kozeny의 공식적용

$$R = \sqrt{\frac{12 \cdot t}{S}} \sqrt{\left(\frac{Q \cdot T}{\pi}\right)}$$

$$R_{BH-1} = \sqrt{\frac{12 \times 0.5833}{0.004}} \sqrt{\left(\frac{280 \times 4.22}{3.14}\right)} = 184m$$

$$R_{BH-2} = \sqrt{\frac{12 \times 0.9166}{0.003}} \sqrt{\left(\frac{200 \times 1.57}{3.14}\right)} = 191m$$

$$R_{BH-5} = \sqrt{\frac{12 \times 0.6667}{0.002}} \sqrt{\left(\frac{150 \times 1.27}{3.14}\right)} = 176m$$

○ Jacob 비평형형 우물공식 적용

$$s_w = \frac{2.3Q}{4\pi} \log \frac{2.25Tt}{r^2S}$$

에서 수위강하량  $s_w$ 가 0으로 수렴하는  $r$ 를 영향반경  $R$ 라 하면

$$R = \sqrt{\frac{2.25Tt}{S}} \text{ 이다.}$$

여기서  $S$ 는 유효공극률인 0.01을 사용하였다. 따라서

$$R_{BH-1} = \sqrt{\frac{2.25 \times 4.22 \times 0.5833}{0.01}} = 24m$$

$$R_{BH-2} = \sqrt{\frac{2.25 \times 1.57 \times 0.9166}{0.01}} = 18m$$

$$R_{BH-5} = \sqrt{\frac{2.25 \times 1.27 \times 0.6667}{0.01}} = 14m$$

<표 4-4-3> 경험식에 의한 조사공의 영향반경 산출 결과

공 번	Shultz	Weber	Kozeny	Jacob	평 균	비 고
GMBH-01	38 m	47 m	184 m	24 m	73 m	-
GMBH-02	29 m	36 m	191 m	18 m	69 m	-
GMBH-05	23 m	28 m	176 m	14 m	60 m	-

상기 공식에서 양수시간은 연속 양수하는 시간(24시간)을 적용하여 나온 결과로 조사공의 평균 영향반경은 GMBH-01호공 73m, GMBH-02호공 69m, GMBH-05호공 60m로 산정되었다.

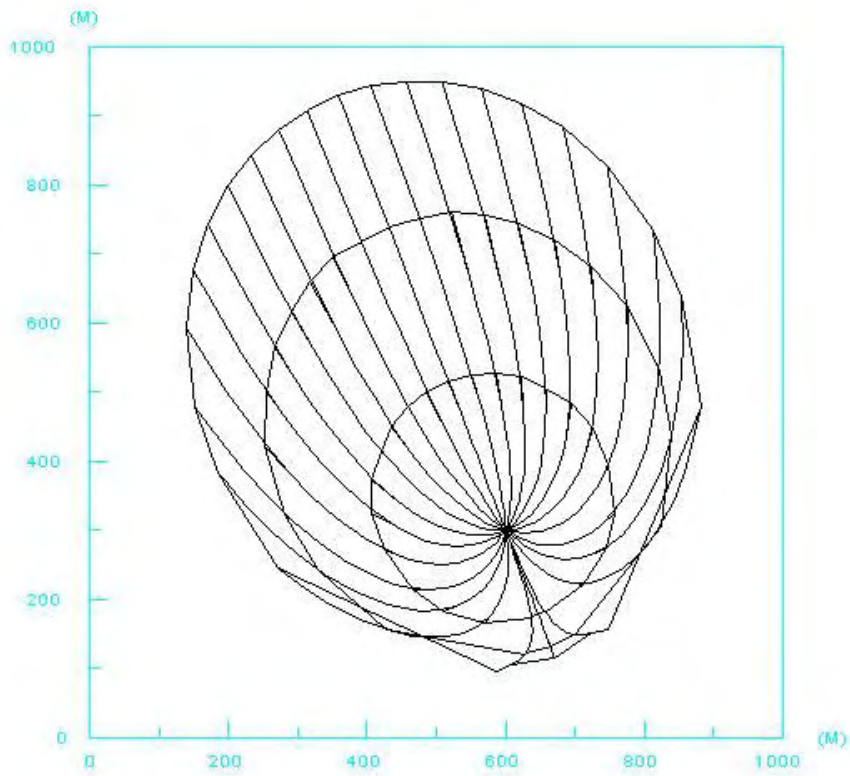
#### 4.4.5 잠재오염원에 의한 영향범위

지하수내에 오염물질을 공급 이동시켜 취수공으로 모일 수 있는 범위를 포획구간(Capture Zone)이라 하며 포획구간은 지하수의 흐름에 따라 형태와 크기가 결정되므로 지하수의 유향과 지하수면 경사, 그리고 대수층의 투수계수와 공극율이 주 변수가 된다. 지구 내 지형특성 상 상류부로부터 하류부까지의 동수경사는 50/1000(0.05)으로 산출되었다.

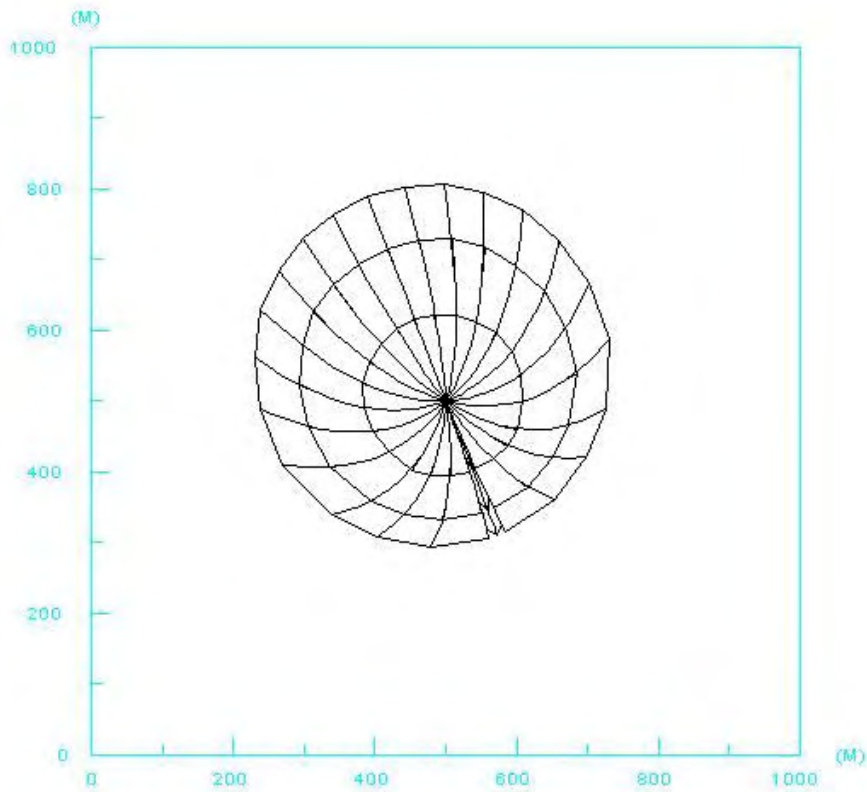
포획구간 분석에 활용한 프로그램은 미국의 EPA(환경청)에서 취수정보호를 위해 개발한 WHPA(Well Head Protection Area)모델로서 본 지구에 대한 포획구간 해석을 위하여 다음과 같이 입력 자료를 추정하여 대입한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

<표 4-4-4> 조사공의 포획구간 산출 입력

공 번	양수량 (m <sup>3</sup> /일)	투수량계수 (m <sup>3</sup> /일)	공극율	대수층 두께 (m)	유 향 (정동향 기준 °)	동수 경사	비 고
GMBH-01	280	4.22	0.01	103	291	0.05	무경계조건
GMBH-02	200	1.57	0.01	179	291	0.05	무경계조건
GMBH-05	150	1.27	0.01	115	270	0.05	무경계조건

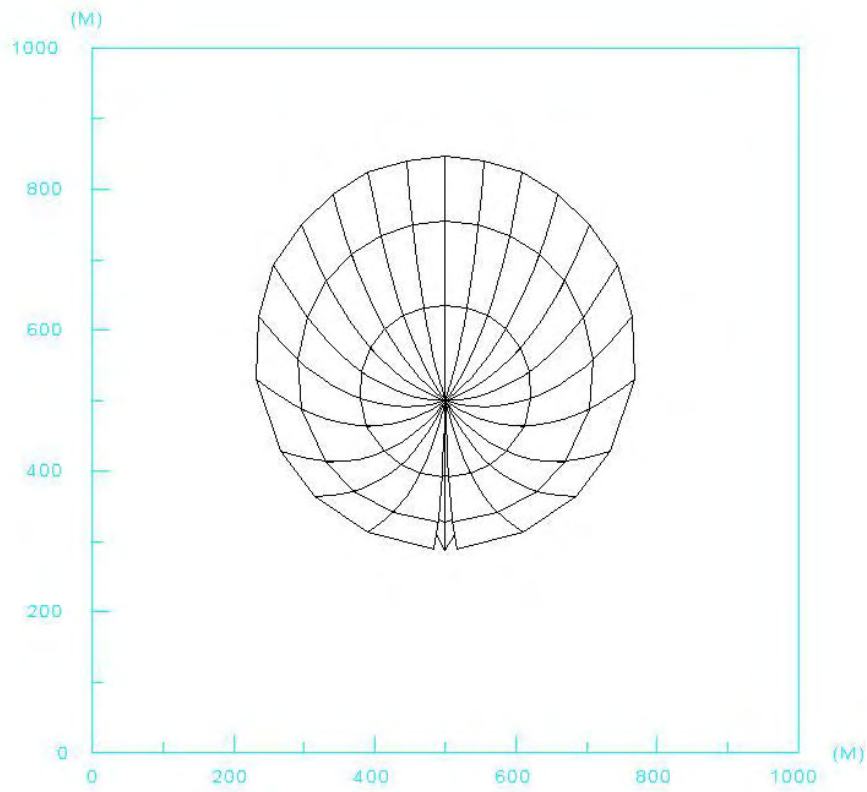


<그림 4-4-5> GMBH-01호공 포획구간

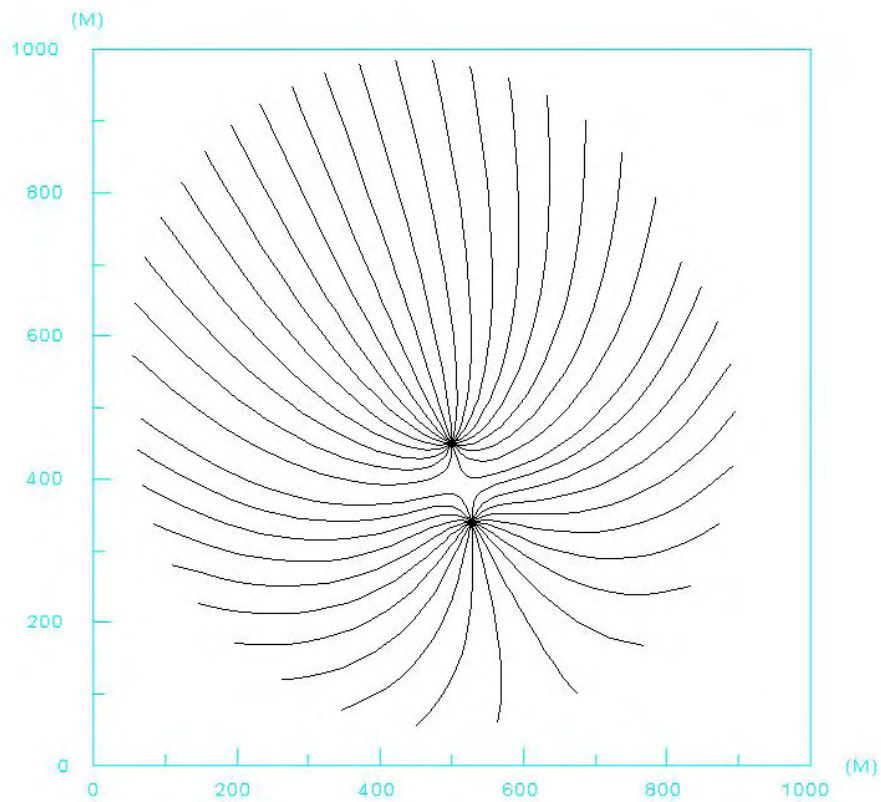


<그림 4-4-6> GMBH-02호공 포획구간

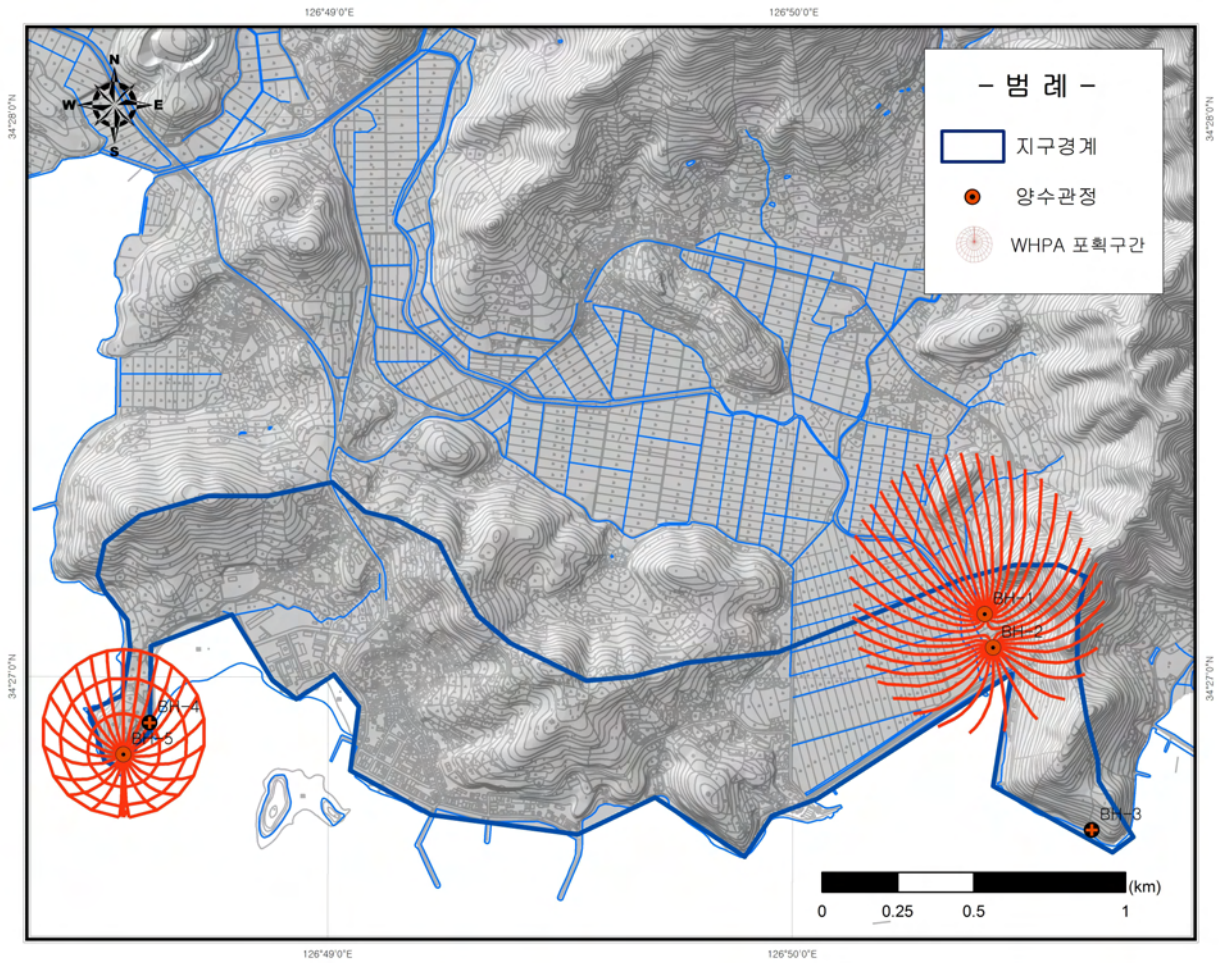




<그림 4-4-7> GMBH-05호공 포획구간



<그림 4-4-8> GMBH-01, 02호공 포획구간 (GPTRAC방법)



<그림 4-4-9> 조사공별 포획구간 현황도

<표 4-4-5> 포획구간 산출 결과 총괄

양수기간	공번	상류부(m)	하류부(m)	비 고
1년	GMBH-01	230	131	시험정으로 이동을 일으키는 권역 MWCAP MODULE 적용
	GMBH-02	124	104	
	GMBH-05	137	106	
3년	GMBH-01	470	178	"
	GMBH-02	231	164	
	GMBH-05	257	169	
5년	GMBH-01	674	195	"
	GMBH-02	313	198	
	GMBH-05	350	207	
5년	GMBH-01	546	389	시험정으로 이동을 일으키는 권역 GPTRAC MODULE 적용
	GMBH-02	659	279	

<그림 4-4-5>~<그림 4-4-8>에서 보듯이 MWCAP MODULE을 사용한 단공으로의 모델분석 결과는 GMBH-01호공의 경우 5년간 양수시의 포획구간은 북서-남동 방향의 길게 늘어진 계란모양으로 산출되었으며, GMBH-02호공의 경우 원형에 가까운 모양으로 나타났고, GMBH-05공 또한 원형에 가까운 모양으로 산출되었다.

GMBH-01호공은 양수량이 많고 투수량계수가 크기 때문에 오염물질이 공내로 유입될 수 있는 반경이 상대적으로 크다는 것을 의미한다. 원형의 포획구간을 보이는 GMBH-02호공은 양수 시간에 따라 유사한 비율의 증가를 나타낸다.

### 4.5 지하해수 수질특성

지하수의 수질 및 수리화학적 특성은 지하수가 함유한 주요 양·음이온의 무기이온의 농도분포를 통해 해석가능하다. 이러한 특성은 지하수 부존 지역의 지질학적 특성 및 인위적인 오염원의 존재에 따라 다양하게 변화하며, 동일 지역 내에서도 지하수 부존 심도에 따라 변화한다. 암반 및 천부 충적층 지하수의 수질 특성을 지배하는 주요 변수로는 첫째, 대수층으로 유입되는 강우 및 지표수의 화학조성 및 농도(오염원의 존재 여부 포함), 둘째 지하수의 유동 경로에 따른 기반암의 종류(특히 광물 조성), 셋째, 지하수의 유동 경로를 지배하는 지질 구조의 특성, 끝으로 물-암석반응으로 표현되는 수리지구화학적 반응의 특성 등이 있다.

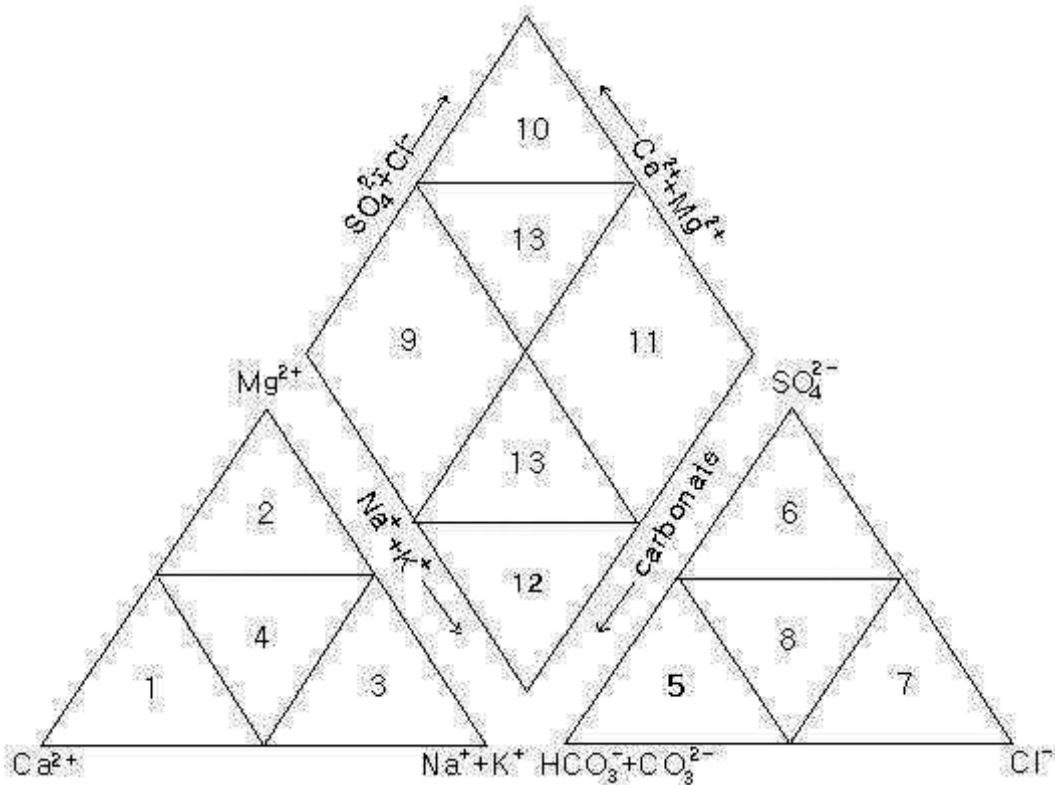
인위적인 오염을 제외하고 지하수의 유동에 따른 수질을 형성하는 자연적 수리화학적 반응은 다음과 같다. 대수층으로 유입되는 강우 및 지표수(하천수)는 인위적인 오염이 없을 경우 용존된 물질이 적은 매우 희석된 상태이다. 이러한 물이 토양층을 거쳐 불포화 대수층을 통해 지하로 흘러 들어가면 불포화 대수층을 구성하는 광물과의 물리화학적 반응이 일어남으로써 일차적인 수질 특성 변화가 나타난다. 그러므로 포화대수층으로 도달하게 되면, 대수층 기반암을 구성하는 조성광물과의 화학 반응-주로 물-암석 반응이며, 조성 광물의 화학성과 화학 반응 시간에 의해 조절되는 기작-에 의해 수질특성이 주로 결정된다. 이 과정의 화학반응 및 과정은 주로 용해-침전 반응, 산염기-수화 반응, 산화-환원 반응, 이온 교환 반응 및 흡착-탈착 반응, 용존 기체의 탈착, 상이한 물 유형의 혼합(mixing) 등이다.

#### 4.5.1 시료채취 및 이화학(양·음이온)분석 방법

시료채취는 기설관정의 경우는 충분히 양수한 후 무균채수병에 양이온과 음이온분석용 시료 각 1ℓ 씩을 채수하였고, 금회 시추관정은 물리검층 및 EC검층결과 이상대(anomaly)가 관측되는 파쇄대 구간에서 수질시료 채취기를 이용하여 채수하였다. 채수한 시료는 고려대학교 전락광물연구센터 분석실에 의뢰하여 분석하였다. 주요 용존 양이온의 정량 분석은 Perkin Elmer사의 유도결합플라즈마 방출분광분석기(ICP-AES, Model 3000XL)를, 주요 용존 음이온의 정량분석은 Dionex사의 이온크로마토그래피(IC, Model 120)를 이용하여 수행하였다. 자료처리 과정에서 투입된 이온 함량 자료는 측정값의 재현성(reproducibility)과 최저 측정한계를 고려한 quality control 하에서 분석된 자료이며, 시료 채취로부터 이르는 일련의 과정은 표준방법에 따라 수행되었다.

## 4.5.2 지하수 수질유형

파이퍼 다이어그램(Piper diagram)은 지하수 화학특성을 표시하는데 널리 쓰이는 수단인데, 지하수내 주요 양이온과 음이온의 당량농도(meq/l)를 비율(%)로 나타냄으로써 지하수의 유형(type)을 구분하는데 이용될 수 있다. 파이퍼 다이어그램에서 좌측아래의 삼각 다이어그램 상에는 주요 용존 양이온의 함량비가, 우측 아래 삼각 다이어그램에는 주요 용존 음이온의 함량비가 도시된다. 중앙의 마름모 다이어그램에는 양이온으로부터의 연장선과 음이온으로부터의 연장선이 교차되는 지점에 시료의 값을 도시하게 된다. 이렇게 도시되는 다이아몬드 모양의 다이어그램으로 지하수의 수질 유형을 구분하기도 한다<그림 4-5-1>. 아래 <표 4-5-1>은 파이퍼 다이어그램 상에 그려진 여러 영역에 대한 지하수 유형을 정리한 것이다.



<그림 4-5-1> 파이퍼 다이어그램을 이용한 유형분류

<표 4-5-1> 파이퍼 다이어그램 상의 영역별 수질 유형

영역	지하수 유형	영역	지하수 유형
1	Ca type	2	Mg type
3	Na-K type	4	우세한 양이온 없음
5	CO <sub>3</sub> type	6	SO <sub>4</sub> type
7	Cl type	8	우세한 음이온 없음
9	탄산경도(carbonate hardness) > 50% 알칼리 토금속 및 약산 우세	10	비탄산경도(noncarbonate hardness) > 50%
11	비탄산염기도(noncarbonate alkalinity) > 50% 알칼리 금속 및 강산 우세	12	탄산염기도 (carbonate alkalinity) > 50%
13	우세한 양이온-음이온 없음		

또한 지하수 시료 내 Cl/HCO<sub>3</sub> 몰비 역시 대수층을 통한 해수유입의 영향을 판단 할 수 있는 효과적인 지시자로 활용될 수 있으며, Revelle(1941)에 의하면 그 비가 0.5이하이면 해수의 영향이 전혀없고, 0.5~1.3인 경우 약간 문제가 되며, 1.3~2.8인 경우 약간의 영향을 2.8~6.6인 경우 보통정도의 오염을 6.6 이상인 경우 매우 심한 정도의 해수 영향을 받은 것으로 제시한 바 있다.

### 4.5.3 지하해수 수질분석 결과 및 해석

#### 가. 간이수질측정 결과

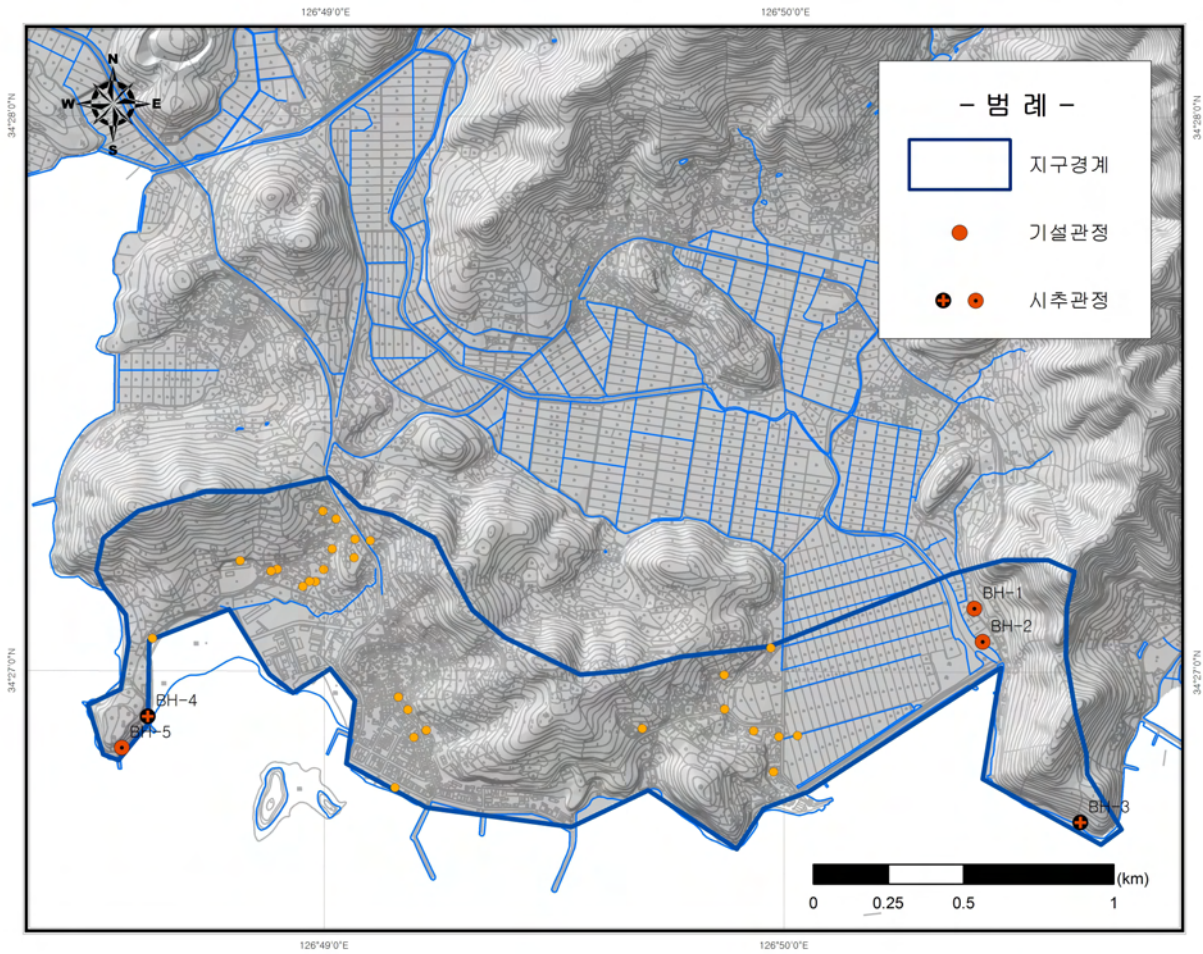
강진군 지하수 행정자료를 기초로 강마지구의 기설관정에 대한 현황조사를 수행한 후 채수 가능한 관정을 대상으로 현장 간이수질(온도, pH, EC 등)을 측정하였고 조사공의 위치는 <그림 4-5-2>에 나타내었다. 현장조사는 8월 초에 수행하였으며, 시추조사 공, 해수침투관측망의 간이수질 결과와 비교하여 <표4-5-2>에 나타내었다.

조사지역 지하수의 온도는 14.5~18.6℃로서 평균 16.7℃이고, pH는 5.7~7.5로 평균 6.4로 조사되었다. 전기전도도는 106~738μS/cm, 평균 386.7μS/cm로 시추조사 공의 평균 전기전도도가(24246.0μS/cm) 기설관정의 전기전도도보다 높은 것으로 조사되었다.

&lt;표 4-5-2&gt; 강마지구 기설관정 간이수질 조사 결과

구분	수온 (°C)	pH	전기전도도 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TDS ( $\text{mg}/\ell$ )	염분농도 (%)	
기설 관정	평균	16.7	6.4	386.7	207.1	0.2
	강마-033	16.7	6.4	478	255	0.3
	강마-038	17.3	6.1	560	300	0.3
	강마-054	16.0	7.2	243	129	0.1
	강마-055	18.6	6.6	155	82	0.1
	강마-056	17.2	6.3	168	89	0.1
	강마-057	18.6	6.0	486	258	0.3
	강마-058	16.6	5.7	720	380	0.4
	강마-059	17.2	6.2	485	258	0.3
	강마-060	16.7	6.4	478	255	0.3
	강마-062	17.5	6.2	182	97	0.1
	강마-063	16.9	6.2	106	56	0.1
	강마-065	17.7	6.8	420	223	0.2
	강마-067	16.7	6.2	330	175	0.2
	강마-068	16.0	6.5	244	148	0.1
	강마-072	14.8	6.3	320	172	0.2
	강마-073	17.0	6.3	623	345	0.3
	강마-074	14.5	7.5	177	95	0.1
	강마-075	15.2	6.5	738	393	0.4
	강마-077	15.0	6.2	160	80	0.1
강마-081	16.8	7.0	660	352	0.4	
시추조사	평균	18.8	7.6	24,246.0	15,759.9	15.8
시추조사공	GMBH-1	17.2	6.9	5,930.0	3,854.5	3.9
	GMBH-2	17.5	6.8	27,200.0	17,680.0	17.7
	GMBH-3	18.7	8.1	24,100.0	15,665.0	15.7
	GMBH-4	23.2	7.9	16,800.0	10,920.0	10.9
	GMBH-5	17.4	8.4	47,200.0	30,680.0	30.7





<그림 4-5-2> 강마지구 기설관정 및 시추조사공 간이수질 측정위치도



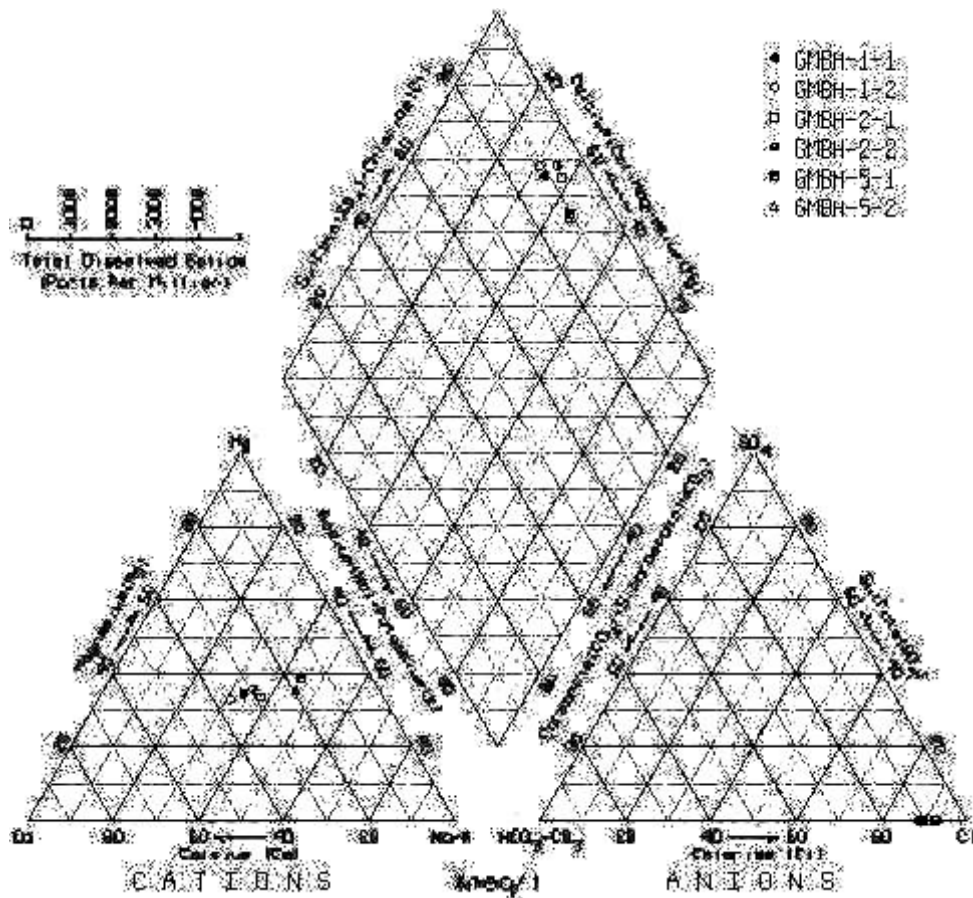
## 나. 이화학(양·음이온) 분석결과

강마지구 지하수 및 지하해수 조사공의 수질분석 결과는 <표 4-5-3>에 나타내었으며 <그림 4-5-3>는 조사지구의 수질분석 결과를 파이퍼 다이어그램으로 도시하였다.

<표 4-5-3> 강마지구 지하수 및 지하해수 조사공 수질분석 결과

(단위 : mg/L)

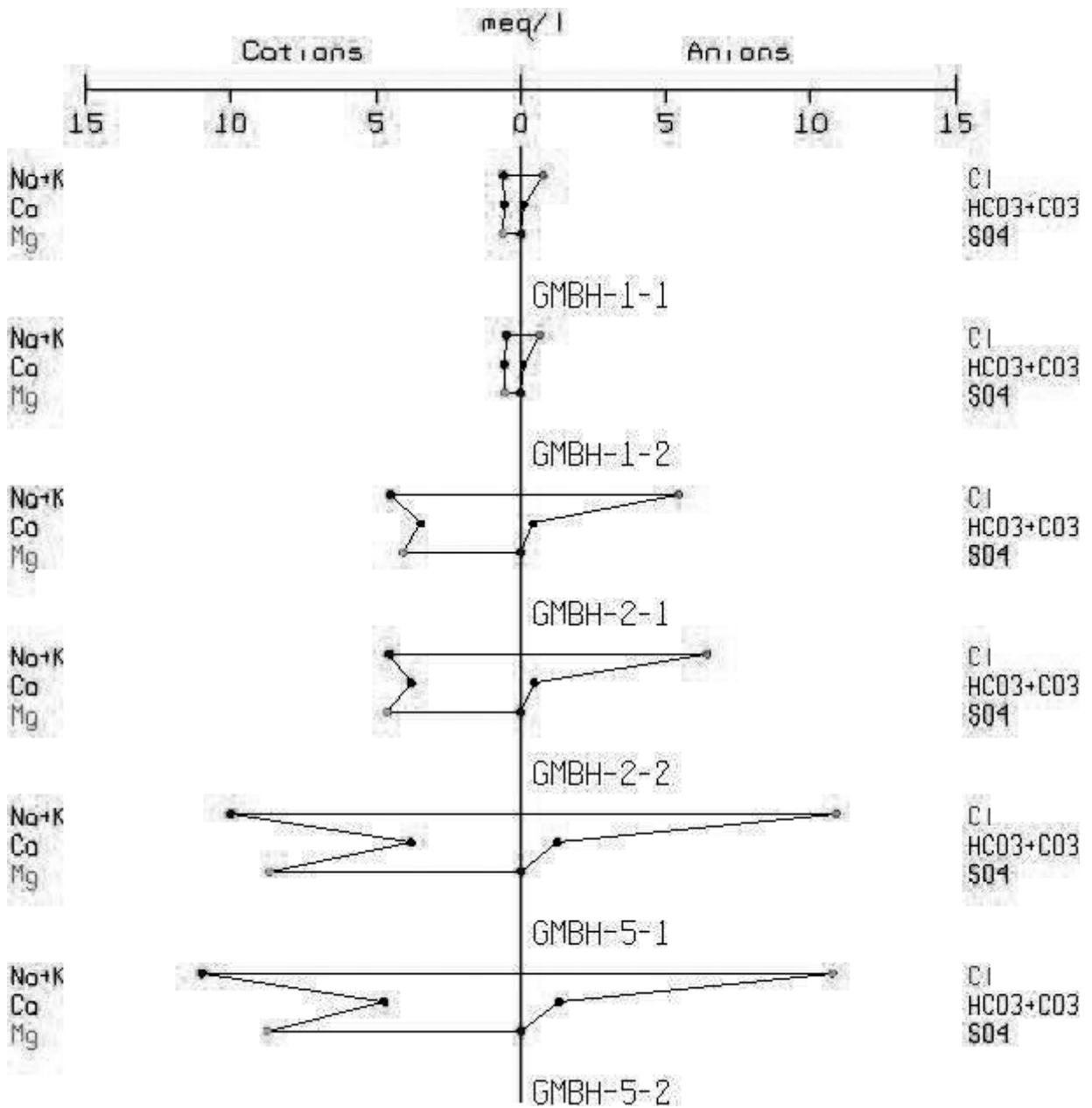
조사관정	$Na^+$	$Mg^{2+}$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$HCO_3^-$	$Br^-$	
시추조사	GMBH-1-1	314.7	91.9	6.4	232.6	119.5	964.1	58.0	2.3
	GMBH-1-2	256.5	77.2	6.2	229.6	97.2	845.1	61.0	1.3
	GMBH-2-1	2,376.8	596.4	23.6	1,384.8	608.5	6,845.4	51.9	25.6
	GMBH-2-2	2,384.0	682.2	22.6	1,515.6	662.0	8,075.8	61.0	22.3
	GMBH-5-1	5,270.6	1,280.7	51.2	1,514.7	1,793.1	13,678.5	103.7	53.5
	GMBH-5-2	5,791.4	1,292.0	42.6	1,892.6	1,848.1	13,512.3	149.5	48.2



<그림 4-5-3> 강마지구 지하수의 Piper diagram

**지하해수조사사업 보고서**

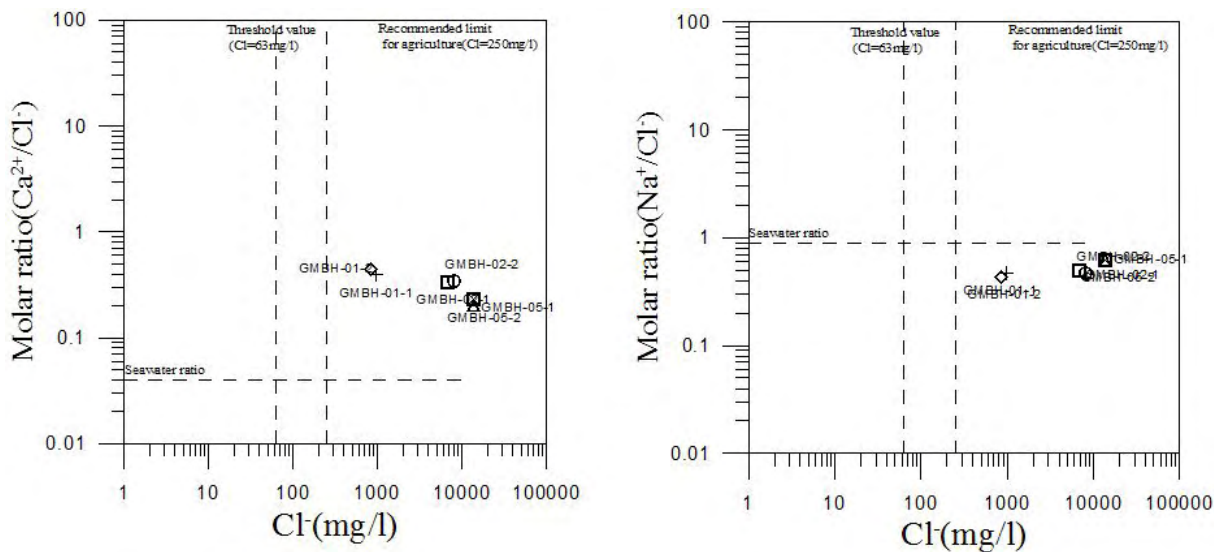
<그림 4-5-3>에서 GMBH-01, 02, 05 시추조사공은 양이온 중간영역, 음이온 Cl type으로 나타났다. 그리고 GMBH-01, 02, 05 시추조사공은 비탄산경도 (noncarboate hardness) 50% 이상인 영구경도 영역에 도시되었다. <그림 4-5-4>의 Stiff diagram은 다각형 세 개의 평행축을 다른편 수직 세로축에 연장하므로써 만들어지는데 양이온은 세로축의 왼쪽에, 음이온을 오른쪽에 당량농도(meq/l)로 나타내며, 다각형의 면적이 넓을수록 용존이온의 농도가 높은 것이다.



<그림 4-5-4> 강마지구 지하수의 Stiff diagram

&lt;표 4-5-4&gt; 물비에 따른 지하수 및 지하해수 분류

조사관정		Ca/Cl 몰비	Na/Cl 몰비
시추 조사	GMBH-01-1	0.47	0.40
	GMBH-01-2	0.43	0.44
	GMBH-02-1	0.50	0.33
	GMBH-02-2	0.47	0.34
	GMBH-05-1	0.61	0.20
	GMBH-05-2	0.61	0.23



&lt;그림 4-5-5&gt; Ca/Cl, Na/Cl 몰비와 Cl이온 간의 상관관계

<그림 4-5-5>에서는 Ca/Cl, Na/Cl 몰비와 Cl이온 간의 상관관계로서 염소이온(Cl<sup>-</sup>)의 임계값과 수질기준인 63mg/l 와 250mg/l 와 해수의 비를 점선으로 도시하여 수질자료를 영역별로 뚜렷하게 구분할 수 있게 하였다. 즉, 시추조사공 모두 수질기준도 초과하면서 seawater ratio에 일치 또는 다소 낮거나 높은 영역으로 해수에 가까운 수질유형임을 알 수 있다.

## 지하해수조사사업 보고서

### 다. 수질분석 결과

분석방법은 수질 부적합률이 대체로 높게 나타나는 질산성질소, 염소이온, 일반세균, 기타(비소, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로에틸렌) 항목에 대하여 <표 4-5-4>와 같이 시추관정별로 수질현황을 파악하였다.

<표 4-5-5> 강마지구 시추조사공 수질분석 현황

(단위 : mg/ℓ)

항목	GMBH -01	GMBH -02	GMBH -05	음용수 기준
일반세균	11	0	8	1ml중 100CFU 이하
총대장균군	-	-	검출	-
대장균/분원성대장균군	-	-	-	-
납	-	-	-	0.01 이하
불소	0.3	-	-	1.5 이하
비소	-	-	-	0.01 이하
세레늄	0.028	0.225	0.444	0.01 이하
수은	-	-	-	0.001 이하
시안	-	-	-	0.01 이하
크롬	-	-	-	0.05 이하
암모니아성질소	0.05	0.47	0.82	0.5 이하
질산성질소	0.3	-	-	10 이하
카드뮴	-	0.016	0.014	0.005 이하
보론	0.15	0.57	2.47	1.0 이하
페놀	-	-	-	0.005 이하
다이아지논	-	-	-	0.02 이하
파라티온	-	-	-	0.06 이하
페니트로티온	-	-	-	0.04 이하
카바릴	-	-	-	0.07 이하
1,1,1-트리클로로에탄	-	-	-	0.1 이하
테트라클로로에틸렌	-	-	-	0.01 이하
트리클로로에틸렌	-	-	-	0.03 이하

&lt;표 4-5-5&gt; 강마지구 시추조사공 수질분석 현황(계속)

(단위 : mg/ℓ)

항목	GMBH -01	GMBH -02	GMBH -05	음용수 기준
디클로로메탄	0.003	0.003	0.003	0.02 이하
벤젠	-	-	-	0.01 이하
톨루엔	0.001	0.001	0.001	0.7 이하
에틸벤젠	-	-	-	0.3 이하
크실렌	-	-	-	0.5 이하
1.1-디클로로에틸렌	-	-	-	0.03 이하
사염화탄소	-	-	-	0.002 이하
1.2-디브로모-3-클로로프로판	-	-	-	0.003 이하
1.4-다이옥산	-	-	-	0.05 이하
경도	1,198	5,451	7,030	300 이하
과망간산칼륨소비량	1.5	2.7	2.6	10 이하
냄새	없음	없음	없음	무취
맛	있음	있음	있음	무미
동(구리)	-	0.026	0.056	1 이하
색도	15	-	-	5도이하
세제(음이온계면활성제)	-	-	-	0.5 이하
수소이온농도	6.3	7.0	6.7	5.8 ~ 8.5
아연	0.052	0.061	0.122	3 이하
염소이온	1,405	10,486	19,676	250 이하
중발잔류물	885	674	903	500 이하
철	-	-	-	0.3 이하
망간	0.466	0.021	0.706	0.3 이하
탁도	23.80	0.09	0.02	1.0 NTU 이하
황산이온	178	1,137	2,389	200 이하
알루미늄	0.05	0.06	-	0.2 이하

(-) : 불검출

## 지하해수조사사업 보고서

---

### □ 일반세균

일반세균은 사람의 체온과 비슷한 온도인 35℃에서 48시간 배양하여 검출되는 모든 세균을 말한다. 자연생태계에서 기원되며, 일반적으로 무해한 잡균으로 알려지고 있으나 병원균이 존재할 가능성이 있으므로 2003년 먹는물 검사기준의 항목으로 선정되었다.

조사지역의 자료분석 결과 GMBH-01호공 11CFU/ml, GMBH-02호공 0CFU/ml, GMBH-05호공 8CFU/ml,으로 나타났다.

### □ 질산성질소

질산성질소는 화학비료, 부패한 동식물, 생활오수, 축산분뇨, 공장폐수 등에서 발생한다. 질산성질소의 독성은 거의 무시해도 좋으나 2차, 3차적인 영향을 미칠 수 있다는 점에서 주목할 필요가 있다. 2차적인 독성은 미생물에 의해서 질산성질소가 아질산성질소로 환원됨으로써 초래된다. 환원된 아질산성질소는 혈류내로 흡수되며, 헤모글로빈과 반응하여 혈액의 산소 전달계 기능을 부분적으로 상실시킨다. 3차적인 독성은 질산성질소가 위산과 반응하여 니트로사민(nitrosamines)을 형성함으로써 매우 광범위한 위험요소가 된다.

조사지역 3개의 자료를 대상으로 질산성질소의 함유량을 분석한 결과 음용수 수질 기준을 초과하지 않았으며, GMBH-01호공 0.3mg/l로 나타났으며, GMBH-02호공, GMBH-05호공은 검출되지 않았다.

### □ 염소이온

염소이온은 자연적인 기원 이외에 산업용 폐수, 하수, 동물의 배설물 및 제설제 등으로 인해 지하수로 유입될 수 있으며, 산업용제나 농약 제조용 할로젠 유기화합물의 성분으로 사용된다. 또한 해수의 유입으로 인해 발생할 수 있다.

조사지역 3개의 자료를 대상으로 염소이온의 함유량을 분석한 결과 모든 공에서 염소이온의 음용수 수질기준인 250mg/l를 초과하는 것으로 나타나고, GMBH-05공에서 최대 19,676mg/l로 가장 많은 양이 검출되었다.

## □ 카드뮴

카드뮴은 아연, 납, 구리 광석을 녹일 때 부산물로 얻어지는 것으로 주로 배터리, 색소, 금속 도금, 플라스틱 등에도 많이 사용된다. 카드뮴이 일단 체내로 들어오면 배출되지 않고 몸 속에 남아 있게 되므로, 비록 적은 양이라도 오랫동안 계속 노출될 경우 심각한 카드뮴 농도까지 농축될 수 있다. 카드뮴은 급성중독에 걸리면 호흡 곤란, 흉부압박감, 식욕부진, 심폐기능부전을 일으키며 심폐기능부전이 심할 경우 사망까지 이르게 된다.

조사지역에서 카드뮴 함유량은 GMBH-02공 0.016mg/L, GMBH-05공 0.014mg/L로 나타났으며, GMBH-01공은 검출되지 않았다.

## □ 비소

비소(Arsenic)는 주로 합금제제로 사용되며, 강화유리 또는 구리, 납의 합금시에 강도를 높이기 위해 사용된다. 이 외에도 전기, 전자산업에 이용되며, 에틸렌 옥사이드의 생산공정에서 촉매로 사용된다. 인체 발암성에 대한 역학적 증거로는 비소에 폭로된 제련업소 근로자들에게서 폐암으로 인한 사망과 피부암이 확인되었고 비소에 오염된 음용수 섭취시 방광암, 폐암, 장암, 피부암, 결장암의 발생 비율이 현저히 증가됨이 보고되었다.

조사지역 3개의 자료를 대상으로 비소의 함유량은 검출되지 않았다.

## □ 납

납은 자연에 주로 방연광(PbS), 백연광(PbCO<sub>3</sub>) 등으로 존재한다. 납은 하천수중에는 지질, 공장폐수, 광산폐수 등에 의해 용존되어 있다. 또한 각종 공업제품 중에 첨가물, 불순물로 함유되어 있기 때문에 환경 중에 넓게 분포되어 있다. 납이 체내에 축적이되면 불면, 두통, 소화기관 장애, 신장장애 등을 유발할 수 있다.

조사지역에서의 납 함유량은 모든 공에서 검출되지 않았다.

## □ 에틸벤젠

에틸벤젠은 석유화학산업에서 스타이렌을 생산하는 데 중간물질로서 사용되는 중요한 방향족탄화수소로 주로 용매, 합성고무, 자동차 및 항공기 연료의 성분 등으로 사용되고 있다. 에틸벤젠은 물과 토양에서 공기 중으로 쉽게 이동할 수 있기 때문에 인체에 호흡이나 피부접촉에 의해 노출될 수 있고, 중독증상으로는 현기증, 무기력을 유발시키며 마취작용을 한다.

## 지하해수조사사업 보고서

---

조사지역의 에틸벤젠 함유량을 분석한 결과 모든 공에서 검출되지 않았다.

### □ 크실렌

크실렌은 디메틸벤젠이라고도 하며, 물에 녹지 않지만 에테르, 벤젠 등의 유기용매와 잘 섞인다. 살충제와 농약제조, 세제의 요소와 페인트, 잉크의 부착제로서 사용되고, 염료, 합성섬유, 페인트, 석유정제 용제 등의 폐수에 의해 환경 중으로 배출된다. 중독증상으로는 구토, 두통, 현기증, 흉부압박감, 마취상태를 일으키고, 만성으로는 신장장애와 빈혈, 백혈구 감소 등 골수장애를 유발한다.

조사지역의 크실렌 함유량을 분석한 결과 모든 공에서 검출되지 않았다.



## 4.6 지하해수 모니터링

### 4.6.1 지하해수 모니터링 개요

조사지역내 시추조사공을 대상으로 지하해수의 정기적인 관측조사를 실시하였다. 대상공은 GMBH-01, GMBH-02, GMBH-05호 시추조사공이 해당된다.

조사기간은 강마지구의 시추조사가 완료된 후 2011년 8월부터 12월까지 약 5개월에 걸쳐 단기 수동관측을 5회 수행하였고, 관측항목은 수위, 온도, 염도 세가지 이 항목이다. 일반적으로 지하해수(염지해수)의 수위 및 염도 변화는 조석간만에 의한 Tidal Effect와 강우에 의한 함양, 대기압 변동 및 바람의 영향 등의 요인에 의해 발생한다. 따라서 금번 단기 수동관측은 조석간만과 강우에 의한 수위, 온도, 염도의 변화 유무를 파악하고자 하였고, 국립해양조사원의 녹동지역 조석자료와 장흥관측소 강우자료를 사용하였다. 그런데 여기서 수위관측은 각 관측공에 대한 수위를 측정 한 후 해수면을 기준으로 한 수두 값으로 환산하여 변화를 파악하였다

### 4.6.2 수위관측 결과

#### 가. GMBH-01호공

2011년 8월 측정된 초기수위는 케이싱 상부 기준 1.5m에서 관측되었고, 2011년 10월 측정된 수위는 케이싱 상부 기준 1.3m로 측정되었다. 최고수위는 12월 측정 값인 케이싱 상부 기준 1.8m, 최저수위는 11월 측정값인 케이싱 상부 기준 1.2m이고, 지하해수 수위 변동폭은 0.6m로 관측되었다. 관측조사가 월 1회 수행되어 충분한 관측자료가 축적되지 못해 정확한 변화 양상을 파악하기에는 다소 무리가 있다고 여겨지나 지하해수의 수위는 조석간만과 강우에 의한 영향이 미약하게 나타나는 것으로 판단된다(그림 4-6-1).

#### 나. GMBH-02호공

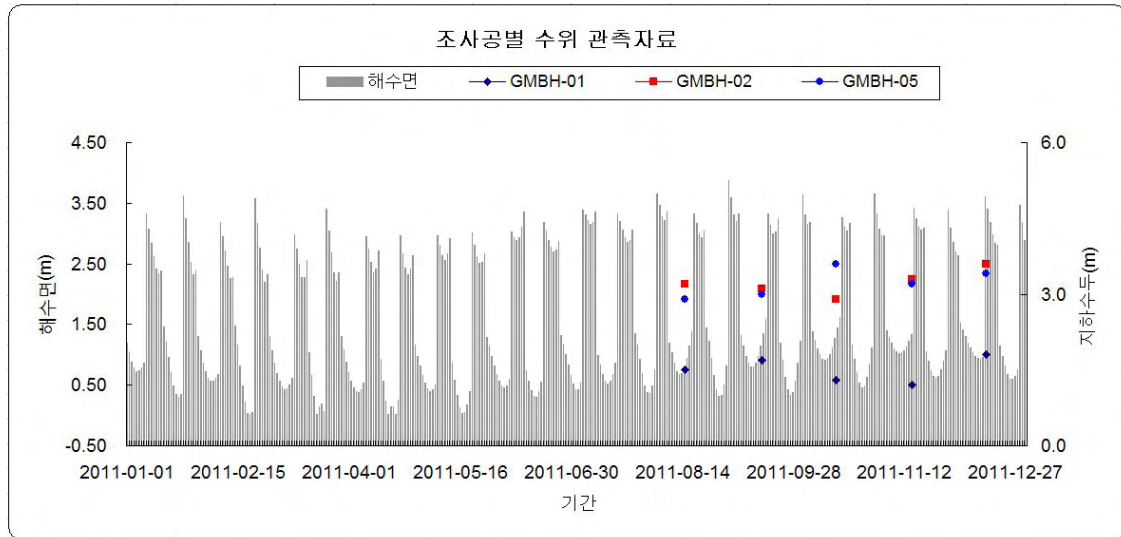
2011년 8월 측정된 초기수위는 케이싱 상부 기준 3.2m에서 관측되었고, 2011년 9월 측정된 수위는 케이싱 상부 기준 3.1m로 측정되었다. 최고수위는 12월 측정 값인 케이싱 상부 기준 3.6m, 최저수위는 10월 측정값인 케이싱 상부 기준 2.9m이고, 지하해수 수위 변동폭은 0.7m로 관측되었다(그림 4-6-1).

#### 다. GMBH-05호공

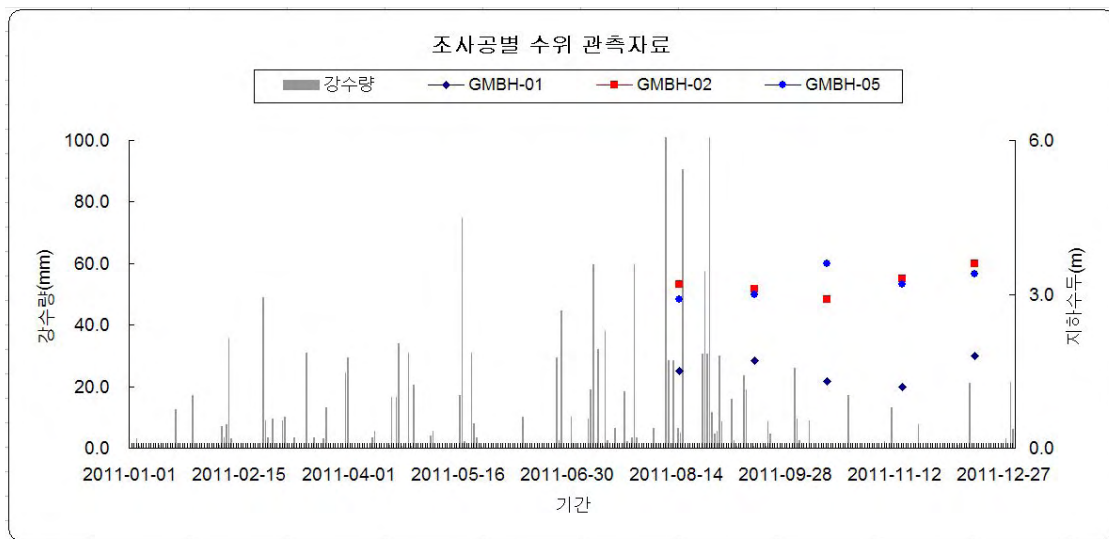
2011년 8월 측정된 초기수위는 케이싱 상부 기준 2.9m에서 관측되었고, 2011년 9월 측정된 수위는 케이싱 상부 기준 3.0m로 측정되었다. 최고수위는 10월 측정

## 지하해수조사사업 보고서

값인 케이싱 상부 기준 3.6m, 최저수위는 8월 측정값으로 지하해수 수위 변동폭은 0.7m로 관측되었다(그림 4-6-1).



(a) 조석간만에 의한 관측공별 수위 변화



(b) 강우에 의한 관측공별 수위 변화

<그림 4-6-1> 조사공의 월별 수위 관측 결과

### 4.6.3 온도관측 결과

#### 가. GMBH-01호공

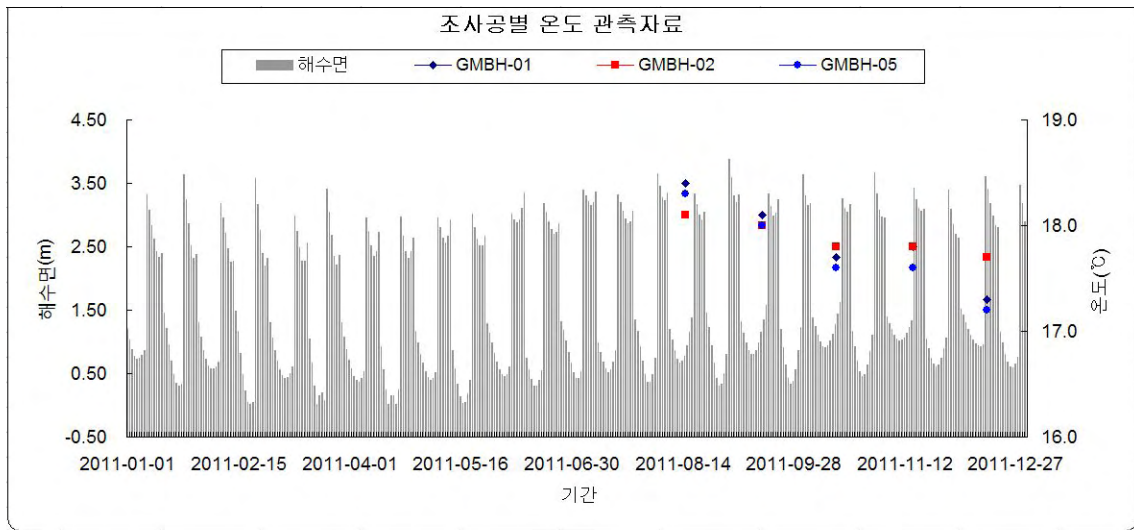
2011년 8월 측정된 초기온도는 18.4℃에서 관측되었고, 2011년 10월 측정된 온도는 17.7℃로 측정되었다. 최고온도는 8월 측정값인 18.4℃, 최저온도는 12월 측정값인 17.3℃이고, 지하해수 온도 변동폭은 1.1℃로 관측되었다. 지하해수의 온도 변화가 대기 또는 일반해수의 온도 변화보다 상당히 적은 것으로 조사되었다(그림 4-6-2). 그러나 조사공이 양수가 이루어지지 않는 정체된 상황에서의 모니터링에 따라 양수시험 시의 측정 온도보다 약간 높은 경향을 나타낸다(표 4-6-1).

#### 나. GMBH-02호공

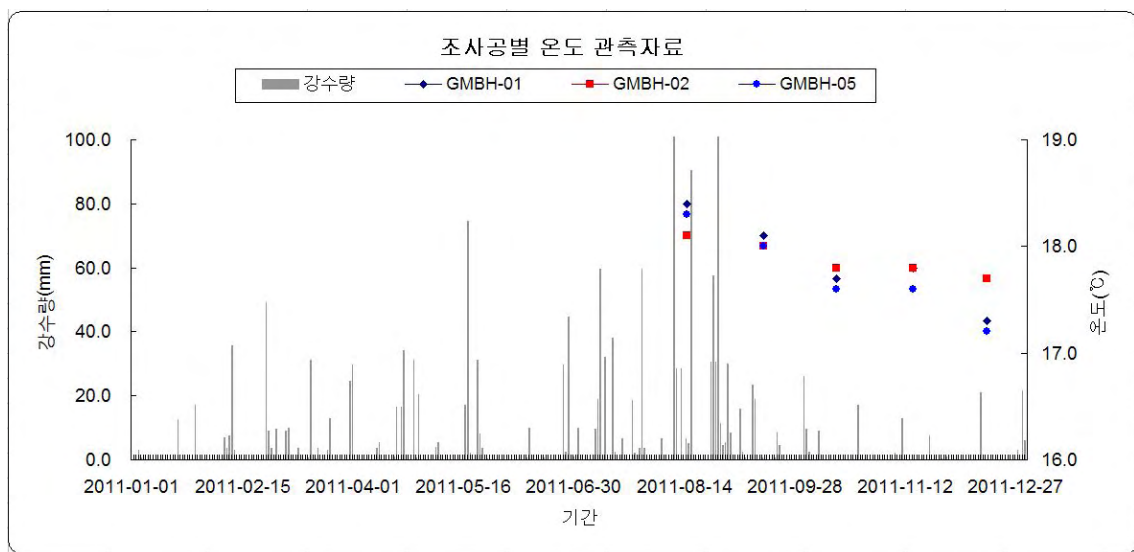
2011년 8월 측정된 초기온도는 18.1℃에서 관측되었고, 2011년 10월 측정된 온도는 17.8℃로 측정되었다. 최고온도는 8월 측정값인 18.1℃, 최저온도는 12월 측정값인 17.7℃이고, 지하해수 온도 변동폭은 0.4℃로 관측되었다(그림 4-6-2).

#### 라. GMBH-05호공

2011년 8월 측정된 초기온도는 18.3℃에서 관측되었고, 2011년 10월 측정된 온도는 17.6℃로 측정되었다. 최고온도는 8월 측정값인 18.3℃, 최저온도는 12월 측정값인 17.2℃이고, 지하해수 온도 변동폭은 1.1℃로 관측되었다(그림 4-6-2).



(a) 조석간만에 의한 관측공별 온도 변화



(b) 강우에 의한 관측공별 온도 변화

<그림 4-6-2> 조사공의 월별 온도 관측 결과

#### 4.6.4 염도관측 결과

##### 가. GMBH-01호공

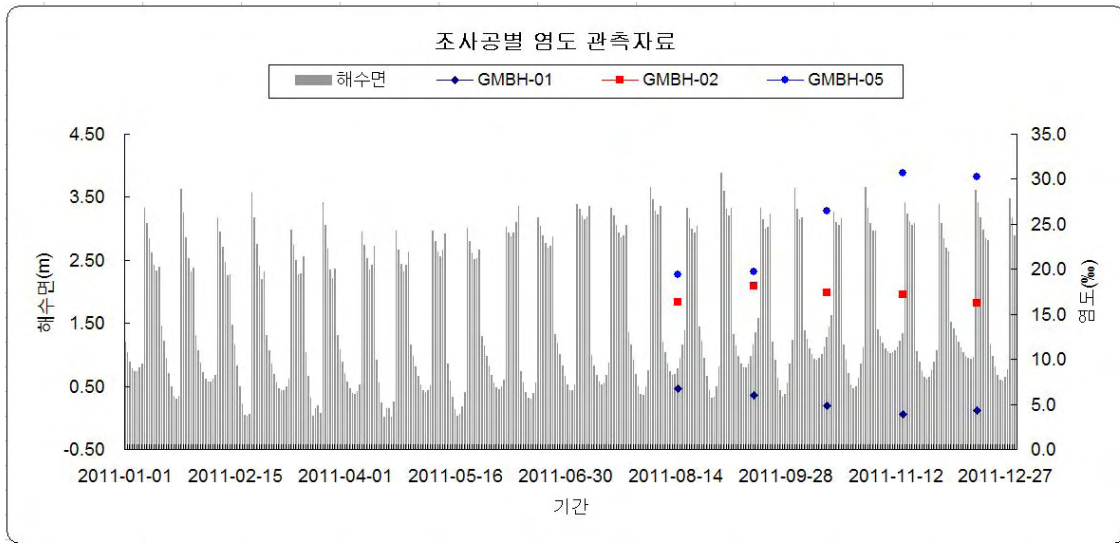
2011년 8월 측정된 초기염도는 6.7‰에서 관측되었고, 2011년 10월 측정된 염도는 4.8‰로 측정되었다. 최고염도는 8월 측정값인 6.7‰, 최저염도는 11월 측정값인 3.9‰이고, 지하해수 염도 변동폭은 2.8‰로 관측되었다. 지하해수의 염도 조석간만의 영향을 받을 것으로 판단되며 강우에 의해 지표수 및 지하수 담수가 해안가 쪽으로 배출되므로 염도에 일부 영향이 있을 것으로 여겨진다(그림 4-6-3). 그러나 조석간만과 강우에 의한 영향성을 분석하기 위해서는 장기적인 자동관측을 통하여 일·시간별, 계절별 관측이 선행되어야 할 것이다.

##### 나. GMBH-02호공

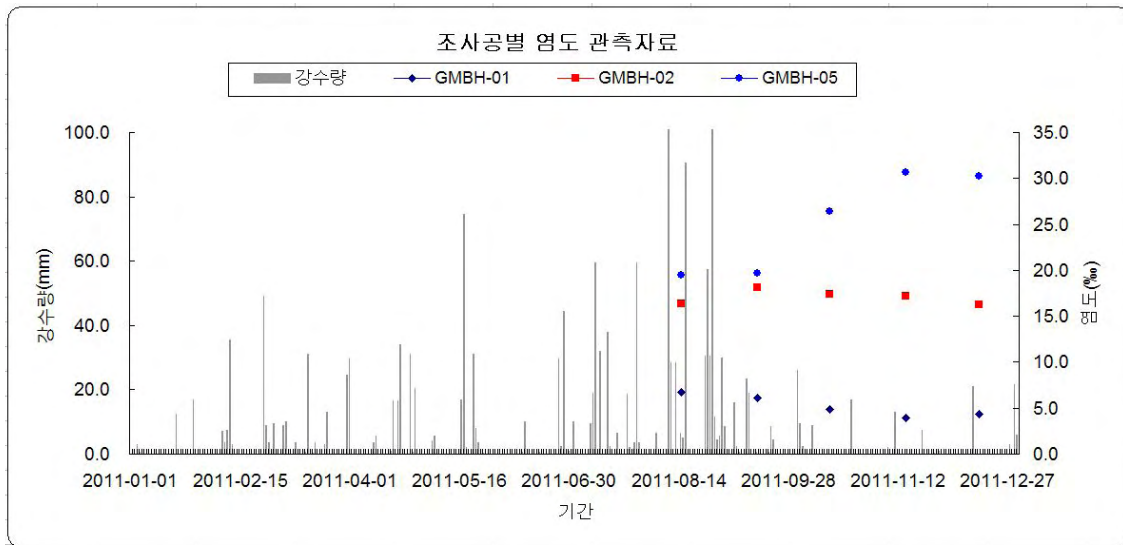
2011년 8월 측정된 초기염도는 16.4‰로 관측되었고, 2011년 10월 측정된 염도는 17.4‰로 측정되었다. 최고염도는 9월 측정값인 18.1‰, 최저염도는 12월 측정값인 16.3‰이고, 지하해수 염도 변동폭은 1.8‰로 관측되었으며, 이는 양수시험 시 측정된 염도와 유사한 경향을 보이고 있다(그림 4-6-3 및 표 4-6-1).

##### 라. GMBH-05호공

2011년 8월 측정된 초기염도는 19.4‰로 관측되었고, 2011년 10월 측정된 염도는 26.5‰로 측정되었다. 최고염도는 11월 측정값인 30.7‰, 최저염도는 8월 측정값인 19.4‰이고, 지하해수 염도 변동폭은 11.3‰로 조사되었으며, 이는 양수시험 시 측정된 염도보다 약간 낮게 조사되어 양수에 따라 염도는 약간 증가하는 것으로 조사되었다(그림 4-6-3 및 표 4-6-1).



(a) 조석간만에 의한 관측공별 염도 변화



(b) 강우에 의한 관측공별 염도 변화

<그림 4-6-3> 조사공의 월별 염도 관측 결과

&lt;표 4-6-1&gt; 강마지구 시추조사공 월별 관측 결과

구분		평균	8월	9월	10월	11월	12월	양수 시험시
GMBH-01	수위(m)	1.5	1.5	1.7	1.3	1.2	1.8	1.2
	온도(℃)	17.9	18.4	18.1	17.7	17.8	17.3	17.2
	염도(‰)	5.2	6.7	6.1	4.8	3.9	4.4	3.9
GMBH-02	수위(m)	3.2	3.2	3.1	2.9	3.3	3.6	3.3
	온도(℃)	17.9	18.1	18.0	17.8	17.8	17.7	17.5
	염도(‰)	17.1	16.4	18.1	17.4	17.2	16.3	17.7
GMBH-05	수위(m)	3.2	2.9	3.0	3.6	3.2	3.4	3.2
	온도(℃)	17.7	18.3	18.0	17.6	17.6	17.2	17.4
	염도(‰)	25.3	19.4	19.7	26.5	30.7	30.2	30.7

#### 4.6.5 지하해수 관측 토의

금번 지하해수 조사공의 모니터링은 월 1회 수행하여 5개월 동안 수행하였다. 그러나 조사 결과에서 나타났듯이 단기관측에 의하여 조석간만, 계절, 강우 등의 영향 유무를 판단하기에 무리가 있다. 따라서 장기적으로 양수를 시행하고 자동관측 시스템을 도입하여 수위, 온도, 염도 등의 변화를 파악하여야 할 것이다. 정체된 지하해수의 모니터링은 대기온도, 기압, 강수 등의 영향을 받을 것이므로, 순수한 지하해수의 변화 양상 파악은 일부 조사공의 실제 양수를 통하여 수행되어야 할 것이다.





제 5 장 지하해수 개발·이용  
분야



## 제5장 지하해수 개발·이용 방안

본 장에서는 지하해수 부존과 관련된 조사결과를 종합하여 분석·평가하여 향후 조사지역에 대한 개발·이용 계획 수립에 이용하고자 한다.

### 5.1 지하해수 조사 결과

#### 5.1.1 대상 어가별 용수 소요수량

강마지구는 행정구역상 전라남도 강진군 마량면 마량리, 원포리에 위치하고 부용산분출암류인 안산암질 응회암이 분포하고 있으며, 지구 내에서 시추조사는 5공을 수행하였다(표 5-1-1).

지구 내 양식장은 12개소가 있으며, 육상양식과 종묘시설로서 전복과 해삼이 주된 양식어종이고, 각 어종별 생육환경은 염도가 28.0~33.0‰(비중 1.019~1.021), 온도는 18.8~22℃로 조사되었다. 한편, 해수사용량은 해삼을 양식하는 경우는 많지는 않으나, 전복 양식 및 종묘생산의 경우는 많은 것으로 조사되었다(표 5-1-2).

<표 5-1-1> 강마지구 현황

지구	위치	면적 (km <sup>2</sup> )	시추 조사	지질	선구조		해안선 길이 (km)
					개수 (개)	연장 (km)	
강마지구	강진군 마량면 마량리	3.6	2공	부용산 분출암류 (안산암질 응회암)	13	6.06	6.4
강마지구	강진군 마량면 상흥리	0.1	1공				
강마지구	강진군 마량면 원포리	4.3	2공				

**지하해수조사사업 보고서**

<표 5-1-2> 강마지구 내 양식장 현황

지구	양식장위치	양식분류	대표어종	생육환경			해수사용량 (m <sup>3</sup> /일)	비고
				비중	염도 (‰)	온도 (℃)		
강 마 지 구	마량면 마량리 1275-10외1	육상종묘	전복	1.019	28	21	2,000	
	마량면 마량리 1275-11	육상양식	전복	1.019	29	18.8	13,000	
	마량면 마량리 1275-6	육상종묘	전복	1.019	33	19	6,000	
	마량면 마량리 1275-6외1	육상종묘	전복	1.019	31	18.8	7,000	
	마량면 마량리 1277-11외4	육상종묘	전복	1.020	30	22	8,000	
	마량면 마량리 1277-11외5	육상종묘	전복	1.020	29	18.8	8,000	
	마량면 원포리 755-10외2	육상양식	전복	1.019	33	21	8,400	
	마량면 원포리 755-1외1	육상종묘	전복	1.020	29	19	2,000	
	마량면 원포리 755-41	육상종묘	전복	1.019	31	18.8	2,000	
	마량면 원포리 755-41	육상종묘	전복	1.019	28	21	6,000	
	마량면 원포리 755-45외2	육상종묘	전복, 해삼	1.021	29	22	21,000	
	마량면 원포리 산7-1외 4	육상양식	전복	1.020	31	21	19,500	

※ 생육환경 및 해수사용량은 어가를 대상으로 설문 조사한 결과임

## 5.1.2 지하해수 산출 특성

일반적으로 지하해수(염지하수)는 지표하 지하수 유동구간에서 해수와 담수 중 어느 영향이 크냐에 따라 염도가 결정되는데, 강마지구는 시추조사 결과 층적층 발달이 미약하여 층적층 구간의 지하해수의 부존가능성 및 유동이 상대적으로 취약하고, 여러 구역에서 암반층 지하해수의 부존이 양호한 것으로 조사되었다(표 5-1-3).

<표 5-1-3> 강마지구 구역별 지하해수 산출특성

공번	지하해수 산출량 (m <sup>3</sup> /일)	대수층 심도 (m)	자연수위 (m)	비중	염도 (%)	온도 (°C)	pH	표고 (m)	심도 (m)	구역 세분
GMBH-01	400	21, 28, 88, 90	1.2	1.002	3.9	17.2	6.9	4.0	112	A
GMBH-02	270	21, 87, 102	3.3	1.013	17.7	17.5	6.8	4.0	200	
GMBH-03	50	42, 64, 72, 93	3.1	1.011	15.7	18.7	8.1	5.0	103	
GMBH-04	30	25, 60, 100	2.0	1.008	10.9	23.2	7.9	3.0	121	B
GMBH-05	150	24, 42, 50, 60, 76, 107	3.2	1.023	30.7	17.4	8.4	3.0	121	

※ 염도의 간이수질은 양수시험 결과를 적용하여 시추 당시와 차이가 있을 수 있음.

**가. A구역** : 본 구역은 강진군 마량면 원포리와 상흥리 최남단 신마방조제 인근에 위치한 육상양식장이 밀집된 지역이다. 양식장 주변환경으로는 양식장 서쪽에 간척지가 분포하고 구역 북쪽 약 450m 거리에 소규모 주거지가 분포하고 있다. A구역은 전기비저항탐사 3축선 결과 일부 지점에서 저비저항 구간이 나타나서 해안선과 인접하여 3지점에 대하여 시추조사를 실시한 결과, GMBH-01 조사공에 심도 21m, 28m, 88m, 90m 부근에서 파쇄대가 일부 발달하여 400m<sup>3</sup>/일의 지하해수를 확인하였고, GMBH-02 조사공에 심도 21m, 87m, 102m 부근에서 파쇄대가 일부 발달하여 270m<sup>3</sup>/일의 지하해수를 확인하였으며, GMBH-03 조사공에 심도 42m, 64m, 72m, 93m 부근에서 파쇄대가 일부 발달하여 50m<sup>3</sup>/일의 지하해수를 확인하였다.

나. B구역 : 본 구역은 마량리 서쪽의 소규모 반도에 위치하며, 2개소의 시추조사공을 개발하였다. 양식장 밀집지역 북쪽에 소규모 주거지가 형성되어 있다. 전기비저항탐사 2축선 결과 일부 지점에서 저비저항 이상대가 관찰되었고, 해당 지점에 시추조사 실시한 결과, GMBH-05 조사공에서 심도 24m, 42m, 50m, 60m, 76m, 107m에서 지하해수가 약 150m<sup>3</sup>/일이 산출되었다.

## 5.2 개발·이용 계획

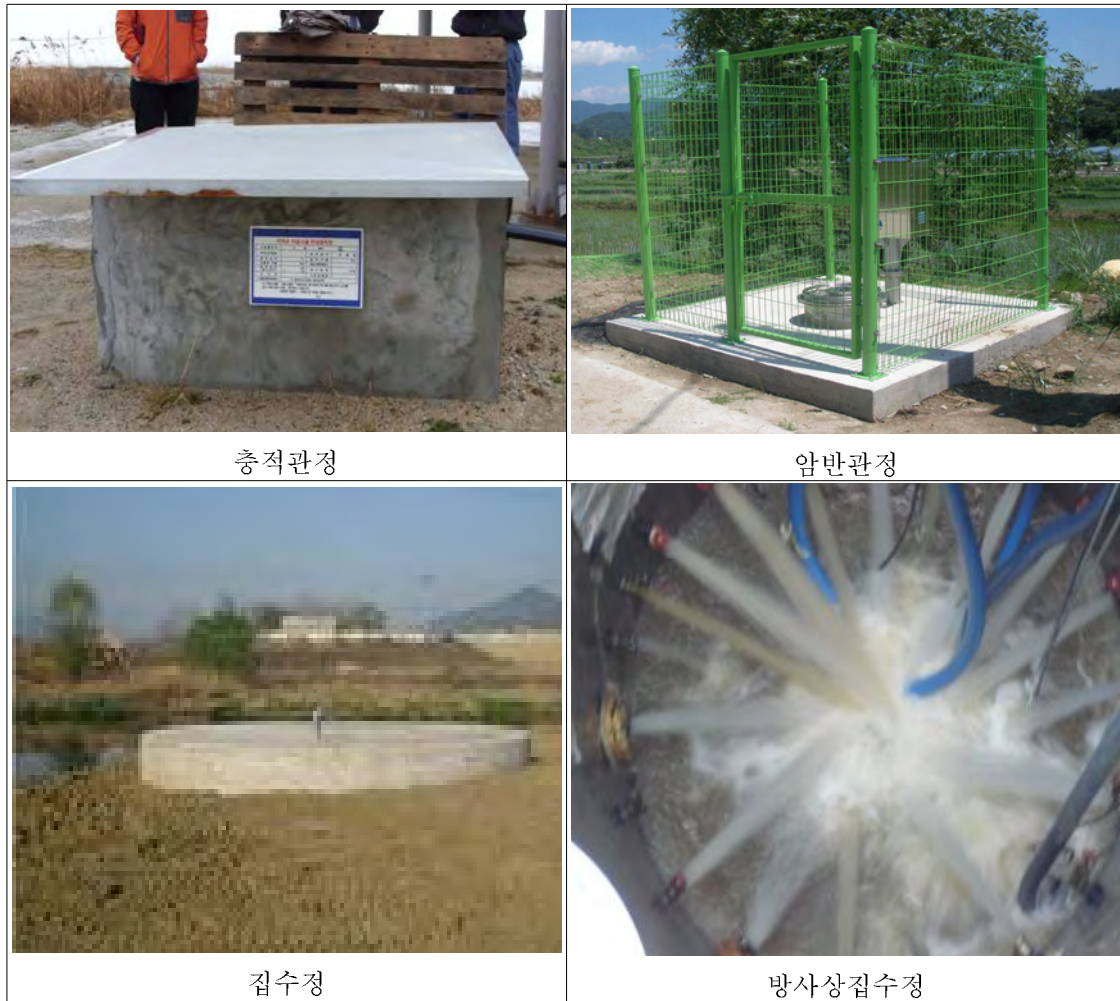
### 5.2.1 지하해수 개발 형태 분류

가. **층적관정(층적층 관정)** : 채수대상 지층을 층적층, 미고결층과 기반암의 풍화대층으로 하여 대구경 시추기를 사용하여 구경 200~600mm로 심도 10~20m 까지 굴착하고 관정자재는 구경 150~400mm의 철제 또는 pvc유공관을 공내에 설치한 후 관정자재와 시추공벽 사이에는 충진력을 부설한 관정이다. 농림수산식품부에서는 층적관정 농업용 지하수의 1일 채수량 기준을 150m<sup>3</sup>/일 이상(도서, 해안 등 특수지역은 100 m<sup>3</sup>/일 이상)으로 규정하고 있다.

나. **암반관정** : 암반 지하수를 주 채수대상으로 하여 대구경시추기에 의해 시추 구경 200~600mm로 굴착한 후 통상 구경 150~400mm의 철제 또는 pvc유공관을 공내에 설치한 관정이다. 그러나 하부 암반층의 붕괴 및 토사유입 우려가 없을 경우에는 상부 층적층과 풍화대 구간에는 철제 외부 케이싱을 설치하고 하부 암반층에는 우물자재를 설치하지 않는 경우도 있다. 농림수산식품부에서는 농업용 지하수 1일 채수량을 기준으로 150m<sup>3</sup>/일 이상(도서, 해안 등 특수지역은 100m<sup>3</sup>/일 이상)으로 규정하고 있다.

다. **소형집수정(Collector well)** : 지하수를 다량 취수하기 위하여 대수층이 발달한 층적층 또는 미고결암층에 구경 3.5m의 철근 콘크리트 우물통을 침강공법으로 대수층 밑바닥까지 내리고 측벽에 다공집수관을 설치하여 지하수를 모으는 우물이며, 일반적으로 시설 설치기준을 심도 8m내외, 1일 채수량 500~2,000m<sup>3</sup>/일 경우에 해당한다.

라. **방사상 집수정(Radial well, Horizontal radial collector well)** : 집수정의 한 형태로 집수정 내부에서 수평시추기를 사용하여 수평 방사상으로 여러 개의 다공 집수관을 삽입, 설치함으로써 5,000~10,000m<sup>3</sup>/일의 지하수를 집수 이용하는 시설이다.



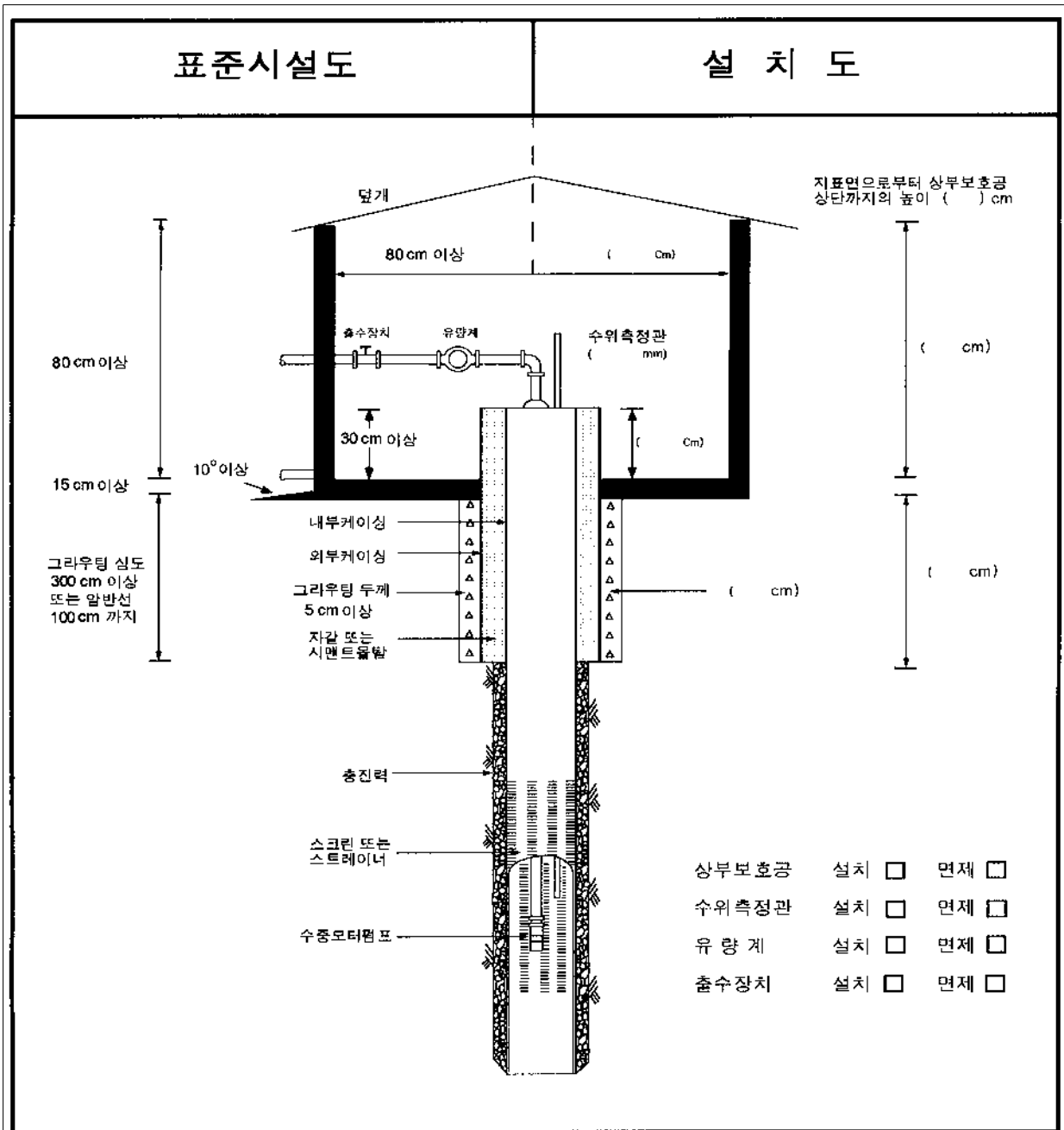
<그림 5-2-1> 개발 가능한 지하해수 관정 사진

<그림 5-2-1>은 지하해수의 개발 가능한 형태(관정 및 집수정 등)를 보여주는 예시 사진으로 채수량 및 관정 규격에 따라 분류한다. 강마지구는 5.1.2장에서 서술한 바와 같이 전 구역에서 충적층 구간에서의 대수층 발달이 미약하여 충적관정 개발은 어려울 것으로 판단되며, B구역에서는 암반 내 대수층이 일부 발달하여 있으나 부존량이 매우 부족하여 개발대상에서 제외된다. 한편 조사공의 지층 특성과 해안 주변의 지층 특성을 비교하여 방사상 집수정의 개발도 고려해 볼 필요가 있어 설치 가능성이 가장 높은 지역을 선정하여 별도로 투수시험을 실시하였다.

□ 충적관정 및 암반관정

<그림 5-2-2>는 지하해수를 개발할 때의 충적 및 암반관정 개발모식도로서 지하수법에 명시된 지하수 개발·이용시설의 표준도(제8조제4항 관련) 중 “가”형에 해당된다. 그리고 공당 개발 규격 및 단가는 <표 5-2-1> 및 <표 5-2-2>와 같다.





1. 가형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하고 수중모터펌프를 사용하는 경우의 표준도임.
2. 암반층 이하 깊이로 굴착하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 함.
3. 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공 상단부까지의 높이를 기재하여야 함.

<그림 5-2-2> 지하수 개발·이용 표준도(충적, 암반) : “가”형

**지하해수조사사업 보고서**

<표 5-2-1> 지하해수 신규 개발 규격 및 개략단가

(금액 단위 : 천원)

구 분		암반관정	비고
시 설 규 모		직경 25cm(Φ250mm) 기준심도 100m 기준채수량 150m <sup>3</sup> /일 이상	
시 행 방 법		암반찬공	암반찬공 1공, 이용시설 1식 영향조사 1식, 관로공사 1식
공당 사업비		<b>66,770</b>	
지하수 개발	· 암반찬공 (Φ250mm×100m) · 우물자재설치 (Φ200mm×100m)	34,100	찬공 층적층 20m, 연암 60m, 보통암 20m 우물자재 파이프 80m, 스트레너 20m
이용시설	· 수증모터 및 보호공 설치	14,850	3HP × 1대 (압상관 : STS, 60m) 맨홀식(1m×1m×1m)
관로공사	· 송수관로	10,670	콘크리트 100m
지하수 영향조사	· 시설물 허가	7,150	지하수영향조사서

※ 관정개발의 규격 및 단가는 개발 여건에 따라 차이가 있을 수 있음

<표 5-2-2> 지하해수 조사공 개발 규격 및 개략단가

(금액 단위 : 천원)

구 분		암반관정	비고
시 설 규 모		직경 25cm(φ250mm) 기준심도 100m 기준채수량 150m <sup>3</sup> /일 이상	
시 행 방 법		조사공 확공개발	암반찬공 1공, 이용시설 1식 영향조사 1식, 관로공사 1식
공당 사업비		48,600	
지하수 개발	· 확공개발 (φ250mm×100m) · 우물자재설치 (φ200mm×100m)	15,930	확공 연암 60m, 보통암 20m 우물자재 파이프 80m, 스트레너 20m
이용시설	· 수증모터 및 보호공 설치	14,850	3HP × 1대 (압상관 : STS, 60m) 맨홀식(1m×1m×1m)
관로공사	· 송수관로	10,670	콘크리트 100m
지하수 영향조사	· 시설물 허가	7,150	지하수영향조사서

※ 관정개발의 규격 및 단가는 개발 여건에 따라 차이가 있을 수 있음

## 지하해수조사사업 보고서

### □ 방사상 집수정

앞에서 기술하였듯이 방사상 집수정은 개발에 따라 지하해수가 2,000m<sup>3</sup>/일 이상 확보된다면 에너지 절감은 물론 용수의 확보에도 큰 장점이 있기 때문에 어가 소득 증대에 크게 이바지 할 것이다. 그러나 방사상 집수정은 방사상으로 수평시추를 하기 때문에 주변의 지층, 특히 충적층 구간이 실트나 점토로의 급격한 변화가 발생하면 개발 여건이 상당히 불리하므로 사전에 수평시추 구간에 대하여 소구경 시추기를 통한 충분한 사전 조사가 이루어져야 한다. 일반적으로 방사상 집수정은 충적층의 주 구성물질이 모래 및 자갈로 구성되어 있고, 투수계수가  $\alpha \times E-03 \text{cm/sec}$  이상인 경우에 개발이 용이하다. <표 5-2-3>은 지하해수 조사공 및 제 시험 조사공의 지층 내역을 나타낸 것이다. GMBH-02호공의 경우는 암반관정 개발계획과 더불어 방사상 집수정 개발 가능성도 다소 높은 편이다.

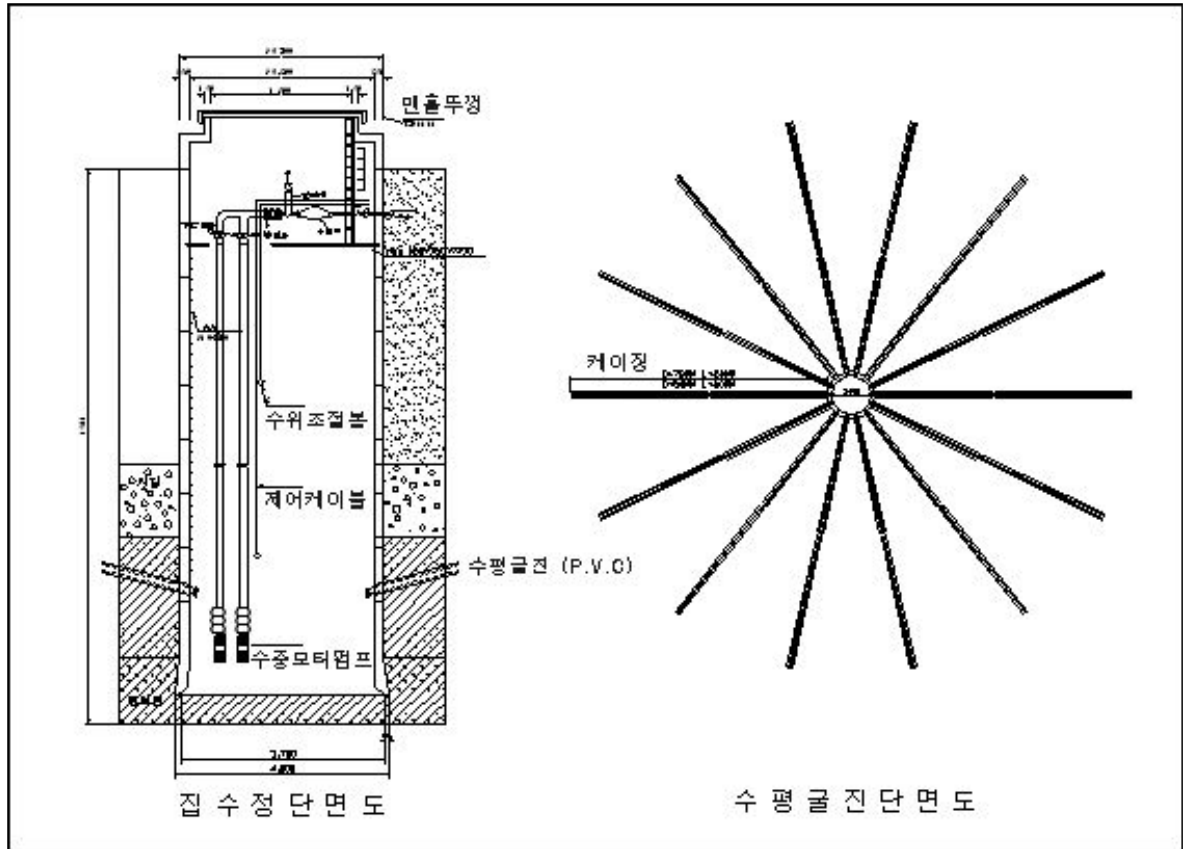
<표 5-2-3> 강마지구 시추조사공별 지층내역

(단위 : m)

조사공번	토사	실트	사	사력	혼전석	풍화대	풍화암	연암	보통암	경암	계
GMBH-01	-	-	-	-	-	0~7	7~8	8~32	32~112	-	112
GMBH-02	1~4	-	-	4~7	-	7~21	21~22	22~23	23~200	-	200
GMBH-03	0~1	-	-	-	-	1~2	2~4	-	4~103	-	103
GMBH-04	0~2	-	-	-	-	-	2~12	-	12~121	-	121
GMBH-05	0~2	-	-	-	-	-	2~5	5~6	6~121	-	121

※ 지층 세부 내역은 시추주상도 참조

<그림 5-2-3>은 방사상 집수정으로 지하해수를 개발할 때의 구조도이고 개발 규격 및 단가는 <표 5-2-4>와 같다.



<그림 5-2-3> 방사상 집수정의 개발 모식도

**지하해수조사사업 보고서**

<표 5-2-4> 방사상 집수정 개발 규격 및 개략단가

(금액 단위 : 천원)

구 분		집수정	비고
시 설 규 모		D = 4.0m H = 100m Q = 4,000m <sup>3</sup> /일 이상	
시 행 방 법		집수정 설치	토목공사 1식, 수평시추 1식, 기계장치 1식 전기공사 1식, 관로공사 1식, 영향조사 1식
공당 사업비		613,250	
토목공사	· 우물통공사 D = 4.0m H = 100m	130,900	터파기 및 침하 우물통 설치
수평시추	· 수평시추 φ = 250mm L = 42m 10공	323,400	우물자재(PVC 스트레나) φ = 250mm, L = 40m, 10공
이용시설	· 수중모터 및 보호공 설치	86,900	15HP × 1대 (압상관 : STS, φ = 125mm)
관로공사	· 송수관로	39,600	L = 150m, 토공 : 144m, 콘크리트 6m
지하수 영향조사	· 시설물 허가	7,150	지하수영향조사서

※ 규격 및 단가는 개발 여건에 따라 차이가 있을 수 있음, 사전 조사비 별도

### 5.2.2 조사지역의 개발가능지점

강마지구 양식장에 청정 지하해수를 개발·공급하기 위하여 구역별 해당 양식 어가를 대상으로 대표 어종, 생육환경과 필요수량 등에 대한 설문조사 결과와 지하해수 산출성을 고려하여 육상양식(종묘)장에 지하해수를 공급하는 방안을 검토하였다. 전반적으로 본 지구는 지하해수개발 가능성은 있는 것으로 판단되며, 조사공을 이용할 수 있는 계획을 수립하여야 한다. 조사결과 추가 개발없이 조사공을 계속하여 이용하고자 하는 개발 지점은 <표 5-2-5>과 같다.

<표 5-2-5> 강마지구 지하해수 개발 가능지점

구분	대표 어종	어업 종류	공변	필요 수량 (m <sup>3</sup> /일)	생육환경		조사결과			개발 가능량 (m <sup>3</sup> /일)	영향 반경 (m)	주변현황	어가 호응도
					비중 (염도)	온도 (℃)	비중 (염도)	온도 (℃)	산출량 (m <sup>3</sup> /일)				
A 구역	전복	육상 종묘	BH-1	3,000	1.018 (24.7)	20.5	1.002 (3.9)	17.2	400	300	73	양식장 외진곳 위치	좋음
B 구역	전복	육상 종묘	BH-2	2,000	1.018 (24.6)	20.7	1.013 (17.7)	17.5	270	200	69	양식장 외진곳 위치	좋음
	전복	육상 종묘	BH-5	1,000	1.018 (24.5)	21.6	1.023 (30.7)	17.4	150	120	60	양식장 외진곳 위치	좋음

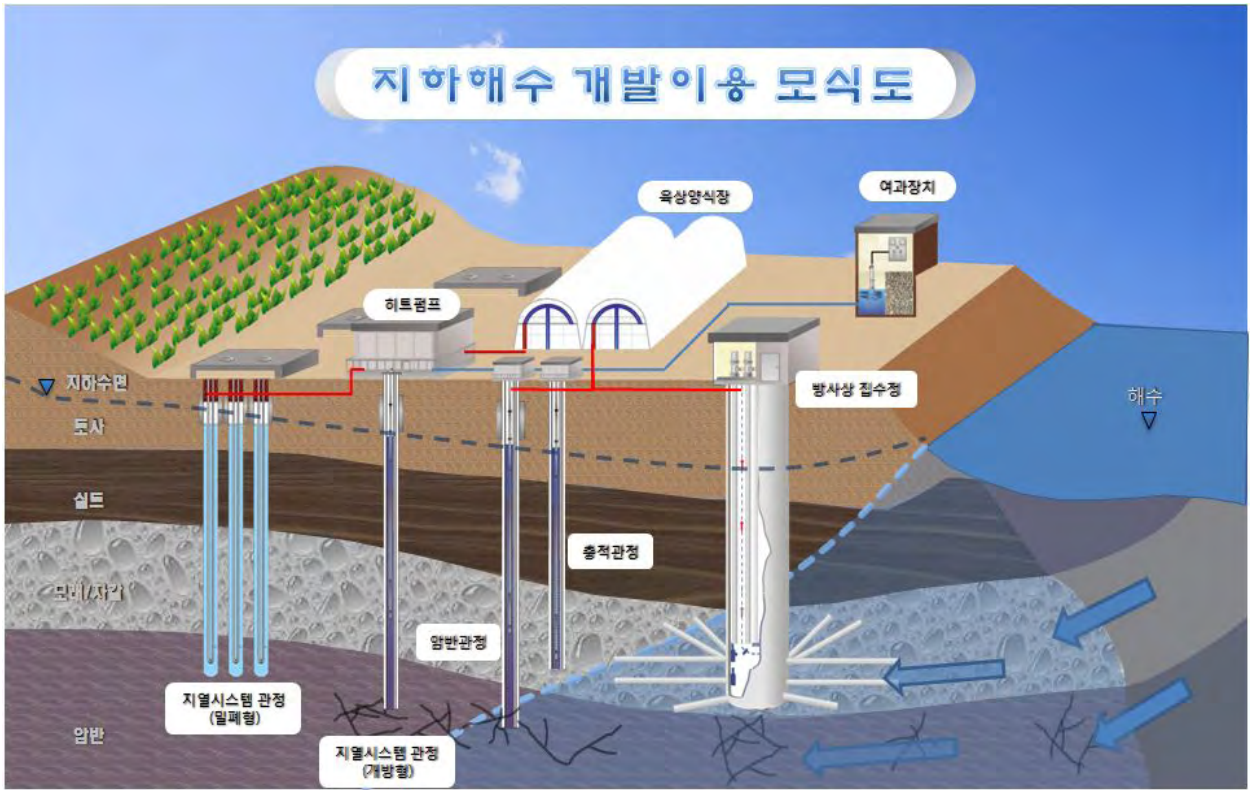
### 5.2.3 개발·이용 방안

육상양식산업에 있어서 지하해수의 사용은 적조, 이상해류, 해안 유류사고로부터 양식 용수를 안정적으로 공급할 수 있는 장점과, 동·하절기 일정온도를 유지하는 온도조절의 역할을 할 수 있다. 특히 온도조절을 위한 동·하절기 가온 및 냉온에 필요한 유류비, 전기료 등의 유지비용을 절감하는 등 에너지 절감으로 녹색양식산업을 구현할 수 있다.

지하해수는 수온과 수질이 일정한 지하수의 장점에 산출량도 풍부해야 하고, 생육이 가능할 정도의 염분 농도가 추가되어야 하기 때문에 양식 용수를 안정적으로 공급하기 위한 용수확보 차원은 상당히 어려운 문제이다. 그 이유는 해안변의 지하대수층은 담지하수와 해수가 공존하기 때문에 해안가 대수층 구간에 순수한 해수의 염도를 갖는 지하해수가 부존할 가능성이 낮다. 따라서 지하 대수층이 해수가 유입되는 파쇄대가 형성되어 있으면 충분한 염도의 지하해수가 부존하게 되고, 반대로

지하해수조사사업 보고서

담수가 유입되는 파쇄대인 경우는 담지하수가 부존하게 된다(그림 5-2-4).



<그림 5-2-4> 지하해수 부존 및 개발이용 모식도

지하해수는 유류 등의 에너지 절감과 안정적인 용수확보와 같이 활용 목적에 따라 육상양식장에서의 이용방법은 4가지로 구분될 수 있다. <표 5-2-6>은 지하해수 산출 특성에 따른 이용방법을 구분하여 제시한 표이다.

<표 5-2-6> 지하해수 산출 특성에 따른 이용방안

구 분	해수 직접이용 (양식용수 + 에너지 절감)	해수 간접이용 (에너지 절감 형)
	고(S) ←	→ 저(s)
수량 ↕ 대(Q) ↕ 소(q)	○ 양식용수 이용 - 성어 (QS형) - 종묘	○ 개방형 (Qs2형 : 지하해수 열원)
	○ 해수 혼합사용(Qs1형) ○ 밀폐형 (qs형 : 지열원)	

※ 염도의 대·소 기준은 양식어종 및 어업인의 양식 방식에 따라 차이가 있고 본 보고서에서는



조사지구의 양식 어업인의 사용 방법에 대한 설문 결과인 5%, 수량은 해안·도서지역에서의 농·어업용 허가 기준인 100m<sup>3</sup>/일을 기준으로 하였으므로 지역마다 차이가 있을 수 있음.

■ 지하해수 개발·이용 제시(안)

분류	QS형	Qs1형	Qs2형	qs형
암반관정	-	-	-	BH-1, BH-2, BH-3, BH-4, BH-5

QS형. 양식용수 이용 : 지하해수의 산출량이 많고, 염도가 충분할 경우

- 수온, 수량, 염도 양호

Qs1형. 해수혼합 : 지하해수의 산출량이 많고, 염도가 불충분할 경우

- 수온, 수량 양호, 염도 양호 내지 보통

Qs2형. 지하수 열펌프 시스템(개방형) : 지하해수의 산출량은 많으나 염도가 낮은 경우

- 수온, 수량 양호, 염도 낮음

qs형. 지열펌프 시스템(밀폐형) : 지하해수가 산출되지 않을 경우

- 지열 양호, 수량 적고 염도 낮음

강마지구의 지하해수는 수량과 염도가 양식장 공급조건을 충족하지 못하므로 지하해수 직접 공급 방식보다는 혼합사용내지 지열에너지 활용 등 다른 방법의 개발·이용방안도 함께 고려하여야 하므로 에너지 절감을 위한 다양한 방안을 제시하고자 한다.

1). 양식용수 이용(QS형)

이 방안은 산출되는 지하해수가 수온과 수량, 염도가 양호한 경우에 해당한다.

육상 양식(종묘)장에서 양식되는 해수어는 어업인을 대상으로 표본설문 조사를 시행한 결과 대부분이 20℃, 33%이 생육 최적조건이고, 최저 13℃, 28%, 최고 25℃, 35%로서 평균 18℃, 30%로 조사되었다. 동절기 평균 온도가 약 5~6℃인 해수를 수조에 공급할 때는 폐사하지는 않지만 성장이 멈추고, 하절기의 약 25~30℃의 수온이 높은 해수를 공급하면 성장이 오히려 둔화되어 질병이 발생하는 등 상품성이 떨어진다. 따라서 적정 수온의 해수 공급이 성장에 좋으며 염도는 30% 이상이어야 한다.

만약 지구내에서 급변 조사대상 구역이 아니더라도 지하해수는 오랜 시간동안 지하대수층에 부존하는 환경에 의해 영양염류나 효소, 플랑크톤 등이 해수와는 다를 것으로 예측되어 당장 개발하여 양식 용수로 사용하는 것보다 지속적으로 안정성을

## 지하해수조사사업 보고서

---

검토하여야 할 것이다. 양식에 적합한지를 일정기간동안 시험 사용하는 등의 모니터링이 필히 요구되며, 해당 양식장에서도 이를 감안하여 시험 수조를 운용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

본 지구에서 산출되는 지하해수의 수량과 수질을 분석한 결과 지하해수를 직접 공급하여 에너지 절감 및 용수의 확보를 기대하기는 다소 어려울 것으로 판단된다.

<표 5-2-7> 동절기 해수 가온 비용 및 지하해수 사용 시 필요 공수 예측

구 분		해수 소요량(5℃⇒15℃ 기준)			
		500m <sup>3</sup> /일	1,000m <sup>3</sup> /일	1,500m <sup>3</sup> /일	2,000m <sup>3</sup> /일
가온비용 (5℃⇒15℃)	1일 기준(천원)	300 (491)	600 (982)	900 (1,473)	1,200 (1,964)
	1개월 기준(천원)	8,998 (14,730)	17,997 (29,460)	26,995 (44,190)	35,993 (58,920)
지하해수 필요공수	300m <sup>3</sup> /일(공)	1.7	3.3	5	6.7
	500m <sup>3</sup> /일(공)	1	2	3	4

※ 물, 소금의 비열 및 벵커C유 발열량 9,900kcal/ℓ을 이용하여 계산하여 추정  
 가온 비용은 벵커C유 611천/ℓ (2010년 1월 조달단가)을 적용  
 지하해수는 15℃, 30%로 가정  
 ( )는 유류 소요량임(유류단위 : ℓ)

2) 해수 혼합사용(Qs1형)

이 방안은 산출되는 지하해수가 수온과 수량은 양호하나, 염도가 직접 공급할 수 있을 정도로 충분하지 않은 경우로서 기수에 해당한다. 본 조사지구의 전 구역에서 산출된 지하해수의 특성은 수량이 적고 수질 또한 양식산업에 적합하지 못하여 해수와 혼합하여 사용하기에도 부적합한 상태이다.

<표 5-2-8>은 동절기를 기준으로 산출된 지하해수와 해수와의 혼합에 따른 온도와 염도 변화를 나타낸 표로서 온도상승분만 고려하였을 때와 생육환경인 30%를 고정하였을 경우를 예들들어 설명하였다.

<표 5-2-8> 혼합 사용에 따른 온도와 염도 변화 비교(예)

구분	공번	개발 형태	목표 수량 (m <sup>3</sup> /일)	이용방안(혼합사용)	
				온도측면(온도상승만 고려)	비중측면(염도, 30% 고정)
구역	BH-OO	암반 관정	1,000	1:1(지하해수 50%, 해수 50%) → 약 6.4℃ 상승, 약 19.8% ○필요개발 공수 : 2공	1:5(지하해수 16.7%, 해수 83.3%) → 2.3℃ 상승, 약 30.7% ○필요개발 공수 : 1공
	BH-OO	암반 관정	300	1:1(지하해수 50%, 해수 50%) → 약 6.5℃ 상승, 약 20.1% ○필요개발 공수 : 3공	1:5(지하해수 16.7%, 해수 83.3%) → 2.3℃ 상승, 약 30.8% ○필요개발 공수 : 1공

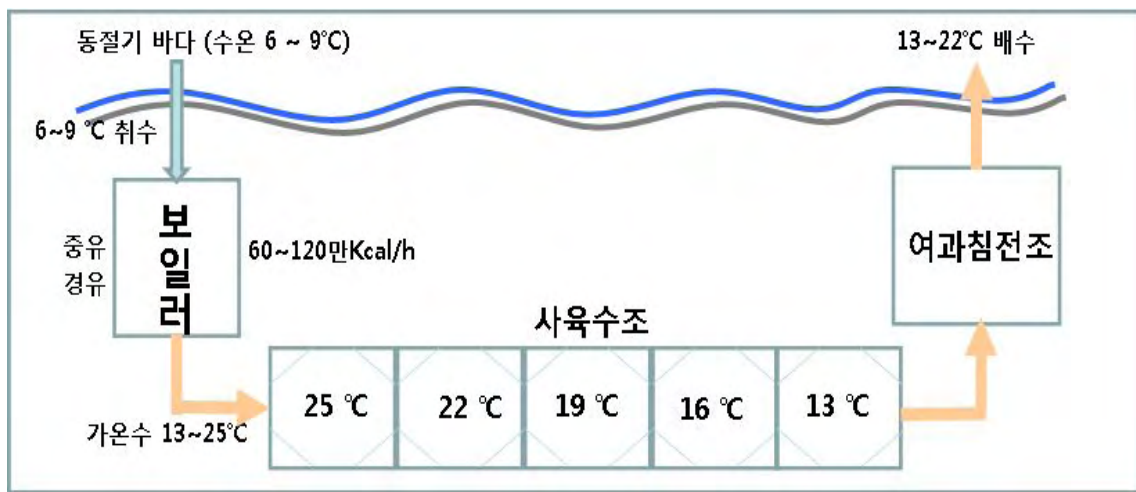
## 지하해수조사사업 보고서

---

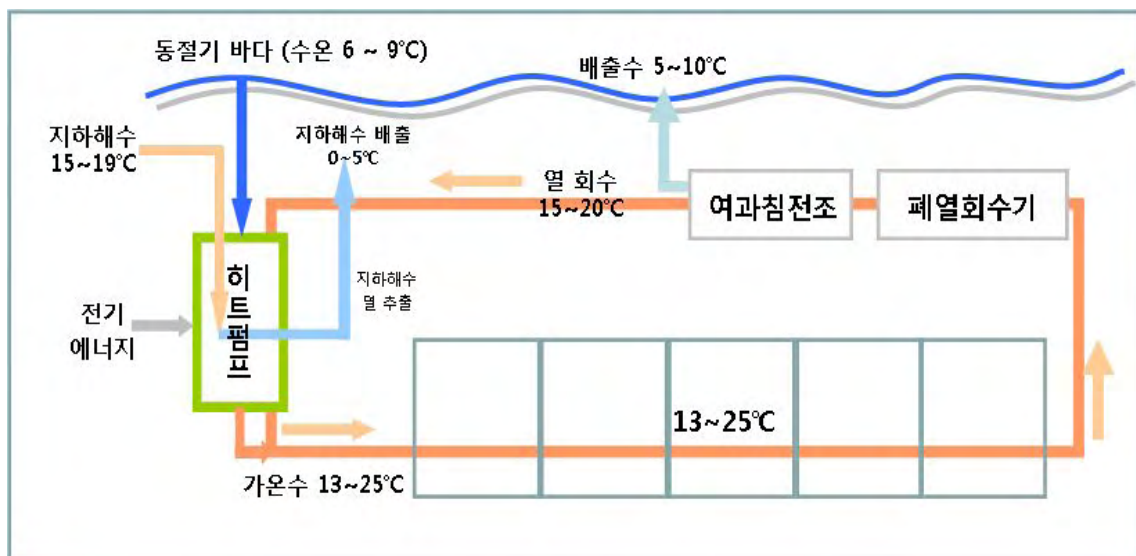
예를 들어 해당 양식장에서 온도 상승분만 고려한 결과 지하해수와 해수를 동일 비율로 혼합하면 온도가 약 11.4℃로 변화하여 6.4℃의 상승효과가 있고, 이때의 염도는 19.8‰이다. 1:1의 비율로 혼합할 경우는 지하해수가 산출된 500m<sup>3</sup>/일을 모두 사용하는 결과이므로 해당 양식장에서는 필요수량이 1,000m<sup>3</sup>/일이므로 1공을 개발하여 사용하면 지하해수와 해수의 혼합 후 수량이 1,000m<sup>3</sup>/일이 되고, 온도 상승효과 및 목표 수량을 충족시키게 된다. 따라서 개발가능량인 500m<sup>3</sup>/일을 사용하여야 함으로 2공을 개발하여야 한다. 한편 생육환경인 약 30.0‰의 염도로 고정시킬 경우는 지하해수와 해수의 혼합 비율은 1:5로서 5℃의 해수는 약 7.2℃로 상승하여 2.2℃의 상승효과를 보인다. 이때는 지하해수 산출량 중 약 170m<sup>3</sup>/일을 사용하게 되므로 필요개발 공수는 1공으로 산정하면 된다.

### 3) 지열펌프 냉난방 시스템(C, D형)

공기원 열펌프 보다 훨씬 효율적이고 개선된 냉난방 시설로서 지중열(지하수 포함)을 이용하는 것을 지열펌프(Geothermal heat pump) 시스템이라 한다. 그리고 지열펌프의 일종으로 지하수를 대수층으로부터 채수하여 열원으로 이용하는 지열펌프 시스템을 지하수 열펌프(groundwater heat pump, GWHP) 시스템이라고 한다. 국내에서 사용하고 있는 지하수의 연평균 수온은 14.3℃로서 지하수 자체의 이 열을 추출하여 양식업에서의 열원으로 사용하면 일산화탄소 및 이산화탄소의 방출량을 감소시키고 에너지 절감에 따라 녹색 양식산업을 구현할 수 있다.



<그림 5-2-5> 기존 육상양식장 용수 공급 모식도



<그림 5-2-6> 히트펌프를 이용한 육상양식장 용수 공급 모식도

## 지하해수조사사업 보고서

현재 국내의 육상양식은 대부분이 겨울철 약 6~9℃의 해수를 취수한 후 경유나 증유 등의 유류를 사용하여 해당 양식 어종의 생육 온도인 13~25℃로 가온하여 수조에 공급하고 있는 실정이다. 따라서 겨울철 가온을 위해 많은 에너지를 사용하고 있으며, 그에 따른 비용도 증가하고 있다. 지열펌프 냉난방 시스템을 사용할 경우 에너지를 절감할 수 있으며 폐열 회수장치를 동시에 사용하면 약 70~80%의 열 에너지를 다시 사용할 수 있다.

<그림 5-2-5>은 기존에 양식 용수를 공급하는 경우의 모식도이고, <그림 5-2-6>은 지열시스템 및 폐열회수장치를 이용할 경우의 모식도를 나타낸 것이다.

국내 지하수의 경우 지하수면 하 약 5m 하부에 부존된 지하수의 평균 온도는 약 14.3℃정도이며, 지열 구배는 100m 당 평균  $2\pm\alpha$  °C 규모로 지열펌프의 가장 중요한 요소이다. 지하수의 온도가 10~20℃일 때가 지열펌프의 열원으로 최적조건이다. 지열펌프의 장단점은 아래와 같다.

### □ 장점

- 연간 소요되는 전력의 2/3을 절약할 수 있다.
- 연중 온도가 일정하여 안정적으로 열원을 이용할 수 있다.
- 혹한이나 혹서와 같은 극한 기후에 추가적인 열 조화장치가 필요치 않다.
- 연소형 시설에 비해 저렴하고 설계가 간단하며 운영이 간편하다.
- COP(성적계수)가 공기원에 비해 약 2~3배 크다.

### □ 단점

- 초기 투자비가 비싸다.
- 따라서, 정비 지원이 없으면 설비하기가 어렵다.

양식현장에서 적용 가능한 지열펌프 시스템은 개방형 1井 시스템과 수직밀폐형 시스템으로 완신1지구에서는 수직밀폐형 시스템이 적용 가능하다.

국내에서 설치되고 있는 지열펌프 시스템의 종류는 <표 5-2-9>과 같다.

&lt;표 5-2-9&gt; 지중순환회로 형식에 따른 지열펌프 시스템의 분류

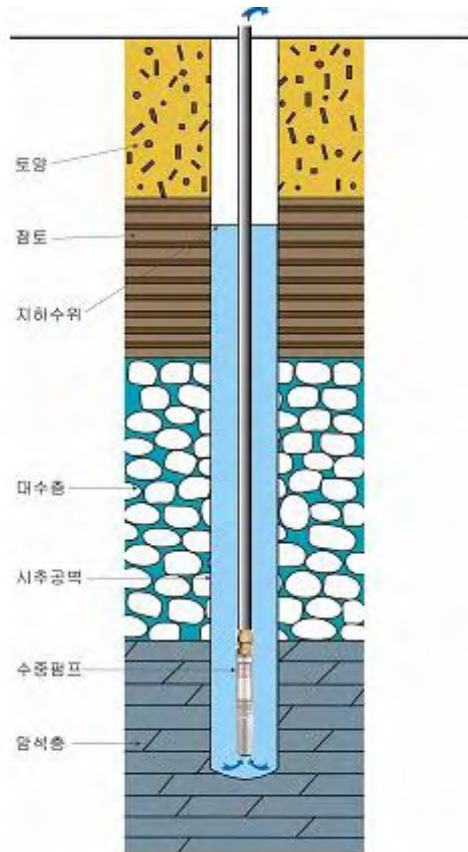
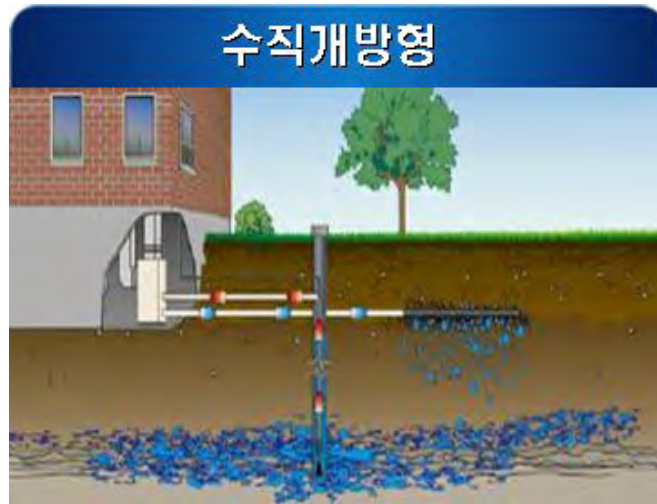
회로형식	지열펌프 시스템 종류	열원	적용
개방형 (Open loop)	① 개방형 2井 시스템 ② 개방형 1井 시스템 ③ 개방형 수직심정형 시스템	천부지열 지하수, 해수 및 지표수	
밀폐형 (Closed loop)	① 수평밀폐형 시스템 ② 수직밀폐형 시스템 ③ 밀폐형 물순환 시스템	천부지열 지하수 및 지표수	A,B구역 ②형
복합형 (Hybrid geothermal heat pump)	① 기존의 냉각탑 또는 보일러와 연계시킨 시스템, 개방형 및 밀폐형 겸용	천부지열, 지하수 및 기존 냉난방 시설	
대규모 산업용 (Commercial heat pump)	① 대규모 건물 등 개방형형 또는 밀폐형형	천부지열 지하수 및 지표수	

#### □ 개방형 1관정 시스템(Open loop 1 well system)

이 방법은 지하수가 풍부하게 부존되어 있고 수온이 양호하지만 염도가 해수와 혼합하여 사용하기에도 낮은 경우에 해당된다. 본 조사지구에서는 지하수량이 풍부하지 않으므로 적용이 어려울 것으로 판단된다. 그러나 지하수량이 풍부하면 대수층을 축열조로 이용하거나 사용한 지하해수를 다시 주입공으로 주입하여 순환시키거나 인근 수체로 방류하여 효율적으로 지하해수 열을 이용할 수 있다. 지열펌프에 지하수를 공급할 목적으로 관정을 설치하는 경우에 관정의 심도는 150m 정도면 충분한데, 그 이유는 상기 심도의 지하수가 지열펌프에 충분한 에너지를 공급할 수 있기 때문이다. 개방형 1관정 시스템은 1개의 관정에서 채수한 지하수의 열 에너지를 열교환기에서 추출한 후 주입정을 통해 배출하지 않고 인근 하수구나 하천으로 방류하는 경우로서, 농어촌지역에서 널리 사용하고 있는 방법이다(그림 5-2-7).

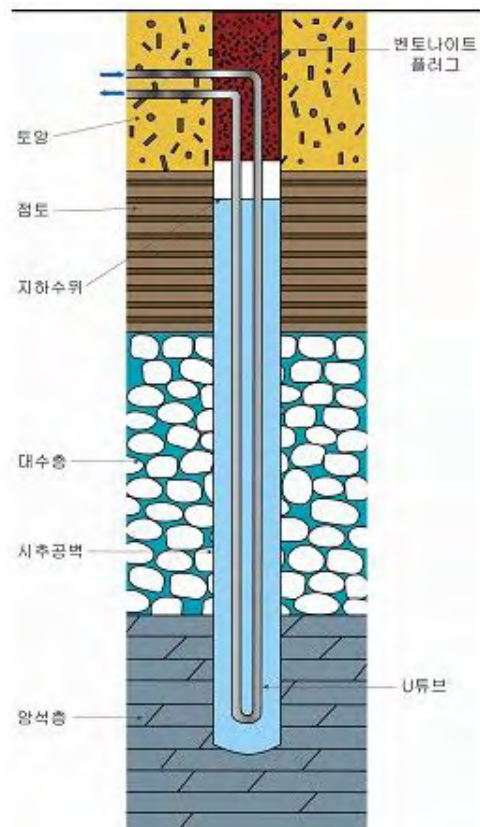
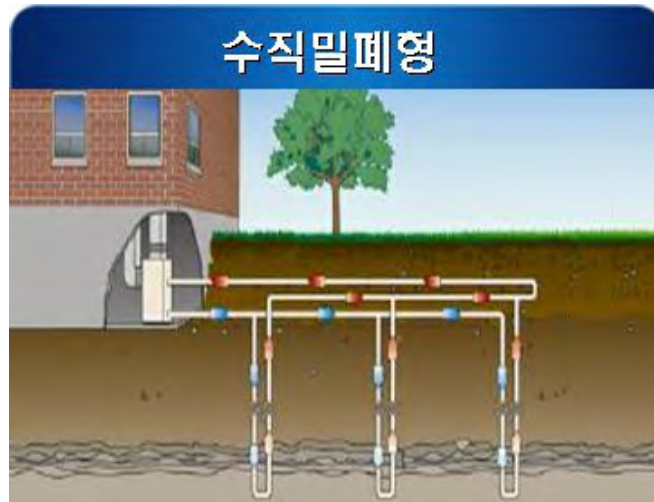
#### □ 수직밀폐형 시스템(Vertical Closed loop system)

이 방식은 지하수가 산출되어 지하수 열을 이용하거나 또는 산출되지 않더라도 지중열을 이용하는 방식으로 A구역과 B구역에서 활용할 수 있다. 수직 굴착 후 두 개의 PE관을 U-bend로 연결한 후 폐회로내에 물이나 부동액 등의 순환수가 지중열을 흡수 및 추출하도록 하는 방법이다. PE관을 설치한 다음에는 굴착공을 흙으로 되메움 하거나 그라우팅을 실시하여 굴착공을 밀폐시킨다. 수직밀폐형은 설치 심도가 깊기 때문에 동절기에 따뜻하고, 하절기에 비교적 차기 때문에 동절기에 가온 효과, 하절기에는 냉온 효과가 크다(그림 5-2-8).



<그림 5-2-7> 개방형 1관정 시스템(Open loop 1 well system) 모식도





<그림 5-2-8> 수직밀폐형 시스템 (Vertical Closed loop system)

□ 조사지역의 지열시스템 적용

강마지구 지하해수 조사결과 대수층이 불량하여 지하해수나 담지해수 등 용수 확보가 어려워 암반관정 개발이 매우 불리하고, 특히 B구역 중에서도 BH-03호공 주변에서 실시한 투수시험 결과 투수성이 불량하여 집수정 개발 적용도 어려울 것으로 예상된다. 다만 A, B구역은 지열을 이용하여 양식 수온의 상승 효과를 일부 기대할 수 있다(표 5-2-10). 그러나 지열시스템을 이용하기 위해서는 해당 양식장에서 양식 목표 온도와 해수의 양을 정확히 파악하여, 히트펌프의 용량 및 방법, 성적계수(COP) 등 제반 사항을 고려하여 적용하여야 할 것이다.

예로, 동절기에 5°C의 해수를 하루 평균 1,000m<sup>3</sup>을 사용하고 양식 수온을 20°C로 가온할 때 지열 시스템 또는 지하해수 열시스템을 사용할 경우 관정 개발 공수를 비교하여 보면

1) 지하해수 열 시스템(개방형 시스템) 사용 시

- 해수 가온 시 필요한 열량은 지하해수로 공급해야 할 열량과 같으므로

$$Q_{\text{kcal}} = 1,000\text{m}^3/\text{일} \times 15^\circ\text{C}(\Delta T) = 15,000,000\text{kcal} \text{ 이고,}$$

- 지하해수 열 시스템 용량(Q<sub>2RT</sub>)은

$$Q_{2RT} = \frac{15,000,000\text{kcal}}{860\text{kcal} \times 24} \approx 726\text{kW/hr} \text{ 이고, 이것을 } 3.5\text{kW} \text{로 나누어 주면}$$

$$\approx 207\text{RT/hr} \text{ 가 된다.}$$

$$(1\text{kW} = 860\text{kcal} \text{ 이고, } 1\text{RT} = 3.5\text{kW})$$

결과적으로 개방형 시스템은 블리딩(Bleeding) 여부에 따라 효율이 달라지며 블리딩율이 높을수록 효율은 높아진다. 본 조건의 산출에서는 현장의 악조건을 감안하여 블리딩 없이 순환식을 기준으로 산정하였다. 일반적으로 개방형 시스템에서는 16m/3.5kw(1RT) 기준이 적용되므로 150m(1공 기준)당 9.4RT 용량이 확보 가능하므로 207RT 조건을 충족하려면 22개(207RT/9.4RT)의 시추공이 필요하다.

2) 지열 시스템(밀폐형 시스템) 사용 시

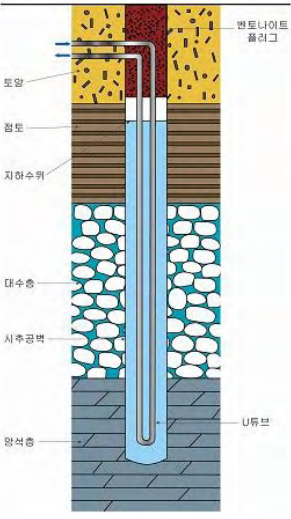
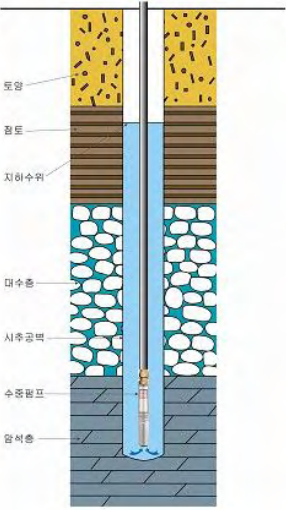
- 해수 가온 시 필요한 열량은 지하해수로 공급해야 할 열량과 같으므로

$$Q_{\text{kcal}} = 1,000\text{m}^3/\text{일} \times 15^\circ\text{C}(\Delta T) = 15,000,000\text{kcal} \text{ 로 동일하나,}$$

- 히트펌프는 일반적으로 150m, 1공에 약 3.0RT로 사용하므로, 207RT의 조건을 충족하려면 69개(207/3.0)의 시추공이 요구된다.

결과적으로 밀폐형은 양식 조건을 맞추기 위해 최소 69개의 시추공을 개발하여 약 726kW(207RT)의 히트펌프를 사용하면 20°C의 해수 1,000m<sup>3</sup>을 안정적으로 공급할 수 있다. <표 5-2-10>은 밀폐형과 개방형의 지열형식을 비교한 것이다.

<표 5-2-10> 지열형식 비교

구 분	밀폐형	개방형(SCW)
열 전 달 방식	 <p>순환수→U튜브→벤토나이트→암반</p>	 <p>순환수→암반</p>
굴착 구경	150mm	200~300mm
굴착 심도	150~200m	100~200m
효 율	52m/3.5KW(1RT) (150m×69공)	16m/3.5KW(1RT) (150m×22공)
지열 공사비 (지중분야)	- 지열공 : 552백만원(69공×150m) (8백만원/공)	- 지열공 : 484백만원(22공×150m) (22백만원/공)
장단점	<p>효율 낮음 : 열간섭/열복원 문제 유지관리</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 장점 : 시공 후 유지관리 불필요</li> <li>• 단점 : 문제시 복구불능, 토지이용장애(공당 6m간격, 지형이 수평이어야 함)</li> </ul>	<p>효율 높음 유지관리</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 장점 : 문제시 보수가능</li> <li>• 단점 : 영향조사(5백만원/5년)</li> </ul>

### □ 히트펌프 및 폐열 회수장치 이용 사례

경남 거제시 ○○수산의 경우 양식 수조의 개수가  $7 \times 7\text{m}^2 \times 6$ 개,  $6 \times 6\text{m}^2 \times 15$ 개, 직경7m원통×6개, 총 26개로서 국내 양식장의 중간정도 규모로 어류 및 새우 종묘생산을 하고 있다. 평균 해수의 사용량은  $1,300\text{m}^3/\text{일}$ 이고, 최소 수온은  $22^\circ\text{C}$ 로서 12월~5월까지 수온 유지를 위한 가온 비용이 전체 경영비의 40%를 차지하고 있는데 이는  $30,000\text{l}$ 의 병커유, 약 1.5억원의 비용이 소요되었다. 2009년 175kW(50RT) 히트펌프를 설치하여 바다로 배출되는  $22^\circ\text{C}$ 의 폐열수를 회수( $3^\circ\text{C}$ 로 방류)하여 약  $19^\circ\text{C}$ 의 열을 추출한 후  $8^\circ\text{C}$ 의 해수를 다시  $22^\circ\text{C}$ 로 가온하여 수조에 공급한다. 월간 전기료가 170만원 정도로 유류사용과 비교하여 70% 이상의 가온비용을 절감하고 있다.

### 4) 기타 방법

지하해수의 산출된 수량이 적고 염도가 낮거나 담지해수 수준인 경우 지열 냉난방 시스템 사용도 여의치 않을 경우, 하절기 냉온을 하기 위하여 양식장 지붕에 지하해수(지하수)를 흘려보내면 태양 복사열을 흡수, 기화하여 수증기로 공기중으로 날라 가게 되므로 실내는 상대적으로 냉온의 효과를 보게 되는데, 양식 용수의 직접적인 냉온이 아닌 실내 공기 온도를 하강시켜 수조의 수온을 하강시키는 간접적인 방법이다.

한편, 수량이 적고 염도가 낮은 지하해수는 육상 양식업에서의 용수 및 열원의 활용이 아닌 기타의 목적으로도 활용될 수 있는데,

첫 째로 양식장 청소용으로 사용할 수 있다. 양식 수조 및 시설물이 콘크리트 또는 FRP 재질로 구성되어 있어 장시간 사용하면 부식 되는데, 염도가 낮거나 담수 수준의 지하해수 사용 시 부식의 진행을 늦출 수 있으므로 시설물의 유지 비용이 절감되어 결과적으로 경영 여건이 개선될 가능성이 높다.

두 번째로 수산물의 세척 용수로의 사용이 적합하다. 수산물을 가공 및 포장하기 위한 세척 용수를 바닷물로 사용할 때 포장 재질의 부식이나 해수에 용존하는 광물질 및 이온에 의해 흡착과 변질이 발생할 수 있다. 지하해수의 사용으로 이러한 문제점의 발생 가능성을 낮출 수 있으므로 수산업 발전에 도움이 될 것이다.

세 번째, 농업부문에서 김치 산업 육성에 지하해수가 활용될 수 있다. 즉 지하해수로 배추, 무 등의 절임 및 세척이 가능하고, 이는 청정 지하해수로 생산한 김치 상품으로 브랜드화 할 수 있어, 농업부문의 생산성이 개선될 것으로 판단된다.

### 5.3 지하해수 자원현황

강마지구를 세분한 각 구역에서의 시추조사 결과인 산출량(Q), 수온(T), 염도(%)와 양식 어업인의 지하해수 활용 호응도, 개발에 따른 환경 등을 점수화하여 지하해수 현황도를 오각도표로 작성하여 나타내었다(표 5-3-1).

<그림 5-3-1>은 상기 오각도표와 조사지구 기설관정의 간이수질 조사결과, 해안선을 따라 해수 수준의 전기전도도 값으로 모델링 분석하여 추정한 분포도 등도 포함하여 작성한 분석도이다. 오각도표 점수 산정 기준은 <표 5-3-1>와 같고 기준에 의하여 산정된 점수표는 부록에 수록하였으며 오각도표에서 다각형이 클수록 활용성이 아주 높은 것을 지시한다.

강마지구는 시추조사공의 전기전도도를 분석한 결과 약 24,000 $\mu$ s/cm 내외 전기전도도(비중으로 약 1.012, 염도로 15.8%)를 갖는 암반층 지하해수가 산출될 것으로 예측되며, 16.7 $^{\circ}$ C 안팎의 온도를 보일 것으로 추정된다.

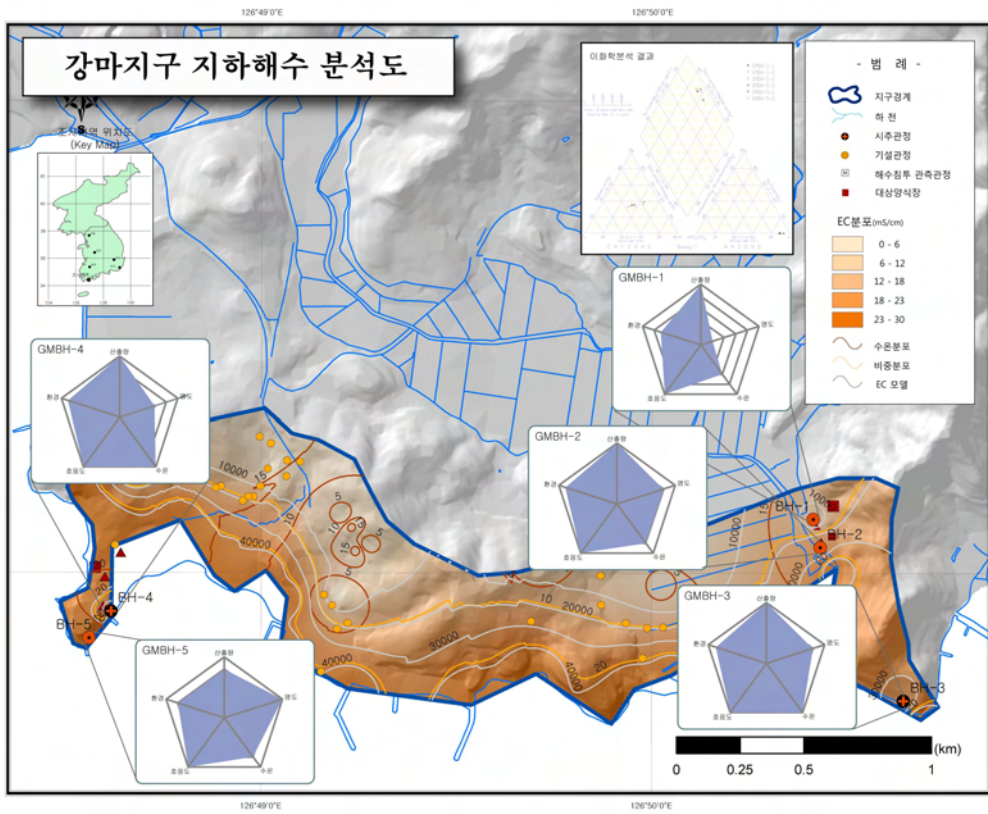
<표 5-3-1> 강마지구 지하해수 오각도표 배점 기준

구분 점수	양수량 (톤) <Q>	수온 ( $^{\circ}$ C) <T>	염분 (%) <S>	어가 호응도 <F>	개발환경 및 민원 등 <E>
5	200이상	18초과	20이상	매우 좋음	◎ 각 해당항목에 부합시 1점 부여(총 5점) ○양식장 -2개 이상 : 1점 밀집여부 -단독어가 : 0.5점
4	150~200	17~18	15~20	좋음	○인접 농경지 -영향반경 외 : 1점 영향 유무 -영향반경 내 : 0.5점
3	100~150	16~17	10~15	보통	○인접 주거지 -영향반경 외 : 1점 영향 유무 -영향반경 내 : 0.5점
2	50~100	15~16	5~10	나쁨	○소요수량 -종묘 : 1점 -양식 : 0.5점
1	50미만	15이하	5미만	아주 나쁨	○지자체·주민 -좋음 : 1점 -보통 : 0.5점 -나쁨 : 0점 ※양식단지 조성 예정지 및 가능성이 있는 지역은 가점(1점)부여

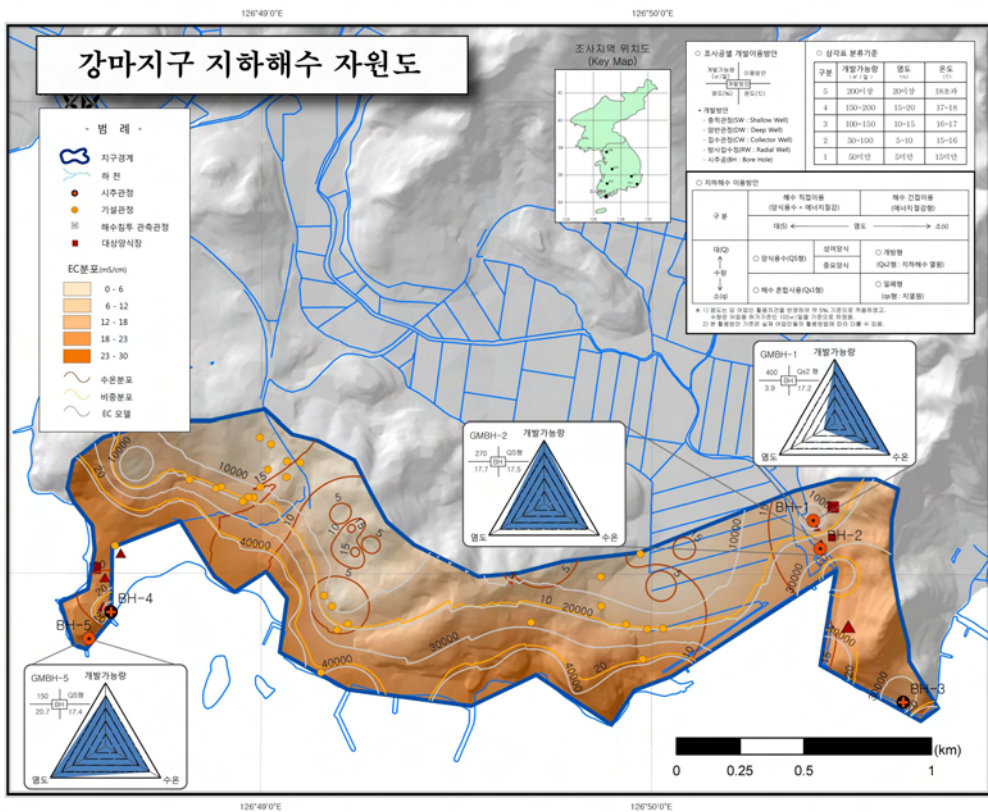
## 지하해수조사사업 보고서

---

한편 지하해수 조사분석도를 바탕으로 강마지구의 개발·이용방안(안)을 포함시켜 지하해수 자원도를 작성하였다(그림 5-3-2). 앞서 5.2장에서 제시하였듯이 강마지구는 양식용수 사용은 충분히 가능할 것으로 판단된다. 그러나 지하(해)수는 기 언급하였듯이 지하지질 구조, 파쇄대 등 아주 국부적이거나 아주 광범위하게 개발 지점에 따라 양상이 다르게 나타나기 때문에 금번 시추조사 결과와 아주 상이하게 산출될 수 있고, 그에 따른 이용방법도 적절하게 설계해야 할 것이다.



<그림 5-3-1> 강마지구 지하해수 조사분석도



<그림 5-3-2> 강마지구 지하해수 자원도





## 제 6 장

### 농어촌지하수관리시스템



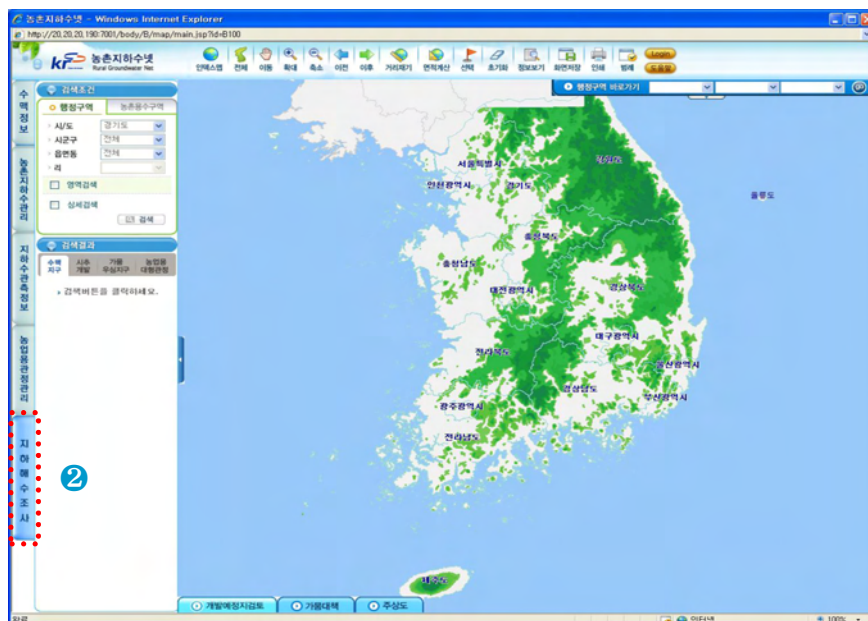
## 제6장 농어촌지하수관리시스템

본장에서는 지하해수 부존과 관련하여 ‘10년 10지구와 향후 시행 지구의 조사결과에 대한 정보를 제공하는 농어촌지하수관리시스템, 즉 “농어촌지하수넷”을 소개한다.

- (1) 인터넷 주소란에 <http://www.groundwater.or.kr> 입력하여 농어촌지하수넷 초기 화면에서 농어촌지하수정보 바로가기의 지도부분 클릭



- (2) 농어촌지하수정보서비스 지도창이 새창으로 열림 → 지하해수조사 클릭



## 지하해수조사사업 보고서

- (3) 검색조건에서 행정구역 선택(상세검색을 체크하고 추가 검색조건 선택 가능)후 검색버튼 클릭 → 조사지구, 시추조사, 양식장 내역이 검색되고 상세 정보보기를 클릭하면 해당 상세내역과 위치 정보 확인이 가능

The screenshot displays the '농촌지하수넷' (Rural Groundwater Net) website interface. The search filters on the left include administrative regions (전라남도, 진도군, 군내면) and search options (영역검색, 상세검색). A search result table lists various sites, with one highlighted. A detailed view of a site shows its location, address, and various technical parameters.

**Search Results Table:**

조사지구	시추조사	양식장
군내	B-1	나리
군내	B-2	나리
군내	B-3	나리
군내	B-4	나리
군내	B-5	나리
군내	B-6	농진리

**Site Details (읍상양식(종묘)장):**

주소	전라남도 진도군 군내면 나리 399-23		
상호	육양수산영여조합법인		
법인/개인 구분	법인		
구분	5,282	수조면적(㎡)	4,200
여업방식	허가	여업종류	육상양식
허가시작일	2007-04-11	허가종료일	2012-03-13

**Site Parameters:**

지수내역		지수구간	
시수상도 (m)	120	시수구간 (m)	150
우물자재		개발상도 (m)	
개발상구경 (mm)	250	포고 (m)	12
자연수위 (m)	4.10	안정수위 (m)	49.10
출력출수 (m)	6	투수양계수 (m <sup>2</sup> /d)	6.782
저류계수	0.0805	양수량 (m <sup>3</sup> /d)	300

**지수분내역 (m):**

계	토사	실토	사	사각	준적석	중
120	2					

**지수도 이미지:**

지수도 이미지: 2010년 12월 15일 14:30 ~ 2010년 12월 15일 15:30

**시추개발:**

조사용 위치	위치		조사년도			
지구명	공번	시군	읍면동	리	지번	조사년도
진군	B-1	진도	군내	나리	산52-1	2010

**지수내역:**

시수상도 (m)	시수구간 (m)	우물자재	개발상도 (m)	개발상구경 (mm)	포고 (m)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	출력출수 (m)	투수양계수 (m <sup>2</sup> /d)	저류계수	양수량 (m <sup>3</sup> /d)
120	150			250	12	4.10	49.10	6	6.782	0.0805	300

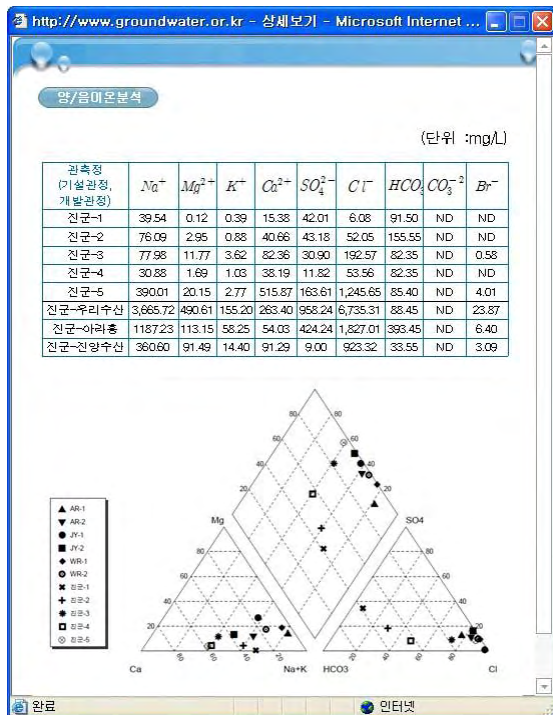
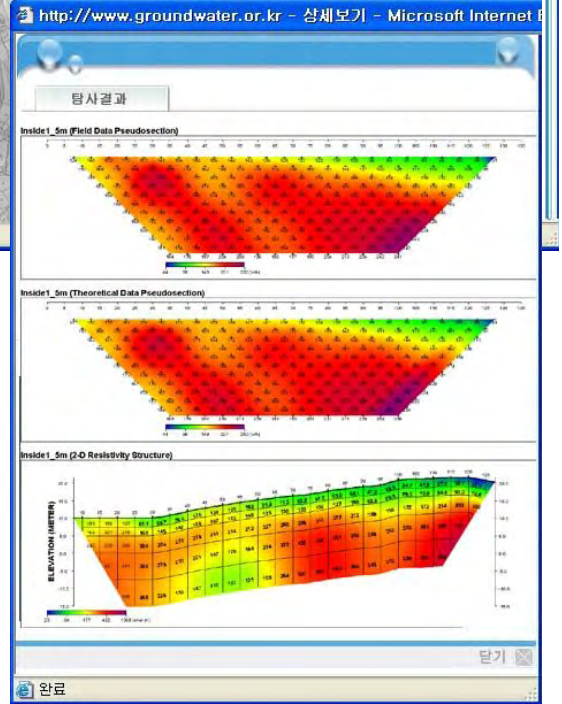
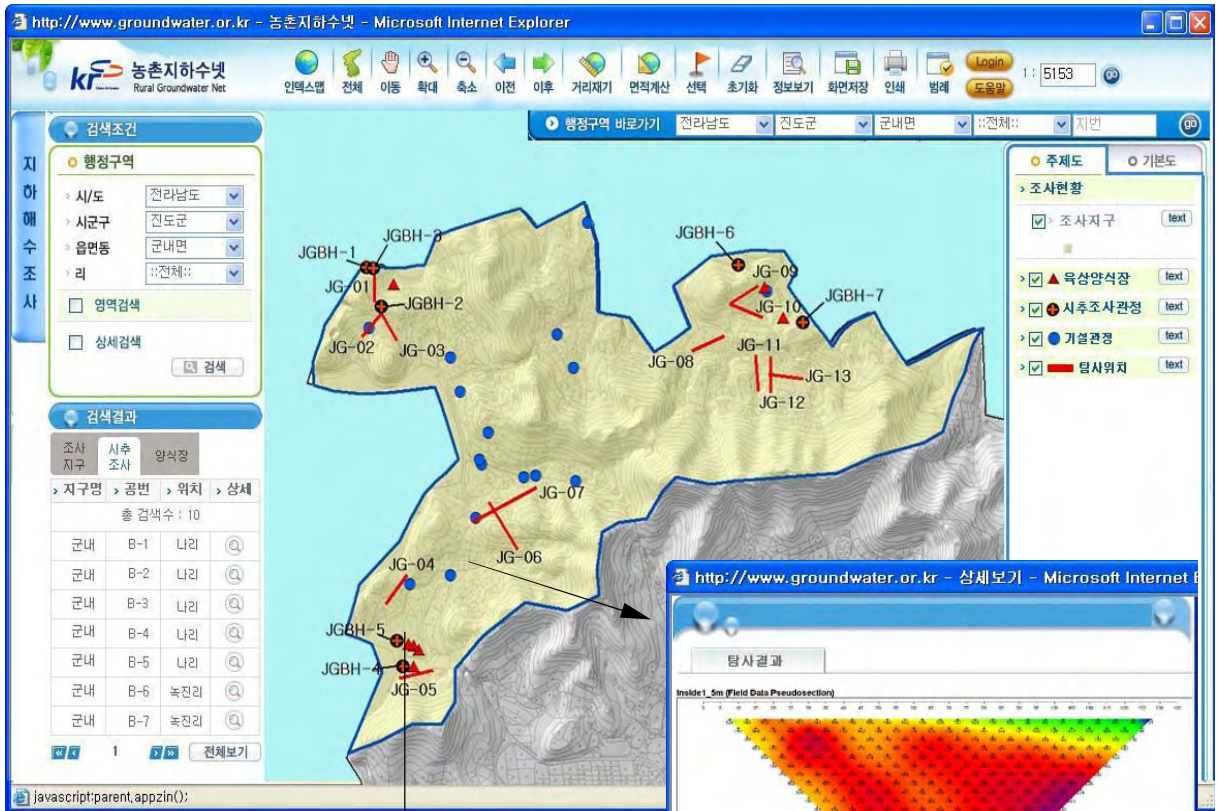
**양수시황:**

양수시황 그래프: 2010년 12월 15일 14:30 ~ 2010년 12월 15일 15:30

양수시황 그래프: 2010년 12월 15일 14:30 ~ 2010년 12월 15일 15:30

- (4) 지도에서 탐사결과, 양음이온 분석 결과 확인





(5) 지하수관측 모니터링 자료제공

# 지하해수조사사업 보고서

http://www.groundwater.or.kr - 농촌지하수넷 - Microsoft Internet Explorer

농촌지하수넷 Rural Groundwater Net

검색조건

행정구역

- 시/도: 전라남도
- 시군구: ::전체::
- 읍면동: ::전체::
- 리: ::전체::

영역검색  
상세검색

검색결과

번호	관측소명	종류	상세
총 검색수 : 41			
1	감정2	암반	🔍
2	고금1	암반	🔍
3	고금2	암반	🔍
4	나라2	암반	🔍
5	무안1	암반	🔍
6	무안2	암반	🔍
7	무안3	암반	🔍
8	무안4	암반	🔍
9	별교1	암반	🔍
10	별교2	암반	🔍

지하수관측정보

- 해수침투
- 농촌지하수관리
- 지하해수

http://www.groundwater.or.kr - 상세보기 - Microsoft Internet E...

지하수관측정보

관측자료는 1개/일 제공되며 24개/일 자료는 이메일 또는 전화로 신청 가능  
농여촌연구원(☎ 031-400-1852/kjhee@ekr.or.kr)

관측소 현황

관측소명	나라2
주소	전라남도 진도군 군내면 나라 84-3

http://www.groundwater.or.kr - 상세보기 - Microsoft Internet E...

[ EC ]

▶ 최소 : 281 ▶ 최대 : 298 ▶ 평균 : 290.189

완료 인터넷

1 ~ 2010 10 20 검색

시설제원보기 데이터 다운로드

나라2	대수층 종류	암반
진도군 군내면 나라 84-3	표고(m)	14.1
2002	지역특성	도서
한국농어촌공사	시공기관	한국농어촌공사
150	관측구경 상부(mm)	250
	관측구경 하부(mm)	150
관측구경 상부(mm)	3	
관측구경 하부(mm)	200	

인터넷



## 제 7 장    종합결론





## 제7장 종합결론

1. 강마지구는 전라남도 강진군 마량면에 위치한다. 지구 내 양식장은 12개소가 있으며, 그 중 법인등록 양식장이 3개소이고, 개인 운영 양식장이 9개소이다. 어업 종류로는 양식과 종묘생산을 하고 있고 대표 어종으로는 전복, 해삼 등이다.
2. 지하수 행정자료를 토대로 강마지구의 기설관정을 조사한 결과 총 119개소이며, 농업용이 72.3%, 생활용이 27.7%로 구성되어 있다. 2006년 지구 내 지하수 이용량은 898.1천m<sup>3</sup>/년에서 2011년에는 982.5천m<sup>3</sup>/년으로 증가하였고, 2017년에 1045.0천m<sup>3</sup>/년으로 소폭 증가할 것으로 전망된다.
3. 강마지구 내 5축선에 대한 전기비저항 쌍극자탐사를 시행한 결과 해안가 특성상 낮은 비저항치를 보이고 있으며, 특히 GM-1, GM-2, GM-5 축선의 일부 구간에서 저비저항 이상대가 발견되었다.
4. 탐사 결과에 따라 시추 가능한 지점에 대하여 총 5공의 시추조사를 실시하였다. 미고결 층적층 구간은 250mm, 암반층 구간에서는 150mm의 구경으로 103m~200m 심도로 조사하였으며, 조사 결과는 아래의 표와 같다.

조사공번	위 치	시추 심도 (m)	표고 (m)	지하해수 산출량 (m <sup>3</sup> /일)	비중	염도 (‰)	온도 (℃)	pH	구역 세분
GMBH-01	원포 산7-9	112	4	400	1.002	3.9	17.2	6.9	A구역
GMBH-02	원포 755-41	200	4	270	1.013	17.7	17.5	6.8	
GMBH-03	상흥 산115-1	103	5	50	1.011	15.7	18.7	8.1	
GMBH-04	마량 1277-1	121	3	30	1.008	10.9	23.2	7.9	B구역
GMBH-05	마량 1277-13	121	3	150	1.023	30.7	17.4	8.4	

5. 시추조사공 GMBH-01, GMBH-02, GMBH-05호공에 대하여 양수시험을 실시하여 지하해수 조사공의 적정개발가능량, 수리상수 및 영향범위를 산정하였다. 조사공 별 개발 가능량은 각각 400m<sup>3</sup>/일, 270m<sup>3</sup>/일, 150m<sup>3</sup>/일로 산출되었으며, 조사공의 개발 사용 시 영향범위는 각각 73m, 69m, 60m로 조사되었다.

## 지하해수조사사업 보고서

공번	심도 (m)	지하해수 산출량 (m <sup>3</sup> /일)	개발가능량 (m <sup>3</sup> /일)	자연 수위 (m)	안정 수위 (m)	평균 투수량계수 (m <sup>2</sup> /일)	평균 저류계수	영향 반경 (m)
GMBH-01	112	400	400	1.2	56.28	4.22	0.00409	73
GMBH-02	200	270	270	3.3	65.46	1.57	0.00313	69
GMBH-05	121	150	150	3.2	61.69	1.27	0.00243	60

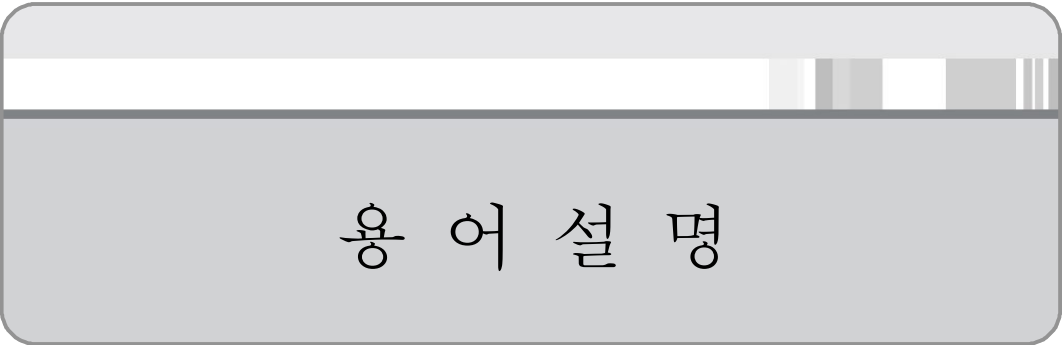
6. 조사결과 강마지구는 지하해수의 산출량은 많은 편이다. 염도도 높은 편으로 양식 수조에 직접 공급이 충분하다. 전반적으로 지하해수의 산출가능성이 높은 지역으로 관정 개발을 통한 양식 수조에 직접 공급하는 방안이 추천된다.

7. 본 지구에서 산출되는 지하수의 수량과 수질을 분석한 결과 지하해수를 직접 양식수조에 공급하여 에너지 절감을 기대해볼 수 있을 것으로 판단된다. 또한 전 구역에서 산출된 지하해수의 특성은 수량이 많고 수질 또한 해수 직접공급 및 혼합 사용하기에 적합한 상태이다. 전반적으로 지하해수 개발 가능량은 많은 편이며, 시추조사공을 계속 이용하는 방안이 고려되어야 한다.

8. 본 지구는 지열을 이용하여 양식 수온의 상승 효과를 기대할 수 있다. 그러나 지열시스템을 이용하기 위해서는 해당 양식장에서의 양식 목표 온도와 해수의 양을 정확히 파악하여, 히트펌프의 용량 및 방법, 성적계수(COP) 등 제반 사항을 고려하여 적용하여야 할 것이다.

9. 강마지구 지하해수 산출 결과와 개발에 따른 어가의 호응도 및 주변환경에 대한 의견을 수렴 결과를 오각 다이어그램으로 도시하였고, 개발·이용방안에 주제도를 작성하여 제시하였다(지하해수 종합 자원도 참조).

10. 금번 강마지구 지하해수 조사에 대한 결과는 농어촌지하수관리시스템인 「농어촌지하수넷(<http://www.groundwater.or.kr>)」에 수록하여 육상양식 어업인들에게 정보를 제공하고 저탄소 녹색 양식산업 구현에 이바지할 것이다.



용 어 설 명



## <용 어 설 명>

- 지하해수조사 보고서에 사용된 용어의 의미는 다음과 같다.
- **검층(檢層; logging)**  
시추공 또는 우물 내에 여러 종류의 물리탐사기를 투입하여 지하 지층의 구성 물질, 두께, 연속성, 공극률, 투수성, 간극수의 화학성분 등의 여러 가지 정보를 얻는 현장 시험으로서, 그 종류에는 전기검층, 감마선검층, 감마-감마선검층, 중성자검층, 온도검층, 공경검층, 전기전도도검층, 공내 촬영 등이 있다.
- **관측정(觀測井; monitoring well, observation well)**  
대수층내 일정한 깊이에서의 지하수의 수위나 수질의 변화 등을 파악하기 위한 우물
- **대수층(帶水層; aquifer)**  
물로 포화되어 있는 지층 중에서 투수성과 저류성이 커 경제적으로 개발·이용할 수 있는 상당한 양의 지하수를 배출할 수 있는 지층을 말하며, 미고결 상태의 모래나 자갈 등으로 구성된 충적층대수층과 암반으로 구성된 암반대수층으로 구분할 수 있다.
- **대수성시험(帶水誠試驗; aquifer test)**  
일정 양의 물을 우물 내에 첨가 또는 제거하면서 대수층의 수위 변화를 측정하는 시험으로서 대수층의 수리전도도, 투수량계수 등 각종 수리적 특성을 파악하기 위하여 실시한다. 그 종류에는 양수시험, 순간충격시험, 회복시험 등이 있다.
- **선형구조(lineament)**  
지형도상에 표시할 수 있는 규모의 선형으로 나타나는 구조로서, 대부분 단층, 절리, 균열 등 지표 암석권의 단열구조와 일치되는 것으로 알려져 있다. 지형적인 특성, 수계특성, 식생 분포 등에 의해서 결정되고, 단층과 절리 등과 관련된 선형 구조는 지하수 부존 및 유동과 밀접한 관계를 가지고 있다.
- **배출지역(排出地域; discharge area)**  
지하수의 흐름 방향이 지표로 향하는 지역으로 지하수가 샘(spring)의 형태 혹은 누출, 기저유출 등으로 지표로 나오거나 증발 및 발산 등에 의하여 대기 중으로 빠져나가게 된다.
- **비양수량(比揚水量; specific capacity)**  
단위 수위강하량에 대한 우물의 양수량
- **수두경사(水頭傾斜; hydraulic gradient)**  
지하수 흐름 방향으로 취한 단위거리당 수두의 변화율을 말하며, 동수구배(動水勾配), 수리구배(水理勾配)라고도 한다.

□ 수리전도도(水理傳導度; hydraulic conductivity)

흙 및 암석의 투수성을 나타내는 계수로서 “수온 15℃, 수리구배 1:1을 기준으로 하여 대수층 단위 단면적을 통과하는 수량”으로 정의된다. 기존에는 투수계수 (coefficient of permeability)란 용어를 사용하였으나, 1968년 미국 지질조사소에서 수리전도도란 용어를 제안, 현재 널리 사용되고 있다.

□ 수문지질단위(水文地質單位; hydrogeological unit )

지질시대, 암석의 종류, 암상, 지형, 공극의 형태 및 투수계수, 투수량계수, 저류계수, 지하수 산출량과 같은 세부수리지질특성 등을 대표적인 설정기준으로 하여 지층을 구분하는 단위로 수문지질도 작성을 위한 기본단위로 쓰인다.

□ 수위강하(水位降下; drawdown)

양수에 따른 지하수면 또는 정수압면(靜水壓面)의 저하

□ 수치표고모형(數值標高模型; digital elevation model: DEM)

특정한 지도투영법을 사용하여 2차원 평면으로 설정된 지표의 일정한 격자위에 그 격자에 해당하는 지표의 높이 값을 부여한 디지털 레스터자료로서 일종의 수치화된 지표고도를 포함한 영상자료라고 할 수 있다.

□ 순간충격시험(瞬間衝擊試驗 slug-test)

우물에 체적을 알고 있는 물체(dummy)를 순간적으로 투입하거나 제거하면 우물 내의 지하수위가 순간적으로 변화하고 시간이 지남에 따라 수위가 원래의 상태로 돌아가는데 이 때 시간에 따른 수위변화를 측정하여 우물 주변의 대수층에 대한 수리특성을 파악하는 시험

□ 스티프 다이어그램(Stiff diagram)

스티프 다이어그램은 하나의 세로축과 이를 가로지르는 몇 개의 평행한 가로축으로 이루어져 있다. 각각의 가로축은 세로축을 중심으로 좌측에는 양이온, 우측에는 음이온의 함량을 meq/l로 표시한다. 가로축에 표시되는 양이온-음이온 짝은 각각 위에서부터 아래로  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ : \text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+} : \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ , 그리고  $\text{Mg}^{2+} : \text{SO}_4^{2-}$ 이다.

□ 시추(試錐; boring)

지반조사, 지하수 조사, 석유 탐사 등을 위해 굴착장비로 지반을 천공하는 것

□ 시추주상도(試錐柱狀圖; drill log)

시추과정에서 얻어진 각종 수직적인 지질정보, 흙 또는 암석시료의 관찰결과, 시추공의 위치, 표고, 지하수위, 시추작업 기간, 조사자의 이름, 시추장비, 시추유형 등을 기입한 도면

□ **안정수위(安定水位)**

우물에서 양수할 때 수위 강하가 일어나다가 평형상태에 도달하여 더 이상 수위가 변동하지 않고 일정하게 유지될 때의 수위

□ **양수시험(揚水試驗; pumping test)**

동일 대수층에 양수정(pumping well)과 관측정(observation well)을 설치하여 양수정에서 양수하는 동안 양수정과 관측정에서 시간에 따른 수위강하를 관측하고, 그 결과에서 대수층의 수리상수를 구하는 시험

□ **영향반경(影向半徑; radius of influence)**

우물에서 지하수를 양수할 때 우물 주변은 지하수위가 강하하여 깔대기 모양의 영향추(cone of depression)가 형성된다. 영향반경은 우물중심으로부터 지하수위의 강하가 일어나지 않는 영향추의 가장자리까지의 수평거리를 말한다. 한편, 이와 같이 양수에 의하여 영향을 받는 실제의 범위를 영향권 또는 영향구역(ZOI ; Zone of Influence)이라고 하는데, 대수층이 균질하고 등방성일 경우에는 완전한 원형으로 나타나지만 지하수면이 경사를 이루고 있거나 불균질하고 이방성일 경우에는 타원이나 불규칙한 모습으로 나타난다.

□ **용존고형물총량(溶存固形物總量; total dissolved solid(TDS))**

물에 녹아 있는 고형물질의 총량으로서 물 시료의 수분을 완전히 증발시킨 후 남은 물질의 중량을 측정하는데, 단위로는 mg/L를 사용한다.

□ **우물손실(-損失; well loss)**

대수층의 지하수가 우물 스크린을 통과하면서 생기는 손실과 우물 안에서 펌프 흡입에 따른 손실

□ **우물효율(-效率; well efficiency)**

실제로 우물에서 측정한 비양수량과 이론 식을 이용해서 구한 비양수량의 비율을 말하며, 단위는 %를 사용한다. 또한 우물 효율은 단계대수성시험에서 구한 대수층 수두손실을 우물에서 관측되는 전체 수위강하로 나누어 구하기도 한다.

□ **원격탐사(遠隔探查; remote sensing)**

인공위성이나 항공기에서 가시광선, 적외선, 마이크로파 등의 전자파를 이용하여 지구표면, 지표상황을 관측, 분석하여 필요한 정보를 추출하는 탐사방법

□ **유선(流線; flow line, stream line)**

지하수가 흐르는 경로를 가리키는 것으로 등포텐셜선(equipotential line)과 직교한다.

□ **유선망(流線網; flow net)**

수두가 동일한 등포텐셜선(equipotential line)과 지층 내에 침투하는 물의 경로인 유선(流線)의 곡선 군으로 이루어진 망

□ **자연수위(自然水位)**

인위적인 양수 또는 주수를 하지 않은 자연적인 평형상태의 지하수위로서 “정수위(靜水位; static water level)”라고도 함

□ **자유면대수층(自由面帶水層; unconfined aquifer, phreatic aquifer)**

토양 공극을 통하여 대기와 직접 접하고 있어 대수층 최상부 즉 지하수면의 압력이 대기압과 같은 대수층을 말하며, 지하수로 함양되는 수량에 따라 지하수면이 자유롭게 상하로 변함

□ **저류계수(貯溜係數; storage coefficient, storativity)**

대수층 내에 저류되어 있던 물이 단위수두 변화에 따라 단위면적을 통하여 유출 혹은 유입되는 양을 무차원 상수로 표시한 것

□ **적정양수량(適正揚水量; optimum yield)**

지하수의 수량 감소 및 고갈, 수질악화 그리고 다른 바람직하지 않은 영향을 유발하지 않고 우물에서 계속적으로 채취할 수 있는 수량

□ **전기비저항탐사(電氣比抵抗探查; electrical resistivity survey)**

한 쌍의 전류전극을 통하여 직류 전류 또는 저주파수 교류 전류를 흘려보내어 다른 한 쌍의 전위전극에서 전위차를 측정함으로써 지하의 전기비저항 분포를 파악하는 전기 탐사법. 수평적인 전기비저항 분포를 파악하는 수평탐사와 수직적인 층서구조를 파악하고자 하는 수직탐사로 분류된다.

□ **전기전도도(電氣傳導度; electrical conductivity)**

전기전도도는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도를 말하며, 용액중의 이온 세기를 신속하게 평가할 수 있는 항목으로서 전기저항의 역수인  $\text{ohm}^{-1}$  또는 mho로 표현하나 현재는 국제적으로 S(Siemens) 단위가 통용된다. 측정결과는 전기전도도 값에 셀 정수( $\text{cm}^{-1}$ )를 곱하여 시료의 비전도도( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )로 표기한다.

□ **지하수 개발 가능량(地下水開發可能量; safe yield)**

지하수는 강우 및 표류수가 자연적으로 지하로 함양되어 유동 및 배출을 지속하면서 영구적으로 순환하는 재생 수자원으로서 대수층은 지하수 유동통로와 천연 지하 저류지(Groundwater Reservoir)의 기능을 갖는다. 지하수 부존량 혹은 개발 가능량의 산정시 지역별 지하수 부존특성 및 정책방향에 따라 지하수 저류량(Aquifer Storage), 함양량(Recharge Rate), 지속산출량(Sustainable Yield), 안전채수량(Safe Yield) 등 다양한 개념이 적용된다.

□ **지하수면(地下水面; groundwater table)**

대기압과 지하수의 수압이 같아지는 지점들을 연결한 자유면으로 자유면 대수층의 최상부를 말함



□ **지하수위등고선도(地下水位等高線圖; groundwater table map, piezometric surface map)**

지하수위가 동일한 지점을 연결하여 작성한 등고선도

□ **지하수위(地下水位; piezometric head)**

대수층에서 지하수의 위치상의 수두와 압력에 의한 수두를 합한 값. 대수층의 어느 지점에 piezometer를 설치했을 때 그 piezometer에 잡히는 지하수의 수두를 말함.

□ **지하수심도(地下水深度; depth to water table)**

지표면에서 지하수위까지의 깊이. 우물에 관해서는 우물 주변의 기준점에서 우물속의 수면까지의 깊이를 나타낸다.

□ **시추(鑿井; well-drilling )**

일반적으로 시추기계를 이용하여 관정 또는 우물을 굴착하는 일을 말함. 넓은 뜻으로는 굴착계획, 굴착 준비작업, 굴진 및 그 사이의 여러 가지 측정, 굴착이수관리(掘鑿泥水管理), 차수(遮水) 및 마무리작업 등이 포함된다. 우물을 굴착하는 경우에는 강철제 비트(bit)로 지면(地面) 아래의 흙이나 암석 등을 분쇄하거나 깎으면서 굴착하며, 이 비트의 운동에 따라 굴착하는 방법이 분류된다. 첫째로 비트를 상하운동시켜 그 타격에 의하여 지반을 굴착하는 방법을 충격식(衝擊式) 시추법이라 하고, 둘째로 비트를 회전운동시켜 지반을 굴착하는 방법을 회전식(回轉式) 또는 로터리식 시추법이라고 한다.

□ **총용존고형물(總溶存固形物; total dissolved solid)**

→ 용존고형물총량

□ **충적층(沖積層; alluvium)**

유수에 의하여 운반, 퇴적된 모래, 자갈, 점토, 실트 등으로 구성된 미고결암층

□ **케이싱(casing)**

우물 공벽의 붕괴를 방지하기 위하여 공 내부에 영구적으로 설치하는 관(pipe)

□ **코아(core)**

지하 지질상태를 확인하기 위하여 회전식 시추기로 채취한 암석 시료로서 “암심(岩芯)”이라고도 함

□ **투수계수(透水係數; coefficient of permeability)**

→ 수리전도도

□ **투수량계수(透水量係數; coefficient of transmissibility, transmissivity)**

수온 15°C, 수두경사 1:1에서 대수층 전체 두께와 단위 폭으로 이루어진 단면적을 통과하는 수량을 말하며, 투수량계수  $T$ 는 수리전도도  $k$ 와 대수층의 두께  $b$ 의 곱과 같다.  $T = k \times b$

□ **파이퍼 다이어그램(Piper diagram)**

용존 성분 중 양이온(Ca-Mg-(Na+K))과 음이온(CO<sub>3</sub>+HCO<sub>3</sub>)-SO<sub>4</sub>-Cl)간의 상대적 당량비를 백분율로 계산하여 삼각 다이어그램에 표시한 후, 지하수의 수질을 표시하는 그림이다

□ **폐공(廢孔; abandoned well)**

현재 또는 미래에 이용할 계획이 없고 오염방지를 위한 별도의 조치 없이 방치되어 있는 지층을 굴착한 모든 공(孔 ; hole) 또는 우물(well)

□ **피압대수층(被壓帶水層; confined aquifer)**

투수성이 낮은 지층(예; 점토층)이 상부를 피복하고 있어 지하수면을 갖지 않으며 지하수가 대기압 이상의 압력을 갖는 대수층

□ **함양(涵養; recharge)**

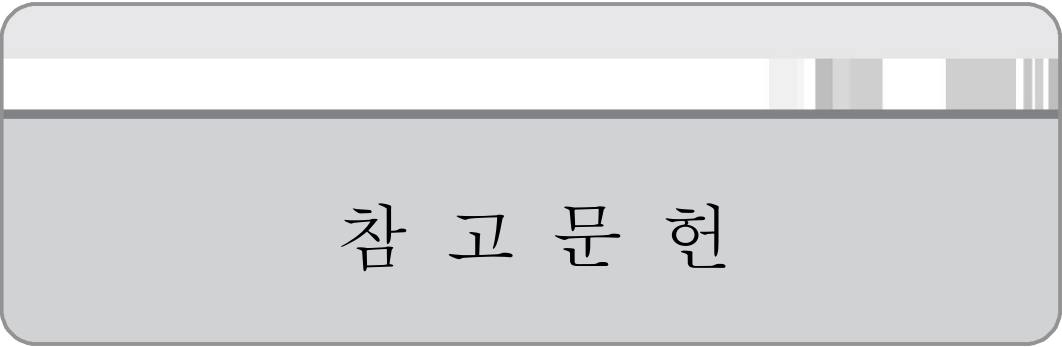
지하수체에 물이 공급되는 것을 말하며, 대부분은 강우나 하천, 호소 등 지표수의 침투로 일어난다.

□ **함양지역(涵養地域; recharge area)**

수직 하향의 지하수 유동 성분을 갖는 지역으로서 침투(infiltration)에 의해 심부 대수층으로 물이 이동한다.

□ **회복시험(回復試驗; recovery test)**

양수시험의 역으로 양수정지 후의 시간에 따른 수위상승 상황을 관측하고, 그 결과에서 대수층의 수리상수를 구하는 시험



참 고 문 헌



---



---

<참 고 문 헌>

- 건설교통부, 1969~2005, 한국수문조사연보
- 건설교통부, 1996, 수자원개발 가능지점 및 광역배분계획 기본조사
- 건설교통부, 1997, 전국 수도정비기본계획 보고서
- 건설교통부, 1998, 1997년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서
- 건설교통부, 1998-2005, 지하수관측연보
- 건설교통부, 1998-2005, 지하수조사연보
- 건설교통부, 2000, 지하수 관리기본계획 보고서
- 건설교통부, 2001, 수자원장기종합계획
- 건설교통부, 2003, 지하수 기초조사 및 수문지질도 제작·관리지침
- 건설교통부, 2004, 수문관측매뉴얼
- 건설교통부, 2004 한국하천일람
- 건설교통부, 2006, 지하수 업무수행 지침
- 건설교통부, 한국건설기술연구원, 2000, GIS를 이용한 지하수 채수량 분석 및 관리시스템 개발 연구
- 건설교통부, 한국수자원공사, 1995, 지하수자원 기본조사(3차) - 대체용수원개발지역 선정조사(2차) 보고서, p.217
- 건설교통부, 한국수자원공사, 1998, 지하수 현황분석 기법 연구
- 건설교통부, 한국수자원공사, 1999, 수자원자료 및 시설 DB 구축
- 건설교통부, 한국수자원공사, 2003, 지하수 기초조사 및 수문지질도 제작·관리 지침
- 건설교통부, 농업기반공사, 2005, 연기지역 지하수 기초조사 보고서
- 건설교통부, 한국농촌공사, 2006, 연기지역 지하수 기초조사 보고서
- 국토해양부, 한국농촌공사, 2008, 남해지역 지하수 기초조사 보고서
- 국토해양부, 한국수자원공사, 2009, 지하수조사연보
- 국토해양부, 한국수자원공사, 2009, 지하수관측연보
- 과학기술처, 국립지질조사소, 1973, 목포 지질도폭 설명서(1:250,000)
- 국토개발연구원, 1995, 제3차 국토종합개발계획 수정지침
- 김남형, 1997, 지하수 조사법, 동화기술, p.433~442
- 농림부, 1994, 농촌용수수요량조사 종합보고서
- 농림부, 2001, 농업생산 기반정비사업 통계연보

## 지하해수조사사업 보고서

---

- 농림부, 농업기반공사, 1985, 수맥조사 상가지구 수맥조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 1990, 수맥조사 죽전지구 수맥조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 1995, 수맥조사 금성지구 수맥조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 1995, 수맥조사 나리지구 수맥조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 2000, 수맥조사 세등지구 수맥조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 2001, 수맥조사 장언지구 수맥조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 2001, 농촌지하수관리조사보고서(화성시, 화남2지구)
- 농림부, 한국농촌공사, 2007, 수맥조사총람(1982~2006)
- 농림부, 한국농어촌공사, 2009, 해수침투조사 보고서
- 농림부, 2010, 제3차 수산진흥종합대책
- 농어촌진흥공사, 1994, 지하수의 개발·이용·보전·관리-지하수법 및 시행령(안) 중심, p.284
- 농업기반공사, 2002, 농업기반시설 관리지침(관정 및 양수장비편)
- 농업기반공사, 2003, 수문자료이용실무
- 대한광업진흥공사, 1997, 불균질·이방성 대수층의 지하수 유동분석 기술연구
- 대한광업진흥공사, 2003, 밀양지역 지하수위/수질관측 조사 보고서
- 문영일 외, 1998, 수문학 이론 및 응용(3판), 사이텍미디어
- 서울특별시, 농어촌진흥공사, 1996, 서울특별시 지하수 관리계획 기본조사 보고서  
-제1권, 제2권, 제3권 지하수 이용실태 조사
- 손호웅 등, 2003, 지하수학
- 진도군, 2009, 통계연보
- 원이정, 김형수, 구민호, 김덕근, 2003, Aquifer Characterization in Cheon-an area  
by using long-term groundwater-level monitoring data, 지하수토양환경학회  
추계학술발표회
- 오윤근, 현익현, 1997,  $\delta^{15}\text{N}$ 값을 이용한 제주도 지하수중의 질산성질소 오염원추정에  
관한 연구, 지하수환경, 제4권, 제1호, p.1~4
- 이사로, 최순학, 1997, GIS 기법을 이용한 영광지역의 지하수 오염 취약성평가,  
지하수 환경 학회지, Vol.4, No.4, p.223~230
- 이사로 외, 2004, 선구조 밀도 분석 기법 개발 및 지하수 산출 특성에의 적용, 지질  
학회지, 제40권 제3호, p.293~304.
- 이진용, 이강근, 2002, 강우에 대한 지하수위 반응양상 비교분석, 지하수토양환경,  
vol.7, No.1-14, p.3~13

- 정상용, 이강근, 1995, 난지도 매립지 일대의 지하수위 분포 추정을 위한 복합 크리깅의 응용, 한국지하수환경학회, Vol.2, p.58~63
- 정상용, 권해우, 허선희, 1997, 불균질·이방성 대수층의 지하수 유동분석 기술연구, 대한광업진흥공사, 광진 97-2, p.153
- 제주도, 농업기반공사, 2000, 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서
- 조재경, 2003, 경험식을 이용한 소유역의 실제증발산량 추정법 소개, 농어촌과 환경 통권79호, p.97~106
- 조재경, 2004, 지하수함양량 산정법에 대하여, 농어촌과 환경 통권83호, p.80~92
- 조재경, 2004, 국내에 적용된 지하수 함양량 산정법 고찰, 농어촌과 환경 통권85호, p.68~81
- 천안시, 2003, 천안시 지하수관리계획
- 최병수, 1997, 자유면 대수층지역에서 지하수위 변동자료 해석에 의한 대수층 특성연구, 농공기술 통권 53호, p.27~37
- 한국수자원공사, 1996, 동해안 북부지역 지표수 및 지하수 연계개발 예비타당성조사, 지하수보고서 GW-96-2a, p.686
- 한국수자원공사, 1997, 수문관측 실무편람, p.159
- 한국수자원공사, 1999, 수자원기초조사 편람, 유량측정편
- 한국수자원공사, 1999, 수자원자료 및 시설 DB 구축
- 한국수자원공사, 2002, 수자원 장기종합계획
- 한국지구물리탐사학회, 2002, 토목·환경분야 적용을 위한 물리탐사 실무지침
- 한정상, 1998, 지하수 환경과 오염, 박영사, p569, 677~695
- 환경부, 1994, 수환경 정책자료집
- 한정상, 한혁상 외 2006, 토양지하수환경, 동화기술
- 이민호 외 , 지열펌프 냉난방 시스템, 한림원
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., and Hackett, G., 1987, Drastic ; A standardized system for evaluating groundwater pollution using hydrogeologic setting, USEPA, p.455-475
- Anderson, M.P., 1992, Applied groundwater modeling - simulation of flow and advective transport, Academic Press, inc., p.381
- Boulding, J.R., 1995, Practical handbook of soil, vadose zone, and ground-water contamination assessment, prevention, and remediation, Lewis Publishers, p.173~179

- Clark, C.D. et al, 1994, Spatial analysis of lineaments, Computers & Geosciences, Vol. 20, No. 718, p.1237~1258
- Charles J. Taylor and William M. Alley, Ground-Water-Level Monitoring and the importance of Long-Term Water-Level Data, USGS, circular 1217
- Craig, H., 1961, Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133, p. 1702~1703
- C. W. Fetter, University of Wisconsin-Oshkosh, Applied Hydrogeology, Third Edition
- Deming, D., 2002, Introduction to Hydrogeology, McGraw Hill Company
- Domenico, P.A., and Schwartz, F.W., 1998, Physical and Chemical Hydrogeology, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc, p.506
- Dobrin, M. B., 1976, Introduction to geophysical prospecting : McGraw-Hill Book Co
- E. V. Pinneker, Cambridge University Press, General Hydrogeology
- Fetter, C.W., 1994, Applied Hydrogeology, 3rd editon, MacMillan College Publishing Company, p.691
- Finch, J.W. (1998) Estimating direct groundwater recharge using a simple water balance model - sensitivity to land surface parameters J. Hydrol., 211, 112-125.
- Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1979, Groundwater, Prentice-Hall, Inc., p.96~98
- Fletcher G. Discoll, 1986, Groundwater and Wells
- Grant, F. S. and West, G. F., 1965, Interpretation theory in applied geophysics : McGraw-Hill Book Co
- Hardcastle, K. C., 1995, Photolineament factor: a new computer-aided method for remotely sensing the degree to which bedrock is fractured, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 61, No. 6, p.739~747
- Hendrix, W.G. and Price, J.E., 1986, Application of GIS for assessment of site index and forest management constraints, GIS Workshops, p.263~272
- Hubert Hellmann, 1987, Analysis of surface waters, John Wiley, p.275
- IHA, 1995, Hydrogeological Maps A Guide and A Standard Legend
- James W. Merchant, 1994, GIS-based groundwater pollution hazard assessment : a critical review of the DRASTIC model, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.60, No.9, p.1117~1127
- Jean Chorowicz et al, 1992, A combined algorithm for automated drainage network extraction, Water Resources Research, Vol.28, No.5, p.1293~1302



- Koike, K., Nagano, S. and Ohmi, M., 1995, Lineament analysis of satellite images using a segment tracing algorithm(STA)., *Computer & Geosciences*, Vol. 21, p.1091~1104
- Komor, S. C. and Anderson Jr. H. W.(1993), Nitrogen isotope as indicators of nitrate sources in Minnesota Plain Aquifers, *Ground Water*, v.31, p.260-270
- Lars Rosen, 1994, A study of the DRASTIC Methodology with emphasis on Swedish conditions, *Groundwater*, Vol.32, No.2, p.278~285
- Mabee, S. B., Hardcastle, K. C. and Wise, D. U., 1994, A method of collection and analyzing lineaments for regional-scale fractured-bedrock aquifer studies, *Groundwater*, Vol. 32, No. 6, p.884~894
- Moore, G. K., and Waltz, F. A., 1983, Objective procedures for lineament enhancement and extraction, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 49, No. 5, p.641~647
- National Research Council, 1993, *Groundwater vulnerability assessment : predicting relative contamination potential under conditions of uncertainty*, National Academy Press, Washington, DC., USA
- Neal Wilson, 1995, *Soil Water and Ground Water Sampling*
- Palmer, C.M., 1992, *Principles of contaminant hydrogeology*, Lewis Publishers, p.211
- Qari, M. Y. H. T., 1991, Application of landsat TM data to geological studies, Al-Khabt area, southern Arabian shield, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 57, No. 4, p.421~429
- Rennolls, K., Carnell, R., & Tee, V., 1980, A descriptive model of the relationship between rainfall and soil water table, *Jour. of Hydrology*, 47, p.103~114
- Robert E. Mace,(2000) *Estimating transmissivity using specific capacity data*, Economic Geology Report
- Sabins, Floyd F., Jr., 1978, *Remote sensing-principles and interpretation*, W.H. Freeman and Company, USA
- Siegal, B. S., Alan R. Gillespie, 1980, *Remote sensing in geology*, John Wiley & Sons
- SPSS Korea, 1997, *SPSS Base 7.5 for Windows*
- Star, J. and J. Estes, 1990, *Geographic information System*, Prentice Hall, p.300
- Struckmeier, W. F., & Margat, J., 1995, *Hydrogeological maps - a guide and a standard legend*, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, p.177

## 지하해수조사사업 보고서

---

- Thomas C. Winter, Judson W. Harvey, O. Lehn Franke, William M. Alley, 1998, U.S. Denver Colorado, U.S. Geological Survey Circular 1139, Ground Water and Surface Water A Single Resource
- Todd, D.K., 1982, Groundwater Hydrology, 2nd edition, John Wiley & Sons, p.535  
UNESCO, Ground-Water Hydrology printed by UNESCO
- Vedat Batu, 1998, Aquifer Hydraulics, JHON WILEY & SONS, INC
- Viswanathan, M.N., 1983, Ground Water, Vol. 21, No. 1., p.49~56
- William M. Alley, Thomas E. Reilly, O. Lehn Franke, 1999, U.S. Denver Colorado, U.S. Geological Survey Circular 1186, Sustainability of Ground Water Resources
- Yet-Chung Chang et al, 1998, Automatic extraction of ridge and valley axes using the profile recognition and polygon-breaking algorithm, Computers & Geosciences, Vol.24, No.1, p.83~93
- Zhuoheng Chen, Stephen E. Grasby, Kirk G. Osadetz, 2002, "Predicting average annual groundwater levels from climatic variables", J. Hydrol. 260, p.102~117
- Zoporozec, A & Vrba, J., 1994, Guidebook on mapping groundwater vulnerability, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, p.131

과업 참여자



## 참 여 자

### ■ 사업총괄책임자

박기연(환경지질처 지하수관리팀장, 토양환경기술사)

### ■ 사업책임자

박순진(환경지질처, 공학박사, 지질 및 지반기술사)

오한윤(환경지질처, 이학석사, 지질 및 지반기술사)

황성규(환경지질처, 이학석사, 응용지질기사)

윤호정(환경지질처, 이학석사, 응용지질기사)

### ■ 조사총괄책임자

서구원(전남지역본부 환경사업팀장, 지질 및 지반기술사)

### ■ 조사참여자

김진회(전남지역본부, 공학박사, 광해방지기술사)

유철(전남지역본부, 이학석사, 응용지질기사)

정형수(전남지역본부, 공학박사, 응용지질기사)

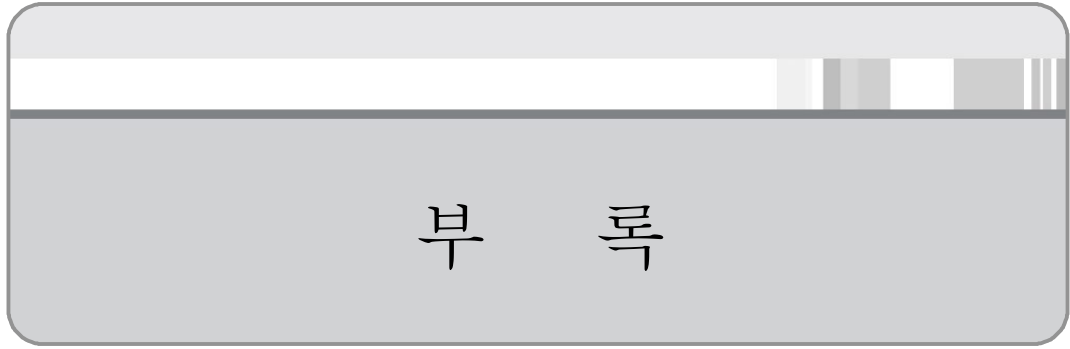
조정환(전남지역본부, 이학석사, 응용지질기사)

최광준(농어촌연구원, 이학석사, 지질 및 지반기술사)

김정희(농어촌연구원, 이학석사, 응용지질기사)

김영인(농어촌연구원, 공학석사, 토양환경기사)





부 록






## 부 록 목 차

1. 강마지구 양식장 현황 .....	171
2.1 강마지구 기설관정 현황 .....	177
2.2 강마지구 기설관정 간이수질측정결과 .....	178
3. 강마지구 지구물리탐사결과 .....	179
4. 강마지구 시추주상도 .....	189
- 강마지구 NX시추조사공 주상도1	
- 강마지구 NX시추조사공 주상도2	
5.1 강마지구 지구물리검층결과 .....	199
5.2 강마지구 EC검층결과 .....	203
6.1 강마지구 양수시험 총괄표 .....	207
6.2 강마지구 양수시험 일보 .....	208
7.1 강마지구 생활용수분석 수질성적서 .....	217
7.2 강마지구 양음이온분석결과 .....	225
7.3 강마지구 양음이온분석 성적서 .....	227
8.1 강마지구 시추공 모니터링 결과 .....	233
8.2 장흥관측소 강우자료 .....	234
8.3 녹동지역 조석간만표 .....	235
9. 강마지구 지하해수 활용방안에 대한 어업인의 의견수렴 내용 .....	243
10. 강마지구 개발이용에 관한 오각다이어그램 산정결과 .....	249
11. 강마지구 현장조사 사진첩 .....	253






## 1. 강마지구 양식장 현황



<부록1> 강마지구 양식장 현황

임시일련번호	시군	읍면	동리	지번	상호	소유자	허가구분	어업종류	어업방식	어종	TM_X	TM_Y	개인	부지면적	수조면적	허가종료	허가번호	자료출처
GSW0698	강진군	마량면	마량리	1275-10외1		김성환	허가	육상종묘	수조식	전복	182339	106218	개인	578.00	466.00	2014-07-30	2009-3	지자체+ 국립수산과학원
GSW2044	강진군	마량면	마량리	1275-11		오용석	허가	육상양식	수조식	전복	182239	106158	개인	1413.00	1306.00	2014-10-28	2009-4	지자체 추가
GSW0691	강진군	마량면	마량리	1275-6		김선진	허가	육상종묘	수조식	전복	182277	106123	개인	1551.80	1267.40	2011-08-09	2006-1	지자체+ 국립수산과학원
GSW0692	강진군	마량면	마량리	1275-6외1		김종식	허가	육상종묘	수조식	전복	182277	106123	개인	1650.00	1489.00	2012-03-30	2008-1	지자체+ 국립수산과학원
GSW0689	강진군	마량면	마량리	1277-11외 4필지	벤처21영어법인	김성환	허가	육상종묘	수조식	전복	182270	106008	법인	1837.00	1653.00	2009-07-13	2004-2	지자체
GSW0690	강진군	마량면	마량리	1277-11외 5필지	벤처21영어법인	김성환	허가	육상종묘	수조식	전복	182339	106218	법인	1837.00	1653.00	2014-07-30	2009-2	지자체+ 국립수산과학원
GSW0695	강진군	마량면	원포리	755-1,755-3		김철환	허가	육상종묘	수조식	전복	185069	106317	개인	671.50	563.04	2013-01-28	2008-4	지자체+ 국립수산과학원
GSW0699	강진군	마량면	원포리	755-10,755-15,755-18		정삼균	허가	육상양식	수조식	전복	185128	106279	개인	894.00	848.50	2013-01-28	2008-1	지자체+ 국립수산과학원
GSW0693	강진군	마량면	원포리	755-41		정삼균	허가	육상종묘	수조식	전복	185083	106255	개인	532.90	514.08	2013-01-28	2008-2	지자체+ 국립수산과학원
GSW0694	강진군	마량면	원포리	755-41		정천균	허가	육상종묘	수조식	전복	185084	106255	개인	1485.46	1273.88	2013-01-28	2008-3	지자체+ 국립수산과학원
GSW0697	강진군	마량면	원포리	755-45외2	청보수산업어조합법인	대표 백종숙	허가	육상종묘	수조식	전복,해삼	185191	105930	법인	4952.50	4330.00	2008-11-30	2008-6	지자체
GSW2045	강진군	마량면	원포리	산7-1외 4		최충	허가	육상양식	수조식	전복	185132	106398	개인	2514.60	1955.32	2015-09-15	2010-2	지자체 추가




## 2.1 강마지구 기설관정 현황



<부록2-1> 강마지구 기설관정현황

관정번호	읍면	리	번지	위도	경도	층적/암반	심도	구경	펌프마력	양수능력	토출관직경	용도	세부용도	일사용량	년사용량	조사일자
강마-033	마량면	마량리	1016-1	34-27-21.01	126-48-51.39	층적	36	25	0.5	54	25	농업용	답작용	54	8100	2011-10-26
강마-038	마량면	마량리	1050	34-27-22.34	126-48-52.47	층적	32	25	0.5	54	25	농업용	전작용	54	8100	2011-10-26
강마-054	마량면	마량리	1028-3	34-27-23.27	126-48-41.58	암반	0	0	0	61	0	생활용	학교용	0	0	2011-10-27
강마-055	마량면	마량리	1275-15	34-27-14.85	126-48-30.14	암반	0	0	0	61	0	농업용	양어장	0	0	2011-10-26
강마-056	마량면	마량리	1104	34-27-28.65	126-48-52.36	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-057	마량면	마량리	-	34-27-27.80	126-48-54.08	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-058	마량면	마량리	1045-1다	34-27-24.55	126-48-53.60	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-059	마량면	마량리	1038-2답	34-27-21.04	126-48-50.65	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-060	마량면	마량리	1037-1다	34-27-20.48	126-48-49.76	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-062	마량면	마량리	1032-4	34-27-22.35	126-48-46.41	층적	0	0	0	61	0	농업용	답작용	0	0	2011-10-26
강마-063	마량면	마량리	1032-1	34-27-22.15	126-48-45.60	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-064	마량면	마량리	1063-9	34-27-25.60	126-48-56.57	암반	0	0	0	61	0	생활용	기타용	0	0	2011-10-26
강마-065	마량면	마량리	1063-2	34-27-23.62	126-48-56.44	암반	0	0	0	61	0	생활용	공동주택용	0	0	2011-10-26
강마-066	마량면	마량리	792-59	34-27-8.53	126-49-2.24	암반	0	0	0	61	0	기타	기타용	0	0	2011-10-27
강마-067	마량면	마량리	792-21	34-27-7.18	126-49-3.49	층적	0	0	0	61	0	생활용	가정용	0	0	2011-10-27
강마-068	마량면	마량리	642	34-27-25.45	126-48-58.54	층적	0	0	0	61	0	농업용	답작용	0	0	2011-10-27
강마-072	마량면	마량리	1440-3	34-27-4.31	126-49-51.91	층적	35	25	0.5	20	25	생활용	가정용	58	8700	2011-10-26
강마-073	마량면	마량리	939-13	34-27-4.18	126-49-4.27	층적	20	50	0.5	30	30	기타	기타용	0	0	2011-10-26
강마-074	마량면	마량리	14	34-27-13.93	126-49-50.83	암반	150	250	3	155	50	생활용	간이상수도	0	0	2011-10-26
강마-075	마량면	마량리	37-19	34-27-4.94	126-49-48.62	암반	80	150	3	120	50	농업용	기타용	0	0	2011-10-26
강마-076	마량면	마량리	98-7	34-27-7.26	126-49-44.83	암반	160	250	3	100	50	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-077	마량면	마량리	85-1	34-27-11.00	126-49-44.75	층적	17	50	0.5	20	30	생활용	가정용	0	0	2011-10-26
강마-078	마량면	마량리	51-1	34-27-5.16	126-49-34.08	암반	160	250	0	150	50	기타	기타용	0	0	2011-10-26
강마-079	마량면	마량리	939	34-27-4.94	126-49-5.91	암반	80	150	1	60	32	생활용	일반용	60	21900	2011-10-26
강마-080	마량면	마량리	383-45	34-26-58.75	126-49-1.81	암반	78	150	3	130	50	생활용	기타용	0	0	2011-10-26
강마-081	마량면	마량리	1434	34-27-4.43	126-49-54.32	층적	20	50	0.5	61	30	농업용	답작용	0	0	2011-10-27
강마-082	마량면	마량리	1432-8	34-27-0.50	126-49-51.22	층적	18	50	0.5	61	30	생활용	가정용	0	0	2011-10-27





## 2.2 강마지구 기설관정 간이수질측정결과



<부록2-2> 강마지구 기설관정 간이수질측정 결과

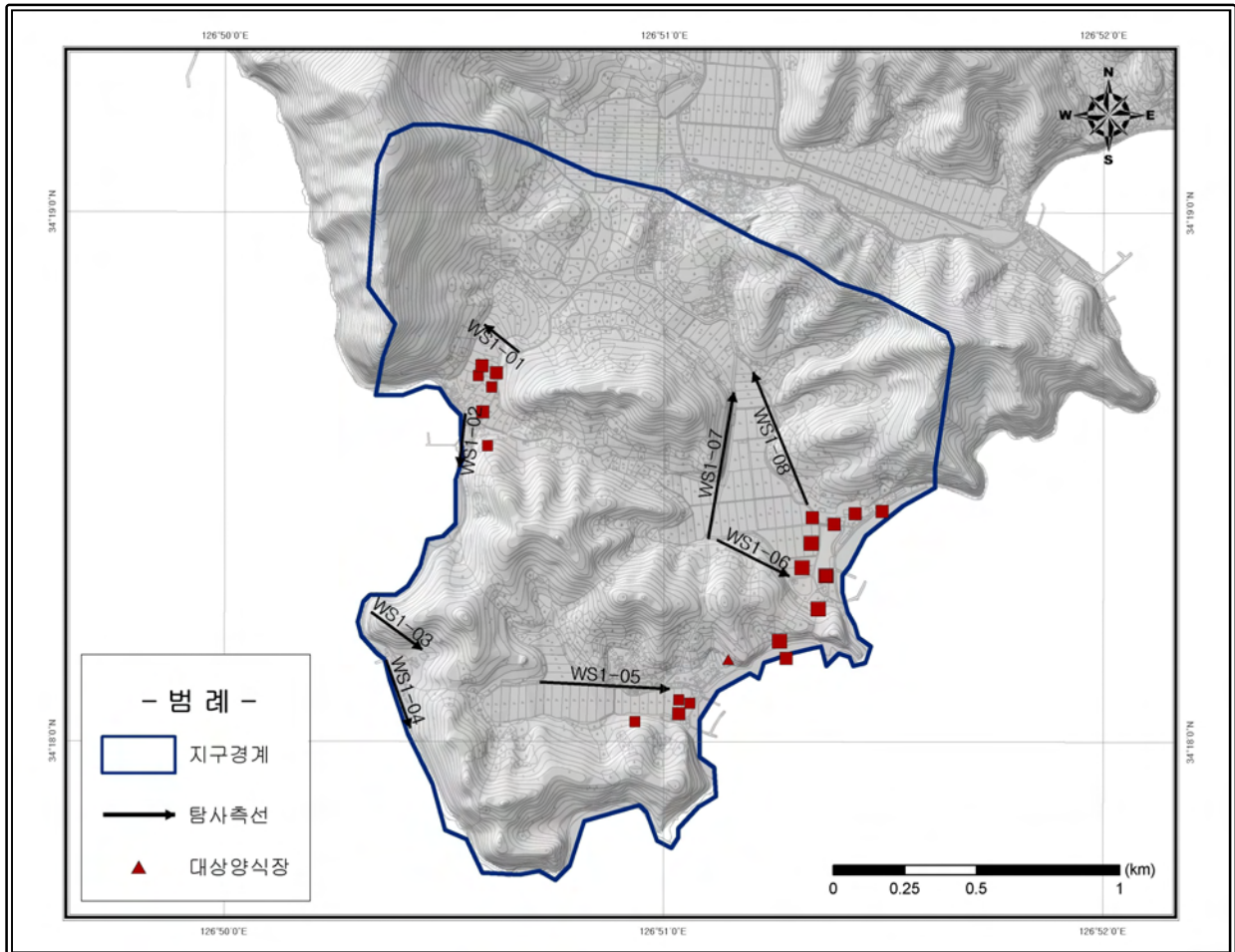
관정번호	읍면	리	번지	위도	경도	층적/암반	수위(m)	PH	EC( $\mu$ s/cm)	TDS(mg/l)	온도(°C)
강마-033	마량면	마량리	1016-1	34-27-21.01	126-48-51.39	층적	-	6.4	478	255	16.7
강마-038	마량면	마량리	1050	34-27-22.34	126-48-52.47	층적	-	6.1	560	300	17.3
강마-054	마량면	마량리	1028-3	34-27-23.27	126-48-41.58	암반	3.3	7.2	243	129	16.0
강마-055	마량면	마량리	1275-15	34-27-14.85	126-48-30.14	암반	-	6.6	155	82	18.6
강마-056	마량면	마량리	1104	34-27-28.65	126-48-52.36	층적	-	6.3	168	89	17.2
강마-057	마량면	마량리	-	34-27-27.80	126-48-54.08	층적	-	6.0	486	258	18.6
강마-058	마량면	마량리	1045-1대	34-27-24.55	126-48-53.60	층적	-	5.7	720	380	16.6
강마-059	마량면	마량리	1038-2답	34-27-21.04	126-48-50.65	층적	-	6.2	485	258	17.2
강마-060	마량면	마량리	1037-1대	34-27-20.48	126-48-49.76	층적	-	6.4	478	255	16.7
강마-062	마량면	마량리	1032-4	34-27-22.35	126-48-46.41	층적	-	6.2	182	97	17.5
강마-063	마량면	마량리	1032-1	34-27-22.15	126-48-45.60	층적	-	6.2	106	56	16.9
강마-064	마량면	마량리	1063-9	34-27-25.60	126-48-56.57	암반	-	-	-	-	-
강마-065	마량면	마량리	1063-2	34-27-23.62	126-48-56.44	암반	-	6.8	420	223	17.7
강마-066	마량면	마량리	792-59	34-27-8.53	126-49-2.24	암반	2.1	-	-	-	-
강마-067	마량면	마량리	792-21	34-27-7.18	126-49-3.49	층적	-	6.2	330	175	16.7
강마-068	마량면	마량리	642	34-27-25.45	126-48-58.54	층적	-	6.5	244	148	16.0
강마-072	마량면	마량리	1440-3	34-27-4.31	126-49-51.91	층적	-	6.3	320	172	14.8
강마-073	마량면	마량리	939-13	34-27-4.18	126-49-4.27	층적	-	6.3	623	345	17.0
강마-074	마량면	마량리	14	34-27-13.93	126-49-50.83	암반	2.3	7.5	177	95	14.5
강마-075	마량면	마량리	37-19	34-27-4.94	126-49-48.62	암반	3.0	6.5	738	393	15.2
강마-076	마량면	마량리	98-7	34-27-7.26	126-49-44.83	암반	5.0	-	-	-	-
강마-077	마량면	마량리	85-1	34-27-11.00	126-49-44.75	층적	-	6.2	160	80	15.0
강마-078	마량면	마량리	51-1	34-27-5.16	126-49-34.08	암반	-	-	-	-	-
강마-079	마량면	마량리	939	34-27-4.94	126-49-5.91	암반	2.4	-	-	-	-
강마-080	마량면	마량리	383-45	34-26-58.75	126-49-1.81	암반	9.5	-	-	-	-
강마-081	마량면	마량리	1434	34-27-4.43	126-49-54.32	층적	0.1	7.0	660	352	16.8
강마-082	마량면	마량리	1432-8	34-27-0.50	126-49-51.22	층적	-	-	-	-	-



### 3. 강마지구 지구물리탐사결과



# 지구물리탐사 위치도

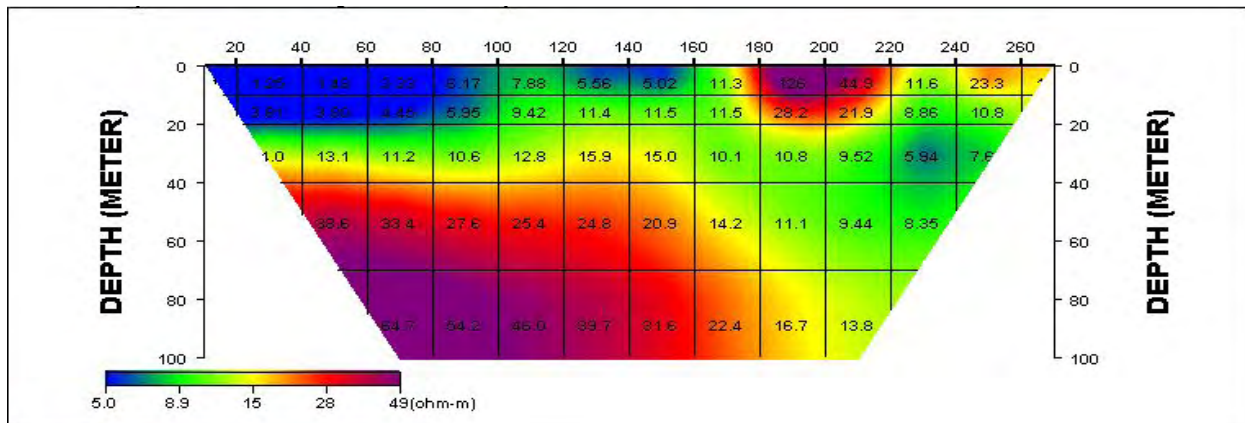
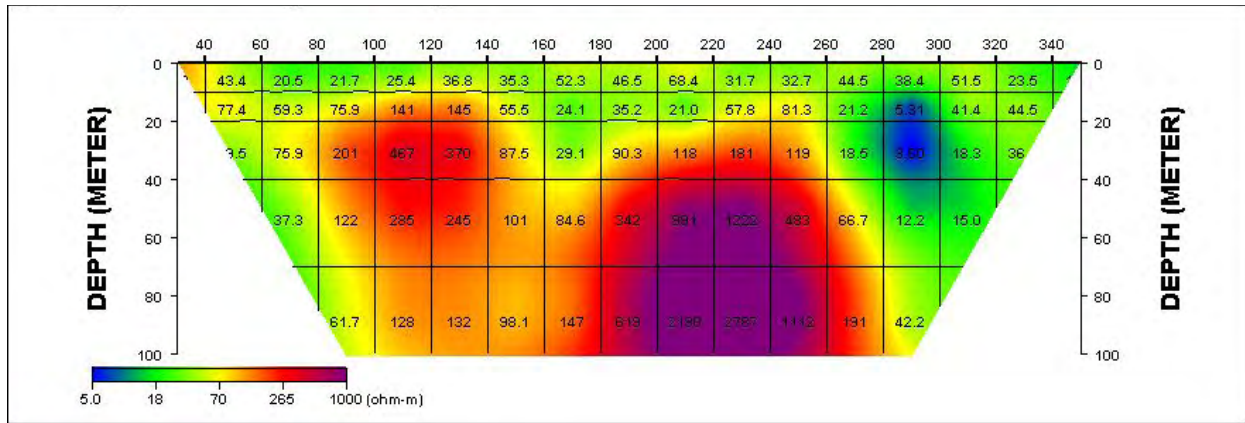


<강마지구 지구물리탐사 위치도>

## ▣ 전기비저항 쌍극자탐사

<강마지구의 전기비저항 쌍극자탐사 해석 결과>

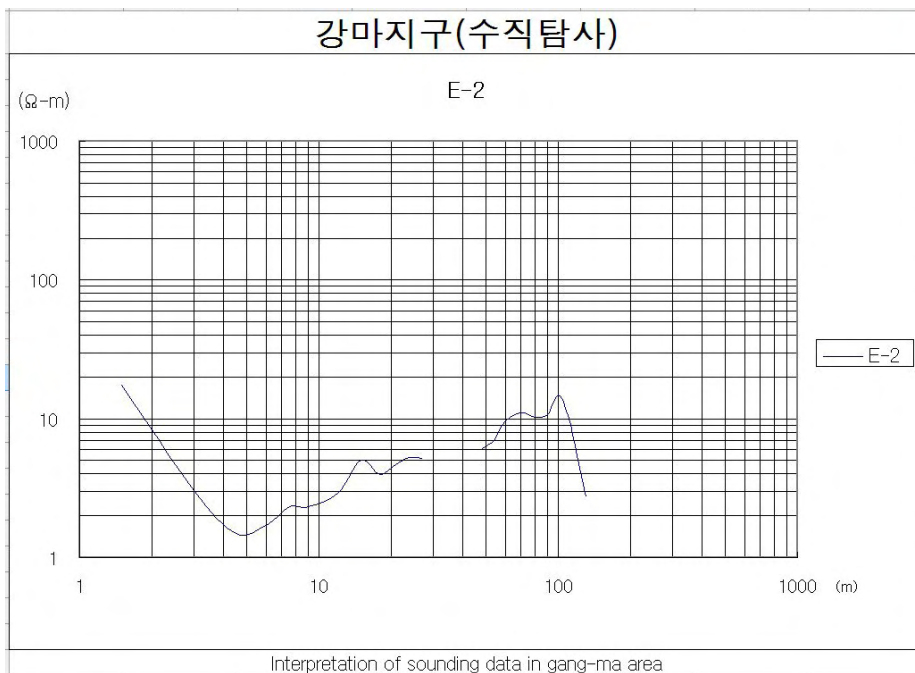
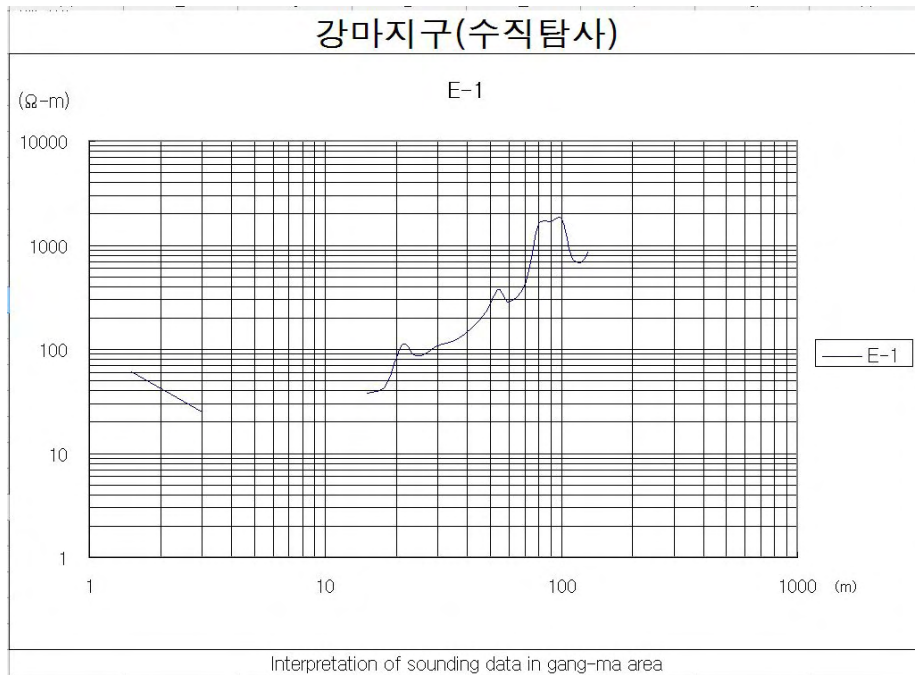
측선명	전기비저항 이상대 분포구간		
	수평거리(m)	심도(m)	비저항치( $\Omega$ -m)
GM-01	280~300	10~40	10미만
GM-02	220~240	30	10미만
GM-03	100~140	40~100	60~80
GM-04	80~140	5~10	5~20
GM-05	30~70	40~100	5미만

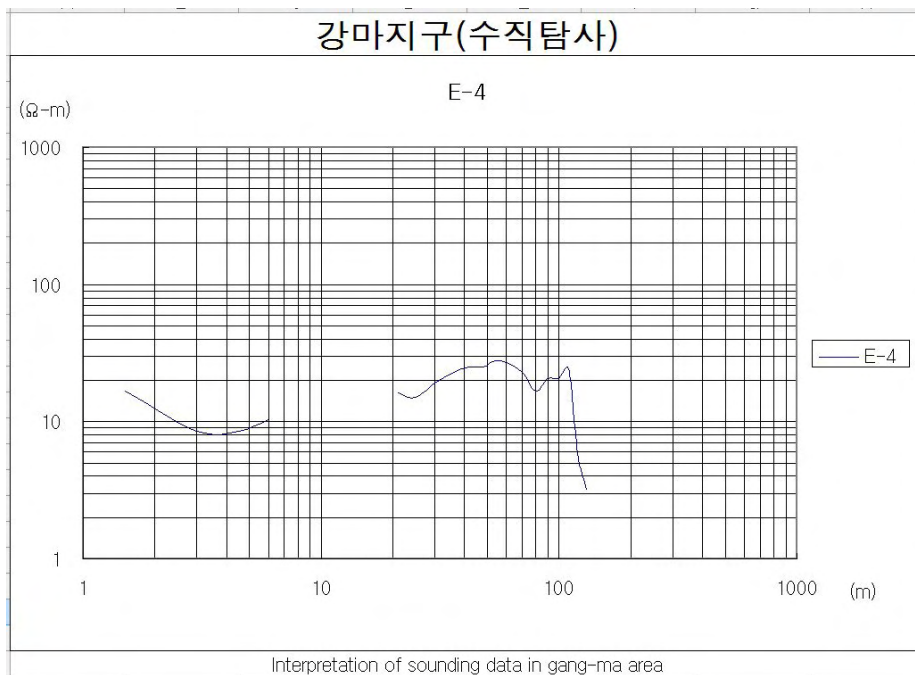
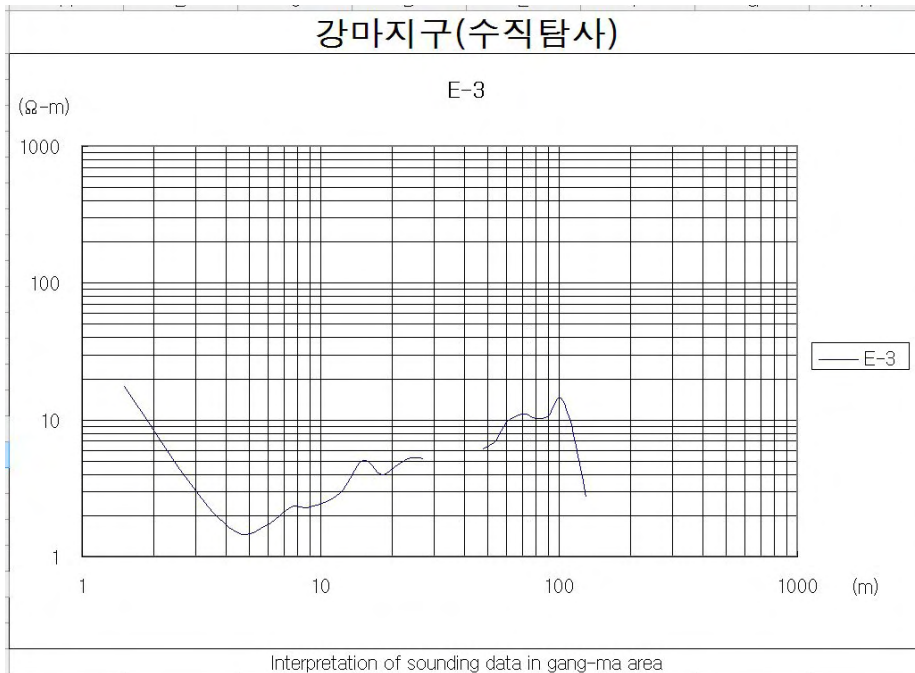


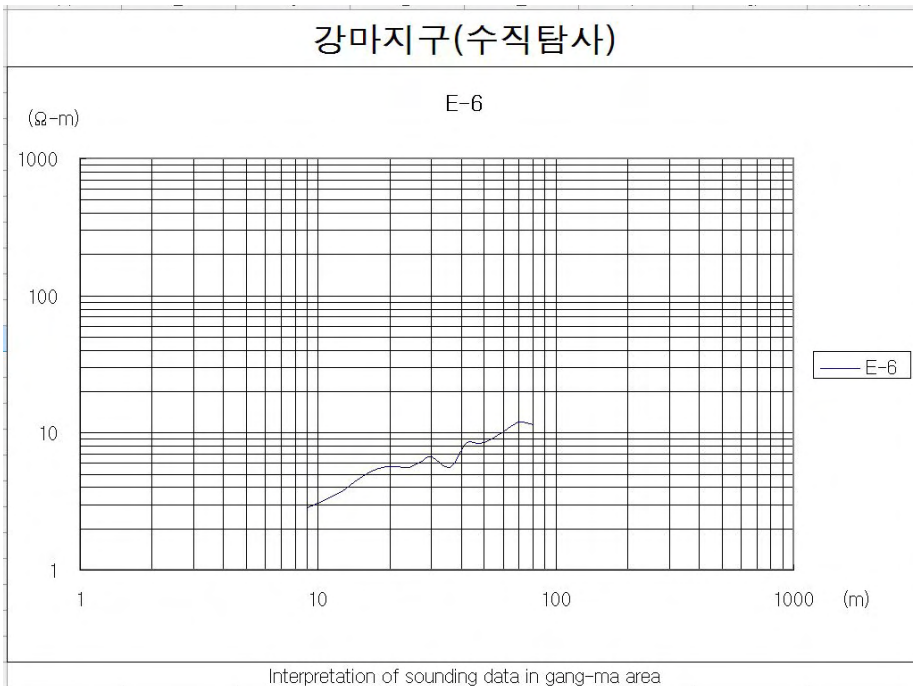
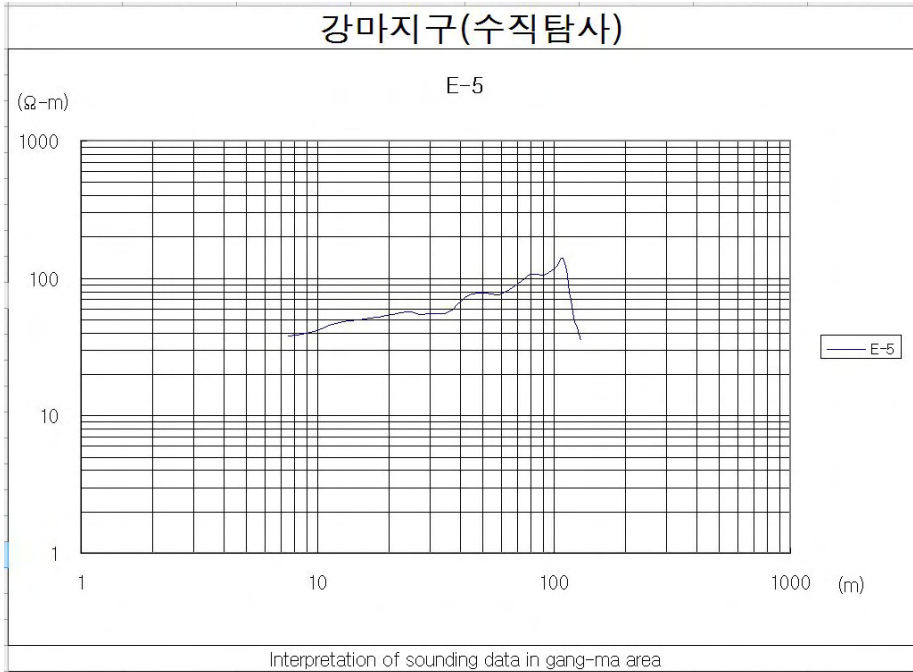


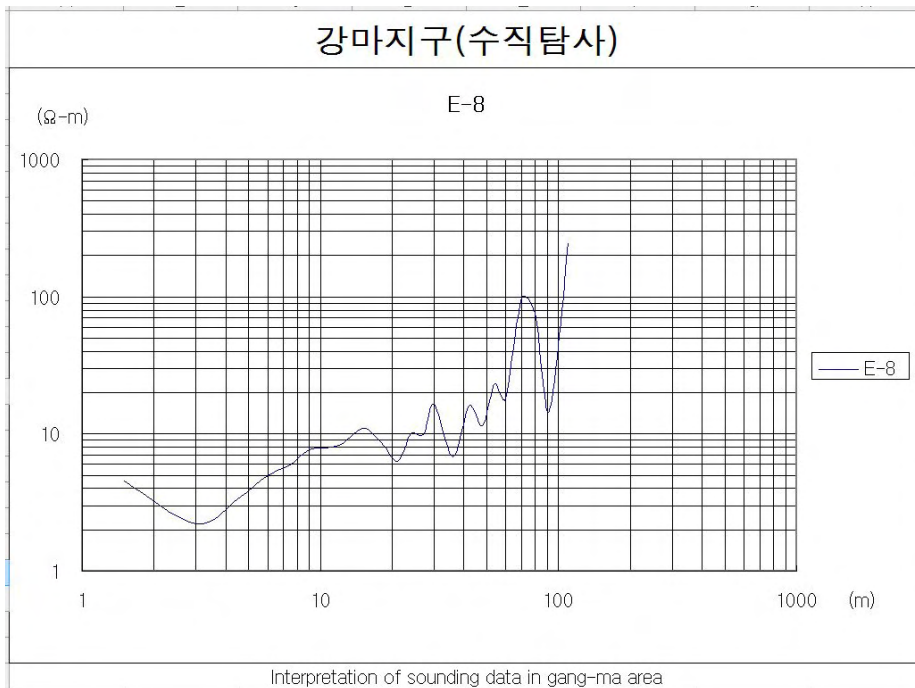
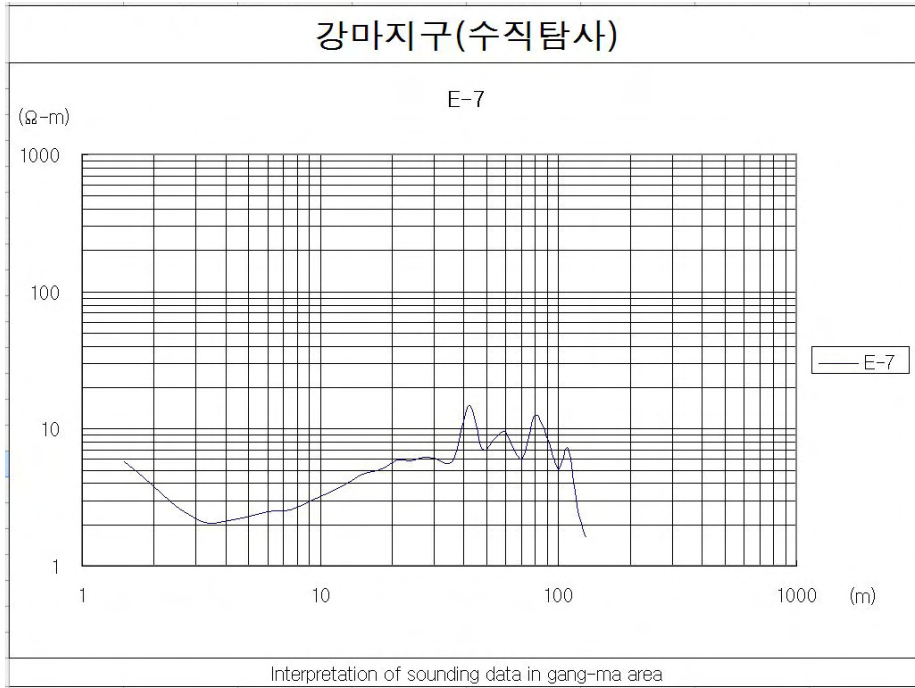


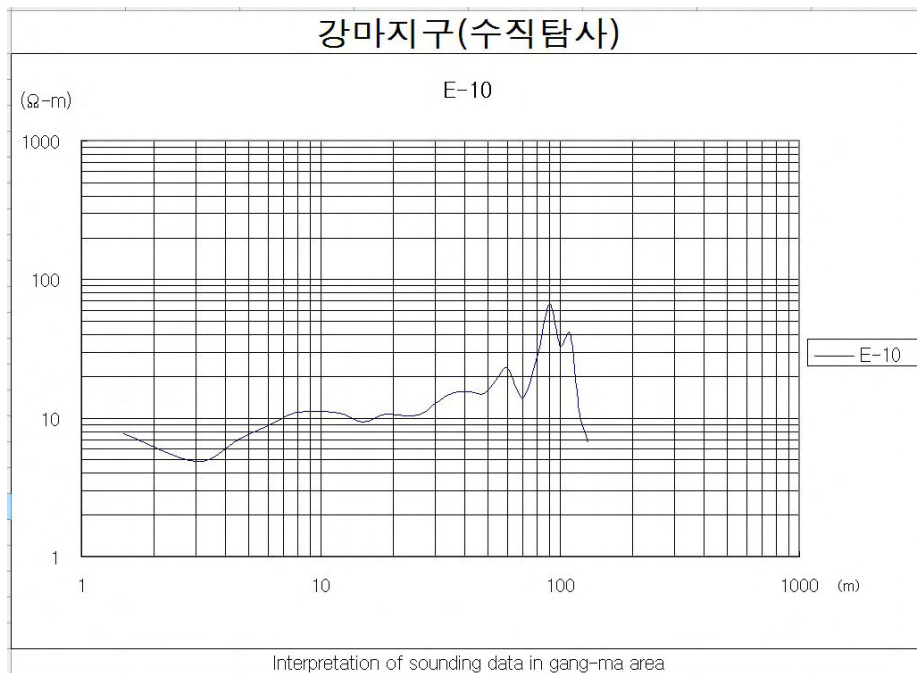
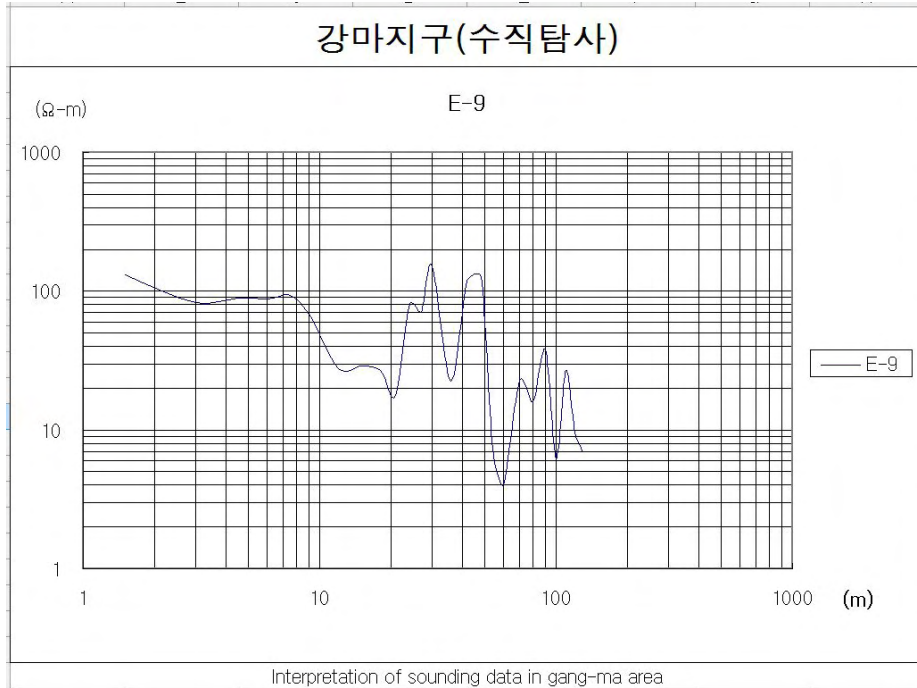
## ■ 수직탐사










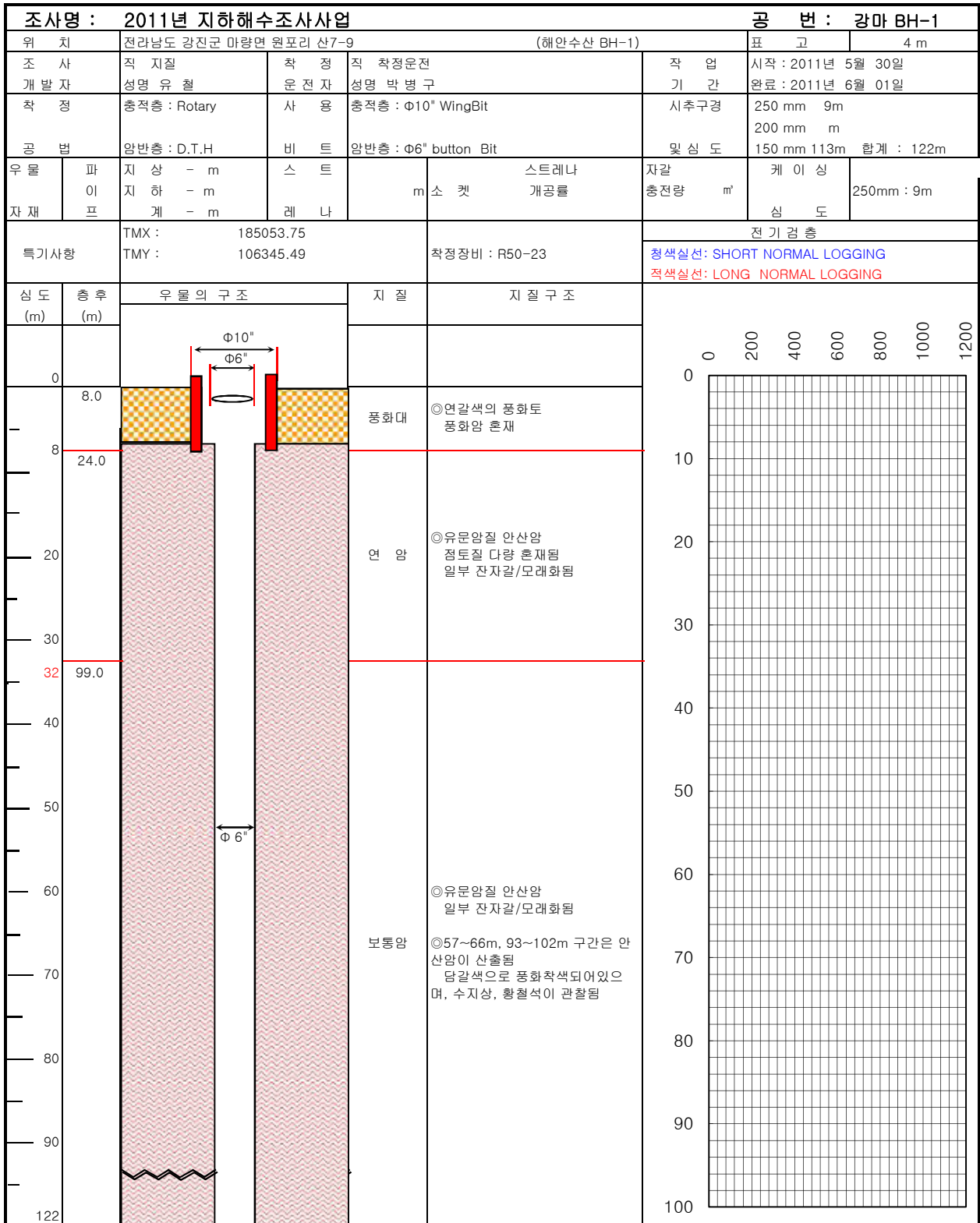




## 4. 강마지구 시추주상도

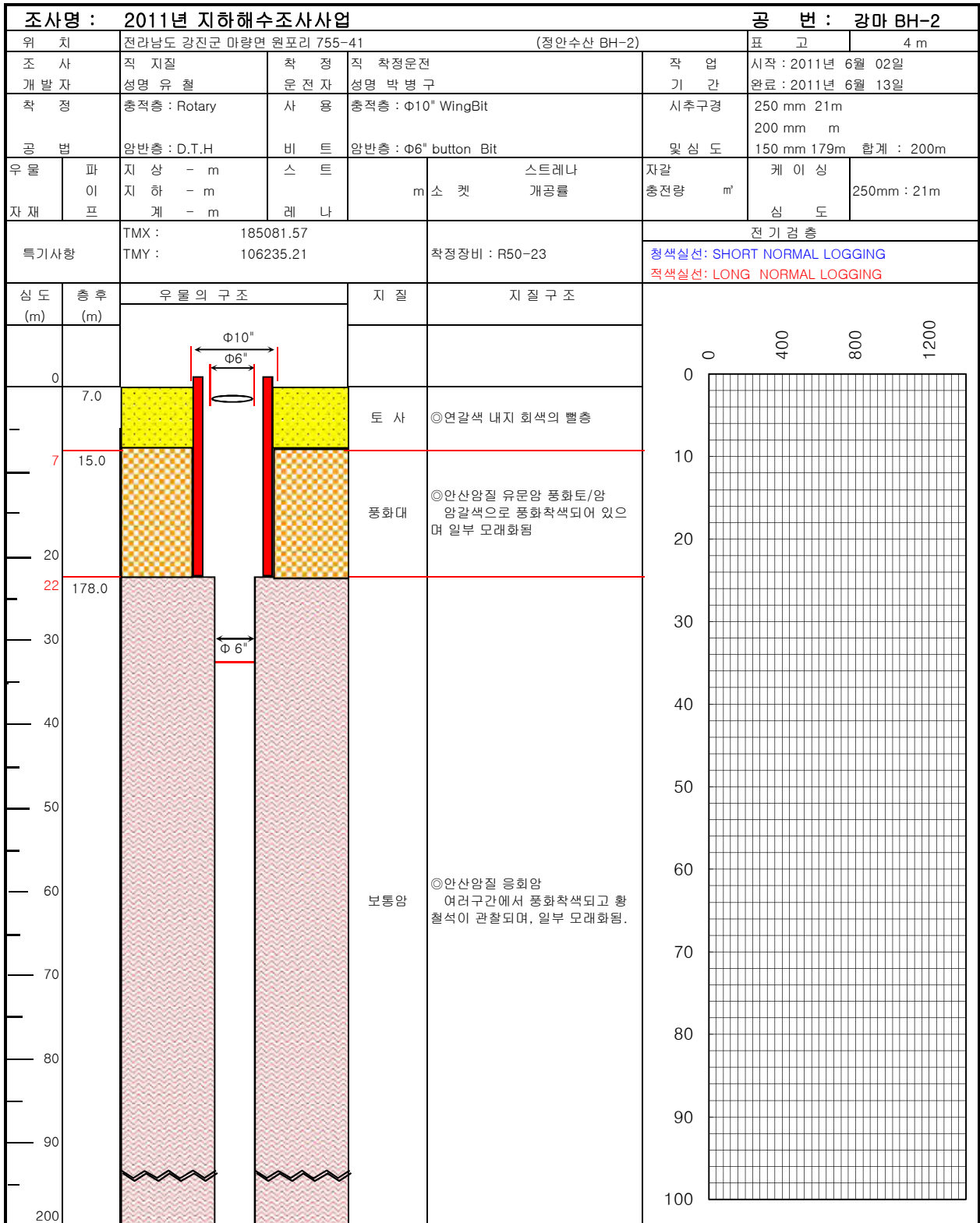


# 시추주상도(BH-1)

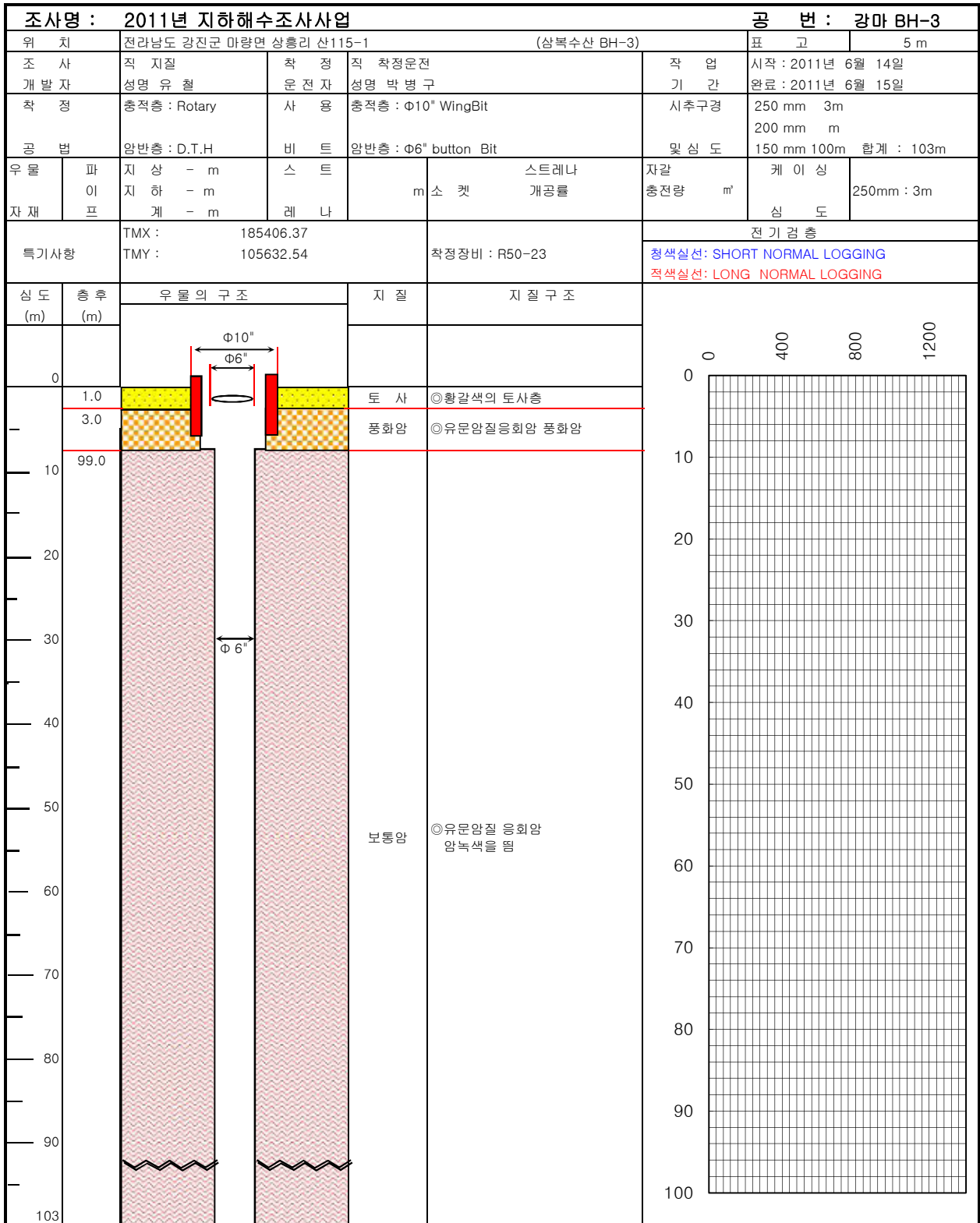




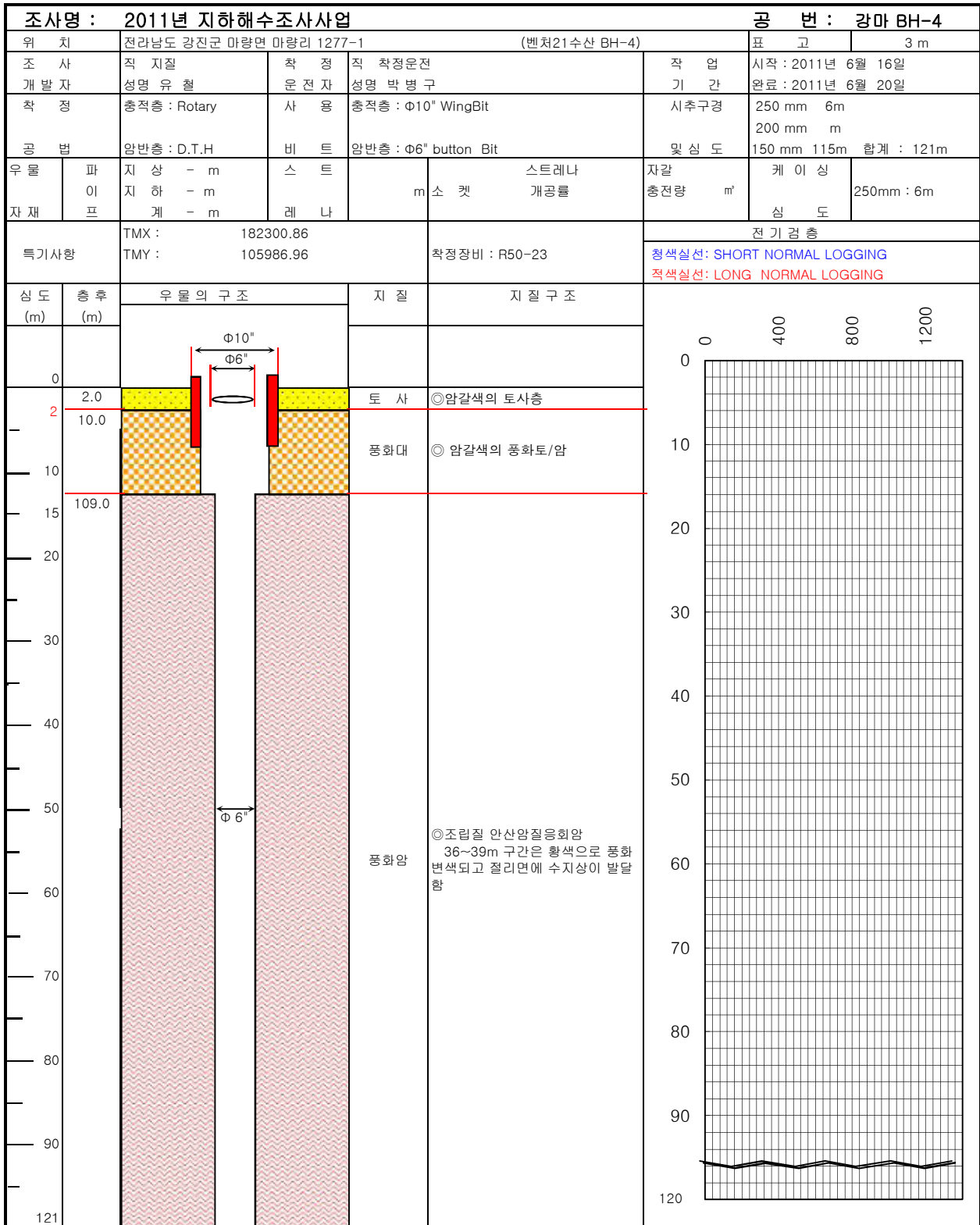
# 시추주상도(BH-2)



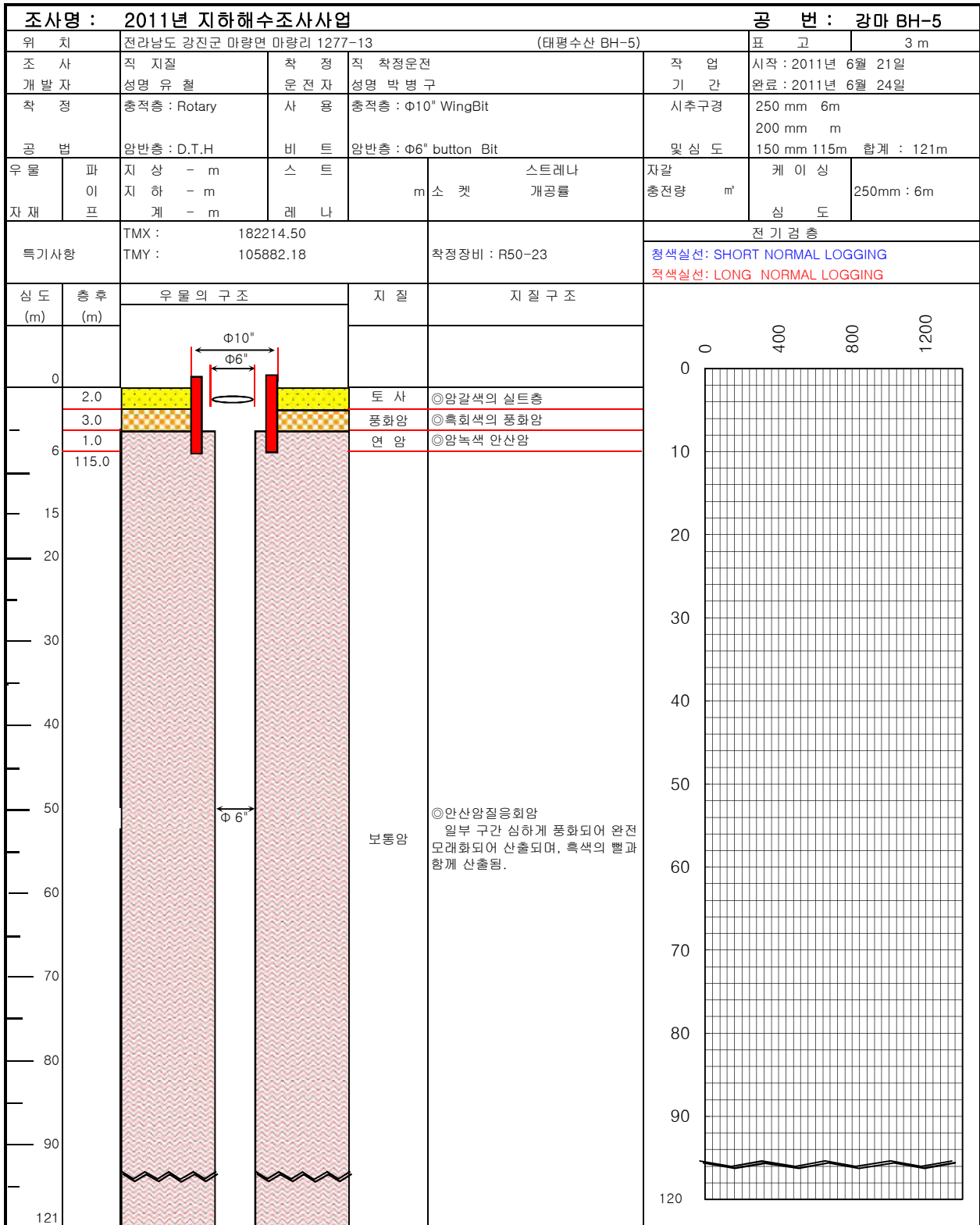
# 시추주상도(BH-3)




# 시추주상도(BH-4)



# 시추주상도(BH-5)

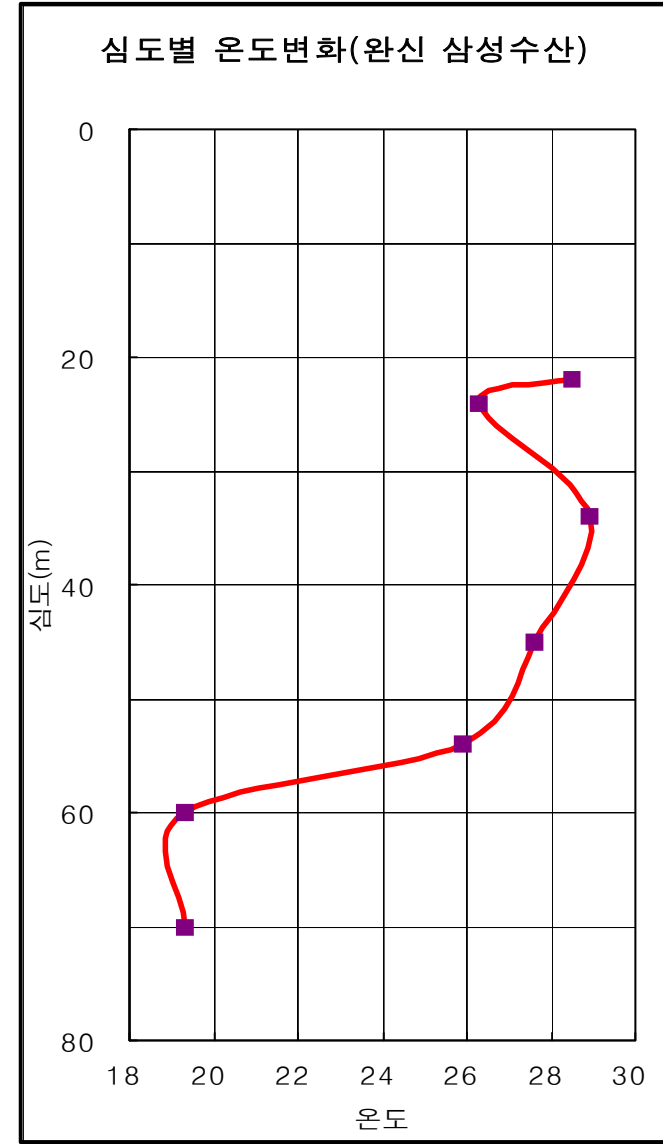
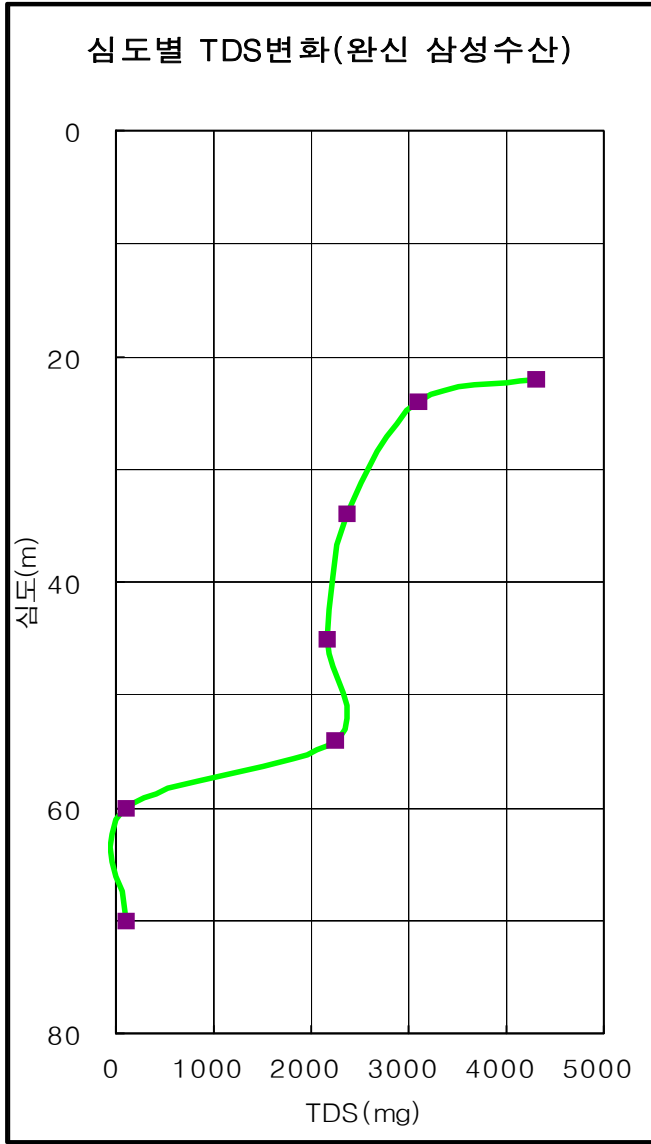




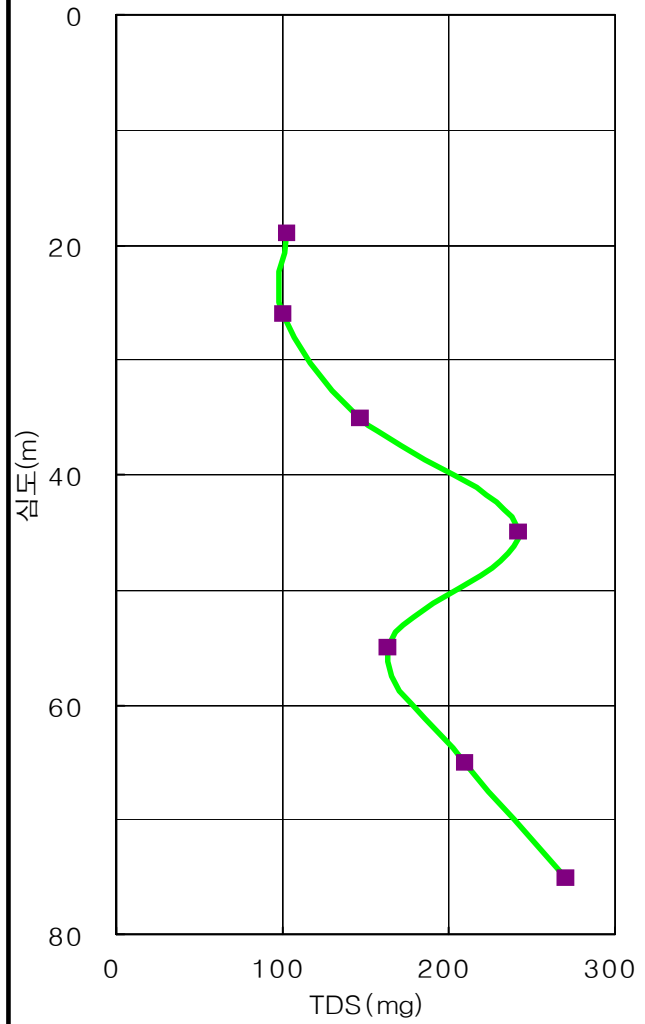
## 5.1 강마지구 지구물리검층결과



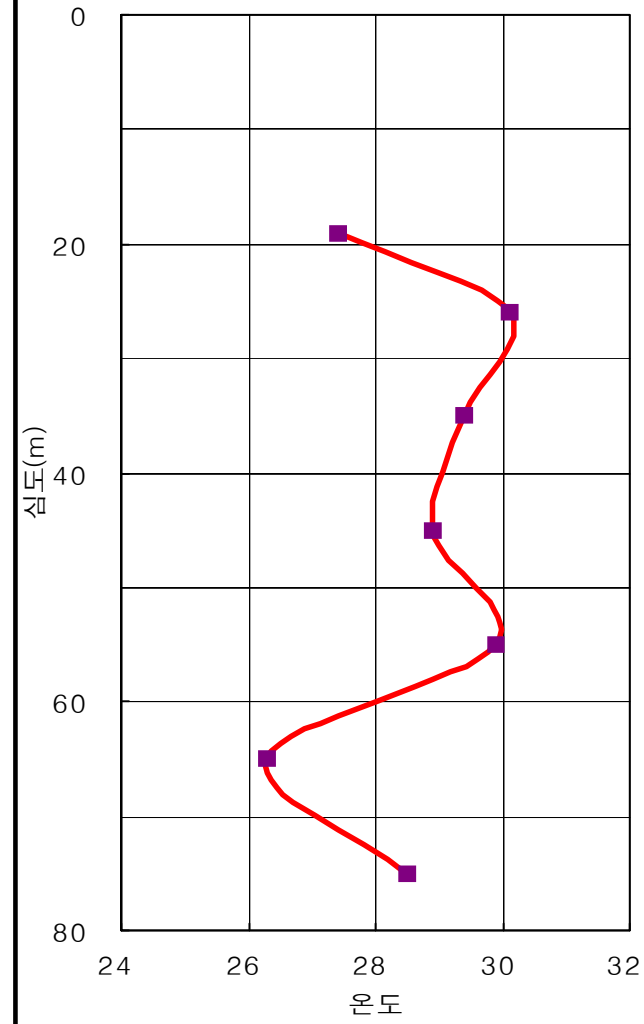
### <부록> 강마지구 물리검층 결과



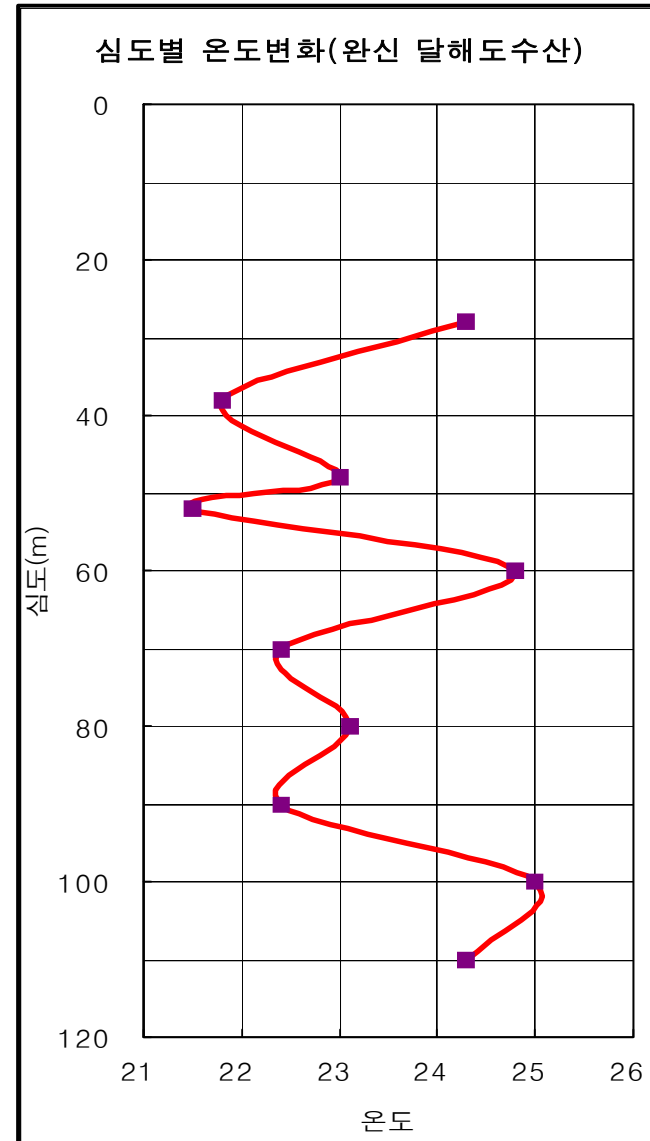
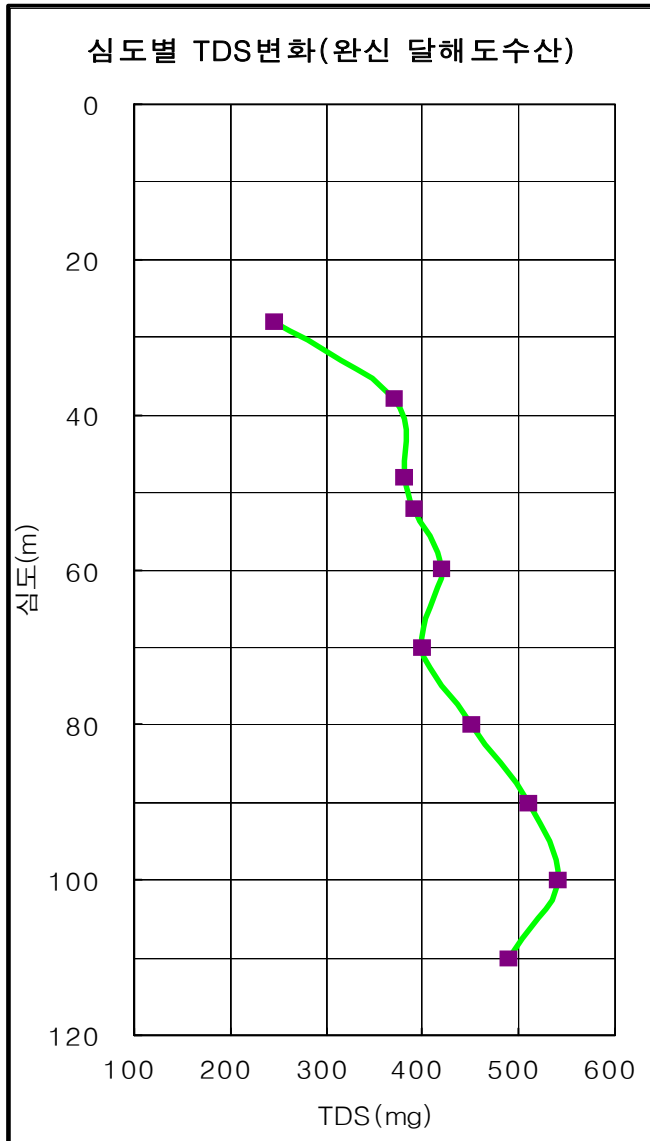
심도별 TDS변화(완신 반석수산)



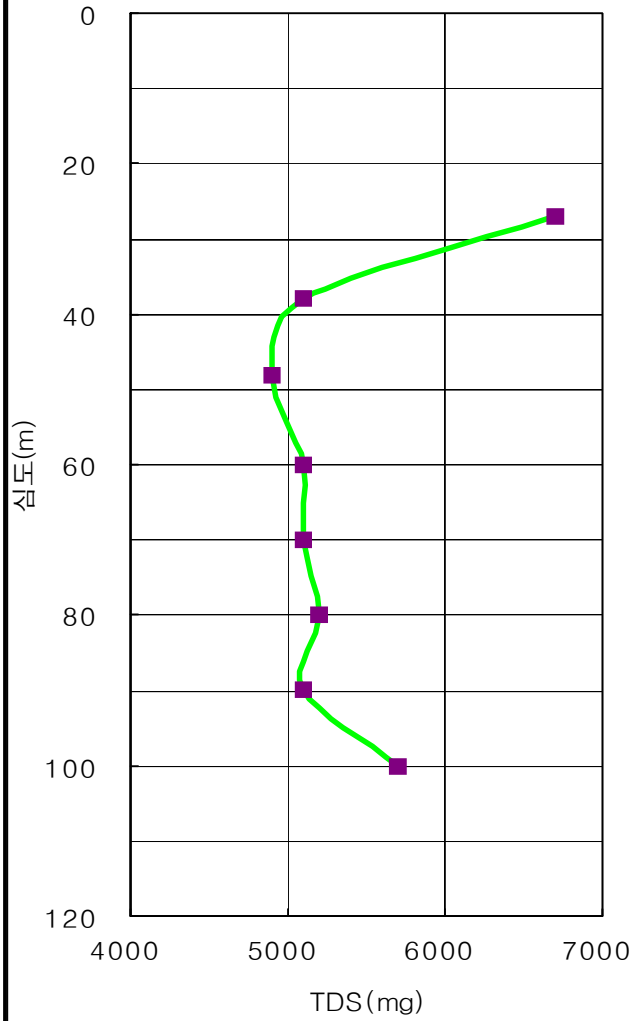
심도별 온도변화(완신 반석수산)



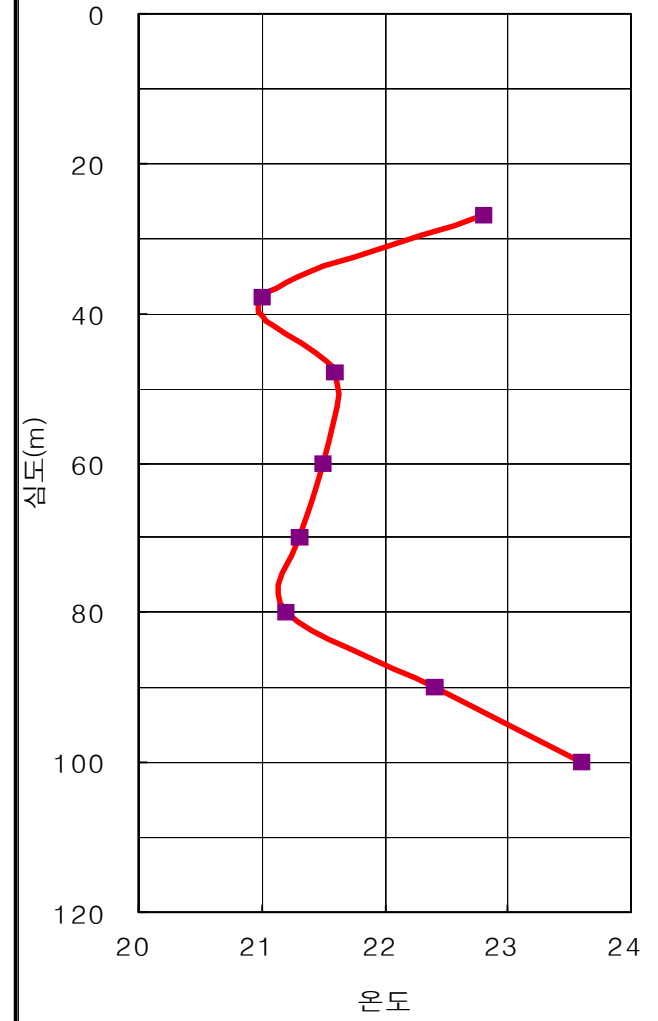





심도별 TDS변화(완신 영이수산)



심도별 온도변화(완신 영이수산)

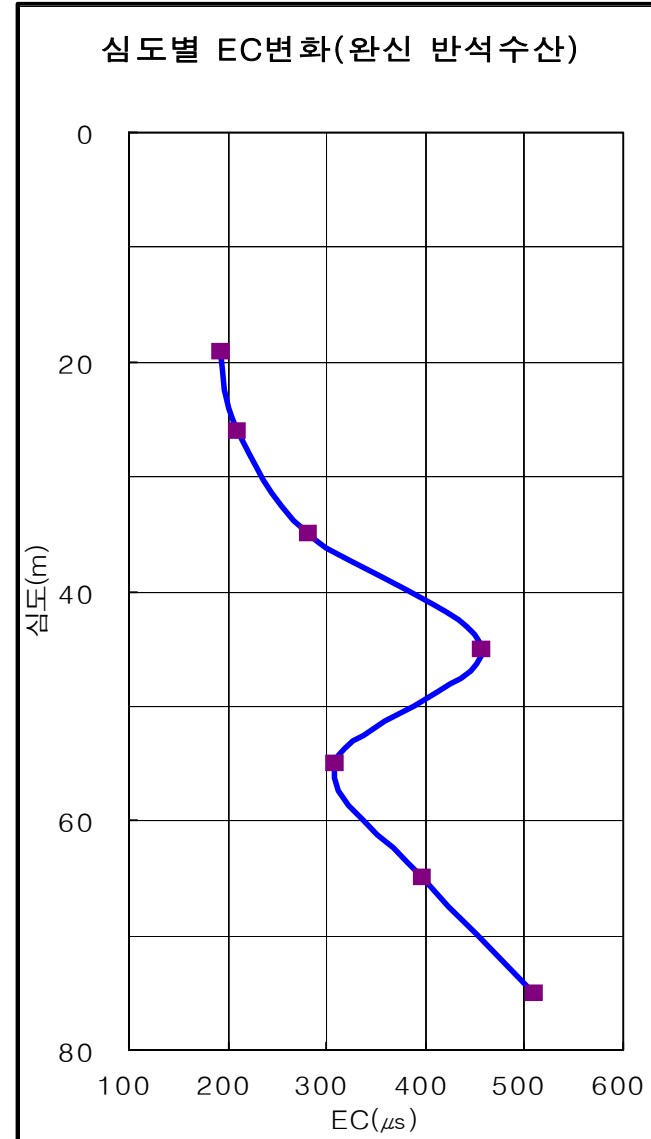
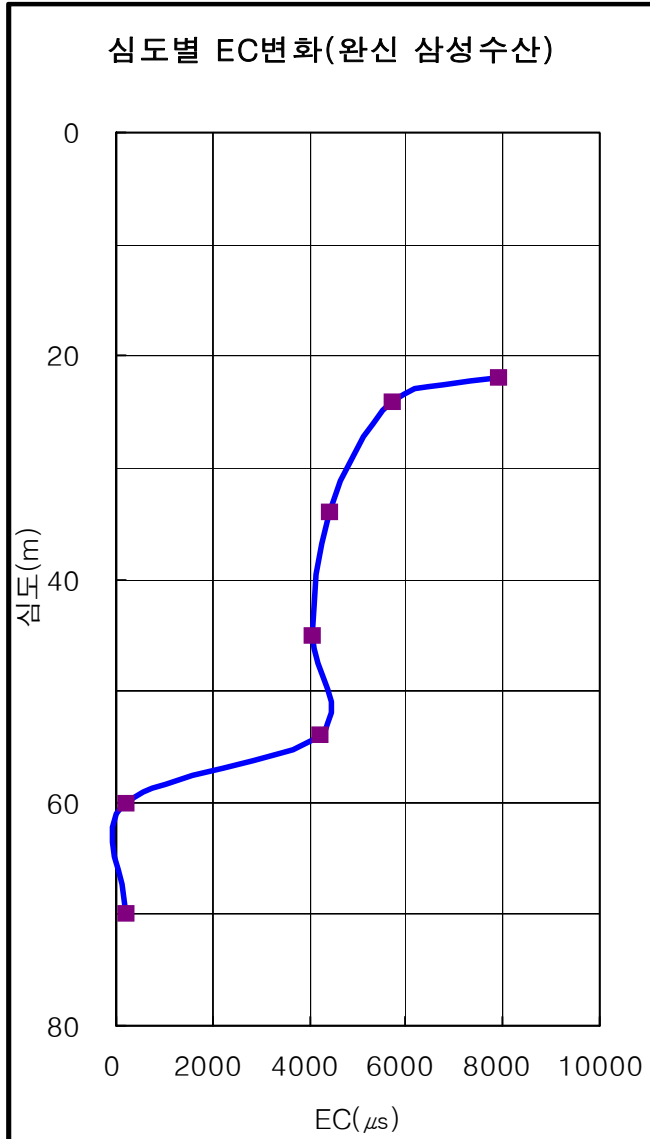




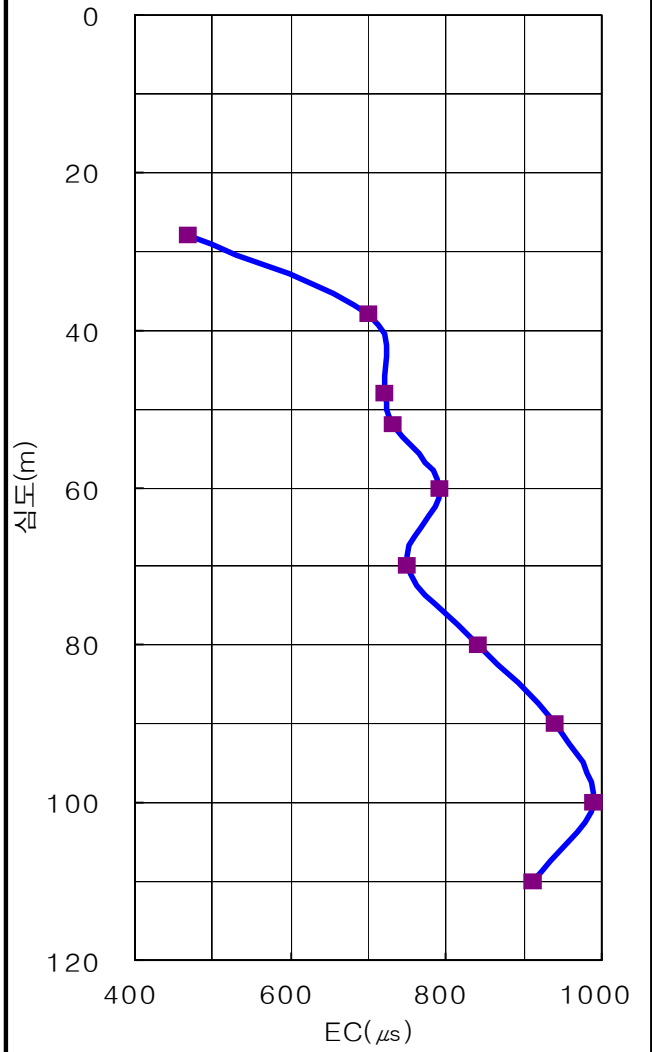
## 5.2 강마지구 EC검층결과



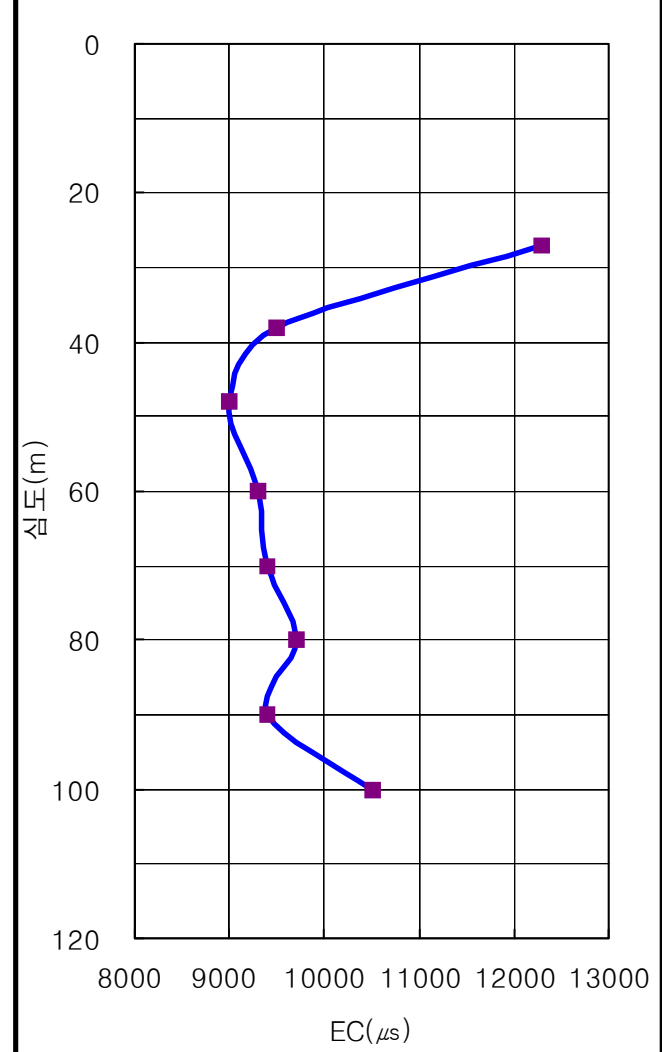
### <부록> 강마지구 EC검층 결과




심도별 EC변화(완신 달해도수산)



심도별 EC변화(완신 영이수산)






## 6.1 강마지구 양수시험 총괄표





<부록6-1> 양수시험 총괄표

대수층	관정공번	지질 기호	읍면	동리	관정 심도 (m)	자연 수위 (m)	안정 수위 (m)	K (m/d)	T (m <sup>2</sup> /d)	S	model	method
암반	GMBH-01		마량	원포	112	1.20	56.28		2.51E+ 00	4.09E-03	Confined	Theis
									2.51E+ 00	4.09E-03	Confined	Cooper-Jacob
									4.48E+ 00		Confined	Recovery
	GMBH-02		마량	원포	200	3.30	65.46		1.55E+ 00	3.13E-03	Confined	Theis
									1.55E+ 00	3.13E-03	Confined	Cooper-Jacob
									1.60E+ 00		Confined	Recovery
	GMBH-05		마량	마량	121	3.20	61.69		1.33E+ 00	2.43E-03	Confined	Theis
									1.33E+ 00	2.43E-03	Confined	Cooper-Jacob
									1.15E+ 00		Confined	Recovery



## 6.2 강마지구 양수시험 일보



## 장기양수시험일보

사업명 : 2011년 지하해수조사사업

공번: GMBH-1

위 치	전라남도 강진군 마량면 원포리 산7-9						
조 사 자	유 철			작업기간	시작: 2011년 10월 31일 13시 20분		
양 수 기	수중모터	Hp			종료: 2011년 11월 01일 16시 03분		
정호현황	정 호 경 : 150-250 m/m			양수전 심도 : 122.00 m			
양수시험 결 과	자연수위: 1.20 m		안정수위: 56.24 m		양수량 280.0 m <sup>3</sup> /d		
기타사항	양수량측정은 적산 유량계 사용, 일류수심은 V--notch 사용						
관 측 시 간		경과시간	일류수심	양 수 량	수 위	수위강하	비 고
시	분	(분)	(cm)	(m <sup>3</sup> /d)	( m )	( m )	
16	34	0	8.9	280.0	1.20	0.00	
	35	1	"	"	4.04	2.84	
	36	2	"	"	5.69	4.49	
	37	3	"	"	6.91	5.71	
	38	4	"	"	7.84	6.64	
	39	5	"	"	8.67	7.47	
	44	10	"	"	10.80	9.60	
	49	15	"	"	13.25	12.05	
	54	20	"	"	15.27	14.07	
	59	25	"	"	16.89	15.69	
17	04	30	"	"	18.31	17.11	
	09	35	"	"	19.55	18.35	
	14	40	"	"	20.53	19.33	
	19	45	"	"	21.73	20.53	
	24	50	"	"	22.57	21.37	
	29	55	"	"	23.36	22.16	
	34	60	"	"	24.08	22.88	

## 장기양수시험일보

관 측 시 간		경과시간 (분)	일류수심 (cm)	양 수 량 (m <sup>3</sup> /d)	수 위 ( m )	수위강하 ( m )	비 고
시	분						
14	35	75	8.9	280.0	25.43	24.23	
	50	90	"	"	26.52	25.32	
15	05	105	"	"	27.21	26.01	
15	20	120	"	"	27.93	26.73	
16	20	180	"	"	32.55	31.35	
17	20	240	"	"	36.50	35.30	
18	20	300	"	"	40.00	38.80	
19	20	360	"	"	43.25	42.05	
20	20	420	"	"	46.25	45.05	
21	20	480	"	"	49.05	47.85	
22	20	540	"	"	50.98	49.78	
23	20	600	"	"	52.38	51.18	
0	20	660	"	"	53.58	52.38	
1	20	720	"	"	54.78	53.58	
2	20	780	"	"	55.98	54.78	
3	20	840	"	"	56.24	55.04	
4	20	900	"	"	56.22	55.02	
5	20	960	"	"	56.30	55.10	
6	20	1020	"	"	56.44	55.24	
7	20	1080	"	"	56.24	55.04	
8	20	1140	"	"	56.36	55.16	
9	20	1200	"	"	56.28	55.08	
10	20	1260	"	"	56.24	55.04	
11	20	1320	"	"	56.28	55.08	
13	20	1440	"	"	56.24	55.04	
14	8	1488			56.28	55.08	

# 수위회복시험일보

( 회 복 수 위 측 정 )

관 측 시 간		경과시간 (분)	일류수심 (cm)	양 수 량 (m <sup>3</sup> /d)	수 위 ( m )	수위강하 (m)	비 고
시	분						
11	08	1488	8.9	280.0	55.28	54.08	
	09	1489	"	"	55.36	54.16	
	10	1490	"	"	53.51	52.31	
	11	1491	"	"	52.66	51.46	
	12	1492	"	"	51.51	50.31	
	13	1493	"	"	50.93	49.73	
	18	1498	"	"	49.24	48.04	
	23	1503	"	"	48.09	46.89	
	28	1508	"	"	47.20	46.00	
	33	1513	"	"	46.44	45.24	
	38	1518	"	"	45.77	44.57	
	43	1523	"	"	45.07	43.87	
12	48	1528	"	"	44.37	43.17	
	53	1533	"	"	43.68	42.48	
	58	1538	"	"	42.91	41.71	
	03	1543	"	"	42.16	40.96	
	08	1548	"	"	41.41	40.21	
	23	1563	"	"	38.87	37.67	
	38	1578	"	"	36.62	35.42	
13	53	1593	"	"	34.43	33.23	
16	03	1603			33.03	31.83	

## 장기양수시험일보

사업명 : 2011년 지하해수조사사업

공번: GMBH-2

위 치	전라남도 강진군 마량면 원포리 755-41						
조 사 자	유 철		작업기간	시작: 2011년 10월 31일 14시 44분			
양 수 기	수증모터	Hp		종료: 2011년 11월 01일 16시 27분			
정호현황	정 호 경 : 150-250 m/m		양수전 심도 : 200.00 m				
양수시험 결 과	자연수위: 3.30 m		안정수위: 65.43 m		양수량 200.0 m <sup>3</sup> /d		
기타사항	양수량측정은 적산 유량계 사용, 일류수심은 V--notch 사용						
관 측 시 간		경과시간	일류수심	양 수 량	수 위	수위강하	비 고
시	분	(분)	(cm)	(m <sup>3</sup> /d)	( m )	( m )	
14	44	0	7.7	200.0	3.30	0.00	
	45	1	"	"	3.63	0.33	
	46	2	"	"	5.57	2.27	
	47	3	"	"	6.93	3.63	
	48	4	"	"	8.13	4.83	
	49	5	"	"	9.18	5.88	
	54	10	"	"	13.22	9.92	
	59	15	"	"	16.61	13.31	
15	04	20	"	"	19.26	15.96	
	09	25	"	"	20.37	17.07	
	14	30	"	"	23.49	20.19	
	19	35	"	"	26.22	22.92	
	24	40	"	"	30.51	27.21	
	29	45	"	"	34.35	31.05	
	34	50	"	"	37.47	34.17	
	39	55	"	"	39.99	36.69	
	44	60	"	"	42.07	38.77	

## 장기양수시험일보

관 측 시 간		경과시간 (분)	일류수심 (cm)	양 수 량 (m <sup>3</sup> /d)	수 위 ( m )	수위강하 ( m )	비 고
시	분						
15	59	75	7.7	200.0	46.62	43.32	
16	14	90	"	"	49.62	46.32	
	29	105	"	"	52.26	48.96	
	44	120	"	"	54.58	51.28	
17	44	180	"	"	58.21	54.91	
18	44	240	"	"	59.85	56.55	
19	44	300	"	"	61.34	58.04	
20	44	360	"	"	62.30	59.00	
21	44	420	"	"	62.89	59.59	
22	44	480	"	"	63.22	59.92	
23	44	540	"	"	63.50	60.20	
00	44	600	"	"	63.75	60.45	
01	44	660	"	"	63.85	60.55	
02	44	720	"	"	64.13	60.83	
03	44	780	"	"	64.30	61.00	
04	44	840	"	"	64.45	61.15	
05	44	900	"	"	64.55	61.25	
06	44	960	"	"	64.90	61.60	
07	44	1020	"	"	65.10	61.80	
08	44	1080	"	"	65.09	61.79	
09	44	1140	"	"	65.05	61.75	
10	44	1200	"	"	65.05	61.75	
11	44	1260	"	"	65.27	61.97	
12	44	1320	"	"	65.43	62.13	
13	44	1380	"	"	65.43	62.13	
14	15	1411			65.46	62.16	



# 수위회복시험일보

( 회 복 수 위 측 정 )

관 측 시 간		경과시간 (분)	일류수심 (cm)	양 수 량 (m <sup>3</sup> /d)	수 위 ( m )	수위강하 (m)	비 고
시	분						
14	15	1429	7.7	200.0	65.46	62.16	
	16	1430	"	"	63.09	59.79	
	17	1431	"	"	57.67	54.37	
	18	1432	"	"	54.67	51.37	
	19	1433	"	"	51.61	48.31	
	20	1434	"	"	48.83	45.53	
	25	1439	"	"	38.89	35.59	
	30	1444	"	"	32.29	28.99	
	35	1449	"	"	27.39	24.09	
	40	1454	"	"	23.93	20.63	
	45	1459	"	"	23.51	20.21	
	50	1464	"	"	23.22	19.92	
	55	1469	"	"	22.91	19.61	
15	00	1474	"	"	22.77	19.47	
	05	1479	"	"	22.26	18.96	
	10	1484	"	"	21.21	17.91	
	15	1489	"	"	20.22	16.92	
	30	1504	"	"	19.06	15.76	
	45	1519	"	"	17.26	13.96	
16	00	1534	"	"	15.50	12.20	
	15	1549	"	"	13.97	10.67	
	27	1609	"	"	12.94	9.64	

## 장기양수시험일보

사업명 : 2011년 지하해수조사사업


공번: GMBH-5

위 치	전라남도 강진군 마량면 마량리 1277-13						
조 사 자	유 철		작업기간	시작: 2011년 10월 31일 16시 34분			
양 수 기	수증모터	Hp		종료: 2011년 11월 01일 13시 11분			
정호현황	정 호 경 : 150-250 m/m			양수전 심도 : 121.00 m			
양수시험 결 과	자연수위: 3.20 m		안정수위: 62.07 m		양수량 150.0 m <sup>3</sup> /d		
기타사항	양수량측정은 적산 유량계 사용, 일류수심은 V--notch 사용						
관 측 시 간		경과시간	일류수심	양 수 량	수 위	수위강하	비 고
시	분	(분)	(cm)	(m <sup>3</sup> /d)	( m )	( m )	
16	34	0	6.9	150.0	3.20	0.00	
	35	1	"	"	4.15	0.95	
	36	2	"	"	5.55	2.35	
	37	3	"	"	6.57	3.37	
	38	4	"	"	9.68	6.48	
	39	5	"	"	12.27	9.07	
	44	10	"	"	20.19	16.99	
	49	15	"	"	25.17	21.97	
	54	20	"	"	29.49	26.29	
	59	25	"	"	32.71	29.51	
17	04	30	"	"	35.28	32.08	
	09	35	"	"	37.29	34.09	
	14	40	"	"	38.88	35.68	
	19	45	"	"	40.21	37.01	
	24	50	"	"	41.25	38.05	
	29	55	"	"	42.19	38.99	
	34	60	"	"	43.01	39.81	

## 장기양수시험일보

관 측 시 간		경과시간 (분)	일류수심 (cm)	양 수 량 (m <sup>3</sup> /d)	수 위 ( m )	수위강하 ( m )	비 고
시	분						
17	49	75	6.9	150.0	44.83	41.63	
	04	90	"	"	46.63	43.43	
	19	105	"	"	47.83	44.63	
	34	120	"	"	48.83	45.63	
18	34	180	"	"	52.33	49.13	
19	34	240	"	"	54.41	51.21	
21	34	300	"	"	55.95	52.75	
22	34	360	"	"	56.75	53.55	
23	34	420	"	"	57.20	54.00	
00	34	480	"	"	57.67	54.47	
01	34	540	"	"	58.24	55.04	
02	34	600	"	"	58.91	55.71	
03	34	660	"	"	59.57	56.37	
04	34	720	"	"	60.23	57.03	
05	34	780	"	"	60.63	57.43	
06	34	840	"	"	61.04	57.84	
07	34	900	"	"	61.45	58.25	
08	34	960	"	"	62.07	58.87	
09	34	1020	"	"	62.36	59.16	
10	34	1080	"	"	61.97	58.77	
11	23	1129	"	"	61.69	58.49	





## 7.1 강마지구 생활용수분석 수질성적서



발 음 : 광주 광산구 우산동 1576-3  
 한국농어촌공사전남지역본부 유철 귀하

506-050

지하수 수질검사결과 통보서

수신 : 해안수산  
 제목 : 수질검사성적서 교부  
 발 신 : 다산생명과학원(주)  
 발급번호 : 수연305111114-1호  
 발 급 일 : 2011년 11월 14일

귀하께서 의뢰한 시료의 검사결과는 아래와 같습니다.  
 이 성적서는 의뢰인이 제시한 시료에 대한 결과이며 검사목적 이외에는 사용할 수 없습니다.

1. 시료 내용					
접수번호	5111101-45	접수일	2011년 11월 1일		
의뢰인	해안수산				
시료명	지하수(음용수)	검사목적	참고용		
채수장소	전남 강진군 마량면 원포리 산7-9 (양수직후) GMBH-01				
지하수용도	음용수	원수/정수여부	해당없음		
비고	판정은 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 [별표4]에 따라 음용수의 경우 먹는물 수질기준 및 검사등에 관한 규칙 [별표1]의 "음용수"기준에 의거합니다. (단위:mg/L.)				
2. 수질검사 결과					
검사항목	기준	검사결과	검사항목	기준	검사결과
일반세균	100 CFU/mL이하	91	톨루엔	0.7 mg/L이하	0.004
총대장균군	불검출/100mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L이하	불검출
대장균/분원성대장균군	불검출/100mL	불검출	크실렌	0.5 mg/L이하	불검출
납	0.01 mg/L이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출
볼소	1.5 mg/L이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L이하	불검출
비소	0.01 mg/L이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L이하	불검출
세레늄	0.01 mg/L이하	0.025	1,4-다이옥산	0.05 mg/L이하	불검출
수은	0.001 mg/L이하	불검출	경도	300 mg/L이하	75
시안	0.01 mg/L이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L이하	2.3
크롬	0.05 mg/L이하	불검출	냄새	무취	없음
암모니아성질소	0.5 mg/L이하	0.09	맛	무미	있음
질산성질소	10 mg/L이하	0.3	동(구리)	1 mg/L이하	불검출
카드뮴	0.005 mg/L이하	불검출	색도	5도이하	10
보론	1.0 mg/L이하	0.18	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L이하	불검출
페놀	0.005 mg/L이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.8
다이아지논	0.02 mg/L이하	불검출	아연	3 mg/L이하	0.210
파라타이온	0.06 mg/L이하	불검출	염소이온	250 mg/L이하	1575
페니트로티온	0.04 mg/L이하	불검출	중발잔류물	500 mg/L이하	91
카바릴	0.07 mg/L이하	불검출	철	0.3 mg/L이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L이하	불검출	망간	0.3 mg/L이하	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L이하	불검출	탁도	1.0 NTU 이하	5.10
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출	황산이온	200 mg/L이하	208
디클로로메탄	0.02 mg/L이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L이하	0.04
벤젠	0.01 mg/L이하	불검출			
종합결과	부적합 (세레늄, 맛, 색도, 염소이온, 탁도, 황산이온)				

다산생명과학원(주) 대표이사



국립환경과학원지정 먹는물수질검사기관 제 4호 / 식품의약품안전청지정 식품위생검사기관 제 41호 / 국립수의과학검역원지정 축산물위생검사기관 제 15호

297mm×210mm 인쇄용지특급 100g/m<sup>2</sup>

<GMBH-01호공 음용수 분석 수질성적서>





발 음 : 광주 광산구 우산동 1576-3  
 한국농어촌공사전남지역본부 유철 귀하  
 506-050

지하수 수질검사결과 통보서

수신 : 정안수산  
 제목 : 수질검사성적서 교부  
 발 신 : 다산생명과학원(주)  
 발급번호 : 수연305111114-3호  
 발 급 일 : 2011년 11월 14일

귀하께서 의뢰한 시료의 검사결과는 아래와 같습니다.  
 이 성적서는 의뢰인이 제시한 시료에 대한 결과이며 검사목적 이외에는 사용할 수 없습니다.

1. 시료 내용					
접수번호	5111101-47	접 수 일	2011년 11월 1일		
의뢰인	정안수산				
시료명	지하수(음용수)	검사목적	참고용		
채수장소	전남 강진군 마량면 원포리755-41 (양수직후) GMBH-02				
지하수용도	음용수	원수/정수여부	해당없음		
비고	판정은 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 [별표4]에 따라 음용수의 경우 먹는물 수질기준 및 검사등에 관한 규칙 [별표1]의 "음용수"기준에 의거합니다.				
(단위:mg/L)					
2. 수질검사 결과					
검사항목	기준	검사결과	검사항목	기준	검사결과
일반세균	100 CFU/mL이하	630	톨루엔	0.7 mg/L이하	0.002
총대장균군	불검출/100mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L이하	불검출
대장균/분원성대장균군	불검출/100mL	불검출	크실렌	0.5 mg/L이하	불검출
납	0.01 mg/L이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출
불소	1.5 mg/L이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L이하	불검출
비소	0.01 mg/L이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L이하	불검출
세레늄	0.01 mg/L이하	0.171	1,4-다이옥산	0.05 mg/L이하	불검출
수은	0.001 mg/L이하	불검출	경도	300 mg/L이하	97
시안	0.01 mg/L이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L이하	1.6
크롬	0.05 mg/L이하	불검출	냄새	무취	없음
암모니아성질소	0.5 mg/L이하	0.76	맛	무미	있음
질산성질소	10 mg/L이하	불검출	동(구리)	1 mg/L이하	0.018
카드뮴	0.005 mg/L이하	0.015	색도	5도이하	불검출
보론	1.0 mg/L이하	0.27	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L이하	불검출
페놀	0.005 mg/L이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.9
다이아지논	0.02 mg/L이하	불검출	아연	3 mg/L이하	0.201
파라티온	0.06 mg/L이하	불검출	염소이온	250 mg/L이하	12750
페니트로티온	0.04 mg/L이하	불검출	증발잔류물	500 mg/L이하	113
카바릴	0.07 mg/L이하	불검출	철	0.3 mg/L이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L이하	불검출	망간	0.3 mg/L이하	0.066
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L이하	불검출	탁도	1.0 NTU 이하	3.02
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출	황산이온	200 mg/L이하	1365
디클로로메탄	0.02 mg/L이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L이하	불검출
벤젠	0.01 mg/L이하	불검출			
종합결과	부적합 (일반세균, 세레늄, 암모니아성질소, 카드뮴, 맛, 염소이온, 탁도, 황산이온)				

다산생명과학원(주) 대표이사



국립환경과학원지정 먹는물수질검사기관 제4호 / 식품의약품안전청지정 식품위생검사기관 제41호 / 국립수의과학검역원지정 축산물위생검사기관 제15호

297mm x 210mm 인쇄용지특급 100g/m<sup>2</sup>

<GMBH-02호공 음용수 분석 수질성적서>



발 음 : 광주 광산구 우산동 1576-3  
 한국농어촌공사전남지역본부 유철 귀하  
 506-050

지하수 수질검사결과 통보서

수신 : 태평수산  
 제목 : 수질검사성적서 교부  
 발 신 : 다산생명과학원(주)  
 발급번호 : 수연305111114-2호  
 발 급 일 : 2011년 11월 14일

귀하께서 의뢰한 시료의 검사결과는 아래와 같습니다.  
 이 성적서는 의뢰인이 제시한 시료에 대한 결과이며 검사목적 이외에는 사용할 수 없습니다.

1. 시료 내용		집 수 일		2011년 11월 1일	
검수번호	5111101-46	의뢰인		태평수산	
시료명	지하수(음용수)	검사목적	참고용		
채수장소	전남 강진군 마량면 마량리1277-93 (양수직후) <b>GMBH-05</b>				
지하수용도	음용수	원수/정수여부	해당없음		
비고	판정은 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 [별표4]에 따라 음용수의 경우 먹는물 수질기준 및 검사등에 관한 규칙 [별표1]의 "음용수"기준에 의거합니다.				
(단위:mg/L)					
2. 수질검사 결과					
검사항목	기준	검사결과	검사항목	기준	검사결과
일반세균	100 CFU/mL이하	400	톨루엔	0.7 mg/L이하	0.003
총대장균군	불검출/100mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L이하	불검출
대장균/분원성대장균군	불검출/100mL	불검출	크실렌	0.5 mg/L이하	불검출
납	0.01 mg/L이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출
불소	1.5 mg/L이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L이하	불검출
비소	0.01 mg/L이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L이하	불검출
세레늄	0.01 mg/L이하	0.342	1,4-다이옥산	0.05 mg/L이하	불검출
수은	0.001 mg/L이하	불검출	경도	300 mg/L이하	81
시안	0.01 mg/L이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L이하	4.0
크롬	0.05 mg/L이하	불검출	냄새	무취	없음
암모니아성질소	0.5 mg/L이하	1.09	맛	무미	있음
질산성질소	10 mg/L이하	불검출	동(구리)	1 mg/L이하	0.047
카드뮴	0.005 mg/L이하	0.011	색도	5도이하	2
보론	1.0 mg/L이하	2.51	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L이하	불검출
페놀	0.005 mg/L이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	7.1
다이아지논	0.02 mg/L이하	불검출	아연	3 mg/L이하	0.047
파라티온	0.06 mg/L이하	불검출	염소이온	250 mg/L이하	19604
메트로티온	0.04 mg/L이하	불검출	증발잔류물	500 mg/L이하	95
카바릴	0.07 mg/L이하	불검출	철	0.3 mg/L이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L이하	불검출	망간	0.3 mg/L이하	0.775
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L이하	불검출	탁도	1.0 NTU 이하	3.11
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출	황산이온	200 mg/L이하	2632
디클로로메탄	0.02 mg/L이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L이하	불검출
벤젠	0.01 mg/L이하	불검출			
종합결과	부적합 (일반세균, 세레늄, 암모니아성질소, 카드뮴, 보론, 맛, 염소이온, 망간, 탁도, 황산이온)				

다산생명과학원(주) 대표이사



국립환경과학원지정 먹는물수질검사기관 제4호 / 식품의약품안전청지정 식품위생검사기관 제41호 / 국립수의과학검역원지정 축산물위생검사기관 제15호

297mm×210mm 인쇄용지특급 100g/m<sup>2</sup>

<GMBH-05호공 음용수 분석 수질성적서>



발 음 : 광주 광산구 우산동 1576-3  
 한국농어촌공사전남지역본부 유철 귀하

506-050

지하수 수질검사결과 통보서

수신 : 태평수산  
 제목 : 수질검사성적서 교부  
 발 신 : 다산생명과학원(주)  
 발급번호 : 수안305111111-5호  
 발 급 일 : 2011년 11월 11일

귀하께서 의뢰한 시료의 검사결과는 아래와 같습니다.  
 이 성적서는 의뢰인이 제시한 시료에 대한 결과이며 검사목적 이외에는 사용할 수 없습니다.

1. 시료 내용

접수번호	5111102-43	접수일	2011년 11월 2일
의뢰인	태평수산	검사목적	참고용
시료명	지하수(음용수)	검사목적	참고용
채수장소	전남 강진군 마량면 마량리1277-93 (양수24시간후) GMBH-05		
지하수용도	음용수	원수/정수여부	
비고	판정은 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 [별표4]에 따라 음용수의 경우 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 [별표1]의 "음용수"기준에 의거합니다. (단위:mg/L)		

2. 수질검사 결과

검사항목	기준	검사결과	검사항목	기준	검사결과
일반세균	100 CFU/mL이하	8	톨루엔	0.7 mg/L이하	0.001
총대장균군	불검출/100mL	검출	에틸벤젠	0.3 mg/L이하	불검출
대장균/분원성대장균군	불검출/100mL	불검출	크실렌	0.5 mg/L이하	불검출
납	0.01 mg/L이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출
불소	1.5 mg/L이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L이하	불검출
비소	0.01 mg/L이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L이하	불검출
세레늄	0.01 mg/L이하	0.444	1,4-다이옥산	0.05 mg/L이하	불검출
수은	0.001 mg/L이하	불검출	경도	300 mg/L이하	7030
시안	0.01 mg/L이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L이하	2.6
크롬	0.05 mg/L이하	불검출	냄새	무취	없음
암모니아성질소	0.5 mg/L이하	0.82	맛	무미	있음
질산성질소	10 mg/L이하	불검출	동(구리)	1 mg/L이하	0.056
카드뮴	0.005 mg/L이하	0.014	색도	5도이하	불검출
보론	1.0 mg/L이하	2.47	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L이하	불검출
페놀	0.005 mg/L이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.7
다이아지논	0.02 mg/L이하	불검출	아연	3 mg/L이하	0.122
파라티온	0.06 mg/L이하	불검출	염소이온	250 mg/L이하	19676
페니트로티온	0.04 mg/L이하	불검출	중발잔류물	500 mg/L이하	903
카바릴	0.07 mg/L이하	불검출	철	0.3 mg/L이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L이하	불검출	망간	0.3 mg/L이하	0.706
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L이하	불검출	탁도	1.0 NTU 이하	0.02
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L이하	불검출	황산이온	200 mg/L이하	2389
디클로로메탄	0.02 mg/L이하	0.003	알루미늄	0.2 mg/L이하	불검출
벤젠	0.01 mg/L이하	불검출			
종합결과	부적합 (총대장균군, 세레늄, 암모니아성질소, 카드뮴, 보론, 경도, 맛, 염소이온, 중발잔류물, 망간, 황산이온)				


다산생명과학원(주) 대표이사



영산강유역환경청지정 먹는물수질검사기관 제4호 / 식품의약품안전청지정 식품위생검사기관 제45호 / 국립수의과학검역원지정 축산물위생검사기관 제22호

297mm×210mm 인쇄용지특급 100g/m<sup>2</sup>

<GMBH-05호공 음용수 분석 수질성적서>



## 7.2 강마지구 양음이온분석결과



<부록7-2> 양·음이온 분석 결과

관정번호	읍면	동리	번지	대수층	심도	지질	pH	T (°C)	EC (uS/cm)	TDS (mg/l)	Na	K	Ca	Cl	Mg	HCO3-	SO42-	NO3-N (mg/l)	Si
GMBH-1-1	마량면	원포리	산 7-9	암반	112		6.9	17.2	5930	3854.5	314.7	6.4	232.6	964.1	91.9	58.0	119.5	-	-
GMBH-1-2	마량면	원포리	산 7-9	암반	112		6.9	17.2	5930	3854.5	256.5	6.2	229.6	845.1	77.2	61.0	97.2	-	-
GMBH-2-1	마량면	원포리	755-41	암반	200		6.8	17.5	27200	17680	2376.8	23.6	1384.8	6845.4	596.4	51.9	608.5	-	-
GMBH-2-2	마량면	원포리	755-41	암반	200		6.8	17.5	27200	17680	2384.0	22.6	1515.6	8075.8	682.2	61.0	662.0	-	-
GMBH-5-1	마량면	마량리	1277-13	암반	121		8.4	17.4	47200	30680	5270.6	51.2	1514.7	13678.5	1280.7	103.7	1793.1	-	-
GMBH-5-2	마량면	마량리	1277-13	암반	121		8.4	17.4	47200	30680	5791.4	42.6	1892.6	13512.3	1292.0	149.5	1848.1	-	-







## 7.3 강마지구 양음이온분석 성적서



## <강마지구 양음이온분석 성적서>



**Center for Mineral Resources Research**

**전략광물자원연구소**

우 136-701 서울특별시 성북구 안암 5가 1

TEL. (02)3290-4268 FAX. (02)921-0912

**To. 농어촌공사 귀하**

**From . 전략광물자원연구소 환경분석연구실**

Tel. 02)3290-4268, 921-0912 Fax. 02)921-0912

### 시 험 성 적 서

귀사에서 의뢰하신 물 시료의 성분분석 성적서를 아래와 같이 드립니다.

아 래

#### **Ion Chromatography 분석조건**

기기명 : DIONEX ICS-1100 Automated Dual Column IC

분석조건 Column : AS14 – SC 4 mm

Flow Rate : 1.20 mL/min.

Eluent : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ( 3.5 mM ) / NaHCO<sub>3</sub> ( 1.0 mM )

Anion Self-Regenerating Suppressor : ASRS-I 4mm

#### **ICP -OES 분석조건**

기기명 : Perkin-Elmer Optima 3000XL

분석조건 : RF Power 1350 Watt.

Plasma Flow 15 L/min.

Coolant Flow 0.5 L/min.

Nebulizer Flow 0.5 L/min.

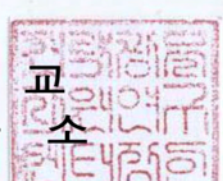
2011 년 11 월 28 일

고 려 대 학 교  
전 략 광 물 자 원 연 구 소



중 2011-93

지  
참  
시  
료

성분 분석 성적서						
접수번호	I2011-63		분석일자	2011. 11. 18		
분석의뢰자	한국농어촌공사전남지역본부	사업자등록번호	410 - 82 - 11414			
주소	광주광역시 광산구 우산동 1576-3					
분석방법	ICP-OES, IC, Titration	시료수	물시료 5개			
분석결과						
시료명 분석항목 (ppm)	GMBH-1-1	GMBH-1-2	GMBH-2-1	GMBH-2-2	GMBH-5-1	
1 Na	314.7	256.5	2376.8	2384.0	5270.6	
2 K	6.4	6.2	23.6	22.6	51.2	
3 Ca	232.6	229.6	1384.8	1515.6	1514.7	
4 Mg	91.9	77.2	596.4	682.2	1280.7	
5 Cl	964.1	845.1	6845.4	8075.8	13678.5	
6 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	58.0	61.0	51.9	61.0	103.7	
7 SO <sub>4</sub>	119.5	97.2	608.5	662.0	1793.1	
8 NO <sub>3</sub>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
9 F	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
10 Br	2.3	1.3	25.6	22.3	53.5	
11 CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12 이	하			여	백	
13						
14						
15						
16						
n.d. : Not Detected						
위의 기재한 사항은 귀하가 전락광물자원연구소에 의뢰한 시료에 대한 분석 시험의 성적입니다.						
2011 년 11 월 28 일						
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>고 려 대 학</span> <span>교 소</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>전 락 광 물 자 원 연 구</span>  </div>						

# 본 성적서는 대외적인 목적(상업적인 선전광고 및 판매촉진이나 분쟁해결의 수단 등)으로 사용할 수 없음.

중 2011-94

지  
참  
시  
료

성분 분석 성적서						
접수번호	I2011-63	분석일자	2011. 11. 18			
분석의뢰자	한국농어촌공사전남지역본부	사업자등록번호	410 - 82 - 11414			
주소	광주광역시 광산구 우산동 1576-3					
분석방법	ICP-OES, IC, Titration	시료수	물시료 5개			
분석결과						
시료명						
분석항목 (ppm)	GMBH-5-2	WG2BH-1-1	WG2BH-1-2	WG2BH-3-1	WG2BH-3-2	
1	Na	5791.4	830.9	1306.0	3678.2	4874.0
2	K	42.6	13.4	23.9	47.1	42.9
3	Ca	1892.6	362.8	356.2	1753.1	1639.6
4	Mg	1292.0	122.0	182.7	846.5	904.0
5	Cl	13512.3	1986.0	2757.5	10822.0	11062.2
6	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	149.5	103.7	125.1	155.6	173.9
7	SO <sub>4</sub>	1848.1	205.3	333.5	1433.8	1222.5
8	NO <sub>3</sub>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
9	F	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10	Br	48.2	4.9	5.6	41.8	25.2
11	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	이	하			여	백
13						
14						
15						
16						
n.d. : Not Detected						
위의 기재한 사항은 귀하가 전라광물자원연구소에 의뢰한 시료에 대한 분석 시험의 성적입니다.						
2011년 11월 28일						
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>고 려 대 학</span> <span>교 소</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>전 락 광 물 자 원 연 구</span> <span>소</span> </div>						



# 본 성적서는 대외적인 목적(상업적인 선전광고 및 판매촉진이나 분쟁해결의 수단 등)으로 사용할 수 없음.



## 8.1 강마지구 시추공 모니터링 결과



# 강마지구 모니터링 결과

<강마지구 지하해수 시추공 월별 모니터링 결과>

공번	월	수위	수질					월평균 강수량 (mm)
			온도 (°C)	pH	EC ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	TDS ( $\text{mg}/\ell$ )	염도 (‰)	
GMBH-01	8월	1.5	18.4	7.0	10,300.0	6,695.0	6.7	35.3
	9월	1.7	18.1	6.7	9,320.0	6,058.0	6.1	8.8
	10월	1.3	17.7	6.9	7,431.0	4,830.2	4.8	10.8
	11월	1.2	17.8	6.9	5,990.0	3,893.5	3.9	4.0
	12월	1.8	17.3	7.0	6,730.0	4,374.5	4.4	7.6
GMBH-02	8월	3.2	18.1	7.1	25,200.0	16,380.0	16.4	35.3
	9월	3.1	18.0	7.0	27,900.0	18,135.0	18.1	8.8
	10월	2.9	17.8	6.6	26,800.0	17,420.0	17.4	10.8
	11월	3.3	17.8	6.8	26,400.0	17,160.0	17.2	4.0
	12월	3.6	17.7	6.9	25,000.0	16,250.0	16.3	7.6
GMBH-05	8월	2.9	18.3	8.4	29,900.0	19,435.0	19.4	35.3
	9월	3.0	18.0	8.3	30,300.0	19,695.0	19.7	8.8
	10월	3.6	17.6	8.0	40,700.0	26,455.0	26.5	10.8
	11월	3.2	17.6	7.9	47,200.0	30,680.0	30.7	4.0
	12월	3.4	17.2	8.0	46,500.0	30,225.0	30.2	7.6





## 8.2 장흥관측소 강우자료



## 장흥기상대 강우자료

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1일	0.0	-	9.5	29.5	-	-	-	-	30.0	-	-	-
2일	0.4	-	-	-	-	-	10.0	-	8.5	26.0	-	-
3일	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	9.5	-	-
4일	3.0	-	1.5	-	-	-	-	-	-	2.5	-	-
5일	0.5	-	9.0	-	4.0	-	-	6.5	-	0.5	-	-
6일	0.2	-	10.0	-	5.5	-	-	1.5	16.0	-	-	-
7일	-	1.0	1.0	-	-	-	-	-	2.5	-	-	-
8일	-	7.0	-	-	-	-	-	-	0.5	9.0	2.0	1.0
9일	-	3.5	1.0	-	-	-	9.5	0.2	-	-	-	-
10일	-	7.5	3.5	-	-	-	19.0	120.5	-	-	-	-
11일	-	35.5	-	3.5	-	0.5	59.5	28.5	23.5	-	13.0	-
12일	0.0	3.0	-	5.5	-	10.0	-	-	19.0	-	-	0.2
13일	1.0	-	-	-	-	-	32.0	28.5	-	-	-	21.0
14일	-	-	0.5	1.0	-	-	-	-	0.5	-	-	-
15일	-	-	31.0	-	-	-	0.5	6.5	0.5	-	-	-
16일	-	-	-	-	-	-	38.0	5.0	-	-	-	-
17일	-	-	0.4	-	17.0	-	2.5	90.5	-	-	0.1	-
18일	-	-	3.5	1.0	74.5	0.5	-	-	-	-	-	-
19일	-	-	-	16.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-
20일	12.5	-	-	-	-	-	6.5	-	0.5	-	-	-
21일	-	-	-	16.5	-	-	1.0	-	8.5	-	-	-
22일	-	-	3.0	34.0	31.0	-	-	-	4.5	-	7.5	-
23일	-	-	13.0	0.5	8.0	-	-	-	-	-	-	-
24일	-	-	-	-	3.5	-	18.5	-	-	17.0	-	-
25일	-	49.0	-	-	0.1	-	2.0	30.5	-	-	-	-
26일	-	9.0	-	31.0	0.3	29.5	1.5	57.5	0.1	-	-	0.5
27일	17.0	3.5	-	0.5	-	2.5	3.5	30.5	-	-	0.2	-
28일	-	-	-	20.5	-	44.5	59.5	137.5	-	-	-	3.0
29일	-	-	-	-	-	-	3.5	11.5	-	-	1.0	-
30일	-	-	-	-	-	1.0	0.0	4.5	-	-	-	21.5
31일	-	-	24.5	-	0.1	-	-	5.5	-	-	-	6.0
합계	34.6	119	111.4	160	146	88.5	268.5	565.2	114.6	64.5	23.8	53.2



### 8.3 녹동지역 조석간만표





















9. 강마지구 지하해수 활용방안에  
대한  
어업인의 의견수렴 내용



■ GMBH-01 양식장 대상 의견수렴 결과

지구	상호	위치	대표 어종	어업 종류	필요 수량 (m <sup>3</sup> /일)	생육조건		지하해수				
						염도 (‰)	온도 (°C)	산출량 (m <sup>3</sup> /일)	비중 (염도, ‰)	온도 (°C)	공변	영향 반경 (m)
강마	해안 수산	강진군 마량면 원포리 산7-9번지	전복	육상양식	3,000	24.7	20.5	400	1.0021 (3.9)	17.2	BH-1	73

지하해수 활용계획 (양식어가 설문조사)	어가 호응도	주변 환경	개발형태	소요수량 (공, 개소)	개발 시 문제점	비고
<p>해안수산은 전복 양식장으로 생육환경으로 수온이 19℃, 염도는 최소 20% 이상이 유지될 때 먹이 섭이활동이 왕성하므로 지하해수 사용시기는 12월말부터 3월말까지 약 3개월 집중 활용할 계획임.</p> <p>금번 시추조사결과 지하해수 조사공의 염분농도가 4‰ 정도로 산출되어 수조에 직접 사용하는 것은 생물성장에 불리하므로 온도조절 목적으로 히트펌프 등과 연계하여 사용토록 함</p>	<p>전복 치패 성장기가 주로 봄철로서 수온이 낮아 성장이 지체되므로 지하해수에 대한 호응도는 좋으나 염분농도가 낮아 추가 개발은 어려움</p>	<p>양식장 상류부에 소규모 주거지와 농경지가 분포하고 주변에 인접하여 대규모 양식단지(전복)가 4개소가 집중되어 있음</p>	<p>본 조사공은 해안가에서 약 250m 정도 떨어져 있으며 지질구조는 응회암이 분포하고 있음.</p> <p>주대수층은 지표하 90m구간에 분포하고 있어 암반관정이가장 효과적임.</p>	<p>개발가능량이 300m<sup>3</sup>/일이상이므로 1~2공 정도가 예상되며, 시추계획 심도는 100~150m가 적당함.</p>	<p>조사공 시추시 25~40m, 100m 하부에서 염분농도가 급작스럽게 높아지는 경향을 보여 해수가 유입되는 것으로 판단됨.</p> <p>개발시 산출량은 400m<sup>3</sup>/일이며, 양수시험시 양수량은 280m<sup>3</sup>/일로 수위변화가 55m 정도 발생하고 안정수위에 도달하여 300m<sup>3</sup>/일 이상으로 사용가능함.</p>	



■ GMBH-02 양식장 대상 의견수렴 결과

지구	상호	위치	대표 어종	어업 종류	필요 수량 (m <sup>3</sup> /일)	생육조건		지하해수				
						염도 (‰)	온도 (°C)	산출량 (m <sup>3</sup> /일)	비중 (염도, ‰)	온도 (°C)	공변	영향 반경 (m)
강마	정안 수산	강진군 마량면 원포리 755-41번지	전복	육상종묘	9,000	24.6	20.7	270	1.0127 (17.7)	17.5	BH-2	69

지하해수 활용계획 (양식어가 설문조사)	어가 호응도	주변 환경	개발형태	소요수량 (공, 개소)	개발 시 문제점	비고
정안수산은 전복 양식장으로 생육환경으로 수온이 19℃, 염도는 최소 20% 이상이 유지될 때 먹이 섭이활동이 왕성하므로 지하해수 사용시기는 12월말부터 3월말까지 약 3개월 집중 활용할 계획임. 금번 시추조사결과 지하해수 조사공의 염분농도가 17.7% 정도로 산출되어 수조에 직접 사용하는 것은 생물성장에 불리하므로 온도조절 목적으로 해수와 일정비율로 혼합하여 사용토록 함	전복 치패 성장기가 주로 봄철로서 수온이 낮아 성장이 지체되나 지하해수 사용경험이 전무한 상태여서 효과를 크게 느끼지는 못하나 호응도는 좋음.	양식장 상류부에 소규모 주거지와 농경지가 분포하고 주변에 인접하여 대규모 양식단지(전복)가 집중되어 있음	본 조사공은 해안가에서 약 100m 정도 떨어져 있으며 지질구조는 응회암이 분포하고 있음. 주대수층은 지표하 87m, 102m 구간에 분포하고 있어 암반관정이 가장 효과적임.	개발가능량이 270m <sup>3</sup> /일 이상이므로 2~3공 정도가 예상되며, 시추계획 심도는 100~150m가 적당함.	조사공 시추시 20m 하부에서 염분농도가 급작스럽게 높아지는 경향을 보여 해수가 유입되는 것으로 판단됨. 개발시 산출량은 270m <sup>3</sup> /일이며, 양수시험시 양수량은 200m <sup>3</sup> /일로 수위변화가 62m 정도 발생하고 안정수위에 도달하였으나 심도가 깊으므로 200m <sup>3</sup> /일 정도가 적당할 것으로 판단됨.	

■ GMBH-05 양식장 대상 의견수렴 결과

지구	상호	위치	대표 어종	어업 종류	필요 수량 (m <sup>3</sup> /일)	생육조건		지하해수				
						염도 (‰)	온도 (°C)	산출량 (m <sup>3</sup> /일)	비중 (염도, ‰)	온도 (°C)	공변	영향 반경 (m)
강마	태평수산	강진군 마량면 마량리 1277-13	전복	육상종묘	4,000	24.5	21.6	150	1.0227 (30.7)	17.4	BH-5	60

지하해수 활용계획 (양식어가 설문조사)	어가 호응도	주변 환경	개발형태	소요수량 (공, 개소)	개발 시 문제점	비고
태평수산은 전복 양식장으로 생육환경으로 수온이 19℃, 염도는 최소 20% 이상이 유지될 때 먹이 섭취활동이 왕성하므로 지하해수 사용시기는 12월말부터 3월말까지 약 3개월 집중 활용할 계획임. 금번 시추조사결과 지하해수 조사공의 염분농도가 30.7% 정도로 산출되어 바닷물과 유사하므로 수조에 직접 사용이 가능함.	전복 치패 성장기가 주로 봄철로서 수온이 낮아 성장이 지체되므로 지하해수에 대한 호응도는 좋으며, 염분농도도 높아 추다가 개발 가능함.	양식장 상류부에 소규모 주거지와 농경지가 분포하고 주변에 인접하여 양식장(전복)가 2개소가 위치해 있음	본 조사공은 해안가에서 약 10m 정도 떨어져 있으며 지질구조는 응회암이 분포하고 있음. 주대수층은 지표하 76m 구간에 분포하고 있어 암반관정이가장 효과적임.	개발가능량이 150m <sup>3</sup> /일이상이므로 3~4공 정도가 예상되며, 시추계획 심도는 150~200m가 적당함.	조사공 시추시 25m 하부에서 염분농도가 급작스럽게 높아지는 경향을 보여 해수가 유입되는 것으로 판단됨. 개발시 산출량은 150m <sup>3</sup> /일이며, 양수시험시 양수량은 150m <sup>3</sup> /일로 수위변화가 58m 정도 발생하고 안정수위에 거의 도달하였으나 향후 양수량 부족이 우려되므로 120m <sup>3</sup> /일 정도가 적당할 것으로 판단됨.	

10. 강마지구 개발이용에 관한  
오각다이어그램 산정결과



<부록10> 지하해수 개발에 관한 오각다이어그램 산정 결과

■ 점수 산정 기준

구분 점수	Q - 개발가능량 (톤)	S - 염분(‰)	T - 수온(℃)	F - 어가호응도	E - 개발환경 및 민원 등 (항목별 각 1점)	적용기준	배점
						5	200이상
4	150~200	15~20	17~18	좋음(양호)	○ 농경지로의 영향성 판단	영향반경 외 영향반경 내	1.0 0.5
3	100~150	10~15	16~17	보통	○ 주변 주거지로의 영향성 판단	영향반경 외 영향반경 내	1.0 0.5
2	50~100	5~10	15~16	나쁨	○ 어업종류에 따른 소요수량	종묘 양식	1.0 0.5
1	50미만	5미만	15미만	아주나쁨	○ 지자체와 주민의 호응도	좋음 보통 나쁨	1.0 0.5 0.0

■ 강마지구 지하해수 산출 및 개발여건 조사 결과

공번	개발가능량	염분	수온	어가호응도	개발환경 및 민원 등				
					양식장수	농경지영향	주거지영향	어업종류	주민호응도
GMBH-1호공	400	3.9	17.2	좋음	1	영향반경 내	영향반경 내	종묘	좋음
GMBH-2호공	270	17.7	17.5	좋음	1	영향반경 외	영향반경 외	종묘	좋음
GMBH-3호공	50	15.7	18.7	좋음	1	영향반경 외	영향반경 외	종묘	좋음
GMBH-4호공	30	10.9	23.2	매우좋음	1	영향반경 외	영향반경 외	종묘	좋음
GMBH-5호공	150	20.7	17.4	매우좋음	1	영향반경 외	영향반경 내	종묘	좋음

■ 강마지구 오각다이어그램 점수 산정 결과

공번	Q	S	T	F	E					
					계	양식장수	농경지영향	주거지영향	어업종류	주민호응도
GMBH-1호공	5	1	4	5	3.5	0.5	0.5	0.5	1	1
GMBH-2호공	5	4	4	5	4.5	0.5	1	1	1	1
GMBH-3호공	5	4	5	5	4.5	0.5	1	1	1	1
GMBH-4호공	5	3	5	5	4.5	0.5	1	1	1	1
GMBH-5호공	4	5	4	5	4	0.5	1	0.5	1	1



## 11. 강마지구 현장조사 사진첩



# 지하해수조사 현장사진첩

## ▣ 지하수현황조사



## ▣ GPS 정밀측위조사





▣ 지구물리탐사



<전기비저항 쌍극자탐사>



<전기비저항 수직탐사>



▣ 시추조사



강마지구 BH-1호공 시추조사 전경



강마지구 BH-2호공 시추조사 전경



강마지구 BH-3호공 시추조사 전경



강마지구 BH-4호공 시추조사 전경



강마지구 BH-3호공 시추조사 전경

## ▣ 양수시험



강마지구 BH-2호공 양수시험 전경



강마지구 BH-5호공 양수시험 전경

## ▣ 물리검층



강마지구 BH-1호공 물리검층 전경



강마지구 BH-4호공 물리검층 전경