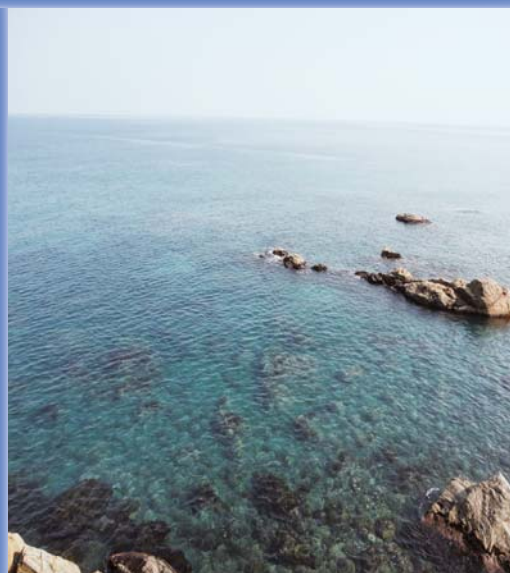


정부간행물 발간등록번호

11-1543000-001105-10

2015 해수침투조사 보고서



2015.12



농림축산식품부



한국농어촌공사

요 약 문

1. 해수침투 조사 개요

□ 목 적

- 도서·해안지역 농어촌 지하수에 대한 해수침투 관측망 설치·운영·분석으로 농작물 염해 피해 예방 및 합리적인 지하수 개발·이용·관리 방안 제시

□ 개 요

- 전체 사업기간 : 1998. 1. ~ 2021. 12.(24년간)
- 금회 사업기간 : 2015. 1. ~ 2015. 12.(18차년도)
- 사업시행근거 : 농어촌정비법 제15조 및 동법 시행령 제24조
- 관련근거 : 지하수법 제17조 및 동법 시행령 제27조

지하수관리기본계획(2012 ~ 2021)

○ 사업 내용

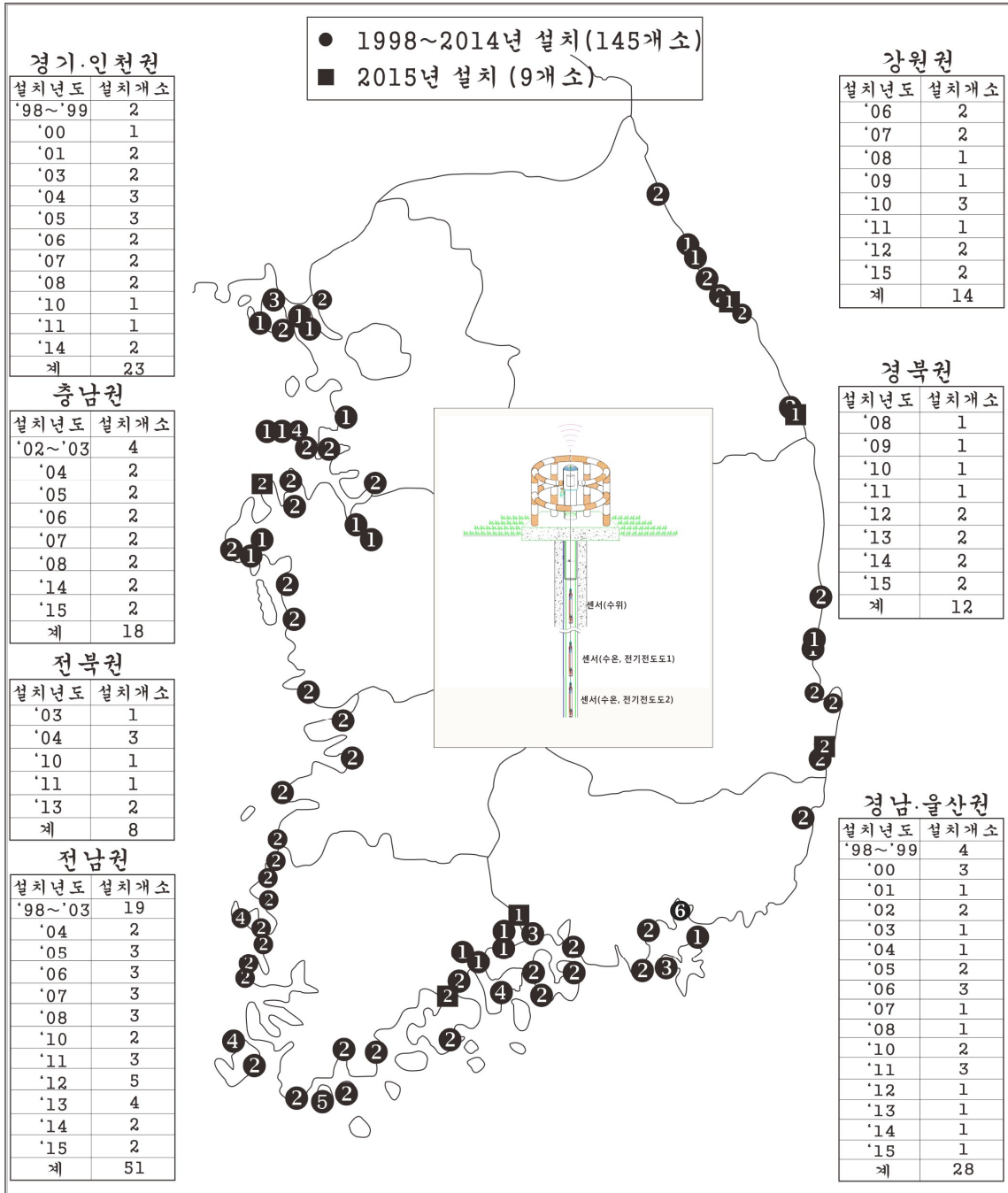
- 관측공 개발 및 원격 지하수 관측시스템 설치
- 실시간 지하수 수위·수질(수온, 전기전도도) 관측
- 관측공 수리지질특성 현장조사
- 연차별 정밀수질(양·음이온)조사 및 수질변화 관측 및 분석
- 연차별, 지역별 해수침투 변화양상 관측 및 분석

□ 추진 경과

- 1998 ~ 2015년 : 육지부 도서·해안지역 154개소 해수침투 관측망 설치
- 행정구역별 : 경기·인천 23개소, 강원 14개소, 충남 18개소, 전북 8개소,
전남 51개소, 경북 12개소, 경남·울산 28개소
- 해역별 : 서해안 25지자체 67개소, 남해안 17지자체 59개소,
동해안 11지자체 28개소
- 지역별 : 도서지역 7지자체 37개소, 해안지역 46지자체 117개소

<표 1> 해수침투조사 사업 관측공 설치 현황

광역시도	개소수		지자체 시군구
	계	53시군구	시군구(개소수)
경기·인천	23	8	화성(4) 평택(2) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2) 인천강화(6) 인천옹진(2)
강원	14	6	강릉(3) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(2) 삼척(3)
충남	18	7	서산(4) 홍성(2) 보령(2) 서천(2) 아산(2) 태안(4) 당진(2)
전북	8	4	김제(2) 부안(2) 고창(2) 군산(2)
전남	51	16	함평(2) 영광(4) 무안(2) 영암(2) 목포(2) 신안(6) 진도(6) 해남(2) 장흥(2) 보성(2) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 강진(2) 고흥(4) 완도(7)
경북	12	4	울진(2) 포항(4) 영덕(2) 경주(4)
경남·울산	28	8	사천(2) 통영(2) 고성(2) 하동(4) 창원(6) 남해(6) 거제(4) 울산북구(2)



<그림 4> 해수침투 관측망 현황

※ 제주도 이관 56개소 제외

2. 해수침투 관측망 유지·관리

□ 설치 및 유지·관리

- 해수침투 관측망은 도서·해안지역 농어촌지하수 관측공에 대한 일괄 관리 체계임
- 해수침투 관측공은 해당지역을 대표하는 최적 위치에 설치
 - 해수침투의 공간적인 분포 및 지하수유동 방향을 고려하여 해안선에 수직 방향으로 상, 하류부에 설치
 - 4가지 인자(총면적 대비 농지면적, 전체용수 이용량 대비 지하수 이용량, 총 인구수 대비 농어업 인구수, 전체관정 개소수 대비 농업용 관정 개소수)를 고려하여 설치
- 표준화된 해수침투 유지·관리 지침을 토대로 관측시설물의 유지·관리 및 취득 자료의 체계적인 관리체계 구축

□ 관측 자료 관리

- 해수침투 관측시설은 관측공, 관측센서, 현장제어장치, 전원장치, 보호시설, 안내판 등으로 구성
- 수온, 전기전도도, 수위 등 3가지 관측자료는 서버로 실시간 전송(24회/일)
- 지하수 수질시료 분석 및 검층(수온, 전기전도도) 실시(1회/년)
- 실시간 관측자료를 비롯한 수질 및 검층자료, 그리고 이들이 수록된 연차 보고서는 농어촌지하수넷(<https://www.groundwater.or.kr>)을 통해 제공 중

□ 해수침투 분류 및 유지·관리

○ 해수침투 분류 및 유지·관리는 지하수 수질항목에 기초

- 전기전도도

지하수를 농작물에 직접 활용가능(~ 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

염분에 예민한 작물에 활용 불가능(2,000 ~ 4,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

내염성 작물에만 활용 가능(4,000 ~ 8,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

대부분의 작물에 활용 불가능(8,000 ~ 15,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

작물생산에 활용 불가능(15,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ~)

- 염소이온/중탄산이온(Cl/HCO_3) 몰비

해수영향 없음(0.5 이하)

약간 문제(0.5 ~ 1.3)

약간 영향(1.3 ~ 2.8)

보통(2.8 ~ 6.6)

매우 심각(6.6 이상)

- 파이퍼 다이어그램을 이용한 해수침투의 진화 분석

Ca-HCO_3 유형 → $\text{Ca-Cl}/\text{Na-HCO}_3$ 유형 → Na-Cl 유형

3. 2015년 해수침투 관측망 조사 결과

□ 신규 9개소 설치 및 조사

○ 강원 2공(강릉 초당1, 삼척 근덕3), 충남 2공(서산 대산1, 대산2), 전남 2공(고흥 남양1, 남양2), 경북 2공(경주 감포1, 감포2), 경남·울산 1공(하동 악양2)

- 수리전도도 4.63×10^{-6} ~ 2.90×10^{-1} cm/sec 범위

- 수질유형은 해안가에 위치하므로 ((Ca, Mg)-Cl, (Ca, Na)-Cl, Na-Cl,

(Na+K)-Cl 및 (Na+K)- HCO_3 유형 등 해수성분 혼입 특성

- 관측공 검층자료 및 수질분석 자료를 이용한 해수침투 검토 결과
 - 지하수를 농작물에 직접 활용 가능한 6개소(대산1, 대산2, 남양1, 감포1, 감포2, 악양2), 대부분의 작물 생육 불량 2개소(근덕3, 남양2), 작물생산에 활용 불가능 1개소(초당1)로 구분
 - 대산1, 대산2, 남양1, 감포1, 감포2 및 악양2 관측공 주변 지하수는 낮은 전기전도도로 인해 농어업 용수로 활용가능
 - 근덕3 및 남양2 관측공 주변의 지하수를 농경지(특히 답작)에 활용 시에는 주변 수자원(저수지, 계곡수 등)과 1:4 이상 비율로 혼합하여 사용할 필요가 있으며, 염분에 민감한 작물에는 사용 불가능
 - 초당1 관측공 주변의 지하수는 농경지에 용수로 활용이 불가능하여 타 수자원 활용 필요

4. 2015년 장기관측 결과 (※관측센서가 설치된 기설 145개소 대상)

□ 전기전도도와 식물생육과의 관계 분석 결과(수리 중 4개소 제외)

- 지하수를 농작물에 직접 활용가능한 84개소(60%)
- 염분에 예민한 작물에 활용 불가능한 11개소(8%)
- 내염성 작물에만 활용 가능한 8개소(6%)
- 대부분의 작물에 활용 불가능한 5개소(3%)
- 작물생산이 활용 불가능한 33개소(23%)로 분류

□ 농어촌지하수관리단계 도입 결과

- 농어촌지하수관리단계 ‘관심-주의-경계-심각’ 개념을 도입한 결과, 생활용수, 농어업용수 및 가뭄 등 비상용수로도 활용이 불가능한 ‘주의’, ‘경계’ 및 ‘심각’ 지역은 전남이 25개소로 가장 많고, 경기·인천 10개소, 전북 6개소, 충남 5개소, 경남·울산 4개소, 경북 3개소, 강원 2개소 순
- 농경지 면적이 넓어서 과거로부터 지하수 이용량이 상대적으로 높았고, 간척지 비율이 높아서 원지반이 염수로 포화되었으며, 주변 수계 발달이 미약하여 지하수 의존도가 높은 지역이 많을수록 해수침투 확산(경계, 심각 지역)
- ‘관심’ 지역은 지하수 개발가능량 이하, 염분상승 모의에 따른 최적 개발량 수준으로 지하수를 개발 이용 필요
- ‘주의’, ‘경계’ 및 ‘심각’ 지역은 해수침투의 내륙확산을 예방하고 청정농산물 생산을 위하여, 광역시·도 및 시군 지자체에서 해당지구의 지하수 개발이용 규제 필요

<표 2> 해수침투 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계 (2015.09.30 현재)

농작물에 영향	모든 작물 생육 가능	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능
전기전도도 (μS/cm)	0~2,000	2,000~4,000	4,000 ~8,000	8,000 ~15,000	15,000 이상
염도(%)	0~0.128	0.128~0.256	0.256~0.512	0.512~0.96	0.96 이상
경기·인천	승녀3, 홍왕1, 홍왕2, 상방1, 대부1, 대부2, 대부4, 서신1, 서신2, 제부2, 포승1, 포승2, 월곶1, 월곶2, 영흥1, 영흥2, 장단1, 문산1	승녀1	승녀2, 대부3, 제부1		시흥1
강원	사천2, 토성1, 토성2, 송정1, 강현1, 강현2, 근덕1, 근덕2	초구1, 조양1, 대포1	사천1		
충남	난지1, 난지2, 팔봉1, 팔봉2, 서부2, 선도1, 선도2, 남면2	남면1			장곡1, 장곡2, 인주1, 근흥1, 근흥2
전북	금평1	내흥2	변산2		대창1, 대창2, 변산1, 자룡1, 내흥1
전남	손불1, 손불2, 차동2, 지막2, 안양1, 진월2, 연산2	효지1, 효지2, 나리1, 나리2, 신기2, 정도1, 갈문1, 안양2, 벌교1, 벌교2, 해룡2, 화양2, 지산2	화흥1, 삼호1, 신기1, 삼호2	자동1, 평회1, 화양1	신기1, 화흥3, 감정1, 감정2, 고금1, 고금2, 해룡1, 소리1, 소리2, 지산1, 염산1, 염산2, 신학1, 신학2, 마량1, 마량2, 연산1, 포두1, 포두2
경북	평해1, 평해2, 강구1, 하서1, 하서2	곡강2, 연일2	연일1	곡강1	병곡1
경남·울산	악양1, 동해1, 덕회1, 북구1, 진북1, 가인2, 동해2, 덕회2, 북구2, 남영1, 송지1, 도산1, 사등1, 시방2, 송지2, 도산2, 서상2, 사등1, 시방2, 수정1, 수정2, 감천1			가인1	하동1, 해운1
가물시 지하수활용	활용가능	주의요함	불가능(신규개발도 규제)		

<표 3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능	
	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <	
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	± 4 <	
계	75 개소					
경기 · 인천 (15)	승녀1	작물	전도도			주의
	승녀2		작물			주의
	승녀3		수위			주의
	홍왕1				수위	심각
	홍왕2				수위	심각
	상방1	수온				관심
	대부1	전도도			수위	심각
	대부3	수위	작물			주의
	대부4	수위, 수온				관심
	제부1		작물, 전도도		수위	심각
	제부2	전도도	수위			주의
	포승2	수온				관심
	월곶2	수위, 수온				관심
	영흥1	전도도				관심
	시흥1				작물	심각
강원 (10)	사천1	수온	작물			주의
	사천2	수온				관심
	토성1	전도도, 수온				관심
	토성2	전도도, 수온		수위		경계
	조양1	작물, 수온				관심
	초구1	수위				관심
	송정1	수온				관심
	강현1	전도도, 수온				관심
	강현2	전도도, 수온				관심
	대포1	작물				관심

<표 3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과(계속)

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능	
	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <	
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	± 4 <	
충남 (10)	난지2	수온				관심
	서부1	수온				관심
	선도1	전도도				관심
	선도2	수온				관심
	인주1	전도도			작물	심각
	근흥1	전도도			작물	심각
	근흥2				작물	심각
	남면1	작물				관심
	장곡1				작물	심각
	장곡2				작물	심각
전북 (8)	대창1		전도도	수위	작물	심각
	대창2	수위, 전도도			작물	심각
	자룡1	수온			작물	심각
	금평1	전도도				관심
	내흥1				작물	심각
	내흥2	작물, 전도도				관심
	변산1				작물	심각
	변산2		작물			주의
전남 (35)	효지1	수온				관심
	자동1	전도도	작물			주의
	자동2	전도도, 수온				관심
	신기1	수온		작물		경계
	신기2	수온				관심
	지막2	전도도				관심
	평호1		작물			주의
	평호2	전도도				관심

<표 3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과(계속)

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능	
시도 (개소)	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	판정
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <	
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$	
	화흥2				작물		심각
전남 (35)	화흥3	수온		작물		경계
	정도1	전도도				관심
	고금1	수온			작물	심각
	고금2				작물	심각
	안양2		수온			주의
	해룡1		전도도		작물	심각
	화양1		전도도, 수온	작물		경계
	소라1	전도도			작물	심각
	소라2				작물	심각
	지산1				작물, 전도도	심각
	지산2	전도도				관심
	신학1	전도도			작물	심각
	신학2		전도도		작물	심각
	포두1	전도도			작물	심각
	포두2				작물	심각
	화흥1	작물				관심
	삼호1	작물				관심
	삼호2	작물				관심
	감정1				작물	심각
	감정2				작물	심각
	진월1				작물	심각
	염산1				작물	심각
	염산2				작물	심각

<표 3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과(계속)

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능	
	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <	
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	± 4 <	
전남 (35)	마량1				작물	심각
	마량2				작물	심각
	연산1				작물	심각
경북 (4)	평해2	수온				관심
	곡강1	전도도		작물		경계
	연일1		작물			주의
	병곡1				작물	심각
경남 (15)	하동1		전도도, 수온		작물	심각
	하동2	작물				관심
	가인1			작물		경계
	가인2	전도도, 수온				관심
	동해2	수온				관심
	도산1	전도도				관심
	덕호1		수위			주의
	시방2	전도도				관심
	북구1	전도도, 수온				관심
	해운1	수온			작물	심각
	수정1	전도도				관심
	수정2	수온				관심
	남양1	전도도, 수온				관심
	갈화2	작물				관심
	서상2	작물				관심

5. 광역시·도 및 시·군지자체 업무 지원

□ 분기별 관측결과를 광·역시도 및 시·군지자체 농정부서에 공문 알림

- 9개 광역시·도, 53개 도서·해안지역 시·군지자체 대상
- 도서·해안지역에서 해수가 유입된 지하수의 무분별한 사용으로 안전농작물 생산에 피해가 없도록 예방하기 위함

□ 관측결과 공문 송부

- 1회 : 2014년 4/4분기 관측결과
- 2회 : 2015년 1/4분기 관측결과
- 3회 : 2015년 2/4분기 관측결과
- 4회 : 2015년 3/4분기 관측결과

□ 해수침투가 관측된 지역에 대해서는 지하수 이용 규제 제안

- 5개 범주(정상, 관심, 주의, 경계, 심각)로 구분하여 지하수 이용 제시

구분	내용	비고 (가품 시)
정상	○ 답작을 비롯한 영농에 지하수 이용 가능	활용가능
관심	○ 답작에 직접 지하수 이용 불가능	주의요함
	○ 주변 수원(소류지, 하천수 등)과 50% 이상 혼합하여 이용 제안	
주의, 경계, 심각	○ 지하수 활용이 불가능하며 타 수자원 이용 제안	활용불가

차 례

2015 해수침투조사 보고서

제1장 해수침투조사 개요	1
1.1 배경 및 필요성	1
1.2 사업 목적	2
1.3 사업 시행 근거	3
1.4 사업 추진 경과	7
제2장 해수침투 이론 및 관리	13
2.1 해안지하수	13
2.2 해수침투	15
2.3 해수침투 관리 방법	17
2.4 국내의 해수침투 관리	17
2.5 외국의 해수침투 관리	18
제3장 해수침투 관측망 시설 및 유지·관리	23
3.1 해수침투 관측망	23
3.2 해수침투 관측망 유지·관리	29
3.3 해수침투 관측망 유지·관리 지침	40
제4장 해수침투 분류기준	49
4.1 전기전도도	49
4.2 수온	51
4.3 염소이온 농도	51

4.4	파이퍼 다이어그램	52
4.5	염소이온 대비 중탄산이온 몰비	53
제5장	2015년 신규 및 이동 설치 해수침투 관측공	55
5.1	2015년 신규 해수침투 관측공	55
5.2	2015년 신규 해수침투 관측공 조사 결과	62
5.3	2015년 이동 설치 해수침투 관측공 조사 결과	66
제6장	2015년 해수침투 관측결과	75
6.1	2015년 해수침투 관측 결과	75
6.2	담염수 경계면 분석	87
6.3	경기도 · 인천광역시 권역	91
6.4	강원도 권역	99
6.5	충청남도 권역	105
6.6	전라북도 권역	110
6.7	전라남도 권역	116
6.8	경상북도 권역	135
6.9	경상남도 · 울산광역시 권역	140
참 고 문 헌	.....	147
사업참여자	.....	149
부록 1.	해수침투 관측망 설치내역	
부록 2.	지구별 관측	
부록 3.	신규 관측공 주상도	
부록 4.	이동 설치 관측공 주상도	

표 차례

2015 해수침투조사 보고서

<표 1-1> 해수침투조사 관측망 사업의 법적 시행근거	5
<표 1-2> 우리나라 지하수 관측망 운영현황	6
<표 1-3> 해수침투조사 사업 관측공 설치 현황	8
<표 1-4> 해역별 관측망 설치 현황	10
<표 1-5> 도서지역 및 해안지역으로 구분된 해수침투 관측공	11
<표 1-6> 해수침투 관측공 심도 및 해안거리	12
<표 3-1> 관측망 유형과 센서 현황	27
<표 3-2> 관측망 유형과 센서의 변천	28
<표 3-3> 각 인자별 가중치 및 자료 출처	31
<표 3-4> 농지면적 등급 기준	31
<표 3-5> 지하수 이용량 등급 기준	31
<표 3-6> 농업인구 수 등급 기준	32
<표 3-7> 농업용 관정 수 등급 기준	32
<표 4-1> 전기전도도에서의 셀상수와 측정범위 관계	50
<표 4-2> TDS를 이용한 물 분류표	51
<표 4-3> 파이퍼 다이어그램 상의 영역별 수질 유형	52
<표 5-1> 신규 관측공 등급 결정 결과	58
<표 5-2> 2015년도 신규 해수침투조사 관측공 내역	59
<표 5-3> 2015년도 신규 해수침투조사 관측공 현장조사 결과	60
<표 5-4> 2015년도 신규 해수침투조사 관측공 센서 설치	61
<표 5-5> 신규 관측공 전기전도도 값	63
<표 5-6> 신규 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계	64

<표 5-7> 신규 관측공 지하수 수질 유형	65
<표 5-8> 신규 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비	66
<표 5-9> 신규 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비에 따른 분류	66
<표 5-10> 2015년도 이동 설치 해수침투 관측공 현황	67
<표 5-11> 2015년도 이동 설치 해수침투조사 관측공 내역	69
<표 5-12> 2015년도 이동 설치 해수침투조사 관측공 현장조사 결과	70
<표 5-13> 2015년도 이동 설치 해수침투조사 관측공 센서 설치	71
<표 5-14> 이동 설치 관측공 전기전도도 값	72
<표 5-15> 이동 설치 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계	72
<표 5-16> 이동 설치 관측공 지하수 수질 유형	73
<표 5-17> 이동 설치 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비	73
<표 5-18> 이동 설치 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비에 따른 분류	74
<표 6-1> 해수침투 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계	77
<표 6-2> 장기관측 자료의 추세변화가 발견되는 관측공	79
<표 6-3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과	83

그림 차례

2015 해수침투조사 보고서

<그림 1-1> 해수침투 관측망 현황	9
<그림 2-1> 해안지역의 담수체 및 해수체의 이론적 모형	14
<그림 2-2> 양수에 의한 경계면의 상승추 형성 모식도	16
<그림 3-1> 해수침투 관측시설 모식도	24
<그림 3-2> 해수침투 관측시설 안내판	27
<그림 3-3> 다중심도 지하수 모니터링 장치의 구조	39
<그림 4-1> 파이퍼다이아그램을 이용한 유형분류	53
<그림 6-1> 송내지구 담염수 경계면 분석사례	88
<그림 6-2> 포승지구 담염수 경계면 분석사례	89
<그림 6-3> 서부지구 담염수 경계면 분석사례	89
<그림 6-4> 대창지구 지하수 수위 감소 분석	90
<그림 6-5> 경기도 · 인천광역시 권역 관측망 설치현황	91
<그림 6-6> 경기도 · 인천광역시 권역 이온분석 결과	92
<그림 6-7> 인천광역시 강화군 송내지구	95
<그림 6-8> 경기도 안산시 대부지구	96
<그림 6-9> 경기도 화성시 제부지구	97
<그림 6-10> 경기도 시흥시 시흥지구	98
<그림 6-11> 강원도 권역 관측망 설치현황	99
<그림 6-12> 강원도 권역 이온분석 결과	100
<그림 6-13> 강원도 강릉시 사천지구	102
<그림 6-14> 강원도 속초시 조양지구	103
<그림 6-15> 강원도 속초시 대포지구	104

<그림 6-16> 충청남도 권역 관측망 설치현황	105
<그림 6-17> 충청남도 권역 이온분석 결과	106
<그림 6-18> 충청남도 보령시 장곡지구	107
<그림 6-19> 충청남도 아산시 인주지구	108
<그림 6-20> 충청남도 태안군 근흥지구	109
<그림 6-21> 충청남도 태안군 남면지구	109
<그림 6-22> 전라북도 권역 관측망 설치현황	110
<그림 6-23> 전라북도 권역 이온분석 결과	111
<그림 6-24> 전라북도 김제시 대창지구	112
<그림 6-25> 전라북도 부안군 변산지구	113
<그림 6-26> 전라북도 고창군 자룡지구	114
<그림 6-27> 전라북도 군산시 내흥지구	115
<그림 6-28> 전라남도 권역 관측망 설치현황	116
<그림 6-29> 전라남도 권역 이온분석 결과	117
<그림 6-30> 전라남도 신안군 자동지구	118
<그림 6-31> 전라남도 신안군 감정지구	119
<그림 6-32> 전라남도 진도군 신기지구	120
<그림 6-33> 전라남도 해남군 평호지구	121
<그림 6-34> 전라남도 완도군 화흥지구	122
<그림 6-35> 전라남도 완도군 고금지구	123
<그림 6-36> 전라남도 광양시 진월지구	124
<그림 6-37> 전라남도 순천시 해룡지구	125
<그림 6-38> 전라남도 여수시 화양지구	126
<그림 6-39> 전라남도 여수시 소라지구	127
<그림 6-40> 전라남도 영광군 지산지구	128
<그림 6-41> 전라남도 영광군 염산지구	129
<그림 6-42> 전라남도 무안군 신학지구	130
<그림 6-43> 전라남도 강진군 마량지구	131

<그림 6-44> 전라남도 목포시 연산지구	132
<그림 6-45> 전라남도 고흥군 포두지구	133
<그림 6-46> 전라남도 영암군 삼호지구	134
<그림 6-47> 경상북도 권역 관측망 설치현황	135
<그림 6-48> 경상북도 권역 이온분석 결과	136
<그림 6-49> 경상북도 포항시 곡강지구	137
<그림 6-50> 경상북도 영덕군 병곡지구	138
<그림 6-51> 경상북도 포항시 연일지구	139
<그림 6-52> 경상남도 · 울산광역시 권역 관측망 설치현황	140
<그림 6-53> 경상남도 권역 이온분석 결과	141
<그림 6-54> 경상남도 하동군 하동지구	143
<그림 6-55> 경상남도 남해군 갈화지구	143
<그림 6-56> 경상남도 남해면 서상지구	144
<그림 6-57> 경상남도 남해면 가인지구	145
<그림 6-58> 경상남도 창원시 해운지구	146

2015 해수침투조사 보고서

2015 해수침투조사 보고서

제1장 해수침투조사 개요

제2장 해수침투 이론 및 관리

제3장 해수침투 관측망 시설 및 유지·관리

제4장 해수침투 분류기준

제5장 2015년 신규 및 이동 설치 해수침투 관측공

제6장 2015년 해수침투 관측결과

제1장 해수침투조사 개요

■ 도서·해안지역 해수침투 관측망 운영 및 분석으로 농작물 염해 피해 예방 및 합리적인 지하수 개발·이용·관리 방안 제시

- 전체 사업기간 : 1998. 1. ~ 2021. 12.(24년간)
- 금회 사업기간(18차년도) : 2015. 1. ~ 2015. 12.
- 사업시행근거 : 농어촌정비법 제15조 및 동법 시행령 제24조
- 관련근거 : 지하수법 제17조 및 동법 시행령 제27조,
지하수관리기본계획(2012 ~ 2021)

■ 도서·해안지역 154개소 해수침투 관측망 설치 운영

- 행정구역별 : 경기·인천 23개소, 강원 14개소, 충남 18개소, 전북 8개소,
전남 51개소, 경북 12개소, 경남·울산 28개소
- 해역별 : 서해안 25지자체 67개소, 남해안 17지자체 59개소,
동해안 11지자체 28개소
- 지역별 : 도서지역 7개 지자체 37개소, 해안지역 46지자체 117개소

1.1 배경 및 필요성

1.1.1. 도서·해안지역 농어업 용수로서 지하수 최적이용 도모

- 하천이 발달되지 않거나 용배수도가 미약한 도서·해안지역은, 농업용수의 대부분을 담수인 지하수 및 소류지에 의존한다.
- 소류지의 경우 경우에 전적으로 의존적이어서 상시 수자원이 아니며, 녹조 및 배설물 등에 의한 부영양화에 취약한 실정이다.
- 지하수의 경우 가용 수량이 풍부하나, 관정에서 적정이용량을 초과하여 양수하는 경우에는, 관정 내부로 염수가 유입되어 영농에 활용이 불가능하게 된다.

- 최근 국내 농업활동이 고부가가치의 시설농업으로 전환됨에 따라, 도서·해안지역에서 지하수의 활용도는 증가 추세에 있다.
- 따라서, 도서·해안지역 농작물의 염해 피해 방지와 안전농작물 생산을 위해, 해수침투 관측을 상시 실시하여 가용한 지하수자원을 확보할 필요가 있다.
- 특히, 기후변화로 인한 가뭄발생 시 도서·해안지역은 적정취수량 이상의 과도한 지하수 양수로 염해피해를 입는 사례가 빈번하므로, 해수침투를 선제적으로 확인하여 방지할 필요가 있다.

1.1.2. 휴식공간으로서 농어촌 발전 도모

- 최근 도시민의 힐링을 위한 휴양지로서 농어촌 공간, 체험 및 관광레저를 위한 농어촌 시대에 접어들면서, 도서·해안지역에도 주말농장, 농어촌 체험농장, 위락시설 등이 꾸준한 증가 추세에 있다.
- 농어촌 체험시설 및 휴양시설 설치 운영 시에는 기본적으로 수자원 확보가 요구되며, 가용 수자원이 부족한 도서·해안지역에서는 염수 유입을 방지하면서 활용 가능한 지하수자원의 수량을 사전에 인지하고 확보할 필요가 있다.
- 이러한 사전 수자원 확보를 통해, 농어촌 활성화와 도서·해안지역 주민의 소득증대에 기여할 필요가 있다.

1.2 사업 목적

1.2.1. 사업 시행

- 주관 : 농림축산식품부 농업기반과
- 시행 : 한국농어촌공사 지하수지질처

1.2.2. 사업 목적

- 도서·해안지역 농어촌 지하수에 대하여 해수침투 원격감시 시스템을 설치하여 지하수 수위 및 수질에 대한 장기 관측을 실시한다.
- 장기 관측자료 분석을 토대로, 도서·해안지역 지하수에 대한 해수침투 영향을 사전에 분석하여 농작물에 대한 염해 피해를 예방한다.
- 도서·해안지역의 합리적인 지하수 개발·이용·관리 방안을 제시한다.

1.2.3. 사업 기간 및 내용

- 사업 기간
 - 전체 사업기간 : 1998. 1. ~ 2021. 12.(24년간)
 - 금회 사업기간(18차년도) : 2015. 1. ~ 2015. 12.
- 사업 내용
 - 신규 관측공 개발, 보호시설 설치 및 원격 지하수 관측시설 설치
 - 관측공 GPS 측위, 전기비저항 탐사(시추공 토모그래피)
 - 관측공 검층(수위, 수온, 전기전도도) 및 현장조사
 - 실시간 지하수 수위·수질(수온, 전기전도도) 관측
 - 수질특성(양·음이온) 분석 및 연차별 변화 분석
 - 지역별 해수침투 변화양상 관측 및 분석

1.3 사업 시행 근거

1.3.1. 법적 근거

- 국토 균형발전, 농어촌 생활환경 개선 등의 정책 등으로 농어촌 주민을 위한 안정적인 용수 확보와 양질의 수자원 확보에 대한 국민적인 요구가 증가하고 있다.
- 내륙지방과 달리 도서·해안지역 지하수의 경우 해당 요구에 부응하기 위해 무작위로 지하수를 개발하는 경우에는, 과잉양수로 인해 염수가 침입하여 지하수는 청정용수로서의 가치를 잃게 되는 문제가 있다.

- 결과적으로 도서·해안지역의 가용 수자원의 양은 오히려 감소하는 역효과를 초래하기 때문에, 최적 개발·이용을 통해 염수침입을 방지하고 동시에 후손에 이르기까지 청정 지하수자원을 활용할 수 있는 정부(지자체)차원의 보전·관리 체계가 요구되어 왔다.
- 이에 따라 농림축산식품부와 한국농어촌공사에서는 도서·해안지역 지하수의 합리적인 개발·이용 및 보전·관리를 위해, 농어촌정비법 제15조(농어촌용수 이용 합리화 계획) 및 동법 시행령 제24조(농어촌용수구역), 지하수법 제17조(지하수의 관측 및 조사 등) 및 시행령 제27조(지하수 수위 변동실태의 조사)에 근거하여 해수침투조사 사업을 시행 중이다(표 1-1).
- 해수침투조사 사업으로 설치된 해수침투 관측망은 도서·해안지역 지하수 수위 및 수질에 대한 연중 상시관측을 통하여, 도서·해안지역 농어촌 지하수에 대한 해수침투 영향을 사전에 분석하여 농작물에 대한 염해피해 방지를 위해 운영 중이다.

1.3.2. 국가 지하수관리기본계획 근거

- 해수침투 관측망은 국가지하수관리기본계획(2012 ~ 2021)에 의해 국가의 특수목적 관측망으로 분류되어 있으며, 도서·해안지역 지하수의 합리적 이용·관리 및 해수침투 관측을 위해 운영 중이다(표 1-2).
- 도서·해안지역 지하수공급체계 구축을 위해, 관측공이 설치된 도서·해안지역의 지하수 수량·수질 문제 및 대책방안을 강구하고 있으며, 실시간으로 대농어민 서비스를 제공 중이다(농어촌지하수넷, <https://www.groundwater.or.kr>).
- 향후 기후변화 등 환경변화를 대비한 역할과 기능으로서 활용 가능할 것으로 기대된다.

<표 1-1> 해수침투조사 관측망 사업의 법적 시행근거

법	조문	내용
농어촌 정비법	(법 제15조) 농어촌용수 이용 합리화 계획 등	① 농림축산식품부장관은 농어촌용수의 효율적인 개발·이용 및 보전 등을 위하여 농어촌용수 이용 합리화계획을 세우고 추진하여야 한다. ② 농림축산식품부장관은 농어촌용수를 체계적으로 개발하고, 합리적으로 이용하며, 수질을 관리·보전하기 위하여 농어촌용수구역을 설정하여 운용할 수 있다.(후략)
	(시행령 제24조) 농어촌용수구역	(전략) ② 농림축산식품부장관 또는 시·도지사는 제1항에 따라 농어촌용수구역을 설정하였을 때에는 다음 각 호의 사항을 고시하여야 한다. (중략) 4. 농어촌용수의 관리와 보전에 관한 사항 (후략)
지하수법	(법 제17조) 지하수의 관측 및 조사 등	① 국토교통부장관은 전국적인 지하수관측시설(이하 "국가관측망"이라 한다)을 설치하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 지하수의 수위변동실태를 조사하여야 한다.(후략)
	(시행령 제27조) 지하수 수위변동 실태의 조사	① 국토교통부장관은 법 제17조제1항에 따른 국가관측망을 전국 지하수의 부존 특성 및 지하수의 이용실태 등을 고려하여 기본계획에 따라 설치하여야 하며, 국가관측망별로 매일 1회 이상 수위를 측정하여야 한다. 다만, 「농어촌정비법」 제15조에 따른 농어촌용수구역에서 농림축산식품부장관이 지하수 수위관측망을 설치하여 운영하는 경우에는 국가관측망을 설치하지 아니하고 그 지하수 수위관측망을 이용할 수 있다.(후략)

<표 1-2> 우리나라 지하수 관측망 운영현황

관리주체	관측망	기능
농림축산식품부 (한국농어촌공사)	해수침투관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2015년 현재 전국 도서·해안지역 154개소 (총388개소 계획; 1단계 136개소, 2단계 252개소) ◦ 지하수 수위, 수온, 전기전도도(24회/일) ◦ 연1회 지하수 배경수질 측정 및 물리검층
	농촌지하수관리 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2015년 현재 전국 농어촌용수구역별 210개소(총1,056개소 계획) ◦ 지하수 수위, 수온, 전기전도도(24회/일) ◦ 연1회 지하수 배경수질 측정 및 물리검층
국토교통부 (한국수자원공사)	국가지하수 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2015년 현재 전국 386개소(530개소 계획) ◦ 지하수 수위, 수온, 전기전도도(24회/일) ◦ 연2회 지하수 생활용수 기준 수질검사
	지역지하수 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2015년 현재 전국 1,936개소(10,000개소 계획) ◦ 지하수 수위, 수온, 전기전도도 자동관측 또는 수동측정(2회/월) ◦ 연1 ~ 2회 지하수 수질검사 또는 먹는물 수질검사
환경부 (지방환경청, 시도)	국가지하수 수질전용측정망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2015년 현재 배경수질전용측정망 141개소 (1,305개소 계획), 오염감시전용측정망 52개소(2,164개소 계획) ◦ 연 4회 먹는물 수질기준 포함 총 68개 항목 분석
	지역지하수 수질측정망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2015년 현재 오염우려지역 781개소, 일반지역 1,240개소(33,000개소 계획) ◦ 특정오염물질 15항목, 일반오염물질 5항목 수질검사
민간	먹는샘물측정망, 온천감시정	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지하수 장애에 대비하여 지하수 수위 및 수질 관측

* 지하수관리기본계획(2012 ~ 2021), 국가지하수정보센터(www.gims.go.kr), 한국환경공단(www.keco.or.kr)

1.4 사업 추진 경과

1.4.1. 연차별 추진 경과

- 1998년에 해수침투가 보고되거나 우려가 되는 도서·해안지역에 해수침투 관측망 설치 시작(10개소)
- 2015년 12월 현재 9개 광역시·도 53개 시군에 총 154개 해수침투 관측망 설치 운영 중
- 2015년에 총 9개소 신규 관측공 설치(표 1-3)(그림 1-1).
 - 강원(2), 충남(2), 전남(2), 경북(2), 경남·울산(1)
- 현재까지 설치 현황 및 향후 계획
 - 설치 현황

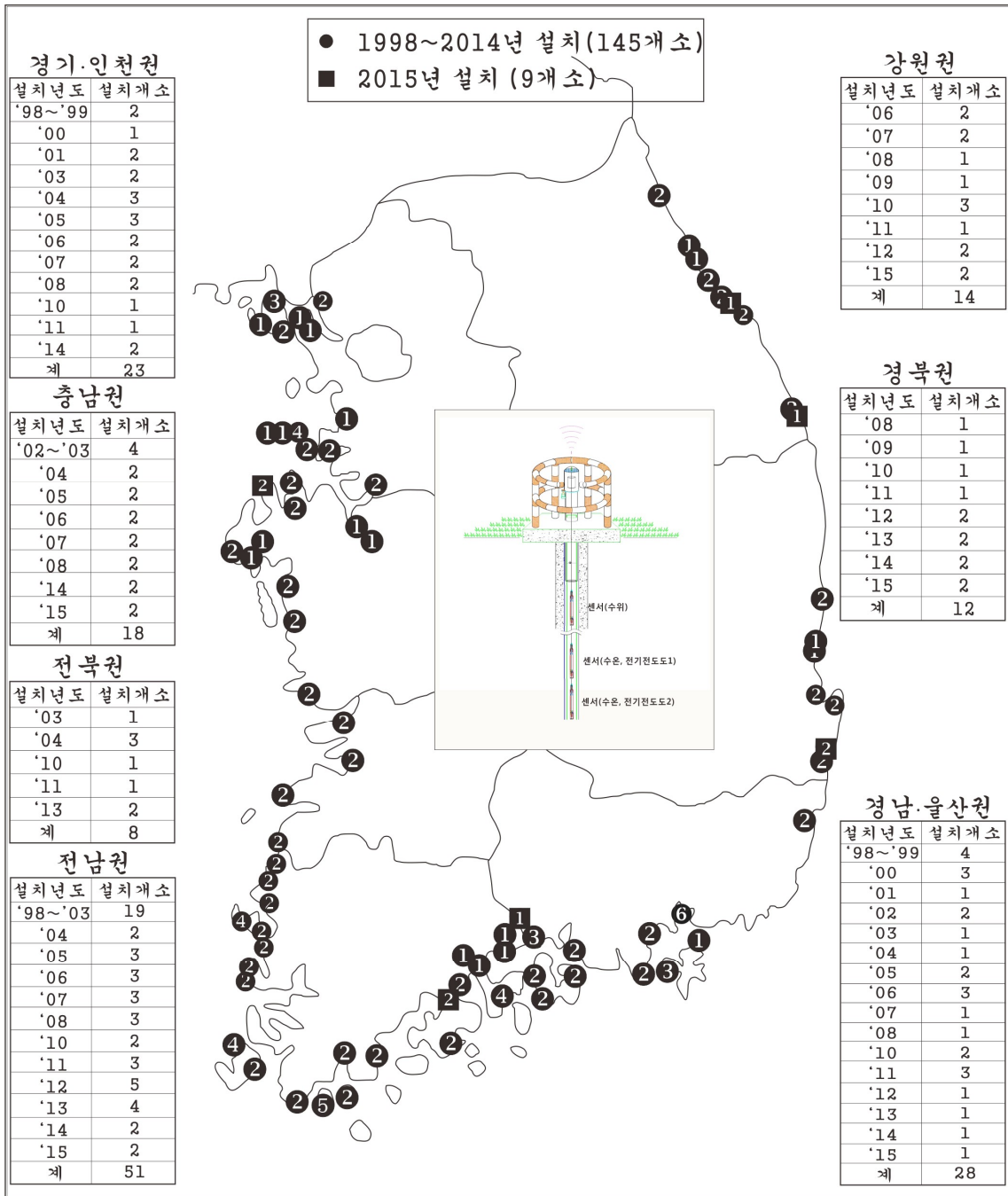
· 1998년	10개소/년	· 1999 ~ 2003년	7개소/년
· 2004 ~ 2008년	10개소/년	· 2009년	2개소/년
· 2010 ~ 2012년	10개소/년	· 2013 ~ 2015년	9개소/년

 - 경기·인천 : 8시군구 12지구 23개공
 - 강원 : 6시군구 9지구 14개공
 - 충남 : 7시군구 9지구 18개공
 - 전북 : 4시군구 5지구 8개공
 - 전남 : 16시군구 28지구 51개공
 - 경북 : 4시군구 7지구 12개공
 - 경남·울산 : 8시군구 17지구 28개공
 - 향후 계획 : 2016년 이후, 육지부 도서·해안지역 234개소 계획 중
(총 388개소 중 2015년 말 현재 154개소(40%) 완료)

<표 1-3> 해수침투조사 사업 관측공 설치 현황

광역시도	개소수		지자체	시군구
	계	154	53시군구	시군구(개소수)
경기·인천	23	8	화성(4) 평택(2) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2) 인천강화(6) 인천옹진(2)	
강원	14	6	강릉(3) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(2) 삼척(3)	
충남	18	7	서산(4) 홍성(2) 보령(2) 서천(2) 아산(2) 태안(4) 당진(2)	
전북	8	4	김제(2) 부안(2) 고창(2) 군산(2)	
전남	51	16	함평(2) 영광(4) 무안(2) 영암(2) 목포(2) 신안(6) 진도(6) 해남(2) 장흥(2) 보성(2) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 강진(2) 고흥(4) 완도(7)	
경북	12	4	울진(2) 포항(4) 영덕(2) 경주(4)	
경남·울산	28	8	사천(2) 통영(2) 고성(2) 하동(4) 창원(6) 남해(6) 거제(4) 울산북구(2)	

※ 제주도 이관 56개소 제외



<그림 1-1> 해수침투 관측망 현황

※ 제주도 이관 56개소 제외

1.4.2. 해역별 추진 경과

- 해역별로는 서해안 67개소, 남해안 59개소, 동해안 28개소가 설치·운영되고 있다. 해안길이가 길고 도서지방이 많은 서·남해안 해역에 상대적으로 많이 설치되어 있다(표 1-4).

<표 1-4> 해역별 관측망 설치 현황

구분	광역시도	개소수	시군구(개소수)
	계	154	53시군구
	소계	67	25시군구
서해안	경기·인천	23	화성(4) 평택(2) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2) 인천강화(6) 인천옹진(2)
	충남	18	서산(4) 홍성(2) 보령(2) 서천(2) 아산(2) 태안(4) 당진(2)
	전북	8	김제(2) 부안(2) 고창(2) 군산(2)
	전남	18	함평(2) 영광(4) 무안(2) 영암(2) 목포(2) 신안(6)
	소계	59	17시군구
남해안	전남	33	해남(2) 장흥(2) 보성(2) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 강진(2) 고흥(4) 완도(7) 진도(6)
	경남	26	사천(2) 통영(2) 고성(2) 하동(4) 창원(6) 남해(6) 거제(4)
	소계	28	11시군구
동해안	강원	14	강릉(3) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(2) 삼척(3)
	경북	12	울진(2) 포항(4) 영덕(2) 경주(4)
	울산	2	울산북구(2)

- 해역별 분류와 더불어, 해수침투 관측공은 도서지역 및 해안지역 관측공으로 구분할 수 있다. 도서지역 관측공은 7개 시·군·구 지자체에 37개소, 해안지역 관측공은 46개 시·군·구 지자체에 117개소가 설치되어 운영 중이다(표 1-5).

<표 1-5> 도서지역 및 해안지역으로 구분된 해수침투 관측공

구분	개소수	도서지역		해안지역	
		소계	시군구(개소수)	소계	시군구(개소수)
광역시도	154 (53시군구)	37	7시군구	117	46시군구
경기·인천	23	8	인천강화(6) 인천옹진(2)	15	안산(4) 화성(4) 평택(2) 시흥(1) 김포(2) 파주(2)
강원	14	-	-	14	강릉(3) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(2) 삼척(3)
충남	18	-	-	18	서산(4) 홍성(2) 보령(2) 서천(2) 아산(2) 태안(4) 당진(2)
전북	8	-	-	8	김제(2) 부안(2) 고창(2) 군산(2)
전남	51	19	신안(6) 진도(6) 완도(7)	32	해남(2) 함평(2) 장흥(2) 보성(2) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 영광(4) 무안(2) 강진(2) 영암(2) 고흥(4) 목포(2)
경북	12	-	-	12	울진(2) 포항(4) 영덕(2) 경주(4)
경남·울산	28	10	남해(6) 거제(4)	18	사천(2) 통영(2) 고성(2) 하동(4) 창원(6) 울산북구(2)

1.4.3. 해수침투 관측공 심도 및 해안거리

- 전국 154개 관측공의 개발심도는 평균 약 78 m이다(표 1-6).
- 케이싱 심도는 전국 평균 약 19 m로서, 이는 해수침투 관측공이 설치된 지점의 퇴적층의 평균 두께가 평균 약 19 m 내외를 의미한다.
- 한국농어촌공사 해수침투 관측공은 일반적으로 1개 지구에 2개소로 설치한다. 즉, 해안선 기준 내륙쪽 근거리 1개소, 원거리 1개소를 설치하여 거리에 따른 해수침투 영향을 분석한다. 관측공과 해안의 거리는 전국 최대 4,230 m, 최소 10 m에 위치하며 전국적으로는 해안으로부터 평균 593 m에 위치한다.

<표 1-6> 해수침투 관측공 심도 및 해안거리

광역시도	개발 심도(m)			케이싱 심도(m)			해안까지 거리(m)		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균
계									
평균	200	30	78	50	3	19	4,230	10	593
경기·인천	150	40	82	48	6	21	1,180	80	527
강원	121	50	80	50	5	21	2,520	30	657
충남	104	60	81	27	6	21	1,510	30	363
전북	150	60	79	36	10	21	1,450	70	673
전남	150	37	77	45	3	16	2,320	25	671
경북	110	30	65	36	6	23	1,850	100	740
경남·울산	200	31	80	50	6	18	4,230	10	517

제2장 해수침투 이론 및 관리

- 도서·해안지역 대수층에는 담수 하부에 염수가 썩기형태로 분포
 - Ghyben-Herzberg 이론 : 해수면 아래 담수체의 깊이(z)는 해수면을 기준으로 지하수 수위 높이(h_f)의 약 40배에 해당
- 도서·해안지역 지하수의 과잉양수는 관정 내부로 염수침입을 유발하여, 가용한 지하수자원의 감소 초래
 - 최적 지하수 개발 가능량 범위 내에서 해안지하수 개발·이용 필요
 - 지하수 양수 시 발생하는 상승추의 평형고도를 자연상태 담-염수 경계면으로부터 관정바닥까지 거리의 1/3보다 작게 설정하여 양수 필요
- 해수침투 관리를 위한 노력은 국·내외에서 지속적으로 진행 중
 - 국내에서는 해수침투 관리를 위해 산·학·연·관에서 우수한 성과를 도출하고 있으나, 제도적 장치의 미흡으로 해수침투 발생지역에 직접 적용한 사례는 제한적임
 - 해외 선진국의 경우 해수침투에 대한 선제적 대응으로 향후 발생 가능한 해수침투에 대한 사전적 예방체계를 구축하여 시행 중

2.1 해안지하수

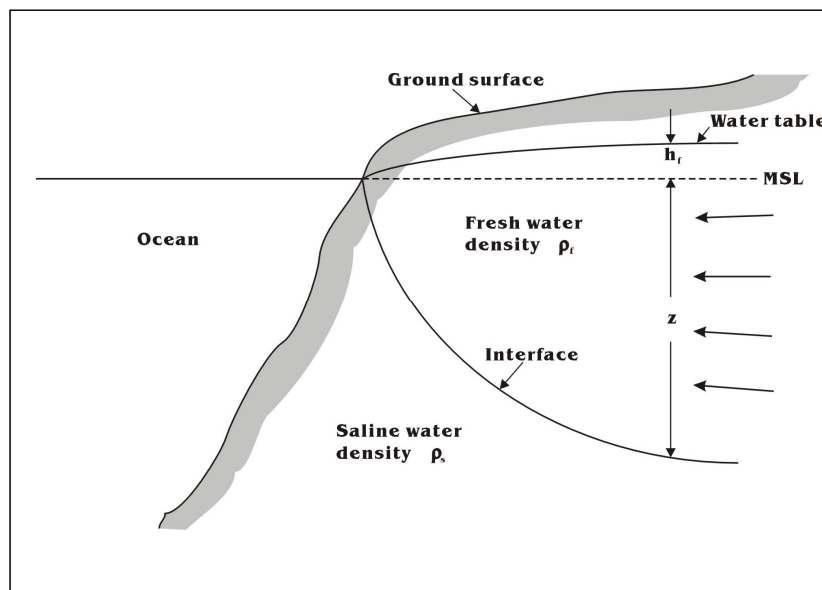
2.1.1. 해안지하수 부존 특성

- 내륙지방에서 함양된 지하수는 내륙과 해안사이의 지하수 수두경사에 의해 해안방향으로 이동하며, 최종적으로 바다로 배출된다.
- 해안지역은 바다의 영향으로 담수인 지하수와 비교하여 상대적으로 밀도가 큰 해수가 해안지역 대수층의 기저부에 썩기형태로 존재하게 된다. 이로써 해안지역 대수층은 담수와 해수가 공존하게 된다.

- 해수와 담수의 경계면은 정수압적 평형(hydrostatic balance)을 이루면서 해안가에서는 낮은 심도로, 내륙방향으로는 깊은 심도로 형성되어, 자연 상태에서는 전반적으로 아래로 볼록한 형태를 보인다(그림 2-1).
- 이를 정역학적으로 설명한 것이 Ghyben-Herzberg (G-H) 이론이다.

2.1.2. Ghyben-Herzberg 이론

- G-H 이론은 1900년 전후에 Ghyben (1888)과 Herzberg (1901)에 의해 각각 발표된 논문을 기초로 구성되었다.
- 자유면 대수층의 경우, 해수면 아래 담수체의 깊이(z)는 해수면을 기준으로 지하수 수위 높이(h_f)의 약 40배에 해당되는 것으로 알려져 있다(그림 2-1).



<그림 2-1> 해안지역의 담수체 및 해수체의 이론적 모형

- 정수압적 평형 이론을 근거로 담수체와 해수체의 밀도와 지하수면의 고도를 알면 아래의 (식 2-1)에 의해 담수체까지의 깊이를 구할 수 있다.

$$\rho_s g z = \rho_f g (z + h_f) \quad (2-1)$$

- 이 때 ρ_s 는 해수의 밀도, ρ_f 는 지하수의 밀도, g 는 중력가속도, h_f 는 지하수면의 고도, z 는 해수면 아래 담수체의 깊이이다.
- (식 2-1)을 해수면 아래 담수체의 깊이에 대해 정리하면 (식 2-2)와 같은데, 이를 G-H 관계식이라고 한다.

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f \quad (2-2)$$

- 이 때, 해수의 밀도를 1.025 g/cm^3 , 지하수의 밀도를 1.000 g/cm^3 라고 가정하면, 담수체의 깊이 z 는 (식 2-3)과 같이 계산된다.

$$z = 40h_f \quad (2-3)$$

2.2 해수침투

2.2.1. 해수침투 발생

- 해안지역에서 지하수의 양수는 담수와 염수 경계면의 평형을 교란시켜 대수층 내 담수영역으로 염수의 침입을 유발시킨다.
- 자연적인 지하수 배출량을 초과하는 과잉 양수 시에는 수리경사의 역전을 발생시켜, 결과적으로 양수정 내로 염수가 직접 유입된다.
- 염수가 유입된 지하수는 음용수, 농업용수 등의 목적으로 활용 불가능하게 되어 가용 수자원을 감소시키는 결과를 초래한다.
- 해수침투가 발생한 해안지역 대수층을 원래대로 복구하기 위해서는 많은 비용과 시간이 소요되며, 사실상 완전복구는 불가능하다.
- 과잉양수에 의한 관정 내 염수의 침입은 G-H 이론을 토대로 설명 가능하다.

2.2.2. 경계면 상승

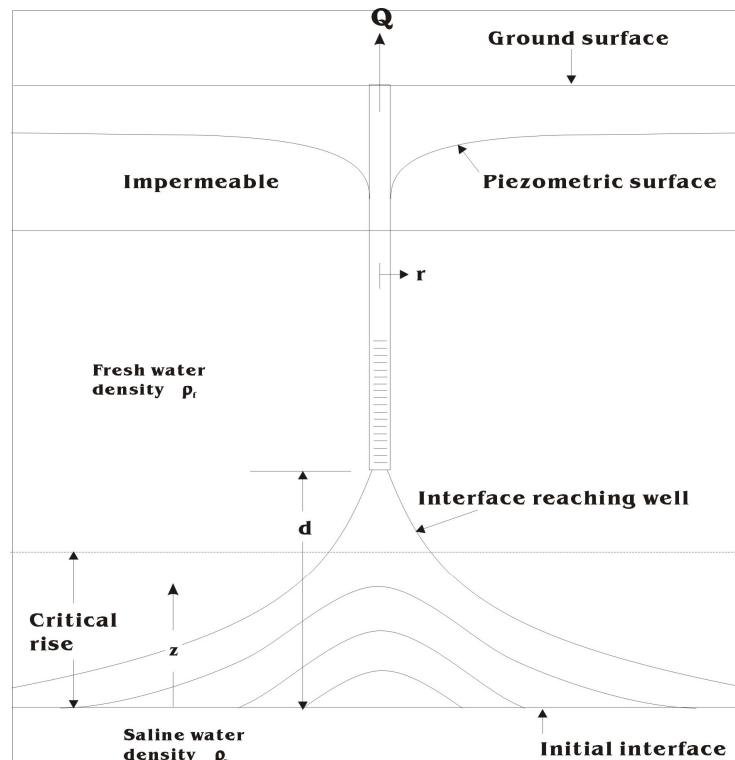
- 해안지역에서 지하수 양수는 지하수 수위를 하강시키고, 담수와 염수의 경계면의 상승을 야기한다. 이때 발생하는 경계면의 상승 형태를 상승추

(upconing)라고 하며(그림 2-2), 양수에 의해 새롭게 형성되는 평형고도는 (식 2-4)와 같다(Schmorak and Mercado, 1969).

$$z = \frac{Q\rho_f}{2\pi dK(\rho_s - \rho_f)} \quad (2-4)$$

- 이 때, z는 새롭게 형성되는 상승추의 평형고도, K는 수리전도도, Q는 양수량, d는 해수체 경계면으로부터 관정바닥까지의 거리이다.
- Dagan and Bear (1968)은 새롭게 형성되는 상승추의 평형고도(z)가 원래의 해수체 경계면으로부터 관정바닥까지 거리(d)의 1/3보다 작은 경우 안정하다고 제안하였으며, 만약 $z=0.3d$ 인 경우 최대 허용양수량(maximum permitted pumping rate)은 (식 2-5)와 같은 조건을 만족하여야 함을 밝혀낸 바 있다.

$$Q_{\max} \leq 0.6\pi d^2 K \left(\frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \right) \quad (2-5)$$



<그림 2-2> 양수에 의한 경계면의 상승추 형성 모식도

2.3 해수침투 관리 방법

- 지하수 최적 개발 이용 및 규제 : 관정 내부로 염수 유입이 발생하지 않는 적정 양수량 범위 내에서 지하수를 이용하도록 하는 방법이다.
- 담수 인공함양 : 담수를 대수층에 인위적으로 주입시켜서 지하수 수위를 높이고 수리적으로 해수의 이동을 제어하는 방법이다.
- 해수침투 차단 장벽 설치 운영 : 해안변에 해수침투 차단을 위한 장벽을 설치하여 인위적으로 염수 유입을 차단하는 방법이다.
- 염수 인공배출 : 염수를 대수층으로부터 양수하여 지하수의 수리구배를 인위적으로 크게 하여 담수의 유입을 유도하는 방법이다.

2.4 국내의 해수침투 관리

- 국내에서는 도서·해안지역 해수침투 관리를 위해 지하수 관련 전문연구기관과 대학·연구소 등에서 활발한 조사·연구가 진행 중이며, 그 성과도 우수한 편이다.
- 농림축산식품부와 한국농어촌공사에서는 도서·해안지역 지하수 관리의 중요성을 인식하고, 1998년부터 현재까지 해수침투 관측망을 확대 설치하여 국내 도서·해안지역 해수침투에 대하여 상세히 조사 중이다. 또한, 매년 연차별로 조사 보고서를 작성하여 관측 자료와 함께 인터넷 웹사이트(농어촌지하수넷, <https://www.groundwater.or.kr>)로 일반에 공개 중이다.
- 최근 10여년간 프론티어연구사업단의 「수자원의 지속적 확보기술 개발사업(2001 ~ 2011)」, 자연재해방재사업단의 「해수침투 평가, 예측 및 방지기술 개발 연구(2000)」, 한국지질자원연구원의 「해수침투 확산저지 및 피해개선기술 개발(2006)」 등에서, 우리나라 대수층의 수리지질학적 특성과 관련된 일련의 체계화된 기술을 개발하여 도서·해안지역 지하수 최적 관리와 해수침투 방지를 위한 여러 노력이 있었다.

- 그러나, 상대적으로 우수한 조사·연구 성과에 비하여 정책에 반영할 수 있는 제도적 장치가 미흡하여, 해수침투 발생지역에 대하여 직접적으로 조사·연구 결과가 반영된 사례는 미비한 편이다.

2.5 외국의 해수침투 관리

- 해외 선진국의 경우, 현재 지하수 관련 사안에만 대처하기 보다는, 향후 발생 가능한 문제들에 대한 사전적 예방체계를 구축하여 해수침투 관리를 시행하고 있다.
- 아래 해수침투 관리 사례는 문유리 외(2008)로부터 발췌하여 기술하였다.

2.5.1. 미국

가. 해수침투 보고 사례

- 1854년 : 뉴욕 주 롱아일랜드 지하수에서 해수성분 검출 보고
- 1940년 : 뉴저지 주 케이프메이 카운티에서 120개 관정이 해수침투로 인해 한꺼번에 폐쇄
- 1939년 : 플로리다 주 포트조지 섬에서 제지공장의 과도한 지하수 개발로 염소농도 급증, 담수습지의 해수화, 습지 해수화에 따른 먹이사슬 파괴 (악어, 조류 수 감소)
- 1960년 : 조지아 주 사바나-힐튼 지역에서 해수침투 보고

나. 해수침투 관리 사례

- 미의회 기술평가국(Office of Technology Assessment, OTA)
 - 1987년 해수침투를 대수층의 오염원으로 분류
- 미국 지질조사소(U.S. Geological Survey)
 - 해수침투 관리에 관한 연구 활성화

- 워싱턴 주
 - 1989년 해수침투관리정책 수립 이후 해수침투에 대한 특별관리 시행
- 플로리다 주
 - 해수침투가 우려되는 경우에 인공수로의 물높이를 상승시켜 대수층 내 담수층의 압력을 증가시켜 해수침투 방지
 - 습지복원으로 대상지역의 물순환에 변화를 주는 방안을 도입하여 해수침투 방지
 - 신규 관정 개발 시, 해당 관정이 해수침투에 미치는 영향이 없음을 증명해야함. 만약 그 영향이 작다고 판단될 경우, 관정설치를 허가(5년마다 갱신)하되, 해당 관정을 관찰하기 위한 관측공을 추가로 설치하도록 규정
 - 예상치 못한 해수침투로 인한 대수층의 피해 발생 시, 허가를 축소하거나 관정 폐쇄
- 조지아 주
 - 조지아 주정부(환경부)에서는 해안지역의 카운티가 자체적으로 효율적인 대수층 관리방안과 대체수자원 확보계획을 세우도록 지시
 - 해안지역의 대수층에 대한 연구전담 조직으로 조지아 해협연구위원회 (Coastal Georgia Sound Science Initiative) 설립
 - 2006년 6월 해수침투에 취약한 해안지역 24개 카운티를 해수침투 관리대상 지역으로 분류하여, 3개 그룹(소지역 1, 2, 3)으로 구분하여 관리
 - 소지역 1 (해수침투 취약지역)
 - 취수량 제한 : 2004년 지하수 취수량을 기준으로 취수량 증가를 제한하고 있으며 2008년까지 취수량을 약 19백만 m^3/day 감소시키는 것을 목표
 - 혼합이용 장려 : 증가하는 물이용량을 충족시키기 위해 지표수와 지하수의 혼합사용 및 하부 플로리다 대수층 등의 다른 대수층의 개발을 장려
 - 소지역 2 (해수침투가 국지적으로 나타나는 지역)
 - 현재의 해수침투 경계선이 더 이상 내륙지역으로 이동하지 않도록 관리

- 해수침투 발생지역과 그 주변에 신규 관정 개발 금지
- 소지역 3 (해수침투가 뚜렷하지 않지만 관리 필요지역)
- 지속적인 해수침투 관측 시행
- 이 외, 캘리포니아, 플로리다, 워싱턴 주 해수침투 차단 장벽 설치 운영

2.5.2. 유럽연합

가. 해수침투 보고 사례

- 스페인 : 남부 농업용 지하수에서 염소이온 검출로 관개용수로 사용 불가
- 터 키 : 1999년 메르신 지하수에서 염소이온 과다로 해당지역 관정 불용
- 네덜란드 : 1900년대 북서부 해안지역에서 해수침투가 처음 관측
- 각 회원국으로 하여금 해수침투 정밀조사를 수행하여 관련자료와 데이터를 보고하도록 규정하고, 수집된 자료는 GIS 데이터베이스로 구축하여 활용 중
- 해수침투 지역의 대수층을 특별 관리할 필요가 있는 곳은 「주의지역(hot spots)」으로 지정하여 관리

나. 해수침투 관리 사례

- 독일
 - 사전적 예방정책(국립공원 지정, 취수량 제한)으로 해수침투 관리
 - 북해 인접지역에는 유럽의 60%에 해당하는 갯벌이 존재하는데, 갯벌보전이라는 취지하에, 발트해 인접지역 모든 갯벌을 국립공원으로 지정. 이로써 지하수 개발·이용을 전면 금지하여 해수침투 미발생 유도
 - 발트해 도서지역에서는 지하수 취수량을 제한하여 해수침투 관리
- 네덜란드
 - 지하수 인공함양기술 활용 : 운하 및 담수보존장치를 이용하여 담수렌즈를 유지하는 방법
 - 최근 기후변화에 따른 해수면 상승과 해수침투 관련성 연구 활발히 진행

2.5.3. 기타

- 일본, 중국, 멕시코, 인도네시아, 필리핀 등에서는 지하에 인공적인 차수벽 시설을 설치하여 지하수를 저장하는 지하댐을 설치하여 해안변의 담수 지하수자원 저장 및 해수침투 방지 시행
- 지하댐을 이용한 담수의 인공저장 방식은 해수침투 방지를 비롯하여, 수자원의 일시적 지하 저장, 대수층 관리를 위한 지하수 수위의 유지, 그리고 지하수 축열을 이용한 에너지 절감 효과 등 부차적인 효과 창출

제3장 해수침투 관측망 시설 및 유지·관리

■ 해수침투 관측망은 국내 도서·해안지역 지하수 관측공에 대한 일괄 관리 체계임

- 2015년 현재 전국 154개소 해수침투 관측공에 대한 일괄 관리 시행 중
- 해수침투 관측시설은 관측공, 관측센서, 현장제어장치, 전원장치, 보호시설, 안내판 등으로 구성
- 관측자료는 서버로 실시간 전송되며 농어촌지하수넷을 통해 제공 중

■ 해수침투 관측공은 해당지역을 대표하는 최적 위치에 설치

- 해수침투 관측공은 해수침투의 공간적인 분포 및 지하수유동 방향을 고려하여 해안선에 수직 방향으로 상, 하류부에 설치
- 4가지 인자(총면적 대비 농지면적, 전체용수 이용량 대비 지하수 이용량, 총 인구수 대비 농어업 인구수, 전체관정 개소수 대비 농업용 관정 개소수)를 고려하여 설치

■ 해수침투 유지·관리 지침을 토대로 체계적인 관리체계 구축

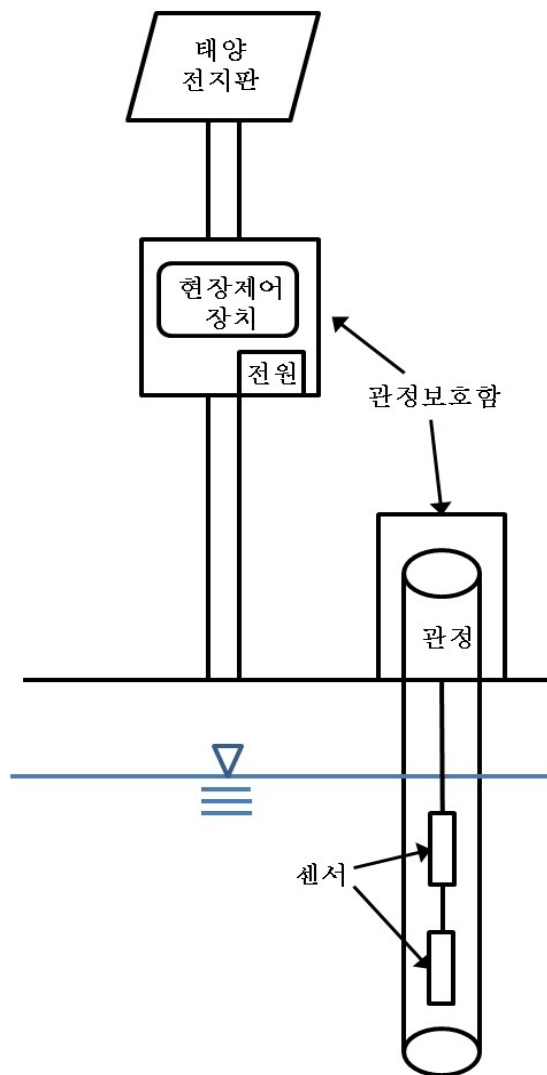
- 표준화된 유지·관리 지침을 토대로 관측시설물의 유지·관리, 취득자료의 체계적 관리, 타 관측망 자료와 연계 운영 필요

3.1 해수침투 관측망

3.1.1. 해수침투 관측망 개요

- 해수침투 관측망(Seawater Intrusion Monitoring Network System)은 국내 도서·해안지역에 분산·설치되어 있는 154개(2015.12 현재) 관측공에 대한 일괄 관리체계를 일컫는다.
- 개별 관측공에는 해수침투 관측시설이 설치되어 있다. 해수침투 관측시설은 관측공, 관측센서, 현장제어장치(RTU, remote terminal unit), 전원장치, 보호시설, 안내판 등으로 구성된다(그림 3-1).

- 각 관측공에서는 원격감시 시스템을 이용하여 매일 1시간 간격으로 지하수 수위(m), 전기전도도(EC, $\mu S/cm$) 및 지하수 수온($^{\circ}C$) 자료를 자동으로 수집하여 한국농어촌공사에 소재한 서버로 전송한다.
- 각 관측공에서 서버로 전송된 자료는 실시간으로 관리자가 확인할 수 있으며, 관측자료의 수요자인 농어민, 관련 공무원, 학계, 업계 등에게는 각 관측자료(수위, 수온, 전기전도도)가 일평균 값으로 환산되어 농어촌지하수넷(<https://www.groundwater.or.kr>)을 통해 제공된다.



<그림 3-1> 해수침투 관측시설 모식도
(보호함 유형 관측시설)

3.1.2. 해수침투 관측시설 세부 구성요소

- 관측공
 - 해당지역을 대표할 수 있는 지점에 관정지름 125 mm 이상, 관정 심도 60 m 이상인 관측공을 굴착한다. 관측대상 지하수는 암반지하수를 대상으로 하기 때문에 충적층 구간은 케이싱을 설치하여 충적층 지하수 내지 불포화대 지하수의 유입을 방지한다.
- 관측센서
 - 관측센서는 수심 150 m 이상의 압력에도 견딜 수 있는 방수구조의 센서가 설치된다. 관측센서는 지하수 수위 관측센서(depth; D), 전기전도도·수온 관측센서(conductivity and temperature; CT), 전기전도도·수온·수위 관측센서(CTD) 등 3종류로 구분된다.
 - 상기 센서는 2개 이상의 센서가 각 관측소의 관측목적에 부합하도록 다중 심도로 설치되어 있다(그림 3-1). 예를 들어, 두 개의 다중심도 센서가 설치된 경우, 얇은 심도에 D센서가, 깊은 심도인 담염수 경계부에 CT센서가 설치될 수 있다.
- 현장제어장치
 - 센서로부터 관측된 자료를 1일 최소 1회부터 최대 24회까지 수집하여 보관하며, 동시에 서버로 자료를 전송하는 장치이다.
 - 자료 전송은 CDMA 전용단말기를 이용하여 서버로 전송한다. 전송 불량 시에는 재전송이 가능할 때까지 자료를 임시 보관하며, 복구 후에는 설정된 내용에 따라 자료를 자동 전송한다.
 - 현장조사 시에는 실시간 측정 데이터를 액정화면으로 보거나, 노트북으로 다운로드 받아볼 수 있다.
- 전원장치
 - 태양전지는 현장의 일조 환경과 시스템 총 소모 전력량을 기준으로 설계한다.
 - 최소 30일 이상 충전이 안 되는 조건에서도 정상작동을 용이하게 하기 위해 소모 전원(축전지, 12 볼트, 40 암페어 이상)과 연동하여 충전 용량 및 충전 용량으로 설계한다.

○ 보호시설

- 관측공 보호함은 관측공 내부 및 현장제어장치에 빗물 내지 이물질이 유입되는 것을 방지하기 위해 설치한다.
- 관측공 보호펜스는 관측시설을 쉽게 인지하도록 하고, 외부 충격으로부터 관측시설을 보호하기 위해 설치한다.

○ 안내판

- 안내판은 현장제어장치 보호함 또는 관측공 보호펜스에 설치하며, 부식을 방지하기 위해 스테인리스 스틸로 제작한다. 안내판 규격과 내용은 아래 <그림 3-2>와 같다.

3.1.3. 해수침투 관측시설의 변천(표 3-1 ~ 3-2)(그림 3-2)

○ 상부보호공 및 양수장옥 유형

- 설치기간: 1998 ~ 2004년
- 개 소 수 : 35개소(상부보호공 26개소, 양수장옥 9개소)
- 센서유형 : 일체형 센서 32개소(Minisonde4a 12개소, QuantaG 20개소), 다중심도센서 3개소

○ 보호함 유형

- 설치기간: 2004 ~ 2012년
- 개 소 수 : 92개소
- 센서유형 : 일체형 센서(Minisonde4a) 4개소, 다중심도센서 88개소

○ 관정내장형 유형

- 설치기간: 2013년 이후 ~
- 개 소 수 : 27개소
- 센서유형 : 다중심도센서(S-cap유형)

- 해수침투조사용 관측공 -

- ◎ 지 구 명 : ○○지구
- ◎ 관정심도 : m
- ◎ 설치년도 : 2015년

본 시설물은 해안지역에서 염수에 의한 지하수 오염을 감시하고자, 농림축산식품부와 한국농어촌공사에서 국가예산으로 설치한 관측시설물입니다. 관측장비의 보호를 위하여 주민 여러분의 협조를 부탁드립니다.

문의사항 연락처 : 한국농어촌공사 농어촌연구원
 전 화 : 031 - 400 - 1851
 홈페이지 : <https://www.groundwater.or.kr>

<그림 3-2> 해수침투 관측시설 안내판

<표 3-1> 관측망 유형과 센서 현황

설치년도	유형	계	다중	다중(S)	M	Q
'98~'04	상부보호공	26	1		7	18
	양수장옥	9	2		5	2
'04~'12	보호함	92	88		4	
'13~	관정내장형	27		27		
계		154				

주) 다중, 다중심도센서(국산); 다중(S), 다중심도센서(S-cap유형, 국산); M, Minisonde4a(일체형, 수입산); Q, QuantaG(일체형, 수입산)

<표 3-2> 관측망 유형과 센서의 변천

구분	유형		
상부보호공 및 양수장옥	 <p>상부보호공</p>	 <p>지하수 물리검층</p>	 <p>일체형 센서 (QuantaG)</p>
	 <p>양수장옥</p>	 <p>현장제어장치 기록</p>	 <p>일체형 센서 (Minisonde4a)</p>
보호함	 <p>보호함 유형</p>	 <p>현장제어장치 기록</p>	 <p>다중심도센서</p>
	 <p>관정내장형 유형</p>	 <p>관정내장형 현장제어장치</p>	 <p>다중심도센서 (S-cap유형)</p>

3.2 해수침투 관측망 유지·관리

3.2.1. 해수침투 관측망 위치 선정

가. 해수침투 관측망 설치 목적 및 효과

- 일반적으로 지하수 관측망은 지하수 수량 및 수질의 지속적인 관측(분석)을 통해 지하수 최적이용을 도모하고 동시에 오염예방을 수행하는 등 실질적인 지하수 보전관리 업무에 그 목적이 있다.
- 지하수 관측망은 지하수 수위 및 수질의 장기관측과, 수질검사 및 대수층 시험 등의 정기적인 실시로 장래 지하수자원의 수량 및 수질 변화에 적극적으로 대처하기 위한 시설이다.
- 지하수 관측망 설치 시에는 오염물질 유입에 의한 수질 부적합 지역, 수질은 적합하나 과잉양수로 지하수 수위가 계속 하강하는 지역, 지금까지는 지하수의 함양과 양수량이 균형을 이루고 있으나 주변여건 변화로 지속적인 관리가 요구되는 지역 등 지역별 관리대상을 고려하고 주변 여건 및 수문환경 등을 고려하여 그 규모 및 범위 등을 결정해야 한다. 또한, 경제성을 감안하여 관측공의 설치 개소수를 최소화하도록 설계되어야 한다.
- 해수침투 관측망의 경우에는 지하수의 의존성이 큰 도서·해안지역에 대하여 공간적으로 해수침투 현상을 관측할 수 있는 지점에 설치하는 것이 중요하다.
- 이에 따라 지하수 관측을 위한 지하수 관측망 설치 세부목적으로는
 - 1) 지하수 수위변화 파악을 통한 지하수 수문 분석
 - 2) 지하수 과잉양수에 의한 지반침하 및 오염 가속화 등 재해 예측 및 방지
 - 3) 지하수자원의 항구적인 보존 및 관리
 - 4) 하천, 저수지, 해안변 염수침투 등 대수층 내 수문요소에 따른 영향 감시
 - 5) 수질변화 및 특성변화 예측을 위한 지하수수질 장기 관측

- 6) 오염원 및 잠재오염원 부존 지역의 특정오염원에 대한 오염확산 감시
- 7) 오염 대수층 지역에 있어 정화처리 효과 감시 등이 대표적이다.
- 해수침투 관측망은 1), 2), 3), 4), 5)를 목적으로 하여 해안지역 지하수 보전을 위한 대수층의 수문분석 및 장기관측을 실시한다. 측정주기는 1시간 단위이다. 대수층 내 지하수량 변화를 파악하기 위하여 장기적인 수위, 수온변화를 주 관측대상으로 하며 수위 외에 오염 지시인자인 전기전도도를 관측한다.
- 1), 2), 3), 5)는 일반적인 대수층 전체에 대한 장기 관측망에 해당하며, 측정주기를 1일, 5일, 10일, 15일 및 1개월 등 목적에 맞추어 수 년에서 수십 년간 관측하여 월변화, 년변화를 분석하는 것이 주목적이다.
- 4), 6), 7)은 저수지, 하천, 해수침투, 쓰레기 매립장, 축산단지, 공장 등 특정 대상을 목적으로 하는 일시적인 관측망으로서 측정주기도 목적에 따라 좀 더 조밀하게 관측하여 일변화, 월변화를 분석한다.

나. 관측망 위치 선정 기준

- 관측망 위치선정 기준은 지하수 기초조사 자료 및 각종 통계자료를 기초로 타당한 인자 도출 및 등급화로 객관적인 방안이 필요하다.
- 해수침투 관측망 위치 선정의 경우 4가지의 인자를 추출하여 각 인자들에 대한 가중치를 부여하여 우선순위를 결정하는 방법을 채택한다(표 3-3). 그러나, 이들 4가지 인자 중에서 가중치가 높은 지하수 이용량의 경우는 지하수 관정의 신고 당시의 양수량을 기초로 작성되었기 때문에, 향후 이용량에 대한 정확한 결과가 도출되는 경우 가중치를 조정할 여지가 있다.
- <표 3-4 ~ 3-7>은 각 인자들의 등급별로 계산된 지수를 정리한 결과로, 4가지 인자들의 최대값은 35, 최소값은 7이다.

<표 3-3> 각 인자별 가중치 및 자료 출처

인 자 (읍, 면)	가중치	자료출처
농지면적/총 면적	2	시·군 홈페이지
농업용 지하수 이용량/총 지하수 이용량	1	국가지하수정보센터
농업인구 수/총 인구 수	1	시·군 홈페이지
농업용 관정 수/전체 관정 수	3	지하수조사연보
가중치 계	7	

※ 참조사항 : 해안까지의 길이

<표 3-4> 농지면적 등급 기준

인 자	가중치	구 분	등 급	지 수
농지면적/총 면적	2	0.00 ~ 0.15	1	2
		0.16 ~ 0.30	2	4
		0.31 ~ 0.45	3	6
		0.46 ~ 1.00	4	8

<표 3-5> 지하수 이용량 등급 기준

인 자	가중치	구 분	등 급	지 수
농업용 지하수 이용량/ 총지하수 이용량	1	0.0 ~ 0.6	1	1
		0.6 ~ 0.7	2	2
		0.7 ~ 0.8	3	3
		0.8 ~ 0.9	4	4
		0.9 ~ 1.0	5	5

<표 3-6> 농업인구 수 등급 기준

인 자	가중치	구 분	등 급	지 수
농업인구 수/ 총 인구 수	1	0.00 ~ 0.15	1	1
		0.16 ~ 0.30	2	2
		0.31 ~ 0.45	3	3
		0.46 ~ 0.60	4	4
		0.61 ~ 1.00	5	5

<표 3-7> 농업용 관정 수 등급 기준

인 자	가중치	구 분	등 급	지 수
농업용 관정 수/ 전체 관정 수	3	0.0 ~ 0.2	1	3
		0.2 ~ 0.4	2	6
		0.4 ~ 0.6	3	9
		0.6 ~ 0.8	4	12
		0.8 ~ 1.0	5	15

3.2.2. 해수침투 관측망 운영

가. 운영관리인 선정

- 해수침투 관측망은 정기적인 기기 점검 등 설치 이후 지속적인 사후관리가 이루어져야 한다.
- 해수침투 관측망을 운영, 관리하기 위해서는 별도의 예산이 필요하며, 이를 바탕으로 관측공 설치 이후 정기적인 점검, 자동관측기기의 보정, 장기관측 자료의 수집 및 자료관리, 연간 측정자료 보고서 작성, DB 구축 등이 가능하다.

- 이러한 운영 및 관리를 위하여 선정된 담당자에게는 전문교육을 통해 시설물의 보호 상태 및 취득 자료의 기록과 보관 방법을 교육하여야 한다.
- 관측망 운영 관리인은 관측망 시설물과 장비의 유지·관리는 물론 장기적인 관측자료 등 연간 취득 자료를 체계적으로 관리하여 지하수자원의 효율적인 이용과 관리의 기초자료로 활용되도록 하며, 타 관측망 자료와 연계 운영할 수 있도록 관측공의 위치와 취득자료를 표준화된 자료체계로 보관 관리하여야 한다.

1) 해수침투 관측망 운영자의 수행업무

- 관측자료 취득
- 관측시설 보호 관리
- 정기적인 실측 및 센서 보정
- 전원 점검 및 배터리 교체
- 정기 수질시료 채취 및 분석 의뢰
- 자료의 기록 유지 및 보고
- 관측공 시설의 유지, 관리 업무 이행

2) 해수침투 관측망 운영자의 소요장비

- 수동 수위측정기: 정기적인 수동측정 및 자동 관측센서의 보정작업 수행
- 휴대용 EC측정기: 정기적인 수동측정 및 자동 관측센서의 보정작업 수행
- 수온 측정기: 정기적인 수동측정 및 자동 관측센서의 보정작업 수행
- 수소이온농도 측정기: 정기적인 수동측정 및 자동 관측센서의 보정작업 수행
- 표준 버퍼용액: 휴대용 EC 측정기 보정
- 관정 수질시료 채취기: 전기전도도, 수온 확인점검 및 수질분석용 시료 채취
- 노트북 컴퓨터: 자동 관측기 센서의 영점 보정작업

3) 해수침투 관측망 운영자 지정

- 장기관측망 운영자는 수질시료 채취 및 분석의뢰 업무와 휴대용 수동측

정 장비에 의한 자동관측 센서의 영점보정 업무를 원활히 수행하기 위하여 전문적인 지식을 갖춘 전문가이거나 비전문가일 경우는 상당수준의 교육을 받아야 한다.

4) 관측시설의 유지·관리 업무

- 관측시설, 자동관측 장치, 노트북 컴퓨터, 수동 점검 장비류 및 밧데리, 버퍼용액, 수질 채취기, 수질시료 용기 등 제반 장비류에 대한 유지·관리를 청결히 하고 보호장치를 철저히 유지시킨다.
 - 또한 관측 자료는 매월 정기 점검일을 기준으로 기록 보존할 수 있도록 표준화된 기록대장 양식에 작성한다.
- 관측업무 담당자는 다음과 같은 추가업무를 수행토록 한다.
- 가장 가까운 기상관측소로부터 일별 강수량 자료를 확보하여 대장에 기록한다
 - 취득자료는 상용 프로그램을 이용하여 D/B화하여 보관한다.
 - 타 관측망 자료와의 연계를 위해 자료의 공유가 될 수 있도록 공개한다.

나. 관측자료의 취득 및 정기점검

- 관측망에서 자료취득은 다음과 같은 내용을 포함한다.
- 자동관측장비를 설치하지 않고 수동식측정기(수위, 수온, EC)를 가지고 주기적으로 직접 현장방문 측정
 - 자동관측장비 설치 시 주기적인 자료 취득
 - 수질분석을 위한 시료채취
- 또한 정기 점검 시 관측장비는 분기별로 1회 영점보정하고, 매 3년에 1회의 관측공 공내 청소가 바람직하다.

1) 수동식 관측

- 관측공에 자동관측 장치가 설치되지 않은 경우는 테이프형 수위측정기로 측정하며, 측정위치는 케이싱부분에 표시를 하여두어 항상 동일지점에서 측정토록 한다. 이때 수온, EC 항목은 측정목적에 따라 10일, 혹은 15일,

30일 주기로 정기적으로 측정하며, 관측공 공내에서 지하수를 채수할 수 있는 수질시료 채취기가 필요하다.

- 수질시료 채취기는 관측공 별로 별도로 설치 사용하여 채취기의 이동과정 또는 다른 공의 수질에 의해 오염위험을 대처하는 것이 바람직하며 항상 증류수로 세척 후 사용하도록 한다. 한 개의 시료 채취기를 여러 공에서 사용할 경우는 채취기 세척에 더욱 신경을 써 수차례 세척을 반복 사용하도록 한다

2) 자동관측장비 자료취득

- 자동관측장비 설치시는 측정주기를 설정하고 필요시 측정주기를 변경하여 사용한다.
- 직접 노트북 컴퓨터를 가지고 현장에서 수집하는 방법이 있지만 해수침투 관측망은 무선통신망을 이용하여 1시간 간격으로 자료를 취득한다.

3) 관측장비의 보정

- 관측장비의 보정은 수동수위측정기와 온도계를 제외한 모든 수동 또는 자동관측기기를 포함한다. 즉 수동식 EC 측정기와 자동관측기기의 수위 센서, EC센서를 정기적으로 보정해야 한다.
- 자동관측기 확인 및 보정은 장비 형태에 따라 다르나 전체적으로 점검(1회/분기)을 하여야 한다.
- 압력식 수위계는 제작사마다 차이는 있으나 양호한 제품일 경우 설치 초기에는 2 ~ 3개월 정도는 안정되어 측정자료의 신뢰도가 있으나 1년 정도 지나면 매 3개월 단위로 확인 보정 해주는 것이 좋다.

4) 자동수위센서 확인 및 보정

- 자동수위센서의 확인 및 보정은 매월 현장에서 할 수 있는 영점 보정과 측정값이 진동 또는 발산하는 경우 실내에서 하는 초기치 설정 보정(linearity, scale 및 offset)이 있다.
- 영점보정은 현장에서 수동수위측정기로 현재수위를 확인하여 자동 측정값과 오차가 있을 경우 수동측정값으로 보정해주는 작업으로 자동관측기

별 사용 프로그램 매뉴얼에 따라 쉽게 보정해 줄 수 있으나 실내 보정은 보정장비와 많은 센서에 대한 지식이 필요하다.

- 자동수위센서의 확인은 수동수위계를 이용하여 매 3개월에 1회 측정을 실시하여 확인 및 보정을 해준다. 자동수위계는 장비 형태별 차이는 있으나 가장 많이 사용하는 압력식일 경우 측정값에 문제가 발생할 요인이 많다.
- 압력식수위계의 경우 수위값은 대기압의 변화를 보정해주는 기능이 부실하거나, 너무 깊은 곳에 설치되어 항상 높은 수압에 눌러 있어 strain gauge의 민감도가 약해지는 경우 등은 측정 정확도가 많은 문제점이 있다.
- 영점보정 방법으로는 수동수위계의 경우 tape형 수위계를 사용하여 최초 기준점을 표시해 둔 곳에서(대체로 케이싱 상단에 측정위치 표시) 2 ~ 3회 반복 측정한다. 자동수위센서의 경우는 현재 수위를 확인하기 위해서 별도의 측정장치 또는 노트북 컴퓨터를 이용하여 현재의 수위를 확인한다. 이때 수동 측정값과 자동 측정값이 서로 차이가 날 경우는 센서의 현재 수위를 새로 측정한 값으로 변경해 주어야 한다.

5) 전기전도도센서 확인 및 보정

- 전기전도도는 용액에 담겨져 있는 2개의 전극에 일정한 전압을 가해 그 때 발생하는 전류의 세기를 측정하는 것이다. 따라서 전기전도도 센서의 전극주위는 지하수 내에 포함되어 있는 이온들이 결합되어 있다.
- 이 이온들의 결합이 전극의 전류흐름을 방해할 경우 센서의 기능이 저하된다. 따라서 전기전도도의 전극주위가 항상 청결한 상태로 유지해야 한다. 일반적으로 최소한 6개월 간격으로 청소 및 보정이 필요하다.
- 장기관측장비의 오차 교정방법은 수위센서와 마찬가지로 간단하게 할 수 있어야 한다. 표준시약을 이용하여 센서가 정확한 값을 읽는지 확인하고 그렇지 않을 경우 보정해야 한다.
- 장기관측장비의 오차 교정을 위해서는 휴대용 전기전도도 측정기가 필요하며 어느 값이 정확한지를 확인하기 위하여 동 휴대용 전기전도계도 오차보정을 하여야 한다.
- 현장점검 시 전기전도도와 수온 확인을 위해서는 관정의 지하수를 채취

할 수 있는 지하수 수질시료 채취장비가 필요하다. 휴대용 전기전도도계 자체도 측정하기 전에 KCl 용액을 이용하여 측정오차를 점검해보아야 한다. 휴대용 전기전도도 측정치가 약 5%내의 오차를 보이면 관정에서 수질시료채취기로 지하수를 채취 후 측정하고 이 측정값을 자동관측기에서의 값과 비교한다.

6) 수온센서 확인 및 보정

- 대부분 수온센서는 크게 문제가 없으나 수질시료 채취기로 채취한 지하수에 휴대용 온도계로 온도를 측정하고 자동 관측자료와 비교한다. 두 측정값의 차이가 큰 경우는 센서를 수리 혹은 교환한다.

7) 수질시료 채취

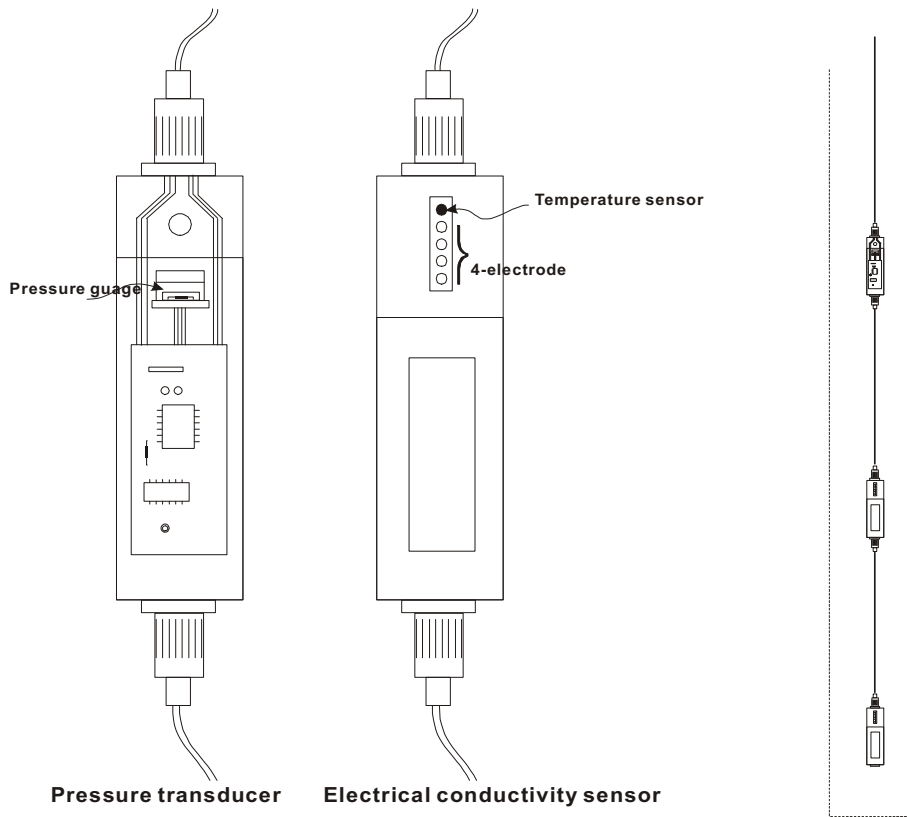
- 주기별 수질검사는 일정 시점을 기준으로 하는 것이 바람직하며 1년에 2회 시는 건우기 기준으로 4월 말과 10월 말 기준으로 하는 것이 바람직하고, 년 4회 경우에는 1월, 4월, 7월, 10월 말 기준으로 시행하는 것이 적절하다.
- 그러나 조사 목적과 현장 여건에 따라 변경이 가능하며 매년 같은 일자에 시행하는 것이 년변화를 관찰하는데 좋다.
- 장기시료 채취는 시료채취기가 있어야 하며 주상도를 이용하여 대수층 구조를 파악하여 지하수 유동이 있는 파쇄대 구간에서 시료를 채취해야 한다. 자연수위 부근의 지하수는 오랫동안 정체된 관계로 지하수가 오염되어 있을 수 있다.

8) 관정 청소

- 관측망 관정에 대하여 정기정비는 관정의 보호와 유지를 위해서 반드시 필요하다. 특히 관측공은 사용치 않는 이유로 지하수 수위 하부 구간 중 지하수 유동이 없는 구간 즉, 파쇄대가 없어 대수층이 아닌 구간은 물이 정체되어 오염되기 쉽다. 따라서 정기적으로 에어써징 등의 방법을 이용하여 청소를 해주어야 한다.

다. 해수침투 전용 다중심도 관측센서

- 기존의 해수침투 전용 자동관측센서는 지하수 수위 센서와 전기전도도 센서의 일체형으로, 자동센서의 위치는 대수층내의 담수체와 해수체의 경계면에 설치한다.
- 그러나, 경계면은 대개의 경우 지하수면 아래 약 30 ~ 70 m 깊이(지하수 수위 변화를 측정할 수 있는 분해능은 10 cm 이상)에 설치하므로, 조석의 영향을 받는 수 ~ 수십 cm 범위의 지하수 수위 변화는 측정이 불가능하다.
- 따라서, 지하수 수위 센서와 전기전도도 센서를 직렬방식으로 분리할 수 있는 다중심도 지하수 모니터링 장치를 한국농어촌공사에서 자체 개발하여 2004년 이후 활용하고 있다(그림 3-3).
- 본 측정 장치는 심도별 전기전도도 변화가 시계열의 함수로 연속적으로 변화하는 해안변의 지하수 관정에 적합한 시스템으로, RS-485 통신 방식을 이용하여 하나의 측정 시스템에서 32개의 전기전도도 측정 센서를 동시에 직렬 연결이 가능함에 따라 암반 대수층과 같이 담수체와 해수체의 경계면이 여러 심도에서 나타나는 경우 유용하게 사용될 수 있다.
- 특히 지하수 수위를 측정하는 압력식 수위계는 조석변화에 따른 미세 변화 감지가 매우 중요하지만, 기존의 일체형인 경우 깊이 설치함에 따른 불필요한 장력범위를 사용함에 따라 미세 변화 감지가 불가능한 반면, 본 시스템의 경우는 분리 설치가 가능하므로 지하수 수위 센서를 지하수면 직하부에 설치가 용이하다.
- 센서 외부는 각 측정 센서의 상하 양단에 탈, 부착이 가능하도록 케이블 커넥터를 부착하였으며, 특히 전기전도도 측정 센서는 4전극 방식을, 압력식 수위 센서는 gauge 방식을 이용하였다.



<그림 3-3> 다중심도 지하수 모니터링 장치의 구조

라. 관측공 및 보호시설 설치

○ 관측공 설치

- 해수침투를 감시하기 위한 관측시스템은 관측자료의 정확성과 신뢰성이 매우 중요하다. 따라서 관측공은 조사 및 시공과 관련한 각종 이력사항이 기록되어 있어야 하므로 신규로 설치하는 것이 바람직하다.
- 관측전용 관측공의 구경은 관측기기 설치, 지하수 시료 채취 및 다양한 수리지질 조사가 가능하도록 설치되어야 하므로, 구경은 최소한 $\phi 5''$ (125 mm) 이상이어야 한다.
- 관측공의 심도는 현장 여건에 따라 정하되 충적층 관측공은 지하수면 변화의 최저심도 이상으로 설치하도록 하며, 암반층의 경우에는 기반암의

대수층 이하의 심도에 설치되어야 한다. 이 때, 지하수법에 의거한 지하수 오염 방지시설을 설치하여야 한다.

- 또한, 각 관측공에 대하여 지하수 수위 및 기준점의 정확한 측량을 실시하여 위치 및 표고를 대장에 기록하여야 한다. 이때 최초 지하수 수위를 측정할 시설물 또는 케이싱의 위치를 정확하게 표시해 두어야 한다.

○ 관정보호 시설 설치

- 해수침투 관측공은 신규굴착이 원칙으로 관측공의 보호시설은 내부에 있는 관측공을 충분히 보호할 수 있는 재질이어야 한다. 또한 자동관측장비를 설치하는 경우에는 데이터 로거, 전원장치 및 통신시설이 보호시설 내에 설치되어야 한다.
- 보호시설 설치가 완료되면 시설 전면에 해수침투 관측공에 대한 안내판을 부착하여 유사시에 대비하여야 한다.

3.3. 해수침투 관측망 유지·관리 지침

3.3.1. 개요

- 해수침투 조사사업 전담인력, 관련 지방자치단체 농정부서 및 지하수부서 담당 공무원이 해수침투 관측공의 설치 및 운영 시 필요한 지침을 제시하였다.
- 본 지침은 해수침투 관측시설의 효율적인 유지·관리를 위한 상세한 업무 체계 정립으로, 도서·해안지역 지하수의 지속가능한 상시 관측을 그 목적으로 한다.
- 본 지침은 해수침투 관측망에 대한 일반적인 설명, 관측망 운영과 관련된 각종 세부사항, 관측망 유지, 관리 지침 등으로 구성되어 있다.
- 본 지침은 현재 지하수관리 기본계획에 의거 농림축산식품부에서 설치, 운영 중인 해수침투 관측망에 대하여 관측망의 위치 선정, 관측기기의 설치 및 운영, 관측에 대한 일반 업무, 관측시스템의 유지 및 관리 등에 적용한다.

3.3.2. 관측공 대장의 작성

- 관측망 운영관리업무를 위임받은 부서의 장(이하 “관리자”)은 관측공을 설치한 이후 반드시 관측공 대장을 작성하고, 현장과 사무실에 각각 비치하여 관측공 현황을 즉시 파악 할 수 있도록 한다.
- 관측망 사업의 효율성과 자료공유를 위해 관리자는 사무실내에 지도를 이용하여 장기관측망의 관측공 위치 현황표를 작성하여 비치한다.
- 관측공을 폐기하였을 때는 관리자가 관측공 대장에 소정의 사유와 사후 처리를 기입한 후 대장을 영구 보존한다.
- 관측공 대장은 다음과 같이 구성하고, 그 양식과 내용은 다음과 같다(별지서식 참조).
 - 관측공의 위치
 - 관측공의 설계
 - 관측공의 유지·보수
 - 관측기기 및 설치
- 관리자는 관측공 및 관측기기의 변동사항 발생 시는 기존자료와 변동 자료를 기존의 대장에 동시에 기록·보관한다.
- 관리자는 장기관측망이 자연재해로 인한 파손 등 피해가 발생되었을 때에는 즉각적인 조치를 강구하고 관측망 관리 위임자에게 이를 보고한다.

3.3.3. 관측공의 표시

- 관리자는 본 관측공이 해수침투 관측을 위한 자료취득에 중요한 시설물임을 알 수 있도록 반드시 안내판을 설치한다.
- 안내판에는 시설물의 대표사항을 기록한다.
 - 지구명
 - 관측공 심도(m)
 - 설치년도
 - 연락처

3.3.4. 관측자료의 수집 보고

- 장기관측망의 자료 취득은 관측기기 설치시를 기준으로 한다.
- 관리자는 관측기기 설치일로부터 30일 경과 전·후로 취득한 자료를 수집한다.
- 수집한 자료는 일별로 관측주기(24회/일)에 따라 대장에 기록한다.
 - 일별 강우량 자료(인접 기상관측소 자료, mm)
 - 지하수 수위(m)
 - 수온(°C)
 - 전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- 관리자는 수집한 자료를 장기관측망 운영을 위임한 자에게 보고한다.
- 이때, 수집한 데이터를 기록표와 파일로 제출하도록 한다.
- 노트북 컴퓨터를 이용하여 매일 현장에서 자료를 수집 할 때는 반드시 수동측정을 실시하여 대장에 기록한다.
 - 수동 수위계를 이용하여 수위 측정
 - 시료 채취기를 이용하여 심도별로 3구간을 나눠 시료 채취
 - 현장에서 수온, 전기전도도를 측정
- 관리자는 현장 실측자료와 오차에 대한 사후처리를 대장에 기록 보고한다.
- 수집한 관측자료는 매년 장기관측 자료집을 발간하고 디스켓 등에 보관한다.

3.3.5. 자동관측기기

- 관리자는 자동관측기기 설치 시 반드시 자동관측기기 제작자 혹은 납품자에게 연락하여 설치하고 시험운영을 실시한 후 장기관측을 한다.
- 관리자는 관측기기의 사양과 취급설명서를 숙지토록 한다.
- 특히, 관측기기의 보정시기와 보정방법을 숙지하여 자료의 신뢰도를 확보한다.
- 현장 보정이 불가능하거나 기기의 고장은 즉시 제작자 혹은 납품자에게 연락하여 수리하도록 하여 자료취득에 최선을 기한다.
- 기기의 수리가 장기간이 소요될 때는 7일을 주기로 지하수 수위 자료를, 30일을 주기로 수온 및 전기전도도를 수동으로 측정한다.
- 전원공급 장치
 - 배터리 또는 일반 상용 전원을 이용
 - 상용 전원 : 정전시 전원 공급 중단을 방지할 수 있는 무정전 장치 설치
 - 배터리 : 배터리 충전·교체시기를 기록하여 완전히 방전되지 않도록 유의
- 자동관측기기의 측정주기
 - 관측기기마다 최대측정간격이 있으나, 기준은 1일 1회 내지 2회 측정으로 12시간 혹은 24시간 주기를 원칙으로 한다.
- 자동관측기기의 점검
 - 전원장치
 - 자료의 신뢰도
 - 모델

3.3.6. 수위, 수질 관측방법

- 수위 및 수질의 관측방법으로는 자동관측장비를 이용하여 일정주기에 의한 지속적인 관측과 정기적인 점검에 의한 관측이 있다. 이때 자동관측장비는 앞서 언급된 지하수 수위 센서와 전기전도도 센서가 분리된 다중심도 지하수 모니터링 장치를 사용한다.

가. 지하수 수위

- 자동 수위계 또는 휴대용 수동 수위계를 이용하여 지하수 수위를 측정한다. 장기적인 수위관측으로는 자동 수위계의 설치가 바람직하나, 정기적인 점검을 통한 수위 보정을 위하여 반드시 수동 수위계를 이용한 측정이 필수적이다. 또한 정기적으로 수위를 측정하여 일지에 기록·보전하여 수위를 보정한다.
- 측정장비
 - 장비 : 현재 해수침투 관측망에서 활용 중인 센서를 이용한다. 이때 본 센서를 이용하여 측정된 자료와 실제 수위 측정자료를 동시에 제시 할 수 있는 검증된 장비를 이용한다. 또한 검증한 일시가 기록되어 장비의 신뢰를 확보할 수 있으며, 3년 혹은 5년마다 장비의 성능에 따라 정기적인 검증을 실시하여야 한다.
 - 센서 설치 위치: 해당지역의 지하수 수위 변동 패턴을 고려하여 설치하는데, 이때 반드시 관측기기의 측정범위를 고려하여 설치한다.
 - 기준점을 케이싱 상부(TOC, top of casing) 또는 지표면으로 정한다.
 - 기준 수위(reference) 기록
 - 반드시 기준수위를 기록한다.
 - 기준점으로부터 자연수위를 입력한다.
 - 기준수위는 0으로 설정 하고, 자연수위를 수동 측정한 후 보정한다.
- 측정주기
 - 양수시험 시는 로그 간격으로 측정시간을 입력하나, 장기 수위관측은 일정 간격으로 측정한다.
 - 기기의 용량 및 측정자료의 활용도에 따라 측정주기를 선택한다.
 - 해수침투 관측망 운영에는 1시간 간격이 적당하며, 필요 시 간격을 조정한다.
- 정기 점검 :
 - 매년 4회 씩 수동 수위계를 이용하여 수위를 기록·보관하여 보정자료로 이용하며, 자체 보정을 실시한 후 일시를 기록·보관 한다.

- 휴대용 수동 수위계
 - 필요장비 : 휴대용 수동 수위계 (부저식, 점등식, 복합식)
 - 지하수면에 센서가 닿으면 소리가 울리거나, 불이 켜지는 장비를 선택한다.
 - 센서를 상·하로 여러번 움직여 소리나 빛을 내기 시작하는 지하수면을 정확하게 잡는다.
 - 측정점 : 매 측정시마다 같은 위치에서 측정하도록 수위 측정점을 표시한다.
 - 측정점 기준 : TOC 또는 지표면을 기준한다.
 - 기준이 되는 점은 반드시 측량하여 절대표고(Z)를 산출한다.
 - 정확한 측정을 위하여 GPS를 이용할 수 있도록 유도한다.
 - 기준점 측량시 X, Y, Z 좌표를 기록한다.
 - 측정 : 정확한 측정을 위하여 3회 정도 측정한다.
 - 기록 : 기록표에 일시와 일기를 기록한 후 자연수위(Z)를 기록한다.
 - 수위 분포표 : 자연수위를 해수면 기준으로 기록 보관한다.

나. 지하수 수온

- 관측공 내 설치된 자기 수온계 또는 휴대용 수온계를 이용한다.
- 자동관측 장비에 의한 지하수 수온은 기기의 설치 위치에 의한 일정심도에서의 수온을 반영한다.
- 따라서, 심도별 수질채취에 의한 지하수온의 측정 및 수질자료가 필요하다.
- 지하수 수온의 변화 원인
 - 주 대수층의 변화
 - 관정 내 이물질의 유입
 - 수온의 변화는 또 다른 화학반응을 유도한다.
- 수온기록표 작성
 - 반드시 관측기기의 설치심도 기록한다.
 - 수온을 기록한다.

○ 휴대용 수온계

- 시료 채취
 - 양수 시와 관측공내에서의 수온은 다르므로 관측공내 수온을 측정한다.
 - 깨끗한 시료 채취기를 이용하여 심도별 수질을 채취한 후, 휴대용 수온 측정계를 이용하여 수질과 수온을 측정한다.
 - 수온측정계의 센서가 충분히 잠길 수 있는 측정용 용기를 준비한다.
 - 이때, 시료 채취기 내의 지하수를 잘 채취할 수 있도록 깔대기를 준비한다.
 - 수온은 채취 즉시 측정하고, 직사광선에 오래 방치하거나, 용기에 오래 두지 않도록 한다.
 - 시료 채취기에 의한 2차적인 오염이 발생할 수 있으므로 관리에도 유의한다.
- 심도별 수질자료
 - 현장에서 심도별 수온을 기록·보관한다.
 - 지질적, 지리적인 요인에 의한 공간적인 수온 변화를 관측한다.
 - 항온층의 심도, 심도의 증가에 따른 증온율을 파악한다.

다. 전기전도도

- 전기전도도의 측정으로 총 용존고형물(TDS, total dissolved solids)를 산출한다. 이때, 전기전도도의 값으로 오염물질 및 염수의 침입 여부를 간단한 측정으로 알 수 있다. 그러나 더 상세한 오염물질의 성분은 수질 검사를 실시함으로써 알 수 있다.
- 휴대용 전기전도도 측정기
 - 전기전도도 측정기는 실험실에서 보정을 한 후 현장에서 측정한다.
 - 보정은 측정기기의 표준용액을 이용하여 실시한다. 이때 실험실에서 만든 시약을 이용하거나 시중에서 판매하는 완충용액을 이용한다.
 - 전기전도도는 온도 변화에 민감하다.
 - 1 °C 증가에 따라 전기전도도는 2% 증가한다.
 - 전기전도도는 25 °C로 보정하여 기록·보관한다.

- 전기전도도 측정 시 반드시 온도를 기록하며, 기기별로 25 ℃로 보정된 비전도도(specific conductivity)로 표시된 값을 기록한다.
- 기록표에는 전기전도도와 환산한 TDS를 같이 기록한다.

3.3.7. 지하수의 수질 분석

○ 시료의 채취 방법

- 시료 채취용기 또는 채수기를 사용하여 심도별로 지하수를 채수하고, 채수용기는 시료를 채우기 전에 시료로 3회 이상 씻은 다음 사용한다.
- 유류 또는 부유물질 등이 함유된 시료는 시료의 균질성이 유지될 수 있도록 채취하여야 하며, 침전물 등이 부상하여 혼입되지 않도록 한다.
- 용존가스, 환원성 물질, 휘발성 유기물질, 유류 및 수소이온농도 등을 측정하기 위한 시료는 운반 중 공기와 접촉이 없도록 가득 채워져야 한다.
- 시료 채취용기에 시료를 채울 때에는 시료의 교란이 최소화되도록 노력하며, 가능한 한 공기와의 접촉하는 시간이 짧게 하여 채취한다.
- 채취된 시료는 즉시 시험하여야 하며, 그렇지 못할 경우에는 시료의 보존 방법에 따라 보존하여 규정된 시간 내에 시험하여야 한다.
- 시료채취량은 시험항목 및 시험회수에 따라 차이가 있으나 보통 3 ~ 5 L 정도이어야 한다. 다만, 시료를 즉시 시험할 수 없어 보존하여야 할 경우 또는 시험항목에 따라 각각 다른 채취용기를 사용하여야 할 경우에는 시료채취량을 적당하게 증감하여야 한다.

○ 시료의 보존방법

- 채취된 시료를 즉시 시험할 수 없을 때에는 따로 규정이 없는 한 수질오염공정시험방법의 보존방법에 따라 보존하고, 어떠한 경우에도 보존기간 이내에 시험을 끝내야 한다.

- 수질 분석 방법 : 따로 규정이 없는 한 수질오염공정시험방법에 의한다.

제4장 해수침투 분류기준

■ 해수침투 분류기준은 지하수 수질분석 항목에 기초

- 개별항목 범위 : 전기전도도, 수온, 염소이온 농도
- 항목 간 조합 : 파이퍼 다이어그램, 염소이온/중탄산이온 몰비

■ 해수침투 분류기준을 토대로 안전한 지하수 공급 도모

- 전기전도도 : 담수(1,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하), 기수(1,000 ~ 10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 염수(10,000 ~ 100,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 고염수(100,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상)
- 파이퍼 다이어그램을 이용한 해수침투의 진화 분석
CaHCO₃ 유형 → CaCl 유형 → NaCl 유형
- 염소이온/중탄산이온 몰비 : 해수영향 없음(0.5 이하), 약간 문제(0.5 ~ 1.3), 약간 영향(1.3 ~ 2.8), 보통(2.8 ~ 6.6), 매우 심각(6.6 이상)

4.1 전기전도도

4.1.1. 전기전도도의 정의

- 전기전도도는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도를 말하며, 용액 중 이온 세기를 신속하게 평가할 수 있는 항목으로 전기비저항의 역수로 표현된다(단위 : $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- 전기전도도 측정원리는 용액에 담겨져 있는 2개의 전극에 일정한 전압을 가해주면 전압이 전류를 흐르게 하며, 이때 흐르는 전류의 크기는 이온의 세기에 비례하므로, 이때의 저항을 측정하여 전기전도도로 환산한다.
- 전기전도도는 온도차이에 의한 영향이 크기 때문에 측정 결과의 통일을 기하기 위하여 25 °C의 비전도도(specific conductivity)값으로 환산하여 기록한다. 전기전도도는 이온농도에 대한 함수이므로, 물속에 전하를 띤 이온이 많을수록 물의 전기전도도는 증가하기 때문에 이온 농도의 지시인자로 이용된다.

- 전기전도도는 온도가 1 °C 증가되면 약 2% 증가하는 것으로 알려져 있어, 아래 <식 4-1>을 이용하여 25 °C에서의 전도도 값으로 환산하여 사용된다. 이 때 셀상수와 측정범위는 <표 4-1>과 같다.

$$L = C \times L_x \quad (4-1)$$

L : 25 °C에서의 시료의 전기전도도값($\mu S/cm$)

C : 셀상수(cm^{-1})

Lx : 측정된 전기전도도값(μS)

<표 4-1> 전기전도도에서의 셀상수와 측정범위 관계

셀상수(cm^{-1})	측정범위($\mu S/cm$)
0.01	20 이하
0.10	1 ~ 20
1	10 ~ 2,000
10	100 ~ 20,000
50	1,000 ~ 200,000

4.1.2. 전기전도도와 총용존고용물질의 관계

- 물의 종류에 따른 전기전도도의 범위는 다양한 방법에 의해 구분되지만, Freeze & Cherry(1979)가 제안한 TDS(total dissolved solids)에 의한 구분법이 일반적이다(표 4-2).
- 일반적으로 현장에서 이용되는 계측기의 경우는 주로 전기전도도 항목을 측정하므로, 앞에서 제시된 TDS를 이용한 분류를 이용하는 계산은 전기전도도로 환산하여 이용하여야 한다.

<표 4-2> TDS를 이용한 물 분류표

구 분	Total Dissolved Solids(mg/l, g/m ³)
Fresh water	0 ~ 1,000
Brackish water	1,000 ~ 10,000
Saline water	10,000 ~ 100,000
Brine water	> 100,000

- 따라서 현장에서 측정한 전기전도도 값은 Hem(1992)이 제시한 아래 (식 4-2)에 적용하여 TDS로 환산하여 이용된다.

$$TDS \approx (0.59 \times EC) \pm 100 \quad : TDS \quad (4-2)$$

4.2 수온

- 수온은 앞서 언급한 대로 전기전도도의 변화를 정확하게 측정하기 위하여 필수적인 항목으로, 특히 센서에 의한 온도 측정 시에는 압력, 전기장 및 자기장 등의 외부적인 요인에 독립적이어야 한다.

4.3 염소이온 농도

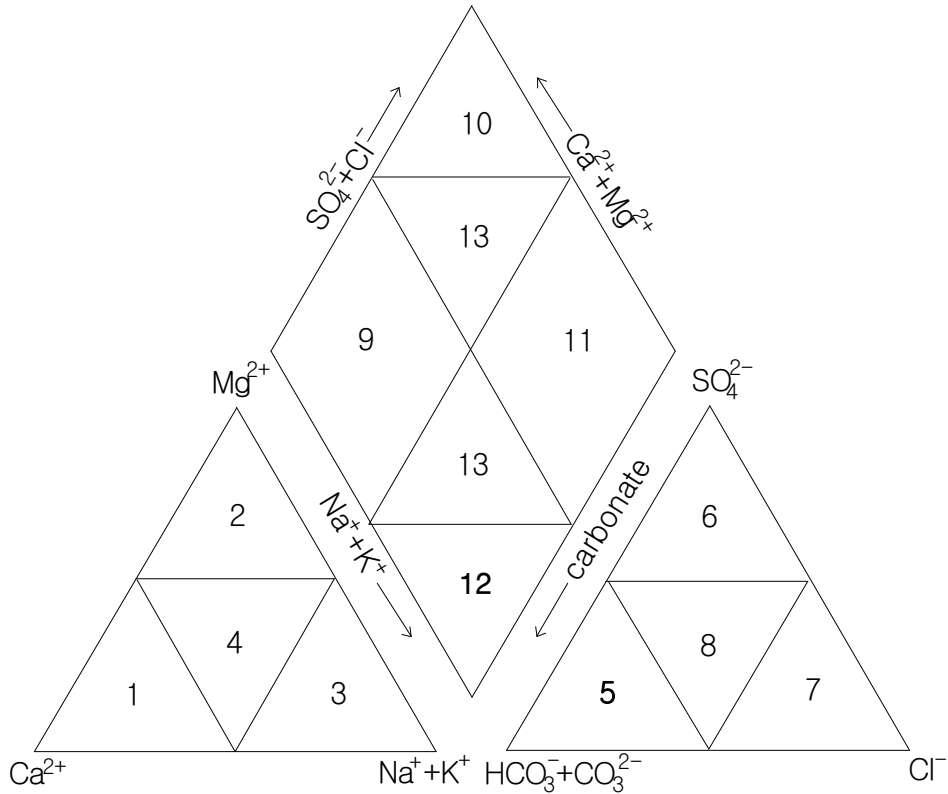
- 해수의 대표적인 성분인 염소이온의 해수에서의 평균 농도는 19,000 mg/L인 반면, 담수의 염소이온(Cl⁻) 농도는 10 ~ 100 mg/L이다.
- 염소이온의 먹는물 수질기준은 250 mg/L 이므로, 대수층으로 침투된 해수를 그대로 인간생활에 사용하기에는 부적합하다.
- 따라서, 염소이온 농도를 기준으로 해수침투 여부를 판단할 수 있다.

4.4 파이퍼 다이어그램(Piper diagram)

- 파이퍼 다이어그램은 용존 성분 중 양이온인 Ca-Mg-(Na+K) 간의 상대적 당량비를 백분율로 계산하여 하나의 삼각 다이어그램에 표시하고, 음이온인 (CO₃+ HCO₃)-SO₄-Cl 간의 당량비를 백분율로 계산하여 다른 삼각 다이어그램에 표시한 다음, 이 두 삼각 다이어그램을 나란히 놓아 공통으로 도시되는 다이아몬드 모양의 다이어그램으로 지하수의 수질을 표시하는 그림이다(Piper, 1944)(그림 4-1).
- 파이퍼 다이어그램에 의한 지하수질 분류는 지하수의 조성이 이 파이퍼 다이어그램 상의 도시영역에 따라 구분된다. 아래 <표 4-3>은 파이퍼 다이어그램 상에 그려진 여러 영역에 대한 지하수 유형을 정리한 것이다. 파이퍼 다이어그램은 힐-파이퍼 다이어그램(Hill-Piper diagram)이라고도 불리며, 후에 여기에 염도 그림을 붙인 변형된 파이퍼 다이어그램도 이용된다.

<표 4-3> 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 ₃ type	6	SO ₄ 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		



<그림 4-1> 파이퍼다이하그램을 이용한 유형분류

- 해수침투가 발생하지 않은 담수의 경우, 9번 영역(CaHCO_3 유형)에 도시되나, 해수침투가 진행될수록 10번 영역(Ca-Cl 유형)으로 수질은 진화하게 되고, 완전한 해수침투가 발생하였을 경우 11번 영역($(\text{Na+K})\text{-Cl}$ 유형)으로 수질이 진화하게 된다.

4.5 염소이온 대비 중탄산이온 몰비

- 지하수 시료 내 염소이온(Cl)/중탄산이온(HCO_3) 몰비 역시 대수층을 통한 해수 유입의 영향을 판단할 수 있는 효과적인 지시자로 활용되어 왔다.
- 염소이온은 식물체와 토양간의 삼투압기작에 변화를 일으켜 수분흡수를 방해하기 때문에, 식물체에 치명적인 영향을 주고 토양의 화학성분을 변화시켜 주변 생태계에 악영향을 미치게 된다.

- Revelle(1941)는 그 물비가 0.5 이하이면 해수 영향이 전혀 없고, 0.5 ~ 1.3 인 경우 약간 문제가 되며, 1.3 ~ 2.8 인 경우 약간의 영향을 2.8 ~ 6.6 인 경우 보통 정도의 오염을, 6.6 이상인 경우 매우 심한 정도의 해수 영향을 받은 것으로 제시한 바 있다.

제5장 2015년 신규 및 이동 설치 해수침투 관측공

■ 신규 9개소 해수침투 관측공 설치

- 강원 2공(강릉 초당1, 삼척 근덕3), 충남 2공(서산 대산1, 대산2), 전남 2공(고흥 남양1, 남양2), 경북 2공(경주 감포1, 감포2), 경남·울산 1공(하동 악양2)
- 대수층 균열면, 전이대, 관정 물리검층 결과를 토대로 다중심도센서 설치

■ 신규 관측공의 해수침투 조사

- 해수침투 여부를 관측공 검층자료 및 수질분석 자료로 검토 결과
 - 지하수를 농작물에 직접 활용 가능한 6개소(대산1, 대산2, 남양1, 감포1, 감포2, 악양2)
 - 대부분의 작물에 생육이 불량한 2개소(근덕3, 남양2)
 - 작물생육이 불가능한 1개소(초당1)로 분류
- 지하수를 농작물에 이용시 근덕3, 남양2 지구는 농작물의 내염강도를 유의해야 하며, 초당1 지구는 지하수 이용을 지양하고 타 수자원 공급을 모색 필요

■ 신규 해수침투 관측공 수리·수질 특성

- 수리특성
 - 수리전도도 $4.63 \times 10^{-6} \sim 2.90 \times 10^{-1}$ cm/sec, 양수량 35 ~ 150 m³/day
- 수질유형
 - 해안가에 위치하므로 (Ca, Mg)-Cl, (Ca, Na)-Cl, Na-Cl, (Na+K)-Cl 및 (Na+K)-HCO₃ 유형 등 해수성분 혼입특성
 - 그러나, 대산1, 대산2, 남양1, 감포1, 감포2, 악양2 관측공 주변 지하수는 낮은 전기전도도로 인해 농어업 용수로 활용가능

■ 이동 설치 관측공(7개소)의 해수침투 조사

- 민원, 도로 편입 등의 사유로 7개소 관측공 이동 설치

5.1 2015년 신규 해수침투 관측공

- 1998년부터 제주도를 제외한 육지부에 설치된 해수침투 관측공은 2015년 12월 31일 현재 전국 9개 광역시·도에 154개소가 설치 운영 중이다.

- 2015년에는 9개소가 신규 설치되었으며, 광역시·도별로 강원도 2개소, 충청남도 2개소, 전라남도 2개소, 경상북도 2개소 및 경상남도 1개소에 설치되었다.

5.1.1. 관측공 설치지구

가. 강원도 강릉시 초당지구

- 강릉시 초당동에 위치한 초당지구는 동해안과 접해있으며, 주변에 주거지와 휴양시설들이 위치하여 있다. 초당1 관측공은 해안과 562 m 거리에 위치하고 있으며, 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

나. 강원도 삼척시 근덕지구

- 삼척시 근덕면 궁촌리에 위치한 근덕3 관측망은 해안과 202 m 떨어진 거리에 위치한다. 동해안으로부터 내륙 방향으로 논농사 중심의 농경지가 분포하며, 인근에 주거지가 형성되어 있다. 동해안의 조수간만 현상에 의해 주천의 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.

다. 충청남도 서산군 대산지구

- 서산시 대산읍에 위치한 대산지구는 선캠브리아기 서산층군 상부규암이 기반암을 이룬다. 지리적으로는 서산시 대호방조제 인근에 위치하며, 주변부에는 논이 넓게 분포되어 있다. 대산1 관측공은 해안으로부터 약 100 m, 대산2 관측공은 약 1,000 m로서, 해안거리에 따른 해수췌기 위치의 변화 및 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치되었다.

라. 전라남도 고흥군 남양지구

- 고흥군 남양면에 위치한 남양지구는 남해 여자만과 인접하고 대강천 하류부에 위치하며, 주변에는 죽암방조제와 신망방조제의 영향으로 발달된 간척지가 넓게 자리잡고 있다. 남양1 관측공은 바다로부터 1.22 km 떨어진 내륙부에 위치하지만, 해수 유입이 예상되는 대강천 수변으로부터는 약 33 m 거리

에 위치하며, 남양2 관측공은 남양1 관측공으로부터 약 440 m 내륙부에 위치한다. 이 지역은 남해안의 조수간만 현상에 의해 대강천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로, 해수침투 관측을 위하여 관측공을 설치하였다.

마. 경상북도 경주시 감포지구

- 경주시 감포읍에 위치한 감포지구는 대중천의 지류인 소하천 하류부에 위치하며, 주변에는 논이 넓게 자리한다. 감포지구는 바다로부터 약 1.5 km 내외 떨어진 내륙에 위치하지만, 동해안의 조수간만 현상에 의해 소하천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생할 것으로 추정되며, 감포1 관측공과 함께 해수침투를 관측하고자 감포2 관측공을 설치하였다.

바. 경상남도 하동군 악양지구

- 하동군 악양면에 위치한 악양지구는 섬진강 중류부에 위치하며, 악양지구 주변에는 논과 밭이 넓게 자리잡고 있다. 악양지구는 바다로부터 약 21 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 악양1 관측공에서 해수침투가 관측되어 섬진강 수계에서 내륙으로 약 500 m 거리에 악양2 관측공이 위치한다. 남해안의 조수간만 현상에 의해 섬진강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로, 악양1 관측공과 함께 해수침투를 관측하고자 악양2 관측공을 설치하였다.

5.1.2. 관측공 등급

- 신규 해수침투 관측공은 기존지구와 연계하여 선정하거나, 새로운 해수침투 우려지역을 선정한다. 기존지구와 연계하는 경우 해수침투 관측의 효과를 높이기 위해, 가급적 해안선으로부터 수직선상에 위치하도록 선정한다.
- 신규 관측공은 3.2.1절에 언급된 바와 같이, 총면적 대비 농지면적, 총 지하수 이용량 대비 농업용 지하수 이용량, 총인구수 대비 농가인구수, 총관정수 대비 농업용 관정수 등의 타당한 인자를 도출 및 등급화하여, 사업 추진 시 과학적이고 객관적으로 선정하고자 하였다(표 5-1).
- 분석결과, 전남 고흥군 남양면이 28점으로 가장 높았고, 경남 하동군 악양면이

13점으로 가장 낮게 도출되었다. 고흥군 남양면은 1차 산업이 주된 산업을 이루기 때문에, 인구 대부분이 농림축산업에 종사하고, 이에 따라 농업용 관정의 개소수가 총관정에서 차지하는 비율이 높아서 가장 높은 점수가 나타났다.

- 해안가 인근에서 농업용수를 지하수에 의존할수록 해수침투 확산은 상대적으로 빨리 발생할 수 있으므로, 고흥군 남양면의 경우 해수침투 관측공을 통한 지하수 수질·수량 감시가 가장 많이 요구되는 것으로 해석된다.
- 경주시 감포읍 및 하동군 악양면의 경우, 해안으로부터 1.55 ~ 21.0 km 내륙에 위치한 농업지역이지만, 하천수계를 따라서 조석에 의한 해수침투 확산이 발생 가능한 지역이다. 그러나, 13 ~ 14점으로 점수가 낮게 나온 이유는 상대적으로 적은 농경지 면적, 이에 따른 소수의 농업인구 등이 영향을 미친 것으로 판단된다.
- 강릉시 초당동, 삼척시 근덕면 및 서산시 대산읍은 15 ~ 19점으로 대부분 해안가에 인접해 있어 해수침투 확산 방지 및 감시를 위한 관측공의 설치·운영이 요구되었다.

<표 5-1> 신규 관측공 등급 결정 결과

시군	읍면동	농지면적		지하수이용량		농업인구		농업용관정		종합 점수
		등급	지수	등급	지수	등급	지수	등급	지수	
강릉시	초당동	3	6	2	2	1	1	3	9	18
삼척시	근덕면	2	4	1	1	1	1	3	9	15
서산시	대산읍	2	4	4	4	2	2	3	9	19
고흥군	남양면	3	6	5	5	5	5	4	12	28
경주시	감포읍	2	4	1	1	3	3	2	6	14
하동군	악양면	1	2	1	1	1	1	3	9	13

- 2015년 신규 관측공 9개소에 대한 내역은 다음과 같다(표 5-2).
- 2015년 신규 관측공의 개발심도는 60 ~ 104 m 범위(평균 76 m)이며, 61 m, 79 m, 100 m, 104 m 심도 각 1개소, 80 m 심도 2개소 및 60 m 심도 3개소로 구분된다.
- 2015년 신규 관측공의 케이싱 심도는 3 ~ 32 m 범위(평균 17 m)이며, 해안에 인접한 관측공일수록 충적층의 깊이가 두꺼워서 케이싱 심도가 깊게 나타난다. 강릉 초당1 관측공 등은 미고결 퇴적층 지반에 관측공이 설치되어 케이싱 심도가 깊다.
- 관측공 개발 당시, 지하수 수위는 0.5 ~ 8.0 m로 나타났다.

<표 5-2> 2015년도 신규 해수침투조사 관측공 내역

도별	관정 개소수	시·군	면·리	관측공 명	관정 심도(m)	심도(m)	
						케이싱	지하수
계	9						
강원도	2	강릉	초당동 455-3	초당1	80	32	3.19
		삼척	근덕면 궁촌리 141-4	근덕3	80	12	2.34
충청남도	2	서산	대산읍 화곡리 44-34	대산1	61	12	6.20
			대산읍 화곡리 1781	대산2	104	27	0.80
전라남도	2	고흥	남양면 망주리 2180-6	남양1	60	12	0.50
			남양면 망주리 2236	남양2	79	3	3.33
경상북도	2	경주	감포읍 전촌리 1226-11	감포1	60	11	6.50
			감포읍 팔조리 24-3	감포2	100	23	8.00
경상남도	1	하동	악양면 봉대리 741	악양2	60	25	4.70

5.1.3. 관측공 수리특성

- 2015년 신규로 설치한 9개소의 관측공의 자원 <표 5-3>에 정리하였다.
- 암반지하수의 특성상 지하수는 암반의 균열을 통하여 유동하므로, 관측공 심도는 균열 위치를 기준으로 결정되었다. 균열은 20 ~ 22 m 등 해당지역의 지질특성에 따라 다양한 심도에 분포한다.
- 관측공의 지하수 산출특성 내지 유동특성을 살피고자 지하수 대수성시험을 실시하여 각 관측공의 수리전도도를 산출하였다. 관측공의 양수량은 35 ~ 150 m³/day이었고, 수리전도도는 4.63×10⁻⁶ ~ 2.90×10⁻¹ cm/sec이었다.

<표 5-3> 2015년도 신규 해수침투조사 관측공 현장조사 결과

시군	관측공명	균열(m)	양수량 (m ³ /day)	수리전도도 (cm/sec)	심도(m)	
					초기 지하수	안정 지하수
강릉	초당1	20~22, 50~53	118	2.90×10 ⁻¹	3.19	29.86
삼척	근덕3	30, 40	35	9.80×10 ⁻²	2.34	37.46
서산	대산1	19~20, 43~44, 56~57	60	1.82×10 ⁻⁵	6.20	40.00
	대산2	30~31, 93~94	50	6.20×10 ⁻⁶	0.80	48.00
고흥	남양1	13	150	2.13×10 ⁻⁴	3.50	25.01
	남양2	54, 74	50	4.03×10 ⁻⁵	2.67	14.37
경주	감포1	30~50	30	1.01×10 ⁻⁵	6.50	28.40
	감포2	30~50	30	4.63×10 ⁻⁶	8.00	39.30
하동	악양2	32, 35, 58	50	1.40×10 ⁻³	4.70	52.00

5.1.4. 센서 설치 심도 결정

- 해수침투 관측공에 설치되는 센서는 (i) 수위센서, (ii) 전기전도도-수온 동시 측정 센서, (iii) 수위-전기전도도-수온 센서로 구분된다.
- 압력식 수위 센서는 30 psig로서 약 27 m 의 지하수 수위 변화를 측정할 수 있는 장비로 ± 0.05% FSR의 정확도를 가진다. 수위센서 설치 위치는 케이싱 지표 노출부를 기준으로 15 m 심도에 설치하였다.
- 전기전도도 및 온도 센서는 지하수 검층 시 전이대, 물리검층 시 이상대, 시추 주상도의 파쇄대 등을 종합적으로 검토 후 설치하여 시계열에 따른 전기전도도 및 온도 변화를 관측할 예정이다.

<표 5-4> 2015년도 신규 해수침투조사 관측공 센서 설치

시군 관측공명	심도(m)					
	지하수	균열	전이대	물리검층 이상대	센서설치 (수위, EC1, EC2)	
강릉 초당1	3.19	20~22, 50~53	-	10~70	15, 50	
삼척 근덕3	2.34	30, 40	35~40, 58~65	45	15, 40	
서산	대산1	6.20	19~20, 43~44, 56~57	50	15~50	15, 45
	대산2	0.80	30~31, 93~94	30	30~105	15, 30
고흥	남양1	3.50	13	10~12	-	15, 30
	남양2	2.67	54, 74	54	-	15, 55
경주	감포1	6.50	30~50	10	-	15, 40
	감포2	8.00	30~50	40	-	15, 40
하동 약양2	4.70	32, 35, 58	-	20~40	15, 35	

5.2 2015년 신규 해수침투 관측공 조사 결과

5.2.1. 전기전도도 검층 결과

- 2015년 신규 관측공의 전기전도도를 검층하였다(표 5-5). 관측공의 위치가 해안과 밀접하거나 간척지 내에 위치하면, 대부분 해수침투 영향으로 전기전도도가 높게 나타난다. 반면, 관측공이 해안에서 원거리에 위치하면 해수침투 발생 가능성이 적어짐에 따라 전기전도도가 낮게 나타난다.
- 관측공이 해안에서 근거리에 위치하는 경우에도 함양지역에 인접하거나, 지하수 양수를 거의 하지 않는 경우에는 해수침투가 발생하지 않아 전기전도도가 상대적으로 낮게 측정되기도 한다.
- 감포지구의 감포1, 2 관측공과 악양지구의 악양2 관측공은 강을 통한 해수역류의 영향이 미약하게 나타나지만, 농경에 직접 활용가능한 전기전도도 수준이다.
- 남양지구의 남양2 관측공은 해수 전기전도도의 약 18% 수준, 남양1 관측공은 담수에 해당된다. 그러나, 과잉양수에 의해 대수층 내 해수침투 확산이 쉽게 일어날 가능성이 있다. 따라서, 허가·신고 범위 내에서 지하수 이용이 필요하다.
- 초당1 관측공은 해수가 직접 유입되어 해안대수층이 해수로 포화되어 있음을 지시한다. 따라서, 농어업용, 생활용, 공업용 등 각종 용수 목적으로 활용이 불가능하며 대체 수자원의 이용이 필요하다.
- 근덕지구의 근덕3 관측공 주변 지하수의 전기전도도는 해수의 약 1/6 수준이며, 이미 대수층 내 해수침투 확산이 발생한 것으로 판단된다. 근덕3 관측공 주변 지하수는 해수가 유입되고 있지만, 과잉양수에 의한 해수침투 확산을 조절하면서 이용할 필요가 있다.

<표 5-5> 신규 관측공 전기전도도 값

관측공 EC($\mu S/cm$)	초당1	근덕3	대산1	대산2	남양1	남양2	감포1	감포2	악양2
	전기전도도(EC)	36,320	8,720	1,251	840	353	8,984	282	341	188

- 지하수의 전기전도도와 작물의 생육과의 관계를 살펴본 결과, 6개(대산1, 대산2, 남양1, 감포1, 감포2, 악양2) 관측공 주변의 지하수는 모든 작물의 생육에 가능한 것으로 나타났다.
- 그러나, 대산1 및 대산2 관측공 주변 지하수는 상대적으로 전기전도도가 높아서 시설원예 등 고품질 수질을 요구하는 농어업에 활용 불가능하다.
- 근덕3 관측공 주변의 지하수는 내염성 작물만 생육이 가능한 범위의 전기전도도를 나타내었다. 따라서, 농경지(특히 벼)에 지하수를 활용할 때에는 주변 수자원(저수지, 계곡수 등)과 1:1 비율 정도로 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다.
- 남양2, 초당1 관측공 주변의 지하수는 농경지에 용수로 공급하지 못하는 높은 전기전도도를 보이므로, 타 수자원을 통한 농경지 용수공급이 이루어져야 한다.

<표 5-6> 신규 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계

농작물에 미치는 영향	모든 작물 생육 가능	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능
전기전도도 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0~2,000	2,000~4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 이상
염도(%)	0~0.128	0.128~0.256	0.256~0.512	0.512~0.96	0.96 이상
강원				근덕3	초당1
충남	대산1, 대산2				
전남	남양1			남양2	
경북	감포1, 감포2				
경남	악양2				
가뭄 시 지하수 활용	활용가능	주의요함	불가능(신규개발도 규제)		

5.2.2. 수질(이온)분석 결과

가. 수질유형 분석

- 4.4절에 언급된 지하수 수질유형을 토대로 신규 관측공 주변의 해수침투 발생 여부를 판단하였다.
- 감포1 및 악양2 관측공은 각각 $(\text{Na}+\text{K})\text{-HCO}_3$ 와 $(\text{Na}+\text{K})\text{-HCO}_3$ 의 담수유형으로서 염소이온(Cl)의 농도가 다소 높지만, 현재까지 형산강 및 섬진강을 통한 농경지로의 해수침투는 상대적으로 미약한 것으로 분석된다.
- 감포2 관측공은 $(\text{Na}+\text{K})\text{-HCO}_3$ 유형, 그리고, 대산1, 대산2 및 남양1 관측공은 Na-Cl 유형으로 대수층 내에 해수침투가 현재 진행 중인 것으로 보인다. 그러나, 상기 4개소 관측공은 전기전도도가 상대적으로 낮아(약 282 ~ 1,251 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위) 답작에 현재 활용 가능하다. 향후 허가신고량 범위 내에서 지하수를 이용하여, 과잉양수로 인한 해수침투 확산방지가 필요하다.

- 근덕3 및 남양2 관측공은 (Ca, Na)-Cl 및 Na-Cl 유형으로서 대수층 내에 이미 해수가 확산되어, 지하수를 답작에 이용 시 주변 수자원(저수지, 하천수) 등과 혼합하지 않으면 이용이 어렵다. 따라서, 주변 지하수 이용 자체로 추가적인 확산방지를 유도할 필요가 있다.
- 초당1 관측공은 (Ca, Mg)-Cl 유형으로서 주변 지하수계에 해수침투가 완전하게 발생한 것을 나타내며, 주변 지하수를 농어업 용수로 이용할 수 없고, 농작물에 대한 지하수 이용에 규제가 필요하다.

<표 5-7> 신규 관측공 지하수 수질 유형

관측공	초당1	근덕3	대산1	대산2	남양1
수질유형	(Ca, Mg)-Cl	(Ca, Na)-Cl	Na-Cl	Na-Cl	Na-Cl
관측공	남양2	감포1	감포2	악양2	
수질유형	Na-Cl	(Na+K)-Cl	(Na+K)-HCO ₃	(Na+K)-HCO ₃	

나. 염소이온 대비 중탄산이온 몰비 분석

- 4.5절에 언급된 염소이온 대비 중탄산이온의 몰비를 토대로 해수침투 여부를 판단한 결과, 감포2 관측공은 0.5 이하로 해수의 영향이 거의 없는 것으로 나타났다(표 5-8).
- 감포1 관측공은 1.3 ~ 2.8 범위로서 약간의 해수 영향을 받고, 악양2 관측공은 2.8 ~ 6.6 범위로서 해수에 의한 보통의 오염을 나타내고, 초당1, 근덕3, 대산1, 대산2, 남양1 및 남양2 관측공은 6.6 이상으로 매우 심한 정도의 해수 영향을 받은 것으로 나타났다.
- 그러나, 감포1 관측공의 경우, 낮은 전기전도도에서 상대적인 이온함량의 비율로 인한 결과일 뿐, 실제 답작에 활용하였을 경우 크게 문제가 되지 않는 것으로 판단된다. 다만, 지하수 개발가능량 이내로 사용하여 해수의 유입을 방지할 필요가 있다.

<표 5-8> 신규 관측공 Cl/HCO₃ 몰비

관측공 몰비	초당1	근덕3	대산1	대산2	남양1	남양2	감포1	감포2	악양2
Cl/HCO ₃	1,343.68	37.57	8.77	27.09	36.76	13.72	1.32	0.32	3.12

<표 5-9> 신규 관측공 Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류

Cl/HCO ₃ 몰비	관측공명	해 석
0.5 이하	감포2	해수 영향이 전혀 없음
0.5 ~ 1.3	-	약간 문제 있음
1.3 ~ 2.8	감포1	약간의 해수영향을 받음
2.8 ~ 6.6	악양2	해수에 의한 보통 정도의 오염
6.6 이상	초당1, 근덕3, 대산1, 대산2, 남양1, 남양2	매우 심한 정도의 해수 영향을 받음

5.3 2015년 이동 설치 해수침투 관측공 및 조사 결과

5.3.1. 이동 설치 관측공 설치지구

- 2015년에는 총 7개소의 관측공을 이동 설치하였으며, 광역시·도별로 충청남도 2개소, 전라남도 2개소, 경상남도 3개소가 이동 설치되었다(표 5-10).
- 충남 보령시 장곡지구의 장곡1, 장곡2 관측공은 간척지에 설치되어 연평균 전기전도도가 각각 45,715 ~ 49,297 $\mu S/cm$, 45,722 ~ 52,282 $\mu S/cm$ 로 해수로 포화됨에 따라, 당초의 관측 목적을 위하여 주교지구의 주교1, 주교2 관측공으로 이동 설치하였다.
- 효지2, 서상1, 갈화2 관측공 내에는 이용시설이 설치됨에 따라, 관측자료의

대표성을 높이기 위하여 각각 당촌1, 서상1-2, 갈화2-2로 이동 설치하였다.

- 또한, 지막1 관측공은 부지소유주의 민원으로 오산1 관측공으로 이동 설치하였으며, 송지2 관측공은 도로 부지 편입으로 인해 송지2-2 관측공으로 이동 설치하였다.

<표 5-10> 2015년도 이동 설치 해수침투 관측공 현황

지구명		위 치			사 유
구	이동 설치	도	시,군	읍,면	
장곡1	주교1	충남	보령시	주교면	관측 목적 상실
장곡2	주교2	충남	보령시	주교면	관측 목적 상실
지막1	오산1	전남	진도군	고군면	부지소유주의 민원
효지2	당촌1	전남	신안군	지도읍	이용시설 설치
서상1	서상1-2	경남	남해군	서면	이용시설 설치
갈화2	갈화2-2	경남	남해군	고현면	이용시설 설치
송지2	송지2-2	경남	사천시	용현면	도로 편입

가. 충청남도 보령시 주교지구

- 보령시 주교면에 위치한 주교지구는 대천방조제 인근에 위치하며, 간척지는 주로 논농업이 주를 이루고 있다. 주교1 관측공은 해안으로부터 약 50 m, 주교2 관측공은 약 800 m에 위치함에 따라 해안거리에 따른 해수빼기 위치의 변화 및 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치되었다.

나. 전라남도 진도군 오산지구

- 진도군 고군면에 위치한 오산지구는 서남해안에 인접하고 고군천 중류부에 위치하며, 주변에는 마산방조제의 영향으로 발달된 간척지가 넓게 분포한다. 이동 설치된 오산1 관측공은 해안으로부터 약 1,280 m 떨어진 간척지 중앙

에 위치하고, 지막2 관측공과는 약 850 m 거리를 유지하고 있다. 이 지역은 조수간만 현상에 의해 고군천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로, 지막2 관측공과 함께 해수침투를 관측하고자 지막1 관측공을 이동 설치하였다.

다. 전라남도 신안군 당촌지구

- 신안군 지도읍에 위치한 당촌지구는 서해에 둘러싸인 섬 지역이고, 낮은 구릉지 사이로 농경지가 발달되어 있다. 당촌1 관측공은 바다와 약 600 ~ 2,200 m 이내 거리로 섬 중앙에 위치하고 있으며, 바다와 직접적으로 접해 있어 조수간만에 의해 지하수위의 급격한 변화와 염수유입 현상이 발생함에 따라 해수침투의 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.

라. 경상남도 남해군 서상지구

- 남해군 서면에 위치한 서상지구는 남해군 서부 서면사무소 내에 위치하고 있으며, 주변에 논과 마을이 형성되어 있다. 서상1-2 관측공은 해안으로부터 약 500 m 거리에 위치하고, 조수간만 현상에 의해 서상천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 서상2 관측공과 함께 해수침투를 관측하고자 서상1-2 관측공을 이동 설치하였다.

마. 경상남도 남해군 갈화지구

- 남해군 고현면에 위치한 갈화지구는 남해군 북부 동갈화항 남부에 위치하며, 주변부에는 논과 밭이 자리한다. 갈화2 관측공은 해안으로부터 약 130 m 거리에 위치하여 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치하였다.

바. 경상남도 사천시 송지지구

- 사천시 용현면에 위치한 송지지구는 사천시 서부 해변에 위치하고 있으며, 주변에 논과 마을이 형성되어 있다. 송지2-2 관측공은 해안으로부터 약 50 m 거리에 위치하고, 조수간만 현상에 의해 염수유입 현상이 발생하므로 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치하였다.

5.3.2. 이동 설치 관측공 내역

- 2015년 이동 설치 관측공 7개소에 대한 내역은 다음과 같다(표 5-11).
- 2015년 이동 설치 관측공의 개발심도는 60 ~ 112 m 범위(평균 71 m)이며, 60 m 4개소, 61 m 1개소, 87 m 1개소 및 112 m 1개소로 구분된다.
- 2015년 이동 설치 관측공의 케이싱 심도는 6 ~ 24 m 범위(평균 15 m)이고, 관측공 개발 당시 지하수 수위는 0.78 ~ 6.43 m에 위치하였다.

<표 5-11> 2015년도 이동 설치 해수침투조사 관측공 내역

도별	관정 개소수	시·군	면·리	관측공명	심도(m)		
					관정	케이싱	지하수
계	7						
충청남도	2	보령	주교면 주교리 1582-1	주교1	61	24	3.70
			주교면 은포리 1618	주교2	60	18	2.00
전라남도	2	진도	고군면 오산리 2171	오산1	60	18	1.70
		신안	지도읍 당촌리 1899-1	당촌1	112	6	1.40
경상남도	3	남해	서면 서상리 521-6	서상1-2	60	22	4.08
			고현면 갈화리 295-2	갈화2-2	60	6	6.43
		사천	용현면 송지리 1018-1	송지2-2	87	14	0.78

5.3.3. 이동 설치 관측공 수리특성

- 관측공의 지하수 산출특성 내지 유동특성을 살피고자 지하수 대수성시험을 실시하여 각 이동 설치 관측공의 수리전도도를 산출하였다. 관측공의 양수량은 10 ~ 200 m³/day이며, 수리전도도는 5.71×10⁻⁷ ~ 1.35×10⁻¹ cm/sec이다(표 5-12).

<표 5-12> 2015년도 이동 설치 해수침투조사 관측공 현장조사 결과

시군	관측공명	균열(m)	양수량 (m ³ /day)	수리전도도 (cm/sec)	심도(m)	
					초기 지하수	안정 지하수
보령	주교1	28~29, 31~32, 41~42	100	2.34×10 ⁻⁴	3.70	11.90
	주교2	30~38, 46~48	100	1.70×10 ⁻³	2.00	4.30
진도	오산1	24~26	200	6.10×10 ⁻⁴	1.70	6.05
신안	당촌1	44	10	5.71×10 ⁻⁷	1.40	25.90
남해	서상1-2	24, 40, 50	100	1.25×10 ⁻³	4.08	43.44
	갈화2-2	30, 36	20	1.35×10 ⁻³	6.43	43.19

※ 송지2-2 관측공은 양수시험 실시 예정

5.3.4. 센서 설치 심도 결정

- 압력식 수위 센서는 30 psig로서 약 27 m 의 지하수 수위 변화를 측정할 수 있는 장비로 ± 0.05% FSR의 정확도를 가진다. 수위센서 설치 위치는 케이싱 지표노출부를 기준으로 15 m 심도에 설치하였다.
- 전기전도도 및 온도 센서는 지하수 검층 시 전이대, 물리검층 시 이상대, 시추 주상도의 파쇄대 등을 종합적으로 검토 후 설치하여 시계열에 따른 전기 전도도 및 온도 변화를 관측할 예정이다.

<표 5-13> 2015년도 이동 설치 해수침투조사 관측공 센서 설치

시군 관측공명	심도(m)					
	지하수	균열	전이대	물리검층 이상대	센서설치 (수위, EC1, EC2)	
보령	주교1	6.20	28~29, 31~32, 41~42	22~38	25~45	30
	주교2	0.80	30~38, 46~48	18~30	20	35
진도	오산1	3.50	24~26	25, 40~60	20~30	25
신안	당촌1	2.67	44	10~25	-	45
남해	서상1-2	6.50	24, 40, 50	22	45~50	40
	갈화2-2	8.00	30, 36	26	14~18	35
사천	송지2-2	4.70	86	12		10, 35, 40

※ 송지2-2 관측공은 물리검층 실시 예정

5.3.5. 이동 설치 관측공 조사 결과

가. 전기전도도 검층 결과

- 주교2 관측공은 해수가 직접 유입되어 해안대수층이 해수로 포화되어 있는 것으로 나타났다. 따라서, 농어업용, 생활용, 공업용 등 각종 용수 목적으로 활용이 불가능하며 대체 수자원의 이용이 필요하다.
- 주교1 및 당촌1 관측공 주변 지하수의 전기전도도는 해수의 약 1/3 ~ 1/2 수준이며, 이미 대수층 내 해수침투 확산이 발생한 것으로 판단된다. 오산1 관측공 주변 지하수는 해수가 유입되고 있지만, 과잉양수에 의한 해수침투 확산을 조절하면서 이용할 필요가 있다.
- 이동 설치 관측공의 지하수의 전기전도도와 작물의 생육과의 관계를 살펴본 결과, 3개(서상1-2, 갈화2-2, 송지2-2) 관측공 주변의 지하수는 모든 작물의 생육에 가능한 것으로 나타났고, 주교2 및 당촌1 관측공 주변의 지하수는 농업용수로 사용이 불가능한 높은 전기전도도를 보인다.

<표 5-14> 이동 설치 관측공 전기전도도 값

관측공 EC($\mu S/cm$)	주교1	주교2	오산1	당촌1	서상1-2	갈화2-2	송지2-2
	전기전도도(EC)	12,699	44,545	5,722	24,311	663	1,007	397

<표 5-15> 이동 설치 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계

농작물에 미치는 영향	모든 작물 생육 가능	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물생육 불가능
전기전도도 ($\mu S/cm$)	0~2,000	2,000~4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 이상
염도(%)	0~0.128	0.128~0.256	0.256~0.512	0.512~0.96	0.96 이상
충남				주교1	주교2
전남			오산1		당촌1
경남	서상1-2, 갈화2-2, 송지2-2				
가뭄 시 지하수 활용	활용가능	주의요함	불가능(신규개발도 규제)		

나. 이동 설치 관측공 수질유형 분석

- 서상1-2 및 갈화2-2 관측공은 각 Ca-Cl, Mg-Cl의 담수유형으로서 염소이온 (Cl)의 농도가 다소 높지만, 현재까지 해수침투는 상대적으로 미약한 것으로 분석된다.
- 오산1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로서 대수층 내에 이미 해수가 확산되어, 지하수를 담작에 이용 시 주변 수자원(저수지, 하천수) 등과 혼합하지 않으면 이용이 어려운 것으로 나타났다.

- 주교1, 주교2 및 당촌1 관측공은 각각 (Na+K)-Cl, (Na+K)-Cl, Na-Cl 유형으로서, 주변 지하수계에 해수침투가 완전하게 발생한 것을 지시한다. 따라서, 주변 지하수를 농어업 용수로 이용할 수 없고, 농작물에 대한 지하수 이용에 규제가 필요하다.

<표 5-16> 이동 설치 관측공 지하수 수질 유형

관측공	주교1	주교2	오산1	
수질유형	(Na+K)-Cl	(Na+K)-Cl	(Na+K)-Cl	
관측공	당촌1	서상1-2	갈화2-2	송지2-2
수질유형	Na-Cl	Ca-Cl	Mg-Cl	-

※ 송지2-2 관측공은 분석 예정

다. 염소이온 대비 중탄산이온 몰비 분석

- 이동 설치 관측공에 대한 염소이온 대비 중탄산이온 몰비 분석 결과, 서상 1-2, 갈화2-2 관측공은 1.3 ~ 2.8 범위로서 약간의 해수 영향을 받고, 주교1, 주교2, 오산1 및 당촌1 관측공은 6.6 이상으로 매우 심한 정도의 해수 영향을 받은 것으로 나타났다.

<표 5-17> 이동 설치 관측공 Cl/HCO₃ 몰비

관측공 몰비	주교1	주교2	오산1	당촌1	서상1-2	갈화2-2	송지2-2
	Cl/HCO ₃	131.86	26.45	23.02	76.65	2.47	2.27

※ 송지2-2 관측공은 분석 예정

<표 5-18> 이동 설치 관측공 Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류

Cl/HCO ₃ 몰비	관측공명	해 석
0.5 이하	-	해수 영향이 전혀 없음
0.5 ~ 1.3	-	약간 문제 있음
1.3 ~ 2.8	서상1-2, 갈화2-2	약간의 해수영향을 받음
2.8 ~ 6.6	-	해수에 의한 보통 정도의 오염
6.6 이상	주교1, 주교2, 오산1, 당촌1	매우 심한 정도의 해수 영향을 받음

제6장 2015년 해수침투 관측결과

■ 전기전도도와 식물생육과의 관계 분석 결과

- 해수침투 장기관측 결과(수리 중인 4개소, 신규 9개소 제외), 지하수를 농작물에 직접 활용가능한 84개소(60%) 염분에 예민한 작물에 활용 불가능한 11개소(8%) 내염성 작물에만 활용 가능한 8개소(6%) 대부분의 작물에 활용 불가능한 5개소(3%) 작물생산이 활용 불가능한 33개소(23%)로 분류

■ 광역시·도별 시설치 관측소의 해수침투 관측결과

- 생활용수, 농어업용수 및 가뭄 등 비상용수로도 활용이 불가능한 '주의', '경계' 및 '심각' 지역은 전남이 25개소로 가장 많고, 경기·인천 10개소, 전북 6개소, 충남 5개소, 경남·울산 4개소, 경북 3개소, 강원 2개소 순
- '관심' 지역은 지하수 개발 가능량 이하, 염분상승 모의에 따른 최적 개발량 수준으로 지하수를 개발 이용 필요
- '주의', '경계' 및 '심각' 지역은 해수침투의 내륙확산을 예방하고, 청정 농산물 생산을 위해서 지하수 개발 이용 규제필요

6.1 2015년 해수침투 관측 결과

- 도서·해안지역 농업용수 관리의 선진기틀을 마련하고자 2015년 12월 31일 현재 전국 9개 광역시·도(제주특별자치도 제외)에 해수침투 관측공 154개소를 설치하여 연중 상시 운영 중이다.
- 이러한 해수침투 관측공은 수자원 조건 불리지역인 도서·해안지역의 안전농산물 생산을 위해, 해당 지역의 지하수를 농업에 활용할 수 있는지 여부를 판단하기 위한 지표로 활용 중이다.
- 또한, 가뭄 등 재난 발생시, 해당 지역 지하수 활용 가능여부 등 수자원의 최적개발 이용을 도모하기 위해 설치·운영 중이다.

6.1.1. 전기전도도와 식물생육과의 관계 분석

- <표 6-1>은 2015년 전국 해수침투 관측자료를 정리한 결과(2015년 9월 현재 수리 중인 4개소, 신규 9개소 제외)이다. 해안지하수를 농작물에 활용가능하지만 과잉양수를 자제해야 하는 84개소, 염분에 예민한 작물에 활용 불가능한 11개소, 내염성 작물에만 활용가능한 8개소, 대부분의 작물에 활용 불가능한 5개소, 그리고 타 수자원 공급 모색이 필요한 33개소로 나타났다.
- 농경을 비롯하여 가뭄 발생 시에도 활용이 불가능하고, 주변지역에 신규개발도 지양해야 하는 '주의', '경계' 및 '심각' 지역은 전남이 24개소로 가장 많았으며, 전북 6개소, 충남 5개소, 경기·인천 4개소, 경북 및 경남·울산 3개소, 강원 1개소 순으로 나타났다(표 6-1).
- 이는 농경지 면적이 넓어서 과거로부터 지하수 이용량이 상대적으로 높았고, 간척지 비율이 높아서 원지반이 염수로 포화되었으며, 주변 수계 발달이 미약하여 지하수 의존도가 높은 지역이 많을수록 해수침투 확산 가능성이 높다. 따라서, 광역시·도의 해당 시군 지자체에서는 해수침투의 내륙으로의 확산을 방지하고, 청정농산물 생산을 위해서 해당지구의 지하수 개발·이용을 규제할 필요가 있다.
- 그리고, 해수침투가 미약한 지역에서는 현재까지 지하수를 농경에 직접 활용할 수 있을지라도, 과잉양수로 인한 해수침투 확산의 우려가 있으므로, 지하수 개발 가능량 이하, 염분상승 모의에 따른 최적 개발량 수준으로 지하수를 개발 이용하여, 도서·해안지역 청정 지하수자원을 보전할 수 있어야 한다.
- 6.3 ~ 6.9절에서는 2015년 해수침투 관측 결과에 대하여 광역 시·도별로 간단히 정리하였으며, 지구별 상세 내용은 <부록>에 수록하였다.

<표 6-1> 해수침투 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계 (2015.09.30 현재)

농작물에 영향	모든 작물 생육 가능	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육 불가능
전기전도도 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0~2,000	2,000~4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 이상
염도(%)	0~0.128	0.128~0.256	0.256~0.512	0.512~0.96	0.96 이상
경기·인천	송내3, 홍왕1, 홍왕2, 상방1, 대부1, 대부2, 대부4, 서신1, 서신2, 제부2, 포승1, 포승2, 월곶1, 월곶2, 영흥1, 영흥2, 장단1, 문산1	송내1	송내2, 대부3, 제부1		시흥1
강원	사천2, 토성1, 토성2, 조양1, 초구1, 송정1, 강현1, 대포1 강현2, 근덕1, 근덕2		사천1		
충남	난지1, 난지2, 팔봉1, 남면1 팔봉2, 서부2, 선도1, 선도2, 인주2, 남면2				장곡1, 장곡2, 인주1, 근흥1, 근흥2
전북	금평1	내흥2	변산2		대창1, 대창2, 변산1, 자룡1, 내흥1
전남	손불1, 손불2, 효지1, 화흥1, 효지2, 자동2, 나리1, 삼호1, 나리2, 신기2, 지막2, 삼호2 평호2, 정도1, 갈문1, 안양1, 안양2, 별교1, 별교2, 진월2, 해룡2, 화양2, 지산2, 연산2		자동1, 평호1	신기1, 화흥3, 화양1	감정1, 감정2, 화흥2, 고금1, 고금2, 진월1, 해룡1, 소라1, 소라2, 지산1, 연산1, 연산2, 신학1, 신학2, 마량1, 마량2, 연산1, 포두1, 포두2
경북	평해1, 평해2, 곡강2, 연일2, 강구1, 하서1, 하서2		연일1	곡강1	병곡1
경남·울산	악양1, 가인2, 송지1, 하동2, 송지2, 동해1, 동해2, 갈화2, 도산1, 도산2, 덕호1, 서상2 덕호2, 사등1, 시방2, 북구1, 북구2, 수정1, 수정2, 진북1, 남양1, 감천1			가인1	하동1, 해운1
가뭄시 지하수활용	활용가능	주의요함	불가능(신규개발도 규제)		

6.1.2. 추세 분석 결과

- 도서·해안지역 해안지하수의 건전하고 지속가능한 개발·이용을 위해서는 수량 감소와 수질 악화가 없어야 한다. 관측자료 중 수위 저하는 육지 대수층에서 해안 대수층으로 담지하수 배출량의 감소 추세를, 전기전도도 증가는 해수침투 확산에 따른 수질 악화 추세를, 수온 변화는 대수층 환경 변화를 지시한다.
- <표 6-2>에는 전국 해수침투 관측공의 장기관측 자료의 추세를 분석하여 수위 저하, 전기전도도 상승 및 수온 변화를 나타낸 관정을 기록하였다. 다만, 비록 현재 추세의 변화가 있을지라도, 관측기간이 2년 이내로서 상대적으로 관측기간이 짧은 관계로 좀 더 장기적인 관측이 필요한 관측공은 분석에서 제외하였다.
- 총 65개소 기설관정에서 수위 저하, 전기전도도 증가 및 수온 변화가 관찰되었다. 광역시·도별로는 전남 19개소, 경기·인천 13개소, 경남·울산 11개소, 강원 9개소, 충남 6개소, 전북 5개소, 경북 2개소로 분류된다.
- 변화 양상으로는 수위 저하 추세만 관측되는 6개소, 전기전도도 증가 추세만 관측되는 22개소, 수온 변화만 관측되는 20개소, 수위 저하 추세와 전기전도도 증가 추세가 동시에 관측되는 5개소, 전기전도도 증가 추세와 수온 변화가 동시에 관측되는 9개소, 수위 저하 추세와 수온 변화가 관측되는 2개소, 그리고, 수위 저하 추세, 전기전도도 증가 추세 및 수온 변화가 동시에 관측되는 1개소로 구분된다.
 - Type I (수위 저하) : 6개소(9.2%)
 - Type II (전기전도도 증가) : 22개소(33.8%)
 - Type III (수온 변화) : 20개소(30.8%)
 - Type IV (수위 저하 및 전기전도도 증가) : 5개소(7.7%)
 - Type V (전기전도도 증가 및 수온 변화) : 9개소(13.8%)
 - Type VI (수위 저하 및 수온 변화) : 2개소(3.1%)
 - Type VII (수위 저하, 전기전도도 증가 및 수온 변화) : 1개소(1.5%)

<표 6-2> 장기관측 자료의 추세변화가 발견되는 관측공

시도 (개소)	관측공	수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)				수온 변화($^{\circ}\text{C}$)				Type
		< 1	1~2	2~4	4 <	< 4,000	4,000~ 8,000	8,000~ 15,000	15,000 <	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$	
경기 · 인천 (13)	승녀1						○							II
	승녀3		○											I
	홍왕1				○									I
	홍왕2				○									I
	상방1									○				III
	대부1				○	○								IV
	대부3	○												I
	대부4	○									○			VI
	제부1				○		○							IV
	제부2		○				○							IV
	포승2										○			III
	월곶2	○									○			VI
	영흥1						○							II
강원 (9)	사천1									○				III
	사천2									○				III
	토성1						○			○				V
	토성2			○			○			○				VII
	조양1									○				III
	초구1	○												I
	송정1									○				III
	강현1						○			○				V
	강현2						○			○				V

<표 6-2> 장기관측 자료의 추세변화가 발견되는 관측공(계속)

시도 (개소)	관측공	수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)				수온($^{\circ}\text{C}$)				Type
		< 1	1~2	2~4	4 <	< 4,000	4,000~ 8,000	8,000~ 15,000	15,000 <	± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$	
충남 (6)	난지2									○				III
	서부1									○				III
	선도1					○								II
	선도2									○				III
	인주1					○								II
	근흥1					○								II
전북 (5)	대창1			○				○						IV
	대창2	○				○								IV
	자룡1									○				III
	금평1					○								II
	내흥2					○								II
전남 (19)	효지1									○				III
	자동1					○								II
	자동2					○				○				V
	신기1									○				III
	신기2									○				III
	지막2					○								II
	평호2					○								II
	화흥3									○				III
	정도1					○								II
	고금1									○				III
	안양2										○			III

<표 6-2> 장기관측 자료의 추세변화가 발견되는 관측공(계속)

시도 (개소)	관측공	수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)				수온($^{\circ}\text{C}$)				Type
		< 1	1~2	2~4	4 <	< 4,000	4,000~ 8,000	8,000~ 15,000	15,000 <	± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$	
전남 (19)	해룡1						○							II
	화양1						○				○			V
	소라1					○								II
	지산1								○					II
	지산2					○								II
	신학1					○								II
	신학2						○							II
	포두1					○								II
경북 (2)	평해2										○			III
	곡강1					○								II
경남 (11)	하동1						○				○			V
	가인2					○					○			V
	동해2										○			III
	도산1					○								II
	덕호1		○											I
	시방2					○								II
	북구1					○					○			V
	해운1										○			III
	수정1					○								II
	수정2										○			III
	남양1					○					○			V

6.1.3. 농어촌지하수관리단계 도입 결과

- 농어촌지하수관리단계인 ‘관심-주의-경계-심각’ 을 도입하여, 관측공 주변 지하수를 구분한 결과, 총 97개 시설 관측공에서 관심 42개소(43%), 주의 12개소(13%), 경계 6개소(6%) 및 심각 37개소(38%)로 나타났다(표 6-3).
- 지역별로는 전남이 35개소로 가장 많으며, 경기·인천과 경남·울산 각 15개소, 강원·충남 각 10개소, 전북 8개소, 그리고, 경북 4개소 순으로 구분된다.
 - 경기·인천 : 관심 5개소, 주의 5개소, 심각 5개소
 - 강원 : 관심 8개소, 주의 1개소, 경계 1개소
 - 충남 : 관심 5개소, 심각 5개소
 - 전북 : 관심 2개소, 주의 1개소, 심각 5개소
 - 전남 : 관심 10개소, 주의 3개소, 경계 3개소, 심각 19개소
 - 경북 : 관심 1개소, 주의 1개소, 경계 1개소, 심각 1개소
 - 경남·울산 : 관심 11개소, 주의 1개소, 경계 1개소, 심각 2개소
- ‘관심’ 지역인 경우, 관측공 주변 지하수 이용 시, 양수량은 현재 이용량보다 현저히 낮은 수준으로 운용해서 해수침투 확산 방지를 위해 노력할 필요가 있다. 답작을 위한 지하수 이용 시에는 주변 하천수·저수지와 1:1 ~ 1:4 수준으로 혼합하여 이용하여야 한다. 그러나, 염분에 예민한 작물에는 활용이 불가능하다.
- ‘주의’, ‘경계’ 및 ‘심각’ 지역은, 해안대수층이 대부분 해수로 포화되어 지하수의 전기전도도가 높기 때문에, 지하수를 농어업용 목적으로 이용이 불가능하다. 이들 3종류의 지역은 해안방조제 등으로 인해 지하수 수위가 급격하게 하락하여 가용 수자원량의 감소가 발생하는 지역들도 포함된다. 이에 따라, 지하수 수질 악화 및 수량 부족으로 관측공 주변 지하수 이용을 자제하고 타 수자원을 이용하는 방안을 수립할 필요가 있다.

<표 6-3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능	
	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <	
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	± 4 <	
계	75 개소					
경기 · 인천 (15)	송내1	작물	전도도			주의
	송내2		작물			주의
	송내3		수위			주의
	홍왕1				수위	심각
	홍왕2				수위	심각
	상방1	수온				관심
	대부1	전도도			수위	심각
	대부3	수위	작물			주의
	대부4	수위, 수온				관심
	제부1		작물, 전도도		수위	심각
	제부2	전도도	수위			주의
	포승2	수온				관심
	월곶2	수위, 수온				관심
	영흥1	전도도				관심
	시흥1				작물	심각
강원 (10)	사천1	수온	작물			주의
	사천2	수온				관심
	토성1	전도도, 수온				관심
	토성2	전도도, 수온		수위		경계
	조양1	작물, 수온				관심
	초구1	수위				관심
	송정1	수온				관심
	강현1	전도도, 수온				관심
	강현2	전도도, 수온				관심
	대포1	작물				관심

<표 6-3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과(계속)

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능		
시도 (개소)	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	판정	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <		
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$		
	난지2	수온					관심
	서부1	수온					관심
충남 (10)	선도1	전도도				관심	
	선도2	수온				관심	
	인주1	전도도			작물	심각	
	근흥1	전도도			작물	심각	
	근흥2				작물	심각	
	남면1	작물				관심	
	장곡1				작물	심각	
	장곡2				작물	심각	
	전북 (8)	대창1		전도도	수위	작물	심각
		대창2	수위, 전도도			작물	심각
자룡1		수온			작물	심각	
금평1		전도도				관심	
내흥1					작물	심각	
내흥2		작물, 전도도				관심	
변산1					작물	심각	
변산2			작물			주의	
전남 (35)	효지1	수온				관심	
	자동1	전도도	작물			주의	
	자동2	전도도, 수온				관심	
	신기1	수온		작물		경계	
	신기2	수온				관심	
	지막2	전도도				관심	
	평호1		작물			주의	
	평호2	전도도				관심	

<표 6-3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과(계속)

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능	
	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <	
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$	
전남 (35)	화홍2				작물	심각
	화홍3	수온		작물		경계
	정도1	전도도				관심
	고금1	수온			작물	심각
	고금2				작물	심각
	안양2		수온			주의
	해룡1		전도도		작물	심각
	화양1		전도도, 수온	작물		경계
	소라1	전도도			작물	심각
	소라2				작물	심각
	지산1				작물, 전도도	심각
	지산2	전도도				관심
	신학1	전도도			작물	심각
	신학2		전도도		작물	심각
	포두1	전도도			작물	심각
	포두2				작물	심각
	화홍1	작물				관심
	삼호1	작물				관심
	삼호2	작물				관심
	감정1				작물	심각
	감정2				작물	심각
	진월1				작물	심각
	염산1				작물	심각
염산2				작물	심각	

<표 6-3> 농어촌지하수관리단계 기준 적용 결과(계속)

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	농작물에 영향	염분에 예민한 작물 생육불량	내염성 작물 생육가능	대부분의 작물 생육불량	작물 생육불가능		
시도 (개소)	수위 저하(m)	< 1	1~2	2~4	4 <	판정	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 4,000	4,000~8,000	8,000~15,000	15,000 <		
	수온 변화($^{\circ}\text{C}$)	< ± 1	$\pm 1\sim 2$	$\pm 2\sim 3$	$\pm 4 <$		
	마량1				작물		심각
	마량2				작물		심각
전남 (35)	연산1				작물	심각	
	평해2	수온				관심	
	곡강1	전도도		작물		경계	
경북 (4)	연일1		작물			주의	
	병곡1				작물	심각	
	하동1		전도도, 수온		작물	심각	
	하동2	작물				관심	
경남 (15)	가인1			작물		경계	
	가인2	전도도, 수온				관심	
	동해2	수온				관심	
	도산1	전도도				관심	
	덕호1		수위			주의	
	시방2	전도도				관심	
	북구1	전도도, 수온				관심	
	해운1	수온			작물	심각	
	수정1	전도도				관심	
	수정2	수온				관심	
	남양1	전도도, 수온				관심	
	갈화2	작물				관심	
	서상2	작물				관심	

6.2 담염수 경계면 분석

6.2.1. 분석 필요성

가. 해안지하수의 수질 취약성

- 도서·해안지역은 적정 양수량을 초과하는 지하수 개발·이용 시, 대수층 내 담염수 경계면 심도 이하의 염지하수 상승으로 가용 지하수자원 감소
- 가용 지하수자원 감소는 농작물 생산의 감소를 유발하며, 결과적으로 농가소득 감소의 주요원인 초래

나. 염해피해 방지를 위한 사전조사 필요

- 소유역을 대표하는 관측공 개발 시, 공내검층으로 관측공 수리물리 특성(전기전도도, 수온 등) 확인
- 수리물리 특성값을 이용한 담염수 경계면 심도 확인
- 대수성시험 자료 확보 또는 시행으로 수리전도도, 산출율, 담수 및 염수 밀도 등을 실험적으로 확인
- 해당 지역에서 필요로 하는 지하수 이용량을 결정하여, 최종적으로 관정 개발·이용 심도를 보수적으로 선택 : 일차적으로 염지하수 상승 예방

6.2.2. 분석 방법

가. 해수침투 관측공을 이용한 담염수 경계면 심도 분석

- 해안거리에 따른 담염수 경계면 심도가 전형적인 지역
- 함양지에 인접하여 담염수 경계면 심도가 함양의 직접영향 지역
- 해안유출지하수의 영향으로 담염수 경계면 심도가 깊어지는 지역

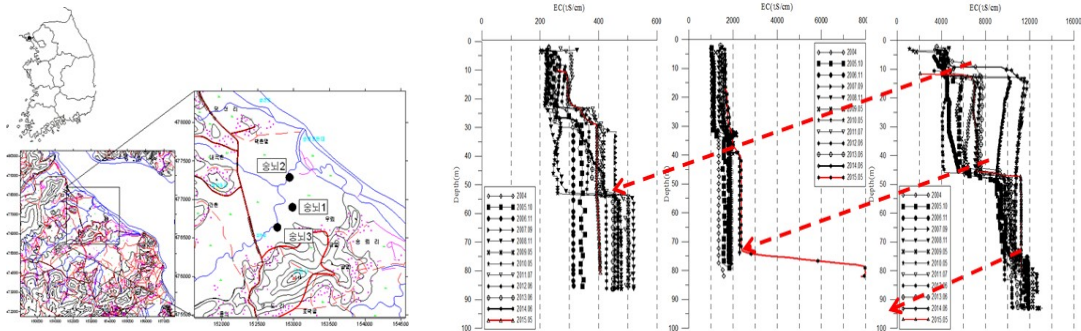
나. 관측자료를 이용한 담염수 경계면 이동 분석

- 관측공 주변 지하수의 농작물 공급 시 위해 여부 분석

6.2.3. 분석 결과

가. 해안거리에 따른 담염수 경계면의 전형적 심도 변화

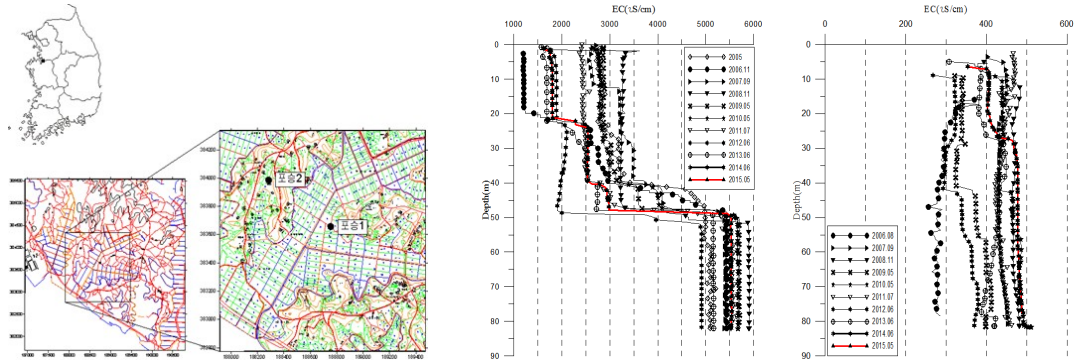
- 강화 송뇌지구 분석 사례
 - 해안거리 : 550 m(송뇌2), 830 m(송뇌1), 1,180 m(송뇌3)
 - 해안에서 멀어질 수록 담염수 경계면 심도가 비례적으로 깊어지는 전형적인 도서해안 대수층 : 3개 순차적 전이대 생성
 - 해안으로부터 약 1.2 km 내륙에서는 50 m 이내 천부지하수를 담작에 이용가능(원예작 등 이용불가)
- 유사지구 : (아산)인주, (태안)근흥, (군산)내흥, (영광)지산, (남해)가인, (하동)하동, (진도)신기, (해남)평호, (경남고성)동해



<그림 6-1> 송뇌지구(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)

나. 함양지에 인접하여 경계면이 함양의 직접영향

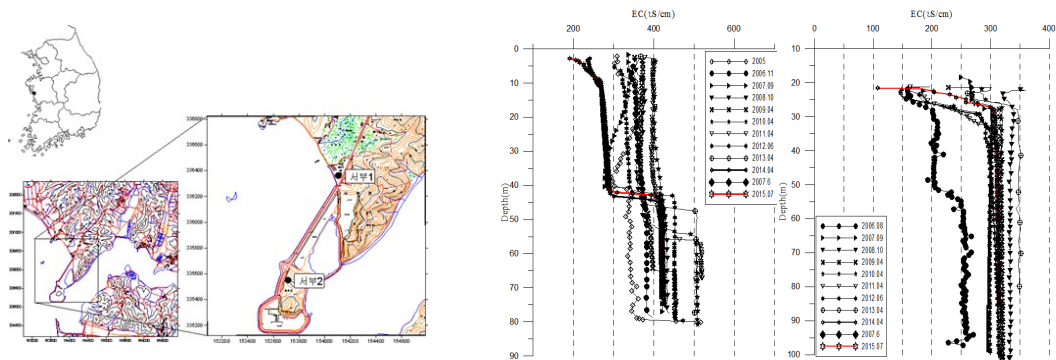
- 평택 포승지구 분석 사례
 - 해안거리 : 970 m(포승1), 1,010 m(포승2)
 - 두 관측공은 해안거리가 유사하나, 함양지 관측공(포승2)은 담수 수질로 나타남 (400 μ S/cm 내외)
 - 포승2 관측공은 함양 지하수의 직접영향을 받아 담염수 경계면 심도 깊어짐
 - 포승2 관측공 주변 지하수는 전답에 직접이용 가능
- 유사지구 : (안산)영흥, (광양)진월, (여수)화양



<그림 6-2> 포승지구(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)

다. 해안유출 지하수의 영향으로 심도 증가

- 홍성 서부지구 분석 사례
 - 해안거리 : 40 m(서부1), 70 m(서부2)
 - 두 관측공은 해안거리가 100 m 이내로, 해수침투 관측공 중 해안에 최인접 관측공 중 하나이나, 전기전도도는 담수 영역(300 ~ 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 내외)
 - 서해안 해안유출지하수의 영향으로 추정
 - 서부지구 지하수는 전답에 직접이용 가능
- 유사지구 : (서산)팔봉, (서천)선도, (거제)덕호, (창원)남양

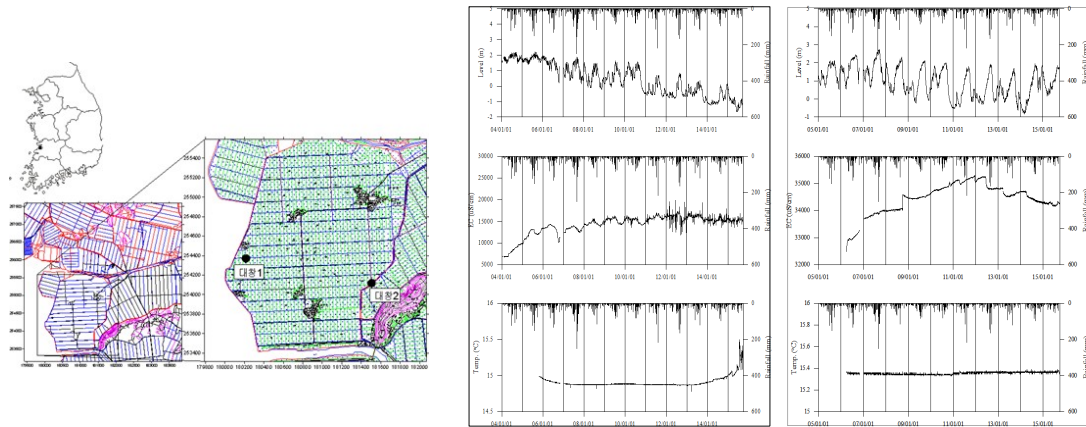


<그림 6-3> 서부지구(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)

라. 기타 : 간척에 의해 지하수 수위 감소

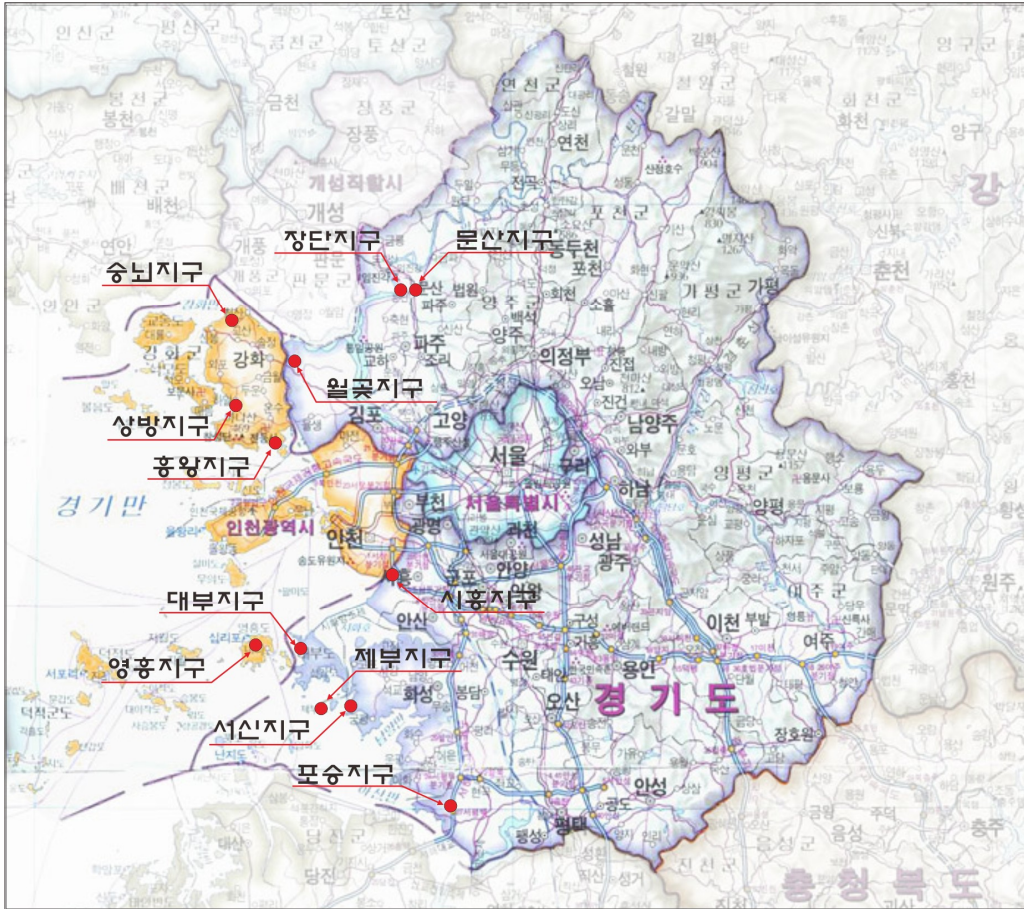
○ 김제 대창지구 분석 사례

- 김제 대창지구는 새만금 방조제 내륙측에 위치
- 방조제 건설 후 내수위면 조절로 인해 지하수 수위 감소가 관측됨
- 간척지 완공까지 꾸준히 지하수 수위 감소 전망



<그림 6-4> 대창지구(좌) 지하수 수위 감소 분석(우)

6.3 경기도·인천광역시 권역



< 그림 6-5 > 경기도·인천광역시 권역 관측망 설치현황

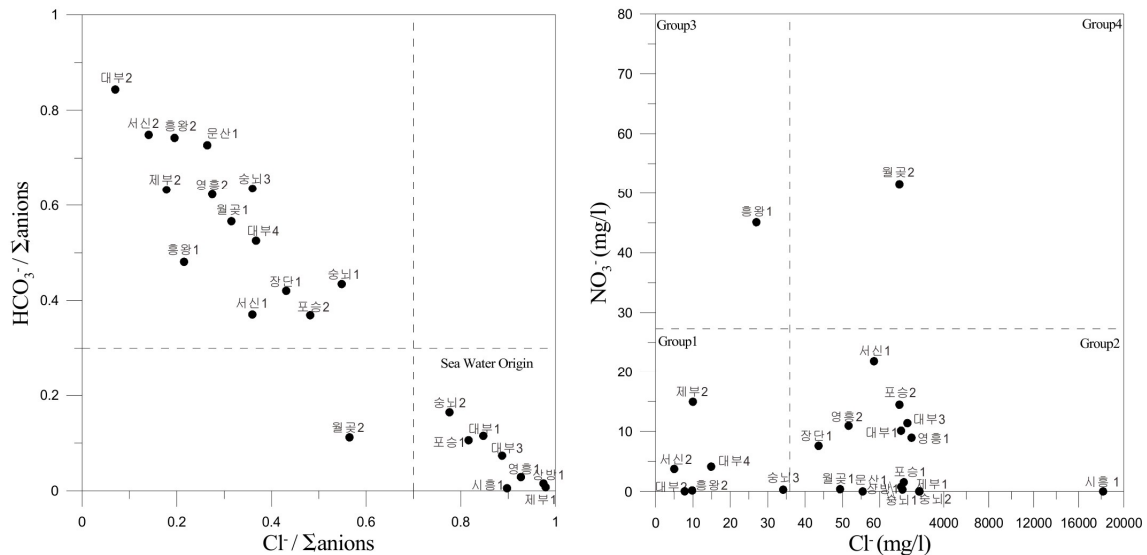
6.3.1. 설치운영 현황 : 12지구 내 23개소의 관측공 설치 운영 중

6.3.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

시군 구분	계	경 기							인 천				
		안산	화성	평택	시흥	김포	파주	강화	용진	영흥			
지구명	12	대부	서신	제부	포승	시흥	월곶	장단	문산	승뇌	홍왕	상방	영흥
관측공	23	4	2	2	2	1	2	1	1	3	2	1	2

6.3.3. 관측결과

- 해수침투 없음 : 8지구 (서신, 포승, 월곶, 장단, 문산, 흥왕, 상방, 영흥지구)
- 해수침투 있음 : 4지구 (대부, 제부, 시흥, 송내지구)



<그림 6-6> 경기도·인천광역시 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 지하수의 수리화학적 측면에서, 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산(HCO₃) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl) 이온이 풍부하다.
- 따라서, 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로도, 도서·해안지역 지하수의 해수침투 발생여부를 확인할 수 있다(그림 6-6).
 - 해안지역 지하수 대수층에서 대부분의 염지하수와 기수(담지하수와 해수가 혼합되는 지역의 지하수)는 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타난다.
 - 염소이온/총음이온 함량이 높고, 중탄산이온/총음이온 함량이 낮을수록 해수 침투가 발생한 것으로 추정된다.
- 경기도·인천광역시 권역의 경우, 8개소 관측공(송내2, 포승1, 대부1, 대부3, 시흥1, 영흥1, 상방1, 제부1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7

이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 지하수의 오염 측면에서, 질산염(NO₃) 이온은 주로 축산분뇨, 비료, 생활하수 등에 기원하는 오염물질로서 일반적으로 육지부 지하수에서 검출되며, 먹는물 수질기준으로 약 44 mg/L(질산성질소(NO₃-N) 농도로 환산 시 10 mg/L)이다.
- 반면, 염소(Cl) 이온은 일반적으로 해수에 풍부하여 해안지하수에서 육지부 지하수보다 상대적으로 높게 검출되며, 먹는물 수질기준으로 250 mg/L이다.
- 따라서, 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높을수록 해수침투의 영향을 받은 지하수로 추정된다(그림 6-6).
- 경기도·인천광역시 권역의 경우, 15개소 관측공(서신1, 영흥2, 장단1, 포승2, 대부1, 대부3, 영흥1, 월곶1, 문산1, 상방1, 포승1, 제부1, 송녀1, 송녀2, 시흥1) 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

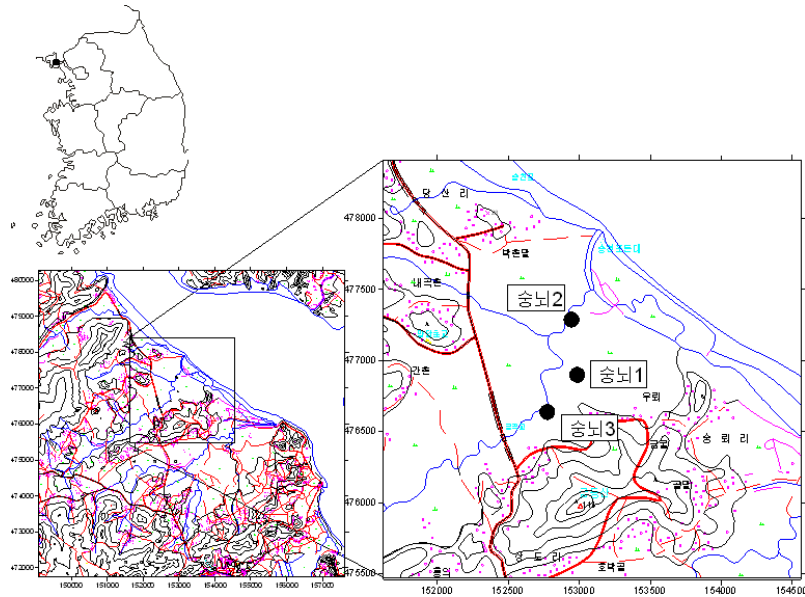
다. 이온분석 종합

- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 경우에 공통적으로 포함되는 총 9개소 관측공(송녀1, 송녀2, 대부1, 대부3, 제부1, 포승1, 영흥1, 상방1, 월곶1) 지하수에 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.
- 이 가운데, 영흥1, 상방1 관측공 주변 지하수의 경우 천부 10 m 심도 이내의 지하수는 전기전도도 검층 결과 답작에 활용 가능하지만, 그 이하 심도의 지하수는 전기전도도가 높아 농어업에 활용 불가능하다.
- 그리고, 월곶1 관측공은 이온 함량의 상대적인 함량비에 따라 해수침투 발생으로 분류되었을 뿐, 전기전도도 검층 결과(부록 참조)를 살펴보면, 실제로는 농어업에 활용 가능한 수질로 분석된다.
- 결과적으로, 총 8개 관측공(송녀2, 포승1, 대부1, 대부3, 시흥1, 영흥1, 상방1, 제부1) 주변 지하수는 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 정리할 수 있으며, 또한 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

6.3.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 송뇌지구

- 송뇌 1 관측공 : 인천 강화군 송해면 송뇌리 700번지 인근
 - 3분기 전기전도도가 2,570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 답작에 부적합하며, 증가하는 추세로 나타나므로 지하수 관정 사용 자제 필요
- 송뇌 2 관측공 : 인천 강화군 송해면 송뇌리 568번지 인근
 - 3분기 전기전도도가 6,740 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 답작에 부적합하며, 증가하는 추세로 나타남
 - 송뇌 2는 내염성 작물만 생육이 가능한 단계이므로 주변 지하수 이용에 유의 필요
 - : (2013년 1분기) 6,246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 2분기) 6,985 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 3분기) 7,768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 4분기) 7,513 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 1분기) 7,025 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기) 8,768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 3분기) 10,440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기) 8,298 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기) 4,350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기) 5,882 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 3분기) 6,740 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - 송뇌지구의 관측공에서 해안 거리는 550 m(송뇌 2), 830 m(송뇌 1), 1,180 m(송뇌 3)임. 현재 해수침투는 송뇌 2를 지나 송뇌 1까지 진행된 단계임. 그러므로, 송뇌 1, 2 관측공 인근에서는 지하수 사용을 자제하고, 용수 부족 시 송뇌 3 인근에서 지하수공을 개발하여 송뇌지구 전체에서 사용하는 것이 타당할 것으로 예상됨.
- 송뇌 3 관측공
 - 3분기 전기전도도 392 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 현재 답작에 활용 가능



<그림 6-7> 인천광역시 강화군 송뇌지구

나. 대부지구

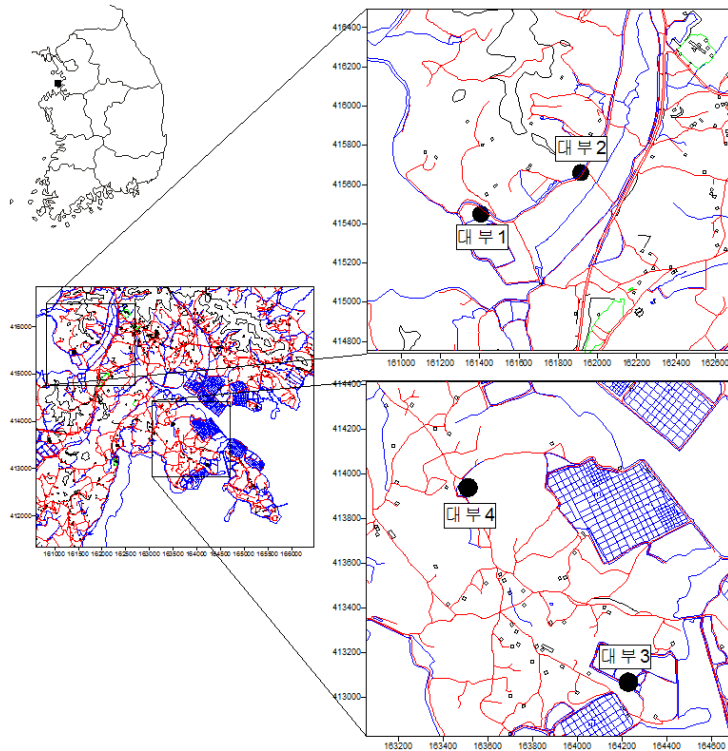
○ 대부 1, 2, 4 관측공

- 전기전도도 192 ~ 1,741 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 현재 답작으로 활용 가능
- 해안 거리 230 m인 대부 1 관측공에서 현재까지는 해수침투 현상이 발생하지 않았으나, 지하수 검층 시 최대 1,200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 관측된 바가 있음. 대부 1 관측공 인근에서는 한밭 시 지하수 장기 사용에 유의해야 하며, 대부 1 관측공에서 전기전도도 증가 시에는 심도 100 m까지 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 내외로 관측되는 대부 2 관측공 인근에서 지하수공을 개발하여 용수를 공급하는 것이 타당할 것임

○ 대부 3 관측공 : 경기 안산시 단원구 대부남동 32-4번지 인근

- 심도 25 m에서 2015년 3분기 전기전도도가 5,359 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타나 답작에 부적합하며 내염성 작물만 생육이 가능하고, 전기전도도는 증가하는 추세로 나타남
- 시간경과에 따라 전기전도도 변화가 크게 나타나지 않지만, 주변 지하수 관정의 이용을 자제하고 타 수자원을 활용해야 함

- (2013년 1분기) 5,820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2013년 2분기) 5,100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2013년 3분기) 5,082 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 (2013년 4분기) 5,363 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2014년 1분기) 5,888 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2014년 2분기) 5,157 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 (2014년 3분기) 4,951 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2014년 4분기) 4,962 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2015년 1분기) 4,989 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 (2015년 2분기) 5,021 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →(2015년 3분기) 5,359 $\mu\text{S}/\text{cm}$



<그림 6-8> 경기도 안산시 대부지구

다. 제부지구

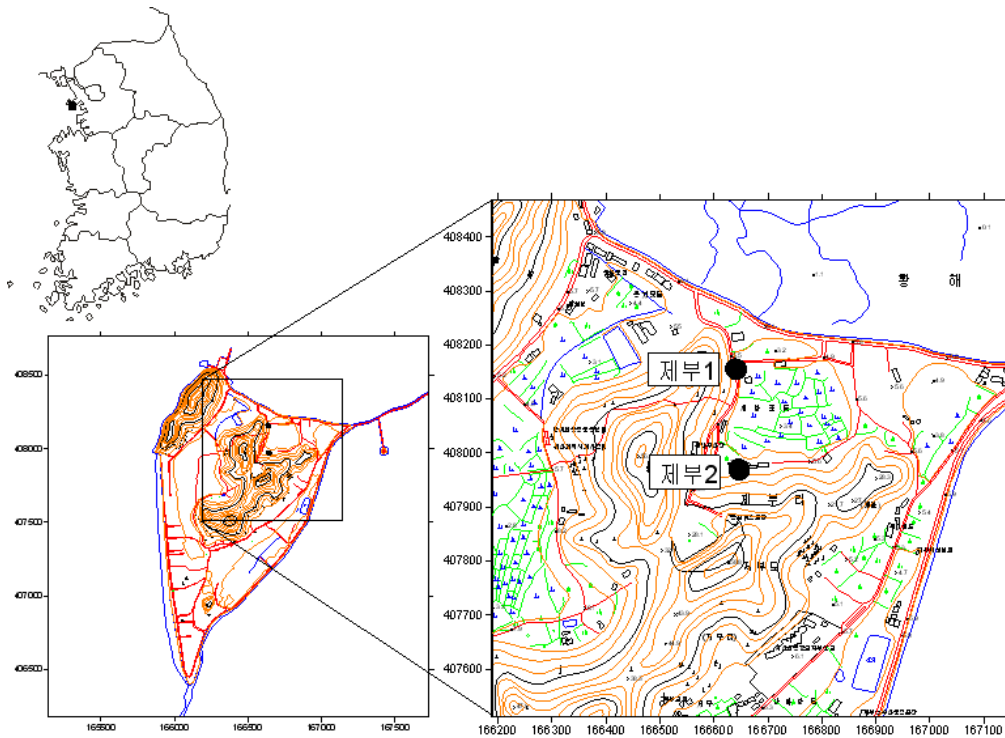
- **제부 1 관측공** : 경기 화성시 서신면 제부리 10-2번지 인근
 - 도서에 위치하고 주변 식당 등에서 지하해수를 양수하여 사용하므로 해수침투가 발생.
 - 2015년 3분기에 심도 50 m에서 전기전도도가 6,840 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타나 답작에 부적합하며, 연간 4,000 ~ 7,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위에서 3분기에는 증가하는 추세로 나타남에 따라 인근 식당 등에서는 상수도를 활용하는 것이 적합.

: (2013년 1분기)4,269 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2013년 2분기)5,472 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2013년 3분기)4,697 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow
 (2013년 4분기)4,344 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2014년 1분기)4,030 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2014년 2분기)3,827 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow
 (2014년 3분기)5,420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2014년 4분기) 5,341 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2015년 1분기) 5,525 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow
 (2015년 2분기)6,149 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \rightarrow (2015년 3분기) 6,840 $\mu\text{S}/\text{cm}$

- 농업용수 부족 시 약 160 m 거리의 제부 2 관측공은 심도 50 m까지 전기전도도가 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하이므로, 제부 2 관측공 인근에서 지하수공을 개발하면 제부 1 관측공 인근에 담수 공급이 가능할 것임

○ 제부 2 관측공

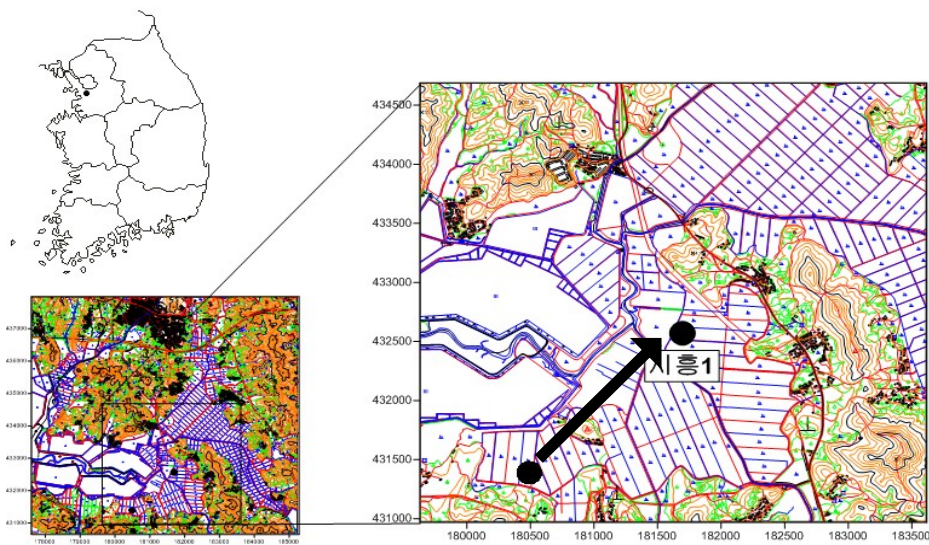
- 2015년 3분기 전기전도도 153 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 현재 답작으로 활용 가능



<그림 6-9> 경기도 화성시 제부지구

라. 시흥지구

- **시흥 1 관측공** : 경기 시흥시 장현동 3-1번지 인근
- 시흥 1 관측공은 2014년도 관측부지 이설에 따라 2015년부터 재관측을 시행하였으며, 3분기 전기전도도가 48,989 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 작물생육이 불가능한 심각한 단계로 지하수 관정 사용이 불가능하며 지표수 등의 타 수자원을 활용해야 함



<그림 6-10> 경기도 시흥시 시흥지구

6.4 강원도 권역



<그림 6-11> 강원도 권역 관측망 설치현황

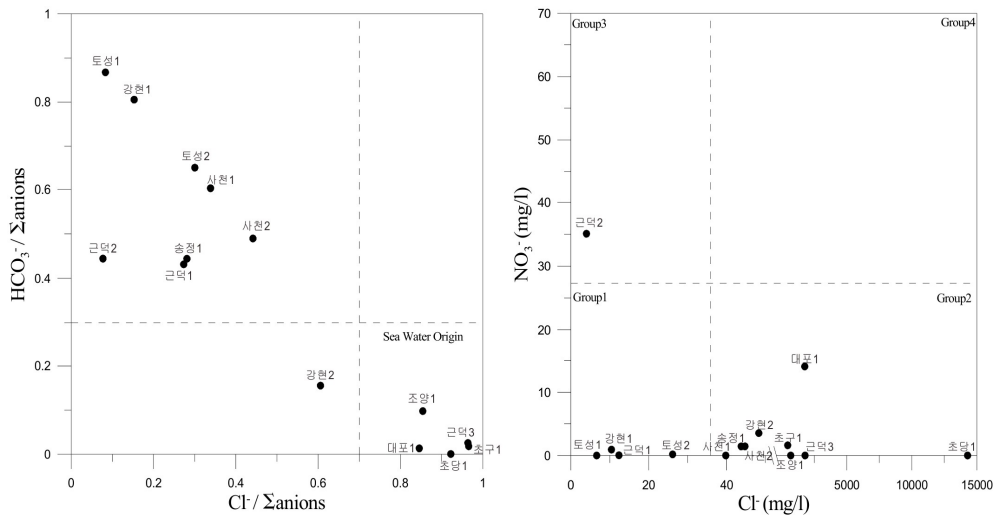
6.4.1. 설치운영 현황 : 총 9지구 내 14 개소의 관측공 설치 운영 중

6.4.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

시군 구분	계	강릉	고성	속초	동해	양양	삼척			
지구명	8	사천	초당	토성	조양	대포	초구	송정	강현	근덕
관측공	14	2	1	2	1	1	1	1	2	3

6.4.3. 관측결과

- 해수침투 없음 : 5지구 (토성, 초구, 송정, 강현 및 근덕지구)
- 해수침투 있음 : 3지구 (사천, 조양 및 대포지구)



<그림 6-12> 강원도 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 강원도 권역의 경우, 5개소 관측공(조양1, 대포1, 근덕3, 초당1, 초구1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 강원도 권역의 경우, 9개소 관측공(대포1, 사천1, 송정1, 강현2, 사천2, 초구1, 조양1, 근덕3, 초당1) 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

다. 이온분석 종합

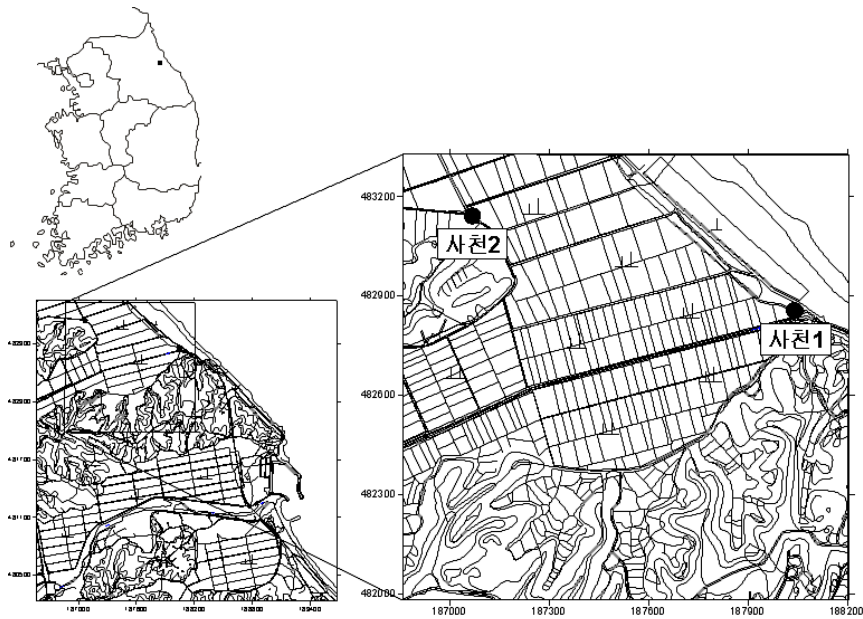
- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 경우에 공통적으로 포함되는 총 5개소 관측공(조양1, 대포1, 근덕3, 초당1, 초구1) 지하수에서 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

- 이 가운데, 초구1 관측공 주변 지하수의 경우, 이온 함량의 상대적인 함량비에 따라 해수침투 발생으로 분류되나, 전기전도도 검증 결과 답작에 활용 가능한 수질로 분석된다.
- 결과적으로, 총 4개 관측공(조양1, 대포1, 근덕3, 초당1) 주변 지하수는 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 정리할 수 있으며, 또한 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

6.4.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 사천지구

- 사천 1지구: 강릉시 사천면 사천진리 산7-1번지 인근
 - 바다에 인접하여 3분기 전기전도도가 4,652 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 답작에 부적합. 영농기 지하수 사용 및 가뭄 영향으로 1분기부터 지속적으로 전기전도도 증가
 - 과거자료를 살펴보면 매년 4분기에 감소하고 차기년도 1분기부터 증가 추세
 - 전기전도도는 전반적으로 증가 추세에 있으며, 지하수 사용 자제 필요.
 - : (2013년 1분기) 3,653 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 2분기) 5,303 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 3분기) 3,674 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 4분기) 2,934 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 1분기) 4,545 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기) 5,518 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 3분기) 6,949 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기) 3,882 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기) 3,448 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기) 3,955 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 3분기) 4,652 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 사천 2지구
 - 3분기 전기전도도 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 답작에 활용 가능
 - 이용에 가능한 용수는 지표 하 50 m 심도 이내의 지하수에 한정되며, 과잉양수는 해수침투를 초래할 우려가 있으므로 필요 수량만큼만 이용 필요



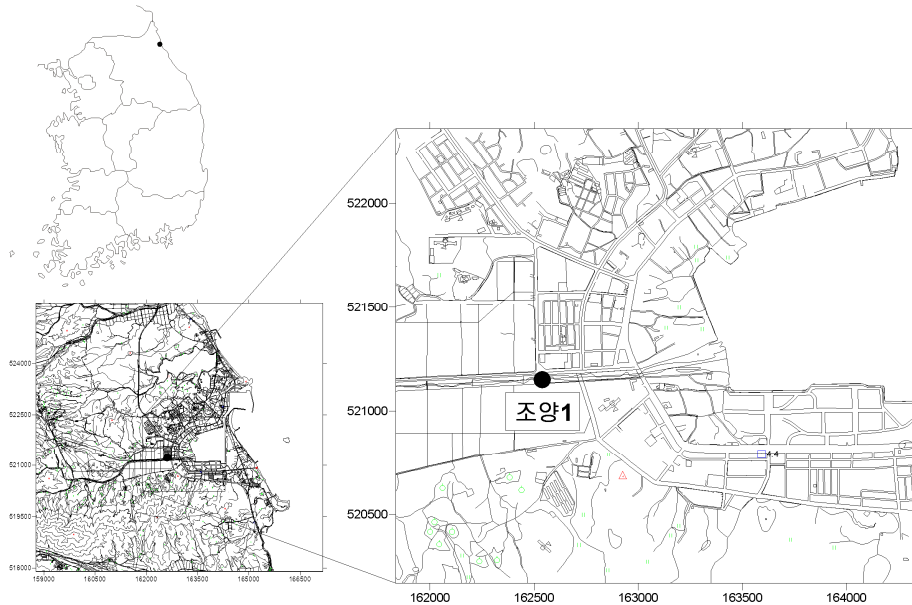
<그림 6-13> 강원도 강릉시 사천지구

나. 조양지구

○ 조양 1지구 : 속초시 조양동 180-3번지 인근

- 바다에 인접하여 3분기 전기전도도가 2,752 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 답작에 부적합
- 지하수의 전기전도도는 매년 1분기에는 감소. 그러나, 2 ~ 4분기에 전기전도도 증가 추세

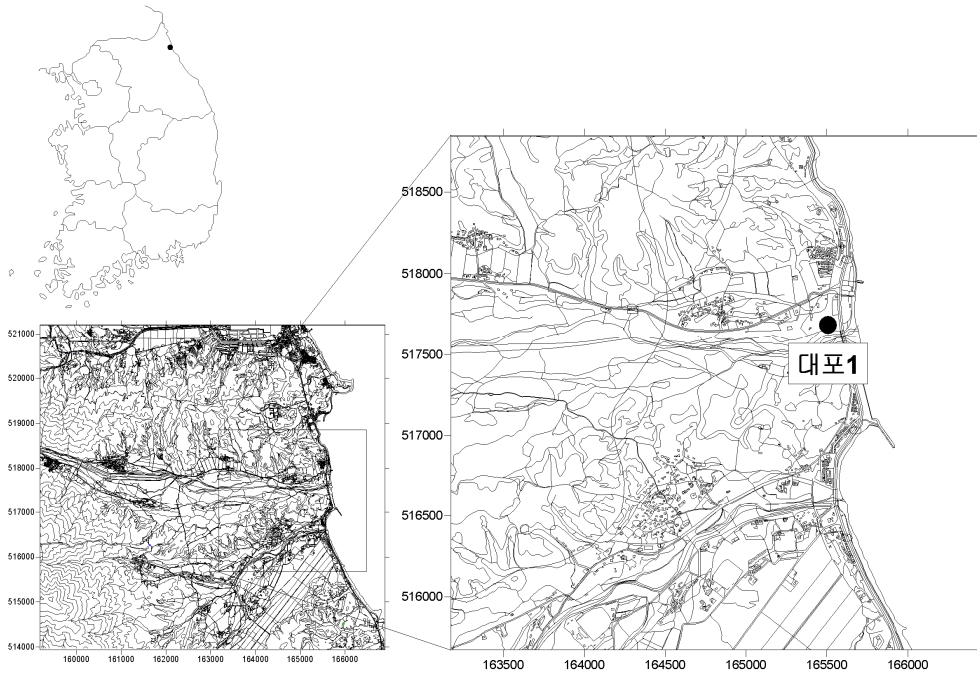
: (2013년 1분기)3,033 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 2분기)3,641 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 3분기)3,887 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 (2013년 4분기)4,890 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 1분기)2,699 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기)3,337 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 (2014년 3분기)3,302 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기)4,057 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기)2,327 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 (2015년 2분기)2,285 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 3분기)2,752 $\mu\text{S}/\text{cm}$



〈그림 6-14〉 강원도 속초시 조양지구

다. 대포지구

- 대포 1지구 : 속초시 대포동 178-49번지 인근
 - 2014년 2 ~ 4분기에는 지표 하 40m 이내 지하수의 전기전도도가 약 1,300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 미만으로서 답작에 적합하였으나, 2015년 1/2분기에는 5,403/6,732 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 급격하게 증가한 후 3분기에 2,198 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 감소함.
 - : (2014년 1분기)3,221 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기)1,236 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 3분기)126 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기)370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기)5,403 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기)6,732 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기)2,198 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - 전기전도도의 급격한 증가는 겨울철 담염수 전이대의 등락과 관계가 있는 것으로 추정되며, 봄여름 영농기에 주변 천부 지하수의 적정이용이 필요



<그림 6-15> 강원도 속초시 대포지구

6.5 충청남도 권역



<그림 6-16> 충청남도 권역 관측망 설치현황

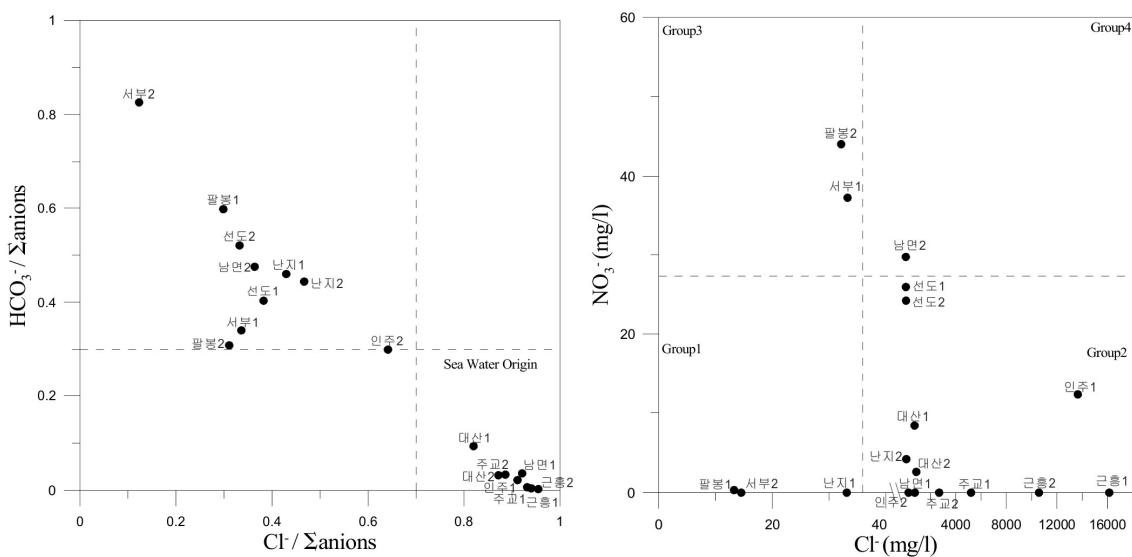
6.5.1. 설치운영 현황 : 총 9지구 내 18개소의 관측공이 설치 운영 중

6.5.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

구분	시군	계	당진	서산	홍성	보령	서천	아산	태안		
지구명		8	난지	팔봉	대산	서부	주교 (장곡 대체)	선도	인주	근홍	남면
관측공		18	2	2	2	2	2	2	2	2	

6.5.3. 관측결과

- 해수침투 없음 : 4지구 (난지, 팔봉, 서부 및 선도지구)
- 해수침투 영향 있음 : 4지구 (장곡, 인주, 근흥 및 남면지구)
- 9지구 중 서산 대산지구는 2015년 신규지구로서 2016년부터 관측시행
- 9지구 중 보령 주교지구는 장곡지구의 대체지구로서 2015년 신규설치로 2016년부터 관측시행



<그림 6-17> 충청남도 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO_3) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 충청남도 권역의 경우, 8개소 관측공(대산1, 대산2, 주교2, 남면1, 인주1, 주교1, 근흥1, 근흥2) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산 이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO_3) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 충청남도 권역의 경우, 12개소 관측공(선도1, 선도2, 대산1, 난지2, 대산2, 남면1, 인주2, 주교1, 주교2, 근흥1, 근흥2, 인주1) 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

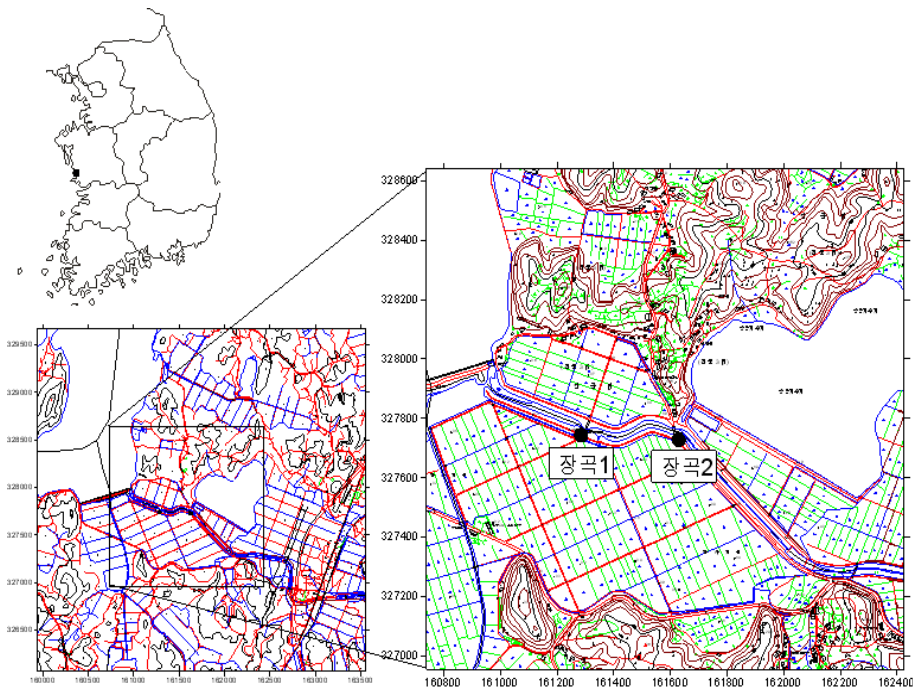
다. 이온분석 종합

- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 경우에 공통적으로 포함되는 총 8개소 관측공(대산1, 대산2, 주교2, 남면1, 인주1, 주교1, 근흥1, 근흥2) 주변 지하수는 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 정리할 수 있으며, 또한 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다. 이 중 대산1, 대산2 관측공은 2015년 신규 관측공이다.

6.5.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 장곡지구

- **장곡 1, 2지구** : 보령시 청소면 장곡리 1046번지 인근
 - 3분기 전기전도도 45,595 ~ 48,938 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수와 동일한 수질이며, 이러한 염도는 연중 유사하게 관찰됨. 이에 따라 담작을 비롯한 모든 영농에 부적합
 - 영농기/비영농기 구분 없이 지하수 이용 규제, 타 수자원 공급 필요



<그림 6-18> 충청남도 보령시 장곡지구

나. 인주지구

- 인주 1지구 : 아산시 인주면 모원리 15번지 인근
 - 3분기 전기전도도 38,216 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도의 80% 수준이며, 이러한 염도는 연중 유사하게 관찰됨. 이에 따라 담작을 비롯한 모든 영농에 부적합
 - 영농기/비영농기 구분 없이 지하수 이용규제, 타 수자원 활용 필요
- 인주 2지구
 - 3분기 천층지하수(50 m 이내)는 1,781 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 담작에 활용가능
 - 관측공 심도 50 m 이하의 지하수는 영농에 활용 불가능



<그림 6-19> 충청남도 아산시 인주지구

다. 근흥지구

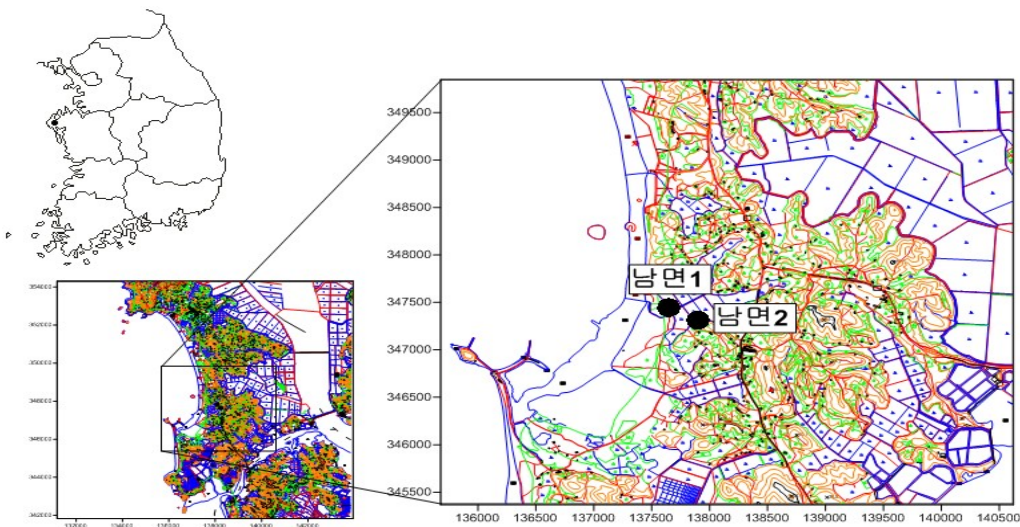
- 근흥 1,2지구 : 태안군 근흥면 안기리 산238-1, 두야리 1485-1번지 인근
 - 3분기 전기전도도 24,302 ~ 39,690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 근흥 1지구의 경우 해수 염도의 80% 수준이며, 이러한 염도는 연중 유사하게 관찰됨. 근흥 2지구의 경우 해수 염도의 40% 수준으로서, 담작을 비롯한 모든 영농에 부적합
 - 영농기/비영농기 구분 없이 지하수 이용규제, 타 수자원 활용 필요



<그림 6-20> 충청남도 태안군 근흥지구

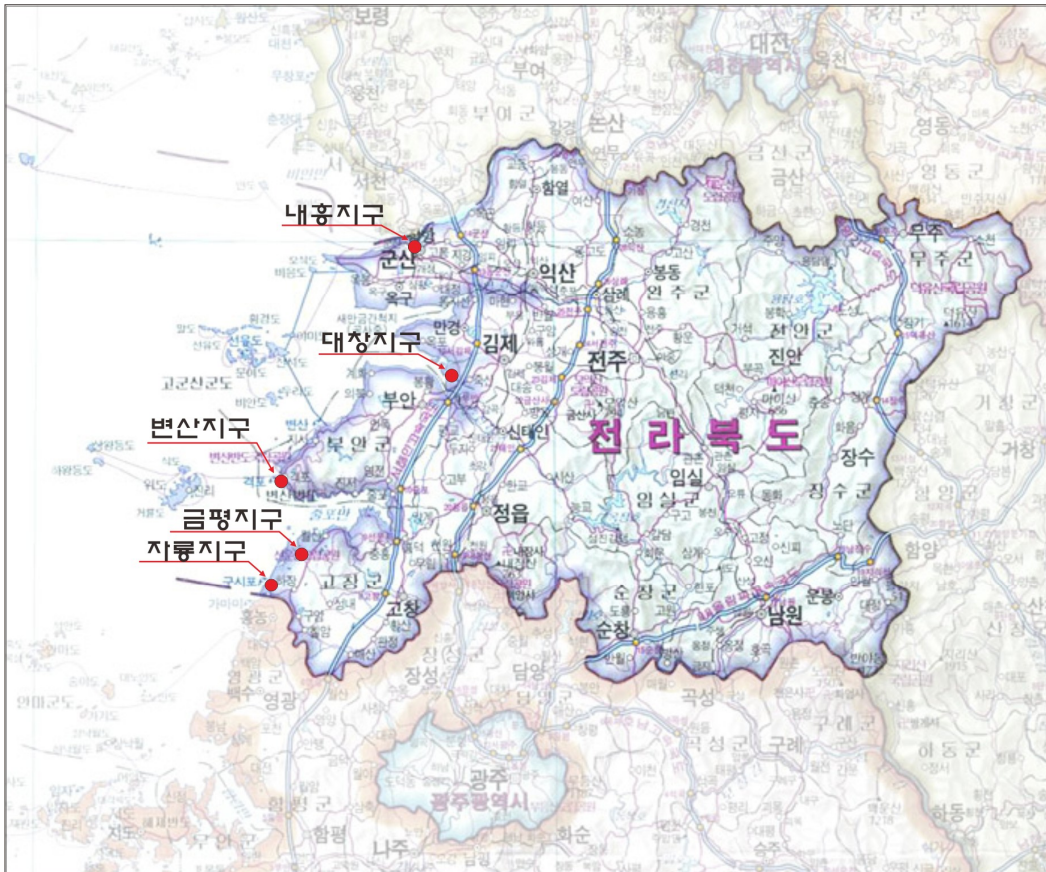
라. 남면지구

- 남면 1지구 : 태안군 남면 원청리 산54-3번지 인근
 - 3분기 전기전도도가 2,831 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타나 답작에 부적합하며 염분에 예민한 작물은 생육이 불량함
- 남면 2지구
 - 3분기 전기전도도가 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 답작에 활용 가능



<그림 6-21> 충청남도 태안군 남면지구

6.6 전라북도 권역



<그림 6-22> 전라북도 권역 관측망 설치현황

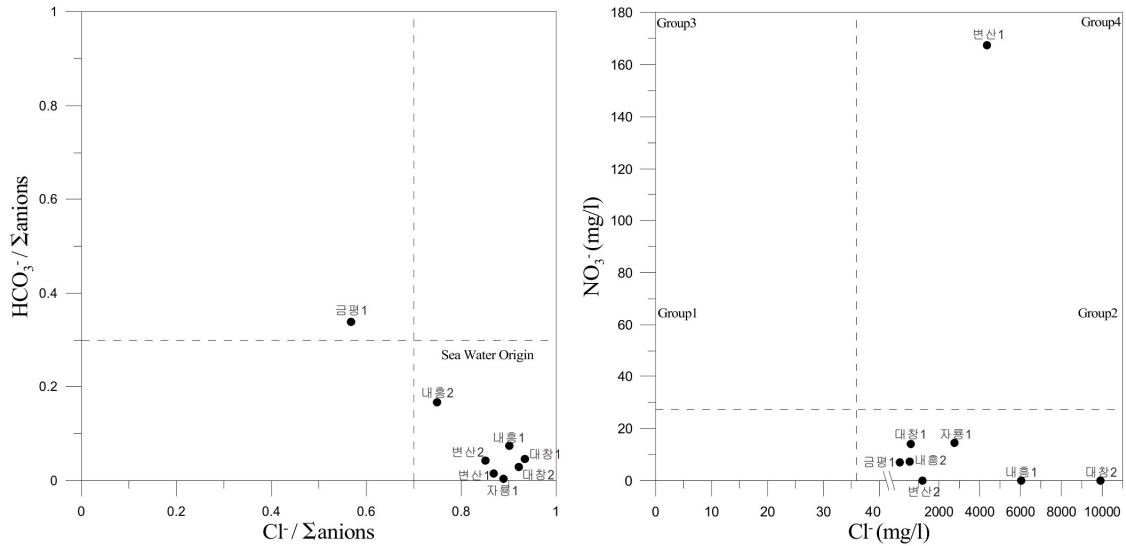
6.6.1. 설치운영 현황 : 총 5지구 8개소 관측공 설치 운영 중

6.6.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

구분	시군	계	김제	부안	고창	군산	
지구명		5	대창	변산	자룡	금평	내홍
관측공		8	2	2	1	1	2

6.6.3. 관측결과

- 해수침투 영향 없음 : 1지구 (금평지구)
- 해수침투 영향 있음 : 4지구 (대창, 변산, 자룡 및 내홍지구)



<그림 6-23> 전라북도 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO_3^-) 대비 염소(Cl^-) 이온 함량

- 전라북도 권역의 경우, 금평1 관측공을 제외한 7개소 관측공(내홍1, 내홍2, 변산1, 변산2, 자룡1, 대창1, 대창2) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO_3^-) 대비 염소(Cl^-) 이온 함량

- 전라북도 권역의 경우, 변산1 관측공을 제외한 7개소 관측공(대창1, 대창2, 금평1, 내홍1, 내홍2, 자룡1, 변산2) 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

다. 이온분석 종합

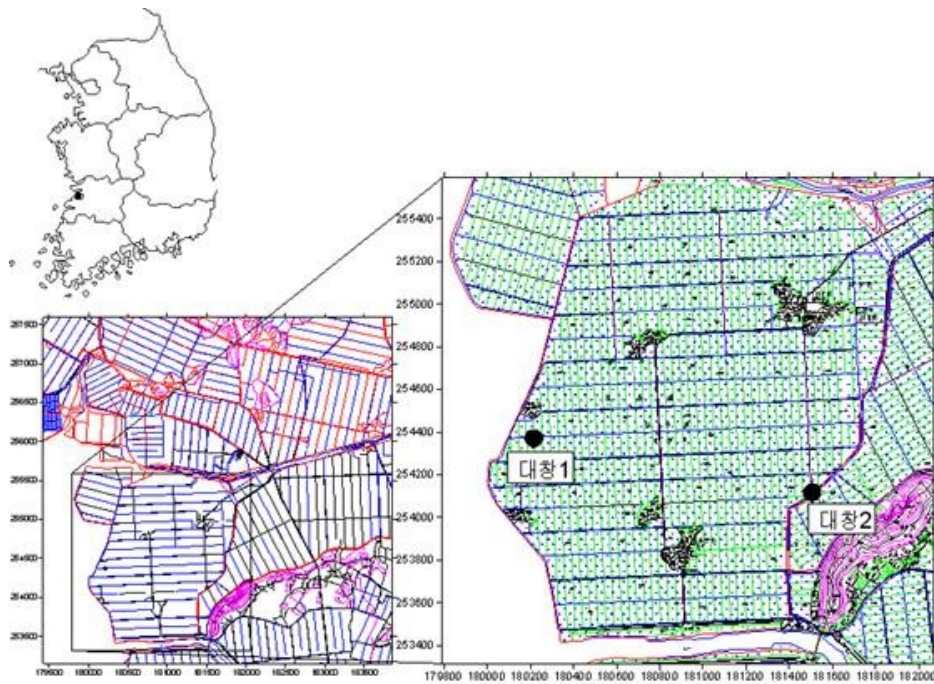
- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 가지 경우에 공통적으로 포함되는 6개소 관측공(대창1, 대창2, 변산2, 자룡1, 내홍1, 내홍2) 주변 지하수에서 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

- 결과적으로, 6개 관측공(대창1, 대창2, 변산2, 자룡1, 내홍1, 내홍2) 주변 지하수는 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 나타남에 따라, 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

6.6.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 대창지구

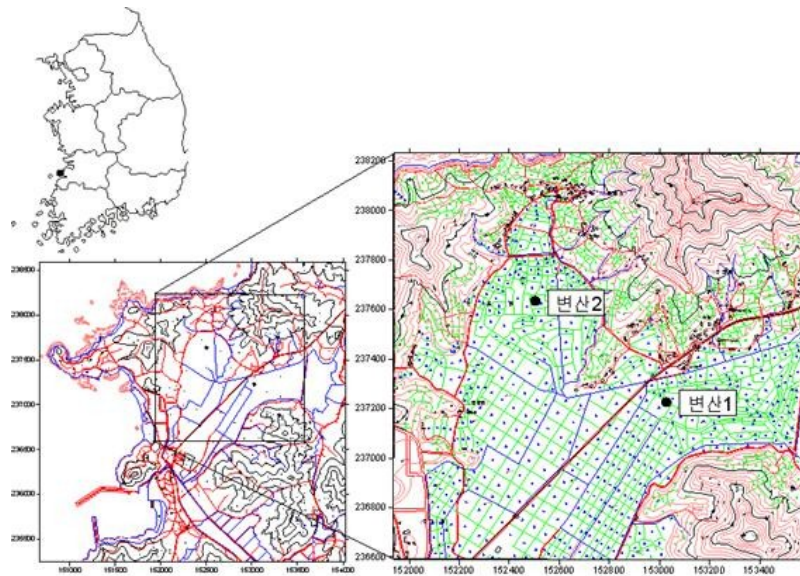
- 대창 1, 2지구 : 김제시 죽산면 대창리 565-5 및 608번지 인근
 - 3분기 전기전도도 15,291 ~ 34,253 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 담작을 비롯한 모든 영농에 지하수 사용 불가능, 이러한 양상은 연중 유사
 - 적극적인 지하수 이용 규제, 타 수자원 활용 필요



<그림 6-24> 전라북도 김제시 대창지구

나. 변산지구

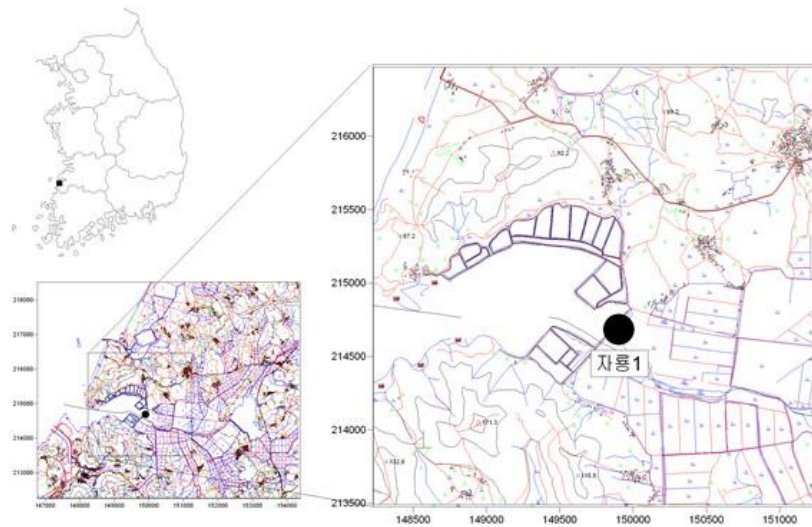
- **변산 1, 2지구** : 부안군 변산면 마포리 807-11 및 격포리 811-1 인근
- 변산1 지구는 3분기 전기전도도가 25,700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 작물생육이 불가능한 단계로 지하수 관정 사용이 불가능하며 지표수 등의 타 수자원을 활용해야 함
- 변산2 지구는 3분기 전기전도도가 6,217 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 영농에 부적합한 수질이며, 연중 유사하게 나타남. 담작을 비롯한 영농에 부적합하며, 타 수자원 활용 필요.



<그림 6-25> 전라북도 부안군 변산지구

다. 자룡지구

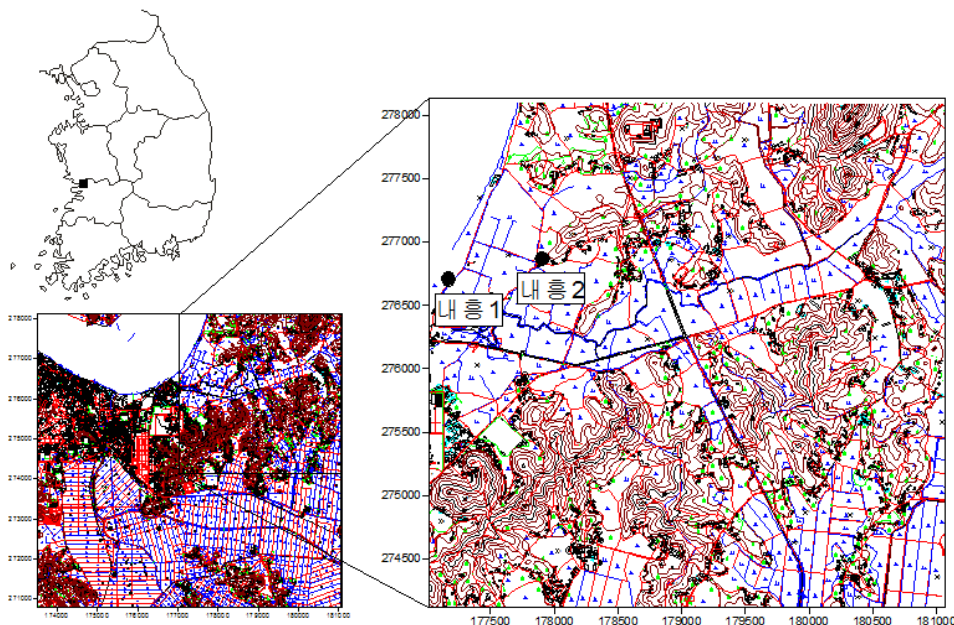
- **자룡 1지구** : 고창군 상하면 자룡리 774-3번지 인근
 - 3분기 전기전도도가 13,862 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 영농에 부적합한 수질임
 - 전기전도도로 분석한 자룡 1지구의 지하수 전기전도도(수질)는 2015년 1분기 유지, 2분기에는 증가하다가 3분기에는 유지하는 추세임.
- : (2013년 1분기) 14,156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 2분기) 15,814 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 3분기) 16,741 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2013년 4분기) 14,444 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 1분기) 13,116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기) 11,841 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 3분기) 11,690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기) 11,438 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기) 11,244 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기) 13,465 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 3분기) 13,862 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 주변 지하수의 과잉양수를 규제하여 해수침투의 진행을 방지하고, 타 수자원을 농업용수로 이용할 필요가 있음



<그림 6-26> 전라북도 고창군 자룡지구

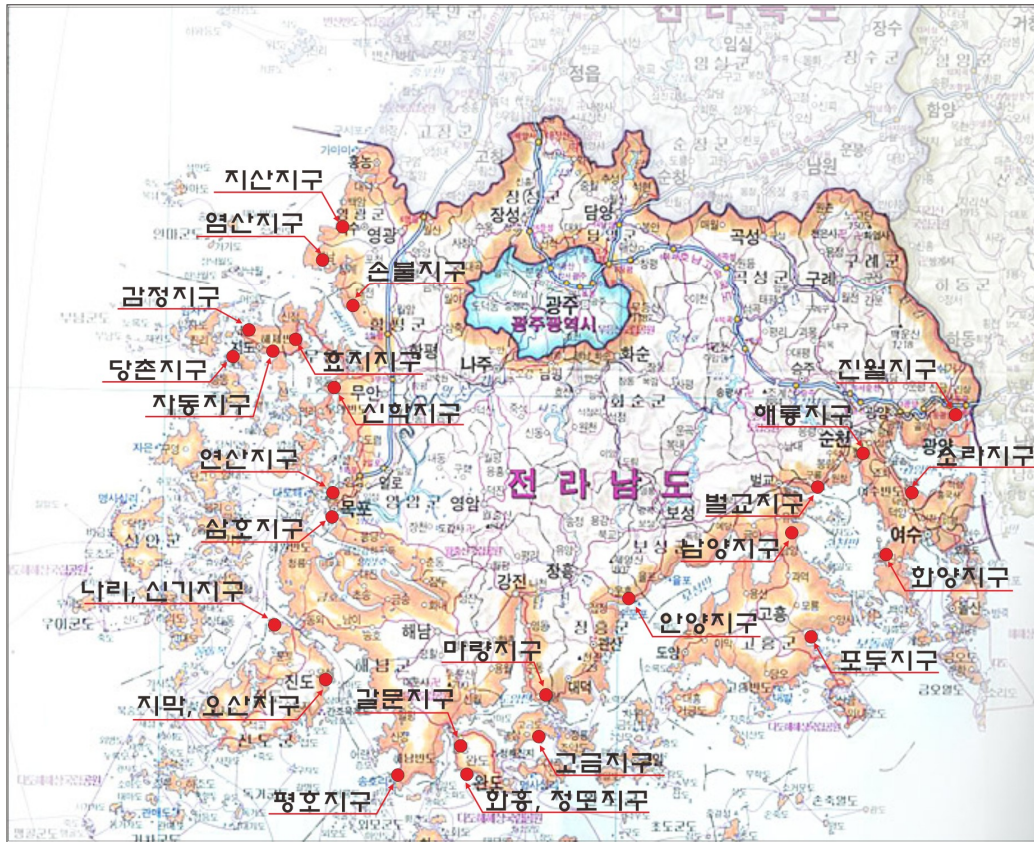
라. 내홍지구

- **내홍 1, 2지구** : 군산시 내홍동 863-48 및 754-4번지 인근
 - 2014년부터 관측을 시작하였으며, 3분기 전기전도도는 2,869 ~ 29,418 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 영농에 부적합한 수질임
 - 내홍 1 지구는 개발 이래 미약한 증가를 보이며, 3분기에는 유지하는 추세를 나타내나 향후 좀 더 장기간 관측을 통해 변화양상을 확인할 필요가 있음
 : (2014년 1분기) 26,201 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기) 27,277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 3분기) 27,769 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기) 28,263 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기) 29,153 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기) 29,547 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 3분기) 29,418 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - 내홍 2 지구는 개발 이래 미약한 감소를 보이고, 3분기에는 증가하는 추세이며, 향후 좀 더 장기간 관측을 통해 변화양상을 확인할 필요가 있음
 : (2014년 1분기) 3,903 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 2분기) 3,742 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 3분기) 3,347 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2014년 4분기) 2,978 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 1분기) 2,835 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 2분기) 2,457 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → (2015년 3분기) 2,869 $\mu\text{S}/\text{cm}$



<그림 6-27> 전라북도 군산시 내홍지구

6.7 전라남도 권역



<그림 6-28> 전라남도 권역 관측망 설치현황

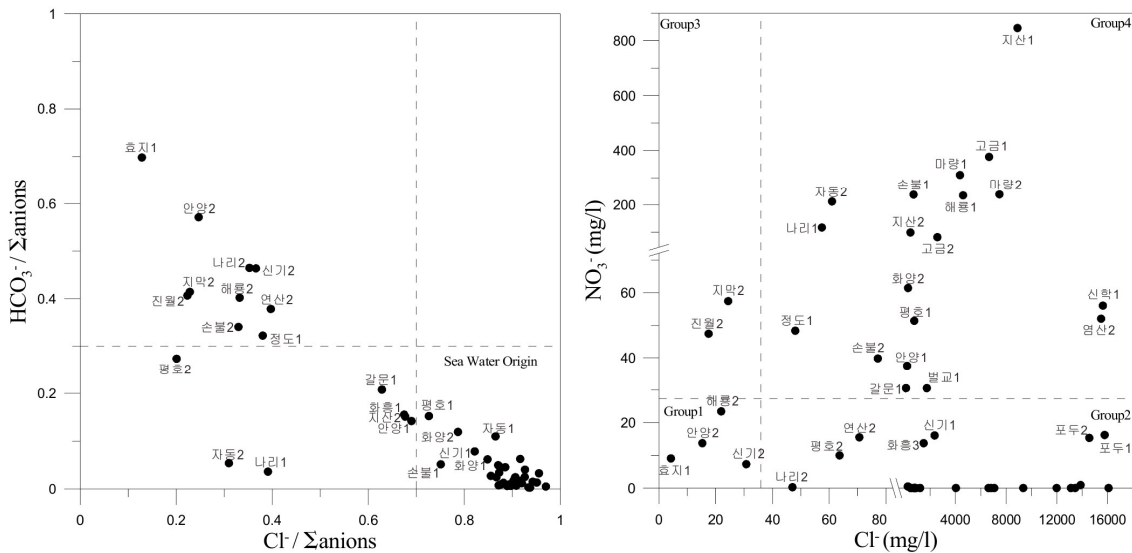
6.7.1. 설치운영 현황 : 총 28지구 내 51개소 관측공 설치 운영 중

6.7.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

시군 구분	계	함평	신안	진도	해남	완도										
지구명	28	손불	효지	당촌	자동	감정	나리	신기	지막	오산	평호	화흥	정도	고금	갈문	
관측공	51	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	3	1	2	1
시군 구분	장흥	보성	광양	순천	여수	영광	무안	강진	목포	고흥	영암					
지구명	안양	별교	진월	해룡	화양	소라	지산	염산	신학	마량	연산	포두	남양	삼호		
관측공	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		

6.7.3. 관측결과

- 해수침투 없음 : 8지구(손불, 효지, 나리, 지막, 정도, 갈문, 안양 및 별교지구)
- 해수침투 있음 : 17지구(자동, 감정, 신기, 평호, 화흥, 고금, 진월, 해룡, 화양, 소라, 지산, 염산, 신학, 마량, 연산, 포두 및 삼호지구)



<그림 6-29> 전라남도 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 전라남도 권역의 경우, 평호1 외 33개소 관측공 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 전라남도 권역의 경우, 평호2 외 25개소 관측공 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

다. 이온분석 종합

- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 경우에 모두 포함이 안되는 14개소(손불2, 효지1, 자동2, 나리1, 신기2, 지막2, 화흥1, 정도1, 갈문1, 안양1, 안양2, 진월2, 해룡2, 지산2) 관측공 주변 지하수는 농업에 활용 가능한 수질로 분석된다.

6.7.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 자동지구

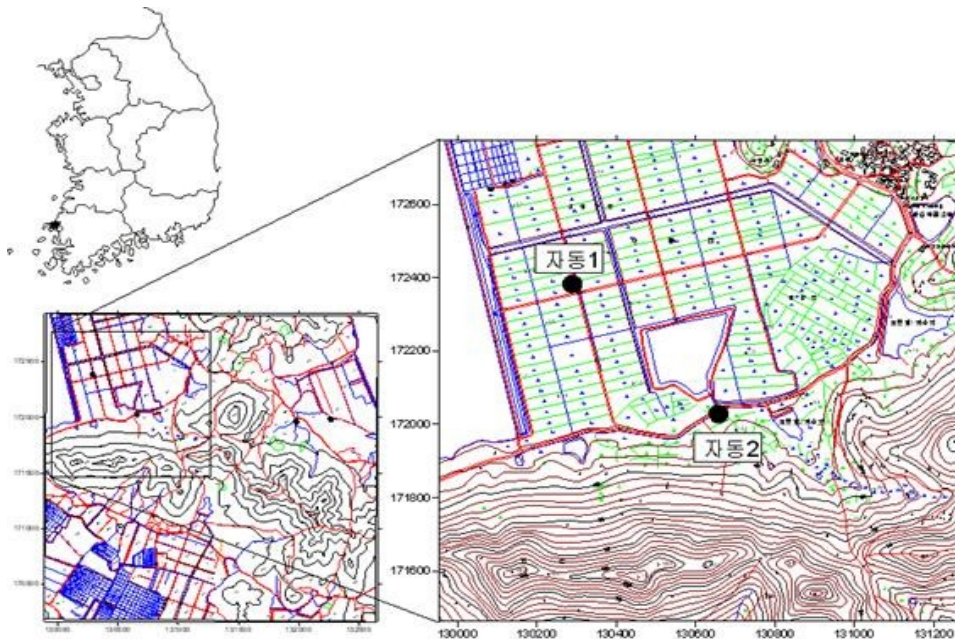
○ **자동 1지구** : 신안군 지도읍 1710-6번지 인근

- 3분기 전기전도도 4,472 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 답작에 활용 불가능
- 자동 1지구는 약 2,300 ~ 2,700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 값을 나타냈으나, 가뭄이 심해진 2015년에는 4,472 ~ 5,712 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 나타남. 염분에 예민한 작물은 생육이 불량하니 유의하고, 인근 지하수 개발 및 이용에 대한 규제 필요

○ **자동 2지구**

- 3분기 전기전도도 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 답작에 직접 활용 가능
- 전기전도도는 2015년 705 ~ 707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위로서, 주변 지하수 관정 이용량을 허가 및 신고 범위 내에서만 활용 필요
- 전기전도도는 유지하는 추세이나 해수확산에 유의 필요

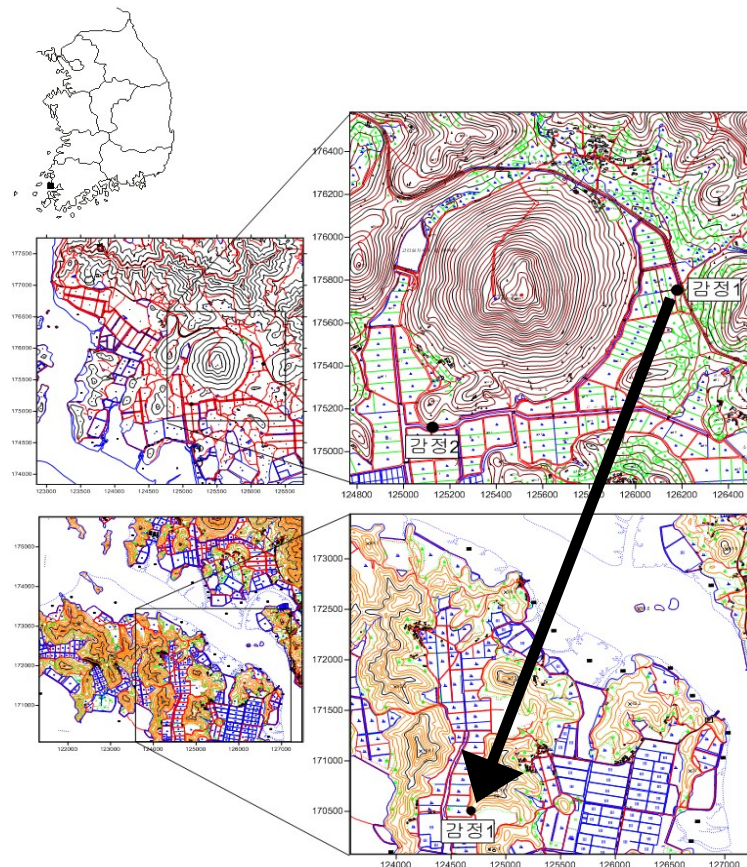
: 2013년 1분기(580 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 2분기(688 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 3분기(652 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 4분기(670 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 1분기(680 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(674 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(683 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 4분기(697 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 1분기(706 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(705 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(707 $\mu\text{S}/\text{cm}$)



<그림 6-30> 전라남도 신안군 자동지구

나. 감정지구

- **감정 1지구** : 신안군 지도읍 탄동리 산196-45번지 인근
 - 2014년 이동 설치 지구임
 - 3분기 전기전도도 20,771 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 해수 염도의 약 25%이며, 답작을 비롯한 영농에 활용 불가능
 - 따라서, 지하수 개발 및 이용에 대한 규제 필요
- **감정 2지구** : 신안군 지도읍 감정리 1901번지 인근
 - 3분기 전기전도도 16,547 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 해수 염도의 약 25%이며, 답작을 비롯한 영농에 활용 불가능
 - 2분기에 비해 전기전도도가 약 8,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이 증가하였으므로, 상당한 주의가 요구되며, 큰 시각에서 보면 연중 해수 염도의 약 30% 내외로 평가됨.
 - 따라서, 지하수 개발 및 이용에 대한 규제 필요



<그림 6-31> 전라남도 신안군 감정지구

다. 신기지구

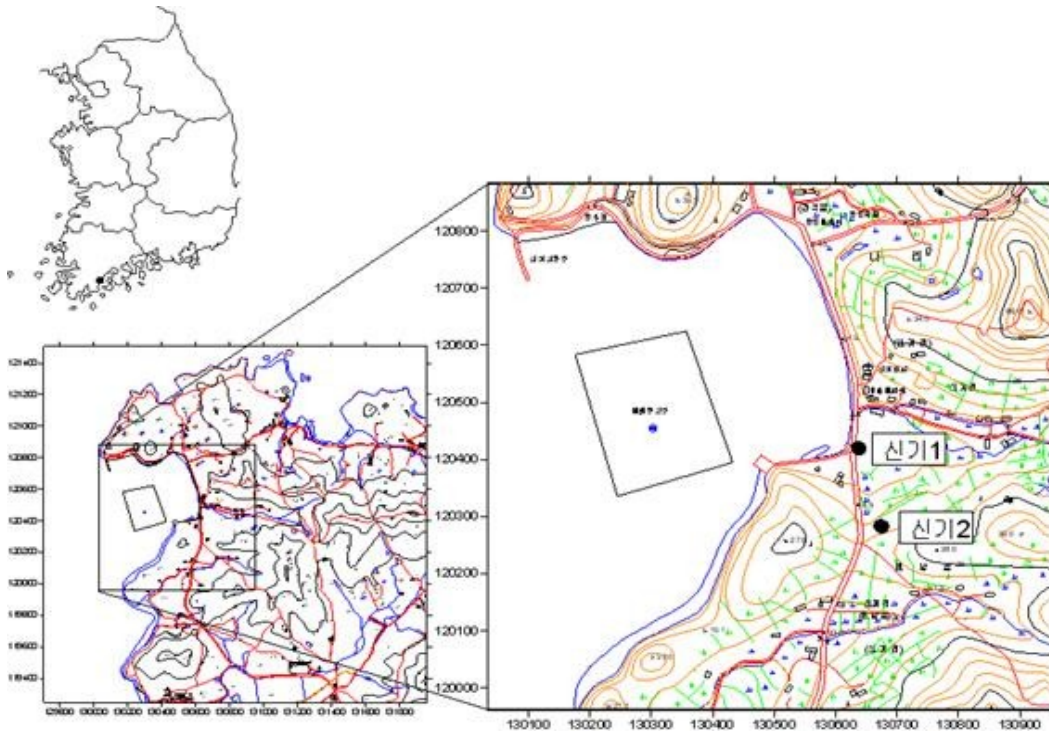
○ 신기 1지구 : 진도군 군내면 나리 산8-11번지 인근

- 3분기 전기전도도 10,962 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 원수의 수질로는 담작을 비롯한 영농에 활용 불가능
- 관측공 개발 후 전기전도도는 증가 추세이고, 이는 내륙으로 해수확산을 의미하므로, 해수침투를 유발할 수 있는 지하수 개발 및 이용 규제 필요

: 2013년 2분기(5,534 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 3분기(6,432 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 4분기(7,331 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 1분기(8,695 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(9,135 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(9,341 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 4분기(9,567 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 1분기(9100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(10,067 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(10,962 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

○ 신기 2지구

- 3분기 전기전도도 273 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 인 담수체로, 담작을 비롯한 영농에 활용 가능
- 연중 분기별 전기전도도의 변화는 거의 없고 꾸준히 담수체로 유지.
- 그러나, 과다 이용 시 해수침투가 발생할 가능성이 있으므로, 적정 이용량 범위 내에서만 개발 이용 필요.



<그림 6-32> 전라남도 진도군 신기지구

라. 평호지구

○ **평호 1지구** : 해남군 화산면 평호리 126-10번지 인근

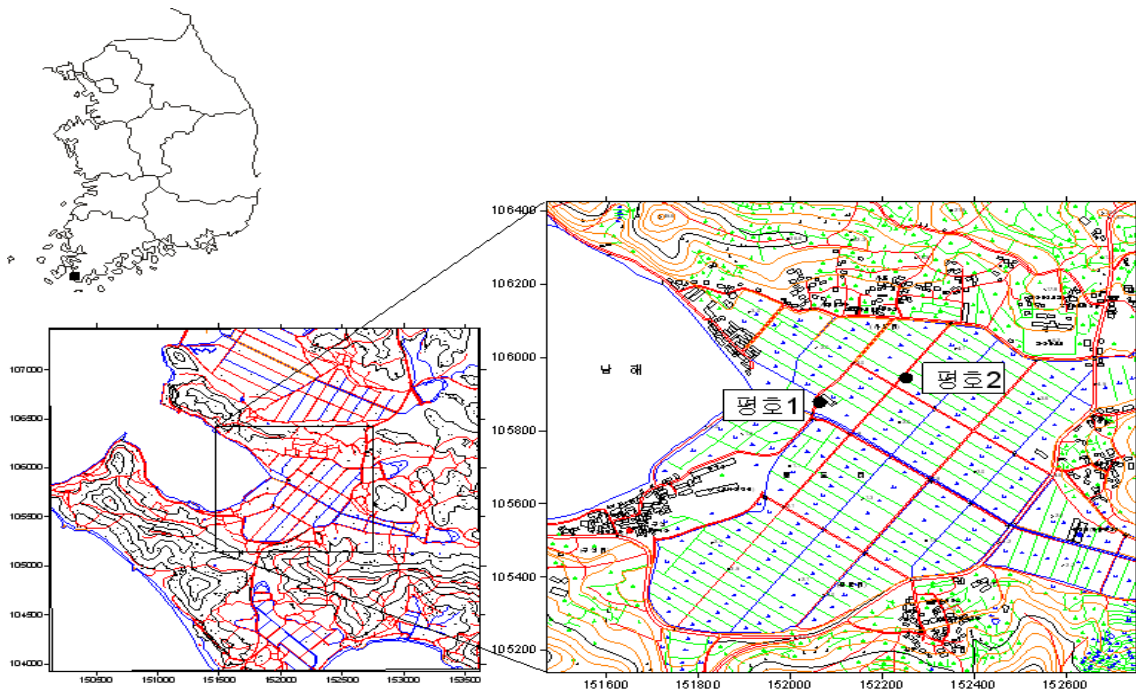
- 3분기 전기전도도 5,252 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 원수의 수질로는 담작을 비롯한 영농에 활용 불가능. 특히 지표 하 50 m 심도 이하로는 해수 염도의 20%에 해당하는 지하수가 부존하는 바, 영농에 직접 활용 불가능.
- 분기별 전기전도도의 변화를 살펴보면, 전기전도도는 4,500 ~ 7,700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 내외 범위임.

: 2013년 1분기(6,847 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 2분기(6,569 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 3분기(7,625 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 4분기(6,797 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 1분기(4,765 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(5,071 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(5,605 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(4,540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(5,252 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

- 해수침투 확산추세는 아니지만, 지속적인 지하수 염도 관찰 및 타 수자원 이용 필요

○ **평호 2지구**

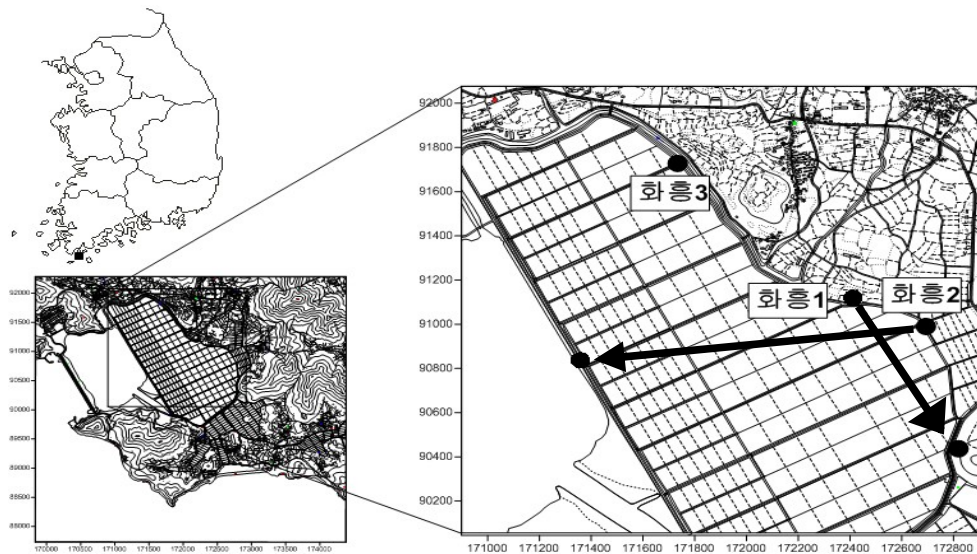
- 3분기 전기전도도 1,070 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 담작에 활용 가능.
- 분기별 전기전도도의 연중 변화는 유사하지만, 일반 담수체로 보기는 어렵고 염수가 미약하게 혼합되어 있음.



<그림 6-33> 전라남도 해남군 평호지구

마. 화홍지구

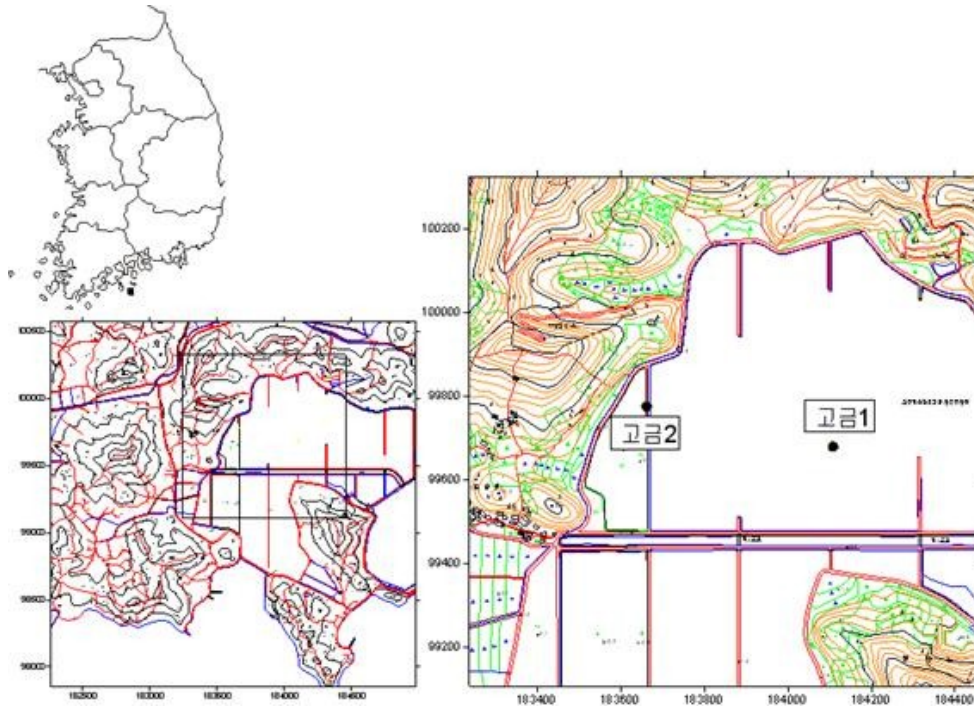
- **화홍 1지구** : 완도군 완도읍 정도리 980-2번지 인근
 - 3분기 전기전도도 3,091 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 원수의 수질로는 담작을 비롯한 영농에 활용 불가능.
 - 주변 저수지/하천수와 2배 이상 혼합 이용 시 담작에 활용 가능
 - 분기별 변화를 살펴보면, 연간 수질 변화가 크게 없음.
 - 향후 적절한 지하수 관정 이용량 관리 필요
- **화홍 2지구** : 완도군 완도읍 대신리 1234-1번지 인근
 - 2014년 이동 설치 지구임
 - 3분기 전기전도도 40,211 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 담작을 비롯한 영농에 활용 불가능
 - 따라서, 지하수 개발 및 이용에 대한 규제 필요
- **화홍 3지구** : 완도군 완도읍 화홍리 1264번지 인근
 - 3분기 전기전도도 9,988 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 원수의 수질로는 담작을 비롯한 영농에 활용 불가능
 - 지표 하 50 m 심도 이하로는 해수 염도와 유사한 해당하는 지하수가 부존하는 바 영농에 활용 불가능.
 - 3분기에 1, 2분기의 전기전도도보다 약 2배 정도로 증가하여 지하수 사용에 특히 주의가 요구됨
 - 향후 적절한 지하수 관정 이용량 관리 필요



<그림 6-34> 전라남도 완도군 화홍지구

바. 고금지구

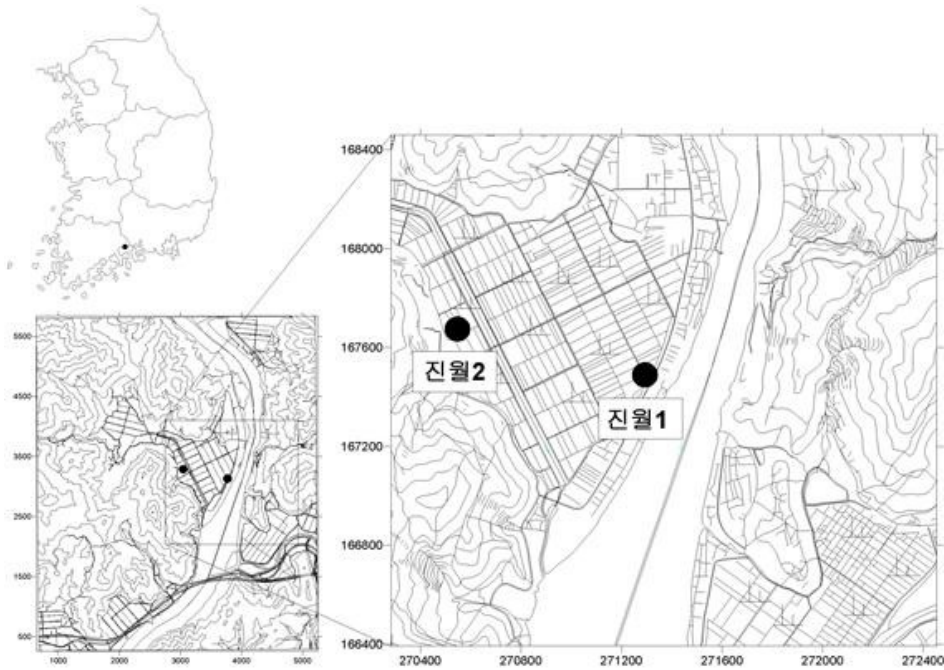
- **고금 1, 2지구** : 완도군 고금면 도남리 1553 및 1631번지 인근
 - 3분기 전기전도도가 20,510 ~ 21,669 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 원수의 수질로는 담작을 비롯한 영농에 활용 불가능
 - 고금 1, 2지구 공통적으로 지표 하 30 m 심도 이하로는 해수 염도와 유사한 해당하는 지하수가 부존하는 바 영농에 활용 불가능.
 - 분기별 전기전도도의 변화를 살펴보면, 고금 1지구의 경우 연중 유사한 전기 전도도를 보임.
 - 주변 지하수 개발 이용에 대하여 적극적인 규제 필요



<그림 6-35> 전라남도 완도군 고금지구

사. 진월지구

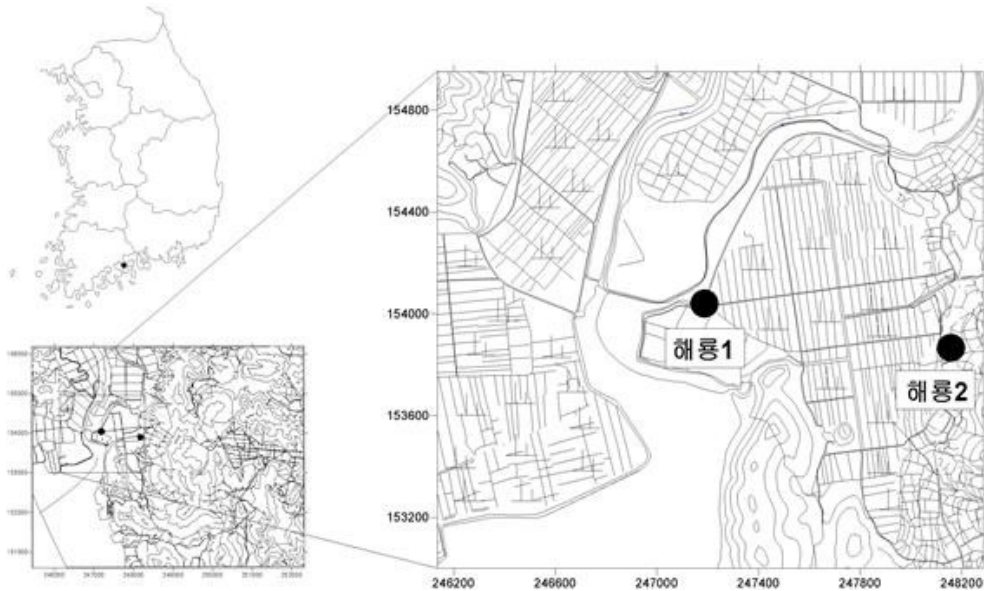
- 진월 1지구 : 광양시 진월면 오사리 62-19번지 인근
 - 3분기 전기전도도 33,934 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도의 80% 수준이므로, 농업에 지하수 사용이 불가능
 - 연중 분기별 변화는 없이 유사하며, 향후 주변지역 지하수 개발 이용에 대하여 적극적인 제한 필요
- 진월 2지구
 - 3분기 전기전도도 198 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 담작을 비롯한 영농에 활용 가능.
 - 분기별 지하수 전기전도도의 변화는 거의 없으며, 허가/신고 범위 내에서 적정 이용필요



<그림 6-36> 전라남도 광양시 진월지구

아. 해룡지구

- 해룡 1지구 : 순천시 해룡면 해창리 773-1번지 인근
 - 3분기 지표 하 25m 심도 이내의 수질은 전기전도도 19,802 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이고, 이 후부터는 차츰 증가하여 40 m 심도에서는 해수 염도의 약 80% 수준까지 도달. 따라서, 농업에 지하수 사용이 불가능함
 - 전기전도도의 연중 분기별 변화는 없음
- 해룡 2지구
 - 3분기 전기전도도 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 담작을 비롯한 영농에 활용 가능
 - 분기별 전기전도도의 변화는 없으며, 허가/신고 범위 내에서 적정 이용 필요



<그림 6-37> 전라남도 순천시 해룡지구

자. 화양지구

○ **화양 1지구** : 여수시 화양면 옥적리 1942-3번지 인근

· 3분기 전기전도도 9,247 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능.

· 2013년 1분기 이래로 분기별 전기전도도는 낮아져서 수질이 미약하게나마 개선되고 있었으나, 2014년 2분기 이래로 다시 전기전도도는 증가 추세로 변함. 추후 좀 더 장기관측을 통해 전기전도도 변화추이를 분석할 필요

: 2013년 1분기(9,017 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 2분기(9,007 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 3분기(8,957 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 4분기(8,570 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 1분기(8,015 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(8,369 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(8,642 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 4분기(9,469 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 1분기(8,489 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(8,208 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(9,247 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

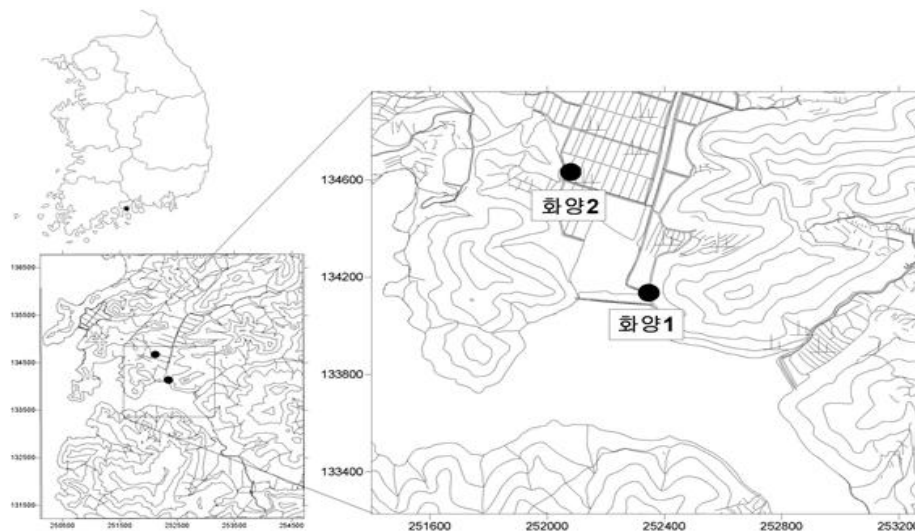
· 주변 지하수 개발 이용에 대하여 적극적인 규제 필요

○ **화양 2지구**

· 3분기 전기전도도 1,263 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 담작에 활용 가능

· 분기별 변화는 거의 없이 유사하며, 일반 담수체로 보기는 어렵고 염수가 미약하게 혼합되어 있음.

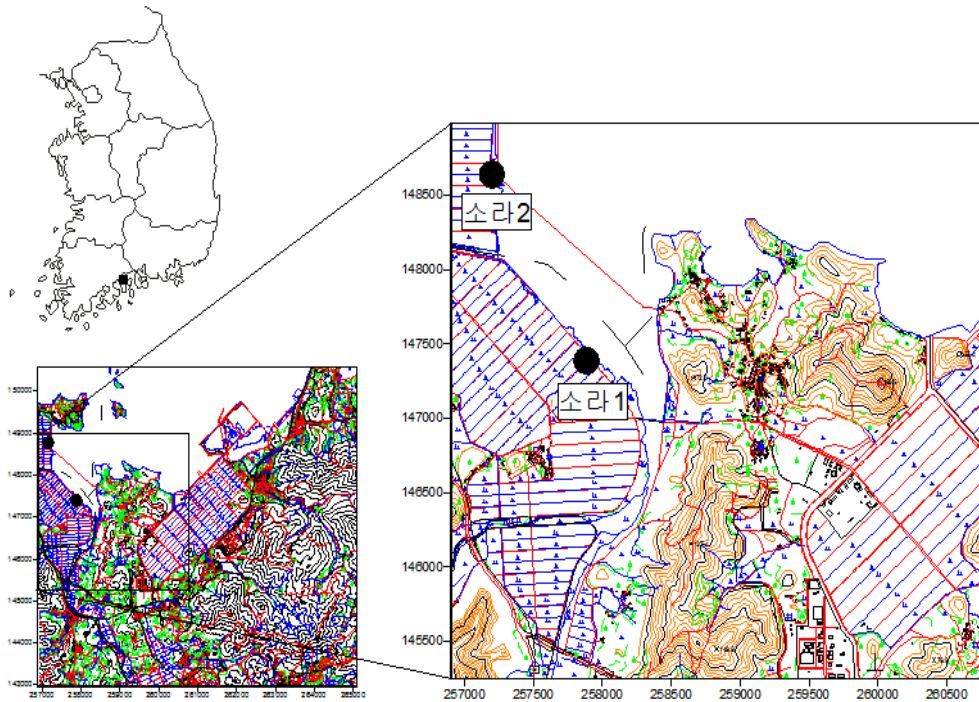
· 해안가에 인접하므로 지하수의 과다 이용 시 해수침투 발생 가능성이 있으므로, 적정 이용량 범위 내에서만 개발 이용 필요



<그림 6-38> 전라남도 여수시 화양지구

차. 소라지구

- **소라 1, 2지구** : 여수시 소라면 대포리 1316 및 울촌면 신평리 1315-6번지 인근
 - 3분기 전기전도도 41,375 ~ 48,591 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도의 약 80% 수준으로 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능.
 - 소라 1지구의 연간 전기전도도는 유사함. 해수침투가 과다하게 발생한 지역 이므로 주변 지하수 개발 이용에 대하여 적극적인 규제 필요
 - 소라 2지구는 2013년말 신규개발 관측공으로서, 2014년부터 지속적으로 48,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 내외 범위로 나타남. 향후 꾸준한 관측을 통한 변화추이 모니터링 필요



<그림 6-39> 전라남도 여수시 소라지구

카. 지산지구

- **지산 1지구** : 영광군 백수읍 지산리 1302-2번지 인근
 - 3분기 전기전도도 45,139 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도의 약 90% 수준으로 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능.

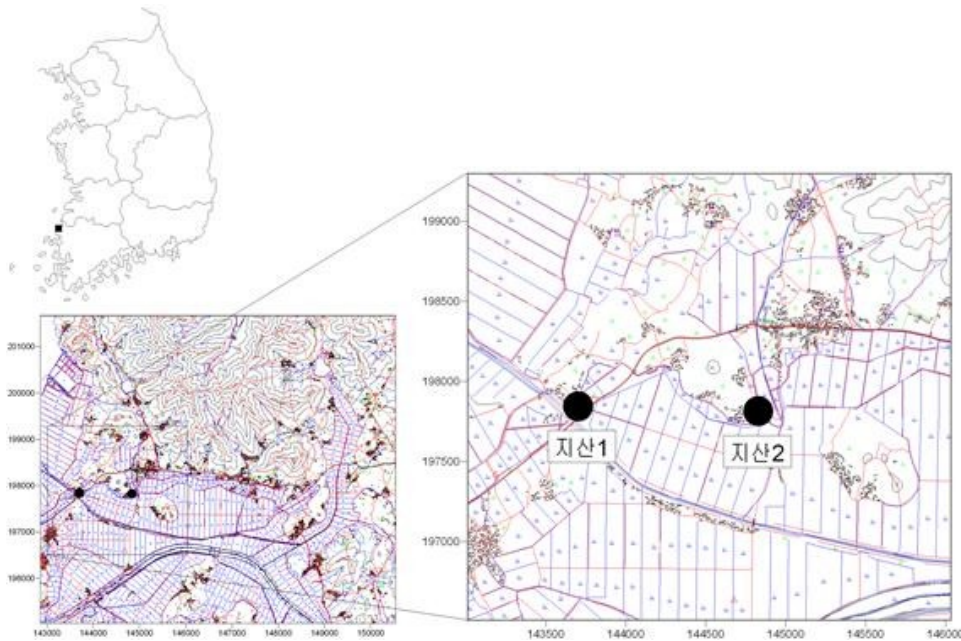
- 전기전도도를 기반으로 분기별 변화를 살펴보면, 전기전도도는 시간 경과에 따라 증가되고 있으며, 해수침투가 내륙으로 확산되고 있음.

: 2012년 2분기 28,034 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2012년 3분기 30,491 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2012년 4분기 31,672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 2013년 1분기 32,708 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2013년 2분기 33,511 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2013년 3분기 34,578 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 2013년 4분기 35,436 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2014년 1분기 36,033 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2014년 2분기 39,982 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 2014년 3분기 40,889 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2014년 4분기 41,681 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2015년 1분기 42,223 $\mu\text{S}/\text{cm}$ →
 2015년 2분기 42,847 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2015년 3분기 45,139 $\mu\text{S}/\text{cm}$

- 따라서 주변 지하수의 이용을 적극적으로 규제할 필요가 있음.

○ **지산 2지구**

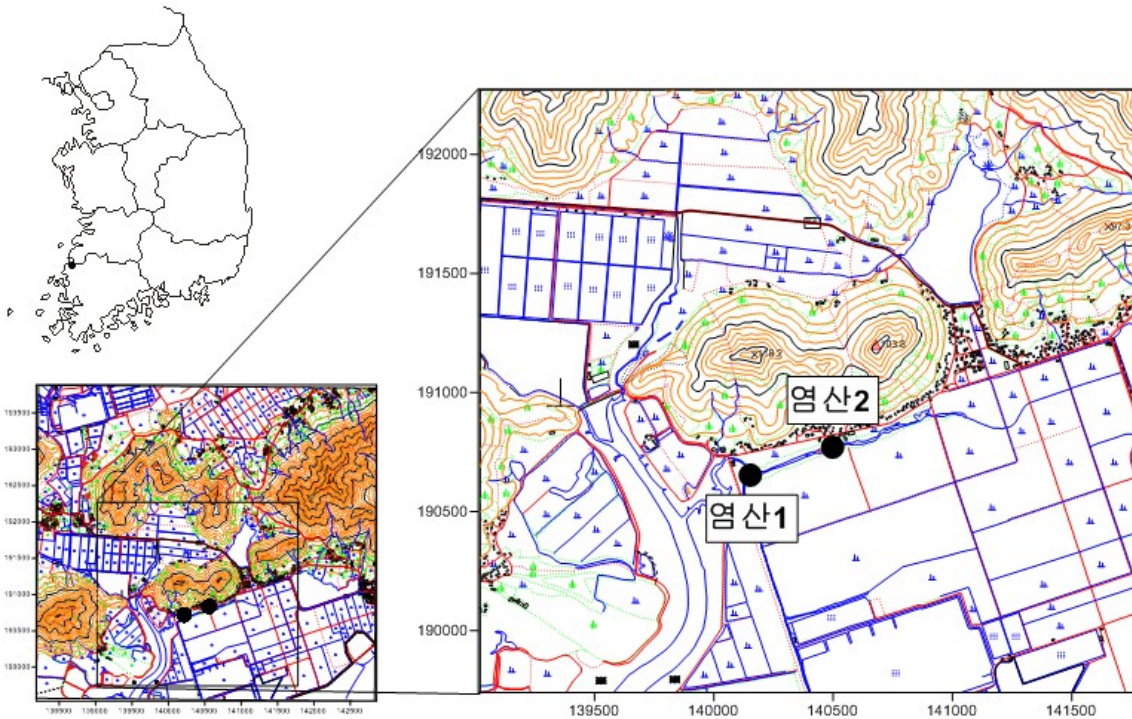
- 3분기 전기전도도 1,695 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 담작에 직접 활용 가능.
- 분기별 변화는 거의 없이 유사하며, 일반 담수체로 보기는 어렵고 염수가 미약하게 혼합되어 있음.
- 주변 지하수의 이용에 대한 적극적인 규제와, 적정이용량 내의 지하수 이용을 시행해야 할 필요가 있음.



<그림 6-40> 전라남도 영광군 지산지구

타. 염산지구

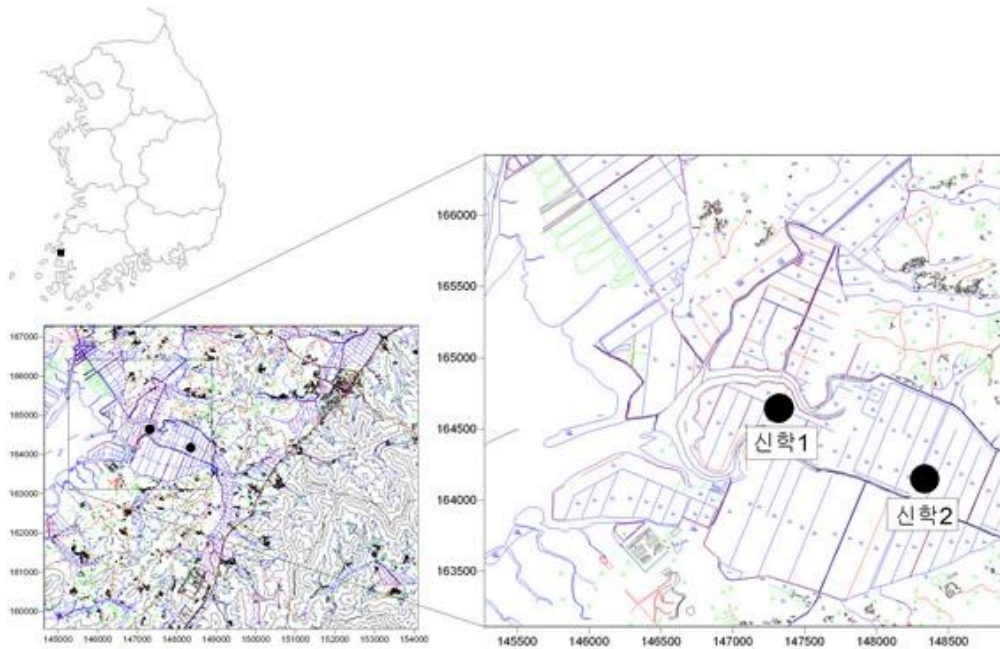
- **염산 1, 2지구** : 영광군 염산면 봉남리 1249번지 인근
 - 2014년 신규 개발된 관측정으로 3분기 전기전도도 26,938 ~ 44,368 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능.
 - 전기전도도를 기반으로 분기별 지하수 수질의 변화를 살펴보면, 염산 1, 2 지구는 유지하는 추세로 나타남.
 - 따라서, 주변 지하수의 이용 및 신규개발 억제 필요



<그림 6-41> 전라남도 영광군 염산지구

파. 신학지구

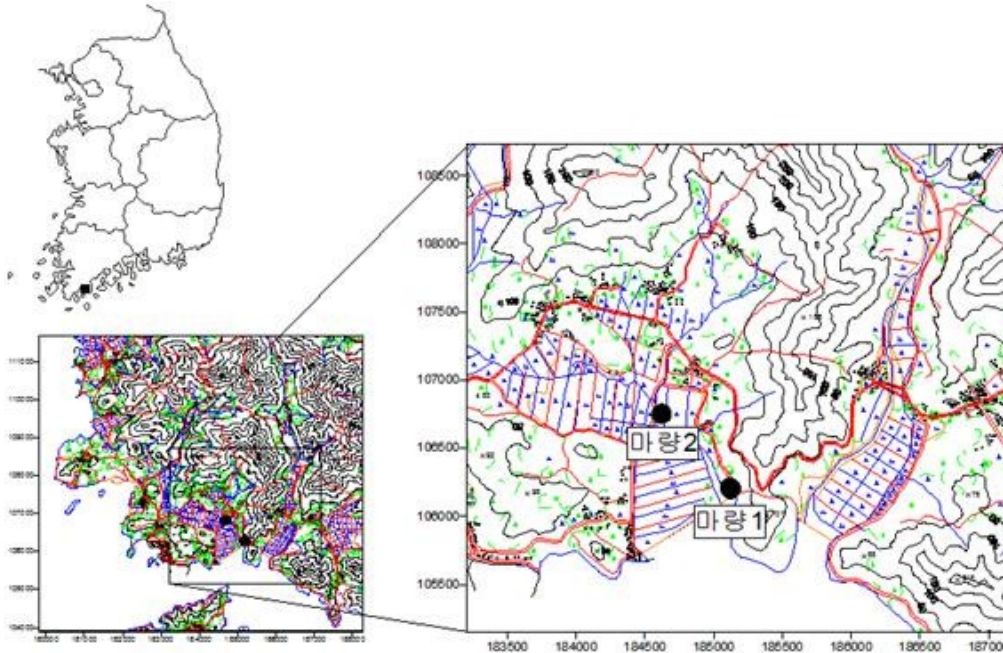
- **신학 1,2지구** : 무안군 무안읍 신학리 1204 및 1189번지 인근
 - 3분기 전기전도도 48,429 ~ 51,364 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도와 동일한 수준으로, 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능
 - 전기전도도를 기반으로 분기별 지하수 수질의 변화를 살펴보면, 연중 지하수 수질의 변화는 거의 없음
 - 따라서 주변 지하수의 이용 및 신규개발 억제 필요



<그림 6-42> 전라남도 무안군 신학지구

하. 마량지구

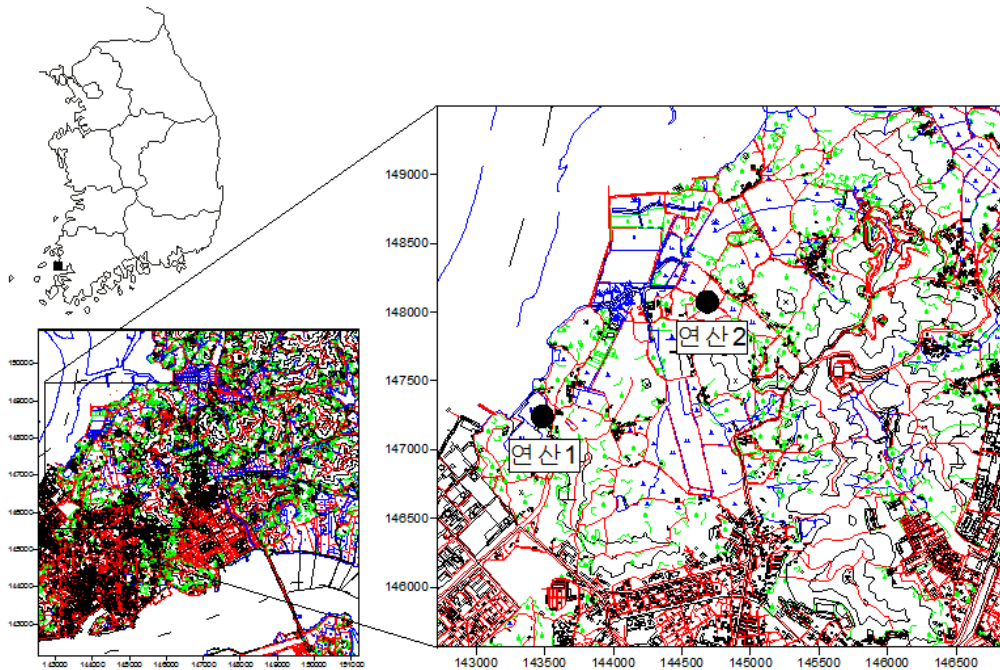
- **마량 1,2지구** : 강진군 마량면 마량리 1546 및 1284-1번지 인근
 - 3분기 전기전도도 17,674 ~ 30,067 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 해수 염도의 50~60% 수준으로 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능
 - 전기전도도의 분기별 변화를 살펴보면, 마량 1지구의 경우, 대수층 내 담염수 경계면의 등락의 영향으로 약 8,000 ~ 26,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위에서 전기전도도의 변화가 관찰됨
- : 2013년 1분기(25,449 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 2분기(19,862 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 3분기(16,348 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 4분기(8,719 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 1분기(8,983 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(11,518 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(21,544 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 4분기(22,368 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 1분기(21,065 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(20,288 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(17,674 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- 주변 지하수의 이용, 신규개발 억제가 필요하고, 하천 용배수로를 이용한 농업용수 이용 필요



<그림 6-43> 전라남도 강진군 마량지구

거. 연산지구

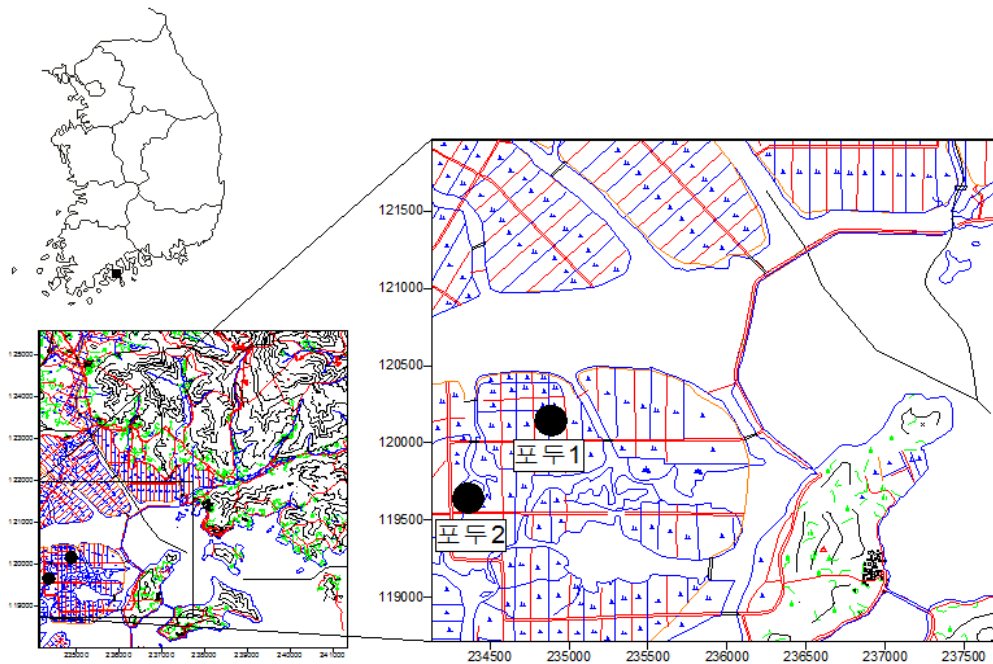
- 연산 1지구 : 목포시 연산동 128번지 인근
 - 3분기 전기전도도 21,816 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도의 50% 수준으로 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능.
 - 관측공 개발이후 분기별 전기전도도가 유사함.
 - 수질 부적합 지하수 지역이므로, 주변 지하수의 이용, 신규개발 억제가 필요하고, 하천 용배수로를 이용한 농업용수 이용 필요
- 연산 2지구
 - 3분기 전기전도도 311 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 모든 영농에 직접 활용 가능.
 - 연산 2지구는 2013년말 신규 개발한 관측공으로서, 연중 상시 담수의 수질을 나타내고 있으나, 향후 꾸준한 관측이 필요



<그림 6-44> 전라남도 목포시 연산지구

너. 포두지구

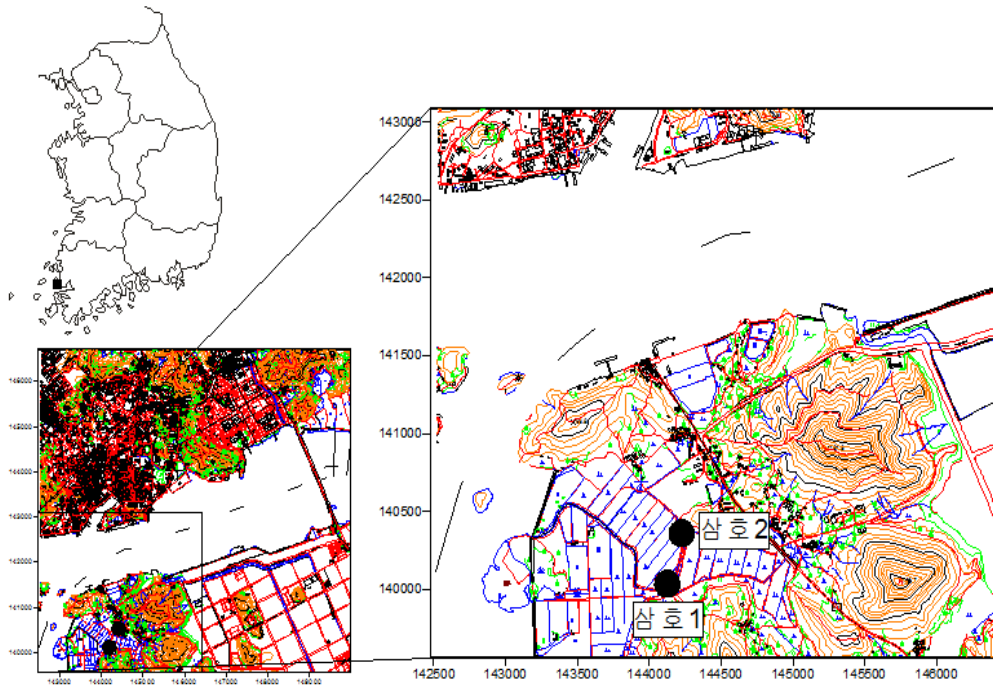
- **포두 1, 2지구** : 고흥군 포두면 오취리 1300 및 1309번지 인근
 - 3분기 전기전도도 39,834 ~ 47,243 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 해수 염도 수준으로, 포두 1,2 지구 공통적으로 원수는 담작을 비롯한 모든 영농에 직접 활용 불가능.
 - 포두 1, 2지구는 관측공 개발이후 분기별 전기전도도가 유사하며, 향후 꾸준한 관측을 통해 변화추이를 살펴볼 필요.
 - 수질 부적합 지하수 지역이므로, 주변 지하수의 이용, 신규개발 억제가 필요하고, 하천 용배수로를 이용한 농업용수 이용 필요



<그림 6-45> 전라남도 고흥군 포두지구

더. 삼호지구

- **삼호 1, 2지구** : 영암군 삼호읍 용당리 1166-3 및 1130번지 인근
 - 3분기 전기전도도 2,057 ~ 3,723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 원수는 담작에 부적합하나, 주변 하천수/저수지 등과 2 ~ 3배 이상 혼합 이용 시 담작에 활용 가능
 - 삼호 1, 2지구는 연중 전기전도도가 유사하며, 향후 꾸준한 관측을 통해 변화 추이를 살펴볼 필요.
 - 해수침투의 내륙으로의 확산을 방지하기 위해서는 주변 관정의 이용량 규제 및 신규개발 억제가 필요할 것으로 판단됨.



<그림 6-46> 전라남도 영암군 삼호지구

6.8 경상북도 권역



<그림 6-47> 경상북도 권역 관측망 설치현황

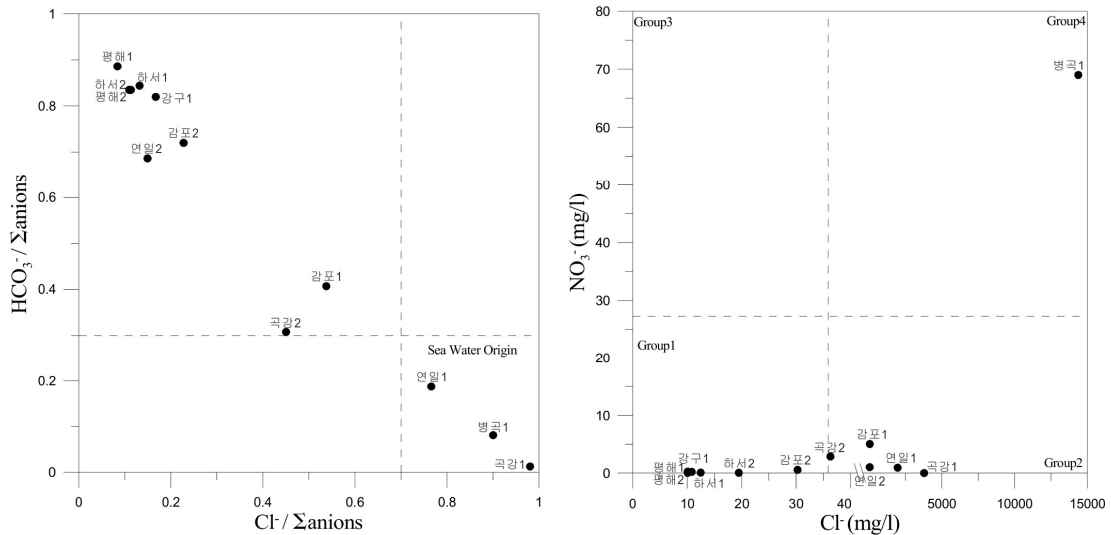
6.8.1. 설치운영 현황 : 총 7지구 12개소의 관측공 설치 운영 중

6.8.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

구분	시군	계	울진	포항	영덕	경주			
지구명		6	평해	곡강	연일	강구	병곡	하서	감포
관측공		12	2	2	2	1	1	2	2

6.8.3. 관측결과

- 해수침투 없음 : 3지구 (평해, 강구 및 하서지구)
- 해수침투 있음 : 3지구 (곡강, 연일 및 병곡지구)



<그림 6-48> 경상북도 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 경상북도 권역의 경우, 3개소 관측공(연일1, 병곡1, 곡강1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 경상북도 권역의 경우, 5개소 관측공(연일1, 연일2, 곡강1, 곡강2, 감포1) 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

다. 이온분석 종합

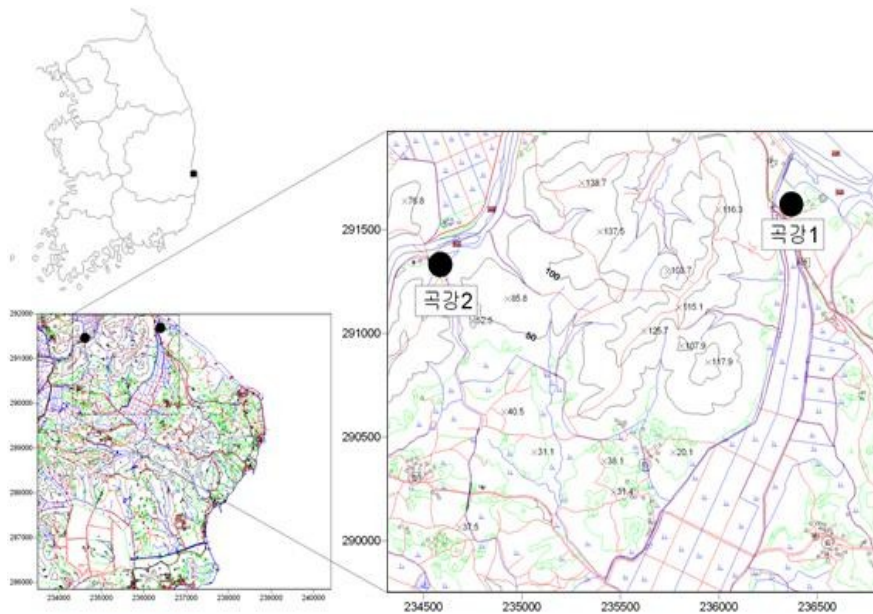
- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 가지 경우에 공통적으로 포함되는 2개소 관측공(연일1, 곡강1) 주변 지하수

는 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 정리할 수 있으며, 또한 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

6.8.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 곡강지구

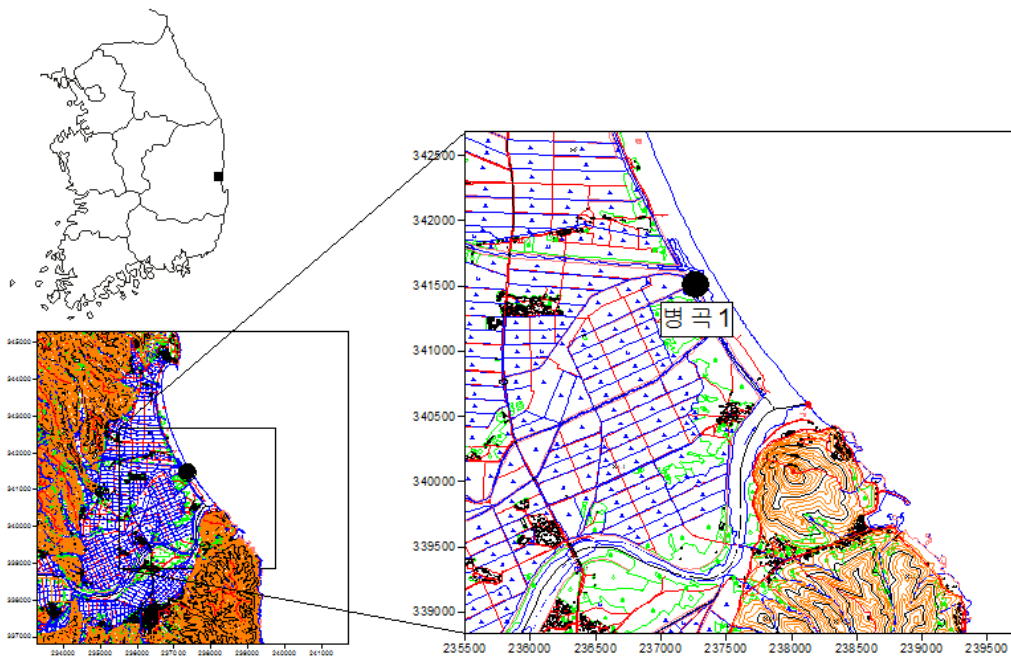
- 곡강 1지구 : 포항시 흥해읍 곡강리 466번지 인근
 - 3분기 전기전도도 11,363 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 답작에 부적합 (해수 염도의 약30% 수준)
 - 곡강1 지구는 영농에 부적합한 수질이며, 주변 지하수 관정의 이용을 규제하여 해수유입 차단 필요
- 곡강 2지구
 - 2015년 3분기 전기전도도 433 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 현재 답작으로 활용 가능



<그림 6-49> 경상북도 포항시 곡강지구

나. 병곡지구

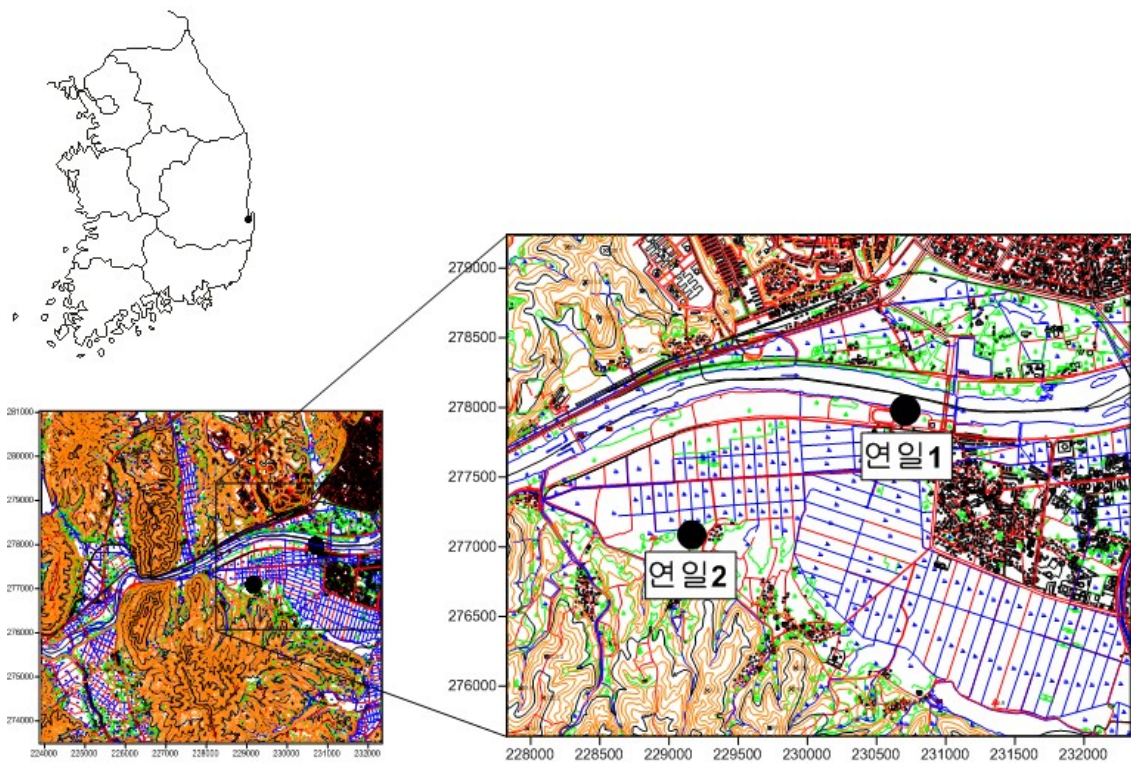
- **병곡 1지구** : 영덕군 병곡면 덕천리 1-58번지 인근
 - 3분기 전기전도도 38,549 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로, 원수의 염도는 해수의 약 80% 수준이며, 영농에 활용 불가능
 - 2013년부터 관측을 시작한 관정으로서 연중 전기전도도가 유사
 - 수질 부적합이므로 주변 지하수 관정 이용을 규제 필요



<그림 6-50> 경상북도 영덕군 병곡지구

다. 연일지구

- **연일 1지구** : 포항시 연일읍 생지리 411-2번지 인근
 - 2014년 신규개발된 관측공으로 3분기 전기전도도 7,547 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로, 원수의 염도가 높아, 답작에 활용 불가능
 - 수질 부적합이므로 주변 지하수 관정 이용을 규제할 필요
- **연일 2지구**
 - 2014년 신규개발된 관측공으로 3분기 전기전도도 1,116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로, 답작에 활용 가능.
 - 분기별 전기전도도의 연중 변화는 유사하지만, 일반 담수체로 보기는 어렵고 염수가 미약하게 혼합되어 있음.



< 그림 6-51 > 경상북도 포항시 연일지구

6.9 경상남도·울산광역시 권역



<그림 6-52> 경상남도·울산광역시 권역 관측망 설치현황

6.9.1. 설치운영 현황 : 총 17개 지구에 28개소 관측공 설치 운영 중

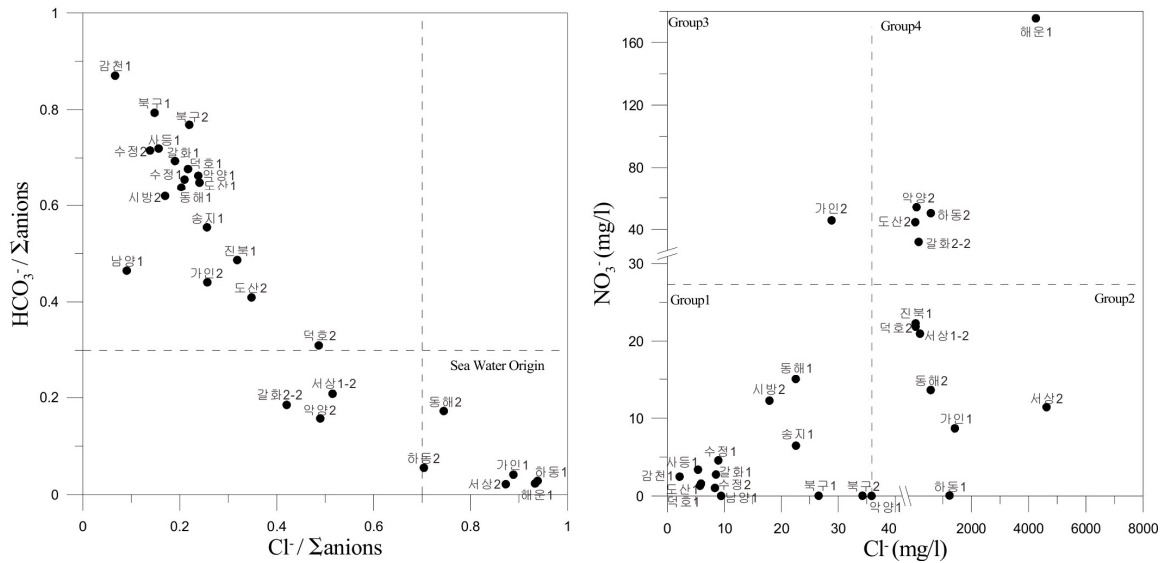
6.9.2. 시·군 별 지구명과 관측공 수

시군 구분	계	하동	남해	사천	고성	통영	거제					
지구명	17	하동	악양	갈화	서상	가인	송지	동해	도산	덕호	사등	시방
관측공	28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1

시군 구분	울산 북구	창원				
지구명	북구	수정	해운	진북	남양	감천
관측공	2	2	1	1	1	1

6.9.3. 관측결과

- 해수침투 없음 : 12지구 (약양, 송지, 동해, 도산, 덕호, 사등, 시방, 북구, 수정, 진북, 남양 및 감천지구)
- 해수침투 있음 : 5지구 (하동, 갈화, 서상, 가인 및 해운지구)



<그림 6-53> 경상남도 권역 이온분석 결과

가. 중탄산(HCO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 경상남도·울산광역시 권역의 경우, 6개소 관측공(동해2, 하동2, 가인1, 서상2, 하동1, 해운1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산 이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

나. 질산염(NO₃) 대비 염소(Cl) 이온 함량

- 경상남도·울산광역시 권역의 경우, 8개소 관측공(진북1, 덕호2, 서상1-2, 동해2, 가인1, 서상2, 약양1, 하동1) 주변 지하수에서 질산염 이온 함량이 낮고, 염소 이온 함량이 높아 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

다. 이온분석 종합

- 중탄산 대비 염소 이온 함량, 질산염 대비 염소 이온 함량의 비교 분석 결과, 두 가지 경우에 공통적으로 포함되는 4개소 관측공(동해2, 가인1, 서상2, 하동1) 주변 지하수에서 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.
- 결과적으로, 4개소 관측공(동해2, 가인1, 서상2, 하동1) 주변 지하수는 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 나타남에 따라, 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

6.9.4. 해수침투 영향 지구 분석(2015.09 현재; 2015년 신규관측공 분석 제외)

가. 하동지구

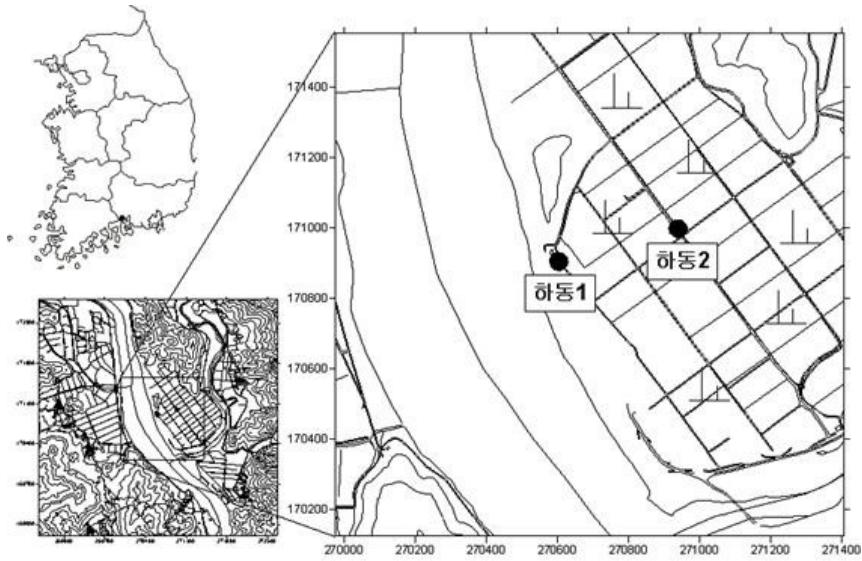
- **하동 1, 2지구** : 하동군 하동읍 목도리 47-66 및 104-32번지 인근
 - 3분기 전기전도도 2,718 ~ 33,589 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 답작에 부적합
 - 하동 2지구의 경우, 3분기 전기전도도 2,718 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (염도 0.256% 미만)로서 답작에 활용 시에는 저수지와 2배 이상 혼합 후 이용 필요
 - 하동 1, 2지구의 경우, 지하수 이용량 규제가 필요

<하동 1지구>

: 2014년 1분기(13,168 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(23,776 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(30,004 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 4분기(30,366 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 1분기(14,196 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(25,867 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(33,589 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

<하동 2지구>

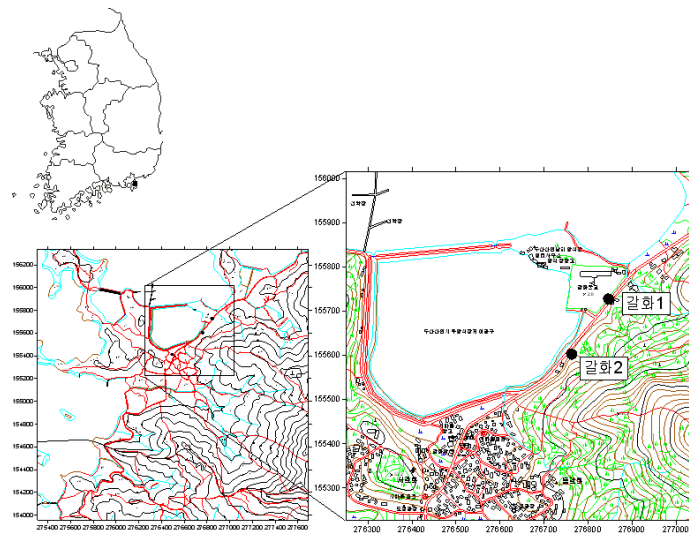
: 2013년 1분기(2,729 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 2분기(2,596 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 3분기(2,765 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2013년 4분기(3,278 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 1분기(3,414 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 2분기(3,417 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 3분기(2,152 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2014년 4분기(2,720 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 1분기(2,190 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 2분기(2,540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) → 2015년 3분기(2,718 $\mu\text{S}/\text{cm}$)



<그림 6-54> 경상남도 하동군 하동지구

나. 갈화지구

- 갈화 1지구 : 남해군 고현면 갈화리 223번지 인근
 - 3분기 전기전도도 2,562 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 답작에 부적합하며, 염분에 예민한 작물은 생육이 불량함
 - 주변 지하수 관정의 이용을 자제하고 타 수자원을 활용해야 함



<그림 6-55> 경상남도 남해군 갈화지구

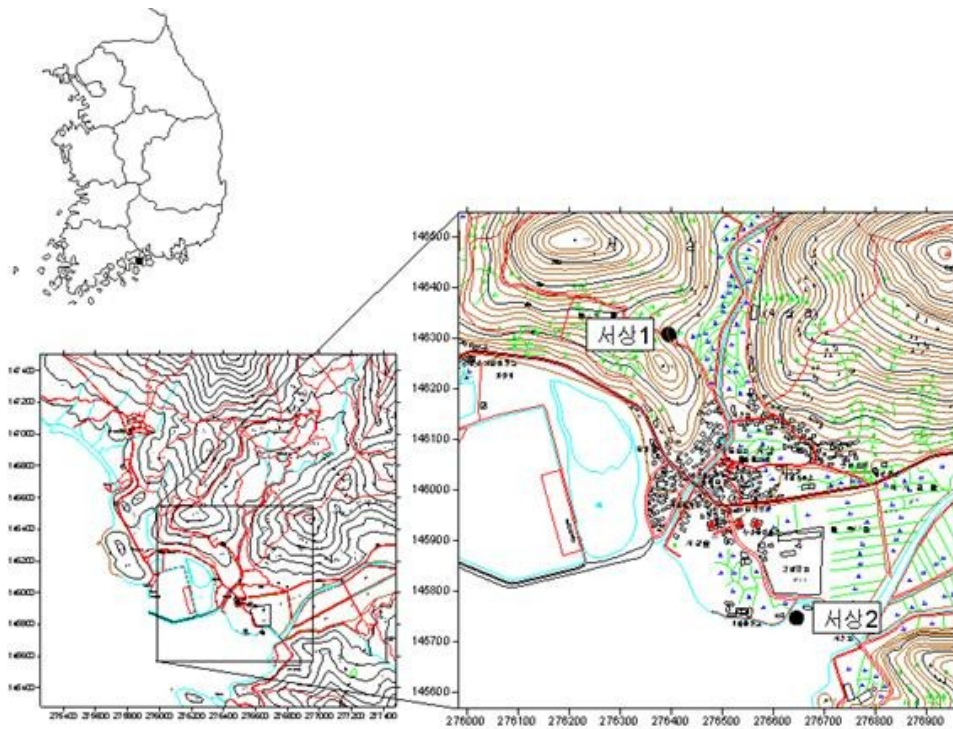
다. 서상지구

○ 서상 2지구 : 남해군 서면 722-20번지 인근

- 3분기 전기전도도 5,236 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (염도 환산 시 0.512% 이내)로 답작에 부적합
- 설치 이후 관측결과에 따르면, 서상2지구는 전기전도도가 약 5,600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이내의 범위에서 등락을 거듭하는 형태

: 2013년 1분기 5,547 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2013년 2분기 4,185 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2013년 3분기 4,530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2013년 4분기 4,712 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2014년 1분기 4,142 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2014년 2분기 센서수리 → 2014년 3분기 5,431 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2014년 4분기 5,257 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2015년 1분기 4,191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2015년 2분기 3,790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → 2015년 3분기 5,236 $\mu\text{S}/\text{cm}$

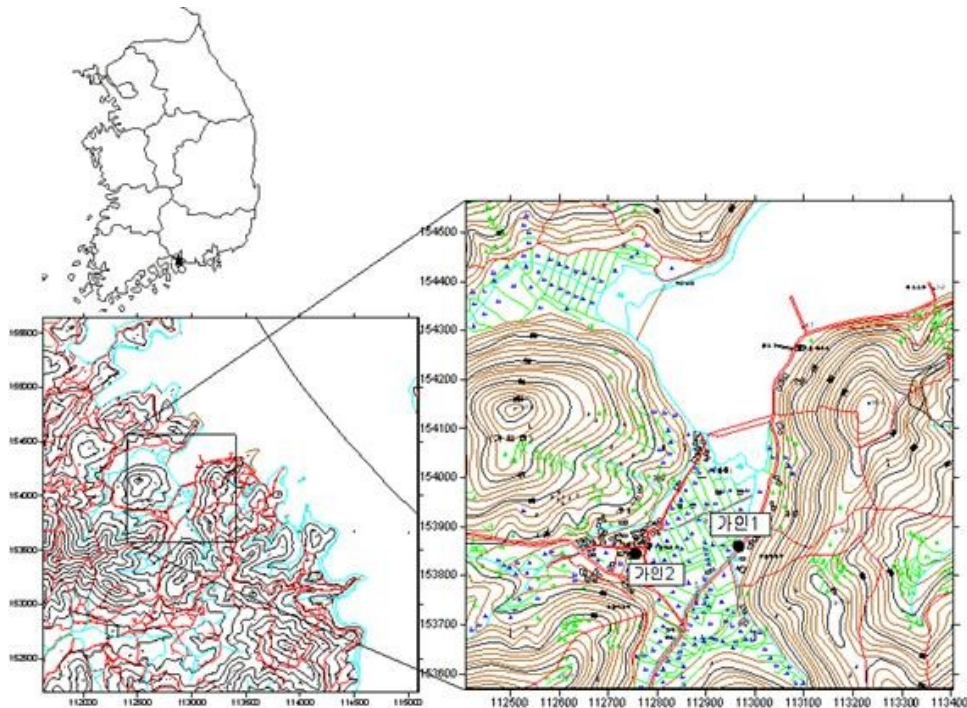
- 지하수 수질은 농업에 부적합하고, 해수침투 확산방지를 위해 주변 관정 이용을 규제할 필요가 있음



<그림 6-56> 경상남도 남해면 서상지구

라. 가인지구

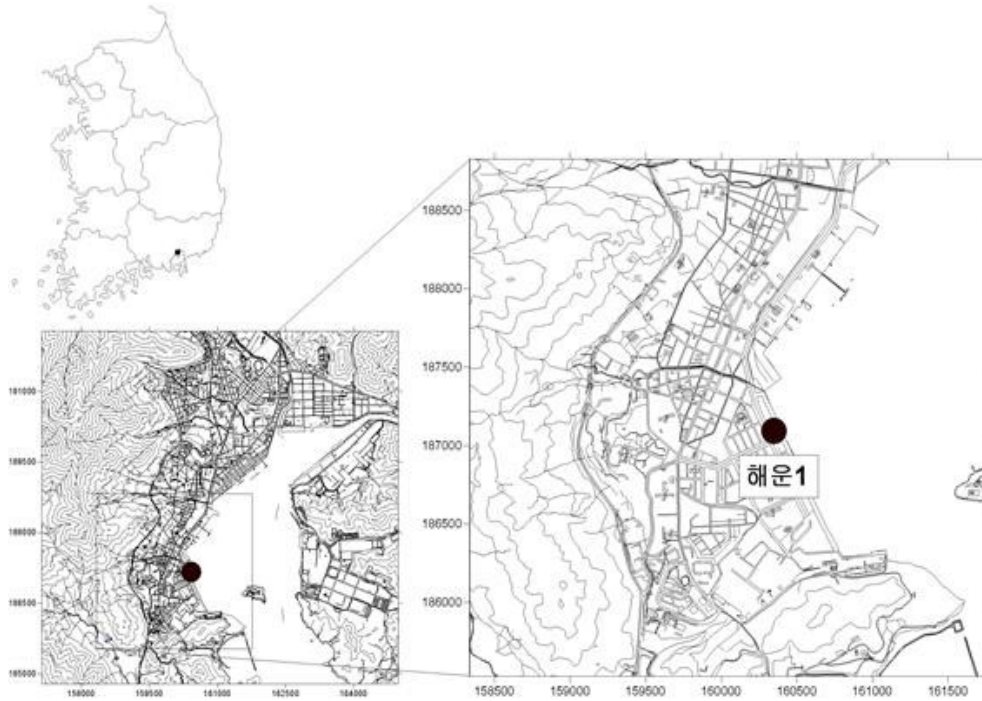
- 가인 1지구 : 남해군 창선면 가인리 146-11번지 인근
 - 3분기 전기전도도 11,108 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (염도 환산 시 0.96% 이내)로 답작에 부적합
 - 향후 영농기시 해수침투 진행을 방지하기 위해 적극적인 관리 필요
- 가인 2지구
 - 3분기 전기전도도 291 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (염도 환산 시 0.128% 이내)로 답작을 비롯한 영농에 활용 가능
 - 그러나 가인 2지구는 해안에 인접하여 과잉양수 시 해수침투 우려가 있으므로, 이용 허가량 내에서 적절한 이용으로 해수침투 방지 필요



<그림 6-57> 경상남도 남해면 가인지구

마. 해운지구

- **해운 1지구** : 창원시 해운동 69-6번지 인근
 - 3분기 전기전도도 38,060 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 해수 염도의 약 80% 수준이므로, 답작을 비롯한 영농에 절대 사용 불가능
 - 지하수 수질은 분기별로 큰 변화가 없고, 해수침투로 인한 농경지 염해피해 방지를 위해 주변 지하수 개발 내지 이용을 적극 규제하는 등 적극적인 관리 필요



<그림 6-58> 경상남도 창원시 해운지구

참 고 문 헌

1. 국토교통부, 2012, 지하수관리기본계획 2012-2021
2. 김진호, 송성호, 용환호, 정형재, 우명하, 2003, 해수침투 우려지역에서 단일 시추공을 이용한 전기비저항탐사 적용, 한국지하수토양환경학회 추계학술발표회 논문집
3. 김진호, 송성호, 이규상, 설민구, 2003, 도서지역 지하수 장기관측자료를 이용한 해수침투 사례분석, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회 논문집
4. 김진호, 송성호, 이규상, 우명하, 2003, 우리나라 서남해 도서지역의 암반대수층을 통한 해수침투 사례, 한국수자원학회
5. 농어촌진흥공사, 1997, '97 제주도 장기관측망 설치 및 조사 실적보고서
6. 농어촌진흥공사, 1998, 지하수 장기관측망 유지관리방안
7. 문유리, 이정호, 윤정호, 김훈미, 2008, 해안지역 지하수 수자원 통합관리방안 연구 II, 환경정책평가연구원, 119p.
8. 송성호, 2007, 해수침투지역에서 단일 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피 탐사의 적용성, 물리탐사, 10(4), pp. 369-376.
9. 송성호, 이진용, 이명재, 2007, 변동유형 분석법을 이용한 해수침투 관측망 자료 평가, 한국지구과학회지, 28(4), pp. 478-490.
10. 이봉주, 조병욱, 문상호, 임무택, 2001, 부산 동래지역 암반 대수층으로의 해수 유입, 지질학회지 37(3), pp. 407-420.
11. 자연재해방재기술개발사업단, 2003, 해수침투 평가, 예측 및 방지기술 개발 보고서
12. 한국농어촌공사, 2011, 해수침투조사사업 보고서
13. Babon Ghyben, 1889, W. Nota in verband met de voorgenomen put boring rtabij Amsterdam. *K. Inst. Ingen. Tijdschr.*, 1888-89: 8-22, 2 pl. The Hague
14. Dagan, G., and J. Bear, 1968, Solving the problem of local interface upconing in a coastal aquifer by the method of small perturbations. *J. Hydrol. Res.*, 6, pp. 15-44.

15. Domenico P.A. and Schwartz F.W., 1998, Physical and Chemical Hydrogeology 2nd ED. John Wiley & Sons.
16. Freeze, R.A., and J.A. Cherry, 1979, Groundwater, Prentice-Hall, Inc. Englewood cliffs, N.J., 604p.
17. Hem, J.D., 1989, Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, U.S geological survey water-supply paper 2254, 263p.
18. Herzner, Baurat, 1901. *Die wasserversorgung einiger Nordseebader. Jour. Gasbeleuchtung und IVttserversorgung.*, Jahrg. 44. Munich
19. Hounslow, A.W., 1995, Water Quality Data, Analysis and interpretation.
20. Lee, J.Y., Yi, M.J., Song, S.H., and Lee, G.S., 2008, Evaluation of seawater intrusion on the groundwater data obtained from the monitoring network in Korea, Water International, 33, pp. 127-146.
21. Piper, A.M., 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans. Amer. Geophys. Union, 25, pp. 914-923.
22. Revelle, R., 1941, Criteria for recognition of seawater in groundwaters, Tras. Amer. Geophysical union, 22, pp. 593-597.
23. Schmorak, S., and A. Mercado, 1969, Upconing of freshwater-seawater interface below pumping wells, Water Resources Res., 5, pp. 1290-1311.
24. Song, S.H., Lee, G.S., Kim, J.S., Seong, B., Kim, Y.G., Woo, M.H. and Park, N., 2006, Electrical Resistivity Survey for Delineating Seawater Intrusion in a Coastal Aquifer, 19th Salt Water Intrusion Meeting(SWIM), pp. 289-293.
25. Song, S.H., Lee, J.Y., and Park, N., 2007, Use of vertical electrical soundings to delineate seawater intrusion in Byunsan, Korea, Environmental Geology, 52, pp. 1207-1219.
26. Todd D.K., 1976, Groundwater Hydrology 2nd ED. John Wiley & Sons

사업 참여자

○ 사업총괄책임자

설민구 (지하수지질처, 지하수지질총괄부장, 지질 및 지반기술사)

○ 사업책임자

최광준 (지하수지질처, 차장, 지질 및 지반기술사)

전병철 (지하수지질처, 차장, 지질 및 지반기술사)

차용호 (지하수지질처, 차장, 토양환경기사)

김진호 (지하수지질처, 과장, 지질 및 지반기술사)

김영인 (지하수지질처, 사원, 토양환경기사)

○ 조사총괄책임자

송성호 (농어촌연구원, 수석연구원, 이학박사, 지질 및 지반기술사)

○ 조사책임자

안중기 (농어촌연구원, 책임연구원, 이학박사, 토양환경기사)

김진성 (농어촌연구원, 주임연구원, 이학박사, 응용지질기사)

이병선 (농어촌연구원, 주임연구원, 공학박사, 지질 및 지반기술사)

박종환 (농어촌연구원, 연구원, 토목기사, 건설재료시험기사)

2015 해수침투조사 보고서

부 록

부록 1

해수침투 관측망 설치내역

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2015)

광역 시도	위 치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격		
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2				
인천 강화 (6)	송해		1998	송녀	송녀1(구)	80	65	65	-	CDMA	1회/시간		
			2004		송녀1(신)	82	20	70	80	CDMA	1회/시간		
			1998		송녀2	94	45	45	-	CDMA	1회/시간		
			1999		송녀3	137	30	30	-	CDMA	1회/시간		
	화도		2000	홍왕	홍왕1(구)	120	19	19	-	유선	1회/시간		
			2009		홍왕1(신)	56	15	40	-	CDMA	1회/시간		
			2001		홍왕2	60	48	48	-	CDMA	1회/시간		
	상방		2001	상방	상방1	40	22	22	-	CDMA	1회/시간		
			2007		영홍	영홍1	80	9	15	30	CDMA	1회/시간	
	인천옹진 (2)	영홍	2008	영홍		영홍2	80	15	30	50	CDMA	1회/시간	
2003			대부		대부1	81	40	40	-	CDMA	1회/시간		
2003	대부2	100		60	60	-	CDMA	1회/시간					
2010	대부3	90		15	25	45	CDMA	1회/시간					
2011	대부4	72		15	30	50	CDMA	1회/시간					
경기· 인천 (23)	안산 (4)	대부		대부	서신1	80	10	30	-	CDMA	1회/시간		
					2004	서신2	70	10	50	-	CDMA	1회/시간	
	화성 (4)	서신			2005	제부	제부1	80	10	50	-	CDMA	1회/시간
					2005		제부2	43	10	30	-	CDMA	1회/시간
평택 (2)	포승	포승	2005	포승	포승1	80	10	35	40	CDMA	1회/시간		
			2006		포승2	84	10	25	40	CDMA	1회/시간		
시흥 (1)	장곡	2006	시흥	시흥	시흥1(구)	80	65	65	-	CDMA	1회/시간		
	장현	2014			시흥1(신)	80	65	65	-	CDMA	1회/시간		
김포 (2)	월곶	월곶	2007	월곶	월곶1	80	11	20	40	CDMA	1회/시간		
			2008		월곶2	80	15	30	50	CDMA	1회/시간		
파주 (2)	장단	2014	장단	장단	장단1	150	15	30	45	CDMA	1회/시간		
	문산	2014			문산	문산1	80	15	35	55	CDMA	1회/시간	

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2015)(계속)

광역 시도	위 치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2		
강원 (14)	강릉 (3)	사천	2006	사천	사천1	121	10	20	25	CDMA	1회/시간
		연곡	2007		사천2	60	11	25	40	CDMA	1회/시간
		초당	2015	초당	초당1	80	15	50	-	CDMA	1회/시간
	고성 (2)	토성	2006	토성	토성1	82	10	20	30	CDMA	1회/시간
			2007		토성2	80	8	25	35	CDMA	1회/시간
	속초 (2)	조양	2008	조양	조양1	80	15	30	45	CDMA	1회/시간
		대포	2009	대포	대포1	85	15	30	40	CDMA	1회/시간
	동해 (2)	초구	2010	초구	초구1	80	15	30	60	CDMA	1회/시간
		송정	2011	송정	송정1	70	15	30	45	CDMA	1회/시간
	양양 (2)	강현	2010	강현	강현1	83	15	20	35	CDMA	1회/시간
			2010		강현2	80	15	20	40	CDMA	1회/시간
	삼척 (3)	근덕	2012	근덕	근덕1	50	15	30	-	CDMA	1회/시간
			2012		근덕2	80	15	30	45	CDMA	1회/시간
			2015		근덕3	80	15	40	-	CDMA	1회/시간
서산 (4)	팔봉	2004	팔봉	팔봉1	82	10	30	-	CDMA	1회/시간	
		2004		팔봉2	80	10	30	-	CDMA	1회/시간	
	대산	2015	대산	대산1	61	15	45	-	CDMA	1회/시간	
		2015		대산2	104	15	30	-	CDMA	1회/시간	
당진 (2)	석문	2005	난지	난지1	80	10	30	50	CDMA	1회/시간	
		2006		난지2	32	10	20	30	CDMA	1회/시간	
홍성 (2)	서부	2005	서부	서부1	82	10	20	50	CDMA	1회/시간	
		2006		서부2	103	30	50	55	CDMA	1회/시간	
충남 (18)	보령 (2)	청소	장곡	장곡1(구)	52	50	50	-	CDMA	1회/시간	
				2003	장곡2(구)	80	40	40	-	CDMA	1회/시간
	주교	주교	2015	주교1(신)	61	30	-	-	CDMA	1회/시간	
			2015	주교2(신)	60	35	-	-	CDMA	1회/시간	
서천 (2)	비인	2002	선도	선도1	80	50	50	-	CDMA	1회/시간	
		2003		선도2	93	66	66	-	CDMA	1회/시간	
아산 (2)	인주	2007	인주	인주1	80	11	30	66	CDMA	1회/시간	
	영인	2008		인주2	82	15	50	60	CDMA	1회/시간	

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2015)(계속)

광역시도	위치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격	
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2			
충남 (18)	태안 (4)	근홍	2007	근홍	근홍1	80	112	40	62	CDMA	1회/시간	
			2008		근홍2	82	15	25	40	CDMA	1회/시간	
			남면	2014	남면	남면1	62	15	30	45	CDMA	1회/시간
				2014		남면2	103	15	33	65	CDMA	1회/시간
전북 (8)	김제 (2)	죽산	2003	대창	대창1	80	40	40	-	CDMA	1회/시간	
			2004		대창2	60	10	50	-	CDMA	1회/시간	
		부안	변산	2004	변산	변산1	60	10	25	28	CDMA	1회/시간
				2004		변산2	60	10	50	-	CDMA	1회/시간
		고창 (2)	상하	2010	자룡	자룡1	80	15	40	50	CDMA	1회/시간
			해리	2011	금평	금평1	83	15	30	45	CDMA	1회/시간
		군산 (2)	내홍	2013	내홍	내홍1	150	15	25	53	CDMA	1회/시간
				2013		내홍2	60	15	17	30	CDMA	1회/시간
전남 (51)	진도 (6)		1998	감정	감정(구)	127	75	75	-	유선	1회/시간	
			2014		감정(신)	120	60	60	-	CDMA	1회/시간	
			2000		감정2	52	8	8	-	CDMA	1회/시간	
			1998	효지	효지1(구)	43	39	39	-	유선	1회/시간	
			2009		효지1(신)	60	15	40	-	CDMA	1회/시간	
			1999		효지2(구)	67	50	50	-	CDMA	1회/시간	
			2015	당촌	당촌(신)	112	45	-	-	CDMA	1회/시간	
			2001	자동	자동1	60	43	43	-	CDMA	1회/시간	
			2002		자동2	120	50	50	-	CDMA	1회/시간	
			1998	군내	나리1(구)	150	75	75	-	CDMA	1회/시간	
			2009		나리	나리1(신)	66	15	50	-	CDMA	1회/시간
			2002		나리2	150	50	50	-	CDMA	1회/시간	
			1999	신기	신기1	80	76	76	-	CDMA	1회/시간	
			1999		신기2	101	51	51	-	CDMA	1회/시간	
2000	지막	지막1(구)	95	50	50	-	CDMA	1회/시간				
2002		지막2	80	50	50	-	CDMA	1회/시간				
2015		오산	오산1(신)	60	25	-	-	CDMA	1회/시간			
1998	완도 (7)	완도	1998	화홍	화홍1(구)	35	30	30	-	유선	1회/시간	
2009			화홍1(신)		60	15	40	-	CDMA	1회/시간		
1998			화홍2(구)		64	47	47	-	CDMA	1회/시간		
2014			화홍2(신)	62	60	60	-	CDMA	1회/시간			
2000			화홍3	97	40	40	-	CDMA	1회/시간			
1999			정도	정도1	80	40	40	-	CDMA	1회/시간		

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2015)(계속)

광역시도	위치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2		
완도 (7)	고금	고금	2001	고금	고금1	40	30	30	-	CDMA 1회/시간	
			2001		고금2	58	22	22	-		
		갈문	갈문	2006	갈문1	72	60	60	-	CDMA 1회/시간	
	해남 (2)	화산	평호	2003	평호1	85	10	35	45	CDMA 1회/시간	
				2004	평호2	64	40	40	-		
	함평 (2)	손불	손불	2004	손불1	150	20	30	70	CDMA 1회/시간	
2005				손불2	150	10	30	-			
장흥 (2)	안양	안양	2005	안양1	82	10	45	50	CDMA 1회/시간		
			2006	안양2	37	10	20	30			
보성 (2)	별교	별교	2005	별교1	82	20	35	40	CDMA 1회/시간		
			2006	별교2	67	10	45	50			
광양 (2)	진월	진월	2007	진월1	60	9	40	50	CDMA 1회/시간		
			2008	진월2	62	15	25	40			
순천 (2)	해룡	해룡	2007	해룡1	60	11	25	35	CDMA 1회/시간		
			2008	해룡2	64	15	25	40			
전남 (51)	여수 (4)	화양	2007	화양	화양1	60	10	33	55	CDMA 1회/시간	
			2008		화양2	110	15	40	70		
		소라	소라	2012	소라1	61	15	30	50	CDMA 1회/시간	
				2013	소라2	60	15	24	43		
	영광 (2)	지산	지산	2010	지산1	60	15	30	40	CDMA 1회/시간	
				2011	지산2	70	15	30	50		
	무안 (2)	신학	신학	2010	신학1	90	15	30	50	CDMA 1회/시간	
				2011	신학2	61	15	20	45		
	강진 (2)	마량	마량	2011	마량1	64	15	25	45	CDMA 1회/시간	
				2012	마량2	61	15	30	45		
목포 (2)	연산	연산	2012	연산1	79	15	30	45	CDMA 1회/시간		
			2013	연산2	81	15	30	75			
고흥 (4)	포두	포두	2012	포두1	64	15	30	45	CDMA 1회/시간		
			2013	포두2	60	15	32	54			
		남양	남양	2015	남양1	60	15	30	-	CDMA 1회/시간	
				2015	남양2	79	15	55	-		
영암 (4)	삼호	삼호	2012	삼호1	118	15	30	60	CDMA 1회/시간		
			2013	삼호2	60	30	32	43			
		염산	염산	2014	염산1	78	20	40	70	CDMA 1회/시간	
				2014	염산2	80	15	25	50		

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2015)(계속)

광역시도	위치		설치 년도	지구명	관측공 관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격	
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2			
경북 (12)	울진 (2)	평해	2008	평해	평해1(구)	83	15	40	55	CDMA	1회/시간	
			2014		평해1(신)	75	15	40	55	CDMA	1회/시간	
			2009		평해2	80	15	30	50	CDMA	1회/시간	
	포항 (4)	홍해	곡강	2010	곡강1	70	15	30	45	CDMA	1회/시간	
				2011	곡강2	110	15	40	55	CDMA	1회/시간	
		연일	연일	2014	연일1	33	25	25	-	CDMA	1회/시간	
	2014			연일2	60	20	43	50	CDMA	1회/시간		
	영덕 (2)	강구	병곡	2012	강구	강구1	30	15	25	-	CDMA	1회/시간
				2012	병곡1	36	15	25	-	CDMA	1회/시간	
	경주 (4)	하서	하서	2013	하서1	60	10	42	55	CDMA	1회/시간	
				2013	하서2	60	15	42	55	CDMA	1회/시간	
		감포	감포	2015	감포1	60	15	40	-	CDMA	1회/시간	
2015				감포2	100	15	40	-	CDMA	1회/시간		
경남· 울산 (28)	고현	갈화	1998	갈화	갈화1	80	40	40	-	CDMA	1회/시간	
			1999		갈화2(구)	61	60	60	-	CDMA	1회/시간	
			2015		갈화2-2(신)	60	35	-	-	CDMA	1회/시간	
	남해 (6)	창선	가인	2000	가인	가인1	46	30	30	-	CDMA	1회/시간
				2002		가인2	80	50	50	-	CDMA	1회/시간
				2000		서상1(구)	150	60	60	-	CDMA	1회/시간
	서면	서상	2015	서상	서상1-2(신)	60	40	-	-	CDMA	1회/시간	
			2002		서상2	80	50	50	-	CDMA	1회/시간	
	거제 (4)	사등	덕호	1998	덕호	덕호1	80	30	30	-	CDMA	1회/시간
				2001		덕호2(구)	80	47	47	-	CDMA	1회/시간
				2009		덕호2(신)	60	20	30	40	CDMA	1회/시간
		장목	1999	시방	시방2	200	30	30	-	CDMA	1회/시간	
사등	2000	사등	사등1	150	70	70	-	CDMA	1회/시간			
사천 (2)	용현	송지	2003	송지	송지1	70	50	50	-	CDMA	1회/시간	
			2004		송지2(구)	60	10	35	40	CDMA	1회/시간	
			2015		송지2-2(신)	87	10	35	40	CDMA	1회/시간	

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2015)(계속)

광역 시도	위 치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격	
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2			
경남· 울산 (28)	통영 (2)	도산	2005	도산	도산1	80	10	50	-	CDMA	1회/시간	
			2006		도산2	80	10	37	45	CDMA	1회/시간	
	고성 (2)	동해	2005	동해	동해1	80	10	30	-	CDMA	1회/시간	
			2006		동해2	80	10	33	38	CDMA	1회/시간	
	하동 (4)	하동	2006	하동	하동1	80	10	55	60	CDMA	1회/시간	
			2007		하동2	70	11	35	45	CDMA	1회/시간	
		악양	2014	악양	악양1	70	33	51	65	CDMA	1회/시간	
			2015		악양2	60	15	35	-	CDMA	1회/시간	
	울산북구 (2)		2010	북구	북구1	31	10	25	-	CDMA	1회/시간	
			2010		북구2	78	20	35	50	CDMA	1회/시간	
	창원 (6)	마산		2008	해운	마산1	100	15	20	40	CDMA	1회/시간
				2011	수정	수정1	66	15	30	45	CDMA	1회/시간
				2011		수정2	63	15	30	45	CDMA	1회/시간
		2012	감천	감천1	60	15	35	-	CDMA	1회/시간		
		진해	2011	남양	남양1	102	15	40	80	CDMA	1회/시간	
		진북	2013	진북	진북1	80	20	27	60	CDMA	1회/시간	

부록 2

지구별 관측

부록 2.1

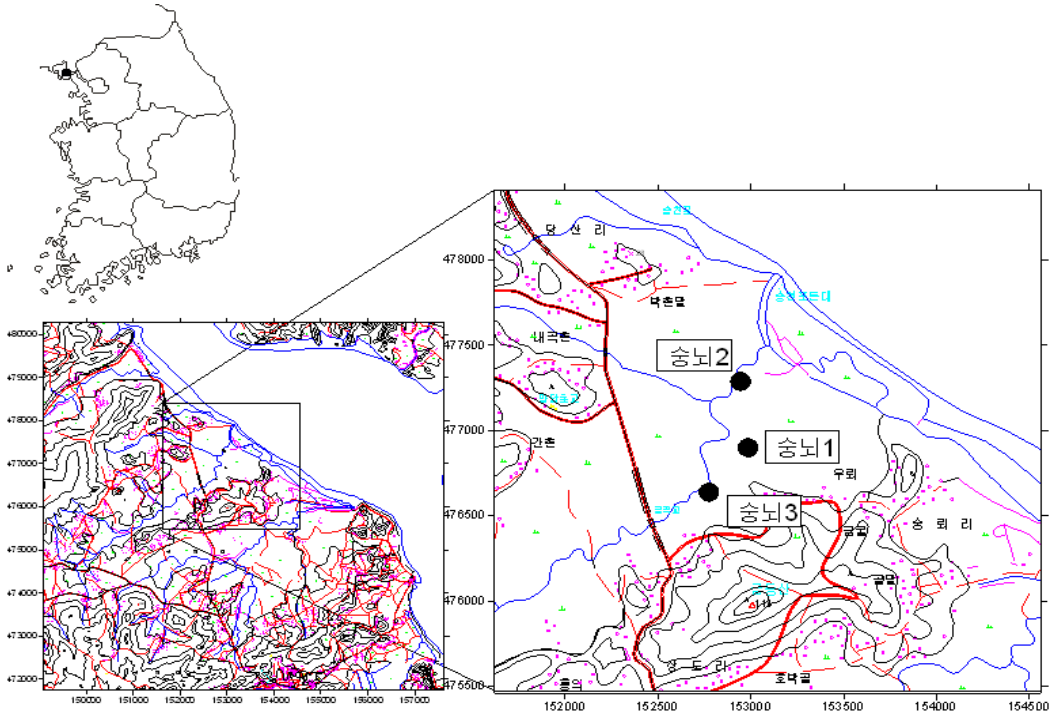
경기도 · 인천광역시 권역

2.1.1	송뇌지구(인천광역시 강화군)	.....	부록 - 7
2.1.2	흥왕지구(인천광역시 강화군)	.....	부록 - 18
2.1.3	상방지구(인천광역시 강화군)	.....	부록 - 26
2.1.4	영흥지구(인천광역시 옹진군)	.....	부록 - 32
2.1.5	대부지구(안산시)	.....	부록 - 39
2.1.6	서신지구(화성시)	.....	부록 - 51
2.1.7	제부지구(화성시)	.....	부록 - 58
2.1.8	포승지구(평택시)	.....	부록 - 65
2.1.9	시흥지구(시흥시)	.....	부록 - 72
2.1.10	월곶지구(김포시)	.....	부록 - 79
2.1.11	장단지구(파주시)	.....	부록 - 86
2.1.12	문산지구(파주시)	.....	부록 - 91

부록 2.1 경기도·인천광역시 권역

2.1.1 송뇌지구

1. 위치



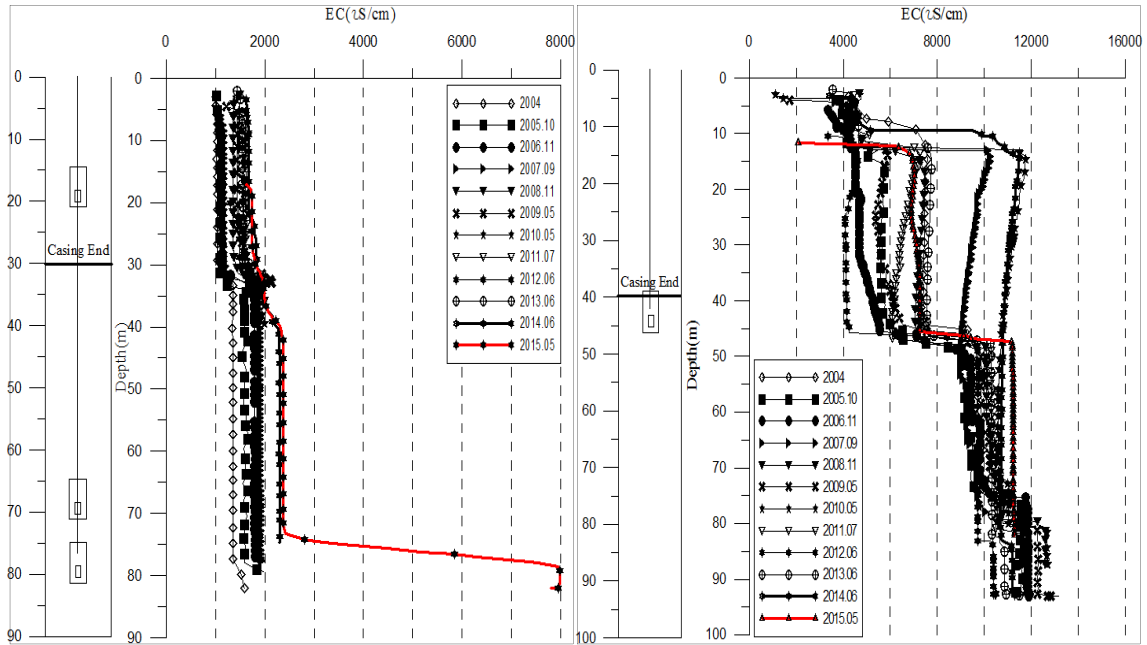
관측공	주소	좌 표(TM)			해안 거리 (m)	개발 년도	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
*송뇌1	강화군 송해면 송뇌리 700	152986.544	476900.595	3.933	830	2004	0.142
송뇌2	강화군 송해면 송뇌리 568	152943.329	477288.793	3.941	550	1998	1.941
송뇌3	강화군 송해면 송뇌리 930-5	152779.752	476636.510	4.152	1,180	1999	3.092

* 송뇌1 관측공 1998년 설치, 2004년 신규 관측공을 개발하여 관측 중

2. 지형 및 지질

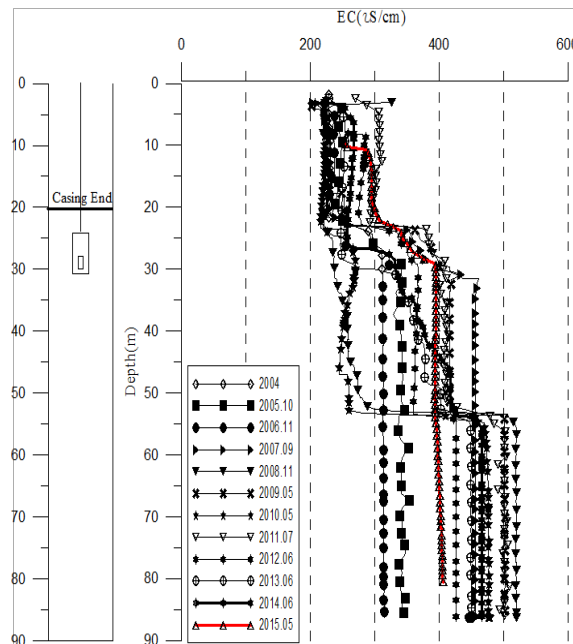
강화군은 한국에서 다섯째로 큰 섬인 강화도를 비롯하여 크고 작은 15개의 섬으로 이루어져 있으며, 오랜 침식으로 평탄면이 비교적 넓게 분포하여 경지 비율이 높다. 지질은 대동층군 퇴적암류가 변성암류와 단층으로 접하여 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<승늪1 관측공>

<승늪2 관측공>



<승늪 3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

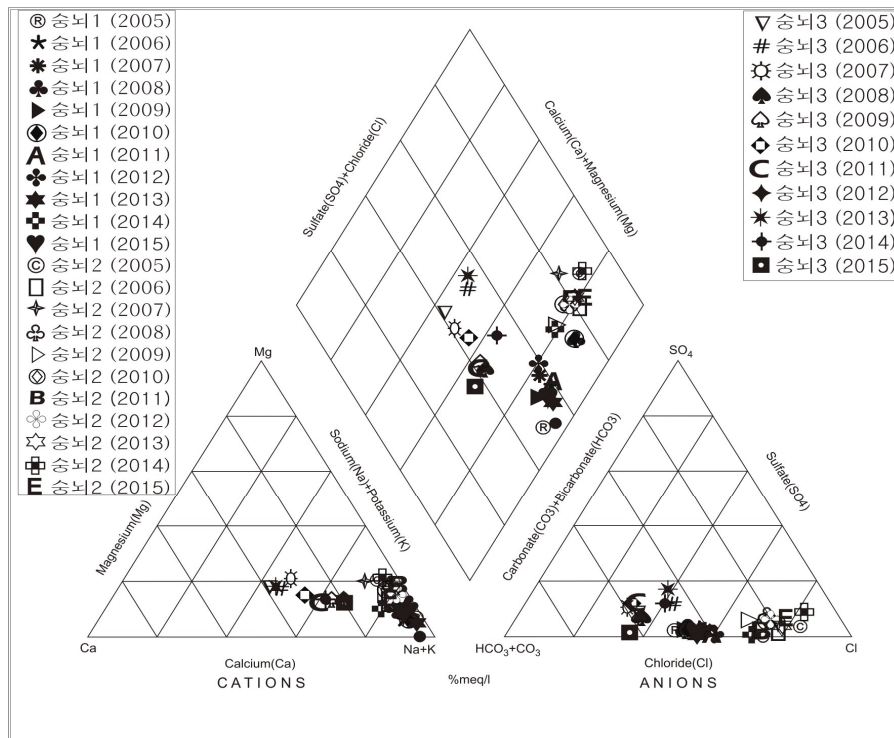
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-	
*승녀1	(2002. 7)	329.91	33.56	4.69	14.63	1.92	371.16	219.60	ND	28.76
	(2004.10)	225.83	0.84	ND	4.75	12.94	200.43	312.32	6.00	1.01
	(2005.10)	200.55	6.11	3.79	5.82	5.23	171.77	303.48	ND	1.51
	(2006.11)	232.67	8.57	4.62	10.82	8.21	240.48	308.05	ND	ND
	(2007.10)	247.30	14.20	10.04	19.97	5.08	276.97	393.45	ND	1.91
	(2008.11)	246.29	10.31	4.47	8.72	2.97	227.33	372.10	ND	1.63
	(2009. 5)	251.52	13.08	6.43	9.55	2.64	246.67	417.85	ND	1.58
	(2010. 5)	330.99	13.27	4.76	16.28	4.37	292.72	457.50	ND	ND
	(2011. 6)	305.57	13.67	4.59	12.55	3.12	306.61	362.95	ND	1.33
	(2012. 6)	272.32	21.21	10.95	18.61	1.58	340.47	411.75	ND	1.24
	(2013. 6)	310.79	12.34	5.15	10.54	1.50	279.08	402.60	ND	ND
	(2014. 6)	341.90	25.50	7.28	43.12	7.31	494.21	344.65	0.00	ND
(2015. 5)	325.07	13.92	6.53	10.30	11.08	335.37	457.50	0.0	1.27	
승녀2	(2002. 7)	1018.0	177.54	30.50	53.11	95.58	1669.70	263.52	ND	69.50
	(2004.10)	926.57	153.31	ND	81.08	167.41	17.46	505.69	ND	7.37
	(2005.10)	720.15	103.75	26.42	69.19	97.94	1482.70	366.00	ND	16.60
	(2006.11)	720.64	64.37	22.77	34.62	57.14	1159.50	478.85	ND	ND
	(2007.10)	1593.2	225.22	118.5	118.16	295.64	2797.10	799.10	ND	ND
	(2008.11)	906.67	102.60	36.84	56.80	175.22	1422.80	671.00	ND	5.43
	(2009. 5)	713.99	77.35	42.14	38.62	114.45	977.41	661.85	ND	12.55
	(2010. 5)	1130.1	141.32	57.88	77.60	209.62	1617.35	896.70	ND	ND
	(2011. 6)	746.68	72.06	17.32	45.73	91.51	1135.66	521.55	ND	4.61
	(2012. 6)	796.33	82.94	28.86	45.26	114.84	1088.17	521.55	ND	4.14
	(2013. 6)	1236.16	132.10	37.60	70.40	172.51	1707.58	658.80	ND	9.49
	(2014. 6)	1932.16	291.38	70.03	112.65	345.08	3311.19	793.00	0.00	ND
(2015. 5)	1344.8	127.1	49.8	72.5	175.5	1849.8	674.1	0.0	9.447	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-	
승뇌3	(2002. 7)	12.08	9.36	1.17	14.03	4.32	2.84	44.53	ND	12.00
	(2004.10)	20.02	4.32	ND	20.98	13.22	16.39	136.03	ND	ND
	(2005.10)	20.08	4.44	1.47	15.13	9.68	23.64	70.15	ND	0.31
	(2006.11)	19.82	3.70	1.32	12.68	8.90	26.45	48.80	ND	ND
	(2007.10)	26.07	5.39	2.66	15.18	9.62	26.94	79.30	ND	0.43
	(2008.11)	30.18	2.60	1.11	7.62	7.96	23.80	67.10	ND	0.11
	(2009. 5)	29.96	3.43	2.11	9.70	8.54	25.52	73.20	ND	0.20
	(2010. 5)	30.89	4.49	1.69	16.06	12.14	28.07	76.25	ND	ND
	(2011. 6)	34.05	4.20	1.63	13.27	11.99	30.00	88.45	ND	ND
	(2012. 6)	34.28	7.24	1.95	23.67	15.19	31.69	76.25	ND	ND
	(2013. 6)	29.62	6.54	1.83	21.61	18.88	32.19	67.10	ND	0.10
	(2014. 6)	33.38	4.15	1.75	11.40	12.71	30.16	61.00	0.00	ND
(2015. 5)	41.31	4.11	2.17	11.02	0.00	34.14	103.70	0.0	0.05	

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		*승뇌1	승뇌2	승뇌3
	년. 월				
Cl/HCO_3 몰비	2002. 7		2.91	10.90	0.11
	2004.10		1.10	5.94	0.21
	2005.10		0.98	6.98	0.58
	2006.11		1.35	4.17	0.93
	2007.10		1.21	6.01	0.58
	2008.11		1.05	3.64	0.61
	2009. 5		1.01	2.54	0.60
	2010. 5		1.10	3.10	0.63
	2011. 6		1.45	3.74	0.58
	2012. 6		1.42	3.59	0.72
	2013. 6		1.19	4.45	0.82
	2014. 6		2.46	7.17	0.85
2015. 5		1.26	4.72	0.57	



<승녀지구 이온분석결과 Piper diagram>

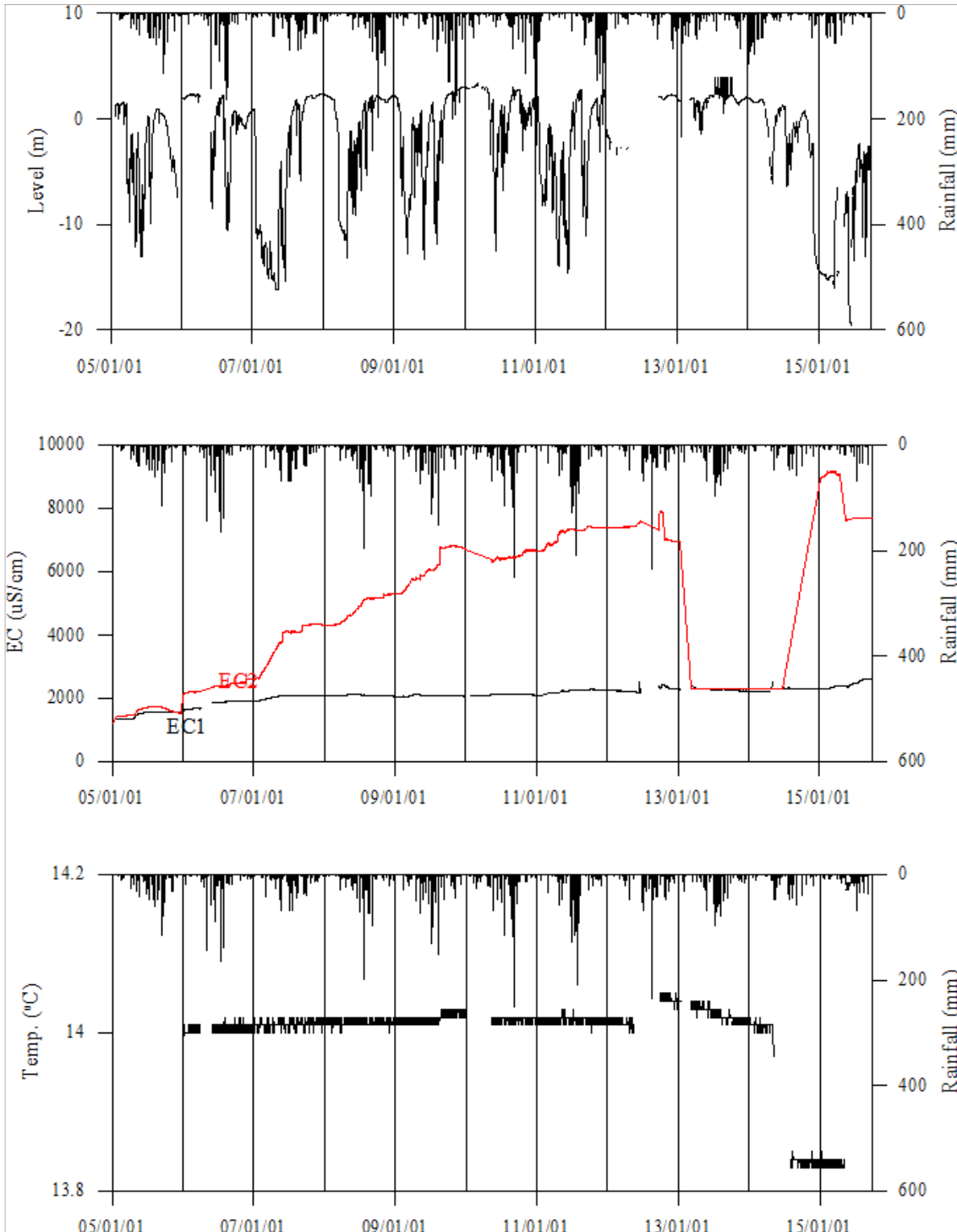
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
승녀1	2000	-6.41	-23.71	0.32	10,016	6,518	10,508	-	-	-
	2001	-6.03	-22.29	-0.29	10,931	10,358	11,822	-	-	-
	2002	-8.40	-24.49	0.51	11,556	11,416	11,802	-	-	-
	2005	-2.46	-13.04	2.07	1,484	1,227	1,588	1,605	1,235	1,730
	2006	-0.19	-10.56	2.38	1,806	1,623	1,913	2,347	2,141	2,503
	2007	-6.40	-16.13	2.24	2,043	1,922	2,101	3,659	2,624	4,332
	2008	-1.89	-13.11	2.37	2,095	2,072	2,126	4,743	4,310	5,185
	2009	-2.56	-13.34	2.61	2,086	2,055	2,126	6,001	5,288	6,818
	2010	0.75	-12.51	3.39	2,121	2,079	2,150	6,445	6,316	6,651
	2011	-3.93	-14.59	2.79	2,210	2,093	2,288	7,310	6,639	7,428
	2012	0.36	-13.43	2.29	2,268	2,156	2,506	7,387	6,980	7,904
	2013	1.64	-1.43	3.93	2,302	2,260	2,394	2,696	2,306	6,969
	2014	0.14	-6.32	2.01	2,269	2,219	3,784	2,316	2,314	2,317
2015	-10.29	-19.61	-2.25	2,434	2,295	2,631	8,250	7,611	9,186	

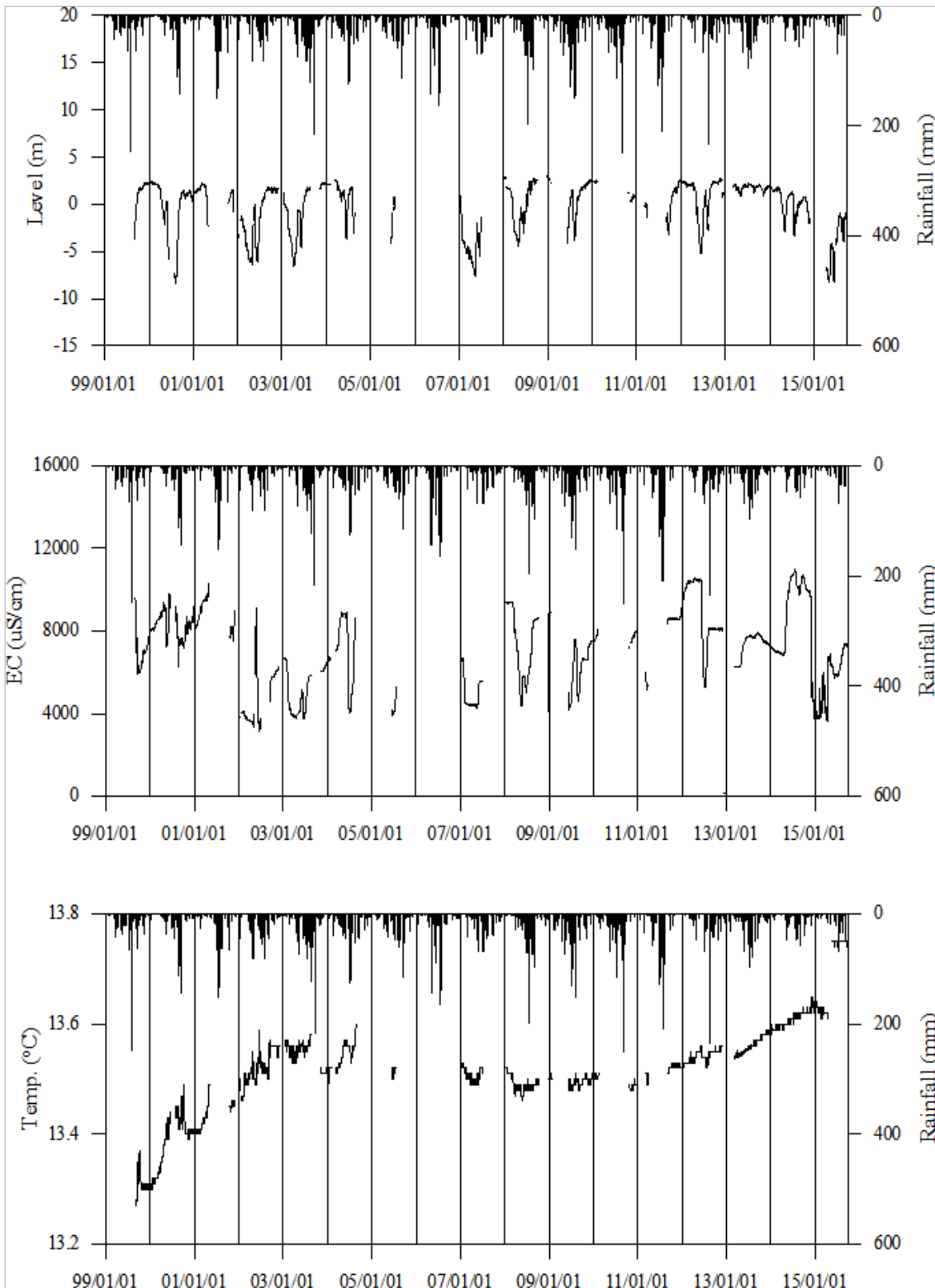
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
승늪2	2000	0.04	-8.30	2.44	8,237	6,250	9,831	-	-	-
	2001	1.25	-2.26	2.24	8,802	7,533	10,280	-	-	-
	2002	-1.41	-6.46	1.74	5,017	3,153	9,089	-	-	-
	2003	-0.99	-6.56	1.90	4,961	3,747	6,655	-	-	-
	2004	0.87	-3.66	2.58	7,111	4,020	8,889	-	-	-
	2005	-1.53	-4.17	0.77	4,266	3,930	5,840	-	-	-
	2006	-13.15	-13.56	-12.96	6,268	4,927	7,089	-	-	-
	2007	-4.28	-7.56	0.84	5,011	4,270	6,655	-	-	-
	2008	0.24	-4.39	2.94	7,465	4,380	9,405	-	-	-
	2009	0.34	-4.19	2.84	6,190	4,206	8,881	-	-	-
	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2012	0.80	-5.23	2.64	8,903	5,263	10,559	-	-	-
	2013	1.80	0.88	2.22	7,012	6,227	7,787	-	-	-
	2014	0.53	-3.41	1.93	8,327	6,785	10,981	-	-	-
2015	-4.13	-8.24	-0.98	5,659	3,602	7,407	-	-	-	
승늪3	2000	1.33	-4.24	3.67	299	285	515	-	-	-
	2001	1.89	-1.15	3.55	303	295	307	-	-	-
	2002	0.20	-4.25	2.85	311	292	366	-	-	-
	2003	0.73	-4.05	3.45	321	303	363	-	-	-
	2004	2.38	-1.25	3.45	305	303	310	-	-	-
	2005	2.30	-1.55	3.45	319	301	332	-	-	-
	2006	2.09	-0.76	3.41	352	312	367	-	-	-
	2007	-2.14	-5.22	2.23	419	382	504	-	-	-
	2008	0.43	-2.41	2.27	357	237	447	-	-	-
	2009	0.53	-2.61	2.57	377	228	453	-	-	-
	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2011	-0.17	-3.57	2.52	379	243	498	-	-	-
	2012	-0.25	-5.55	2.92	322	249	435	-	-	-
	2013	7.00	-35.85	6.71	332	256	353	-	-	-
	2014	0.67	-2.33	2.37	348	269	483	-	-	-
2015	-3.29	-6.24	-0.62	414	388	485	-	-	-	

6. 장기관측 결과



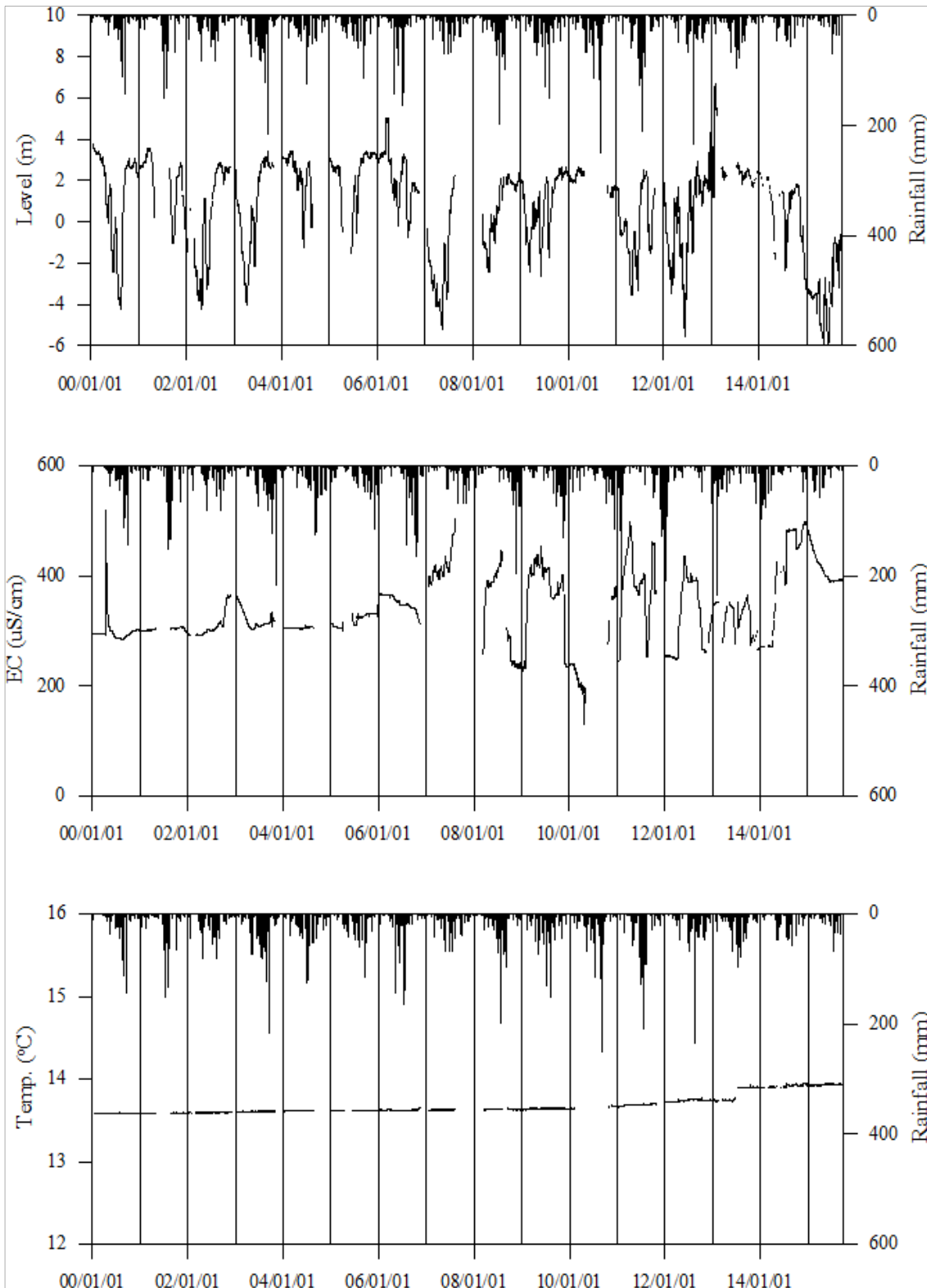
<송내1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<승녀2 관측공의 장기관측자료 (1999.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<승뇌3 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 송뇌1, 2 관측공은 1998년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 위치하여 설치하였으며, 송뇌3 관측공은 송뇌1, 2 관측공의 장기 관측결과 해수침투 영향이 관측되어 해수침투 확산 여부를 관측하기 위하여 내륙 쪽에 설치하였다. 이 중 송뇌1 관측공은 당초 기존의 사용 중인 관정에 설치되었는데, 지하수의 이용이 빈번하여 2004년에 해안으로부터 830m 떨어진 곳에 신규로 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 송뇌1 관측공은 지표 하 30 m, 80 m 부근, 송뇌2 관측공은 지표 하 15 m, 45 m, 75 m 부근 그리고 송뇌3 관측공은 지표 하 25 m, 55 m 부근에서 전이대가 형성되어 있다. 2015년 검층결과, 송뇌1 관측공의 지표 하 75m 하부 구간에서 전기전도도가 2015년 이전 보다 $5,000 \mu S/cm$ 이상 증가하여, 2015년 가뭄으로 인한 지하수 장기간 이용으로 해수침투가 더 진행된 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 송뇌1, 2 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO_3 몰비에 따른 분류결과 1.26, 4.72로 해수침투 영향이 지속적으로 나타나고 있다. 송뇌3 관측공은 (Ca, Na)- HCO_3 유형이며 Cl/HCO_3 몰비에 따른 분류결과 0.57로 해수침투의 영향을 약간 받고 있지만, 해안 변에 위치한 송뇌1, 2 관측공에서 해수침투가 확산되는 경향을 감지하기 위하여 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 4) 연도별 관측결과 : 송뇌1 관측공은 2004년 이전의 전기전도도는 평균값이 약 $10,016 \sim 11,556 \mu S/cm$ 로 분포하며, 매년 증가하는 경향을 나타내었다. 2004년 이동 설치 이후 2015년까지는 지표 하 70 m에 설치한 EC1 센서는 $1,484 \sim 2,434 \mu S/cm$, 지표 하 80 m에 설치한 EC2 센서는 $1,605 \sim 8,250 \mu S/cm$ 의 값을 나타낸다. 변화경향을 보면, EC1 센서는 증가추세, EC2 센서는 최근 2년(2013 ~ 2014년)간 감소하다가 가뭄에 따른 지하수 이용 증가로 2015년 다시 높아지는 경향을 보이고 있다. 반면, 송뇌2 관측공은 $4,961 \sim 8,903 \mu S/cm$ 범위에서 증감을 반복하고 있다. 송뇌3 관측공은 2000년부터 2015년까지 $299 \sim 419 \mu S/cm$ 범위로 나타났다.

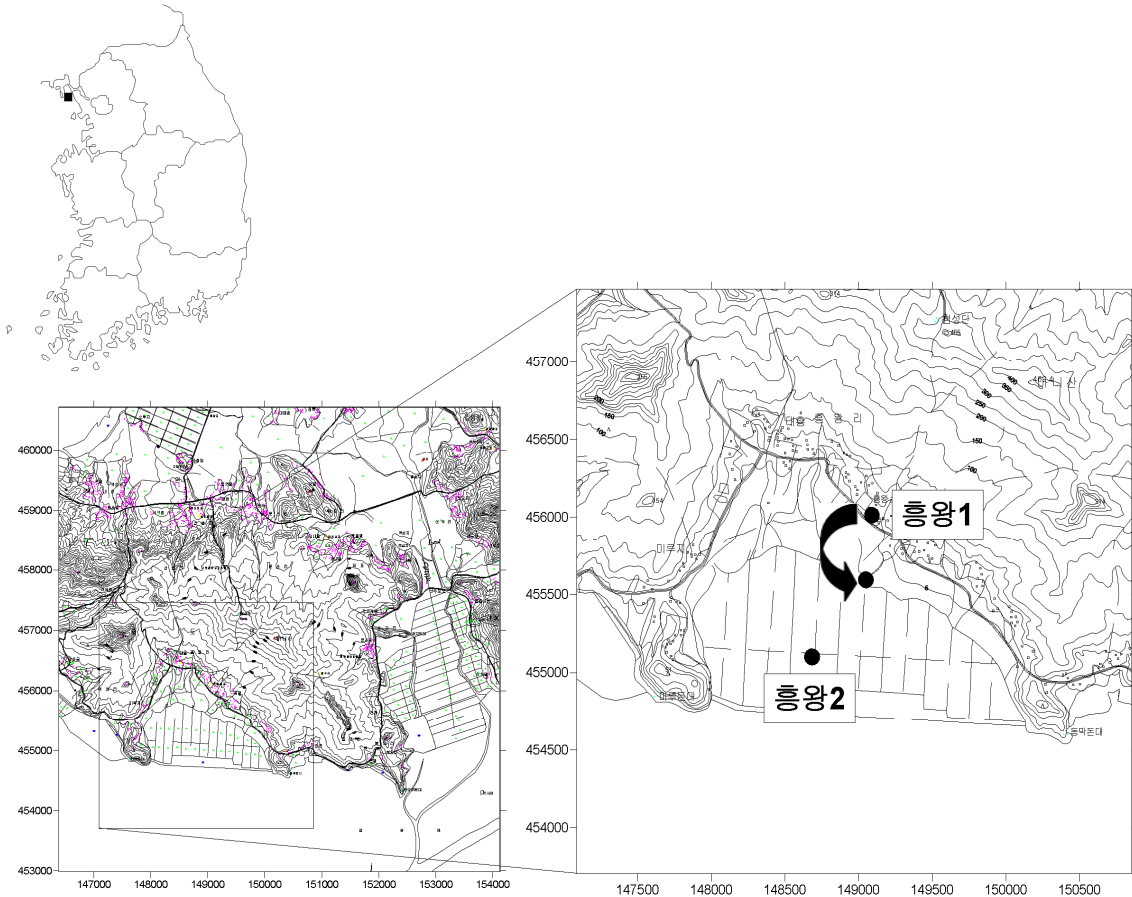
- 5) 장기관측결과 : 송뇌1 관측공은 인근 지하수 이용으로 약 20m의 변화폭을 보이고 있다. 2007년 5월, 2014년 11월에서 2015년 5월까지 지하수 이용의 증가로 다른 시기보다 지하수위가 크게 하강하였다.

송뇌2, 송뇌3 관측공은 용수로와 인접하므로 강수에 의한 수위변동 영향보다는 관개배수에 의한 지하수 수위 변동 영향을 더 받는 것으로 판단되며 약 10 m의 변화폭으로 나타난다. 해안선과 인접한 송뇌2 관측공의 전기전도도 변화는 지하수 수위가 감소함에 따라 전기전도도 값도 감소하지만, 내륙에 위치한 송뇌3 관측공은 관개로 인해 지하수 수위가 감소함에 따라 전기전도도 값은 증가하고 있다. 즉, 해안과 접하고 있는 송뇌2 관측공은 관개기에 담수의 유출로 인하여 지하수 수위 감소와 함께 전기전도도 값도 감소하지만 송뇌3 관측공은 내륙에 위치하고 있으므로 지하수 수위 저하는 희석 효과의 감소로써 전기전도도 값이 증가한 것으로 판단된다.

- 6) 관리 방안 : 송뇌2 관측공은 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 있으며, 가뭄 시 주위 지하수 이용량 증가에 따라 수위가 -10 m까지 하강하고 전기전도도가 9,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하고 있다. 이에 비해 송뇌3 관측공은 아직 해수유입이 이루어지지 않지만, 주위 지하수의 이용에 따른 해수침투 범위의 확산을 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.

2.1.2 홍왕지구

1. 위치



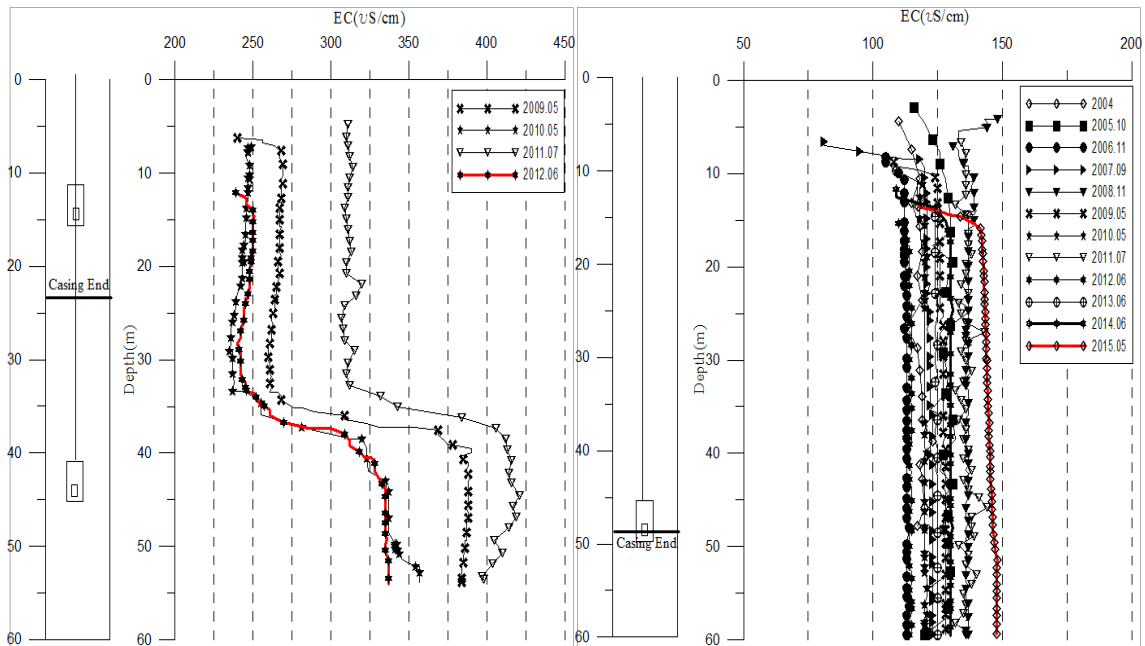
관측공	주소	좌표(TM)			해안 거리 (m)	개발 년도	개발당시 지하수 수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(x)	Z			
홍왕1	강화군 화도면 홍왕리 1314	149048.617	455581.722	4.113	870	2009	6.17
홍왕2	강화군 화도면 홍왕리 1014	148850.686	455104.156	1.543	230	2001	0.653

* 홍왕1 관측공 2000년 설치, 2009년 신규 관측공으로 이동 설치

2. 지형 및 지질

강화군은 한국에서 다섯째로 큰 섬인 강화도를 비롯하여 크고 작은 15개의 섬으로 이루어져 있다. 강화도는 본래 김포반도와 연결되어 있었는데 오랜 침식으로 평탄화된 후 침강운동으로 육지에서 떨어졌으며, 마니산(467 m), 혈구산(466 m), 고려산(436 m) 등의 구릉성 산지가 섬의 골격을 이룬다. 그러므로 평탄면이 비교적 넓게 분포하여 경지 비율이 높다. 지질은 대동층군 퇴적암류가 변성암류와 단층으로 접하여 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<홍왕1 관측공>

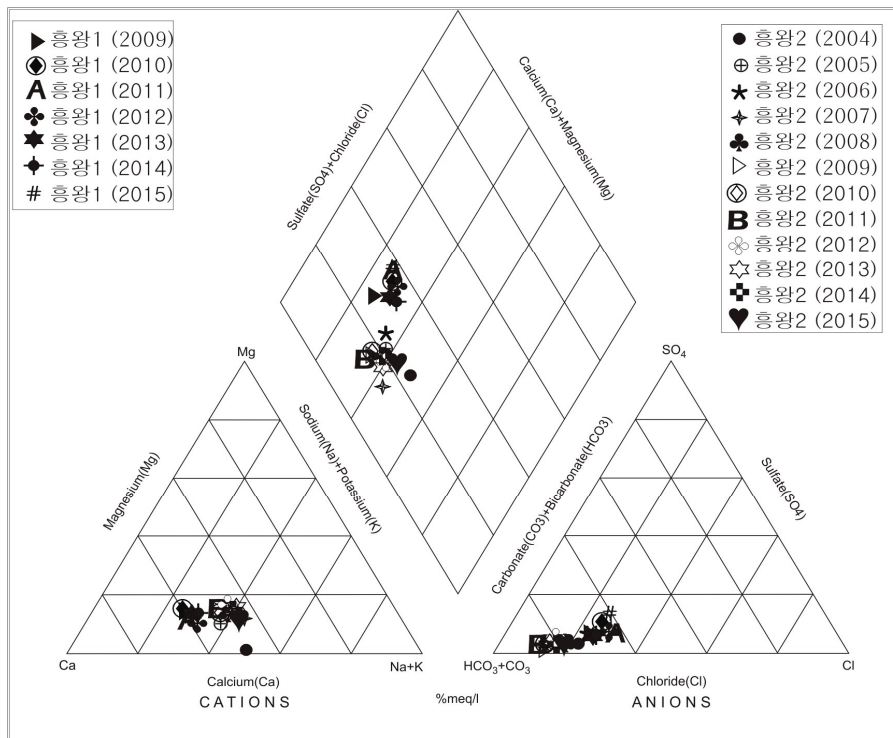
<홍왕2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
*홍왕1	(2005.10)	30.57	9.02	5.23	44.36	36.34	38.54	82.35	ND	0.37
	(2009. 5)	14.85	3.78	2.75	28.04	6.10	19.83	100.65	ND	0.17
	(2010. 5)	16.11	4.05	2.10	34.15	8.41	21.27	94.55	ND	ND
	(2011. 6)	15.91	4.23	2.24	34.11	7.73	25.13	88.45	ND	ND
	(2012. 6)	20.17	4.61	2.32	35.14	7.95	22.88	85.40	ND	ND
	(2013. 6)	17.39	4.09	1.77	30.97	6.55	20.60	94.55	ND	0.11
	(2014. 6)	19.86	4.78	2.54	32.97	7.08	22.47	100.65	0.00	0.11
	(2015. 5)	22.11	6.44	2.24	47.00	16.61	26.97	103.70	0.00	ND
홍왕2	(2004.10)	7.57	ND	ND	6.51	1.55	8.63	52.46	ND	0.62
	(2005.10)	9.55	1.70	1.39	13.13	1.32	7.27	50.33	ND	0.11
	(2006.11)	7.80	1.34	1.21	9.89	1.58	7.36	45.75	ND	ND
	(2007.10)	16.60	2.76	2.64	15.77	1.08	6.48	79.30	ND	ND
	(2008.11)	10.58	2.01	1.36	13.07	0.94	8.72	61.00	ND	0.05
	(2009. 5)	9.87	1.99	1.87	12.53	0.60	7.01	64.05	ND	0.09
	(2010. 5)	10.88	2.19	1.39	15.11	1.86	6.81	67.10	ND	ND
	(2011. 6)	10.62	2.24	1.53	14.09	1.06	6.79	70.15	ND	ND
	(2012. 6)	10.49	2.37	1.19	11.83	1.55	7.48	57.95	ND	ND
	(2013. 6)	11.74	2.46	1.14	12.24	2.14	6.57	61.00	ND	ND
	(2014. 6)	12.26	2.77	1.36	12.76	1.34	7.36	64.05	0.00	ND
	(2015. 5)	11.62	1.90	1.60	13.17	0.67	9.79	64.05	0.00	ND



<홍왕지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

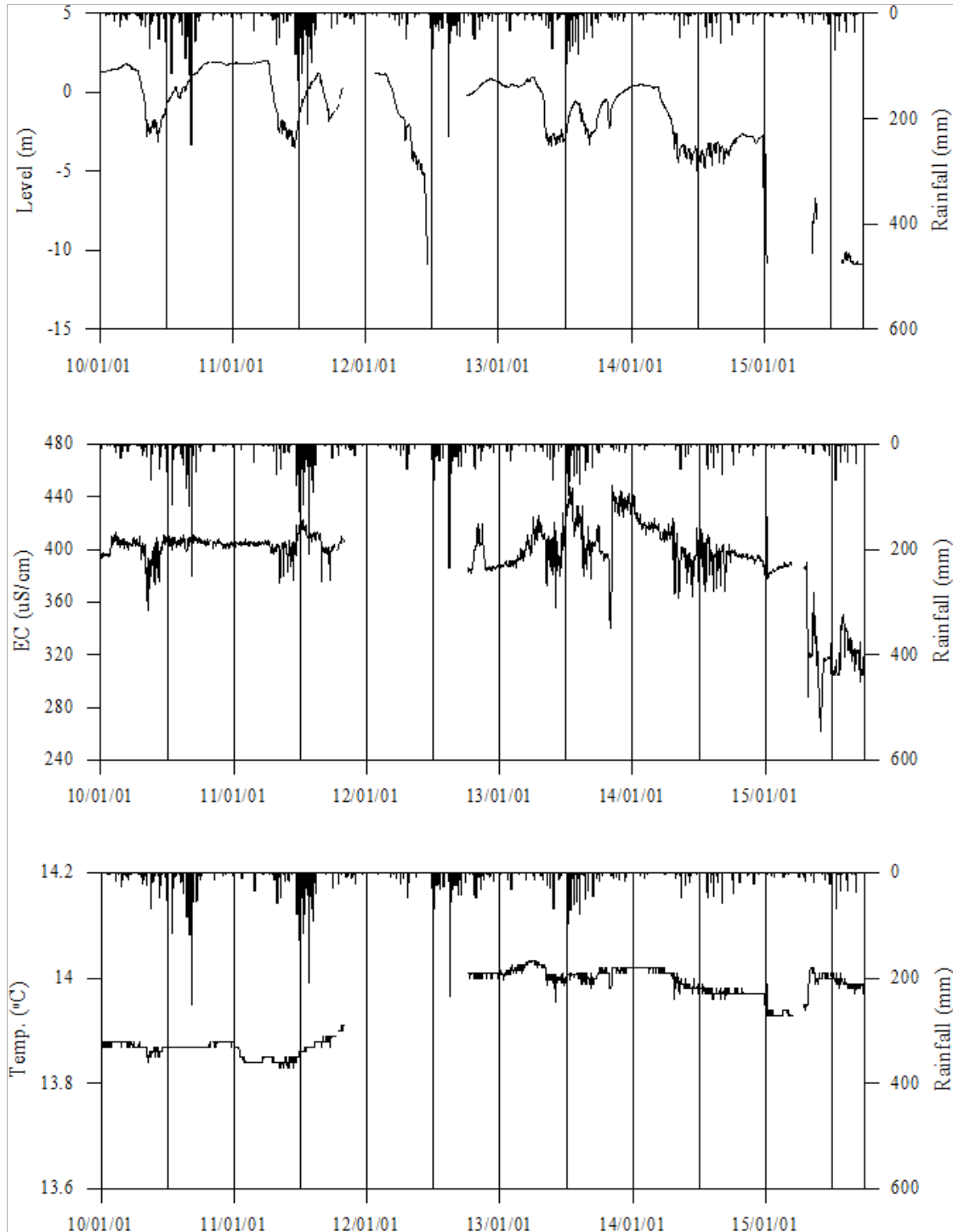
구 분	관측공		* 홍왕1	홍왕2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10		-	0.28
	2005.10		0.81	0.25
	2006.11		-	0.28
	2007.10		-	0.14
	2008.11		-	0.25
	2009. 5		0.34	0.19
	2010. 5		0.39	0.17
	2011. 6		0.49	0.17
	2012. 6		0.46	0.22
	2013. 6		0.37	0.19
	2014. 6		0.38	0.20
	2015. 5		0.45	0.26

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

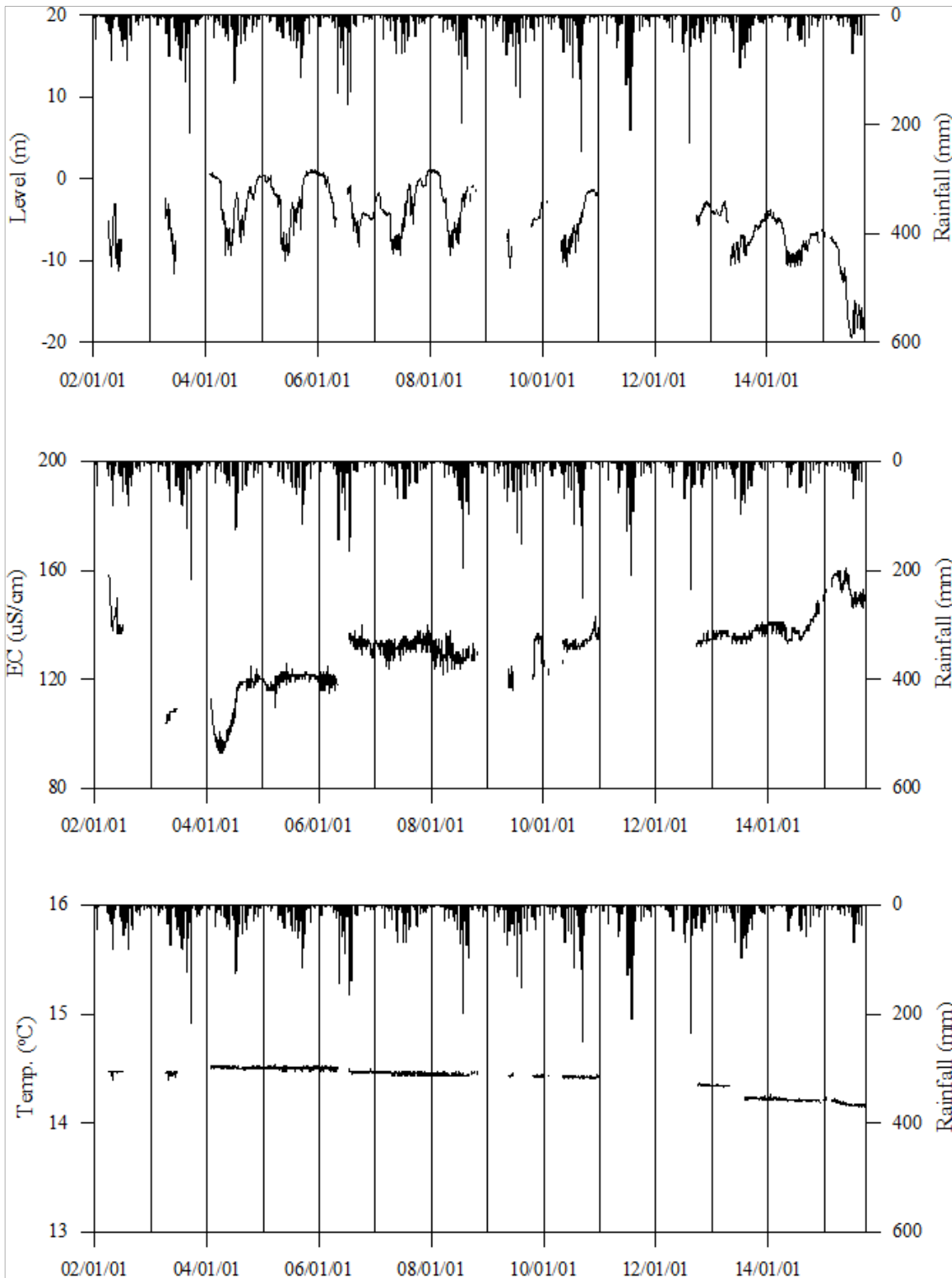
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
*홍왕1	2001	4.22	4.01	4.31	428	413	437	-	-	-
	2002	3.94	3.17	4.53	440	395	556	-	-	-
	2003	4.17	3.17	5.45	456	287	497	-	-	-
	2004	5.60	4.41	6.31	481	454	495	-	-	-
	2005	5.74	6.01	6.61	479	454	495	-	-	-
	2006	5.91	6.35	6.83	481	454	495	-	-	-
	2010	0.41	-3.16	1.89	402	354	413	-	-	-
	2011	0.08	-3.52	1.98	404	375	423	-	-	-
	2012	-0.88	-10.90	1.38	400	382	419	-	-	-
	2013	-0.69	-3.44	0.97	404	356	447	-	-	-
	2014	-1.82	-5.05	0.52	406	364	441	-	-	-
2015	-10.05	-10.90	-3.93	341	262	466	-	-	-	
홍왕2	2002	-7.61	-11.22	-3.03	142	137	158	-	-	-
	2003	-11.92	-21.72	-2.40	109	104	119	-	-	-
	2004	-2.94	-9.38	0.70	110	93	125	-	-	-
	2005	-3.00	-10.06	0.87	120	110	126	-	-	-
	2006	-2.66	-8.21	0.72	126	115	140	-	-	-
	2007	-4.14	-9.33	0.09	132	124	138	-	-	-
	2008	-2.94	-9.23	1.13	129	122	138	-	-	-
	2009	-7.14	-10.81	-1.31	121	115	132	-	-	-
	2010	-5.94	-10.79	-1.51	132	122	135	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2012	-16.85	-28.16	-2.81	134	119	165	-	-	-
	2013	-6.12	-10.45	-2.63	136	133	138	-	-	-
	2014	-7.13	-10.67	-3.75	138	133	141	-	-	-
2015	-13.45	-19.37	-6.49	153	146	161	-	-	-	

6. 장기관측 결과



<홍왕1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍왕2 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2014.7.31)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

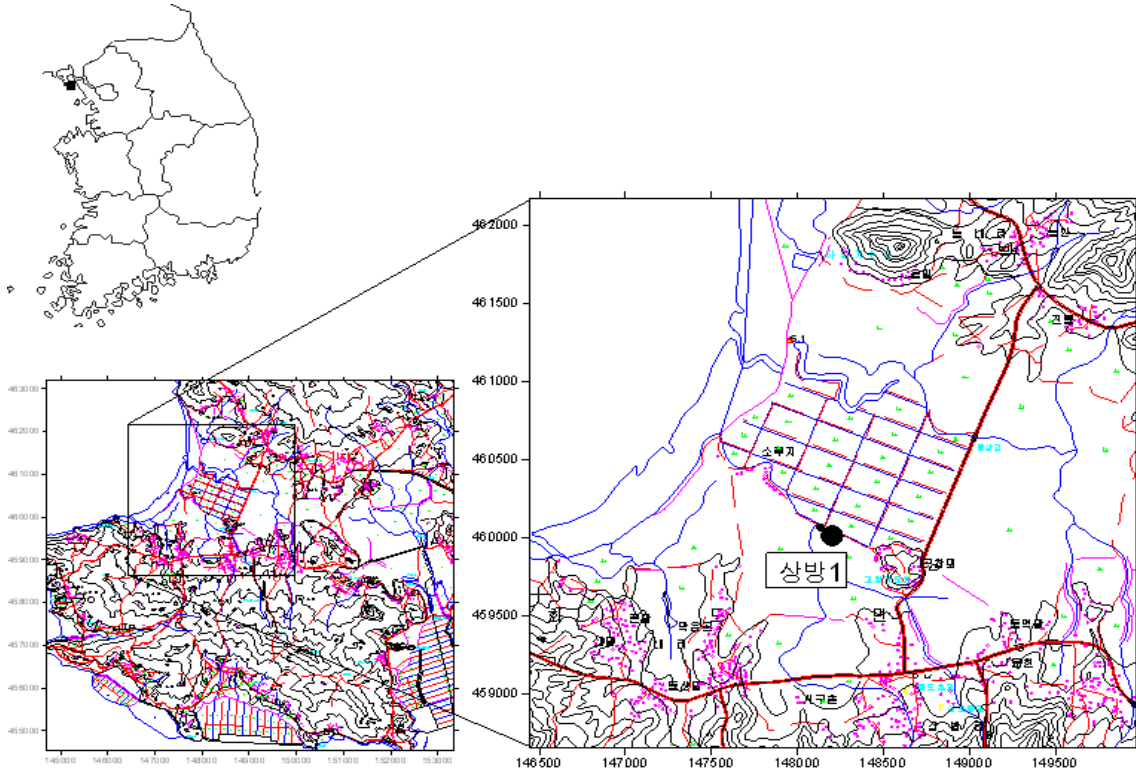
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 홍왕1 관측공은 2000년에 설치한 관측망으로 내륙 쪽에 설치하였으며, 홍왕2 관측공은 홍왕1 관측공의 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측되지 않아 해안 쪽으로 근접하여 해안선과 일직선이 되도록 2001년에 설치하였으며, 현재 해수침투 범위 모니터링을 위한 장기관측이 진행되고 있다. 홍왕1 관측공은 지하수 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년 이동하여 관측시스템을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 홍왕1 관측공은 지표 하 35 m 부근에 전기전도도 값의 변화를 보이는 전이대가 형성되어 있으며, 전기전도도 값은 220 ~ 430 $\mu S/cm$ 범위이다. 홍왕2 관측공은 전기전도도의 전이대가 없고, 2004년부터 2015년까지 심도에 따른 전기전도도 값도 125 $\mu S/cm$ 내외로 변화가 없으며, 해수에 의한 영향도 없는 것으로 관측되고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 홍왕1, 2 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당되며, Cl/HCO_3 몰비에 따른 분류 결과 0.45, 0.26 으로 해수의 영향이 전혀 없는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 홍왕1 관측공은 2009년 이설 전(2001 ~ 2006)의 전기전도도 평균값이 428 ~ 481 $\mu S/cm$ 이고, 해안쪽으로 약 200 m이상 전진 설치한 2009년 이후 전기전도도 평균값이 341 ~ 406 $\mu S/cm$ 로 오히려 감소하였다. 홍왕2 관측공은 2002년 관측 이후 2014년까지 전기전도도 값이 109 ~ 153 $\mu S/cm$ 범위로 변화가 없는 것으로 나타났으나, 2015년은 강화도 지역 가뭄에 의한 지하수위 감소와 함께 전기전도도가 약간 증가하였다.
- 5) 장기관측결과 : 홍왕1 관측공의 지하수 수위는 관개에 따라 4월 중순 이후 지하수 수위가 약 4 m 이상 하강한 후 6 ~ 7월까지 최저수위를 유지한다. 홍왕1과 홍왕2 관측공 모두 2015년 강화도 지역 가뭄에 따라 수위가 감소하였다.
- 6) 관리 방안 : 현재까지 해수침투 영향은 없지만 2015년 가뭄으로 인근 지하수 이용의 증가에 따른 수위 감소가 나타나고, 홍왕2의 경우 전기전도도가 증가하였다. 따라서, 주변 농경지의 피해방지를 위하여 해수침투 여부를 지속적으로 모니터링하여야 한다.

2.1.3 상방지구

1. 위치

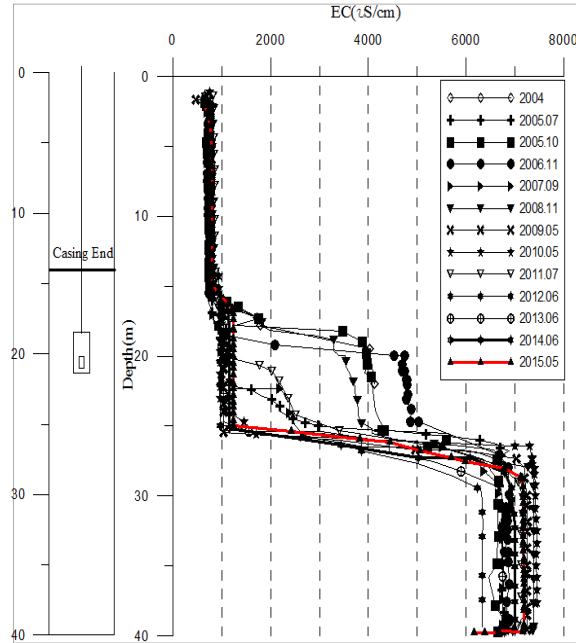


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
상방1	강화군 화도면 상방리 123	148136.580	460063.622	3.464	2001	830	2.024

2. 지형 및 지질

강화군은 한국에서 다섯 번째로 큰 섬인 강화도를 비롯하여 크고 작은 15개의 섬으로 이루어져 있다. 강화도는 본래 김포반도와 연결되어 있었는데 오랜 침식으로 평탄화된 후 침강운동으로 육지에서 떨어졌으며, 마니산(467 m), 혈구산(466 m), 고려산(436 m) 등의 구릉성 산지가 섬의 골격을 이룬다. 그러므로, 평탄면이 비교적 넓게 분포하여 경지 비율이 높다. 지질은 대동층군 퇴적암류가 변성암류와 단층으로 접하여 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<상방1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

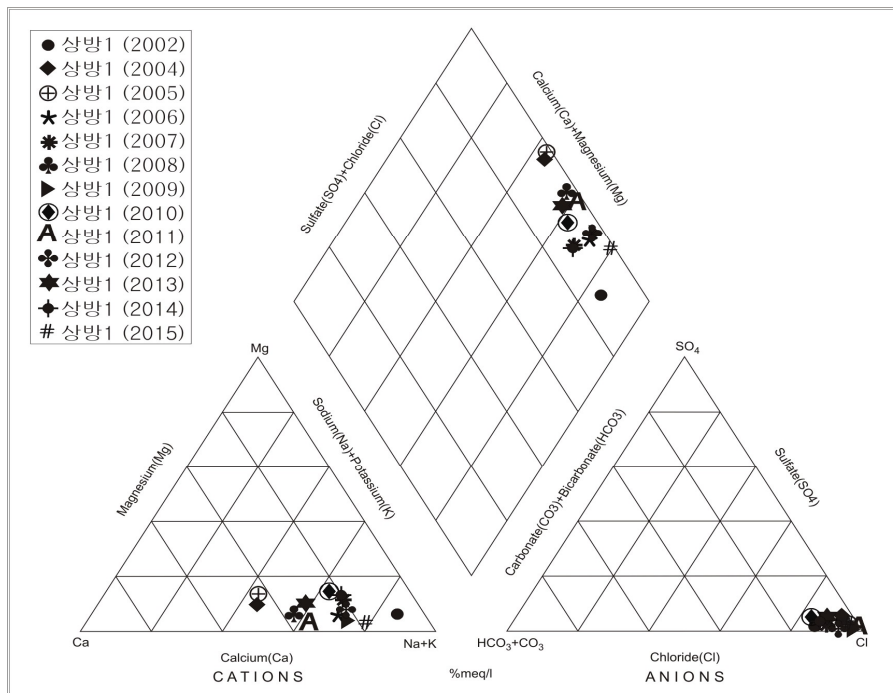
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-	
상방1	(2013. 6)	152.14	13.88	5.10	77.43	23.64	340.20	51.58	ND	ND
	(2014. 6)	150.77	15.15	6.19	40.56	9.00	284.53	70.15	0.00	1.12
	(2015. 5)	113.90	0.81	3.67	24.47	0.33	223.42	6.10	0.0	ND

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
상방1	(2002. 7)	232.66	10.09	1.96	17.84	1.44	88.27	21.96	ND	15.18
	(2004.10)	200.08	23.98	3.36	172.89	68.39	856.24	35.99	ND	3.35
	(2005.10)	119.73	15.05	6.03	107.54	25.32	426.92	24.40	ND	3.63
	(2006.11)	116.30	4.00	3.46	37.02	10.12	257.58	18.30	ND	ND
	(2007.10)	111.04	8.82	7.47	32.18	11.13	207.03	45.75	ND	ND
	(2008.11)	127.79	9.54	4.30	72.98	15.78	346.07	18.30	ND	2.22
	(2009. 5)	96.17	2.38	5.34	25.54	1.41	216.15	6.10	ND	1.53
	(2010. 5)	102.13	10.39	4.76	34.61	22.11	235.95	48.80	ND	ND
	(2011. 6)	115.98	4.99	3.48	53.69	6.03	297.82	9.15	ND	1.26
	(2012. 6)	112.32	5.98	5.72	32.14	3.56	234.12	27.45	ND	0.44

구 분	관측공	
	년. 월	상방1
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	6.92
	2004.10	40.93
	2005.10	30.17
	2006.11	24.27
	2007.10	7.78
	2008.11	32.49
	2009. 5	60.89
	2010. 5	8.31
	2011. 6	55.93
	2012. 6	14.66
	2013. 6	11.27
	2014. 6	6.97
2015. 5	63.03	



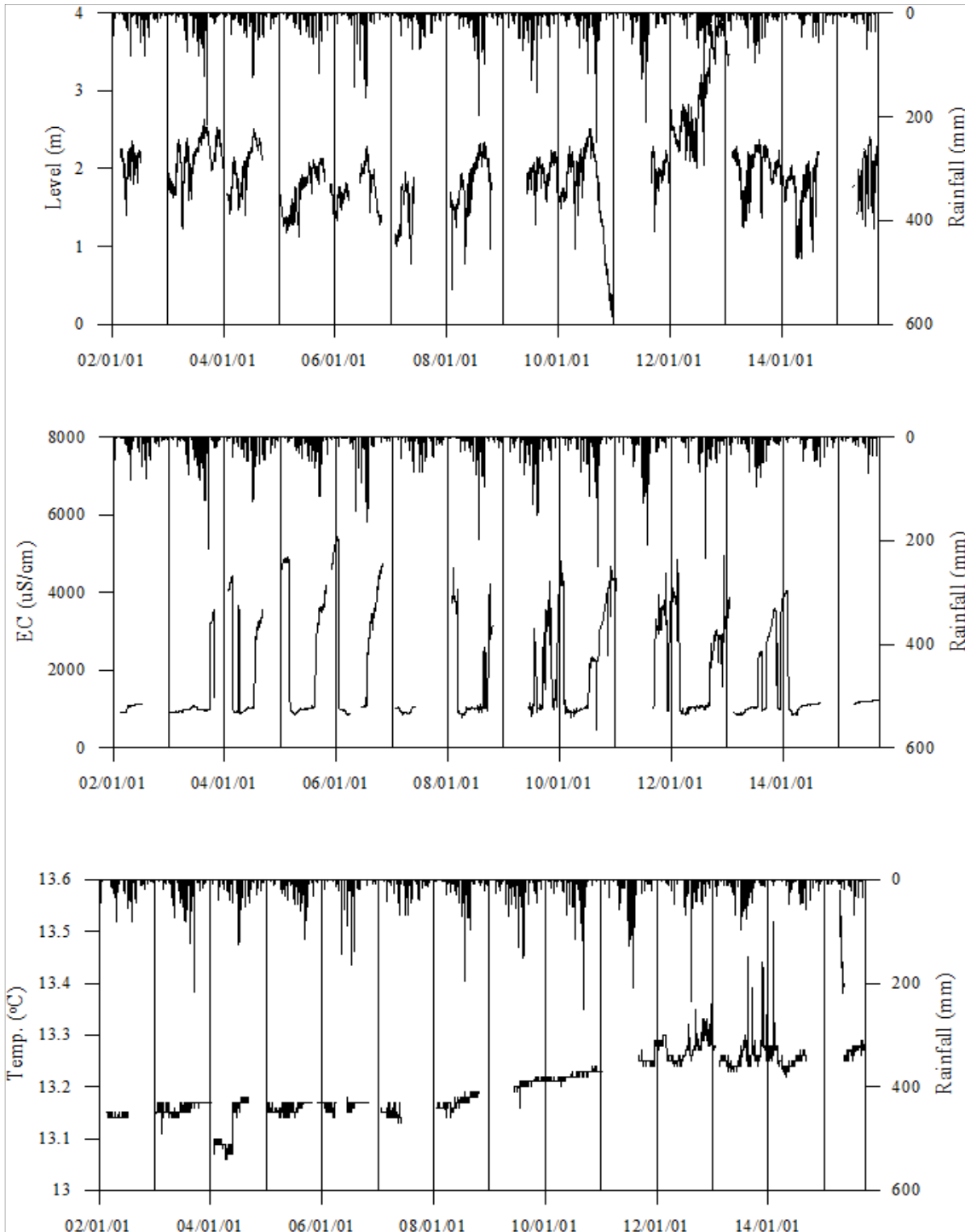
<상방지구 이온분석결과 Piper diagram>

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
상방1	2002	2.06	1.40	2.35	1,047	908	1,120	-	-	-
	2003	2.10	1.23	2.63	1,202	910	3,559	-	-	-
	2004	2.95	1.66	3.51	2,256	889	9,998	-	-	-
	2005	1.71	1.12	2.13	2,311	865	4,896	-	-	-
	2006	1.65	1.09	2.28	2,660	843	5,426	-	-	-
	2007	1.46	0.78	1.95	954	845	1,064	-	-	-
	2008	1.82	0.44	2.34	1,694	759	4,620	-	-	-
	2009	1.91	1.27	2.15	1,849	808	4,300	-	-	-
	2010	1.91	0.91	2.51	1,842	470	4,810	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2012	2.86	2.00	3.93	1,902	853	4,830	-	-	-
	2013	2.16	1.25	3.64	1,299	840	3,870	-	-	-
	2014	1.67	0.84	2.10	1,540	844	4,040	-	-	-
2015	1.90	1.22	2.41	1,195	1,115	1,224	-	-	-	

6. 장기관측 결과



<상방1 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 상방1 관측공은 2001년에 설치한 관측공으로, 해수침투로 인한 불용공 발생지 인근에 설치하였으며, 현재 해수침투의 영향을 지속적으로 감지하기 위하여 장기관측을 수행 중에 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 2015년 전기전도도 검층결과, 상방1 관측공은 지표 25 m 구간에 전이대가 형성되어 있다. 이전 검층 결과를 보면 지표 하 18 m와 25 m 구간에 전이대가 형성되는 경우와 지표 하 25 m 구간에서만 나타나는 경향이 있는데, 이와 같은 전이대의 분리현상은 계절적인 영향을 받는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 상방1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류 결과 63.03으로 직접적인 해수의 영향을 받고 있다. 그러나, 그 값이 6.92 ~ 63 로 다양한 것은 용수로가 해안까지 연결되어 있어 해수의 유입, 담수의 유출 등과 직접적인 관련이 있을 것으로 판단된다.
- 4) 연도별 관측결과 : 상방1 관측공은 2002년 관측 이후 1,047 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 2006년 2,660 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 지속적인 증가하는 경향을 나타내다가, 2007년 이후로는 평균 954 ~ 1,902 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위에서 등락을 거듭하고 있다. 2015년에는 평균 1,195 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 상방1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 관개에 의한 영향과 강수의 영향을 함께 받고 있는 것으로 나타났다. 따라서 지속적인 관찰이 필요한 지구이다.
- 6) 관리 방안 : 상방지구는 현재 해수침투의 영향을 받은 상태이다. 동절기 지하수 수위 강하 시 전기전도도의 증가가 관찰되고, 그 변화량은 약 6배 정도이므로, 이러한 관측결과는 이 지역 농어촌지하수 최적이용을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

2.1.4 영흥지구

1. 위치

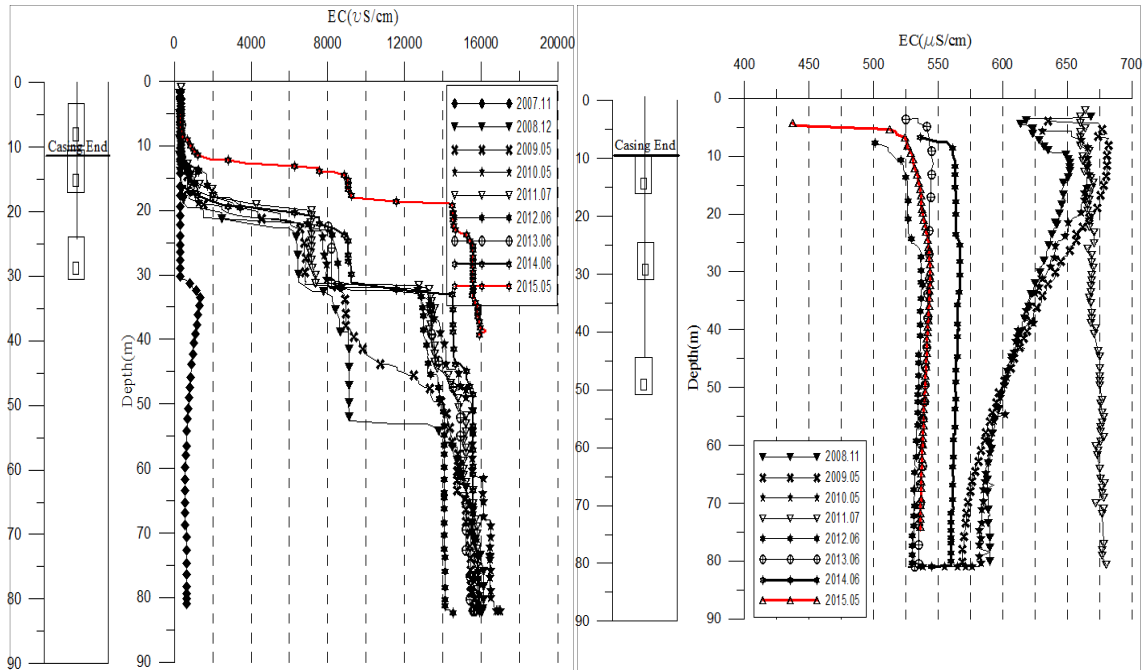


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
영흥1	웅진군 영흥면 내리 390-7	153700.200	417260.258	3.096	2007	120	0.566
영흥2	웅진군 영흥면 내리 394-1	153544.566	417766.346	5.024	2008	670	2.900

2. 지형 및 지질

이 지역은 웅진군 영흥면 내리 지역으로 섬지역의 해안 변에 위치하고 있다. 지질은 선캠브리아기의 변성암류인 화강편마암이 주를 이루고 있으며, 주라기 화성암류의 관입이 관찰된다. 또한 주변지역에 산성암맥이 소규모로 발달되어 있다.

3. 지하수 검층



<영흥1 관측공>

<영흥2 관측공>

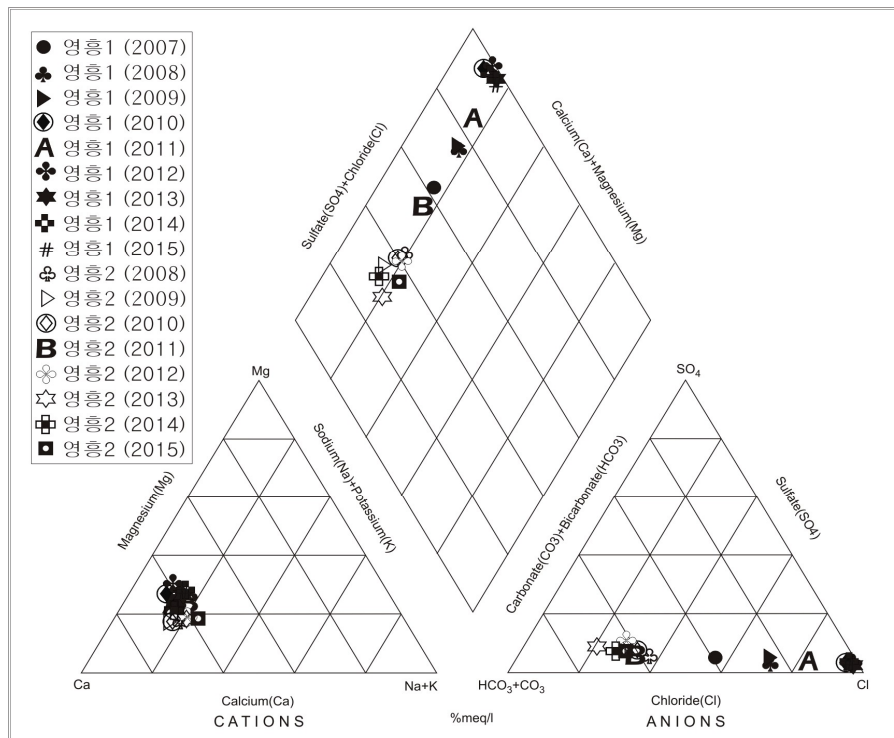
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
영흥1	(2007.10)	11.96	6.52	1.38	33.94	6.75	60.09	64.05	0.60
	(2008.12)	16.05	12.78	1.18	55.41	7.62	98.31	61.00	0.75
	(2009. 5)	15.96	13.94	1.61	61.42	9.39	112.79	67.10	1.13
	(2010. 5)	124.68	164.31	6.62	624.03	76.50	1780.31	51.85	6.53
	(2011. 6)	27.28	27.17	1.47	112.50	16.08	267.62	70.15	0.69
	(2012. 6)	273.89	323.71	8.00	1082.75	145.81	3034.21	36.60	ND
	(2013. 6)	350.16	349.10	17.46	1193.15	148.89	3234.38	36.60	13.55
	(2014. 6)	540.27	499.46	12.07	1682.19	233.70	4567.70	122.00	14.87
(2015. 5)	134.8	119.8	4.0	418.6	54.0	11400	61.0	21.58	

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
영흥2	(2008.12)	24.46	13.07	5.58	80.92	22.19	69.03	189.1	0.43
	(2009. 5)	26.04	15.53	4.96	89.03	20.55	64.03	256.20	0.12
	(2010. 5)	26.21	14.92	3.58	97.30	23.41	75.17	240.95	ND
	(2011. 6)	25.67	17.16	2.95	74.53	18.71	72.67	244.00	ND
	(2012. 6)	25.55	13.01	2.79	73.59	23.56	56.56	204.35	ND
	(2013. 6)	24.26	12.42	3.00	67.68	23.28	38.98	237.90	ND
	(2014. 6)	23.60	15.91	3.85	79.47	16.28	57.29	231.80	0.16
	(2015. 5)	27.4	12.4	3.0	63.7	17.6	51.6	201.3	ND



<영흥지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

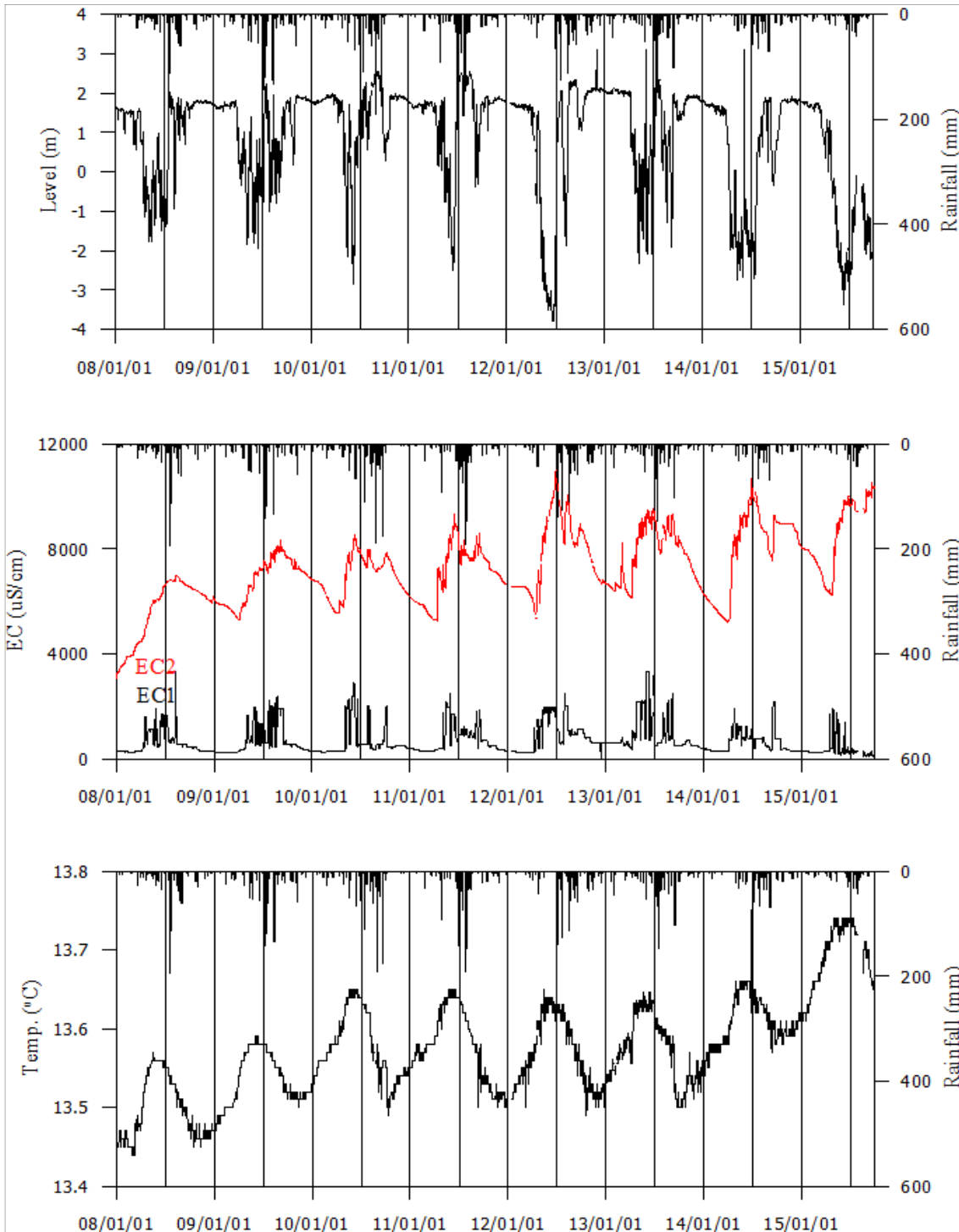
구 분	관측공	영 흥1	영 흥2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	1.61	-
	2008.12	2.77	0.63
	2009. 5	2.89	0.43
	2010. 5	59.00	0.54
	2011. 6	6.56	0.51
	2012. 6	142.45	0.48
	2013. 6	151.85	0.28
	2014. 6	64.33	0.42
	2015. 5	32.66	0.44

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

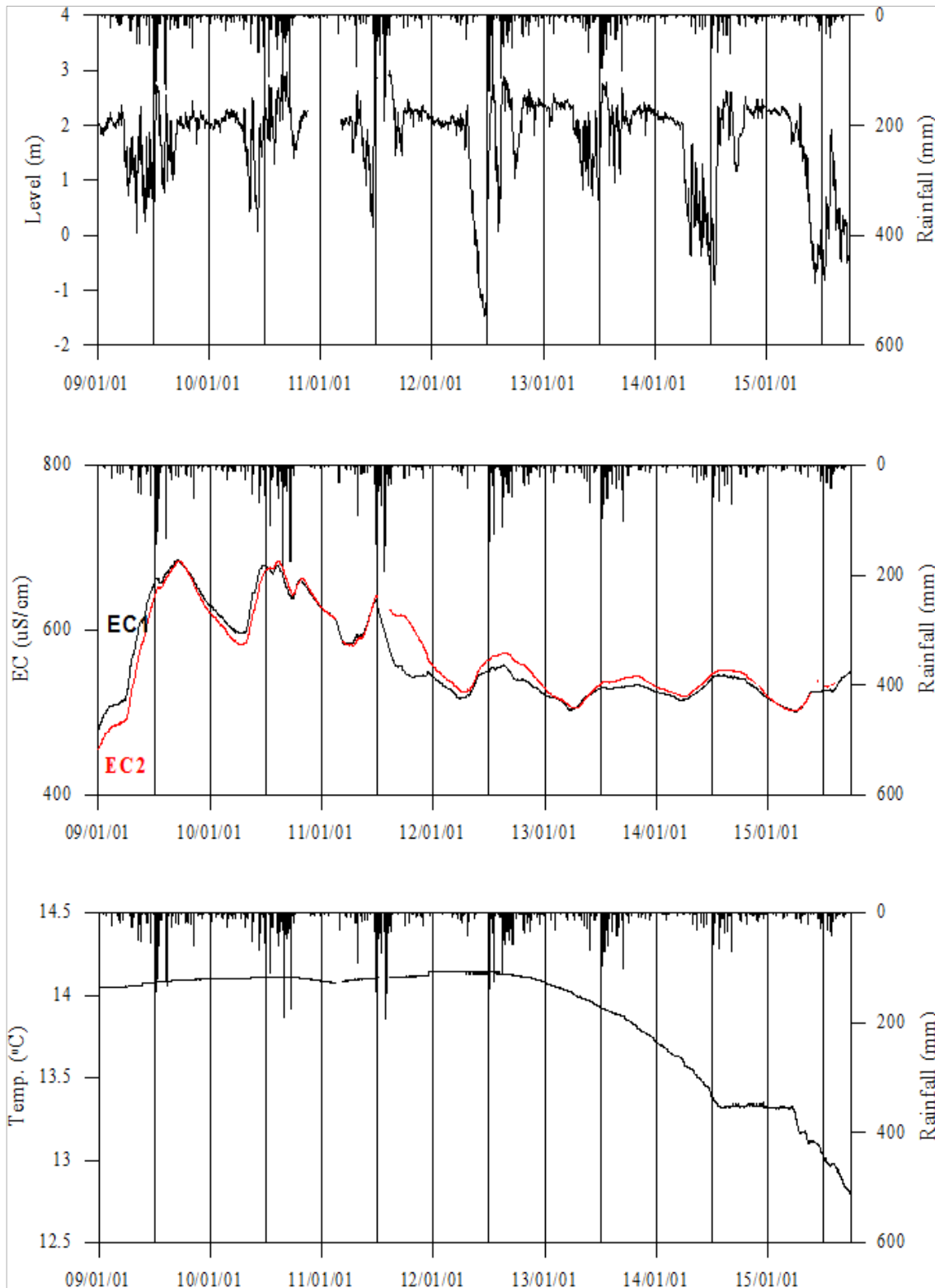
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
영 흥1	2008	0.79	-1.77	2.04	652	257	3,310	5,524	3,066	6,975
	2009	0.81	-1.94	2.22	770	233	2,368	6,723	5,306	8,303
	2010	1.35	-2.86	2.61	677	245	2,886	7,025	5,553	8,544
	2011	1.30	-2.48	2.56	767	289	2,501	7,073	5,272	9,302
	2012	0.69	-3.80	2.33	911	247	2,463	7,968	5,341	10,990
	2013	1.06	-2.33	3.10	1,064	356	3,328	7,661	6,140	9,530
	2014	-0.03	-2.76	3.10	650	284	1,917	7,430	5,226	10,702
	2015	-0.24	-3.36	1.79	352	83	1,910	8,440	6,223	10,494
영 흥2	2009	1.68	0.03	2.72	600	480	685	581	456	683
	2010	1.99	0.07	3.10	639	596	679	632	582	683
	2011	1.97	0.14	3.00	589	542	636	609	581	641
	2012	1.61	-1.47	2.89	538	517	558	551	525	573
	2013	2.04	0.65	2.79	518	503	531	520	506	537
	2014	1.21	-0.88	2.35	526	515	546	531	519	551
	2015	1.06	-0.87	2.40	520	501	550	513	502	550

6. 장기관측 결과



<영흥1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영흥2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>

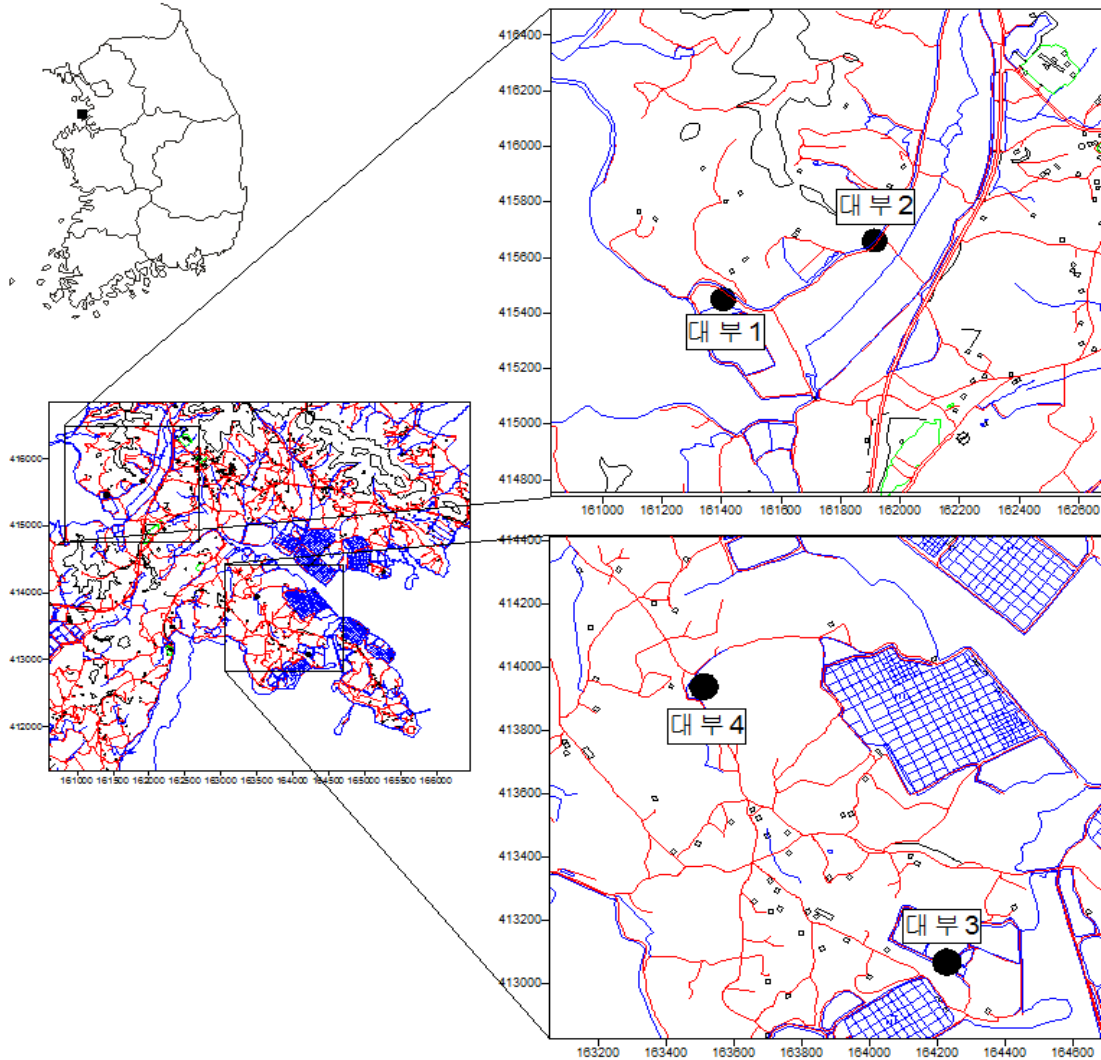
(a)지하수 수위, (b)전기전도도, ©수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영흥1 관측공은 2007년에 설치한 관측망으로 해안쪽에 설치하였으며 영흥1 관측공의 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측되어 내륙 쪽으로 해안에서 670 m 떨어진 곳에 영흥2 관측공을 2008년에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 영흥1 관측공은 2014년 까지 지표 하 20 m 및 30 m 구간에서 전이대가 뚜렷하게 나타나며 전기전도도 값은 약 8,000 $\mu S/cm$ 에서 15,000 $\mu S/cm$ 내외로 급격하게 증가하는 경향이 나타났다. 2015년에는 지표 하 약 10 ~ 25 m 구간에서 전이대가 나타나 지속적인 모니터링이 필요하다. 영흥2 관측공은 2012년 이후 뚜렷한 전이대 없이 약 550 $\mu S/cm$ 내외의 일정한 값을 보이고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영흥1 관측공은 Ca-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 32.66으로 해수침투의 영향을 받은 것으로 분석되었다. 영흥2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비도 0.44로 해수침투의 영향은 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 영흥1 관측공의 2015년 연평균 EC1 전기전도도는 352 $\mu S/cm$ 이며, EC2 전기전도도는 8,440 $\mu S/cm$ 으로 심도가 깊어질수록 염수침입에 의해 전기전도도는 증가추세이다. 영흥2 관측공의 EC1 센서의 2015년 연평균 전기전도도는 520 $\mu S/cm$, EC2의 전기전도도는 513 $\mu S/cm$ 로서, 두 센서에서 측정되는 전기전도도는 관측공 개발 이래 감소추세이다.
- 5) 장기관측결과 : 영흥1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 수위변화는 연간 약 5 m 내외이며, 4월 이후 양수에 의한 지하수 수위 하강 현상이 나타난다. EC1 센서의 전기전도도는 지하수 수위가 감소하면 증가하고 지하수 수위가 회복되면 낮아지는 경향을 나타내지만 EC2 센서는 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있어 해수침투가 진행되었음을 나타내고 있다. 영흥2 관측공의 지하수 수위 변화는 약 3 m 내외이며, 수위 변화가 영흥1 관측공과 유사한 양상을 나타내고 있다. 전기전도도는 EC1과 EC2의 전기전도도 값이 유사한 변동 양상을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 영흥지구는 주변관정의 양수 등으로 수위강하가 뚜렷하게 나타나고 있고, 수위변동에 의한 심도별 전기전도도 값의 변화를 감지할 수 있으므로 지속적인 모니터링이 필요하다.

2.1.5 대부지구

1. 위치

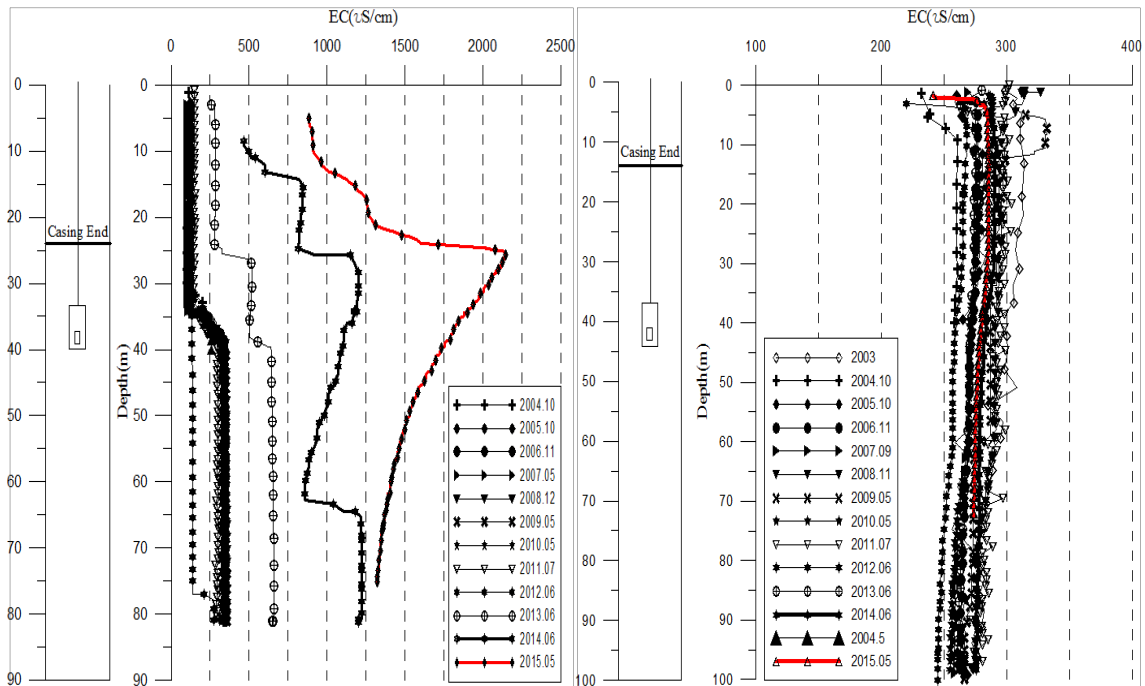


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대부1	안산시 단원구 대부북동 1532	161684.831	415464.242	5.905	2003	230	3.255
대부2	안산시 단원구 대부북동 642-157	162204.426	415669.024	4.787	2003	780	2.787
대부3	안산시 단원구 대남부동 32-4	164186.83	413023.54	4.089	2010	690	1.36
대부4	안산시 단원구 대부남동 산390	163471.018	413894.360	9.396	2011	630	3.65

2. 지형 및 지질

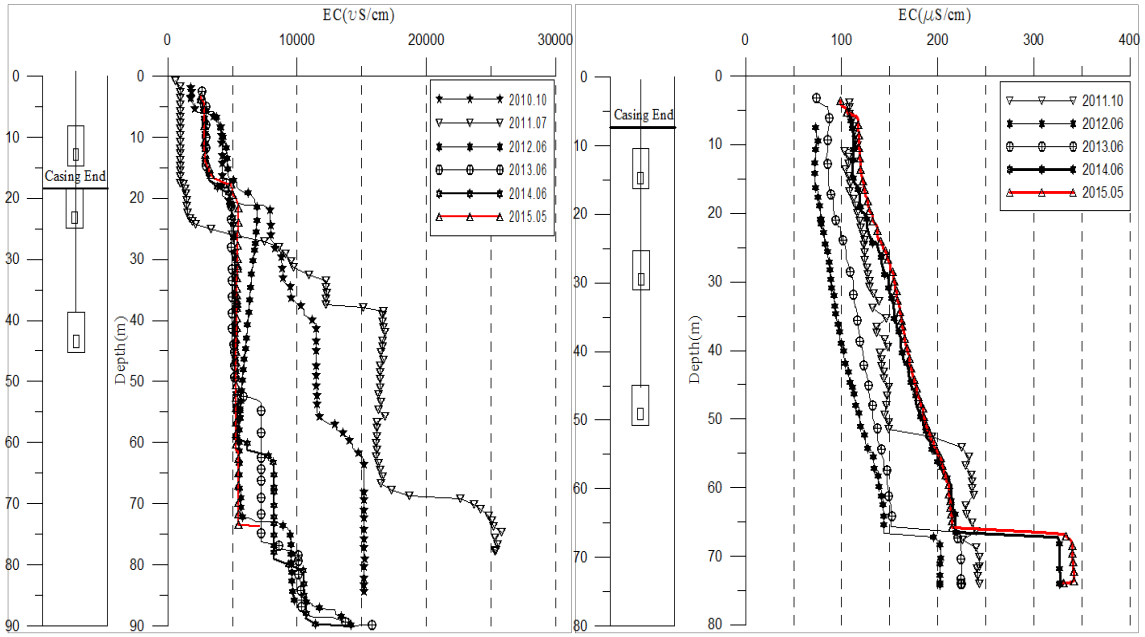
이 지역은 안산시 대부분은 해발고도 100 m 이하 낮은 구릉지로 이루어져 있는 해안 변으로, 지질은 선캄브리아기 변성암류인 화강편마암이 주를 이루고 있으며, 이를 중생대 쥐라기 화성암류가 관입하고 있다. 변성암류의 주요 암석은 편마암, 편암, 규암, 석회암 등이고 화성암류는 흑운모화강암, 응회암, 유문암, 안산암 등이 발달하고 있다.

3. 지하수 검층



<대부1 관측공>

<대부2 관측공>



<대부3 관측공>

<대부4 관측공>

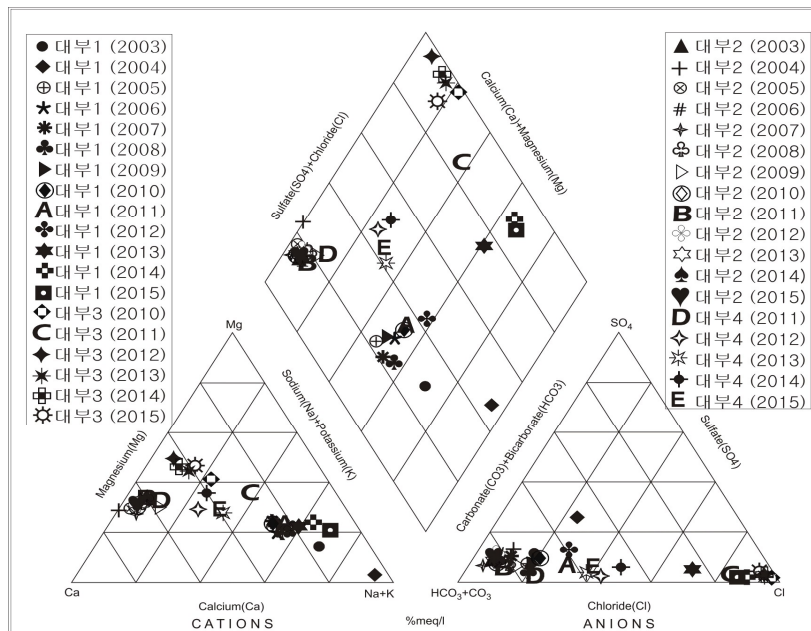
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-	
대부1	(2003. 9)	22.22	2.34	1.85	4.96	4.89	6.35	41.40	31.20	3.25
	(2004.10)	44.48	ND	ND	1.52	30.22	20.00	80.52	12.00	0.49
	(2005.10)	11.45	2.91	0.83	5.94	4.14	6.12	45.75	ND	0.09
	(2006.11)	14.39	2.81	0.83	6.25	3.70	6.39	45.75	ND	ND
	(2007.10)	13.58	2.88	0.94	5.57	4.56	6.33	51.85	ND	0.13
	(2008.11)	12.40	2.84	0.63	5.05	3.65	7.78	48.80	ND	0.06
	(2009. 5)	13.32	3.45	1.19	6.10	3.87	7.90	48.80	ND	0.07
	(2010. 5)	16.77	4.24	0.78	7.72	5.30	11.58	54.90	ND	ND
	(2011. 6)	16.06	3.72	0.81	6.79	3.61	13.32	41.18	4.50	ND
	(2012. 6)	17.78	3.49	0.97	5.59	7.65	15.97	48.80	ND	0.05
	(2013. 6)	34.64	6.76	1.23	9.02	4.53	58.58	33.56	3.00	0.60
	(2014. 6)	100.61	19.97	3.03	16.61	4.64	205.55	33.55	0.00	1.07
(2015. 5)	114.23	17.71	2.87	15.73	4.19	208.79	48.80	0.00	0.78	

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
대부2	(2003. 9)	3.50	11.37	0.66	33.54	11.86	7.55	153.60	ND	9.23
	(2004.10)	ND	7.77	ND	31.23	15.51	9.79	115.90	ND	ND
	(2005.10)	2.67	11.25	0.75	42.45	12.34	8.33	152.50	ND	ND
	(2006.11)	3.43	11.26	1.20	38.39	10.23	9.13	131.15	ND	ND
	(2007.10)	4.13	14.03	1.31	42.05	11.89	7.73	170.80	ND	ND
	(2008.11)	5.48	10.31	1.02	34.73	12.16	12.10	146.40	ND	0.08
	(2009. 5)	8.79	12.28	2.30	38.87	10.23	17.43	146.40	ND	0.20
	(2010. 5)	4.42	12.36	0.84	47.57	12.19	10.13	173.85	ND	ND
	(2011. 6)	4.85	12.13	1.06	37.87	12.44	11.47	155.55	ND	ND
	(2012. 6)	3.92	11.31	0.63	38.96	13.11	8.37	155.55	ND	0.04
	(2013. 6)	3.89	12.26	0.70	39.44	11.12	8.04	155.55	ND	0.06
	(2014. 6)	4.80	13.37	0.71	38.51	12.26	7.67	152.50	0.00	0.07
(2015. 5)	3.71	12.94	0.92	41.25	12.65	7.8	161.65	0.00	ND	
대부3	(2010.10)	694.39	642.78	8.27	842.96	235.05	4269.4	122.00	ND	19.86
	(2011. 6)	112.61	58.32	1.47	67.56	25.88	417.05	105.23	1.50	2.41
	(2012. 6)	157.54	431.96	6.45	606.06	49.57	2347.76	82.35	ND	15.63
	(2013. 6)	127.51	195.46	4.24	306.22	24.60	1209.54	79.30	ND	5.84
	(2014. 6)	140.62	302.54	7.24	440.24	44.35	1622.30	76.25	0.00	10.93
	(2015. 5)	102.80	141.58	7.06	215.16	36.58	769.71	109.80	0.0	1.56
대부4	(2011.11)	3.77	4.70	1.37	15.32	1.55	9.75	61.00	ND	ND
	(2012. 6)	4.37	2.78	0.63	7.62	1.32	9.86	21.35	ND	0.03
	(2013. 6)	5.85	2.72	0.60	6.30	1.34	11.61	30.50	ND	0.14
	(2014. 6)	7.69	5.27	0.82	10.85	2.91	19.63	33.55	0.00	0.06
	(2015. 5)	7.74	4.47	1.00	9.64	2.69	14.87	36.60	0.0	n.d.



<대부지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공				
	년. 월	대부1	대부2	대부3	대부4
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	0.26	0.09	-	-
	2004.10	0.43	0.15	-	-
	2005.10	0.23	0.09	-	-
	2006.11	0.24	0.12	-	-
	2007.10	0.21	0.08	-	-
	2008.11	0.27	0.14	-	-
	2009. 5	0.28	0.20	-	-
	2010. 5	0.36	0.10	60.13(2010.10)	-
	2011. 6	0.50	0.13	6.71	0.27(2011.11)
	2012. 6	0.56	0.09	48.99	0.79
	2013. 6	2.75	0.09	26.21	0.65
	2014. 6	10.53	0.09	36.56	1.01
2015. 5	7.36	0.08	12.06	0.70	

5. 년도별 관측자료 분석

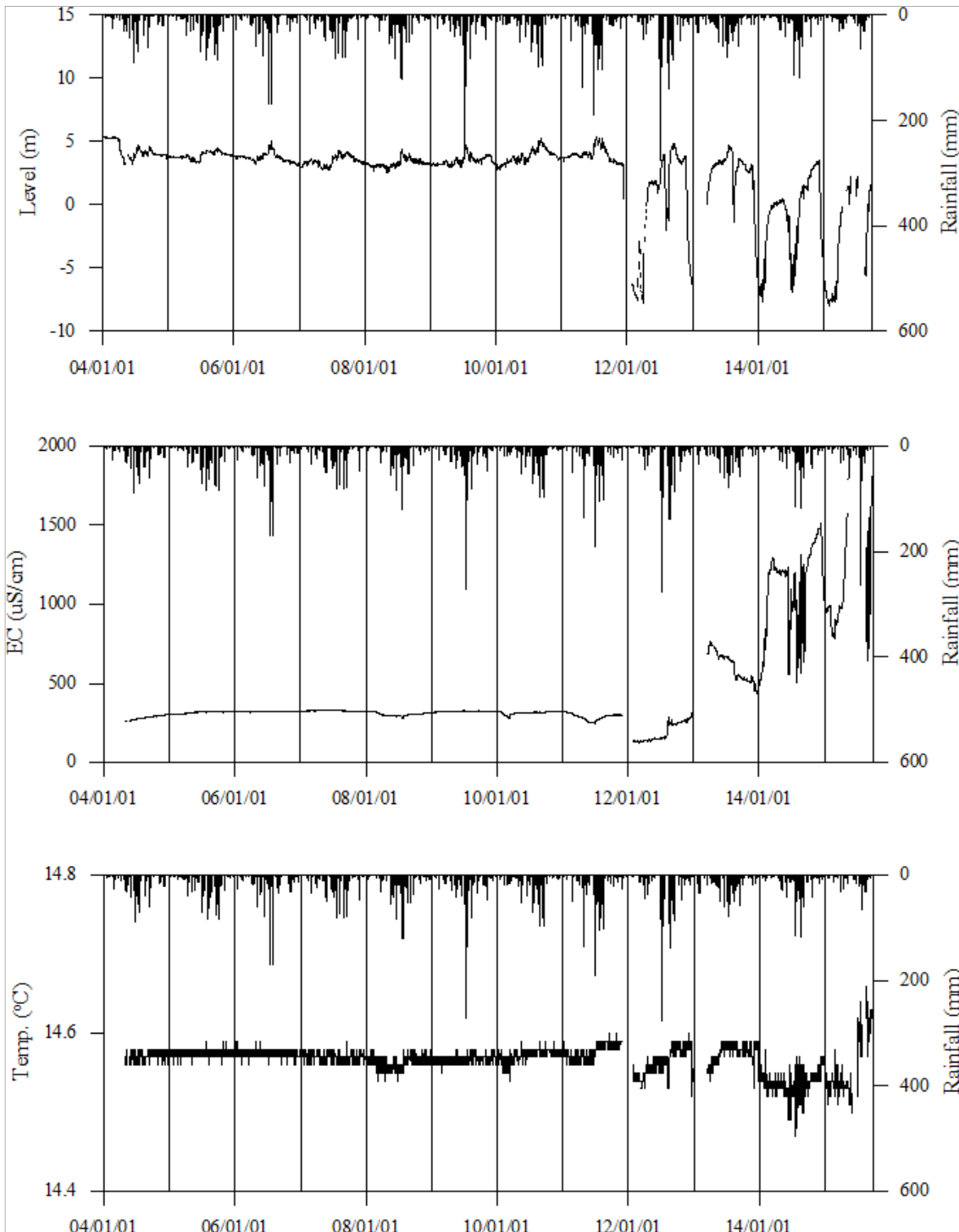
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
대부1	2004	4.33	3.17	5.41	276	235	303	-	-	-
	2005	3.89	3.32	4.51	315	303	323	-	-	-
	2006	3.79	3.22	5.04	322	317	326	-	-	-
	2007	3.48	2.76	4.29	327	322	333	-	-	-
	2008	3.30	2.51	4.35	304	275	326	-	-	-
	2009	3.46	2.98	4.74	323	315	328	-	-	-
	2010	3.81	2.76	5.21	312	276	325	-	-	-
	2011	4.07	3.33	5.37	287	244	321	-	-	-
	2012	0.41	-7.73	4.79	187	122	284	-	-	-
	2013	-0.19	-7.64	4.68	608	349	766	-	-	-
	2014	-2.34	-7.72	0.43	1,035	483	1,298	-	-	-
	2015	-3.34	-7.99	2.27	1,336	647	2,720	-	-	-

(단위 : m, $\mu S/cm$)

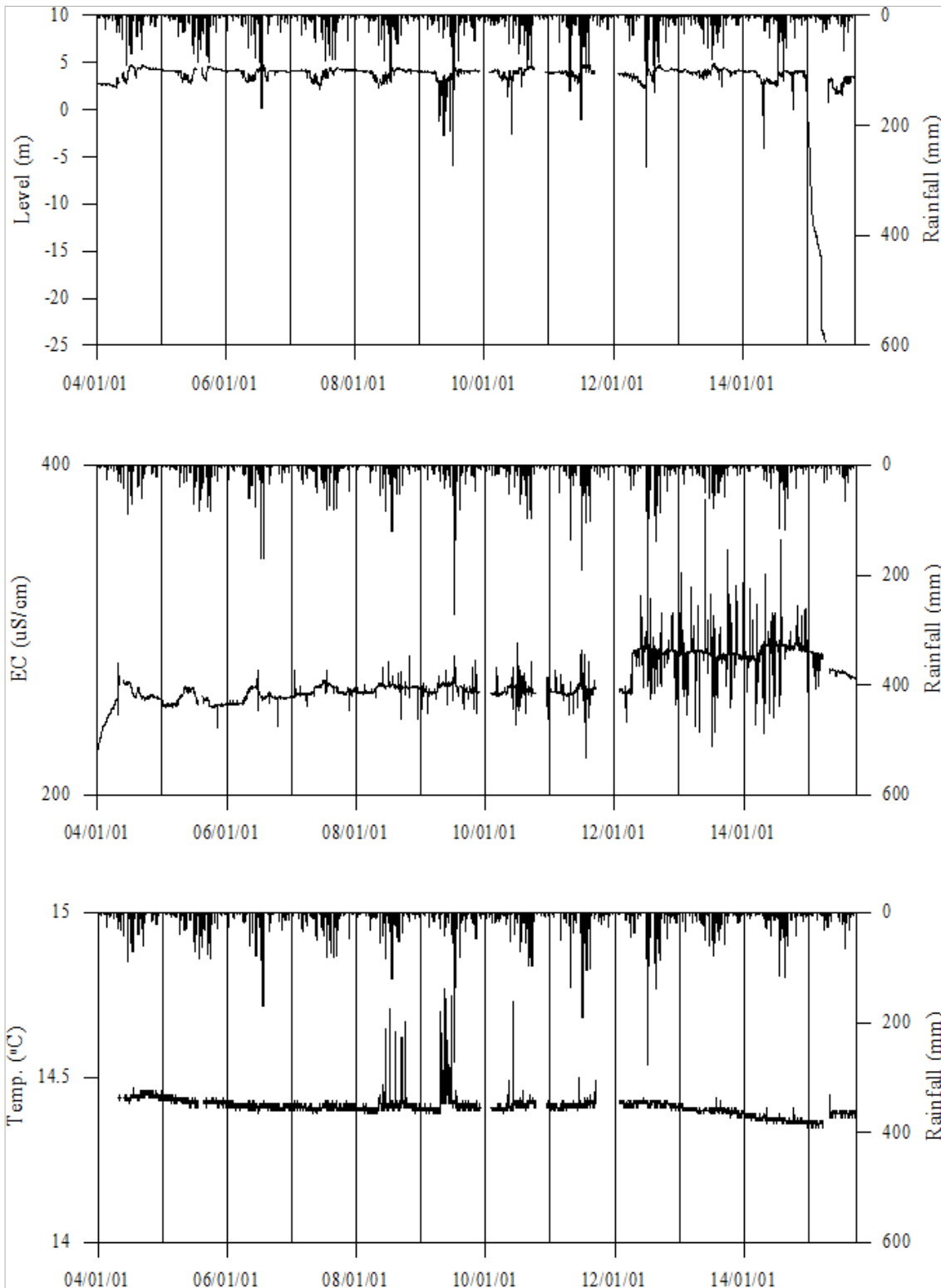
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
대부2	2004	3.68	2.38	4.74	257	228	280	-	-	-
	2005	3.96	2.75	4.62	258	241	266	-	-	-
	2006	4.09	4.02	4.21	259	242	276	-	-	-
	2007	3.86	2.18	4.46	264	254	276	-	-	-
	2008	3.70	-2.17	4.47	265	246	284	-	-	-
	2009	3.64	-2.74	4.72	265	250	284	-	-	-
	2010	3.93	-2.58	4.66	264	243	292	-	-	-
	2011	4.01	2.79	4.75	263	223	288	-	-	-
	2012	3.79	2.23	4.79	282	244	321	-	-	-
	2013	4.02	3.17	4.84	286	230	379	-	-	-
	2014	3.35	-4.05	4.16	287	237	355	-	-	-
2015	-3.99	-24.59	3.59	278	264	288	-	-	-	
대부3	2011	2.76	1.84	3.57	7,283	1,108	11,434	17,480	13,762	19,593
	2012	2.20	-0.90	3.39	6,154	4,473	10,945	7,909	4,562	20,415
	2013	2.76	1.15	3.48	5,309	4,545	11,615	5,905	4,966	7,239
	2014	1.86	-0.45	2.94	5,453	4,641	6,167	6,762	5,117	8,275
	2015	1.46	-1.08	2.91	5,142	4,599	5,522	5,003	2,472	8,847
대부4	2012	5.61	2.48	7.28	106	91	122	125	114	150
	2013	6.26	5.73	7.24	115	99	127	88	69	119
	2014	5.53	4.08	6.12	155	131	186	81	71	94
	2015	4.87	3.57	6.29	181	148	221	147	122	211

6. 장기관측 결과



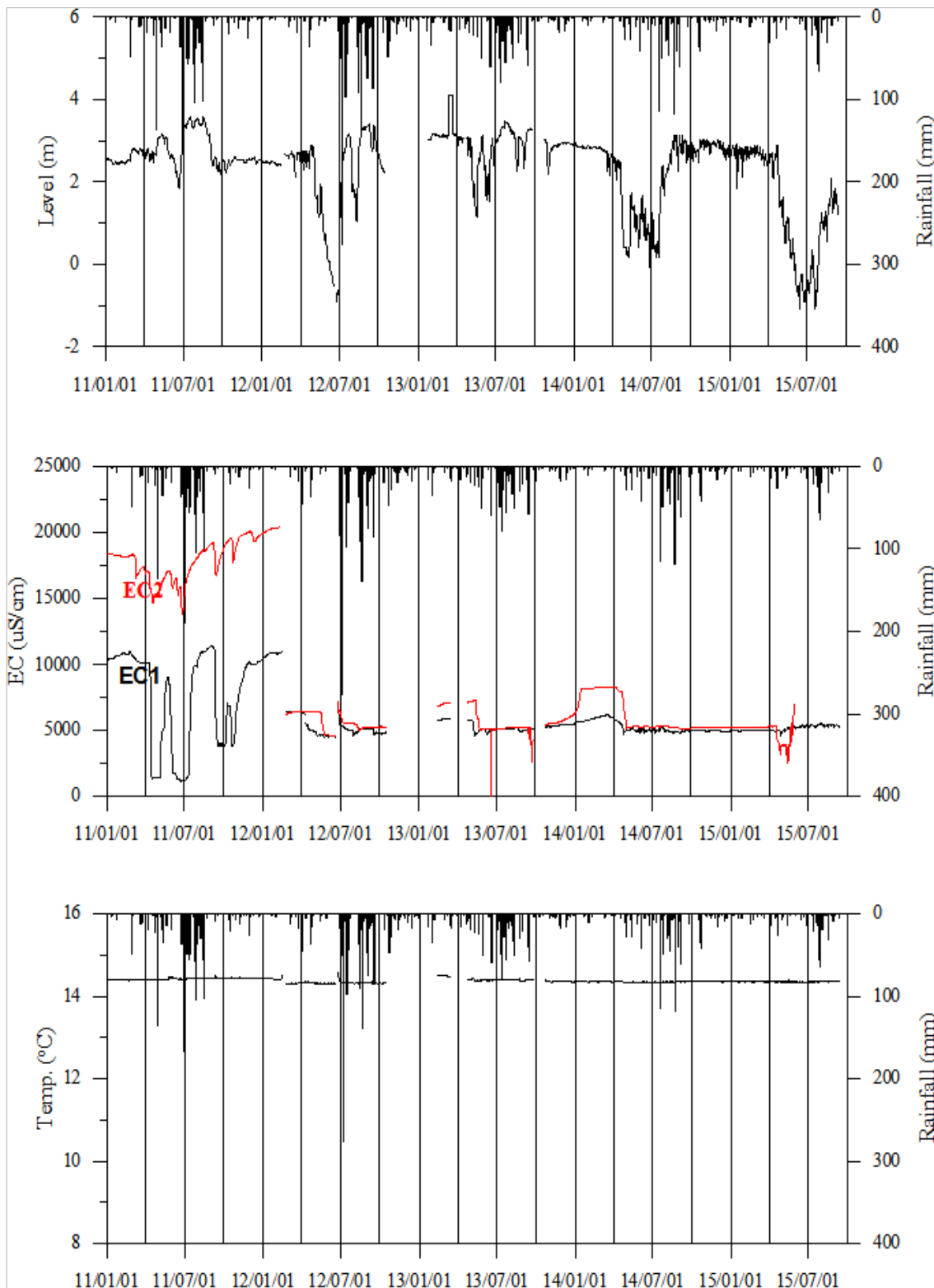
<대부1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a) 지하수 수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



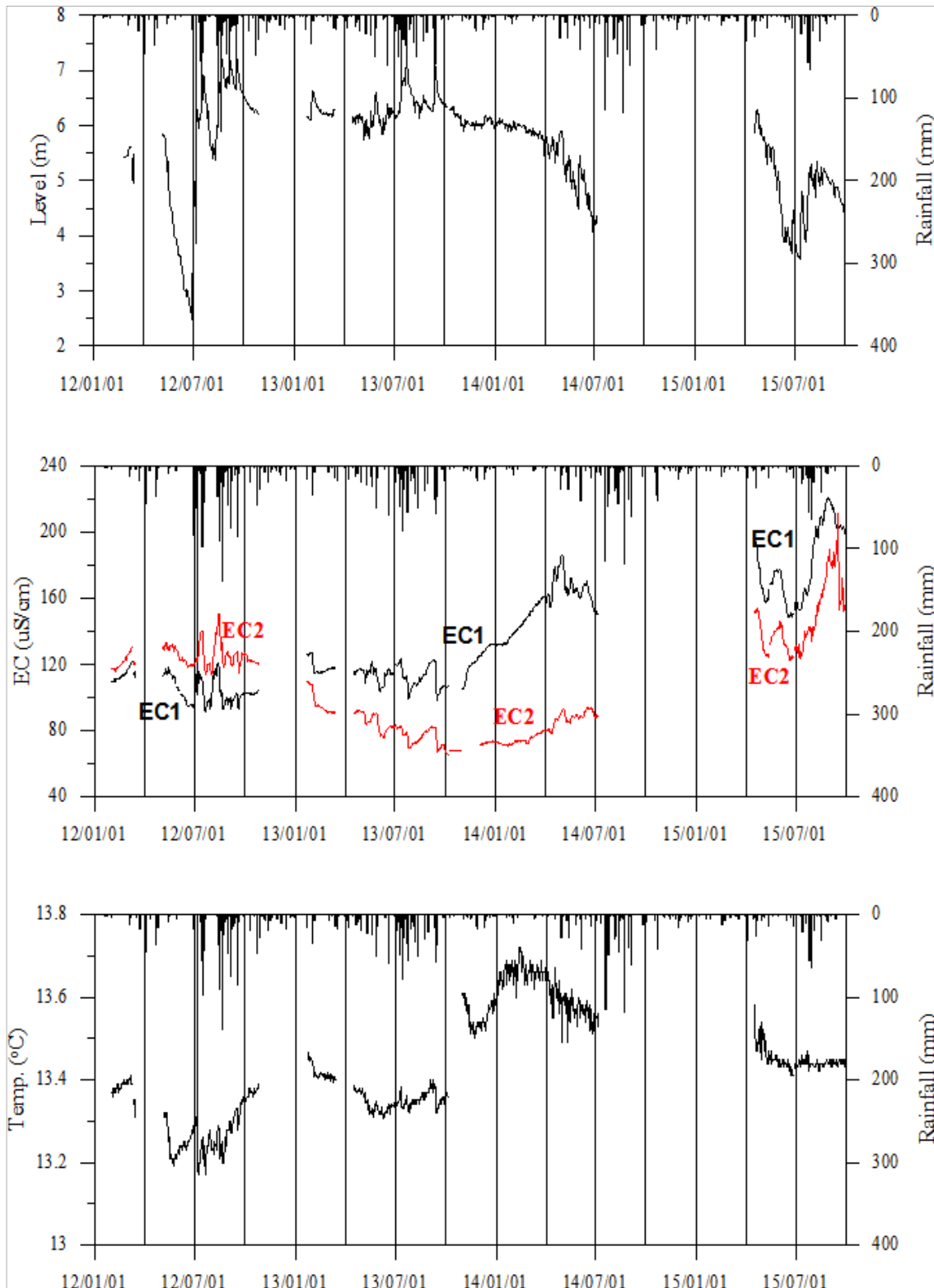
<대부2 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대부3 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대부4 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a) 지하수 수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

7.

현황 및 대책

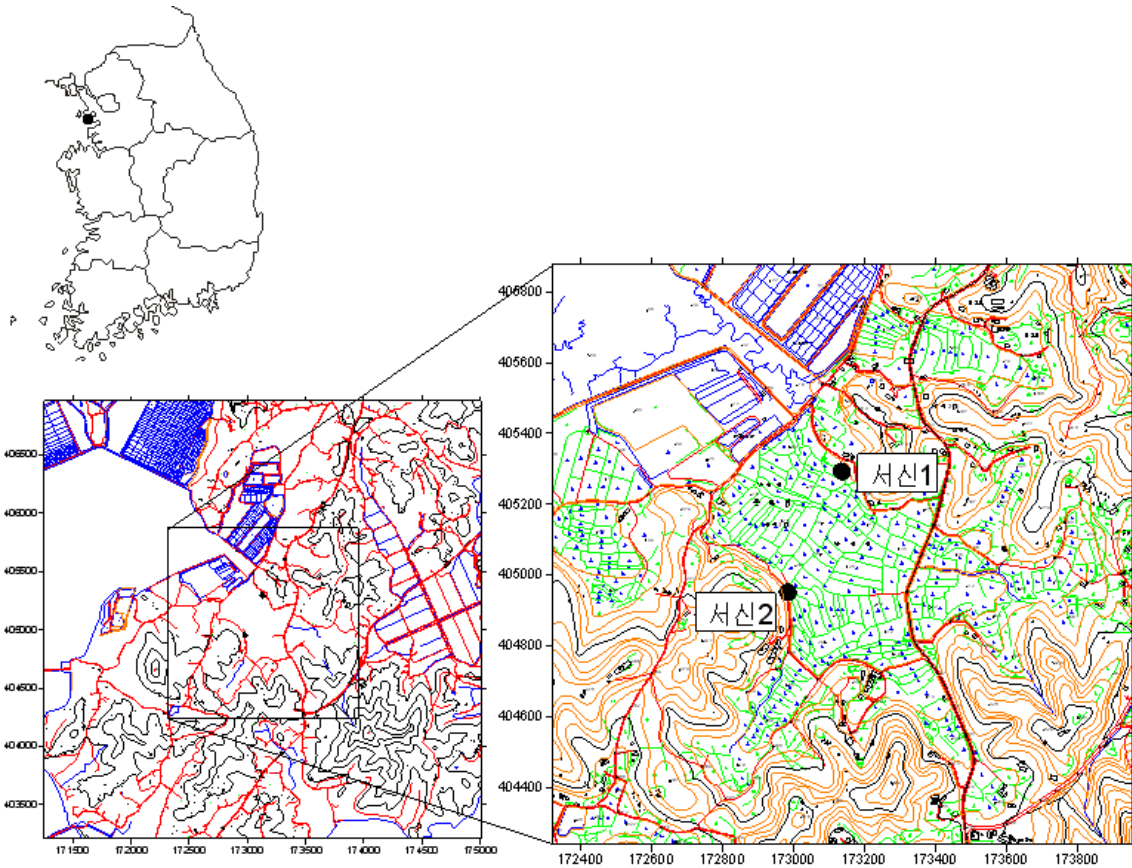
- 1) 위치선정 : 대부1, 2 관측공은 2003년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기관측을 실시하고 있다. 대부3, 4 관측공은 2010, 2011년 신규 관측공으로 대부1, 2 관측공의 남동쪽 해안의 해수침투 영향을 분석하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 대부1 관측공은 2012년까지 지표 하 약 35 m 구간에서 전이대가 뚜렷하게 나타났으며, 전 구간의 전기전도도 검층값은 약 350 $\mu S/cm$ 이하였다. 2013년부터 관측공 내 염수 유입의 증가로 전이대 위치는 심도 약 25 m까지 상승하였고, 2014년에는 약 65 m 심도의 전이대가 추가로 발견되었다. 2013년부터 2015년까지 전구간의 전기전도도 검층값은 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타나며, 2015년의 전기전도도 검층값은 2014년에 비해 약 250 ~ 750 $\mu S/cm$ 가 급격히 증가하였다. 이는 주변 대수층 내 염수침투에 의해 전기전도도의 증가가 발생한 것으로 판단되어 향후 해수침투에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 대부2, 대부3, 대부4 관측공의 2015년 검층결과, 이전까지 검층 패턴과 유사하게 나타났다. 대부2 관측공은 전이대가 나타나지 않으며 전기전도도 값은 약 300 $\mu S/cm$ 이하로서 해수침투 영향은 없는 것으로 나타났다. 대부3 관측공은 25 m, 75 m, 85 m 구간에서 전이대가 형성되어 전기전도도 값이 각각 5,000 $\mu S/cm$, 10,000 $\mu S/cm$, 15,000 $\mu S/cm$ 까지 단계적으로 상승하였다. 대부4 관측공은 전이대가 없는 담수이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과 대부1 관측공은 2013년 이래 Na-Cl 유형으로서 해수유입이 증가하는 추세이며, Cl/HCO₃ 몰비는 7.36으로 해수침투의 영향이 심각한 것으로 판단된다. 대부2, 4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.08와 0.70으로 분석됨에 따라 해수침투의 영향은 없거나 미약한 것으로 판단된다. 그러나, 대부3 관측공은 Ca-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 12.06으로 해수의 영향을 받고 있음을 알 수 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 대부1, 2 관측공의 연평균 전기전도도는 2004년부터 2015년 까지 187 ~ 1,336 $\mu S/cm$, 257 ~ 287 $\mu S/cm$ 로 측정되었으며, 두 관측공

모두 증가 추세이다. 특히, 대부1 관측공은 2012년 이전 $320\mu S/cm$ 이하에서 2013년 $608\mu S/cm$, 2014년 $1,035\mu S/cm$, 2015년 $1,336\mu S/cm$ 으로 비교적 크게 증가하여 관측공의 전기전도도와 주위 지하수 이용량에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 대부3 관측공의 연평균 전기전도도는 평균 값이 5,142 ~ 7,283 $\mu S/cm$ 을 나타내며 감소 추세에 있다. 대부4 관측공의 연평균 전기전도도 값은 106 ~ 181 $\mu S/cm$ 범위로 담수이다.

- 5) 장기관측결과 : 대부1 관측공은 2012년 이래로 주변 농경지의 지하수 이용량이 증가함에 따라, 봄철 지하수 수위 강하(약 10 m 내외)가 뚜렷하게 발생한다. 대부1 관측공의 전기전도도는 지하수이용량 증가에 따라 2015년 봄철에 최대 약 1,500 $\mu S/cm$ 까지 증가하였다. 대부2, 3 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 수위변화는 연간 약 3 m 이하의 변화 폭을 보인다. 대부2 관측공에서는 수위변화가 양수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 전기전도도는 280 $\mu S/cm$ 내외의 값을 나타내고 있다. 대부3 관측공의 수위 변화는 관개시기에 수위가 강하하며, 전기전도도 값은 2012년 이래로 EC1, 2가 약 5,000 ~ 10,000 $\mu S/cm$ 범위에서 유사하게 나타난다. 대부4 관측공의 수위변화는 7 m 이내로서 강수의 영향을 받고 있으며, 전기전도도 값은 EC1, 2 모두 200 $\mu S/cm$ 이하이고 지하수 수위 하강은 전기전도도 값의 증가, 지하수 수위 상승은 전기전도도 값의 감소로 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 대부지구의 경우 대부2, 4 관측공은 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 분석되었지만, 대부1, 3 관측공의 경우 전이대가 뚜렷하고 지하수 수위 변화에 따른 전기전도도의 변화 및 상승 경향이 감지되므로 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 주변 지하수 이용에 대한 대책을 마련할 필요가 있다.

2.1.6 서신지구

1. 위치

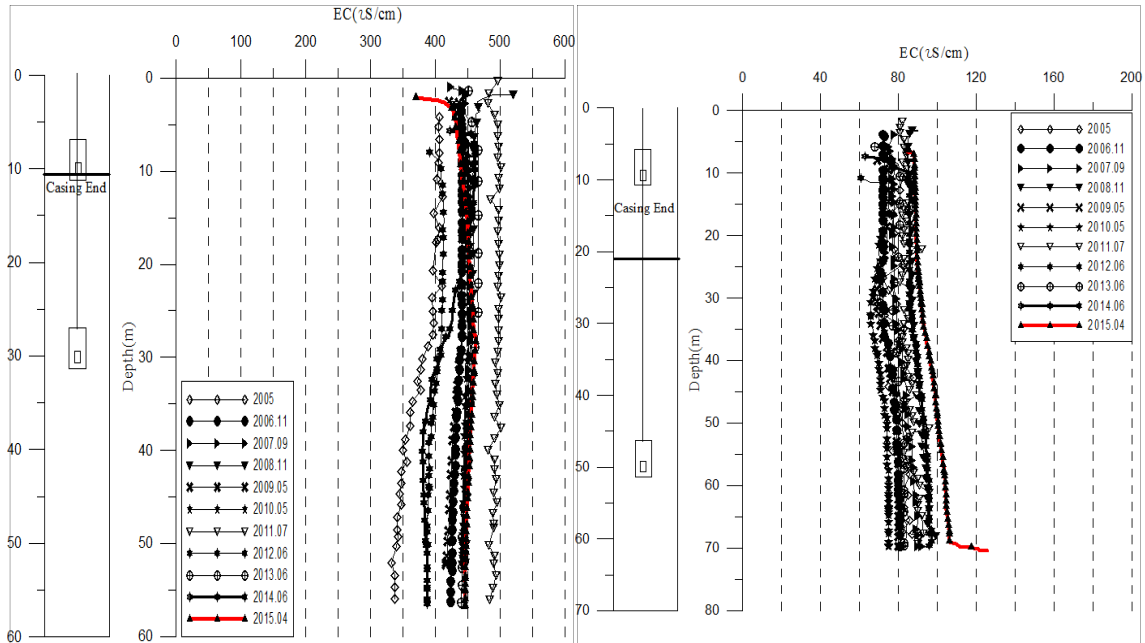


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
서신1	화성시 서신면 백미리 171-1	173135.241	405292.358	4.793	2004	180	3.023
서신2	화성시 서신면 백미리 107-1	172983.053	404951.508	5.635	2004	430	3.725

2. 지형 및 지질

이 지역은 화성시 서신면의 서쪽 해안 변으로 주변에는 남양만방조제와 화옹방조제가 위치하며, 본 지구는 방조제 외곽에 위치하고 있다. 지질은 선캠브리아기의 화강암질 편마암이 주를 이루고 있으며, 주변 지역에 산성암맥의 발달이 관찰된다.

3. 지하수 검층



<서신1 관측공>

<서신2 관측공>

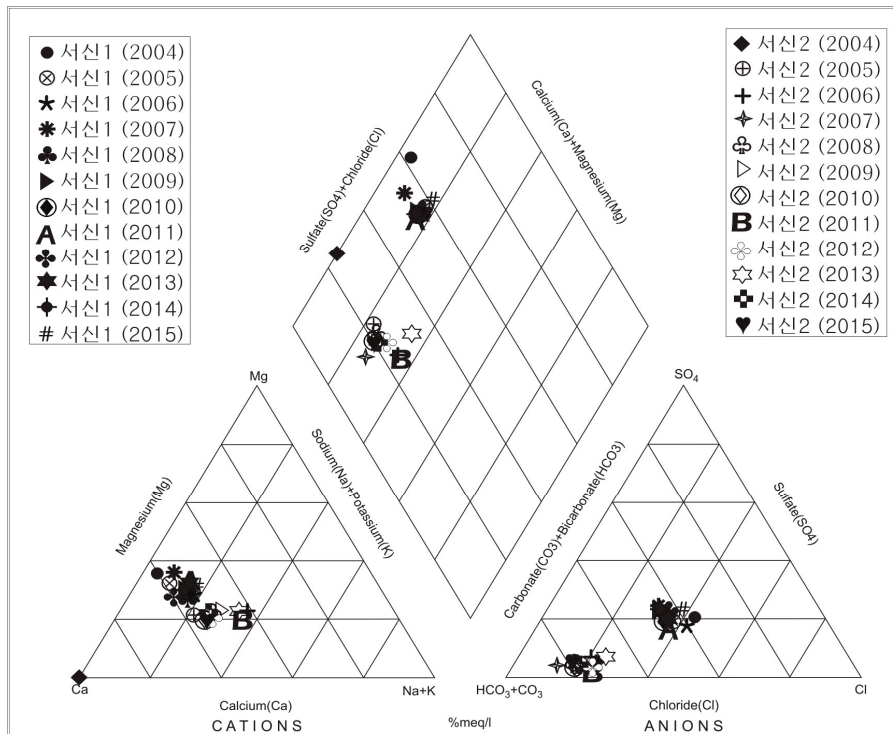
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
서신1	(2004.10)	1.69	8.83	ND	24.10	29.40	43.15	68.32	0.54
	(2005.10)	12.63	15.86	1.86	50.35	32.21	47.40	89.98	0.33
	(2006.11)	15.75	14.75	2.23	43.95	29.33	51.71	88.45	ND
	(2007.10)	14.64	20.05	3.80	53.97	41.26	51.74	106.75	0.48
	(2008.11)	15.07	14.61	2.14	47.83	37.73	44.47	100.65	0.27
	(2009. 5)	14.55	16.36	2.95	48.61	41.32	42.18	106.75	0.29
	(2010. 5)	15.31	15.93	1.87	48.66	34.65	45.54	103.70	ND
	(2011. 6)	15.09	17.62	2.51	52.33	33.21	50.47	106.75	ND
	(2012. 6)	14.39	15.47	2.06	60.06	39.09	44.72	100.65	ND
	(2013. 6)	14.78	16.88	2.70	47.79	37.13	50.96	112.85	ND
	(2014. 6)	12.93	16.66	2.02	47.35	39.59	44.19	103.70	0.67
	(2015. 5)	19.7	17.9	2.3	48.3	42.4	58.4	103.7	0.0

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
서신2	(2004.10)	ND	ND	ND	2.42	1.56	6.06	35.38	ND
	(2005.10)	3.75	2.16	0.82	7.93	2.06	4.81	32.03	0.14
	(2006.11)	5.54	1.93	0.84	5.78	1.66	5.36	33.55	ND
	(2007.10)	6.29	2.62	1.56	10.77	1.80	4.36	45.75	ND
	(2008.11)	4.56	2.13	0.70	8.78	1.67	4.96	39.65	0.06
	(2009. 5)	4.54	2.09	0.78	7.24	0.92	4.77	36.60	0.05
	(2010. 5)	4.61	1.91	0.61	8.89	1.23	4.99	39.65	ND
	(2011. 6)	5.37	1.79	0.62	6.10	0.68	5.27	30.50	ND
	(2012. 6)	4.45	1.79	0.60	8.20	0.97	5.58	30.50	ND
	(2013. 6)	6.21	2.13	0.54	7.08	2.16	7.14	33.5	ND
	(2014. 6)	5.47	2.44	0.76	10.13	1.14	5.53	39.65	ND
	(2015. 5)	4.90	2.27	0.96	10.14	2.14	4.99	45.75	ND



<서신지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	서신1	서신2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	1.09	0.30
	2005.10	0.91	0.26
	2006.11	1.01	0.28
	2007.10	0.83	0.16
	2008.11	0.76	0.22
	2009. 5	0.68	0.22
	2010. 5	0.75	0.22
	2011. 6	0.81	0.30
	2012. 6	0.76	0.31
	2013. 6	0.78	0.37
	2014. 6	0.73	0.24
	2015. 6	0.79	0.19

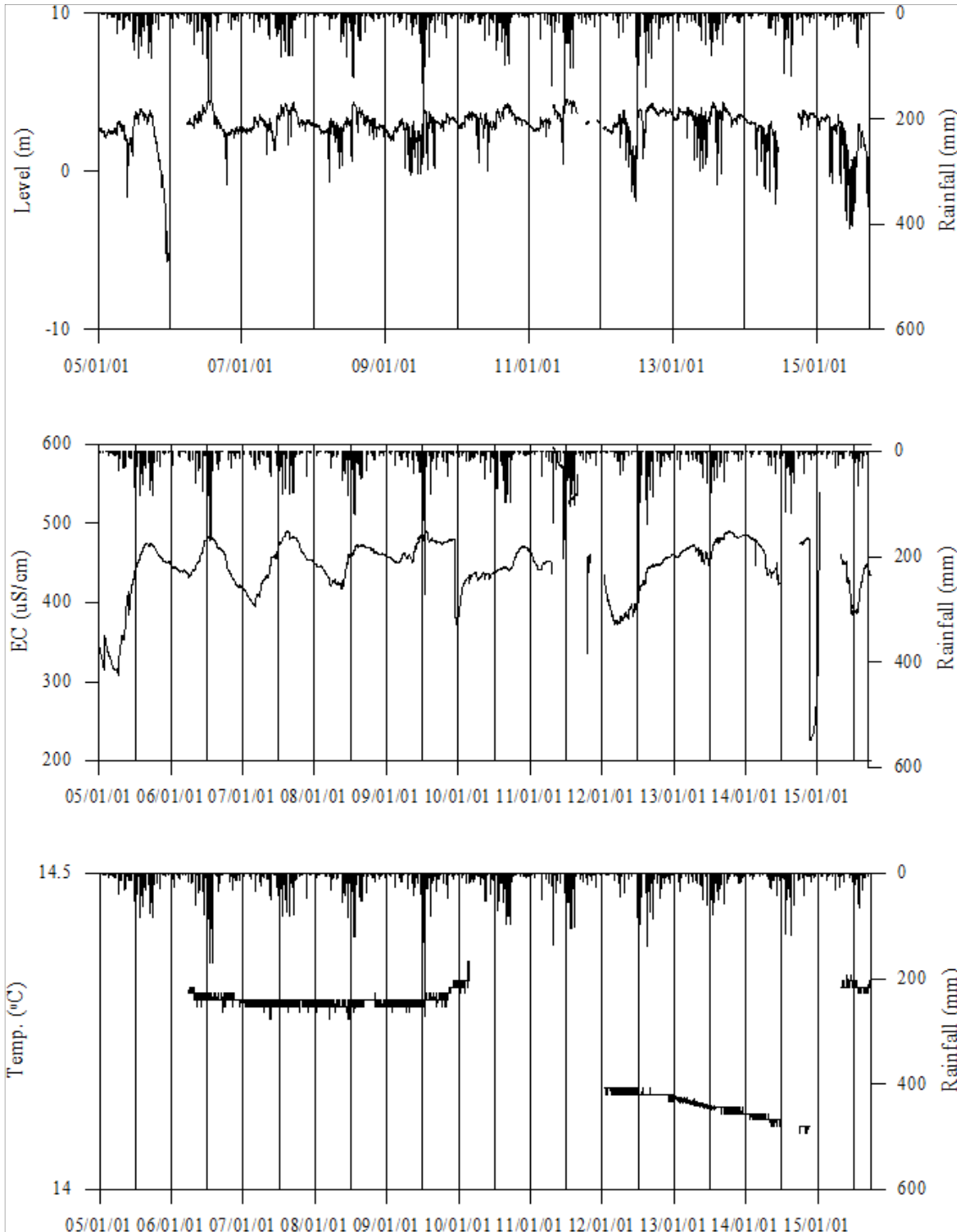
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
서신1	2005	4.22	4.01	4.31	428	413	437	-	-	-
	2006	3.94	3.17	4.53	440	395	556	-	-	-
	2007	4.17	3.17	5.45	456	287	497	-	-	-
	2008	2.95	-0.65	4.42	449	417	473	-	-	-
	2009	2.65	-0.27	3.89	468	450	491	-	-	-
	2010	3.35	0.04	4.26	436	381	465	-	-	-
	2011	3.41	0.46	4.54	474	89	1,407	-	-	-
	2012	2.96	-1.87	4.28	413	372	457	-	-	-
	2013	3.38	0.05	4.42	464	446	478	-	-	-
	2014	2.42	-2.07	3.36	460	423	486	-	-	-
	2015	1.90	-3.58	3.61	422	305	539	-	-	-
서신2	2005	1.87	-3.21	3.96	87	72	104	-	-	-
	2006	3.11	0.75	4.89	80	71	84	-	-	-
	2007	2.52	-2.34	3.92	87	77	95	-	-	-
	2008	1.94	-1.64	3.52	88	81	98	-	-	-
	2009	1.36	-3.39	3.29	91	83	101	-	-	-
	2010	2.19	-2.61	4.34	91	83	99	-	-	-
	2011	2.84	-1.70	4.89	87	80	101	-	-	-
	2012	1.51	-4.43	4.12	95	86	105	-	-	-
	2013	3.65	1.38	4.13	90	88	93	-	-	-
	2014	1.30	-3.31	3.63	92	89	97	-	-	-
	2015	-0.25	-3.87	3.39	101	94	115	-	-	-

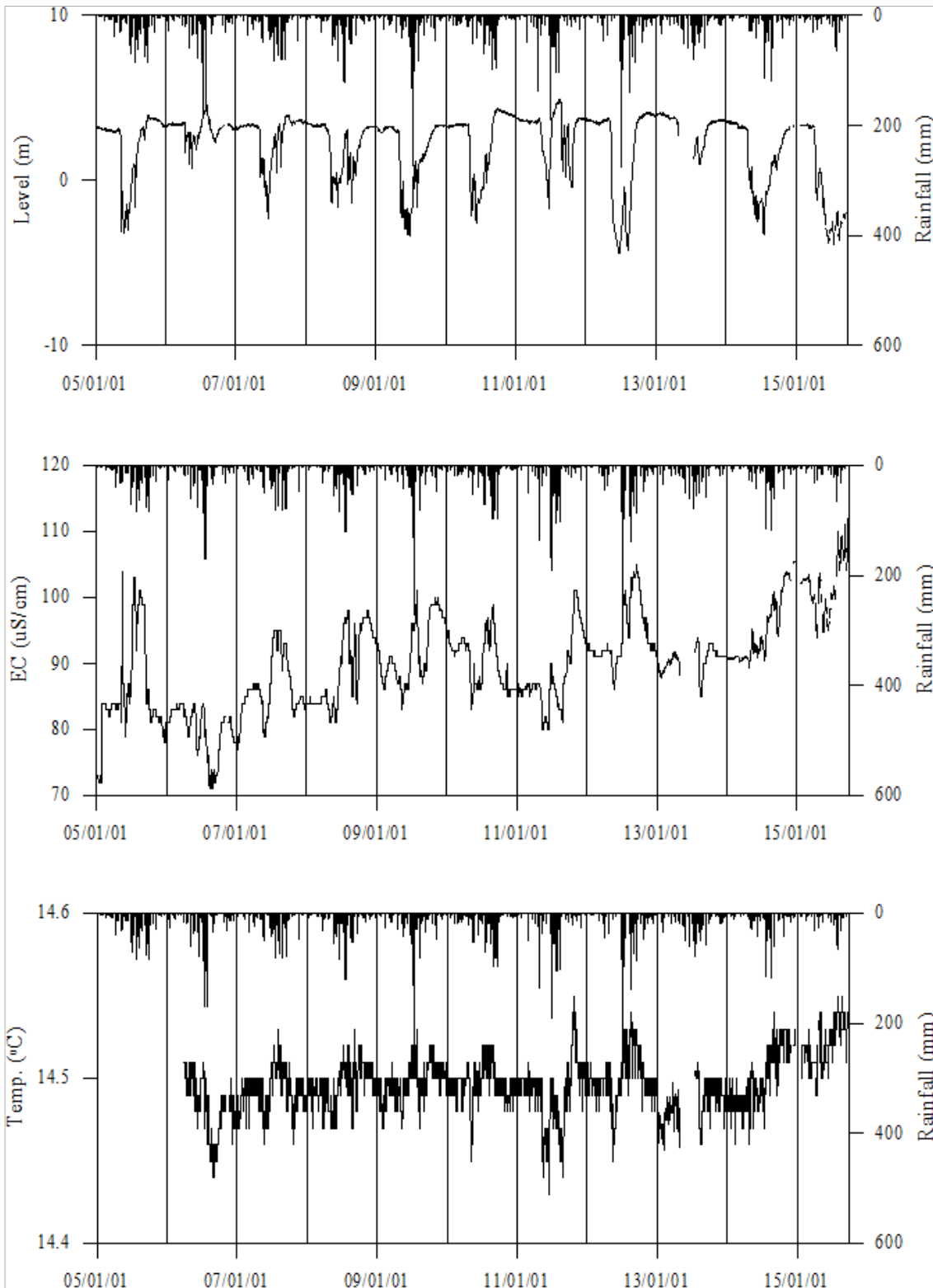
6.

장기관측 결과



<서신1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서신2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

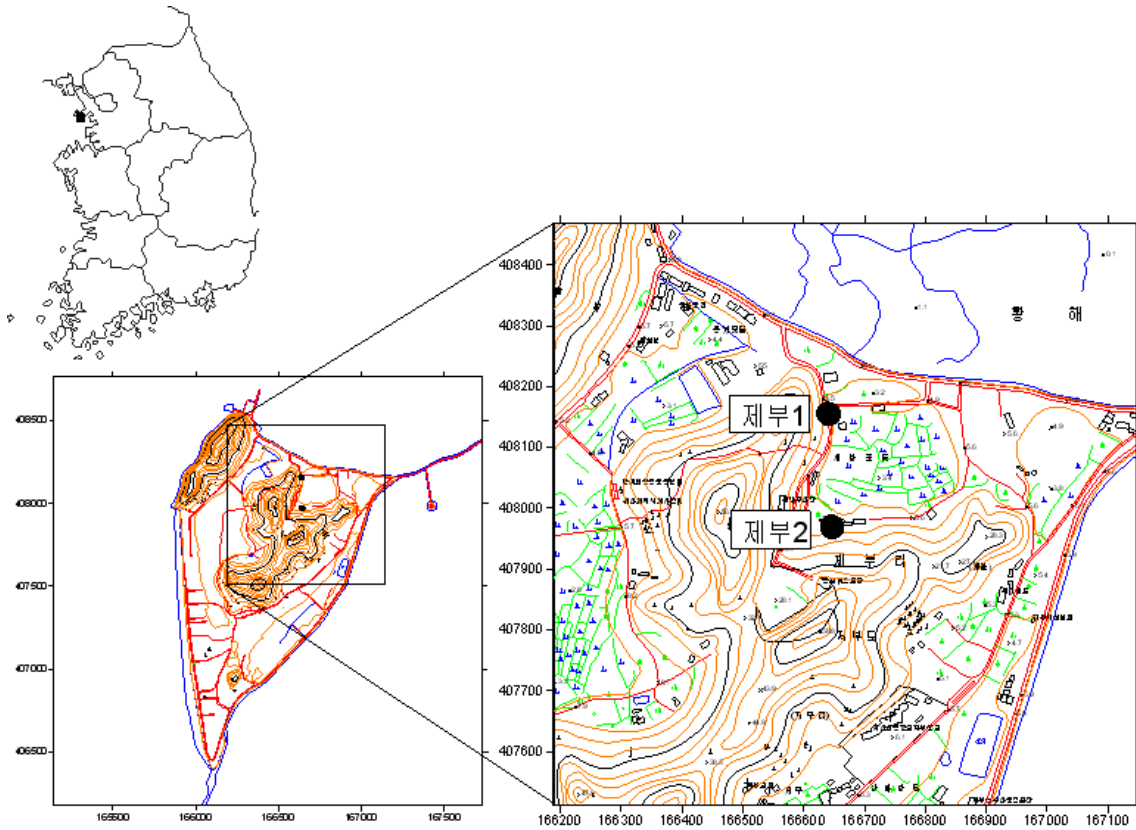
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서신1, 2 관측공은 2004년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 서신1, 2 관측공은 $400 \sim 500 \mu S/cm$ 와 $70 \sim 100 \mu S/cm$ 내외로 변화가 크지 않고 심도 증가에 따른 전기전도도 변화도 나타나지 않으므로 해수침투가 현재까지 발생하지 않는다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 서신1 관측공은 Ca-(HCO₃, Cl) 유형으로 나타나며, 서신2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당된다. 2015년 Cl/HCO₃ 몰비가 각각 0.79와 0.19로 해수유입의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 서신1, 2 관측공 모두 2005년부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 $413 \sim 474 \mu S/cm$ 과 $80 \sim 101 \mu S/cm$ 로 변화가 거의 없는 것으로 관측되었다.
- 5) 장기관측결과 : 서신1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과 지하수 수위 변동은 약 4 ~ 9 m 내외의 범위를 나타내며, 봄철 관개기에 주변 지하수 이용량 증가에 따라 지하수 수위가 하강하는 것으로 나타났다. 서신1, 2 관측공의 전기전도도는 강수에 비례적이다. 이는 강수 발생 시 지표오염물질 유입 등에 의한 이온 부하량 증가가 원인인 것으로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 서신지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었지만, 다른 지표오염원의 유입 가능성 등이 발견되며, 농어촌지하수의 관리를 위하여 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.1.7 제부지구

1. 위치

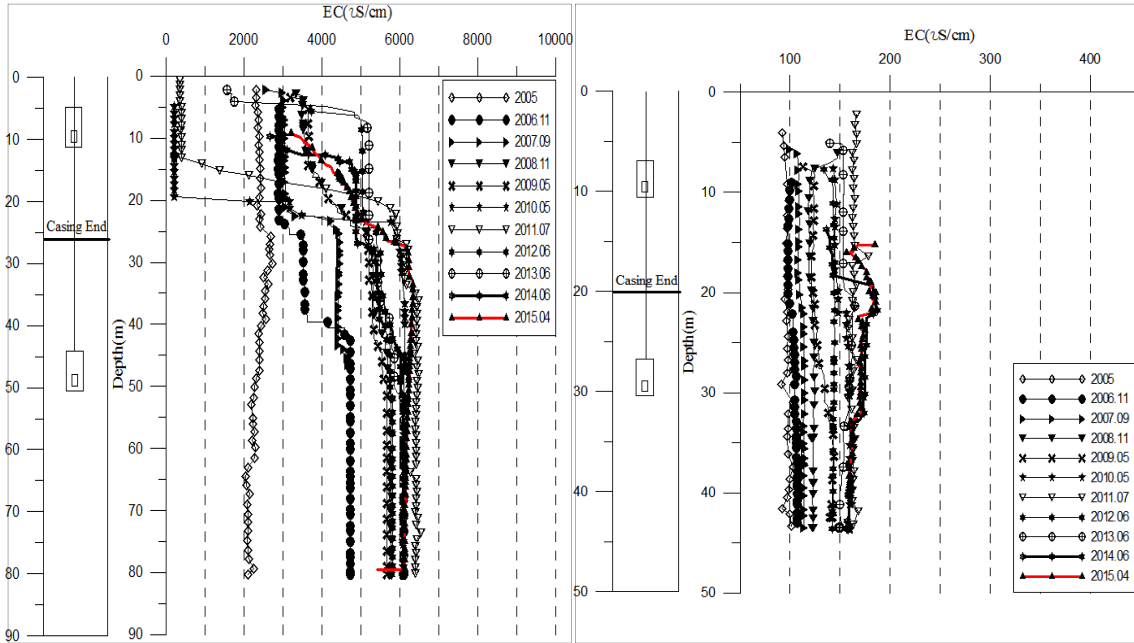


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
제부1	화성시 서신면 제부리 6-5	408155.546	166641.991	4.396	2005	80	2.774
제부2	화성시 서신면 제부리 10-2	407969.439	166647.422	7.133	2005	240	3.636

2. 지형 및 지질

이 지역은 화성시 서신면 제부도 지역으로 지질은 선캠브리아기의 편마암류와 부정합으로 놓여있는 시대미상의 편암이 주를 이루고 있으며, 주변 지역에 산성암맥이 소규모로 발달되어 있다.

3. 지하수 검층



<제부1 관측공>

<제부2 관측공>

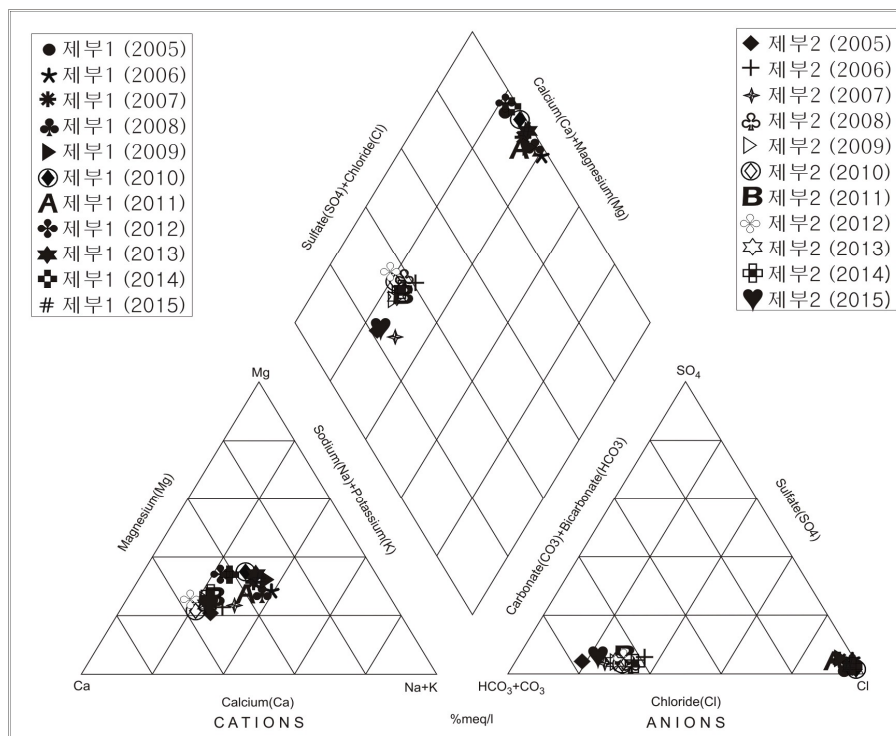
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
제부1	(2005.10)	123.32	87.49	4.07	180.53	37.18	712.14	56.43	3.14
	(2006.11)	256.08	99.31	5.74	176.66	42.44	977.90	39.65	ND
	(2007.10)	250.42	117.76	12.98	212.01	57.23	1007.73	39.65	ND
	(2008.11)	270.99	115.58	5.84	210.99	48.97	1087.95	21.35	ND
	(2009. 5)	252.48	125.63	7.83	215.30	47.94	908.94	54.90	12.55
	(2010. 5)	227.77	136.45	7.20	235.31	26.38	1075.91	36.60	3.95
	(2011. 6)	29.88	14.50	5.16	34.37	8.74	147.68	10.68	0.26
	(2012. 6)	257.53	224.45	9.28	480.46	32.88	1764.51	24.40	ND
	(2013. 6)	322.61	185.14	13.43	316.11	54.84	1398.21	33.55	7.52
	(2014. 6)	302.45	244.94	11.30	468.69	35.80	1803.34	42.70	6.34
(2015. 5)	410.9	205.2	7.9	376.7	32.8	1811.9	24.4	ND	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
제부2	(2005.10)	5.05	2.30	0.67	10.04	1.59	5.04	36.60	ND
	(2006.11)	6.27	2.80	1.15	10.34	2.23	9.56	27.45	ND
	(2007.10)	9.28	3.99	1.80	14.48	1.86	9.10	48.80	0.14
	(2008.11)	5.80	3.04	0.80	11.80	1.58	10.42	33.55	0.07
	(2009. 5)	5.75	3.45	1.13	12.93	1.46	9.53	39.65	0.08
	(2010. 5)	6.92	4.25	1.05	17.77	1.65	11.58	45.75	ND
	(2011. 6)	7.15	4.16	1.25	15.07	1.74	12.64	45.75	ND
	(2012. 6)	6.95	5.00	1.21	20.63	2.80	12.82	48.80	ND
	(2013. 6)	8.13	4.36	0.94	16.65	2.48	11.99	51.85	0.01
	(2014. 6)	10.37	6.66	1.42	20.94	2.16	19.11	57.95	0.06
	(2015. 5)	8.35	4.59	1.41	17.02	2.58	9.98	61.00	ND



<제부지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

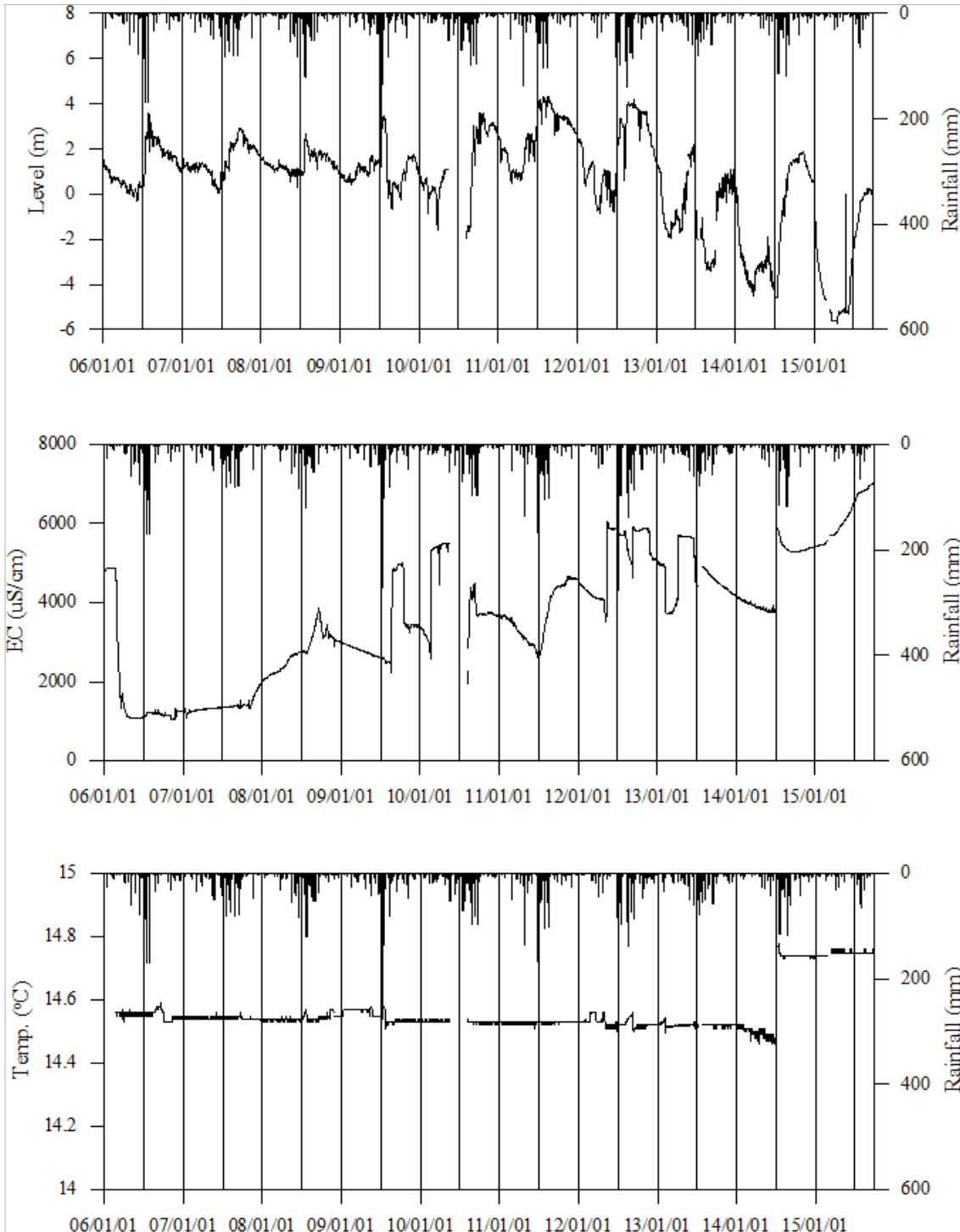
구 분	관측공	제부1	제부2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	21.76	0.24
	2006.11	42.52	0.60
	2007.10	43.67	0.32
	2008.11	87.56	0.53
	2009. 5	28.45	0.41
	2010. 5	50.51	0.44
	2011. 6	16.71	0.47
	2012. 6	124.26	0.45
	2013. 6	71.61	0.40
	2014. 6	72.57	0.57
	2015. 5	127.80	0.28

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

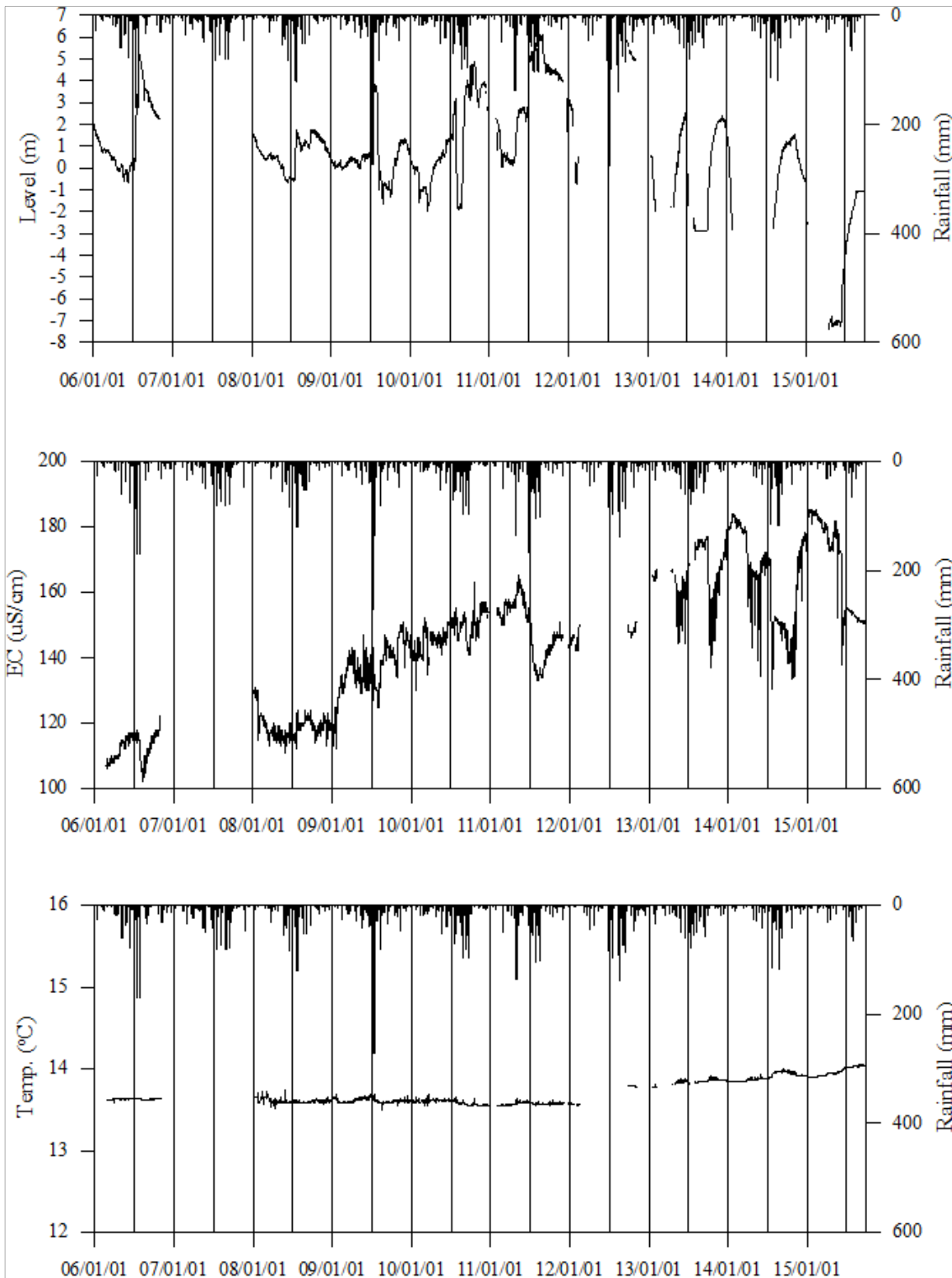
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
제부1	2006	1.49	0.02	3.92	1,969	1,070	4,883	-	-	-
	2007	1.41	0.06	2.93	1,323	1,079	1,516	-	-	-
	2008	1.37	0.33	2.68	2,695	1982	3870	-	-	-
	2009	1.01	-0.68	3.71	3,151	2,242	4,997	-	-	-
	2010	0.74	-2.14	3.59	4,279	1,951	5,499	-	-	-
	2011	2.50	0.50	4.32	3,514	2,605	4,474	-	-	-
	2012	1.89	-0.86	4.17	5,109	3,525	6,044	-	-	-
	2013	-0.48	-2.76	2.18	4,834	3,272	5,691	-	-	-
	2014	-3.06	-4.58	0.47	4,099	3,739	5,861	-	-	-
	2015	-2.99	-5.70	0.33	6,192	5,411	7,022	-	-	-
제부2	2006	1.58	-0.68	5.18	112	100	122	-	-	-
	2007	1.11	-2.87	3.20	125	119	130	-	-	-
	2008	0.67	-0.70	1.76	119	111	131	-	-	-
	2009	0.30	-1.66	3.82	135	112	147	-	-	-
	2010	0.69	-2.59	4.86	146	130	163	-	-	-
	2011	3.04	0.05	6.14	149	133	165	-	-	-
	2012	3.29	-0.72	5.88	147	142	151	-	-	-
	2013	-0.50	-2.88	2.52	164	144	173	-	-	-
	2014	-0.20	-2.80	1.45	171	130	184	-	-	-
	2015	-3.90	-7.37	-0.78	168	138	185	-	-	-

6. 장기관측 결과



<제부1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<제부2 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

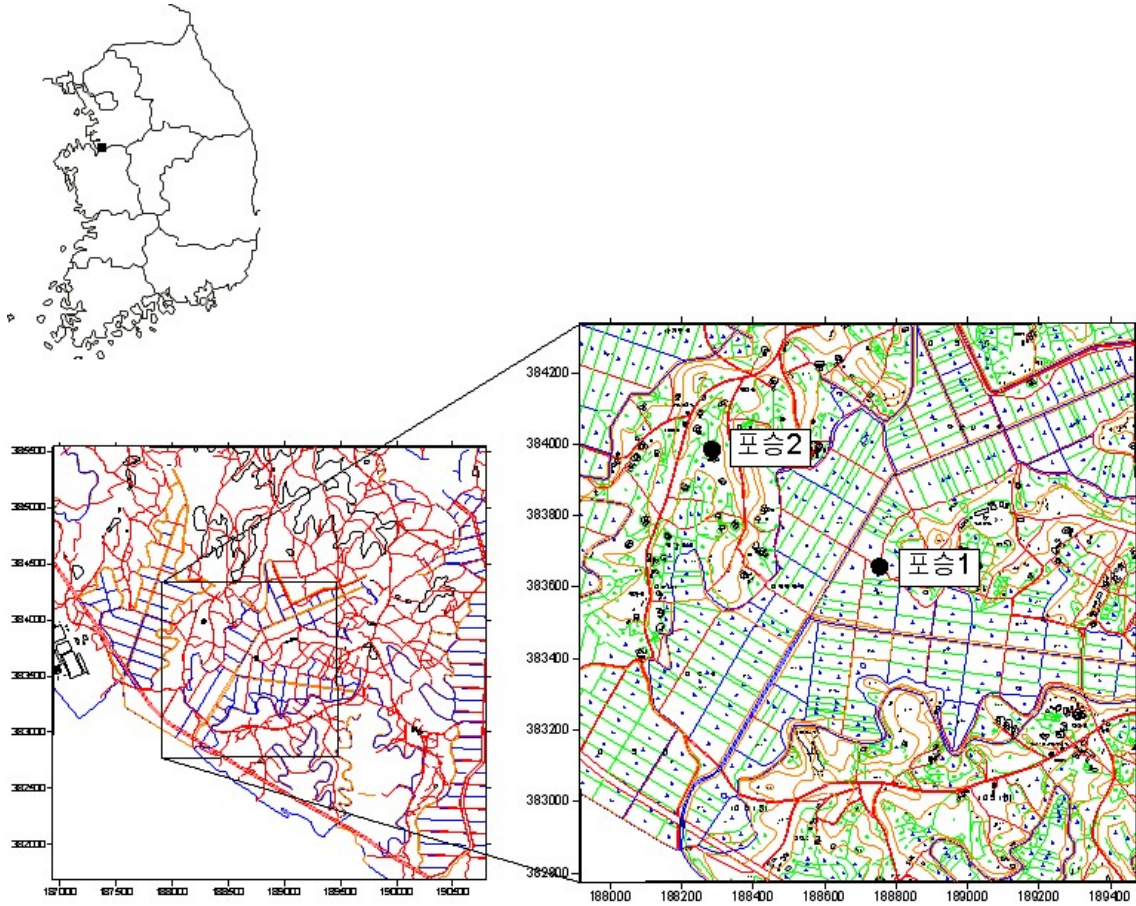
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 제부1, 2 관측공은 2005년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 제부1 관측공은 지표 하 20 m, 40 m 부근에 전이대가 있으며 전기전도도의 값이 약 300 $\mu S/cm$ 에서 약 6,000 $\mu S/cm$ 내외로 급격하게 증가하는 경향이 나타난다. 이에 비해 제부2 관측공의 경우는 해수침투의 영향이 거의 나타나지 않는다. 그러나, 제부2 관측공은 심도가 45 m 이내에 불과하므로, 좀 더 깊이 굴착했을 경우에는 염수가 검층되었을 가능성도 있으므로, 제부2 관측공 주변에서 지하수 이용 시 주의가 필요하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 제부1, 제부2 모두 우세한 양이온은 없으나 제부1 관측공은 (Ca, Na+K)-Cl 유형에 해당하고, 제부2 관측공은 (Ca, Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. Cl/HCO₃ 몰비도 각각 127.80, 0.28로 해안 변에 인접한 제부1 관측공은 해수침투의 영향이 매우 큰 것으로 분석되었으나, 제부2 관측공은 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 제부1 관측공은 2006년부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 1,323 ~ 6,192 $\mu S/cm$ 로 2012년까지 증가 후, 2013 ~ 2014년 감소하다가 2015년에 다시 증가하는 경향을 나타낸다. 제부2 관측공도 112 ~ 171 $\mu S/cm$ 범위로 담수이지만, 해당범위 내에서 관측공 개발이래로 현재까지 증가 추세이다.
- 5) 장기관측결과 : 제부1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위 변동은 강수 및 양수 등의 영향이 나타나고 있고 이에 따른 전기전도도의 변화도 나타나고 있다.
- 6) 관리 방안 : 제부1 관측공은 현재 해수침투 경향이 증가할 가능성이 큰 것으로 나타나지만, 제부2 관측공은 현재 굴착심도까지 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 분석되었다. 향후 해수침투 가능성을 감지하기 위하여 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

2.1.8 포승지구

1. 위치

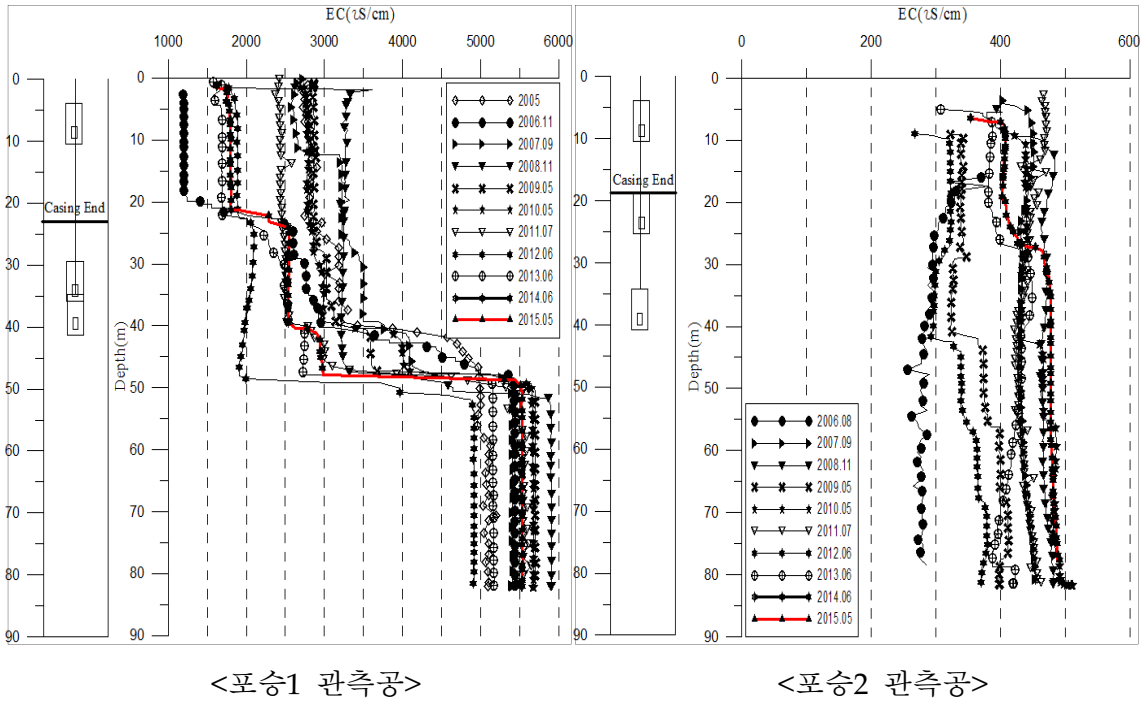


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
포승1	평택시 포승면 희곡리 492-4	383657.860	188754.390	5.888	2005	970	5.813
포승2	평택시 포승면 희곡리 710-2	188284.444	383984.507	11.791	2006	1,010	11.741

2. 지형 및 지질

이 지역은 평택시 포승면 희곡리 지역으로 아산만방조제의 북단에서 서해대교 방향의 해안 변에 위치하고 있으며, 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체가 주를 이루며, 주변지역에 중생대로 추정되는 암맥류가 발달되어 있다.

3. 지하수 검층



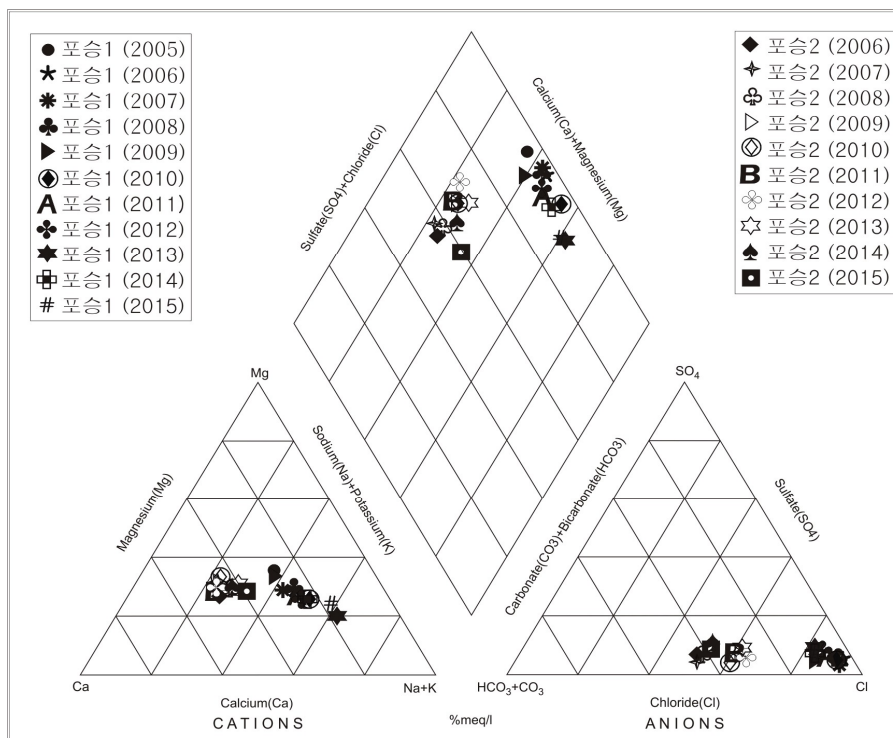
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
포승1	(2005.10)	162.77	86.30	3.95	120.74	54.66	672.71	64.05	6.98
	(2006.11)	283.23	92.20	5.64	132.40	61.17	945.23	54.90	ND
	(2007.10)	288.83	106.33	13.98	153.51	73.68	938.71	70.15	ND
	(2008.11)	298.93	96.67	6.33	145.00	67.93	930.41	64.05	3.10
	(2009. 5)	220.44	94.94	7.94	135.64	53.72	671.05	118.95	5.84
	(2010. 5)	280.46	75.52	7.05	107.84	79.87	775.52	88.45	ND
	(2011. 6)	220.09	65.09	4.56	103.95	51.32	600.13	88.45	ND
	(2012. 6)	214.21	63.42	7.77	101.89	66.23	619.83	85.40	ND
	(2013. 6)	313.01	50.40	5.42	72.82	73.02	586.07	112.85	6.92
	(2014. 6)	219.49	55.21	5.66	80.90	64.48	544.42	85.40	ND
	(2015. 5)	229.80	43.8	4.70	64.2 0	55.70	451.10	100.70	2.31

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
포승2	(2006.11)	17.48	10.10	1.58	28.89	8.88	54.93	79.30	4.69
	(2007.10)	21.74	13.80	3.99	34.56	9.57	69.37	94.55	0.57
	(2008.11)	23.43	12.05	1.37	31.62	11.26	61.84	91.50	0.34
	(2009. 5)	15.97	12.15	1.92	28.04	6.60	53.25	48.80	0.32
	(2010. 5)	20.22	15.01	1.46	33.57	6.98	68.39	61.00	0.17
	(2011. 6)	15.73	11.83	1.38	30.14	7.05	53.60	54.90	ND
	(2012. 6)	17.31	13.67	1.50	33.93	8.80	55.34	42.70	ND
	(2013. 6)	22.66	13.50	1.32	28.14	9.36	58.70	48.80	ND
	(2014. 6)	25.67	14.59	1.55	33.59	17.75	62.95	73.20	ND
	(2015. 5)	30.80	12.40	1.50	30.30	14.90	62.40	82.40	ND



<포승지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	포승1	포승2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	18.11	-
	2006.11	29.69	1.19
	2007.10	22.99	1.26
	2008.11	24.96	1.16
	2009. 5	9.69	1.88
	2010. 5	15.07	1.93
	2011. 6	11.66	1.68
	2012. 6	12.47	2.23
	2013 6	8.92	2.07
	2014. 6	10.95	1.48
	2015. 5	7.71	1.30

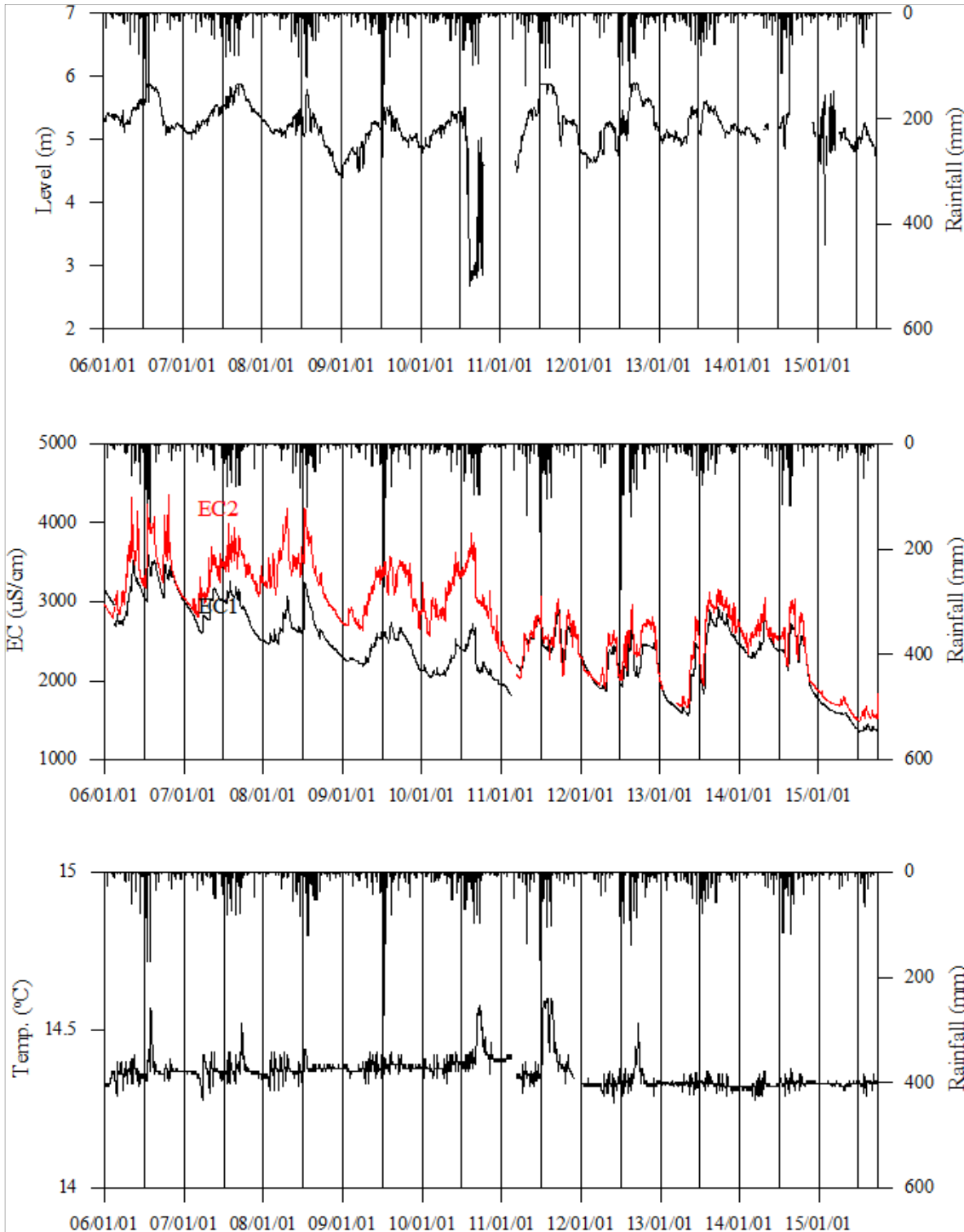
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
포승1	2006	5.48	5.07	5.88	3,137	2,682	3,701	3,394	2,790	4,348
	2007	5.46	5.01	5.88	2,938	2,605	3,258	3,333	2,812	3,991
	2008	5.23	4.87	5.80	2,678	2,455	3,251	3,467	2,951	4,185
	2009	5.03	4.40	5.53	2,427	2,186	2,747	3,116	2,626	3,577
	2010	4.73	2.69	5.51	2,248	2,049	2,724	3,125	2,560	3,872
	2011	5.41	4.48	5.88	2,391	1,818	2,928	2,488	2,021	3,076
	2012	5.20	4.55	5.89	2,195	1,862	2,716	2,334	1,901	2,964
	2013	5.16	4.89	5.60	1,854	1,565	2,471	2,068	1,664	2,808
	2014	5.13	4.93	5.37	2,435	2,279	2,943	2,610	2,345	3,055
	2015	5.04	3.33	5.80	1,520	1,357	1,758	1,656	1,487	1,875
포승2	2007	7.06	1.79	9.00	425	289	473	417	270	462
	2008	6.37	3.01	7.92	418	282	499	393	264	484
	2009	6.24	3.06	7.29	397	271	489	330	252	392
	2010	7.08	3.17	9.32	443	315	480	359	197	503
	2011	7.61	3.50	10.11	433	307	505	418	294	483
	2012	6.83	3.20	9.08	418	319	472	427	295	492
	2013	7.56	3.54	8.42	428	351	467	449	333	481
	2014	6.54	3.54	7.21	426	395	458	474	421	523
2015	6.71	6.14	7.13	407	399	418	508	491	525	

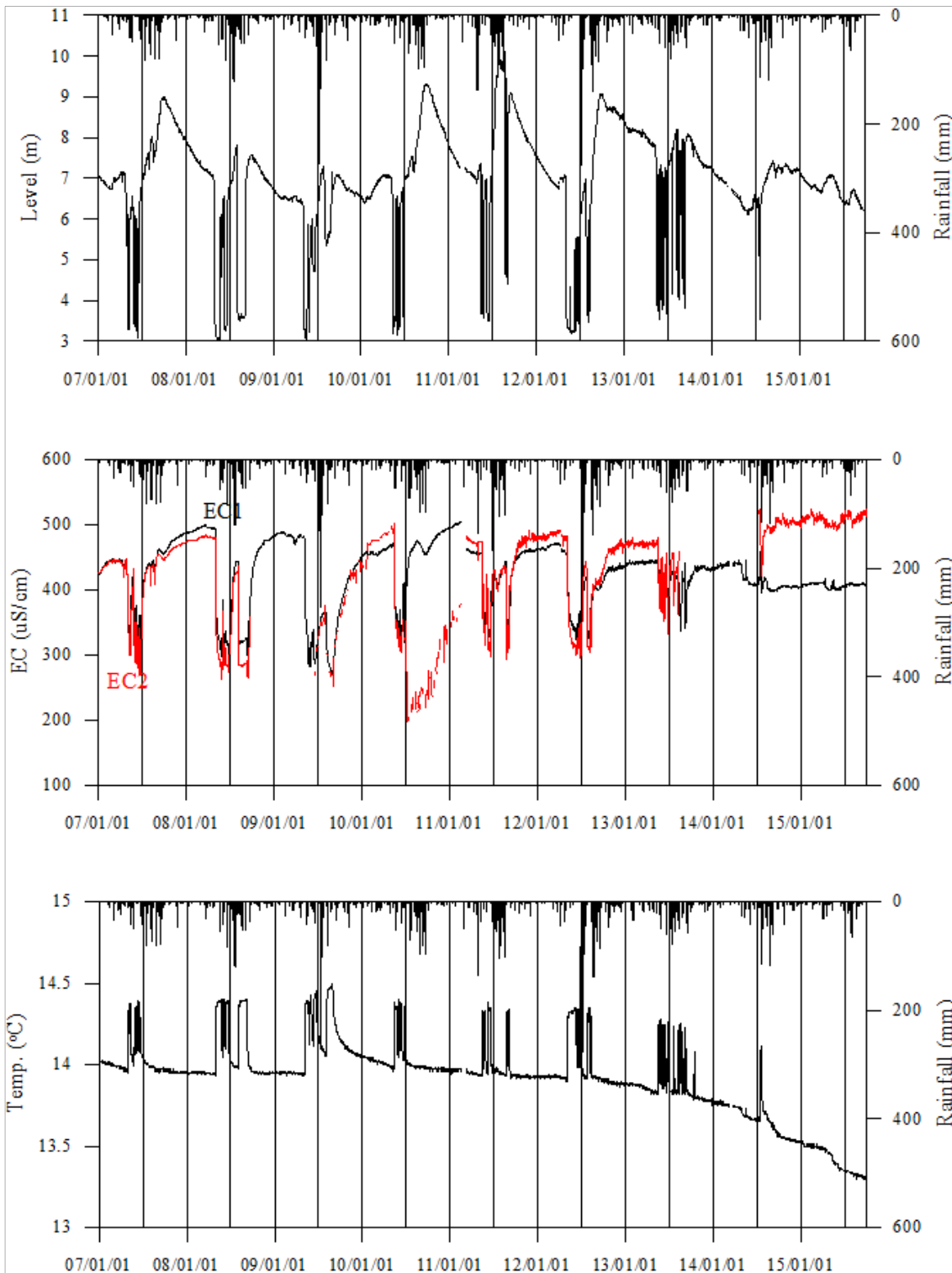
6.

장기관측 결과



<포승1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2014.7.31)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포승2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2014.7.31)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

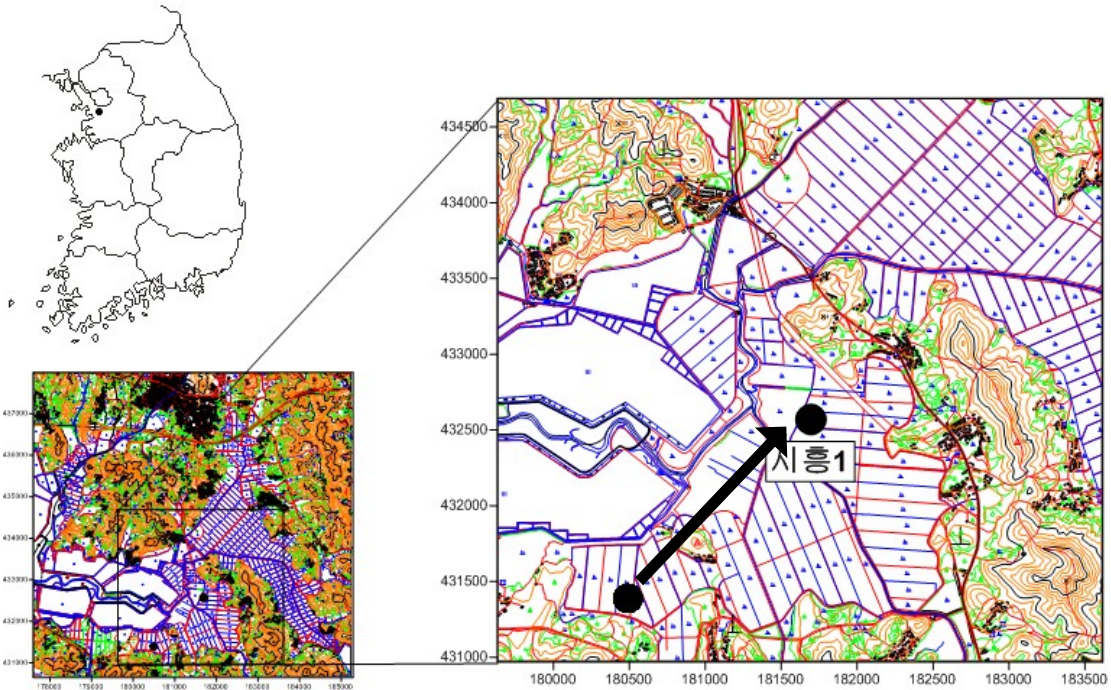
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포승1 관측공은 2005년에 설치한 관측망으로 해안쪽에 설치하였다. 포승1 관측공의 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측되어 내륙 쪽으로 포승2 관측공을 2006년에 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 포승1 관측공은 지표 하 40 ~ 50 m의 구간에 전이대가 나타나고 있으며, 전이대 상부의 전기전도도 값은 1,000 ~ 3,000 $\mu S/cm$ 범위로 측정되었으며 전이대 하부에서는 5,000 ~ 6,000 $\mu S/cm$ 내외의 값이 측정되어 급격하게 상승하는 것으로 나타났다. 2015년 검층결과도 이전과 유사한 경향을 보인다. 포승2 관측공은 2015년까지 450 $\mu S/cm$ 이하의 전기전도도 값을 나타내고 심도 증가에 따른 큰 변화가 없어 해수의 직접적인 영향이 포승2 관측공 설치 지역까지 미치지 않는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 포승1 관측공은 (Na+K, Ca)-Cl 유형이 우세하다고 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 7.71로 해수침투의 영향이 있는 것으로 분석되었다. 포승2 관측공은 우세한 양이온과 음이온이 뚜렷하지 않으나 Ca-Cl 유형으로 판단되며 Cl/HCO₃ 몰비는 1.30으로 약간의 해수영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 포승1 관측공은 2006년부터 2015년까지 연평균 전기전도도가 EC1은 3,137 ~ 1,520 $\mu S/cm$ 로 감소추세이다. EC2도 3,394 ~ 1,656 $\mu S/cm$ 로 역시 감소추세이며, 포승2 관측공은 2007년부터 2015년까지 EC1은 397 ~ 443 $\mu S/cm$, EC2는 330 ~ 508 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 포승1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위 변동폭은 3 m 이내이다. 전기전도도는 강수에 비례하며, 지표 하 35 m 와 40 m 에 설치된 센서에서 1,200 ~ 4,200 $\mu S/cm$ 범위에서 유사한 변화 양상을 보여주고 있다. 포승2 관측공은 양수에 의한 5월 ~ 6월 지하수 수위 강하와 전기전도도의 감소, 온도 상승이 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 포승1 관측공은 2005년 설치 이후 지표 하 40 m 깊이의 전이대를 전후하여 전기전도도가 상승한다. 포승2 관측공은 2006년 설치 이후 해수침투 영향은 없으나 지하수 수위의 변화에 따른 심도별 전기전도도의 변화가 뚜렷하게 감지된다. 지속적인 해수침투 진행여부의 관측이 필요하다.

2.1.9 시흥지구

1. 위치



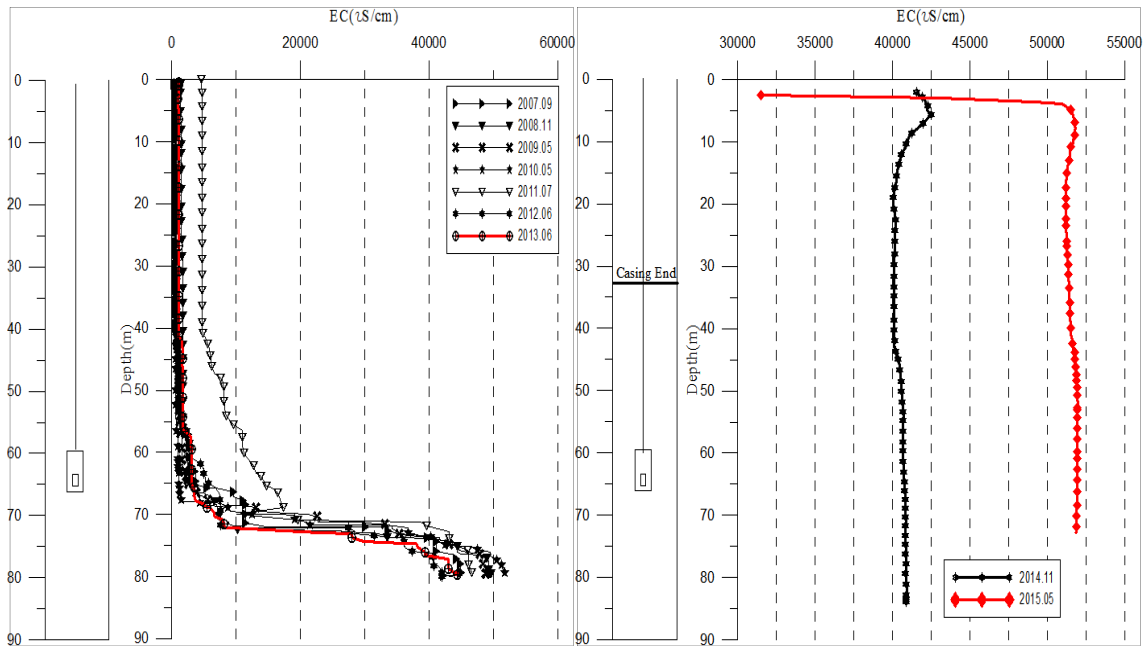
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
시흥1	시흥시 장현동 3-1	181459.222	432333.105	6.300	2014	330	1.81

* 시흥1 관측공 2006년 설치, 2014년 신규 관측공으로 이동 설치

2. 지형 및 지질

이 지역은 시흥시 장현동에 위치한다. 2006년에 인근 장곡동에 관측공을 설치하여 운영하였으나, 토지개발로 인해 2014년 인근 장현동으로 이설하여 관측을 재개하였다. 지질은 선캠브리아기의 서산층군에 대비되는 경기변성암복합체(호상편마암, 규암, 편암류, 우백질편마암, 화강편마암), 태안층군(편암류) 및 반상변정질 편마암과 쥐라기의 화강암류, 백악기 경상누층군의 초평층군에 해당하는 사암, 이암류와 제4기의 충적층으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<이설 전 시흥1 관측공 (2007 ~ 2013)>

<이설 후 시흥1 관측공 (2014 ~ 2015)>

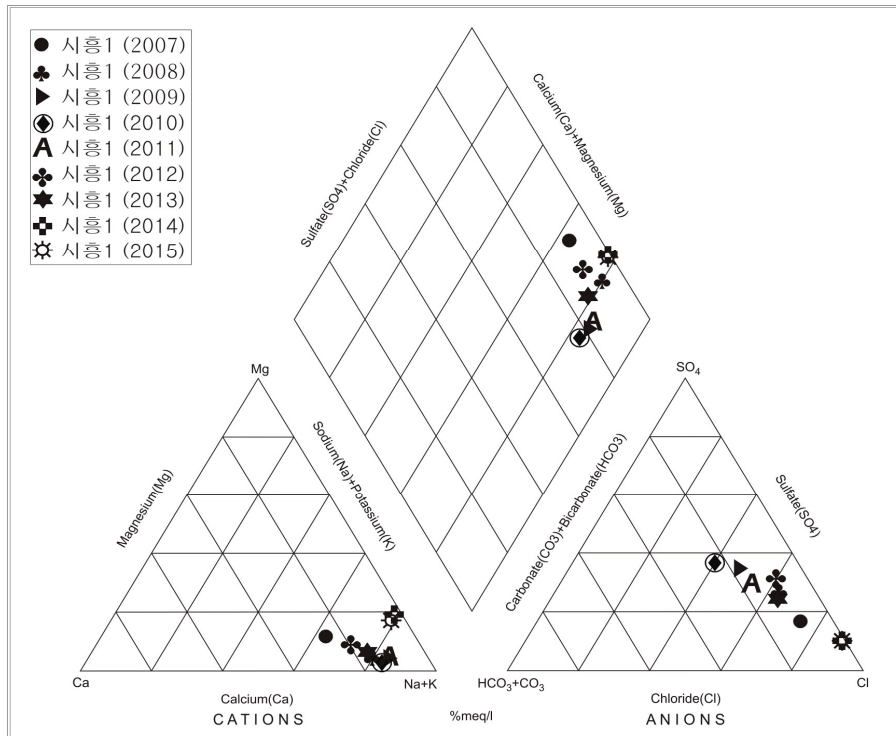
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
시흥1	(2007.10)	253.03	21.24	6.01	86.52	147.25	455.76	85.40	ND
	(2008.11)	207.02	6.78	2.28	31.67	152.45	265.19	64.05	1.83
	(2009. 5)	124.58	3.01	1.21	16.16	106.02	104.62	73.20	0.76
	(2010. 5)	127.58	2.73	0.99	15.31	96.12	82.91	82.35	0.30
	(2011. 6)	116.95	3.01	0.77	15.92	84.07	113.54	57.95	ND
	(2012. 6)	113.82	5.77	1.27	27.48	93.57	144.78	42.70	ND
	(2013. 6)	195.14	7.17	2.25	37.08	115.98	220.40	70.15	6.84
	(2014.11)	10,234.95	1,353.18	90.44	603.07	2,414.68	17,065.21	259.25	ND
	(2015. 4)	10,566.9	1,194.6	91.4	552.4	2,660.4	1,8164.2	189.1	ND

※2007 ~ 20013년 : 장곡동 관측자료, 2014 ~ 2015년 : 장현동 관측자료



<시흥지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구분	관측공	
	년. 월	시흥1
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	9.17
	2008.11	7.11
	2009. 5	2.46
	2010. 5	1.73
	2011. 6	3.37
	2012. 6	5.83
	2013. 6	5.40
	2014.11	113.11
	2015. 5	165.32

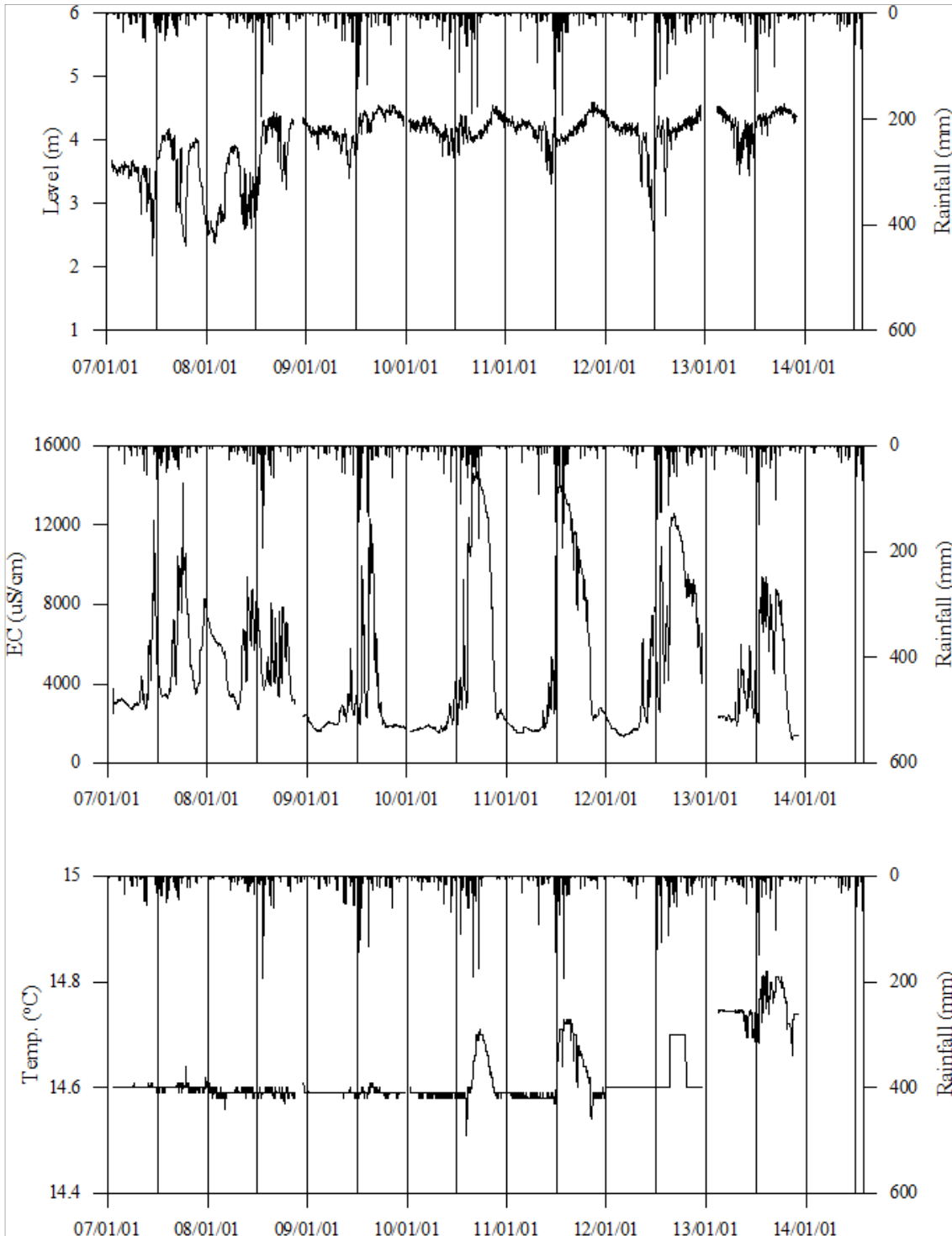
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

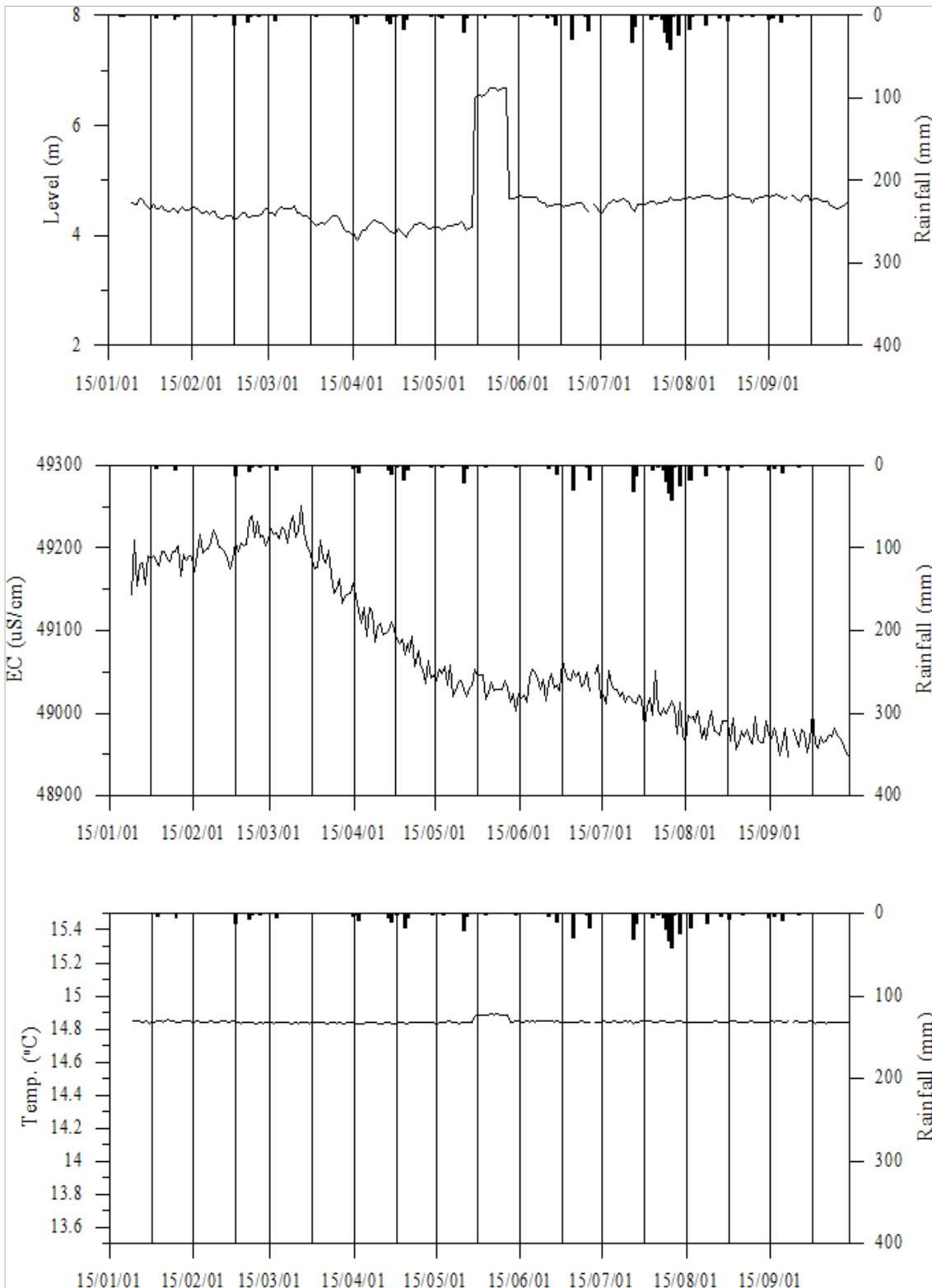
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
시흥1	2007	3.49	2.19	4.19	4,821	2,500	14,151	-	-	-
	2008	3.46	2.38	4.45	5,472	2,715	9,397	-	-	-
	2009	4.17	3.40	4.56	3,216	1,589	12,325	-	-	-
	2010	4.15	3.72	4.40	5,286	1,547	14,893	-	-	-
	2011	4.14	3.32	4.45	5,798	1,506	13,999	-	-	-
	2012	4.06	2.58	4.41	5,442	1,352	12,569	-	-	-
	2013	0.18	-61.64	4.53	3,294	220	9,398	-	-	-
	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2015	4.57	3.92	6.69	49,074	48,948	49,251	-	-	-

※ 2007 ~ 20013년 : 장곡동 관측자료, 2015년 : 장현동 관측자료

6. 장기관측 결과



<이동 설치 전 시흥1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2013.10.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<이동 설치 후 시흥1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

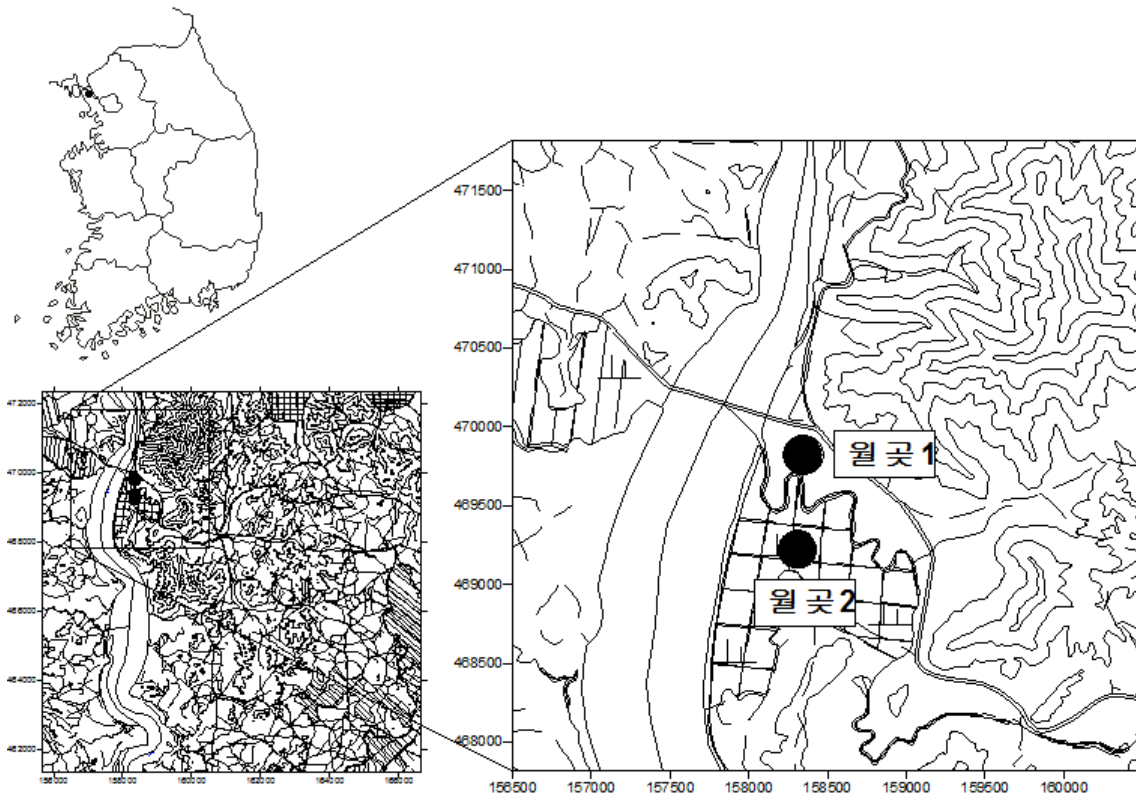
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 시흥1 관측공은 당초 2006년에 설치한 관측공으로 한국농어촌공사에서 농업용수 공급을 위한 수원공으로 사용 중 염소이온농도 상승으로 인해 2006년 말 해수침투 관측공으로 전용한 관정이다. 그런데, 관측공 설치지를 포함한 주변 농경지가 토지개발지구로 편입됨에 따라 2013년 말 관측공을 불용하였으며, 2014년 하반기에 이설하여 관측을 재개하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 이동 설치 전 시흥1 관측공은 2006년 설치이후 지표 하 75 m 전후의 전이대에서 전기전도도가 약 5,300 $\mu S/cm$ 에서 50,000 $\mu S/cm$ 으로 급격하게 상승하는 경향이 나타나므로 해수침투의 양상이 뚜렷하게 나타났다. 이동 설치 후 시흥1 관측공은 2014년 전 구간 약 40,000 ~ 43,000 $\mu S/cm$ 범위에서 2015년 약 52,000 $\mu S/cm$ 로 나타나 해수로 포화된 상태이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 이설 후 시흥1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비는 165.32로 심각한 해수침투의 영향이 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 이설 이전 시흥1 관측공의 연평균 전기전도도는 2007년부터 2013년까지 3,216 ~ 5,798 $\mu S/cm$ 로 증가와 감소를 반복한다. 이설 이후 2015년은 연평균 49,074 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 이설 이전 시흥1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 수위변화는 연간 약 4 m 내외로 지하수 수위 변동이 나타나고 있다. 전기전도도는 수위변동에 따라 증가와 감소가 뚜렷하게 나타난다. 이설 이후 시흥1 관측공의 수위는 연간 약 4 ~ 7 m 범위에서 변화하고 있으며, 전기전도도는 해수에 근접한 값을 나타내지만 감소하는 경향으로 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 이동 설치된 시흥1 관측공은 해수침투의 영향이 강하게 나타나 전 구간 해수에 근접한 수준이므로, 주변 지하수의 이용을 규제하고 타 수원공 활용을 도모해야 한다.

2.1.10 월곶지구

1. 위치

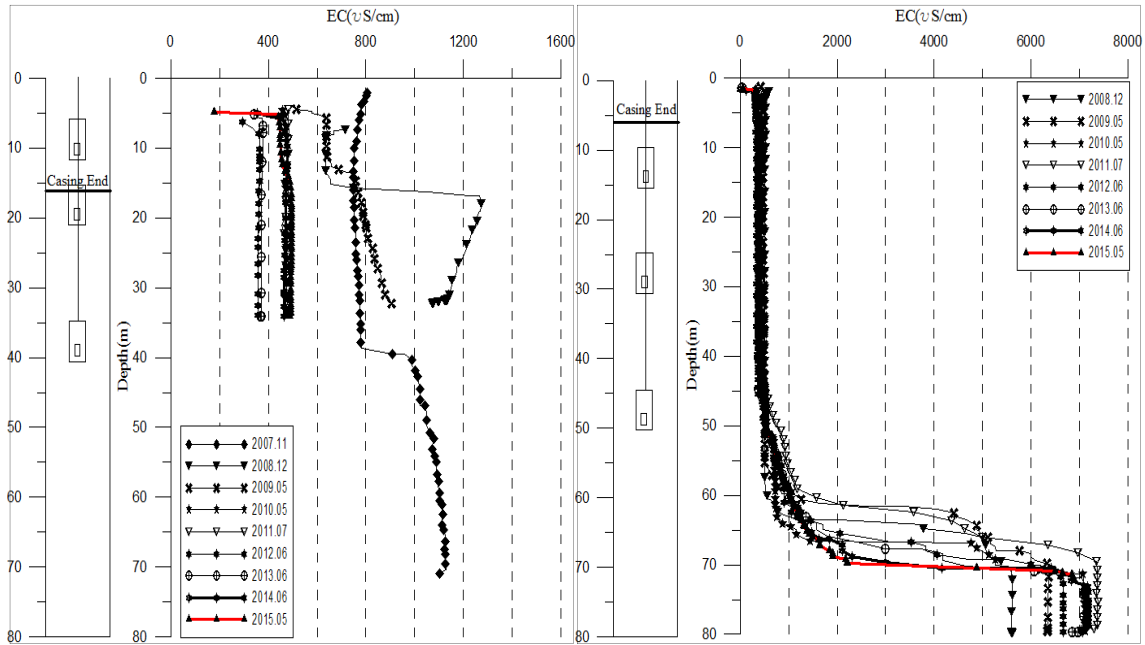


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
월곶1	김포시 월곶면 포내리 6-49	158346.305	469820.929	4.859	2007	220	3.009
월곶2	김포시 월곶면 포내리 188	158188.799	469095.307	3.807	2008	450	1.610

2. 지형 및 지질

이 지구는 김포시 월곶면 포내리 지역으로 염하강과 임진강 인근에 위치하고 있으며, 지질은 슈라기의 대동누층군 중 통진층에 해당하며, 역암 및 사암까지 다양한 암상이 분포하나 주로 사암으로 이루어져 있다. 주변지역은 단층 관입에 의해 노출된 섬장암이 단층을 경계로 교호적으로 지표에 노출되어 나타나고 있다.

3. 지하수 검층



<월곶1 관측공>

<월곶2 관측공>

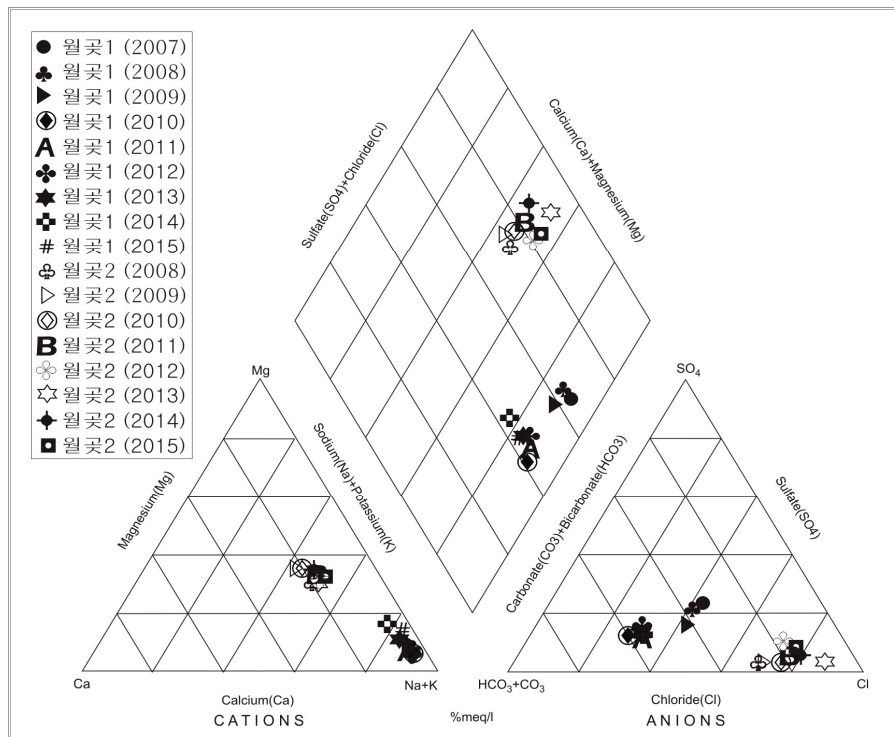
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
월곶1	(2007.10)	162.06	6.16	6.53	6.39	84.46	118.52	183.00	0.86
	(2008.12)	157.15	7.37	7.59	7.31	89.70	121.92	180.00	0.73
	(2009. 5)	113.94	5.64	5.60	4.81	49.30	90.46	152.50	0.52
	(2010. 5)	873.23	3.34	3.30	2.60	25.50	53.11	186.05	0.26
	(2011. 6)	83.59	3.22	3.36	2.59	25.83	49.43	152.50	ND
	(2012. 6)	73.31	3.41	3.37	3.00	28.22	42.45	118.95	ND
	(2013. 6)	61.24	4.47	3.03	3.07	21.69	41.03	118.95	0.87
	(2014. 6)	65.18	7.34	4.77	5.22	23.77	48.82	140.30	ND
	(2015. 5)	80.78	6.48	3.52	4.03	24.69	49.35	152.50	0.28

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
월곶2	(2008.12)	43.36	14.99	3.84	15.02	3.06	70.11	48.80	0.35
	(2009. 5)	33.79	15.76	4.70	14.86	4.23	67.19	45.75	0.41
	(2010. 5)	31.48	13.56	2.57	12.58	2.92	69.85	36.60	0.15
	(2011. 6)	37.50	14.08	3.17	11.68	3.43	66.75	27.45	ND
	(2012. 6)	42.22	13.31	3.19	11.67	8.40	58.24	24.40	ND
	(2013. 6)	36.25	11.27	3.05	10.62	2.89	63.45	12.20	ND
	(2014. 6)	33.32	14.31	2.96	11.66	5.83	60.98	18.30	ND
	(2015. 5)	39.73	13.30	3.17	10.45	8.57	62.60	21.35	0.07



<월곶지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	월곳1	월곳2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	1.11	-
	2008.12	1.16	2.47
	2009. 5	1.02	2.52
	2010. 5	0.49	3.28
	2011. 6	0.56	4.18
	2012. 6	0.61	4.10
	2013. 6	0.59	8.94
	2014. 6	0.60	5.37
	2015. 5	0.56	5.05

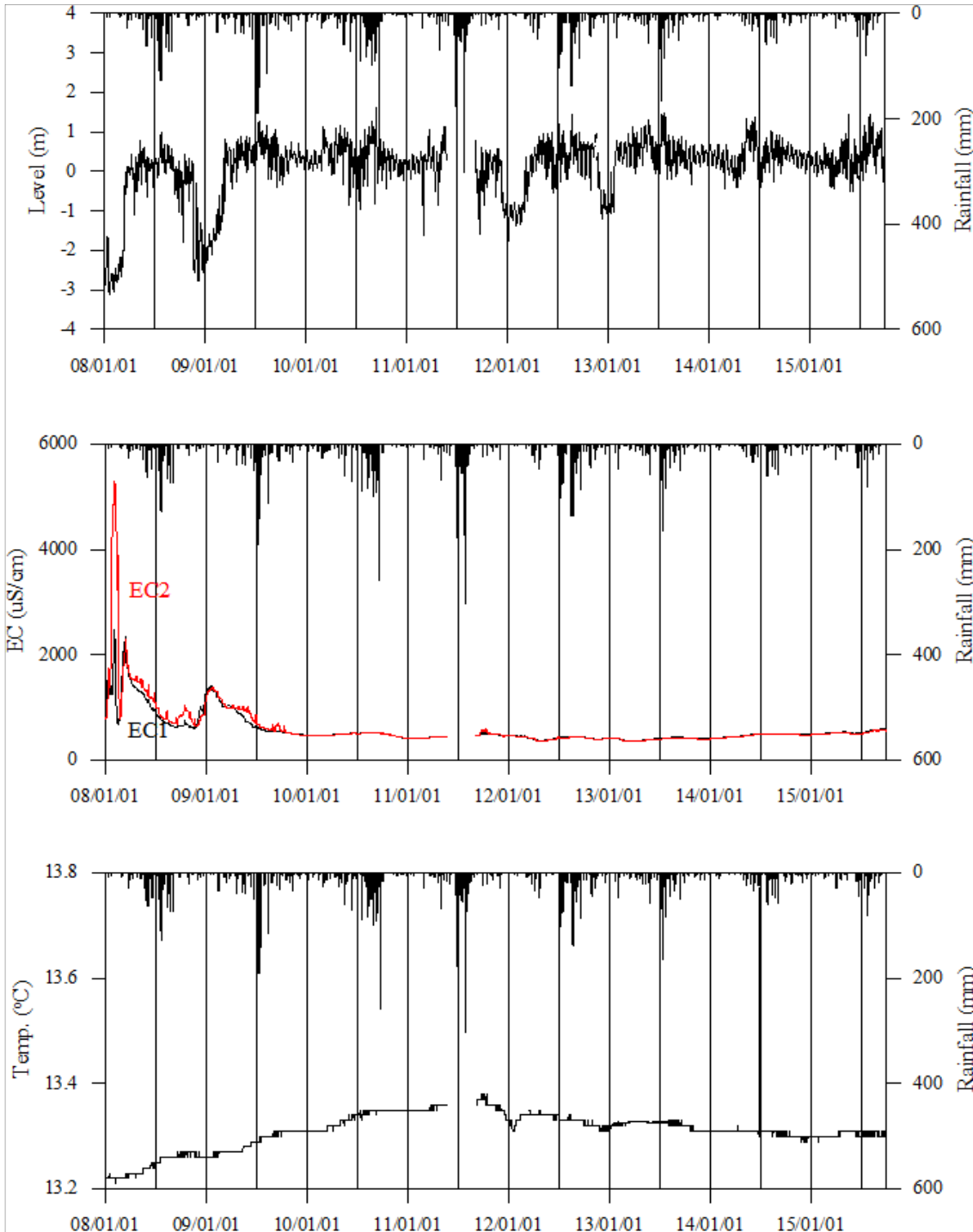
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
월곳1	2008	-0.55	-3.11	1.00	1,084	626	2,487	1,449	681	5,283
	2009	-0.01	-2.31	1.27	820	520	1,412	873	521	1,375
	2010	0.45	-0.95	1.62	499	478	531	497	475	527
	2011	0.17	-1.63	1.12	448	412	534	453	412	592
	2012	0.12	-1.75	1.45	423	374	481	419	368	473
	2013	0.47	-1.06	1.49	394	362	426	390	358	420
	2014	0.37	-0.43	1.38	461	408	506	453	403	497
	2015	0.33	-0.51	1.45	531	491	590	520	484	578
월곳2	2009	2.26	1.13	2.79	451	432	472	490	444	599
	2010	2.29	1.30	2.81	432	412	451	671	501	875
	2011	1.98	0.53	2.72	394	378	407	644	493	928
	2012	1.95	0.39	2.61	1,169	350	30,619	582	451	728
	2013	2.26	1.37	2.69	381	369	390	572	516	607
	2014	2.24	1.58	2.76	385	375	393	514	463	602
	2015	1.41	0.12	2.23	296	290	302	554	444	667

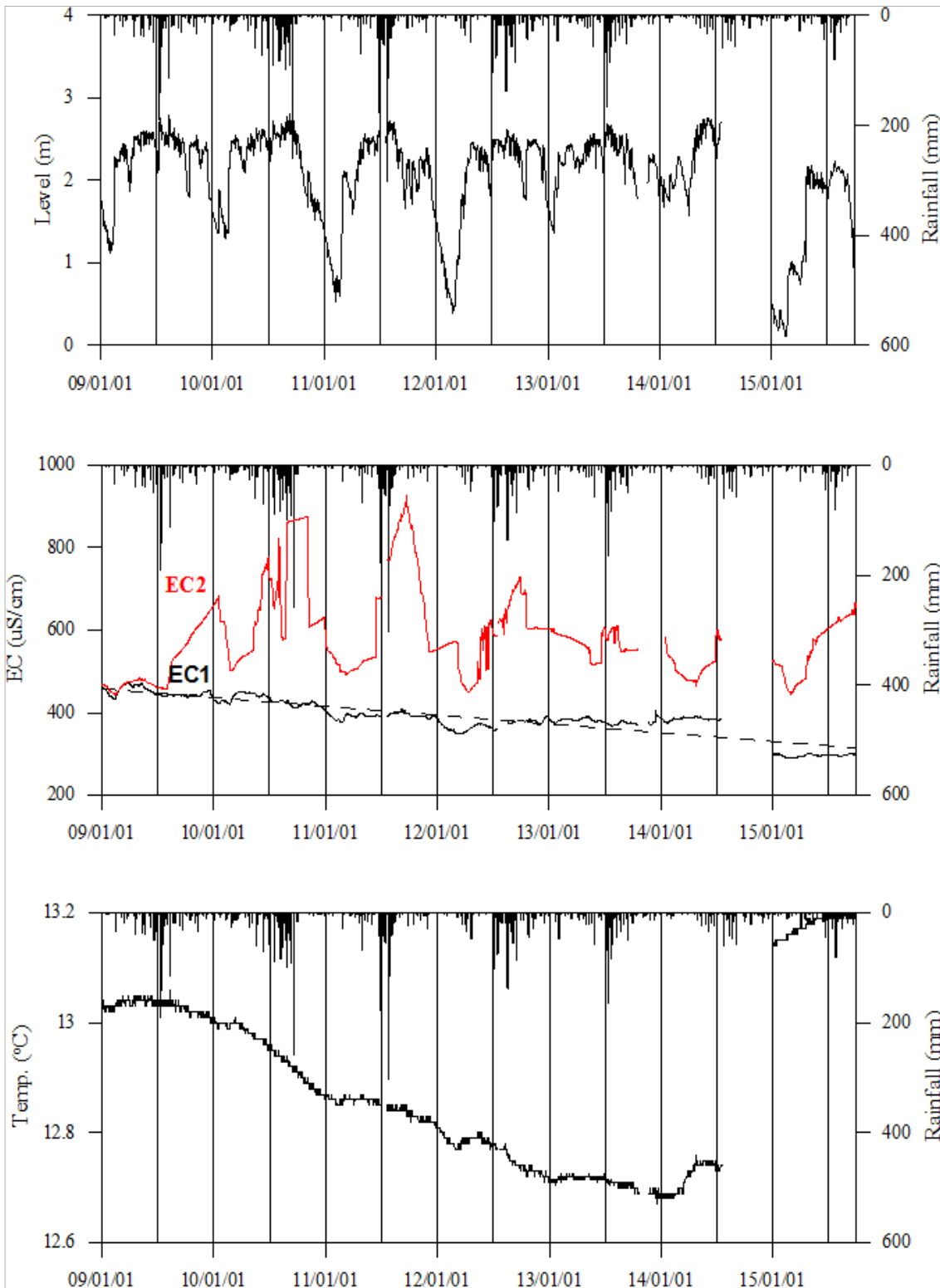
6.

장기관측 결과



<월곶1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<월곶2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

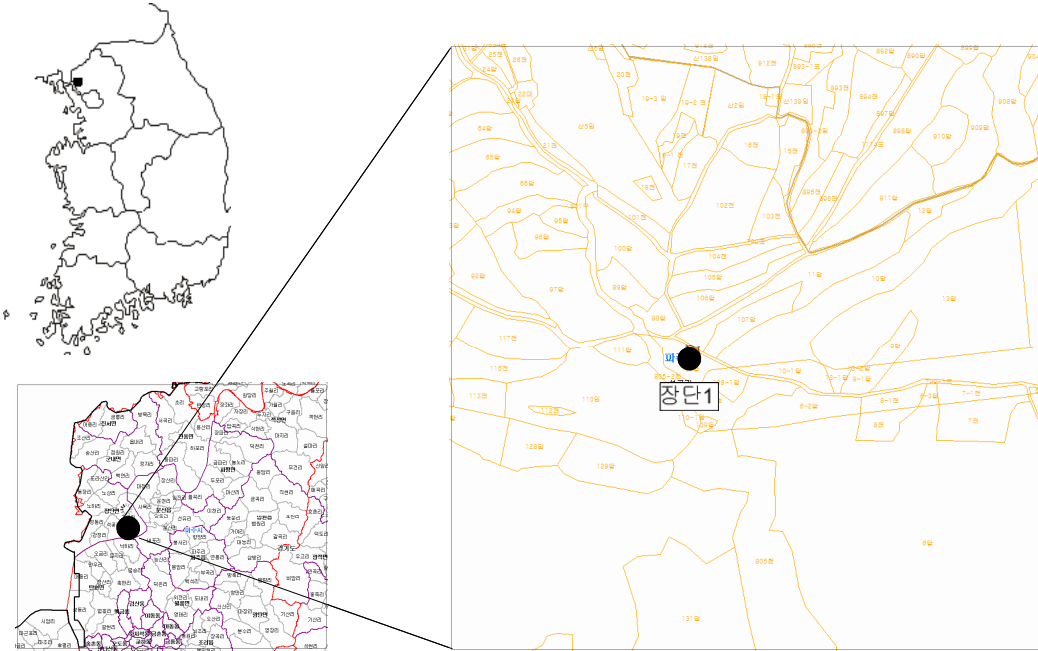
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 월곶1 관측공은 2007년에 설치한 관측공으로 해안 쪽에 설치하였으며 내륙 쪽으로 해안에서 450 m 떨어진 곳에 월곶2 관측공을 2008년에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 월곶1 관측공은 2008년에 지표 하 30 m 구간에서 공막히 현상이 일어나 이후 하부 구간의 검층자료는 없다. 매년 전기전도도 값의 감소현상이 뚜렷하며 2014년과 2015년 조사 시 전기전도도 값은 약 440 $\mu S/cm$ 이다. 월곶2 관측공은 지표 하 60 ~ 70 m 구간에서 전이대가 나타났으며 전이대 하부 전기전도도 값은 약 7,000 $\mu S/cm$ 내외로서 해수침투 영향이 관측된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 월곶1 관측공은 Na-HCO₃ 유형이며, 월곶2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이 우세하게 분석 되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 0.56, 5.05로 월곶2 관측공에서 해수의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 월곶1 관측공의 연평균 EC1 전기전도도는 1,084 ~ 394 $\mu S/cm$, EC2 전기전도도는 1,449 ~ 390 $\mu S/cm$ 로 전체적인 경향은 감소하는 추세를 보이고 있다. 월곶2 관측공의 2015년 EC1 전기전도도는 평균 296 $\mu S/cm$, EC2는 전기전도도는 554 $\mu S/cm$ 로 나타났다. 2012년 지하수 이용 급증에 따라 해수가 유입되어 30,619 $\mu S/cm$ 이 관측되었지만 이는 일시적인 현상이었던 것으로 판단된다.
- 5) 장기관측결과 : 월곶1 관측공은 강수 및 주변 지하수 이용에 따라 연평균 3 m 내외의 변동 폭을 나타내며, 전기전도도는 2010년 이래로 유사하다. 월곶2 관측공은 2월까지의 약 1 m 내외의 지하수 수위가 감소하며, 3월에는 1.5 m 이상 상승하여 약 2.5 m 내외의 지하수 수위를 유지한다.
- 6) 관리 방안 : 월곶 지구는 2008년 관측 초기에는 해수침투 영향이 나타났으나 시간이 경과됨에 따라 해수침투의 영향이 감소하는 것으로 관측된다. 그러나, 향후 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.1.11 장단지구

1. 위치

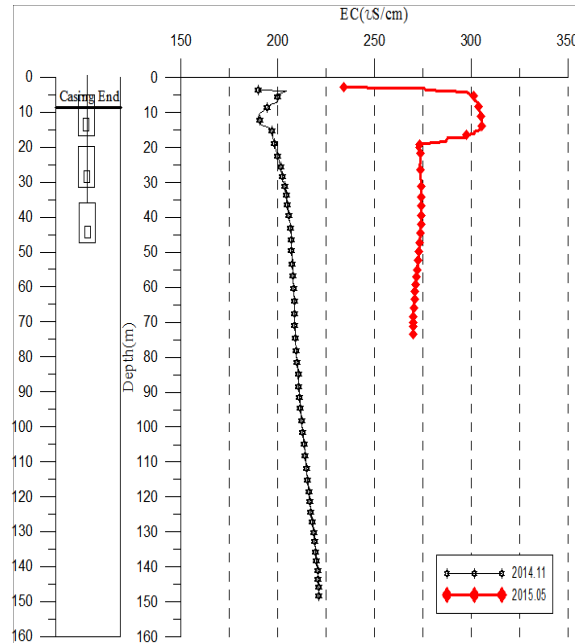


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
장단1	파주시 장단면 석곶리 108	175884.953	483457.015	6.554	2014	125	3.34

2. 지형 및 지질

이 지역은 선캠브리아기 경기편마암복합체가 기반암을 이루고 있으며 주된 암종은 흑운모편마암이다. 장단지구는 임진강 하류부에 위치하며, 주변에는 논이 넓게 자리잡고 있다. 장단1 관측공은 바다로부터 약 32 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 임진강 수변으로부터는 약 100 m 거리에 위치하여, 서해안의 조수간만 현상에 의해 임진강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하고 있다.

3. 지하수 검층



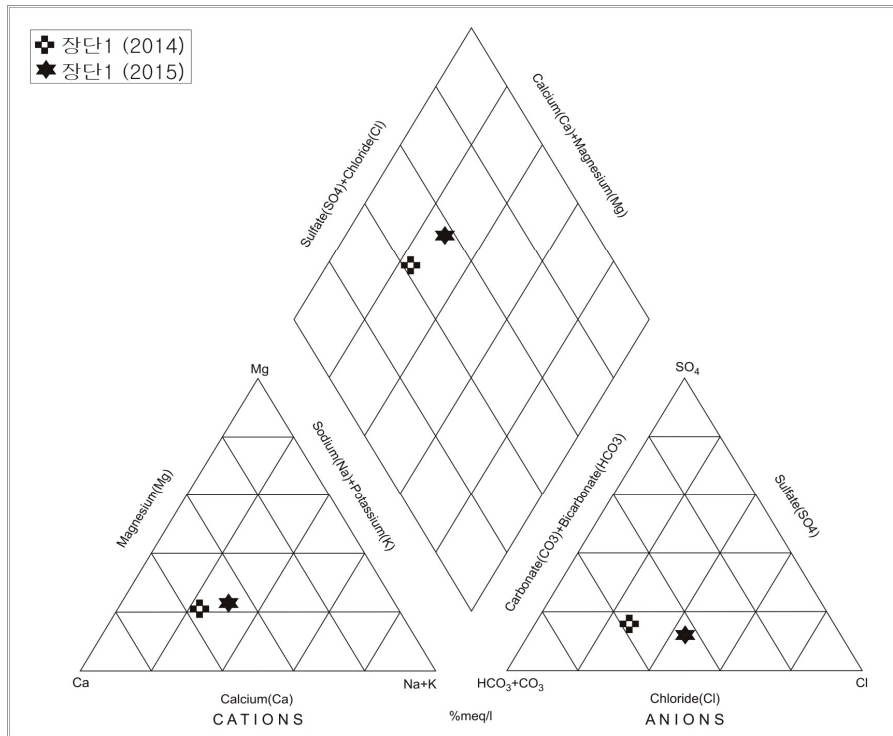
<장단1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
장단1	(2014.11)	13.34	6.81	1.22	27.02	14.83	22.22	76.25	ND
	(2015. 5)	20.00	8.40	1.10	27.50	14.50	43.60	73.20	ND



<장단지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

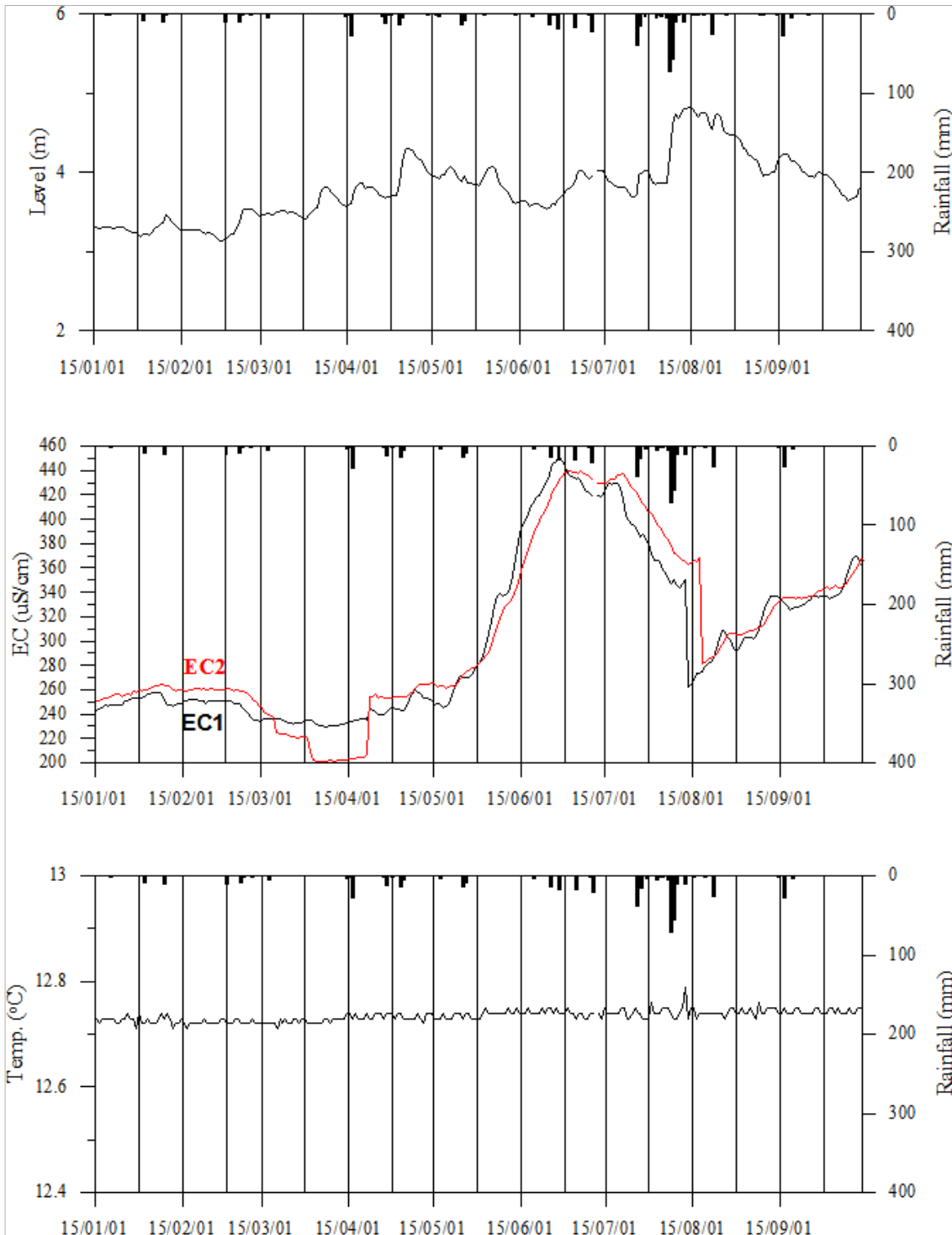
구 분	관측공	
	년. 월	장단1
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11	0.50
	2015. 5	1.03

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
장단1	2015	3.80	3.14	4.83	302	229	452	305	201	440

6. 장기관측 결과



<장단 1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, ©수온

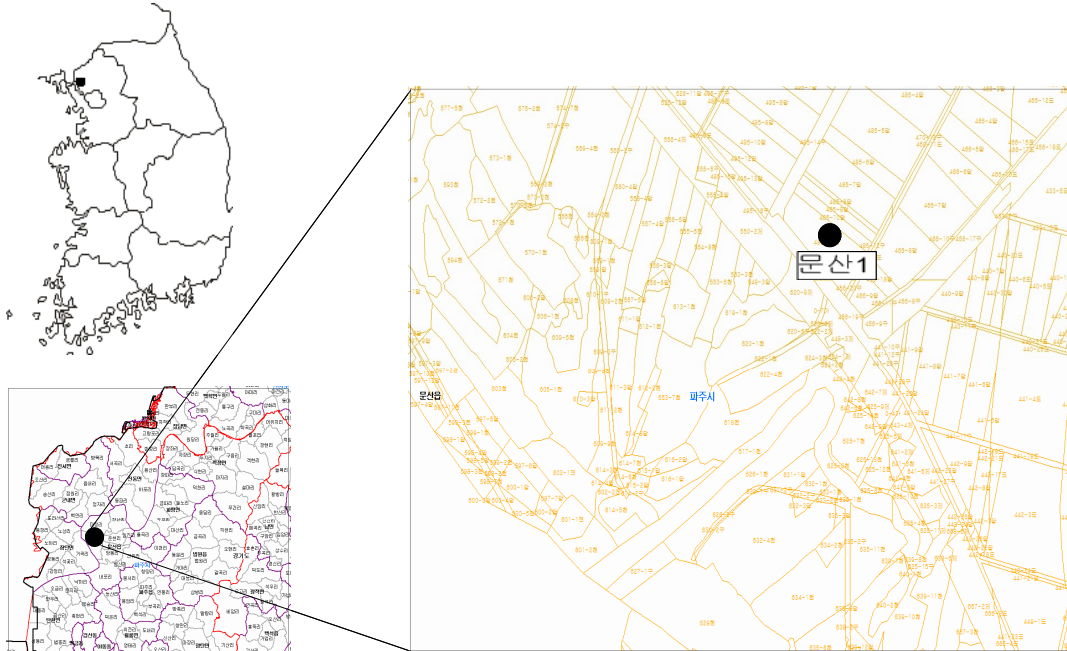
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 장단1 관측공은 임진강 하류부에 위치한다. 장단1 관측공은 바다로부터 약 32 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 서해안의 조수간만 현상에 의해 임진강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 장단1 관측공은 케이싱 심도 하부에서 전기전도도가 약 180 ~ 310 $\mu S/cm$ 로 현재까지 해수침투가 관찰되지 않고 농업용수로 이용이 가능하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 장단1 관측공은 Ca-HCO₃ 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 1.03 으로 분석되어 해수의 영향이 거의 없다. 그러나, 꾸준한 연차별 분석을 통해 수질변화 추이를 확인할 필요가 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 2015년 EC1 전기전도도는 229 ~ 452 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하며, 평균 302 $\mu S/cm$ 이다. EC2 전기전도도는 201 ~ 440 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하며, 평균 305 $\mu S/cm$ 이다. 두 지점 모두 6월과 7월에 전기전도도가 증가하다가 그후 하강하는 경향을 보인다.
- 5) 장기관측결과 : 수위변화는 연평균 3.8 m로 3.14 ~ 4.83m 범위에서 변화하여 수위 변동이 약하게 나타나고 있다
- 6) 관리 방안 : 장단1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 없으나, 지속적으로 관측하여 임진강 수계의 해수역류에 따른 영향을 관측해야 한다.

2.1.12 문산지구

1. 위치

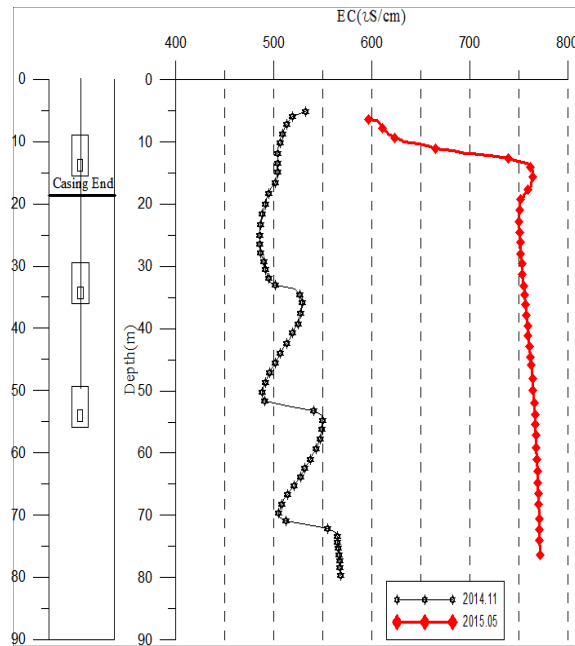


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
문산1	과주시 문산읍 사목리 485-11	177413.398	486805.286	8.439	2014	470	3.35

2. 지형 및 지질

이 지역은 선캠브리아기 경기편마암복합체가 기반암을 이루고 있으며 주된 암종은 흑운모화강암이다. 문산지구는 임진강 하류부에 위치하며, 문산1 관측공은 바다로부터 약 38 km, 장단1 관측공으로부터 약 6 km 내륙에 위치하지만, 서해안의 조수간만 현상에 의해 임진강 염수유입 현상이 발생한다.

3. 지하수 검층



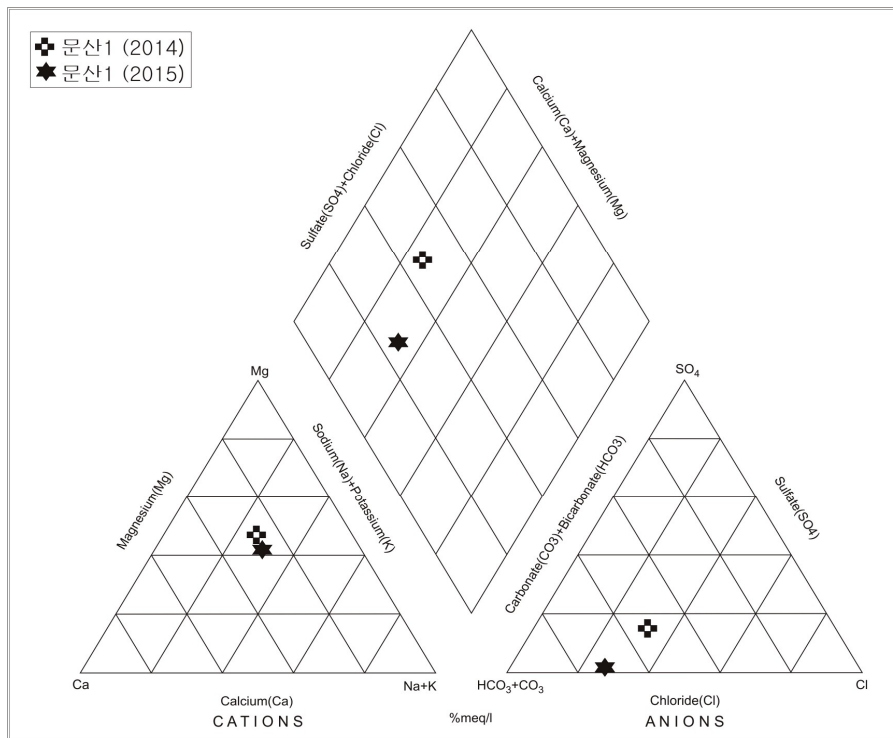
<문산1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
문산1 (2014.11)	34.02	31.25	3.91	31.14	36.56	63.52	161.65	ND
(2015. 5)	37.74	29.35	4.26	29.88	0.97	55.41	262.30	ND



<문산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

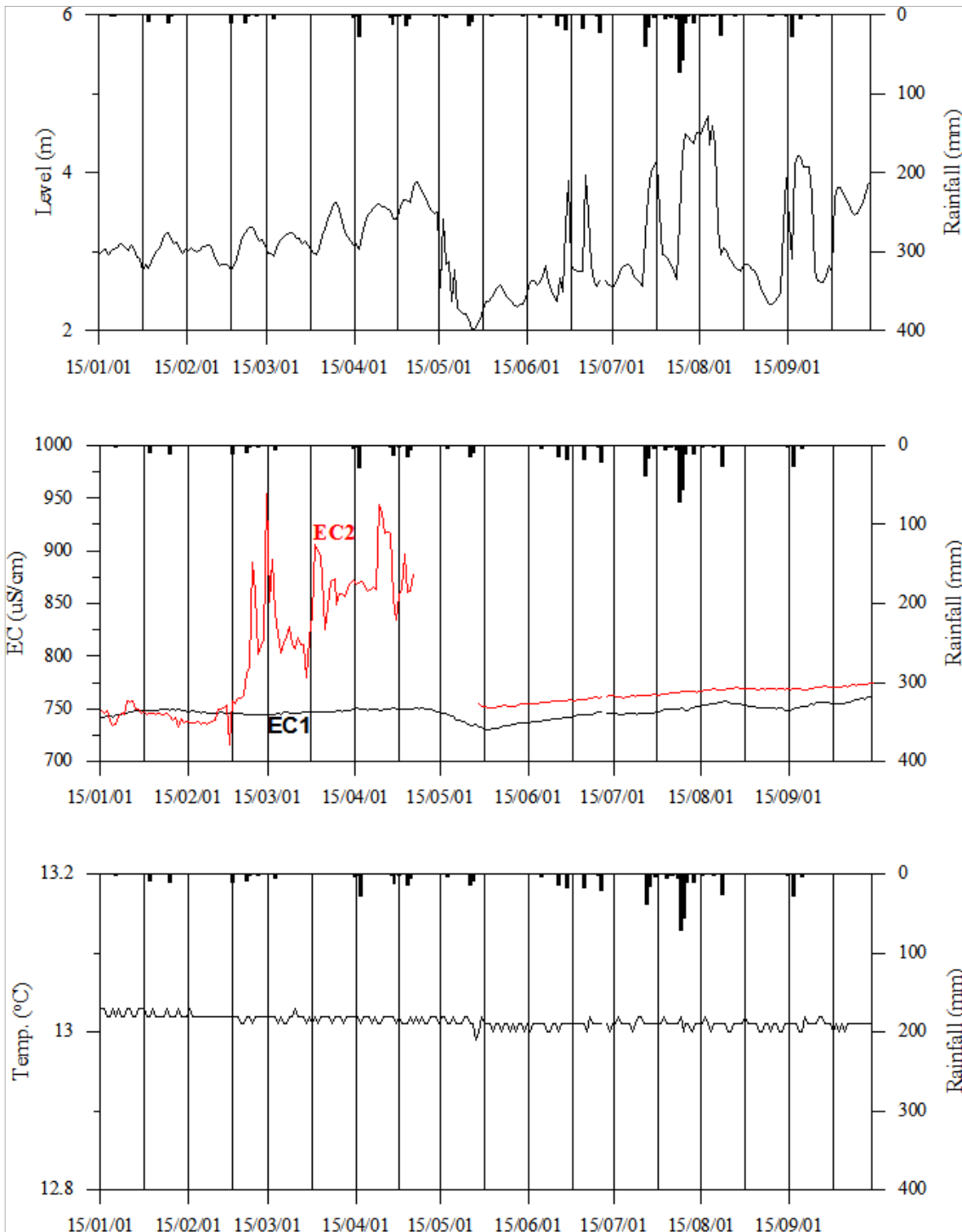
구 분	관측공	
	년. 월	문산1
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11	0.68
	2015. 5	0.36

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
문산1	2015	3.11	2.02	4.72	747	731	761	782	715	955

6. 장기관측 결과



<문산 1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 파주시 문산읍에 위치한 문산지구는 임진강 하류부에 위치하며, 문산1 관측공은 바다로부터 약 38 km, 장단1 관측공으로부터 약 6 km 내륙에 위치한다. 문산1 관측공은 장단1 관측공과 함께 서해안의 조수간만 현상에 의해 임진강 염수유입 현상, 이로 인한 주변 농작물 피해 등을 감시하고자 설치되었다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 문산1 관측공은 2014년에 전기전도도가 약 35 m, 50 m, 70 m 구간에서 증감을 반복하는데, 이들 구간을 통해 상대적으로 전기전도도가 높은(525 ~ 575 $\mu S/cm$) 수체가 유입되는 것으로 추정된다. 2015년에는 심도 약 15 m에서 변이대가 나타난 후 이후 심도에서는 미약하게 증가하여 최대 약 770 $\mu S/cm$ 까지 검층되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 문산1 관측공은 (Ca, Mg)-HCO₃ 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.36으로 분석되어 해수의 영향이 없었다. 그러나, 연차별 분석을 통해 지속적으로 수질변화 추이를 확인할 필요가 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 2015년 EC1 전기전도도는 731 ~ 761 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하며, 평균 747 $\mu S/cm$ 이다. EC2 전기전도도는 715 ~ 955 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하며, 평균 782 $\mu S/cm$ 이다.
- 5) 장기관측결과 : 수위변화는 연평균 3.11 m로 2.02 ~ 4.73m 범위에서 변화하며, 강수와 조석에 의한 영향이 나타나고 있다. EC1은 일정한 경향을 보이지만 EC2는 2월 중순부터 4월 중순까지 전기전도도가 증가하다가 그 후 하강하는 경향을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 문산1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 없고 영농에 직접 활용이 가능하나, 지속적으로 관측하여 임진강 수계의 해수역류에 따른 영향을 관측해야 한다.

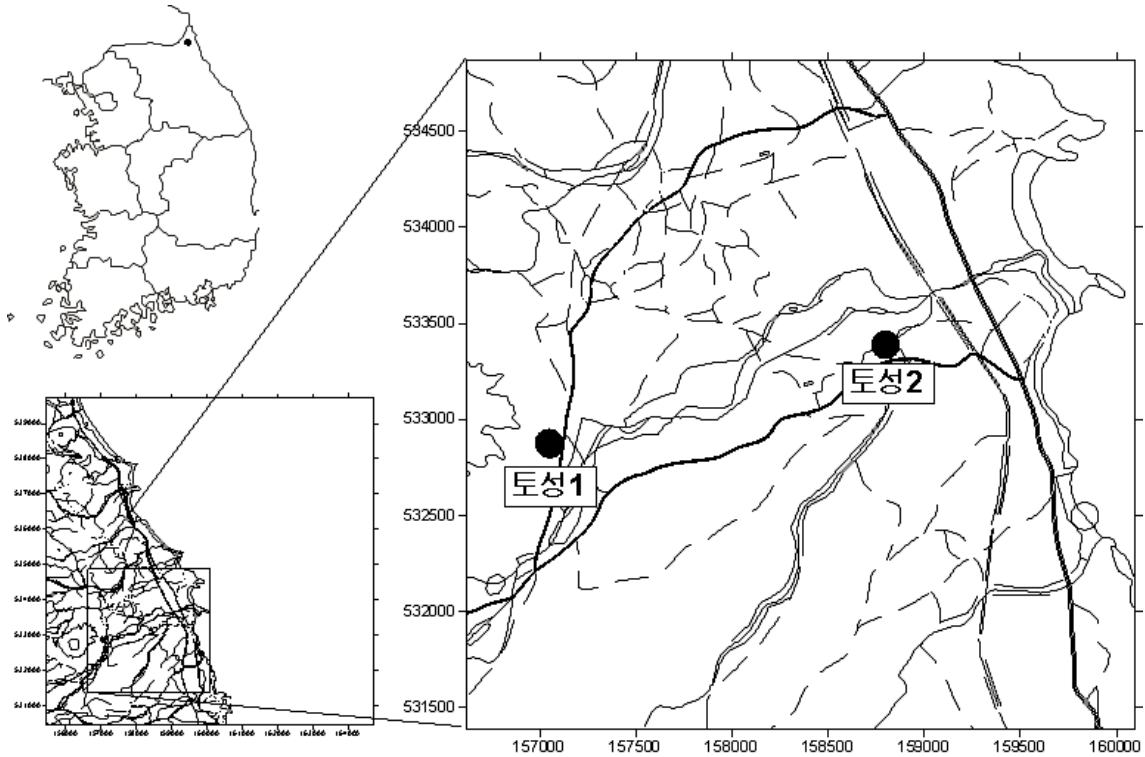
부록 2.2 강원도 권역

2.2.1 토성지구(고성군)	부록 - 97
2.2.2 사천지구(강릉시)	부록 - 104
2.2.3 조양지구(속초시)	부록 - 111
2.2.4 대포지구(속초시)	부록 - 117
2.2.5 초구지구(동해시)	부록 - 123
2.2.6 송정지구(동해시)	부록 - 129
2.2.7 강현지구(양양군)	부록 - 135
2.2.8 근덕지구(삼척시)	부록 - 142
2.2.9 초당지구(강릉시)	부록 - 152

부록 2.2 강원도 권역

2.2.1 토성지구

1. 위치

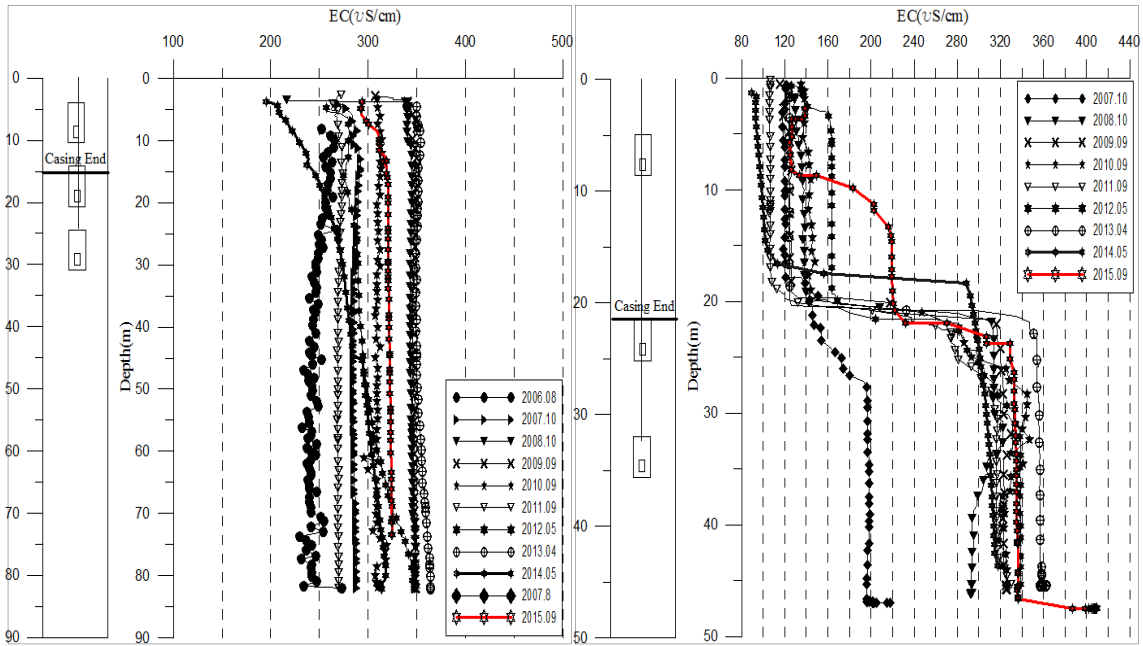


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
토성1	고성군 토성면 백촌리 664-3	159498.252	532072.793	6.273	2006	790	3.273
토성2	고성군 토성면 백촌리 59-2	159838.705	532492.884	2.362	2007	500	2.032

2. 지형 및 지질

이 지역은 고성군 토성면의 해안지역에 위치한 지구로, 지질은 선캠브리아 시대의 편마암복합체에 해당되며, 주변지역에 산성암맥류가 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<토성1 관측공>

<토성2 관측공>

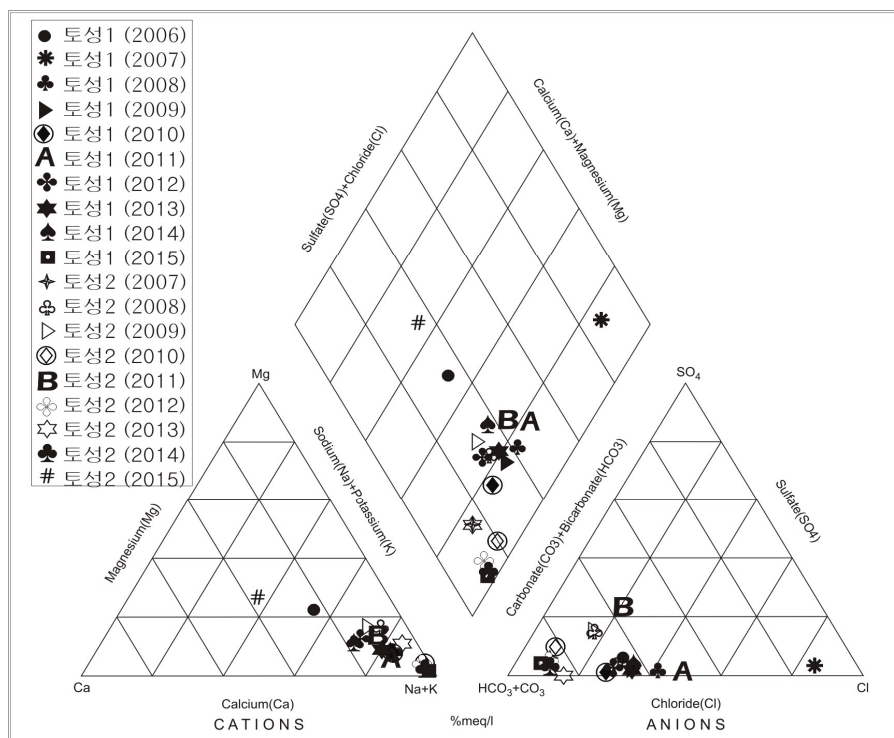
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
토성1	(2006.11)	17.08	3.80	2.89	6.36	4.30	17.52	61.00	ND
	(2007.10)	53.00	2.46	2.48	4.26	2.01	96.46	21.35	0.84
	(2008.10)	51.04	2.36	2.12	3.99	1.55	44.31	103.70	0.18
	(2009. 9)	53.11	2.93	2.49	5.20	0.87	39.05	118.95	ND
	(2010. 9)	57.72	3.29	2.20	5.23	0.19	33.23	140.30	0.11
	(2011. 7)	50.71	2.61	1.99	5.49	ND	31.80	56.89	ND
	(2012. 5)	52.25	4.06	2.70	9.92	0.74	32.70	131.15	ND
	(2013. 4)	58.57	3.68	2.34	7.40	2.34	41.24	131.15	0.14
	(2014. 5)	50.06	4.85	3.07	9.61	1.93	36.65	112.85	0.14
	(2015. 9)	50.73	0.13	0.78	0.41	4.27	6.64	118.95	0.04

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
토성2	(2007.10)	21.56	1.36	3.55	1.79	3.16	5.16	70.15	0.13
	(2008.10)	16.17	1.80	2.70	1.76	6.89	6.92	45.75	ND
	(2009. 9)	15.49	2.06	2.93	2.06	8.08	6.30	45.75	ND
	(2010. 9)	32.80	0.71	1.79	0.64	6.13	5.89	82.35	ND
	(2011. 7)	17.61	1.81	2.98	2.05	7.73	5.38	24.95	ND
	(2012. 5)	42.85	0.71	1.50	0.96	4.07	5.80	106.75	ND
	(2013. 4)	24.07	1.39	2.37	1.41	ND	6.54	70.15	ND
	(2014. 5)	62.87	0.55	1.93	1.22	3.13	8.71	143.35	ND
(2015. 9)	19.61	8.00	1.71	18.67	4.39	26.16	97.60	0.07	



<토성지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	토성1	토성2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2006.11	0.50	-
	2007.10	7.76	0.13
	2008.10	0.73	0.26
	2009. 9	0.56	0.24
	2010. 9	0.41	0.12
	2011. 7	0.96	0.37
	2012. 5	0.43	0.09
	2013. 4	0.54	0.16
	2014. 5	0.56	0.10
	2015. 9	0.10	0.46

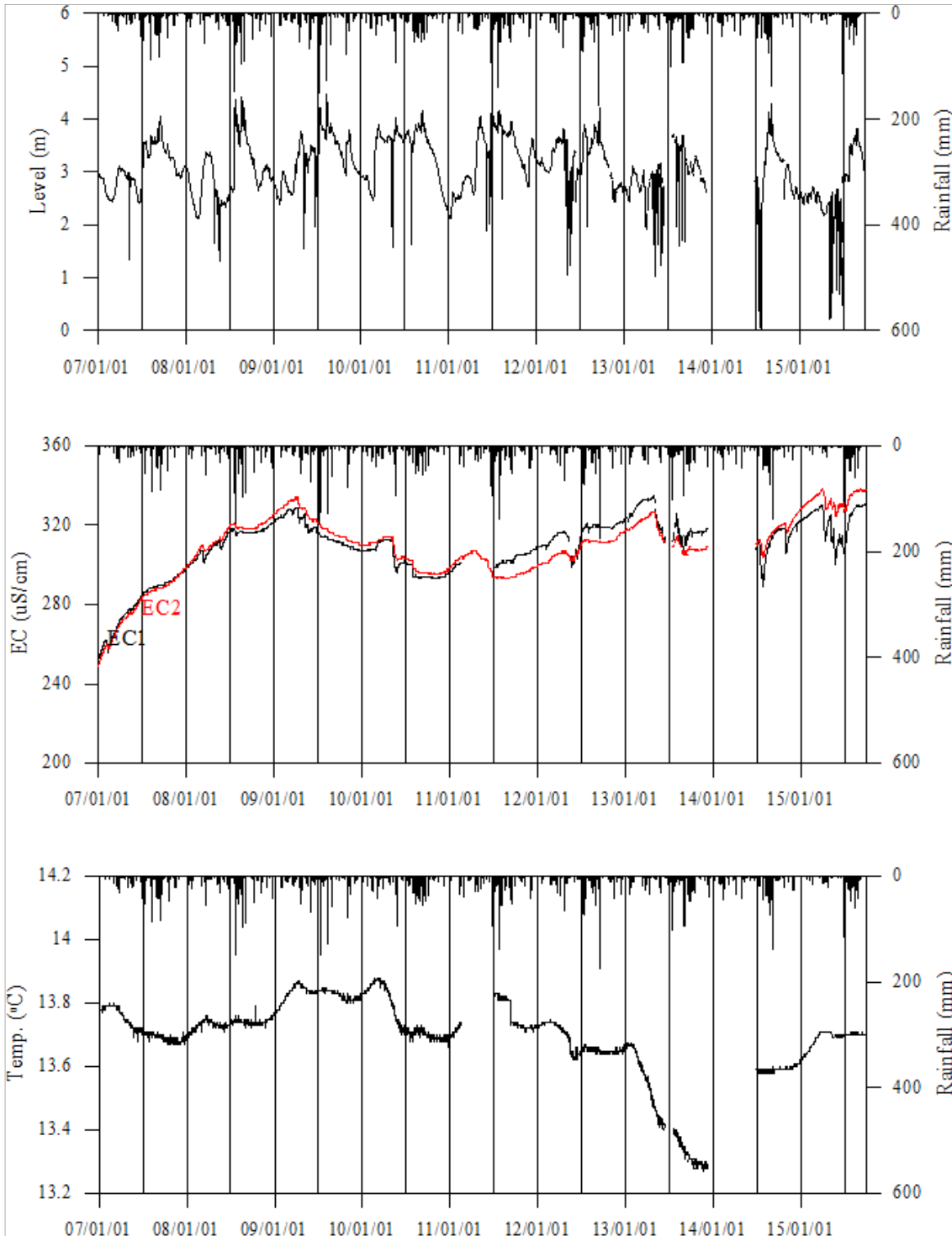
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
토성1	2007	3.05	1.33	4.04	278	252	292	276	249	291
	2008	2.96	1.31	4.41	311	298	318	313	299	321
	2009	3.25	1.54	4.47	319	310	329	323	313	334
	2010	3.46	1.57	4.17	302	293	313	305	295	314
	2011	3.27	1.88	4.15	301	296	305	299	293	307
	2012	3.20	-1.23	4.22	314	299	321	307	299	314
	2013	2.73	0.95	3.72	326	311	335	320	309	327
	2014	2.16	-0.80	2.91	303	289	313	309	303	313
	2015	2.60	-1.39	3.83	322	300	331	333	324	338
토성2	2008	1.55	1.02	2.30	295	214	360	274	242	304
	2009	1.54	0.99	2.18	332	281	419	337	297	426
	2010	1.93	1.21	2.43	312	281	397	328	312	382
	2011	1.80	1.10	2.39	461	328	499	437	354	467
	2012	1.93	1.50	2.34	337	323	366	375	364	382
	2013	1.46	1.09	2.25	350	348	357	352	350	359
	2014	1.23	-1.15	2.04	351	309	356	352	311	357
	2015	-0.50	-0.88	0.34	360	355	362	360	357	362

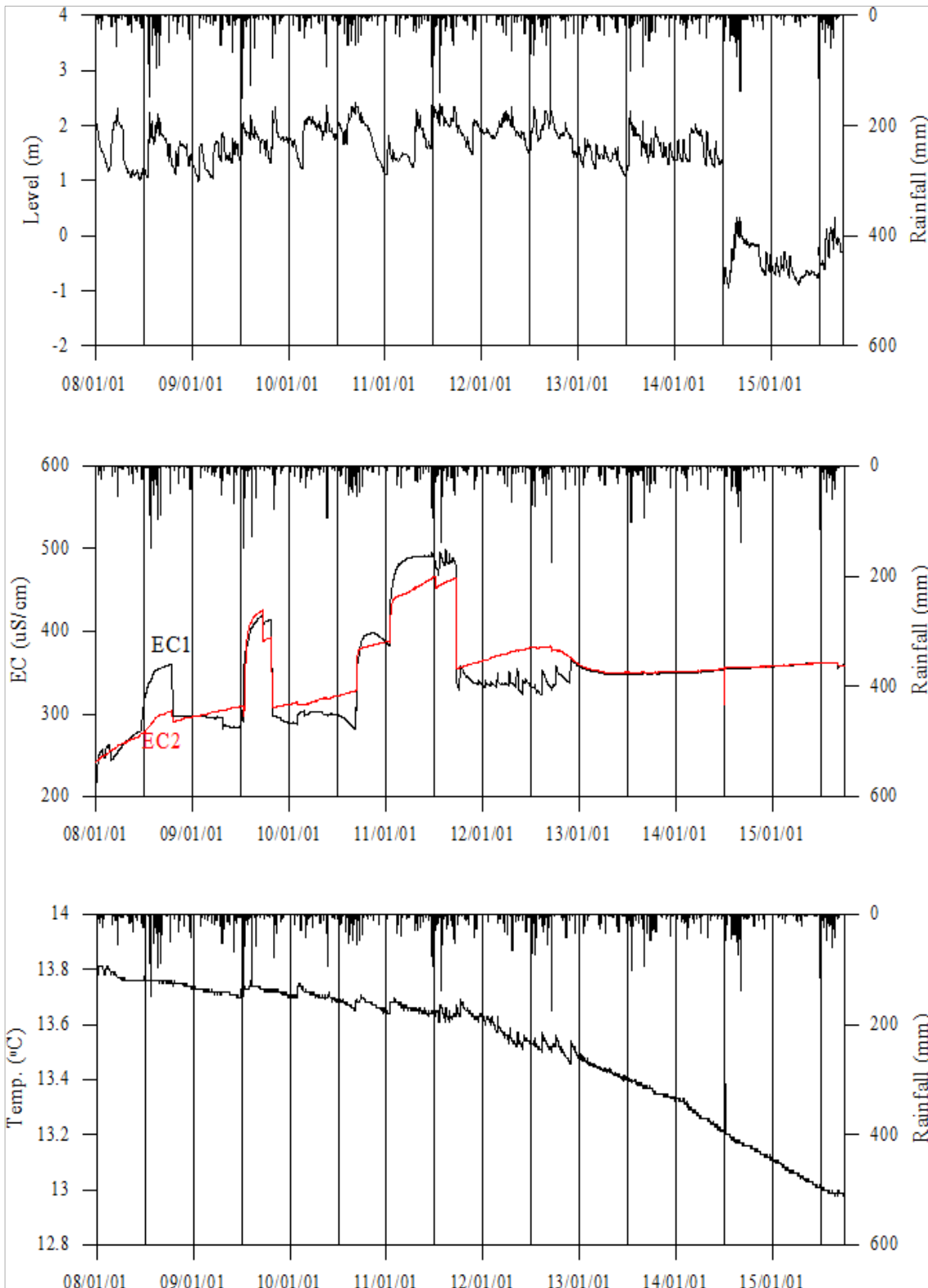
6.

장기관측 결과



<토성1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<토성2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

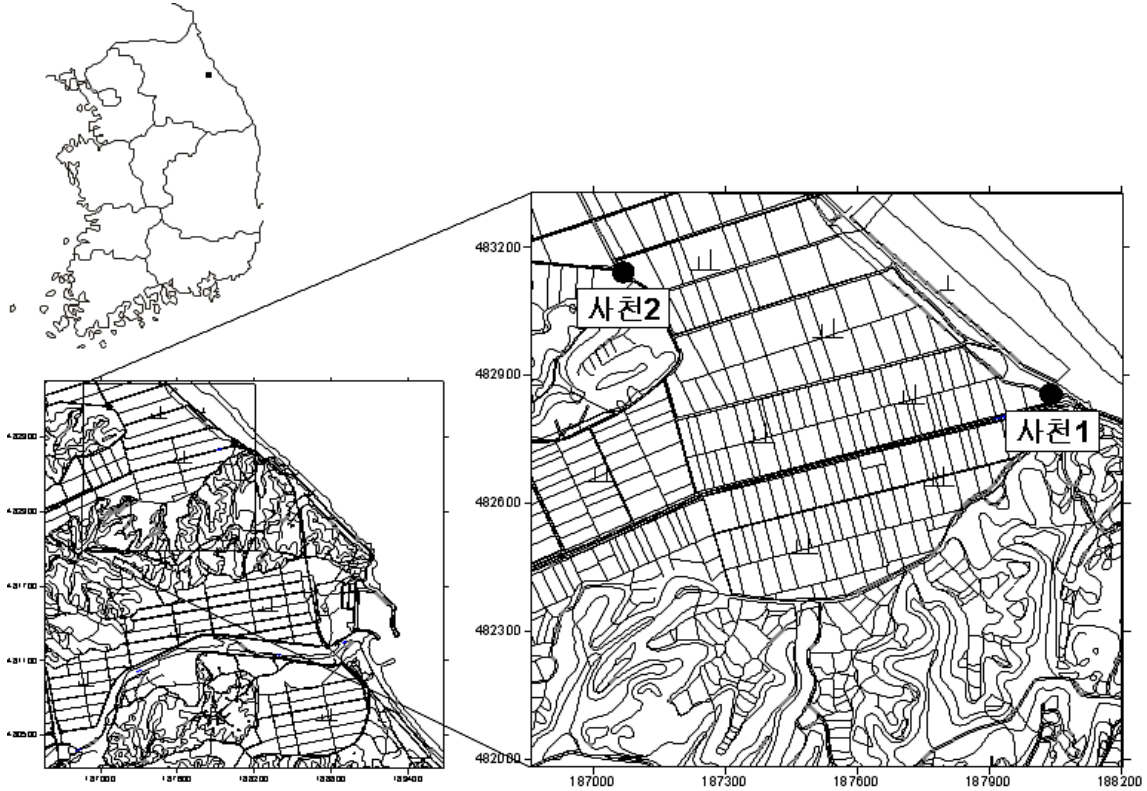
(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 토성1, 2 관측공은 2006년과 2007년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 토성1 관측공은 전기전도도의 전이대 없이 약 $300 \mu S/cm$ 내외의 값을 나타내고 있다. 토성2 관측공은 지표 하 21 m 부근 케이싱 구간을 기준으로 상부 구간은 $120 \mu S/cm$, 케이싱 끝 구간은 $320 \mu S/cm$ 내외에서 변화하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 토성1, 2 관측공은 모두 Na-HCO₃ 유형이며 Cl/HCO₃ 몰비는 토성1, 2 관측공 각각 0.10, 0.46으로 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 토성1 관측공의 EC1 센서 연평균 전기전도도는 278 ~ 326 $\mu S/cm$ 이며, EC2 센서는 276 ~ 333 $\mu S/cm$ 로 나타났으며, 토성2 관측공은 EC1, 2의 연평균 전기전도도가 각각 295 ~ 461 $\mu S/cm$ 와 274 ~ 437 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 토성1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과 토성1 관측공의 지하수 수위는 연간 3 m 내외의 변화가 발생하고 있으며, 토성2 관측공의 지하수 수위는 연간 1 m 내외의 변화가 발생하다가 2014년 하반기에 급강하하여 지속되는 경향을 나타낸다. 이는 건기와 우기에 따른 수위증감 및 가뭄의 영향으로 판단된다. 토성1 관측공의 전기전도도는 EC1과 EC2가 약 240 ~ 340 $\mu S/cm$ 범위에서 유사하게 나타나며, 토성2 관측공의 전기전도도 값도 EC1과 EC2가 유사한 변화 양상을 나타냈다.
- 6) 관리 방안 : 토성지구는 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 나타났지만, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.2.2 사천지구

1. 위치

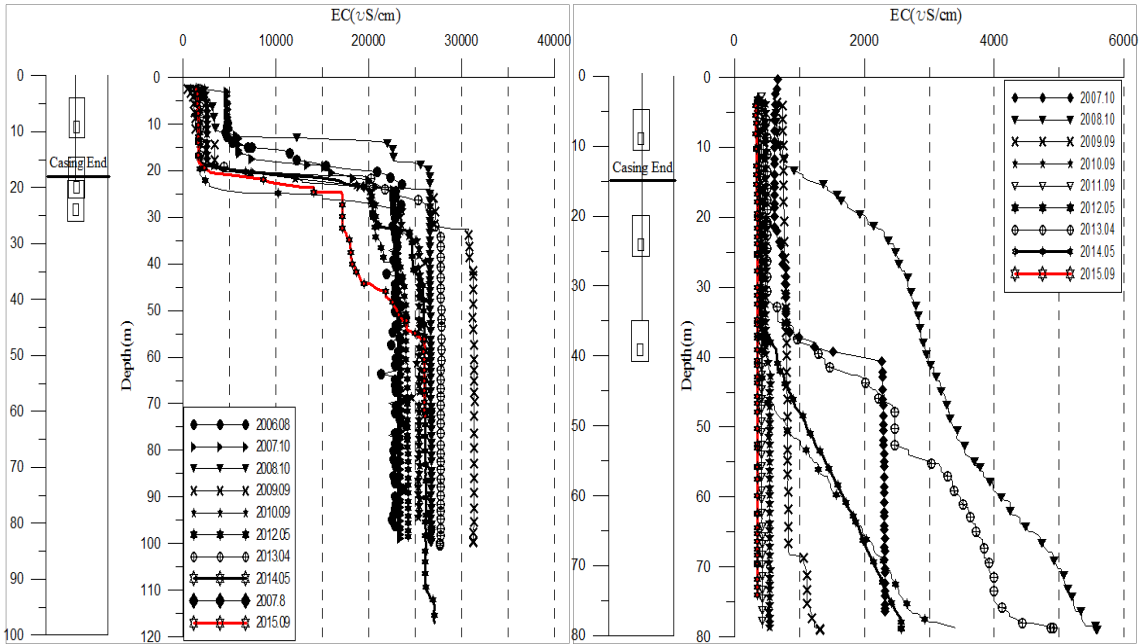


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
사천1	강릉시 사천면 사천진리 산7-1	188041.972	482856.688	2.632	2006	150	0.572
사천2	강릉시 연곡면 동덕2리 1588	187069.635	483140.510	4.368	2007	640	1.628

2. 지형 및 지질

이 지역은 강릉시 사천면의 해안선에 인접한 지구로, 남서부는 700 ~ 1,000 m 에 이르는 산지를 이루며, 동북부로 갈수록 점차 낮아져 300 m 이하의 낮은 산이 많다. 동북쪽은 동해에 접해 있으며, 남서산지에서 발원한 사천내가 동해로 흐르며, 하천연안과 해안일대에는 소규모의 충적지가 분포한다. 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체가 주를 이루고 있다.

3. 지하수 검층



<사천1 관측공>

<사천2 관측공>

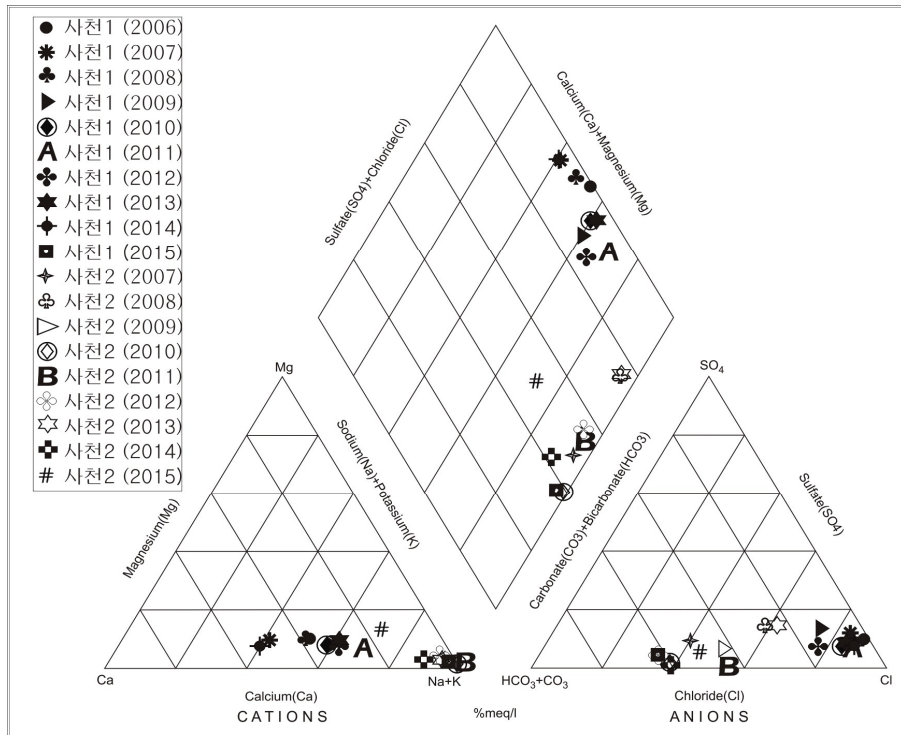
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
사천1	(2006.11)	790.47	82.85	29.78	499.42	266.74	2100.96	30.50	ND
	(2007.10)	925.03	106.36	17.77	927.81	434.97	2679.95	176.90	ND
	(2008.10)	506.55	57.10	12.88	353.13	198.40	1524.43	155.55	5.03
	(2009. 9)	254.52	19.42	11.03	116.51	108.54	490.33	137.25	1.20
	(2010. 9)	416.28	33.88	12.20	196.91	125.62	919.29	155.55	3.44
	(2011. 7)	307.68	13.58	9.17	92.77	74.06	520.05	64.46	1.80
	(2012. 5)	225.76	15.83	10.48	100.21	65.47	462.39	152.50	ND
	(2013. 4)	477.03	37.04	14.97	205.49	136.40	1065.98	161.65	ND
	(2014. 5)	532.21	69.33	7.31	607.87	209.24	1724.55	158.60	6.45
	(2015. 9)	67.59	0.36	2.28	1.21	8.33	39.82	122.00	ND

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
사천2	(2007.10)	148.43	0.98	1.83	3.06	23.84	101.21	213.50	ND
	(2008.10)	217.88	2.86	2.70	7.91	70.01	222.71	183.00	1.15
	(2009. 9)	146.43	0.87	2.16	2.10	22.22	108.33	167.75	0.15
	(2010. 9)	111.45	0.46	1.50	1.18	4.40	64.51	186.05	0.24
	(2011. 7)	110.24	0.20	1.21	1.04	ND	56.53	77.72	ND
	(2012. 5)	101.67	0.56	1.16	1.74	ND	62.57	183.00	ND
	(2013. 4)	271.00	3.20	2.42	9.07	76.64	284.03	195.20	1.35
	(2014. 5)	96.69	1.07	1.54	7.14	2.44	64.02	158.60	0.26
	(2015. 9)	43.29	4.31	2.52	8.56	8.33	44.75	85.40	ND



<사천지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

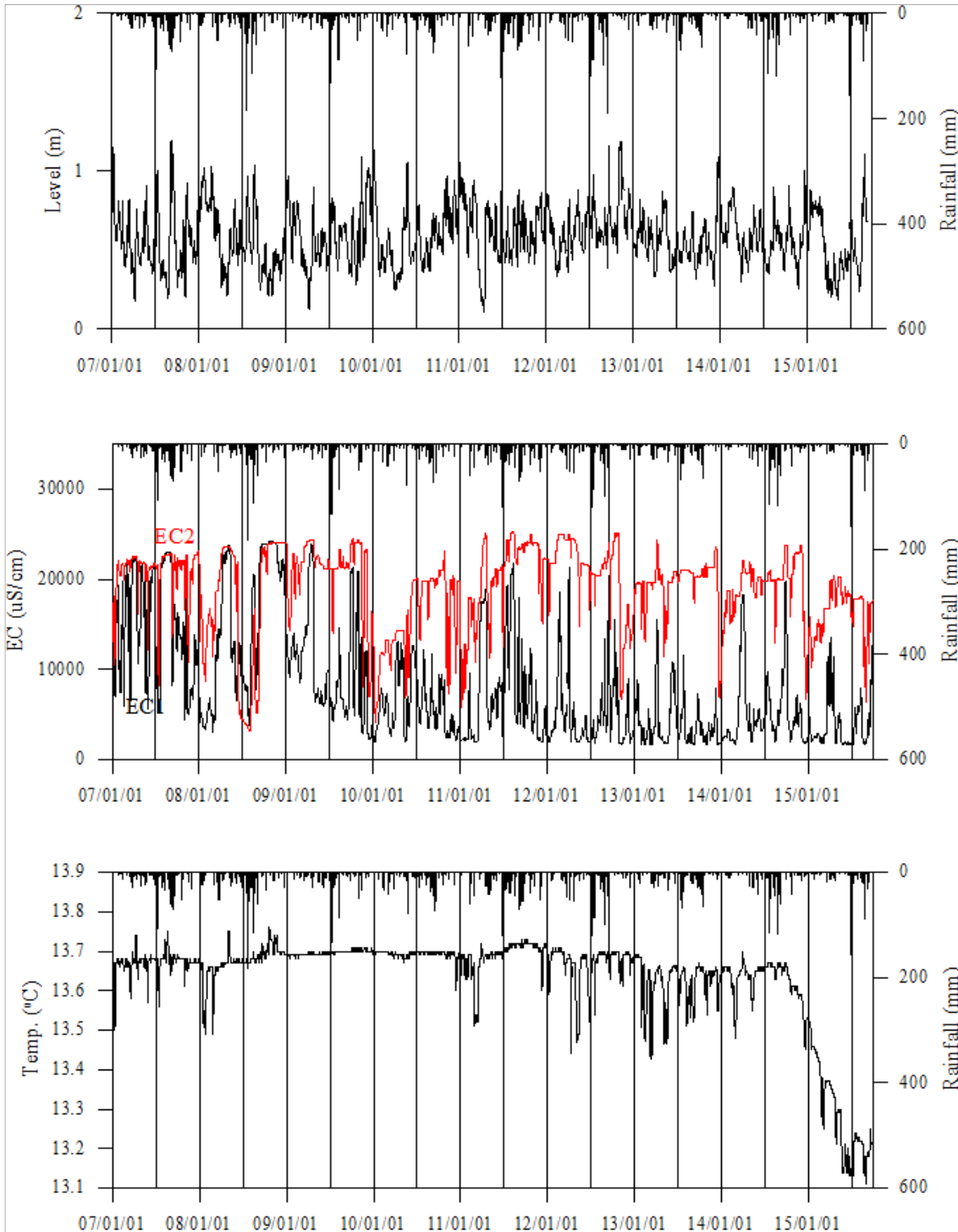
구 분	관측공	사천1	사천2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2006.11	118.77	-
	2007.10	26.03	0.81
	2008.10	16.84	2.09
	2009. 9	6.14	1.11
	2010. 9	10.16	0.60
	2011. 7	13.86	1.25
	2012. 5	5.21	0.59
	2013. 4	11.33	2.50
	2014. 5	18.68	0.69
	2015. 9	0.56	0.90

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

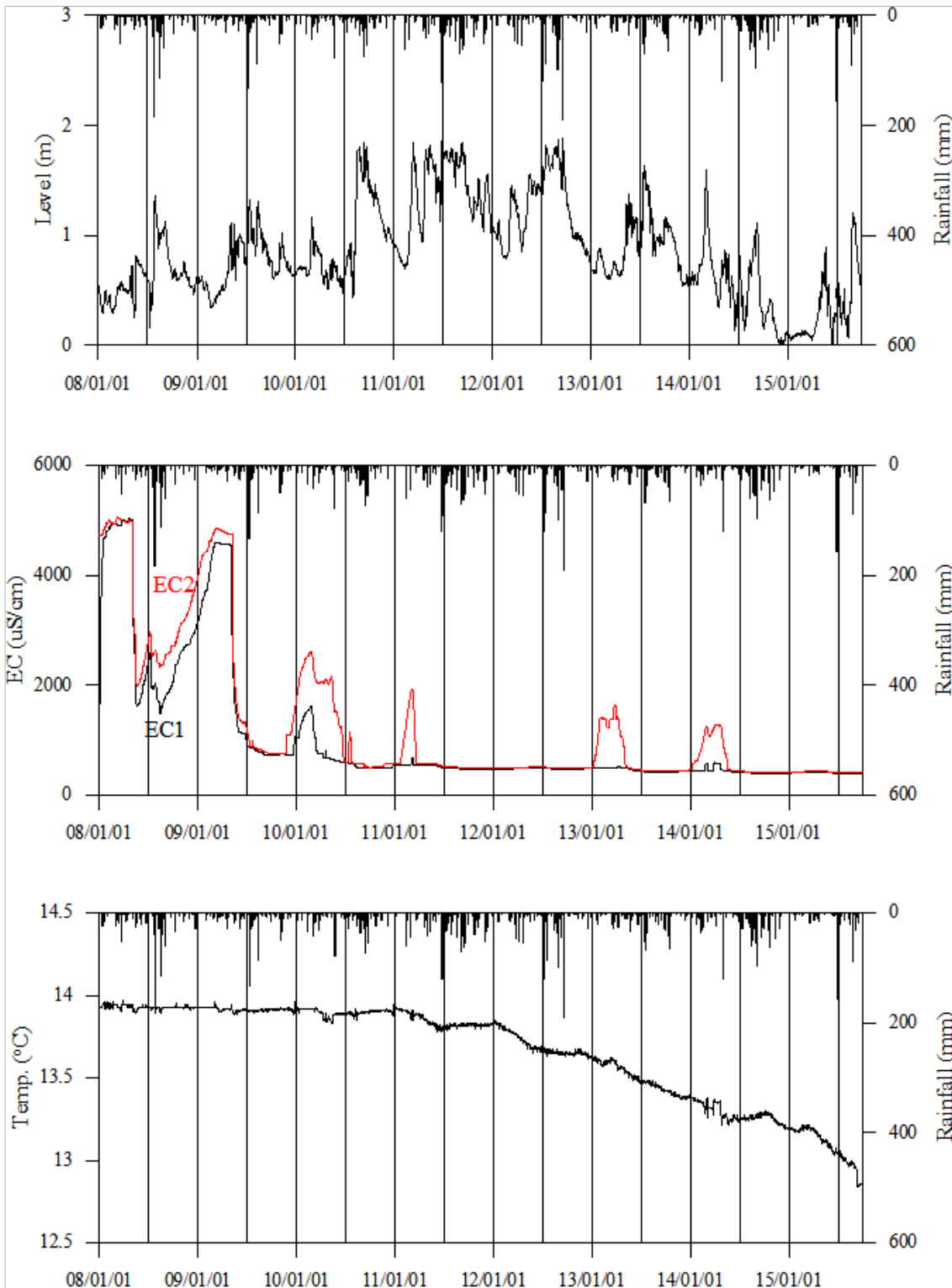
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
사천1	2007	0.55	0.18	1.19	15,825	5,117	22,977	20,793	8,191	22,808
	2008	0.59	0.21	1.04	13,427	3,082	24,151	15,630	3,173	24,001
	2009	0.55	0.12	0.97	10,948	4,279	23,951	21,705	14,046	24,428
	2010	0.55	0.25	1.13	6,560	1,993	13,082	15,464	4,183	23,162
	2011	0.61	0.11	1.05	8,199	2,044	21,733	19,666	5,731	25,207
	2012	0.66	0.33	1.19	4,994	1,756	21,335	21,268	6,658	25,099
	2013	0.56	0.33	0.87	4,519	1,703	15,496	19,198	11,474	24,371
	2014	0.58	0.30	0.90	5,204	1,703	18,318	18,897	1,0242	22,117
	2015	0.53	0.19	1.11	4,011	1,749	13,948	16,351	6,442	20,339
사천2	2008	0.62	0.17	1.36	3,129	1,347	5,025	3,548	1,996	5,057
	2009	0.75	0.35	1.33	2,307	728	4,599	2,572	761	4,852
	2010	0.92	0.44	1.84	777	491	1,618	1,422	508	2,616
	2011	1.39	0.70	1.86	525	477	687	691	498	1,927
	2012	1.29	0.79	1.88	482	468	496	500	486	512
	2013	0.90	0.60	1.63	479	428	513	887	445	1,645
	2014	0.64	0.13	1.60	460	407	587	776	426	1,286
	2015	0.33	-0.13	1.20	405	389	420	426	412	441

6. 장기관측 결과



<사천1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<사천2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 사천1, 2 관측공은 2006년과 2007년에 설치한 관측공으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 사천1 관측공은 지표 하 15 m ~ 25 m 구간에서 연평균 전기전도도가 약 5,000 $\mu S/cm$ 에서 약 15,000 $\mu S/cm$ 으로 급격히 증가하는 전이대 구간이 나타났다. 사천2 관측공은 2008년 조사 시 지표 하 10 m 이하에서 1,000 $\mu S/cm$ 에서 6,000 $\mu S/cm$ 까지 직선적으로 증가하는 전기전도도 값의 변화를 보였다. 2014년 조사 시에는 지표 하 35m 구간에서 약 2,600 $\mu S/cm$ 까지 직선적으로 증가하는 전기전도도 값의 변화를 나타냈으나, 2015년 조사 시에는 깊이에 관계없이 300 $\mu S/cm$ 내외를 유지하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 사천1, 2 관측공은 Na-Cl유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.56, 0.90으로 사천지구 관측공은 해수의 영향을 약하게 받고 있음을 알 수 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 사천1 관측공은 2007년 관측 이후 EC1은 15,825 $\mu S/cm$ 에서 2015년 4,011 $\mu S/cm$ 로 감소하고 있고, EC2는 2007년 20,793 $\mu S/cm$ 에서 2015년 16,351 $\mu S/cm$ 로 감소하고 있다. 사천2 관측공은 2008년 관측이후 EC1은 3,129 $\mu S/cm$ 에서 2015년 405 $\mu S/cm$ 로, EC2는 3,548 $\mu S/cm$ 에서 2015년 426 $\mu S/cm$ 로 감소하고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 사천지구의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 해수면의 영향에 의한 주기적인 수위변동 양상이 나타나고 있으며, 수위변화량은 2 m 내외이다. 사천1 관측공의 지하수 수위는 주기변화가 뚜렷하나 사천2 관측공은 주기성이 다소 약한 편이고, 다만 강수에 비례적으로 나타난다. 전기전도도의 변화에서도 수위증감과 동반하여 사천1 관측공은 주기성이 뚜렷하며, 사천2 관측공은 2011년 이후 700 $\mu S/cm$ 내외로 비교적 일정한 값이 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 사천1 관측공은 해수침투의 영향이 매우 크며, 사천2 관측공은 상대적으로 해수침투의 영향이 적은 것으로 관측된다. 두 관측공 사이에 분포하는 전이대의 변동양상을 모니터링하여 해수침투 영향의 진행 여부를 점검하고, 해수침투가 주변지역으로 확산되는 문제에 대비할 필요가 있다.

2.2.3 조양지구

1. 위치

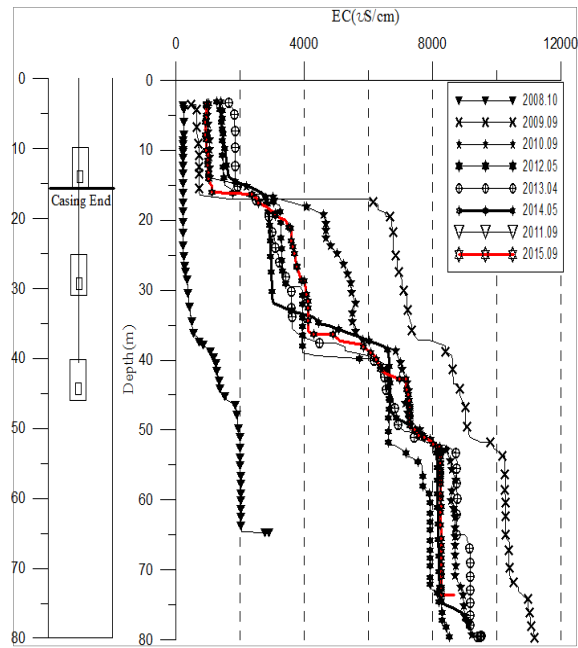


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
조양1	속초시 조양동 180-3	162498.662	521110.427	4.225	2008	900	3.290

2. 지형 및 지질

이 지역은 속초시 조양동에 위치한 지구로, 농경지가 넓게 분포하고 있다. 속초 지역은 해안도로인 7번 국도를 경계로 해안 쪽은 대부분 매립지이다. 따라서, 농경지 중 매립지가 아닌 지역에서 해안에 인접하여 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 위치를 선정하였다. 지질은 중생대 유라기 대보화강암과 백악기 퇴적암이 주로 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



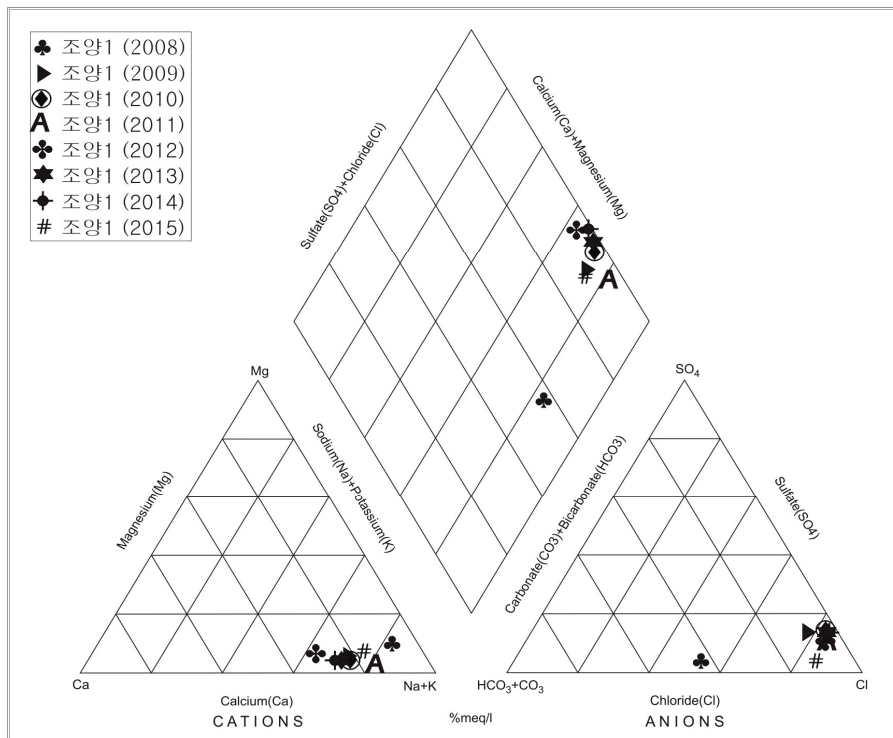
<조양1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
조양1	(2008.10)	36.27	1.77	3.46	3.29	4.81	37.59	57.95	0.20
	(2009. 9)	248.21	7.52	4.38	61.36	82.81	387.35	85.40	ND
	(2010. 9)	602.85	21.22	6.56	161.15	235.22	1081.61	61.00	3.74
	(2011. 7)	236.09	4.74	3.23	40.72	70.02	309.85	20.69	0.92
	(2012. 5)	385.89	16.82	6.22	179.67	181.43	826.43	57.95	ND
	(2013. 4)	795.09	27.12	12.30	247.28	377.39	1607.71	64.05	8.28
	(2014. 5)	887.10	29.28	9.87	295.60	350.31	1537.01	57.95	4.04
	(2015. 9)	422.79	19.28	8.56	93.60	52.91	695.94	137.3	ND



<조양지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

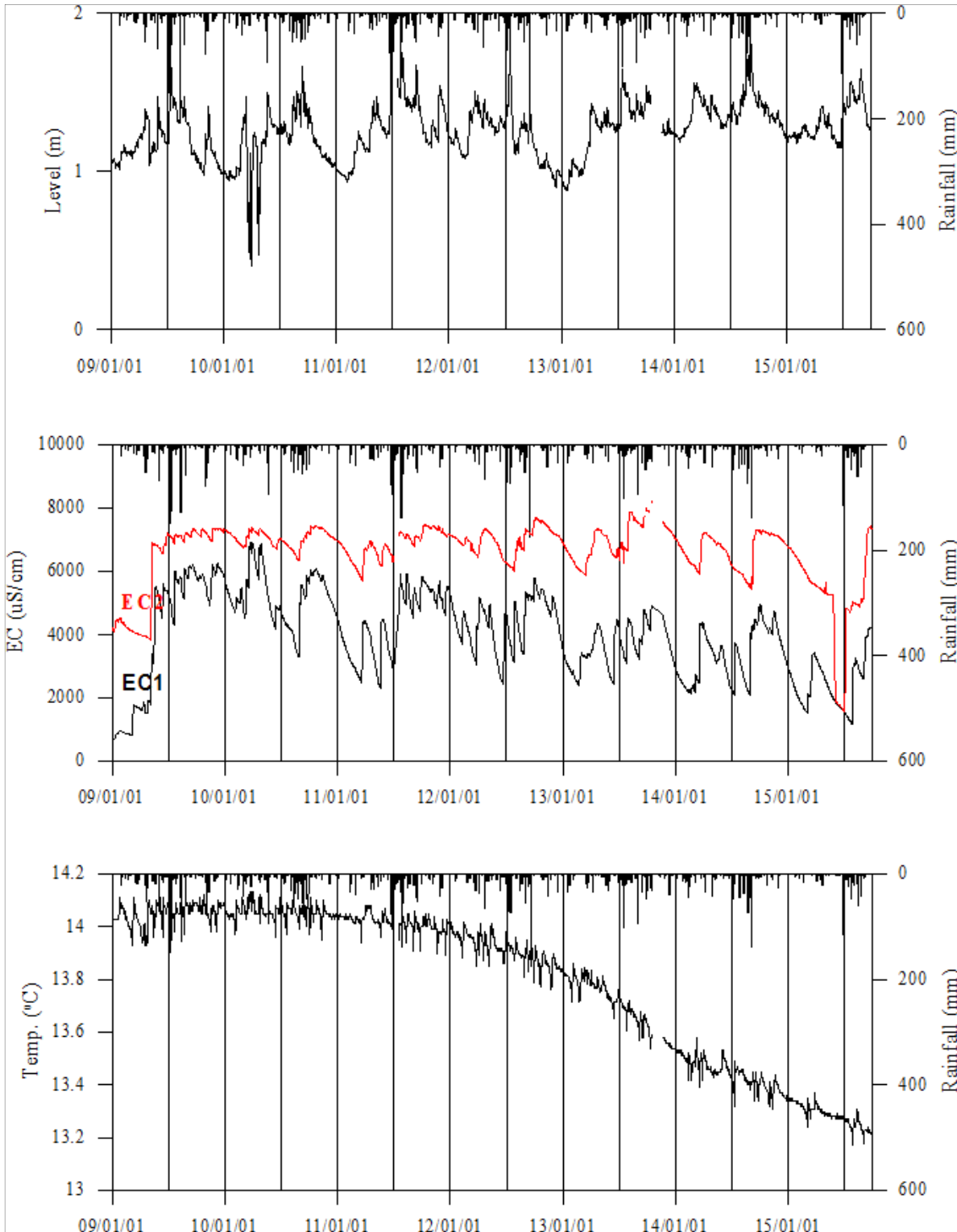
구분	관측공	
	년. 월	조양1
Cl/HCO ₃ 몰비	2008.10	1.11
	2009. 9	7.79
	2010. 9	30.47
	2011. 7	25.73
	2012. 5	24.51
	2013. 4	43.13
	2014. 5	45.57
	2015. 9	8.73

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
조양1	2009	1.20	0.98	1.68	3,674	665	6,196	5,819	3,812	7,339
	2010	1.18	0.40	1.66	5,241	3,292	6,903	7,021	6,327	7,450
	2011	1.27	0.94	1.77	4,171	2,319	5,915	6,748	5,706	7,463
	2012	1.25	0.97	1.76	4,362	2,415	5,782	6,971	5,987	7,699
	2013	1.20	0.88	1.65	3,387	2,380	4,518	6,642	5,882	7,339
	2014	1.35	1.19	1.56	3,030	2,086	4,378	6,578	5,906	7,221
	2015	1.31	1.15	1.65	2,460	1,155	4,231	5,234	1,571	7,416

6. 장기관측 결과



<조양1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

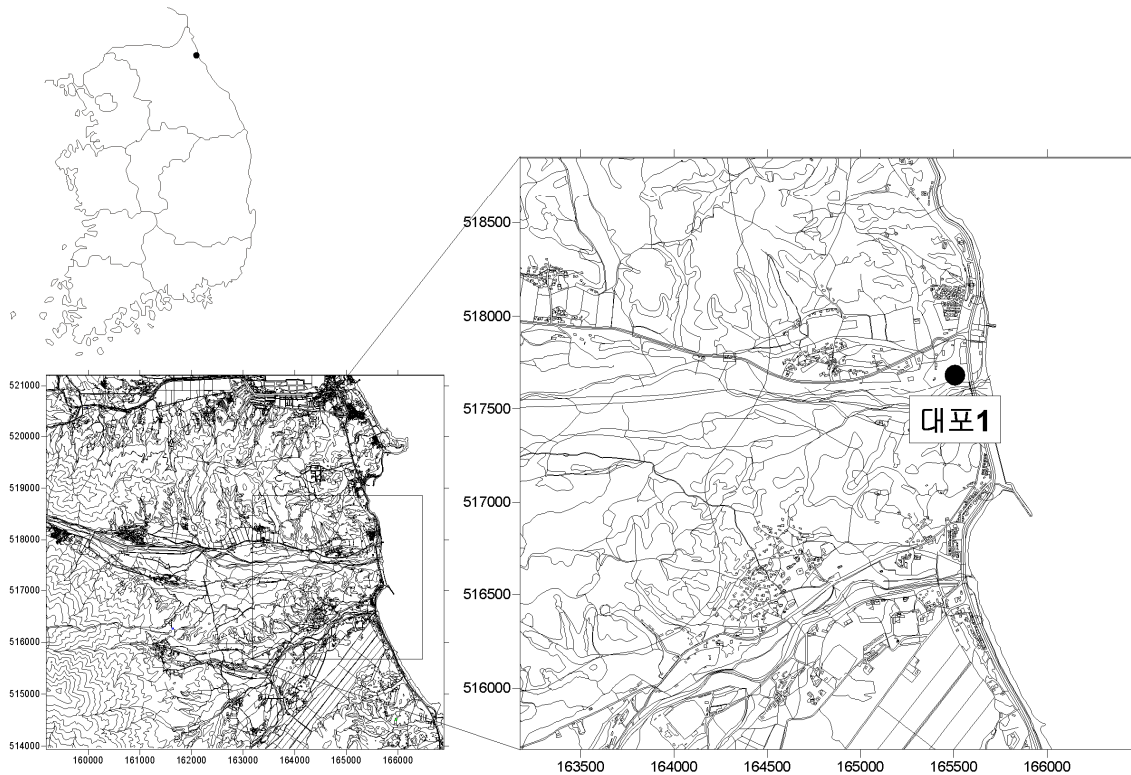
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 조양1 관측공은 2008년에 설치한 관측공으로 청문조사와 주변 관정의 간격이 수질검사 결과를 기초로 향후 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 조양1 관측공은 2008년 조사 시에는 지표 하 약 35, 45 m 에서 전이대가 나타났으며, 2009년 이후부터는 지표 하 35, 50, 70 m에서 전이대가 형성 되었는데 약 500 ~ 9,000 $\mu S/cm$ 의 변화를 나타나고 있어 염수의 유입을 지시한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 조양1 관측공은 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비가 8.73으로 매우 심각한 해수침투의 영향을 지시하고 있다.
- 4) 연도별 관측 결과 : 조양1 관측공의 연평균 전기전도도는 2009년 관측이후 EC1과 EC2가 각각 2,460 ~ 5,241 $\mu S/cm$, 5,234 ~ 7,021 $\mu S/cm$ 의 범위를 보이고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 조양1 관측공은 연간 1 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으나, 주로 강수에 의한 수위 상승이고 지하수자원의 자연감소에 의한 지하수 수위 저하는 없는 것으로 판단된다. 전기전도도는 EC1이 EC2 보다는 지하수 수위 변동에 더 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있으며, EC1은 센서 설치심도가 전이대 구간으로서 그 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 조양지구는 해수침투의 영향이 문제가 되고 있어, 지속적으로 관측하여 해수침투의 진행 여부를 지속적으로 점검하여야 한다.

2.2.4 대포지구

1. 위치

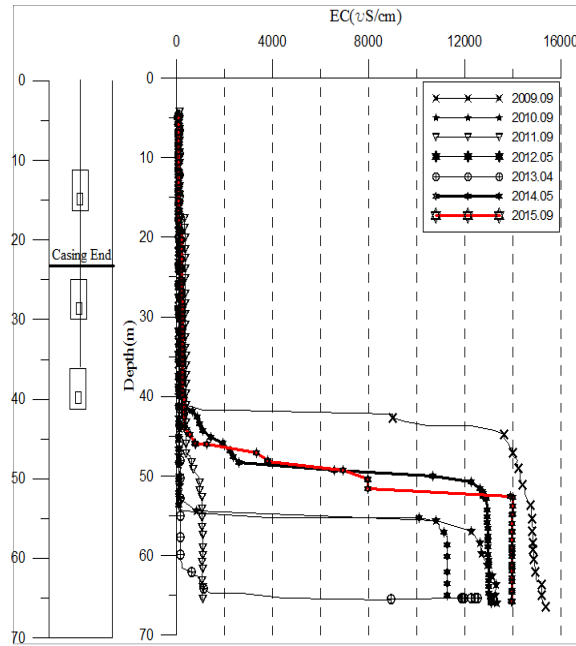


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대포1	속초시 대포동 178-49	165452.253	517631.684	1.984	2009	30	1.52(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 속초시 조양동에 위치한 지구로, 농경지가 넓게 분포하고 있다. 속초 지역은 해안 도로인 7번 국도를 경계로 해안쪽은 대부분이 매립지이다. 따라서 농경지 중 매립지가 아닌 지역에서 해안에 인접하여 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 선정하였다. 지질은 중생대 유라기 대보화강암과 백악기 퇴적암이 주로 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



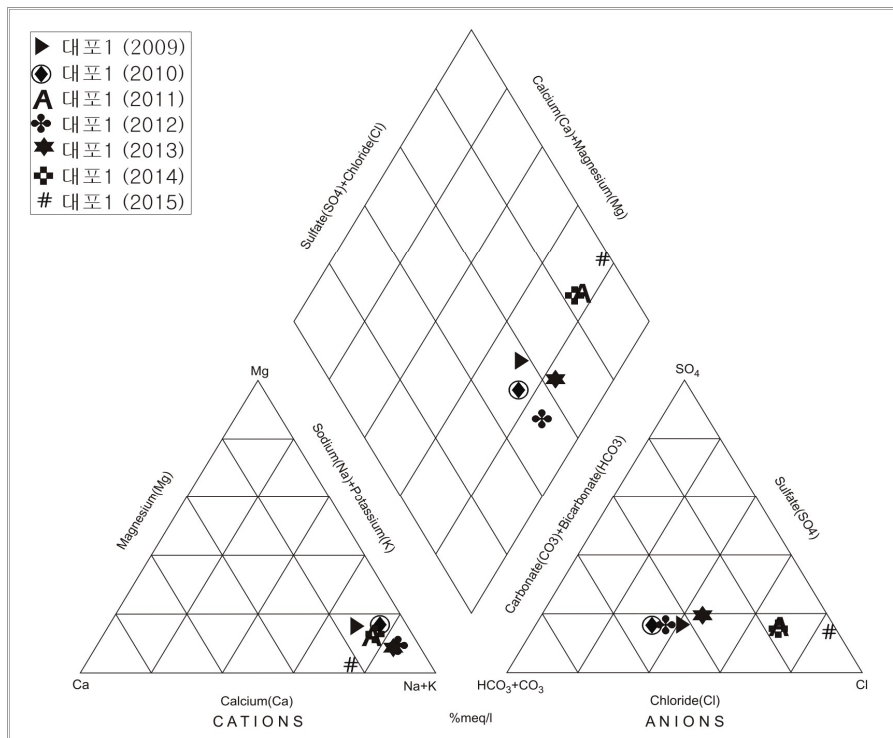
<대포1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
대포1	(2009. 9)	14.91	1.85	0.99	2.32	7.46	13.57	24.40	ND
	(2010. 9)	13.50	1.55	0.93	1.59	6.45	8.86	24.40	ND
	(2011. 7)	28.60	2.61	1.34	3.47	10.74	33.58	13.11	ND
	(2012. 5)	19.92	0.97	1.05	1.24	6.92	12.14	24.40	ND
	(2013. 4)	21.92	1.18	0.93	2.14	9.31	16.13	21.35	0.07
	(2014. 5)	36.07	3.83	2.36	4.86	14.98	45.24	21.35	0.46
	(2015. 9)	974.72	20.11	8.89	225.72	389.73	1775.43	48.8	ND



<대포지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

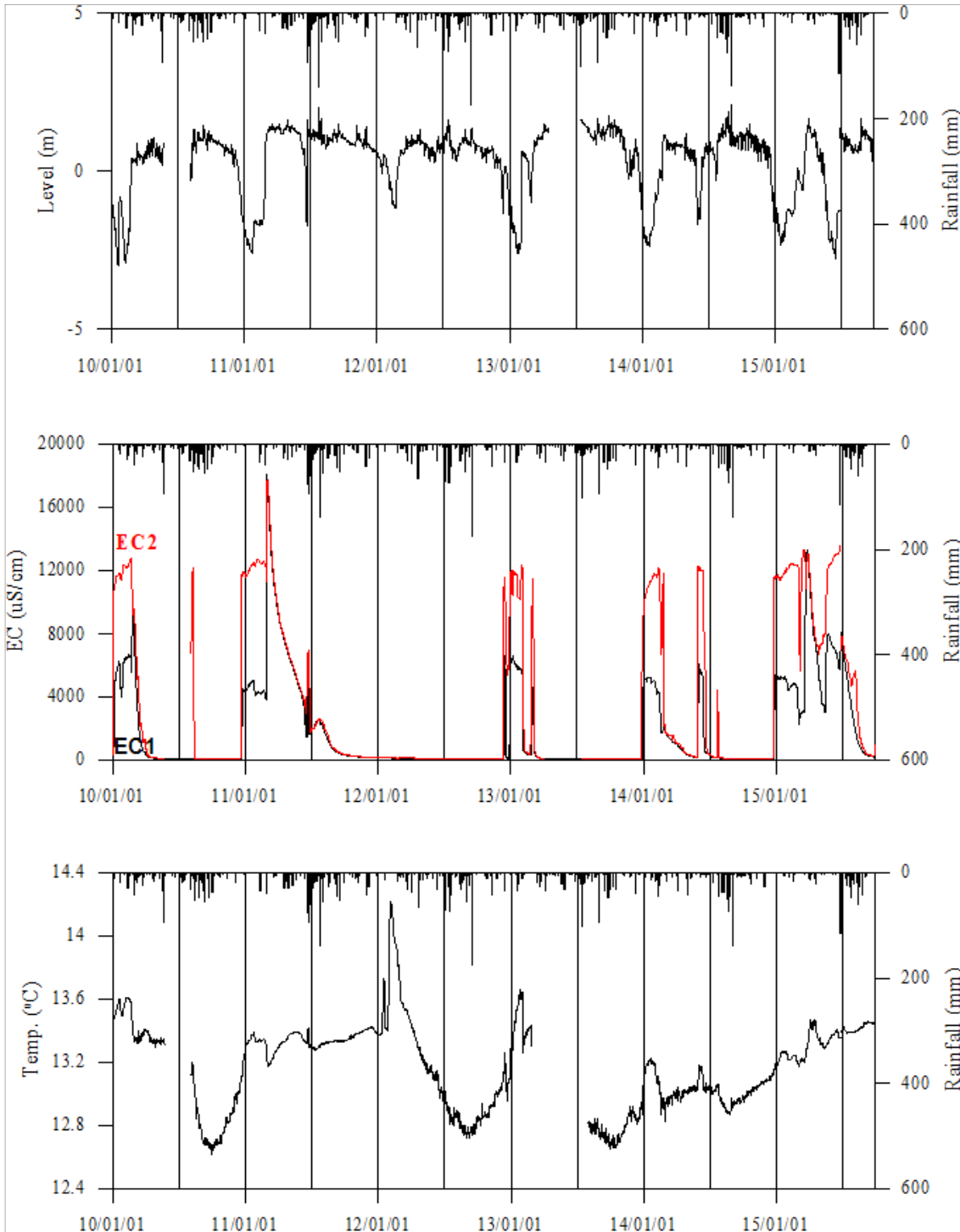
구 분	관측공	
	년. 월	대포1
Cl/HCO ₃ 몰비	2009. 9	0.96
	2010. 9	0.62
	2011. 7	4.40
	2012. 5	0.85
	2013. 4	1.30
	2014. 5	3.64
	2015. 9	62.61

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
대포1	2010	0.34	-2.98	2.04	1,870	76	9,783	3,844	80	12,801
	2011	0.53	-2.60	2.02	4,311	244	18,102	6,017	260	17,761
	2012	0.61	-1.16	1.61	104	77	185	112	72	186
	2013	0.19	-11.57	7.23	1,544	38	6,577	4,309	74	12,374
	2014	0.03	-2.37	1.21	1,934	128	6,106	4,453	149	12,258
	2015	-0.12	-2.77	1.65	4,763	209	13,293	8,356	244	13,522

6. 장기관측 결과



<대포1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

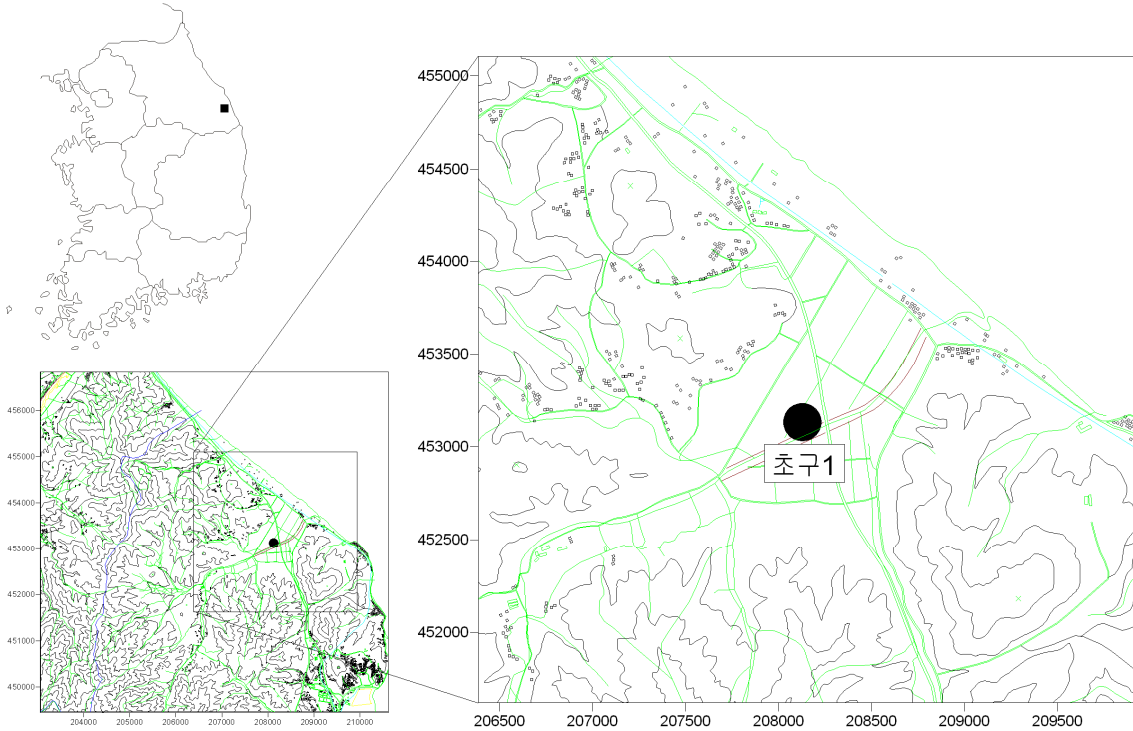
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 대포1 관측공은 속초시 대포동 쌍천 유역에 위치하고 있으며, 인근 지하수 관정에서 염분 성분이 검출되어 농경지의 염해피해를 방지하고자 관측공 위치를 선정하였다. 이 관측공의 위치는 풍수기에는 쌍천의 영향으로 해수가 유입되지 않으나, 갈수기에는 해수가 유입되어 농경지 및 생활용수에 막대한 피해를 입힌다. 따라서, 갈수기에 해수 유입을 사전에 차단하고자 해수침투 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 대포1 관측공은 지표 하 40 ~ 55 m 에서 2009, 2010년 조사에서는 전기전도도 값이 $100 \mu S/cm$ 에서 $15,000 \mu S/cm$ 로 급격히 증가하는 전이대 구간이 나타났으며, 그 이후 이런 경향이 유지된다. 따라서, 이 구간을 통한 염수침입이 발생함을 알 수 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 대포1 관측공은 Na-(HCO₃, Cl) 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비도 62.61로 해수 영향을 심하게 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측 결과 : 대포1 관측공은 매년 1 ~ 3월 지하수 수위 강하 시, 전기전도도가 증가되는 것으로 관측되었다. 이 시기 지하수 수위 강하는 주변에서 염수 양수의 영향으로 염수가 관측공 내로 유입되어 발생하는 현상으로 판단된다.
- 5) 장기관측결과 : 대포1 관측공은 연간 약 5 m 내외의 수위 변화가 발생 하고 있으며, 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사한 변화를 보이고, 수위상승에 따른 EC 감소 현상이 매우 정기적이며 뚜렷하므로, 주변 지하수 수위 관찰을 통한 염해 예방이 가능할 것으로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 대포지구는 현재 지표 하 40 m 이내 심도까지는 해수침투의 영향이 문제가 되지 않으나, 지속적으로 관측하여 전이대의 상승 및 계절적인 전기전도도의 증가 등을 지속적으로 관찰할 필요가 있다.

2.2.5 초구지구

1. 위치

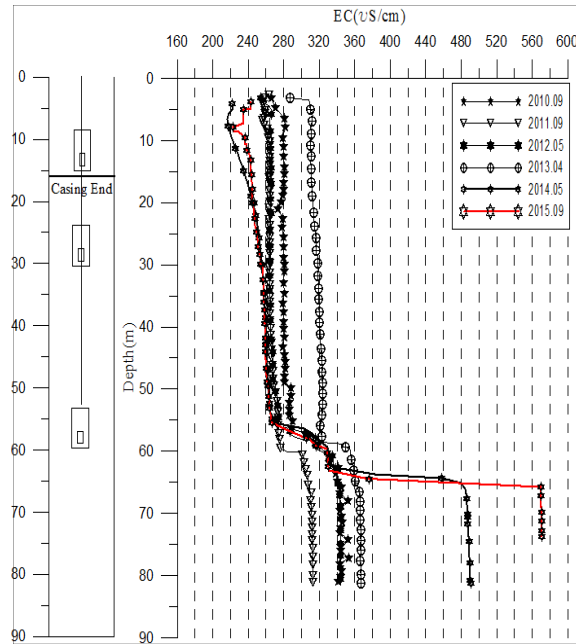


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
초구1	동해시 초구동 361-1	208025.98	453029.60	8.91	2010	850	2.75

2. 지형 및 지질

이 지역은 동해시 초구동으로 동해-강릉 간 동해고속도로 망상IC가 위치하고 있고, 북동방향에 대상으로 농경지가 넓게 분포하고 있다. 주변지질은 시대미상의 우백질 화강암이 조사지구의 남서쪽에 자리하고 있고, 고생대 오오도비스기 ~ 캄브리아기 조선계 대석회암통이 조사지구의 북서쪽에 넓게 분포한다. 조사지구의 남동쪽은 대석회암통과 부정합을 이루며 중생대 평안계 홍점통, 사동통, 고방산통이 차지하고 있으며 이를 부정합으로 제4기 신기 하성층으로 사암, 역암, 점토로 구성된 암석이 덮고 있다.

3. 지하수 검층



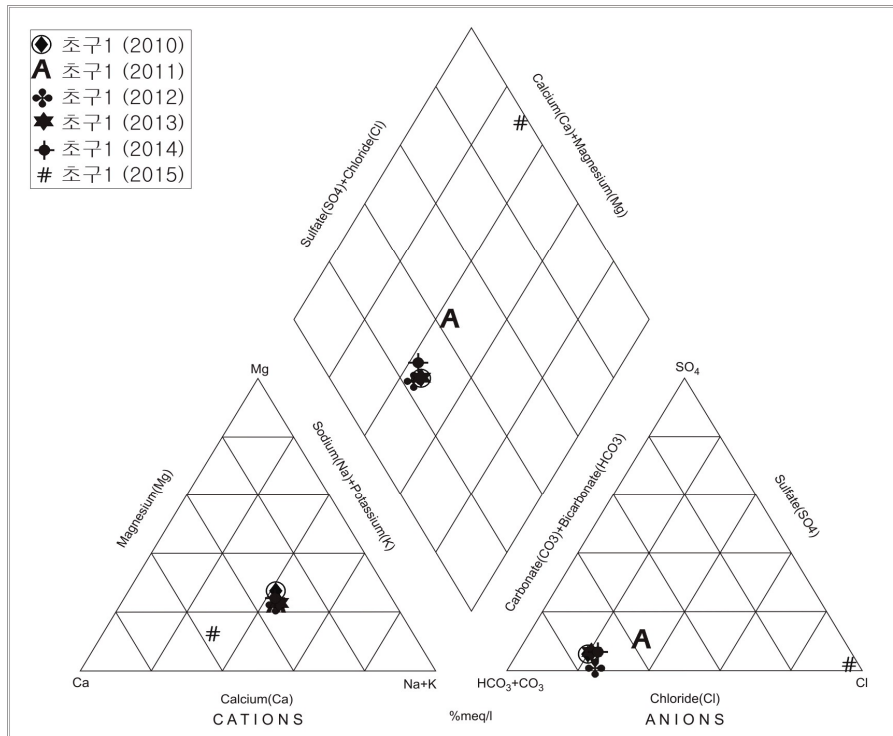
<초구1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
초구1	(2010. 9)	30.99	8.13	1.58	18.22	7.44	21.69	125.05	ND
	(2011. 7)	27.01	7.64	1.62	19.49	6.91	19.06	56.69	ND
	(2012. 5)	26.15	7.91	1.89	20.71	0.06	24.34	131.15	ND
	(2013. 4)	33.55	8.60	1.58	21.01	8.78	22.59	146.40	ND
	(2014. 5)	28.45	8.96	2.02	19.58	8.81	23.88	128.10	ND
	(2015. 9)	98.04	21.85	3.74	150.91	8.65	466.65	15.25	0.98



<초구지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

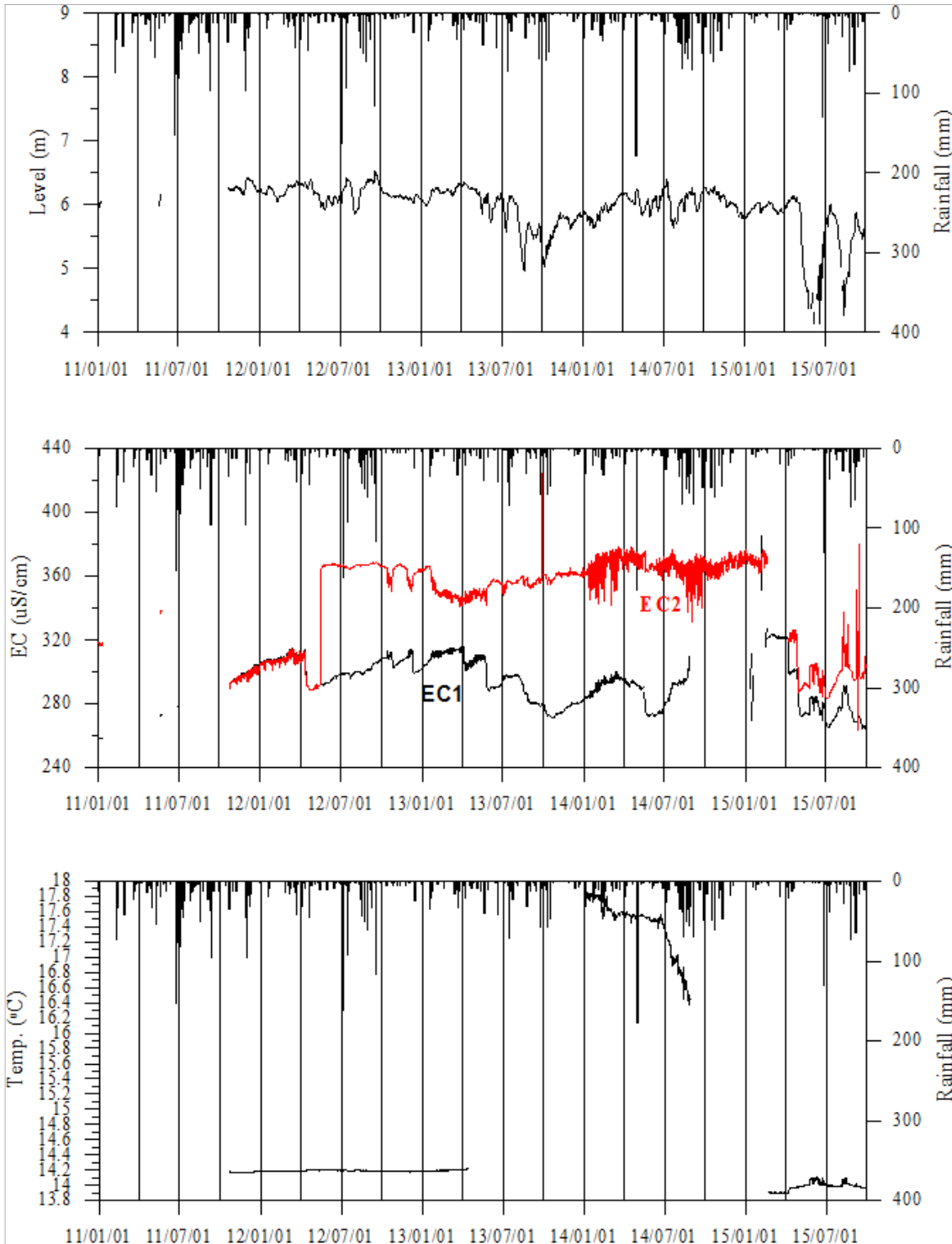
구분	관측공	
	년. 월	초구1
Cl/HCO ₃ 몰비	2010. 9	0.30
	2011. 7	0.58
	2012. 5	0.32
	2013. 4	0.27
	2014. 5	0.32
	2015. 9	52.66

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
초구1	2012	6.20	5.85	6.54	303	289	315	340	289	369
	2013	6.13	5.58	6.36	304	288	316	352	341	366
	2014	5.98	5.63	6.39	288	272	300	367	342	378
	2015	5.49	3.37	6.13	289	264	385	315	264	380

6. 장기관측 결과



<초구1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

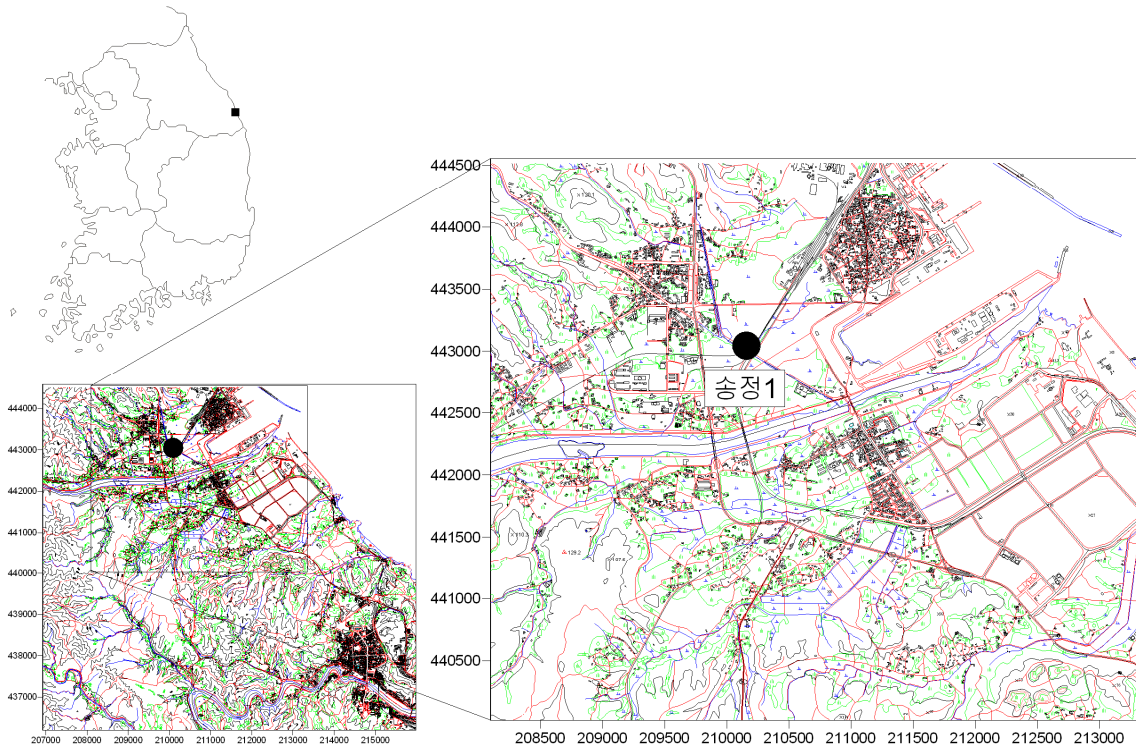
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 초구1 관측공은 2010년에 설치한 관측공으로 청문조사와 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급 결정 결과, 10점으로 30%에 해당하여 향후 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 초구1 관측공은 지표 하 55 ~ 65 m 구간에서 전이대 구간이 나타났다. 지표 하 60m 이하 구간의 전기전도도가 2013년 이후 지속적으로 증가하는 경향을 보여 해수 침투 가능성이 있으므로 향후 지속적인 관측 및 자료 분석이 필요하다. 이 구간의 전기전도도는 2013년 $320 \mu S/cm$ 에서 2015년 $570 \mu S/cm$ 로 증가하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 초구1 관측공은 (Ca, Na+K)-HCO₃ 유형이 우세하다. Cl/HCO₃ 몰비는 2014년 이전에는 0.58 이하로 해수의 영향이 없는 것으로 나타났으나, 2015년은 52.66으로 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측 결과 : 초구1 관측공의 연평균 전기전도도는 EC1, EC2 가 각각 $288 \sim 304 \mu S/cm$, $315 \sim 367 \mu S/cm$ 로 조사되었다.
- 5) 장기관측결과 : 초구1 관측공은 연간 약 2 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 EC2가 EC1보다 약 $60 \mu S/cm$ 높게 나타나지만, 공통적으로 $400 \mu S/cm$ 이하의 값을 나타낸다.
- 6) 관리 방안 : 초구1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 큰 문제가 되지는 않지만, 검층결과 일부 구간에서 전기전도도가 증가하고 몰비가 큰 값을 보이므로 지속적으로 관측하여 해수침투 영향 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.2.6 송정지구

1. 위치

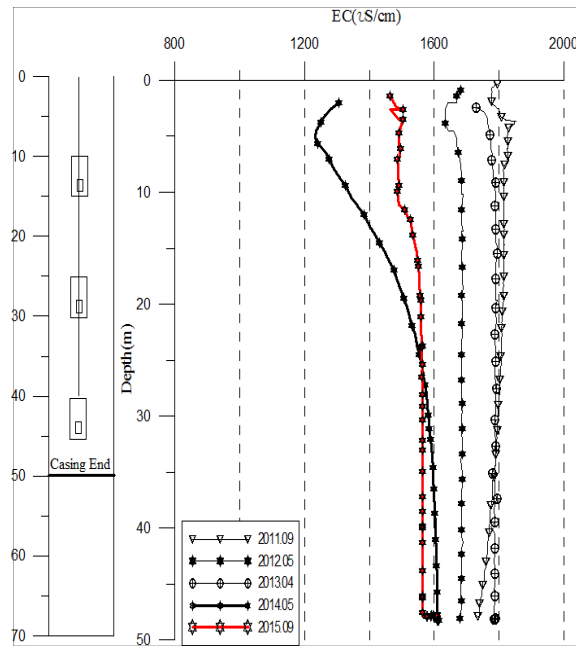


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
송정1	동해시 송정동 1688	210500.528	442813.296	5.344	2011	580	0.30

2. 지형 및 지질

이 지역은 동해시 송정동으로 동해송정 일반산업단지에 위치하고 있고, 북쪽 방향으로 농경지가 넓게 분포하고 있다. 주변지질은 시대미상의 우백질 화강암이 조사지구의 남서쪽에 자리하고 있고, 고생대 오오도비스기 ~ 캄브리아기 조선계 대석회암통이 조사지구의 북서쪽에 넓게 분포한다. 조사지구의 남동쪽은 대석회암통과 부정합을 이루며 중생대 평안계 홍점통, 사동통, 고방산통이 차지하고 있으며 이를 부정합으로 제4기 신기 하성층으로 사암, 역암, 점토로 구성된 암석이 덮고 있다.

3. 지하수 검층



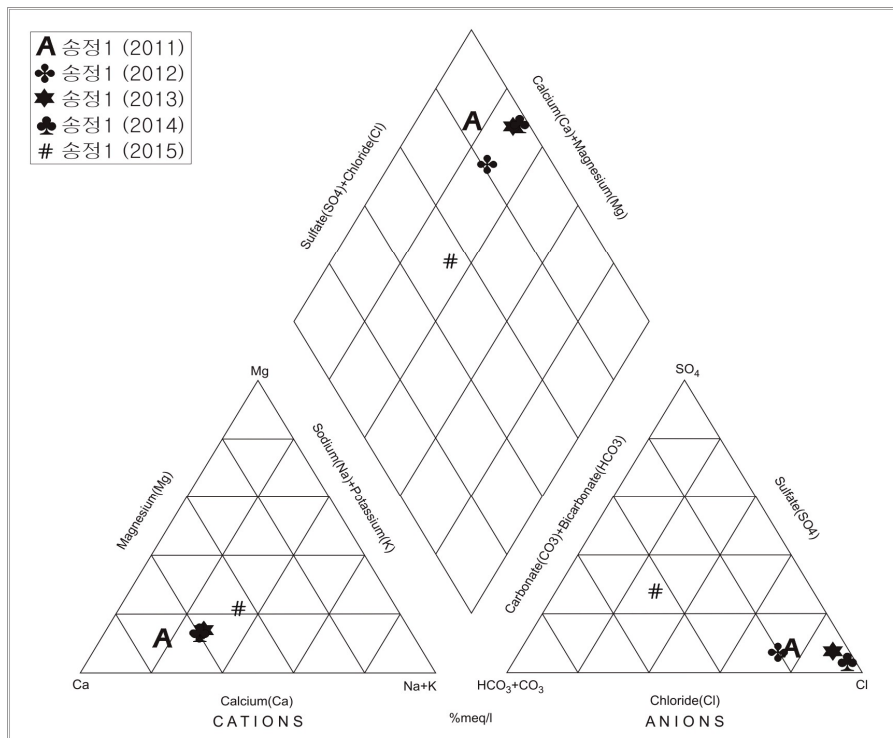
<송정1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
송정1	(2011. 9)	81.96	29.79	5.48	296.05	52.77	418.27	158.60	2.19
	(2012. 5)	107.03	27.55	5.58	214.44	56.11	487.36	207.40	ND
	(2013. 4)	93.28	23.99	4.34	169.53	49.76	480.76	39.65	6.49
	(2014. 5)	102.82	26.16	4.16	179.75	29.19	499.39	21.35	1.72
	(2015. 9)	28.45	10.12	5.61	36.13	56.85	43.77	118.95	ND



<송정지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

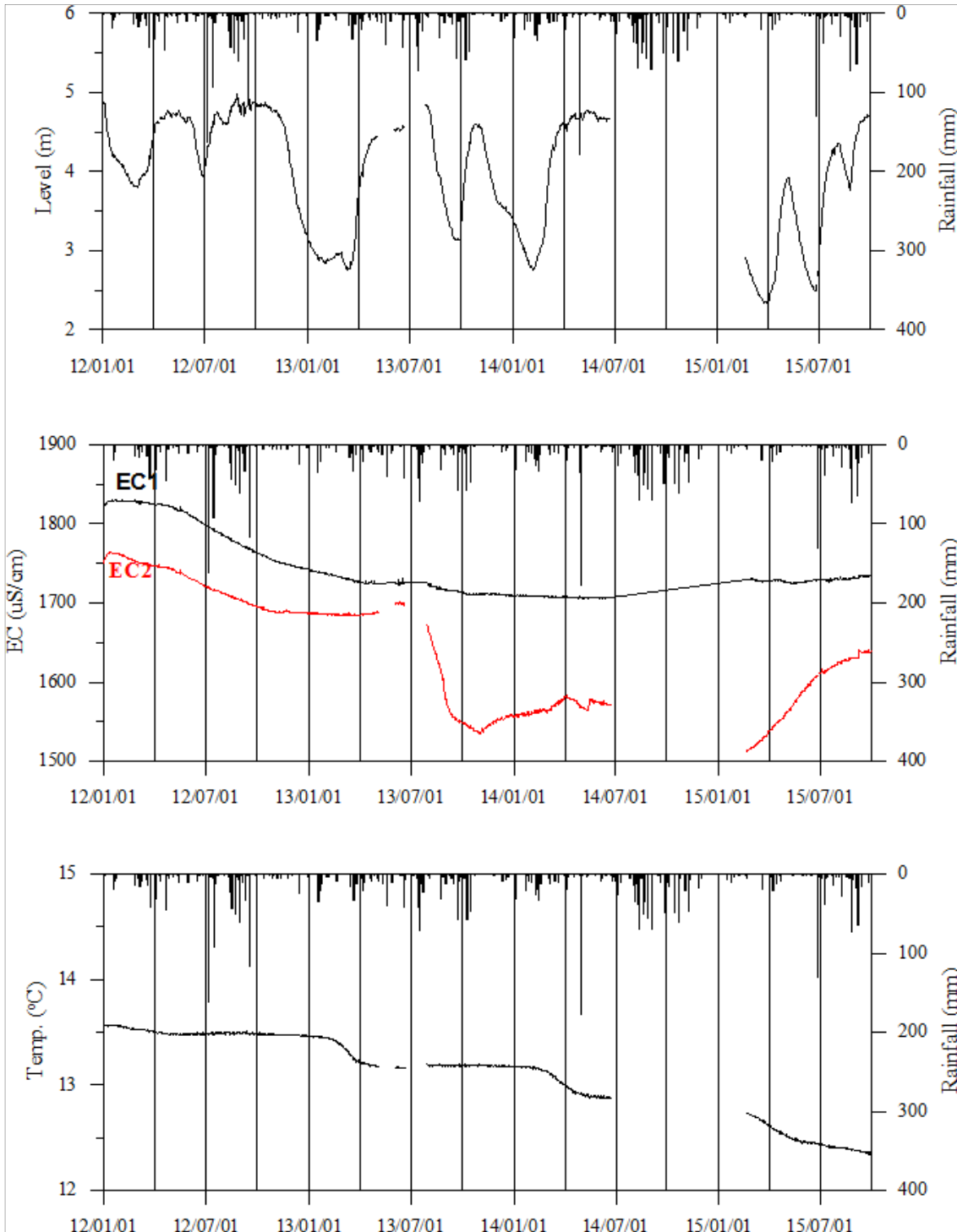
구 분	관측공	
	년. 월	송정1
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 9	4.53
	2012. 5	4.04
	2013. 4	20.83
	2014. 5	40.19
	2015. 9	0.63

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
송정1	2012	4.51	3.80	4.98	1,798	1,747	1,830	1,725	1,687	1,764
	2013	3.47	2.76	4.85	1,731	1,723	1,742	1,687	1,670	1,701
	2014	4.05	2.76	4.78	1,708	1,705	1,710	1,569	1,556	1,584
	2015	3.44	2.33	4.72	1,729	1,725	1,736	1,587	1,512	1,641

6. 장기관측 결과



<송정1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

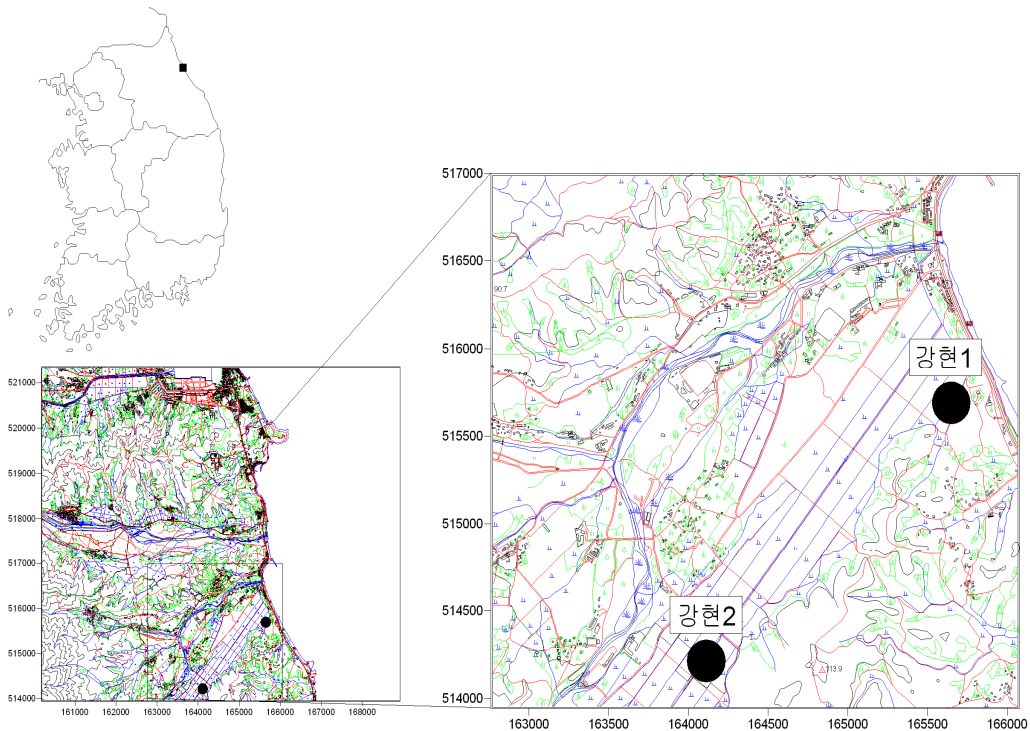
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 송정1 관측공은 동해시 초구동에 위치하고, 이곳은 동해송정 일반 산업단지와 농경지가 분포하고 있어 오염가능성이 높은 지역이며 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 송정1 관측공은 전이대 형성은 없으며, 지표 하 50 m 구간에서 해수가 유입됨에 따라 평균 전기전도도 값은 $1,700 \mu S/cm$ 내외로 조사되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 송정1 관측공은 Ca-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 2013년과 2014년 20.83, 40.19로 해수의 직접적인 영향을 받고 있는 것으로 나타났으나, 2015년에는 0.63으로 나타나 약간 문제가 있는 정도로 해수의 영향이 줄어들었다. 이는 일시적인 감소일 가능성이 있으므로 지속적으로 변화 추이를 관측해야 한다.
- 4) 연도별 관측 결과 : 송정1 관측공의 연평균 전기전도도는 EC1, EC2 가 각각 $1,708 \sim 1,798 \mu S/cm$, $1,569 \sim 1,725 \mu S/cm$ 로 조사되었다.
- 5) 장기관측결과 : 송정1 관측공은 연간 약 3 m 이내의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 EC2가 EC1보다 약 $150 \sim 200 \mu S/cm$ 낮게 나타나지만, 공통적으로 $1,500 \sim 1,800 \mu S/cm$ 내외의 값을 나타낸다.
- 6) 관리 방안 : 송정1 관측공은 현재 직접적인 해수침투의 영향을 받고 있으므로 지하수 수위 변동 및 전기전도도 값의 증감을 지속적으로 모니터링 할 필요성이 있다.

2.2.7 강현지구

1. 위치

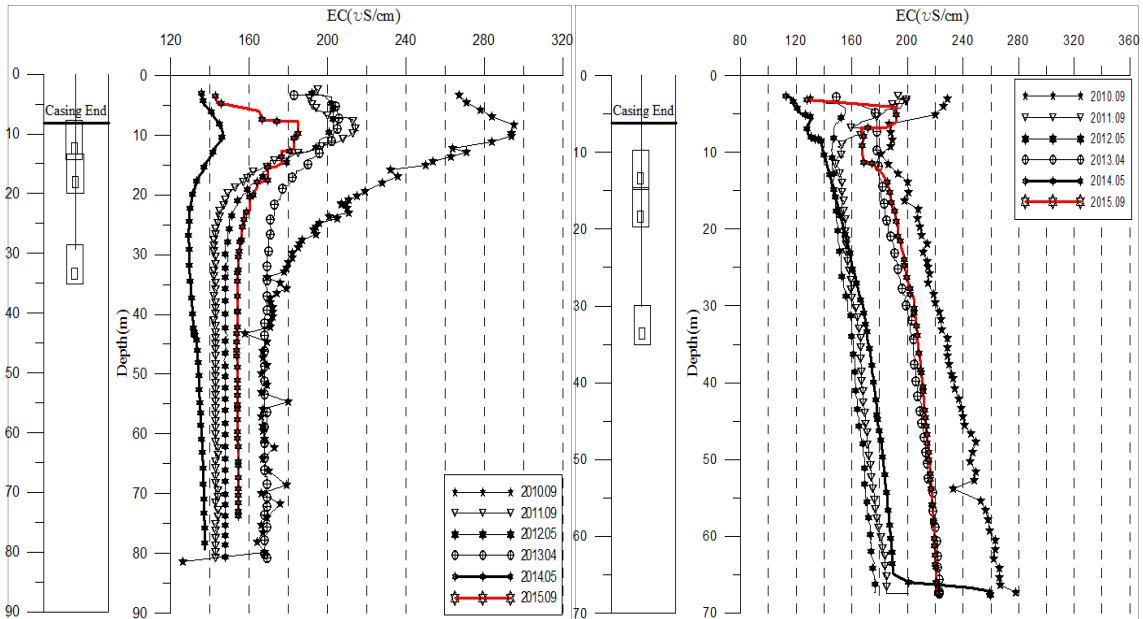


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
강현1	양양군 강현면 정암리 627-18	165528.02	515567.45	12.59	2010	370	2.81
강현2	양양군 강현면 장산리 842	163992.14	514094.59	48.27	2010	2,520	2.77

2. 지형 및 지질

이 지역은 양양군 강현면 장산리와 정암리에 위치한 지구로 북으로는 속초시, 남으로는 양양읍과 경계를 이루며, 하천을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있다. 지질은 중생대 유라기 흑운모 화강암이 조사지역의 서편에 넓게 분포하며 이를 부정합으로 신생대 제4기 충적층이 덮으며 농경지를 형성하고 있다.

3. 지하수 검층



<강현1 관측공>

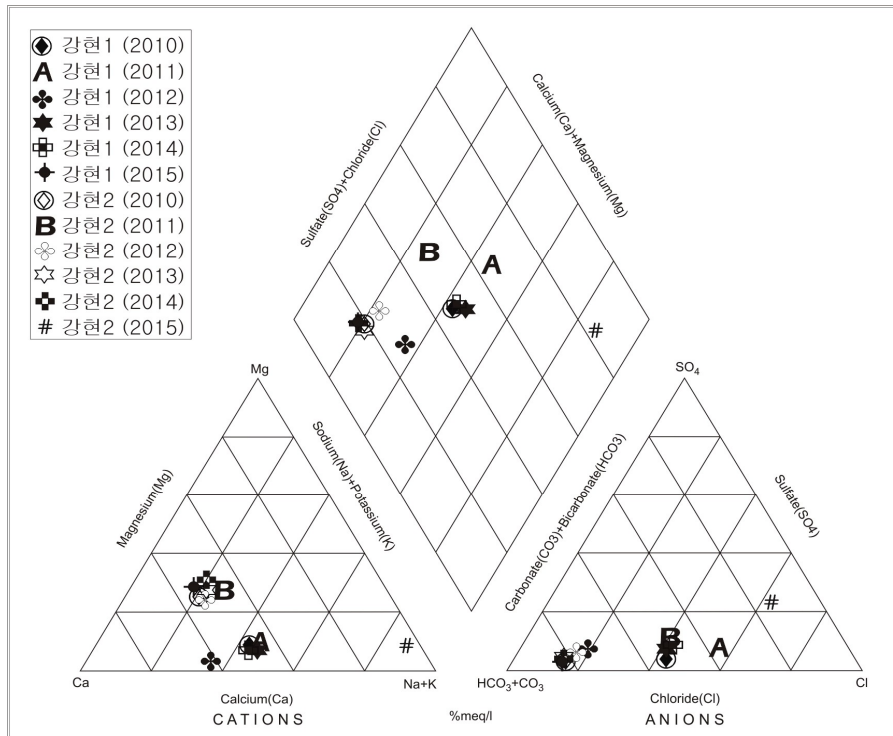
<강현2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
강현1	(2010. 9)	20.34	2.18	2.56	20.33	4.97	3.35	61.00	ND
	(2011. 7)	19.94	2.44	1.44	17.31	4.49	32.06	36.29	ND
	(2012. 5)	15.72	0.62	2.17	24.82	6.10	13.54	82.35	ND
	(2013. 4)	18.71	1.67	1.36	17.33	6.06	22.36	48.80	0.05
	(2014. 5)	18.38	1.76	1.54	18.85	5.34	24.01	45.75	ND
	(2015. 9)	8.12	7.75	0.83	21.57	3.09	10.44	94.6	0.046
강현2	(2010. 9)	8.75	6.31	0.97	20.72	4.05	10.22	100.65	ND
	(2011. 7)	9.25	4.95	0.83	14.93	3.24	9.13	19.51	ND
	(2012. 5)	9.98	5.87	1.03	21.15	3.72	9.85	76.25	ND
	(2013. 4)	9.64	7.08	0.82	20.33	3.26	9.68	97.60	0.10
	(2014. 5)	8.67	7.93	0.91	20.70	2.91	9.63	94.55	ND
	(2015. 9)	40.59	1.78	1.51	2.14	23.05	48.31	21.4	ND



<강현지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

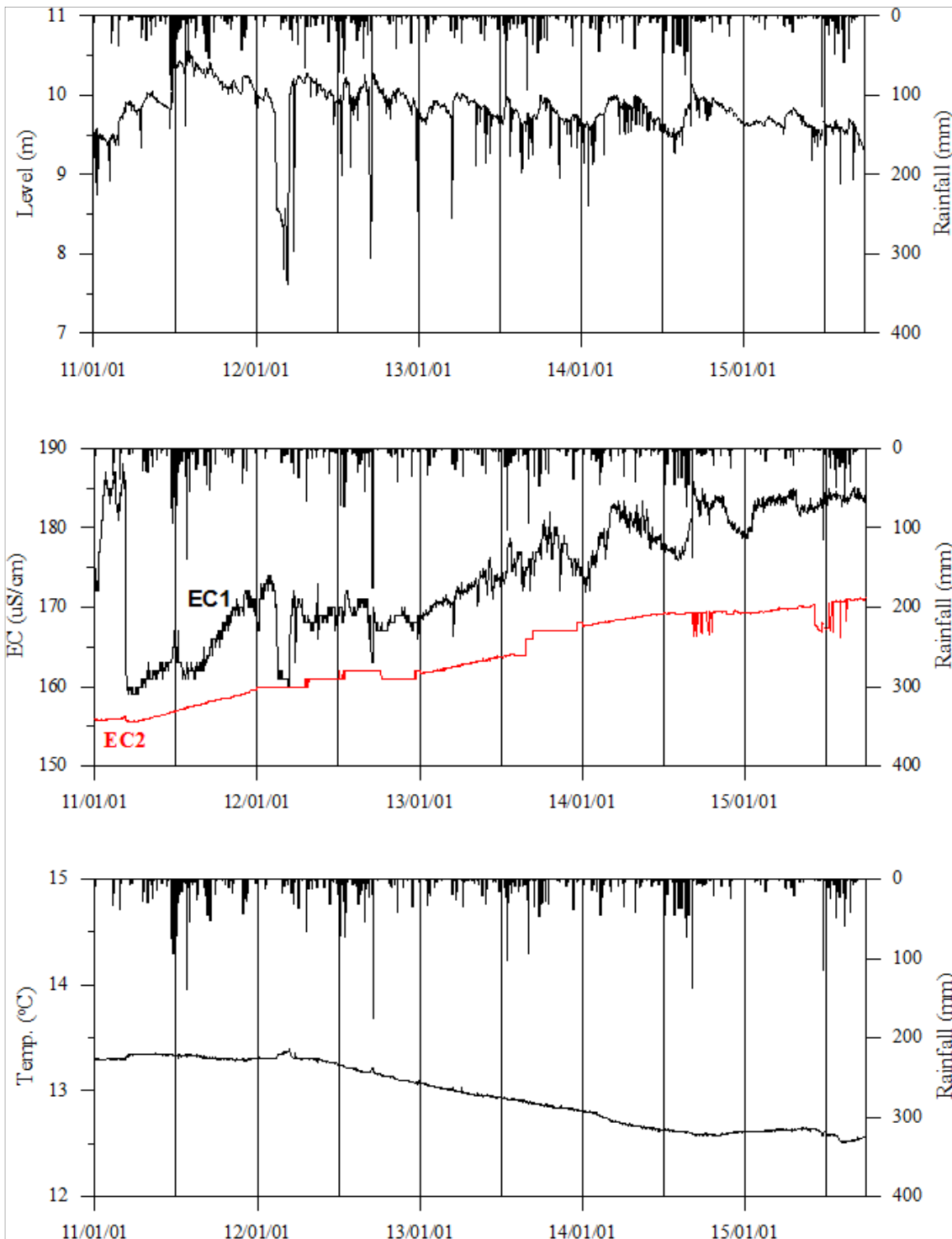
구분	관측공		강현1	강현2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2010. 9		0.85	0.17
	2011. 7		1.52	0.80
	2012. 5		0.28	0.22
	2013. 4		0.79	0.17
	2014. 5		0.18	0.90
	2015. 9		0.19	3.89

5. 년도별 관측자료 분석

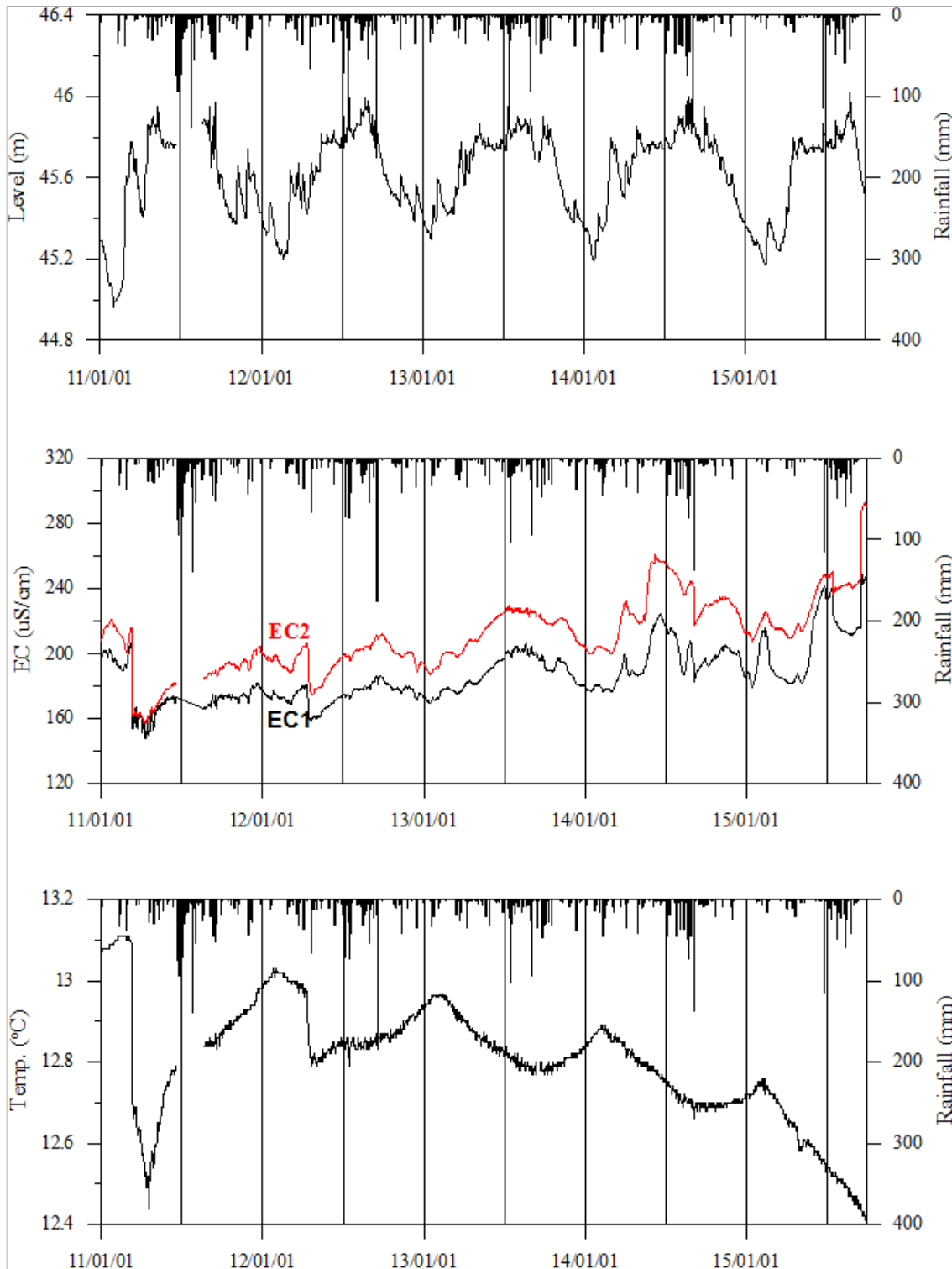
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
강현1	2011	9.97	8.75	10.61	167	159	188	157	156	159
	2012	9.85	7.62	10.32	169	160	174	161	160	162
	2013	9.81	8.46	10.03	172	166	179	163	162	164
	2014	9.72	8.61	10.00	179	172	183	169	168	169
	2015	9.62	8.89	9.84	183	179	185	170	166	171
강현2	2011	45.55	44.96	45.97	175	148	206	188	157	221
	2012	45.62	45.20	46.11	175	158	186	197	175	212
	2013	45.64	45.30	46.05	184	169	204	208	187	229
	2014	45.62	45.19	45.85	194	177	224	226	200	261
	2015	45.59	45.17	46.02	206	179	254	230	207	293

6. 장기관측 결과



<강현1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<강현2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

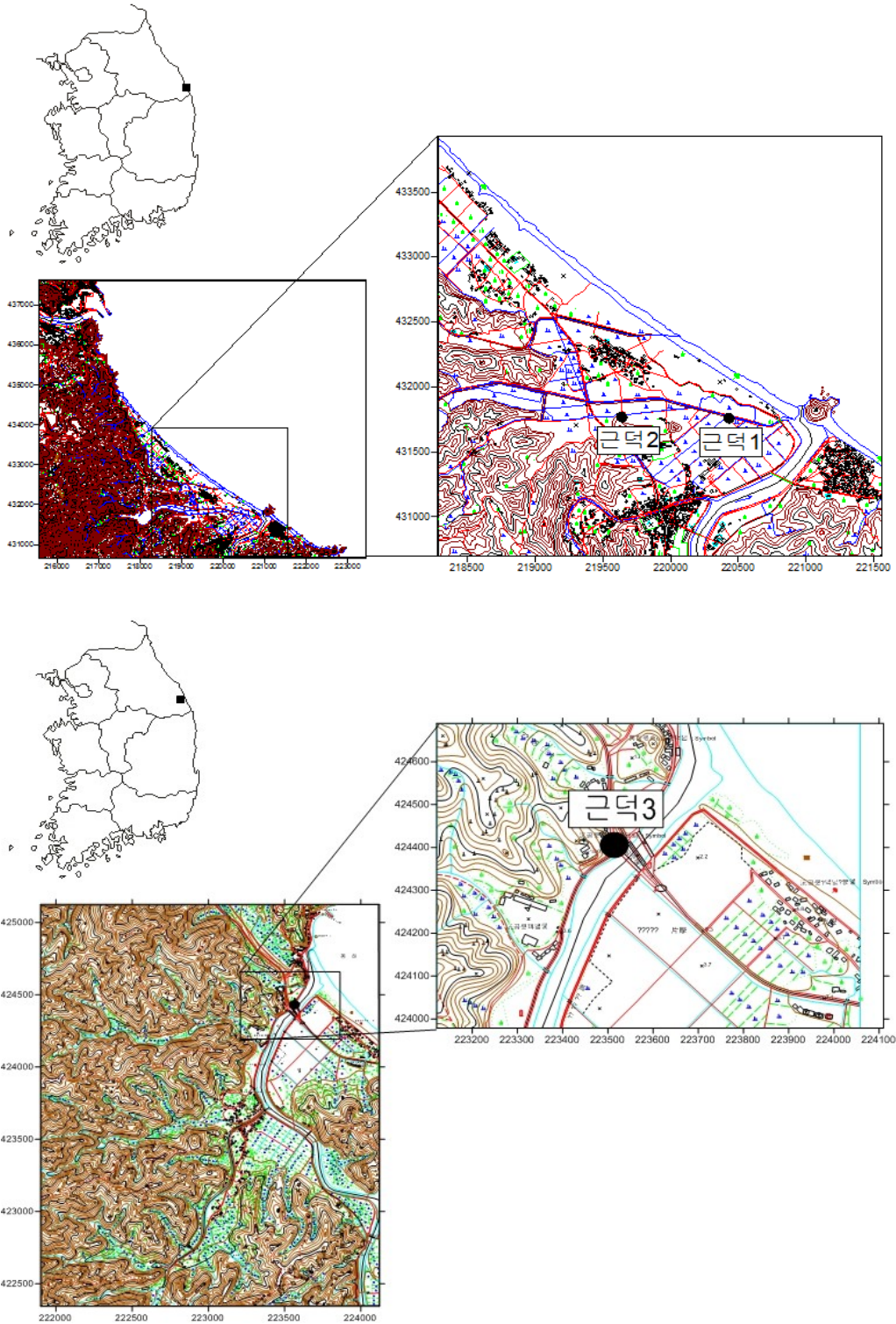
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 강현1, 2 관측공은 2010년에 설치한 관측공으로 청문조사와 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급 결정 결과 20점으로 60%에 해당하여 향후 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 강현1 관측공은 지표 하까지 전기전도도 값이 $300 \mu S/cm$ 에서 $140 \mu S/cm$ 까지 서서히 감소하는 경향이 있으며, 강현2 관측공은 $100 \mu S/cm$ 에서 $260 \mu S/cm$ 까지 전 심도에 걸쳐 서서히 증가하는 경향을 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 강현1 관측공은 우세한 양이온은 없으며 음이온이 Cl 유형이며, 강현2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.18, 3.89로 강현1은 해수의 영향이 전혀 없지만, 강현2는 해수에 의해 보통 정도 오염된 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측 결과 : 강현1 관측공의 연평균 전기전도도는 관측결과 EC1과 EC2가 $157 \sim 183 \mu S/cm$ 범위로 나타났으며, 강현2 관측공의 연평균 전기전도도는 관측결과 EC1과 EC2가 $175 \sim 230 \mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 강현1 관측공은 연간 약 3 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 증가추세이다. 강현2 관공은 연간 약 1 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 강현1과 마찬가지로 증가추세이다.
- 6) 관리 방안 : 강현지구는 지하수 수질 분석 결과, 강현2가 해수에 의해 오염된 것으로 분석되고, 전기전도도가 증가추세이므로 지속적으로 관측하여 향후 해수침투 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.2.8 근덕지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
근덕1	삼척시 근덕면 교가리 1084	220437.649	431765.219	2.244	2012	357	0.76
근덕2	삼척시 근덕면 하맹박리 923	219636.927	431810.242	3.671	2012	743	2.10
근덕3	삼척시 근덕면 궁촌리 141-4	223622.3818	424553.3709	2.63	2015	202	0.29

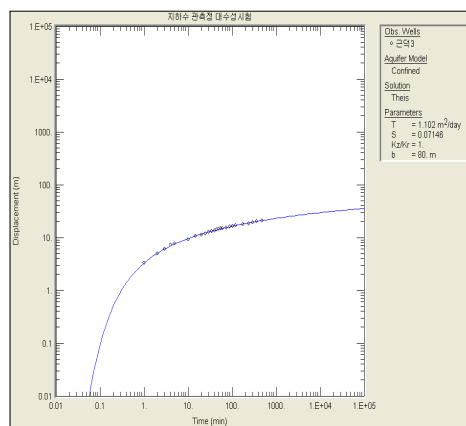
2. 지형 및 지질

이 지역은 삼척시 근덕면에 위치한 지구로, 관측공 주변 해안선이 북동방향으로 뻗어있으며 관측공 서쪽에는 초당저수지가 위치하고 고암산(407.0 m)과 갑봉산(424.0 m) 그리고 안향산(358.6 m) 으로 둘러싸여 있다. 남쪽으로는 마읍천이 동해로 흘러간다. 조사 지역은 제4기 충적층이 넓게 분포하면서 농경지를 형성하고 있고 서쪽과 남쪽으로는 선캠브리아기 편암류와 화강암질 편마암이 분포한다. 그리고, 이를 관입한 시대미상의 화강암류와 산성암맥들이 남쪽으로 분포한다.

3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 근덕3 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



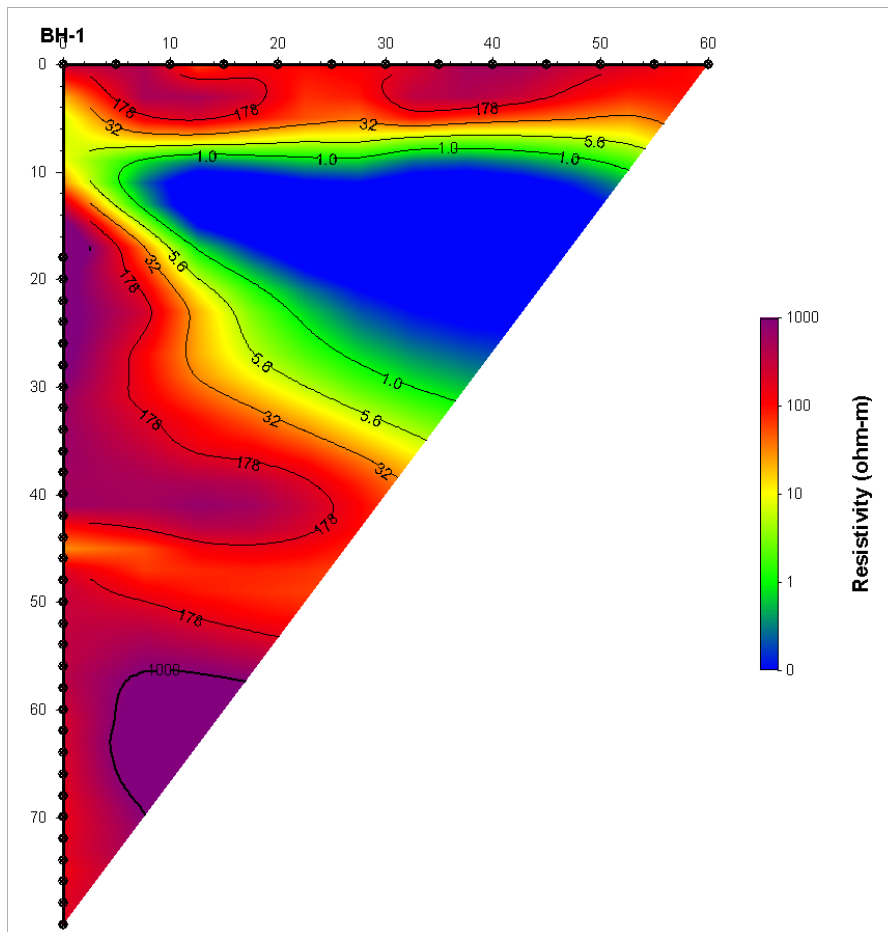
<근덕3 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
근덕3	35.0	1.0589	9.8×10^{-2}	80.0

◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

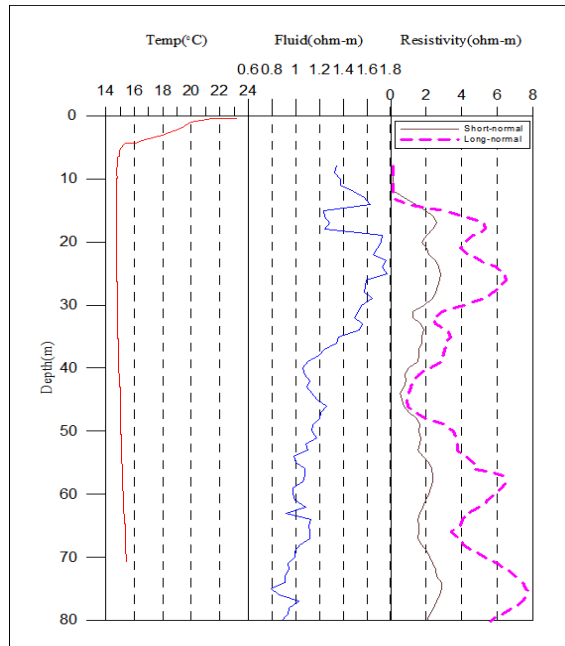
근덕3 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 14 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)과 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 사용하였다.



<근덕3 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

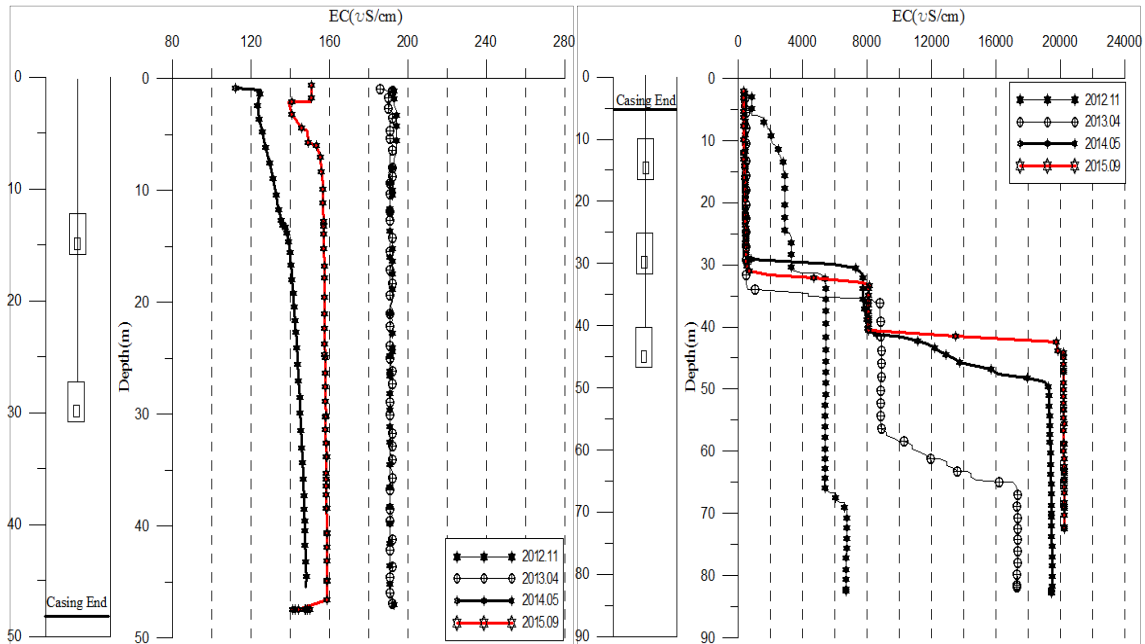
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<근덕3 관측공 물리검층>

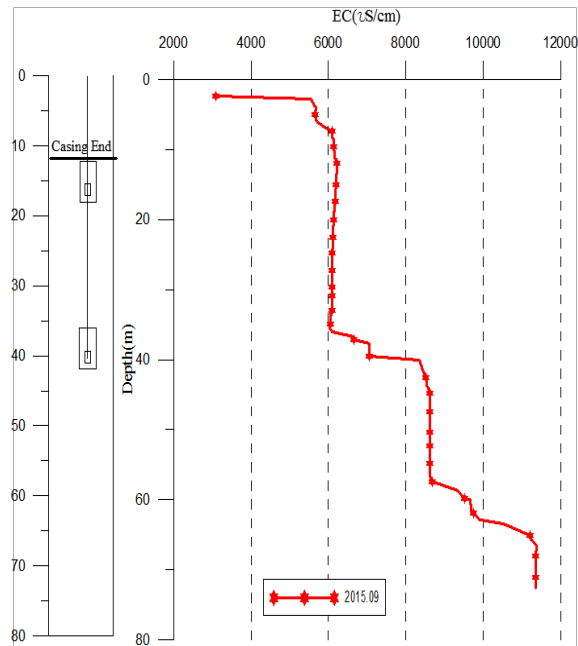
4.

지하수 검층



<근덕1 관측공>

<근덕2 관측공>



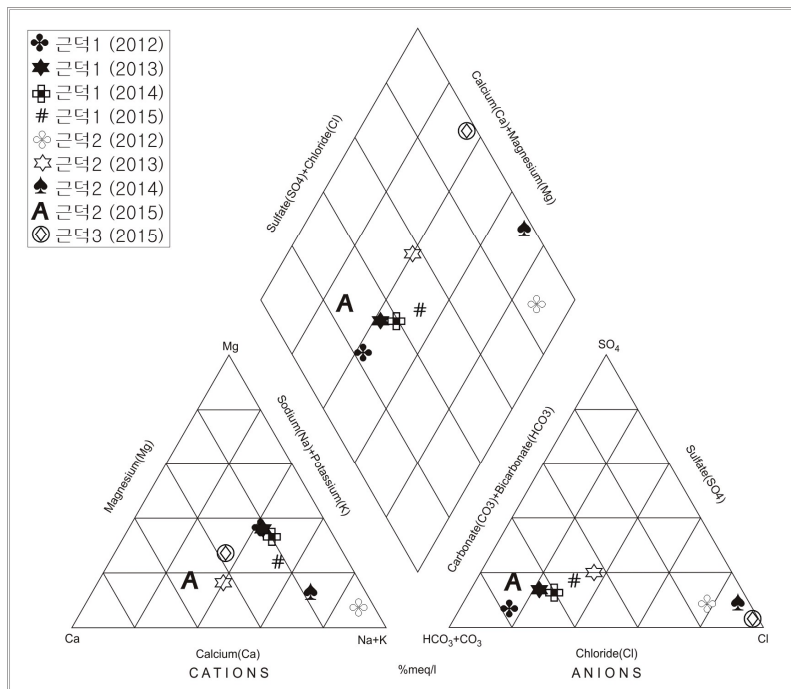
<관측공3 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
관측공1	(2012.11)	18.39	10.34	6.04	10.21	7.64	11.62	100.65	ND
	(2013. 4)	14.28	7.50	4.32	7.15	9.58	13.15	56.44	ND
	(2014. 5)	13.61	6.20	4.57	6.92	8.61	13.17	53.38	0.05
	(2015. 9)	11.47	3.54	4.93	5.36	8.44	12.36	33.56	ND.
관측공2	(2012.11)	568.81	24.99	17.17	29.39	122.04	703.94	198.25	3.23
	(2013. 4)	35.07	8.57	4.69	36.26	41.44	55.71	118.95	ND
	(2014. 5)	990.73	102.83	21.82	219.89	275.18	1759.30	146.40	4.24
	(2015. 9)	9.64	3.68	1.63	16.94	6.45	4.01	39.65	ND
관측공3	(2015. 9)	442.70	163.22	8.77	423.07	22.15	1797.65	82.40	7.41



<근덕지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

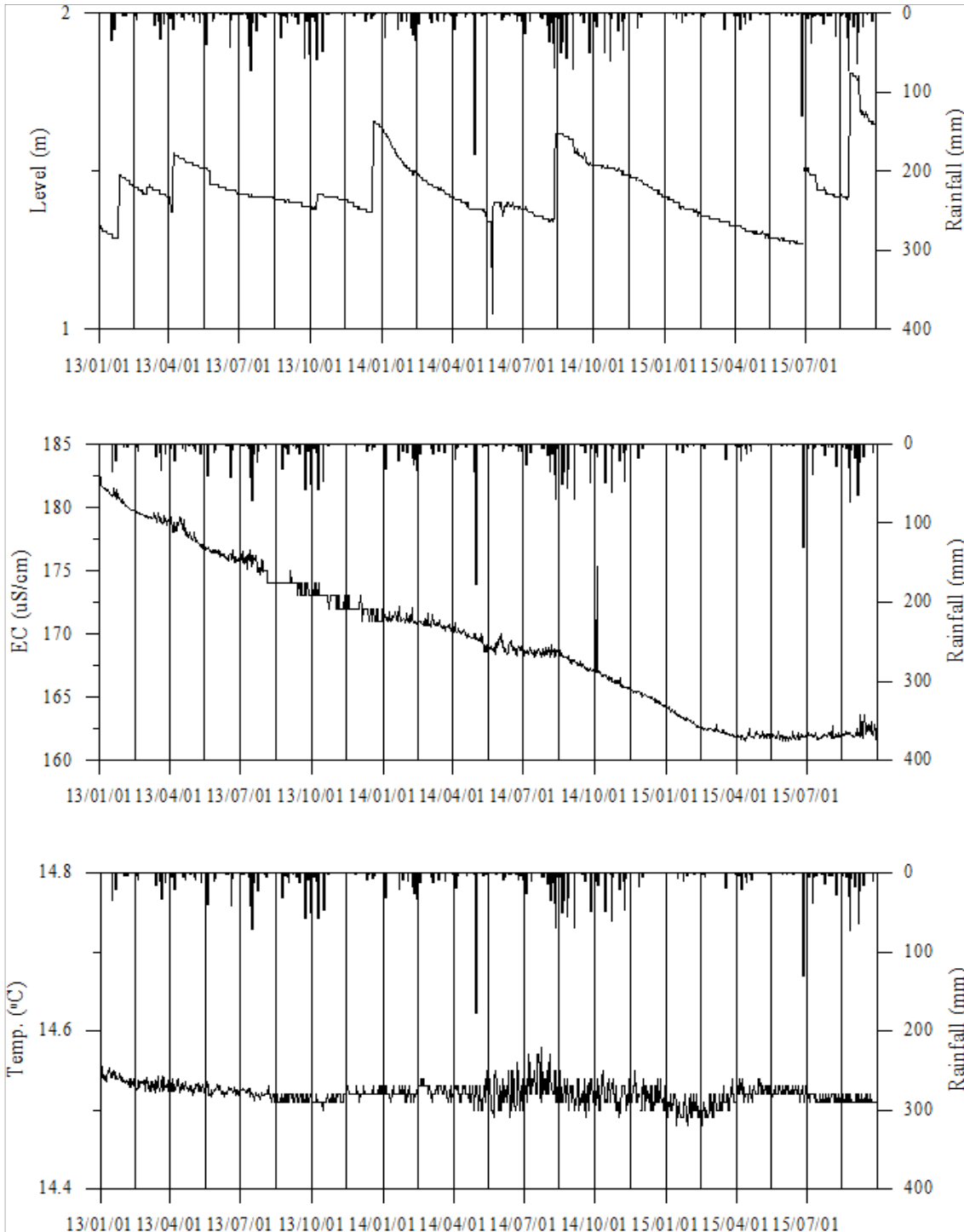
구분	관측공			
	년. 월	근덕1	근덕2	근덕3
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.11	0.20	6.10	-
	2013. 4	0.35	0.80	-
	2014. 5	0.41	20.65	-
	2015. 9	0.63	0.17	37.57

6. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

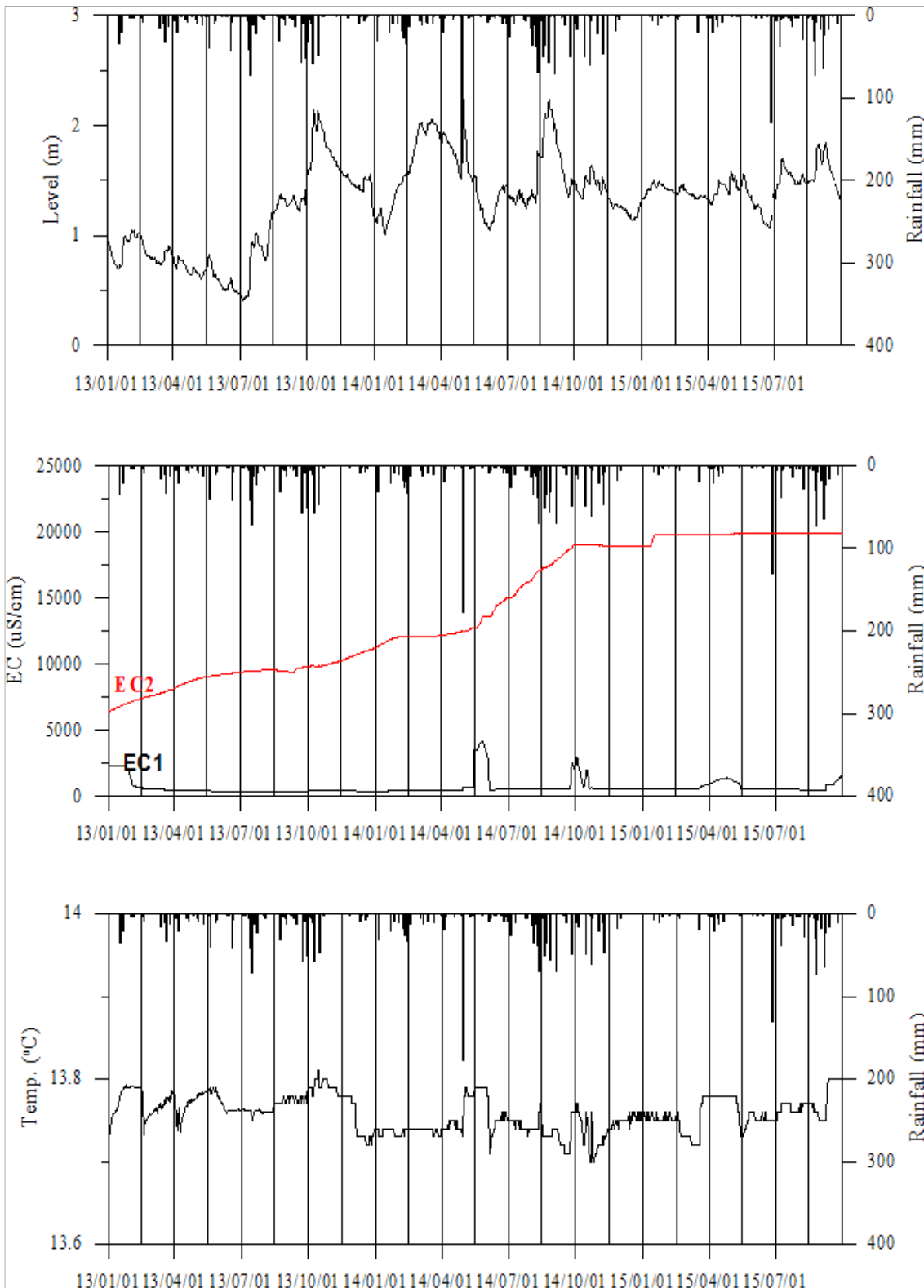
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
근덕1	2013	1.44	1.29	1.56	178	175	183	-	-	-
	2014	1.43	1.05	1.64	170	168	172	-	-	-
	2015	1.41	1.27	1.81	162	162	164	-	-	-
근덕2	2013	0.75	0.41	1.05	711	328	2,404	8,333	6,376	9,532
	2014	1.53	1.01	2.41	775	374	4,174	13,010	11,255	16,314
	2015	1.44	1.08	1.84	699	472	1,558	19,805	18,886	19,935

7. 장기관측 결과



<근덕1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<근덕2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

8. 현황 및 대책

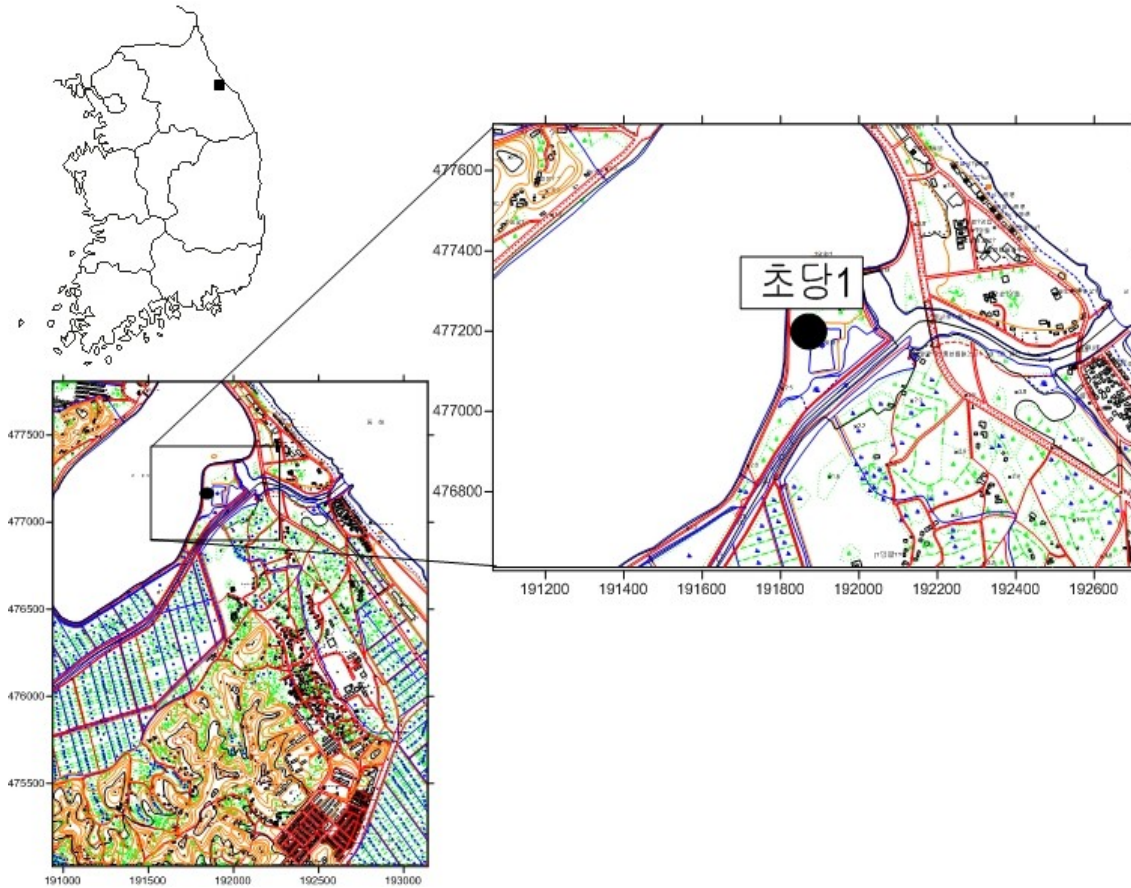
- 1) 위치선정 : 근덕1, 2 관측공은 2012년에 설치한 관측망으로 청문조사와 농지면적, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급 결정 결과, 12점으로 36%에 해당하여 향후 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다. 삼척시 근덕면 궁촌리에 위치한 근덕3 관측망은 해안과 202 m 떨어진 거리에 위치하여 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 근덕3 관측공의 양수량은 35.0 m³/d이다. 수리전도도는 9.8×10^{-2} cm/sec이고, 대수층 두께는 80 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 0 ~ 10 m 구간에서 비저항이 100 ~ 200 ohm-m로 상대적으로 높은 표층이 나타나며, 12 m부터 암반층의 전기비저항(수백 ohm-m 이상)을 보이고 있다. 심도 45 m 부근에서 비저항이 상대적으로 낮은(약 10 ~ 100 ohm-m) 구간이 관측공 주변에서 발견된다. 이는 시추 주상도 상 지하수 균열면의 위치(심도 약 30 ~ 32 m, 38 ~ 40 m)와는 차이가 있으나, 이 부근에 암반 균열대가 있는 것으로 나타난다. 물리검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 15℃로 비교적 일정한 값을 보인다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 0.8 ~ 1.6 ohm-m 범위를 보이며 서서히 감소한다. 노말 전기비저항은 약 45 m 범위에서 단노말(16 ")과 장노말(64 ")이 유사하다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 근덕1 관측공은 전 구간이 케이싱으로 설치되어 있어 지하수 유동이 원활하지 않아 전기전도도 값도 전 구간이 동일하게 약 200 $\mu S/cm$ 이하의 값을 나타내었다. 근덕2 관측공은 심도 약 30 m, 70 m 구간에서 전이대가 형성되어 있다. 전이대의 전기전도도는 각각 약 10,000 $\mu S/cm$, 18,000 $\mu S/cm$ 이하로 나타나, 근덕2 관측공은 해안선으로부터 약 740 m 떨어진 곳에 위치하고 있어도 해수영향을 받고 있음을 알 수 있다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 근덕1, 2 관측공은 각각 Na-HCO₃ 유형과 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.63, 0.17로 분석되었다. 근덕3 관측공은 (Ca, Na)-Cl 유형이고, Cl/HCO₃ 몰비는 37.57로 분석되어 매

우 심한 정도의 해수 영향을 받음을 알 수 있다.

- 6) 연도별 관측 결과 : 근덕1 관측공의 연평균 전기전도도 관측결과, 162 ~ 178 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 근덕2 관측공의 연평균 전기전도도는 EC1, EC2에서 각각 699 ~ 775 $\mu S/cm$, 8,333 ~ 19,805 $\mu S/cm$ 범위로 나타나 근덕2 관측공의 EC2 심도(45 m)에서는 해수침투가 진행 중임을 알 수 있다.
- 7) 장기관측결과 : 근덕1 관측공은 연간 약 0.5 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 관측 초기 약 180 $\mu S/cm$ 에서 2015년에는 약 160 $\mu S/cm$ 로 점차로 감소하는 경향을 나타내고 있다. 근덕2 관측공은 연간 약 1.0 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으나 개발 이후 상승하다가 현재는 유지하는 추세를 보이고 있다. 전기전도도 관측 결과, EC1은 평균 699 $\mu S/cm$ 에서 유지하는 추세를 나타내고, EC2의 개발 초기 약 7,000 $\mu S/cm$ 에서 현재 약 20,000 $\mu S/cm$ 으로 꾸준히 상승하는 추세이다.
- 8) 관리 방안 : 근덕2, 3 관측공에서는 해수침투 영향이 증가 추세이다. 따라서, 근덕2, 3 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제에 해수침투 확산을 방지할 필요가 있으며, 추세의 변화를 지속적으로 관찰할 필요가 있다.

2.2.9 초당지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
초당1	강릉시 초당동 455-3	192160.3938	477140.1615	3.29	2015	562	0.10

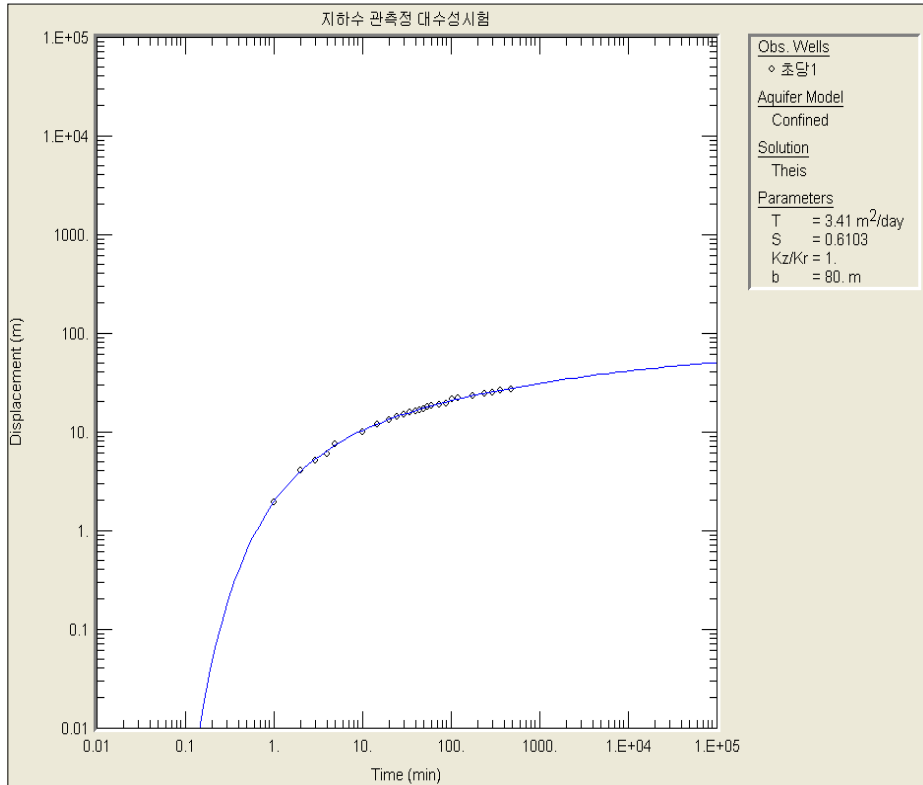
2. 지형 및 지질

강릉시 초당동에 위치한 초당지구는 동해안과 접해 있으며, 주거지와 많은 휴양 시설들이 위치하여 있다. 초당1 관측공은 해안과 562 m 거리에 위치해 있으며, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다

3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 초당1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



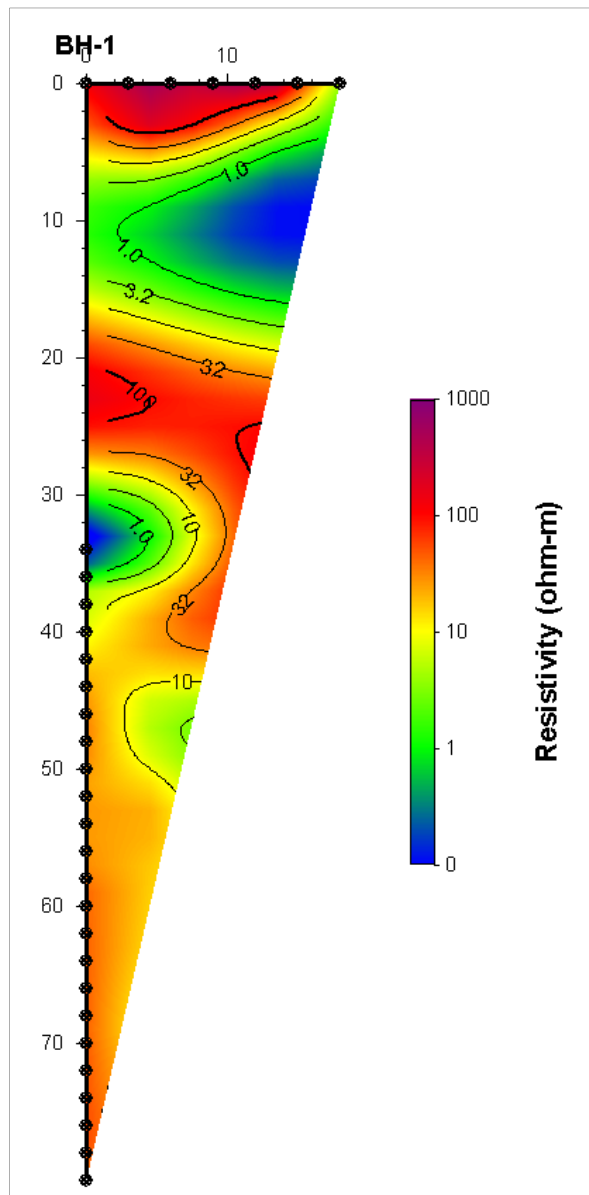
<초당1 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
초당1	118.0	3.219	2.9×10^{-1}	80.0

◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

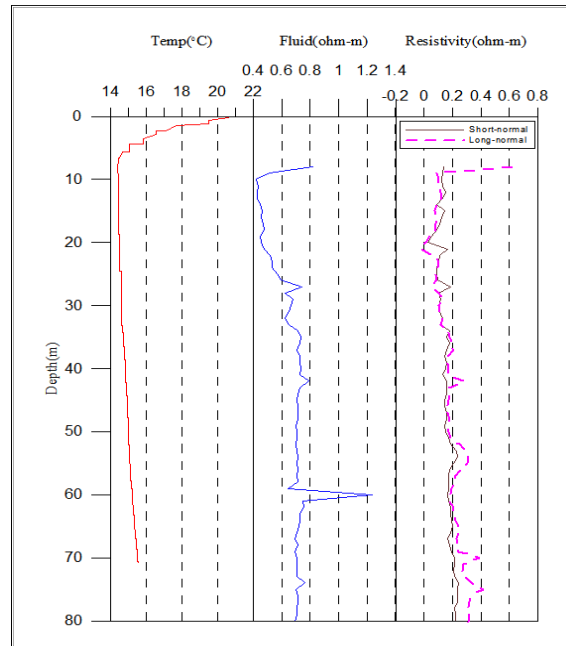
초당1 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 34 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)과 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)를 이용하였다. 해석은 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 사용하였다.



<초당1 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

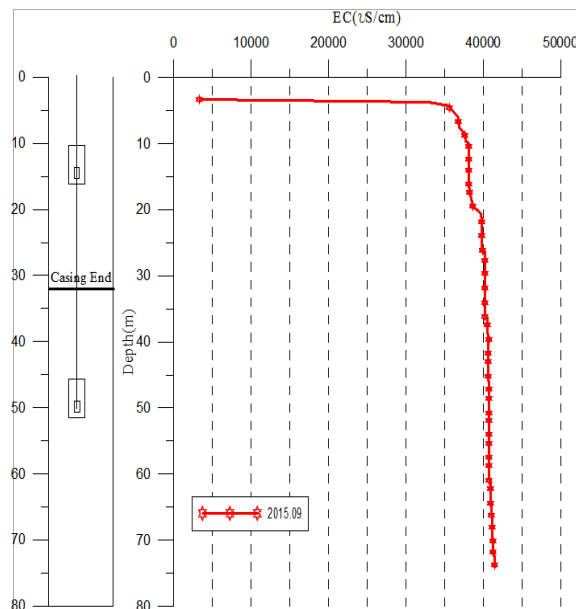
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<초당1 관측공 물리검층>

4.

지하수 검층



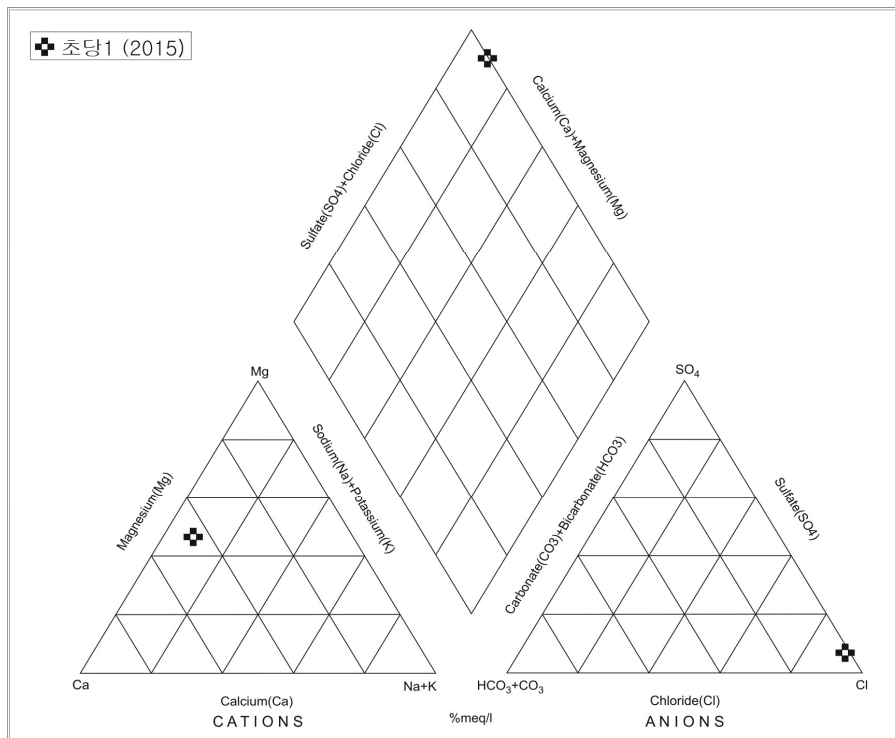
<초당1 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
초당1 2015	1134.12	2417.30	33.22	4018.86	1581.31	14287.51	18.3	59.93



<초당1지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수분류

구분	관측공	
	년. 월	초당1
Cl/HCO_3 몰비	2015.09	1,343.68

6.

현황 및 대책

- 1) 강릉시 초당동에 위치한 초당지구는 동해안과 접해 있으며, 주거지와 휴양 시설들이 위치하여 있다. 초당1 관측공은 해안과 562m 거리에 위치해 있고, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다
- 2) 양수시험 결과 : 약양1 관측공의 양수량은 118.0 m³/d이다. 수리전도도는 2.9×10^{-1} cm/sec이고, 대수층 두께는 80.0 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 지표하 32 m까지 케이싱이 설치되었으며, 현장 여건 상 지표면 전극 설치가 18 m 길이로 제한적으로 설치되었다. 심도 32 m 깊이까지의 자료 신뢰도는 낮은 편이다. 심도 약 32 m 하부는 연암층이며 심도 약 50 m 구간에서 전기비저항이 10 ohm-m를 보인다. 이 구간은 주상도 상에서의 지하수 균열면의 위치(심도 약 50 ~ 53 m)와 유사하다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 0.4 ~ 1.2 ohm-m 범위를 보이며 비교적 일정한 값을 나타낸다. 노말 전기비저항은, 전 구간에서 단노말(16 ")과 장노말(64 ")이 유사하다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 40,180 ~ 41,480 $\mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다. 하부 심도로 갈수록 미약하게 전기전도도가 증가하는 경향을 보이며, 전 심도에서 전기전도도가 높은 수체가 유입됨을 알 수 있다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 초당1 관측공은 (Ca, Mg)-Cl 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 1,343.68로 나타나 매우 심하게 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 6) 관리 방안 : 초당1 관측공은 동해안에서 해수침투 영향이 확산 중이다. 따라서, 초당1 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제와 해수침투 확산을 방지할 필요가 있다.

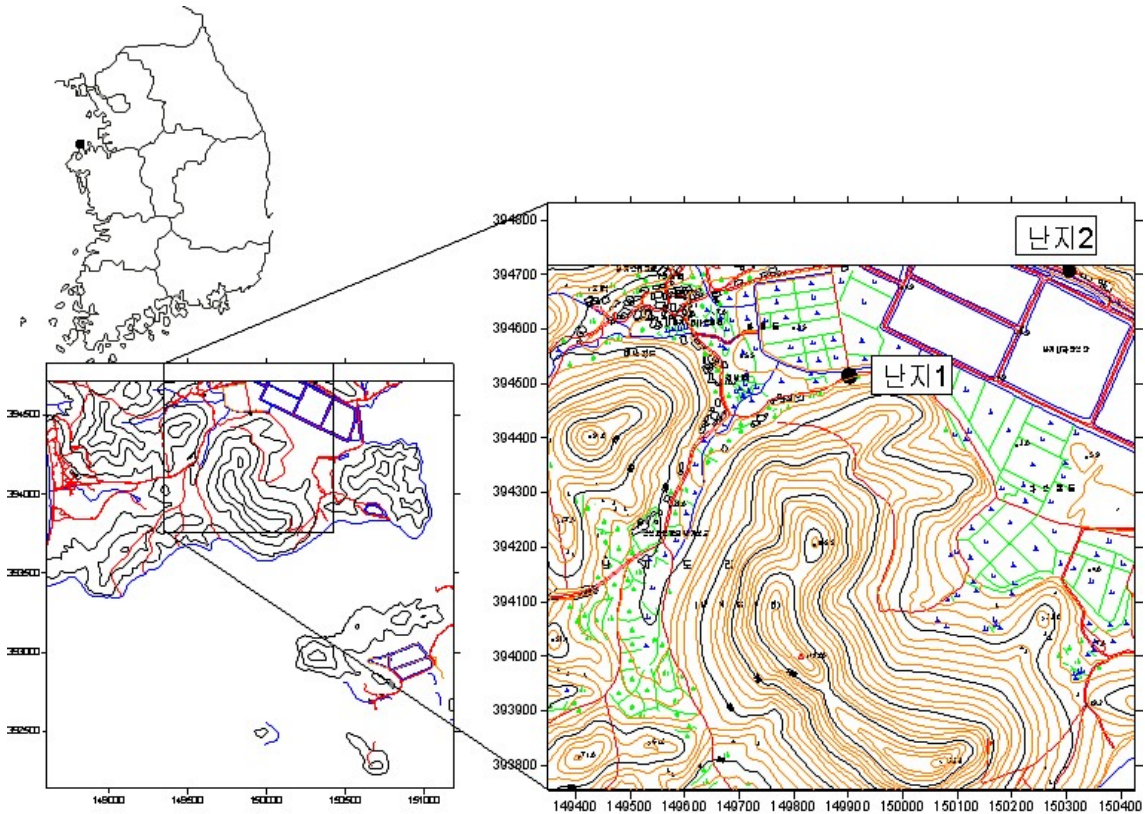
부록 2.3 충청남도 권역

2.3.1 난지지구(당진군)	부록 - 159
2.3.2 팔봉지구(서산시)	부록 - 166
2.3.3 서부지구(홍성군)	부록 - 174
2.3.4 장곡지구(보령시)	부록 - 181
2.3.5 선도지구(서천군)	부록 - 189
2.3.6 인주지구(아산시)	부록 - 197
2.3.7 근흥지구(태안군)	부록 - 204
2.3.8 남면지구(태안군)	부록 - 211
2.3.9 대산지구(서산시)	부록 - 217
2.3.10 주교지구(보령시)	부록 - 225

부록 2.3 충청남도 권역

2.3.1 난지지구

1. 위치

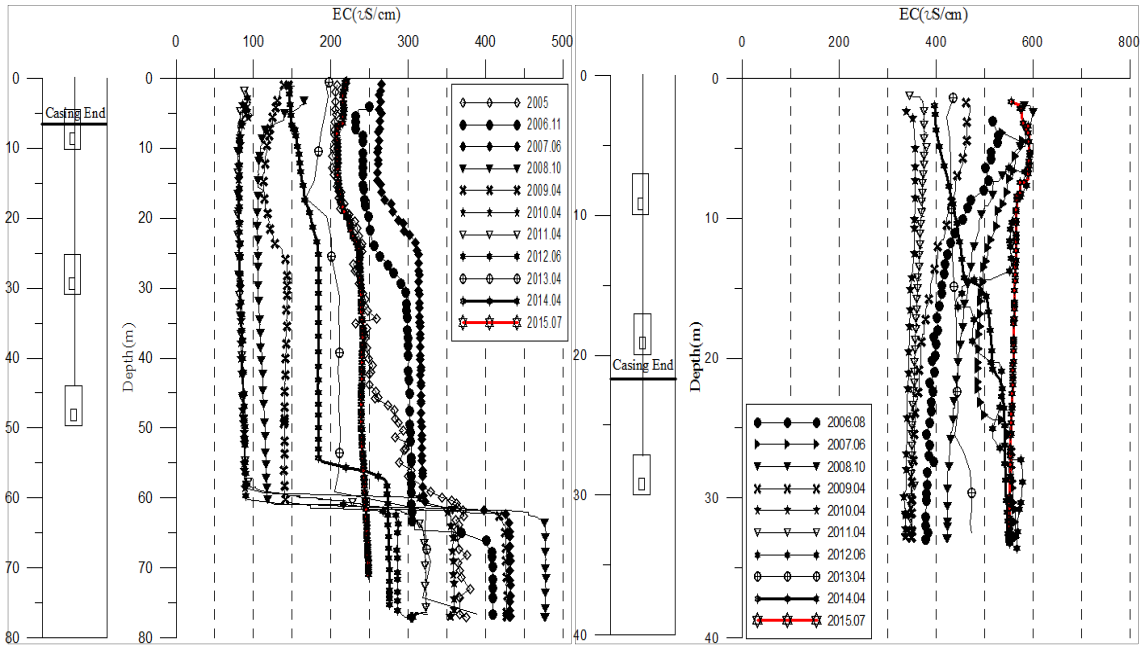


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
난지1	당진군 석문면 난지리 578-1	149901.742	394514.129	4.192	2005	690	4.129
난지2	당진군 석문면 난지리 산1	150272.653	394738.768	3.396	2006	460	1.796

2. 지형 및 지질

이 지구는 당진군 석문면의 대호방조제 서측부의 도서지역인 대난지도에 위치한 지구로, 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체에 해당되며, 주변지역에 산성암맥류가 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<난지1 관측공>

<난지2 관측공>

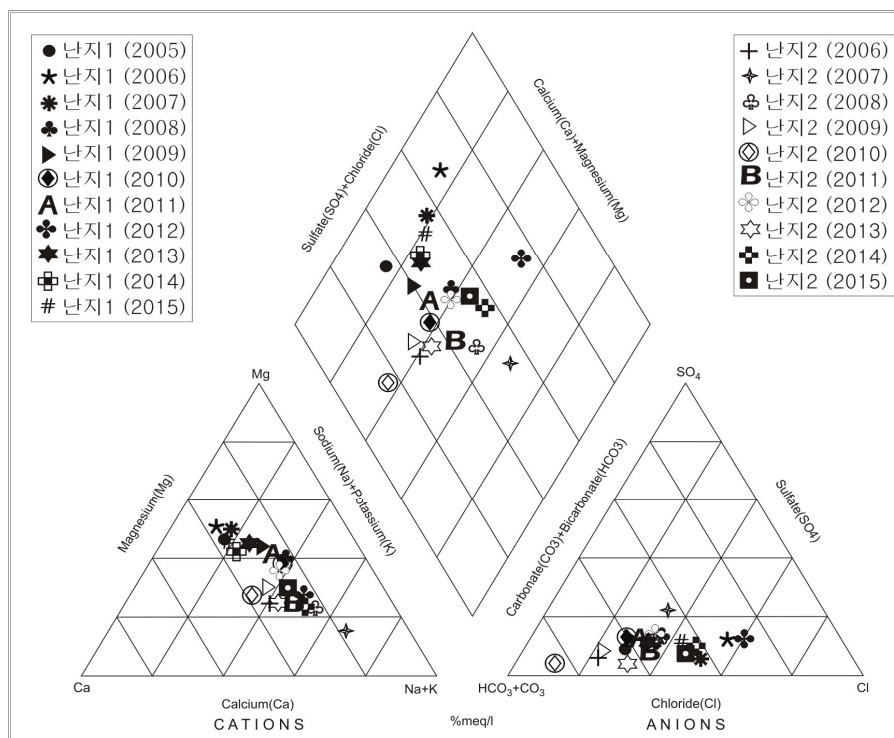
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
난지1	(2005.10)	6.25	10.97	0.54	14.36	7.39	19.76	77.78	0.38
	(2006.11)	7.18	11.38	0.55	15.56	11.76	45.69	45.75	ND
	(2007.10)	10.31	14.21	1.23	17.55	6.24	44.74	64.05	0.25
	(2008.10)	6.96	4.35	0.54	4.68	6.33	12.70	30.50	0.10
	(2009. 4)	6.93	5.62	0.57	6.34	5.64	11.31	39.65	0.10
	(2010. 4)	7.91	4.48	0.47	4.80	5.06	9.31	33.55	ND
	(2011. 6)	6.01	3.89	0.22	3.95	4.50	8.58	27.45	ND
	(2012. 6)	7.47	3.93	0.41	4.20	5.87	10.66	27.45	ND
	(2013. 4)	8.90	8.70	0.52	10.03	8.33	19.53	51.85	0.08
	(2014. 4)	8.92	9.89	0.77	12.73	8.78	20.75	57.95	0.22
	(2015. 7)	10.20	12.48	0.65	16.58	11.53	33.11	61.00	0.04

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
난지2	(2006.11)	35.85	13.00	3.03	27.69	10.01	30.08	158.60	ND
	(2007.10)	54.98	6.92	6.12	11.69	31.94	44.99	88.45	0.39
	(2008.10)	52.21	11.79	3.22	19.34	21.45	59.59	143.35	0.22
	(2009. 4)	39.23	15.05	4.31	30.68	13.96	29.58	161.65	0.23
	(2010. 4)	32.54	14.25	1.65	33.36	6.05	14.48	210.45	ND
	(2011. 6)	55.38	13.35	2.06	29.90	21.14	64.75	176.91	0.07
	(2012. 6)	67.75	15.52	2.95	24.35	30.90	113.80	88.45	ND
	(2013. 4)	46.90	14.68	1.63	30.53	13.05	48.56	189.10	ND
	(2014. 4)	59.06	13.95	2.08	27.00	22.58	78.66	125.05	ND
	(2015. 7)	57.40	20.02	2.58	35.58	20.91	93.21	152.50	ND



<난지지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	난지1	난지2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	0.44	-
	2006.11	1.72	0.33
	2007.10	1.20	0.87
	2008.10	0.72	0.71
	2009. 4	0.49	0.31
	2010. 4	0.48	0.12
	2011. 6	0.54	0.62
	2012. 6	2.21	0.67
	2013. 4	0.65	0.44
	2014. 4	0.62	1.08
	2015. 7	0.93	1.05

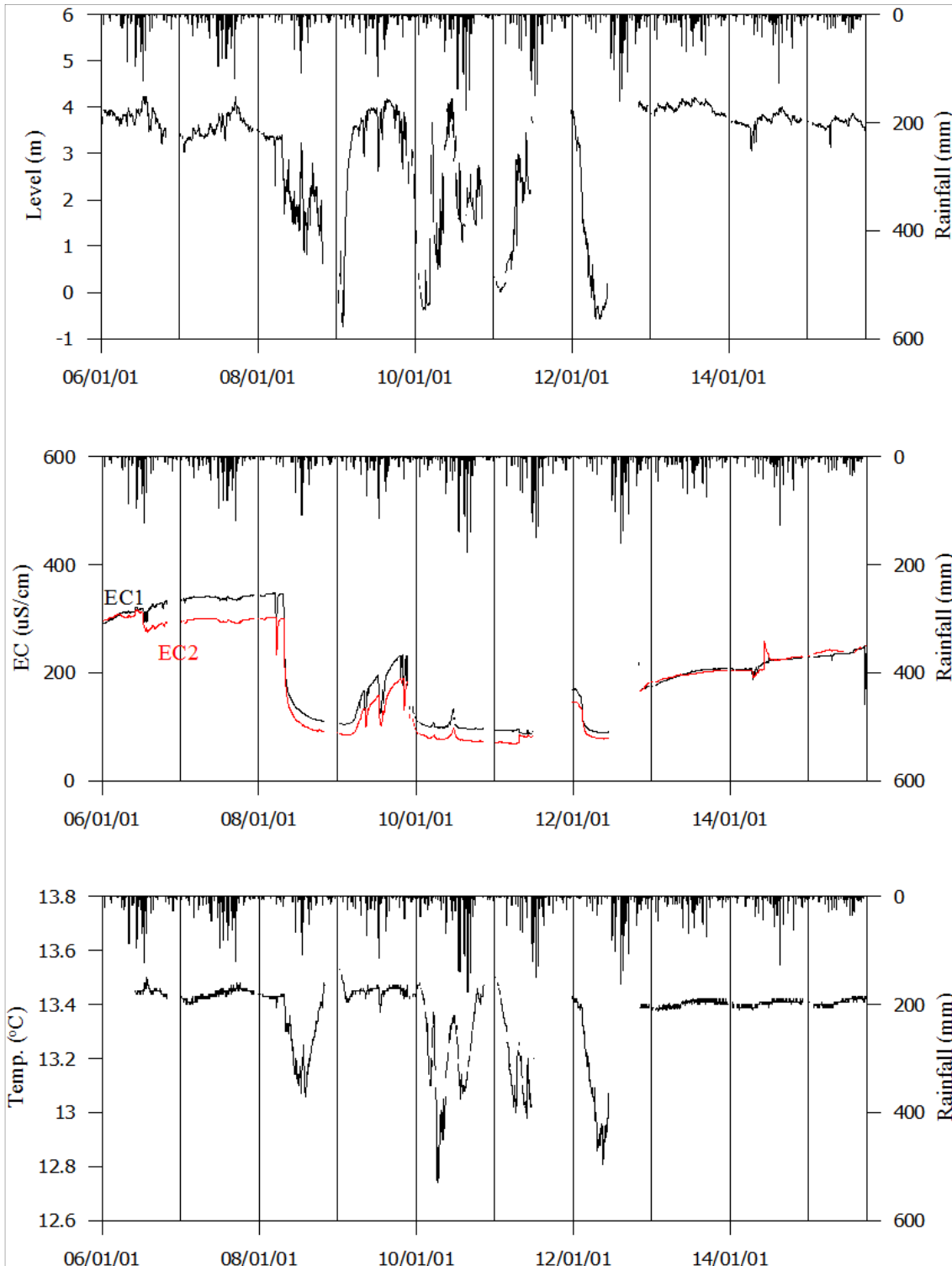
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
난지1	2006	3.80	3.19	4.23	313	289	333	298	275	316
	2007	3.58	3.04	4.23	338	329	342	296	291	300
	2008	2.40	0.61	3.48	206	110	347	178	91	302
	2009	3.28	-0.73	4.17	163	103	234	131	85	190
	2010	1.77	-0.37	4.18	101	95	133	79	73	97
	2011	1.40	0.02	3.78	92	88	96	75	68	84
	2012	1.31	-5.75	4.12	120	89	219	107	77	173
	2013	4.02	3.82	4.20	192	176	203	193	182	199
	2014	3.65	3.07	3.86	211	188	231	211	191	257
	2015	3.66	3.14	3.87	234	141	250	240	232	250
난지2	2007	1.63	-6.60	2.45	445	338	632	421	334	699
	2008	1.45	-4.55	2.34	451	342	628	434	341	752
	2009	1.75	-2.34	2.42	422	341	562	418	343	616
	2010	1.92	-0.15	2.68	385	348	539	379	344	552
	2011	1.86	-0.33	2.68	403	351	540	397	345	579
	2012	1.38	-5.19	2.54	433	362	625	442	358	732
	2013	2.04	-5.00	2.55	395	354	514	435	387	670
	2014	1.91	0.88	2.12	458	408	583	453	407	668
2015	-0.42	-5.09	2.05	486	424	598	560	442	737	

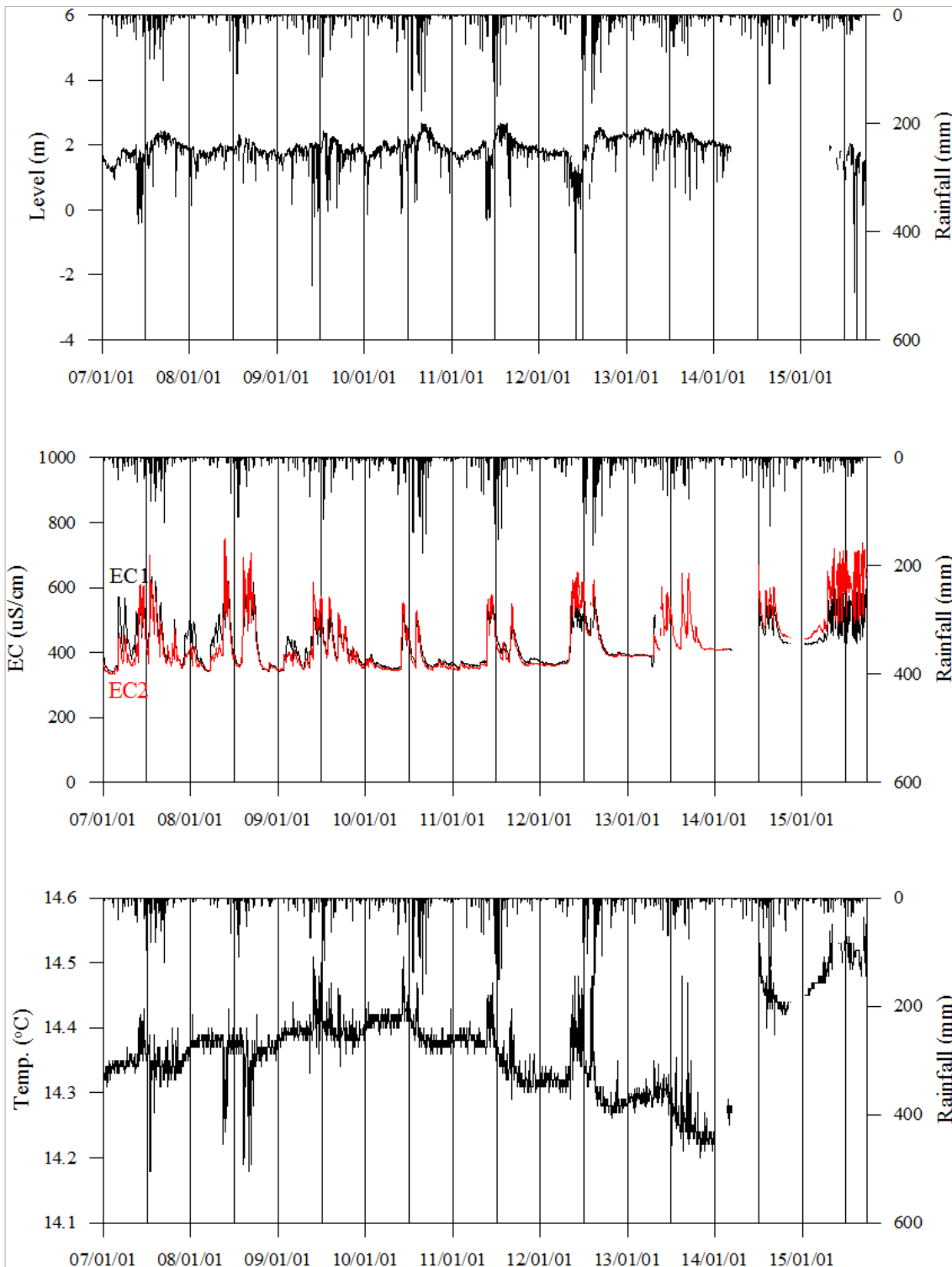
6.

장기관측 결과



<난지1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<난지2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

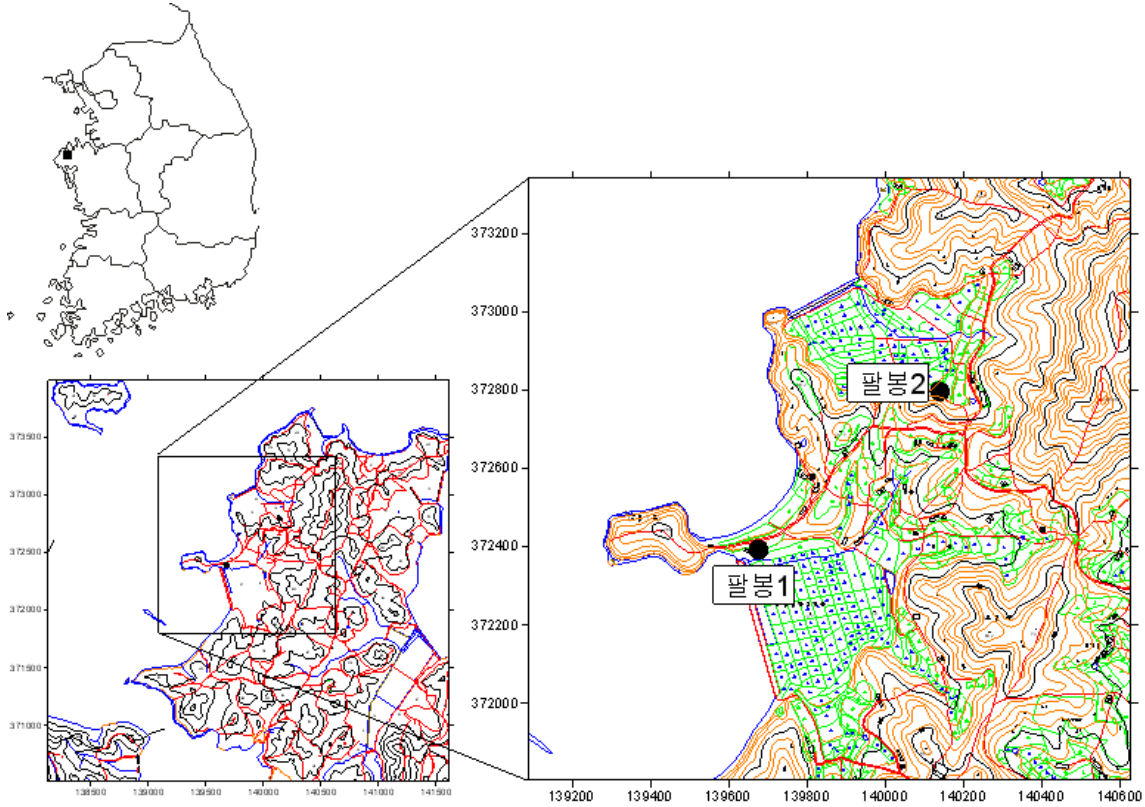
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 난지1, 2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측공으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 난지1 관측공은 2005년 개발당시와 마찬가지로 지표 하 60 m를 전후하여 전기전도도의 전이대 구간이 형성되나 전이대 상부와 하부 모두 담수 영역에 있다. 난지2 관측공은 전이대가 없으며, 전 구간이 담수 영역이다. 난지지구 2개 관측공의 전 구간에서 전기전도도가 모두 $600\mu S/cm$ 이하이며, 전기전도도의 증가 경향을 보이지 않아 해수침투의 영향이 없는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 난지1, 2 관측공은 (Ca, Na+K)-HCO₃ 유형이 우세하게 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 0.93, 1.05로 분석되었지만, 저농도 시료에서의 상대적인 비율에 의한 결과이고, 해수침투 영향은 아닌 것으로 보인다.
- 4) 연도별 관측결과 : 난지1 관측공의 2006년부터 2015년까지 연평균 전기전도도는 EC1 92 ~ 338 $\mu S/cm$, EC2 75 ~ 298 $\mu S/cm$ 범위이며, 난지2 관측공은 2007년부터 2015년까지 연평균 전기전도도가 EC1, 2에서 각각 385 ~ 486 $\mu S/cm$ 와 379 ~ 560 $\mu S/cm$ 이다.
- 5) 장기관측결과 : 난지1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 연간 지하수 수위 변화가 5m 내외로 지하수 수위 변동폭이 크다. 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사하게 나타났다. 난지2 관측공은 수위 변화가 약 6 m 이내의 변화를 나타내고, 지하수 수위가 감소할 때 전기전도도 값은 상승하여 최대 752 $\mu S/cm$ 까지 상승하였다.
- 6) 관리 방안 : 현재 난지지구의 경우에는 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 나타나지만, 영농기 용수 이용에 따른 전기전도도의 상승 현상이 나타나므로 향후 장기관측 자료의 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

2.3.2 팔봉지구

1. 위치

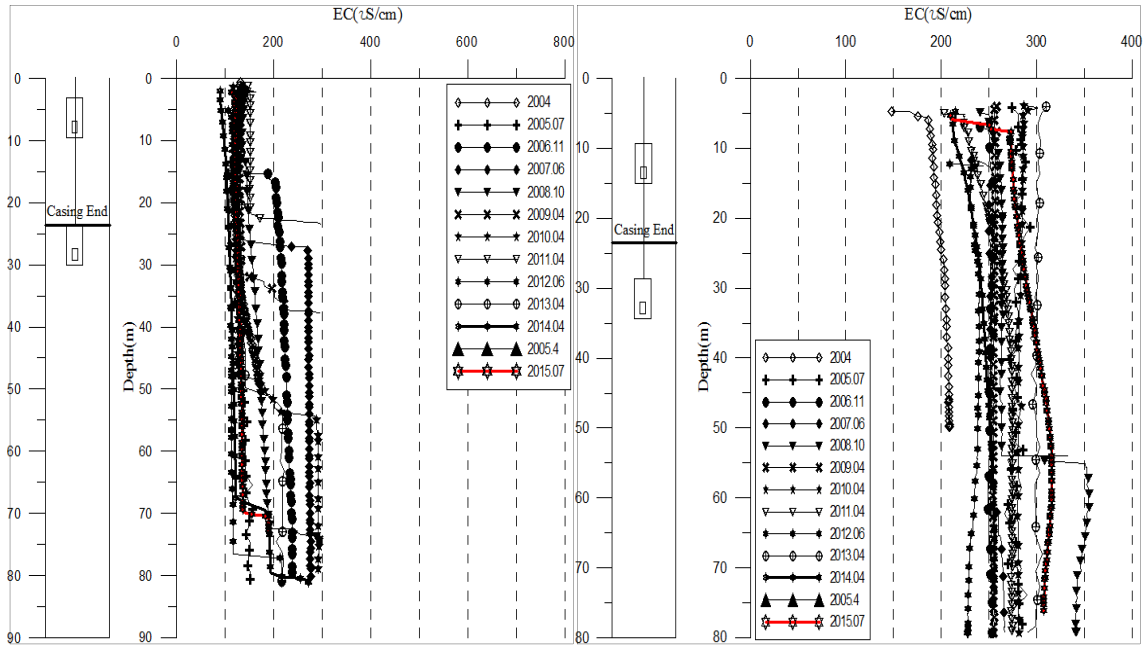


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
팔봉1	서산시 팔봉면 호리 274-2	139676.405	372392.105	3.518	2004	30	2.428
팔봉2	서산시 팔봉면 호리 266	140139.259	372796.604	9.253	2004	320	5.913

2. 지형 및 지질

이 지구는 전체적으로 해발고도 100 ~ 300 m 내외의 구릉성 산지들이 곳곳에 분포되어 완사면 및 구릉지가 분포하는 지역에 위치한다. 지질은 선캠브리아기의 변성퇴적암류가 넓게 분포하고 있으며, 중생대 쥐라기의 반상섬록암이 관입하고 있다.

3. 지하수 검층



<관측공1 관측공>

<관측공2 관측공>

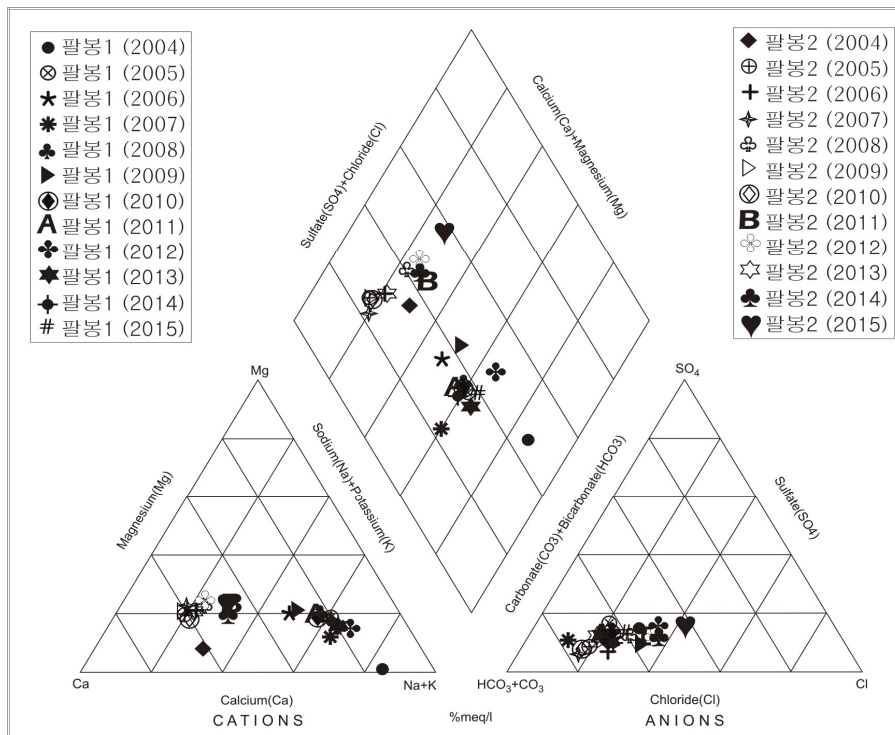
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
관측공1	(2004.10)	16.33	ND	0.04	2.40	9.76	12.50	40.26	ND
	(2005.10)	13.65	2.33	1.75	4.49	7.21	8.94	45.75	0.16
	(2006.11)	19.79	4.44	2.50	10.49	8.68	13.94	61.00	ND
	(2007.10)	23.12	3.22	3.18	6.62	6.40	9.19	70.15	ND
	(2008.10)	14.52	2.91	1.70	5.48	6.94	10.65	48.80	0.09
	(2009. 4)	16.35	3.82	2.74	8.05	6.73	15.49	48.80	0.22
	(2010. 4)	17.90	3.05	1.71	7.01	6.49	10.05	51.85	ND
	(2011. 6)	13.70	2.76	1.72	5.84	6.56	9.75	48.80	0.02
	(2012. 6)	18.20	2.35	1.70	4.58	10.24	13.71	36.60	ND
	(2013. 4)	17.77	2.40	1.47	5.03	7.21	9.92	51.85	0.11
	(2014. 4)	17.16	2.83	1.66	5.83	6.34	10.28	48.80	0.13
	(2015. 7)	19.51	2.34	2.01	5.70	6.00	13.29	45.75	0.06

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
팔봉2	(2004.10)	11.46	1.92	ND	20.49	11.35	16.20	75.64	0.48
	(2005.10)	9.51	5.68	0.92	30.30	9.91	14.56	91.50	0.11
	(2006.11)	12.85	6.61	1.29	31.22	8.22	18.25	88.45	ND
	(2007.10)	11.80	7.42	2.08	36.20	9.73	16.57	118.95	0.33
	(2008.10)	12.13	5.86	1.40	22.74	9.68	21.47	70.15	0.11
	(2009. 4)	12.08	7.00	1.46	34.67	11.69	18.24	106.75	0.19
	(2010. 4)	14.56	8.15	1.19	42.39	13.13	18.23	137.25	ND
	(2011. 6)	10.98	4.87	1.45	16.54	8.43	17.73	48.80	ND
	(2012. 6)	13.76	7.41	1.38	28.25	10.44	25.59	67.10	ND
	(2013. 4)	14.69	7.37	1.03	35.20	16.31	19.55	125.05	0.08
	(2014. 4)	20.05	7.40	1.44	31.18	12.17	31.56	79.30	0.22
	(2015. 7)	19.61	8.23	2.09	31.85	19.20	32.13	54.90	ND



<팔봉지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	팔봉1	팔봉2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	0.54	0.37
	2005.10	0.34	0.27
	2006.11	0.39	0.36
	2007.10	0.23	0.24
	2008.10	0.37	0.53
	2009. 4	0.55	0.29
	2010. 4	0.33	0.23
	2011. 6	0.34	0.62
	2012. 6	0.64	0.66
	2013. 4	0.33	0.27
	2014. 4	0.36	0.68
	2015. 7	0.50	1.01

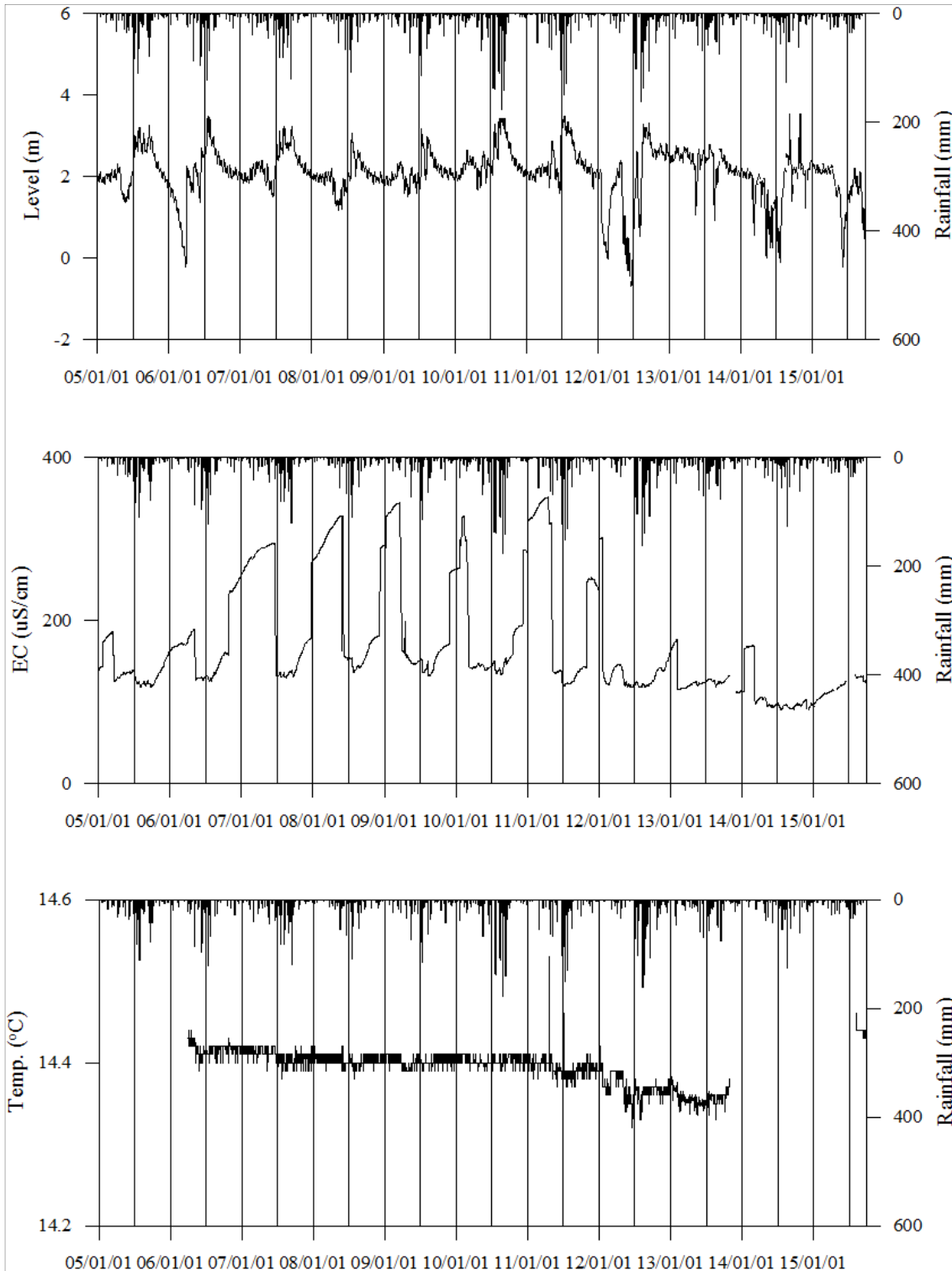
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
팔봉1	2005	2.23	1.37	3.27	139	118	186	-	-	-
	2006	1.67	-0.21	3.47	158	125	190	-	-	-
	2007	2.32	1.51	3.24	220	130	295	-	-	-
	2008	2.00	1.17	3.06	227	137	329	-	-	-
	2009	2.13	1.50	3.18	201	132	345	-	-	-
	2010	2.46	1.67	3.42	176	134	329	-	-	-
	2011	2.41	1.60	3.48	217	120	352	-	-	-
	2012	1.66	-0.71	3.32	138	118	302	-	-	-
	2013	2.45	1.07	2.79	130	116	178	-	-	-
	2014	1.47	-0.11	2.20	117	91	170	-	-	-
	2015	1.70	-0.21	2.31	117	93	134	-	-	-
팔봉2	2005	4.66	-0.67	6.82	222	172	301	-	-	-
	2006	4.55	-0.75	7.44	234	214	274	-	-	-
	2007	4.35	-0.75	6.36	264	227	322	-	-	-
	2008	6.53	-0.67	10.56	275	242	370	-	-	-
	2009	4.60	2.99	5.54	292	259	309	-	-	-
	2010	5.25	3.41	7.94	290	236	432	-	-	-
	2011	5.26	2.92	7.63	267	197	323	-	-	-
	2012	4.24	-4.60	6.58	269	196	322	-	-	-
	2013	5.33	4.29	5.98	268	215	293	-	-	-
	2014	4.61	2.27	5.55	273	239	287	-	-	-
	2015	4.07	-0.24	5.34	285	248	369	-	-	-

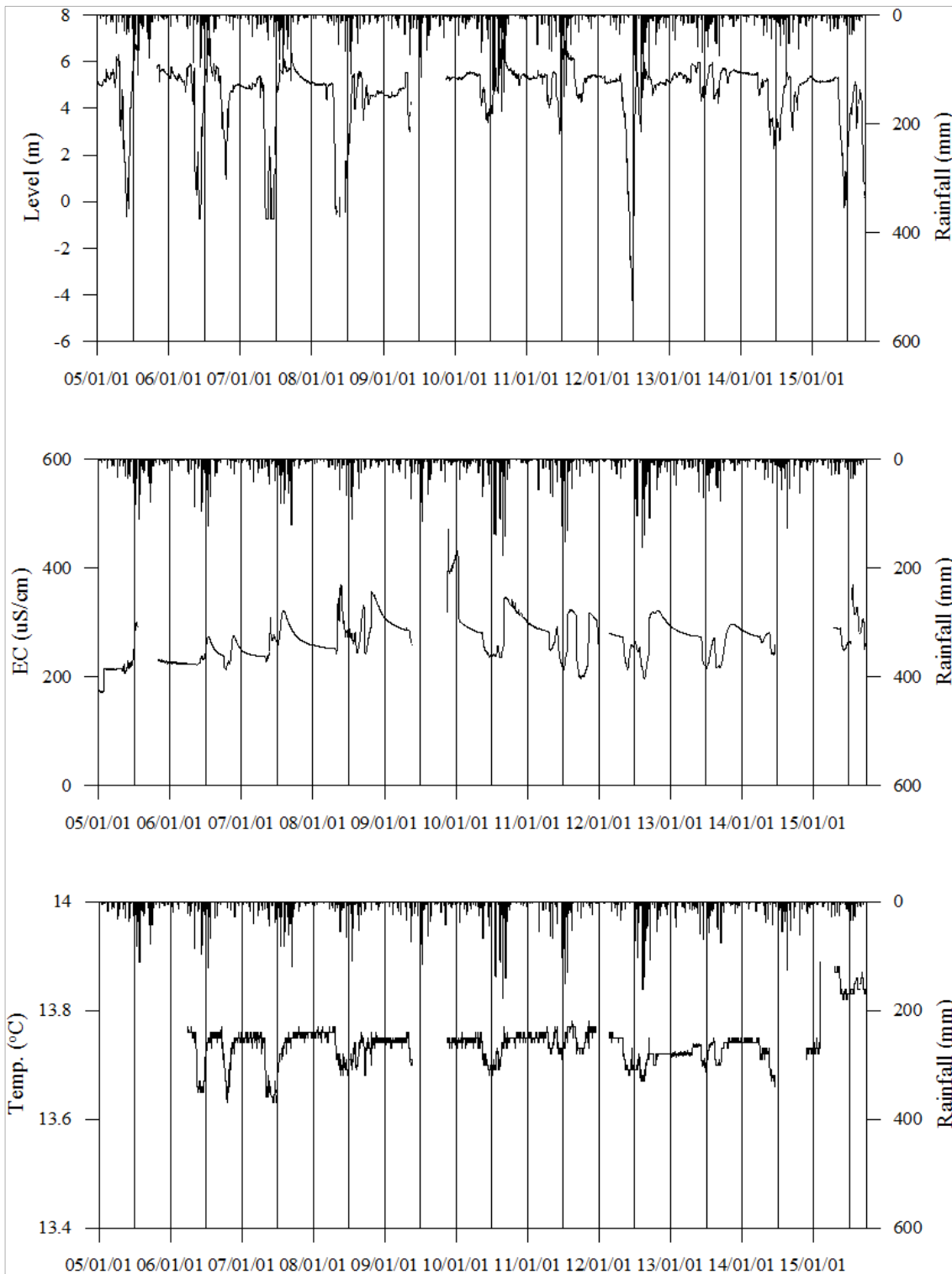
6.

장기관측 결과



<팔봉1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<팔봉2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

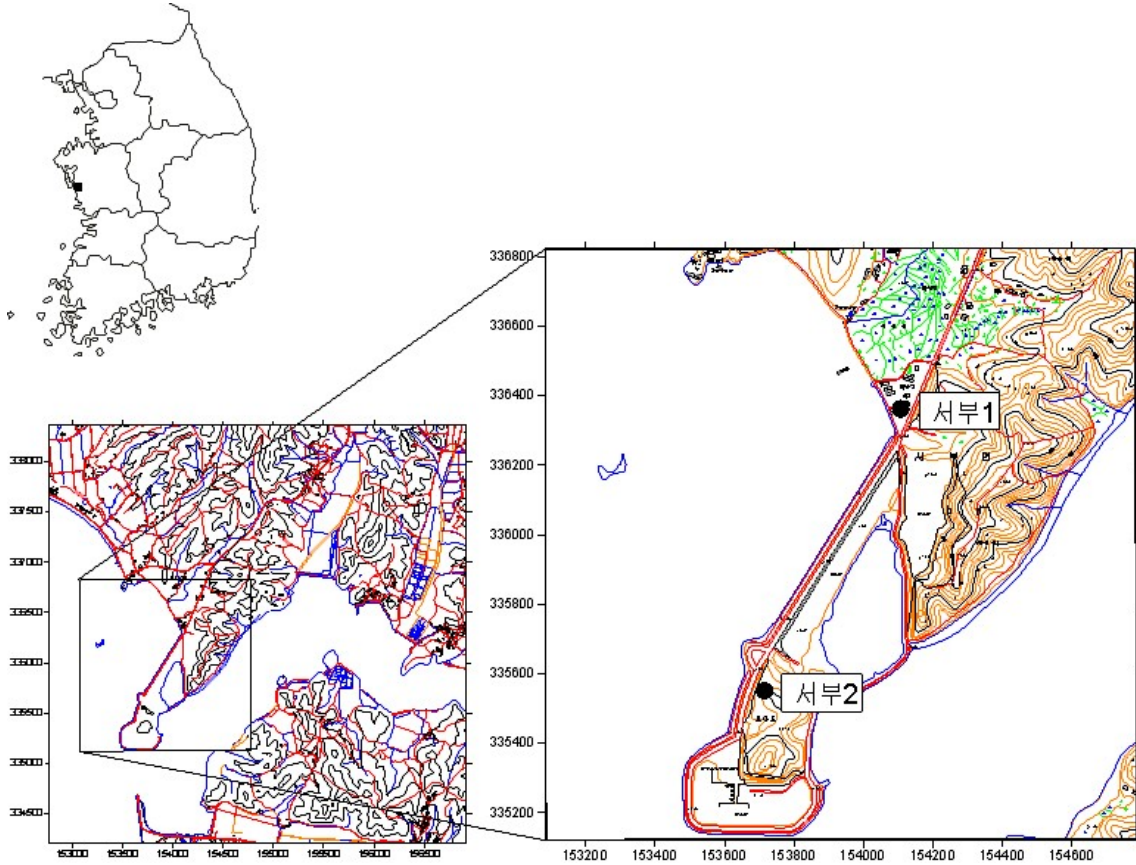
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 팔봉1, 2 관측공은 2004년에 설치한 관측공으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 팔봉1, 2 관측공은 공통적으로 약 200 ~ 400 $\mu S/cm$ 내외의 낮은 전기전도도 값을 나타내며, 전이대 구간도 없다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 팔봉1은 Na-HCO₃ 유형, 팔봉2는 Ca-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 각각 0.50, 1.01로 낮게 나타나 현재 상태에서는 해수침투의 영향이 없거나 약간 문제가 있는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 팔봉1 관측공은 2005년부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 117 ~ 227 $\mu S/cm$ 이며, 팔봉2 관측공은 222 ~ 292 $\mu S/cm$ 이다. 팔봉지구는 현재까지는 해수침투 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 5) 장기관측결과 : 팔봉1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 팔봉1 관측공의 지하수 수위는 약 5 m 내외의 변화를 보이며, 전기전도도 값은 건기에 300 $\mu S/cm$ 내외의 값을 보이다가 우기에는 감소하여 150 $\mu S/cm$ 내외의 값을 나타내고 있다. 팔봉2 관측공의 지하수 수위는 약 10 m 내외의 범위에서 감소와 증가를 반복하고 있으며, 전기전도도는 팔봉1 관측공과 마찬가지로 건기에 높고, 우기에 낮은 주기적 변화가 나타난다. 2012년에는 가뭄의 영향으로 지하수 수위 변동폭이 약 10 m에 이르렀다.
- 6) 관리 방안 : 팔봉지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었으나, 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향 여부를 점검하여야 한다.

2.3.3 서부지구

1. 위치

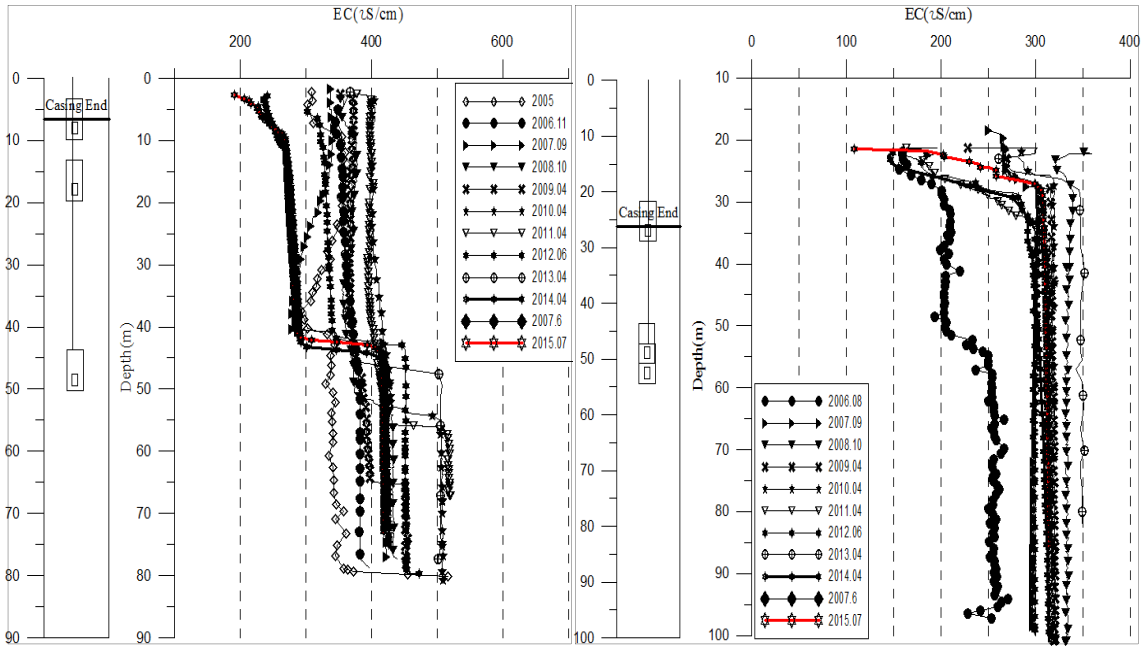


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
서부1	홍성군 서부면 신리 435	154106.954	336361.448	5.570	2005	40	3.900
서부2	홍성군 서부면 신리 616-11	153715.306	335551.705	24.280	2006	70	3.980

2. 지형 및 지질

이 지구는 홍성군 서부면의 홍보방조제 북단부 인근에 위치한다. 지질은 시대미상의 편마상화강암이 주로 분포하며, 북쪽으로 시대미상의 편마암복합체가 폭넓게 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<서부1 관측공>

<서부2 관측공>

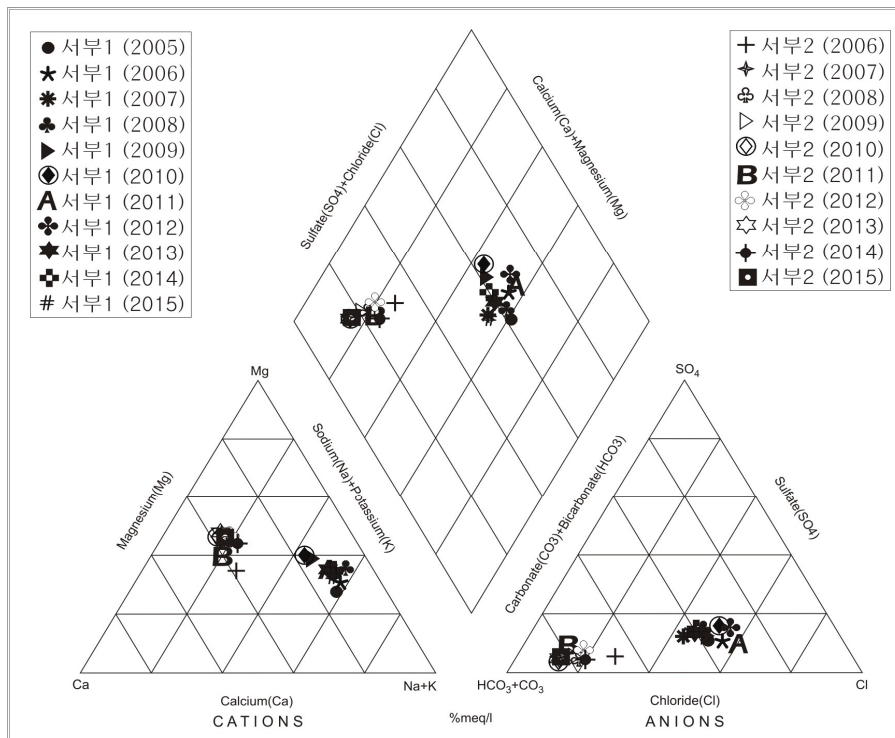
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
서부1	(2005.10)	34.54	9.21	4.20	6.45	12.05	41.79	54.90	0.34
	(2006.11)	39.60	12.09	5.73	8.25	11.07	48.33	51.85	ND
	(2007.10)	38.19	13.32	7.78	8.17	13.76	40.09	70.15	ND
	(2008.10)	36.30	12.07	5.55	7.43	13.33	37.91	48.80	0.17
	(2009. 4)	34.75	15.56	8.01	9.80	11.68	36.84	48.80	0.29
	(2010. 4)	36.34	18.10	5.60	12.08	15.85	46.50	51.85	ND
	(2011. 6)	49.28	16.37	4.87	10.51	16.80	64.53	57.95	ND
	(2012. 6)	41.73	15.70	5.76	9.28	15.17	39.96	39.65	ND
	(2013. 4)	36.44	13.42	4.68	8.51	15.11	41.28	61.00	ND
	(2014. 4)	34.82	12.91	4.89	7.74	14.81	34.75	54.90	ND
	(2015. 7)	35.84	11.21	4.40	6.55	14.53	33.25	57.95	0.12

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
서부2	(2006.11)	17.94	13.00	1.84	23.45	6.63	26.15	109.80	ND
	(2007.10)	14.92	23.69	2.45	31.00	8.21	17.67	183.00	ND
	(2008.10)	13.27	17.63	1.20	23.84	8.61	20.58	158.60	0.14
	(2009. 4)	14.89	21.59	1.82	28.77	7.83	19.77	173.85	0.19
	(2010. 4)	13.59	23.98	1.24	30.79	8.32	15.14	195.20	ND
	(2011. 6)	12.70	12.92	0.87	21.76	6.24	15.97	125.05	0.02
	(2012. 6)	16.13	19.50	1.14	25.39	9.62	23.71	158.60	ND
	(2013. 4)	12.87	21.59	0.91	26.48	8.85	15.40	179.95	0.09
	(2014. 4)	22.47	20.56	1.36	26.40	10.10	27.96	179.95	0.15
	(2015. 7)	12.82	19.90	0.96	25.44	8.15	14.53	167.75	ND



<서부지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

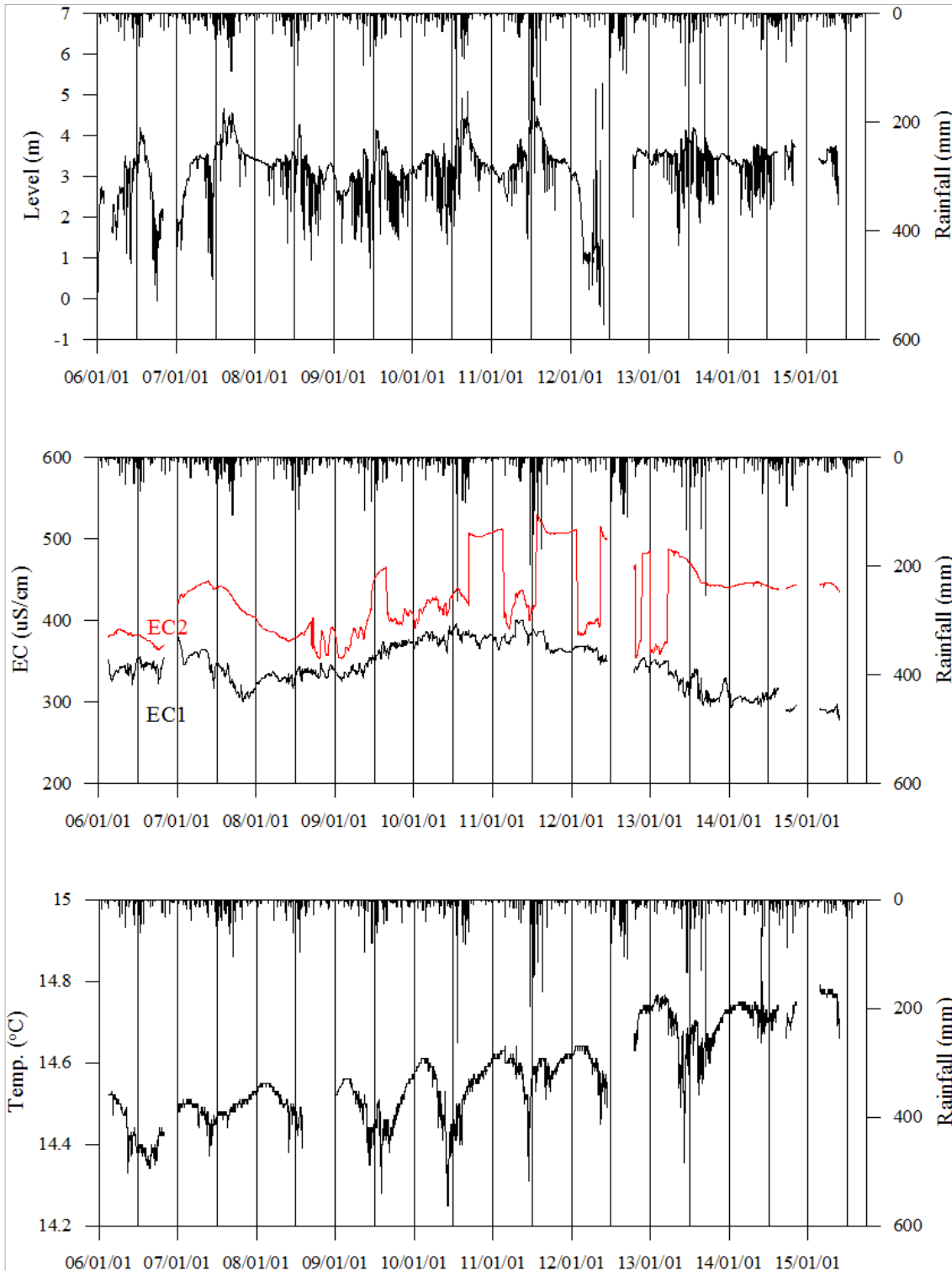
구 분	관측공	서부1	서부2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	1.31	-
	2006.11	1.61	0.41
	2007.10	0.98	0.17
	2008.10	1.33	0.22
	2009. 4	1.30	0.20
	2010. 4	1.54	0.13
	2011. 6	1.91	0.22
	2012. 6	1.73	0.26
	2013. 4	1.16	0.15
	2014. 4	1.09	0.27
	2015. 7	0.99	0.15

5. 년도별 관측자료 분석

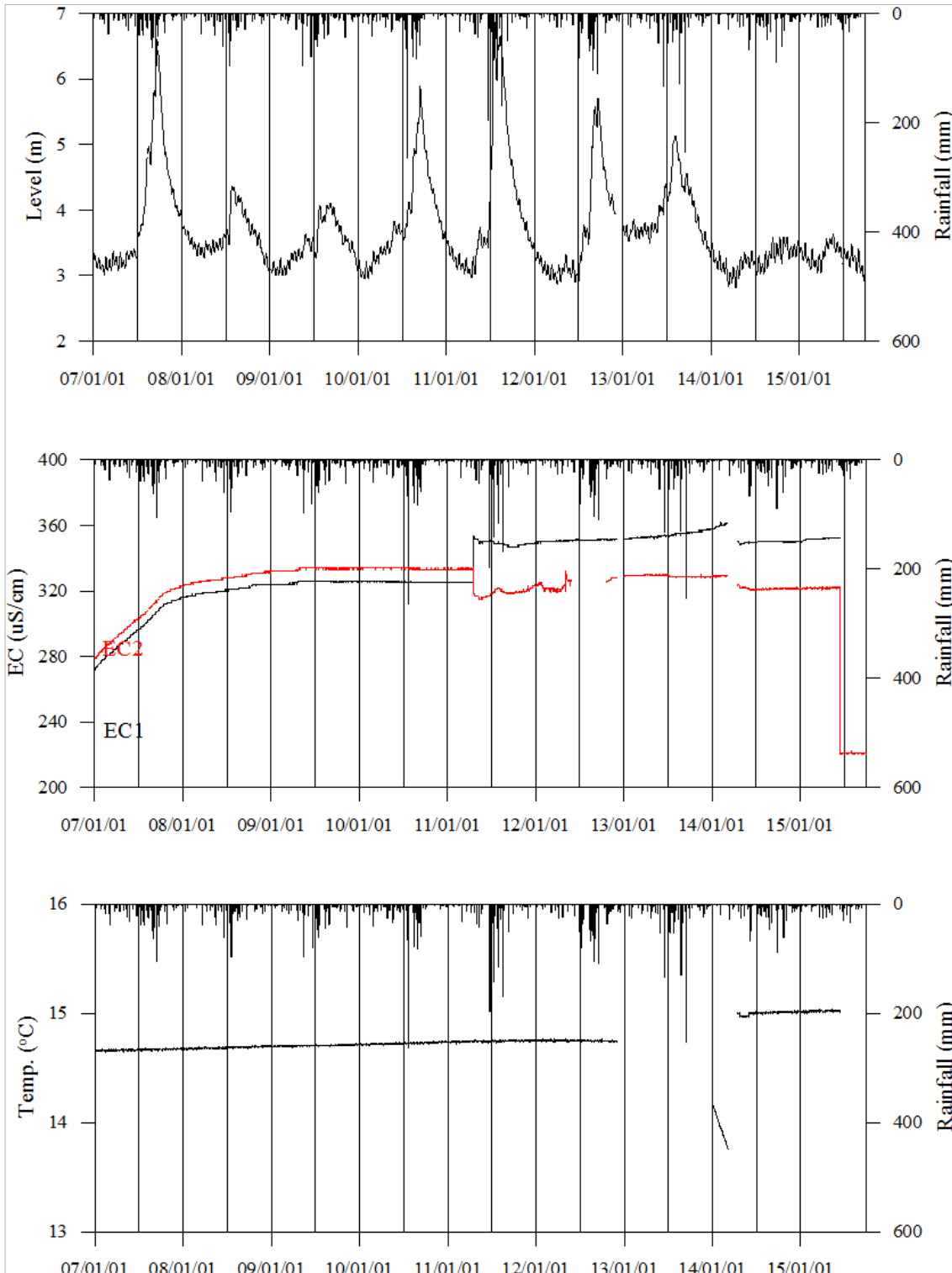
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
서부1	2006	2.58	-0.06	4.20	317	165	358	383	364	412
	2007	3.30	0.48	4.68	345	302	379	436	412	449
	2008	3.19	0.96	4.28	332	317	348	382	353	403
	2009	2.82	0.74	4.15	350	326	374	401	353	466
	2010	3.37	1.34	5.10	380	360	397	434	391	507
	2011	3.44	1.48	5.33	380	360	401	465	389	530
	2012	2.45	-0.65	8.56	359	337	370	427	355	516
	2013	3.46	1.32	4.21	335	306	352	436	359	488
	2014	3.31	1.99	3.79	304	294	317	444	439	448
	2015	3.47	2.32	3.75	290	278	297	444	436	447
서부2	2007	3.83	-5.72	6.60	293	272	313	299	279	320
	2008	3.67	3.27	4.37	320	316	324	327	323	331
	2009	3.48	3.00	4.11	325	324	326	333	332	334
	2010	3.85	2.95	5.89	325	325	326	334	333	334
	2011	4.16	2.97	6.95	341	325	354	324	315	334
	2012	3.67	2.86	5.70	351	349	352	324	319	332
	2013	3.87	3.50	5.03	353	352	355	330	329	330
	2014	3.15	2.81	3.49	353	348	362	324	320	330
2015	3.30	2.93	3.63	528	350	800	282	220	323	

6. 장기관측 결과



<서부1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서부2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

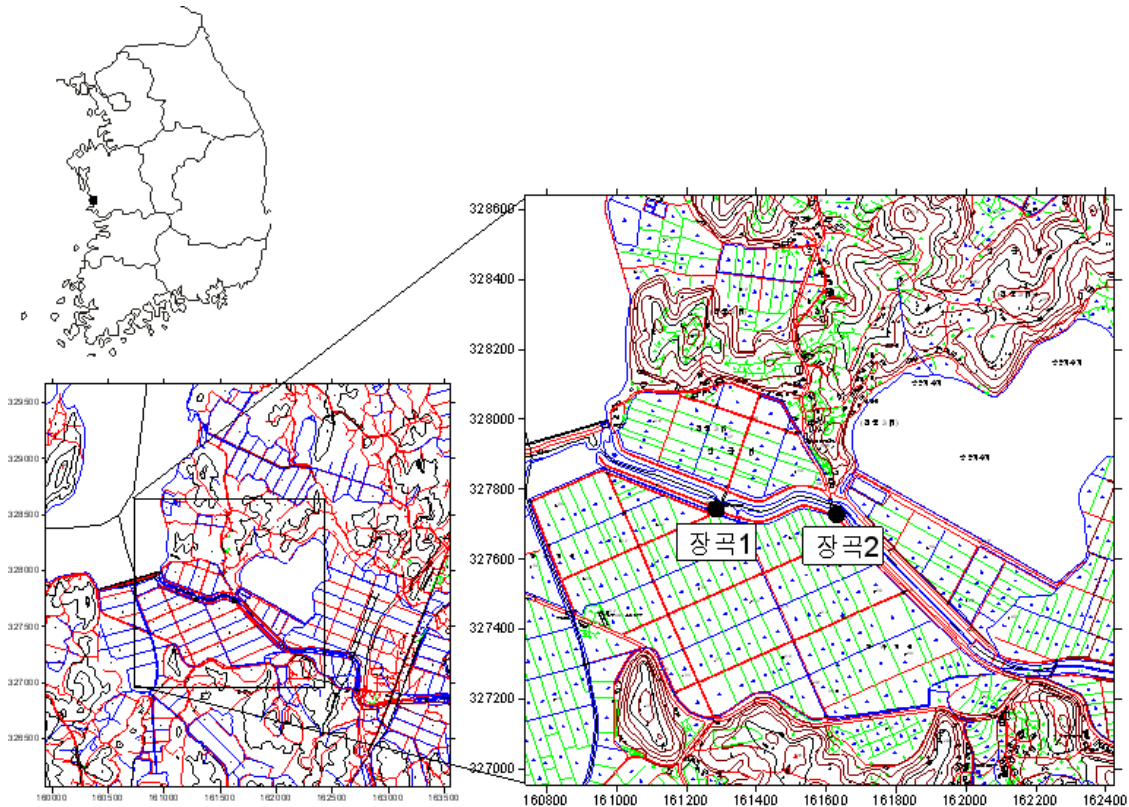
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서부1, 2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측공으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 서부1 관측공은 전체적으로 약 $400 \mu S/cm$ 내외의 값으로 해수침투의 영향은 없는 것으로 분석되었다. 서부2 관측공은 해수침투의 영향은 없으며, 매년 $150 \sim 350 \mu S/cm$ 의 전기전도도 값을 나타내고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 서부1 관측공은 Na-Cl 유형, 서부2 관측공은 (Ca, Mg)-HCO₃ 유형에 해당한다. Cl/HCO₃ 몰비도 0.99, 0.15로 서부1 관측공은 약간의 해수의 영향이 있으나, 서부2 관측공은 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 서부1 관측공은 2006년부터 2015년까지 EC1 290 ~ 380 $\mu S/cm$, EC2 382 ~ 465 $\mu S/cm$ 범위로 측정되었으며, 서부2 관측공은 각각 293 ~ 528 $\mu S/cm$ 와 282 ~ 334 $\mu S/cm$ 범위이다.
- 5) 장기관측결과 : 서부1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위 변화폭은 6 m 내외이다. 전기전도도는 20 m에 설치한 EC1에서는 약 $350 \mu S/cm$ 내외로 안정적이거나, 50 m에 설치한 EC2에서는 건기에 약 $100 \mu S/cm$ 내외가 증가하고, 우기에는 감소하는 경향을 보인다. 서부2 관측공의 지하수 수위 변화는 만조와 간조의 영향이 뚜렷하고, 주변 지하수 이용이 없으므로 우기 시 강수의 증가에 따라 지하수 수위가 증가하는 경향을 보인다. 반면, 서부2 관측공의 전기전도도는 EC1과 EC2 값이 $320 \mu S/cm$ 내외로 대부분 일정하다.
- 6) 관리 방안 : 서부지구는 현재 해수침투 영향은 없으나, 향후 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발생 여부를 관측하여야 한다.

2.3.4 장곡지구

1. 위치



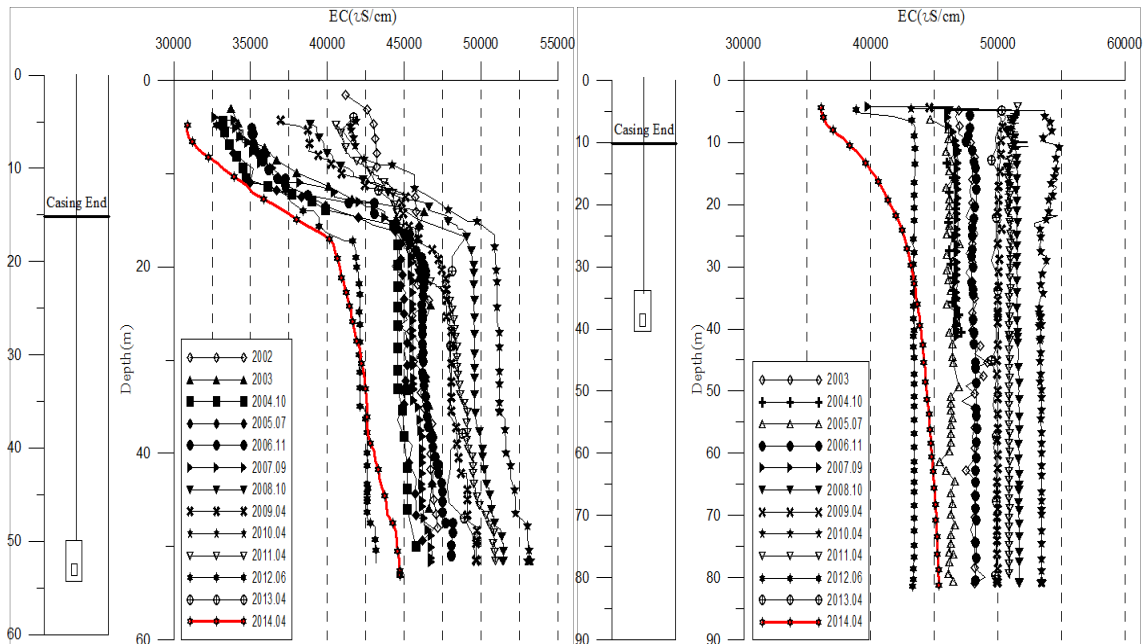
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
장곡1	보령시 청소면 장곡리 1046	161285.141	327743.436	4.567	2002	60	0.847
장곡2	보령시 청소면 장곡리 1046	161630.744	327728.051	5.016	2003	410	0.666

* 장곡지구는 염수에 근접하는 전기전도도를 나타내 관측 목적을 상실하여 2015년
까지만 관측하고, 주교지구(2015년 개발)로 대체함

2. 지형 및 지질

이 지구는 보령시의 서북쪽에 위치한 청소면에 속하며, 지형적으로는 낮은 구릉
지를 이루며 해안선의 굴곡이 심하고 경사도가 완만한 것이 특징이다. 지질은 크게
변성암류와 퇴적암류로 분류되며, 이들을 관입한 산성 및 중성 맥암류로 구성되어
있다.

3. 지하수 검층



<장곡1 관측공>

<장곡2 관측공>

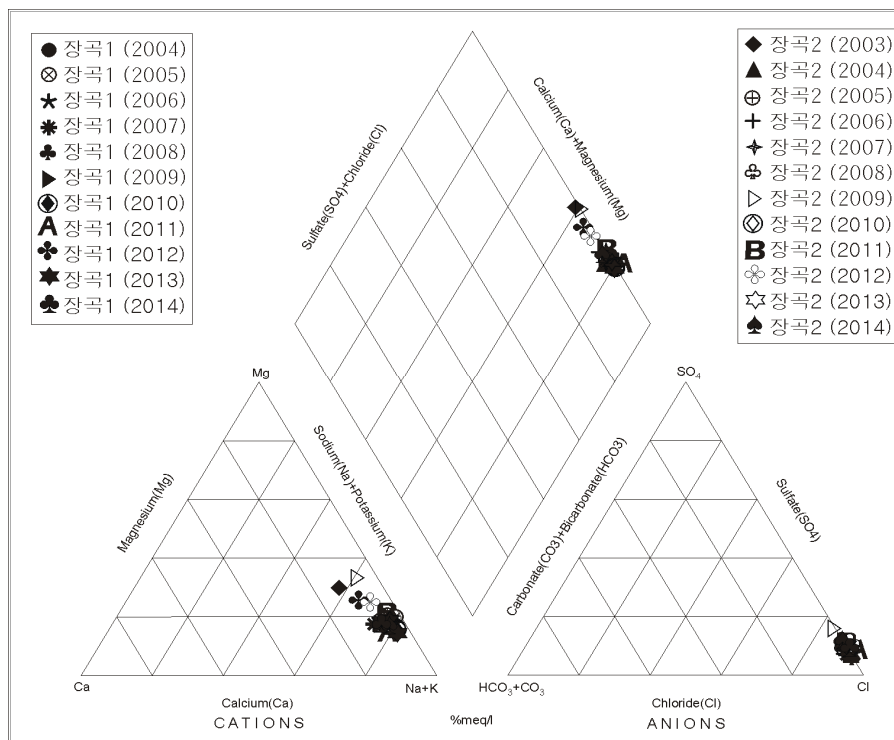
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
장곡1	(2004.10)	8447.24	1024.86	111.75	382.01	2350.41	17869.78	278.16	92.92
	(2005.10)	7411.26	920.97	104.71	449.37	2138.06	14193.13	126.58	148.25
	(2006.11)	8944.48	1043.13	97.50	484.43	1824.45	17628.80	131.15	ND
	(2007.10)	8652.81	1153.19	227.47	643.63	2235.27	18793.10	259.25	ND
	(2008.10)	7241.47	878.83	99.03	415.77	1821.10	14852.59	109.80	ND
	(2009. 4)	7031.94	915.08	115.88	471.99	1749.59	14579.40	112.85	142.89
	(2010. 4)	9184.83	876.68	86.03	471.35	1983.85	14477.44	143.35	55.37
	(2011. 6)	8237.53	744.74	73.86	426.78	1701.31	14144.94	42.70	ND
	(2012. 6)	5082.11	1104.51	127.61	524.64	1405.84	11061.54	122.00	ND
	(2013. 4)	8421.41	828.73	89.60	422.75	1888.25	14673.33	82.35	ND
	(2014. 4)	7321.74	907.10	102.81	449.78	2104.42	12920.66	170.80	ND
	(2015.10)	1440.0	217.0	45.2	282.0	467.0	5210.0	68.0	-

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
장곡2	(2003. 9)	431.92	138.74	122.94	80.81	2399.85	24363.35	149.40	660.27
	(2004.10)	9099.87	1173.20	191.76	365.29	1887.70	13668.91	157.38	80.84
	(2005.10)	8991.34	1242.26	246.62	488.57	2364.33	17084.85	156.60	156.97
	(2006.11)	9952.82	1383.60	271.55	532.35	2100.40	18763.70	143.35	ND
	(2007.10)	8754.39	1205.23	448.94	585.94	2437.54	17936.05	216.55	ND
	(2008.10)	8659.76	1248.92	287.81	483.34	2434.28	17711.45	179.95	ND
	(2009. 4)	4251.98	1218.77	356.37	504.71	2214.58	9023.45	179.95	164.32
	(2010. 4)	10139.97	1091.41	222.86	454.54	2396.70	16307.87	231.80	61.10
	(2011. 6)	9374.05	1157.83	224.27	463.34	2441.93	16586.90	170.80	ND
	(2012. 6)	6986.00	1342.63	238.02	525.41	1905.53	12761.85	161.65	ND
	(2013. 4)	9751.10	1197.05	240.39	472.90	2477.47	16352.84	204.35	55.85
	(2014. 4)	7923.20	1051.52	238.23	409.51	2305.38	13881.50	192.15	ND
	(2015.10)	1150.0	70.8	25.7	87.5	331.0	2690.0	175.0	-



<장곡지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

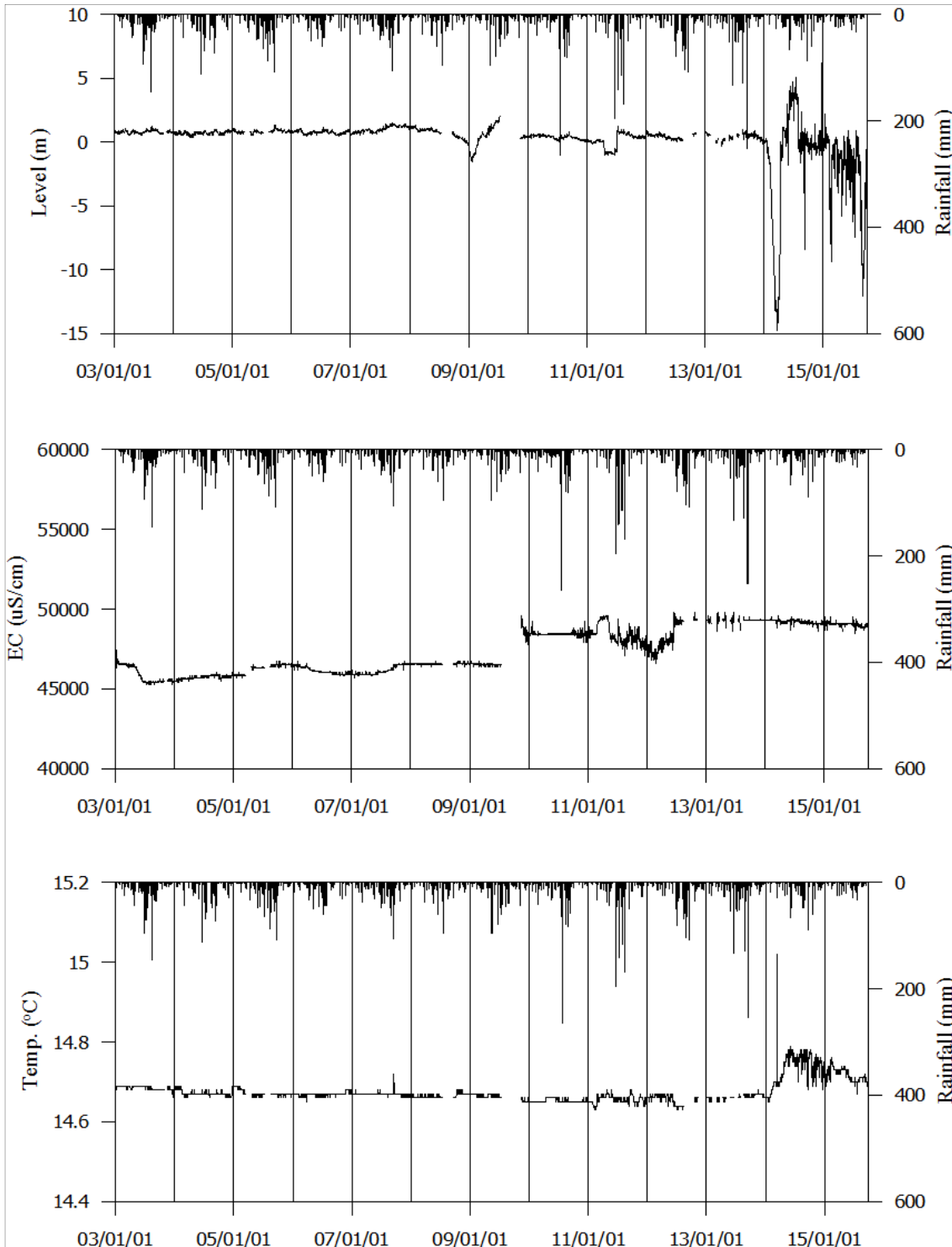
구 분	관측공	장곡1	장곡2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	-	280.61
	2004.10	110.56	149.44
	2005.10	193.3	185.7
	2006.11	231.76	225.68
	2007.10	124.56	142.32
	2008.10	243.43	169.12
	2009. 4	221.99	86.16
	2010. 4	173.54	120.89
	2011. 6	569.21	166.87
	2012. 6	155.80	135.66
	2013. 4	306.17	137.51
	2014. 4	129.99	124.14

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

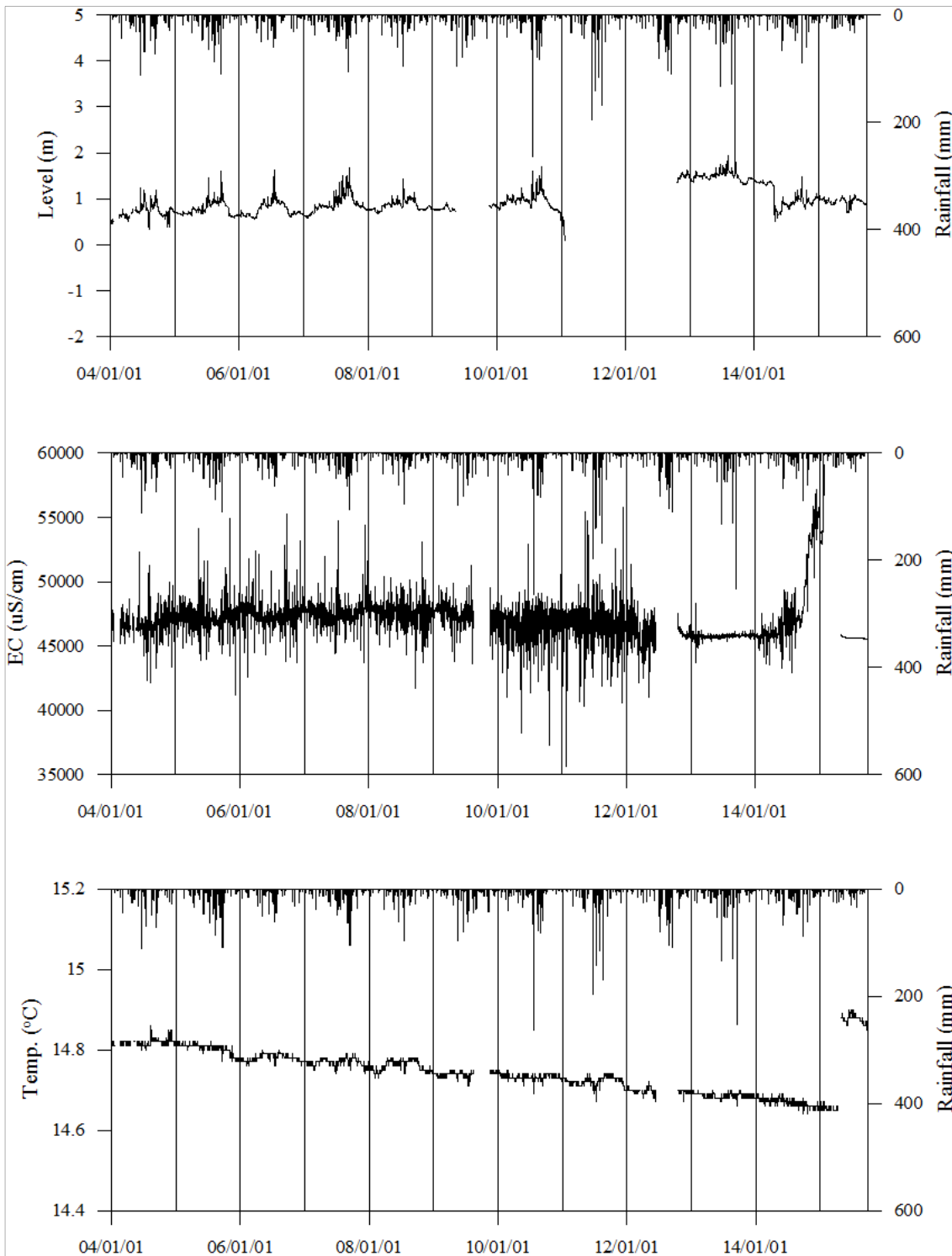
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
장곡1	2003	0.99	0.73	1.43	45,956	45,299	47,400	-	-	-
	2004	0.21	-0.13	0.49	45,715	45,400	46,000	-	-	-
	2005	0.83	0.52	1.31	46,212	45,700	46,700	-	-	-
	2006	0.75	0.48	1.14	46,152	45,800	46,700	-	-	-
	2007	0.95	0.55	1.50	46,057	45,700	46,600	-	-	-
	2008	0.89	0.28	1.28	46,549	46,400	46,700	-	-	-
	2009	0.96	-1.52	10.23	46,512	46,400	46,700	-	-	-
	2010	0.41	0.00	0.78	48,448	48,100	49,200	-	-	-
	2011	0.06	-1.02	1.22	48,535	47,100	49,600	-	-	-
	2012	0.42	0.04	0.85	48,207	46,600	49,800	-	-	-
	2013	0.29	-0.36	0.75	49,297	48,600	49,800	-	-	-
	2014	-1.96	-14.76	5.03	49,249	48,700	49,600	-	-	-
2015	-2.14	-12.09	2.18	49,036	48,430	49,500	-	-	-	
장곡2	2004	0.70	-1.70	2.32	46,588	3,379	52,300	-	-	-
	2005	1.31	1.13	2.10	47,176	43,900	54,100	-	-	-
	2006	1.27	1.05	2.13	47,500	42,600	55,300	-	-	-
	2007	1.39	1.09	2.18	47,449	44,400	54,700	-	-	-
	2008	0.86	0.67	1.43	47,538	41,700	50,400	-	-	-
	2009	0.78	0.72	0.92	47,508	43,600	51,300	-	-	-
	2010	1.00	0.76	1.70	46,590	37,300	52,900	-	-	-
	2011	0.41	0.10	0.61	46,698	35,600	55,400	-	-	-
	2012	1.41	1.36	1.46	46,144	41,000	51,400	-	-	-
	2013	1.51	1.32	2.32	45,722	43,700	48,300	-	-	-
	2014	1.09	0.51	1.40	46,129	42,900	49,400	-	-	-
2015	0.94	0.70	1.10	52,282	45,504	95,300	-	-	-	

6. 장기관측 결과



<장곡1 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장곡2 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

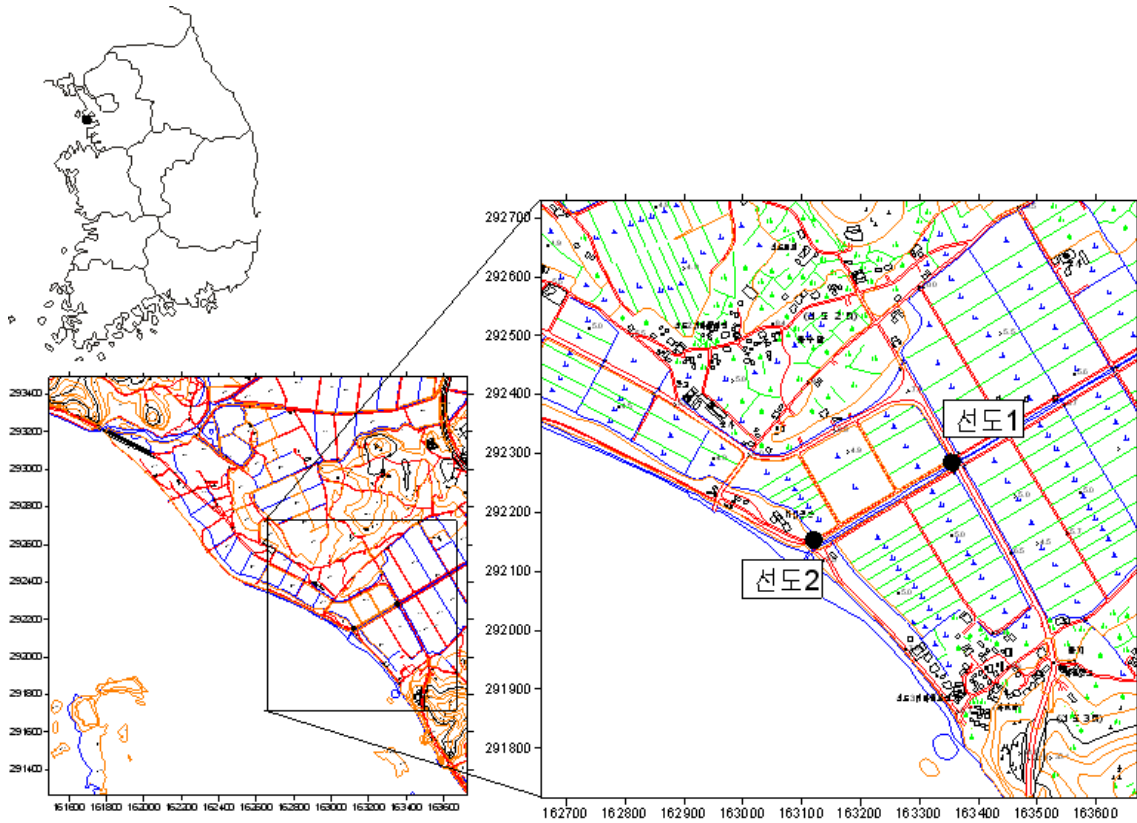
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 장곡1, 2 관측공은 2002년과 2003년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 장곡1, 2 관측공은 2003년 설치 이후 지속적으로 해수성분과 동일한 전기전도도 범위(45,000 ~ 50,000 $\mu S/cm$ 내외 범위)를 유지하는 바, 해수가 전 구간으로 유입되고 있음을 알 수 있다. 장곡1 관측공은 지표 하 10 ~ 20 m 구간에서 전기전도도가 상승하며, 장곡2 관측공은 뚜렷한 전이대 구간이 형성되어 있지 않다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 장곡1, 2 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 각각 129.99, 124.14(2014년)로 해수의 영향이 매우 큰 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 장곡1 관측공은 2003년부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 45,715 ~ 49,297 $\mu S/cm$ 의 매우 높은 값을 유지하고 있으며, 연도별로 큰 변화는 나타나지 않는다. 장곡2 관측공은 2004년부터 2015년까지 45,722 ~ 52,282 $\mu S/cm$ 의 값을 나타내고 있다. 장곡지구 두 관측공 모두 매우 심각한 해수침투 영향이 나타나고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 장곡1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 2014년 이전까지는 지하수 수위의 변화가 거의 없었으나, 2014년 이후에는 약 20 m 내외의 큰 변화폭을 나타낸다. 장곡2 관측공의 지하수 수위 변화는 2 m 내외이다. 지하수 수위, 전기전도도 및 수온은 조수간만의 영향을 직접 받고 있다.
- 6) 관리 방안 : 장곡지구는 간척지에 설치하여 해수 유입을 직접 받아 염수에 근접하는 전기전도도를 나타낸다. 따라서, 관측 목적을 상실하여 2015년까지만 관측하고, 주교지구(2015년 개발)로 대체하여 관측할 예정이다.

2.3.5 선도지구

1. 위치

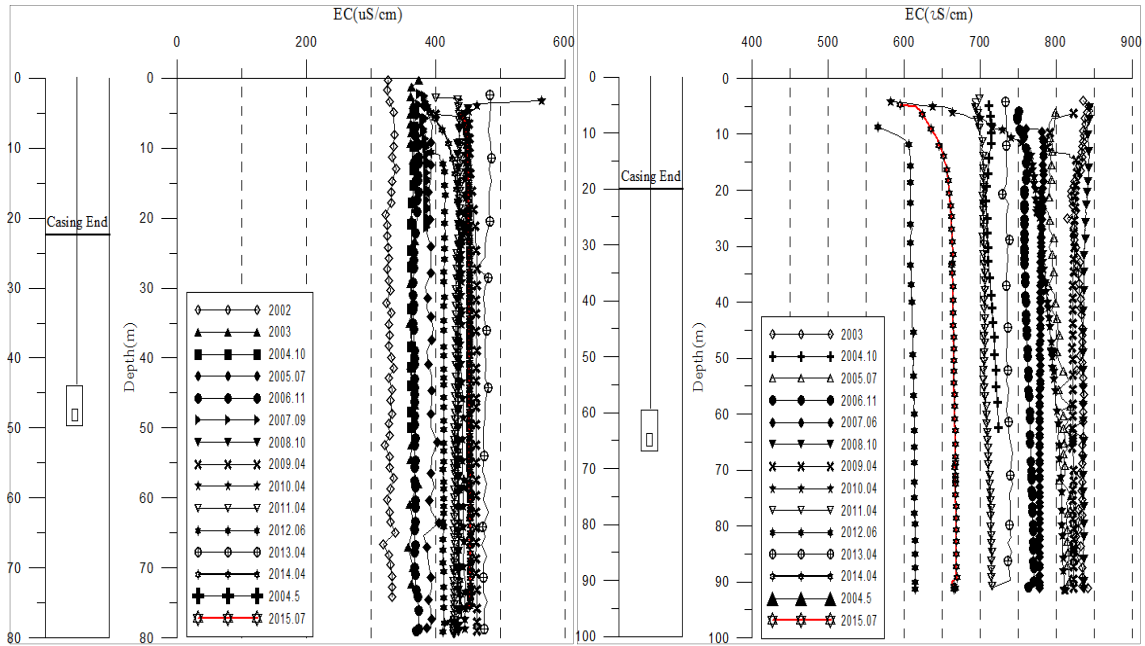


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
선도1	서천군 비인면 선도리 709	163354.995	292284.590	4.718	2002	330	-1.872
선도2	서천군 비인면 선도리 707	163120.588	292152.838	5.088	2003	50	0.608

2. 지형 및 지질

이 지구는 서천군 비인면의 비인해수욕장 인근 지역으로 넓은 충적층이 평탄하게 분포하고 있다. 지질은 중생대 대동계의 퇴적암류인 문수산층을 기반암으로 하고, 대동계의 화강암류가 관입한 지역의 경계부에 해당한다.

3. 지하수 검층



<선도1 관측공>

<선도2 관측공>

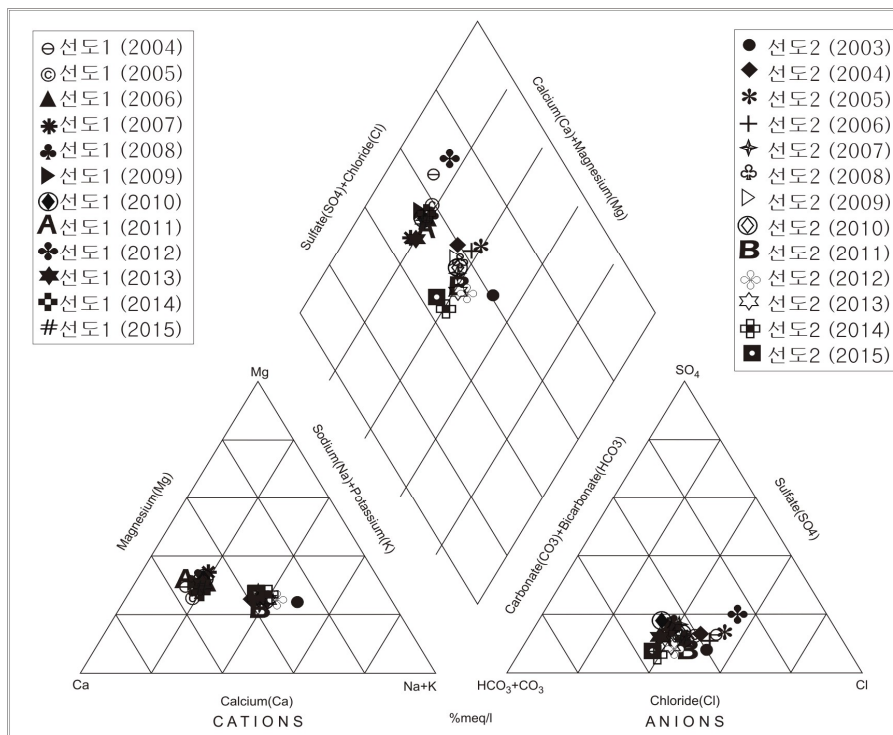
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
선도1	(2004.10)	6.69	7.59	ND	24.36	21.32	62.05	73.20	0.57
	(2005.10)	14.14	12.74	2.07	41.83	20.94	54.05	82.35	0.67
	(2006.11)	16.86	13.05	2.20	38.75	19.18	54.48	88.45	ND
	(2007.10)	15.61	17.26	4.03	43.54	26.33	50.18	112.85	0.48
	(2008.10)	15.25	13.00	2.06	39.52	26.05	50.48	106.75	0.33
	(2009. 4)	16.25	16.29	3.59	49.40	26.79	56.83	112.85	0.48
	(2010. 4)	20.25	19.18	2.60	54.35	40.25	57.04	140.30	ND
	(2011. 6)	15.26	15.43	2.34	44.98	27.76	57.44	112.85	ND
	(2012. 6)	14.34	16.06	2.53	42.80	28.54	57.52	48.80	ND
	(2013. 4)	17.59	16.06	2.13	44.24	24.76	54.94	131.15	ND
	(2014. 4)	18.15	15.33	2.23	45.39	20.23	53.02	97.60	ND
	(2015. 7)	19.33	15.66	2.53	49.72	25.89	60.51	109.80	ND

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
선도2	(2003. 9)	62.58	15.75	5.18	30.22	45.25	161.29	221.4	23.25
	(2004.10)	47.82	15.50	ND	45.30	47.04	136.97	187.88	0.90
	(2005.10)	74.37	27.37	6.90	59.27	56.95	178.30	183.00	1.48
	(2006.11)	57.50	20.95	6.50	52.08	35.90	122.67	155.55	ND
	(2007.10)	63.19	25.10	12.50	60.16	53.53	119.42	219.60	ND
	(2008.10)	52.48	20.64	5.19	47.35	34.66	120.65	183.00	0.66
	(2009. 4)	56.64	23.15	10.92	56.29	32.66	115.84	195.20	0.98
	(2010. 4)	64.02	24.20	7.04	56.05	42.62	111.89	204.35	ND
	(2011. 6)	54.88	18.75	6.74	44.60	26.98	95.65	170.80	ND
	(2012. 6)	61.36	19.77	7.74	42.64	24.21	92.98	173.85	ND
	(2013. 4)	58.70	20.69	6.61	44.81	28.06	98.28	201.30	0.51
	(2014. 4)	54.29	19.47	6.44	44.83	15.82	82.16	198.25	ND
	(2015. 7)	44.91	21.65	7.58	46.40	25.23	73.59	198.25	0.31



<선도지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

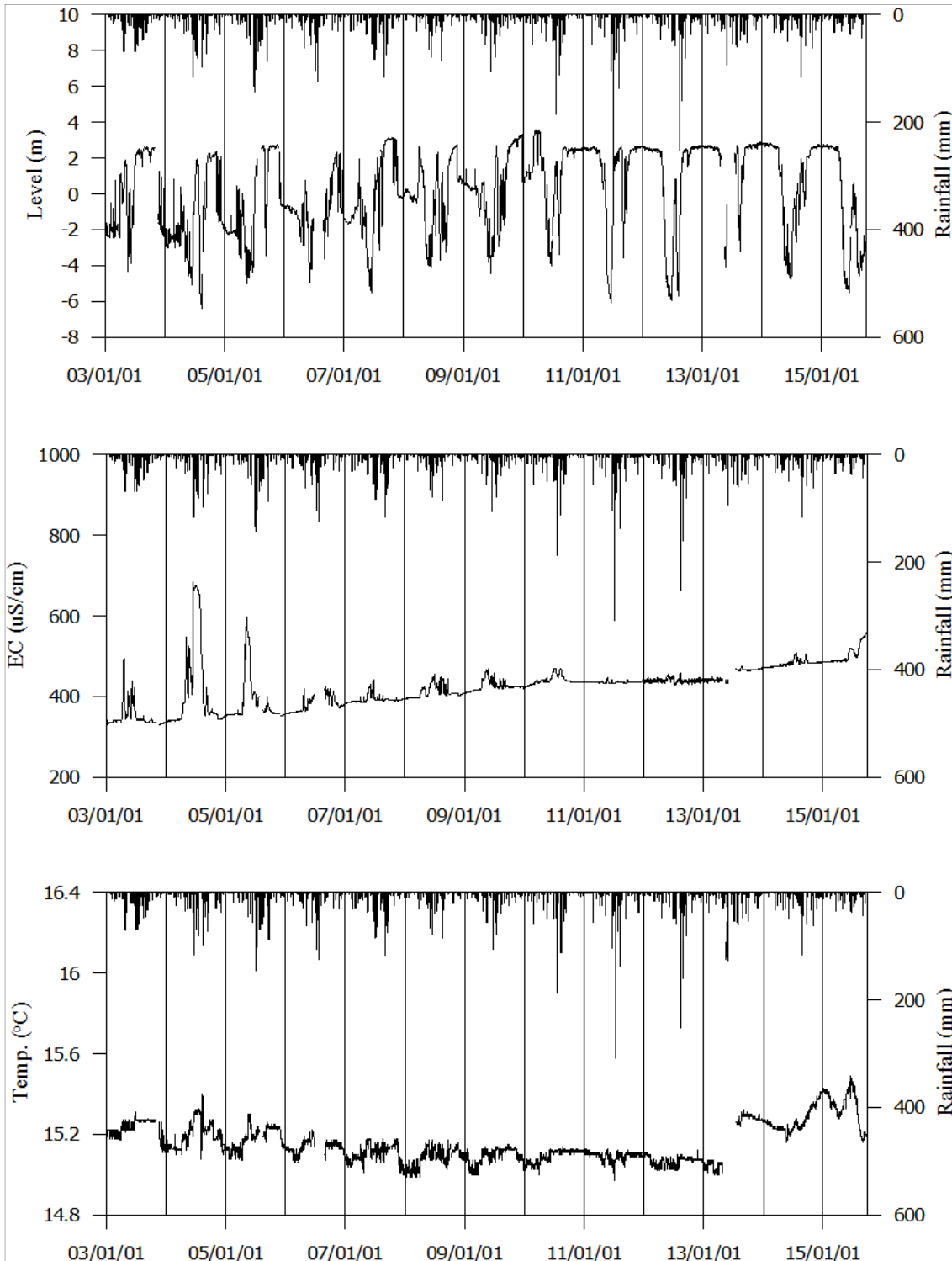
구 분	관측공	선도1	선도2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	-	1.25
	2004.10	1.46	1.25
	2005.10	1.13	1.68
	2006.11	1.06	1.36
	2007.10	0.76	0.93
	2008.10	0.81	1.13
	2009. 4	0.87	1.02
	2010. 4	0.70	0.94
	2011. 6	0.87	0.96
	2012. 6	2.03	0.92
	2013. 4	0.72	0.84
	2014. 4	0.93	0.71
	2015. 7	0.95	0.64

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

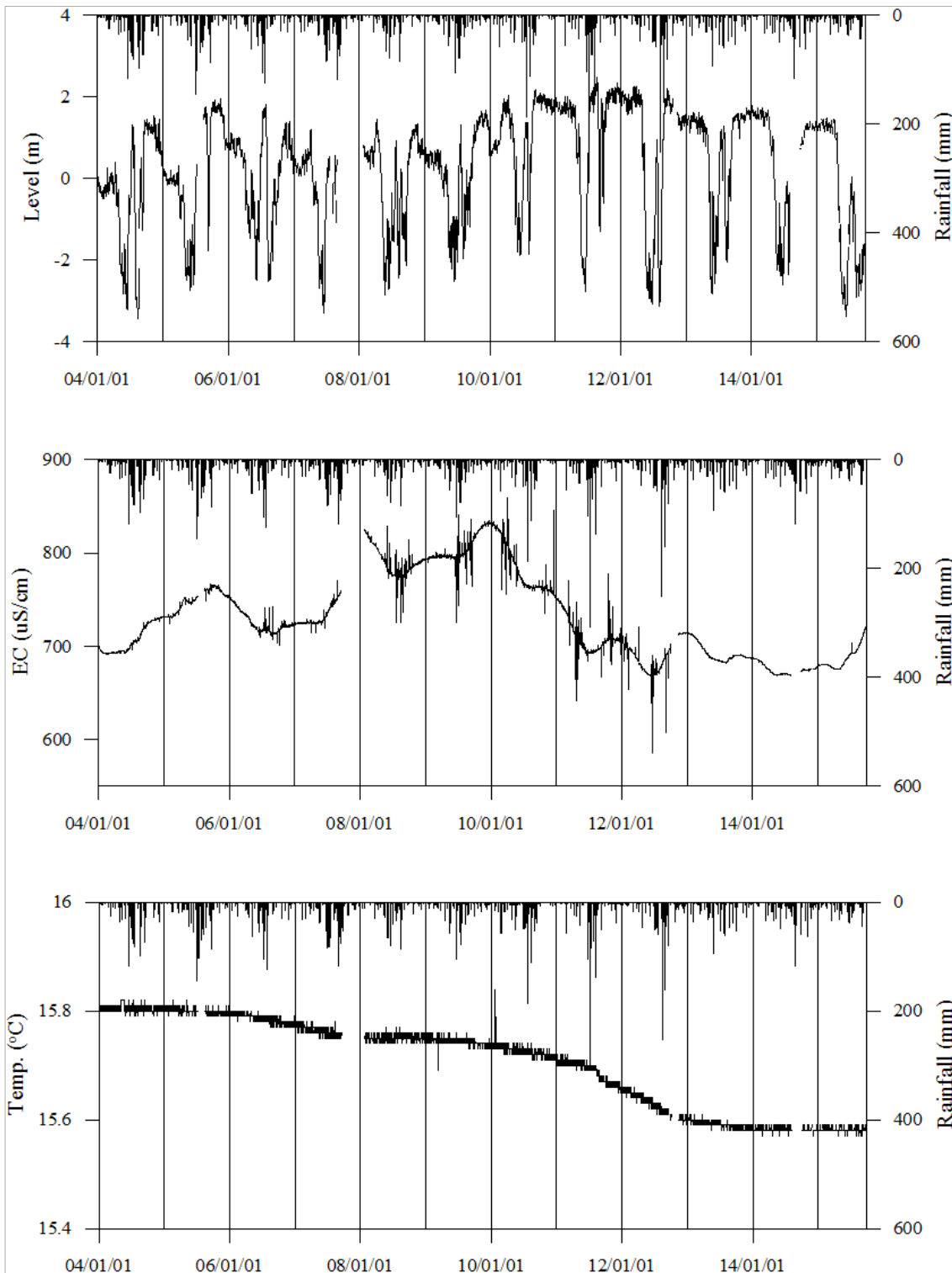
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
선도1	2003	0.36	-4.16	2.78	353	331	493	-	-	-
	2004	-1.12	-6.20	2.53	413	336	684	-	-	-
	2005	-1.06	-5.00	2.68	392	352	596	-	-	-
	2006	-1.16	-4.93	1.69	380	357	424	-	-	-
	2007	-0.49	-5.54	3.13	394	382	440	-	-	-
	2008	-0.40	-4.09	2.65	412	395	454	-	-	-
	2009	-0.06	-4.46	2.81	427	408	469	-	-	-
	2010	0.99	-4.03	3.55	441	421	470	-	-	-
	2011	0.95	-6.09	2.63	436	432	448	-	-	-
	2012	0.50	-5.94	2.64	439	427	458	-	-	-
	2013	-5.08	-55.28	2.72	453	432	475	-	-	-
	2014	0.27	-4.77	2.84	479	471	507	-	-	-
2015	-0.59	-5.50	2.72	504	485	558	-	-	-	
선도2	2004	-0.25	-3.43	1.54	707	691	732	-	-	-
	2005	-0.18	-2.74	1.93	747	724	767	-	-	-
	2006	-0.09	-2.52	1.81	726	701	752	-	-	-
	2007	-4.02	-58.92	1.67	732	715	770	-	-	-
	2008	-0.31	-2.85	1.45	791	726	829	-	-	-
	2009	-0.10	-2.53	1.42	800	725	841	-	-	-
	2010	0.86	-1.88	2.17	788	735	859	-	-	-
	2011	1.07	-2.78	2.47	713	641	778	-	-	-
	2012	0.61	-3.14	2.26	685	585	720	-	-	-
	2013	0.51	-2.83	1.62	696	683	715	-	-	-
	2014	0.30	-2.60	1.77	676	668	688	-	-	-
	2015	-0.66	-3.40	1.47	688	675	722	-	-	-

6. 장기관측 결과



<선도1 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<선도2 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 선도1, 2 관측공은 2002년과 2003년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 선도1, 2 관측공은 전기전도도의 전이대 구간 없이 약 $400 \mu S/cm$ 내외와 $750 \mu S/cm$ 내외의 값을 나타내며, 해수침투의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 선도1, 2 관측공에서는 우세한 이온은 없으나 선도1 관측공은 양이온 중 Ca가 우세하며, Cl/HCO_3 몰비는 각각 0.95, 0.64로 분석되었다. 해수 영향을 미약하게 받을 수 있는 정도이며, 관측공 개발 이후 몰비는 공통적으로 감소하고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 선도1 관측공은 2003년부터 2015년까지 연평균 전기전도도가 $353 \sim 504 \mu S/cm$ 값을 나타내고 있으며, 선도2 관측공은 2004년부터 2015년까지 $676 \sim 800 \mu S/cm$ 의 범위를 나타내고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 선도1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 이용량이 증가한 4 ~ 7월 기간 중 지하수 수위가 약 5 ~ 9 m 하강하였음에도 불구하고, EC는 미약한 범위($50 \mu S/cm$ 내외)에서 증가하였다.
- 6) 관리 방안 : 선도지구는 해수침투의 영향이 크지 않은 것으로 분석되었지만, 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투의 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.3.6 인주지구

1. 위치

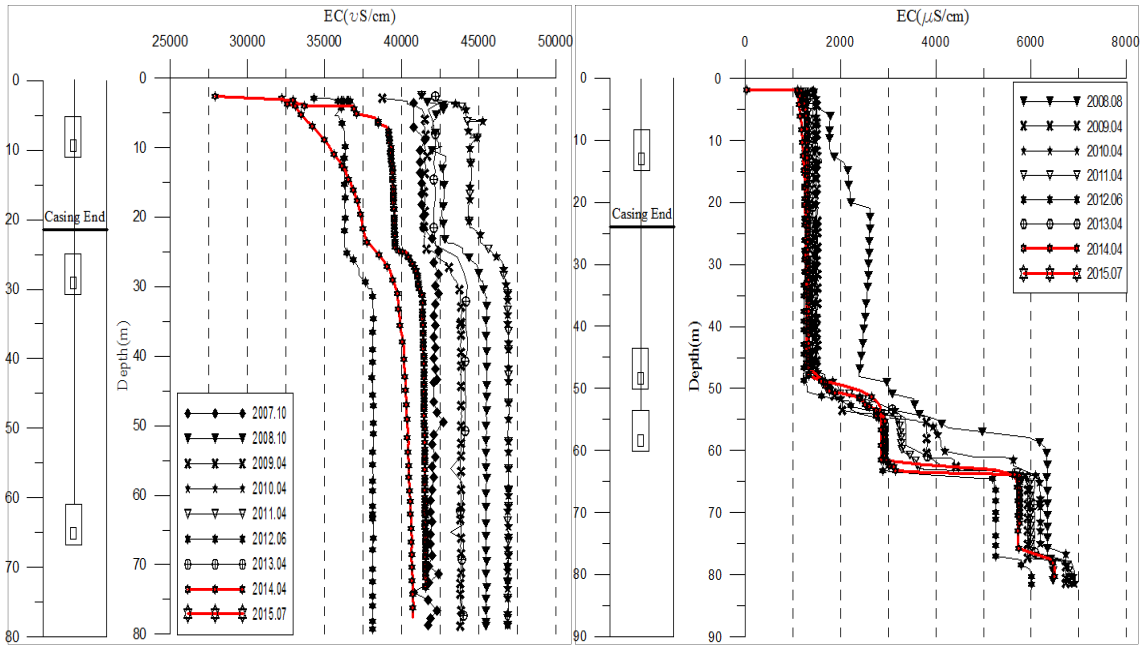


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
인주1	아산시 인주면 모원리 15	192846.703	376735.856	5.608	2007	240	3.108
인주2	아산시 영인면 백석포리 1102-2	194131.940	376132.764	7.076	2008	1510	2.270

2. 지형 및 지질

이 지구는 충남 아산시 인주면으로 아산만 방조제 끝단에 위치하고 있다. 지질은 선캠브리아기의 호상 편마암과 쥐라기의 화강암이 주를 이루고 있다.

3. 지하수 검층



<인주1 관측공>

<인주2 관측공>

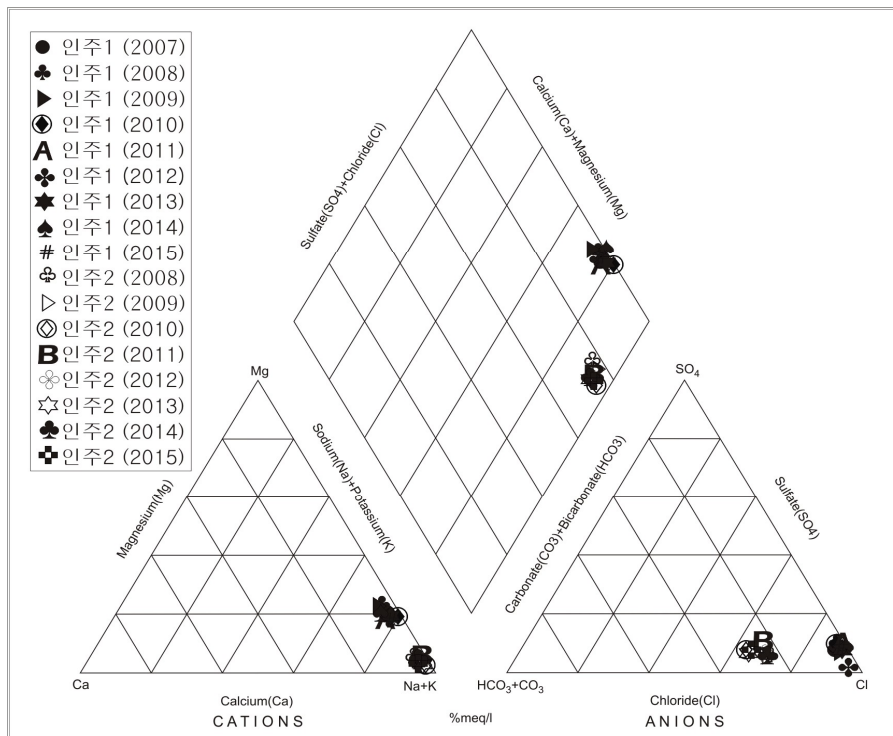
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
인주1	(2007.10)	7413.65	1008.90	181.18	397.42	1435.40	13313.50	686.25	ND
	(2008.10)	6713.75	1102.11	237.68	368.66	1516.94	13975.80	695.40	ND
	(2009. 4)	6423.15	1053.71	297.05	345.96	1431.47	13397.21	667.95	115.52
	(2010. 4)	7981.35	1011.02	192.13	328.89	1554.01	13240.26	692.35	50.75
	(2011. 6)	8318.59	1066.49	198.09	347.92	1854.46	16720.61	661.85	ND
	(2012. 6)	7310.25	1009.26	210.68	318.44	141.40	12402.17	695.40	ND
	(2013. 4)	7664.39	1017.51	198.73	337.07	1572.94	13376.98	716.75	113.60
	(2014. 4)	6265.99	929.74	197.46	338.72	1608.25	11473.01	57.95	1.99
	(2015. 7)	8093.86	988.58	198.70	320.37	1335.60	13649.69	567.30	15.24

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
인주2	(2008.10)	280.51	10.06	7.45	7.70	48.83	373.54	204.35	3.08
	(2009. 4)	269.19	6.53	7.79	5.11	39.71	323.76	186.05	3.12
	(2010. 4)	308.33	6.11	6.84	4.06	46.25	306.60	225.70	ND
	(2011. 6)	334.29	7.65	6.05	5.50	69.76	385.31	213.50	ND
	(2012. 9)	266.58	4.72	8.11	3.97	38.58	311.06	186.05	ND
	(2013. 4)	261.43	4.35	6.63	3.90	37.84	295.13	213.50	0.93
	(2014. 4)	283.33	7.25	6.95	4.51	30.10	340.71	204.35	ND
	(2015. 7)	289.38	2.81	4.70	2.77	33.60	273.21	219.60	0.79



<인주지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	인주1	인주2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	33.34	-
	2008.10	34.53	3.14
	2009. 4	34.46	2.99
	2010. 4	32.86	2.33
	2011. 6	43.41	3.10
	2012. 6	30.65	2.87(2012.9)
	2013. 4	32.07	2.38
	2014. 4	34.19	2.86
	2015. 7	41.41	2.14

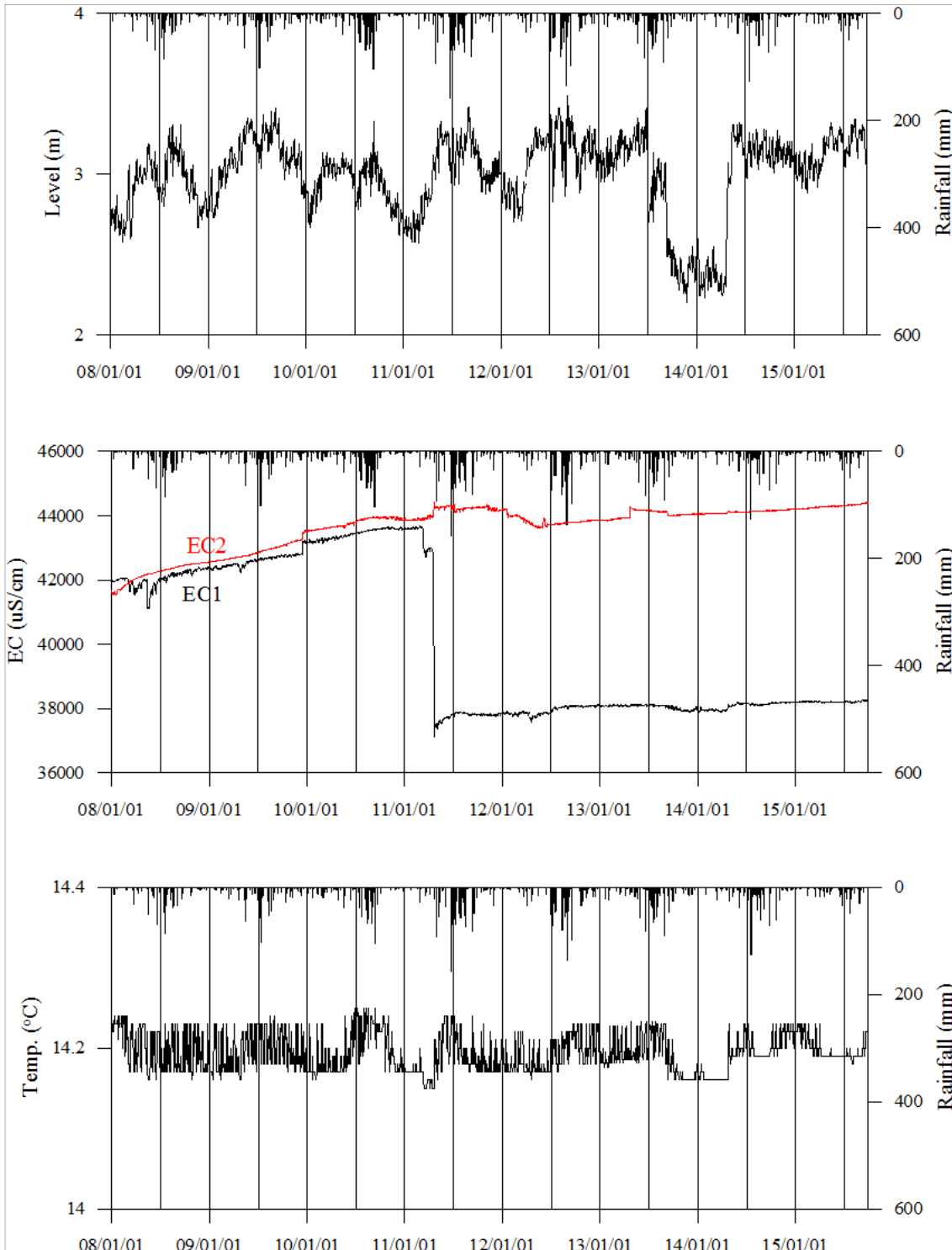
5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
인주1	2008	2.94	2.58	3.31	41,975	41,099	42,338	42,144	41,540	42,508
	2009	3.12	2.73	3.41	42,555	42,216	42,788	42,811	42,561	43,160
	2010	2.97	2.67	3.33	43,392	43,123	43,636	43,748	43,514	43,964
	2011	3.00	2.57	3.42	39,785	37,105	43,691	44,120	43,845	44,408
	2012	3.10	2.70	3.49	37,930	37,589	38,107	43,828	43,603	44,225
	2013	3.11	2.70	3.41	38,095	38,049	38,127	44,026	43,835	44,269
	2014	2.72	2.23	3.32	38,031	37,890	38,184	44,090	44,034	44,138
	2015	3.14	2.88	3.34	38,210	38,157	38,263	44,290	44,194	44,408
인주2	2009	4.89	4.53	5.12	1,879	1,513	2,391	4,047	3,339	5,199
	2010	5.01	4.65	5.35	1,784	1,409	2,093	3,976	3,398	5,023
	2011	4.80	4.46	5.19	1,850	1,378	2,494	3,615	2,878	5,006
	2012	4.79	4.35	5.19	1,857	1,424	2,434	3,172	2,881	3,879
	2013	4.08	-7.91	5.24	1,627	167	2,243	3,298	3,040	4,529
	2014	4.98	4.76	5.24	1,736	1,488	2,121	2,048	2,760	3,447
	2015	5.04	4.83	5.23	1,734	1,350	2,013	2,933	2,636	3,202

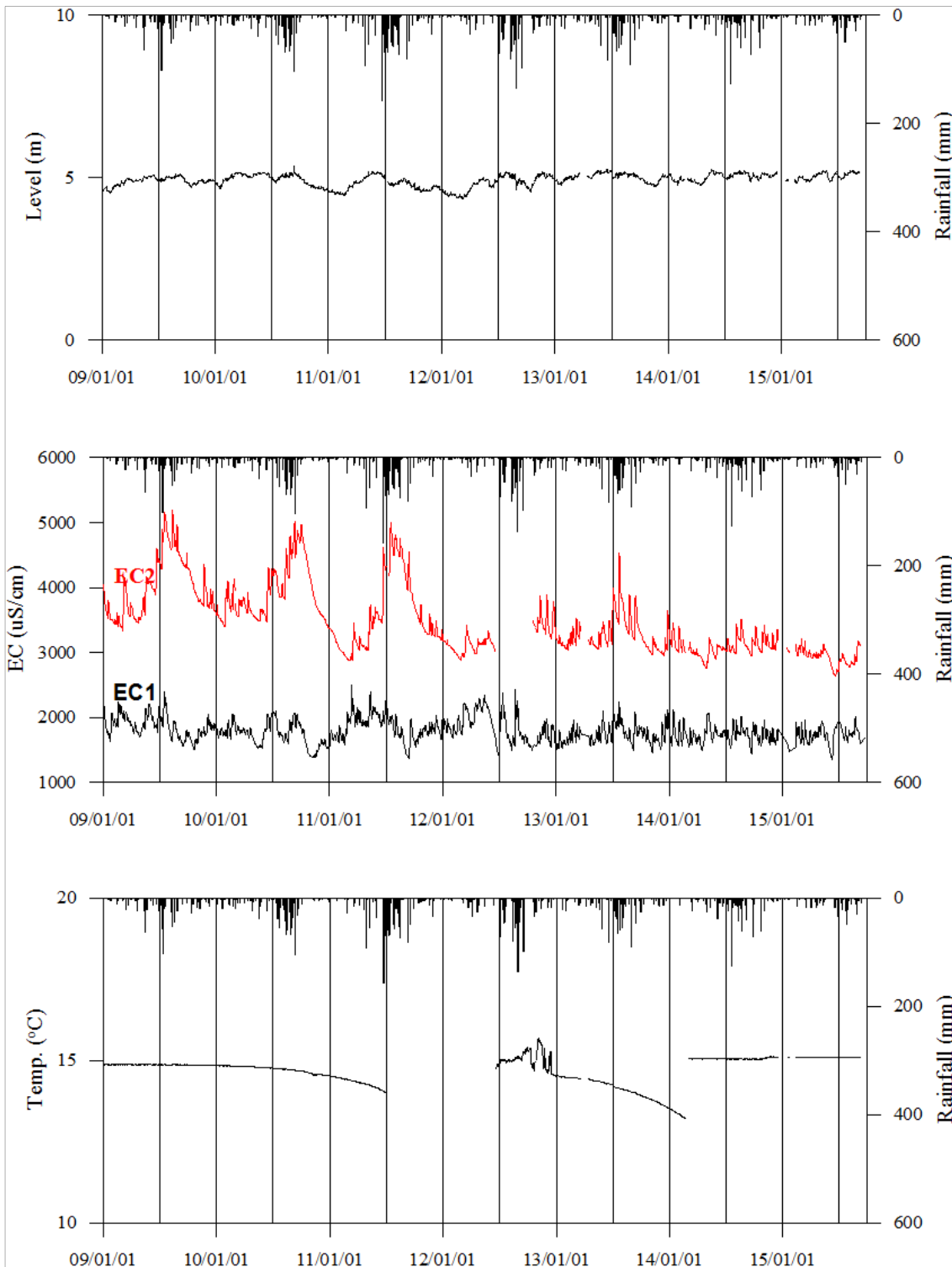
6.

장기관측 결과



<인주1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온그림



<인주2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

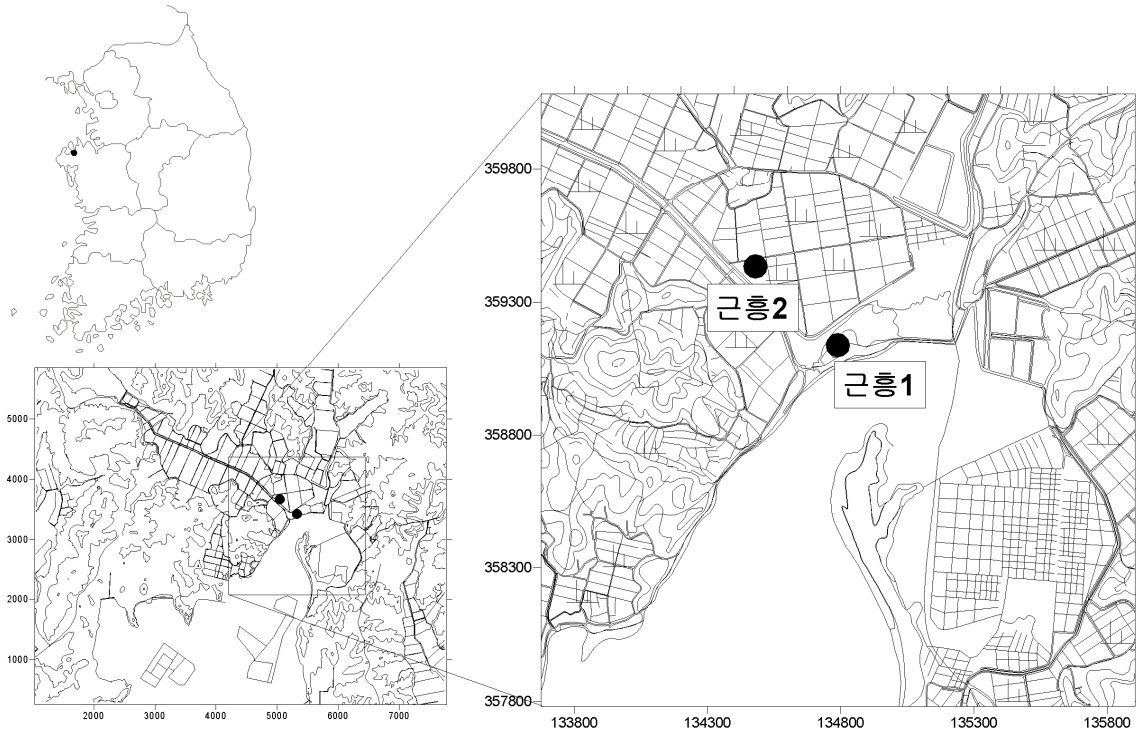
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 인주1 관측공은 2007년에 설치한 관측망으로 해안 쪽에 설치하였으며, 인주1 관측공의 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측되어 내륙 쪽으로 해안에서 약 1 km 떨어진 곳에 인주2 관측공을 2008년에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 인주1 관측공은 지표 하 약 25 m 구간에서 인주2 관측공은 지표 하 약 50 m, 65 m, 75 m 구간에서 전이대가 나타나며 인주1은 약 36,000 $\mu S/cm$ 에서 약 47,000 $\mu S/cm$ 로, 인주2는 약 1,200 $\mu S/cm$ 에서 약 6,000 $\mu S/cm$ 로 전기전도도 값이 증가한다. 두 지구 모두 해수침투의 영향이 매우 크게 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 인주1,2 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 41.41, 2.14로 해수의 영향을 받고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 인주1 관측공의 2015년까지 연평균 전기전도도는 EC1과 EC2가 각각 38,031 ~ 43,392 $\mu S/cm$, 42,144 ~ 44,290 $\mu S/cm$ 범위이며, EC2에서는 상승하는 경향이 나타나고 있다. 인주2 관측공의 2015년까지 연평균 전기전도도는 EC1과 EC2가 각각 1,627 ~ 1,879 $\mu S/cm$, 3,172 ~ 4,047 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 인주1 관측공은 연간 1 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 전기전도도 값은 EC2에서 증가 추세이다. 인주2 관측공은 1 m 내외의 수위변화를 보이며, 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사한 변동을 나타내고, 강수량 증가 시 전기전도도가 비례적으로 증가하는 경향을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 인주1 관측공에서는 해수침투가 발생하고 있으며, 인주2 관측공은 인주1 관측공보다 해수의 영향은 적으나 지표 하 50 m 전이대 이하 구간에서는 해수침투가 발생하고 있으므로 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.3.7 근흥지구

1. 위치

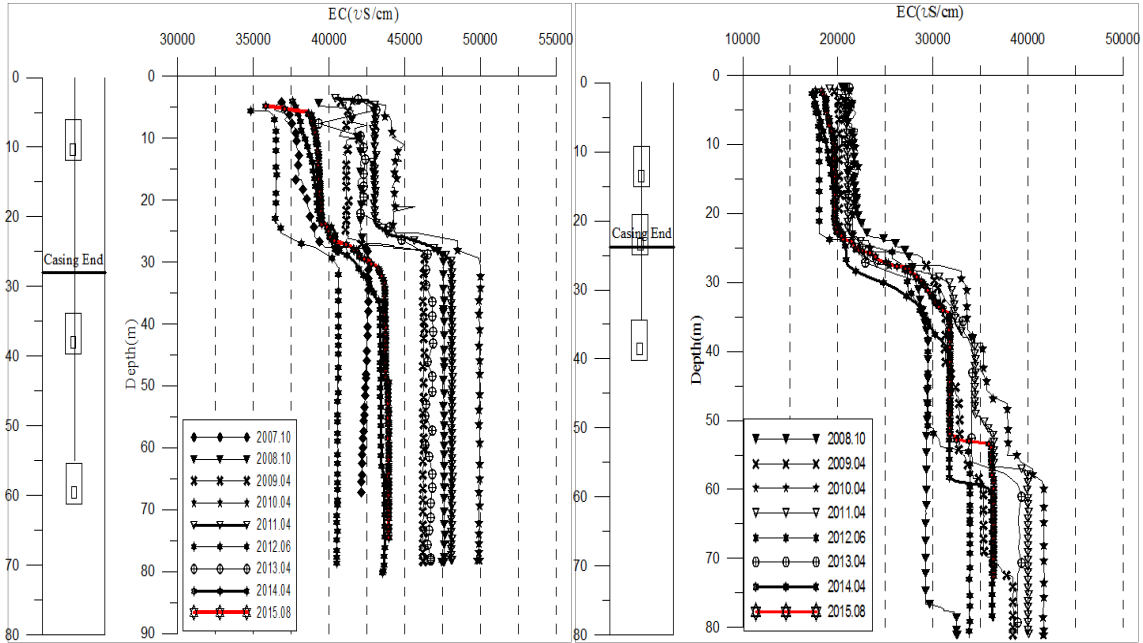


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
근흥1	태안군 근흥면 안기리 산238-1	134789.217	359138.971	4.562	2007	110	1.062
근흥2	태안군 근흥면 두야리 1485-1	134435.331	359387.720	2.965	2008	520	1.560

2. 지형 및 지질

근흥지역은 태안반도의 서쪽에 자리 잡은 지역으로 100 ~ 300 m 높이의 낮은 구릉성 산지들이 발달하였으며, 하천과 퇴적평야의 발달은 미약하다. 해안지형은 해안선이 길고 복잡한 리아스식 해안이며, 연안의 수심이 얕고 조차가 커서 간척지가 넓게 자리잡고 있다. 지질은 선캠브리아기의 편암 및 화강암질편마암 등의 변성암류가 기반암을 이루고, 이를 관입한 쥐라기의 대보화강암으로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<근흥1 관측공>

<근흥2 관측공>

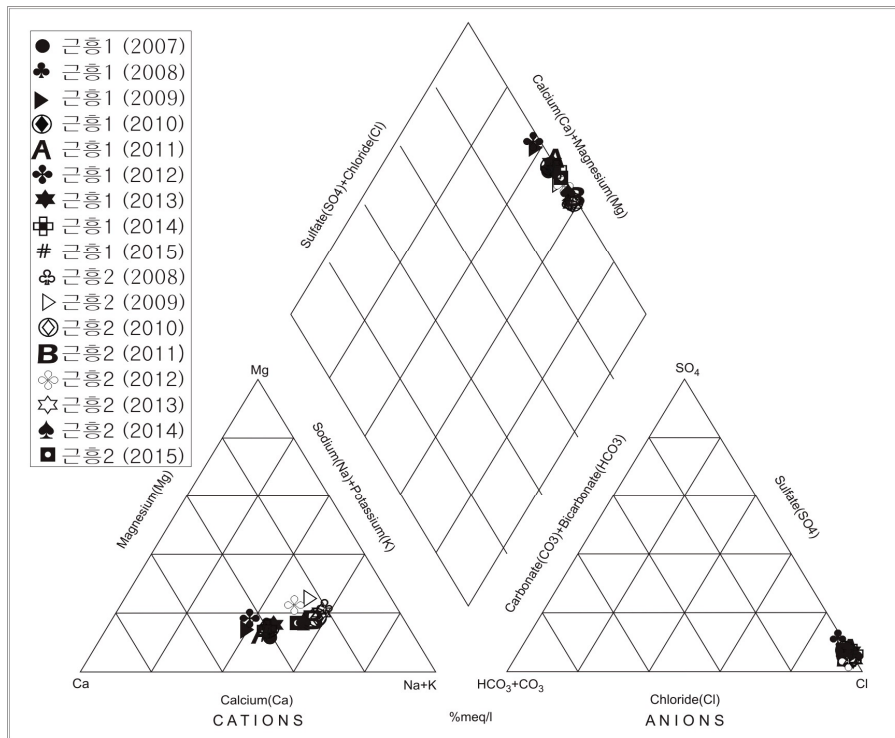
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
근흥1	(2007.10)	5038.37	729.06	58.08	3602.80	1020.00	13352.90	317.20	ND
	(2008.10)	4954.50	853.50	58.98	3559.93	2244.57	14906.47	143.35	ND
	(2009. 4)	3829.82	831.55	65.09	3876.09	950.82	14263.77	122.00	106.97
	(2010. 4)	4840.65	796.74	56.86	3674.99	1148.65	14149.70	94.55	54.02
	(2011. 6)	4944.20	717.69	47.59	4076.13	1195.13	15950.24	85.40	ND
	(2012. 6)	3454.76	834.82	43.49	3607.84	1061.49	12208.12	45.75	ND
	(2013. 4)	4772.88	836.86	54.08	3443.65	1284.26	14575.68	42.70	57.11
	(2014. 4)	4963.67	786.64	70.45	3709.32	1097.64	14253.71	82.35	ND
	(2015. 8)	4978.36	844.57	57.17	3993.80	1263.38	16135.47	134.20	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
근흥2	(2008.10)	2918.98	596.10	41.72	880.20	303.04	7377.71	143.35	ND
	(2009. 4)	2155.31	569.32	38.87	878.52	273.91	6300.24	161.65	39.06
	(2010. 4)	3503.38	587.24	49.89	1373.39	422.61	8365.16	115.90	34.91
	(2011. 6)	3011.41	508.20	22.58	1089.74	335.59	7750.06	64.05	ND
	(2012. 6)	2479.17	614.11	50.43	1203.05	259.91	7566.82	51.85	ND
	(2013. 4)	3280.48	609.62	43.25	1090.86	404.16	7916.22	88.45	ND
	(2014. 4)	3929.52	624.06	65.78	1830.76	504.30	9317.39	54.90	128.47
	(2015. 7)	4117.08	701.77	75.92	2054.97	621.73	10577.35	57.95	-



<근흥지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

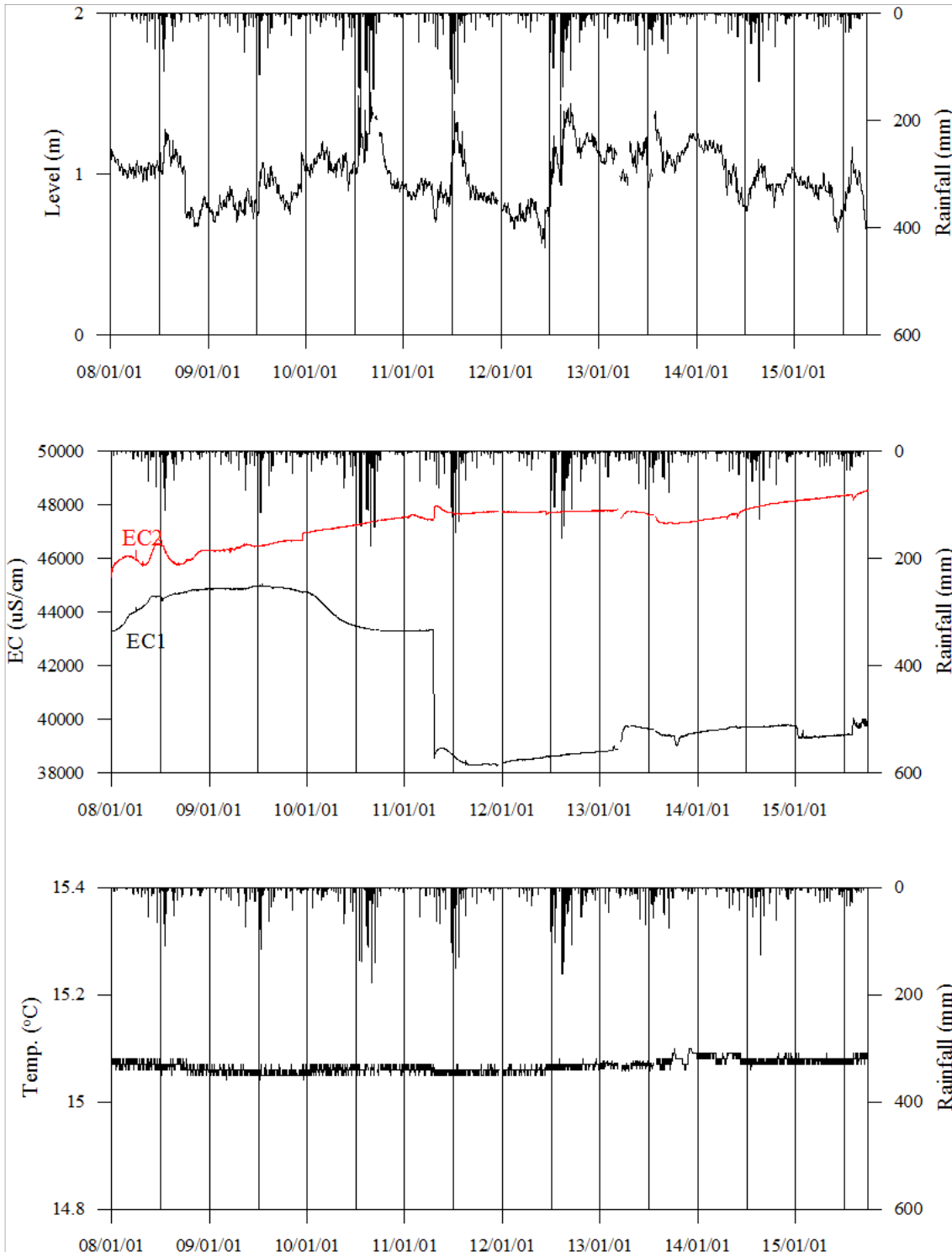
구 분	관측공	근홍1	근홍2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	72.33	-
	2008.10	178.68	88.44
	2009. 4	200.90	66.97
	2010. 4	257.15	124.02
	2011. 6	320.93	207.92
	2012. 6	458.52	250.76
	2013. 4	586.55	153.79
	2014. 4	297.42	291.62
	2015. 7	206.93	314.13

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

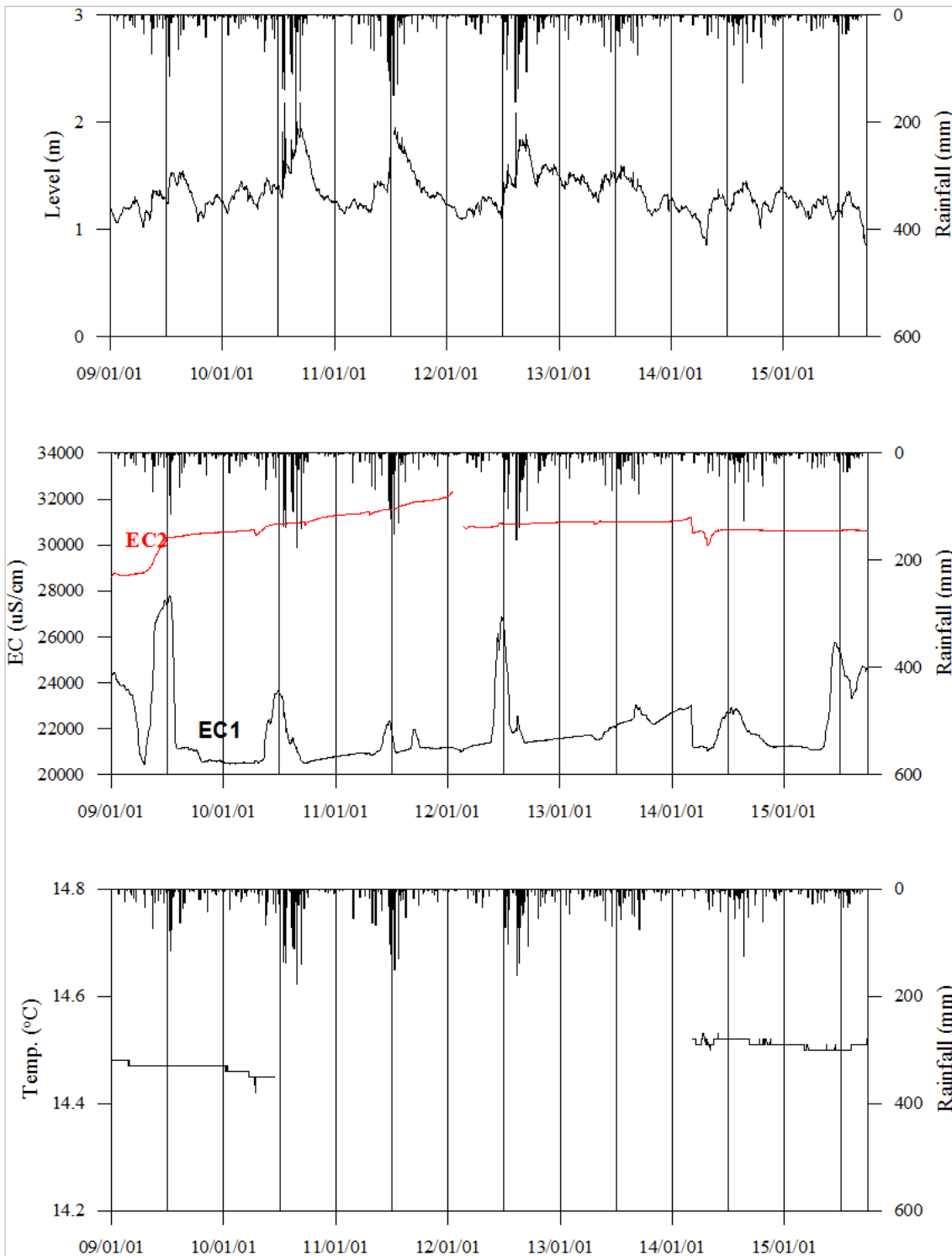
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
근홍1	2008	1.04	0.72	1.28	44,271	43,273	44,830	46,026	45,322	46,735
	2009	0.85	0.70	1.07	44,912	44,842	45,044	46,466	46,223	46,689
	2010	1.11	0.90	1.68	43,852	43,309	51,273	47,206	46,982	47,477
	2011	0.94	0.70	1.39	40,272	38,294	43,343	47,670	47,429	47,990
	2012	0.95	0.54	1.44	38,595	38,362	38,773	47,746	47,653	47,784
	2013	1.10	0.91	1.39	39,379	38,798	39,770	47,735	47,515	47,855
	2014	1.04	0.77	1.25	39,647	39,518	39,764	47,614	47,408	47,909
	2015	0.89	0.64	1.17	39,486	39,289	40,067	48,309	48,144	48,552
근홍2	2009	1.26	1.03	1.55	23,232	20,448	27,813	29,587	28,624	30,516
	2010	1.46	1.15	2.23	21,192	20,468	23,649	30,791	30,437	31,119
	2011	1.40	1.15	1.95	21,143	20,776	22,335	31,553	31,278	31,934
	2012	1.37	1.09	2.09	22,015	21,002	26,858	30,953	30,730	32,305
	2013	1.44	1.25	1.59	21,783	21,508	22,294	31,000	30,908	31,029
	2014	1.18	0.85	1.38	22,115	21,020	23,005	30,704	30,000	31,206
	2015	1.21	0.82	1.36	22,762	21,061	25,775	30,627	30,596	30,673

6. 장기관측 결과



<근흥1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<근흥2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

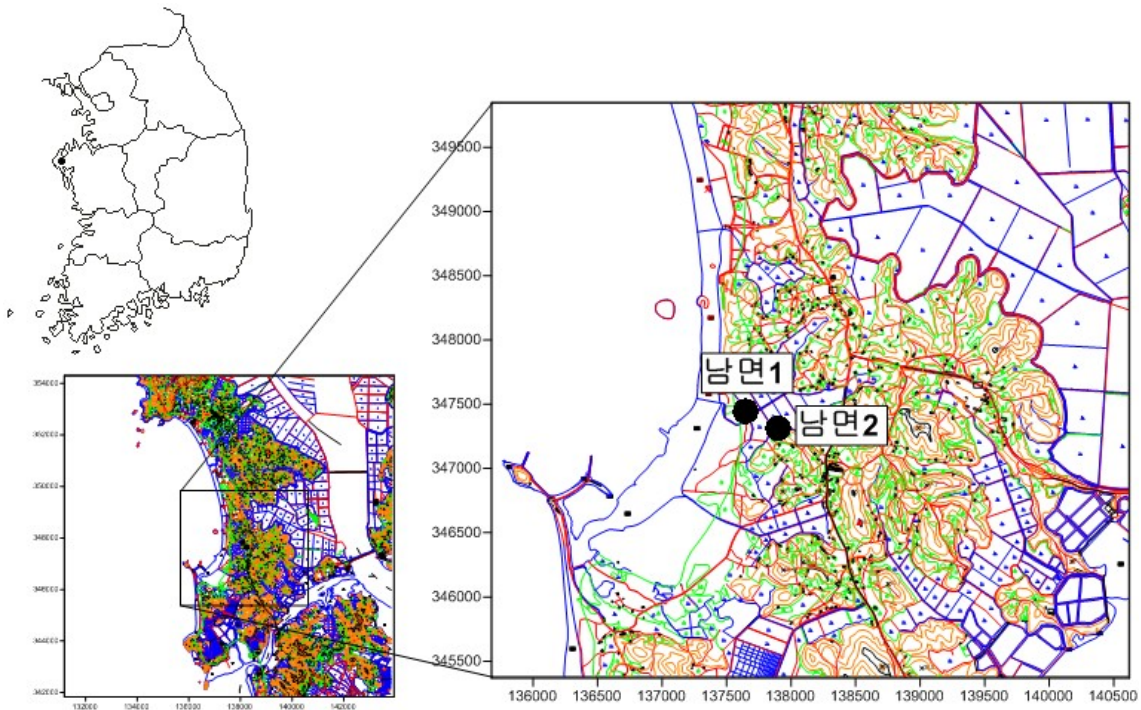
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 근흥1 관측공은 2007년에 설치한 관측공으로 해안 쪽에 설치하였으며, 근흥1 관측공의 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측되어 내륙 쪽으로 해안에서 약 520 m 떨어진 곳에 근흥2 관측공을 2008년에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 근흥1 관측공은 케이싱 하부 구간에서 근흥2 관측공은 케이싱 하부 구간과 지표 하 약 55 m, 70 m 구간에서 전이대가 나타나며, 각 관측공에서 약 36,000 ~ 40,000 $\mu S/cm$ 및 약 20,000 ~ 35,000 $\mu S/cm$ 범위의 매우 높은 전기전도도를 보여 해수침투의 영향을 직접 받고 있는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 근흥1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 근흥2 관측공은 Na-Cl 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비도 206.93, 314.13으로 분석되어 매우 심각한 해수침투의 영향을 지시하고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 근흥1 관측공의 2015년까지 연평균 전기전도도는 EC1과 EC2에서 각각 38,595 ~ 44,912 $\mu S/cm$, 46,026 ~ 48,309 $\mu S/cm$ 로 미약하게 EC1에서는 감소하고 EC2에서는 증가하고 있다. 근흥2 관측공의 2015년까지 연평균 전기전도도는 EC1과 EC2에서 각각 21,143 ~ 23,232 $\mu S/cm$, 29,587 ~ 31,553 $\mu S/cm$ 범위로 나타나고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 근흥1, 2 관측공에서는 연간 1 m 내외의 수위변화가 발생하고 있다. 근흥1 관측공은 만조와 간조에 의한 주기적인 수위변화와 강수에 의한 수위변화를 나타내며, EC1은 감소추세, EC2는 증가추세이다. 근흥2 관측공의 전기전도도 값은 EC1 센서에서 매년 6월 경에 일시적인 증가현상이 나타나는데, 이는 주변 지하수 이용 증가에 따라 파쇄대 구간을 통한 해수의 일시적 유입으로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 근흥1, 2 관측공은 해수의 직접적인 영향을 받는 관측공들로 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향을 관찰하여야 한다.

2.3.8 남면지구

1. 위치

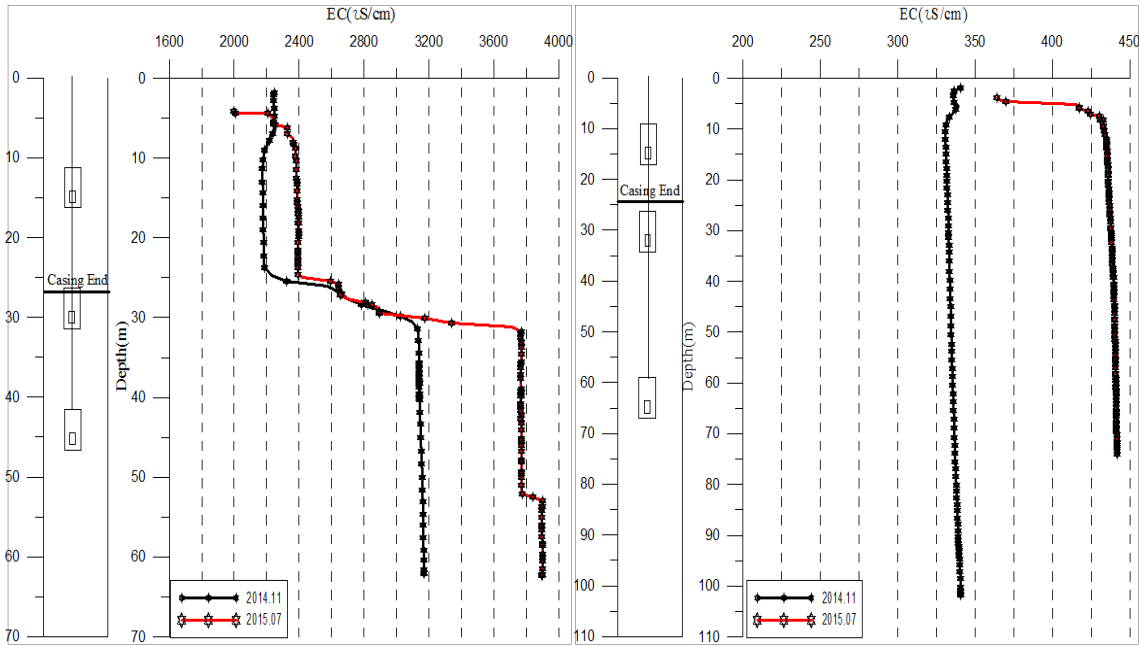


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
남면1	태안군 남면 원청리 산54-3	137639.557	347390.880	5.178	2014	240	3.43
남면2	태안군 남면 신온리 1067	137799.891	347210.976	5.633	2014	450	3.69

2. 지형 및 지질

태안군 남면에 위치한 남면지구는 알칼리 정장석을 주구성 성분으로 하는 담색 ~ 암회색의 섬장암이 기반암을 이룬다. 지리적으로는 태안반도 서안 달산포 해수욕장의 남쪽에 위치한다.

3. 지하수 검층



<남면1 관측공>

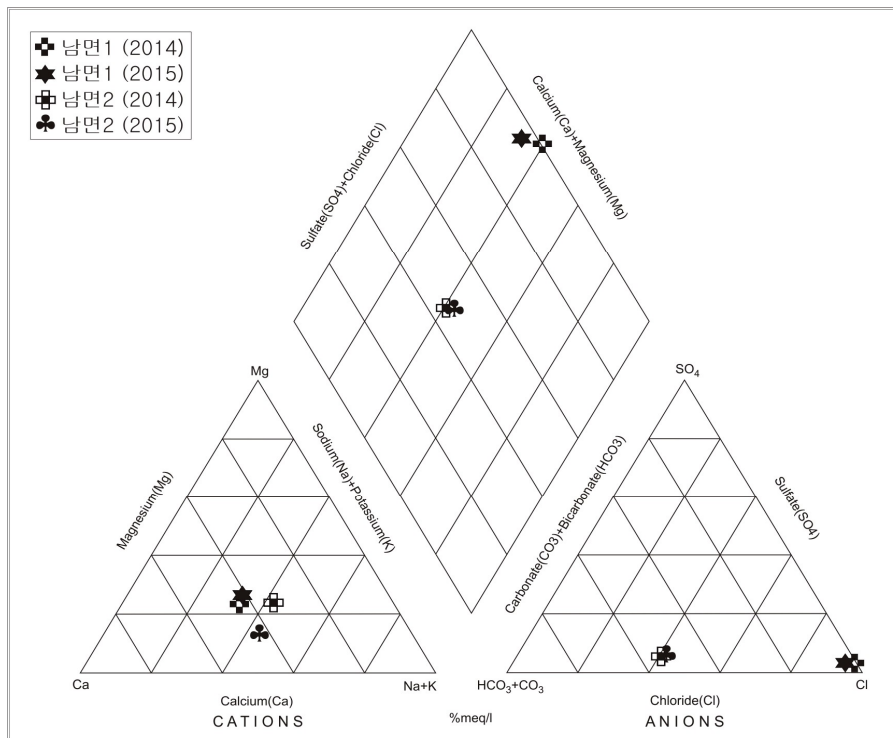
<남면2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
남면1	(2014.11)	179.60	75.15	49.57	224.15	35.68	841.85	42.70	ND
	(2015. 8)	191.93	83.17	8.93	208.84	48.36	767.92	51.85	0.22
남면2	(2014.11)	29.33	10.36	4.05	24.70	8.77	45.72	112.85	ND
	(2015. 8)	42.10	7.46	3.14	35.58	9.52	54.29	122.00	-



<남면지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

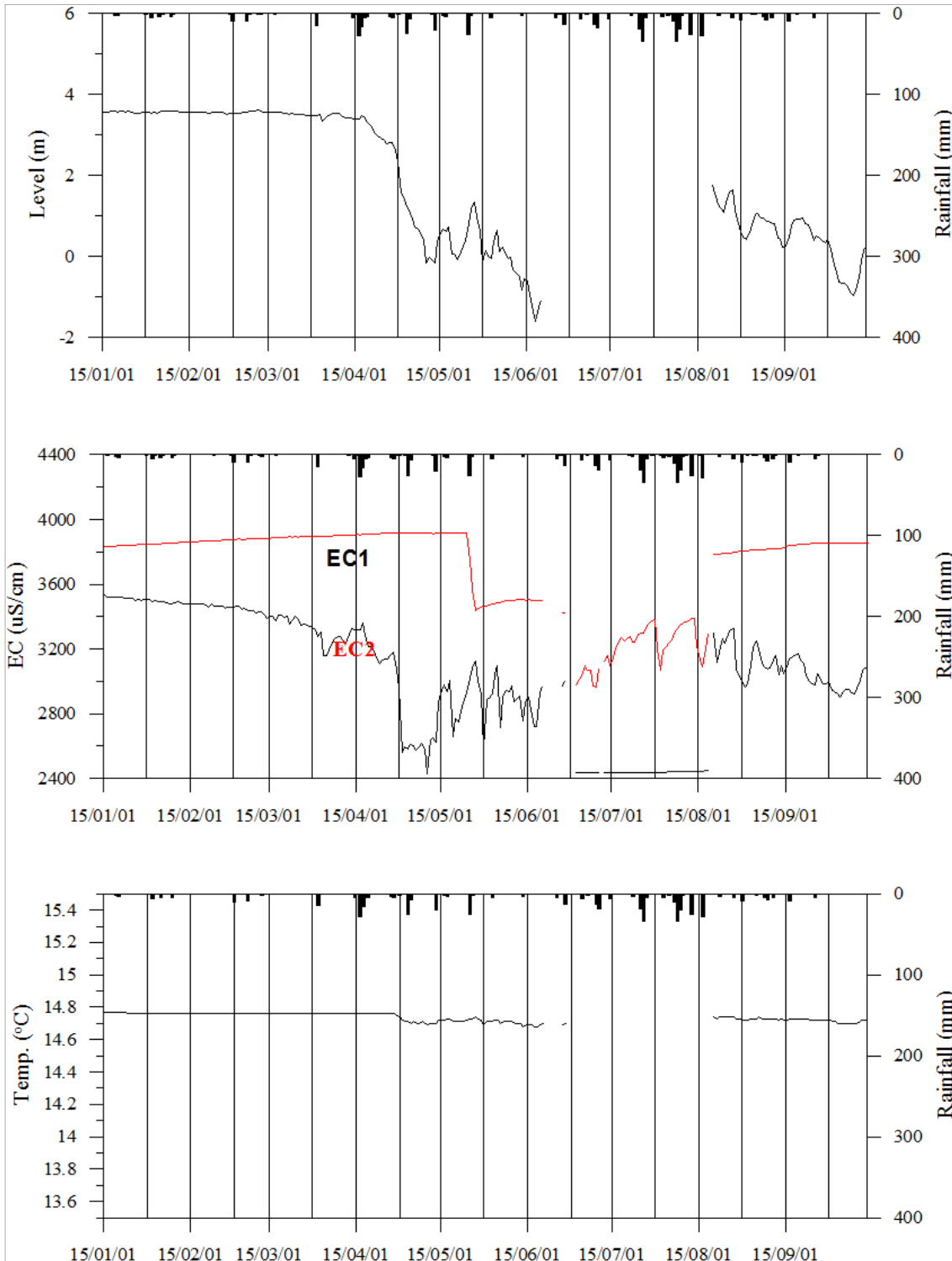
구 분	관측공		남면1	남면2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11		33.88	0.70
	2015. 8		25.49	0.77

5. 년도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

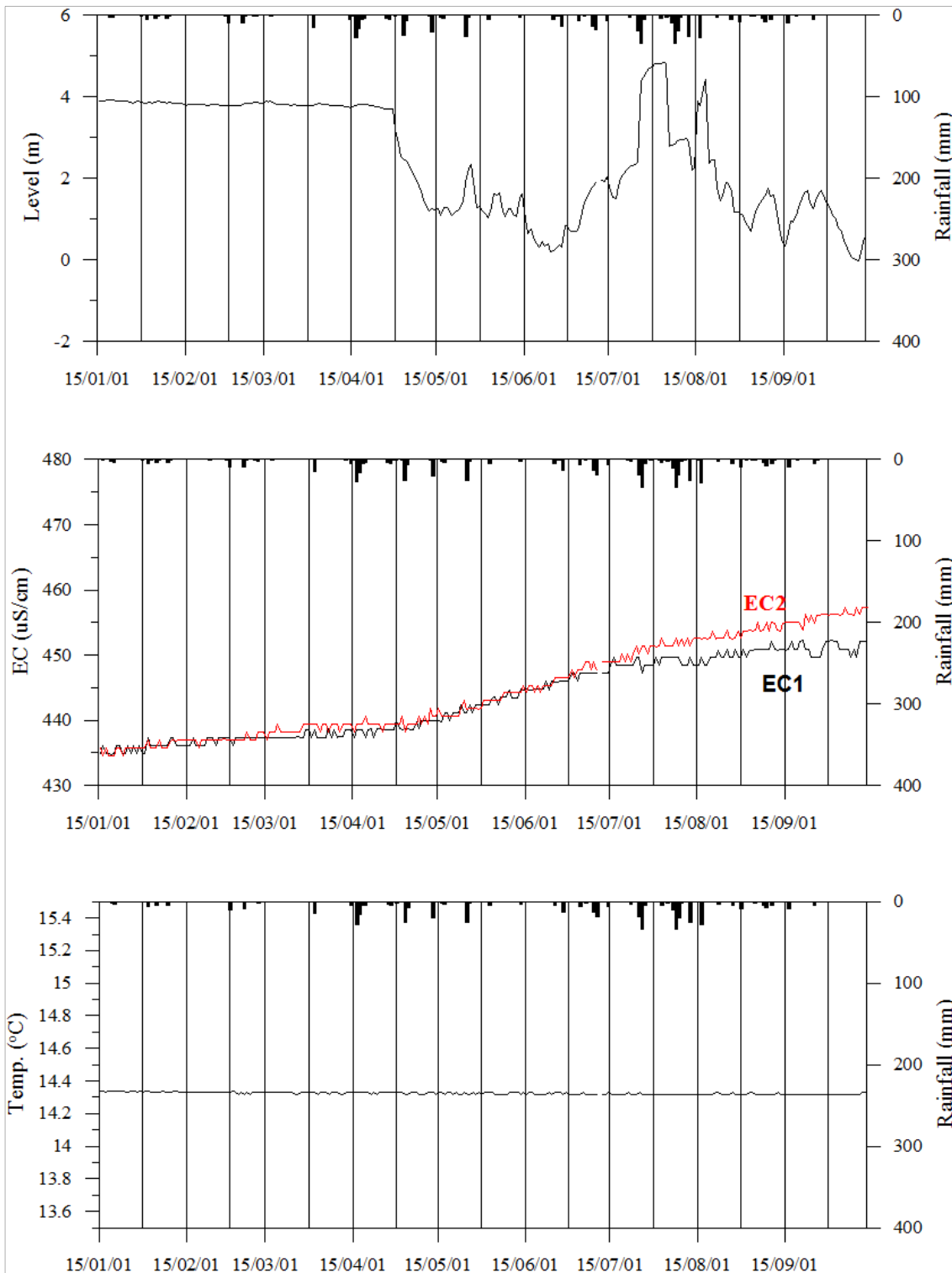
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
남면1	2015	1.90	-1.60	3.61	3,037	2,432	3,533	3,709	2,966	3,917
남면2	2015	2.50	-0.02	4.83	443	435	452	445	435	457

6. 장기관측 결과



<남면1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남면2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

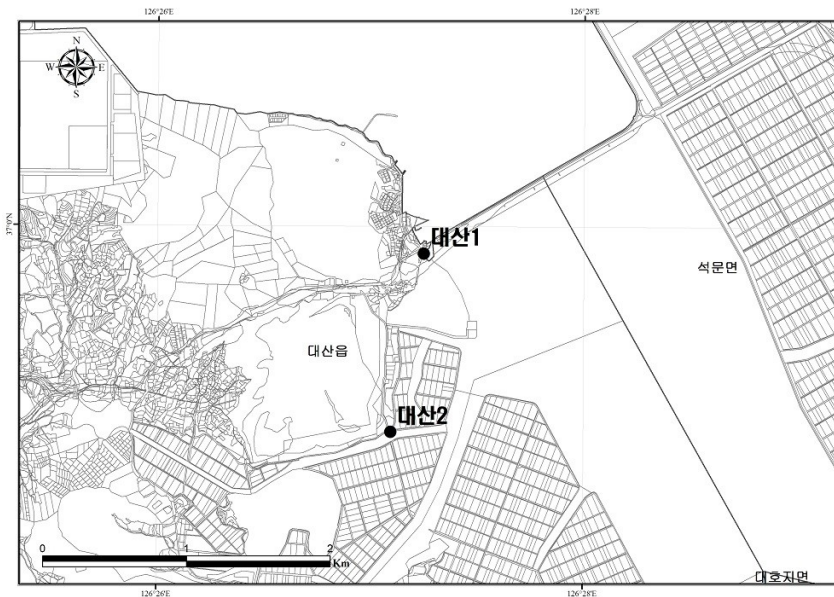
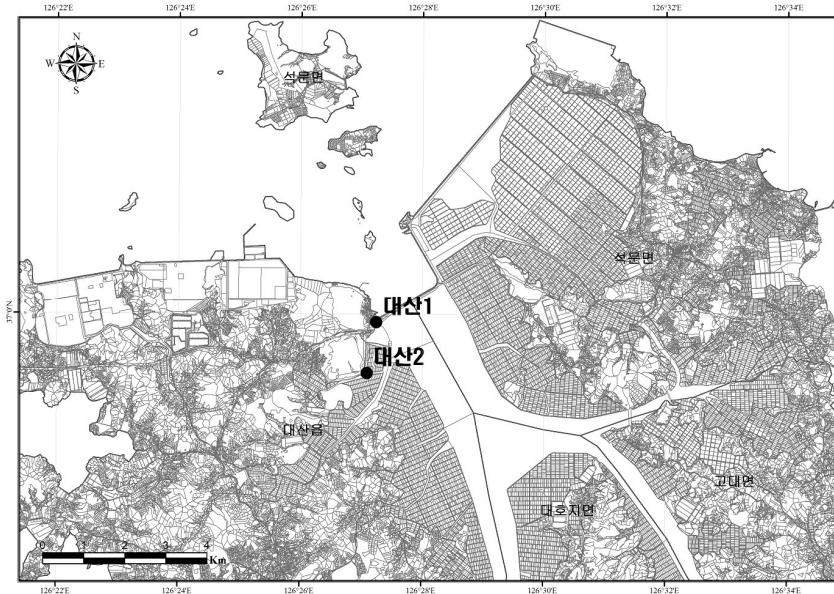
7

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 태안군 남면에 위치한 남면지구는 태안반도 서안 달산포 해수욕장의 남쪽에 위치한다. 남면1 관측공은 해안으로부터 약 240 m, 남면2 관측공은 약 450 m 거리에 위치하며, 해안거리에 따른 해수빼기 위치의 변화 및 내륙방향으로의 해수침투 여부를 확인하고자 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 남면1 관측공은 전기전도도가 약 25 ~ 30 m 구간에서 2,300 $\mu S/cm$ 에서 3,800 $\mu S/cm$ 으로 증가하는 전이대가 관측되어, 이 구간을 통해 염수의 유입이 발생하는 것으로 판단된다. 전이대 하부의 전기전도도는 2014년 3,200 $\mu S/cm$ 에서 2015년 3,900 $\mu S/cm$ 으로 증가하였다. 남면2 관측공은 전 구간 450 $\mu S/cm$ 이하로 현재까지 해수침투 영향은 발생하지 않은 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 남면1, 2 관측공은 각각 (Ca, Na+K)-Cl, (Ca, Na+K)-HCO₃ 영역이다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 25.49, 0.77로 나타나, 남면1 관측공에서는 해수의 영향이 큰 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 남면1 관측공의 2015년 1월부터 9월까지 평균 전기전도도는 EC1과 EC2가 각각 3,037 $\mu S/cm$, 443 $\mu S/cm$ 이다.
- 5) 장기관측결과 : 남면1 관측공에서는 약 6 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, EC1과 EC2의 전기전도도 변화폭은 약 1,200 $\mu S/cm$ 이다. 남면2 관측공에서는 약 4 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, EC1과 EC2의 전기전도도 변화폭은 약 20 $\mu S/cm$ 이다.
- 6) 관리 방안 : 남면1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있지만, 남면2 관측공은 해수침투 현상이 발생하지 않았으므로, 꾸준한 관찰로 해수침투 확산을 모니터링해야 한다. 특히, 남면2 관측공 주변 지하수의 경우, 영농에 직접 활용이 가능할지라도 해수빼기의 상승 우려가 있으므로 적정양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

2.3.9 대산지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대산1	서산시 대산읍 화곡리 44-37	151341.6805	388651.8475	6.253	2015	100	0.053
대산2	서산시 대산읍 화곡리 1781	151121.143	387419.6217	1.918	2015	900	1.118

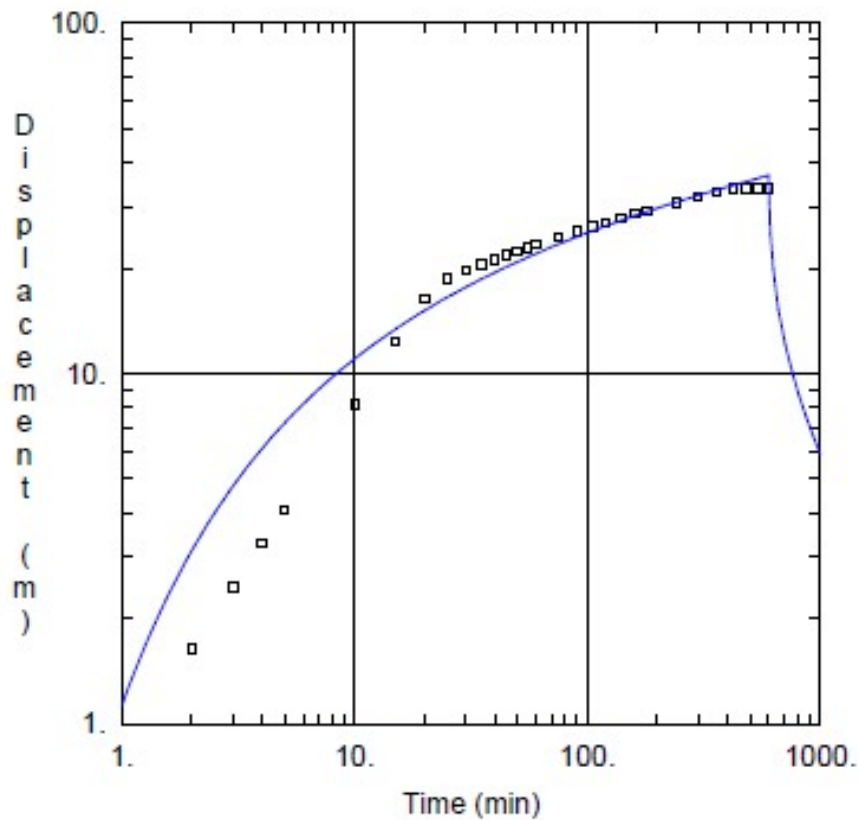
2. 지형 및 지질

서산시 대산읍에 위치한 대산지구는 선캠브리아기 서산층군 상부규암이 기반암을 이루며, 지리적으로는 서산시 대호방조제 인근에 위치한다.

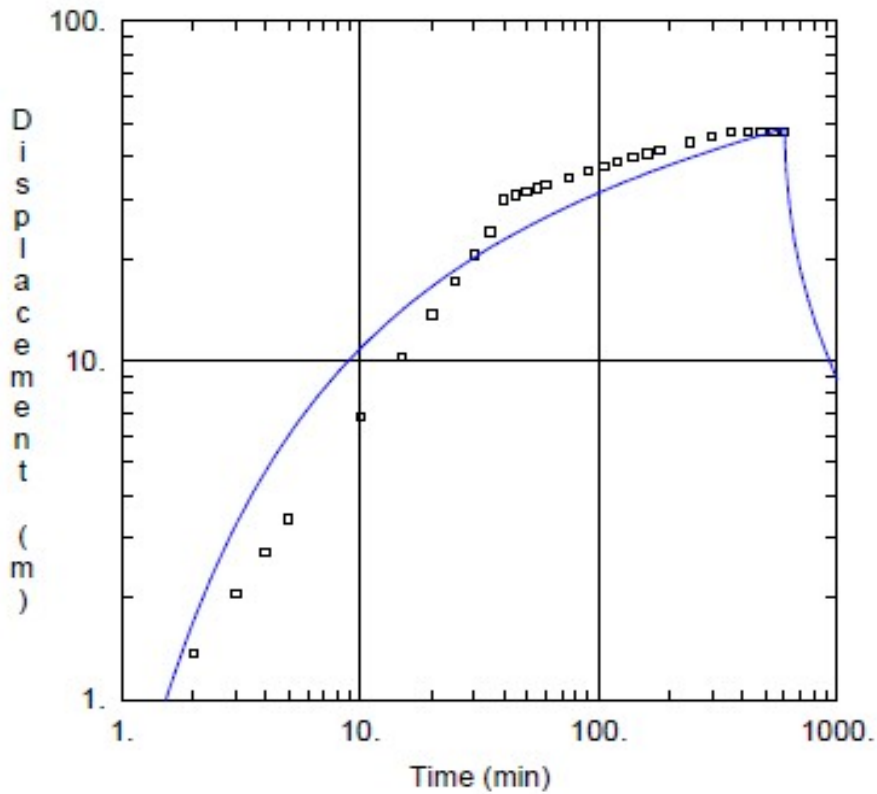
3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 대산1, 2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<대산1 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>



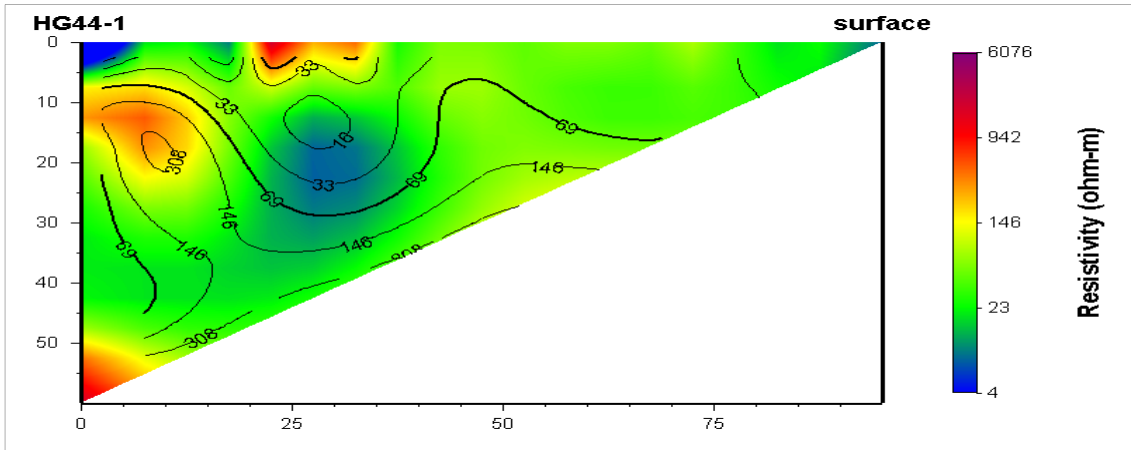
<대산2 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
대산1	60.0	0.7719	1.82×10 ⁻⁵	49.0
대산2	50.0	0.4122	6.20×10 ⁻⁶	77.0

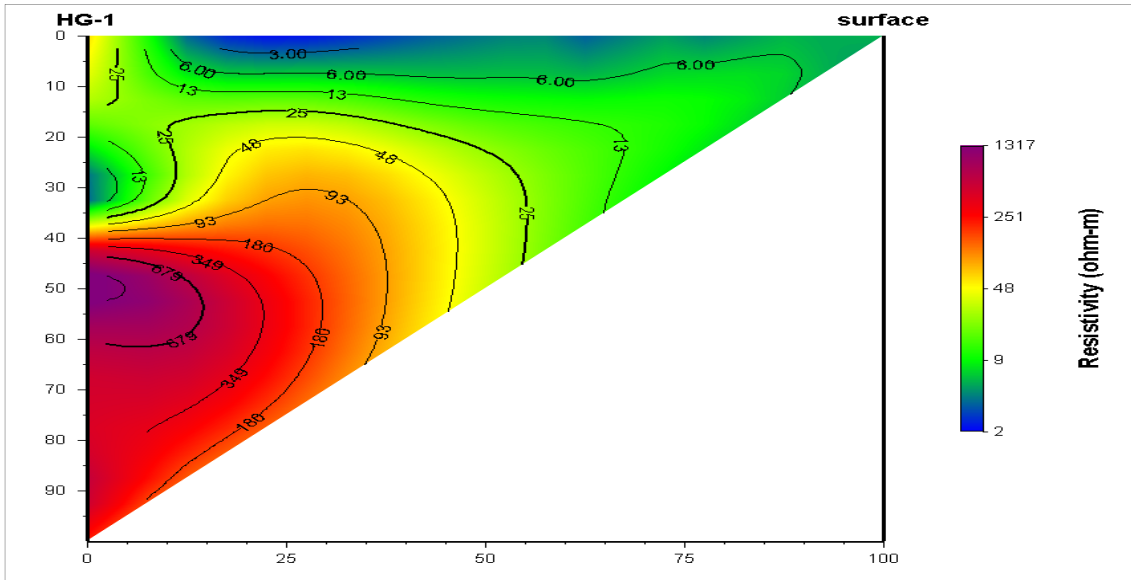
◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

대산1, 2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 약 12, 27 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



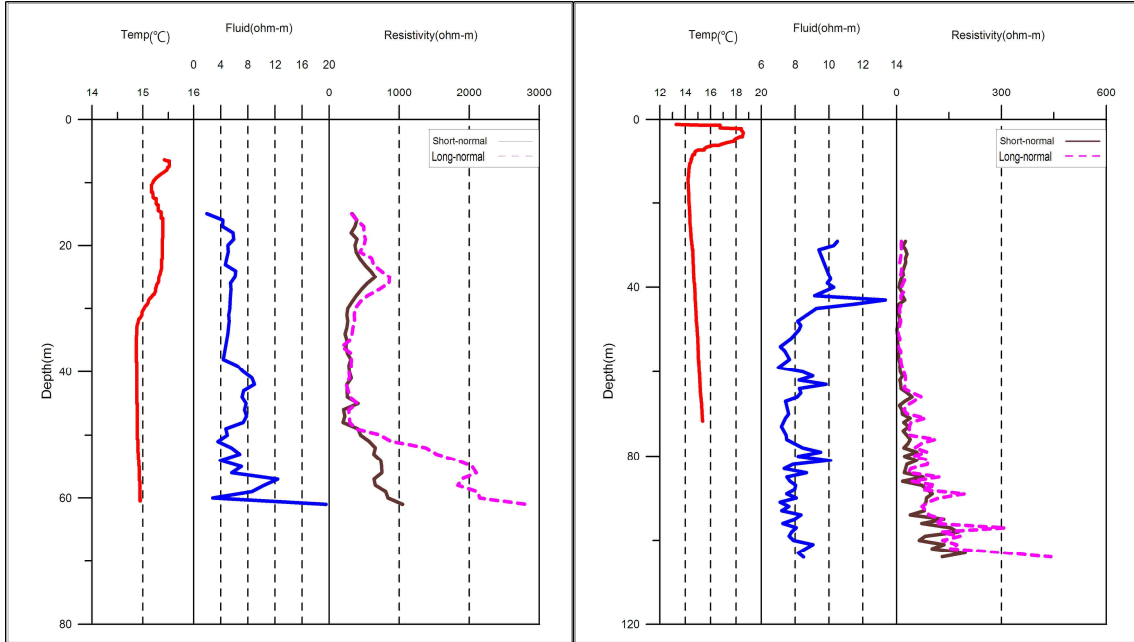
<대산1 관측공 토모그래피>



<대산2 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

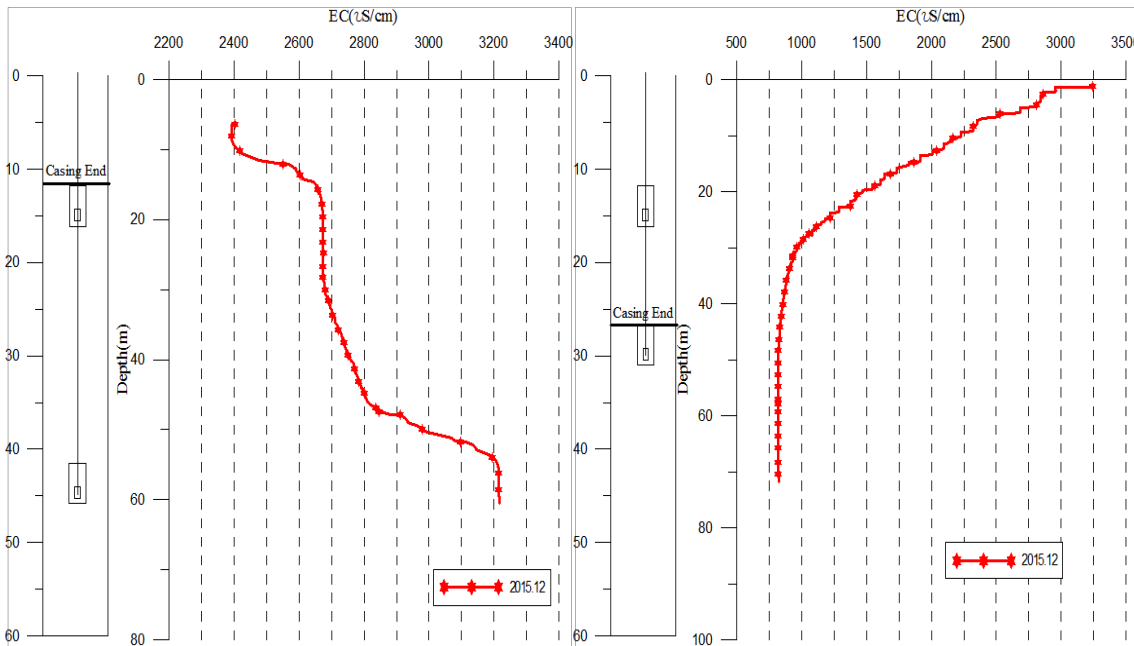
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<대산1 관측공 물리검층>

<대산2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<대산1 관측공>

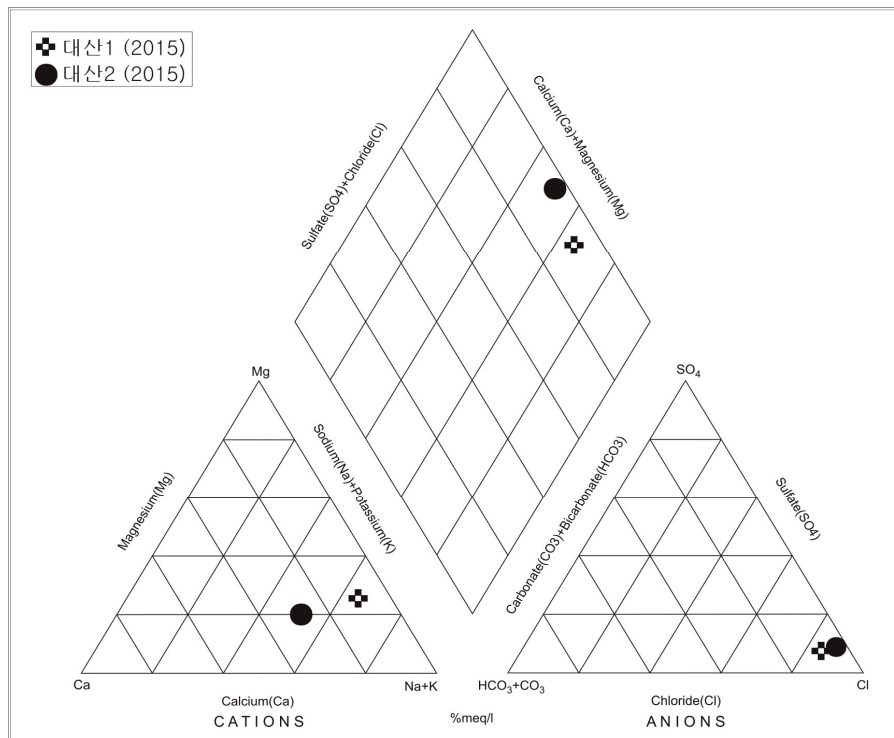
<대산2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
대산1 (2015. 11)	180.00	37.50	12.50	25.10	100.00	744.00	146.00	8.40
대산2 (2015. 11)	198.00	42.10	10.60	103.00	130.00	883.00	56.10	2.60



<대산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	대산1	대산2
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.11	8.77	27.09

6.

현황 및 대책

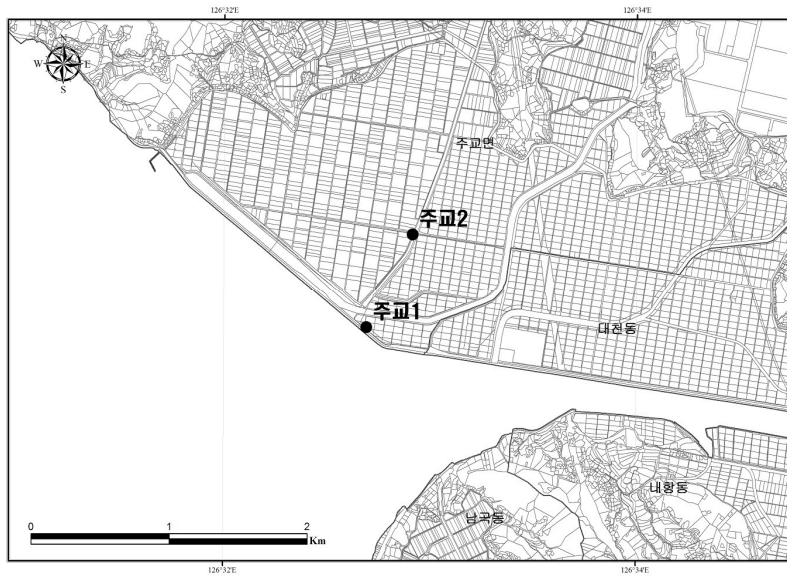
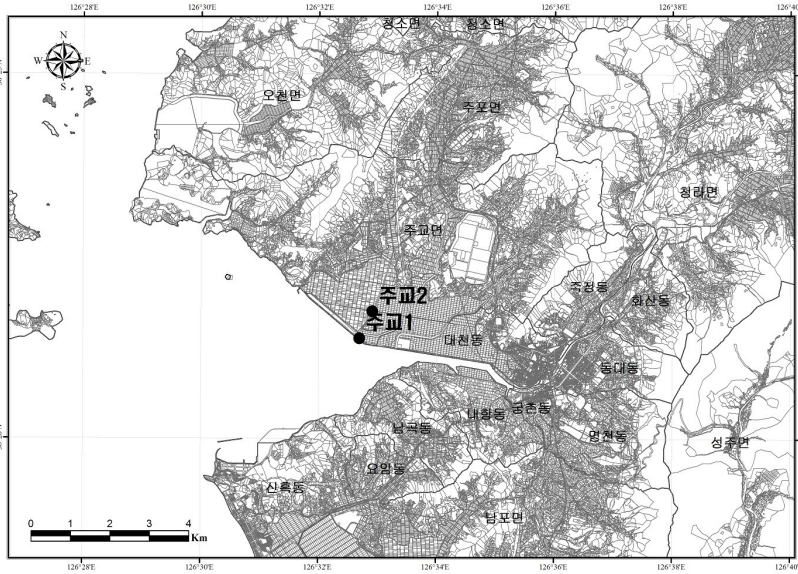
- 1) 위치선정 : 서산시 대산읍에 위치한 대산지구는 대호방조제 인근에 위치한다. 대산1 관측공은 해안으로부터 약 100 m, 대산2 관측공은 약 900 m로서, 해안거리에 따른 해수썰기 위치의 변화 및 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치되었다.
- 2) 양수시험 결과 : 대산1, 2 관측공의 양수량은 각각 60, 50 m³/d이다. 수리전도도는 1.82×10^{-5} cm/sec, 6.20×10^{-6} cm/sec이며, 대수층 두께는 49.0 m, 77.0 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 대산1 관측공은 심도 약 0 ~ 10 m, 20 ~ 50 m 이내에서 비저항이 상대적으로 낮은 구간이 관측된다. 이는 시추 주상도상 지하수 균열면(심도 약 19 ~ 44 m)의 위치와 유사하다. 물리검층 결과, 대산1 관측공의 수온은 케이싱 심도(12 m) 이하부터 공저까지 15.4 °C에서 14.8 °C까지 감소하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 40 m 심도까지 약 5.3 ohm-m 내외이다가, 이후 공저까지 4.3 ~ 19.5 ohm-m 범위 내에서 기록된다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 약 50 m까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 적다. 이는 지반이 포화되어 있고, 시추 주상도 상 균열면을 통해 유동하는 지하수의 영향으로 사료된다. 이후 공저까지 단노말과 장노말의 차이가 크게 나타난다.
 대산2 관측공의 토모그래피 결과, 약 0 ~ 30 m 심도에서 비저항이 상대적으로 낮은 구간이 관측되는데, 이는 시추 주상도 상 지하수 균열면(심도 약 30 ~ 31 m)의 위치와 유사하다. 물리검층 결과, 대산2 관측공의 수온은 케이싱 심도(27 m) 이하부터 공저까지 14.4 °C에서 15.3 °C까지 증가하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 43 m까지 약 10.5 ohm-m에서 13.3 ohm-m로 증가한 후 공저까지 8.4 ohm-m 내외로 기록된다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 공저까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 적다. 이는 지반이 지하수로 포화되어 있음을 지시한다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 대산1 관측공은 전기전도도가 약 50 m 구간에서 2,800 ~ 3,200 $\mu S/cm$ 로 증가하는 전이대가 관측된다. 이는 시추주상도 및 비저항탐사 결과와 일치하며, 이 구간 하부 심도에서 염수의 유입이 발생하는 것으로

추정된다. 대산2 관측공은 30m 하부구간에서 800 ~ 900 $\mu S/cm$ 범위로 전기 전도도가 감소하고 있다.

- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 대산1, 2 관측공은 전부 Na-Cl 유형으로 해수침투의 영향이 있다. Cl/HCO₃ 몰비는 각 8.77, 27.09로 해수침투 영향을 지시하고 있다.
- 6) 관리 방안 : 대산1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있지만, 대산2 관측공의 하부구간에는 해수침투 확산이 발생하지 않았다. 따라서, 꾸준한 관찰로 해수침투 확산을 모니터링해야 한다. 특히, 대산2 관측공 주변 지하수의 경우, 영농에 직접 활용이 가능할지라도 해수째기의 상승 우려가 있으므로, 적정양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

2.3.10 주교지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
주교1	보령시 주교면 주교리 1582-1	159080.6476	317370.1987	4.443	2015	50	0.743
주교2	보령시 주교면 은포리 1618	159416.3821	318047.6126	2.497	2015	800	0.497

* 주교지구는 장곡지구의 관측 목적 상실로 인한 이동 설치 지구임.

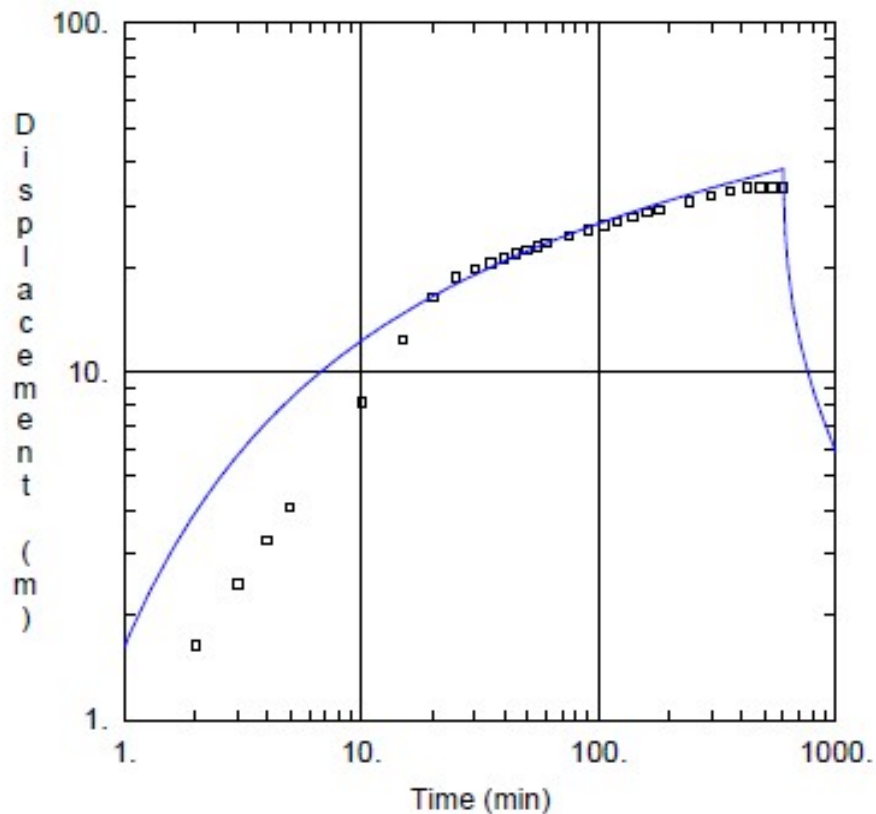
2. 지형 및 지질

보령시 주교면에 위치한 주교지구는 지리적으로는 보령시 대천방조제 인근에 위치하며, 신생대 제4기 충적층이 분포한다.

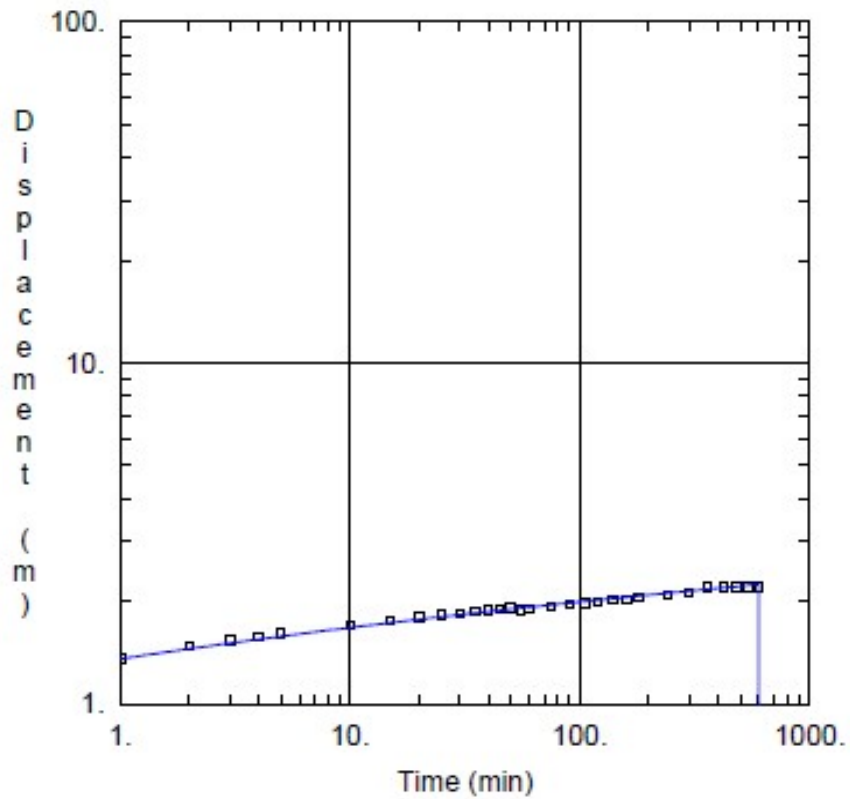
3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 주교1, 2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<주교1 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>



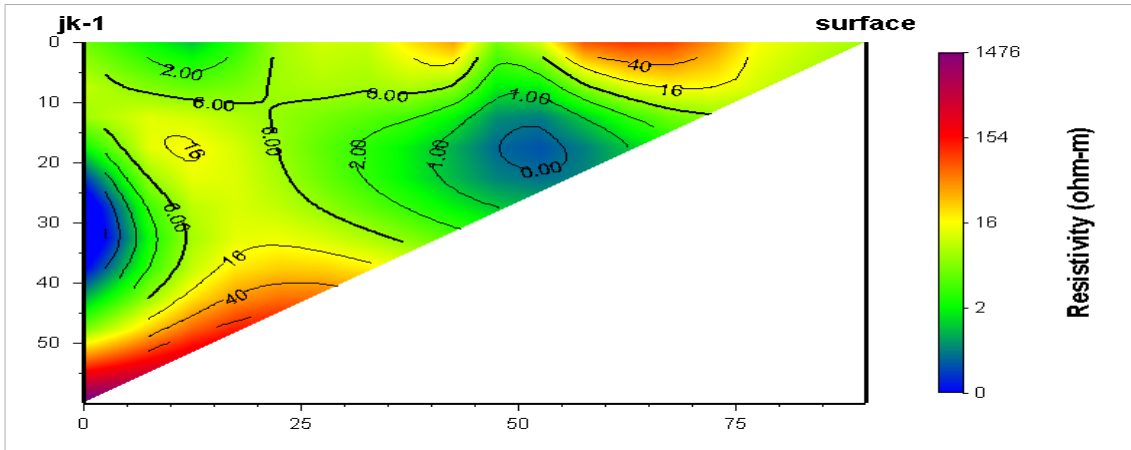
<주교2 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
주교1	100.0	7.489	2.34×10^{-4}	37.0
주교2	100.0	61.84	1.70×10^{-3}	42.0

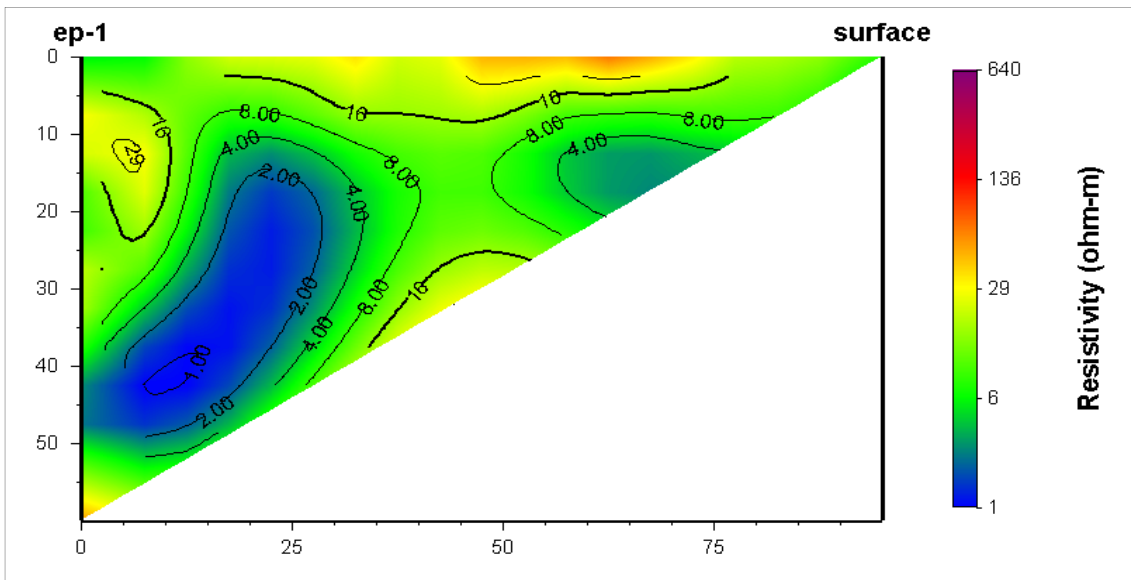
◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

주교1, 2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 24, 18 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석시에는 시추공 지표 간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



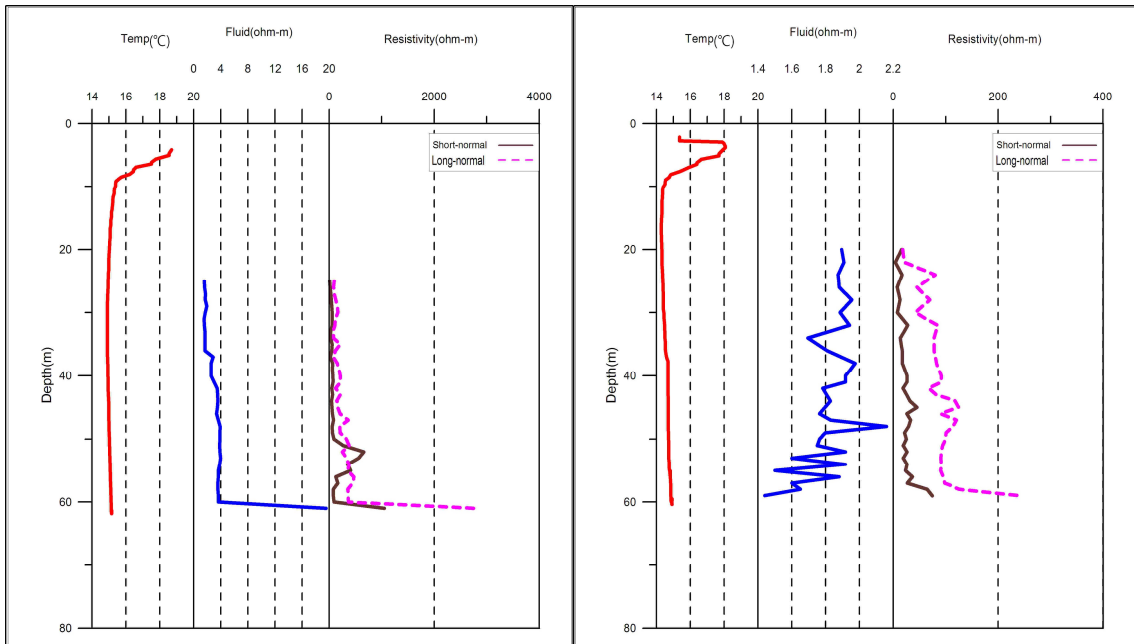
<주교1 관측공 토모그래피>



<주교2 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시

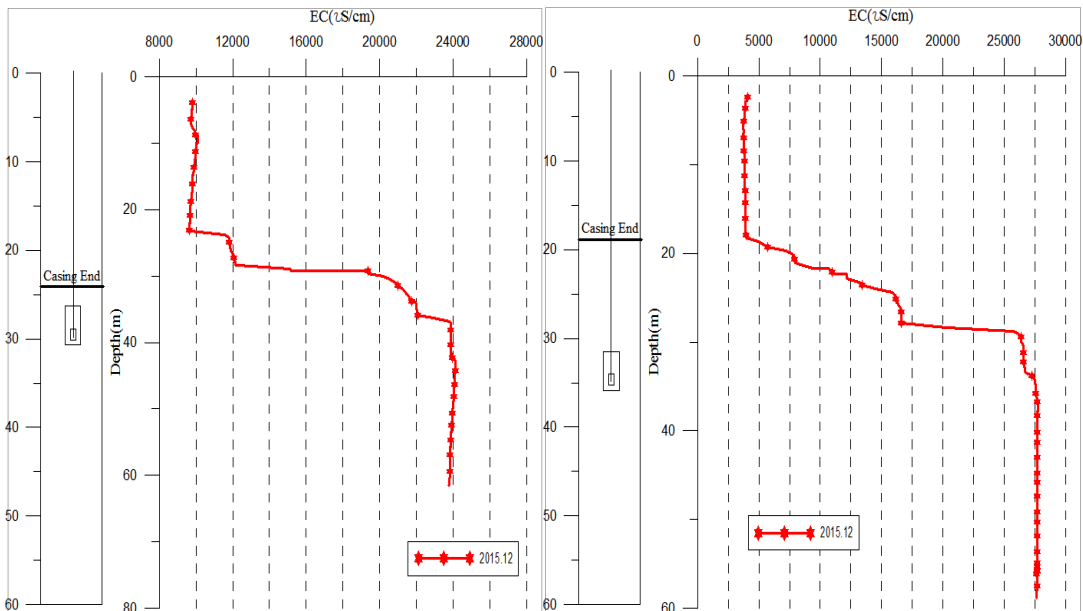


<주교1 관측공 물리검층>

<주교2 관측공 물리검층>

4.

지하수 검층



<주교1 관측공>

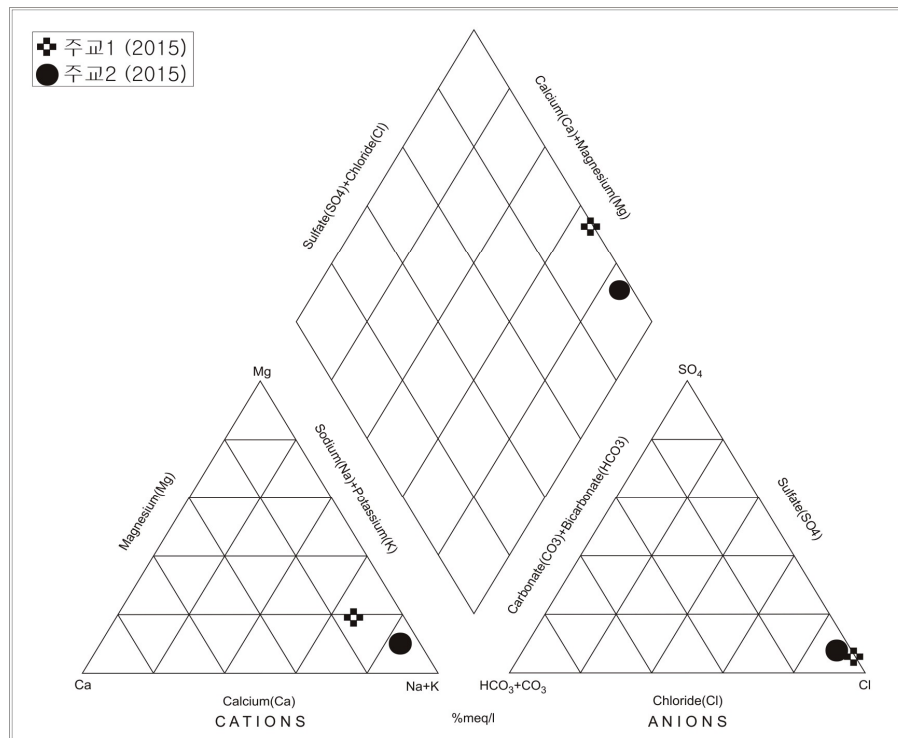
<주교2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
주교1 (2015. 11)	1440.00	217.00	45.20	282.00	467.00	5210.00	68.00	N.D
주교2 (2015. 11)	1150.00	70.80	25.70	87.50	331.00	2690.00	175.00	N.D



<주교지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구분	관측공		주교1	주교2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.11		131.86	26.45

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 보령시 주교면에 위치한 주교지구는 대천방조제 인근에 위치한다. 주교1 관측공은 해안으로부터 약 50 m 거리, 주교2 관측공은 약 800 m로서, 해안거리에 따른 해수썰기 위치의 변화 및 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치되었다.
- 2) 양수시험 결과 : 주교1, 2 관측공의 양수량은 각각 100.0 m³/d 이다. 수리전도도는 각 2.34×10⁻⁴ cm/sec, 1.70×10⁻³ cm/sec이며, 대수층 두께는 각 37.0 m, 42.0 m 이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 주교1 관측공은 심도 약 20 ~ 40 m에 비저항이 상대적으로 낮은 구간이 관측된다. 이는 시추 주상도상 지하수 균열면(28 ~ 29 m, 31 ~ 32 m, 41 ~ 42 m)의 위치와 유사하다. 물리검층 결과, 주교1 관측공의 수온은 케이싱 심도(24 m) 이하부터 공저까지 14.9 °C 에서 15.1 °C까지 증가하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 60 m 까지 약 1.5 ohm-m 에서 3.6 ohm-m로 증가하였으며, 심도 약 61 m에서 19.5 ohm-m로 기록된다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 60 m까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 적다. 이는 지반이 포화되어 있고, 시추주상도상 균열면을 통해 유동하는 지하수의 영향으로 사료되며, 심도 약 61 m에서 비저항치가 크게 나타난다.
 주교2 관측공은 약 20 ~ 50 m 심도에서 비저항이 상대적으로 낮은 구간이 관측되는데, 이는 시추 주상도상 지하수 균열면(30 ~ 38 m, 46 ~ 48 m)의 위치와 유사하다. 물리검층 결과, 주교2 관측공의 수온은 케이싱 심도(18 m) 이하부터 공저까지 14.3 °C에서 14.9 °C까지 증가하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 약 59 m 심도까지 약 1.8 ~ 1.4 ohm-m의 범위를 가지며, 감소하는 경향을 보이고, 약 48 m 구간에서 2.1 ohm-m의 값을 갖는다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 공저까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 적어 지반에 파쇄대가 발달하고 있음을 지시한다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 주교1, 주교2 관측공은 케이싱 하부 구간에서 각각 전기전도도가 약 10,000 ~ 2,4000 μS/cm 및 약 4,000 ~ 2,8000 μS/cm으로 증가하는 전이대가 관측된다. 높은 전기전도도를 보여 해수침투의 영향을 받고

있는 것으로 나타났다.

- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 대산1, 2 지구 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 해수침투의 영향이 있다. Cl/HCO₃ 몰비는 각 131.86, 26.45로 해수 침투의 영향을 지시하고 있다.
- 6) 관리 방안 : 주교지구는 하부구간에서 해수침투의 영향을 받고 있어 향후, 꾸준한 관측으로 해수침투 확산을 모니터링해야 한다. 따라서, 주교1, 2 관측공 주변 지하수는 영농에 활용이 불가능하다.

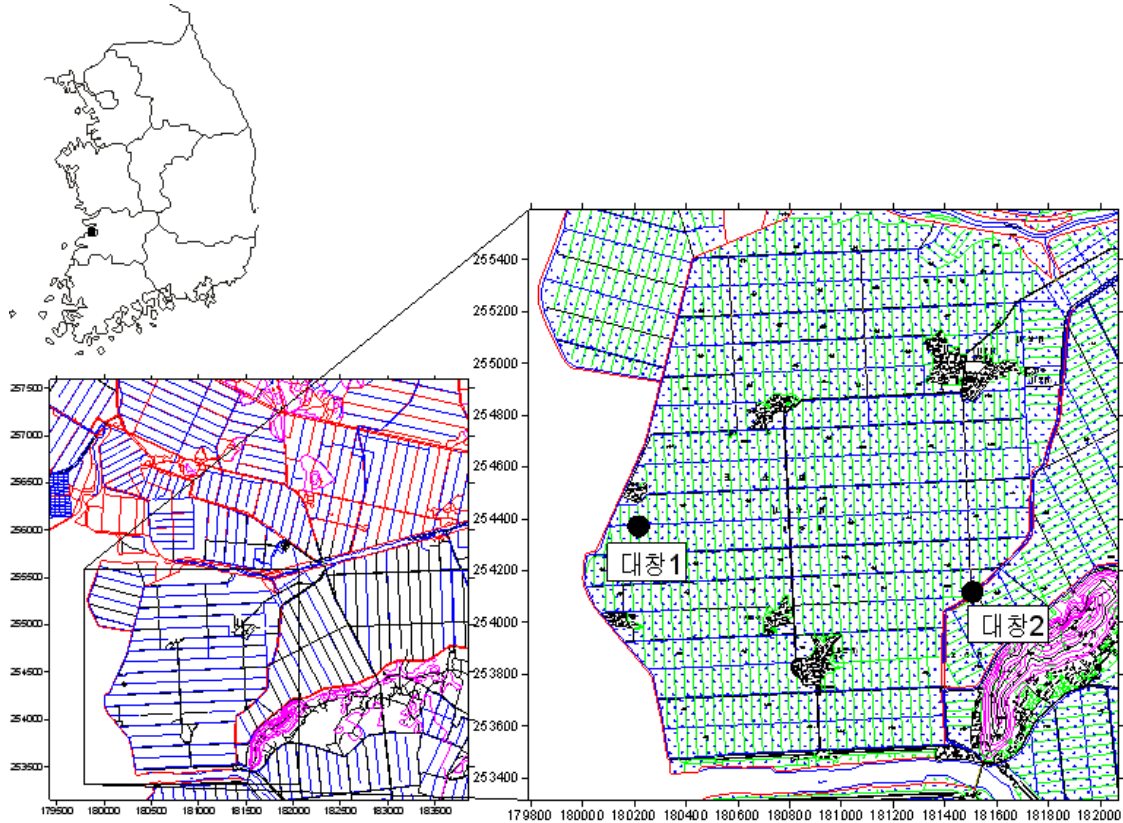
부록 2.4 전라북도 권역

2.4.1 대창지구(김제시)	부록 - 233
2.4.2 변산지구(부안군)	부록 - 241
2.4.3 자룡지구(고창군)	부록 - 249
2.4.4 금평지구(고창군)	부록 - 255
2.4.5 내흥지구(군산시)	부록 - 261

부록 2.4 전라북도 권역

2.4.1 대창지구

1. 위치

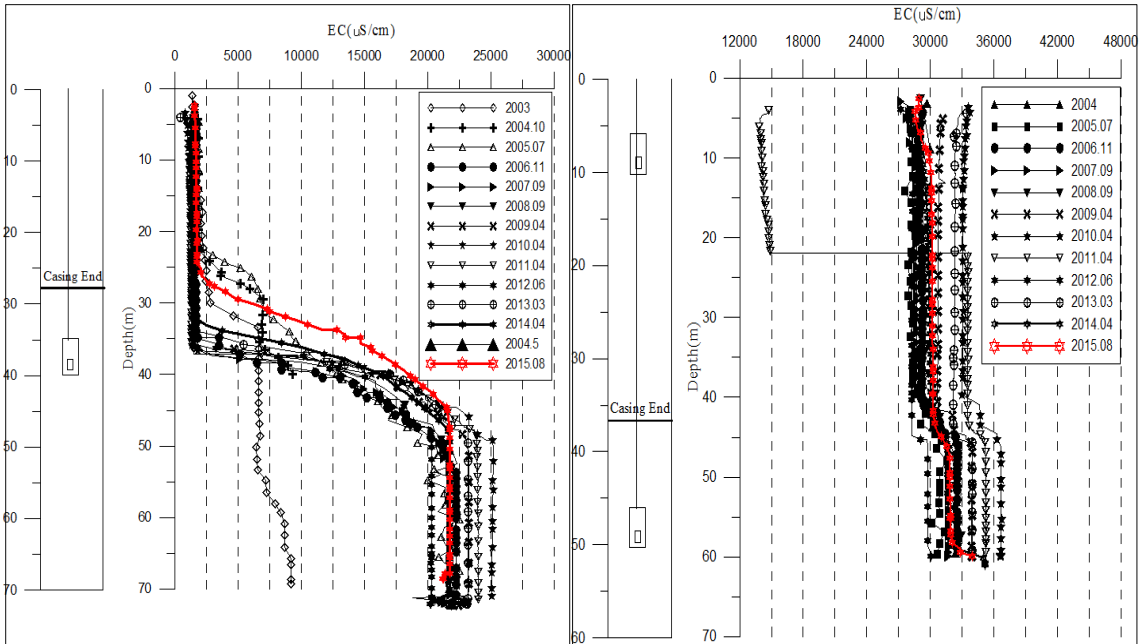


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대창1	김제시 죽산면 대창리 565-5	180217.970	254371.180	3.739	2003	150	-0.101
대창2	김제시 죽산면 대창리 608	181508.598	254118.621	3.963	2004	1,450	1.754

2. 지형 및 지질

이 지구는 김제시 서쪽 해안변의 평야지대로서 해발고도 50 m 미만의 구릉과 만경강·동진강·원평천 유역의 충적평야로 구성되어 호남평야의 중심을 이룬다. 지질은 기반암으로 중생대 쥐라기의 편마상화강암과 대보화강암이 분포하며, 대부분 회색토·충적토·염류토 등이 분포한다.

3. 지하수 검층



<대창1 관측공>

<대창2 관측공>

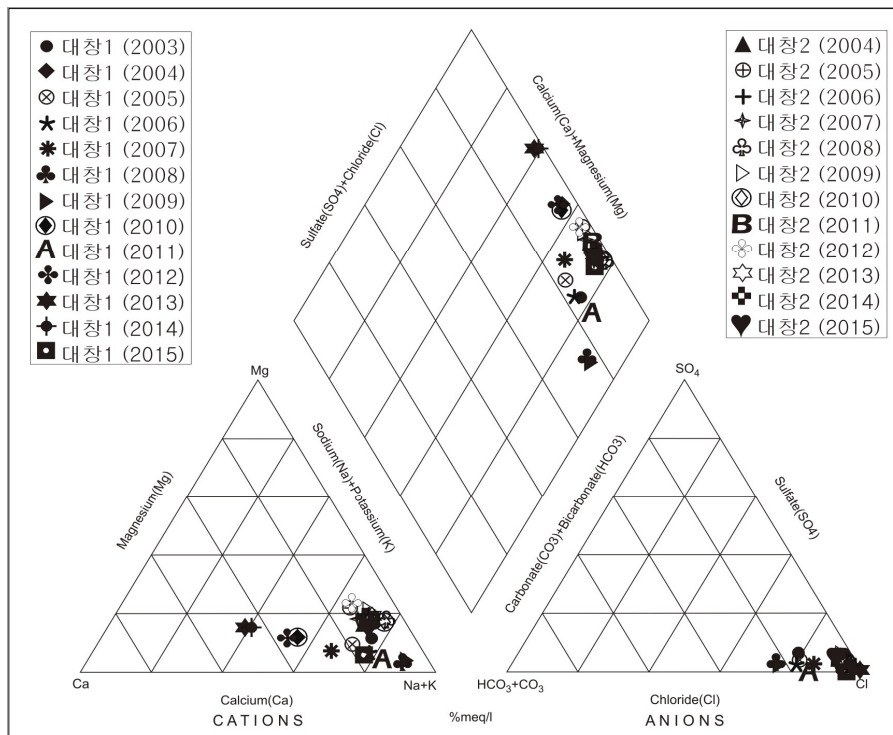
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
대창1	(2003. 9)	409.44	27.51	18.16	63.28	101.30	1045.57	333.00	ND	43.34
	(2004.10)	703.68	80.73	14.44	360.80	64.30	2099.50	157.38	ND	10.16
	(2005.10)	359.39	30.03	18.77	86.55	59.08	679.61	222.65	ND	2.76
	(2006.11)	337.51	17.22	16.56	55.51	30.98	537.52	204.35	ND	ND
	(2007.10)	401.24	26.60	18.51	130.65	18.09	807.99	201.30	ND	ND
	(2008.10)	307.50	7.58	11.27	20.79	1.76	379.40	201.30	ND	3.82
	(2009. 4)	283.36	6.22	14.70	16.29	0.84	372.27	195.20	ND	2.85
	(2010. 4)	516.79	52.15	13.72	262.16	4.19	1299.43	158.60	10.50	5.18
	(2011. 4)	329.57	9.12	0.83	44.58	ND	488.50	144.88	4.50	ND
	(2012. 6)	414.17	44.59	13.30	246.08	2.81	1149.79	99.13	1.50	4.19
	(2013. 3)	1328.24	251.67	21.06	1449.13	15.85	5529.42	94.55	ND	ND
	(2014. 4)	1343.37	250.47	15.76	1317.37	120.13	4574.75	79.30	ND	0.00
(2015. 4)	312.31	14.74	13.65	65.61	7.35	628.23	53.38	ND	ND	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-	
대창2	(2004.10)	4523.69	571.99	38.36	640.93	508.88	8838.87	545.34	ND	67.45
	(2005.10)	4059.75	693.97	49.17	676.12	635.96	10057.65	594.75	ND	43.85
	(2006.11)	5602.79	714.45	36.31	647.54	500.86	10658.30	527.65	ND	ND
	(2007.10)	4849.21	648.59	39.56	615.73	533.85	9070.32	829.60	ND	ND
	(2008.10)	5179.03	642.73	507.23	528.69	540.14	10508.43	427.00	ND	32.93
	(2009. 4)	4297.06	697.48	55.83	573.92	533.55	9794.80	423.95	ND	88.94
	(2010. 4)	5721.35	639.04	44.76	531.52	547.50	10031.96	439.20	ND	39.47
	(2011. 4)	5529.21	763.89	1.82	790.64	580.98	10477.45	850.95	ND	ND
	(2012. 6)	4034.22	765.84	32.09	725.98	491.75	8928.57	750.30	ND	38.28
	(2013. 3)	5414.25	717.79	36.59	662.06	643.71	9821.08	707.60	ND	13.59
	(2014. 4)	5618.42	825.21	65.33	801.02	664.17	10351.71	844.85	ND	0.00
	(2015. 4)	5513.03	708.05	37.90	615.06	634.88	9914.79	539.85	ND	150.74



<대창지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

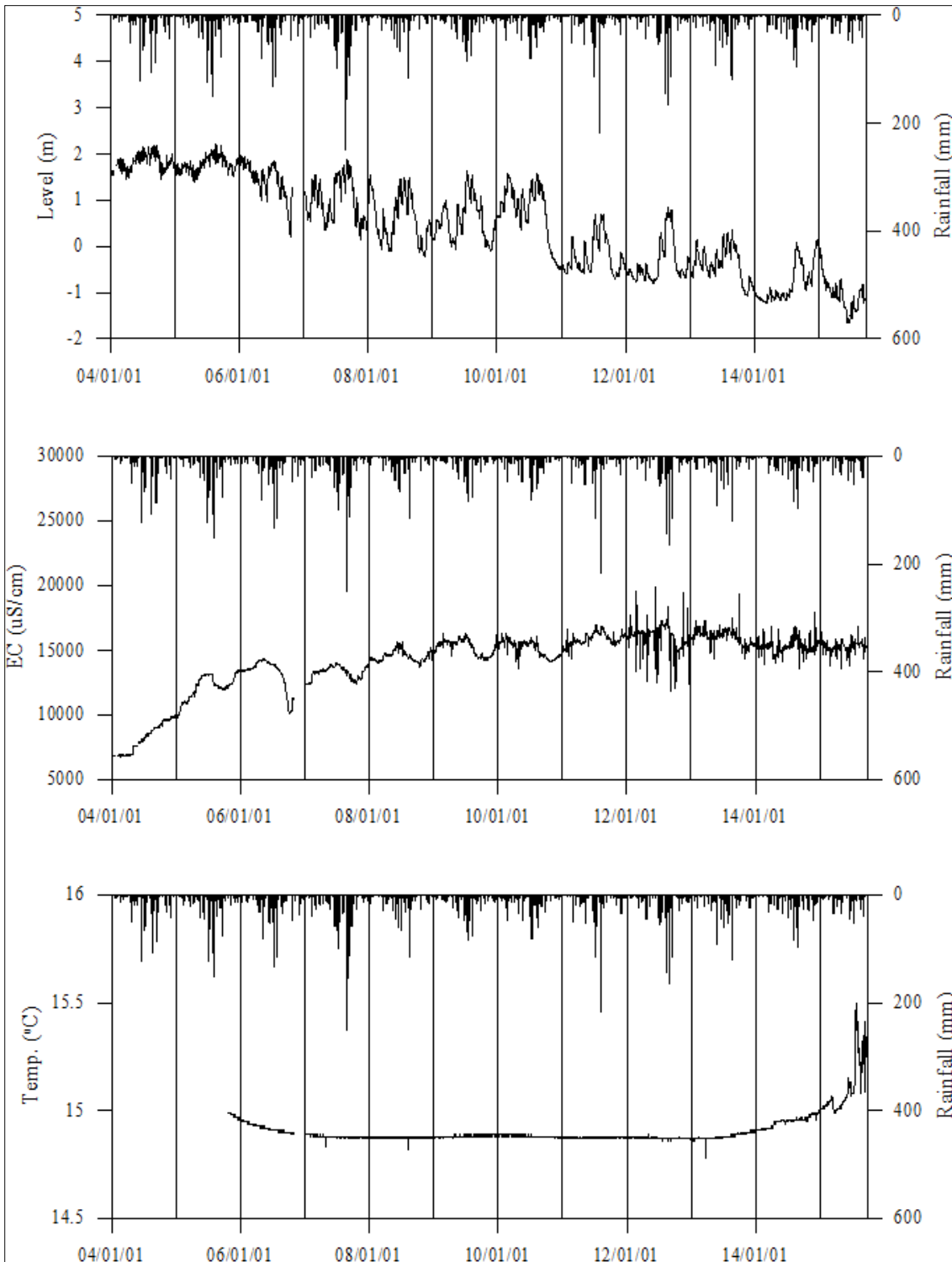
구 분	관측공	대창1	대창2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	5.40	-
	2004.10	22.95	22.89
	2005.10	5.26	29.16
	2006.11	4.54	34.83
	2007.10	6.90	18.79
	2008.10	3.24	42.29
	2009. 4	3.28	39.70
	2010. 4	14.08	39.25
	2011. 4	5.62	21.16
	2012. 6	19.63	20.45
	2013. 3	100.49	23.85
	2014. 4	99.13	21.05
	2015. 8	20.25	31.61

5. 연도별 관측자료 분석

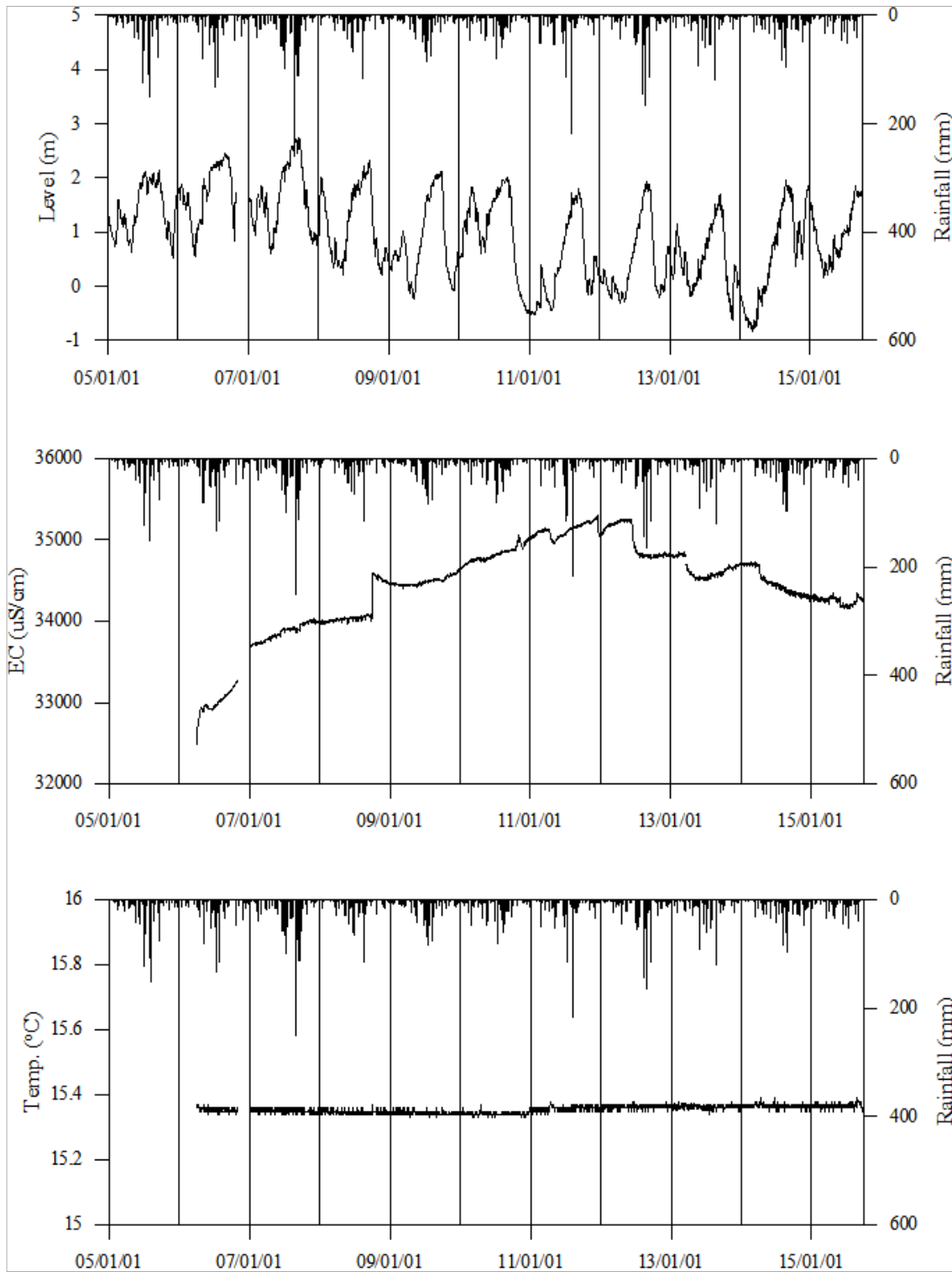
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
대창1	2004	1.82	1.44	2.18	8,269	6,710	9,990	-	-	-
	2005	1.79	1.39	2.21	11,947	9,820	13,200	-	-	-
	2006	1.43	0.19	1.98	13,259	10,090	14,350	-	-	-
	2007	1.11	0.35	1.89	13,246	12,230	14,000	-	-	-
	2008	0.69	-0.13	1.54	14,528	13,670	15,700	-	-	-
	2009	0.65	-0.08	1.64	15,313	14,190	16,300	-	-	-
	2010	0.96	-0.09	1.56	15,262	13,600	16,300	-	-	-
	2011	-0.17	-0.68	0.70	15,853	14,300	17,000	-	-	-
	2012	-0.35	-0.80	0.84	16,162	11,900	19,900	-	-	-
	2013	-0.33	-0.69	0.26	16,234	14,400	17,300	-	-	-
	2014	-1.08	-1.24	-0.90	15,184	13,900	16,800	-	-	-
	2015	-1.03	-1.66	-0.05	15,299	13,600	17,300	-	-	-
대창2	2005	1.45	0.63	2.13	31,171	29,580	36,578	-	-	-
	2006	1.74	0.55	2.46	32,736	30,377	33,263	-	-	-
	2007	1.75	0.61	2.74	33,838	33,683	33,999	-	-	-
	2008	1.29	0.21	2.32	34,083	33,958	34,598	-	-	-
	2009	0.94	-0.24	2.12	34,475	34,408	34,568	-	-	-
	2010	1.31	0.09	2.00	34,795	34,626	35,006	-	-	-
	2011	0.44	-0.53	1.79	35,103	34,960	35,237	-	-	-
	2012	0.45	-0.31	1.94	35,008	34,757	35,260	-	-	-
	2013	0.41	-0.17	1.16	34,652	34,498	34,846	-	-	-
	2014	-0.04	-0.83	1.26	34,582	34,387	34,728	-	-	-
2015	0.95	0.16	1.85	34,255	34,149	34,348	-	-	-	

6. 장기관측 결과



<대창1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대창2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

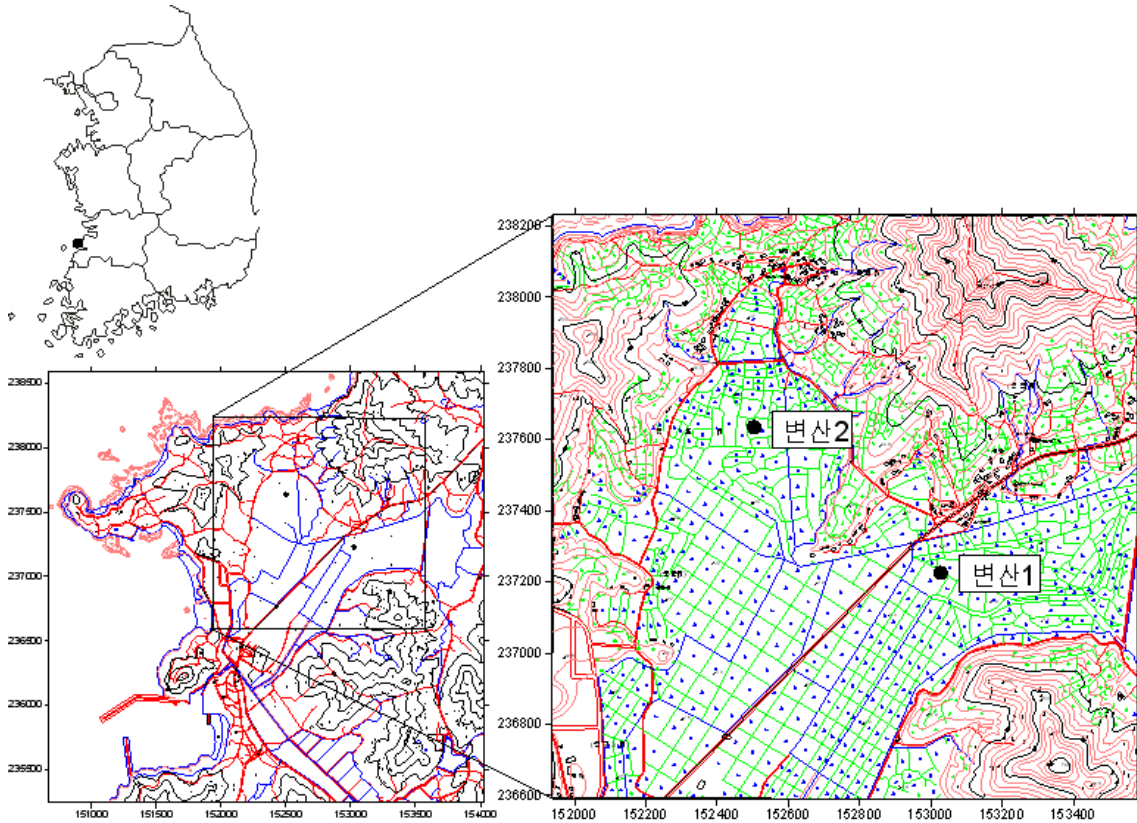
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 대창1, 2 관측공은 2003년과 2004년에 설치한 관측공으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 대창1 관측공은 지표 하 약 25 ~ 50 m 구간에서 전기전도도값이 약 25,000 $\mu S/cm$ 까지 급격하게 증가하는 전이대가 형성되어 있다. 대창2 관측공은 전 구간의 전기전도도 값이 약 27,000 ~ 37,000 $\mu S/cm$ 범위이고, 지표 하 약 40 ~ 45 m 구간에 전이대가 있으나 증가폭은 3,000 $\mu S/cm$ 내외로 작다. 두 관측공 모두 해수의 영향을 받으므로 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질분석 결과 대창1, 2 관측공은 Na-Cl 유형의 염수 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 각각 20.25, 31.61로 해수의 영향이 큰 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 대창1 관측공은 2004년부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 8,269 $\mu S/cm$ 에서 최대 16,234 $\mu S/cm$ 로 증가하였고, 대창2 관측공도 2005년부터 2015년까지 31,171 $\mu S/cm$ 에서 최대 35,103 $\mu S/cm$ 로 증가하였다.
- 5) 장기관측결과 : 대창1, 2 관측공은 새만금 방조제 건설 이후 방조제 내측 담수호 수위조절에 따른 영향으로 관측공 개발 이후 지하수 수위는 감소하는 반면, 전기전도도는 증가 추세를 보인다. 지하수 수위 변동폭은 공통적으로 4 m 이내이며, 강수의 영향으로 지하수 수위가 상승했다가 하강한다. 전기전도도 값은 수위 변동에 반대되는 경향을 나타낸다.
- 6) 관리 방안 : 대창지구는 해수의 직접 유입과 새만금 방조제에 의한 영향을 동시에 받고 있는 것으로 판단되어 장기관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 향후 지하수 수위 및 전기전도도의 변화를 관찰하여야 한다.

2.4.2 변산지구

1. 위치

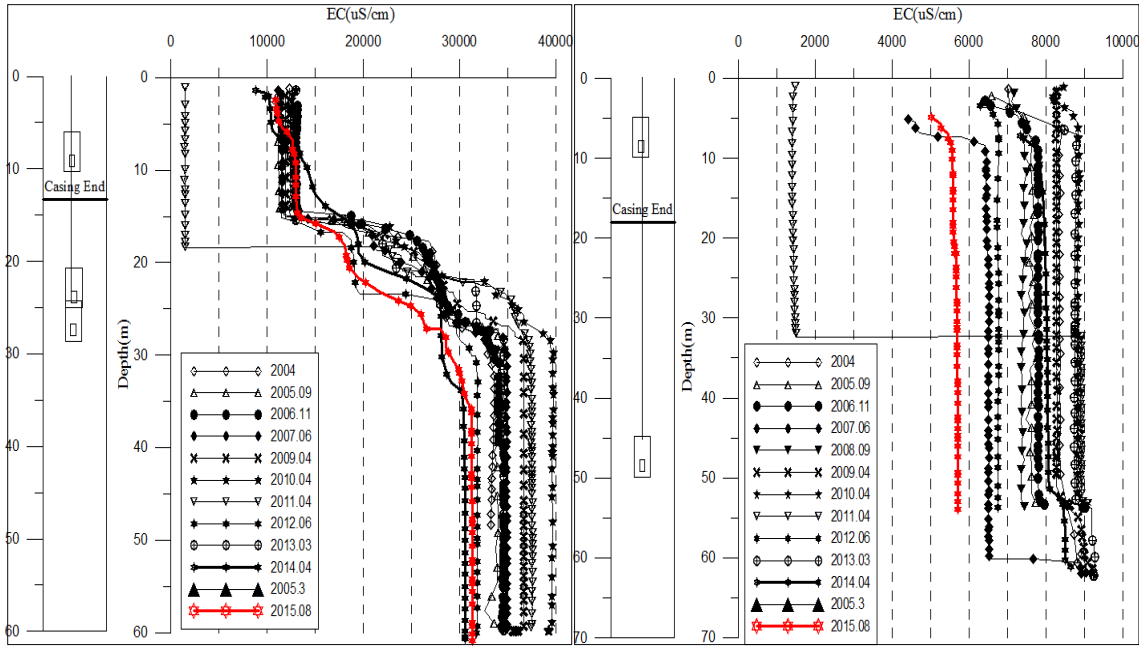


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
변산1	부안군 변산면 마포리 807-11	153027.252	237225.054	0.944	2004	1,150	-0.352
변산2	부안군 변산면 격포리 811-1	152503.998	237634.469	1.108	2004	670	-0.009

2. 지형 및 지질

본 지구가 위치한 변산면 격포리 일대는 중생대 백악기 상부의 신라층군에 속하는 퇴적암류가 분포하고 있으며, 그 외 대부분의 지역은 중생대 백악기 말의 화산분출암이 기반암을 형성하고 있다.

3. 지하수 검층



<변산1 관측공>

<변산2 관측공>

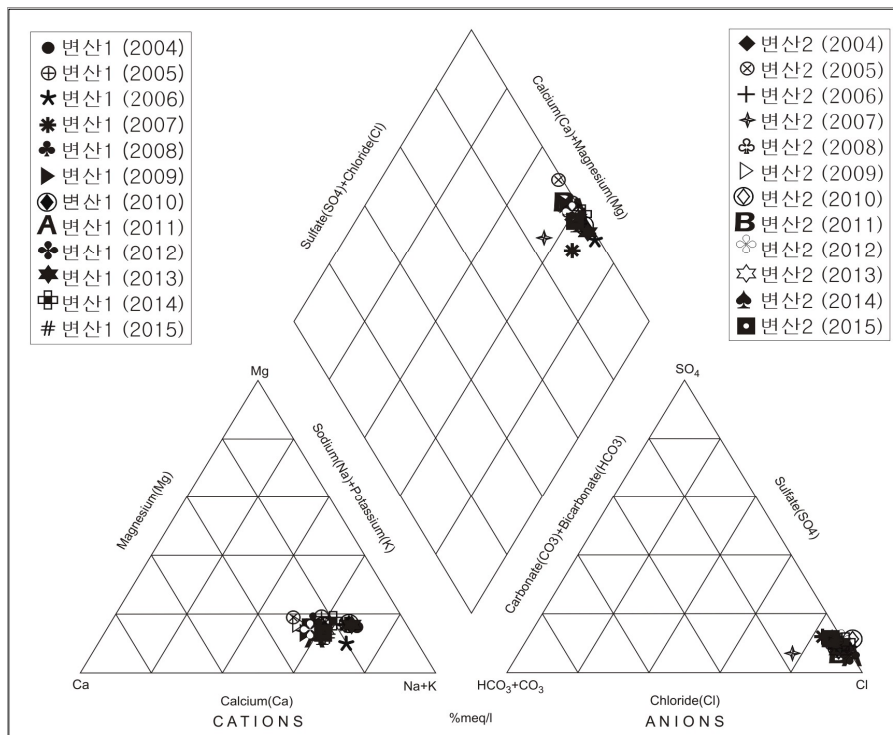
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
변산1	(2004.10)	5031.26	650.92	48.13	1012.12	1138.66	8738.73	102.48	66.62
	(2005.10)	3821.46	710.85	68.16	1355.63	1462.11	10653.91	176.90	45.31
	(2006.11)	2892.71	236.26	35.99	751.16	766.52	6181.25	33.55	ND
	(2007.10)	4795.30	594.11	84.60	1070.41	1160.66	7748.41	1525.0	ND
	(2008. 9)	1677.83	202.63	28.19	717.00	510.58	4218.93	167.75	ND
	(2009. 4)	1513.15	197.91	34.18	765.35	495.27	3745.76	152.50	33.54
	(2010. 4)	4195.95	515.04	53.22	897.94	1125.84	7819.66	189.10	31.39
	(2011. 4)	1966.82	217.91	1.31	813.22	401.98	4387.74	167.75	ND
	(2012. 6)	2013.48	281.35	46.45	759.33	306.10	4880.24	164.70	ND
	(2013. 3)	5041.12	647.35	58.74	1053.88	1372.25	9432.42	195.20	42.69
	(2014. 4)	4174.46	625.36	82.32	1092.55	1214.01	8394.40	155.55	ND
	(2015. 4)	1958.09	184.50	26.30	612.01	662.58	4357.47	131.15	ND

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
변산2	(2004.10)	1038.00	138.25	9.06	336.11	361.71	2266.39	156.16	9.36
	(2005.10)	797.26	148.72	37.35	423.54	337.81	2404.58	123.53	26.16
	(2006.11)	1005.90	111.87	13.32	410.03	285.31	2610.70	106.75	ND
	(2007.10)	1031.03	140.47	18.26	404.03	245.49	1908.10	518.50	ND
	(2008. 9)	865.87	123.70	16.89	358.49	304.91	2218.84	128.10	6.38
	(2009. 4)	892.70	148.88	22.27	435.67	301.08	2331.04	128.10	18.16
	(2010. 4)	1225.33	154.61	15.61	425.82	338.17	2475.92	149.45	11.25
	(2011. 4)	1129.76	154.11	1.07	471.46	277.41	2560.66	143.35	ND
	(2012. 6)	1016.11	138.87	17.87	394.27	323.04	2173.13	125.05	ND
	(2013. 3)	1124.44	141.43	15.31	395.89	319.33	2417.14	134.20	ND
	(2014. 4)	972.86	101.59	20.37	351.27	323.72	2235.49	115.90	4.11
	(2015. 4)	611.38	76.13	11.46	211.80	204.15	1203.05	103.70	ND



<변산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

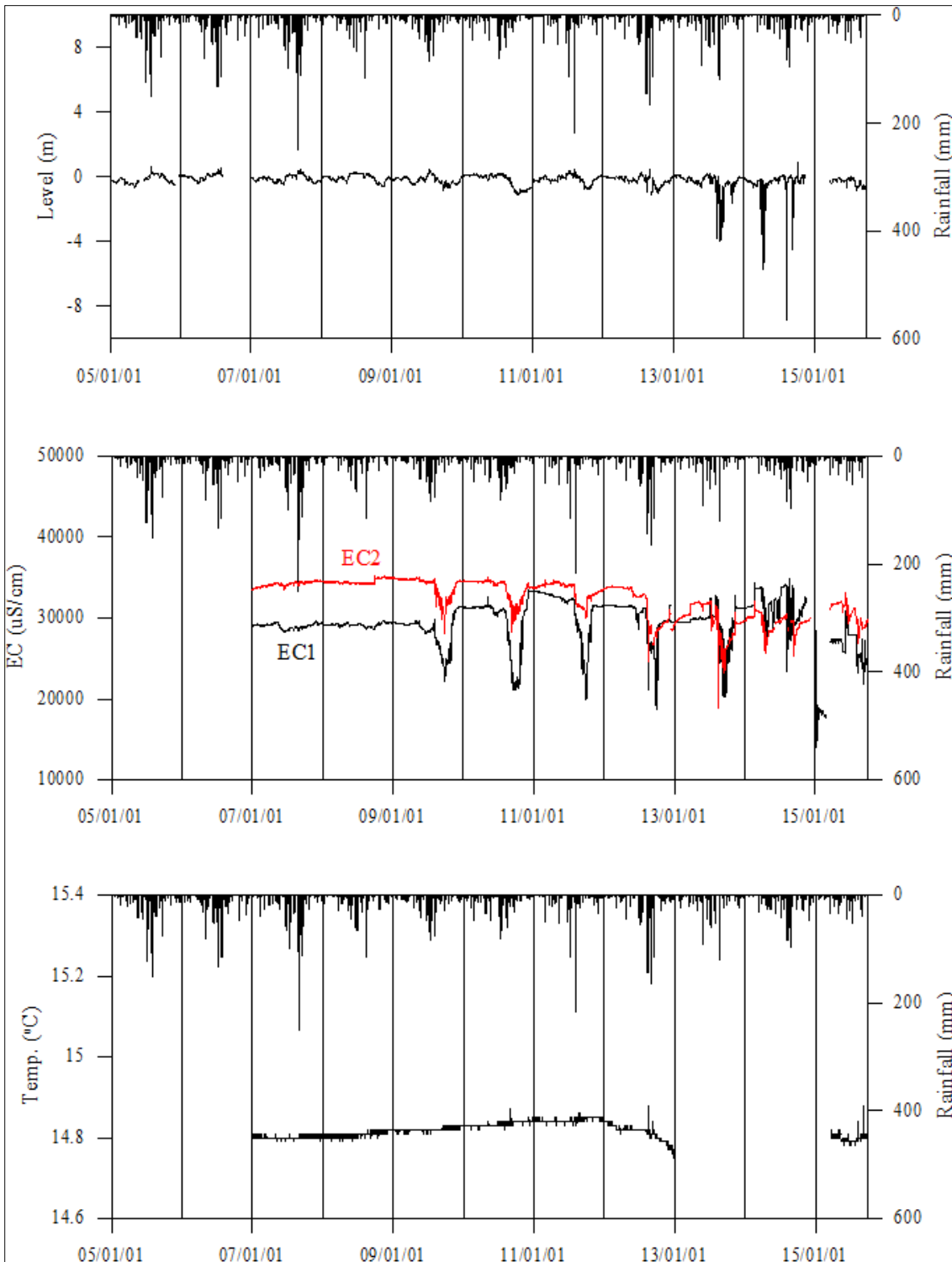
구 분	관측공	변산1	변산2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	146.70	24.97
	2005.10	103.80	33.60
	2006.11	317.66	42.17
	2007.10	8.73	6.32
	2008.09	43.22	29.76
	2009. 4	42.21	31.27
	2010. 4	71.06	28.47
	2011. 4	44.94	30.69
	2012. 6	50.92	29.86
	2013. 3	83.03	30.95
	2014. 4	92.73	33.14
	2015. 4	57.18	19.97

5. 연도별 관측자료 분석

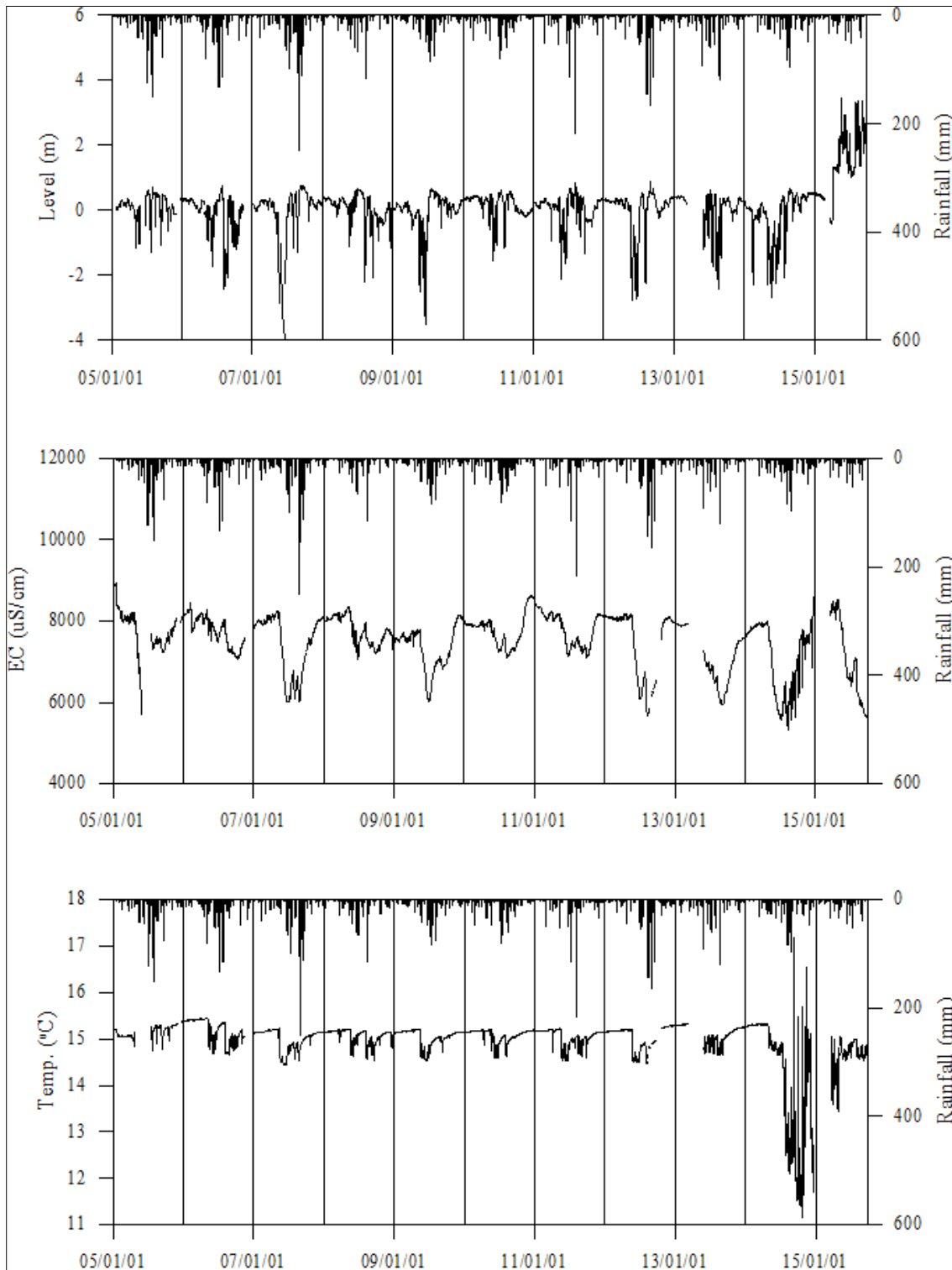
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
변산1	2005	-0.16	-0.65	0.64	32,233	27,736	34,358	35,965	34,131	39,858
	2006	-0.11	-9.05	0.56	22,182	7,902	29,215	33,062	13,211	36,117
	2007	-0.06	-0.46	0.47	28,939	28,277	29,466	34,119	33,415	34,543
	2008	-0.01	-0.47	0.29	29,106	28,553	29,519	34,428	34,102	35,137
	2009	-0.17	-0.80	0.48	28,030	22,102	29,859	33,921	28,151	35,003
	2010	-0.09	-1.12	0.25	29,300	21,066	32,576	33,646	28,185	35,067
	2011	-0.13	-0.75	0.48	30,898	19,987	33,252	33,384	30,029	34,683
	2012	-0.22	-3.85	0.48	29,869	18,787	31,596	31,732	23,075	33,914
	2013	-0.12	-0.64	0.23	29,817	29,298	32,449	30,896	28,504	32,122
	2014	-0.38	-5.67	0.13	31,863	27,402	34,363	29,504	25,583	32,159
	2015	-0.31	-0.81	0.01	24,650	14,083	30,813	30,595	26,801	33,165
변산2	2005	0.14	-1.30	0.72	7,753	5,709	8,933	-	-	-
	2006	-0.09	-2.40	0.77	7,778	7,073	8,440	-	-	-
	2007	-0.16	-4.01	0.77	7,322	6,014	8,260	-	-	-
	2008	0.09	-2.20	0.66	7,791	7,056	8,335	-	-	-
	2009	-0.09	-3.49	0.67	7,208	6,030	7,784	-	-	-
	2010	0.19	-1.55	0.62	7,650	7,107	8,044	-	-	-
	2011	0.03	-2.10	0.83	7,773	7,104	8,518	-	-	-
	2012	-0.06	-2.78	0.87	7,527	5,664	8,186	-	-	-
	2013	0.10	-1.72	0.64	7,382	6,466	7,953	-	-	-
	2014	-0.45	-2.66	0.45	7,190	5,556	8,006	-	-	-
	2015	1.43	-0.43	3.44	7,003	5,642	8,534	-	-	-

6. 장기관측 결과



<변산1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<변산2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

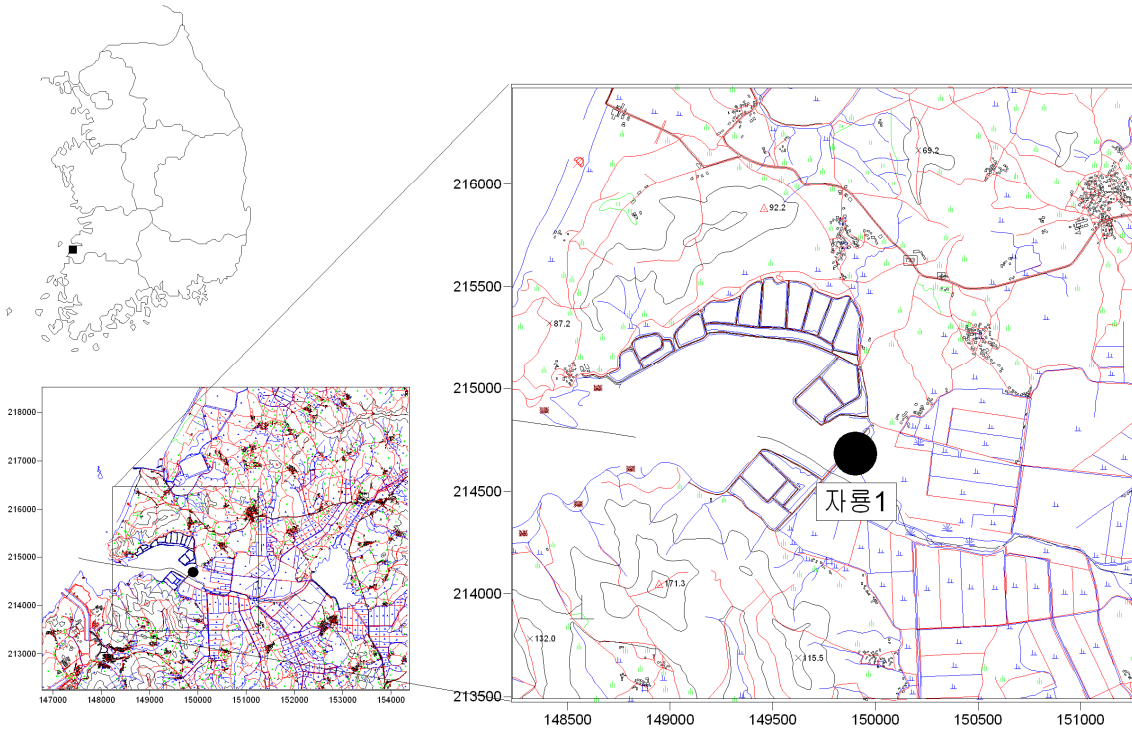
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 변산1, 2 관측공은 2004년에 설치한 관측공으로 지하수관리조사 보고서(부안군 부동산지구, 2003)를 기초로 용수 수요량에 비해 공급이 부족하며, 기존 지하수 관정에 해수침투 영향이 관측된 변산면 격포리, 마포리 지역에 해수침투 확산 범위 등의 공간적인 분석을 위하여 장기관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 변산1 관측공은 지표 하 15 ~ 30 m 구간에서 전기전도도의 전이대가 형성되어 급격한 전기전도도의 변화를 보인다. 변산2 관측공은 2011년 조사 시 지표 하 약 32 m 에서 전이대가 조사되었으나 이를 제외하면 전이대 구간 없이 약 5,000 ~ 9,000 $\mu S/cm$ 범위의 전기전도도 값을 나타내고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 변산1, 2 관측공은 Na-Cl 유형의 염수 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 57.18, 19.97로 심하게 해수침투의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 변산1, 2 관측공은 2005년부터 2015년까지 연평균 전기전도도가 각각 22,182 ~ 35,965 $\mu S/cm$, 7,003 ~ 7,791 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 변산1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위 변동폭은 약 7 m 로 지하수 수위가 하강하면 전기전도도가 동반 하강하는 유형을 나타낸다. 변산2 관측공은 관개기에 지하수 수위가 하강하지만 우기에는 상승한다. 전기전도도의 변화는 매년 우기에 감소 후 10월에는 약 8,000 $\mu S/cm$ 로 회복되는 경향을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 변산지구는 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라 향후 장기모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.4.3 자룡지구

1. 위치

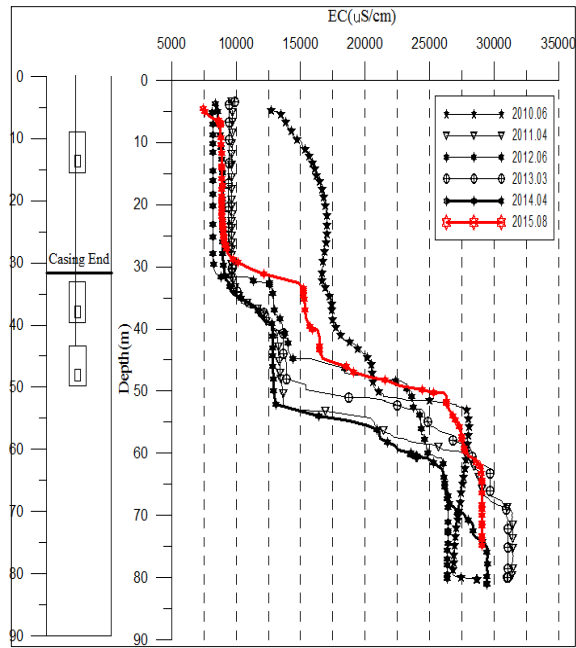


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
자룡1	고창군 상하면 자룡리 774-3	149796.68	214579.28	3.06	2010	70	3.07

2. 지형 및 지질

이 지역은 고창군 상하면에 위치한 지구로, 용대저수지 하류부에 위치하며 관측공의 동쪽에는 하천을 따라 남북으로 농경지가 넓게 분포하고 있다. 또한, 관측공의 맞은편 해안을 따라서는 염전이 자리하고 있다. 지질은 선캠브리아기 화강암질 편마암이 조사지역 전역에 넓게 분포하며, 이를 관입한 주라기 흑운모화강암이 둘러싸고 있다. 백악기 장석반암은 조사지역 서쪽 해안을 포함하며, 원형으로 관입하여 분포하고 있다. 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮으며, 농경지를 형성하고 있다.

3. 지하수 검층



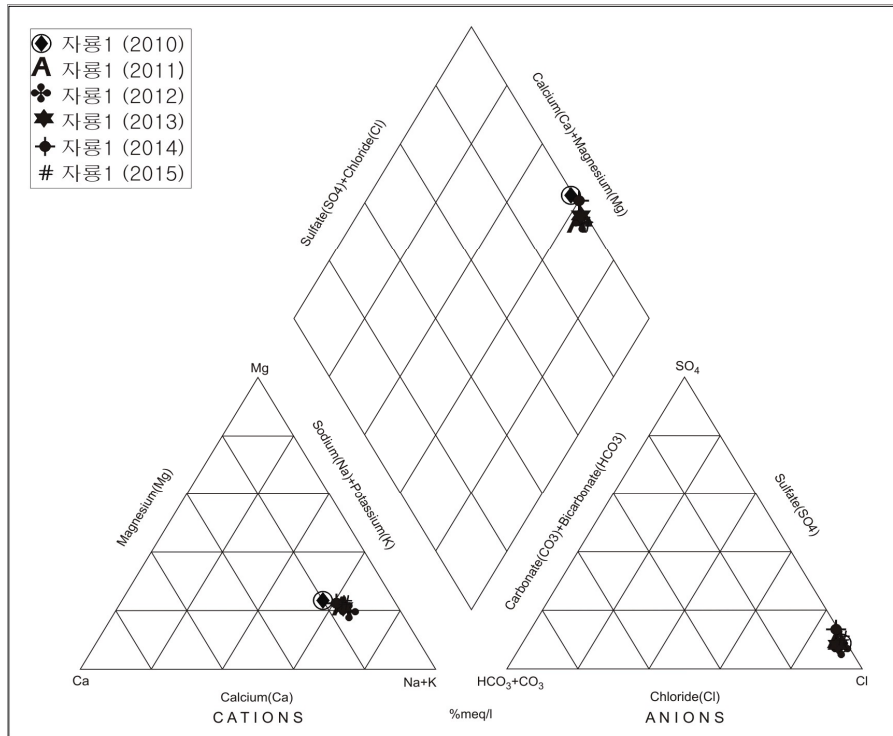
<자룡1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
자룡1	(2010. 6)	1981.36	455.51	28.74	630.98	696.95	5449.58	88.45	17.26
	(2011. 4)	1335.50	252.26	1.93	292.72	408.59	2886.38	112.85	ND
	(2012. 6)	1807.13	312.20	38.03	357.83	509.57	4449.28	91.50	ND
	(2013. 3)	2460.69	438.56	36.65	520.06	767.19	5814.66	88.45	ND
	(2014. 4)	2337.36	442.11	35.94	552.92	775.03	4922.05	61.00	ND
	(2015. 4)	1293.14	226.14	26.99	242.84	440.71	2767.02	21.35	ND



<자 룽 지구 이온 분석 결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년. 월	자 룽 1
Cl/HCO ₃ 몰비	2010. 6	105.87
	2011. 4	43.95
	2012. 6	83.55
	2013. 3	112.96
	2014. 4	138.65
	2015. 8	223.05

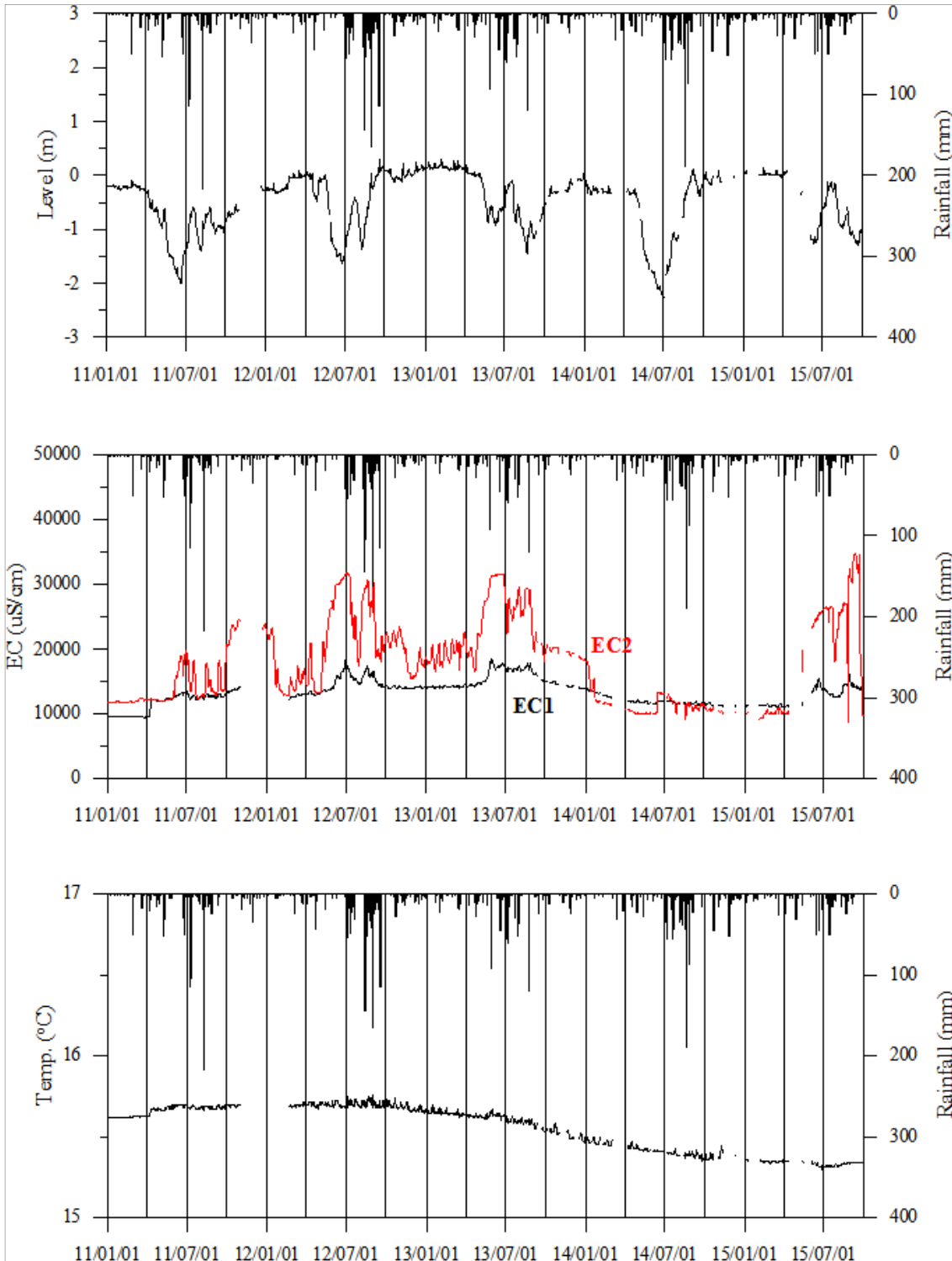
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
자룡1	2011	-0.76	-2.00	-0.09	11,709	9,456	14,188	14,403	11,650	24,629
	2012	-0.36	-1.62	0.30	14,414	12,188	18,426	20,804	12,778	31,664
	2013	-0.14	-0.94	0.29	15,274	13,841	18,406	23,156	16,468	31,612
	2014	-0.91	-2.25	-0.08	12,284	11,401	13,977	11,837	9,946	18,115
	2015	-0.50	-1.29	0.14	12,890	10,998	16,512	19,889	8,629	34,777

6.

장기관측 결과



<자룡1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

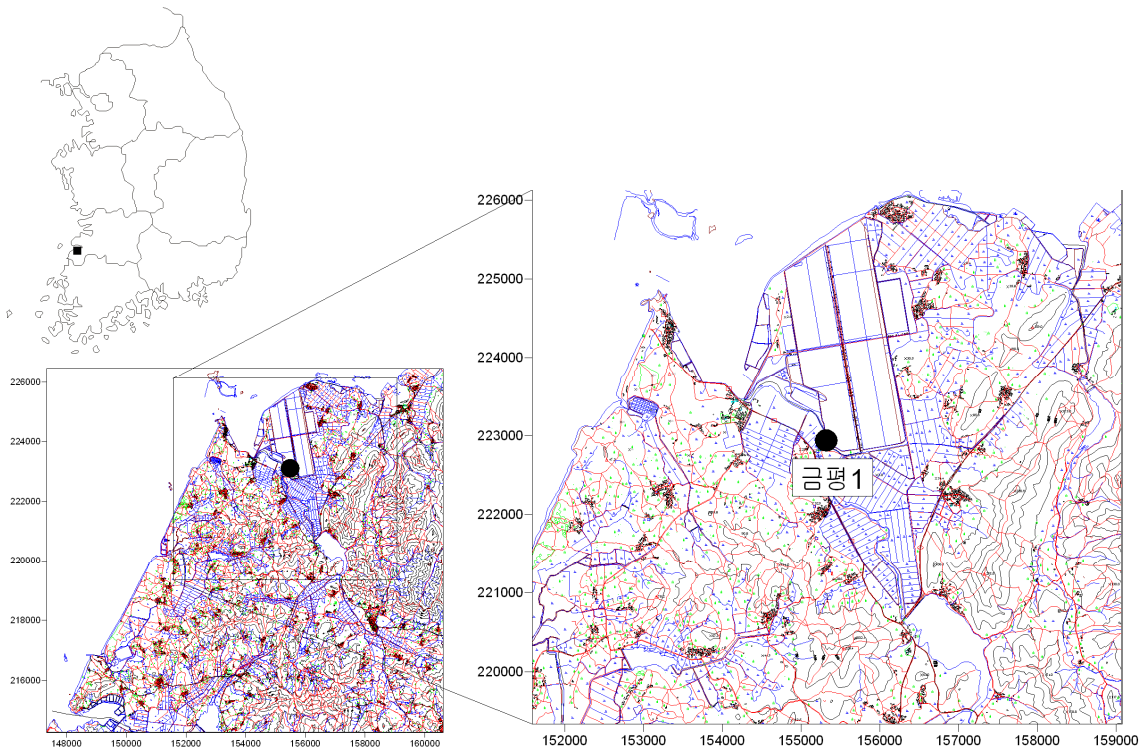
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 자룡1 관측공은 고창군 상하면 자룡리에 위치하고 있으며, 해수침투 우려지역으로서 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용관정 분포를 이용한 등급 결정 결과 31점으로 94%에 해당하여 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 자룡1 관측공은 심도 약 30 ~ 60 m에서 전기전도도 값이 약 8,000 $\mu S/cm$ 에서 약 15,000 $\mu S/cm$ 와 약 30,000 $\mu S/cm$ 내외로 급격히 증가하는 전이대 구간이 나타났으며, 해수의 영향이 큰 관측공으로 분석되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 자룡1 관측공은 Na-Cl 유형의 염수 유형에 해당하며, Cl/HCO₃ 몰비가 223.05로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 자룡1 관측공의 연평균 전기전도도 관측결과, EC1과 EC2가 11,709 ~ 15,274 $\mu S/cm$ 와 11,837 ~ 23,156 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 자룡1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위는 약 2 m 내외의 변화를 나타내며, 심도 40 m와 50 m에 각각 설치한 EC1, EC2 센서의 전기전도도 값은 EC1에 비해 EC2 센서가 강수에 민감하게 반응하며, 대체로 강수 발생 시 상승하는 추세이다.
- 6) 관리 방안 : 자룡1 관측공은 현재 해수침투의 영향을 받고 있으므로 지속적인 관측으로 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.4.4 금평지구

1. 위치

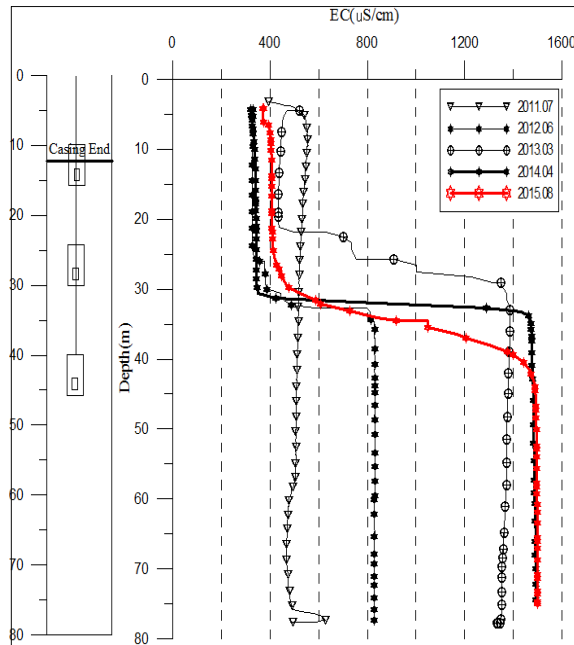


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
금평1	고창군 해리면 금평리 1616	155180.568	222801.183	1.18	2011	1,120	3.40

2. 지형 및 지질

이 지구는 고창군 해리면에 위치한 지구로, 공산 저수지 하류부에 위치하며 관측공의 동쪽에는 하천을 따라 남북으로 농경지가 넓게 분포하고 있다. 또한, 관측공 주변에 해안과 골프장이 자리하고 있다. 지질은 선캠브리아기 화강암질 편마암이 조사지역 전역에 넓게 분포하며 이를 관입한 쥬라기 흑운모화강암이 둘러싸고 있다. 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



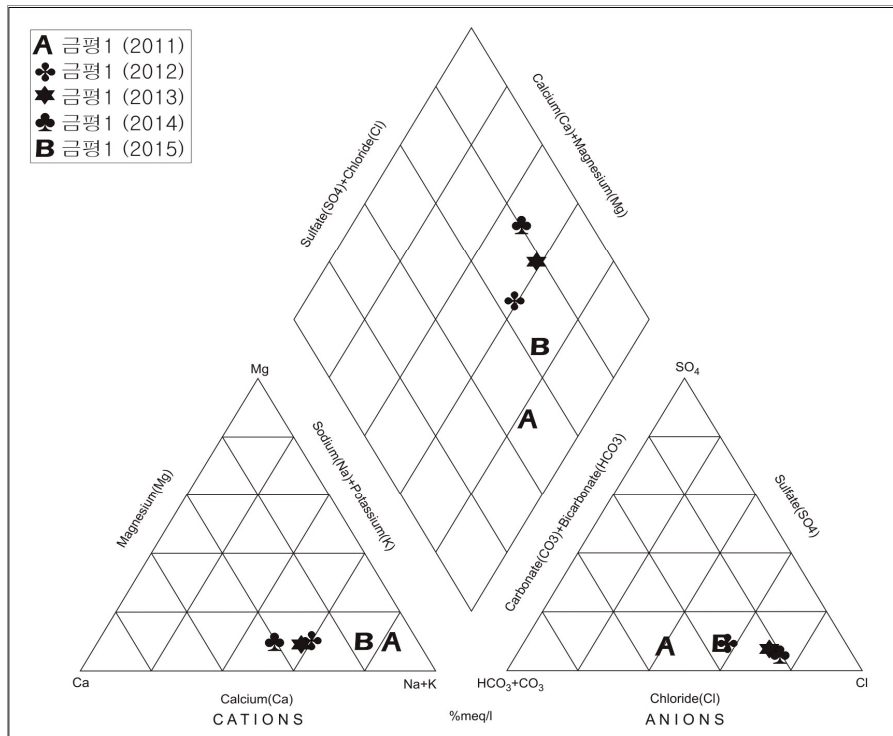
<금평1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
금평1	(2011. 7)	78.33	5.11	5.62	7.06	15.29	60.49	131.15	ND
	(2012. 6)	76.99	6.44	5.39	35.98	23.76	113.53	115.90	ND
	(2013. 3)	109.53	9.55	4.29	58.33	28.33	194.99	103.70	0.57
	(2014. 4)	120.37	14.22	5.24	91.35	32.69	264.36	128.10	0.40
	(2015. 4)	77.64	3.78	2.56	18.08	14.58	91.96	94.55	0.68



<금평지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

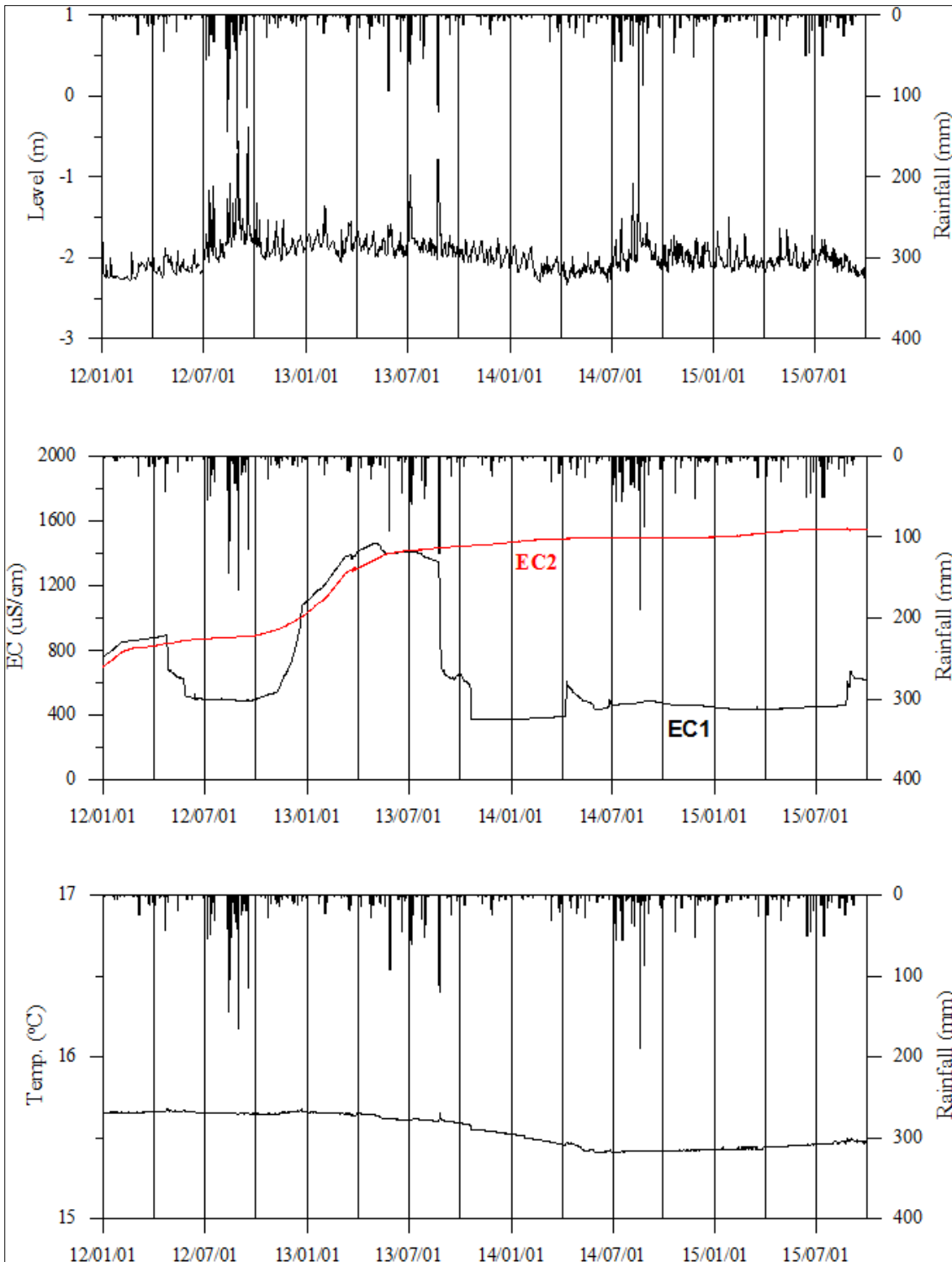
구 분	관측공	
	년. 월	금평1
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 7	0.79
	2012. 6	1.68
	2013. 3	3.23
	2014. 4	3.55
	2015. 8	1.67

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
금평1	2012	-1.96	-2.28	-0.38	645	484	894	855	700	964
	2013	-1.81	-2.05	-0.98	1,353	1,108	1,461	1,298	1,034	1,425
	2014	-2.11	-2.33	-1.51	436	376	609	1,488	1,468	1,497
	2015	-2.04	-2.29	-1.50	468	432	669	1,532	1,500	1,558

6. 장기관측 결과



<금평1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

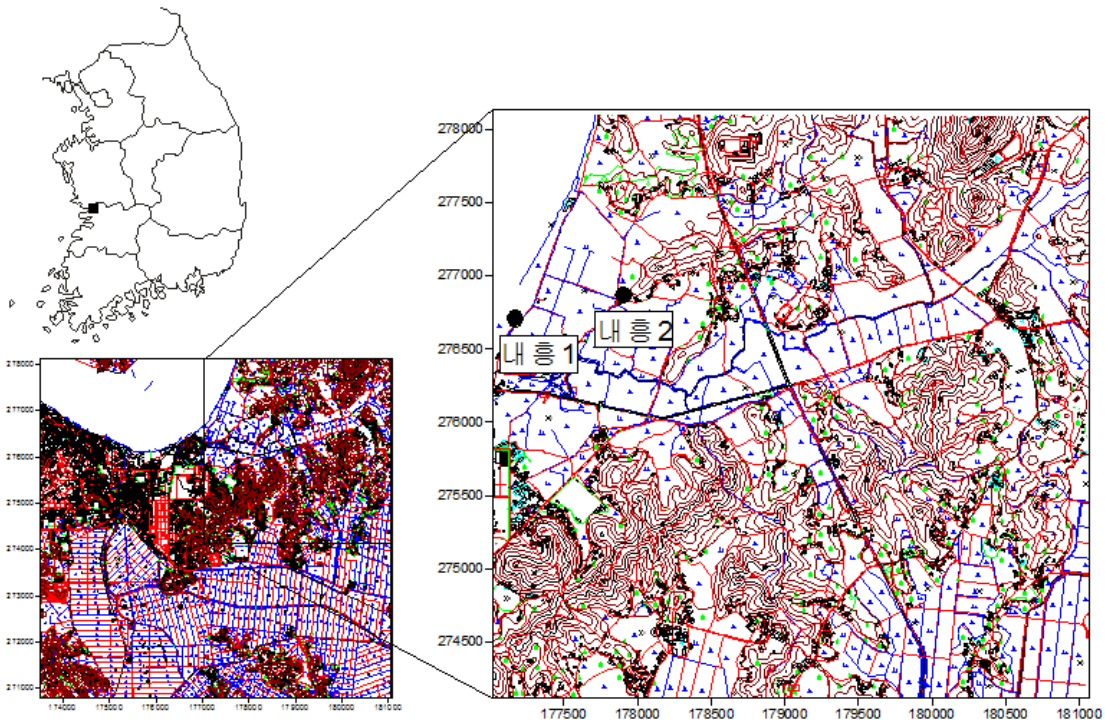
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 금평1 관측공은 고창군 해리면에 위치하고, 해수침투 우려지역으로서 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 94%에 해당하여 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 금평1 관측공은 심도 약 25 ~ 35 m 구간에서 전기전도도 값이 증가하는 전이대 구간이 형성되어 있으나, 현재까지는 전기전도도 값이 $2,000 \mu S/cm$ 이하로 해수의 직접적인 영향은 적은 편이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 금평1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 1.67로 해수영향을 조금 받고 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 금평1 관측공의 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2에서 각각 $436 \sim 1,353 \mu S/cm$ 와 $855 \sim 1,532 \mu S/cm$ 범위로 나타났다. 또한, EC1 센서의 전기전도도 변동폭이 크게 나타났으며, EC2 센서의 전기전도도는 증가하는 추세이다.
- 5) 장기관측결과 : 금평1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위는 약 2 m 내외의 변화를 나타내며, 강수에 의한 상승, 하강 현상은 있으나 전반적으로는 유지하는 추세이다. EC1의 전기전도도는 증가하다가 감소하여 2013년 10월경부터 유지하는 추세로 나타나나, EC2 센서의 전기전도도는 증가 추세이다.
- 6) 관리 방안 : 금평1 관측공은 현재 간접적인 해수침투 영향을 받지만, Cl/HCO_3 몰비 및 전기전도도가 관측공 개발 이후 전반적으로 증가하는 추세이므로, 지속적인 관측으로 해수침투 진행여부를 모니터링하여야 한다.

2.4.5 내홍지구

1. 위치

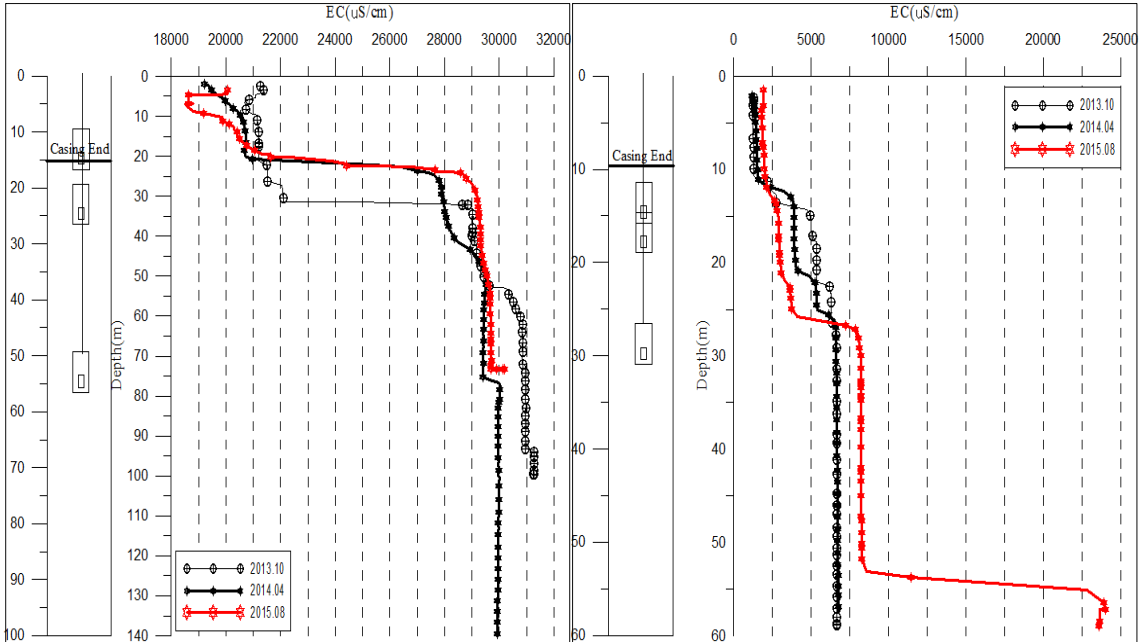


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
내홍1	군산시 내홍동 863-48	177116.988	276653.2015	4.15	2013	110	0.95(TOC)
내홍2	군산시 내홍동 754-4	177851.2933	276814.707	4.216	2013	660	0.60(TOC)

2. 지형 및 지질

군산시 내홍동에 위치하는 본 지구에는 논이 넓게 자리한다. 내륙 쪽에 위치한 내홍2 관측공의 북동쪽 약 1 km 지점에는 안정저수지가 자리한다. 내홍지구에 인접한 금강은 서쪽으로 유하하여 서해로 흘러들며, 조수간만에 의해 염수가 유입되기도 한다. 지질은 선캠브리아기 편암류, 쥐라기 화강암 및 섬록암 등이 분포한다.

3. 지하수 검층



<내 흥1 관측공>

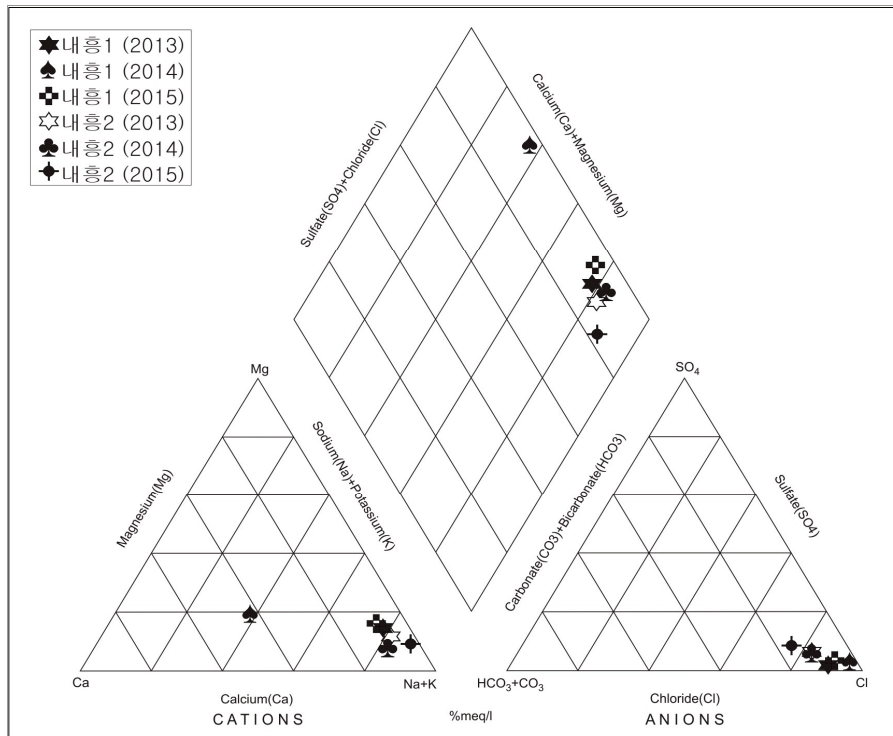
<내 흥2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
내 흥1	(2013. 11)	3,976.06	376.55	68.96	396.84	120.67	7,358.54	1,216.95	1.90
	(2014. 4)	2,280.68	620.38	98.11	2293.26	320.59	8,537.60	503.25	0.00
	(2015. 4)	3512.55	351.00	61.96	399.01	224.82	6034.59	854.00	ND
내 흥2	(2013. 11)	667.37	51.12	22.18	57.38	115.36	1,179.41	265.35	ND
	(2014. 4)	970.27	45.22	12.55	99.54	130.69	1,365.31	308.05	0.00
	(2015. 4)	449.68	17.36	7.76	18.86	77.12	574.41	219.60	8.80



<내홍지구 이온분석결과 Piper digram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	내홍1	내홍2
Cl/HCO ₃ 몰비	2013. 11	10.41	7.65
	2014. 4	29.15	7.62
	2015. 8	12.16	4.50

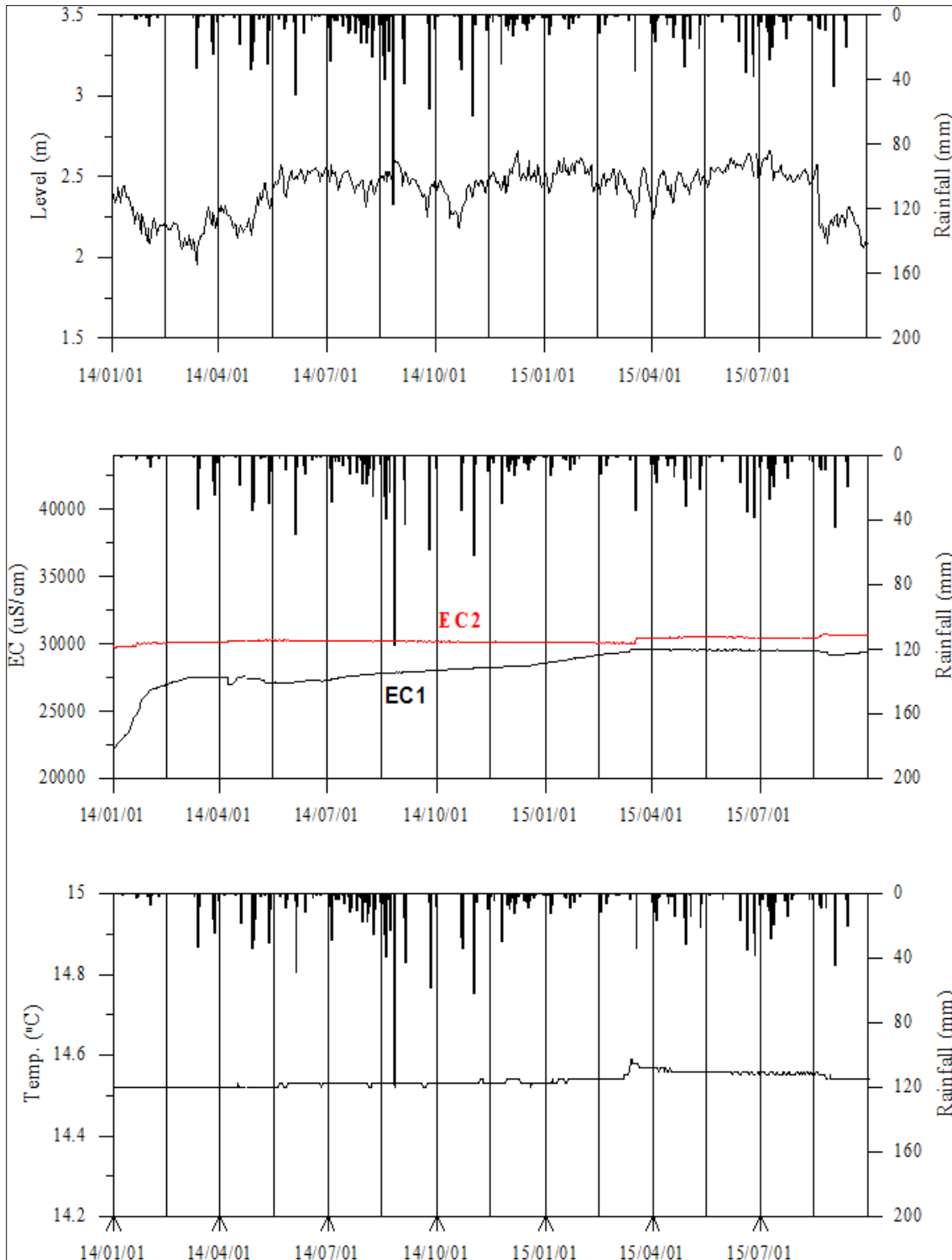
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

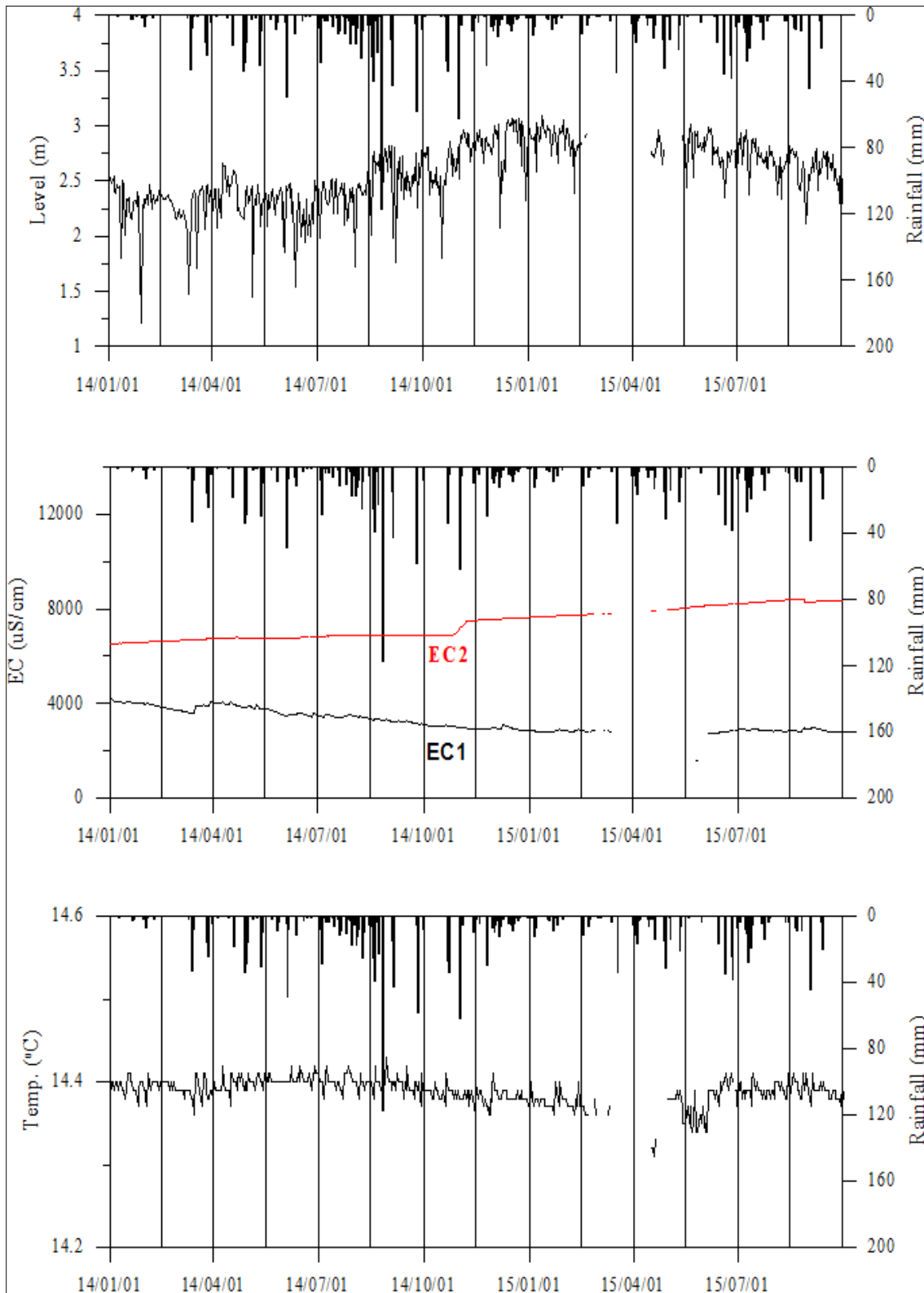
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
내 흥1	2014	2.33	1.96	2.57	26,856	22,221	27,732	30,135	29,728	30,305
	2015	2.46	2.06	2.66	29,372	28,583	29,577	30,391	30,045	30,725
내 흥2	2014	2.30	1.22	2.66	3,770	3,385	4,195	6,718	6,522	6,865
	2015	2.62	-10.51	3.09	2,807	1,493	3,337	8,083	7,640	8,424

6.

장기관측 결과



<내홍1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<내용2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 내홍1, 2 관측공은 군산시 내홍동 금강 하구언에 위치하고, 조수 간만에 따른 염수의 유입이 우려된다. 또한, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과, 19점으로 해수침투 확산 방지 및 감시를 위한 관측공의 설치 및 운영이 요구되어 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 내홍1, 2 관측공은 각각 심도 약 20 ~ 35 m, 10 ~ 27 m 구간에서 전기전도도 값이 증가하는 전이대 구간이 형성되어 있고, 전이대 이후로는 영농에 불가능한 전기전도도(내홍1, 약 30,000 $\mu S/cm$ 내외; 내홍2, 약 8,000 $\mu S/cm$ 내외)를 보이므로, 농업 용수 공급 시 타 수자원 모색이 필요하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 내홍1,2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각기 12.16, 4.50으로 분석되어 해수의 영향을 많이 받고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 내홍1 관측공의 2015년 평균 전기전도도 값은 EC1, EC2 각각 29,372 $\mu S/cm$ 와 30,391 $\mu S/cm$ 로서 해수의 약 66 ~ 68%로 나타났다. 내홍2 관측공의 2015년 평균 전기전도도 값은 EC1, EC2 각각 2,807 $\mu S/cm$ 와 8,083 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 내홍1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 분석 결과, 지하수 수위는 약 0.5 m 내외의 변화를 나타내며, 강수에 의한 증감이 나타나고 있다. EC1, 2 센서는 각각 27,000 ~ 2,900 $\mu S/cm$ 및 약 30,000 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 수온은 14.5 °C 내외이다. 내홍2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위는 약 1.5 m 내외의 변화를 나타내며, 강수에 의한 상승, 하강 및 주변 지하수 이용에 따른 영향이 나타난다. EC1, 2 센서는 각각 약 4,000 $\mu S/cm$ 및 8,000 $\mu S/cm$ 내외로 나타나는데, EC1의 전기전도도는 점차 감소하고, EC2의 전기전도도는 점차 증가하는 경향을 보인다. 두 관측공 모두 관측기간이 짧기 때문에 향후 장기간 모니터링을 통해 더 정확한 추세 분석이 필요하다.
- 6) 관리 방안 : 내홍1, 2 관측공은 현재 해수침투의 영향이 있으므로, 지속적으로 관측하여 해수침투 영향 추세를 점검하여야 한다.

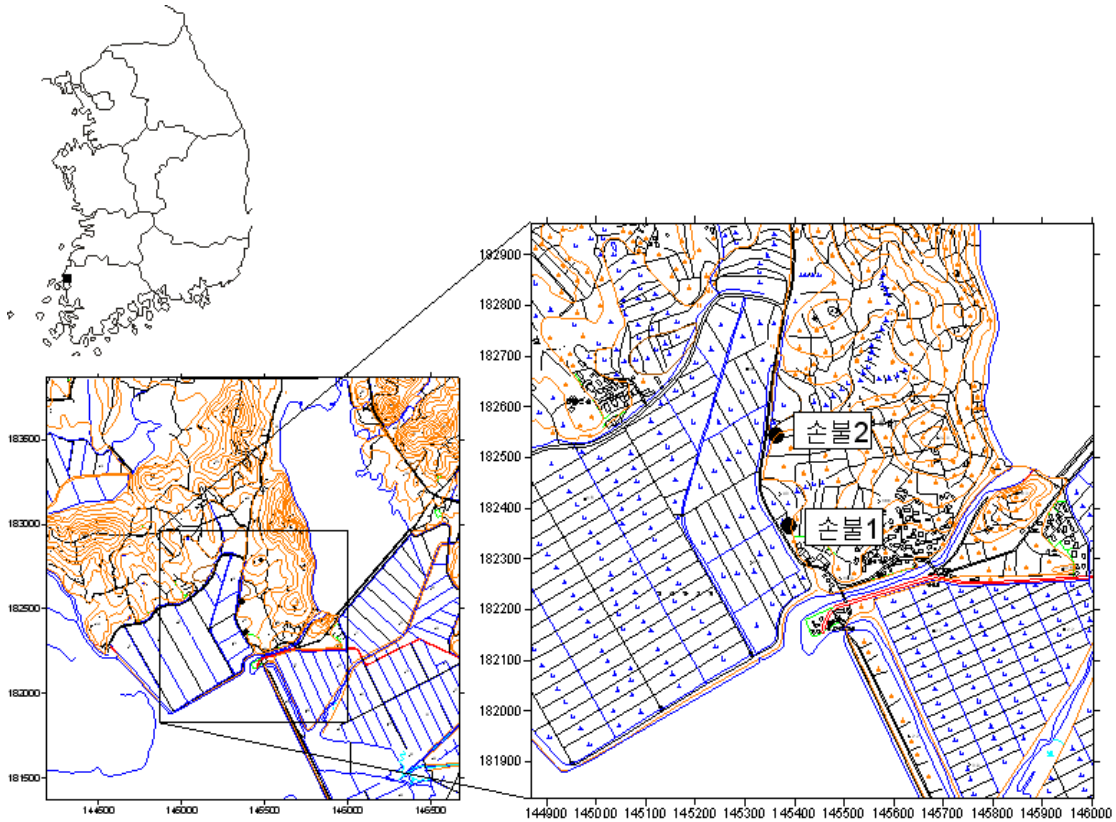
부록 2.5 전라남도 권역

2.5.1	손불지구(함평군)	부록 - 269
2.5.2	효지지구(신안군)	부록 - 276
2.5.3	당촌지구(신안군)	부록 - 284
2.5.4	자동지구(신안군)	부록 - 290
2.5.5	감정지구(신안군)	부록 - 298
2.5.6	나리지구(진도군)	부록 - 306
2.5.7	신기지구(진도군)	부록 - 314
2.5.8	지막지구(진도군)	부록 - 322
2.5.9	오산지구(진도군)	부록 - 330
2.5.10	평호지구(해남군)	부록 - 335
2.5.11	화흥지구(완도군)	부록 - 343
2.5.12	정도지구(완도군)	부록 - 354
2.5.13	고금지구(완도군)	부록 - 360
2.5.14	갈문지구(완도군)	부록 - 368
2.5.15	안양지구(장흥군)	부록 - 374
2.5.16	벌교지구(보성군)	부록 - 381
2.5.17	진월지구(광양시)	부록 - 388
2.5.18	해룡지구(순천시)	부록 - 395
2.5.19	화양지구(여수시)	부록 - 402
2.5.20	소라지구(여수시)	부록 - 409
2.5.21	지산지구(영광군)	부록 - 415
2.5.22	신학지구(무안군)	부록 - 421
2.5.23	마량지구(강진군)	부록 - 427
2.5.24	연산지구(목포시)	부록 - 433
2.5.25	포두지구(고흥군)	부록 - 439
2.5.26	삼호지구(영암군)	부록 - 445
2.5.27	염산지구(영광군)	부록 - 451
2.5.28	남양지구(고흥군)	부록 - 457

부록 2.5 전라남도 권역

2.5.1 손불지구

1. 위치

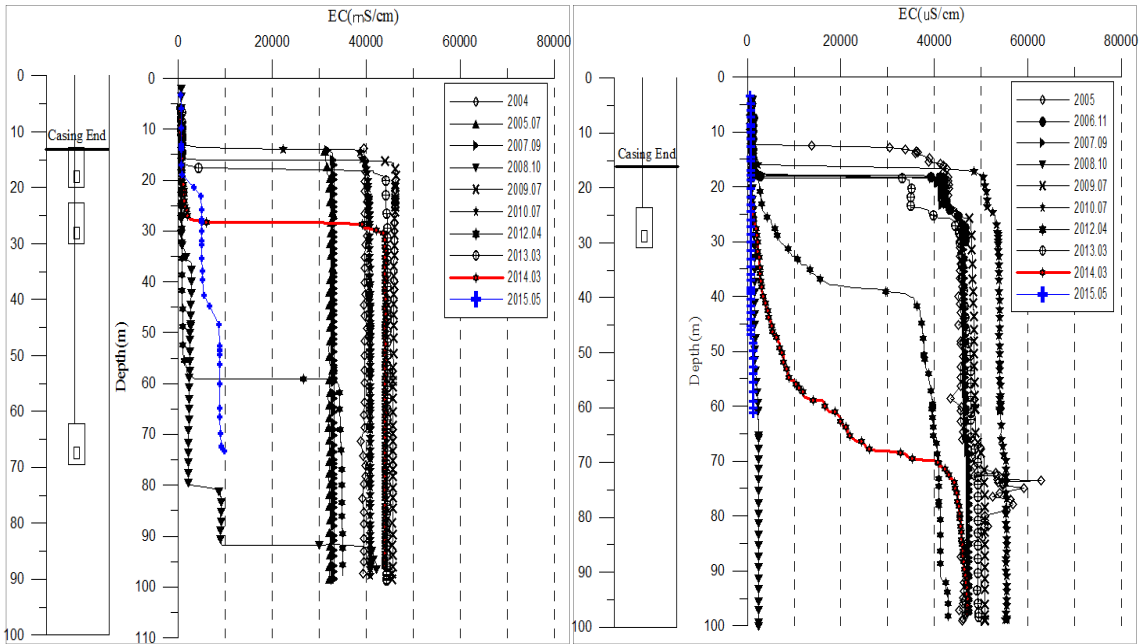


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
손불1	함평군 손불면 월천리 728-1	145388.047	182365.947	1.808	2004	240	-8.722
손불2	함평군 손불면 월천리 740-3	145361.733	181897.146	2.119	2005	420	-0.750

2. 지형 및 지질

이 지역은 함평군 손불면 손불 방조제 북쪽 끝 지점에 위치하며, 해안변의 방조제 축조에 따라 형성된 대규모 농경지가 주변에 위치한다. 지질은 선캠브리아기에 형성되어 변성작용을 받은 변성암류인 소백산 편마암 복합체가 기반암을 이루고 있으며, 쥬라기에 관입한 화강암이 지역의 경계부에 해당된다.

3. 지하수 검층



<손불1 관측공>

<손불2 관측공>

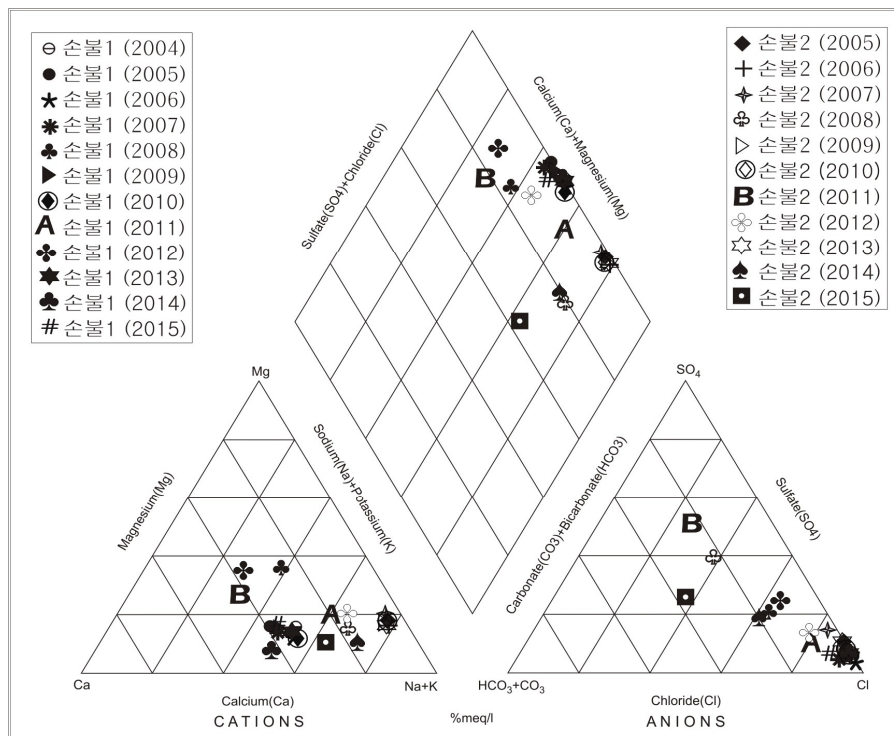
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
손불1	(2004.10)	3240.80	572.17	ND	1733.05	1338.85	14884.98	52.46	84.73
	(2005.10)	1175.38	210.69	12.29	903.02	412.18	3930.70	112.85	16.23
	(2006.11)	5482.34	695.91	19.74	3005.37	1099.39	14337.60	67.10	ND
	(2007.10)	3975.19	582.37	31.44	2725.90	1110.73	11225.79	67.10	ND
	(2008.10)	33.74	16.97	4.70	24.11	34.80	77.94	30.50	0.43
	(2009. 7)	3260.78	518.40	20.73	2302.18	795.24	9567.51	54.90	21.21
	(2010. 7)	4831.87	602.89	35.19	2595.60	1229.27	12586.79	82.35	44.95
	(2011. 7)	157.48	28.52	7.08	48.48	50.51	353.00	70.15	1.14
	(2012. 4)	38.89	26.72	6.10	48.51	49.06	107.98	33.55	ND
	(2013. 3)	4935.88	722.35	28.92	2908.14	1286.88	13086.24	64.05	ND
	(2014. 3)	2509.94	281.30	450.64	2155.74	1010.37	8537.04	73.20	0.00
	(2015. 5)	239.52	49.80	52.66	184.34	65.5	697.9	82.4	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
손불2	(2005.10)	7247.33	916.70	228.61	497.73	1997.03	13838.62	158.60	146.69
	(2006.11)	5426.42	605.77	160.69	349.92	1226.22	8619.11	143.35	ND
	(2007.10)	7018.80	818.48	215.66	457.80	3231.63	13098.01	186.05	ND
	(2008.10)	119.50	11.25	7.33	23.89	146.54	103.67	103.70	0.60
	(2009. 7)	3368.52	379.03	92.28	233.23	844.39	5638.90	137.25	10.86
	(2010. 7)	7455.61	933.23	191.23	499.96	2158.37	14557.95	183.00	51.98
	(2011. 7)	49.03	26.43	6.79	67.15	198.13	78.37	109.80	ND
	(2012. 4)	570.30	104.84	38.21	98.16	242.32	1028.99	192.15	ND
	(2013. 3)	7516.89	808.03	196.41	543.82	2057.22	12980.51	161.65	10.40
	(2014. 3)	240.56	17.95	10.63	52.89	115.55	282.69	152.50	0.93
	(2015. 5)	95.04	10.78	5.75	35.75	73.7	77.1	137.3	-



<손불지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	손불1	손불2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	488.20	-
	2005.10	60.10	150.40
	2006.11	368.41	103.67
	2007.10	287.47	120.97
	2008.10	4.39	1.72
	2009. 7	299.45	70.60
	2010. 7	262.64	136.69
	2011. 7	8.65	1.23
	2012. 4	5.53	9.20
	2013. 3	351.07	137.98
	2014. 3	200.40	3.19
	2015. 6	14.59	0.97

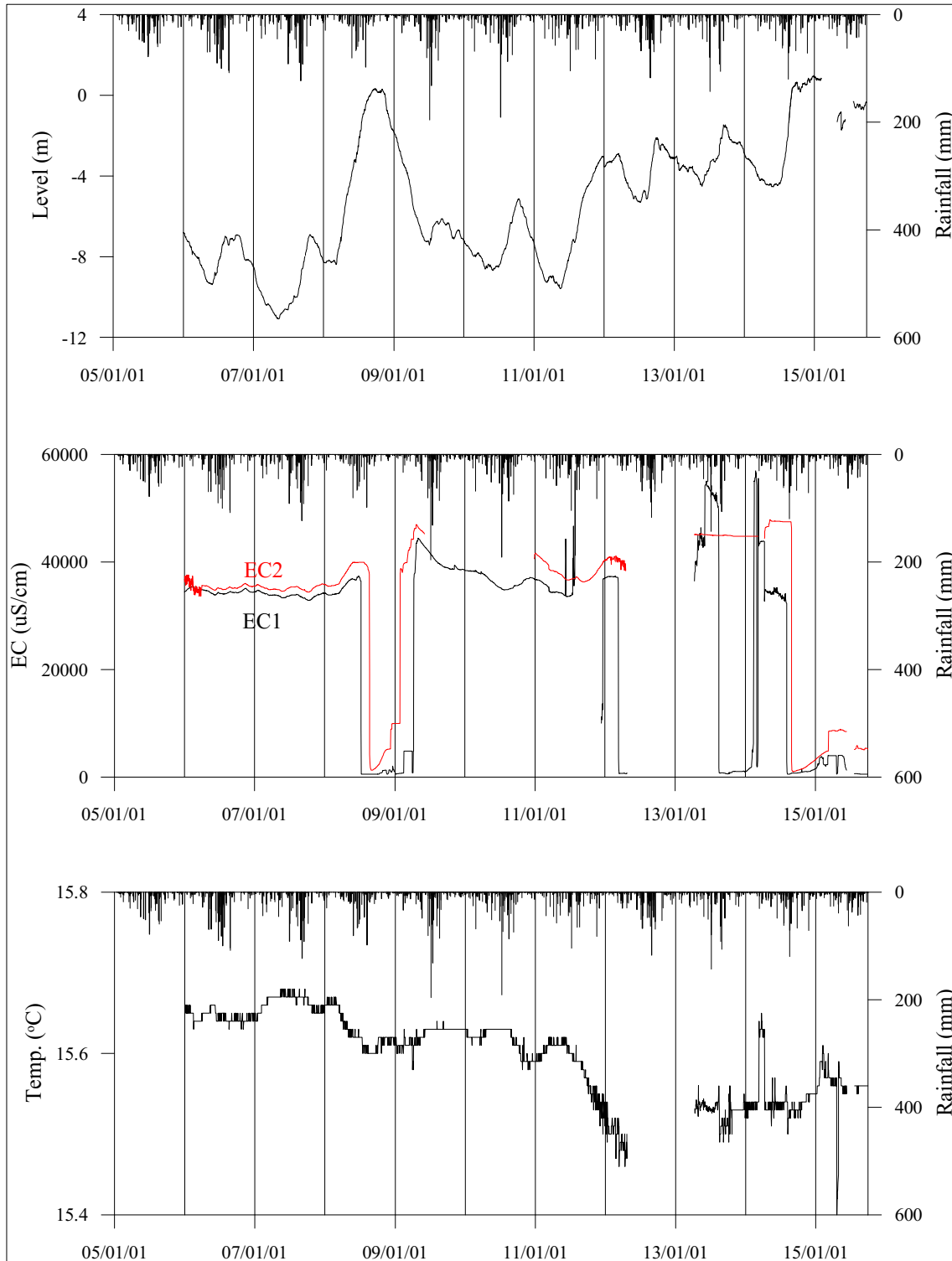
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

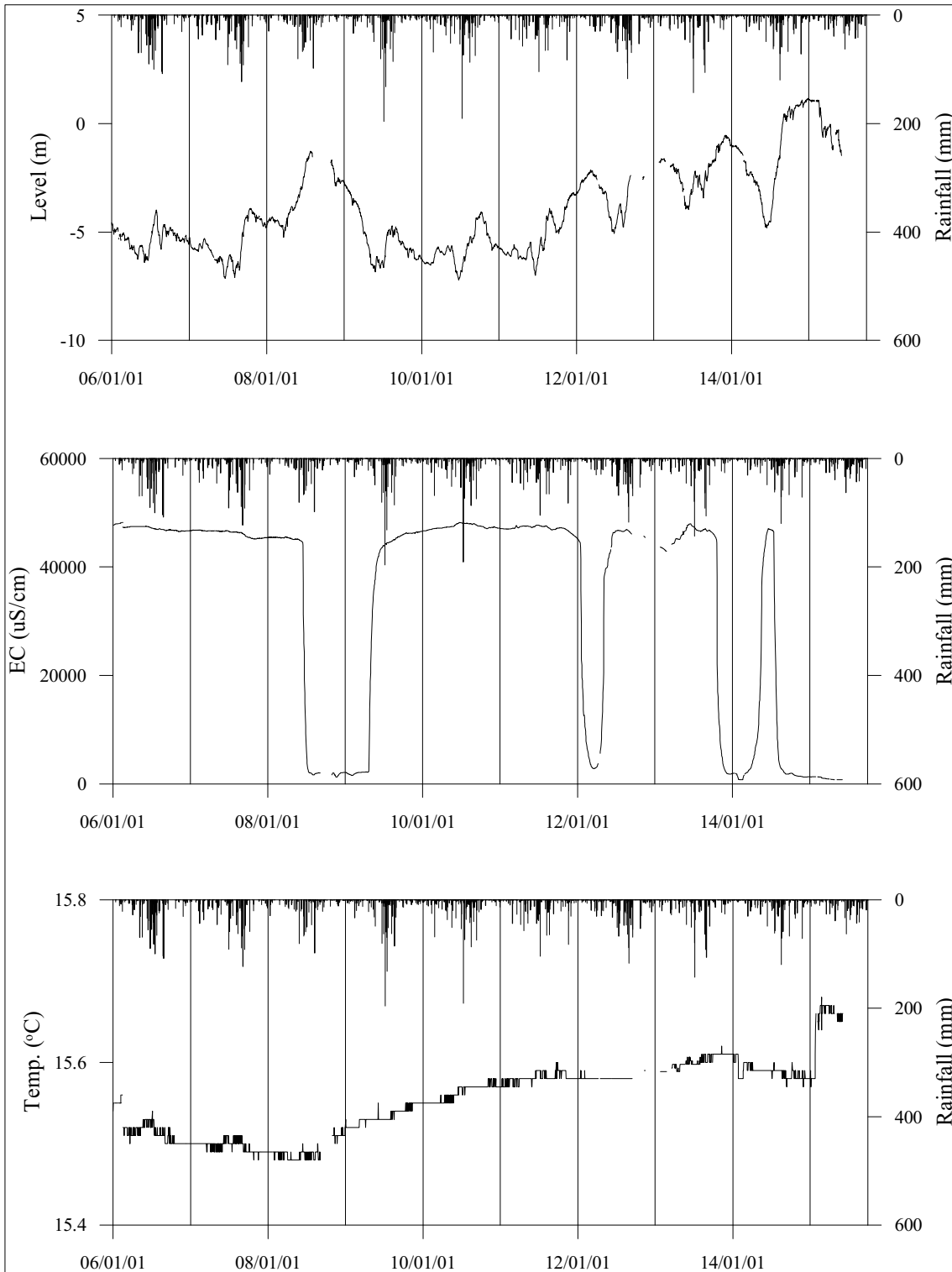
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
손불1	2005	-11.35	-16.30	-9.98	20,983	15,399	32,510	34,872	32,578	40,343
	2006	-7.89	-9.38	-6.79	34,530	33,835	35,500	35,314	33,680	37,599
	2007	-9.76	-11.09	-6.90	33,764	32,864	34,766	35,050	34,434	35,801
	2008	-3.49	-8.40	0.34	22,257	523	37,347	29,626	1,276	39,944
	2009	-5.19	-7.41	-1.82	28,436	581	44,415	37,533	9,991	46,963
	2010	-7.51	-8.68	-5.12	36,554	34,796	38,476	-	-	-
	2011	-7.65	-9.58	-4.09	35,389	33,542	56,934	38,004	36,289	41,651
	2012	-3.73	-5.32	-2.10	23,158	649	37,392	40,171	36,164	41,126
	2013	-3.69	-4.51	-3.01	48,216	36,439	55,081	45,072	44,945	45,276
	2014	-3.96	-4.54	-2.88	29,374	1,006	56,927	46,341	44,408	47,892
	2015	-0.40	-1.72	0.91	2,395	564	4,023	6,344	3,279	8,894
손불2	2006	-5.06	-6.16	-3.73	47,259	46,696	48,191	-	-	-
	2007	-5.77	-7.14	-3.91	46,400	45,160	46,825	-	-	-
	2008	-4.34	-9.36	-1.27	30,526	1,648	45,570	-	-	-
	2009	-5.06	-6.85	-2.71	27,156	1,555	46,283	-	-	-
	2010	-5.81	-7.22	-4.07	47,462	46,598	48,175	-	-	-
	2011	-5.59	-7.00	-3.91	47,284	46,807	47,738	-	-	-
	2012	-3.31	-5.06	-2.14	30,603	2,797	46,885	-	-	-
	2013	-2.55	-3.96	-1.61	45,738	42,870	47,981	-	-	-
	2014	-2.66	-4.82	-0.99	17,240	774	47,052	-	-	-
2015	0.04	-1.48	1.12	1,014	750	1,285	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<순불1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



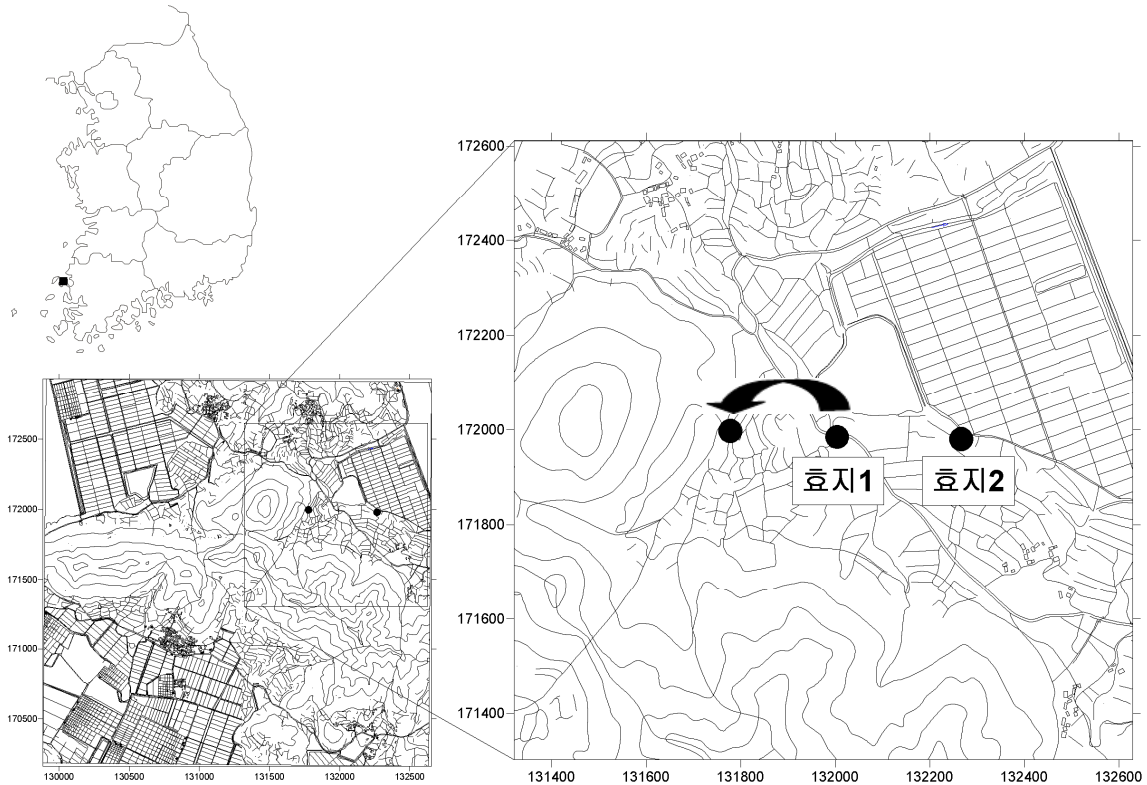
<손불2 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 손불1, 2 관측공은 2004년과 2005년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 손불1, 2 관측공은 대수층이 해수에 의해 포화되어 약 30,000 ~ 60,000 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 손불1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, 손불2 관측공은 (Na+K, Ca)-SO₄유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 14.59, 0.97로 2014년의 200.40과 3.19에 비해 급격하게 감소함에 따라 해수의 영향이 상대적으로 작아지는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 손불1 관측공은 2005년부터 2014년까지 연평균 전기전도도가 EC1 20,983 ~ 48,216 $\mu S/cm$, EC2 29,626 ~ 46,341 $\mu S/cm$ 로 나타났다. 손불2 관측공은 2006년부터 2014년까지 17,240 ~ 47,462 $\mu S/cm$ 범위로 나타나, 손불1, 2 관측공 주변 지하수는 모두 농경에 부적합한 것으로 나타났다. 그러나, 2015년 1월 ~ 9월까지 관측결과에 따르면 EC1과 EC2가 각각 2,395 $\mu S/cm$, 6,344 $\mu S/cm$, 손불2는 1,014 $\mu S/cm$ 로 나타났는데, 이는 두 관측공의 수위가 2014년에 비해 각각 2.56 m와 2.62 m가 상승함에 따른 영향으로 판단된다.
- 5) 장기관측결과 : 손불1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위 변동폭은 약 10 m 이내이며, 관개기에 감소하고 우기 이후에 수위가 증가한다. 그리고, 관측공 개발 이후 전반적으로 지하수 수위는 증가 추세이다. 손불2 관측공도 관개기와 우기에 의한 영향으로 연간 약 5 m 이내의 수위변동을 나타낸다. 손불2 관측공도 관측공 개발 이후 지하수 수위는 증가추세이다. 손불1, 2 관측공의 전기전도도는 관측공 내 전이대 구간의 상승과 하강에 따라 크게 변동한다.
- 6) 관리 방안 : 손불지구는 현재까지 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 있었지만, 2015년 이후 지하수위 회복에 따라 해수침투의 영향이 감소되는 것으로 나타남에 따라, 향후 장기 관측자료의 지속적인 모니터링으로 해수침투 영향을 관찰하여야 한다.

2.5.2 효지지구

1. 위치



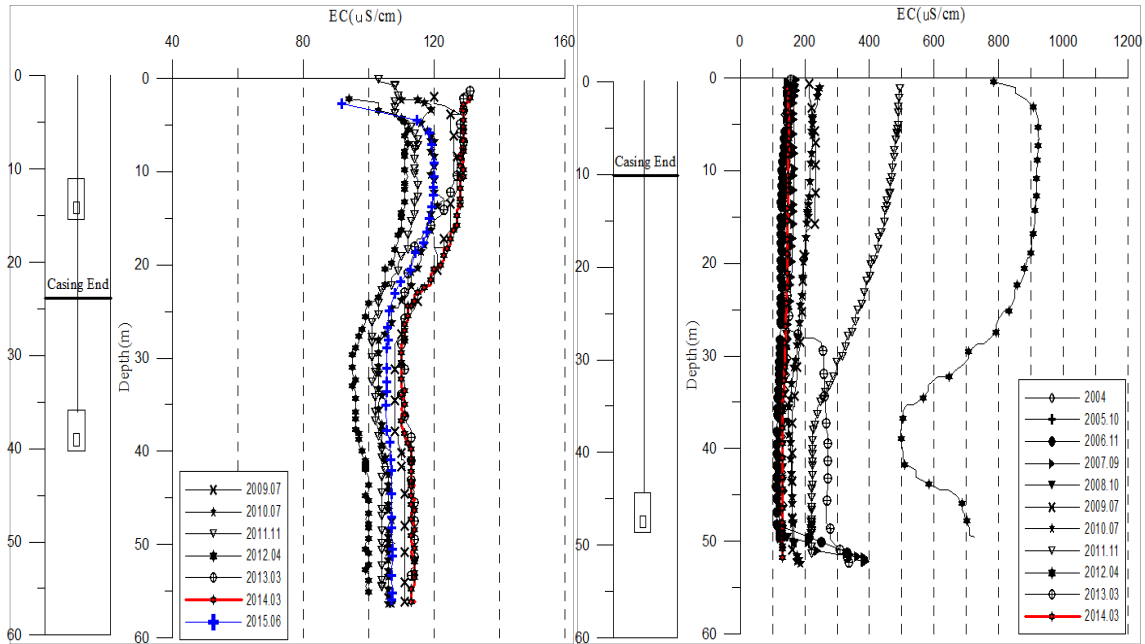
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
효지1	신안군 지도읍 자동리 1383	131753.088	171972.083	9.886	2009	850	1.68(TOC)
효지2	신안군 지도읍 자동리 2053	132267.327	171980.172	-0.237	1999	670	-0.697

* 효지2 관측공은 이용시설 설치로 인하여, 2015년 말 당촌1 관측공으로 이동 설치함

2. 지형 및 지질

이 지구는 무안군과 신안군 지도읍 경계부에 해당되며, 산지지역의 말단부에 위치한다. 지질은 중생대 쥐라기의 편상화강암이 기반암으로 넓게 분포하며, 지역적으로 규장암과 섬록암이 관입한 형태로 나타난다.

3. 지하수 검층



<효지1 관측공>

<효지2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

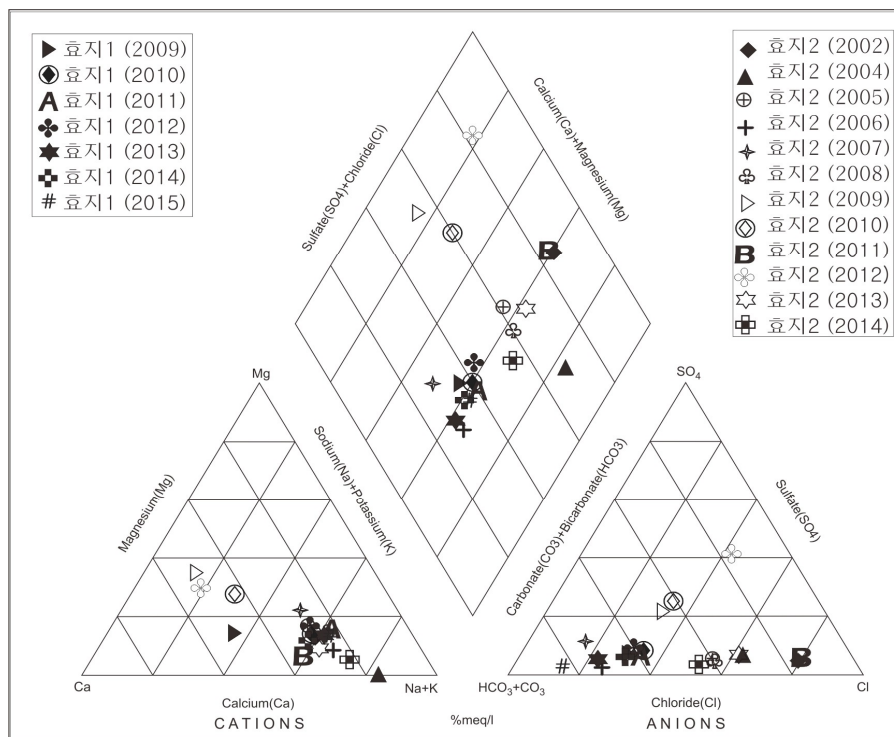
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
*효지1	(2002. 7)	18.62	8.88	1.17	11.62	0.96	17.73	29.28	4.00
	(2005.10)	10.85	8.36	3.29	33.87	12.09	20.92	57.95	0.30
	(2006.11)	14.68	5.13	3.67	33.94	12.03	23.08	57.95	ND
	(2007.10)	9.93	2.92	3.43	5.84	7.88	8.29	27.45	ND
	(2009. 7)	10.97	1.47	1.41	5.08	2.86	10.16	36.60	0.05
	(2010. 7)	11.68	1.44	1.22	5.13	3.35	10.84	33.55	ND
	(2011. 7)	13.37	1.54	1.44	4.82	3.11	11.47	36.60	0.08
	(2012. 4)	11.00	1.55	1.30	5.12	3.33	10.46	33.55	ND
	(2013. 3)	12.16	1.45	1.67	4.74	2.94	9.60	48.80	0.04
	(2014. 3)	12.67	1.27	1.49	5.19	3.18	10.21	39.65	0.01
	(2015. 6)	56.69	2.46	1.38	27.63	10.00	99.20	42.70	-

*효지1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
효지2	(2002. 7)	33.80	3.41	0.98	15.03	2.40	58.49	21.35	7.99
	(2004.10)	10.87	ND	ND	2.03	4.11	30.21	26.84	0.48
	(2005.10)	12.36	2.07	1.57	6.73	3.60	19.10	24.40	0.24
	(2006.11)	18.94	1.52	0.84	6.32	3.40	26.88	122.00	ND
	(2007.10)	10.06	4.76	21.50	10.59	8.77	10.28	70.15	0.42
	(2008.10)	14.16	1.47	0.71	5.13	2.38	19.97	24.40	0.19
	(2009. 7)	5.75	7.06	7.13	17.94	15.32	15.75	42.70	0.05
	(2010. 7)	9.68	7.00	7.80	20.03	17.03	15.52	33.55	ND
	(2011. 7)	57.79	3.40	2.33	30.99	11.74	119.49	42.70	ND
	(2012. 4)	20.58	31.22	27.30	94.11	86.44	66.55	48.80	ND
	(2013. 3)	24.01	1.72	1.16	10.25	5.12	36.90	33.55	ND
	(2014. 3)	17.98	1.14	0.88	5.30	2.07	20.98	33.55	0.08

* 효지2 : 2015년 이동 설치로 분석에서 제외



<효지지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	*효지1	효지2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	1.04	4.71
	2004.10	-	1.94
	2005.10	0.62	1.35
	2006.11	0.69	0.38
	2007.10	0.52	0.25
	2008.10	-	1.41
	2009. 7	0.48	0.63
	2010. 7	0.55	0.79
	2011. 7	0.54	4.81
	2012. 4	0.54	2.34
	2013. 3	0.34	1.89
	2014. 3	0.44	1.07
	2015. 6	0.18	-

* 효지1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함

* 효지2 : 2015년 이동 설치로 분석에서 제외

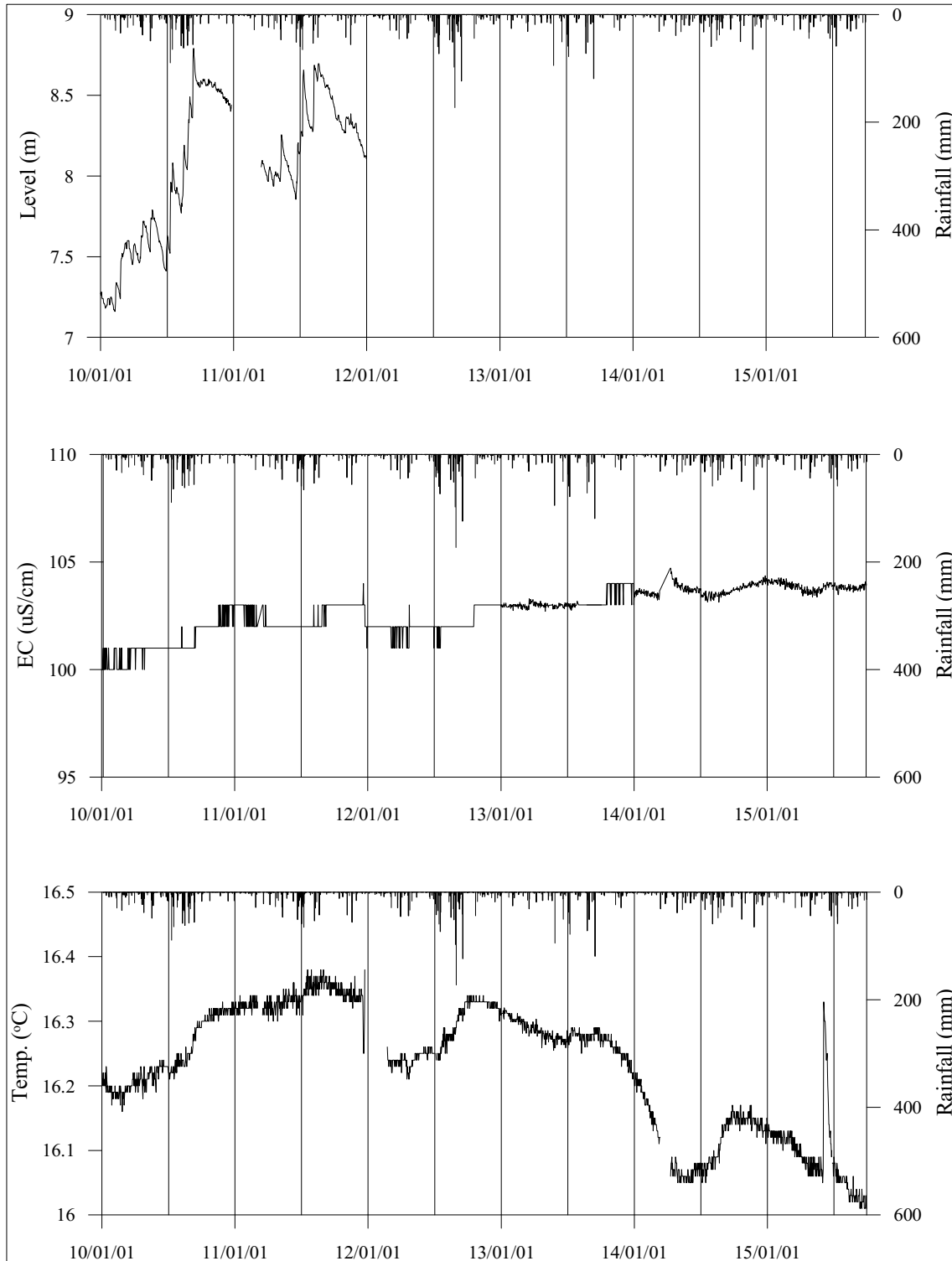
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

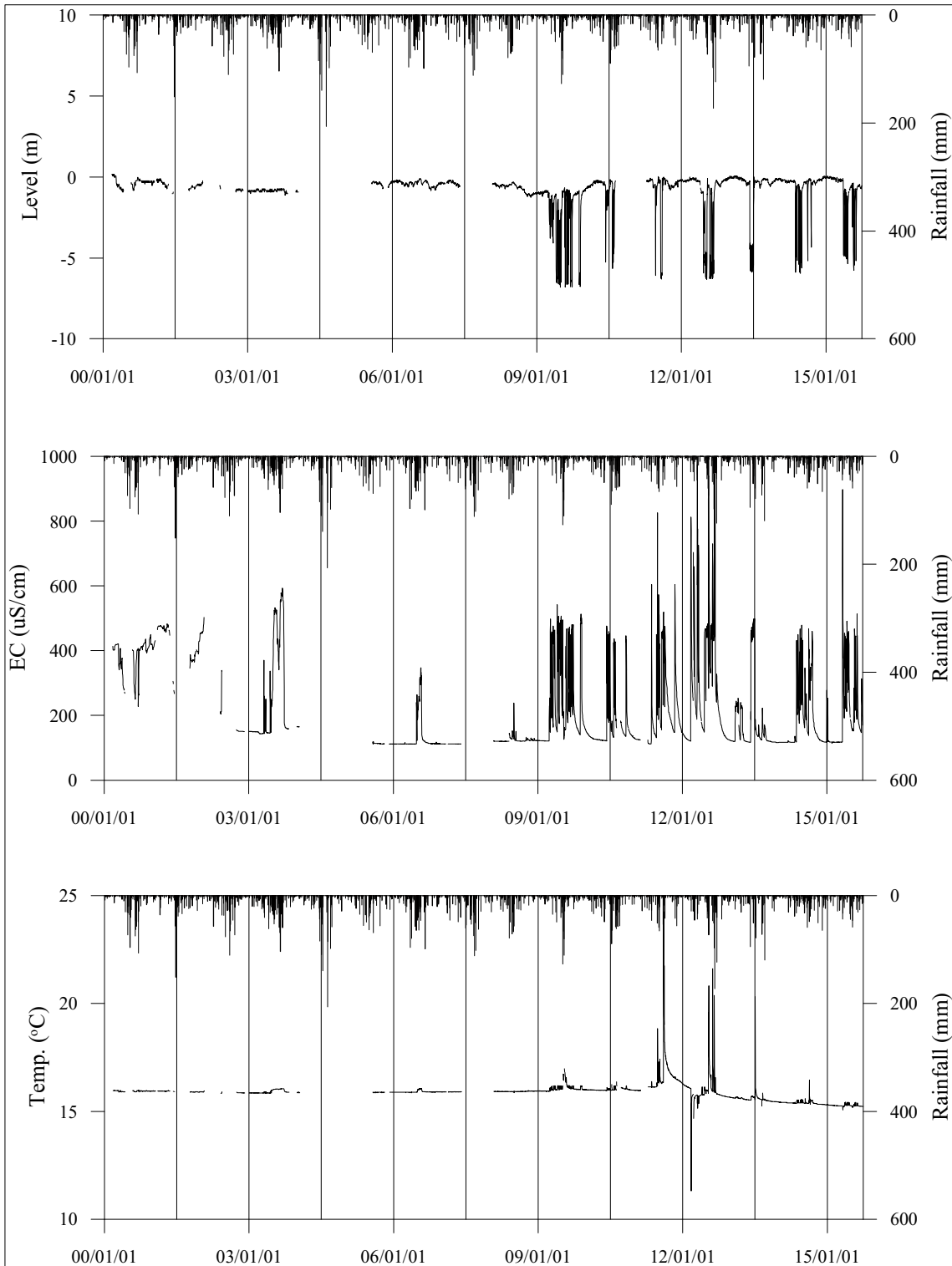
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
효지1	2000	-0.04	-2.93	0.62	544	205	916	-	-	-
	2001	2.93	-0.38	4.42	324	195	508	-	-	-
	2002	0.40	-9.68	1.52	231	189	271	-	-	-
	2003	-2.14	-3.60	-1.08	119	16	190	-	-	-
	2004	-2.96	-3.34	-2.00	210	193	269	-	-	-
	2005	-2.98	-3.51	-2.70	197	193	198	-	-	-
	2006	-2.98	-3.24	-2.70	205	199	227	-	-	-
	2010	7.78	7.16	8.79	101	100	102	-	-	-
	2011	8.26	7.86	8.70	102	102	103	-	-	-
	2012	6.36	6.35	6.36	102	101	103	-	-	-
	2013	6.34	6.33	6.36	103	103	103	-	-	-
	2014	-	-	-	104	103	105	-	-	-
	2015	-	-	-	104	103	104	-	-	-
효지2	2000	-0.35	-0.94	0.16	384	231	449	-	-	-
	2001	-0.48	-1.04	-0.14	425	267	483	-	-	-
	2002	-0.69	-0.94	-0.24	284	150	502	-	-	-
	2003	-0.85	-1.14	-0.74	255	143	593	-	-	-
	2004	-0.92	-0.94	-0.84	165	164	166	-	-	-
	2005	-0.70	-1.03	-0.25	137	111	151	-	-	-
	2006	-0.37	-0.85	-0.11	132	111	347	-	-	-
	2007	-0.37	-0.65	-0.20	112	111	112	-	-	-
	2008	-0.60	-1.22	-0.31	123	119	238	-	-	-
	2009	-1.80	-6.82	-0.68	235	121	542	-	-	-
	2010	-0.69	-5.66	-0.16	165	121	476	-	-	-
	2011	-0.74	-6.30	0.02	220	112	825	-	-	-
	2012	-1.13	-6.34	-0.01	295	120	975	-	-	-
	2013	-0.84	-5.88	0.07	197	116	499	-	-	-
	2014	-0.64	-5.95	-0.07	174	116	479	-	-	-
2015	-0.78	-5.77	0.07	204	113	898	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<효지1 관측공의 장기관측자료 (이설 후, 2010.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<효지2 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

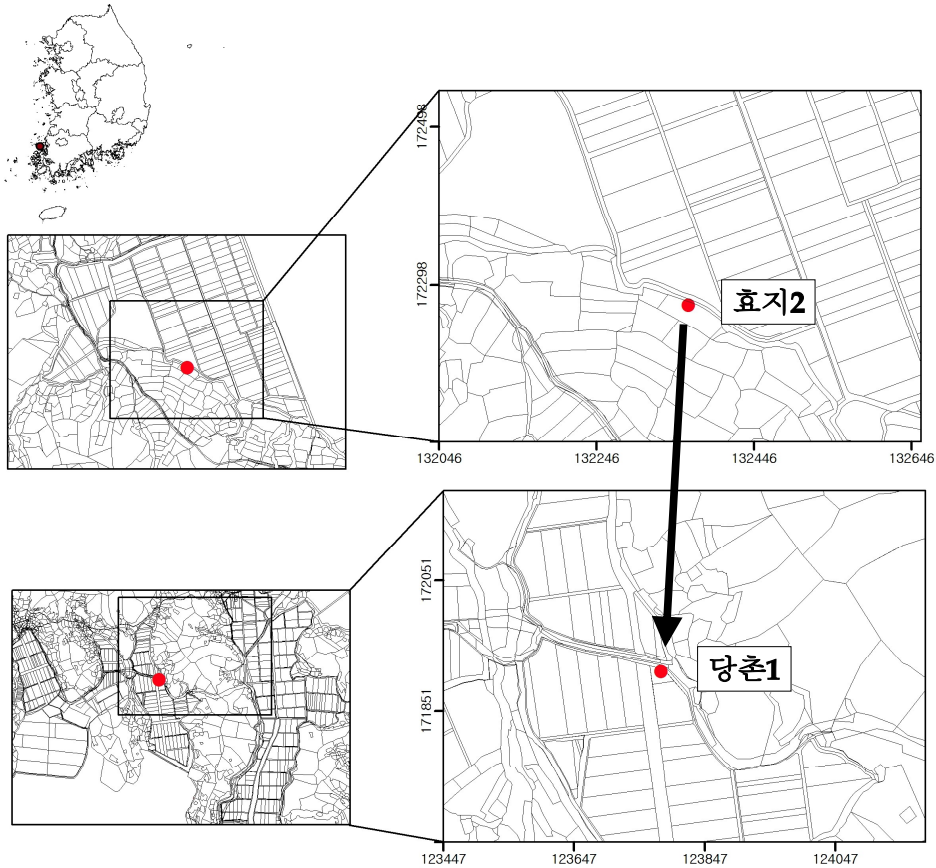
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 효지1, 2 관측공은 1998년과 1999년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 효지1 관측공은 지하수이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년 이설하여 관측시스템을 설치하였다. 또한, 효지2 관측공은 이용시설 설치로 인하여 2015년 말 당촌1 관측공으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 효지1 관측공은 케이싱을 기준으로 상부는 약 120 $\mu S/cm$ 내외이며, 그 하부는 약 100 $\mu S/cm$ 내외이다. 효지2 관측공은 1999년 설치 당시에 비해 2010년까지는 전기전도도의 변화는 크지 않았지만(약 200 $\mu S/cm$ 내외), 2011 ~ 2012년에 약 900 $\mu S/cm$ 까지 상승하였다. 그러나, 2013년 이후 다시 200 $\mu S/cm$ 내외의 범위를 유지한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 현재 효지1 관측공은 Na-HCO₃ 유형이며, 효지2 관측공은 Na-Cl 유형이다. 효지1 관측공의 Cl/HCO₃ 몰비는 0.18로 해수의 영향은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 효지1 관측공은 2014년 평균 전기전도도 값이 2009년 관정이설 후 감소추세이며 100 $\mu S/cm$ 내외를 꾸준히 유지하며, 효지2 관측공은 2000년부터 2015년까지 112 ~ 425 $\mu S/cm$ 의 범위를 나타낸다.
- 5) 장기관측결과 : 효지1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위는 약 2 m의 변동이 나타난다. 효지2 관측공은 지하수를 양수하여 사용함에 따라 지하수 수위는 7 m 수위변동을 보였고, 지하수 수위가 강하하면 전기전도도는 증가하는 패턴으로 약 800 $\mu S/cm$ 의 변화가 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 효지1, 2 관측공은 해수침투의 영향은 없으나 지하수이용에 따른 전기전도도의 증가 등 해수침투 발달 여부를 관측하여야 한다. 그러나, 효지2 관측공에는 이용시설을 설치하여 자연적인 지하수 수위 관측이 불가함에 따라 당촌1 관측공으로 2015년 말 이동 설치하였다.

2.5.3 당촌지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
당촌1	신안군 지도읍 당촌리 1899-1	123698.6416	171609.2067	3.006	2015	600	1.606

* 당촌1 관측공은 이용시설 설치로 인하여 효지2 관측공을 2015년 말 이동 설치함

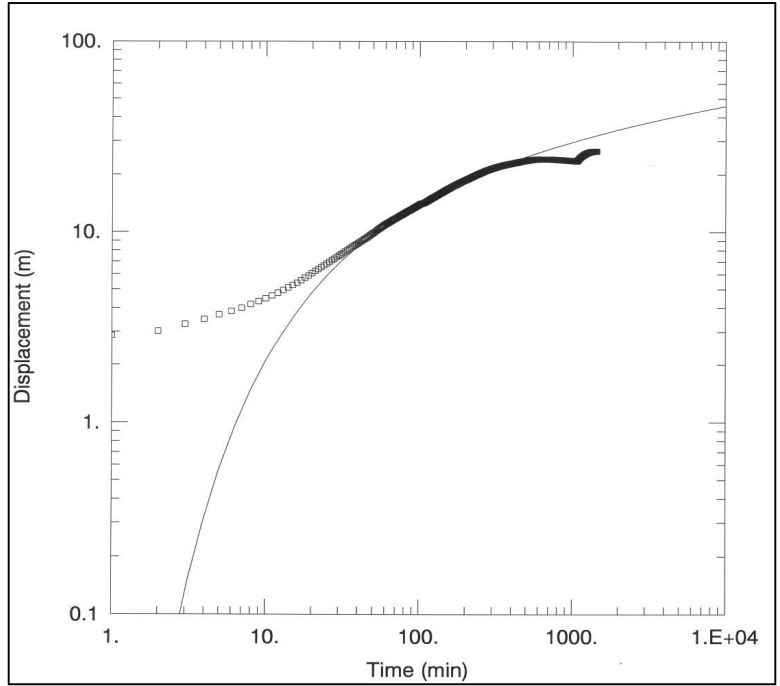
2. 지형 및 지질

이 지구는 신안군 지도읍 당촌리에 위치하고, 도서지역으로 인해 4면이 바다로 둘러싸여 있으며, 북쪽에는 당촌저수지가 위치하고 주변에는 무명산(△150m)을 따라 형성된 농경지가 분포하고 있다. 해당 지역은 제4기 충적층이 넓게 분포하면서 농경지를 형성하고 있고, 중생대 백악기 산성화강암류가 주로 분포하고 있다.

3. 대수층 수리지질현황

이동 설치된 당촌1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



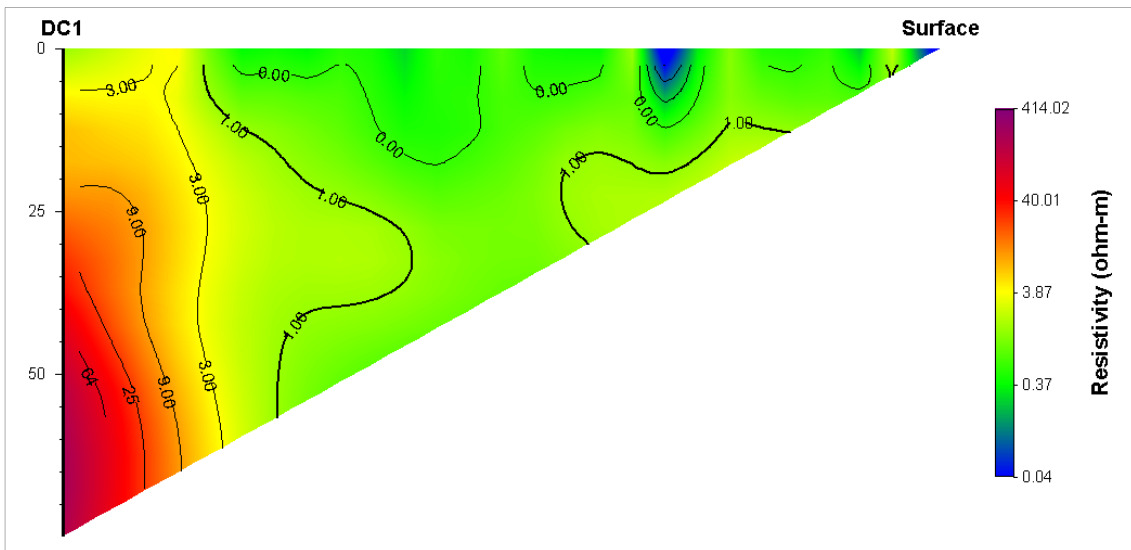
<당촌1 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
당촌1	10.0	0.0523	5.71×10 ⁻⁷	106.0

◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

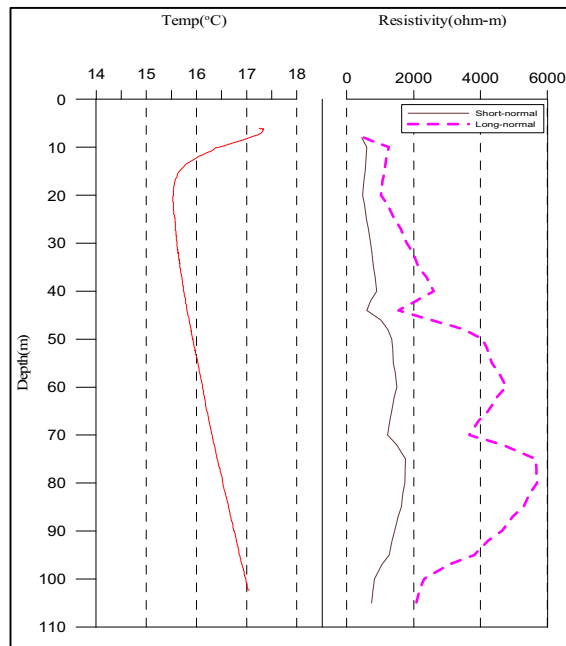
당촌1 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 6 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



<당촌1 관측공 토모그래피>

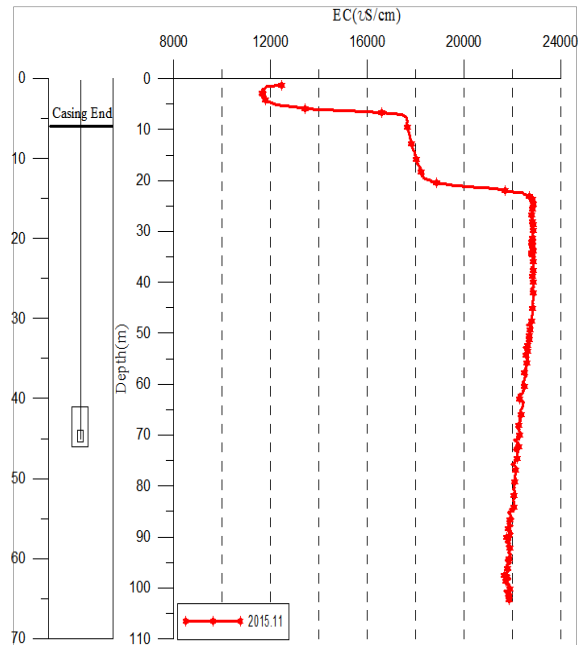
2) 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<당촌1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



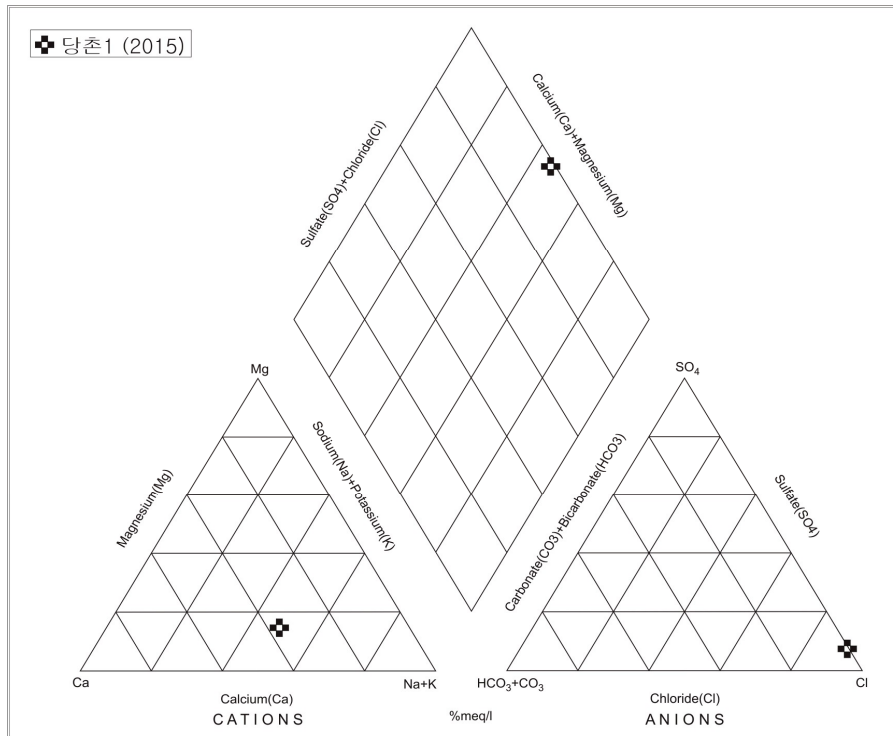
<당촌1 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
당촌1 (2015. 12)	2,761.55	456.25	14.58	1,794.52	709.0	7,063.6	158.6	ND



<당촌지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	
	년. 월	당촌1
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.12	76.65

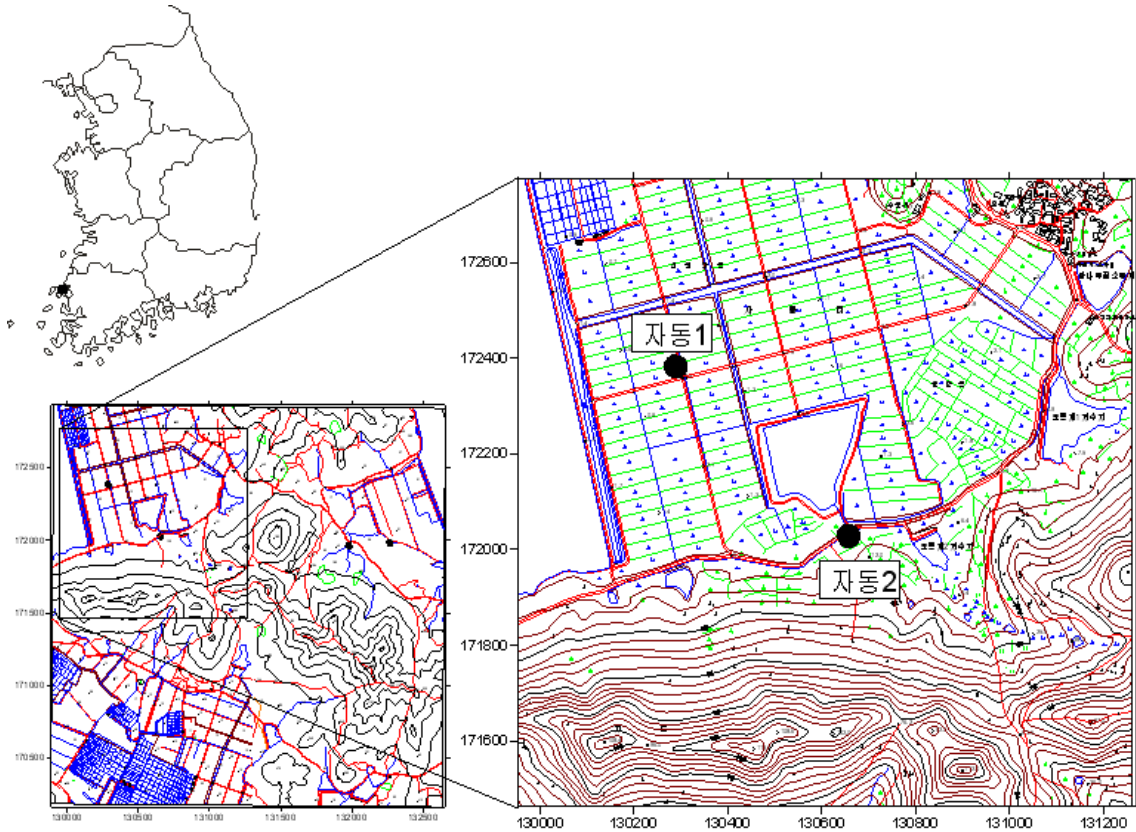
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신안군 지도읍에 위치한 당촌지구는 서해에 둘러싸인 섬 지역이고, 낮은 구릉지 사이로 농경지가 발달되어 있으며, 효지2 관측공에 이용시설이 설치되어 자료의 신뢰도가 떨어져 당촌1 관측공으로 이동 설치하였다. 당촌1 관측공은 바다와 약 0.6 ~ 2.2 km 이내 거리로 섬 중앙에 위치하고 있으며, 바다와 직접적으로 접해 있어 조수간만에 의해 지하수위의 급격한 변화와 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투의 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 당촌1 관측공의 양수량은 10.0 m³/d이다. 수리전도도는 5.71×10^{-7} cm/sec이며, 대수층 두께는 106.0 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 당촌1 관측공에서는 심도 약 30 ~ 75m 심도에서 상대적으로 비저항이 높은 구간이 관측된다. 물리검층 결과, 당촌1 관측공의 수온은 케이싱 심도(6 m) 이하부터 공저까지 15.53 °C에서 17.05 °C까지 증가하였다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 44 m 심도까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 작다. 이는 해당구간 지반에 파쇄대가 발달되어 있음을 지시한다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 당촌1 관측공은 심도 약 10 ~ 23 m 구간에 전이대가 형성되어 있으며, 전 구간에서 약 11,640 ~ 22,900 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도 값을 나타내 해수침투의 영향을 지시하고 있다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 당촌1 관측공은 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 76.65로 분석되어 매우 심한 정도의 해수 영향을 받고 있다.
- 6) 관리 방안 : 당촌1 관측공 주변 지반은 현재 매우 심한 정도의 해수 영향을 받고 있다. 따라서, 지하수 사용을 자제하며 장기적인 모니터링이 필요하고, 주변에서는 농어업용수로 지하수가 아닌 타 수자원을 고려하여야 한다.

2.5.4 자동지구

1. 위치

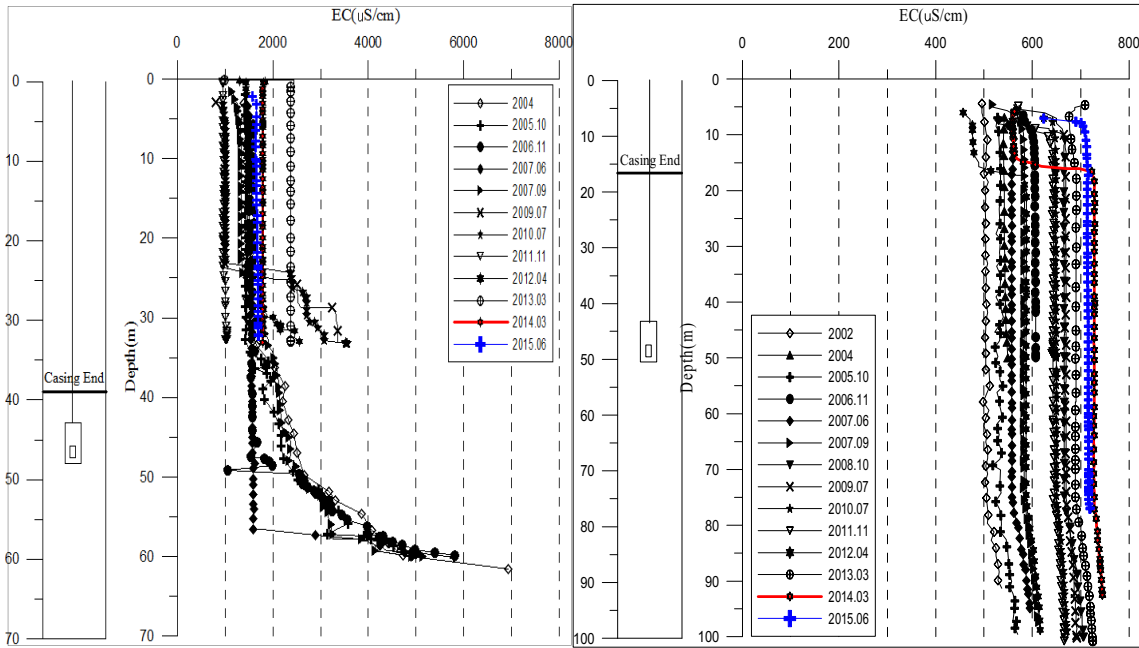


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
자동1	신안군 지도읍 자동리 1710-6	130290.292	172382.936	-1.119	2001	220	-1.629
자동2	신안군 지도읍 자동리 341-9	130658.381	172028.618	4.233	2002	260	-0.897

2. 지형 및 지질

이 지역은 신안군 지도읍 서측부에 해당되며 산지지역의 말단부에 위치한다. 지질은 중생대 쥐라기의 판상화강암이 기반암으로 넓게 분포하며, 지역적으로 규장암과 섬록암이 관입한 형태로 나타난다.

3. 지하수 검층



<자동1 관측공>

<자동2 관측공>

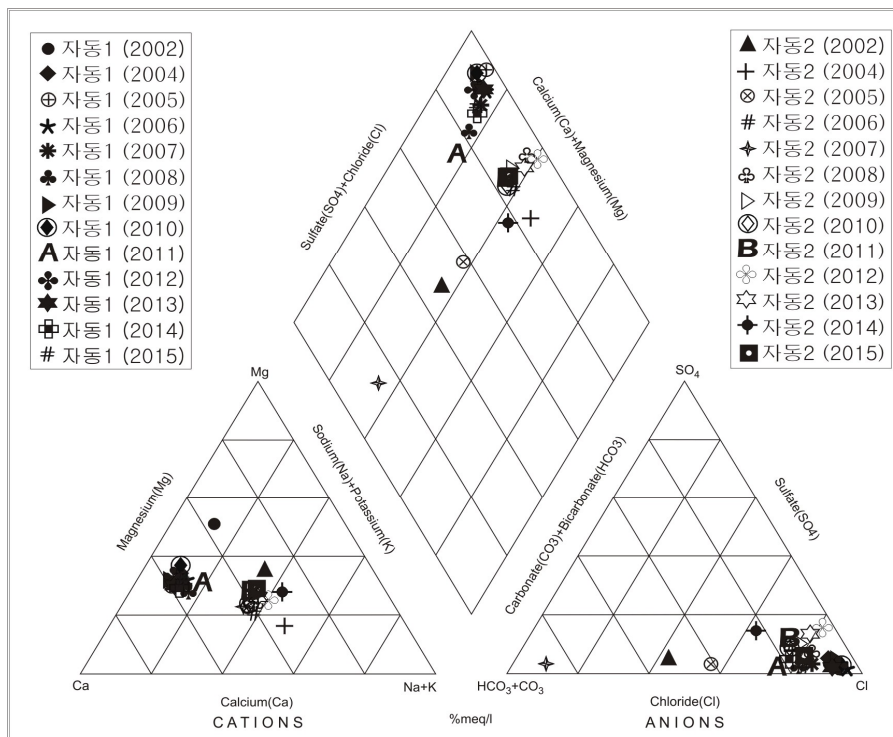
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
자동1	(2002. 7)	52.19	125.73	6.27	150.70	10.57	484.25	61.00	39.15
	(2004.10)	55.88	80.94	3.69	219.79	36.32	782.05	82.96	3.06
	(2005.10)	35.36	54.26	5.84	160.46	10.63	422.11	28.98	3.50
	(2006.11)	41.34	50.00	6.50	148.02	6.76	492.06	54.90	ND
	(2007.10)	42.13	54.53	12.57	158.73	12.10	457.47	100.65	ND
	(2008.10)	37.95	43.15	4.75	128.60	11.99	330.15	112.85	2.27
	(2009. 7)	65.70	116.94	7.34	377.57	44.54	940.99	91.50	3.34
	(2010. 7)	58.52	130.25	6.87	309.96	40.37	977.06	122.00	3.23
	(2011. 7)	41.56	38.60	5.08	108.31	10.86	273.60	152.50	ND
	(2012. 4)	59.68	113.56	7.64	332.34	40.13	827.91	112.85	ND
	(2013. 3)	52.46	85.50	6.74	252.91	33.01	758.18	109.80	3.18
	(2014. 3)	53.11	72.19	7.42	221.95	31.89	503.52	137.25	3.52
	(2015. 6)	46.31	66.28	8.48	174.63	18.30	461.10	100.70	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
자동2	(2002. 7)	33.57	18.73	3.52	23.85	1.92	11.34	24.40	9.59
	(2004.10)	36.62	7.11	ND	21.65	5.37	53.82	18.30	0.54
	(2005.10)	32.50	11.37	3.59	35.55	6.24	45.12	61.92	0.34
	(2006.11)	39.76	12.56	4.39	37.37	8.18	51.40	18.30	ND
	(2007.10)	41.66	15.05	8.74	39.20	4.65	17.92	183.00	0.63
	(2008.10)	40.98	15.60	4.04	40.47	5.38	53.71	9.15	0.38
	(2009. 7)	41.08	16.11	4.22	41.49	8.17	53.67	15.25	ND
	(2010. 7)	39.18	14.79	4.72	40.23	7.60	53.31	21.35	ND
	(2011. 7)	47.75	19.05	4.73	46.77	9.85	58.83	21.35	ND
	(2012. 4)	37.34	13.34	6.19	30.18	12.61	53.22	3.05	ND
	(2013. 3)	44.85	18.12	5.06	41.83	13.21	57.57	12.20	ND
	(2014. 3)	47.36	14.76	6.34	30.73	18.84	60.59	36.60	0.00
	(2015. 6)	46.71	20.78	4.88	44.59	5.90	61.00	18.30	-



<자동지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	자동1	자동2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	13.66	0.80
	2004.10	16.22	5.06
	2005.10	25.12	1.26
	2006.11	15.45	4.84
	2007.10	7.81	0.17
	2008.10	5.03	10.09
	2009. 7	17.67	6.05
	2010. 7	13.76	4.29
	2011. 7	3.08	4.74
	2012. 4	12.61	29.98
	2013. 3	11.87	8.11
	2014. 3	6.30	2.84
	2015. 6	7.88	5.74

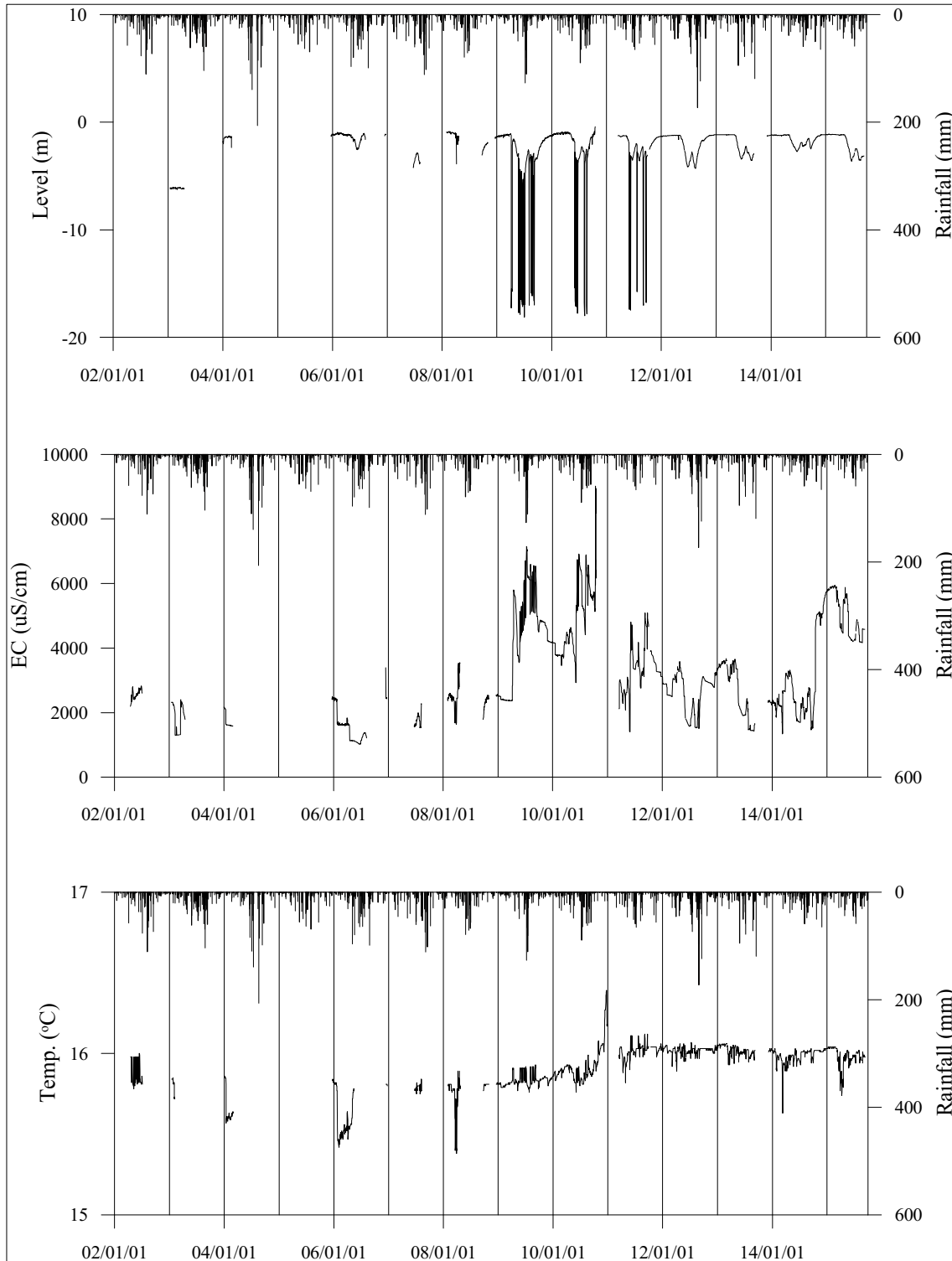
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

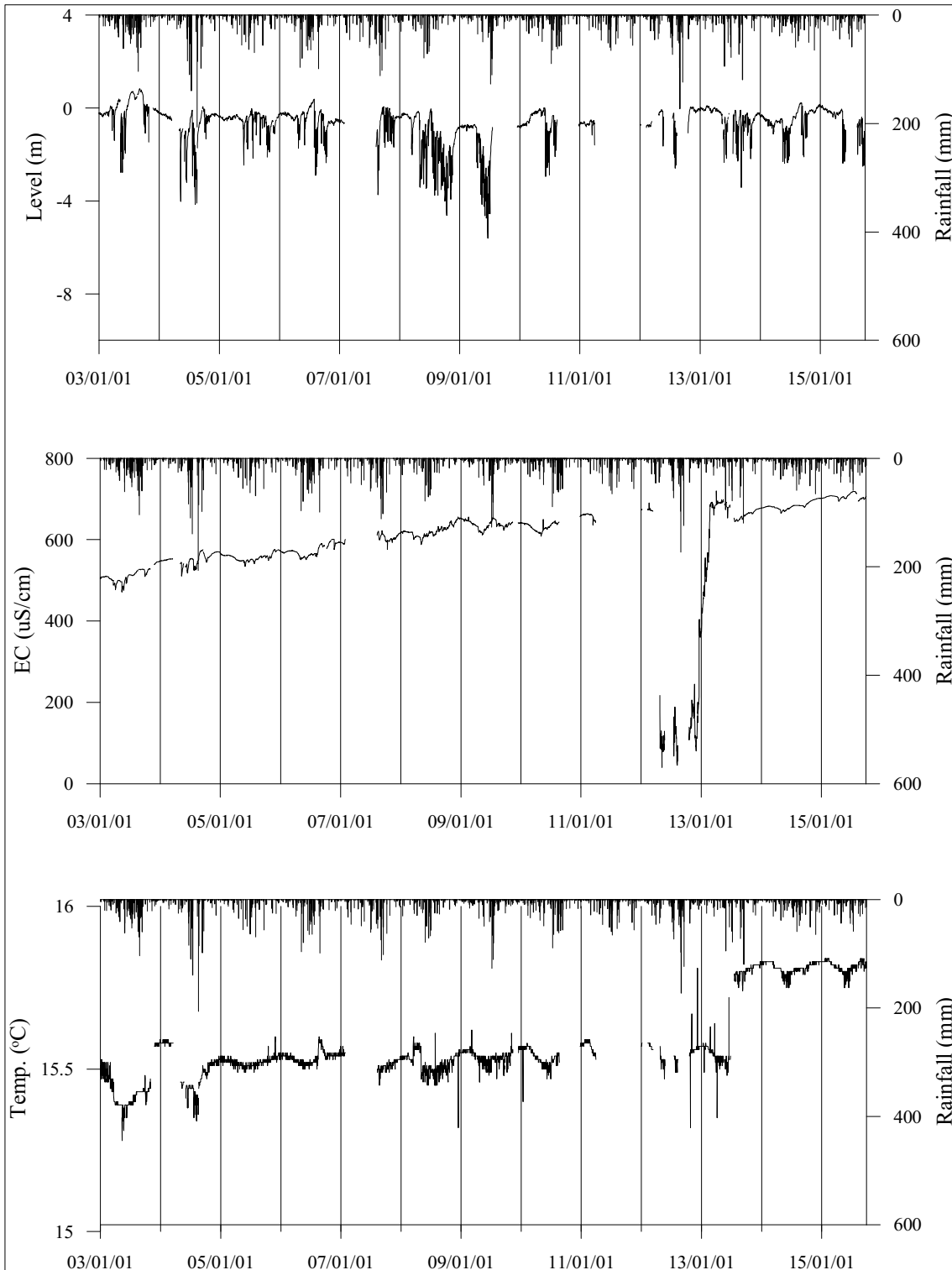
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
자동1	2002	-12.95	-22.62	-7.08	2,560	2,193	2,823	-	-	-
	2003	-6.13	-6.25	-5.98	1,919	1,301	2,406	-	-	-
	2004	-1.44	-2.36	-1.27	1,703	1,576	2,170	-	-	-
	2005	0.36	0.25	0.47	1,606	1,583	1,626	-	-	-
	2006	-1.39	-2.58	-0.94	1,473	1,019	2,480	-	-	-
	2007	-3.41	-4.23	-2.85	1,756	1,529	2,276	-	-	-
	2008	-1.97	-15.48	-0.86	2,436	1,643	3,549	-	-	-
	2009	-4.34	-18.11	-1.08	4,318	2,360	7,150	-	-	-
	2010	-2.59	-18.00	0.88	5,044	2,750	11,860	-	-	-
	2011	-3.02	-17.48	-1.23	3,395	1,413	5,087	-	-	-
	2012	-2.03	-4.29	-1.20	2,598	1,504	3,589	-	-	-
	2013	-1.75	-3.45	-1.17	2,943	1,462	3,675	-	-	-
	2014	-1.60	-2.72	-1.17	2,409	1,340	3,315	-	-	-
	2015	-1.98	-3.62	-1.13	5,044	4,171	5,951	-	-	-
자동2	2003	0.00	-2.77	0.84	509	472	529	-	-	-
	2004	-0.74	-4.15	0.06	552	510	575	-	-	-
	2005	0.46	-1.46	0.97	555	534	576	-	-	-
	2006	-0.47	-2.91	0.38	570	551	597	-	-	-
	2007	-0.71	-3.74	0.06	602	576	622	-	-	-
	2008	-1.29	-4.63	-0.04	617	588	644	-	-	-
	2009	-1.66	-5.61	-0.71	637	612	656	-	-	-
	2010	-0.59	-2.95	0.01	632	608	650	-	-	-
	2011	-0.67	-1.60	-0.51	659	636	664	-	-	-
	2012	-0.50	-2.59	0.05	282	40	690	-	-	-
	2013	-0.56	-55.76	0.10	627	50	720	-	-	-
	2014	-0.71	-2.38	-0.29	678	665	684	-	-	-
2015	-0.48	-2.51	0.12	706	694	719	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<자동1 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<자동2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

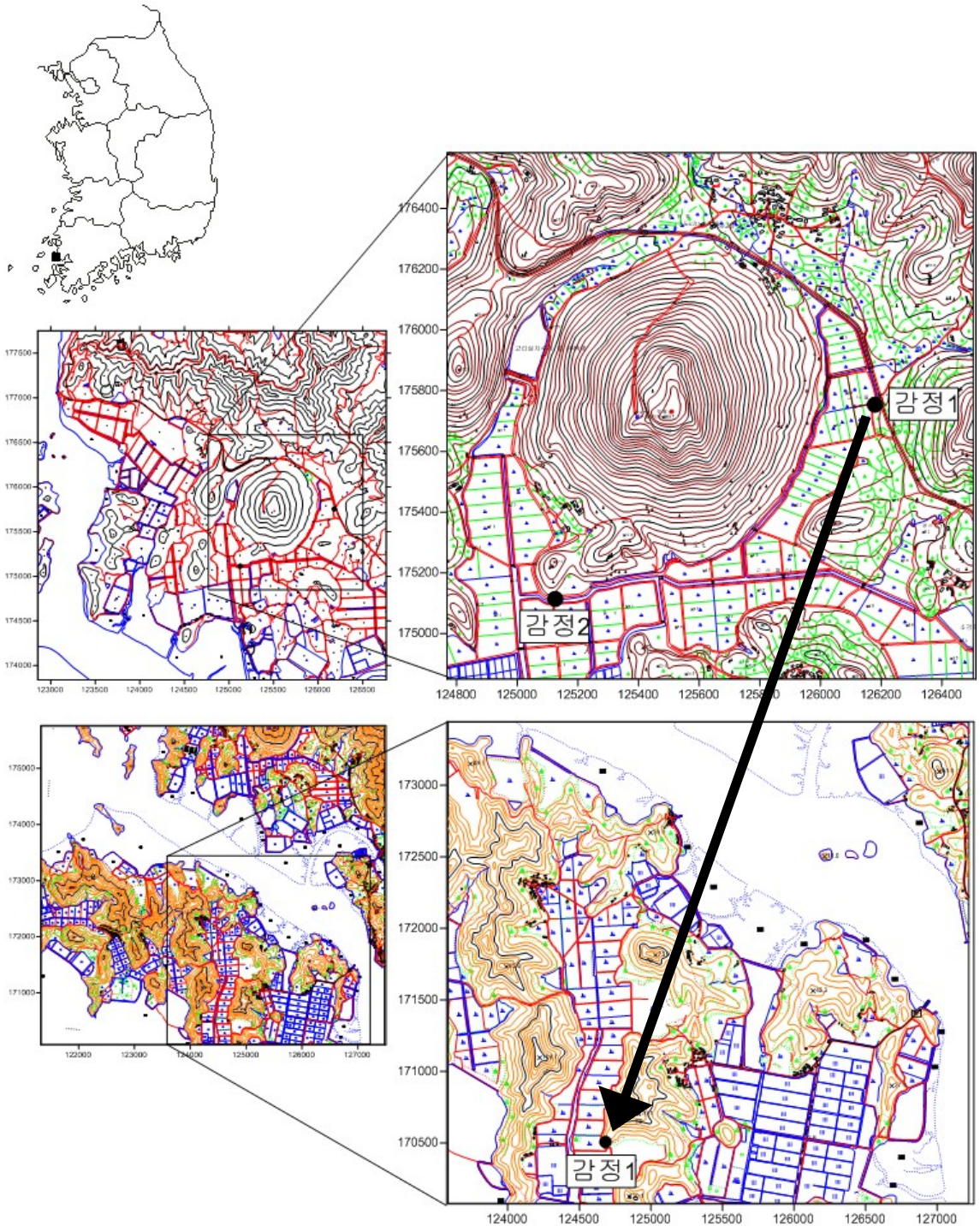
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 자동1, 2 관측공은 2001년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 자동1 관측공은 지표 하 50 m 구간에서 전기전도도가 상승하는 전이대가 나타났으나, 2009년 이후 케이싱 하부 구간 함몰에 따라 지하수 검층을 35 m 심도까지 시행하였다. 그 결과, 지표 하 25 ~ 28 m 구간에 형성된 전이대 하부에서 2,000 $\mu S/cm$ 를 초과하였다. 자동2 관측공은 전이대는 없으나 500 ~ 700 $\mu S/cm$ 범위에서 증감을 반복하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 자동1 관측공은 Ca-Cl 유형에 해당되며, 자동2 관측공은 2002년에는 Ca-HCO₃ 유형에 해당되었지만 2004년부터 Ca-Cl 유형으로 변하는 결과가 나타났다. 또한, Cl/HCO₃ 몰비가 7.88, 5.74로 해수침투 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 자동1, 2 관측공의 지하수 수위 변동폭은 각각 10 m, 5 m 이내로서 자동1 관측공은 관개기의 영향으로 지하수 수위가 감소하고 우기 이후 회복된다. 전기전도도 값의 변화는 수위 변동과 반비례 관계이다. 자동2 관측공은 수중모터를 이용한 직접적인 지하수 채수로 비강우 시 급격한 지하수 수위 강하가 관측된다. 자동2 관측공의 전기전도도는 증가추세에 있다.
- 5) 장기관측결과 : 자동1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위 강하에 따라 전기전도도 값은 증가한다. 이는 지하수 양수로 인한 염지하수 유입으로 전기전도도가 증가하는 것으로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 자동지구는 2002년 관측이후 현재까지 해수침투의 영향이 증가와 감소를 반복하고 있다. 따라서, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.5.5 감정지구

1. 위치



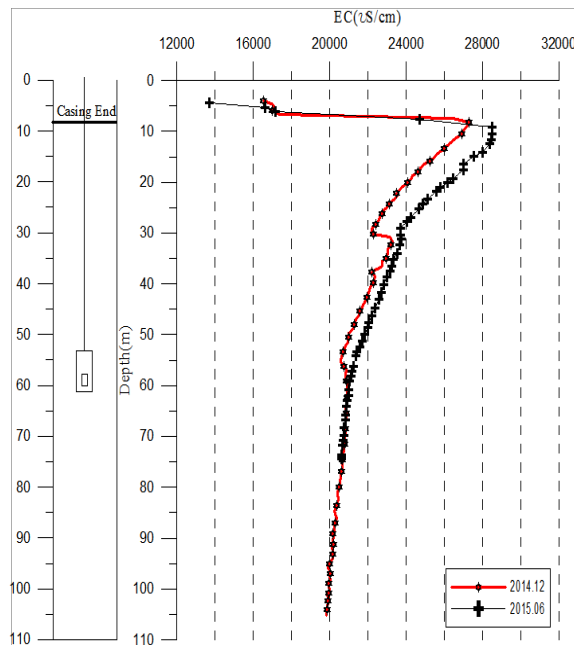
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
*감정1	신안군 지도읍 탄동리 산196-45	124681.597	170507.647	6.00	2014	470	3.80(TOC)
감정2	신안군 지도읍 감정리 1901	125125.486	175113.746	-0.486	2000	600	-2.266

* 감정1 : 2014년 12월 이동 설치 함.

2. 지형 및 지질

이 지역은 신안군 지도읍 남동쪽 해안 변 산지의 동쪽과 서쪽에 위치하며, 지형적으로 해안 변에는 구릉지로 분포한다. 지질은 중생대 쥐라기의 판상화강암이 기반암으로 넓게 분포하며, 지역적으로 규장암과 섬록암이 관입한 형태로 나타난다.

3. 지하수 검층



<감정1 이동 설치 관측공>

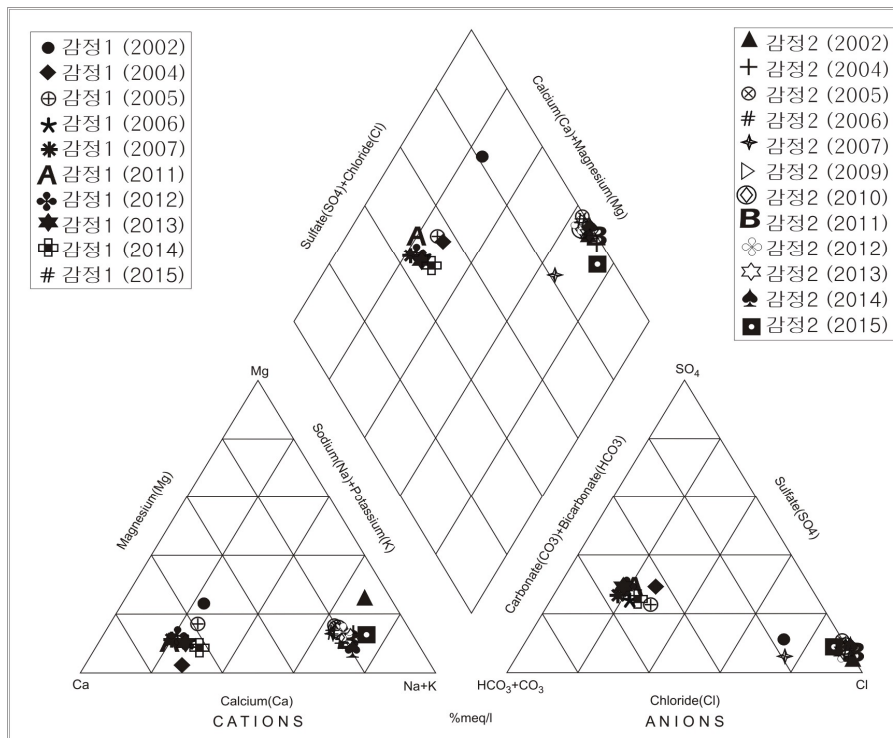
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
*감정1	(2002. 7)	15.86	8.15	0.78	31.66	24.50	126.20	52.46	4.79
	(2004.10)	16.55	0.39	ND	33.74	44.69	31.15	78.08	0.49
	(2005.10)	17.53	5.41	0.96	32.69	27.52	25.01	70.15	0.26
	(2006.11)	18.99	3.59	0.45	41.68	32.54	22.56	91.50	ND
	(2007.10)	16.07	3.48	0.52	44.01	40.19	23.09	115.90	0.18
	(2011. 7)	17.67	4.26	0.49	51.43	44.68	26.78	106.75	ND
	(2012. 4)	17.94	4.76	1.91	48.52	45.02	22.02	112.85	ND
	(2013. 3)	19.56	4.19	0.49	45.04	50.55	24.23	122.00	0.05
	(2014. 3)	21.39	3.72	3.87	42.94	39.95	24.94	88.45	0.07
	(2015. 6)	3108.25	445.17	89.60	976.55	650.00	6614.60	210.50	-
감정2	(2002. 7)	812.24	147.74	32.45	91.38	98.94	1711.53	20.74	65.52
	(2004.10)	1233.45	118.32	27.24	269.31	323.35	2512.96	36.60	10.14
	(2005.10)	1104.88	129.85	28.31	333.01	340.74	2781.46	19.83	31.06
	(2006.11)	1393.76	115.09	35.59	366.97	300.64	2851.88	100.65	ND
	(2007.10)	1434.73	150.69	46.32	358.99	276.55	2222.79	823.50	ND
	(2009. 7)	1566.14	172.83	39.59	410.70	368.56	3411.19	36.60	11.66
	(2010. 7)	1089.93	127.73	33.31	287.08	296.73	2512.61	61.00	8.91
	(2011. 7)	1618.58	152.96	37.58	370.03	341.84	3067.01	82.35	ND
	(2012. 4)	1018.78	117.97	43.35	276.06	253.69	2246.28	82.35	ND
	(2013. 3)	1586.11	147.67	42.05	361.19	337.99	3097.08	61.00	ND
	(2014. 3)	1486.33	108.00	56.62	316.45	285.43	3024.34	39.65	5.56
	(2015. 6)	469.84	36.59	16.40	79.14	100.40	812.90	73.20	-

* 감정1 관측공의 2015년 자료는 2014년 12월 이동 설치공의 자료임.



<감정지구 이온분석결과 Piper diagram>

* 감정1 관측공의 2015년 자료는 2014년 12월 이동 설치공의 자료임.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		*감정1	감정2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7		4.14	142.00
	2004.10		0.69	118.14
	2005.10		0.60	241.90
	2006.11		0.43	48.85
	2007.10		0.34	4.64
	2009. 7		-	160.15
	2010. 7		-	70.78
	2011. 7		0.43	64.00
	2012. 4		0.34	46.87
	2013. 3		0.34	87.24
	2014. 3		0.48	131.07
	2015. 6		54.09	19.11

* 감정1 관측공의 2015년 자료는 2014년 12월 이동 설치공의 자료임.

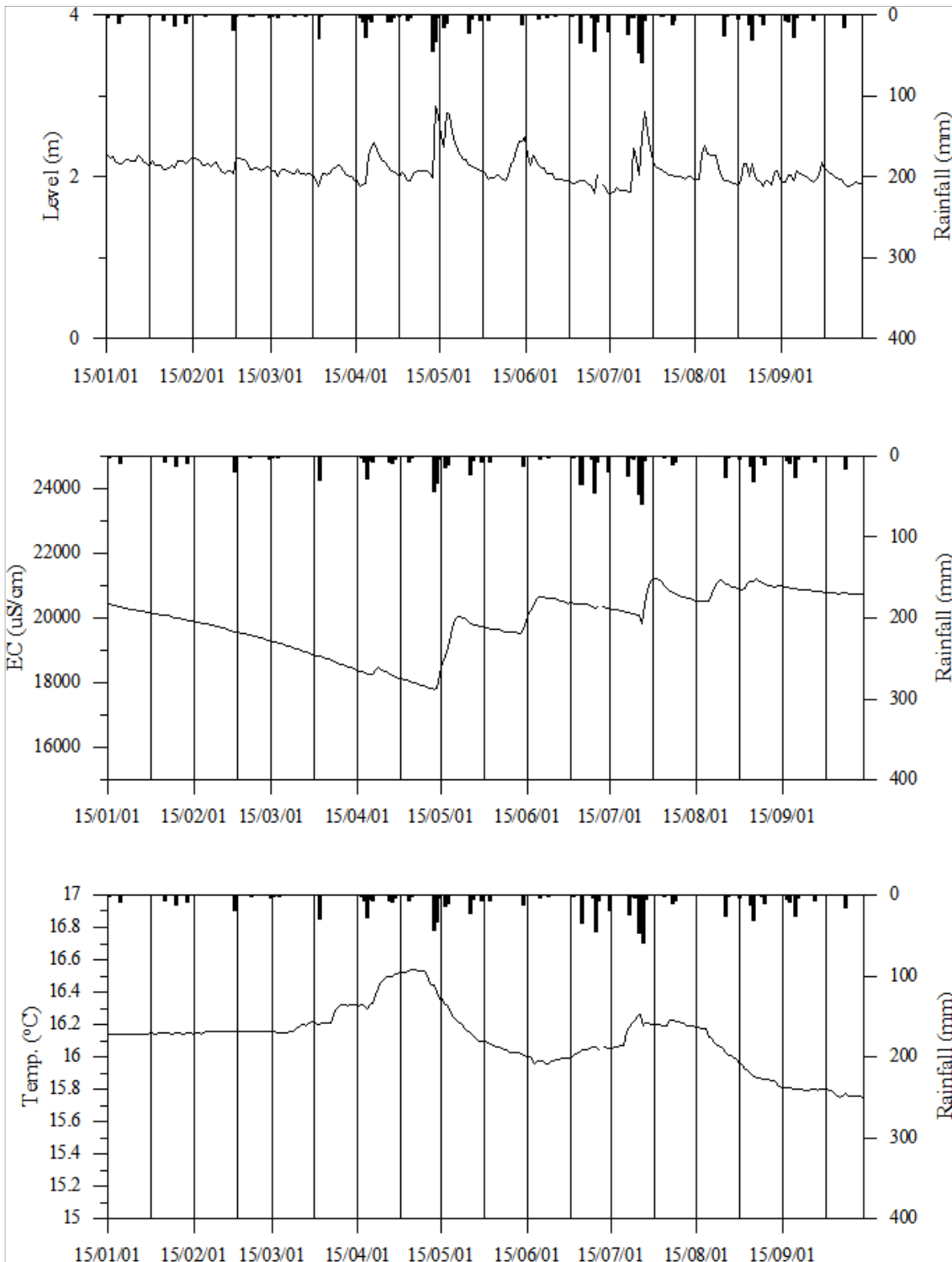
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

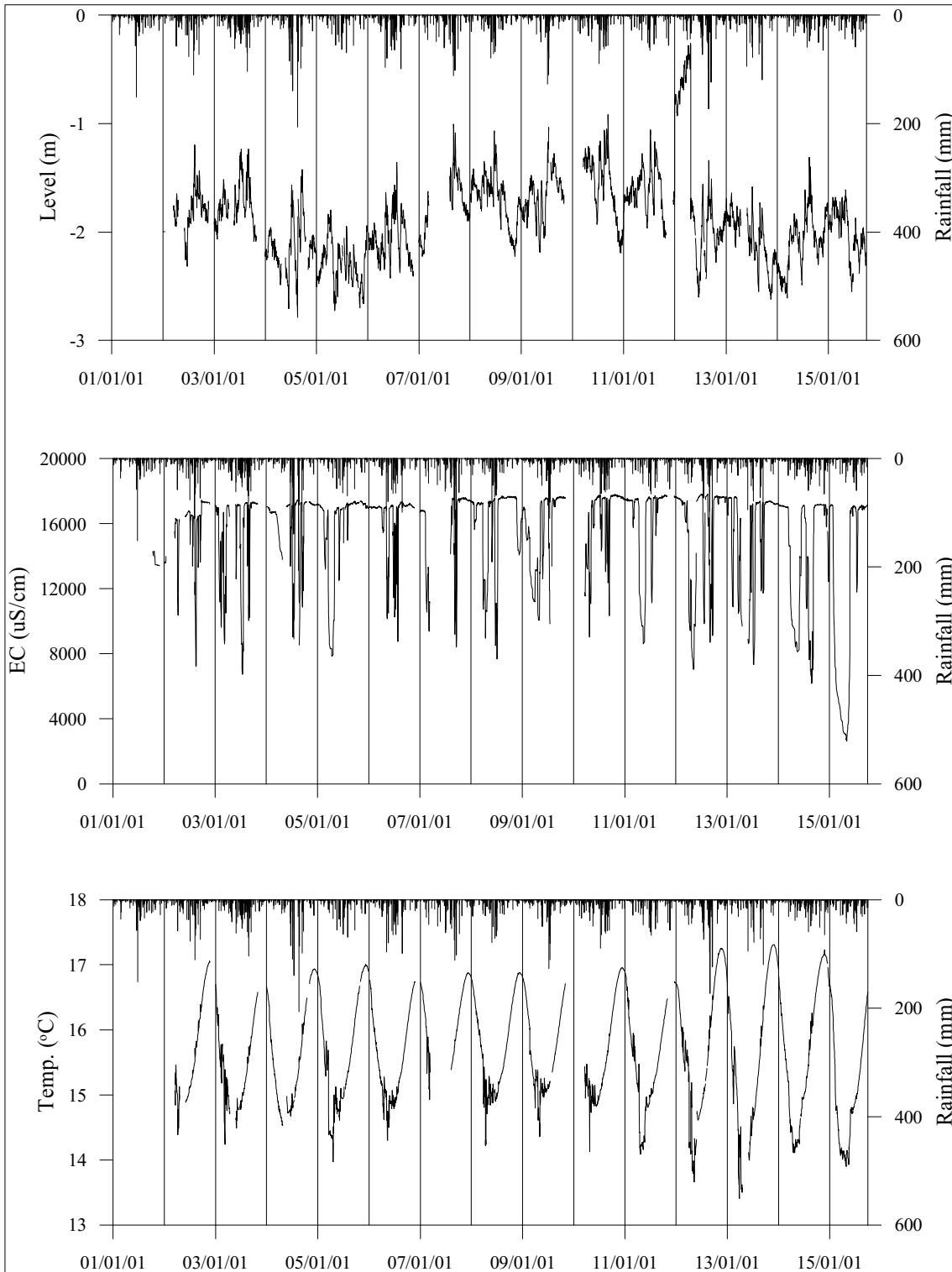
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
*감정1	2000	-0.20	-56.69	4.33	317	314	319	-	-	-
	2001	-1.52	-57.28	4.02	316	311	318	-	-	-
	2002	3.56	2.62	3.82	315	314	317	-	-	-
	2003	3.22	-56.68	4.62	314	311	315	-	-	-
	2004	3.31	-7.98	4.42	314	310	316	-	-	-
	2005	3.86	3.02	4.42	314	310	316	-	-	-
	2006	3.85	3.02	4.42	314	310	316	-	-	-
	2015	2.09	1.79	2.88	19,907	17,796	21,237	-	-	-
감정2	2001	-2.11	-2.11	-2.11	13,678	13,409	14,312	-	-	-
	2002	-1.81	-2.32	-1.20	15,719	7,217	17,438	-	-	-
	2003	-1.85	-2.37	-0.54	13,252	16	17,331	-	-	-
	2004	-2.45	-3.11	-1.75	16,091	8,536	17,476	-	-	-
	2005	-2.27	-2.73	-1.80	15,525	7,837	17,370	-	-	-
	2006	-2.04	-2.43	-1.36	16,219	8,754	17,360	-	-	-
	2007	-1.72	-2.23	-1.01	15,237	8,428	17,565	-	-	-
	2008	-1.64	-2.13	-1.07	16,037	7,675	17,696	-	-	-
	2009	-1.66	-2.19	-1.04	15,451	9,840	17,679	-	-	-
	2010	-1.45	-1.93	-0.92	16,019	9,023	17,810	-	-	-
	2011	-1.61	-2.06	-1.06	16,070	8,616	17,765	-	-	-
	2012	-1.53	-2.60	-0.26	15,333	7,027	17,812	-	-	-
	2013	-1.92	-2.26	-1.58	14,244	7,313	17,650	-	-	-
	2014	-2.19	-2.61	-1.61	13,862	8,127	17,221	-	-	-
2015	-1.99	-2.55	-1.61	11,595	2,620	17,174	-	-	-	

* 감정1 관측공의 2015년 자료는 2014년 12월 이동 설치공의 자료임.

6. 장기관측 결과



<감정1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



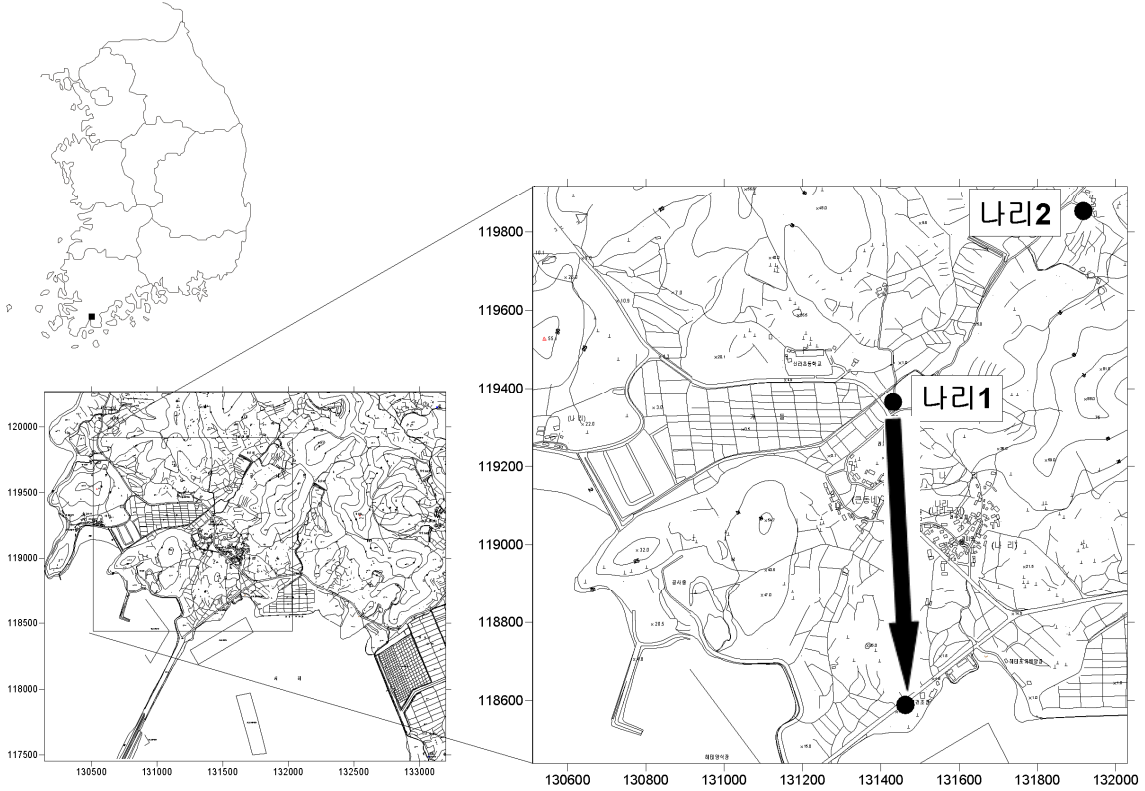
<감정2 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 감정1, 2 관측공은 1998년과 2000년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치되었다. 이용공을 관측망으로 활용함에 따라 관측자료의 불량과 센서 인입의 어려움 등이 발생하여, 감정1 관측공은 2014년말에 이설되었고 해당 관측자료는 2015년부터 분석하였다. 그러나, 감정2 관측공은 이설계획이 수립되지 않고 현재까지도 공내에 이용시설이 설치되어 있어서 2015년에도 지하수 검층을 실시하지 못하였다.
- 2) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 이동하기 전의 감정1 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이었으나 이동 설치 후에는 Na-Cl 유형으로 분석되었으며, 감정2 관측공도 Na-Cl 유형으로 Cl 이온의 농도가 매우 높게 나타났다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 54.09, 19.11로, 두 관측공 모두에서 매우 심하게 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 3) 연도별 관측결과 : 이동 설치한 감정1 관측공의 2015년 1월 ~ 9월까지 연평균 전기전도도 값은 19,907 $\mu S/cm$ 로 나타났으며, 감정2 관측공은 2001년부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 11,595 ~ 16,219 $\mu S/cm$ 사이에서 증감을 반복하고 있다.
- 4) 장기관측결과 : 이동 설치된 감정1 관측공의 지하수 수위는 약 1 m 범위에서 변화하며 전체적으로는 하강하는 추세를 나타내고 있다. 전기전도도는 5월까지는 감소하다가 이후 강수의 영향으로 증가하는 경향을 보인다. 감정2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 조위 변화와 강수에 의한 영향이 복합적으로 나타나지만 수위변화는 3 m 이내이다. 전기전도도 값은 수위변화와 반대 방향으로 수위가 하강하면 전기전도도 값은 상승하므로 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 5) 관리 방안 : 감정지구는 해수침투의 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 판단되나, 공내 이용시설 설치 등으로 지하수 검층을 실시 할 수 없으며(감정2), 관측공 시료 채취도 제한적이고 센서 점검 등이 원활하지 못한 상태이다. 2014년말 감정1 관측공이 성공적으로 이설된 것처럼, 감정2 관측공 역시 향후 이동 설치 등의 조치가 요구된다.

2.5.6 나리지구

1. 위치

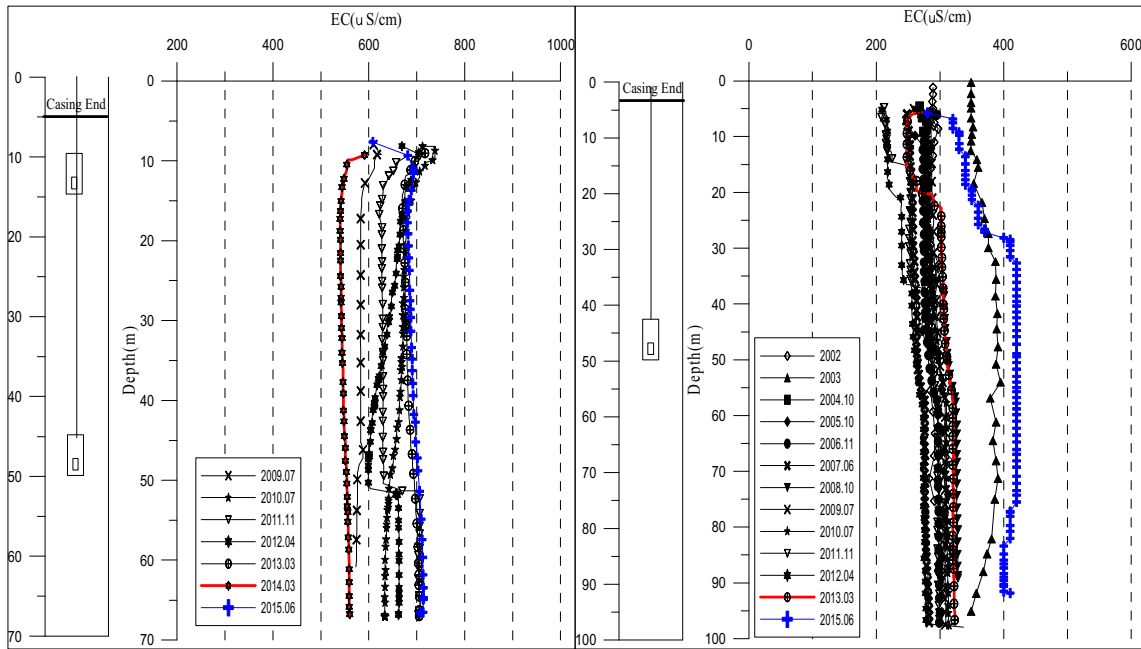


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
나리1	진도군 군내면 나리 256-2	131442.603	118566.172	7.699	2009	60	7.34(TOC)
나리2	진도군 군내면 나리 84-3	131916.795	119854.125	9.283	2002	1,300	5.293

2. 지형 및 지질

이 지역은 산과 구릉성 지형이 해안선과 만나며 형성된 지역으로, 지질은 백악기의 반암과 응회암이 대부분으로, 안산암질 응회암과 안산암질암의 경계부에 해당된다.

3. 지하수 검층



<나리1 관측공>

<나리2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

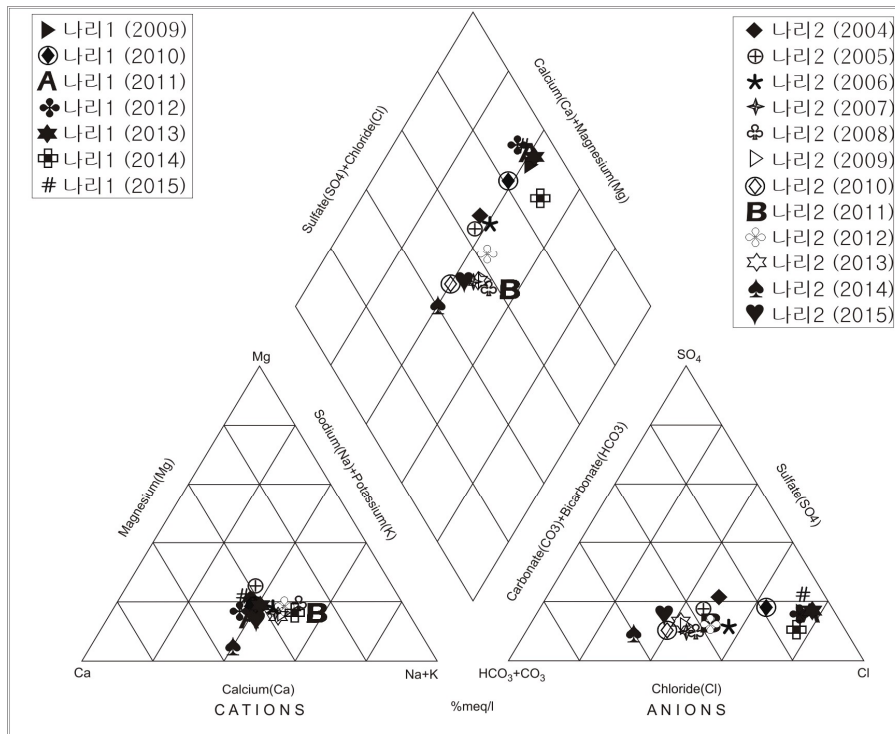
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
*나리1	(2005.10)	115.87	25.50	5.96	98.04	54.41	361.05	97.60	3.79
	(2006.11)	289.20	36.18	3.72	228.13	120.70	92.10	91.50	ND
	(2009. 7)	43.37	9.16	5.38	39.28	21.36	79.22	18.30	0.17
	(2010. 7)	22.50	5.24	1.97	22.44	12.09	37.95	82.35	ND
	(2011. 7)	63.41	14.43	8.07	69.74	33.60	117.07	24.40	ND
	(2012. 4)	47.35	13.41	9.17	56.79	29.60	92.84	21.35	ND
	(2013. 3)	49.12	12.69	5.98	43.21	27.01	91.69	18.30	0.20
	(2014. 3)	48.88	10.33	6.42	29.90	14.28	68.60	18.30	0.52
(2015. 6)	36.23	7.13	4.57	34.37	27.20	47.00	106.80	-	

* 나리1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
나리2	(2002. 7)	20.00	14.35	3.91	22.85	8.17	43.96	58.56	7.99
	(2004.10)	14.18	4.13	ND	13.42	29.13	49.45	51.24	0.53
	(2005.10)	18.13	7.34	2.91	18.95	19.69	41.31	51.85	0.39
	(2006.11)	16.78	4.27	1.97	14.24	11.23	41.71	39.65	ND
	(2007.10)	24.54	5.23	2.91	19.10	10.90	39.33	79.30	0.26
	(2008.10)	25.87	5.32	2.35	14.11	12.31	39.22	61.00	0.24
	(2009. 7)	29.16	5.22	2.56	18.84	11.24	39.68	67.10	0.09
	(2010. 7)	41.24	12.25	9.16	47.80	25.52	77.68	36.60	ND
	(2011. 7)	31.00	4.96	2.45	12.42	14.72	42.80	51.85	0.19
	(2012. 4)	23.20	5.16	3.74	14.17	12.47	42.02	51.85	ND
	(2013. 3)	29.07	5.28	2.21	20.01	17.36	44.33	79.30	0.20
	(2014. 3)	32.43	2.16	4.35	42.20	18.57	36.86	125.05	0.00
	(2015. 6)	35.45	11.29	6.36	37.99	23.70	57.40	9.20	-



<나리지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	*나리1	나리2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	-	1.29
	2004.10	-	1.66
	2005.10	6.38	1.37
	2006.11	1.74	1.81
	2007.10	-	0.85
	2008.10	-	1.10
	2009. 7	7.44	1.02
	2010. 7	3.65	0.79
	2011. 7	8.24	1.42
	2012. 4	7.47	1.39
	2013. 3	8.61	0.96
	2014. 3	6.44	0.51
	2015. 6	10.80	0.76

* 나리1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함.

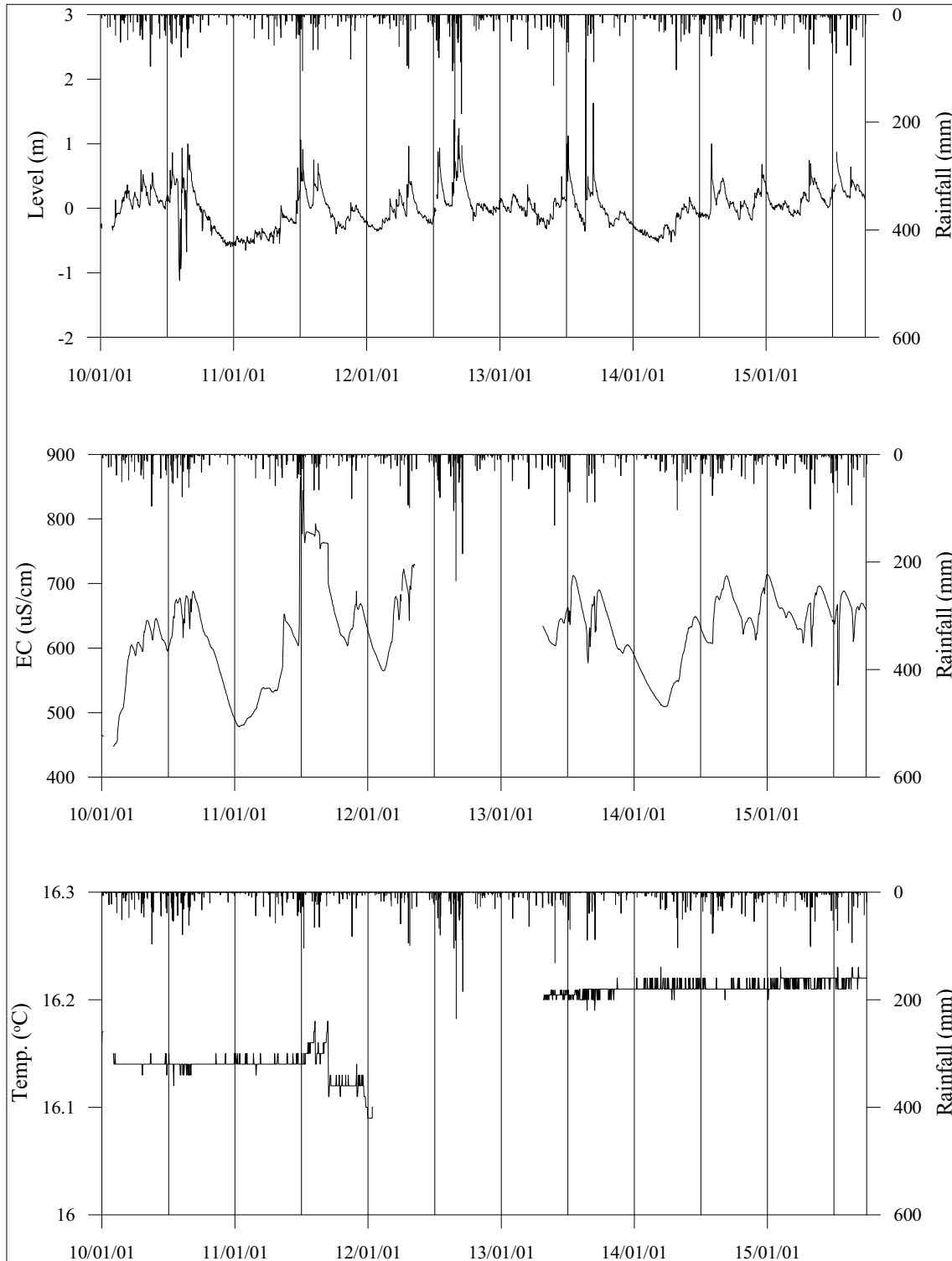
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

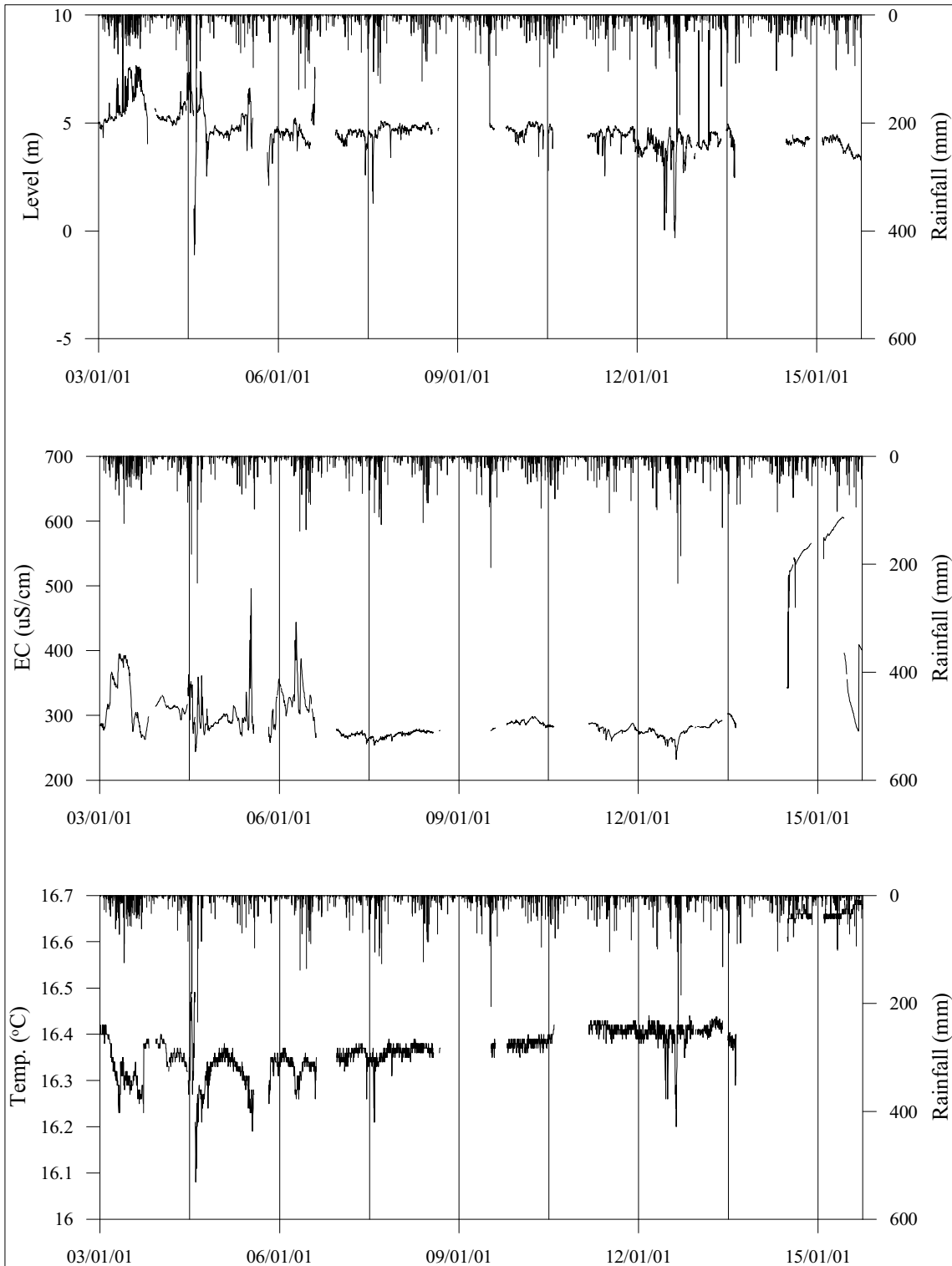
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
나리1	2000	-6.18	-73.46	-0.56	8,427	4,312	9,077	-	-	-
	2001	-1.09	-6.96	-0.16	7,409	713	8,771	-	-	-
	2003	-1.37	-2.86	-1.16	8,719	7,951	8,927	-	-	-
	2004	-1.60	-3.26	-1.06	6,589	997	8,681	-	-	-
	2005	-1.48	-1.79	-1.09	5,746	5,422	6,043	-	-	-
	2006	-1.51	-1.69	-1.16	5,785	5,422	6,043	-	-	-
	2010	0.13	-1.12	1.00	608	446	688	-	-	-
	2011	-0.17	-0.65	1.06	621	478	865	-	-	-
	2012	0.05	-0.35	1.37	636	565	730	-	-	-
	2013	0.09	-0.32	1.12	645	603	713	-	-	-
	2014	-0.24	-0.53	0.17	572	509	649	-	-	-
2015	0.18	-0.13	0.87	661	542	714	-	-	-	
나리2	2003	5.85	-0.21	7.66	322	16	395	-	-	-
	2004	5.16	-1.11	7.49	304	244	363	-	-	-
	2005	5.44	3.71	9.69	299	268	496	-	-	-
	2006	4.60	3.69	7.57	318	266	444	-	-	-
	2007	4.46	1.27	5.09	267	254	277	-	-	-
	2008	4.77	4.23	5.05	274	268	279	-	-	-
	2009	4.80	4.68	4.98	281	276	288	-	-	-
	2010	2.40	-27.37	5.08	289	281	298	-	-	-
	2011	4.45	2.54	4.87	278	260	289	-	-	-
	2012	3.77	-0.32	4.81	270	232	284	-	-	-
	2013	0.16	-41.06	9.28	282	182	303	-	-	-
2014	4.10	3.97	4.27	483	342	531	-	-	-	
2015	3.94	3.29	4.47	470	276	606	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<나리1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<나리2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

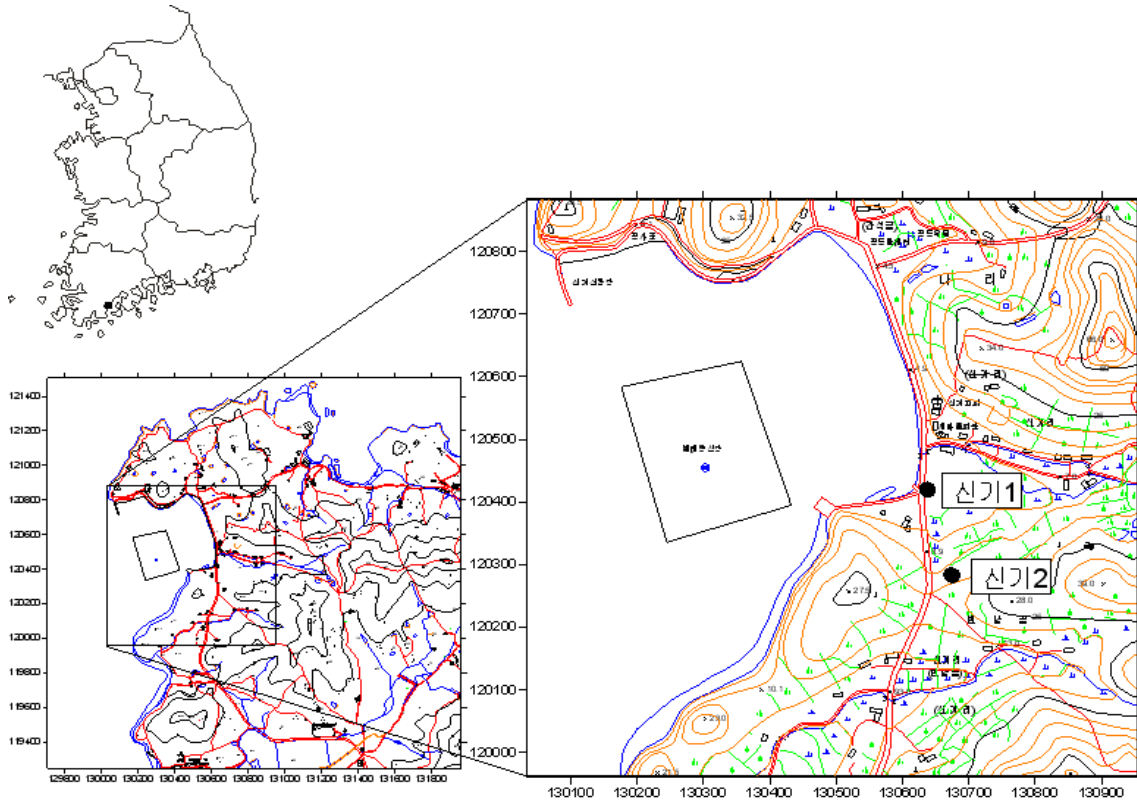
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 나리1, 2 관측공은 1998년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 나리1 관측공은 지하수 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년 이동 설치하여 관측시스템을 신규로 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 나리1, 2 관측공은 전기전도도가 각각 $700 \mu S/cm$, $400 \mu S/cm$ 내외의 낮은 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 나리1, 2 관측공은 (Ca+Na)-Cl 유형이다. 또한, Cl/HCO_3 몰비가 2014년의 6.44와 0.51에서 2015년에 10.80과 0.76으로, 두 공 모두 상승하는 것으로 나타났다. 특히, 나리1 관측공은 상승폭이 매우 크게 나타남에 따라 해수침투 영향이 증가되는 것으로 판단된다.
- 4) 연도별 관측결과 : 나리1 관측공은 $608 \sim 661 \mu S/cm$ 이고, 나리2 관측공은 $267 \sim 470 \mu S/cm$ 사이에서 증감을 반복하고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 나리1 관측공은 방조제 내측으로 지하수 수위는 강수의 직접적인 영향을 받으며 2 m 이내의 수위변동을 나타냈으며, 나리2 관측공은 지하수 직접 양수로 10 m 이내의 수위변동이 있으며 양수에 의하여 전기전도도 값은 감소하며 평균 전기전도도 값도 감소 추세이다.
- 6) 관리 방안 : 나리지구는 나리1 관측공을 이동 설치하였으므로 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.5.7 신기지구

1. 위치

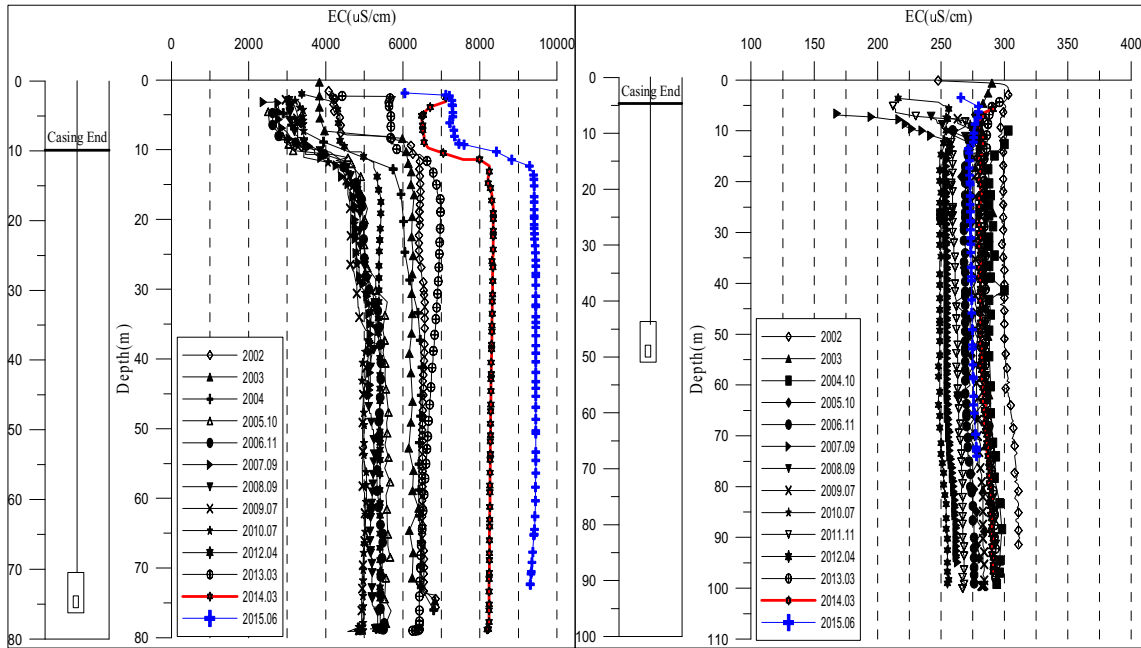


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
신기1	진도군 군내면 나리 산8-11	130637.883	120419.652	1.260	1999	80	-1.350
신기2	진도군 군내면 나리 405-6	130674.392	120283.048	8.625	1999	210	-0.915

2. 지형 및 지질

이 지역은 진도군의 북서쪽 해안지역으로 지형적으로 산지의 발달이 우세한 지역이다. 지질은 중생대 백악기의 안산암질 응회암과 이를 관입한 지도 유문암 및 안산암질암으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<신기1 관측공>

<신기2 관측공>

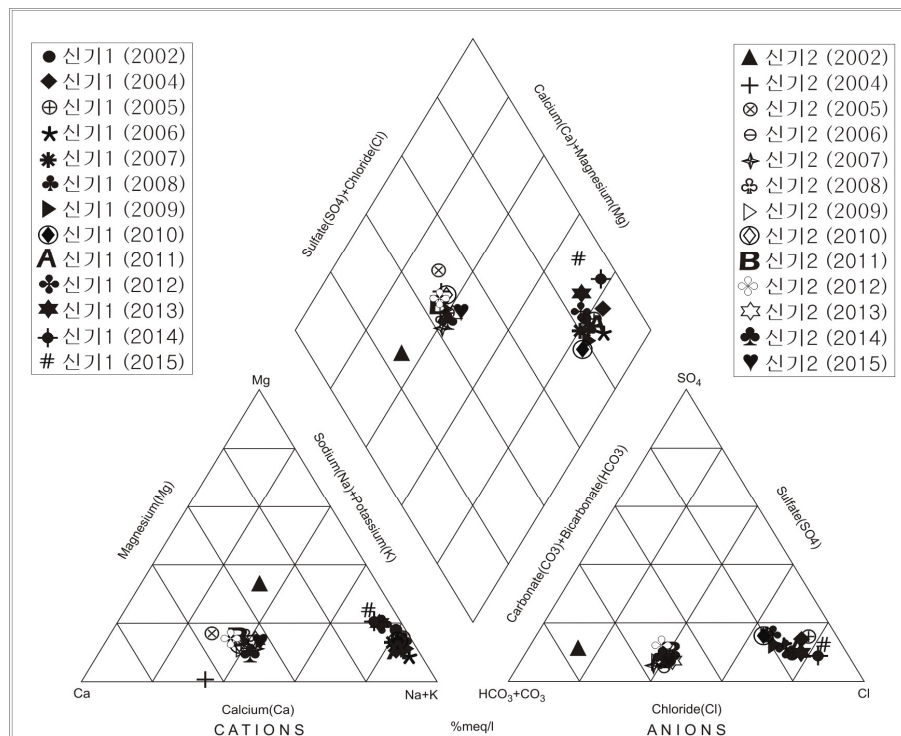
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
신기1	(2002. 7)	915.92	117.47	53.96	21.64	113.35	655.86	248.88	58.33
	(2004.10)	991.27	92.20	5.18	44.38	424.94	1635.73	406.26	6.67
	(2005.10)	500.03	43.53	34.47	17.06	161.18	628.28	147.93	7.31
	(2006.11)	774.02	47.05	35.85	22.93	245.68	1068.94	427.00	ND
	(2007.10)	845.35	73.31	70.01	42.81	292.98	1174.06	518.50	ND
	(2008. 9)	588.13	50.43	40.23	24.08	230.99	862.63	350.75	2.60
	(2009. 7)	535.73	37.18	37.08	16.35	159.20	697.23	344.65	1.28
	(2010. 7)	643.89	56.03	34.03	25.73	174.16	774.20	454.45	2.74
	(2011. 7)	1042.94	96.25	56.97	44.04	307.30	1484.09	414.82	ND
	(2012. 4)	625.75	84.72	39.39	42.23	198.20	1041.89	399.55	ND
	(2013. 3)	1021.70	155.10	63.46	83.65	265.39	1639.72	484.95	8.76
	(2014. 3)	1299.07	184.78	75.12	95.70	299.96	2147.70	384.30	0.00
	(2015. 6)	1262.86	244.69	81.26	134.09	10.30	2358.90	387.40	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
신기2	(2002. 7)	22.21	12.04	1.96	19.84	3.84	6.03	48.19	7.99
	(2004.10)	10.97	ND	ND	16.34	11.18	38.29	82.96	0.51
	(2005.10)	15.76	4.87	1.63	25.86	9.13	34.59	70.15	0.39
	(2006.11)	24.68	3.94	1.68	26.75	8.00	33.39	76.30	ND
	(2007.10)	26.22	4.09	2.32	27.05	8.86	32.96	97.60	0.46
	(2008. 9)	22.00	3.63	1.39	24.02	9.59	31.69	76.26	0.22
	(2009. 7)	23.81	4.01	1.68	25.95	10.15	37.73	85.40	0.08
	(2010. 7)	21.62	4.20	1.47	26.88	10.61	41.94	82.35	ND
	(2011. 7)	21.60	4.75	1.69	25.25	11.99	35.26	76.25	ND
	(2012. 4)	20.80	5.01	1.64	27.74	10.98	35.27	85.40	ND
	(2013. 3)	25.19	4.66	1.75	23.99	11.68	41.41	91.50	0.14
	(2014. 3)	26.41	4.18	1.50	25.21	10.73	35.57	82.35	0.00
	(2015. 6)	22.63	4.18	1.99	19.47	10.30	30.80	67.10	-



<신기지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	신기1	신기2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	4.53	0.22
	2004.10	6.93	0.80
	2005.10	7.32	0.85
	2006.11	4.32	0.75
	2007.10	3.89	0.58
	2008. 9	4.23	0.71
	2009. 7	3.48	0.76
	2010. 7	2.93	0.88
	2011. 7	6.02	0.79
	2012. 4	4.48	0.71
	2013. 3	5.81	0.78
	2014. 3.	9.60	0.74
	2015. 6	10.48	0.79

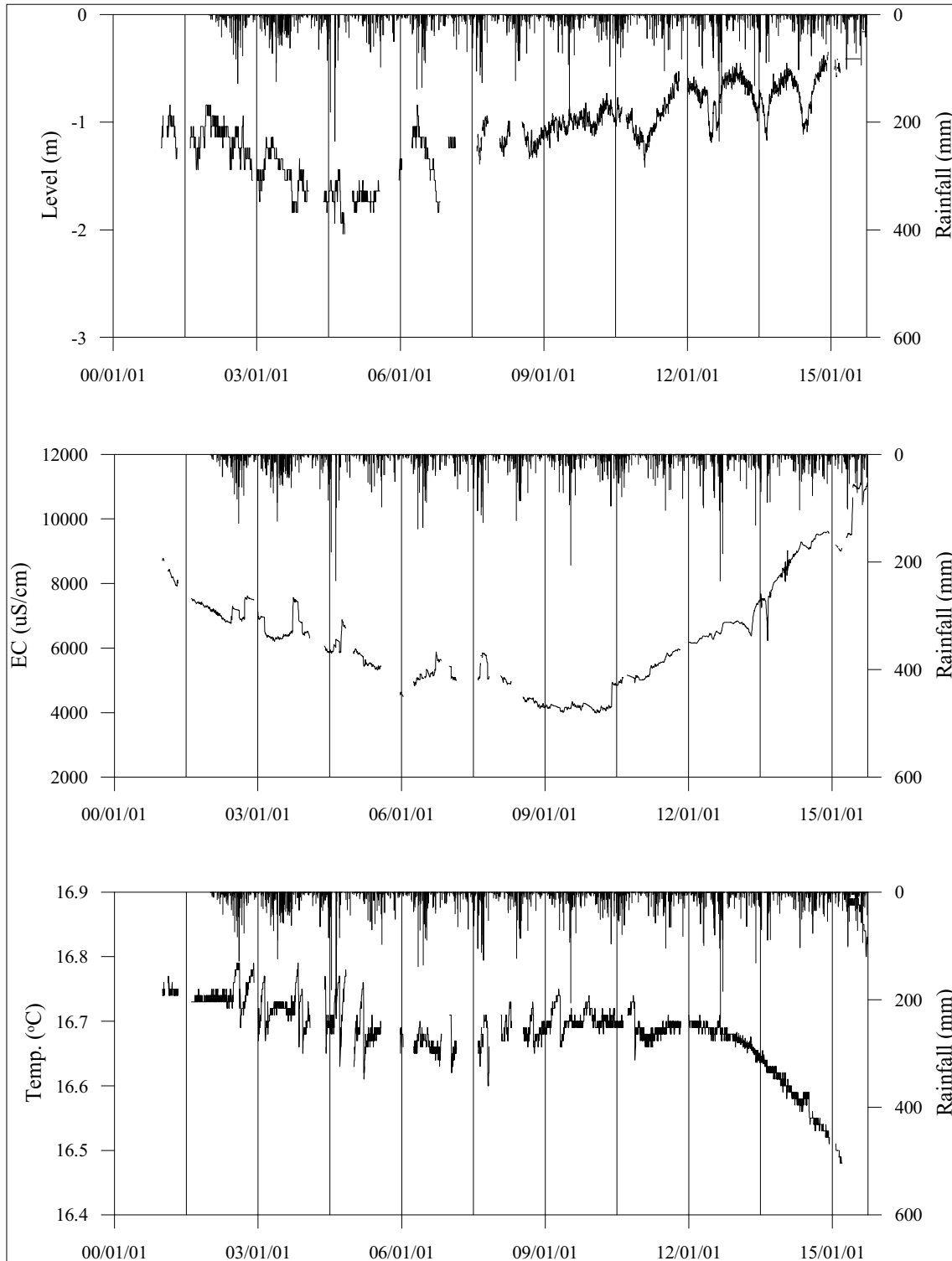
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

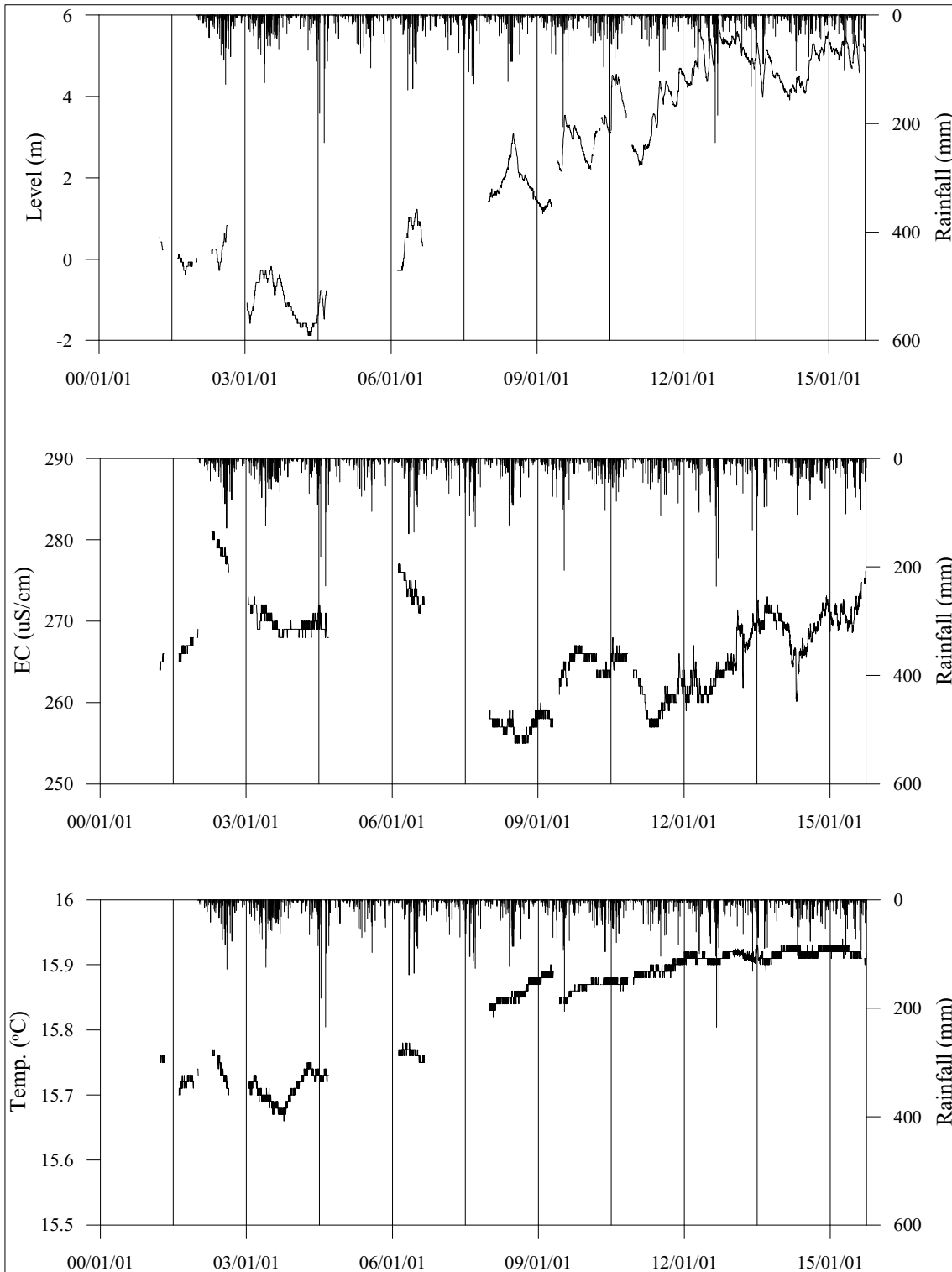
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
신기1	2000	-1.45	-1.94	-0.91	10,068	8,510	11,789	-	-	-
	2001	-1.11	-1.44	-0.84	7,733	7,219	8,778	-	-	-
	2002	-1.17	-1.54	-0.94	7,140	6,766	7,621	-	-	-
	2003	-1.44	-1.84	-1.14	6,594	6,218	7,573	-	-	-
	2004	0.01	-1.94	3.30	6,203	5,838	6,882	-	-	-
	2005	-1.69	-1.84	-1.54	5,549	5,316	5,980	-	-	-
	2006	-1.33	-1.84	-0.84	5,192	4,495	5,884	-	-	-
	2007	-1.15	-1.39	-0.94	5,368	4,996	5,851	-	-	-
	2008	-1.18	-1.34	-0.99	4,650	4,297	5,136	-	-	-
	2009	-1.02	-1.24	-0.84	4,174	4,007	4,332	-	-	-
	2010	-0.93	-1.13	-0.73	4,520	3,984	5,161	-	-	-
	2011	-0.94	-1.42	-0.53	5,534	5,012	5,977	-	-	-
	2012	-0.76	-1.19	-0.51	6,430	6,144	6,803	-	-	-
	2013	-0.69	-0.99	-0.45	6,958	6,380	7,680	-	-	-
	2014	-0.75	-1.11	-0.45	8,946	8,060	9,313			
2015	-0.38	-0.58	-0.16	10,224	9,006	11,151	-	-	-	
신기2	2001	0.00	-0.38	0.53	266	264	268	-	-	-
	2002	0.31	-0.18	0.93	276	267	281	-	-	-
	2003	-0.58	-1.48	-0.08	270	268	273	-	-	-
	2004	-1.35	-1.78	-0.67	269	268	272	-	-	-
	2005	1.20	0.55	1.59	270	268	273	-	-	-
	2006	2.82	2.03	3.53	274	271	278	-	-	-
	2008	2.05	1.43	3.09	257	255	259	-	-	-
	2009	2.05	1.12	3.54	261	257	266	-	-	-
	2010	3.44	-0.97	4.54	283	263	5,093	-	-	-
	2011	3.37	2.31	4.39	260	257	264	-	-	-
	2012	5.00	4.23	5.89	262	259	267	-	-	-
	2013	5.13	4.67	5.60	268	262	273	-	-	-
	2014	4.23	3.91	4.51	267	260	271	-	-	-
2015	5.13	4.58	5.50	271	269	276	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<신기1 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<신기2 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

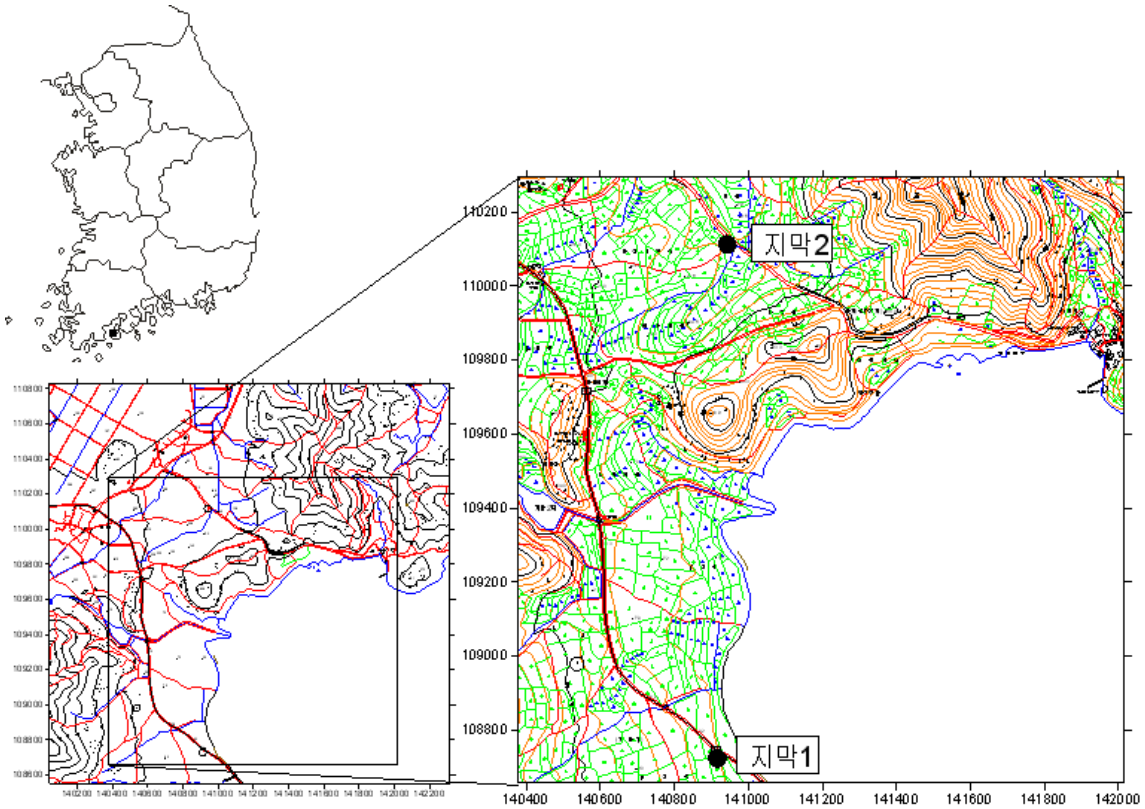
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신기1, 2 관측공은 1999년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 신기1 관측공은 지표 하 10 m 케이싱을 기준으로 그 하부 구간에서 전기전도도 값이 2014년의 약 8,200 $\mu S/cm$ 에서 2015년에 약 9,500 $\mu S/cm$ 까지 증가함에 따라 해수침투의 영향이 증가하는 것으로 나타났다. 반면 신기2 관측공은 2002년부터 2015년까지 240 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위를 지속적으로 유지하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 신기1, 2 관측공은 각각 Na-Cl 유형과 Ca-HCO₃ 유형으로 구분된다. Cl/HCO₃ 몰비가 2014년의 9.60와 0.74에서 2015년에 10.48과 0.79로, 두 공 모두 상승하는 것으로 나타났다. 특히, 신기1 관측공은 상승폭이 매우 크게 나타남에 따라 해수침투 영향이 증가되는 것으로 판단된다.
- 4) 연도별 관측결과 : 신기1 관측공은 2000년부터 2009년까지 연평균 전기전도도 값이 10,068 $\mu S/cm$ 에서 4,174 $\mu S/cm$ 로 지속적으로 감소하는 경향을 보였으나 2010년 이후 지속적으로 증가하고 있으며, 2015년은 10,224 $\mu S/cm$ 로 큰 폭으로 증가하였다. 신기2 관측공은 2001년부터 2015년까지 257 ~ 283 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 신기1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 신기1 관측공은 강수의 영향보다는 조석의 영향이 두드러지며, 6월 가뭄으로 지하수 수위 강하 현상이 있었으나 강수로 회복됨을 알 수 있다. 그러나, 전기전도도는 지속적으로 증가 추세이므로 주의가 요구된다. 신기2 관측공은 지하수 수위 변화가 계절적 강수의 영향을 받고 증가 추세이며 전기전도도 값은 큰 변화없이 연간 약 270 $\mu S/cm$ 내외로 측정되었다.
- 6) 관리 방안 : 신기지구의 신기1 관측공은 해수침투의 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.5.8 지막지구

1. 위치



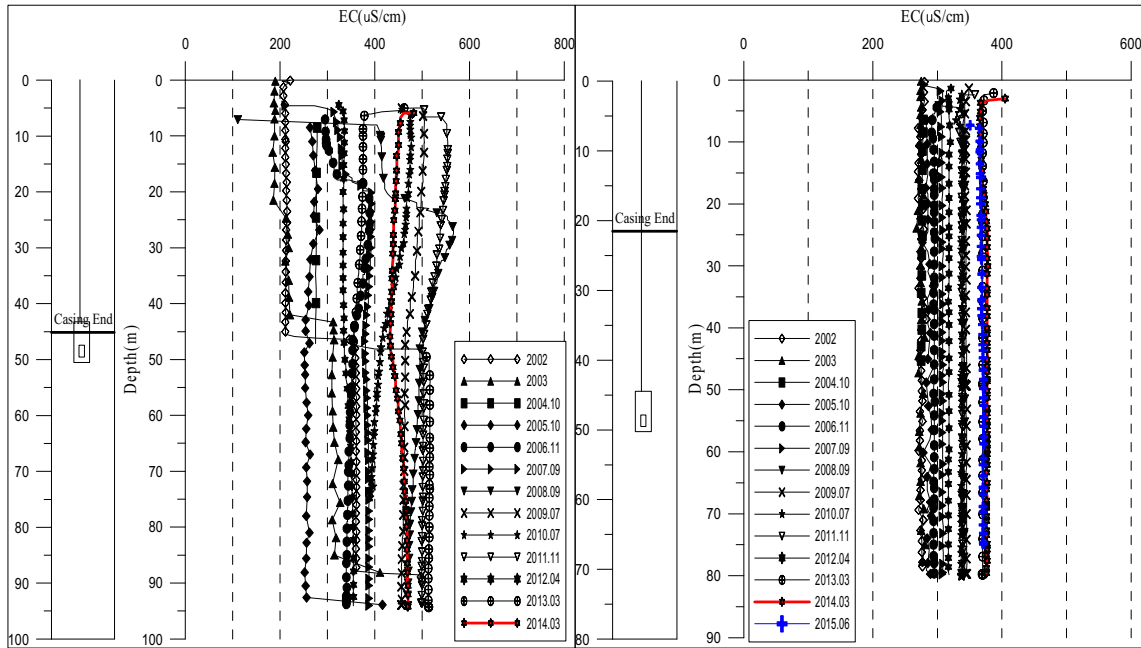
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
지막1	진도군 고군면 지막리 174	140916.326	108722.748	5.344	2000	150	-0.624
지막2	진도군 고군면 지막리 1236	140943.526	110112.298	9.824	2002	510	8.544

* 지막1 관측공은 부지소유주 민원으로, 2015년 말 오산1 관측공으로 이동 설치함

2. 지형 및 지질

이 지역은 진도군의 동쪽 해안지역으로 지형적으로 해안선이 유입되는 만의 특성을 나타내며, 해안 변의 평지 발달이 우세한 지역이다. 지질은 중생대 백악기의 안산암질 응회암과 이를 관입한 지도 유문암 및 안산암질암으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<지막1 관측공>

<지막2 관측공>

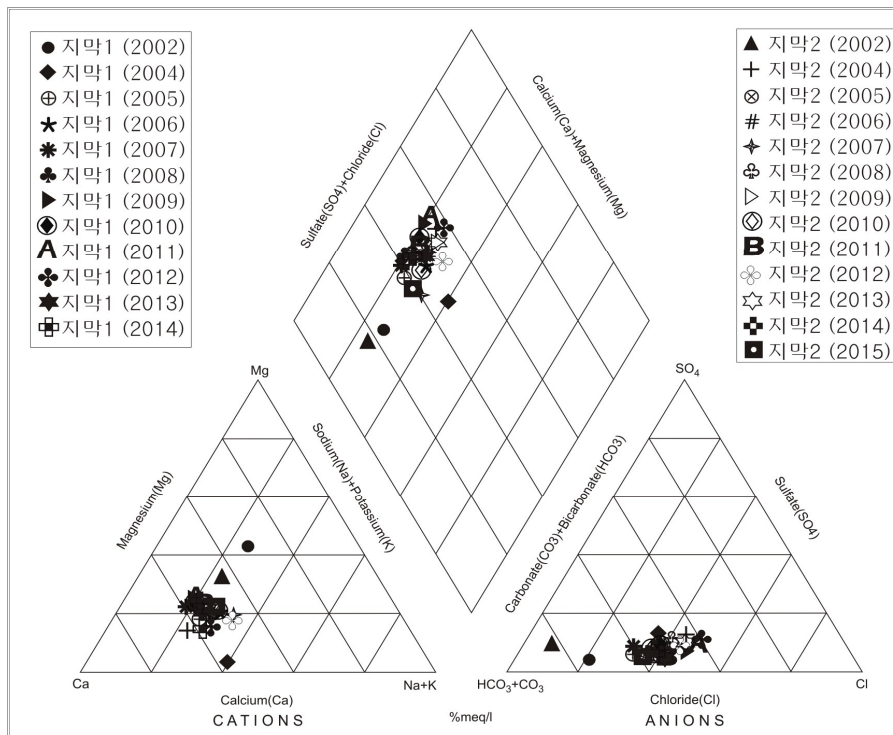
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
지막1	(2002. 7)	13.56	12.28	1.56	15.23	0.96	4.25	26.84	5.59
	(2004.10)	13.30	0.38	ND	17.04	9.01	19.69	50.02	0.50
	(2005.10)	14.94	5.46	1.00	28.42	5.10	16.86	54.90	0.23
	(2006.11)	18.69	8.07	1.38	34.32	4.99	22.70	51.85	ND
	(2007.10)	16.44	8.98	2.45	41.17	5.26	22.97	73.20	0.48
	(2008. 9)	16.55	10.00	1.45	40.50	5.71	22.63	57.95	0.24
	(2009. 7)	18.46	12.59	1.89	47.25	5.62	29.65	51.85	ND
	(2010. 7)	19.20	11.83	1.40	47.75	6.90	23.74	51.85	ND
	(2011. 7)	25.06	15.92	1.97	64.51	9.14	38.04	57.95	ND
	(2012. 4)	24.69	9.10	3.14	47.02	5.99	23.90	33.55	ND
	(2013. 3)	18.94	8.44	1.43	36.99	7.07	27.70	61.00	0.08
(2014. 3)	17.81	8.63	4.29	43.66	6.21	22.33	61.00	0.00	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
지막2	(2002. 7)	14.71	11.92	1.17	24.85	4.32	2.86	45.75	6.39
	(2004.10)	9.26	3.38	ND	22.51	11.12	33.62	53.68	0.52
	(2005.10)	14.13	7.05	1.03	31.41	9.10	28.25	64.05	0.31
	(2006.11)	18.72	7.08	1.10	30.02	8.16	29.99	61.00	ND
	(2007.10)	26.35	9.42	1.88	39.11	8.82	30.80	100.65	0.51
	(2008. 9)	16.84	7.00	0.92	30.92	9.26	29.31	57.95	0.23
	(2009. 7)	19.24	7.79	1.15	33.52	11.00	35.49	67.10	0.12
	(2010. 7)	20.08	8.24	1.04	33.45	8.99	30.22	82.35	ND
	(2011. 7)	16.57	8.37	1.07	35.61	10.07	36.13	70.15	ND
	(2012. 4)	31.13	9.64	3.05	43.41	10.82	40.34	73.20	ND
	(2013. 3)	17.87	8.24	1.09	32.31	9.15	35.60	61.00	0.08
	(2014. 3)	18.07	9.99	1.26	36.85	7.87	28.54	76.25	0.00
	(2015. 6)	17.82	7.66	1.15	27.07	6.90	24.40	76.30	-



<지막지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	지막1	지막2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	0.27	0.11
	2004.10	0.68	1.08
	2005.10	0.53	0.76
	2006.11	0.75	0.85
	2007.10	0.54	0.53
	2008. 9	0.67	0.87
	2009. 7	0.98	0.91
	2010. 7	0.79	0.63
	2011. 7	1.13	0.88
	2012. 4	1.22	0.95
	2013. 3	0.78	1.00
	2014. 3	0.63	0.64
	2015. 6	-	0.55

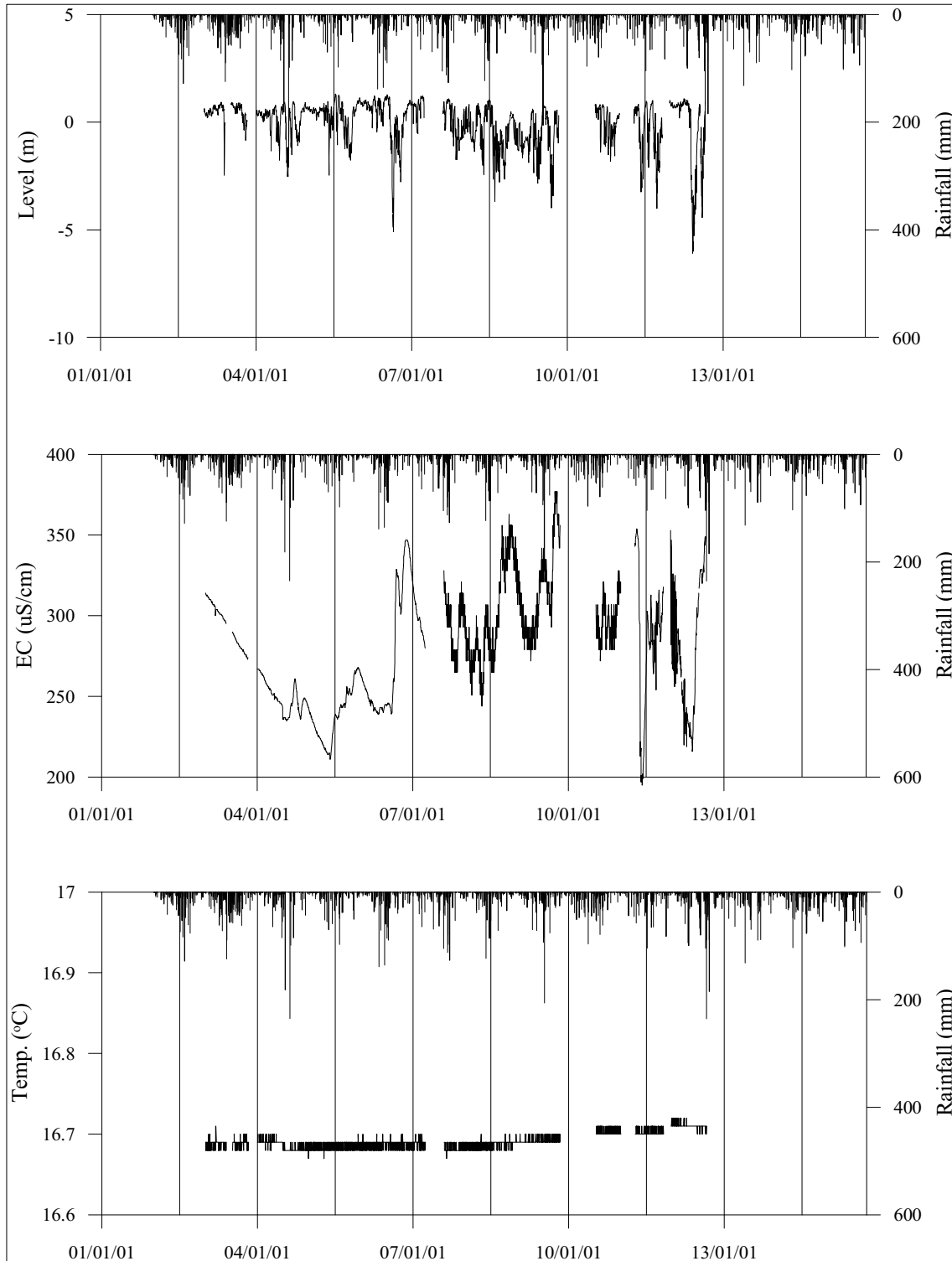
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

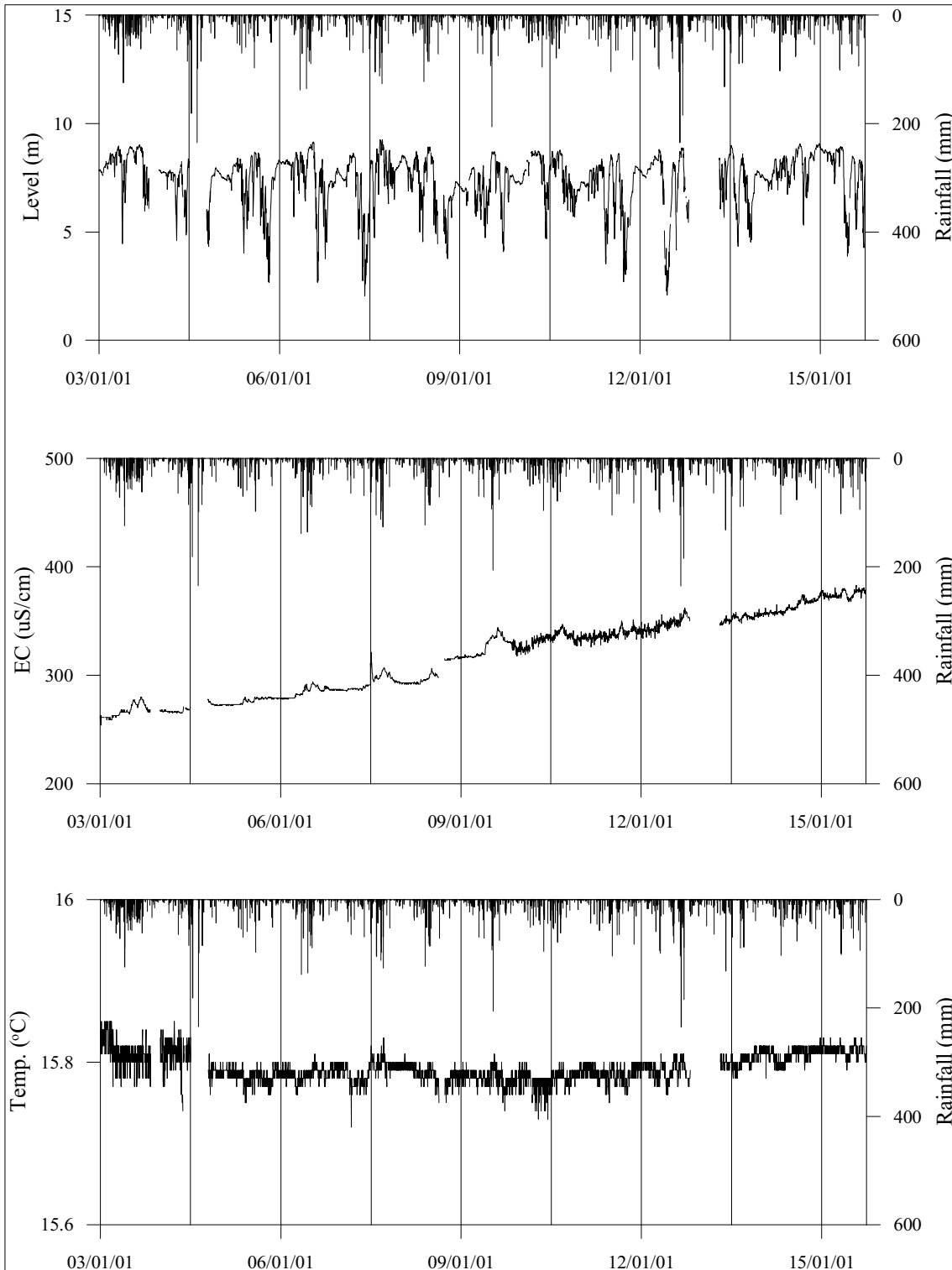
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
지막1	2002	-1.79	-5.38	0.52	299	248	363	-	-	-
	2002	-0.64	-3.45	0.78	181	168	212	-	-	-
	2003	0.50	-2.48	0.93	295	274	314	-	-	-
	2004	0.14	-2.53	0.94	250	235	267	-	-	-
	2005	0.26	-2.48	1.30	236	211	266	-	-	-
	2006	0.20	-5.09	1.27	266	239	347	-	-	-
	2007	0.64	-1.11	1.21	296	265	328	-	-	-
	2008	-0.44	-3.69	1.04	290	244	356	-	-	-
	2009	-0.67	-4.00	0.79	315	272	377	-	-	-
	2010	0.17	-1.51	0.83	294	272	321	-	-	-
	2011	-0.36	-4.02	1.01	286	195	354	-	-	-
	2012	-0.39	-6.09	1.08	276	216	350	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
지막2	2003	8.16	4.45	9.02	267	254	280	-	-	-
	2004	6.58	2.75	8.37	270	265	278	-	-	-
	2005	7.16	2.67	8.68	276	272	280	-	-	-
	2006	7.66	2.80	9.15	285	278	294	-	-	-
	2007	7.26	2.04	9.26	293	285	321	-	-	-
	2008	7.40	3.76	8.92	298	292	315	-	-	-
	2009	7.11	4.09	8.70	326	315	344	-	-	-
	2010	7.90	4.69	8.78	334	319	347	-	-	-
	2011	6.94	2.69	8.62	337	326	350	-	-	-
	2012	7.22	2.08	8.88	347	334	362	-	-	-
	2013	7.87	5.67	9.00	351	346	358	-	-	-
	2014	7.74	6.74	8.52	359	354	365	-	-	-
2015	7.77	3.89	8.95	375	368	383	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<지막1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<지막2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 지막1, 2 관측공은 2000년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 지막1 관측공은 부지소유주의 민원 제기로 2015년 말 오산1 관측공으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 지막1 관측공은 케이싱을 기준으로 전기전도도 값의 변화는 있으나 매년 200 ~ 600 $\mu S/cm$ 범위 내에서 거의 일정하고, 지막2 관측공은 심도의 증가에 따른 전기전도도의 증감현상은 없고 300 $\mu S/cm$ 내외값을 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 지막1, 2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로 나타났다. Cl/HCO₃ 몰비는 지막2 관측공에서 0.55로 나타남에 따라, 해수침투의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 지막1 관측공은 2002년부터 최근까지 연평균 전기전도도가 181 ~ 315 $\mu S/cm$ 사이에서 증감을 반복하고 있으나 큰 변동은 나타나지 않는다. 반면, 지막2 관측공은 2003년부터 2015년까지 연평균 전기전도도가 267 ~ 375 $\mu S/cm$ 로 적은 범위에서 지속적으로 증가하는 추세로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 지막1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위 변동이 8 m 이내로 관개기와 강수에 의한 수위의 증감현상을 수반한다. 이러한 경향은 지막2 관측공에서도 동일하다.
- 6) 관리 방안 : 지막지구는 지하수 수위 변동에 따른 전기전도도의 상승효과가 있으나 최대 전기전도도 값이 400 $\mu S/cm$ 미만으로서, 현재까지 해수침투 영향은 미약한 것으로 없는 것으로 판단되나, 지속적인 모니터링을 통하여 전기전도도 변화추세를 분석하여야 한다. 그러나, 지막1 관측공의 부지소유주가 지속적인 민원을 제기하여 오산1 관측공으로 2015년 말 이동 설치하였다.

2.5.9 오산지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
오산1	진도군 고군면 오산리 2171	141025.9832	111203.4606	3.076	2015	1,280	1.376

* 오산1 관측공은 민원 제기로 지막1 관측공을 2015년 말 이동 설치함

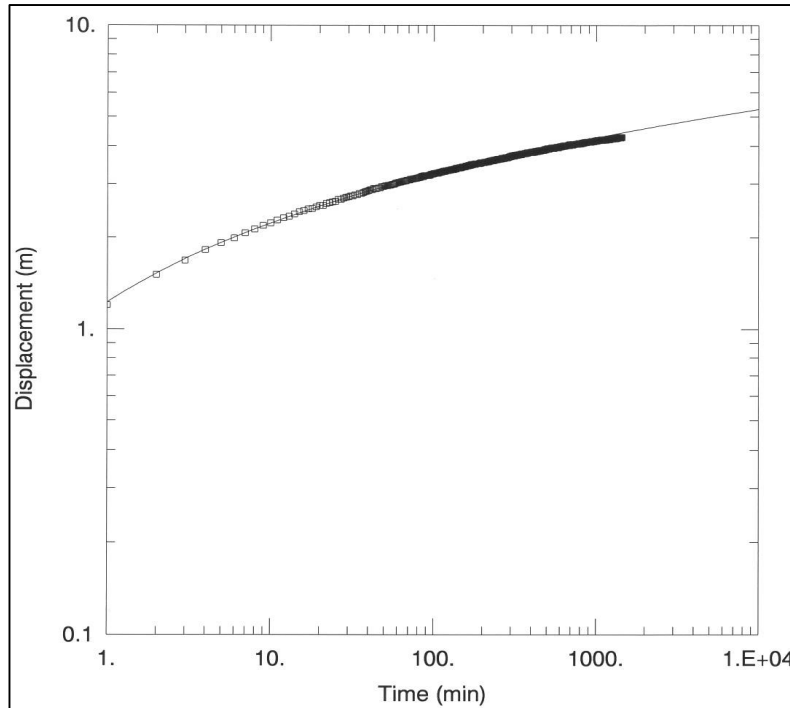
2. 지형 및 지질

이 지역은 진도군 고군면 오산리에 위치한 지구로, 관측공 주변 해안선이 북동 방향으로 뻗어 있으며, 북동쪽에는 마산저수가 위치하고 동쪽으로는 마산방조제가 위치하는 간척지역이다. 해당 지역은 제4기 충적층이 넓게 분포하면서 농경지를 형성하고 있고, 중생대 백악기 반암질응회암과 안산암질응회암이 주로 분포하고 있다.

3. 대수층 수리지질현황

이동 설치된 오산1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

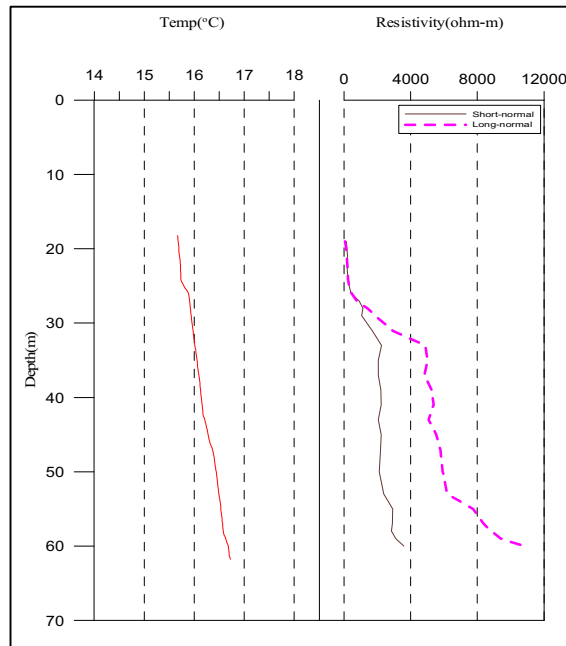


관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
오산1	200.0	22.1270	6.10×10 ⁻⁴	42.0

◎ 물리탐사

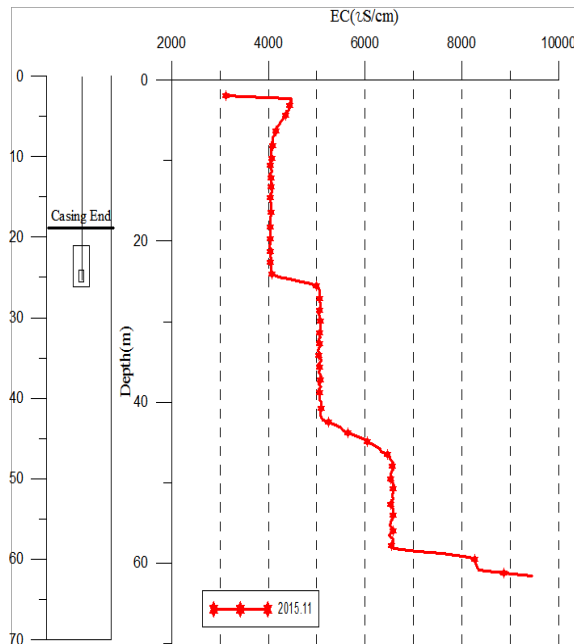
1) 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<오산1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



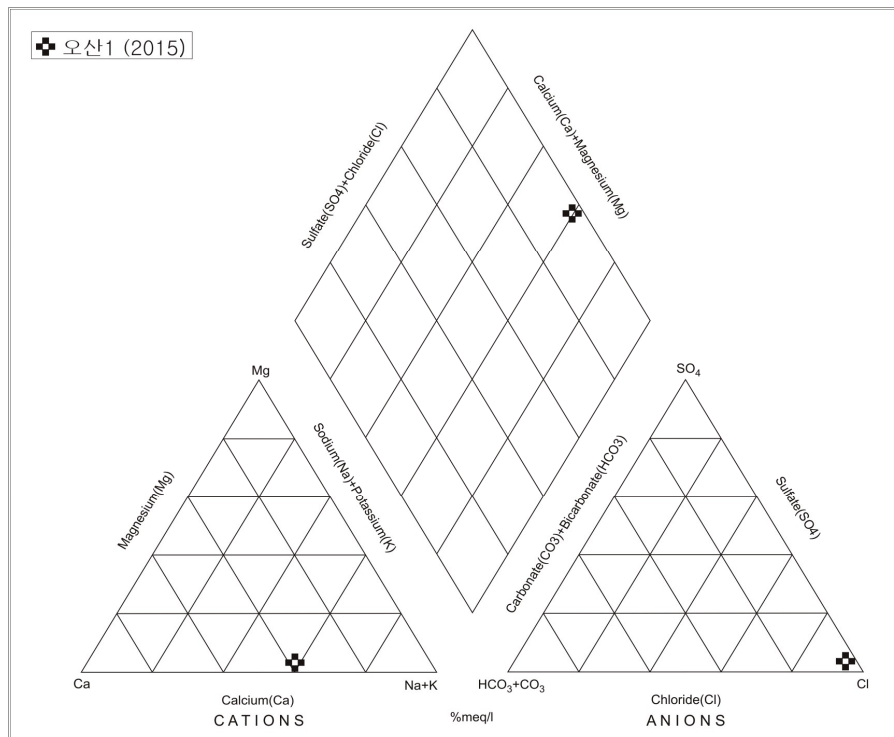
<오산1 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
오산1 (2015. 12)	631.09	11.83	7.61	359.07	36.0	734.2	54.9	ND



<오산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수분류

구분	관측공	
	년. 월	오산1
Cl/HCO_3 몰비	2015.12	23.02

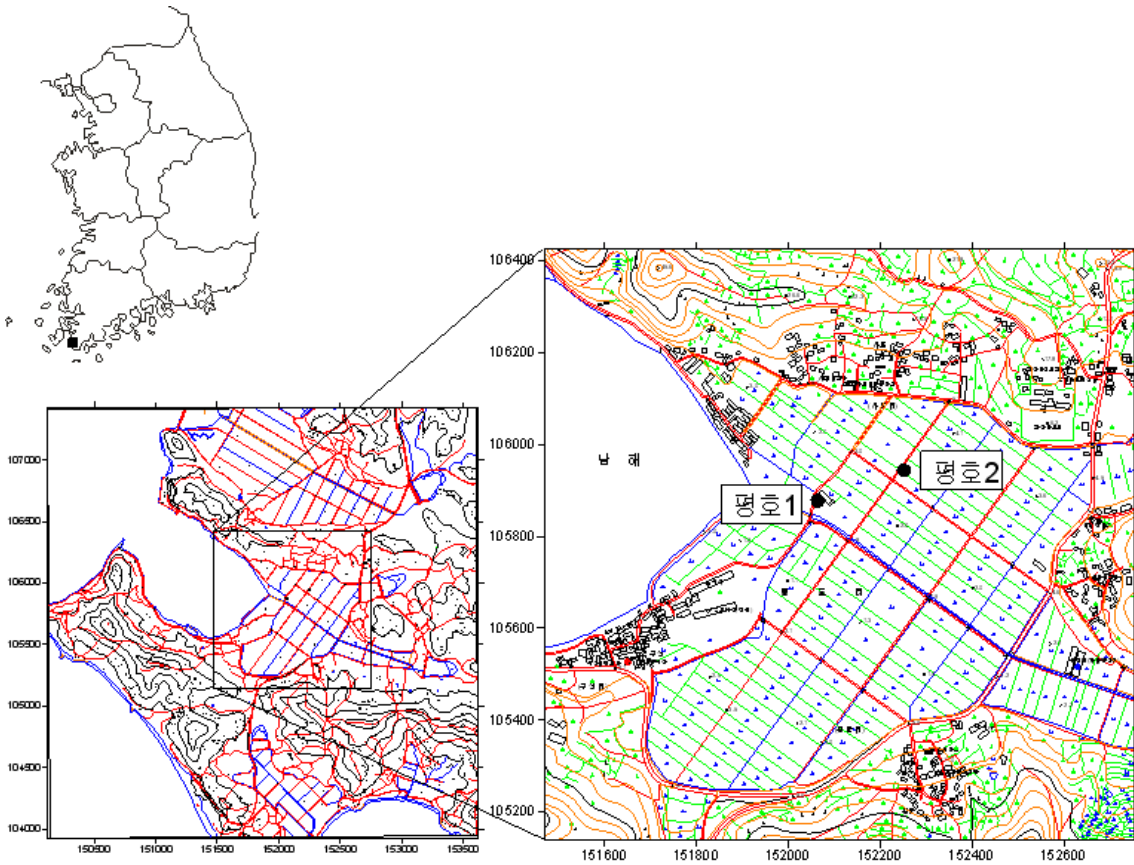
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진도군 고군면에 위치한 오산지구는 서남해안에 인접하고 고군천 중류부에 위치하며, 주변에는 마산방조제의 영향으로 발달된 간척지가 넓게 자리한다. 오산1(구 지막1) 관측공은 기후와 주변 환경의 영향으로 시설물 유실과 파손이 발생하여 정상적인 자료확보가 어렵고, 부지소유주의 민원제기로 이동 설치하였다. 이동 설치된 오산1 관측공은 해안으로부터 약 1.28 km 떨어진 간척지 중앙에 위치하고 지막2 관측공과는 약 0.85km 거리를 유지하고 있다. 이 지역은 조수간만 현상에 의해 고군천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 지막2 관측공과 함께 해수침투를 관측하고자 지막1 관측공을 이동 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 오산1 관측공의 양수량은 200.0 m³/d이다. 수리전도도는 6.10×10^{-4} cm/sec이며, 대수층 두께는 42.0 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 물리검층 결과, 오산1 관측공의 수온은 케이싱 심도(18 m) 이하부터 공저까지 15.67 °C에서 16.13 °C까지 증가하였다. 노말 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 28 m 심도까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 적다. 이는 지반이 포화되어 있고, 시추주상도 상의 균열면을 통해 이동하는 지하수의 영향으로 사료된다. 이후 공저까지 단노말과 장노말의 차이가 크게 나타난다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 오산1 관측공은 전기전도도가 심도 약 24 ~ 26m 구간에서 약 4,072 μ S/cm에서 5,060 μ S/cm으로 증가하는 전이대가 관측된다. 이는 시추주상도 및 비저항탐사 결과와 일치하며, 이 구간을 통해 염수의 유입이 발생하는 것으로 사료된다. 이후에도 42 ~ 47 m 구간에서 전이대가 관측된다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 오산1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 23.02로 분석되어 심각하게 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 오산1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있는 것으로 판단되며, 향후 전기전도도의 변화를 모니터링할 필요가 있다. 또한, 적정 양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

2.5.10 평호지구

1. 위치

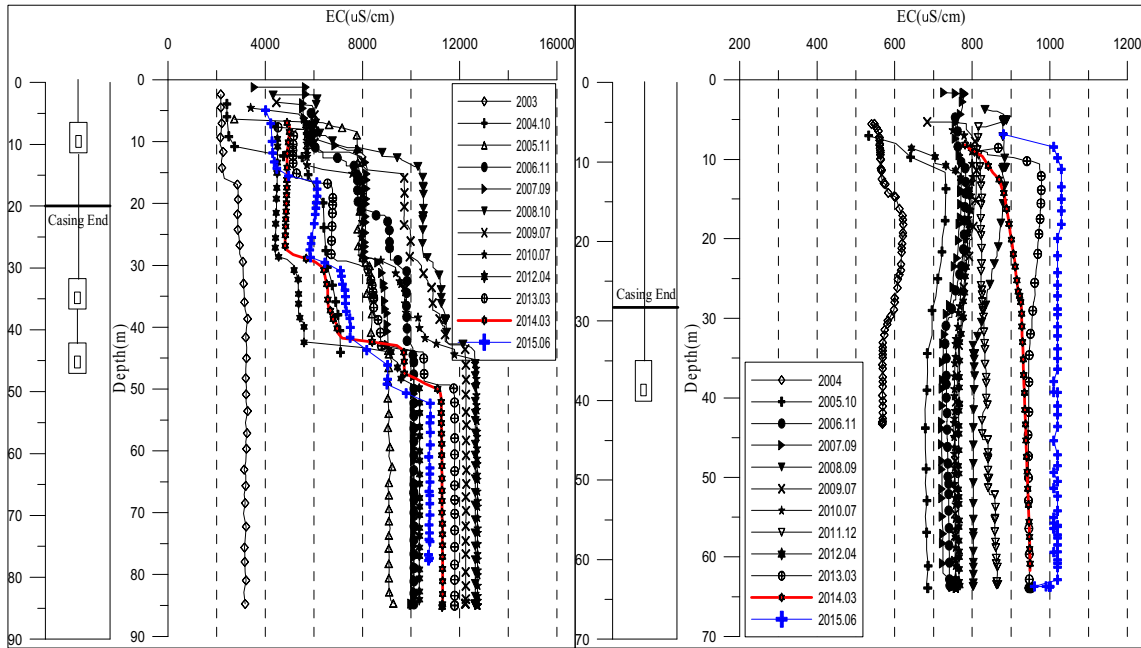


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
평호1	해남군 화산면 평호리 126-10	152064.183	105877.431	0.614	2003	260	-3.226
평호2	해남군 화산면 평호리 93-8	152252.690	105943.436	1.327	2004	430	-0.882

2. 지형 및 지질

이 지역의 지형은 소백산맥의 지맥이 해남반도 끝까지 뻗어 완만한 구릉지대를 형성하고 있는 해안선 인접지역으로, 주변 해안은 리아스식 해안이다. 지질은 시대 미상의 화강편마암이 기반암을 이루고 있으며, 주변에 염기성 암맥이 관입한 흔적이 나타나고 있다. 본 지역의 북쪽으로는 중생대 백악기의 응회암이 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<평호1 관측공>

<평호2 관측공>

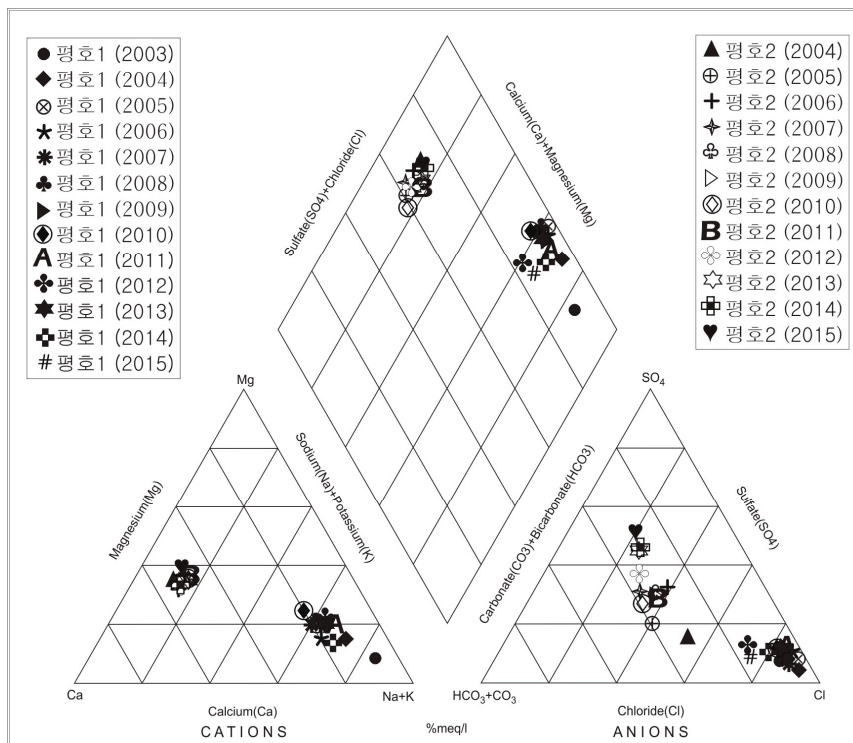
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
평호1	(2003. 9)	424.29	24.02	3.99	32.25	125.60	1010.69	180.00	35.87
	(2004.10)	988.55	104.64	ND	148.73	159.58	2074.50	100.65	8.24
	(2005.10)	523.82	93.10	12.43	129.12	137.49	1338.70	97.60	13.69
	(2006.11)	1026.34	146.12	1059	299.61	194.42	2570.73	146.40	ND
	(2007.10)	979.11	174.85	23.52	249.98	221.72	2207.91	216.55	ND
	(2008. 9)	790.75	147.84	11.76	205.06	228.59	1855.45	210.45	ND
	(2009. 7)	832.86	138.10	10.58	173.71	227.87	1733.58	179.95	2.78
	(2010. 7)	654.68	155.53	11.84	206.56	278.29	1489.66	277.55	ND
	(2011. 7)	1056.55	150.24	9.22	200.84	265.76	1888.09	234.85	ND
	(2012. 4)	432.57	91.25	16.19	110.97	204.48	877.34	301.95	ND
	(2013. 3)	1065.13	170.03	13.12	236.47	294.21	2056.18	280.60	ND
	(2014. 3)	1101.74	120.51	13.92	212.50	334.11	1673.03	268.40	0.00
(2015. 6)	423.23	66.45	6.90	84.06	131.10	752.60	271.50	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
평호2	(2004.10)	12.45	19.66	ND	46.08	40.50	94.54	91.50	0.62
	(2005.10)	19.38	28.17	2.26	68.68	55.38	84.65	137.25	0.58
	(2006.11)	19.59	25.83	2.97	66.24	103.23	91.14	125.05	ND
	(2007.10)	24.40	31.95	4.92	77.05	114.45	86.87	176.90	0.72
	(2008. 9)	27.65	32.15	2.72	81.32	111.72	93.78	152.50	0.57
	(2009. 7)	24.40	30.31	2.54	74.73	103.12	95.95	146.40	0.27
	(2010. 7)	22.52	26.16	2.42	61.86	77.55	74.64	152.50	ND
	(2011. 7)	30.45	38.12	2.84	87.44	113.83	101.41	155.55	ND
	(2012. 4)	27.84	31.12	3.21	84.16	125.60	71.45	146.40	ND
	(2013. 3)	31.99	38.51	3.13	93.30	201.19	81.90	170.80	0.37
	(2014. 3)	34.23	41.69	6.02	113.12	209.28	83.53	164.70	0.00
	(2015. 6)	27.39	44.25	3.37	89.06	218.10	63.60	149.50	-



<평호지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	평 호1	평 호2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2003.10	9.66	-
	2004.10	35.46	1.78
	2005.10	23.65	1.06
	2006.11	30.28	1.26
	2007.10	17.52	0.84
	2008. 9	15.15	1.06
	2009. 7	16.55	1.13
	2010. 7	9.22	0.84
	2011. 7	13.81	1.12
	2012. 4	4.99	0.84
	2013. 3	12.59	0.82
	2014. 3	10.71	0.87
	2015. 6	4.77	0.73

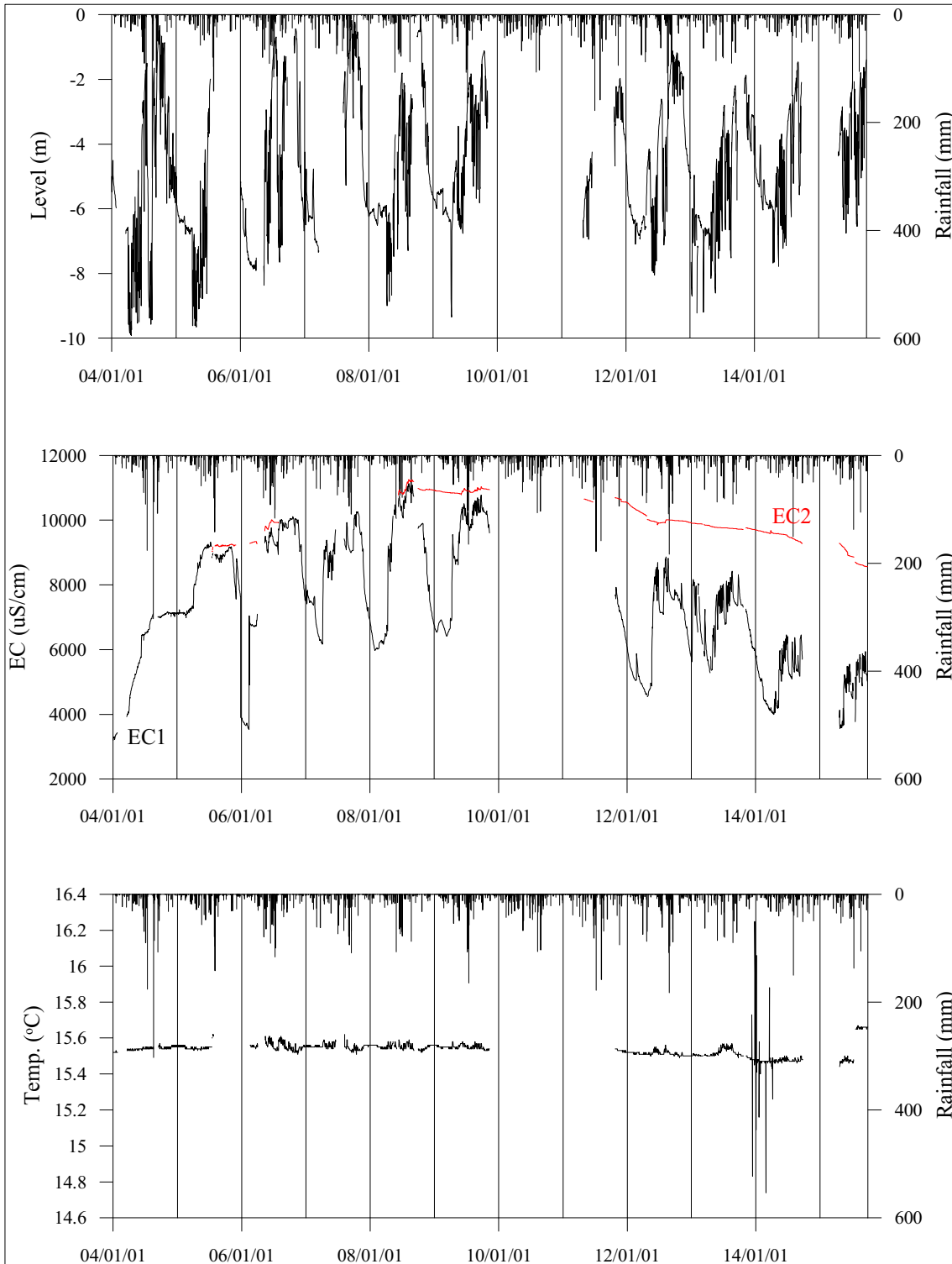
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

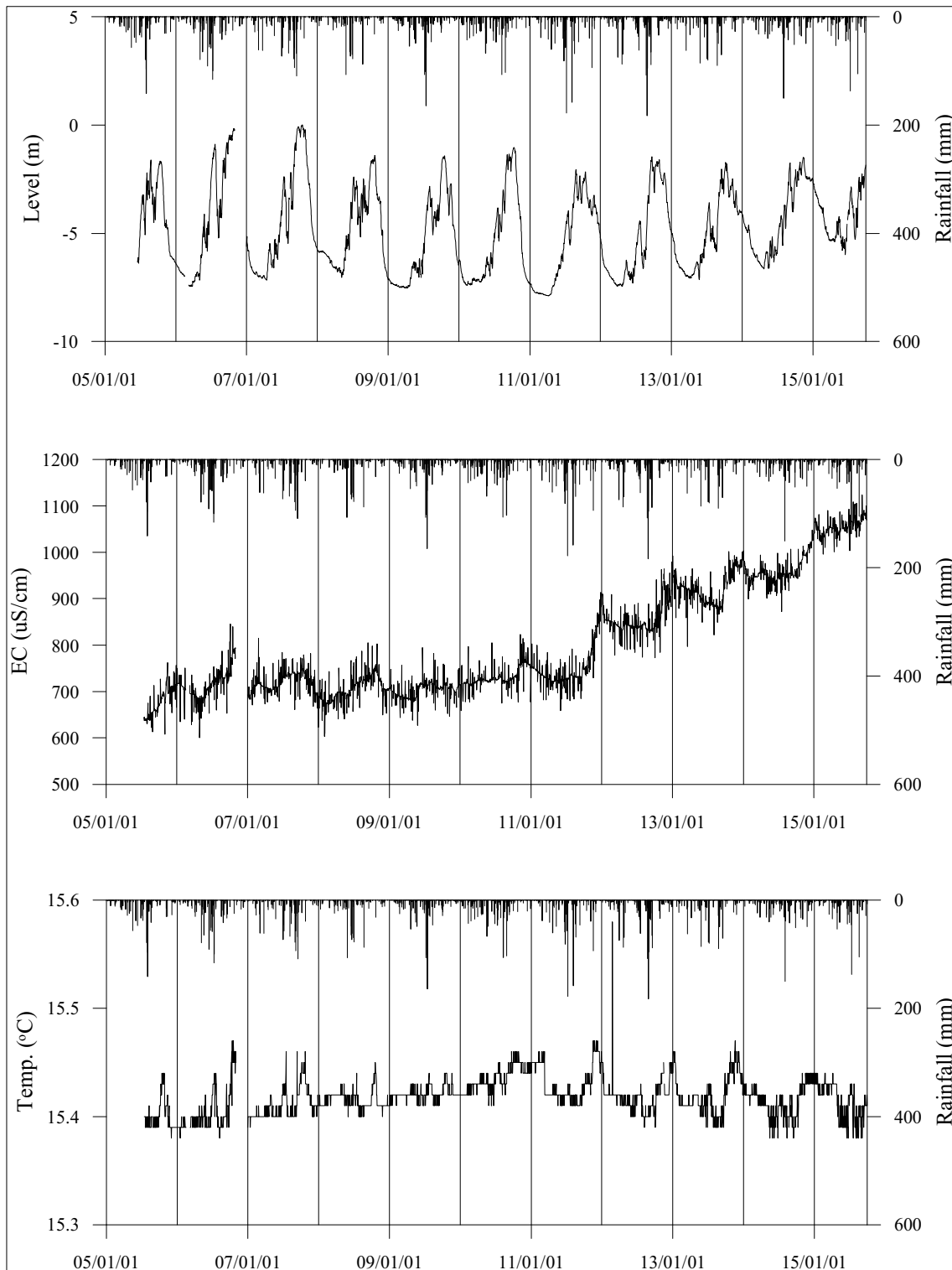
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
평호1	2004	-5.12	-9.92	-0.34	6,025	3,200	7,170	-	-	-
	2005	-5.59	-9.66	-1.45	8,333	6,990	9,320	9,208	9,038	9,256
	2006	-6.06	-9.39	-0.44	8,240	3,538	10,111	11,256	9,278	17,993
	2007	-3.81	-7.35	-0.18	8,400	6,170	10,262	10,230	10,079	17,996
	2008	-3.81	-9.00	3.74	8,878	5,969	11,138	10,602	10,124	11,257
	2009	-4.60	-9.36	-1.13	8,856	6,413	10,773	10,896	10,793	11,032
	2010	-3.52	-7.35	-0.59	8,594	6,181	9,927	10,801	10,485	11,036
	2011	-6.62	-8.54	-2.85	8,794	7,302	10,645	10,656	10,380	10,790
	2012	-4.58	-8.05	-1.12	6,602	4,540	8,861	10,093	9,860	10,549
	2013	-6.14	-9.23	-2.80	6,801	5,283	8,170	9,827	9,753	9,917
	2014	-5.28	-7.78	-2.76	4,984	3,997	6,450	9,591	9,437	9,701
2015	-3.65	-6.76	-1.39	4,914	3,564	5,936	8,848	8,561	9,287	
평호2	2005	-4.93	-9.59	-1.68	622	475	762	633	571	721
	2006	-4.48	-7.52	-0.23	716	600	846	-	-	-
	2007	-4.58	-7.16	0.01	721	661	815	-	-	-
	2008	-4.80	-7.04	-1.39	705	603	805	-	-	-
	2009	-5.65	-7.53	-1.42	703	627	795	-	-	-
	2010	-5.31	-7.40	-1.03	724	659	805	-	-	-
	2011	-5.79	-7.88	-2.05	735	659	803	-	-	-
	2012	-5.35	-7.45	-1.47	850	773	965	-	-	-
	2013	-6.11	-7.14	-3.58	913	797	992	-	-	-
	2014	-5.61	-6.64	-4.16	948	872	1,003	-	-	-
2015	-4.19	-5.98	-1.85	1,056	996	1,124	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<평호1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<평 호2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

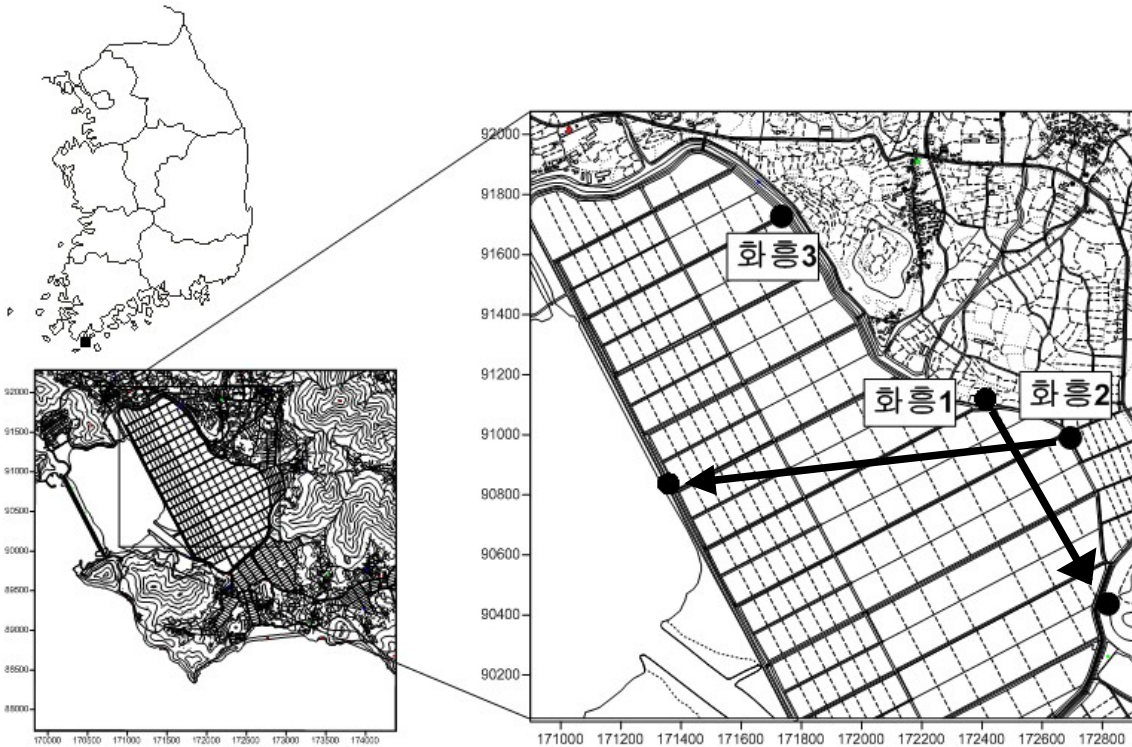
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 평호1, 2 관측공은 2003년과 2004년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 평호1 관측공은 2003년 설치 당시 전기전도도는 약 3,000 $\mu S/cm$ 내외였으나, 2004년부터 2014년까지 30 m, 45 m 및 50 m 구간에서 전이대가 형성되었고, 매년 전 구간 4,000 ~ 12,000 $\mu S/cm$ 범위로 검층되어 염수침입을 확인할 수 있다. 평호2 관측공은 2005년부터 2014년까지 약 1,000 $\mu S/cm$ 이하의 범위로 나타났지만, 2015년에는 1,000 $\mu S/cm$ 이상으로 증가함에 따라 해수침투의 가능성이 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 평호1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 4.77로 해수에 의한 영향을 지시한다. 평호2 관측공은 Ca-SO₄ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비가 0.73으로 약한 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 평호1 관측공의 2004년부터 2015년까지 지표 하 35 m 에 설치한 연평균 전기전도도는 4,984 ~ 8,856 $\mu S/cm$ 범위를 보이고 있으며, 지표 하 45 m 에 설치한 전기전도도는 9,208 ~ 10,896 $\mu S/cm$ 범위를 보이고 있다. 평호2 관측공은 2005년부터 2015년까지 622 $\mu S/cm$ 에서 1,056 $\mu S/cm$ 로 지속적으로 상승하는 추세로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 평호1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위는 연중 평균해수면 이하이나, 강수의 영향으로 지하수 수위가 증가하고, 양수 등으로 감소한다. 평호2 관측공은 강수의 영향을 반영하며, 전기전도도 값은 증가하는 경향을 나타내고 있다.
- 6) 관리 방안 : 평호지구는 4월부터 9월까지 영농기에 양수에 의한 지하수 수위 저하가 뚜렷하고 전기전도도 값의 변화도 수위변동에 기인한다. 따라서, 지하수 이용량 조절 등을 통하여 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.5.11 화흥지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
화흥1	완도군 완도읍 정도리 980-2	172782.026	90399.042	2.531	2009	1,100	2.62(TOC)
화흥2	완도군 완도읍 대신리 1234-1	171389.036	90828.740	0.444	2014	35	0.95(TOC)
화흥3	완도군 완도읍 화흥리 1264	171735.008	91728.283	-0.256	2000	1,740	-1.556

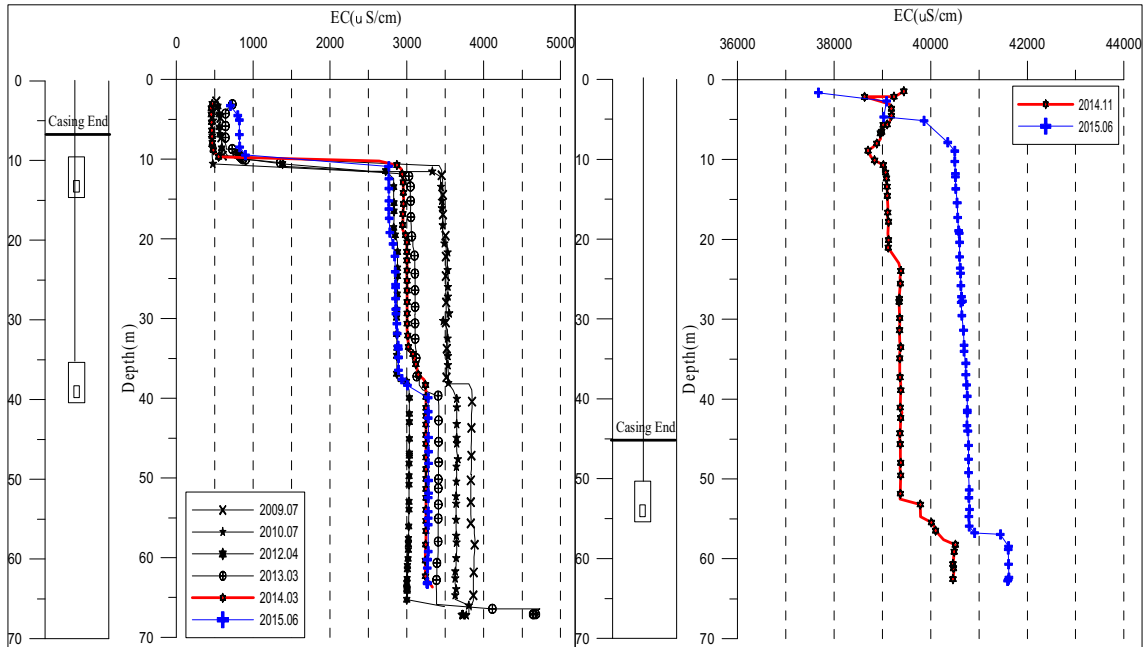
※화흥1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함.

※화흥2 : 2014년 신규관정으로 이동 설치 함.

2. 지형 및 지질

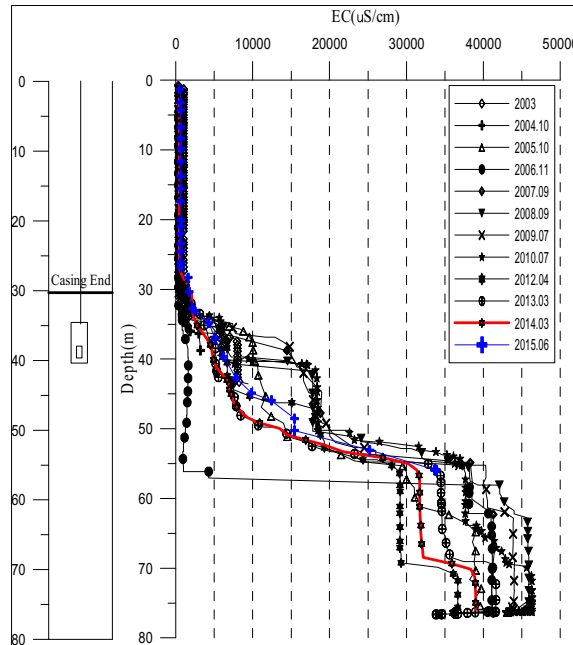
이 지역은 완도읍 인근지역으로 방조제 축조로 조성된 농경지의 외곽부에 해당된다. 지질은 변성암류와 이를 관입한 관상화강암과 이들을 부정합으로 피복하는 화산암류와 퇴적암류 등으로 구성되며, 주변부에 이들 암석을 관입한 맥암류들이 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<화흥1 관측공>

<화흥2 신규 관측공>



<화흥3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

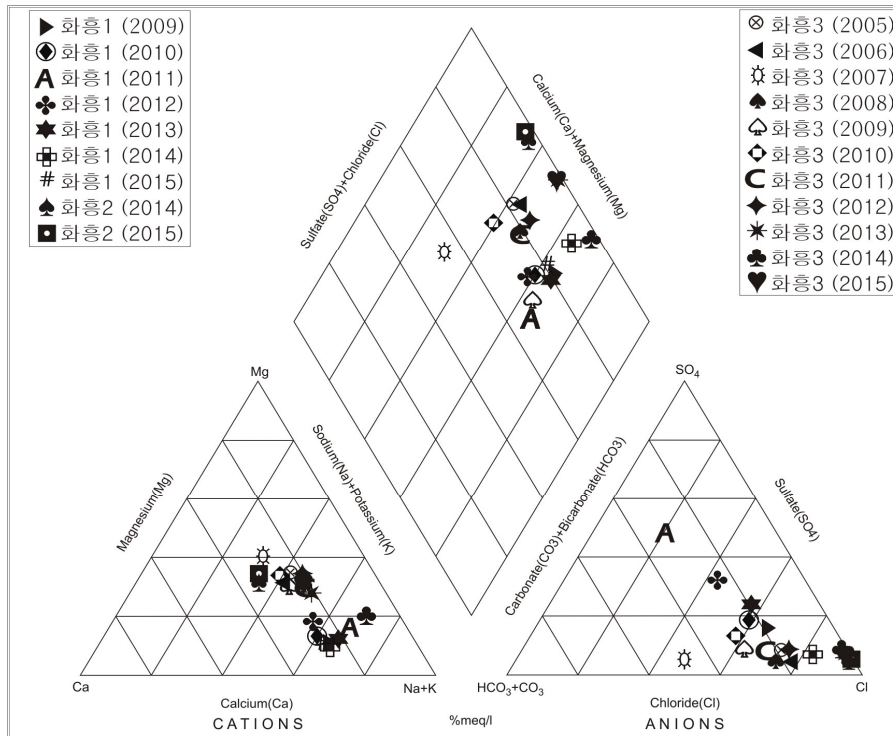
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
*화흥1	(2005.10)	29.35	37.44	3.67	64.94	73.92	110.82	91.50	0.69
	(2006.11)	33.36	32.37	3.55	53.45	52.20	98.71	85.40	ND
	(2007.10)	43.84	39.05	8.10	68.09	75.82	127.28	106.70	0.86
	(2009. 7)	185.09	16.86	4.68	62.56	108.30	294.27	155.55	0.29
	(2010. 7)	136.99	15.86	4.37	55.57	83.60	198.28	140.30	ND
	(2011. 7)	119.71	14.75	5.36	28.94	184.08	54.79	152.50	ND
	(2012. 4)	92.00	13.24	5.07	38.51	106.69	101.94	106.75	ND
	(2013. 3)	130.86	12.08	4.66	39.43	97.69	177.46	106.75	0.69
	(2014. 3)	372.73	28.00	6.47	121.91	96.19	682.35	106.75	0.00
	(2015. 6)	3430.67	1964.30	46.67	2834.84	1209.20	13881.30	73.20	-

*화흥1 : 2009년 신규지구로 이동 설치 함.

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
*화흥2	(2002. 7)	170.36	6.44	2.35	4.21	28.34	231.49	40.87	20.77
	(2004.10)	202.80	ND	0.53	0.50	3.29	11.99	71.98	ND
	(2005.10)	164.78	2.50	2.28	3.18	58.23	209.93	70.15	1.37
	(2006.11)	185.78	2.04	1.95	2.66	50.62	234.43	70.15	ND
	(2007.10)	104.38	1.18	2.58	1.42	32.69	106.81	82.35	0.73
	(2008. 9)	92.20	2.03	1.79	2.60	22.52	121.90	51.85	0.73
	(2009. 7)	169.88	2.08	1.79	2.48	53.00	210.24	67.10	0.48
	(2010. 7)	124.52	0.92	1.60	1.06	32.96	110.45	91.50	ND
	(2011. 7)	85.38	1.01	1.26	1.54	19.92	78.73	67.10	0.44
	(2012. 4)	175.19	3.80	2.92	4.30	56.68	207.50	88.45	ND
	(2013. 3)	956.52	27.34	9.96	32.23	287.35	1375.25	82.35	5.60
	(2014.11)	3,689.25	1,971.69	69.46	3,193.72	1,792.46	14,263.19	100.65	ND
	(2015. 6)	142.36	11.36	1.91	55.66	41.90	262.00	103.70	-

*화흥2 : 2014년 신규지구로 이동 설치 함.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
화홍3	(2002. 7)	83.90	54.36	1.96	30.07	12.49	243.90	48.80	23.17
	(2004.10)	57.36	14.28	ND	16.95	18.53	198.68	19.52	1.01
	(2005.10)	52.38	21.16	1.83	28.38	23.65	151.76	65.58	1.14
	(2006.11)	61.29	24.60	1.75	35.65	18.38	182.99	70.15	ND
	(2007.10)	24.91	16.67	2.74	19.41	10.60	57.83	88.45	0.50
	(2008. 9)	76.84	24.53	1.91	32.18	26.44	195.00	100.65	0.90
	(2009. 7)	48.35	18.08	1.64	25.82	20.57	113.12	97.60	0.39
	(2010. 7)	35.65	16.31	1.50	23.57	13.31	99.19	76.25	0.33
	(2011. 7)	43.67	15.17	1.82	17.58	13.49	101.42	51.85	ND
	(2012. 4)	41.27	14.59	3.31	15.12	12.56	104.62	39.65	ND
	(2013. 3)	542.33	168.00	5.79	197.85	188.94	1433.86	42.70	5.69
	(2014. 3)	944.69	143.82	8.81	120.00	245.59	1811.07	51.85	6.29
	(2015. 6)	548.15	185.54	6.86	200.50	126.30	1495.50	9.20	-



<화홍지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공			
	년. 월	*화홍1	*화홍2	화홍3
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	-	9.48	8.60
	2004.10	-	0.29	17.51
	2005.10	2.09	5.16	3.99
	2006.11	1.99	5.76	4.50
	2007.10	2.05	2.23	1.12
	2008. 9	-	4.04	3.33
	2009. 7	3.25	5.38	1.99
	2010. 7	2.43	2.07	2.24
	2011. 7	0.62	2.02	3.36
	2012. 4	1.64	4.03	4.53
	2013. 3	2.86	28.70	57.70
	2014. 3	10.98	243.50 (2014.11)	60.02
	2015. 6	4.35	326.37	281.30

*화홍1 : 2009년 신규지구로 이동 설치 함.

*화홍2 : 2014년 신규지구로 이동 설치 함.

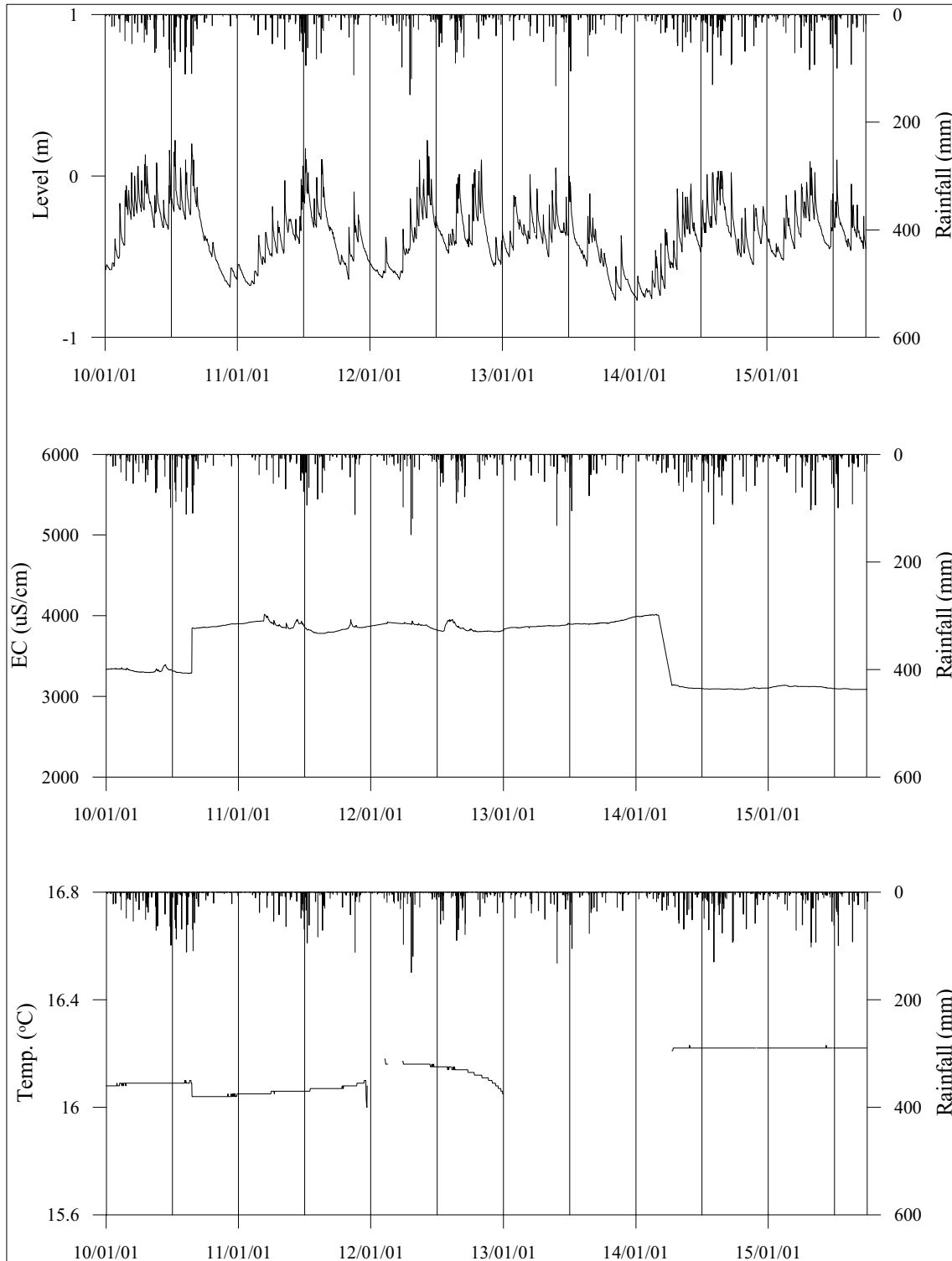
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

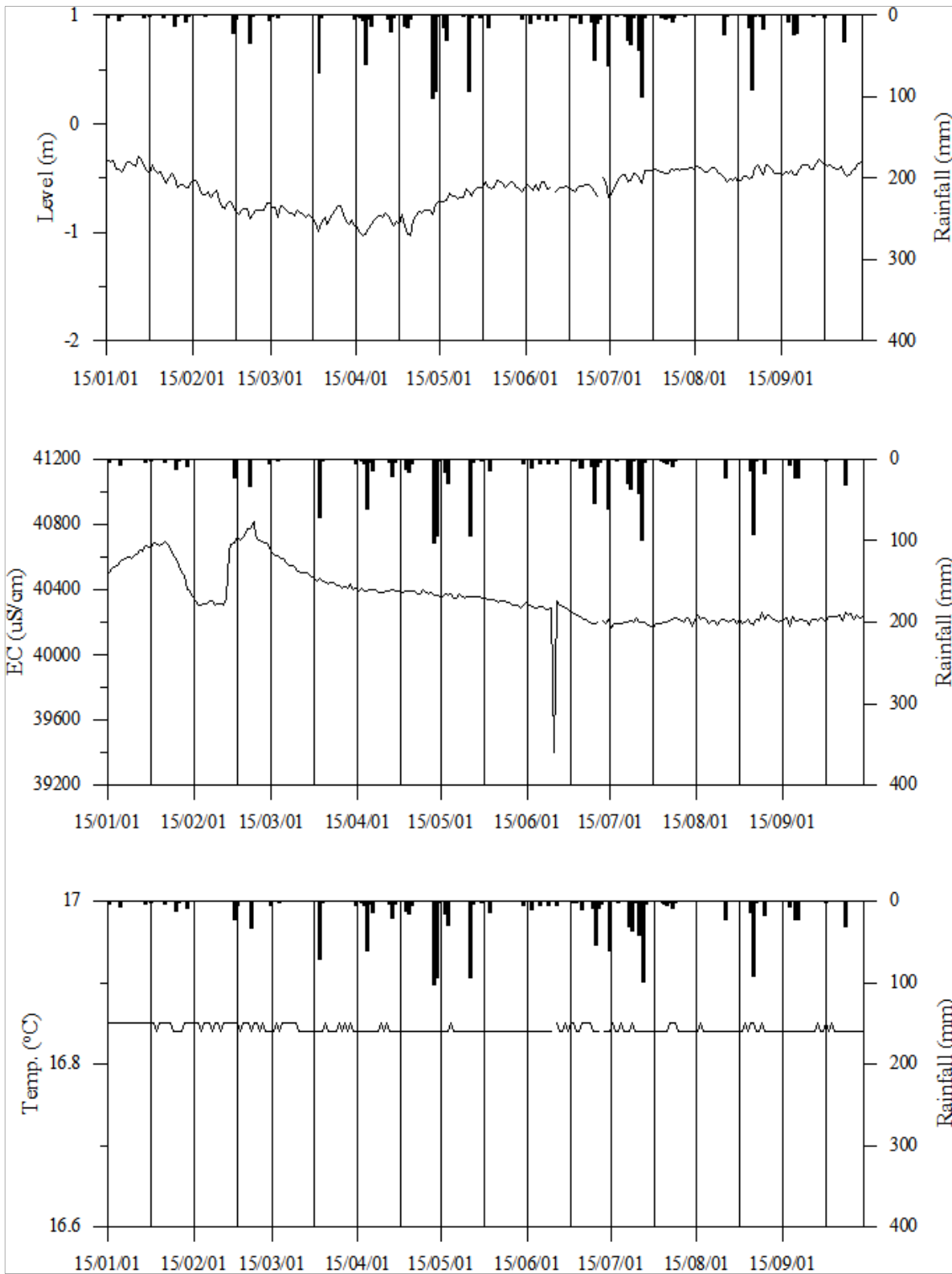
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
*화흥1	2000	-1.31	-7.85	0.29	20,721	743	24,442	-	-	-
	2001	-1.22	-5.14	0.06	18,138	1,001	23,454	-	-	-
	2002	-0.34	-4.44	0.87	16,860	696	22,714	-	-	-
	2003	-0.72	-4.54	0.07	15,444	1,322	22,733	-	-	-
	2004	-1.18	-5.64	0.07	12,578	948	22,812	-	-	-
	2005	-0.46	-5.34	1.30	16,300	705	22,364	-	-	-
	2006	-0.89	-1.04	-0.63	21,739	21,337	21,908	-	-	-
	2010	-0.25	-0.58	0.22	3,438	3,285	3,867	-	-	-
	2011	-0.39	-0.68	0.17	3,868	3,780	4,019	-	-	-
	2012	-0.36	-0.63	0.19	3,850	3,802	3,952	-	-	-
	2013	-0.32	-0.50	0.05	3,872	3,837	3,909	-	-	-
	2014	-0.48	-0.77	0.01	3,430	3,092	4,016	-	-	-
2015	-0.32	-0.52	0.10	3,112	3,085	3,142	-	-	-	
*화흥2	2000	-3.41	-22.12	-2.85	1,768	1,047	3,092	-	-	-
	2002	0.12	-2.65	0.35	2,279	936	3,922	-	-	-
	2003	-4.85	-5.14	-3.94	1,164	855	1,454	-	-	-
	2004	0.03	-0.75	0.25	1,027	518	1,163	-	-	-
	2005	-0.20	-1.15	0.25	728	387	1,085	-	-	-
	2006	-0.04	-1.65	0.35	779	351	931	-	-	-
	2007	-0.10	-1.95	0.35	700	293	1,014	-	-	-
	2008	0.71	-13.91	3.12	900	409	3,552	-	-	-
	2009	2.06	-10.75	3.16	778	267	1,932	-	-	-
	2011	0.15	-2.26	0.38	806	570	2,226	-	-	-
	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-0.60	-1.03	-0.30	40,355	39,400	40,813	-	-	-	
화흥3	2001	-1.93	-5.15	-1.24	3,234	1,796	4,582	-	-	-
	2002	-2.32	-5.56	-1.23	1,692	909	2,012	-	-	-
	2003	-1.25	-2.18	0.08	7,115	16	14,249	-	-	-
	2004	-1.97	-5.15	-0.97	3,949	886	12,945	-	-	-
	2005	-2.39	-5.42	-1.71	6,134	666	12,369	-	-	-
	2006	-2.17	-5.82	-0.90	2,097	600	8,619	-	-	-
	2007	-1.32	-4.75	-0.36	10,030	709	15,853	-	-	-
	2008	-1.92	-5.67	-0.97	4,266	740	15,892	-	-	-
	2009	-1.80	-5.11	-0.87	8,656	810	16,178	-	-	-
	2010	-1.78	-2.16	-1.10	6,307	5,035	15,224	-	-	-
	2011	-1.35	-1.75	-0.77	7,563	7,030	11,452	-	-	-
	2012	-1.42	-2.03	-1.21	8,072	7,302	9,072	-	-	-
	2013	-1.38	-1.88	-0.79	4,319	3,297	7,059	-	-	-
2014	-1.95	-2.87	-1.38	4,608	3,230	6,567	-	-	-	
2015	-2.04	-2.53	-1.12	6,937	5,140	15,654	-	-	-	

6.

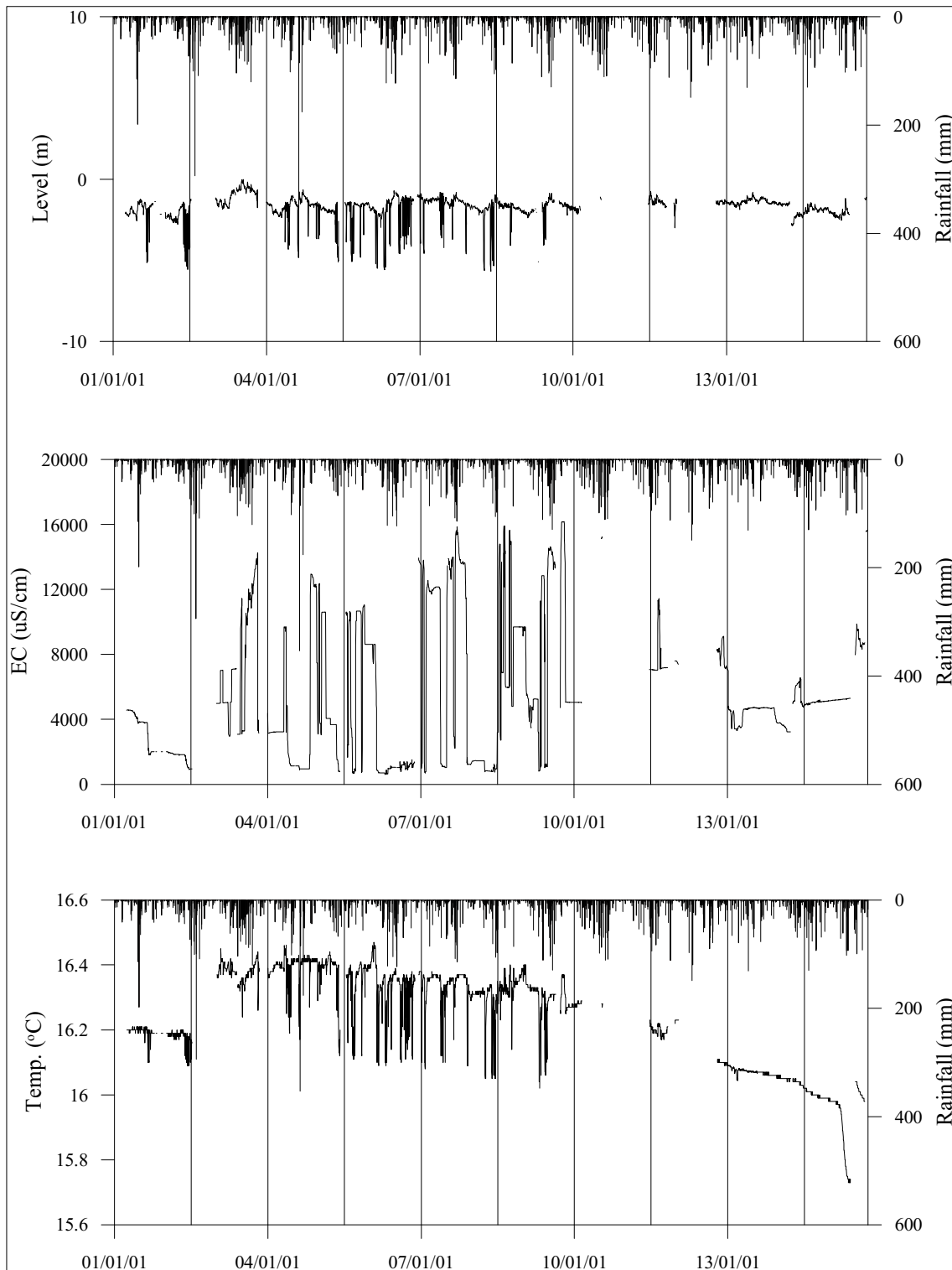
장기관측 결과



<화흥1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화홍2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화흥3 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

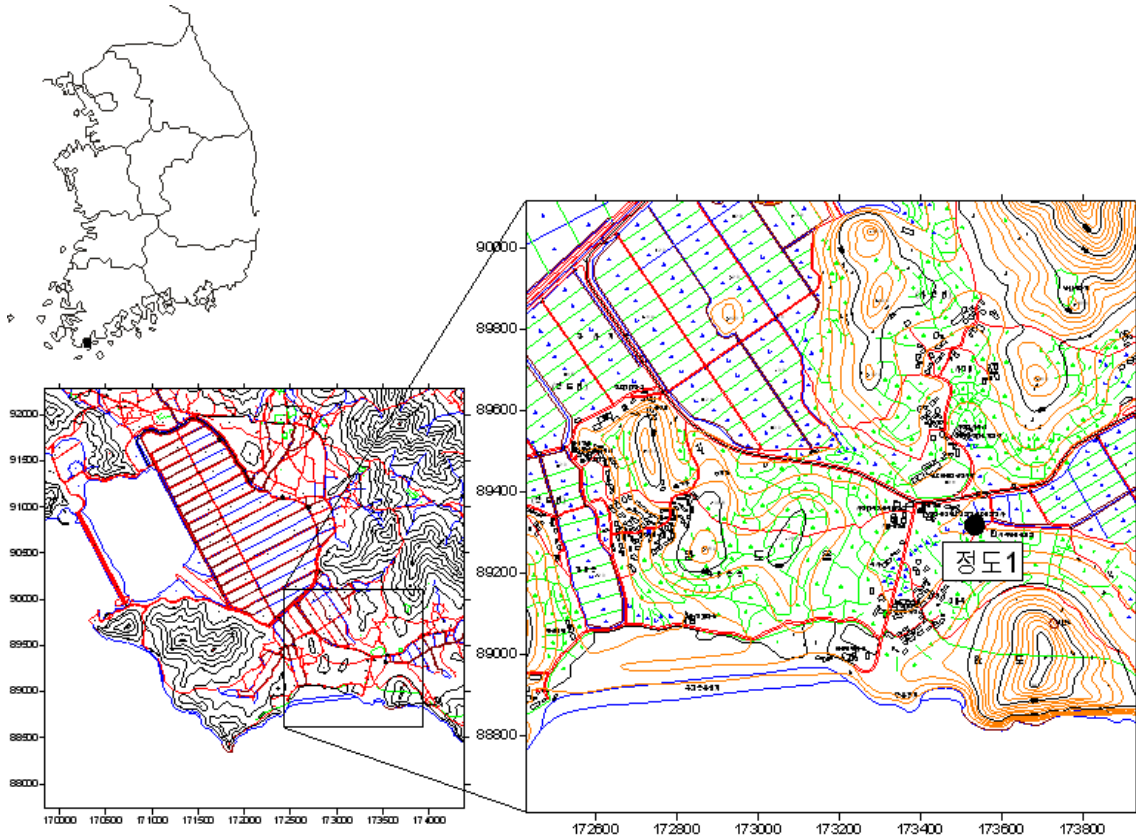
현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화홍1, 2와 3 관측공은 1998년과 2000년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 화홍1 관측공은 지하수 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년 이전하여 관측시스템을 설치하였다. 화홍2 관측공은 관정 내 이용시설로 인한 검층불가 때문에 2014년 말에 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 화홍1 관측공은 지표 하 10 m 케이싱 설치 구간에서 전기전도도 값이 상부구간 약 $500 \mu S/cm$ 에서 하부구간 $3,500 \mu S/cm$ 까지 증가하였으며, 지표 하 40 m 구간에서도 전이대가 있어 전기전도도 값이 약 $4,000 \mu S/cm$ 까지 상승하였다. 화홍2 관측공은 2014년은 $39,000 \mu S/cm$ 내외에서 2015년에는 $40,500 \mu S/cm$ 내외로 상승한 것으로 나타났다. 화홍3 관측공은 지표 하 약 35 m 지점과 45 m, 55 m, 70 m 구간에서 전이대가 형성되어 전기전도도 값이 증가하여 공저에서는 $46,000 \mu S/cm$ 에 이른다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 화홍1, 2, 3 관측공 모두 Na-Cl 유형에 해당한다. Cl/HCO₃ 몰비는 4.35, 326.37, 281.30으로 세 공 모두 해수침투의 영향이 크게 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 화홍1 관측공의 2015년 평균 전기전도도는 약 $3,112 \mu S/cm$ 로 2009년 관측공 이설 이후 유사한 값을 보인다. 2014년에 이설한 화홍2 관측공의 평균 전기전도도는 $40,355 \mu S/cm$ 로 나타났으며, 화홍3 관측공의 2015년 평균 전기전도도는 $6,937 \mu S/cm$ 로 2001년 관측을 시작한 이후 $1,692 \sim 10,030 \mu S/cm$ 범위 내에서 증감을 반복하고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 화홍1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위는 강수의 영향을 받으나 연중 1 m 내외의 변동폭을 나타내고 일정 수위 이하로 내려가지 않으며, 전기전도도 값은 유사하게 나타나고 있다. 2015년부터 새롭게 관측을 시작한 화홍2 관측공의 지하수 수위의 변화폭은 약 1 m 내외이며, 전기전도도는 약 $39,400 \sim 40,800 \mu S/cm$ 의 범위에서 변화하고 있다. 화홍3 관측공의 전기전도도는 지하수 양수 시 약 $10,000 \mu S/cm$ 내외의 증가를 보인다.

- 6) 관리 방안 : 화흥지구는 해수침투의 영향이 나타나며, 영농을 위한 관개 등의 원인으로 전기전도도 값의 변화가 나타남에 따라 정기적인 심도별 지하수 검층 및 이온분석을 통한 객관적인 자료를 추가하여 향후 지하수 이용 자료를 제공하고자 한다.

2.5.12 정도지구

1. 위치

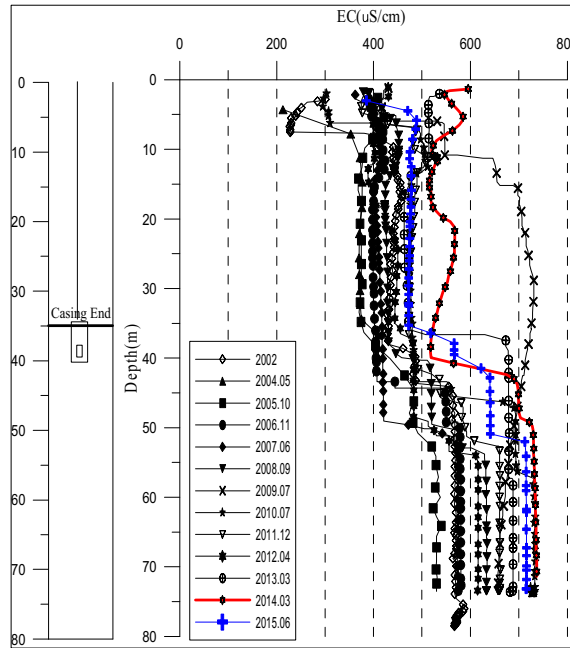


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
정도1	완도군 완도읍 정도리 768	173535.931	89317.027	3.097	1999	420	1.637

2. 지형 및 지질

이 지구는 완도읍 인근지역으로 동서로 발달하는 구릉지의 상부에 위치하며, 지형적으로 남쪽 해안 변에 산지가 분포하고 있다. 지질은 변성암류와 이를 관입한 관상화강암, 그리고 이들을 부정합으로 피복하는 화산암류와 퇴적암류 등으로 구성되어 있으며, 주변부에 이들 암석을 관입한 맥암류들이 있다.

3. 지하수 검층



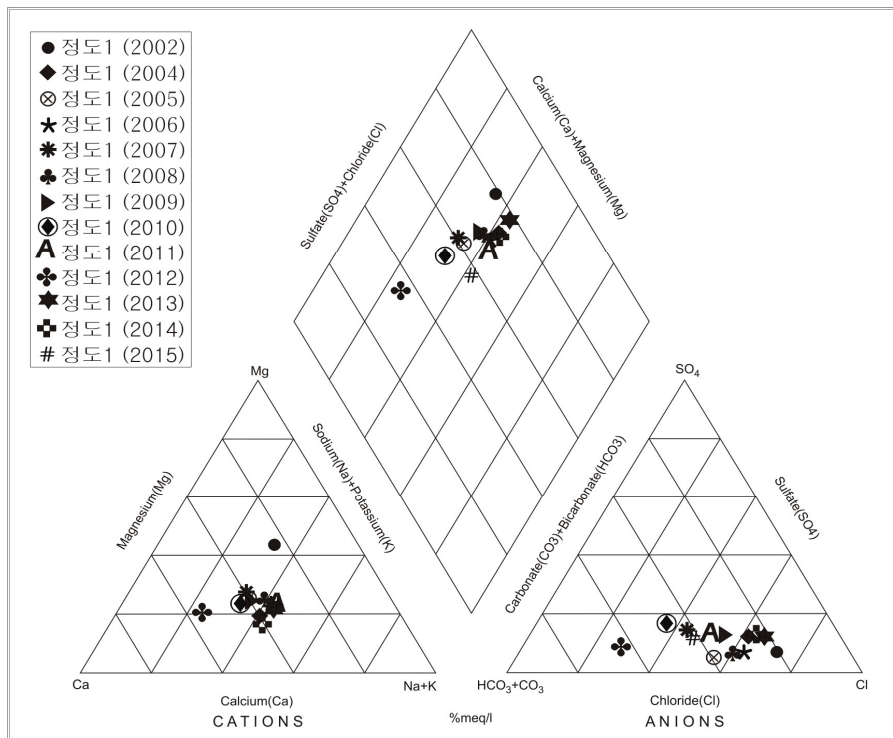
<정도1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
정도1	(2002. 7)	58.12	25.05	3.13	21.84	5.76	50.34	24.40	13.58
	(2004.10)	25.45	6.24	ND	22.01	16.67	55.56	40.87	0.57
	(2005.10)	26.06	11.42	1.80	27.46	8.63	54.30	68.63	0.50
	(2006.11)	33.03	10.31	1.93	24.88	9.27	59.39	48.80	ND
	(2007.10)	19.84	10.23	5.05	24.73	13.22	34.91	51.85	0.58
	(2008. 9)	31.18	10.59	1.79	25.18	11.24	60.68	57.95	0.37
	(2009. 7)	38.21	13.66	2.26	36.53	23.11	71.25	73.20	0.22
	(2010. 7)	26.29	12.25	2.63	36.79	22.67	37.29	88.45	ND
	(2011. 7)	45.97	13.68	2.50	31.57	23.60	71.68	82.35	ND
	(2012. 4)	19.12	9.38	7.65	43.48	15.47	37.08	146.40	ND
	(2013. 3)	39.22	10.69	2.34	28.10	14.43	61.82	33.55	0.14
	(2014. 3)	50.18	13.42	8.32	44.18	22.75	87.83	57.95	0.00
(2015. 6)	32.55	10.92	2.65	23.76	13.50	48.00	70.20	-	



<정도지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

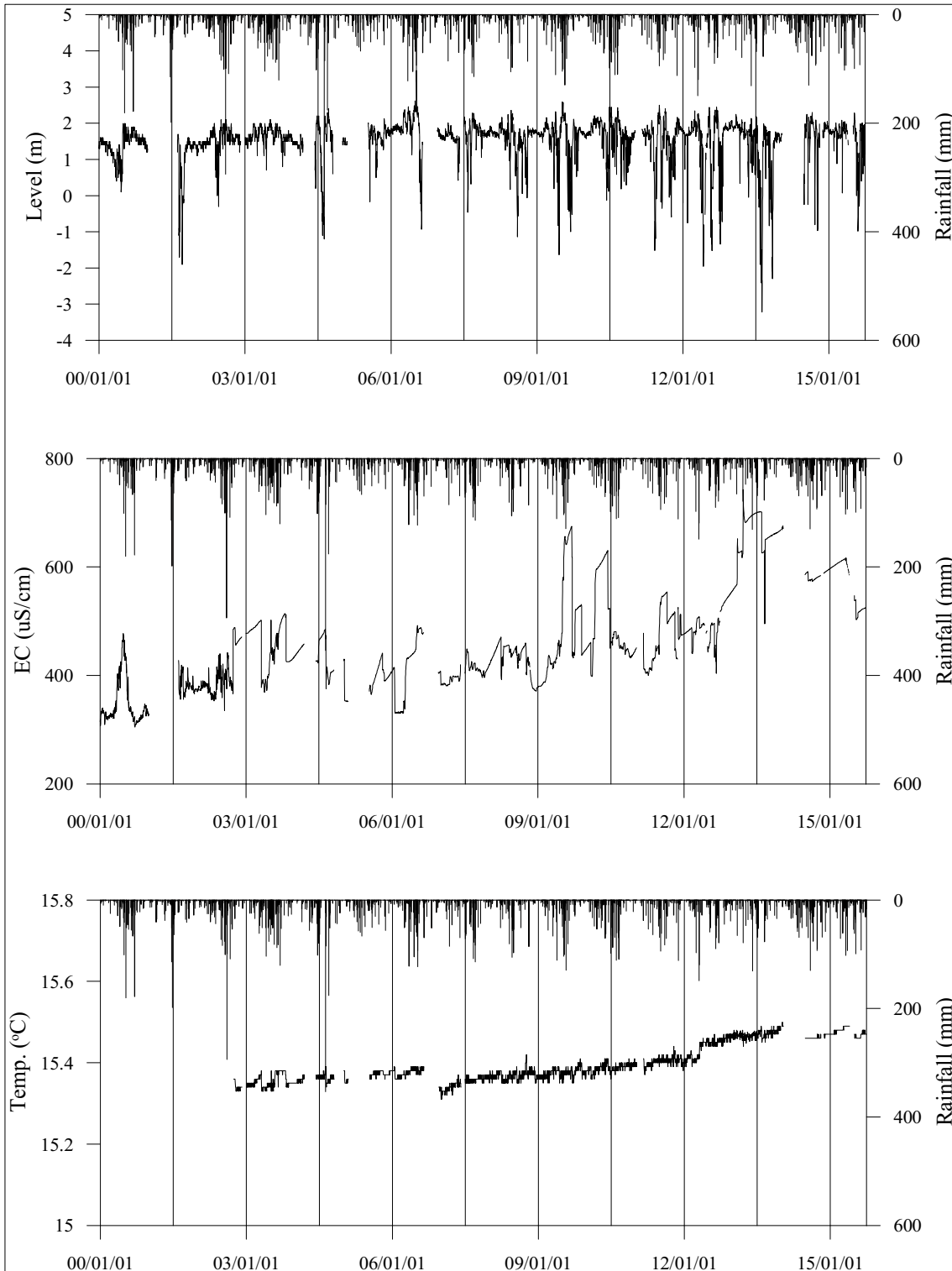
구 분	관측공	
	년. 월	정도1
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	3.55
	2004.10	2.34
	2005.10	1.36
	2006.11	2.10
	2007.10	1.16
	2008. 9	1.80
	2009. 7	1.67
	2010. 7	0.72
	2011. 7	1.50
	2012. 4	0.44
	2013. 3	3.17
	2014. 3	2.60
	2015. 6	1.18

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
정도1	2000	1.42	0.21	1.96	348	304	476	-	-	-
	2001	0.99	-1.90	1.70	381	356	428	-	-	-
	2002	1.53	-0.30	2.10	399	335	488	-	-	-
	2003	1.69	0.70	2.10	461	369	514	-	-	-
	2004	1.41	-1.20	2.40	439	375	485	-	-	-
	2005	1.58	-0.17	2.13	394	352	441	-	-	-
	2006	1.74	-1.04	3.35	411	330	492	-	-	-
	2007	1.64	-0.46	2.29	403	381	449	-	-	-
	2008	7.55	4.85	8.35	442	392	471	-	-	-
	2009	1.52	-1.64	2.59	482	379	675	-	-	-
	2010	1.74	-0.13	2.45	509	398	630	-	-	-
	2011	1.43	-1.52	2.50	472	400	554	-	-	-
	2012	1.28	-4.07	2.45	491	404	546	-	-	-
	2013	1.66	-0.32	2.24	660	557	742	-	-	-
	2014	1.57	-0.25	2.25	610	574	675	-	-	-
	2015	1.65	-0.98	2.28	573	503	616	-	-	-

6. 장기관측 결과



<정도1 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

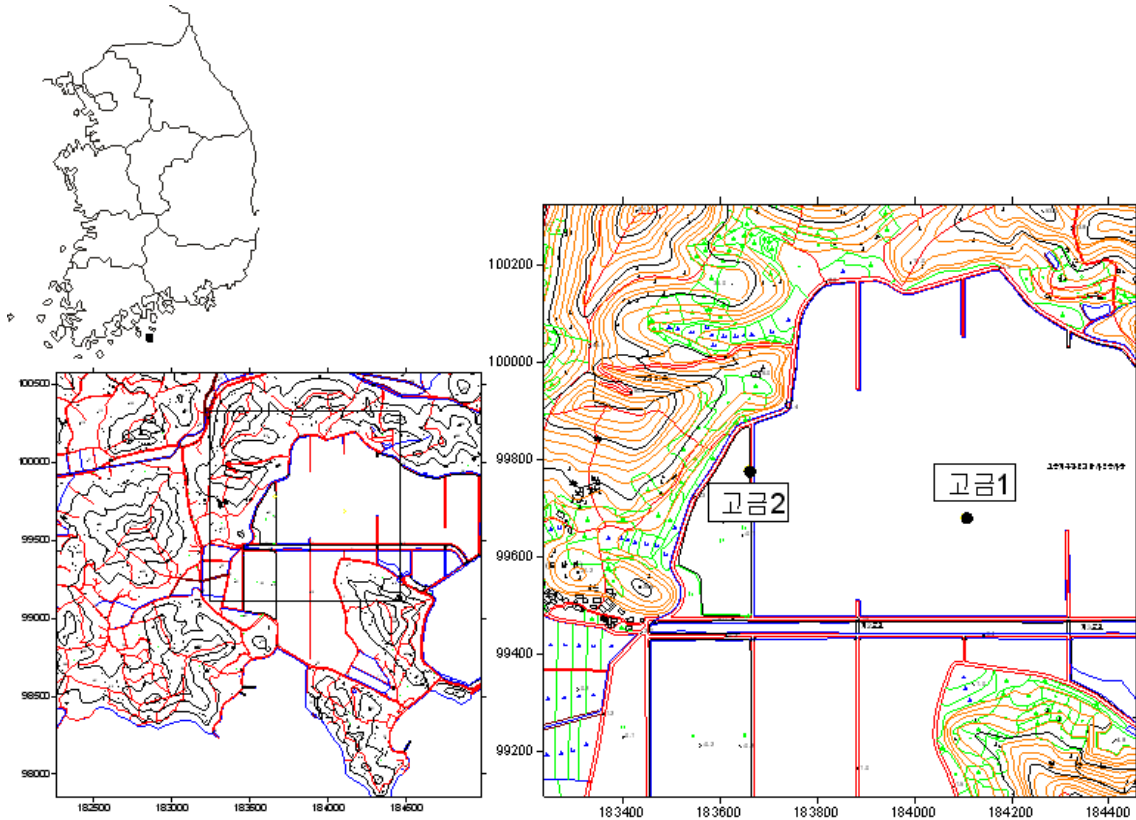
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 정도1 관측공은 1999년에 설치한 관측망으로 내륙 쪽에 위치하며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 정도1 관측공은 지표 하 약 35 m, 50 ~ 55 m 구간에서 전기전도도 값이 변화하는 전이대가 나타나며, 전이대 하부로는 2002년부터 2015년까지 약 $700 \mu S/cm$ 내외의 전기전도도 값이 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 정도1 관측공은 Ca-Cl 유형에서 Ca-HCO₃ 유형으로 변화하고 있어 상대적으로 해수에 의한 영향이 줄어드는 것으로 나타났다. 2015년 Cl/HCO₃ 몰비는 1.18 이다.
- 4) 연도별 관측결과 : 정도1 관측공은 2000년부터 2015년까지 $348 \sim 660 \mu S/cm$ 사이에서 증감을 반복하고 있으며, 큰 변화는 나타나지 않는다.
- 5) 장기관측결과 : 정도1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위는 변동은 연간 5 m 내외이다. 그러나, 전기전도도 변화는 수위변화에 민감한 편이 아니며, 증가추세를 보인다.
- 6) 관리 방안 : 정도지구는 현재 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나, 전기전도도는 전체적으로 증가추세이므로, 정기적인 심도별 지하수 검층 및 관측자료 변화 추세분석 등의 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.5.13 고금지구

1. 위치

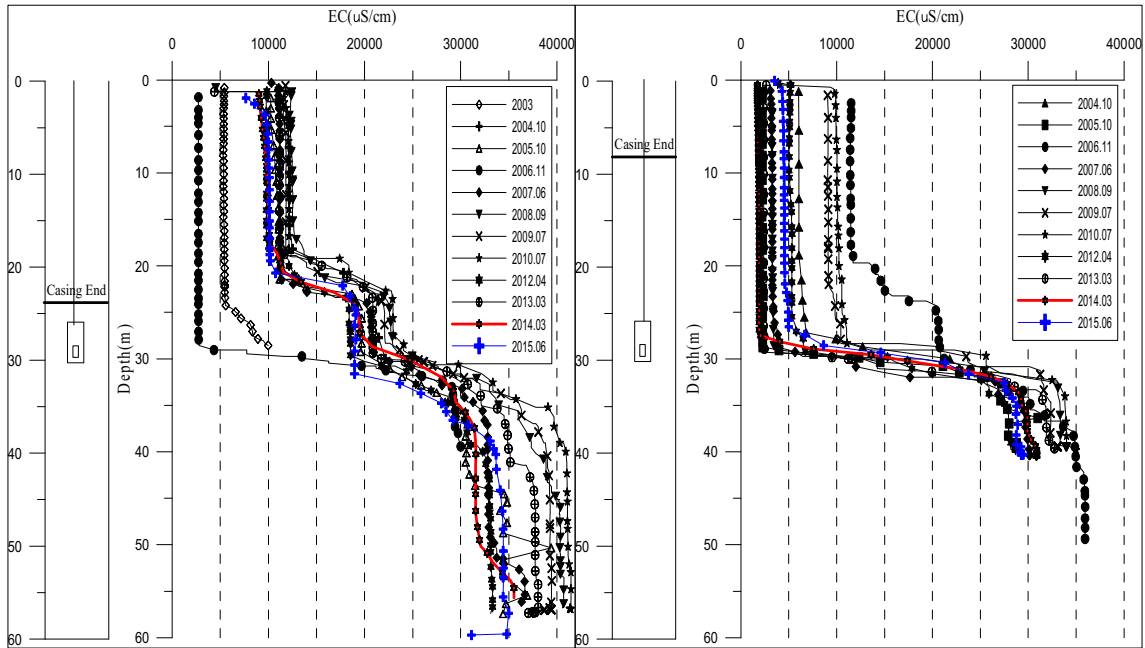


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
고금1	완도군 고금면 도남리 1553	183661.917	99775.446	0.125	2001	1,000	-0.555
고금2	완도군 고금면 도남리 1631	184108.343	99679.123	-0.504	2001	1,400	-0.504

2. 지형 및 지질

이 지구는 섬 지역으로 해안 변에 방조제 축조에 따라 형성된 대규모 농경지에 위치한다. 이 지역의 지질은 중생대 백악기의 석영반암이 주로 분포하며, 주변 노두에서 흑운모화강암이 관입이 관찰된다.

3. 지하수 검층



<고금1 관측공>

<고금2 관측공>

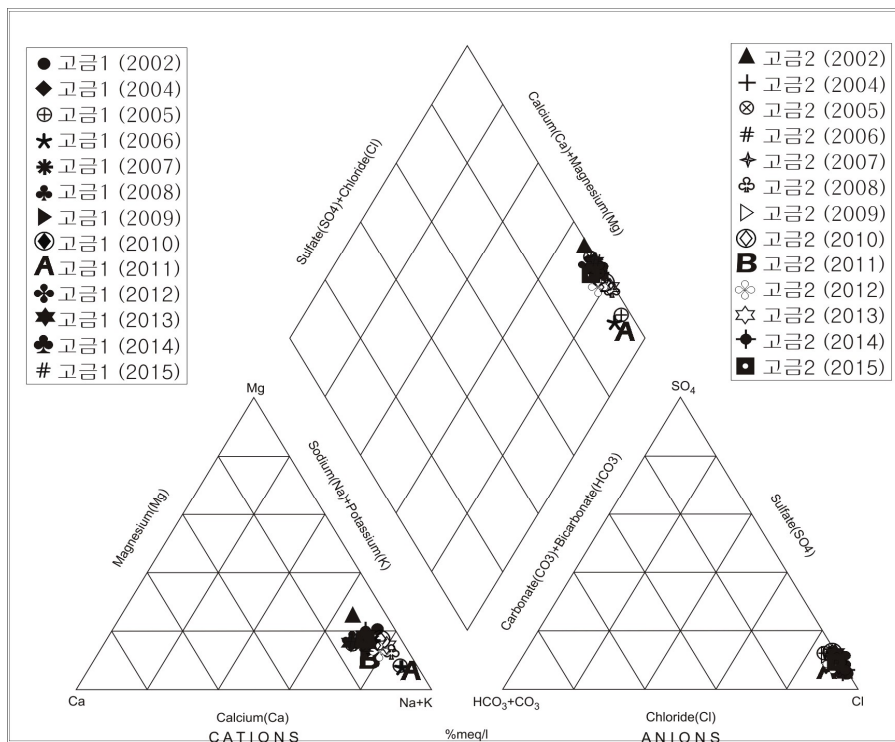
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
고금1	(2002. 7)	1150.65	168.42	15.64	4947.77	210.85	2340.76	48.80	79.10
	(2004.10)	3280.44	312.57	ND	392.10	793.31	5914.21	73.81	59.07
	(2005.10)	410.21	20.45	7.58	17.56	95.76	680.46	57.95	3.02
	(2006.11)	519.41	21.66	11.30	18.67	86.97	827.34	67.10	ND
	(2007.10)	1487.17	159.61	48.48	135.81	381.33	2766.68	88.45	ND
	(2008. 9)	2231.13	239.19	31.14	318.57	583.41	4491.22	73.20	ND
	(2009. 7)	1951.32	169.40	20.28	257.06	516.97	3693.55	79.30	8.38
	(2010. 7)	1690.85	175.93	19.33	238.83	422.85	2931.42	88.45	ND
	(2011. 7)	479.00	11.68	8.56	9.86	75.56	652.36	67.10	ND
	(2012. 4)	1530.12	206.07	28.30	241.30	419.49	2939.43	82.35	ND
	(2013. 3)	3478.34	429.64	39.51	580.64	1121.76	7066.48	115.90	25.61
	(2014. 3)	4827.34	544.32	53.76	699.35	1320.28	8348.64	106.75	0.00
(2015. 6)	3710.05	474.75	44.50	568.77	958.30	6658.50	100.70	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
고금2	(2002. 7)	2073.70	391.55	43.01	214.63	363.59	3936.01	36.60	187.77
	(2004.10)	2053.49	257.93	ND	202.05	433.66	2074.50	93.33	14.16
	(2005.10)	1886.42	218.20	24.23	318.18	747.89	4057.41	64.05	29.48
	(2006.11)	3333.14	364.53	33.93	528.18	17.39	1264.70	45.75	ND
	(2007.10)	1871.30	171.21	42.19	258.57	537.71	3631.10	88.45	ND
	(2008. 9)	552.32	38.57	12.58	36.30	134.47	1024.09	61.00	3.70
	(2009. 7)	1483.96	149.06	24.00	125.88	450.94	2642.58	64.05	5.62
	(2010. 7)	1707.48	176.36	25.96	144.15	407.98	2906.52	94.55	ND
	(2011. 7)	2121.22	162.89	22.81	261.07	496.96	3766.23	88.45	14.31
	(2012. 4)	870.71	79.19	34.28	69.98	211.56	1605.28	91.50	ND
	(2013. 3)	1429.01	127.72	25.23	106.56	317.15	2358.83	57.95	ND
	(2014. 3)	2459.45	350.50	43.38	315.27	550.92	4484.04	134.20	9.94
	(2015. 6)	1458.91	204.75	31.64	166.78	374.70	2576.00	125.10	-



<고금지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	고금1	고금2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	82.54	185.05
	2004.10	61.46	137.87
	2005.10	20.25	109.20
	2006.11	21.26	47.66
	2007.10	53.75	70.54
	2008. 9	105.43	28.85
	2009. 7	80.03	70.89
	2010. 7	56.95	52.82
	2011. 7	16.71	73.17
	2012. 4	61.33	30.15
	2013. 3	104.77	69.94
	2014. 3	134.38	57.41
	2015. 6	113.86	35.45

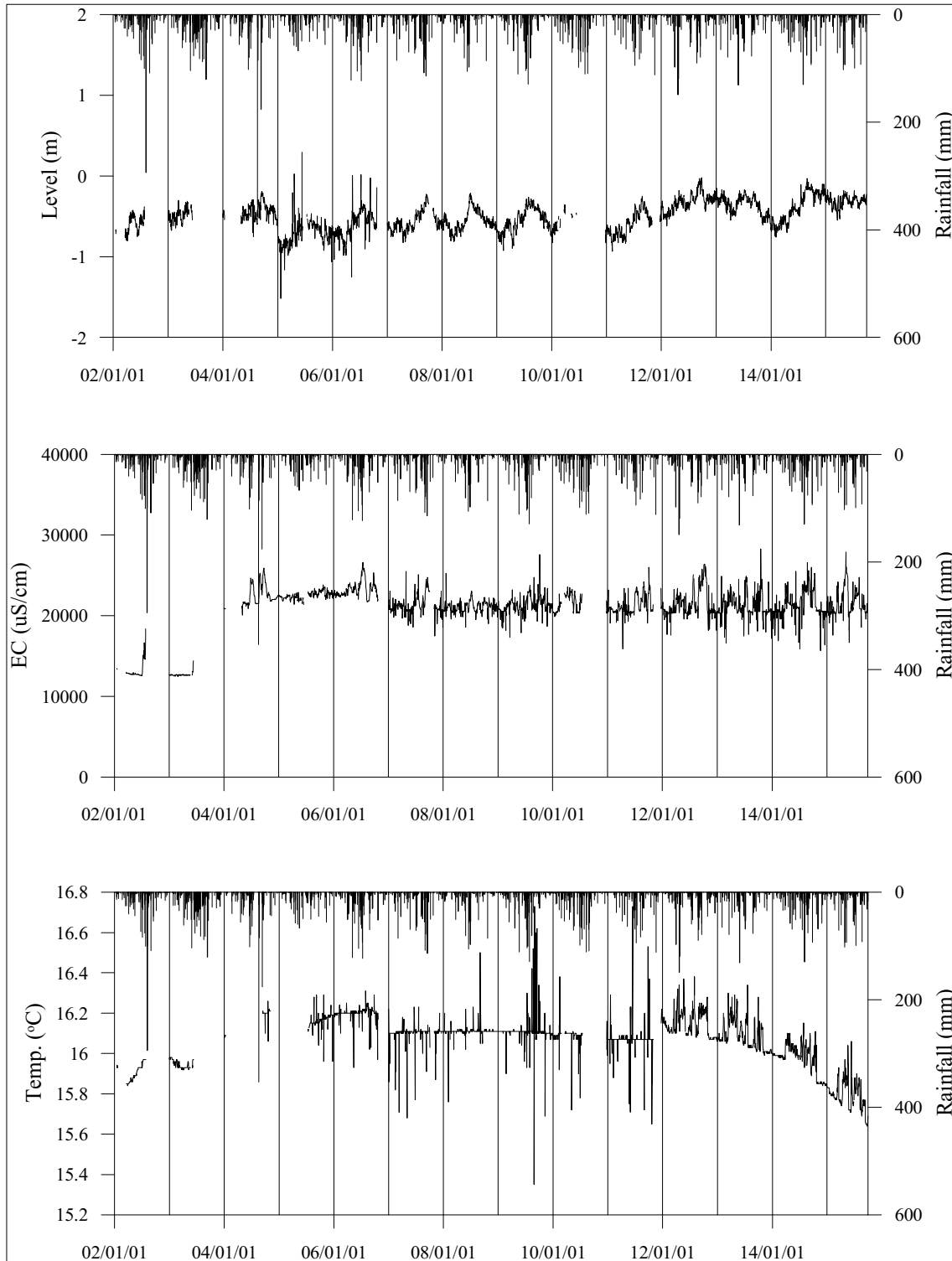
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

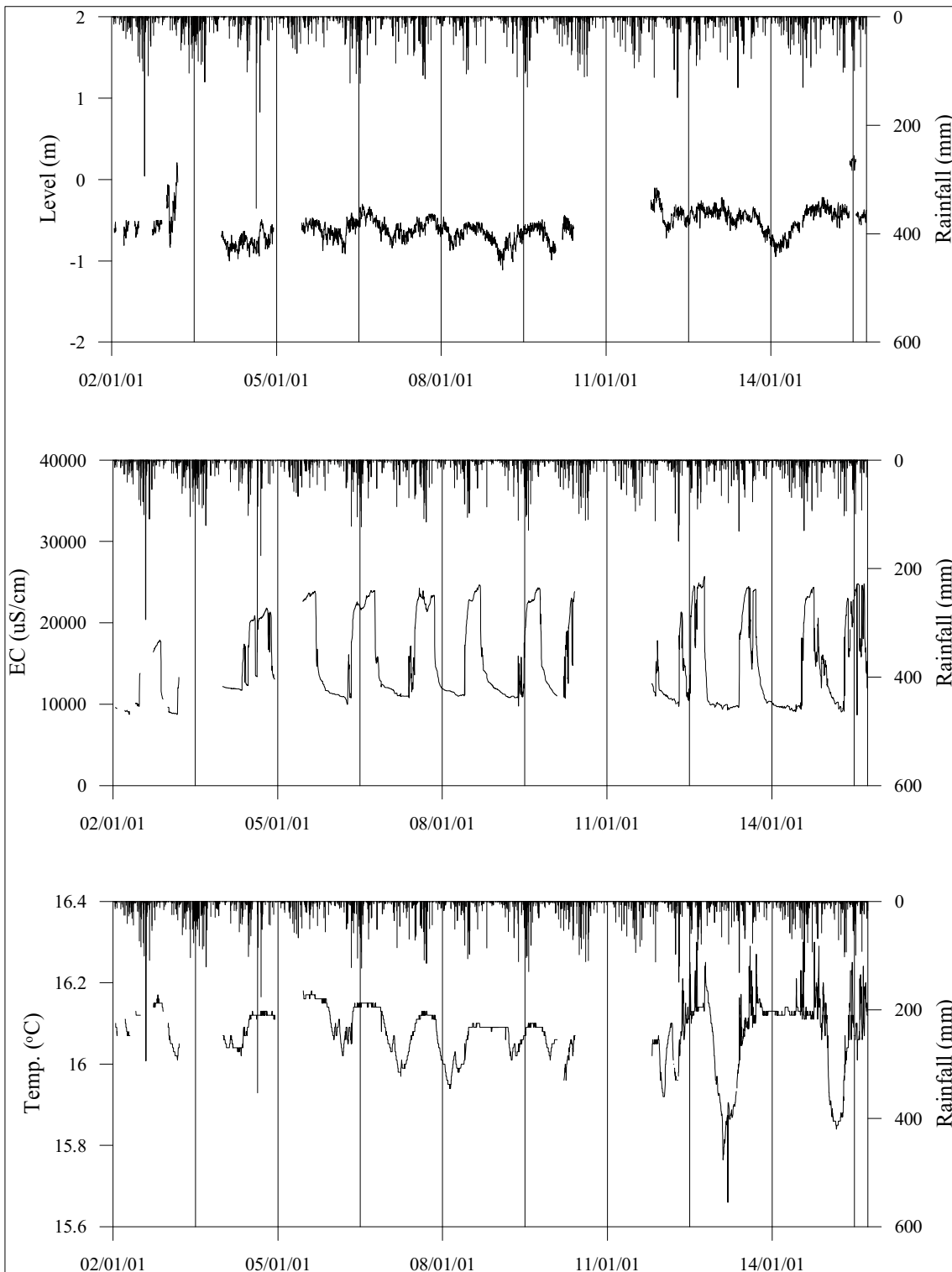
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
고금1	2002	-0.59	-0.81	-0.39	13,211	12,566	18,399	-	-	-
	2003	-0.40	-0.68	-0.15	12,688	12,493	14,446	-	-	-
	2004	-0.62	-1.25	-0.39	22,554	20,099	25,899	-	-	-
	2005	-0.80	-7.09	0.30	22,508	21,179	23,833	-	-	-
	2006	-0.60	-1.26	1.44	23,243	21,700	26,599	-	-	-
	2007	-0.56	-0.82	-0.23	21,438	18,600	25,500	-	-	-
	2008	-0.54	-0.82	-0.22	21,118	18,600	25,300	-	-	-
	2009	-0.54	-0.93	-0.27	21,320	17,300	27,600	-	-	-
	2010	-0.57	-0.83	-0.36	21,554	19,900	23,600	-	-	-
	2011	-0.59	-0.93	-0.25	21,272	15,900	26,000	-	-	-
	2012	-0.32	-0.62	-0.02	21,668	17,600	26,400	-	-	-
	2013	-0.32	-0.55	-0.15	21,358	16,600	24,900	-	-	-
	2014	-0.52	-0.76	-0.11	21,080	15,900	25,500	-	-	-
	2015	-0.31	-0.55	-0.17	21,581	16,700	27,900	-	-	-
고금2	2002	-0.59	-0.81	-0.50	12,643	8,720	17,899	-	-	-
	2003	-0.02	-0.83	0.21	9,521	8,720	13,779	-	-	-
	2004	-0.76	-1.00	-0.49	15,837	11,716	21,833	-	-	-
	2005	-0.58	-0.87	-0.47	18,635	11,646	23,905	-	-	-
	2006	-0.56	-0.91	-0.30	17,156	9,942	23,921	-	-	-
	2007	-0.62	-0.84	-0.42	16,160	10,779	24,270	-	-	-
	2008	-0.63	-0.87	-0.46	16,097	10,985	24,687	-	-	-
	2009	-0.72	-1.11	-0.51	15,583	9,790	24,318	-	-	-
	2010	-0.66	-0.99	-0.44	16,322	10,717	23,854	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2012	-0.44	-0.72	-0.26	15,441	9,741	25,697	-	-	-
	2013	-0.43	-0.63	-0.22	13,357	9,263	24,456	-	-	-
	2014	-0.71	-0.95	-0.51	10,071	9,084	18,721	-	-	-
	2015	-0.34	-0.60	0.29	15,759	8,669	24,823	-	-	-

6.

장기관측 결과



<고금1 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고금2 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

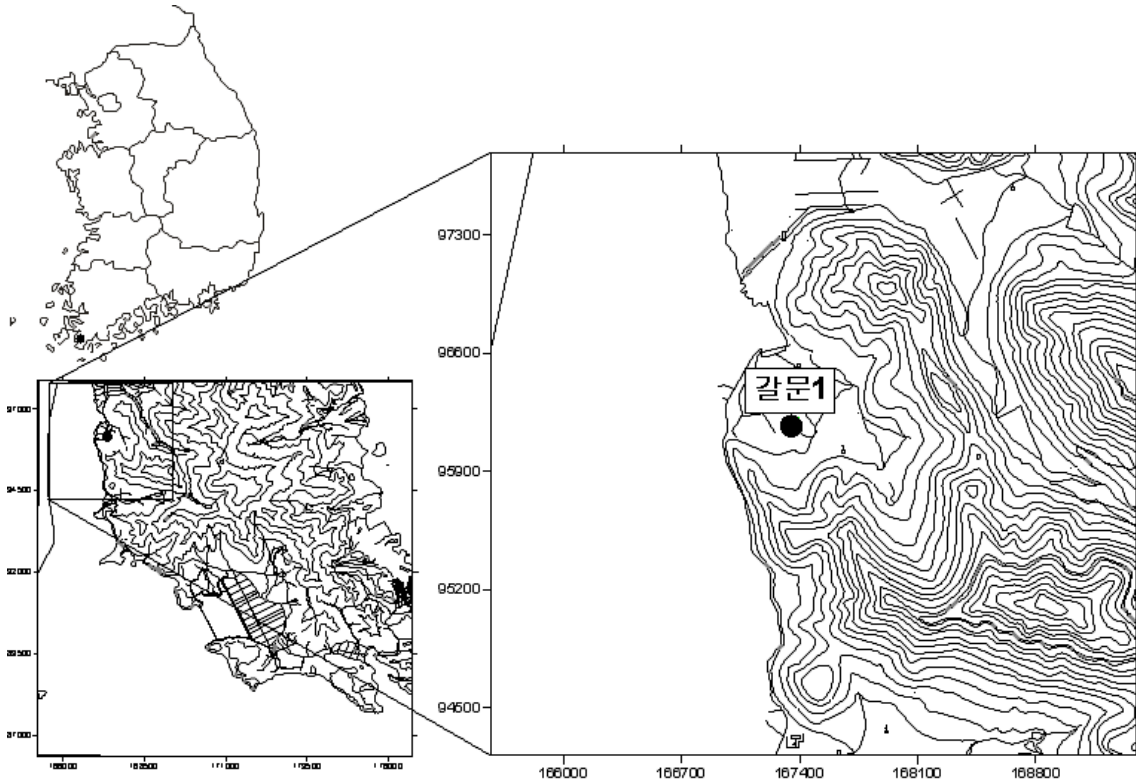
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고금1, 2 관측공은 2001년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 고금1, 2 관측공은 지표 하 약 25 ~ 30 m 구간에 전이대가 나타나며, 전이대 상부구간에서 풍수기와 갈수기에 따른 전기전도도의 변화가 나타나고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 고금1, 2 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 113.86과 35.45로 매우 심한 정도의 해수의 영향을 받고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 고금1, 2 관측공의 2015년도 연평균 전기전도도 값은 각각 21,581 $\mu S/cm$, 15,759 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 고금1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 지하수 수위는 약 0.5 m를 넘지 않으며, 전기전도도 값은 19,000 ~ 27,000 $\mu S/cm$, 9,000 ~ 23,000 $\mu S/cm$ 범위로 해수침투 영향이 나타나고 있어 향후 지속적인 모니터링이 필요한 상태이다.
- 6) 관리 방안 : 고금지구는 해수침투의 영향이 나타남에 따라 정기적인 심도별 지하수 검층 및 이온분석 등의 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.5.14 갈문지구

1. 위치

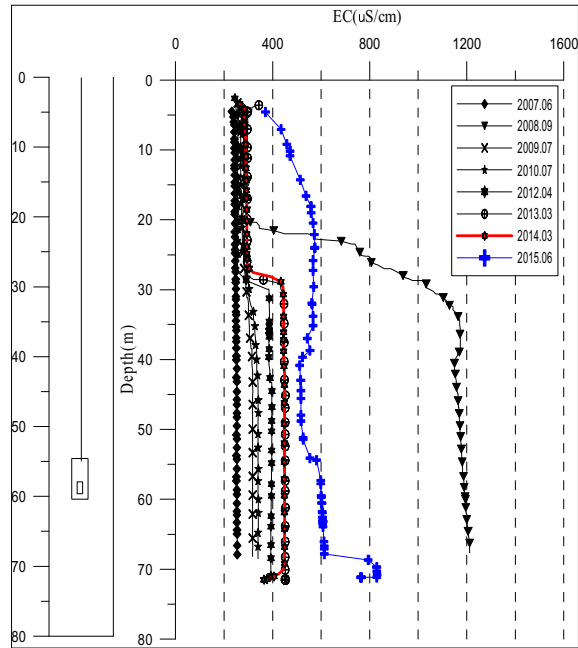


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
갈문1	완도군 군외면 대문리 169-1	167341.221	96182.891	3.753	2006	360	3.810

2. 지형 및 지질

이 지구는 완도읍 북부 지역으로, 한국농어촌공사 사용 관정 중 해수침투의 영향이 있어 관측공으로 용도 전환된 관정이다. 남부 완도읍과의 경계에 상황봉·백운봉·숙승봉이 산지를 이루고, 북부 해안지역에도 200 m 내외의 구릉들이 솟아 있다. 또한, 남부 산지에는 흘러내린 소하천들의 주변에 좁은 평야가 있다. 지질은 변성암류와 이를 관입한 관상화강암 그리고 이들을 부정합으로 피복하는 화산암류와 퇴적암류 등으로 구성되며, 주변부에 이들 암석을 관입한 맥암류들이 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



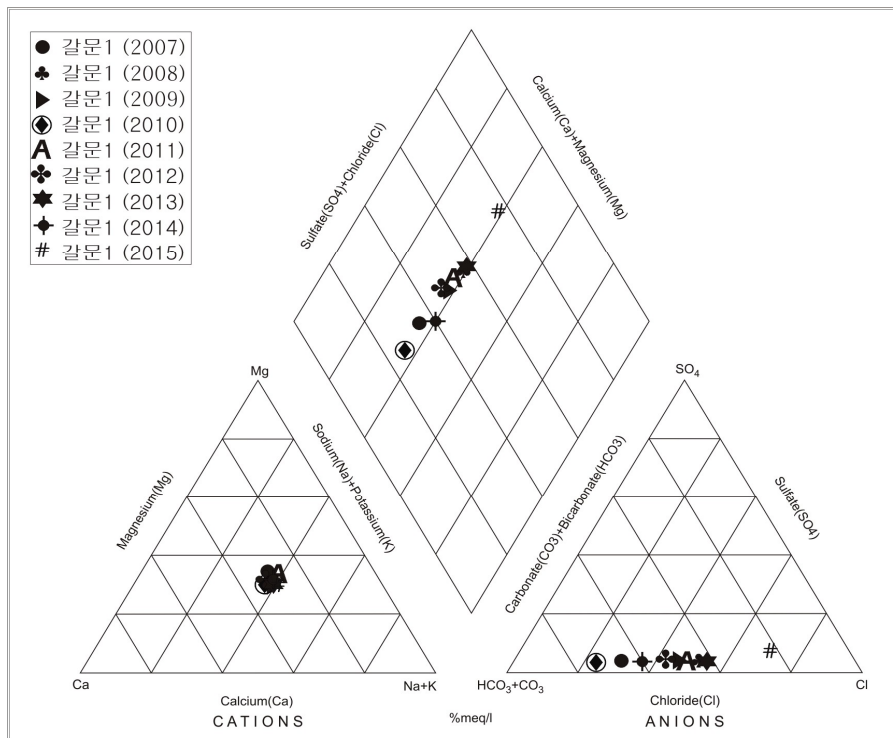
<갈문1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
갈문1	(2007.10)	20.94	10.70	2.46	15.41	3.43	29.82	106.75	0.46
	(2008. 9)	25.81	11.15	1.34	18.18	5.82	55.49	85.40	0.33
	(2009. 7)	21.88	8.86	1.46	14.59	3.70	38.71	76.25	ND
	(2010. 7)	22.53	10.09	1.13	17.94	4.58	19.12	103.70	ND
	(2011. 7)	24.28	11.26	1.53	16.38	4.39	45.95	79.90	ND
	(2012. 4)	24.73	13.06	3.24	20.53	3.95	44.42	88.45	ND
	(2013. 3)	31.37	13.59	1.50	22.80	5.56	65.70	88.45	0.19
	(2014. 3)	26.47	11.11	1.63	16.20	3.32	33.17	91.50	0.09
	(2015. 6)	44.33	18.17	2.27	31.38	12.50	102.00	58.00	-



<갈문지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	
	년. 월	갈문1
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	0.48
	2008. 9	1.12
	2009. 7	0.87
	2010. 7	0.32
	2011. 7	1.00
	2012. 4	0.86
	2013. 3	1.28
	2014. 3	0.62
	2015. 6	3.03

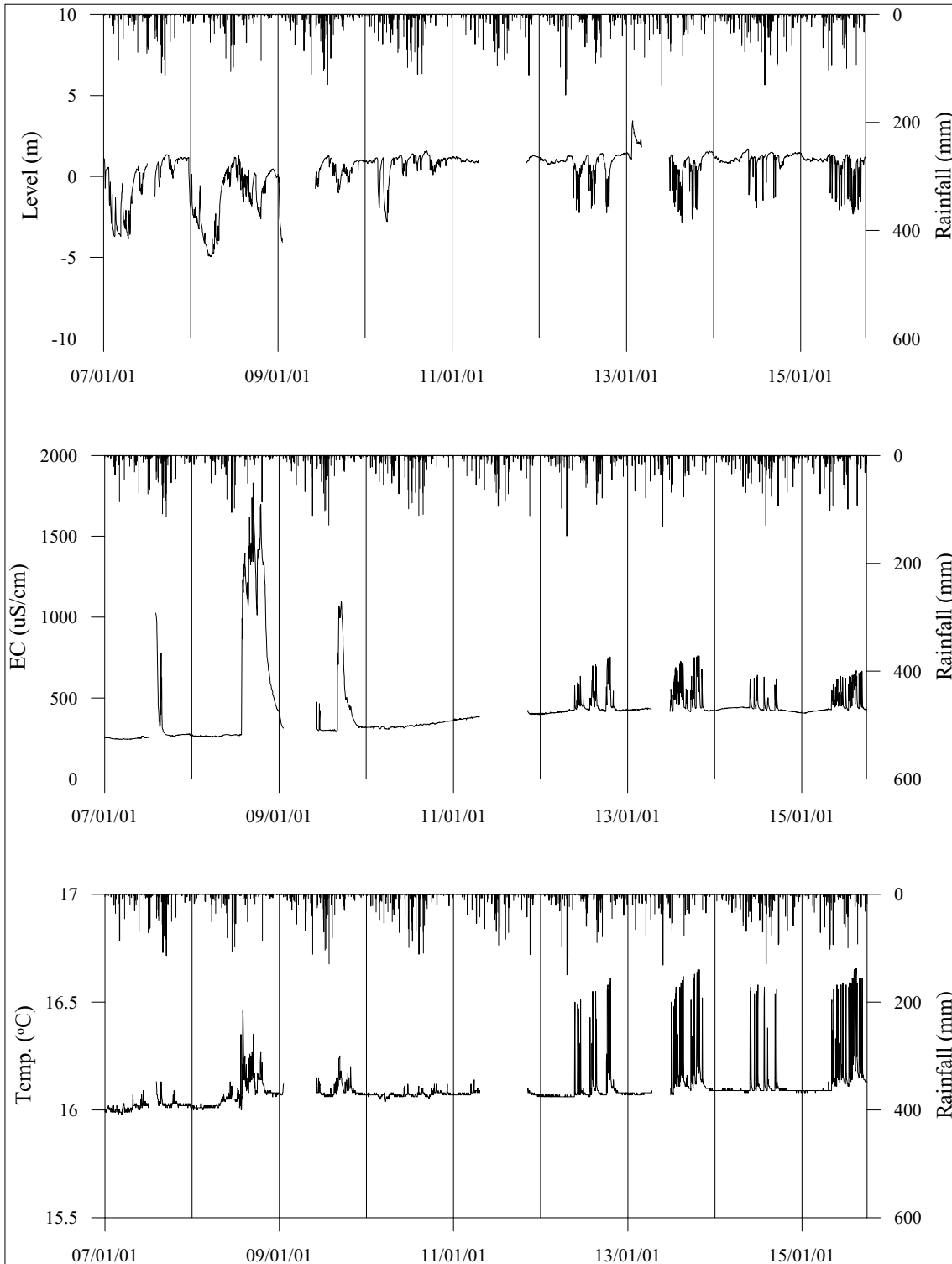
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
갈문1	2007	-0.69	-3.83	1.35	289	245	1,025	-	-	-
	2008	-21.61	-24.96	-18.68	604	259	1,830	-	-	-
	2009	-19.93	-24.08	-18.73	450	297	1,097	-	-	-
	2010	-19.32	-22.80	-18.43	327	308	349	-	-	-
	2011	-18.99	-19.16	-18.78	375	361	389	-	-	-
	2012	0.72	-2.25	1.43	450	398	755	-	-	-
	2013	1.47	-1.90	3.42	450	418	690	-	-	-
	2014	1.01	-1.95	1.71	448	423	642	-	-	-
	2015	0.68	-2.34	1.44	466	407	670	-	-	-

6.

장기관측 결과



<갈문1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

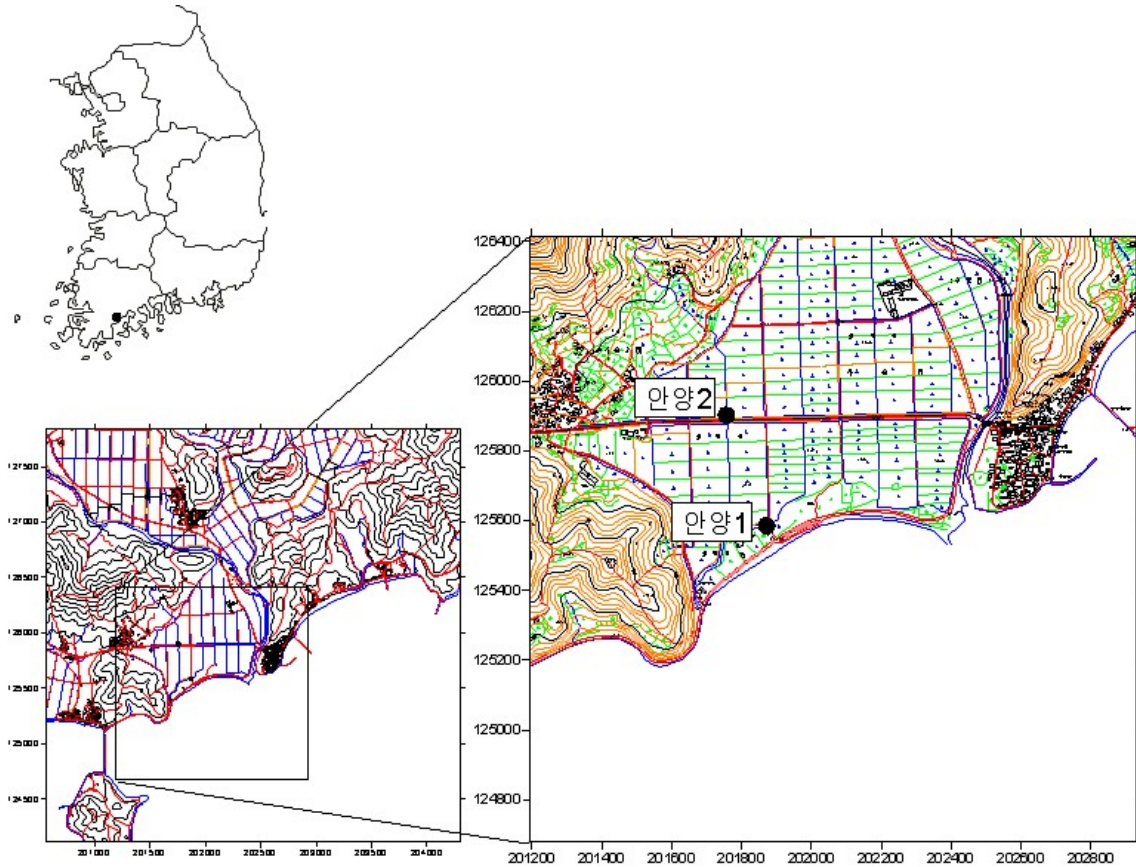
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 갈문1 관측공은 2006년에 설치한 관측망이다. 기존 한국농어촌공사에서 농업용수 공급을 위한 수원공으로 사용 중이던 관정을 염소이온 농도 상승으로 인해 해수침투 관측공으로 전용하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 갈문1 관측공은 지표 하 30 m에서 전기전도도 변화구간이 존재하지만, 2015년의 경우 전이대로 판단할만한 구간은 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 갈문1 관측공은 (Ca, Na)-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 3.03으로 2014년의 0.62에 비해 크게 증가함에 따라 해수침투의 영향이 증가하는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 갈문1 관측공의 2007년부터 2015년까지 연평균 전기전도도는 289 ~ 604 $\mu S/cm$ 범위에서 증감을 반복하고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 갈문1 관측공 수위변화는 약 6 m 내외의 변동이 있으며, 전기전도도는 양수에 따른 급격한 증가(약 1,900 $\mu S/cm$ 까지 증가)를 제외하고는 대부분 400 $\mu S/cm$ 이하이다. 전기전도도 증가 시 수온도 함께 증가하였는데, 이는 지하수 양수에 의한 해수 혼입에 따른 결과로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 갈문지구는 농업용 관정으로 사용 중 전기전도도 상승현상이 나타나 해수침투 관측공으로 용도 전환된 관정으로, 양수에 따른 전기전도도 증가현상이 나타나므로 관개기에 지하수 이용 시 주의가 필요하며 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.5.15 안양지구

1. 위치

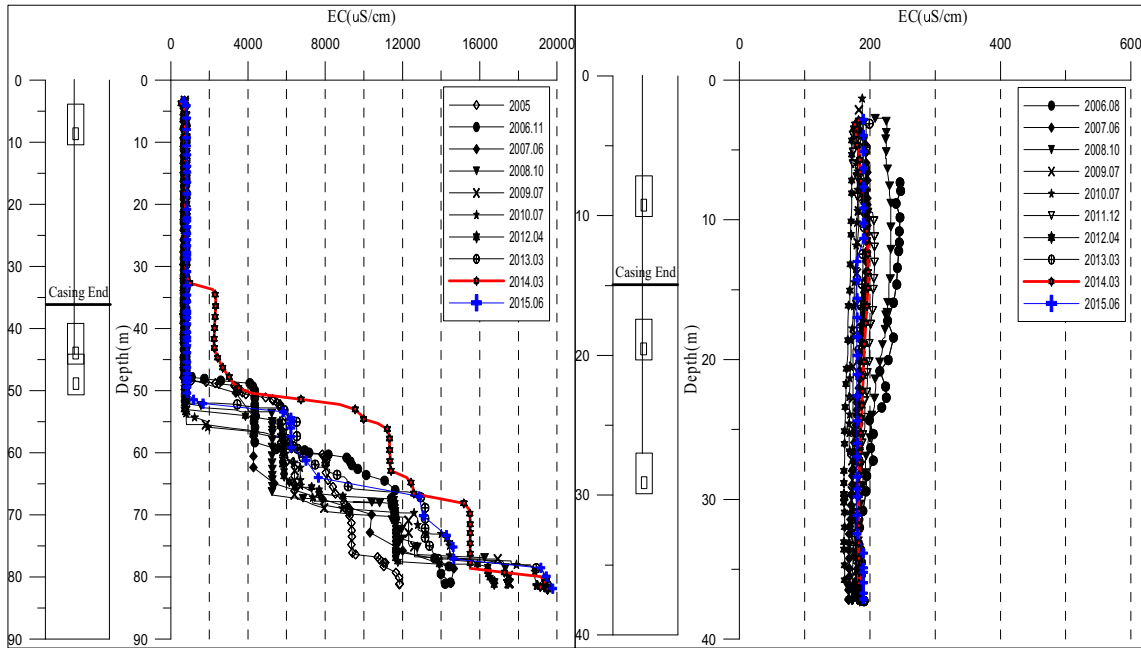


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
안양1	장흥군 안양면 사촌리 25-2	201871.891	125585.586	4.565	2005	80	1.075
안양2	장흥군 안양면 사촌리 37-10	201757.002	125902.321	5.376	2006	420	2.576

2. 지형 및 지질

이 지역은 전남 장흥군 안양면의 사촌해수욕장 인근에 위치한 지구로, 지질은 시대미상의 반상변정 화강암질편마암이 주로 분포하며, 북쪽으로 마일로나이트가 동서로 관입하여 나타난다.

3. 지하수 검층



<안양1 관측공>

<안양2 관측공>

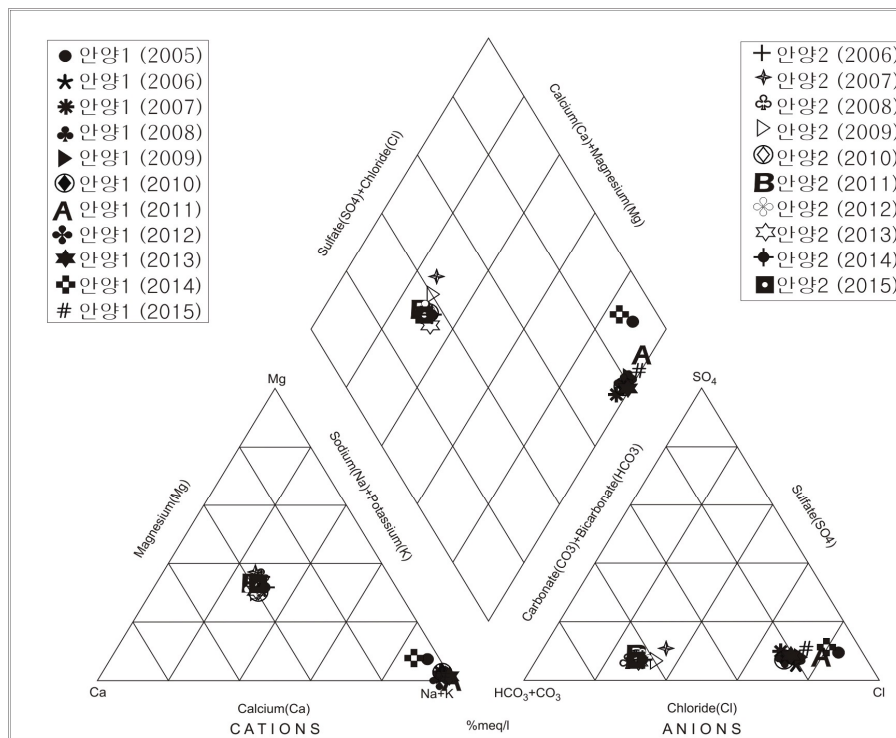
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
안양1	(2005.10)	252.29	12.32	13.63	10.27	63.45	442.30	65.58	ND	3.13
	(2006.11)	123.41	0.44	6.43	0.61	19.02	154.92	76.25	ND	ND
	(2007.10)	125.47	0.46	7.75	0.56	24.72	147.56	88.45	ND	ND
	(2008.10)	128.74	0.53	6.98	0.47	22.98	167.29	73.20	ND	1.02
	(2009. 7)	143.89	0.53	5.64	0.47	21.38	164.17	70.15	1.50	0.65
	(2010. 7)	149.20	0.60	6.77	0.47	22.64	153.51	94.55	3.00	ND
	(2011. 7)	182.32	0.63	7.92	0.47	28.43	227.98	64.05	ND	ND
	(2012. 4)	145.94	0.69	8.79	0.51	23.54	158.69	85.40	ND	ND
	(2013. 3)	151.55	0.73	6.76	0.49	22.90	167.12	82.35	ND	ND
	(2014. 3)	474.30	21.55	19.24	29.49	92.79	634.82	131.15	0.00	0.00
(2015. 6)	161.24	0.83	11.85	0.85	33.60	189.70	67.10	0.00	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-
안양2	(2006.11)	12.55	8.35	1.08	14.08	4.89	18.20	70.15	ND
	(2007.10)	10.97	7.44	1.19	13.99	6.75	23.05	61.00	0.19
	(2008.10)	11.07	6.99	0.76	12.78	5.27	17.22	73.20	0.18
	(2009. 7)	11.36	5.76	0.75	13.20	4.80	18.80	57.95	0.05
	(2010. 7)	12.84	6.26	0.79	14.56	4.91	16.94	61.00	ND
	(2011. 7)	11.57	7.25	0.90	14.52	4.02	17.30	64.05	ND
	(2012. 4)	12.20	7.11	0.83	15.04	5.25	17.33	67.10	ND
	(2013. 3)	12.73	6.33	0.97	13.79	4.93	17.33	70.15	ND
	(2014. 3)	16.48	7.93	1.14	17.13	5.29	20.47	73.20	0.00
	(2015. 6)	12.11	6.85	0.90	13.89	4.30	15.30	61.00	0.00



<안양지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

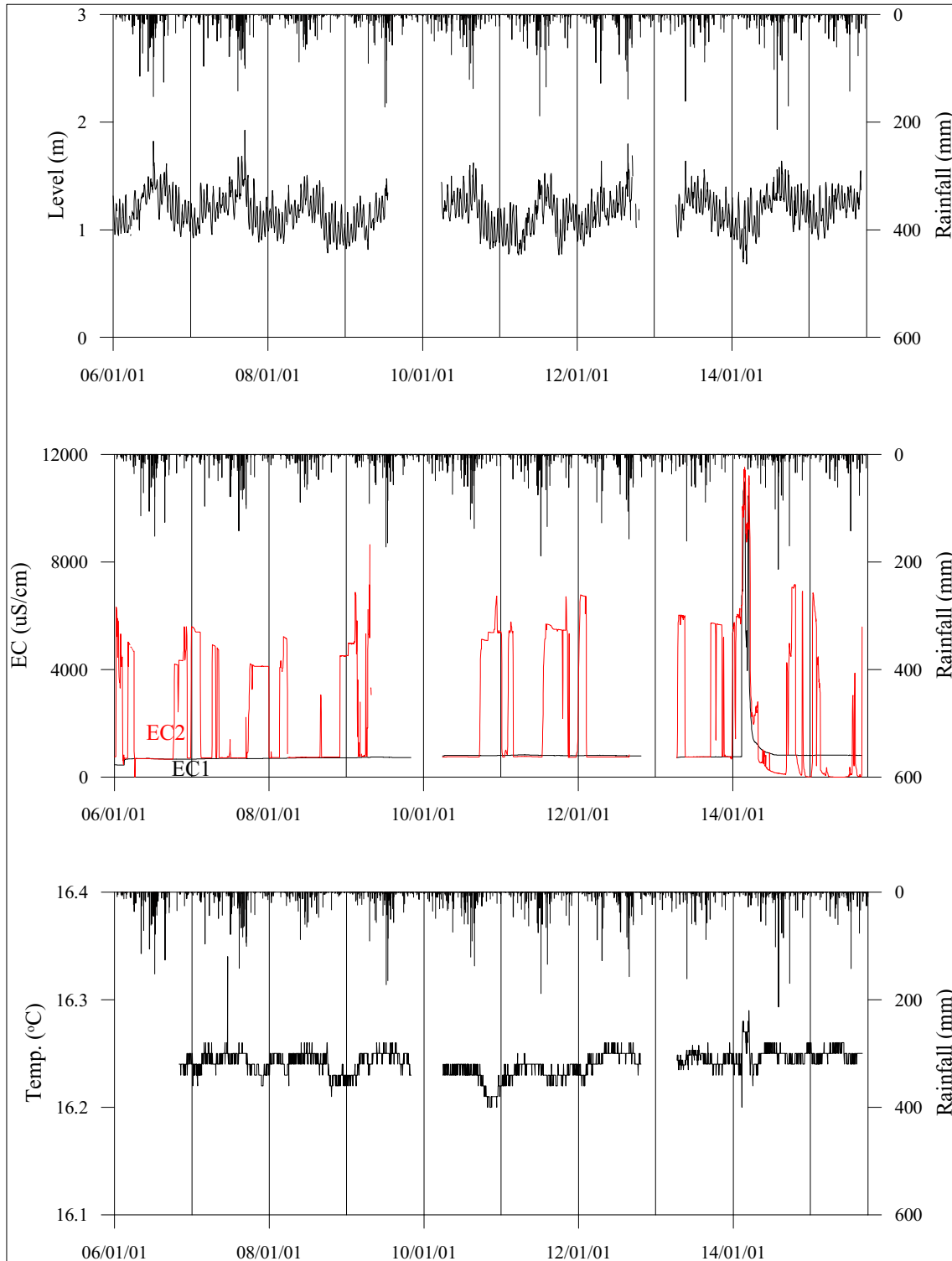
구 분	관측공	안양1	안양2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	11.63	-
	2006.11	3.50	0.45
	2007.10	2.87	0.65
	2008.10	3.93	0.40
	2009. 7	4.02	0.56
	2010. 7	2.79	0.48
	2011. 7	6.12	0.46
	2012. 4	3.19	0.44
	2013. 3	3.49	0.42
	2014. 3	8.32	0.48
	2015. 6	4.87	0.43

5. 연도별 관측자료 분석

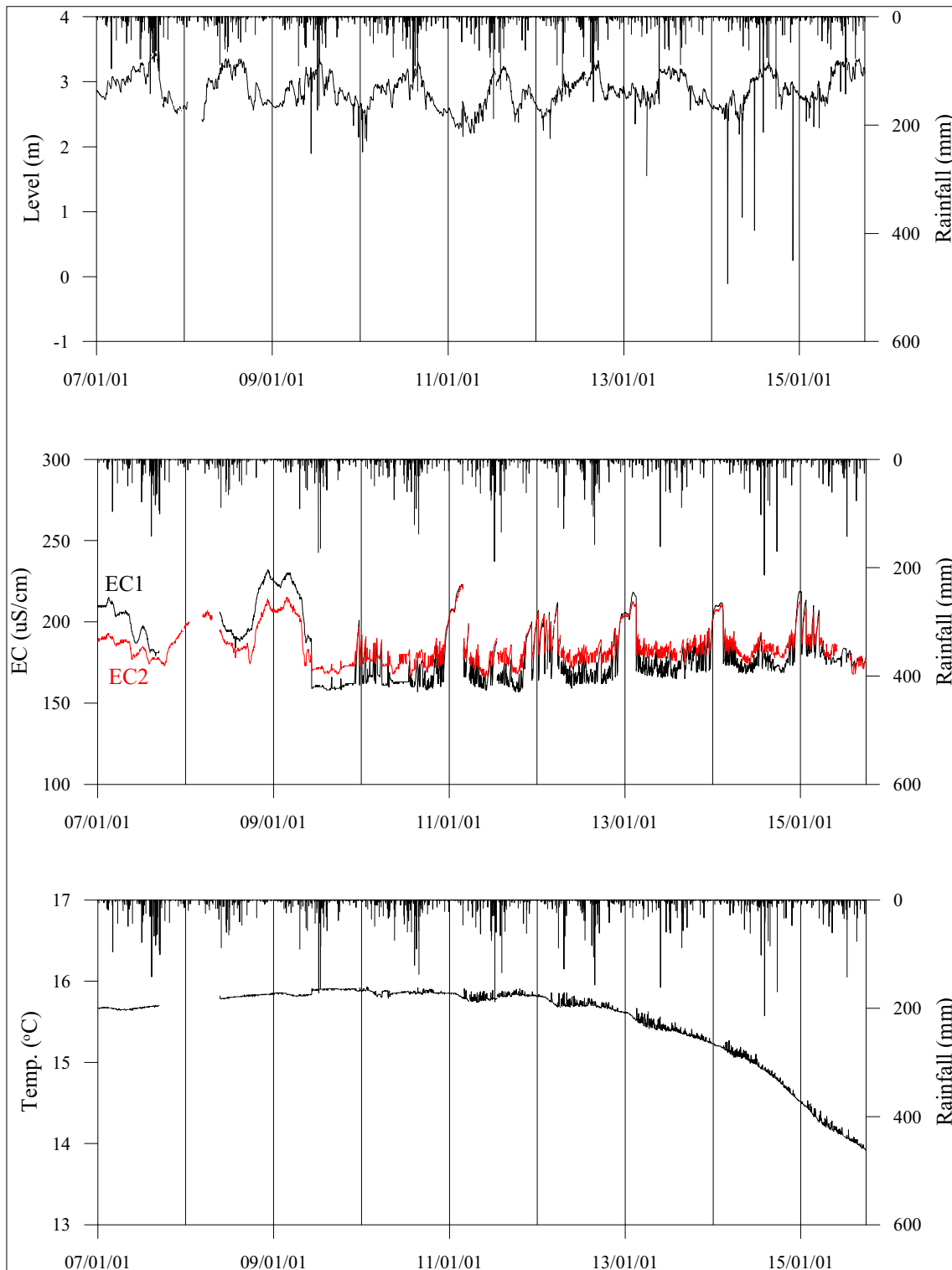
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
안양1	2006	1.24	0.95	1.83	646	444	695	1,669	473	6,326
	2007	1.24	0.93	1.93	690	674	697	2,137	719	5,592
	2008	1.15	0.79	1.51	710	693	720	1,240	726	5,229
	2009	1.10	0.82	1.48	736	721	746	3,517	770	8,655
	2010	1.23	0.87	1.62	806	790	812	1,486	742	5,126
	2011	1.08	0.77	1.53	814	800	838	2,808	744	5,755
	2012	1.19	0.35	1.80	803	793	813	1,615	740	6,787
	2013	1.25	0.93	1.64	747	733	753	2,352	724	6,036
	2014	1.13	0.68	1.49	2,226	756	10,993	3,556	142	11,523
	2015	1.21	0.91	1.55	816	809	826	967	9	6,850
안양2	2007	3.03	2.61	3.49	199	179	215	183	173	193
	2008	3.00	2.39	3.36	196	184	220	190	174	207
	2009	2.90	1.90	3.36	189	158	230	186	168	215
	2010	2.84	-1.41	3.31	166	157	192	177	166	192
	2011	2.62	-1.11	3.24	177	157	223	184	166	223
	2012	2.87	2.13	3.33	176	159	212	185	172	208
	2013	2.89	0.06	3.24	181	165	218	188	176	213
	2014	2.71	-0.11	3.21	183	168	212	188	174	211
2015	2.99	2.29	3.36	183	172	219	185	168	212	

6. 장기관측 결과



<안양1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<안양2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

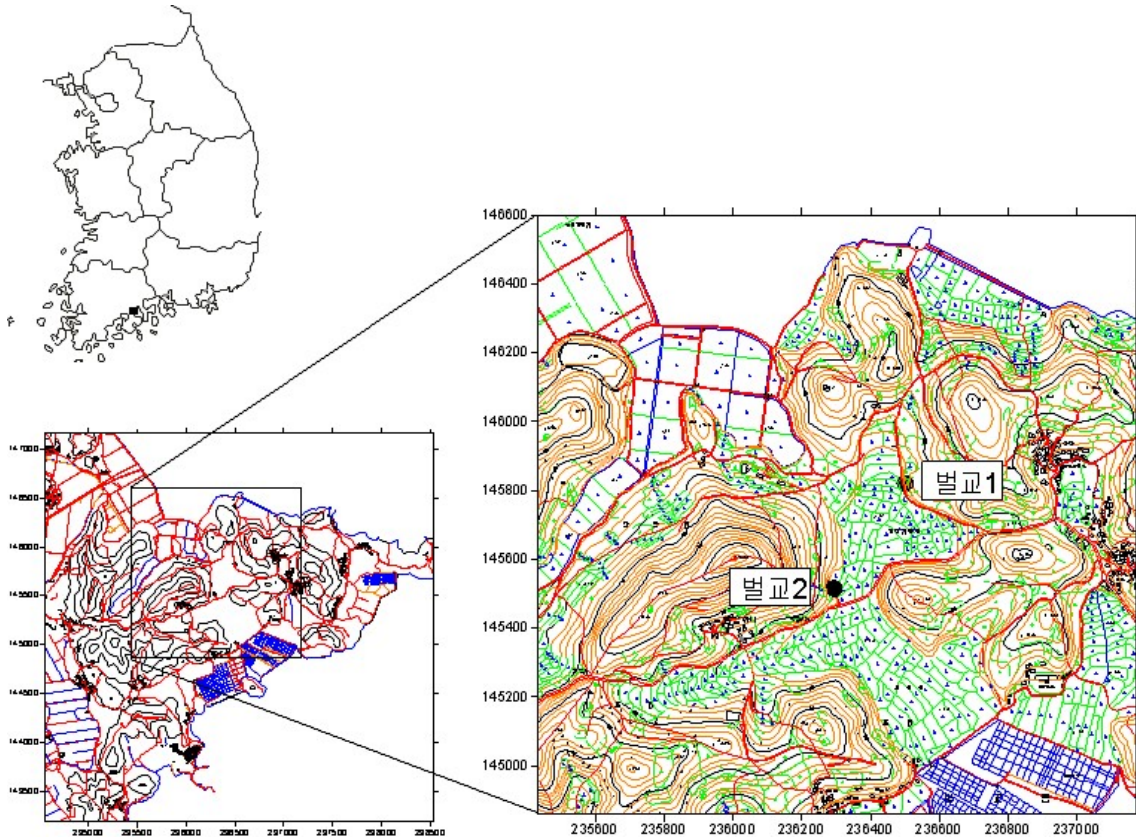
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 안양1, 2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 안양1 관측공은 심도 약 50 ~ 55 m, 65 ~ 70 m, 80 m 구간에서 전이대가 형성되어 공저에서는 약 20,000 $\mu S/cm$ 까지 관측된다. 안양2 관측공은 심도변화에 따라 전기전도도 값이 200 $\mu S/cm$ 내외로 일정하고 해수침투의 영향이 미치지 않는다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 안양1 관측공은 Na-Cl 유형으로 Cl/HCO_3 몰비가 4.87로 해수침투의 영향이 나타나고 있으며, 안양2 관측공은 Ca- HCO_3 유형으로 Cl/HCO_3 몰비는 0.43으로 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 안양1 관측공의 지표 하부 45 m에 설치한 EC1 센서는 2006년부터 2013년까지 646 ~ 814 $\mu S/cm$ 범위에서 2014년 전이대 상승에 따라 2,226 $\mu S/cm$ 로 상승한 후 2015년에는 816 $\mu S/cm$ 로 회복되는 것으로 나타났다. 지표 하 50 m에 설치한 EC2 센서도 2014년에 3,556 $\mu S/cm$ 로 증가한 후 2015년에 967 $\mu S/cm$ 로 회복되었다. 안양2 관측공의 전기전도도 값은 지표 하 20 m와 30 m에서 측정된 값이 각각 166 ~ 257 $\mu S/cm$ 와 177 ~ 190 $\mu S/cm$ 범위로 매우 낮게 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 안양1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위는 약 1 m 내외로 조석의 영향을 받고 있으며, 지표 하 45 m에 설치한 EC1 센서는 2015년 영농기에 전이대 상승에 따른 전기전도도가 증가 외에 별다른 변화가 없다. 그러나, 지표 하 50 m에 설치한 EC2는 갈수기에 증가(최대 11,523 $\mu S/cm$ 까지 증가)하고 풍수기에 감소한다. 이는 갈수기 시 해안유출 지하수량의 감소로 전이대가 상승되기 때문이다. 안양2 관측공의 수위변화는 약 2 m 이내이며, EC1, 2 센서에서의 전기전도도 값은 약 180 $\mu S/cm$ 내외로 연중 유사하다.
- 6) 관리 방안 : 안양1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 크게 나타나며, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 확산 여부를 감시하여야 한다.

2.5.16 별교지구

1. 위치

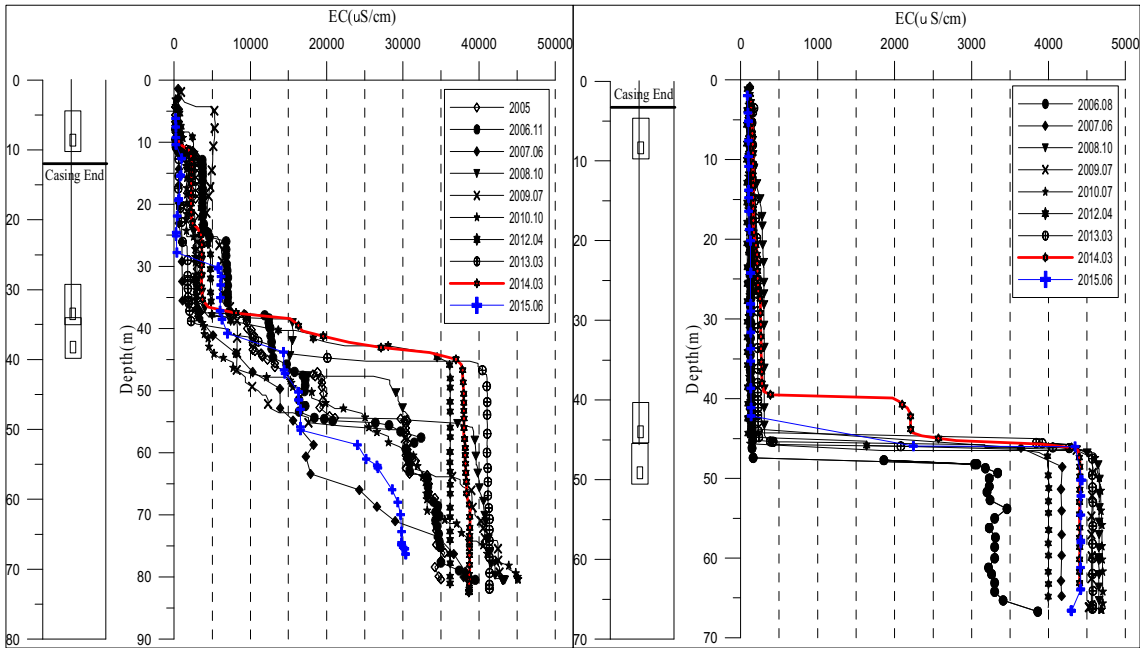


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
별교1	보성군 별교읍 장암리 965	236499.776	145820.145	5.343	2005	540	2.433
별교2	보성군 별교읍 장암리 1200-1도	236294.848	145515.065	4.128	2006	730	2.328

2. 지형 및 지질

이 지역은 전남 보성군 별교읍의 남쪽에 위치한 지구로, 지질은 선캠브리아기의 반상변정 화강암질편마암이 주로 분포하며 주변에 중생대 백악기의 흑운모화강암이 관입하여 나타난다.

3. 지하수 검층



<별교1 관측공>

<별교2 관측공>

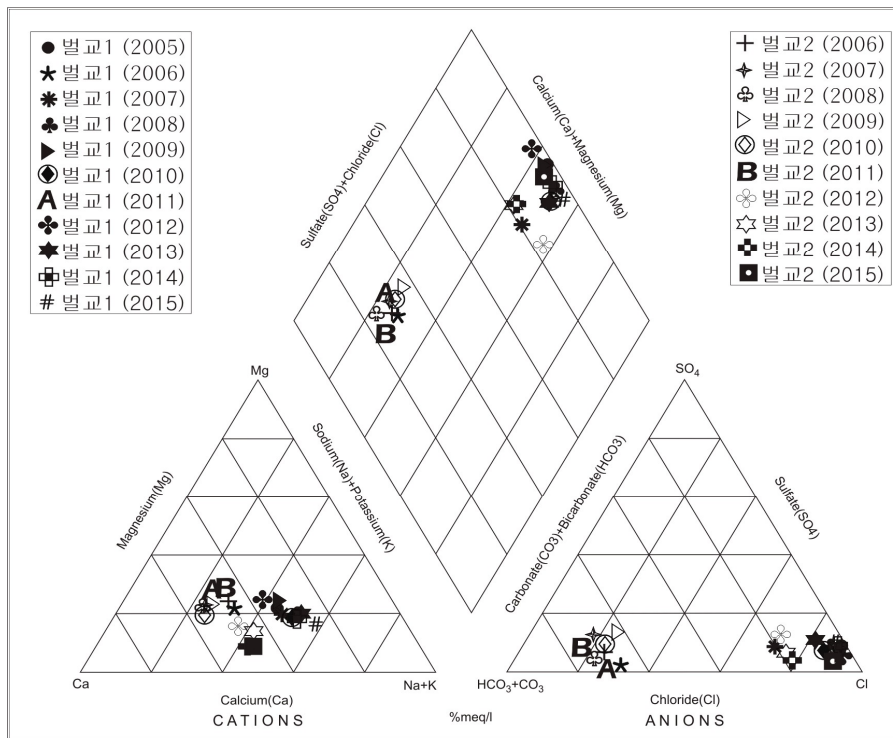
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
별교1	(2005.10)	312.06	75.98	15.24	192.38	122.93	1056.16	48.80	7.61
	(2006.11)	12.84	4.92	1.14	16.97	1.82	16.36	67.10	ND
	(2007.10)	57.14	12.44	4.57	35.61	19.22	138.81	67.10	1.03
	(2008.10)	197.97	39.35	7.68	97.14	61.66	512.02	45.75	3.11
	(2009. 7)	400.02	117.75	19.23	286.14	126.26	1396.88	42.70	2.88
	(2010. 7)	185.88	39.97	10.84	95.12	50.60	514.72	76.25	ND
	(2011. 7)	7.38	5.09	0.76	14.51	0.71	11.31	48.80	ND
	(2012. 4)	320.01	111.58	38.35	265.26	138.90	1206.36	51.85	ND
	(2013. 3)	150.48	31.57	7.32	74.63	56.43	371.90	57.95	ND
	(2014. 3)	478.99	102.95	18.77	265.65	139.73	1217.56	88.45	5.51
(2015. 6)	754.26	122.39	32.14	311.28	27.30	1745.10	58.00	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
별교2	(2006.11)	7.44	3.30	0.50	10.20	3.58	8.64	45.75	ND
	(2007.10)	6.60	3.37	1.16	14.11	7.46	9.05	57.95	0.15
	(2008.10)	9.63	4.83	0.84	19.08	4.29	12.07	70.15	0.12
	(2009. 7)	6.64	3.02	0.98	12.37	8.07	9.92	45.75	ND
	(2010. 7)	7.63	3.32	0.97	13.86	7.42	10.29	48.80	ND
	(2011. 7)	5.47	3.34	0.57	8.55	2.76	5.58	42.70	ND
	(2012. 4)	26.08	5.24	1.05	28.94	13.91	78.39	36.60	ND
	(2013. 3)	85.12	12.37	1.38	79.23	21.87	228.74	91.50	0.82
	(2014. 3)	124.87	17.51	5.25	121.35	33.67	394.31	152.50	0.00
	(2015. 6)	270.82	26.92	4.04	234.79	27.30	880.90	103.70	-



<별교지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	별교1	별교2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	37.32	-
	2006.11	0.42	0.33
	2007.10	3.55	0.27
	2008.10	19.23	0.30
	2009. 7	56.21	0.37
	2010. 7	11.60	0.36
	2011. 7	0.40	0.22
	2012. 4	39.98	3.68
	2013. 3	11.03	4.30
	2014. 3	23.65	4.44
	2015. 6	51.83	14.62

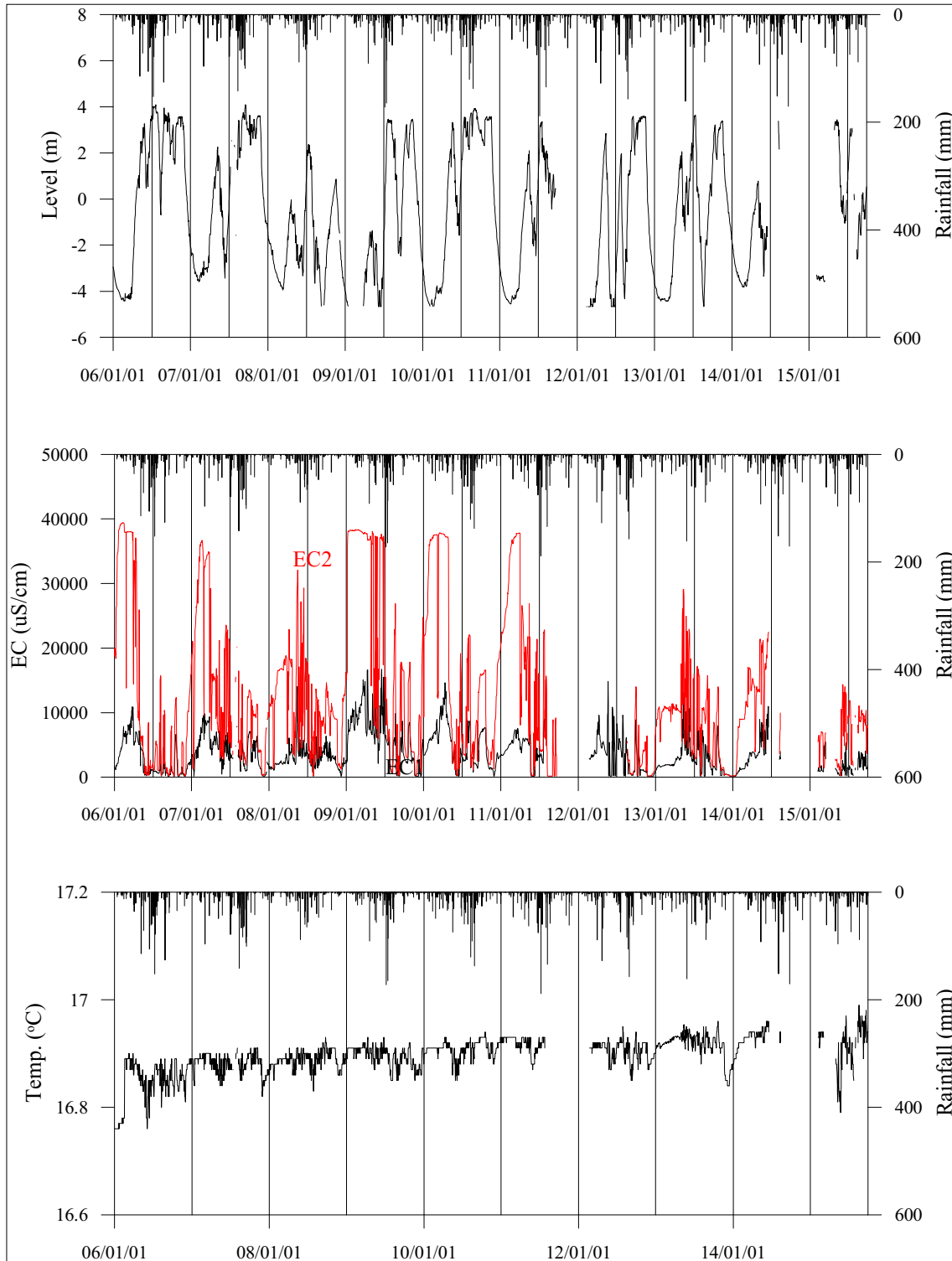
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

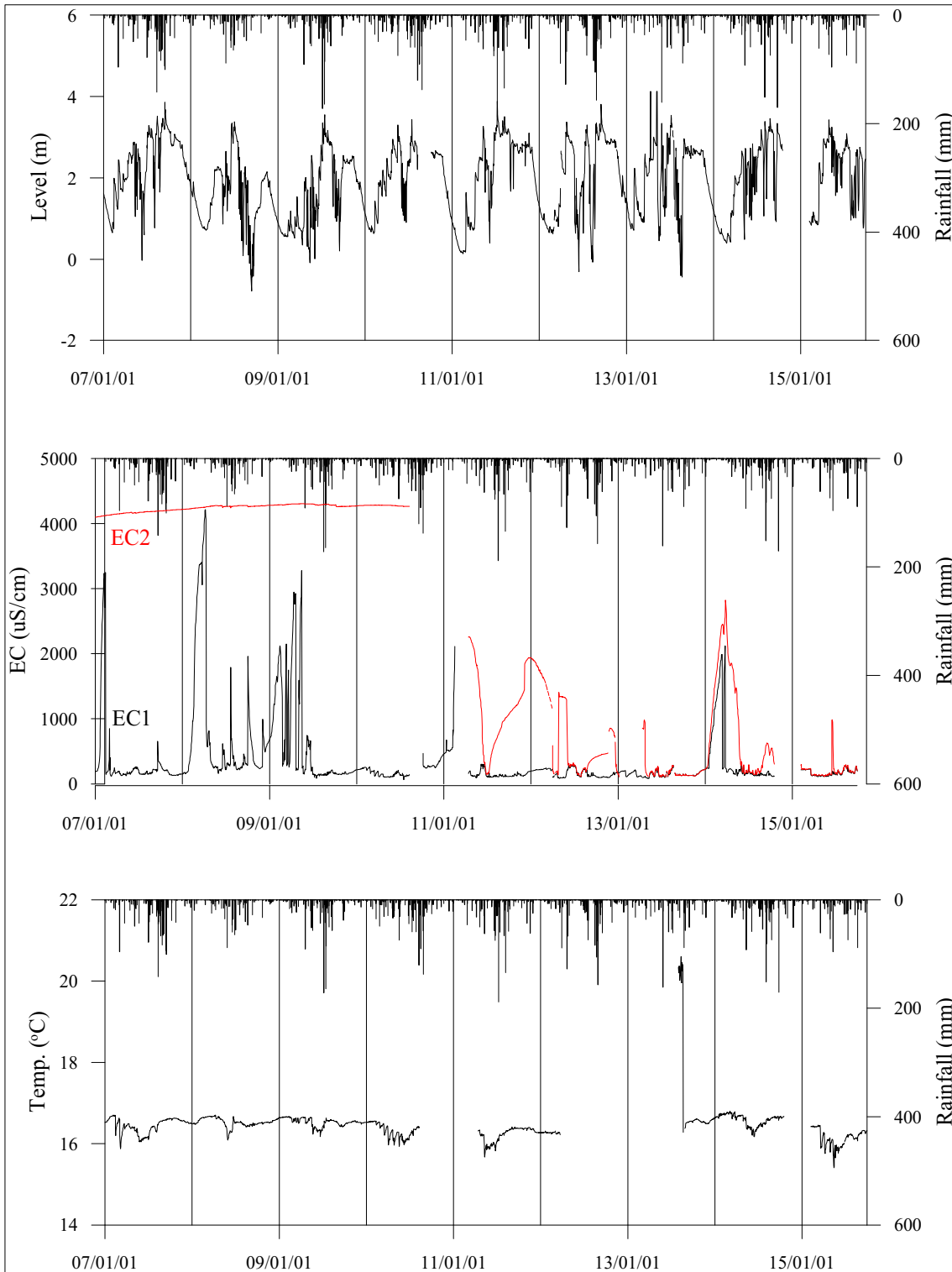
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
별교1	2006	0.31	-4.42	4.09	3,094	155	10,888	14,541	159	39,416
	2007	-0.15	-3.59	4.09	4,638	164	9,804	15,602	1,248	36,684
	2008	-1.99	-4.66	2.37	3,155	172	14,073	11,902	213	32,105
	2009	-0.81	-4.66	3.46	7,030	170	16,694	23,891	228	38,348
	2010	0.13	-4.65	3.93	5,338	169	14,613	18,510	237	37,862
	2011	-1.17	-4.56	3.36	4,458	159	9,679	16,510	158	37,827
	2012	-0.57	-4.66	3.61	3,367	168	14,819	2,992	174	14,022
	2013	-1.32	-4.43	3.63	3,239	185	13,041	10,957	2,844	29,118
	2014	-2.18	-3.82	0.78	3,291	168	10,954	11,674	175	22,514
	2015	-0.28	-3.58	3.44	1,698	184	5,558	6,718	209	14,358
별교2	2007	2.26	-0.03	3.86	372	116	3,248	4,160	4,097	4,203
	2008	1.54	-0.78	3.38	879	152	4,215	4,258	4,218	4,278
	2009	1.54	-0.09	3.55	723	84	3,274	4,291	4,258	4,309
	2010	2.01	0.63	3.43	163	64	260	4,277	43,138	43,515
	2011	2.01	0.14	3.88	240	94	2,110	1,069	146	2,263
	2012	2.02	-0.31	3.81	167	87	307	789	113	1,940
	2013	1.86	0.45	3.54	146	88	251	236	105	982
	2014	1.61	0.39	3.19	506	121	2,124	1,133	144	2,823
2015	2.13	0.76	3.42	172	110	288	200	115	986	

6.

장기관측 결과



<별교1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<별교2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

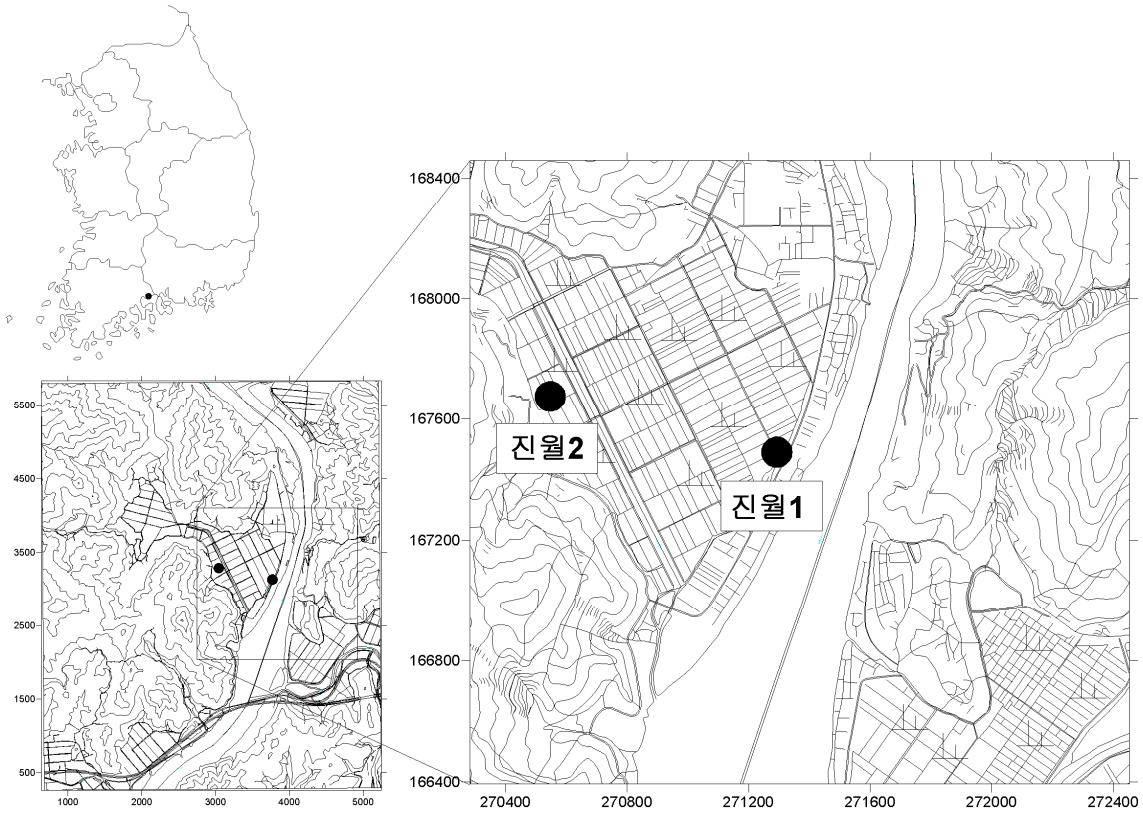
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 별교1, 2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 별교1 관측공은 지표 하 37 m ~ 45 m 구간에서 전기전도도가 약 5,000 $\mu S/cm$ 에서 42,000 $\mu S/cm$ 까지 급격하게 증가하는 전이대가 형성되어 있다. 별교2 관측공은 지표 하 45 m 구간에서 전기전도도가 4,500 $\mu S/cm$ 로 급격하게 상승한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 별교1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당하고, Cl/HCO₃ 몰비는 51.83으로 해수의 영향을 받고 있다. 별교2 관측공은 2006년 이후 2011년까지 Ca-HCO₃ 유형으로서 Cl/HCO₃ 몰비는 0.5 이하였으나 2013년 이후 Na-Cl 유형으로 바뀌어 2014년과 2015년의 Cl/HCO₃ 몰비는 각각 4.44와 14.62로 나타났다. 이는 2013년 이후 전이대가 상승하여 수질이 상대적으로 해수의 영향을 더 받기 때문인 것으로 분석된다.
- 4) 연도별 관측결과 : 별교1 관측공은 지표 하 30 m, 40 m에 설치한 EC1, 2 센서에서 2006년부터 2014년까지 3,094 ~ 7,030 $\mu S/cm$ 와 2,992 ~ 23,891 $\mu S/cm$ 로 증가한 후, 2015년에 각각 1,698 $\mu S/cm$ 과 6,718 $\mu S/cm$ 로 감소하는 것으로 나타났다. 별교2 관측공은 지표 하 45 m, 50 m에 설치한 EC1, 2센서에서 각각 146 ~ 879 $\mu S/cm$, 236 ~ 4,291 $\mu S/cm$ 로 깊은 심도에서는 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 별교1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과 지하수 수위 변화(약 8 m 내외)는 강수의 영향을 받는 것으로 나타난다. 지표 하 35 m 와 40 m 에서 측정된 EC1, 2는 갈수기 시 증가하고, 풍수기 시 감소한다. 별교2 관측공은 약 5 m 내외로 수위가 변화한다. 결과적으로 별교지구는 갈수기-풍수기의 지하수 수위 변화에 따라 해수침투의 변동을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 별교지구는 갈수기 지하수 수위 저하에 따른 수질악화가 관측됨에 따라 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 확산 여부를 점검하여야 한다.

2.5.17 진월지구

1. 위치

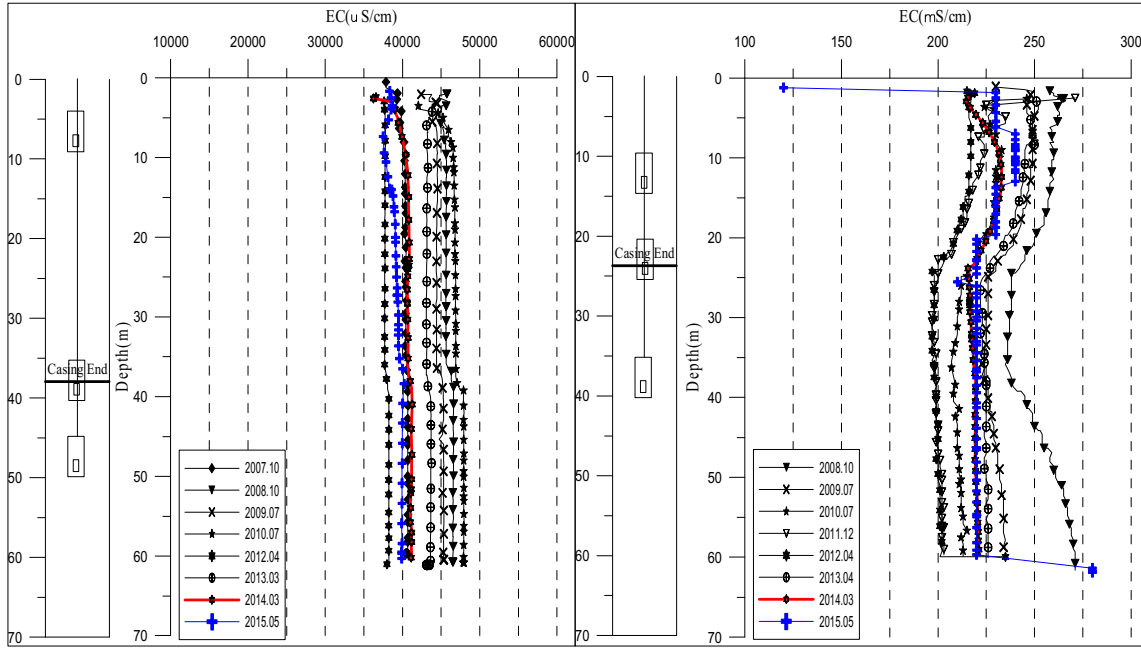


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
진월1	광양시 진월면 오사리 62-19답	271293.578	167489.442	1.437	2007	240	0.147
진월2	광양시 진월면 오사리 32-10	270496.656	167623.516	3.734	2008	880	2.354

2. 지형 및 지질

진월지구는 광양시 진월면 오사리에 해당하며, 주변은 대체로 약 300 m 이하의 구릉성 산지를 이루며, 곳곳에 평야가 분포한다. 지질은 선캄브리아기에 속하는 지리산 편마암 복합체를 기저로 하여 이를 부정합으로 덮는 경상누층군의 퇴적암류와 화산암류 그리고 이를 관입하는 화강암류로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<진월1 관측공>

<진월2 관측공>

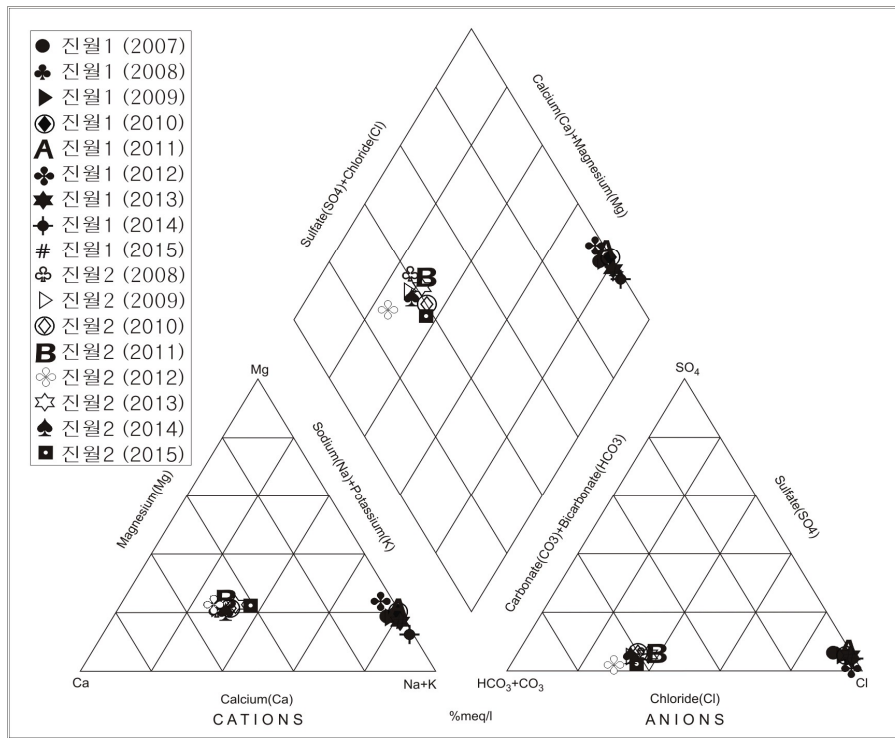
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
진월1	(2007.10)	7370.17	896.05	326.50	347.59	1197.30	13433.10	1076.60	ND
	(2008.10)	7506.47	936.96	318.26	248.34	1157.18	14694.96	680.15	ND
	(2009. 7)	7224.54	935.38	302.15	212.01	862.63	14258.01	533.75	32.19
	(2010. 7)	6784.48	905.84	258.74	159.90	1173.20	12565.82	140.30	50.46
	(2011. 7)	8555.16	1112.26	325.96	128.78	1318.80	16634.24	422.45	ND
	(2012. 4)	5269.80	942.14	318.02	72.28	478.60	10861.42	372.11	6.00
	(2013. 3)	8064.21	936.15	298.65	49.90	1051.22	13724.35	268.45	ND
	(2014. 3)	8667.34	728.86	325.08	25.36	975.67	13935.63	204.35	0.00
(2015. 5)	7950.62	1003.30	302.05	23.60	679.20	13446.2	327.90	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
진월2	(2008.10)	11.22	4.71	0.88	19.05	3.42	15.37	45.75	0.09
	(2009. 7)	12.26	4.79	0.89	18.58	3.39	14.87	48.80	ND
	(2010. 7)	15.03	5.24	0.87	19.48	3.90	17.48	51.85	ND
	(2011. 7)	13.83	5.43	1.00	20.28	3.57	19.29	48.80	ND
	(2012. 4)	11.69	5.23	0.92	20.03	ND	13.58	51.85	ND
	(2013. 3)	13.92	4.99	0.81	17.82	3.33	17.17	45.75	ND
	(2014. 3)	14.04	5.20	1.02	20.64	2.78	13.90	48.80	0.00
	(2015. 5)	18.25	5.56	1.19	17.10	2.60	17.50	54.90	-



<진월지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	진월1	진월2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	21.44	-
	2008.10	37.12	0.58
	2009. 7	45.90	0.52
	2010. 7	153.90	0.58
	2011. 7	65.56	0.68
	2012. 4	49.36	0.45
	2013. 3	79.82	0.64
	2014. 3	117.18	0.49
	2015. 6	70.58	0.55

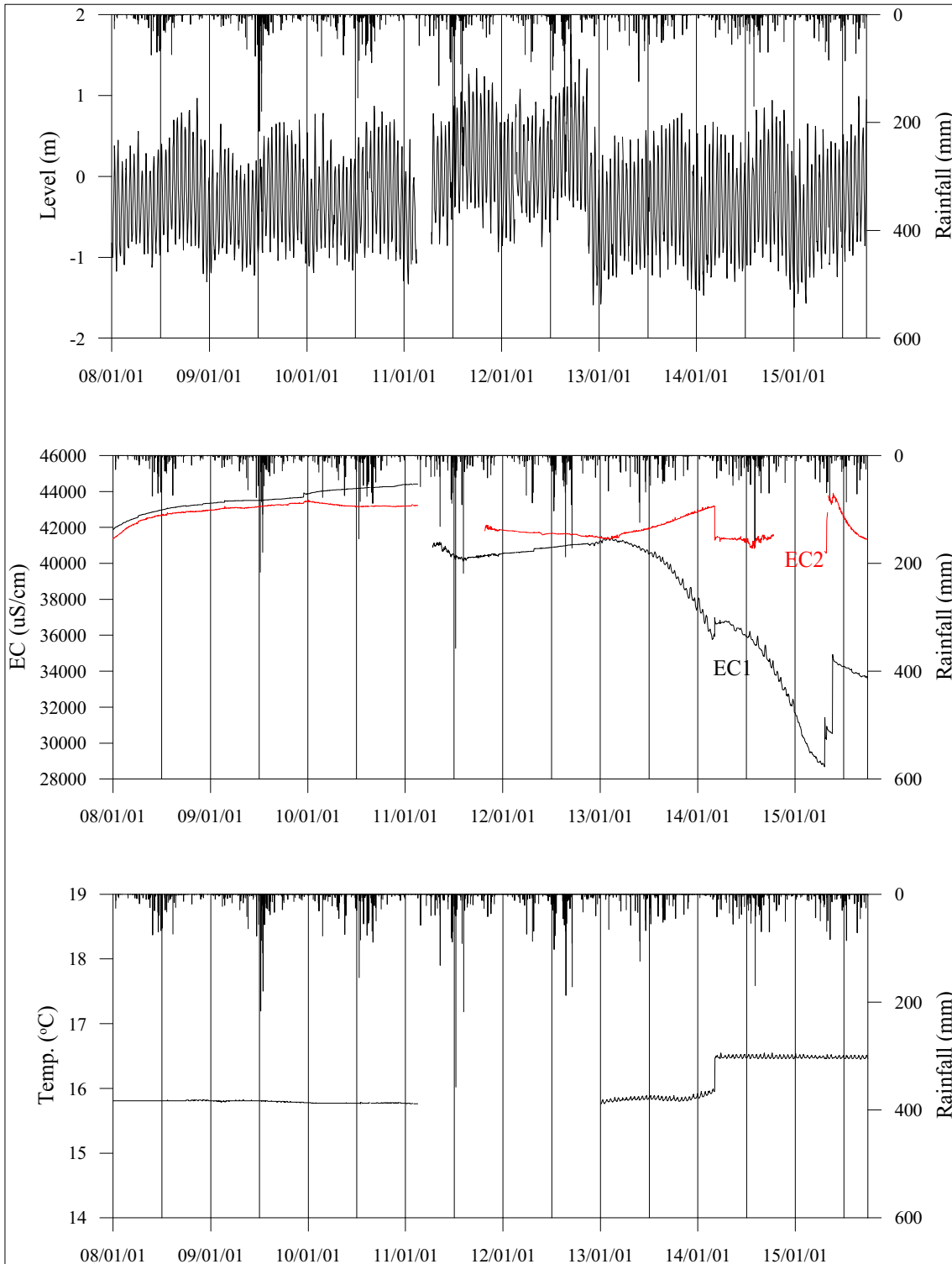
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

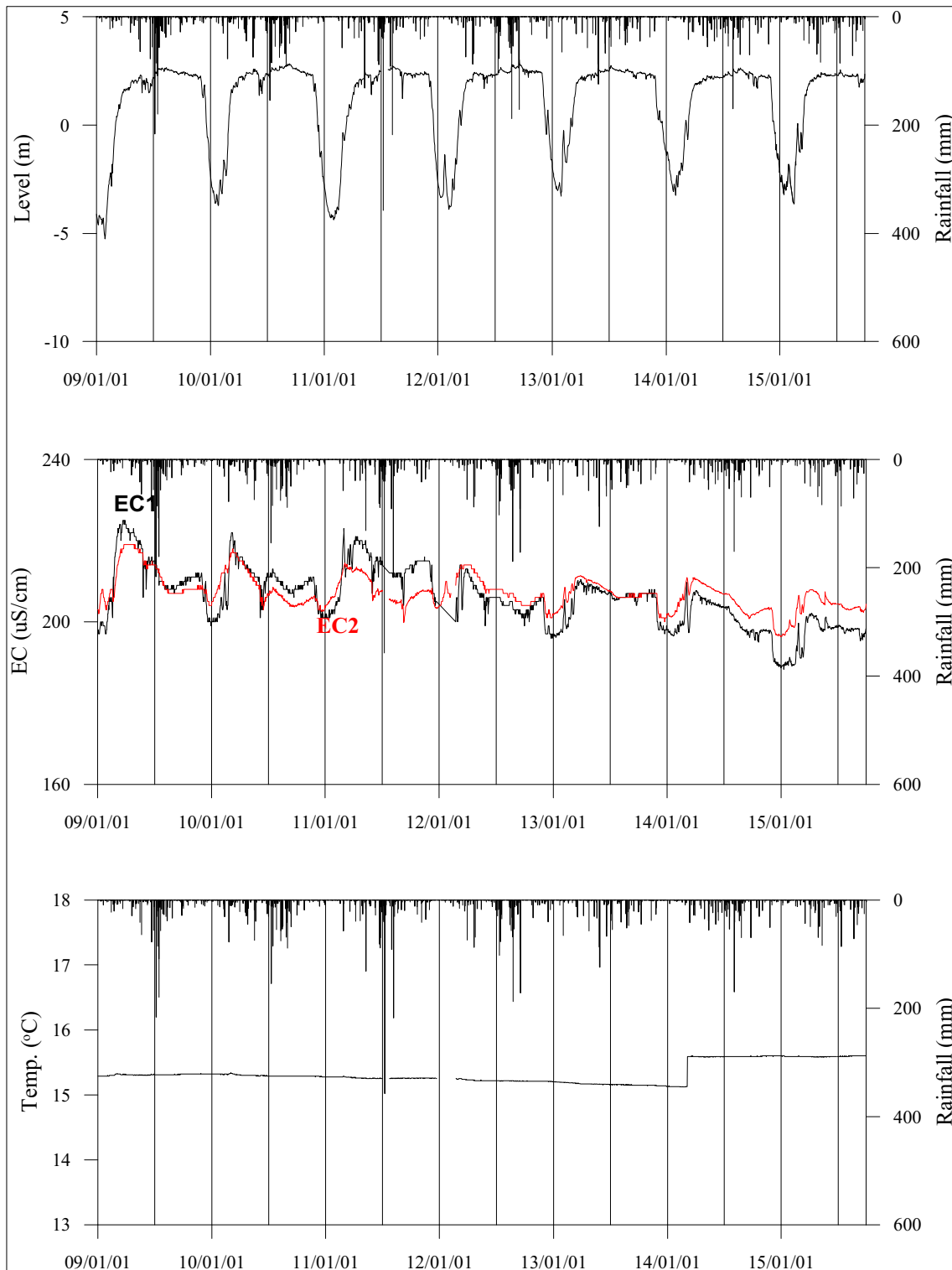
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
진월1	2008	-0.28	-1.17	0.82	42,772	41,879	43,239	42,433	41,346	42,903
	2009	-0.35	-1.22	0.67	43,499	43,350	43,633	43,137	42,948	43,350
	2010	-0.28	-1.19	0.87	44,122	43,873	44,270	43,247	43,138	43,515
	2011	0.07	-1.33	1.34	41,234	40,123	44,423	43,086	41,816	43,302
	2012	0.17	-0.95	1.76	40,842	40,552	41,113	41,669	41,478	41,855
	2013	-0.45	-1.58	0.57	41,019	40,334	41,398	41,684	41,339	42,066
	2014	-0.41	-1.47	0.67	36,500	35,566	38,074	41,840	40,839	43,200
	2015	-0.36	-1.62	0.99	31,964	28,664	34,927	46,521	40,581	98,447
진월2	2009	0.97	-5.26	2.71	212	197	225	211	202	219
	2010	1.35	-3.72	2.83	210	200	222	209	203	218
	2011	0.81	-4.38	2.74	213	201	223	208	200	215
	2012	1.29	-3.90	3.01	205	198	214	208	204	214
	2013	1.03	-3.29	2.75	205	196	210	208	202	211
	2014	0.72	-3.25	2.47	203	197	210	207	201	211
	2015	0.99	-3.65	2.55	197	188	202	204	196	208

6.

장기관측 결과



<진월1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진월2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

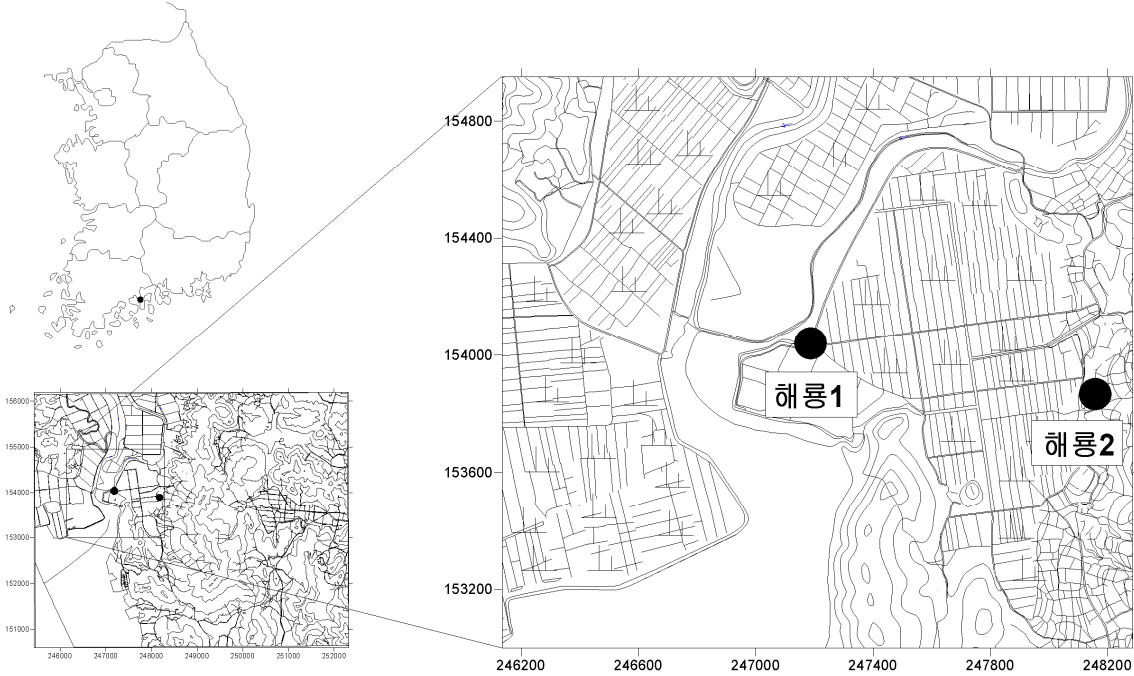
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진월1, 2 관측공은 2007년과 2008년에 설치한 관측망으로서 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하여, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 진월1 관측공은 지표 하 35 m 케이싱 설치 구간을 경계로 전기전도도 변화가 미약하게(약 1,000 $\mu S/cm$ 내외) 발생하며, 전 구간 해수의 전기전도도와 동일하다. 진월2 관측공은 전 구간 약 200 ~ 250 $\mu S/cm$ 범위로 해수침투의 영향은 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 진월1 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형에 해당되며, 진월2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 70.58과 0.55로, 진월1 관측공은 심각한 해수침투의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 진월1 관측공의 2008년부터 2015년까지 연평균 전기전도도는 EC1, 2 각각 31,964 ~ 44,122 $\mu S/cm$ 와 41,669 ~ 46,521 $\mu S/cm$ 의 범위를 보이고 있으며, 진월2 관측공은 EC1, 2 공통적으로 약 200 $\mu S/cm$ 내외로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 진월1 관측공은 지하수 수위 변동폭이 연간 2 m 내외로 조석차에 의한 수위변화가 잘 드러나며, 진월2 관측공은 갈수기인 1월에 약 -5.0 m 까지 감소하나, 풍수기에 증가하여 4월에는 약 2.0 m 의 수위를 유지한다. 진월2 관측공의 전기전도도는 수위변화에 비례하여, 수위가 높아지면 전기전도도 역시 높아지는 경향을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 진월1 관측공은 매우 심각한 해수침투의 영향을 나타내고 있다. 반면 내륙 쪽으로 880 m 이동하여 설치된 진월2 관측은 담수이므로, 두 관측공에 대한 장기관측을 통하여 해수침투 진행 여부를 점검하여야 한다.

2.5.18 해룡지구

1. 위치

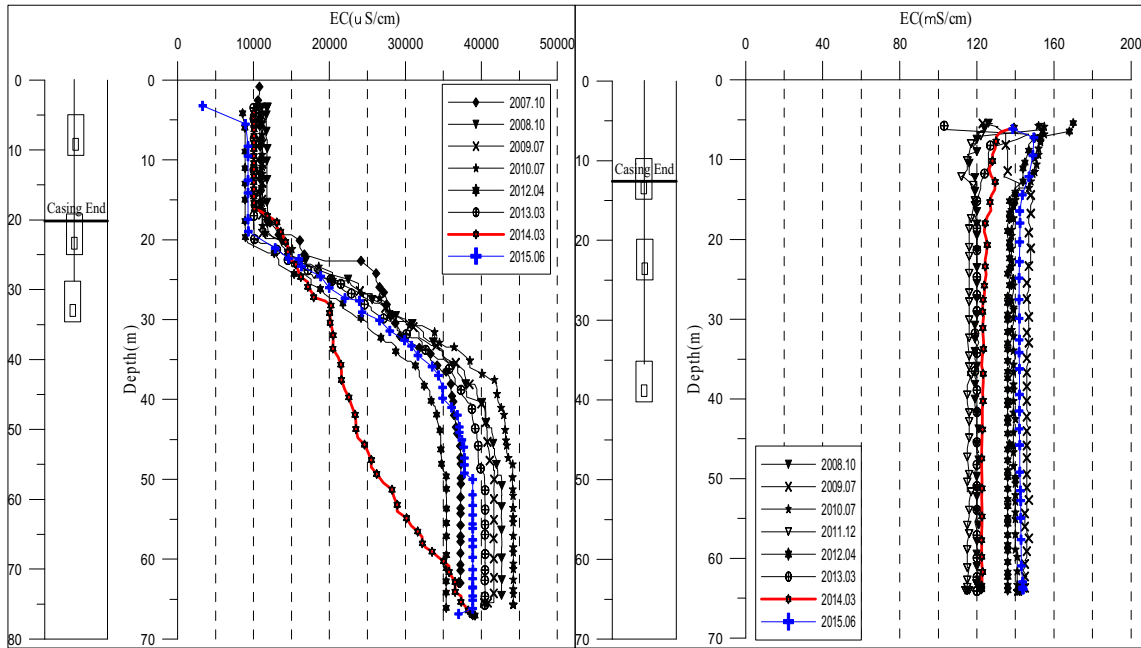


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
해룡1	순천시 해룡면 해창리 773-1제	247186.713	154040.388	2.966	2007	420	-0.164
해룡2	순천시 해룡면 선학리 992-1	248102.820	153811.705	9.110	2008	890	3.860

2. 지형 및 지질

해룡지구는 순천시 해룡면 해창리에 해당하며, 주변은 대부분의 지역이 200 m 이하의 구릉성 산지를 이루며, 순천만에 접해있다. 지질은 선캄브리아기에 속하는 지리산 편마암 복합체를 기저로 하여 이를 부정합으로 덮는 경상누층군의 퇴적암류와 화산암류 그리고 이를 관입하는 화강암류로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<해룡1 관측공>

<해룡2 관측공>

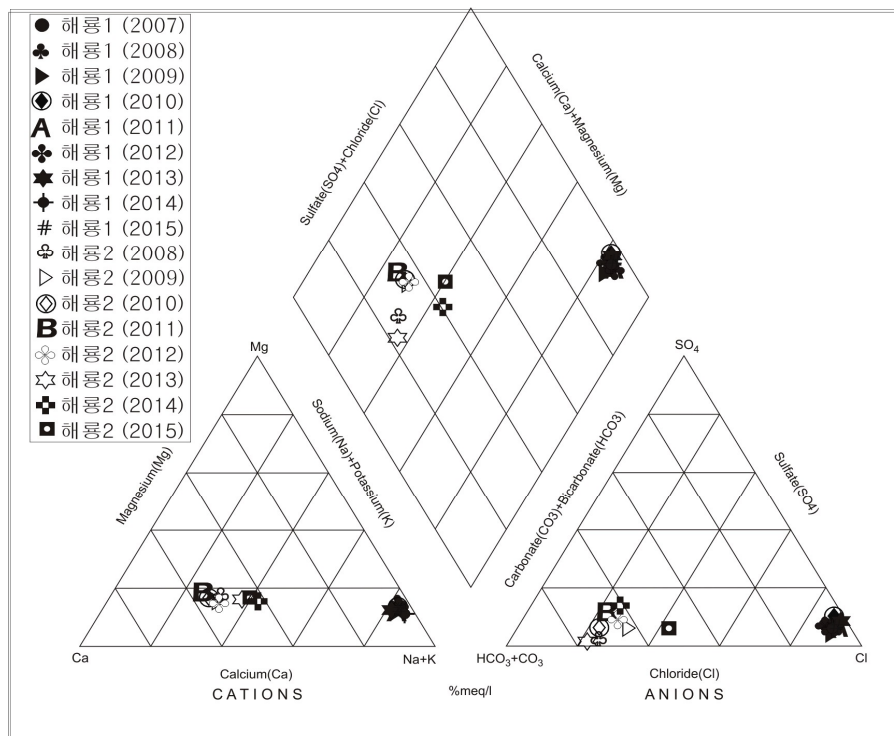
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
해룡1	(2007.10)	2088.82	149.03	98.86	81.69	302.46	3547.06	451.40	ND
	(2008.10)	1768.78	154.82	110.75	84.67	280.73	3245.99	402.60	ND
	(2009. 7)	1941.93	149.62	73.02	88.79	219.08	3448.60	408.70	7.06
	(2010. 7)	2403.81	186.74	98.01	132.37	514.73	4216.25	237.90	ND
	(2011. 7)	1953.84	176.36	85.35	96.01	315.28	3498.24	384.30	11.05
	(2012. 4)	1723.32	135.58	75.86	90.30	319.15	3026.12	372.10	ND
	(2013. 3)	3438.49	253.79	90.94	203.36	659.98	5961.15	335.50	20.44
	(2014. 3)	2238.43	149.91	94.39	91.35	354.28	3367.38	353.80	6.30
(2015. 6)	2883.10	203.81	120.57	136.99	484.70	4603.50	311.10	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
해룡2	(2008.10)	7.22	2.16	0.73	10.87	0.92	7.84	36.60	0.07
	(2009. 7)	8.31	2.81	1.01	13.83	2.40	10.06	39.65	ND
	(2010. 7)	9.30	2.90	0.89	15.95	3.21	8.52	42.70	ND
	(2011. 7)	8.83	3.62	1.15	18.28	5.87	9.71	48.80	ND
	(2012. 4)	9.80	3.25	1.10	16.18	4.89	10.94	45.75	ND
	(2013. 3)	9.68	2.30	1.02	11.59	0.89	7.68	51.85	0.05
	(2014. 3)	10.92	2.23	4.77	11.30	6.14	9.78	36.60	0.00
	(2015. 6)	16.83	4.11	1.51	16.84	5.20	21.90	45.80	-



<해룡지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	해룡1	해룡2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	13.50	-
	2008.10	13.85	0.37
	2009. 7	14.50	0.44
	2010. 7	30.45	0.34
	2011. 7	15.64	0.34
	2012. 4	13.97	0.41
	2013. 3	30.53	0.25
	2014. 3	16.35	0.46
	2015. 6	25.47	0.83

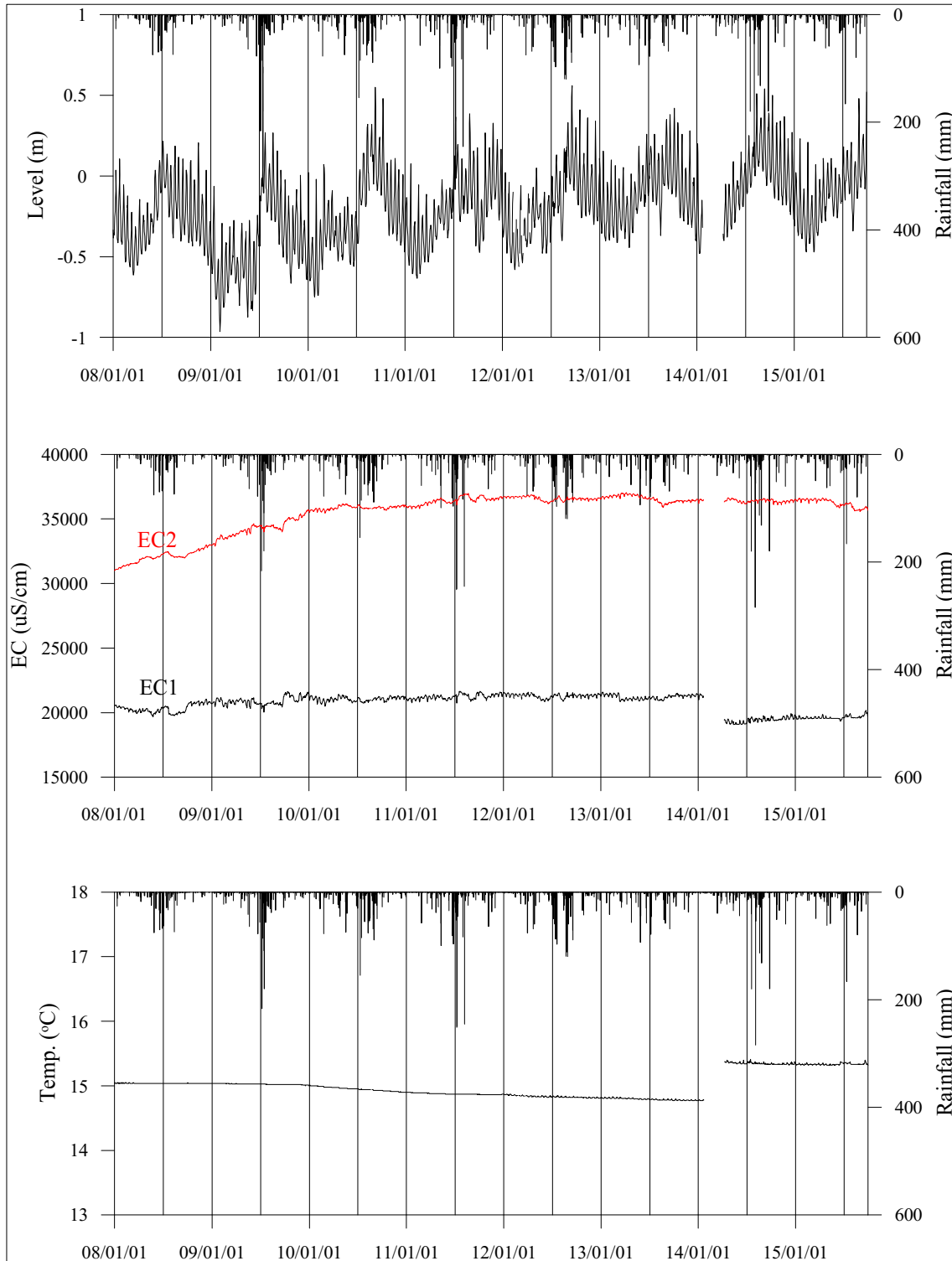
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

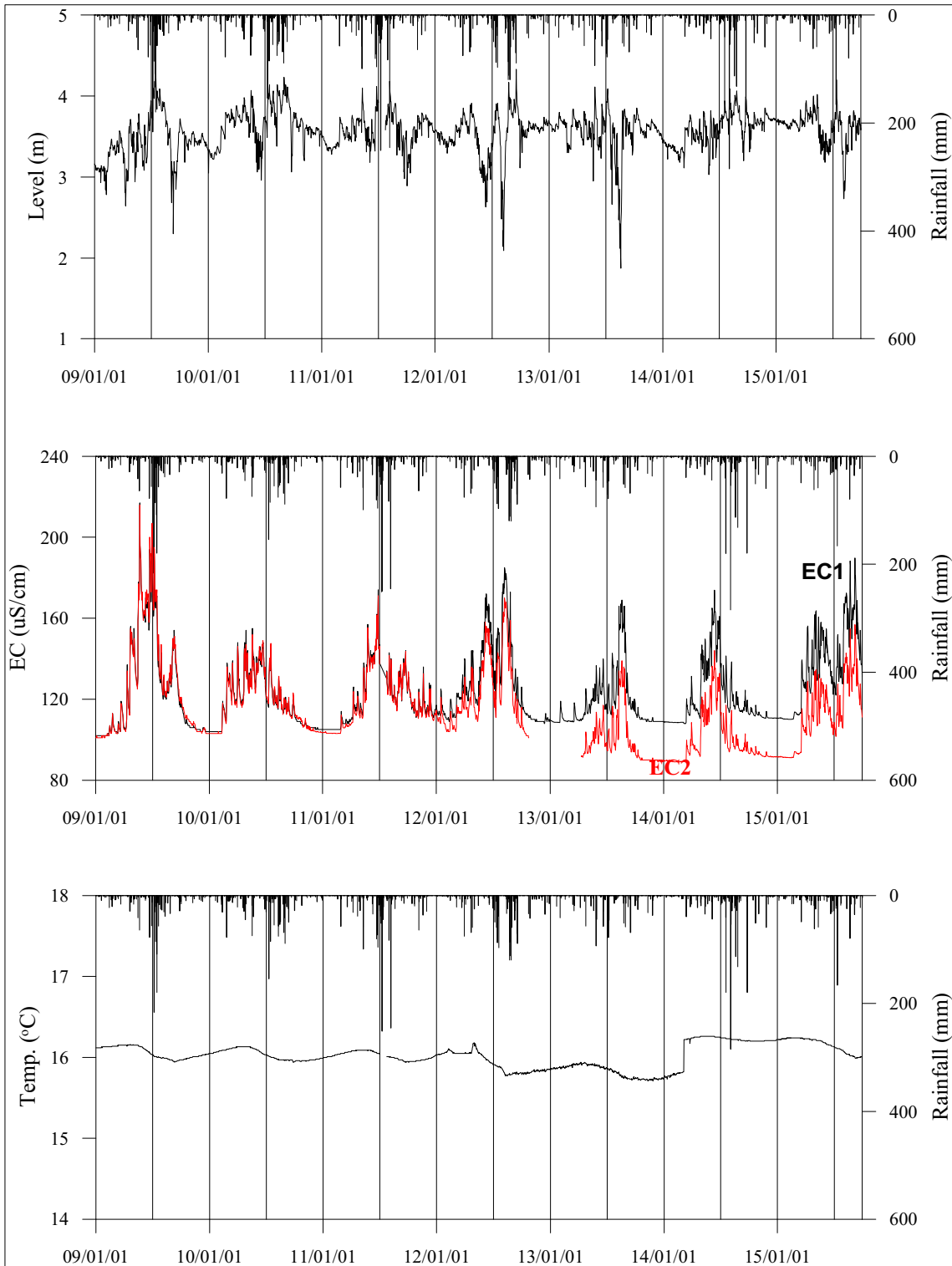
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
해룡1	2008	-0.24	-0.61	0.22	20,216	19,681	20,867	31,907	31,003	32,484
	2009	-0.41	-0.96	0.68	20,843	20,044	21,633	34,110	32,891	35,106
	2010	-0.24	-0.75	0.55	21,017	20,484	21,422	35,845	35,443	36,173
	2011	-0.24	-0.63	0.39	21,203	20,750	21,645	36,388	35,781	36,985
	2012	-0.18	-0.58	0.56	21,281	20,856	21,587	36,582	36,179	36,880
	2013	-0.15	-0.44	0.26	21,177	20,846	21,584	36,752	36,426	37,039
	2014	-0.12	-0.48	0.25	19,586	19,083	21,458	36,407	36,164	36,641
	2015	-0.11	-0.47	0.52	19,625	19,331	20,165	36,226	35,582	36,621
해룡2	2009	3.42	2.30	4.37	129	102	217	130	101	216
	2010	3.68	2.96	4.23	121	104	155	121	103	152
	2011	3.55	2.89	4.18	121	105	174	120	103	171
	2012	3.51	2.09	4.33	129	109	185	122	101	170
	2013	3.61	2.66	4.11	115	108	143	100	91	117
	2014	3.50	3.03	3.94	124	108	174	102	89	144
	2015	3.61	2.73	4.20	135	110	190	112	91	157

6.

장기관측 결과



<해룡1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<해룡2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

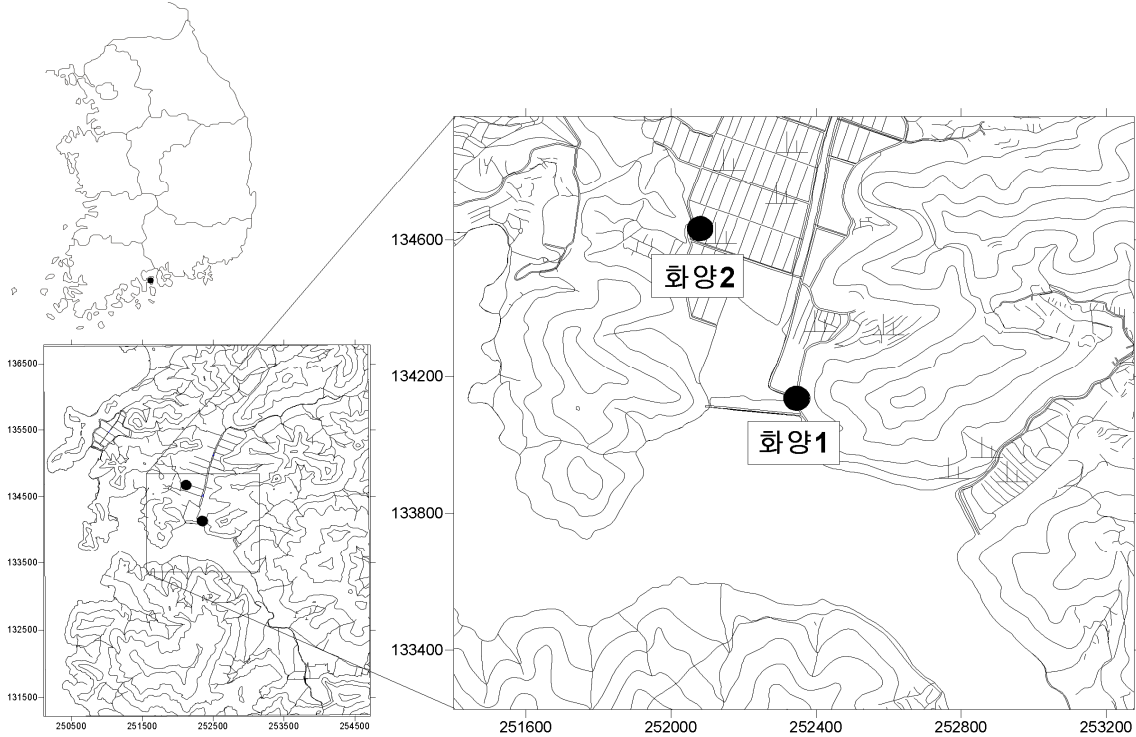
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해룡1, 2 관측공은 2007년과 2008년에 설치한 관측망으로서 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하여, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 해룡1 관측공은 지표 하 20 ~ 40 m 구간까지 전기전도도가 약 10,000 $\mu S/cm$ 에서 45,000 $\mu S/cm$ 까지 급격하게 증가하는 전이대가 나타나며, 전이대 구간은 시추주상도 상의 파쇄대 구간과 일치한다. 해룡2 관측공의 전이대 구간은 없으며 약 140 $\mu S/cm$ 내외로 해수침투는 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 해룡1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, 해룡2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 25.47과 0.83으로, 두 관측공은 해수침투의 영향을 받는 것으로 나타났으며 특히, 해룡1 관측공은 심각한 해수침투의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 해룡1 관측공의 연평균 전기전도도는 EC1, 2 각각 19,586 ~ 21,281 $\mu S/cm$ 와 31,907 ~ 36,752 $\mu S/cm$ 로 나타났으며, 해룡2 관측공의 전기전도도는 EC1, 2 공통적으로 연평균 약 100 ~ 130 $\mu S/cm$ 범위이다.
- 5) 장기관측결과 : 해룡지구의 해룡1 관측공은 연간 1 m 내외의 조차에 의한 수위변화가 아주 잘 나타나며, 강수에 의한 수위변화도 관측되고 있다. 지표 하 25 m 와 35 m 에 설치한 EC1, 2의 값은 연중 변화 없이 EC1은 평균 21,000 $\mu S/cm$ 내외, EC2는 31,000 ~ 37,000 $\mu S/cm$ 의 값을 나타내며, EC2의 경우 증가추세에 있다. 이는 전이대의 상승에 의한 현상으로 분석된다. 해룡2 관측공은 갈수기에는 지하수 수위 저하 및 전기전도도 저하현상이 나타나며, 풍수기에는 반대의 현상이 관찰된다.
- 6) 관리 방안 : 해룡1 관측공은 매우 심각한 해수침투의 영향을 나타낸다. 해룡2 관측공은 해수의 영향은 없으나 지하수 수위 강하에 의한 전기전도도 증감을 동반한다. 따라서, 해안거리에 따른 두 관측공의 장기관측을 통하여 해수침투 영향의 진행 여부를 점검하여야 한다.

2.5.19 화양지구

1. 위치

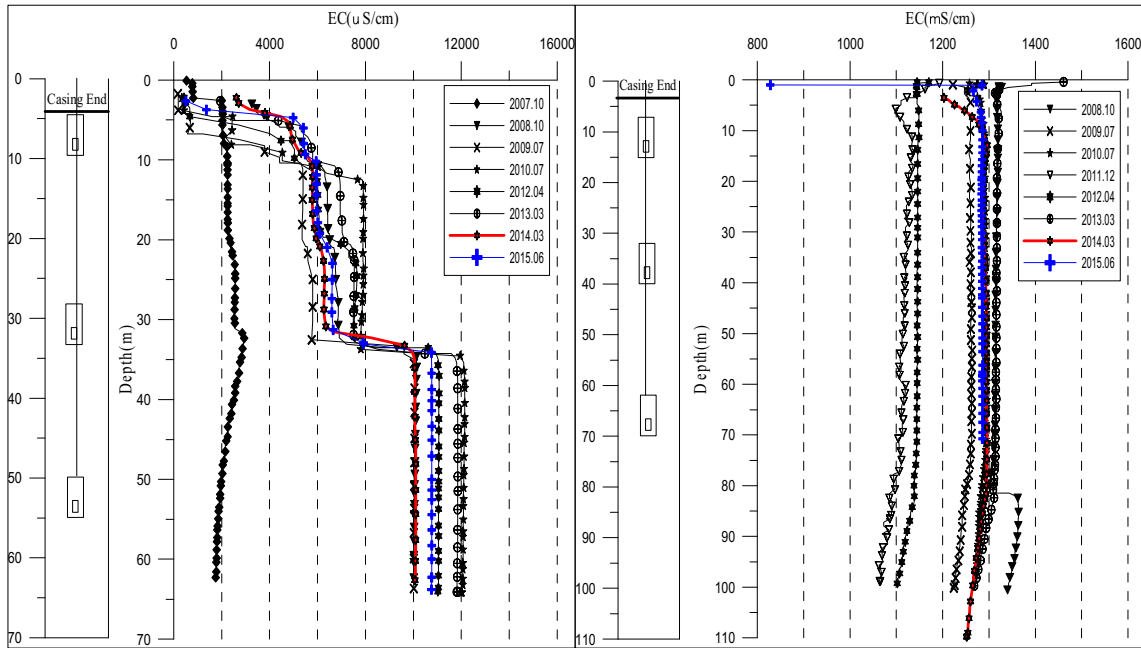


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
화양1	여수시 화양면 옥적리 1942-3구	252346.310	134136.304	0.351	2007	140	-1.829
화양2	여수시 화양면 옥적리 2143	252044.267	134596.308	-0.034	2008	530	-0.034

2. 지형 및 지질

화양지구는 여수시 화양면 옥적리 옥적방조제 인근에 해당하며, 주변은 대부분의 지역이 200m 이하의 구릉성 산지를 이루며, 순천만에 접해있다. 지질은 선캄브리아기에 속하는 지리산 편마암 복합체를 기저로 하여 이를 부정합으로 덮은 경상 누층군의 퇴적암류와 화산암류 그리고 이를 관입하는 화강암류로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<화양1 관측공>

<화양2 관측공>

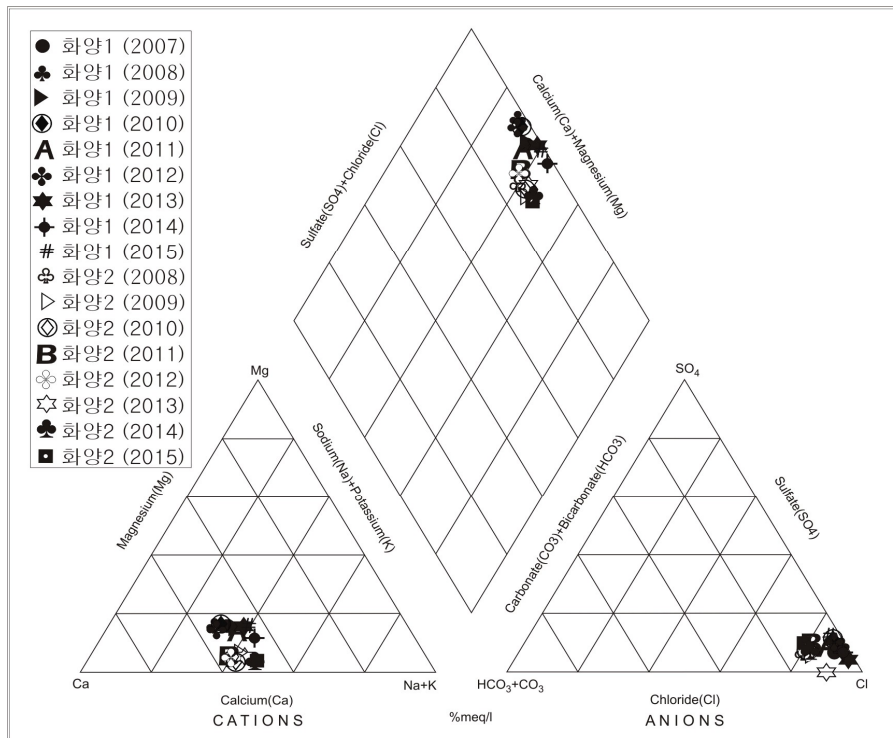
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
화양1	(2007.10)	228.45	49.46	2.20	300.62	100.20	884.82	79.30	ND
	(2008.10)	361.80	90.10	2.70	533.52	209.52	1628.53	61.00	5.20
	(2009. 7)	226.08	49.26	1.51	301.06	102.82	1004.98	54.90	3.55
	(2010. 7)	218.77	65.22	2.15	329.03	138.77	922.01	61.00	ND
	(2011. 7)	166.06	32.72	1.89	199.56	83.81	646.60	45.75	ND
	(2012. 4)	373.01	105.77	4.80	581.05	195.83	1545.20	67.10	ND
	(2013. 3)	538.22	100.19	3.35	569.58	107.53	1839.88	54.90	11.73
	(2014. 3)	565.44	72.11	6.16	506.25	201.99	1741.50	67.10	0.49
(2015. 6)	403.59	76.73	2.78	404.67	225.80	1214.40	67.10	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
화양2	(2008.10)	101.07	5.99	1.89	121.76	35.51	329.01	76.25	2.14
	(2009. 7)	105.00	5.96	1.46	116.62	30.42	336.58	82.35	1.04
	(2010. 7)	120.92	6.27	1.10	128.25	41.74	348.68	85.40	1.28
	(2011. 7)	105.15	6.26	1.70	133.60	45.57	342.76	76.25	ND
	(2012. 4)	94.64	6.31	2.99	116.86	38.82	336.75	82.35	ND
	(2013. 3)	113.55	6.44	1.06	116.31		333.52	67.10	0.62
	(2014. 3)	133.13	4.41	4.76	123.23	37.47	337.32	73.20	0.53
	(2015. 6)	100.93	5.62	5.52	93.63	39.50	245.90	64.10	-



<화양지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	화양1	화양2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2007.10	19.17	-
	2008.10	45.87	7.41
	2009. 7	31.45	7.02
	2010. 7	25.97	7.02
	2011. 7	24.29	7.72
	2012. 4	39.57	7.03
	2013. 3	57.59	8.54
	2014. 3	44.60	7.92
	2015. 6	31.15	6.61

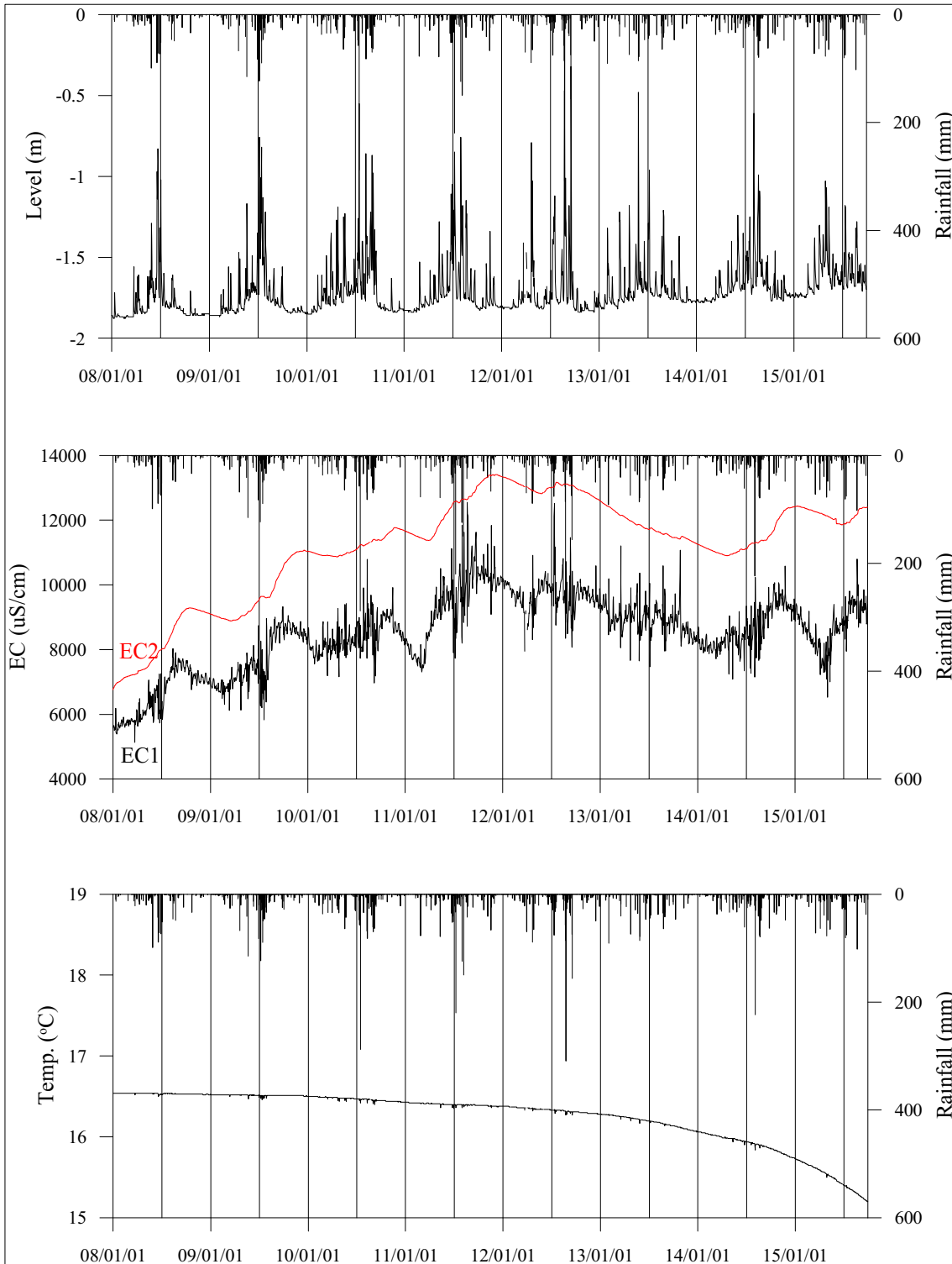
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

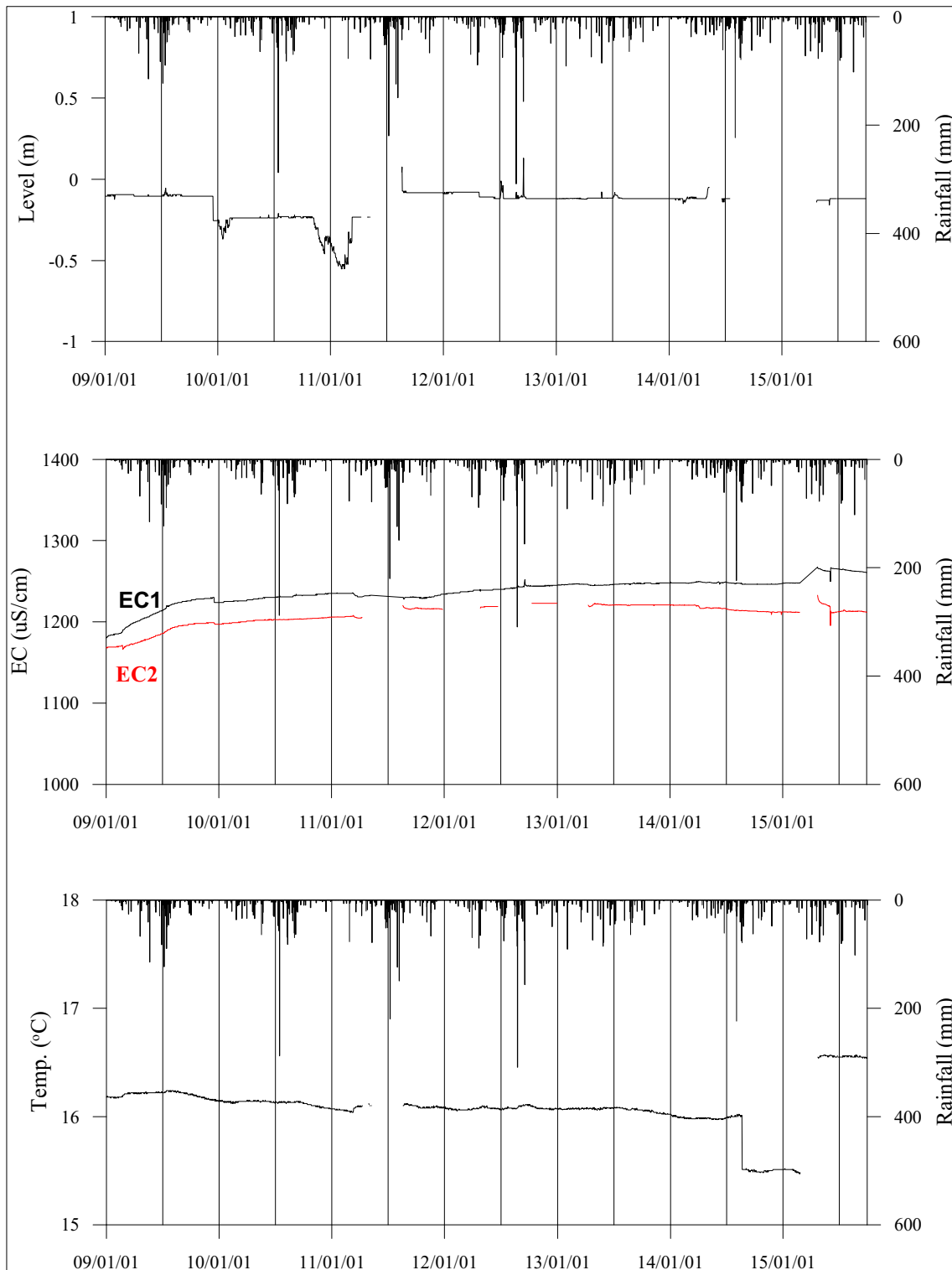
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
화양1	2008	-1.78	-1.88	-0.83	6,480	5,131	8,032	7,926	6,766	9,287
	2009	-1.74	-3.89	-0.76	7,534	5,829	9,329	9,483	8,888	10,897
	2010	-1.69	-1.85	-0.55	8,338	6,967	10,795	11,105	10,869	11,607
	2011	-1.70	-1.84	-0.76	9,219	7,312	12,548	12,169	11,371	13,312
	2012	-1.71	-1.84	-0.32	9,725	7,952	12,521	13,033	12,760	13,340
	2013	-1.68	-1.82	-0.48	9,043	7,466	11,206	12,059	11,647	12,595
	2014	-1.69	-1.78	-1.24	8,259	7,084	9,355	11,072	10,900	11,299
	2015	-1.61	-1.75	-1.03	8,704	6,531	10,800	12,185	11,857	12,434
화양2	2009	-0.10	-0.12	-0.05	1,208	1,180	1,228	1,182	1,166	1,198
	2010	-0.24	-0.37	-0.21	1,229	1,224	1,234	1,201	1,197	1,204
	2011	-0.26	-0.55	0.08	1,232	1,228	1,236	1,211	1,205	1,220
	2012	-0.10	-0.12	0.13	1,240	1,234	1,252	1,221	1,217	1,223
	2013	-0.12	-0.12	-0.08	1,246	1,245	1,247	1,221	1,219	1,223
	2014	-0.12	-0.15	-0.05	1,248	1,246	1,250	1,218	1,214	1,221
	2015	-0.12	-0.16	-0.12	1,259	1,247	1,267	1,214	1,195	1,233

6.

장기관측 결과



<화양1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화양2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

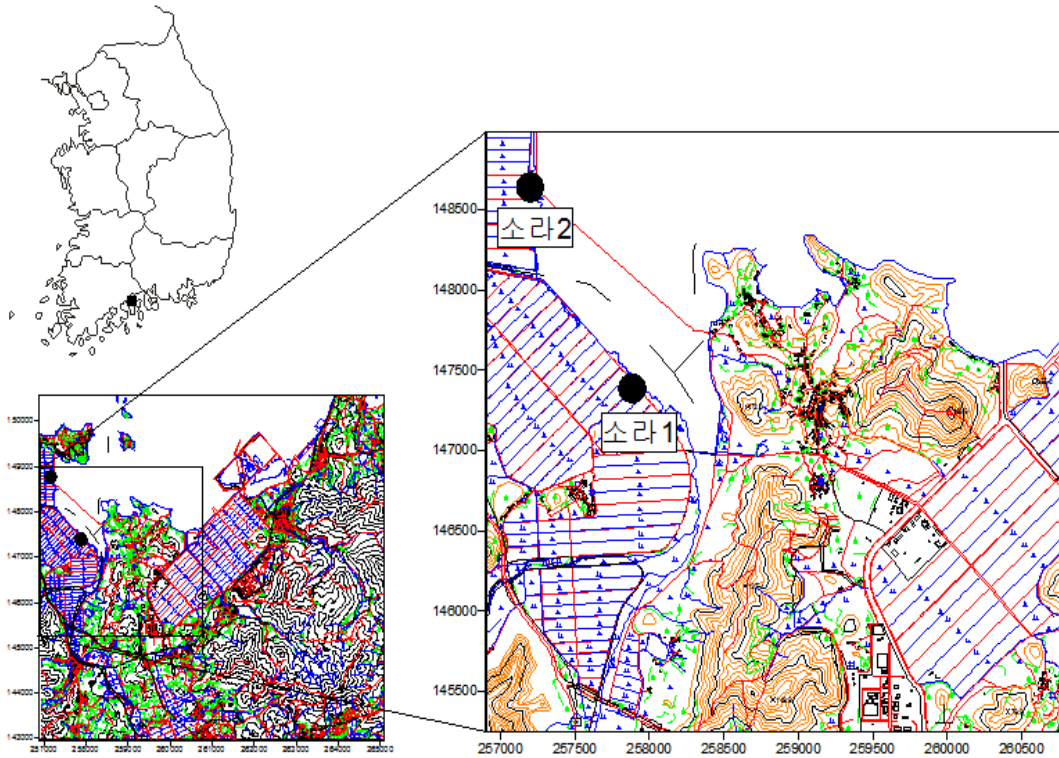
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화양1, 2 관측공은 2007년과 2008년에 설치한 관측망으로서 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하여 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하고자 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 화양1 관측공은 지표 하 35 m 구간에서 전이대가 형성되어 전기전도도의 상승(약 12,000 $\mu S/cm$ 까지 증가)이 나타나며, 이 구간은 시추주상도에 따른 파쇄대 구간과 일치한다. 화양2 관측공의 심도별 전기전도도는 관측공 개발 이래 약 1,100 ~ 1,400 $\mu S/cm$ 범위이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과, 화양1, 2 관측공은 전형적인 Ca-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 31.15와 6.61로 해수침투의 영향이 나타나는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 화양1 관측공의 전기전도도는 EC1, 2 각각 6,480 ~ 9,725 $\mu S/cm$ 와 7,926 ~ 13,033 $\mu S/cm$ 범위에서 증가하고 있으며, 화양2 관측공은 EC1, 2 공통적으로 약 1,200 $\mu S/cm$ 내외이다.
- 5) 장기관측결과 : 화양지구는 방조제 후면에 설치되어 있어 화양1 관측공의 지하수 수위는 갈수기 시 해발 -1.70 m이며, 풍수기에 수위증가가 나타난다. 지표 하 33 m 와 55 m 에 설치한 EC1, 2의 값은 2012년 중반까지 증가추세였으나, 이후로 감소하는 경향을 나타낸다. 화양2 관측공은 연간 지하수 수위 변화와 전기전도도 변화가 크게 나타나지 않는다.
- 6) 관리 방안 : 화양1 관측공은 해수침투의 영향을 나타내고 있고, 화양2 관측공은 답작이 가능한 전기전도도 값이다. 향후 두 관측공의 장기관측을 통하여 해수침투 영향의 진행 여부를 점검하여야 한다.

2.5.20 소라지구

1. 위치

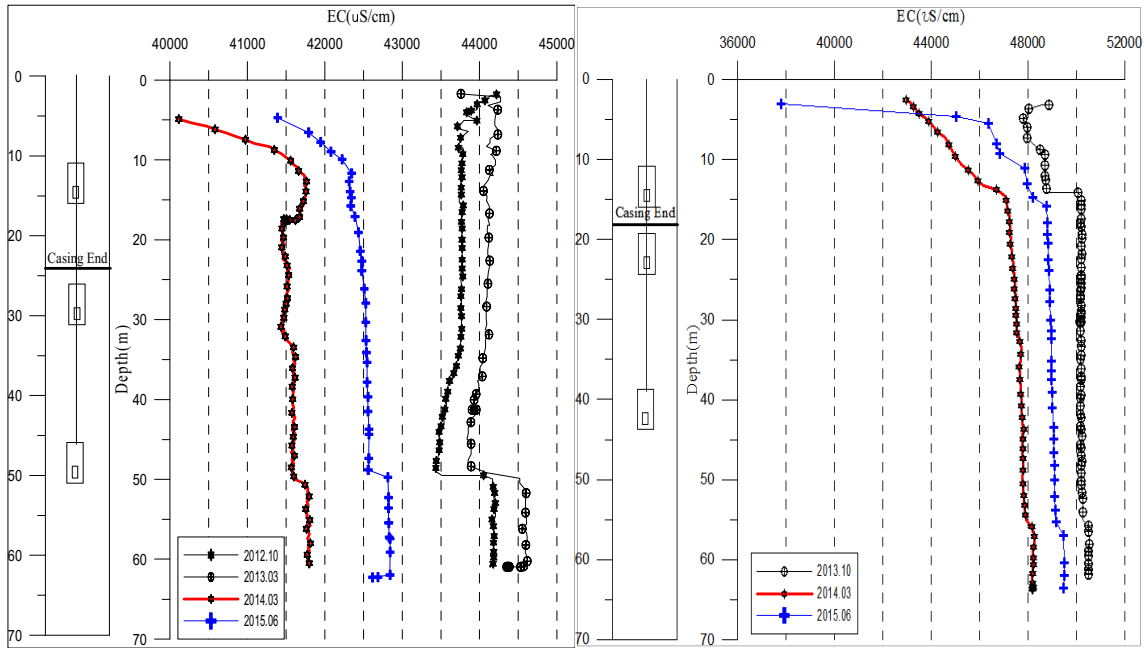


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
소라1	여수시 소라면 대포리 1316	257885.274	147406.529	0.43	2012	530	0.87
소라2	여수시 울촌면 신평리 1315-6	257348.4005	148516.5218	1.745	2013	40	1.00(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 여수시 소라면 대포리에 위치하고 수계는 서남부의 대포저수지를 지난 소라천이 남쪽의 쌍봉천과 합류하여 북동쪽의 광양만으로 유입된다. 북서-남동 방향의 방조제 서측으로 간척농지가 넓게 분포하고 있다. 주변 지질은 중생대 백악기 경상계층군으로 신동층군, 하산동층과 유천층군 유문암질 응회암과 안산암 및 안산암질응회암으로 구성되어 있고 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층은 농경지로 활용되고 있다.

3. 지하수 검층



<소라1 관측공>

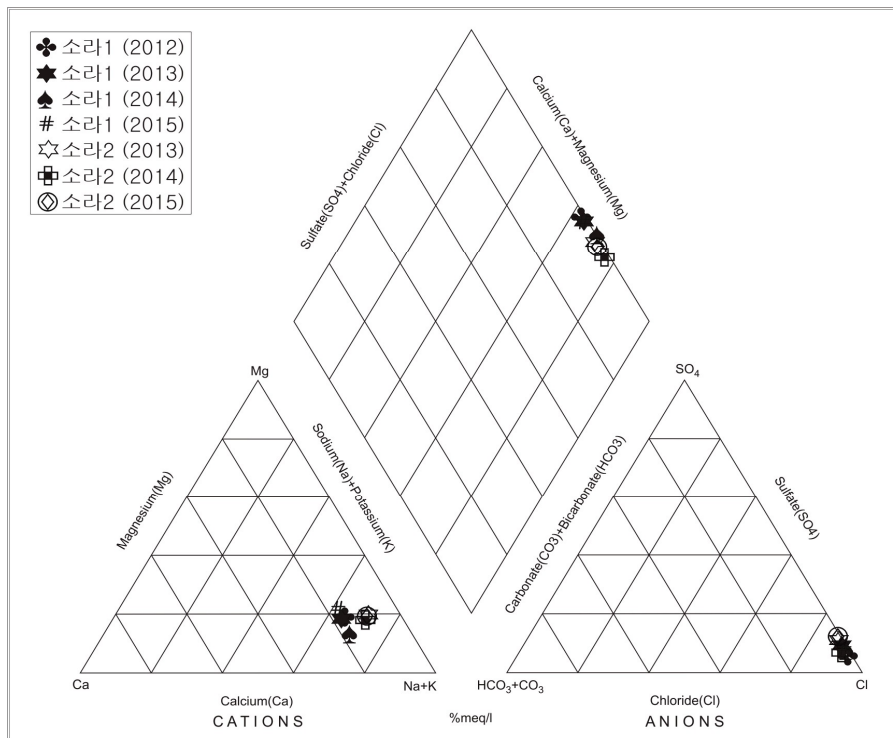
<소라2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
소라1	(2012.10)	7406.15	1161.53	91.93	1756.82	1623.4	15845.1	268.4	47.9
	(2013. 3)	6755.92	1025.68	83.32	1518.17	1714.29	14221.61	292.80	92.13
	(2014. 3)	7386.54	905.91	455.77	1808.20	1614.94	14734.71	295.85	41.40
	(2015. 6)	6386.08	1155.48	106.38	1483.55	1683.40	13114.90	265.40	-
소라2	(2013. 3)	9,059.40	1,299.39	95.49	1,155.22	2,258.99	17,203.35	308.05	ND
	(2014. 3)	9392.68	1160.48	130.30	1141.43	2347.77	16671.03	329.40	0.00
	(2015. 6)	8942.62	1317.03	106.99	1076.91	2853.20	16086.40	295.90	-



<소라지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

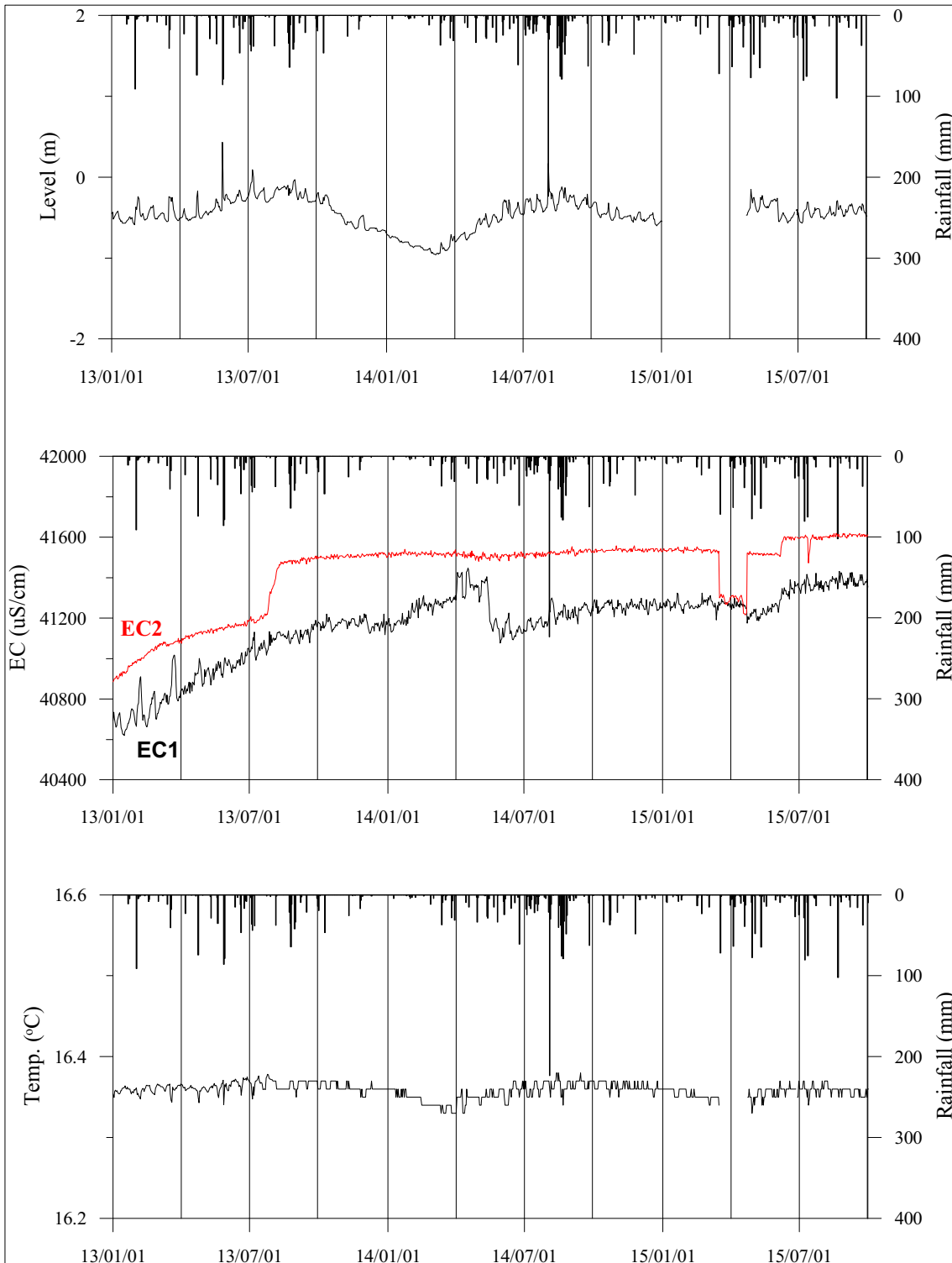
구 분	관측공		소라1	소라2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.10		101.44	-
	2013. 3		83.46	96.11 (2013. 9)
	2014. 3		85.58	86.96
	2015. 6		85.06	93.58

5. 연도별 관측자료 분석

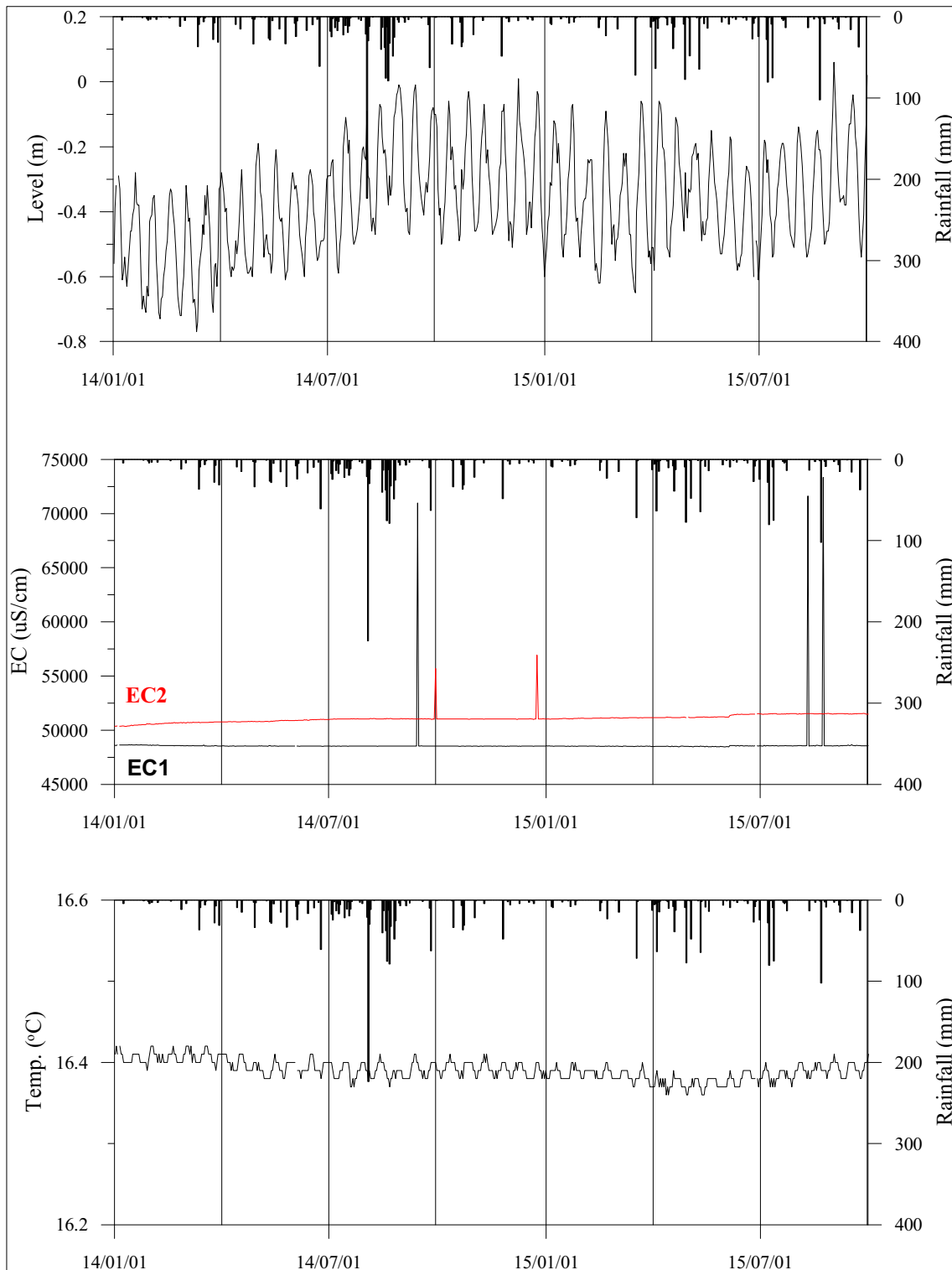
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
소라1	2013	-0.39	-0.59	0.43	40,877	40,618	41,133	41,096	40,885	41,345
	2014	-0.65	-0.96	-0.21	41,235	41,076	41,447	41,513	41,481	41,540
	2015	-0.41	-0.57	-0.15	41,304	41,175	41,432	41,526	41,216	41,619
소라2	2014	-0.46	-0.77	-0.11	48,549	48,493	48,645	50,776	50,333	51,062
	2015	-0.35	-0.65	0.06	48,701	48,449	73,346	51,292	51,006	51,537

6. 장기관측 결과



<소라1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<소라2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

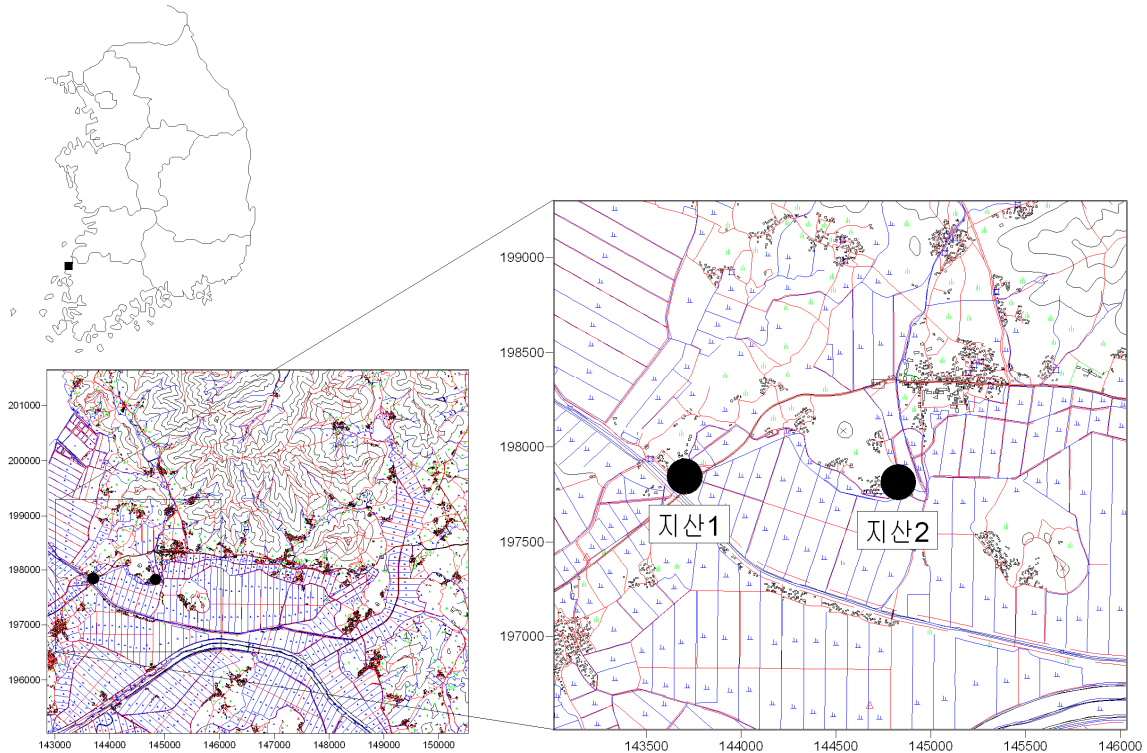
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 소라1, 2 관측공은 여수시 소라면 및 율촌면에 위치하며, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 12점으로 36%에 해당하여 해수침투 신규지구로 선정되었다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 소라1 관측공의 전기전도도는 전 구간 해수와 유사하며, 32 ~ 50 m 구간은 전기전도도 값이 미약하게 증가(약 1,000 $\mu S/cm$ 증가)하여, 공저에서 44,500 $\mu S/cm$ 까지 나타났다. 소라2 관측공은 전 구간 해수와 유사하며, 케이싱 이하구간에서 전이대는 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 소라1, 2 관측공은 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 85.06과 93.58로 해수의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 소라1, 2 관측공은 수위 변동폭이 1 m 이내로서, 강우에 의한 변동보다는 조석에 의한 영향을 더 많이 받는다. 소라1 관측공의 EC1, 2 센서는 2014년 연평균 41,235 $\mu S/cm$ 와 41,513 $\mu S/cm$ 와 마찬가지로 2015년에도 41,304 $\mu S/cm$ 와 41,526 $\mu S/cm$ 로 유사하게 나타났다. 소라2 관측공의 EC1, 2 센서도 2014년과 유사하게 2015년에도 각각 48,701 $\mu S/cm$ 과 51,292 $\mu S/cm$ 로서 해수와 유사한 것으로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 소라1, 2 관측공은 공통적으로 조석에 의한 수위증가를 보이며 변동폭은 1 m 이내이다. 소라1 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이래로 증가추세인데, 이는 해수의 유입을 시사한다. 소라2 관측공의 전기전도도는 전 기간에 걸쳐 거의 유사하게 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 소라1,2 관측공은 현재 해수와 유사한 전기전도도를 나타내므로, 관측공 주변 농경지에서 지하수 이용을 규제하여야 한다.

2.5.21 지산지구

1. 위치

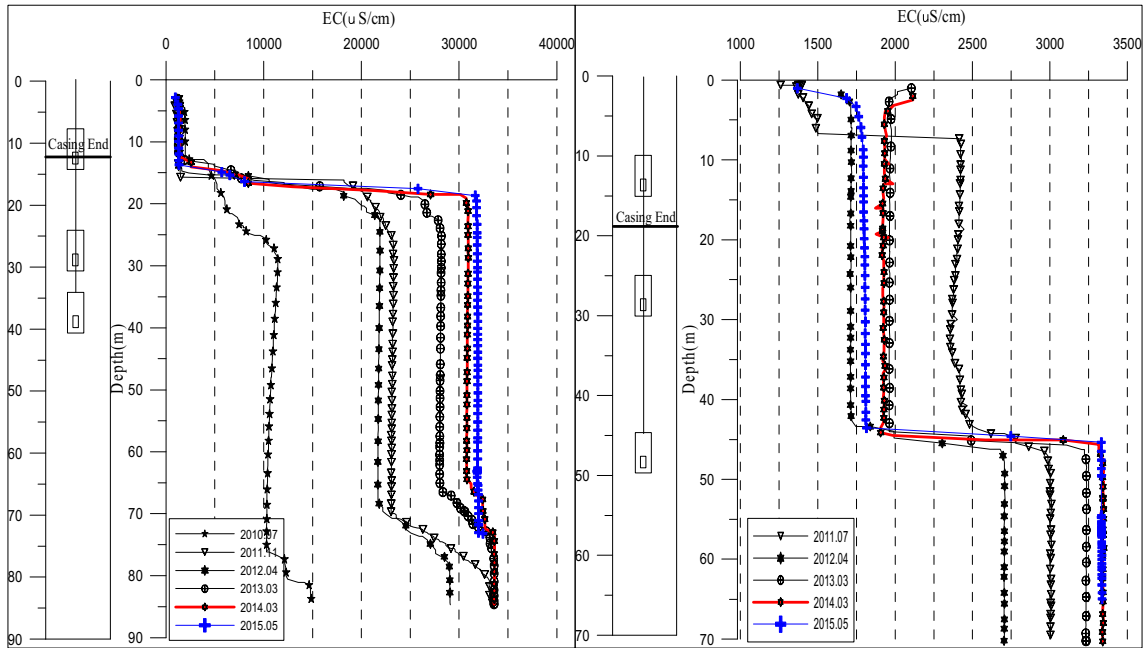


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
지산1	영광군 백수읍 지산리 1302-2	143599.54	197739.47	1.44	2010	1,180	2.75
지산2	영광군 백수읍 지산리 411-4	144735.15	197722.02	1.55	2011	2,270	0.35

2. 지형 및 지질

이 지역은 백수읍 지산리에 위치한 지구로, 농경지가 동서로 넓게 분포하고 있다. 동쪽으로는 영광읍과 군사면, 남으로는 군남면이 위치하고 있다. 지질은 중생대 쥐라기 화강암류인 반상흑운모화강암이 조사지역 남쪽으로 넓게 자리하고 있고, 북쪽으로는 백악기 화강각력암이 분출상으로 이를 덮고 있으며 이를 안산암과 유문암이 호상으로 덮고 있다. 이를 부정합으로 제4기 충적층이 넓게 덮으며 농경지를 형성하고 있다.

3. 지하수 검층



<지산1 관측공>

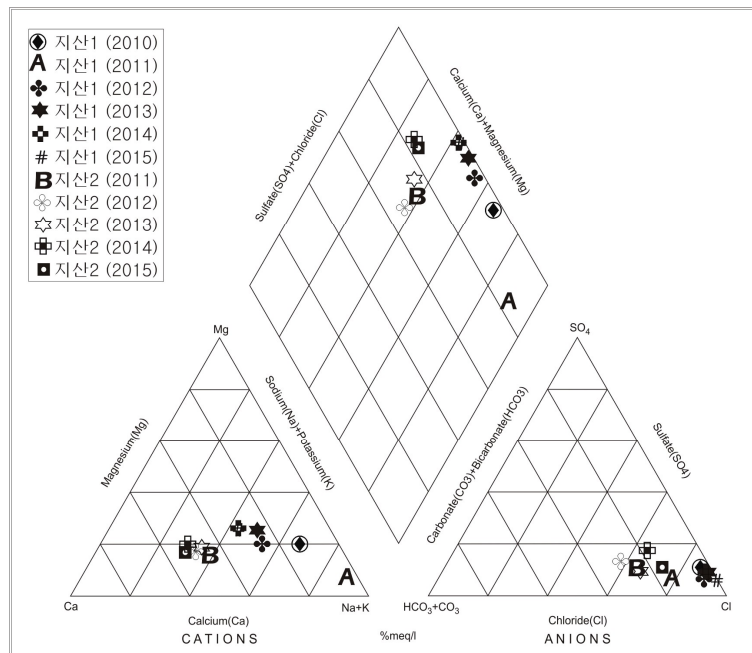
<지산2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
지산1	(2010. 7)	978.54	142.21	28.16	173.64	241.93	1853.76	176.90	8.98
	(2011. 7)	252.68	9.34	9.71	8.66	39.32	368.00	122.02	ND
	(2012. 4)	1361.94	271.11	44.57	588.40	306.22	3395.58	158.60	ND
	(2013. 3)	2023.66	528.81	51.70	964.41	675.30	5971.39	143.35	ND
	(2014. 3)	1840.03	641.57	74.22	1205.17	820.34	6416.72	146.40	2.23
(2015. 5)	2789.04	829.98	87.18	1752.24	761.60	8896.10	106.80	-	
지산2	(2011. 7)	186.19	46.45	5.20	190.63	86.96	371.08	253.15	ND
	(2012. 4)	143.60	38.20	5.58	174.44	74.91	286.57	262.30	ND
	(2013. 3)	144.48	43.64	4.58	177.79	83.57	440.07	271.45	0.89
	(2014. 3)	116.41	44.26	6.81	185.49	144.09	399.42	183.00	0.00
	(2015. 5)	137.54	43.42	7.86	212.82	79.70	452.80	173.90	-



<지산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		지산1	지산2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2010. 7		18.01	-
	2011. 7		4.83	2.52
	2012. 4		36.79	1.88
	2013. 3		71.58	2.79
	2014. 3		75.31	3.75
	2015. 6		143.42	4.48

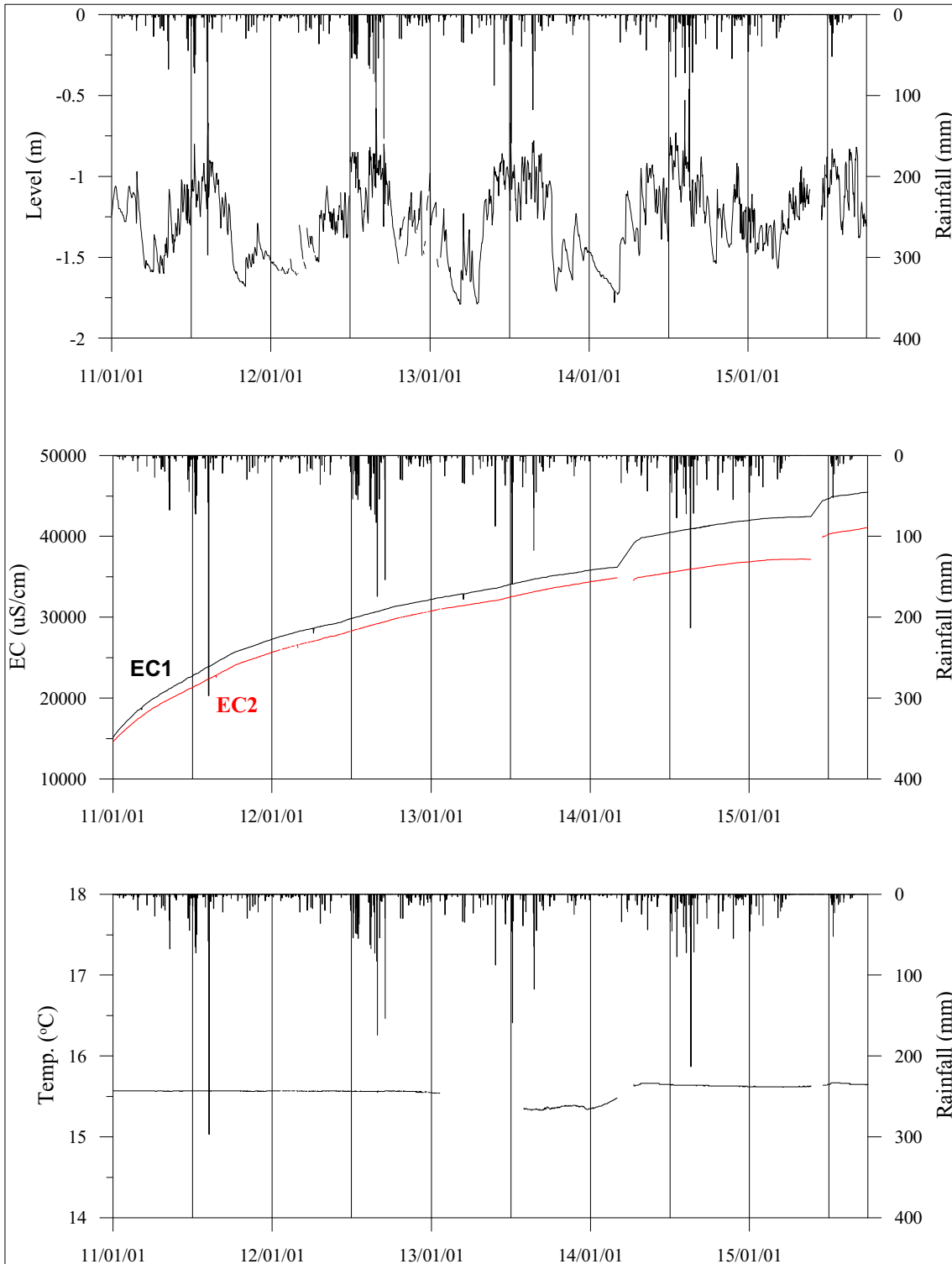
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

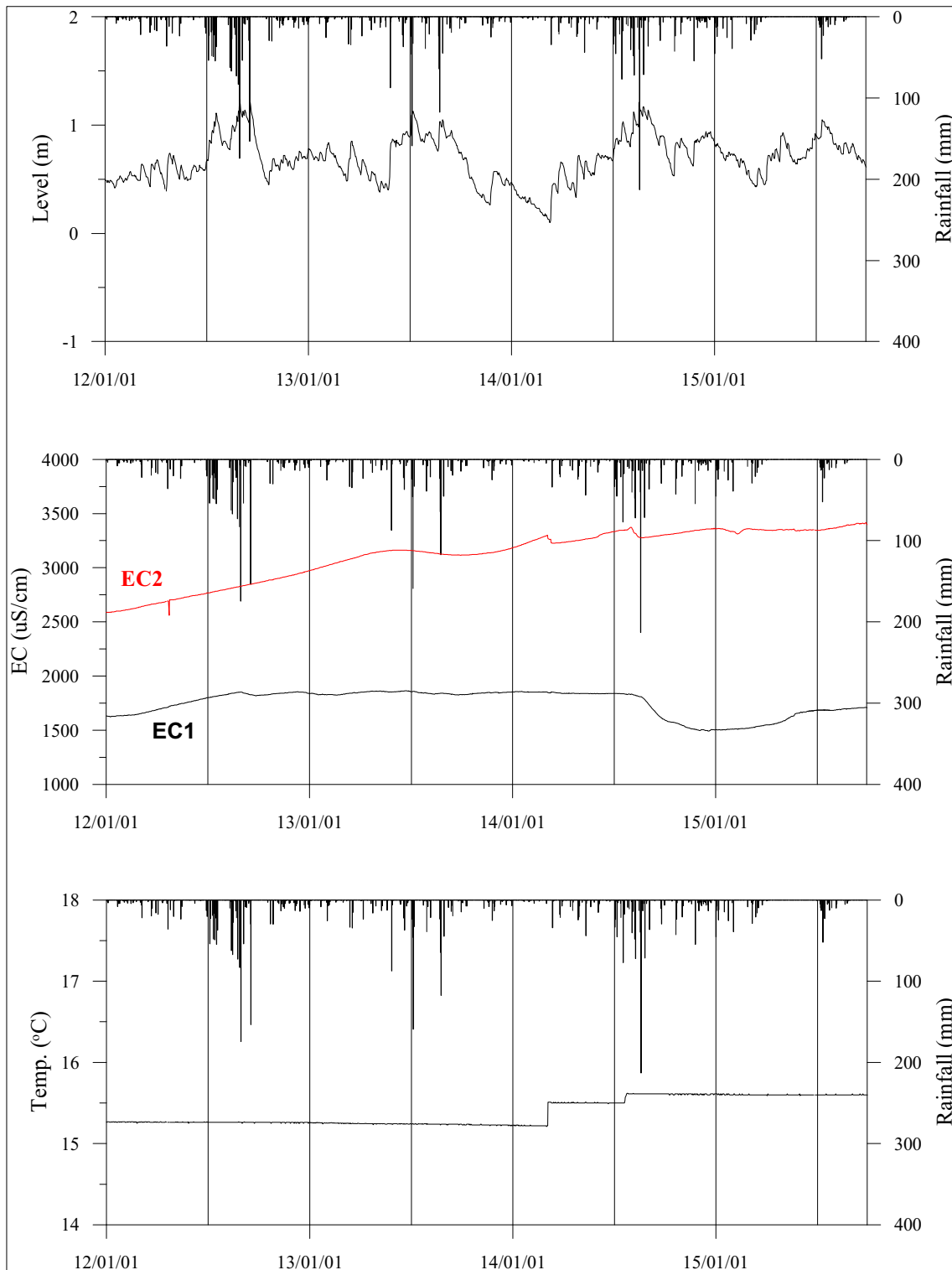
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
지산1	2011	-1.27	-1.66	-0.67	21,516	15,094	26,117	20,223	14,571	24,529
	2012	-1.28	-1.61	-0.58	29,694	27,304	31,871	28,153	25,669	30,415
	2013	-1.33	-1.79	-0.67	33,263	32,192	34,407	31,773	30,776	32,851
	2014	-1.30	-1.78	-0.73	38,690	35,835	40,767	35,061	34,391	35,799
	2015	-1.20	-1.57	-0.82	43,467	41,976	45,483	38,592	36,860	41,074
지산2	2012	0.68	0.39	1.24	1,758	1,622	1,851	2,751	2,560	2,931
	2013	0.71	0.38	1.13	1,846	1,824	1,863	3,102	2,974	3,164
	2014	0.52	0.10	1.03	1,843	1,830	1,858	3,270	3,184	3,371
	2015	0.73	0.43	1.05	1,610	1,501	1,711	3,359	3,312	3,417

6.

장기관측 결과



<지산1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<지산2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

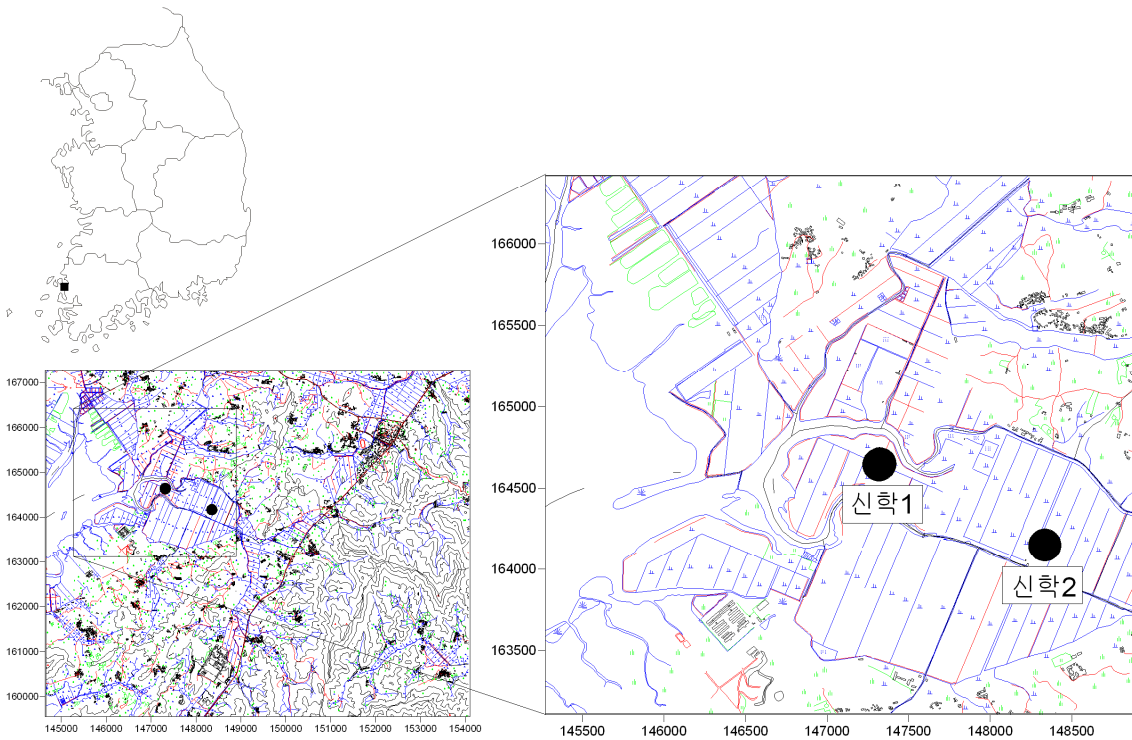
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 지산1, 2 관측공은 영광군 백수읍 유역에 위치하고, 지산1 관측공은 해수침투 우려지역에 선정되었으며, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 23점으로 70%에 해당한다. 지산2 관측공은 지산1 관측공이 해수의 영향을 받고 있어 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 지산1 관측공은 지표 하 15 m에서 전기전도도 값이 100 $\mu S/cm$ 에서 30,000 $\mu S/cm$ 으로 급격히 증가하는 전이대 구간이 나타났으며, 약 70 m 심도에서도 약 34,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대가 발견된다. 지산2 관측공은 지표 하 45 m에서 1,700 $\mu S/cm$ 에서 3,300 $\mu S/cm$ 내외로 증가하는 전이대 구간이 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 지산1 관측공은 Na-Cl 유형이며, 지산2 관측공은 Ca-Cl 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 143.42와 4.48로, 지산1은 심한 해수의 영향을 받고 있으며, 지산2 관측공은 약간의 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 지산1, 2 관측공의 지하수 수위 변동 폭은 약 1 m 내외이며 강수의 영향을 크게 받고 있고, 두 관측공 공통적으로 전기전도도가 꾸준히 증가추세에 있다.
- 5) 장기관측결과 : 2014년 지산1, 2 관측공의 평균 지하수 수위는 -1.20 m, 0.73 m이다. 지산1 관측공 EC1의 전기전도도 값은 관측공 개발 당시 21,516 $\mu S/cm$ 에서 지속적으로 상승하여 2015년 현재 43,467 $\mu S/cm$ 값을 보이고 있다. 지산2 관측공은 EC1, EC2에서 1,610 ~ 1,846 $\mu S/cm$ 와 2,751 ~ 3,359 $\mu S/cm$ 범위에서 서서히 증가하는 경향을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 지산지구 관측공은 공간적으로 해안으로부터 1.2 km 거리의 지산1 관측공과 2.3 km 거리의 지산2 관측공이 있는데 해수침투 영향은 지산1 관측공이 많이 받고 있으므로, 두 관측공의 장기관측을 통하여 해수침투 영향의 진행 여부를 점검하여야 한다.

2.5.22 신학지구

1. 위치

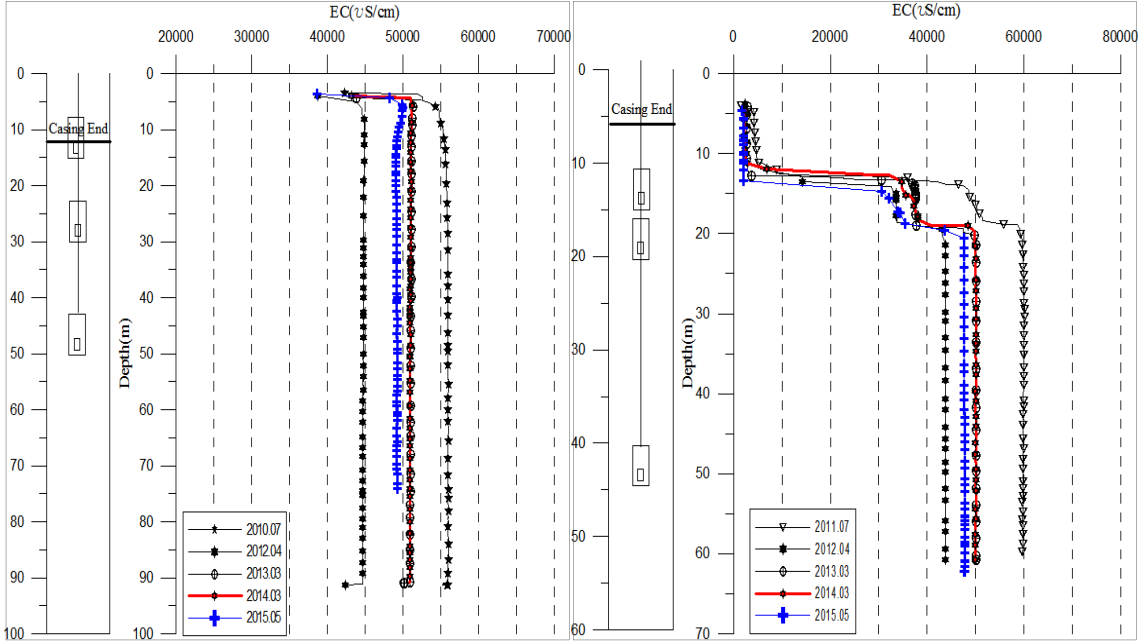


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
신학1	무안군 무안읍 신학리 1204	147217.47	164542.94	-0.65	2010	870	3.71
신학2	무안군 무안읍 신학리 1189	148234.81	164048.29	0.16	2011	1,510	3.50

2. 지형 및 지질

이 지역은 무안읍 신학리에 위치한 지구로, 서쪽으로는 무안국제공항이 자리하고 있고, 동쪽으로는 농경지가 넓게 분포하고 있다. 지질은 시대미상의 운모편암 변성퇴적암과 반상변정편마암 및 섬록암의 변성퇴적암이 북동방향에 대상으로 조사지역 전체를 차지하고 있으며 이를 모래, 자갈, 점토 및 빨로 구성된 제4기 충적층이 부정합을 이루며 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<신학1 관측공>

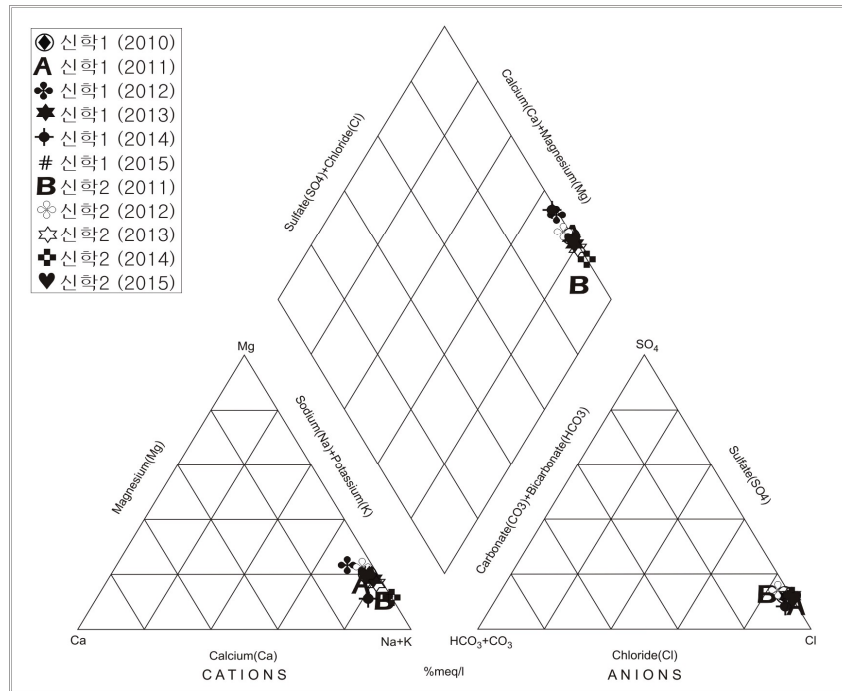
<신학2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
신학1	(2010. 7)	8119.81	1128.88	197.61	479.42	2158.80	14383.24	207.40	74.46
	(2011. 7)	10557.91	1264.77	212.83	550.85	2655.32	21142.20	213.50	ND
	(2012. 4)	7141.96	1247.49	402.62	614.73	2058.97	14678.40	247.05	ND
	(2013. 3)	9945.45	1204.12	162.74	544.67	2400.03	18679.98	216.55	ND
	(2014. 3)	10811.20	1132.15	438.74	396.95	2438.18	17774.47	207.40	45.28
	(2015. 5)	9054.43	1234.19	164.21	503.43	2238.80	15634.40	195.20	-
신학2	(2011. 7)	2480.87	167.88	77.07	56.05	676.50	2771.79	344.65	ND
	(2012. 4)	3418.66	515.13	391.91	199.89	1300.34	6972.67	265.35	ND
	(2013. 3)	7245.28	796.38	218.11	351.14	1849.25	13164.69	240.95	ND
	(2014. 3)	7400.85	623.47	474.33	150.51	2055.75	12373.84	219.60	6.97
	(2015. 5)	7106.14	917.17	241.89	374.08	1743.40	11986.40	225.70	-



<신학지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

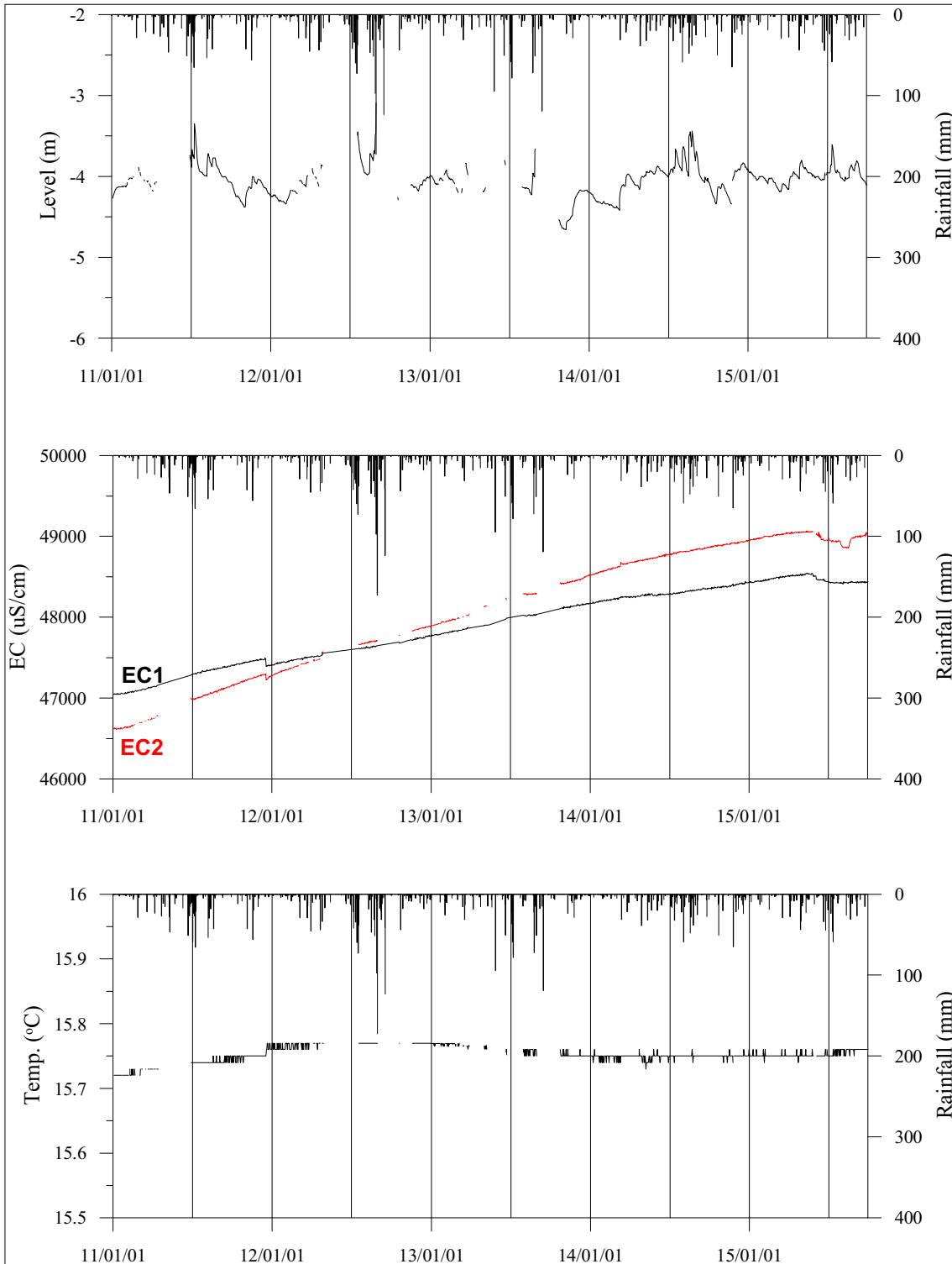
구분	관측공		
	년. 월	신학1	신학2
Cl/HCO ₃ 몰비	2010. 7	119.17	-
	2011. 7	170.16	13.82
	2012. 4	102.09	45.15
	2013. 3	148.22	93.88
	2014. 3	147.26	96.82
	2015. 6	137.85	91.40

5. 연도별 관측자료 분석

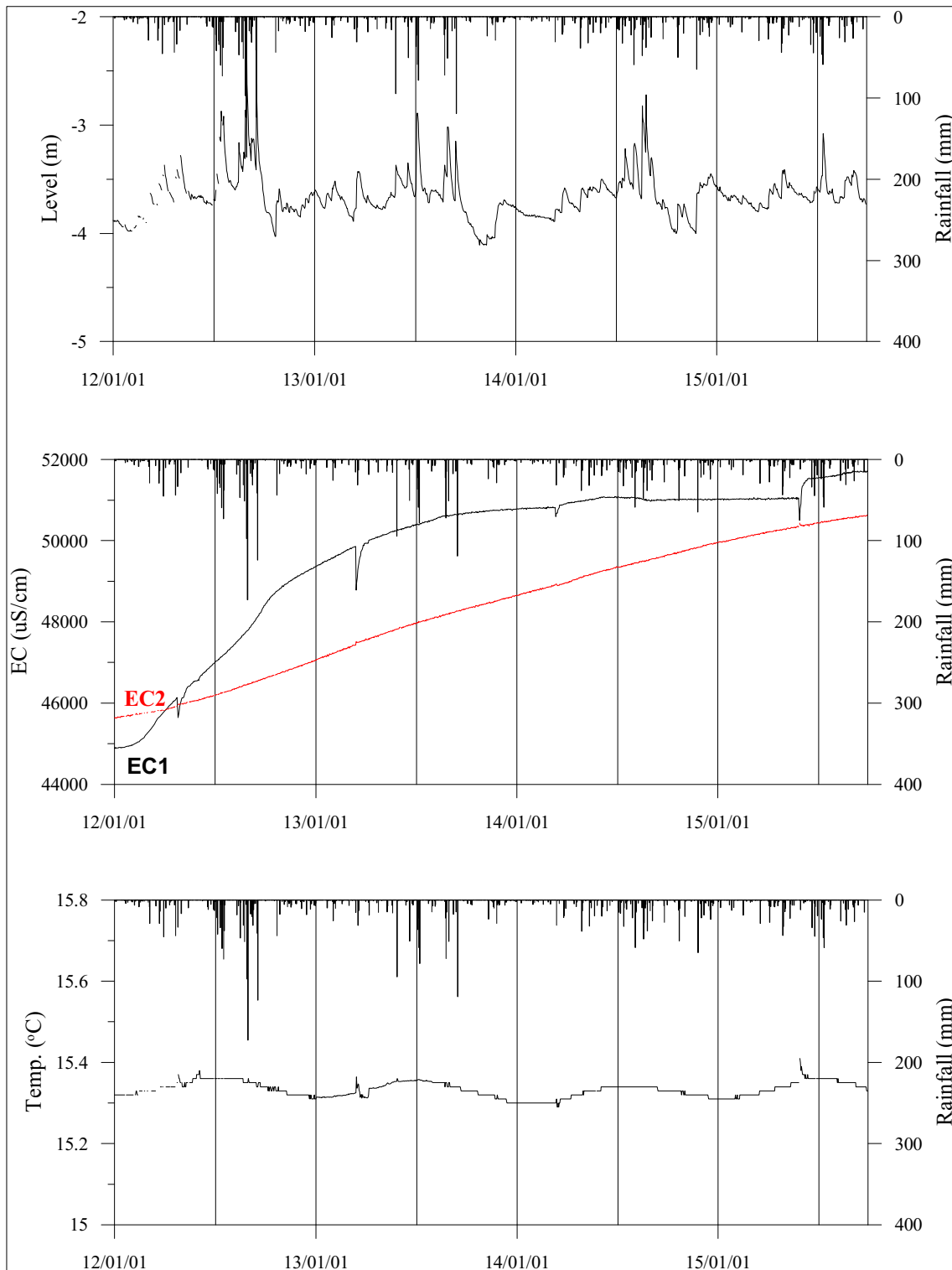
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
신학1	2011	-4.01	-4.36	-3.35	47,260	47,043	47,442	46,935	46,614	47,219
	2012	-4.05	-4.34	-3.09	47,540	47,404	47,747	47,518	47,275	47,854
	2013	-4.55	-15.65	-3.80	45,743	252	48,027	47,987	47,896	48,292
	2014	-4.09	-4.42	-3.66	48,252	48,170	48,316	48,680	48,521	48,813
	2015	-3.99	-4.19	-3.61	48,467	48,411	48,543	48,992	48,855	49,080
신학2	2012	-3.61	-4.03	-2.04	46,988	44,884	49,139	46,214	45,626	46,911
	2013	-3.63	-3.89	-2.89	49,978	48,781	50,509	47,555	37,298	48,077
	2014	-3.77	-3.89	-3.57	50,867	50,588	51,026	48,911	48,651	49,201
	2015	-3.63	-3.80	-3.08	51,280	50,503	51,718	50,313	49,956	50,631

6. 장기관측 결과



<신학1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<신학2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

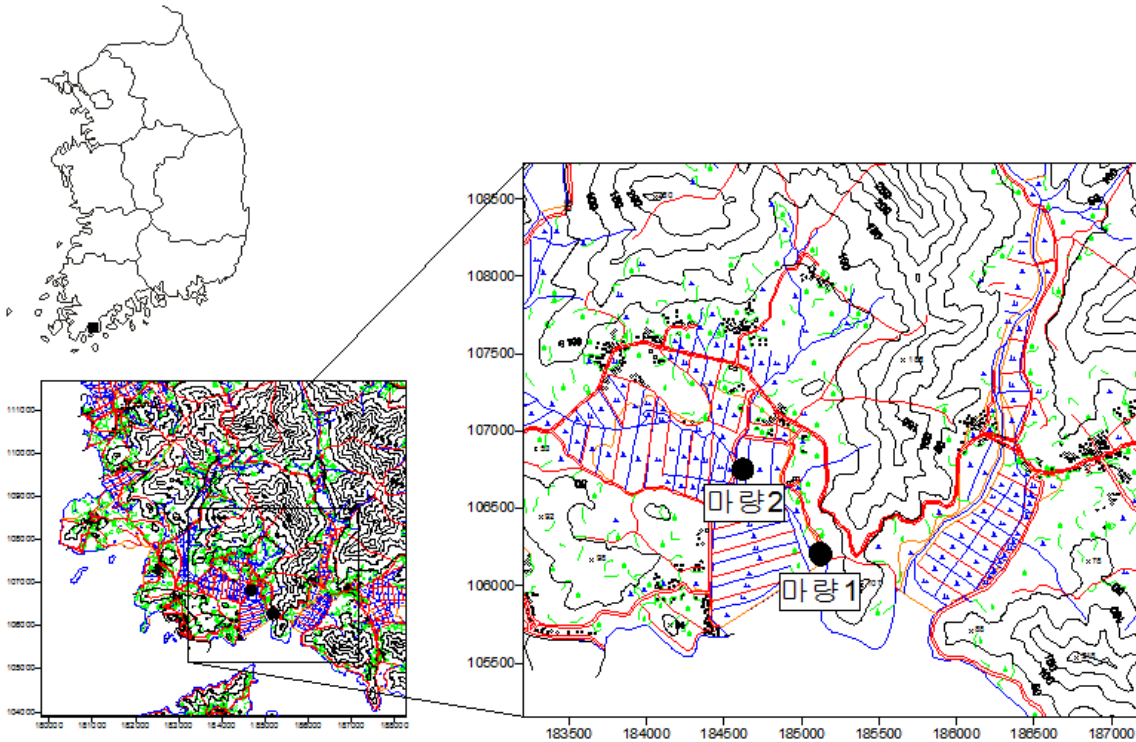
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신학1, 2 관측공은 무안군 무안읍 유역에 위치하고, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 28점으로 85%에 해당한다. 신학2 관측공은 신학1 관측공이 해수의 영향을 받고 있어 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 신학1 관측공은 지표 하 전 구간에서 해수로 포화되어 있어 전기전도도 값이 $50,000 \mu S/cm$ 내외로 해수와 동일하다. 신학2 관측공은 지표 하 12 m 부근에서 전기전도도가 약 $37,000 \mu S/cm$ 내외로 상승하는 전이대가 나타나며, 18 m 부근에서도 약 $60,000 \mu S/cm$ 까지 상승하는 전이대 구간이 나타난다. 이후 공저까지 해수와 동일하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 신학1, 2 관측공은 Na-Cl 유형으로 분석되었으며, Cl/HCO_3 몰비는 각각 137.85와 91.40으로서 심각한 해수침투의 영향이 나타나는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 신학1, 2 관측공의 2015년 평균 지하수 수위는 각각 -3.99 m와 -3.63 m이고, 2015년 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2 각각 $48,467 \mu S/cm$ 와 $48,992 \mu S/cm$ 및 $51,280 \mu S/cm$ 와 $50,313 \mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 신학1, 2 관측공의 지하수 수위 변동폭은 약 1 m 내외로 해수면 아래에 위치하고 있으며, 강수에 의한 지하수 수위 변화를 보이고 있다. 전기전도도는 전형적인 해수임을 보이며, 관측공 개발 이래 증가추세이다.
- 6) 관리 방안 : 신학1, 2 관측공은 현재 해수와 동일한 수준이고, 관측공 개발 이래 염분이 증가 추세이므로, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 확장 여부를 감시하여야 한다.

2.5.23 마량지구

1. 위치

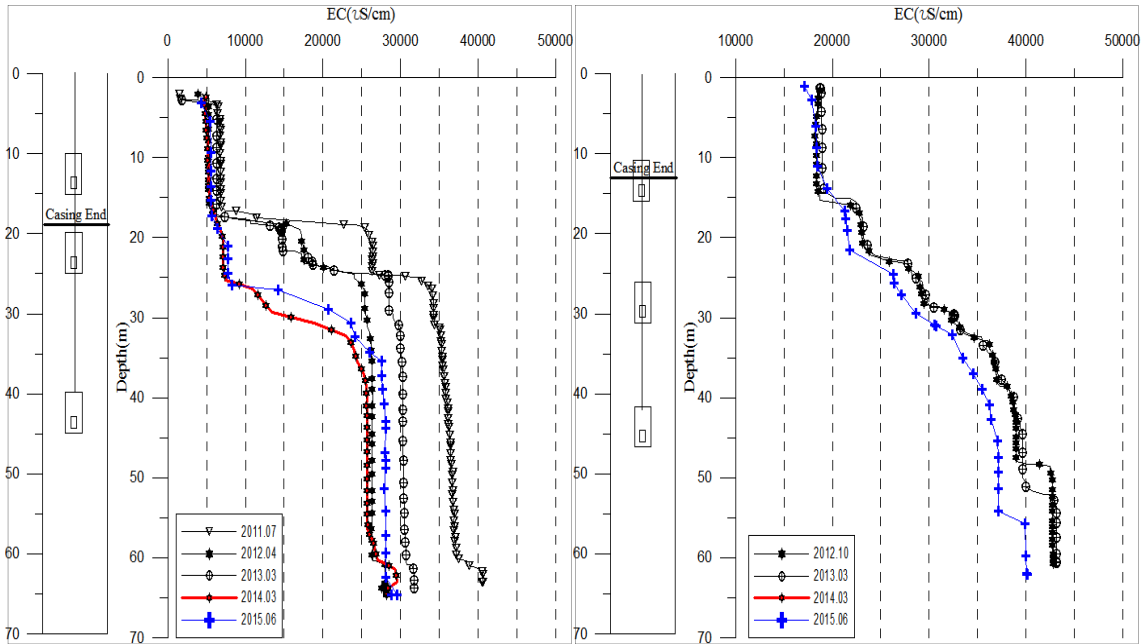


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
마량1	강진군 마량면 마량리 1546	185050.04	106131.12	1.30	2011	25	1.73
마량2	강진군 마량면 마량리 1284-1	184553.39	106674.21	1.51	2012	765	1.08

2. 지형 및 지질

이 지역은 강진군 마량면에 위치한 지구로, 해안가 근처에 위치하고 있으며, 주변에 농경지가 넓게 분포하고 또한 대규모 양식장이 자리하고 있다. 지질은 선캄브리아의 편마암류와 이를 부정합으로 덮고 있는 시대미상의 용암산층과 설옥리층으로 대표되는 변성퇴적암누층, 이를 관입한 주라기 화강암류, 그리고 화산암류, 퇴적암류, 심성 및 반심성암류 등으로 이루어진 백악기의 지층이 분포하며, 미고결퇴적물로 이루어진 제4기 충적층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있다. 특히, 해안지역에는 간척지로 매립되어 있는 곳이 많다.

3. 지하수 검층



<마량1 관측공>

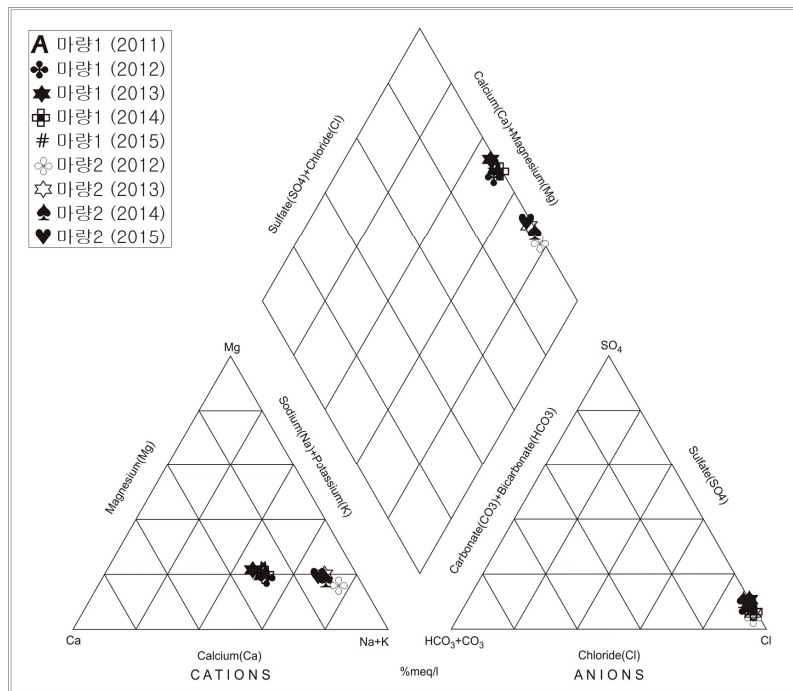
<마량2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
마량1	(2011. 7)	2347.48	504.39	23.22	1213.92	662.11	5290.31	82.35	21.50
	(2012. 4)	716.61	141.11	39.70	358.06	193.89	2048.78	106.75	ND
	(2013. 3)	2767.87	715.79	34.20	1726.34	1206.77	8413.64	48.80	ND
	(2014. 3)	1795.95	350.55	31.74	969.68	544.50	4495.85	170.80	0.00
	(2015. 6)	1717.47	401.89	38.28	902.55	468.00	4360.00	109.80	-
마량2	(2012.10)	5154.65	558.52	113.61	495.69	752.39	9123.31	308.05	28.64
	(2013. 3)	5442.42	763.77	105.59	790.56	1095.36	10703.29	356.85	ND
	(2014. 3)	4906.71	610.41	132.14	614.90	1327.48	8589.17	329.40	0.00
	(2015. 6)	3935.02	616.00	149.51	608.27	608.10	7473.00	335.50	-



<마량지구 관측망의 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

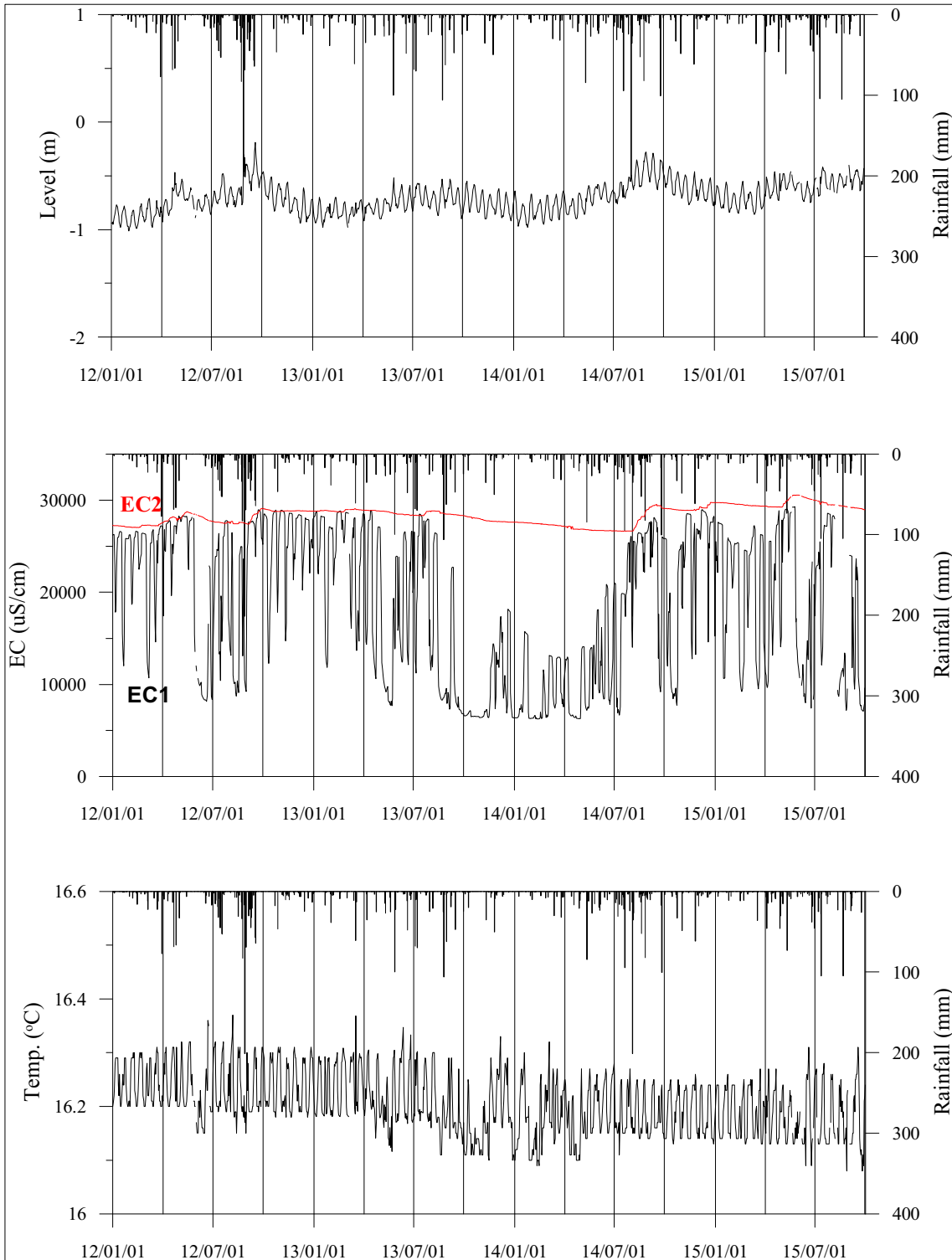
구 분	관측공		마량1	마량2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 7		110.39	-
	2012. 4		32.98	50.89 (2012.10)
	2013. 3		296.25	51.54
	2014. 3		45.23	44.81
	2015. 6		68.34	38.33

5. 연도별 관측자료 분석

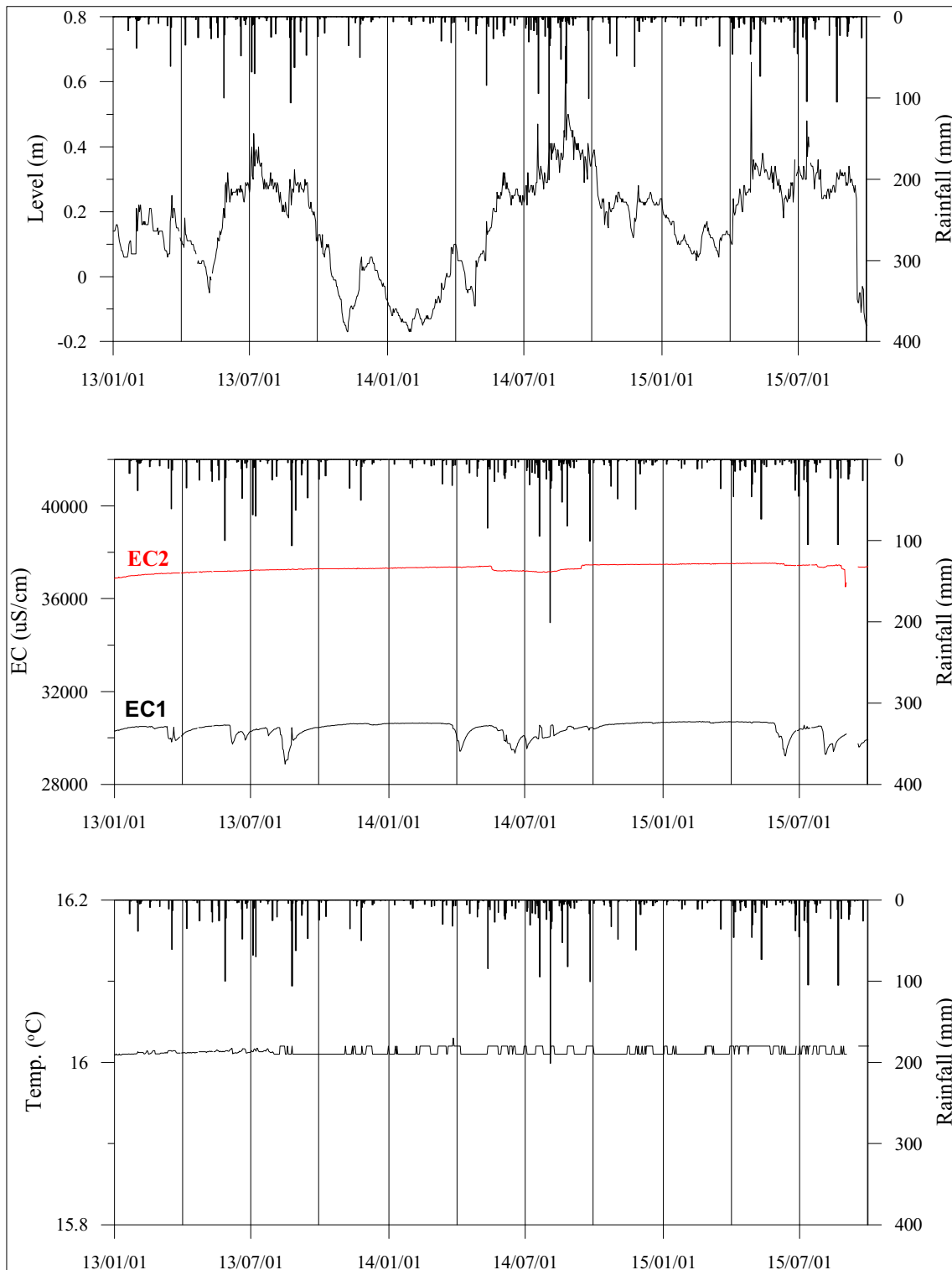
(단위 : m, μS/cm)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
마량1	2012	-0.72	-1.01	-0.19	22,588	8,153	28,961	27,918	27,045	29,113
	2013	-0.78	-0.98	-0.52	21,837	7,692	28,884	28,727	28,304	29,058
	2014	-0.75	-0.98	-0.51	10,993	6,255	26,080	27,045	26,614	27,620
	2015	-0.63	-0.86	-0.40	19,388	7,081	29,308	29,605	28,953	30,558
마량2	2013	0.17	-0.05	0.44	30,344	29,735	30,552	37,119	36,870	37,251
	2014	0.06	-0.17	0.47	30,313	29,353	30,644	37,295	37,141	37,402
	2015	0.21	-0.15	0.66	30,410	29,214	30,713	37,465	36,503	37,537

6. 장기관측 결과



<마량1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<마량2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

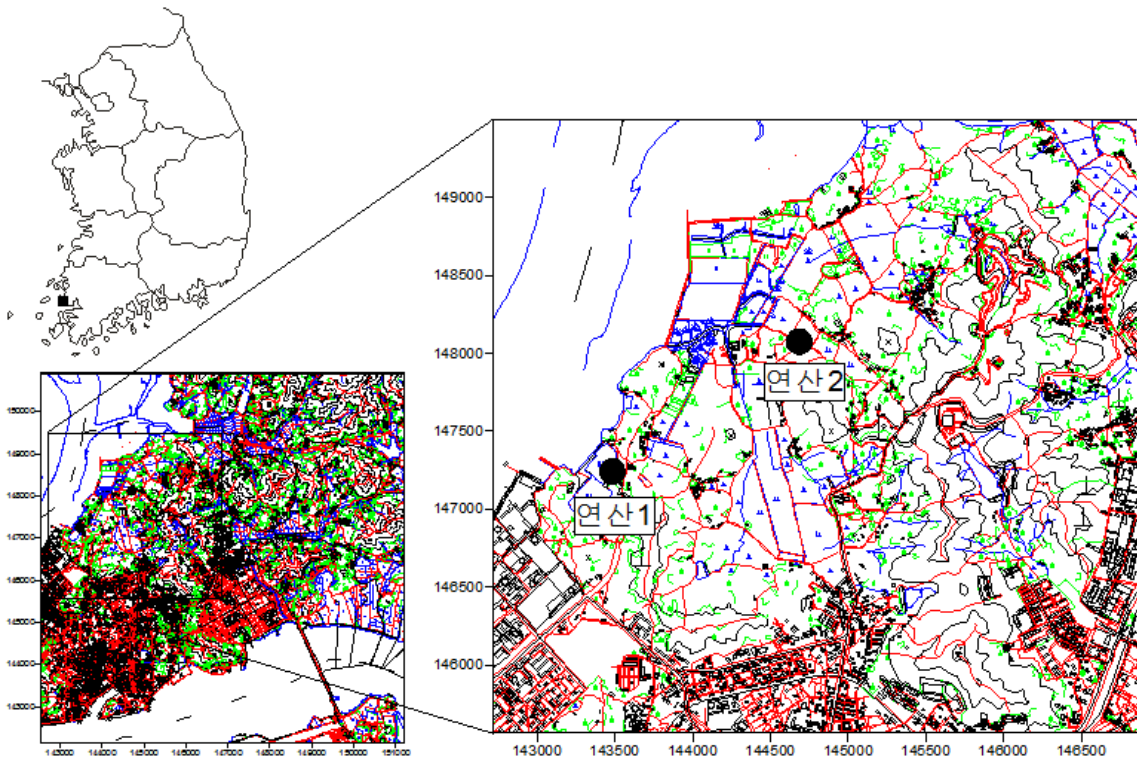
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 마량1 관측공은 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 22점으로 67%에 해당한다. 마량2 관측공은 마량1 관측공에서 내륙 쪽으로 740 m 떨어진 곳에 위치하는데, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 마량1 관측공은 지표 하 25 m에서 전기전도도 값이 약 35,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대 구간이 존재한다. 마량2 관측공은 15 ~ 50 m 구간에서 5 ~ 10 m 간격으로 6단계의 전이대가 존재하며 약 18,000 $\mu S/cm$ 에서 약 42,500 $\mu S/cm$ 까지 전기전도도 값이 증가한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 마량지구 이온분석 결과, Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 68.34와 38.33으로 해수의 영향을 많이 받고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 마량1, 2 관측공의 평균 지하수 수위 변동폭은 각각 1 m 이내, 0.5 m 이내이다. 마량1 관측공의 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2 각각 10,993 ~ 22,588 $\mu S/cm$ 와 27,045 ~ 29,605 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 마량2 관측공의 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2 각각 약 30,000 $\mu S/cm$ 내외, 약 37,000 $\mu S/cm$ 내외로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 마량1 관측공 지하수 수위는 조수간만의 영향을 많이 받는 것으로 보이는 반면, 마량2 관측공은 강수의 영향을 많이 받는다. 마량1 관측공 EC1센서의 전기전도도 등락은 조석과 비례하며, 마량2 관측공의 EC1 센서는 강수발생 시 감소하는 추세이다. 마량2 관측공의 EC2 센서는 수위변화, 강수 등에 영향을 받지 않는다.
- 6) 관리 방안 : 마량지구는 2011년 마량1 관측공이 해수침투의 영향이 관측되어 2012년은 내륙 쪽으로 마량2 관측공을 설치하였으며, 전기전도도 검층 및 수질분석 결과 마량2 관측공이 해수침투 영향을 더 받고 있는 것으로 조사되었다. 따라서, 향후 지속적으로 해수의 영향 추이를 점검하여야 한다.

2.5.24 연산지구

1. 위치

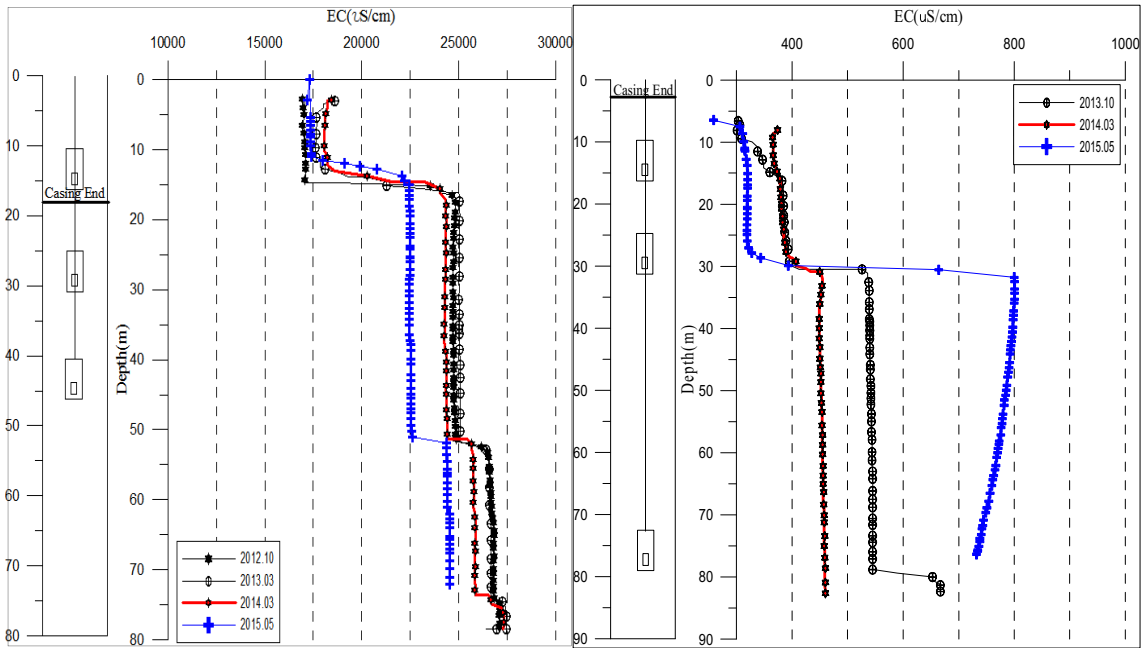


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
연산1	목포시 연산동 1288	143239.08	147344.32	4.34	2012	210	2.24
연산2	목포시 대양동 950	144603.2044	147985.1249	8.368	2013	900	4.70(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 목포시 연산동에 위치한 지구로, 해안가와 접하고 있으며, 조사지역 서남부 지역에는 산정농공단지, 목포시 북향 환경관리소가 위치하고 있으며 도시화로 농경지의 분포는 협소하다. 지질은 시대미상의 흑운모편마암을 기반암으로 하고 관입한 중생대 백악기 유문암 및 유문암질응회암이 넓게 분포하고 있으며 신생대 제4기 충적층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<연산1 관측공>

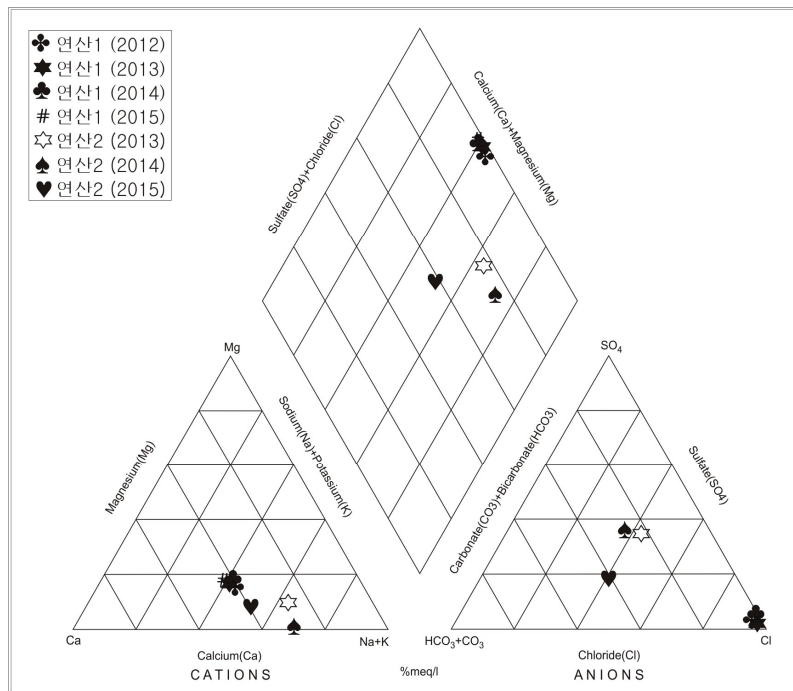
<연산2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
연산1	(2012.10)	2501.91	457.14	47.83	2008.57	280.08	8071.07	213.50	23.64
	(2013. 3)	1984.53	467.54	41.15	1825.04	301.23	7951.17	201.30	ND
	(2014. 3)	2092.36	459.26	65.36	1857.72	419.96	6990.16	112.85	17.13
	(2015. 5)	1920.28	472.74	64.49	1897.64	239.40	6813.40	61.00	-
연산2	(2013.10)	61.80	8.80	0.90	28.50	30.06	36.59	18.79	ND
	(2014. 3)	32.95	ND	42.08	20.71	48.42	37.05	48.80	0.13
	(2015. 5)	54.54	4.98	1.38	36.01	42.20	70.60	115.90	-



<연산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

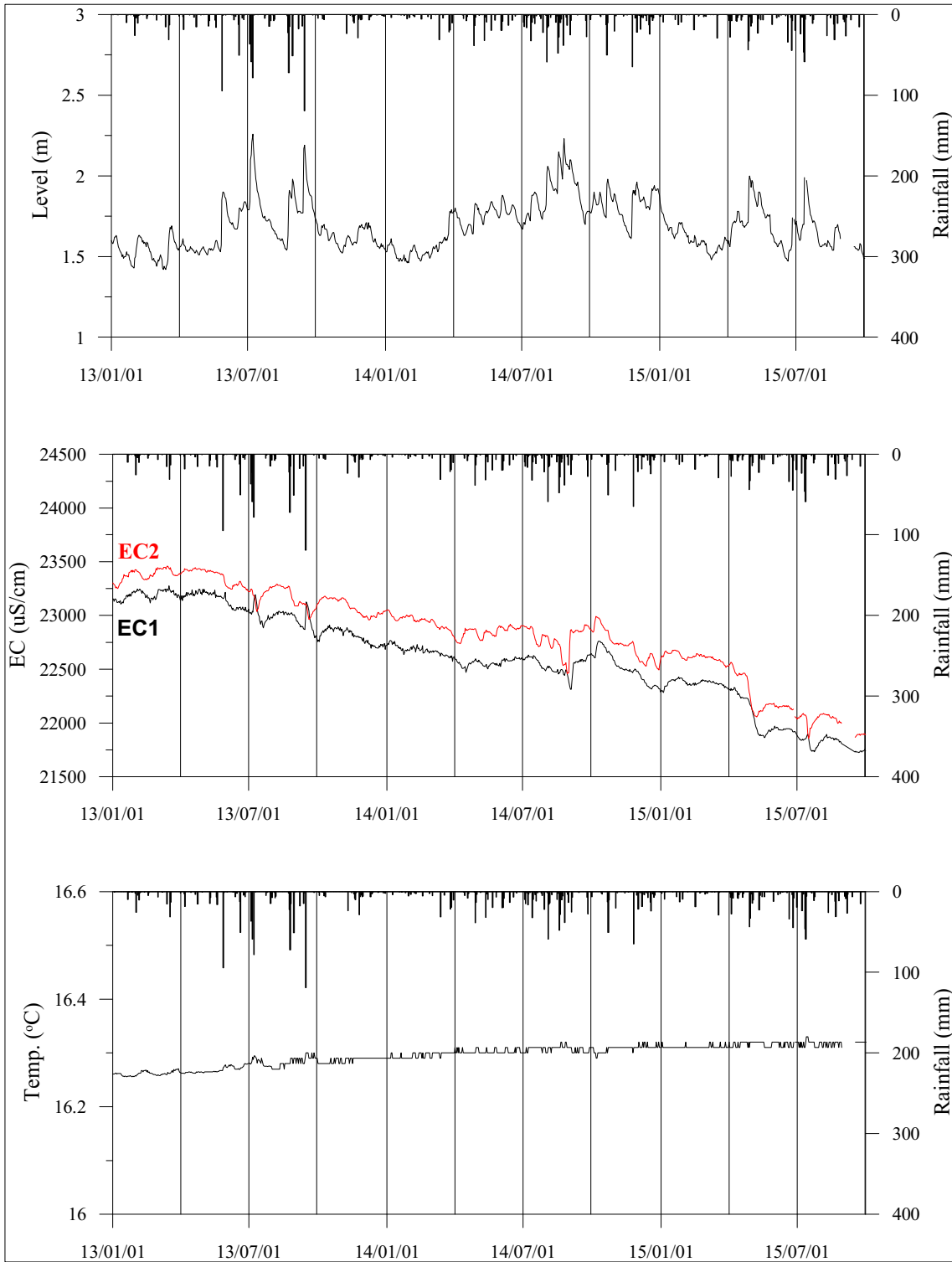
구 분	관측공		
	년. 월	연산1	연산2
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.10	64.96	-
	2013. 3	67.87	1.95 (2013.10)
	2014. 3	106.44	1.30
	2015. 6	192.23	1.05

5. 연도별 관측자료 분석

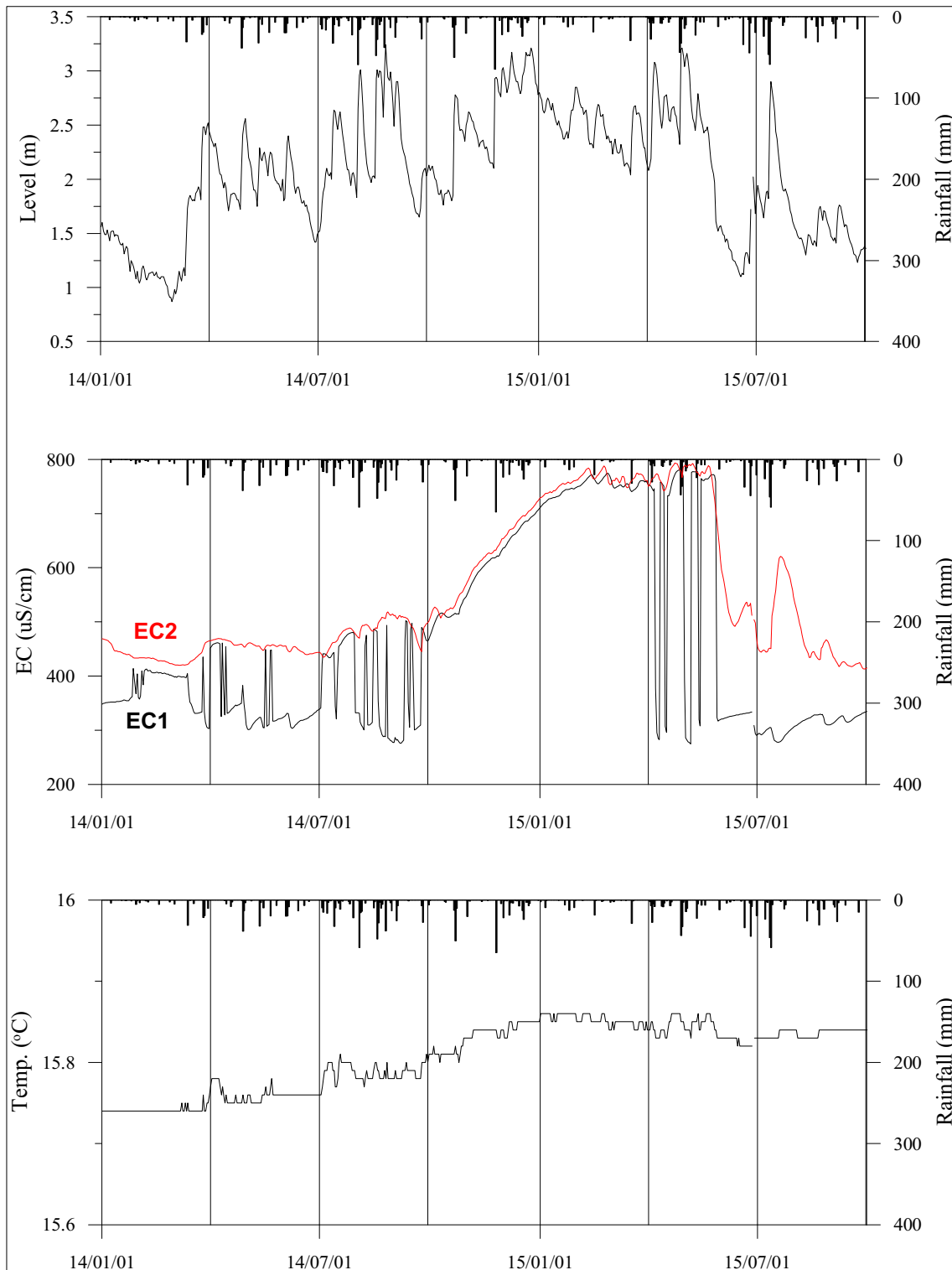
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
연산1	2013	1.63	1.42	2.26	23,149	22,884	23,277	23,344	23,035	23,462
	2014	1.67	1.46	1.90	22,613	22,472	22,768	22,885	22,709	23,051
	2015	1.65	1.47	2.00	22,093	21,724	22,427	22,304	21,858	22,678
연산2	2014	1.76	0.87	2.64	370	301	481	449	420	489
	2015	2.11	1.10	3.21	529	275	781	638	413	793

6. 장기관측 결과



<연산1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<연산2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

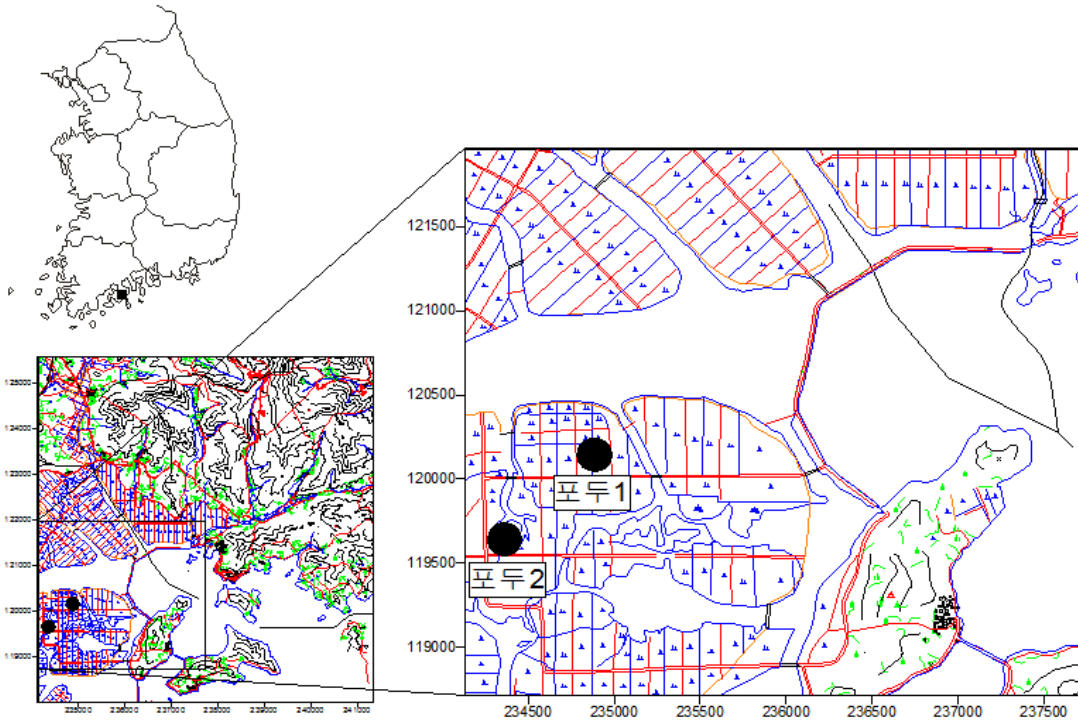
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 연산1, 2 관측공은 목포시 연산동 및 대양동에 위치하며, 농경지의 분포는 협소하나 농공단지 내 산업시설 등이 밀집해 있으므로 해수면 변화에 따른 지하수자원의 수량과 수질 등의 해수침투 영향을 모니터링하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 연산1 관측공은 지표 하 55 m 부근에서 25,000 $\mu S/cm$ 에서 27,000 $\mu S/cm$ 로 증가하는 전이대 구간이 존재한다. 연산2 관측공은 지표 하 30 m 부근에서 약 400 $\mu S/cm$ 에서 800 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대 구간이 존재한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과, 연산1, 2 관측공은 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 각각 192.23과 1.05로 분석되어, 연산1 관측공의 경우 해수의 영향을 많이 받고 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 연산1, 2 관측공의 평균 지하수 수위 변동폭은 1 m 이내이다. 연산1 관측공의 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2에서 각각 22,093 ~ 23,149 $\mu S/cm$ 와 22,304 ~ 23,035 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 연산2 관측공은 EC1, EC2에서 370 ~ 638 $\mu S/cm$ 범위이다.
- 5) 장기관측결과 : 연산1, 2 관측공의 지하수 수위는 강수에 비례적으로 반응하며, 전기전도도 역시 비례적으로 반응한다. 연산1 관측공의 지하수 수위는 상승하는 추세인 반면 전기전도도는 하강 추세에 있다. 연산2 관측공 지하수 수위는 상승 추세이고, 전기전도도는 현재까지 추세 경향은 없는 것으로 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 연산1 관측공은 현재 해수침투가 발생하였지만, 전기전도도는 감소추세이므로 향후 변화 추이를 꾸준히 관찰하여야 한다. 연산2 관측공은 관측 기간이 상대적으로 짧으므로, 향후 장기간에 걸친 모니터링으로 그 변화 추이를 살펴볼 필요가 있다.

2.5.25 포두지구

1. 위치

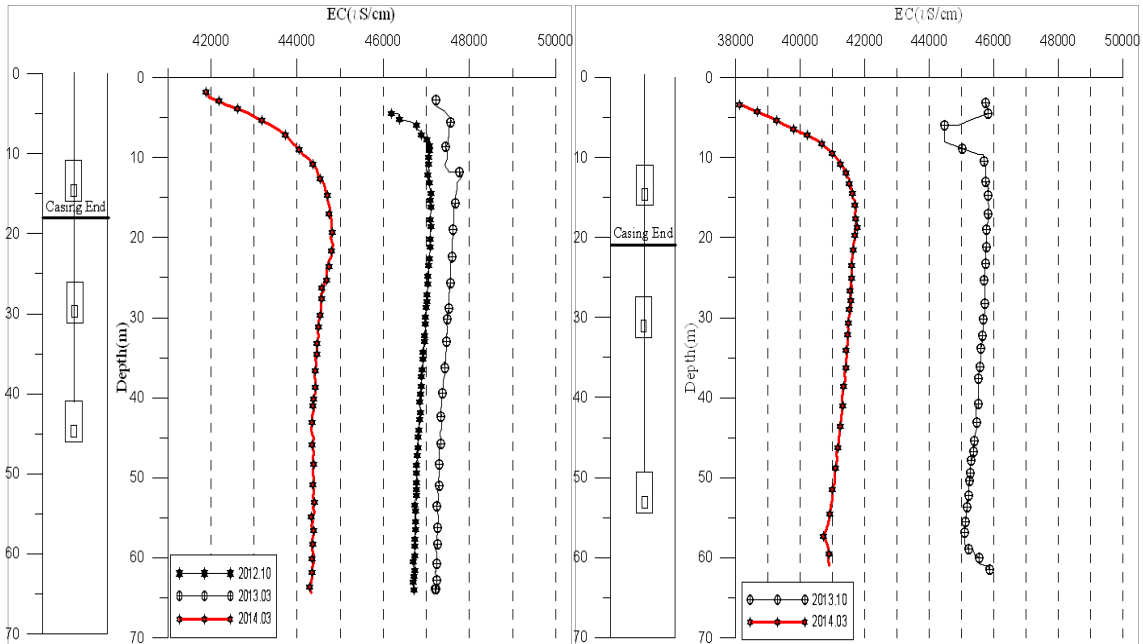


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
포두1	고흥군 포두면 오취리 1300	234739.34	119995.85	1.26	2012	480	1.45
포두2	고흥군 포두면 오취리 1309	234215.5184	119492.4388	1.366	2013	1800	1.70(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 고흥군 포두면에 위치하고, 방조제 내부에는 대규모 농지가 넓게 분포하고 있으며, 수해면적이 1,229.6 ha인 장수 저수지와 218 ha인 세동 저수지로부터 농업용수를 공급받고 있다. 지질은 중생대 백악기 경상계 유천층군인 유문암 및 유문암질 응회암, 섬록암 그리고 흑운모화강암이 낮은 구릉성 산지를 형성하고 있으며 이를 부정합으로 제4기 충적층이 넓게 덮고 있다. 충적층은 경지정리를 통해 농지로 활용하고 있다.

3. 지하수 검층



<포두1 관측공>

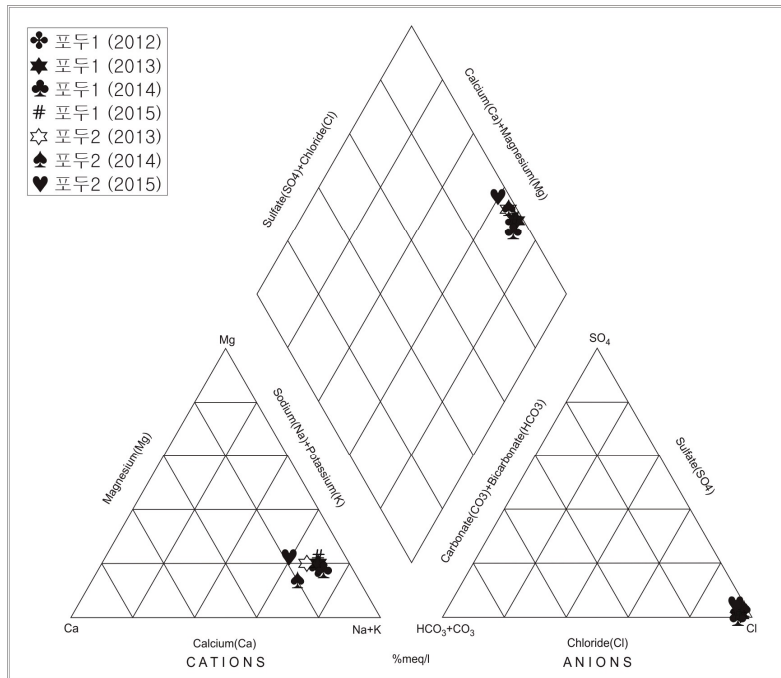
<포두2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
포두1	(2012.10)	8411.31	1225.94	216.18	1106.54	228.93	17544.68	985.15	52.78
	(2013. 3)	7782.30	1120.02	188.09	1046.39	295.31	15677.13	994.30	52.20
	(2014. 3)	8366.96	1200.21	519.27	1135.39	259.48	16126.96	1183.40	0.00
	(2015. 6)	6849.72	1171.41	384.98	990.89	252.10	15774.90	930.30	-
포두2	(2013.10)	7,326.79	1,186.17	187.14	1,425.33	671.91	17,662.65	646.60	ND
	(2014. 3)	6814.74	832.48	167.18	1656.73	617.00	14483.14	521.55	0.00
	(2015. 6)	5648.04	1130.13	281.16	1581.58	875.20	14566.40	405.70	-



<포두지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구분	관측공		포두1	포두2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.10		30.60	-
	2013. 3		27.09	47.01 (2013.10)
	2014. 3		23.42	47.72
	2015. 6		29.18	61.80

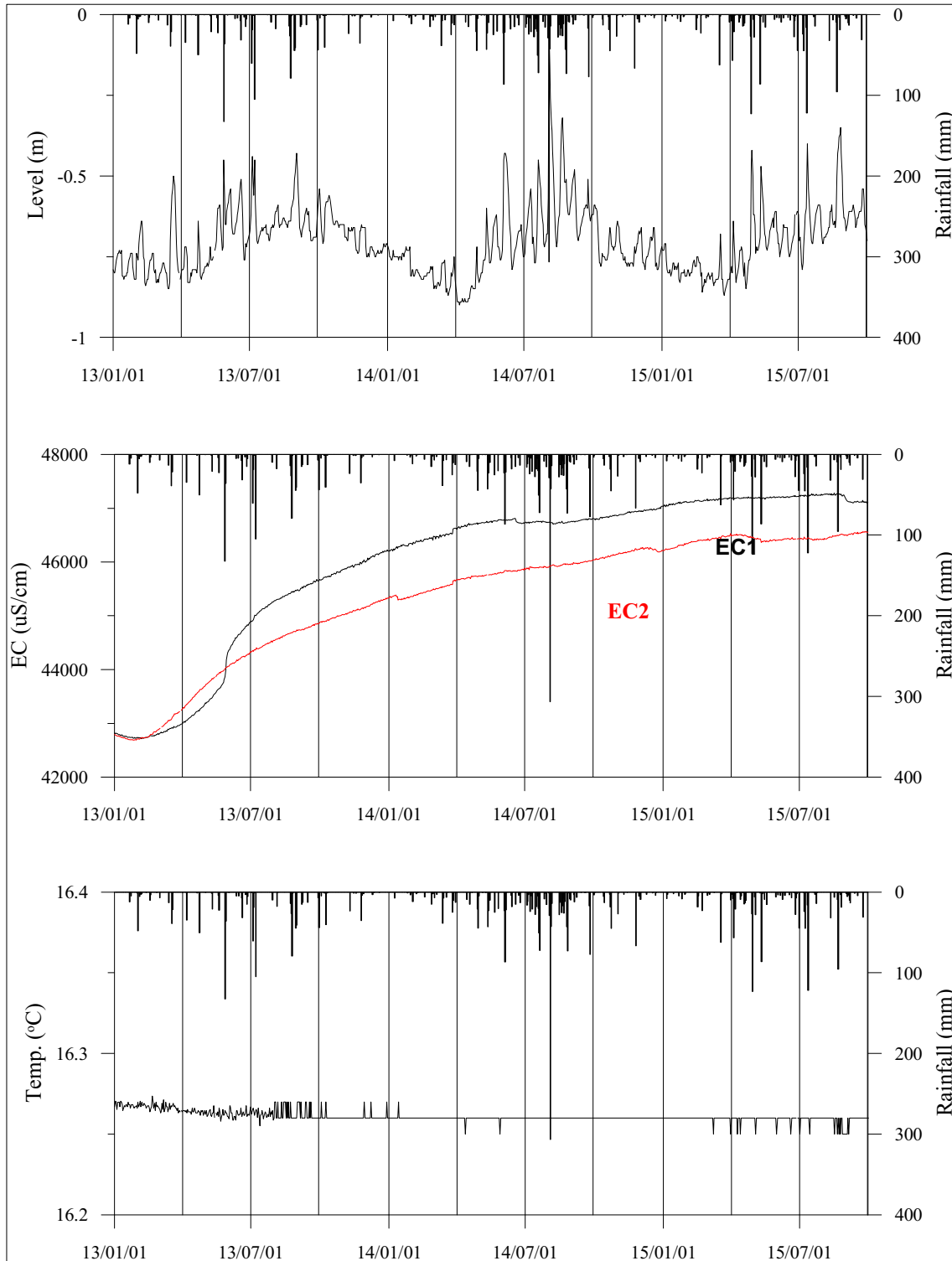
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

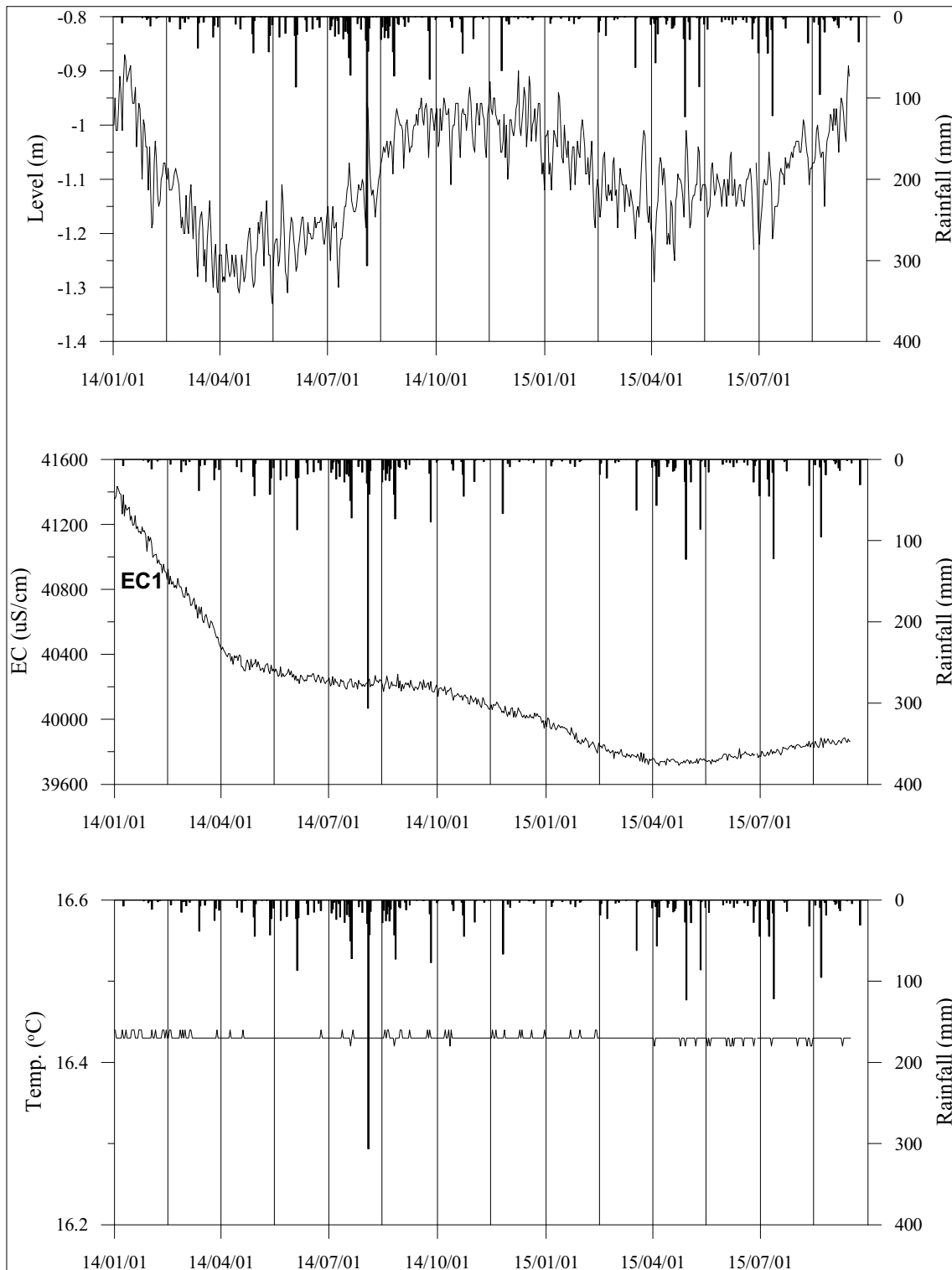
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
포두1	2013	-0.72	-0.85	-0.44	43,569	42,714	45,261	43,514	42,687	44,536
	2014	-0.75	-0.90	-0.43	46,593	46,205	46,813	45,649	45,293	45,918
	2015	-0.70	-0.87	-0.35	47,177	47,028	47,280	46,430	46,215	46,570
포두2	2014	-1.16	-1.33	-0.87	40,557	40,184	41,436	41,437	41,167	42,163
	2015	-1.09	-1.29	-0.89	39,810	39,713	40,008	-	-	-

6.

장기관측 결과



<포두1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포두2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

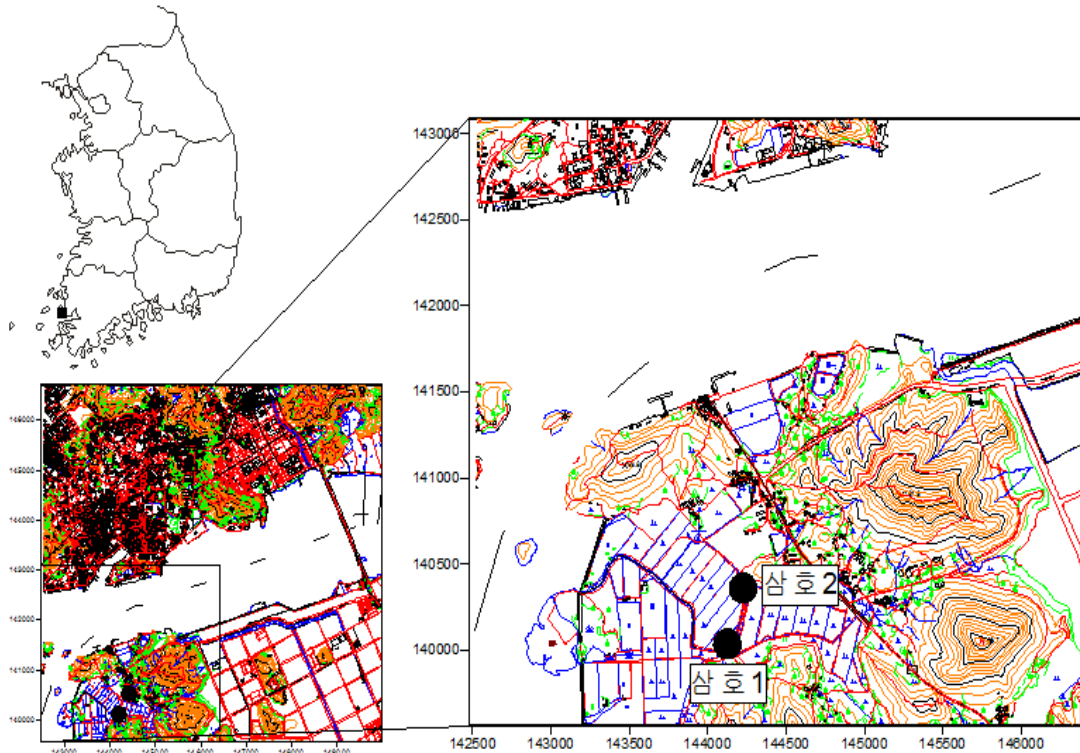
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포두1, 2 관측공은 고흥군 포두면에 위치하고, 방조제 내부에 약 4,000 ha의 농경지가 분포하고 있으므로 해수면 상승으로 인한 지하수 내 해수침투 영향을 모니터링하기 위하여 관측망을 설치하였다. 또한 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 25점으로 76%에 해당한다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 포두1 관측공은 전 구간에서 전기전도도 값이 약 44,000 ~ 48,000 $\mu S/cm$ 로 검층된다. 포두2 관측공은 약 41,000 ~ 46,000 $\mu S/cm$ 로 검층된다. 따라서, 포두1, 2 관측공 공통적으로 해수의 직접적인 영향을 받고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과, 포두1, 2 관측공은 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 각각 29.18과 61.80으로 분석되어 해수의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 포두1, 2 관측공의 평균 지하수 수위 변동폭은 0.5 m 이 내이다. 포두1 관측공의 2015년 연평균 전기전도도 값은 EC1 43,569 ~ 47,177 $\mu S/cm$ 범위, EC2 43,514 ~ 46,430 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 포두2 관측공의 2015년 연평균 전기전도도는 39,810 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 포두1, 2 관측공의 지하수 수위는 강수에 민감하게 반응하며, 조석의 영향을 반영한다. 포두1 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이후 꾸준히 상승추세인 반면, 포두2 관측공은 감소추세이다.
- 6) 관리 방안 : 포두1, 2 관측공 공통적으로 현재 해수침투의 영향이 있지만, 전기전도도 변화추이가 서로 다르므로 지속적으로 관측하여 변화추이를 점검하여야 한다.

2.5.26 삼호지구

1. 위치

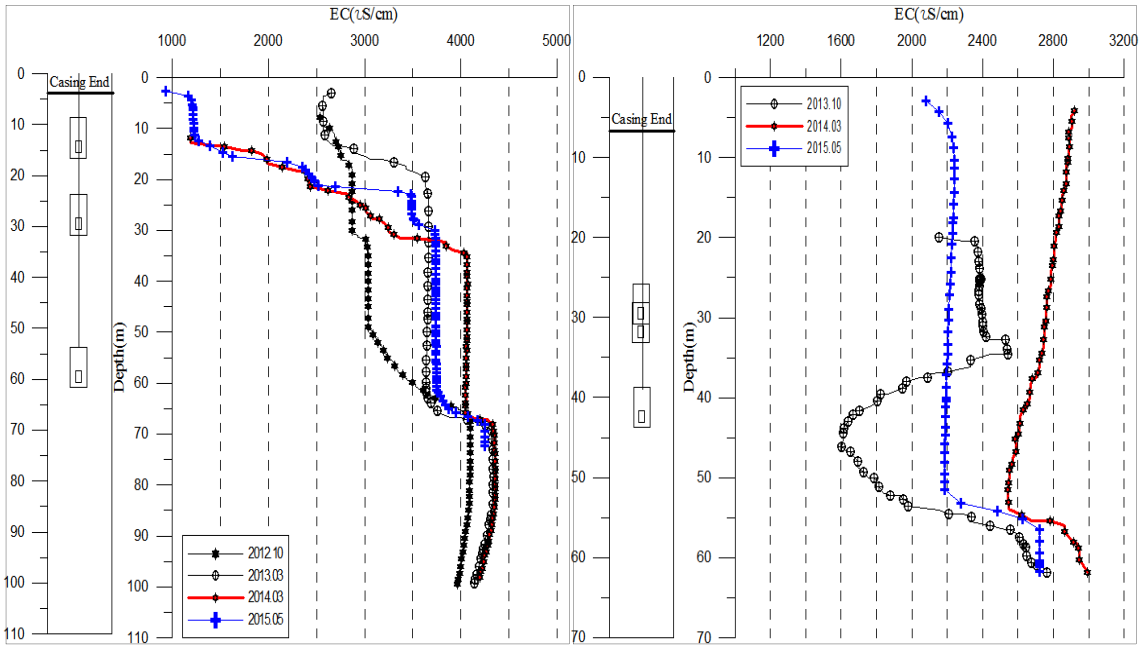


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
삼호1	영암군 삼호읍 용당리 1166-3	144037.39	139940.43	4.09	2012	790	2.20
삼호2	영암군 삼호읍 용당리 1130	144258.1606	140364.5454	2.89	2013	950	1.20(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 영암군 삼호읍에 위치한 지구로, 해안가에 위치하고 있으며, 간척 농지가 넓게 분포하고 있다. 지질은 중생대 백악기 유문암 및 유문암질응회암이 조사지역 전역을 덮고 있으며, 미고결퇴적물로 이루어진 제4기 충적층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<삼호1 관측공>

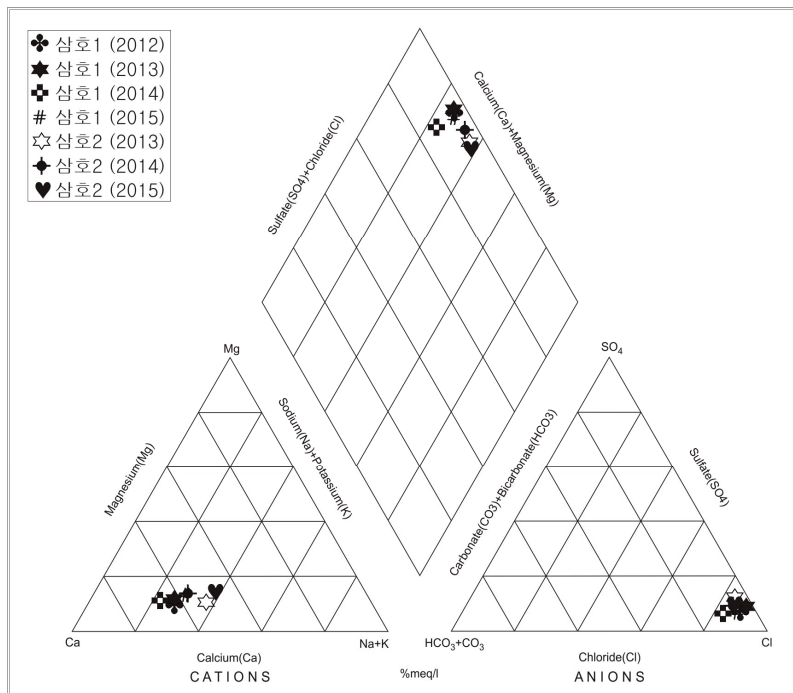
<삼호2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
삼호1	(2012.10)	178.95	34.94	2.39	361.91	87.91	810.77	73.20	2.21
	(2013. 3)	175.00	39.12	2.80	348.62	112.16	904.49	70.15	2.66
	(2014. 3)	116.02	32.32	4.88	289.46	76.19	616.68	97.60	0.00
	(2015. 5)	179.39	42.92	6.31	317.67	96.60	777.00	76.30	-
삼호2	(2013.10)	202.59	31.24	17.81	254.94	141.83	779.57	70.15	2.55
	(2014. 3)	187.12	40.99	5.04	286.64	103.99	718.57	73.20	0.00
	(2015. 5)	170.80	30.30	6.11	188.07	58.80	553.20	48.80	-



<삼호지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		삼호1	삼호2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.10		19.03	-
	2013. 3		22.16	19.13 (2013.10)
	2014. 3		10.86	16.87
	2015. 6		17.54	19.51

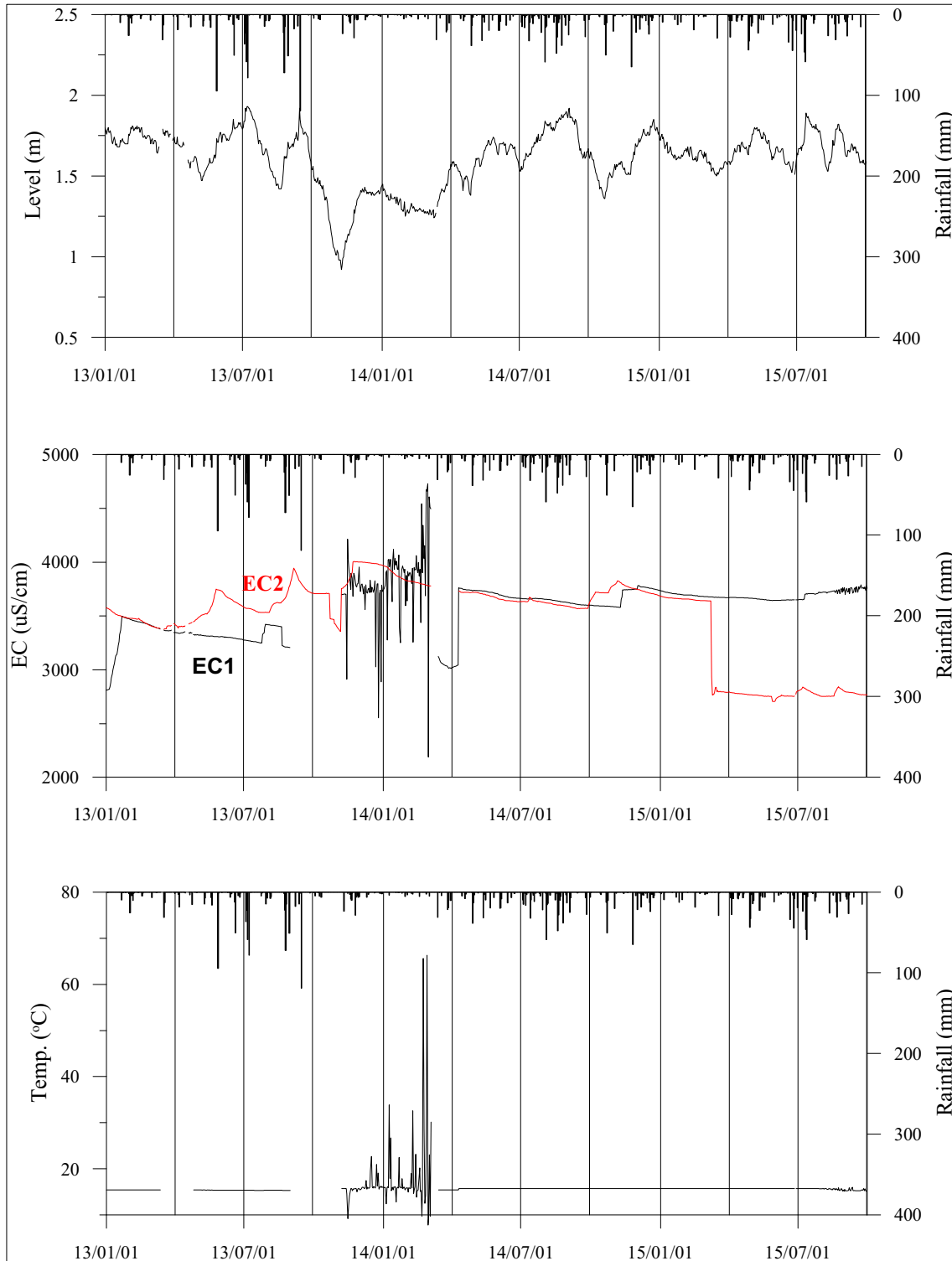
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, μS/cm)

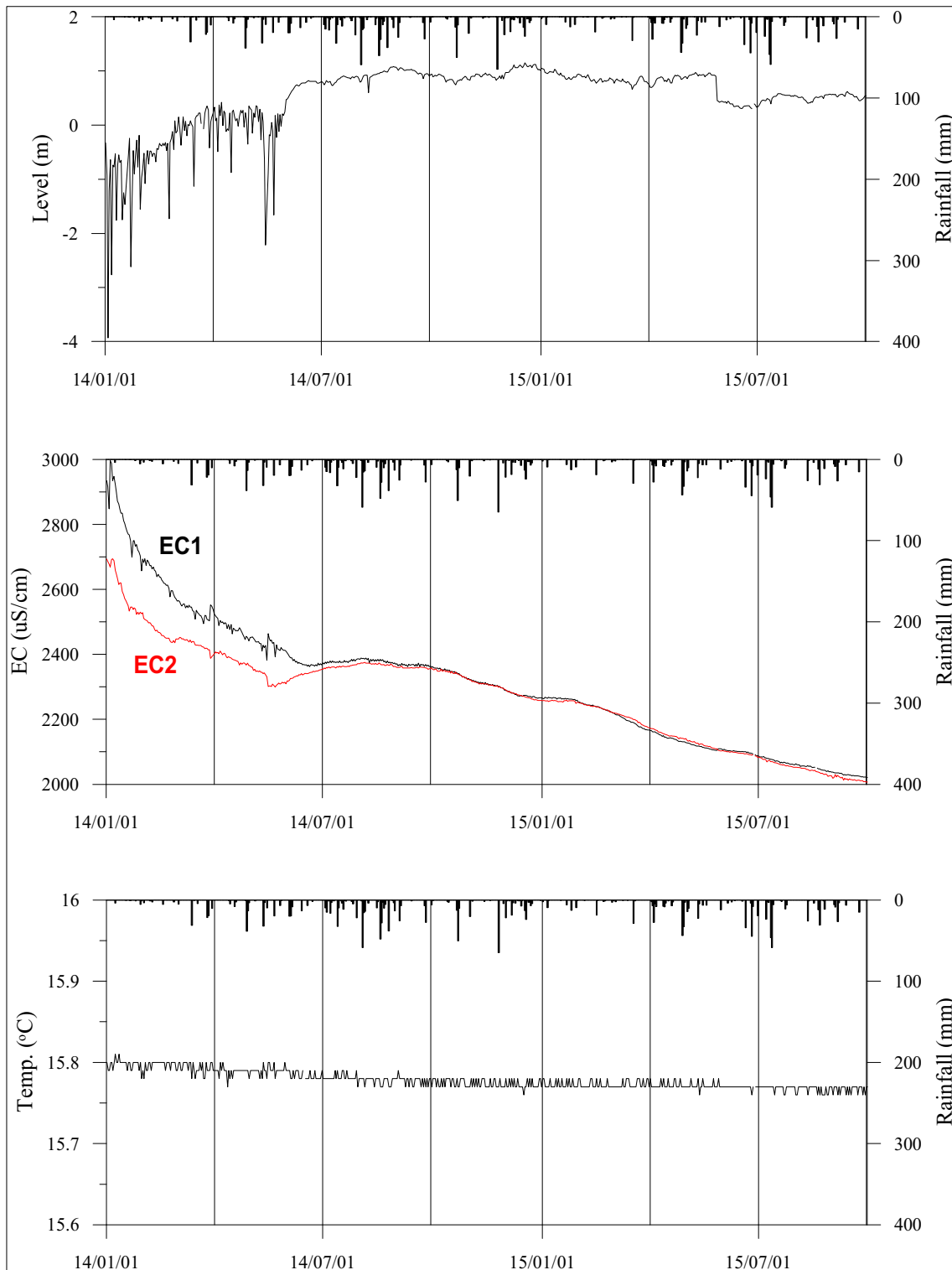
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
삼호1	2013	1.72	1.47	1.93	3,316	2,809	3,498	3,518	3,378	3,750
	2014	1.50	1.24	1.76	3,682	2,187	4,730	3,734	3,627	3,968
	2015	1.66	1.50	1.89	3,691	3,643	3,790	2,994	2,705	3,684
삼호2	2014	-0.01	-3.93	0.91	2,521	2,362	2,997	2,415	2,300	2,695
	2015	0.69	0.30	1.05	2,134	2,021	2,268	2,131	2,007	2,259

6.

장기관측 결과



<삼호1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<삼호2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

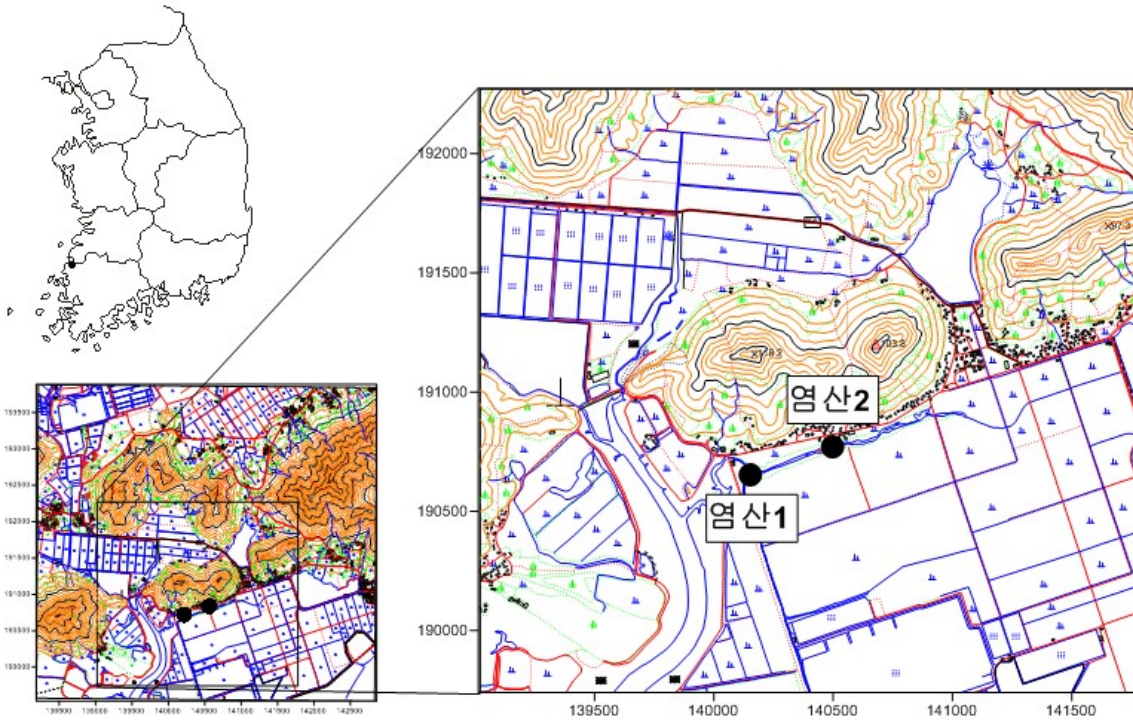
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 삼호1, 2 관측공은 영암군 삼호읍에 위치하고, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 13점으로 39%에 해당하여 신규 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 삼호1 관측공의 전이대의 위치는 매년 증가와 하강을 반복한다. 전이대에서 전기전도도는 약 $2,500 \mu S/cm$ 에서 약 $4,500 \mu S/cm$ 로 증가하는데, 전이대의 위치는 해마다 다르다. 삼호2 관측공은 전 구간 $3,000 \mu S/cm$ 미만이나, 약 45 m 심도에서 담수가 유입되는 것으로 판단되며, 약 55 m 심도에서는 염수가 유입되어 전기전도도가 소폭으로 상승(약 $2,600 \mu S/cm$ 에서 약 $2,800 \mu S/cm$ 으로)한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 삼호1, 2 관측공은 Ca-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 각각 17.54와 19.51로 분석되어 해수의 영향을 많이 받고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 삼호1 관측공의 평균 지하수 수위 변동폭은 1 m 이내, 삼호2 관측공은 5 m 이내이다. 삼호1 관측공의 전기전도도는 EC1 3,316 ~ 3,691 $\mu S/cm$, EC2는 2,994 ~ 3,734 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 삼호2 관측공의 2015년 연평균 전기전도도는 EC1, EC2 각각 2,134 $\mu S/cm$ 와 2,131 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 삼호1 관측공의 지하수 수위는 현재까지 강수 영향을 받는 것으로 관측되지만, 삼호2 관측공은 강수의 영향과 반대되는 추세를 보인다. 삼호1 관측공의 전기전도도는 전이대 위치의 상승과 하강으로 인해 불규칙하게 나타나지만, 삼호2 관측공의 경우 관측공 개발 이래 감소하는 추세이다. 그러나, 삼호1, 2 관측공 모두 개발 시기가 상대적으로 오래되지 않았으므로, 향후 좀 더 장기간의 관측을 통해서 변화추이를 살펴보아야 한다.
- 6) 관리 방안 : 삼호1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 있으므로 지속적으로 관측하여 해수의 영향 추이를 점검하여야 하고, 삼호2 관측공은 장기 관측을 통해 그 변화추이를 살펴보아야 한다.

2.5.27 염산지구

1. 위치

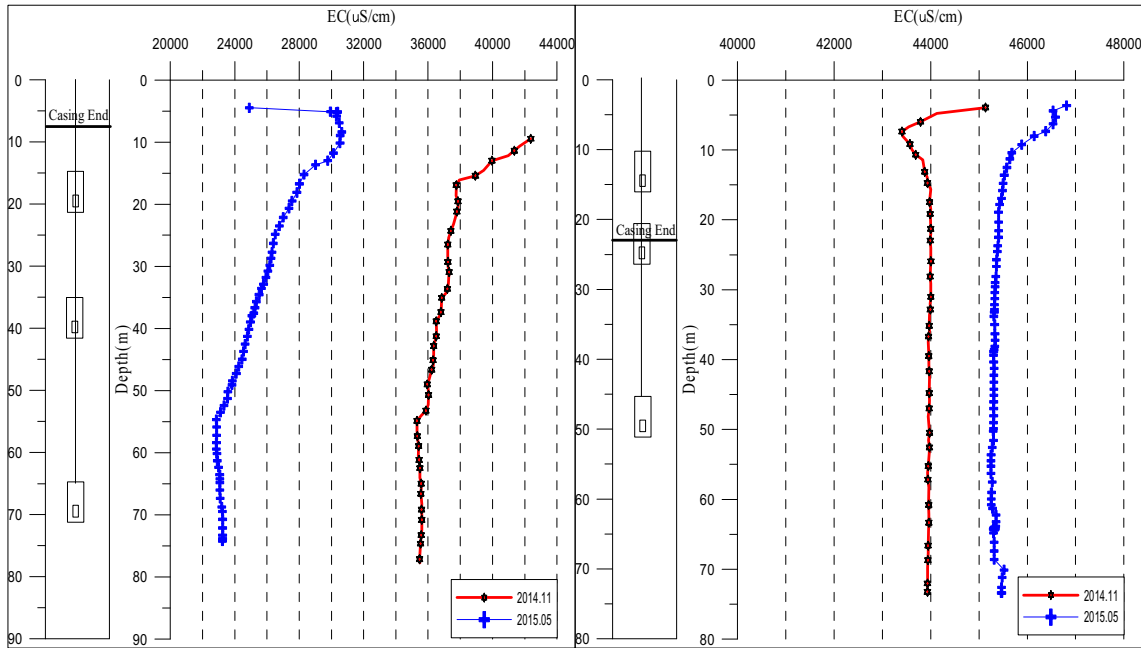


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
염산1	영광군 염산면	140105.907	190606.071	4.061	2014	30	-4.17
염산2	봉남리 1249	140450.537	190723.796	2.057	2014	390	-0.49

2. 지형 및 지질

영광군 염산면에 위치한 염산지구는 좌측으로 봉양저수지가 위치하여 간척지에 농업용수를 공급하며, 간척지는 주로 논농업이 주를 이루고 있다. 봉양저수지 외 지하수를 논농업에 활용할 경우, 논농업에 끼치는 해수침투의 영향을 살펴보기 위하여 관측공을 설치하였다.

3. 지하수 검층



<염산1 관측공>

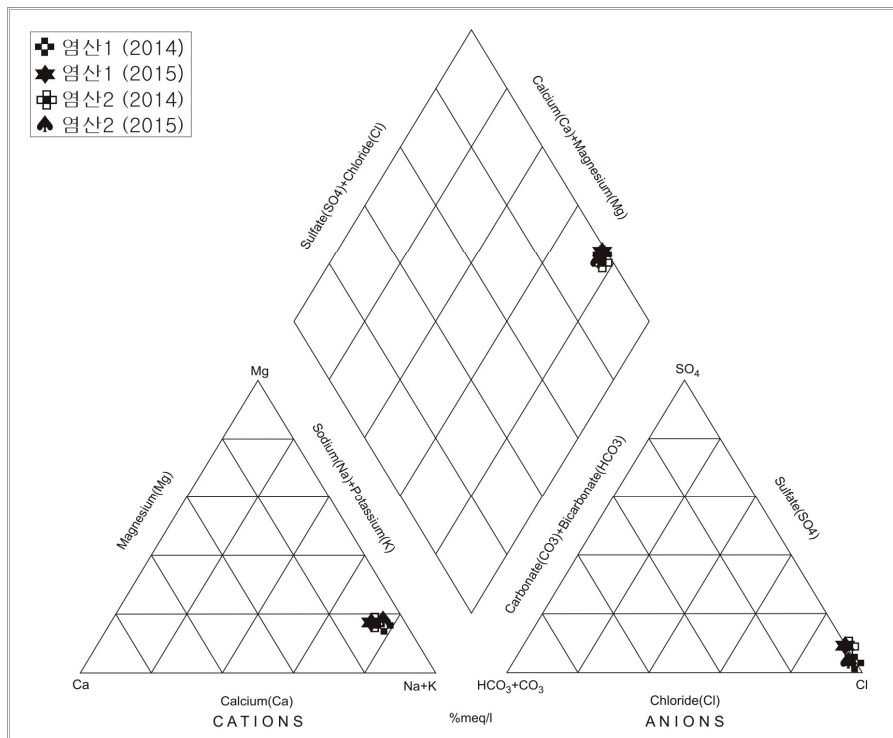
<염산2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
염산1	(2014.11)	7,739.45	884.14	228.68	742.28	2,109.31	13,250.94	134.20	96.62
	(2015. 5)	5114.99	662.72	163.86	660.07	1180.40	9353.10	125.10	-
염산2	(2014.11)	8,726.09	1,122.85	2,46.96	687.14	967.18	15,990.54	698.45	82.94
	(2015. 5)	8554.98	1198.23	207.59	783.66	1074.80	15494.40	719.80	-



<염산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

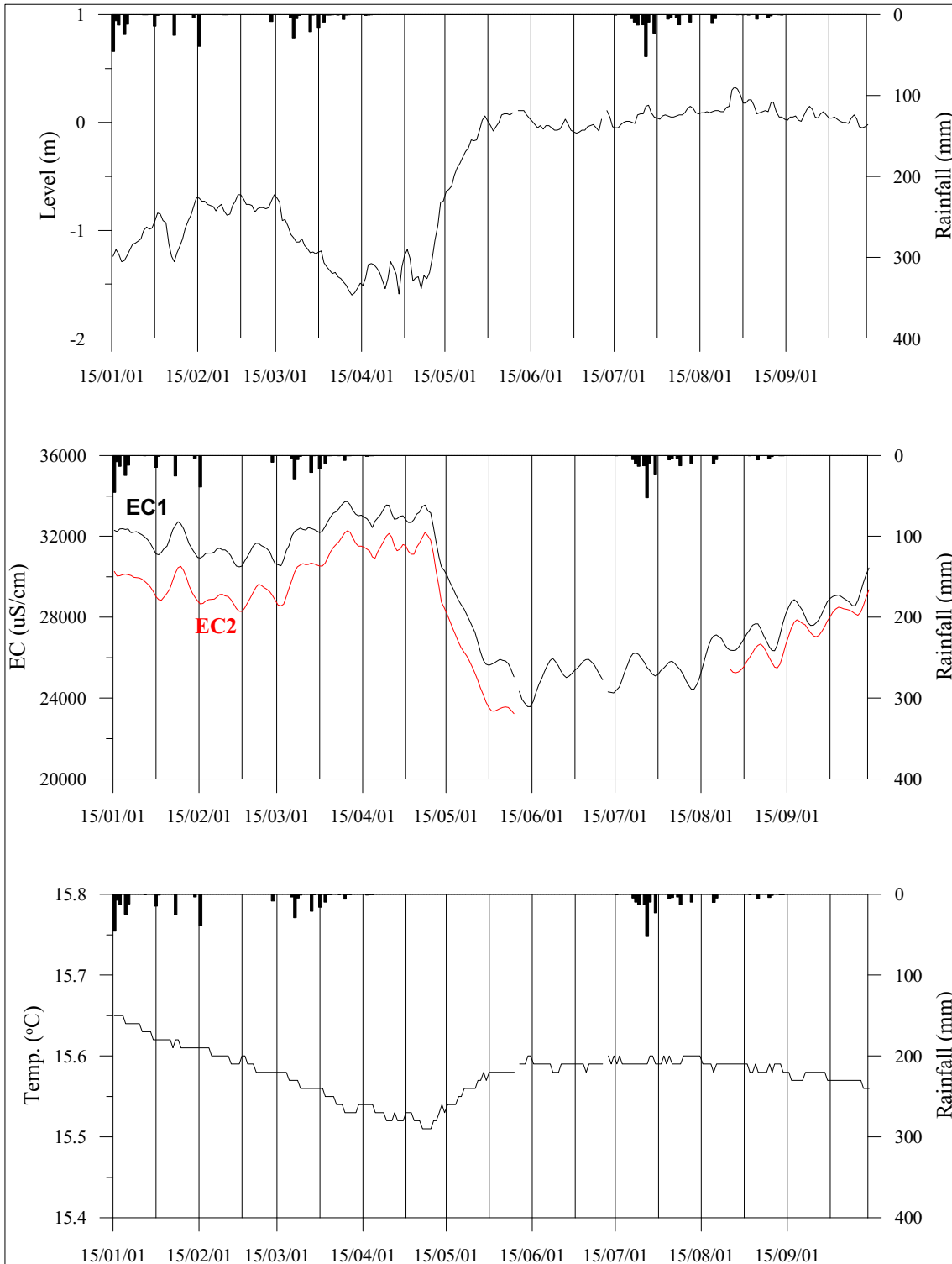
구 분	관측공		염산1	염산2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11		169.67	39.34
	2015. 6		128.73	37.05

5. 연도별 관측자료 분석

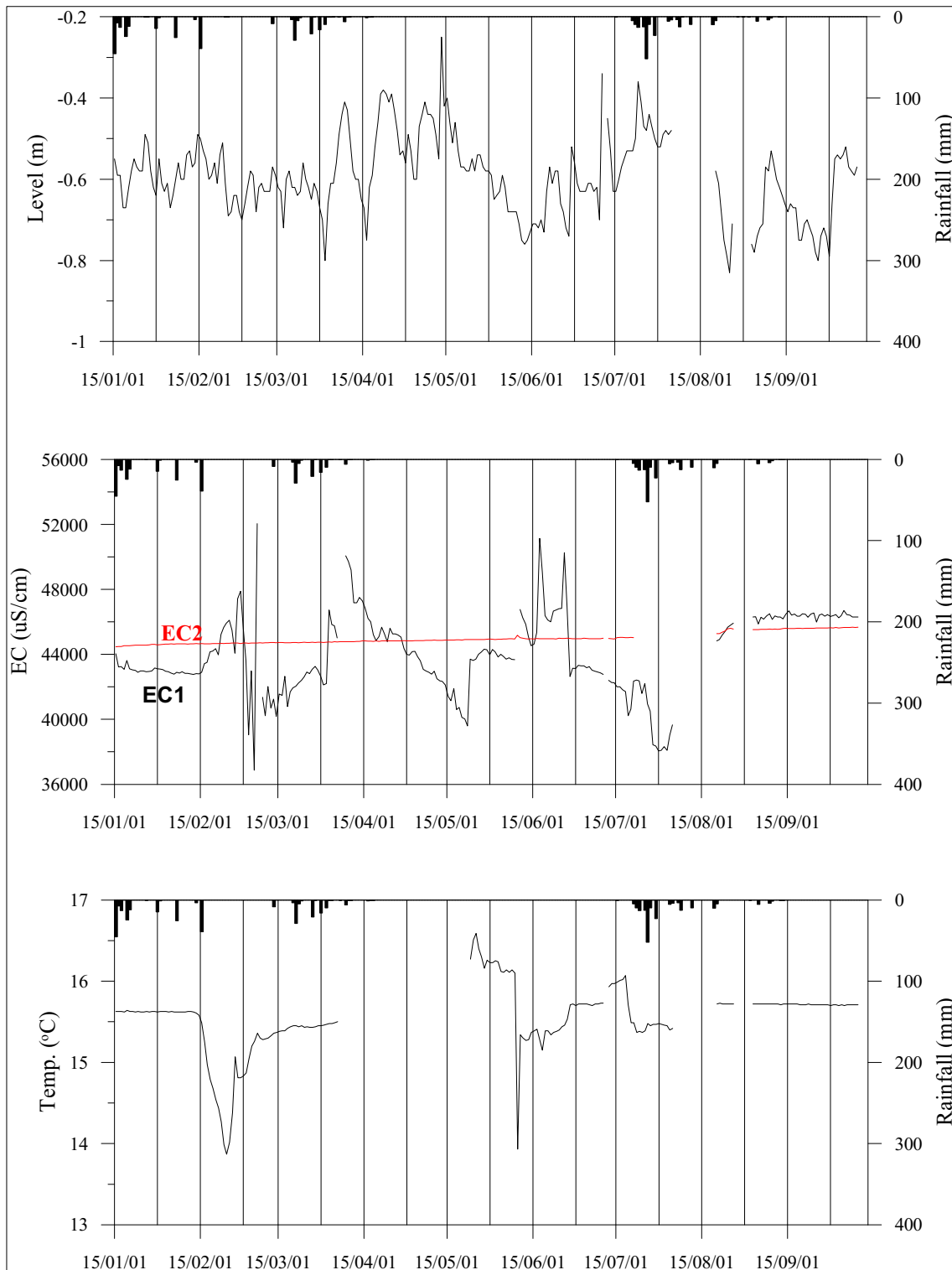
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
염산1	2015	-0.48	-1.60	0.33	28,995	23,579	33,725	28,718	23,236	32,270
염산2	2015	-0.59	-0.83	-0.25	44,035	36,862	52,038	44,958	44,472	45,668

6. 장기관측 결과



<염산1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<염산2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영광군 염산면에 위치한 염산지구는 좌측으로 봉양저수지가 위치하여 간척지에 농업용수를 공급하며, 간척지는 주로 논농업이 주를 이루고 있다. 봉양저수지 외 지하수를 논농업에 활용할 경우, 논농업에 끼치는 해수침투의 영향을 살펴보기 위하여 염산1, 2 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 염산1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 전기전도도가 약 24,000 ~ 42,500 $\mu S/cm$ 범위로 나타나며, 하부에서 상대적으로 감소되는 것으로 나타났다. 염산2 관측공 역시 약 44,000 ~ 46,000 $\mu S/cm$ 내외 범위에서 하부로 갈수록 상대적으로 감소되는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 염산1, 2 관측공은 공통적으로 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각 128.73과 37.05로, 심각한 해수의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 두 관측공의 평균 지하수 수위 변동폭은 약 1 m 이내로 나타났으며, 염산1 관측공의 2015년 연평균 전기전도도는 EC1과 EC2가 각각 28,995 $\mu S/cm$ 와 28,718 $\mu S/cm$ 로 나타났다. 염산2 관측공의 2015년 연평균 전기전도도는 EC1, EC2에서 각각 44,035 $\mu S/cm$ 와 44,958 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 염산1 관측공의 지하수 수위는 5월 이후 전반적으로 상승하는 것으로 나타났으며, 이에 따른 전기전도도는 EC1과 EC2 모두에서 하강하는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 염산2 관측공에서도 수위 상승에 따른 전기전도도 하강 현상이 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 염산1, 염산2 관측공 주변 지반은 현재 해수로 포화되어 있는 것으로 나타났으며, 이 지역 대수층의 경우 지하수위 변화에 따른 해수침투 영향이 즉각적으로 나타나는 것으로 판단된다. 따라서, 이 지역의 대수층을 통한 해수침투의 영향을 정량적으로 분석하기 위해서 지속적으로 장기 모니터링 자료를 분석하는 것이 필수적이었다. 그리고, 두 관측정 모두 개발시기가 상대적으로 짧아 향후 좀 더 장기간의 관측을 통해서 변화추이를 살펴보아야 한다.

2.5.28 남양지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
남양1	고흥군 남양면 망주리 2180-6	234005.3023	142145.6884	3.908	2015	1,220	0.408
남양2	고흥군 남양면 망주리 2236	234073.5434	141712.4042	3.316	2015	1,420	0.646

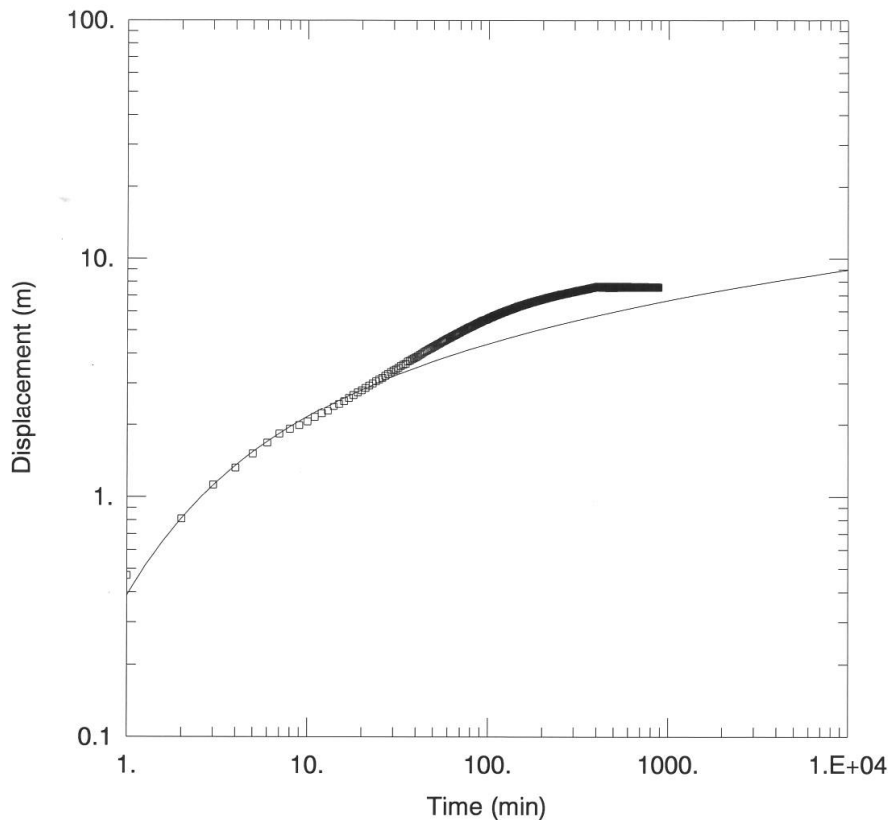
2. 지형 및 지질

이 지역은 고흥군 남양면 망주리에 위치한 지구로, 동쪽으로는 바다와 인접해 있고 남쪽으로는 망주산(△312m)이 자리하고 있다. 동쪽에 있는 죽암방조제의 안쪽으로 간척지가 넓게 발달하여 있다. 해당 지역은 중생대 백악기 경상계층군 유천층군의 안산암 및 안산암질응회암이 기반암을 이루고 있으며, 상부를 제4기 충적층이 넓게 피복하고 있다.

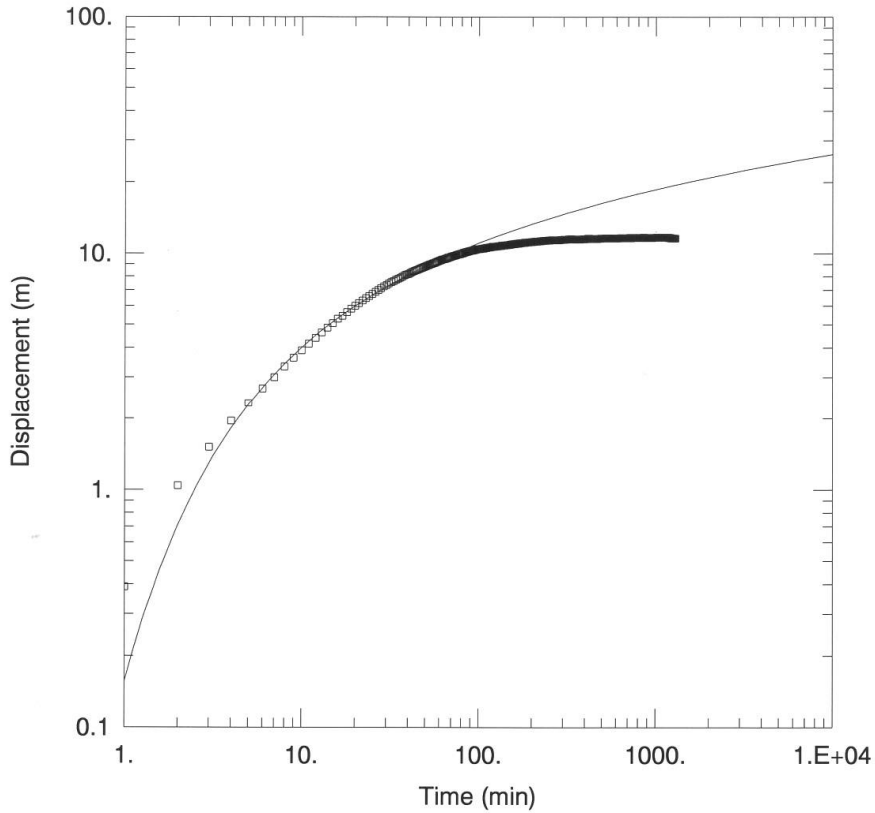
3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 남양1, 남양2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<남양1 장기양수시험 그래프(Theis방법)>



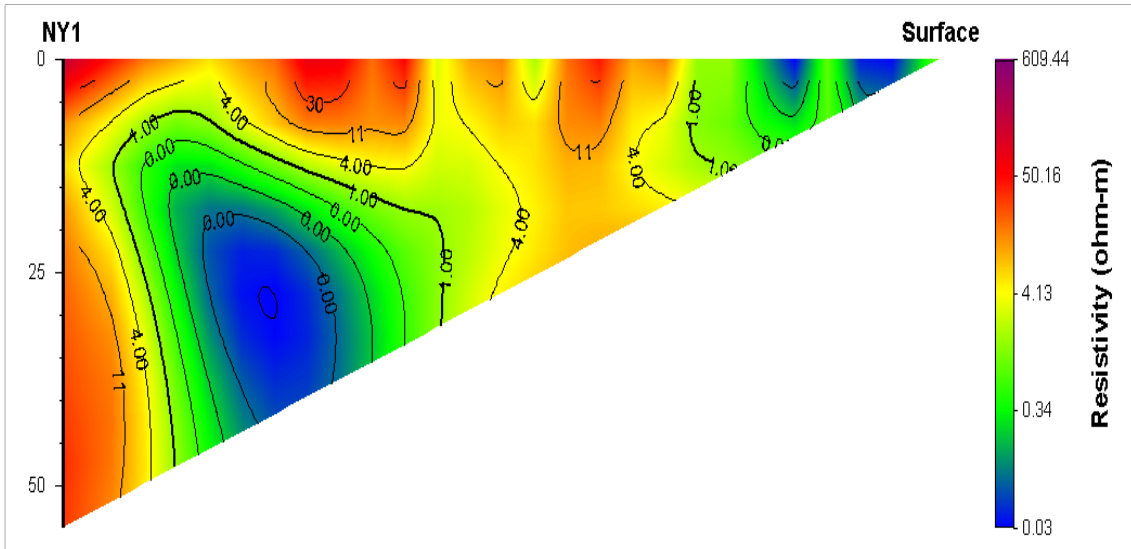
<남양2 장기양수시험 그래프(Theis방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
남양1	150.0	8.8128	2.13×10 ⁻⁴	48.0
남양2	50.0	2.6430	4.03×10 ⁻⁵	76.0

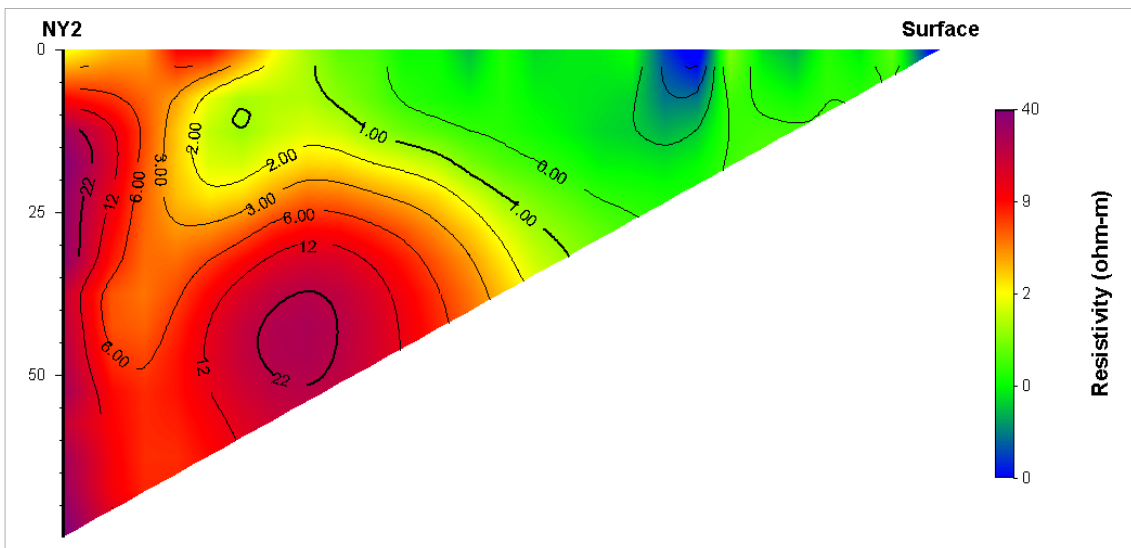
◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

남양1, 남양2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케 이싱 아래 심도 12m, 3m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추 공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



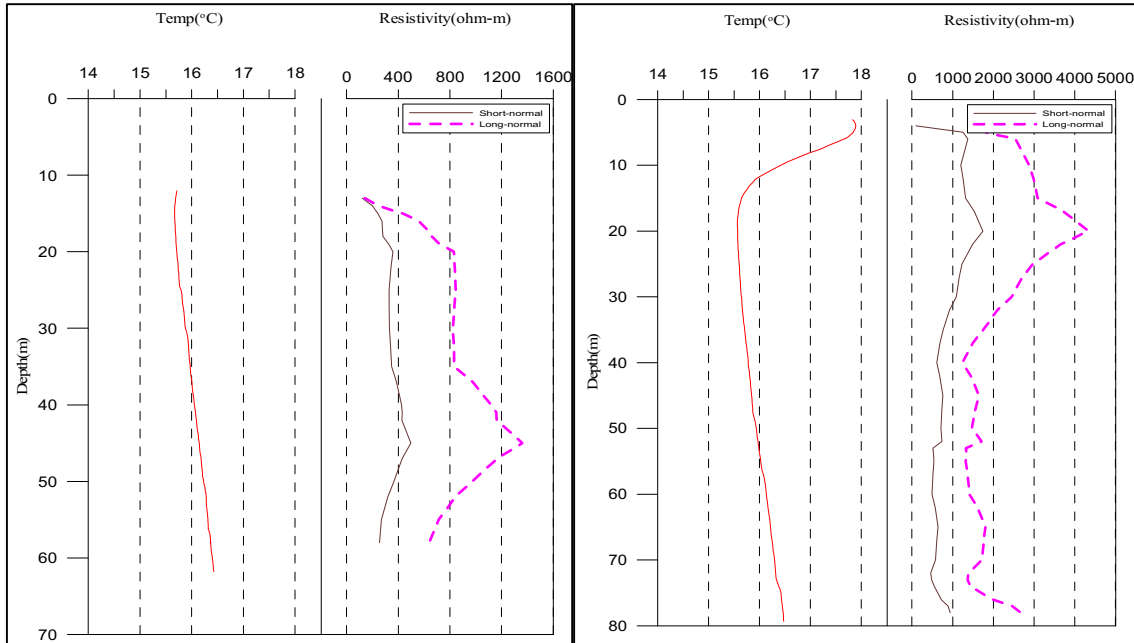
<남양1 관측공 토모그래피>



<남양2 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

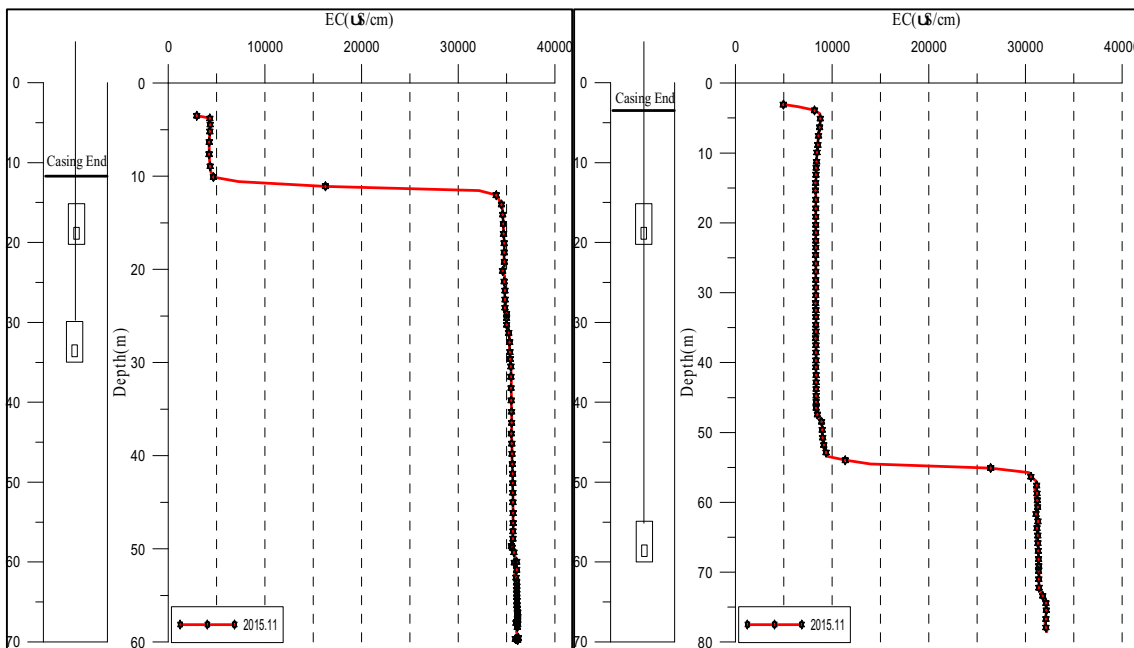
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<남양1 관측공 물리검층>

<남양2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<남양1 관측공>

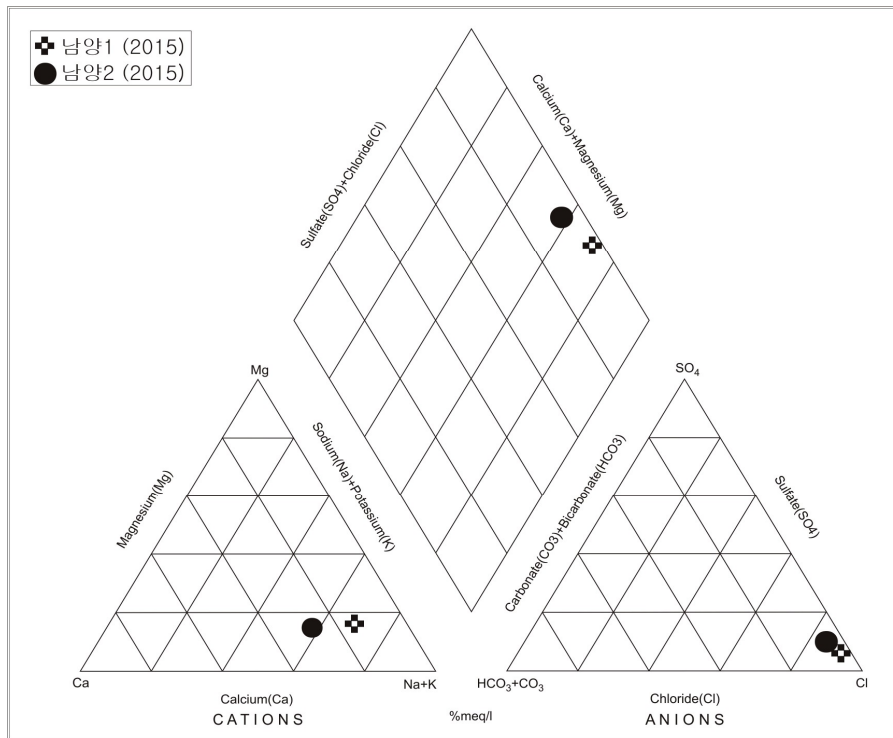
<남양2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
남양1 (2015. 12)	184.60	21.31	5.63	33.65	417	4,038.7	189.1	ND
남양2 (2015. 12)	2,227.13	281.23	23.99	885.88	106	738.9	92.7	ND



<남양지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	남양1	남양2
Cl/HCO_3 몰비	2015.12	36.76	13.72

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고흥군 남양면 망주리에 위치하는 남양1, 남양2 관측공은 대강천 하류부에 위치하며, 주변에 농경지가 넓게 분포하고 있다. 관측공은 바다로부터 각각 1.22 km, 1.42 km 떨어진 내륙부에 위치하지만, 해수 유입이 예상되는 대강천 수변으로부터는 약 33m ~ 473 m 거리에 위치한다. 이 지역은 남해안의 조수간만 현상으로 대강천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 남양1, 2 관측공의 양수량은 각 150.0 m³/d, 50.0 m³/d이다. 수리전도도는 2.13×10⁻⁴cm/sec, 4.03×10⁻⁵ cm/sec이며, 대수층 두께는 48.0 m, 106.0 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 남양1 관측공은 심도 약 20 ~ 50 m 구간에서 상대적으로 비저항이 낮은 구간이 관측된다. 남양2 관측공은 전 심도에서 고비저항대가 나타났다. 물리검층 결과, 남양1 관측공의 수온은 케이싱 심도(12m) 이하부터 공저까지 15.67 °C에서 16.43 °C까지 증가하였고, 남양2 관측공은 케이싱 심도(3 m) 이하부터 공저까지 15.56 °C에서 16.47 °C까지 증가하였다. 노말 전기비저항 결과, 남양1 관측공은 케이싱 심도 이하부터 13 m 심도와 47m 심도 이후 공저까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 적다. 이는 해당구간에서 해수의 유입에 의한 결과로 추정된다. 남양2 관측공은 케이싱 심도(3 m) 이하부터 20 m 심도까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 증가하다가 20 m 심도에서 40 m 심도까지 차이가 급격히 적어지고 이후 공저까지는 일정간격을 유지하는 것으로 나타났다. 이는 지반이 해수로 포화되어 있음을 지시한다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 남양1 관측공은 케이싱 심도(12 m) 이후 전기전도도가 7,272 μS/cm에서 34,000 μS/cm으로 급격하게 증가하여 공저까지 일정한 값을 보이는 것으로 보아 해수로 포화되어 있는 것을 알 수 있다. 남양2 관측공은 대수층 구간인 54 m 심도에서 전기전도도가 31,500 μS/cm까지 증가하는 것으로 보아 이 구간을 통해 해수가 유입되는 것으로 판단된다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 남양1, 2 관측공은 공통적으로 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 36.76, 13.72로 분석되어 심각한 해수

의 영향이 있는 것으로 나타났다.

- 6) 관리 방안 : 남양1, 2 관측공의 주변 지반은 현재 염수의 유입으로 해수로 포화되어 있는 것으로 나타났으므로 이 지역 대수층을 통한 해수침투의 영향을 분석하기 위해서는 지속적으로 장기 모니터링이 필요하다.

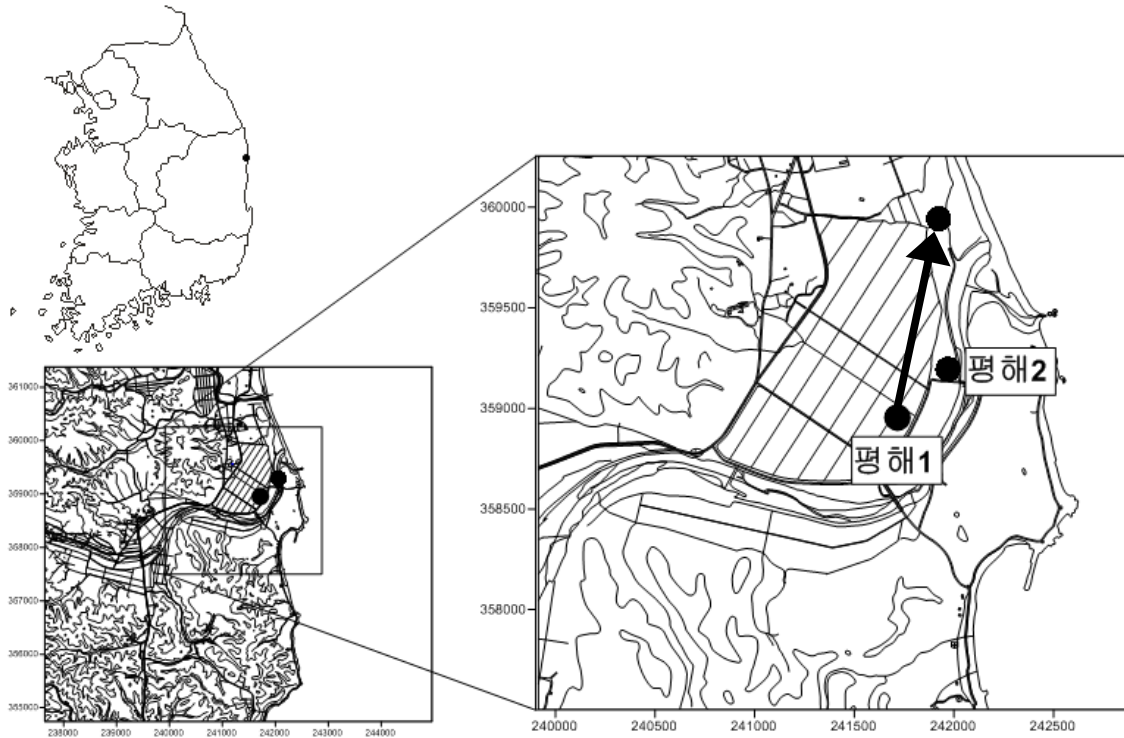
부록 2.6 경상북도 권역

2.6.1	평해지구(울진군)	.....	부록	-	465
2.6.2	곡강지구(포항시)	.....	부록	-	474
2.6.3	강구지구(영덕군)	.....	부록	-	481
2.6.4	병곡지구(영덕군)	.....	부록	-	486
2.6.5	하서지구(경주시)	.....	부록	-	491
2.6.6	연일지구(포항시)	.....	부록	-	497
2.6.7	감포지구(경주시)	.....	부록	-	503

부록 2.6 경상북도 권역

2.6.1 평해지구

1. 위치



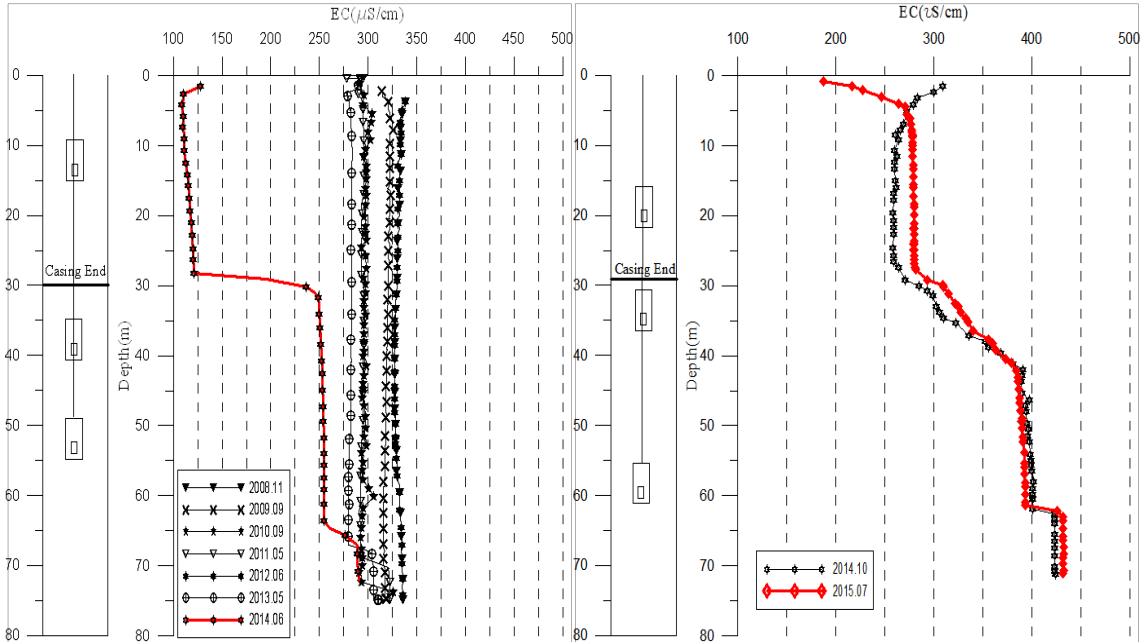
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
평해1	울진군 평해읍 월송리 1369	241860.349	359877.556	2.938	2014	320	0.52(TOC)
평해2	울진군 평해읍 월송리 33-1	241906.263	359130.238	3.341	2009	550	0.52(TOC)

※ 평해1 : 2014년 신규관정으로 이동 설치 함.

2. 지형 및 지질

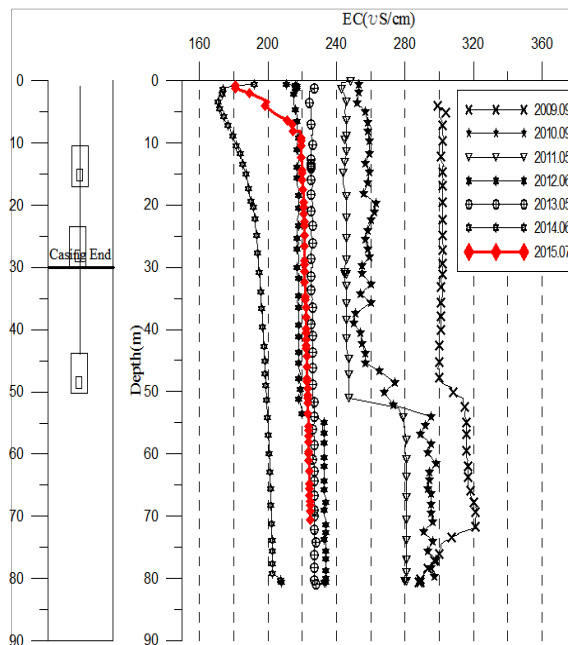
이 지역은 울진군 평해읍 월송리 일대로서 해안에 인접하고 있으며, 농경지가 비교적 넓게 분포하고 있다. 지질은 선캠브리아기의 평해 화강편마암이 주를 이루며 이를 부정합으로 제4기 홍적층이 덮고 있다. 평해 화강편마암은 흑운모화강편마암으로 안구상, 호상 및 반상 변정질 구조이며, 홍적층은 주로 역암, 사암 및 점토로 이루어져 있다.

3. 지하수 검층



<평해1 관측공(2008-2013)>

<평해1 신규 관측공(2014-2015)>



<평해2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

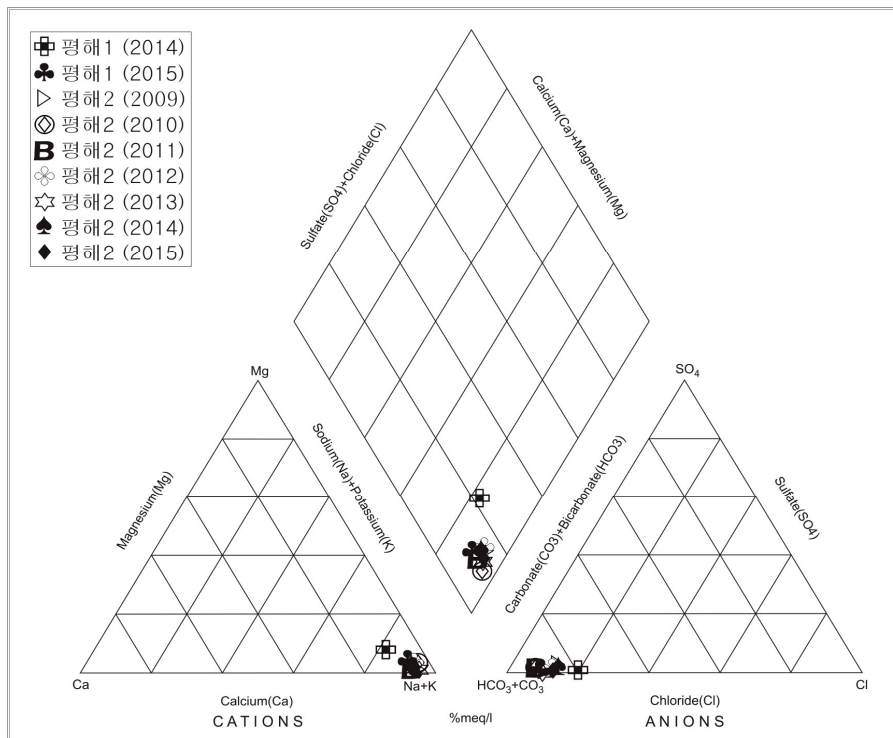
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
평해1*	(2008.10)	66.76	1.71	6.73	5.19	3.43	9.08	176.90	0.06
	(2009. 9)	62.99	0.39	3.40	2.46	0.66	7.24	173.85	ND
	(2010. 9)	59.85	0.49	4.02	3.01	1.21	7.58	163.18	ND
	(2011.10)	47.02	0.49	3.47	3.04	1.80	7.14	161.66	ND
	(2012. 6)	61.32	1.34	4.91	5.50	14.07	7.91	158.60	ND
	(2013. 5)	123.84	6.85	5.33	3.89	4.45	101.12	181.48	0.76
	(2014.11)	58.35	3.67	5.20	8.36	1.07	21.65	146.40	0.08
	(2015. 7)	67.80	1.96	4.37	3.98	0.30	10.09	183.0	ND

* 평해1 관측공 : 2014년 이후 분석자료는 이설부지에서 측정된 자료

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
평해2	(2009. 9)	57.95	0.64	2.53	2.84	3.39	10.98	143.35	ND
	(2010. 9)	50.96	0.28	1.51	2.04	0.54	9.22	126.59	ND
	(2011.10)	37.57	0.25	1.43	2.41	0.26	8.53	140.30	ND
	(2012. 6)	49.45	0.27	1.56	2.35	0.10	8.89	115.90	ND
	(2013. 5)	52.85	0.36	1.35	2.21	0.08	8.92	128.10	0.05
	(2014. 6)	47.77	0.47	2.08	2.34	0.11	11.90	120.48	ND
	(2015. 7)	54.18	0.31	1.45	2.19	0.16	10.10	128.1	ND



<평해지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		평해1	평해2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2008.11		0.09	-
	2009. 9		0.07	0.13
	2010. 9		0.08	0.13
	2011.10		0.07	0.10
	2012. 6		0.09	0.13
	2013. 5		0.93	0.12
	2014. 6		0.25	0.17 (2014.11)
	2015. 7		0.09	0.14

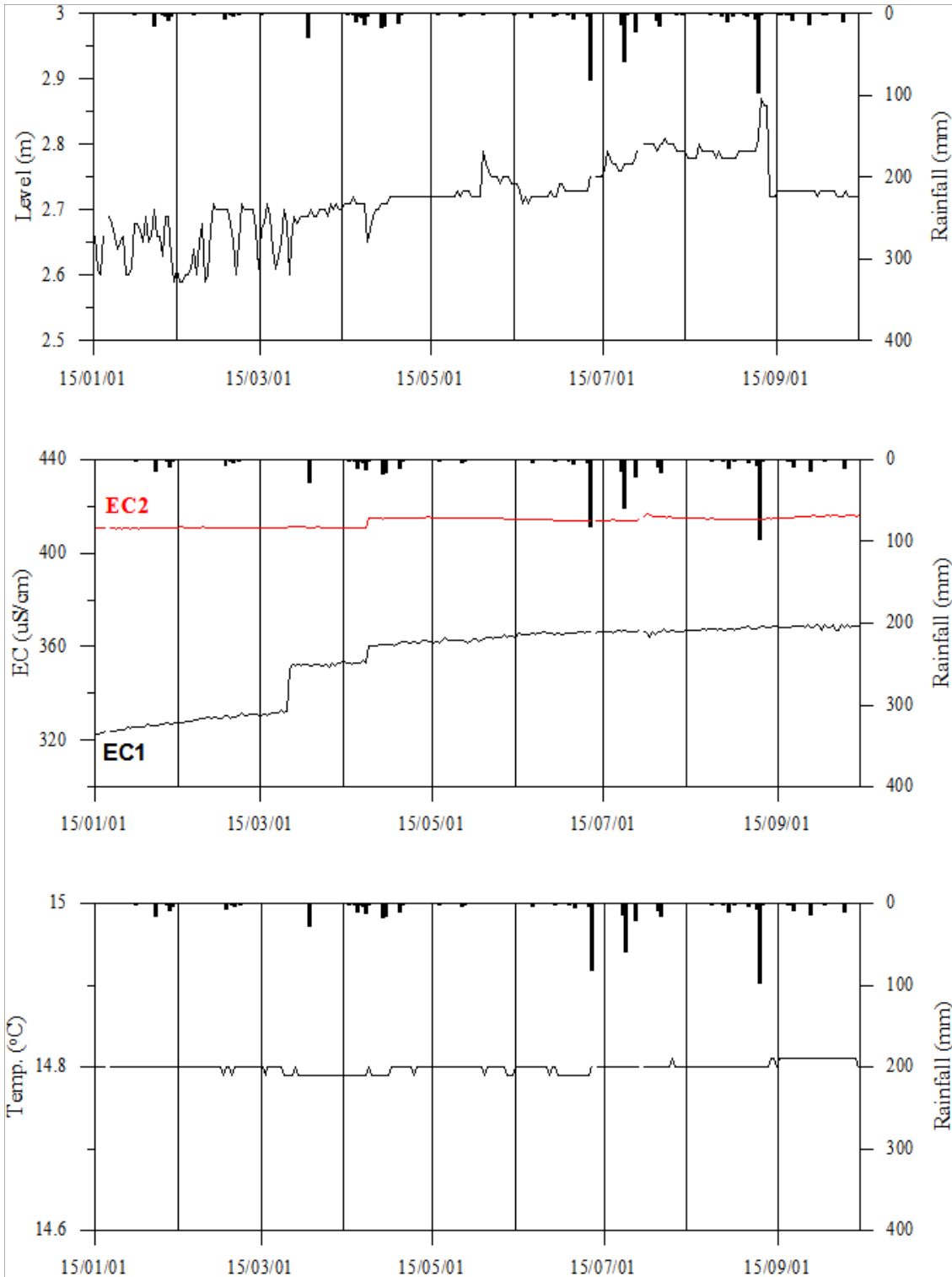
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
평해1	2009	3.68	3.48	3.97	309	273	320	302	282	308
	2010	3.75	3.59	3.93	252	197	289	281	280	283
	2011	3.82	3.63	4.00	264	256	274	281	280	286
	2012	4.06	3.61	4.79	269	251	284	282	280	287
	2013	3.96	3.76	4.13	283	279	298	282	280	287
	2015	2.72	2.59	2.87	355	323	370	413	410	417
평해2	2010	3.02	2.88	3.27	258	255	263	291	285	296
	2011	3.12	2.93	3.35	246	240	253	278	272	284
	2012	3.14	2.98	3.35	236	213	240	239	233	249
	2013	2.99	2.85	3.11	234	234	235	231	230	232
	2014	2.83	2.44	3.09	229	229	230	229	227	229
	2015	2.96	2.46	3.64	237	227	238	227	222	229

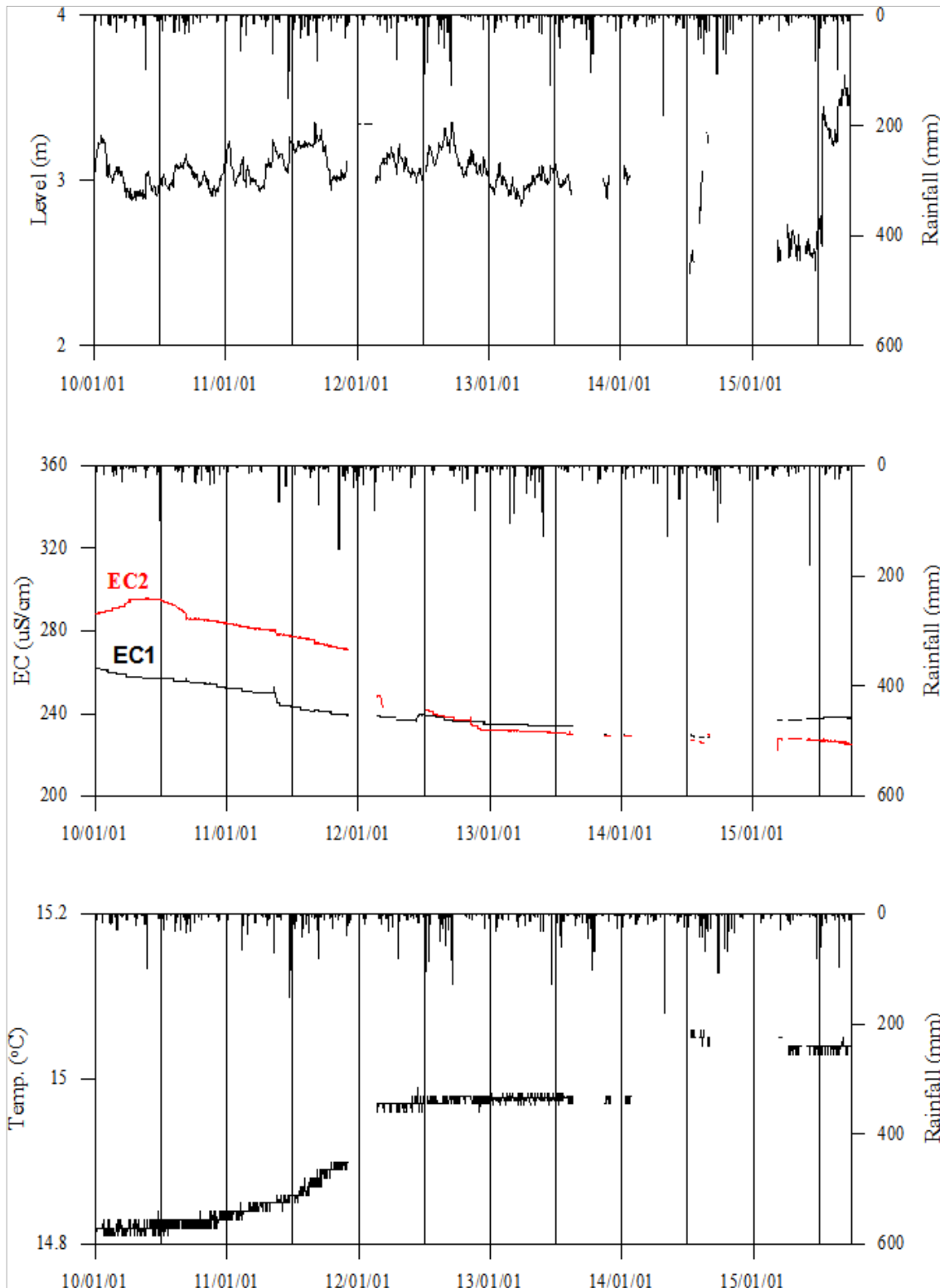
* 평해1 관측공 : 2014년 이후 분석자료는 이설부지에서 측정된 자료

6. 장기관측 결과



<평해1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.09.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<평해2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2014.7.31)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

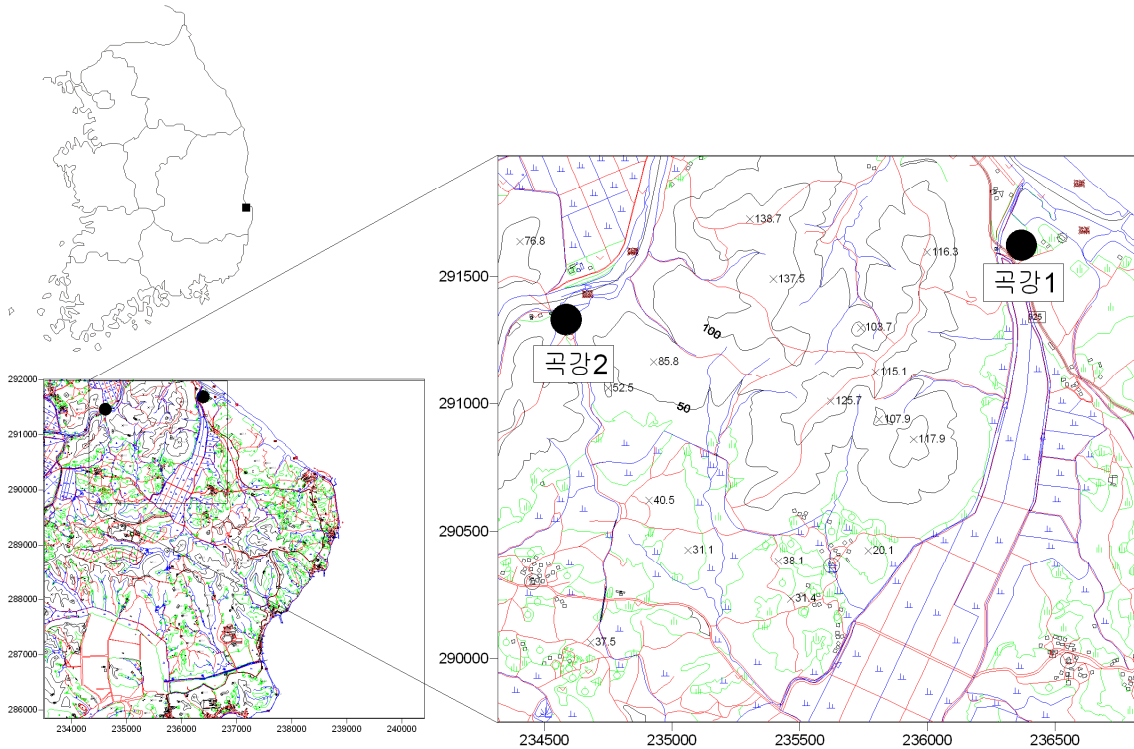
현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 평해1 관측공은 2008년에 설치한 관측망으로 청문조사와 주변 관정 조사를 기초로 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다. 그러나, 관측공 개발지에 비닐하우스가 설치되어 관측이 불가능해짐에 따라 2014년에 이설하였다. 평해2 관측공은 2009년 해안으로부터 550 m 떨어진 곳에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 2014년 이설된 평해1 관측공의 전기전도도는 약 $450 \mu S/cm$ 이하로 나타나며 심도 약 40 m에서 약 $100 \sim 150 \mu S/cm$ 의 전기전도도 증가현상이 나타난다. 평해2 관측공은 지표 하 전 심도에서 전기전도도가 약 $320 \mu S/cm$ 이하로 관측된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 2015년 이온 분석 결과, 평해1, 2 관측공은 전부 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비도 각각 0.09, 0.14로 해수의 영향이 적은 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 2014년에 이동 설치된 평해1 관측공의 연평균 지하수 수위 변동폭은 0.3 m 이내, 평균 전기전도도는 EC1, EC2 각각 $355 \mu S/cm$, $413 \mu S/cm$ 로서 현재까지 답작에 활용이 가능하다. 평해2 관측공의 연평균 지하수 수위 변동폭은 1.2 m 이내, 평균 전기전도도는 EC1, EC2 각각 $237 \mu S/cm$, $227 \mu S/cm$ 로서, 평해1과 마찬가지로 현재까지 답작에 활용가능하다.
- 5) 장기관측결과 : 2014년에 이동 설치된 평해1 관측공은 2015년부터 관측을 시작하여, 현재까지 관측결과로 수위, 전기전도도 및 수온의 변화패턴을 파악하기는 힘들다. 다만, 강수량이 증가하는 7월 ~ 9월 기간 동안 지하수 수위가 증가하는 추세를 보인다. 평해2 관측공은 2010년에 관측을 시작하여 2013년까지는 유사한 패턴을 나타내나 2014년, 2015년 가뭄의 영향으로 수위가 약 0.5 m 하강하였다가 2015년 6월이후에 강수의 영향으로 약 1.0 m 이상 상승하는 경향을 나타낸다.
 평해1 관측공의 EC1 센서는 3월 이후에 소폭의 증가추세를 나타내나, EC1/EC2 센서에서 거의 변화가 없는 유사한 값을 나타낸다. 평해2 관측공의 전기전도도는 관측공 개발이후 감소추세이나, 답수영역에서의 감소로서 그 감소폭은 적은(약 $1000 \mu S/cm$ 이하) 편이다.

- 6) 관리 방안 : 평해지구는 해수침투의 영향은 없으며, 전기전도도 값의 분포로 확인한 오염원의 유입도 없다. 그러나, 평해1 관측공은 2014년 이설 후 관측 기간이 짧기 때문에 장기관측을 통하여 해수 침투 현상의 진행 및 지하수 오염 여부를 점검하여야 한다.

2.6.2 곡강지구

1. 위치

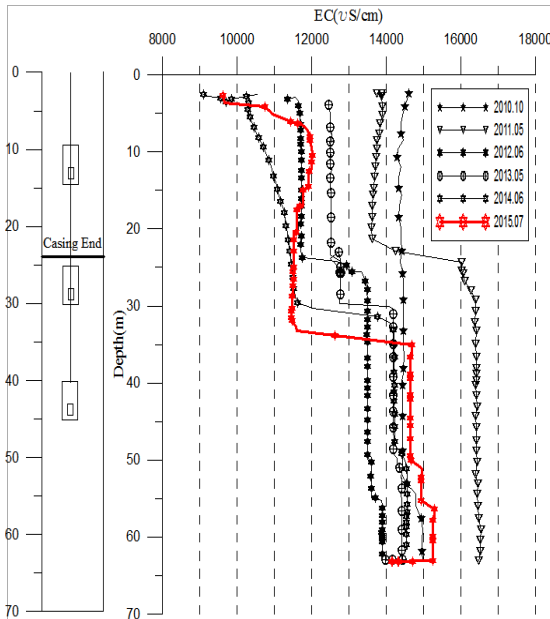


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
곡강1	포항시 흥해읍 곡강리 466	236276.46	291569.94	3.59	2010	330	2.37
곡강2	포항시 흥해읍 남송리 산5-1	234502.91	291344.86	6.23	2011	1,850	3.70

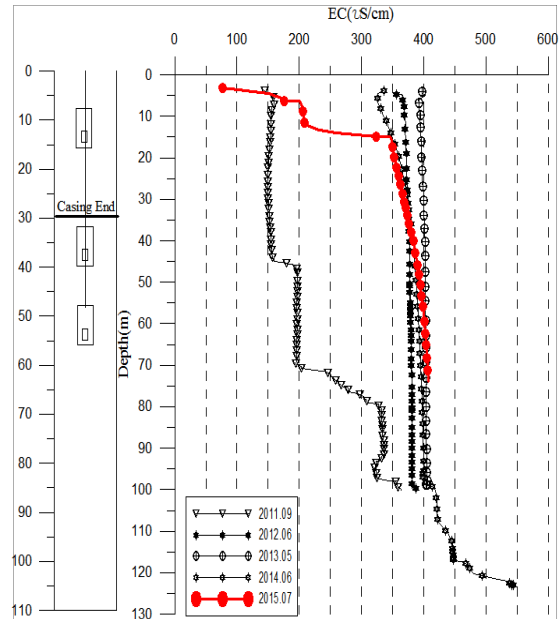
2. 지형 및 지질

이 지역은 포항시 흥해읍에 위치한 지구로, 농경지는 해안을 향해 썩기모양으로 발달하고 있으며, 북서방향으로는 낮은 구릉성 산지가 있고 남동방향으로는 해안선에 접해 있다. 조사지역의 지질은 중생대 백악기 석영조면암과 신생대 제3기 퇴적층 및 이를 피복하는 신생대 제4기 충적층이 분포하고 있다. 제3기 퇴적층으로는 담갈색의 세일, 이암 및 역암이 협재하고 있는 연일통 이동층과 연녹색, 연회색, 황백색 이암 및 실트스톤으로 구성된 두 층이 이웃하며 조사지역을 넓게 차지하고, 일부 사질세일 및 세일과 황백색 이암을 협재하고 있다.

3. 지하수 검층



<곡강1 관측공>



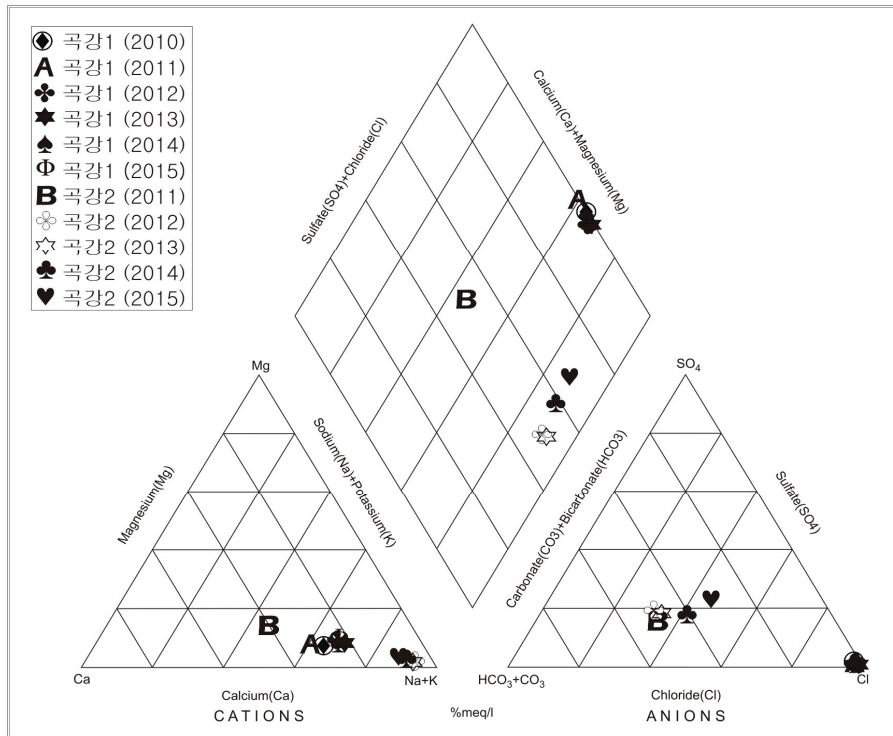
<곡강2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
곡강1	(2010.10)	2112.56	136.44	33.82	837.19	3.71	5168.86	67.10	12.69
	(2011.10)	1429.94	102.71	29.62	652.75	ND	3937.63	9.15	15.79
	(2012. 6)	1941.57	128.24	45.57	648.22	9.44	4378.02	39.65	ND
	(2013. 5)	2013.82	119.07	35.76	623.44	ND	4520.78	82.35	20.15
	(2014. 6)	1959.92	122.23	45.91	629.56	2.47	4451.40	48.80	ND
	(2015. 7)	1830.39	105.21	31.02	534.40	23.66	3789.15	85.4	18.60
곡강2	(2011. 9)	13.67	2.64	2.66	12.22	13.23	18.60	48.80	0.05
	(2012. 6)	94.65	1.05	1.99	5.01	33.51	43.43	115.90	ND
	(2013. 5)	83.75	0.87	1.15	4.36	32.88	45.06	103.71	ND
	(2014. 6)	84.67	1.14	1.46	6.00	32.59	59.02	100.66	ND
	(2015 7)	47.92	1.01	1.18	3.80	24.20	36.30	42.7	ND



<곡강지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

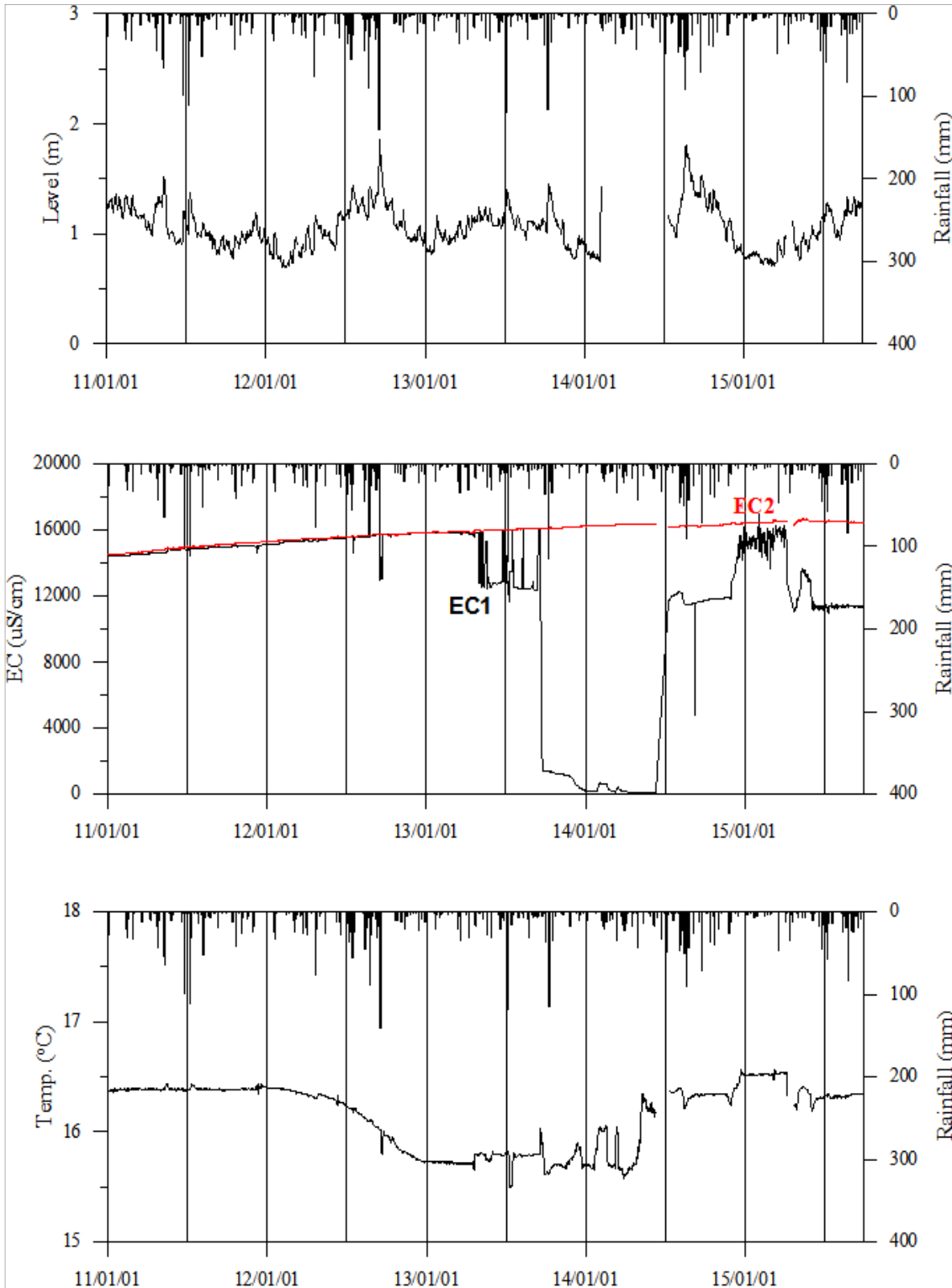
구 분	관측공		
	년. 월	곡강1	곡강2
Cl/HCO ₃ 몰비	2010.10	132.37	-
	2011.10	739.46	0.66 (2011. 9)
	2012. 6	189.73	0.64
	2013. 5	94.33	0.71
	2014. 6	156.74	0.98
	2015. 7	76.36	1.46

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

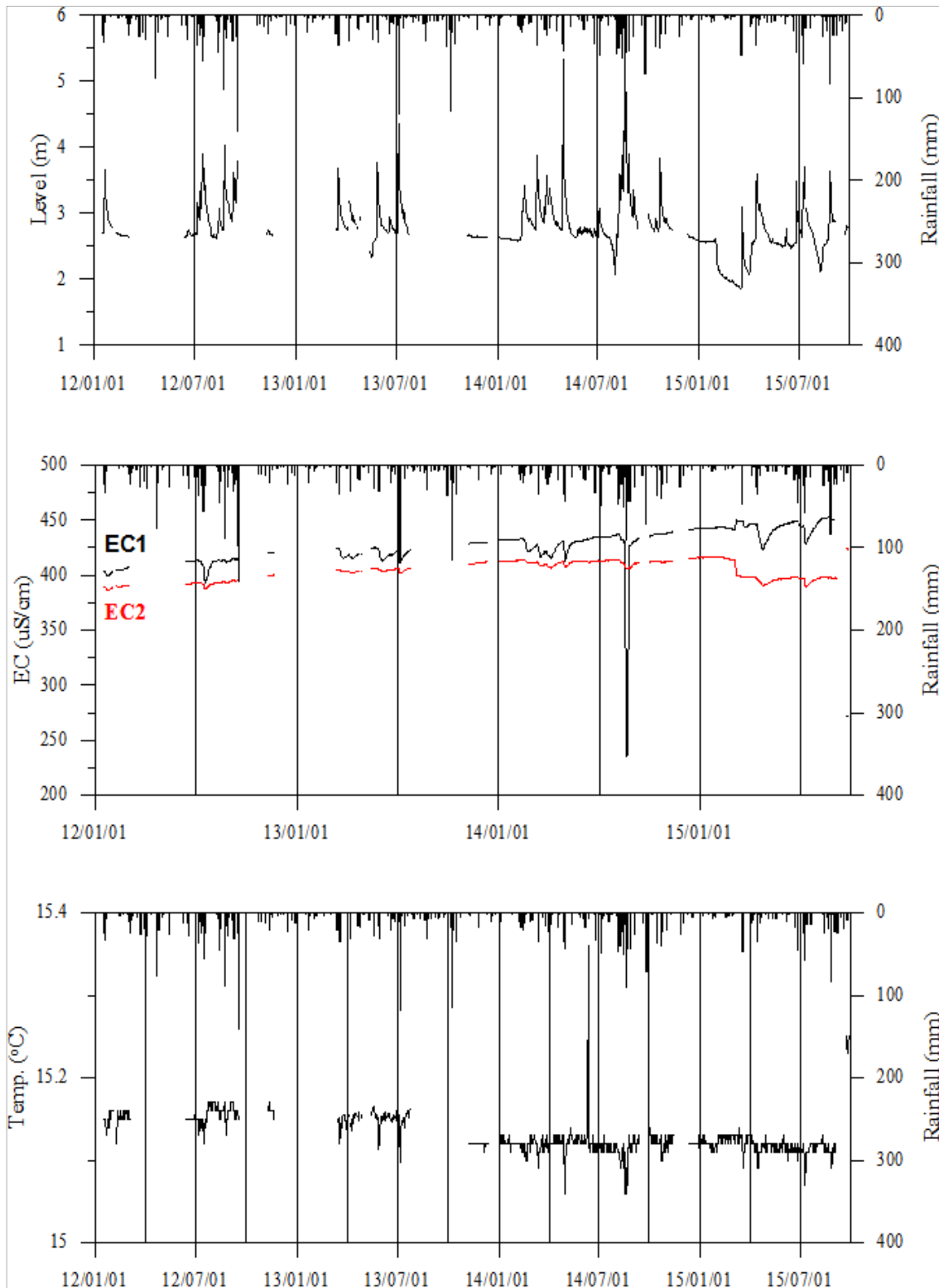
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
곡강1	2011	1.09	0.78	1.52	14,723	14,408	15,022	14,849	14,507	15,191
	2012	1.07	0.70	1.86	15,438	13,068	15,792	15,557	15,286	15,804
	2013	1.06	0.82	1.40	14,707	11,686	16,027	15,928	15,823	16,041
	2014	0.91	0.75	1.43	1,570	64	12,184	16,299	16,146	16,387
	2015	0.97	0.71	1.33	13,084	10,972	16,928	16,493	16,228	16,667
곡강2	2012	2.91	2.62	4.02	409	393	420	392	387	399
	2013	2.90	2.33	4.35	419	412	425	404	402	406
	2014	2.83	2.30	5.34	429	412	436	412	407	414
	2015	2.53	1.86	3.70	440	272	453	402	389	424

6. 장기관측 결과



<곡강1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.09.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<곡강2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.09.30)>

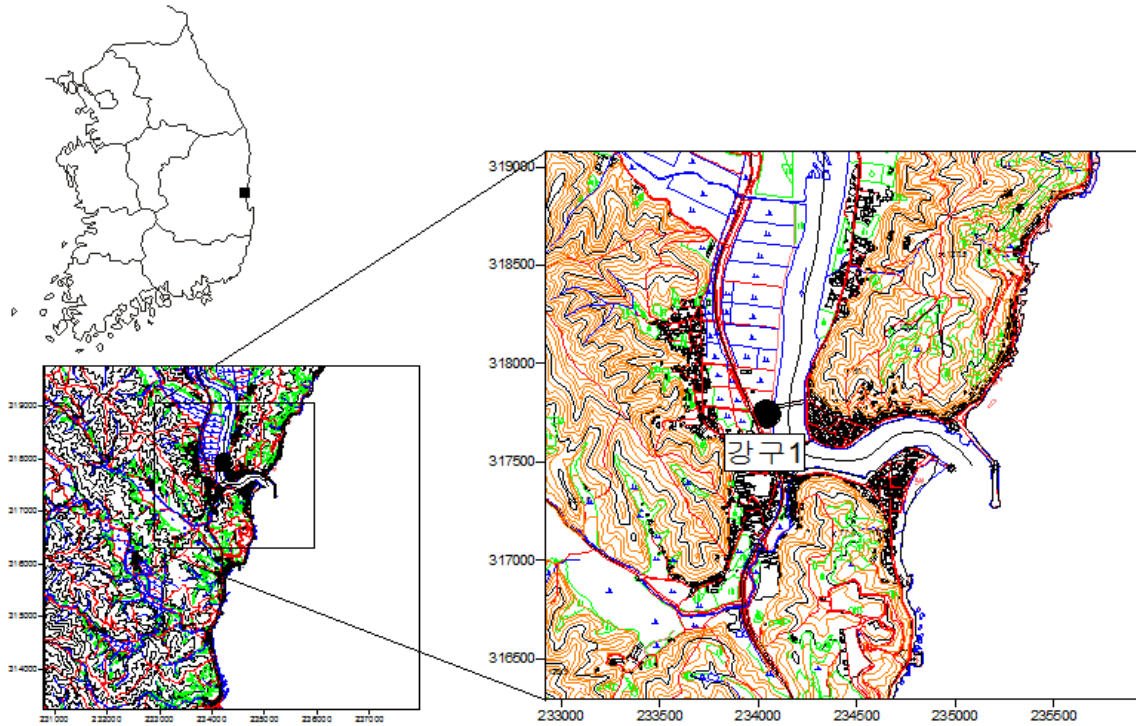
(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 곡강1 관측공은 포항시 흥해읍에 위치하고 있으며, 장기관측 결과 해수침투 영향이 나타나 내륙 쪽으로 곡강2 관측공을 추가 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 곡강1 관측공은 지표 하 35 m 에서(케이싱하부 구간) 전기전도도 값이 약 $11,500 \mu S/cm$ 에서 약 $15,500 \mu S/cm$ 로 급격히 증가하는 전이대 구간이 나타났으며, 해수유입 영향이 큰 관측공으로 분석되었다. 곡강2 관측공은 개발당시(2011년)을 제외하고는, 전이대 구간 없이 전기전도도 값은 $400 \mu S/cm$ 이하이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 곡강1 관측공은 Na-Cl 유형에 해당하며, 곡강2는 우세한 양이온, 음이온이 없으나 대체로 (Na+K)-HCO₃유형이다. 곡강1 관측공의 Cl/HCO₃ 몰비는 76.36으로 심한 정도의 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었으며, 곡강2 관측공은 1.46으로 해수의 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 곡강1 관측공의 EC1, EC2의 평균은 2013년까지 $14,707 \sim 15,438 \mu S/cm$, $14,849 \sim 15,928 \mu S/cm$ 범위였다. 그러나, 2014년에는 전이대의 하강으로 EC1의 연평균 전기전도도는 $1,570 \mu S/cm$ 로 감소했다가 2015년에 다시 $13,084 \mu S/cm$ 로 상승했다. EC2는 관측공 개발 이후 증가추세이다. 곡강2 관측공의 EC1, EC2는 평균이 $400 \mu S/cm$ 내외로 담수임을 보인다.
- 5) 장기관측결과 : 곡강1 관측공의 평균 지하수 수위는 2015년 0.97 m 이며, 강수에 의한 지하수 수위 변동폭은 연간 1 m 내외이다. 곡강2 관측공 평균 지하수 수위는 2.53 m이며, 수위 변동폭은 연간 3 m 내외이다. 곡강1, 2 관측공 지하수 수위는 강수에 민감하게 반응한다. 곡강1, 2 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이후 증가추세이다.
- 6) 관리 방안 : 곡강1 관측공은 해수침투 영향을 받았고, 곡강1, 2 관측공 공통적으로 전기전도도가 증가추세이다. 향후 지하수 이용에 따른 해수침투 경향이 증가할 가능성에 대비하여 지속적인 관측을 통하여 점검하여야 한다.

2.6.3 강구지구

1. 위치

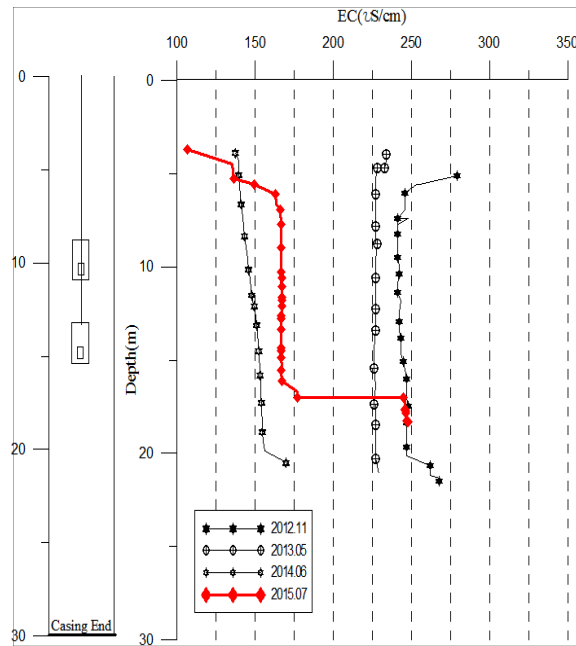


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
강구1	영덕군 강구면 오포리 95-4	234045.69	317758.217	6.17	2012	890	3.60

2. 지형 및 지질

이 지역은 영덕군 강구면 오포리에 위치하고, 수계는 7번 국도를 따라 관측공의 동편으로 오십천이 남하하여 동해로 접어든다. 농경지는 해안선과 나란하게 오십천을 따라 넓게 분포하고 있다. 지질은 쥬라기의 자색사암과 역암으로 구성된 오천동층과 상부에는 반암 및 반암질 응회암으로 구성된 입봉반암층이 조사지역 서측으로 산지를 형성하고 있으며 이를 관입한 화강암이 북동방향으로 해안선을 따라 대상으로 분포하고 있다. 제4기 신기 하성층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하며 넓은 농경지를 형성하고 있다.

3. 지하수 검층



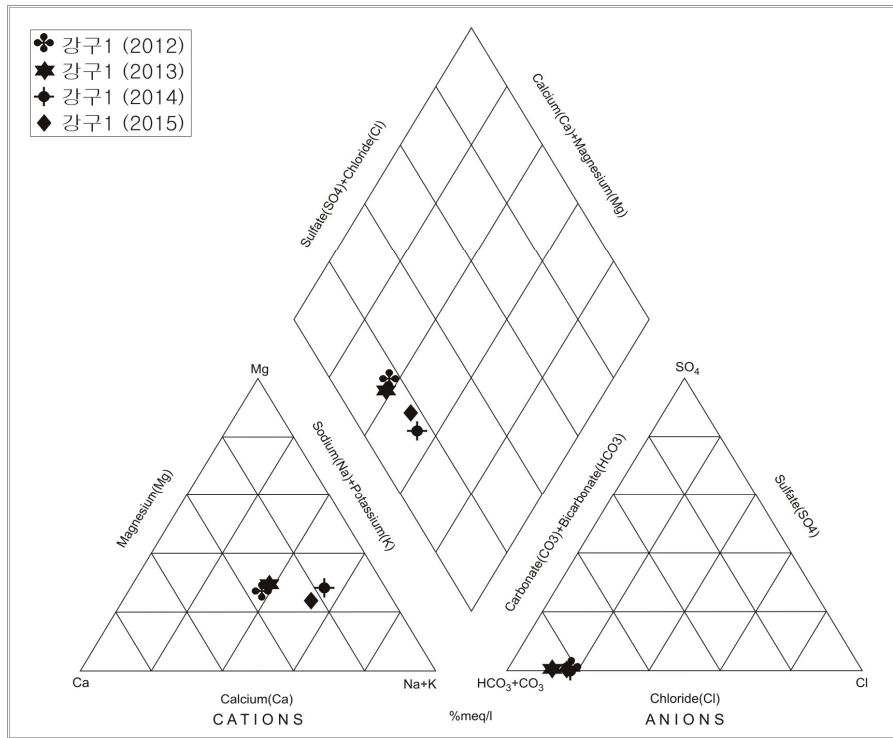
<강구1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
강구1	(2012.11)	20.80	10.41	8.74	20.16	2.23	16.11	137.27	ND
	(2013. 5)	18.49	8.69	6.29	16.47	0.75	10.56	140.30	0.07
	(2014. 6)	20.71	7.05	8.19	7.51	0.38	11.67	103.70	0.08
	(2015. 7)	17.98	5.38	6.81	8.35	0.41	10.85	91.5	0.03



<강구지구 관측망의 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

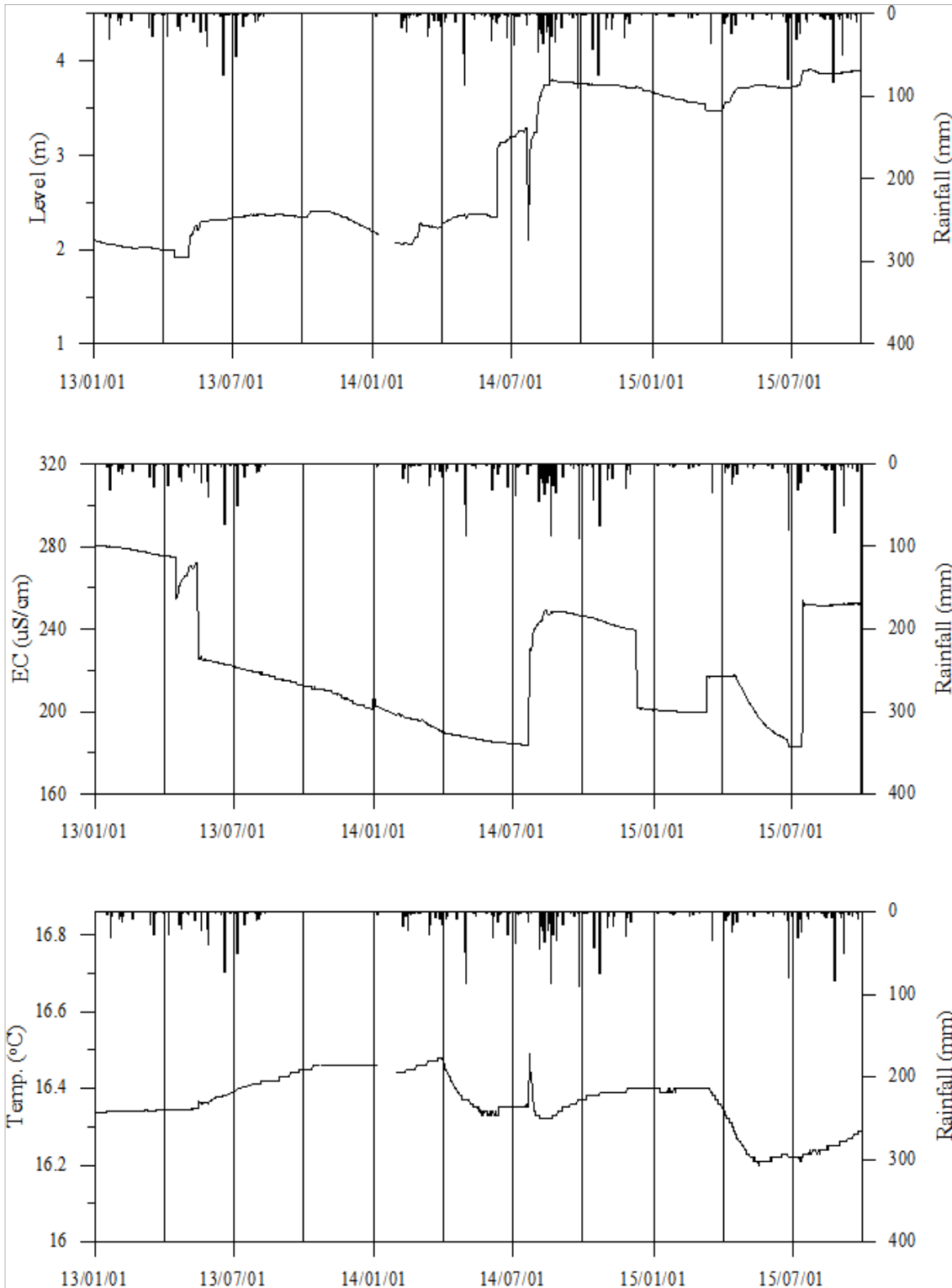
구 분	관측공	
	년. 월	강구1
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.11	0.20
	2013. 5	0.13
	2014. 6	0.19
	2015. 7	0.20

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
강구1	2013	2.13	1.92	2.37	256	219	281	-	-	-
	2014	2.50	2.05	3.29	192	184	241	-	-	-
	2015	3.71	3.47	3.91	216	183	254	-	-	-

6. 장기관측 결과



<강구1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.09.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

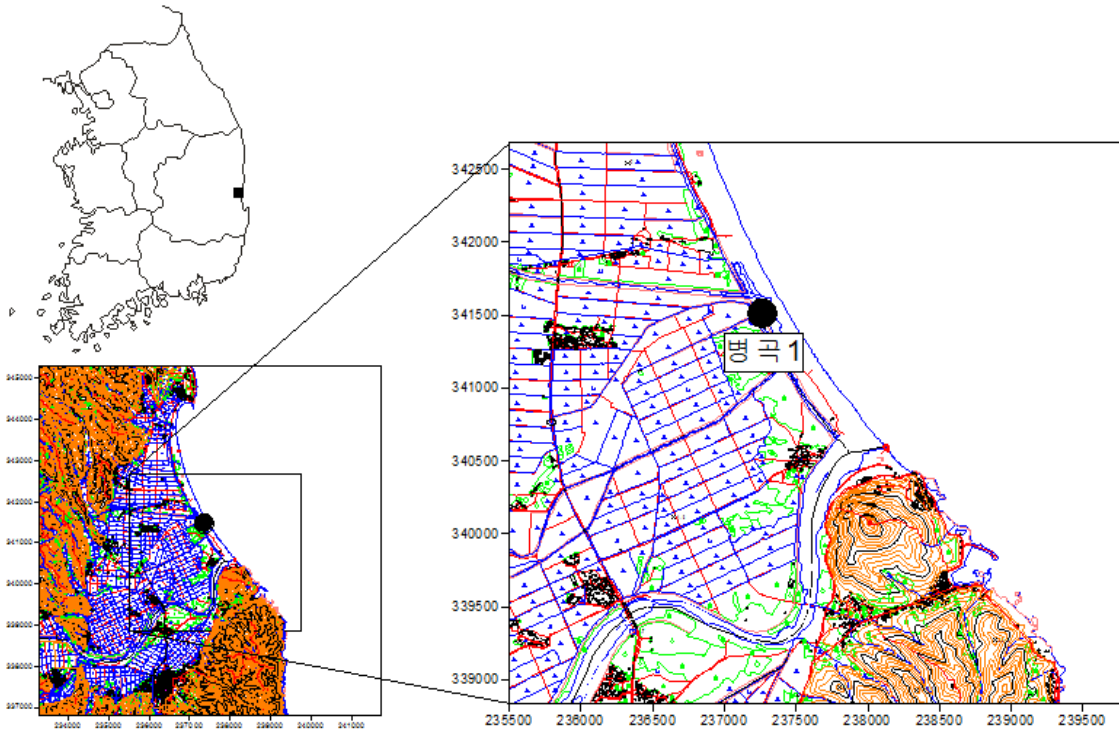
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 강구1 관측공은 영덕군 강구면에 위치하고, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 16 점으로 48%에 해당하여 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 강구1 관측공은 지표 하 30 m 까지 전 구간에 케이싱이 설치되어 있어 전이대 구간이 보이지 않으며, 전기전도도 값은 약 300 $\mu S/cm$ 이하이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 강구1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.20으로 해수의 영향이 나타나지 않는다.
- 4) 연도별 관측결과 : 강구1 관측공의 연평균 지하수 수위 변동폭은 약 1.6 m 내외, 평균 전기전도도는 192 ~ 256 $\mu S/cm$ 으로서 담수 특성을 나타낸다.
- 5) 장기관측결과 : 강구1 관측공의 지하수 수위 변동폭은 2.0 m 내외이며, 전기에 감소하고 우기에 증가하는 경향을 보인다. 전기전도도는 관측공 개발이후 꾸준히 감소하다가 2014년 8월 이후 증가하는 경향을 나타낸다.
- 6) 관리 방안 : 강구지구는 관측자료 상 해수침투 영향이 없는 것으로 나타났지만, 관측공 개발 시 낮은 개발심도, 관측공 전구간 케이싱 설치 등으로 인해 심부 대수층으로의 해수유입을 규명하기 어려웠다. 따라서, 강구1 관측공의 추가굴착 또는 인근에 60 m 심도 이상의 신규 관측공을 설치하여 강구지구의 해수침투 발달여부를 더욱 상세히 관측하여야 한다.

2.6.4 병곡지구

1. 위치

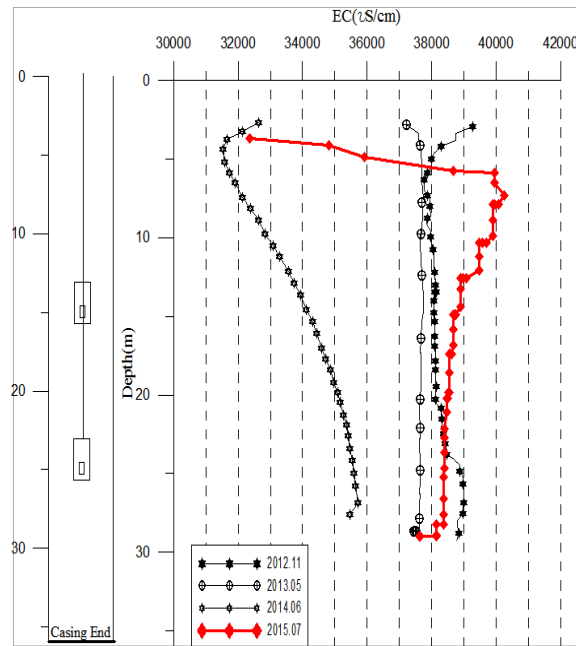


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
병곡1	영덕군 병곡면 덕천리 1-58	237453.37	341329.24	2.55	2012	100	2.56

2. 지형 및 지질

이 지역은 영덕군 병곡면에 위치하며, 수계는 조사지역 남쪽으로 송천이 유하하여 동해로 접어든다. 또한, 해안과 인접하여 충적층이 발달하여 농경지가 넓게 분포하고 있다. 지질은 시대미상의 편상화강암이 송천을 경계로 조사지역 동남쪽에 분포하고 이를 부정합으로 쥬라기 자색사암 및 역암으로 구성된 오천동층이 북동방향으로 서쪽에 대상으로 자리하고 있다. 제3기 연일통인 영해 역암층이 조사지역 북쪽으로 국소적으로 분포하고 제4기 충적층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



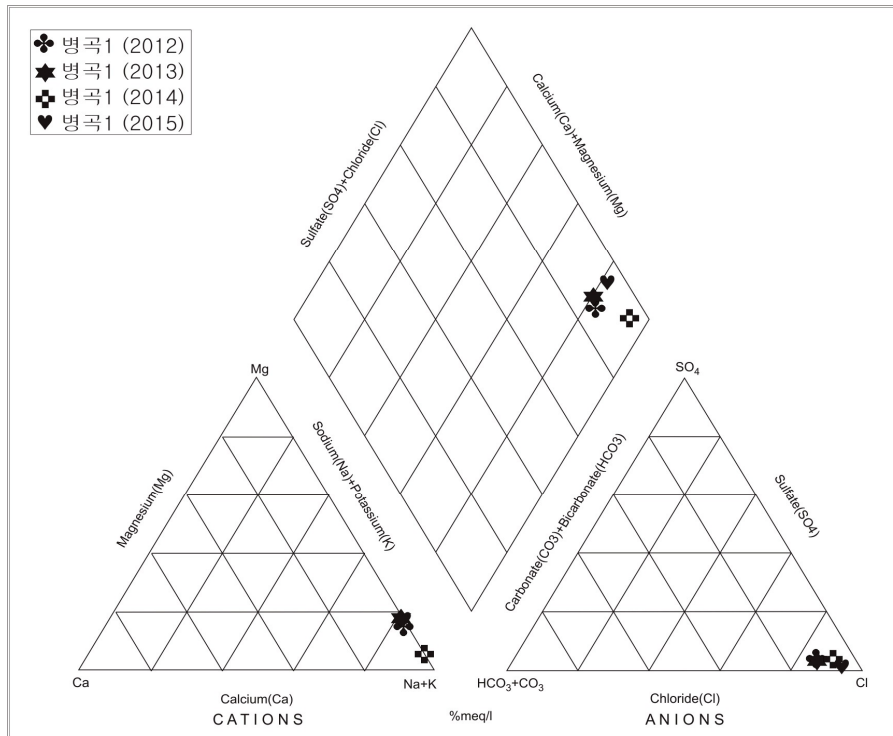
<병곡1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
병곡1	(2012.11)	8324.86	828.03	145.59	123.65	511.84	12325.59	2745.00	37.44
	(2013. 5)	7422.11	890.65	316.51	118.86	565.06	11897.70	2571.19	98.93
	(2014. 6)	9031.56	333.24	317.02	72.37	397.55	12421.24	2049.60	ND
	(2015. 7)	8123.30	907.14	405.52	52.83	311.99	14377.86	2229.6	64.17



<병곡지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	
	년. 월	병곡1
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.11	7.72
	2013. 5	7.88
	2014. 6	10.41
	2015. 7	11.10

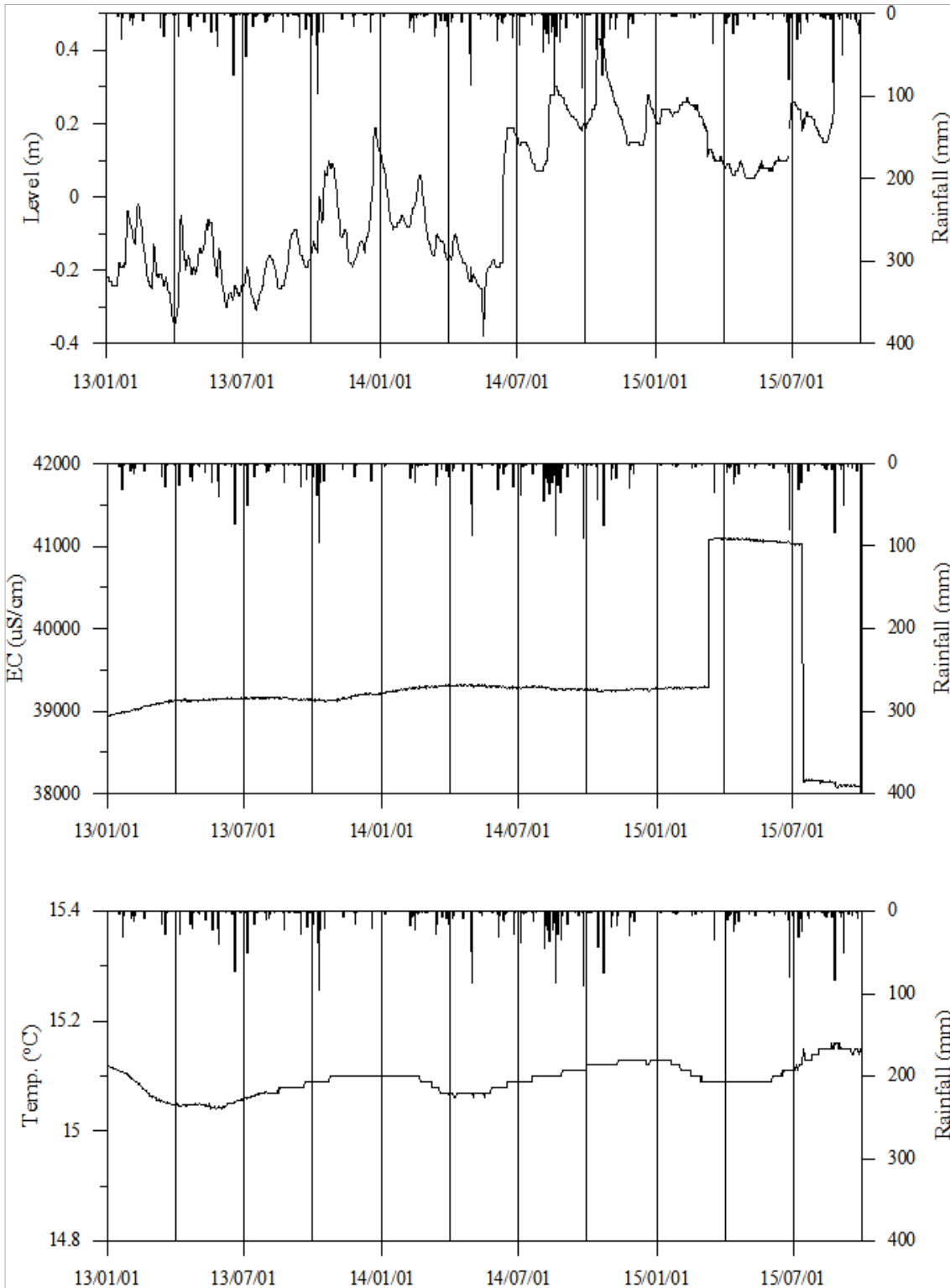
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
병곡1	2013	-0.17	-0.35	0.10	39,114	38,937	39,173	-	-	-
	2014	-0.06	-0.38	0.19	39,288	39,220	39,324	-	-	-
	2015	0.20	0.05	0.58	39,759	38,078	41,098	-	-	-

6.

장기관측 결과



<병곡1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.09.30)>

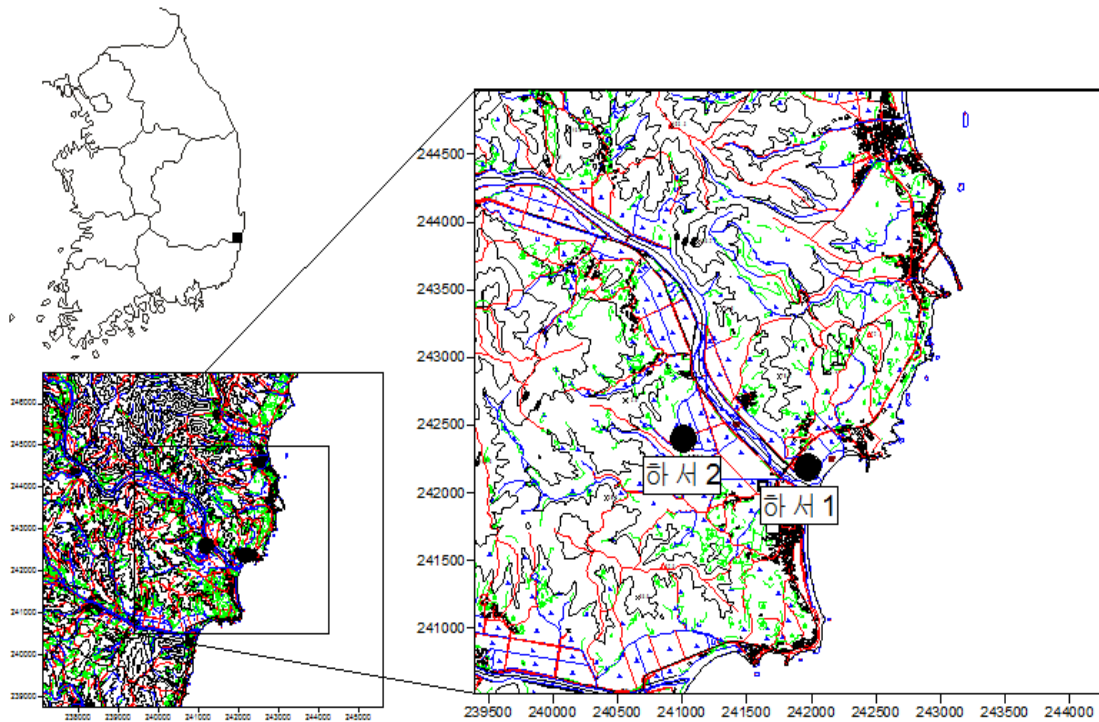
(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 병곡1 관측공은 영덕군 병곡면 유역에 위치하고, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 19점으로 58%에 해당하여 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 병곡1 관측공은 전 구간에 케이싱을 설치하였으나 공저면으로 해수가 유입되어 전 구간 약 $31,000 \mu S/cm \sim 40,000 \mu S/cm$ 의 전기전도도 값의 분포를 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 병곡1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 11.10으로 분석되어 해수의 영향을 많이 받고 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 병곡1 관측공의 연평균 지하수 수위 변동폭은 1 m 이내, 평균 전기전도도는 $39,114 \sim 39,759 \mu S/cm$ 로서 해수침투가 심하게 발생하여 영농에 활용이 불가능하다.
- 5) 장기관측결과 : 병곡1 관측공의 지하수 수위는 2014년 ~ 2015년 가뭄에도 불구하고 2014년 풍수기부터 증가하는 추세이다. 전기전도도는 2015년 2월에 큰 폭으로 증가했다가 7월부터는 감소하는 추세로 향후 꾸준한 장기관측을 통하여 관측공 주변 지하수의 변화를 살펴보아야 한다.
- 6) 관리 방안 : 병곡지구는 관측자료 상 해수침투가 활발히 일어나는 것으로 나타났다지만, 관측공 개발 시 낮은 개발심도, 관측공 전 구간 케이싱 설치 등으로 인해 심부 대수층으로의 해수유입을 규명하기 어려웠다. 따라서, 병곡1 관측공의 추가굴착 또는 인근에 60 m 심도 이상의 신규 관측공을 설치하여 병곡지구의 전이대 위치 및 해수침투 발달여부를 더욱 상세히 관측하여야 할 것이다.

2.6.5 하서지구

1. 위치

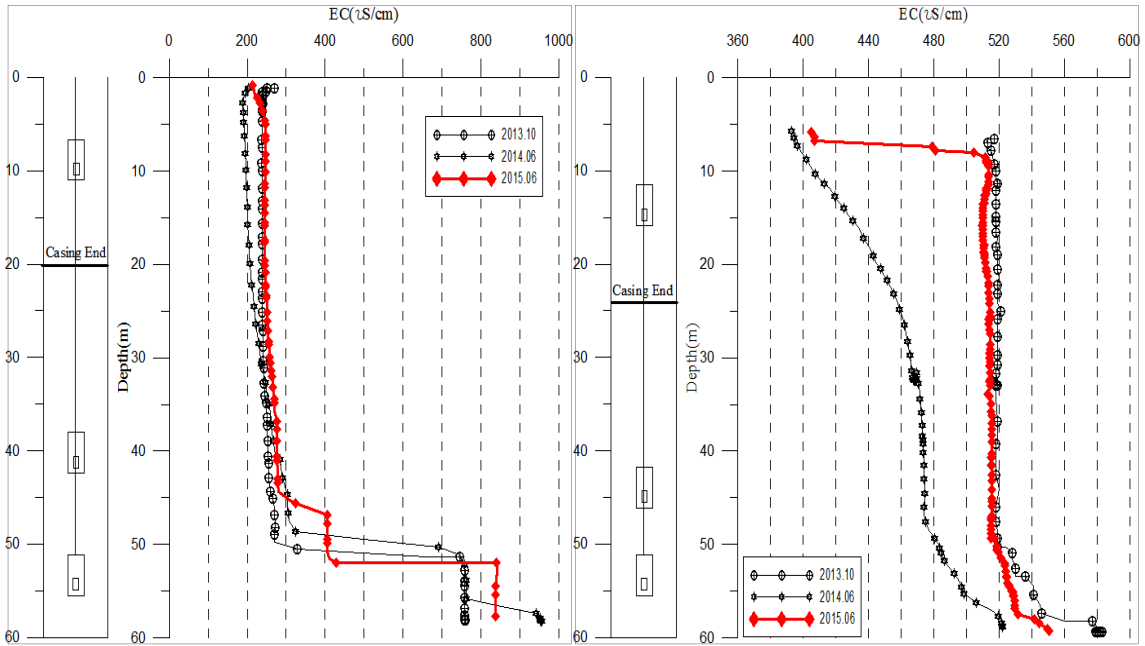


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
하서1	경주시 양남면 하서리 461-3	241977.7983	242179.2343	3.076	2013	100	0.50(TOC)
하서2	경주시 양남면 하서리 1470-1	241016.2245	242406.1587	10.614	2013	1,300	6.80(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 경주시 양남면 하서리 해안에 인접한 전형적인 어촌마을로서, 지역주민들의 주식 생산을 위한 농경지가 계곡을 따라 펼쳐져 있다. 하서분지 기반암은 백악기 울산층이며 부분적으로 혼펠스질을 띠는 녹회색 및 암회색 이암이 우세하며, 안산암질 응회암과 응회암질 퇴적암이 나타나고 있으며 유문암질 응회암이 일부 산출된다.

3. 지하수 검층



<하서1 관측공>

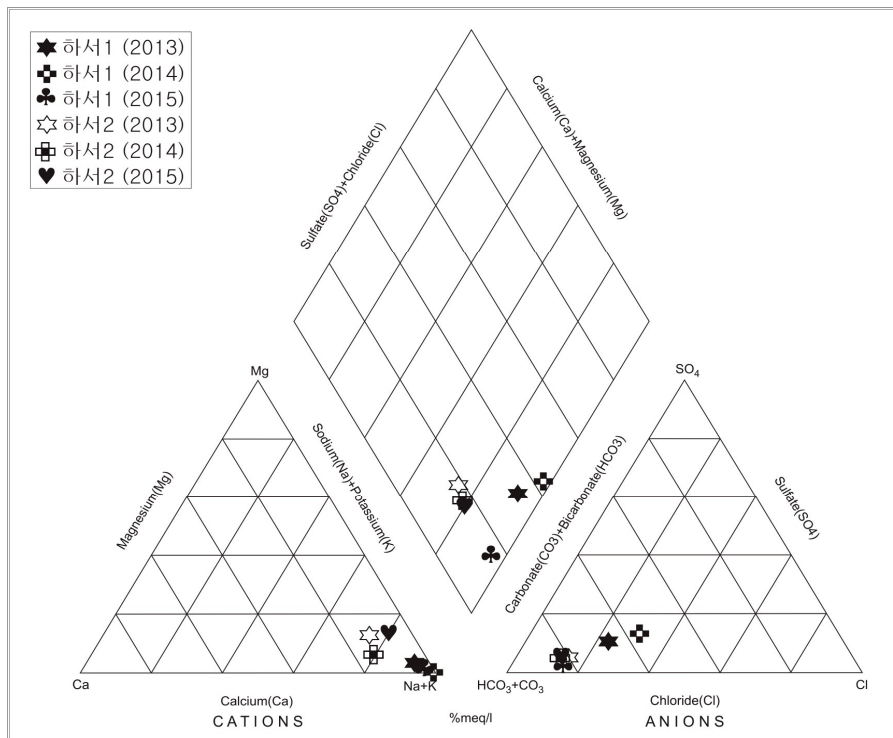
<하서2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
하서1	(2013.10)	59.93	0.81	2.01	1.69	13.77	23.98	125.05	0.09
	(2014. 6)	113.85	0.35	1.76	1.23	28.65	53.63	166.23	ND
	(2015. 7)	62.16	0.50	2.04	1.19	2.14	12.48	137.3	0.03
하서2	(2013.10)	95.75	8.34	4.42	13.83	14.96	26.46	265.35	0.09
	(2014. 6)	88.93	6.01	3.55	11.42	11.99	20.12	234.85	ND
	(2015. 7)	94.89	7.97	4.80	8.97	12.32	19.45	256.20	0.09



<하서지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

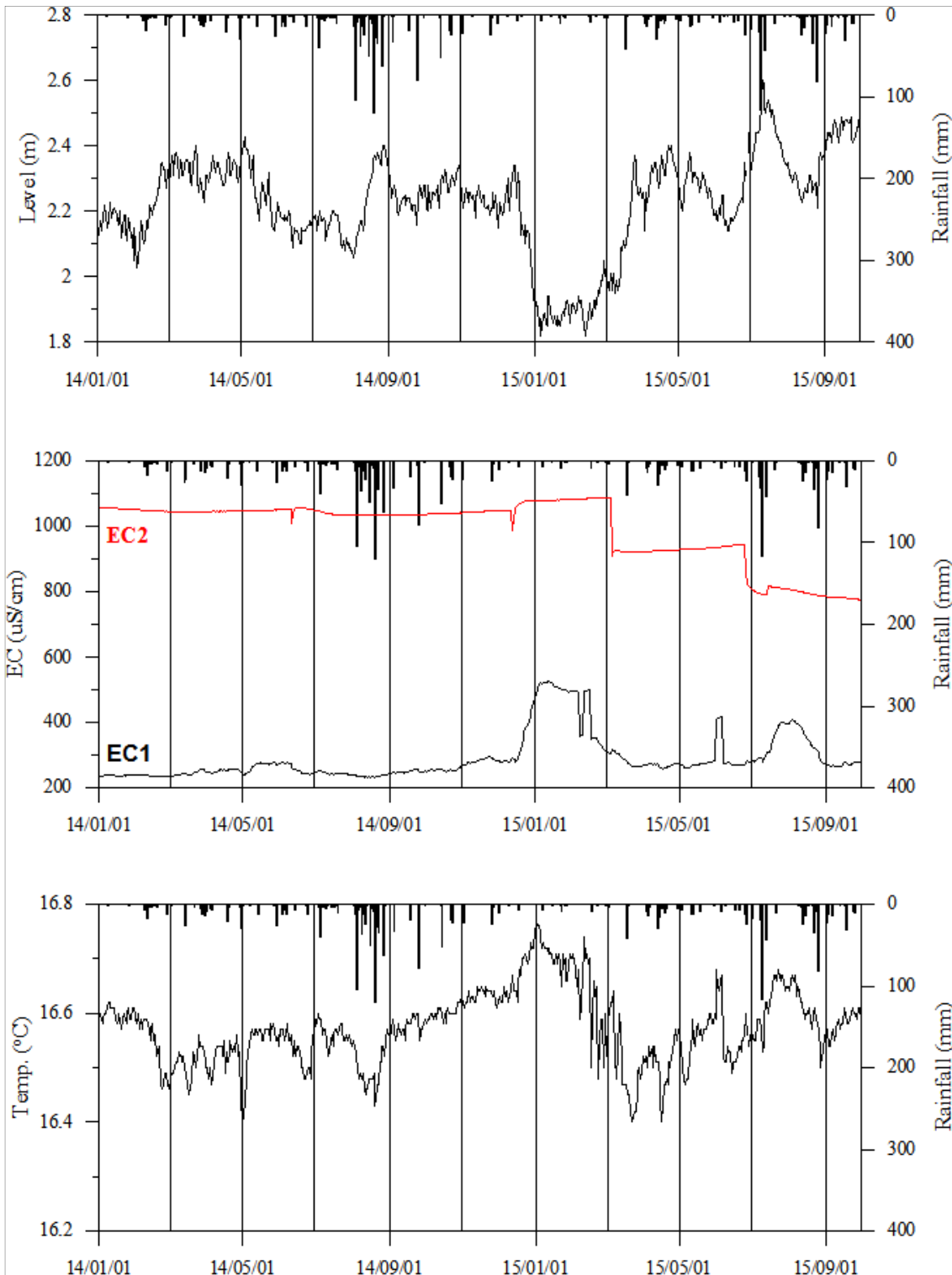
구 분	관측공		
	년. 월	하서1	하서2
Cl/HCO ₃ 몰비	2013. 10	0.33	0.17
	2014. 6	0.54	0.15
	2015. 7	0.16	0.13

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

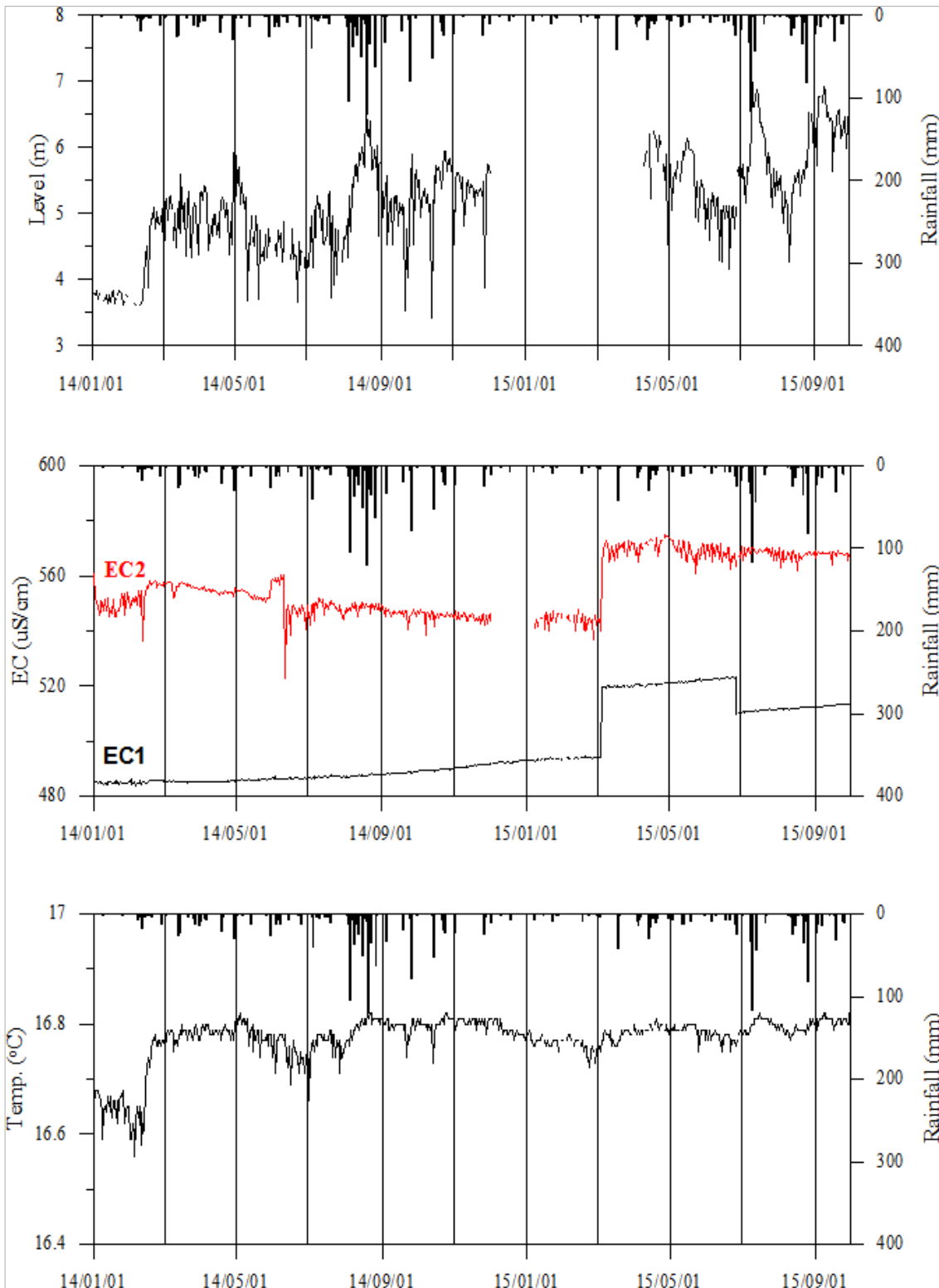
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
하서1	2014	2.23	2.03	2.43	248	233	277	1,047	1,010	1,057
	2015	2.22	1.82	2.60	332	259	526	917	775	1,088
하서2	2014	4.62	3.61	6.06	486	484	488	552	523	561
	2015	5.71	4.17	6.98	512	493	523	564	537	575

6. 장기관측 결과



<하서1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.09.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<하서2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.09.30)>

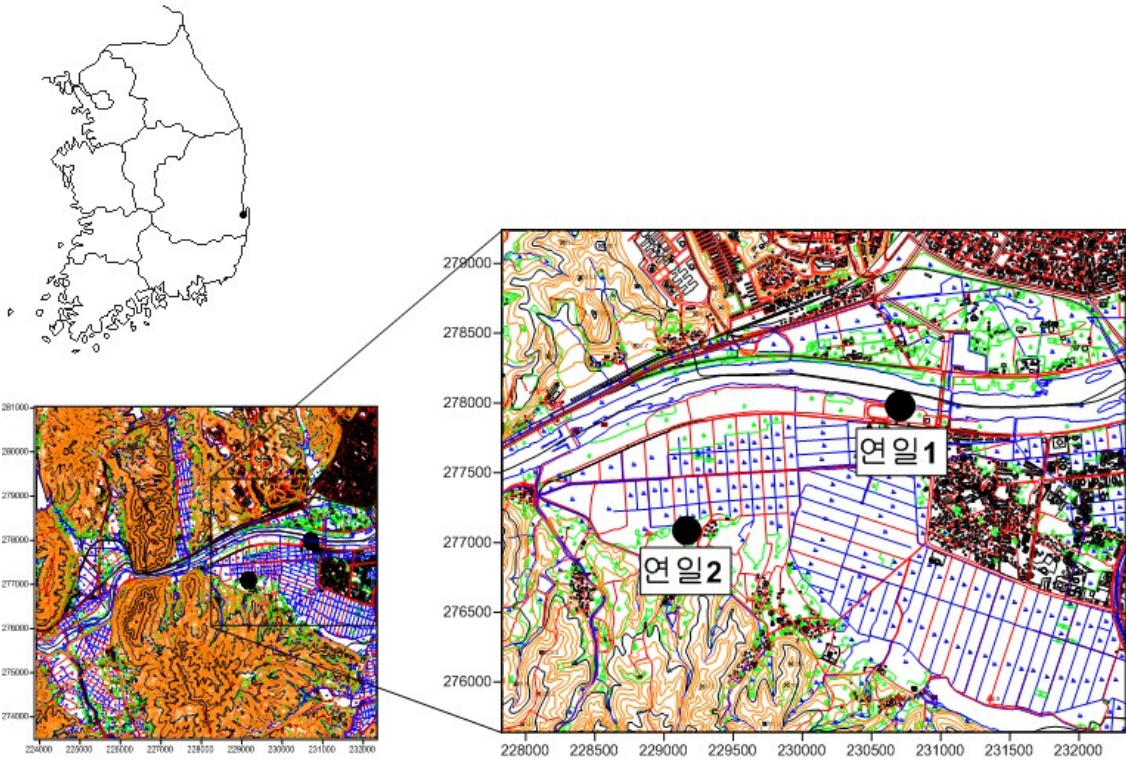
(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 하서1, 2 관측공은 경주시 하서면 해안에 위치한다. 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 13점으로 상대적으로 낮은 점수에 속하지만, 조수간만에 따른 염수의 유입이 우려되는 지역이다. 따라서, 해수침투 확산 방지 및 감시를 위한 관측공의 설치 및 운영이 요구되어 관측공이 설치되었다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 하서1, 2 관측공은 공통적으로 50 m 심도에서 전이대가 나타나는데, 그럼에도 불구하고 전이대 하부구간의 수질은 답작에 가능한 전기전도도(하서1, 1,000 $\mu S/cm$ 이하; 하서2, 600 $\mu S/cm$ 이하)로 나타난다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 하서1, 2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 하서1, 2 관측공 각각 0.16, 0.13으로 분석되어 현재까지 해수의 영향은 거의 없다.
- 4) 연도별 관측결과 : 하서1 관측공의 연평균 지하수 수위 변동폭은 1.0 m 이내, 2015년 평균 전기전도도는 EC1, EC2 각각 332 $\mu S/cm$, 917 $\mu S/cm$ 로서 현재까지 답작에 활용이 가능하다. 하서2 관측공의 연평균 지하수 수위 변동폭은 3.0 m 이내, 평균 전기전도도는 EC1, EC2 각각 493 $\mu S/cm$, 564 $\mu S/cm$ 로서, 하서1과 마찬가지로 현재까지 답작에 활용이 가능하다.
- 5) 장기관측결과 : 하서지구 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 하서1 관측공의 수위 변동폭은 약 1.0 m 이내로 나타나고 있으며, 하서2 관측공은 약 5.0 m 내외이다. 또한, 하서1 관측공의 EC1 센서에서는 소폭 상승, EC2는 소폭의 하강 추세를 나타내고 있으며, 하서2 관측공에서는 EC1, EC2가 동일하게 소폭의 상승 추세를 보이고 있다.
- 6) 관리 방안 : 하서1, 2 관측공은 현재 해수침투의 영향이 미미하나 지속적으로 관측하여 해수의 영향 추이를 점검하여야 한다. 그리고, 과잉양수 시 해수침투 가속화가 우려되므로 향후 관측공 주변 지하수 이용에 유의하여야 한다.

2.6.6 연일지구

1. 위치

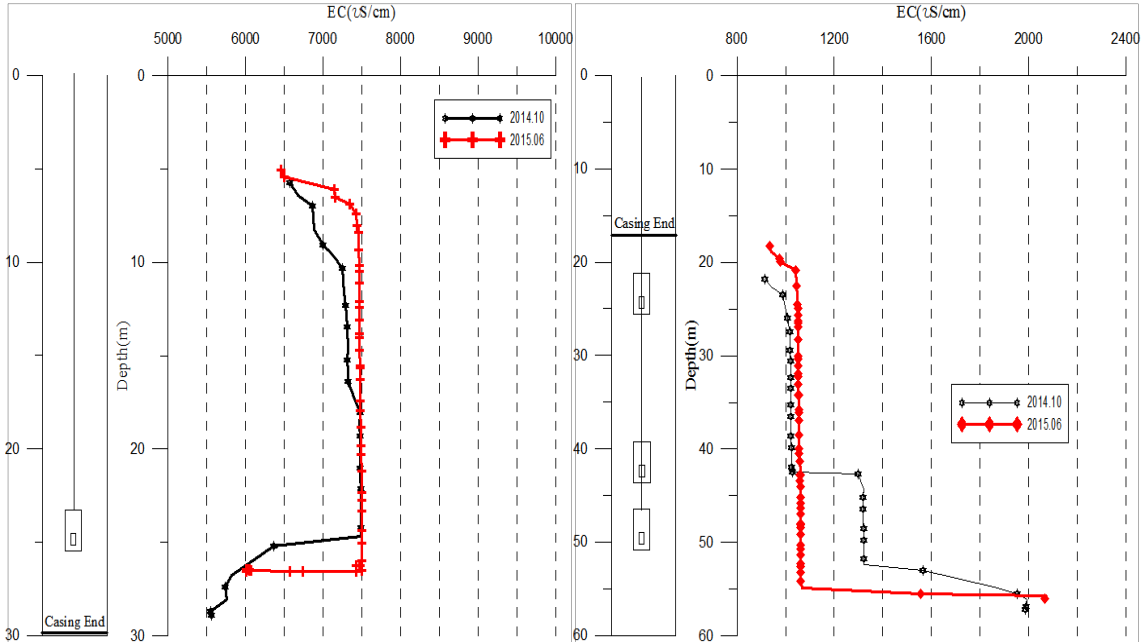


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
연일1	포항시 연일읍 생지리 411-2	230496.660	277768.450	3.565	2014	140	-1.22
연일2	포항시 연일읍 중단리 489-1	228953.441	276875.823	9.590	2014	900	-11.28

2. 지형 및 지질

포항시 남구 연일읍에 위치한 연일지구는 형산강 중-하류부에 위치하며, 주변에는 논이 넓게 자리하고 형산강 수변으로부터 각각 약 900 m, 140 m 거리에 위치한다. 연일지구는 신생대 미고결층으로 대수층 암질은 세립질 이암이며, 동해안의 조수간만 현상에 의해 형산강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하고 있다.

3. 지하수 검층



<연일1 관측공>

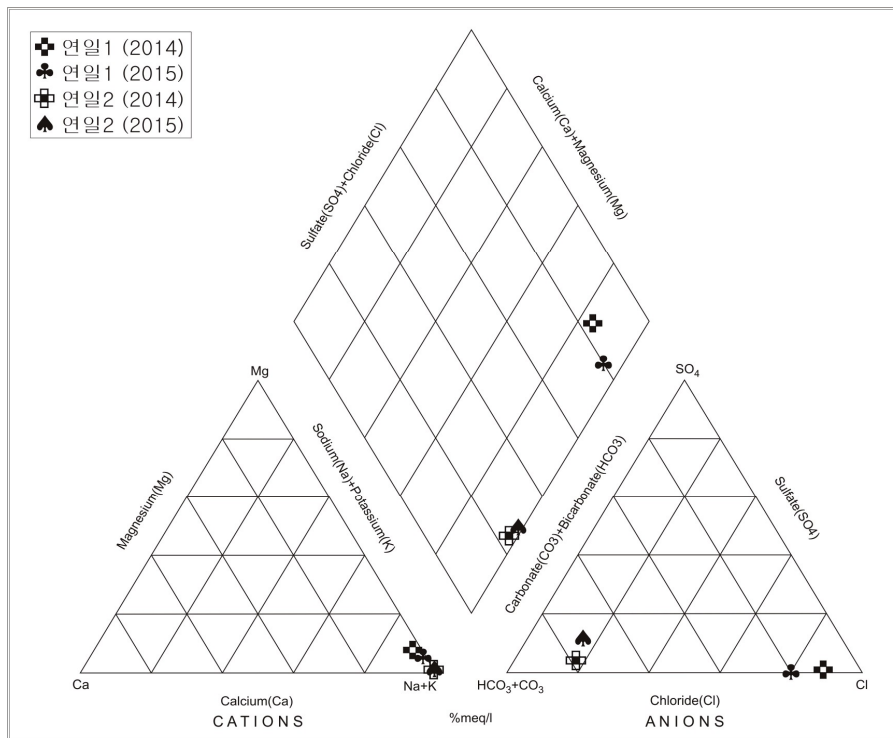
<연일2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
연일1	(2014.10)	1,251.44	76.61	63.02	26.39	5.14	1,846.61	517.01	7.14
	(2015. 7)	1,676.82	64.11	96.26	6.69	0.27	1,972.24	829.78	9.44
연일2	(2014.10)	260.09	0.68	1.79	2.17	32.84	63.03	478.85	ND
	(2015. 7)	260.27	0.58	2.05	1.52	56.25	55.56	439.22	ND



<연일지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

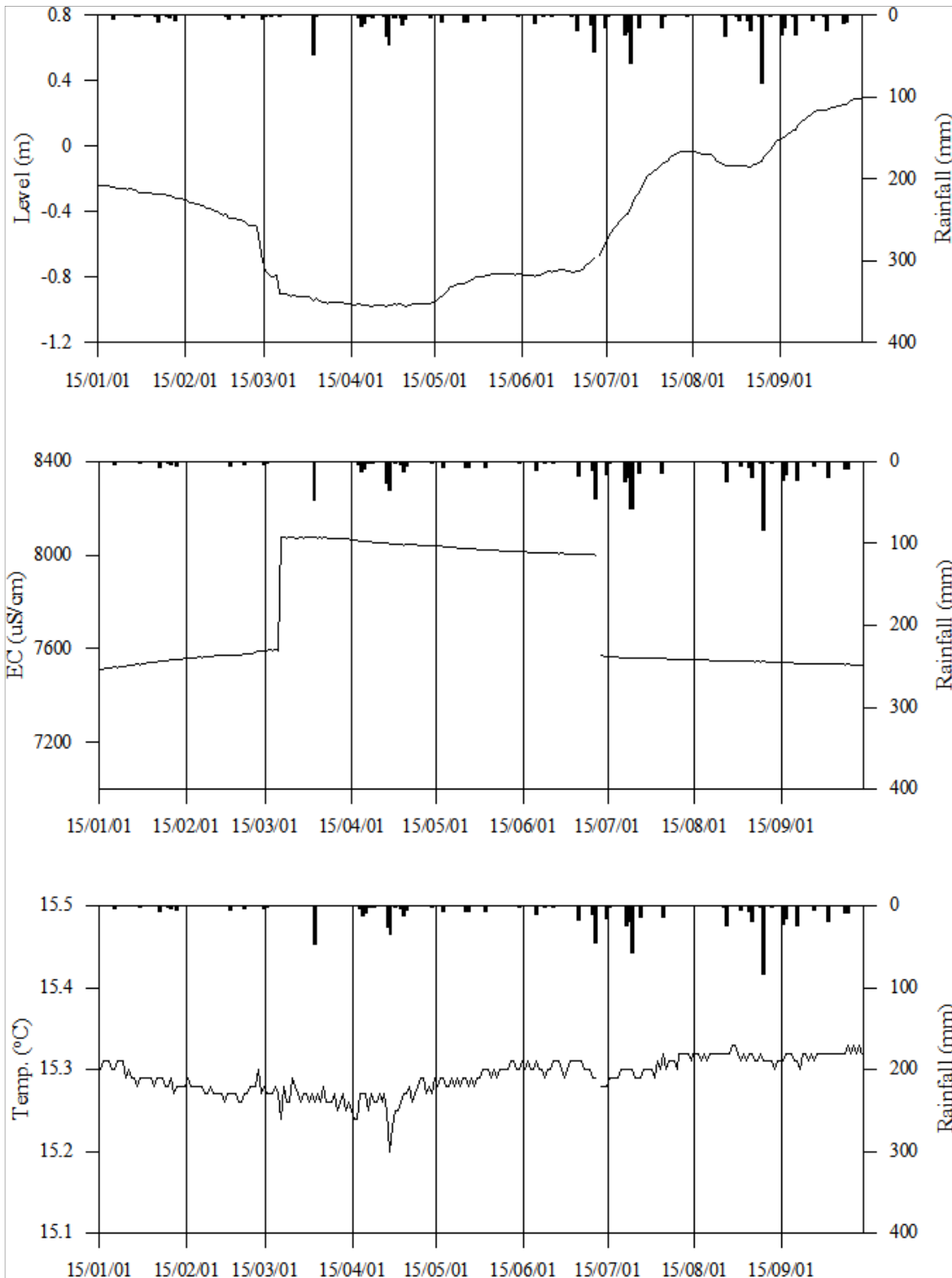
구 분	관측공		연일1	연일2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.10		5.96	0.23
	2015. 7		4.09	0.22

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

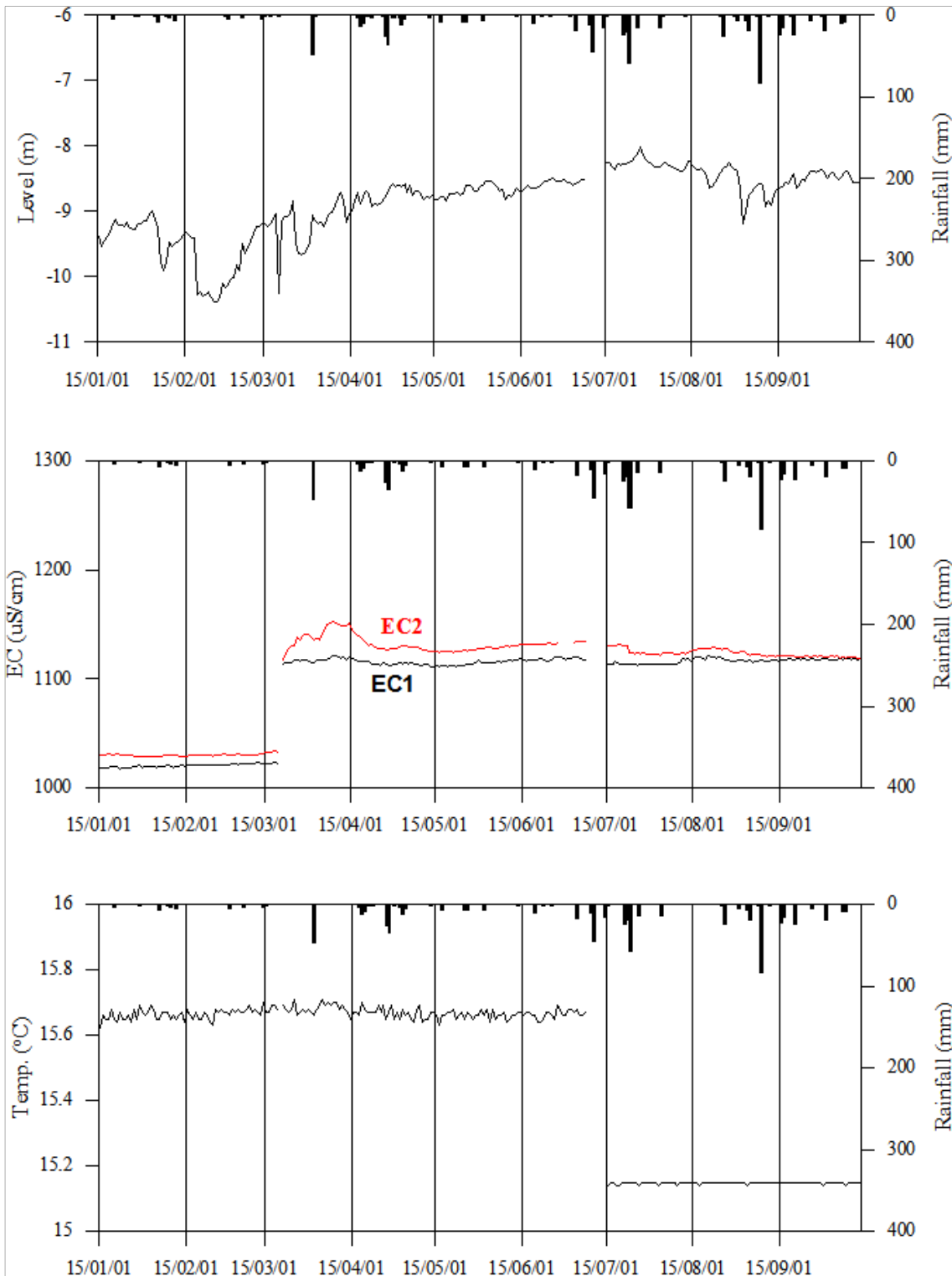
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
연일1	2015	-0.47	-0.98	0.29	7,754	7,512	8,077	-	-	-
연일2	2015	-8.85	-10.39	-8.02	1,093	1,017	1,121	1,104	1,029	1,153

6. 장기관측 결과



<연일1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.09.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<연일2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.09.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

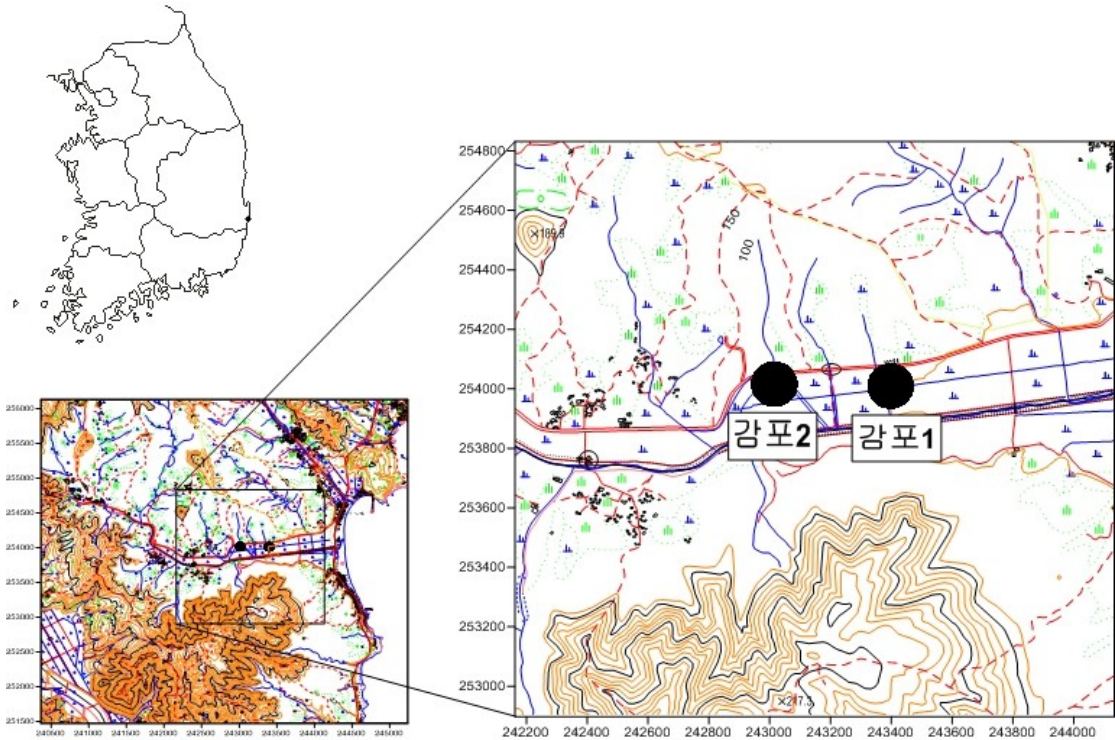
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포항시 남구 연일읍에 있는 연일지구는 형산강 중-하류부에 위치한다. 연일1 관측공은 바다로부터 약 5.5 km, 연일2 관측공은 7.5 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 형산강 수변으로부터는 각각 약 140 m, 900 m 정도 떨어져 있다. 동해안의 조수간만 현상에 의해 형산강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 연일1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 7,500 $\mu S/cm$ 이하이다. 연일2 관측공은 42 m, 52 m 심도에서 전이대가 발견된다. 이 결과 케이싱 하부에서 약 1,000 $\mu S/cm$ 의 지하수는 공저에서 약 2,000 $\mu S/cm$ 까지 증가한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 연일1 관측공은 Na-Cl 유형, 연일2 관측공은 Na-HCO₃ 유형이다. 따라서, 연일1 관측공은 해수침투가 발생하였고, 연일2 관측공은 해수침투 확산이 진행 중임을 알 수 있다. Cl/HCO₃ 몰비는 각 4.09, 0.22 로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 연일1 관측공의 지하수 수위 변동폭은 1.0 m 이내, 평균 전기전도도는 7,754 $\mu S/cm$ 로서 해수침투가 발생하여 영농에 활용이 불가능하다. 그러나, 지하수 수위 변동폭이 약 2.0 m 이내인 연일2 관측공의 EC1, EC2 전기전도도 평균은 1,093 ~ 1,104 $\mu S/cm$ 로 영농에 활용이 가능하다.
- 5) 장기관측결과 : 연일1, 2 관측공은 2015부터 관측을 시작하여, 현재까지의 관측결과로 수위, 전기전도도 및 수온의 경향을 단정짓기는 힘들다. 다만, 연일 1 관측공에서는 3 ~ 6월에 지하수위가 하강하였다가 풍수기인 7월부터는 상승하고, 연일2 관측공에서는 2월에 잠시 하강하였다가 꾸준히 상승하는 추세를 나타낸다. 연일1의 전기전도도는 지하수위 하강 시 상승하는 경향을 나타냈다가 지하수위가 상승 시 하강하는 경향을 나타낸다. 연일2 관측공에서는 EC1, EC2에서 동일하게 3월 말경 소폭 상승 한 뒤 유지하는 추세를 나타낸다.
- 6) 관리 방안 : 연일1 관측공은 형산강의 해수역류에 따라 해수침투가 발생하였고, 연일2 관측공 주변 지하수는 해수침투 확산 중이다. 따라서, 연일1 관측공 주변 지하수는 영농에 활용 불가능하고, 연일2 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제로 해수침투 확산을 방지할 필요가 있다.

2.6.7 감포지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
감포1	경주시 감포읍 전춘리 1226-11	243365.7415	254058.0875	16.040	2015	1,000	9.540
감포2	경주시 감포읍 팔조리 24-3	243066.4594	254036.6131	17.724	2015	1,400	9.724

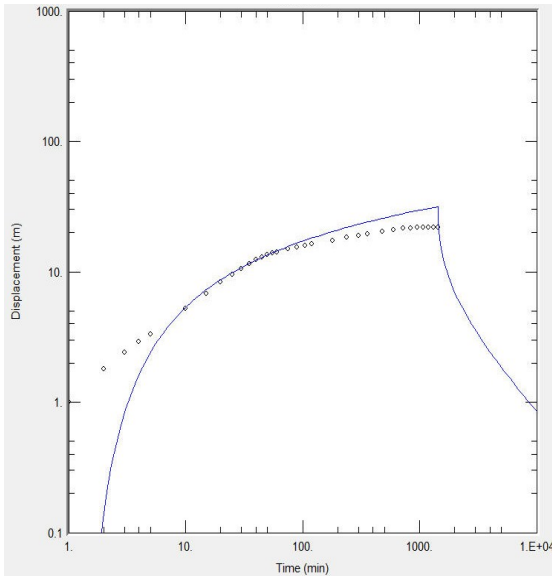
2. 지형 및 지질

경주시 감포읍에 위치한 감포지구는 대중천의 지류인 소하천 하류부에 위치하며, 주변에는 논이 넓게 자리한다. 관측공은 소하천 수변으로부터 각각 약 200 m 내외의 거리에 위치하며, 동해안의 조수간만 현상에 의해 소하천 수계를 따라 염수 유입 현상이 발생한다. 감포지구는 신생대 감포역암을 기반암으로 제4기 충적층이 피복하고 있으며, 대수층 암질은 조립질 역암이다.

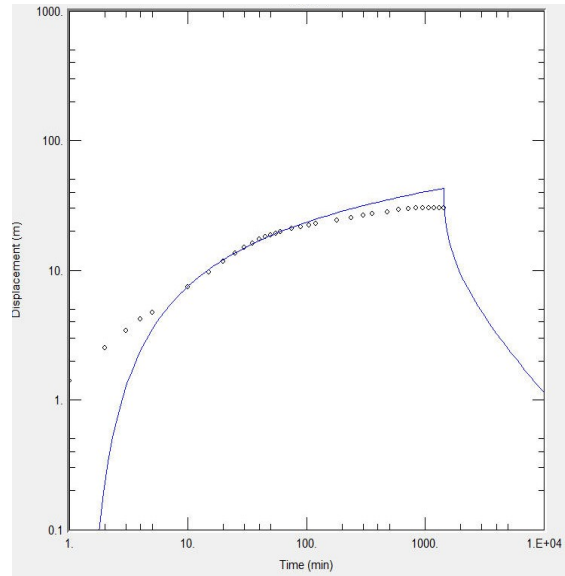
3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 감포1, 2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<감포1 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>



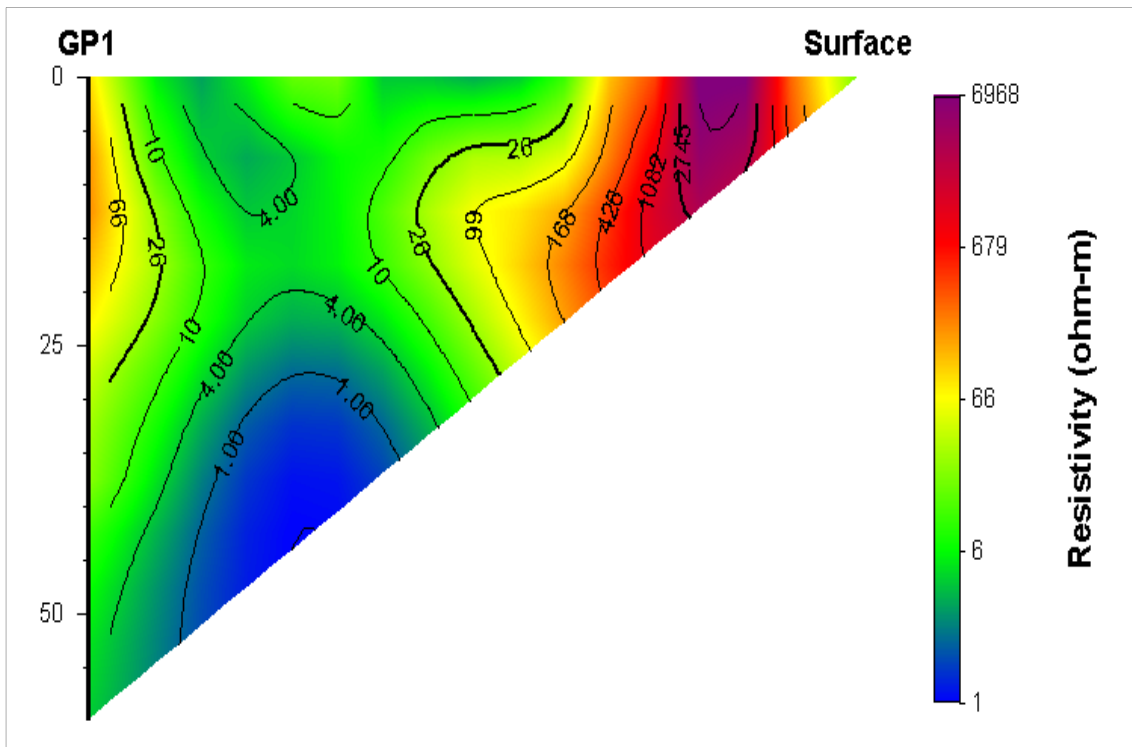
<감포2 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
감포1	30.0	0.4264	1.01×10 ⁻⁵	49.0
감포2	30.0	0.3110	4.63×10 ⁻⁶	77.0

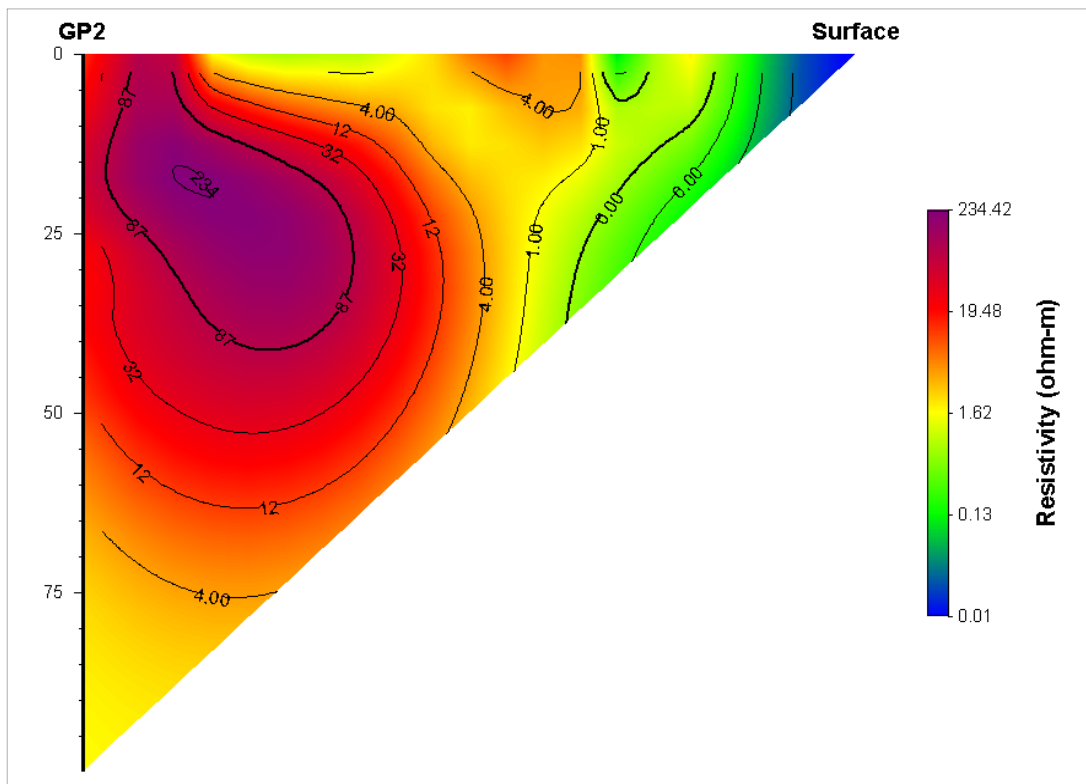
◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

감포1, 2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 11 m, 23 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



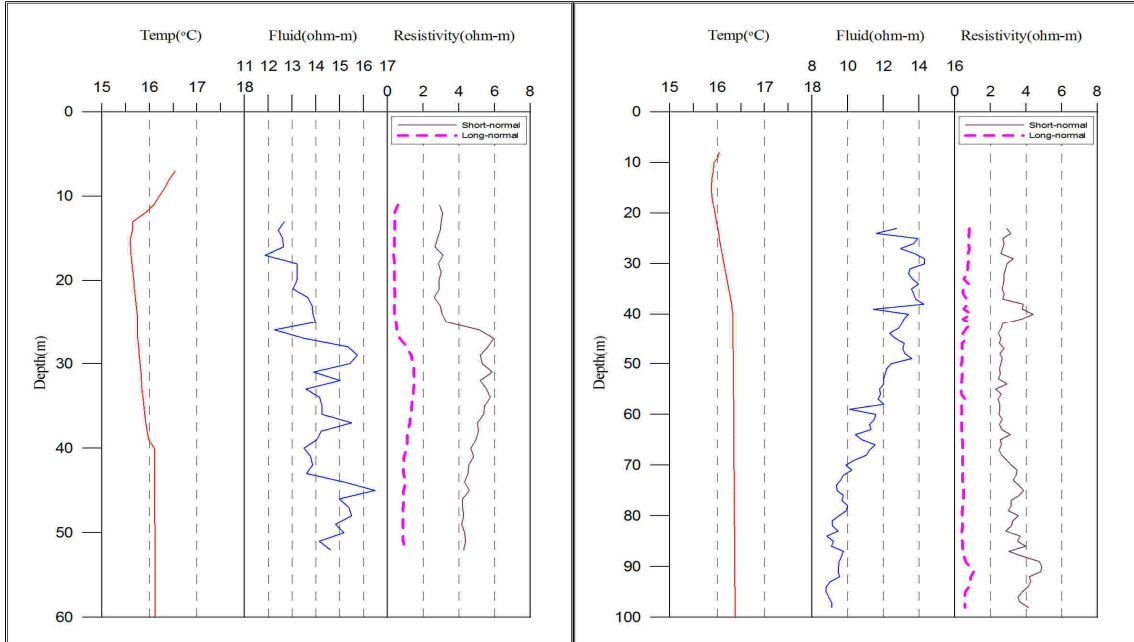
<감포1 관측공 토모그래피>



<감포2 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

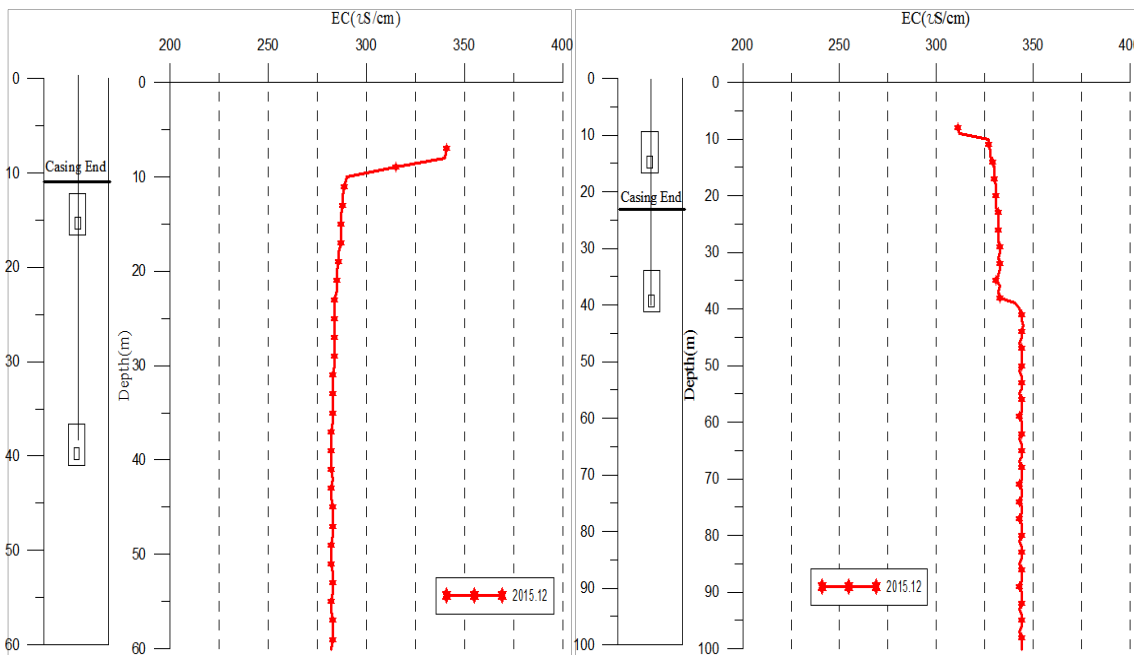
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<감포1 관측공 물리검층>

<감포2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<감포1 관측공>

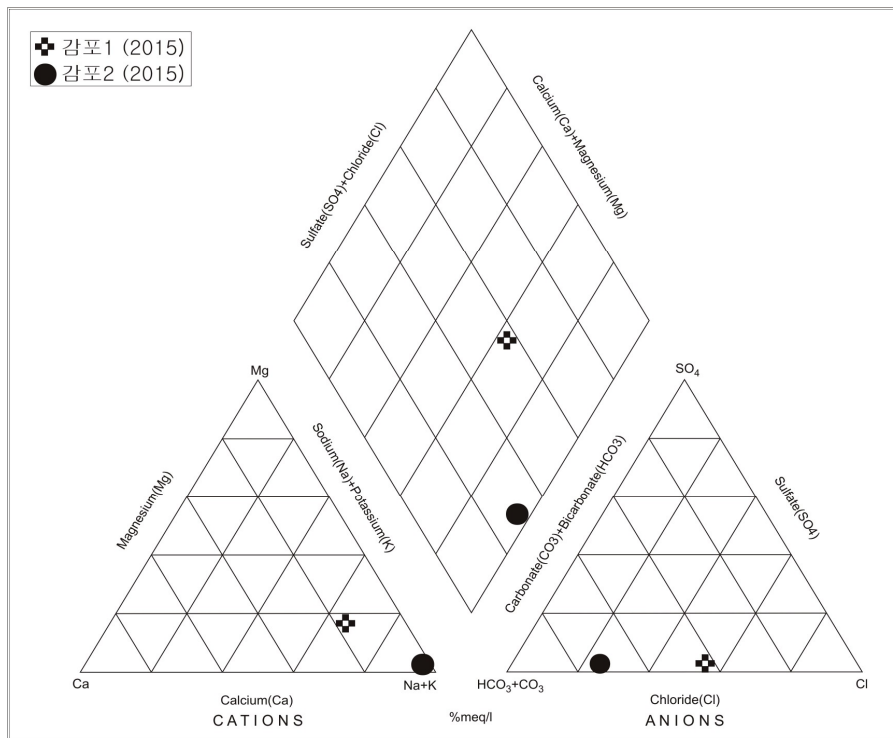
<감포2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
감포1 (2015. 7)	43.30	6.81	2.28	11.75	4.56	60.86	79.30	ND
감포2 (2015. 7)	96.15	0.21	1.19	1.97	9.00	30.27	164.70	ND



<감포지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	감포1	감포2
Cl/HCO ₃ 몰비	2015. 7	1.32	0.32

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 경주시 감포읍에 위치한 감포지구는 대종천의 지류인 소하천 하류부에 위치한다. 감포1 관측공은 바다로부터 약 1.0 km, 감포2 관측공은 1.4 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 소하천 수변으로부터는 각기 약 200 m 내외의 거리에 위치한다. 동해안의 조수간만 현상에 의해 소하천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 감포1, 2 관측공의 양수량은 둘 다 30.0 m³/d 이다. 수리전도도는 각각 1.01×10⁻⁵ cm/sec, 4.63×10⁻⁶ cm/sec 이며, 대수층 두께는 각 49.0 m, 77.0 m 이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 감포1 관측공에 대한 토모그래피 결과, 심도 약 25 ~ 50 m 구간에서 상대적으로 비저항이 낮은 구간이 관측되는 반면, 감포2 관측공에서는 케이싱 구간(23 m)에서 심도 약 40 m까지 고비저항대가 나타났다. 물리검층 결과, 감포1 관측공의 수온은 케이싱 심도(11 m) 이하부터 공저까지 약 15.5 °C에서 16.2 °C까지 증가하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 51 m까지 약 12 ohm-m에서 17 ohm-m로 증가하였으며, 심도 약 51 m에서 14.5 ohm-m로 기록된다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 51 m까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 크게 나타나며 전체적으로 유사한 경향을 나타낸다. 감포2 관측공의 수온은 케이싱 심도(23 m) 이하부터 공저까지 약 16.0 °C에서 약 16.4 °C까지 증가하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도(23 m) 이하부터 98 m까지 약 12 ohm-m에서 약 9 ohm-m로 감소하였다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 공저까지 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 차이가 일정하면서 전체적으로 유사한 경향을 나타낸다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 감포1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 280 ~ 290 μS/cm 범위이며, 감포2 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 330 ~ 350 μS/cm 범위이다. 따라서, 답작에 활용이 가능하다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 감포1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 감포2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 1.32, 0.32로 분석되어 감포1은 해수침투 가능성이 조금 있으며, 감포2에서는 현재까지 해수침투의 영향이 나타나지 않는다.

- 6) 관리 방안 : 감포1, 2 관측공은 소하천을 따른 해수역류에 의한 해수침투가 발생하였으며, 해수침투 영향이 크지는 않으나 해수침투가 확산 중이다. 따라서, 감포1, 2 관측공 주변 지하수 이용량에 따른 해수침투 영향을 지속적으로 관측할 필요가 있다.

부록 2.7

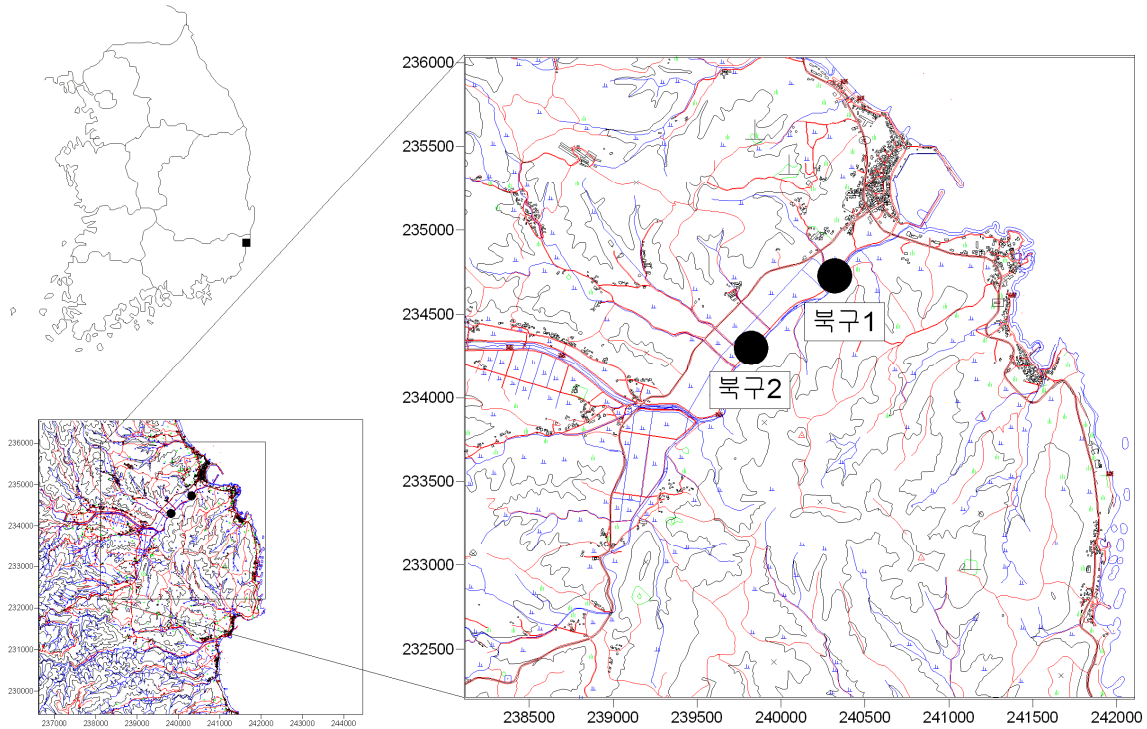
경상남도 · 울산광역시 권역

2.7.1	북구지구(울산광역시 북구)	.....	부록	-	511
2.7.2	하동지구(하동군)	.....	부록	-	518
2.7.3	갈화지구(남해군)	.....	부록	-	526
2.7.4	서상지구(남해군)	.....	부록	-	538
2.7.5	가인지구(남해군)	.....	부록	-	549
2.7.6	송지지구(사천시)	.....	부록	-	557
2.7.7	동해지구(고성군)	.....	부록	-	566
2.7.8	도산지구(통영시)	.....	부록	-	574
2.7.9	덕호지구(거제시)	.....	부록	-	582
2.7.10	사등지구(거제시)	.....	부록	-	590
2.7.11	시방지구(거제시)	.....	부록	-	596
2.7.12	해운지구(창원시)	.....	부록	-	602
2.7.13	수정지구(창원시)	.....	부록	-	608
2.7.14	남양지구(창원시)	.....	부록	-	614
2.7.15	감천지구(창원시)	.....	부록	-	619
2.7.16	진북지구(창원시)	.....	부록	-	624
2.7.17	악양지구(하동군)	.....	부록	-	629

부록 2.7 경상남도·울산광역시 권역

2.7.1 북구지구

1. 위치

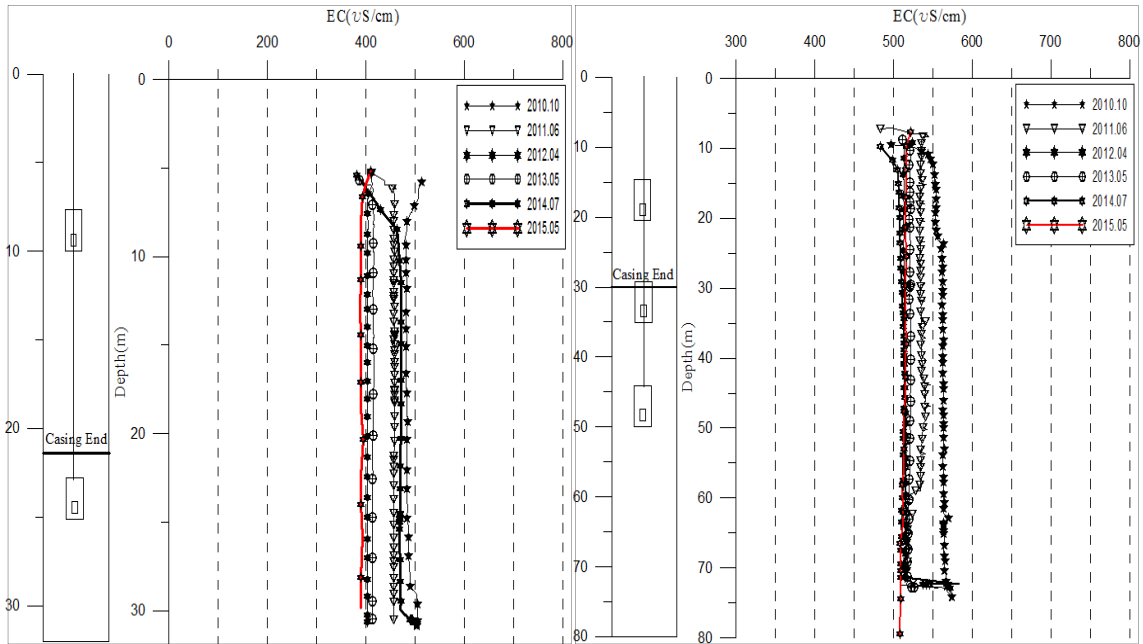


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
북구1	울산 북구 정자동 200	240217.83	234626.16	7.26	2010	580	5.20
북구2	울산 북구 무룡동 57	239719.68	234198.12	10.95	2010	1,250	8.15

2. 지형 및 지질

이 지역은 울산시 북구 정자동과 무룡동에 위치한 지구로, 동서방향의 무룡천과 북동방향의 정자천을 따라 농경지가 분포한다. 조사지역의 지질은 서쪽으로 중생대 백악기 울산층이 기반암으로 넓게 분포하고, 자색세일, 사암, 회녹색 세일, 사암, 응회암질 사암, 역암으로 구성되어 있다. 이를 관입 또는 분출한 신생대 제3기 당사리 안산암은 조사지역의 동남쪽에 분포하고 있으며, 이를 부정합으로 정자역암이 북서쪽에 켜기모양으로 위치하고 있다. 제4기 충적층은 이를 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<부구1 관측공>

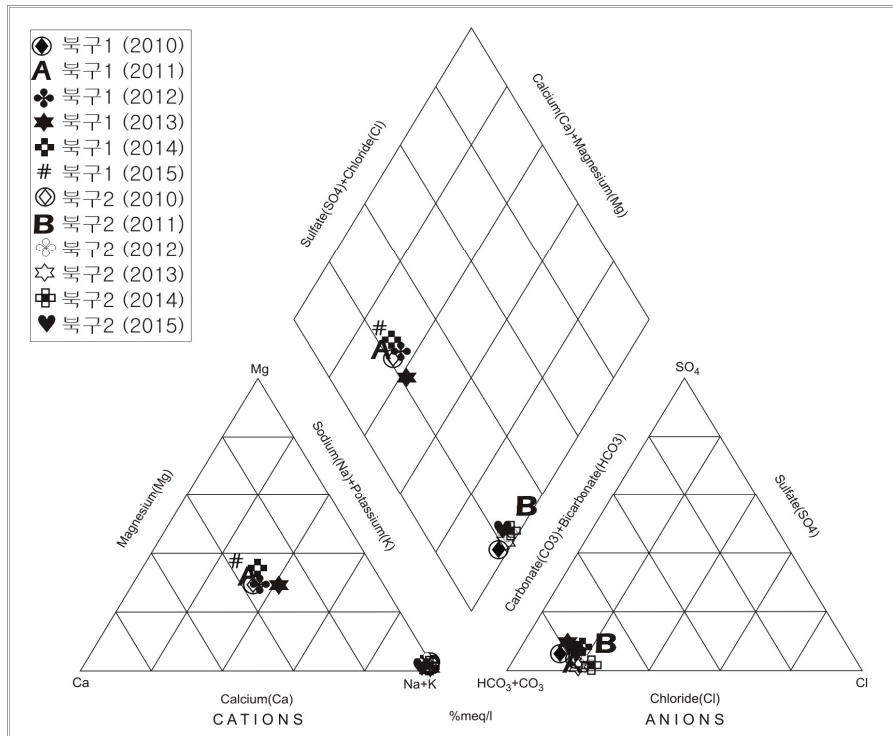
<부구2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
부구1	(2010.10)	128.32	2.42	1.17	1.48	20.98	21.51	305.00	ND	ND
	(2011.10)	20.48	11.93	3.62	22.32	1.66	14.82	115.01	ND	ND
	(2012. 4)	38.40	16.23	4.29	30.53	19.47	25.35	213.50	ND	ND
	(2013. 5)	37.79	14.59	3.45	24.98	19.58	22.74	213.50	ND	0.10
	(2014. 7)	38.06	22.85	5.61	37.00	17.67	33.97	17.67	0.00	ND
	(2015.)	22.79	20.58	4.97	34.78	14.23	26.55	245.09	-	-
부구2	(2010.10)	35.43	18.27	5.76	36.36	11.52	29.71	244.06	32.99	ND
	(2011.10)	72.61	0.34	1.57	1.14	16.99	26.77	139.12	ND	ND
	(2012. 4)	111.90	1.34	3.33	1.55	1.28	39.71	236.40	13.50	ND
	(2013. 5)	120.37	0.65	1.60	1.29	3.67	34.12	225.73	15.00	ND
	(2014. 7)	116.97	0.33	1.81	1.17	1.93	44.85	222.67	12.00	0.20
	(2015. 5)	100.39	0.30	1.75	2.99	2.49	34.24	206.36	-	-



<북구지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	북구1	북구2
Cl/HCO ₃ 몰비	2010. 10	0.12	0.21
	2011. 10	0.22	0.33
	2012. 4	0.20	0.27
	2013. 5	0.18	0.24
	2014. 7	0.25	0.33
	2015. 5	0.19	0.29

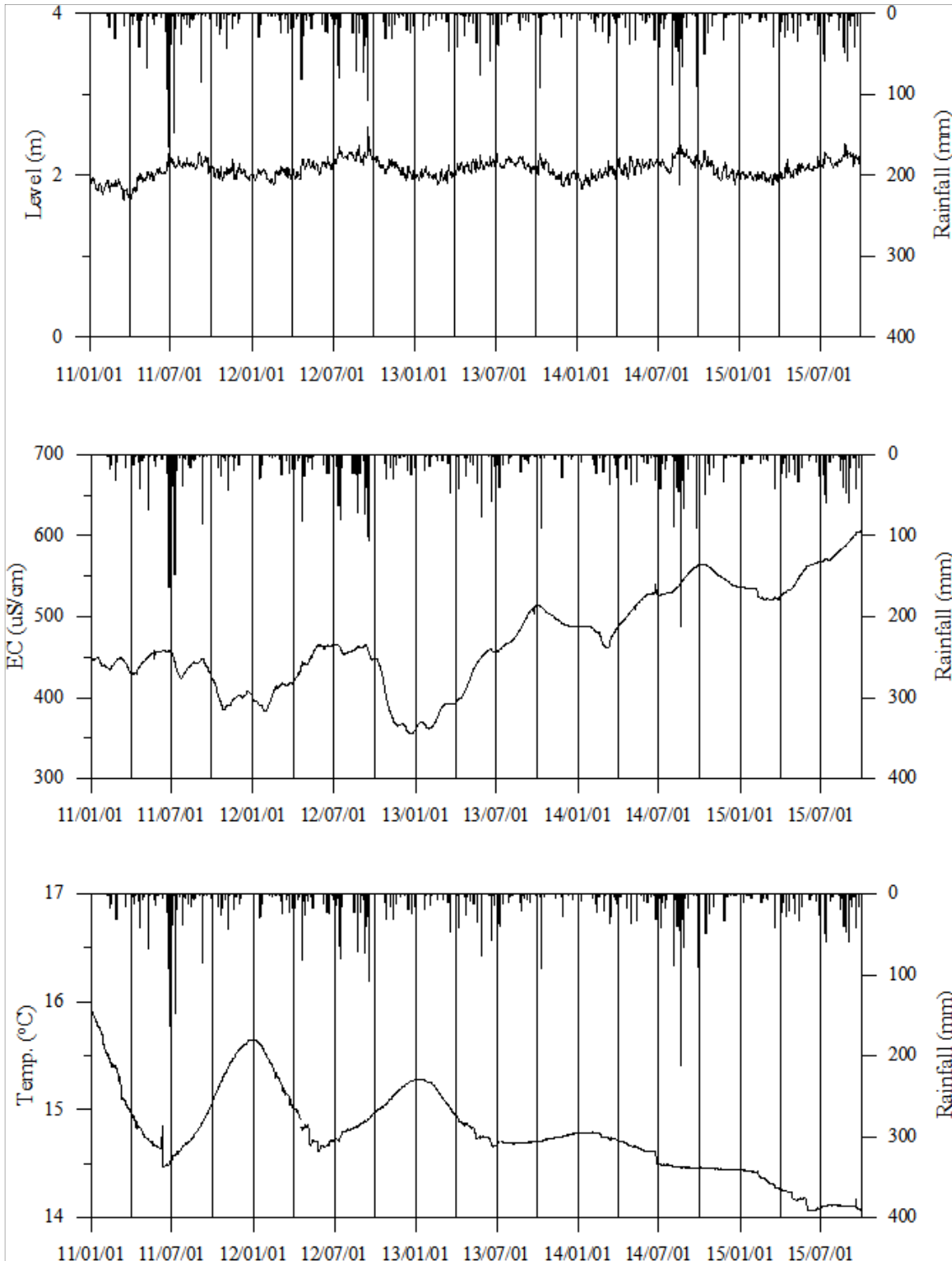
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

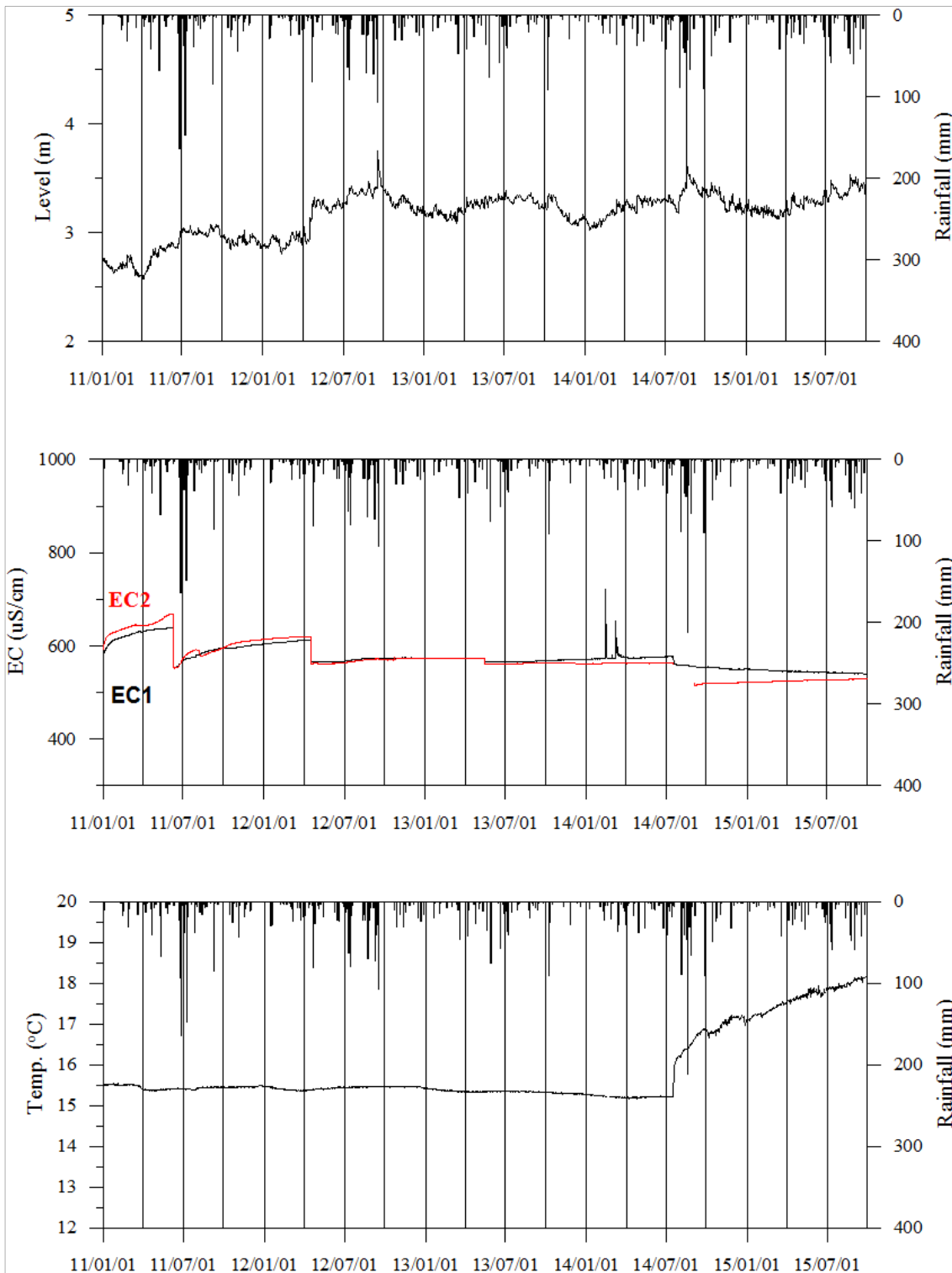
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
북구1	2011	2.00	1.69	2.28	439	385	459	-	-	-
	2012	2.12	1.89	2.59	431	365	466	-	-	-
	2013	2.07	1.89	2.26	413	362	468	-	-	-
	2014	2.07	1.84	2.23	501	461	539	-	-	-
	2015	2.08	1.88	2.39	554	521	606	-	-	-
북구2	2011	2.85	2.57	3.07	605	554	639	616	552	668
	2012	3.19	2.80	3.75	582	566	612	583	562	620
	2013	3.24	3.08	3.39	571	564	574	569	561	574
	2014	3.22	3.02	3.35	575	559	722	563	561	564
	2015	3.29	3.13	3.53	544	538	551	525	521	529

6.

장기관측 결과



<북구1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<북구2 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

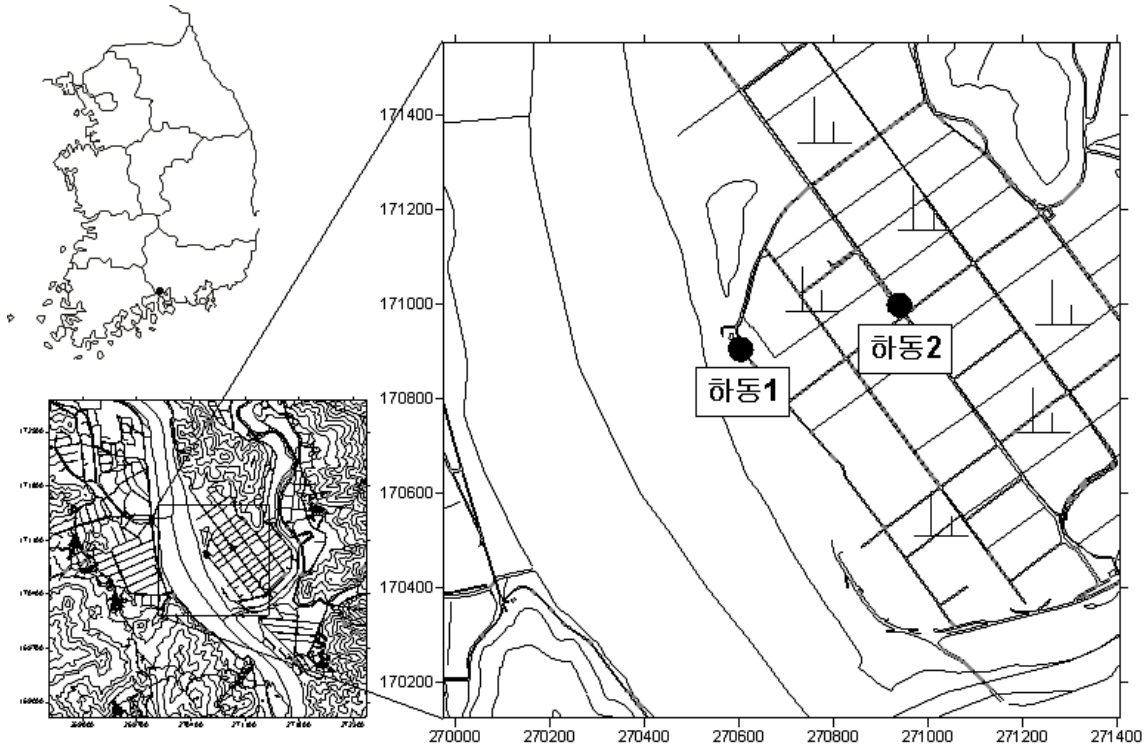
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 북구1, 2 관측공은 울산광역시 북구 정자동과 무룡동에 위치한 해수침투 우려지역으로서, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급 결정 결과, 22점으로 67%에 해당되어 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 북구1, 2 관측공 모두 전기전도도 값이 각각 약 400 ~ 500 $\mu S/cm$, 500 ~ 600 $\mu S/cm$ 범위로 심도별 변화가 없다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 북구1 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이며, 북구2 관측공은 Na-HCO₃ 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비도 각각 0.12 ~ 0.25, 0.21 ~ 0.33 범위로 해수의 영향은 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 북구1 관측공의 지표 하 25 m에 설치한 전기전도도 센서의 연평균 전기전도도는 431 ~ 544 $\mu S/cm$ 범위로 나타났으며, 북구2 관측공의 지표 하 35 m, 50 m에 설치한 센서의 전기전도도 연평균은 544 ~ 605 $\mu S/cm$, 525 ~ 616 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 북구1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위는 1 m 이내의 변동 폭을 보이며 거의 일정하다. 전기전도도는 350 ~ 550 $\mu S/cm$ 범위이며, 2013년 7월 이후부터 증가하는 경향을 보여, 2015년 9월 현재 100 $\mu S/cm$ 가 증가하였다. 북구2 관측공의 지하수 수위는 1 m 이내의 변동 폭을 보이며 전기전도도 값은 EC1, 2가 유사하고 지하수 수위 상승과 동반하여 전기전도도 값은 감소하고 있어 희석효과가 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 북구지구는 현재 해수침투의 영향은 없으나, 강수 패턴, 함양조건 변화, 지표수의 이용 및 지하수 이용에 따른 해수침투 경향을 지속적으로 관측하여 점검해야할 필요가 있다.

2.7.2 하동지구

1. 위치

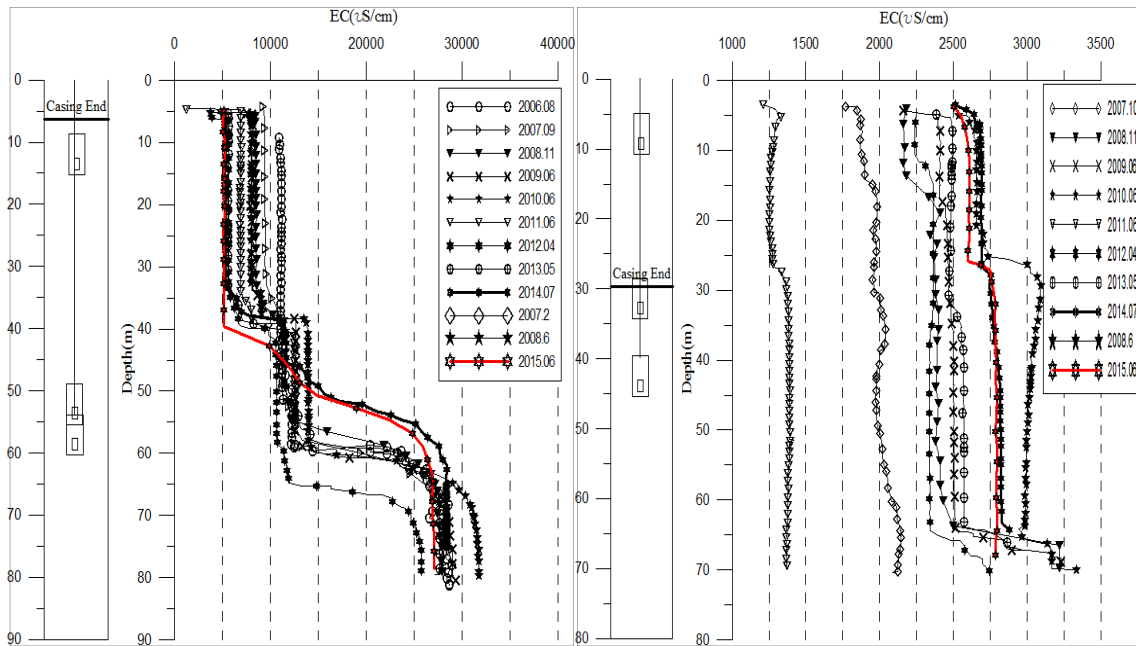


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(x)	Z		
하동1	하동군 하동읍 목도리 47-66	270603.430	170903.809	5.432	2006	-0.07
하동2	하동군 하동읍 목도리 104-32	270938.844	170997.240	3.715	2007	-8.29

2. 지형 및 지질

이 지역은 경남 하동군 하동읍 목도리에 위치한 지구로, 북쪽의 진안고원에서 발원하여 남동쪽으로 흐르는 섬진강(蟾津江)이 군의 서쪽 경계를 이루며 남해로 흘러든다. 지질은 중생대 백악기에 관입한 화강암·화강편마암·화산암류가 복잡한 산악 지형을 형성하며 하천유역의 저 지대에는 퇴적층에 의한 충적층이 주로 나타난다.

3. 지하수 검층



<하동1 관측공>

<하동2 관측공>

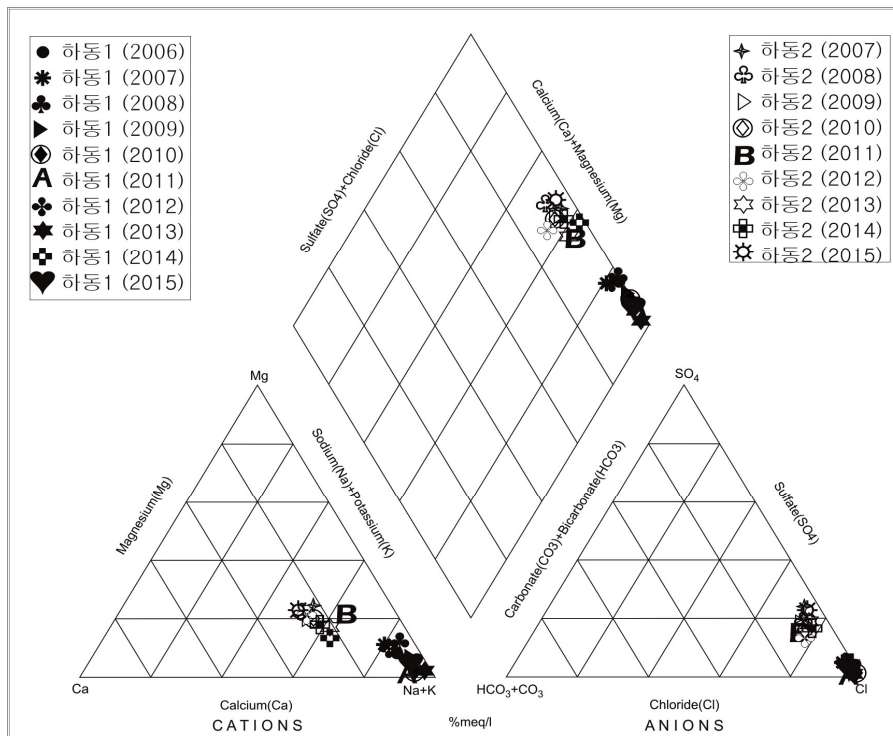
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Br ⁻	
하동1	(2006.11)	2258.78	100.31	37.20	203.02	313.48	17427.30	61.00	ND	N.D
	(2007.10)	1732.82	108.81	41.28	137.89	249.07	3051.39	27.45	ND	N.D
	(2008.11)	1421.12	74.76	17.84	91.61	175.89	2645.19	21.35	ND	N.D
	(2009. 6)	1468.60	50.01	14.26	69.53	135.27	2483.68	18.30	ND	6.22
	(2010. 6)	1298.54	9.58	13.05	87.84	49.48	2270.61	15.26	3.00	7.74
	(2011.10)	1045.91	5.72	12.33	52.60	38.55	1482.66	21.97	ND	ND
	(2012. 4)	767.51	50.42	12.33	61.58	105.25	1495.11	36.60	ND	ND
	(2013. 5)	1173.53	10.09	10.99	25.49	36.46	1679.86	21.36	3.00	10.97
	(2014. 7)	3517.85	356.98	43.75	1131.85	1131.85	745.02	8749.43	27.45	122.6
	(2015. 6)	791.84	16.44	11.27	25.48	59.57	1239.73	64.65	-	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Br^-	
하동2	(2007.10)	225.35	52.11	15.57	85.41	243.03	502.87	33.55	ND	3.75
	(2008.11)	242.79	58.47	17.47	120.61	189.70	571.79	115.90	ND	1.64
	(2009. 6)	286.59	58.22	12.72	122.26	198.36	565.53	103.70	ND	1.71
	(2010. 6)	297.81	55.37	12.38	123.19	185.17	682.04	143.35	ND	2.17
	(2011.10)	270.79	45.84	14.46	58.09	157.64	558.24	98.88	ND	ND
	(2012. 4)	244.88	49.82	14.85	118.46	136.07	548.95	137.25	ND	ND
	(2013. 5)	335.61	49.32	20.26	106.45	202.70	593.91	100.65	ND	ND
	(2014. 7)	398.98	67.13	16.62	142.39	222.96	795.15	97.60	0.00	3.42
	(2015. 6)	264.43	59.87	12.26	128.38	234.04	587.93	79.59	-	-



<하동지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

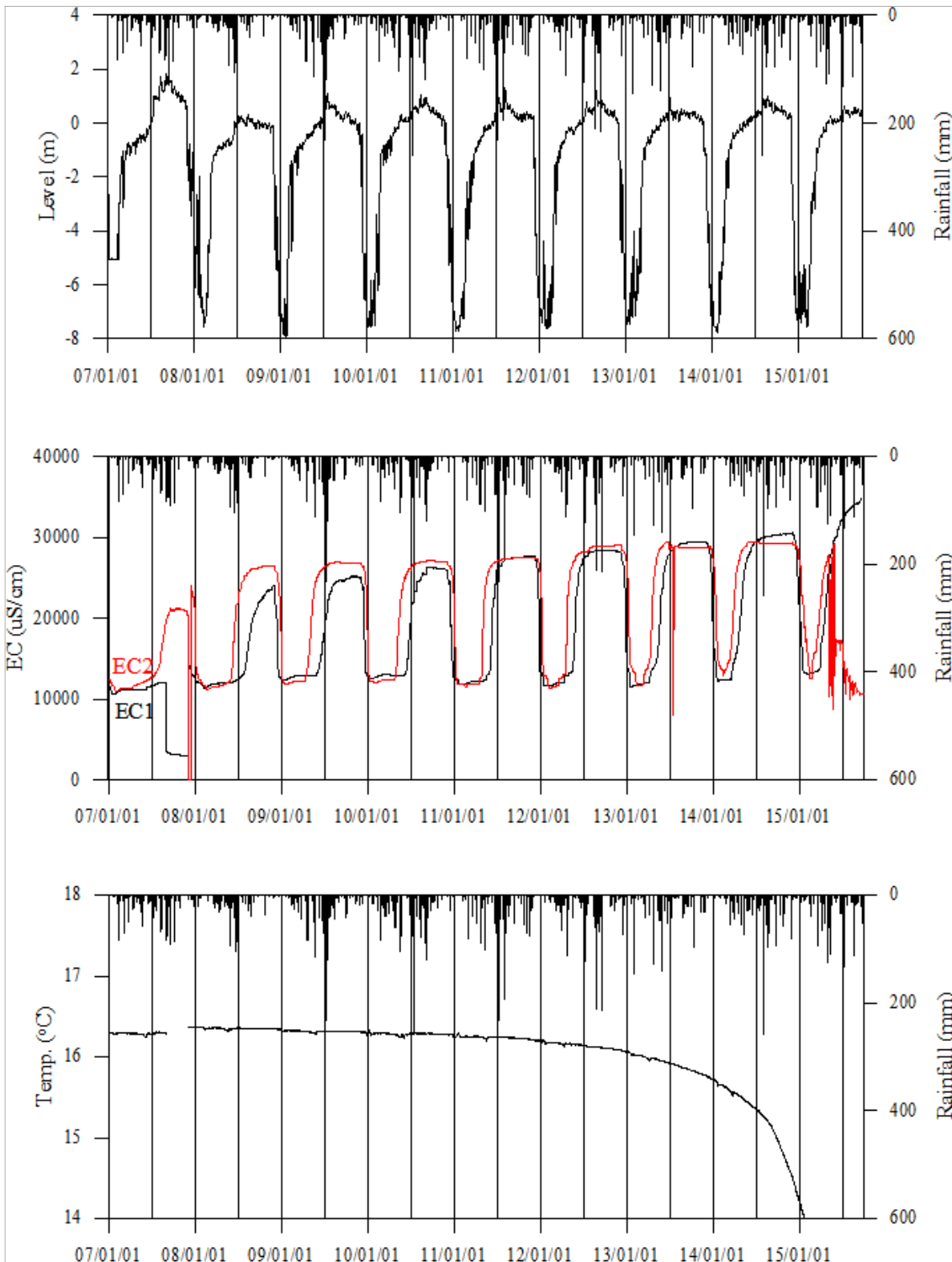
구 분	관측공	하동1	하동2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2006.11	492.58	-
	2007.10	191.01	25.76
	2008.11	212.89	8.48
	2009. 6	233.21	9.37
	2010. 6	255.75	8.18
	2011.10	115.98	9.70
	2012. 4	70.19	6.87
	2013. 5	118.52	10.14
	2014. 7	547.7	14.0
	2015. 6	33.00	12.71

5. 연도별 관측자료 분석

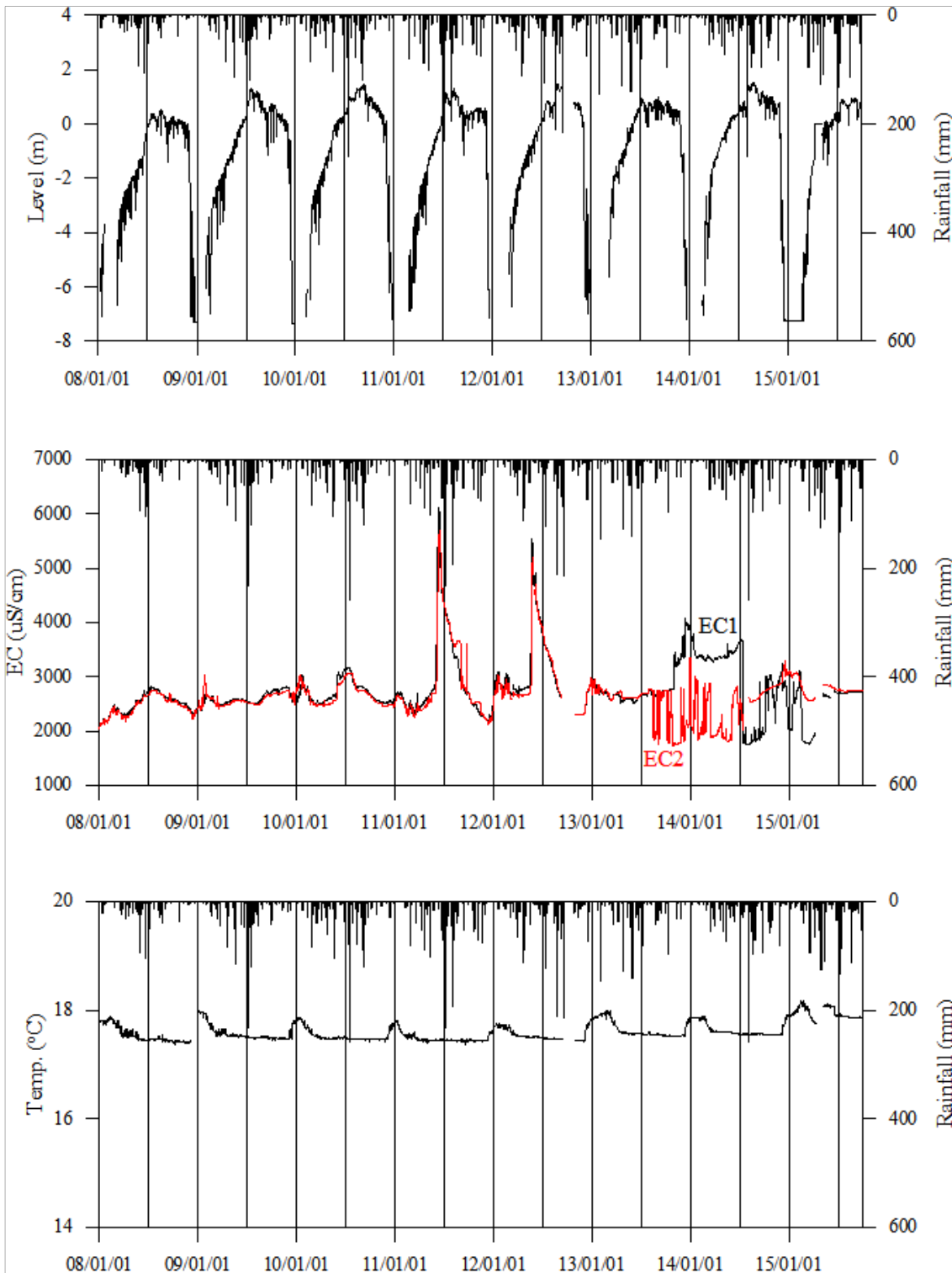
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
하동1	2007	-0.72	-5.08	2.35	9,749	3,060	12,070	14,166	10,900	21,218
	2008	3.37	-2.57	5.30	14,516	11,325	23,328	18,009	11,177	26,443
	2009	-1.05	-7.92	1.10	17,448	12,305	25,159	20,543	11,778	26,895
	2010	-1.15	-7.57	1.06	17,952	12,550	26,309	20,301	11,992	27,104
	2011	-1.49	-7.70	1.32	19,102	11,872	27,645	20,919	11,487	27,471
	2012	-1.27	-7.62	1.37	20,985	11,584	28,411	23,143	11,387	28,997
	2013	-2.15	-7.46	0.96	17,507	11,497	28,866	20,779	7,989	29,352
	2014	-1.91	-7.75	0.46	20,132	12,253	29,879	23,440	12,840	29,397
	2015	-1.48	-7.54	0.62	24,182	13,069	34,830	17,208	8,749	29,291
하동2	2008	-2.39	-7.26	0.54	2,497	2,064	2,828	2,465	2,042	2,749
	2009	-0.73	-6.99	1.29	2,582	2,394	2,785	2,566	2,386	3,029
	2010	-0.39	-7.11	1.47	2,745	2,489	3,169	2,705	2,453	3,071
	2011	-0.84	-6.90	1.31	3,024	2,287	6,101	3,013	2,258	5,704
	2012	-0.58	-6.74	1.49	3,086	2,292	5,527	3,030	2,298	5,207
	2013	-2.83	-7.32	0.94	2,663	2,518	2,951	2,685	2,577	2,947
	2014	-0.87	-7.04	0.85	3,302	1,765	3,909	2,225	1,806	3,293
	2015	-1.81	-7.27	0.96	2,469	1,769	3,107	2,786	2,557	3,089

6. 장기관측 결과



<하동1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<하동2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

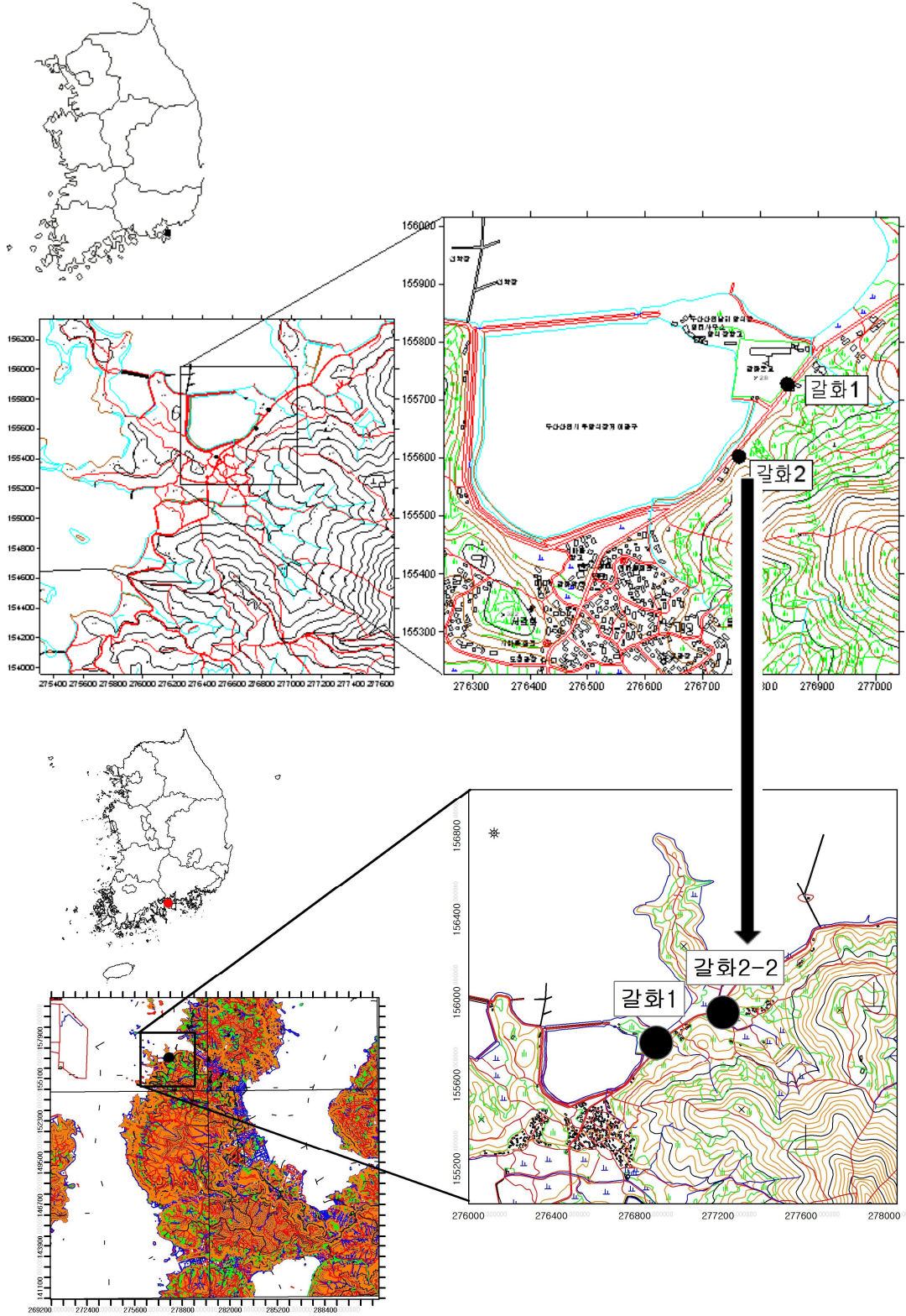
- 1) 위치선정 : 하동1, 2 관측공은 2006년과 2007년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 하동1 관측공은 지표 하 35 ~ 40 m와 65 ~ 70 m 구간에서 전기전도도 값이 상승하는 전이대가 형성되어 약 7,000 $\mu S/cm$ 에서 약 15,000 $\mu S/cm$, 약 30,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하였다. 하동2 관측공은 전이대 없이 약 3,000 $\mu S/cm$ 이하의 값으로 나타났으며 '07년 관측이후 약 1,250 $\mu S/cm$ 에서 약 3,000 $\mu S/cm$ 내외로 증감을 반복하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 하동1, 2 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 각각 33.0과 12.71로 해수의 영향이 매우 큰 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 하동1 관측공은 지표 하 각각 55 m, 60 m에 설치한 전기전도도 센서에서 2007부터 2015년까지 연평균 전기전도도 값이 9,749 ~ 24,182 $\mu S/cm$, 14,166 ~ 23,440 $\mu S/cm$ 범위로 관측되었고, 관측공 개발 이후 전기전도도는 증가 추세에 있다. 하동2 관측공은 지표 하 각각 35 m, 45 m에 설치한 EC1, EC2 센서의 평균 전기전도도 값이 2,497 ~ 3,302 $\mu S/cm$, 2,225 ~ 3,030 $\mu S/cm$ 범위로서, EC1 센서의 전기전도도는 2011년과 2012년 6월경 증가하다가 다시 감소하여 일정한 경향을 보인다.
- 5) 장기관측결과 : 하동지구 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 하동1 관측공의 지하수 수위는 시설 재배를 위한 지하수 이용이 증가하는 1, 2월 동절기에 수위저하가 발생하고 3월 이후에는 회복되는 형태로 약 9 m 내외의 변화를 나타낸다. 전기전도도는 측정 센서의 설치심도에 따라 증감의 변화 유형은 동일하나 증가 시점이 2개월 정도의 간격이 있다. 즉, EC1 센서는 1월부터 5월까지 약 12,000 $\mu S/cm$ 로 일정하나 6월부터 7월까지 약 30,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하며, EC2 센서도 1월부터 4월까지 12,000 $\mu S/cm$ 로 일정하나 5월부터 6월까지 30,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하였다. 하동2 관측공의 지하수 수위는 하동1과 동일한 유형으로 동절기에 수위저하가 발생하고 3월 이후 회복되며 수위변화도 약 8 m 내외로 나타났다. 전기

전도도는 하동1 관측공과 달리 측정 센서의 설치심도와 무관하게 EC1, 2가 연간 약 2,300 $\mu S/cm$ 에서 약 6,100 $\mu S/cm$ 까지 변화하였다.

- 6) 관리 방안 : 하동1, 2 관측공은 겨울철 수막재배 등으로 인한 지하수 이용으로 동절기 해수침투가 과도하게 발생한다. 주변 농경지에 비닐하우스 시설수가 증가하면서 관측공 개발 이래 전기전도도는 꾸준히 증가하는 추세이다. 향후 지하수자원의 수량과 수질의 보전관리를 위해서 동절기 지하수 이용에 대한 적극적인 지도감독이 필요한 실정이다.

2.7.3 갈화지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
갈화1	남해군 고현면 갈화리 223	94053.310	156018.246	2.731	1998	90	0.46
갈화2	남해군 고현면 갈화리 546	93967.312	155894.744	3.541	1999	90	0.54
*갈화 2-2	남해군 고현면 갈화리 295-2	277151.8563	155931.8452	4.717	2015	130	-1.713

* 갈화2는 공내 이용시설 설치로 인해 2015년 갈화 2-2로 이동 설치함

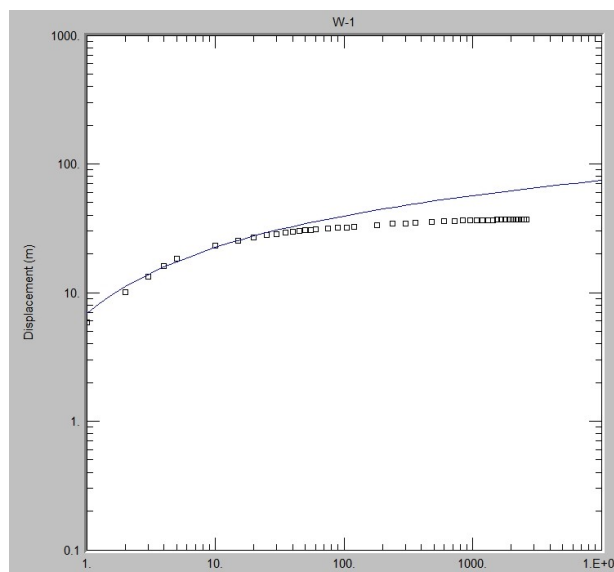
2. 지형 및 지질

이 지역은 남해군 고현면의 서쪽 해안지역으로 평야부는 비교적 폭이 좁게 발달하고 있다. 지질은 경상계 백악기 신동층군과 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 구분된다. 신동층군은 사암, 역암, 적색 내지 녹회색셰일, 암회색셰일, 이회암으로 구성된 하산동층과 진주층으로 이루어져 있다.

3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 갈화2-2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



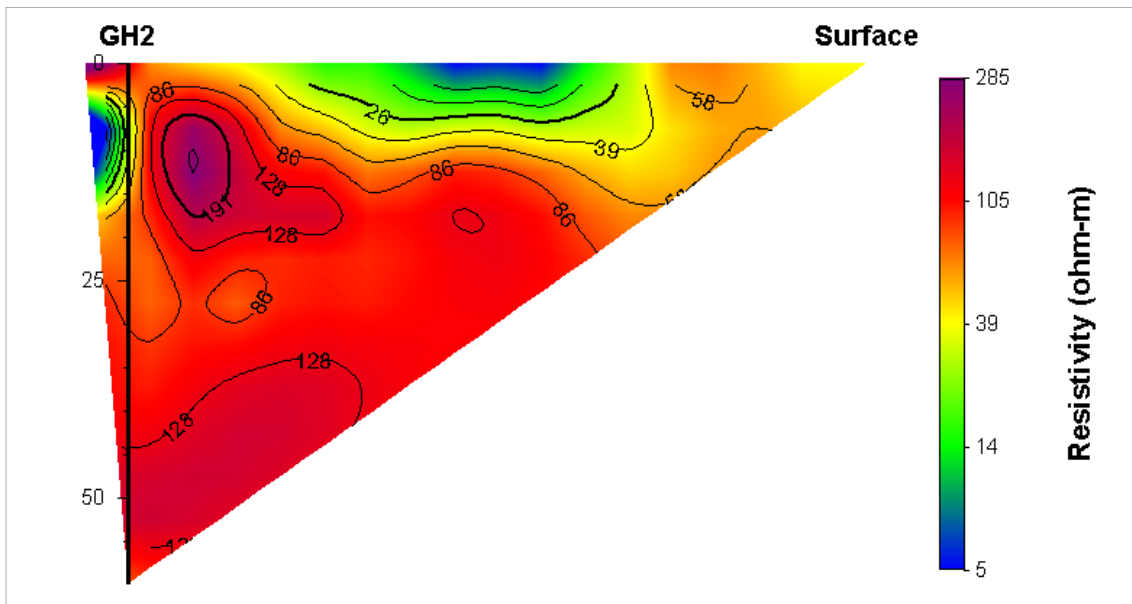
<갈화2-2 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수(m ² /d)	수리전도도(cm/s)	대수층두께(m)
갈화2-2	20.0	0.2114	1.35×10 ⁻³	54.0

◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

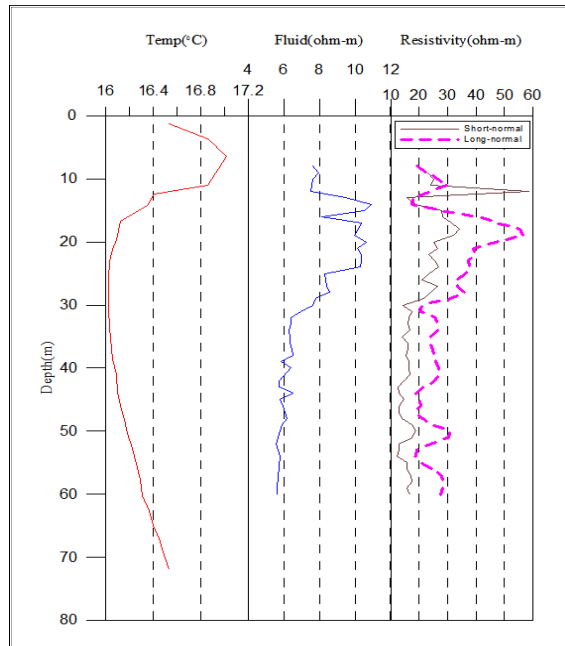
갈화2-2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 6 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



<갈화2-2 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

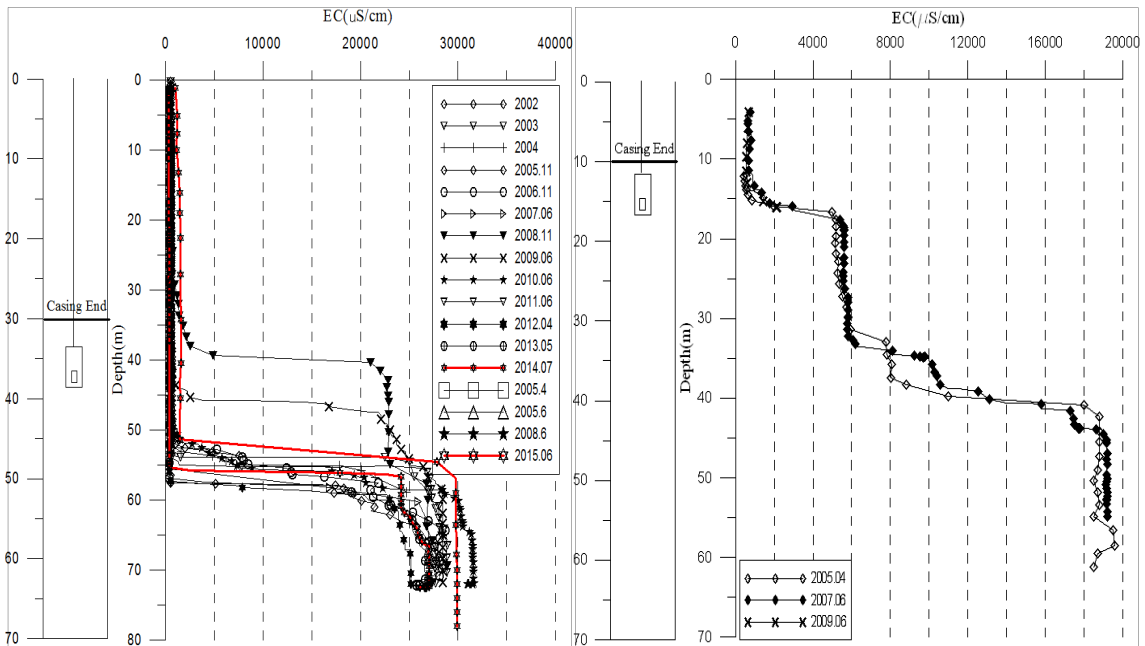
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<갈화2-2 관측공 물리검층>

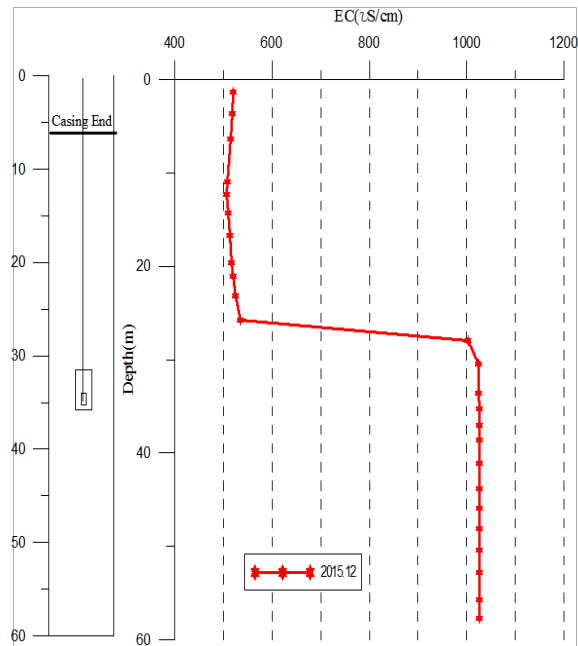
4.

지하수 검층



<갈화1 관측공>

<갈화2 관측공>



<갈화2-2 관측공>

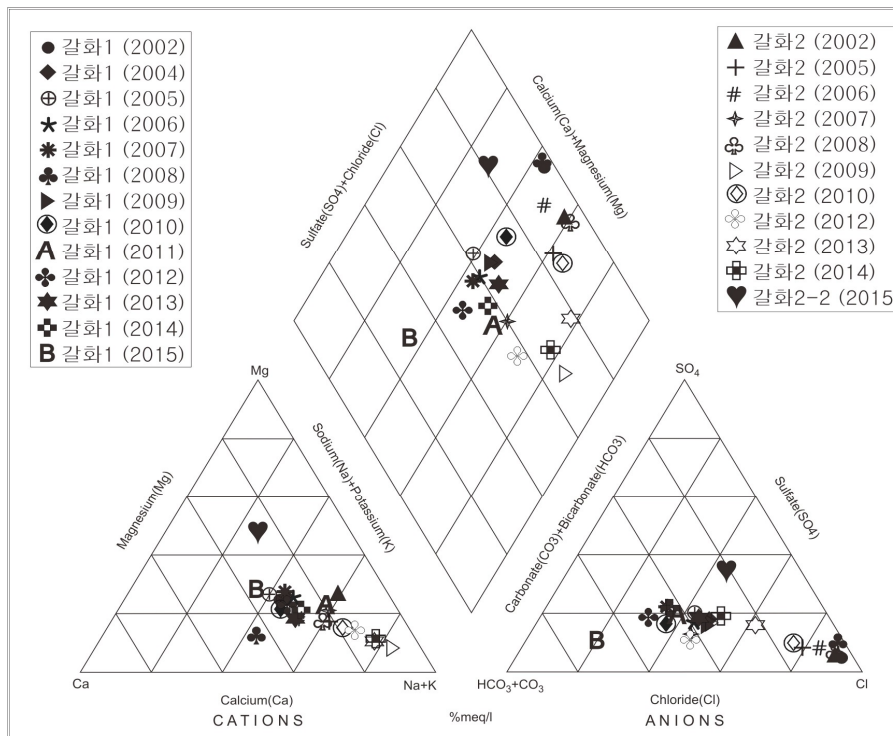
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
갈화1	(2002. 7)	215.42	65.06	3.91	142.89	43.23	584.93	40.26	32.76
	(2004.10)	32.54	9.14	ND	19.90	29.55	56.46	67.71	0.66
	(2005.10)	38.02	14.47	2.03	28.35	27.01	46.84	65.58	0.28
	(2006.11)	44.56	13.12	3.27	25.15	23.81	41.55	67.10	ND
	(2007.10)	60.70	18.78	4.05	30.27	31.04	48.67	85.40	0.48
	(2008.11)	596.73	102.48	8.29	569.64	220.00	5157.30	76.25	ND
	(2009. 6)	58.01	14.98	2.97	35.16	35.90	77.88	97.60	0.30
	(2010. 6)	68.21	16.37	3.66	43.19	36.13	109.07	88.45	0.04
	(2011.10)	53.35	11.16	3.56	17.44	29.32	46.15	98.71	ND
	(2012. 4)	42.34	10.90	2.52	25.35	25.80	34.48	91.50	ND
	(2013. 5)	60.01	11.32	2.91	31.33	32.40	60.33	79.30	ND
	(2014. 7)	45.38	10.35	2.85	21.62	30.96	35.73	79.30	ND
(2015. 6)	9.20	4.08	2.17	9.54	4.96	8.54	53.69		

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
갈화2	(2002. 7)	214.50	48.76	5.47	52.71	34.10	471.49	45.75	27.97
	(2005.10)	149.17	19.29	4.95	48.39	54.77	300.02	77.78	1.95
	(2006.11)	153.66	28.27	4.89	74.77	39.05	387.88	67.10	ND
	(2007.10)	42.60	6.71	3.48	12.66	14.44	41.32	61.00	0.19
	(2008.11)	316.39	47.81	9.28	110.88	84.85	701.01	67.10	ND
	(2009. 6)	97.53	4.43	3.89	8.25	41.11	77.78	88.45	0.26
	(2010. 6)	202.49	22.69	9.25	51.87	67.62	354.04	112.85	1.17
	(2012. 4)	61.09	6.96	4.62	12.16	15.91	53.03	82.35	ND
	(2013. 5)	59.11	4.68	4.98	9.46	18.84	58.70	36.60	ND
	(2014. 7)	121.82	9.56	7.20	15.90	52.68	101.28	109.80	0.74
갈화2-2	(2015.11)	26.43	30.54	9.66	27.53	181.88	123.25	-	



<갈화지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	갈화1	갈화2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	25.00	17.73
	2004.10	1.44	-
	2005.10	1.23	6.65
	2006.11	1.07	9.97
	2007.10	0.98	1.16
	2008.11	48.62	17.95
	2009. 6	1.37	1.51
	2010. 6	2.12	5.39
	2011.10	0.86	-
	2012. 4	0.65	1.11
	2013. 5	1.31	2.76
	2014. 7	0.77	1.59
	2015. 6	0.27	2.27(갈화2-2)

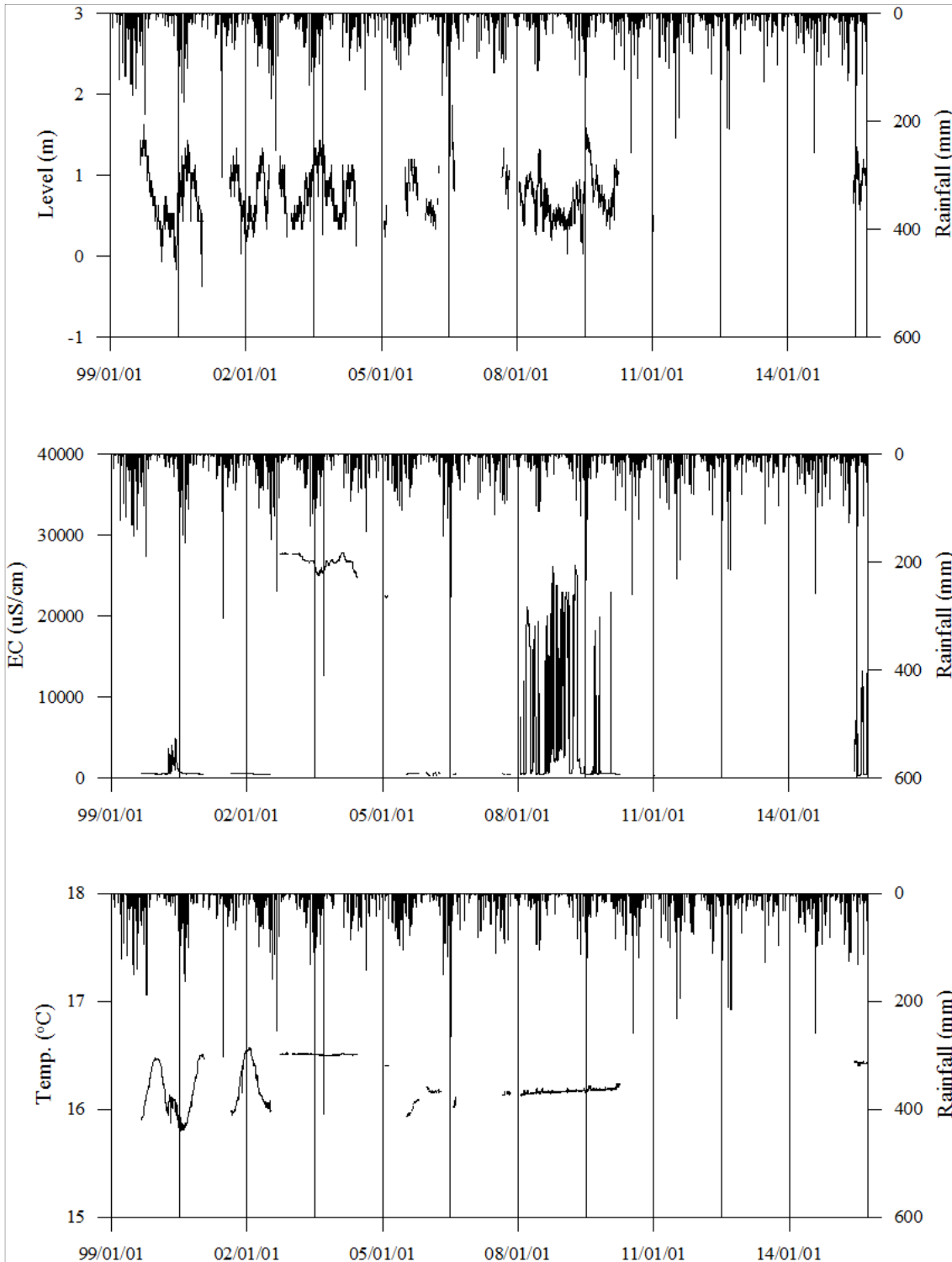
6. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
갈화1	2000	0.64	-0.30	2.35	902	87	4,808	-	-	-
	2001	0.77	-0.37	1.33	534	495	561	-	-	-
	2002	0.74	0.18	1.33	6,495	496	27,788	-	-	-
	2003	0.84	0.33	1.63	26,669	25,087	27,780	-	-	-
	2004	0.73	0.13	1.13	26,702	24,741	27,904	-	-	-
	2005	0.86	0.23	1.30	11,052	519	22,526	-	-	-
	2006	0.71	0.33	1.86	502	297	662	-	-	-
	2007	0.99	0.58	1.34	508	501	534	-	-	-
	2008	0.72	0.19	1.32	6,540	493	26,121	-	-	-
	2009	0.75	0.03	1.59	6,142	483	26,304	-	-	-
	2010	0.75	0.34	1.19	792	490	22,920	-	-	-
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0.96	0.57	1.35	2,984	359	13,248	-	-	-	
갈화2	2000	0.52	-0.06	1.04	2,711	346	5,186	-	-	-
	2001	0.47	-0.46	0.94	2,457	353	5,259	-	-	-
	2002	0.49	-1.36	1.04	6,498	339	19,595	-	-	-
	2003	-0.70	-33.36	0.74	19,088	13,150	19,746	-	-	-
	2004	0.01	-1.76	1.04	18,720	11,531	20,005	-	-	-
	2005	0.28	-1.16	2.34	12,070	8	19,155	-	-	-
	2006	0.16	-1.16	0.74	14,584	7,491	18,843	-	-	-
	2007	0.55	-1.27	0.89	3,551	360	6,869	-	-	-
	2008	0.72	-1.16	1.30	4,307	419	7,131	-	-	-
	2009	-0.98	-2.83	-0.21	2,776	401	7,148	-	-	-
	2010	0.61	-1.36	1.07	4,123	460	6,867	-	-	-
	2011	0.05	-1.64	1.06	4,404	369	7,582	-	-	-
	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013	-13.34	-13.35	-13.32	207	97	275	194	193	195
	2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

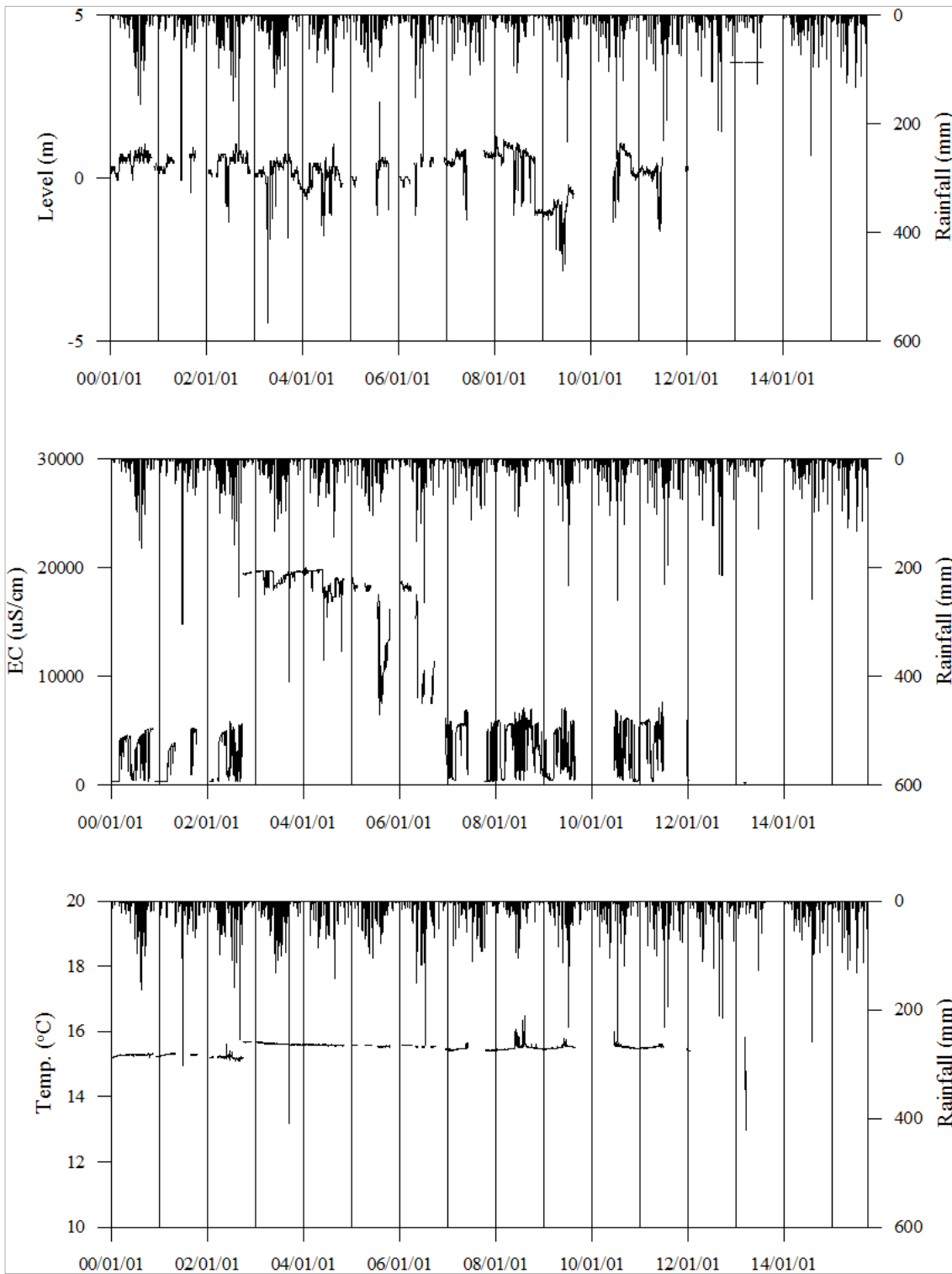
7.

장기관측 결과



<갈화1 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<갈화2 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2014.7.31)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

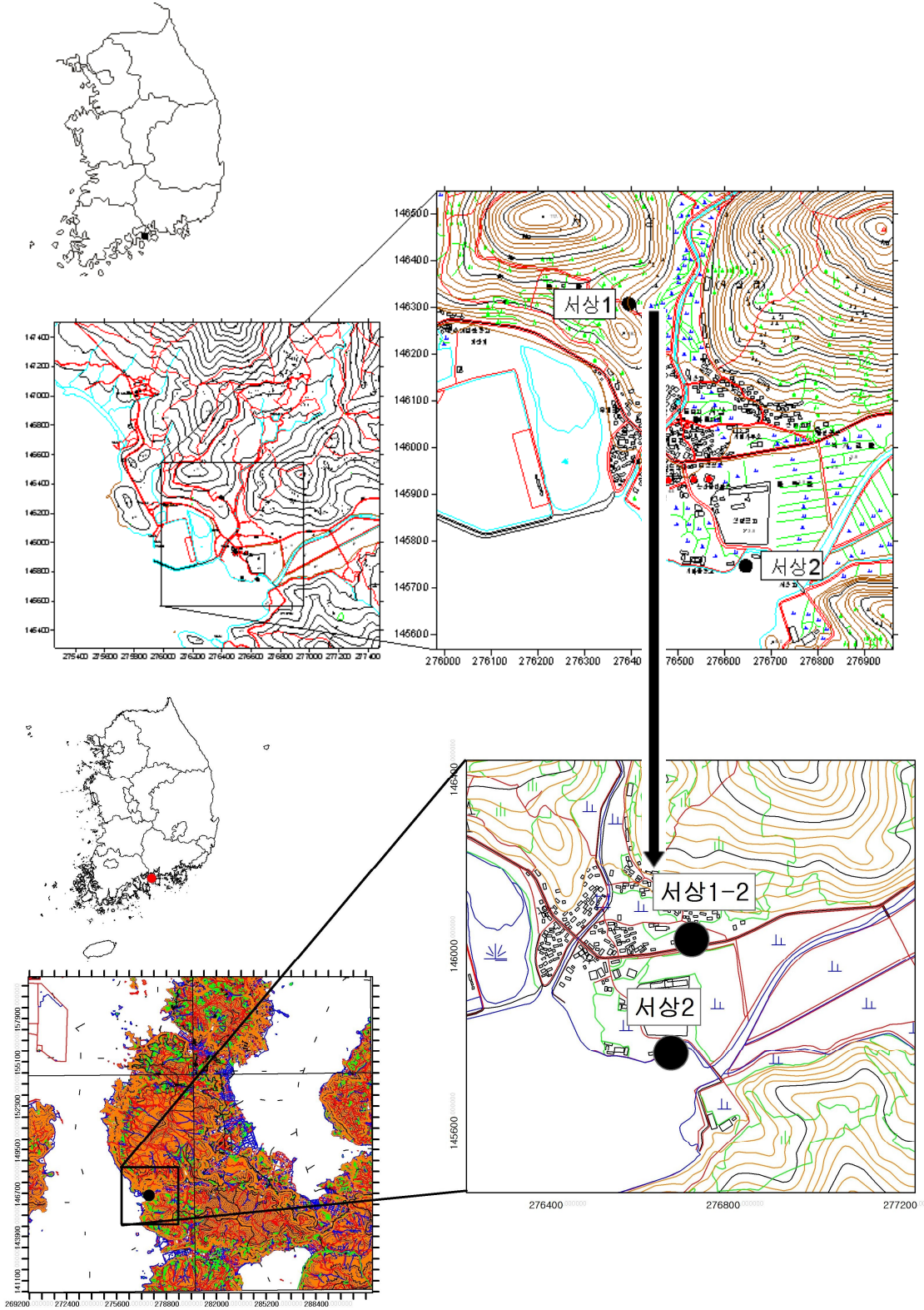
8. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 갈화1관측공은 1998년과 1999년에 설치한 관측망으로 각각 해안변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하였다. 그러나, 갈화2는 공내 이용시설 설치로 인한 데이터의 신뢰도 저하로 2015년 인근에 갈화2-2로 이동 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 갈화2 관측공의 양수량은 $20.0 \text{ m}^3/\text{d}$ 이다. 수리전도도는 각기 $1.345 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{sec}$ 이고, 대수층 두께는 54.0 m 이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 갈화2-2 관측공의 케이싱 심도(6 m) 이하부터 약 15 m 까지 저비저항대가 관측되며, 이하 공저까지는 고비저항대로 나타났다. 물리점층 결과, 갈화2-2 관측공의 수온은 케이싱 심도(6 m) 이하부터 심도 약 30 m 까지 $16.9 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 $16.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 까지 감소하다가 이후부터 공저까지는 $16.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 까지 증가하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 약 30 m 까지는 $8 \sim 10 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 범위로 나타나다가 이후부터 심도 약 60 m 까지는 $5.5 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 로 감소하였다. 노말 전기비저항은, 심도 약 12 m 에서는 유사하게 나타나다가 이후부터는 일정한 비저항 차이를 유지하며 유사한 경향을 보인다.
- 4) 지하수 점층 결과 : 갈화1 관측공은 2002년 이후 지표 하 $53 \sim 57 \text{ m}$ 구간에서 전기전도도가 약 $500 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 약 $31,000 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외로 상승하는 전이대가 분포한다. 갈화2 관측공은 지표 하 $16 \sim 18 \text{ m}$, $36 \sim 37 \text{ m}$, $40 \sim 41 \text{ m}$ 세 구간에서 전이대가 형성되어 공저에서는 약 $20,000 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 검출된다. 갈화2-2 관측공에서는 심도 약 $25 \sim 30 \text{ m}$ 구간에서 전이대가 나타나 전기전도도가 약 $500 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 정도가 증가한다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 갈화1, 2 관측공은 Na-Cl 유형에 해당되며, 갈화2-2 관측공은 Mg-Cl 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비가 갈화1 관측공은 2002년, 2008년을 제외하면, $0.65 \sim 2.12$ 범위로 약간의 해수 영향을 받고 있고, 갈화2 관측공도 2002년, 2008년을 제외하면 $1.11 \sim 9.97$ 범위로 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 2015년 개발한 갈화2-2 관측공은 2.27로 약한 해수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

- 6) 연도별 관측결과 : 갈화1, 2 관측공의 경우, 전이대의 상하 이동에 따른 연평균 전기전도도의 변화가 매우 심하며, 일정한 경향은 나타나지 않는다. 향후 주기적인 전기전도도 검층을 통하여 연중 전이대의 변화에 대한 모니터링이 필요하다.
- 7) 장기관측결과 : 갈화1 관측공의 수위는 약 1.5m 내외에서 변화하며, 전기전도도의 변화가 $100 \sim 30,000 \mu S/cm$ 범위에서 변화하고 있다. 갈화2 관측공의 수위는 약 3m 내외에서 변화하며, 전기전도도의 변화가 $100 \sim 20,000 \mu S/cm$ 범위에서 변화하고 있다
- 8) 관리 방안 : 갈화1, 2 관측공은 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 발달 여부를 점검하여야 한다. 또한, 인근에 개발한 갈화2-2 관측공에서도 해수침투 영향에 대하여 지속적으로 모니터링해야 한다.

2.7.4 서상지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
서상1	남해군 서면 서상리 1276	93414.620	146607.854	27.398	2000	330	6.19
*서상 1-2	남해군 서면 서상리 521-6	276654.6471	145995.9661	4.612	2015	130	0.532
서상2	남해군 서면 서상리 722-20	93654.042	146042.844	2.766	2002	470	0.34

* 서상1은 공내 이용시설 설치로 인해 2015년 서상1-2로 이동 설치함

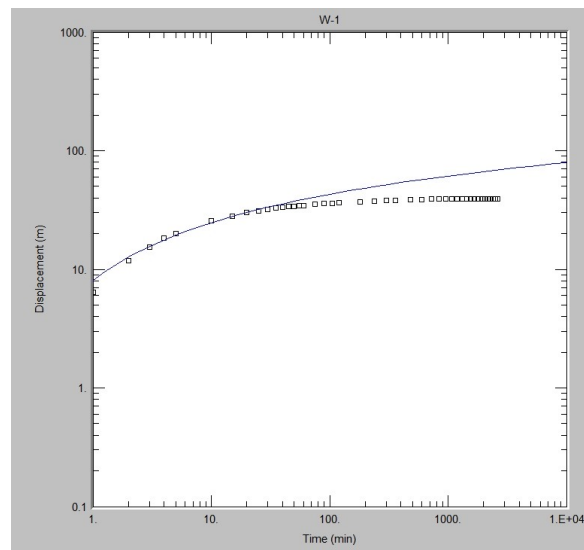
2. 지형 및 지질

이 지역은 남해군 서면 서쪽 해안지역으로 남해군의 다른 지역에 비해 지형적으로 평야지대가 길게 분포하고 있다. 지질은 백악기 경상계 유천층군과 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 구분된다. 유천층군은 괴상안산암에 화산기원의 역암 및 화산각력암, 각력안산암으로 구성된 용방산층으로 이루어져 있다.

3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 서상1-2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



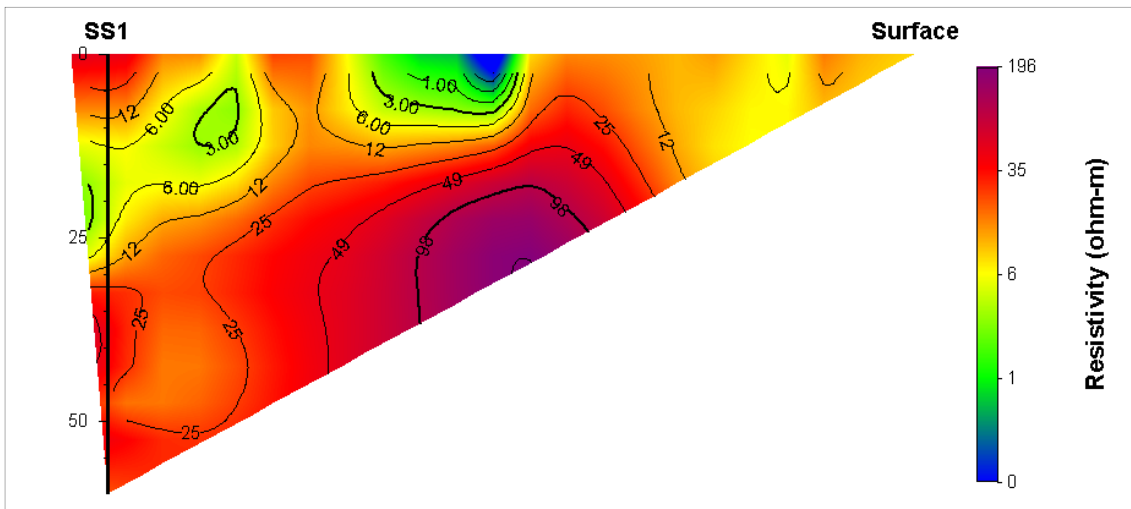
<서상1-2 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
서상1-2	100.0	1.001	1.25×10 ⁻³	32.5

◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

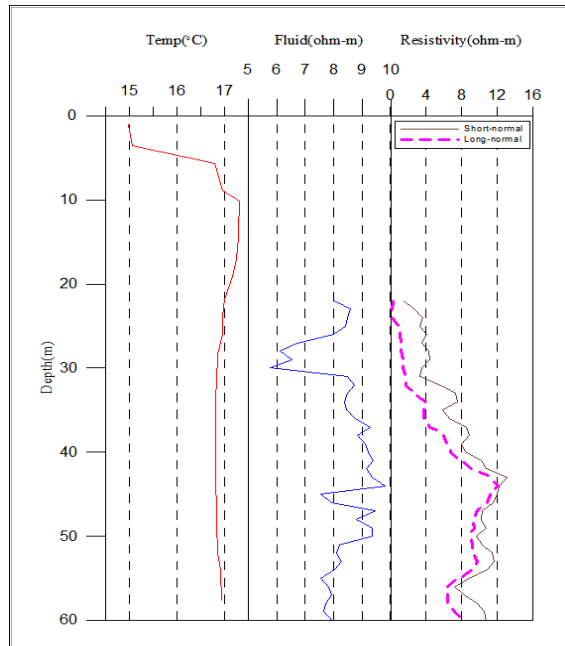
서상1-2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 22.5 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표 간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



<서상1-2 관측공 토모그래피>

2) 물리검층

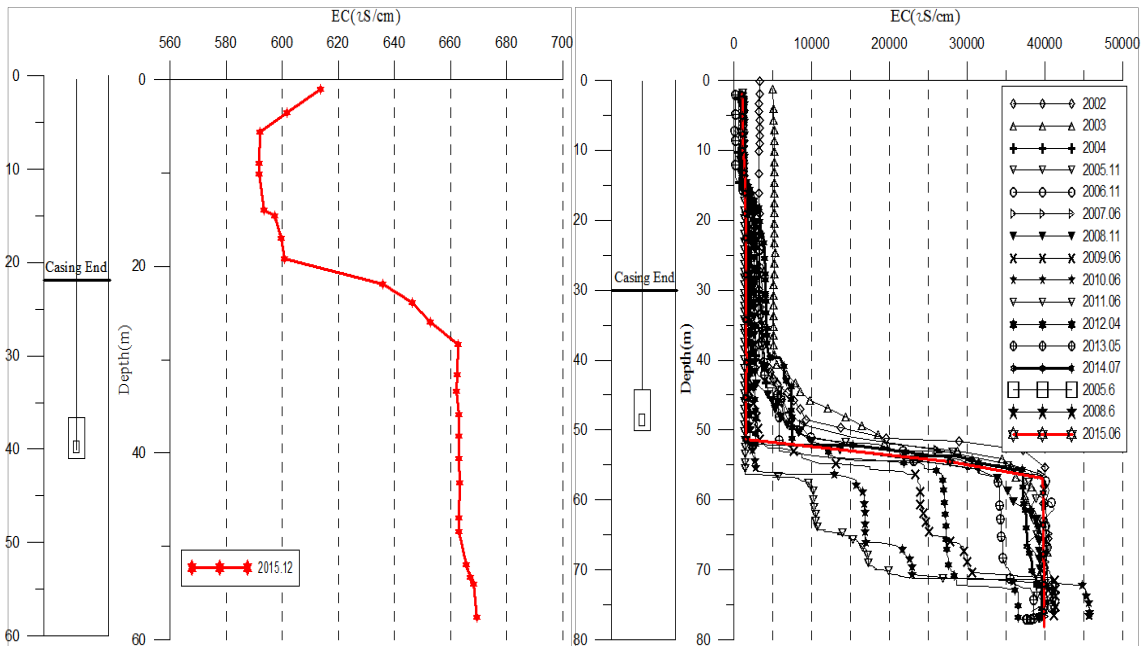
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<서상1-2 관측공 물리검층>

4.

지하수 검층



<서상1-2 관측공>

<서상2 관측공>

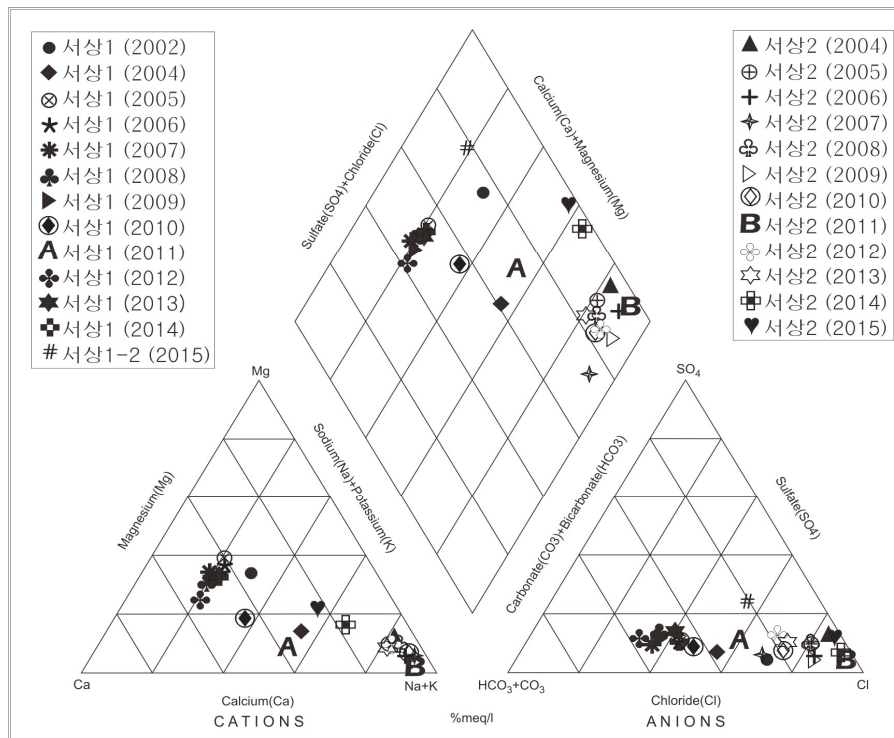
※ 서상1 관측공은 지하수 이용시설이 설치되어 지하수 검층을 실시하지 못함.

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
서상1	(2002. 7)	25.29	14.35	0.78	26.45	6.24	83.66	45.75	11.19
	(2004.10)	94.25	12.11	ND	46.88	9.31	57.53	68.93	0.57
	(2005.10)	11.89	11.74	0.59	20.90	7.94	25.84	47.28	0.29
	(2006.11)	11.11	10.27	0.55	18.59	7.19	23.10	42.70	ND
	(2007.11)	10.33	10.05	0.69	23.03	8.25	23.50	61.00	0.38
	(2008.11)	11.71	9.66	0.53	25.16	10.57	24.08	61.00	ND
	(2009. 6)	13.05	10.22	0.56	25.50	10.21	24.31	61.00	ND
	(2010. 6)	30.13	7.92	0.74	32.93	14.41	57.10	94.55	0.18
	(2011.10)	51.37	3.69	1.18	31.98	19.31	83.96	68.81	ND
	(2012. 4)	13.97	10.07	2.66	34.71	10.77	23.69	79.30	ND
	(2013. 5)	12.62	10.63	1.67	23.29	11.74	29.56	61.00	0.81
(2014. 7)	15.16	11.73	0.64	27.87	11.34	29.85	57.95	0.02	
서상1-2	(2015.11)	18.58	20.64	7.20	53.66	135.71	208.82	145.22	ND
서상2	(2004.10)	663.32	48.68	ND	52.51	282.79	1483.14	161.65	5.83
	(2005.10)	305.88	17.29	7.17	27.93	83.90	497.05	100.65	3.10
	(2006.11)	172.30	3.89	6.48	10.11	20.38	284.05	61.00	ND
	(2007.11)	295.07	6.05	9.64	13.82	24.31	314.38	213.50	1.24
	(2008.11)	379.47	18.44	10.99	27.13	84.80	574.97	131.15	1.83
	(2009. 6)	252.26	5.17	9.59	12.40	32.20	374.38	91.50	1.25
	(2010. 6)	316.52	14.13	18.09	16.10	74.44	419.00	173.85	1.33
	(2011.10)	222.82	2.64	8.28	10.14	23.26	382.49	17.86	ND
	(2012. 4)	349.39	17.43	13.47	24.42	85.55	411.07	192.15	ND
	(2013. 5)	95.12	5.89	3.86	10.10	31.24	137.79	54.90	ND
	(2014. 7)	1082.67	145.59	24.87	239.05	279.05	2339.51	64.05	ND
	(2015. 6)	1926.17	389.62	67.53	639.30	751.67	4625.75	196.37	ND



<서상지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

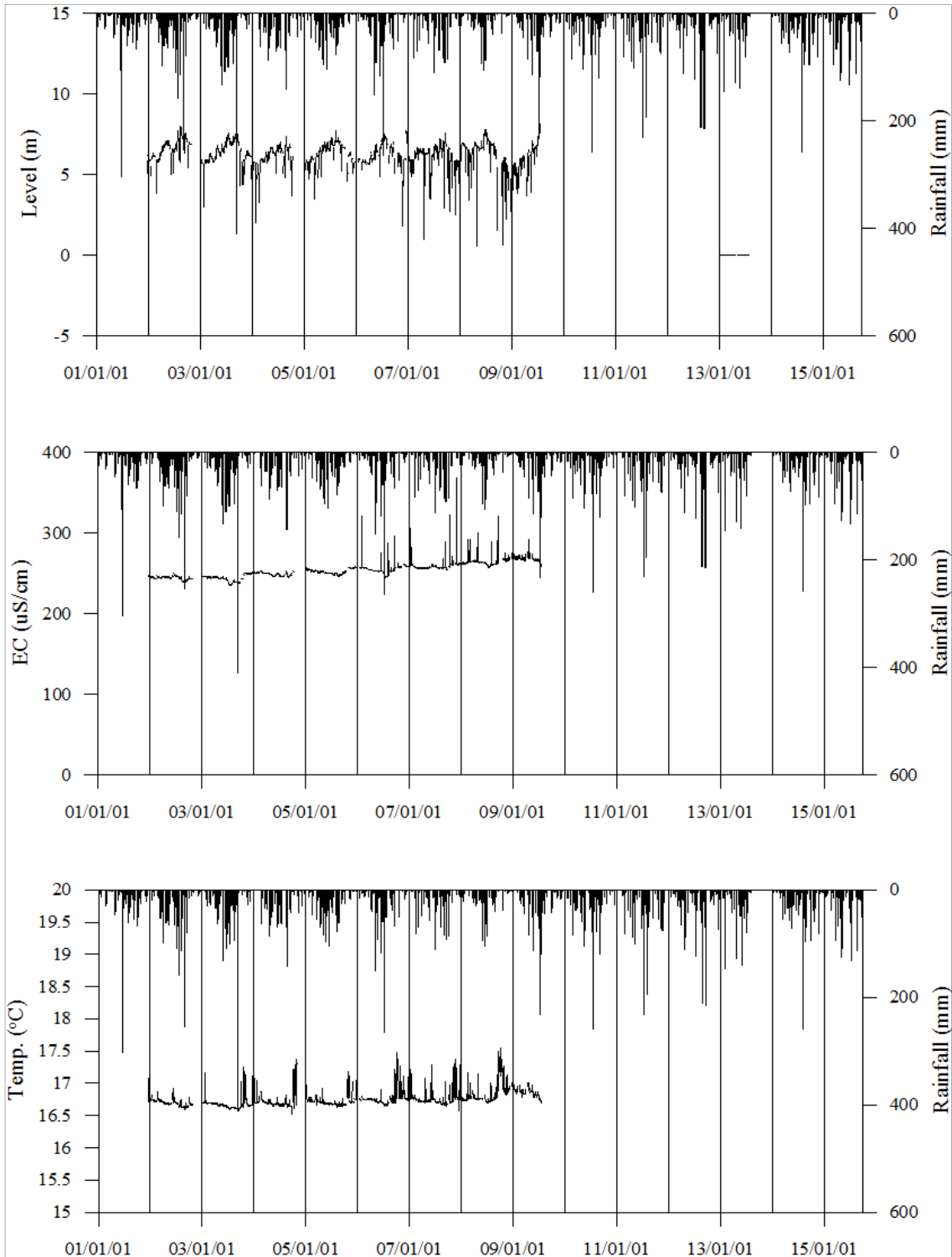
구 분	관측공		서상1	서상2
	년. 월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7		3.18	-
	2004.10		1.44	15.79
	2005.10		0.94	8.51
	2006.11		0.93	8.03
	2007.10		0.66	2.53
	2008.11		0.68	7.53
	2009. 6		0.68	7.03
	2010. 6		1.04	4.14
	2011.10		2.10	36.79
	2012. 4		0.51	3.68
	2013. 5		0.83	4.31
	2014. 7		0.89	62.76
	2015.11		2.47 (서상1-2)	40.54

6. 연도별 관측자료 분석

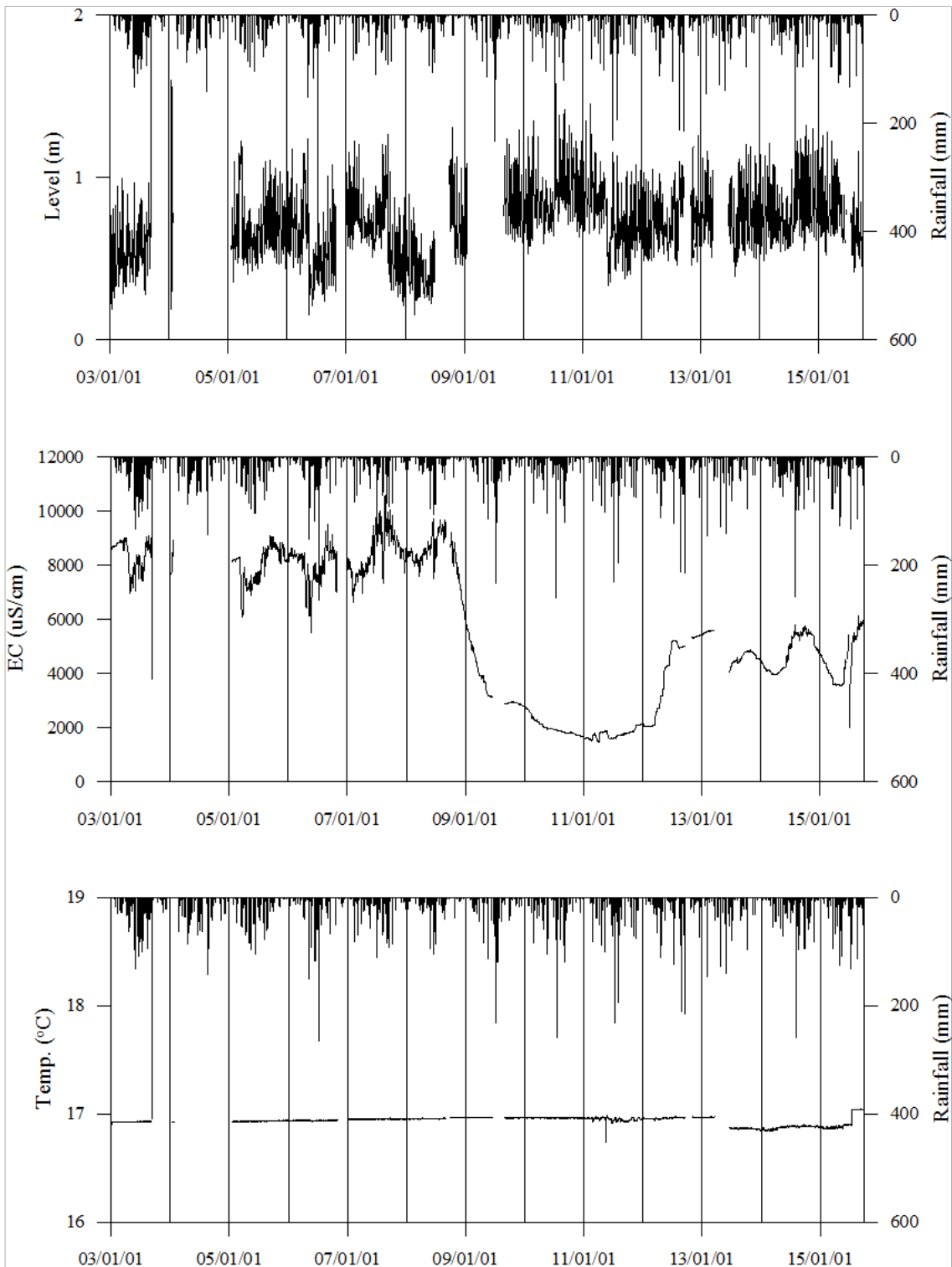
(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
서상1	2002	10.00	-0.29	10.74	233	223	477	-	-	-
	2002	6.39	-4.70	8.00	249	239	506	-	-	-
	2003	6.41	-1.50	7.70	243	235	325	-	-	-
	2004	5.92	-7.50	7.40	251	245	445	-	-	-
	2005	4.77	-9.30	6.30	253	25	425	-	-	-
	2006	4.32	-7.50	6.10	261	25	511	-	-	-
	2007	6.12	-8.77	7.56	259	255	326	-	-	-
	2008	6.15	-25.44	7.76	272	258	838	-	-	-
	2009	6.03	3.69	8.16	268	259	292	-	-	-
서상2	2003	0.10	-2.39	1.00	6,915	17	9,100	-	-	-
	2004	0.69	-0.11	1.60	8,325	254	13,230	-	-	-
	2005	0.68	0.36	1.23	7,958	6,100	9,110	-	-	-
	2006	0.60	0.16	1.48	8,006	5,520	9,530	-	-	-
	2007	0.76	0.31	1.27	8,473	6,640	10,600	-	-	-
	2008	0.50	0.16	1.31	8,638	7,530	9,740	-	-	-
	2009	0.83	0.48	1.24	3,891	2,880	5,950	-	-	-
	2010	0.89	0.53	1.88	2,084	1,800	2,770	-	-	-
	2011	0.76	0.34	1.46	1,708	1,409	1,880	-	-	-
	2012	0.73	0.46	1.19	3,767	2,040	5,380	-	-	-
	2013	0.77	0.39	1.16	5,136	4,070	5,600	-	-	-
	2014	0.75	0.49	1.21	4,364	3,960	5,540	-	-	-
2015	0.78	0.42	1.28	4,436	2,030	6,156	-	-	-	

7. 장기관측 결과



<서상1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온그림



<서상2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

8.

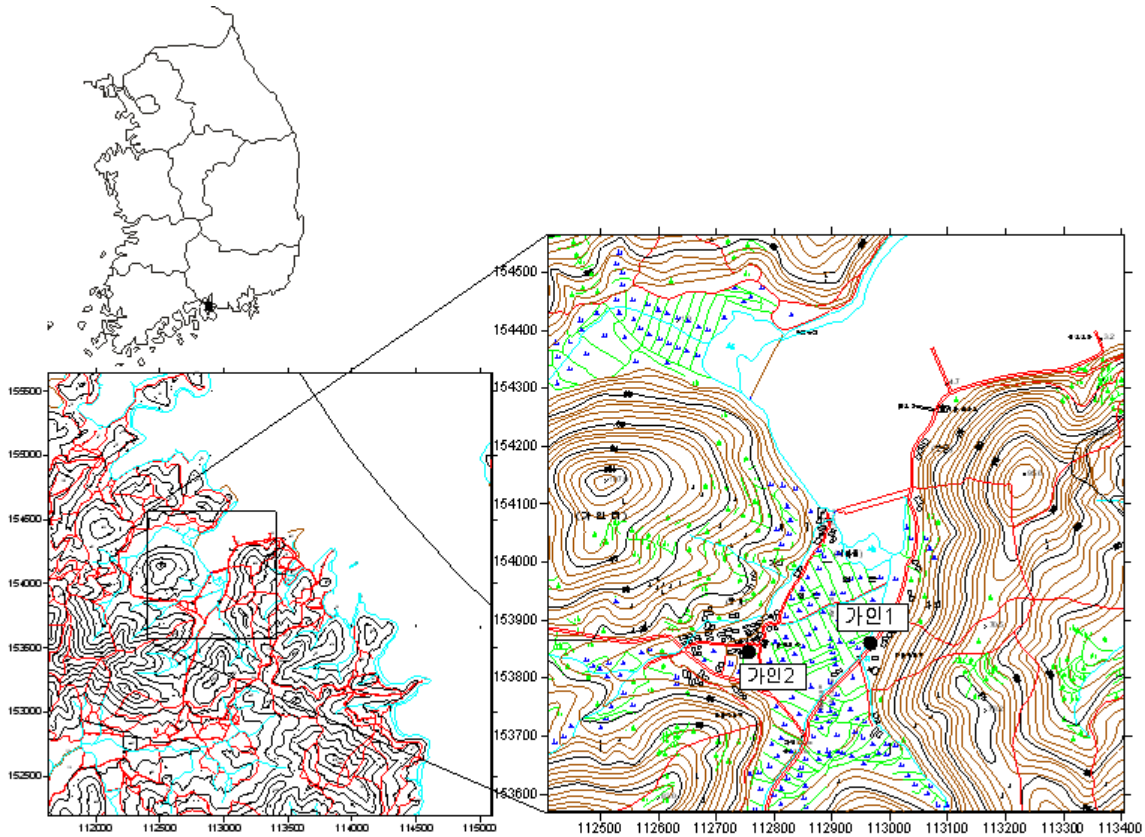
현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서상1, 2 관측공은 2000년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 서상1 관측공은 공내 이용시설 설치로 자료의 신뢰도가 저하되어 2015년 인근에 서상1-2로 이동 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 서상1-2 관측공의 양수량은 100.0 m³/d이다. 수리전도도는 1.245×10^{-3} cm/sec이고, 대수층 두께는 32.5 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 서상1-2 관측공의 심도 약 15 ~ 25 m 구간에 저비저항대가 관측된다. 물리검층 결과, 서상1-2 관측공의 수온은 케이싱 심도(22.5 m) 이하부터 공저까지 거의 유사하게 약 17.0 °C로 나타났다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 약 30 m까지 감소하다가 이후 상승하는 경향을 나타내다가 약 45 m 이후부터는 상승과 하강을 반복한다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 약 42 m까지 단노말(16")과 장노말(64")이 일정한 차이를 두고 같이 높아진다. 그리고, 심도 약 42 m에서 약 50 m까지 유사한 값을 나타내다가 이후 공저까지 유사한 경향을 나타낸다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 서상1-2 관측공은 심도 약 20 ~ 27 m 구간에 전이대가 나타나 전체적으로는 담수의 전기전도도이다. 서상2 관측공은 2002년 이후 2008년까지 지표 하 42 ~ 52 m 구간에서 전기전도도가 약 2,000 $\mu S/cm$ 에서 약 40,000 $\mu S/cm$ 로 급격하게 상승하는 전이대가 분포한다. 서상1 관측공은 이용공을 관측공으로 활용함에 따라, 내부에 우물자재가 있어 검층을 실시하지 못하였다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 서상1 관측공은 2002년에는 Ca-Cl 유형이었으나 2005년부터 Ca-HCO₃ 유형으로 변화하였다. 2014년도 서상1 관측공의 Cl/HCO₃ 몰비는 0.89로 해수의 영향이 없다. 2015년 신규 개발한 서상 1-2 관측공은 Ca-Cl 유형이며, 몰비는 2.27로 해수의 영향이 나타난다. 서상2 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형에 해당하며, Cl/HCO₃ 몰비가 40.54로 해수영향을 심하게 받고 있다.

- 6) 연도별 관측결과 : 서상1 관측공의 지표 하 62 m에 설치한 센서의 연평균 전기전도도는 2002년부터 2009년까지 $250 \mu S/cm$ 내외로 큰 변화는 없다. 서상2 관측공의 지표 하 50 m에 설치한 센서의 연평균 전기전도도는 2003년부터 2008년까지 $6,915 \mu S/cm$ 에서 $8,638 \mu S/cm$ 로 점차 증가하였으나, 2009년 이후 2015년까지 $1,708 \sim 5,136 \mu S/cm$ 범위에서 증감을 반복하고 있다.
- 7) 장기관측결과 : 서상2 관측공은 조위변화에 따라 지하수 수위 변동이 나타나며, 강수에 의한 영향도 복합적으로 나타나고 있다. 그러나, 전기전도도는 전이대의 상승과 하강의 영향을 받아 2009년 이전(약 $8,000 \mu S/cm$ 내외)보다 이후(약 $4,000 \mu S/cm$ 내외)에 상대적으로 낮은 값이 관측되고 있다.
- 8) 관리 방안 : 서상지구는 해안 변에 위치한 서상2 관측공에서 해수유입에 의한 영향이 직접적으로 나타남에 따라 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.7.5 가인지구

1. 위치

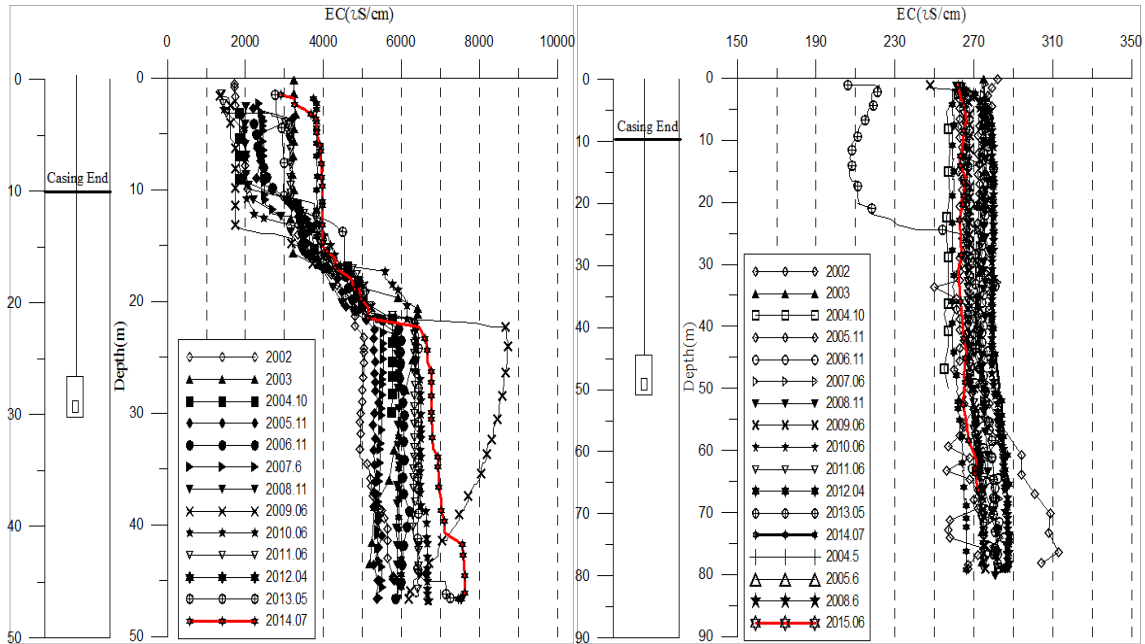


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
가인1	남해군 창선면 가인리 146-11	112966.718	153859.936	1.884	2000	260	0.384
가인2	남해군 창선면 가인리 101-1	112755.985	153844.491	2.525	2002	270	1.495

2. 지형 및 지질

이 지역은 남해군 창선도의 동쪽에 위치하고 있으며, 지형적으로는 작은 규모의 만으로 구성되어 있다. 지질은 백악기 함안층과 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 구분된다. 함안층은 적색사암, 셰일 및 응회암질 사암, 이암, 회색 및 회녹색 사암으로 구성되며, 일부지역에서는 열변성으로 혼펠스화 되어 있다.

3. 지하수 검층



<가인1 관측공>

<가인2 관측공>

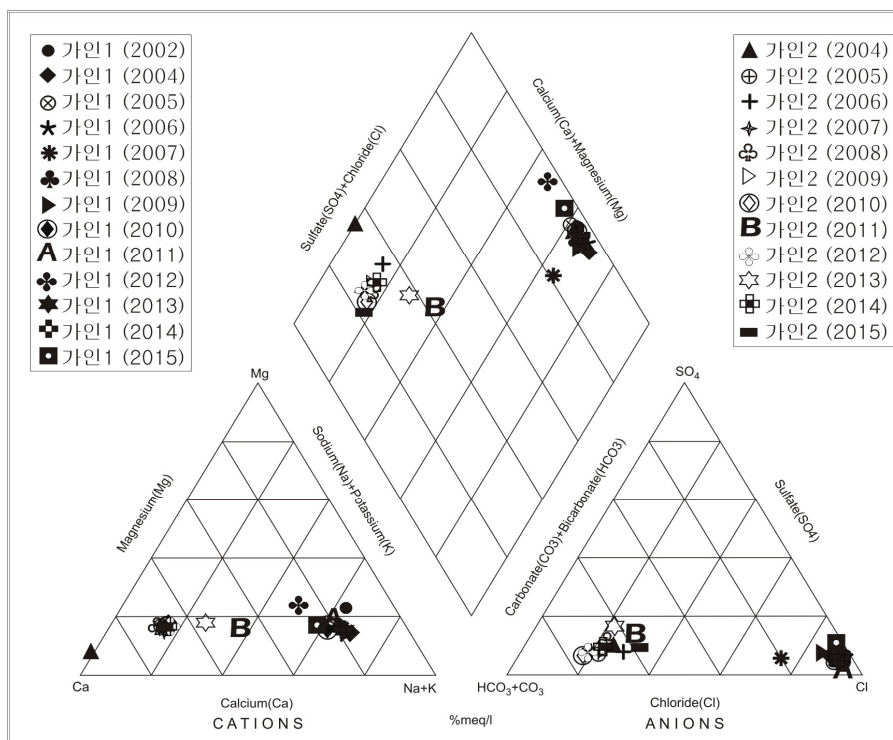
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
가인1	(2002. 7)	481.18	91.08	3.13	108.82	59.56	1147.87	57.34	50.34
	(2004.10)	290.02	31.03	ND	66.28	73.59	825.08	86.62	2.92
	(2005.10)	446.95	65.12	4.14	145.17	104.57	1128.94	99.13	4.88
	(2006.11)	424.69	43.43	3.97	97.31	60.70	853.10	42.70	ND
	(2007.10)	451.25	52.34	4.95	108.86	63.64	692.09	305.00	0.55
	(2008.11)	501.78	58.05	4.68	131.53	90.27	1073.52	97.60	ND
	(2009. 6)	299.05	30.08	2.98	70.96	55.65	535.60	85.40	1.87
	(2010. 6)	581.37	73.40	6.14	179.41	107.03	1409.61	100.65	4.23
	(2011.10)	404.90	62.99	4.94	102.56	73.80	1061.67	91.52	ND
	(2012. 4)	507.35	121.19	8.49	257.84	109.39	1574.56	112.85	ND
	(2013. 5)	594.81	71.19	16.49	144.67	121.23	1162.13	94.55	ND
	(2014. 7)	1055.52	120.09	8.91	256.82	169.09	2185.19	118.95	0.07
(2015. 6)	591.44	100.82	11.99	225.31	146.65	1425.81	113.54	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
가인2	(2004.10)	ND	1.29	ND	24.82	8.66	16.98	73.81	0.47
	(2005.10)	7.52	5.38	0.70	37.92	6.59	13.30	74.73	0.18
	(2006.11)	8.33	4.98	0.90	33.90	5.97	14.34	54.90	ND
	(2007.10)	9.06	5.56	1.25	36.87	6.56	14.29	88.45	0.33
	(2008.11)	8.42	5.17	0.79	36.42	6.48	14.25	76.25	0.08
	(2009. 6)	9.53	5.47	0.97	38.22	6.65	13.46	79.30	ND
	(2010. 6)	9.23	5.65	3.54	36.61	6.69	13.36	91.50	0.05
	(2011.10)	10.97	3.33	7.20	15.70	8.90	13.18	43.93	ND
	(2012. 4)	8.43	5.67	2.88	37.87	5.73	13.78	94.55	ND
	(2013. 5)	9.32	4.30	5.30	21.75	10.29	11.85	54.90	ND
	(2014. 7)	10.87	6.09	1.02	39.48	6.87	14.64	79.30	ND
	(2015. 6)	12.16	6.14	1.14	40.66	10.67	28.82	85.13	-



<가인지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

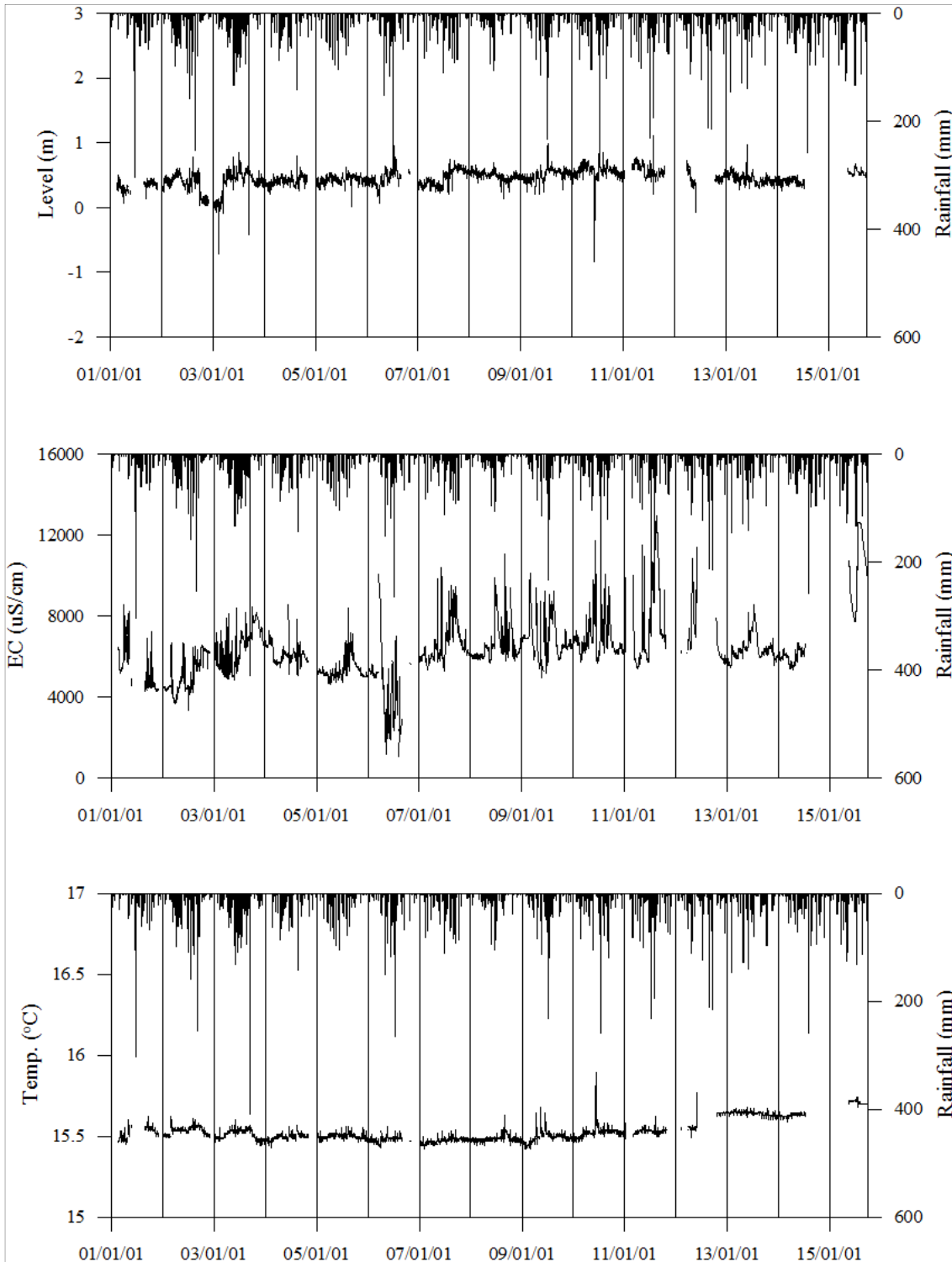
구 분	관측공	가인1	가인2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	34.45	-
	2004.10	16.39	0.39
	2005.10	19.64	0.31
	2006.11	34.45	0.45
	2007.10	3.90	0.28
	2008.11	18.90	0.32
	2009. 6	10.78	0.29
	2010. 6	24.06	0.25
	2011.10	19.93	0.52
	2012. 4	23.97	0.25
	2013. 5	21.12	0.37
	2014. 7	31.57	0.32
	2015. 6	21.61	0.58

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

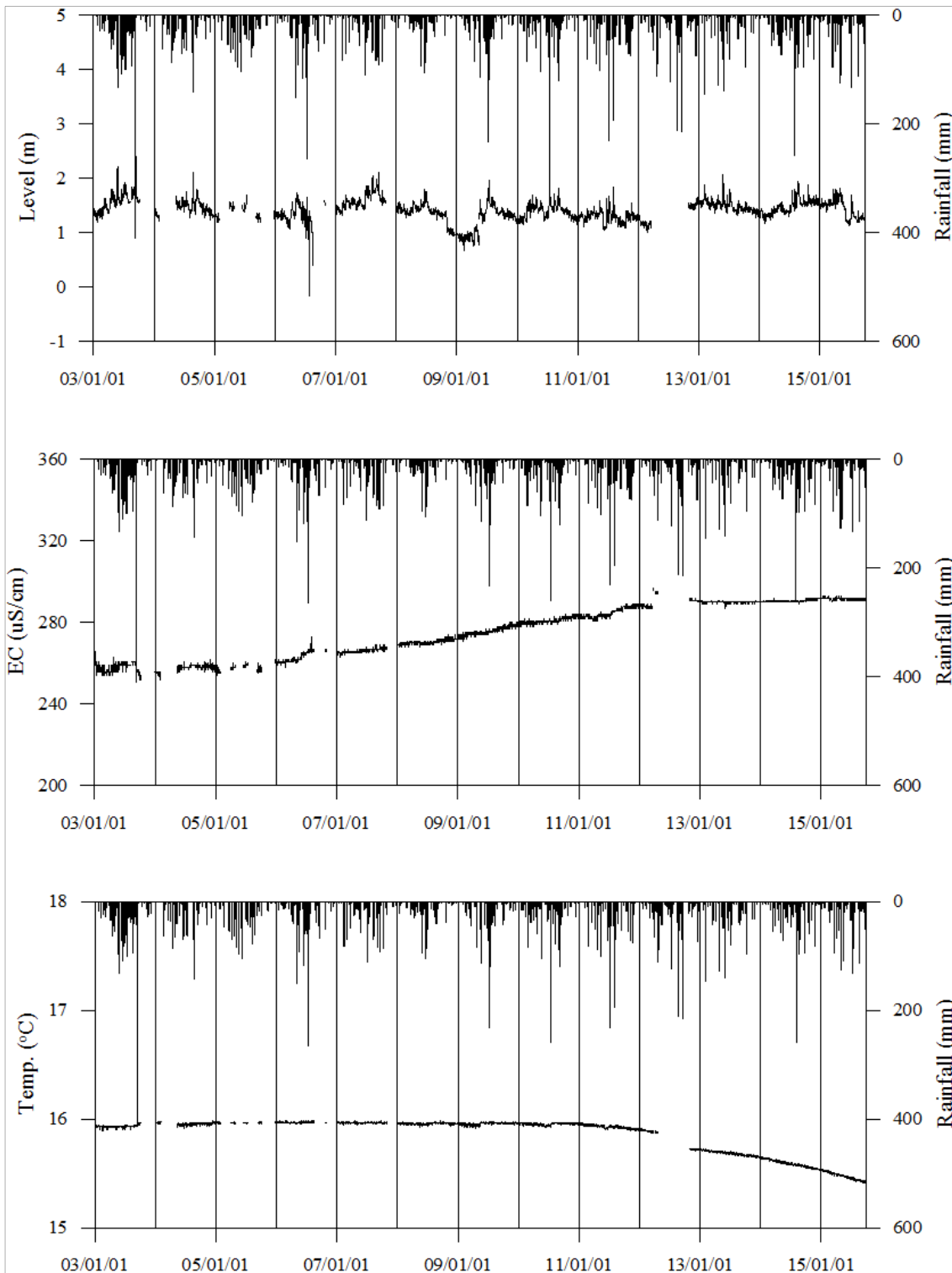
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
가인1	2002	-0.15	-7.08	0.50	5,479	4,301	8,568	-	-	-
	2002	0.37	-0.02	0.77	5,066	3,335	8,366	-	-	-
	2003	0.40	-0.72	1.18	6,222	4,851	8,464	-	-	-
	2004	0.37	-4.06	0.80	6,148	5,075	9,710	-	-	-
	2005	0.44	0.01	0.62	5,402	4,645	8,404	-	-	-
	2006	0.44	-1.53	1.24	4,716	1,070	10,087	-	-	-
	2007	0.43	-3.65	0.74	6,694	5,292	10,793	-	-	-
	2008	0.48	-2.72	0.69	6,758	5,673	11,098	-	-	-
	2009	0.43	-5.37	0.99	6,968	4,946	10,110	-	-	-
	2010	0.57	-0.83	1.14	7,115	5,696	11,720	-	-	-
	2011	0.58	0.21	1.11	7,674	5,394	12,974	-	-	-
	2012	0.45	-0.07	0.72	7,122	5,836	11,386	-	-	-
	2013	0.48	0.28	0.97	6,565	5,484	8,859	-	-	-
	2014	0.40	0.26	0.50	6,007	5,352	6,706	-	-	-
2015	0.54	0.47	0.68	10,390	7,753	12,644	-	-	-	
가인2	2003	1.57	1.20	2.40	258	252	266	-	-	-
	2004	1.47	1.22	2.12	258	252	262	-	-	-
	2005	1.37	1.20	1.69	257	254	261	-	-	-
	2006	1.30	-0.18	1.73	263	258	273	-	-	-
	2007	1.59	1.33	2.12	266	263	269	-	-	-
	2008	1.43	1.23	1.79	270	268	273	-	-	-
	2009	1.19	-3.95	1.97	275	271	279	-	-	-
	2010	1.42	1.11	2.44	281	277	284	-	-	-
	2011	1.29	1.05	1.84	284	281	289	-	-	-
	2012	1.25	1.00	1.55	290	287	298	-	-	-
	2013	1.55	1.36	2.07	290	287	291	-	-	-
	2014	1.39	1.16	1.77	290	290	292	-	-	-
2015	1.44	1.12	1.82	292	290	293	-	-	-	

6. 장기관측 결과



<가인1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<가인2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

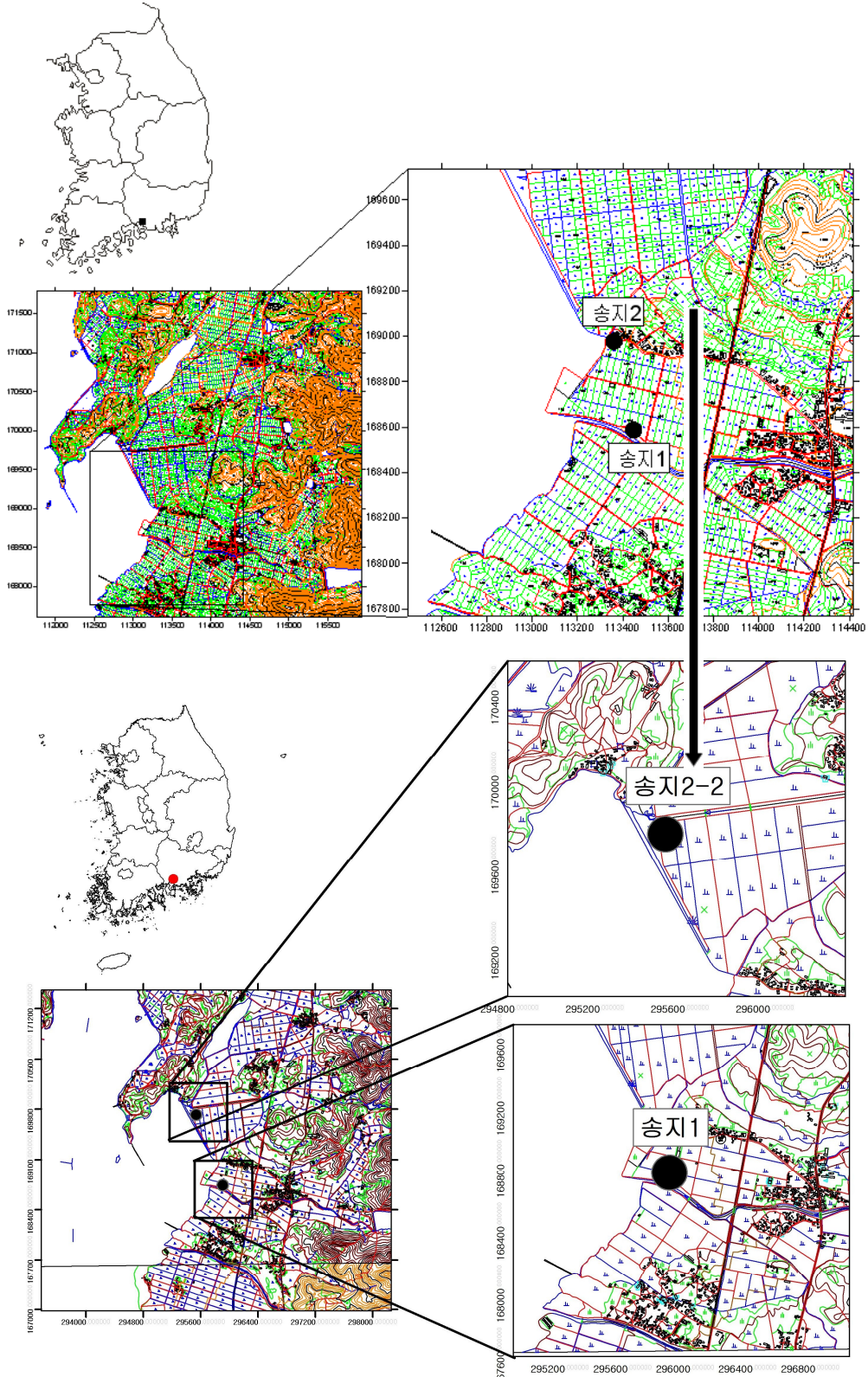
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 가인1, 2 관측공은 2000년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 가인1 관측공은 2002년 이후 담수와 해수 체의 전이대가 15 ~ 25 m 구간으로 전기전도도 값은 2,000 ~ 4,000 $\mu S/cm$ 범위에서 5,000 ~ 7,000 $\mu S/cm$ 범위까지 증가한다. 가인2 관측공은 2002년 설치 이후 약 270 $\mu S/cm$ 내외로 변화가 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 가인1 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 21.61로 심각한 해수의 영향을 지시한다. 가인2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형의 일반적인 담수유형에 해당하고 Cl/HCO₃ 몰비도 0.58 로서 해수의 영향은 미약한 것으로 분석된다.
- 4) 연도별 관측결과 : 가인1 관측공은 지표 하 30 m의 전기전도도 센서에서 2015년까지 4,716 ~ 10,390 $\mu S/cm$ 범위에서 증감을 나타내고 있다. 가인2 관측공은 2015년까지 큰 변화 없이 257 ~ 292 $\mu S/cm$ 범위의 값을 나타내고 있다.
- 5) 장기관측결과 : 가인1 관측공의 지하수 수위와 전기전도도는 강수에 비례적이어서 강수발생 시 지하수 수위와 전기전도도는 증가한다. 가인2 관측공은 강수에 의한 지하수 수위 변동이 1 m 내외에서 나타나며, 비록 담수영역이지만 전기전도도는 관측공 개발 이래 꾸준히 증가 추세이다.
- 6) 관리 방안 : 가인지구는 해안 변에 인접한 가인1 관측공의 경우 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다. 또한, 가인2 관측공은 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났지만, 전기전도도는 증가추세이므로 향후 꾸준한 모니터링을 통하여 그 변화추이를 살펴볼 필요가 있다.

2.7.6 송지지구

1. 위치



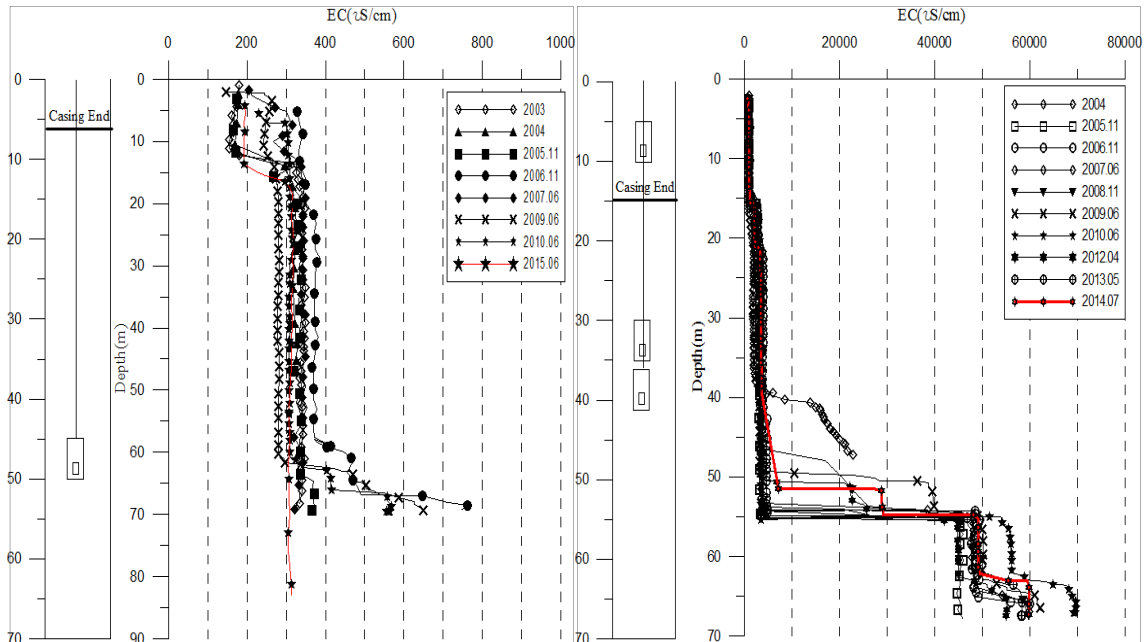
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
송지1	사천시 용현면 송지리 581	113449.365	168586.540	4.224	2003	150	2.334
송지2	사천시 용현면 송지리 355	113362.032	168978.669	3.828	2004	10	1.478
송지 2-2	사천시 용현면 송지리 1018-1	295932.76	168957.42	-	2005	50	0.78(TOC)

* 송지2 관측공은 도로 편입으로 2015년 송지2-2 관측공으로 이동 설치함

2. 지형 및 지질

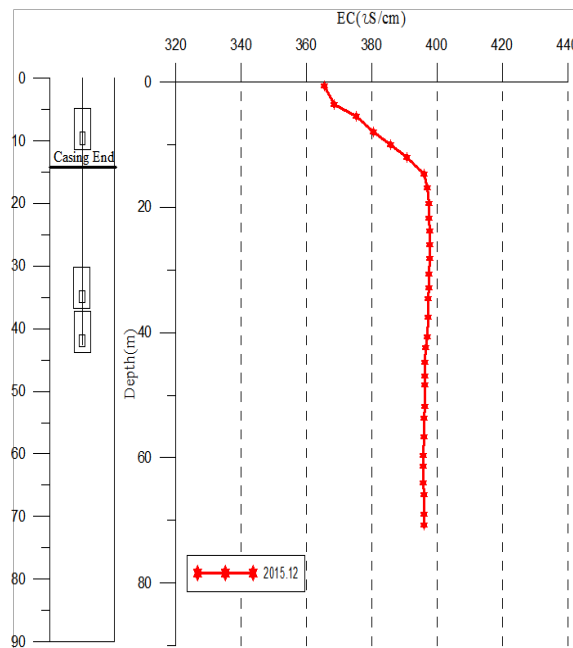
이 지역은 지형적으로 해안선이 넓게 분포하는 선상지에 해당하며, 지질은 낙동통의 세일, 사암 및 이암으로 구성된 진주층과 사암 및 이암으로 구성된 칠곡층의 경계부에 해당된다.

3. 지하수 검층



<송지1 관측공>

<송지2 관측공>



<송지2-2 관측공>

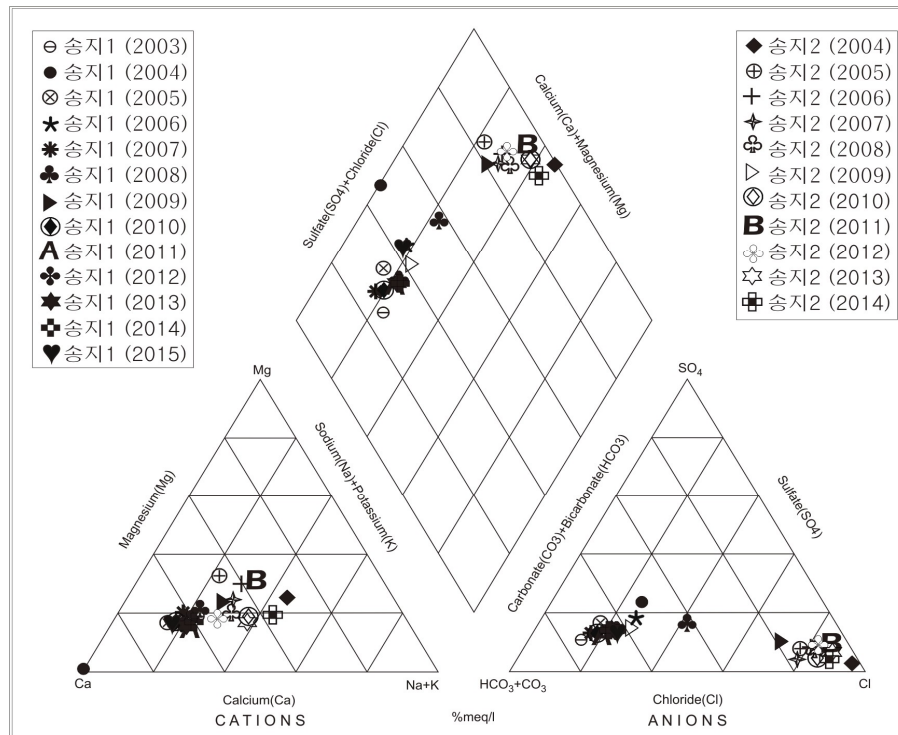
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
송지1	(2003. 9)	11.62	5.43	0.68	29.54	16.65	14.29	123.60	5.76
	(2004.10)	ND	ND	ND	11.62	18.39	15.08	54.90	0.47
	(2005.10)	9.99	6.18	0.67	42.24	20.92	17.02	109.80	0.21
	(2006.11)	13.98	6.23	0.93	42.51	17.24	18.45	67.10	ND
	(2007.10)	16.42	7.60	2.04	40.48	15.76	20.41	122.00	0.35
	(2008.11)	9.63	4.67	0.68	20.62	14.00	27.25	48.80	0.18
	(2009. 6)	60.64	29.87	2.39	94.59	41.64	221.65	106.75	0.71
	(2010. 6)	13.76	5.85	0.82	39.81	16.57	18.01	131.15	0.07
	(2011.10)	14.95	7.08	1.02	41.09	19.54	23.21	128.13	ND
	(2012. 4)	11.06	5.50	2.82	30.30	16.20	19.46	94.55	ND
	(2013. 5)	13.06	5.70	1.80	34.50	19.78	23.72	118.95	0.88
	(2014. 7)	16.94	6.62	0.91	38.30	18.30	25.54	128.10	0.00
(2015. 6)	10.71	5.83	0.81	36.22	17.65	22.57	84.15	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
송지2	(2004.10)	1190.09	382.02	ND	793.44	152.15	5593.43	90.89	25.25
	(2005.10)	40.17	30.77	1.64	73.51	38.01	214.68	64.05	1.33
	(2006.11)	58.08	30.26	2.36	69.73	35.91	274.49	76.25	ND
	(2007.10)	79.11	35.26	4.35	106.84	45.90	310.95	91.50	2.03
	(2008.11)	131.38	43.04	2.77	182.73	58.25	520.01	118.95	1.83
	(2009. 6)	13.43	5.68	0.87	33.08	16.15	26.22	91.50	0.10
	(2010. 6)	227.67	59.88	2.84	234.92	73.60	839.78	152.50	2.79
	(2011.10)	62.19	31.30	3.10	59.17	38.53	239.57	22.98	ND
	(2012. 4)	147.42	48.82	3.81	216.64	74.43	595.82	143.35	ND
	(2013. 5)	237.43	55.99	3.27	244.04	90.70	869.47	128.10	ND
	(2014. 7)	359.64	90.67	3.77	264.69	92.67	1097.87	161.65	ND



<송지지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	송지1	송지2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	0.19	-
	2004.10	0.47	105.87
	2005.10	0.27	5.78
	2006.11	0.47	6.21
	2007.10	0.29	5.84
	2008.11	0.96	7.51
	2009. 6	3.57	0.49
	2010. 6	0.24	9.46
	2011.10	0.31	17.91
	2012. 4	0.35	7.14
	2013. 5	0.34	11.66
	2014. 7	0.34	11.67
	2015. 6	0.46	-

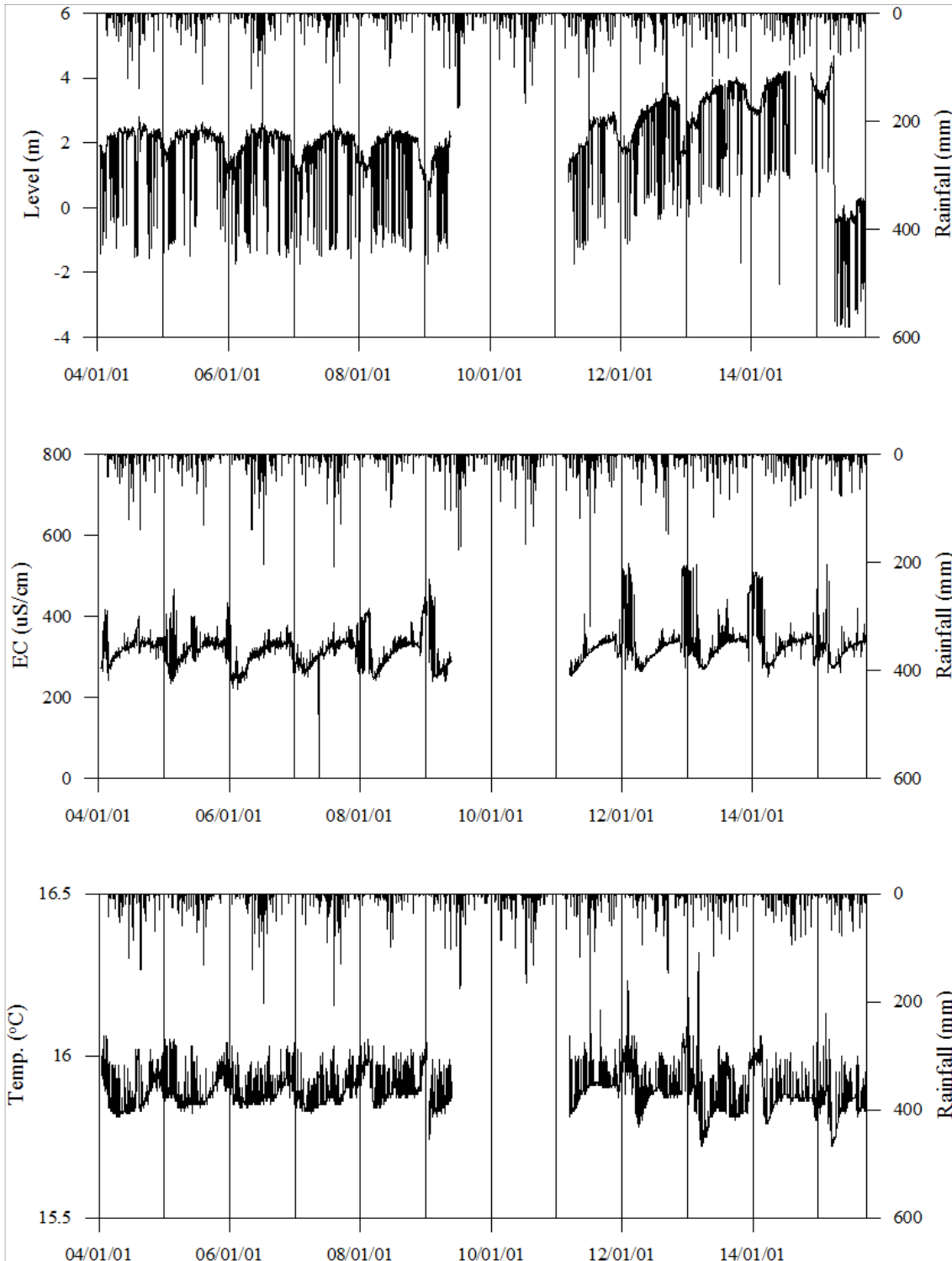
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
송지1	2004	1.92	-1.57	2.80	324	242	417	-	-	-
	2005	1.86	-1.50	2.62	321	234	468	-	-	-
	2006	1.74	-1.74	2.81	300	221	450	-	-	-
	2007	1.66	-1.76	2.54	309	252	384	-	-	-
	2008	1.68	-1.39	2.50	320	243	420	-	-	-
	2009	1.25	-1.74	2.34	313	240	592	-	-	-
	2011	1.90	-1.75	2.88	309	254	406	-	-	-
	2012	2.48	-1.12	3.66	330	266	533	-	-	-
	2013	2.88	-0.28	3.96	320	269	529	-	-	-
	2014	3.34	-2.37	4.39	346	252	510	-	-	-
	2015	1.01	-3.70	4.68	321	261	528	-	-	-
송지2	2005	1.36	0.49	1.86	3,062	1,555	3,685	2,411	837	3,482
	2006	1.14	0.25	1.65	11,902	1,906	42,993	12,410	2,214	43,464
	2007	1.24	0.42	1.77	8,323	1,628	36,332	11,259	2,257	42,123
	2008	1.10	0.28	1.53	8,109	1,104	34,808	10,770	1,477	41,938
	2009	1.08	0.13	1.64	11,236	1,524	38,192	15,914	2,331	46,446
	2010	1.20	0.21	1.66	9,627	1,370	39,187	13,074	2,040	48,357
	2011	1.40	0.70	2.06	3,199	2,580	3,516	7,148	3,361	30,389
	2012	1.75	1.59	2.49	3,297	2,782	3,582	3,471	3,058	3,675
	2013	1.67	1.45	1.95	3,182	3,047	3,271	3,410	3,173	3,612
	2014	1.55	1.20	1.79	3,316	3,220	3,360	6,567	1,719	43,929
2015	2.19	1.31	3.45	2,083	335	3,309	2,754	399	3,599	

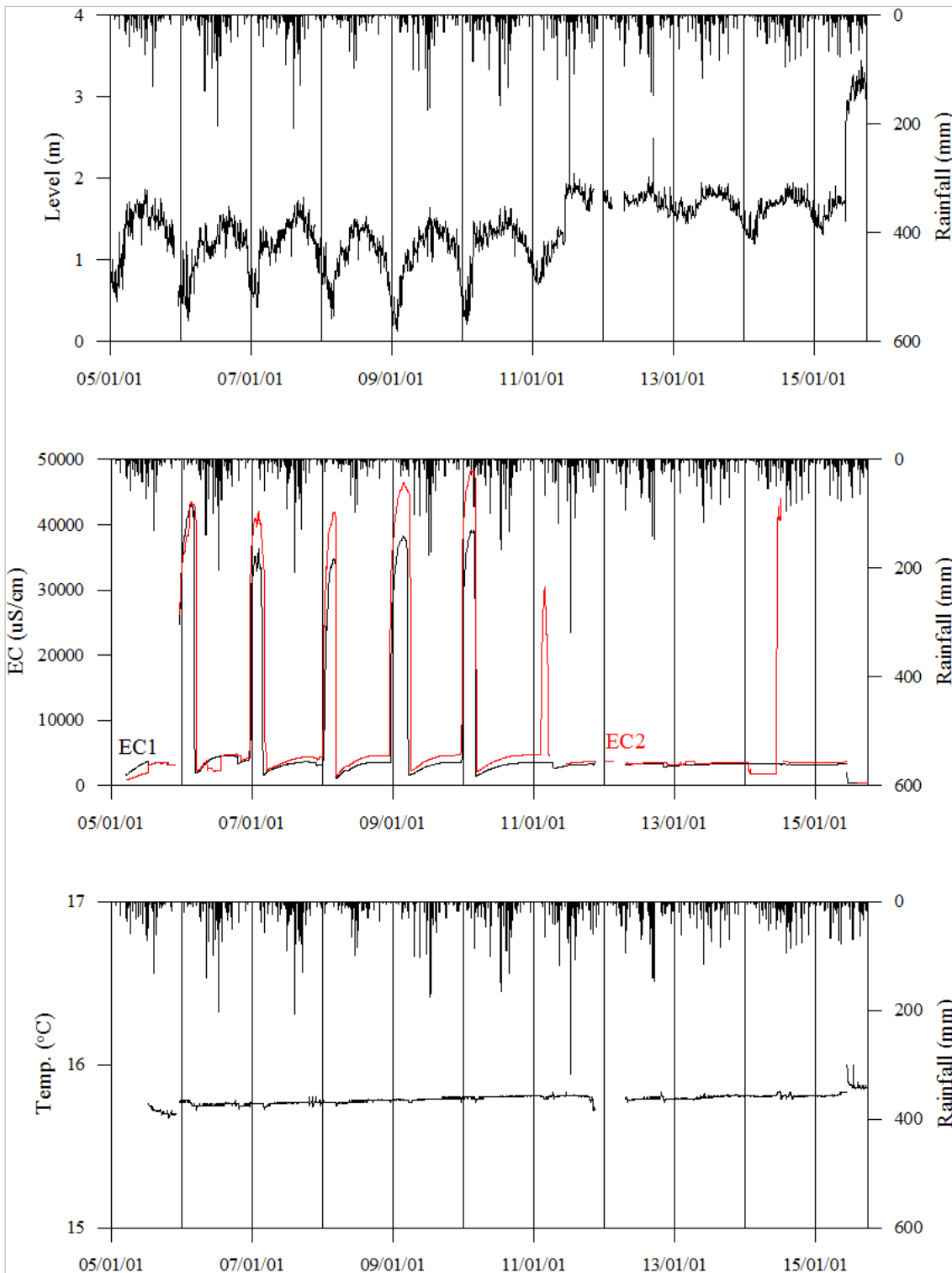
6.

장기관측 결과



<송지1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<송지2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

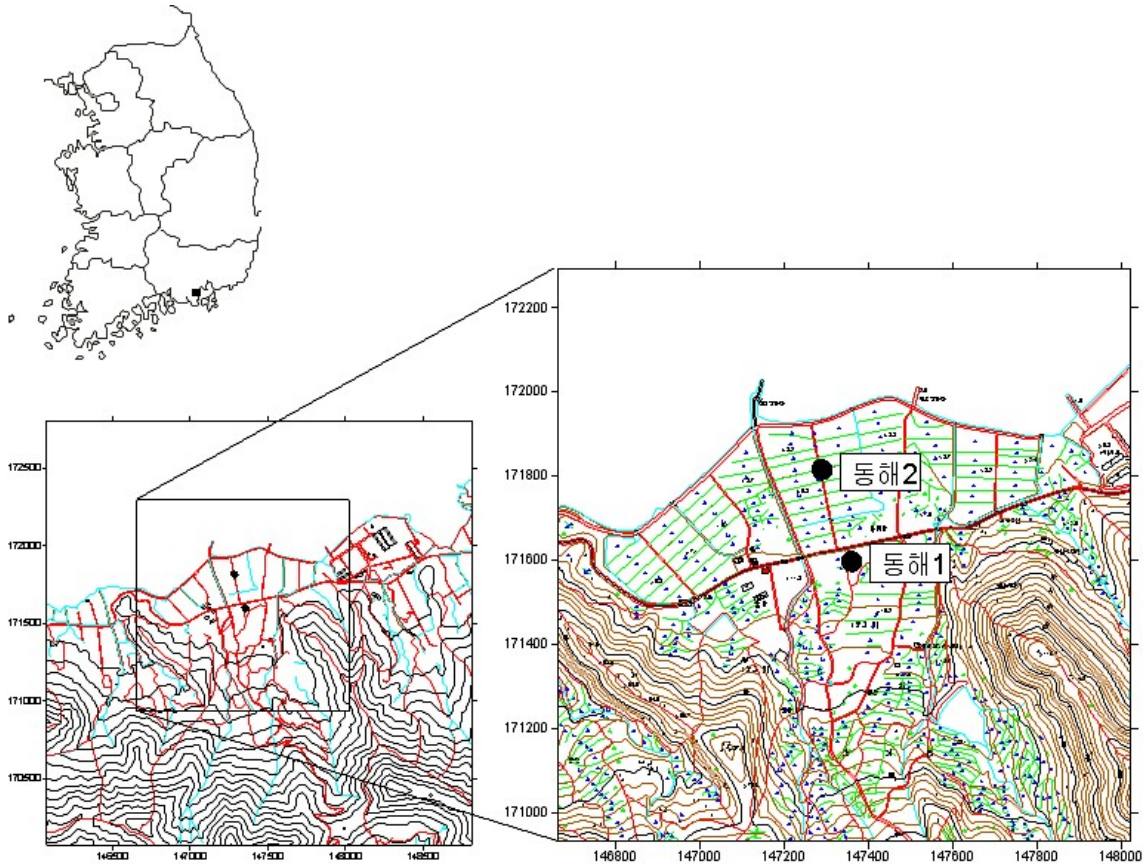
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 송지1, 2 관측공은 2003년과 2004년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 송지 2 관측공은 도로 부지 편입으로 인해 2015년 말에 송지2-2 관측공으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 송지1 관측공은 2003년 설치 당시 전기전도도인 약 $400 \mu S/cm$ 이내의 범위에서 큰 변화가 나타나지 않고, 송지2 관측공은 지표 하 50 ~ 55 m에서 전이대가 형성되어 있다. 2015년에 이동 설치한 송지2-2 관측공은 전 심도에서 $400 \mu S/cm$ 이하의 전기전도도를 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 송지1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형으로 해수침투의 영향이 거의 없지만, 송지2 관측공은 $Ca-Cl$ 유형에 해당되어 해수의 영향을 받고 있음을 지시하고 있다. 송지1 관측공의 Cl/HCO_3 몰비도 0.46으로 해수의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 송지1 관측공은 지표 하 50 m에 설치한 전기전도도 센서의 연평균 전기전도도는 2004년 이후 약 $300 \mu S/cm$ 로 나타나며, 송지2 관측공에 지표 하 각각 35 m, 40 m에 설치한 EC1, EC2 센서의 연평균 전기전도도는 각각 $2,083 \sim 11,902 \mu S/cm$, $2,411 \sim 15,914 \mu S/cm$ 범위이다.
- 5) 장기관측결과 : 송지1, 2 관측공이 공통적으로 양수에 의한 영향을 받고 있으며 수위 변동은 2 ~ 5 m 범위이고, 지하수 수위 변화와 전기전도도 상승 및 하강이 밀접한 관계에 있다. 즉, 동절기 지하수 양수에 의해 수위가 하강할 경우 해수의 유입으로 전기전도도는 증가하는 추세이다.
- 6) 관리 방안 : 송지지구는 해안 변에 위치한 송지2 관측공의 지하수 수질이 해수침투에 취약한 것으로 나타났다. 정기적인 심도별 지하수 검층 및 이온분석 등으로 향후 동절기 지하수 이용량에 대한 적절한 조정을 제시할 필요가 있다.

2.7.7 동해지구

1. 위치

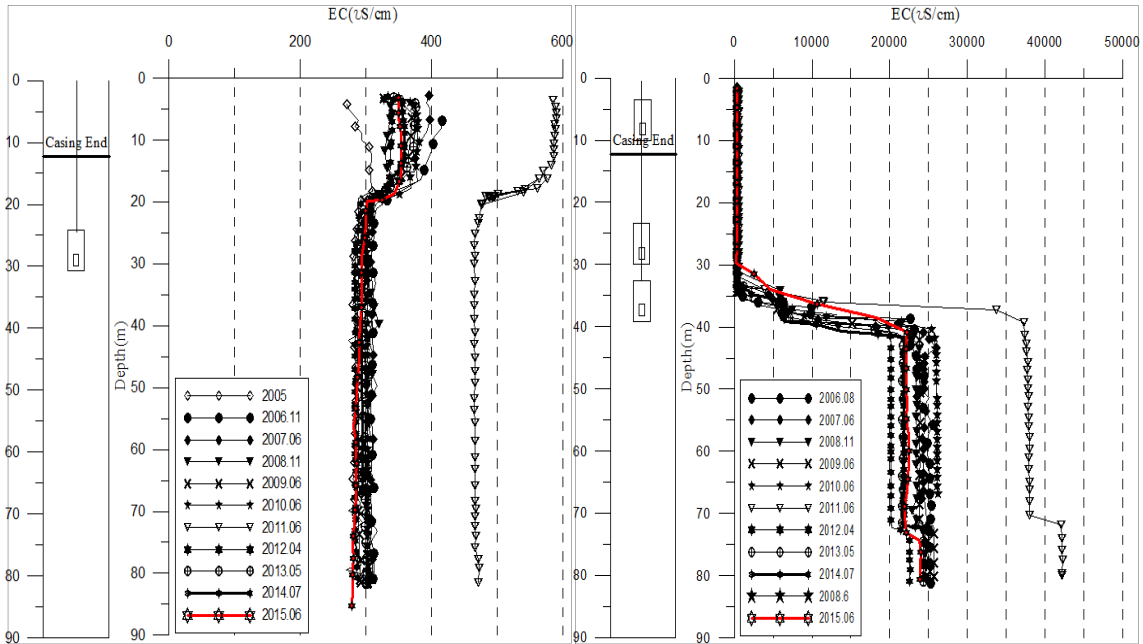


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발 년도	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
동해1	고성군 동해면 장기리 1038	147360.117	171597.360	10.880	2005	360	7.420
동해2	고성군 동해면 장기리 271-4	147289.533	171815.813	3.482	2006	120	1.682

2. 지형 및 지질

이 지역은 경남 고성군 동해면 북쪽 해안 변에 위치한 지구로서, 지질은 경상계 진동층인 세일과 사암으로 구성되어 있으며, 주변에 백악기의 화강섬록암이 관입하여 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<동해1 관측공>

<동해2 관측정>

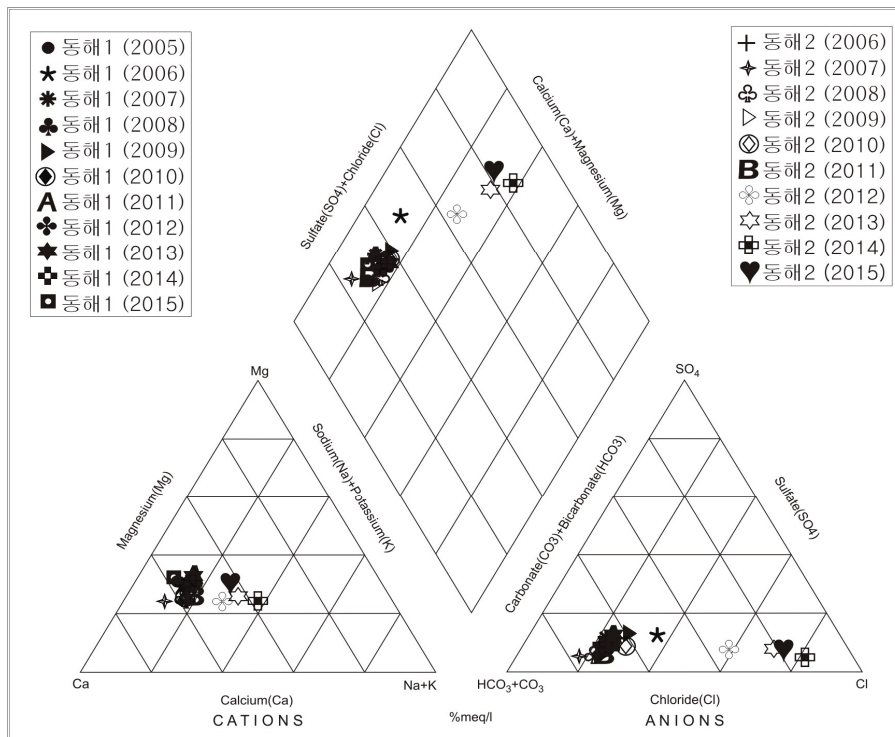
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
동해1	(2005.10)	8.75	10.57	0.69	35.75	7.89	22.14	108.28	0.29
	(2006.11)	8.28	10.44	0.85	33.33	16.72	38.97	91.50	ND
	(2007.10)	10.36	13.63	1.29	43.49	21.33	30.96	149.45	0.51
	(2008.11)	10.63	10.88	0.92	35.00	13.65	26.13	122.00	0.27
	(2009. 6)	13.17	13.60	1.13	42.95	19.05	33.29	122.00	0.26
	(2010. 6)	10.96	11.26	0.94	35.76	12.25	25.49	131.15	0.17
	(2011.10)	13.71	15.25	1.33	42.21	20.52	29.62	141.56	ND
	(2012. 4)	9.49	11.62	2.88	36.35	13.55	25.12	122.00	ND
	(2013. 5)	11.78	13.21	1.98	37.04	19.66	31.31	134.20	0.23
	(2014. 7)	14.64	14.45	1.20	43.52	16.35	29.79	146.40	0.22
(2015. 6)	9.08	12.17	1.03	39.44	12.21	22.54	121.93	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
동해2	(2006.11)	14.02	11.51	0.98	42.77	8.70	29.66	125.05	ND
	(2007.10)	11.70	11.60	1.09	44.14	9.68	28.37	164.70	0.42
	(2008.11)	12.59	10.61	0.80	40.10	11.03	28.37	149.45	0.18
	(2009. 6)	15.96	11.47	0.91	42.11	11.38	30.66	149.45	0.15
	(2010. 6)	16.49	14.11	0.92	55.17	14.49	52.60	183.00	0.20
	(2011.10)	13.67	12.40	0.94	40.85	11.62	24.89	138.10	ND
	(2012. 4)	69.11	31.44	2.70	102.32	34.89	204.42	201.30	ND
	(2013. 5)	137.22	54.33	2.66	156.51	66.25	483.23	247.05	1.33
	(2014. 7)	603.41	214.50	5.42	535.06	213.39	2165.77	622.20	ND
	(2015. 6)	136.99	79.16	7.17	187.33	77.54	583.66	232.69	-



<동해지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	동해1	동해2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	0.35	-
	2006.11	0.73	0.41
	2007.10	0.36	0.30
	2008.11	0.37	0.33
	2009. 6	0.47	0.35
	2010. 6	0.33	0.49
	2011.10	0.36	0.31
	2012. 4	0.35	1.74
	2013. 5	0.40	3.36
	2014. 7	0.35	5.98
	2015. 6	0.32	4.32

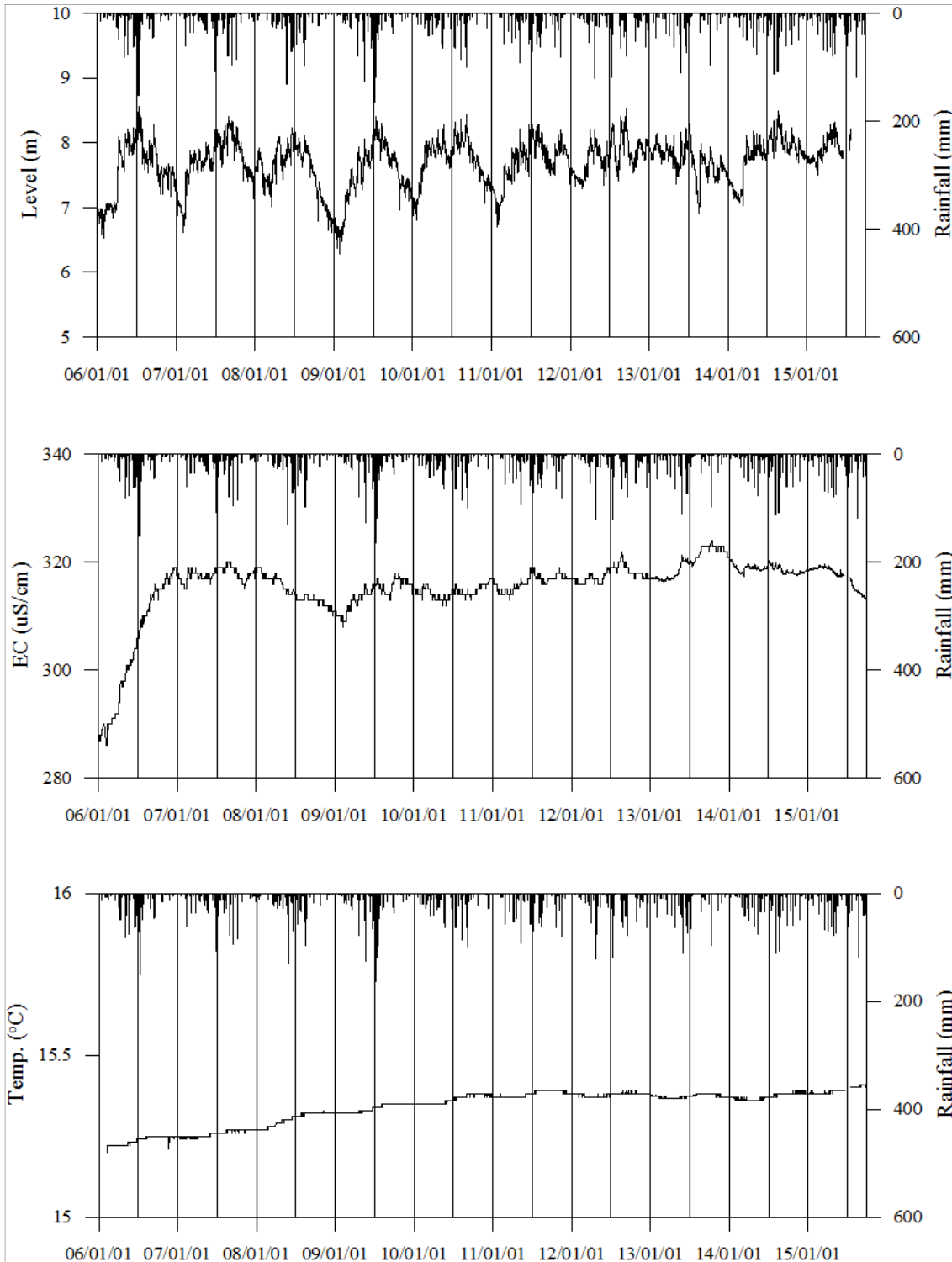
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

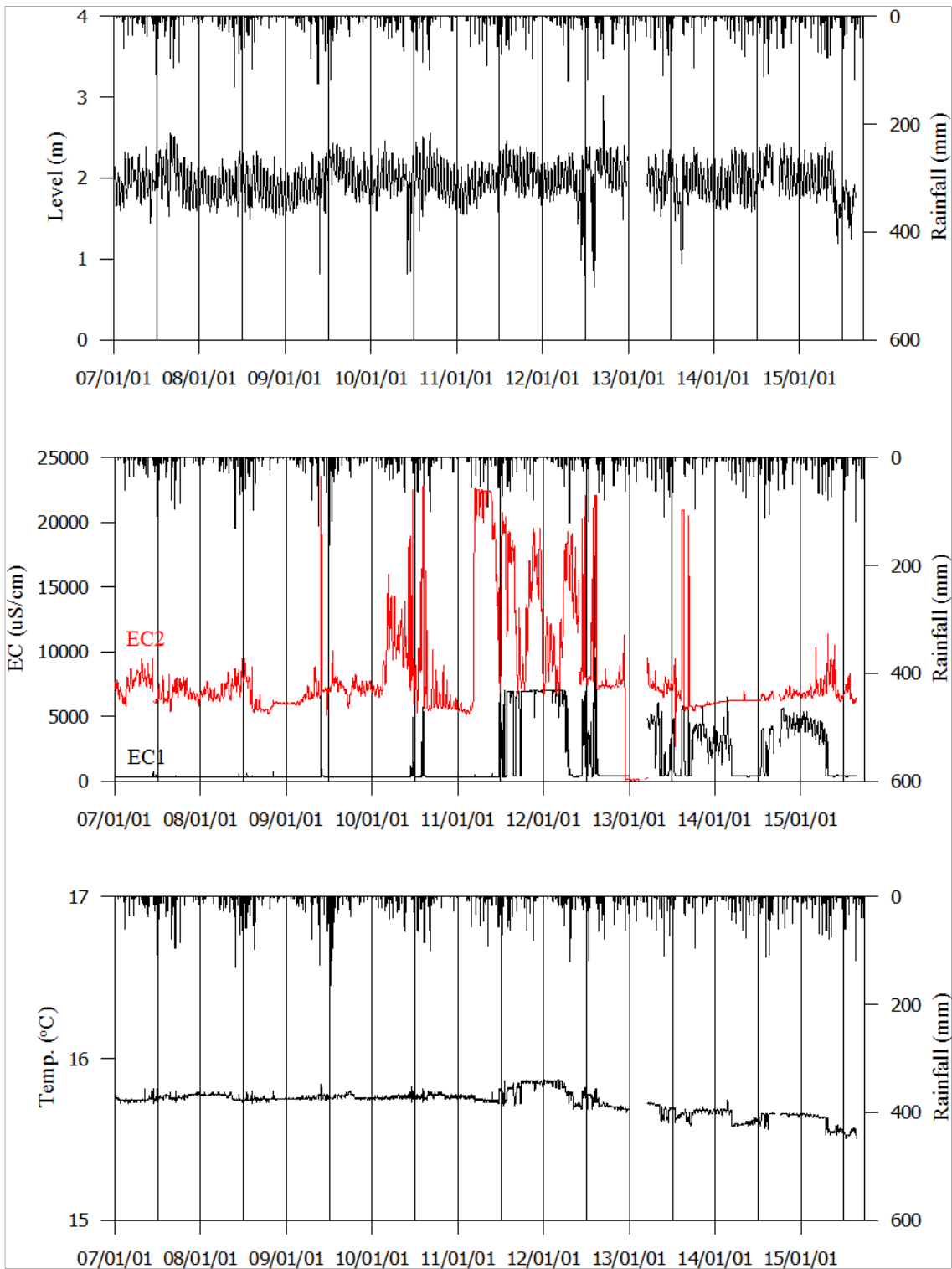
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
동해1	2006	7.60	6.53	8.56	302	286	316	-	-	-
	2007	7.75	6.62	8.41	318	315	320	-	-	-
	2008	7.71	6.79	8.26	315	312	319	-	-	-
	2009	7.54	6.29	8.40	314	308	318	-	-	-
	2010	7.81	6.81	8.44	314	312	316	-	-	-
	2011	7.68	6.70	8.29	316	313	319	-	-	-
	2012	7.79	7.29	8.52	318	316	322	-	-	-
	2013	7.85	7.37	8.30	318	316	321	-	-	-
	2014	7.68	7.03	8.24	319	317	321	-	-	-
	2015	6.57	2.63	8.32	317	313	320	-	-	-
동해2	2007	2.00	0.64	2.55	405	339	5,436	7,318	5,362	24,860
	2008	1.90	1.48	2.33	406	336	5,658	6,883	5,201	23,038
	2009	1.98	0.81	2.43	392	329	7,143	7,060	5,134	23,493
	2010	2.01	0.82	2.55	444	349	5,721	8,999	5,281	22,759
	2011	1.98	1.55	2.46	2,409	340	6,974	14,060	5,144	22,566
	2012	2.00	0.65	3.02	2,965	367	17,336	10,727	6,768	22,034
	2013	1.99	1.47	2.35	2,585	371	6,051	7,293	2,655	9,541
	2014	1.97	1.58	2.37	1,463	369	6,496	6,238	6,039	6,939
	2015	1.88	1.19	2.45	2,133	367	5,404	7,092	5,952	11,360

6.

장기관측 결과



<동해1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<동해2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

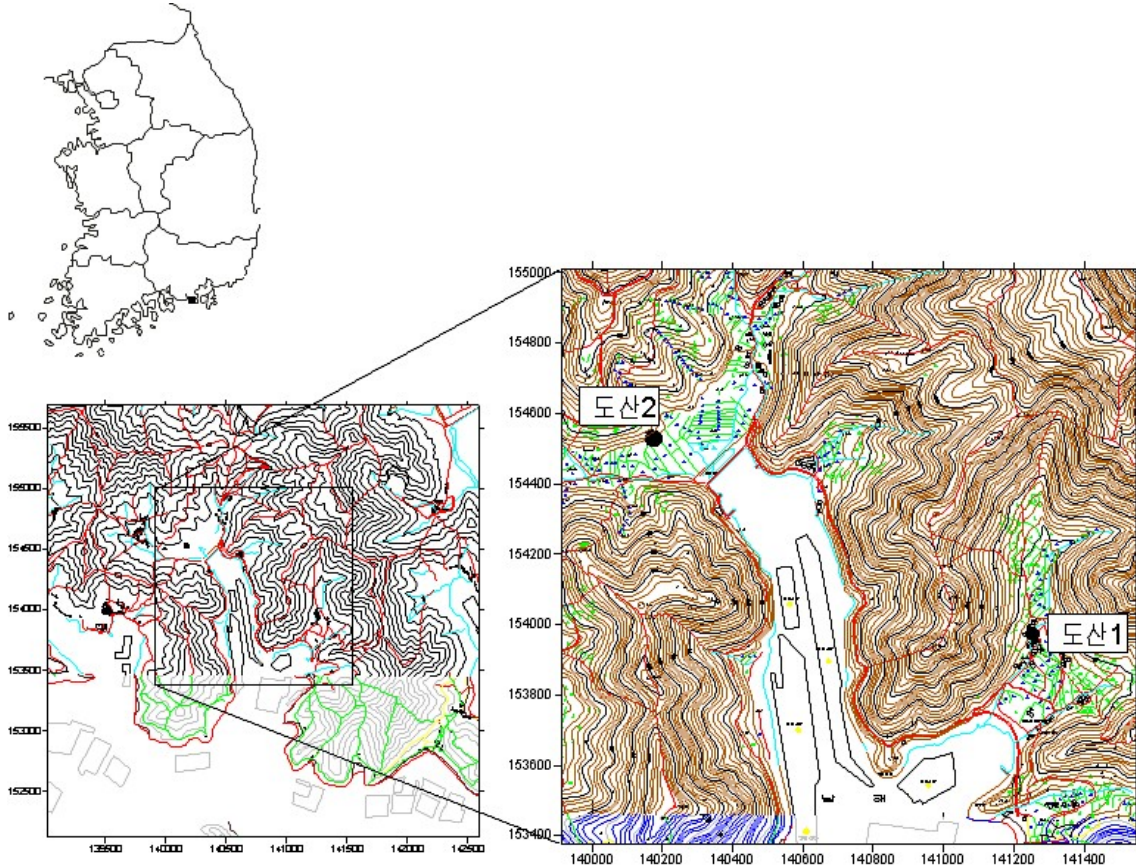
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 동해1, 2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 동해1 관측공은 2005년 이후 전체구간에서 약 $500 \mu S/cm$ 이하의 낮은 값으로 나타난다. 동해2 관측공은 지표 하 35 m(약 $37,000 \mu S/cm$ 까지 증가), 75 m(약 $43,000 \mu S/cm$ 까지 증가) 심도에서 전이대가 발견된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 동해1, 2 관측공은 각각 Ca-HCO₃, Ca-Cl 유형에 해당되며, 2015년 Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.32, 4.32로 동해2 관측공은 해수영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 동해1 관측공은 지표 하 30 m에 설치한 전기전도도 센서의 연평균 전기전도도는 $302 \sim 319 \mu S/cm$ 로 관측이후 변화가 거의 없다. 동해2 관측공은 지표 하 각각 33 m, 38 m에 설치한 전기전도도 센서에서 각각 $392 \sim 2,965 \mu S/cm$, $5,436 \sim 17,336 \mu S/cm$ 로 전이대 구간의 상승과 하강에 의해 연차별로 그 수치가 변화한다.
- 5) 장기관측결과 : 동해1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 수위는 강수에 비례적으로 증감하는 것으로 나타났다. 동해2 관측공은 조석에 의한 주기적인 변동양상이 더 뚜렷하며, 전이대 위치의 상승과 하강에 의해 전기전도도의 변화가 급격하게 변화함을 보인다.
- 6) 관리 방안 : 동해지구 내 해안과 인접한 동해2 관측공은 현재 35 m 심도 이하의 염수유입으로 인해 해수침투가 발달된 지역이다. 해수침투 확산방지를 위해서 주변 지하수 이용을 규제하여야 한다.

2.7.8 도산지구

1. 위치

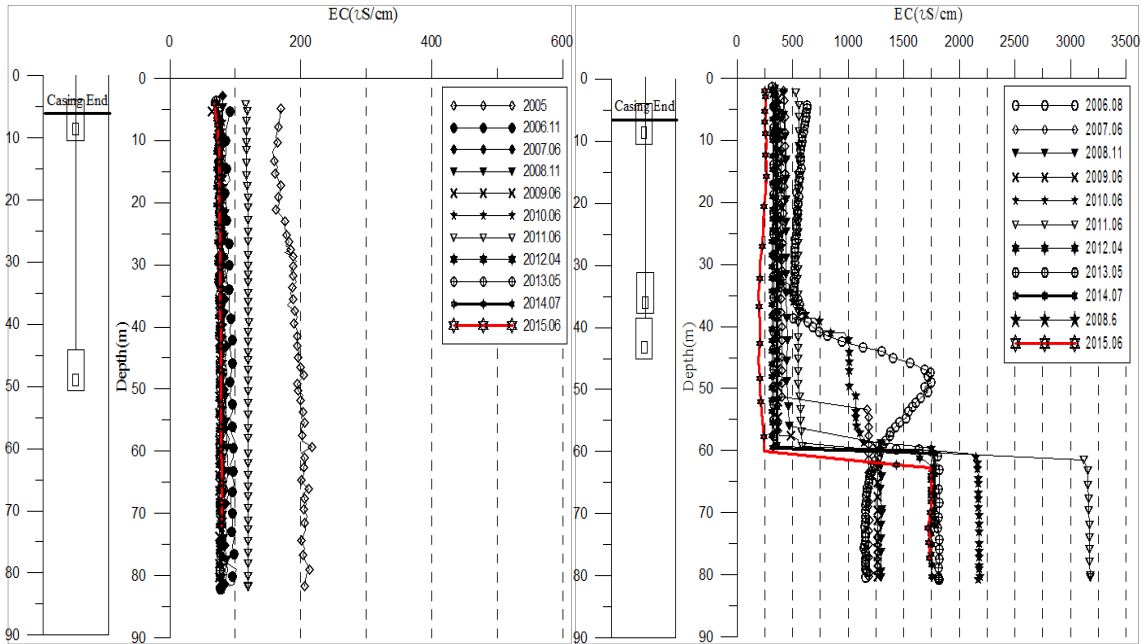


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
도산1	통영시 도산면 법송리 220-1	141253.677	153973.076	8.120	2005	280	3.850
도산2	통영시 도산면 수월리 117	140175.436	154528.695	3.388	2006	220	1.388

2. 지형 및 지질

이 지역은 경남 통영시 도산면의 남쪽에 위치한 지구로, 지질은 중생대 유천층군에 속하는 안산암질 응회암으로 구성되어 있으며, 주변에는 백악기의 산성암맥이 대규모로 관입하여 나타난다.

3. 지하수 검층



<도산1 관측점>

<도산2 관측점>

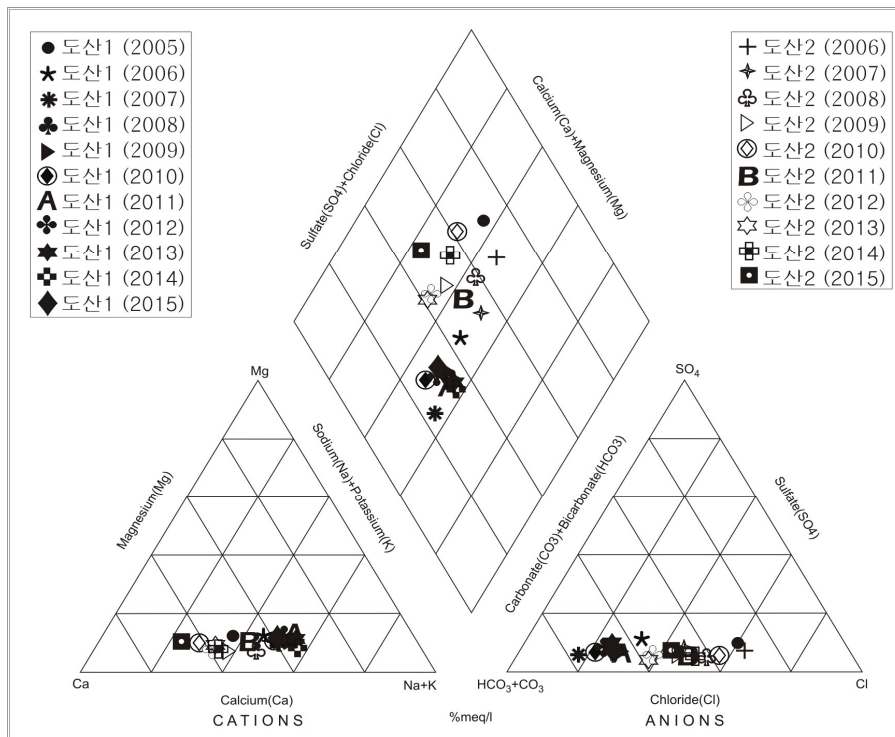
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
도산1	(2005.10)	11.77	2.34	0.88	15.49	6.08	30.18	24.40	0.29
	(2006.11)	6.67	0.76	0.51	4.99	3.03	7.22	21.35	ND
	(2007.10)	12.39	1.16	0.96	6.97	2.69	5.87	45.75	0.28
	(2008.11)	7.72	0.90	0.51	5.14	2.60	6.32	27.45	ND
	(2009. 6)	9.34	1.00	0.56	5.45	2.60	6.86	27.45	ND
	(2010. 6)	9.09	1.06	0.58	6.72	2.87	7.13	36.60	0.04
	(2011.10)	9.63	1.21	0.71	5.48	2.54	7.71	31.73	ND
	(2012. 4)	8.11	1.02	0.63	5.45	2.91	5.88	33.55	ND
	(2013. 5)	7.93	0.90	0.49	4.42	2.40	6.07	27.45	0.02
	(2014. 7)	11.11	1.08	0.53	5.69	2.32	7.80	33.55	ND
	(2015. 6)	7.21	0.92	0.54	5.55	2.46	5.92	27.48	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
도산2	(2006.11)	35.30	4.88	6.47	30.93	8.76	66.31	57.95	0.00
	(2007.10)	50.85	4.66	4.86	31.65	15.17	58.49	97.60	0.62
	(2008.11)	40.31	3.95	1.59	35.21	12.49	65.52	88.45	0.43
	(2009. 6)	31.16	3.81	1.28	39.83	7.31	49.45	94.55	0.19
	(2010. 6)	36.39	5.95	1.27	68.88	14.91	99.47	112.85	0.42
	(2011.10)	36.06	4.55	1.70	35.84	7.33	52.78	90.78	ND
	(2012. 4)	26.22	3.24	1.10	41.29	6.43	38.01	94.55	ND
	(2013. 5)	22.90	3.31	1.92	34.88	5.45	34.86	91.50	0.12
	(2014. 7)	29.00	4.20	1.16	48.56	6.73	54.34	85.40	ND
	(2015. 6)	18.60	4.07	1.04	51.94	7.72	44.62	90.33	-



<도산지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	도산1	도산2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	2.13	-
	2006.11	0.58	1.97
	2007.10	0.22	1.03
	2008.11	0.40	1.27
	2009. 6	0.43	0.90
	2010. 6	0.33	1.51
	2011.10	0.42	1.00
	2012. 4	0.30	0.69
	2013. 5	0.38	0.65
	2014. 7	0.40	1.09
	2015. 6	0.37	0.85

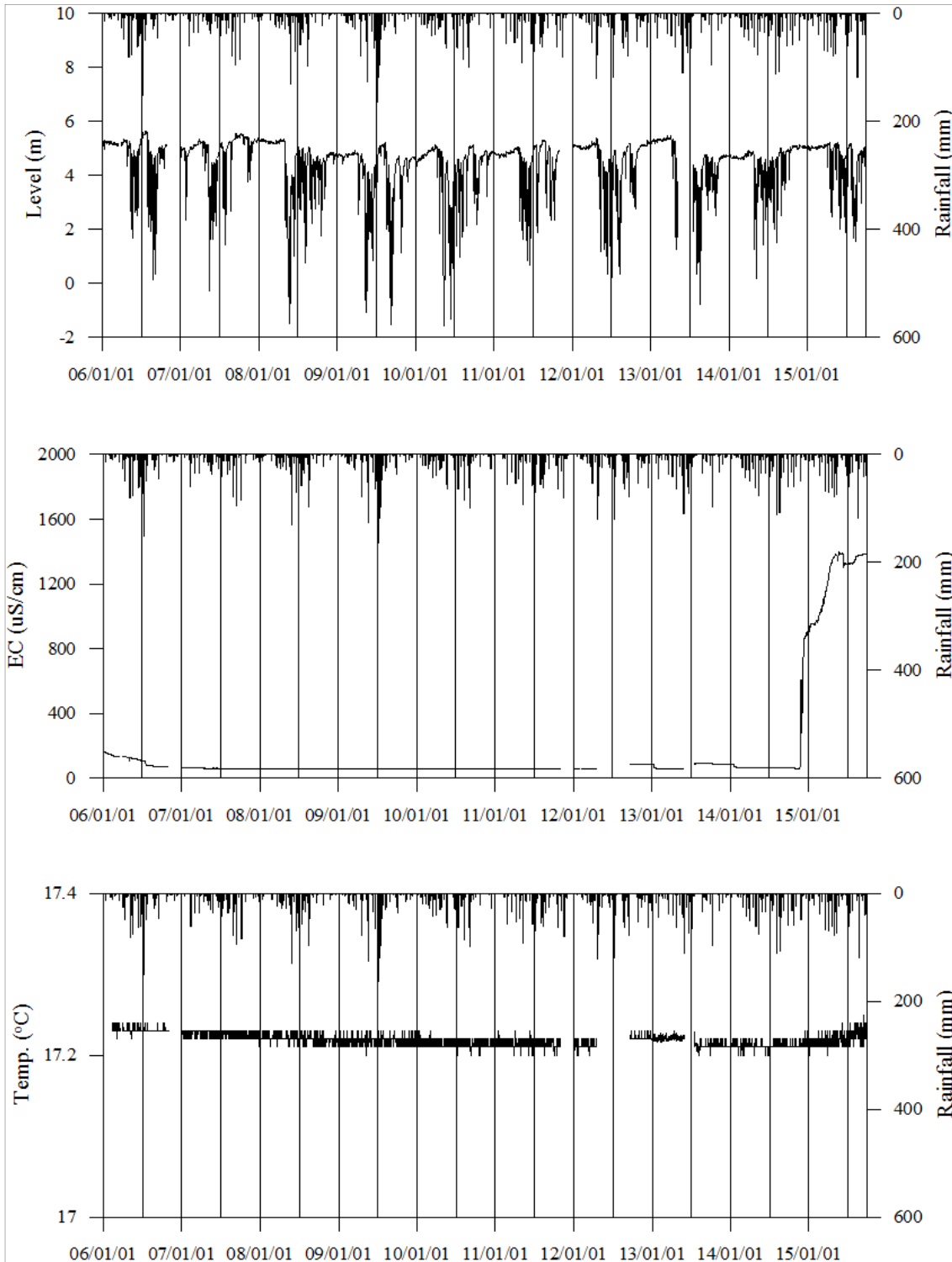
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

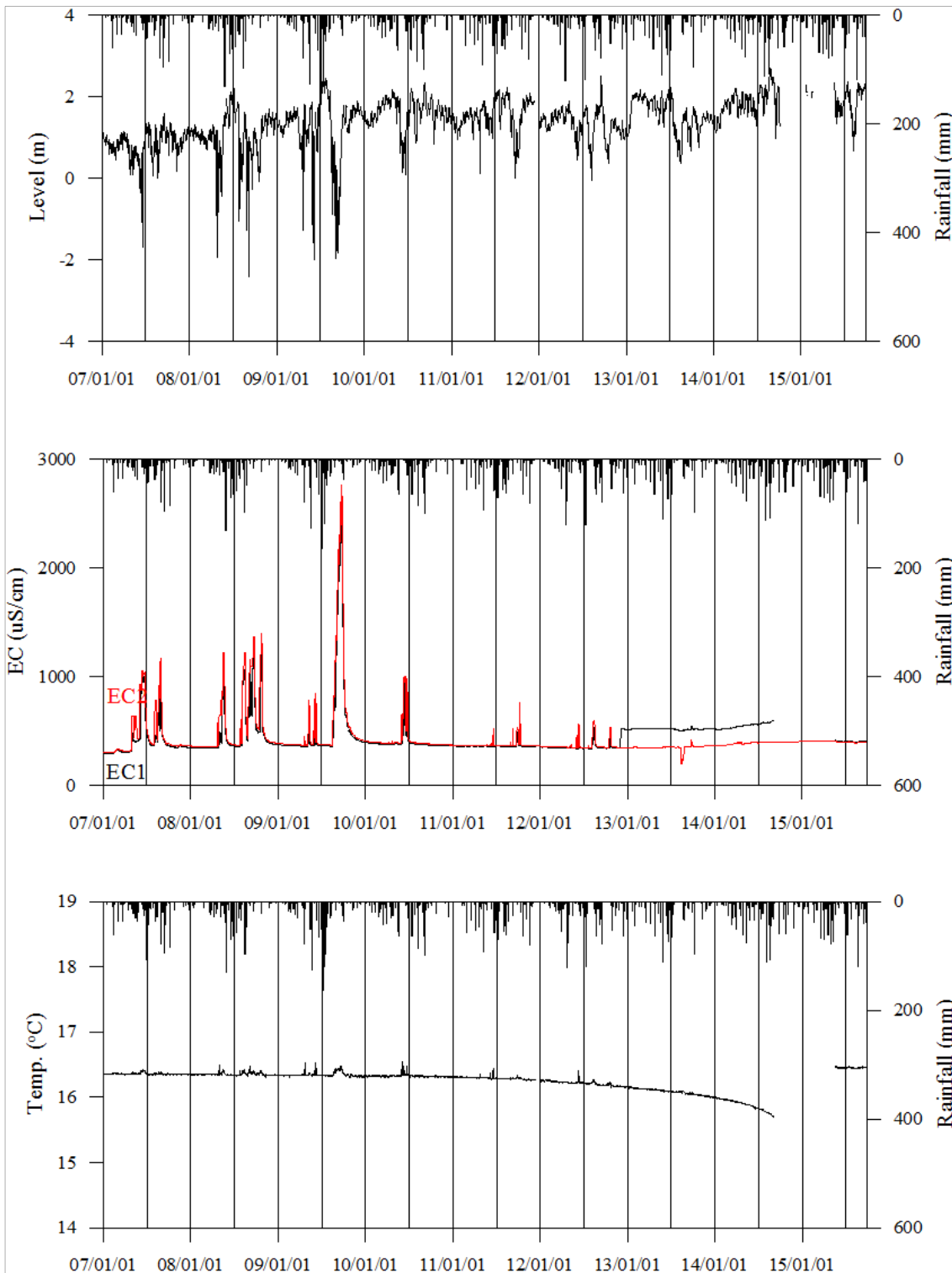
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
도산1	2006	4.73	0.12	5.62	110	68	163	-	-	-
	2007	4.77	-0.27	5.54	60	57	64	-	-	-
	2008	4.36	-1.49	5.35	57	56	58	-	-	-
	2009	4.03	-1.52	5.20	57	55	58	-	-	-
	2010	4.05	-1.57	5.12	56	55	58	-	-	-
	2011	4.45	0.67	5.31	56	54	57	-	-	-
	2012	4.42	0.21	5.38	67	54	86	-	-	-
	2013	4.92	1.27	5.48	61	55	90	-	-	-
	2014	4.23	0.18	4.92	64	61	83	-	-	-
	2015	4.62	1.53	5.21	1,242	892	1,398	-	-	-
도산2	2007	0.82	-1.69	1.58	410	295	1,025	473	307	1,165
	2008	1.00	-2.40	2.21	502	344	1,201	574	357	1,398
	2009	1.20	-1.99	2.45	578	354	2,650	631	366	2,766
	2010	1.62	0.09	2.33	402	364	970	426	374	1,006
	2011	1.52	0.02	2.24	363	353	492	377	362	761
	2012	1.34	-0.06	2.50	353	334	532	369	343	597
	2013	1.77	0.97	2.24	521	513	525	351	347	356
	2014	1.77	1.11	2.28	544	516	581	383	365	404
	2015	1.88	0.66	2.37	405	393	416	400	388	408

6.

장기관측 결과



<도산1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<도산2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

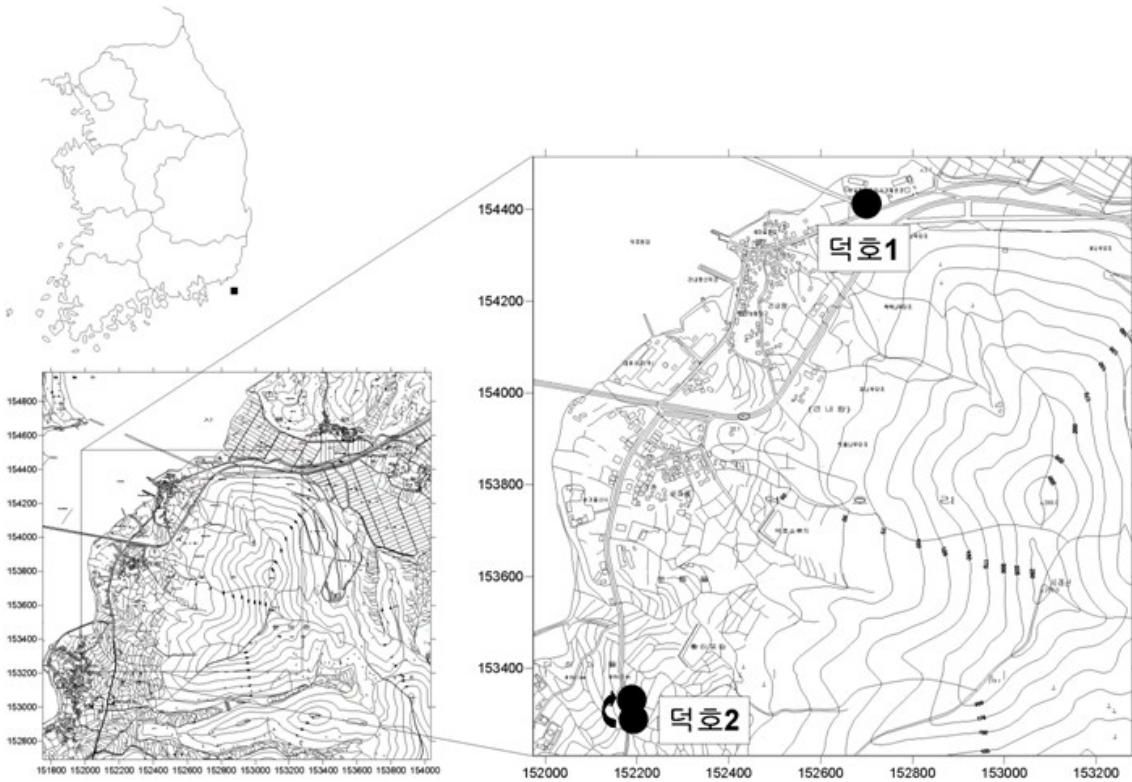
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 도산1, 2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 도산1 관측공은 약 $100 \mu S/cm$ 내외의 낮은 값으로 해수침투의 영향은 없는 것으로 분석되었지만, 도산2 관측공은 지표 하 60 m에서 $500 \mu S/cm$ 에서 약 $3,000 \mu S/cm$ 까지 전기전도도가 상승하는 전이대 구간이 관측되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 도산1 관측공은 $Na-HCO_3$ 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 2005년을 제외하면 0.22 ~ 0.58 범위로 해수침투 영향이 없는 것으로 분석되었다. 도산2 관측공은 $Ca-Cl$ 유형에 해당하고 Cl/HCO_3 몰비는 0.65 ~ 1.97 범위로 해수침투 영향이 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 도산1 관측공의 지표 하 50 m에 설치한 전기전도도 센서의 2014년까지 연평균 전기전도도는 $56 \sim 110 \mu S/cm$ 로 매우 낮았다. 그러나, 2015년에는 $1,242 \mu S/cm$ 로 증가하여 2015년 검층 및 수질분석 결과에서는 해수침투영향이 나타나지 않았지만, 관측결과에서는 관측공 주위 지역에서 해수침투 영향이 있는 것으로 나타났다. 도산2 관측공은 지표 하 각각 37 m, 45 m에 설치한 전기전도도 센서에서 $353 \sim 578 \mu S/cm$, $351 \sim 631 \mu S/cm$ 로 해수의 영향은 적다. 그러나, 60 m 심도에서 전이대가 관측되었고, 전이대 이하로는 염수유입이 발생하여 해수의 영향이 있다.
- 5) 장기관측결과 : 도산1, 2 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 주변관정의 양수 영향을 받는 것으로 나타났다. 도산2 관측공의 경우 갈수기 지하수 양수에 따른 전이대의 상승으로 전기전도도 센서에서 관측값의 상승현상이 발견된다.
- 6) 관리 방안 : 도산1 지구는 2014년까지 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 나타나지만, 2015년 전기전도도가 크게 증가하므로 주변지역의 지하수 이용에 대한 상세한 조사가 요구된다. 도산2 지구는 주변관정의 양수에 의한 해수침투 영향이 뚜렷하다. 따라서, 적정 양수량 파악 및 조절이 필요하며, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 확산 여부를 점검하여야 한다.

2.7.9 덕호지구

1. 위치



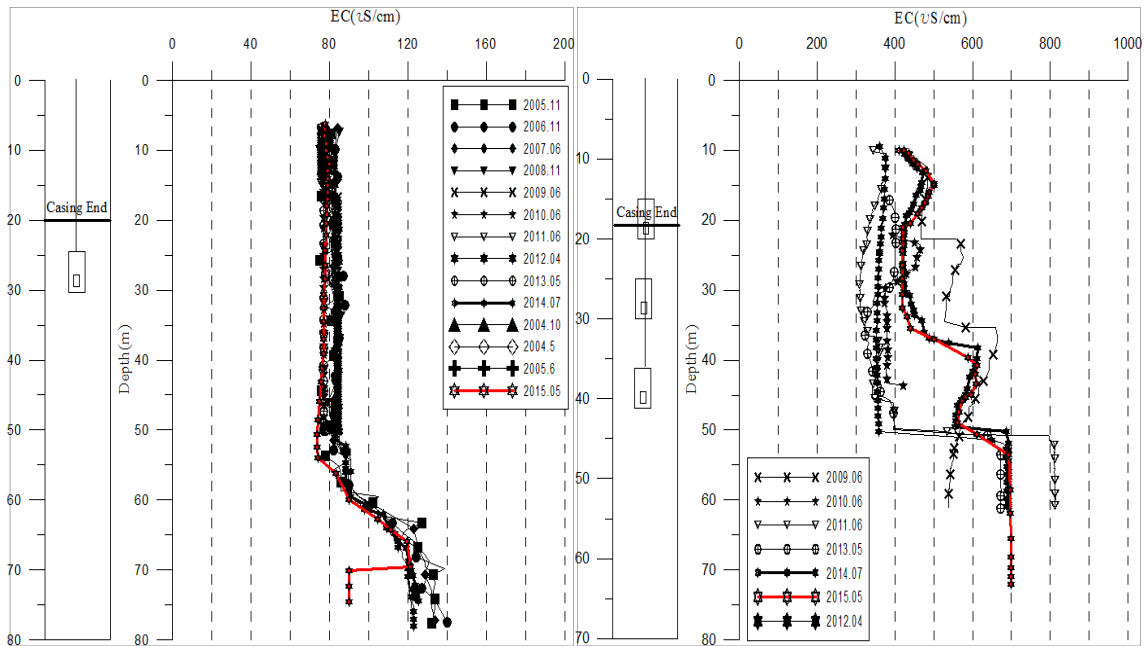
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
덕호1	거제시 사등면 덕호리 15-14	152736.004	154367.433	11.854	1998	20	5.834
덕호2	거제시 사등면 덕호리 178-17	152189.520	153329.686	12.793	2009	110	10.36(TOC)

*덕호2 : 2009년 이동 설치함.

2. 지형 및 지질

이 지역은 거제시 사등면 일원으로 바다를 사이에 두고 통영시와 접하고 있다. 지질은 중생대 백악기 유천층군의 안산암질 응회암과 사암, 셰일, 역암 등으로 구성된 장평리층을 기반암으로 불국사 화강암류의 석영반암이 관입하고 있으며, 화강암류는 해안 변에 넓게 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<덕호1 관측공>

<덕호2 관측공>

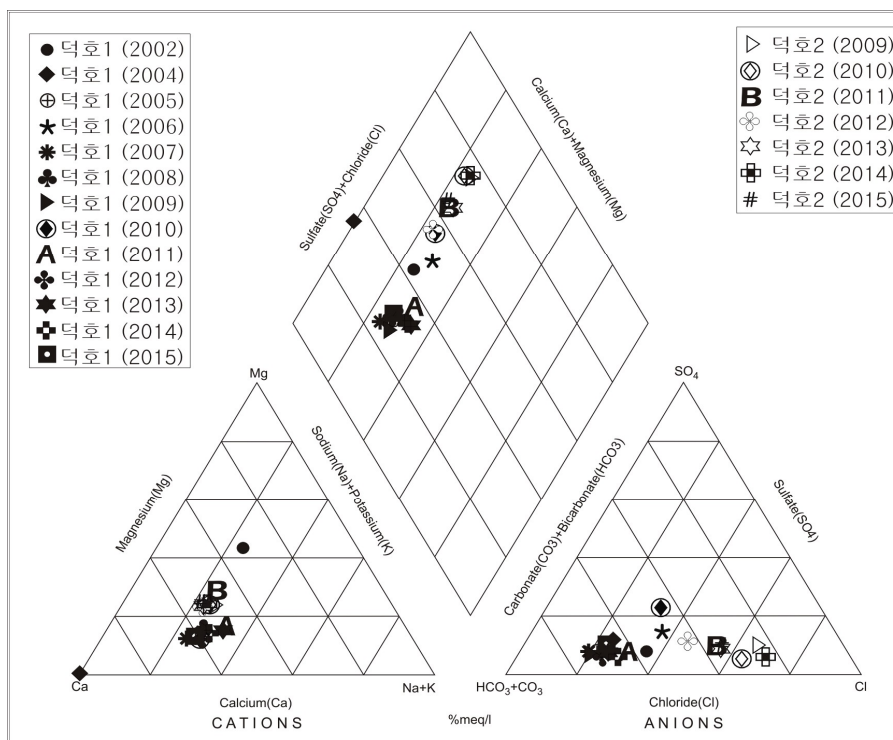
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
덕호1	(2002. 7)	5.52	5.47	0.39	7.42	1.92	8.15	21.96	7.99
	(2004.10)	ND	ND	ND	2.82	3.84	6.43	27.45	0.47
	(2005.10)	4.69	1.01	0.42	9.24	3.14	5.37	30.50	0.12
	(2006.11)	3.65	0.98	0.31	6.97	3.35	6.84	15.25	ND
	(2007.10)	4.24	1.38	0.49	9.43	3.15	6.11	36.60	0.14
	(2008.11)	4.67	1.27	0.36	8.26	2.69	6.40	30.50	0.07
	(2009. 6)	5.95	1.41	0.44	9.92	2.94	6.30	39.65	ND
	(2010. 6)	5.13	1.36	0.45	10.45	9.51	9.51	24.40	ND
	(2011.10)	5.51	1.58	0.45	7.86	2.58	7.47	26.37	ND
	(2012. 4)	5.38	1.67	0.50	10.93	2.39	6.84	33.55	ND
	(2013. 5)	4.46	1.22	0.34	6.51	3.02	7.23	33.55	ND
	(2014. 7)	6.90	1.59	0.37	10.38	2.48	7.96	33.55	ND
(20015.5)	4.67	1.30	0.84	10.16	2.78	5.74	30.83	-	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
덕호2	(2002. 7)	18.62	18.00	0.78	26.65	4.32	56.37	28.06	16.78
	(2004.10)	2.41	3.04	ND	12.85	9.39	38.42	30.50	0.54
	(2005.10)	10.60	7.34	0.65	20.51	7.38	32.61	30.50	0.32
	(2007.10)	46.97	11.48	1.41	48.17	19.46	114.26	67.10	0.98
	(2008.11)	16.15	8.49	0.95	24.60	7.97	49.30	48.80	0.34
	(2009. 6)	25.34	12.31	1.34	45.50	13.76	90.00	61.00	0.35
	(2010. 6)	19.48	10.36	0.93	36.93	11.42	77.51	61.00	0.25
	(2011.10)	20.51	12.34	1.32	35.23	16.51	69.60	79.32	ND
	(2012. 4)	16.36	9.92	2.87	36.55	14.82	50.93	82.35	ND
	(2013. 5)	17.14	9.41	1.91	34.68	12.87	62.16	67.10	0.19
	(2014. 7)	24.62	12.88	1.22	46.00	13.61	97.41	61.00	0.79
	(2015. 5)	15.64	10.52	1.34	38.88	16.44	58.96	64.65	-



<덕호지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	덕호1	*덕호2
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	0.64	3.46
	2004.10	0.40	2.17
	2005.10	0.30	1.84
	2006.11	0.77	-
	2007.10	0.29	2.93
	2008.11	0.36	1.74
	2009. 6	0.27	2.54
	2010. 6	0.67	2.18
	2011.10	0.49	1.51
	2012. 4	0.35	1.06
	2013. 5	0.37	1.59
	2014. 7	0.41	2.74
	2015. 5	0.32	1.57

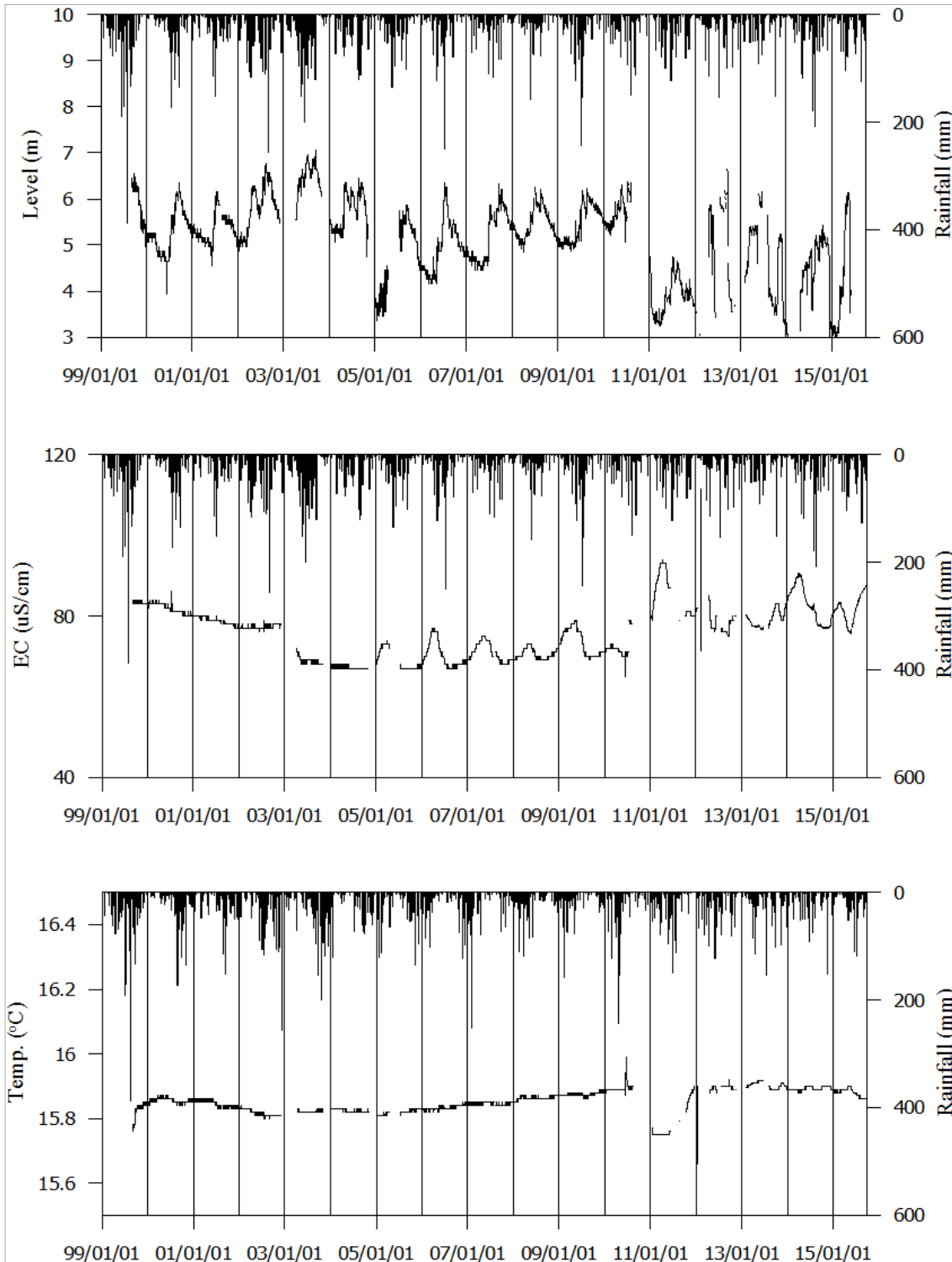
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
덕호1	2000	5.27	4.14	6.31	82	80	84	-	-	-
	2001	5.34	4.55	6.15	79	77	80	-	-	-
	2002	5.80	4.87	6.77	77	76	79	-	-	-
	2003	6.48	5.55	7.05	69	68	72	-	-	-
	2004	5.75	4.75	6.45	67	67	68	-	-	-
	2005	4.69	3.35	5.85	69	67	74	-	-	-
	2006	4.98	4.15	6.35	71	67	77	-	-	-
	2007	5.10	4.45	6.32	71	68	75	-	-	-
	2008	5.51	4.83	6.24	70	69	73	-	-	-
	2009	5.41	4.85	6.22	74	69	79	-	-	-
	2010	5.69	5.05	6.38	72	65	79	-	-	-
	2011	3.87	3.24	4.74	88	79	94	97	78	106
	2012	6.19	3.99	8.02	78	75	85	79	75	88
	2013	6.31	-1.74	7.53	87	77	372	77	76	79
2014	4.68	3.13	6.29	86	81	91	86	81	90	
2015	2.83	-0.26	6.14	82	76	88	95	82	120	
덕호2	2002	3.47	2.13	4.30	316	298	393	-	-	-
	2004	4.06	3.01	4.91	318	298	393	-	-	-
	2005	4.38	3.65	4.98	322	321	322	-	-	-
	2006	4.09	2.90	5.03	319	298	331	-	-	-
	2010	3.03	-7.06	4.59	419	340	505	422	333	584
	2011	3.03	0.90	4.63	377	307	448	362	293	487
	2012	3.40	1.41	5.01	404	319	487	397	294	643
	2013	1.55	-7.23	4.49	412	313	447	375	290	413
	2014	1.94	-7.15	4.27	428	351	516	429	329	747
	2015	0.85	-7.24	4.39	450	343	631	454	319	869

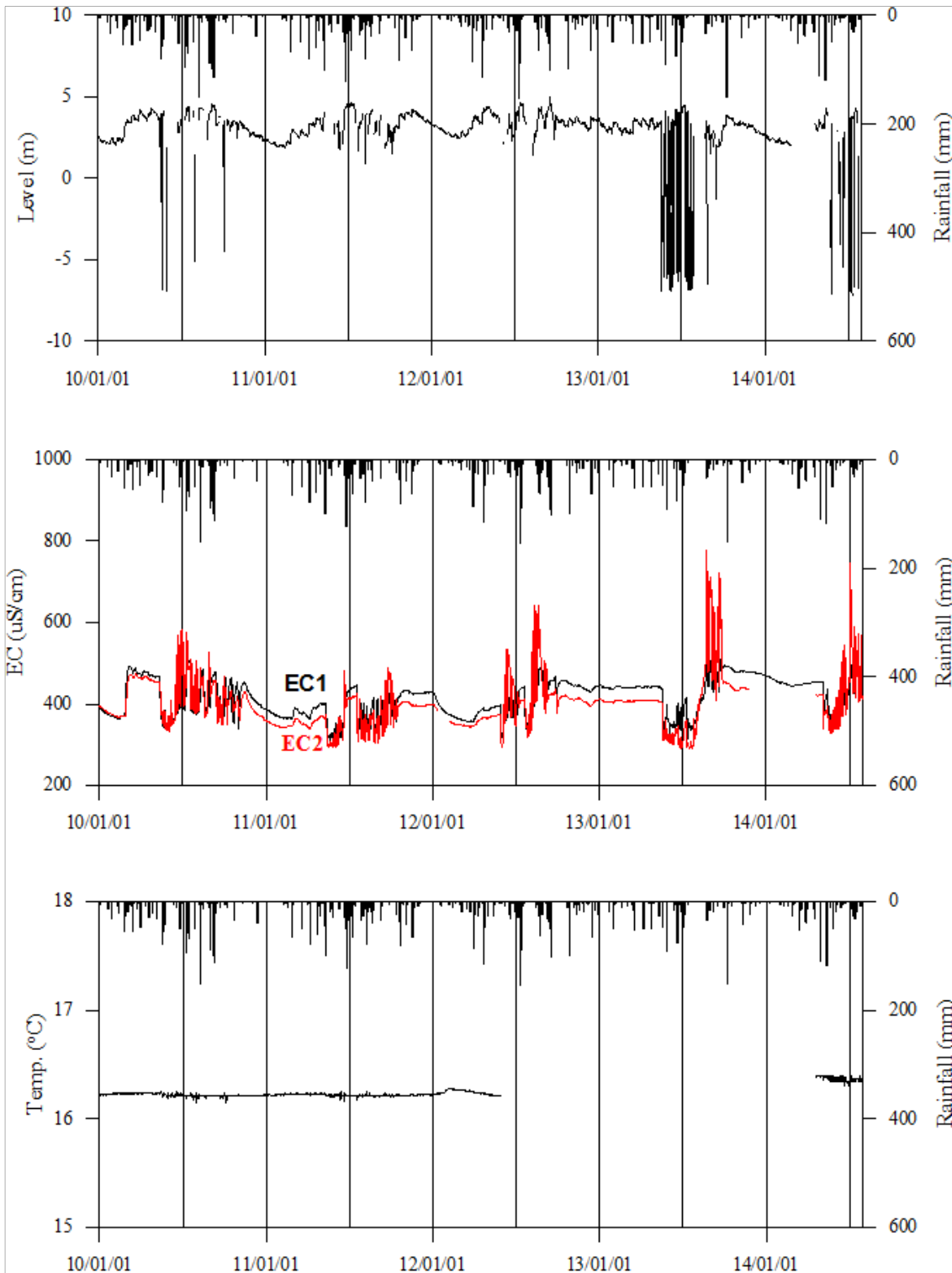
6.

장기관측 결과



<덕호1 관측공의 장기관측자료 (1999.1.1 ~ 2015.9.30)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온



<덕호2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

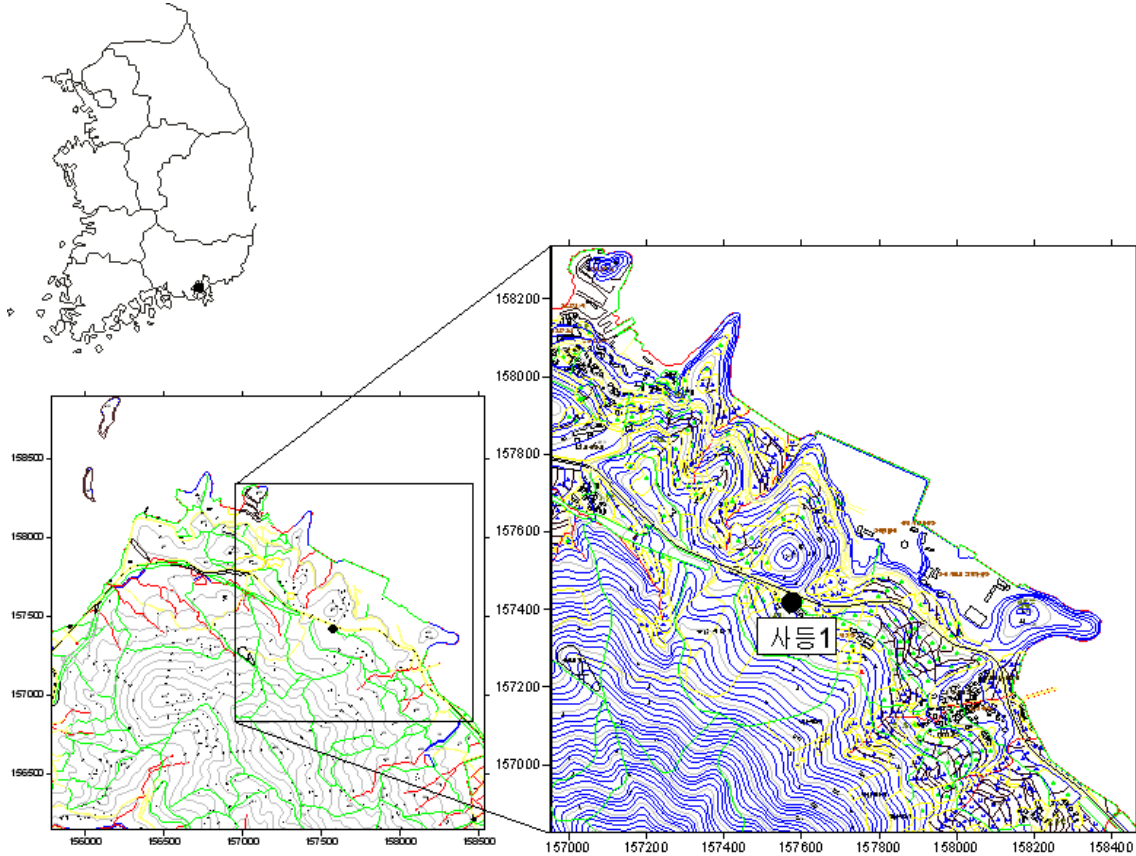
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 덕호1, 2 관측공은 1998년과 2001년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 덕호2 관측공은 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년에 이설하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 덕호1 관측공은 1998년 설치 이래로 전기전도도가 약 $80 \mu S/cm$ 내외의 범위에서 지속적으로 나타나며, 지표 하 55 m부터 점차 증가하여 $120 \mu S/cm$ 까지 나타나지만, 해수침투의 영향은 없는 것으로 분석된다. 덕호2 관측공은 전기전도도 값이 약 $380 \sim 700 \mu S/cm$ 범위이며, 지표 하 50 m 구간에서 전이대가 발견되지만 그 범위는 작다(약 $450 \mu S/cm$ 이하).
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 덕호1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당되며, 덕호2 관측공은 $Ca-Cl$ 유형으로 상대적으로 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다. Cl/HCO_3 몰비는 덕호1, 2 관측공 각각 0.32, 1.57로 덕호2가 약간의 해수영향을 받은 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 덕호1 관측공은 지표 하 30 m에 설치한 전기전도도 센서에서 2000년 관측 이후 $80 \mu S/cm$ 내외의 값을 나타내며, 연도별 증가현상은 나타나지 않는다. 덕호2 관측공의 지표 하 30 m와 40 m에 설치한 센서에서 측정된 평균 전기전도도는 각각 $316 \sim 428 \mu S/cm$, $362 \sim 450 \mu S/cm$ 범위이나, 관측공 개발 이후 증가 추세이다.
- 5) 장기관측결과 : 덕호1 관측공의 지하수 수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수 수위 변화는 전형적인 강수에 의한 지하수 수위 변동을 보이나, 전기전도도는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 덕호2 관측공은 주변 지하수 관정의 양수 영향으로 10 m 내외의 지하수 수위 급강하 및 전기전도도의 증가(증가량 약 $400 \mu S/cm$ 이상)가 관측된다.
- 6) 관리 방안 : 현재까지 덕호지구는 해수침투의 영향이 크지 않은 것으로 분석된다. 그러나, 덕호2 관측공은 주변지하수 양수의 영향으로 염수유입량이 증가되기 때문에 적정 지하수 이용량 범위 내에서 지하수 이용을 감독할 필요가 있다.

2.7.10 사등지구

1. 위치

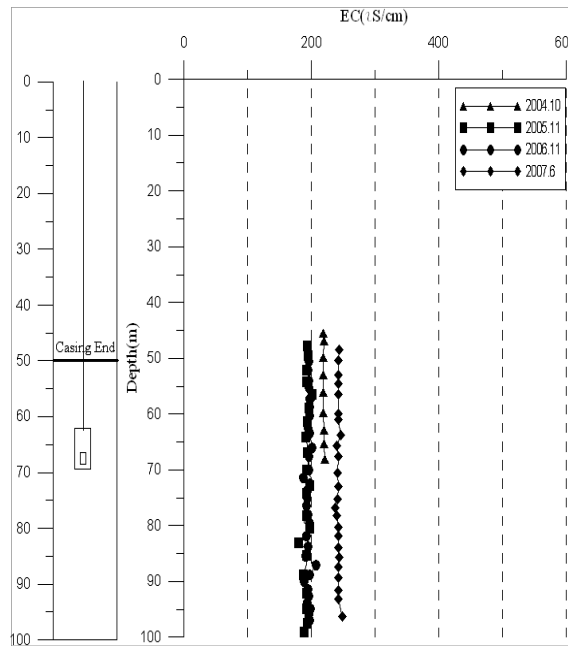


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
사등1	거제시 사등면 사등리 2067-10	157574.489	157419.033	49.940	2000	510	2.790

2. 지형 및 지질

이 지역은 거제시 사등면 일원으로 거제도에서 북쪽으로 바다를 인접한 지역이다. 지질은 중생대 백악기 유천층군의 안산암질 응회암과 사암, 셰일, 역암 등으로 구성된 장평리층을 기반암으로 불국사 화강암류의 석영반암이 관입하고 있으며, 화강암류는 해안 변으로 넓게 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<사등1 관측공>

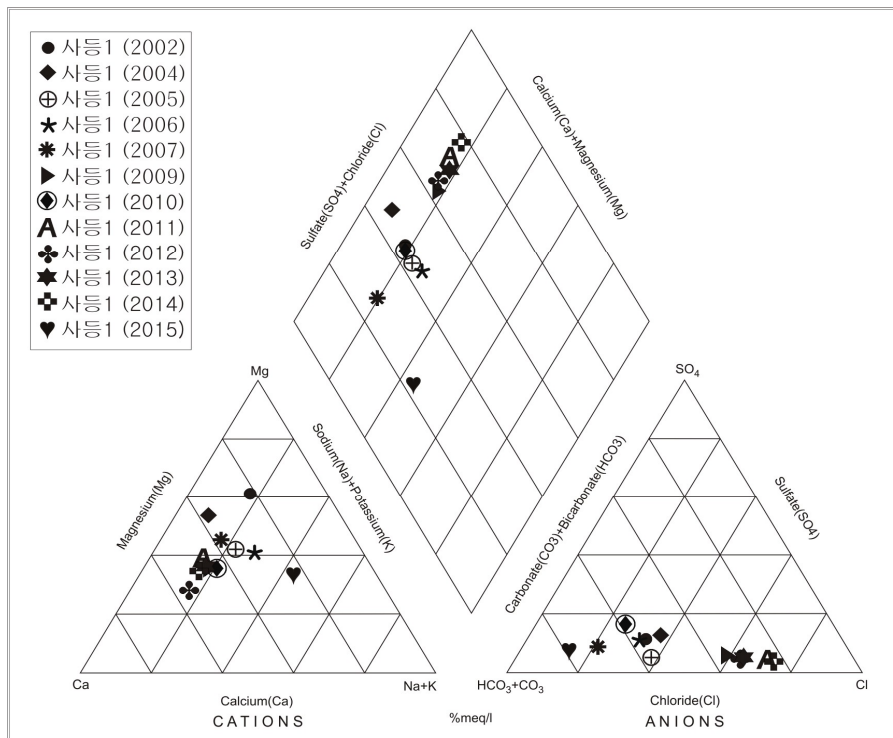
※ 사등1 관측공은 '07년 이후 수중펌프가 설치되어 지하수검층을 실시하지 못함

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
사등1	(2002. 7)	15.86	28.82	1.171	17.03	6.72	16.67	47.58	12.00
	(2004.10)	1.90	5.56	ND	6.77	8.75	24.61	56.12	0.50
	(2005.10)	9.96	9.26	0.74	12.55	6.29	18.02	48.80	0.22
	(2006.11)	11.63	9.04	0.98	11.79	6.34	17.44	48.80	ND
	(2007.10)	11.18	12.43	1.41	16.91	9.32	17.34	94.55	0.412
	(2009. 6)	14.05	14.32	1.14	30.07	7.69	58.41	64.05	0.23
	(2010. 6)	11.41	11.63	1.05	22.55	7.60	34.26	79.30	0.14
	(2011.10)	16.09	21.72	1.57	41.67	10.55	110.63	70.78	ND
	(2012. 4)	13.77	14.60	1.52	44.26	8.91	83.17	79.30	ND
	(2013. 5)	14.74	16.80	2.13	36.24	9.54	85.56	70.15	0.23
	(2014. 7)	20.73	24.21	1.64	58.17	11.23	133.75	70.15	0.87
(2015.10)	6.48	3.10	2.20	3.63	3.19	5.39	42.71	-	



<사등지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

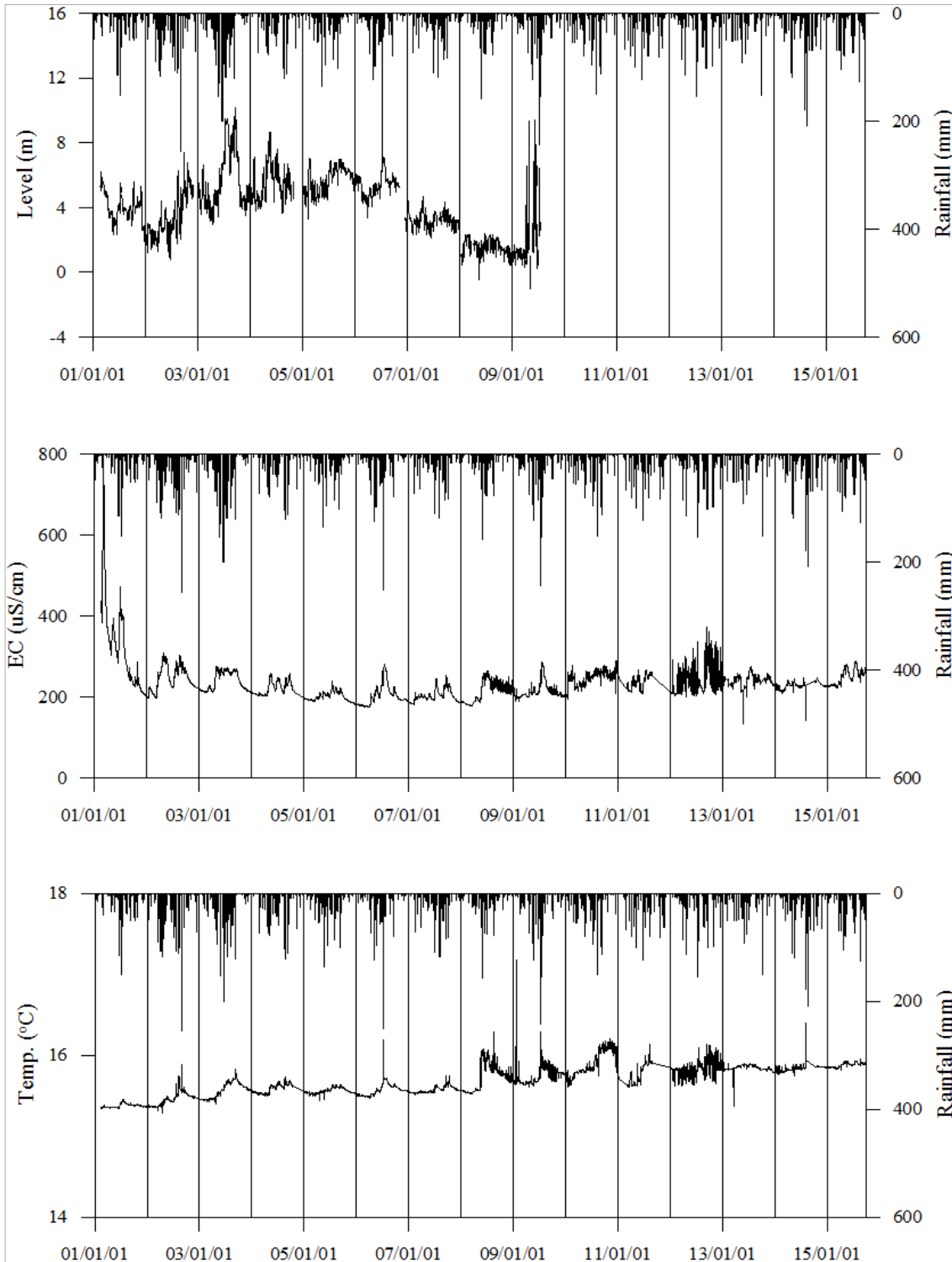
구 분	관측공	
	년. 월	사등1
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	0.60
	2004.10	0.76
	2005.10	0.64
	2006.11	0.62
	2007.10	0.32
	2009. 6	1.57
	2010. 6	0.74
	2011.10	2.69
	2012. 4	1.80
	2013. 5	2.10
	2014. 7	3.28
	2015.10	0.22

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
사등1	2001	3.94	1.51	6.21	317	202	745	-	-	-
	2002	3.35	0.78	7.41	245	197	308	-	-	-
	2003	5.92	2.98	10.20	244	213	277	-	-	-
	2004	5.57	3.65	8.64	223	203	259	-	-	-
	2005	5.67	3.27	7.03	204	190	239	-	-	-
	2006	5.43	3.40	7.99	206	175	281	-	-	-
	2007	3.31	2.11	4.71	205	182	253	-	-	-
	2008	-0.39	-3.32	2.36	215	178	265	-	-	-
	2009	-1.19	-3.82	6.60	209	190	279	-	-	-
	2010	-	-	-	245	194	280	-	-	-
	2011	-	-	-	238	210	268	-	-	-
	2012	-	-	-	246	200	374	-	-	-
	2013	27.09	-5.41	27.79	240	135	275	-	-	-
	2014	-	-	-	228	209	249	-	-	-
	2015	-	-	-	252	224	290	-	-	-

6. 장기관측 결과



<사등1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

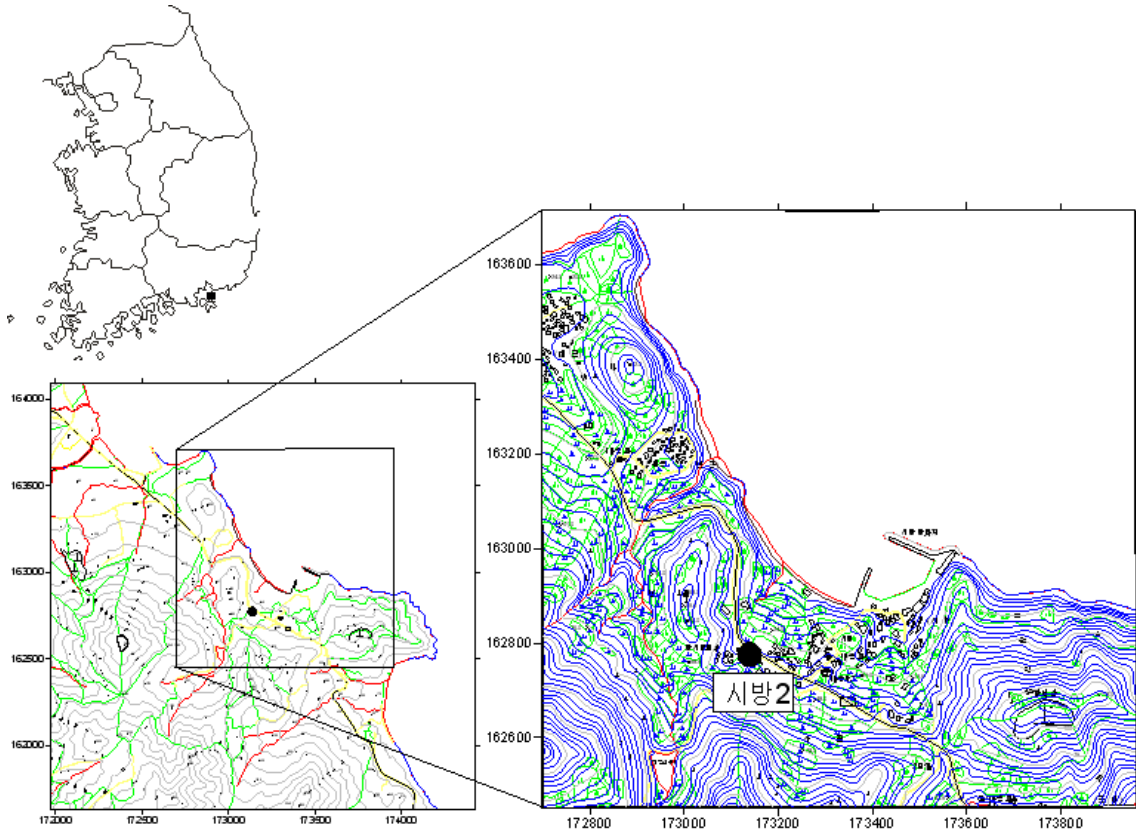
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 사등1 관측공은 2000년에 설치한 관측망으로, 주변 지하수관정을 이용한 정기적인 관측자료를 활용하기 위하여 단일 관측망으로 구성하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 사등1 관측공의 경우 210 ~ 220 $\mu S/cm$ 범위의 낮은 전기전도도 값을 보이며 심도에 따라 큰 변화가 없다. 그러나, 2007년 이후 지하수 이용시설이 설치되어 검층조사를 실시하지 못하고 있는 실정이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, Mg-HCO₃ 유형이었으나 2007년 지하수 이용시설 설치 이후 지속적인 양수 영향으로 염수의 영향을 받는 Ca-Cl 유형으로 변화하였다. Cl/HCO₃ 몰비 역시 염수의 영향으로 2002년 0.60에서 2014년 3.28까지 증가하여 해수 영향이 커짐을 알 수 있다. 2015년은 0.22로 감소하였지만 향후 지속적인 분석이 필요하다.
- 4) 연도별 관측결과 : 사등1 관측공은 지표 하 72 m에 설치한 연평균 전기전도도는 204 ~ 317 $\mu S/cm$ 범위이며, 연도별 증감현상은 나타나지 않았다.
- 5) 장기관측결과 : 사등1 관측공의 관측 센서 노후화로 인해 수위 값을 관측하지 못하였다. 그러나, 수중펌프를 이용한 지하수 양수가 진행되고 있어 지하수 수위 하강과 회복은 전기전도도 값의 증가와 감소를 야기한다. 전기전도도 값은 약 200 ~ 300 $\mu S/cm$ 범위로 관측되었다.
- 6) 관리 방안 : 사등지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났지만, 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측 자료를 분석을 통하여 해수침투 여부를 지속적으로 관리할 필요가 있다.

2.7.11 시방지구

1. 위치

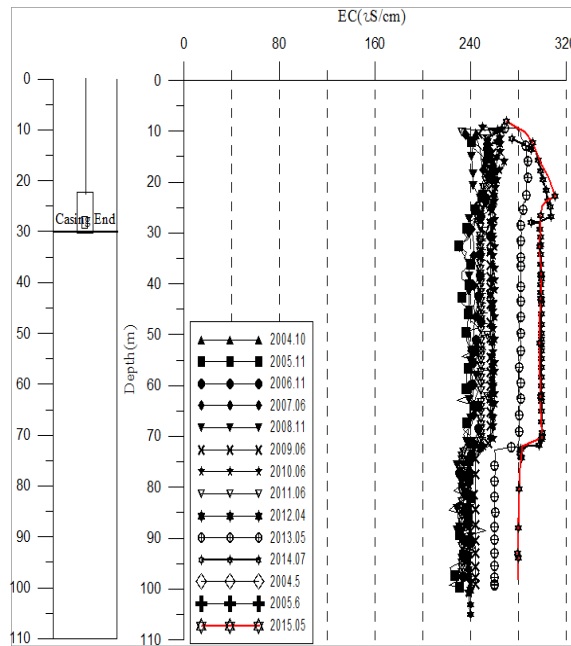


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
시방2	거제시 장목면 시방리 620-1	173138.500	162775.636	33.898	1999	390	24.118

2. 지형 및 지질

시방지구는 거제시의 북동쪽에 위치한 장목면의 해안지역이며, 지형적으로 경사가 매우 급한 곳에 마을이 형성되어 있다. 지질은 경상계 퇴적암인 셰일, 사암 및 역암으로 구성된 장목리층과 이 층을 관입한 불국사 화강암류인 지세포 화강암의 경계부에 해당된다.

3. 지하수 검층



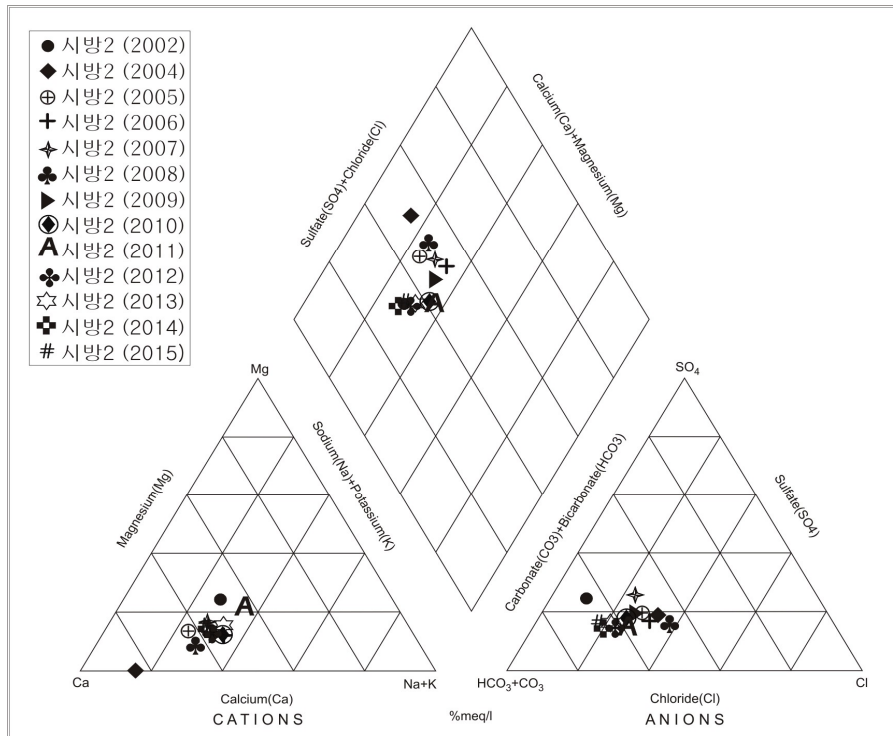
<시방2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
시방2	(2002. 7)	18.32	8.15	1.17	28.06	10.09	3.19	35.99	7.19
	(2004.10)	4.40	ND	ND	18.94	17.66	22.85	56.73	0.48
	(2005.10)	13.07	3.28	0.76	29.94	16.06	19.53	56.43	0.18
	(2006.11)	18.09	3.35	1.19	25.60	15.61	21.22	54.90	ND
	(2007.10)	15.38	3.69	1.53	23.94	19.29	19.36	61.00	0.15
	(2008.11)	14.42	2.79	0.93	30.67	13.86	27.81	57.95	0.17
	(2009. 6)	18.08	3.41	1.22	26.94	19.39	19.87	67.10	0.06
	(2010. 6)	19.20	3.94	1.22	26.83	17.79	19.25	79.30	0.09
	(2011.10)	20.66	6.97	2.85	21.57	20.29	21.04	85.42	ND
	(2012. 4)	20.37	4.41	1.63	31.96	18.12	18.69	91.50	ND
	(2013. 5)	19.26	4.98	2.36	29.13	20.39	21.44	106.75	ND
	(2014. 7)	23.85	5.56	1.61	42.13	18.35	21.93	128.10	0.03
(2015. 5)	17.99	5.79	2.07	35.48	20.71	17.92	112.68	-	



<시방지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구분	관측공	
	년. 월	시방2
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	0.15
	2004.10	0.69
	2005.10	0.60
	2006.11	0.67
	2007.10	0.55
	2008.11	0.82
	2009. 6	0.51
	2010. 6	0.42
	2011.10	0.42
	2012. 4	0.35
	2013. 5	0.35
	2014. 7	0.29
	2015. 5	0.27

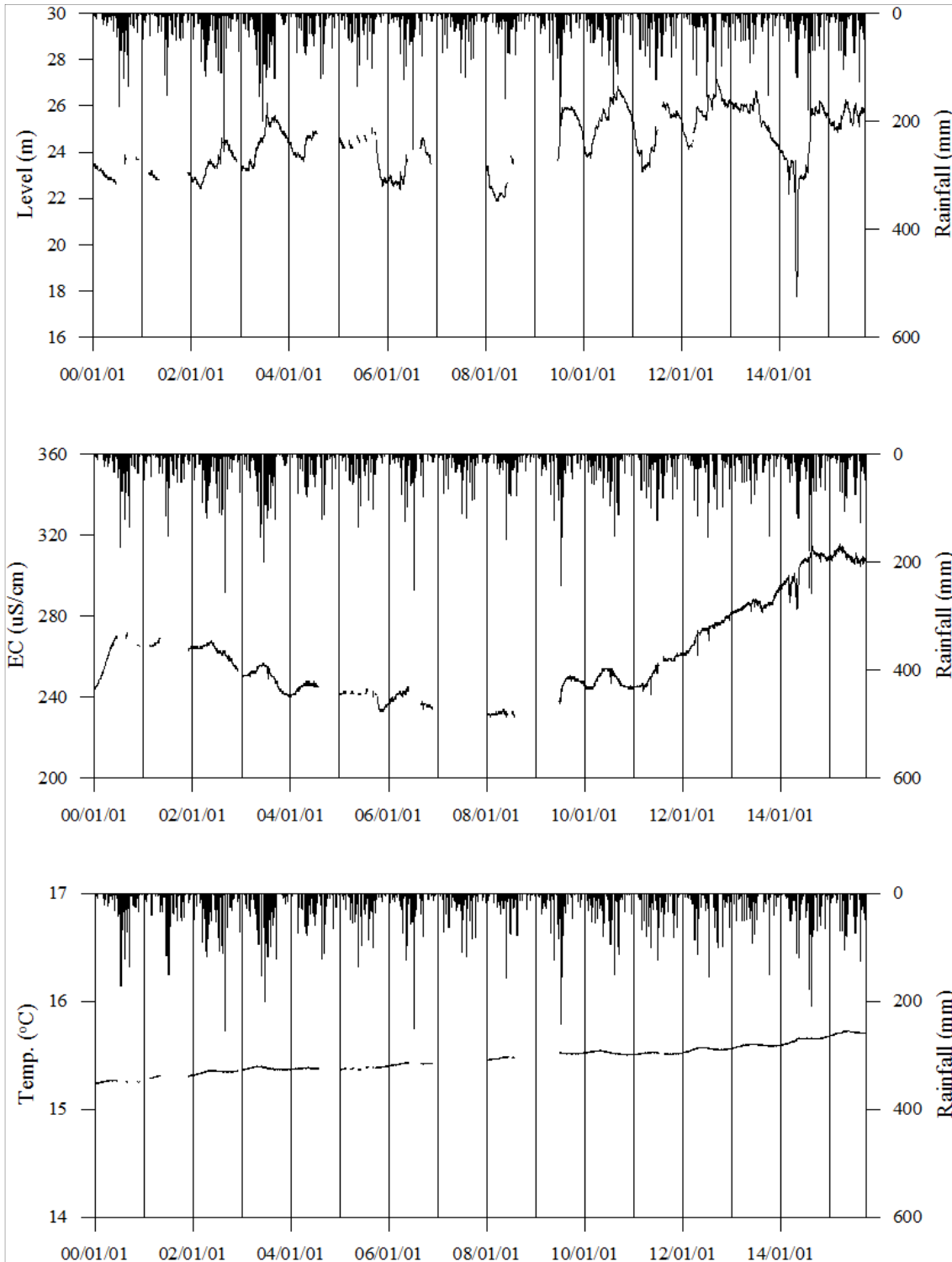
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
시방2	2000	23.20	22.67	23.94	256	241	272	-	-	-
	2001	22.98	22.80	23.20	266	263	269	-	-	-
	2002	23.48	22.40	24.60	263	253	268	-	-	-
	2003	24.39	23.20	26.10	251	243	257	-	-	-
	2004	24.26	23.60	24.90	245	240	248	-	-	-
	2005	24.38	23.30	25.06	241	233	244	-	-	-
	2006	23.24	22.38	24.60	239	234	245	-	-	-
	2008	22.52	21.87	23.81	232	230	234	-	-	-
	2009	25.60	23.62	25.97	247	237	251	-	-	-
	2010	25.40	23.71	26.84	249	244	254	-	-	-
	2011	24.57	23.17	26.15	251	241	260	-	-	-
	2012	25.70	24.14	27.79	272	261	280	-	-	-
	2013	26.03	25.69	26.44	285	280	288	-	-	-
	2014	22.95	17.77	24.09	300	283	309	-	-	-
2015	25.51	24.86	26.25	310	305	316	-	-	-	

6.

장기관측 결과



<시방2 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 현재는 불용처리 된 시방1 관측공(1998년 설치 및 2004년 이설)은, 해수침투의 영향이 매우 크게 나타났던 관측공이다. 이에 따라, 시방2 관측공은 내륙 쪽에 설치(1999년)하여 대수층을 통한 해수유입 등의 가능성을 관측코자 하였다. 그러나, 시방1 관측공의 폐공으로 시방2 관측공만을 이용한 해수침투 모니터링을 수행하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 시방2 관측공은 1999년 이래로 관측공 전 구간 약 300 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도가 관측된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 시방2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형의 일반적인 담수유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.15 ~ 0.82 범위로 해수의 영향은 없는 것으로 나타났다.
- 4) 연도별 관측결과 : 시방2 관측공의 지표 하 30 m 심도에 설치한 전기전도도 센서의 연평균 전기전도도는 약 232 ~ 310 $\mu S/cm$ 로 연도별 큰 변화는 나타나지 않는다.
- 5) 장기관측결과 : 시방2 관측공의 지하수 수위 변화는 강수에 비례한다. 즉, 강수량 및 누적강수량 등의 자연조건에 의한 지하수 부존과 상관성이 높아 2월은 지하수 수위가 감소하지만 3월부터는 지속적으로 증가한다. 전기전도도는 연평균 230 ~ 310 $\mu S/cm$ 범위를 유지하고 있으나, 2011년 이래로 증가추세이다.
- 6) 관리 방안 : 시방지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 판단되며, 장기관측자료 분석을 통하여 지하수 부존량 평가 등에 활용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측자료 분석으로 해수침투에 대한 지속적인 관리가 필요하다.

2.7.12 해운지구

1. 위치

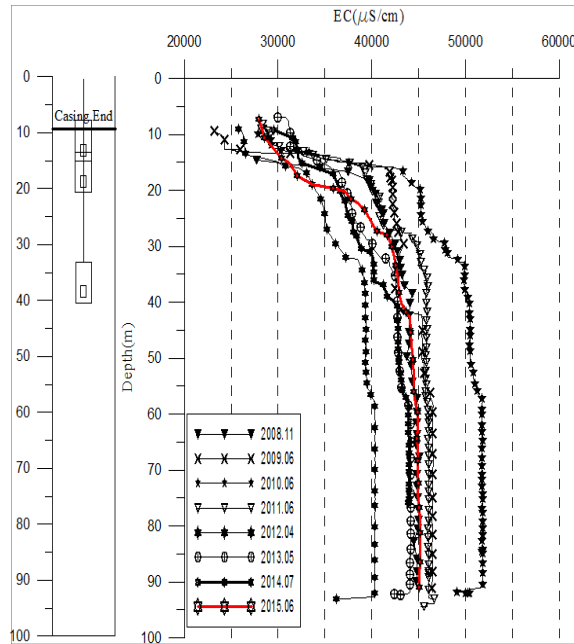


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
해운1	창원시 마산합포구 해운동 69-6	160304.676	187049.532	2.519	2008	70	8.689

2. 지형 및 지질

이 지역은 창원시 마산합포구 해운동의 동쪽 해안지역에 위치한 지구로, 지질은 중생대 백악기 경상계지층과 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 이루어져 있다. 경상계지층은 안산암, 조면안산암질암, 휘석반암으로 구성된 주산안산암질암을 기반암으로 하고 이를 관입한 마산암이 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



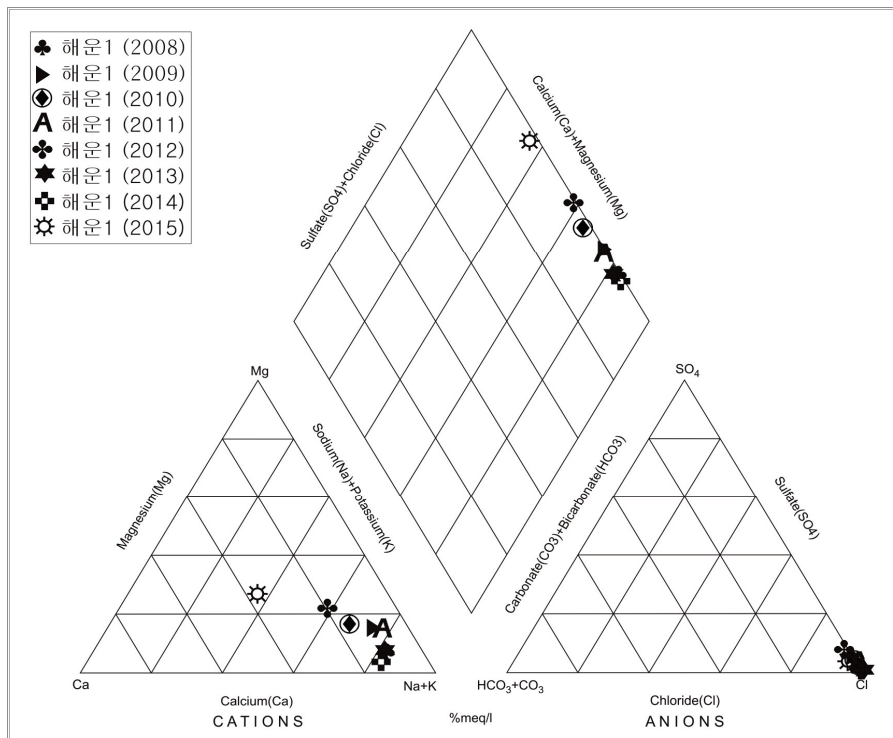
<해운1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
해운1	(2008.11)	6173.22	294.67	389.24	662.36	219.66	11924.58	18.30	ND
	(2009. 6)	5875.56	612.80	282.91	749.60	661.21	11792.25	15.25	24.70
	(2010. 6)	6984.59	929.08	353.71	1486.04	1145.95	17200.49	122.00	52.17
	(2011.10)	3513.63	371.73	177.30	380.54	211.83	4650.00	8.54	ND
	(2012. 4)	4205.48	751.60	246.60	1357.74	884.93	11019.63	106.75	ND
	(2013. 5)	6100.36	316.95	275.16	710.80	46.25	12892.67	9.15	54.36
	(2014. 7)	8269.02	225.33	359.61	882.16	158.11	15898.35	21.35	ND
	(2015. 6)	1043.46	422.73	54.49	953.80	135.49	4254.19	181.07	-



<해운지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

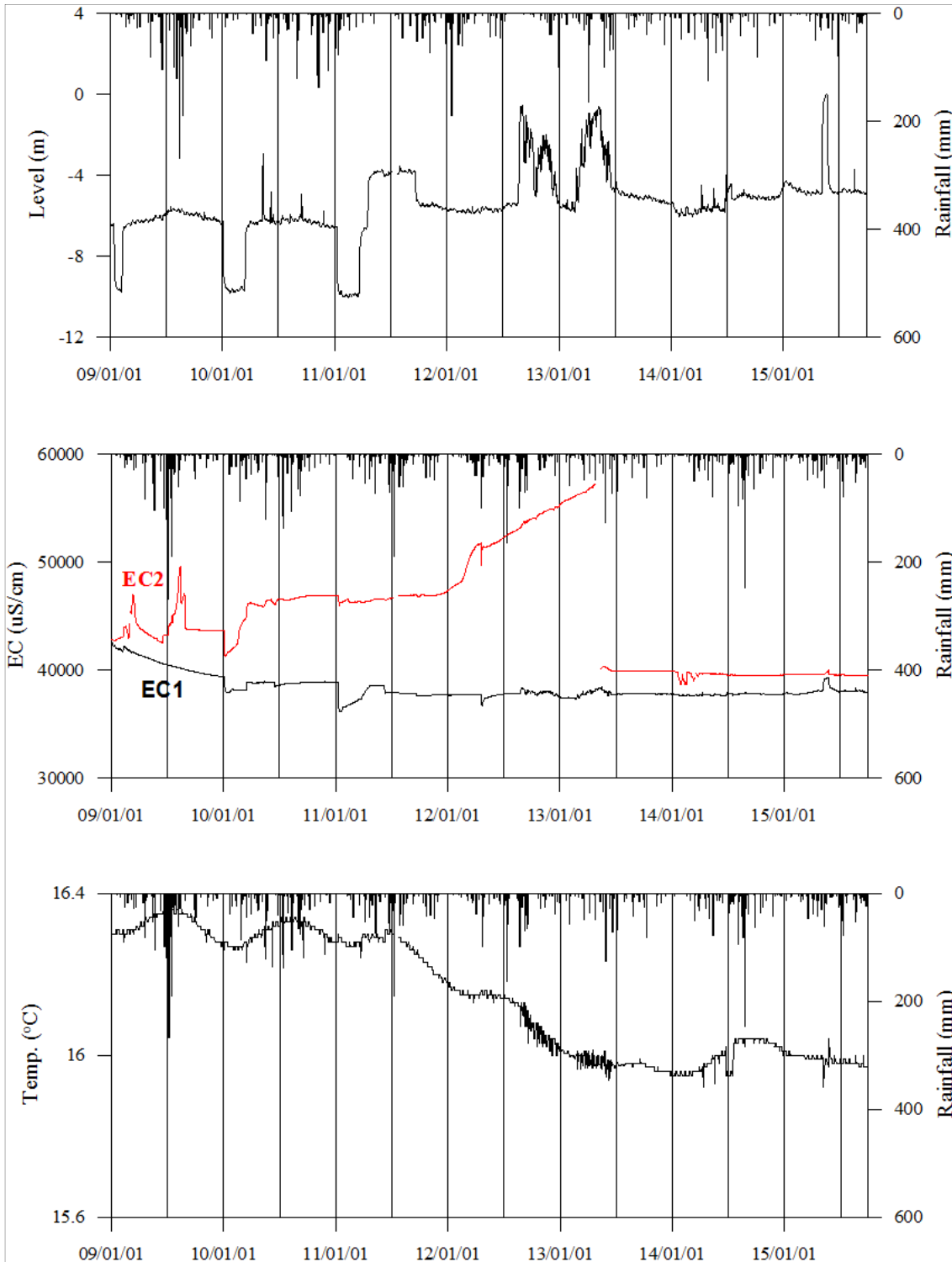
구 분	관측공	
	년. 월	해운1
Cl/HCO ₃ 몰비	2008.11	1119.68
	2009. 6	1328.70
	2010. 6	242.26
	2011.10	935.37
	2012. 4	177.38
	2013. 5	2421.16
	2014. 7	1279.55
	2015. 6	40.44

5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
해운1	2009	-6.39	-9.75	-5.56	40,877	39,674	42,565	44,037	42,482	49,631
	2010	-7.04	-9.83	-2.92	38,658	37,925	39,386	45,573	41,256	46,951
	2011	-6.01	-10.06	-3.55	37,721	36,129	38,934	46,634	45,927	47,028
	2012	-4.77	-5.87	-0.52	37,771	36,740	38,323	51,835	47,351	54,972
	2013	-3.71	-5.82	-0.59	37,801	37,363	38,456	49,662	39,891	57,233
	2014	-5.56	-6.06	-3.99	37,708	37,611	37,924	39,554	38,666	39,917
	2015	-4.44	-4.98	0.00	38,092	37,760	39,325	39,606	39,463	40,011

6. 장기관측 결과



<해운1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2015.9.3)>

(a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

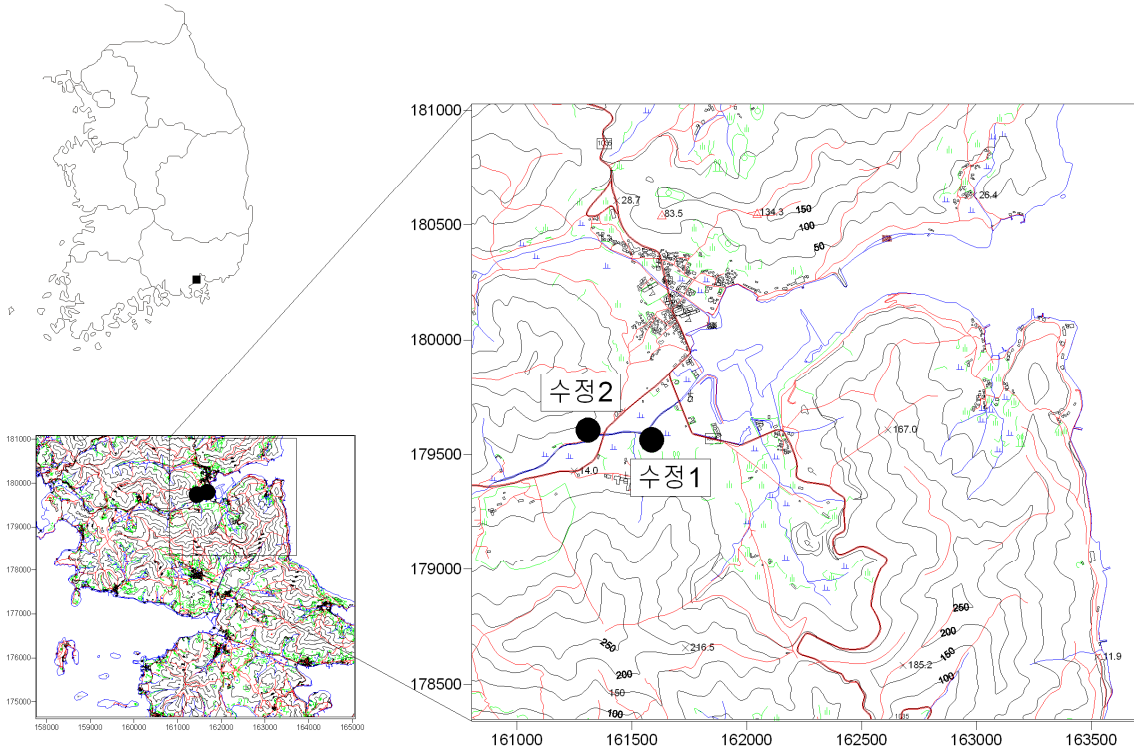
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해운1 관측공은 2008년에 설치한 관측망이다. 청문조사와 주변 관정의 간격이 수질검사 결과를 토대로, 기설관정 중 해수유입으로 인하여 방치된 관정을 관측공으로 이용하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 해운1 관측공은 지표 하 15 m, 30 m에서 전기전도도의 전이대가 나타나며 약 50,000 $\mu S/cm$ 내외까지 증가하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 해운1 관측공은 전형적인 Na-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비가 40.44로 해수로 포화되어 있음을 알 수 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 해운1 관측공의 연평균 지하수 수위는 -7.04 ~ -3.71 m 범위이다. 지표 하 20 m와 40 m에 설치한 전기전도도 센서의 연평균 전기전도도는 37,708 ~ 40,877 $\mu S/cm$ 와 39,554 ~ 51,835 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 장기관측결과 : 해운1 관측공의 지하수 수위에 대한 장기분석 결과, 지하수 수위는 상승 중이고, 봄철에 양수로 인해 지하수 수위가 강하하는 특성을 보인다. 지표 하 30 m, 40 m에 설치한 EC1, EC2 센서의 전기전도도 값은 해수와 유사함을 보이며, 2013년까지 EC2에서 증가추세가 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 해운1 관측공은 이미 해수로 포화된 상태로서 지속적으로 관측하여 수질변화 등을 점검하여야 한다.

2.7.13 수정지구

1. 위치

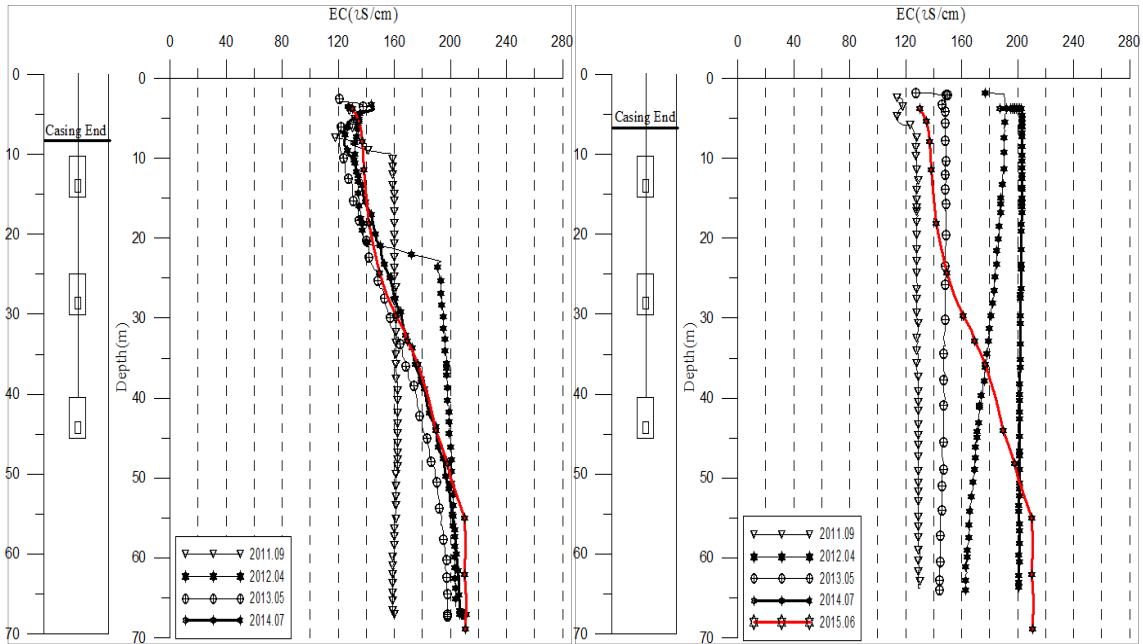


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
수정1	창원시 마산합포구	161489.78	179607.18	6.71	2011	920	3.49
수정2	구산면 수정리 1176	161255.41	179552.37	10.42	2011	1,100	2.10

2. 지형 및 지질

이 지역은 창원시 마산합포구 구산면이며 남쪽 해안지역에 위치한 지구로, 지질은 중생대 백악기 경상계지층과 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 이루어져 있다. 경상계지층은 안산암, 조면안산암질암, 휘석반암으로 구성된 주산안산암질암을 기반암으로 하고 이를 관입한 마산암이 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<수정1 관측공>

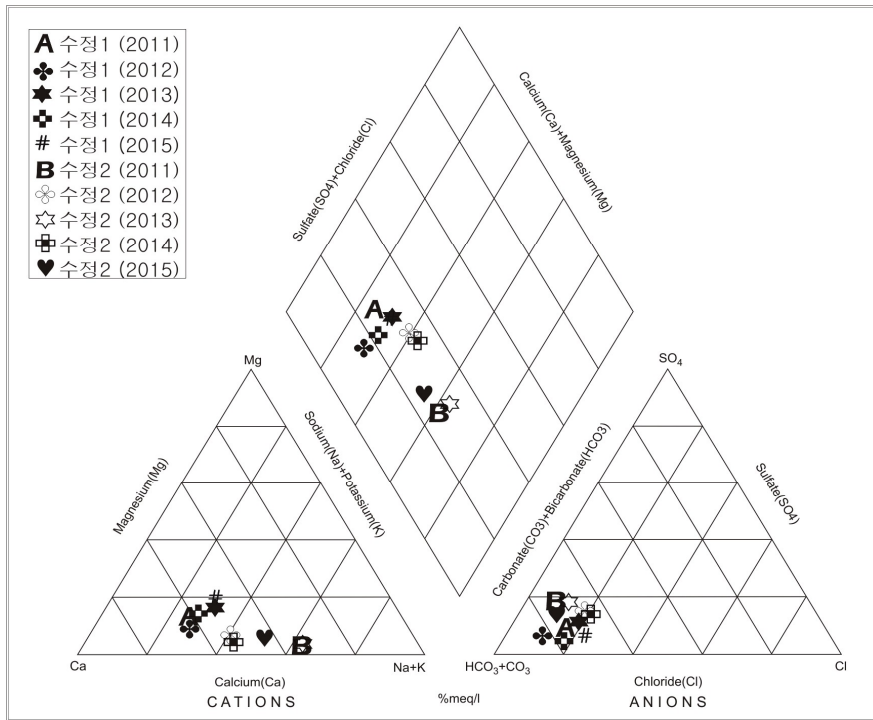
<수정2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
수정1	(2011. 9)	8.89	2.75	1.15	20.20	5.55	8.68	70.15	ND
	(2012. 4)	11.45	1.93	0.89	21.90	4.97	8.21	91.50	ND
	(2013. 5)	7.79	2.21	0.66	11.61	6.05	9.13	57.95	ND
	(2014. 7)	12.50	2.82	0.83	21.17	5.45	10.17	79.30	ND
	(2015. 6)	7.09	2.57	0.73	10.09	4.28	8.95	48.13	-
수정2	(2011. 9)	18.20	0.46	1.24	9.55	13.02	4.27	64.05	ND
	(2012. 4)	17.30	1.46	0.97	20.69	10.39	10.74	67.10	ND
	(2013. 5)	18.85	0.62	0.48	8.76	13.17	7.14	67.10	0.04
	(2014. 7)	23.67	1.76	0.76	23.45	12.35	15.72	88.45	0.03
	(2015. 6)	15.69	0.86	0.58	11.73	11.14	8.36	74.32	-



<수정지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	수정1	수정2
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 9	0.21	0.11
	2012. 4	0.15	0.28
	2013. 5	0.27	0.18
	2014. 7	0.22	0.31
	2015. 6	0.32	0.19

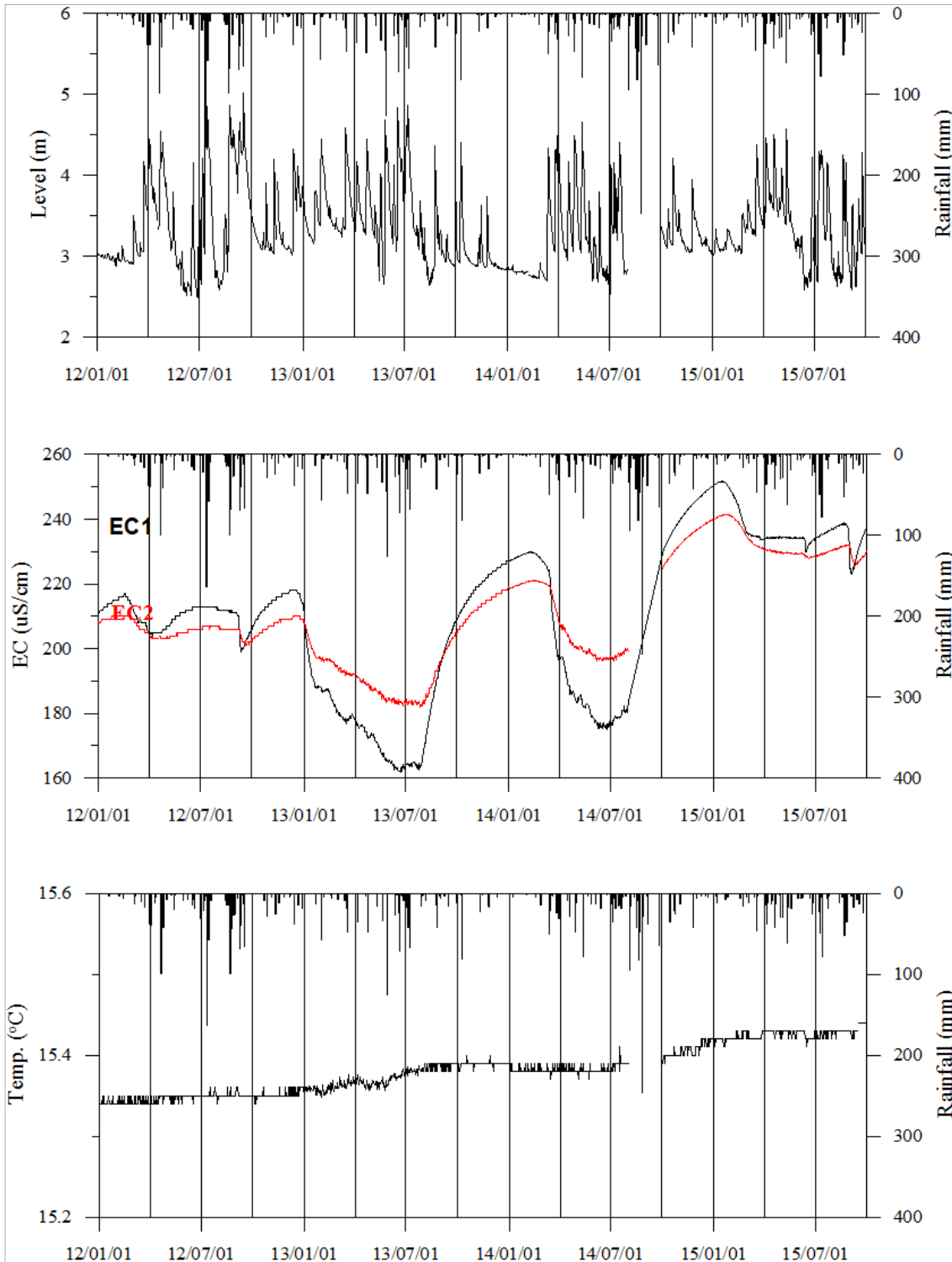
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, μS/cm)

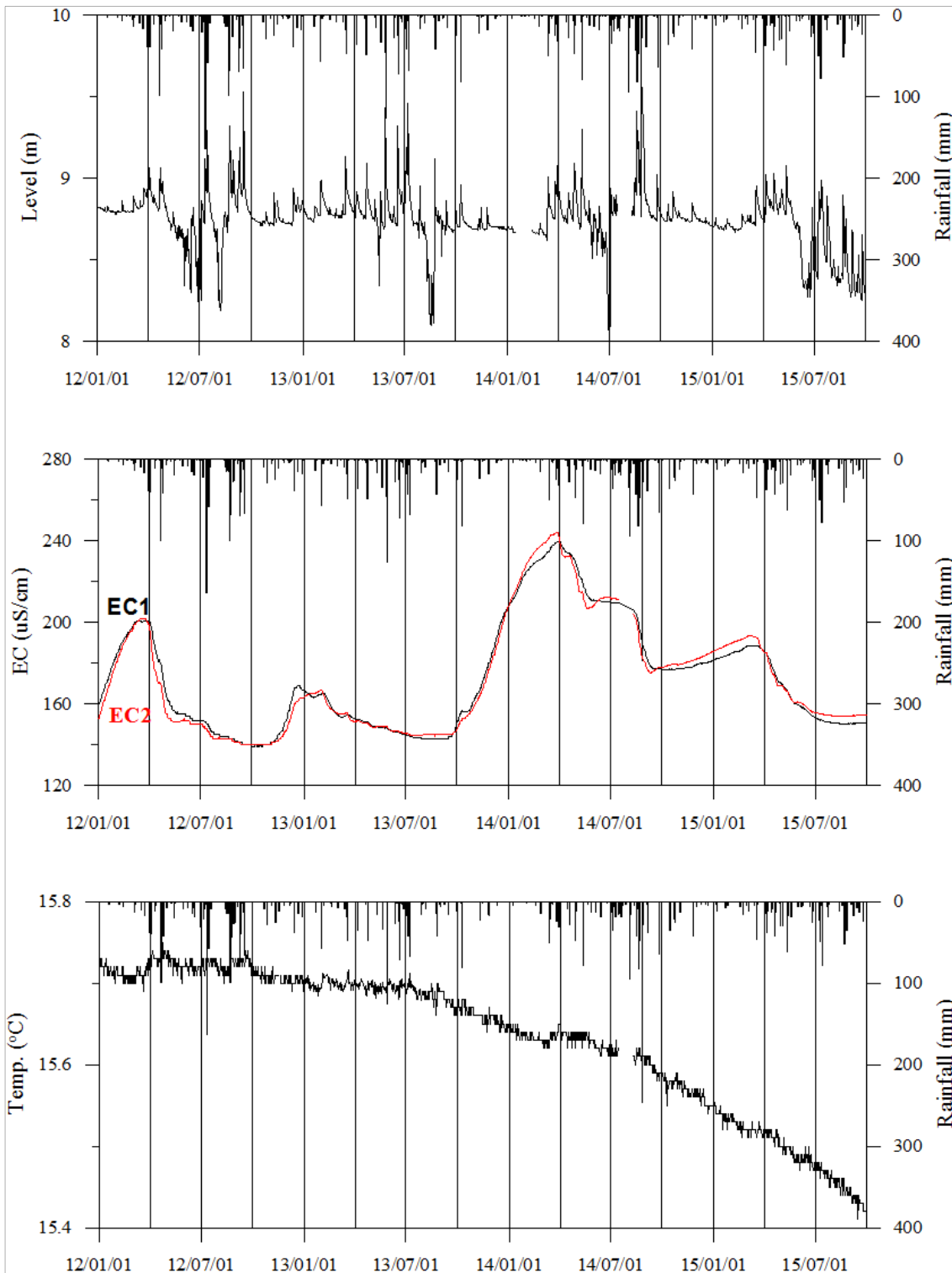
관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
수정1	2012	3.36	2.48	5.02	211	199	217	206	201	210
	2013	3.62	2.65	4.86	176	162	211	190	182	208
	2014	3.20	2.53	4.66	200	175	230	208	196	221
	2015	3.34	2.58	4.57	237	223	252	232	226	242
수정2	2012	8.78	8.19	9.53	161	139	201	159	140	202
	2013	8.82	8.34	9.46	153	143	167	153	144	167
	2014	8.74	8.05	9.30	223	209	240	224	207	244
	2015	8.65	8.25	9.08	168	150	189	170	154	194

6.

장기관측 결과



<수정1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온그림 178



<수정2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)

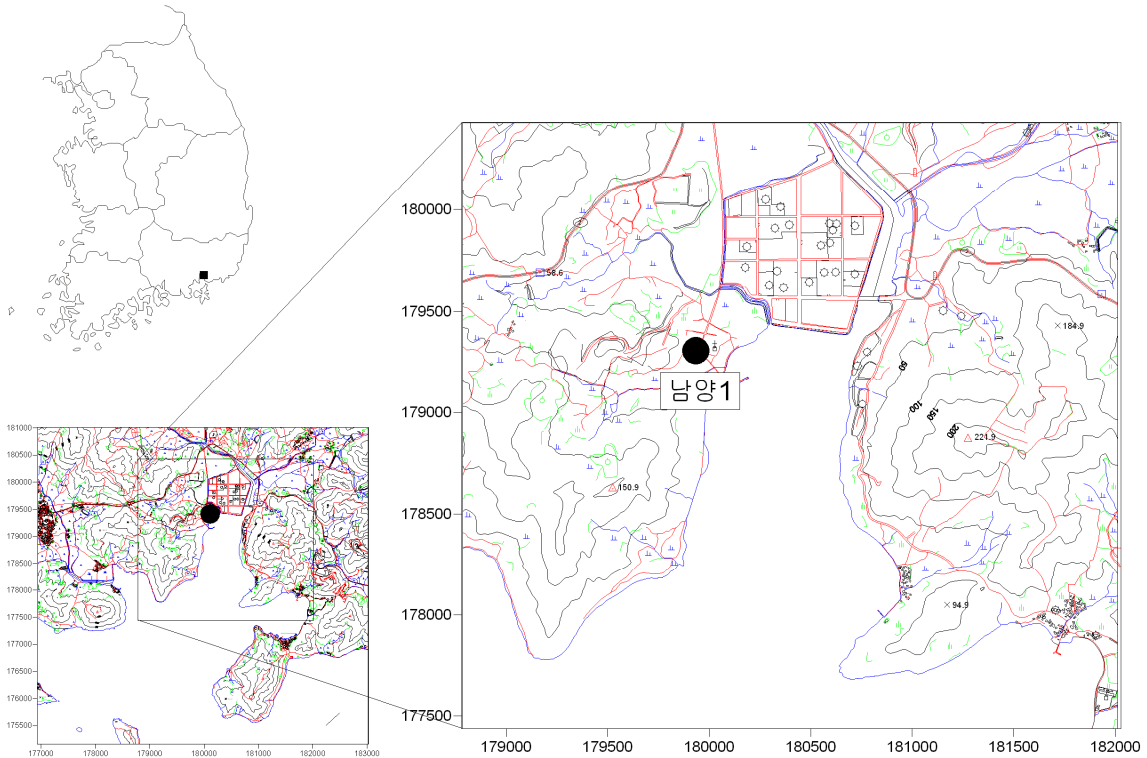
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 수정1, 2 관측공은 마산합포구 구산면 유역에 위치한다. 수정1 관측공은 해안과의 거리가 920 m로 해안선 부근에 설치되었다. 수정2 관측공은 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 상대적으로 내륙 쪽에 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 수정1, 2 관측공의 전기전도도는 약 $200 \mu S/cm$ 이내로 심도별 변화가 없으며 해수의 영향도 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 수정1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형이며 수정2 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형이다. Cl/HCO_3 몰비는 각기 0.15 ~ 0.32, 0.11 ~ 0.19 범위로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 수정1, 2 관측공의 연평균 지하수 수위는 각각 3.20 ~ 3.62 m, 8.74 ~ 8.82 m이고, EC1의 전기전도도는 176 ~ 237 $\mu S/cm$, 153 ~ 223 $\mu S/cm$ 와 EC2는 190 ~ 232 $\mu S/cm$, 153 ~ 224 $\mu S/cm$ 이다.
- 5) 장기관측 결과 : 수정지구 관측공은 하천변에 위치하고 있어 강수에 의한 지하수 수위 증가 및 감쇠가 두드러지며 전기전도도는 140 ~ 260 $\mu S/cm$ 범위에서 변동한다.
- 6) 관리 방안 : 수정지구 관측공은 현재 해수침투의 영향은 없으나 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측자료 분석을 통하여 해수침투 여부를 지속적으로 관리할 필요가 있다.

2.7.14 남양지구

1. 위치

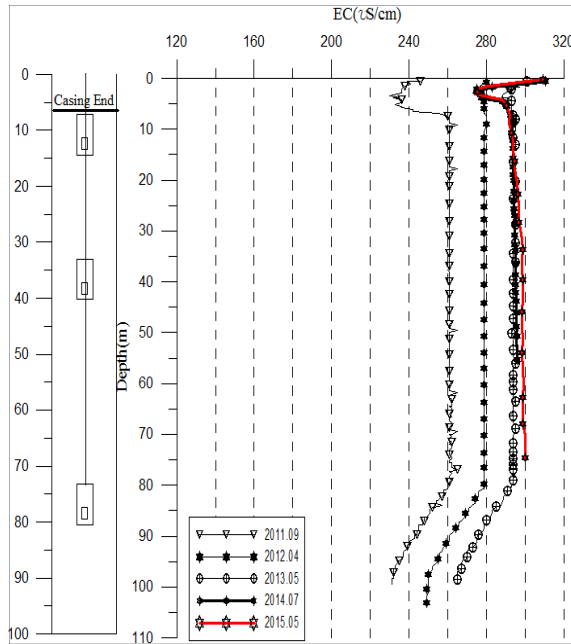


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
남양1	창원시 진해구 남양동 165-69	179934.80	179240.65	7.97	2011	150	0.27

2. 지형 및 지질

이 지역은 진해구 남양동에 위치한 지구로, 북동쪽은 진해마천 지방산업단지가 자리하고 있고, 동쪽으로는 바다가 위치하고 있다. 지질은 중생대 백악기에 속하는 퇴적암류(진동층), 유천층군의 화산암류 및 이들을 관입한 화강암류로 구성된다. 퇴적암류는 셰일 및 사암으로 구성되어 있고, 유천층군의 화산암류는 안산암질응회암(화산각력암, 라필리응회암), 안산암, 응회질퇴적암, 테사이트로 구분된다. 또한, 화강암류는 구성광물의 차이에 의해 흑운모화강암과 각섬석화강암으로 구분되며, 암맥류는 석영반암과 장석반암으로 구성된다.

3. 지하수 검층



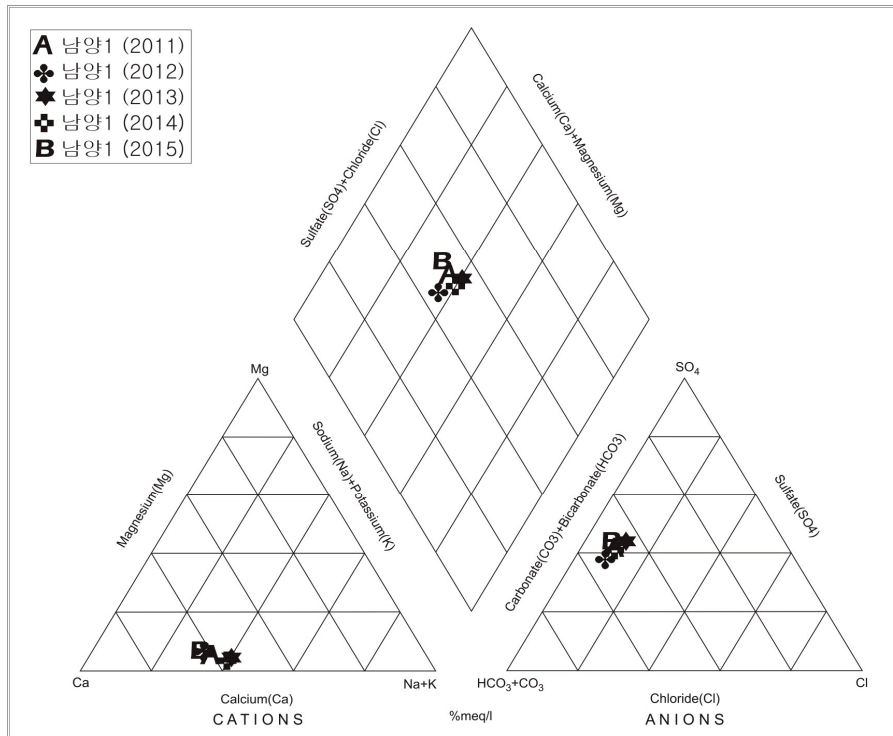
<남양1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
남양1	(2011. 9)	22.34	1.37	0.41	33.76	54.31	9.45	82.35	ND
	(2012. 4)	22.96	1.79	2.46	36.24	49.68	9.31	88.45	ND
	(2013. 5)	25.90	1.77	1.48	31.80	66.23	11.64	82.35	ND
	(2014. 7)	32.32	2.12	0.24	39.55	61.28	10.70	94.55	ND
	(2015. 5)	21.90	2.02	0.76	39.38	62.86	9.44	83.47	-



<남양지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		남양1
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 9		0.20
	2012. 4		0.18
	2013. 5		0.24
	2014. 7		0.19
	2015. 5		0.19

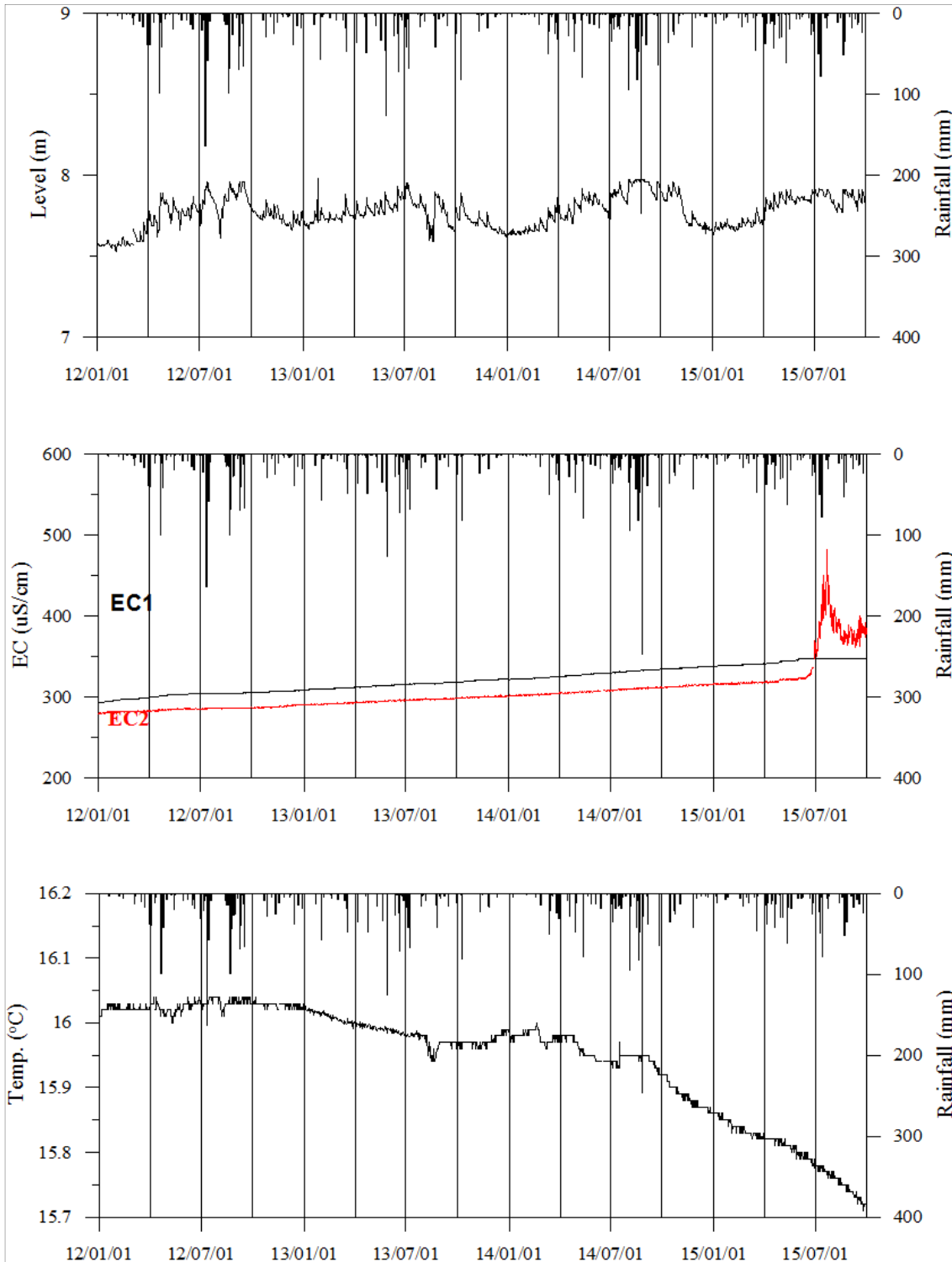
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
남양1	2012	7.74	7.53	7.96	302	294	308	285	280	289
	2013	7.78	7.67	7.98	313	309	317	294	290	298
	2014	7.74	7.63	7.92	325	322	330	305	301	309
	2015	7.80	7.63	7.92	344	338	348	344	315	482

6.

장기관측 결과



<남양1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

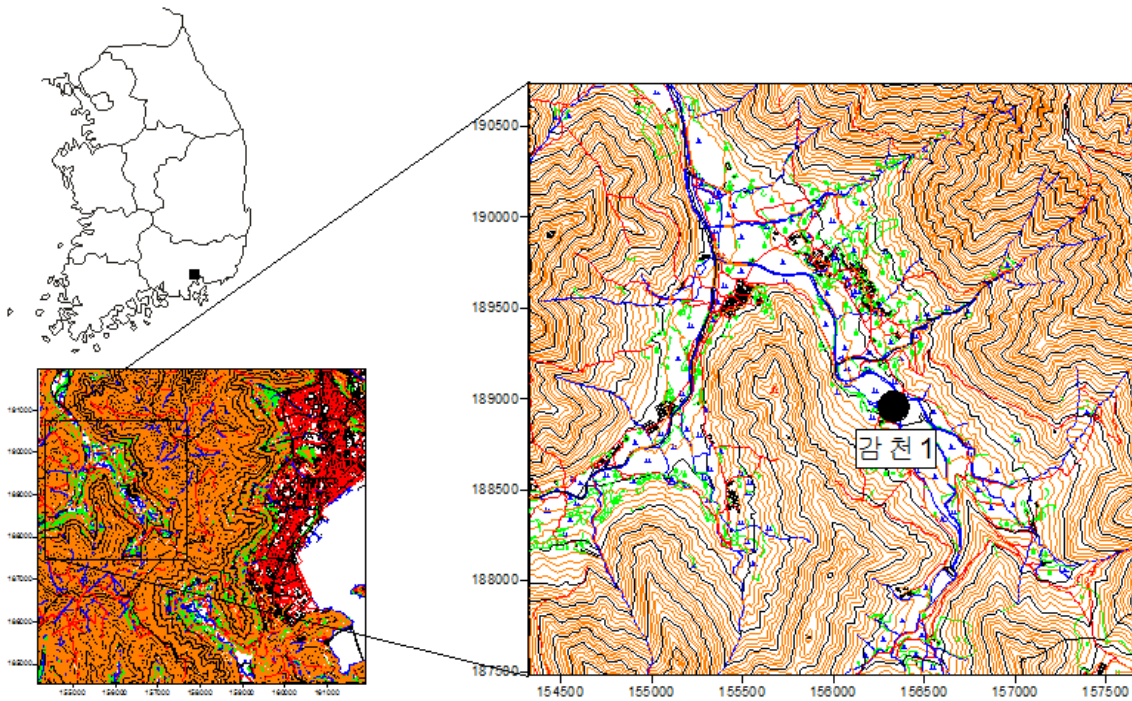
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 남양1 관측공은 진해구 남양동에 위치한 지구로, 북동쪽은 진해마천 지방산업단지가 위치하고, 동쪽으로는 바다가 위치한다. 동쪽 해안대수층을 통한 해수침투 가능성이 있으며, 관측공 부근에 산업단지가 있어 수질오염이 우려되는 지역이므로 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 남양1 관측공의 전기전도도는 약 $260 \sim 300 \mu S/cm$ 내외이며 케이싱 하부 구간부터 지표 하 80 m까지는 심도별 변화 없이 일정한 값을 유지한다. 이후 공저까지 감소추세를 보이거나 감소폭은 약 $50 \mu S/cm$ 내외에 불과하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 남양1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 $0.19 \sim 0.24$ 로 분석되었다.
- 4) 연도별 관측결과 : 남양1 관측공의 평균 지하수 수위는 $7.74 \sim 7.80$ m이고, 지표 하 40 m, 80 m에 설치한 전기전도도 센서의 연평균 전기전도도 값은 $302 \sim 344 \mu S/cm$, $285 \sim 344 \mu S/cm$ 범위이다.
- 5) 장기관측 결과 : 남양1 관측공의 시추조사 결과, 대수층 발달이 미약하고 심도가 깊어 강수에 의한 지하수 수위 변동 폭은 0.5 m 이내에 불과하다. 전기전도도는 40 m에 설치한 EC1의 경우 1년에 약 $10 \mu S/cm$ 정도 증가하는 경향을 보인다. 80 m 심도에 설치한 EC2도 2015년 6월까지 이런 경향을 보였으나 7월이후 $100 \mu S/cm$ 정도가 급격히 증가하고 있어 지속적인 관측자료 분석이 필요하다.
- 6) 관리 방안 : 남양지구 관측공은 현재 해수침투의 영향은 없으나 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측자료 분석을 통하여 해수침투 여부를 지속적으로 관리할 필요가 있다.

2.7.15 감천지구

1. 위치

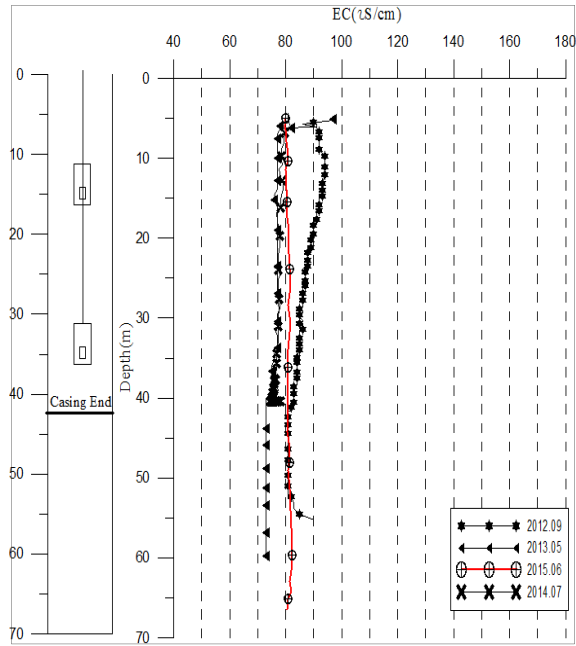


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
감천1	창원시 마산회원구 내서읍 감천리 1385	156269.01	188927.85	150.92	2012	4,230	5.23

2. 지형 및 지질

이 지역은 창원시 마산회원구 내서읍 감천리로, 마산항까지 직선거리로 약 5 Km 떨어진 곳에 위치하고 있으며, 북동쪽의 무학산(767 m), 남동쪽의 대곡산(516 m) 그리고, 남서쪽의 대산(727 m)으로 둘러싸여 있다. 지질은 백악기 진동층인 회백색의 사암이 주변지역의 산지를 형성하고 있으며, 이를 관입한 백악기 불국사통 마산암이 낮은 지형을 형성하고 있다. 미고결퇴적물로 이루어진 제4기 충적층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



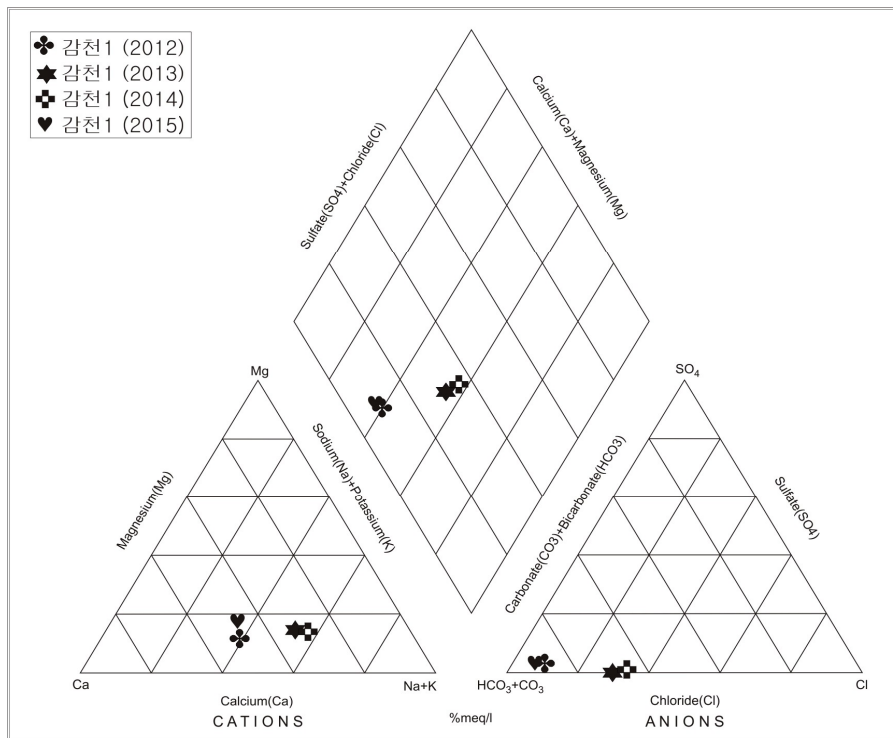
<감천1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
감천1	(2012. 9)	8.51	1.33	0.91	9.30	0.65	3.17	50.33	ND
	(2013. 5)	8.59	1.40	0.69	4.72	0.54	10.11	39.65	ND
	(2014. 7)	13.03	1.63	0.84	6.42	0.44	11.44	39.65	ND
	(2015. 6)	5.44	1.45	0.60	6.53	0.87	2.16	48.69	-



<감천지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		감천1
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2012. 9		0.11
	2013. 5		0.44
	2014. 7		0.50
	2015.		0.08

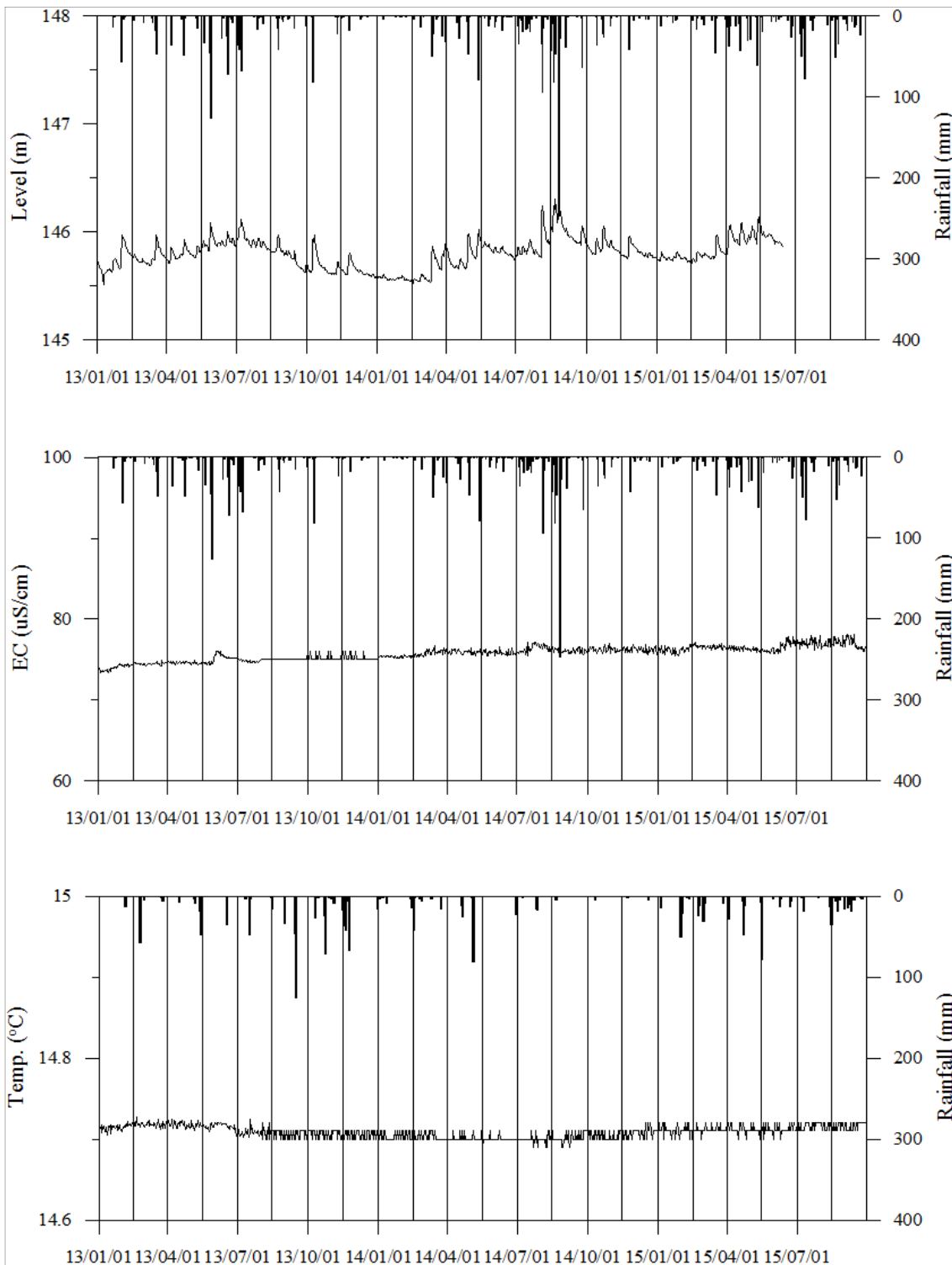
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
감천1	2013	145.82	146.12	145.51	75	76	76	-	-	-
	2014	145.72	145.52	146.02	76	75	77	-	-	-
	2015	147.64	145.71	150.66	77	76	78	-	-	-

6.

장기관측 결과



<감천1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

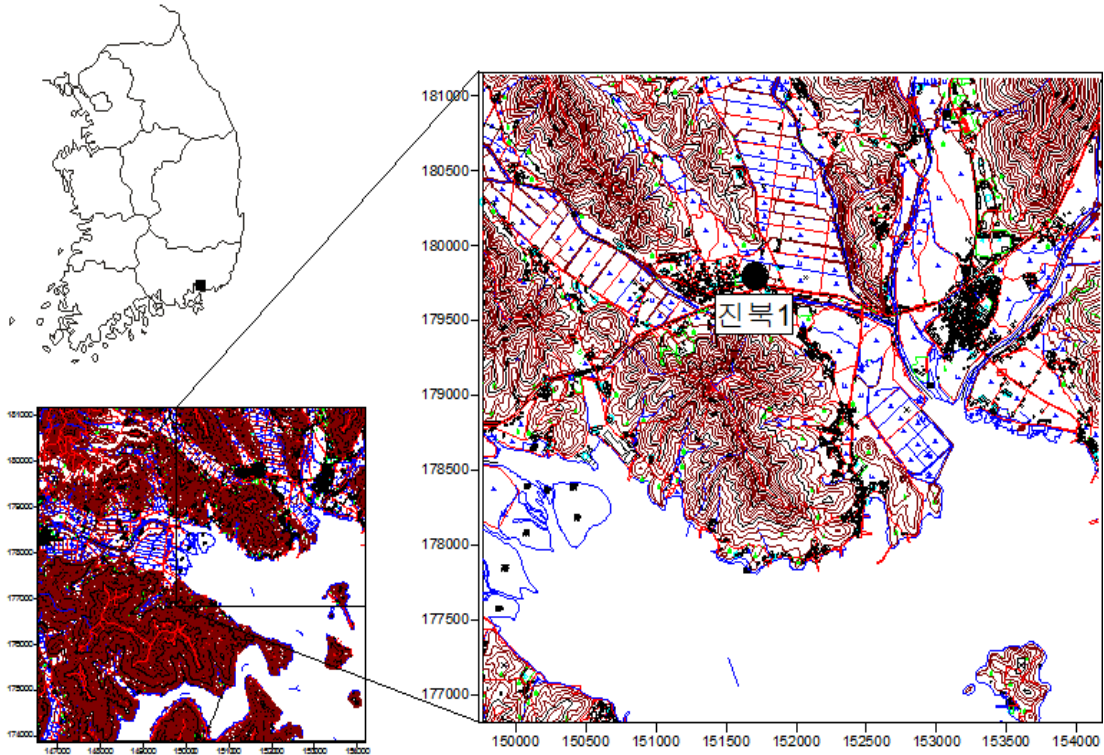
7.

현황 및 대책

- 1) 위치 선정 : 감천1 관측공은 마산회원구 내서읍 감천리에 위치하며, 본 지역은 마산항과 직선거리로 5 km 떨어진 곳에 있다. 해안과 이격거리가 멀지만, 지하수 이용에 따른 지하수자원의 수량 및 수질관리가 필요한 지역이므로 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 감천1 관측공은 케이싱 하부 45 ~ 50 m 구간에서 80 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도 값이 측정되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 감천1 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 0.08 ~ 0.50 으로 분석되었지만, 저농도 시료에서 상대적인 몰비율에 의한 결과일 뿐 별다른 의미는 없다.
- 4) 연도별 관측결과 : 감천1 관측공의 연평균 지하수 수위는 145.72 ~ 150.66 m 이고, 전기전도도 센서의 연평균 값은 75 ~ 77 $\mu S/cm$ 로서 매우 청정한 담수 영역으로 시설영농을 비롯한 모든 영농에 활용이 가능하다.
- 5) 장기관측 결과 : 감천1 관측공의 장기관측결과, 지하수 수위는 강수에 비례적으로 반응하며, 건기에서 우기로 접어들면서 수위가 증가하는 추세에 있다. 전기전도도의 변화추세는 지하수 수위와 크게 상관이 없는 것으로 보이나, 향후 꾸준한 관측을 통하여 변화추이를 좀 더 확인할 필요가 있다.
- 6) 관리 방안 : 감천지구는 지하수자원의 수량 및 수질관리를 위해 지속적인 모니터링으로 강수에 의한 암반지하수 내 지하수 수위 변화, 함양 등과 수질변화 자료를 추적하고 점검하여야 할 것이다.

2.7.16 진북지구

1. 위치

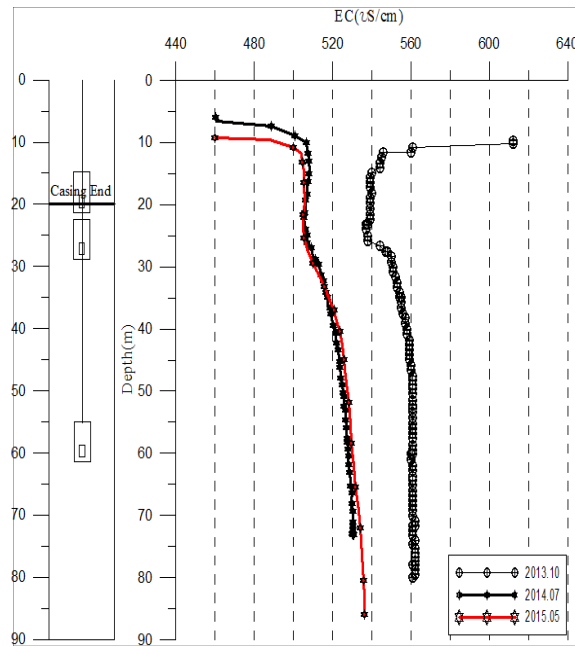


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
진북1	창원시 마산합포구 진북면 지산리 98	151702.3005	179763.8228	11.319	2013	1,500	6.84(TOC)

2. 지형 및 지질

이 지역은 창원시 마산합포구 진북면에 위치한 광암항으로부터 직선거리로 약 2.7 km 떨어진 곳에 위치하며, 주변에 덕곡천과 인곡천으로 둘러싸여 있다. 진북지구 주변지역은 계곡 및 하천주변으로 농경지가 넓게 펼쳐져 있다.

3. 지하수 검층



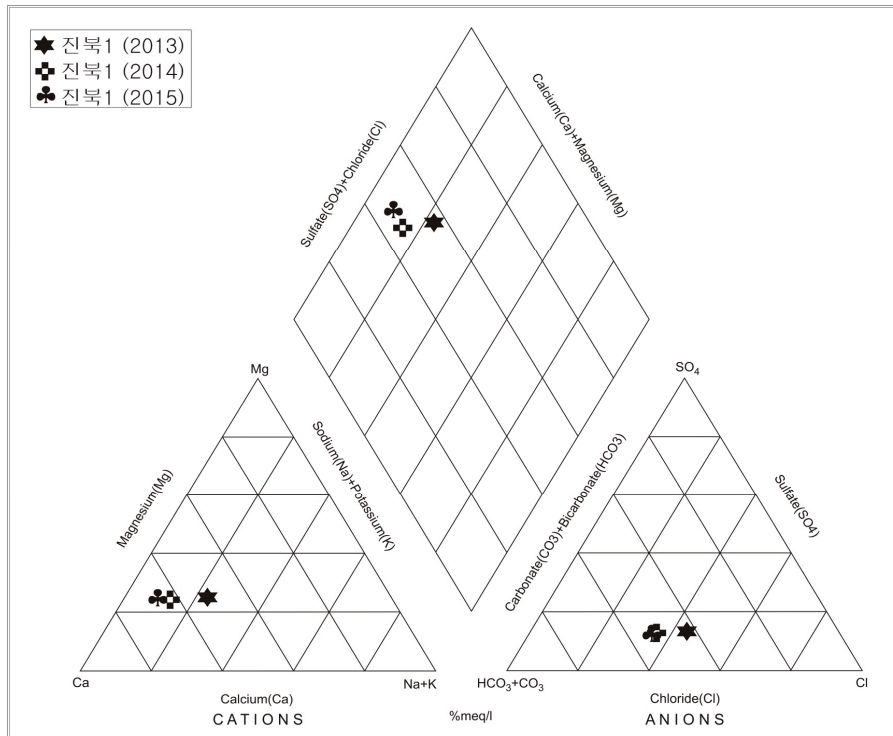
<진북1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
진북1	(2013. 11)	21.14	26.57	0.63	51.67	12.32	41.08	39.96	ND
	(2014. 7)	18.70	17.64	1.43	71.00	29.57	68.64	173.85	ND
	(2015. 5)	10.99	15.73	1.19	66.82	29.31	56.21	147.86	-



<진북지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		진북1
	년. 월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2013.11		1.03
	2014. 7		0.68
	2015. 5		0.65

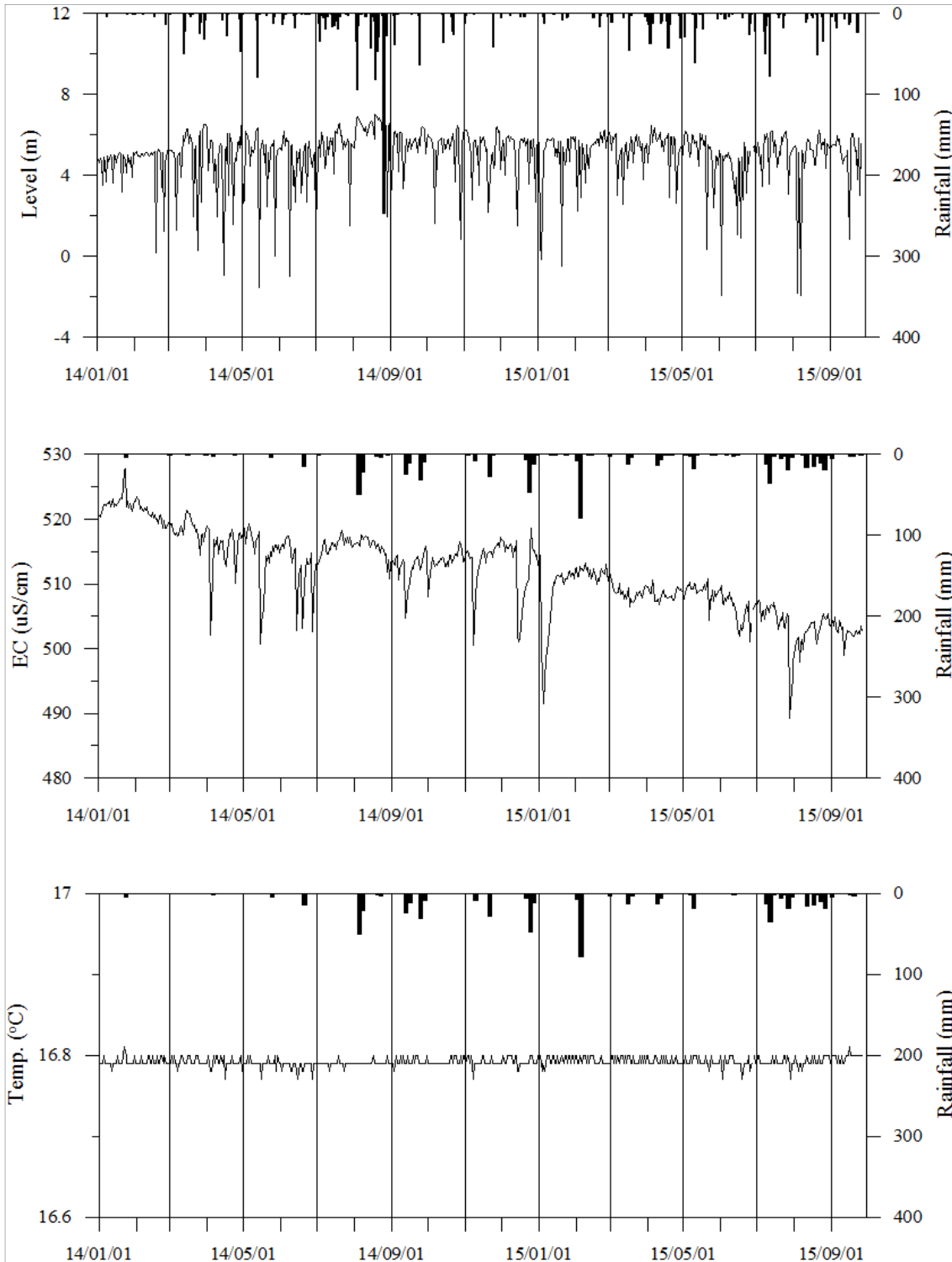
5. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
진북1	2014	4.82	-1.58	6.56	517	501	528	526	521	531
	2015	5.02	-1.95	6.45	507	489	514	524	515	527

6.

장기관측 결과



<진북1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

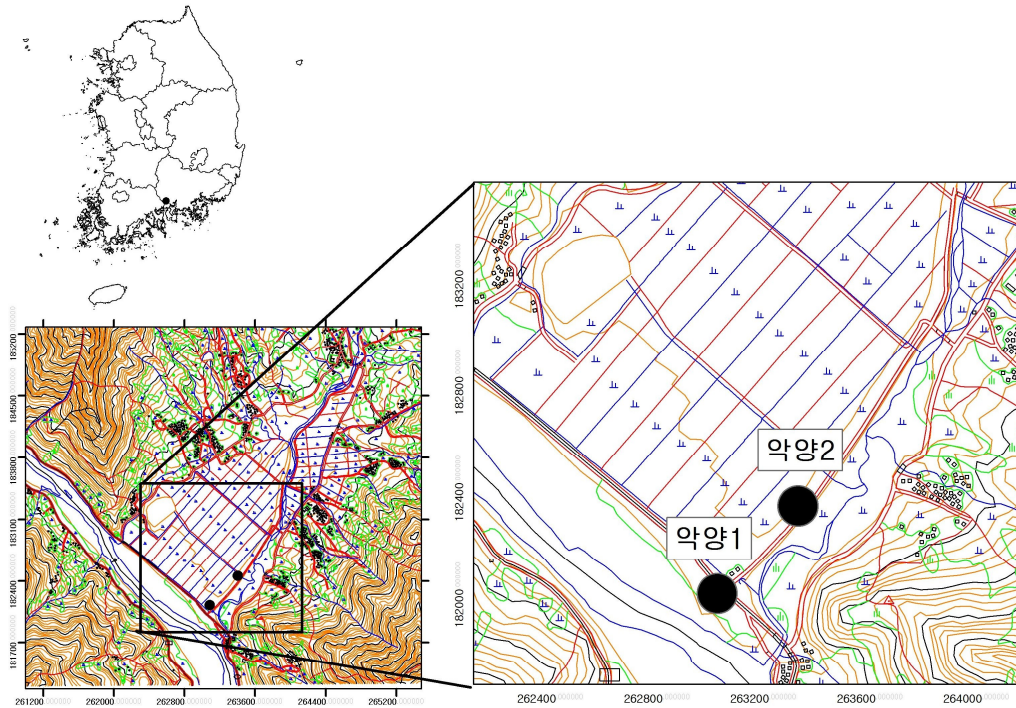
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진북1 관측공은 창원시 마산합포구 진북면에 위치하고, 해안과 인접하여 지하수 과잉양수 시 해수침투 확산이 빨리 발생할 수 있는 지역이다. 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 10점으로서, 농경지 면적 및 농업인구가 상대적으로 적어 낮은 점수가 나왔지만, 해수침투 확산 방지 및 감시를 위한 관측공의 설치 및 운영이 요구되어 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 진북1 관측공은 전기전도도 평균이 약 $500 \sim 560 \mu S/cm$ 범위로서 현재까지 해수침투가 관찰되지 않고 답작에 이용 가능하다. 그러나, 과잉양수 시 해수침투의 우려가 있으므로 향후 주변지역 지하수 이용에 주의하여야 한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 진북1 관측공은 $Ca-(Cl, HCO_3)$ 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 $0.65 \sim 1.03$ 으로 분석되어 해수의 영향이 약간 있다. 그러나, 꾸준한 연차별 분석을 통해 수질변화 추이를 확인할 필요가 있다.
- 4) 연도별 관측결과 : 진북1 관측공의 연평균 지하수 수위는 $4.82 m$ 이고, 전기전도도 센서의 2015년 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2에서 각각 $507 \mu S/cm$, $524 \mu S/cm$ 로서 답작, 전작에 활용이 가능하다.
- 5) 장기관측 결과 : 진북1 관측공의 장기관측결과, 지하수 수위는 강수에 비례적으로 반응하며, 건기에서 우기로 접어들면서 수위가 증가하는 추세에 있다. 또한, 지하수 수위는 양수에 의한 영향을 받는다. 전기전도도는 강수에 비례적으로 증감하고 양수의 영향도 반영한다.
- 6) 관리 방안 : 진북1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 거의 없으나, 지속적으로 관측하여 해수침투 추이를 점검하여야 한다.

2.7.17 악양지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
악양1	하동군 악양면 평사리 42-12	263073.23	182098.51	9.242	2014	195	2.76
악양2	하동군 악양면 봉대리 741	263421.8779	182472.4183	8.214	2015	300	3.514

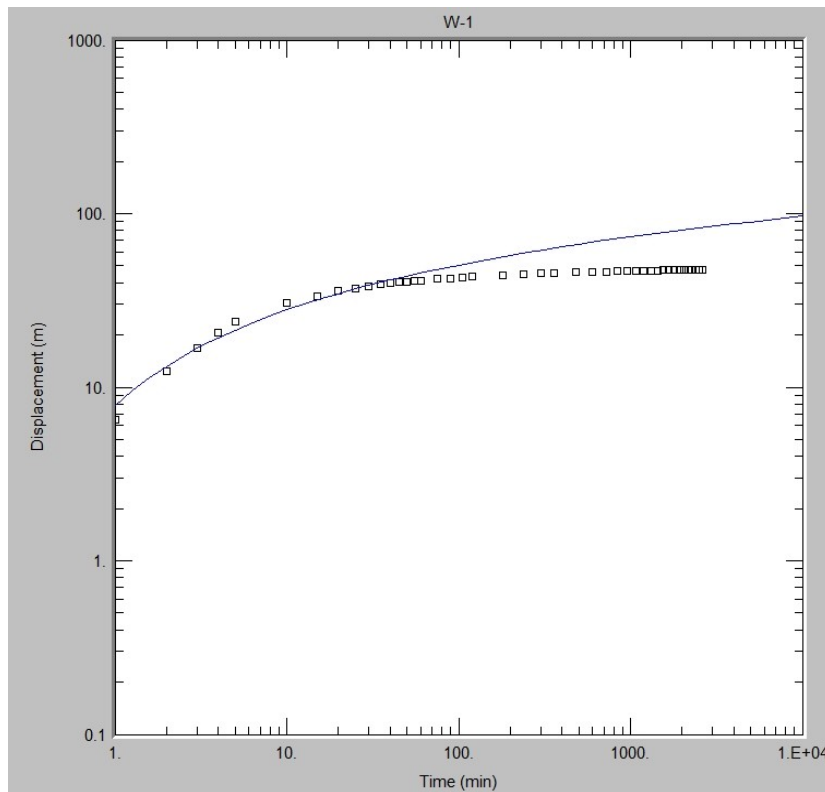
2. 지형 및 지질

하동군 악양면에 위치한 악양지구는 섬진강 중류부에 위치하며, 주변에 농경지가 넓게 분포하고 있다. 악양지구는 바다로부터 약 24 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 남해안의 조수간만 현상에 의해 섬진강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생한다.

3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 악양2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



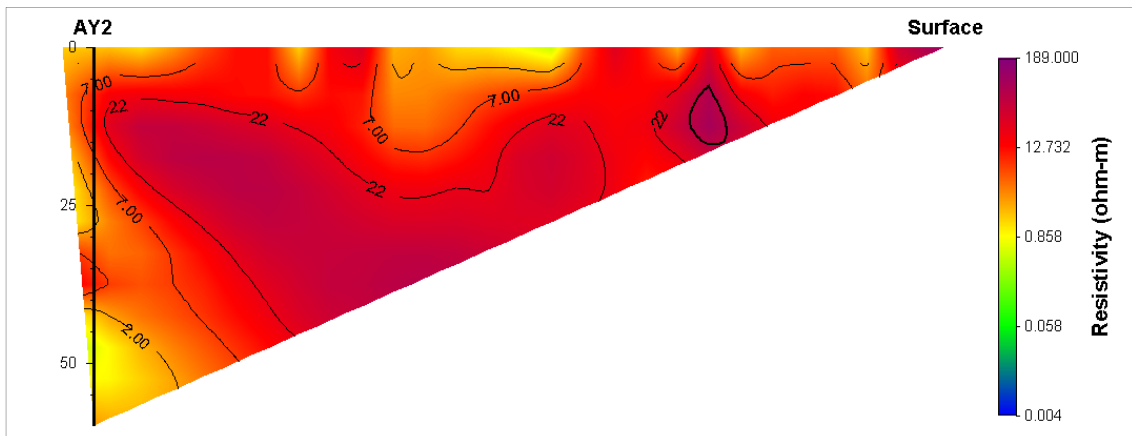
<악양2 장기양수시험 그래프(Theis 방법)>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
악양2	50.0	0.3989	1.40×10 ⁻³	35.0

◎ 물리탐사

1) 전기비저항 토모그래피

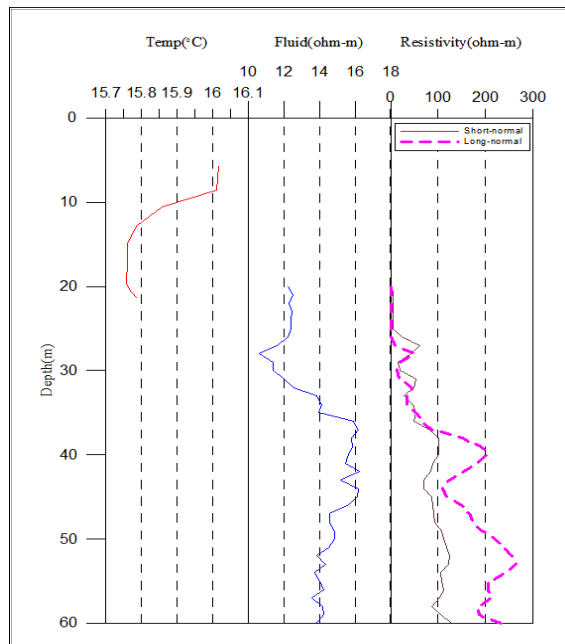
악양2 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 22.5 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표 간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다.



<악양2 관측공 토모그래피>

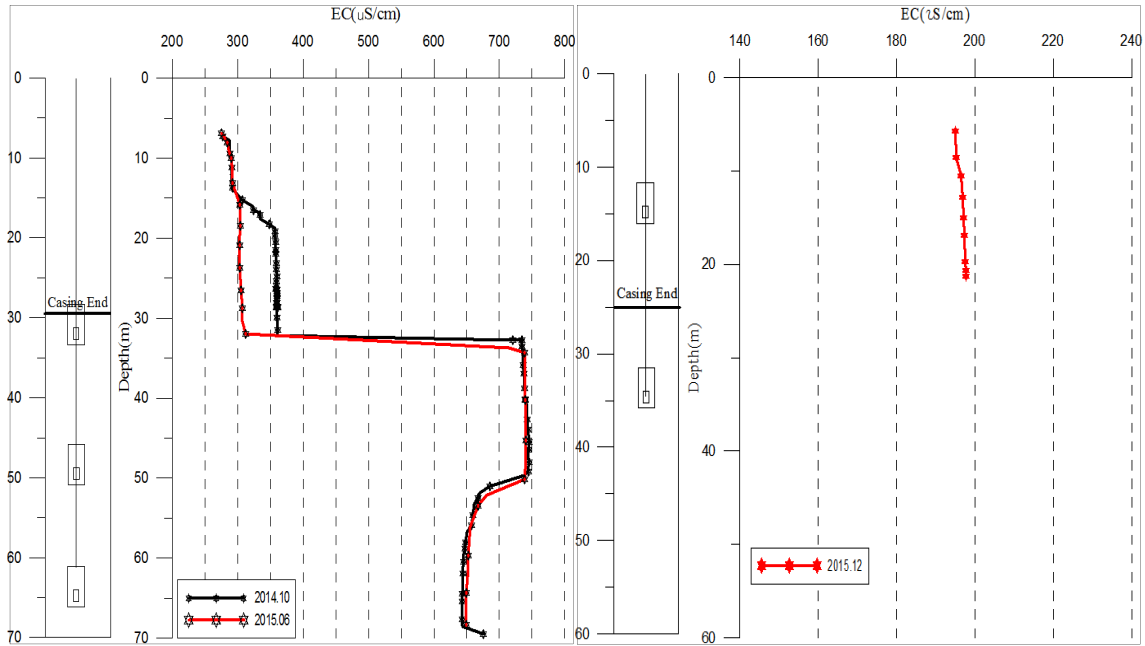
2) 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<악양2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<약양1 관측공>

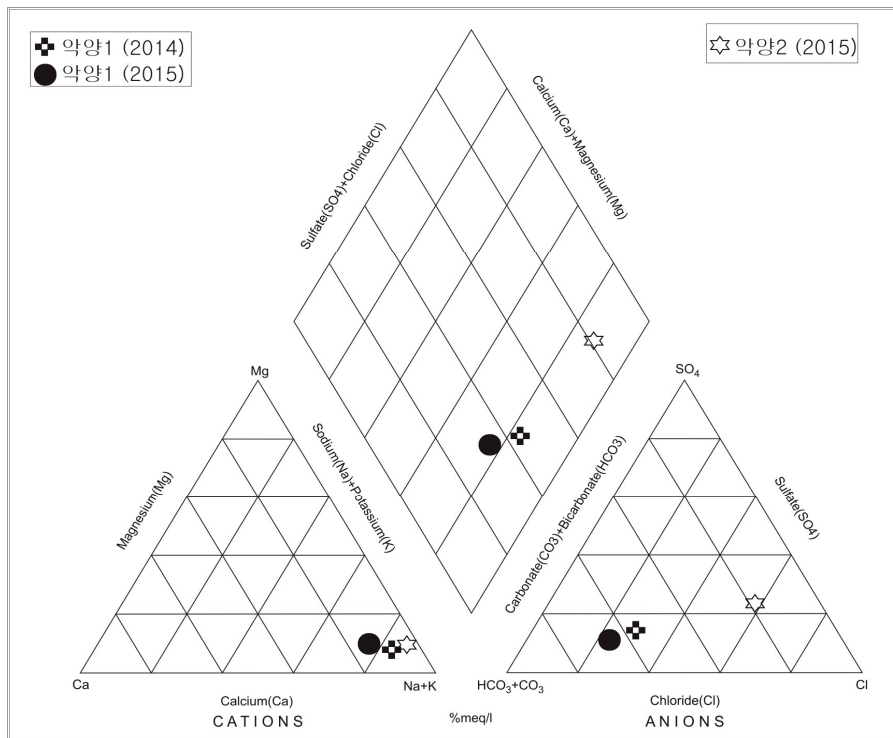
<약양2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
약양1	(2014.10)	102.86	5.49	3.51	7.31	31.84	52.58	164.70	ND
	(2015. 6)	55.95	3.79	10.71	10.02	20.16	35.84	171.77	-
약양2	(2015.11)	27.30	1.22	2.18	0.87	45.51	89.49	49.42	ND



<약양지구 이온분석결과 Piper diagram>

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공		
	년. 월	약양1	약양2
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.10	0.55	-
	2015. 6	0.36	3.12

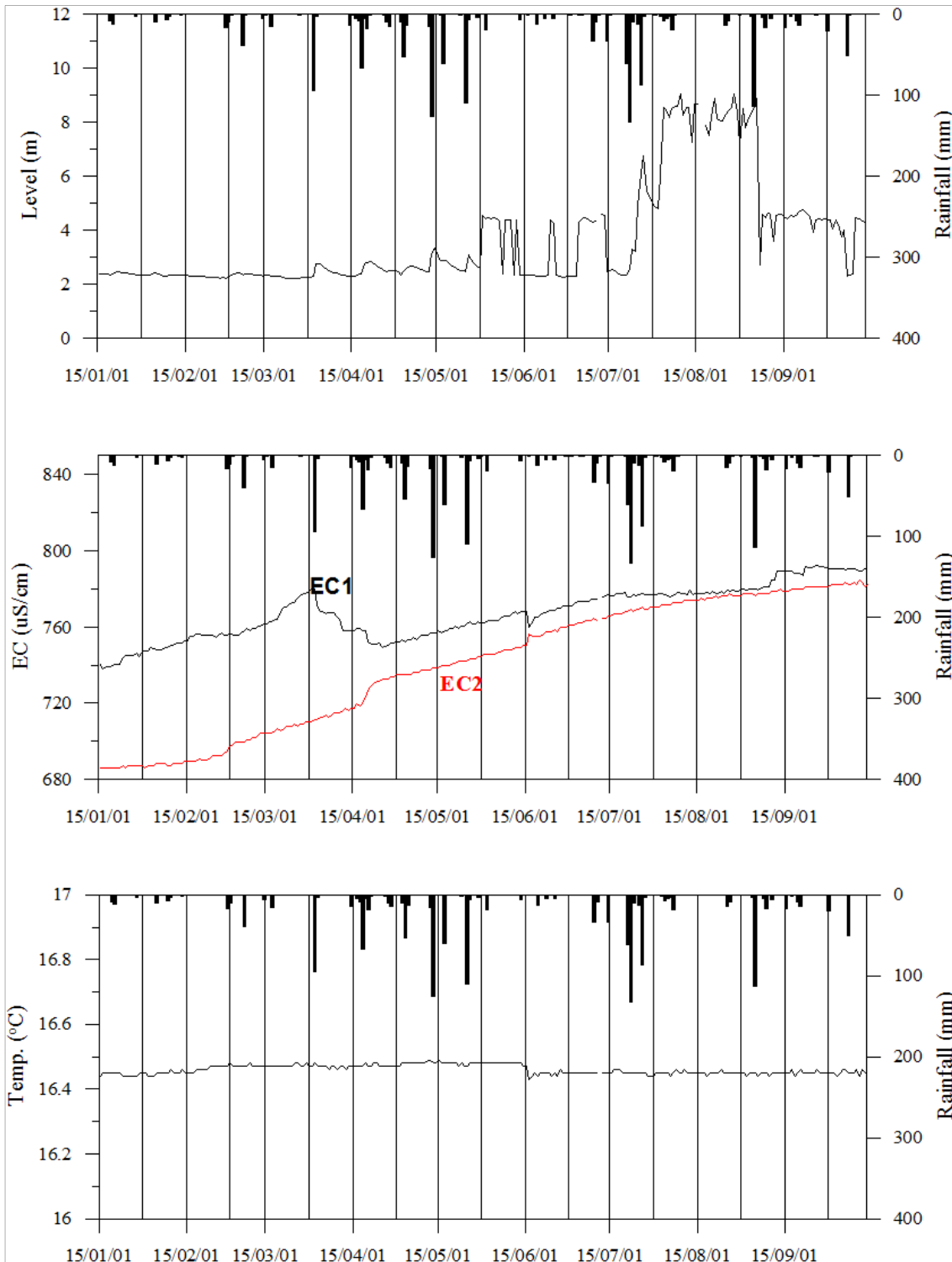
6. 연도별 관측자료 분석

(단위 : m, $\mu S/cm$)

관측공	관측 년도	수위			EC1			EC2		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
약양1	2015	3.65	2.21	9.07	767	738	793	740	686	785

7.

장기관측 결과



<악양1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2015.9.30)>
 (a)지하수 수위, (b)전기전도도, (c)수온

8. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 하동군 악양면에 위치한 악양지구는 섬진강 중류부에 위치한다. 악양1 관측공은 바다로부터 약 24 km 떨어진 내륙에 위치하지만, 남해안의 조수간만 현상에 의해 섬진강 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 악양2 관측공의 양수량은 각 50 m³/d이다. 수리전도도는 1.395×10^{-3} cm/sec이고, 대수층 두께는 35.0 m 이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 악양2 관측공은 상부 40 m까지 고비저항대가 나타난다. 물리검층 결과, 악양2 관측공의 수온은 케이싱 심도(57 m)까지 16.05 °C에서 15.75 °C까지 감소하였다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 36 m 심도까지 증가하다가 약 45 m 이후부터 감소한다. 노말 전기비저항은, 케이싱 심도 이하부터 약 40 m까지 단노말(16 ")과 장노말(6 4 ")의 차이가 적다. 이는 지반이 포화되어 있고, 시추주상도상 균열면을 통해 유동하는 지하수의 영향으로 사료된다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 악양1 관측공은 심도 약 33 m에서 전기전도도가 약 300 $\mu S/cm$ 에서 약 750 $\mu S/cm$ 로 증가하는 전이대가 나타난다. 그러나, 전 심도에서 담수에 해당하는 전기전도도를 나타낸다. 악양2는 200 $\mu S/cm$ 이하의 전기전도도를 보인다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 악양1, 2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 섬진강 해수역류에 의한 해수침투 확산이 진행 중임을 알 수 있다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.36, 3.12로 분석되어 악양2 관측공에서 해수침투 현상이 일어나고 있는 것으로 분석되었다.
- 6) 연도별 관측결과 : 악양1 관측공의 연평균 지하수 수위는 3.65 m이고, 전기전도도 센서의 2015년 연평균 전기전도도 값은 EC1, EC2에서 각각 767 $\mu S/cm$, 740 $\mu S/cm$ 로서 답작, 전작에 활용이 가능하다.
- 7) 장기관측 결과 : 2015년 1월 1일부터 9월 30일까지 관측결과 지하수 수위는 강수에 비례적으로 반응하며, 건기에서 우기로 접어들면서 수위가 증가하는 추세이다. 이 기간의 지하수위 변동 범위는 약 8 m이다. 전기전도도는 관측 개시 이후 증가하는 경향을 보이지만, 증가량은 100 $\mu S/cm$ 이내이다.

- 8) 관리 방안 : 악양1 관측공은 섬진강의 해수역류에 의한 해수침투가 확산 중
이다. 따라서, 악양2 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제로 해수침투
확산을 방지할 필요가 있다.

부록 3

신규 관측공 주상도

해수침투 관측정 착정주상도

사업명 : 해수침투 관측정 착정공사

지구명 : 초당1 지구

공번 : BH - 1

위치		강원도 강릉시 초당동 455-3			
조사		한국농어촌공사 강원지역본부			
착정 장비명		고성능 착정기			
착정 구경		200m/m	심도	80 M	철재케이싱 32 M
자연 수위		3.19m	안정수위	29.86m	
특기 사항		관측공 양수량: 118 m ³ /day			
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
4	4			토 사	
15	11			사 층	
30	15			전석층	
32	2			풍 화 대	
80	48			연 암	기반암 : 화강암 대수층 : 20m~22m 50m ³ /day 50m~53m 68m ³ /day

해수침투 관측정 착정주상도

사업명 : 해수침투 관측정 착정공사

지구명 : 근덕3 지구

공번 : BH - 1

위 치	강원도 삼척시 근덕면 궁촌리 141-4				
조 사	한국농어촌공사 강원지역본부				
착정 장비명	고성능 착정기				
착 정 구 경	200m/m	심도	80 M	철재케이싱	12 M
자 연 수 위	2.34m	안정수위	37.46m		
특 기 사 항	관측공 양수량: 35 m ³ /day				
심 도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		Ø 8"			
2	2	[토사층 패턴]	[토사층 패턴]	토 사	
5	3	[사력층 패턴]	[사력층 패턴]	사 력 층	
12	7	[풍화대 패턴]	[풍화대 패턴]	풍 화 대	
80	68	[연암 패턴]	[연암 패턴]	연 암	기반암 : 화강암 30 ~32m 20m ³ /day 38 ~40m 30m ³ /day

시 추 주 상 도

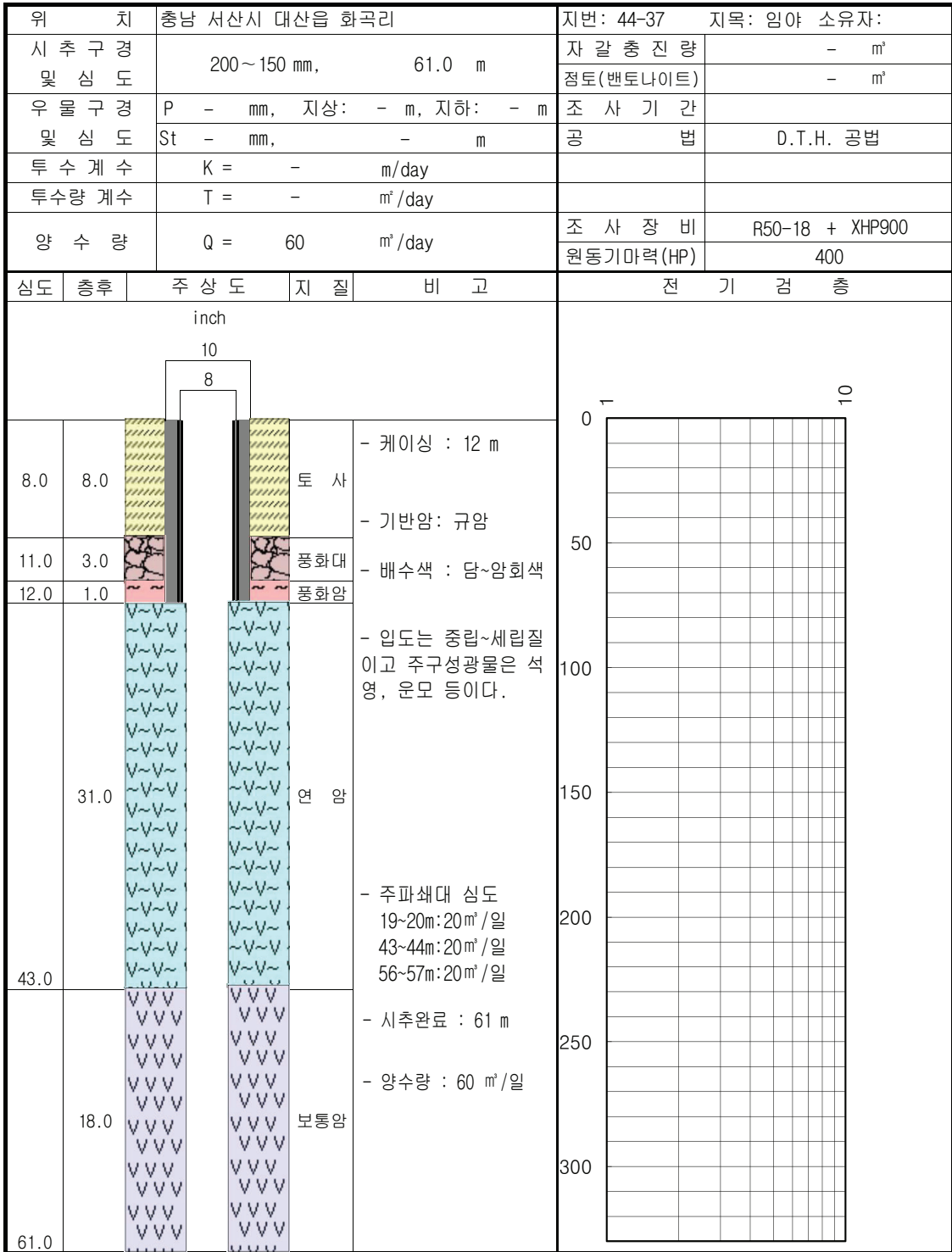
지질직: 박 정 민

지구명: 대산1

운전자: 강 신 복

공번: 0

지반고: m



시 추 주 상 도

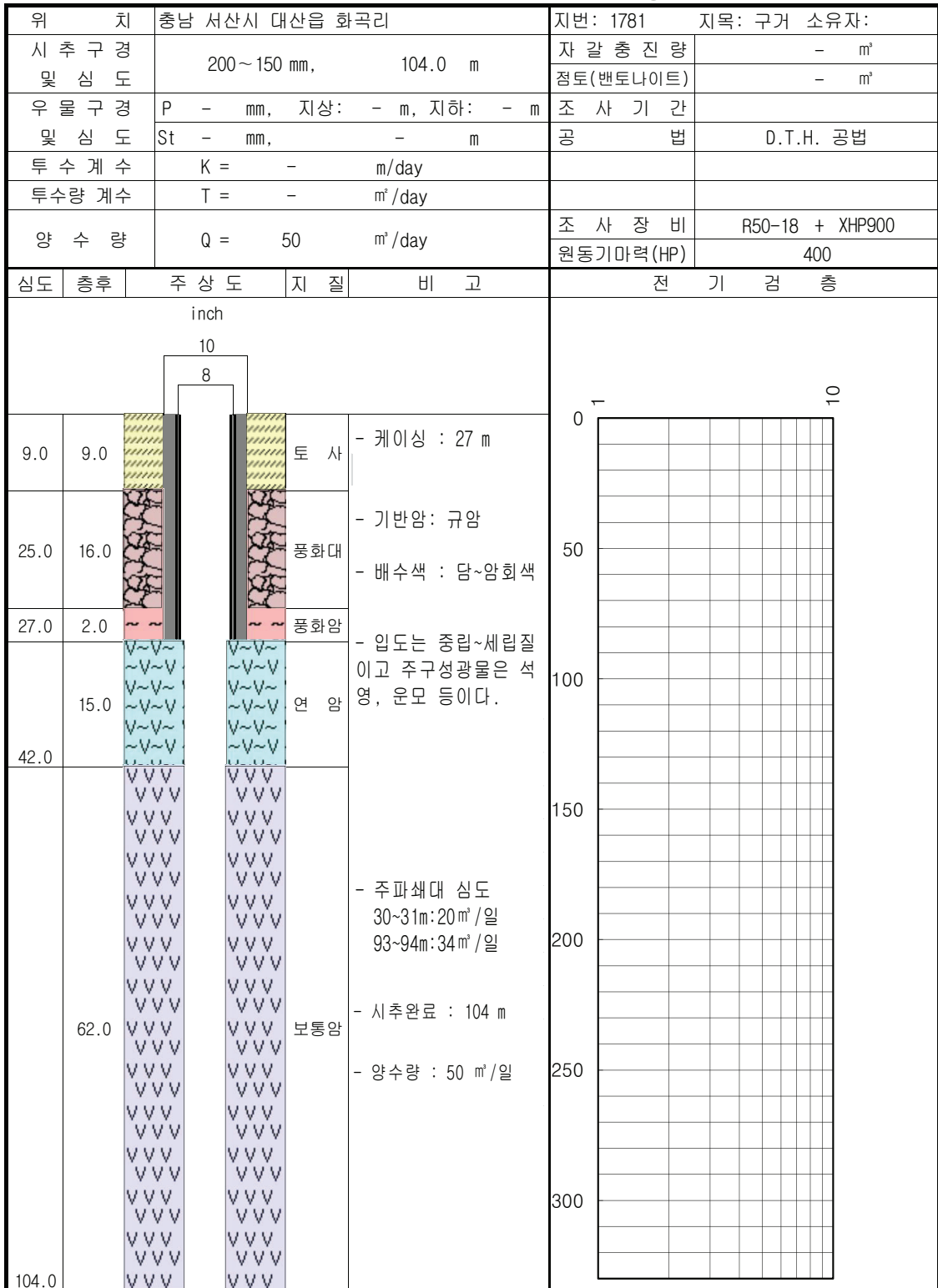
지질적: 박 정 민

지구명 : 대산2

운전자: 강 신 복

공번: 0

지반고: m



착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명: 2015 해수침투 조사 관측공

공번: 남양1

위 치	전라남도 고흥군 남양면 망주리 2180-6					표고	EL. 4m		
조 사 개 발 자	한국농어촌공사 전남지역본부 4급 박학운			작업기간		2015.04.16~04.20			
착 정	토사층:ROTARY	사용	충적층:5 Wing	착정구경 및 심 도		200mm 60m	자 갈	- m ³	
공 법	암 반:D.T.H	빗트	암 반:BUTTON				충진량		
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	m m m	스트 레 나	m	소 개	스트레 나 개 공 율	케이 싱 % 심 도	12m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고		
							* 자연수위 : m		
5.0	5.0	토사층:매립토							
10.0	5.0	해상퇴적층							
12.0	2.0	풍화암							
60.0	48.0	주대수층 구간 : 파쇄대 13m: 150 m ³ / 일 보통암 총간이양수량: 150 m ³ /일							

착정 (시추) 작업 공보

사업명: 2015 해수침투 조사 관측공

공번: 남양2

위 치	전라남도 고흥군 남양면 망주리 2236					표고	EL. 6m			
조 사 개 발 지	한국농어촌공사 전남지역본부 4급 박학윤			작업기간		2015.04.21~04.22				
착 정	토사층:ROTARY	사용	충적층:1 Wing	착정구경 및 심 도		200mm	79m	자 갈	- m ³	
공 법	암 반:D.T.H	비트	암 반:BUTTON	심 도				충진량		
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	m m m	스트 레 나	m	소 개	스트레 나 개 공 율	%	케이 싱 심 도	3m
심도 (m)	층 후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고			
1.0 3.0	1.0				토사층		* 자연수위 : m			
	2.0				풍화암					
	76.0				보통암					
79.0					주대수층 구간 : 파쇄대 54m:20m ² /일 주대수층 구간 : 파쇄대 74m:30m ² /일 총간이양수량: 50 m ³ /일					

시 추 주 상 도

© 2015년도 해수침투조사 관측정

지구명	감포1	공번	BH-1	좌표(위경도)	35°47'08.27" 129°28'49.13"
위치	경상북도 경주시 감포읍 전촌리 1226-11			케이싱심도(m)	11 (구경 : 200mm)
토출량	30톤/일			굴착심도(m)	60
조사자	4급 박재우			굴착구경(mm)	200
시추기종	R50-9호기, XRVS-455			착정일자	2015.09. - 09.

총심도 (m)	심도 (m)	총후 (m)	주상도 ← f 8° →	지질 및 구조	자연수위 (m)	설명
60.0	4.0	4.0		토사층		기반암 : 감포역암 배수색 : 회백색 파쇄대 : 30~50m 써징양수량 : 30톤/일
	11.0	7.0		사력층		
	60.0	49.0		연암층		

시 추 주 상 도

© 2015년도 해수침투조사 관측정

지구명	감포2	공 번	BH-2	좌 표(위경도)	35°47'07.63" 129°28'37.10"
위 치	경상북도 경주시 감포읍 팔조리 24-3			케이싱심도(m)	23 (구경 : 200mm)
토 출 량	30톤/일			굴착 심도(m)	100
조 사 자	4급 박재우			굴착구경(mm)	200
시추기종	R50-9호기, XRVS-455			착 정 일 자	2015.09. - 09.

총심도 (m)	심도 (m)	총후 (m)	주상도 ← f 8° →	지질 및 구조	자연수위 (m)	설 명
100.0	6.0	6.0		토사층		기반암 : 감포역암 배수색 : 회백색 파쇄대 : 30~50m 써징양수량 : 30톤/일
	23.0	17.0		사력층		
		77.0		연암층		
	100					

시 추 주 상 도

© 2015년도 해수침투조사 관측정

지구명	약양2	공 번	BH-1	좌 표(위경도)	
위 치	하동군 약양면 봉대리 741			케이싱심도(m)	25 (구경 : 200mm)
토 출 량	50톤/일			굴착 심도(m)	60
조 사 자	4급 정휘제			굴착구경(mm)	200
시추기종	R50			착 정 일 자	

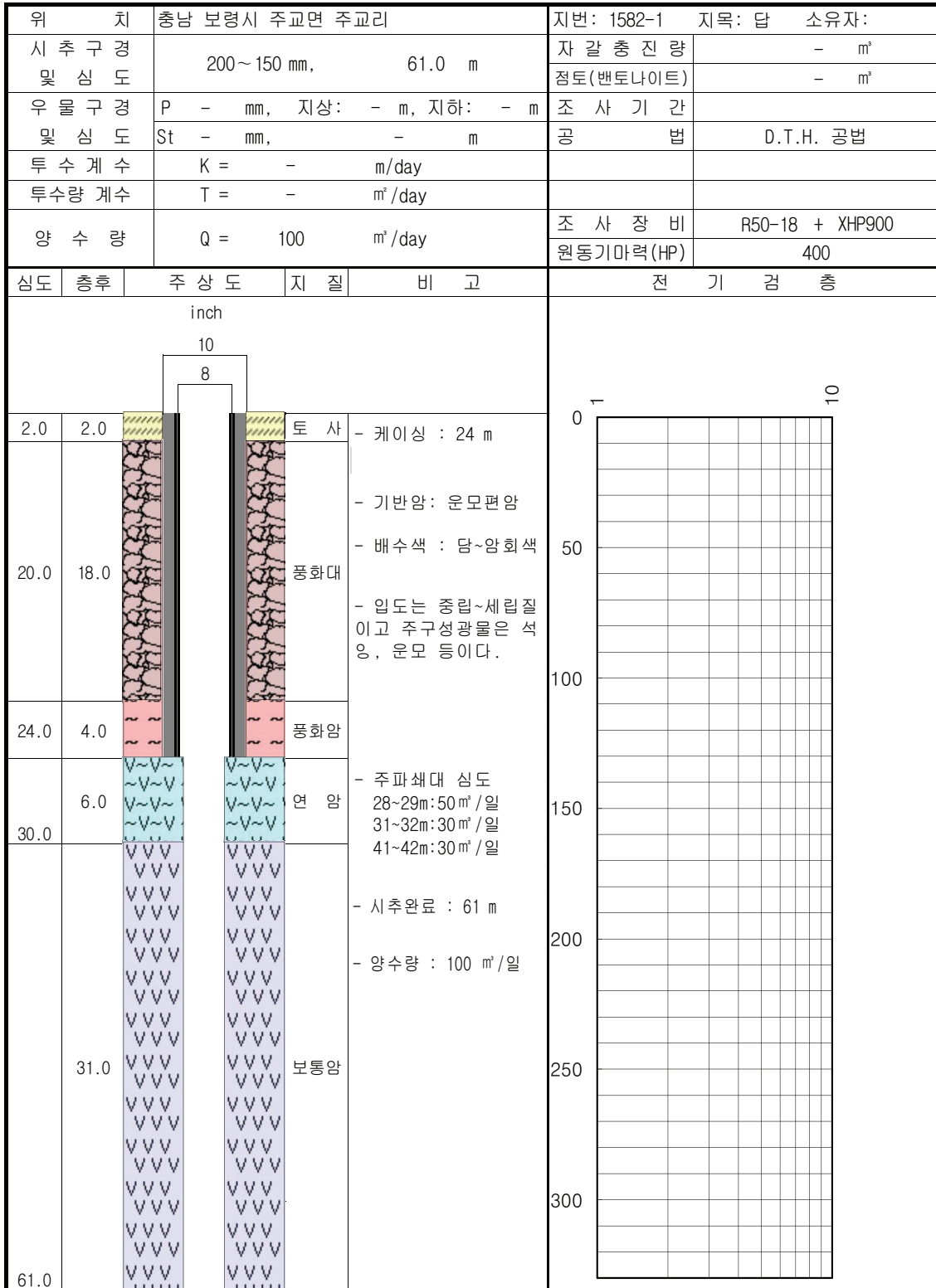
총심도 (m)	심도 (m)	층후 (m)	주상도 ← 8° →	지질 및 구조	자연수위 (m)	설 명
60.0	1.0	1.0		매립층		기반암 : 지리산편마암복합체 반상변 배수색 : 담회색 파쇄대 : 32m, 35m, 58m 써짐양수량 : 50톤/일
		19.0		실트층		
	20.0					
	21.0	1.0		전석층		
	25.0	4.0		풍화대		
		35.0	연암층			
	60.0					

부록 4

이동 설치 관측공 주상도

시 추 주 상 도

지질직: 박 정 민
 운전자: 강 신 복
 공번: 0
 지반고: m



시 추 주 상 도

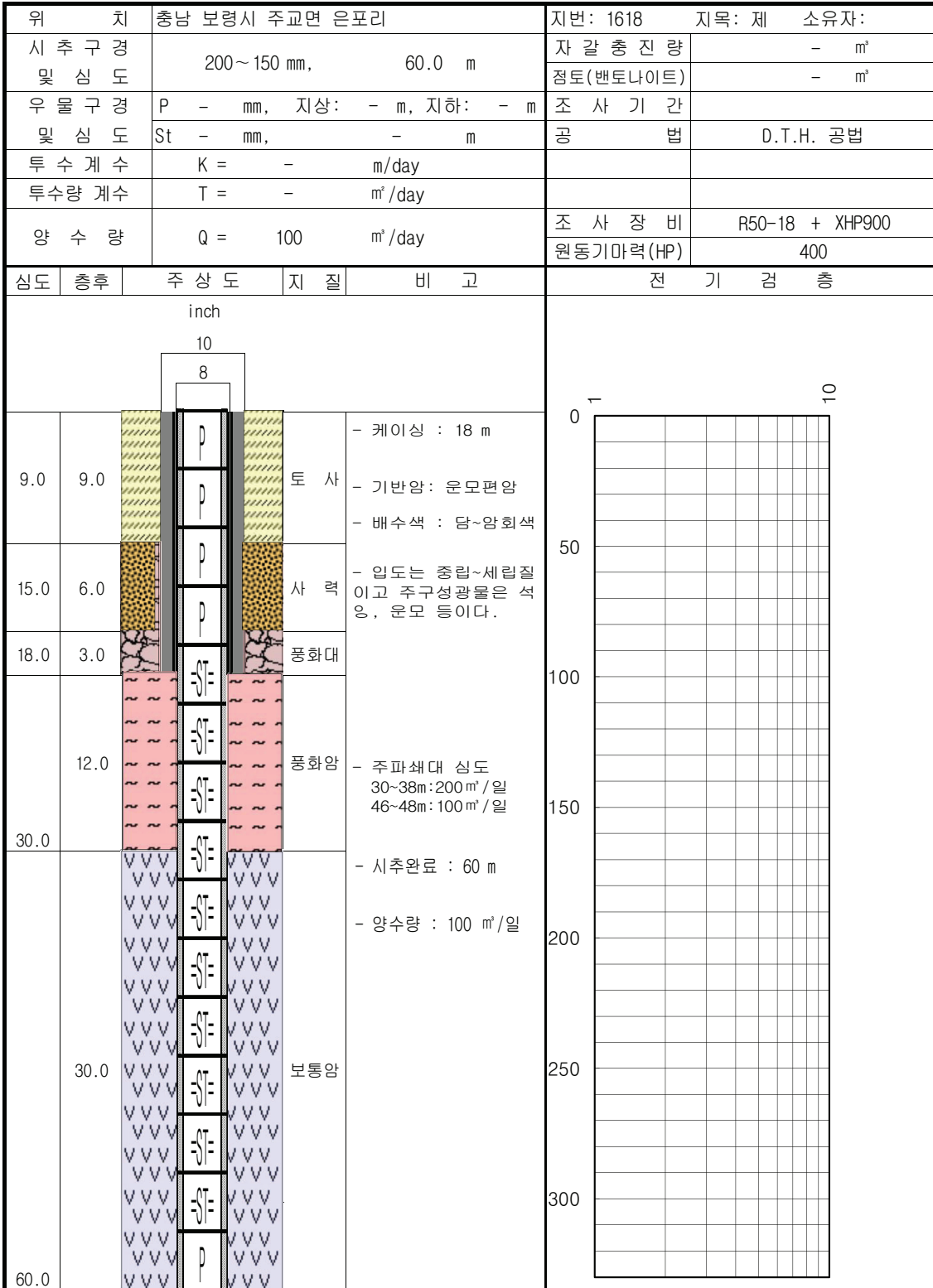
지질직: 박 정 민

지구명 : 주교2

운전자: 강 신 복

공번: 0

지반고: m



착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명: 2015 해수침투(이동 설치) 관측공

공번: 당촌1

위 치	전라남도 신안군 지도읍 당촌리 1899-1					표고	EL. 5m			
조 사 개 발 자	한국농어촌공사 전남지역본부 4급 박학윤			작업기간		2015.09.14~09.16				
착 정 공 법	토사층:ROTARY 암 반:D.T.H	사 용 비 트	중 적 층:3 Wing 암 반:BUTTON	착 정 구 경 및 심 도		200mm 112m	자 갈 총진량	- m ³		
우 물 자 재	파 이 프	지 상 지 하	m m	스 트 레 나	m	소 켓	개	스 트레 나 개 공 율	케 이 상 % 심 도	6m
심도 (m)	층 후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조			비 고		
								* 자연수위 : m		
3.0	3.0				토사층:매립토					
5.0	2.0				풍화토					
6.0	1.0				풍화암					
106.0					보통암 주대수층 구간 : 파쇄대 44m:10m ³ /일					
112.0					총간이양수량 : 10m ³ /일					

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명: 2015 해수침투(이동 설치) 관측공

공번: 오산1

위 치	전라남도 진도군 고군면 오산리 2171					표고	EL. 2m				
조 사 개발자	한국농어촌공사 전남지역본부 4급 박학윤			작업기간		2015.09.21~09.23					
착 정 공 법	토사층:ROTARY 암 반:D.T.H	사용 빗트	중적층:2 Wing 암 반:BUTTON	착정구경 및 심 도		200mm 60m	자 갈 충진량	- m ³			
우 물 자 재	파 이 프	지상 지하	m m	스 트 레 나	m	소 켓	개	스 트레 나 개 공 율	%	케이싱 심 도	18m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조			비 고			
2.0	2.0	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Casing ← f 8 →</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Grouting</p> </div> </div>			토사층:매립토			* 자연수위 : m			
9.0	7.0				해상퇴적층						
15.0	6.0				토사층:진흙						
16.0	1.0				풍화토						
18.0	2.0				~~~~						
26.0	8.0	~~~~			풍화암						
		~~~~			주대수층 구간 : 파쇄대 24~26m:200m ³ /일						
		~~~~									
		~~~~									
		~~~~									
60.0	34.0				보통암			총간이양수량: 200m ³ /일			

시 추 주 상 도

© 2015년 해수침투조사 이동 설치 관측공

지구명	갈화2-2	공 번	BH-1	좌 표(위경도)	
위 치	남해군 고현면 갈화리 295-2			케이싱심도(m)	6 (구경 : 200mm)
토 출 량	20톤/일			굴착 심도(m)	60
조 사 자	4급 정휘제			굴착구경(mm)	200
시추기종	R50			착 정 일 자	

총심도 (m)	심도 (m)	층후 (m)	주상도 ← f 8° →	지질 및 구조	자연수위 (m)	설 명
60.0	3.0	3.0		점토층		기반암 : 신동층군 진주층 배수색 : 담회색 파쇄대 : 30m, 36m 써징양수량 : 20톤/일
	4.0	1.0		풍화대		
		56.0		연암층		
	60					

시 추 주 상 도

© 2015년 해수침투조사 이동 설치 관측공

지구명	서상1-2	공 번	BH-1	좌 표(위경도)	
위 치	남해군 서면 서상리 521-6			케이싱심도(m)	22 (구경 : 200mm)
토 출 량	100톤/일			굴착 심도(m)	60
조 사 자	4급 정취제			굴착구경(mm)	200
시추기종	R50			착 정 일 자	

총심도 (m)	심도 (m)	총후 (m)	주상도 ← f 8° →	지질 및 구조	자연수위 (m)	설 명
55.0	1.0	1.0		매립층		기반암 : 안산암및안산암질응회암 배수색 : 담회색 파쇄대 : 24m, 40m, 50m 써징양수량 : 100톤/일
		12.0		점토층		
	13.0					
	22.0	9.0		풍화대		
		33.0		연암층		
	55.0					

시 추 주 상 도

© 2015년도 해수침투조사 이동 설치 관측공

지 구 명	송지2-2	공 번	BH-1	좌 표(위경도)		
위 치	사천시 용현면 송지리 1018-1			케이싱심도(m)	6 (구경 : 200mm)	
토 출 량	180톤/일			굴착 심도(m)	87	
조 사 자	4급 정휘제			굴착구경(mm)	200	
시추기종	R50			착 정 일 자		

총심도 (m)	심도 (m)	층후 (m)	주상도 ← f 8° →	지질 및 구조	자연수위 (m)	설 명
87.0	3.0	3.0		토사층	87.0	기반암 : 철곡층 배수색 : 담회색 파쇄대 : 86m 써징양수량 : 180톤/일
	5.0	2.0		사층		
	9.0	4.0		사력층		
	14.0	5.0		풍화대		
		73.0		연암층		
	87					