

발간등록번호

11-1543000-001105-10

Annual Report



해수침투조사 보고서

Annual report on the Seawater Intrusion
Monitoring Network in Korea (2019)



농림축산식품부



한국농어촌공사

발간등록번호

11-1543000-001105-10

Annual Report



해수침투조사 보고서

Annual report on the Seawater Intrusion
Monitoring Network in Korea (2019)



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 : 2019. 1. ~ 2019. 12.(22차년도)
- 사업시행근거 : 농어촌정비법 제15조 및 동법 시행령 제24조
- 관련근거 : 지하수법 제17조 및 동법 시행령 제27조

지하수관리기본계획(2012 ~ 2021년)

○ 사업 내용

- 관측공 개발 및 원격 지하수 관측시스템 설치
- 실시간 지하수위·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 ~ 2019년 : 육지부 도서·해안지역 190개소 해수침투 관측망 설치
- 행정구역별 : 인천 11개소, 울산 2개소, 경기 19개소, 강원 18개소, 충남 25개소, 전북 10개소, 전남 59개소, 경북 16개소, 경남 30개소
- 해역별 : 서해안 25지자체 83개소, 남해안 17지자체 71개소, 동해안 11지자체 36개소
- 지역별 : 도서지역 7지자체 40개소, 해안지역 46지자체 150개소

<표 1> 해수침투조사 사업 관측공 설치 현황

광역시도	개소수		지자체 시군구
	190	53시군구	시군구(개소수)
인천	11	2	강화(9) 옹진(2)
울산	2	1	북구(2)
경기	19	6	화성(4) 평택(6) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2)
강원	18	6	강릉(5) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(4) 삼척(3)
충남	25	7	서산(4) 홍성(2) 보령(5) 서천(2) 아산(3) 태안(6) 당진(3)
전북	10	4	김제(2) 부안(3) 고창(3) 군산(2)
전남	59	16	함평(2) 영광(4) 무안(2) 영암(2) 목포(2) 신안(6) 진도(6) 해남(6) 장흥(4) 보성(4) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 강진(2) 고흥(4) 완도(7)
경북	16	4	울진(5) 포항(4) 영덕(3) 경주(4)
경남	30	7	사천(2) 통영(3) 고성(3) 하동(6) 창원(6) 남해(6) 거제(4)

※ 제주도 이관 56개소 제외

- 1998~2018년 설치(181개소)
- 2019년 설치(9개소)

경기·인천권

설치년도	설치개소
'98~'07	17
'08	2
'10	1
'11	1
'14	2
'16	2
'17	2
'18	2
'19	1
계	30

충남권

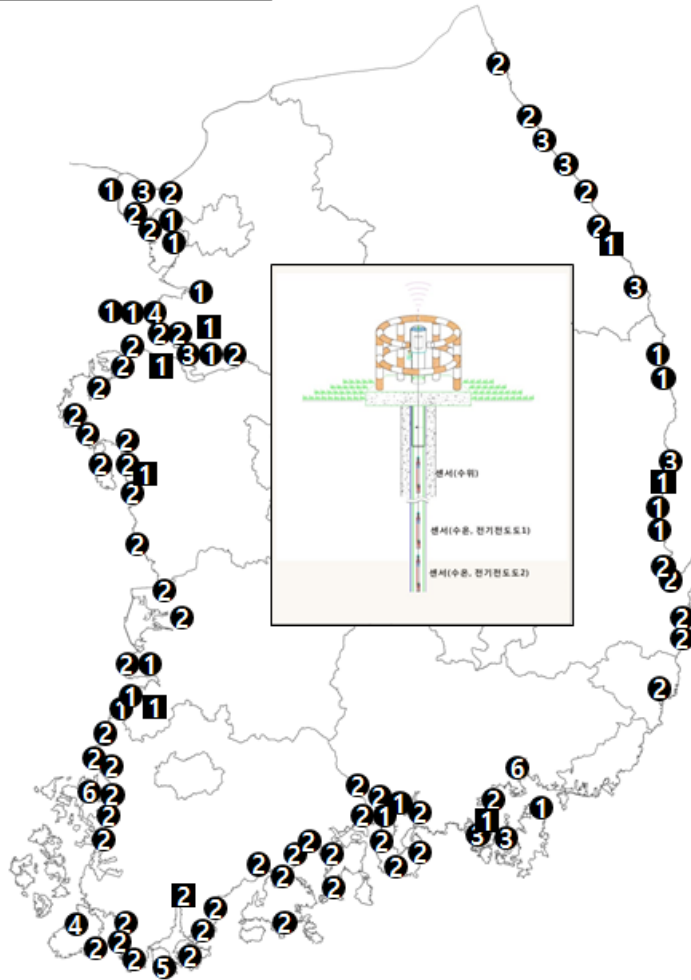
설치년도	설치개소
'02~'08	14
'14	2
'15	2
'16	2
'17	2
'18	1
'19	2
계	25

전북권

설치년도	설치개소
'03~'04	4
'10	1
'11	1
'13	2
'18	1
'19	1
계	10

전남권

설치년도	설치개소
'98~'07	30
'08	3
'10	2
'11	3
'12	5
'13	4
'14	2
'15	2
'16	2
'17	2
'18	2
'19	2
계	59



강원권

설치년도	설치개소
'06~'08	5
'09	1
'10	3
'11	1
'12	2
'15	2
'16	1
'17	1
'18	1
'19	1
계	18

경북권

설치년도	설치개소
'08~'10	3
'11	1
'12	2
'13	2
'14	2
'15	2
'16	1
'17	1
'18	1
'19	1
계	16

경남·울산권

설치년도	설치개소
'98~'07	18
'08	1
'10	2
'11	3
'12	1
'13	1
'14	1
'15	1
'16	1
'17	1
'18	1
'19	1
계	32

※ 제주도 이관 56개소 제외

2. 해수침투 관측망 유지·관리

□ 설치 및 유지·관리

- 해수침투 관측망은 도서·해안지역 농어촌지하수 관측공에 대한 일괄 관리 체계임
- 해수침투 관측망은 해당지역을 대표하는 최적 위치에 설치
- 해수침투의 공간적인 분포 및 지하수 유동 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 관측망은 관측공, 관측센서, 현장제어장치, 전원장치, 보호시설, 안내판 등으로 구성
- 지하수위, 수온, 전기전도도 관측 자료는 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 농어촌지하수관리시스템(<https://www.groundwater.or.kr>)을 통해 제공 중

□ 해수침투 분류 및 유지·관리

- 해수침투 분류 및 유지·관리는 지하수 수질항목에 기초
- 전기전도도
 - 지하수를 논(수도작) 및 밭작물에 이용(700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하)
 - 지하수를 논(수도작)에만 이용 권고(700 ~ 1,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
 - 염도가 없는 지표수(저수지, 하천수 등)와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에만 이용 권고(1,000 ~ 3,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
 - 농업용수 이용 금지 권고(3,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상)
- 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 → Ca-Cl/Na- HCO_3 유형 → Na-Cl 유형

3. 2019년 해수침투 관측망 조사 결과

□ 신규 9개소 설치 및 조사

- 경기 1공(화성 우정1), 강원 1공(양양 송전1), 충남 2공(보령 소성1, 당진 석문1), 전북 1공(고창 송현1), 전남 2공(장흥 외동1, 외동2), 경북 1공(영덕 상원1), 경남 1공(고성 감서1)

- 수리전도도 $1.27 \times 10^{-5} \sim 2.47 \times 10^{-2}$ cm/sec, 양수량 50 ~ 200 m³/day
- 수질유형: 2개소(우정1, 외동2) 관측공은 Ca-Cl/(Ca, Na)-HCO₃, 담염수 혼합 유형, 나머지 7개소(송전1, 소성1, 석문1, 송현1, 외동1, 감서1) 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 해수유입 유형
 - 관측공 검층 자료 및 수질분석 자료를 이용한 해수침투 검토 결과
- 지하수를 농작물에 이용 시 2개소는 모든 작물에 이용이 가능하며, 염도가 없는 지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에만 이용이 권고되는 1개소, 나머지 6개소는 지하수 이용을 지양하고 타 수자원 공급 모색이 필요

4. 2019년 장기관측 결과 (※관측센서가 설치된 기설 181개소 대상)

□ 전기전도도와 식물생육과의 관계 분석 결과(신규 9개소 제외)

- 지하수를 논(수도작) 및 밭작물에 이용 가능한 67개소(37%)
- 지하수를 논(수도작)에만 이용이 권고되는 10개소(5%)
- 염도가 없는 지표수(저수지, 하천수 등)와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에만 이용이 권고되는 14개소(8%)
- 농업용수로 이용 금지가 권고되는 90개소(50%)

□ 농어촌지하수관리 단계 도입 결과

- 농어촌지하수관리 단계인 ‘관심-주의-경계-심각’ 을 도입하여, 총 181개 관측공 주변 지하수를 구분한 결과, 총 181개 기설 관측공에서 전기전도도가 높거나, 지하수위 저하, 전기전도도 증가 현상이 관측되었다. 181개 관측공 중 관심 56개소(31%), 주의 15개소(8%), 경계 13개소(7%) 및 심각 97개소(54%) 순

- ‘주의’ 및 ‘경계’ 지역인 경우, 관측공 주변 지하수 이용 시 양수량은 현재 이용량보다 낮은 수준으로 운용하여 해수침투 확산 방지 필요. 담작을 위한 지하수 이용 시에는 주변 하천수·저수지와 1:1로 혼합하여 이용. 염분에 예민한 작물에는 활용 불가능
- ‘심각’ 지역은, 해안대수층이 대부분 해수로 포화되어 지하수의 전기전도도가 높기 때문에, 지하수를 농어업용 목적으로 이용 불가능. 지하수 수질 악화 및 수량 부족으로 관측공 주변 지하수 이용을 자제하고 타 수자원을 이용하는 방안 수립 필요.

<표 2> 해수침투 관측망 전기전도도와 식물생육과의 관계(2019.10.31 현재)

구분	정상	주의	경계	심각
전기전도도 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)
농업용수 이용	정상 이용 (67)	논(수도작)에 만 이용 (10)	지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용 (14)	농업용수 이용불가, 타수자원 이용 (90)
인천(11)	승녀3, 영흥2, 흥왕1, 흥왕2	상방2		길상1, 교동1, 상방1, 승녀1, 승녀2, 영흥1
울산(2)	북구1, 북구2			
경기(18)	대부2, 대부4, 서신1, 서신2, 월곶2, 제부2	문산1, 월곶1	장단1, 포승1	대부1, 시흥1, 오성1, 오성2, 안중1, 제부1, 포승2, 포승3
강원(17)	강현1, 강현2, 근덕1, 대포1, 연곡2, 초구1, 토성1, 토성2, 주문진1	포남1	송정1	근덕2, 근덕3, 연곡1, 조양1, 초당1, 조선1
충남(23)	난지1, 남면2, 서부2, 선도1, 천북1, 팔봉1, 팔봉2	대산2, 선도2	난지2, 대산1, 천북2	근흥1, 근흥2, 남면1, 서부1, 안면1, 안면2, 인주1, 인주2, 인주3, 주교1, 주교2
전북(9)			금평1	내흥1, 내흥2, 대창1, 대창2, 보안1, 변산1, 변산2, 자룡1
전남(57)	갈문1, 나리1, 나리2, 벌교2, 손불2, 신기2, 안양2, 연산2, 정도1, 지막2, 진월2, 해룡2	자동2, 평호2	삼호2, 자동1, 화양2	감정1, 감정2, 감정3, 고금1, 고금2, 군곡1, 군곡2, 내사1, 내사2, 당촌1, 마량1, 마량2, 망주1, 망주2, 벌교1, 삼호1, 소라1, 소라2, 손불1, 신기1, 신학1, 신학2, 안양1, 연산1, 염산1, 염산2, 오산1, 조성1, 조성2, 지산1, 지산2, 진월1, 평호1, 포두1, 포두2, 해룡1, 화양1, 화흥1, 화흥2, 화흥3
경북(15)	감포1, 감포2, 강구1, 곡강2, 근남1, 병곡1, 평해1, 평해2, 평해3, 하서1, 하서2, 후포1		연일2	곡강1, 연일1
경남(29)	가인2, 갈화1, 감천1, 남양1, 덕호1, 덕호2, 도산1, 도산2, 동해1, 송지2, 수정1, 수정2, 시방2, 악양2, 진북1	도산3, 서상1	갈화2, 사등1, 악양1	가인1, 고전1, 궁항1, 동해2, 서상2, 송지1, 목도1, 목도2, 해운1
가뭇시 지하수 활용	활용가능	활용가능	주의요함	불가능(신규개발도 규제)

<표 3> 농어촌지하수관리 단계 기준 적용 결과

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <		
계	181개소						
인천 (11)	길상1				염도과다	심각	
	교동1				염도과다	심각	
	상방1		전도도증가		염도과다	주의	
	상방2		염도과다			주의	
	송녀1				염도, 전도도	심각	
	송녀2			전도도증가	염도과다	심각	
	송녀3	염도과다				관심	
	영흥1			전도도증가	염도과다	심각	
	영흥2	염도과다				관심	
	흥왕1	염도과다		수위감소		경계	
	흥왕2	염도과다				관심	
울산 (2)	북구1	염도과다	전도도증가			주의	
	북구2	염도과다				관심	
경기 (18)	대부1			수위감소	염도, 전도도	심각	
	대부2	염도과다				관심	
	대부4	염도과다				관심	
	문산1		염도과다			주의	
	서신1	염도과다				관심	
	서신2	염도과다	수위감소			주의	
	시흥1				염도과다	심각	
	오성1				염도과다	심각	
	오성2				염도과다	심각	
	월곶1		염도, 전도도			주의	
	월곶2	염도과다				관심	

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
경기 (18)	안중1				염도과다	심각	
	장단1			염도과다		경계	
	제부1				염도, 전도도	심각	
	제부2	염도과다				관심	
	포승1			염도과다	전도도증가	심각	
	포승2			전도도증가	염도과다	심각	
	포승3				염도과다	심각	
강원 (17)	강현1	염도과다				관심	
	강현2	염도과다				관심	
	근덕1	염도과다				관심	
	근덕2			전도도증가	염도과다	심각	
	근덕3				염도과다	심각	
	대포1	염도, 전도도				관심	
	송정1	수위감소		염도과다		경계	
	연곡1	수위감소		전도도증가	염도과다	심각	
	연곡2	염도과다				관심	
	조양1	수위감소			염도과다	심각	
	초구1	염도, 수위				관심	
	초당1	수위감소			염도과다	심각	
	토성1	염도, 수위				관심	
	토성2	염도과다	수위감소			주의	
	포남1		염도과다		전도도증가	심각	
	주문진1	염도, 수위				관심	
	조산1	수위, 전도도			염도과다	관심	

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
충남 (23)	근흥1	수위감소	전도도증가		염도과다	심각	
	근흥2	수위감소			염도과다	심각	
	난지1	염도과다				관심	
	난지2			염도, 수위	전도도증가	심각	
	남면1	전도도증가	수위감소		염도과다	심각	
	남면2	염도과다	수위감소			주의	
	대산1	수위감소		염도과다		경계	
	대산2	수위감소	염도과다			주의	
	서부1				염도과다	심각	
	서부2	염도, 수위				관심	
	선도1	염도과다		수위감소		경계	
	선도2	수위, 전도도	염도과다			주의	
	안면1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	안면2	전도도증가			염도과다	심각	
	인주1	수위감소			염도과다	심각	
	인주2	수위, 전도도			염도과다	심각	
	인주3	수위, 전도도			염도과다	심각	
	주교1	수위감소			염도과다	심각	
	주교2				염도과다	심각	
	천북1	염도, 수위				관심	
	천북2			염도과다		경계	
	팔봉1	염도과다				관심	
	팔봉2	염도과다	수위감소			주의	

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
전북 (9)	금평1	수위감소		염도과다	전도도증가	심각	
	내흥1	수위감소			염도과다	심각	
	내흥2	전도도증가			염도과다	심각	
	대창1	전도도증가	수위감소		염도과다	심각	
	대창2	수위감소			염도과다	심각	
	보안1	전도도증가			염도과다	심각	
	변산1				염도과다	심각	
	변산2	수위감소			염도과다	심각	
	자룡1				염도, 전도도	심각	
전남 (57)	갈문1	염도과다				관심	
	감정1	수위감소			염도과다	심각	
	감정2				염도과다	심각	
	감정3	전도도증가			염도과다	심각	
	고금1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	고금2	수위감소			염도과다	심각	
	군곡1				염도, 전도도	심각	
	군곡2				염도, 전도도	심각	
	나리1	염도, 수위				관심	
	나리2	염도과다	수위감소			주의	
	내사1	수위감소			염도과다	심각	
	내사2				염도과다	심각	
	당촌1	전도도증가			염도과다	심각	
	마량1	수위감소			염도과다	심각	

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
전남 (57)	마량2				염도과다	심각	
	망주1				염도과다	심각	
	망주2	수위감소			염도과다	심각	
	별교1	수위감소			염도과다	심각	
	별교2	염도과다				관심	
	삼호1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	삼호2			염도과다		경계	
	소라1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	소라2				염도과다	심각	
	손불1		수위감소		염도과다	심각	
	손불2	염도과다				관심	
	신기1				염도, 전도도	심각	
	신기2	염도과다				관심	
	신학1	전도도증가			염도과다	심각	
	신학2				염도과다	심각	
	안양1				염도과다	심각	
	안양2	염도과다				관심	
	연산1				염도과다	심각	
	연산2	염도과다				관심	
	염산1				염도과다	심각	
염산2	전도도증가			염도과다	심각		
오산1	수위감소			염도과다	심각		

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
전남 (57)	자동1		수위감소	염도과다		경계	
	자동2	수위감소	염도과다		전도도증가	심각	
	정도1	염도과다				관심	
	조성1	전도도증가			염도과다	심각	
	조성2				염도과다	심각	
	지막2	염도과다				관심	
	지산1	수위감소		전도도증가	염도과다	심각	
	지산2	전도도증가			염도과다	심각	
	진월1	수위감소			염도과다	심각	
	진월2	염도, 수위				관심	
	평호1		수위감소		염도과다	심각	
	평호2		염도, 전도도		수위감소	심각	
	포두1	전도도증가			염도과다	심각	
	포두2	전도도증가			염도과다	심각	
	해룡1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	해룡2	염도과다			수위감소	심각	
	화양1				염도과다	심각	
	화양2	전도도증가		염도과다		경계	
	화흥1	수위감소			염도과다	심각	
	화흥2	수위감소			염도과다	심각	
화흥3				염도, 전도도	심각		

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정	
	전기전도도($\mu S/cm$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu S/cm$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
경북 (15)	감포1	염도, 수위				관심	
	감포2	염도과다				관심	
	강구1	염도과다				관심	
	곡강1	수위감소			염도과다	심각	
	곡강2	염도과다	수위감소			주의	
	근남1	염도, 전도도				관심	
	병곡1	염도, 수위				관심	
	연일1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	연일2	수위감소		염도과다		경계	
	평해1	염도, 수위				관심	
	평해2	염도, 수위				관심	
	평해3	염도과다				관심	
	하서1	염도, 수위				관심	
	하서2	염도, 수위 전도도				관심	
	후포1	염도, 수위				관심	
경남 (29)	가인1			전도도증가	염도과다	심각	
	가인2	염도과다				관심	
	갈화1	염도과다				관심	
	갈화2	수위, 전도도		염도과다		경계	
	감천1	염도, 수위				관심	
	고전1	수위감소			염도, 전도도	심각	
	궁항1	수위감소			염도과다	심각	
	남양1	염도과다				관심	
	덕호1	염도과다			수위감소	심각	
	덕호2	염도과다	수위감소			주의	

<표 3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu S/cm$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu S/cm$)	< 70	70~100	100~300	300 <		
계	181개소						
경남 (29)	도산1	염도, 수위				관심	
	도산2	염도과다				관심	
	도산3	염도과다				주의	
	동해1	염도과다				관심	
	동해2	염도과다				심각	
	사등1	염도과다				경계	
	서상1	전도도증가	염도과다			주의	
	서상2	수위감소	염도, 전도도			심각	
	송지1	수위감소	전도도증가			경계	
	송지2	염도과다				관심	
	수정1	염도과다				관심	
	수정2	염도, 수위				관심	
	시방2	염도과다				관심	
	악양1	수위감소	염도과다	전도도증가		심각	
	악양2	염도과다				관심	
	진북1	염도과다				관심	
	목도1	염도, 전도도				심각	
	목도2	전도도증가	수위감소	염도과다		심각	
	해운1	염도과다				심각	

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(2019.01.02.) : 2018년 12월 결과 ○ 2회(2019.02.05.) : 2019년 1월 결과
- 3회(2019.03.06.) : 2019년 2월 결과 ○ 4회(2019.04.06.) : 2019년 3월 결과
- 5회(2019.05.04.) : 2019년 4월 결과 ○ 6회(2019.06.07.) : 2019년 5월 결과
- 7회(2019.07.06.) : 2019년 6월 결과 ○ 8회(2019.08.02.) : 2019년 7월 결과
- 9회(2019.09.07.) : 2019년 8월 결과 ○ 10회(2019.10.02.) : 2019년 9월 결과
- 11회(2019.11.15.) : 2019년 10월 결과 ○ 12회(2019.12.04.) : 2019년 11월 결과

□ 해수침투가 관측된 지역에 대해서는 지하수 이용 규제 제안

- 4개 범주(정상, 주의, 경계, 심각)로 구분하여 지하수 이용 제시

구 분	내 용	비 고 (가 롬 시)
정 상	○ 지하수를 논(수도작) 및 밭작물에 이용 가능	활용가능
주 의	○ 지하수를 논(수도작)에만 이용 권고	활용가능
경 계	○ 염도가 없는 지표수(저수지, 하천수 등)와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에만 이용 권고	주의요함
심 각	○ 농업용수로 이용 금지 권고	활용불가

차 례

2019 해수침투조사 보고서

제1장 해수침투조사 개요	1
1.1 배경 및 필요성	1
1.2 사업 시행 및 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	22
3.1 해수침투 관측망	22
3.2 해수침투 관측망 유지·관리	28
3.3 해수침투 관측망 유지·관리 지침	39
제4장 해수침투 분류기준	47
4.1 전기전도도	47
4.2 수온	49
4.3 염소이온 농도	49

4.4	파이퍼 다이어그램(Piper diagram)	50
4.5	염소이온 대비 중탄산이온 몰비	51
제5장	2019년 신규 설치 해수침투 관측망	53
5.1	2019년 신규 해수침투 관측망	53
5.2	2019년 신규 해수침투 관측망 조사 결과	59
5.3	2019년 이동 설치 해수침투 관측망 및 조사 결과	63
제6장	2019년 해수침투 관측결과	68
6.1	2019년 해수침투 관측 결과	68
6.2	담·염수 경계면 분석	87
6.3	인천광역시	91
6.4	울산광역시	93
6.5	경기도	95
6.6	강원도	97
6.7	충청남도	99
6.8	전라북도	101
6.9	전라남도	103
6.10	경상북도	105
6.11	경상남도	107
제7장	농어촌지하수관리 관측망 관측결과 관리기준	109
7.1	관리기준	109
	참 고 문 헌	111
	과 업 참 여 자	113

부록 1. 해수침투 관측망 설치내역

부록 2. 지구별 관측

부록 3. 신규 관측공 주상도

부록 4. 이동 설치 관측공 주상도

표 차례

2019 해수침투조사 보고서

<표 1-1> 해수침투 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 관측망	11
<표 1-6> 해수침투 관측망 심도 및 해안거리	12
<표 3-1> 관측망 유형과 센서 현황	26
<표 3-2> 관측망 유형과 센서의 변천	27
<표 3-3> 각 인자별 가중치 및 자료 출처	30
<표 3-4> 농지면적 등급 기준	30
<표 3-5> 지하수 이용량 등급 기준	30
<표 3-6> 농업인구 수 등급 기준	31
<표 3-7> 농업용 관정 수 등급 기준	31
<표 4-1> 전기전도도에서의 셀상수와 측정범위 관계	48
<표 4-2> TDS를 이용한 물 분류표	49
<표 4-3> 파이퍼 다이어그램 상의 영역별 수질 유형	50
<표 5-1> 2019년도 신규 해수침투 관측망 내역	56
<표 5-2> 2019년도 신규 해수침투 관측망 현장조사 결과	57
<표 5-3> 2019년도 신규 해수침투 관측망 센서 설치 내역	58
<표 5-4> 신규 관측공 전기전도도 값	59
<표 5-5> 신규 관측공 전기전도도와 농업용수 이용과의 관계	60
<표 5-6> 신규 관측공 지하수 수질 유형	61

<표 5-7> 신규 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비	61
<표 5-8> 신규 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비에 따른 분류	62
<표 5-9> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 현황	63
<표 5-10> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 내역	64
<표 5-11> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 현장조사 결과	65
<표 5-12> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 센서 설치	65
<표 5-13> 이동 설치 관측공 전기전도도 값	66
<표 5-14> 이동 설치 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계	66
<표 5-15> 이동 설치 관측공 지하수 수질 유형	67
<표 5-16> 이동 설치 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비	67
<표 5-17> 이동 설치 관측공 Cl/HCO ₃ 몰비에 따른 분류	67
<표 6-1> 해수침투 관측망 전기전도도와 식물생육과의 관계	70
<표 6-2> 장기관측 자료의 추세변화가 발견되는 관측공	72
<표 6-3> 농어촌지하수관리 단계 기준 적용 결과	79

그림 차례

2019 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 관측망 모식도(보호함 유형 관측시설)	23
<그림 3-2> 해수침투 관측망 안내문	26
<그림 3-3> 다중심도 지하수 모니터링 장치의 구조	38
<그림 4-1> 파이퍼 다이어그램을 이용한 유형분류	51
<그림 6-1> 송내지역(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)	88
<그림 6-2> 포승지역(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)	89
<그림 6-3> 서부지역(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)	89
<그림 6-4> 대창지역(좌) 지하수위 감소 분석(우)	90
<그림 6-5> 인천광역시 관측망 설치현황	91
<그림 6-6> 인천광역시 이온분석 결과	92
<그림 6-7> 울산광역시 관측망 설치현황	93
<그림 6-8> 울산광역시 이온분석 결과	94
<그림 6-9> 경기도 관측망 설치현황	95
<그림 6-10> 경기도 이온분석 결과	96
<그림 6-11> 강원도 관측망 설치현황	97
<그림 6-12> 강원도 이온분석 결과	98
<그림 6-13> 충청남도 관측망 설치현황	99
<그림 6-14> 충청남도 이온분석 결과	100
<그림 6-15> 전라북도 관측망 설치현황	101

<그림 6-16> 전라북도 이온분석 결과	102
<그림 6-17> 전라남도 관측망 설치현황	103
<그림 6-18> 전라남도 이온분석 결과	104
<그림 6-19> 경상북도 관측망 설치현황	105
<그림 6-20> 경상북도 이온분석 결과	106
<그림 6-21> 경상남도 관측망 설치현황	107
<그림 6-22> 경상남도 이온분석 결과	108

2019 해수침투조사 보고서

제1장 해수침투조사 개요

제2장 해수침투 이론 및 관리

제3장 해수침투 관측망 시설 및 유지·관리

제4장 해수침투 분류기준

제5장 2019년 신규 및 이동 설치 해수침투 관측망

제6장 2019년 해수침투 관측결과

제7장 농어촌지하수 관측망 관측결과 관리기준

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(22차년도) : 2019. 1. ~ 2019. 12.
- 사업시행근거 : 농어촌정비법 제15조 및 동법 시행령 제24조
- 관련근거 : 지하수법 제17조 및 동법 시행령 제27조,
지하수관리기본계획(2012 ~ 2021년)

■ 도서·해안지역 190개소 해수침투 관측망 설치

- 행정구역별 : 인천 11개소, 울산 2개소, 경기 19개소, 강원 18개소, 충남 25개소, 전북 10개소, 전남 59개소, 경북 16개소, 경남 30개소
- 해역별 : 서해안 25지자체 83개소, 남해안 17지자체 71개소,
동해안 11지자체 36개소
- 지역별 : 도서지역 7개 지자체 40개소, 해안지역 46개 지자체 150개소

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 강수에 전적으로 의존적이어서 상시 수자원이 아니며, 녹조 및 배설물 등에 의한 부영양화에 취약한 실정이다.
- 지하수의 경우 가용 수량이 풍부하나, 관정에서 적정이용량을 초과하여 양수하는 경우 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, 위탁시설 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 시행 및 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 지하수위 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(22차년도) : 2019. 1. ~ 2019. 12.
- 사업 내용
 - 신규 관측공 개발, 보호시설 설치 및 원격 지하수 관측시설 설치
 - 관측공 GPS 측위, 전기비저항 탐사(시추공 토모그래피)
 - 관측공 검층(지하수위, 수온, 전기전도도) 및 현장조사
 - 실시간 지하수위·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 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 무분별하게 지하수를 개발하는 경우, 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(지하수위변동실태의 조사)에 근거하여 해수침투조사 사업을 시행 중이다(표 1-1).
- 해수침투조사 사업으로 설치된 해수침투 관측망은 도서·해안지역 지하수위 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. 국가지하수관리기본계획 근거

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

<표 1-1> 해수침투 관측망 사업의 법적 시행근거

법	조 문	내 용
농어촌 정비법	(법 제15조) 농어촌용수 이용 합리화 계획 등	① 농림축산식품부장관은 농어촌용수의 효율적인 개발·이용 및 보전 등을 위하여 농어촌용수 이용 합리화 계획을 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 환경부장관은 전국적인 지하수관측시설(이하 "국가관측망"이라 한다)을 설치하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 지하수의 수위변동실태를 조사하여야 한다.(후략)
	(시행령 제27조) 지하수위변동 실태의 조사	① 환경부장관은 법 제17조제1항에 따른 국가관측망을 전국 지하수의 부존 특성 및 지하수의 이용 실태 등을 고려하여 기본계획에 따라 설치하여야 하며, 국가관측망별로 매일 1회 이상 수위를 측정하여야 한다. 다만, 「농어촌정비법」 제15조에 따른 농어촌용수구역에서 농림축산식품부장관이 지하수위관측망을 설치하여 운영하는 경우에는 국가관측망을 설치하지 아니하고 그 지하수위관측망을 이용할 수 있다.(후략)

<표 1-2> 우리나라 지하수 관측망 운영현황

관리주체	관측망	기 능
농림축산식품부 (한국농어촌공사)	해수침투 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2019년 현재 전국 도서·해안지역 190개소 (총 388개소 계획; 1단계 136개소, 2단계 252개소) ◦ 지하수위, 수온, 전기전도도(24회/일) ◦ 연1회 지하수 배경수질 측정 및 물리검층
	농촌지하수관리 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2019년 현재 전국 농어촌용수구역별 521개소(총 1,056개소 계획) ◦ 지하수위, 수온, 전기전도도(24회/일) ◦ 연1회 지하수 배경수질 측정 및 물리검층
환경부 (한국수자원공사)	국가지하수 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2018년 현재 전국 442개소(530개소 계획) ◦ 지하수위, 수온, 전기전도도(24회/일) ◦ 연2회 지하수 생활용수 기준 수질검사
	보조지하수 관측망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2019년 현재 광역시·도 및 시군구 지자체에 4,708개소(10,000개소 계획) ◦ 지하수위, 수온, 전기전도도 자동 또는 수동 관측(매월(수동)/매1시간(자동)) ◦ 연1~2회 먹는물 또는 수질측정망 기준 지하수 수질검사
환경부 (지방환경청, 시도, 한국환경공단)	지하수수질전용 측정망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2017년 현재 691개소 : 현장수질항목 및 주요 양음이온(연4회), 먹는물수질항목 68개(매5년마다), 지점별 관심항목(이 외 기간)
	지역지하수 수질측정망	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 2017년 현재 2,021개소 : 생활용수 19개항목 및 전기전도도 측정(연2회)
민간	먹는샘물측정망, 온천감시정	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지하수 장애에 대비하여 지하수위 및 수질 관측

* 지하수관리기본계획(2012 ~ 2021년), 국가지하수정보센터(www.gims.go.kr), 토양지하수정보시스템(sgis.ner.go.kr)

1.4 사업 추진 경과

1.4.1. 연차별 추진 경과

- 1998년에 해수침투가 보고되거나 우려가 되는 도서·해안지역에 해수침투 관측망 설치 시작(10개소)
- 2018년 12월까지 9개 광역시·도 53개 시군에 총 181개 해수침투 관측망 설치 운영 중
- 2019년에 총 9개소 신규 관측공 설치(표 1-3)(그림 1-1).
 - 경기(1), 강원(1), 충남(2), 전북(1), 전남(2), 경북(1), 경남(1)
- 현재까지 설치 현황 및 향후 계획
 - 설치 현황

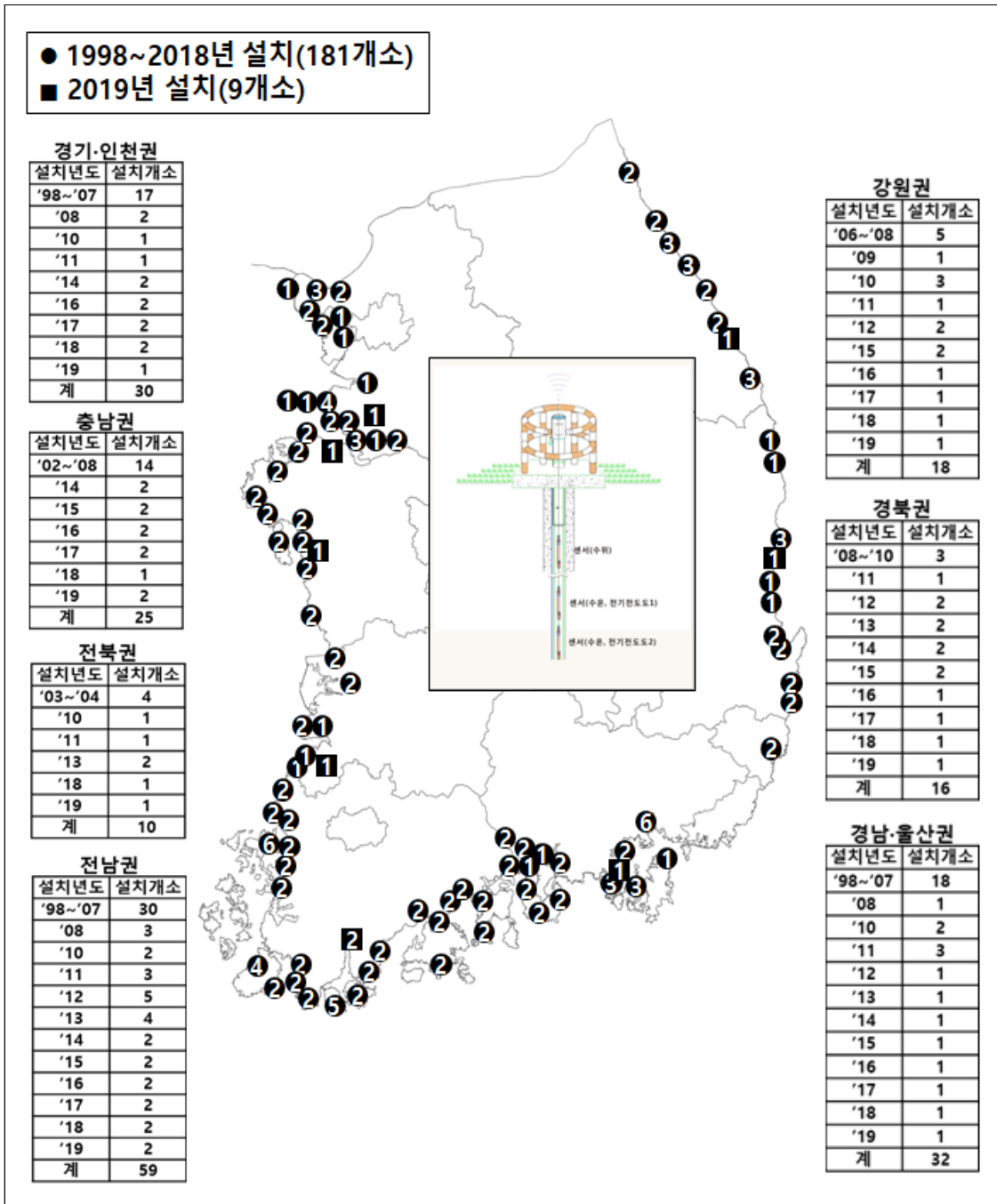
· 1998년	10개소/년	· 1999 ~ 2003년	7개소/년
· 2004 ~ 2008년	10개소/년	· 2009년	2개소/년
· 2010 ~ 2012년	10개소/년	· 2013 ~ 2019년	151개소/년

 - 인천 : 2시군구 6지구 11개공
 - 울산 : 1시군구 1지구 2개공
 - 경기 : 6시군구 11지구 19개공
 - 강원 : 6시군구 13지구 18개공
 - 충남 : 7시군구 13지구 25개공
 - 전북 : 4시군구 7지구 10개공
 - 전남 : 16시군구 31지구 59개공
 - 경북 : 4시군구 10지구 16개공
 - 경남 : 7시군구 19지구 30개공
 - 향후 계획 : 2019년 이후, 육지부 도서·해안지역 198개소 계획 중
(총 388개소 중 2019년 말 현재 190개소(49%) 완료)

<표 1-3> 해수침투조사 사업 관측공 설치 현황

광역시도	개소수		지자체	시군구
	계	190	53시군구	시군구(개소수)
인천	11	2		강화(9) 옹진(2)
울산	2	1		북구(2)
경기	19	6		화성(4) 평택(6) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2)
강원	18	6		강릉(5) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(4) 삼척(3)
충남	25	7		서산(4) 홍성(2) 보령(5) 서천(2) 아산(3) 태안(6) 당진(3)
전북	10	4		김제(2) 부안(3) 고창(3) 군산(2)
전남	59	16		함평(2) 영광(4) 무안(2) 영암(2) 목포(2) 신안(6) 진도(6) 해남(6) 장흥(4) 보성(4) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 강진(2) 고흥(4) 완도(7)
경북	16	4		울진(5) 포항(4) 영덕(3) 경주(4)
경남	30	7		사천(2) 통영(3) 고성(3) 하동(6) 창원(6) 남해(6) 거제(4)

※ 제주도 이관 56개소 제외



<그림 1-1> 해수침투 관측망 현황

※ 제주도 이관 56개소 제외

1.4.2. 해역별 추진 경과

- 해역별로는 서해안 83개소, 남해안 71개소, 동해안 36개소가 설치·운영되고 있다. 해안길이가 길고 도서지방이 많은 서·남해안 해역에 상대적으로 많이 설치되어 있다(표 1-4).

<표 1-4> 해역별 관측망 설치 현황

구 분	광역시도	개소수	시군구(개소수)
	계	190	53시군구
	소계	83	25시군구
서해안	인천	11	강화(9) 옹진(2)
	경기	19	화성(4) 평택(6) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2)
	충남	25	서산(4) 홍성(2) 보령(5) 서천(2) 아산(3) 태안(6) 당진(3)
	전북	10	김제(2) 부안(3) 고창(3) 군산(2)
	전남	18	함평(2) 영광(4) 무안(2) 영암(2) 목포(2) 신안(6)
	소계	71	17시군구
남해안	전남	41	해남(6) 장흥(4) 보성(4) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 강진(2) 고흥(4) 완도(7) 진도(6)
	경남	30	사천(2) 통영(3) 고성(3) 하동(6) 창원(6) 남해(6) 거제(4)
	소계	36	11시군구
동해안	강원	18	강릉(5) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(4) 삼척(3)
	경북	16	울진(5) 포항(4) 영덕(3) 경주(4)
	울산	2	울산북구(2)

- 해역별 분류와 더불어, 해수침투 관측망은 도서지역 및 해안지역 관측공으로 구분할 수 있다. 도서지역 관측공은 7개 시·군·구 지자체에 40개소, 해안지역 관측공은 46개 시·군·구 지자체에 150개소가 설치되어 운영 중이다(표 1-5).

<표 1-5> 도서지역 및 해안지역으로 구분된 해수침투 관측망

구 분	개소수	도서지역		해안지역	
		소계	시군구(개소수)	소계	시군구(개소수)
광역시도	190 (53시군구)	40	7시군구	150	46시군구
인천	11	11	강화(9) 용진(2)	-	-
울산	2	-	-	2	북구(2)
경기	19	-	-	19	화성(4) 평택(6) 시흥(1) 김포(2) 안산(4) 파주(2)
강원	18	-	-	18	강릉(5) 고성(2) 속초(2) 동해(2) 양양(4) 삼척(3)
충남	25	-	-	25	서산(4) 홍성(2) 보령(5) 서천(2) 아산(3) 태안(6) 당진(3)
전북	10	-	-	10	김제(2) 부안(3) 고창(3) 군산(2)
전남	59	19	신안(6) 진도(6) 완도(7)	40	해남(6) 함평(2) 장흥(4) 보성(4) 광양(2) 순천(2) 여수(4) 영광(4) 무안(2) 강진(2) 영암(2) 고흥(4) 목포(2)
경북	16	-	-	16	울진(5) 포항(5) 영덕(2) 경주(4)
경남	30	10	남해(6) 거제(4)	20	사천(2) 통영(3) 고성(3) 하동(6) 창원(6)

1.4.3. 해수침투 관측망 심도 및 해안거리

- 전국 190개 관측공의 개발심도는 평균 약 80 m이다(표 1-6).
- 케이싱 심도는 전국 평균 약 21 m로서, 이는 해수침투 관측망이 설치된 지점의 퇴적층 평균 두께가 평균 약 21 m 내외임을 의미한다.
- 한국농어촌공사 해수침투 관측망은 일반적으로 1개 지구에 2개소로 설치한다. 즉, 해안선 기준 내륙쪽 근거리 1개소, 원거리 1개소를 설치하여 거리에 따른 해수침투 영향을 분석한다. 관측공과 해안의 거리는 전국 최대 8,200 m, 최소 20 m에 위치하며, 전국적으로는 해안으로부터 평균 800 m에 위치한다.

<표 1-6> 해수침투 관측망 심도 및 해안거리

광역시도	개발 심도(m)			케이싱 심도(m)			해안까지 거리(m)		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균
계									
평균	201	30	80	50	3	21	8,200	20	800
인천	137	40	79	48	9	25	1,900	120	858
울산	78	31	55	30	21	26	1,250	580	915
경기	150	43	87	33	6	18	8,200	80	1,103
강원	121	40	80	50	5	22	2,520	30	683
충남	175	60	87	33	6	21	1,900	30	437
전북	150	60	83	36	10	21	1,450	70	664
전남	150	37	77	45	3	16	7,200	25	982
경북	201	30	87	42	6	21	2,200	100	1,030
경남	200	46	86	50	6	18	4,230	20	529

제2장 해수침투 이론 및 관리

- 도서·해안지역 대수층에는 담수 하부에 염수가 썩기형태로 분포
 - Ghyben-Herzberg 이론 : 해수면 아래 담수체의 깊이(z)는 해수면을 기준으로 지하수위 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 적게 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

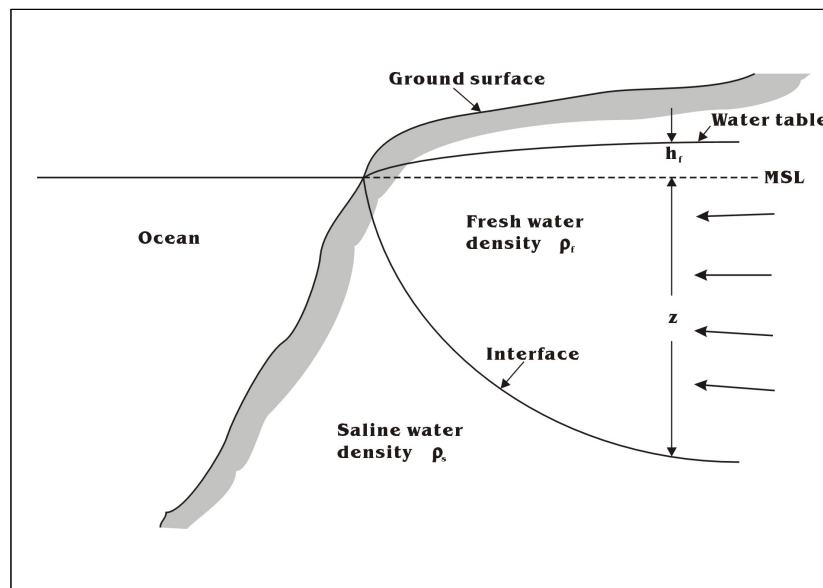
2.1.1. 해안지하수 부존 특성

- 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 심도인 반면 내륙방향으로는 깊은 심도로 형성되어, 자연상태에서는 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 지하수위 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

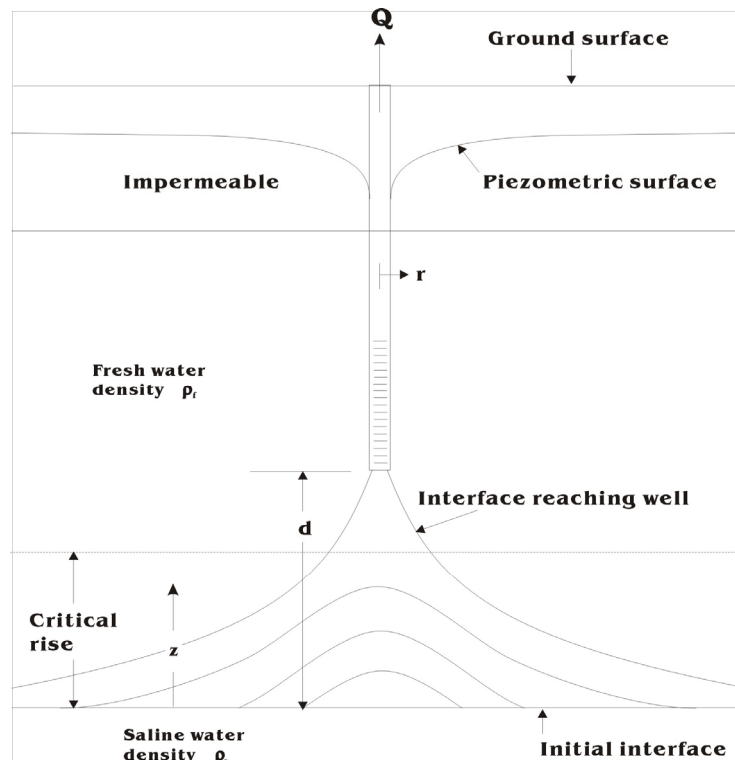
- 해안지역에서 지하수 양수는 지하수위를 하강시키고, 담수와 염수의 경계면을 상승시킨다. 이때 발생하는 경계면의 상승 형태를 상승추(upconing)

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, z 는 새롭게 형성되는 상승추의 평형고도, K 는 수리전도도, Q 는 양수량, d 는 해수체 경계면으로부터 관정바닥까지의 거리이다.
- Dagan and Bear(1968)은 새롭게 형성되는 상승추의 평형고도(z)가 원래의 해수체 경계면으로부터 관정바닥까지 거리(d)의 1/3보다 적은 경우 안정한 것으로 제안하였으며, $z=0.3d$ 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 지하수위를 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 전문연구 기관과 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 대수층을 통한 해수침투 현상을 관리하고 있다. 또한 매년 연차별로 조사 보고서를 작성하여 관측 자료와 함께 인터넷 웹서비스 (농어촌지하수관리시스템 <https://www.groundwater.or.kr>)로 일반에 공개 중이다.
- 또한 과학기술부 주관 프론티어연구사업단의 「수자원의 지속적 확보기술 개발사업(2001 ~ 2011년)」, 자연재해방재사업단의 「해수침투 평가, 예측 및 방지기술 개발 연구(2000)」, 한국지질자원연구원의 「해수침투 확산저지 및 피해개선기술 개발(2006)」 등을 통하여, 우리나라 대수층의 수리지질학적 특성과 관련된 일련의 체계화된 기술 개발과 함께 도서·해안지역 지하수 최적관리와 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 인하여 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 증명하여야 함. 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, 2008년까지 취수량을 약 19백만 m^3/day 감소 목표 수립
 - 혼합이용 장려 : 증가하는 물이용량을 충족시키기 위해 지표수와 지하수의 혼합사용 및 하부 플로리다 대수층 등 다른 대수층 개발 장려
 - 소지역 2 (해수침투가 국지적으로 나타나는 지역)
 - 현재 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 지하수위의 유지, 그리고 지하수 축열을 이용한 에너지 절감 효과 등 부차적인 효과 창출

제3장 해수침투 관측망 시설 및 유지·관리

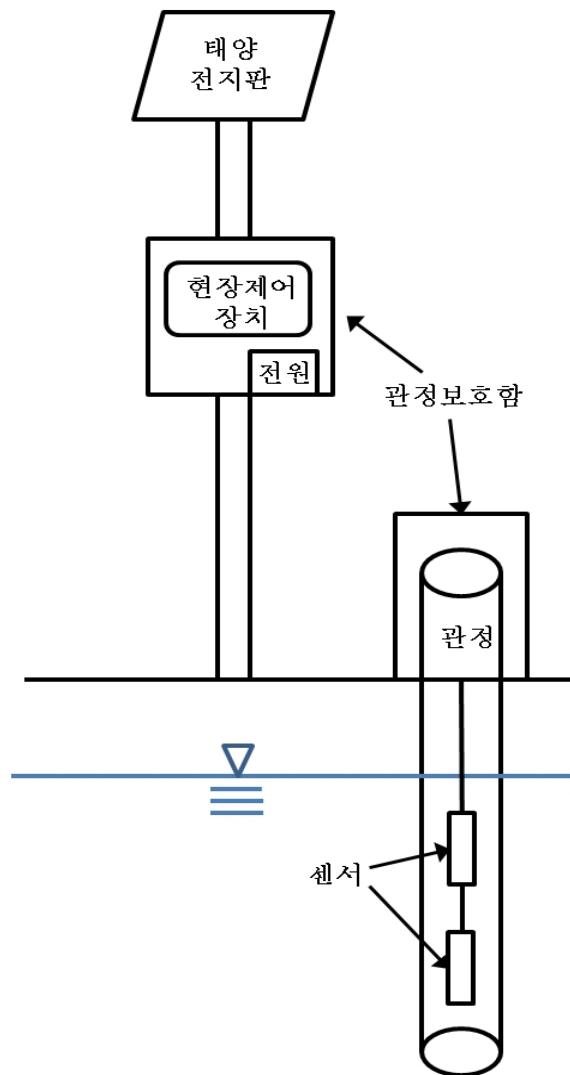
- 해수침투 관측망은 국내 도서·해안지역 지하수 관측공에 대한 일괄 관리 체계임
 - 2019년 현재 전국 190개소 해수침투 관측망에 대한 일괄 관리 시행 중
 - 해수침투 관측망은 관측공, 관측센서, 현장제어장치, 전원장치, 보호시설, 안내문 등으로 구성
 - 관측자료는 서버로 실시간 전송되며 농어촌지하수관리시스템을 통해 제공 중
- 해수침투 관측망은 해당지역을 대표하는 최적 위치에 설치
 - 해수침투 관측망은 해수침투의 공간적인 분포 및 지하수 유동 방향을 고려하여 해안선에 수직 방향으로 상, 하류부에 설치
 - 4가지 인자(총면적 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 190개(2019.12 현재) 관측공에 대한 일괄 관리체계를 일컫는다.
- 개별 관측공에는 해수침투 관측망이 설치되어 있다. 해수침투 관측망은 관측공, 관측센서, 현장제어장치, 전원장치, 보호시설, 안내판 등으로 구성된다(그림 3-1).

- 각 관측공에서는 원격감시 시스템을 이용하여 매일 1시간 간격으로 지하수위 (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(지하수위, 수온, 전기전도도)가 일평균 값으로 환산되어 농어촌 지하수관리시스템(<https://www.groundwater.or.kr>)을 통해 제공된다.



<그림 3-1> 해수침투 관측망 모식도
(보호함 유형 관측시설)

3.1.2. 해수침투 관측망 세부 구성요소

- 관측공
 - 해당지역을 대표할 수 있는 지점에 지름 125 mm 이상, 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 지하수위 관측센서(depth; D), 전기전도도·수온 관측센서(conductivity and temperature; CT), 전기전도도·수온·지하수위 관측센서(CTD) 등 3종류로 구분된다.
 - 상기 센서는 2개 이상의 센서가 각 관측소의 관측목적에 부합하도록 다중 심도로 설치되어 있다(그림 3-1). 두 개의 다중심도 센서가 설치된 경우, 얇은 심도와 깊은 심도에 각각 D센서와 CT센서를 설치한다.
- 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 관측망의 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 ~ 현재
 - 개 소 수 : 63개소
 - 센서유형 : 다중심도센서(S-cap유형)

- 해수침투조사용 관측공 -

- ◎ 지 구 명 : ○○지구
- ◎ 관정심도 : m
- ◎ 설치년도 : 2019년

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 - 1858
 홈페이지 : <https://www.groundwater.or.kr>

<그림 3-2> 해수침투 관측망 안내문

<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	63		63		
계		190	91	63	16	20

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

구 분	유 형	
상부보호공 및 양수장옥	 <p>상부보호공</p>	 <p>지하수 물리검층</p>
	 <p>양수장옥</p>	 <p>현장제어장치</p>
보호함	 <p>보호함 유형</p>	 <p>현장제어장치</p>
		 <p>다중심도센서</p>
관정내장형	 <p>관정내장형 유형</p>	 <p>관정내장형 현장제어장치</p>
		 <p>다중심도센서 (S-cap 유형)</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 지하수위 및 수질의 장기관측과, 수질검사 및 대수층 시험 등의 정기적인 실시를 통하여, 장래 지하수자원의 수량 및 수질 변화에 적극적으로 대처하기 위한 시설이다.
- 지하수 관측망 설치 시에는 오염물질 유입에 의한 수질 부적합 지역, 수질은 적합하나 과잉양수로 지하수위가 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) 지하수위 변화 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 해수침투 등 대수층 내 수문요소에 따른 영향 감시
 - 5) 수질변화 및 특성변화 예측을 위한 지하수 수질 장기 관측

- 6) 오염원 및 잠재오염원 부존 지역의 특정오염원에 대한 오염 확산 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 지하수위 및 수온 변화를 주 관측대상으로 하며 수위 외에 오염 지시인자인 전기 전도도를 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 수행 업무

- 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 소요 장비

- 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 수동측정

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 배터리, 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(지하수위, 수온, EC)를 가지고 주기적으로 직접 현장방문 측정
 - 자동관측장비 설치 시 주기적인 자료 취득
 - 수질분석을 위한 시료채취
- 또한 정기 점검 시 관측장비는 분기별로 1회 영점 보정하고, 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 내에서 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 항시 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 자료 취득

- 자동관측장비 설치 시 측정주기를 설정하고, 필요 시 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 경과 이후부터는 매 3개월 단위로 보정하는 것이 필요하다.

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 있지만 실내 보정은 보정 장비와 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.
- 압력식 수위계의 경우 지하수위값은 대기압의 변화를 보정해주는 기능이 부실하거나, 너무 깊은 곳에 설치되어 항상 높은 수압에 노출되어 strain gauge의 민감도가 약해지는 경우 등은 측정 정확도가 많은 문제점이 있다.
- 영점 보정 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 채취할 수 있는 지하수 수질시료 채취장비가 필요하다. 휴대용 전기전도도계 자체도 측정하기 전에 KCl 용액을 이용하여 측정오차를 점검해보아야 한다. 휴대용 전기전도도 측정치가 약 5% 이내의 오차가 나타나면 관정에서 수질시료채취기로 지하수를 채취 후 측정하고 이 측정값을 자동 관측기에서의 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

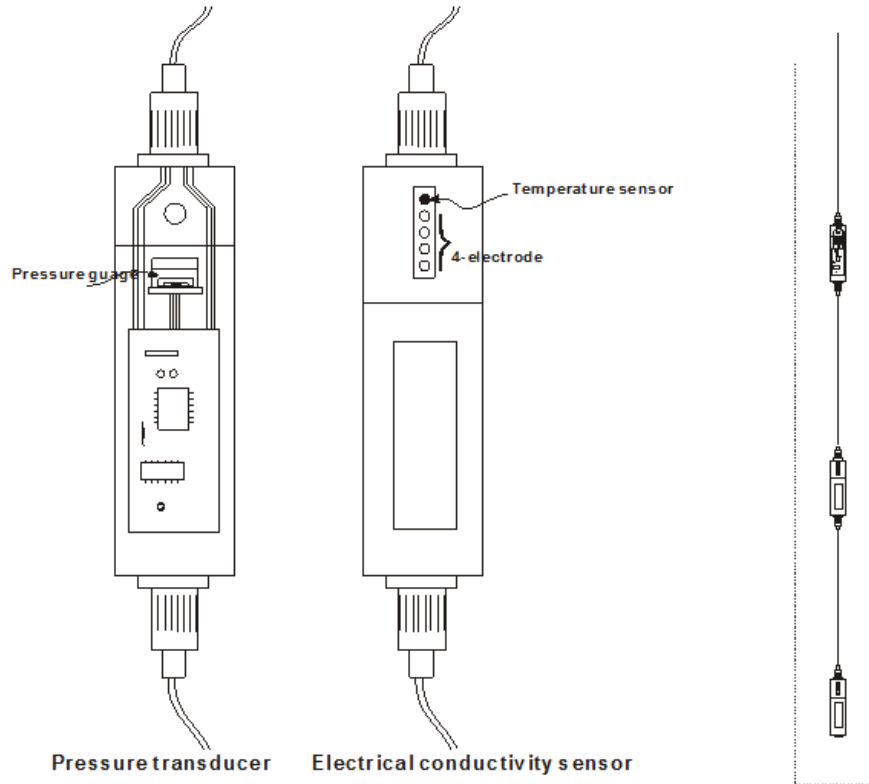
- 주기별 수질검사는 일정 시점을 기준으로 하는 것이 바람직하며 1년에 2회 시는 건·우기 기준으로 4월 말과 10월 말 기준으로 하는 것이 바람직하고, 년 4회 경우에는 1월, 4월, 7월, 10월 말 기준으로 시행하는 것이 적절하다.
- 그러나 조사 목적과 현장 여건에 따라 변경이 가능하며 매년 같은 일자에 시행하는 것이 년변화를 관찰하는데 용이하다.
- 장기시료 채취는 시료채취기가 있어야 하며 주상도를 이용하여 대수층 구조를 파악하여 지하수 유동이 있는 파쇄대 구간에서 시료를 채취해야 한다. 자연수위 부근의 지하수는 오랫동안 정체된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

8) 관정 청소

- 관측망 관정에 대하여 정기정비는 관정의 보호와 유지를 위해서 반드시 필요하다. 특히 관측공은 사용치 않는 이유로 지하수위 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 지하수위 센서와 전기전도도 센서의 일체형으로, 자동센서의 위치는 대수층내의 담수체와 해수체의 경계면에 설치한다.
- 그러나 경계면은 대개의 경우 지하수면 아래 약 30 ~ 70 m 깊이(지하수위 변화를 측정할 수 있는 분해능은 10 cm 이상)에 설치하므로, 조석의 영향을 받는 수 ~ 수십 cm 범위의 지하수위 변화는 측정이 불가능하다.
- 따라서 지하수위 센서와 전기전도도 센서를 직렬방식으로 분리할 수 있는 다중심도 지하수 모니터링 장치를 한국농어촌공사 농어촌연구원에서 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 지하수위를 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 지하수위 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 strain 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 지하수위 및 기준점의 정확한 측량을 실시하여 위치 및 표고를 대장에 기록하여야 한다. 이때 최초 지하수위를 측정한 시설물 또는 케이싱의 위치를 정확하게 표시해 두어야 한다.
- 관정보호 시설 설치
 - 해수침투 관측망은 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 관측망에 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 활용 가능하도록, 해수침투 관측망의 설치 및 운영 시 필요한 지침을 제시한다.
- 본 지침은 해수침투 관측망의 효율적인 유지·관리를 위한 상세한 업무체계 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 지하수관리기본계획(2012-2021)에 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 운영관리 업무를 위임받은 부서의 장(이하 “관리자”)은 관측공을 설치한 이후 반드시 관측공 대장을 작성하고, 현장과 사무실에 각각 비치하여 관측공 현황을 즉시 파악할 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 강수량 자료(인접 기상관측소 자료, mm)
 - 지하수위(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 매월 현장에서 자료를 수집 할 때는 반드시 수동측정을 실시하여 대장에 기록한다.
 - 수동 수위계를 이용한 지하수위 측정
 - 시료 채취기를 이용하여 심도별로 3구간으로 나누어 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 지하수위 자료를, 30일을 주기로 수온 및 전기전도도를 수동으로 측정한다.
- 전원공급 장치
 - 배터리 또는 일반 상용 전원을 이용
 - 상용 전원 : 정전 시 전원 공급 중단 방지용 무정전 장치 설치
 - 배터리 : 충전·교체시기를 기록하여 완전히 방전되지 않도록 유의
- 자동관측기기의 측정주기
 - 관측기기마다 최대 측정간격이 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

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

가. 지하수위

- 자동 수위계 또는 휴대용 수동 수위계를 이용하여 지하수위를 측정한다. 장기적인 수위관측으로는 자동 수위계의 설치가 바람직하지만, 정기적인 점검을 통한 수위 보정을 위하여 반드시 수동 수위계를 이용한 측정이 필수적이다. 또한 정기적으로 수위를 측정하여 일지에 기록·보존하여 지하수위를 보정한다.
- 측정장비
 - 장비 : 현재 해수침투 관측망에서 활용 중인 센서를 이용한다. 이때 본 센서를 이용하여 측정된 자료와 실제 지하수위 측정자료를 동시에 제시할 수 있는 검증된 장비를 이용한다. 또한 검증한 일시가 기록되어 장비의 신뢰를 확보할 수 있으며, 3년 혹은 5년 마다 장비의 성능에 따라 정기적인 검증을 실시하여야 한다.
 - 설치 위치 : 해당지역의 지하수위 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·보존하여 보정자료로

이용하며, 자체 보정을 실시한 후 일시를 기록·보관 한다.

- 휴대용 수동 수위계
 - 필요장비 : 휴대용 수동 수위계 (부저식, 점등식, 복합식)
 - 지하수면에 센서가 닿으면 소리 또는 불이 켜지는 장비를 선택한다.
 - 센서를 상·하로 여러 차례 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 지하수온은 기기의 설치 위치에 의한 일정심도에서의 수온을 반영한다.
- 따라서 심도별 수질채취에 의한 지하수온의 측정 및 수질자료가 필요하다.
- 지하수온의 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 관측공 내 수온은 다르므로, 관측공 내 수온을 측정한다.
- 깨끗한 시료 채취기를 이용하여 심도별 수질을 채취한 후, 휴대용 수온측정계를 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 장기간 방치 또는 용기에 오래두지 않도록 한다.
- 시료 채취기에 의한 2차적인 오염이 발생할 수 있으므로 관리에도 유의한다.

- 심도별 수질자료

- 현장에서 심도별 수온을 기록·보관한다.
- 지질 및 지리적인 요인에 의한 공간적인 수온 변화를 관측한다.
- 향온층의 심도 및 심도의 증가에 따른 증온율을 파악한다.

다. 전기전도도

○ 전기전도도의 측정으로 총용존고형물(TDS, total dissolved solids)을 산출한다. 이때 전기전도도의 값으로 오염물질 및 염수의 침입 여부를 간단한 측정으로 알 수 있다. 그러나 더 상세한 오염물질의 성분은 수질검사를 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 채취기 또는 채수기를 사용하여 심도별로 지하수를 채수하고, 채수용기는 시료를 채우기 전에 시료로 3회 이상 세척 후 사용한다.
- 유류 또는 부유물질 등이 함유된 시료는 시료의 균질성이 유지될 수 있도록 채취해야 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 보존방법에 따라 보존하여 규정된 시간 내에 실험하여야 한다.
- 시료채취량은 시험항목 및 시험회수에 따라 차이가 있으나 보통 3 ~ 5 L 정도이어야 한다. 다만 시료를 즉시 실험할 수 없어 보존하여야 할 경우 또는 시험항목에 따라 각각 다른 채취용기를 사용하여야 할 경우에는 시료채취량을 적당하게 증감하여야 한다.

○ 시료의 보존방법

- 채취된 시료를 즉시 실험할 수 없을 때에는 따로 규정이 없는 한 수질 오염공정시험방법의 보존방법에 따라 보존하고, 어떠한 경우에도 보존기간 이내에 실험을 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 온도 차이에 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 지시 인자로 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.

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

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 and 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(1989)이 제시한 아래 (식 4-2)에 적용하여 TDS로 환산하여 이용된다.

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

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

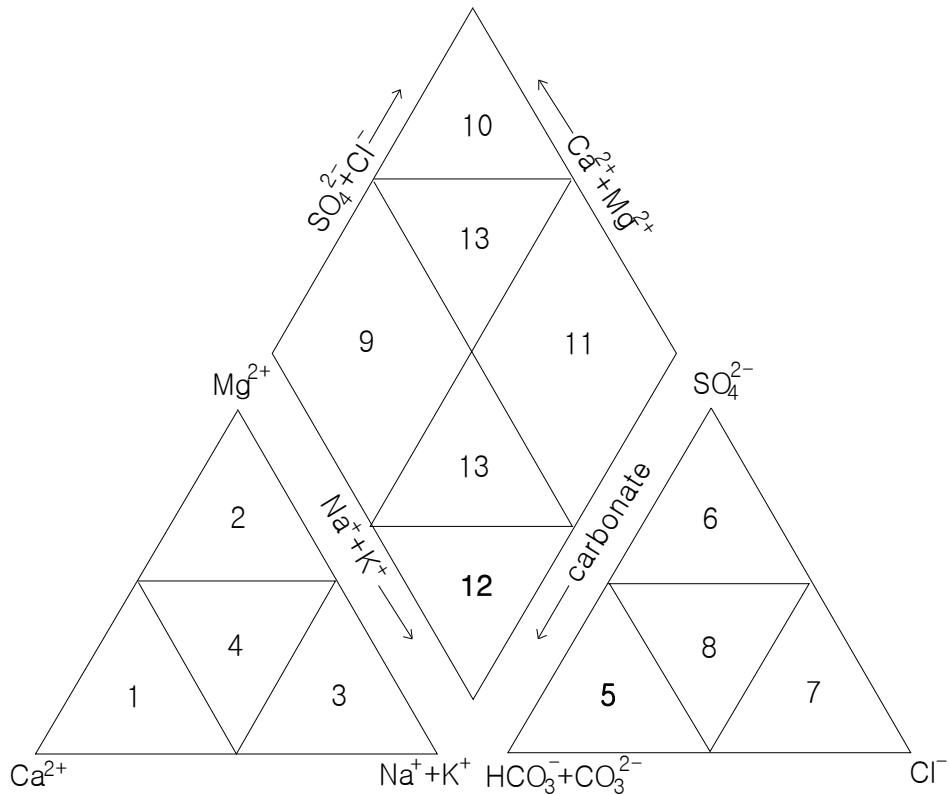
- 해수의 대표적인 성분인 염소이온의 해수에서의 평균 농도는 19,000 mg/L인 반면, 담수의 염소이온(Cl⁻) 농도는 10 ~ 100 mg/L이다.
- 염소이온의 먹는물 수질기준은 250 mg/L 이므로, 대수층으로 침투된 해수를 그대로 인간생활에 사용하기에는 부적합하다.
- 따라서 염소이온 농도를 기준으로 해수침투 여부를 판단할 수 있다.

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 후, 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> 파이프 다이어그램을 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 2019년 신규 설치 해수침투 관측망

■ 신규 9개소 해수침투 관측망 설치

- 경기 1공(화성 우정1), 강원 1공(양양 송전1), 충남 2공(보령 소성1, 당진 석문1), 전북 1공(고창 송현1), 전남 2공(장흥 외동1, 외동2), 경북 1공(영덕 상원1), 경남 1공(고성 감서1)
- 대수층 균열면, 전이대, 물리검층 결과를 토대로 다중심도센서 설치

■ 신규 관측공의 해수침투 조사

- 해수침투 여부를 관측공 검층자료 및 수질분석 자료로 검토 결과
 - 모든 작물에 이용이 가능한 2개소
 - 염도가 없는 지표수(저수지, 하천수 등)와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에만 이용이 권고되는 1개소
 - 농업용수로 이용 금지가 권고되는 6개소
- 지하수를 농작물에 이용 시 2개소는 모든 작물에 이용이 가능하며, 나머지 7개소는 지하수 이용을 지양하고 타 수자원 공급 모색이 필요

■ 신규 관측공 수리·수질 특성

- 수리특성
 - 수리전도도 $1.49 \times 10^{-6} \sim 9.13 \times 10^{-4}$ cm/sec, 양수량 50 ~ 250 m³/day
- 수질유형
 - 신규 9개 관측공 중 2개소(우정1, 외동2) 관측공은 Ca-Cl/(Ca, Na)-HCO₃, 담염수 혼합유형, 나머지 7개소(송전1, 소성1, 석문1, 송현1, 외동1, 감서1) 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 해수유입 유형
 - 이동설치 관측공 2개소(오산2, 곡강2) 중 오산2는 Na-Cl 유형, 곡강2는 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 해수유입 유형

5.1 2019년 신규 해수침투 관측망

- 1998년부터 제주도를 제외한 육지부에 설치된 해수침투 관측망은 2019년 12월 31일 현재 전국 9개 광역시·도에 190개소가 설치 운영 중이다.

- 2019년에는 9개소가 신규 설치되었으며, 광역시·도별로 경기도 1개소, 강원도 1개소, 충청남도 2개소, 전라북도 1개소, 전라남도 2개소, 경상북도 1개소 및 경상남도 1개소에 설치되었다.

5.1.1. 관측공 설치위치

가. 경기도 화성시 우정읍 우정1 관측공

- 화성시 우정읍 호곡리에 위치한 우정1 지구는 서해안과 접해 있으며, 해안과 8,200 m 거리에 위치한다. 화성방조제 건설로 조성된 화옹지구 간척지 상류부에 위치하며, 과거 바다였던 간척지 상류부의 집단화된 농경지의 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.

나. 강원도 양양군 손양면 송전1 관측공

- 양양군 손양면 송전리에 위치한 송전1 관측공은 양양 남대천에 인접하며, 주변에 경지정리가 완료된 농경지 및 낮은 언덕이 소재한다. 송전1 관측공은 동쪽에 위치한 해안과 약 95 m 거리에 위치하고 있으며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 변화 양상을 관측하기 위하여 설치하였다.

다. 충청남도 보령시 오천면 소성1 관측공

- 보령시 오천면 소성리에 위치한 소성1 관측공은 해안가 인근에 위치하고 있으며 선캠브리아기 편암류를 기반으로 제4기 충적층이 피복하고 있다. 소성1 관측공은 해안으로부터 약 40 m 지점에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.

라. 충청남도 당진시 석문면 석문1 관측공

- 당진시 석문면 교로리에 설치한 석문1 관측공은 대호방조제 동측부에 위치한 지구로, 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체이며 주변지역에 산성암맥류가 분포하고 있다. 석문1 관측공은 해안에서 약 1.9 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

마. 전라북도 고창군 부안면 송현1 관측공

- 고창군 부안면 송현리에 위치한 송현1 관측정은 곰소만 남쪽에 위치하며 서해가 서쪽에 인접해 있다. 관측공 주변에 바다로 유입되는 소한천이 지나간다. 송현1 관측공은 해안으로부터 0.6 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

바. 전라남도 장흥군 관산읍 외동1, 2 관측공

- 장흥군 관산읍 외동리에 설치한 외동1, 외동2 관측공은 주변 해안선이 북동 방향으로 발달해 있으며, 북쪽에는 마산저수지가 위치하고 동쪽으로는 마산 방조제가 위치하는 간척지역이다. 외동1 관측공은 해안으로부터 1.9 km, 외동2 관측공은 3.6 km 지점에 위치하며, 마산 방조제 건설로 조성된 담수호의 염분 유입 또는 염분 증감에 따른 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.

사. 경상북도 영덕군 축산면 상원1 관측공

- 영덕군 축산면 상원리에 위치하는 상원1 관측공은 축산천 남측에 위치하며, 동측으로는 축산항이 위치한다. 상원1 관측공은 축산천을 따라 형성된 농경지가 관측공 하류부터 해안까지 분포하고 있다. 상원1 관측공은 해안으로부터 2.2 km 거리에 위치하며, 농경지 주변 지하수의 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.

아. 경상남도 고성군 거류면 감서1 관측공

- 고성군 거류면 감서리에 설치한 감서1 관측공은 고성천이 남해와 만나는 지점에 위치하며, 남측으로 거류산이 북측으로는 남해가 위치하고 있다. 관측공 주변은 경지정리가 완료된 농경지가 넓게 분포하고 있으며, 농경지에 대한 염해피해가 우려되는 지역으로 해수침투조사 대상지로 신청한 지역이다. 감서1 관측공은 해안으로부터 50m 지점에 위치하며, 남해안의 염수유입에 의한 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.

5.1.2. 관측공 내역

- 2019년 신규 관측공 9개소에 대한 내역은 다음과 같다(표 5-1).
- 2019년 신규 관측공의 개발심도는 60 ~ 200 m 범위(평균 105 m)이다.
- 2019년 신규 관측공의 케이싱 심도는 11 ~ 38 m 범위(평균 23 m)이며, 해안에 인접한 관측공일수록 층적층의 깊이가 두꺼워서 케이싱 심도가 깊게 나타난다.
- 관측공 개발 당시, 지하수위 심도는 0.10 ~ 5.30 m로 나타났다.

<표 5-1> 2019년도 신규 해수침투 관측망 내역

도별	관정 개소수	시·군	면·리	관측공 명	심도(m)		
					관정	케이싱	지하수위
계	9				105	23	2.58
경기도	1	화성	우정읍 호곡리 산93-2	우정1	100	24	5.30
강원도	1	양양	손양면 송전리 1-17	송정1	103	12	2.42
충청남도	2	보령	오천면 소성리 873	소성1	80	30	5.15
		당진	석문면 교로리 2421	석문1	100	33	0.32
전라북도	1	고창	부안면 송현리 1185	송현1	100	18	3.23
전라남도	2	장흥	관산읍 외동리 1047-4	외동1	100	22	0.10
			관산읍 외동리 1146-1	외동2	60	38	1.89
경상북도	1	영덕	축산면 상원리 57-1	상원1	200	18	2.30
경상남도	1	고성	거류면 감서리 1663-9	감서1	100	11	2.49

5.1.3. 관측공 수리특성

- 2019년 신규로 설치한 9개소의 관측공의 자원 (표 5-2)에 정리하였다.
- 암반지하수의 특성상 지하수는 암반의 균열을 통하여 유동하므로, 관측공 심도는 균열 위치를 기준으로 결정되었다. 균열은 해당지역의 지질특성에 따라 다양한 심도에 분포한다(표 5-2).
- 관측공의 지하수 산출특성 내지 유동특성을 살피고자 지하수 대수성시험을 실시하여 각 관측공의 수리전도도를 산출하였다. 관측공의 양수량은 50 ~ 250 m³/day이고, 수리전도도는 $1.49 \times 10^{-6} \sim 9.13 \times 10^{-4}$ cm/sec 범위로 나타났다.

<표 5-2> 2019년도 신규 해수침투 관측망 현장조사 결과

시군	관측공명	균열구간 심도(m)	양수량 (m ³ /day)	수리전도도 (cm/sec)	지하수위 심도(m)	
					초기	안정
화성	우정1	28~32, 48~52, 60~64, 68~72, 92~96	80	2.21×10^{-5}	5.30	37.11
양양	송전1	42~43, 68~69 80~81	120	1.34×10^{-5}	2.42	35.70
보령	소성1	38~41, 64~70	150	9.13×10^{-4}	5.15	10.75
당진	석문1	25, 42, 65	120	6.11×10^{-5}	0.32	15.78
고창	송현1	15~30, 42	250	1.89×10^{-4}	3.23	9.21
장흥	외동1	22~25, 70~73	50	4.80×10^{-5}	0.10	5.24
	외동2	38~40	50	3.95×10^{-5}	1.89	20.80
영덕	상원1	90, 153	50	1.49×10^{-6}	2.30	81.30
고성	감서1	42, 51	50	1.27×10^{-5}	2.49	50.99

5.1.4. 센서 설치 심도 결정

- 해수침투 관측망에 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 지하수위 변화를 측정할 수 있는 장비로 ± 0.05% FSR의 정확도를 가진다. 수위-전기전도도-수온 센서 설치 위치는 케이싱 지표 노출부를 기준으로 15~30 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 5-3> 2019년도 신규 해수침투 관측망 센서 설치 내역

시군 관측공명	심도(m)					
	지하수위	균열구간	전이대	물리검층 이상대	센서설치 (수위-EC1, EC2)	
화성 우정1	5.30	28~32, 48~52, 60~64, 68~72, 92~96	-	25	30, 65	
양양 송전1	2.42	42~43, 68~69, 80~81	40~50	40, 70	35, 50	
보령 소성1	5.15	38~41, 64~70	25	45	40, 50	
당진 석문1	0.32	25, 42, 65	-	42	35, 40	
고창 송현1	3.23	15~30, 42	20~30	20, 40, 70~80	30, 40	
장흥	외동1	0.10	22~25, 70~73	30~40	40	25, 35
	외동2	1.89	38~40	45~50	45, 55	40, 50
영덕 상원1	2.30	90, 153	-	55, 85	25, 45	
고성 감서1	2.49	42, 51	20~25	40, 50, 65, 85	20, 30	

5.2 2019년 신규 해수침투 관측망 조사 결과

5.2.1. 전기전도도 검층 결과

- 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.
- 우정1, 소정1 관측공에서는 모든 작물에 직접 활용 가능한 전기전도도 수준이며, 상원1 관측공에서는 지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용 가능한 수준이다. 그러나 과잉양수에 의해 대수층 내 해수침투 확산이 일어날 가능성이 있으므로, 허가·신고 범위 내에서 지하수 이용이 필요하다.
- 송전1, 석문1, 송현1, 외동1, 외동2, 감서1 관측공은 해수가 직접 유입되는 것으로 나타남에 따라, 농어업용·생활용·공업용 등 각종 용수 목적으로 활용이 불가능하며 대체 수자원의 이용이 필요하다.

<표 5-4> 신규 관측공 전기전도도 값

관측공 EC($\mu S/cm$)	관측공								
	우정1	송전1	소정1	석문1	송현1	외동1	외동2	상원1	감서1
전기전도도(EC)	100 ~ 200	5,887 ~ 15,302	152 ~ 362	7,113 ~ 7,460	14,120 ~ 44,940	18,244 ~ 27,772	26,440 ~ 33,352	1,140 ~ 1,147	13,583 ~ 41,971

- 지하수의 전기전도도와 작물의 생육과의 관계를 살펴본 결과, 2개 관측공 주변(우정1, 소정1)의 지하수는 모든 작물에 이용 가능한 것으로 나타났다.
- 1개 관측공 주변(상원1)의 지하수는 지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용 가능한 것으로 나타나 가뭄 시 지하수 활용에는 주의가 필요하다.

- 이 외, 송전1, 석문1, 송현1, 외동1, 외동2, 감서1 관측공 주변의 지하수는 농경지에 용수로 공급하지 못하는 높은 전기전도도를 보이므로, 타 수자원을 통한 농경지 용수공급이 이루어져야 한다.

<표 5-5> 신규 관측공 전기전도도와 농업용수 이용과의 관계

농업용수 이용	모든 작물에 이용	논(수도작)에만 이용	지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용	이용불가
전기전도도 (μS/cm)	0~700	700~1,000	1,000~3,000	3,000 이상
염도(%)	0~0.045	0.045~0.064	0.064~0.192	0.192 이상
경기	우정1			송전1
강원	소성1			
충남				석문1
전북				송현1
전남				외동1, 외동2
경북			상원1	
경남				감서1
가뭄 시 지하수 활용	활용가능	활용가능	주의요함	불가능(신규 개발도 규제)

5.2.2. 수질(이온)분석 결과

가. 수질유형 분석

- 4.4절에 언급된 지하수 수질유형을 토대로 신규 관측공 주변의 해수침투 발생 여부를 판단하였다.
- 우정1, 외동2, 관측공은 Ca-Cl 로서 담수혼합 유형이다. 그 외 송전1, 소성1, 석문1, 송현1, 외동1, 감서1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 대수층 내에 해수

침투가 현재 진행 중인 것으로 보인다. 따라서 이들 관측공 주변 지하수는 지표수 수자원을 혼합해도 이용이 불가능하다. 주변 타수자원 이용 모색이 필요하며, 향후 지하수 과잉양수로 인한 해수침투 확산방지가 필요하다.

<표 5-6> 신규 관측공 지하수 수질 유형

관측공	우정1	송전1	소성1	석문1	송현1
수질유형	Ca-Cl	(Na+K)-Cl	(Na+K)-Cl	(Na+K)-Cl	(Na+K)-Cl
관측공	외동1	외동2	상원1	감서1	
수질유형	(Na+K)-Cl	Ca-Cl	(Na+K)-HCO ₃	(Na+K)-Cl	

나. 염소이온 대비 중탄산이온 몰비 분석

- 4.5절에 언급된 염소이온 대비 중탄산이온의 몰비를 토대로 해수침투 여부를 판단한 결과, 상원1 관측공은 0.5 이하 범위로서 해수의 영향이 없는 것으로, 우정1, 소성1 관측공은 1.3 ~ 2.8 범위로서 약간의 해수 영향을 받는 것으로 나타났다. 송전1, 석문1, 송현1, 외동1, 외동2, 감서1 관측공은 6.6 이상으로 매우 심한 정도의 해수 영향을 받은 것으로 나타났다.

<표 5-7> 신규 관측공 Cl/HCO₃ 몰비

관측공 몰비	우정1	송전1	소성1	석문1	송현1	외동1	외동2	상원1	감서1
Cl/HCO ₃	1.80	34.78	2.32	62.60	197.32	231.42	580.51	0.08	108.72

<표 5-8> 신규 관측공 CI/HCO₃ 몰비에 따른 분류

CI/HCO ₃ 몰비	관측공명	해 석
0.5 이하	상원1	해수 영향이 전혀 없음
0.5 ~ 1.3		약간 문제 있음
1.3 ~ 2.8	우정1, 소성1	약간의 해수영향을 받음
2.8 ~ 6.6		해수에 의한 보통 정도의 오염
6.6 이상	송전1, 석문1, 송현1, 외동1, 외동2, 감서1	매우 심한 정도의 해수 영향을 받음

5.3 2019년 이동 설치 해수침투 관측망 및 조사 결과

5.3.1. 이동 설치 관측공 설치

- 2019년에는 총 2개소의 관측공을 이동 설치하였으며, 전라남도 1개소, 경상북도 1개소가 이동·설치되었다(표 5-9).
- 전라남도 1개소(지막2(구)) 관측공은 개인소유부지에 설치된 관측공으로서, 잦은 침수로 인한 센서고장이 빈번하여 오산2 관측공으로 이동·설치하였다.
- 경상북도 곡강2(구) 관측공은 개인소유부지에 설치된 관측공으로서, 빈번한 통신불량으로 곡강2(신) 관측공으로 이동·설치하였다.

<표 5-9> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 현황

관측공명		위 치			사 유
구	이동 설치	도	시,군	읍,면	
지막2(구)	오산2	전남	진도	고군면	잦은 침수 및 소유주 민원
곡강2(구)	곡강2(신)	경북	포항	홍해읍	통신불량

가. 전라남도 진도군 오산2 관측공

- 진도군 고군면에 위치한 오산지구는 서남해안에 인접하고 고군천 중류부에 위치하며, 주변에는 마산방조제의 영향으로 발달된 간척지가 넓게 자리한다. 지막1(구) 관측공은 기후와 주변 환경의 영향으로 시설물 유실과 파손이 발생하여 정상적인 자료 확보가 어렵고, 부지소유주의 민원제기로 오산1 관측공으로 이동 설치하였다. 이동 설치된 오산1 관측공은 해안으로부터 약 1.28 km 떨어진 간척지 중앙에 위치한다. 지막2 관측공은 조수간만 현상에 의해 고군천 수계를 따라 염수유입 현상에 의한 잦은 침수가 발생하므로 오산2 관측공 위치로 이동 설치하였다. 오산2 관측공은 관측공 주변 해안선이 북동방향으로 뻗어 있다.

나. 경상북도 포항시 곡강2(신) 관측공

- 곡강2(구) 관측공은 포항시 흥해읍에 위치하는 지구로서, 통신불량이 빈번하게 발생하여 곡강2(신) 관측공 소재지로 이설하였다. 농경지는 해안을 향해 썩기 모양으로 발달하고 있으며, 북서방향으로는 낮은 구릉성 산지가 있고 남동방향으로는 해안선에 접해 있다.

5.3.2. 이동 설치 관측공 내역

- 2019년 이동 설치 관측공 2개소에 대한 내역은 (표 5-10)과 같다.
- 2019년 이동 설치 관측공의 개발심도는 모두 100 m 이다.
- 2019년 이동 설치 관측공의 케이싱 심도는 모두 24 m 이고, 관측공 개발 당시 지하수 심도는 1.2 ~ 4.7 m에 위치하였다.

<표 5-10> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 내역

도별	관정 개소수	시·군	면·리	관측공명	심도(m)			
					관정	케이싱	지하수위	
계	1							
전라남도	1	진도	고군면 오산리	2146 오산2	100	24	1.2	
경상북도	1	포항	흥해읍 망천리 2-4	곡강2(신)	100	24	4.7	

5.3.3. 이동 설치 관측공 수리특성

- 관측공의 지하수 산출특성 내지 유동특성을 살피기 위하여, 대수성시험을 실시하여 각 이동 설치 관측공의 수리전도도를 산출하였다. 관측공의 양수량은 모두 150 m³/day이며, 수리전도도는 5.810×10⁻⁵ ~ 1.25×10⁻⁴ cm/sec이다(표 5-11).

<표 5-11> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 현장조사 결과

시군	관측공명	균열구간 심도(m)	양수량 (m ³ /day)	수리전도도 (cm/sec)	지하수위 심도(m)	
					초기	안정
전남	오산2	36 ~ 42	150	5.81×10 ⁻⁵	1.2	9.53
경북	곡강2(신)	20, 50, 60	150	1.25×10 ⁻⁴	4.7	11.3

5.3.4. 센서 설치 심도 결정

- 압력식 수위 센서는 30 psig로서 약 27 m 의 지하수위 변화를 측정할 수 있는 장비로 ± 0.05% FSR의 정확도를 가진다. 수위-전기전도도-수온 센서 설치 위치는 케이싱 지표 노출부를 기준으로 10 ~ 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 5-12> 2019년도 이동 설치 해수침투 관측망 센서 설치

시군	관측공명	심도(m)				
		지하수위	균열구간	전이대	물리검층 이상대	센서설치 (수위/EC1, EC2)
전남	오산2	1.2	36 - 42	24, 40, 55	45, 90	1.2/30
경북	곡강2(신)	0.7	전구간	-	전구간	4.7/30

5.3.5. 이동 설치 관측공 조사 결과

가. 전기전도도 검층 결과

- 오산2, 곡강2(신) 관측공 전기전도도는 860 ~ 14,000 μS/cm 범위로 나타났으며, 해수침투 영향을 받는 것으로 나타났다.

- 이동 설치 관측공 지하수의 전기전도도와 작물 생육과의 관계를 살펴본 결과, 2개(오산2, 곡강2(신))관측공 중 오산2 관측공 주변은 논(수도작)에만 이용이 가능하고, 곡강2(신) 관측공은 지표수와 1:1로 혼합하여 논(수도작)에만 이용을 권고해야할 수질로 나타났다.

<표 5-13> 이동 설치 관측공 전기전도도 값

관측공 EC($\mu S/cm$)	오산2	곡강2(신)
전기전도도(EC)	860 ~ 1,000	1,460 ~ 1,480

<표 5-14> 이동 설치 관측공 전기전도도와 식물생육과의 관계

농업용수 이용	모든 작물에 이용	논(수도작)에만 이용	지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용	이용불가
전기전도도 ($\mu S/cm$)	0~700	700~1,000	1,000~3,000	3,000 이상
염도(%)	0~0.045	0.045~0.064	0.064~0.192	0.192 이상
전남	오산2			
경북	곡강2(신)			
가뭄 시 지하수 활용	활용가능	활용가능	주의요함	불가능(신규개발도 규제)

나. 이동 설치 관측공 수질유형 분석

- 오산2, 곡강2(신) 관측공은 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형으로서 나트륨(Na)과 칼륨 이온(K)의 농도가 높다.

<표 5-15> 이동 설치 관측공 지하수 수질 유형

관측공	오산2	곡강2(신)
수질유형	(Na+K)-HCO ₃	(Na+K)-HCO ₃

다. 염소이온 대비 중탄산이온 몰비 분석

- 오산2, 곡강2(신) 관측공은 각 2.01, 1.06로서 약간의 해수 영향을 받고 있다.

<표 5-16> 이동 설치 관측공 Cl/HCO₃ 몰비

관측공 몰비	오산2	곡강2(신)
Cl/HCO ₃	2.01	1.06

<표 5-17> 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	곡강2(신)	약간 문제 있음
1.3 ~ 2.8	오산2	약간의 해수영향을 받음
2.8 ~ 6.6		해수에 의한 보통 정도의 오염
6.6 이상		매우 심한 정도의 해수 영향을 받음

제6장 2019년 해수침투 관측결과

■ 전기전도도와 식물생육과의 관계 분석 결과

- 181개소에 대한 해수침투 장기관측 결과(신규 9개소 제외)
지하수 활용 가능하지만 과잉양수를 자제가 필요한 67개소,
물부족 기간에 소량 이용 10개소,
지표수와 1:1~3:1 비율로 혼합이용 14개소,
대부분의 작물에 활용 불가능하며 타 수자원 공급 모색이 필요한
90개소로 분류

■ 광역시·도별 시설지 관측소의 해수침투 관측결과

- 가뭄 시에만 소량이용 가능한 '주의' 15개소, 지표수와 1:1~3:1 비율로
혼합·이용해야 하는 '경계' 13개소 및 농경에 활용 불가능하며 타
수자원을 모색해야 하는 '심각' 97개소로 나타남
- '주의' 지역은 지하수 개발 가능량 이하, 염분상승 모의에 따른 최적
개발량 수준으로 지하수를 개발 이용 필요
- '경계' 및 '심각' 지역은 해수침투의 내륙확산을 예방하고, 청정 농산물
생산을 위해서 지하수 개발 이용 규제 필요

6.1 2019년 해수침투 관측 결과

- 도서·해안지역 농업용수 관리의 선진기틀을 마련하고자 2019년 12월 31일 현재
전국 9개 광역시·도(제주특별자치도 제외)에 해수침투 관측망 190개소를 설치
하여 연중 상시 운영 중이다.
- 이러한 해수침투 관측망은 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 발생 시 해당 지역 지하수 활용 가능여부 등 수자원의 최적
개발 이용을 도모하기 위해 설치·운영 중이다.

6.1.1. 전기전도도와 식물생육과의 관계 분석

- (표 6-1)은 2019년 전국 해수침투 관측 자료를 정리한 181개소에 대한 결과(2019년 10월 현재 신규 9개소 제외)이다. 해안 지하수를 농작물에 활용 가능하지만 과잉양수를 자제해야 하는 67개소, 물부족 기간에 소량 이용 10개소, 지표수와 1:1~3:1 비율로 혼합이용 14개소, 대부분의 작물에 활용 불가능하며 타 수자원 공급 모색이 필요한 90개소로 나타났다.
- 농경을 비롯하여 가뭄 발생 시에도 활용이 불가능하고, 주변지역에 신규개발도 지양해야 하는 ‘심각’ 지역은 전남이 40개소로 가장 많았으며, 충남 11개소, 경남 9개소, 경기, 전북 8개소, 인천, 강원 각 6개소, 충남 2개소 순으로 나타났다(표 6-1).
- 이러한 원인으로는 농업용수 수요가 높아 과거로부터 지하수 이용량이 상대적으로 높은 경우, 간척지 내에 위치한 지역의 경우 및 주변 수계 발달이 미약하여 지하수 의존도가 높은 경우 등에 해당되는 지역으로 해수침투 확산 가능성이 높기 때문으로 분석된다. 따라서 광역시·도의 해당 시군 지자체에서는 해수침투의 내륙으로의 확산을 방지하고, 청정농산물 생산을 위해서 해당 관측공의 지하수 개발·이용을 규제할 필요가 있다.
- 또한 해수침투가 미약한 지역에서는 현재까지 지하수를 농경에 직접 활용할 수 있는 경우라도 과잉양수로 인한 해수침투 확산의 우려가 있으므로, 지하수 개발 가능량 이하 및 염분상승 모의에 따른 최적 개발량 수준으로 지하수를 개발 이용하여 도서·해안지역 청정 지하수자원을 보전할 수 있어야 한다.
- 6.3 ~ 6.9절에서는 2019년 해수침투 관측 결과에 대하여 광역 시·도별로 정리하였으며, 관측공별 상세 내용은 <부록>에 수록하였다.

<표 6-1> 해수침투 관측망 전기전도도와 식물생육과의 관계(2019.10.31 현재)

구분	정상	주의	경계	삼각
전기전도도 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)
농업용수 이용	정상 이용 (67)	논(수도작)에 만 이용 (10)	지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용 (14)	농업용수 이용불가, 타수자원 이용 (90)
인천(11)	송녀3, 영흥2, 흥왕1, 흥왕2	상방2		길상1, 교동1, 상방1, 송녀1, 송녀2, 영흥1
울산(2)	북구1, 북구2			
경기(18)	대부2, 대부4, 서신1, 서신2, 월곶2, 제부2	문산1, 월곶1	장단1, 포승1	대부1, 시흥1, 오성1, 오성2, 안중1, 제부1, 포승2, 포승3
강원(17)	강현1, 강현2, 근덕1, 대포1, 연곡2, 초구1, 토성1, 토성2, 주문진1	포남1	송정1	근덕2, 근덕3, 연곡1, 조양1, 초당1, 조선1
충남(23)	난지1, 남면2, 서부2, 선도1, 천북1, 팔봉1, 팔봉2	대산2, 선도2	난지2, 대산1, 천북2	근흥1, 근흥2, 남면1, 서부1, 안면1, 안면2, 인주1, 인주2, 인주3, 주교1, 주교2
전북(9)			금평1	내흥1, 내흥2, 대창1, 대창2, 보안1, 변산1, 변산2, 자롱1
전남(57)	갈문1, 나리1, 나리2, 별교2, 손불2, 신기2, 안양2, 연산2, 정도1, 지막2, 진월2, 해룡2	자동2, 평호2	삼호2, 자동1, 화양2	감정1, 감정2, 감정3, 고금1, 고금2, 군곡1, 군곡2, 내사1, 내사2, 당촌1, 마량1, 마량2, 망주1, 망주2, 별교1, 삼호1, 소라1, 소라2, 손불1, 신기1, 신학1, 신학2, 안양1, 연산1, 염산1, 염산2, 오산1, 조성1, 조성2, 지산1, 지산2, 진월1, 평호1, 포두1, 포두2, 해룡1, 화양1, 화흥1, 화흥2, 화흥3
경북(15)	감포1, 감포2, 강구1, 곡강2, 근남1, 병곡1, 평해1, 평해2, 평해3, 하서1, 하서2, 후포1		연일2	곡강1, 연일1
경남(29)	가인2, 갈화1, 감천1, 남양1, 덕호1, 덕호2, 도산1, 도산2, 동해1, 송지2, 수정1, 수정2, 시방2, 악양2, 진북1	도산3, 서상1	갈화2, 사등1, 악양1	가인1, 고전1, 궁항1, 동해2, 서상2, 송지1, 목도1, 목도2, 해운1
가뭇시 지하수 활용	활용가능	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 지하수위 저하는 육지 대수층에서 해안 대수층으로 담지하수 배출량의 감소 추세를, 전기전도도 증가는 해수침투 확산에 따른 수질 악화 추세를 각각 지시한다.
- (표 6-2)에는 전국 해수침투 관측망의 장기관측 자료의 추세를 분석하여 지하수위 저하, 전기전도도 상승을 나타낸 관정을 기록하였다. 각 관측정 설치 시점부터 전년도까지 평균 지하수위, 전기전도도를 기준으로 2019년 지하수위, 전기전도도 변화를 구분하였다. 전기전도도를 2지점 관측하는 관측소는 담수/해수 전이대에 위치하는 EC2 센서를 기준으로 구분하였다. 전기전도도 변화는 설치년도부터 전년도까지 평균 전기전도도가 발작물에 관개 가능한 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상인 관측소에서 전년도까지 평균값에서 2019년 관측값의 변화량이 각각 10%, 10~17.5%, 17.5~25%, 25% 이상의 네 구간으로 나누어 (표 6-2)와 같이 판정하였다. 지하수위가 증가하거나, 전기전도도가 감소하는 관측정은 추세 변화에서 제외하였다.
- 관측자료가 확보된 181개소 시설관측공 중 114개 관측공에서 지하수위 저하, 전기전도도 증가가 관찰되었다. 광역시·도별로는 인천 5개소, 울산 1개소, 경기 6개소, 강원 12개소, 충남 18개소, 전북 8개소, 전남 37개소, 경북 12개소, 경남 15개소로 분류된다.
- 변화 양상으로는 지하수위 저하 추세만 관측되는 54개소, 전기전도도 증가 추세만 관측되는 30개소, 지하수위 저하 추세와 전기전도도 증가 추세가 동시에 관측되는 20개소로 구분된다.
 - 지하수위 저하 : 54개소(29.8%)
 - 전기전도도 증가 : 30개소(16.6%)
 - 지하수위 저하 및 전기전도도 증가 : 20개소(11.0%)

<표 6-2> 장기관측 자료의 추세변화가 발견되는 관측공

시도 (개소)	관측공	지하수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)			
		< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <
계	181								
인천 (11)	길상1								
	교동1								
	상방1						○		
	상방2								
	승뇌1								○
	승뇌2							○	
	승뇌3								
	영흥1							○	
	영흥2								
	홍왕1			○					
	홍왕2								
울산 (2)	북구1						○		
	북구2								
경기 (18)	대부1			○					○
	대부2								
	대부4								
	문산1								
	서신1								
	서신2		○						
	시흥1								
	오성1								
	오성2								
	월곶1						○		
	월곶2								
	안중1								
	장단1								
	제부1								○
	제부2								
	포승1								○
	포승2							○	
	포승3								

<표 6-2> (계속)

시도 (개소)	관측공	지하수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{year}$) (구간 < 1,000, 1000~3,000, > 3,000)			
		< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <
강원 (17)	강현1								
	강현2								
	근덕1								
	근덕2							○	
	근덕3								
	대포1					○			
	송정1	○							
	연곡1	○						○	
	연곡2								
	조양1	○							
	초구1	○							
	초당1	○							
	토성1	○							
	토성2		○						
	포남1								○
	주문진1	○							
	조산1	○				○			
충남 (23)	근흥1	○					○		
	근흥2	○							
	난지1								
	난지2			○					○
	남면1		○			○			
	남면2		○						
	대산1	○							
	대산2	○							
	서부1								
	서부2	○							
	선도1			○					
	선도2	○				○			
안면1	○				○				
안면2					○				

<표 6-2> (계속)

시도 (개소)	관측공	지하수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)			
		< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <
충청남 (23)	인주1	○							
	인주2	○				○			
	인주3	○				○			
	주교1	○							
	주교2								
	천북1	○							
	천북2								
	팔봉1	○							
	팔봉2		○						
전북 (9)	금평1	○							○
	내흥1	○							
	내흥2					○			
	대창1		○			○			
	대창2	○							
	보안1					○			
	변산1								
	변산2	○							
	자룡1								○
전남 (57)	갈문1								
	감정1	○							
	감정2								
	감정3					○			
	고금1	○				○			
	고금2	○							
	군곡1								○
	군곡2								○
	나리1	○							
	나리2		○						
	내사1	○							
	내사2								
	당촌1					○			
	마량1	○							

<표 6-2> (계속)

시도 (개소)	관측공	지하수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)			
		< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <
전남 (57)	마량2								
	망주1								
	망주2	○							
	별교1	○							
	별교2								
	삼호1	○				○			
	삼호2								
	소라1	○				○			
	소라2								
	손불1		○						
	손불2								
	신기1								○
	신기2								
	신학1					○			
	신학2								
	안양1								
	안양2								
	연산1								
	연산2								
	염산1								
	염산2					○			
	오산1	○							
	자동1		○						
	자동2	○							○
	정도1								
	조성1					○			
	조성2								

<표 6-2> (계속)

시도 (개소)	관측공	지하수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
		< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <
전남 (57)	지막2								
	지산1	○						○	
	지산2					○			
	진월1	○							
	진월2	○							
	평호1		○						
	평호2				○		○		
	포두1					○			
	포두2					○			
	해룡1	○				○			
	해룡2				○				
	화양1								
	화양2					○			
	화흥1	○							
	화흥2	○							
화흥3								○	
경북 (15)	감포1	○							
	감포2								
	강구1								
	곡강1	○							
	곡강2		○						
	근남1					○			
	병곡1	○							
	연일1	○				○			
	연일2	○							
	평해1	○							
	평해2	○							
	평해3								
	하서1	○							
	하서2	○				○			
	후포1	○							

<표 6-2> (계속)

시도 (개소)	관측공	지하수위 저하(m)				전기전도도 증가($\mu\text{S/cm}$)			
		< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <
경남 (29)	가인1						○		
	가인2								
	갈화1								
	갈화2	○				○			
	감천1	○							
	고전1	○							○
	공항1	○							
	남양1								
	덕호1				○				
	덕호2		○						
	도산1	○							
	도산2								
	도산3								
	동해1								
	동해2								
	사등1								
	서상1					○			
	서상2	○							○
	송지1	○						○	
	송지2								
	수정1								
	수정2	○							
	시방2								
	악양1		○						○
	악양2								
	진북1								
	목도1								○
	목도2			○			○		
	해운1								

6.1.3. 농어촌지하수관리 단계 도입 결과

- 농어촌지하수관리 단계인 ‘관심-주의-경계-심각’ 을 도입하여, 총 181개 관측공 주변 지하수를 구분한 결과, 총 181개 기설 관측공에서 전기전도도가 높거나, 지하수위 저하, 전기전도 증가 현상이 관측되었다. 181개 관측공 중 관심 55개소(30%), 주의 15개소(8%), 경계 12개소(7%) 및 심각 99개소(55%)로 나타났다(표 6-3).
- 지역별로는 전남이 57개소로 가장 많으며, 경남 29개소, 충남 23개소, 경기 18개소, 강원 17개소, 경북 15개소, 인천 11개소, 전북 9개소 그리고 울산 2개소 순으로 구분된다.
 - 인천 : 관심 3개소, 주의 1개소, 경계 1개소, 심각 6개소
 - 울산 : 관심 1개소, 주의 1개소 · 전북 : 심각 9개소
 - 경기 : 관심 5개소, 주의 3개소, 경계 1개소, 심각 9개소
 - 강원 : 관심 8개소, 주의 1개소, 경계 1개소, 심각 7개소
 - 충남 : 관심 4개소, 주의 4개소, 경계 3개소, 심각 12개소
 - 전남 : 관심 10개소, 주의 1개소, 경계 3개소, 심각 43개소
 - 경북 : 관심 11개소, 주의 1개소, 경계 1개소, 심각 2개소
 - 경남 : 관심 13개소, 주의 3개소, 경계 2개소, 심각 11개소
- ‘관심’ 지역인 경우, 관측공 주변 염도가 낮은 지하수의 전기전도도가 증가 추세에 있거나 수위저하가 관측되는 관측공으로 일시적인 현상인지, 주기적인 현상인지에 대한 꾸준한 관측이 필요하다.
- ‘주의’ 및 ‘경계’ 지역인 경우, 관측공 주변 지하수 이용 시 양수량은 현재 이용량보다 낮은 수준으로 운용해서 해수침투 확산 방지 필요가 있다. 답작을 위한 지하수 이용 시에는 주변 하천수·저수지와 1:1로 혼합하여 이용하여야 한다. 그러나 염분에 예민한 작물에는 활용이 불가능하다.
- ‘심각’ 지역은, 해안대수층이 대부분 해수로 포화되어 지하수의 전기전도도가 높기 때문에, 지하수를 농어업용 목적으로 이용이 불가능하다. 이에 따라 지하수 수질 악화 및 수량 부족으로 관측공 주변 지하수 이용을 자제하고 타 수자원을 이용하는 방안을 수립할 필요가 있다.

<표 6-3> 농어촌지하수관리 단계 기준 적용 결과

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <		
계	181개소						
인천 (11)	길상1				염도과다	심각	
	교동1				염도과다	심각	
	상방1		전도도증가		염도과다	심각	
	상방2		염도과다			주의	
	송뇌1				염도, 전도도	심각	
	송뇌2			전도도증가	염도과다	심각	
	송뇌3	염도과다				관심	
	영흥1			전도도증가	염도과다	심각	
	영흥2	염도과다				관심	
	흥왕1	염도과다		수위감소		경계	
	흥왕2	염도과다				관심	
울산 (2)	북구1	염도과다	전도도증가			주의	
	북구2	염도과다				관심	
경기 (18)	대부1			수위감소	염도, 전도도	심각	
	대부2	염도과다				관심	
	대부4	염도과다				관심	
	문산1		염도과다			주의	
	서신1	염도과다				관심	
	서신2	염도과다	수위감소			주의	
	시흥1				염도과다	심각	
	오성1				염도과다	심각	
	오성2				염도과다	심각	
	월곶1		염도, 전도도			주의	
	월곶2	염도과다				관심	

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <		
계	181개소						
경기 (18)	안중1				염도과다	심각	
	장단1			염도과다		경계	
	제부1				염도, 전도도	심각	
	제부2	염도과다				관심	
	포승1			염도과다	전도도증가	심각	
	포승2			전도도증가	염도과다	심각	
	포승3				염도과다	심각	
강원 (17)	강현1	염도과다				관심	
	강현2	염도과다				관심	
	근덕1	염도과다				관심	
	근덕2			전도도증가	염도과다	심각	
	근덕3				염도과다	심각	
	대포1	염도, 전도도				관심	
	송정1	수위감소		염도과다		경계	
	연곡1	수위감소		전도도증가	염도과다	심각	
	연곡2	염도과다				관심	
	조양1	수위감소			염도과다	심각	
	초구1	염도, 수위				관심	
	초당1	수위감소			염도과다	심각	
	토성1	염도, 수위				관심	
	토성2	염도과다	수위감소			주의	
	포남1		염도과다		전도도증가	심각	
주문진1	염도, 수위				관심		
조산1	수위, 전도도				염도과다	심각	

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <		
계	181개소						
충남 (23)	근흥1	수위감소	전도도증가		염도과다	심각	
	근흥2	수위감소			염도과다	심각	
	난지1	염도과다				관심	
	난지2			염도, 수위	전도도증가	심각	
	남면1	전도도증가	수위감소		염도과다	심각	
	남면2	염도과다	수위감소			주의	
	대산1	수위감소		염도과다		경계	
	대산2	수위감소	염도과다			주의	
	서부1				염도과다	심각	
	서부2	염도, 수위				관심	
	선도1	염도과다		수위감소		경계	
	선도2	수위, 전도도	염도과다			주의	
	안면1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	안면2	전도도증가			염도과다	심각	
	인주1	수위감소			염도과다	심각	
	인주2	수위, 전도도			염도과다	심각	
	인주3	수위, 전도도			염도과다	심각	
	주교1	수위감소			염도과다	심각	
	주교2				염도과다	심각	
	천북1	염도, 수위				관심	
	천북2			염도과다		경계	
	팔봉1	염도과다				관심	
	팔봉2	염도과다	수위감소			주의	

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)	
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <	
계	181개소					
전북 (9)	금평1	수위감소		염도과다	전도도증가	심각
	내흥1	수위감소			염도과다	심각
	내흥2	전도도증가			염도과다	심각
	대창1	전도도증가	수위감소		염도과다	심각
	대창2	수위감소			염도과다	심각
	보안1	전도도증가			염도과다	심각
	변산1				염도과다	심각
	변산2	수위감소			염도과다	심각
	자룡1				염도, 전도도	심각
전남 (57)	갈문1	염도과다				관심
	감정1	수위감소			염도과다	심각
	감정2				염도과다	심각
	감정3	전도도증가			염도과다	심각
	고금1	수위, 전도도			염도과다	심각
	고금2	수위감소			염도과다	심각
	군곡1				염도, 전도도	심각
	군곡2				염도, 전도도	심각
	나리1	염도, 수위				관심
	나리2	염도과다	수위감소			주의
	내사1	수위감소			염도과다	심각
	내사2				염도과다	심각
	당촌1	전도도증가			염도과다	심각
	마량1	수위감소			염도과다	심각

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)	
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <	
계	181개소					
전남 (57)	마량2				염도과다	심각
	망주1				염도과다	심각
	망주2	수위감소			염도과다	심각
	별교1	수위감소			염도과다	심각
	별교2	염도과다				관심
	삼호1	수위, 전도도			염도과다	심각
	삼호2			염도과다		경계
	소라1	수위, 전도도			염도과다	심각
	소라2				염도과다	심각
	손불1		수위감소		염도과다	심각
	손불2	염도과다				관심
	신기1				염도, 전도도	심각
	신기2	염도과다				관심
	신학1	전도도증가			염도과다	심각
	신학2				염도과다	심각
	안양1				염도과다	심각
	안양2	염도과다				관심
	연산1				염도과다	심각
	연산2	염도과다				관심
	염산1				염도과다	심각
염산2	전도도증가			염도과다	심각	
오산1	수위감소			염도과다	심각	

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정	
	전기전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <		
계	181개소						
전남 (57)	자동1		수위감소	염도과다		경계	
	자동2	수위감소	염도과다		전도도증가	심각	
	정도1	염도과다				관심	
	조성1	전도도증가			염도과다	심각	
	조성2				염도과다	심각	
	지막2	염도과다				관심	
	지산1	수위감소		전도도증가	염도과다	심각	
	지산2	전도도증가			염도과다	심각	
	진월1	수위감소			염도과다	심각	
	진월2	염도, 수위				관심	
	평호1		수위감소		염도과다	심각	
	평호2		염도, 전도도		수위감소	심각	
	포두1	전도도증가			염도과다	심각	
	포두2	전도도증가			염도과다	심각	
	해룡1	수위, 전도도			염도과다	심각	
	해룡2	염도과다			수위감소	심각	
	화양1				염도과다	심각	
	화양2	전도도증가		염도과다		경계	
	화흥1	수위감소			염도과다	심각	
	화흥2	수위감소			염도과다	심각	
화흥3				염도, 전도도	심각		

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	관정
	전기전도도($\mu S/cm$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)	
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <	
	전기전도도 증가($\mu S/cm$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <	
계	181개소					
경북 (15)	감포1	염도, 수위				관심
	감포2	염도과다				관심
	강구1	염도과다				관심
	곡강1	수위감소			염도과다	심각
	곡강2	염도과다	수위감소			주의
	근남1	염도, 전도도				관심
	병곡1	염도, 수위				관심
	연일1	수위, 전도도			염도과다	심각
	연일2	수위감소		염도과다		경계
	평해1	염도, 수위				관심
	평해2	염도, 수위				관심
	평해3	염도과다				관심
	하서1	염도, 수위				관심
	하서2	염도, 수위 전도도				관심
	후포1	염도, 수위				관심
경남 (29)	가인1			전도도증가	염도과다	심각
	가인2	염도과다				관심
	갈화1	염도과다				관심
	갈화2	수위, 전도도		염도과다		경계
	감천1	염도, 수위				관심
	고전1	수위감소			염도, 전도도	심각
	궁항1	수위감소			염도과다	심각
	남양1	염도과다				관심
	덕호1	염도과다			수위감소	심각
	덕호2	염도과다	수위감소			주의

<표 6-3> 계속

시도 (개소)	구분	관심	주의	경계	심각	판정	
	전기전도도($\mu S/cm$) (염도, %)	0~700 (0~0.045)	700~1,000 (0.045~0.064)	1,000~3,000 (0.064~0.192)	3,000 이상 (0.192 이상)		
	지하수위 저하(m)	< 1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0 <		
	전기전도도 증가($\mu S/cm$)	< 10%	10~17.5%	17.5~25%	25% <		
계	181개소						
경남 (29)	도산1	염도, 수위				관심	
	도산2	염도과다				관심	
	도산3	염도과다				주의	
	동해1	염도과다				관심	
	동해2	염도과다				심각	
	사등1	염도과다				경계	
	서상1	전도도증가	염도과다			주의	
	서상2	수위감소	염도, 전도도			심각	
	송지1	수위감소	전도도증가	염도과다		심각	
	송지2	염도과다				관심	
	수정1	염도과다				관심	
	수정2	염도, 수위				관심	
	시방2	염도과다				관심	
	악양1	수위감소	염도과다	전도도증가		심각	
	악양2	염도과다				관심	
	진북1	염도과다				관심	
	목도1	염도, 전도도				심각	
	목도2	전도도증가	수위감소	염도과다		심각	
	해운1	염도과다				심각	

6.2 담·염수 경계면 분석

6.2.1. 분석 필요성

가. 해안 지하수의 수질 취약성

- 도서·해안지역은 적정 양수량을 초과하는 지하수 개발·이용 시, 대수층 내 담·염수 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, 공내 검층으로 관측공 수리물리 특성(전기 전도도, 수온 등) 확인
- 수리물리 특성값을 이용한 담·염수 경계면 심도 확인
- 대수성 시험 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 관측망을 이용한 담·염수 경계면 심도 분석

- 해안거리에 따른 담·염수 경계면 심도가 전형적인 지역
- 함양지에 인접하여 담·염수 경계면 심도가 함양의 직접 영향 지역
- 해안유출 지하수의 영향으로 담·염수 경계면 심도가 깊어지는 지역

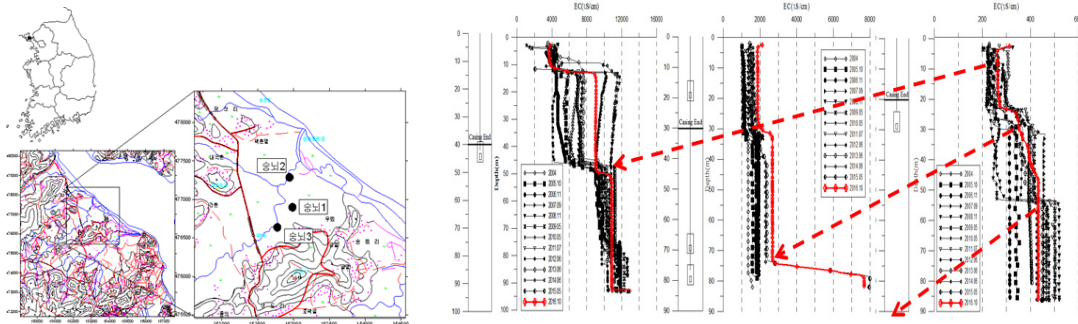
나. 관측자료를 이용한 담·염수 경계면 이동 분석

- 관측공 주변 지하수의 농작물 공급 시 위해 여부 분석

6.2.3. 분석 결과

가. 해안거리에 따른 담·염수 경계면의 전형적 심도 변화

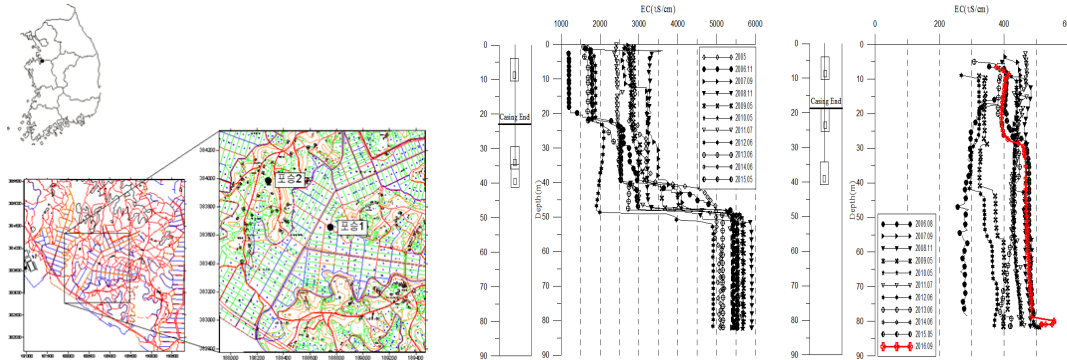
- 강화 승뇌 분석 사례
 - 해안거리 : 550 m(승뇌2), 830 m(승뇌1), 1,180 m(승뇌3)
 - 해안에서 멀어질 수록 담염수 경계면 심도가 비례적으로 깊어지는 전형적인 도서해안 대수층 : 3개 순차적 전이대 생성
 - 해안으로부터 약 1.2 km 내륙에서는 50 m 이내 천부지하수를 답작에 이용가능 (원예작 등 이용불가)
- 유사지역 : (아산)인주, (태안)근흥, (군산)내흥, (영광)지산, (남해)가인, (하동)하동, (진도)신기, (해남)평호, (경남고성)동해



<그림 6-1> 승뇌지역(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)

나. 함양지에 인접하여 경계면이 함양의 직접영향

- 평택 포승 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 직접 영향으로 담·염수 경계면 심도 깊어짐
 - 포승2 관측공 주변 지하수는 전답에 직접 이용 가능
- 유사지역 : (안산)영흥, (광양)진월, (여수)화양



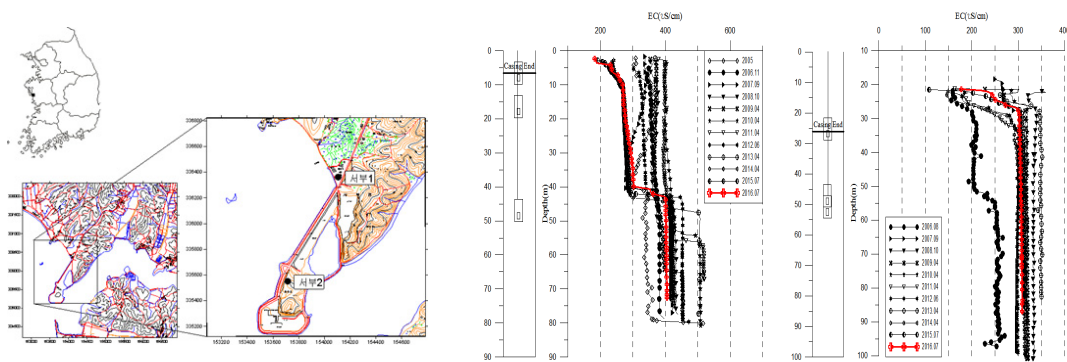
<그림 6-2> 포승지역(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)

다. 해안유출 지하수의 영향으로 심도 증가

○ 홍성 서부 분석 사례

- 해안거리 : 40 m(서부1), 70 m(서부2)
- 두 관측공은 해안거리가 100 m 이내로, 해수침투 관측망 중 해안에 최인접 관측공 중 하나이나, 전기전도도는 담수 영역(300 ~ 400 µS/cm 내외)
- 서해안 해안유출 지하수의 영향으로 추정
- 서부지역 지하수는 전담에 직접이용 가능

○ 유사지역 : (서산)팔봉, (서천)선도, (거제)덕호, (창원)남양

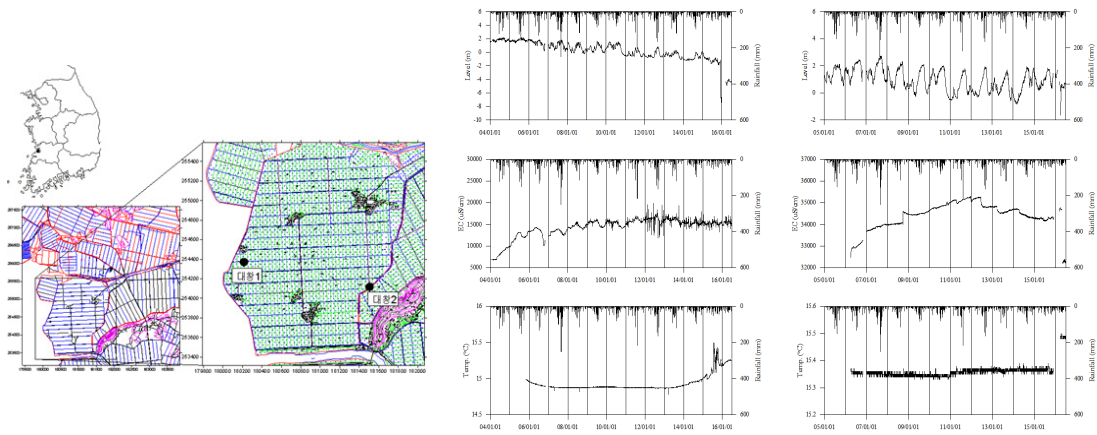


<그림 6-3> 서부지역(좌) 담염수 경계면 분석사례(우)

라. 기타 : 간척에 의해 지하수위 감소

○ 김제 대창 분석 사례

- 김제 대창지역은 새만금 방조제 내륙측에 위치
- 방조제 건설 후 내수위면 조절로 인해 지하수위 감소가 관측됨
- 간척지 완공까지 꾸준히 지하수위 감소 전망



<그림 6-4> 대창지역(좌) 지하수위 감소 분석(우)

6.3 인천광역시



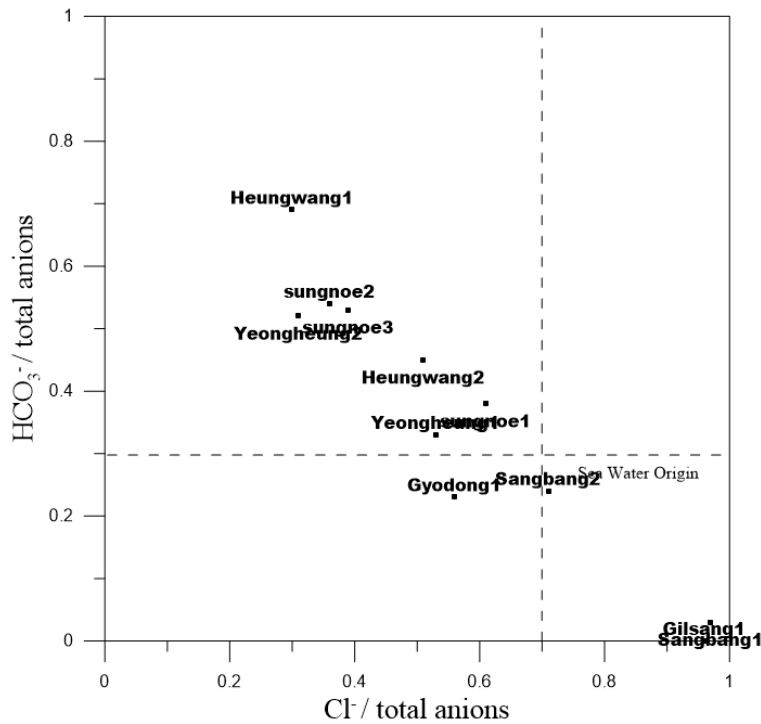
<그림 6-5> 인천광역시 관측망 설치현황

6.3.1. 설치운영 현황 : 2시군 내 11개소의 관측공 설치 운영 중

6.3.2. 시·군 별 관측공 수

개소	강화					옹진
11	송년1 송년2 송년3	홍왕1 홍왕2	상방1 상방2	교동1	길상1	영흥1 영흥2

6.3.3. 관측결과



<그림 6-6> 인천광역시 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적 측면에서 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산(HCO₃) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl) 이온이 풍부하다.
- 중탄산(HCO₃) 이온과 염소(Cl) 이온의 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로, 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.
- 인천광역시의 경우, 3개소 관측공(상방1, 상방2, 길상1) 주변 지하수에서 염소 이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나 해수침투에 직접 영향을 받은 것으로 정리할 수 있으며, 또한 농어업에 직접 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

6.4 울산광역시



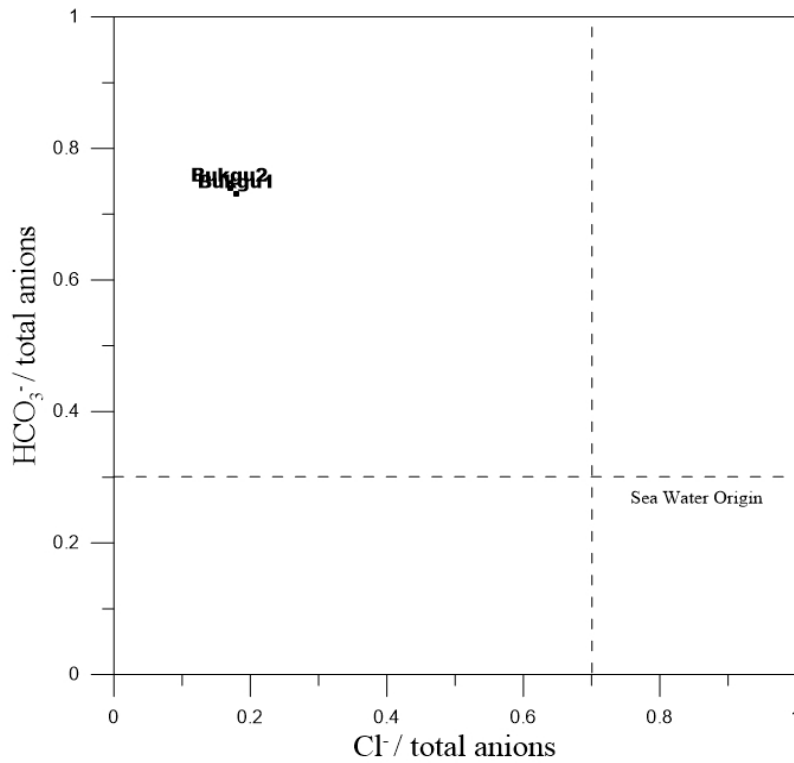
<그림 6-7> 울산광역시 관측망 설치현황

6.4.1. 설치운영 현황 : 1개 구청에 총 2개소 관측공 설치 운영 중

6.4.2. 시·군 별 관측공 수

개소	북구
2	북구1 북구2

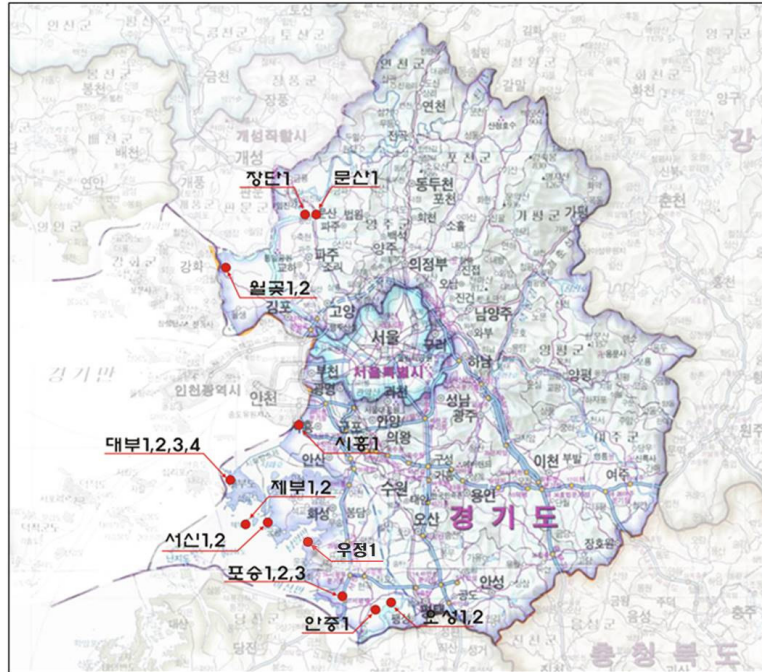
6.4.3. 관측결과



<그림 6-8> 울산광역시 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적 측면에서 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산(HCO₃) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl) 이온이 풍부하다.
- 중탄산(HCO₃) 이온과 염소(Cl) 이온의 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로도, 도서·해안지역 지하수의 해수침투 발생여부를 확인할 수 있다(그림 6-8).
 - 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.
- 울산광역시의 경우, 2개소 관측공(북구1, 북구2) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이하, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이상으로 나타나, 해수침투가 발생하지 않은 것으로 추정된다.

6.5 경기도



<그림 6-9> 경기도 관측망 설치현황

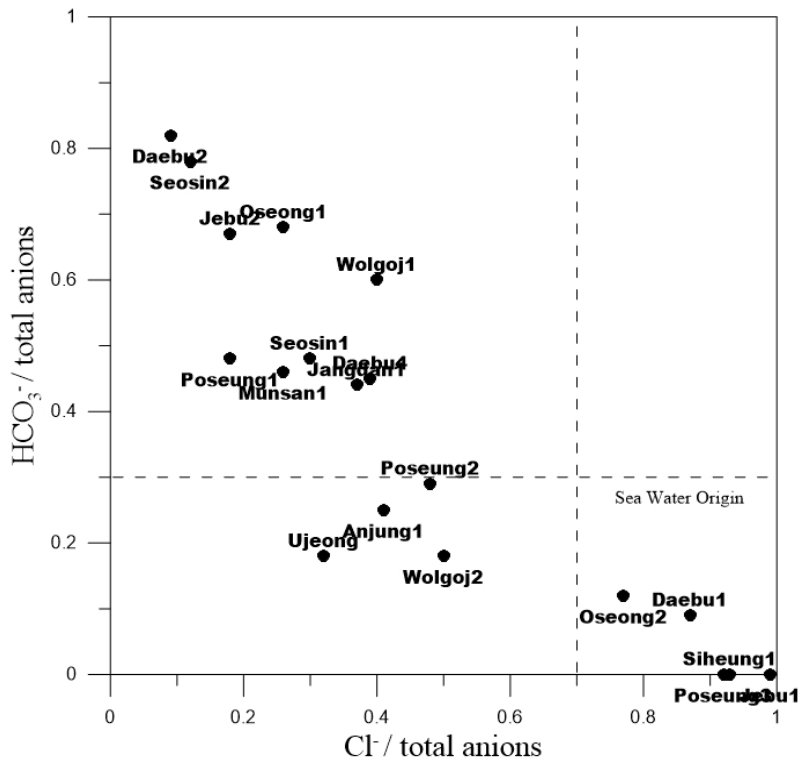
6.5.1. 설치운영 현황 : 6시군 내 19개소의 관측공 설치 운영 중

6.5.2. 시·군 별 관측공 수

개소	안산	화성	평택	시흥	김포	파주
19	대부1 대부2 대부4	서신1 서신2 제부1 제부2	포승1 포승2 포승3 오성1 오성2	안중1 시흥1	월곶1 월곶2	장단1 문산1

* 우정1 관측정은 2019년 신규 설치

6.5.3. 관측결과



<그림 6-10> 경기도 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적 측면에서 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산(HCO₃) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl) 이온이 풍부하다.
- 중탄산(HCO₃) 이온과 염소(Cl) 이온의 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로도, 도서·해안지역 지하수의 해수침투 발생여부를 확인할 수 있다(그림 6-10).
 - 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.
- 경기도의 경우, 5개소 관측공(대부1, 시흥1, 오성2, 제부1, 포승3) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타났다.

6.6 강원도



<그림 6-11> 강원도 관측망 설치현황

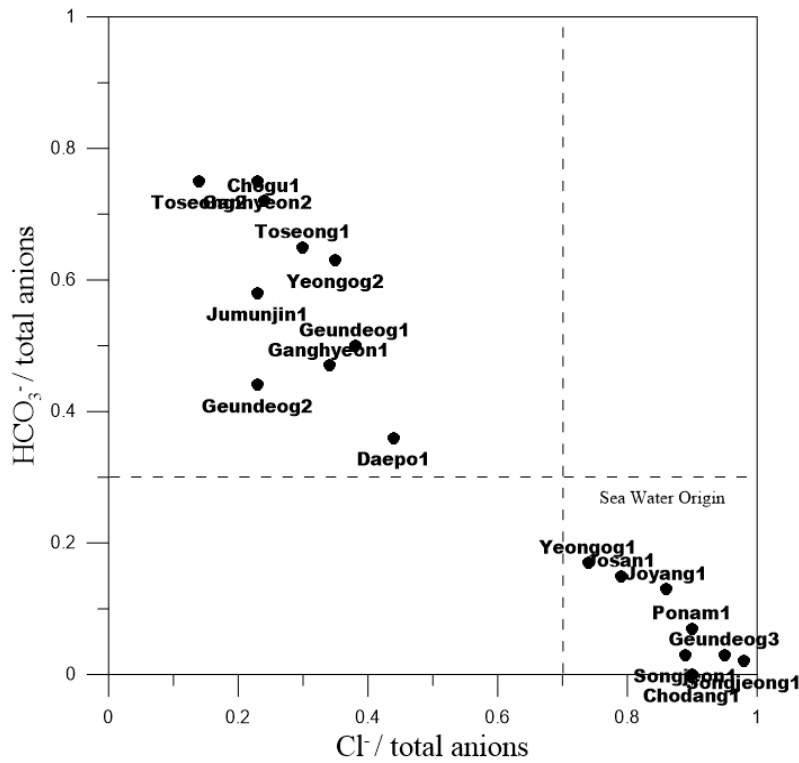
6.6.1. 설치운영 현황 : 총 6시군 내 18개소의 관측공 설치 운영 중

6.6.2. 시·군 별 관측공 수

개소	강릉				고성		삼척
18	연곡1	초당1	포남1	주문진1	토성1	양양	근덕1
	연곡2				토성2		근덕2
	속초	동해	근덕3				
	조양1	대포1	조구1	송정1	강현1	조산1	송전1
					강현2		

* 송전1 관측정은 2019년 신규 설치

6.6.3. 관측결과



<그림 6-12> 강원도 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적인 측면에서 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산 (HCO_3) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl) 이온이 풍부하다.
- 중탄산(HCO_3) 이온과 염소(Cl) 이온의 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로도, 도서·해안지역 지하수의 해수침투 발생여부를 확인할 수 있다(그림 6-12).
- 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.
- 강원도의 경우, 8개소 관측공(연곡1, 조양1, 송정1, 근덕3, 초당1, 포남1, 조산1, 송전1)조 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

6.7 충청남도



<그림 6-13> 충청남도 관측망 설치현황

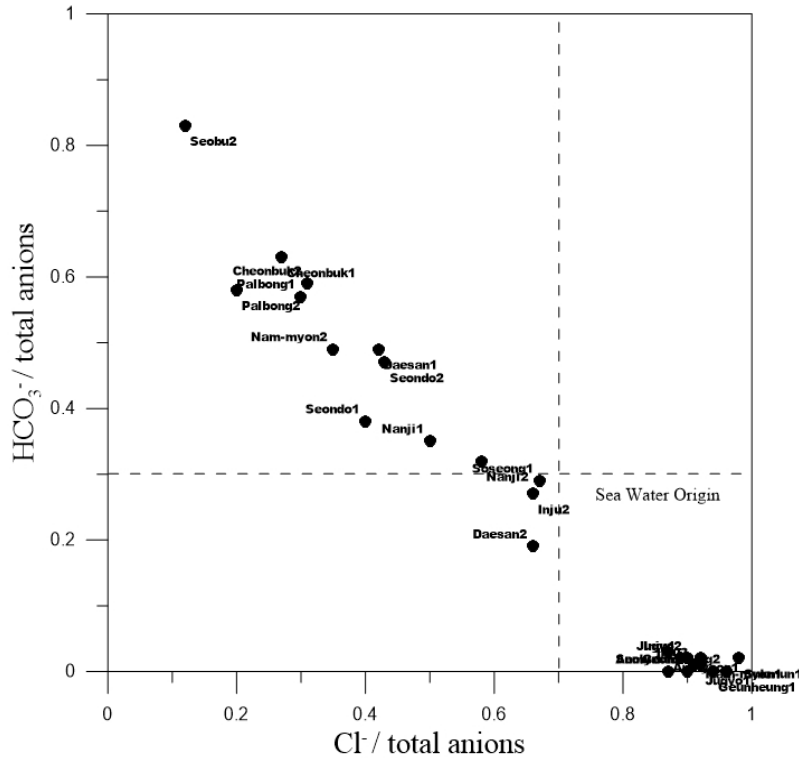
6.7.1. 설치운영 현황 : 총 7시군 내 25개소의 관측공이 설치 운영 중

6.7.2. 시·군 별 관측공 수

계	당진		서산		보령		
25	난지1 난지2	석문1	팔봉1 팔봉2	대산1 대산2	주교1 주교2	소성1	천북1 천북2
	홍성	서천	아산	태안			
	서부1 서부2	선도1 선도2	인주1 인주2 인주3	근홍1 근홍2	남면1 남면2	안면1 안면2	

* 소성1, 석문1 관측정은 2019년 신규 설치

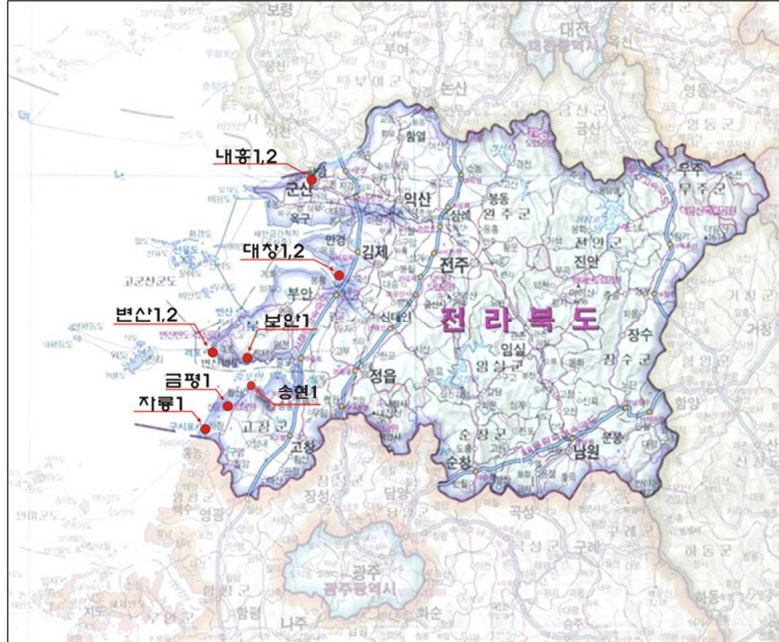
6.7.3. 관측결과



<그림 6-14> 충청남도 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적인 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 6-14).
 - 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.
- 충청남도의 경우, 11개소 관측공(서부1, 인주1, 인주3, 근흥1, 근흥2, 남면1, 주교1, 주교2, 안면1, 안면2, 석문1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타났다.

6.8 전라북도



<그림 6-15> 전라북도 관측망 설치현황

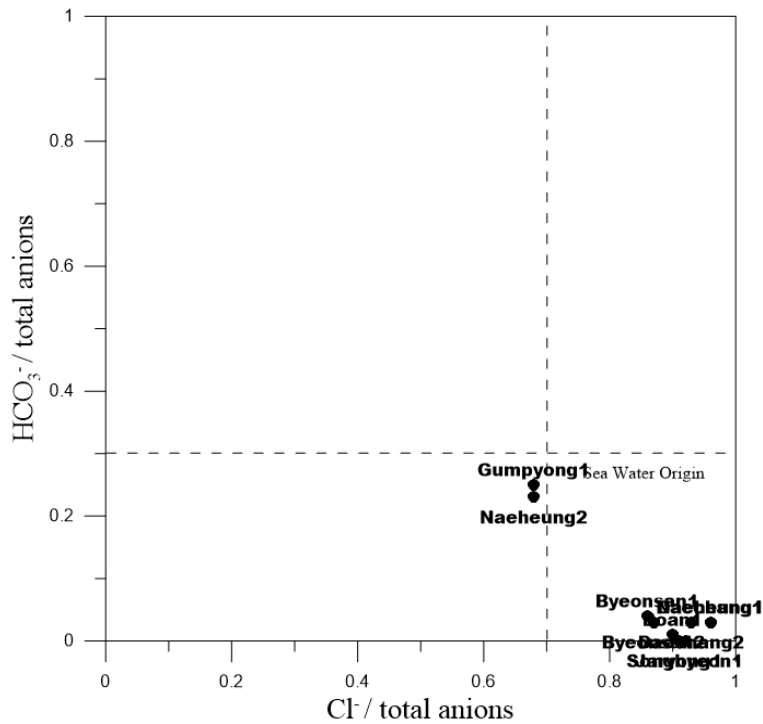
6.8.1. 설치운영 현황 : 총 4시군 10개소 관측공 설치 운영 중

6.8.2. 시·군 별 관측공 수

개소	김제	부안			고창		군산
10	대창1 대창2	변산1 변산2	보안1	송현1	자룡1	금평1	내흥1 내흥2

* 송현1 관측정은 2019년 신규 설치

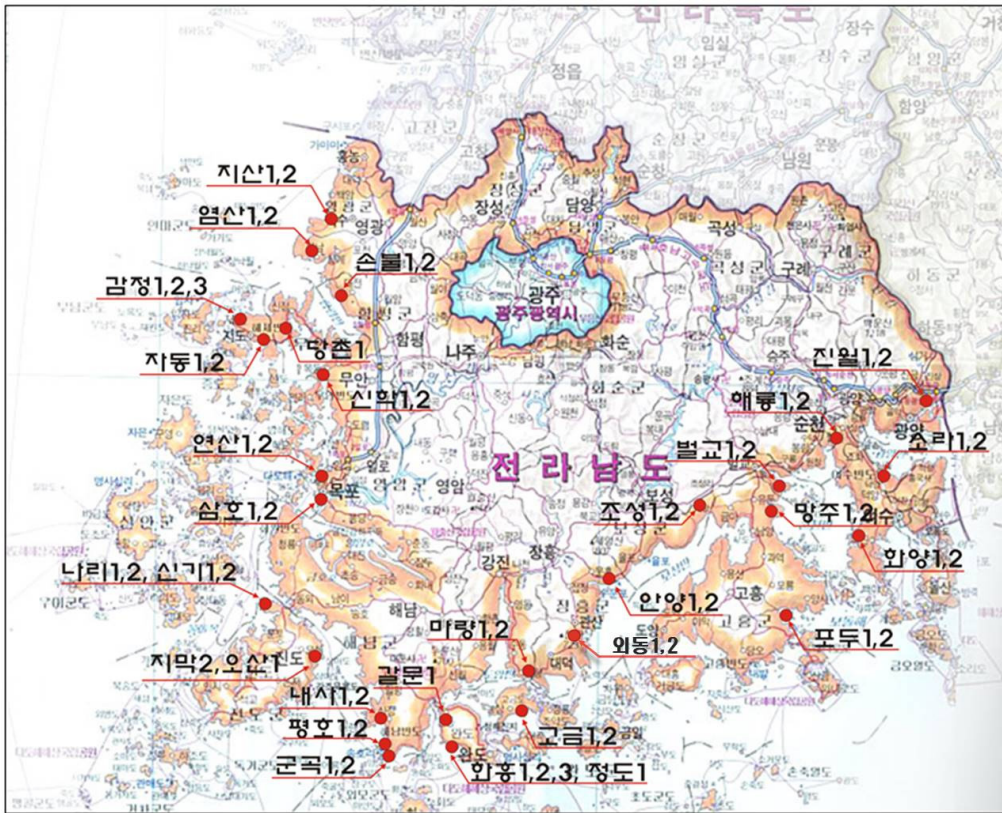
6.8.3. 관측결과



<그림 6-16> 전라북도 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적 측면에서 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산 (HCO_3^-) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl^-) 이온이 풍부하다.
- 따라서 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로도, 도서·해안지역 지하수의 해수 침투 발생여부를 확인할 수 있다(그림 6-16).
 - 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.
- 전라북도의 경우, 금평1, 내흥2 관측공을 제외한 8개소 관측공(대창1, 대창2, 내흥1, 자룡1, 변산1, 변산2, 보안1, 송현1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수침투가 발생한 것으로 추정된다.

6.9 전라남도



<그림 6-17> 전라남도 관측망 설치현황

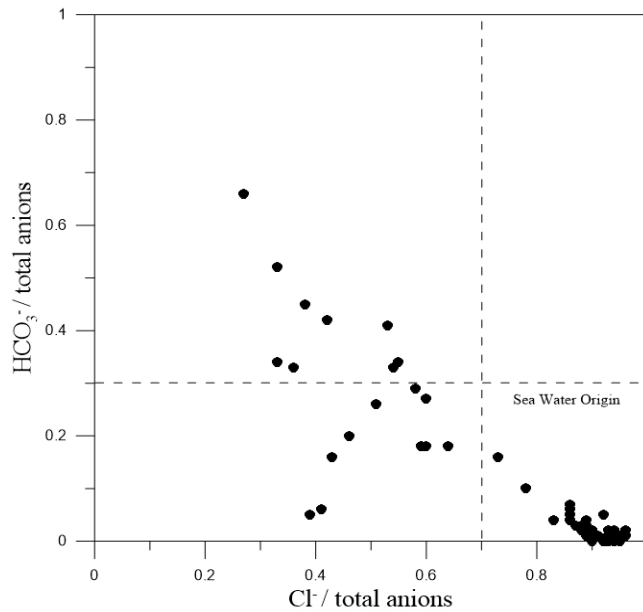
6.9.1. 설치운영 현황 : 총 16시군 내 59개소 관측공 설치 운영 중

6.9.2. 시·군 별 관측공 수

계	합평	신안			진도			목포			해남			완도								
59	손불1	당촌1	자동1	감정1	나리1	신기1	지막1	연산1	내사1	군곡1	평호1	화홍1		고금1	갈문1							
	자동2		감정2	나리2								신기2	오산			연산2	내사2	군곡2	평호2	화홍2	정도1	고금2
	감정3																					
	장흥	영암	광양	순천	여수	영광	무안	강진	고흥	보성												
	안양1	외동1	삼호1	진월1	해룡1	화양1	소라1	지산1	염산1	신학1	마량1	포두1	남양1	별교1	조성1							
	안양2	외동2	삼호2	진월2	해룡2	화양2	소라2	지산2	염산2	신학2	마량2	포두2	남양2	별교2	조성2							

* 외동1, 외동2 관측정은 2019년 신규 설치

6.9.3. 관측결과



<그림 6-18> 전라남도 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적인 측면에서 일반적으로 육지부의 담지하수에는 중탄산 (HCO_3) 이온이 풍부하고, 해안가의 염지하수에는 염소(Cl) 이온이 풍부하다.
- 따라서 두 가지 이온 함량의 간단한 비율만으로도, 도서·해안지역 지하수의 해수침투 발생여부를 확인할 수 있다(그림 6-18).
 - 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.
- 전라남도의 경우, 손불1 외 40개소 관측공 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타났다.
- 손불1, 당촌1, 자동1, 감정1, 감정2, 감정3, 신기1, 오산1, 화흥1, 화흥2, 화흥3, 고금1, 고금2, 안양1, 진월1, 해룡1, 화양1, 화양2, 소라1, 소라2, 지산1, 신학1, 신학2, 마량1, 마량2, 연산1, 포두1, 포두2, 삼호2, 염산1, 염산2, 망주1, 망주2, 군곡1, 조성1, 조성2, 내사1, 내사2, 외동1, 외동2

6.10 경상북도



<그림 6-19> 경상북도 관측망 설치현황

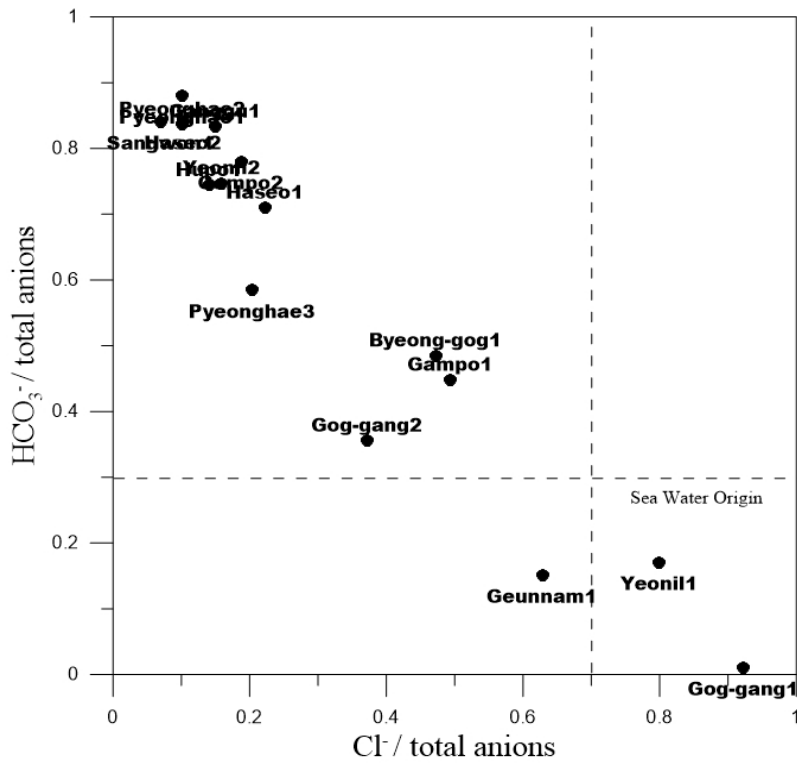
6.10.1. 설치운영 현황 : 총 4시군에 총 16개소의 관측공 설치 운영 중

6.10.2. 시·군 별 관측공 수

개소	울진		포항		영덕			경주	
16	평해1 평해2 평해3	근남1 후포1	곡강1 곡강2	연일1 연일2	강구1	상원1	병곡1	하서1 하서2	감포1 감포2

* 상원1 관측정은 2019년 신규 설치

6.10.3. 관측결과



<그림 6-20> 경상북도 이온분석 결과

- 지하수의 수리화학적인 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 6-20).
 - 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.
- 경상북도의 경우, 2개소 관측공(연일1, 곡강1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타나, 해수 침투가 발생한 것으로 추정된다.

6.11 경상남도



<그림 6-21> 경상남도 관측망 설치현황

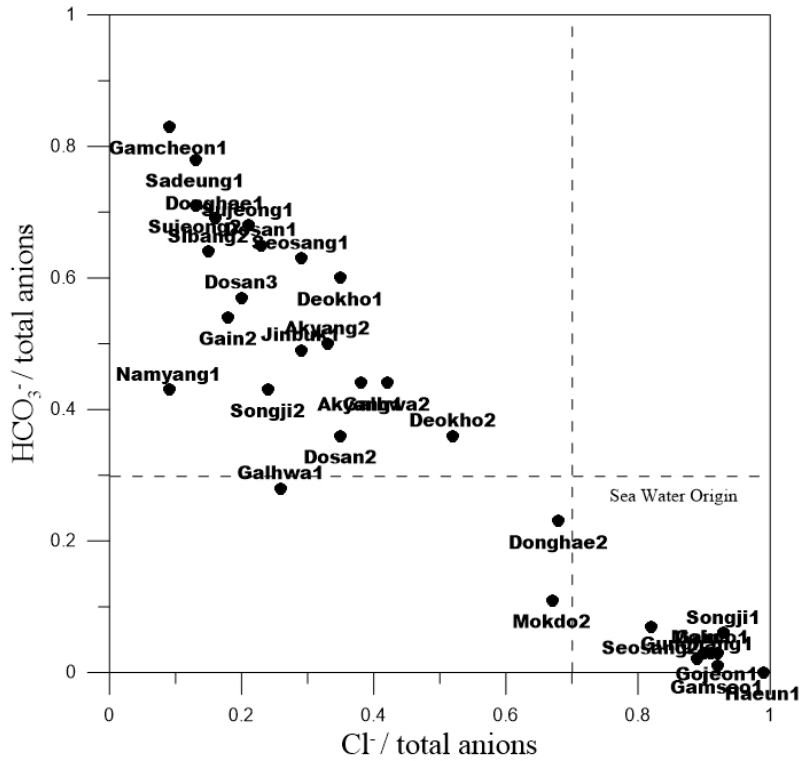
6.11.1. 설치운영 현황 : 총 7개 시군에 30개소 관측공 설치 운영 중

6.11.2. 시·군 별 관측공 수

개소	하동				남해			사천	통영
30	목도1	악양1	고전1	공항1	갈화1	서상1	가인1	송지1	도산1
	목도2	악양2			갈화2	서상2	가인2		송지2	도산2
	거제		고성		창원				
	덕호1	사동1	시방2	동해1	감서1	해운1	수정1	감천1	남양1
	덕호2			동해2						1	수정2	진북1

* 감서1 관측정은 2019년 신규 설치

6.11.3. 관측결과



<그림 6-22> 경상남도 이온분석 결과

- 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 6-22).
- 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.
- 경상남도·울산광역시 의 경우, 8개소 관측공(목도1, 서상2, 가인1, 송지1, 해운1, 고전1, 궁항1, 감서1) 주변 지하수에서 염소이온/총음이온의 몰비가 0.7 이상, 중탄산이온/총음이온 몰비는 0.3 이하로 나타났다.

제7장 농어촌지하수관리 관측망 관측결과 관리기준

■ 관리기준

- 관리기준은 '농업용수 이용', '추세 분석' 및 '연평균 대비 현재값'으로 분류
- '농업용수 이용'은 농작물에 끼치는 영향 고려 및 새로운 기준을 적용하여, 모든 작물에 이용, 논(수도작)에만 이용, 지표수와 1:1로 혼합후 논(수도작)에만 이용, 이용불가로 분류
- '추세 분석' 및 '연평균 대비 현재값'은 지하수자원관리 기준을 적용하여 정상(normal), 주의(watch), 경계(warning), 심각(serious)으로 분류
- 나트륨 흡착율은 토양의 염류화를 방지하기 위하여 관개용수로서의 수질 평가에 이용되고, 내륙의 밭 관개용수로 사용 시 지표로도 활용되므로 지하수 관리사업에서 참고자료로 제시

7.1 관리기준

7.1.1. 개요

- 관리기준은 '농업용수 이용', '추세 분석' 및 '연평균 대비 현재값'으로 분류
- '농업용수 이용'은 농작물에 끼치는 영향을 고려하여, 모든 작물에 이용, 논(수도작)에만 이용, 지표수와 1:1로 혼합후 논(수도작)에만 이용, 이용불가로 분류
- 해수침투조사 및 농촌지하수관리 관측공은 대부분 논 주변에 위치하므로 '농업용수 이용'은 동일 기준의 전기전도도값을 적용
- '추세 분석'은 지하수위 및 전기전도도의 장기적인 경향을 분석하고, '연평균 대비 현재값'은 연평균값과 비교한 현재 상황을 분석
- 또한 '추세 분석' 및 '연평균 대비 현재값'은 지하수자원관리 기준을 적용하여 정상(normal), 주의(watch), 경계(warning), 심각(serious)으로 분류

- 나트륨 흡착율은 토양의 염류화를 방지하기 위하여 관개용수로서의 수질 평가에 이용되고, 내륙의 밭 관개용수로 사용 시 지표로도 활용되므로 지하수관리사업에서 참고자료로 제시
- 수온변화는 대수층 환경변화를 지시하지만, 대부분 변화가 거의 없으므로 참고자료로만 활용

7.1.2. 관리 기준

가. 작물생육과의 관계

농업용수 이용	모든 작물에 이용	논(수도작)에만 이용	지표수와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에 이용	이용불가
전기전도도 ($\mu\text{S/cm}$)	< 700	700 ~ 1,000	1,000 ~ 3,000	> 3,000

나. 추세 분석

구 분	정상 (normal)	주의 (watch)	경계 (warning)	심각 (serious)
지하수위 저하 (m)	< 1.0	1.0~-2.0	2.0~4.0	> 4.0
전기전도도 증가 ($\mu\text{S/cm}$)	< 10%	10%~-17.5%	17.5%~25%	> 25%

- 지하수위 변화
 - 설치이후 전년도까지 지하수위 평균을 계산하여, 당해연도 평균수위가 차이
- 전기전도도 변화
 - 설치이후 전년도까지 전기전도도 평균을 계산하여, 당해연도 평균전기전도도와 차이를 전년도까지 평균의 백분율 범위로 산정

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. Herzberg, 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

과업참여자

○ 총괄책임자

송성호 (농어촌연구원, 수석연구원, 이학박사, 지질 및 지반기술사)

○ 과업참여자

이규상 (농어촌연구원, 책임연구원, 공학박사, 토양환경기사)

용환호 (농어촌연구원, 책임연구원, 이학박사, 응용지질기사)

정찬덕 (농어촌연구원, 주임연구원, 공학박사, 응용지질기사)

이병선 (농어촌연구원, 주임연구원, 공학박사, 지질 및 지반기술사)

명우호 (농어촌연구원, 주임연구원, 이학석사, 응용지질기사)

박중환 (농어촌연구원, 연구원, 토목기사, 건설재료시험기사)

○ 과업검토자

유전용 (농어촌연구원, 연구원장)

최강원 (농어촌연구원, 연구실장, 이학박사)

2019 해수침투조사 보고서

부 록

부록 1 해수침투 관측망 설치내역

부록1. 해수침투 관측망 설치내역 총괄(1998 ~ 2019)

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 (10)	강화 (8)	송해	1998	송뇌	송뇌1(구)	80	65	65	-	CDMA	1회/60분	
			2004		송뇌1(신)	82	20	70	80	CDMA	1회/60분	
			1998		송뇌2	94	45	45	-	CDMA	1회/60분	
			1999		송뇌3	137	30	30	-	CDMA	1회/60분	
	화도	홍왕	2000	홍왕	홍왕1(구)	120	19	19	-	유선	1회/시간	
			2009		홍왕1(신)	56	15	40	-	CDMA	1회/60분	
			2001		홍왕2	60	48	48	-	CDMA	1회/60분	
	양도	상방	2001	상방	상방1	40	22	22	-	CDMA	1회/60분	
			2016		상방2	70	15	50	-	CDMA	1회/60분	
			교동		2016	교동	교동1	95	40	65	-	CDMA	1회/60분
옹진 (2)	영흥	2007	영흥	영흥1	80	9	15	30	CDMA	1회/60분		
		2008		영흥2	80	15	30	50	CDMA	1회/60분		
울산 (2)	북구 (2)	2010	북구	북구1	31	10	25	-	CDMA	1회/60분		
		2010		북구2	78	20	35	50	CDMA	1회/60분		
경기 (20)	안산 (4)	대부	2003	대부	대부1	81	40	40	-	CDMA	1회/60분	
			2003		대부2	100	60	60	-	CDMA	1회/60분	
			2010		대부3	90	15	25	45	CDMA	1회/60분	
			2011		대부4	72	15	30	50	CDMA	1회/60분	
	화성 (5)	서신	2004	서신	서신1	80	10	30	-	CDMA	1회/60분	
			2004		서신2	70	10	50	-	CDMA	1회/60분	
			2005		제부	제부1	80	10	50	-	CDMA	1회/60분
			2005			제부2	43	10	30	-	CDMA	1회/60분
	평택 (6)	우정	2019	우정	우정1	100	30	30	65	CDMA	1회/60분	
			2005		포승1(구)	80	10	35	40	CDMA	1회/60분	
2017			포승1(신)		80	21	21	42	CDMA	1회/60분		
2006			포승		포승2(구)	84	10	25	40	CDMA	1회/60분	
2017					포승2(신)	80	46	46	75	CDMA	1회/60분	
2017					포승3	118	30	30	50	CDMA	1회/60분	
오성	2017	오성	오성1	100	22	22	25	CDMA	1회/60분			
	2018		오성2	81	30	30	50	CDMA	1회/60분			
안중	2017	안중	안중1	100	65	65	75	CDMA	1회/60분			
	시흥 (1)		장곡	2006	시흥	시흥1(구)	80	65	65	-	CDMA	1회/60분
2014	시흥1(신)	80		65		65	-	CDMA	1회/60분			
김포 (2)	월곶	2007	월곶	월곶1	80	11	20	40	CDMA	1회/60분		
		2008		월곶2	80	15	30	50	CDMA	1회/60분		

부록1. (계속)

광역시도	위치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격	
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2			
경기 (20)	파주 (2)	장단	2014	장단	장단1	150	15	30	45	CDMA	1회/60분	
		문산	2014	문산	문산1	80	15	35	55	CDMA	1회/60분	
강릉 (5)		사천	2006	연곡	연곡1	121	10	20	25	CDMA	1회/60분	
		연곡	2007		연곡2	60	11	25	40	CDMA	1회/60분	
		초당	2015	초당	초당1	80	15	50	-	CDMA	1회/60분	
		송정	2016	포남	포남1	50	35	40	-	CDMA	1회/60분	
		주문진	2017	주문진	주문진1	81	26	26	30	CDMA	1회/60분	
		고성 (2)	토성	2006	토성	토성1	82	10	20	30	CDMA	1회/60분
				2007		토성2	80	8	25	35	CDMA	1회/60분
강원 (18)	속초 (2)	조양	2008	조양	조양1	80	15	30	45	CDMA	1회/60분	
		대포	2009	대포	대포1	85	15	30	40	CDMA	1회/60분	
	동해 (2)	초구	2010	초구	초구1	80	15	30	60	CDMA	1회/60분	
		송정	2011	송정	송정1	70	15	30	45	CDMA	1회/60분	
	양양 (4)	강현	2010	강현	강현1	83	15	20	35	CDMA	1회/60분	
			2010		강현2	80	15	20	40	CDMA	1회/60분	
		양양	2018	조산	조산1	100	30	30	50	CDMA	1회/60분	
		손양	2019	송전	송전1	103	35	35	50	CDMA	1회/60분	
	삼척 (3)	근덕	2012	근덕	근덕1	50	15	30	-	CDMA	1회/60분	
			2012		근덕2	80	15	30	45	CDMA	1회/60분	
2015			근덕3		80	15	40	-	CDMA	1회/60분		
서산 (4)	팔봉	2004	팔봉	팔봉1	82	10	30	-	CDMA	1회/60분		
		2004		팔봉2	80	10	30	-	CDMA	1회/60분		
	대산	2015	대산	대산1	61	15	45	-	CDMA	1회/60분		
		2015		대산2	104	15	30	-	CDMA	1회/60분		
충남 (25)	당진 (3)	석문	난지	난지1	80	10	30	50	CDMA	1회/60분		
				난지2	32	10	20	30	CDMA	1회/60분		
				석문1	80	35	35	40	CDMA	1회/60분		
	홍성 (2)	서부	서부	서부	서부1(구)	82	10	20	50	CDMA	1회/60분	
					서부1(신)	100	10	20	50	CDMA	1회/60분	
					서부2	103	30	50	55	CDMA	1회/60분	

부록1. (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		
충남 (25)	보령 (5)	청소	2002	장곡	장곡1(구)	52	50	50	-	CDMA 1회/60분	
			2003		장곡2(구)	80	40	40	-	CDMA 1회/60분	
		주교	2015	주교	주교1(신)	61	30	-	-	CDMA 1회/60분	
					주교2(신)	60	35	-	-	CDMA 1회/60분	
		천북	2016	천북	천북1	100	35	55	-	CDMA 1회/60분	
	천북2				82	45	65	-	CDMA 1회/60분		
	오천	2019	소성	소성1	80	40	40	50	CDMA 1회/60분		
	서천 (2)	비인	2002	선도	선도1	80	50	50	-	CDMA 1회/60분	
			2003		선도2	93	66	66	-	CDMA 1회/60분	
	아산 (3)	영인	2007	인주	인주1	80	11	30	66	CDMA 1회/60분	
					인주2	82	15	50	60	CDMA 1회/60분	
					인주3	175	25	25	65	CDMA 1회/60분	
	태안 (6)	근흥	2007	근흥	근흥1	80	112	40	62	CDMA 1회/60분	
			2008		근흥2	82	15	25	40	CDMA 1회/60분	
		남면	2014	남면	남면1	62	15	30	45	CDMA 1회/60분	
남면2					103	15	33	65	CDMA 1회/60분		
안면	2017	안면	안면1	100	36	36	60	CDMA 1회/60분			
			안면2	80	36	36	46	CDMA 1회/60분			
전북 (10)	김제 (2)	죽산	2003	대창	대창1	80	40	40	-	CDMA 1회/60분	
					2004	대창2	60	10	50	-	CDMA 1회/60분
	부안 (3)	변산	2004	변산	변산1	60	10	25	28	CDMA 1회/60분	
			2004		변산2	60	10	50	-	CDMA 1회/60분	
		보안	2018	보안	보안1	100	25	25	35	CDMA 1회/60분	
	고창 (2)	상하	2010	자룡	자룡1	80	15	40	50	CDMA 1회/60분	
		해리	2011	금평	금평1	83	15	30	45	CDMA 1회/60분	
	부안	2019	송현	송현1	100	30	30	40	CDMA 1회/60분		
	군산 (2)	내흥	2013	내흥	내흥1	150	15	25	53	CDMA 1회/60분	
			2013		내흥2	60	15	17	30	CDMA 1회/60분	
전남 (59)	신안 (6)	지도	1998	감정	감정1(구)	127	75	75	-	유선 1회/시간	
			2014		감정1(신)	120	60	60	-	CDMA 1회/60분	
			2000		감정2	52	8	8	-	CDMA 1회/60분	
			2017		감정3	100	40	40	-	CDMA 1회/60분	

부록1. (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			
신안 (6)	지도		1998		효지1(구)	43	39	39	-	유선	1회/시간	
			2009	효지	효지1(구)	60	15	40	-	CDMA	1회/60분	
			1999		효지2(구)	67	50	50	-	CDMA	1회/60분	
			2015	당촌	당촌(신)	112	45	-	-	CDMA	1회/60분	
			2001	자동	자동1	60	43	43	-	CDMA	1회/60분	
			2002		자동2	120	50	50	-	CDMA	1회/60분	
	진도 (6)	군내		1998		나리1(구)	150	75	75	-	CDMA	1회/60분
				2009	나리	나리1(신)	66	15	50	-	CDMA	1회/60분
				2002		나리2	150	50	50	-	CDMA	1회/60분
		신기		1999	신기1	80	76	76	-	CDMA	1회/60분	
				1999	신기2	101	51	51	-	CDMA	1회/60분	
		고군	지막		2000		지막1(구)	95	50	50	-	CDMA	1회/60분
	2002				지막2	80	50	50	-	CDMA	1회/60분	
	2015		오산	오산1(신)	60	25	-	-	CDMA	1회/60분		
전남 (59)	완도 (7)		1998		화흥1(구)	35	30	30	-	유선	1회/시간	
			2009		화흥1(신)	60	15	40	-	CDMA	1회/60분	
		화흥		1998		화흥2(구)	64	47	47	-	CDMA	1회/60분
				2014		화흥2(신)	62	60	60	-	CDMA	1회/60분
			2000		화흥3	97	40	40	-	CDMA	1회/60분	
			1999	정도	정도1	80	40	40	-	CDMA	1회/60분	
		고금	고금		2001		고금1	40	30	30	-	CDMA	1회/60분
				2001		고금2	58	22	22	-	CDMA	1회/60분
	갈문	2006	갈문	갈문1	72	60	60	-	CDMA	1회/60분		
	해남 (6)	화산		2003		평호1	85	10	35	45	CDMA	1회/60분
				2004		평호2	64	40	40	-	CDMA	1회/60분
		송지	군곡		2016		군곡1	90	40	82	-	CDMA	1회/60분
				2016		군곡2	105	20	55	-	CDMA	1회/60분
해남		내사		2018		내사1	56	15	15	30	CDMA	1회/60분
				2018		내사2	100	20	20	40	CDMA	1회/60분
함평 (2)	손불		2004		손불1	150	20	30	70	CDMA	1회/60분	
			2005		손불2(구)	150	10	30	-	CDMA	1회/60분	
			2016		손불2(신)	60	25	-	-	CDMA	1회/60분	

부록1. (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		
전남 (59)	장흥 (4)	안양	2005	안양	안양1	82	10	45	50	CDMA	1회/60분
			2006		안양2	37	10	20	30	CDMA	1회/60분
		관산	2019	외동	외동1	100	25	25	35	CDMA	1회/60분
			2019		외동2	60	40	40	50	CDMA	1회/60분
	보성 (4)	별교	2005	별교	별교1	82	20	35	40	CDMA	1회/60분
			2006		별교2	67	10	45	50	CDMA	1회/60분
		조성	2017	조성	조성1	100	20	20	50	CDMA	1회/60분
			2017		조성2	100	15	15	45	CDMA	1회/60분
	광양 (2)	진월	2007	진월	진월1	60	9	40	50	CDMA	1회/60분
			2008		진월2	62	15	25	40	CDMA	1회/60분
	순천 (2)	해룡	2007	해룡	해룡1	60	11	25	35	CDMA	1회/60분
			2008		해룡2	64	15	25	40	CDMA	1회/60분
	여수 (4)	화양	2007	화양	화양1	60	10	33	55	CDMA	1회/60분
			2008		화양2	110	15	40	70	CDMA	1회/60분
		소라	2012	소라	소라1	61	15	30	50	CDMA	1회/60분
			2013		소라2	60	15	24	43	CDMA	1회/60분
영광 (4)	지산	2010	지산	지산1	60	15	30	40	CDMA	1회/60분	
		2011		지산2	70	15	30	50	CDMA	1회/60분	
	염산	2014	염산	염산1	90	20	40	70	CDMA	1회/60분	
		2014		염산2	80	15	25	50	CDMA	1회/60분	
무안 (2)	신학	2010	신학	신학1	90	15	30	50	CDMA	1회/60분	
		2011		신학2	61	15	20	45	CDMA	1회/60분	
강진 (2)	마량	2011	마량	마량1	64	15	25	45	CDMA	1회/60분	
		2012		마량2	61	15	30	45	CDMA	1회/60분	
목포 (2)	연산	2012	연산	연산1	79	15	30	45	CDMA	1회/60분	
		2013		연산2	81	15	30	75	CDMA	1회/60분	

부록1. (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				
전남 (59)	고흥 (4)	포두	2012	포두	포두1	64	15	30	45	CDMA	1회/60분		
			2013		포두2	60	15	32	54	CDMA	1회/60분		
		남양	망주	2015	망주1	60	15	30	-	CDMA	1회/60분		
				2015	망주2	79	15	55	-	CDMA	1회/60분		
	영암 (2)	삼호	2012 2013	삼호	삼호1	118	15	30	60	CDMA	1회/60분		
					삼호2	60	30	32	43	CDMA	1회/60분		
	울진 (5)	평해	평해	2008	평해1(구)	83	15	40	55	CDMA	1회/60분		
				2014	평해1(신)	75	15	40	55	CDMA	1회/60분		
2009				평해2	80	15	30	50	CDMA	1회/60분			
2016				평해3	50	35	40	-	CDMA	1회/60분			
근남		2017	근남	근남1	201	15	15	25	CDMA	1회/60분			
후포		2018	후포	후포1	112	30	30	48	CDMA	1회/60분			
경북 (16)	포항 (4)	홍해	2010 2011	곡강	곡강1	70	15	30	45	CDMA	1회/60분		
					곡강2	110	15	40	55	CDMA	1회/60분		
	연일	연일	2014 2014	연일1	33	25	25	-	CDMA	1회/60분			
				연일2	60	20	43	50	CDMA	1회/60분			
	영덕 (3)	강구	2012	강구	강구1	30	15	25	-	CDMA	1회/60분		
					병곡	2012 2016	병곡	병곡1(구)	36	15	25	-	CDMA	1회/60분
병곡1(신)								90	15	50	-	CDMA	1회/60분
축산	2019	상원	상원1	200	24	25	45	CDMA	1회/60분				
경주 (4)	하서	2013 2013	하서	하서1	60	10	42	55	CDMA	1회/60분			
				하서2	60	15	42	55	CDMA	1회/60분			
	감포	2015 2015	감포	감포1	60	15	40	-	CDMA	1회/60분			
				감포2	100	15	40	-	CDMA	1회/60분			
경남 (30)	남해 (6)	고현	2012 1999 2015	갈화	갈화1	80	40	40	-	CDMA	1회/60분		
					갈화2(구)	61	60	60	-	CDMA	1회/60분		
					갈화2(신)	60	35	-	-	CDMA	1회/60분		
		창선	2000 2002 2017	가인	가인1	46	30	30	-	CDMA	1회/60분		
					가인2(구)	80	50	50	-	CDMA	1회/60분		
					가인2(신)	100	50	50	-	CDMA	1회/60분		

부록1. (계속)

광역시도	위치		설치 년도	지구명	관측공	관정 심도(m)	센서설치심도(m)			전송 방식	측정 간격	
	시,군	면,읍					수위	EC1	EC2			
경남 (30)	남해 (6)	서면	2000	서상	서상1(구)	150	60	60	-	CDMA	1회/60분	
			2015		서상1(신)	60	40	-	-	CDMA	1회/60분	
			2002		서상2	80	50	50	-	CDMA	1회/60분	
	거제 (4)	사등	덕호	1998	덕호1	80	30	30	-	CDMA	1회/60분	
				2001	덕호2(구)	80	47	47	-	CDMA	1회/60분	
		2009	덕호2(신)	60	20	30	40	CDMA	1회/60분			
		장목	1999	시방	시방2	200	30	30	-	CDMA	1회/60분	
	사천 (2)	용현	송지	2000	사등	사등1	150	70	70	-	CDMA	1회/60분
				2003	송지1(구)	70	50	50	-	CDMA	1회/60분	
				2017	송지1(신)	120	50	50	-	CDMA	1회/60분	
				2004	송지2(구)	60	10	35	40	CDMA	1회/60분	
	통영 (3)	도산	도산	2015	송지2(신)	87	10	35	40	CDMA	1회/60분	
2005				도산1	80	10	50	-	CDMA	1회/60분		
2006				도산2	80	10	37	45	CDMA	1회/60분		
고성 (3)	동해	동해	2017	도산3	200	12	12	20	CDMA	1회/60분		
			2005	동해1	80	10	30	-	CDMA	1회/60분		
			2006	동해2	80	10	33	38	CDMA	1회/60분		
하동 (6)	거류	감서	2019	감서1	100	20	20	30	CDMA	1회/60분		
			2006	하동1	80	10	55	60	CDMA	1회/60분		
	하동	하동	2007	하동2	70	11	35	45	CDMA	1회/60분		
			2014	악양1	70	33	51	65	CDMA	1회/60분		
	악양	악양	2015	악양2	60	15	35	-	CDMA	1회/60분		
			고전	2016	고전	고전1	60	46	50	-	CDMA	1회/60분
창원 (6)	마산	수정	금성	2018	궁항	궁항1	102	15	15	40	CDMA	1회/60분
			2008	해운	해운1	100	15	20	40	CDMA	1회/60분	
			2011	수정1	66	15	30	45	CDMA	1회/60분		
	2011	수정2	63	15	30	45	CDMA	1회/60분				
	2012	감천	감천1	60	15	35	-	CDMA	1회/60분			
	진해	2011	남양	남양1	102	15	40	80	CDMA	1회/60분		
진북	2013	진북	진북1	80	20	27	60	CDMA	1회/60분			

부록 2

지구별 관측

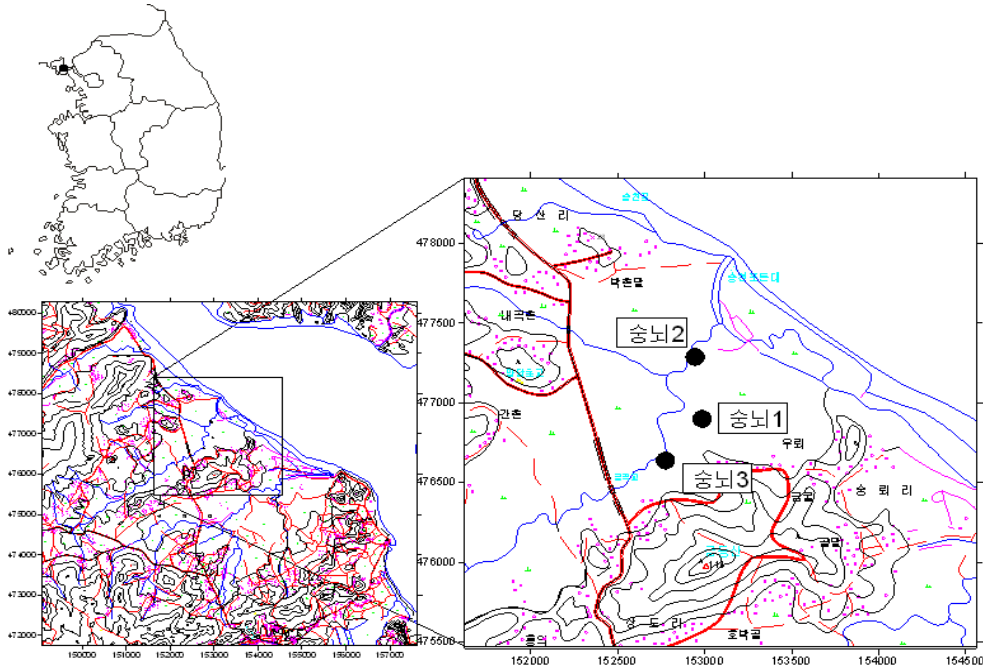
부록 2.1 인천광역시

2.1.1 송뇌지구(강화군)	부록 - 17
2.1.2 흥왕지구(강화군)	부록 - 27
2.1.3 상방지구(강화군)	부록 - 34
2.1.4 영흥지구(옹진군)	부록 - 41
2.1.5 교동지구(강화군)	부록 - 47
2.1.6 길상지구(강화군)	부록 - 51

부록 2.1 인천광역시

2.1.1 송뇌지구

1. 위치



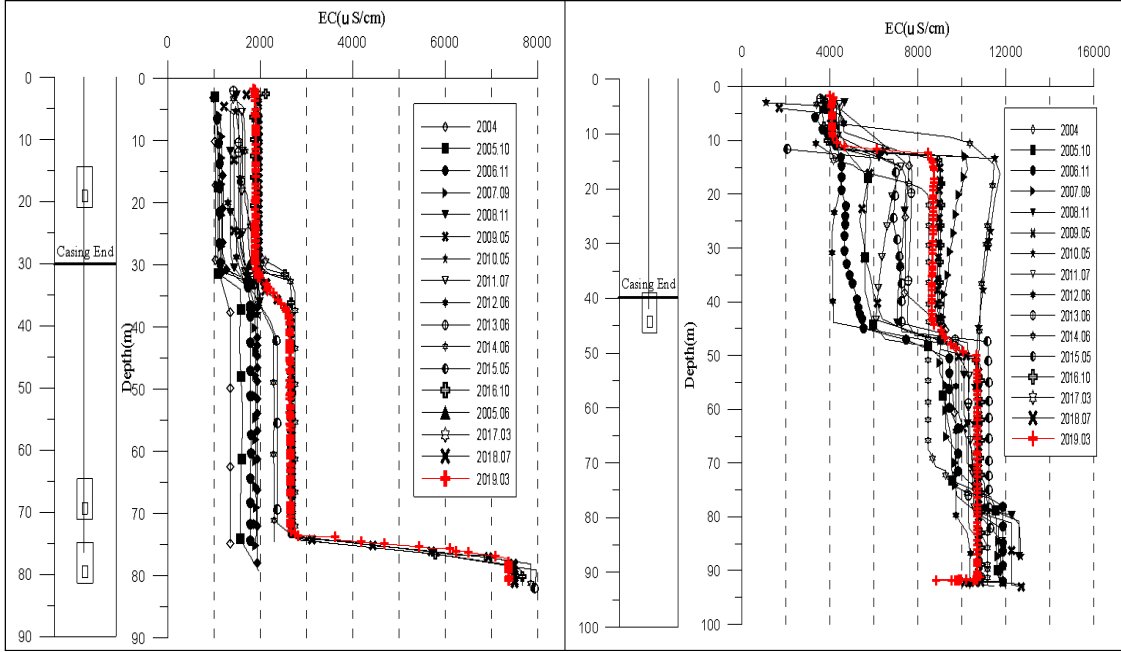
관측공	주소	좌 표(TM)			해안 거리 (m)	개발 년도	개발당시 지하수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
*송뇌1	강화군 송해면 송뇌리 700	152986.544	476900.595	3.93	830	2004	0.14
송뇌2	강화군 송해면 송뇌리 568	152943.329	477288.793	3.94	550	1998	1.94
송뇌3	강화군 송해면 송뇌리 930-5	152779.752	476636.510	4.15	1,180	1999	3.09

* 송뇌1 관측공 1998년 설치, 2004년 신규 관측공으로 이동 설치 후 관측 중

2. 지형 및 지질

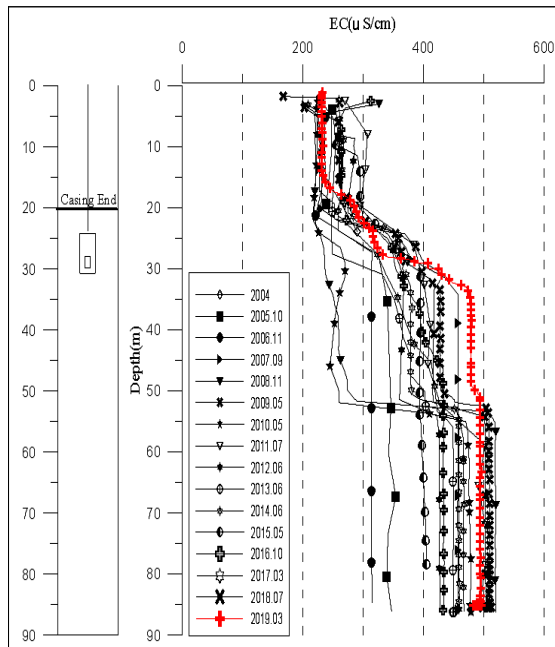
강화군은 한국에서 다섯째로 큰 섬인 강화도를 비롯하여 크고 작은 15개의 섬으로 이루어져 있으며, 오랜 침식으로 평탄면이 비교적 넓게 분포하여 경지 비율이 높다. 지질은 대동층군 퇴적암류가 변성암류와 단층으로 접하여 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<승늬1 관측공>

<승늬2 관측공>



<승늬3 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^-	
*승녀1	(2002. 7)	329.91	33.56	4.69	14.63	1.92	371.16	219.60	28.76
	(2004.10)	225.83	0.84	N.D.	4.75	12.94	200.43	312.32	1.01
	(2005.10)	200.55	6.11	3.79	5.82	5.23	171.77	303.48	1.51
	(2006.11)	232.67	8.57	4.62	10.82	8.21	240.48	308.05	N.D.
	(2007.10)	247.30	14.20	10.04	19.97	5.08	276.97	393.45	1.91
	(2008.11)	246.29	10.31	4.47	8.72	2.97	227.33	372.10	1.63
	(2009. 5)	251.52	13.08	6.43	9.55	2.64	246.67	417.85	1.58
	(2010. 5)	330.99	13.27	4.76	16.28	4.37	292.72	457.50	N.D.
	(2011. 6)	305.57	13.67	4.59	12.55	3.12	306.61	362.95	1.33
	(2012. 6)	272.32	21.21	10.95	18.61	1.58	340.47	411.75	1.24
	(2013. 6)	310.79	12.34	5.15	10.54	1.50	279.08	402.60	N.D.
	(2014. 6)	341.90	25.50	7.28	43.12	7.31	494.21	344.65	N.D.
	(2015. 5)	325.07	13.92	6.53	10.30	11.08	335.37	457.50	1.27
	(2016. 4)	361.41	17.26	7.62	12.89	1.00	349.08	460.55	1.65
	(2017. 4)	450.68	23.25	6.83	21.03	2.21	560.72	430.05	1.20
(2018. 7)	429.30	16.44	5.80	14.41	8.33	430.15	396.50	N.D.	
(2019. 5)	405.88	11.21	5.33	10.46	5.49	402.02	430.05	6.76	
승녀2	(2002. 7)	1018.0	177.54	30.50	53.11	95.58	1669.70	263.52	69.50
	(2004.10)	926.57	153.31	N.D.	81.08	167.41	17.46	505.69	7.37
	(2005.10)	720.15	103.75	26.42	69.19	97.94	1482.70	366.00	16.60
	(2006.11)	720.64	64.37	22.77	34.62	57.14	1159.50	478.85	N.D.
	(2007.10)	1593.2	225.22	118.5	118.16	295.64	2797.10	799.10	N.D.
	(2008.11)	906.67	102.60	36.84	56.80	175.22	1422.80	671.00	5.43
	(2009. 5)	713.99	77.35	42.14	38.62	114.45	977.41	661.85	12.55
	(2010. 5)	1130.1	141.32	57.88	77.60	209.62	1617.35	896.70	N.D.
	(2011. 6)	746.68	72.06	17.32	45.73	91.51	1135.66	521.55	4.61
	(2012. 6)	796.33	82.94	28.86	45.26	114.84	1088.17	521.55	4.14
	(2013. 6)	1236.16	132.10	37.60	70.40	172.51	1707.58	658.80	9.49
(2014. 6)	1932.16	291.38	70.03	112.65	345.08	3311.19	793.00	N.D.	
(2015. 5)	1344.8	127.1	49.8	72.5	175.5	1849.8	674.1	9.447	

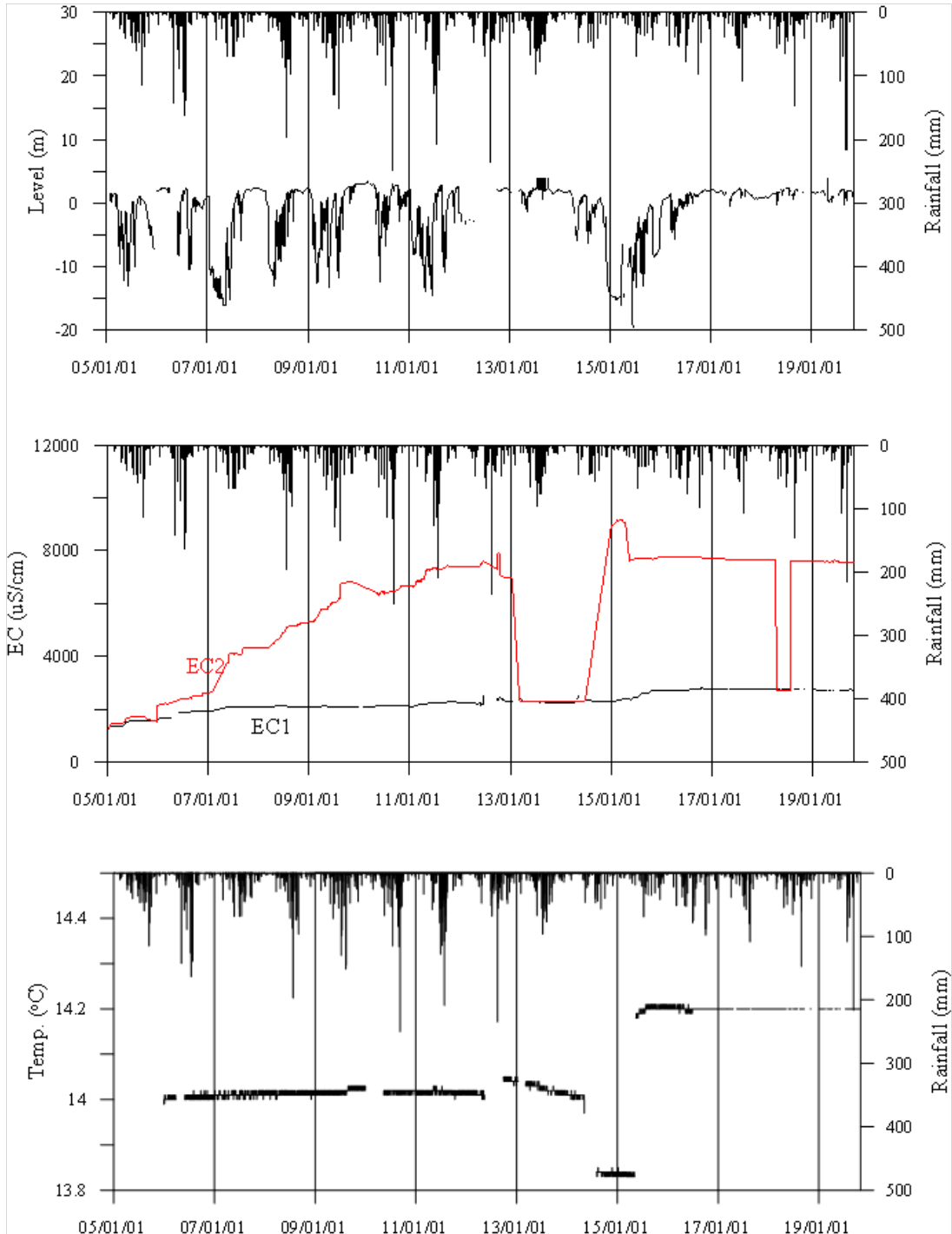
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
승녀2	(2016. 4)	1203.29	149.85	50.81	63.95	207.26	1597.09	997.35	7.95
	(2017. 4)	1515.63	165.16	60.95	105.79	234.07	2588.09	783.11	0.73
	(2018. 7)	937.86	36.50	39.42	14.35	129.06	559.38	1305.50	4.69
	(2019. 5)	911.89	24.60	46.87	9.84	114.78	520.24	1335.98	5.25
승녀3	(2002. 7)	12.08	9.36	1.17	14.03	4.32	2.84	44.53	12.00
	(2004.10)	20.02	4.32	N.D.	20.98	13.22	16.39	136.03	N.D.
	(2005.10)	20.08	4.44	1.47	15.13	9.68	23.64	70.15	0.31
	(2006.11)	19.82	3.70	1.32	12.68	8.90	26.45	48.80	N.D.
	(2007.10)	26.07	5.39	2.66	15.18	9.62	26.94	79.30	0.43
	(2008.11)	30.18	2.60	1.11	7.62	7.96	23.80	67.10	0.11
	(2009. 5)	29.96	3.43	2.11	9.70	8.54	25.52	73.20	0.20
	(2010. 5)	30.89	4.49	1.69	16.06	12.14	28.07	76.25	N.D.
	(2011. 6)	34.05	4.20	1.63	13.27	11.99	30.00	88.45	N.D.
	(2012. 6)	34.28	7.24	1.95	23.67	15.19	31.69	76.25	N.D.
	(2013. 6)	29.62	6.54	1.83	21.61	18.88	32.19	67.10	0.10
	(2014. 6)	33.38	4.15	1.75	11.40	12.71	30.16	61.00	N.D.
	(2015. 5)	41.31	4.11	2.17	11.02	0.00	34.14	103.70	0.05
	(2016. 4)	33.84	9.33	2.44	32.52	23.57	34.36	137.25	N.D.
	(2017. 4)	32.82	7.14	2.39	24.73	22.88	40.37	76.25	0.06
(2018. 7)	41.16	3.57	1.67	10.24	9.91	34.07	73.20	0.64	
(2019. 5)	37.65	2.45	2.62	7.98	8.87	32.12	76.25	0.10	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수분류

구 분	관측공	*승뇌1	승뇌2	승뇌3
	년월			
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
	2016. 4	1.30	2.76	0.43
	2017. 3	2.24	5.69	0.91
	2018. 7	1.87	0.74	0.80
2019. 5	1.61	0.67	0.72	

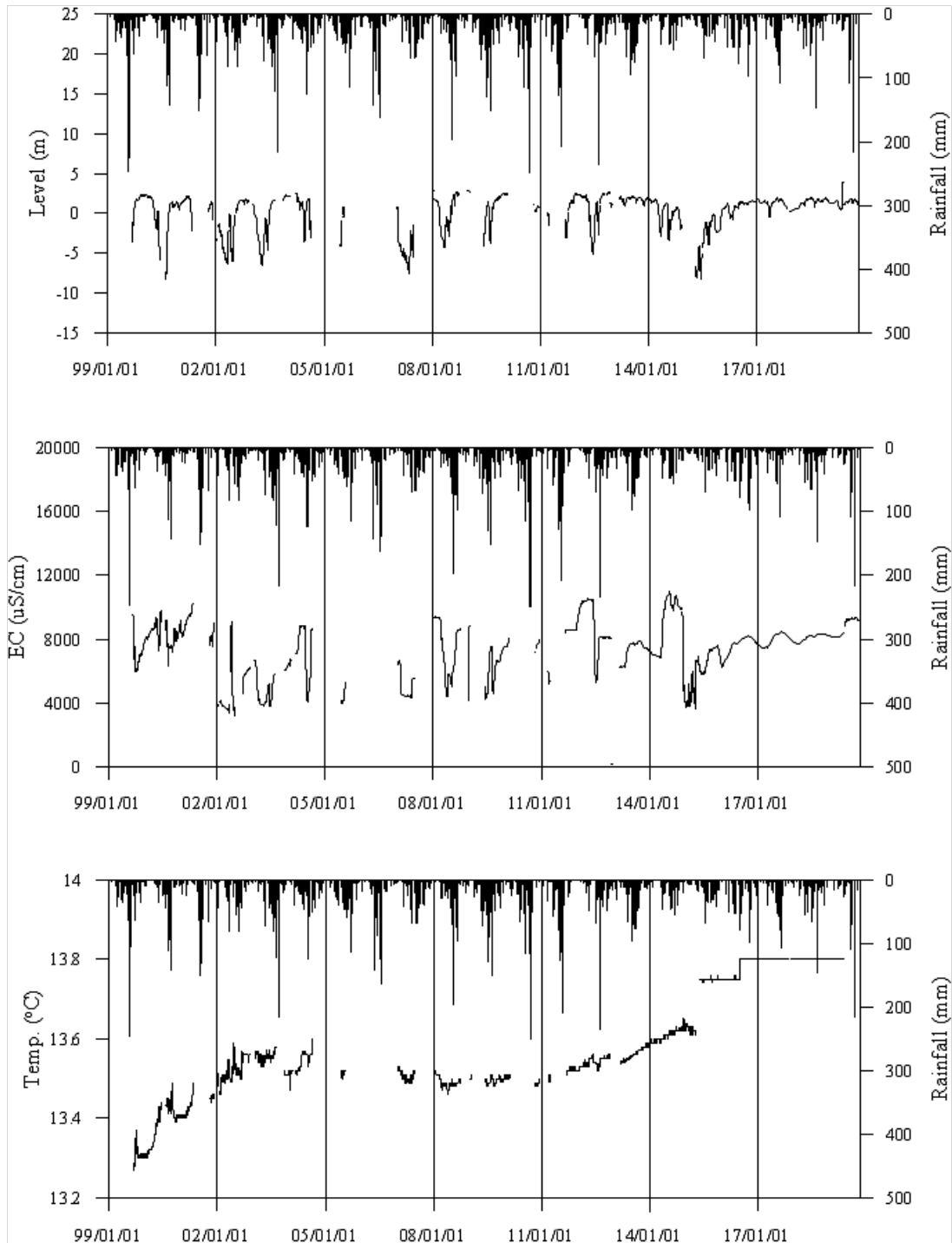
* 승뇌1 관측공 1998년 설치, 2004년 신규 관측공으로 이동 설치 후 관측 중

5. 장기관측 결과

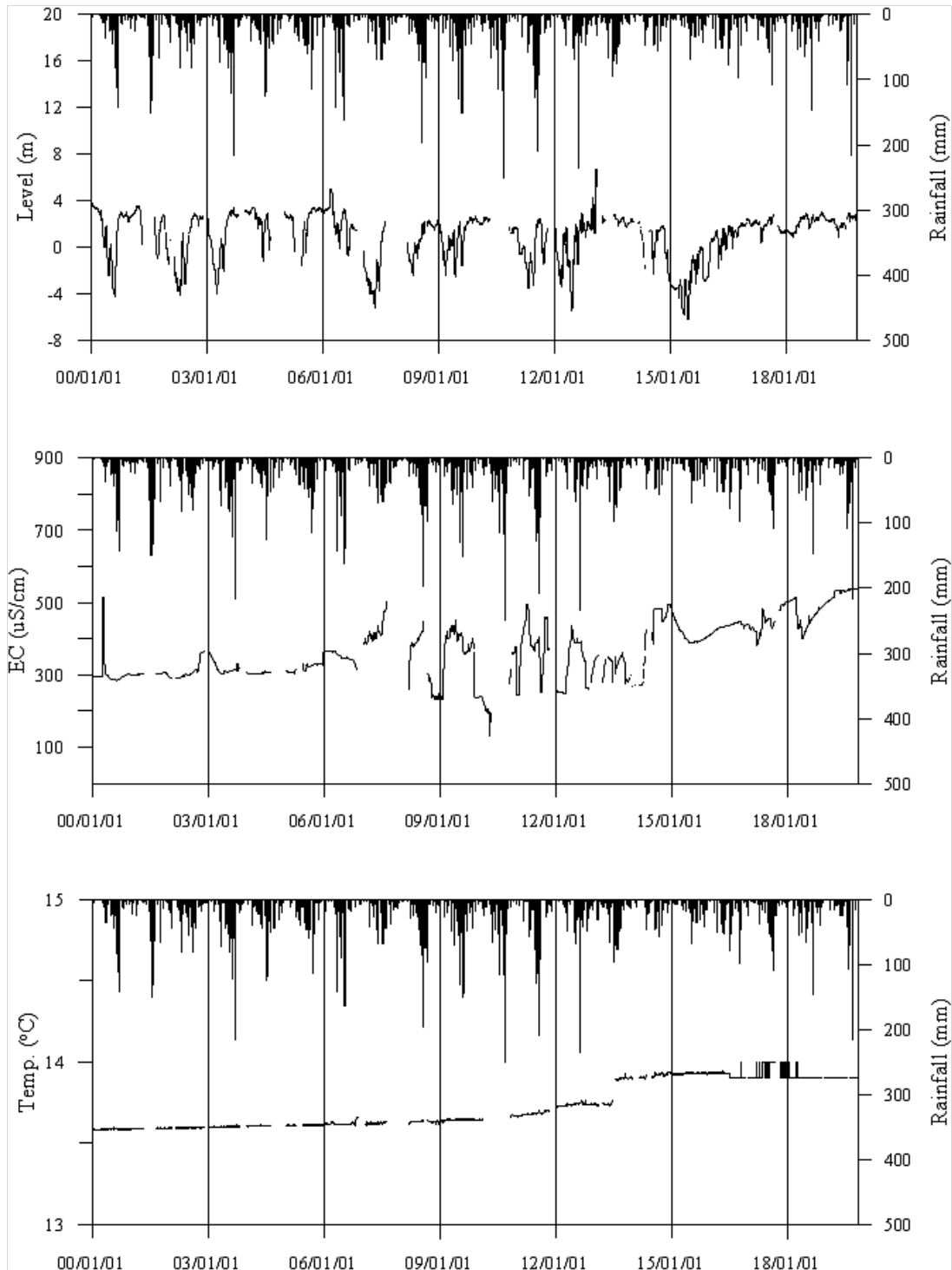


<승녀1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<승녀2 관측공의 장기관측자료 (1999.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<승녀3 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

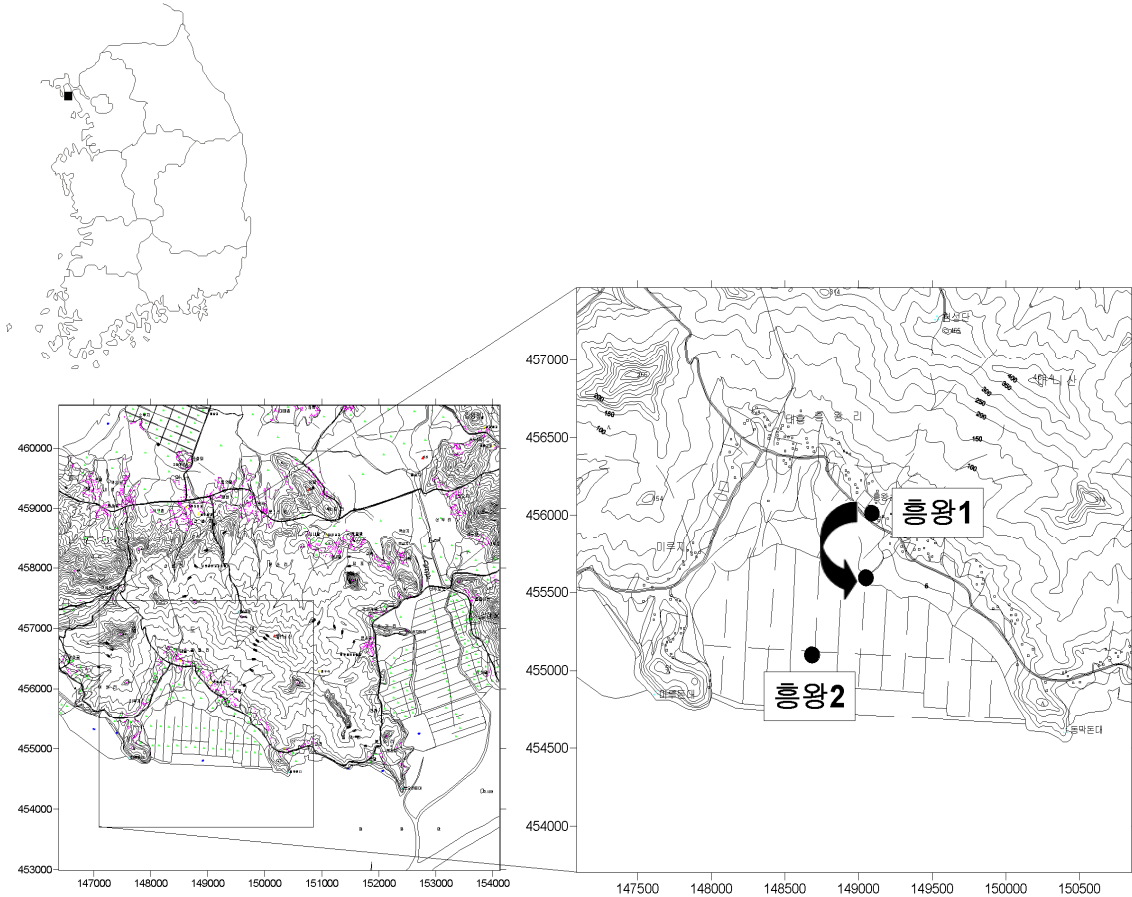
- 1) 위치선정 : 송뇌1, 2 관측공은 1998년에 설치한 관측망으로 각각 해안변과 내륙쪽에 위치하여 설치하였으며, 송뇌3 관측공은 송뇌1, 2 관측공의 장기 관측 결과 해수침투 영향이 관측되어 해수침투 확산 여부를 관측하기 위하여 내륙쪽에 설치하였다. 이 중 송뇌1 관측공은 당초 기존의 사용 중인 관정에 설치되었는데, 지하수의 이용이 빈번하여 2004년에 해안으로부터 830 m 떨어진 곳에 신규로 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 송뇌1 관측공은 지표 하 30 m, 80 m 부근, 송뇌2 관측공은 지표 하 15 m, 45 m, 75 m 부근, 송뇌3 관측공은 지표 하 25 m, 55 m 부근에서 전이대가 형성되어 있다. 해안과 가까운 송뇌2 관측공의 전기전도도가 가장 높고(약 3,800 ~ 12,200 $\mu S/cm$), 송뇌1(약 1,000 ~ 3,000 $\mu S/cm$), 송뇌3(약 200 ~ 450 $\mu S/cm$) 순으로 전기전도도가 낮다. 2015년부터 송뇌1 관측정 심도 75m 지점의 전기전도도가 2,000 $\mu S/cm$ 에서 7000 $\mu S/cm$ 내외로 상승하여, 전이대이 이동이 관측되고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 송뇌1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며 송뇌2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류결과 1.61, 0.67로 약간의 해수침투 영향, 보통정도의 해수에 의한 영향이 지속적으로 나타나고 있다. 송뇌3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며 Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류결과 0.72로 약간 문제가 있는 정도이고 수치가 낮지만, 해안 변에 위치한 송뇌1, 2 관측공에서 해수침투가 확산되는 경향을 감지하기 위하여 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 4) 장기 관측결과 : 송뇌1 관측공은 인근 지하수 이용으로 약 20 m의 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 관개에 의한 지하수위 변동 영향을 더 받는 것으로 판단되며, 약 10 m의 변화폭으로 나타난다. 해안선과 인접한 송뇌2 관측공의 전기전도도 변화

는 지하수위가 감소함에 따라 전기전도도 값도 감소하지만, 내륙에 위치한 송뇌3 관측공은 관개로 인해 지하수위가 감소함에 따라 전기전도도 값은 증가하고 있다. 즉, 해안과 접하고 있는 송뇌2 관측공은 관개기에 담수의 유출로 인하여 지하수위 감소와 함께 전기전도도 값도 감소하지만, 송뇌3 관측공은 내륙에 위치하고 있으므로 지하수위 저하로 인한 전기전도도 값이 증가하는 것으로 판단된다.

- 5) 관리 방안 : 송뇌1, 2 관측공은 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 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



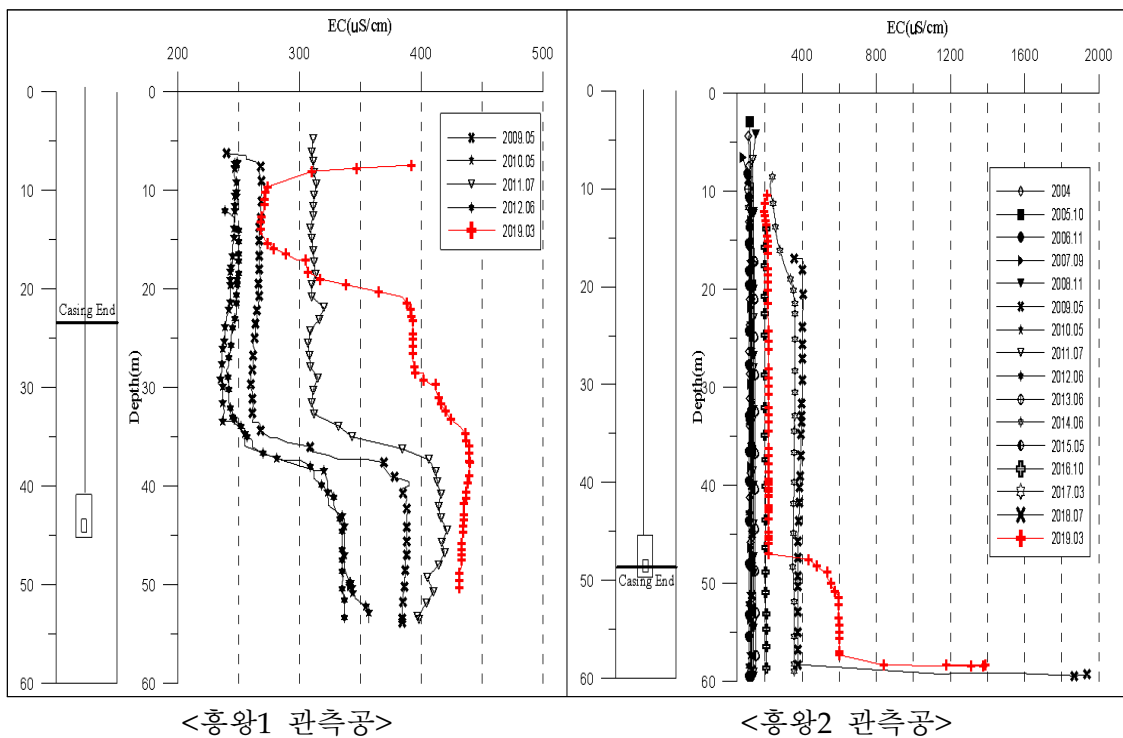
관측공	주소	좌 표(TM)			해안 거리 (m)	개발 년도	개발당시 지하수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(x)	Z			
홍왕1	강화군 화도면 홍왕리 1314	149048.617	455581.722	4.11	870	2009	6.17
홍왕2	강화군 화도면 홍왕리 1014	148850.686	455104.156	1.54	230	2001	0.65

* 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 인한 평탄화 이후 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



4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

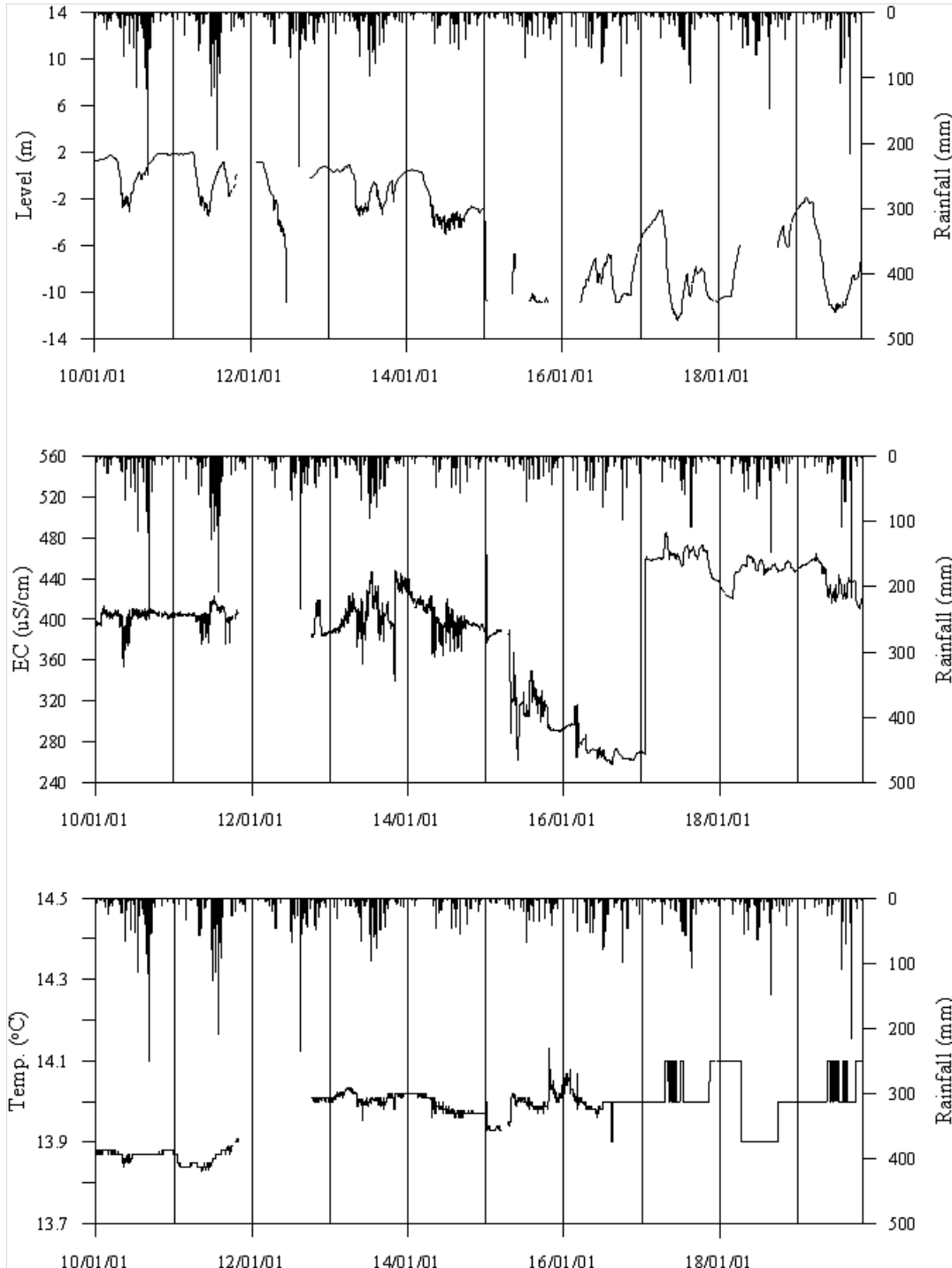
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
*홍왕1	(2005.10)	30.57	9.02	5.23	44.36	36.34	38.54	82.35	0.37
	(2009. 5)	14.85	3.78	2.75	28.04	6.10	19.83	100.65	0.17
	(2010. 5)	16.11	4.05	2.10	34.15	8.41	21.27	94.55	N.D.
	(2011. 6)	15.91	4.23	2.24	34.11	7.73	25.13	88.45	N.D.
	(2012. 6)	20.17	4.61	2.32	35.14	7.95	22.88	85.40	N.D.
	(2013. 6)	17.39	4.09	1.77	30.97	6.55	20.60	94.55	0.11
	(2014. 6)	19.86	4.78	2.54	32.97	7.08	22.47	100.65	0.11
	(2015. 5)	22.11	6.44	2.24	47.00	16.61	26.97	103.70	N.D.
	(2017. 4)	34.80	5.62	2.71	29.68	5.72	37.82	131.20	N.D.
	(2018. 7)	26.98	4.34	3.30	24.18	0.77	29.22	109.80	0.14
	(2019. 5)	25.70	3.40	5.41	22.67	0.75	27.47	109.80	0.11
홍왕2	(2004.10)	7.57	N.D.	N.D.	6.51	1.55	8.63	52.46	0.62
	(2005.10)	9.55	1.70	1.39	13.13	1.32	7.27	50.33	0.11
	(2006.11)	7.80	1.34	1.21	9.89	1.58	7.36	45.75	N.D.
	(2007.10)	16.60	2.76	2.64	15.77	1.08	6.48	79.30	N.D.
	(2008.11)	10.58	2.01	1.36	13.07	0.94	8.72	61.00	0.05
	(2009. 5)	9.87	1.99	1.87	12.53	0.60	7.01	64.05	0.09
	(2010. 5)	10.88	2.19	1.39	15.11	1.86	6.81	67.10	N.D.
	(2011. 6)	10.62	2.24	1.53	14.09	1.06	6.79	70.15	N.D.
	(2012. 6)	10.49	2.37	1.19	11.83	1.55	7.48	57.95	N.D.
	(2013. 6)	11.74	2.46	1.14	12.24	2.14	6.57	61.00	N.D.
	(2014. 6)	12.26	2.77	1.36	12.76	1.34	7.36	64.05	N.D.
	(2015. 5)	11.62	1.90	1.60	13.17	0.67	9.79	64.05	N.D.
	(2016. 4)	12.40	3.78	1.60	17.41	1.47	21.46	61.00	0.09
	(2017. 4)	19.29	6.81	2.63	34.62	3.41	73.25	61.00	2.34
(2018. 7)	101.69	22.06	12.40	63.22	105.71	174.87	112.90	0.64	
(2019. 5)	14.91	4.15	4.69	18.45	3.63	35.77	54.90	0.12	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

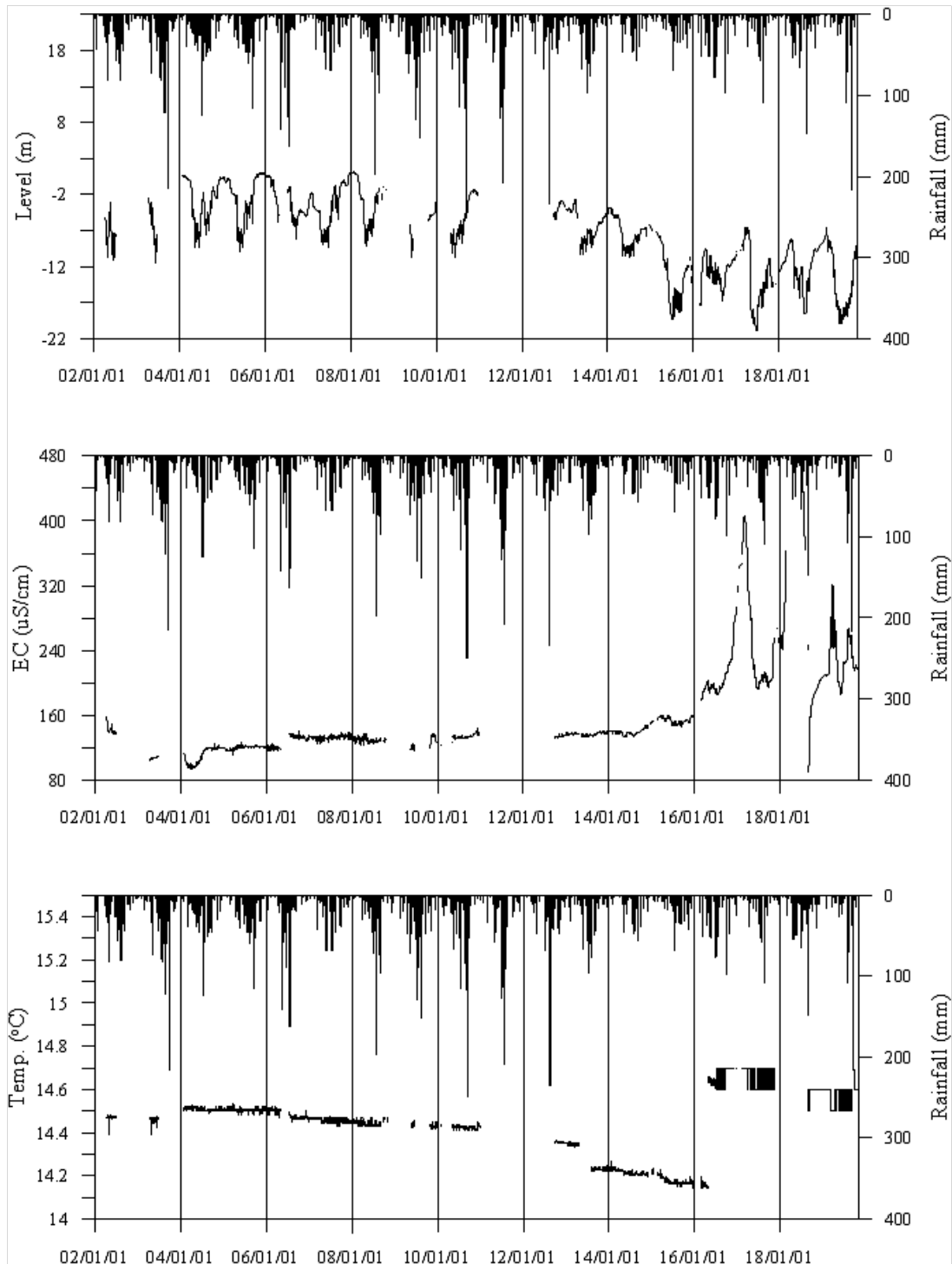
구 분	관측공		
	년월	홍왕1	홍왕2
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	-	0.28
	2005.10	0.81	0.25
	2006.11	-	0.28
	2007.10	-	0.14
	2008.11	-	0.25
	2009. 5	0.34	0.19
	2010. 5	0.39	0.17
	2011. 6	0.49	0.17
	2012. 6	0.46	0.22
	2013. 6	0.37	0.19
	2014. 6	0.38	0.20
	2015. 5	0.45	0.26
	2016. 4	-	0.61
	2017. 3	-	2.07
	2018. 7	0.46	2.67
	2019. 5	0.43	1.12

5. 장기관측 결과



<홍왕1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍왕2 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2019.10.31)>

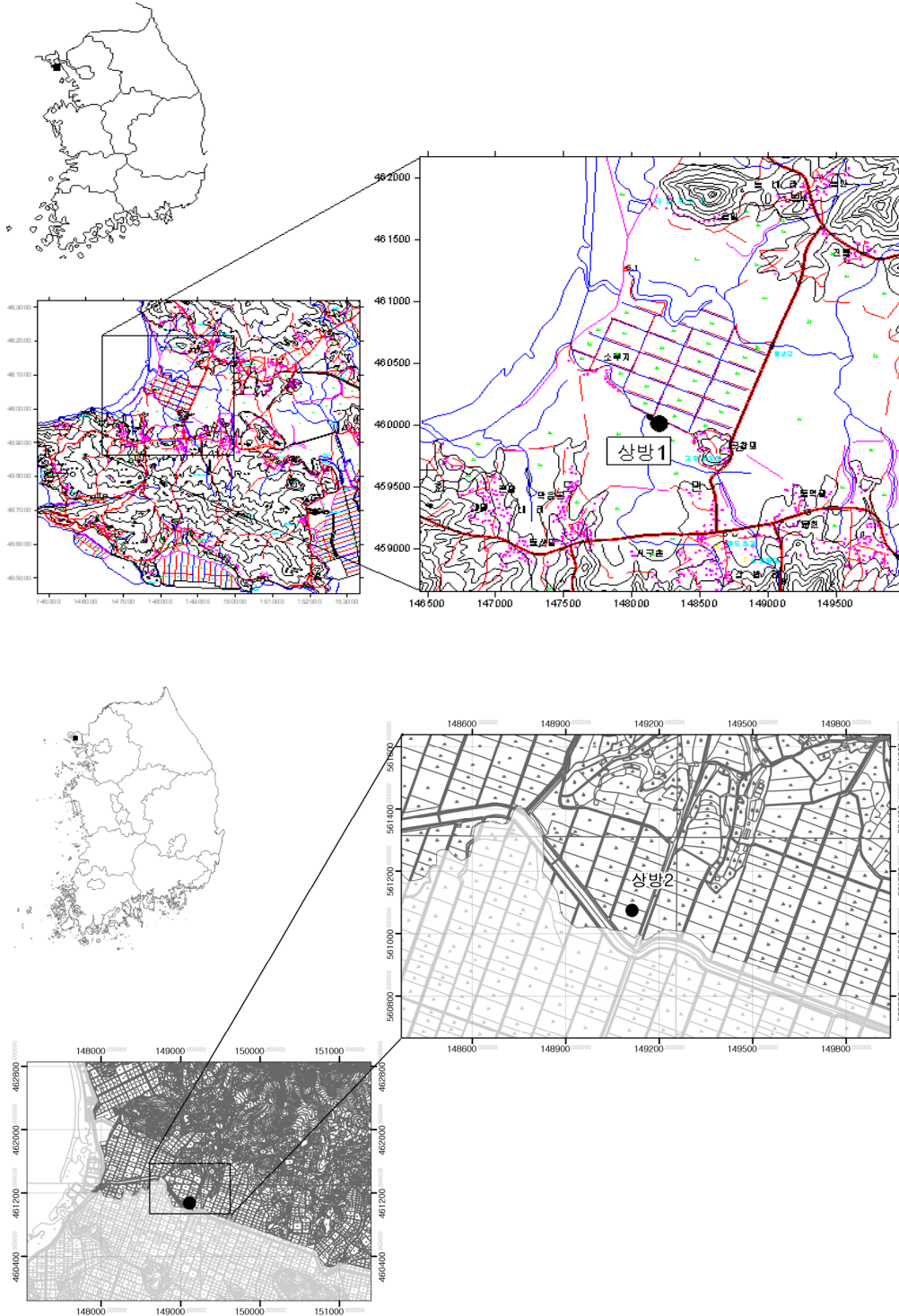
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 설치한 후 현재까지 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 ~ 440 $\mu S/cm$ 범위이다. 홍왕2 관측공은 2004년부터 2015년까지 심도에 따른 전기전도도 값도 125 $\mu S/cm$ 내외로 변화가 없었다. 그러나, 2016년에 200 $\mu S/cm$ 내외까지 증가되었고, 2018년에는 400 $\mu S/cm$ 내외까지 증가하는 현상이 관측되었다. 2018년 심도 60m의 전기전도도 증가현상이 나타나고 있으며, 전이대의 변화 여부를 지속적으로 관측할 필요가 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 홍왕1 관측공은 (Na+K)-HCO₃, 홍왕2 관측공은 (Na+K)-HCO₃, 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류 결과, 홍왕1 관측공은 0.43, 홍왕2 관측공의 경우 1.12로 약간의 해수의 영향을 보였다.
- 4) 장기 관측결과 : 홍왕1 관측공의 지하수위는 2015년 가뭄에 의해 지하수위가 -10 m 이하까지 감소한 후 차차 회복되고 있으며, 홍왕2 관측공도 2015년 강화도 가뭄에 의해 지하수위가 크게 감소한 이후 최근 회복하고 있는 추세에 있다. 전기전도도는 2개소 모두 담수영역이다.
- 5) 관리 방안 : 현재까지 해수침투 영향은 없지만 가뭄으로 인근 지하수 이용량 증가에 따른 지하수위 감소가 나타나고, 홍왕2의 경우 전기전도도가 증가하였다. 따라서 본 지구는 주변 농경지의 피해방지를 위하여 해수침투 여부를 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.

2.1.3 상방지구

1. 위치

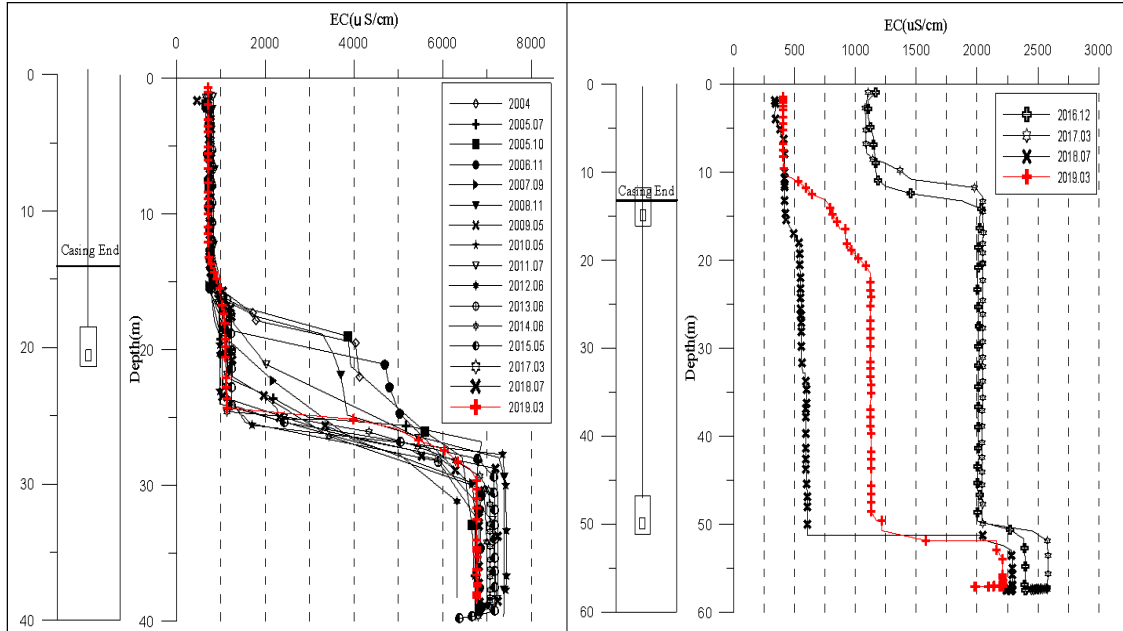


관측공	주 소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
상방1	강화군 화도면 상방리 123	148136.580	460063.622	3.46	2001	830	2.02
상방2	강화군 양도면 능내리 864	149079.0419	461045.9848	5.13	2016	1,400	4.26

2. 지형 및 지질

강화군은 국내 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. 따라서 평탄면이 비교적 넓게 분포하여 경지 비율이 높다. 상방1 지구의 지질은 대동층군 퇴적암류가 변성암류와 단층으로 접하여 분포하고 있다. 강화군 양도면에 위치한 상방2 지구는 서해안과 약 1.4 km 거리에 위치하고 있으며, 기존 공사관리 공공관정에서 염수유입 현상이 발생하여 해수침투 영향을 관측하고자 용도를 변경하여 관측공으로 사용하였다.

3. 지하수 검층



<상방1 관측공>

<상방2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

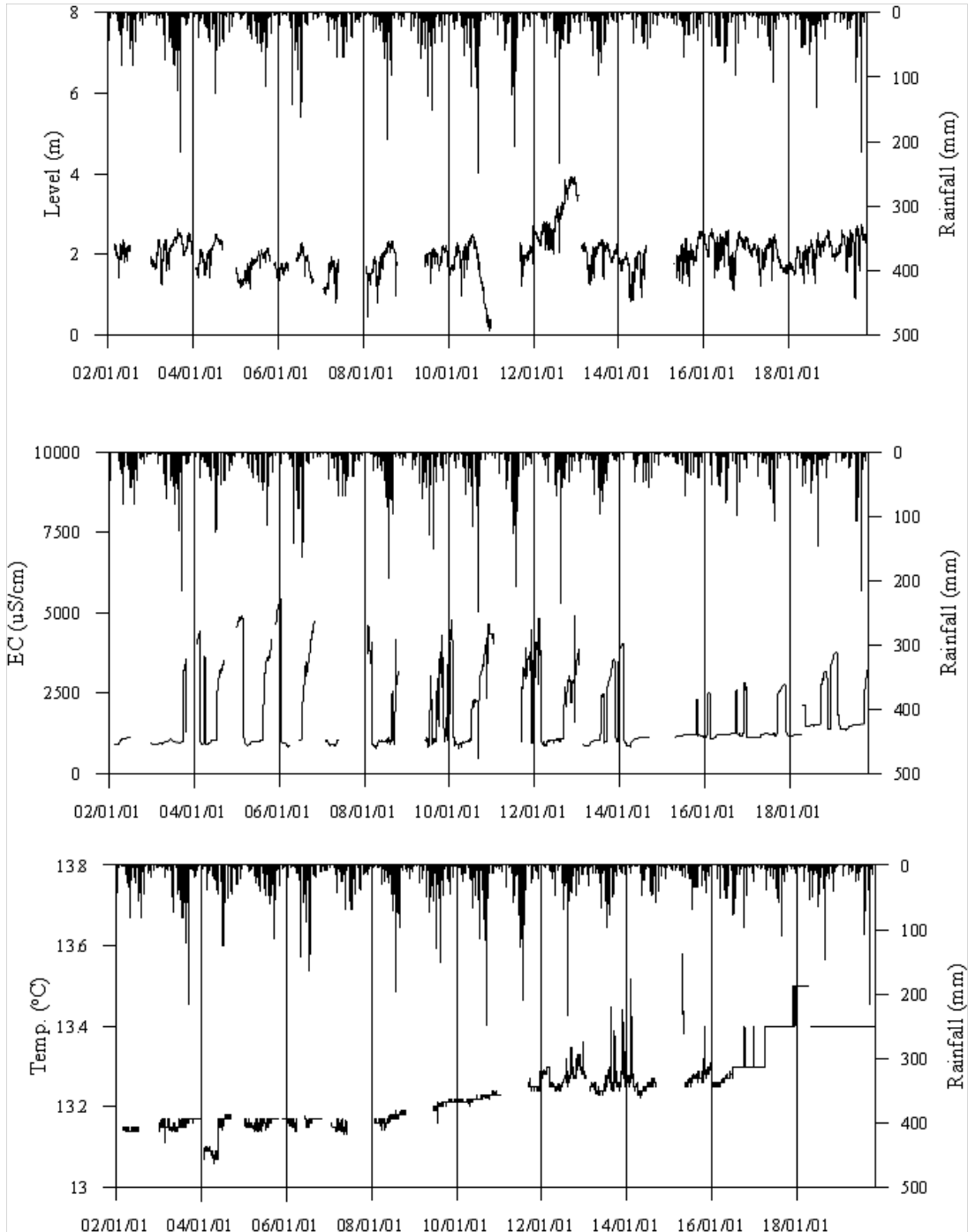
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
상방1	(2002. 7)	232.66	10.09	1.96	17.84	1.44	88.27	21.96	15.18
	(2004.10)	200.08	23.98	3.36	172.89	68.39	856.24	35.99	3.35
	(2005.10)	119.73	15.05	6.03	107.54	25.32	426.92	24.40	3.63
	(2006.11)	116.30	4.00	3.46	37.02	10.12	257.58	18.30	N.D.
	(2007.10)	111.04	8.82	7.47	32.18	11.13	207.03	45.75	N.D.
	(2008.11)	127.79	9.54	4.30	72.98	15.78	346.07	18.30	2.22
	(2009. 5)	96.17	2.38	5.34	25.54	1.41	216.15	6.10	1.53
	(2010. 5)	102.13	10.39	4.76	34.61	22.11	235.95	48.80	N.D.
	(2011. 6)	115.98	4.99	3.48	53.69	6.03	297.82	9.15	1.26
	(2012. 6)	112.32	5.98	5.72	32.14	3.56	234.12	27.45	0.44

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
상방1	(2013. 6)	152.14	13.88	5.10	77.43	23.64	340.20	51.58	N.D.
	(2014. 6)	150.77	15.15	6.19	40.56	9.00	284.53	70.15	1.12
	(2015. 5)	113.90	0.81	3.67	24.47	0.33	223.42	6.10	N.D.
	(2016.12)	142.20	0.50	4.10	19.50	0.15	222.72	21.35	1.08
	(2017. 4)	172.72	13.13	9.20	31.94	15.57	317.11	79.30	N.D.
	(2018. 7)	127.60	0.17	3.83	19.09	n.d.	217.02	9.20	0.80
	(2019. 5)	111.14	N.D.	4.49	13.58	N.D.	188.71	9.15	0.74
상방2	(2016.12)	60.60	22.00	9.20	235.30	36.63	490.45	42.70	1.94
	(2017. 4)	70.23	24.15	9.78	238.86	39.91	523.29	39.65	3.59
	(2018. 7)	49.01	12.94	4.77	128.24	22.66	299.29	42.70	N.D.
	(2019. 5)	26.50	4.06	5.51	34.93	7.51	84.73	48.80	0.74

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

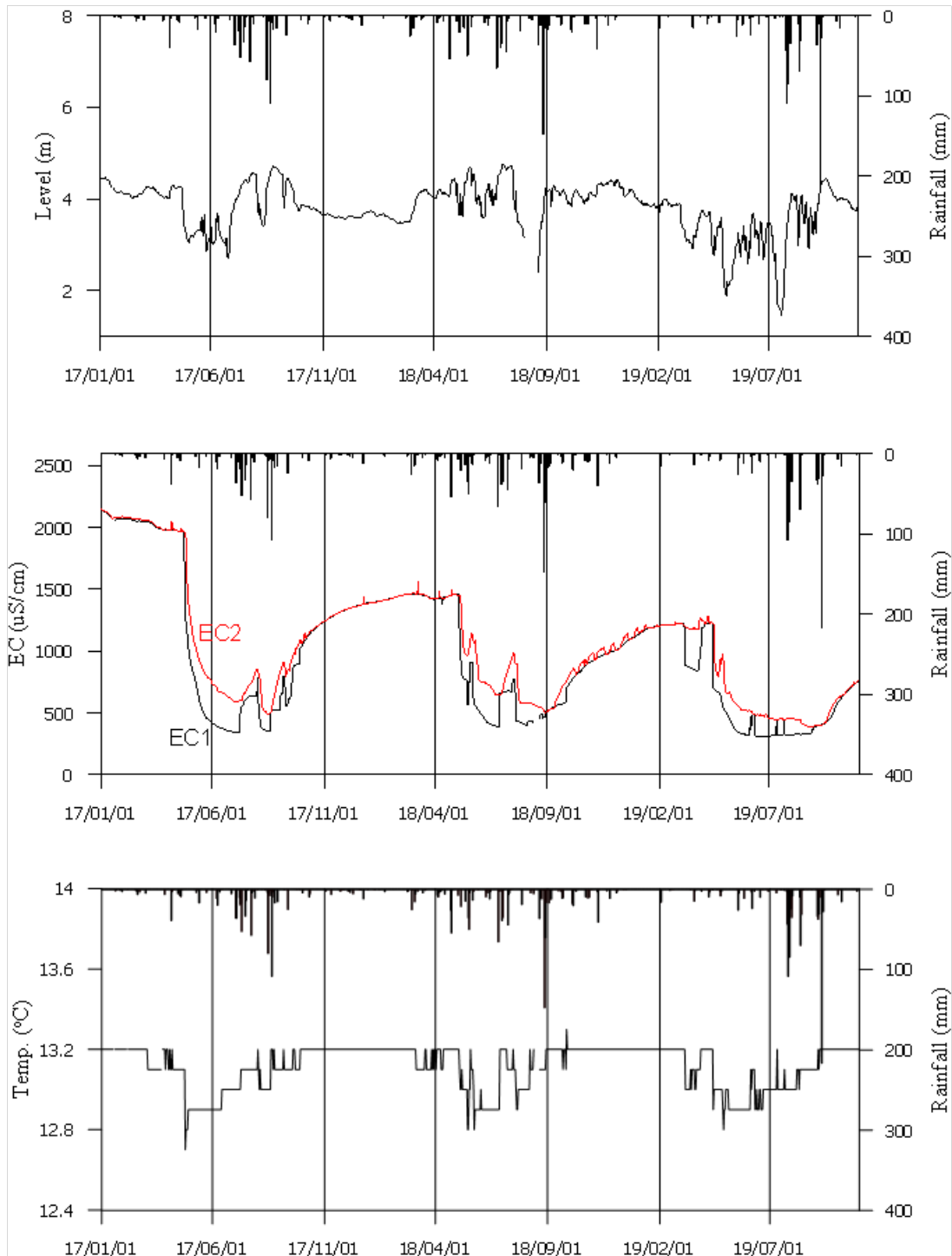
구 분	관측공		상방1	상방2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2002. 7		6.92	-
	2004.10		40.93	-
	2005.10		30.17	-
	2006.11		24.27	-
	2007.10		7.78	-
	2008.11		32.49	-
	2009. 5		60.89	-
	2010. 5		8.31	-
	2011. 6		55.93	-
	2012. 6		14.66	-
	2013. 6		11.27	-
	2014. 6		6.97	-
	2015. 5		63.03	-
	2016.12		17.95	19.77
	2017. 3		6.88	22.71
	2018. 7		40.60	12.06
2019. 5		35.49	2.99	

5. 장기관측 결과



<상방1 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2018.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<상방2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 상방1 관측공은 2001년에 설치한 관측공으로 해수침투로 인한 지하수 활용 불가 관정 인근에 설치하였으며, 상방2 관측공은 인근 논경지의 해수침투 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 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 하부 25 m 구간에서만 나타나는 경향이 있는데, 이와 같은 전이대의 분리현상은 계절적인 영향을 받는 것으로 판단된다. 상방2 관측공은 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 300 ~ 2,600 $\mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다. 하부 심도로 갈수록 전기전도도가 증가하는 경향을 보이며, 심도 50 m 지점에서 전기전도도가 증가함에 따라 해수유입의 가능성이 있을 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 상방1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비에 따른 분류 결과 상방1은 35.49로 직접적인 해수의 영향을 받고 있다. 2002년부터 2018년까지 몰비는 6.92 ~ 63 범위로 다양한 것은 용수로가 해안까지 연결되어 있어 해수의 유입, 담수의 유출 등과 직접적인 관련이 있을 것으로 판단된다. 상방2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 2.99 ~ 22.71로 나타나 매우 심한 정도의 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 상방1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 관개에 의한 영향과 강수의 영향을 함께 받고 있는 것으로 나타났다. 지하수위가 2 m 내외로 나타나며, 전기전도도도 최대 6,000 $\mu S/cm$ 내외로 상승현상이 관측되어 지속관찰이 필요하다. 상방2 관측공의 지하수위는 변동폭 2 m 내외이며, 전기전도도는 약 400 ~ 2,100 $\mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다.
- 5) 관리 방안 : 상방지구는 현재 해수침투의 영향을 받은 상태이다. 동절기 전기전도도의 증가가 관찰되며, 주변 지하수는 이용량 규제로 해수침투 확산을 방지할 필요가 있다.

2.1.4 영흥지구

1. 위치

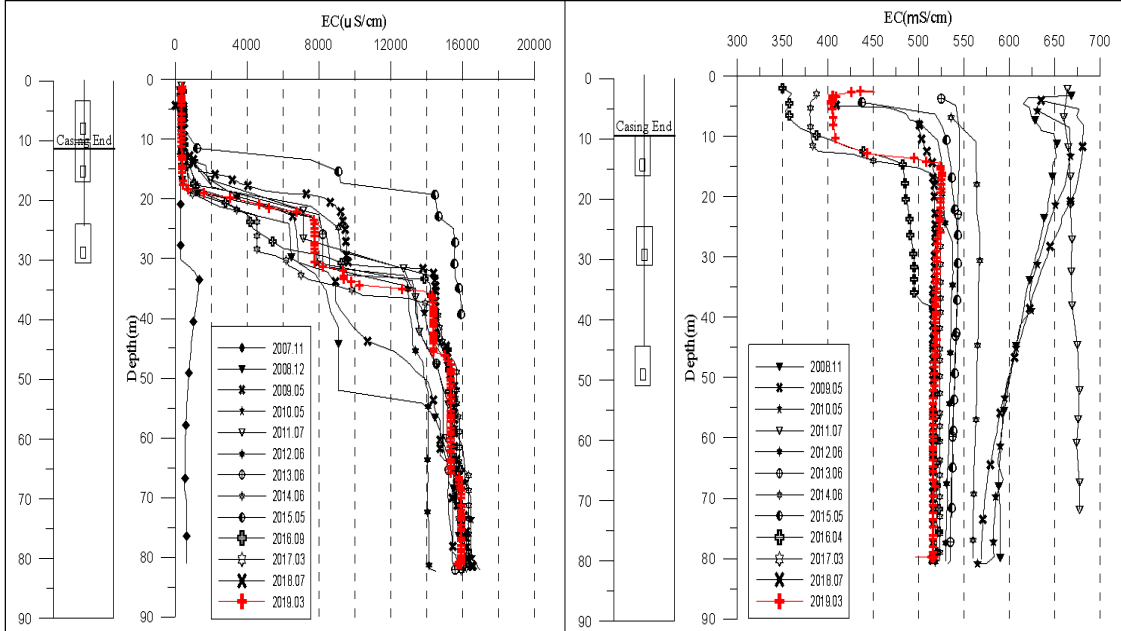


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
영흥1	웅진군 영흥면 내리 390-7	153700.200	417260.258	3.10	2007	120	0.57
영흥2	웅진군 영흥면 내리 394-1	153544.566	417766.346	5.02	2008	670	2.90

2. 지형 및 지질

이 지역은 웅진군 영흥면 내리 지역으로 섬지역의 해안변에 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)

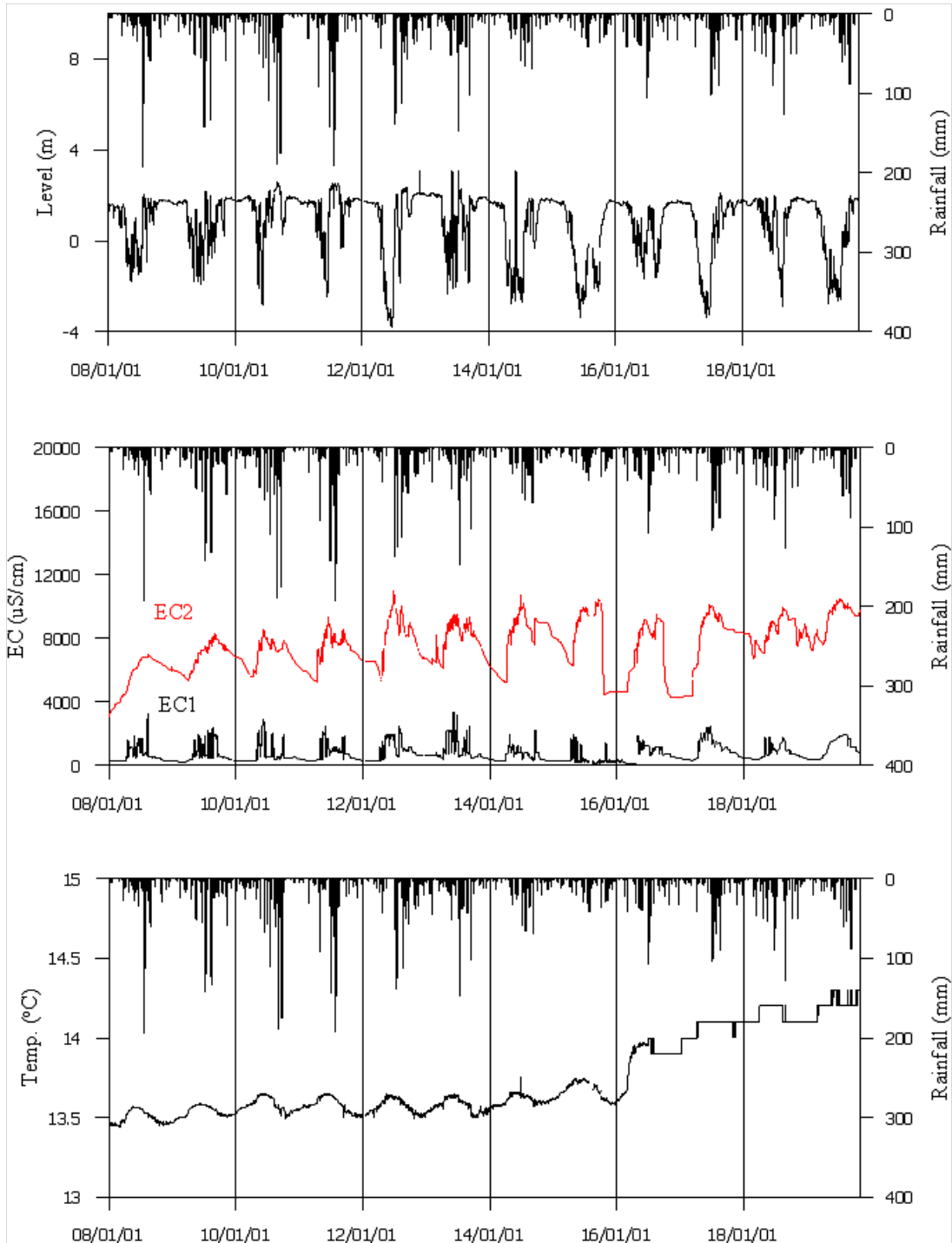
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
영흥1	(2007.10)	11.96	6.52	1.38	33.94	6.75	60.09	64.05	0.60
	(2008.12)	16.05	12.78	1.18	55.41	7.62	98.31	61.00	0.75
	(2009. 5)	15.96	13.94	1.61	61.42	9.39	112.79	67.10	1.13
	(2010. 5)	124.68	164.31	6.62	624.03	76.50	1780.31	51.85	6.53
	(2011. 6)	27.28	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	N.D.
	(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
	(2016. 4)	156.50	201.50	9.10	642.00	89.60	1699.70	36.60	7.54

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
영흥1	(2017. 4)	15.83	8.07	1.31	43.23	10.85	69.63	45.75	N.D.
	(2018. 7)	39.00	35.50	2.12	128.47	23.12	345.74	64.10	1.59
	(2019. 5)	16.26	6.80	1.65	36.32	11.65	59.33	64.05	N.D.
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	N.D.
	(2011. 6)	25.67	17.16	2.95	74.53	18.71	72.67	244.00	N.D.
	(2012. 6)	25.55	13.01	2.79	73.59	23.56	56.56	204.35	N.D.
	(2013. 6)	24.26	12.42	3.00	67.68	23.28	38.98	237.90	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 4)	26.80	12.00	2.60	64.50	20.00	61.50	204.40	0.16
	(2017. 4)	26.68	10.49	3.01	55.69	23.91	54.73	158.60	N.D.
	(2018. 7)	24.66	9.99	2.84	52.03	26.45	48.15	131.20	N.D.
(2019. 5)	24.74	7.87	4.30	36.83	25.91	42.34	125.05	N.D.	

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

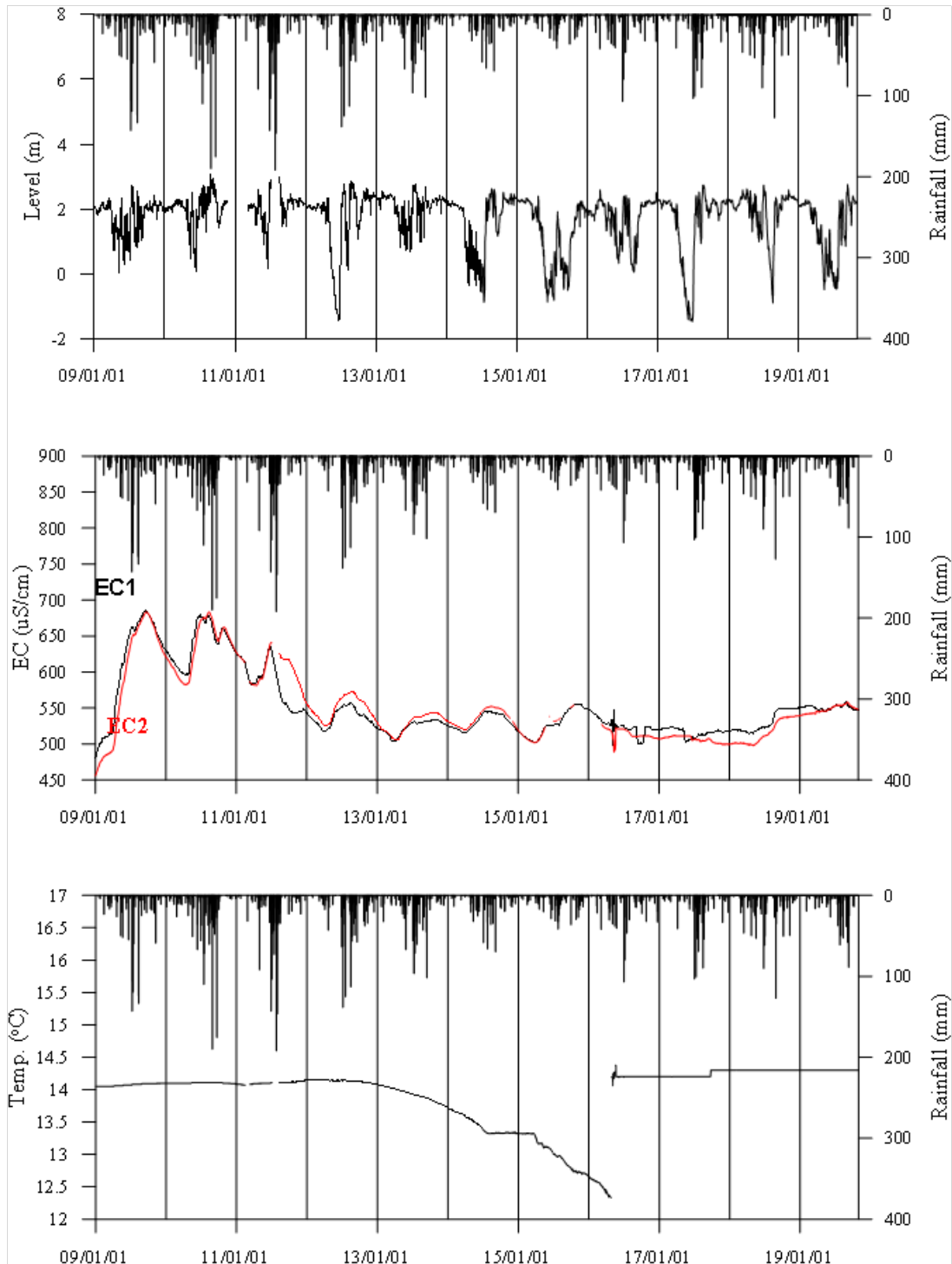
구 분	관측공		영흥1	영흥2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2007.10		1.61	-
	2008.12		2.77	0.63
	2009. 5		2.89	0.43
	2010. 5		59.00	0.54
	2011. 6		6.56	0.51
	2012. 6		142.45	0.48
	2013. 6		151.85	0.28
	2014. 6		64.33	0.42
	2015. 5		32.66	0.44
	2016. 4		79.93	0.52
	2017. 3		2.62	0.59
	2018. 7		9.28	0.23
	2019. 5		1.59	0.58

5. 장기관측 결과



<영흥1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영흥2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

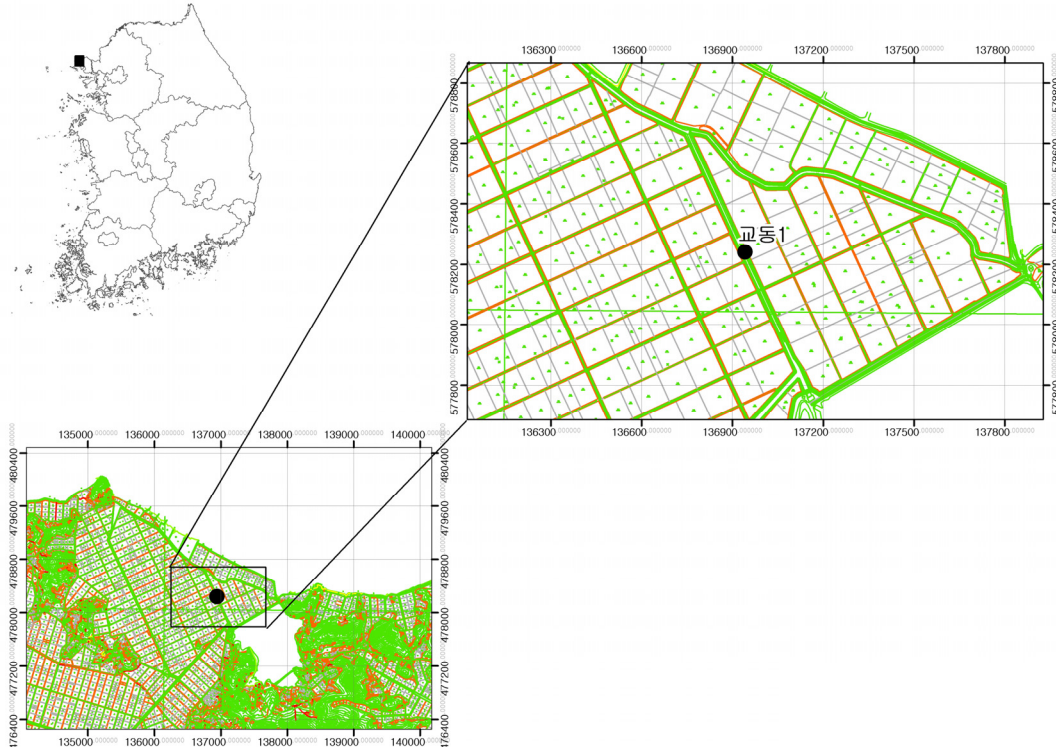
6.

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 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. 영흥2 관측공은 뚜렷한 전이대 없이 약 500 ~ 700 $\mu S/cm$ 범위를 보였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영흥1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 1.59 ~ 151.85로 해수침투의 영향을 상당히 받은 것으로 분석되었다. 영흥2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이지만, Cl/HCO₃ 몰비는 0.23 ~ 0.63으로 해수침투의 영향이 미미하게 나타나는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 영흥1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 지하수위는 연간 약 5 m 내외에서 변화하고 있으며, 4월 이후 양수에 의한 지하수위 하강 현상이 나타난다. EC1 센서의 전기전도도는 지하수위가 감소하면 증가하고, 지하수위가 회복되면 낮아지는 경향이 나타나지만, EC2 센서는 전기전도도가 높은 영역에서 증감을 보이고 있어 해수침투가 진행되었음을 나타내고 있다. 영흥2 관측공의 지하수위 변화는 약 3 m 내외이며, 수위 변화가 영흥1 관측공과 유사한 양상을 나타내고 있다. 전기전도도는 EC1과 EC2의 전기전도도 값이 유사한 변동 양상이 나타남에 따라 심도별 차이가 거의 나타나지 않는 것으로 보인다.
- 5) 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 교동지구

1. 위치

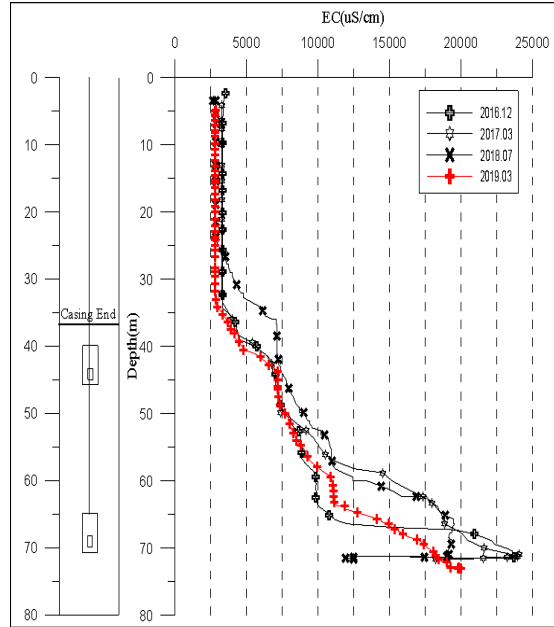


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
교동1	강화군 교동면 삼선리 1189-7	135877.8253	477377.3045	5.70	2016	1,900	3.53

2. 지형 및 지질

강화군 교동면에 위치한 교동지구는 서해안과 접해 있으며, 접경지로서 철책선 주변에 위치하고 있다. 교동1 관측공은 해안과의 거리가 약 1,900 m이며, 기존 공사 관리 공공관정에서 염수유입 현상이 발생하여 해수침투 영향을 관측하고자 용도를 변경하여 관측공으로 사용하였다.

3. 지하수 검층



<교동1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

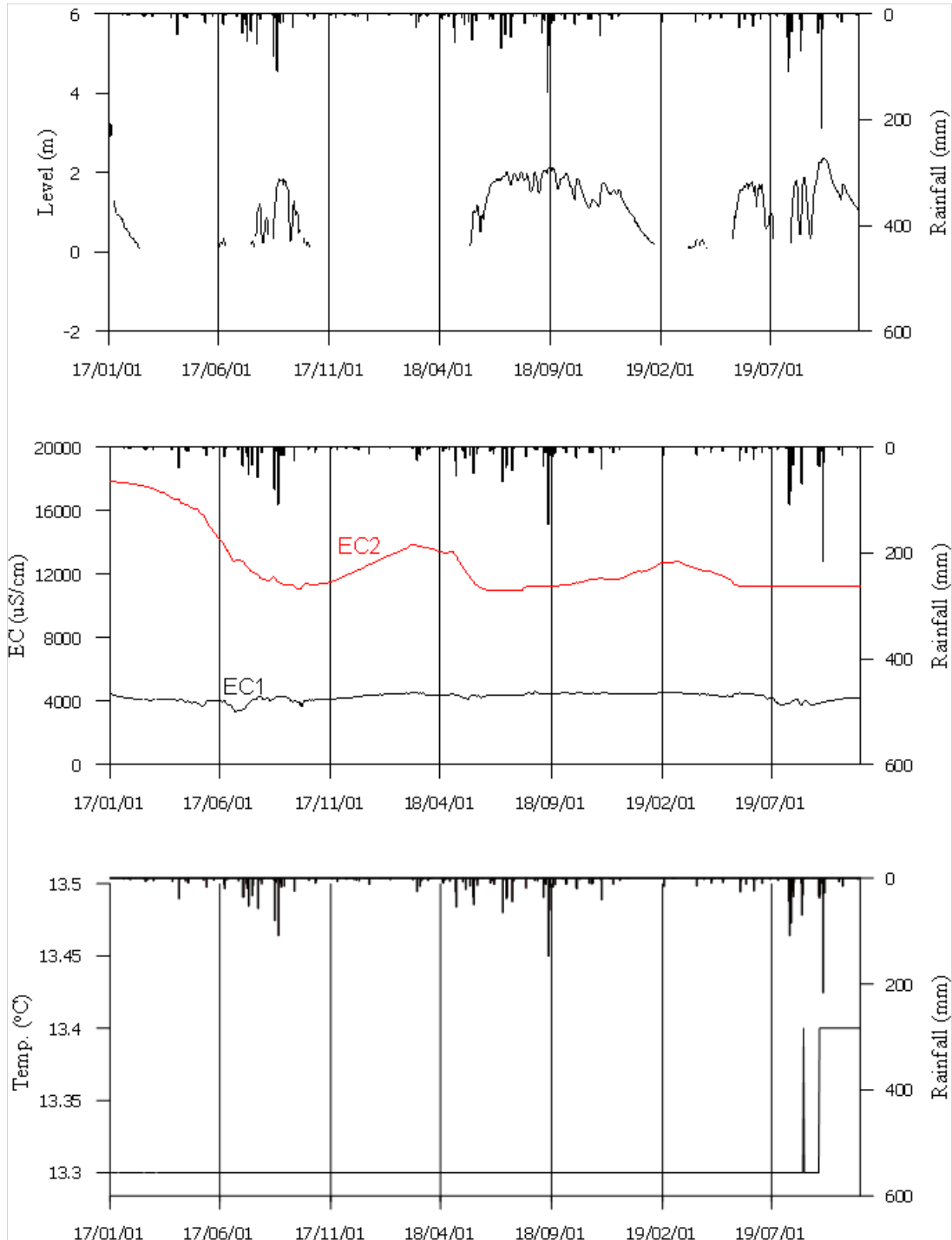
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
교동1	(2016.12)	744.80	22.20	6.70	25.00	321.33	797.31	445.30	3.39
	(2017. 4)	1159.69	47.64	13.28	56.23	430.06	1401.46	527.65	4.27
	(2018. 7)	692.33	13.17	4.21	12.82	275.09	611.27	390.40	N.D.
	(2019. 5)	574.86	6.59	1.93	6.55	228.35	478.56	341.60	0.74

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	교동1
Cl/HCO_3 몰비	2016.10	3.08
	2017. 3	4.57
	2018. 7	2.69
	2019. 5	2.41

5. 장기관측 결과



<교동1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

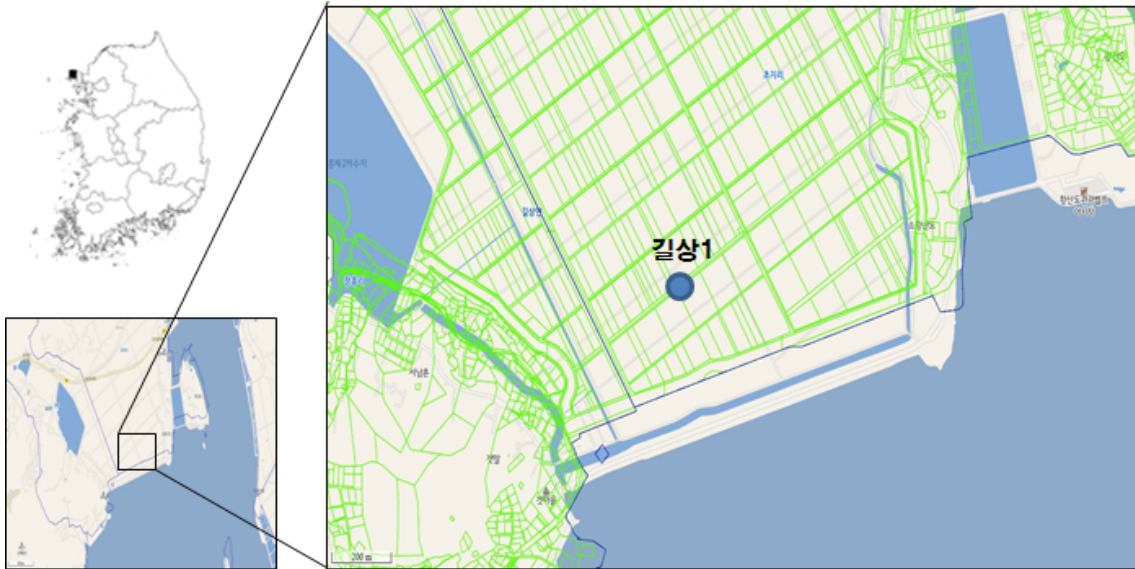
(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 강화군 교동면에 위치한 교동지구는 서해안과 접해 있으며, 접경지로서 군사 시설들이 위치하여 있다. 교동1 관측공은 해안과 1.9 km 거리에 위치해 있고, 기존 공사 관리 공공관정에서 염수유입 현상이 발생하므로, 기존 공공관정의 용도를 변경하여 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 3,300 ~ 24,000 $\mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다. 하부 심도로 갈수록 전기전도도가 증가하는 경향을 보이며, 심도 40 m 지점부터 전기전도도가 급격하게 상승함에 따라 해수침투의 영향이 높은 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 교동1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 2.41로 나타나 보통 정도의 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 교동1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 수위변화는 연간 약 2 m 내외이다. EC1 센서의 전기전도도는 4,000 $\mu S/cm$ 내외, EC2 센서의 전기전도도는 동절기에 16,000 $\mu S/cm$ 내외로 나타나며, 풍수기에 12,000 $\mu S/cm$ 로 감소하는 경향을 나타내어 해수침투가 진행되었음을 나타내고 있다.
- 5) 관리 방안 : 교동1 관측공은 대수층을 통한 해수침투 영향이 확산될 것으로 예측되는 관측정이다. 따라서 교동1 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제로 해수침투 확산을 방지할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2.1.6 길상지구

1. 위치



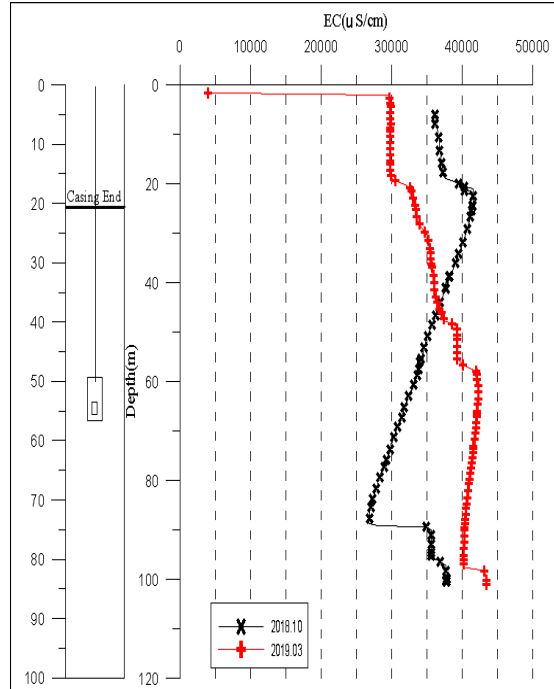
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
길상1	강화군 길상면 초지리 1862	158220.281	557470.906	4.00	2018	300	3.00

※ 경기 안산 대부3 관측정의 토지 소유주의 이전 요구로 2018년 길상1로 이전

2. 지형 및 지질

강화군 길상면 초지리에 위치한 길상1 관측공은 강화 초지대교 남서측에 위치하는 농경지에 위치하는 관측공이다. 강화도 남동측 끝 부분에 위치하며, 동측과 남측으로 서해가 위치하며, 북측으로 강화도가 위치한다. 길상1 관측공은 남쪽에 위치한 해안과 약 0.3 km 거리에 위치하고 있으며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<길상1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

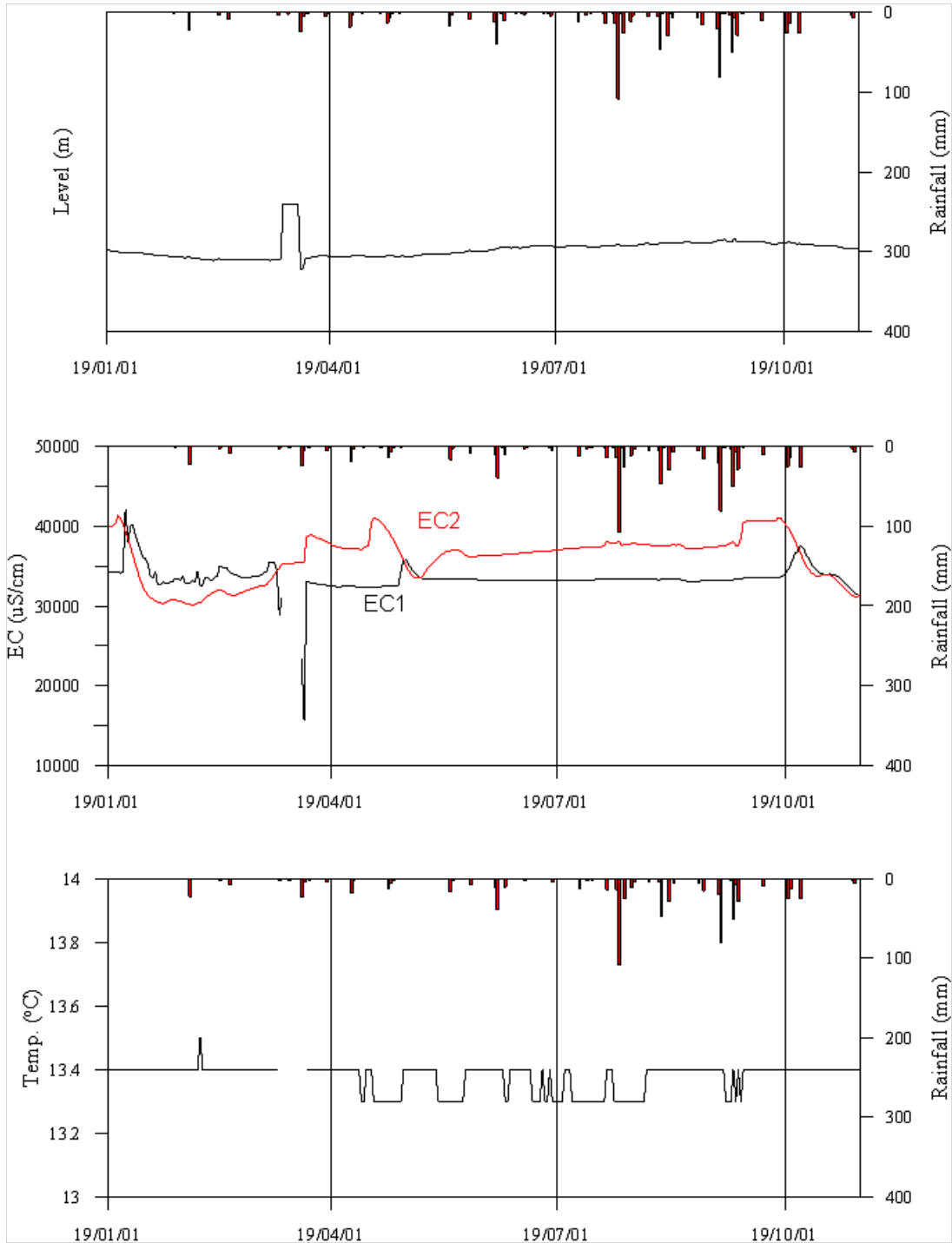
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
길상1 (2018.11)	4890.37	902.10	59.21	1404.14	625.07	11037.56	24.40	N.D.
(2019. 5)	4154.63	310.64	4.57	1275.79	363.61	9394.20	67.10	39.51

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	길상1
Cl/HCO_3 몰비	2018.11	130.69
	2019. 5	240.95

5. 장기관측 결과



<길상1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 길상1 관측공은 강화군 길상면 초지리에 2018년에 설치한 관측공으로 초지대교 남서측에 위치하는 농경지에 위치한다. 강화도 남동측 끝 부분에 위치하며, 동측과 남측으로 서해가 위치하며, 북측으로 강화도가 위치한다. 길상1 관측공은 남쪽에 위치한 해안과 약 0.3 km 거리에 위치하고 있으며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 길상1 관측공은 전기전도도가 $30,000\mu S/cm$ 에서 $43,000\mu S/cm$ 의 범위로 나타났다. 이는 길상1 관측공이 해수침투의 영향을 크게 받고 있음을 의미한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 길상1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 240.95로 심각한 해수의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 길상1 관측공은 심각한 해수침투의 영향이 나타나고 있으며, 지하수 검층결과 전기전도도의 증감이 나타나는 전이대가 나타나므로, 향후 장기적인 모니터링을 통해 변화를 관측해야 한다.
- 5) 관리 방안 : 길상1 관측공은 대수층을 통한 해수침투 영향이 확산될 것으로 예측되는 관측정이다. 따라서 교동1 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제로 해수침투 확산을 방지할 필요가 있을 것으로 판단된다.

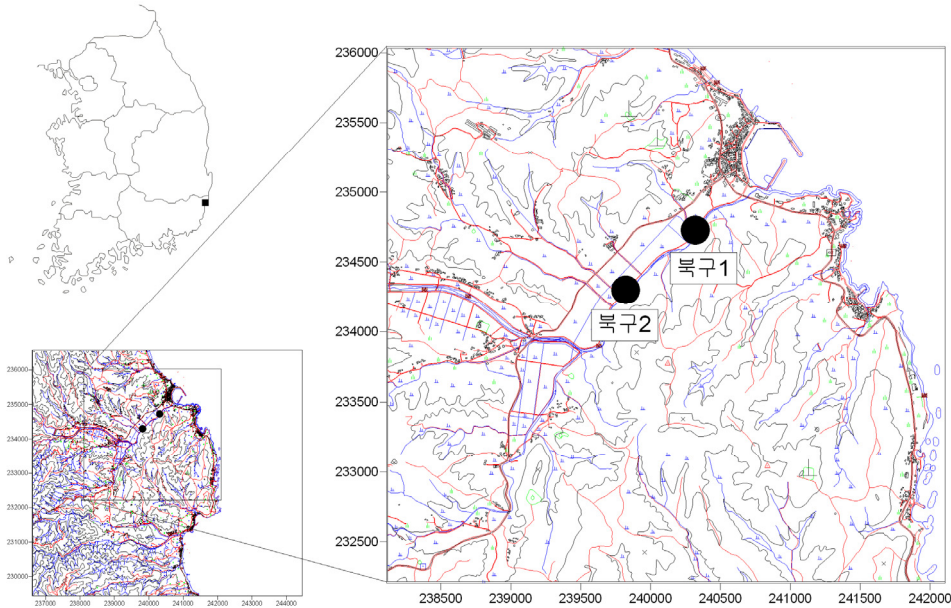
부록 2.2 울산광역시

2.2.1 북구지구(북구) 부록 - 57

부록 2.2 울산광역시

2.2.1 북구지구

1. 위치

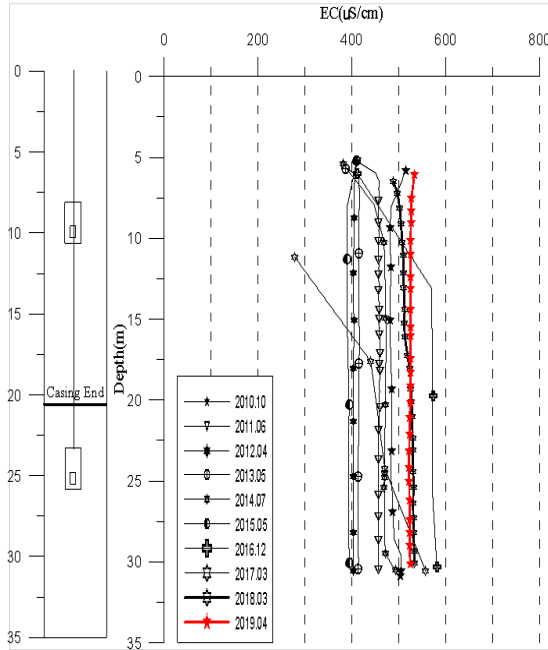


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
북구1	울산 북구 정자동 200	240217.83	234626.16	7.26	2010	580	5.20
북구2	울산 북구 무룡동 57	239719.68	234198.12	10.95	2010	1,250	8.15

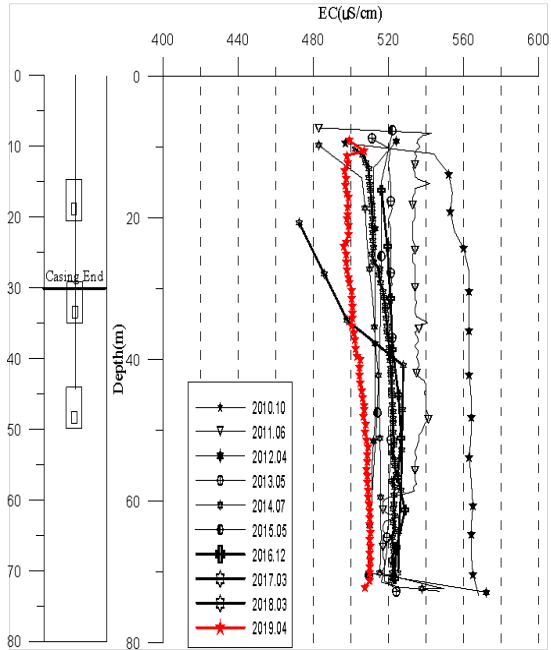
2. 지형 및 지질

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 층적층은 이를 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<북구1 관측공>



<북구2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

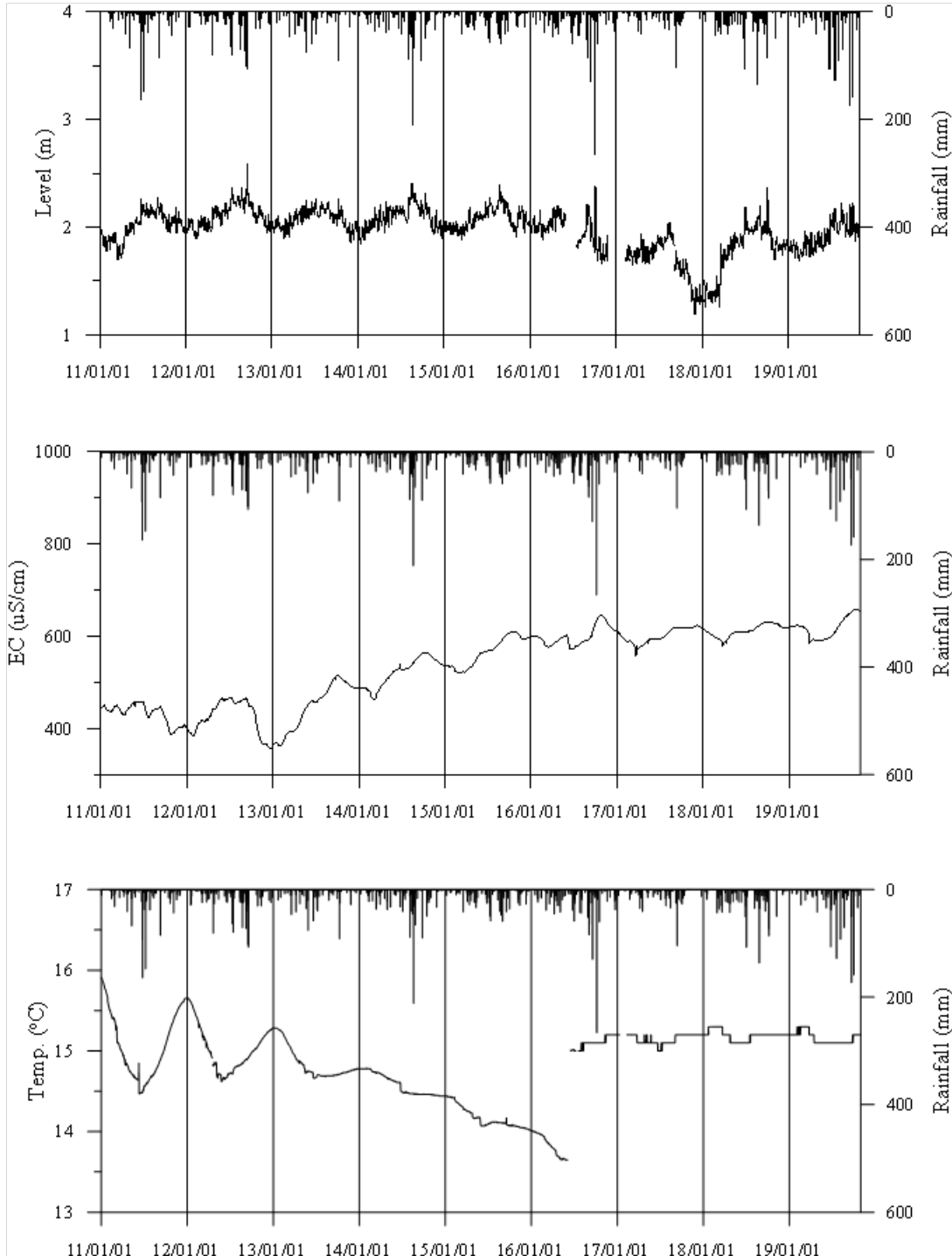
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
북구1	(2010.10)	128.32	2.42	1.17	1.48	20.98	21.51	305.00	N.D.
	(2011.10)	20.48	11.93	3.62	22.32	1.66	14.82	115.01	N.D.
	(2012. 4)	38.40	16.23	4.29	30.53	19.47	25.35	213.50	N.D.
	(2013. 5)	37.79	14.59	3.45	24.98	19.58	22.74	213.50	0.10
	(2014. 7)	38.06	22.85	5.61	37.00	17.67	33.97	17.67	N.D.
	(2015. 5)	22.79	20.58	4.97	34.78	14.23	26.55	245.09	-
	(2016. 5)	39.15	23.66	4.16	34.87	7.39	28.55	271.45	0.14
	(2017. 4)	36.46	24.60	5.19	37.85	18.65	29.99	250.10	0.200
	(2018. 6)	33.35	20.50	5.13	33.93	17.48	29.40	216.55	0.14
	(2019. 6)	35.03	21.22	5.21	32.10	20.02	28.87	204.35	0.51

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
북구2	(2010.10)	35.43	18.27	5.76	36.36	11.52	29.71	244.06	N.D.
	(2011.10)	72.61	0.34	1.57	1.14	16.99	26.77	139.12	N.D.
	(2012. 4)	111.90	1.34	3.33	1.55	1.28	39.71	236.40	N.D.
	(2013. 5)	120.37	0.65	1.60	1.29	3.67	34.12	225.73	N.D.
	(2014. 7)	116.97	0.33	1.81	1.17	1.93	44.85	222.67	0.20
	(2015. 5)	100.39	0.30	1.75	2.99	2.49	34.24	206.36	-
	(2016. 5)	118.77	1.12	1.75	1.15	2.74	29.87	240.98	0.07
	(2017. 4)	109.66	1.57	1.82	1.45	4.03	31.55	225.73	0.291
	(2018. 6)	106.19	0.19	1.44	0.90	3.04	29.74	221.13	0.10
	(2019. 6)	108.28	0.05	1.10	0.67	2.40	26.99	198.27	0.10

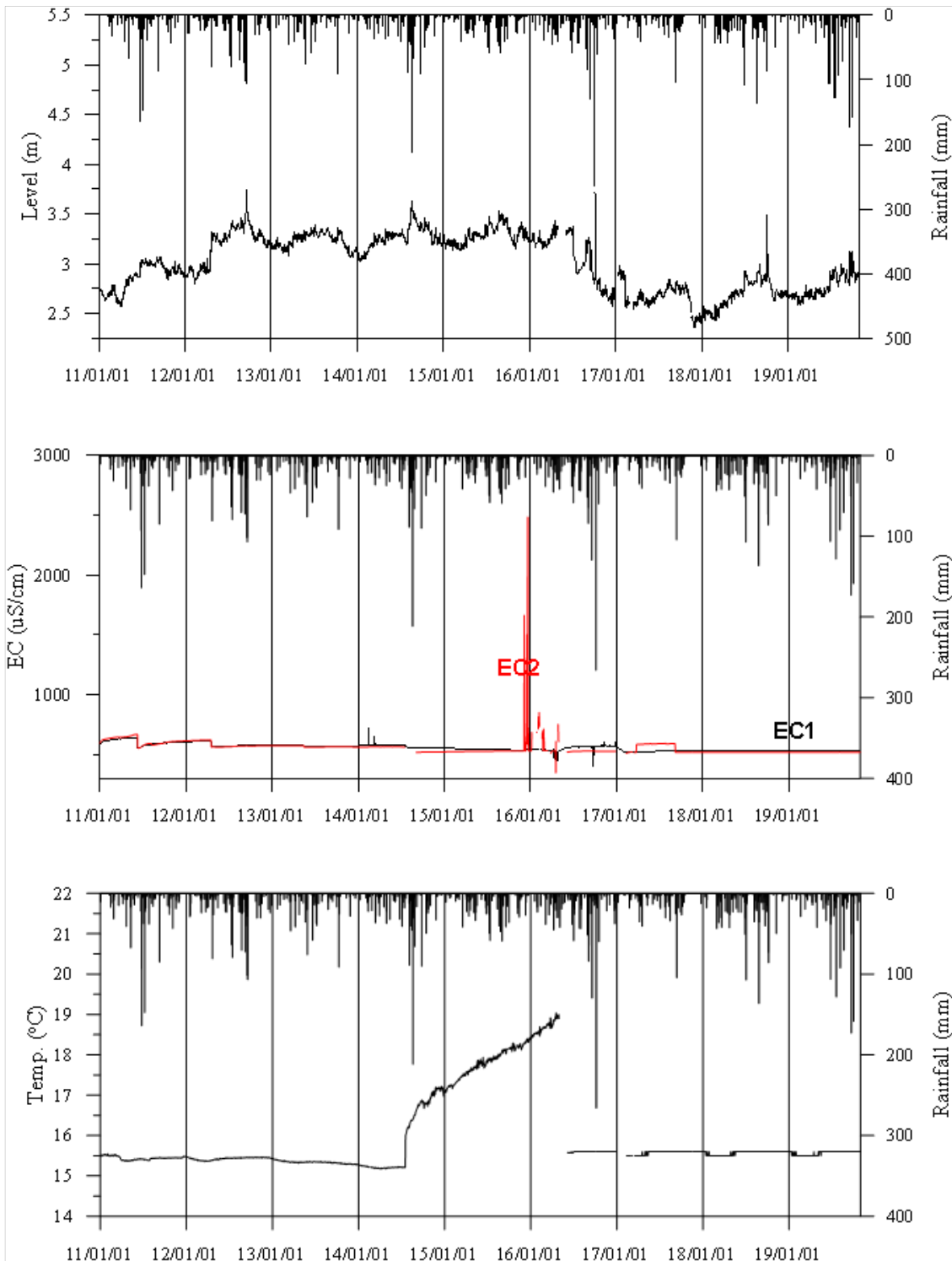
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	북구1	북구2
	년월		
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
	2016. 5	0.18	0.21
	2017. 3	0.21	0.24
	2018. 6	0.23	0.23
	2019. 6	0.24	0.23

5. 장기 관측결과



<북구1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<북구2 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 북구1, 북구2 관측공은 울산광역시 북구 정자동과 무룡동에 위치한 해수침투 우려지역으로서, 농지면적, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급 결정 결과, 22점으로 67%에 해당되어 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 북구1, 북구2 관측공 모두 전기전도도 값이 각각 약 400 ~ 600 $\mu S/cm$, 480 ~ 600 $\mu S/cm$ 범위로 심도별 변화가 없다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 북구1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 북구2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비도 각각 0.24, 0.23으로 해수의 영향은 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 북구1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위는 1 m 이내의 변동 폭을 보이며 거의 일정하다. 전기전도도는 350 ~ 750 $\mu S/cm$ 범위이며, 2013년 1월 이후부터 증가하는 경향을 보인다. 북구2 관측공의 지하수위는 1 m 이내의 변동 폭을 보이며 전기전도도 값은 EC1, 2 가 유사하다.
- 5) 관리 방안 : 북구1 지구는 현재 해수침투의 영향은 없으나, 북구2지역은 약간의 해수의 영향을 보인다. 강수 패턴, 함양조건의 변화, 지표수의 이용 및 지하수 이용에 따른 해수침투 경향을 지속적으로 관측하여 점검해야 할 필요가 있다.

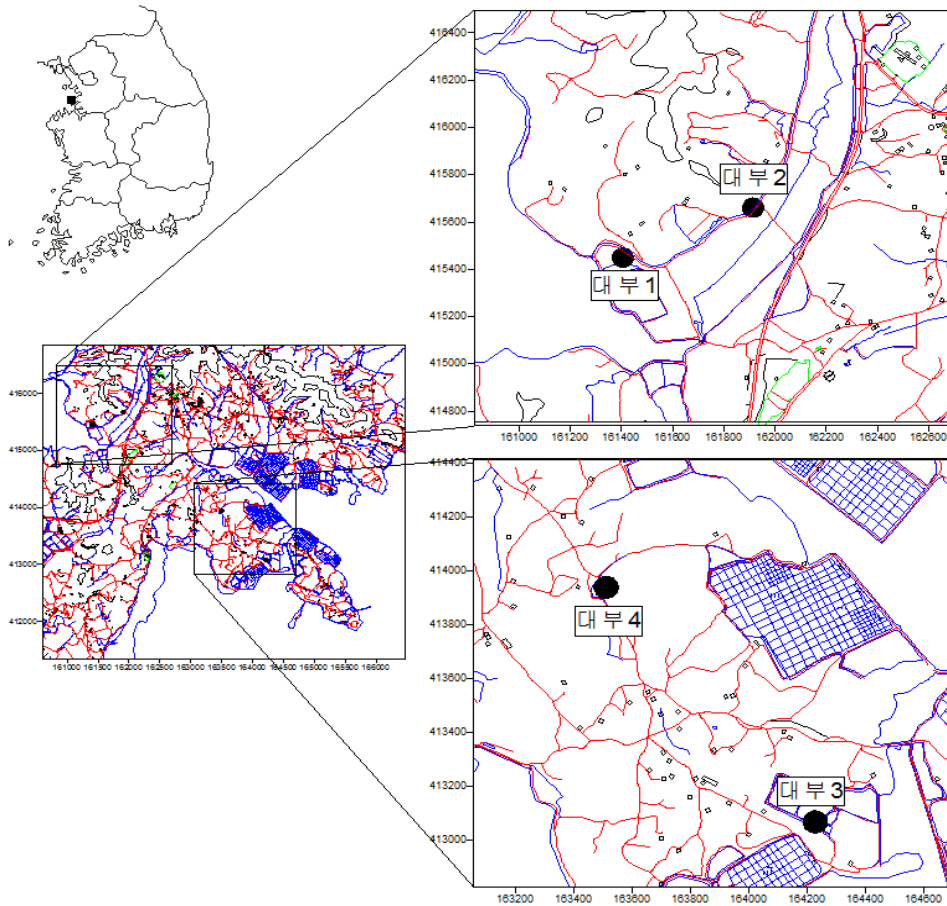
부록 2.3 경기도

2.3.1	대부지구(안산시)	부록 - 65
2.3.2	서신지구(화성시)	부록 - 75
2.3.3	제부지구(화성시)	부록 - 82
2.3.4	포승지구(평택시)	부록 - 88
2.3.5	시흥지구(시흥시)	부록 - 98
2.3.6	월곶지구(김포시)	부록 - 103
2.3.7	장단지구(파주시)	부록 - 109
2.3.8	문산지구(파주시)	부록 - 114
2.3.9	오성지구(평택시)	부록 - 119
2.3.10	안중지구(평택시)	부록 - 125
2.3.11	우정지구(화성시)	부록 - 129

부록 2.3 경기도

2.3.1 대부지구

1. 위치



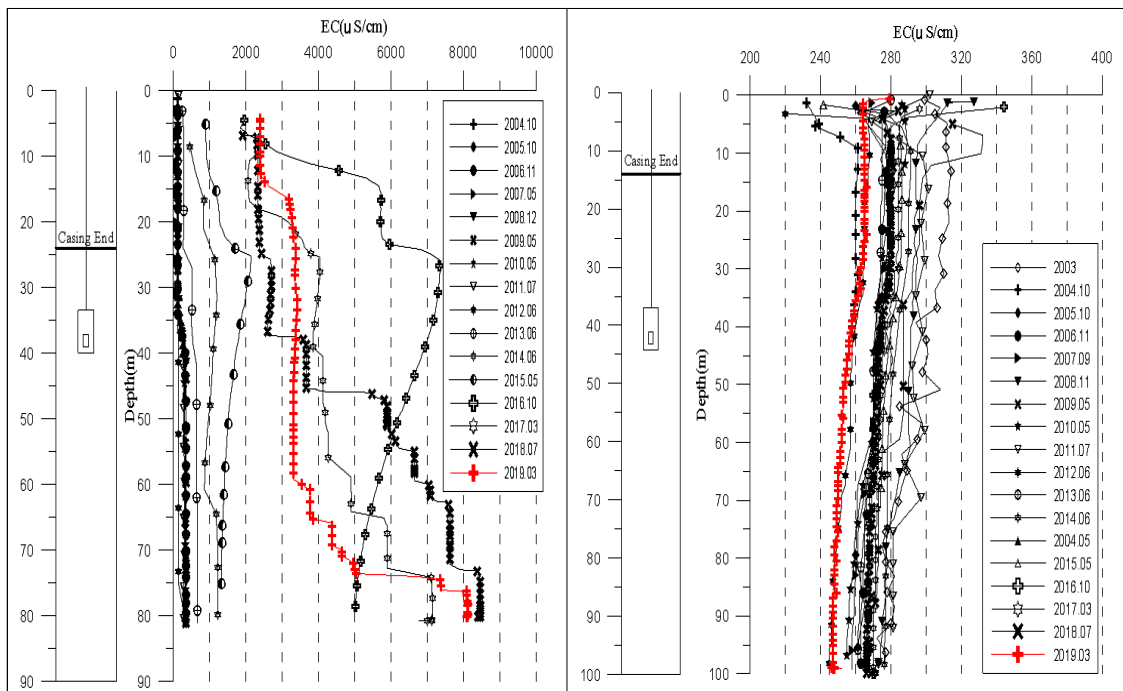
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대부1	안산시 단원구 대부북동 1532	161684.831	415464.242	5.91	2003	230	3.26
대부2	안산시 단원구 대부북동 642-157	162204.426	415669.024	4.79	2003	780	2.79
대부3	안산시 단원구 (구) 대남부동 32-4	164186.83	413023.54	4.09	2010	690	1.36
대부4	안산시 단원구 대부남동 산390	163471.018	413894.360	9.40	2011	630	3.65

※ 대부3 지구는 2018년 토지소유자의 요청에 따라 길상1로 이설

2. 지형 및 지질

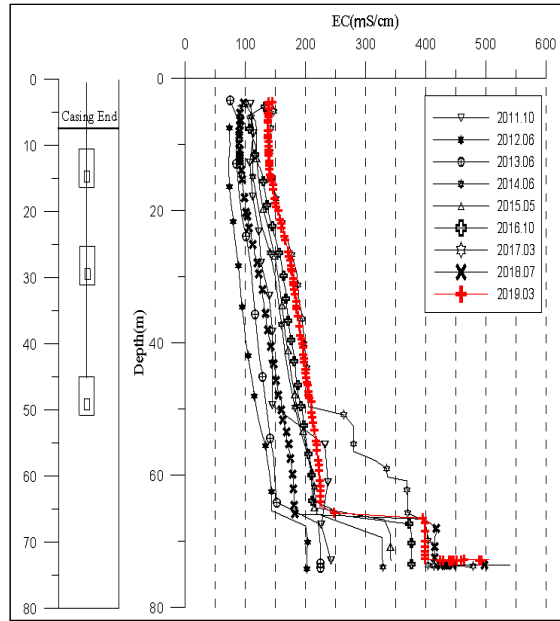
이 지역은 안산시 대부분이 해발고도 100 m 이하 낮은 구릉지로 이루어져 있는 해안변으로, 지질은 선캄브리아기 변성암류인 화강편마암류를 중생대 쥐라기 화성암류가 관입하고 있다. 변성암류의 주요 암석은 편마암, 편암, 규암, 석회암 등이고 화성암류는 흑운모화강암, 응회암, 유문암, 안산암 등이 발달하고 있다.

3. 지하수 검층



<대부1 관측공>

<대부2 관측공>



<대부4 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

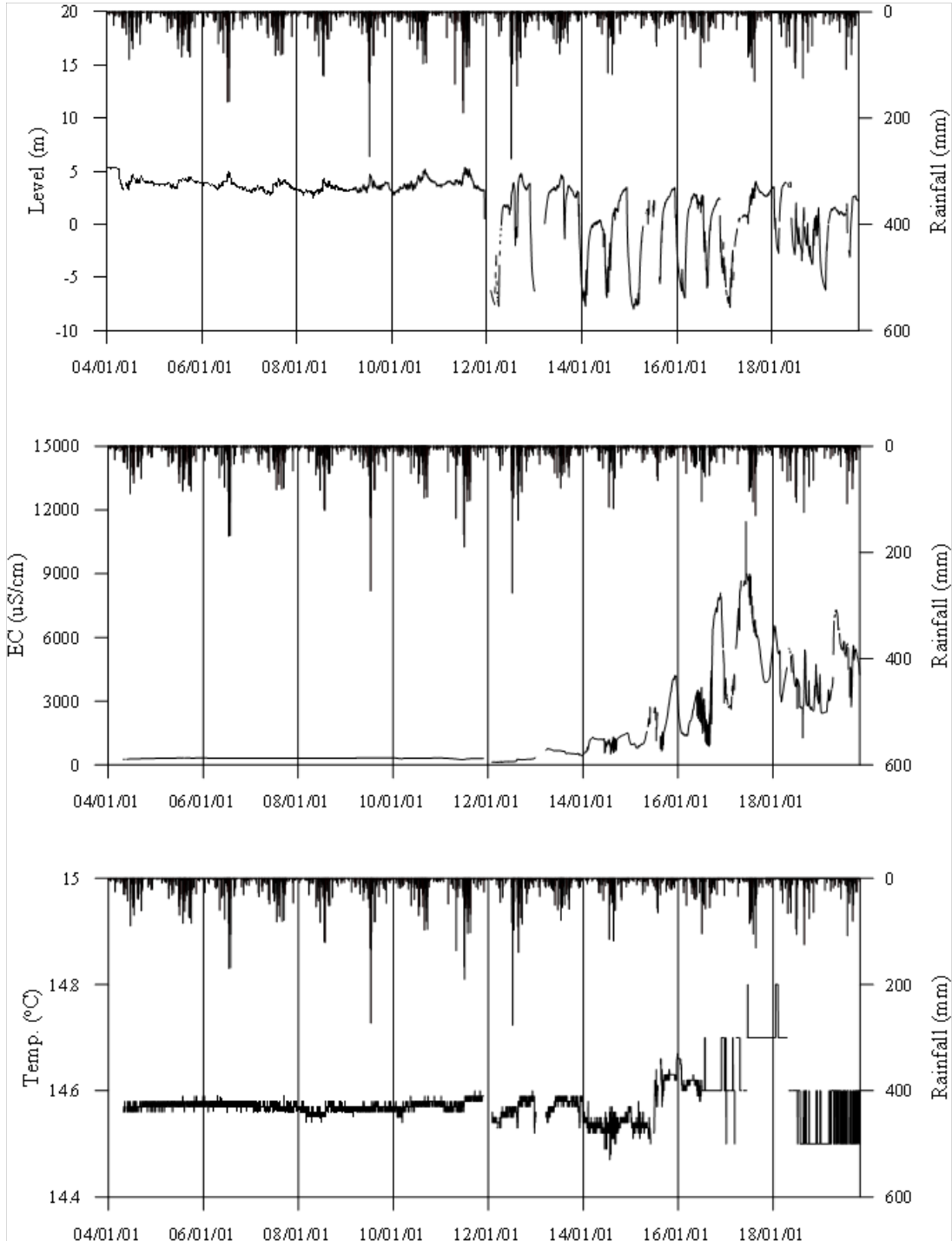
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
대부1	(2003. 9)	22.22	2.34	1.85	4.96	4.89	6.35	41.40	3.25
	(2004.10)	44.48	N.D.	N.D.	1.52	30.22	20.00	80.52	0.49
	(2005.10)	11.45	2.91	0.83	5.94	4.14	6.12	45.75	0.09
	(2006.11)	14.39	2.81	0.83	6.25	3.70	6.39	45.75	N.D.
	(2007.10)	13.58	2.88	0.94	5.57	4.56	6.33	51.85	0.13
	(2008.11)	12.40	2.84	0.63	5.05	3.65	7.78	48.80	0.06
	(2009. 5)	13.32	3.45	1.19	6.10	3.87	7.90	48.80	0.07
	(2010. 5)	16.77	4.24	0.78	7.72	5.30	11.58	54.90	N.D.
	(2011. 6)	16.06	3.72	0.81	6.79	3.61	13.32	41.18	N.D.
	(2012. 6)	17.78	3.49	0.97	5.59	7.65	15.97	48.80	0.05
	(2013. 6)	34.64	6.76	1.23	9.02	4.53	58.58	33.56	0.60
	(2014. 6)	100.61	19.97	3.03	16.61	4.64	205.55	33.55	1.07
	(2015. 5)	114.23	17.71	2.87	15.73	4.19	208.79	48.80	0.78
	(2016. 4)	183.60	33.10	3.70	26.00	7.40	370.40	51.90	2.83
	(2017. 4)	324.44	64.44	9.53	52.33	17.80	737.78	51.85	2.63
(2018. 7)	341.75	73.64	5.86	53.48	17.17	739.25	51.90	5.93	
(2019. 5)	310.65	62.63	2.57	42.57	23.35	626.56	115.90	1.78	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
대부2	(2003. 9)	3.50	11.37	0.66	33.54	11.86	7.55	153.60	9.23
	(2004.10)	N.D.	7.77	N.D.	31.23	15.51	9.79	115.90	N.D.
	(2005.10)	2.67	11.25	0.75	42.45	12.34	8.33	152.50	N.D.
	(2006.11)	3.43	11.26	1.20	38.39	10.23	9.13	131.15	N.D.
	(2007.10)	4.13	14.03	1.31	42.05	11.89	7.73	170.80	N.D.
	(2008.11)	5.48	10.31	1.02	34.73	12.16	12.10	146.40	0.08
	(2009. 5)	8.79	12.28	2.30	38.87	10.23	17.43	146.40	0.20
	(2010. 5)	4.42	12.36	0.84	47.57	12.19	10.13	173.85	N.D.
	(2011. 6)	4.85	12.13	1.06	37.87	12.44	11.47	155.55	N.D.
	(2012. 6)	3.92	11.31	0.63	38.96	13.11	8.37	155.55	0.04
	(2013. 6)	3.89	12.26	0.70	39.44	11.12	8.04	155.55	0.06
	(2014. 6)	4.80	13.37	0.71	38.51	12.26	7.67	152.50	0.07
	(2015. 5)	3.71	12.94	0.92	41.25	12.65	7.8	161.65	N.D.
	(2016. 4)	3.40	12.40	1.00	40.80	12.40	8.70	149.50	0.10
	(2017. 4)	3.58	11.82	0.70	42.06	12.46	9.68	146.40	0.14
	(2018. 7)	3.72	11.65	0.66	38.33	12.46	8.91	137.30	0.18.
(2019. 5)	4.21	9.92	1.03	33.80	12.05	8.58	137.25	0.02	
대부4	(2011.11)	3.77	4.70	1.37	15.32	1.55	9.75	61.00	N.D.
	(2012. 6)	4.37	2.78	0.63	7.62	1.32	9.86	21.35	0.03
	(2013. 6)	5.85	2.72	0.60	6.30	1.34	11.61	30.50	0.14
	(2014. 6)	7.69	5.27	0.82	10.85	2.91	19.63	33.55	0.06
	(2015. 5)	7.74	4.47	1.00	9.64	2.69	14.87	36.60	N.D.
	(2016. 4)	8.48	3.82	1.01	8.23	2.41	13.34	30.50	0.07
	(2017. 4)	7.84	5.11	0.92	11.88	2.94	17.82	39.65	0.03
	(2018. 7)	6.55	4.16	0.80	8.37	3.29	16.21	24.40	0.11
	(2019. 5)	9.51	4.56	1.48	10.36	3.76	16.97	33.55	0.12

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

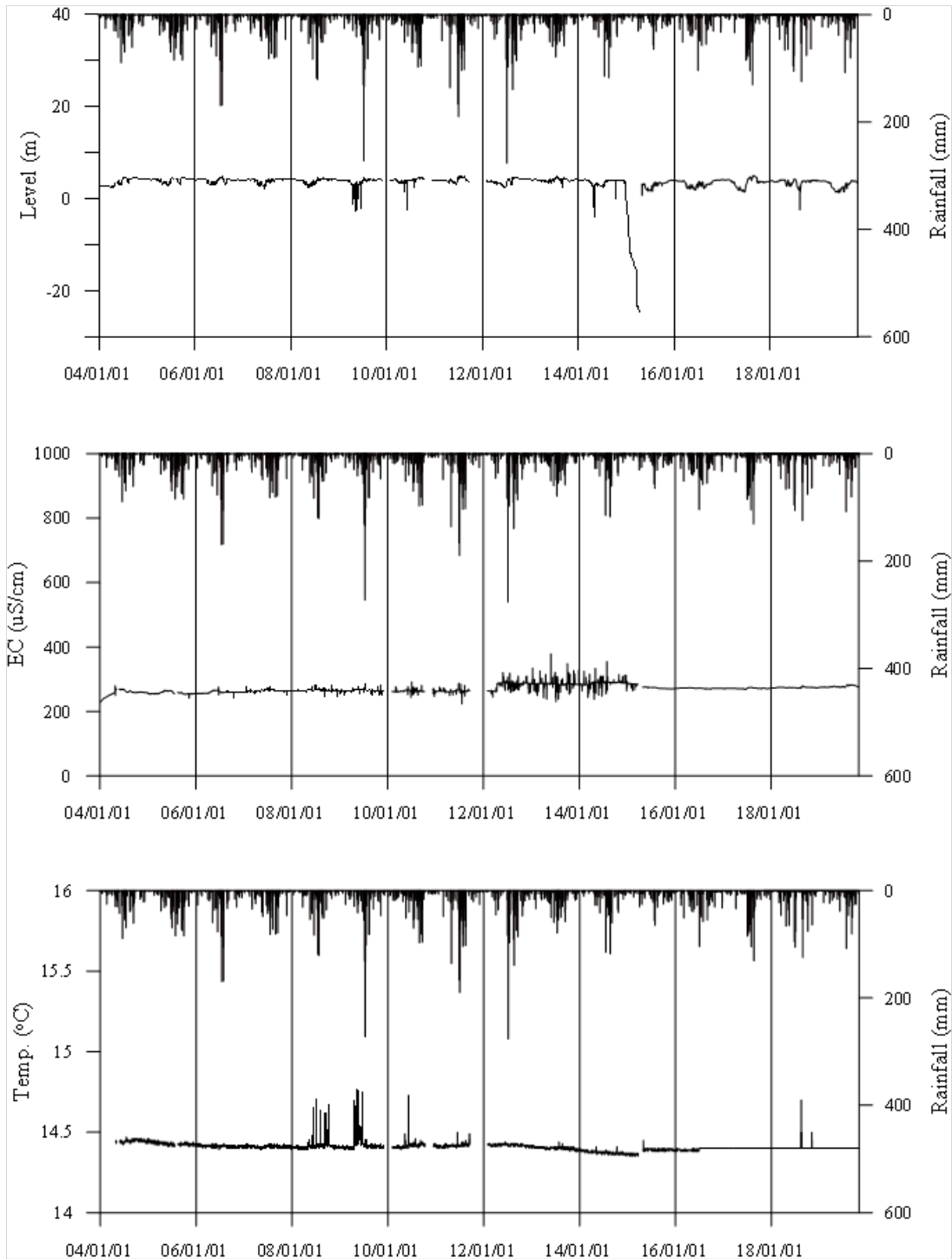
구 분	관측공	대부1	대부2	대부4
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	0.26	0.09	-
	2004.10	0.43	0.15	-
	2005.10	0.23	0.09	-
	2006.11	0.24	0.12	-
	2007.10	0.21	0.08	-
	2008.11	0.27	0.14	-
	2009. 5	0.28	0.20	-
	2010. 5	0.36	0.10	-
	2011. 6	0.50	0.13	0.27(2011.11)
	2012. 6	0.56	0.09	0.79
	2013. 6	2.75	0.09	0.65
	2014. 6	10.53	0.09	1.01
	2015. 5	7.36	0.08	0.70
	2016. 4	12.29	0.10	0.75
	2017. 4	24.49	0.11	0.77
	2018. 7	24.51	0.11	1.14
2019. 5	9.30	0.11	0.87	

5. 장기관측 결과



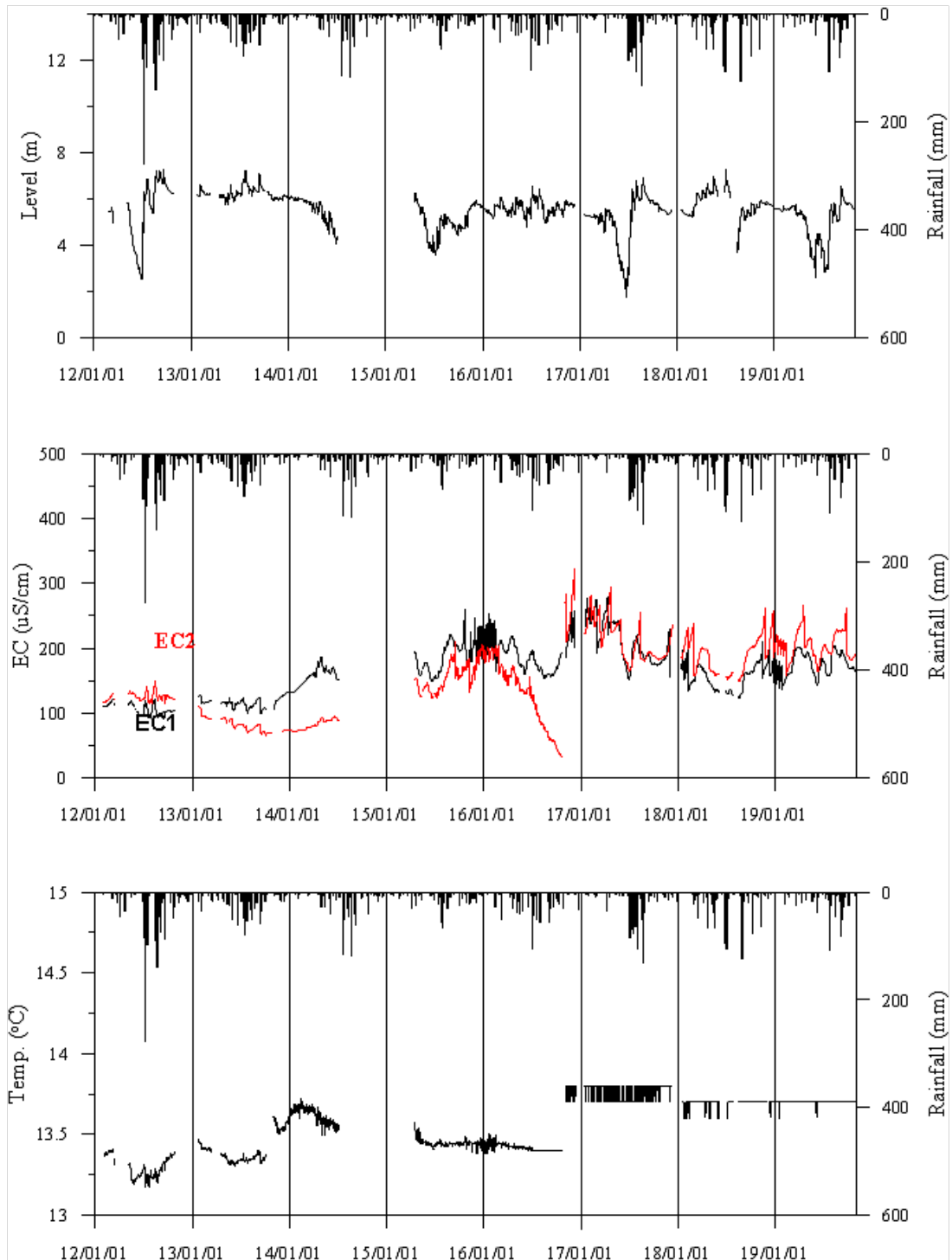
<대부1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대부2 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대부4 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

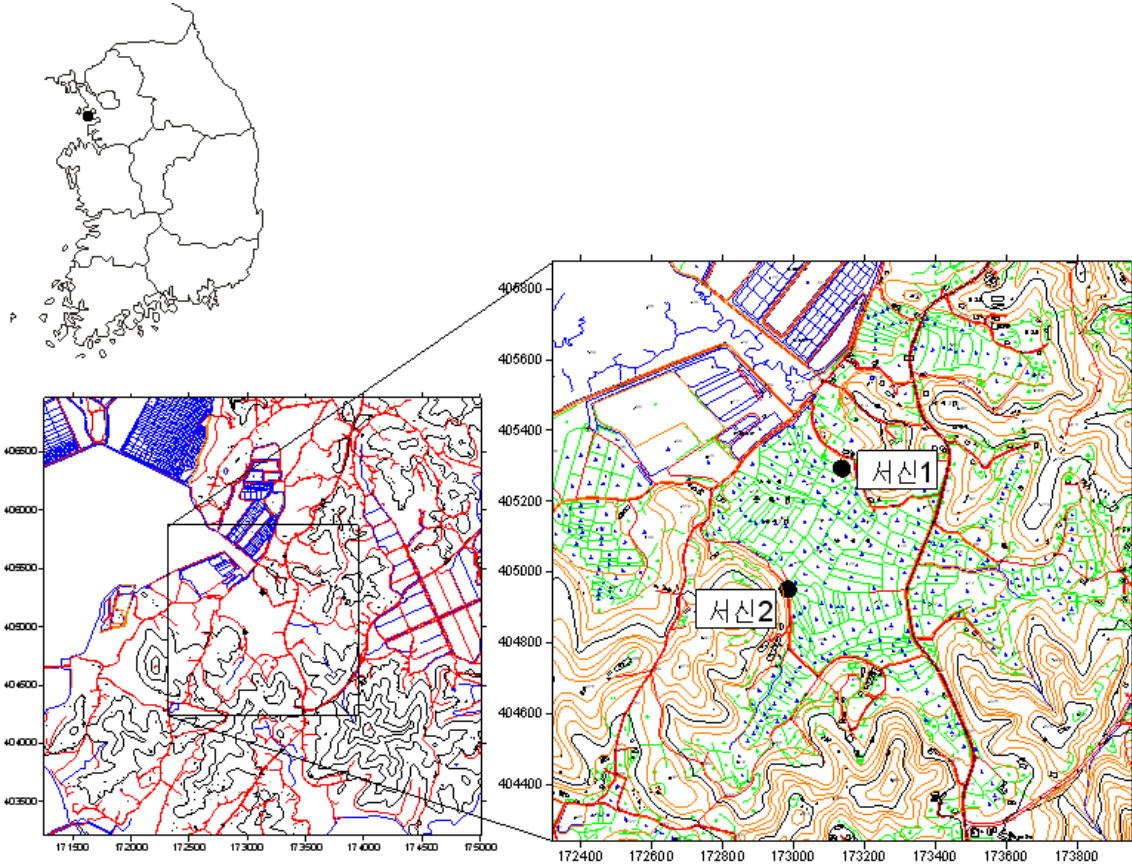
- 1) 위치선정 : 대부1, 2 관측공은 2003년에 설치한 관측망으로 각각 해안변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기관측을 실시하고 있다. 대부3, 4 관측공은 2010, 2011년 신규 관측공으로 대부1, 2 관측공의 남동쪽 해안의 해수침투 영향을 분석하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 대부1 관측공은 2012년까지 지표 하 약 35 m 구간에서 전이대가 뚜렷하게 나타났으며, 전구간의 전기전도도 검층값은 약 $350\mu S/cm$ 이하였다. 2013년부터 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 $250\sim 750\mu S/cm$ 가 급격히 증가하였다. 2016~2018년에는 지표 하 25 m에서 80 m 구간의 전기전도도의 변화가 $7,000\mu S/cm$ 이상 나타나는데, 이는 주변 대수층 내 염수침입에 의해 전기전도도의 증가가 발생한 것으로 판단된다. 2019년에는 심도 75 m 구간에서 전기전도도가 $5,000\mu S/cm$ 에서 $8,000\mu S/cm$ 까지 급격히 증가하였다. 이에 따라 향후 해수침투에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 대부2, 대부4 관측공의 2019년 검층결과, 이전까지의 검층 패턴과 유사하게 나타났다. 대부2 관측공은 전이대가 나타나지 않았으며, 전기전도도 값은 약 $300\mu S/cm$ 이하로서 해수침투 영향은 없는 것으로 나타났다. 대부3 관측공은 지표 하 15~20 m, 85 m 구간에서 전이대가 형성되어 전기전도도 값이 각각 $5,000\mu S/cm$, $10,000\mu S/cm$ 까지 단계적으로 상승하였다. 대부4 관측공은 전이대가 없는 담수에 해당된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과 대부1 관측공은 2013년 이래 (Na+K)-Cl 유형으로서 해수유입이 증가하는 추세이며, Cl/HCO₃ 몰비는 9.30으로 해수침투의 영향이 심각한 것으로 판단된다. 대부2, 대부4 관측공은 Ca-HCO₃, (Na+K)-HCO₃유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.11과 0.87

로 분석됨에 따라 해수침투의 영향은 없거나 미약한 것으로 판단된다.

- 4) 장기 관측결과 : 대부1 관측공은 2012년 이래로 주변 농경지의 지하수 이용량이 증가함에 따라, 봄철 지하수위 강하(약 10 m 내외)가 뚜렷하게 발생한다. 대부1 관측공의 전기전도도는 지하수이용량 증가에 따라 2015년 말부터 약 3,000~4,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하기 시작하여 2017년 말 12,000 $\mu S/cm$ 증가후 점차 감소 추세를 보이고 있다. 대부2, 3 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 수위변화는 연간 약 3~6 m 가량의 변화폭을 보인다. 대부2 관측공에서는 수위변화가 양수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 전기전도도는 280 $\mu S/cm$ 내외의 값을 나타내고 있다. 대부4 관측공의 수위변화는 7 m 이내로서 강수의 영향을 받고 있으며, 전기전도도 값은 EC1, 2 모두 250 $\mu S/cm$ 내외이고, 지하수위 하강은 전기전도도 값의 증가, 지하수위 상승은 전기전도도 값의 감소로 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 대부지구의 경우 대부2, 4 관측공은 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 분석되었지만, 대부1 관측공의 경우 전이대가 뚜렷하고 지하수위 변화에 따른 전기전도도의 변화 및 상승 경향이 감지되므로 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 주변 지하수 이용에 대한 대책을 마련할 필요가 있다.

2.3.2 서신지구

1. 위치

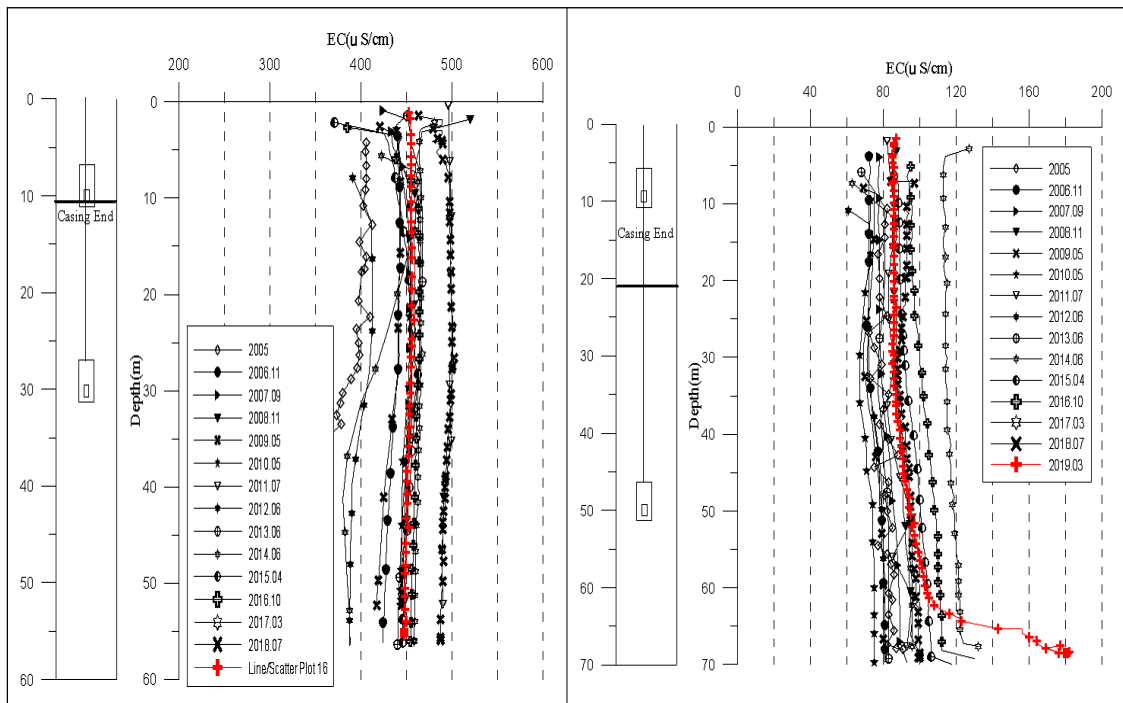


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
서신1	화성시 서신면 백미리 171-1	173135.241	405292.358	4.80	2004	180	3.02
서신2	화성시 서신면 백미리 107-1	172983.053	404951.508	5.64	2004	430	3.73

2. 지형 및 지질

이 지역은 화성시 서신면의 서쪽 해안변으로 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

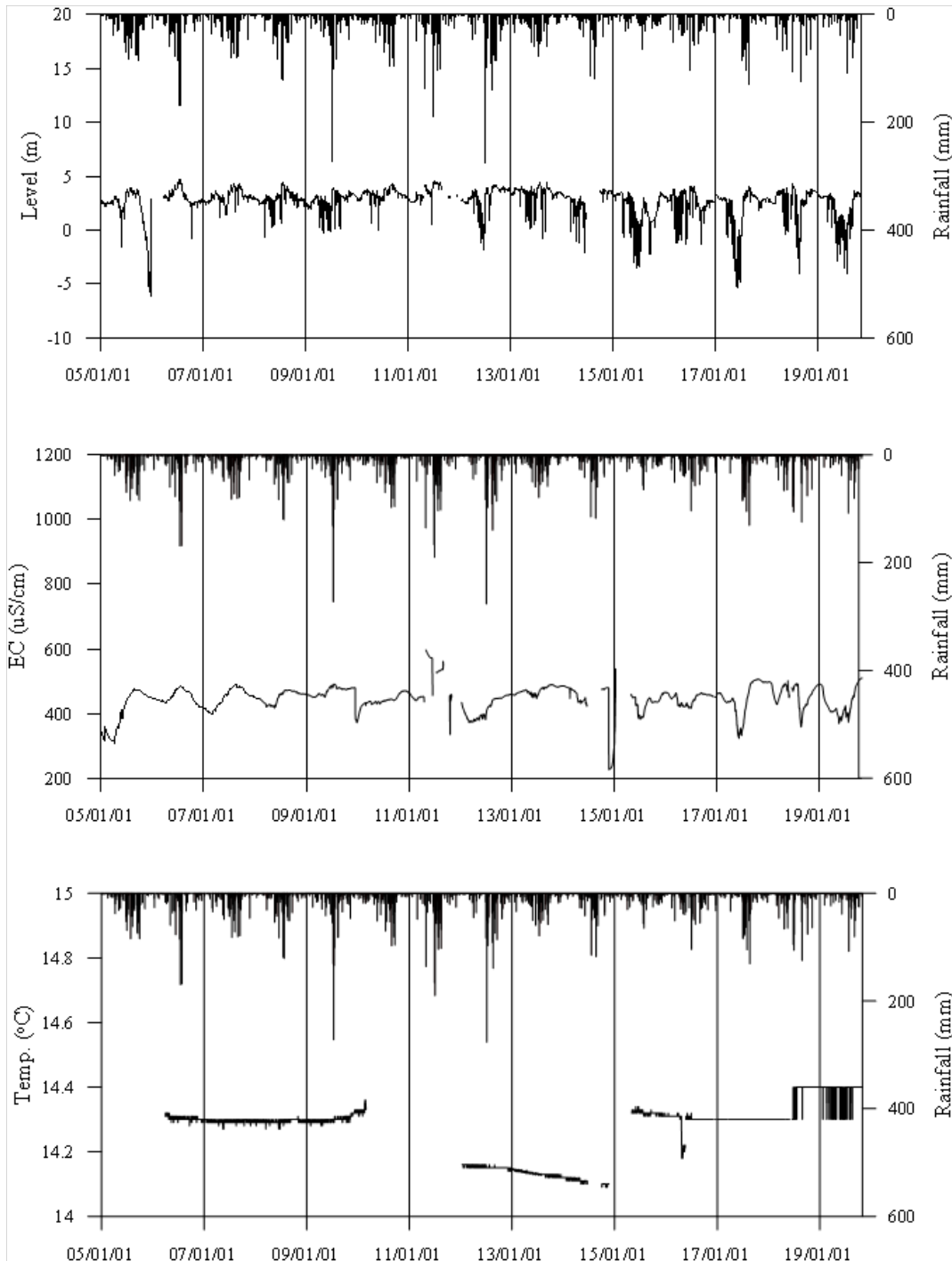
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
서신1	(2004.10)	1.69	8.83	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	15.09	17.62	2.51	52.33	33.21	50.47	106.75	N.D.
	(2012. 6)	14.39	15.47	2.06	60.06	39.09	44.72	100.65	N.D.
	(2013. 6)	14.78	16.88	2.70	47.79	37.13	50.96	112.85	N.D.
	(2014. 6)	12.93	16.66	2.02	47.35	39.59	44.19	103.70	0.67
	(2015. 5)	19.70	17.90	2.30	48.30	42.40	58.40	103.70	0.00
	(2016. 4)	16.30	18.00	2.00	47.90	47.10	59.70	100.70	0.18
	(2017. 4)	17.99	19.08	2.30	48.31	47.66	69.01	103.70	N.D.
	(2018. 7)	15.75	17.61	2.31	51.88	39.66	62.98	85.40	N.D.
(2019. 5)	15.53	18.75	2.68	50.96	40.19	55.90	152.50	N.D.	
서신2	(2004.10)	N.D.	N.D.	N.D.	2.42	1.56	6.06	35.38	N.D.
	(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	N.D.
	(2007.10)	6.29	2.62	1.56	10.77	1.80	4.36	45.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	5.37	1.79	0.62	6.10	0.68	5.27	30.50	N.D.
	(2012. 6)	4.45	1.79	0.60	8.20	0.97	5.58	30.50	N.D.
	(2013. 6)	6.21	2.13	0.54	7.08	2.16	7.14	33.5	N.D.
	(2014. 6)	5.47	2.44	0.76	10.13	1.14	5.53	39.65	N.D.
	(2015. 5)	4.90	2.27	0.96	10.14	2.14	4.99	45.75	N.D.
	(2016. 4)	6.51	2.69	1.02	12.70	2.81	4.08	51.85	0.04
	(2017. 4)	5.65	2.74	0.83	13.52	4.66	7.78	48.80	N.D.
	(2018. 7)	5.03	2.61	0.75	11.76	3.88	6.67	39.70	N.D.
(2019. 5)	7.43	2.93	0.92	15.12	3.70	6.05	67.10	N.D.	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

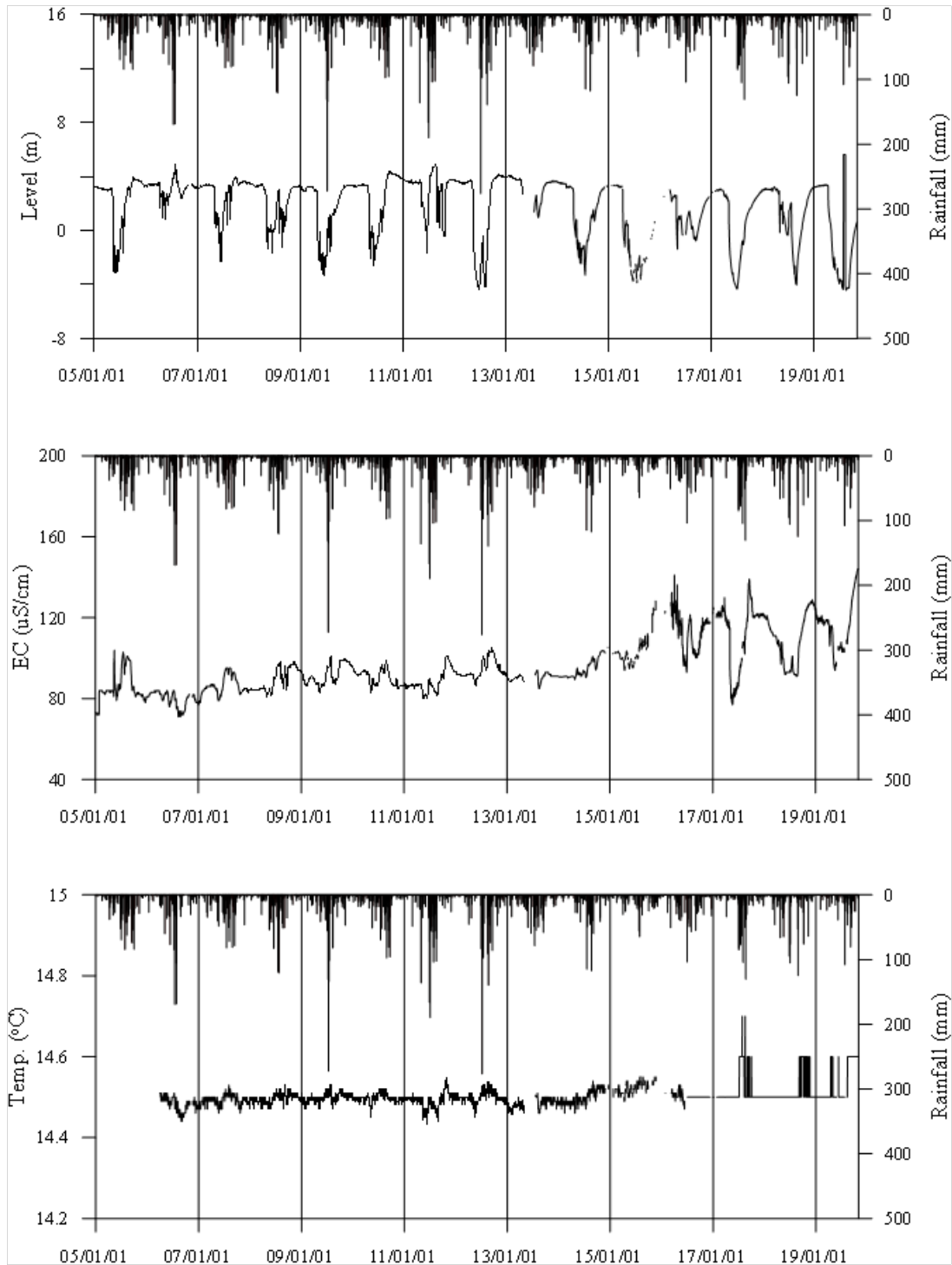
구 분	관측공	서신1	서신2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	1.09	0.30
	2005.10	0.91	0.26
	2006.11	1.01	0.28
	2007.10	0.83	0.16
	2008.11	0.76	0.22
	2009. 5	0.68	0.22
	2010. 5	0.75	0.22
	2011. 6	0.81	0.30
	2012. 6	0.76	0.31
	2013. 6	0.78	0.37
	2014. 6	0.73	0.24
	2015. 6	0.79	0.19
	2016. 4	1.02	0.14
	2017. 4	1.15	0.27
	2018. 7	1.27	0.29
2019. 5	0.63	0.16	

5. 장기관측 결과



<서신1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서신2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>

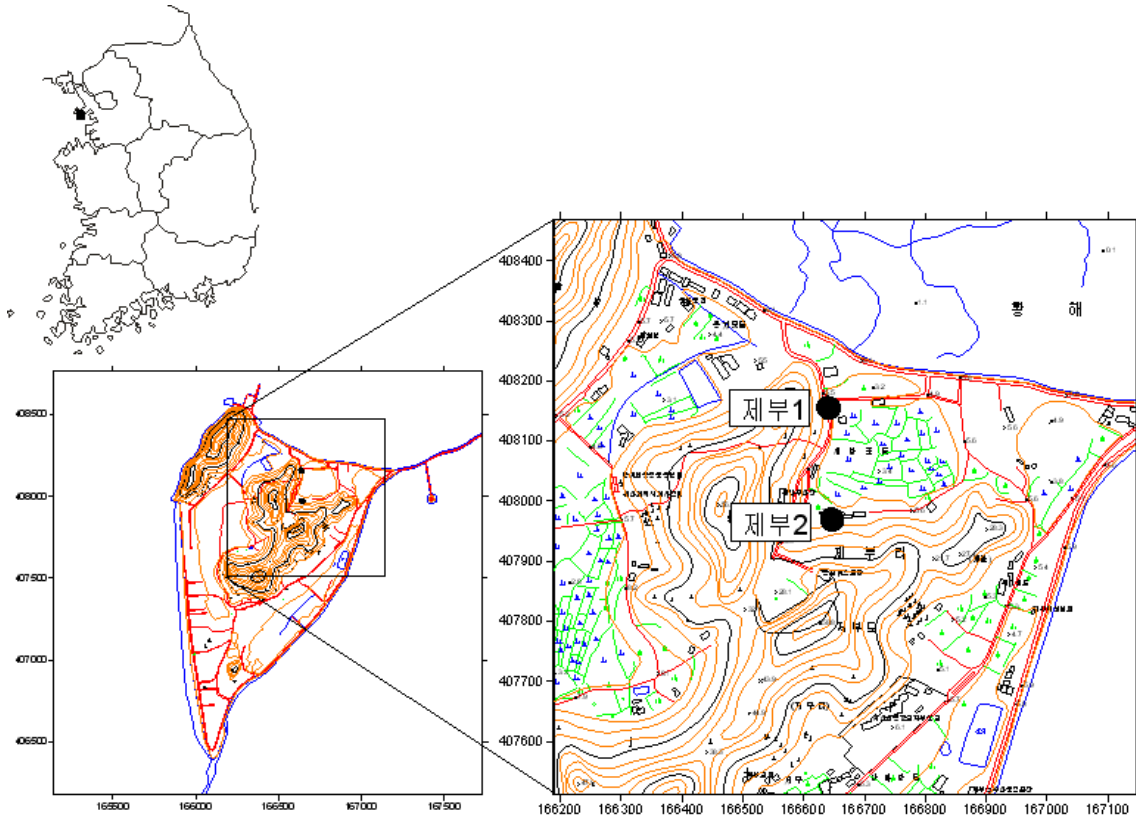
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 $90\sim 120 \mu S/cm$ 내외로 변화가 크지 않고 심도 증가에 따른 전기전도도 변화도 나타나지 않으므로 해수침투에 의한 영향은 없는 것으로 판단된다. 또한 공 바닥 부분의 전기전도도 증가 현상도 $180 \mu S/cm$ 이하로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 서신1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형으로 나타나며, 서신2 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당된다. 2019년 Cl/HCO_3 몰비가 각각 0.63과 0.16으로 해수유입의 영향이 적거나 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 서신1, 2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과 지하수위 변동은 약 4~9 m 내외의 범위를 나타내며, 봄철 관개기에 주변 지하수 이용량 증가에 따라 지하수위가 하강하는 것으로 나타났다. 서신1, 2 관측공의 전기전도도는 강수에 비례한다. 이는 강수 발생 시 지표오염물질 유입 등에 의한 이온 부하량 증가가 원인인 것으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 서신지구는 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 분석되었지만, 다른 지표오염원의 유입 가능성 등이 발견되며, 농어촌지하수의 관리를 위하여 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.3.3 제부지구

1. 위치

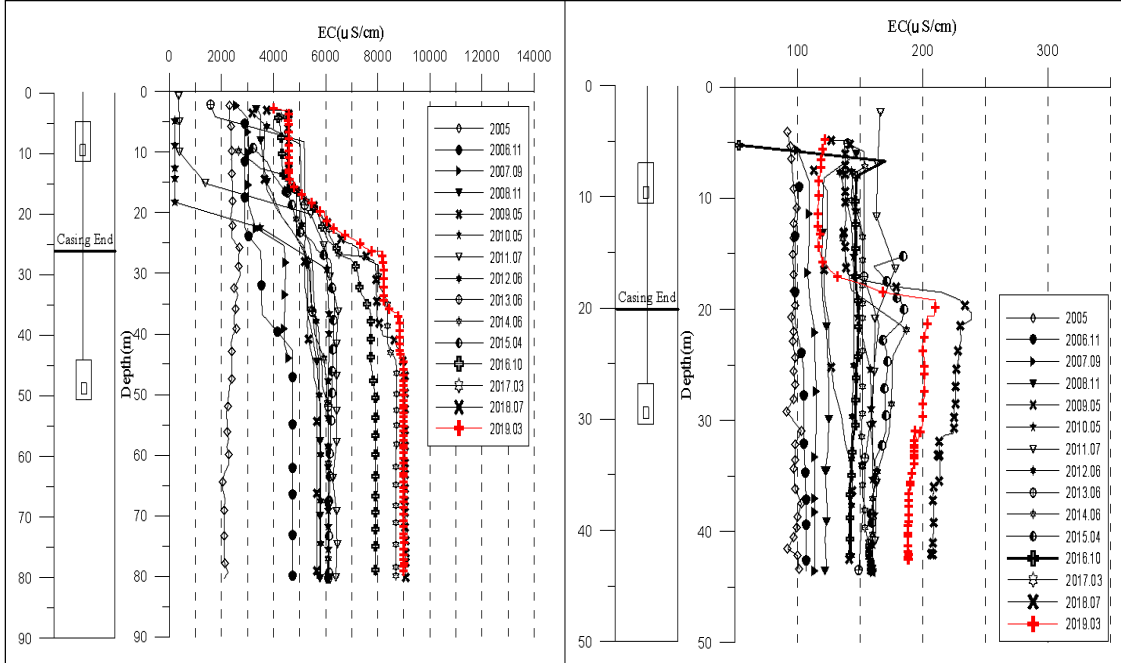


관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
제부1	화성시 서신면 제부리 6-5	408155.546	166641.991	4.40	2005	80	2.77
제부2	화성시 서신면 제부리 10-2	407969.439	166647.422	7.13	2005	240	3.64

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)

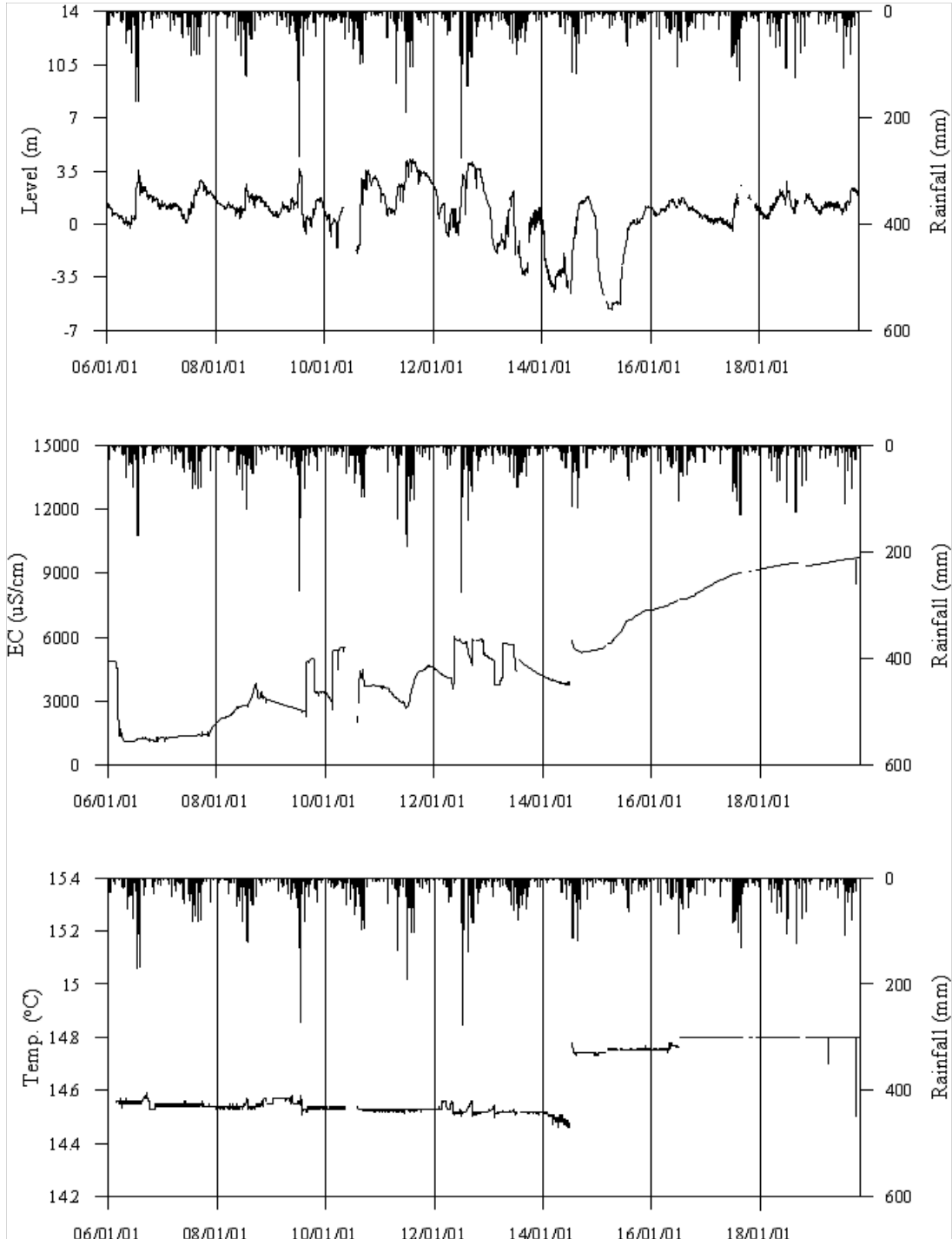
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
제부1	(2005.10)	123.32	87.49	4.07	180.53	37.18	712.14	56.43	3.14
	(2006.11)	256.08	99.31	5.74	176.66	42.44	977.90	39.65	N.D.
	(2007.10)	250.42	117.76	12.98	212.01	57.23	1007.73	39.65	N.D.
	(2008.11)	270.99	115.58	5.84	210.99	48.97	1087.95	21.35	N.D.
	(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	N.D.
	(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

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
제부1	(2015. 5)	410.9	205.2	7.9	376.7	32.8	1811.9	24.4	N.D.
	(2016. 4)	273.00	169.50	12.40	260.10	31.10	1313.90	15.30	10.05
	(2017. 4)	344.43	133.84	17.70	331.75	33.14	1610.72	21.35	5.52
	(2018. 7)	373.36	181.23	10.58	338.81	24.67	1565.82	18.30	6.72
	(2019. 5)	321.37	130.20	13.27	236.00	15.30	1338.22	6.10	4.72
제부2	(2005.10)	5.05	2.30	0.67	10.04	1.59	5.04	36.60	N.D.
	(2006.11)	6.27	2.80	1.15	10.34	2.23	9.56	27.45	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	7.15	4.16	1.25	15.07	1.74	12.64	45.75	N.D.
	(2012. 6)	6.95	5.00	1.21	20.63	2.80	12.82	48.80	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 4)	8.00	4.20	1.20	16.10	3.00	10.70	58.00	0.07
	(2017. 4)	6.90	3.75	1.05	15.65	3.89	12.39	51.85	0.00
	(2018. 7)	6.45	3.92	0.99	14.59	4.53	10.20	48.80	0.04
	(2019. 5)	7.22	3.66	1.41	14.72	4.27	8.36	54.90	0.03

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

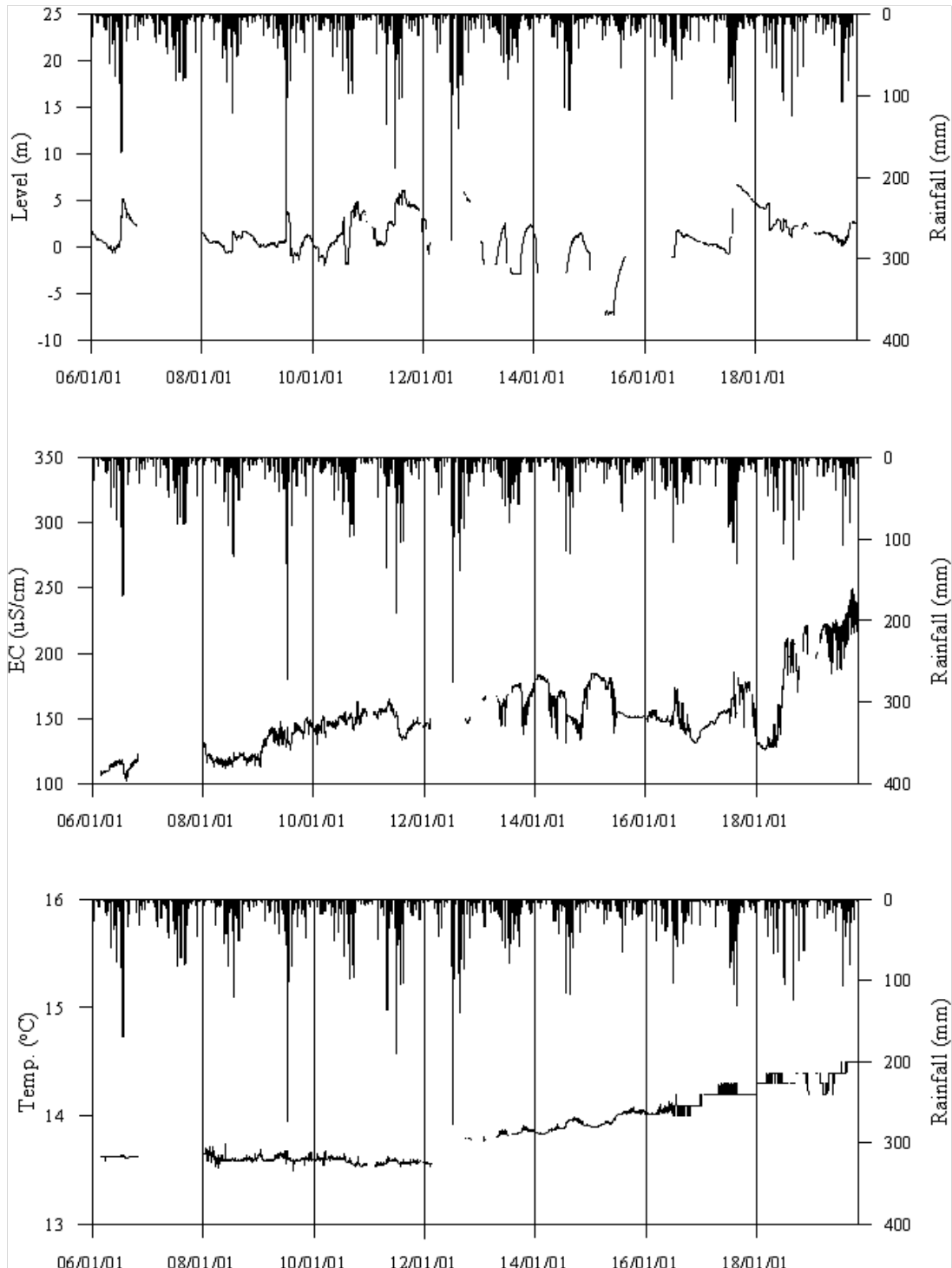
구 분	관측공		제부1	제부2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2005.10		21.76	0.24
	2006.11		42.52	0.60
	2007.10		43.67	0.32
	2008.11		87.56	0.53
	2009. 5		28.45	0.41
	2010. 5		50.51	0.44
	2011. 6		16.71	0.47
	2012. 6		124.26	0.45
	2013. 6		71.61	0.40
	2014. 6		72.57	0.57
	2015. 5		127.80	0.28
	2016. 4		148.27	0.32
	2017. 4		129.84	0.41
	2018. 7		147.26	0.36
	2019. 5		377.56	0.26

5. 장기관측 결과



<제부1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<제부2 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 9,000 $\mu S/cm$ 내외로 급격하게 증가하는 경향이 나타난다. 특히 2006년의 경우 증가현상이 더욱 뚜렷하게 나타난다. 이에 비해 제부2 관측공의 경우는 해수침투의 영향이 거의 나타나지 않는다. 그러나 관측공의 심도가 45 m 이내에 불과하므로, 45 m 하부의 지하수를 관측공 주변에서 이용 시 주의가 필요하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 제부1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당되고, 제부2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당된다. 2018년 Cl/HCO₃ 몰비도 각각 377.56, 0.26으로 해안 변에 인접한 제부1 관측공은 해수침투의 영향이 매우 큰 것으로 분석되었으나, 제부2 관측공은 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 제부1, 2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수위 변동은 강수 및 양수 등의 영향이 나타나고 있다. 전기전도도는 제부1의 경우 해수영향을 받아 약 9,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하였으며, 제부2는 담수영역을 나타낸다.
- 5) 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.

2.3.4 포승지구

1. 위치



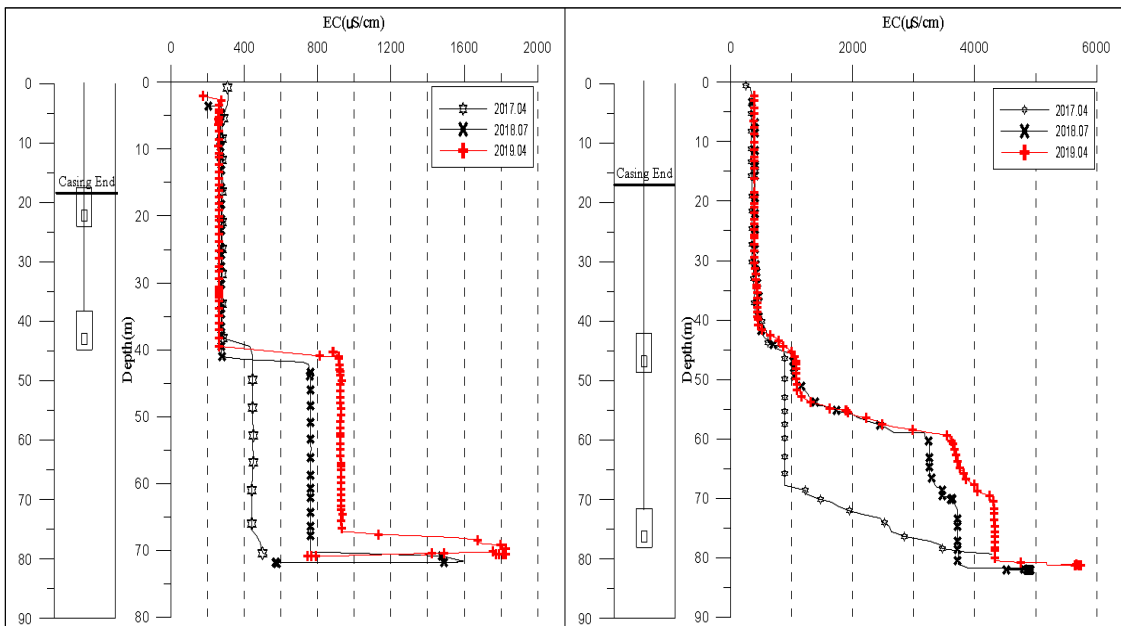
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
포승1 (구)	평택시 포승면 희곡리 492-4	188754.390	383657.860	5.89	2005	970	5.81
포승1 (신)	평택시 포승읍 홍원리 1104	187818.87	491235.61	7.44	2017	4,650	4.81
포승2 (구)	평택시 포승면 희곡리 710-2	188284.444	383984.507	11.79	2006	1,010	11.74
포승2 (신)	평택시 포승읍 홍원리 산28-2	190451.78	490705.73	5.22	2017	7,100	3.20
포승3	평택시 포승읍 원정리 1088	185653.54	489703.89	5.34	2018	2,300	-0.76

※ 포승1(구), 포승2(구)는 2017년 황해경제자유구역 편입에 따라 포승1(신), 포승2(신)로 이설

2. 지형 및 지질

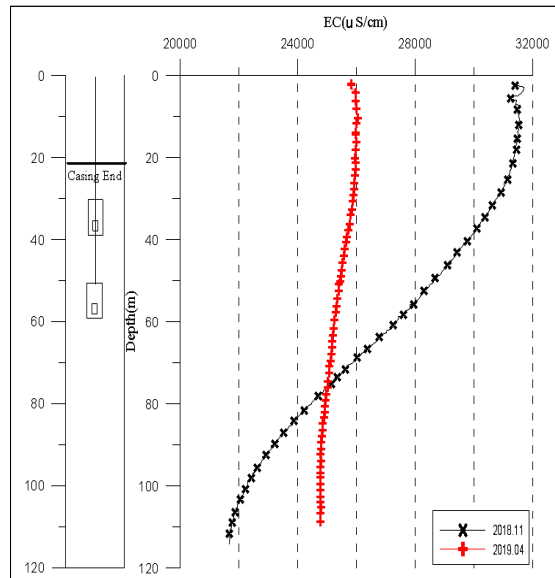
이 지역은 평택시 포승면 희곡리 지역으로 아산만방조제의 북단에서 서해대교 방향의 해안 변에 위치하고 있으며, 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체가 주를 이루며, 주변지역에 중생대로 추정되는 암맥류가 발달되어 있다.

3. 지하수 검층



<포승1(신) 관측공 (2017년 이후)>

<포승2(신) 관측공 (2017년 이후)>



<포승3 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^-	
포승1 (구)	(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	N.D.
	(2007.10)	288.83	106.33	13.98	153.51	73.68	938.71	70.15	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	220.09	65.09	4.56	103.95	51.32	600.13	88.45	N.D.
	(2012. 6)	214.21	63.42	7.77	101.89	66.23	619.83	85.40	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 5)	229.80	43.8	4.70	64.2 0	55.70	451.10	100.70	2.31
	(2016. 4)	175.80	42.60	8.20	60.50	55.40	371.90	97.60	N.D.

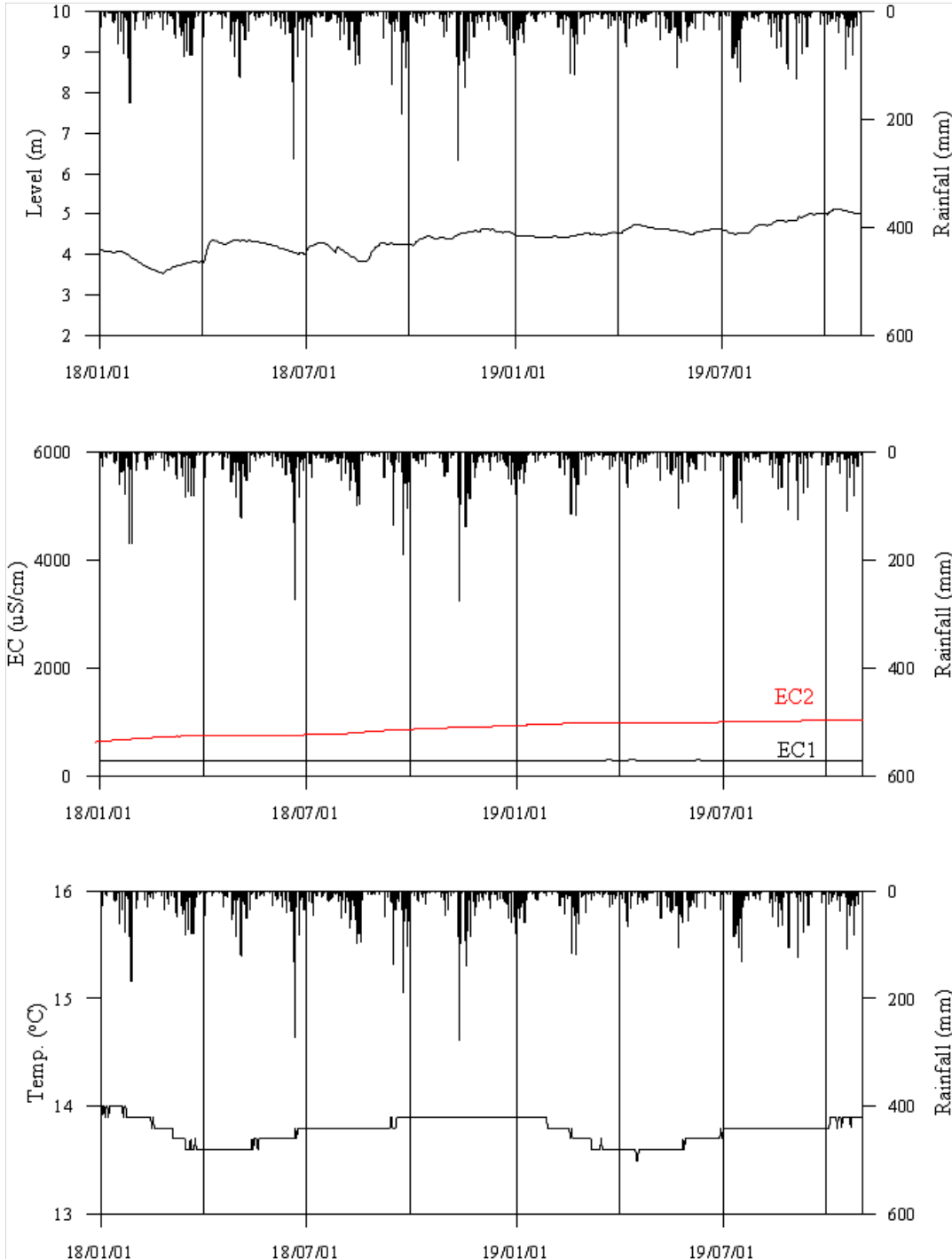
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
포승1 (신)	(2017. 4)	53.98	3.62	3.35	21.64	24.76	58.40	76.30	N.D.
	(2018. 7)	38.05	5.99	2.03	10.78	10.14	16.92	76.30	N.D.
	(2019. 5)	36.11	5.96	2.26	11.04	10.86	16.93	76.25	N.D.
포승2 (구)	(2006.11)	17.48	10.10	1.58	28.89	8.88	54.93	79.30	4.69
	(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	N.D.
	(2012. 6)	17.31	13.67	1.50	33.93	8.80	55.34	42.70	N.D.
	(2013. 6)	22.66	13.50	1.32	28.14	9.36	58.70	48.80	N.D.
	(2014. 6)	25.67	14.59	1.55	33.59	17.75	62.95	73.20	N.D.
	(2015. 5)	30.80	12.40	1.50	30.30	14.90	62.40	82.40	N.D.
(2016. 4)	27.10	13.90	1.60	31.80	11.10	58.50	97.60	N.D.	
포승2 (신)	(2017. 4)	35.37	5.93	1.89	10.14	8.43	15.32	79.30	N.D.
	(2018. 7)	48.57	2.82	3.55	23.66	32.09	57.21	61.00	N.D.
	(2019. 5)	46.49	2.95	3.91	27.52	36.83	58.47	61.00	N.D.
포승3	(2018. 7)	4225.59	865.96	40.95	2173.35	1328.39	10435.01	94.55	40.29
	(2019. 5)	3312.46	603.05	13.65	1908.60	977.13	9075.13	54.90	N.D.

※ 포승1(신), 포승2(신) 공통적으로 2017년 이 후 이설된 관측공의 결과

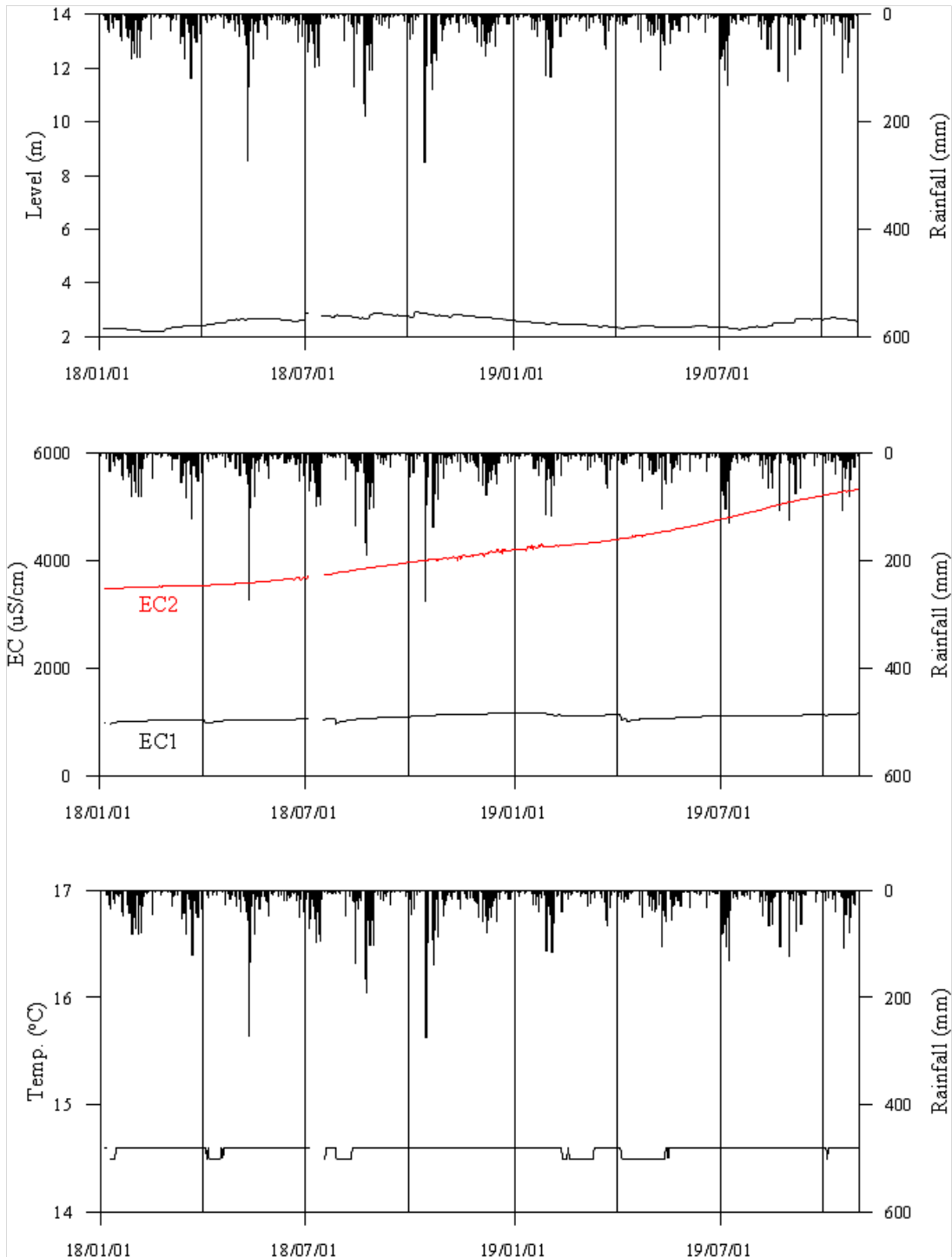
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	포승1	포승2	포승3
	년월			
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	
	2016. 4	6.56	1.03	
	2017. 4	1.32	0.33	
	2018. 7	0.38	1.61	189.94
2019. 5	0.38	1.65	284.49	

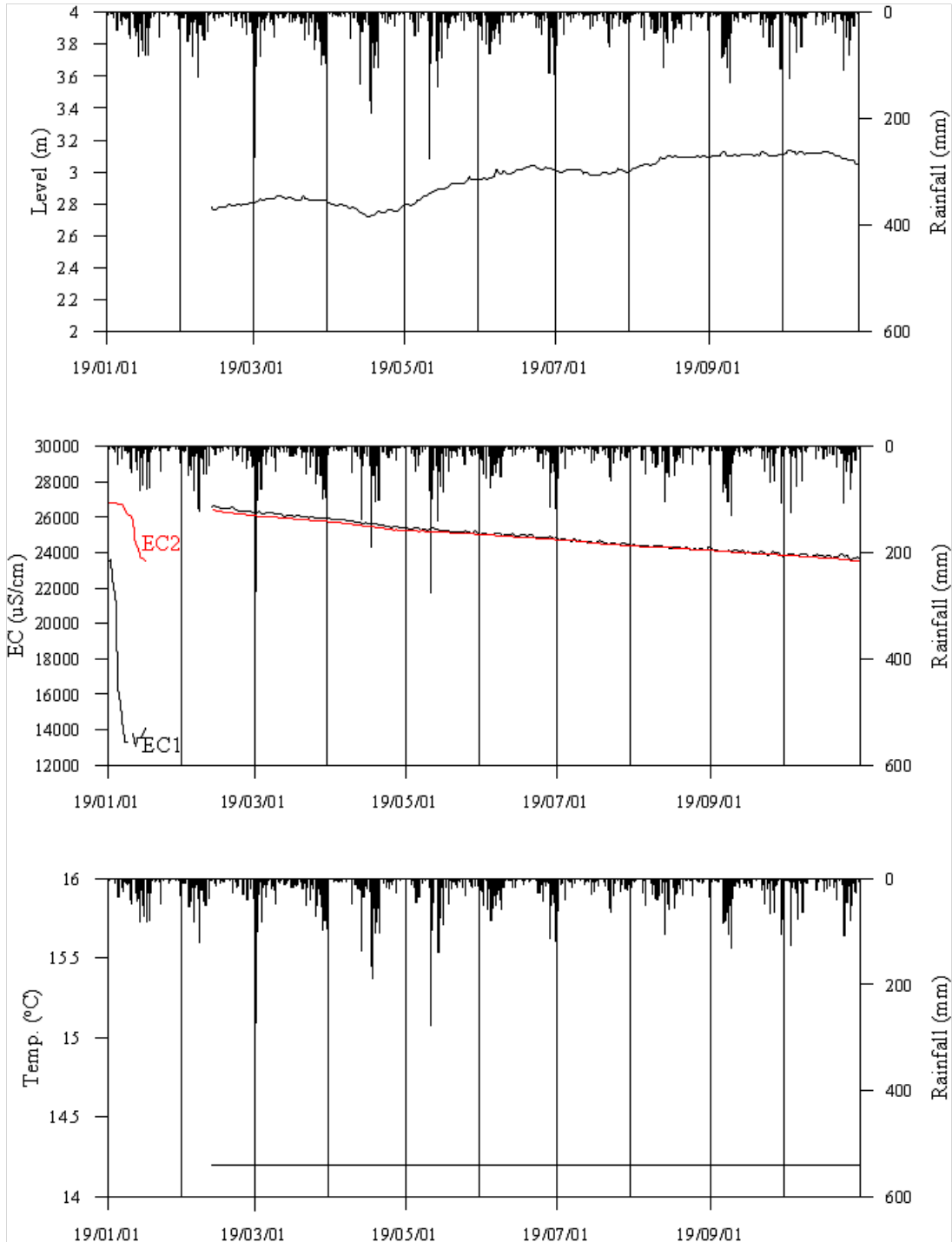
5. 장기관측 결과



<포승1(신) 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포승2(신) 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<포승3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

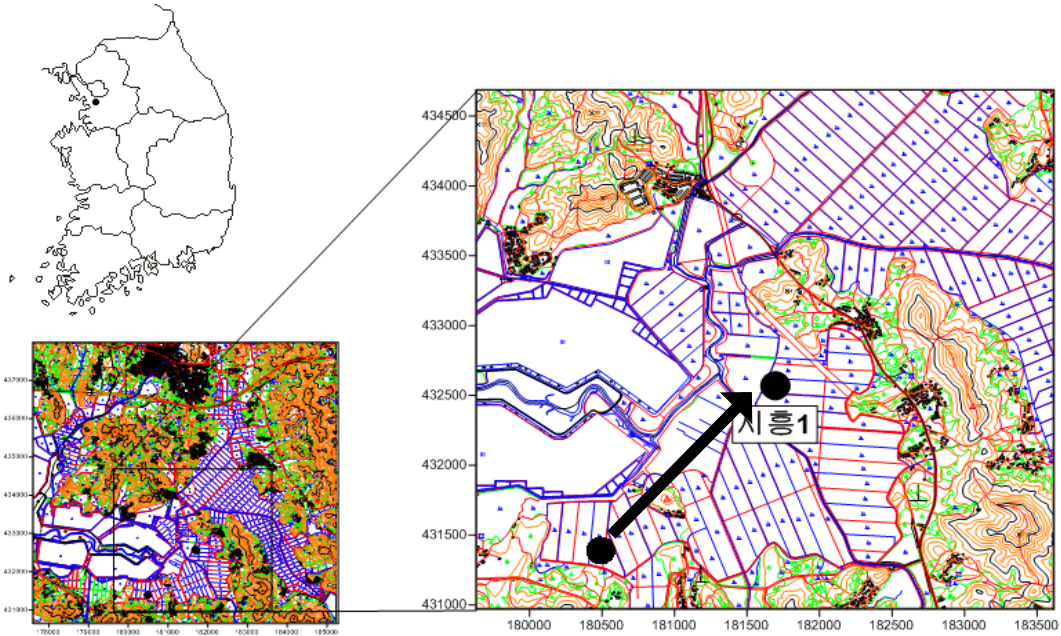
6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포승1 관측공은 2005년에 설치한 관측망으로 해안쪽에 설치하였다. 포승1 관측공의 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측되어 내륙 쪽으로 포승2 관측공을 2006년에 설치하였다. 2017년 황해경제자유구역 편입에 따라 포승1, 포승2 관측정을 이설하여 설치하였다. 2018년 포승3 관측정을 해안쪽으로 추가 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 포승1(신) 관측공은 지표하 약 40 m 구간에서 전이대가 발견되며, 약 275 $\mu S/cm$ 에서 800 $\mu S/cm$ 으로 증가한다. 포승2(신) 관측공은 지표 하 40 ~ 45 m의 구간에 전이대가 나타나고 있으며, 70 m 이하 구간에서도 전기전도도가 증가하여 최종 약 4,000 $\mu S/cm$ 내외까지 검층된다. 포승3 관측공은 상부로부터 심도가 증가하면서 감소하는 경향을 보였다. 2018년에는 32,000 $\mu S/cm$ 에서 22,000 $\mu S/cm$ 으로 감소하였으며, 2019년에는 26,000 $\mu S/cm$ 에서 25,000 $\mu S/cm$ 으로 감소하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 포승1(신) 관측공은 (Na+K)-(HCO₃) 유형으로 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.38로 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었다. 포승2(신) 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 1.65로 약간의 해수침투 영향이 있는 것으로 분석되었다. 포승3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 284.49로서 해수침투의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 포승1(신) 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수위 변동폭은 1 m 이내이다. 전기전도도는 EC1 센서에서 300 $\mu S/cm$ 범위로 나타나며, EC2 센서는 2018년 600 $\mu S/cm$ 에서 점차 증가하여 900 $\mu S/cm$ 까지 상승하였다. 포승2(신) 관측공은 지하수위는 강수에 연동하여 변화하고 있으며, 전기전도도는 EC1 센서는 1,000 $\mu S/cm$ 에서 일정하게 유지되고 있고, EC2 센서는 3,500 $\mu S/cm$ 에서 점차 증가하여 4,000 $\mu S/cm$ 까지 나타나고 있다. 포승3 관측공의 지하수위는 0.3 m 내외의 변동폭을 보이며, 전기전도도는 12,000 ~ 27,000 $\mu S/cm$ 의 범위로 나타났다.

- 5) 관리 방안 : 2017년에 이전 설치한 포승1(신) 관측공은 해수침투 영향이 발견되지 않고, 포승2(신) 관측공은 약간의 해수침투 영향이 나타나고 있으며, 포승3 관측정은 해수침투의 영향이 나타나고 있으므로, 향후 장기적인 모니터링을 통해 변화를 관측해야 한다.

2.3.5 시흥지구

1. 위치



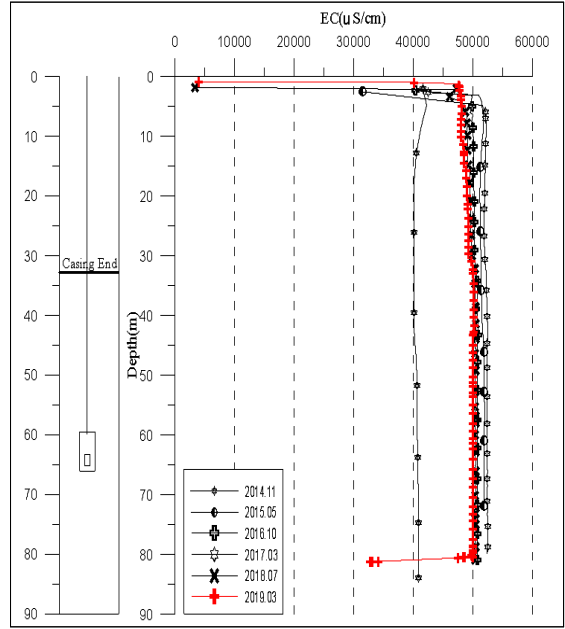
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
시흥1	시흥시 장현동 3-1	181459.222	432333.105	6.30	2014	330	1.81

* 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



<시흥1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

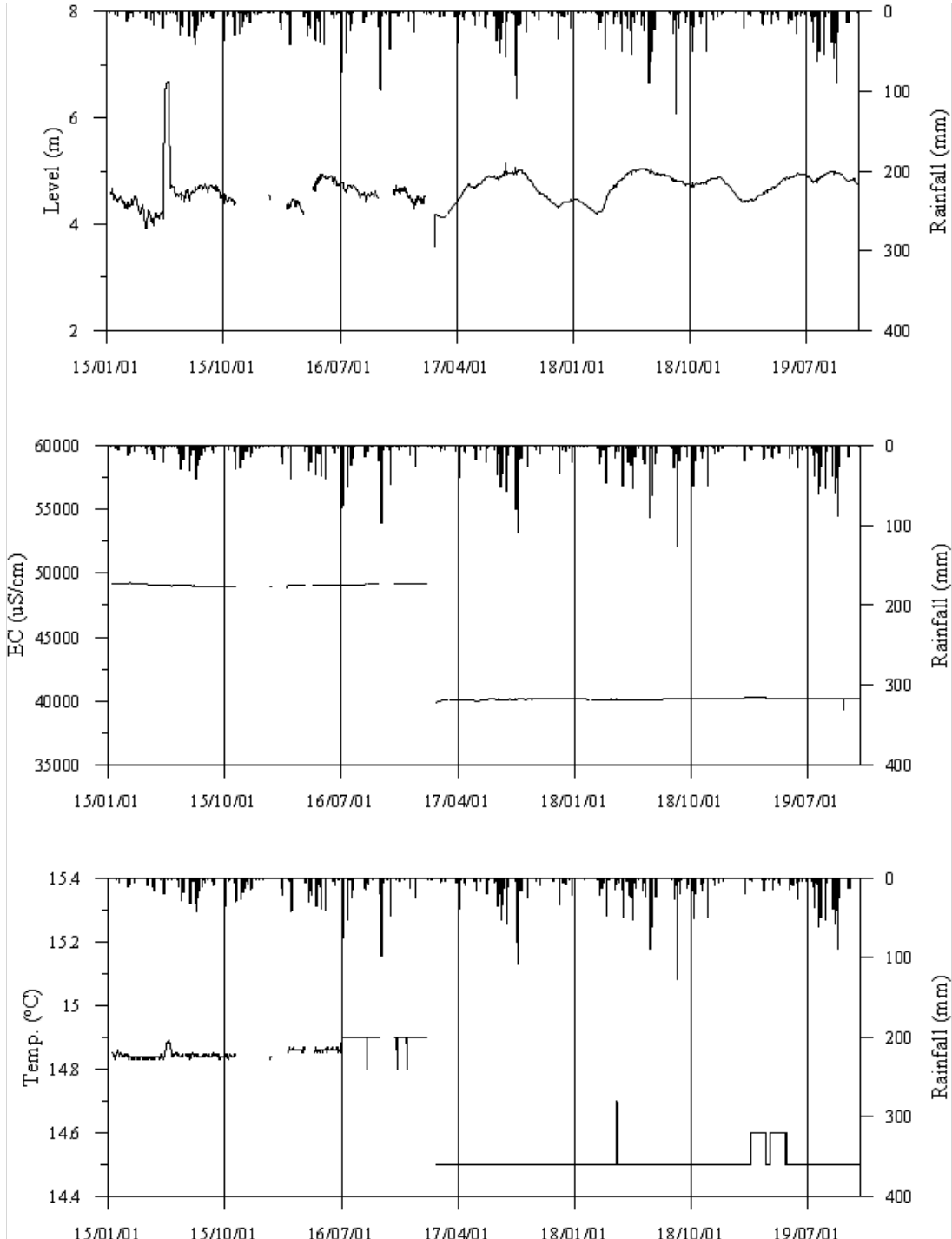
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
시흥1 (구)	(2007.10)	253.03	21.24	6.01	86.52	147.25	455.76	85.40	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 6)	113.82	5.77	1.27	27.48	93.57	144.78	42.70	N.D.
	(2013. 6)	195.14	7.17	2.25	37.08	115.98	220.40	70.15	6.84
시흥1 (신)	(2014.11)	10,234.95	1,353.18	90.44	603.07	2,414.68	17,065.21	259.25	N.D.
	(2015. 4)	10,566.9	1,194.6	91.4	552.4	2,660.4	18,164.2	189.1	N.D.
	(2016. 4)	9,543.76	1,198.25	112.99	482.64	2,321.66	16,718.42	33.55	65.67
	(2017. 4)	11,066.29	1,414.61	70.32	757.20	2,556.10	21,931.45	122.00	31.44
	(2018. 7)	9,840.03	1,117.09	77.91	543.17	1,999.33	17,558.41	64.10	58.25
	(2019. 5)	8,897.45	737.77	64.80	368.07	1,539.08	15,478.14	39.65	0.03

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016. 4	857.62
	2017. 4	309.38
	2018. 7	471.43
	2019. 5	671.84

5. 장기관측 결과



<시흥1(신) 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

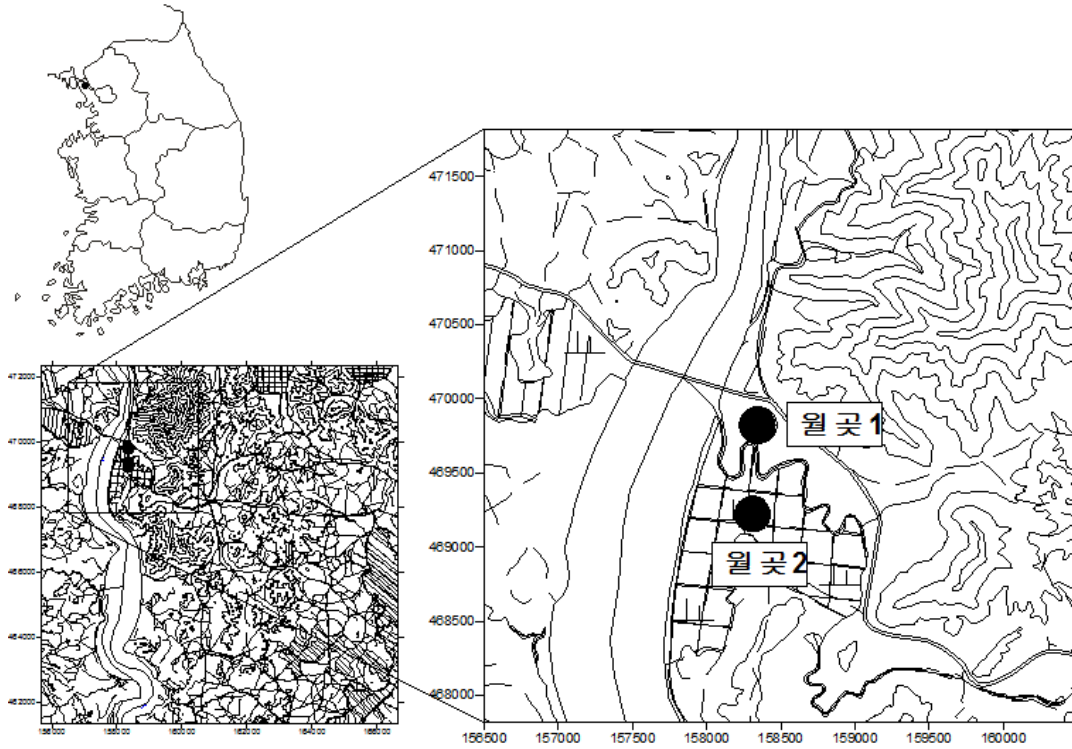
6.

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. 그러나 관측공 설치지를 포함한 주변 농경지가 토지개발지구로 편입됨에 따라, 2014년 하반기에 이설하여 관측을 재개하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 이동 설치 한 시흥1 관측공은 전 구간 약 40,000 ~ 53,000 $\mu S/cm$ 범위이며 해수로 포화된 상태이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 이설 후 시흥1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비는 2014년 이후 113.11 ~ 857.62로 심각한 해수침투의 영향이 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 이설 이후 시흥1 관측공의 수위는 연간 약 4 ~ 7 m 범위에서 변화하고 있으며, 전기전도도는 해수에 근접한 값을 나타내며, 2017년 이후 감소하는 경향이 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 이동 설치된 시흥1 관측공은 해수침투의 영향이 강하게 나타나므로, 주변 지하수의 이용을 규제하고 타 수원공 활용을 도모해야 한다.

2.3.6 월곶지구

1. 위치

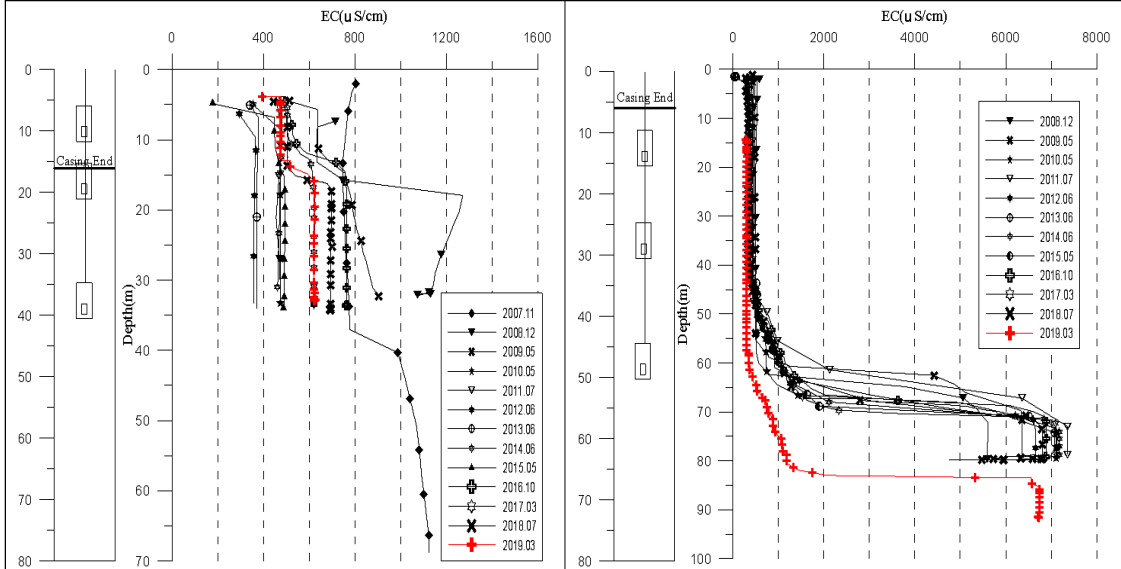


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
월곶1	김포시 월곶면 포내리 6-49	158346.305	469820.929	4.86	2007	220	3.01
월곶2	김포시 월곶면 포내리 188	158188.799	469095.307	3.81	2008	450	1.61

2. 지형 및 지질

이 지구는 김포시 월곶면 포내리 지역으로 염하강과 임진강 인근에 위치하고 있으며, 지질은 쥬라기의 대동누층군 중 통진층으로 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)

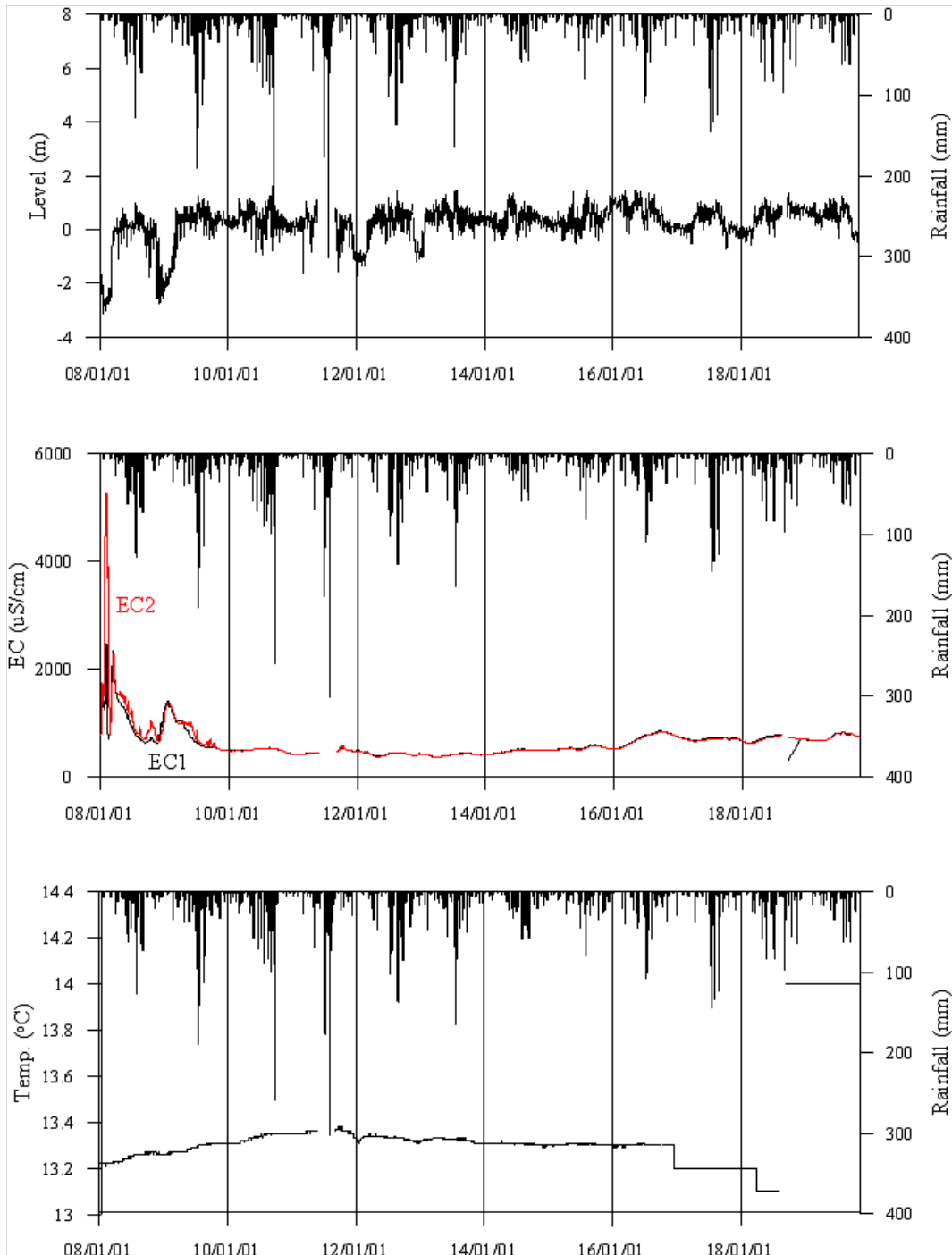
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
월곶1	(2007.10)	162.06	6.16	6.53	6.39	84.46	118.52	183.00	0.86
	(2008.12)	157.15	7.37	7.59	7.31	89.70	121.92	180.00	0.73
	(2009. 5)	113.94	5.64	5.60	4.81	49.30	90.46	152.50	0.52
	(2010. 5)	873.23	3.34	3.30	2.60	25.50	53.11	186.05	0.26
	(2011. 6)	83.59	3.22	3.36	2.59	25.83	49.43	152.50	N.D.
	(2012. 6)	73.31	3.41	3.37	3.00	28.22	42.45	118.95	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 5)	80.78	6.48	3.52	4.03	24.69	49.35	152.50	0.28
	(2016. 4)	116.45	14.63	4.41	7.74	36.54	136.44	149.45	0.82
	(2017. 4)	100.15	9.34	5.02	5.64	12.02	73.94	173.85	0.09
	(2018. 7)	76.60	7.89	4.96	4.18	4.83	65.41	119.00	0.49
(2019. 5)	86.84	6.39	6.27	3.02	0.41	59.27	152.50	0.40	

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	N.D.
	(2012. 6)	42.22	13.31	3.19	11.67	8.40	58.24	24.40	N.D.
	(2013. 6)	36.25	11.27	3.05	10.62	2.89	63.45	12.20	N.D.
	(2014. 6)	33.32	14.31	2.96	11.66	5.83	60.98	18.30	N.D.
	(2015. 5)	39.73	13.30	3.17	10.45	8.57	62.60	21.35	0.07
	(2016. 4)	38.33	12.85	2.97	10.85	3.73	60.24	21.35	N.D.
	(2017. 4)	37.64	11.89	3.65	10.99	5.27	60.93	21.35	N.D.
	(2018. 7)	36.21	10.97	3.86	9.17	8.17	58.36	45.80	0.46
(2019. 5)	30.84	10.27	3.70	9.00	5.45	49.33	30.50	N.D.	

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

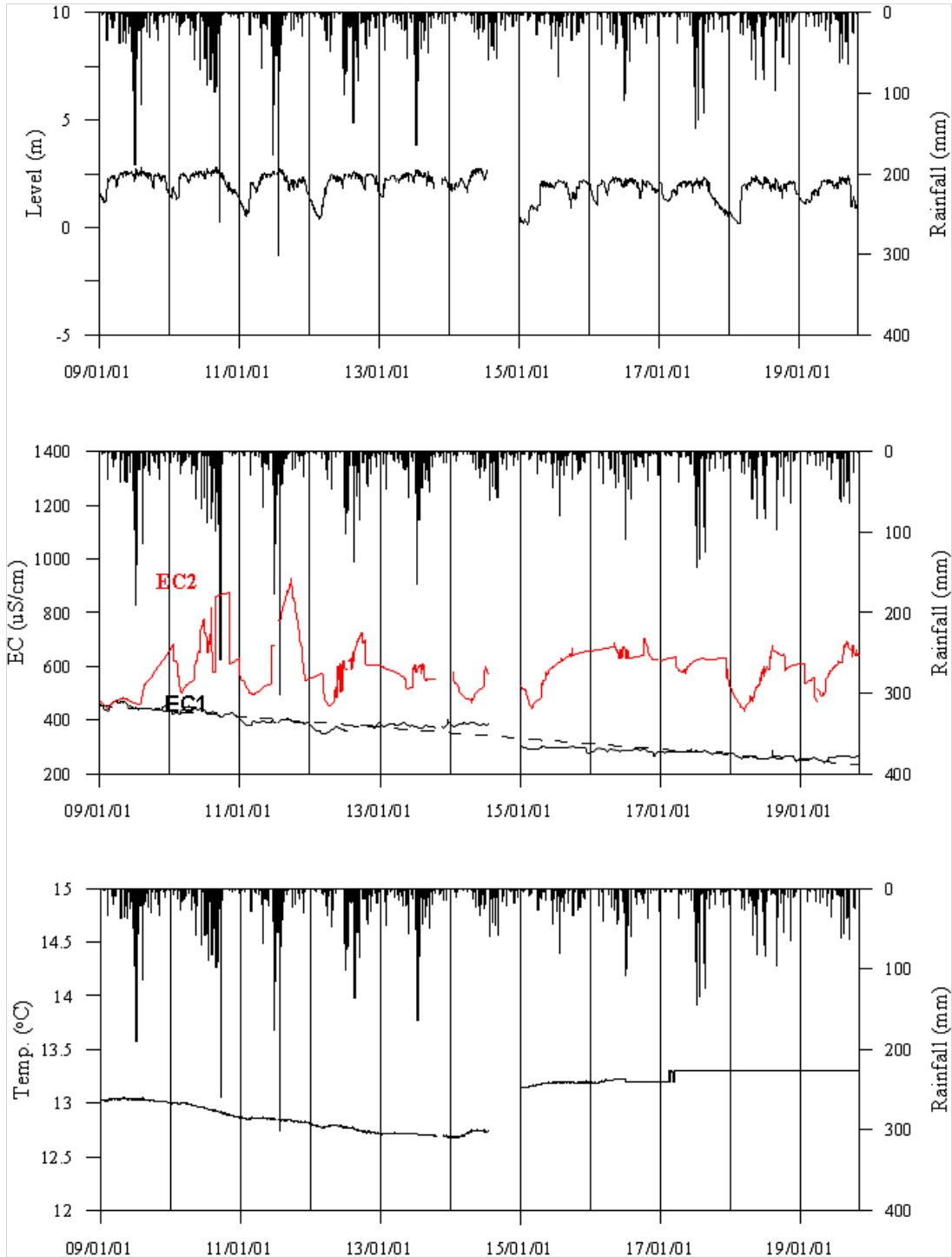
구 분	관측공	월곶1	월곶2
	년월		
Cl/HCO_3 몰비	2007.10	1.11	-
	2008.12	1.16	2.47
	2009. 5	1.02	2.52
	2010. 5	0.49	3.28
	2011. 6	0.56	4.18
	2012. 6	0.61	4.10
	2013. 6	0.59	8.94
	2014. 6	0.60	5.37
	2015. 5	0.56	5.05
	2016. 4	1.57	4.86
	2017. 4	0.73	4.91
	2018. 7	0.95	2.19
	2019. 5	0.67	2.78

5. 장기관측 결과



<월곶1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<월곶2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

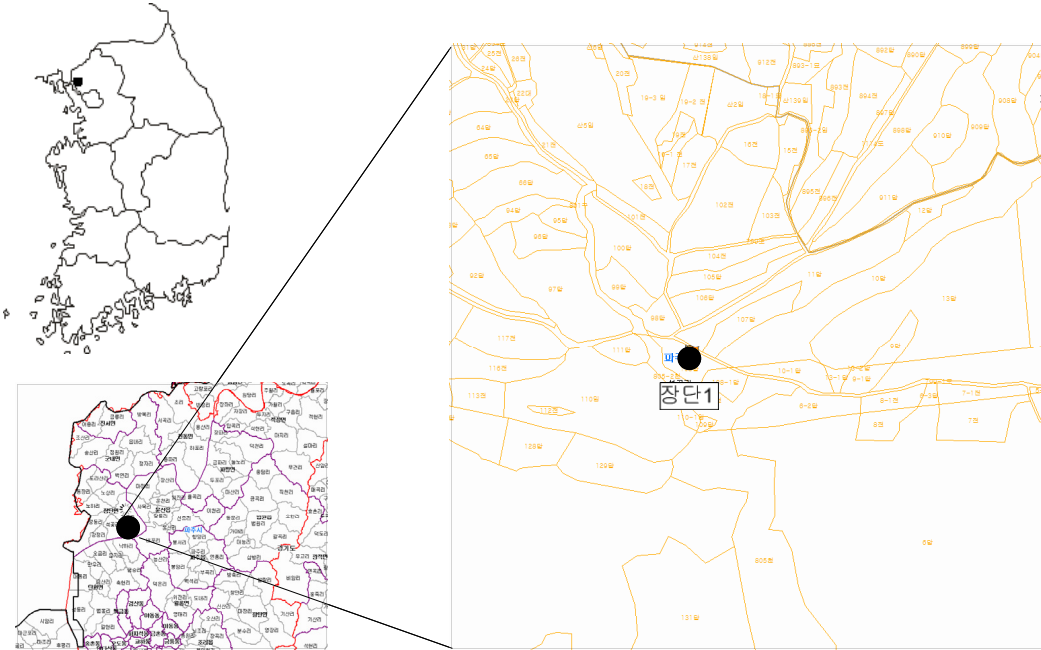
6.

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 공막힘 현상이 일어나 이후 하부 구간의 검층자료는 없다. 약 400 ~ 800 $\mu S/cm$ 이내 전기전도도를 보인다. 월곶2 관측공은 지표 하 60 ~ 70 m 구간에서 전이대가 나타났으며 전이대 하부 전기전도도 값은 약 7,000 $\mu S/cm$ 내외로서 해수침투 영향이 지속적으로 관측된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 월곶1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 월곶2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이 우세하게 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.49~1.57, 2.19~8.94 범위로, 월곶1 관측공 보다는 월곶2 관측공에서 해수의 영향이 더 높은 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 월곶1 관측공은 강수 및 주변 지하수 이용에 따라 연평균 3 m 내외의 변동 폭을 나타내며, 전기전도도는 2010년 이래로 유사하다. 월곶2 관측공은 2016년 이후 약 1 m 내외의 지하수위 변동폭을 유지하고 있고 EC1 센서의 경우 감소추세이다.
- 5) 관리 방안 : 월곶지구는 2008년 관측 초기에는 해수침투 영향이 나타났으나 시간이 경과됨에 따라 해수침투의 영향이 감소하는 것으로 관측된다. 그러나 향후 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.3.7 장단지구

1. 위치

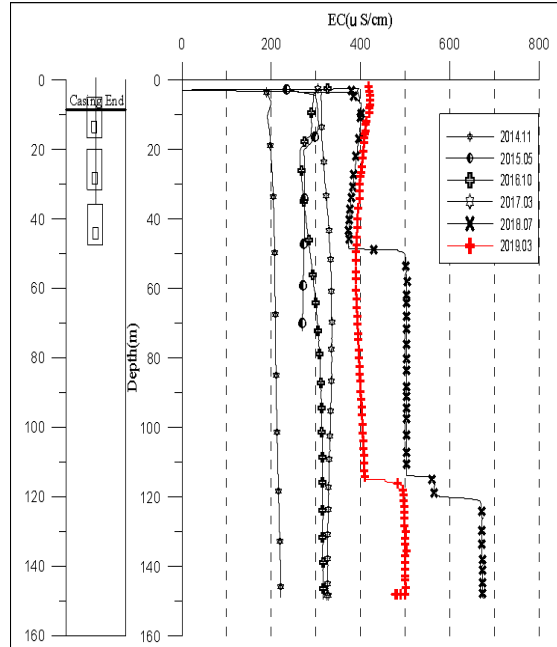


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
장단1	과주시 장단면 석곶리 108	175884.953	483457.015	6.55	2014	125	3.34

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

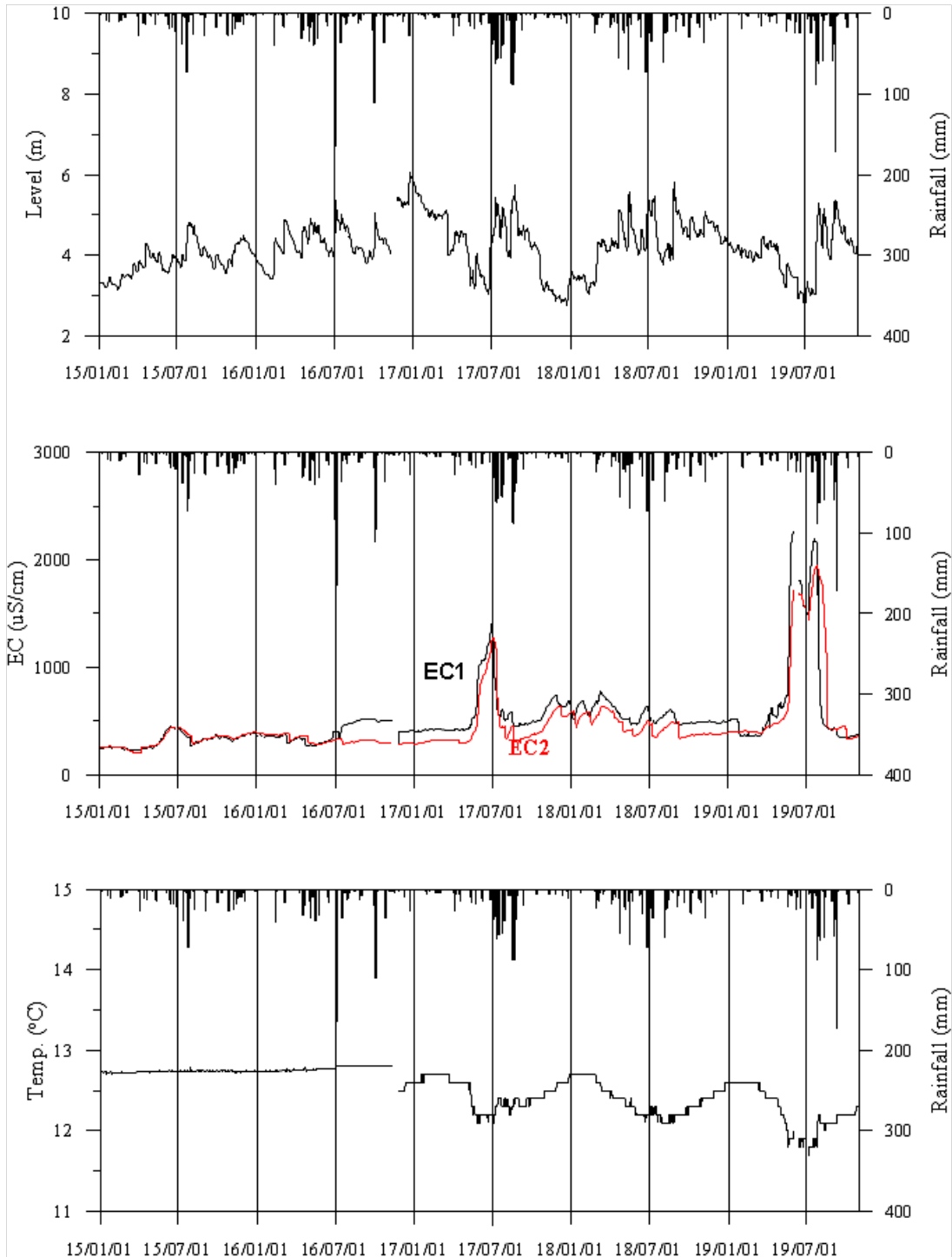
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(2015. 5)	20.00	8.40	1.10	27.50	14.50	43.60	73.20	N.D.
	(2016. 4)	18.30	8.20	1.10	28.50	14.59	48.95	45.75	N.D.
	(2017. 4)	19.07	8.95	1.38	33.78	17.81	47.49	94.55	0.28
	(2018. 7)	44.16	18.13	2.62	37.53	39.40	80.74	109.80	0.40
	(2019. 5)	27.04	11.36	2.45	31.71	33.90	51.41	103.70	N.D.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	장단1
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11	0.50
	2015. 5	1.03
	2016. 4	1.84
	2017. 4	0.86
	2018. 7	1.27
	2019. 5	0.85

5. 장기관측 결과



<장단 1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

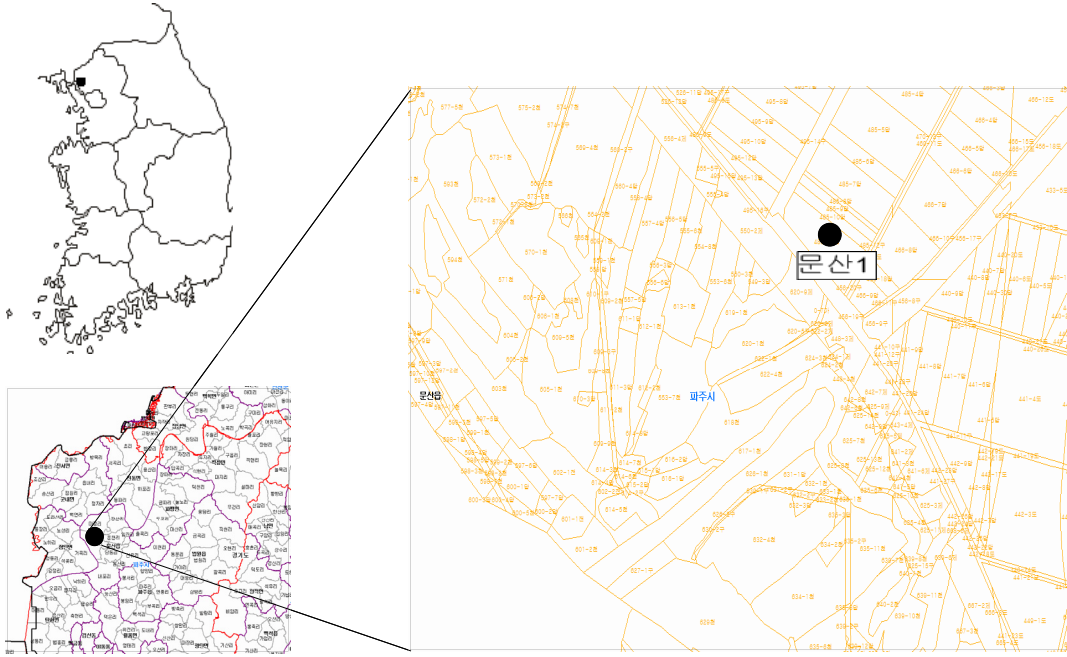
6.

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 따른 염수유입 현상을 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 장단1 관측공은 케이싱 심도 하부에서 전기전도도가 약 270 ~ 350 $\mu S/cm$ 로 나타나며, 심도 50 m 구간에서 500 $\mu S/cm$ 로 증가하고, 심도 120 m 구간에서 700 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 경향이 나타나고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 장단1 관측공은 우세한 음, 양이온은 나타나지 않으며, (Na+K)-HCO₃ 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.50 ~ 1.84로 분석되어 해수의 영향이 약간 나타나는 수준이다. 향후, 지속적으로 연차별 분석을 통해 수질변화 추이를 확인할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 장단1 관측공의 지하수위변화는 연평균 3.0 ~ 6.0 m 범위에서 변화하여 수위 변동 폭이 전반적으로 크지 않은 것으로 나타났다. 전기전도도는 2017년 여름에 일시적으로 약 1,300 $\mu S/cm$ 으로 증가하였고, 2019년 여름에 약 2,000 $\mu S/cm$ 으로 일시적으로 증가하였다. 그러나 나머지 기간 동안 약 400 $\mu S/cm$ 내외로 관측된다.
- 5) 관리 방안 : 장단1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 없으나, 지속적으로 관측하여 임진강 수계의 해수 역류에 따른 영향을 관측해야 한다.

2.3.8 문산지구

1. 위치

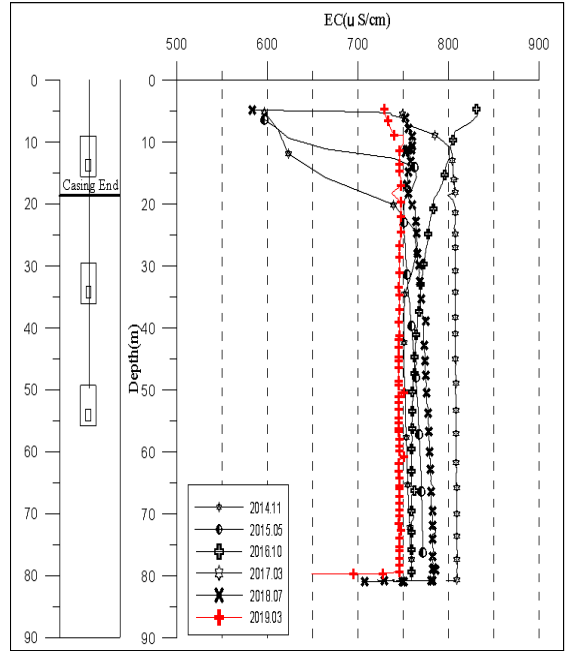


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
문산1	파주시 문산읍 사목리 485-11	177413.398	486805.286	8.44	2014	470	3.35

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

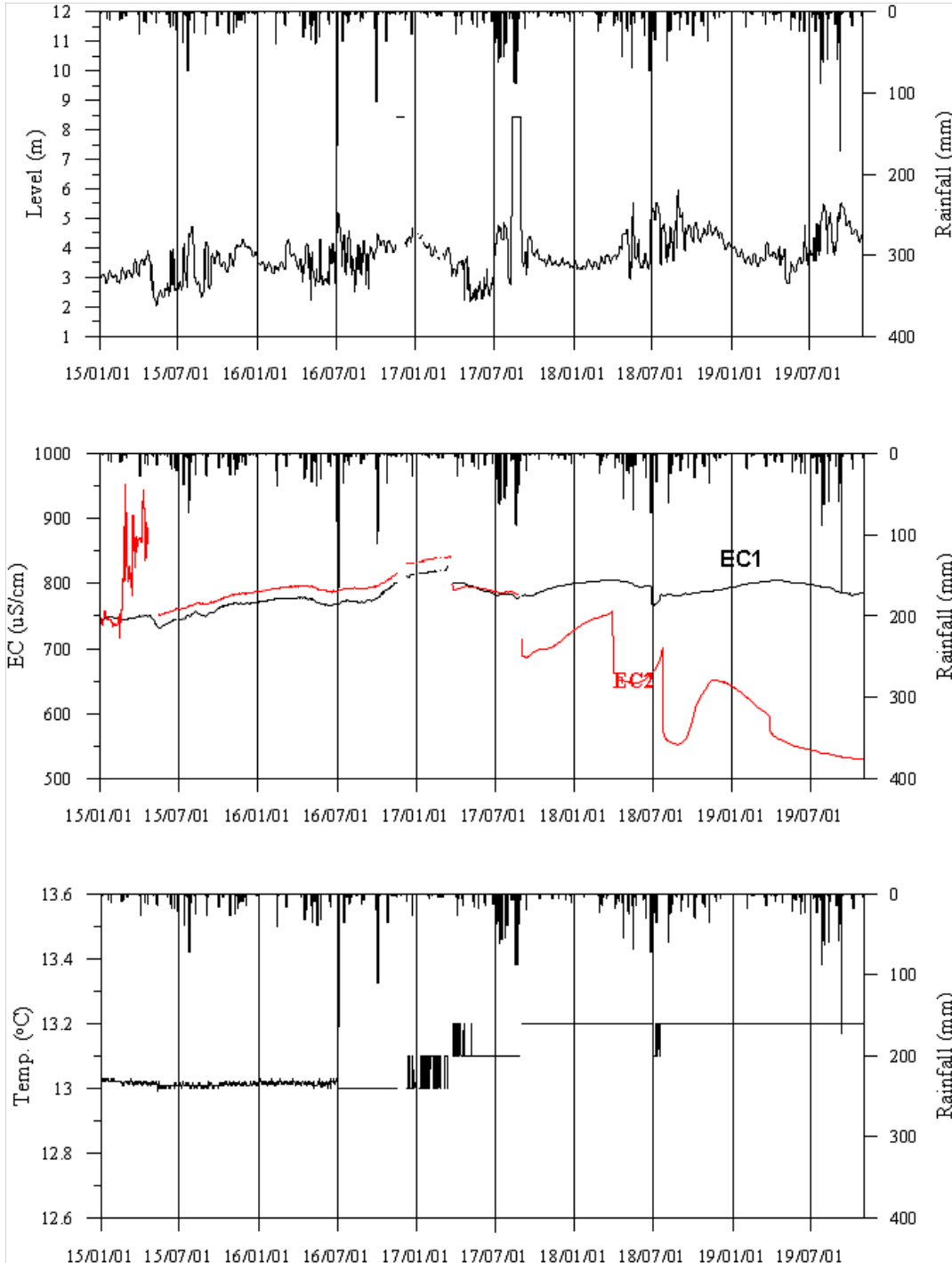
(단위 : mg/L)

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	N.D.
	(2015. 5)	37.74	29.35	4.26	29.88	0.97	55.41	262.30	N.D.
	(2016. 4)	35.83	29.48	3.92	33.63	21.86	58.06	192.15	0.16
	(2017. 4)	36.78	29.02	5.29	40.46	35.79	74.58	216.55	0.66
	(2018. 7)	38.23	28.97	7.98	54.50	60.97	70.98	189.10	N.D.
	(2019. 5)	35.69	21.92	9.84	46.28	78.27	53.90	161.65	N.D.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	문산1
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11	0.68
	2015. 5	0.36
	2016. 4	0.52
	2017. 4	0.59
	2018. 7	0.65
	2019. 5	0.57

5. 장기관측 결과



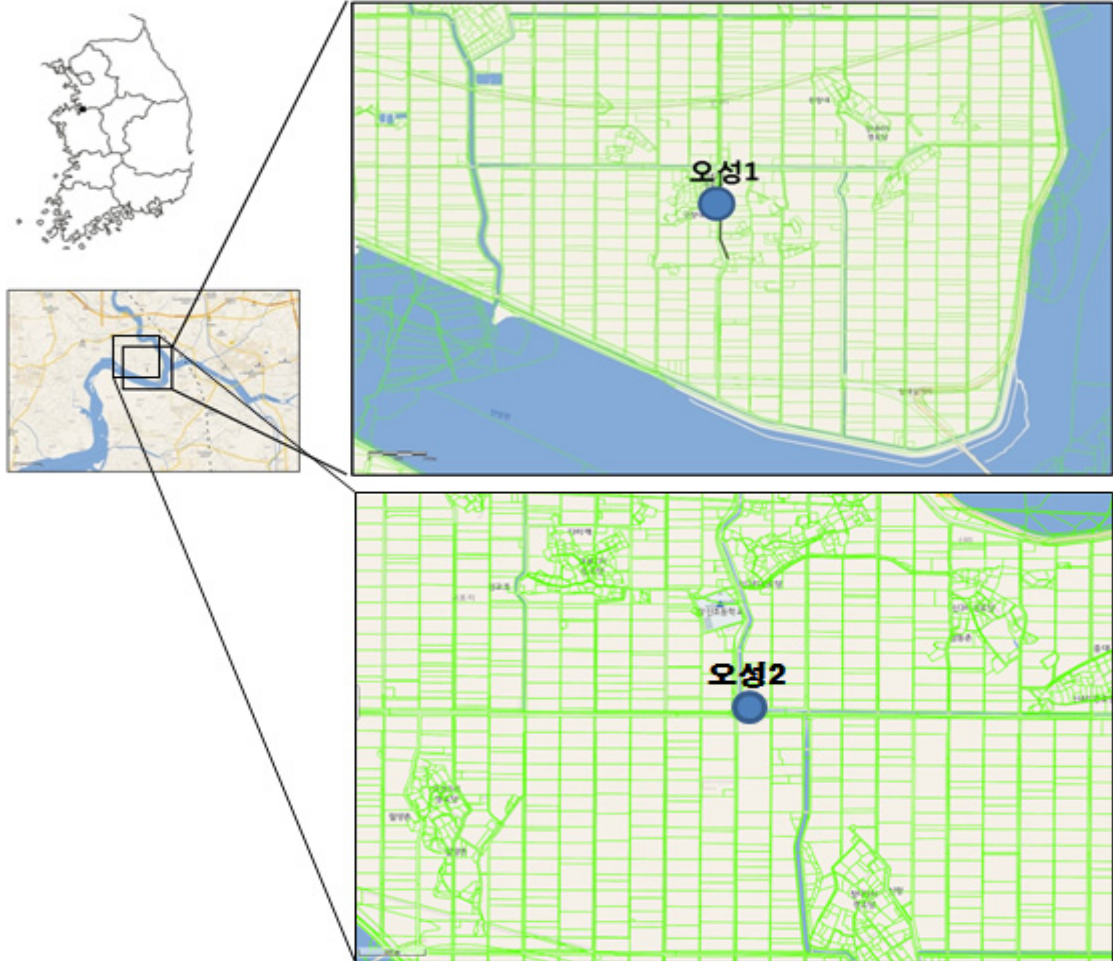
<문산 1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 및 이로 인한 주변 농작물 피해 등을 감시하기 위하여 설치되었다.
- 2) 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. 2015년 이후부터 약 750 ~ 800 $\mu S/cm$ 범위의 전기전도도를 보인다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 문산1 관측공은 (Na+K)-HCO₃영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.52 ~ 0.68로 분석되어 해수의 영향이 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 연차별 분석을 통해 지속적으로 수질변화 추이를 확인할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 수위변화는 약 2.0 ~ 5.0 m 범위에서 변화하며, 강수와 조석에 의한 영향은 거의 나타나지 않는다. EC1은 일정한 경향을 보이며, EC2 또한 2015년 중반기부터 EC1과 유사한 값을 보이다가, 2017년 중반부터 EC1에 비해 낮은 값을 나타내고 있다.
- 5) 관리 방안 : 문산1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 없어 영농에 직접 활용이 가능하나, 지속적으로 관측하여 임진강 수계의 해수 역류에 따른 영향을 관측해야 한다.

2.3.9 오성지구

1. 위치

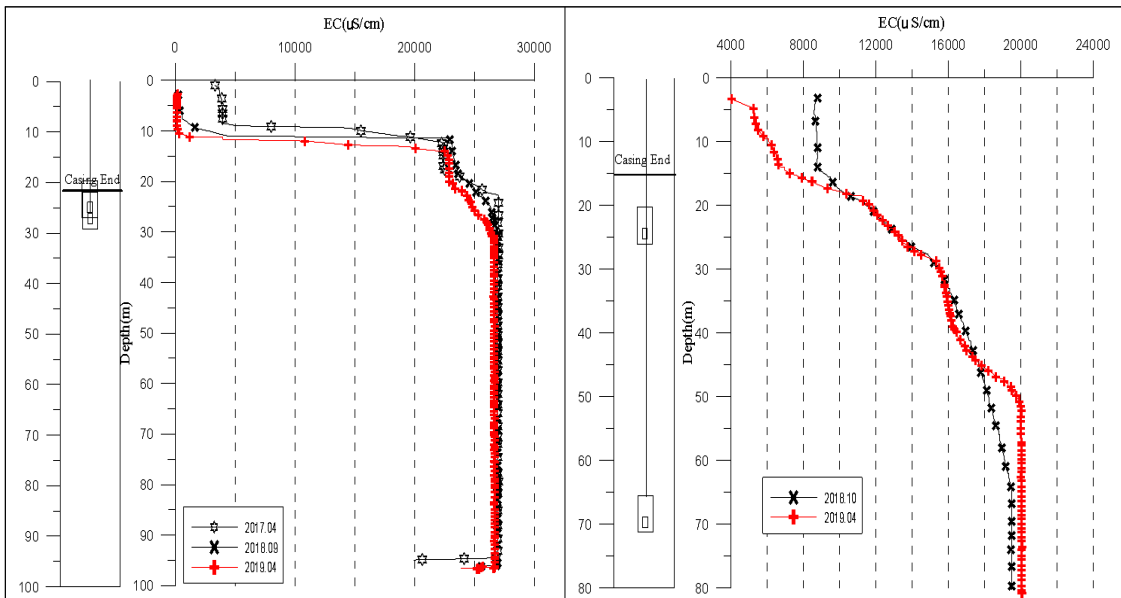


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
오성1	평택시 오성면 창내리 318	201950.53	487543.29	2.23	2017	2200	-0.69
오성2	평택시 오성면 창내리 462	200641.71	489135.66	6.32	2018	1360	4.42

2. 지형 및 지질

평택시 오성면 창내리에 위치한 오성1 관측공은 아산만으로 유하하는 안성천에 접해 있으며, 주변에 경지정리가 완료된 농경지가 소재한다. 오성2 관측공은 해안과 약 1.4 km 거리에 위치하고 있으며, 안성천을 따라 역류하는 해수의 대수층 유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<오성1 관측공>

<오성2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

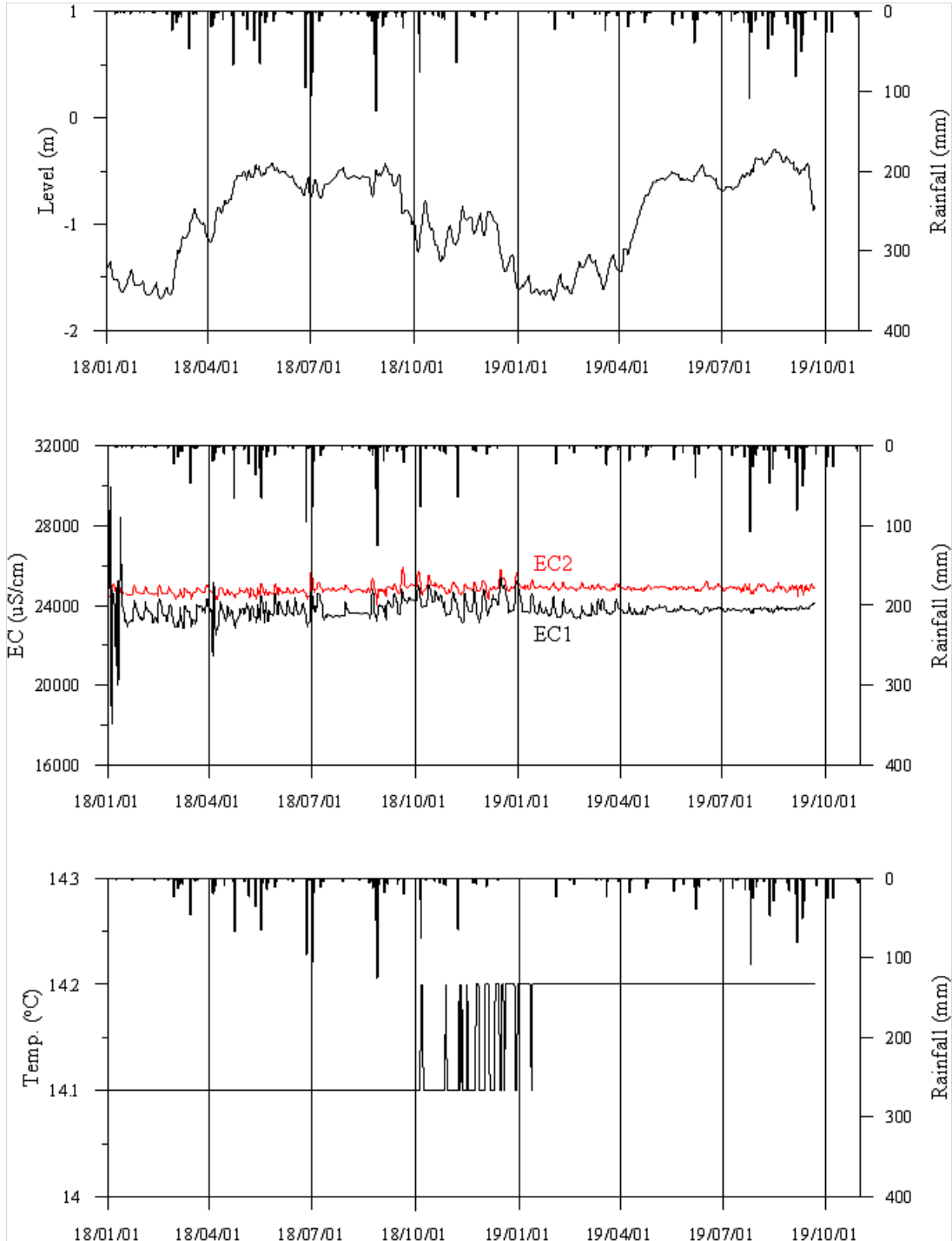
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
오성1	(2017. 5)	3294.96	580.04	34.19	597.31	911.76	7228.94	301.95	97.67
	(2018. 7)	2290.60	293.66	43.78	223.99	788.10	4184.96	420.90	N.D.
	(2019. 5)	24.84	2.13	17.23	8.88	4.84	20.19	91.50	0.03
오성2	(2018. 11)	1204.83	166.67	27.29	426.09	320.11	2393.98	344.65	N.D.
	(2019. 5)	800.34	80.17	21.38	152.51	241.14	1294.23	338.55	5.13

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

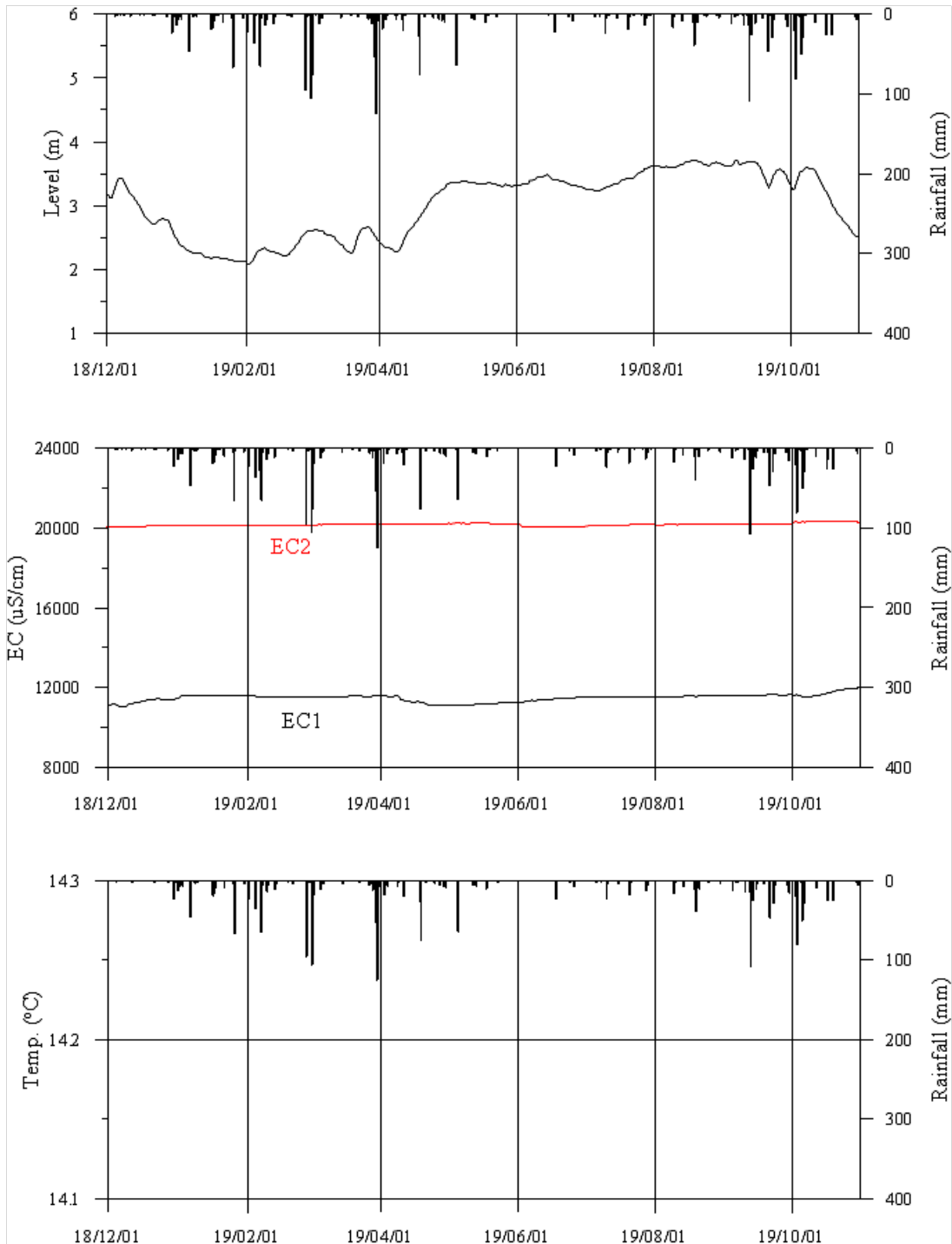
구 분	관측공		오성1	오성2
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2017. 5		41.14	-
	2018. 7		17.11	11.95(2018.11)
	2019. 5		0.38	6.58

5. 장기관측 결과



<오성1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



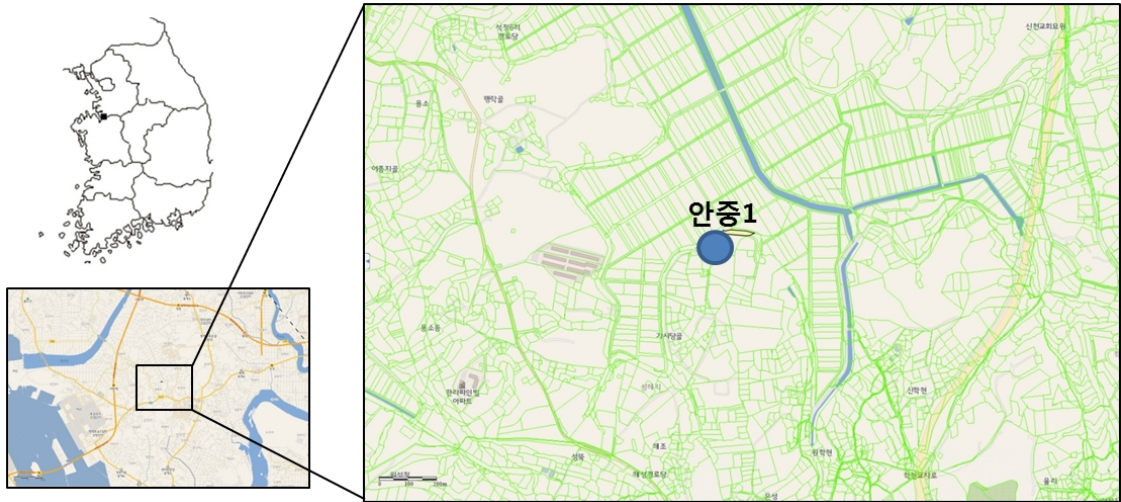
<오성2 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 오성1 관측공은 2017년에 설치한 관측망으로 해안에서 2.2 km 지점에 설치하였다. 2017년 관측결과 해수침투 영향이 관측 안성천에서 내륙으로 오성2 관측공을 2018년에 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 오성1 관측공은 케이싱 심도 21 m에서 급격한 전기전도도의 증가(약 27,500 $\mu S/cm$)가 나타났다. 이는 케이싱 심도 직하부 부근에서 해수가 유입되는 것으로 추정된다. 오성2 관측공은 케이싱 하부에서 9,000 $\mu S/cm$ 로 측정된 전기전도도가 심도가 증가하면서 증가하여 심도 80 m 구간에서 19,500 $\mu S/cm$ 까지 증가하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과 오성1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 41.14에서 0.38로 감소되었다. 오성2 관측공은 (Na+K)-Cl영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 6.58 ~ 11.95로 분석되어 해수침투의 영향이 있는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 오성1 관측공의 지하수위는 1 m 내외의 변동폭을 보이며, 전기전도도는 평균 24,000 $\mu S/cm$ 으로 나타났다. 오성2 관측공의 지하수위 변동폭은 1.5 m 내외이며, 전기전도도는 EC2에서 20,000 $\mu S/cm$ 으로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 오성1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 심각하여 농작물 재배에 직접 활용이 불가능하다. 오성2 관측공 또한 해수침투의 영향이 나타나고 있으므로, 본 지역은 타수자원 공급을 모색하여 농업에 이용할 수 있도록 해야 한다.

2.3.10 안중지구

1. 위치

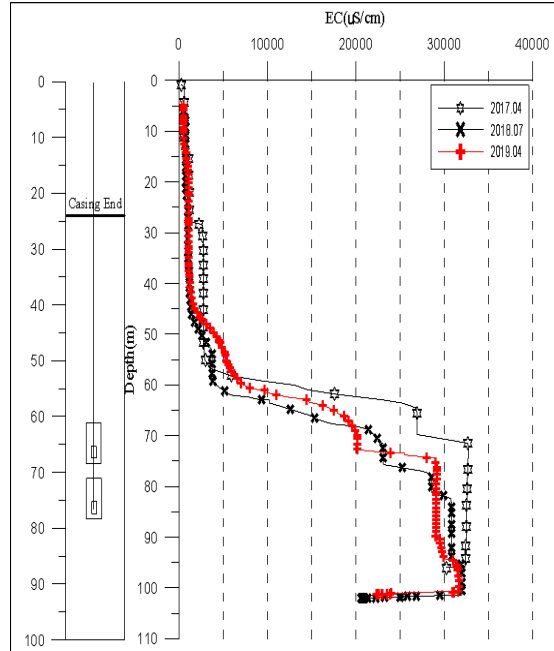


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
안중1	평택시 안중읍 성해리 산55	191676.93	489080.49	7.72	2017	1150	2.28

2. 지형 및 지질

평택시 안중읍 성해리에 위치한 안중1 관측공은 아산만으로 유하하는 발안천과 안성천의 중간지점에 위치하며, 주변에 경지정리가 완료된 농경지, 낮은 언덕, 농가 등이 소재한다. 안중1 관측공은 해안과 약 1.15 km 거리에 위치하고 있으며, 아산만과 인접한 지하수 대수층에 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<안중1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

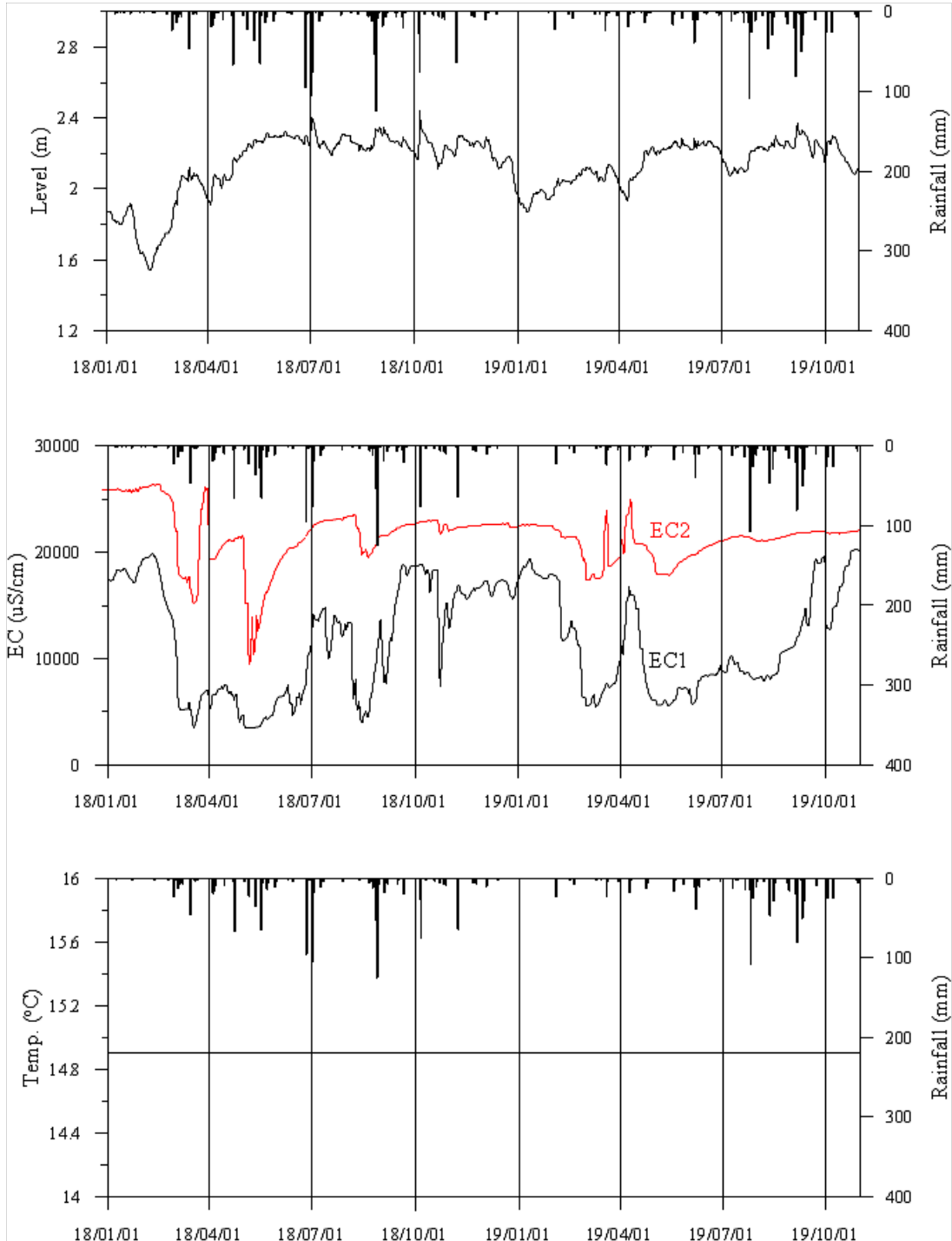
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
안중1	(2017. 5)	273.40	52.85	11.25	124.65	70.23	754.82	103.70	N.D.
	(2018. 7)	30.10	8.31	10.42	45.83	28.35	83.93	73.20	2.11
	(2019. 5)	44.99	6.41	8.45	29.79	58.33	65.00	67.10	0.26

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	안중1
Cl/HCO_3 몰비	2017. 5	12.51
	2018. 7	1.97
	2019. 5	1.67

5. 장기관측 결과



<안중1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 안중1 관측공은 2017년에 설치한 관측망으로 아산만 방조제 북측에 넓게 형성된 농지의 해수침투 영향을 관측하기 위해서 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 안중1 관측공은 전기전도도가 약 60 m 구간에서 증가하는데, 이들 구간을 통해 상대적으로 전기전도도가 높은(약 33,000 $\mu S/cm$) 염수체가 유입되는 것으로 추정된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 안중1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 1.97로 분석되어 약간의 해수의 영향이 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 안중1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변동폭은 1 m 이내이다. 전기전도도는 EC1에서 5,000 ~ 18,000 $\mu S/cm$ 범위로 변동한다. EC2는 10,000 ~ 26,000 $\mu S/cm$ 범위로 변동한다.
- 5) 관리 방안 : 안중1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 직접적으로 발생함에 따라 영농에 직접 활용이 불가능하다. 추후, 지속적으로 관측하여 해수침투 증감 여부를 관측해야 한다.

2.3.11 우정지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수 수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
우정1	화성시 우정읍 호곡리 산93-2	179108.926	501943.506	17.325	2019	3,600	5.3

2. 지형 및 지질

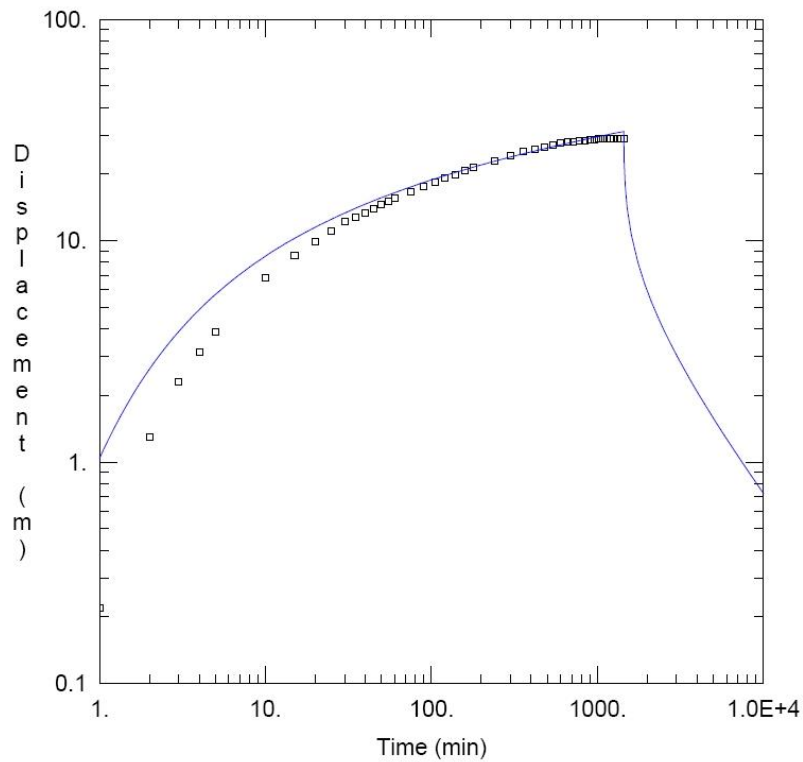
화성시 우정읍 호곡리에 위치한 우정1 지구는 서해안과 접해 있으며, 해안과 8,200 m 거리에 위치한다. 화성방조제 건설로 조성된 화옹지구 간척지 상류부에 위치하며, 과거 바다였던 간척지 상류부의 집단화된 농경지의 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.

3.

대수층 수리지질현황

신규 설치된 우정1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검증을 실시하였다.

◎ 양수시험

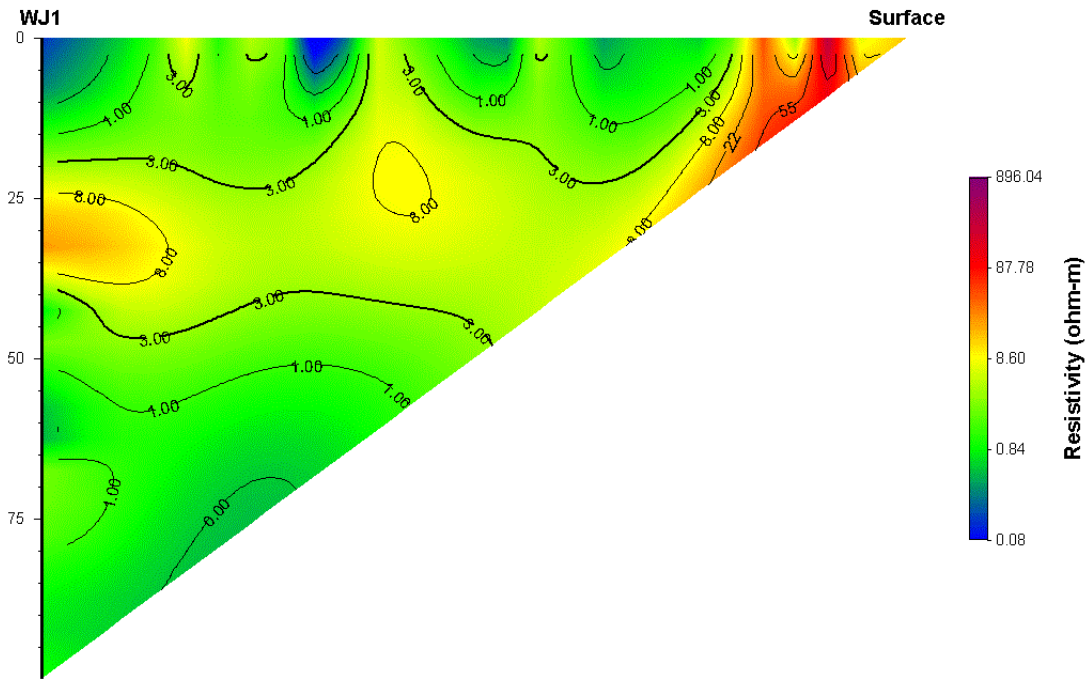


<우정1 지구 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
우정1	100	1.49	2.21×10 ⁻⁵	78

◎ 전기비저항 토모그래피

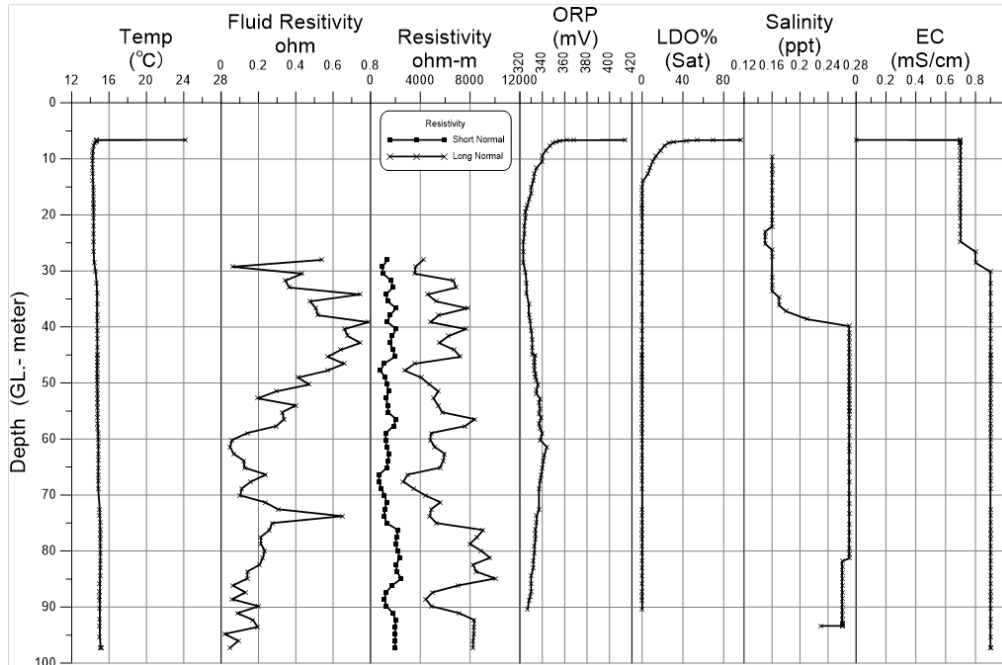
우정1 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피는 시추공에 대하여 케이싱 아래 심도 15 m 구간을 포함한 전 심도에 대하여 탐사하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)과 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)를 이용하였다. 해석은 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 사용하였다.



<우정1 관측공 토모그래피>

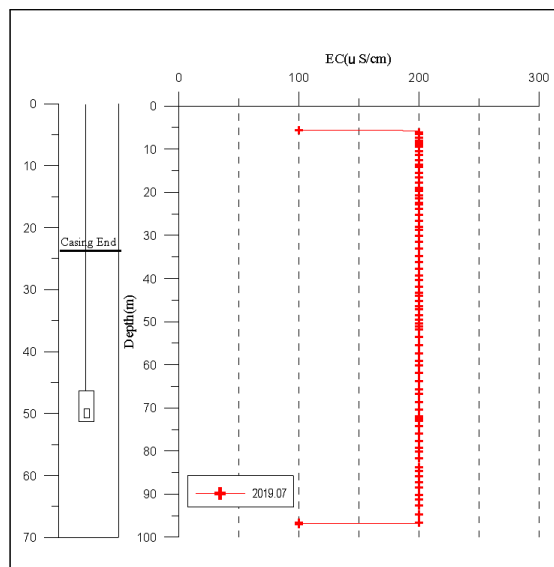
◎ 물리검층 및 EC검층

우정1 관측공에 대한 물리검층 및 전기전도도 검층을 실시하였다.



<우정1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<우정1 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^-
우정1	2019	50.71	22.30	2.39	68.63	6.00	86.29	82.35	0.20

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	우정1
Cl/HCO_3 몰비	2019. 5	1.80

6. 현황 및 대책

- 1) 화성시 우정읍에 위치한 우정지구는 서해안과 접해 있으며, 주변에 농경지가 다수 분포하고 있다. 우정1 관측공은 해안과 3,600m 거리에 위치하여 다소 해안과 떨어져있지만, 관측공 인근 주변이 간척지로 과거 해수유입이 있었던 곳으로 주변 농경지에 염해 등 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다
- 2) 양수시험 결과 : 우정1 관측공의 양수량은 100 m³/d이다. 수리전도도는 2.21×10^{-5} cm/sec이고, 대수층 두께는 78.0 m이다.
- 3) 물리탐사 결과 : 토모그래피 결과, 지표하 24 m까지 케이싱이 설치되었으며, 지표면 전극 설치가 135 m 길이로 설치되었다. 최대 전기비저항이 898.04 ohm-m를 보이며, 지하수 균열면의 위치(심도 약 32 ~ 92m)로 해수 유입의 가능성이 많은 것으로 판단된다. Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 0.1 ~ 0.8 ohm-m 범위를 보이며 40m, 75m에서 대수층 유입으로 보이는 값을 나타낸다. 노말 전기비저항은, 전 구간에서 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 경향이 유사하다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 700 ~ 900 $\mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다. 하부 심도로 갈수록 전기전도도가 증가하는 경향을 보이며, 전 심도 25m지점부터 전기전도도가 높은 수체가 유입됨을 알 수 있다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 우정 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 1.80로 나타나 해수의 영향은 아직 안 받는 것으로 분석되었다.
- 6) 관리 방안 : 우정1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 없어 영농에 직접 활용 가능하나, 금회 수질분석을 통해 질산성질소가 기준치를 넘어, 지속적으로 해수침투에 따른 염해 피해 및 오염의 영향을 관측해야 한다.

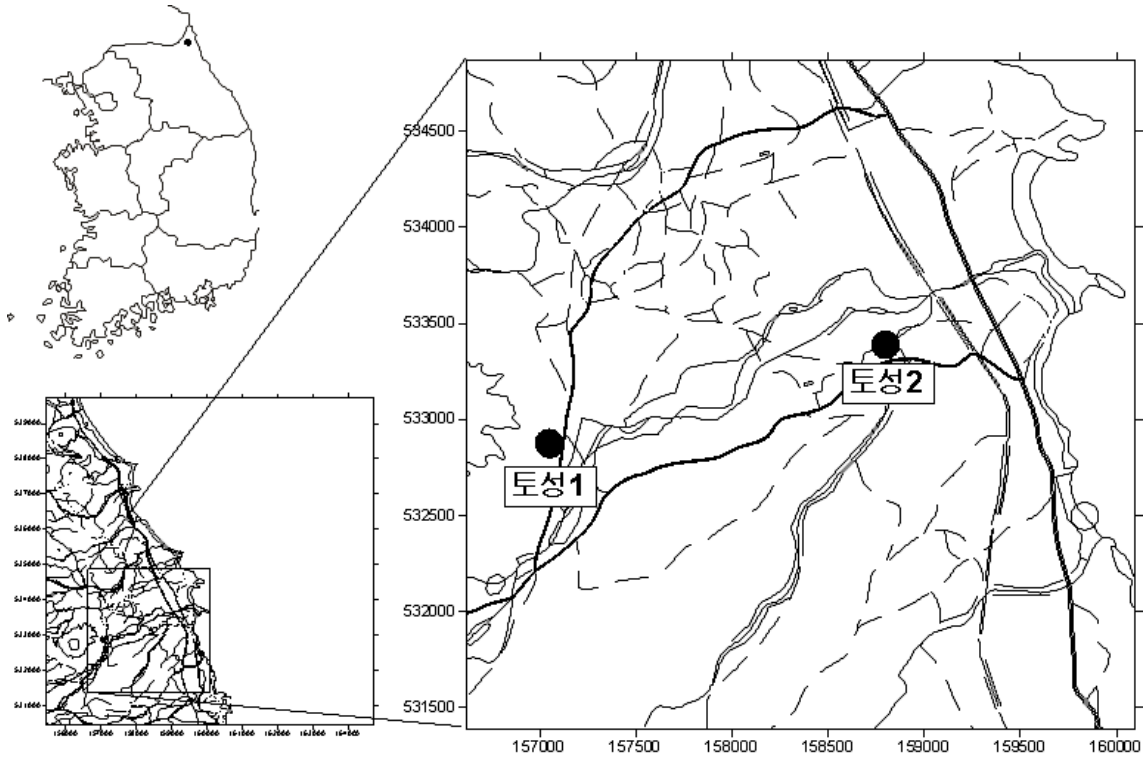
부록 2.4 강원도

2.4.1	토성지구(고성군)	.....	부록	-	137
2.4.2	연곡지구(강릉시)	.....	부록	-	143
2.4.3	조양지구(속초시)	.....	부록	-	149
2.4.4	대포지구(속초시)	.....	부록	-	154
2.4.5	초구지구(동해시)	.....	부록	-	159
2.4.6	송정지구(동해시)	.....	부록	-	164
2.4.7	강현지구(양양군)	.....	부록	-	169
2.4.8	근덕지구(삼척시)	.....	부록	-	175
2.4.9	초당지구(강릉시)	.....	부록	-	184
2.4.10	포남지구(강릉시)	.....	부록	-	188
2.4.11	주문진지구(강릉시)	.....	부록	-	192
2.4.12	조산지구(양양군)	.....	부록	-	196
2.4.13	송전지구(양양군)	.....	부록	-	200

부록 2.4 강원도 권역

2.4.1 토성지구

1. 위치

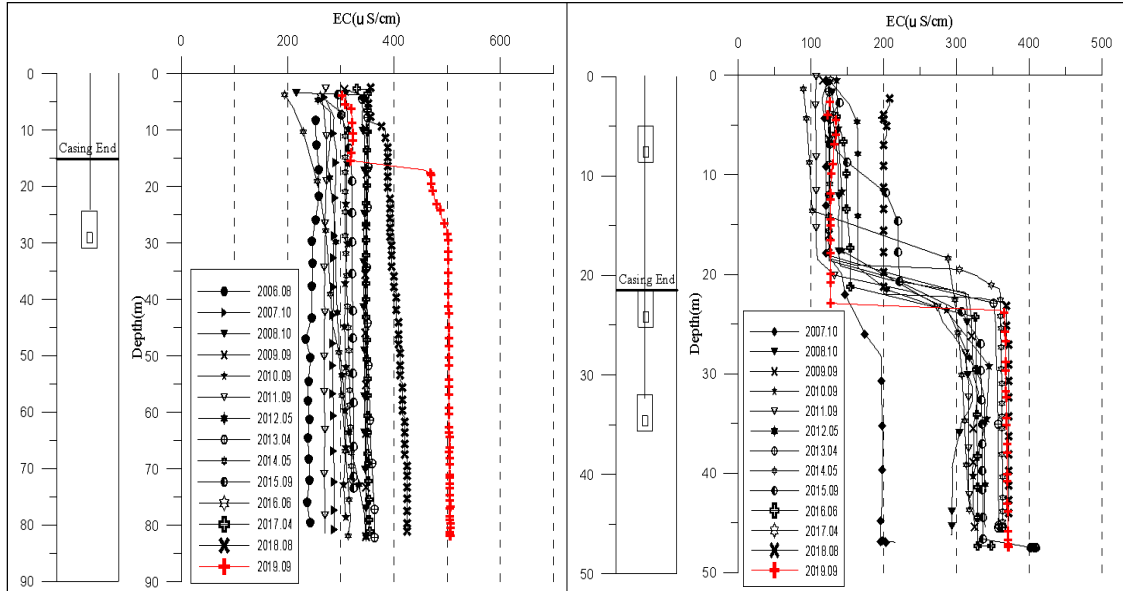


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
토성1	고성군 토성면 백촌리 664-3	159498.252	532072.793	6.27	2006	790	3.27
토성2	고성군 토성면 백촌리 59-2	159838.705	532492.884	2.36	2007	500	2.03

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)

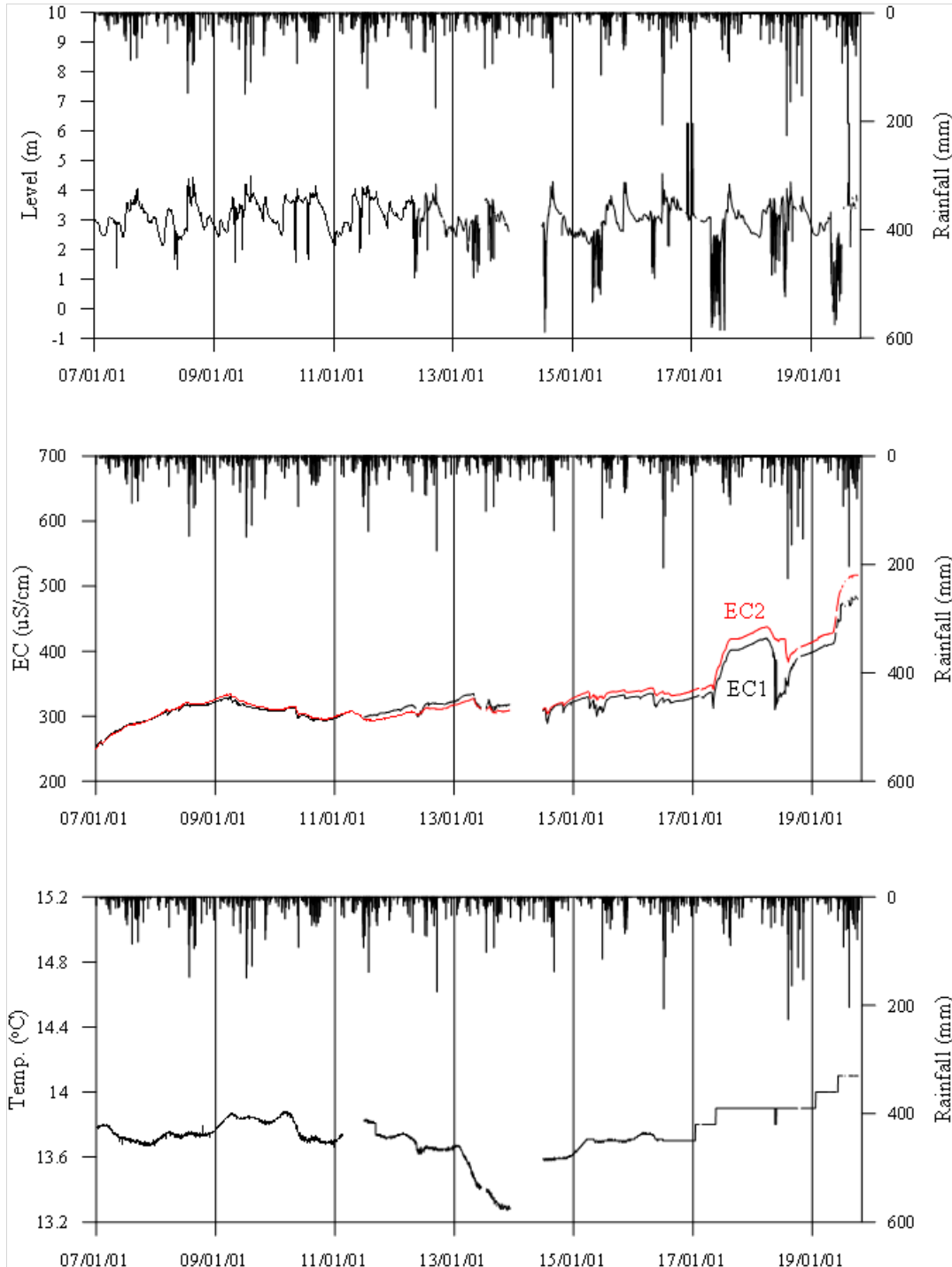
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
토성1	(2006.11)	17.08	3.80	2.89	6.36	4.30	17.52	61.00	N.D.
	(2007.10)	53.00	2.46	2.48	4.26	2.01	96.46	21.35	0.84
	(2008.10)	51.04	2.36	2.12	3.99	1.55	44.31	103.70	0.18
	(2009. 9)	53.11	2.93	2.49	5.20	0.87	39.05	118.95	N.D.
	(2010. 9)	57.72	3.29	2.20	5.23	0.19	33.23	140.30	0.11
	(2011. 7)	50.71	2.61	1.99	5.49	N.D.	31.80	56.89	N.D.
	(2012. 5)	52.25	4.06	2.70	9.92	0.74	32.70	131.15	N.D.
	(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
	(2016. 6)	48.66	4.40	0.15	11.26	4.43	40.52	134.20	0.99
	(2017. 6)	64.54	3.10	2.25	6.91	6.23	50.42	100.65	0.50
	(2018. 6)	41.85	5.29	2.55	9.42	6.02	41.02	97.60	0.69
(2019. 9)	29.94	7.32	3.98	13.05	6.52	27.57	103.70	0.07	

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	N.D.
	(2009. 9)	15.49	2.06	2.93	2.06	8.08	6.30	45.75	N.D.
	(2010. 9)	32.80	0.71	1.79	0.64	6.13	5.89	82.35	N.D.
	(2011. 7)	17.61	1.81	2.98	2.05	7.73	5.38	24.95	N.D.
	(2012. 5)	42.85	0.71	1.50	0.96	4.07	5.80	106.75	N.D.
	(2013. 4)	24.07	1.39	2.37	1.41	N.D.	6.54	70.15	N.D.
	(2014. 5)	62.87	0.55	1.93	1.22	3.13	8.71	143.35	N.D.
	(2015. 9)	19.61	8.00	1.71	18.67	4.39	26.16	97.60	0.07
	(2016. 6)	52.60	0.61	0.08	1.13	2.90	4.39	164.80	0.10
	(2017. 6)	46.66	0.12	1.35	1.05	2.03	6.05	115.90	N.D.
	(2018. 6)	21.59	0.61	2.19	1.20	4.85	5.89	45.75	0.03
(2019. 9)	24.58	1.57	3.11	2.45	7.31	6.72	64.05	N.D.	

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

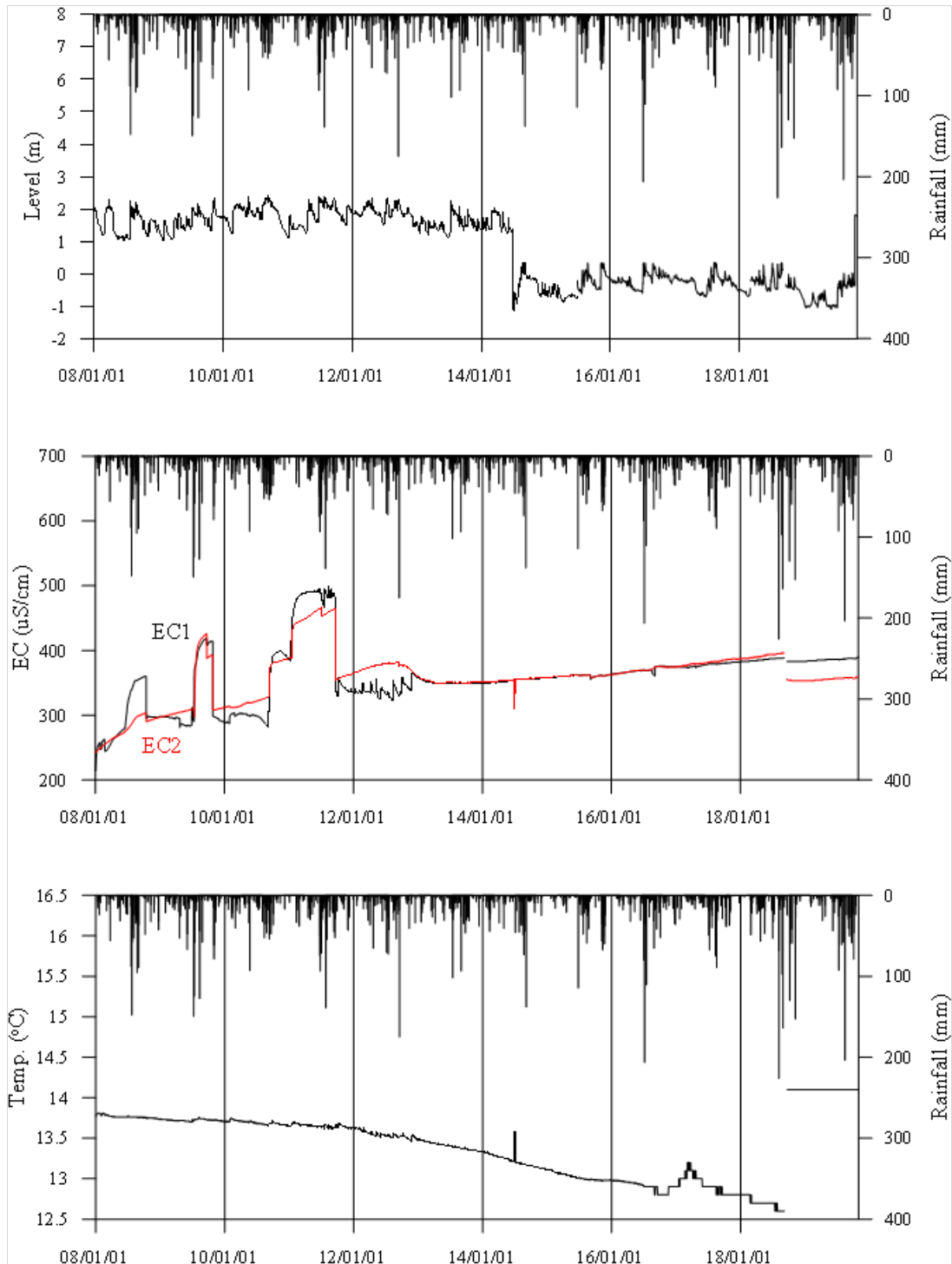
구 분	관측공		토성1	토성2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2006.11		0.50	-
	2007.10		7.76	0.13
	2008.10		0.73	0.26
	2009. 9		0.56	0.24
	2010. 9		0.41	0.12
	2011. 7		0.96	0.37
	2012. 5		0.43	0.09
	2013. 4		0.54	0.16
	2014. 5		0.56	0.10
	2015. 9		0.10	0.46
	2016. 6		0.52	0.05
	2017. 6		0.86	0.09
	2018. 6		0.72	0.22
2019. 9		0.46	0.18	

5. 장기관측 결과



<토성1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<토성2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

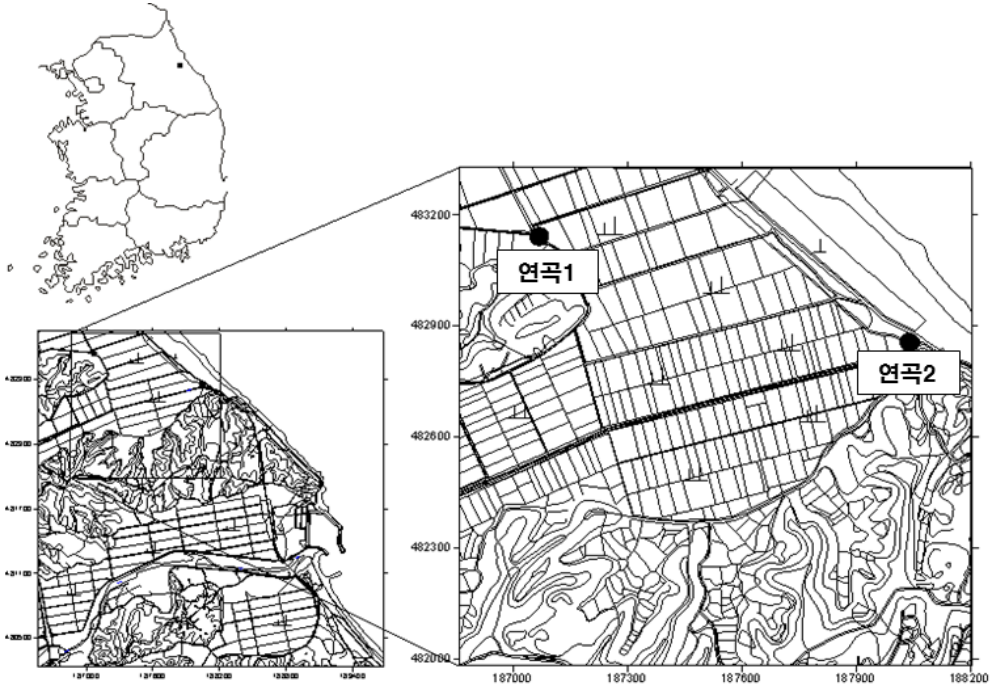
(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 토성1, 토성2 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 있으며, 2019년 $500 \mu S/cm$ 내외까지 증가한 경향이 나타난다. 토성2 관측공은 지표 하 21 m 부근 케이싱 구간을 기준으로 상부 구간은 약 $110 \sim 150 \mu S/cm$, 케이싱 하부 구간은 약 $350 \mu S/cm$ 내외로 수렴하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 토성1, 토성2 관측공은 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.46, 0.18로 해수침투의 영향이 적은 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 토성1, 토성2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 토성1 관측공의 지하수위는 연간 3 m 내외의 변화가 발생하고 있으며, 토성2 관측공의 지하수위는 연간 1 m 내외의 변화가 발생하다가 2014년 하반기에 2 m 내외 감소한 후 지속되는 경향을 나타낸다. 토성1 관측공의 전기전도도는 EC1과 EC2가 약 $240 \sim 340 \mu S/cm$ 범위에서 유사하게 나타나며 2018년 $450 \mu S/cm$ 증가하는 경향이 나타난다. 토성2 관측공의 전기전도도 값도 전반적으로 EC1과 EC2가 유사한 변화 양상을 나타낸다.
- 5) 관리 방안 : 토성지구는 해수침투의 영향이 적은 것으로 나타났지만, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.4.2 연곡지구

1. 위치



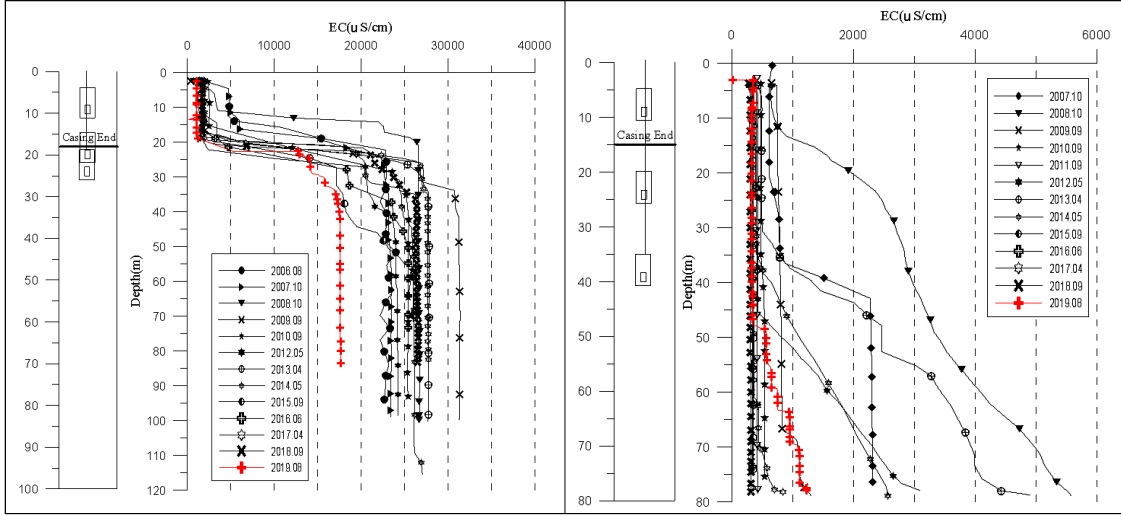
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
연곡1 (사천1)	강릉시 사천면 사천진리 산7-1	188041.972	482856.688	2.63	2006	150	0.57
연곡2 (사천2)	강릉시 연곡면 동덕2리 1588	187069.635	483140.510	4.37	2007	640	1.63

※ 2016년부터 사천1 → 연곡1, 사천2 → 연곡2로 지구명을 변경함

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



<연곡1 관측공>

<연곡2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

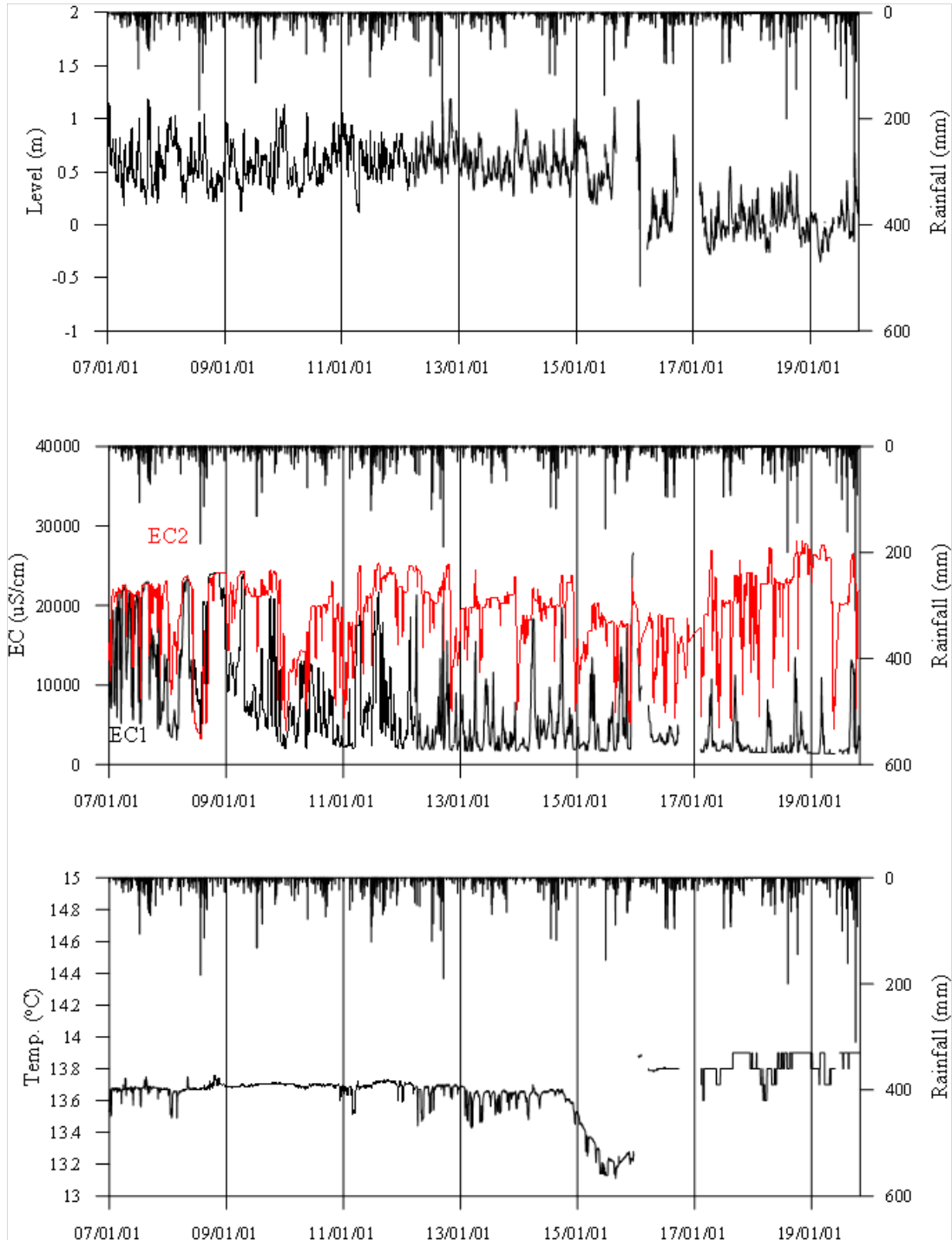
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
연곡1	(2006.11)	790.47	82.85	29.78	499.42	266.74	2100.96	30.50	N.D.
	(2007.10)	925.03	106.36	17.77	927.81	434.97	2679.95	176.90	N.D.
	(2008.10)	506.55	57.10	12.88	353.13	198.40	1524.43	155.55	5.03
	(2009. 9)	254.52	19.42	11.03	116.51	108.54	490.33	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	N.D.
	(2013. 4)	477.03	37.04	14.97	205.49	136.40	1065.98	161.65	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 6)	47.16	39.57	0.87	214.27	144.00	1284.79	158.7	0.11
	(2017. 6)	1549.45	170.96	43.77	1379.15	501.35	4732.27	94.55	108.82
	(2018. 6)	333.48	12.87	9.49	44.29	67.57	526.60	131.15	N.D.
(2019. 8)	309.96	8.64	13.75	35.57	69.04	387.76	149.45	N.D.	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
연곡2	(2007.10)	148.43	0.98	1.83	3.06	23.84	101.21	213.50	N.D.
	(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	N.D.	56.53	77.72	N.D.
	(2012. 5)	101.67	0.56	1.16	1.74	N.D.	62.57	183.00	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 6)	53.18	3.94	0.19	20.18	0.44	35.43	146.40	0.27
	(2017. 6)	79.27	0.44	1.61	2.82	2.11	45.19	122.00	N.D.
	(2018. 6)	64.56	0.79	2.78	2.29	0.84	38.34	109.80	N.D.
	(2019. 8)	70.09	0.94	2.44	2.15	0.87	42.46	134.20	0.16

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

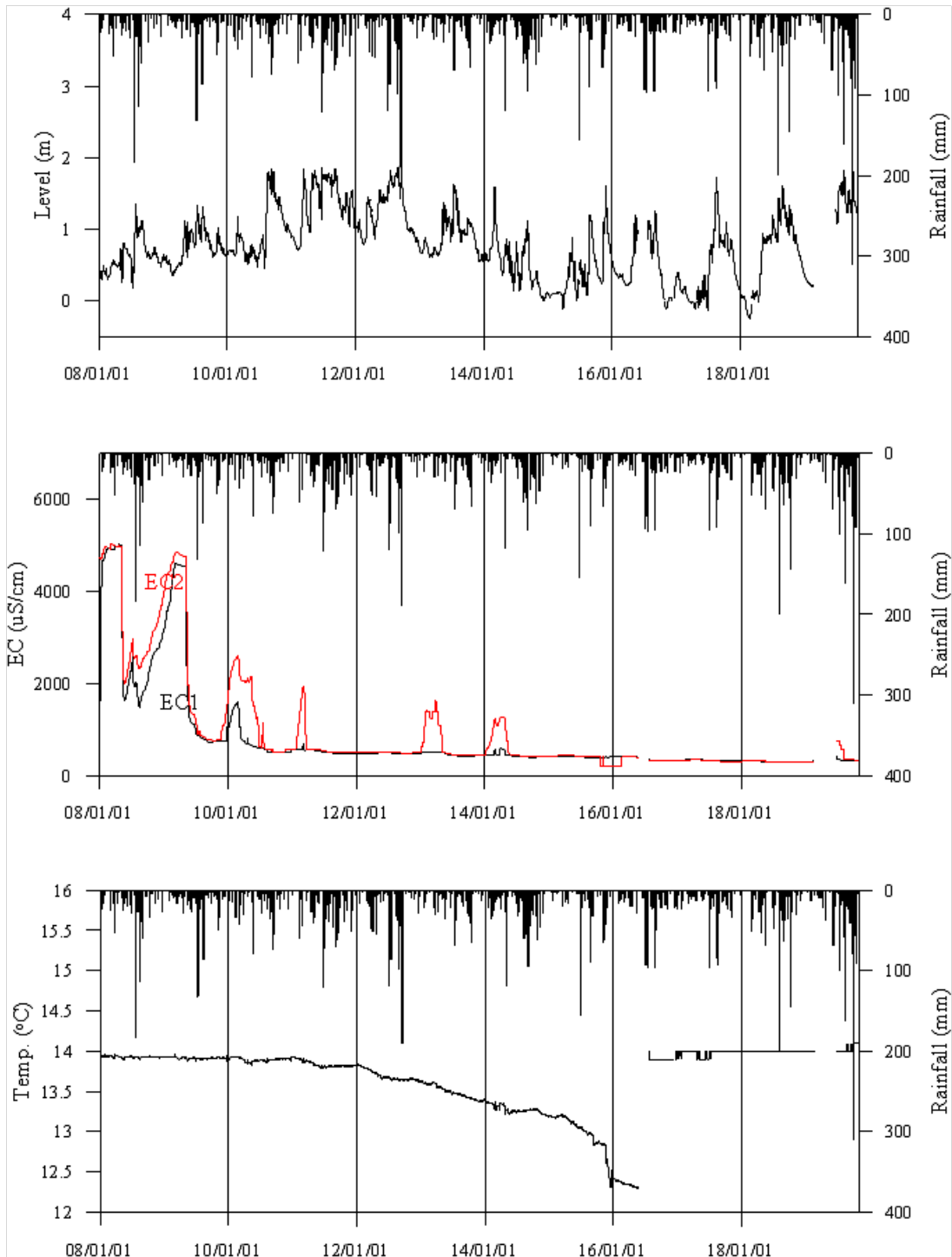
구 분	관측공		연곡1	연곡2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2006.11		118.77	-
	2007.10		26.03	0.81
	2008.10		16.84	2.09
	2009. 9		6.14	1.11
	2010. 9		10.16	0.60
	2011. 7		13.86	1.25
	2012. 5		5.21	0.59
	2013. 4		11.33	2.50
	2014. 5		18.68	0.69
	2015. 9		0.56	0.90
	2016. 6		13.93	0.42
	2017. 6		86.14	0.64
	2018. 6		6.91	0.60
	2019. 8		4.47	0.54

5. 장기관측 결과



<연곡1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<연곡2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 연곡1, 연곡2 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 : 연곡1 관측공은 지표 하 15 ~ 30 m 구간에서 연평균 전기전도도가 약 5,000 $\mu S/cm$ 에서 약 30,000 $\mu S/cm$ 으로 급격히 증가하는 전이대 구간이 나타났다. 2019년 1,7500 $\mu S/cm$ 로 전체적인 전기전도도가 감소하였다. 연곡2 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 35 m 구간에서 약 2,600 $\mu S/cm$ 까지 직선적으로 증가하는 전기전도도 값의 변화를 나타냈으나, 2015년 이래로 깊이와 관계없이 300 $\mu S/cm$ 내외를 유지하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 연곡1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 4.47로서 해수의 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타났다. 연곡2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며 Cl/HCO₃ 몰비는 0.54으로서 해수의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 연곡지구의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 해수면의 영향에 의한 주기적인 수위변동 양상이 나타나고 있으며, 수위변화량은 2 m 내외이다. 연곡1 관측공의 지하수위는 주기변화가 뚜렷하나, 연곡2 관측공은 주기성이 다소 약한 편이고, 다만 강수에 비례적으로 나타난다. 연곡1 관측공은 2016년 이후 지하수위가 강하하였다. 전기전도도의 변화에서도 수위증감과 동반하여 연곡1 관측공은 주기성이 뚜렷하며, 연곡2 관측공은 2011년 이후 700 $\mu S/cm$ 내외로 비교적 일정한 값이 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 연곡1 관측공은 해수침투의 영향이 매우 크며, 연곡2 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.

2.4.3 조양지구

1. 위치

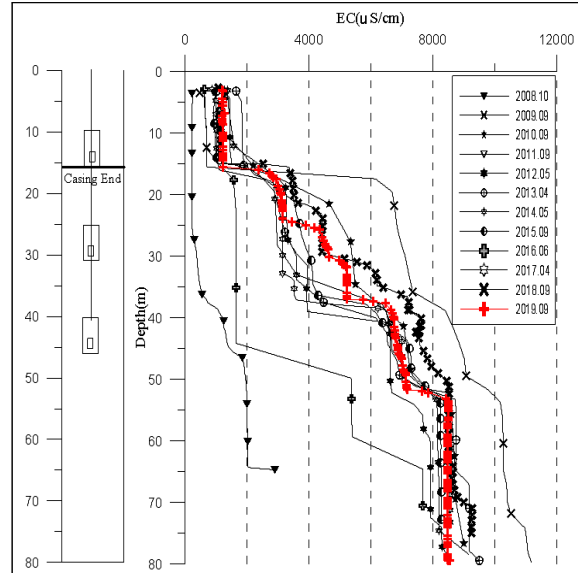


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
조양1	속초시 조양동 180-3	162498.662	521110.427	4.23	2008	900	3.29

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

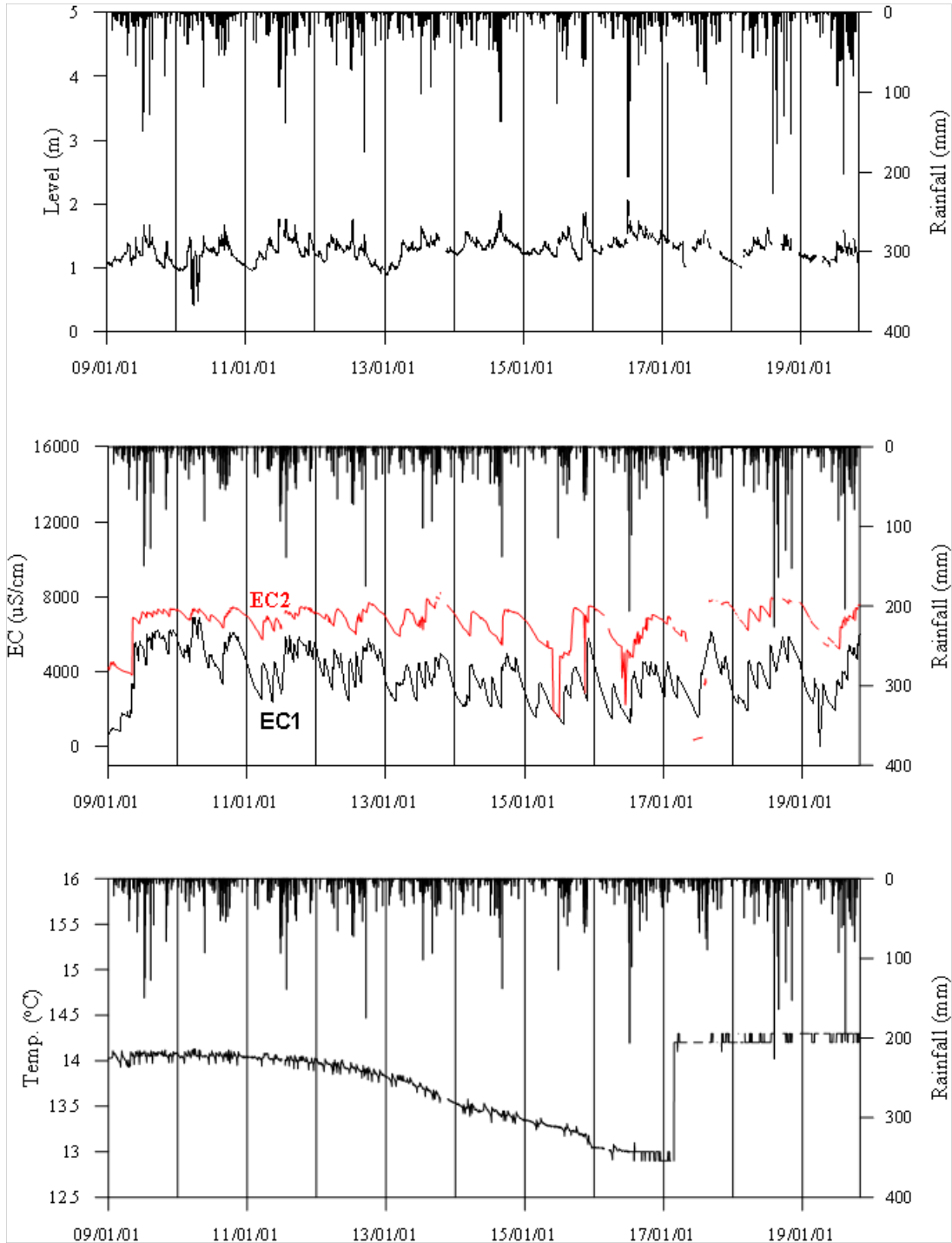
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 6)	45.95	8.17	0.22	68.98	80.33	357.71	79.30	N.D.
	(2017. 6)	171.53	2.66	5.56	32.86	39.14	241.23	79.30	N.D.
	(2018. 6)	169.53	4.28	3.01	34.91	56.35	278.77	73.20	0.88
(2019. 9)	164.14	5.48	6.67	42.34	4.15	276.52	73.20	0.44	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016. 6	7.76
	2017. 6	5.24
	2018. 6	6.55
	2019. 9	6.50

5. 장기관측 결과



<조양1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

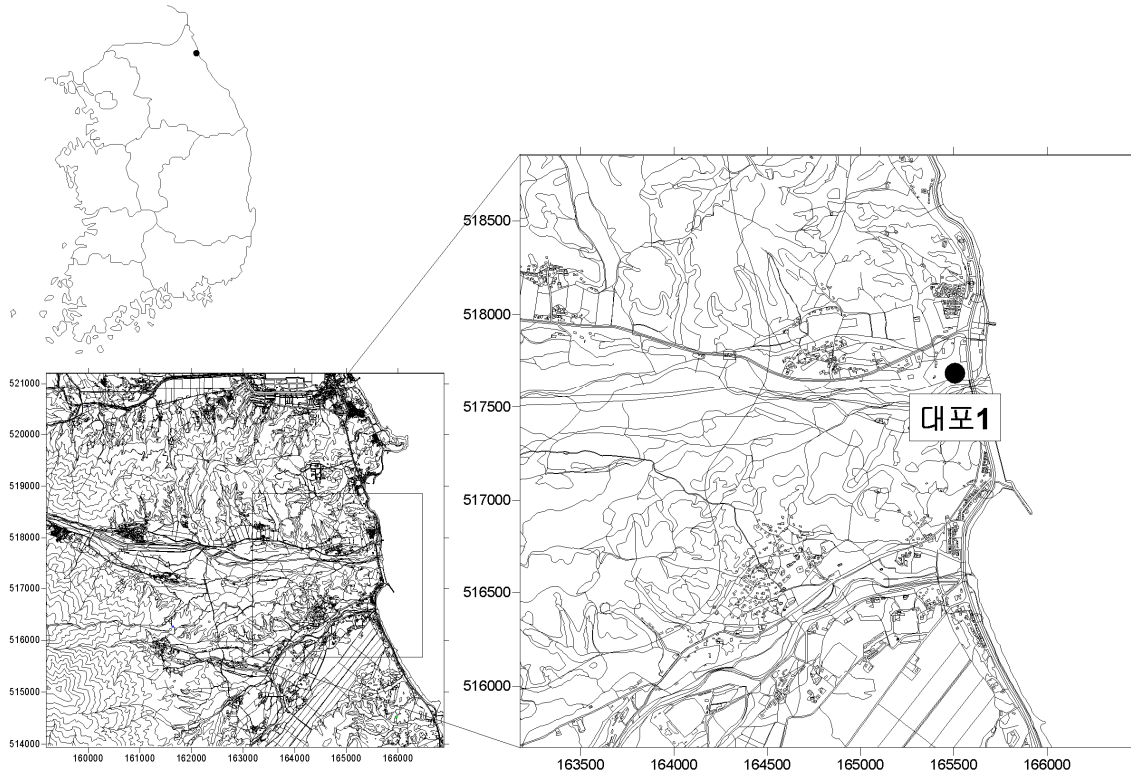
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 조양1 관측공은 2008년에 설치한 관측공으로 청문조사와 주변 관정의 간이 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 이후부터 2015년까지 지표 하 35, 50, 70 m에서 전이대가 형성되었는데 약 500 ~ 9,000 $\mu S/cm$ 의 변화를 나타나고 있어 염수의 유입을 지시한다. 2018년에는 지표 하 20, 30, 40, 45 m에서 점진적인 전이대가 나타났으며, 지표 하 50 m 이상에서는 지속적으로 8,000 $\mu S/cm$ 범위의 전기전도도가 분포되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 조양1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비가 6.50으로서 매우 심각한 해수침투의 영향을 지시하고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 조양1 관측공은 연간 1 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으나, 주로 강수에 의한 수위 상승이고 지하수자원의 자연감소에 의한 지하수위 저하는 없는 것으로 판단된다. 전기전도도는 EC1이 EC2 보다는 지하수위 변동에 더 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있으며, EC1은 센서 설치심도가 전이대 구간으로서 그 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 조양지구는 해수침투의 영향이 문제가 되고 있어, 지속적으로 관측하여 해수침투의 진행 여부를 지속적으로 점검하여야 한다.

2.4.4 대포지구

1. 위치

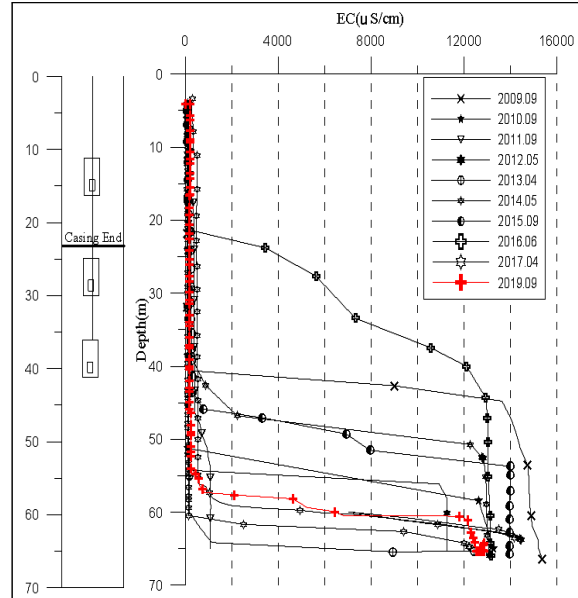


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대포1	속초시 대포동 178-49	165452.253	517631.684	1.98	2009	30	0.46

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 쥐라기 대보화강암과 백악기 퇴적암이 주로 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<대포1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

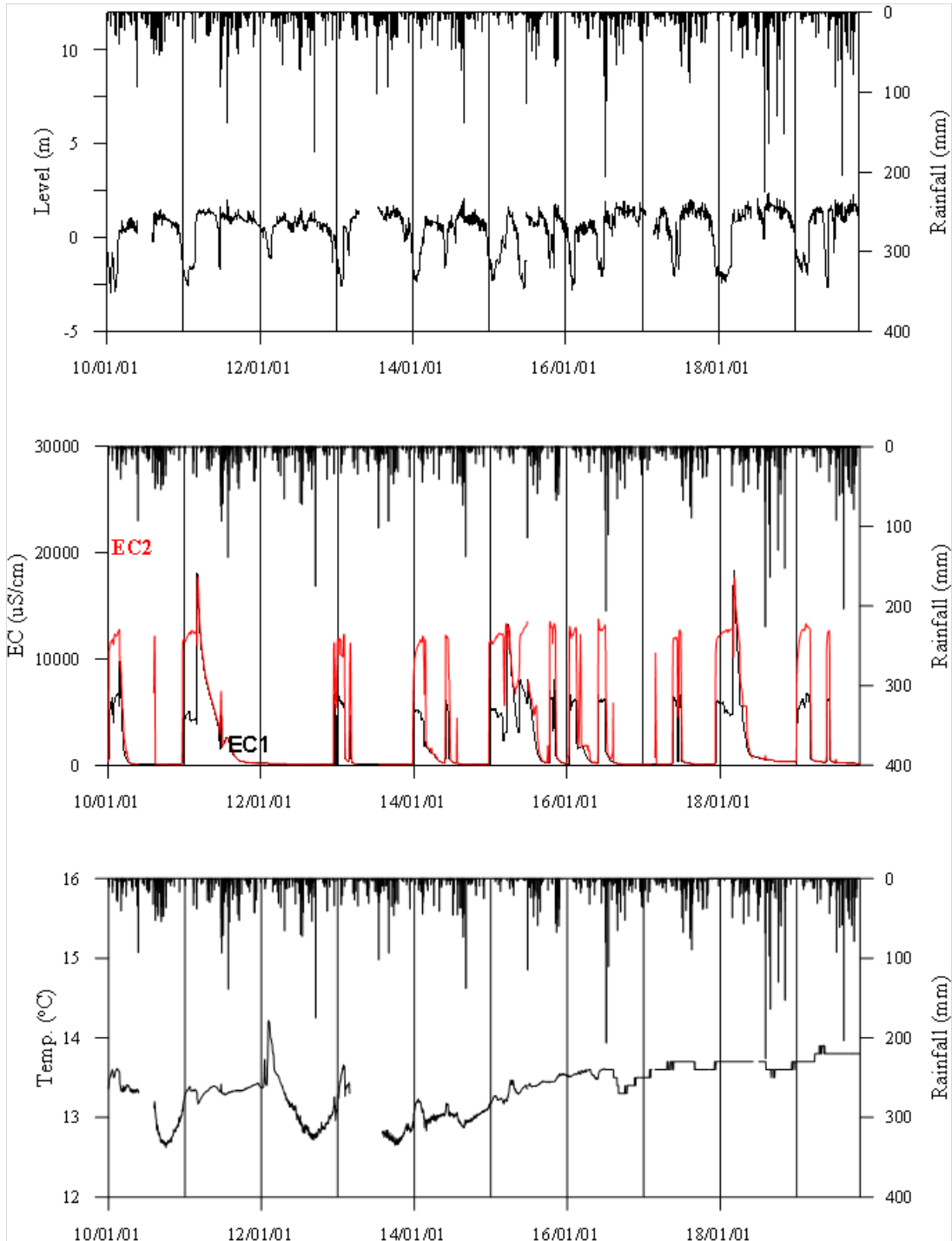
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
대포1	(2009. 9)	14.91	1.85	0.99	2.32	7.46	13.57	24.40	N.D.
	(2010. 9)	13.50	1.55	0.93	1.59	6.45	8.86	24.40	N.D.
	(2011. 7)	28.60	2.61	1.34	3.47	10.74	33.58	13.11	N.D.
	(2012. 5)	19.92	0.97	1.05	1.24	6.92	12.14	24.40	N.D.
	(2013. 4)	21.92	1.18	0.93	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	N.D.
	(2016. 6)	48.69	3.00	0.12	10.43	12.99	34.72	30.50	0.13
	(2017. 6)	16.24	1.88	1.28	2.72	3.66	17.77	27.45	0.07
	(2018. 6)	17.13	1.95	1.03	2.59	7.85	20.22	24.40	0.06
(2019. 9)									

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016. 6	1.96
	2017. 6	1.11
	2018. 6	1.43
	2019. 9	1.24

5.

장기관측 결과



<대포1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

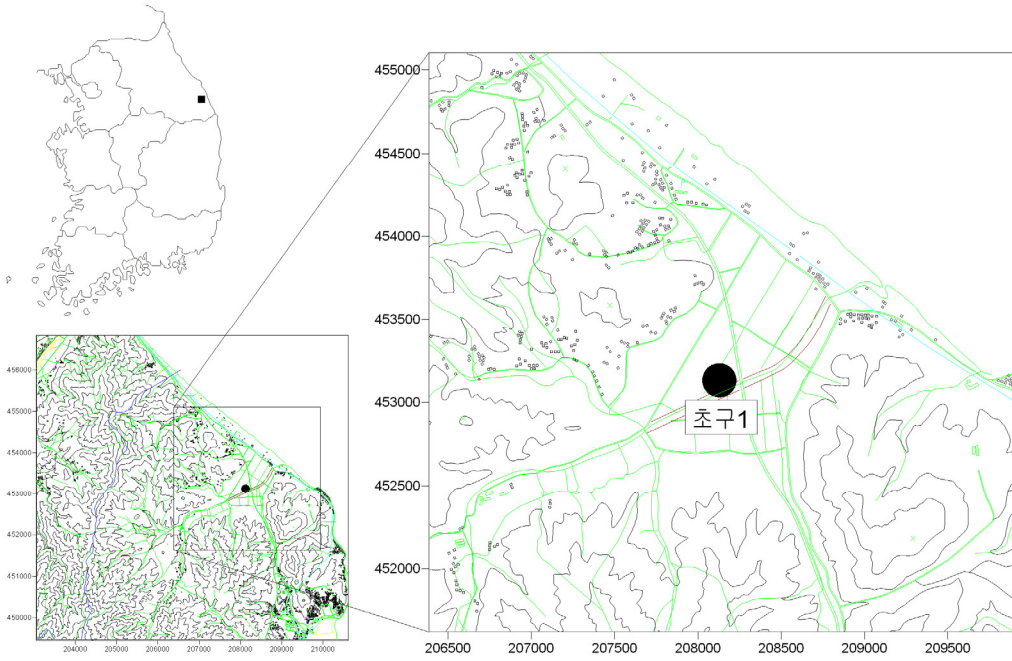
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 m에서 2009, 2010년 조사에서는 전기전도도 값이 $100 \mu S/cm$ 에서 $15,000 \mu S/cm$ 로 급격히 증가하는 전이대가 나타났으며, 그 이후 유사한 경향을 보이고 있다. 다만, 2018년에는 지표 하 60 m에서 전이대가 형성되어 전이대 형성 구간의 심도가 낮아졌지만, 전기전도도는 깊은 심도에서 지속적으로 $14,000 \mu S/cm$ 까지 분포되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 대포1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 1.24로 해수 영향을 약간 받는 것으로 분석되었다. 다만 2015년의 Cl/HCO₃ 몰비(62.61)를 감안하면, 편차가 매우 심하므로 해수에 의한 영향을 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 대포1 관측공은 매년 1 ~ 3월 지하수위 강하 시, 전기전도도가 증가되는 것으로 관측되었다. 이 시기 지하수위 강하는 주변에서 염수양수의 영향으로 염수가 관측공 내로 유입되어 발생하는 현상으로 판단된다. 연간 약 5 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사한 변화를 보이고, 수위상승에 따른 EC 감소 현상이 매우 정기적이며 뚜렷하므로, 주변 지하수위 관찰을 통한 염해 예방이 가능할 것으로 판단된다.
- 5) 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.

2.4.5 초구지구

1. 위치

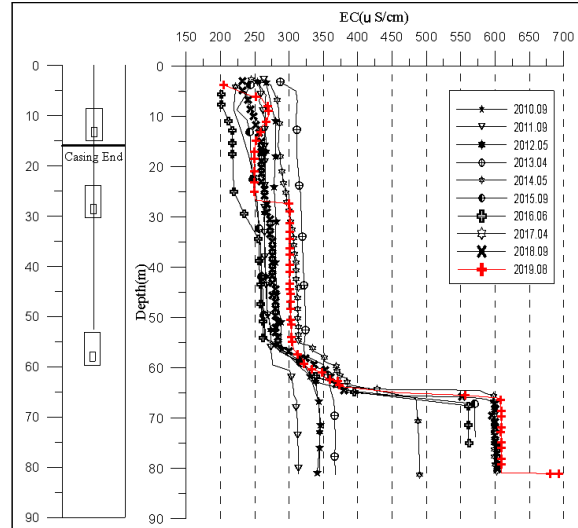


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
초구1	동해시 초구동 361-1	208025.98	453029.60	8.91	2010	850	2.75

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 하성층인 사암, 역암, 점토로 구성된 암석이 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<초구1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

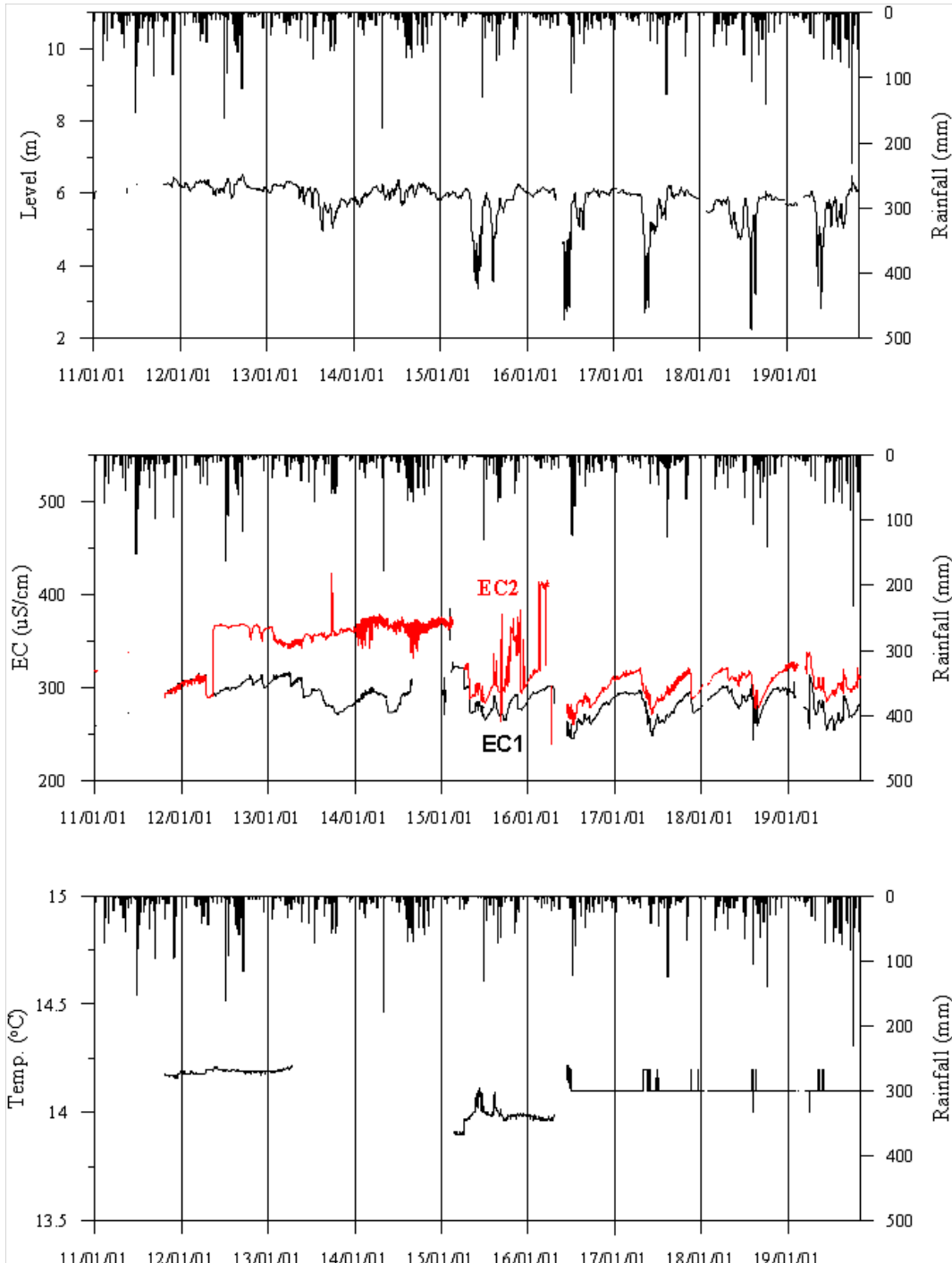
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
초구1	(2010. 9)	30.99	8.13	1.58	18.22	7.44	21.69	125.05	N.D.
	(2011. 7)	27.01	7.64	1.62	19.49	6.91	19.06	56.69	N.D.
	(2012. 5)	26.15	7.91	1.89	20.71	0.06	24.34	131.15	N.D.
	(2013. 4)	33.55	8.60	1.58	21.01	8.78	22.59	146.40	N.D.
	(2014. 5)	28.45	8.96	2.02	19.58	8.81	23.88	128.10	N.D.
	(2015. 9)	98.04	21.85	3.74	150.91	8.65	466.65	15.25	0.98
	(2016. 6)	25.85	10.97	0.18	37.79	2.96	15.21	109.80	0.13
	(2017. 6)	24.28	9.40	1.98	21.47	5.40	20.91	118.95	0.14
	(2018. 6)	18.13	7.89	1.89	19.85	4.11	19.50	94.55	0.10
	(2019. 9)	12.13	7.90	3.36	20.54	1.87	17.40	91.50	0.02

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016. 6	0.24
	2017. 6	0.30
	2018. 6	0.35
	2019. 9	0.33

5.

장기관측 결과



<초구1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>

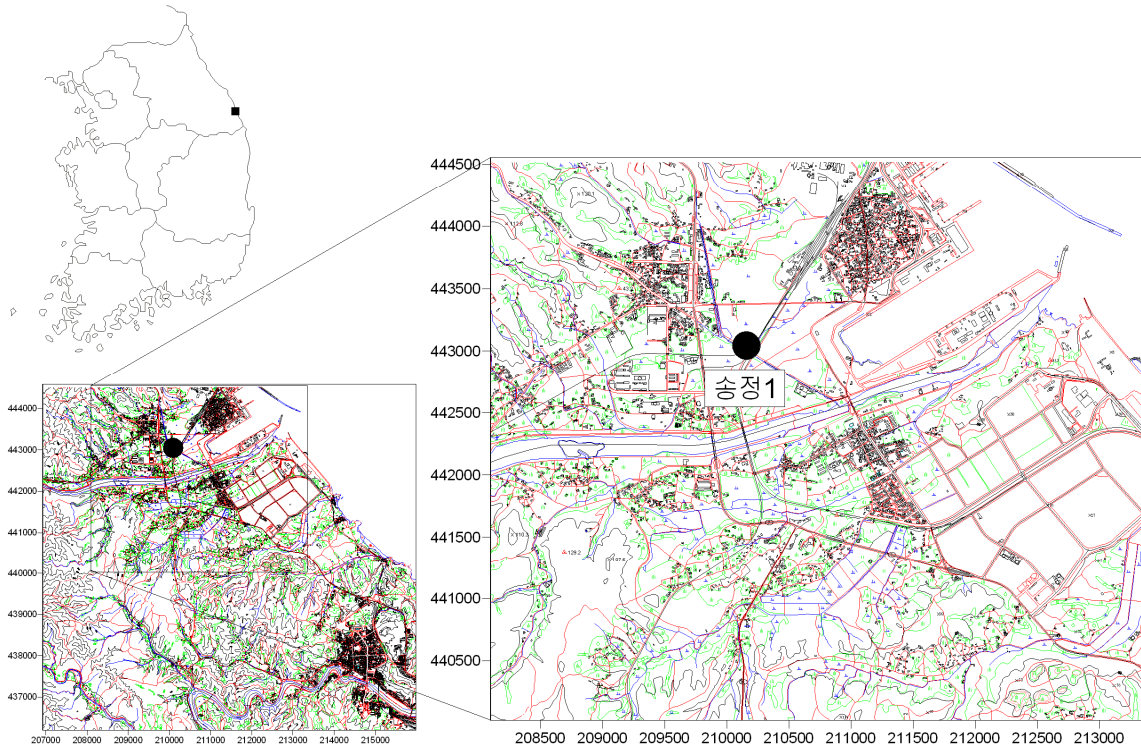
(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 초구1 관측공은 2010년에 설치한 관측공으로 청문조사와 농지면적, 지하수 이용량, 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 60 m 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 2018년 $600 \mu S/cm$ 로 증가하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 초구1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이 우세하다. Cl/HCO₃ 몰비는 2014년 이전에는 0.58 이하로 해수의 영향이 없는 것으로 나타났으나, 2015년은 52.66으로 높아졌다가 2016년 이후 0.24 ~ 0.30 범위로 나타난 것으로 보아 일시적으로 해수에 의한 영향이 크게 나타났던 것으로 판단된다. 2019년 몰비는 0.33으로 해수의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 초구1 관측공은 연간 약 4 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 EC2가 EC1보다 약 $60 \mu S/cm$ 높게 나타나지만, 공통적으로 $400 \mu S/cm$ 이하의 값을 나타낸다.
- 5) 관리 방안 : 초구1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 큰 문제가 되지는 않지만, 검층결과 일부 구간에서 전기전도도가 증가하고, 일시적으로 몰비가 큰 값을 보이므로 지속적으로 관측하여 해수침투 영향 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.4.6 송정지구

1. 위치

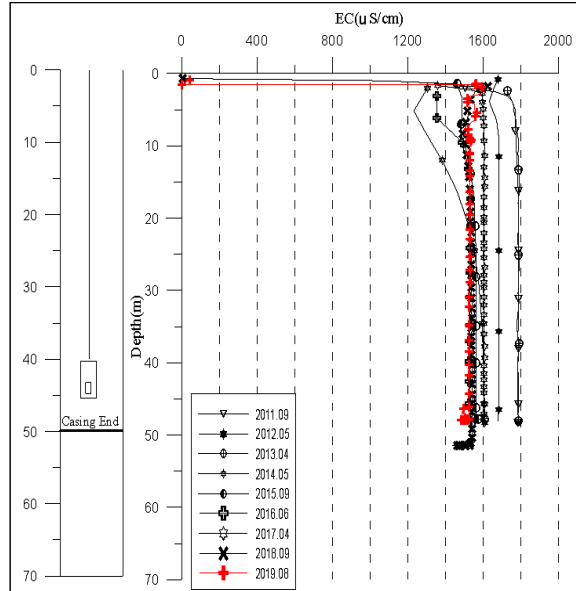


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
송정1	동해시 송정동 1688	210500.528	442813.296	5.34	2011	580	0.30

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 차지하며 이를 부정합으로 제4기 신기 하성층인 사암, 역암, 점토로 구성된 암석이 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<송정1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

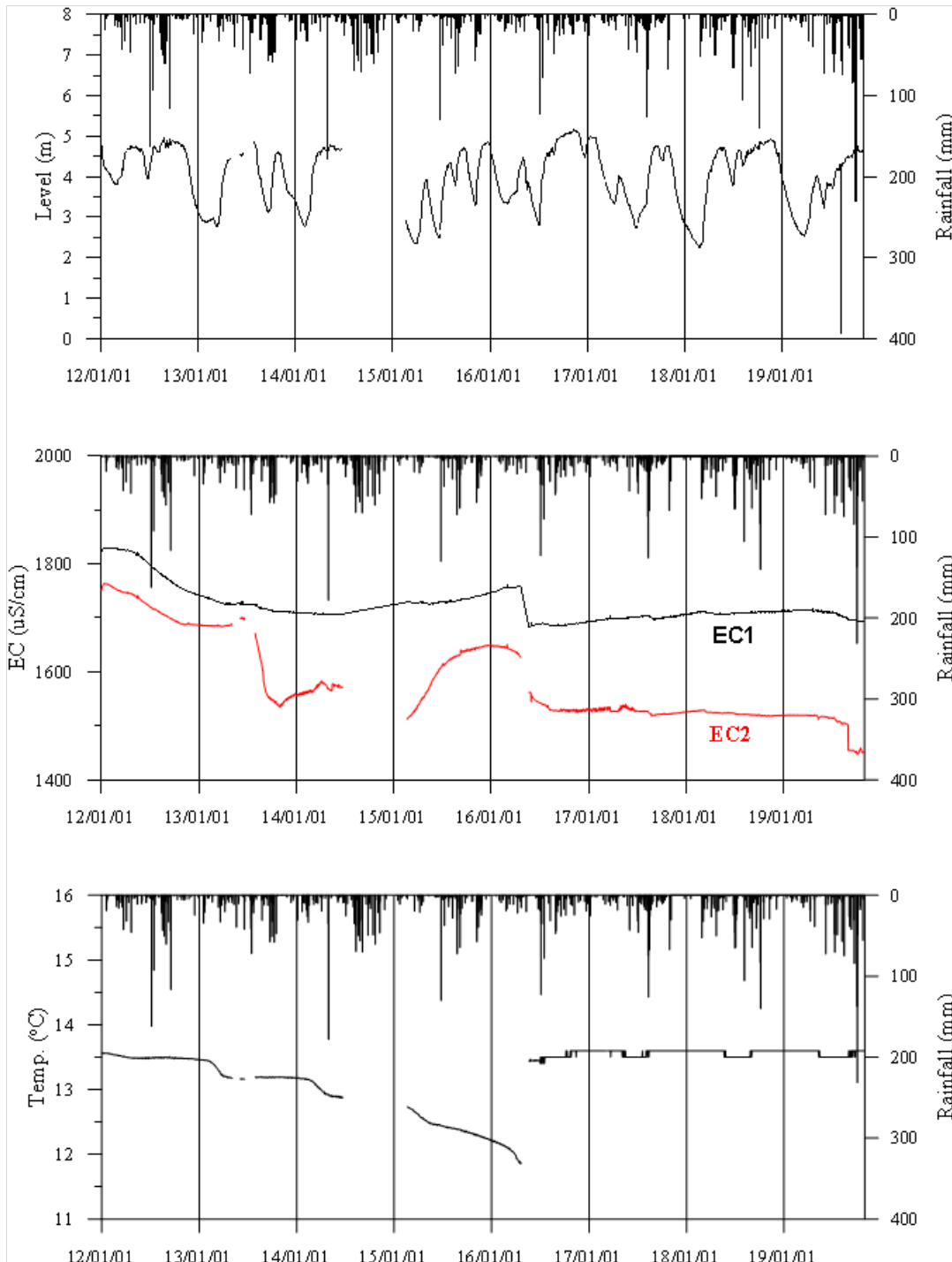
(단위 : mg/L)

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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 6)	52.73	24.96	0.32	181.57	6.72	455.85	12.20	N.D.
	(2017. 6)	99.77	22.11	6.12	163.30	11.19	494.13	12.20	N.D.
	(2018. 6)	89.90	17.65	3.55	143.99	4.01	451.40	12.20	N.D.
	(2019. 8)	82.81	17.10	7.16	155.66	N.D.	443.38	15.25	N.D.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016. 6	64.31
	2017. 6	69.71
	2018. 6	63.68
	2019. 8	50.04

5. 장기관측 결과



<송정1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

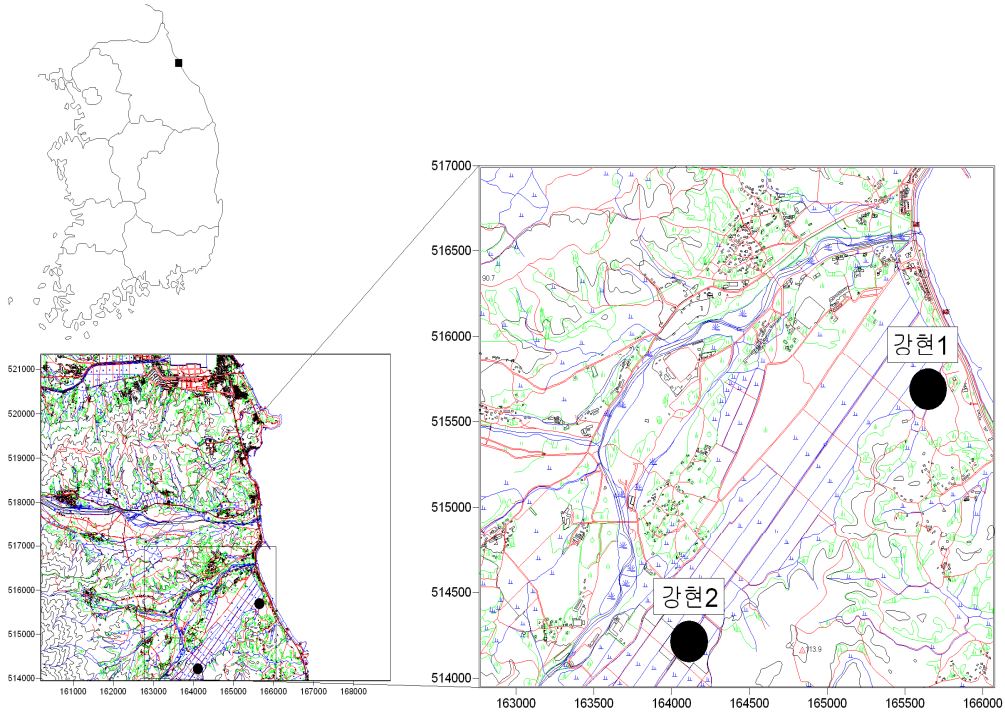
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 송정1 관측공은 동해시 송정동에 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 분포한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 송정1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 2013년과 2014년 20.83, 40.19로 해수의 직접적인 영향을 받고 있는 것으로 나타났으나, 2015년에는 0.63으로 나타나 약간 문제가 있는 정도로 해수의 영향이 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 2016년 이후에는 50.04 ~ 69.71 범위로 다시 급증하여, 2019년 50.04로 매우 심각한 해수의 영향이 나타남에 따라 지속적으로 변화 추이를 관측해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 송정1 관측공은 연간 약 3 m 이내의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 EC2가 EC1보다 약 150 ~ 200 $\mu S/cm$ 낮게 나타나지만, 공통적으로 1,500 ~ 1,800 $\mu S/cm$ 내외의 값을 나타낸다.
- 5) 관리 방안 : 송정1 관측공은 현재 직접적인 해수침투의 영향을 받고 있으므로 지하수위 변동 및 전기전도도 값의 증감을 지속적으로 모니터링 할 필요성이 있다.

2.4.7 강현지구

1. 위치

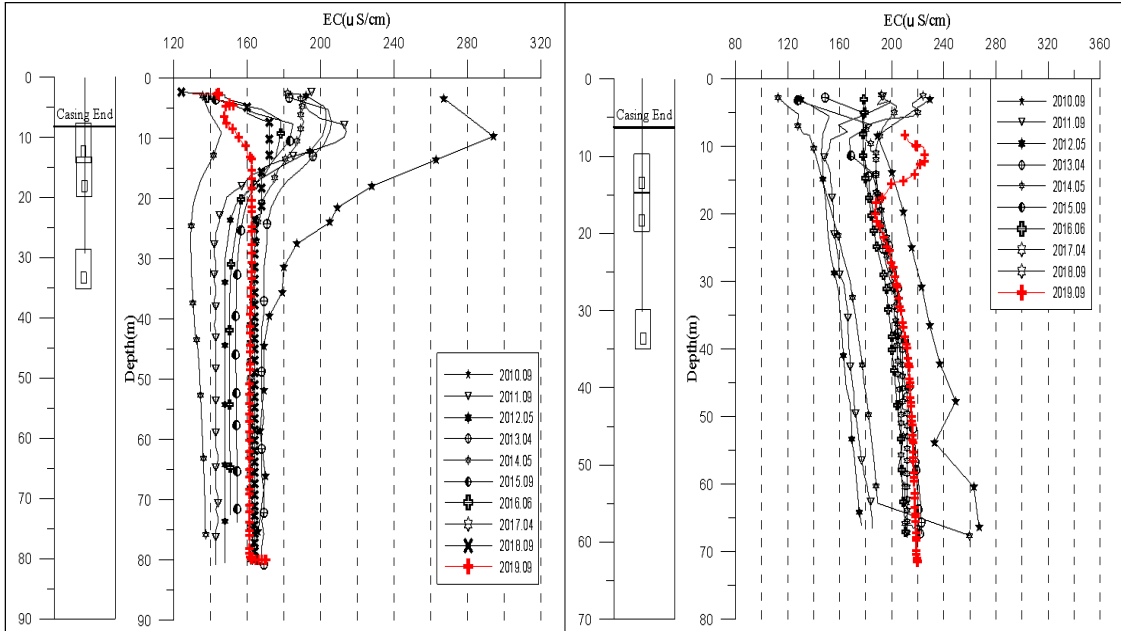


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
강현1	양양군 강현면 정암리 627-18	165528.02	515567.45	12.59	2010	370	2.81
강현2	양양군 강현면 장산리 842	163992.14	514094.59	48.27	2010	2,520	2.77

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 쥐라기 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)

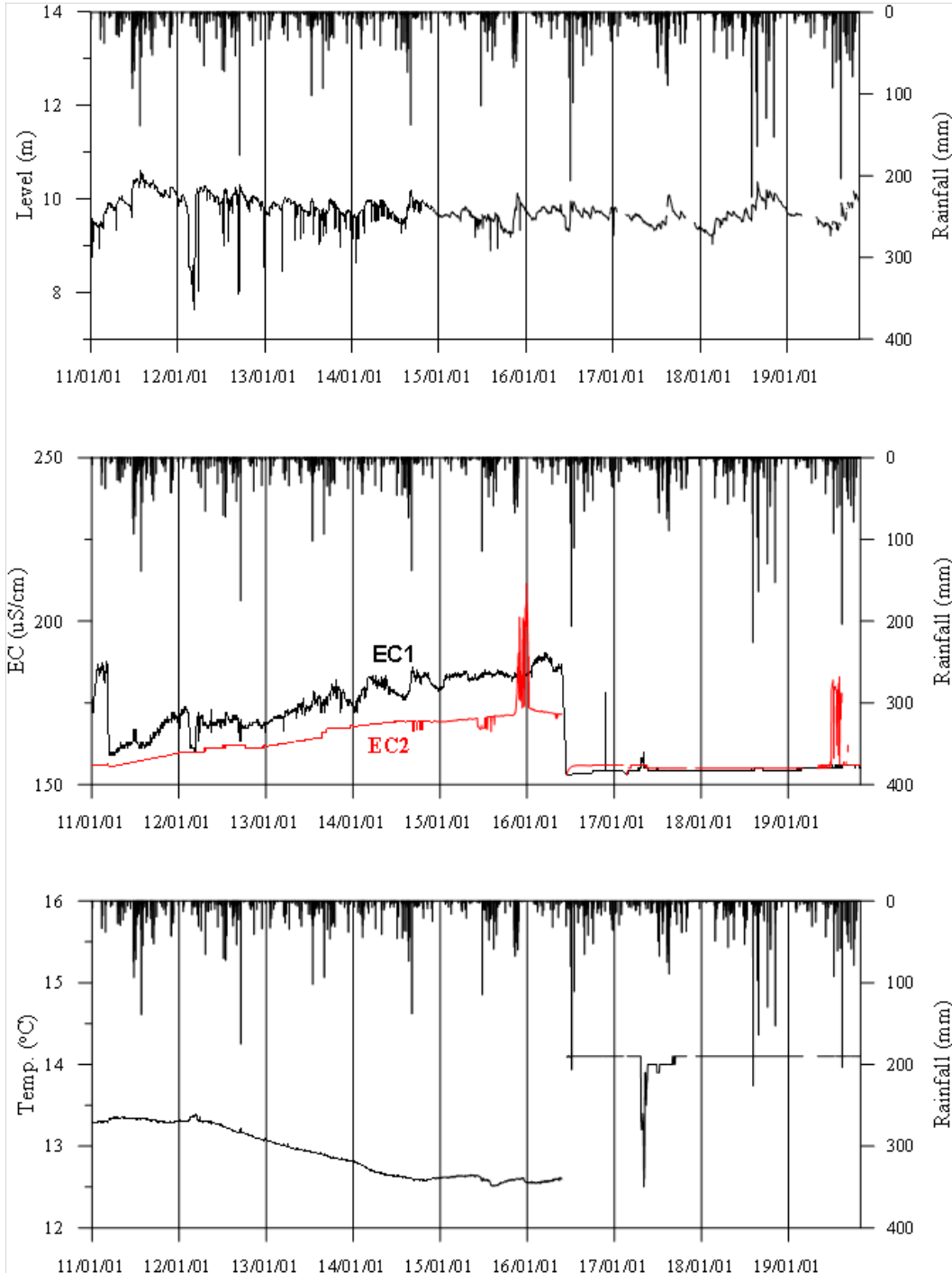
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
강현1	(2010. 9)	20.34	2.18	2.56	20.33	4.97	3.35	61.00	N.D.
	(2011. 7)	19.94	2.44	1.44	17.31	4.49	32.06	36.29	N.D.
	(2012. 5)	15.72	0.62	2.17	24.82	6.10	13.54	82.35	N.D.
	(2013. 4)	18.71	1.67	1.36	17.33	6.06	22.36	48.80	0.05
	(2014. 5)	18.38	1.76	1.54	18.85	5.34	24.01	45.75	N.D.
	(2015. 9)	8.12	7.75	0.83	21.57	3.09	10.44	94.6	0.05
	(2016. 6)	21.29	4.39	0.10	25.99	3.76	20.14	48.80	0.29
	(2017. 6)	20.29	2.19	1.38	16.04	4.51	22.80	42.70	0.10
	(2018. 6)	15.74	1.71	1.12	12.85	4.82	17.32	36.60	0.05
	(2019. 9)	13.88	1.71	1.57	12.08	3.91	15.30	36.60	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
강현2	(2010. 9)	8.75	6.31	0.97	20.72	4.05	10.22	100.65	N.D.
	(2011. 7)	9.25	4.95	0.83	14.93	3.24	9.13	19.51	N.D.
	(2012. 5)	9.98	5.87	1.03	21.15	3.72	9.85	76.25	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 9)	40.59	1.78	1.51	2.14	23.05	48.31	21.4	N.D.
	(2016. 6)	10.23	7.53	0.07	25.07	1.80	10.40	103.70	N.D.
	(2017. 6)	9.73	6.96	1.08	19.16	3.91	13.97	82.35	0.12
	(2018. 6)	8.66	5.70	0.70	16.80	2.75	13.40	70.15	0.11
	(2019. 9)	8.52	5.93	1.22	17.58	1.94	12.79	73.20	0.03

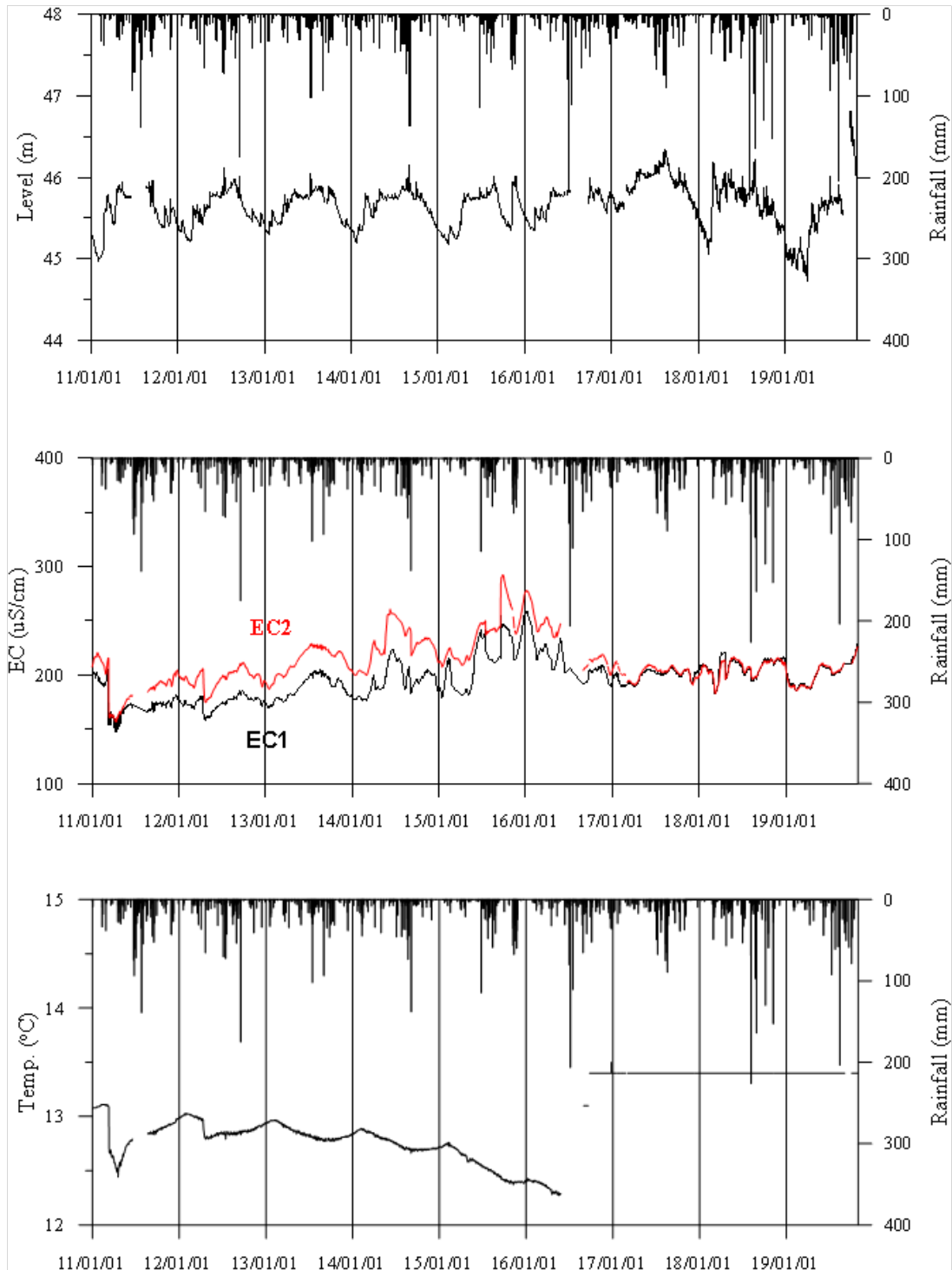
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		강현1	강현2
	년월			
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
	2016. 6		0.71	0.17
	2017. 6		0.92	0.29
	2018. 6		0.81	0.33
	2019. 9		0.72	0.30

5. 장기관측 결과



<강현1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



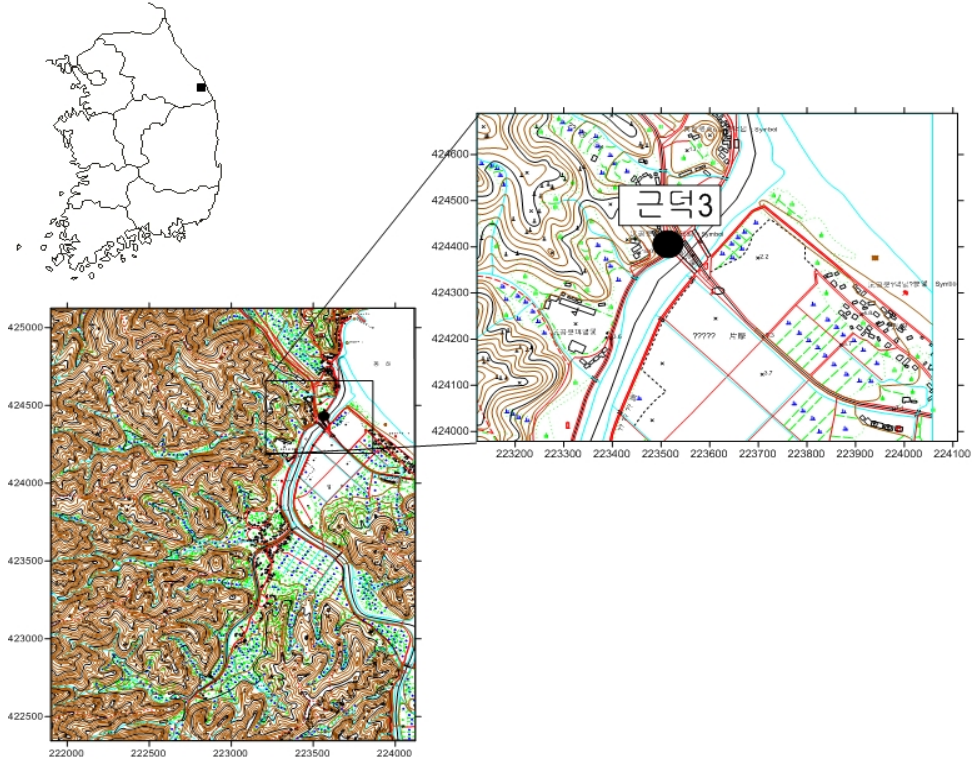
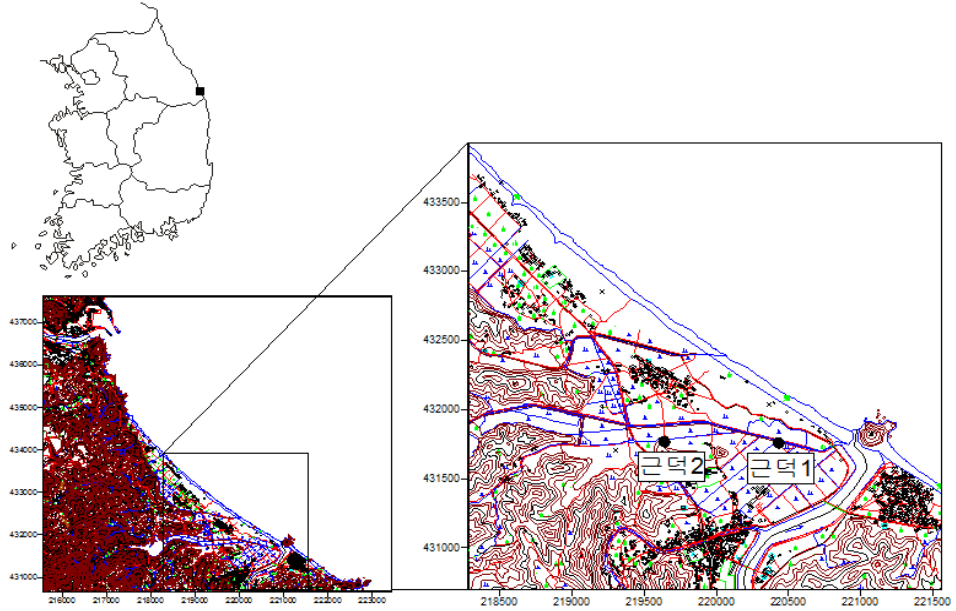
<강현2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 강현1, 강현2 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 하부 80 m까지 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 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 강현2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.72, 0.30으로서 강현1은 해수의 약간의 영향이, 강현2는 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 강현1 관측공은 연간 약 3 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 2017년 이후 감소하였다. 강현2 관측공은 연간 약 1 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 강현1과 마찬가지로 증가하다가 2017년 이후 약간 감소하는 추세이다.
- 5) 관리 방안 : 강현지구는 지하수 수질 분석 결과, 강현1과 강현2의 영향이 서로 다르게 나타나고 있으므로 지속적으로 관측하여 향후 해수침투 발생 여부를 점검하여야 한다.

2.4.8 근덕지구

1. 위치

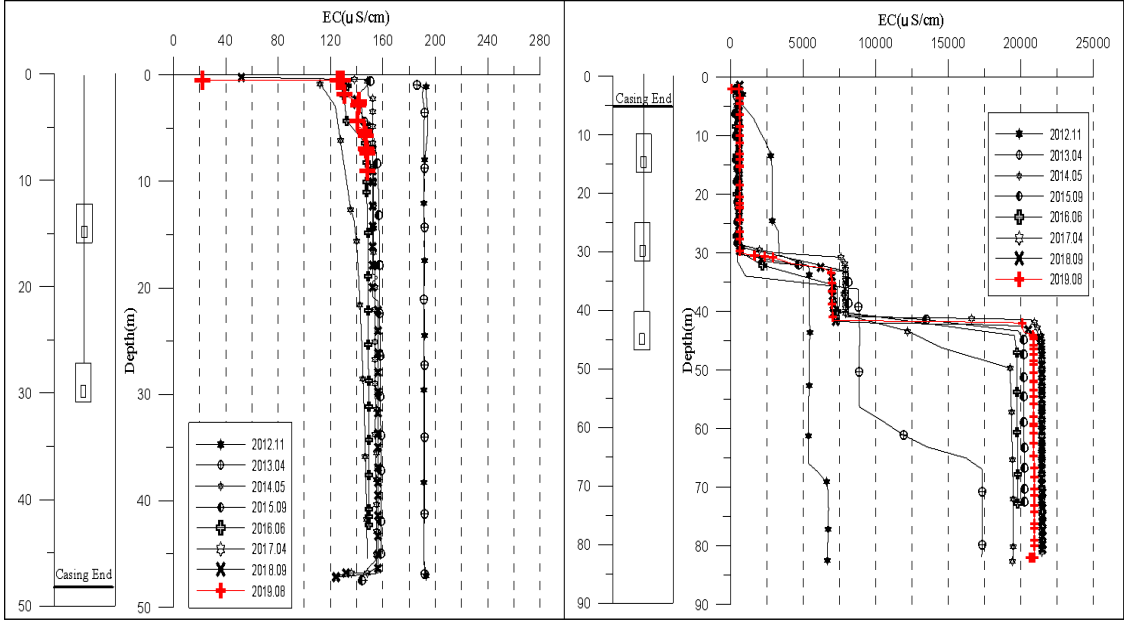


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
근덕1	삼척시 근덕면 교가리 1084	220437.649	431765.219	2.24	2012	357	0.76
근덕2	삼척시 근덕면 하맹박리 923	219636.927	431810.242	3.67	2012	743	2.10
근덕3	삼척시 근덕면 궁촌리 141-4	223622.3818	424553.3709	2.63	2015	202	0.29

2. 지형 및 지질

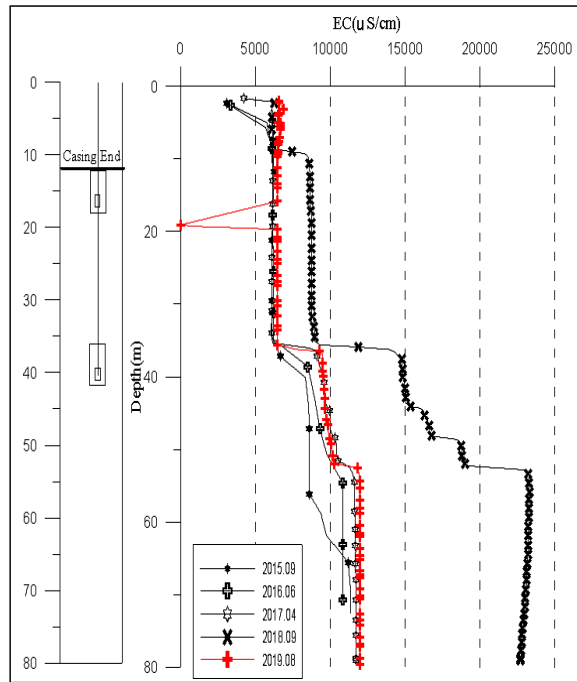
이 지역은 삼척시 근덕면에 위치한 지구로, 관측공 주변 해안선이 북동방향으로 뻗어있으며 관측공 서쪽에는 초당저수지가 위치하고 고암산(407 m)과 갑봉산(424 m) 그리고 안향산(358.6 m)으로 둘러싸여 있다. 남쪽으로는 마음천이 동해로 흘러 간다. 조사 지역은 제4기 충적층이 넓게 분포하면서 농경지를 형성하고 있고 서쪽과 남쪽으로는 선캠브리아기 편암류와 화강암질 편마암이 분포한다. 그리고 이를 관입한 시대미상의 화강암류와 산성암맥들이 남쪽으로 분포한다.

3. 지하수 검층



<근덕1 관측공>

<근덕2 관측공>



<근덕3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

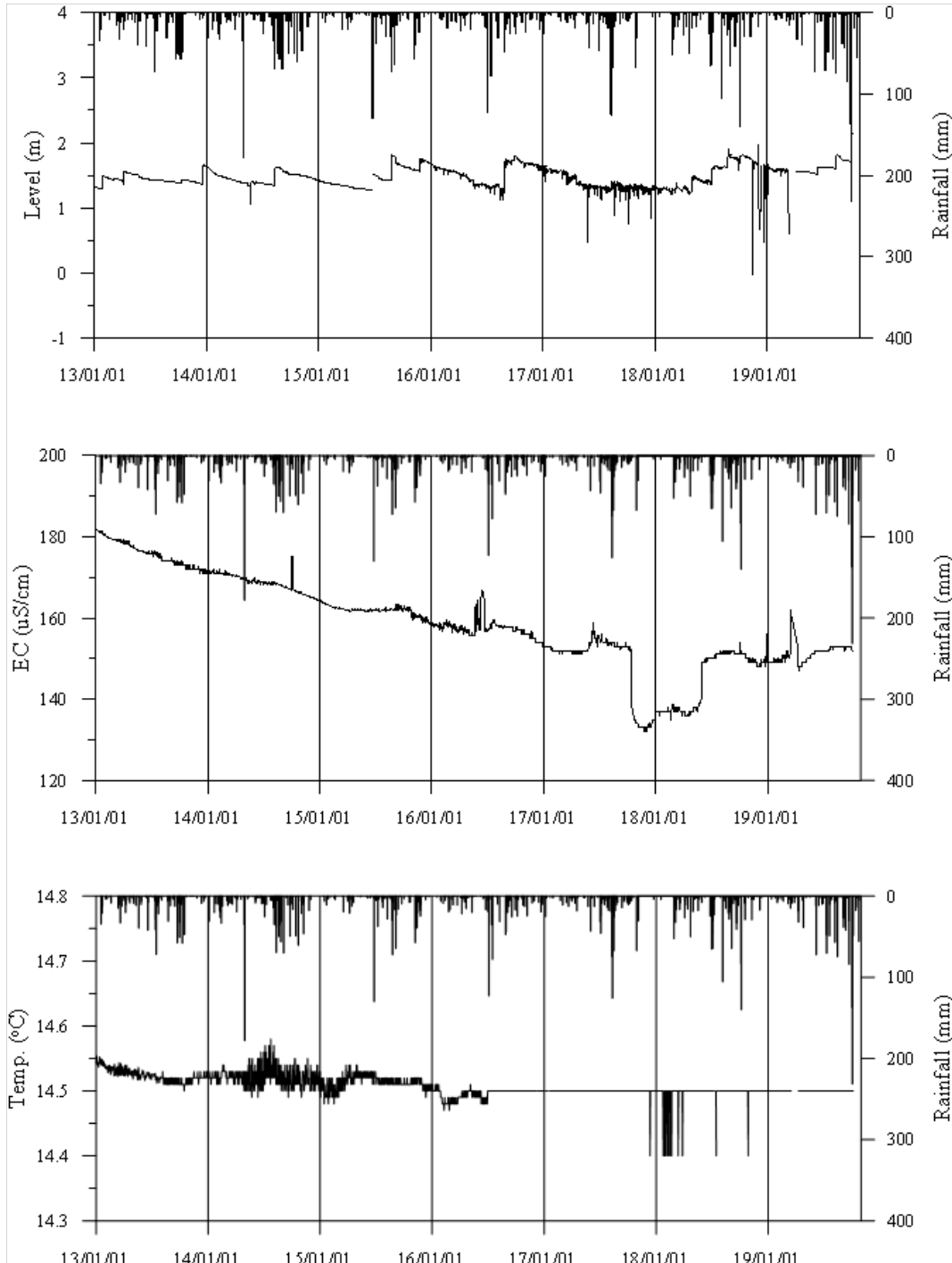
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
근덕1	(2012.11)	18.39	10.34	6.04	10.21	7.64	11.62	100.65	N.D.
	(2013. 4)	14.28	7.50	4.32	7.15	9.58	13.15	56.44	N.D.
	(2014. 5)	13.61	6.20	4.57	6.92	8.61	13.17	53.38	0.05
	(2015. 9)	11.47	3.54	4.93	5.36	8.44	12.36	33.56	N.D.
	(2016. 6)	14.14	3.41	0.30	8.10	6.69	11.78	24.40	0.25
	(2017. 6)	15.30	2.79	4.63	5.67	6.34	14.32	39.65	0.08
	(2018. 6)	13.40	1.72	4.68	4.95	4.88	12.82	10.69	0.07
	(2019. 8)	12.59	1.48	6.94	5.23	3.97	13.57	30.50	0.03
근덕2	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 6)	47.80	40.19	0.79	115.53	113.17	553.48	152.60	0.32
	(2017. 6)	40.31	19.08	7.77	51.34	79.75	55.27	146.40	1.49
	(2018. 6)	38.86	19.49	7.73	48.06	76.32	55.07	149.45	N.D.
	(2019. 8)	34.11	21.96	11.34	50.79	88.68	44.48	149.45	0.17
근덕3	(2015. 9)	442.70	163.22	8.77	423.07	22.15	1797.65	82.40	7.41
	(2016. 6)	48.20	184.98	0.69	521.19	26.72	2043.00	115.9	0.17
	(2017. 6)	492.91	204.52	9.82	522.84	40.24	2067.20	57.95	5.85
	(2018. 6)	1175.35	346.79	37.55	715.20	235.22	3577.80	85.40	14.16
	(2019. 8)	475.73	177.64	24.79	467.01	45.97	1821.85	97.60	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	근덕1	근덕2	근덕3
	년월			
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
	2016. 6	0.83	6.24	30.34
	2017. 6	0.62	0.65	61.39
	2018. 6	2.06	0.63	72.10
	2019. 8	0.77	0.51	32.13

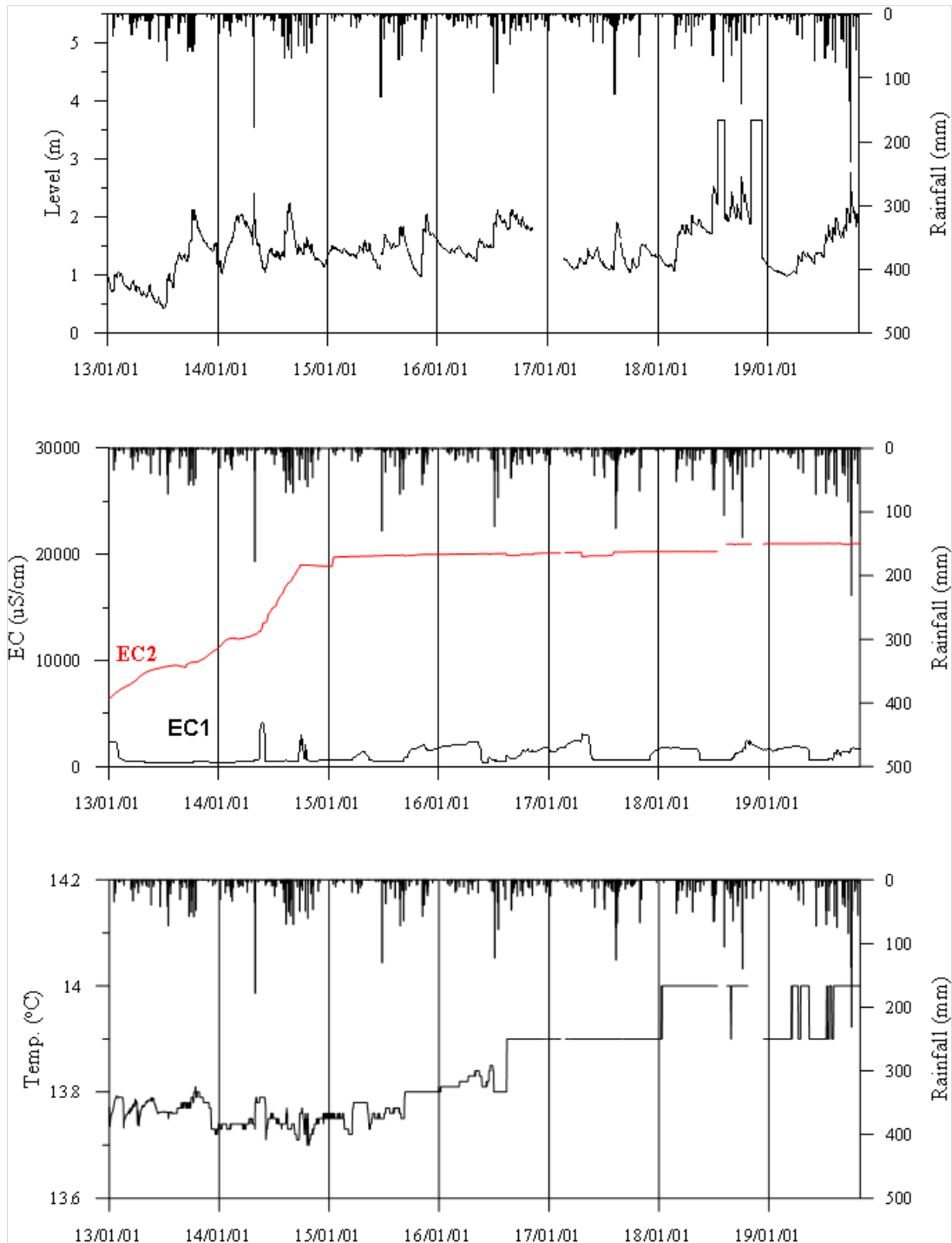
5.

장기관측 결과

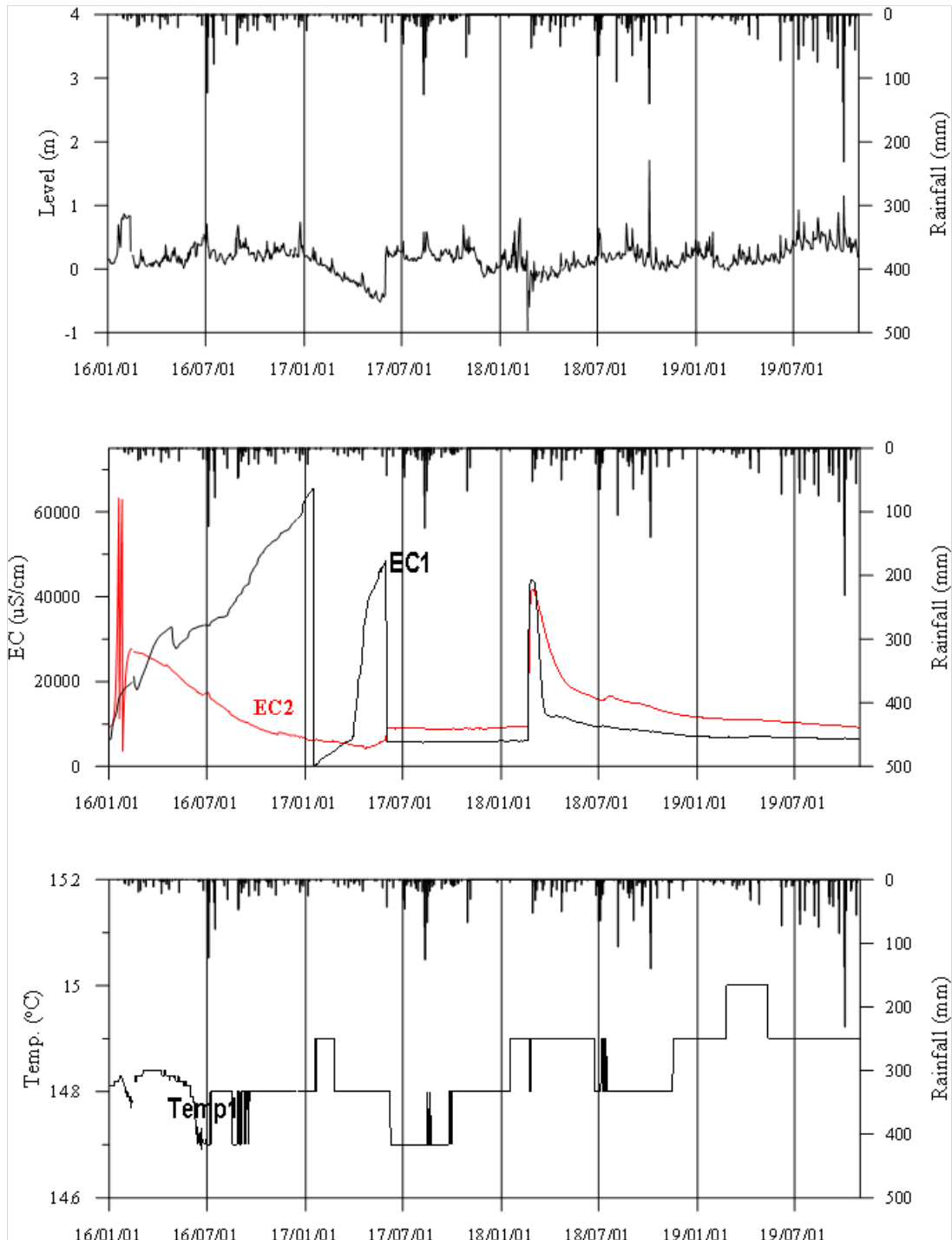


<근덕1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<근덕2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<근덕3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

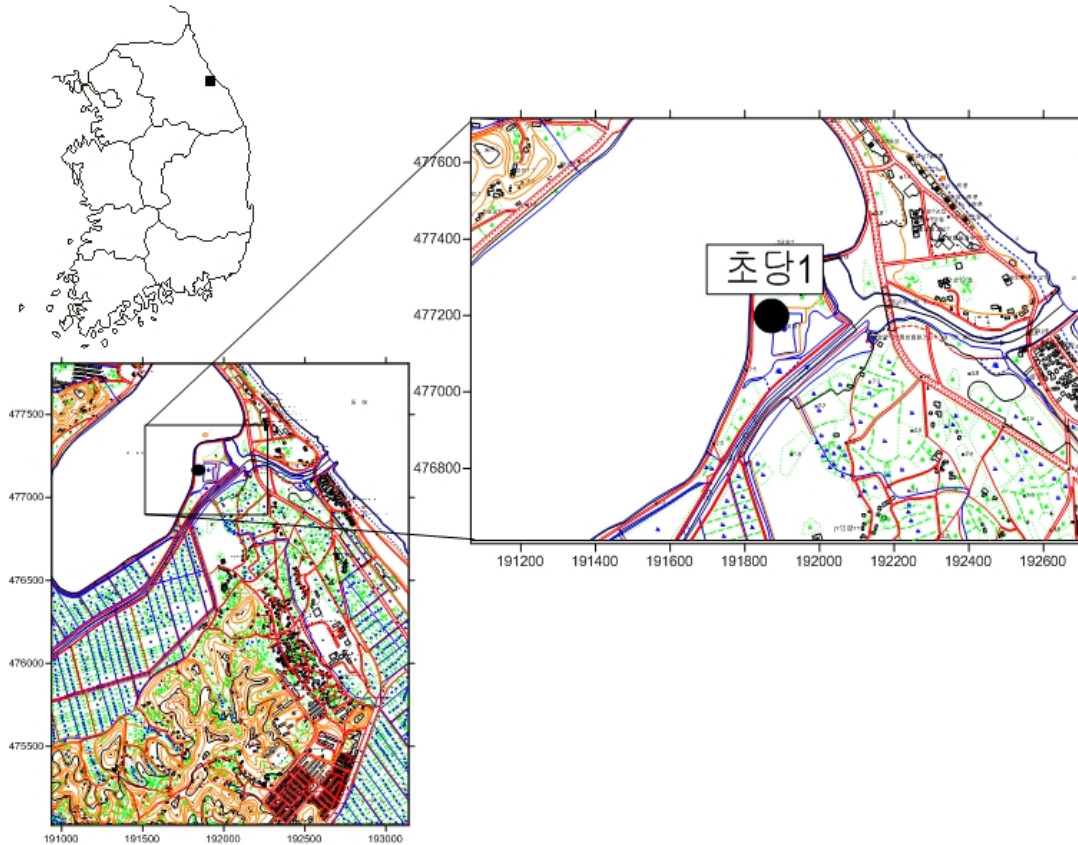
- 1) 위치선정 : 근덕1, 근덕2 관측공은 2012년에 설치한 관측망으로 청문조사와 농지면적, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급 결정 결과, 12점으로 36%에 해당하여 향후 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다. 삼척시 근덕면 궁촌리에 위치한 근덕3 관측망은 해안과 202 m 떨어진 거리에 위치하여 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 근덕1 관측공은 전 구간이 케이싱으로 설치되어 있어 지하수 유동이 원활하지 않아 전기전도도 값도 전 구간이 동일하게 약 200 $\mu S/cm$ 이하의 값을 나타내었다. 근덕2 관측공은 심도 약 30 m, 40 ~ 50 m 구간에서 전이대가 형성되어 있다. 전이대의 전기전도도는 각각 약 10,000 $\mu S/cm$, 22,000 $\mu S/cm$ 로 나타나고, 전이대의 심도도 변화가 많은 것으로 보아 해안선으로부터 약 740 m 떨어진 곳에 위치하고 있어도 해수영향을 받고 있음을 알 수 있다. 근덕3 관측공은 지표 하 37 m를 기준으로 6,000 $\mu S/cm$ 로 분포하다가 보다 깊은 심도에서는 11,000 $\mu S/cm$ 를 초과하였다. 2018년 전도도가 37 m 심도까지 8,000 $\mu S/cm$ 로 증가하였으며, 50 m 이하에서 23,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하여 나타나고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 근덕1, 근덕2 관측공은 각각 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.77, 0.51으로 분석되어 해수에 의한 영향이 어느 정도 있음을 확인할 수 있었다. 근덕3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이고, Cl/HCO₃ 몰비는 32.13으로 분석되어 매우 심한 정도의 해수 영향을 받음을 알 수 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 근덕1 관측공은 연간 약 0.5 m 내외의 수위 변화가 발생하고 있으며, 전기전도도는 관측 초기 약 180 $\mu S/cm$ 에서 약 140 $\mu S/cm$ 내외로 전기전도도의 작은 변화가 관찰된다. 근덕2 관측공은 연간 약 1.0 m 내외의 수위변화가 발생하고 있다. 전기전도도 관측 결과, EC1은 평균 699 $\mu S/cm$ 에서 유지하는 추세를 나타내고, EC2의 개발 초기 약 7,000 $\mu S/cm$ 에

서 약 20,000 $\mu S/cm$ 으로 꾸준히 상승하는 추세이다. 근덕3 관측공은 연간 약 1.5 m 내외의 수위변화가 발생하고 있다. 전기전도도 관측 결과, EC1은 10,000 $\mu S/cm$ 에서 60,000 $\mu S/cm$ 로 증가 후 2017년 1월 감소하였고, 증감을 반복하고 있다. EC2의 개발 초기 약 7,000 $\mu S/cm$ 에서 약 60,000 $\mu S/cm$ 으로 꾸준히 상승하다가, 2017년 이후로 EC1과 유사한 추세이다.

- 5) 관리 방안 : 근덕2, 근덕3 관측공에서는 해수침투 영향이 증가 추세이다. 따라서, 근덕2, 근덕3 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제로 해수침투 확산을 방지할 필요가 있으며, 추세의 변화를 지속적으로 관찰할 필요가 있다.

2.4.9 초당지구

1. 위치

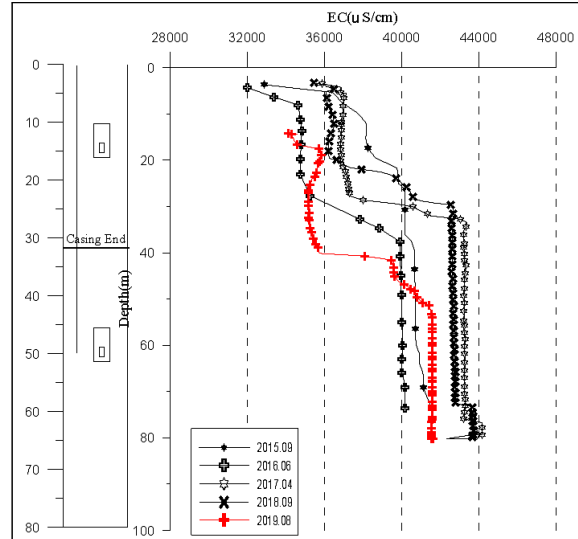


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
초당1	강릉시 초당동 455-3	192160.3938	477140.1615	3.29	2015	562	0.10

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. 지하수 검층



<초당1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

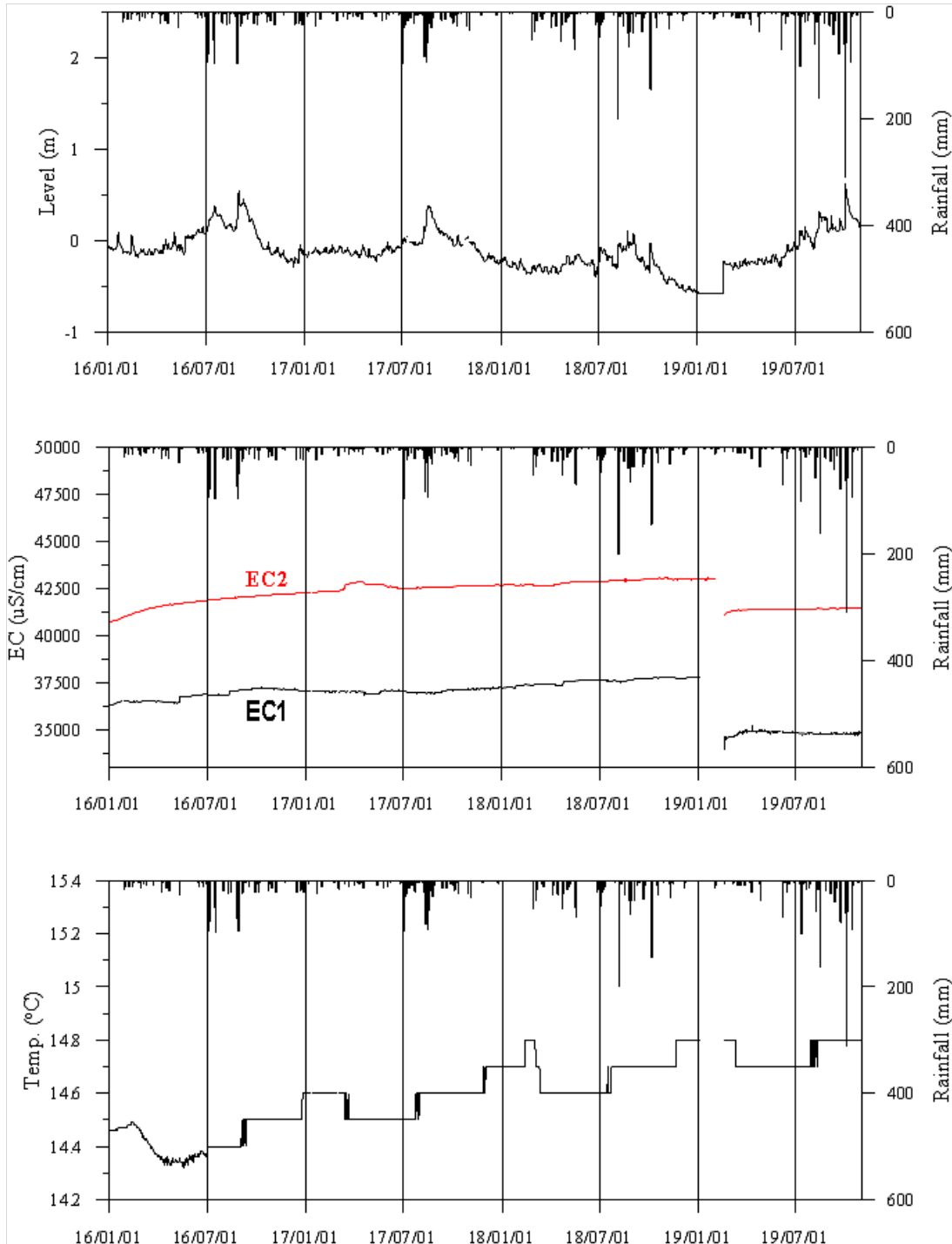
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
초당1	(2015. 9)	1134.12	2417.30	33.22	4018.86	1581.31	14287.51	18.3	59.93
	(2016. 6)	39.45	1419.27	3.80	2145.64	1521.22	14630.58	18.30	N.D.
	(2017. 6)	2319.51	2235.82	62.03	3058.37	1739.41	13646.62	0.00	136.21
	(2018. 6)	2404.25	1940.38	41.53	2670.44	1894.69	12267.50	0.00	0.10
	(2019. 8)	21224.18	14607.86	120.66	26649.49	17128.76	115498.70	0.00	31.79

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	초당1
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.09	1,343.68
	2016. 6	1,375.95
	2017. 6	384.92
	2018. 6	1,153.71
	2019. 8	-

5.

장기관측 결과



<초당1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2018.10.31)>

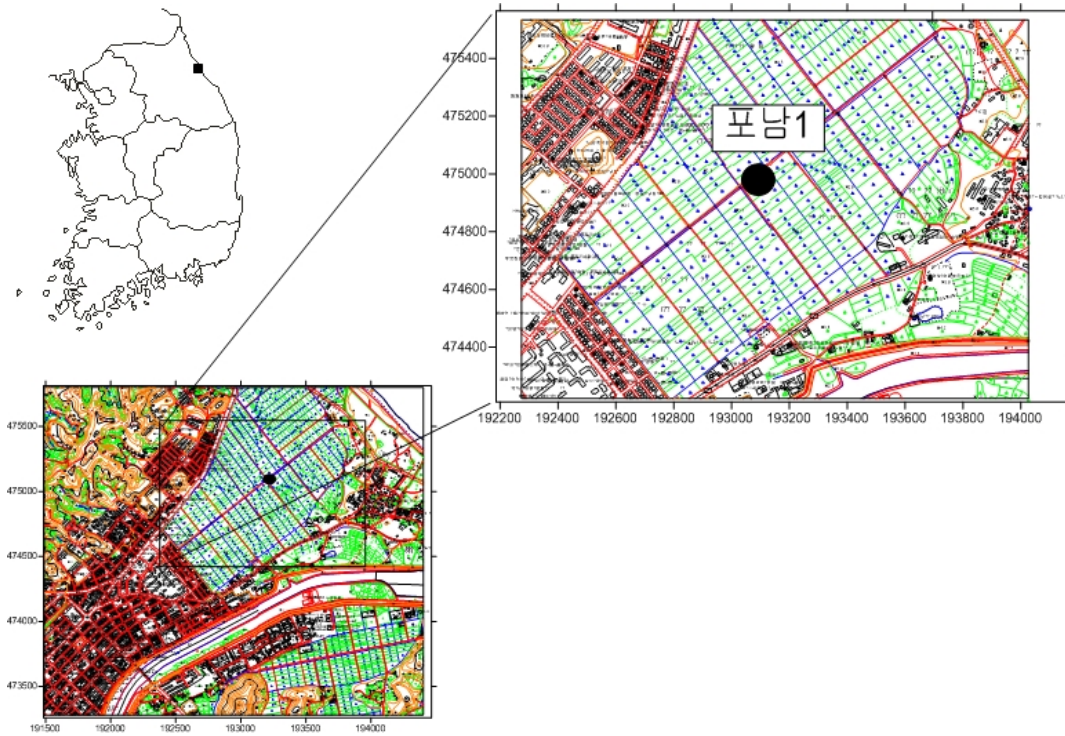
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 강릉시 초당동에 위치한 초당지구는 동해안과 접해 있으며, 주거지와 휴양시설들이 위치하여 있다. 초당1 관측공은 해안과 562 m 거리에 위치해 있고, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다
- 2) 지하수 검층 결과 : 지표 하 35 m 보다 깊은 심도에서는 전기전도도가 약 40,000 ~ 44,000 $\mu S/cm$ 범위로 분포하였다. 하부 심도로 전기전도도가 높은 염수체가 유입되는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 초당1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로, Cl/HCO₃ 몰비는 2018년 1,154로 나타나며, 2019년은 HCO₃ 이온이 검출되지 않아 몰비 계산은 힘들다.
- 4) 장기 관측결과 : 초당1 관측공의 연간 수위변동폭은 약 0.5 m 이내로 강우사상에 민감하게 반응한다. 전기전도도도 EC1 약 36,500 $\mu S/cm$, EC2 약 41,500 $\mu S/cm$ 내외이고 EC1은 유지하는 추세이고, EC2는 완만하게 증가하는 추세이다.
- 5) 관리 방안 : 초당1 관측공은 동해안에서 해수침투 영향이 확산 중이다. 따라서 초당1 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제로 해수침투 확산을 방지할 필요가 있다.

2.4.10 포남지구

1. 위치

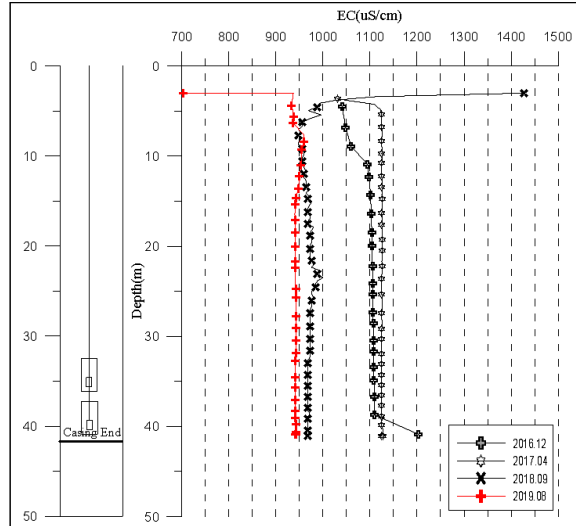


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
포남1	강릉시 송정동 840	193108.7326	475015.7322	4.43	2016	930	0.19

2. 지형 및 지질

강릉시 송정동에 위치한 포남지구는 동해안과 접해 있으며, 내륙방향으로 길게 농경지가 형성되어 있다. 포남1 관측공은 해안과 약 930 m 거리에 위치해 있고, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.

3. 지하수 검층



<포남1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

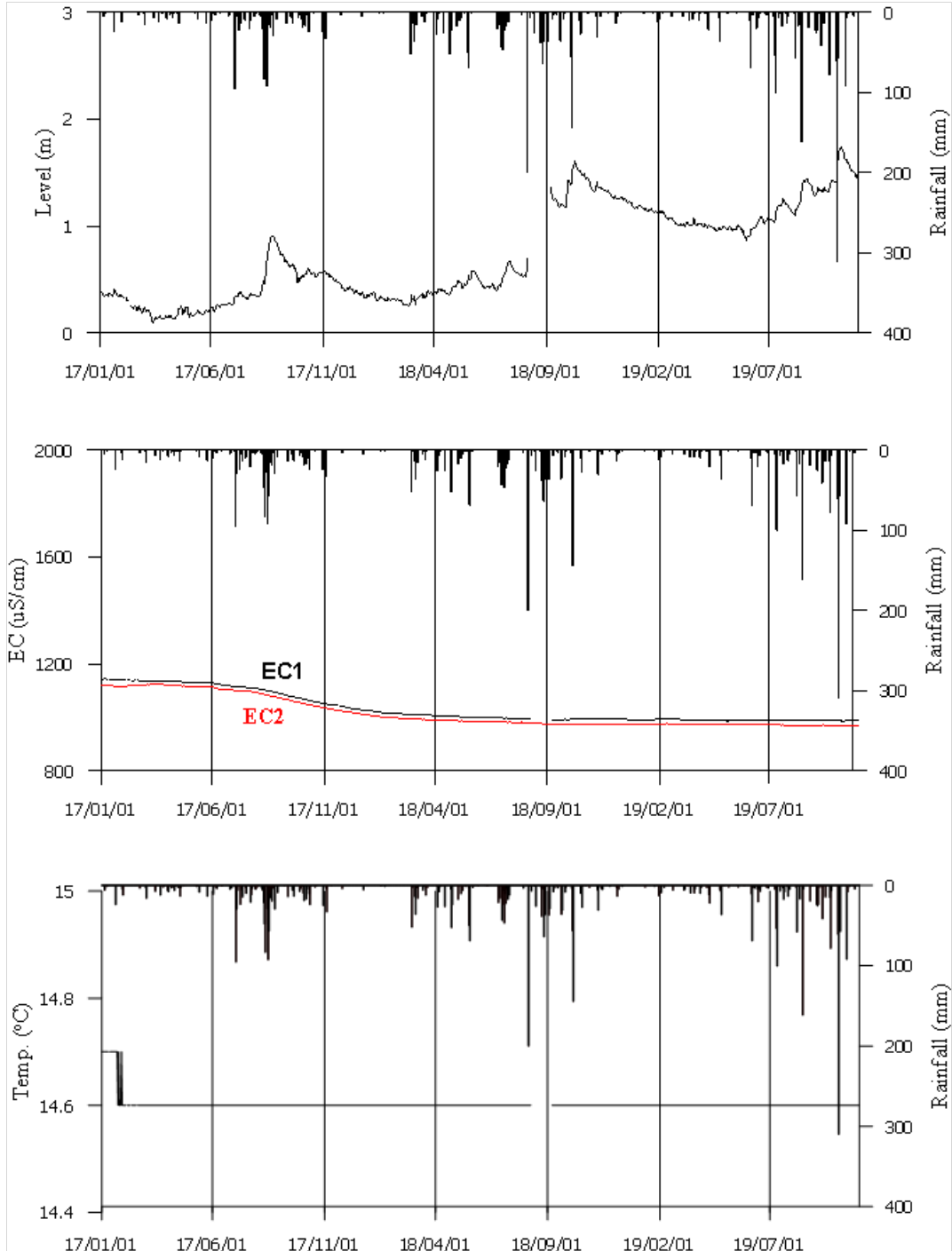
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
포남1	(2016.12)	106.70	31.60	11.40	63.10	12.99	258.98	205.90	1.15
	(2017. 6)	108.92	29.62	10.03	57.59	10.74	274.63	143.35	0.52
	(2018. 6)	101.70	24.50	11.57	27.26	8.66	252.38	54.90	0.80
	(2019. 8)	111.43	28.90	12.65	39.19	15.10	287.57	36.60	0.62

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	포남1
Cl/HCO_3 몰비	2016.10	1.25
	2017. 6	3.30
	2018. 6	7.91
	2019. 8	13.52

5. 장기관측 결과



<포남1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6.

현황 및 대책

- 1) 강릉시 송정동에 위치한 포남지구는 동해안과 접해 있으며, 내륙방향으로 길게 농경지가 형성되어 있다. 초당1 관측공은 해안과 약 930 m 거리에 위치해 있고, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다
- 2) 지하수 검층 결과 : 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 950 ~ 1,200 $\mu S/cm$ 범위로 나타나지만, 전구간 케이싱이 설치되어 있어 뚜렷한 전이대는 나타나지 않는다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 포남1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로, Cl/HCO₃ 몰비는 13.52로 나타났다. 2016년 설치 이후 지속적으로 몰비가 증가함에 따라, 해수유입에 대한 정기적인 모니터링이 필요한 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측 결과 : 포남1 관측공의 지하수위 변동폭은 1 m 이내이고, EC1, 2는 약 1,040 ~ 1,140 $\mu S/cm$ 범위로 유사하게 관측된다. 포남1 관측정은 2017년 1,150 $\mu S/cm$ 에서 점차 감소하여 2018년 1,000 $\mu S/cm$ 내외 까지 감소하였다.
- 5) 관리 방안 : 포남1 관측공은 몰비에 따른 영향은 매우 심각한 해수침투의 영향이 나타나고, 전기전도도 분류기준에 따르면 기수영역의 범위에 해당하여, 해수침투의 위험요소가 다양하게 나타남에 따라 대수층을 통한 해수유입에 대한 정밀한 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

2.4.11 주문진지구

1. 위치

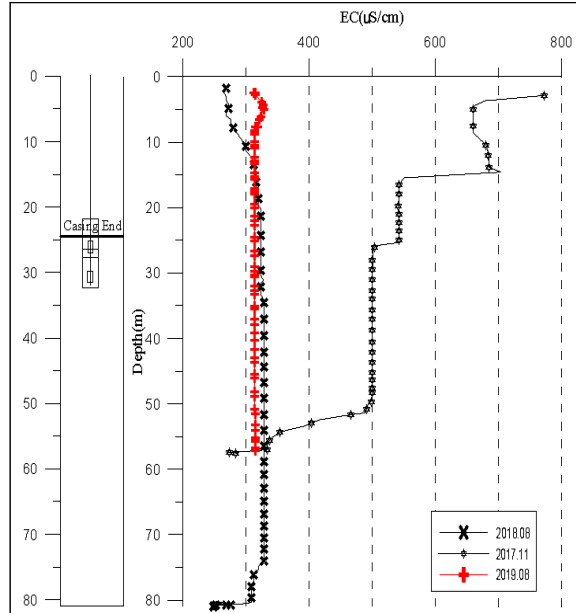


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
주문진1	강릉시 주문진읍 향호리 1386	358835.91	590723.40	2.21	2017	1480	0.39

2. 지형 및 지질

강릉시 주문진읍 향호리에 위치한 주문진1 관측공은 농업용 저수지인 향호와 인접하며, 주변에 경지정리가 완료된 농경지 및 낮은 언덕이 소재한다. 주문진1 관측공은 동쪽에 위치한 해안과 약 1.48 km 거리에 위치하고 있으며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<주문진1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

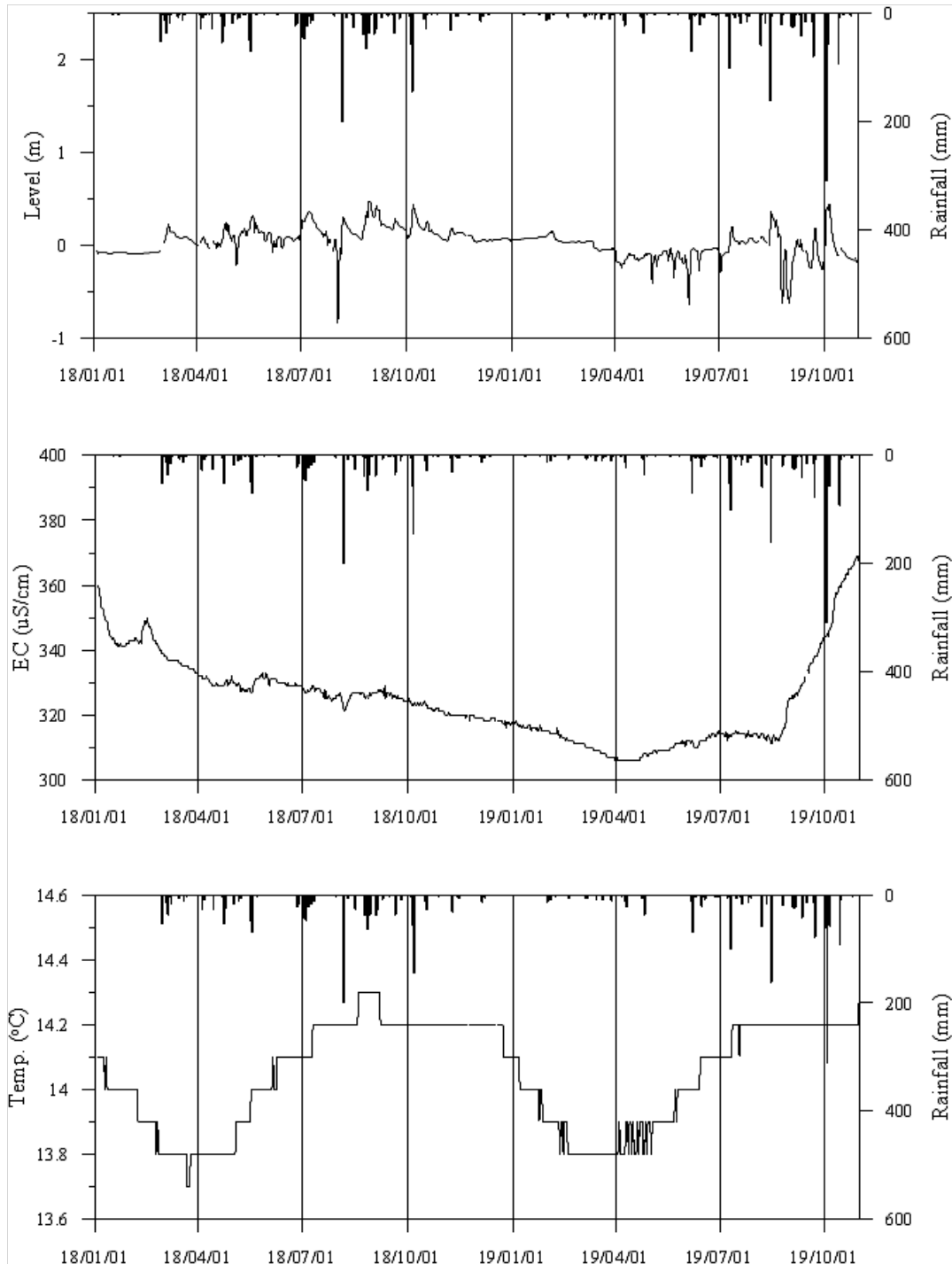
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
주문진1	(2017. 6)	144.15	1.43	5.55	2.98	14.39	67.31	210.46	-
	(2018. 6)	61.87	0.51	1.42	1.79	-	22.64	109.80	N.D.
	(2019. 8)	64.44	1.07	1.26	5.16	4.16	24.13	103.70	0.66

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구분	관측공	
	년월	주문진1
Cl/HCO_3 몰비	2017.12	0.58
	2018. 6	0.35
	2019. 8	0.40

5. 장기관측 결과



<주문진1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

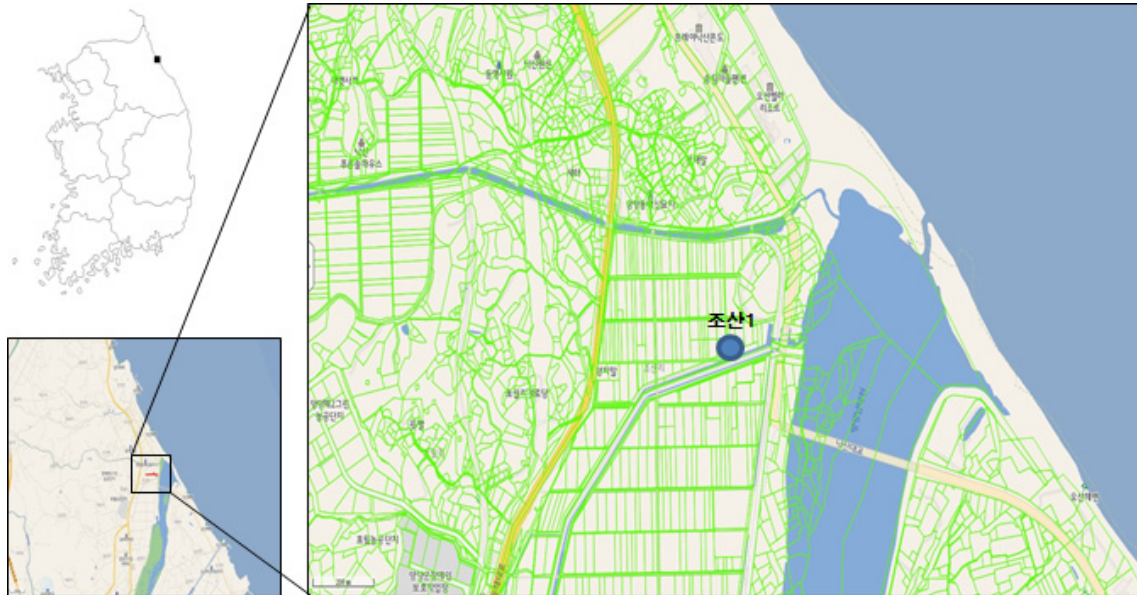
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 주문진읍 향호리에 위치한 주문진1 관측공은 해안가 인근에 위치하며, 타 해안지역에 비해 논 경작지가 넓게 분포되어 있다. 따라서 농작활동이 활발한 만큼 해수침투에 의한 농작물 염수 피해 발생 가능성이 높게 나타날 수 있으므로, 해수침투 관측공을 이용하여 대수층을 통한 해수침투 현상을 모니터링을 목적으로 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 2017년 검층 당시 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 250 ~ 800 $\mu S/cm$ 범위로 나타나지만, 2018년 예는 300 $\mu S/cm$ 의 전기전도도가 일정하게 관측되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 주문진1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로, Cl/HCO₃ 몰비는 0.40으로 나타나 해수유입의 효과는 미약한 것으로 나타났다.
- 4) 전기전도도, 지하수위, 온도를 장기 관측한 결과 지하수위는 1 m 내외로 변동하고 있으며, 전기전도도는 2018년 초기 360 $\mu S/cm$ 에서 320 $\mu S/cm$ 까지 감소하는 경향이 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 주문진1 관측공은 현재 상태에서는 해수침투 영향이 없는 것으로 나타나지만, 꾸준한 모니터링을 통해서 수질감시 및 관리가 요구된다.

2.4.12 조산지구

1. 위치

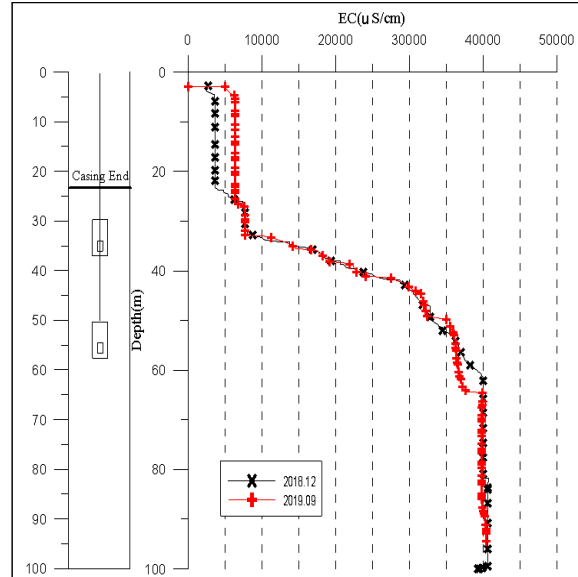


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
조산1	양양군 양양읍 조산리 151-3	168,409.803	611,725.758	-2.61	2018	600	-5.15

2. 지형 및 지질

양양군 양양읍 조산리에 위치한 조산1 관측공은 양양 남대천에 인접하며, 주변에 경지정리가 완료된 농경지 및 낮은 언덕이 소재한다. 조산1 관측공은 동쪽에 위치한 해안과 약 0.6 km 거리에 위치하고 있으며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<조산1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

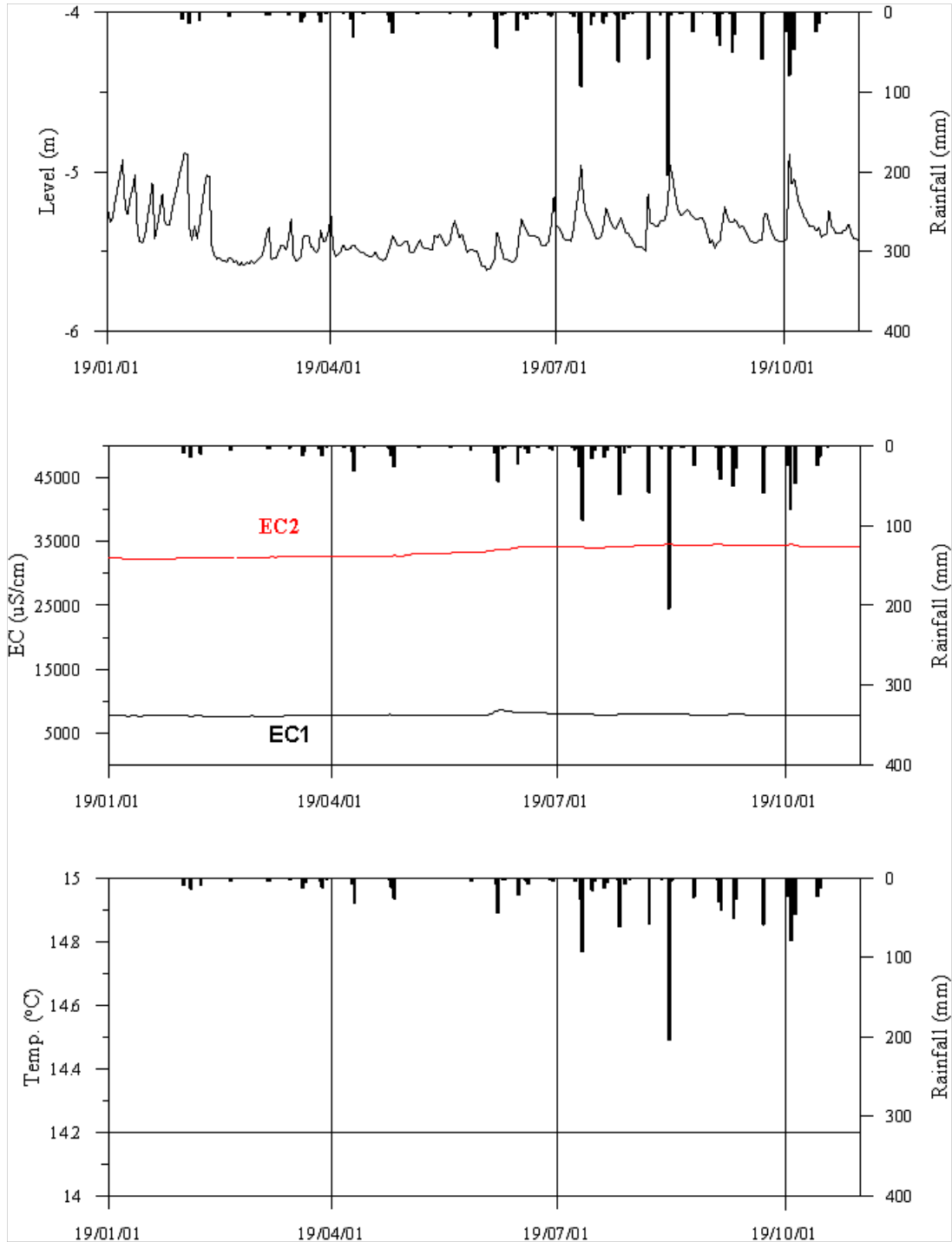
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
조산1	(2018. 12)	414.85	27.56	14.12	47.27	63.36	643.53	359.90	N.D.
	(2019. 9)	800.30	44.00	20.57	91.02	104.61	1108.69	353.80	4.65

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	조산1
Cl/HCO_3 몰비	2018. 12	3.08
	2019. 9	5.39

5. 장기관측 결과



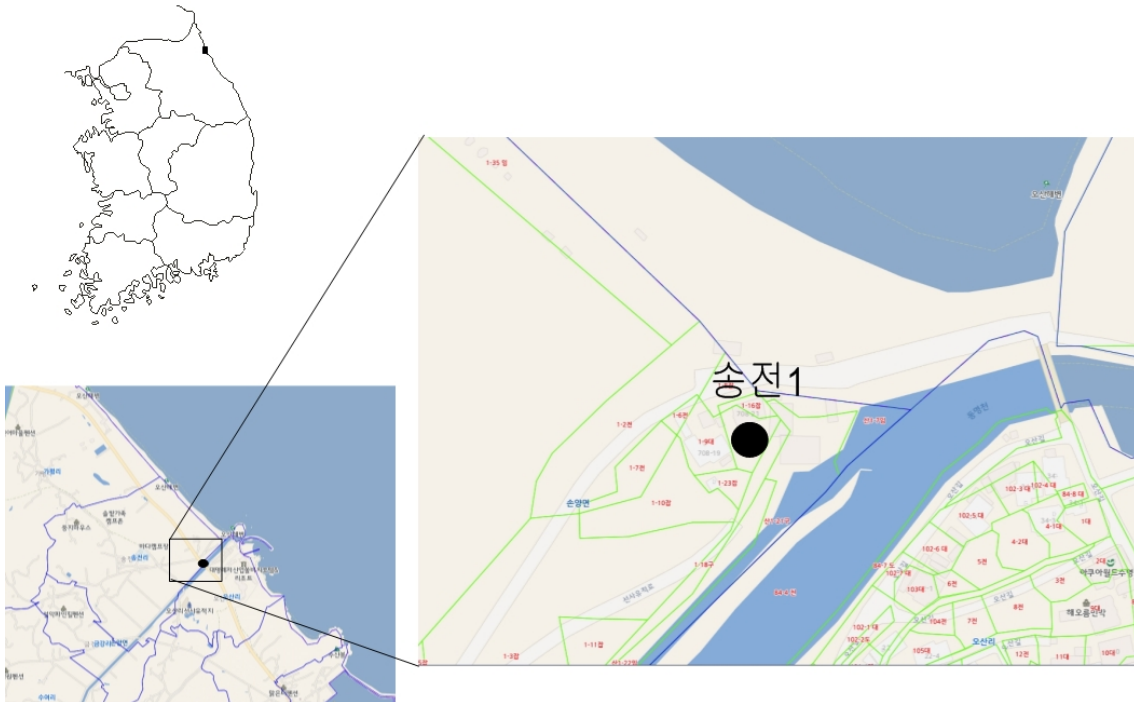
<조선1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 조산1 관측공은 양양군 양양읍 조산리에 2018년에 설치한 관측망으로 해안쪽에 설치하였다. 양양 남대천 일대에 넓게 분포하는 농경지의 염수침투를 관측하기 위해서 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 조산1 관측공은 지표 하 30 m 구간에서 전도도가 7,000 $\mu S/cm$ 범위에서 점차적으로 증가하여 심도 60 m 구간에서 40,000 $\mu S/cm$ 까지 나타난다. 이하 심도에서는 전기전도도 값이 유지되어 공저까지 나타나고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 조산1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 5.39로 해수의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 조산1 관측공의 지하수위는 약 1 m 내외의 변동폭을 보였다. 전기전도도는 EC1의 경우 평균 약 8,000 $\mu S/cm$, EC2의 경우 34,000 $\mu S/cm$ 로 나타나 강한 해수의 영향을 지시한다.
- 5) 관리 방안 : 조산1 관측공은 해수침투의 영향이 나타나고 있으며, 지하수 검층결과 심도의 증가에 따른 전기전도도 증가현상이 나타나므로, 향후 장기적인 모니터링을 통해 변화를 관측해야 한다.

2.4.13 송전지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
송전1	양양군 손양면 송전리 1-17	345,928.3084	611,324.1130	5.985	2019	94	3.935

2. 지형 및 지질

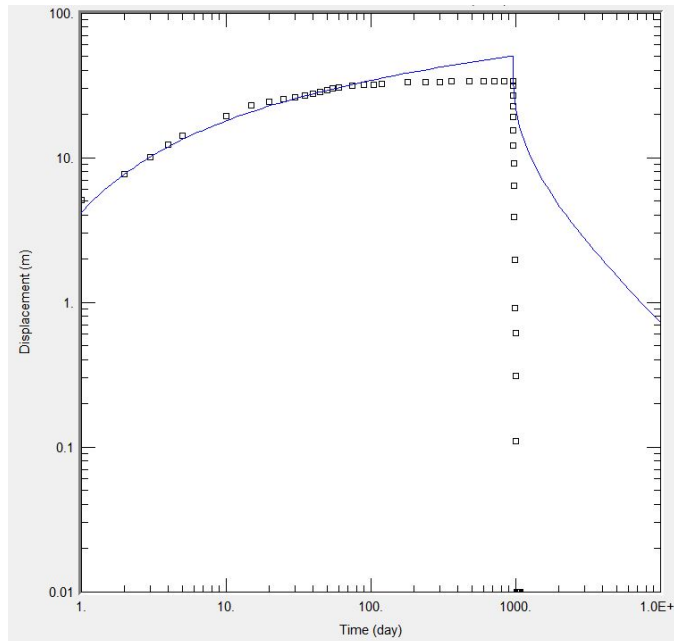
양양군 손양면 송전리에 위치한 송전1 관측공은 양양 남대천에 인접하며, 주변에 경지정리가 완료된 농경지 및 낮은 언덕이 소재한다. 송전1 관측공은 동쪽에 위치한 해안과 약 95 m 거리에 위치하고 있으며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 변화 양상을 관측하기 위하여 설치하였다.

3.

대수층 수리지질현황

신규 설치된 조산1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검증을 실시하였다.

◎ 양수시험



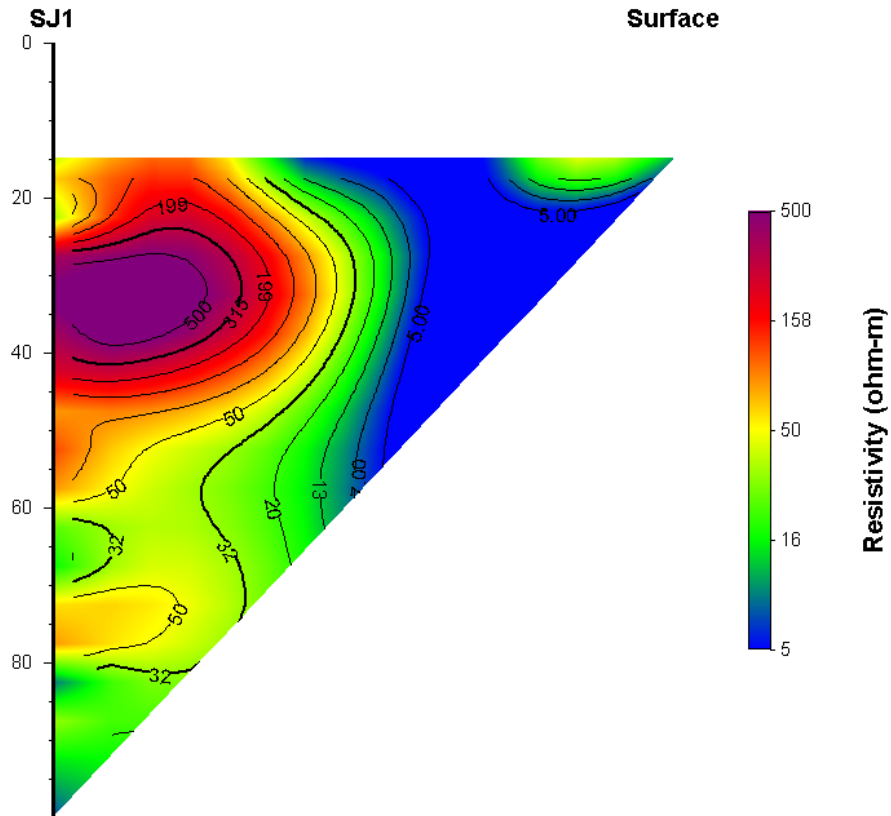
<송전1 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
송전1	50	0.5548	7.059×10 ⁻⁶	91

◎ 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사

송전1 관측공은 단일 시추공이며, 시추공 심도 100 m 깊이에 케이싱이 심도 11 m 깊이까지 설치되어 단일 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피 탐사가 불가능한 지역이다. 해수침투의 영향을 판단하기 위하여 지표면에 전극을 설치하여 전기

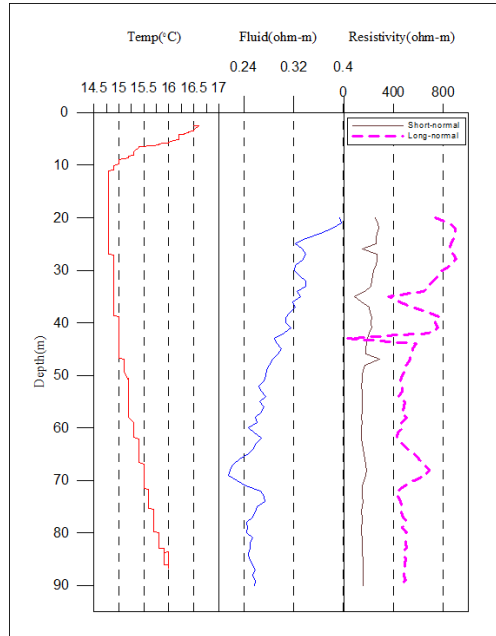
비저항탐사를 수행하였다. 전극배열 방법은 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)을 이용하였고, 자료해석은 지표면 자료를 이용하여 역산(inversion)하였다. 탐사결과 20 ~ 40 m 구간에서 고비저항대가 나타나고 있다.



<조선1 관측공 토모그래피 탐사>

◎ 물리검층

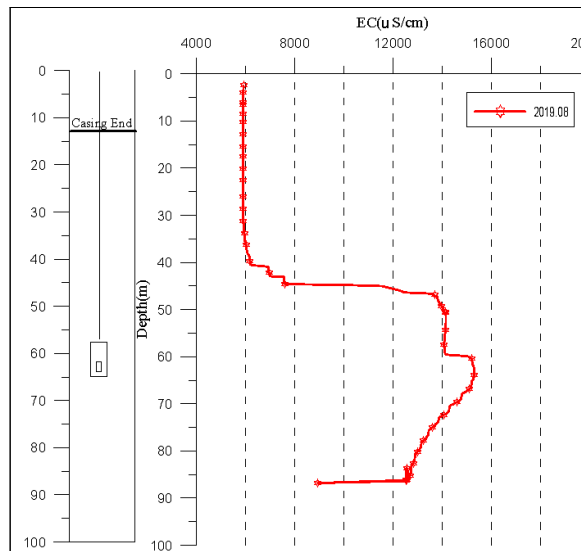
공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시하였다.



<송전1 관측공 물리검층>

4.

지하수 검층



<송전1 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^-
송전1 (2019. 8)	1077.23	93.82	30.04	111.96	207.67	1848.99	91.50	55.29

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	송전1
Cl/HCO ₃ 몰비	2019. 8	34.78

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 송전1 관측공은 양양군 손양면 송전리에 설치한 관측망으로 해안 쪽에 설치하였다. 일대 농경지의 지하수계 해수침투 현황을 관측하기 위하여 설치하였다..
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 송전1 관측공의 양수량은 50 m³/d로, 수리전도도는 7.06×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 각 91 m)이다. 물리검층 결과, 수온은 14.7 ~ 16.5 °C 범위이며, 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64")의 경우 약 45 m 구간에서 전기비저항 이상대가 나타난다. 송전1 관측공에서 시행한 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사에서는 심도 20 ~ 40 m 구간에 고비저항대가 나타나고 있다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 송전1 관측공은 지표 하 45 m 구간에서 전도도가 6,000 $\mu S/cm$ 에서 14,000 $\mu S/cm$ 로 급격히 증가하여 하는 구간이 관찰된다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 송전1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되며, Cl/HCO₃ 몰비는 34.78로 강한 해수의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 5) 관리 방안 : 송전1 관측공은 해수침투의 영향이 나타나고 있으며, 지하수 검층결과 심도의 증가에 따른 전기전도도 증가현상이 나타나므로, 향후 장기적인 모니터링을 통해 변화를 관측해야 한다.

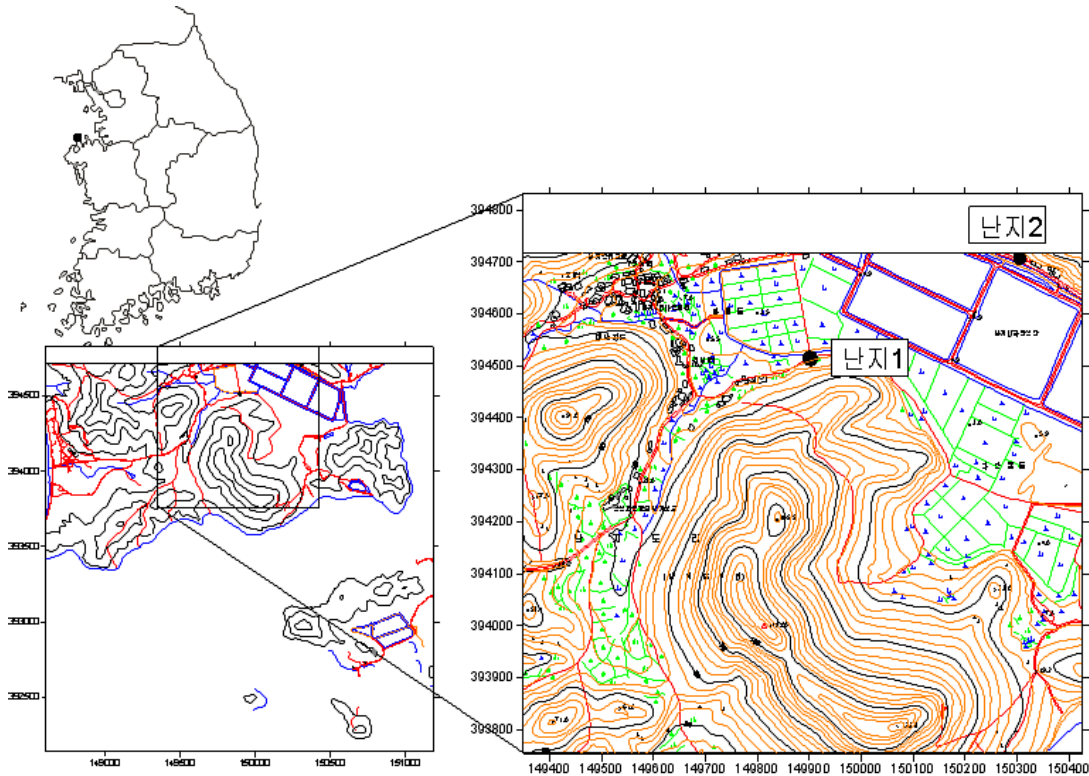
부록 2.5 충청남도

2.5.1	난지지구(당진시)	.....	부록	-	209
2.5.2	팔봉지구(서산시)	.....	부록	-	215
2.5.3	서부지구(홍성군)	.....	부록	-	221
2.5.4	선도지구(서천군)	.....	부록	-	228
2.5.5	인주지구(아산시)	.....	부록	-	234
2.5.6	근흥지구(태안군)	.....	부록	-	243
2.5.7	남면지구(태안군)	.....	부록	-	249
2.5.8	대산지구(서산시)	.....	부록	-	255
2.5.9	주교지구(보령시)	.....	부록	-	261
2.5.10	천북지구(보령시)	.....	부록	-	267
2.5.11	안면지구(태안군)	.....	부록	-	273
2.5.12	석문지구(당진시)	.....	부록	-	278
2.5.13	소성지구(보령시)	.....	부록	-	283

부록 2.5 충청남도 권역

2.5.1 난지지구

1. 위치

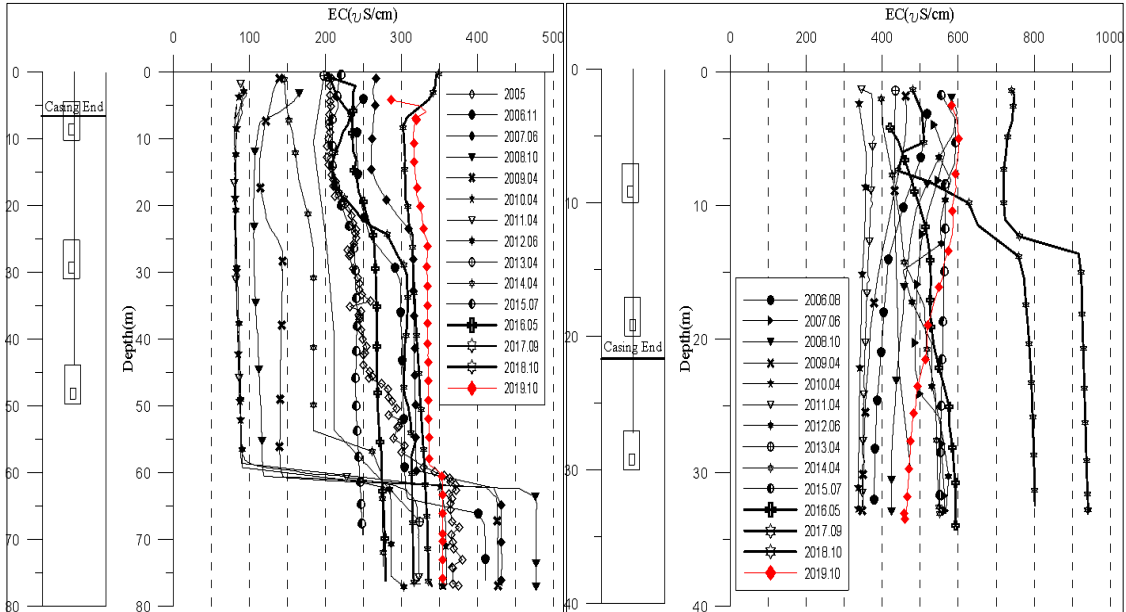


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
난지1	당진군 석문면 난지리 578-1	149901.742	394514.129	4.19	2005	690	4.13
난지2	당진군 석문면 난지리 산1	150272.653	394738.768	3.40	2006	460	1.80

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)

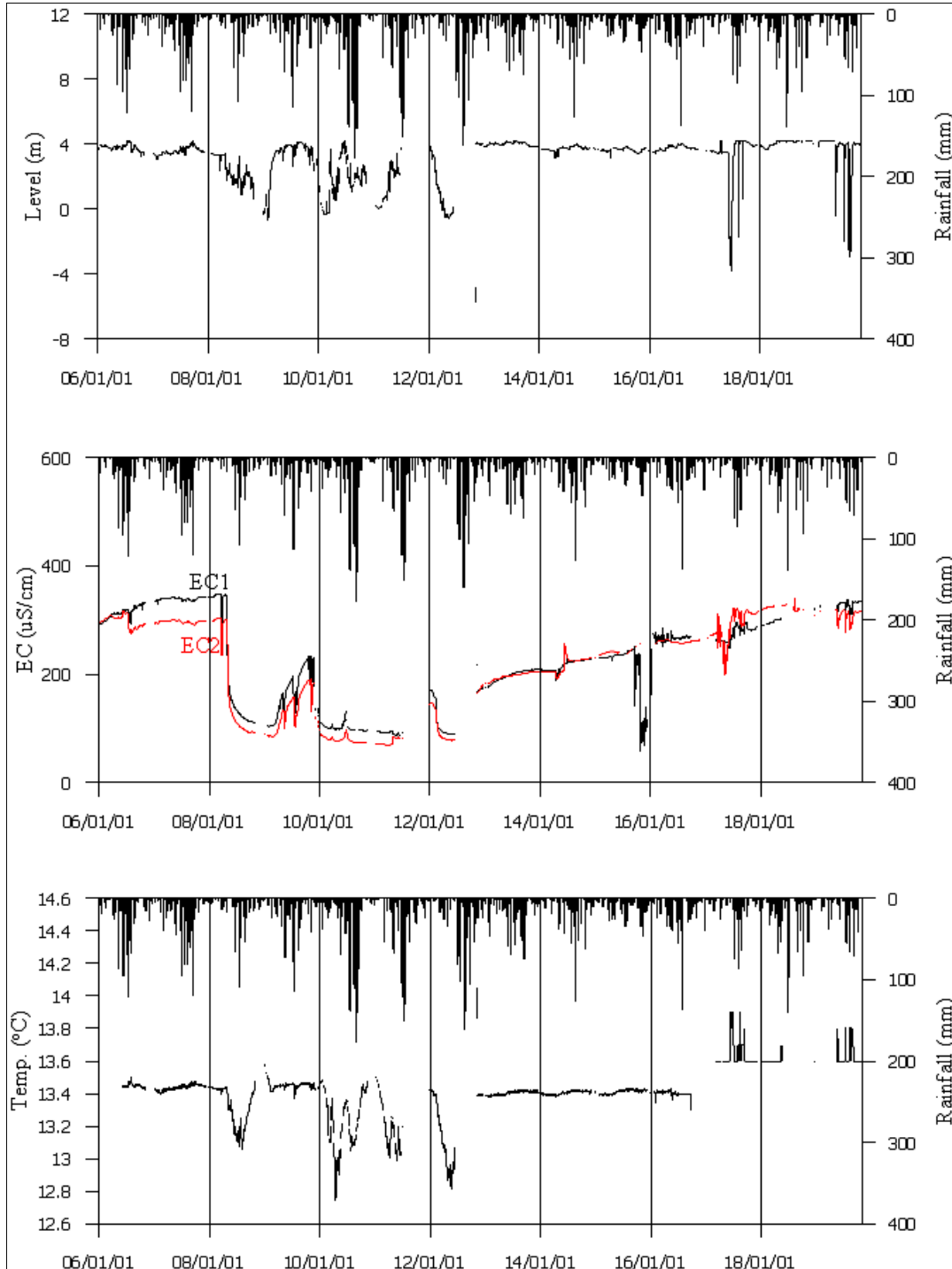
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
난지1	(2005.10)	6.25	10.97	0.54	14.36	7.39	19.76	77.78	0.38
	(2006.11)	7.18	11.38	0.55	15.56	11.76	45.69	45.75	N.D.
	(2007.10)	10.31	14.21	1.23	17.55	6.24	44.74	64.05	0.25
	(2008.10)	6.96	4.35	0.54	4.68	6.33	12.70	30.50	0.10
	(2009. 4)	6.93	5.62	0.57	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	N.D.
	(2011. 6)	6.01	3.89	0.22	3.95	4.50	8.58	27.45	N.D.
	(2012. 6)	7.47	3.93	0.41	4.20	5.87	10.66	27.45	N.D.
	(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
	(2016. 5)	9.24	12.07	0.62	15.53	11.66	28.70	57.95	0.06
	(2017. 3)	10.38	10.94	0.89	11.37	16.00	35.96	42.70	0.09
	(2018. 7)	13.04	15.26	0.67	17.85	18.67	46.05	45.75	0.10
(2019. 7)	10.73	9.59	1.01	11.75	12.45	30.06	36.60	0.28	

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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2013. 4)	46.90	14.68	1.63	30.53	13.05	48.56	189.10	N.D.
	(2014. 4)	59.06	13.95	2.08	27.00	22.58	78.66	125.05	N.D.
	(2015. 7)	57.40	20.02	2.58	35.58	20.91	93.21	152.50	N.D.
	(2016. 5)	62.90	13.02	3.29	20.46	25.18	111.72	88.45	0.39
	(2017. 3)	53.09	23.47	2.01	50.50	9.60	148.92	152.50	0.54
	(2018. 7)	47.25	22.91	2.43	56.50	4.46	135.41	140.30	0.32
(2019. 7)	73.27	19.57	2.35	43.43	31.11	131.01	125.05	0.49	

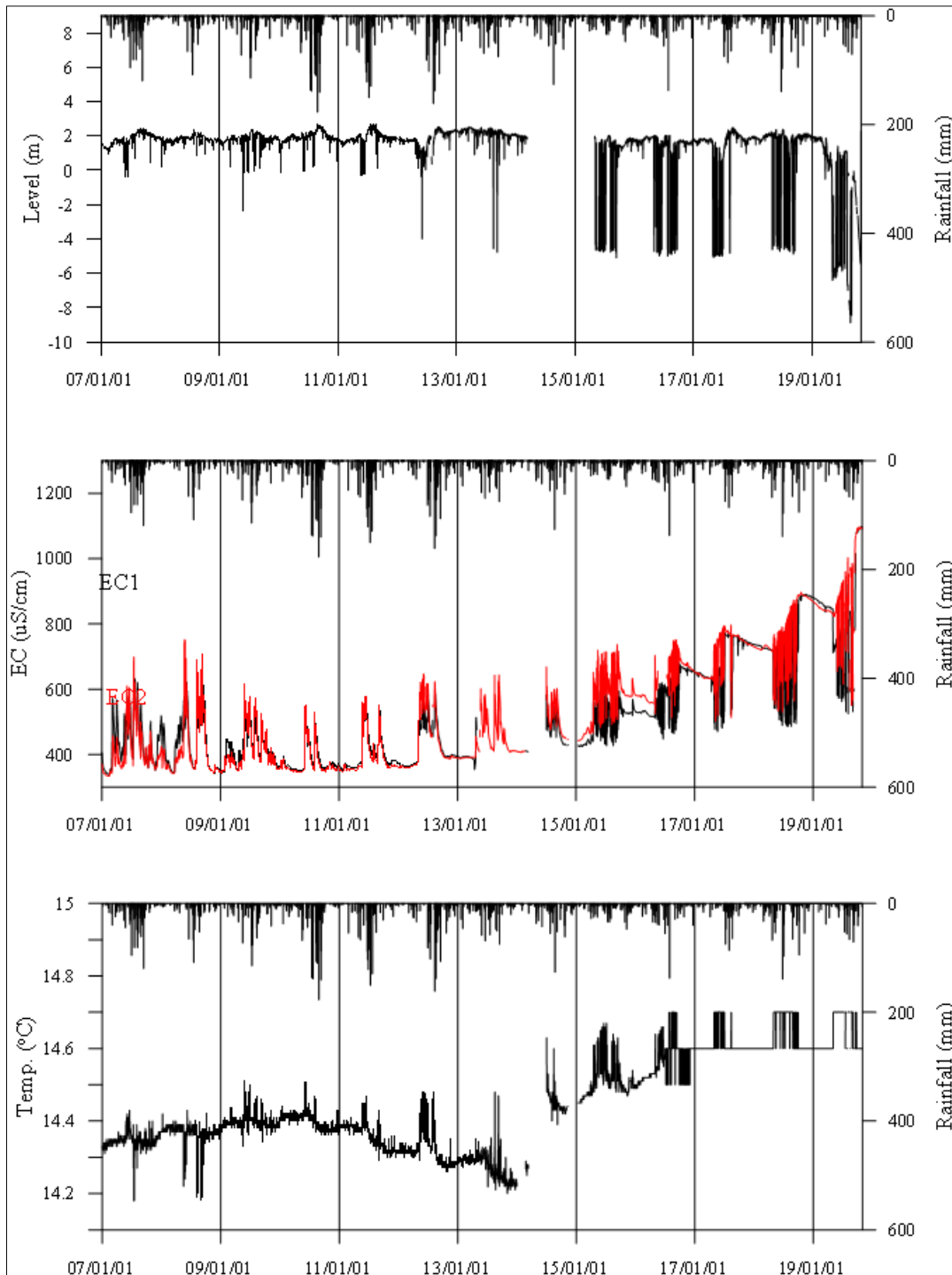
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		난지1	난지2
	년월			
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
	2016. 5		0.85	2.17
	2017. 3		1.45	1.68
	2018. 7		1.73	1.66
2019. 7		1.41	1.80	

5. 장기관측 결과



<난지1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



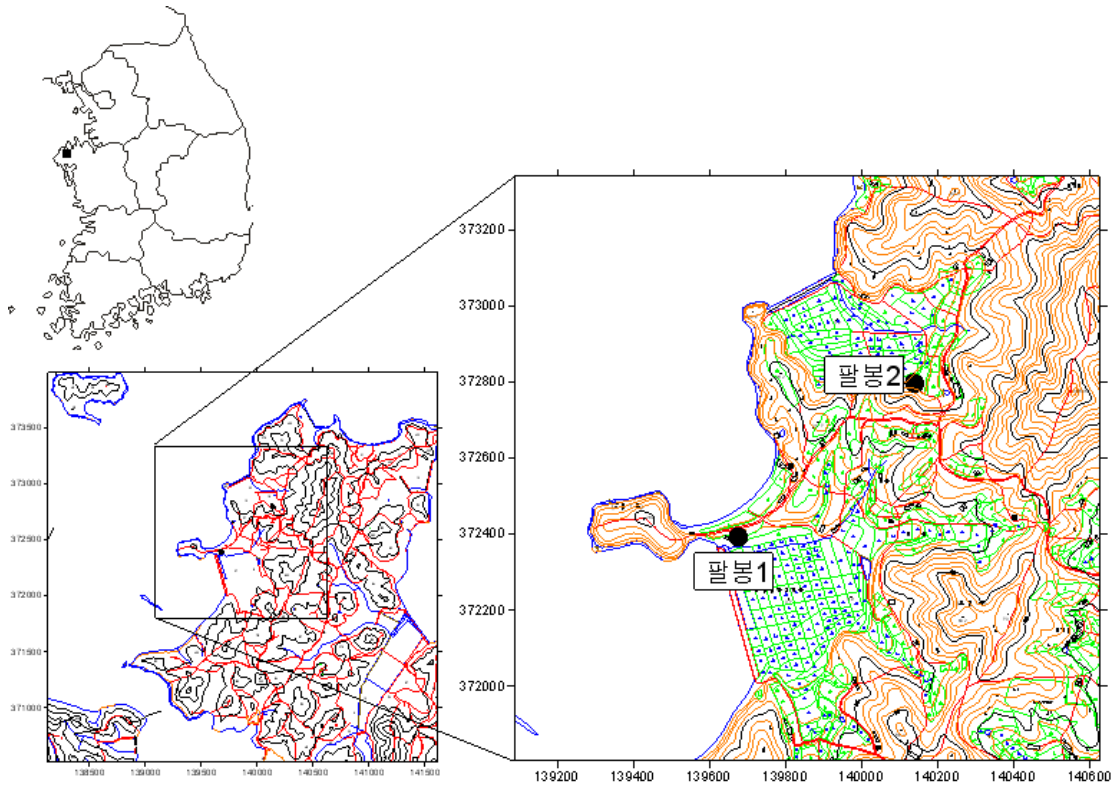
<난지2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 난지1, 난지2 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 2005년부터 2015년까지는 지표 하 60 m를 전후하여 전기전도도의 전이대 구간이 나타났지만, 2016년 이후 전이대가 나타나지 않는다. 2016년까지 난지2 관측공은 전이대가 없으며, 전 구간이 담수 영역(전 구간 $600 \mu S/cm$ 이하)이었지만, 2016년에 전기전도도가 약 $800 \mu S/cm$ 까지 증가하였다. 2019년은 $600 \mu S/cm$ 에서 심부로 갈수록 낮아지는 경향이 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 난지1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이 우세하게 분석되었고, 난지2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 1.41, 1.80 범위로 분석되었지만, 저농도 시료에서의 상대적인 비율에 의한 결과로 해수침투 영향은 아닌 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 난지1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 연간 지하수위 변화가 5 m 내외로 지하수위 변동폭이 크며, 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사하게 나타났다. 난지2 관측공은 수위변화가 약 6 m 이내의 변화를 나타내고, 지하수위가 감소할 때 전기전도도 값은 상승하여 약 $1000 \mu S/cm$ 까지 상승하였다.
- 5) 관리 방안 : 현재 난지지구의 경우에는 해수침투의 영향이 적은 것으로 나타나지만, 영농기 용수 이용에 따른 전기전도도의 상승 현상이 나타나므로 향후 장기관측 자료의 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

2.5.2 팔봉지구

1. 위치

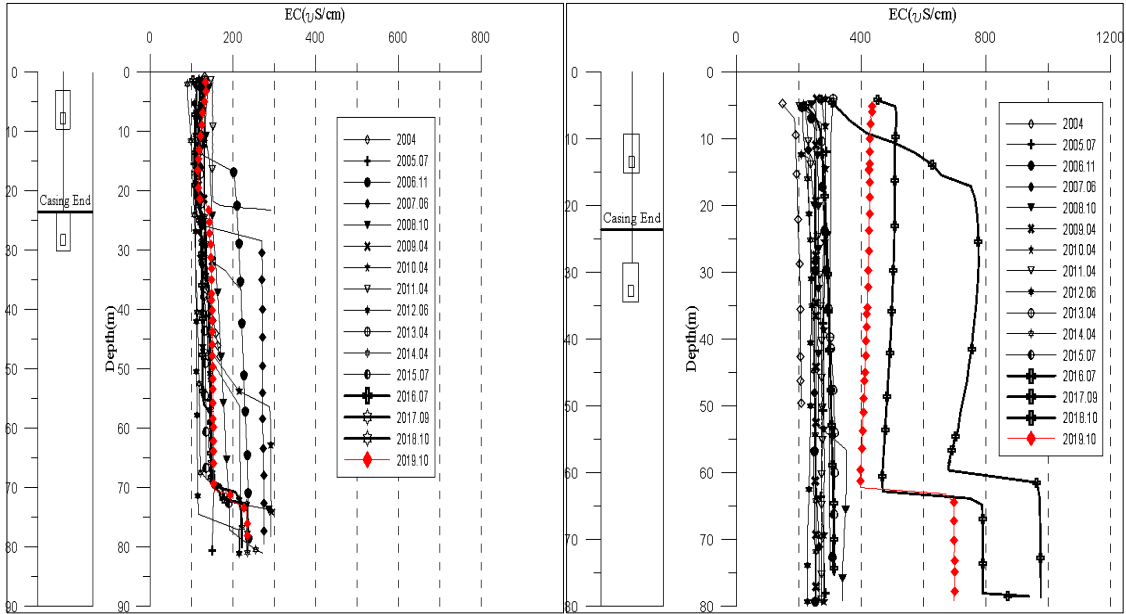


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
팔봉1	서산시 팔봉면 호리 274-2	139676.405	372392.105	3.52	2004	30	2.43
팔봉2	서산시 팔봉면 호리 266	140139.259	372796.604	9.25	2004	320	5.91

2. 지형 및 지질

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

3. 지하수 검층



<팔봉1 관측공>

<팔봉2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

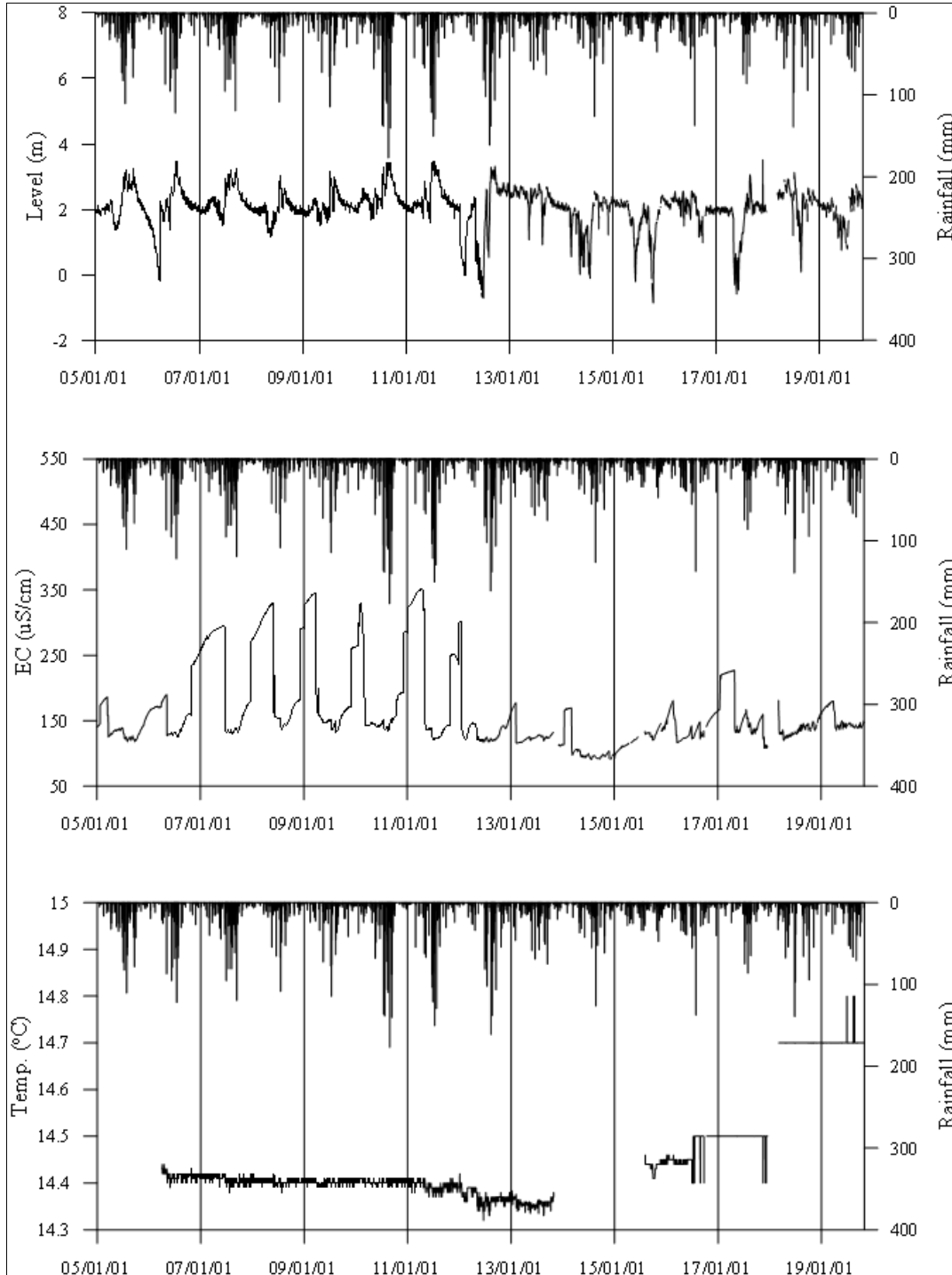
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
팔봉1	(2004.10)	16.33	N.D.	0.04	2.40	9.76	12.50	40.26	N.D.
	(2005.10)	13.65	2.33	1.75	4.49	7.21	8.94	45.75	0.16
	(2006.11)	19.79	4.44	2.50	10.49	8.68	13.94	61.00	N.D.
	(2007.10)	23.12	3.22	3.18	6.62	6.40	9.19	70.15	N.D.
	(2008.10)	14.52	2.91	1.70	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	N.D.
	(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	N.D.
	(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
	(2016. 5)	17.36	2.27	1.61	4.60	12.89	12.89	39.65	0.05
	(2017. 3)	16.28	2.29	1.53	5.16	5.78	14.12	39.65	0.11
(2018. 7)	15.87	1.89	1.62	3.58	6.19	10.68	33.55	0.05	
(2019. 7)	17.57	1.94	1.99	3.41	6.60	11.09	36.60	0.10	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
팔봉2	(2004.10)	11.46	1.92	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	10.98	4.87	1.45	16.54	8.43	17.73	48.80	N.D.
	(2012. 6)	13.76	7.41	1.38	28.25	10.44	25.59	67.10	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 5)	10.03	6.90	1.21	37.67	7.05	12.45	131.15	0.45
	(2017. 3)	22.71	22.28	3.28	76.92	49.89	49.88	109.80	N.D.
	(2018. 7)	14.37	8.72	1.41	40.53	24.02	22.99	112.85	0.06
(2019. 7)	13.82	8.20	1.76	42.22	22.78	22.21	109.80	0.07	

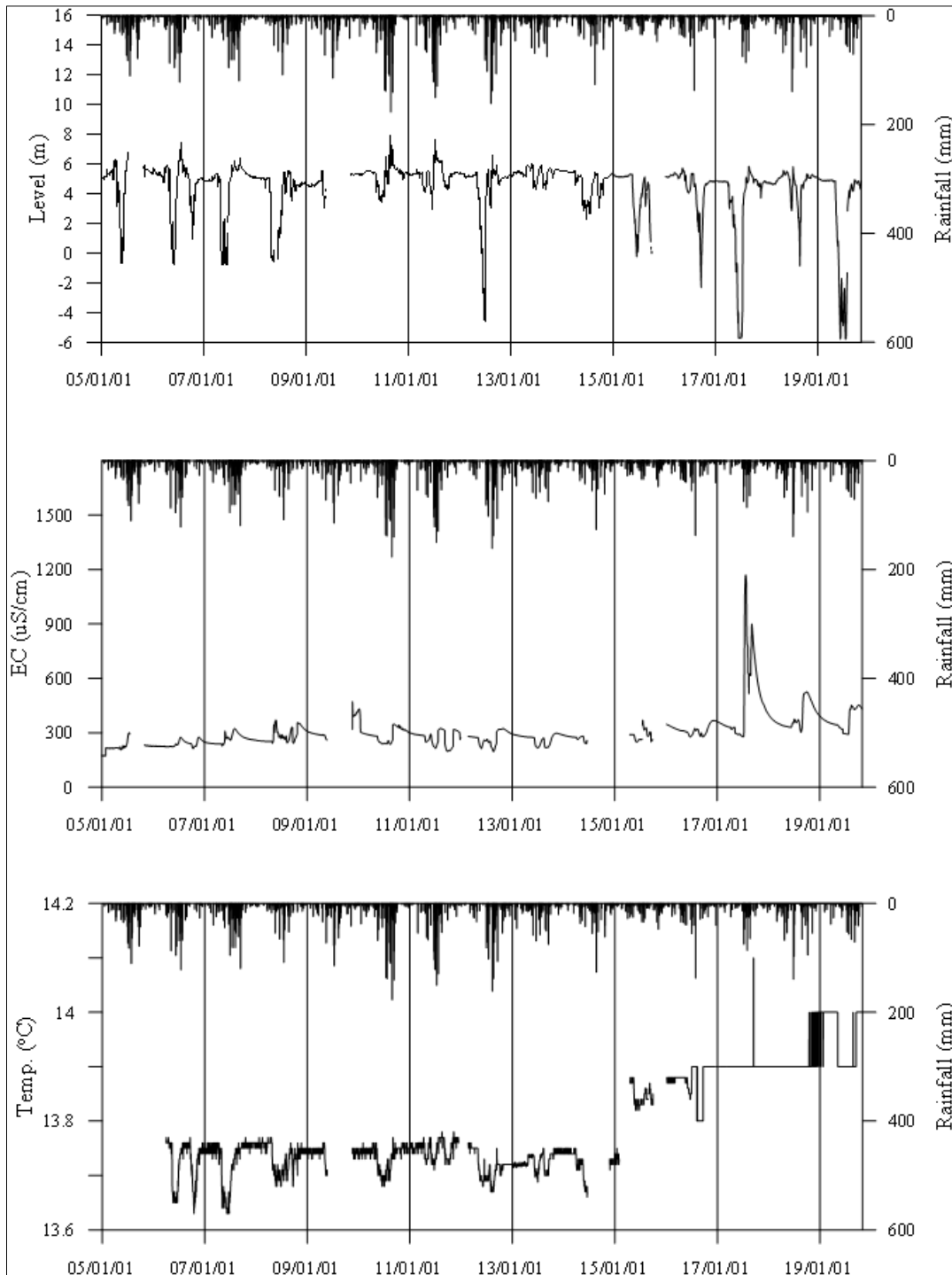
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		
	년월	팔봉1	팔봉2
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
	2016. 5	0.56	0.16
	2017. 3	0.61	0.78
	2018. 7	0.55	0.35
2019. 7	0.52	0.35	

5. 장기관측 결과



<팔봉1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<팔봉2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

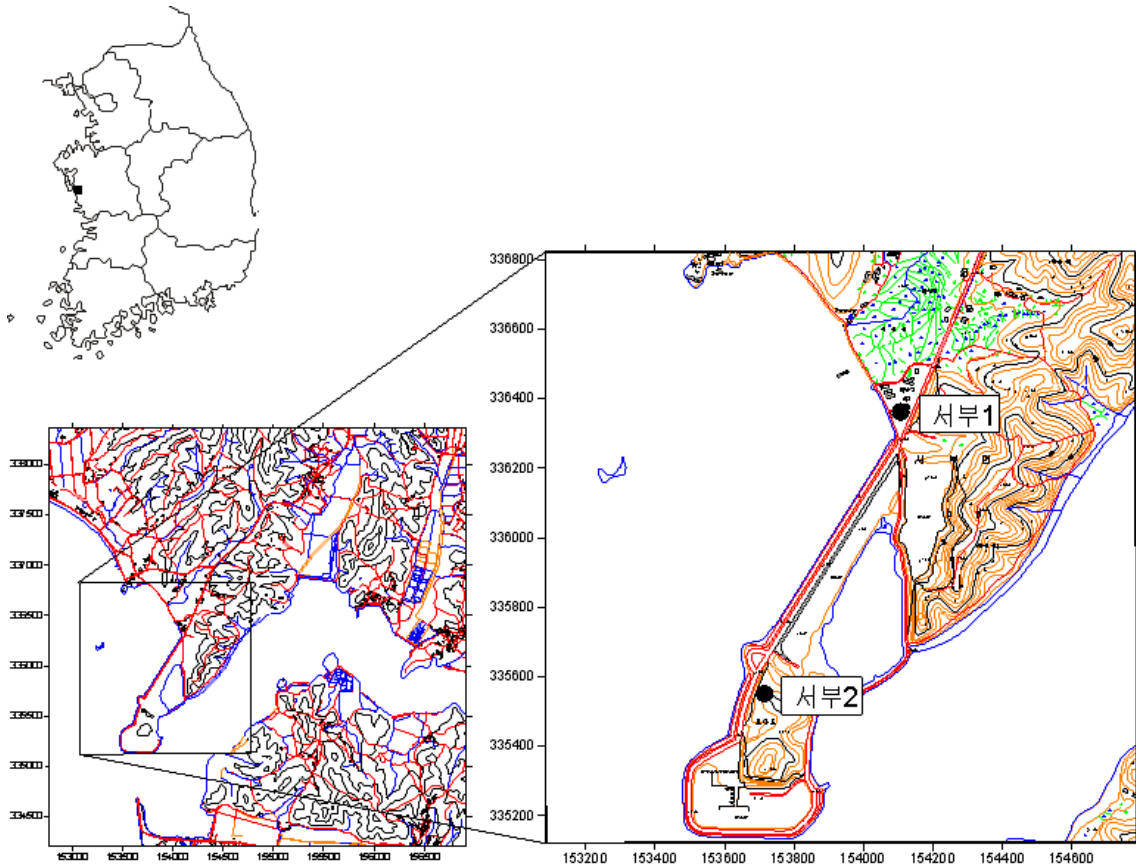
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 팔봉1, 팔봉2 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, 팔봉2 관측공은 공통적으로 약 100 ~ 300 $\mu S/cm$ 내외의 낮은 전기전도도 값을 나타내며, 전이대 구간은 각각 심도 70 m 부근에서 나타났다. 특히 2017년에 팔봉2 관측공에서 전기전도도가 약 1,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하였다. 2019년에는 650 $\mu S/cm$ 까지 증가한 전기전도도가 심도 60 m 부근에서 나타나는데, 대수층을 통한 해수침투의 가능성을 지속적으로 모니터링 하는 것이 필요하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 팔봉1은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 팔봉2는 Ca-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 각각 0.52, 0.35으로 낮게 나타나 현재 상태에서는 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 팔봉1, 팔봉2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 팔봉1 관측공의 지하수위는 약 5 m 내외의 변화를 보이며, 전기전도도 값은 2012년 이후 200 $\mu S/cm$ 내외의 값을 나타내고 있다. 팔봉2 관측공의 지하수위는 약 10 m 내외의 범위에서 감소와 증가를 반복하고 있으며, 전기전도도는 팔봉1 관측공과 마찬가지로 건기에 높고, 우기에 낮은 주기적 변화가 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 팔봉지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었으나, 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향 여부를 점검하여야 한다.

2.5.3 서부지구

1. 위치



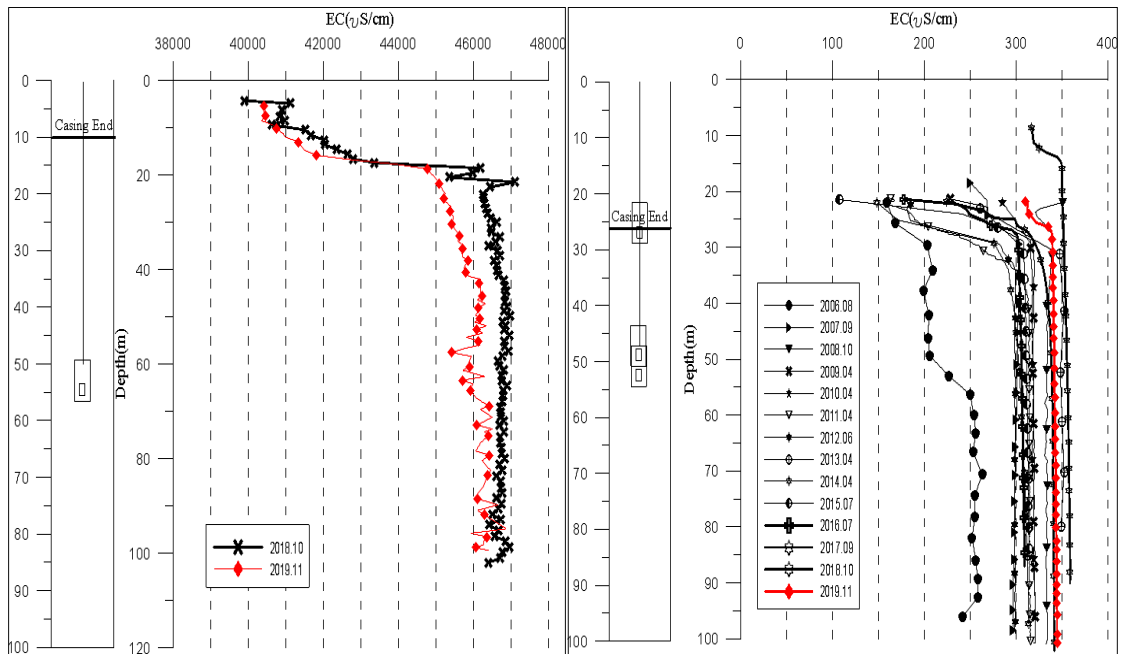
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
서부1 (구)	홍성군 서부면 신리 435	154106.954	336361.448	5.57	2005	40	3.90
서부1 (신)	홍성군 서부면 궁리 1016-2	152004.949	444410.172	2.82	2018	300	-0.92
서부2	홍성군 서부면 신리 616-11	153715.306	335551.705	24.28	2006	70	3.98

※ 서부1 관측공은 토지소유자의 이전 요청으로 2018년 이전 설치

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)

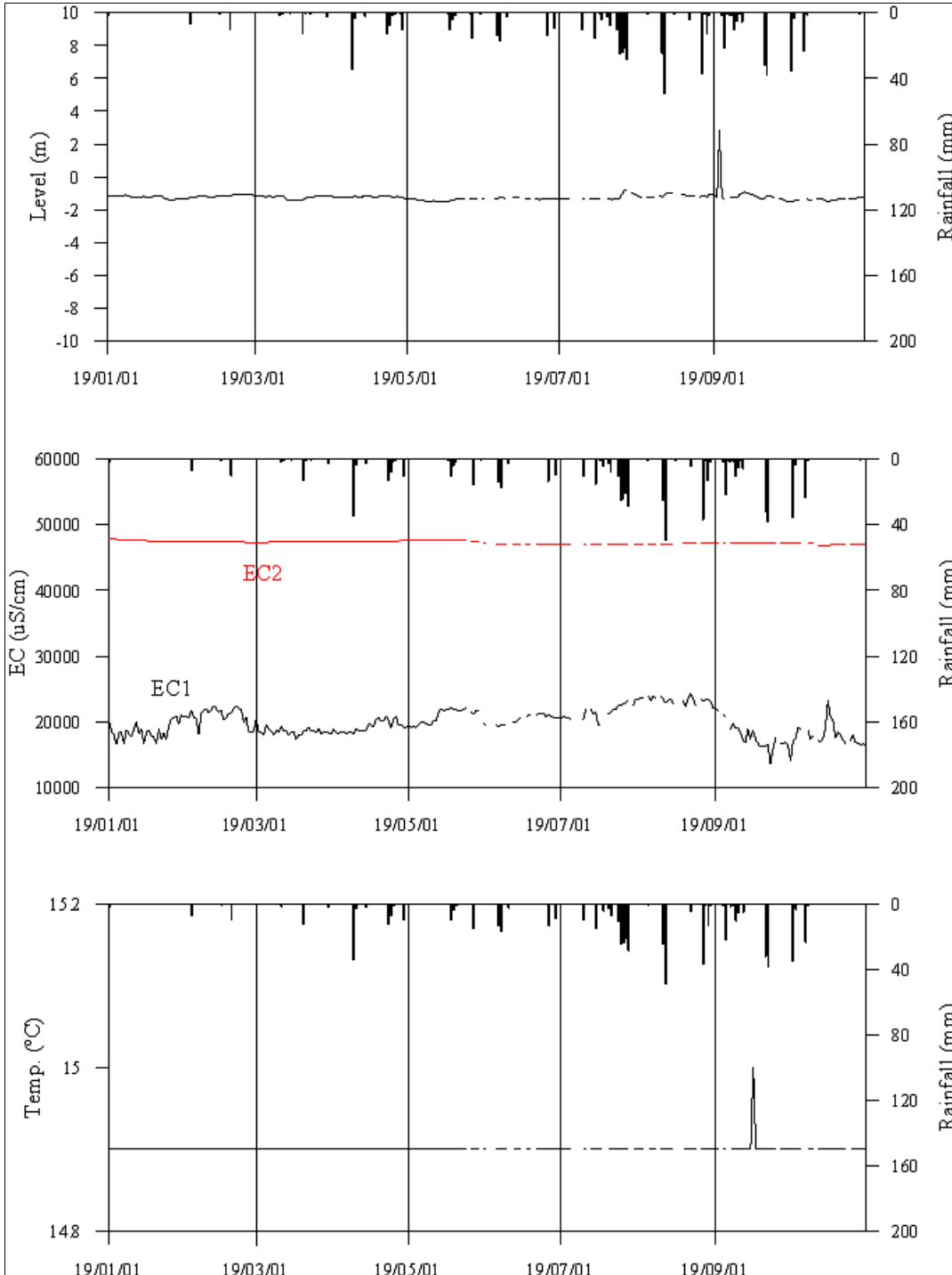
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
서부1	(2005.10)	34.54	9.21	4.20	6.45	12.05	41.79	54.90	0.34
	(2006.11)	39.60	12.09	5.73	8.25	11.07	48.33	51.85	N.D.
	(2007.10)	38.19	13.32	7.78	8.17	13.76	40.09	70.15	N.D.
	(2008.10)	36.30	12.07	5.55	7.43	13.33	37.91	48.80	0.17
	(2009. 4)	34.75	15.56	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	N.D.
	(2011. 6)	49.28	16.37	4.87	10.51	16.80	64.53	57.95	N.D.
	(2012. 6)	41.73	15.70	5.76	9.28	15.17	39.96	39.65	N.D.
	(2013. 4)	36.44	13.42	4.68	8.51	15.11	41.28	61.00	N.D.
	(2014. 4)	34.82	12.91	4.89	7.74	14.81	34.75	54.90	N.D.
	(2015. 7)	35.84	11.21	4.40	6.55	14.53	33.25	57.95	0.12
	(2016. 5)	34.37	11.93	5.22	7.56	13.74	31.21	57.95	0.08
	(2017. 3)	36.17	9.59	3.87	5.77	12.36	34.50	64.05	0.04
서부1 (신)	(2018.11)	9942.74	823.06	319.65	273.00	2465.58	16324.68	131.15	N.D.
	(2019. 7)	9728.29	990.60	354.83	273.82	2501.38	15034.82	128.10	71.96
서부2	(2006.11)	17.94	13.00	1.84	23.45	6.63	26.15	109.80	N.D.
	(2007.10)	14.92	23.69	2.45	31.00	8.21	17.67	183.00	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 5)	13.00	21.21	0.98	27.91	8.00	14.25	176.90	0.09
	(2017. 3)	11.61	22.54	1.25	26.97	8.79	15.37	195.20	0.06
	(2018. 7)	12.49	19.03	1.01	29.26	8.86	15.43	161.65	0.10
(2019. 7)	14.64	21.52	1.25	29.62	8.67	15.70	183.00	0.10	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

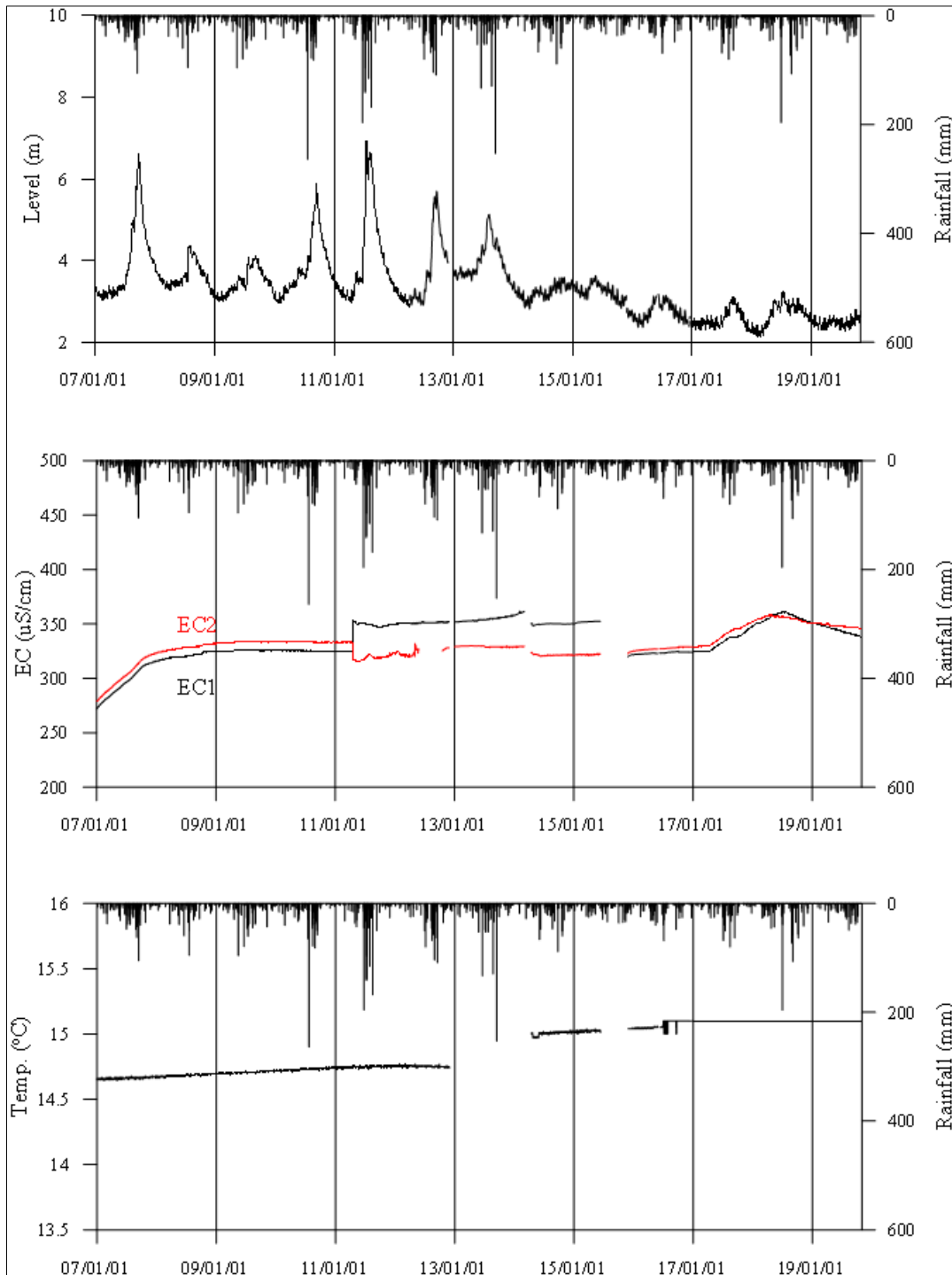
구 분	관측공	서부1	서부2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2005.10	1.31	-
	2006.11	1.61	0.41
	2007.10	0.98	0.17
	2008.10	1.33	0.22
	2009. 4	1.30	0.20
	2010. 4	1.54	0.13
	2011. 6	1.91	0.22
	2012. 6	1.73	0.26
	2013. 4	1.16	0.15
	2014. 4	1.09	0.27
	2015. 7	0.99	0.15
	2016. 5	0.93	0.14
	2017. 3	0.93	0.14
	2018. 7	214.22(2018.11)	0.16
	2019. 7	201.99	0.15

※ 서부1 관측공 자료는 2018년부터 서부1(신) 관측공 자료 임.

5. 장기관측 결과



<서부1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서부2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

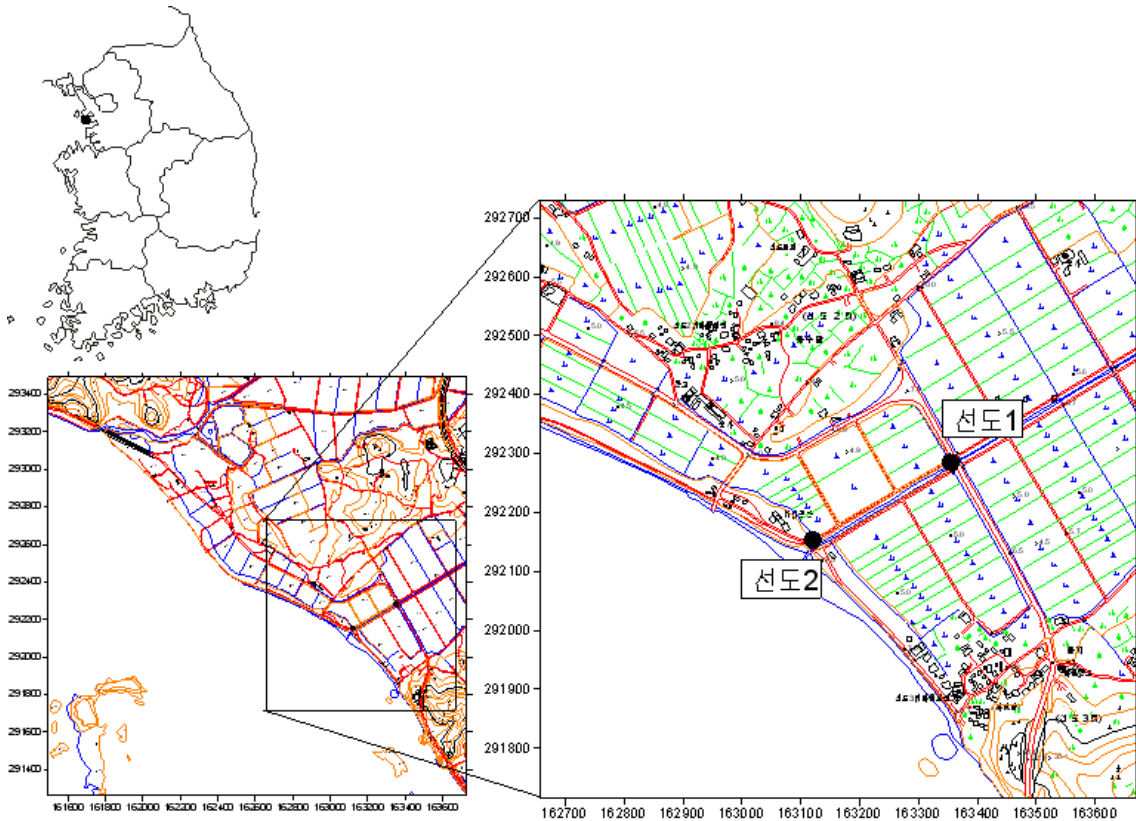
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서부1, 서부2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측공으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 2018년 토지소유자의 요청으로 서부1 관측공을 이전 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 서부1(신) 관측공은 케이싱 하부에서 $41,000 \mu S/cm$ 의 전기전도도 값을 나타내며, 20 m의 전이대에서 $47,000 \mu S/cm$ 까지 상승한 후 공저까지 큰 변화는 나타나지 않는다. 서부2 관측공은 해수침투의 영향은 없으며, 매년 $150 \sim 350 \mu S/cm$ 의 전기전도도 값을 나타내고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 서부1(신) 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 서부2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 201.99, 0.15로 서부1(신) 관측공은 심각한 해수의 영향이 있으나, 서부2 관측공은 해수침투의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 서부2 관측공의 전기전도도는 EC1과 EC2 값이 $320 \mu S/cm$ 내외로 대부분 일정하다.
- 6) 관리 방안 : 서부1(신) 관측공의 경우 심각한 해수침투 현상이 관측되므로, 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 진행 여부를 관측하여야 한다.

2.5.4 선도지구

1. 위치

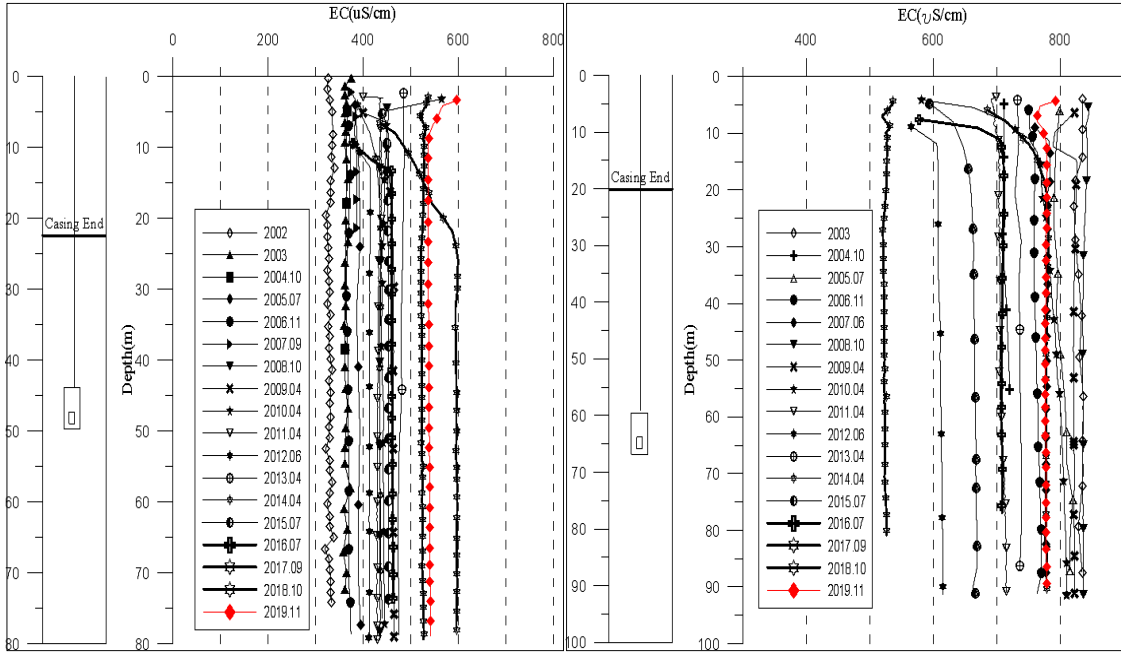


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
선도1	서천군 비인면 선도리 709	163354.995	292284.590	4.72	2002	330	-1.87
선도2	서천군 비인면 선도리 707	163120.588	292152.838	5.09	2003	50	0.61

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	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	15.26	15.43	2.34	44.98	27.76	57.44	112.85	N.D.
	(2012. 6)	14.34	16.06	2.53	42.80	28.54	57.52	48.80	N.D.
	(2013. 4)	17.59	16.06	2.13	44.24	24.76	54.94	131.15	N.D.
	(2014. 4)	18.15	15.33	2.23	45.39	20.23	53.02	97.60	N.D.
(2015. 7)	19.33	15.66	2.53	49.72	25.89	60.51	109.80	N.D.	

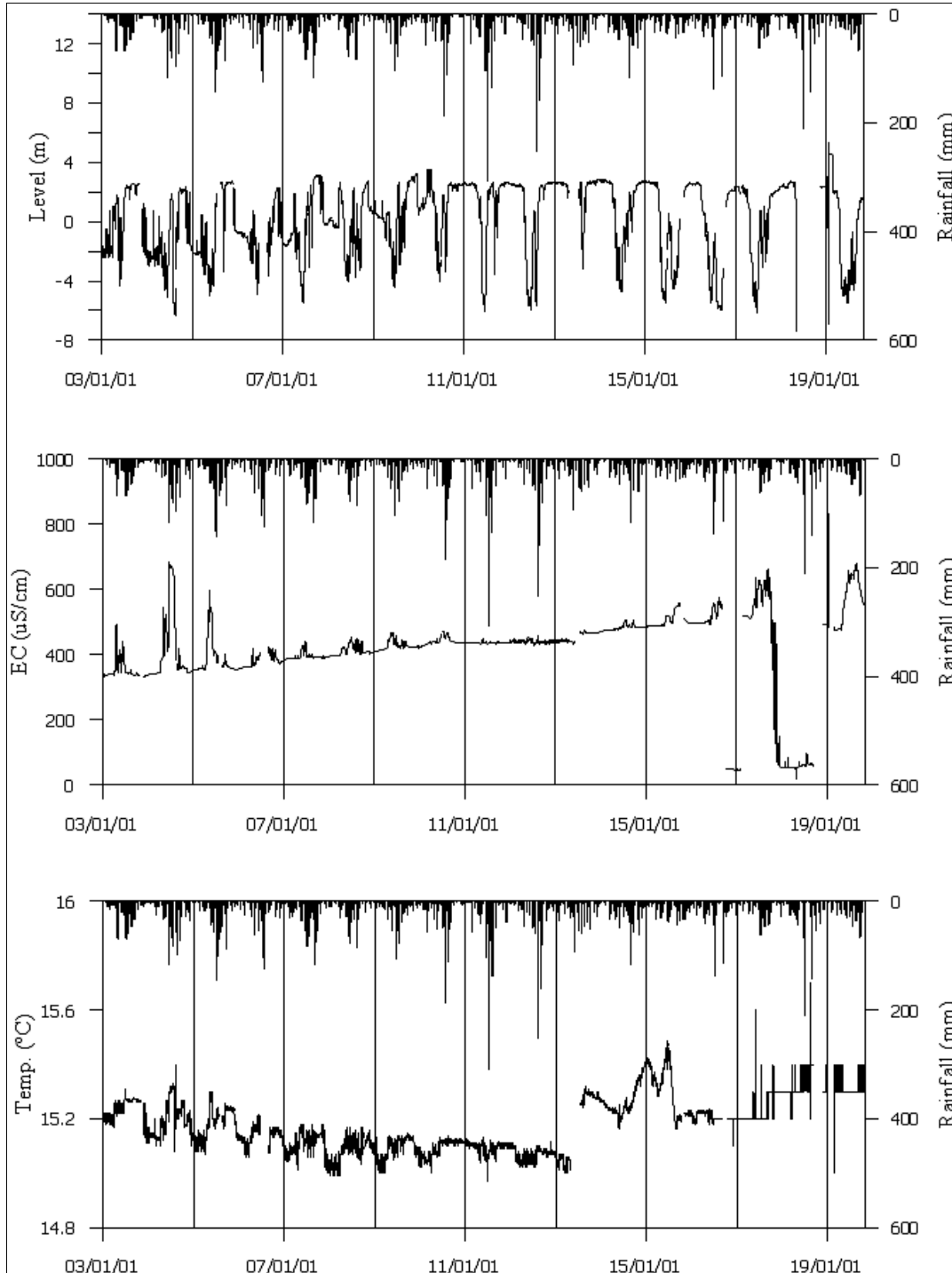
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
선도1	(2016. 5)	18.92	17.54	2.28	44.98	21.70	58.12	97.60	0.21
	(2017. 3)	19.39	19.38	2.34	52.83	28.28	90.72	131.15	0.45
	(2018. 7)	18.30	14.51	2.50	45.64	21.56	56.37	85.40	N.D.
	(2019. 7)	18.29	16.24	2.90	44.58	22.08	57.28	94.55	N.D.
선도2	(2003. 9)	62.58	15.75	5.18	30.22	45.25	161.29	221.4	23.25
	(2004.10)	47.82	15.50	N.D.	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	N.D.
	(2007.10)	63.19	25.10	12.50	60.16	53.53	119.42	219.60	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 6)	54.88	18.75	6.74	44.60	26.98	95.65	170.80	N.D.
	(2012. 6)	61.36	19.77	7.74	42.64	24.21	92.98	173.85	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 7)	44.91	21.65	7.58	46.40	25.23	73.59	198.25	0.31
	(2016. 5)	63.32	24.07	6.01	48.77	24.86	91.99	216.55	0.42
	(2017. 3)	67.77	21.55	6.55	40.79	29.95	30.94	338.55	N.D.
	(2018. 7)	70.89	21.23	8.87	47.85	32.00	109.57	192.15	0.37
(2019. 7)	72.08	21.58	7.58	46.13	33.22	103.18	192.15	0.32	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

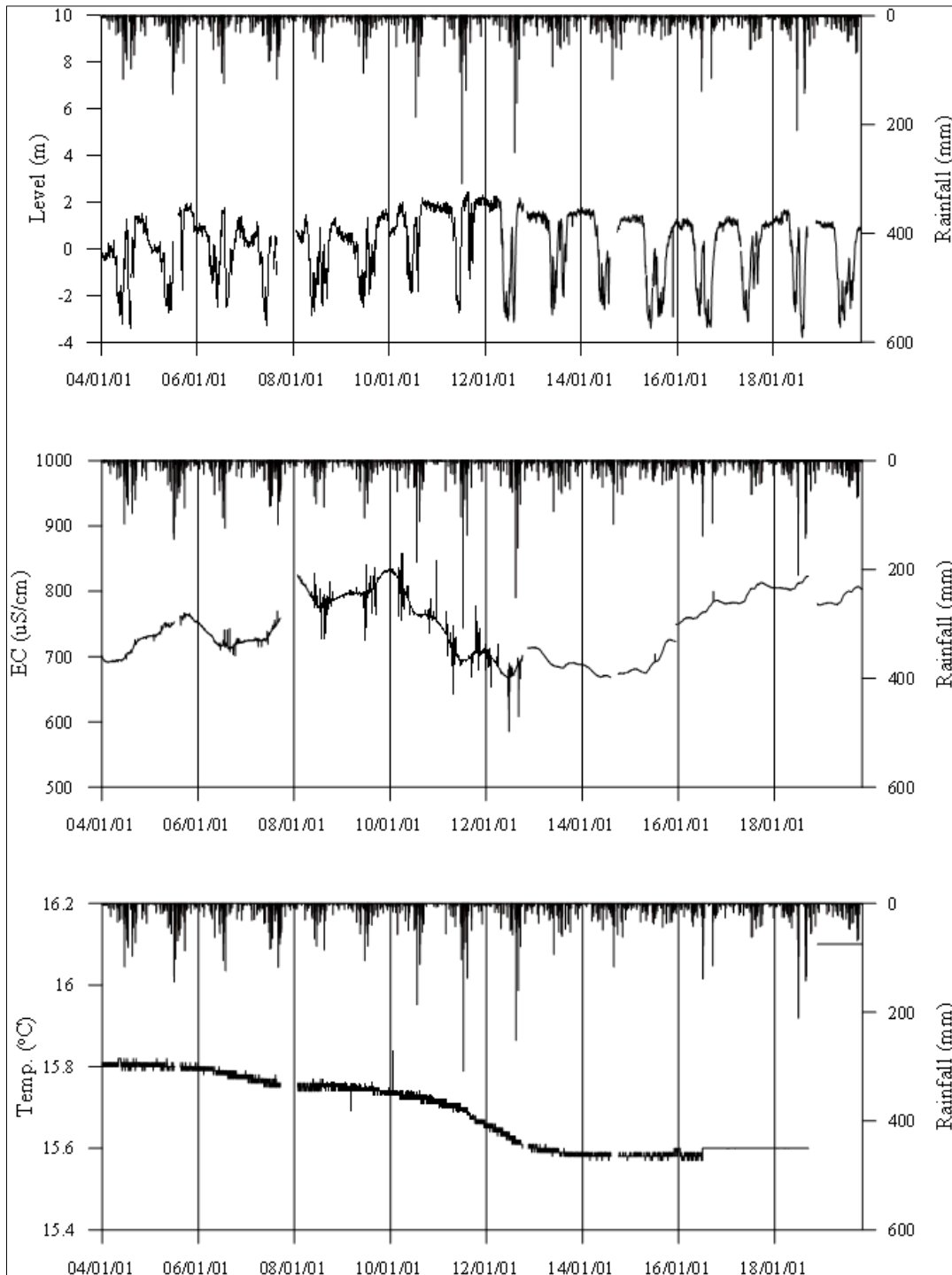
구 분	관측공		선도1	선도2
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	-	-	1.25
	2004.10	1.46	1.46	1.25
	2005.10	1.13	1.13	1.68
	2006.11	1.06	1.06	1.36
	2007.10	0.76	0.76	0.93
	2008.10	0.81	0.81	1.13
	2009. 4	0.87	0.87	1.02
	2010. 4	0.70	0.70	0.94
	2011. 6	0.87	0.87	0.96
	2012. 6	2.03	2.03	0.92
	2013. 4	0.72	0.72	0.84
	2014. 4	0.93	0.93	0.71
	2015. 7	0.95	0.95	0.64
	2016. 5	1.02	1.02	0.73
	2017. 3	1.19	1.19	0.16
	2018. 7	1.14	1.14	0.98
2019. 7	1.04	1.04	0.92	

5.

장기관측 결과



<선도1 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<선도2 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 선도1, 선도2 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, 선도2 관측공은 전기전도도의 전이대 구간 없이 $300 \sim 600 \mu S/cm$ 범위와 $500 \sim 900 \mu S/cm$ 범위의 값을 나타내며, 해수침투의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 선도1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형으로 분류되며, 선도2 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형으로 분류된다. Cl/HCO_3 몰비는 각각 1.04, 0.92의 범위로 해수 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다. 관측공 개발 이후 몰비는 선도1 관측공, 선도2 관측공 모두 감소하는 추세이다.
- 4) 장기 관측결과 : 선도1, 선도2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수 이용량이 증가한 4 ~ 7월 기간 중 지하수위가 약 5 ~ 9 m 하강하였음에도 불구하고, EC는 $100 \mu S/cm$ 내외에서 증가하였다. 2003년 이후 매년 증가하여 $600 \mu S/cm$ 까지 증가하였던 선도1 관측정은 2018년 $50 \mu S/cm$ 내외로 감소하였다가 2019년에 다시 증가하였다. 선도2 관측정은 $700 \sim 800 \mu S/cm$ 내외에서 증감을 반복하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 선도지구는 해수침투의 영향이 크지 않은 것으로 분석되었지만, 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투의 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.5.5 인주지구

1. 위치

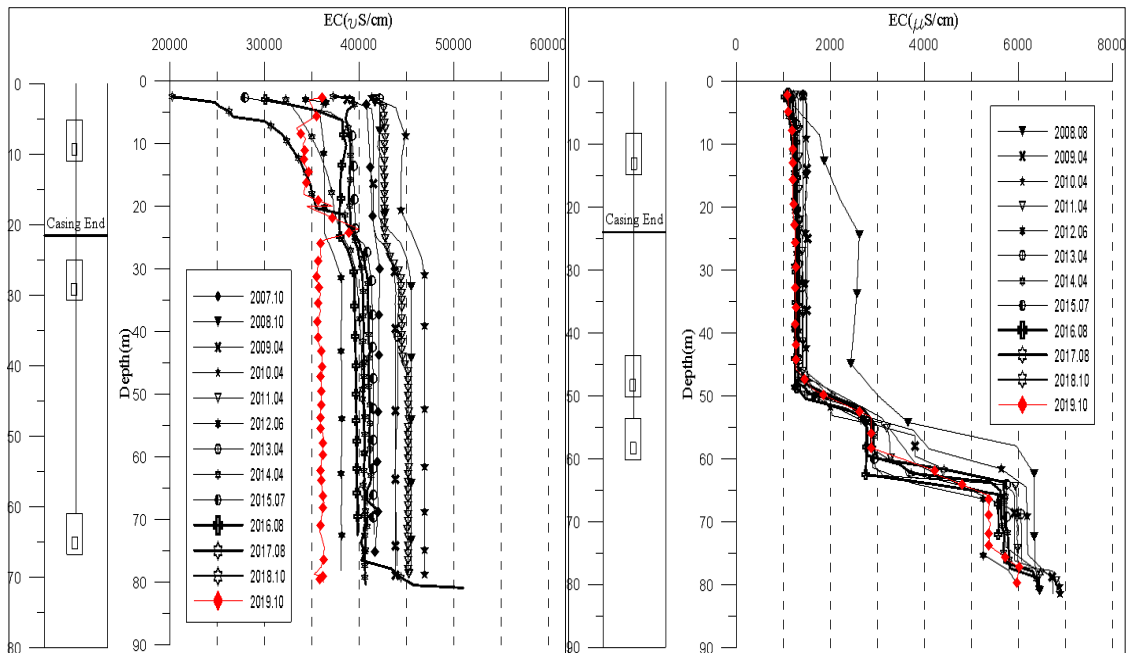


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
인주1	아산시 인주면 모원리 15	192846.703	376735.856	5.61	2007	240	3.11
인주2	아산시 영인면 백석포리 1102-2	194131.940	376132.764	7.08	2008	1510	2.27
인주3	아산시 영인면 백석포리 588-4	194231.787	477245.590	4.35	2018	940	2.54

2. 지형 및 지질

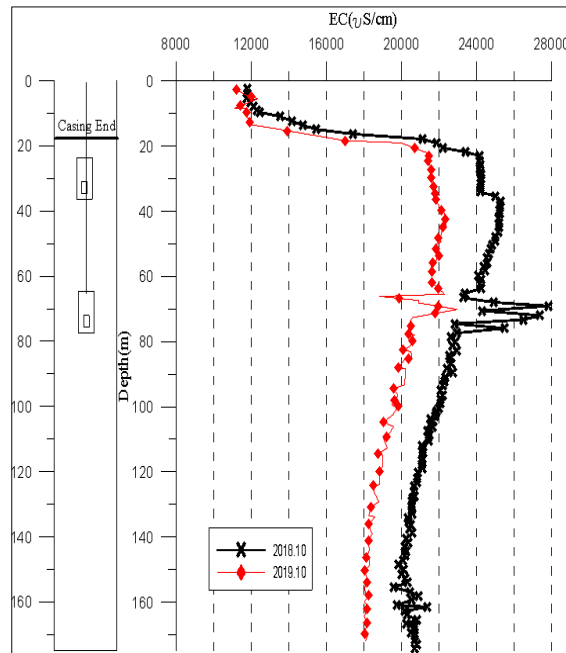
이 지구는 충남 아산시 인주면으로 아산만 방조제 끝단에 위치하고 있다. 지질은 선캠브리아기의 호상 편마암과 쥐라기의 화강암이 주를 이루고 있다.

3. 지하수 검층



<인주1 관측공>

<인주2 관측공>



<인주3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

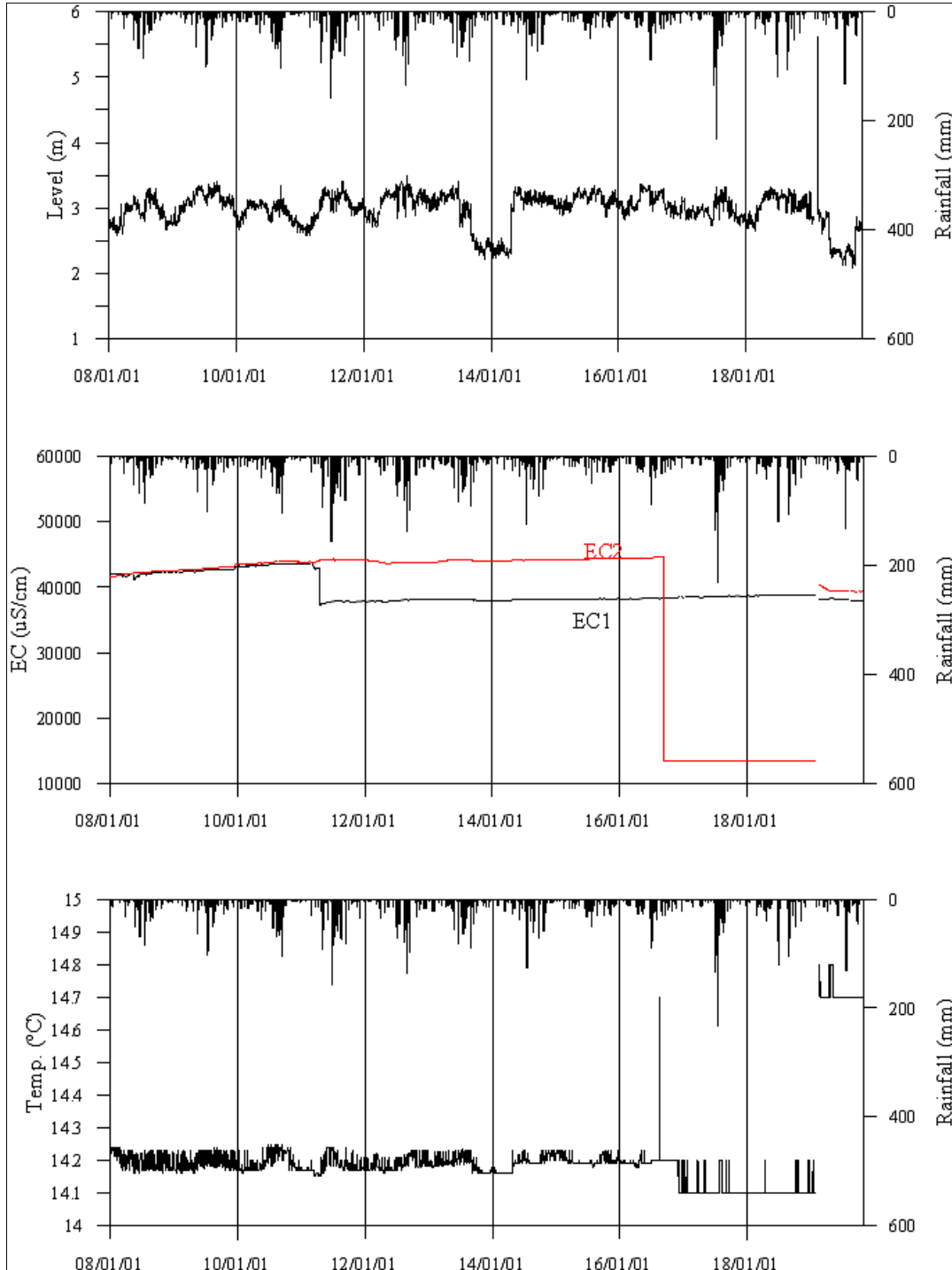
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
인주1	(2007.10)	7413.65	1008.90	181.18	397.42	1435.40	13313.50	686.25	N.D.
	(2008.10)	6713.75	1102.11	237.68	368.66	1516.94	13975.80	695.40	N.D.
	(2009. 4)	6423.15	1053.71	297.05	345.96	1431.47	13397.21	667.95	115.52
	(2010. 4)	7981.35	1011.02	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	N.D.
	(2012. 6)	7310.25	1009.26	210.68	318.44	141.40	12402.17	695.40	N.D.
	(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
	(2016. 5)	8049.22	798.93	196.83	259.51	1631.45	12683.02	582.55	55.11

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
인주1	(2017. 3)	7108.78	956.45	208.38	309.90	1588.40	13081.28	579.50	9.50
	(2018. 7)	7467.58	964.69	215.94	307.48	1542.02	12307.55	481.90	48.73
	(2019. 7)	7309.74	882.43	221.27	294.77	1461.24	11878.64	509.35	66.24
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	N.D.
	(2011. 6)	334.29	7.65	6.05	5.50	69.76	385.31	213.50	N.D.
	(2012. 9)	266.58	4.72	8.11	3.97	38.58	311.06	186.05	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 7)	289.38	2.81	4.70	2.77	33.60	273.21	219.60	0.79
	(2016. 5)	316.27	4.83	8.51	4.19	74.17	180.84	210.46	0.47
	(2017. 3)	240.15	4.25	5.68	3.90	36.78	292.14	186.05	0.95
	(2018. 7)	266.74	4.19	6.79	3.66	35.21	277.60	176.90	0.69
(2019. 7)	251.46	3.95	5.92	2.38	33.33	247.56	176.90	0.57	
인주3	(2018.12)	3726.60	278.10	56.90	142.60	576.75	5790.85	192.15	-
	(2019. 7)	3744.42	447.05	80.80	327.00	750.68	6413.76	179.95	N.D.

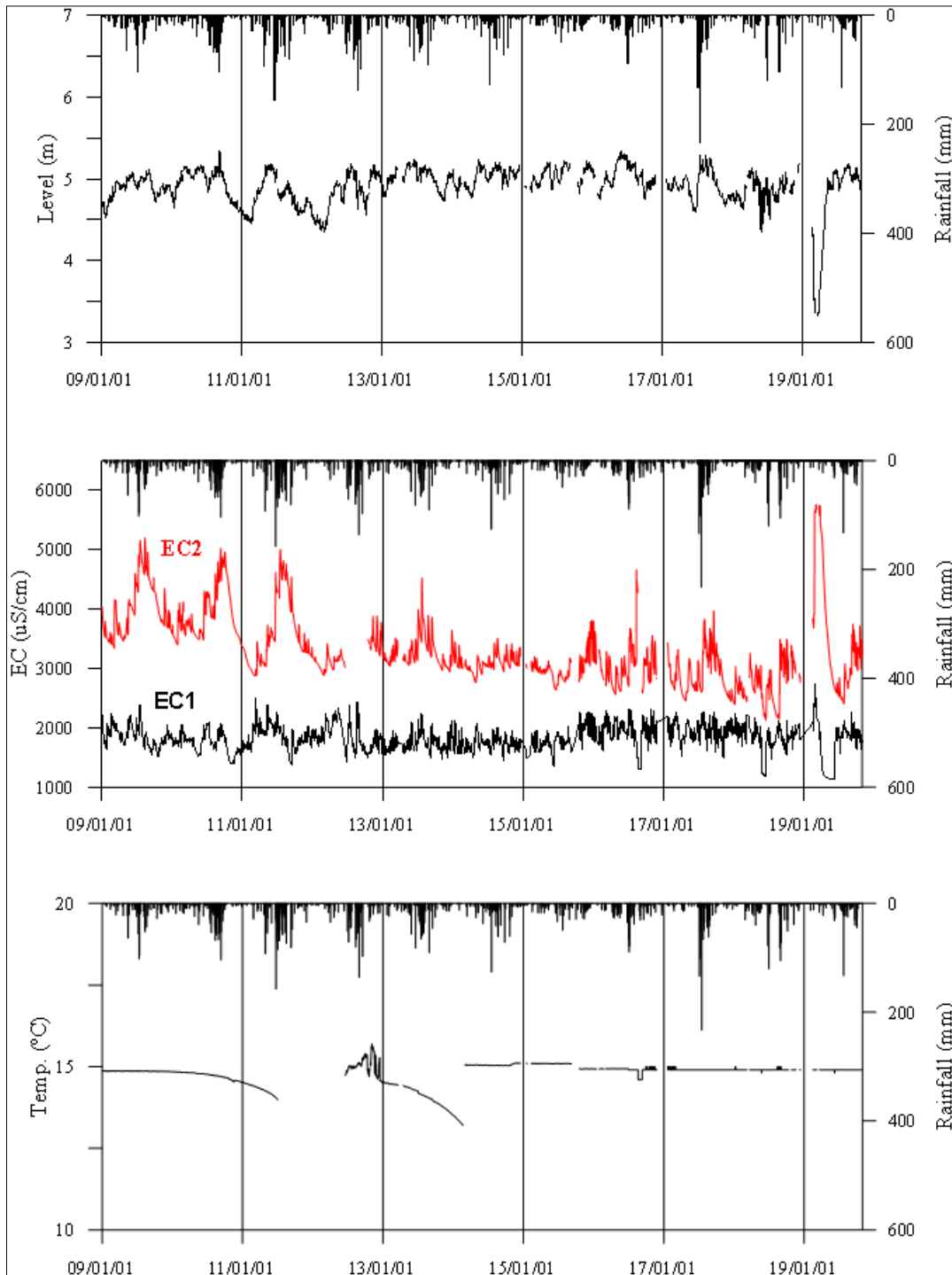
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공			
	년월	인주1	인주2	인주3
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	
	2016. 5	37.47	1.48	
	2017. 3	38.85	2.70	
	2018. 7	43.95	2.70	51.87
	2019. 7	40.14	2.41	61.34

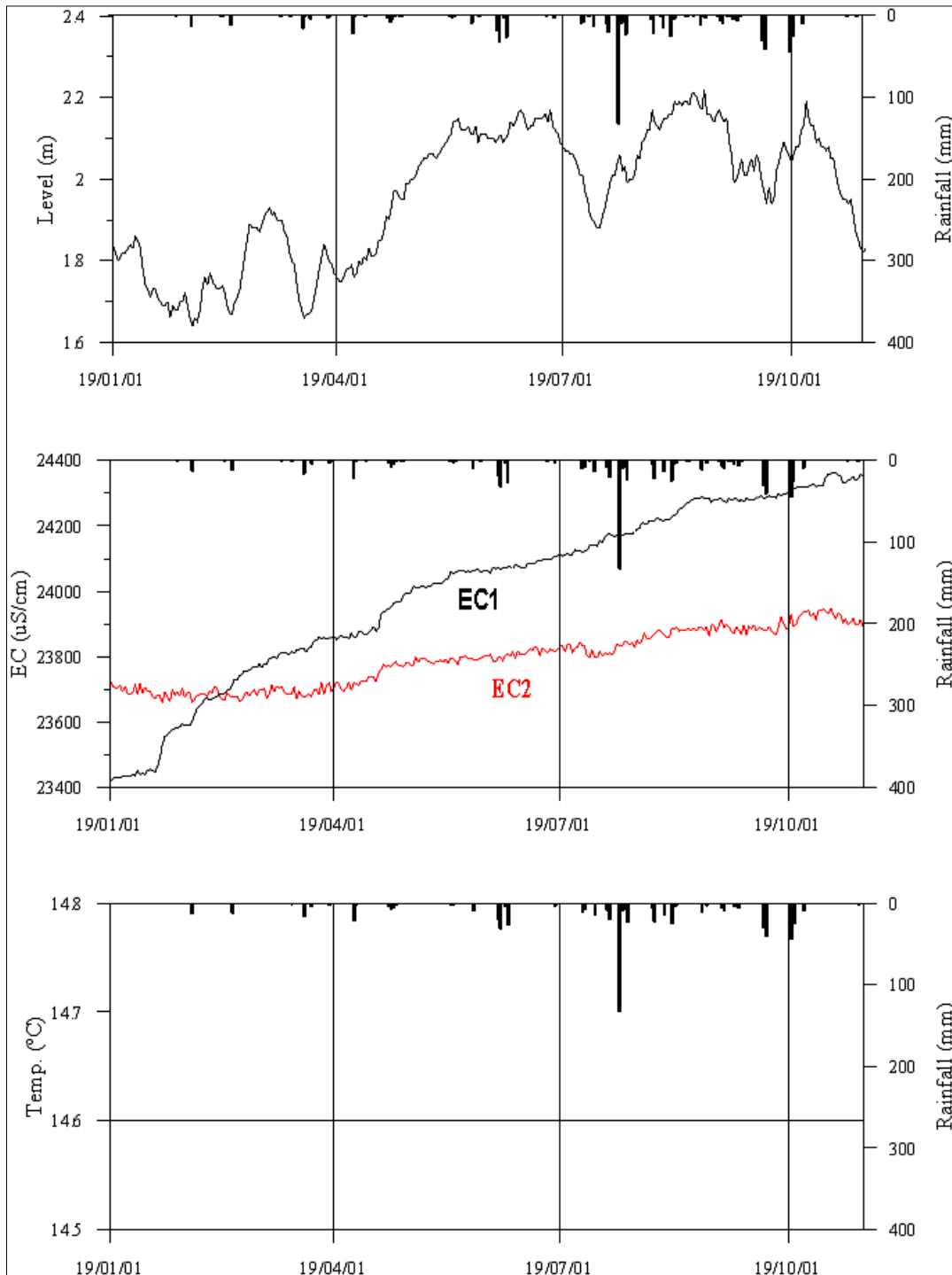
5. 장기관측 결과



<인주1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<인주2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<인주3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

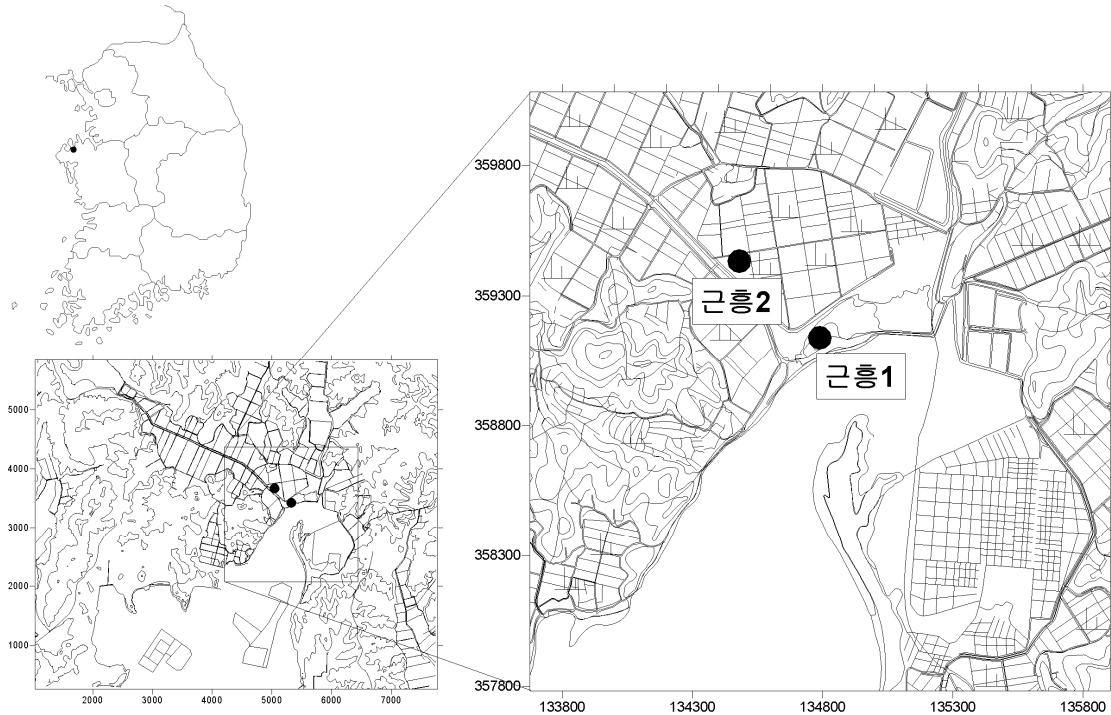
6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 인주1 관측공은 2007년에 설치한 관측망으로 해안 쪽에 설치하였으며, 장기관측 결과 해수침투 영향이 관측됨에 따라 인주2 관측공은 2008년에 내륙 쪽으로 해안에서 약 1 km 떨어진 지점에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다. 인주지구의 해수침투 영향을 좀 더 확인하기 위하여 2018년 인주2 관측정 북동측에 인주3 관측정을 추가로 설치하였다.
- 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 인주1 관측공은 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. 인주3 관측정의 경우 케이싱 상부에서 12,000 $\mu S/cm$ 로 나타나다가, 급격히 증가하여 24,000 $\mu S/cm$ 값을 나타내며, 이후 심도가 증가하면서 전기전도도 값은 점차 감소하여 160 m 지점에서 20,000 $\mu S/cm$ 까지 감소한다. 세 관측공 모두 해수침투의 영향이 매우 크게 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 인주1, 인주3 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며 인주2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. 관정정에서의 Cl/HCO₃ 몰비도 40.14, 2.41, 61.34로 해수의 영향을 받고 있다. 다만, 인주2 관측정의 경우 몰비는 해수의 영향이 약간 나타나는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 인주1 관측공은 연간 1 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 전기전도도 값은 EC2에서 증가 추세이다. 2017년 40,000 $\mu S/cm$ 에서 12,000 $\mu S/cm$ 내외로 감소한 EC2 전기전도도는 2018년에 유지되다가 2019년에 이전 수준으로 다시 증가하였다. 인주2 관측공은 1 m 내외의 수위변화를 보이며, 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사한 변동을 나타내고, 강수량 증가 시 전기전도도가 비례적으로 증가하는 경향을 보인다. 인주3 관측공은 시간이 지날수록 점차 해수침투의 영향이 나타났다. 특히, EC1의 전기전도도의 증가세는 더욱 뚜렷한 경향이 나타났다.

- 6) 관리 방안 : 인주1 관측공과 인주3 관측공은 해수침투가 발생하고 있으며, 인주2 관측공은 인주1, 인주3 관측공보다 해수의 영향은 적으나 지표 하 50 m 전이대 이하 구간에서는 해수침투가 발생하고 있으므로 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.5.6 근흥지구

1. 위치

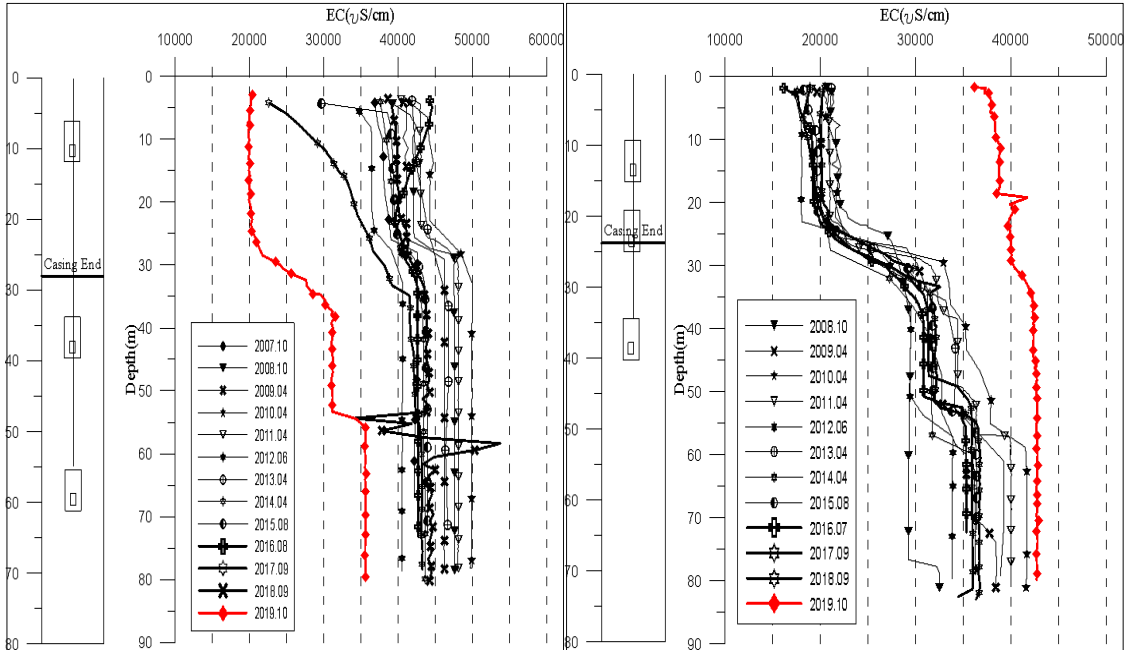


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
근흥1	태안군 근흥면 안기리 산238-1	134789.217	359138.971	4.56	2007	110	1.06
근흥2	태안군 근흥면 두야리 1485-1	134435.331	359387.720	2.96	2008	520	1.56

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 얇고 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)

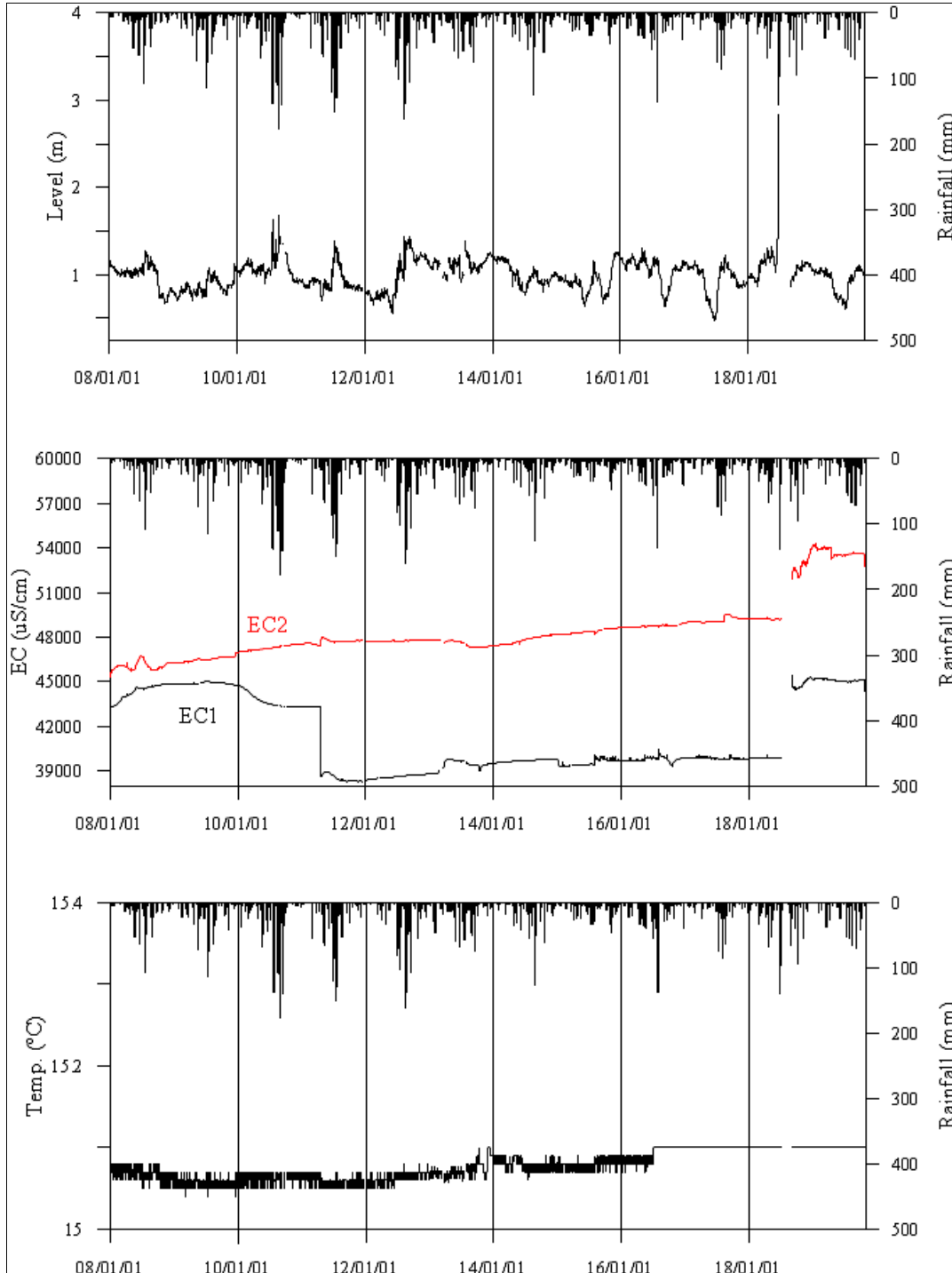
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
근흥1	(2007.10)	5038.37	729.06	58.08	3602.80	1020.00	13352.90	317.20	N.D.
	(2008.10)	4954.50	853.50	58.98	3559.93	2244.57	14906.47	143.35	N.D.
	(2009. 4)	3829.82	831.55	65.09	3876.09	950.82	14263.77	122.00	106.97
	(2010. 4)	4840.65	796.74	56.86	3674.99	1148.65	14149.70	94.55	54.02
	(2011. 6)	4944.20	717.69	47.59	4076.13	1195.13	15950.24	85.40	N.D.
	(2012. 6)	3454.76	834.82	43.49	3607.84	1061.49	12208.12	45.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 8)	4978.36	844.57	57.17	3993.80	1263.38	16135.47	134.20	N.D.
	(2016. 5)	3082.44	853.81	91.78	3776.72	1138.92	13302.26	24.40	77.01
	(2017. 3)	4642.69	664.20	59.68	3288.97	1071.53	13582.28	94.55	63.57
	(2018. 7)	4662.03	702.19	73.50	3123.58	1364.71	15199.08	33.55	39.98
(2019. 7)	4094.10	627.29	87.25	3238.12	1026.88	12124.24	18.30	N.D.	

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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 6)	2479.17	614.11	50.43	1203.05	259.91	7566.82	51.85	N.D.
	(2013. 4)	3280.48	609.62	43.25	1090.86	404.16	7916.22	88.45	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 5)	2781.46	611.47	79.91	886.01	261.71	6667.65	33.55	N.D.
	(2017. 3)	3452.49	548.77	54.73	1519.66	583.85	9181.14	88.45	28.85
	(2018. 7)	3608.92	570.82	61.96	1441.59	658.58	9891.49	36.60	77.60
(2019. 7)	3278.32	555.77	82.36	1309.34	426.81	8084.76	18.30	N.D.	

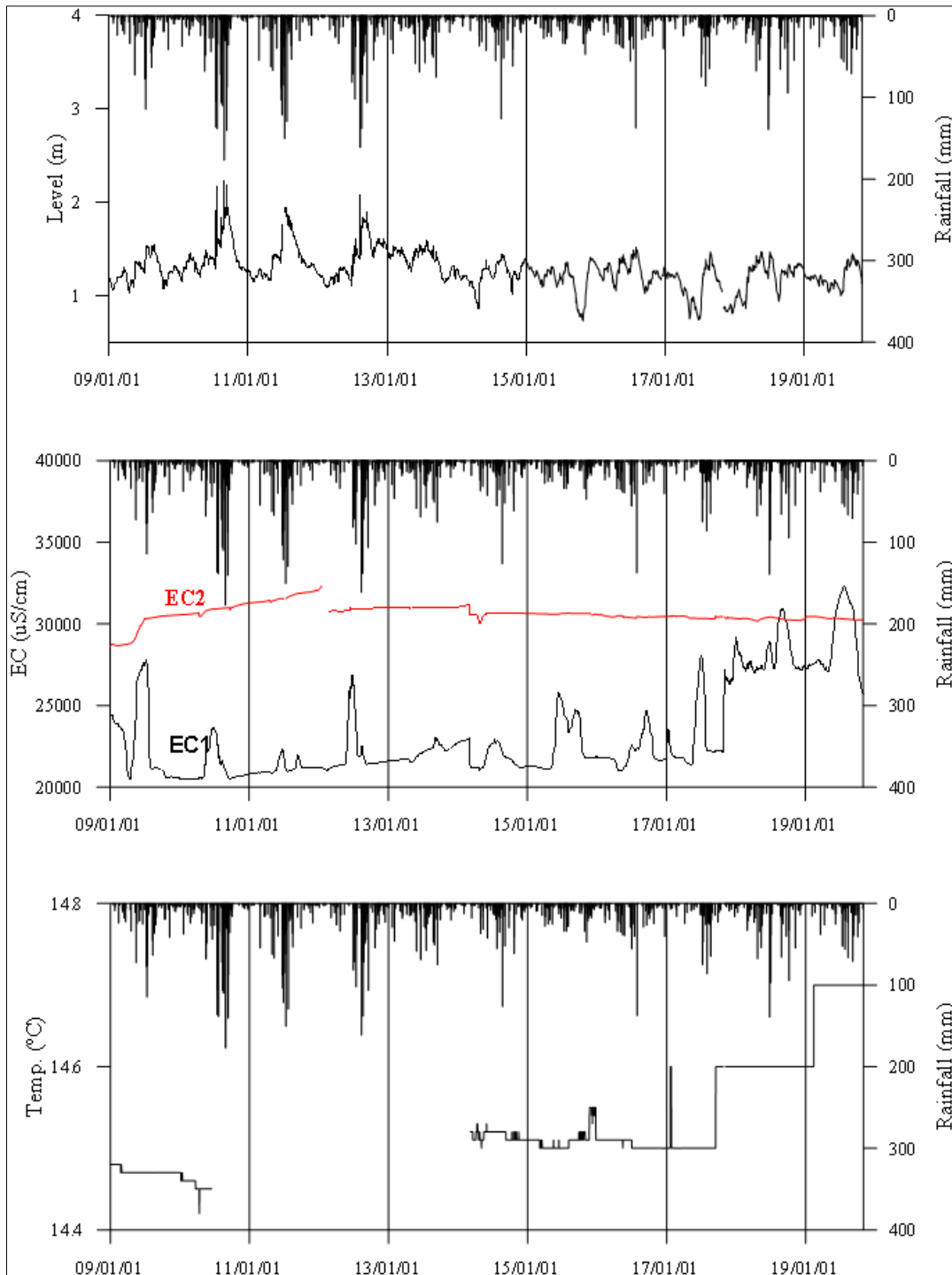
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	근흥1	근흥2
	년월		
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
	2016. 5	938.27	342.04
	2017. 3	247.23	178.64
	2018. 7	779.68	465.13
2019. 7	1140.23	760.34	

5. 장기관측 결과



<근흥1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



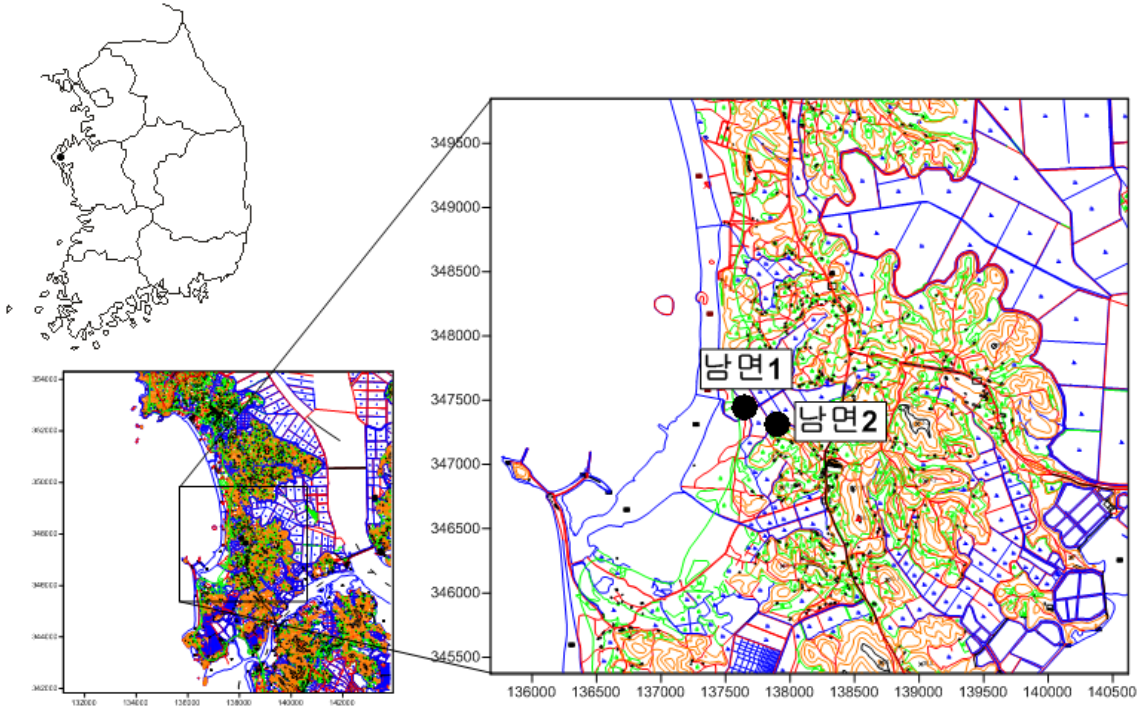
<근흥2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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, 관측공에서 각각 36,000 ~ 50,000 $\mu S/cm$, 17,000 ~ 41,000 $\mu S/cm$ 범위의 매우 높은 전기전도도를 보여 해수침투의 영향을 직접 받고 있는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 근흥1 근흥2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비도 각 72 ~ 1,140, 67 ~ 760 범위로 분석되어 매우 심각한 해수침투의 영향을 지시하고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 근흥1, 근흥2 관측공에서는 연간 1 m 내외의 수위변화가 발생하고 있다. 근흥1 관측공은 만조와 간조에 의한 주기적인 수위변화와 강수에 의한 영향을 나타내며, EC1, EC2는 증가추세이다. 근흥2 관측공의 전기전도도 값은 EC1 센서에서 매년 6월경에 일시적인 증가현상이 나타나는데, 이는 주변 지하수 이용 증가에 따라 파쇄대 구간을 통한 해수의 일시적 유입으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 근흥1, 근흥2 관측공은 해수의 직접적인 영향을 받는 관측공들로 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향을 관찰하여야 한다.

2.5.7 남면지구

1. 위치

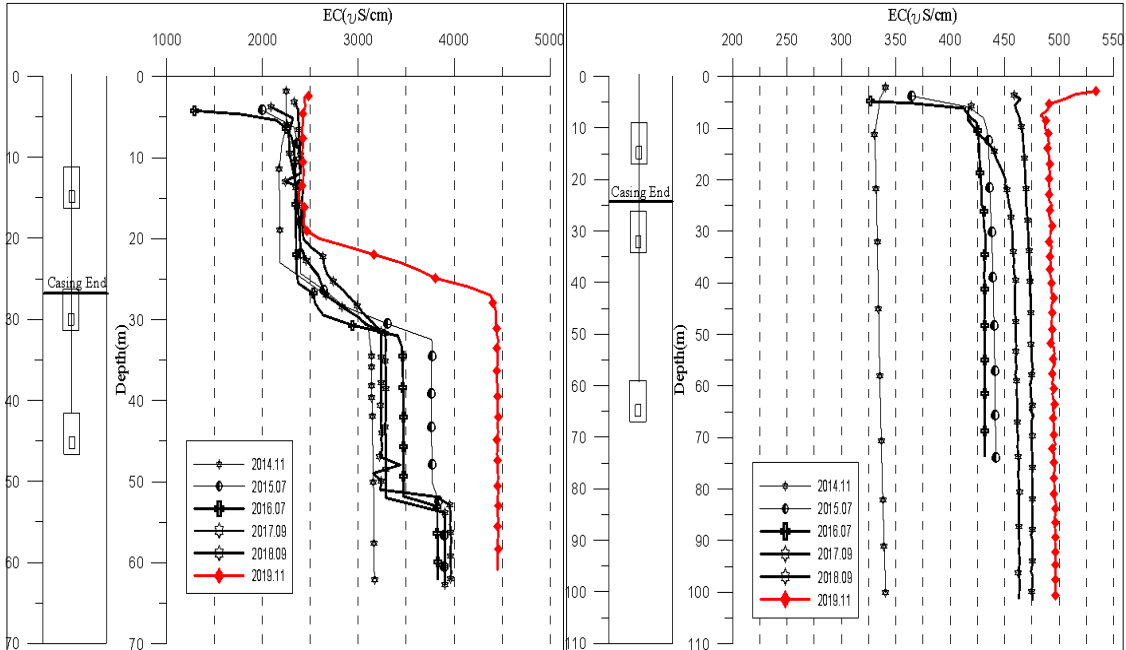


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
남면1	태안군 남면 원청리 산54-3	137639.557	347390.880	5.18	2014	240	3.43
남면2	태안군 남면 신온리 1067	137799.891	347210.976	5.63	2014	450	3.69

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

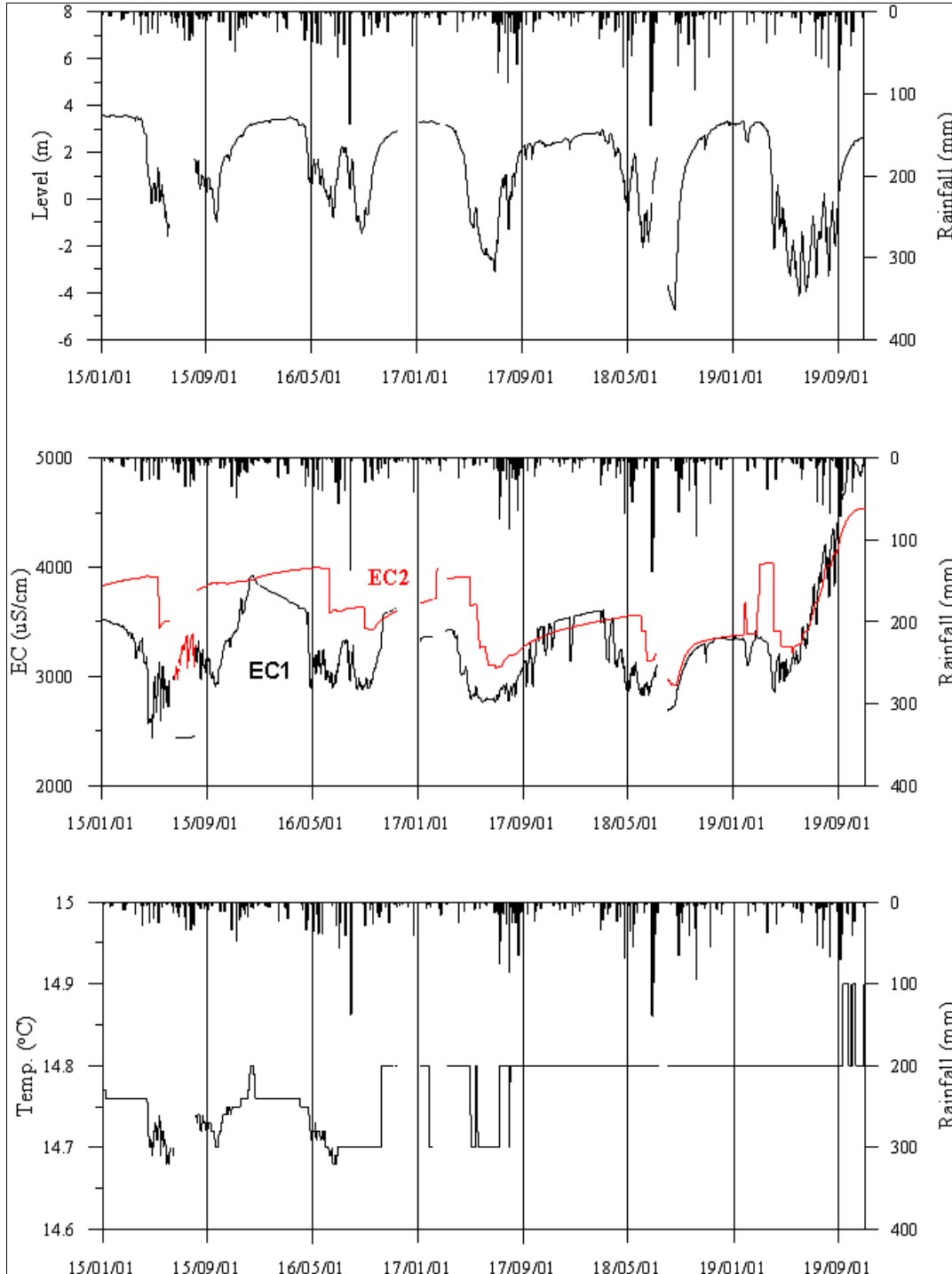
(단위 : mg/L)

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	N.D.
	(2015. 8)	191.93	83.17	8.93	208.84	48.36	767.92	51.85	0.22
	(2016. 5)	97.93	66.11	13.21	198.10	33.68	609.15	45.75	4.97
	(2017. 3)	135.09	82.06	11.18	182.51	45.83	711.87	27.45	N.D.
	(2018. 7)	228.55	82.05	9.54	224.85	62.68	832.73	48.80	N.D.
	(2019. 7)	134.14	69.83	12.10	181.46	46.73	674.49	25.93	7.36
남면2	(2014.11)	29.33	10.36	4.05	24.70	8.77	45.72	112.85	N.D.
	(2015. 8)	42.10	7.46	3.14	35.58	9.52	54.29	122.00	N.D.
	(2016. 5)	40.05	10.24	3.80	39.19	8.49	48.43	137.25	0.17
	(2017. 3)	31.49	10.06	3.14	37.54	9.16	50.04	143.35	N.D.
	(2018. 7)	40.25	8.62	3.63	37.84	9.07	50.44	122.00	0.25
	(2019. 7)	32.50	10.46	3.89	42.26	10.47	50.63	122.00	N.D.

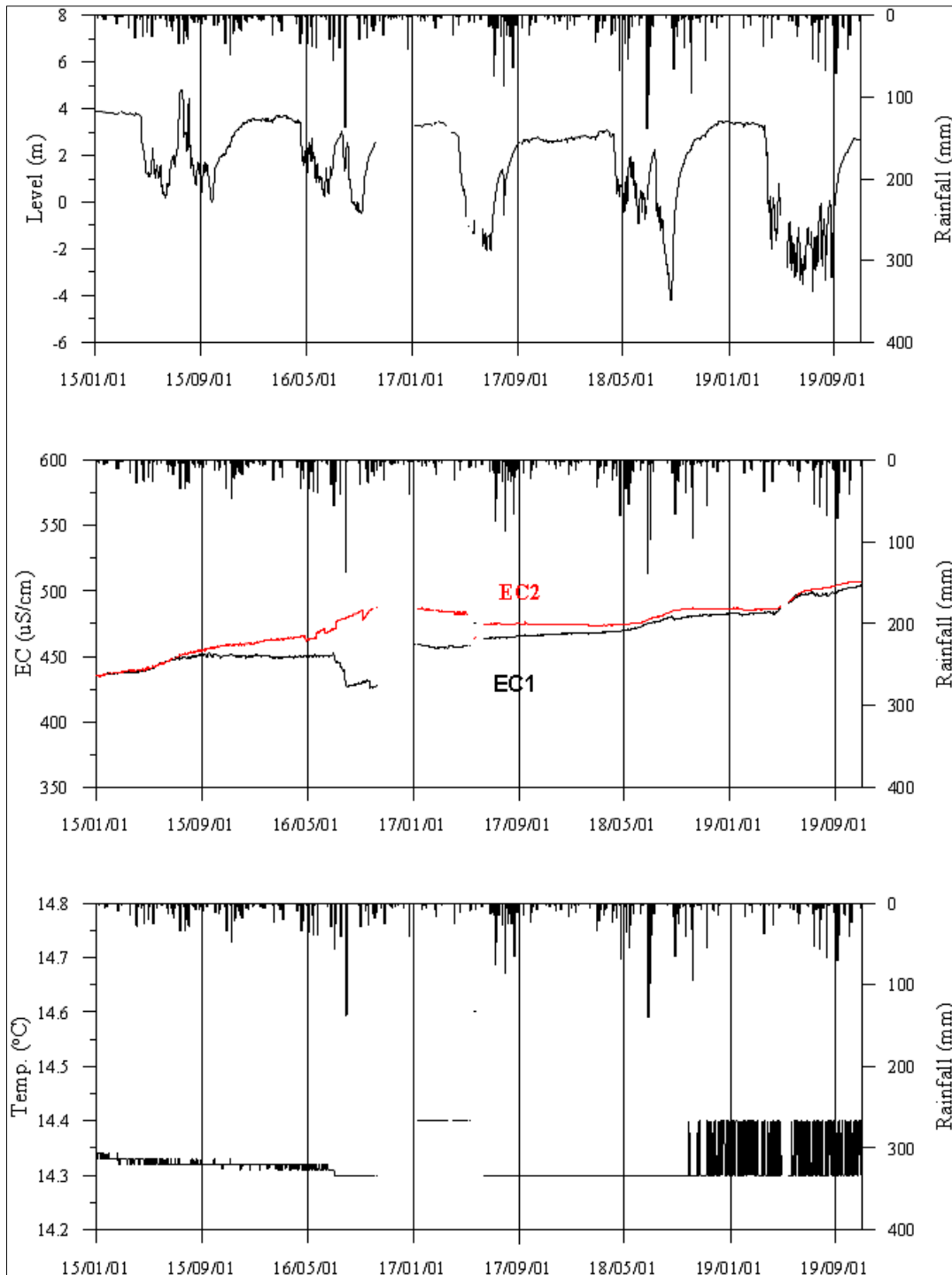
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	남면1	남면2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11	33.88	0.70
	2015. 8	25.49	0.77
	2016. 5	22.92	0.61
	2017. 3	44.63	0.60
	2018. 7	29.37	0.71
	2019. 7	44.77	0.71

5. 장기관측 결과



<남면1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



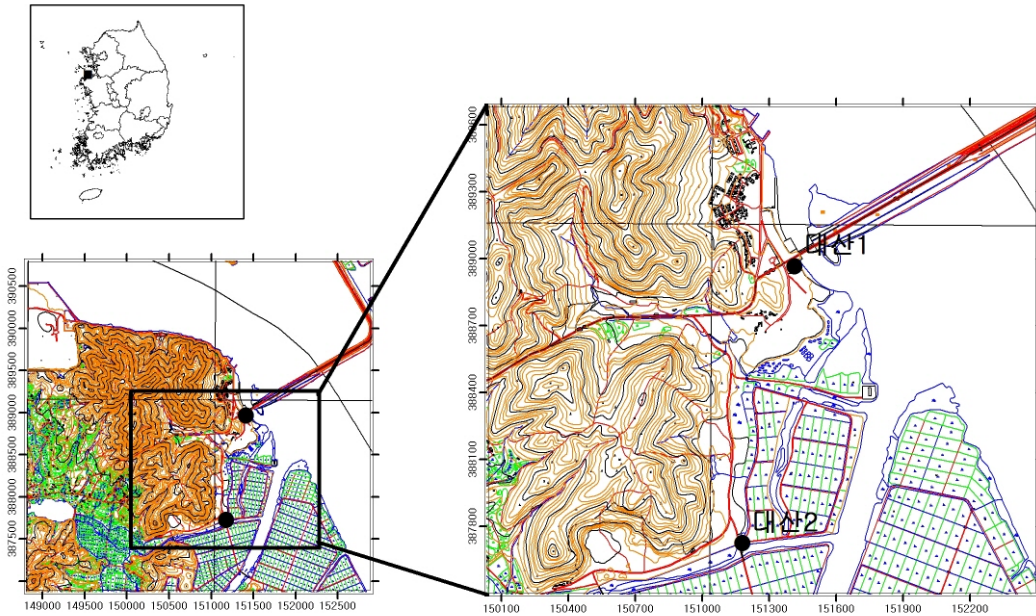
<남면2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 해수썰기 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 3,900 $\mu S/cm$ 으로 증가하는 전이대가 관측되어, 이 구간을 통해 염수의 유입이 발생하는 것으로 판단된다. 전이대 하부의 전기전도도는 2014년 3,200 $\mu S/cm$ 에서 2019년 4,500 $\mu S/cm$ 까지 증가하였다. 남면2 관측공은 전 구간 500 $\mu S/cm$ 이하로 현재까지 해수침투 영향은 발생하지 않은 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 남면1, 남면2 관측공은 각각 (Na+K)-Cl, (Na+K)-HCO₃ 영역이다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 22.92 ~ 44.77, 0.41 ~ 0.77 범위로 나타나, 남면1 관측공에서는 해수의 영향이 큰 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 남면1 관측공에서는 약 6 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, EC1과 EC2의 전기전도도 변화폭은 약 1,500 $\mu S/cm$ 이다. 남면2 관측공에서는 약 4 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, EC1과 EC2의 전기전도도 변화폭은 약 40 $\mu S/cm$ 이다.
- 5) 관리 방안 : 남면1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있지만, 남면2 관측공은 해수침투 현상이 발생하지 않았으므로, 해수침투 확산에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 특히 남면2 관측공 주변 지하수의 경우, 영농에 직접 활용이 가능할지라도 해수썰기의 상승 우려가 있으므로, 적정양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

2.5.8 대산지구

1. 위치

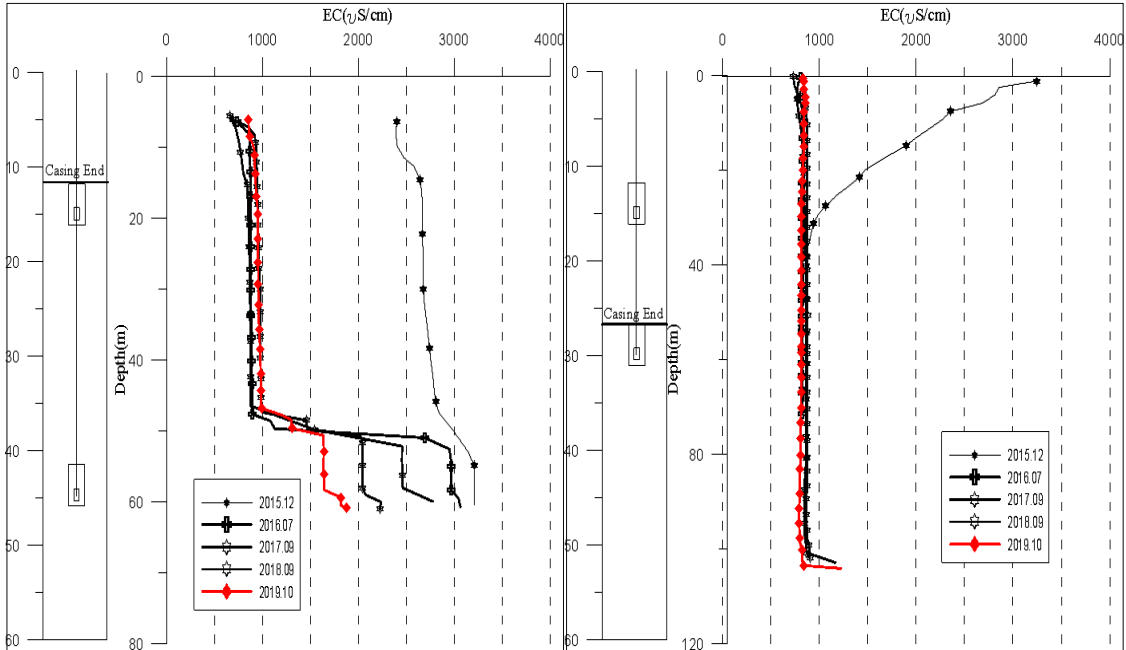


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대산1	서산시 대산읍 화곡리 44-37	151341.6805	388651.8475	6.25	2015	100	0.05
대산2	서산시 대산읍 화곡리 1781	151121.143	387419.6217	1.92	2015	900	1.12

2. 지형 및 지질

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

3. 지하수 검층



<대산1 관측공>

<대산2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

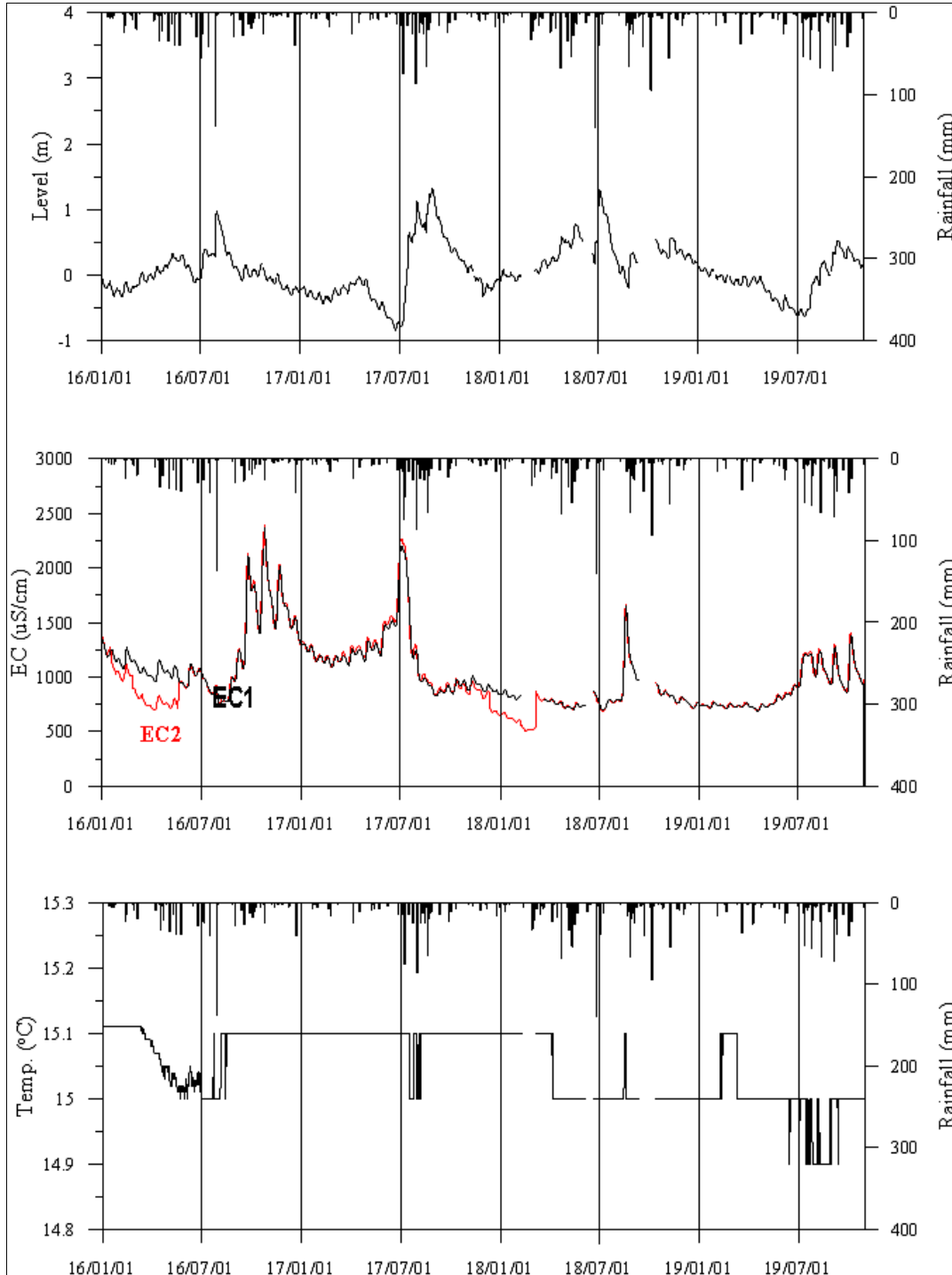
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br	
대산1	(2015.11)	180.00	37.50	12.50	25.10	100.00	744.00	146.00	8.40
	(2016. 5)	139.02	26.25	15.54	15.88	35.90	178.53	189.10	0.66
	(2017. 3)	132.17	19.66	8.94	12.02	31.51	31.51	433.10	N.D.
	(2018. 7)	120.17	16.39	10.41	10.04	25.08	114.75	170.80	0.32
	(2019. 7)	111.59	16.19	9.62	9.82	24.57	96.58	192.15	0.64
대산2	(2015.11)	198.00	42.10	10.60	103.00	130.00	883.00	56.10	2.60
	(2016. 5)	80.87	25.37	5.98	40.63	55.07	164.11	85.40	0.84
	(2017. 3)	88.40	21.44	3.98	32.02	51.83	170.93	103.70	0.63
	(2018. 7)	91.43	22.28	4.98	34.04	49.67	171.44	79.30	0.30
	(2019. 7)	87.60	22.67	4.81	35.82	48.20	160.44	79.30	0.52

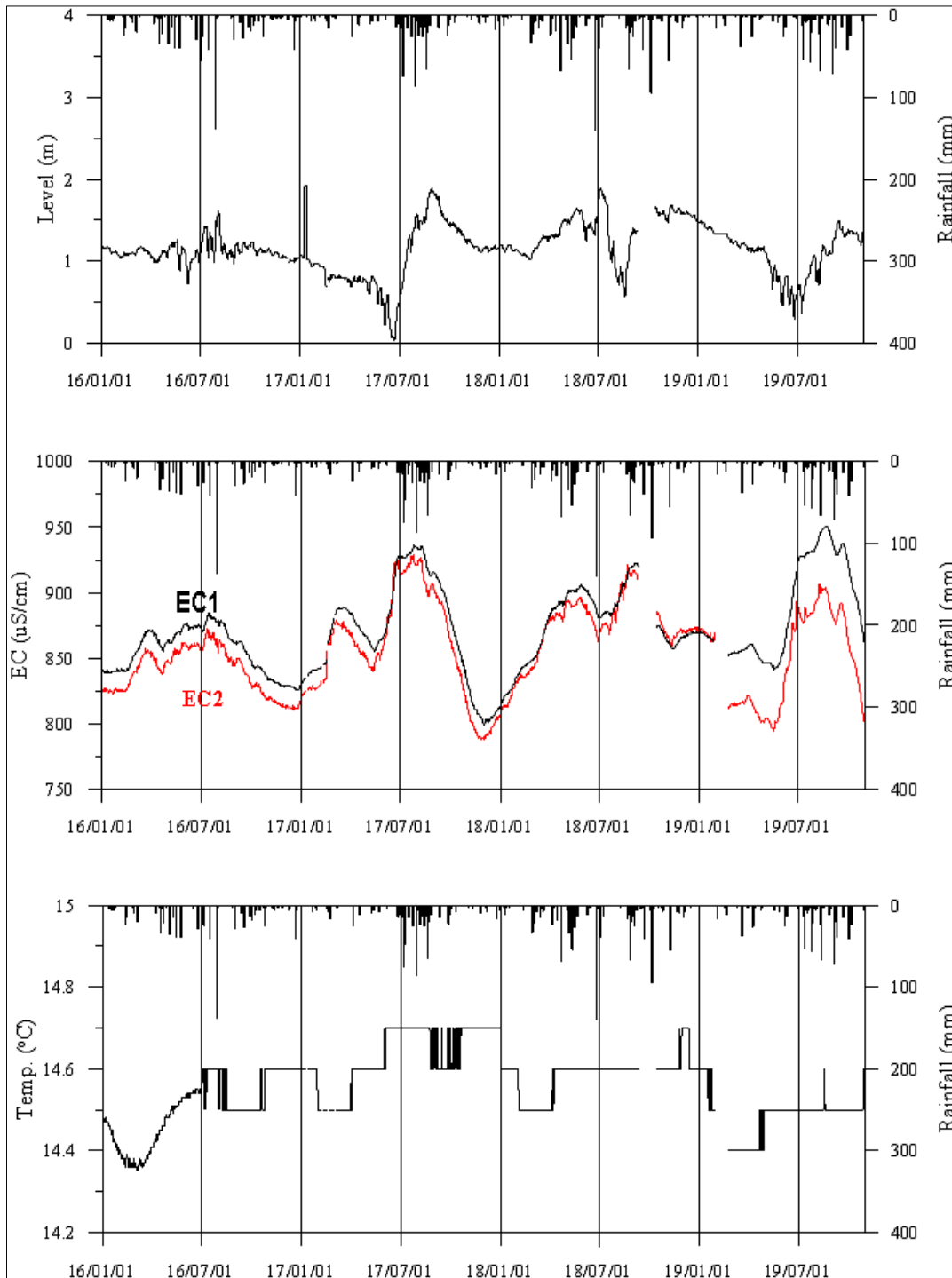
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	대산1	대산2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.11	8.77	27.09
	2016. 5	1.62	3.31
	2017. 3	0.13	2.84
	2018. 7	1.16	3.72
	2019. 7	0.87	3.48

5. 장기관측 결과



<대산1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대산2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

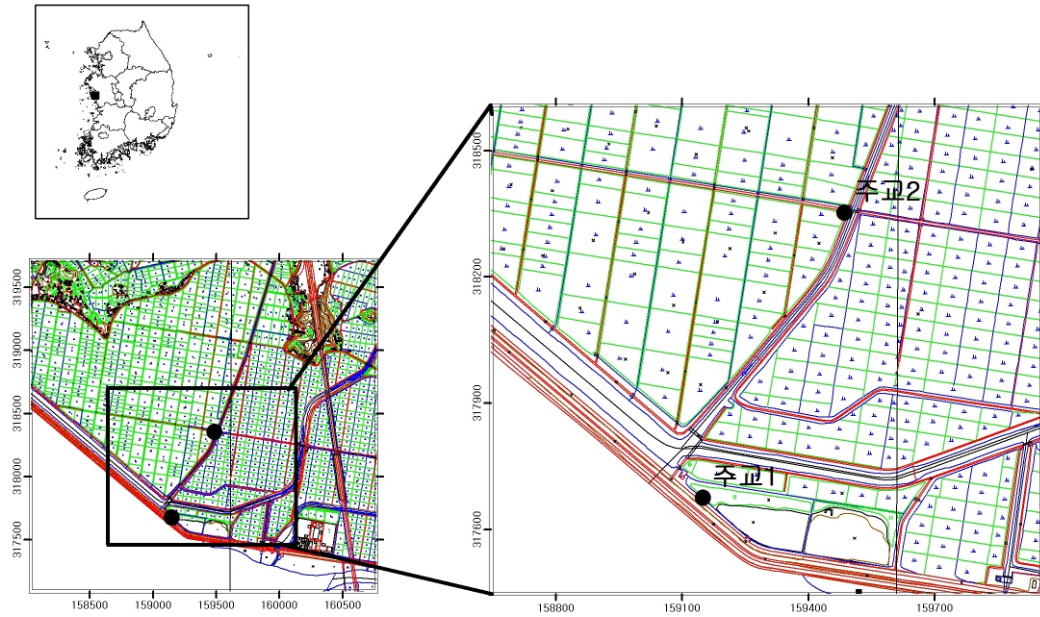
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서산시 대산읍에 위치한 대산지구는 대호방조제 인근에 위치한다. 대산1 관측공은 해안으로부터 약 100 m, 대산2 관측공은 약 900 m로서, 해안으로부터 거리에 따른 해수빼기 위치의 변화 및 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치되었다.
- 2) 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 800 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도를 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 대산1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분류되며, 대산2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분류된다. Cl/HCO₃ 몰비는 0.13 ~ 8.77, 2.02 ~ 27.09 범위로 차이를 나타내고 있어 해수침투 확산에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 4) 장기 관측결과 : 대산1 관측공은 연간 2.5 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 전기전도도 값은 700 ~ 2,400 $\mu S/cm$ 범위에서 지하수위 상승 시 감소하고, 지하수위 하강 시 증가하는 추세가 나타났다. 대산2 관측공은 1 m 내외의 수위변화를 보이며, 전기전도도는 EC1과 EC2가 유사한 변동을 나타내고, 강수량 증가 시 전기전도도가 비례적으로 증가하는 경향을 보인다.
- 5) 관리 방안 : 대산1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있지만, 대산2 관측공의 하부구간에는 해수침투 확산이 발생하지 않았다. 따라서 꾸준한 관찰로 해수침투 확산을 모니터링 해야 한다. 특히 대산2 관측공 주변 지하수의 경우 영농에 직접 활용이 가능할지라도 해수빼기의 상승 우려가 있으므로, 적정 양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

2.5.9 주교지구

1. 위치



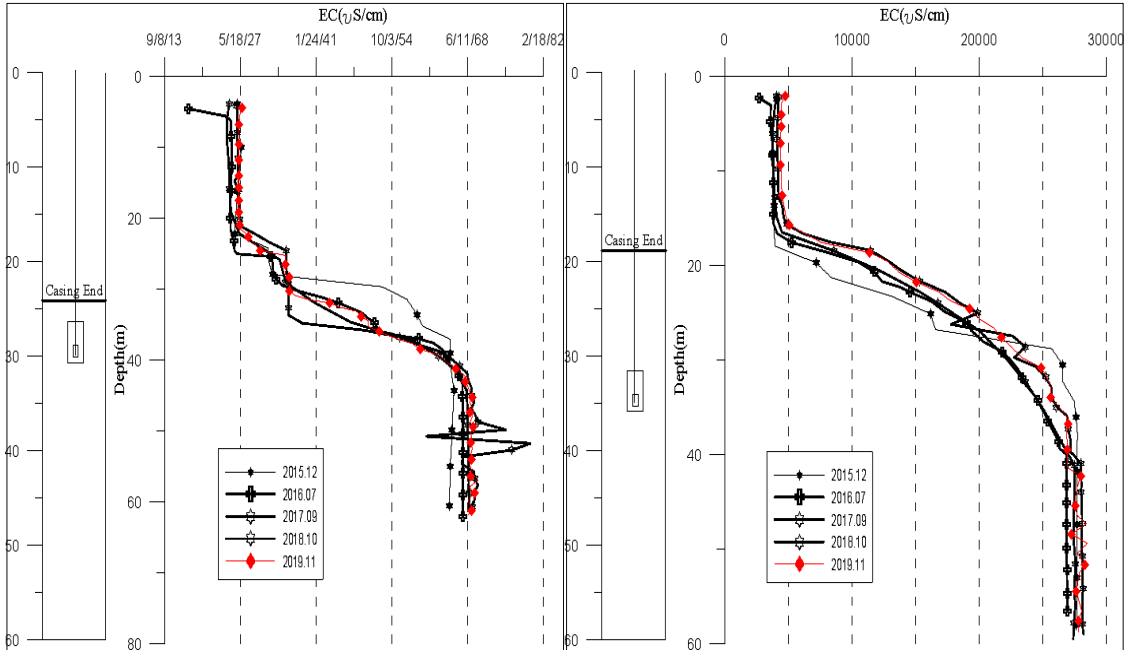
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
주교1	보령시 주교면 주교리 1582-1	159080.6476	317370.1987	4.44	2015	50	0.74
주교2	보령시 주교면 은포리 1618	159416.3821	318047.6126	2.50	2015	800	0.50

* 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. 지하수 검층



<주교1 관측공>

<주교2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

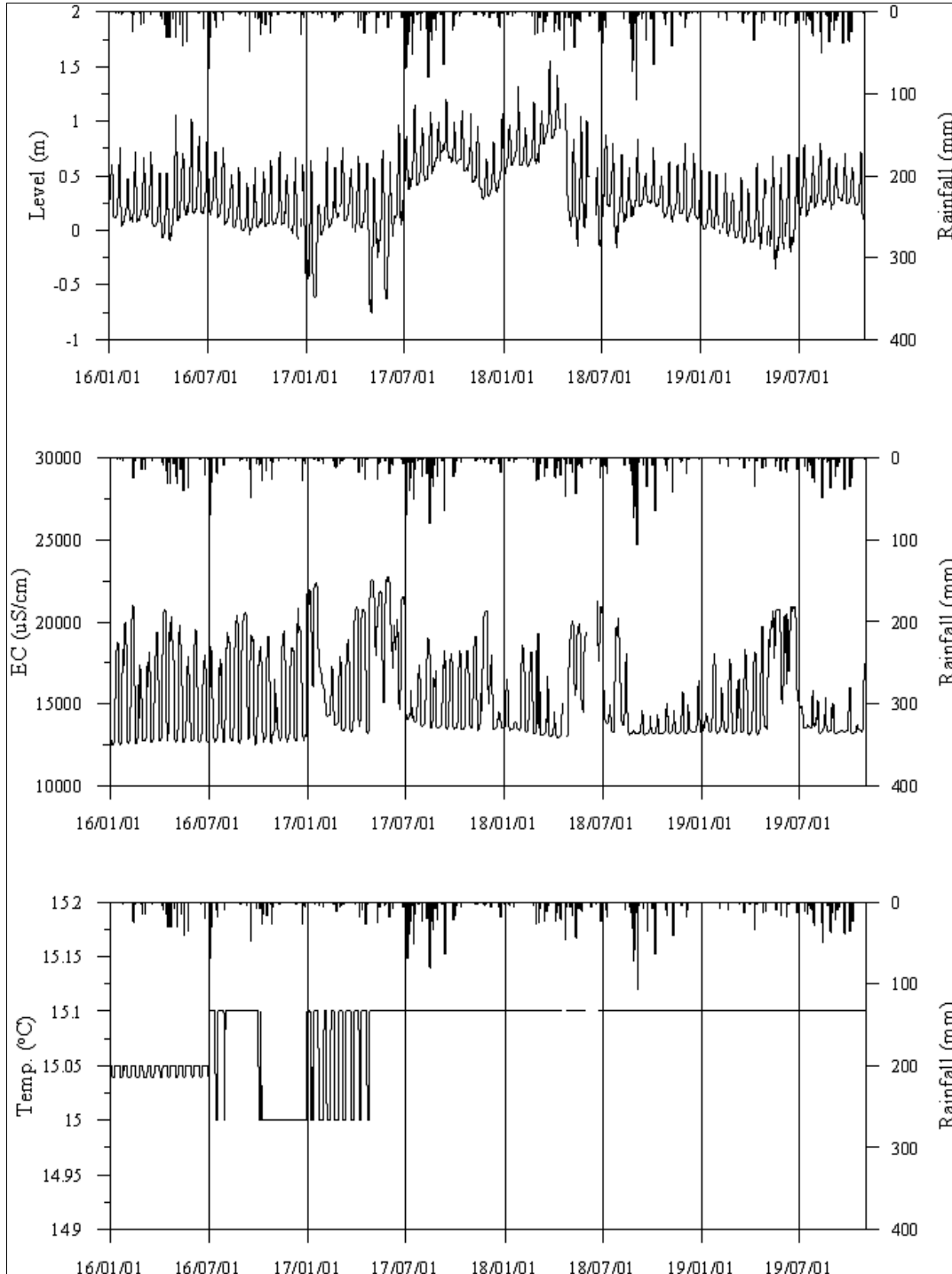
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br	
주교1	(2015.11)	1440.00	217.00	45.20	282.00	467.00	5210.00	68.00	N.D.
	(2016. 5)	2643.91	397.00	94.27	560.02	688.59	5733.04	106.75	N.D.
	(2017. 3)	1857.78	287.77	63.08	375.16	416.49	4224.55	85.40	N.D.
	(2018. 7)	2545.57	336.78	63.93	536.13	545.06	5110.62	70.15	N.D.
	(2019. 7)	1485.78	254.42	70.19	347.40	294.00	3174.46	64.05	23.48
주교2	(2015.11)	1150.00	70.80	25.70	87.50	331.00	2690.00	175.00	N.D.
	(2016. 5)	3540.99	298.35	69.63	402.37	874.43	6061.14	344.65	N.D.
	(2017. 3)	2612.12	184.78	46.61	225.56	517.92	4413.61	301.95	N.D.
	(2018. 7)	4077.44	377.79	58.20	477.64	752.38	6760.50	228.75	N.D.
	(2019. 7)	4080.81	261.75	94.44	300.48	743.79	6456.52	283.65	N.D.

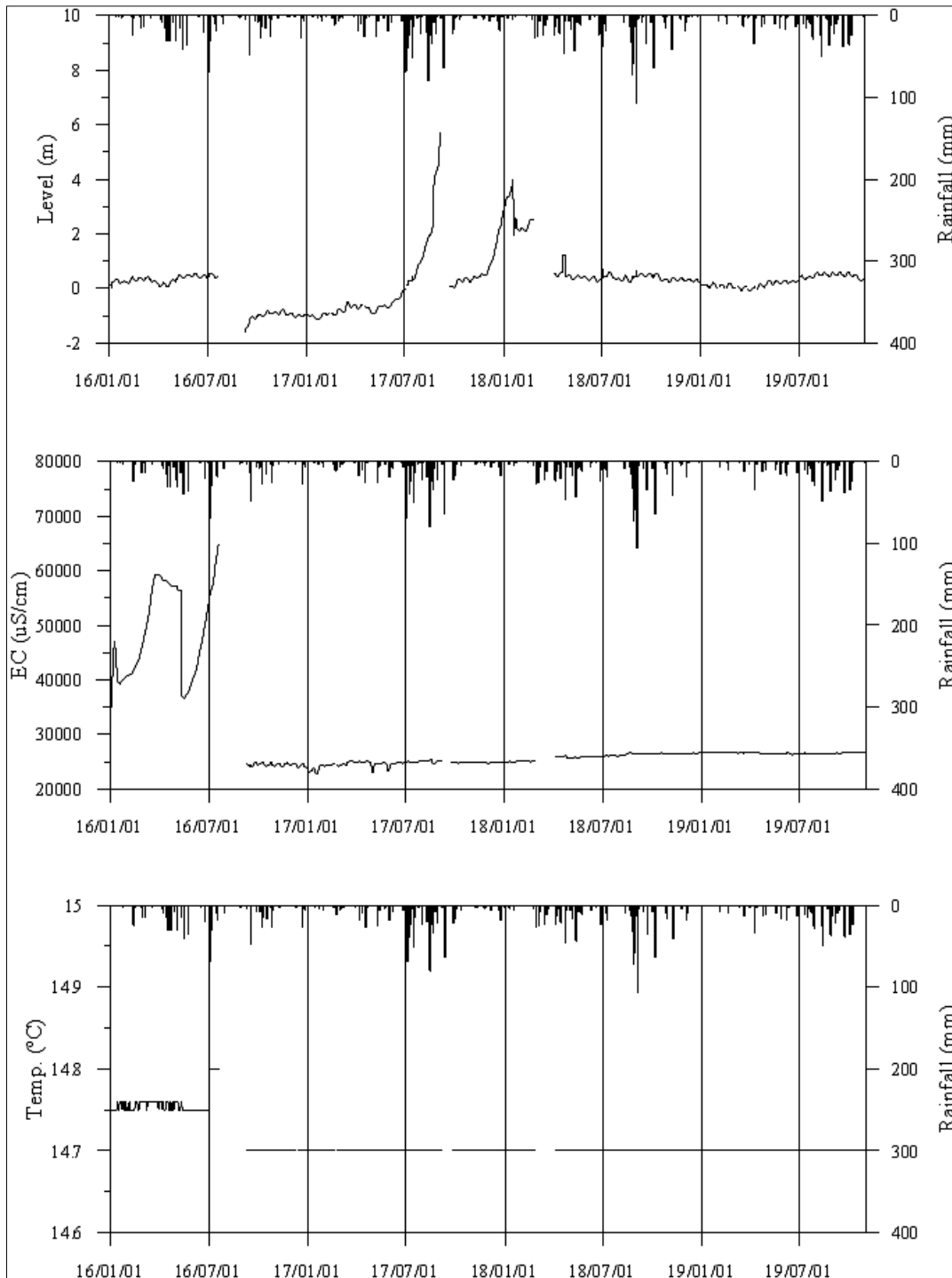
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	주교1	주교2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.11	131.86	26.45
	2016. 5	92.43	30.27
	2017. 3	85.14	25.16
	2018. 7	125.38	50.86
	2019. 7	85.30	39.17

5. 장기관측 결과



<주요1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



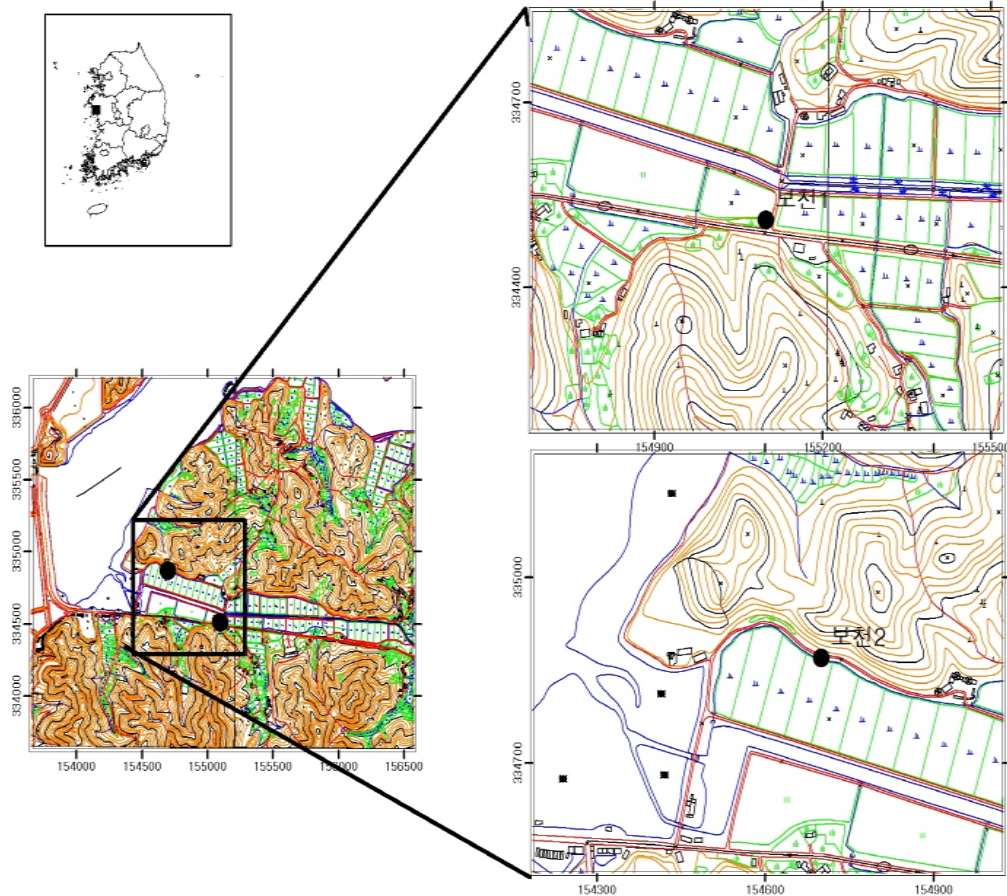
<주교2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

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 해수췌기 위치의 변화 및 내륙방향으로 해수침투 여부를 확인하고자 설치되었다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 주교1, 주교2 관측공은 케이싱 하부 구간에서 각각 전기전도도가 약 10,000 ~ 24,000 $\mu S/cm$ 및 약 4,000 ~ 28,000 $\mu S/cm$ 으로 증가하는 전이대가 관측된다. 높은 전기전도도를 보여 해수침투의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 주교1, 주교2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 해수침투의 영향이 있다. Cl/HCO₃ 몰비는 각 49.56 ~ 131.86, 22.76 ~ 50.86 범위로 심각한 해수침투의 영향을 지시하고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 주교1, 주교2 관측공은 연간 1 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 전기전도도 값은 주교1 관측정은 12,000 ~ 20,000 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 주교2 관측정은 35,000 ~ 60,000 $\mu S/cm$ 범위에서 지하수위 상승 시 감소하고, 지하수위 하강 시 증가하는 경향이 나타나다가, 2016년 이후 약 25,000 $\mu S/cm$ 내외로 일정하게 유지된다.
- 5) 관리 방안 : 주교지구는 하부구간에서 해수침투의 영향을 받고 있어 향후, 꾸준한 관측으로 해수침투 확산에 대한 모니터링이 필수적이다. 따라서 주교1, 2 관측공 주변 지하수는 영농에 활용이 불가능한 것으로 판단된다.

2.5.10 천북지구

1. 위치



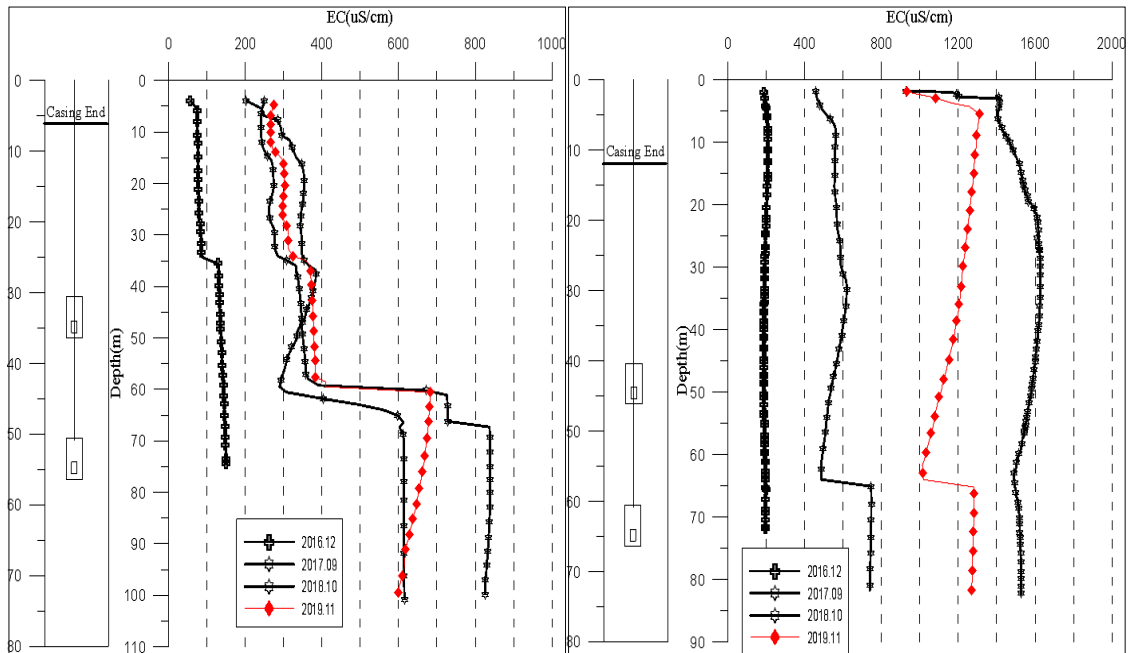
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
천북1	보령시 천북면 장은리 1031-1	155028.8173	334204.3734	5.48	2016	1,000	0.61
천북2	보령시 천북면 장은리 1134	154630.0179	334565.1483	3.67	2016	400	1.97

2. 지형 및 지질

보령시 천북면 장은리에 위치한 천북지구는 홍성방조제 인근에 위치하고 있으

며, 일대에 농경지가 분포하고 있다. 관측공은 해안으로부터 각각 약 400 ~ 1,000 m 내외의 거리에 위치하며, 선캠브리아기 편암류를 기반암으로 제4기 충적층이 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<천북1 관측공>

<천북2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

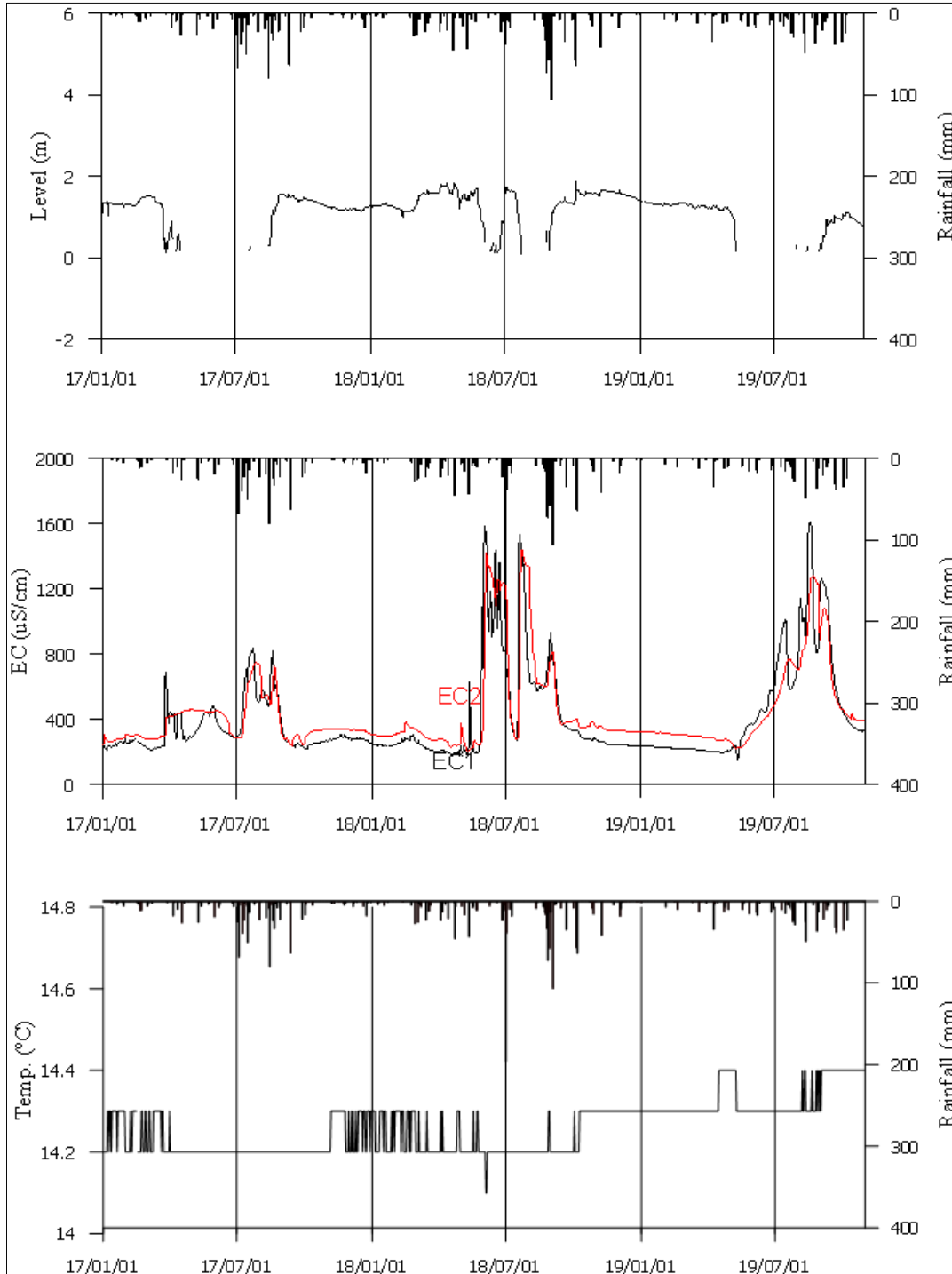
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
천북1	(2016.12)	21.19	3.99	1.20	3.34	4.65	14.04	45.75	0.04
	(2017. 3)	35.33	7.07	2.46	15.13	14.53	35.84	82.35	N.D.
	(2018. 7)	13.59	5.50	0.87	17.34	5.26	13.44	74.73	0.05
	(2019. 7)	15.84	5.04	1.21	13.45	4.92	15.85	64.05	0.07

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
천북2	(2016.12)	101.86	7.25	5.25	21.09	22.46	87.23	154.03	0.70
	(2017. 3)	195.70	25.68	12.05	53.40	72.87	280.44	170.80	1.20
	(2018. 7)	50.53	11.08	3.10	32.74	20.03	78.63	91.50	N.D.
	(2019. 7)	27.16	6.56	2.01	23.95	9.18	31.40	103.70	0.30

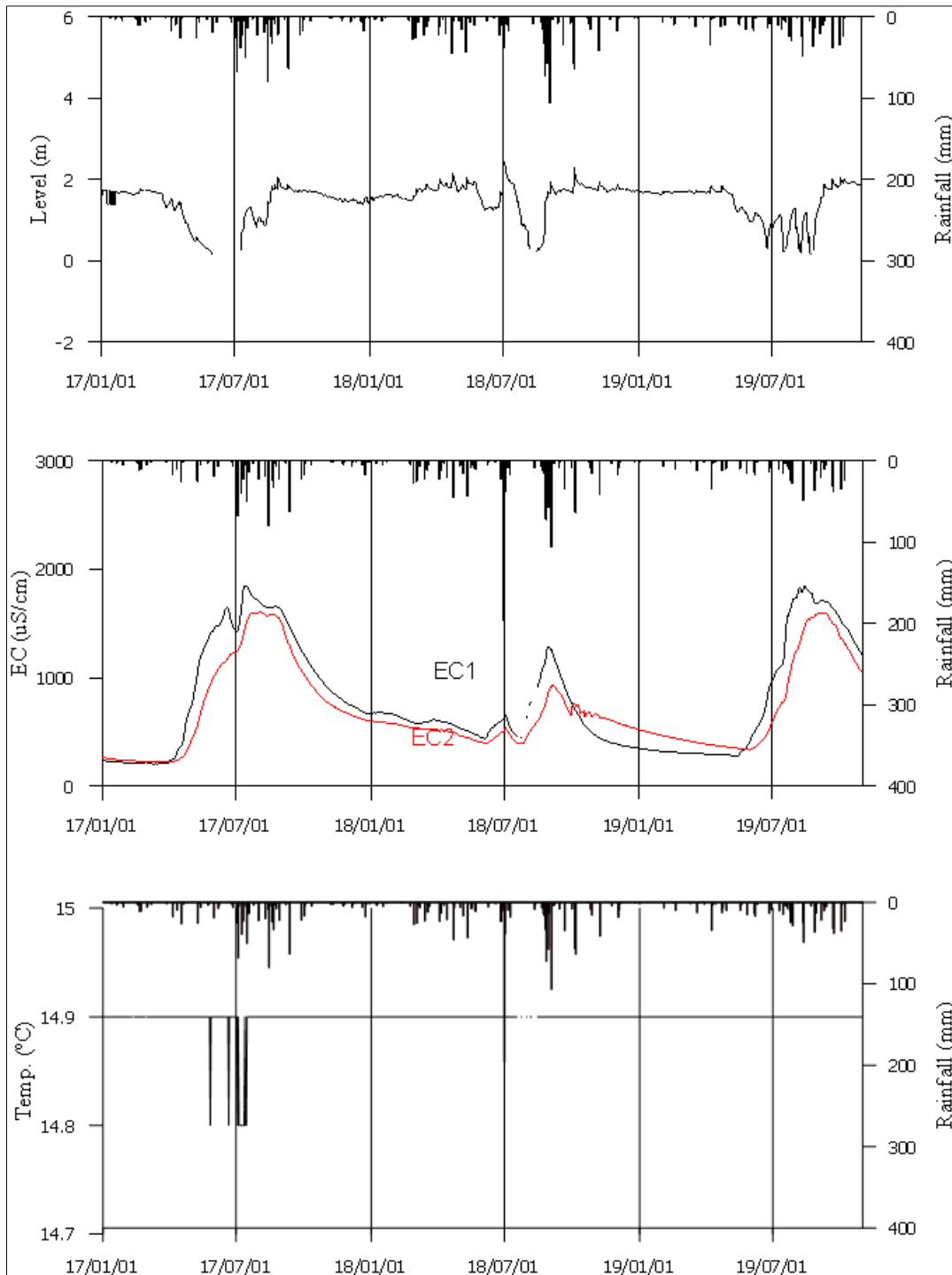
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		천북1	천북2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2016. 9		0.53	0.97
	2017. 3		0.75	2.83
	2018. 7		0.31	1.48
	2019. 7		0.43	0.52

5. 장기관측 결과



<천북1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



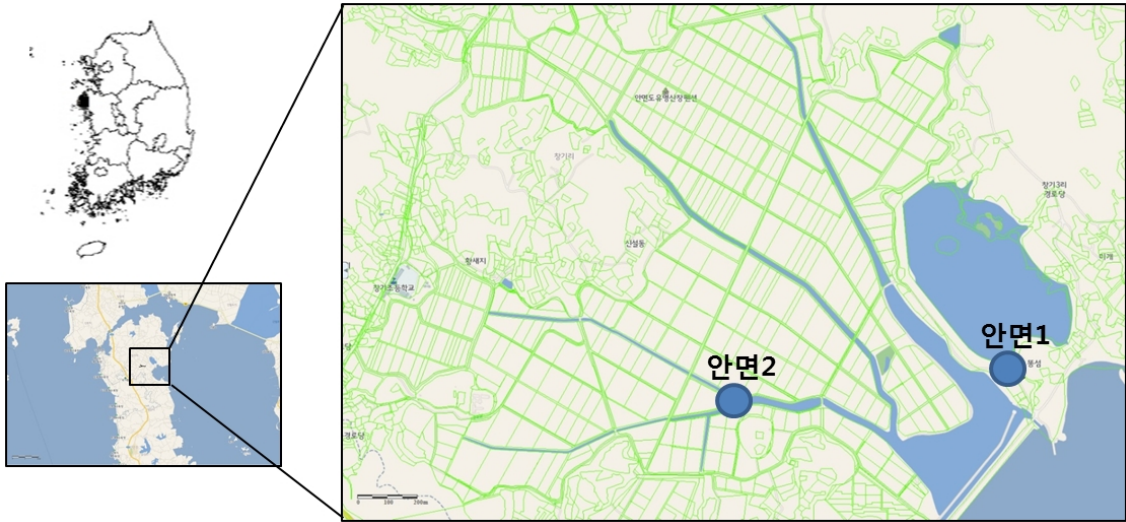
<천북2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 보령시 천북면 장은리에 위치한 천북지구는 홍성방조제 인근에 위치하고 있으며, 주변에 농경지가 분포하고 있다. 지자체에서 농경지에 대한 염수피해 우려로 해수침투 대상지로 신청한 지역이다. 천북1 관측공은 바다로부터 약 1.0 km, 천북2 관측공은 0.4 km 떨어진 내륙에 위치하고 있다. 향후 염수유입 현상이 발생할 수 있으므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 천북1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 50 ~ 800 $\mu S/cm$ 범위이며, 천북2 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 150 ~ 1600 $\mu S/cm$ 범위이다. 천북1 관측공은 2016년에 비해 2017년에 전기전도도가 증가하였는데, 해수의 대수층 과다유입에 의한 항구적인 현상인지 여부를 장기모니터링을 통해 판단하여야 한다. 천북2 관측공은 2017년 1,600 $\mu S/cm$ 로 증가한 전기전도도가 600 $\mu S/cm$ 내외로 감소하였다. 2019년에는 각각 심도 60 m, 65 m에서 전이대가 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 천북1, 천북2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.25 ~ 0.75, 0.30 ~ 2.83 범위로 분석됨에 따라 천북2 관측공은 해수침투의 가능성이 나타남에 따라 정기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 천북1 관측공은 연간 8 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 여름철에 감소하고 이 후 회복된다. EC1, 2 값이 유사하며, 전기전도도 값은 200 ~ 1,600 $\mu S/cm$ 범위이고, 수위와 반비례관계이다. 천북2 관측공은 연간 4 m 내외의 수위변화가 발생하고 있으며, 여름철에 감소하고 이 후 회복된다. EC1, 2 값이 유사하며, 전기전도도 값은 150 ~ 1,900 $\mu S/cm$ 범위이고, 수위와 반비례관계이다.
- 5) 관리 방안 : 천북1, 천북2 관측공은 홍성방조제 인근으로 향후 해수침투 가능성이 나타남에 따라, 관측공 주변 지하수 이용량에 따른 해수침투 영향을 지속적으로 관측할 필요가 있다.

2.5.11 안면지구

1. 위치

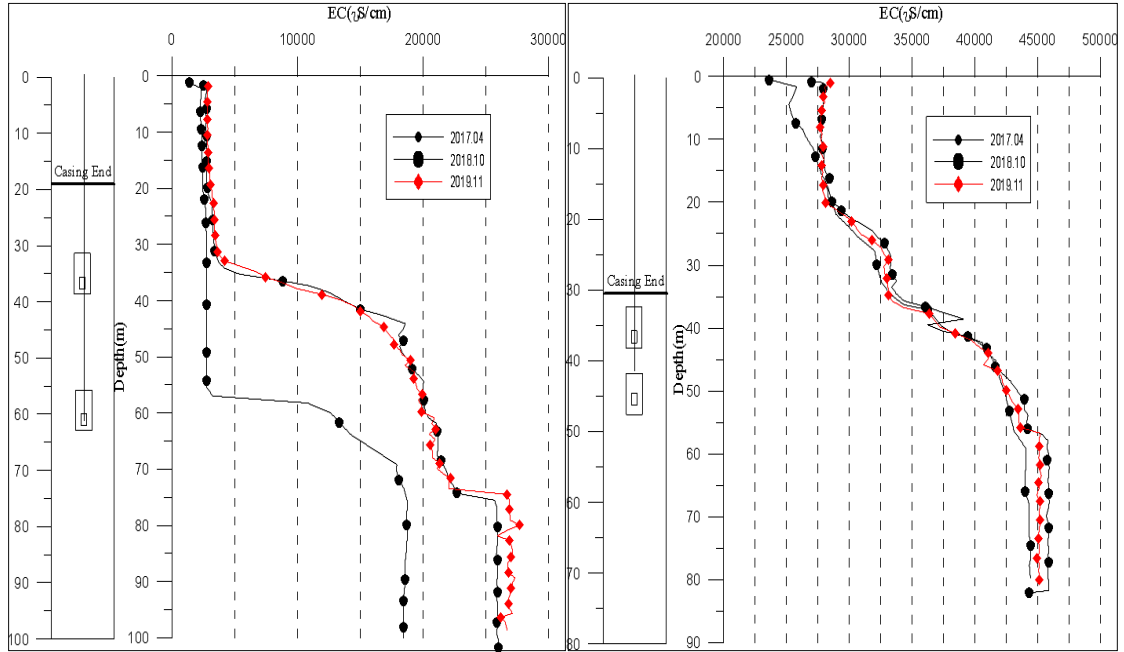


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
안면1	태안군 안면읍 창기리 1995	141770.44	442242.50	-0.92	2017	150	-1.92
안면2	태안군 안면읍 창기리 2303	142872.19	442253.13	0.53	2017	800	-4.47

2. 지형 및 지질

태안군 안면읍 창기리에 위치한 안면1, 안면2 관측공은 태안반도 내 안면도의 북쪽에 위치하며 좌측으로는 서산A지구, 우측으로는 태안해안국립공원이 소재한다. 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지가 소재한다. 안면1 및 안면2 관측공은 해안과 각기 0.15 km 및 0.8 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<안면1 관측공>

<안면2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

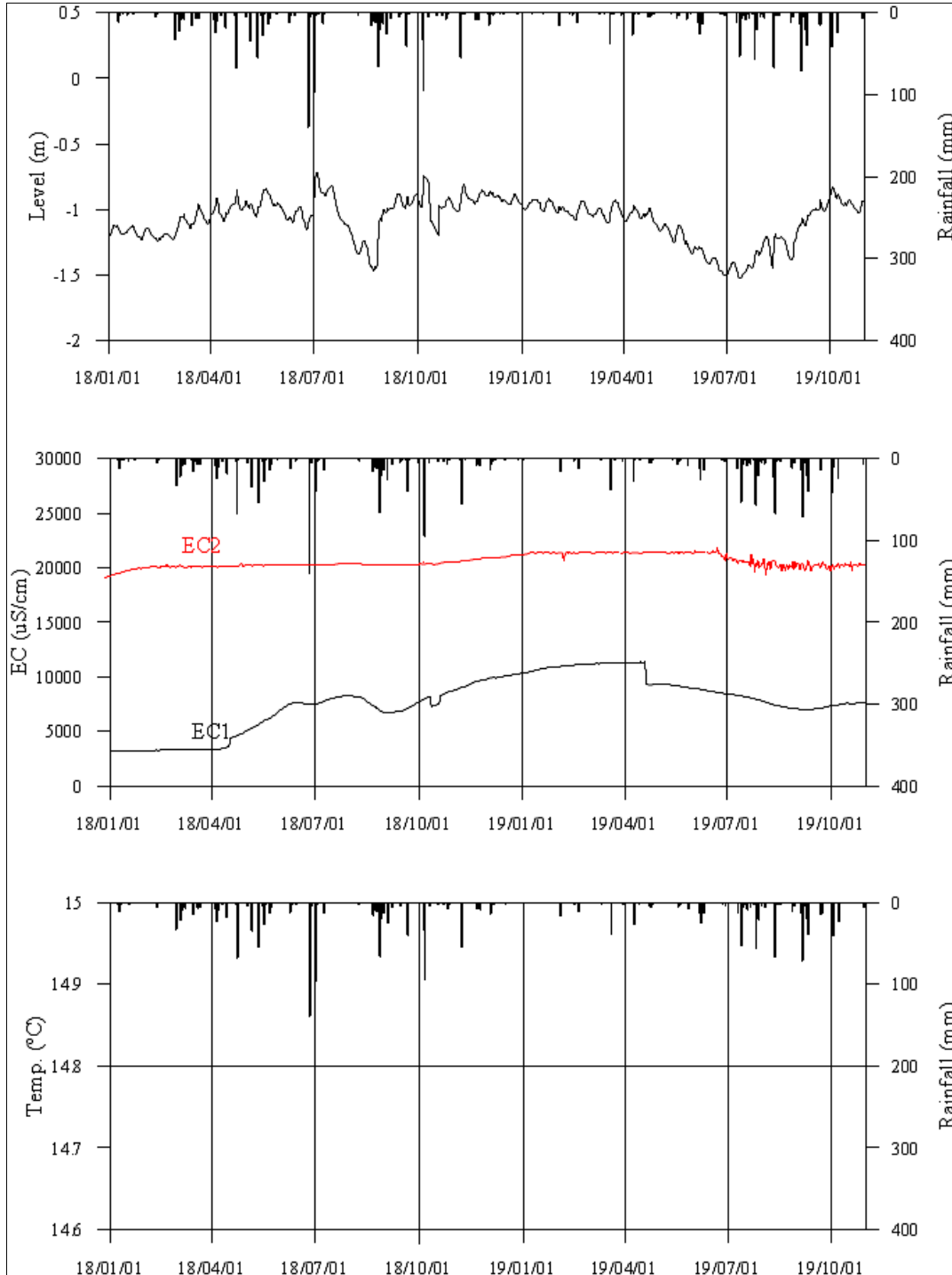
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
안면1	(2017. 3)	474.53	18.99	11.71	12.50	66.56	641.05	131.15	N.D.
	(2018. 7)	2191.68	197.92	39.86	729.87	639.52	5060.26	100.65	12.53
	(2019. 7)	1206.00	126.07	30.50	455.89	366.73	2426.09	123.53	11.29
안면2	(2017. 3)	4565.17	629.49	64.43	1251.66	1225.26	9523.08	128.10	N.D.
	(2018. 7)	5822.06	749.43	29.44	1566.42	1558.99	11510.73	94.55	38.64
	(2019. 7)	5349.56	638.51	63.26	1437.05	1462.91	10480.74	83.88	N.D.

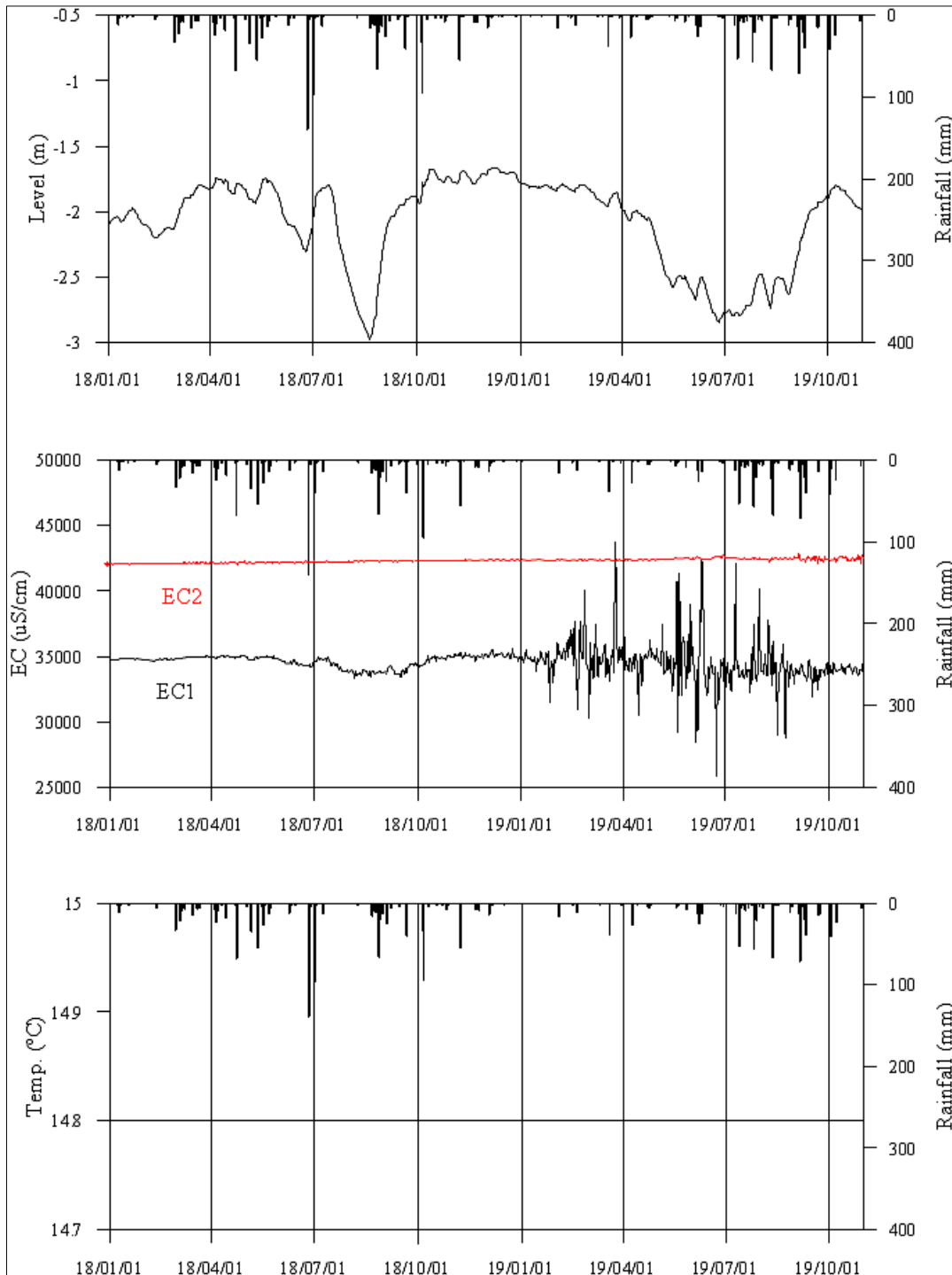
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		안면1	안면2
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2017. 3		8.40	127.74
	2018. 7		86.53	209.52
	2019. 7		33.80	215.04

5. 장기관측 결과



<안면1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<안면2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

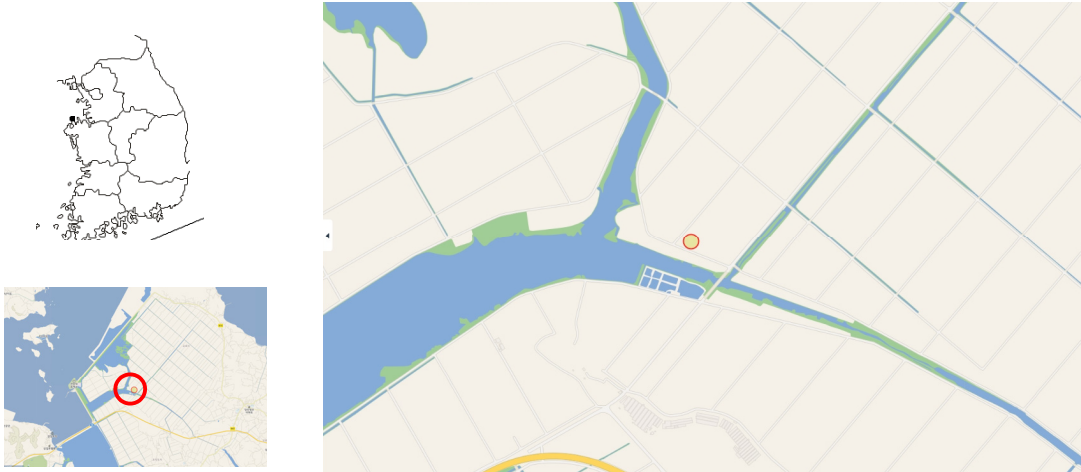
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 태안군 안면읍 창기리에 위치한 안면1, 안면2 관측공은 태안반도 내 안면도의 북쪽에 위치하며 좌측으로는 서산A지구, 우측으로는 태안해안 국립공원이 소재한다. 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지가 소재한다. 안면1 및 안면2 관측공은 해안과 각기 0.15 km 및 0.8 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 안면1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 50 지점에 전이대가 발달하고 있으며, 2019년 전이대가 지표 하 30 m 지점까지 상승하고, 전기전도도 상승 또한 26,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 경향이 나타난다. 안면2 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 27,000 ~ 45,000 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도가 깊어질수록 증가한다. 2019년 뚜렷한 변화 양상은 나타나지 않는다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 안면1, 안면2 관측공은 모두 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 33.8, 215.04으로 분석됨에 따라 두 지역 모두 해수침투가 발생하는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 안면1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변동폭은 1 m 이내이다. 특히, EC2 센서는 20,000 $\mu S/cm$ 내외의 값을 유지하였다. 안면2 관측공의 경우 지하수위는 변동폭은 1.5 m 내외이며, 전기전도도는 35,000 $\mu S/cm$, 42,000 $\mu S/cm$ 로 일정한 값을 나타내고 있다.
- 5) 관리 방안 : 안면1, 2 관측공은 해수침투가 심각하게 발생하였으므로 지하수 이용을 규제하고 타수자원의 이용을 모색할 필요가 있다. 또한 안면1 관측공의 경우 해수영향을 받고 있으므로, 향후 해수침투 증가여부 등을 지속적으로 관측할 필요가 있다.

2.5.12 석문지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
석문1	당진시 석문면 교로리 2421	154423.010	491198.141	0.00	2019	1,900	-0.32

2. 지형 및 지질

이 지구는 당진시 석문면의 대호방조제 동측부에 위치한 지구로, 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체에 해당되며, 주변지역에 산성암맥류가 분포하고 있다.

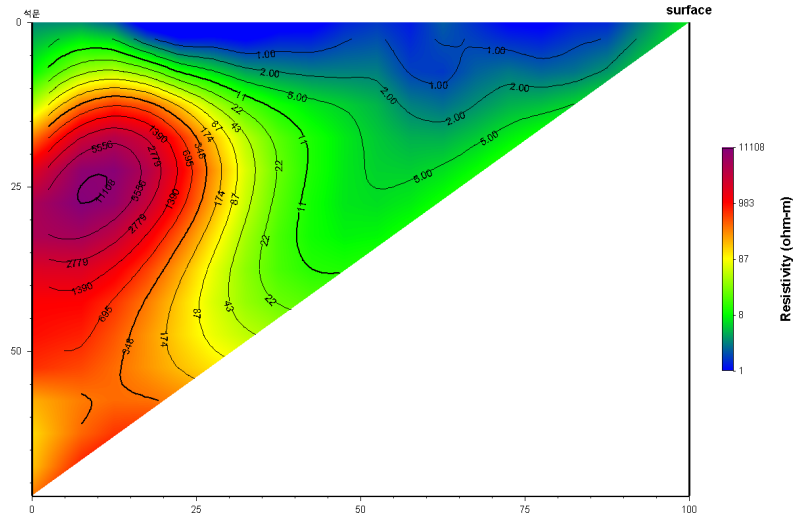
3. 대수층 수리지질현황

석문1 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 전기비저항 토모그래피와 양수시험 및 물리검층을 실시하였다.

◎ 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사

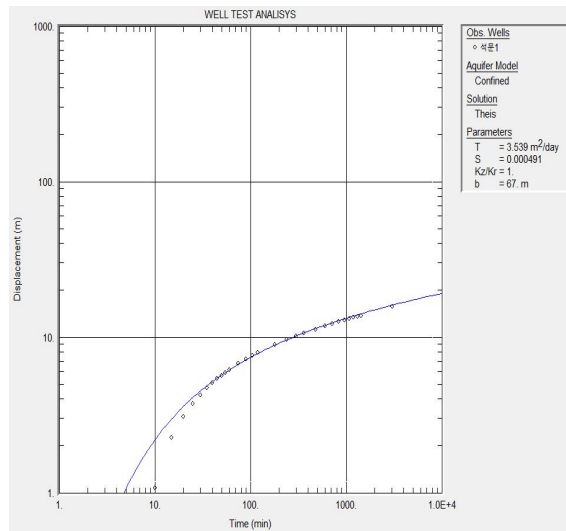
석문1 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피를 수행하였다. 전극배열 방법

은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다. 토모그래피 결과, 시추공에서 멀어질수록 낮은 전기비저항이 깊게 분포하였다. 특히, 깊이 20 m 이내의 낮은 심도에서 매우 낮은 전기비저항이 관찰되었다. 전기비저항 분포로부터 시추공 주변의 낮은 심도에 대한 대수층 특성을 확인할 수 있었다.



<석문1 관측공 토모그래피>

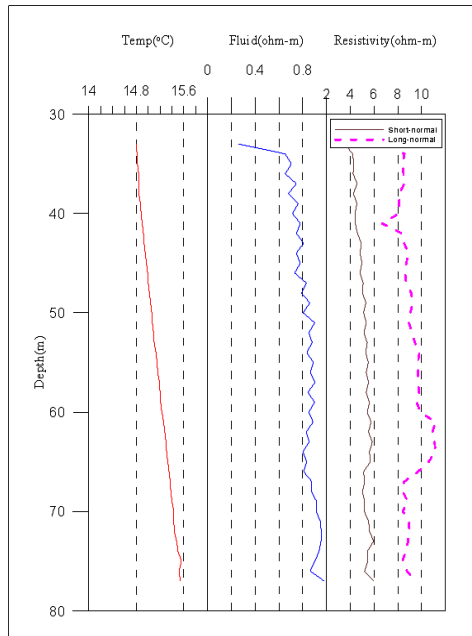
◎ 양수시험



<석문1 관측공 양수시험>

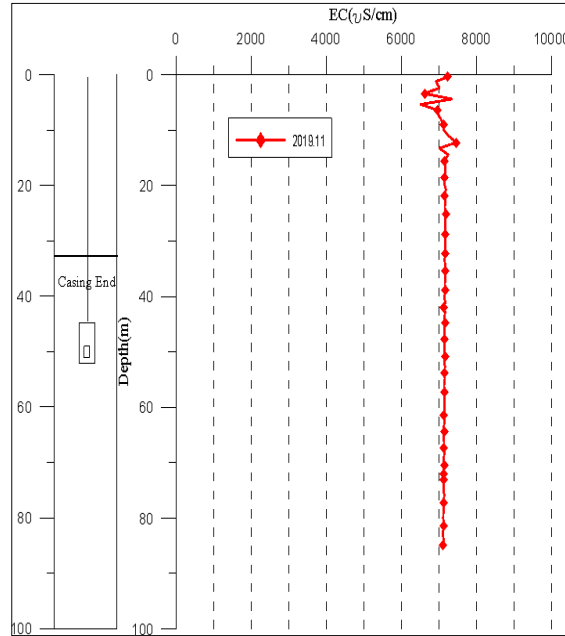
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
석문1	114	3.539	6.114×10 ⁻⁵	67.0

◎ 물리검층



<석문1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<석문1 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^-
석문1 (2019.12)	1091.41	208.89	43.26	291.68	8.66	2773.44	76.25	13.96

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	석문1
Cl/HCO_3 몰비	2019.12	62.60

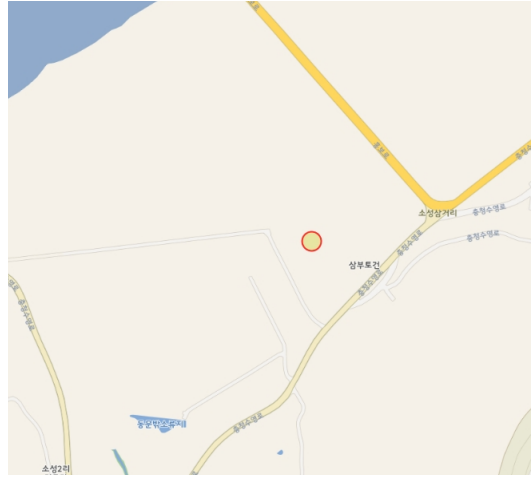
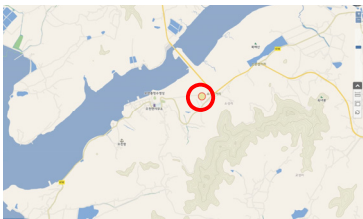
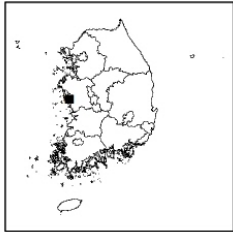
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 석문1 관측공은 2019년에 설치한 관측망으로 해안에서 약 1.9 km 떨어진 지점에 설치하였다. 해안가 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위한 모니터링 목적으로 사용될 예정이다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 석문1 관측공의 양수시험 결과 투수량계수는 $3.539 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $6.114 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 온도와 공내수의 비저항은 심도가 증가할수록 점차 증가하는 경향을 보였으며, 장노말 전기비저항 검층결과, 심도 42 m 부근에서 소규모 파쇄대에 의한 이상 반응이 나타났다. 그 외의 다른 구간에서는 단노말(16 ")과 장노말(64 ") 검층결과 뚜렷한 이상대는 나타나지 않았다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 석문1 관측공은 모든 심도에서 $7,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외로 나타남에 따라 해수침투의 가능성을 지속적으로 모니터링 해야 할 필요가 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 석문1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 62.60으로 해수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 석문1 관측공은 해수침투가 발생하고 있는 것으로 나타남에 따라 향후 장기 수위, EC, 온도에 대한 지속적인 모니터링을 통해 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.5.13 소성지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
소성1	보령시 오천면 소성리 873	157906.572	426944.454	2.10	2019	40	-3.05

2. 지형 및 지질

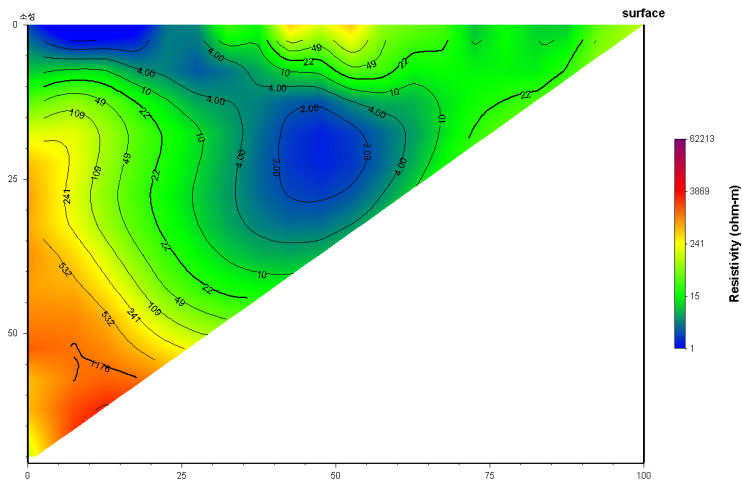
이 지구는 충남 보령시 오천면 일대에 위치하고 있으며, 관측공은 해안으로부터 각각 약 40 m 내외의 거리에 위치한다. 선캠브리아기 편암류를 기반암으로 제4기 충적층이 피복하고 있다.

3. 대수층 수리지질현황

소성1 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 전기비저항 토모그래피와 양수시험 및 물리검층을 실시하였다.

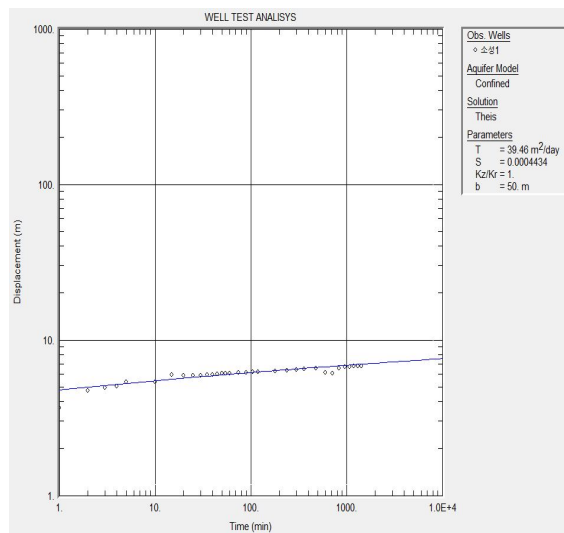
◎ 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사

소성1 관측공의 단일 시추공을 이용한 토모그래피를 수행하였다. 전극배열 방법은 변형된 단극배열(modified pole-pole array)을 이용하였다. 해석 시에는 시추공 지표간(hole-to-surface survey) 복합연산(joint inversion)을 이용하였다. 탐사결과 시추공에서 멀어질수록 10 ohm-m 이하의 낮은 전기비저항이 깊게 분포하였다. 이로부터 지하수의 유동 방향이 시추공으로부터 멀어지는 방향임을 추정할 수 있다.



<소성1 관측공 토모그래피>

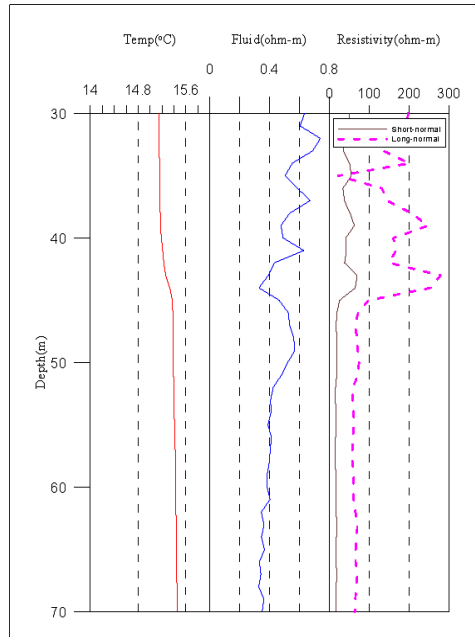
◎ 양수시험



<소성1 관측공 양수시험>

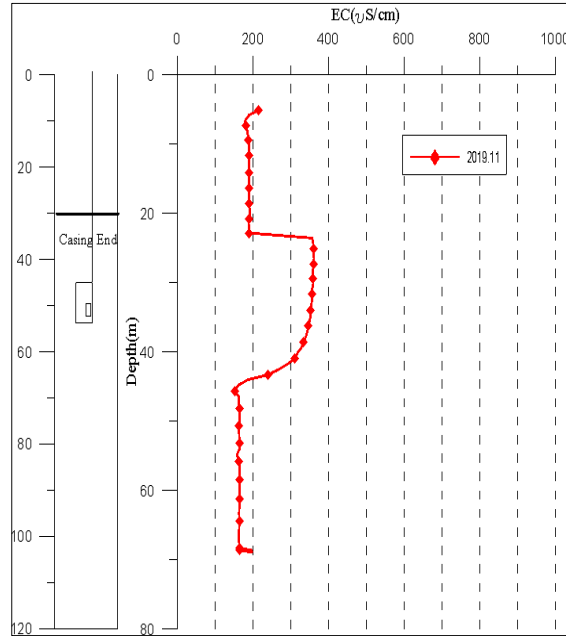
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
소성1	152	39.46	9.134×10 ⁻⁴	50.0

◎ 물리검층



<소성1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<소성1 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^-
소성1 (2019.12)	35.60	5.48	1.16	8.17	2.01	53.53	39.65	N.D.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	소성1
Cl/HCO ₃ 몰비	2019.12	2.32

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 소성1 관측공은 2019년에 설치한 관측망으로 해안에서 약 40 m 떨어진 지점에 설치하였다. 해안가 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위한 모니터링 목적으로 사용될 예정이다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 소성1 관측공의 양수시험 결과, 투수량계수는 $39.46 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $9.134 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 공내수와 노말 전기비저항 검층결과, 심도 45 m 이내에서 극심한 전기비저항 변화가 관찰되었다. 그 외의 다른 구간에서는 단노말(16")과 장노말(64") 검층결과 뚜렷한 이상대는 나타나지 않았다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 소성1 관측공은 25 ~ 45 m 심도에서 상대적으로 높은 전기전도도가 나타남에 따라 해수침투의 가능성을 지속적으로 모니터링 해야 할 필요가 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 소성1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 2.32로 해수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 소성1 관측공은 해수침투 발생 추이 분석을 위하여 향후 장기 수위, EC, 온도에 대한 지속적인 모니터링을 통해 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

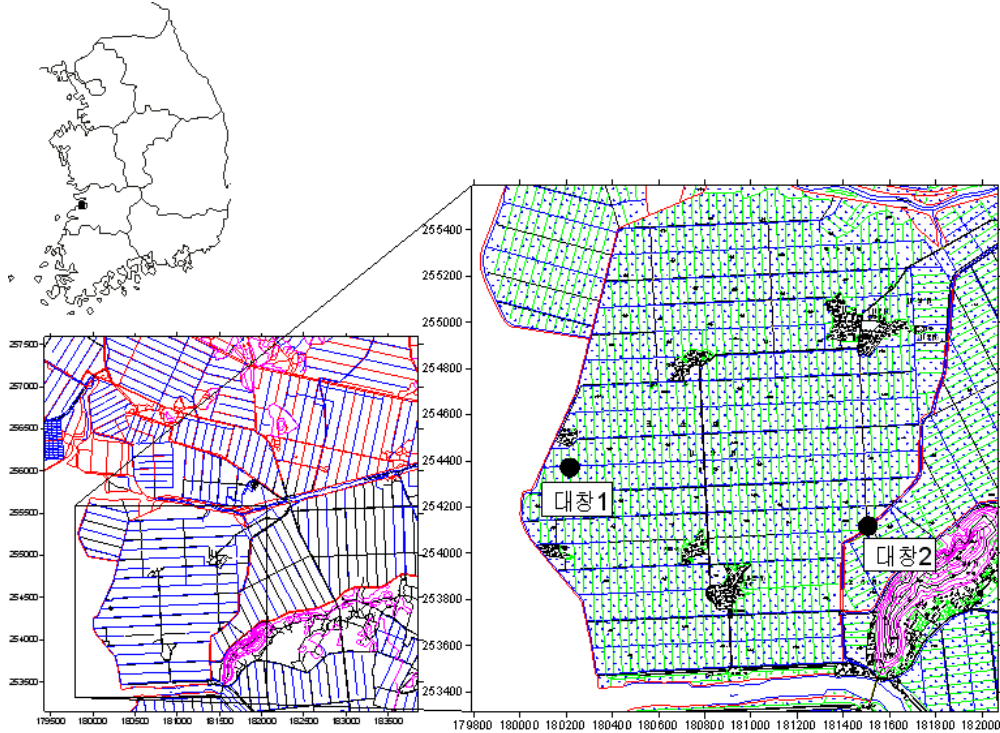
부록 2.6 전라북도

2.6.1 대창지구(김제시)	부록 - 291
2.6.2 변산지구(부안군)	부록 - 298
2.6.3 자룡지구(고창군)	부록 - 305
2.6.4 금평지구(고창군)	부록 - 310
2.6.5 내흥지구(군산시)	부록 - 315
2.6.6 보안지구(부안군)	부록 - 321
2.6.7 송현지구(고창군)	부록 - 325

부록 2.6 전라북도

2.6.1 대창지구

1. 위치

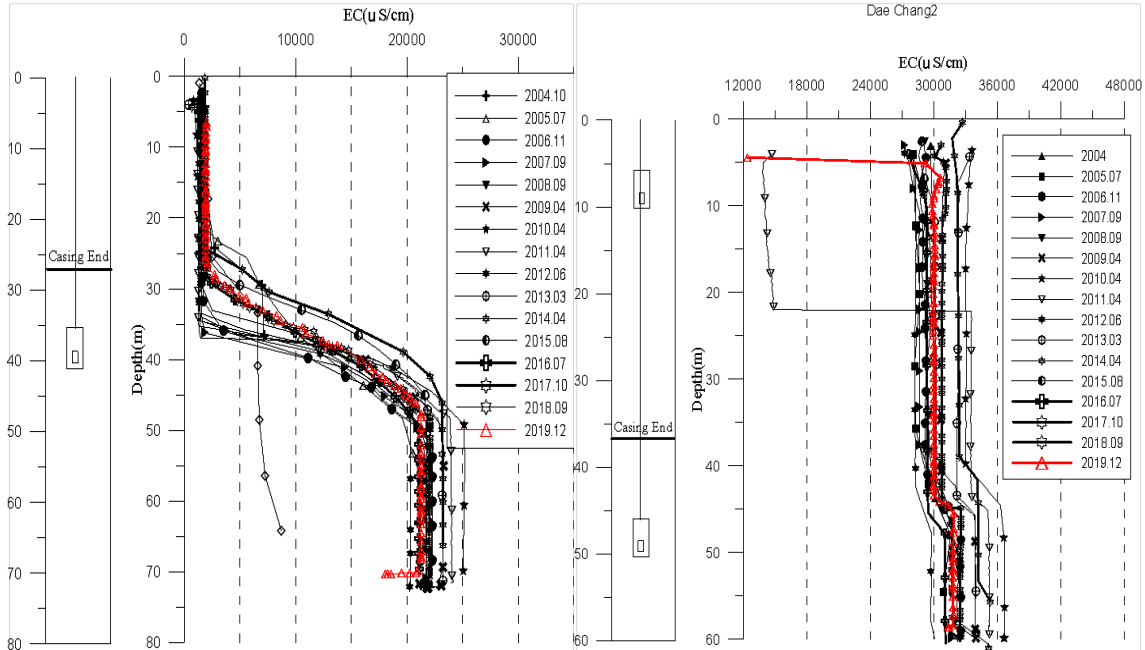


관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
대창1	김제시 죽산면 대창리 565-5	180217.970	254371.180	3.74	2003	150	-0.10
대창2	김제시 죽산면 대창리 608	181508.598	254118.621	3.96	2004	1,450	1.75

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)

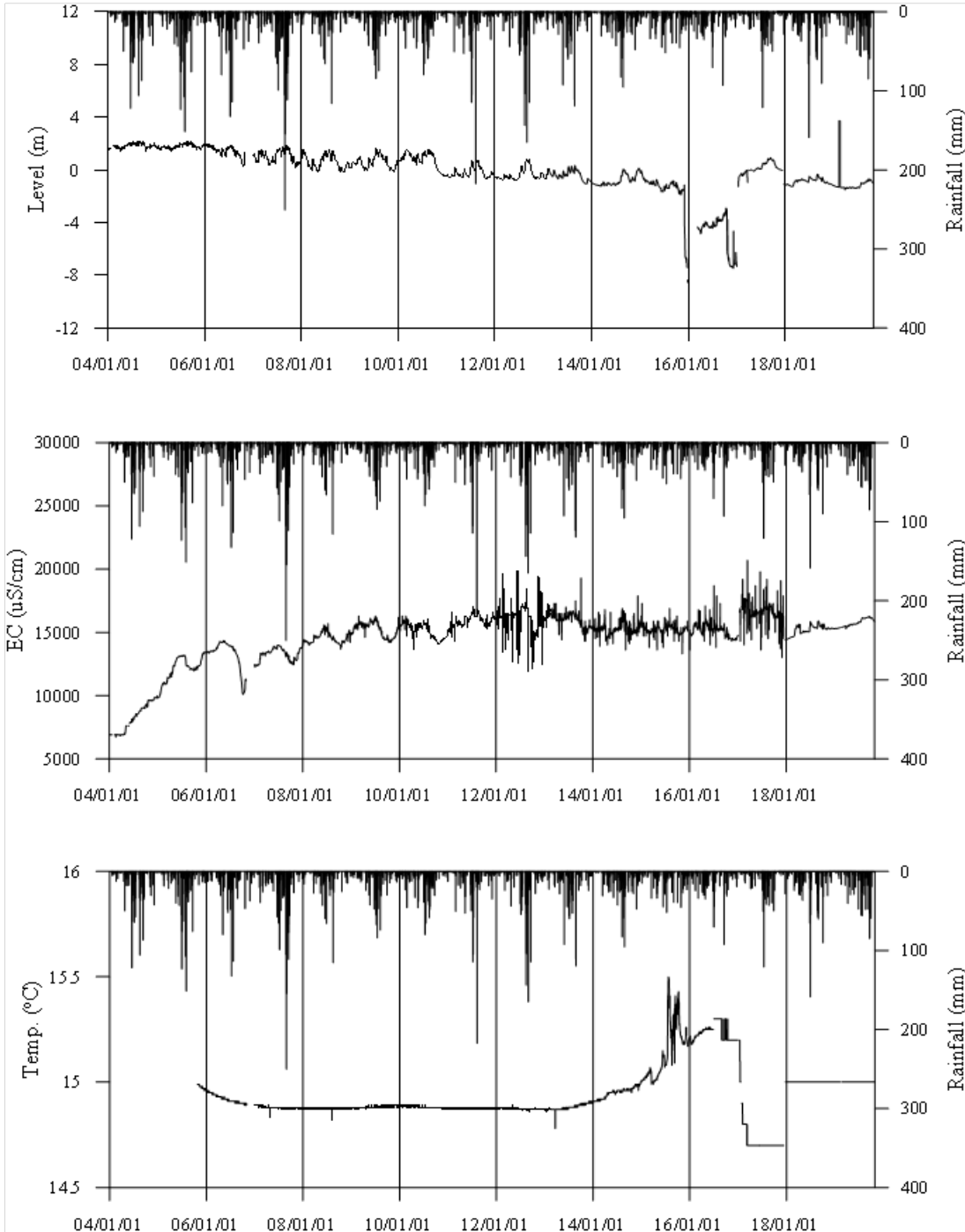
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
대창1	(2003. 9)	409.44	27.51	18.16	63.28	101.30	1045.57	333.00	43.34
	(2004.10)	703.68	80.73	14.44	360.80	64.30	2099.50	157.38	10.16
	(2005.10)	359.39	30.03	18.77	86.55	59.08	679.61	222.65	2.76
	(2006.11)	337.51	17.22	16.56	55.51	30.98	537.52	204.35	N.D.
	(2007.10)	401.24	26.60	18.51	130.65	18.09	807.99	201.30	N.D.
	(2008.10)	307.50	7.58	11.27	20.79	1.76	379.40	201.30	3.82
	(2009. 4)	283.36	6.22	14.70	16.29	0.84	372.27	195.20	2.85
	(2010. 4)	516.79	52.15	13.72	262.16	4.19	1299.43	158.60	5.18
	(2011. 4)	329.57	9.12	0.83	44.58	N.D.	488.50	144.88	N.D.
	(2012. 6)	414.17	44.59	13.30	246.08	2.81	1149.79	99.13	4.19

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
대창1	(2013. 3)	1328.24	251.67	21.06	1449.13	15.85	5529.42	94.55	N.D.
	(2014. 4)	1343.37	250.47	15.76	1317.37	120.13	4574.75	79.30	0.00
	(2015. 4)	312.31	14.74	13.65	65.61	7.35	628.23	53.38	N.D.
	(2016. 7)	337.70	10.00	9.40	43.30	0.00	629.70	73.80	N.D.
	(2017.10)	351.62	7.02	12.96	37.98	9.49	584.34	24.41	N.D.
	(2018. 7)	398.76	10.21	11.31	58.56	N.D.	663.40	42.70	2.06
	(2019. 5)	337.12	7.84	11.47	46.38	1.40	615.09	36.60	n.d.
대창2	(2004.10)	4523.69	571.99	38.36	640.93	508.88	8838.87	545.34	67.45
	(2005.10)	4059.75	693.97	49.17	676.12	635.96	10057.65	594.75	43.85
	(2006.11)	5602.79	714.45	36.31	647.54	500.86	10658.30	527.65	N.D.
	(2007.10)	4849.21	648.59	39.56	615.73	533.85	9070.32	829.60	N.D.
	(2008.10)	5179.03	642.73	507.23	528.69	540.14	10508.43	427.00	32.93
	(2009. 4)	4297.06	697.48	55.83	573.92	533.55	9794.80	423.95	88.94
	(2010. 4)	5721.35	639.04	44.76	531.52	547.50	10031.96	439.20	39.47
	(2011. 4)	5529.21	763.89	1.82	790.64	580.98	10477.45	850.95	N.D.
	(2012. 6)	4034.22	765.84	32.09	725.98	491.75	8928.57	750.30	38.28
	(2013. 3)	5414.25	717.79	36.59	662.06	643.71	9821.08	707.60	13.59
	(2014. 4)	5618.42	825.21	65.33	801.02	664.17	10351.71	844.85	0.00
	(2015. 4)	5513.03	708.05	37.90	615.06	634.88	9914.79	539.85	150.74
	(2016. 7)	7441.70	511.40	32.40	402.50	466.00	10421.70	634.40	N.D.
	(2017.10)	5404.31	639.84	40.58	586.65	647.16	9898.88	594.75	83.01
(2018. 7)	5683.42	700.22	35.38	629.78	607.35	10101.62	384.30	19.53	
(2019. 5)	4822.79	790.13	5.54	664.17	480.21	9289.79	530.70	N.D.	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

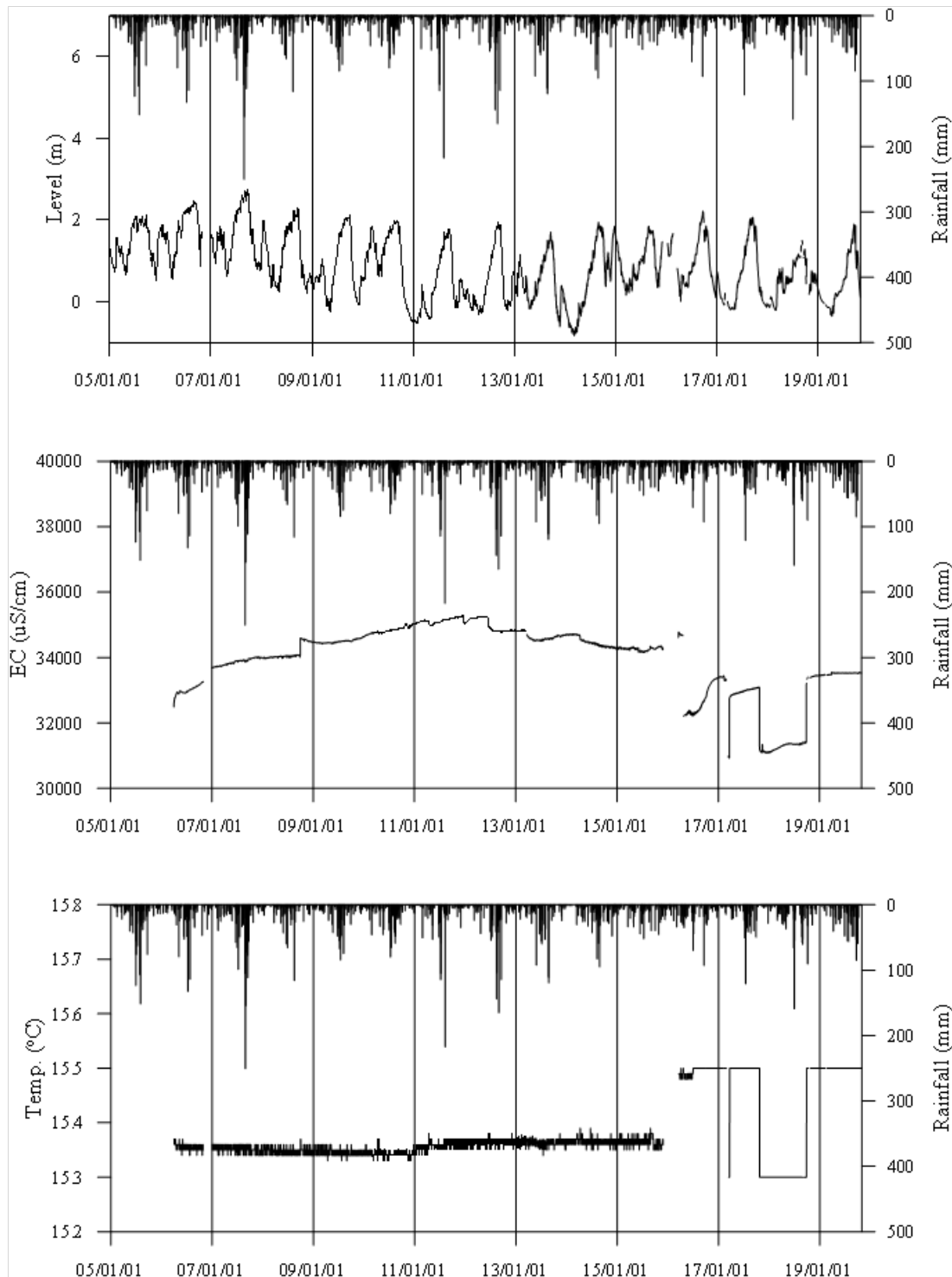
구 분	관측공	대창1	대창2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2003. 9	5.40	-
	2004.10	22.95	22.89
	2005.10	5.26	29.16
	2006.11	4.54	34.83
	2007.10	6.90	18.79
	2008.10	3.24	42.29
	2009. 4	3.28	39.70
	2010. 4	14.08	39.25
	2011. 4	5.62	21.16
	2012. 6	19.63	20.45
	2013. 3	100.49	23.85
	2014. 4	99.13	21.05
	2015. 8	20.25	31.61
	2016. 7	14.68	28.27
	2017.10	41.20	28.64
	2018. 7	26.74	45.24
2019. 5	28.92	30.13	

5. 장기관측 결과



<대창1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<대창2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>

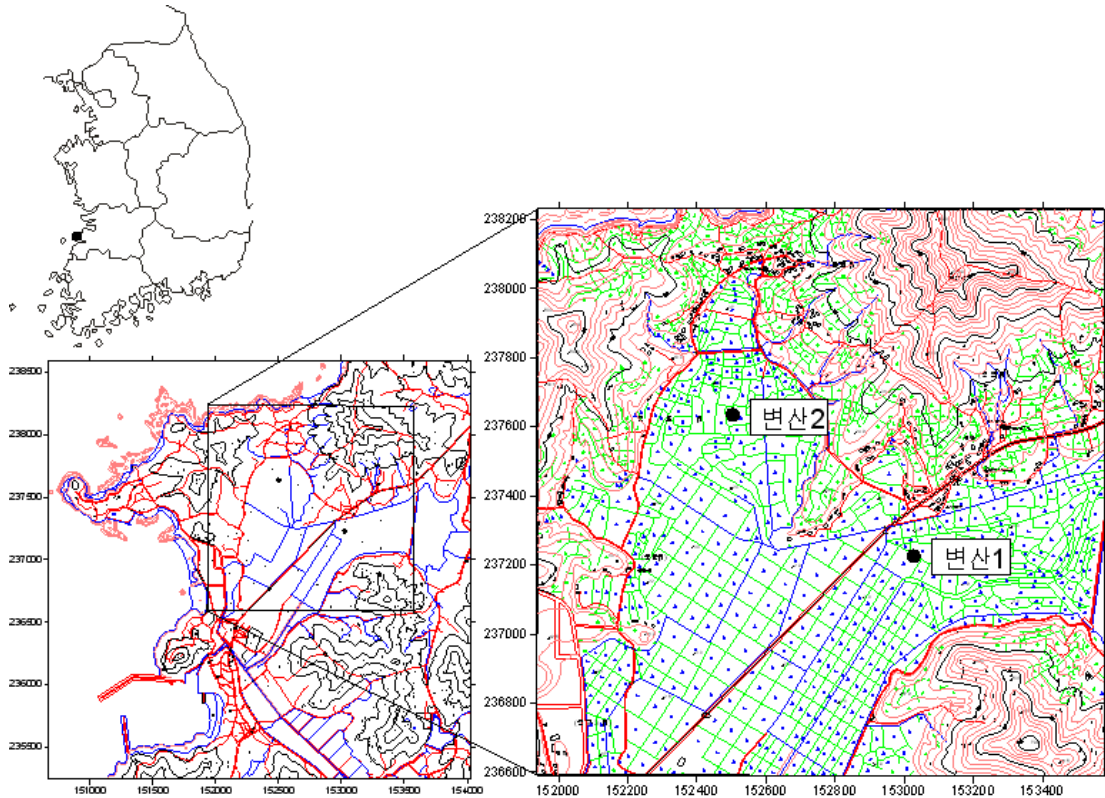
(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 대창1, 대창2 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, 대창2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형의 염수 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 28.92, 30.13로 해수의 영향이 큰 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 대창1, 2 관측공은 새만금 방조제 건설 이후 방조제 내측 담수호 수위조절에 따른 영향으로 관측공 개발 이후 지하수위는 감소하는 반면, 전기전도도는 증가 추세를 보인다. 지하수위 변동폭은 공통적으로 각 10, 4 m 이내이며, 강수의 영향으로 지하수위가 상승했다가 하강한다. 전기전도도 값은 해수의 영향을 받아 약 27,000 ~ 37,000 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다.
- 5) 관리 방안 : 대창지구는 해수의 직접 유입과 새만금 방조제에 의한 영향을 동시에 받고 있는 것으로 판단되어 장기관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 향후 지하수위 및 전기전도도의 변화를 관찰하여야 한다.

2.6.2 변산지구

1. 위치

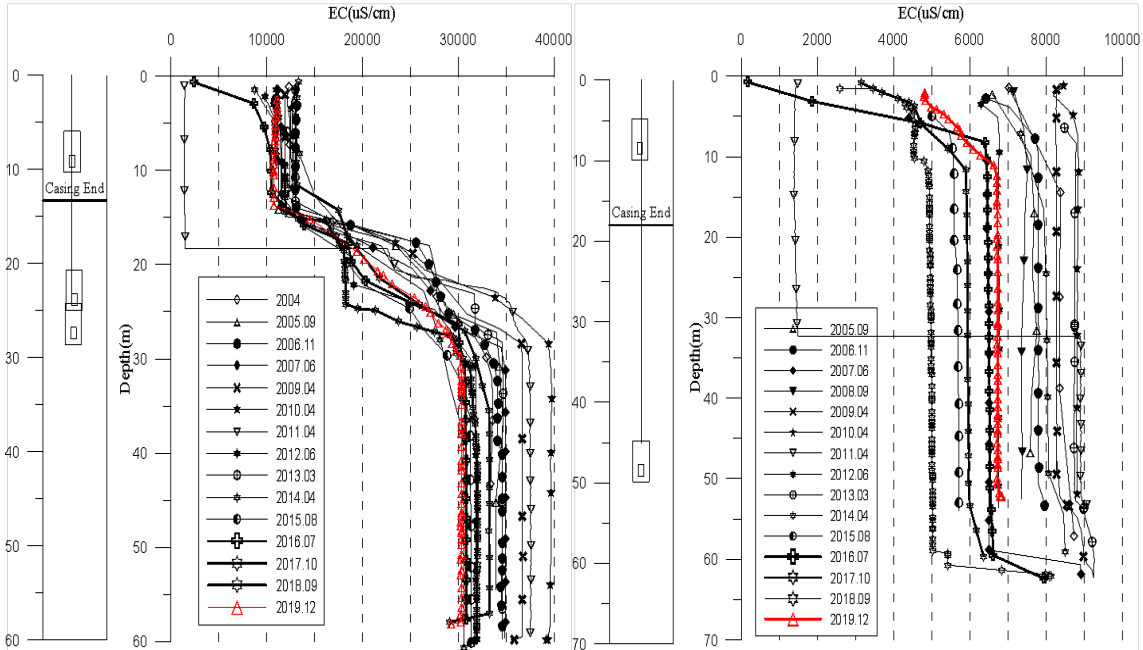


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
변산1	부안군 변산면 마포리 807-11	153027.252	237225.054	0.94	2004	1,150	-0.35
변산2	부안군 변산면 격포리 811-1	152503.998	237634.469	1.11	2004	670	-0.01

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)

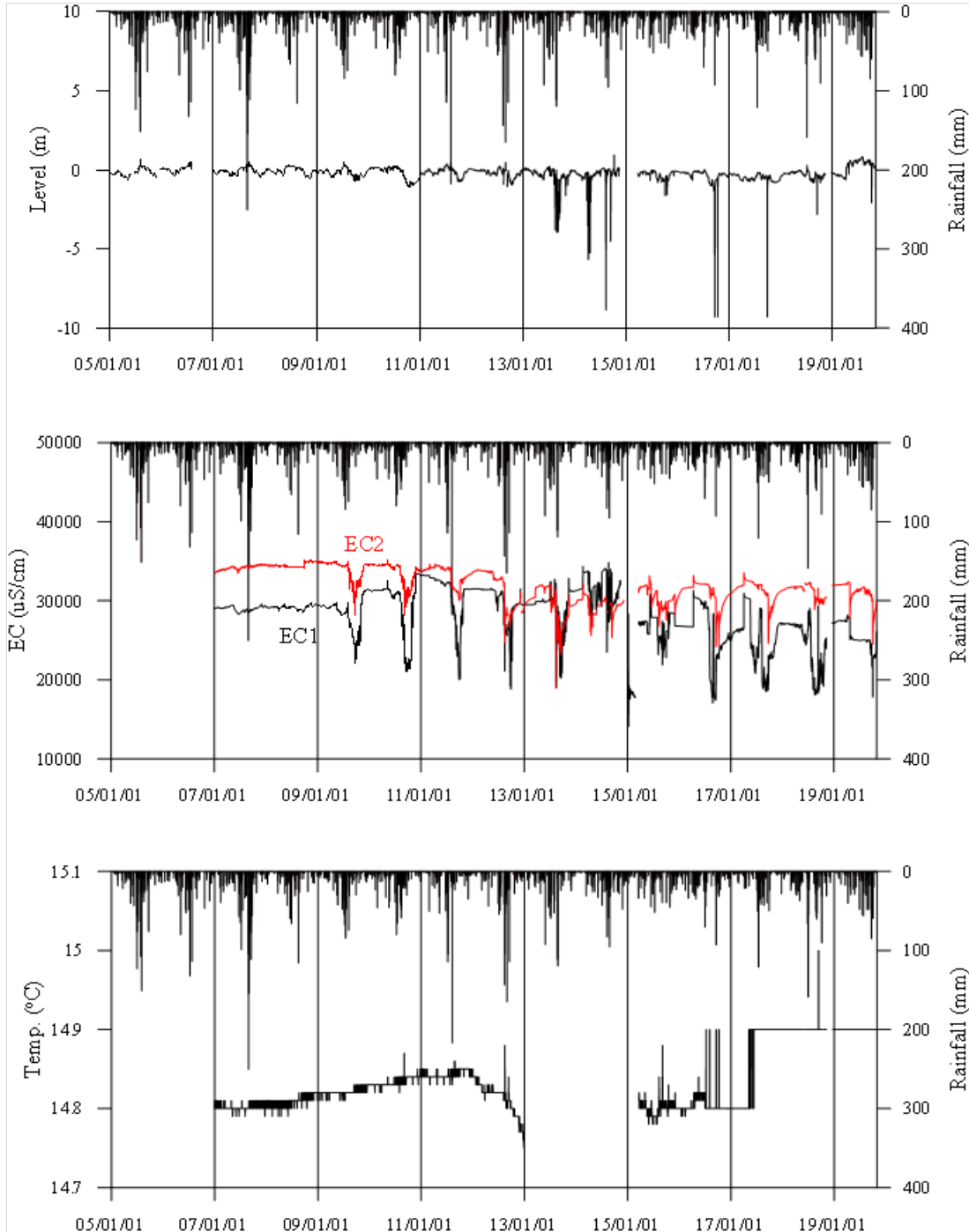
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
변산1	(2004.10)	5031.26	650.92	48.13	1012.12	1138.66	8738.73	102.48	66.62
	(2005.10)	3821.46	710.85	68.16	1355.63	1462.11	10653.91	176.90	45.31
	(2006.11)	2892.71	236.26	35.99	751.16	766.52	6181.25	33.55	N.D.
	(2007.10)	4795.30	594.11	84.60	1070.41	1160.66	7748.41	1525.0	N.D.
	(2008. 9)	1677.83	202.63	28.19	717.00	510.58	4218.93	167.75	N.D.
	(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	N.D.
(2012. 6)	2013.48	281.35	46.45	759.33	306.10	4880.24	164.70	N.D.	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
변산1	(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	N.D.
	(2015. 4)	1958.09	184.50	26.30	612.01	662.58	4357.47	131.15	N.D.
	(2016. 7)	2462.50	218.80	23.40	583.10	447.00	3772.30	156.20	N.D.
	(2017.10)	2108.89	187.37	79.35	619.82	587.72	4365.35	155.55	N.D.
	(2018. 7)	1653.93	162.05	22.45	571.95	446.44	3295.89	125.05	N.D.
	(2019. 5)	976.14	90.03	22.70	291.28	292.35	1871.05	134.20	N.D.
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	N.D.
	(2007.10)	1031.03	140.47	18.26	404.03	245.49	1908.10	518.50	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 6)	1016.11	138.87	17.87	394.27	323.04	2173.13	125.05	N.D.
	(2013. 3)	1124.44	141.43	15.31	395.89	319.33	2417.14	134.20	N.D.
	(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	N.D.
	(2016. 7)	658.00	103.30	11.60	253.20	244.00	1744.00	131.20	-
	(2017.10)	714.07	58.48	66.86	178.86	217.42	1315.75	117.43	6.56
	(2018. 7)	951.30	97.16	13.04	289.45	284.62	1832.83	118.95	5.10
(2019. 5)	974.12	90.97	10.75	295.99	258.35	1813.24	122.00	N.D.	

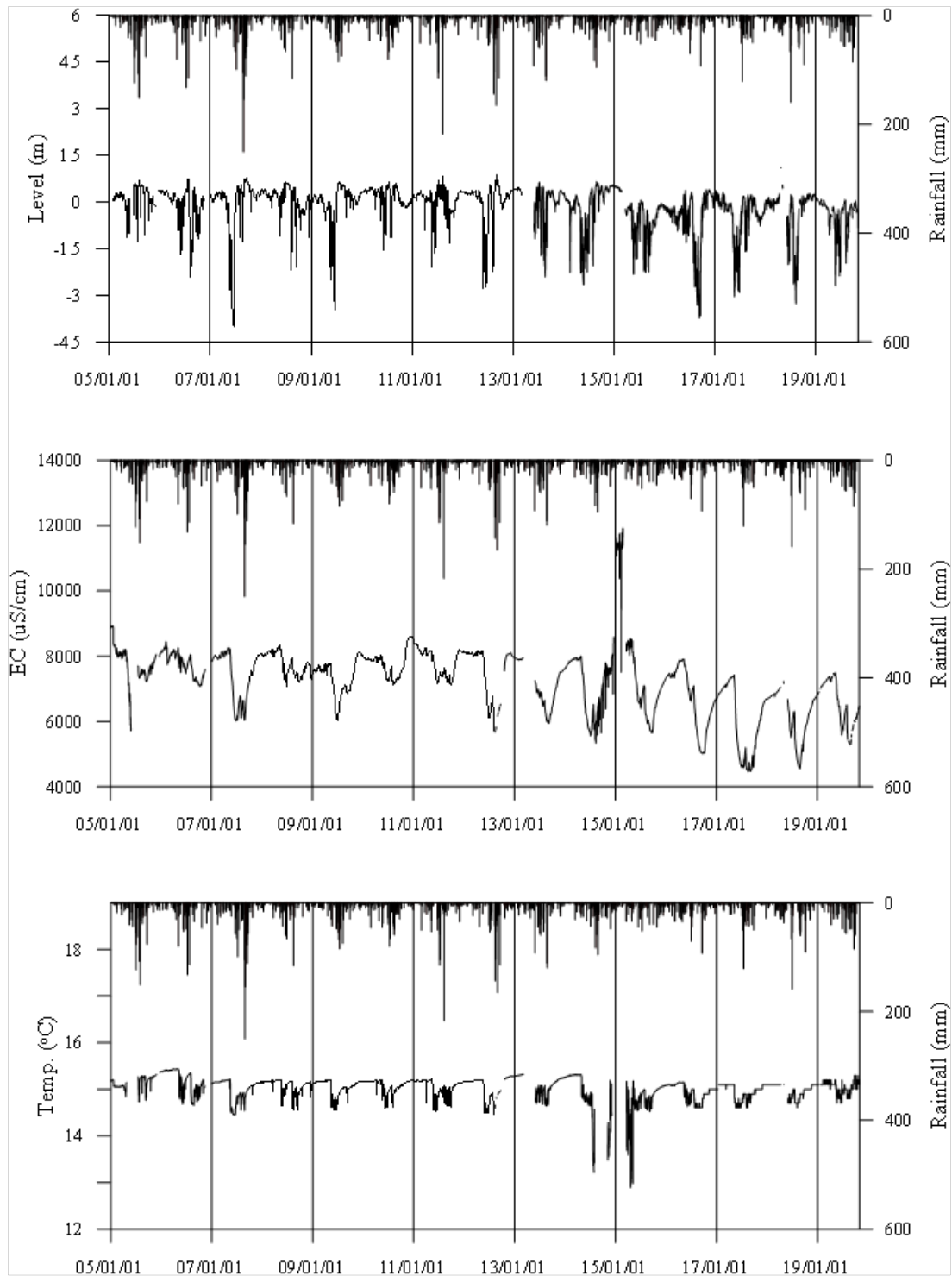
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	변산1	변산2
	년월		
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
	2016. 7	41.56	22.88
	2017.10	48.30	19.28
	2018. 7	45.36	26.52
2019. 5	24.00	25.58	

5. 장기관측 결과



<변산1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



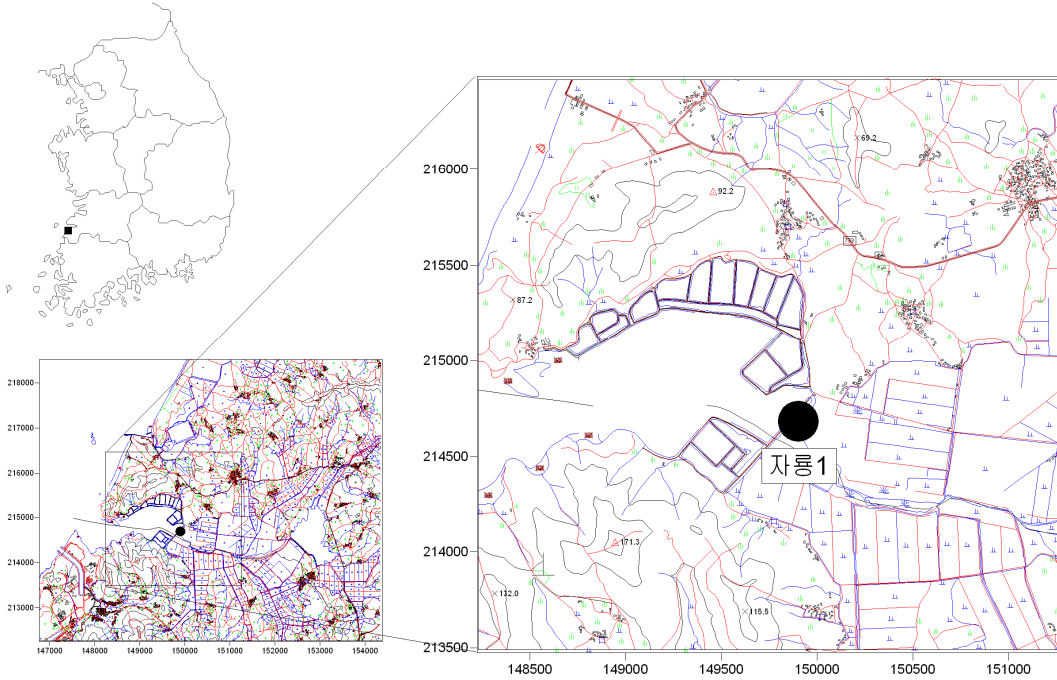
<변산2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 변산1, 변산2 관측공은 2004년에 설치한 관측공으로 지하수관리조사 보고서(부안군 부동산지구, 2003)에서 제시된 바와 같이 용수 수요량 대비 공급량 부족과 함께 해수침투 영향이 관측된 변산면 격포리, 마포리 지역에 대하여, 해수침투 확산 범위 등의 공간+적인 분석을 위하여 장기관측을 실시하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 변산1 관측공은 지표 하 15 ~ 30 m 구간에서 전기전도도의 전이대가 형성되어 급격한 전기전도도의 변화(약 40,000 $\mu S/cm$ 까지 증가)를 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, 변산2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형의 염수 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 24.0, 25.58로 심각한 해수침투의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 변산1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변동폭은 약 10 m 로 지하수위가 하강하면 전기전도도가 동반 하강하는 유형을 나타낸다. 변산2 관측공은 관개기에 지하수위가 하강하지만 우기에는 상승한다. 전기전도도의 변화는 매년 우기에 감소 후 10 월에는 약 8,000 $\mu S/cm$ 로 회복되는 경향을 보인다.
- 5) 관리 방안 : 변산지구는 해수유입에 의한 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라 향후 장기모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.6.3 자룡지구

1. 위치

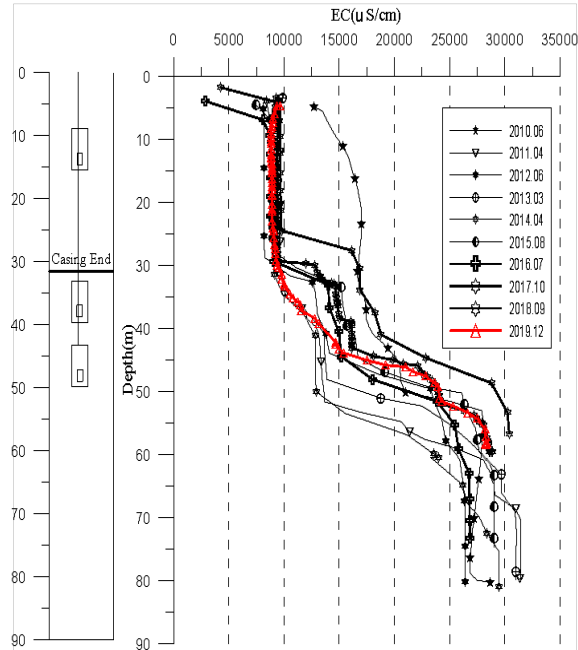


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
자룡1	고창군 상하면 자룡리 774-3	149796.68	214579.28	3.06	2010	70	3.07

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)

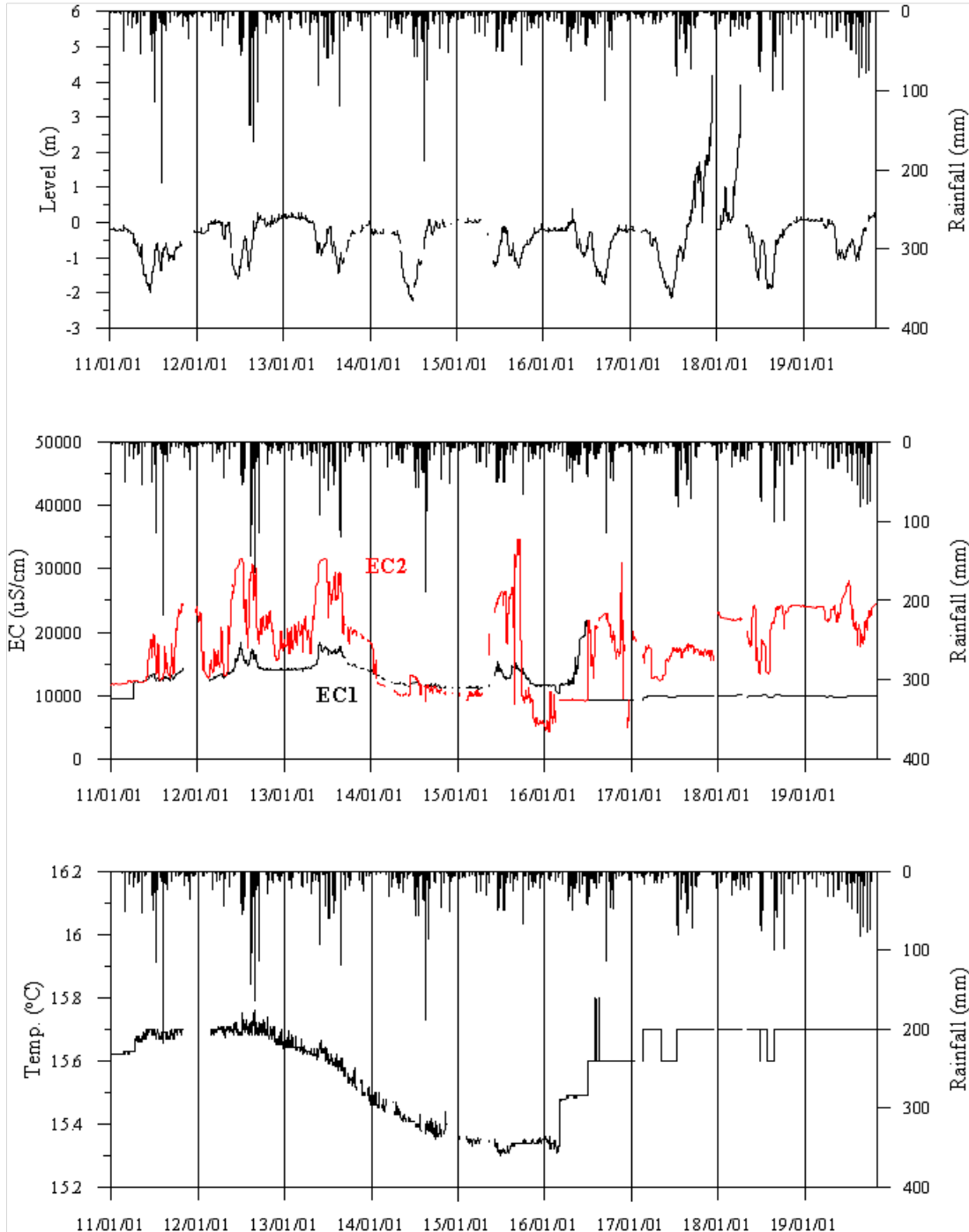
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
자룡1	(2010. 6)	1981.36	455.51	28.74	630.98	696.95	5449.58	88.45	17.26
	(2011. 4)	1335.50	252.26	1.93	292.72	408.59	2886.38	112.85	N.D.
	(2012. 6)	1807.13	312.20	38.03	357.83	509.57	4449.28	91.50	N.D.
	(2013. 3)	2460.69	438.56	36.65	520.06	767.19	5814.66	88.45	N.D.
	(2014. 4)	2337.36	442.11	35.94	552.92	775.03	4922.05	61.00	N.D.
	(2015. 4)	1293.14	226.14	26.99	242.84	440.71	2767.02	21.35	N.D.
	(2016. 7)	1298.20	238.40	23.20	239.60	345.00	2564.50	25.00	N.D.
	(2017.10)	1315.85	228.57	34.00	248.57	405.16	3061.54	21.35	10.52
(2018. 7)	1499.07	206.93	32.09	250.54	397.97	2927.03	6.10	11.33	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
자룡1 (2019. 5)	1443.17	233.42	26.31	263.44	340.24	2814.94	6.10	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	자룡1
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
	2016. 7	176.54
	2017.10	246.79
	2018. 7	825.83
	2019. 5	794.20

5. 장기관측 결과



<자룡1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

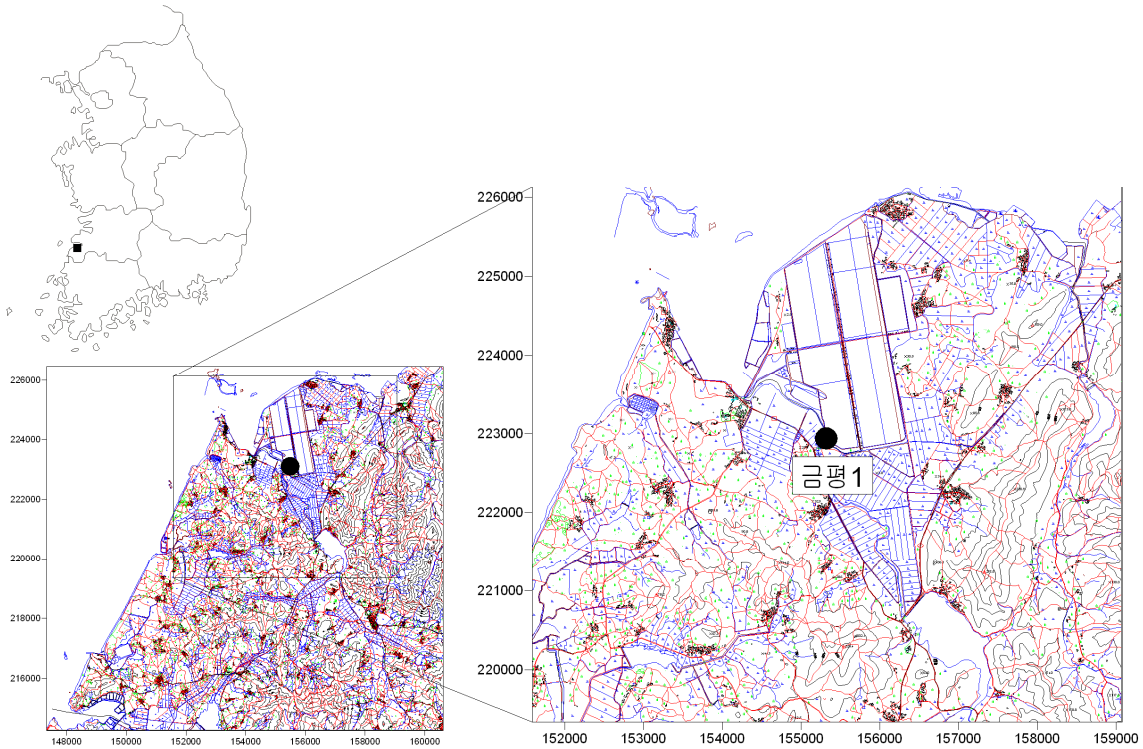
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 자룡1 관측공은 고창군 상하면 자룡리에 위치하고 있으며, 해수침투 우려지역으로서 농지면적, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 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+K)-Cl 유형의 염수 유형에 해당하며, Cl/HCO₃ 몰비가 44 ~ 826 범위로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 자룡1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위는 2018년 순간적으로 6 m 정도 수위상승이 나타나지만, 이를 제외하면 약 2 m 내외의 주기적인 변화가 나타나고 있다. 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.
- 5) 관리 방안 : 자룡1 관측공은 현재 해수침투의 영향을 받고 있으므로 지속적인 관측으로 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.6.4 금평지구

1. 위치

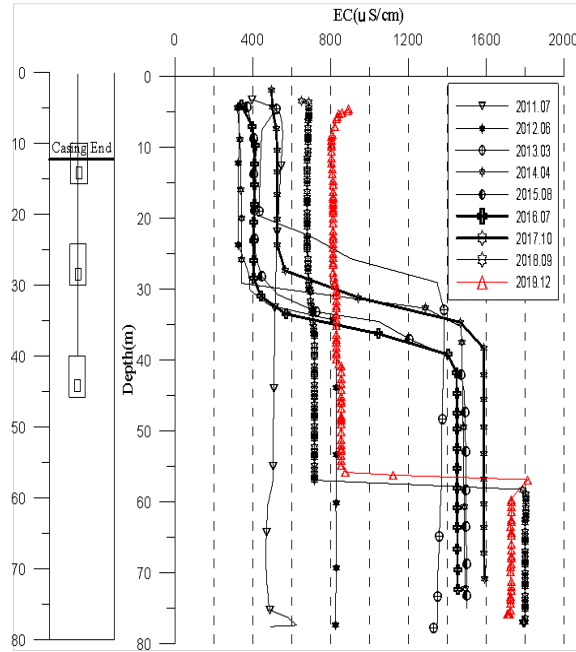


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
금평1	고창군 해리면 금평리 1616	155180.568	222801.183	1.18	2011	1,120	3.40

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 쥐라기 흑운모화강암이 둘러싸고 있다. 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<금평1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

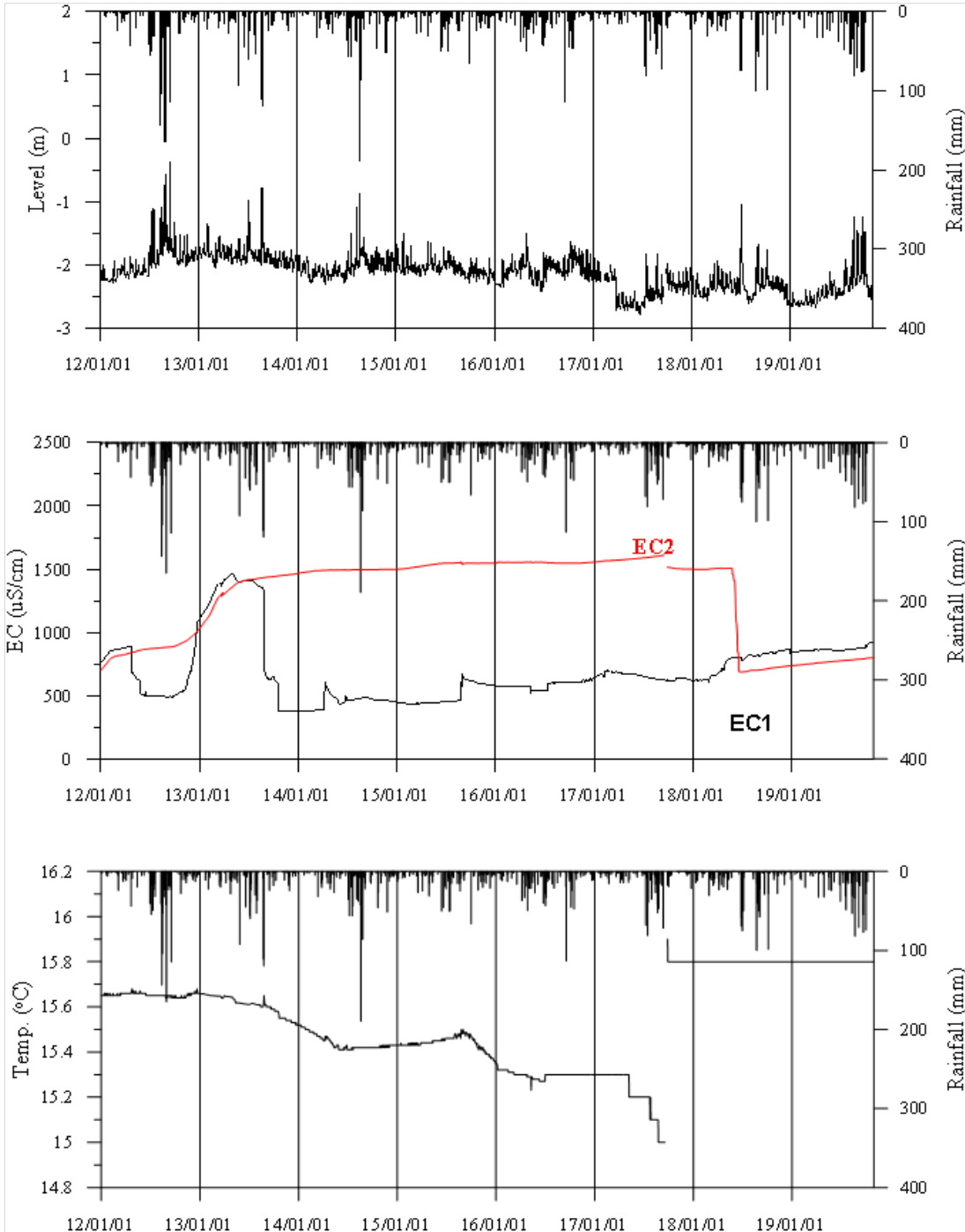
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(2012. 6)	76.99	6.44	5.39	35.98	23.76	113.53	115.90	N.D.
	(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
	(2016. 7)	153.50	19.40	3.50	25.80	18.00	124.20	110.40	N.D.
	(2017.10)	91.50	2.61	2.81	3.26	12.53	85.31	103.70	N.D.
	(2018. 7)	105.42	3.72	3.34	5.10	12.11	102.29	88.45	N.D.
(2019. 5)	104.79	7.01	4.53	6.89	10.45	132.07	82.35	0.032	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	금평1
	년월	
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 7	0.79
	2012. 6	1.68
	2013. 3	3.23
	2014. 4	3.55
	2015. 8	1.67
	2016. 7	1.94
	2017.10	1.42
	2018. 7	1.99
	2019. 5	2.76

5. 장기관측 결과



<금평1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

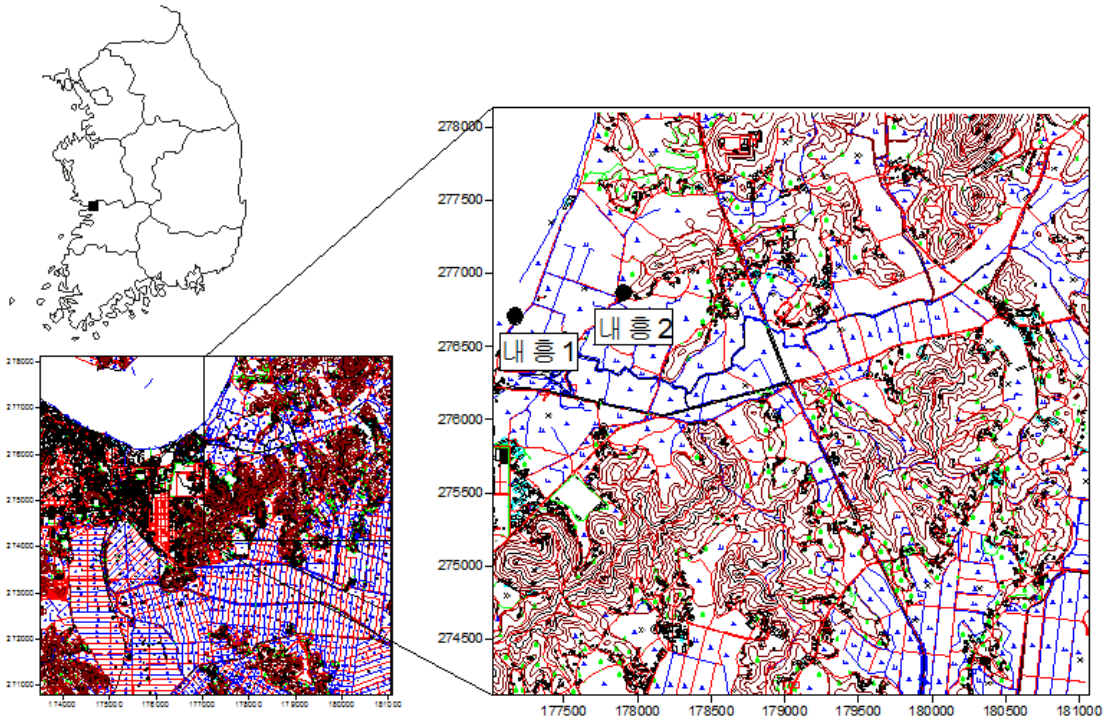
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 금평1 관측공은 고창군 해리면에 위치하고, 해수침투 우려지역으로서 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급 결정 결과 94%에 해당하여 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 금평1 관측공은 심도 약 25 ~ 35 m 구간에서 전기전도도 값이 증가하는 전이대 구간이 형성되어 있으나, 2018년 전이대 구간이 지표 하부 55 m 구간으로 이동하였다. 전이대 구간에서 전기전도도 값이 550 $\mu S/cm$ 에서 1,800 $\mu S/cm$ 로 증가하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 금평1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 2.76로 약간의 해수영향을 받고 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 금평1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위는 약 2 m 내외의 변화를 나타내며, 강수에 의한 상승, 하강 현상은 있으나 전반적으로는 유지하는 추세이다. EC1의 전기전도도는 증가하다가 감소하여 2013년 10월경부터 유지하는 추세로 나타나지만, EC2 센서의 전기전도도는 증가 추세 이후 2018년 중반 감소하여 600 $\mu S/cm$ 내외를 유지하여 EC1 센서와 비슷한 값을 나타낸다.
- 5) 관리 방안 : 금평1 관측공은 현재 간접적인 해수침투 영향을 받지만, Cl/HCO₃ 몰비 및 전기전도도가 관측공 개발 이후 전반적으로 증가하다가 현재는 안전적으로 유지되는 상태이므로, 지속적인 관측으로 해수침투 진행 여부를 모니터링하여야 한다.

2.6.5 내홍지구

1. 위치

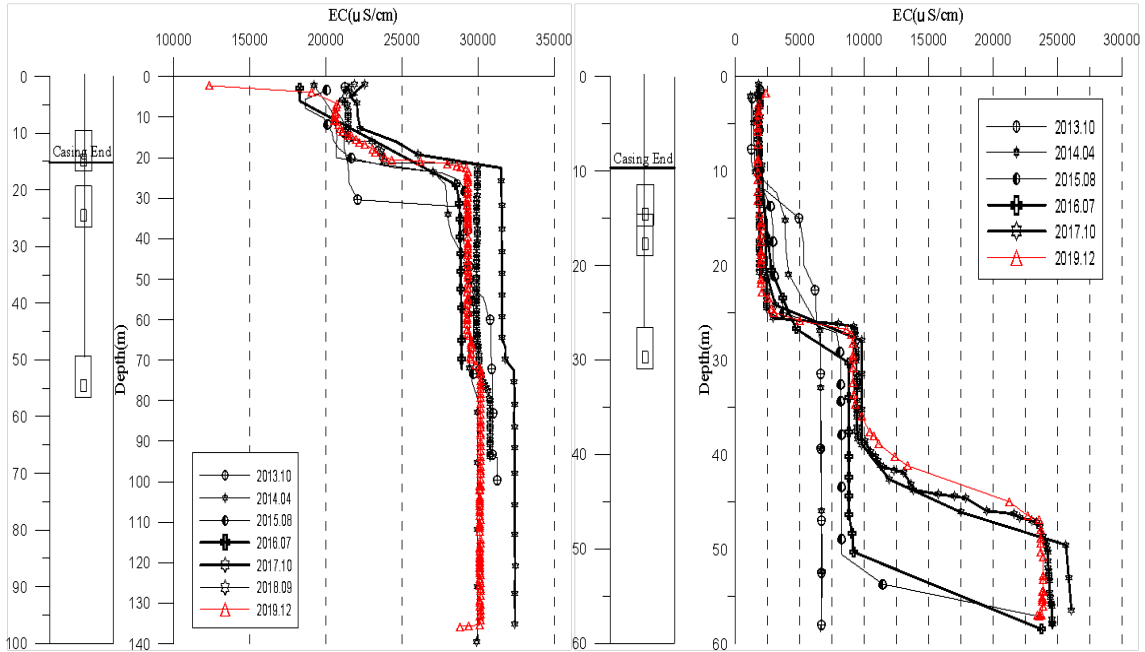


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
내홍1	군산시 내홍동 863-48	177116.988	276653.2015	4.15	2013	110	3.20
내홍2	군산시 내홍동 754-4	177851.2933	276814.707	4.22	2013	660	3.62

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



<내홍1 관측공>

<내홍2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

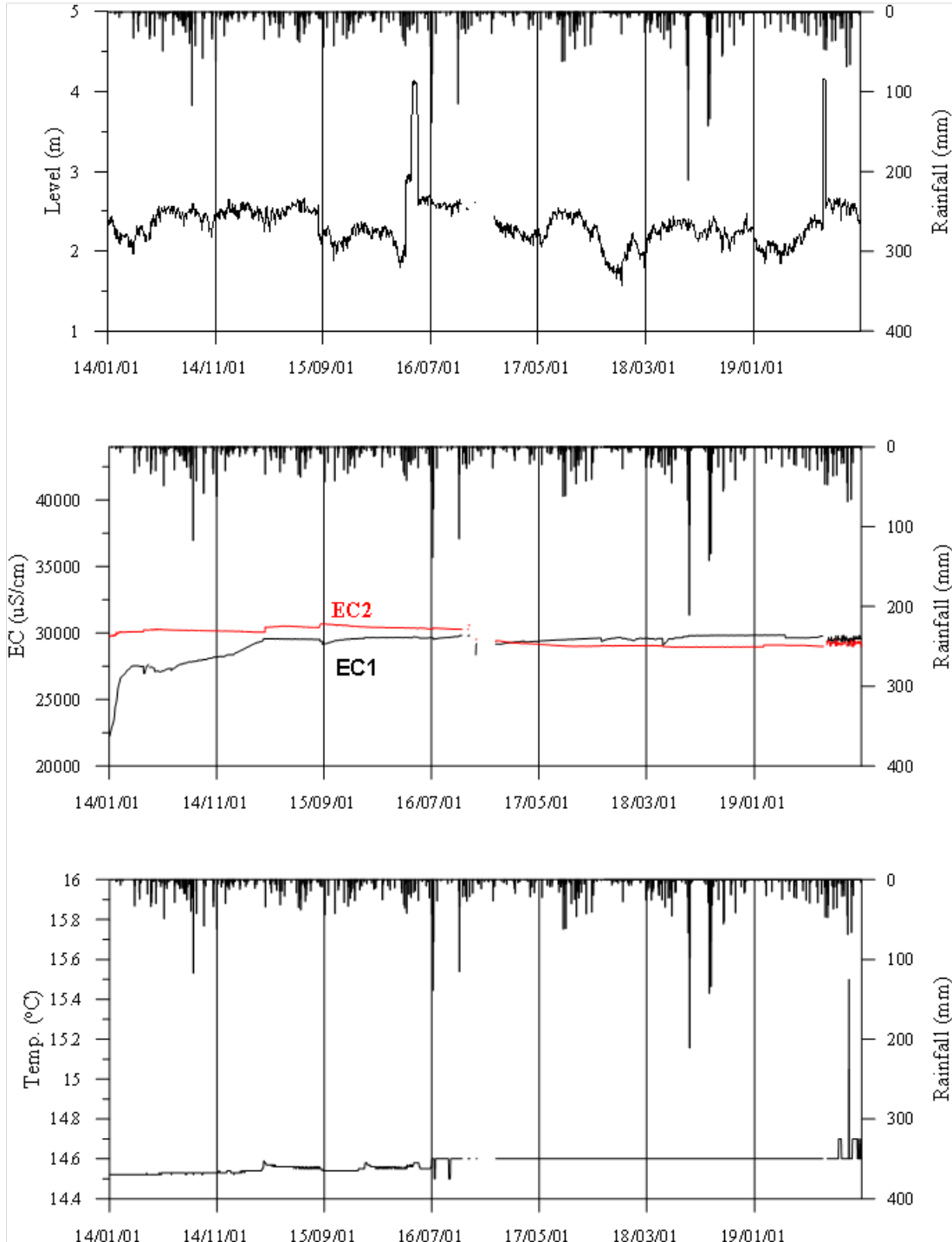
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
내홍1	(2013.11)	3,976.06	376.55	68.96	396.84	120.67	7,358.54	1,216.95	1.90
	(2014. 4)	2,280.68	620.38	98.11	2293.26	320.59	8,537.60	503.25	0.00
	(2015. 4)	3512.55	351.00	61.96	399.01	224.82	6034.59	854.00	N.D.
	(2016. 7)	2861.40	253.90	34.20	265.80	116.00	7352.50	838.80	N.D.
	(2017.10)	2864.36	500.64	77.50	1359.03	237.46	8039.23	372.10	67.19
	(2018. 7)	3571.38	450.48	62.76	974.85	190.09	7449.24	332.45	14.57
	(2019. 5)	3281.16	403.06	44.50	656.01	85.02	6677.17	390.40	N.D.

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
내홍2	(2013.11)	667.37	51.12	22.18	57.38	115.36	1,179.41	265.35	N.D.
	(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
	(2016. 7)	526.50	26.50	7.50	25.40	68.00	552.80	300.10	N.D.
	(2017.10)	420.14	23.74	10.12	36.37	72.41	562.01	250.10	5.19
	(2018. 7)	406.60	15.91	4.55	15.88	68.04	448.33	234.85	N.D.
	(2019. 5)	369.58	17.26	1.45	19.90	58.77	421.05	240.95	N.D.

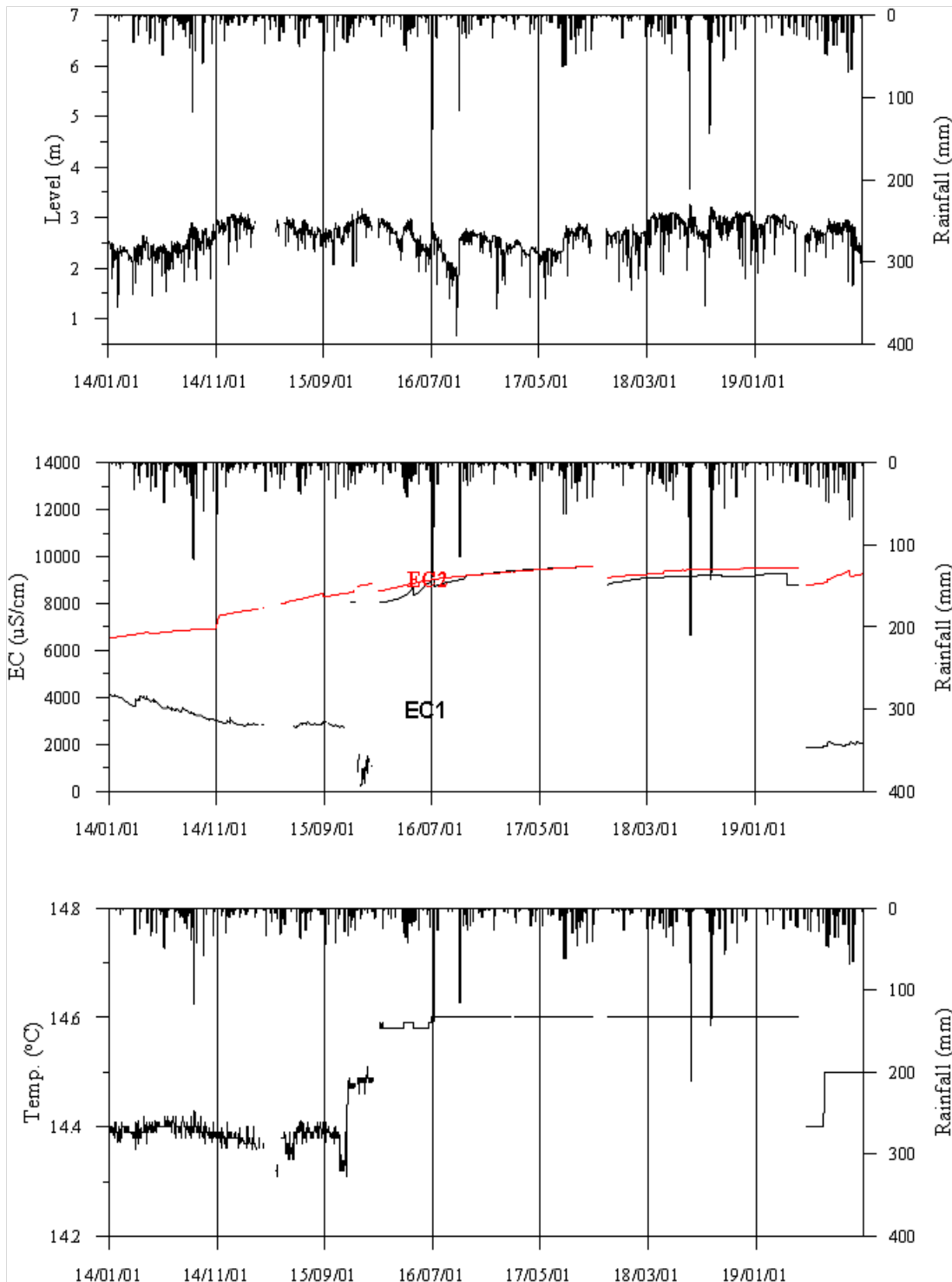
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		내홍1	내홍2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2013.11		10.41	7.65
	2014. 4		29.15	7.62
	2015. 8		12.16	4.50
	2016. 7		15.09	3.17
	2017.10		37.18	3.87
	2018. 7		38.56	3.29
	2019. 5		29.44	3.01

5. 장기관측 결과



<내홍1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



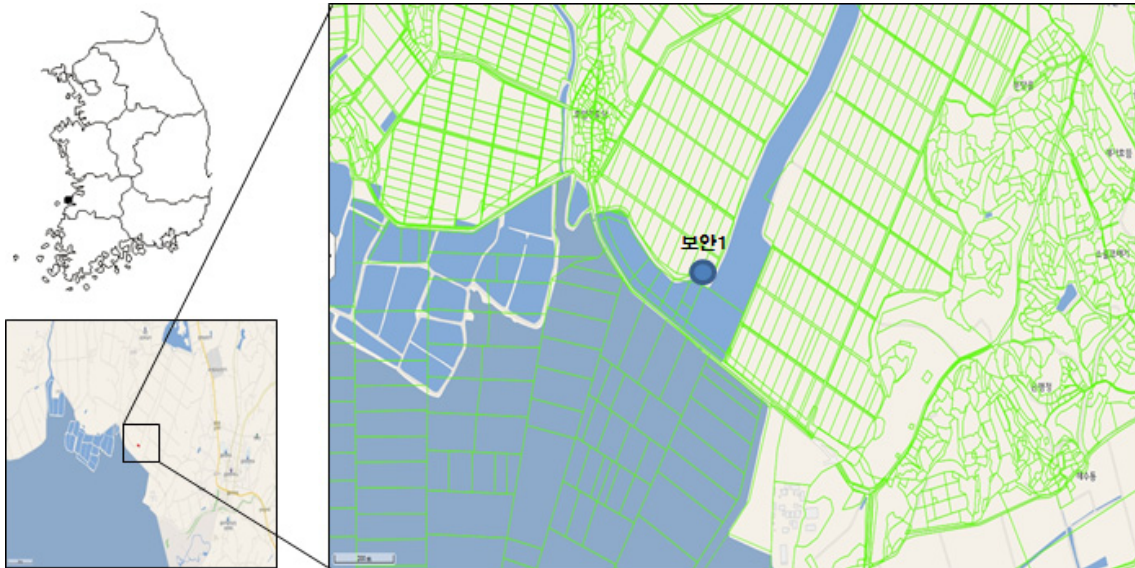
<내 흥2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 내홍1, 내홍2 관측공은 군산시 내홍동 금강 하구언에 위치하고, 조수간만에 따른 염수의 유입이 우려된다. 또한, 농지면적, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 이용한 등급결정 결과, 19점으로 해수침투 확산 방지 및 감시를 위한 관측공의 설치 및 운영이 요구되어 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 내홍1 관측공은 심도 약 20 ~ 35 m 구간에서 전기전도도 값이 증가하는 전이대 구간이 형성되어 있고 22,000 $\mu S/cm$ 에서 30,000 $\mu S/cm$ 로 증가한다. 내홍2 관측공은 지표 하 25 m 지점과 40 ~ 50 m 구간에 전이대가 형성되어 있고 전기전도도는 2,500 $\mu S/cm$ 에서 25,000 $\mu S/cm$ 로 증가한다. 전이대 하부로는 영농에 불가능한 전기전도도(내홍1, 약 30,000 $\mu S/cm$ 내외; 내홍2, 약 25,000 $\mu S/cm$ 내외)를 보이므로, 농업용수 공급 시 타 수자원의 공급 방안 모색이 필요하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 내홍1, 내홍2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 29.44, 3.01로 해수의 영향을 많이 받고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 내홍1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 분석 결과, 지하수위는 약 3 m 내외의 변화가 나타나지만, 강수에 의한 증감(특히 여름철 강수량에 따른 지하수위가 약 1.5 m 상승)이 나타나고 있다. EC1, EC2 센서는 각각 27,000 ~ 29,000 $\mu S/cm$ 및 약 30,000 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 수온은 14.5 °C 내외이다. 내홍2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수위는 약 2 m 내외의 변화를 나타내며, 강수에 의한 상승, 하강 및 주변 지하수 이용에 따른 영향이 나타난다. EC1, EC2 센서는 약 4,000 ~ 8,000 $\mu S/cm$ 내외로 나타나는데, 2018년 EC1, EC2의 전기전도도 값이 비슷하게 나타나며 유지되고 있다.
- 5) 관리 방안 : 내홍1, 내홍2 관측공은 현재 해수침투의 영향이 있으므로, 지속적으로 관측하여 해수침투 영향 추세를 점검하여야 한다.

2.6.6 보안지구

1. 위치

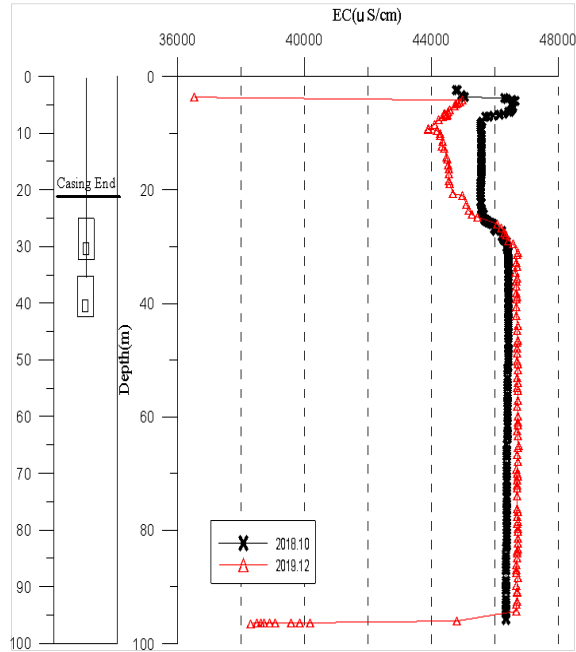


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
보안1	부안군 보안면 유천리 1301-18	168,863.483	332,927.165	6.68	2018	150	4.65

2. 지형 및 지질

부안군 보안면 유천리에 위치한 보안1 관측공은 변산반도 남쪽에 위치하며 앞쪽으로 공소만이 분포한다. 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지가 소재한다. 보안1 관측공은 해안과 0.15 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<보안1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

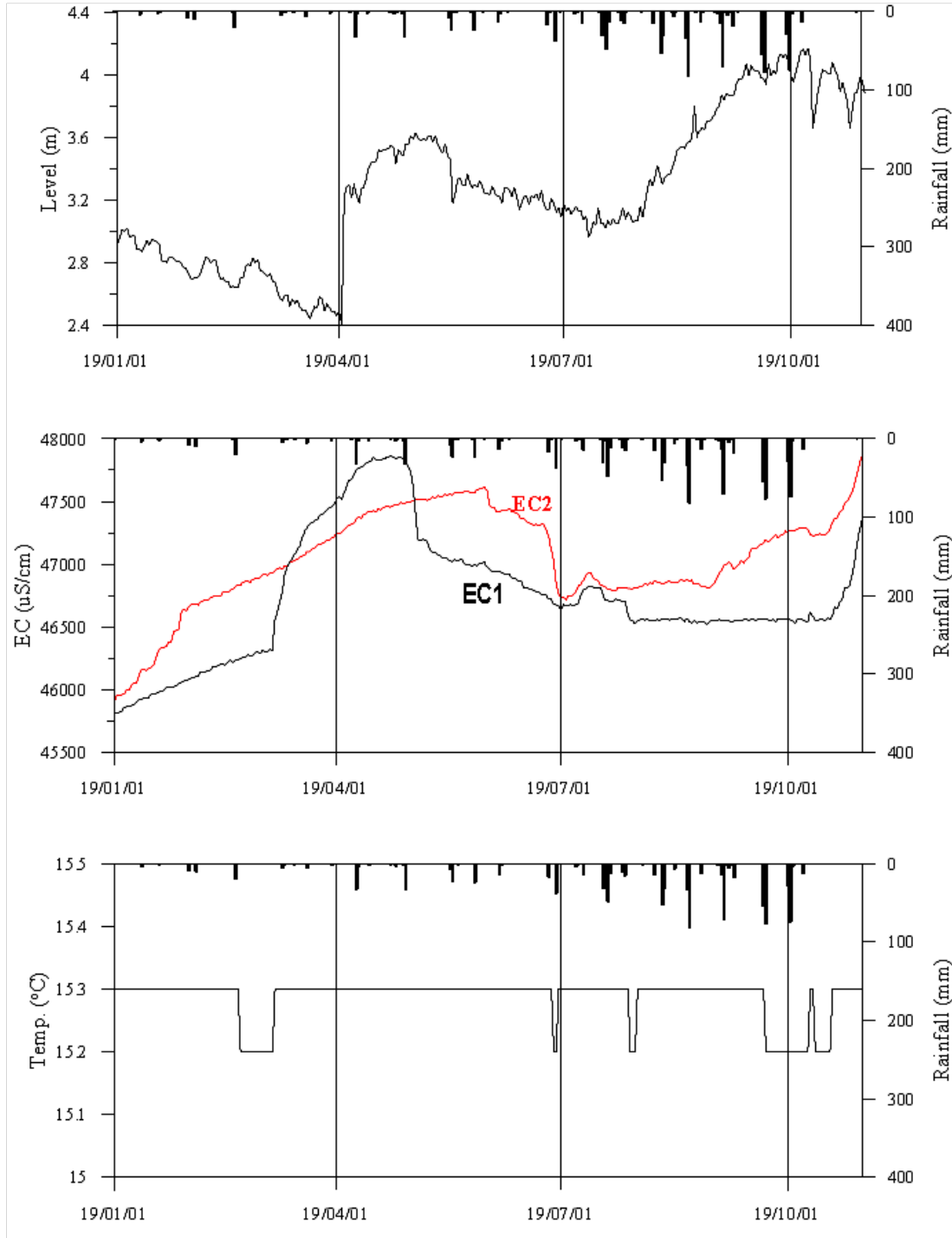
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
보안1	(2018. 9)	8787.14	1098.07	374.72	330.20	2223.44	15418.50	167.75	12.47
	(2019. 5)	8592.95	1095.82	326.29	319.48	2114.53	14941.43	195.20	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	보안1
Cl/HCO_3 몰비	2018. 9	158.19
	2019. 5	131.74

5. 장기관측 결과



<부안1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 부안군 보안면 유천리에 위치한 보안1 관측정은 변산반도 남측에 위치하며 남쪽으로 서해가 위치하고, 북쪽으로 변산반도 국립공원이 위치한다. 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지가 소재한다. 보안1 관측공은 해안으로부터 0.05 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 보안1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 약 25 m까지 약 45,600 $\mu S/cm$ 에서 46,400 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대가 나타나며, 이하 심도에서는 일정하게 유지된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 보안1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 131.44로 분석됨에 따라 심한 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 관리 방안 : 보안1 관측공은 해수침투가 심각하게 발생하였으므로 지하수 이용을 규제하고 타 수자원의 이용을 모색할 필요가 있다. 또한 안면1 관측공의 경우 해수영향이 나타나기 시작함에 따라, 향후 해수침투 증가여부 등을 지속적으로 관측할 필요가 있다.

2.6.7 송현지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
송현1	고창군 부안면 송현리 1185	164561.0	327980.5	4.8	2019	600	2.87

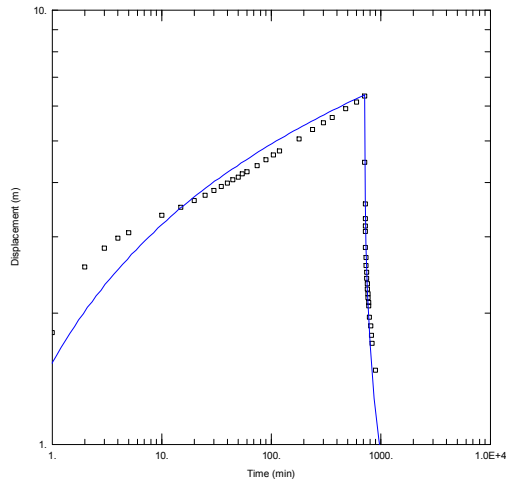
2. 지형 및 지질

고창군 부안면 송현리에 위치한 송현1 관측공은 공소만 남쪽에 해안가에 위치한다. 관측공 옆에 바다로 유입되는 소하천이 흐른다. 송현1 관측공은 해안과 0.6 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 대수층 수리지질현황

신규 설치된 송현1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 검층을 실시하였다.

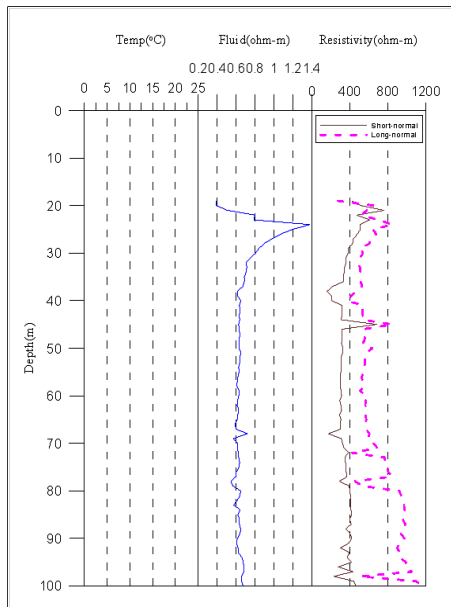
◎ 양수시험



<송현1 관측공 양수시험>

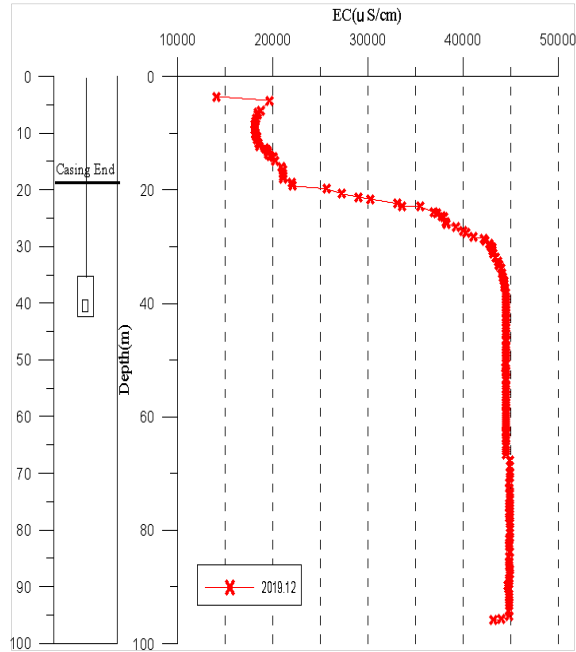
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
송현1	250	13.34	1.89×10 ⁻⁴	82

◎ 물리검층



<송현1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<송현1 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^-
송현1 (2019.11)	6449.14	289.73	299.12	280.95	1162.63	9791.11	85.40	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	송현1
Cl/HCO_3 몰비	2019. 11	197.32

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고창군 부안면 송현리에 위치한 송현1 관측정은 곰소만 남쪽에 위치하며 서해가 서쪽에 인접해 있다. 관측공 주변에 바다로 유입되는 소한천이 지나간다. 보안1 관측공은 해안으로부터 0.6 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.
- 2) 양수시험 결과 : 송현1 관측공의 양수량은 250 m³/d이며, 수리전도도는 1.89×10^{-4} cm/sec(대수층 두께 82 m)이다.
- 3) 물리탐사 및 검층 결과 : 송현1 관측공에 대한 물리검층 결과 Fluid는 0.2 ~ 1.4 이며, 노말 전기비저항 검층 결과, 지표 하부 20 m 구간과 40 m 구간, 70 ~ 80 m 구간에서 단노말(16 ")과 장노말(64 ")이 유사하게 나타나는 것으로 보아 해당구간에서의 파쇄대가 발달 된 것으로 해석된다.
- 4) 지하수 검층 결과 : 송현1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 증가하다 약 40 m부터 공저까지 약 45,000 $\mu S/cm$ 를 유지한다.
- 5) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 송현1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 197.32로 분석됨에 따라 심한 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 송현1 관측공은 해수침투가 심각하게 발생하였으므로 지하수 이용을 규제하고 타 수자원의 이용을 모색할 필요가 있다.

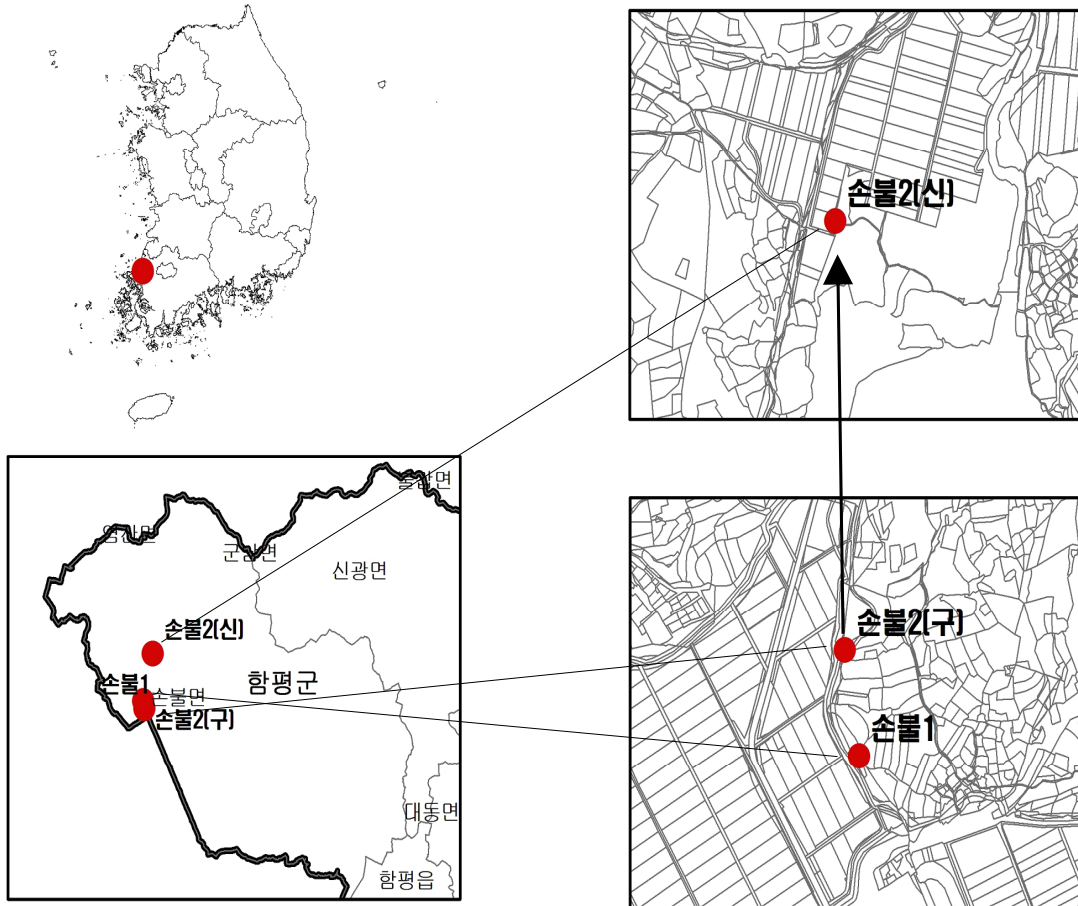
부록 2.7 전라남도

2.7.1	손불지구(함평군)	부록 - 331
2.7.2	당촌지구(신안군)	부록 - 338
2.7.3	자동지구(신안군)	부록 - 343
2.7.4	감정지구(신안군)	부록 - 350
2.7.5	나리지구(진도군)	부록 - 360
2.7.6	신기지구(진도군)	부록 - 367
2.7.7	지막지구(진도군)	부록 - 374
2.7.8	오산지구(진도군)	부록 - 381
2.7.9	평호지구(해남군)	부록 - 387
2.7.10	화흥지구(완도군)	부록 - 394
2.7.11	정도지구(완도군)	부록 - 403
2.7.12	고금지구(완도군)	부록 - 408
2.7.13	갈문지구(완도군)	부록 - 415
2.7.14	안양지구(장흥군)	부록 - 420
2.7.15	벌교지구(보성군)	부록 - 427
2.7.16	진월지구(광양시)	부록 - 434
2.7.17	해룡지구(순천시)	부록 - 441
2.7.18	화양지구(여수시)	부록 - 447
2.7.19	소라지구(여수시)	부록 - 454
2.7.20	지산지구(영광군)	부록 - 460
2.7.21	신학지구(무안군)	부록 - 466
2.7.22	마량지구(강진군)	부록 - 472
2.7.23	연산지구(목포시)	부록 - 478
2.7.24	포두지구(고흥군)	부록 - 484
2.7.25	삼호지구(영암군)	부록 - 490
2.7.26	염산지구(영광군)	부록 - 496
2.7.27	망주지구(고흥군)	부록 - 502
2.7.28	군곡지구(해남군)	부록 - 508
2.7.29	조성지구(보성군)	부록 - 514
2.7.30	내사지구(해남군)	부록 - 520
2.7.31	외동지구(장흥군)	부록 - 526

부록 2.7 전라남도

2.7.1 손불지구

1. 위치



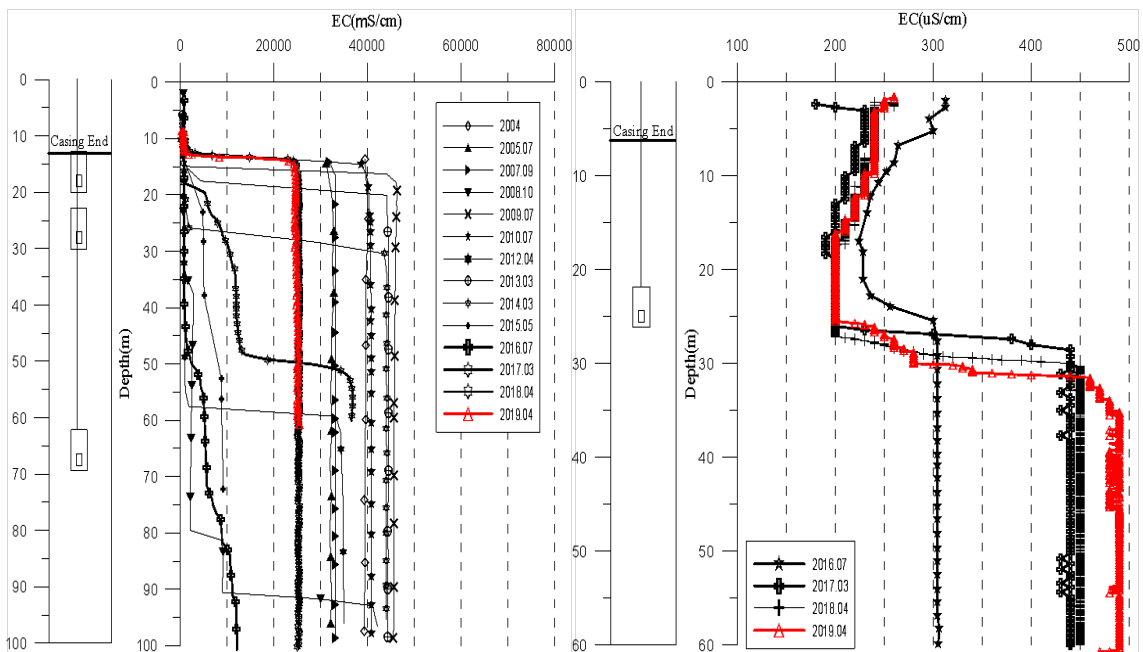
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
손불1	함평군 손불면 월천리 728-1	145388.047	182365.947	1.81	2004	240	-8.72
손불2 (구)	함평군 손불면 월천리 740-3	145361.733	181897.146	2.12	2005	420	-0.75
손불2 (신)	함평군 손불면 월천리 989	145628.2584	183721.207	8.63	2016	1,650	7.02

※ 손불2 관측공은 토지소유자의 이동 설치 요청으로 인해 2016년에 이동 설치함

2. 지형 및 지질

손불지구는 함평군 손불면 손불방조제 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, 쥐라기에 관입한 화강암이 지역의 경계부에 해당된다.

3. 지하수 검층



<손불1 관측공>

<손불2(신) 관측공(16년 이후)>

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	N.D.	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	N.D.

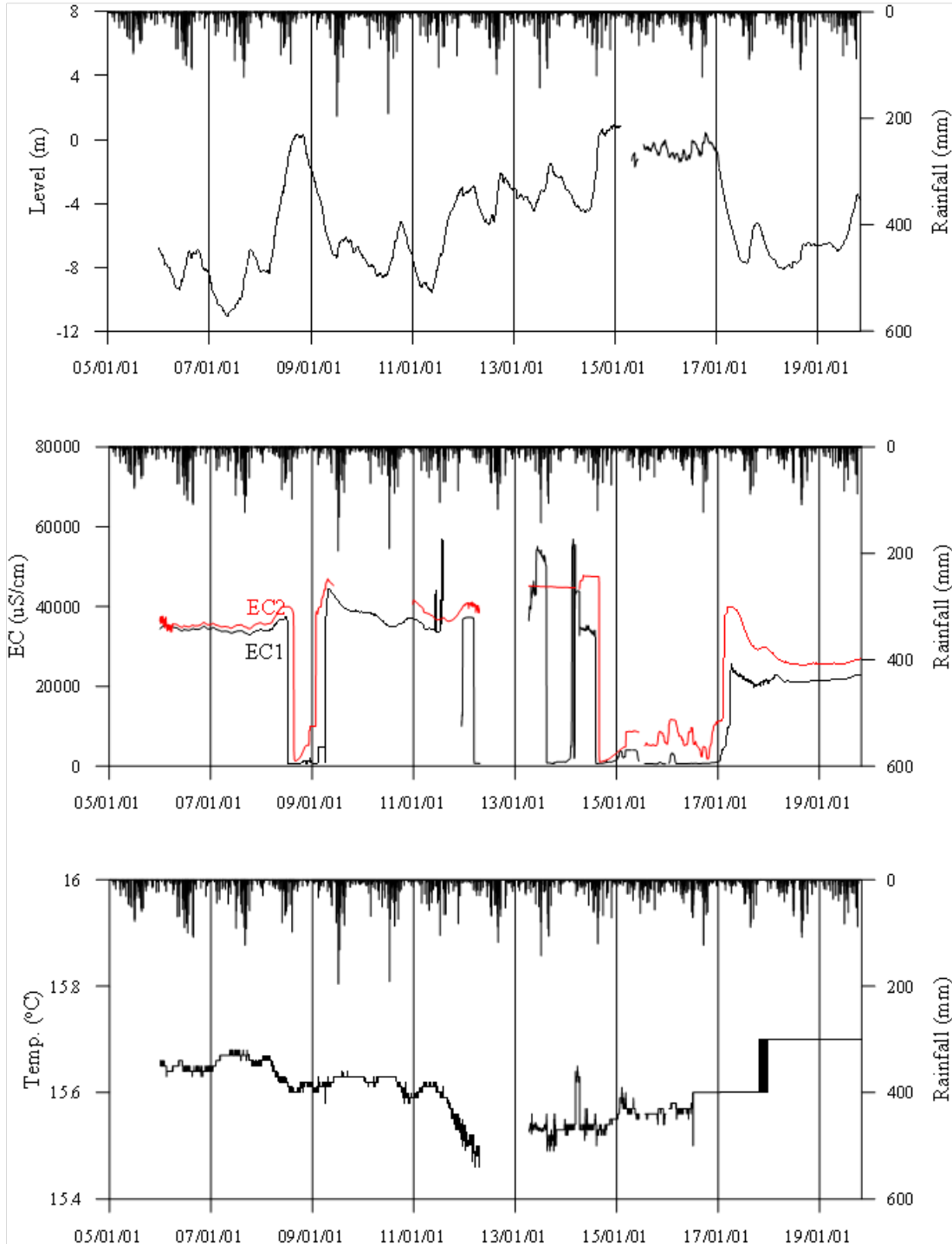
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
손불1	(2007.10)	3975.19	582.37	31.44	2725.90	1110.73	11225.79	67.10	N.D.
	(2008.10)	33.74	16.97	4.70	24.11	34.80	77.94	30.50	0.43
	(2009. 7)	3260.78	518.40	20.73	2302.18	795.24	9567.51	54.90	21.21
	(2010. 7)	4831.87	602.89	35.19	2595.60	1229.27	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	N.D.
	(2013. 3)	4935.88	722.35	28.92	2908.14	1286.88	13086.24	64.05	N.D.
	(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	65.50	697.90	82.40	N.D.
	(2016.10)	35.82	41.28	6.40	53.96	26.30	111.40	31.33	N.D.
	(2017. 3)	687.41	127.93	10.82	484.05	159.86	1671.87	109.8	N.D.
	(2018. 5)	2799.30	300.32	18.73	1267.24	742.36	6742.82	61.00	19.20
(2019. 5)	26402.2	3089.1	159.06	13875.5	6625.13	65007.7	61.00	222.4	
손불2 (구)	(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	N.D.
	(2007.10)	7018.80	818.48	215.66	457.80	3231.63	13098.01	186.05	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	570.30	104.84	38.21	98.16	242.32	1028.99	192.15	N.D.
	(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	73.70	77.10	137.30	N.D.
손불2 (신)	(2016.10)	31.11	5.00	0.90	16.03	3.80	37.10	52.00	N.D.
	(2017. 3)	27.16	4.21	0.83	14.74	3.19	40.35	48.8	N.D.
	(2018. 5)	25.84	4.10	0.81	13.89	3.84	44.82	42.70	N.D.
	(2019. 5)	21.39	4.42	0.81	15.88	3.58	36.59	48.80	N.D.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

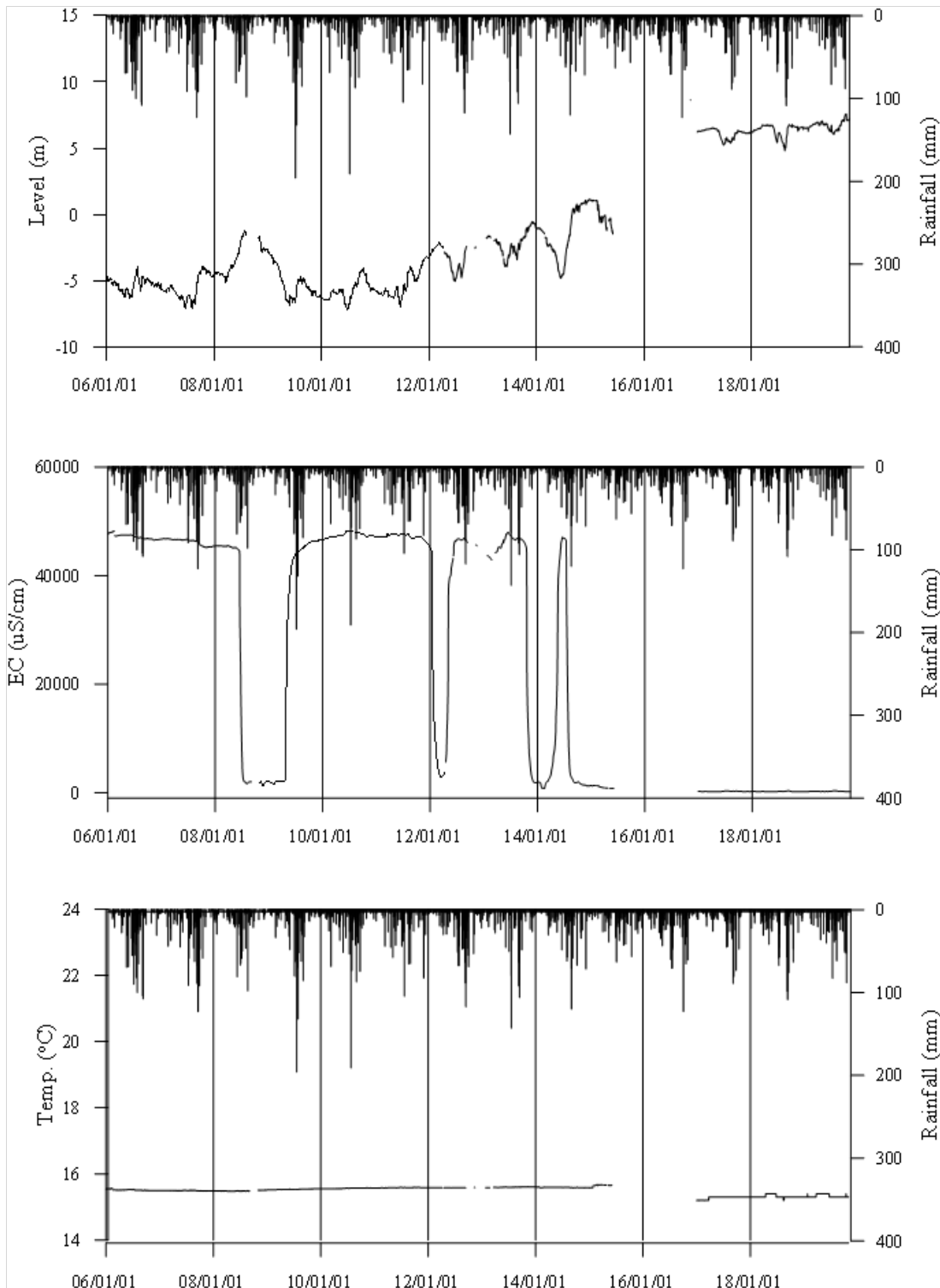
구 분	관측공	손불1	손불2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2004.10	488.20	-
	2005.10	60.10	150.40
	2006.11	368.41	103.67
	2007.10	287.47	120.97
	2008.10	4.39	1.72
	2009. 7	299.45	70.60
	2010. 7	262.64	136.69
	2011. 7	8.65	1.23
	2012. 4	5.53	9.20
	2013. 3	351.07	137.98
	2014. 3	200.40	3.19
	2015. 6	14.59	0.97
	2016.10	6.12	1.23(신)
	2017. 3	26.21	1.42
	2018. 5	190.24	1.81
	2019. 5	1,831.20	1.29

※ 손불2 관측공의 2016년 자료는 이동 설치된 지구의 자료임

5. 장기관측 결과



<손불1 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



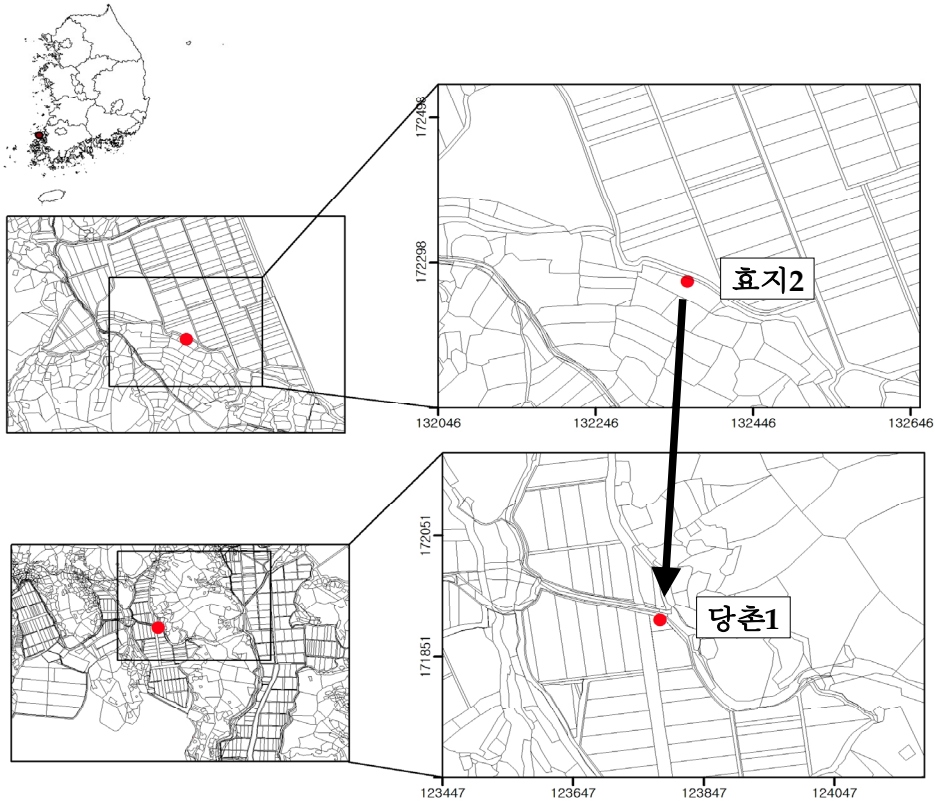
<손불2 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 손불1, 손불2(구) 관측공은 2004년과 2005년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 기존의 손불2(구)는 토지소유자의 이설요청에 따라 2016년에 관측지점을 내륙으로 1.2 km 위치한 지점에 손불2(신) 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 손불1 관측공은 케이싱 직하부인 심도 13 m 이후 전기전도도가 급격하게 증가하여 공저까지 약 25,000 $\mu S/cm$ 로 증가함에 따라 염수의 유입이 진행되고 있음을 지시한다. 손불2(신) 관측공은 케이싱 심도 (6 m) 이후 심도 12 m 이후 전기전도도가 급격하게 증가하여 공저까지 약 450 $\mu S/cm$ 로 증가함에 따라 염수의 유입이 진행되고 있음을 지시한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 손불1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되며, 손불2 관측공은 (Na+K)-HCO₃이다. Cl/HCO₃ 몰비는 손불1 관측공은 4.39 ~ 1,831.2 범위로 해수침투의 영향은 지속되는 것으로 판단되며, 손불2(신) 관측공은 1.23 ~ 1.81로, 해수침투의 영향이 있는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 손불1 관측공 지하수위 변동폭은 약 12 m 이내이며, 관개기에 감소하고 우기 이후에 수위가 증가한다. 또한 관측공 개발 이후 전반적으로 지하수수위는 상승하다가 2017년 이후 감소하여 2018년까지 유지하고 있다. 손불2(구) 관측공도 관개기와 우기에 의한 영향으로 연간 약 5 m 이내의 수위변동을 나타낸다. 손불2(구) 관측공도 관측공 개발 이후 지하수위는 증가추세이다. 손불1 관측공의 전기전도도는 관측공 내 전이대 구간의 상승과 하강에 따라 변동되는 것으로 나타났다. 손불2(신) 관측공은 하절기 지하수위가 감소하고, 전기전도도가 증가하는 특성을 보인다.
- 5) 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.

2.7.2 당촌지구

1. 위치



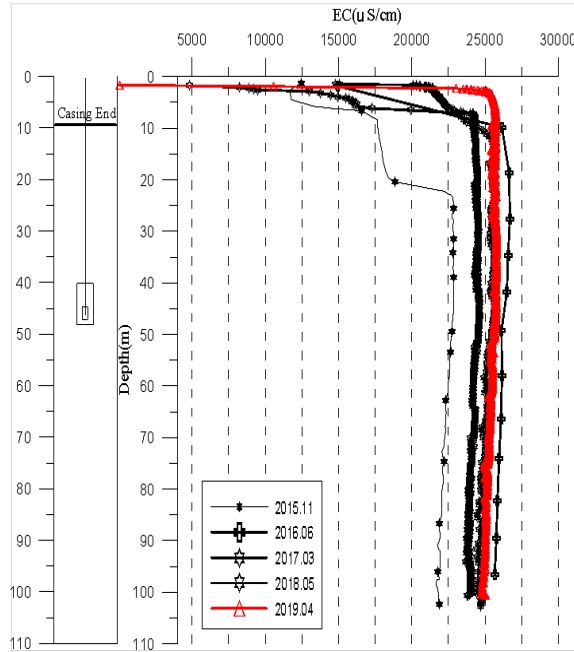
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
당촌1	신안군 지도읍 당촌리 1899-1	123698.6416	171609.2067	3.01	2015	600	1.61

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

2. 지형 및 지질

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

3. 지하수 검층



<당촌1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

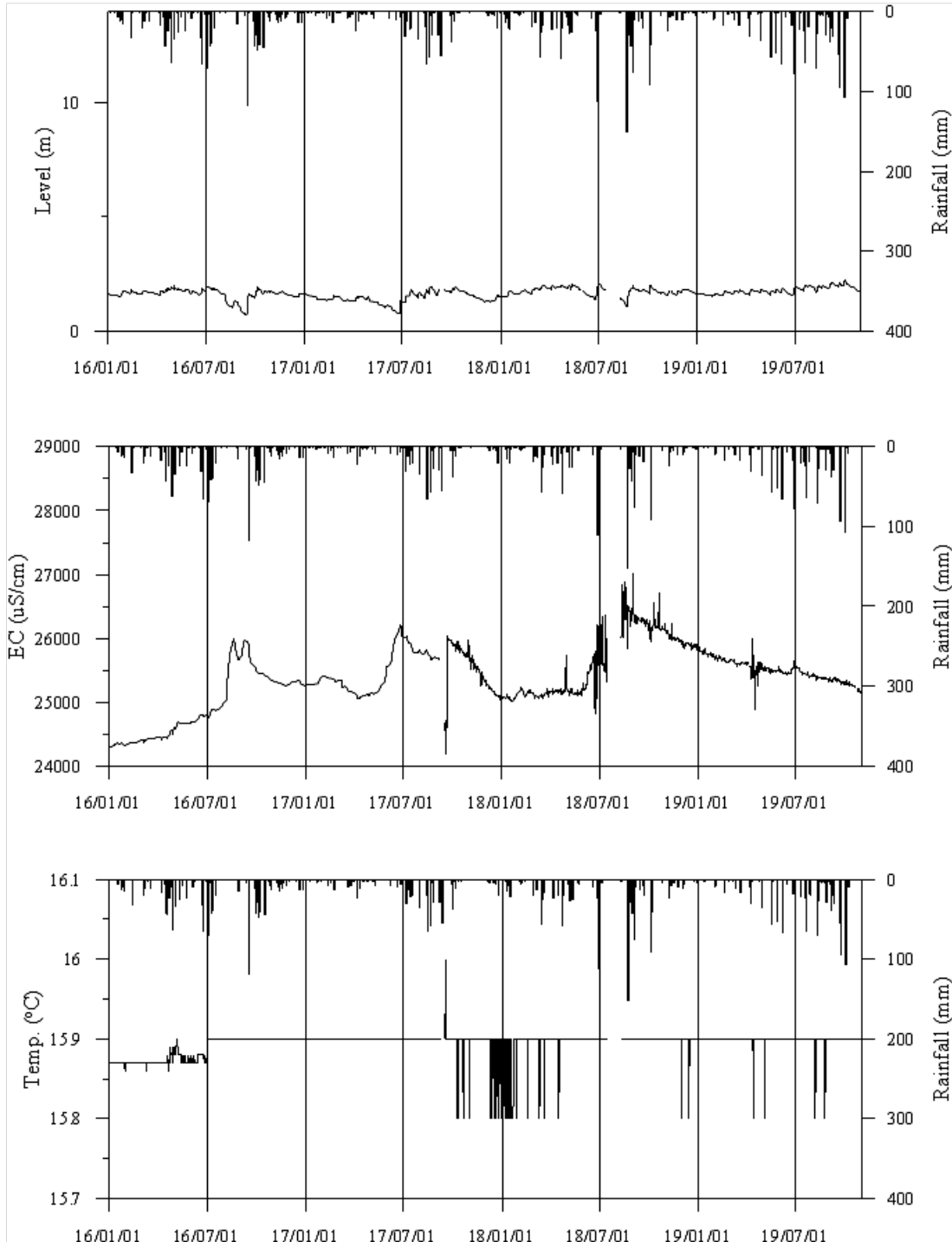
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
당촌1	(2015.12)	2,761.55	456.25	14.58	1,794.52	709.0	7,063.6	158.6	N.D.
	(2016.10)	2,671.00	453.40	10.50	2,187.00	1,091.20	11,567.8	124.00	N.D.
	(2017. 3)	2892.51	418.42	22.10	1718.02	712.33	8151.83	76.25	N.D.
	(2018. 5)	2581.12	515.20	18.34	2191.35	809.36	8265.07	85.40	4.05
	(2019. 5)	2268.58	507.13	13.75	2373.56	738.20	7888.08	115.90	N.D.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	당촌1
Cl/HCO ₃ 몰비	2015.12	76.65
	2016.10	160.55
	2017. 3	184.00
	2018. 5	166.56
	2019. 5	116.95

5. 장기관측 결과



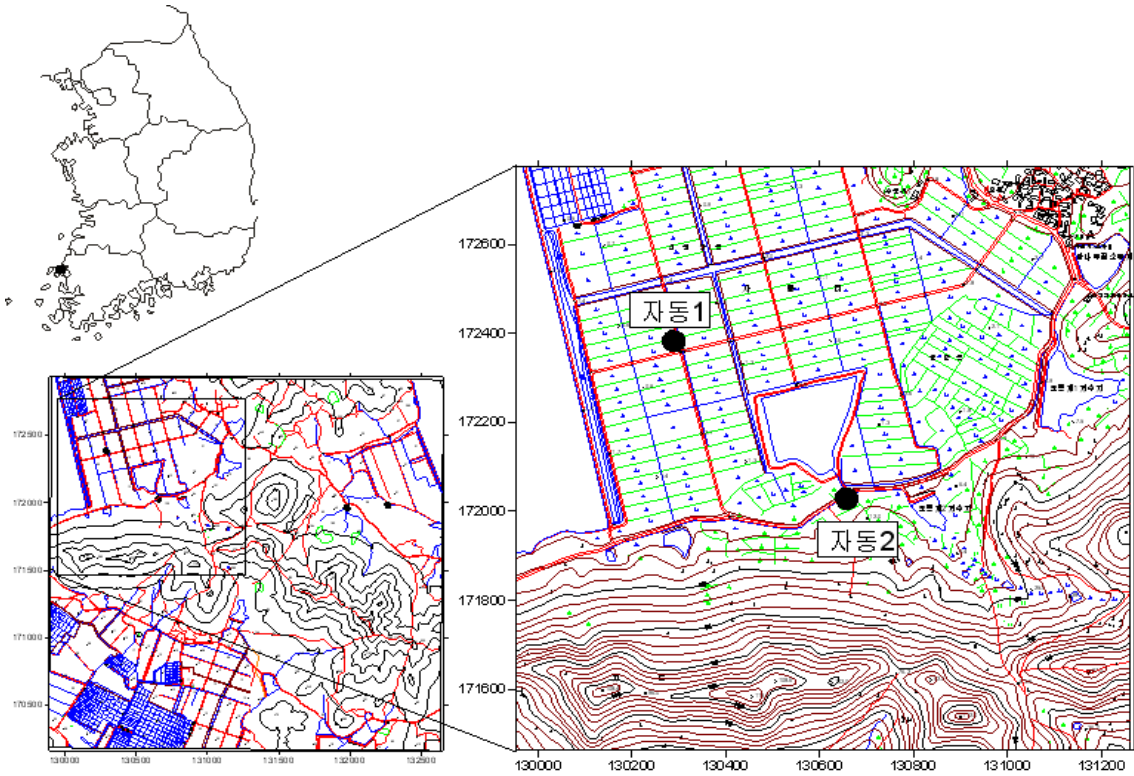
<당촌1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신안군 지도읍에 위치한 당촌지구는 서해에 둘러싸인 섬 지역의 낮은 구릉지 사이의 농경지 발달 지역으로, 과거 효지2 관측공의 자료 신뢰도 문제로 인하여 당촌1 관측공으로 이동 설치된 지구이다. 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) 지하수 검층 결과 : 당촌1 관측공은 2015년 심도 약 10 ~ 23 m 구간에 전이대가 형성되어 있었으나, 2016년 이후 심도 10 m 부터 26,000 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도가 관측되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 당촌1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO_3 몰비는 77 ~ 184 범위로 분석되어 매우 심한 정도의 해수 영향을 받고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 당촌1 관측공의 지하수위는 강수량과 상관관계가 높고, 일정하게 유지하는 추세이다. 심도 45 m에 설치한 EC 센서의 전기전도도 값은 초기 약 24,300 $\mu S/cm$ 에서 약 26,700 $\mu S/cm$ 까지 소폭의 증가 경향을 보이고 있다.
- 5) 관리 방안 : 당촌1 관측공 주변 지반은 현재 매우 심한 정도의 해수 영향을 받고 있다. 따라서 지하수 이용의 제한과 동시에 장기적인 모니터링이 필요하고, 주변에서는 농어업용수로 지하수가 아닌 타 수자원을 고려하여야 한다.

2.7.3 자동지구

1. 위치

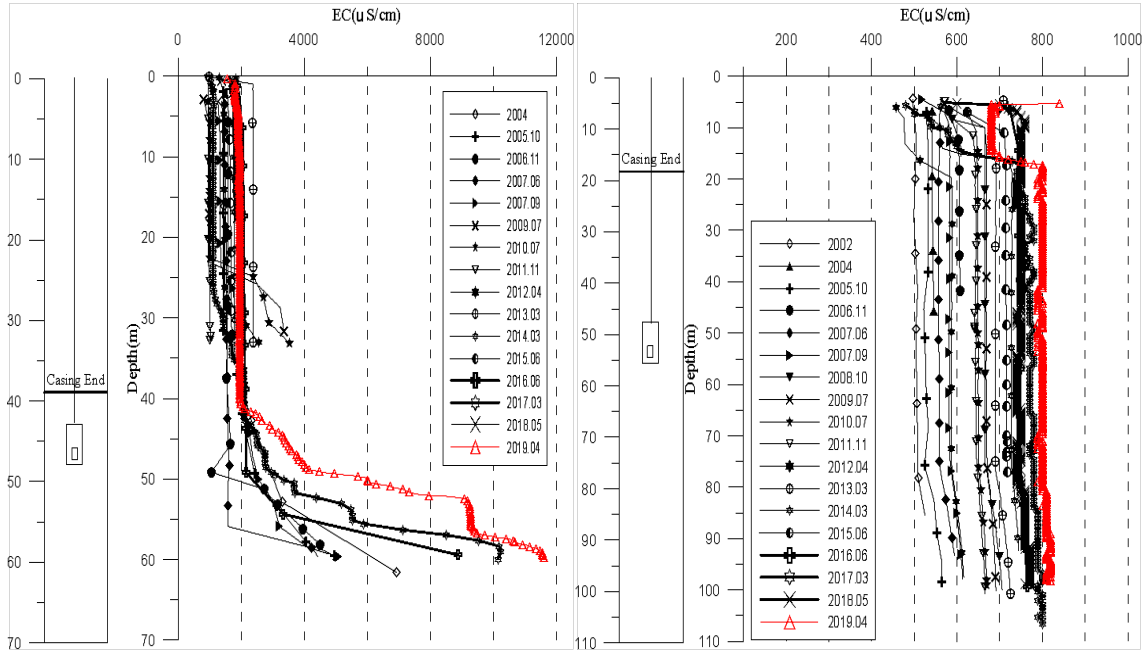


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
자동1	신안군 지도읍 자동리 1710-6	130290.292	172382.936	-1.12	2001	220	-1.63
자동2	신안군 지도읍 자동리 341-9	130658.381	172028.618	4.23	2002	260	-0.90

2. 지형 및 지질

이 지역은新安군 지도읍 서측부에 해당되며 산지지역의 말단부에 위치한다. 지질은 중생대 유라기의 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)

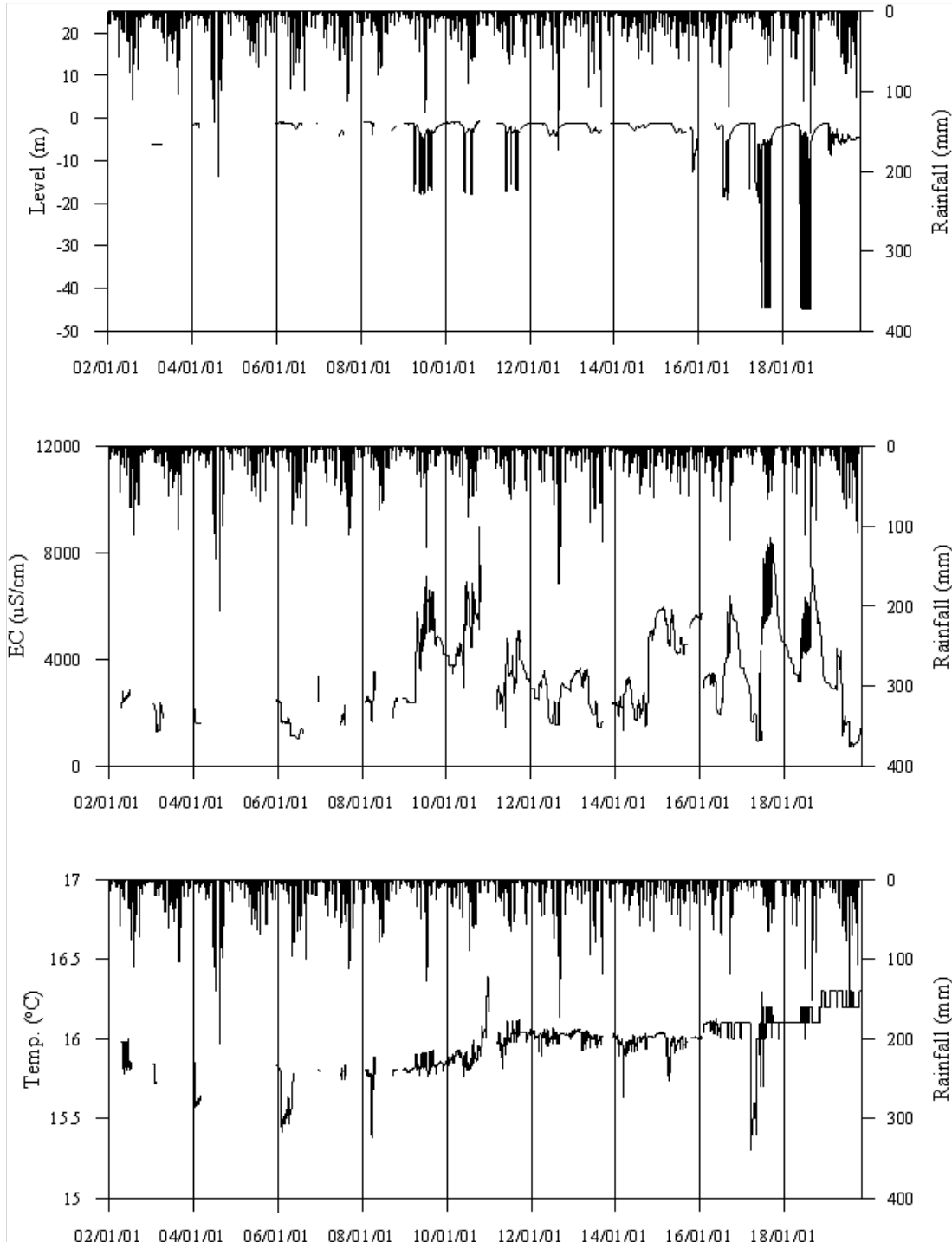
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
자동1	(2002. 7)	52.19	125.73	6.27	150.70	10.57	484.25	61.00	39.15
	(2004.10)	55.88	80.94	3.69	219.79	36.32	782.05	82.96	3.06
	(2005.10)	35.36	54.26	5.84	160.46	10.63	422.11	28.98	3.50
	(2006.11)	41.34	50.00	6.50	148.02	6.76	492.06	54.90	N.D.
	(2007.10)	42.13	54.53	12.57	158.73	12.10	457.47	100.65	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	59.68	113.56	7.64	332.34	40.13	827.91	112.85	N.D.
	(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

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
자동1	(2015. 6)	46.31	66.28	8.48	174.63	18.30	461.10	100.70	N.D.
	(2016.10)	67.23	115.80	6.50	347.60	53.10	723.00	104.00	N.D.
	(2017. 3)	48.20	42.52	5.15	113.24	14.11	310.94	134.20	2.92
	(2018. 5)	57.28	66.10	8.30	178.38	14.46	509.67	106.75	N.D.
	(2019. 5)	2396.75	498.27	13.82	2224.20	699.33	7914.10	109.80	32.41
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	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2010. 7)	39.18	14.79	4.72	40.23	7.60	53.31	21.35	N.D.
	(2011. 7)	47.75	19.05	4.73	46.77	9.85	58.83	21.35	N.D.
	(2012. 4)	37.34	13.34	6.19	30.18	12.61	53.22	3.05	N.D.
	(2013. 3)	44.85	18.12	5.06	41.83	13.21	57.57	12.20	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	42.27	22.62	5.20	48.77	15.90	158.30	68.33	N.D.
	(2017. 3)	42.47	19.32	4.97	32.23	5.50	71.35	44.23	N.D.
(2018. 5)	49.96	22.65	6.51	47.91	10.96	79.37	24.40	0.12	
(2019. 5)	43.44	24.96	6.11	54.46	11.40	87.32	18.30	0.452	

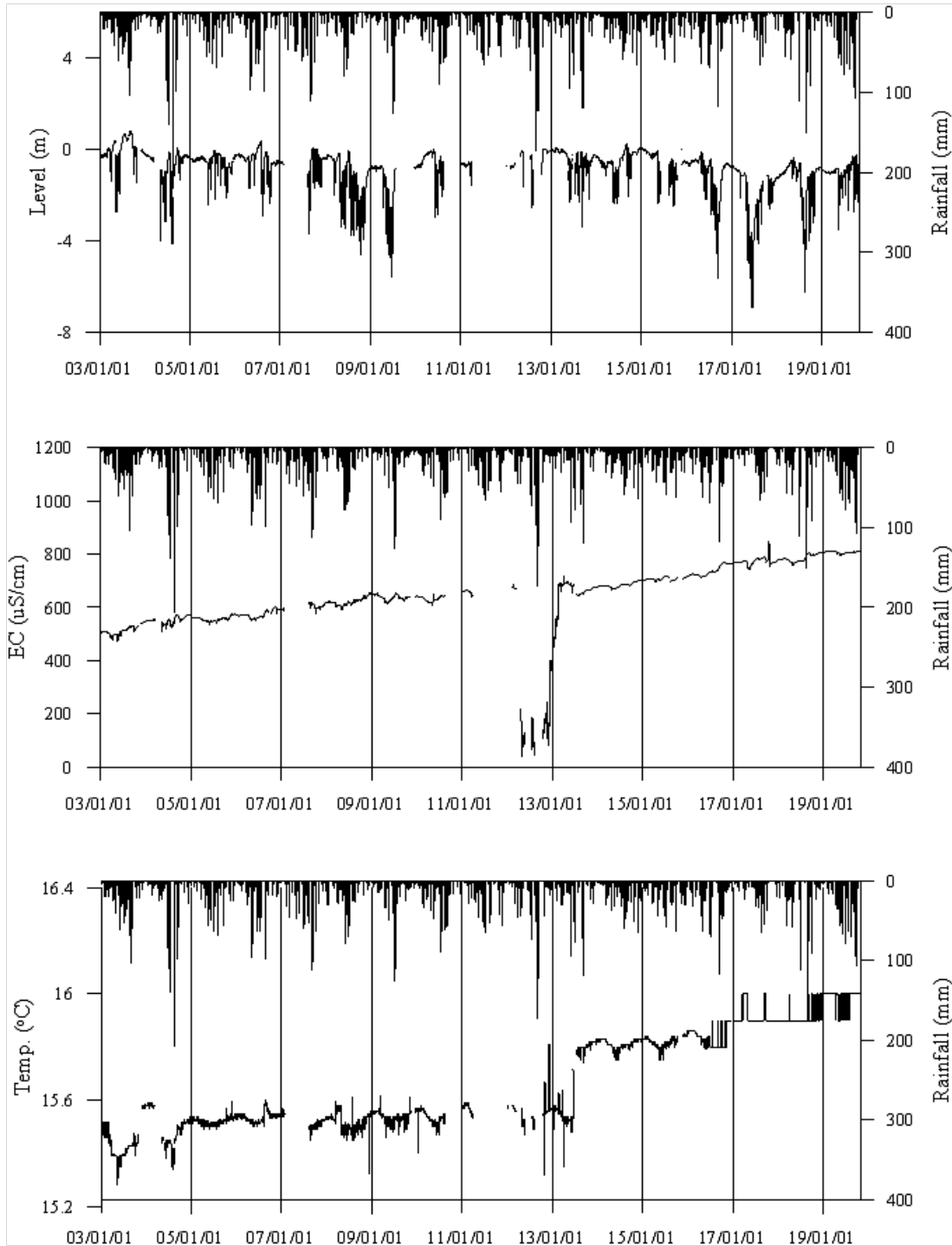
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	자동1	자동2
	년월		
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
	2016.10	11.96	3.99
	2017. 3	3.99	2.78
	2018. 5	8.22	5.60
2019. 5	123.85	8.20	

5. 장기관측 결과



<자동1 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<자동2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

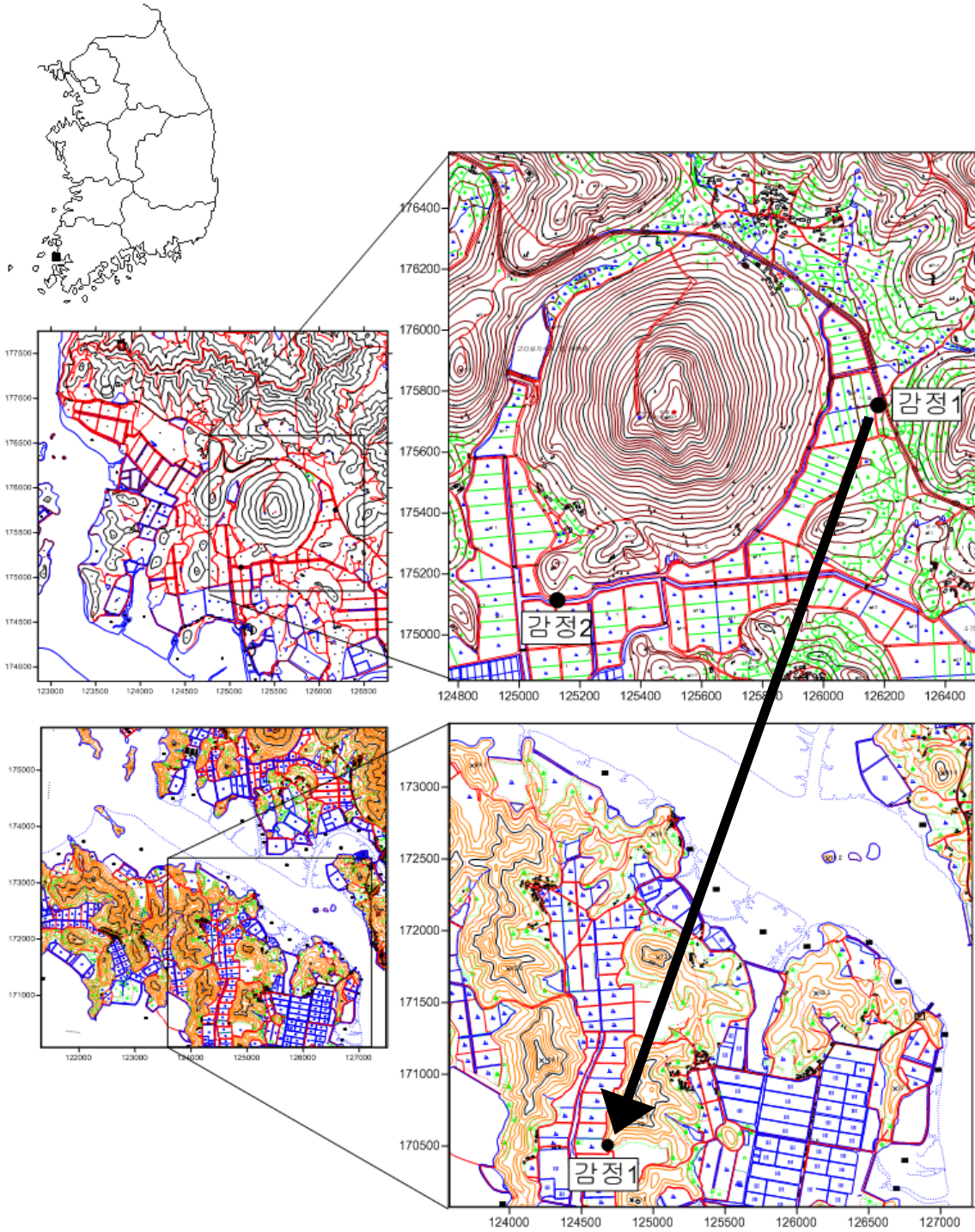
6.

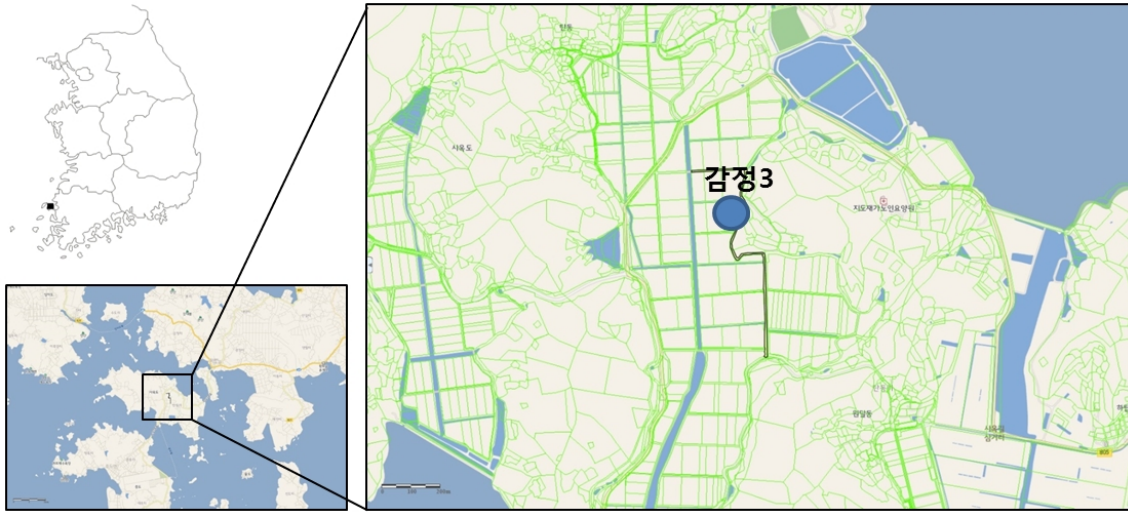
현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 자동1, 자동2 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 나타나지만, 2,000 $\mu S/cm$ 에서 10,000 $\mu S/cm$ 으로 증가하였다. 자동2 관측공은 전이대가 분포하지 않지만 500 ~ 800 $\mu S/cm$ 범위이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 자동1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, 자동2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 에 해당된다. 또한 Cl/HCO₃ 몰비가 3.08 ~ 123.85, 0.80 ~ 29.98 범위로 매년 값의 변화가 심하지만, 해수침투 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 자동1, 자동2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 지하수위 강하에 따라 전기전도도 값은 증가한다. 이는 지하수 양수로 인한 염지하수 유입으로 전기전도도가 증가하는 것으로 판단된다. 자동1 관측공의 경우 2017년 말부터 지속적인 양수에 의한 염수침투의 영향이 나타나고 있으며, 양수 시 전기전도도의 상승 현상이 두드러질 것으로 판단된다. 자동2 관측공은 전형적인 강수에 의한 영향이 나타나지만, 전기전도도의 변화는 크지 않다.
- 5) 관리 방안 : 자동지구는 2002년 관측이후 현재까지 해수침투의 영향이 증가와 감소를 반복하고 있다. 따라서 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.7.4 감정지구

1. 위치





관측공	주 소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
감정1 (신)	신안군 지도읍 탄동리 산196-45	124681.597	170507.647	6.00	2014	470	2.20
감정2	신안군 지도읍 감정리 1901	125125.486	175113.746	-0.486	2000	600	-2.266
감정3 (신)	신안군 지도읍 탄동리 1879	271828.787	124934.806	3.113	2017	700	-1.887

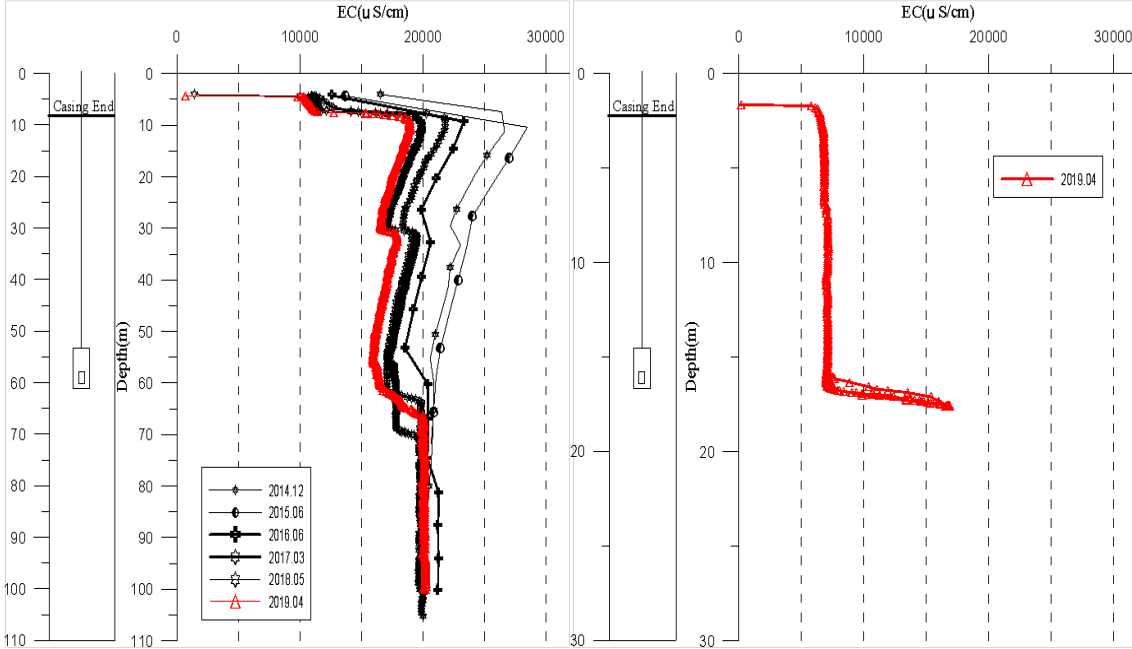
* 감정1 : 2014년 12월 이동 설치 함.

감정3(신) : 2017년 토지소유주의 민원에 의거 효지1(구) 관측공을 폐쇄하고 감정3 관측공으로 이설

2. 지형 및 지질

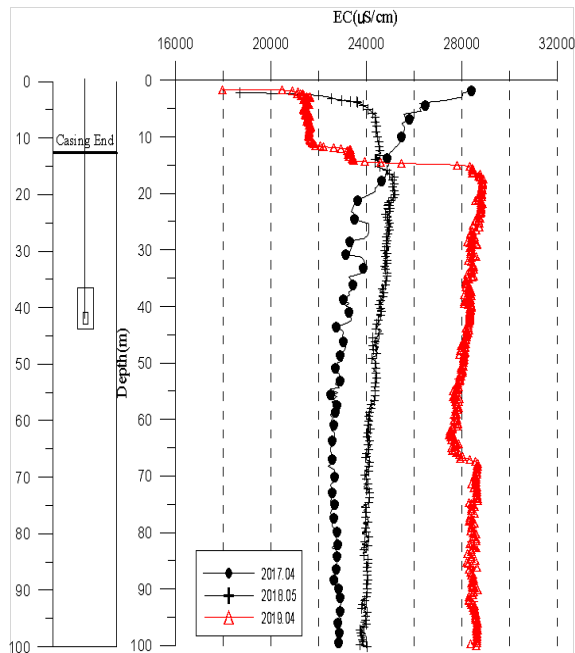
이 지역은 신안군 지도읍 남동쪽 해안변 산지의 동쪽과 서쪽에 위치하며, 지형적으로 해안 변에는 구릉지로 분포한다. 지질은 중생대 쥐라기 판상화강암이 기반암으로 넓게 분포하며, 지역적으로 규장암과 섬록암이 관입한 형태로 나타난다.

3. 지하수 검층



<감정1 관측공>

<감정2 관측공>



<감정3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

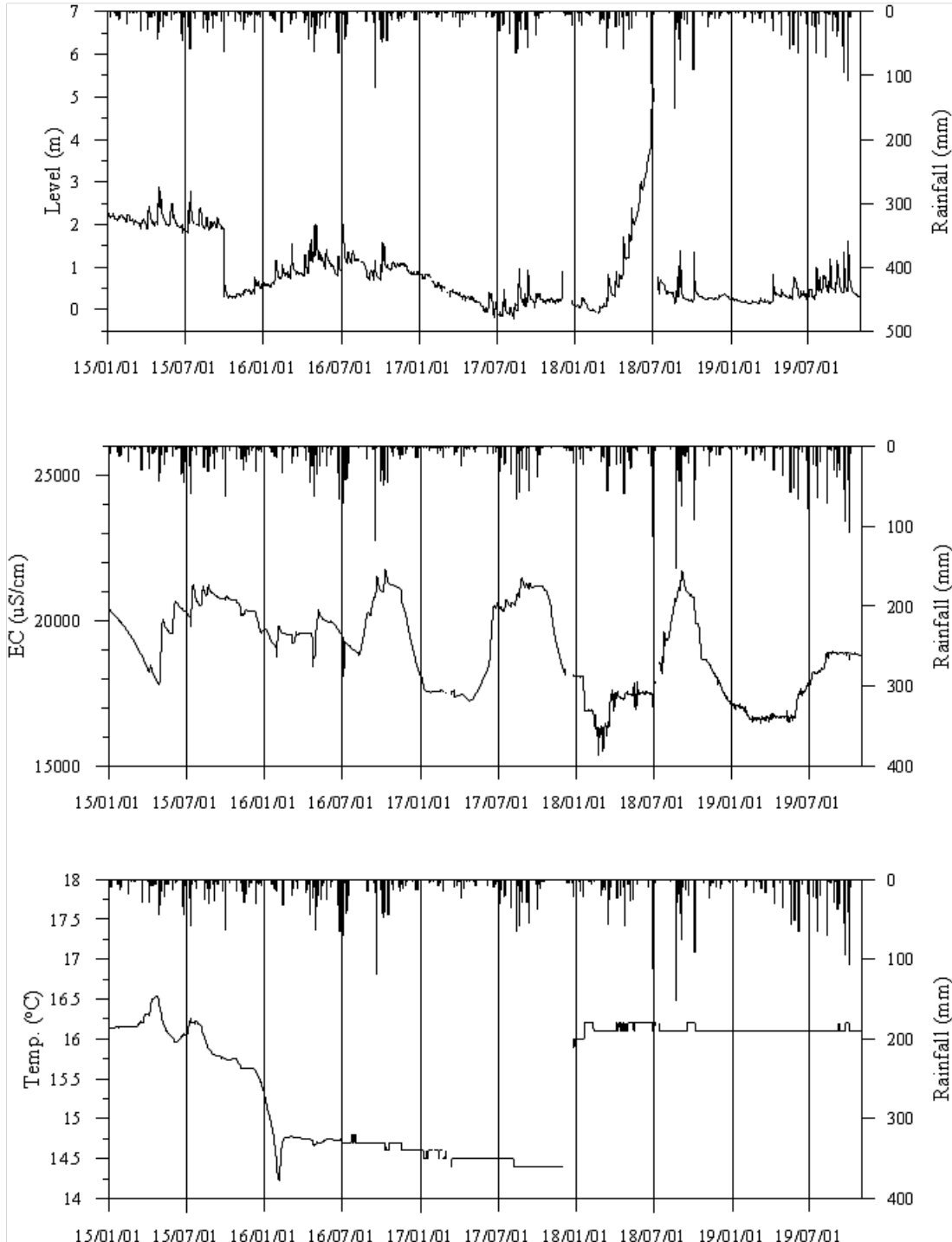
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
감정1 (구)	(2002. 7)	15.86	8.15	0.78	31.66	24.50	126.20	52.46	4.79
	(2004.10)	16.55	0.39	N.D.	33.74	44.69	31.15	78.08	0.49
	(2005.10)	17.53	5.41	0.96	32.69	27.52	25.01	70.15	0.26
	(2006.11)	18.99	3.59	0.45	41.68	32.54	22.56	91.50	N.D.
	(2007.10)	16.07	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	N.D.
	(2012. 4)	17.94	4.76	1.91	48.52	45.02	22.02	112.85	N.D.
	(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	
감정1 (신)	(2015. 6)	3108.25	445.17	89.60	976.55	650.00	6614.60	210.50	N.D.
	(2016.10)	3687.00	403.80	69.20	752.10	1255.70	5569.20	251.00	N.D.
	(2017. 3)	3088.34	288.70	96.91	499.82	632.07	6015.03	292.80	80.24
	(2018. 5)	2119.70	289.61	37.14	945.74	649.71	5523.50	149.45	N.D.
	(2019. 5)	2054.12	335.08	36.21	1097.23	634.86	5011.05	152.50	34.60
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	N.D.
	(2007.10)	1434.73	150.69	46.32	358.99	276.55	2222.79	823.50	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	1018.78	117.97	43.35	276.06	253.69	2246.28	82.35	N.D.
	(2013. 3)	1586.11	147.67	42.05	361.19	337.99	3097.08	61.00	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	635.90	50.96	18.00	121.80	203.50	995.80	49.00	N.D.
	(2017. 3)	992.79	89.50	35.30	196.80	240.25	2108.64	42.70	0.82
	(2018. 5)	653.35	49.51	24.69	105.49	175.43	1236.25	51.85	1.66
(2019. 5)	951.79	103.64	33.94	244.56	241.30	1914.24	54.90	4.08	
감정3 (신)	(2017. 3)	12.96	1.90	1.35	5.84	3.92	11.90	39.65	0.05
	(2018. 5)	3656.79	419.61	43.54	1283.84	679.22	7690.59	122.00	17.39
	(2019.11)	3443.69	441.38	62.65	689.07	470.55	7124.22	179.95	47.20

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	*감정1	감정2	감정3
	년월			
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(신설)	19.11	-
	2016.10	38.19	34.98	-
	2017. 3	35.36	84.99	0.52
	2018. 5	63.61	41.03	108.49
	2019. 5	56.46	59.91	68.03

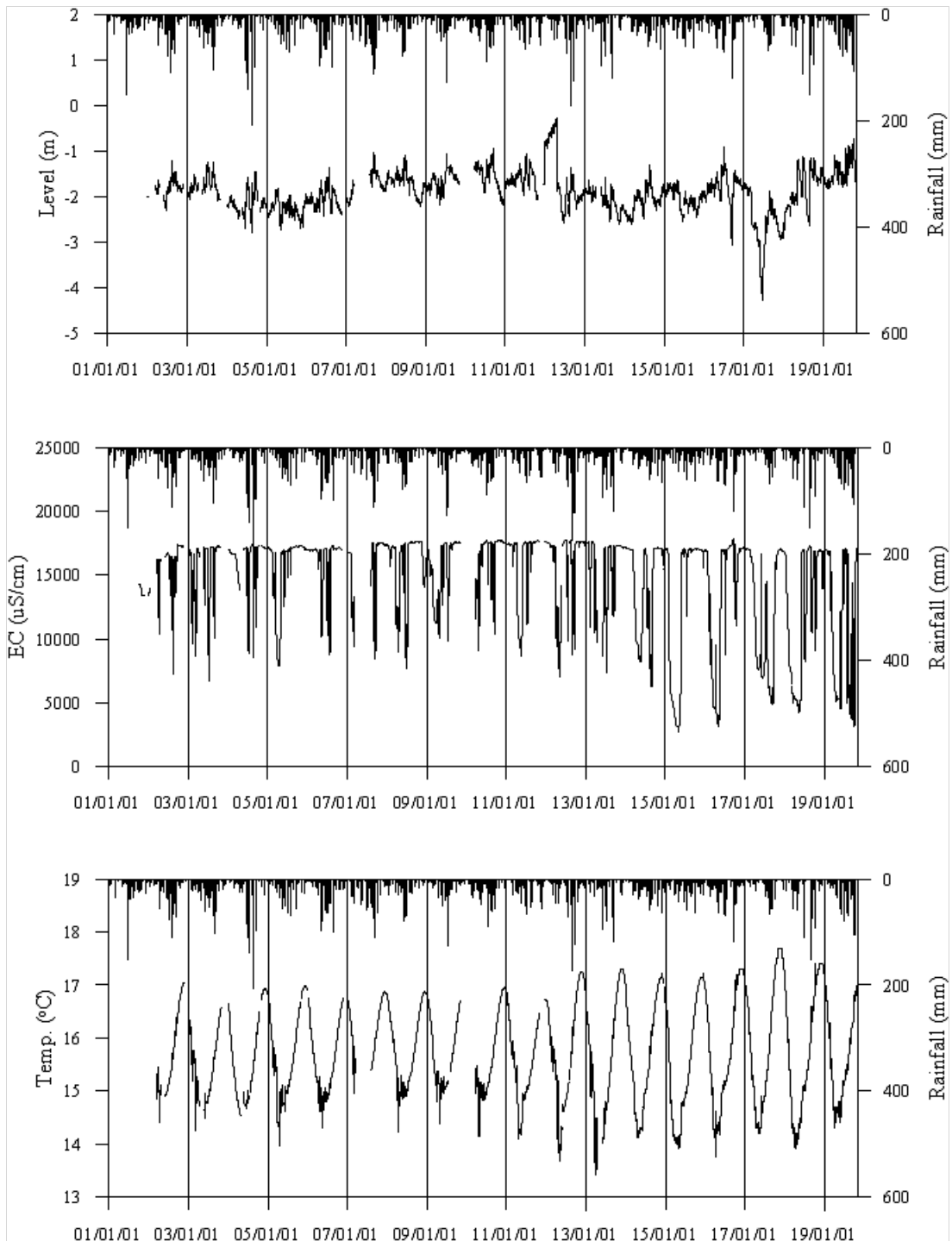
* 감정1 관측공의 2015년 이후 자료는 감정1(신) 관측공 자료임

5. 장기관측 결과

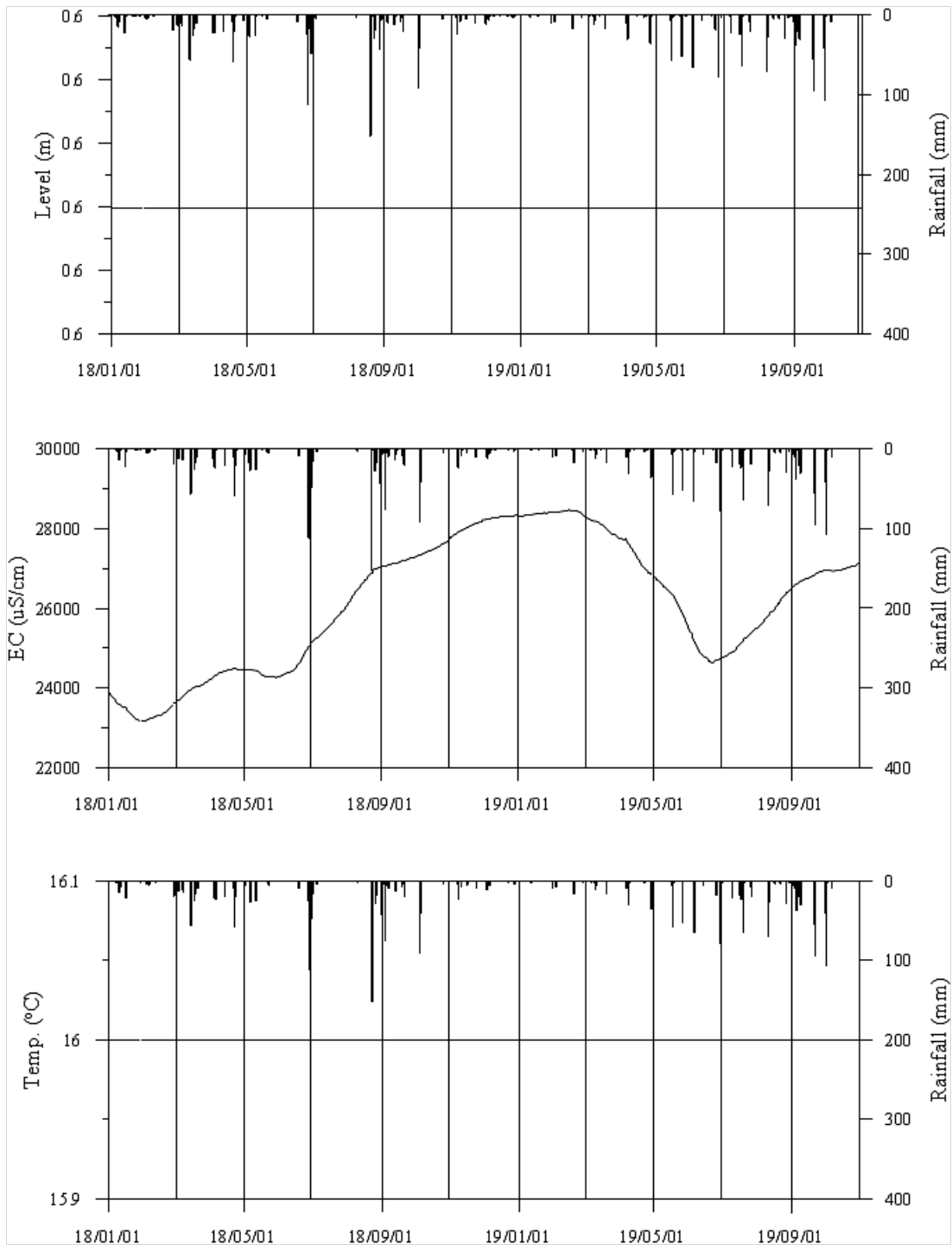


<감정1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<감정2 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<감정3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

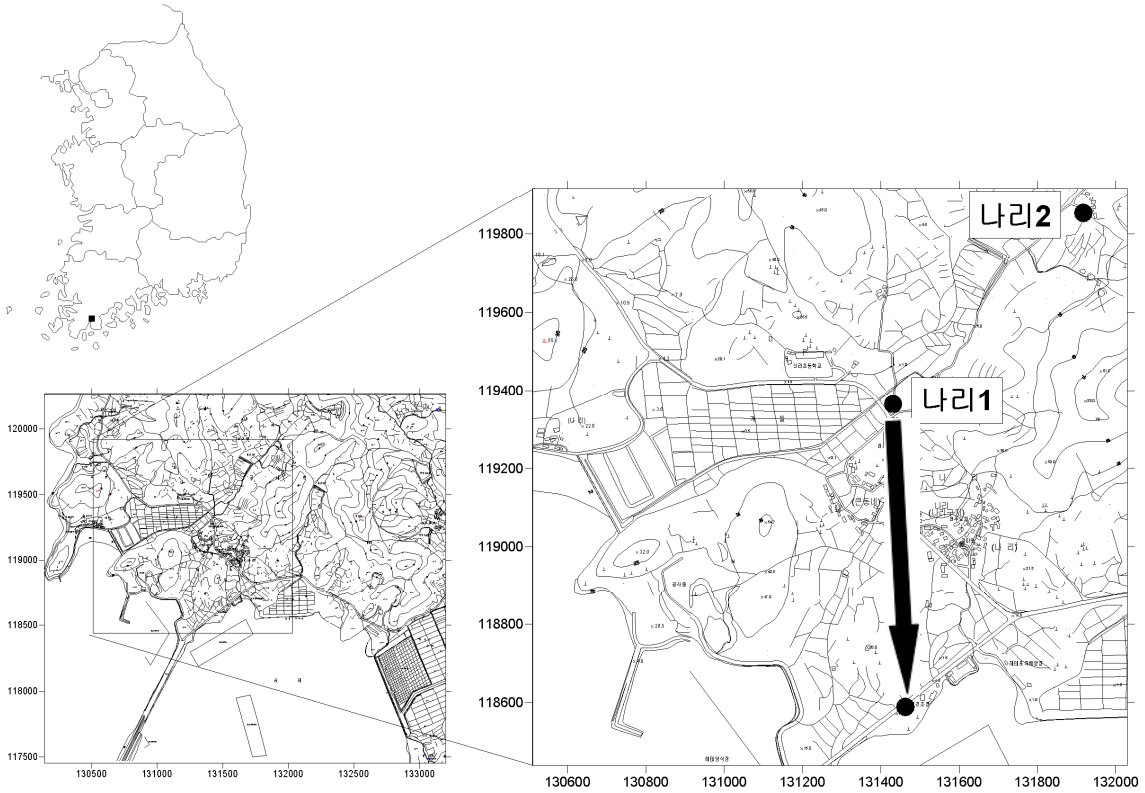
- 1) 위치선정 : 감정1, 감정2 관측공은 1998년과 2000년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치되었다. 이용공을 관측망으로 활용함에 따라 관측자료의 불량과 센서 인입의 어려움 등이 발생하여, 감정1(신) 관측공은 2014년말에 이설되었고 해당 관측자료는 2015년부터 분석하였다. 그러나 감정2 관측공은 이설계획이 수립되지 않고 현재까지도 공내에 이용시설이 설치되어 있어서 2015년에도 지하수 검층을 실시하지 못하였다. 감정3 관측공은 신안군 지도읍 탄동리에 2017년 설치한 관측공으로 주변에 경지정리된 농경지가 분포하여 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층자료 분석 결과 : 감정1(신) 관측공의 전이대는 지표 하 30 m, 55 m m 부근에 형성되었으며, 전기전도도는 20,000 $\mu S/cm$ 증감을 반복하며 유지되고 있다. 감정3 관측공은 심도가 깊어질수록 전기전도도가 감소추세인데, 약 25,000 $\mu S/cm$ 에서 24,000 $\mu S/cm$ 까지 감소한다. 감정1(신), 3 관측공은 모든 심도에서 해수에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 감정1(신), 감정2, 감정3 관측공 모두 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되었으며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 35.36 ~ 63.61, 4.64 ~ 241.90, 0.52 ~ 108.49로서, 매우 심하게 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 감정1(신) 관측공의 지하수위는 약 1 m 범위에서 변화하며 2015년에 급격히 감소하였다가 이후 안정적인 추세를 나타내고 있다. 2018년 상반기 수위가 5 m 내외 급격히 상승하다가 다시 안정되어 관측되고 있다. 전기전도도는 22,000 $\mu S/cm$ 내외로 분포하며, 강수의 영향으로 증가하는 경향을 보인다. 감정2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 조위 변화와 강수에 의한 영향이 복합적으로 나타나지만 수위변화는 5 m 이내이다. 전기전도도 값은 수위변화와 반대 방향으로 수위가 하강하면 전기전도도 값은 상승하므로 지속적인 모니터링이 필요하다. 감정3 관측공은 설치이후 수위의 변동은 나타나지 않으며, 전기전도도는 24,000

$\mu S/cm$ 에서 28,000 $\mu S/cm$ 까지 점차 증가하는 추세이다.

- 6) 관리 방안 : 감정지구는 해수침투의 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 판단되지만, 공내 이용시설 설치 등으로 지하수 검증을 실시 할 수 없으며(감정2), 관측공 시료 채취도 제한적이고 센서 점검 등이 원활하지 못한 상태이다. 신규 설치된 감정3 관측공은 해수유입이 과다하여 지하수 이용을 규제하고, 타수자원 이용을 모색해야 한다. 2014년말 감정1 관측공이 성공적으로 이설된 것처럼 감정2 관측공 역시 향후 이동 설치 등의 조치가 요구된다.

2.7.5 나리지구

1. 위치



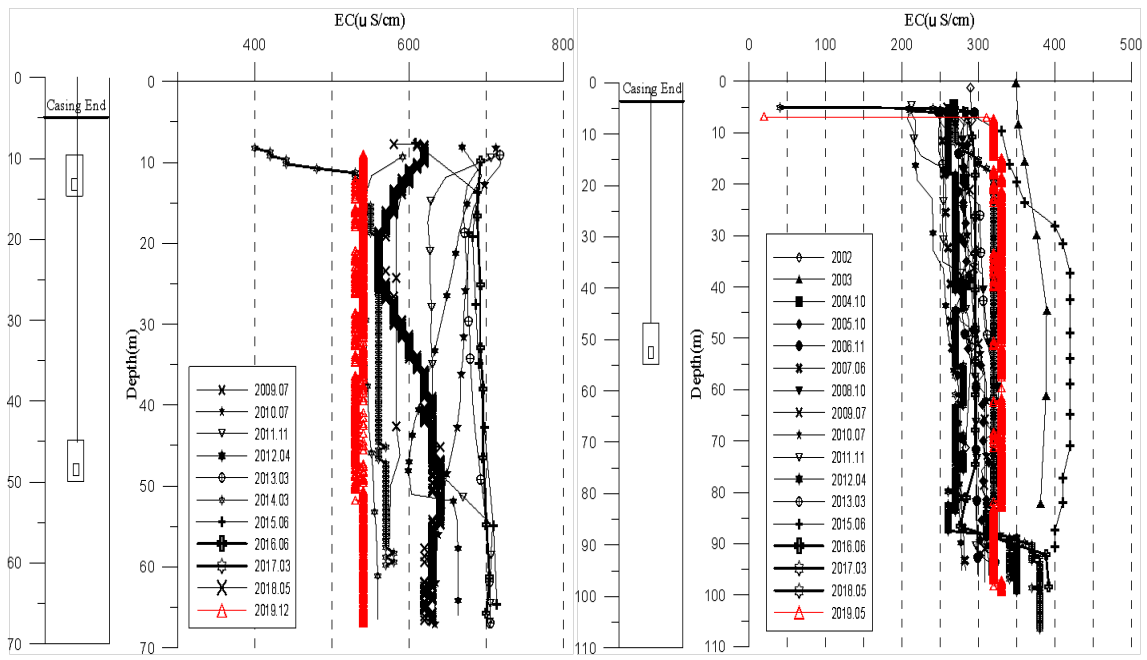
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
나리1 (신)	진도군 군내면 나리 256-2	131442.603	118566.172	7.70	2009	60	0.36
나리2	진도군 군내면 나리 84-3	131916.795	119854.125	9.28	2002	1,300	5.29

* 나리1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함.

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



<나라리1 관측공>

<나라리2 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 (구)	(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	N.D.
나리1 (신)	(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	N.D.
	(2011. 7)	63.41	14.43	8.07	69.74	33.60	117.07	24.40	N.D.
	(2012. 4)	47.35	13.41	9.17	56.79	29.60	92.84	21.35	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	47.12	12.67	7.00	49.89	20.00	79.80	22.33	N.D.
	(2017. 3)	53.16	12.79	5.29	32.20	17.79	74.68	21.35	N.D.
	(2018. 5)	43.83	11.46	7.44	34.46	31.67	70.17	30.50	N.D.
(2019. 5)	36.61	13.06	5.62	28.52	15.10	57.30	15.25	N.D.	
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	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	26.76	3.37	1.30	27.56	17.90	48.30	90.00	N.D.
(2017. 3)	27.79	3.76	2.80	28.89	14.03	36.16	91.50	N.D.	
(2018. 5)	20.14	2.46	1.18	24.35	12.53	29.91	82.35	0.09	
(2019. 5)	25.98	3.97	1.48	35.62	20.35	36.12	97.60	N.D.	

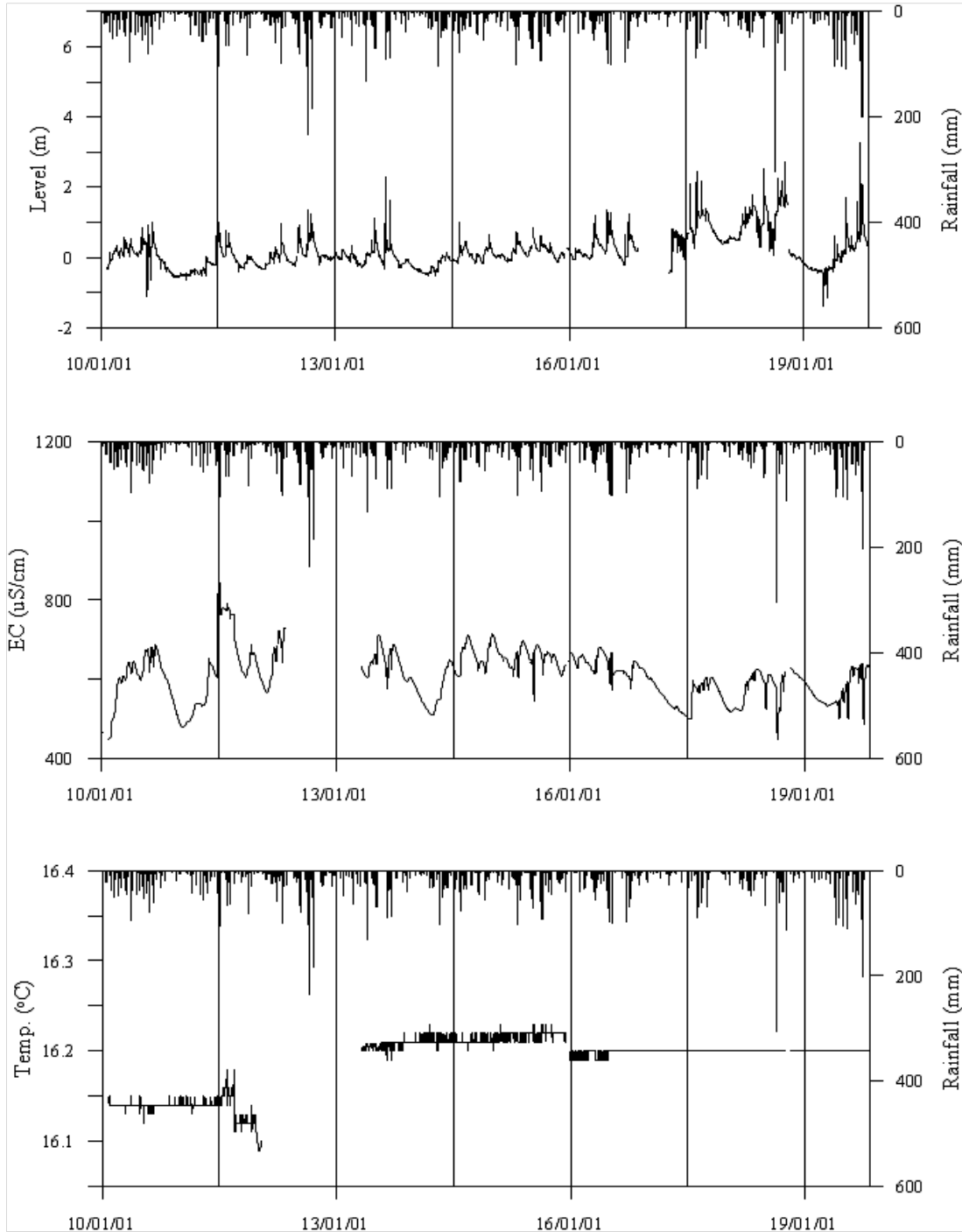
* 나리1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치함.

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	*나리1	나리2
	년월		
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
	2016.10	6.15	0.92
	2017. 3	6.02	0.68
	2018. 5	3.96	0.63
2019. 5	6.46	0.64	

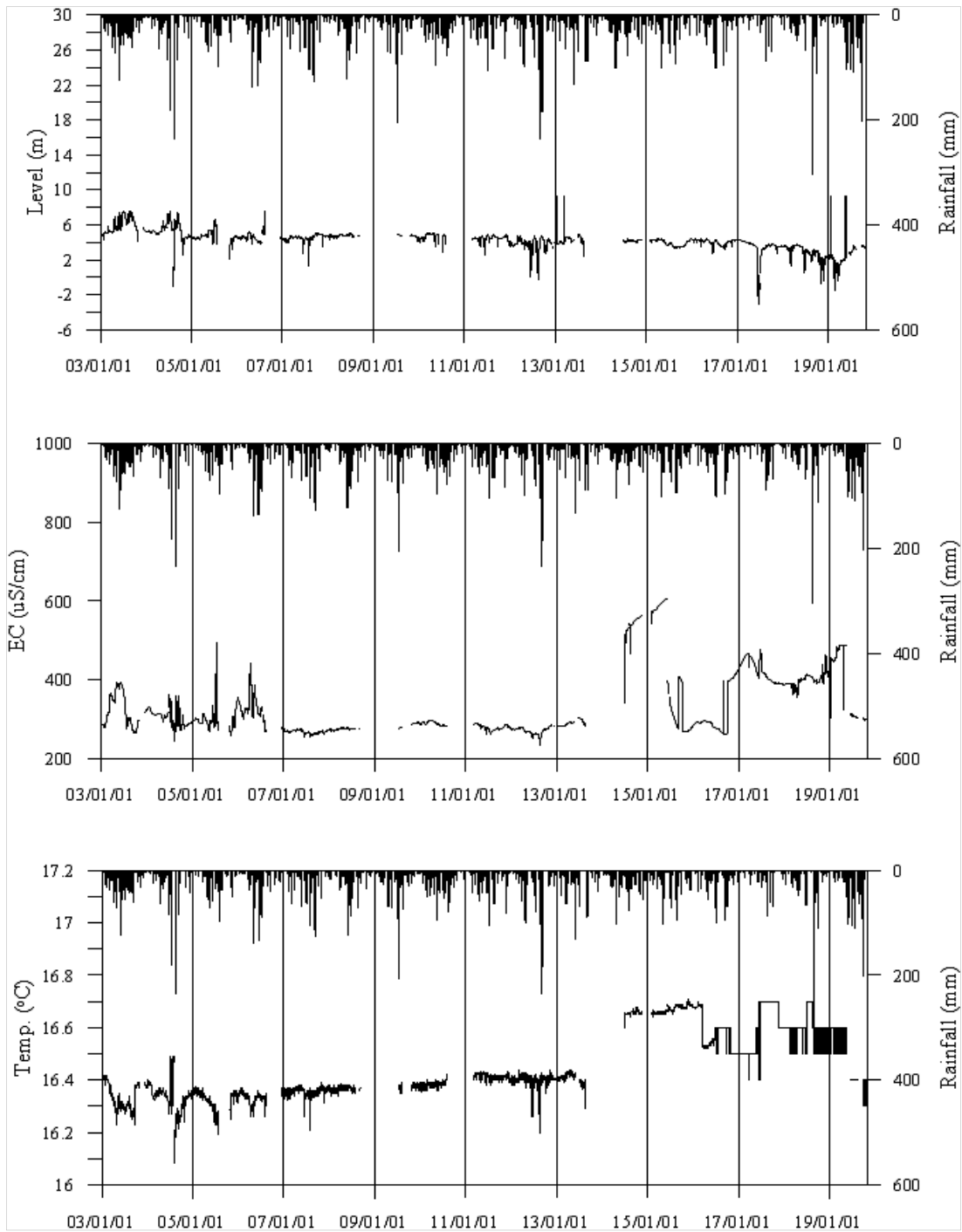
* 나리1 관측공은 2009년 이후 나리1(신) 관측공 측정 결과임

5. 장기관측 결과



<나리1(신) 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<나리2(신) 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2019.10.31)>

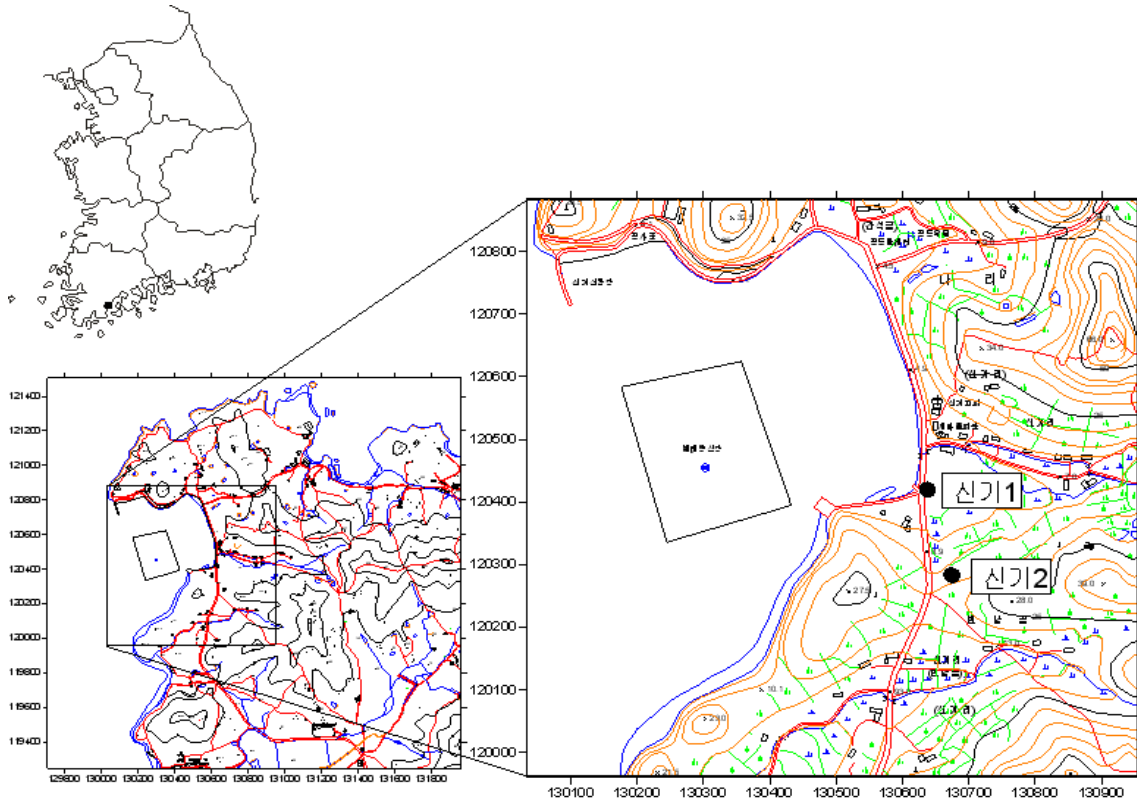
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 나리1(구), 2 관측공은 1998년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 나리1(신) 관측공은 지하수 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년 이동 설치하여 관측시스템을 신규로 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 나리1(신), 2 관측공은 전기전도도가 각각 500 ~ 700 $\mu S/cm$, 200 ~ 400 $\mu S/cm$ 내외의 낮은 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 나리1(신), 나리2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타났다. 또한, Cl/HCO₃ 몰비가 각각 1.74 ~ 10.80, 0.51 ~ 1.81 범위로 나타났다. 특히 나리1(신) 관측공은 증감 폭이 매우 크게 나타남에 따라 해수침투 영향이 일정하지 않은 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 나리1(신) 관측공은 방조제 내측으로 지하수위는 강수의 직접적인 영향을 받으며, 3 m 이내에서 수위변동이 나타났다. 나리2 관측공은 지하수 직접 양수로 10 m 이내의 수위변동이 있다. 양수에 의하여 전기전도도 값은 감소한다.
- 5) 관리 방안 : 나리지구는 나리1(신) 관측공을 이동 설치하였으므로 장기 관측 자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.7.6 신기지구

1. 위치

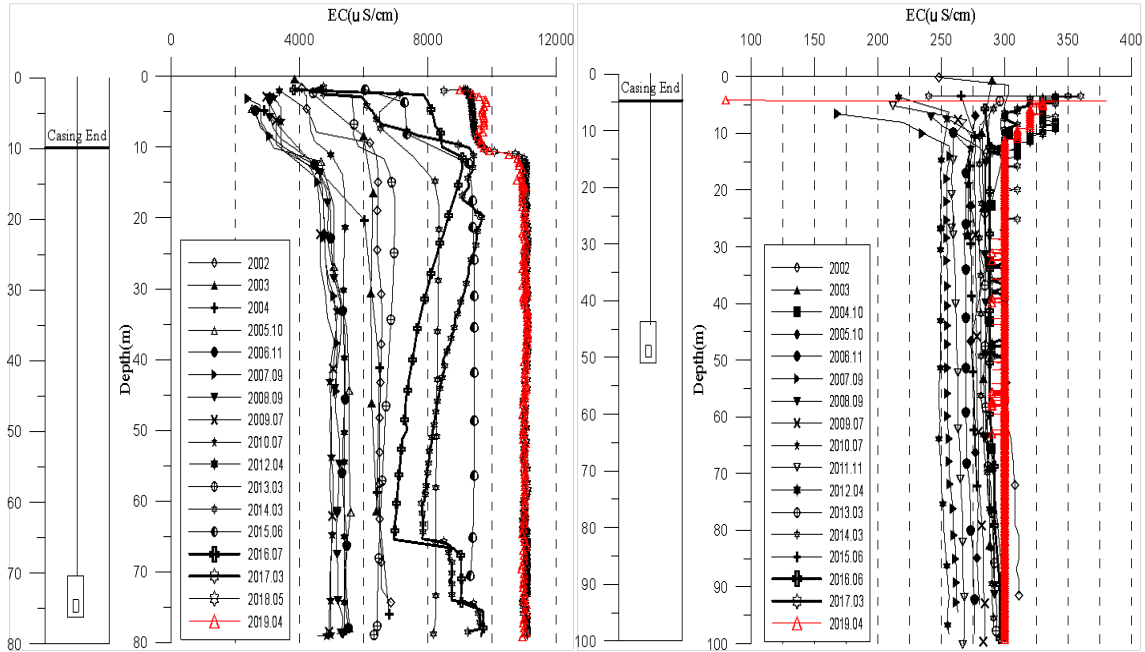


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
신기1	진도군 군내면 나리 산8-11	130637.883	120419.652	1.26	1999	80	-1.35
신기2	진도군 군내면 나리 405-6	130674.392	120283.048	8.63	1999	210	-0.92

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	N.D.
	(2007.10)	845.35	73.31	70.01	42.81	292.98	1174.06	518.50	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	625.75	84.72	39.39	42.23	198.20	1041.89	399.55	N.D.
	(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	N.D.

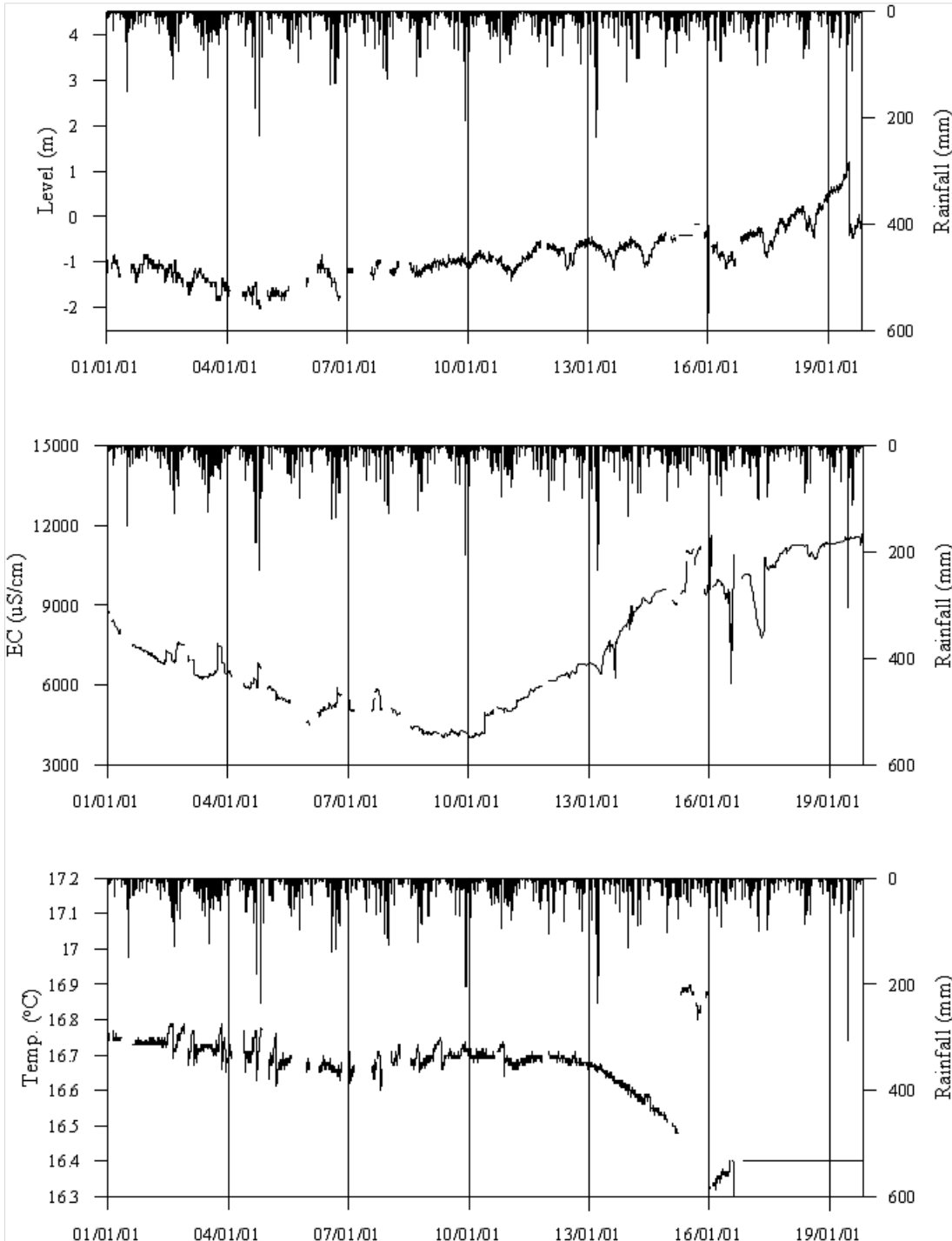
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
신기1	(2016.10)	1874.00	254.60	77.60	169.50	498.00	3467.40	410.00	N.D.
	(2017. 3)	1557.36	184.08	76.67	88.07	384.50	2493.33	292.80	12.61
	(2018. 5)	1538.23	253.10	109.46	141.53	461.95	3289.88	292.80	7.97
	(2019. 5)	1546.45	285.86	102.11	161.44	415.33	2901.45	277.55	11.984
신기2	(2002. 7)	22.21	12.04	1.96	19.84	3.84	6.03	48.19	7.99
	(2004.10)	10.97	N.D.	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 7)	21.60	4.75	1.69	25.25	11.99	35.26	76.25	N.D.
	(2012. 4)	20.80	5.01	1.64	27.74	10.98	35.27	85.40	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	26.74	4.31	1.60	27.17	10.70	32.30	82.00	N.D.
	(2017. 3)	33.89	5.12	2.11	23.92	13.61	43.74	82.35	0.62
(2018. 5)	30.90	5.38	2.10	22.50	15.54	54.51	70.15	0.19	
(2019. 5)	26.35	4.92	1.77	24.10	14.62	39.05	67.10	N.D.	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	신기1	신기2
	년월		
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
	2016.10	14.55	0.68
	2017. 3	14.66	0.91
	2018. 5	19.34	1.34
2019. 5	17.96	1.00	

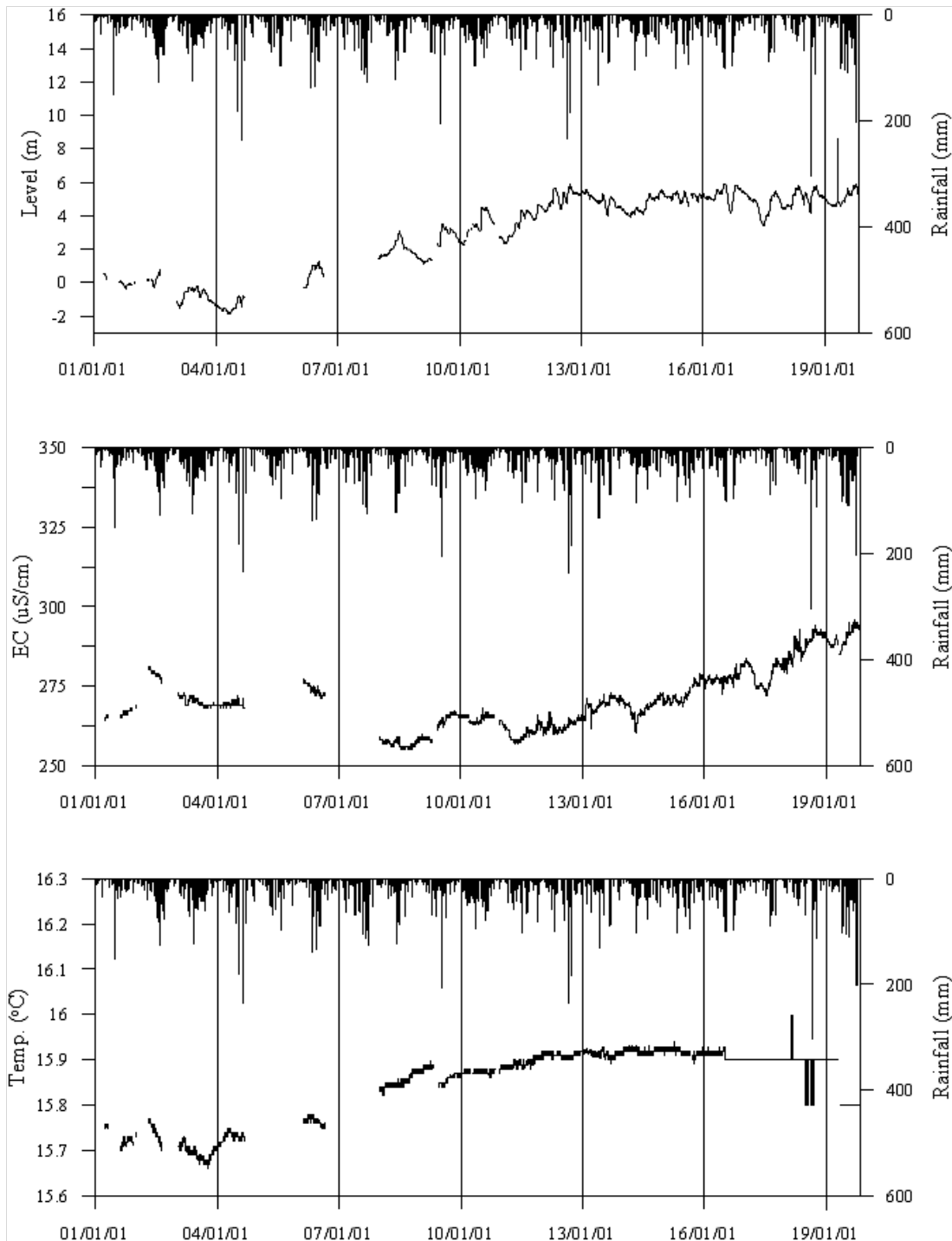
5.

장기관측 결과



<신기1 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



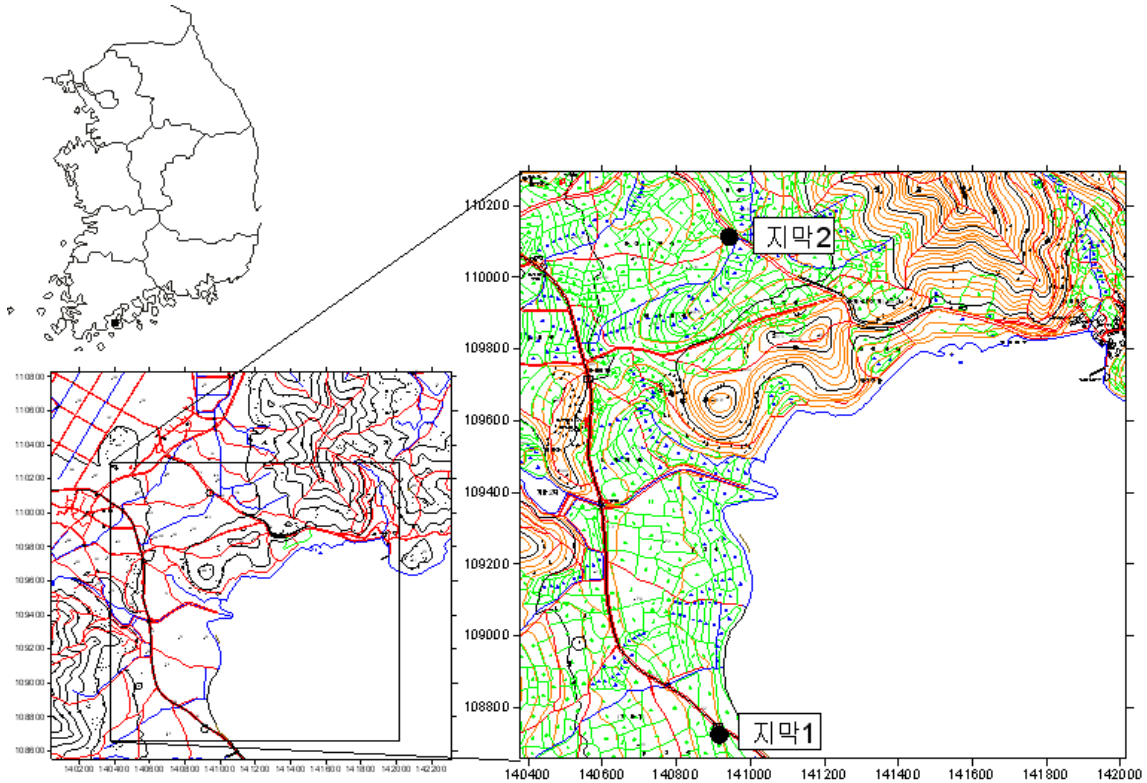
<신기2 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신기1, 신기2 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 5,000 ~ 10,000 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 2018년 전기전도도가 증가하여 11,000 $\mu S/cm$ 에서 일정한 값을 나타내고 있다. 반면 신기2 관측공은 240 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위를 지속적으로 유지하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 신기1 관측공은 각각 (Na+K)-Cl 유형에 해당하며, 신기2 관측공은 (Na+K)-HCO₃에 해당한다. 신기1 관측공의 Cl/HCO₃ 몰비는 전기전도도 상승현상과 같이 2018년 19.34로 증가 후 2019년 17.96로 약간 감소하였다. 신기2 관측공도 2018년 1.34로 증가 후 1.0으로 감소하였다. 신기1 관측공의 경우 해수침투 영향이 큰 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 신기1, 신기2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 신기1 관측공은 강수의 영향보다는 조석의 영향이 두드러지며, 전기전도도는 2010년 이후 지속적으로 증가 추세이므로 주의가 요구된다. 신기2 관측공은 지하수위 변화가 계절적 강수의 영향을 받고 증가 추세이며, 전기전도도 값은 큰 변화없이 연간 약 270 $\mu S/cm$ 내외로 측정되었다.
- 5) 관리 방안 : 신기지구의 신기1 관측공은 해수침투의 영향을 직접적으로 받고 있고 전기전도도 상승현상이 나타남에 따라, 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.7.7 지막지구

1. 위치



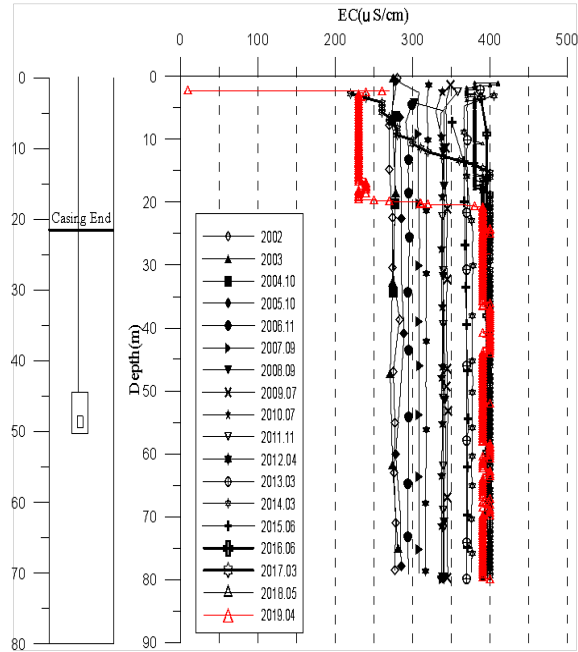
관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
지막1 (구)	진도군 고군면 지막리 174	140916.326	108722.748	5.34	2000	150	-0.62
지막2	진도군 고군면 지막리 1236	140943.526	110112.298	9.82	2002	510	8.54

* 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



<지막2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

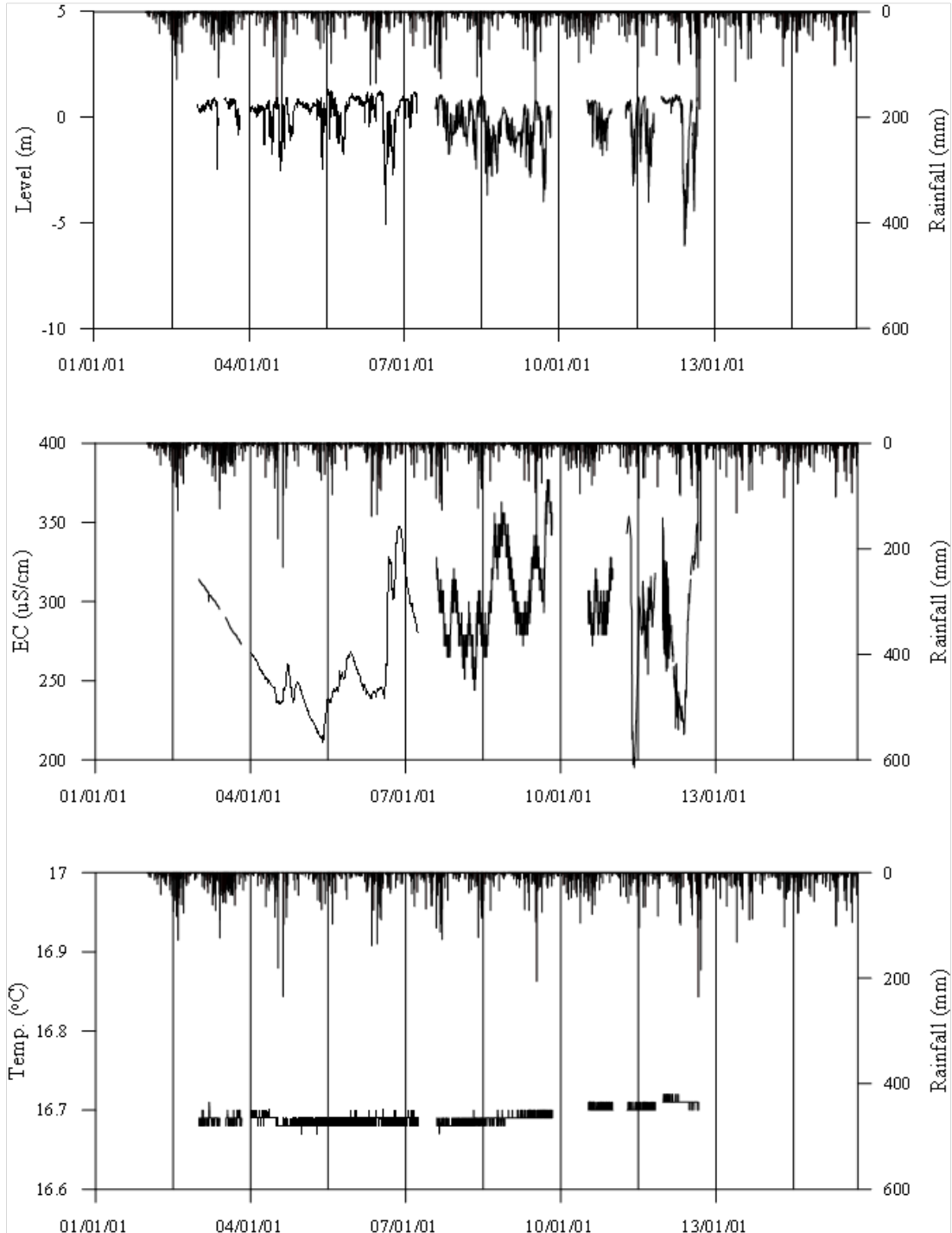
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
지막1	(2002. 7)	13.56	12.28	1.56	15.23	0.96	4.25	26.84	5.59
	(2004.10)	13.30	0.38	N.D.	17.04	9.01	19.69	50.02	0.50
	(2005.10)	14.94	5.46	1.00	28.42	5.10	16.86	54.90	0.23
	(2006.11)	18.69	8.07	1.38	34.32	4.99	22.70	51.85	N.D.
	(2007.10)	16.44	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	N.D.
	(2010. 7)	19.20	11.83	1.40	47.75	6.90	23.74	51.85	N.D.
	(2011. 7)	25.06	15.92	1.97	64.51	9.14	38.04	57.95	N.D.
	(2012. 4)	24.69	9.10	3.14	47.02	5.99	23.90	33.55	N.D.
	(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	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 7)	16.57	8.37	1.07	35.61	10.07	36.13	70.15	N.D.
	(2012. 4)	31.13	9.64	3.05	43.41	10.82	40.34	73.20	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	28.24	8.57	1.10	35.56	7.10	35.90	70.00	N.D.
	(2017. 3)	23.01	7.41	1.43	27.93	7.95	38.75	79.30	N.D.
(2018. 5)	19.53	8.82	1.18	32.19	10.73	37.07	64.05	N.D.	
(2019. 5)	19.04	6.88	1.49	27.43	7.88	32.56	51.85	N.D.	

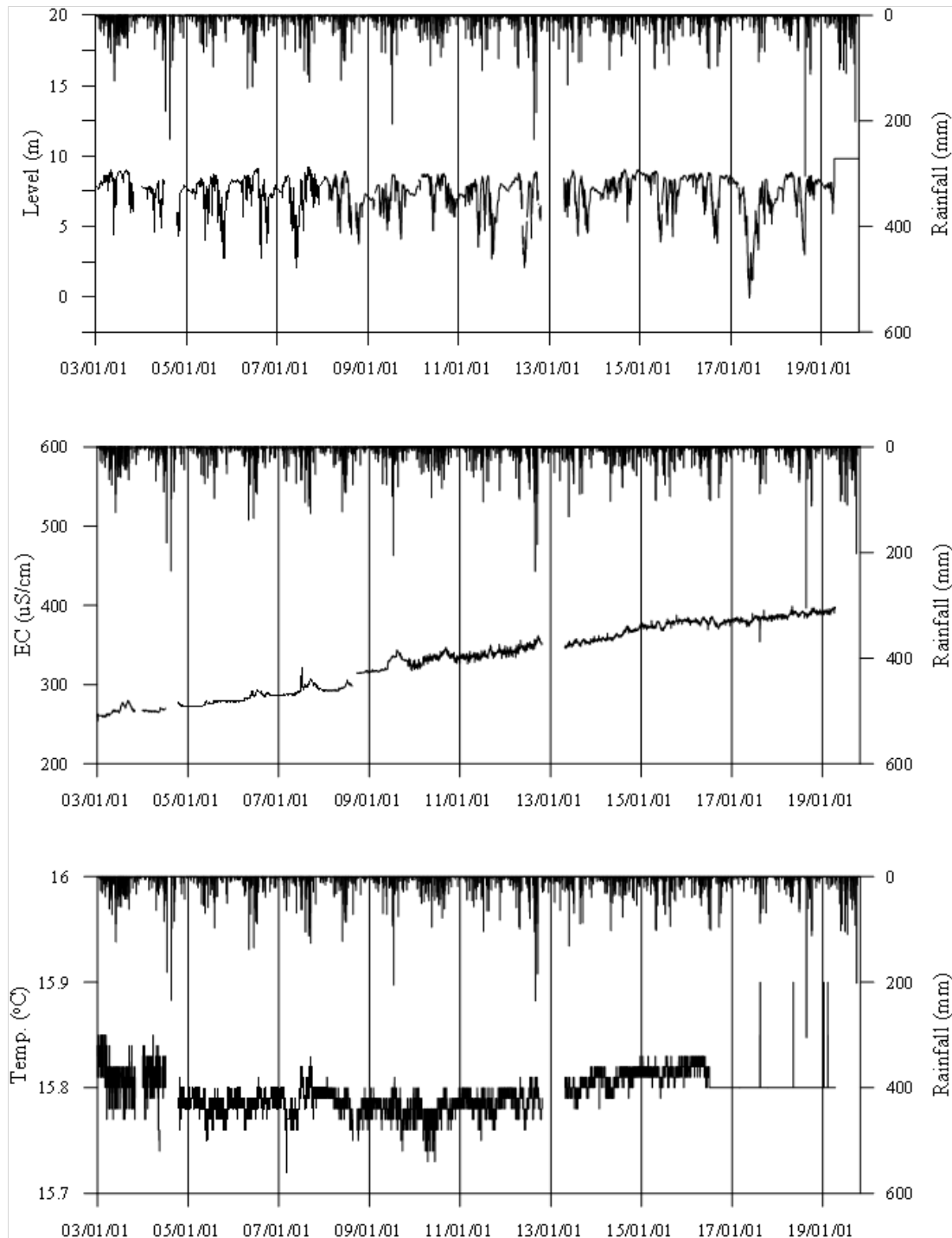
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	지막1	지막2
	년월		
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
	2016.10	-	0.88
	2017. 3	-	0.84
	2018. 5	-	1.00
2019. 5	-	1.08	

5. 장기관측 결과



<지막1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2014.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<지막2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 지막1(구), 지막2 관측공은 2000년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 지막1(구) 관측공은 부지소유주의 민원 제기로 2015년 말 오산1 관측공으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 지막2 관측공은 심도의 증가에 따른 전기전도도의 증감 현상은 없고 $400 \mu S/cm$ 내외의 값을 보인다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 지막2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타났다. Cl/HCO₃ 몰비는 지막2 관측공에서 1.08로 나타남에 따라, 해수침투의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 지막2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변동이 5 m 이내로 관개기와 강수에 의한 지하수위의 증감현상을 수반한다. 전기전도도는 2003년 $250 \mu S/cm$ 에서 2018년 $400 \mu S/cm$ 까지 지속적으로 상승하는 경향이 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 지막지구는 지하수위 변동에 따른 전기전도도의 상승효과가 있으나 최대 전기전도도 값이 $400 \mu S/cm$ 미만으로서, 현재까지 해수침투 영향은 미약한 것으로 판단되나, 지속적인 모니터링을 통하여 전기전도도 변화추세를 분석하여야 한다.

2.7.8 오산지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
오산1	진도군 고군면 오산리 2171	141025.9832	111203.4606	3.08	2015	1,280	1.38
오산2	진도군 고군면 오산리 2146	211503.854	140630.698	6.18	2019	1,670	4.98

* 오산1 관측공은 민원 제기로 지막1 관측공을 2015년 말 이동 설치하였고, 오산2 관측공은 잦은 침수로 지막2 관측공을 2019년 말 이동 설치함

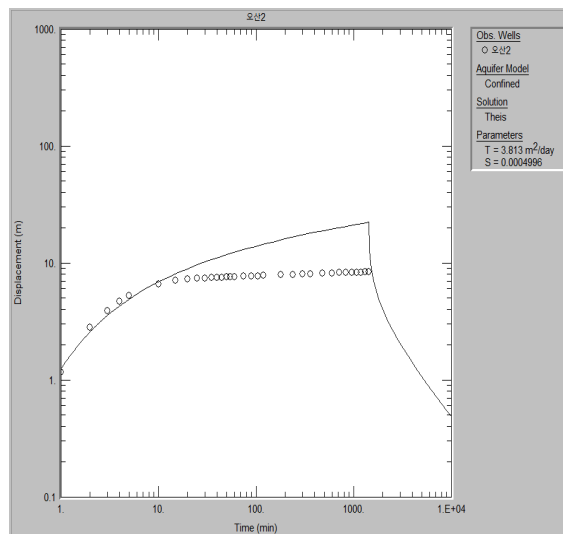
2. 지형 및 지질

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

기존 지막2 관측공에서 이설 설치된 오산2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 검층을 실시하였다.

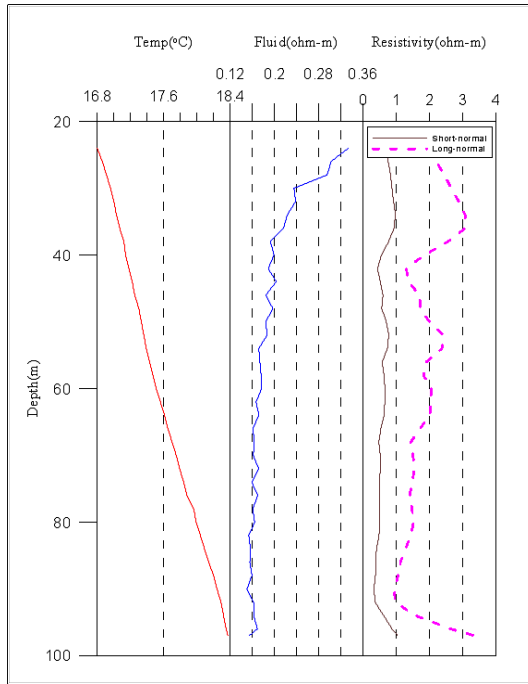
◎ 양수시험



<오산2 관측공 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
오산2	150	3.813	5.810×10 ⁻⁵	76

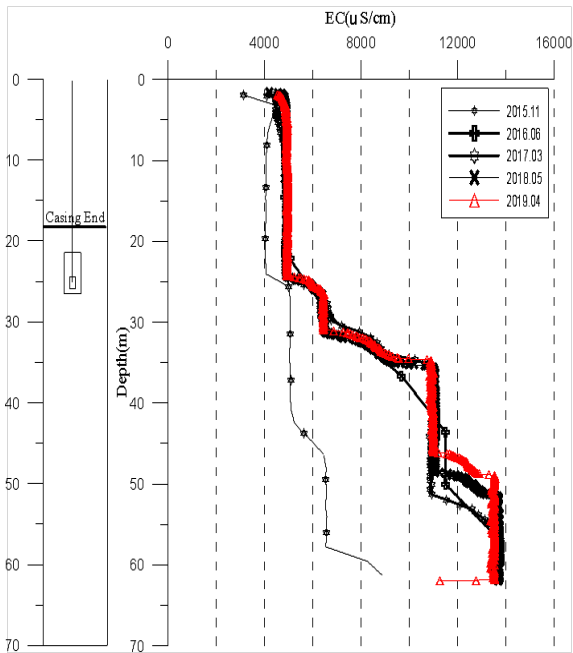
◎ 물리검층



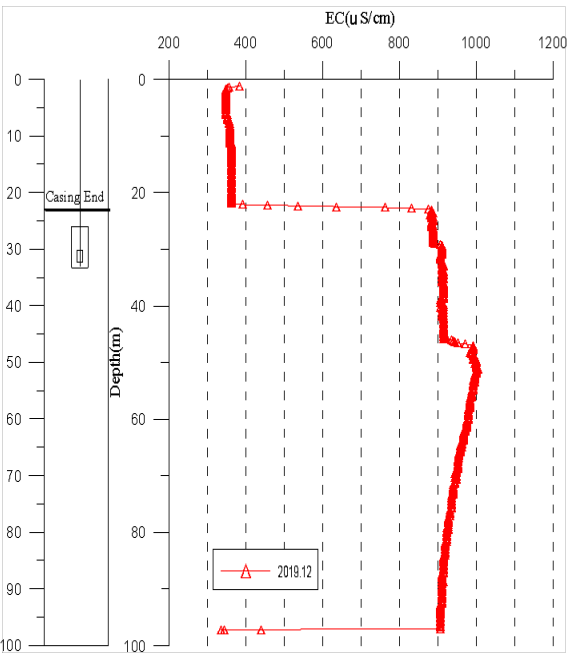
<오산2 관측공 물리검층>

4.

지하수 검층



<오산1 관측공>



<오산2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

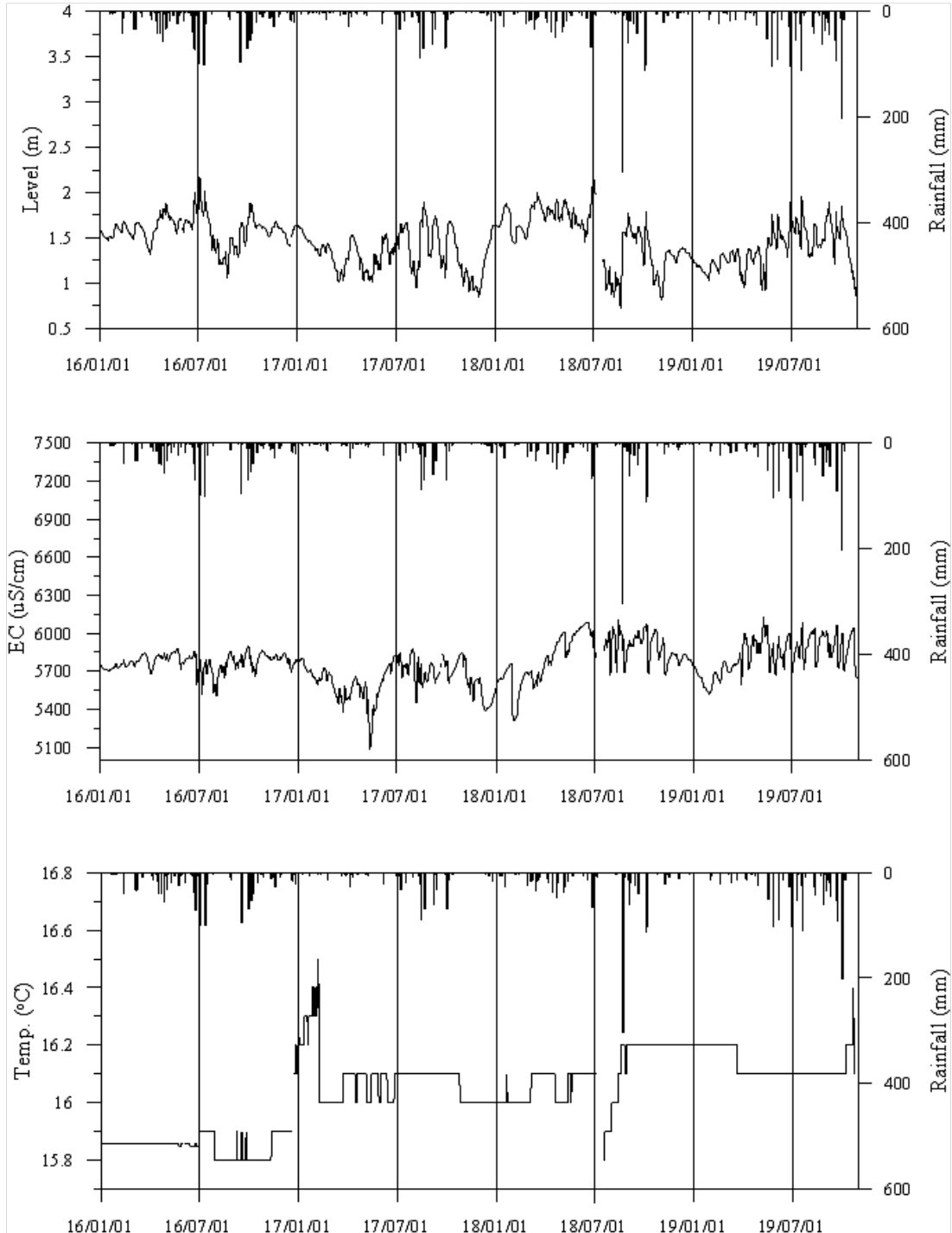
(단위 : mg/L)

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	N.D.
	(2016.10)	607.30	8.97	6.50	332.40	57.80	1173.70	74.00	N.D.
	(2017. 3)	581.91	6.53	11.10	326.92	67.47	1515.68	61.00	16.35
	(2018. 5)	518.27	6.55	11.87	333.53	64.26	1438.13	61.00	5.83
	(2019. 5)	563.30	9.24	9.64	416.32	63.00	1431.00	64.05	6.02
오산2	(2019. 5)	34.41	2.24	5.81	42.77	6.85	74.74	64.05	0.67

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		오산1	오산2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2015.12		23.02	-
	2016.10		27.30	-
	2017. 3		42.76	-
	2018. 5		40.57	-
	2019. 5		38.39	2.01

6. 장기관측 결과



<오산1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

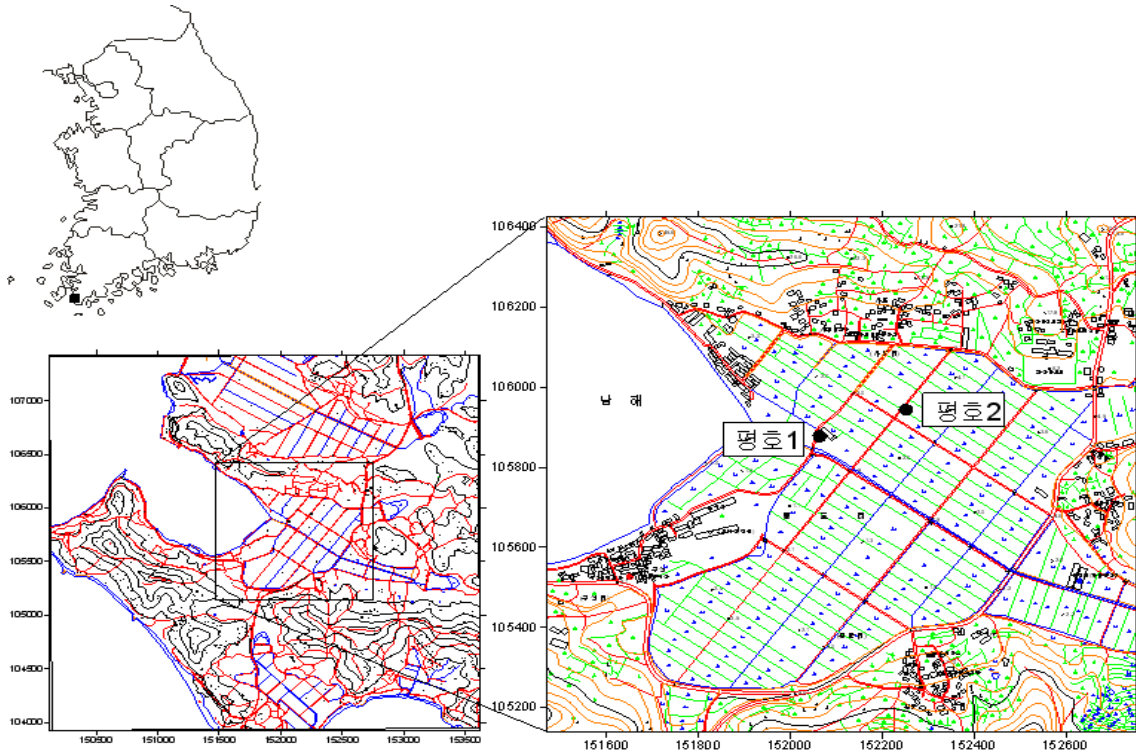
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진도군 고군면에 위치한 오산지구는 서남해안에 인접하고 고군천 중류부에 위치하며, 주변에는 마산방조제의 영향으로 발달된 간척지가 넓게 자리한다. 지막1(구) 관측공은 기후와 주변 환경의 영향으로 시설물 유실과 파손이 발생하여 정상적인 자료 확보가 어렵고, 부지소유주의 민원제기로 이동 설치하였다. 이동 설치된 오산1 관측공은 해안으로부터 약 1.28 km 떨어진 간척지 중앙에 위치하고, 지막2 관측공과는 약 0.85 km 거리를 유지하고 있다. 이 지역은 조수간만 현상에 의해 고군천 수계를 따라 염수유입 현상에 의한 잦은 침수가 발생하므로 지막2 관측공과 함께 해수침투를 관측하고자 지막1 관측공을 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 오산1 관측공은 심도 약 24 ~ 26 m, 40 m, 55 m 구간에서 전이대가 관측된다. 이는 시추주상도 및 비저항탐사 결과와 일치하며, 이 구간을 통해 염수의 유입이 발생하는 것으로 사료된다. 전기전도도 범위는 약 4,000 ~ 14,000 $\mu S/cm$ 범위로 농업용수로 부적합하다. 오산2 관측공에서의 전기전도도는 케이싱 하부에서 크게 증가하여 860 ~ 1,000 $\mu S/cm$ 범위를 유지한다. 주변 지역 지하수 또한 농업용수로 사용하기에는 부적합하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 오산1, 오산2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 38.39, 2.01로 범위로 분석되어 오산1 관측공은 심각하게 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 오산1 관측공의 지하수위는 강수량과 상관관계가 높고, 전체적으로는 일정한 범위를 유지하는 추세이다. 심도 25 m에 설치한 EC 센서의 전기전도도값은 강수량과 비례하고 있으며, 약 5,700 $\mu S/cm$ 에서 증감을 거듭하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 오산1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있는 것으로 판단되며, 향후 지속적인 전기전도도 변화를 모니터링해야 할 것으로 판단된다. 또한 적정 양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

2.7.9 평호지구

1. 위치

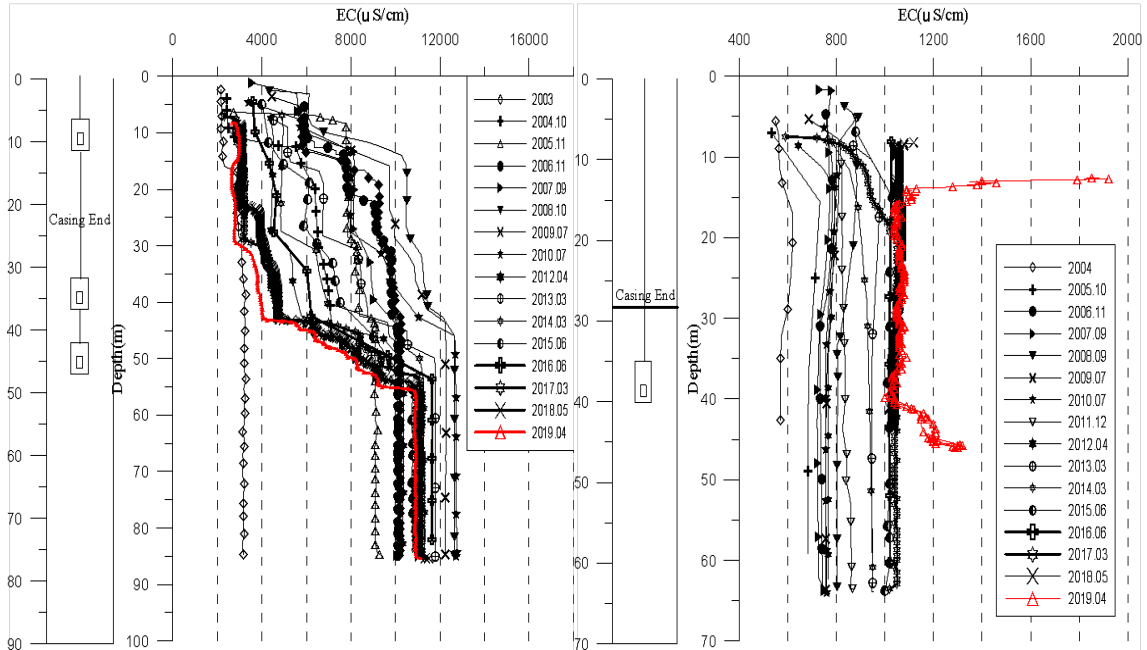


관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
평호1	해남군 화산면 평호리 126-10	152064.183	105877.431	0.61	2003	260	-3.23
평호2	해남군 화산면 평호리 93-8	152252.690	105943.436	1.33	2004	430	-0.88

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	N.D.	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	N.D.
	(2007.10)	979.11	174.85	23.52	249.98	221.72	2207.91	216.55	N.D.
	(2008. 9)	790.75	147.84	11.76	205.06	228.59	1855.45	210.45	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 7)	1056.55	150.24	9.22	200.84	265.76	1888.09	234.85	N.D.
	(2012. 4)	432.57	91.25	16.19	110.97	204.48	877.34	301.95	N.D.
(2013. 3)	1065.13	170.03	13.12	236.47	294.21	2056.18	280.60	N.D.	

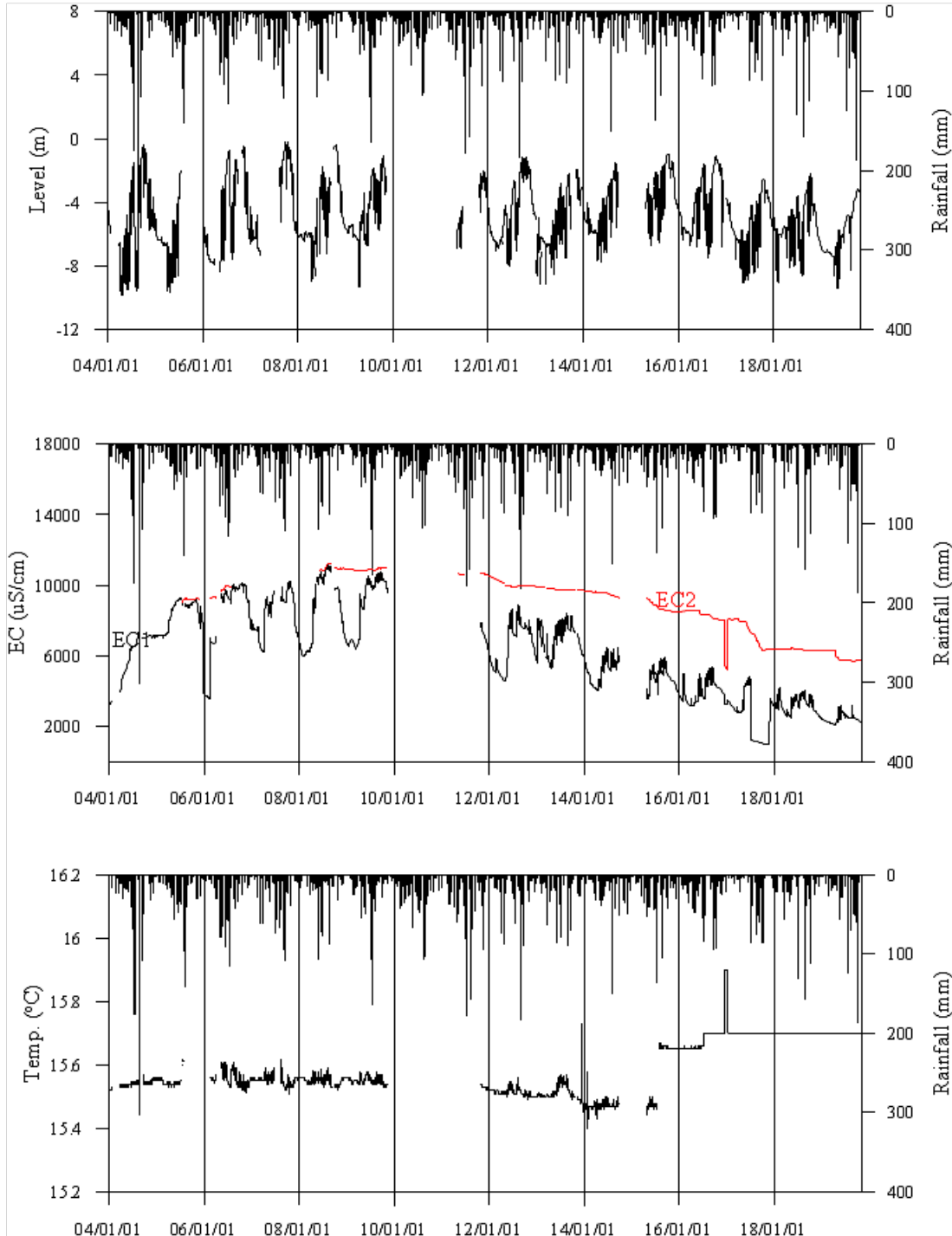
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
평 호1	(2014. 3)	1101.74	120.51	13.92	212.50	334.11	1673.03	268.40	0.00
	(2015. 6)	423.23	66.45	6.90	84.06	131.10	752.60	271.50	N.D
	(2016.10)	858.60	106.20	9.00	125.90	424.30	1916.80	290.00	N.D
	(2017. 3)	590.12	64.94	10.02	73.90	319.29	691.12	384.30	3.85
	(2018. 5)	613.76	58.83	7.72	69.46	322.57	845.62	286.70	0.58
	(2019. 5)	405.83	55.31	6.17	54.38	275.61	528.30	277.55	N.D
평 호2	(2004.10)	12.45	19.66	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 7)	30.45	38.12	2.84	87.44	113.83	101.41	155.55	N.D.
	(2012. 4)	27.84	31.12	3.21	84.16	125.60	71.45	146.40	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	41.67	49.13	3.50	115.20	315.10	198.30	163.00	N.D.
	(2017. 3)	44.13	47.27	3.45	112.10	248.78	97.88	155.55	0.95
	(2018. 5)	40.50	42.61	3.85	89.73	261.23	102.16	131.15	0.22
(2019. 5)	71.29	54.05	4.59	106.27	218.78	188.49	122.00	0.63	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	평 호1	평 호2
	년월		
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
	2016.10	11.38	2.09
	2017. 3	3.10	1.08
	2018. 5	5.08	1.34
	2019. 5	3.27	2.65

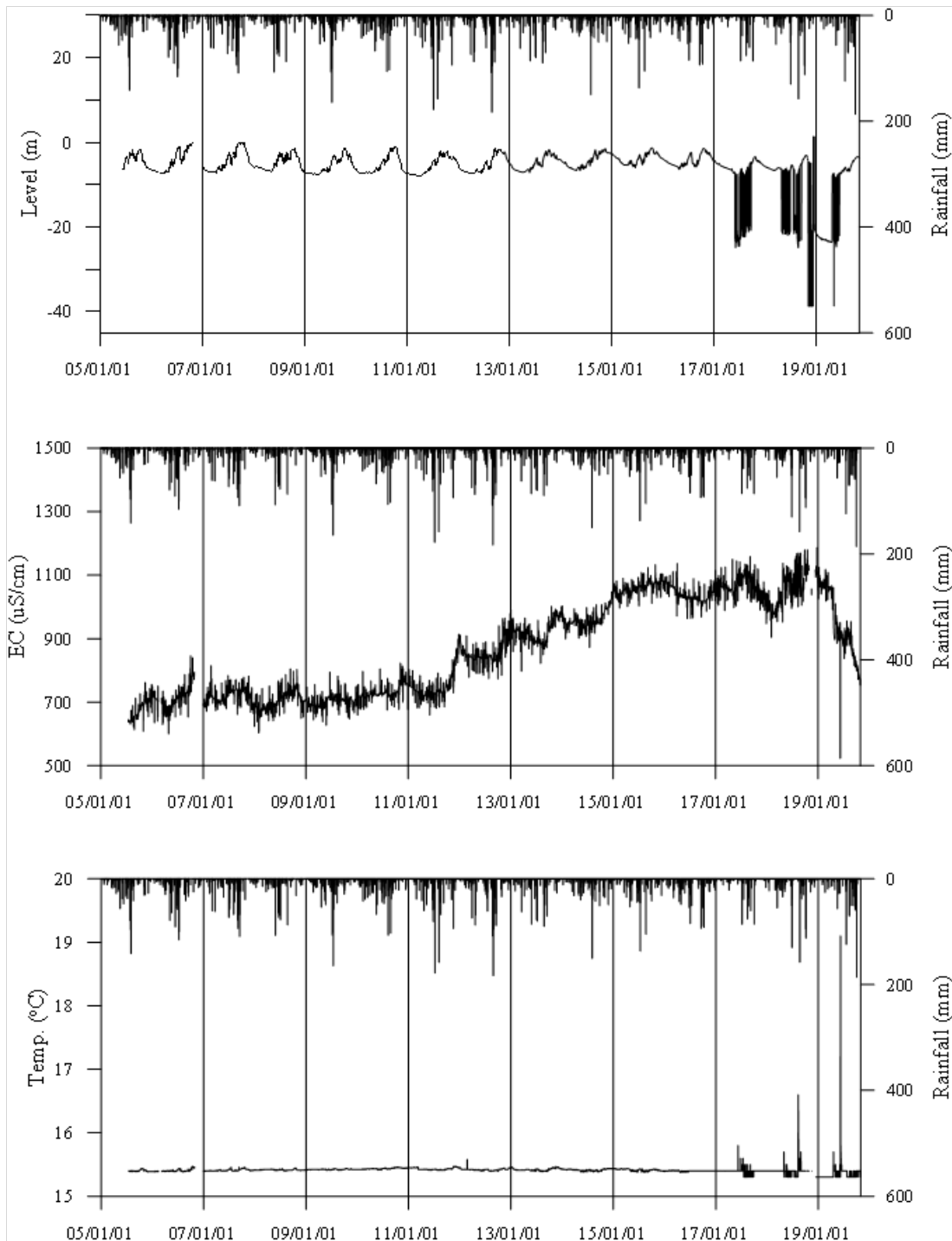
5.

장기관측 결과



<평호1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<평호2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>

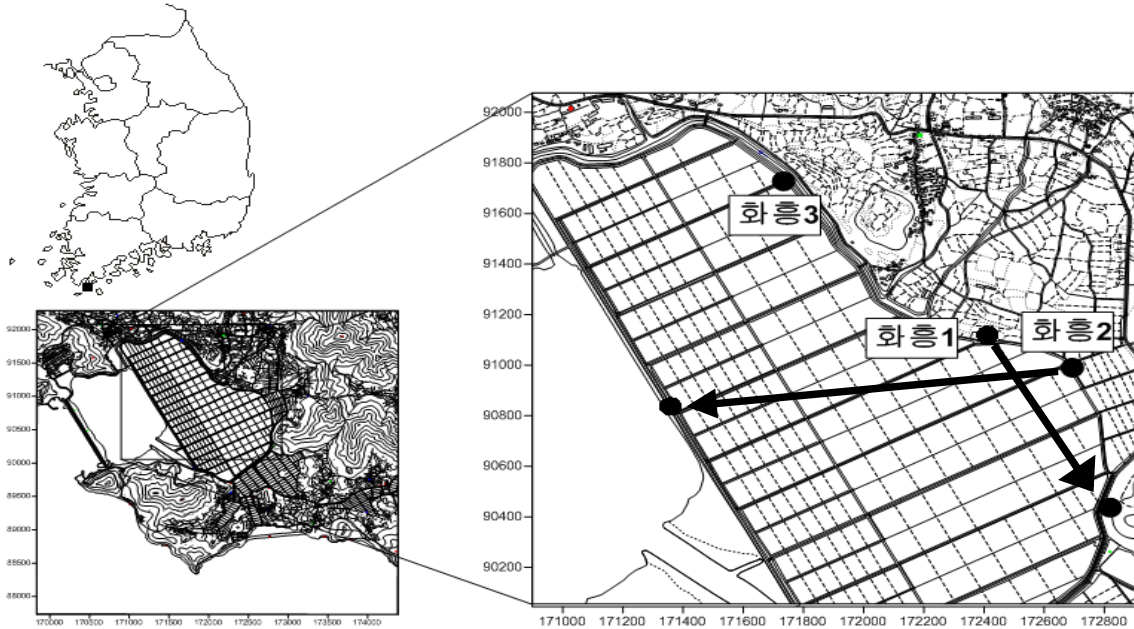
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 평호1, 평호2 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 30 m, 45 m 및 50 m 구간에서 전이대가 형성되었고, 매년 전 구간 2,000 ~ 12,000 $\mu S/cm$ 범위로 분포하여 염수침입을 확인할 수 있다. 평호2 관측공은 약 500 ~ 1,100 $\mu S/cm$ 범위로 나타나 해수 침투의 가능성이 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 평호1, 평호2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 각각 3.27, 2.65로서 해수에 의한 영향을 지시한다.
- 4) 장기 관측결과 : 평호1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위는 연중 평균 해수면 이하이나, 강수의 영향으로 지하수위가 증가하고, 양수로 인해 지하수위가 감소한다. 평호2 관측공은 강수의 영향을 반영하며, 전기전도도 값은 증가하는 경향을 나타내고 있다. 2017년부터 양수에 의한 수위 증감 현상이 나타나고 있으며, 양수 시 전기전도도의 증감 또한 나타나고 있다.
- 5) 관리 방안 : 평호지구는 4월부터 9월까지 영농기에 양수에 의한 지하수위 저하가 뚜렷하고 전기전도도 값의 변화도 수위변동에 기인한다. 따라서 지하수 이용량 조절 등을 통하여 해수침투 영향을 점검하여야 한다.

2.7.10 화흥지구

1. 위치



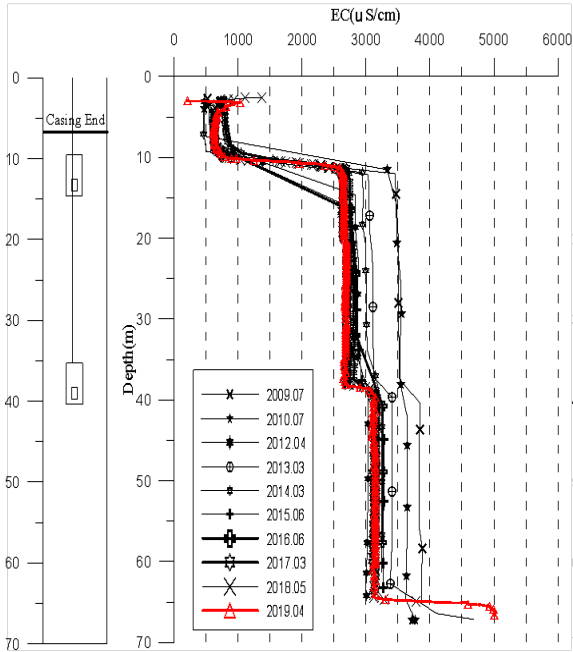
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
화흥1 (신)	완도군 완도읍 정도리 980-2	172782.026	90399.042	2.53	2009	1,100	-0.09
화흥2 (신)	완도군 완도읍 대신리 1234-1	171389.036	90828.740	0.44	2014	35	-0.51
화흥3	완도군 완도읍 화흥리 1264	171735.008	91728.283	-0.26	2000	1,740	-1.56

※ 화흥1 : 2009년 신규관정으로 이동 설치 함.
 ※ 화흥2 : 2014년 신규관정으로 이동 설치 함.

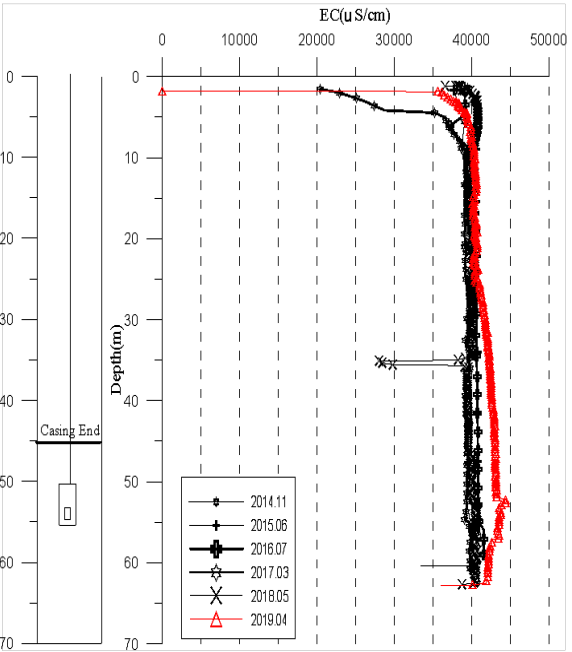
2. 지형 및 지질

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.

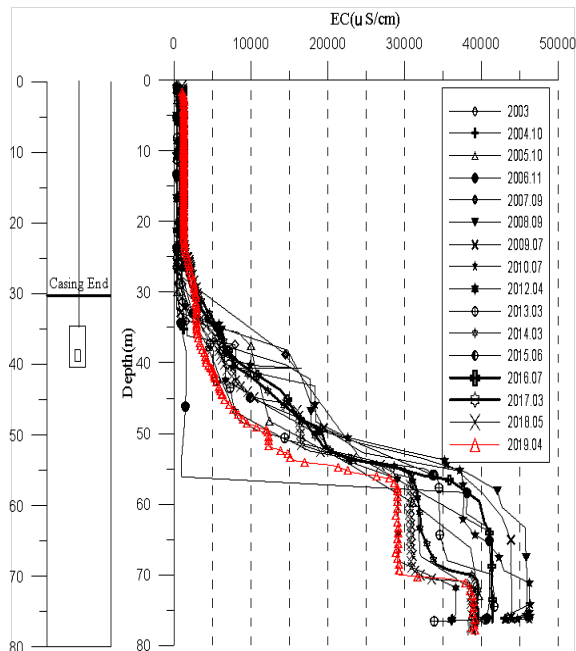
3. 지하수 검층



<화흥1(신) 관측공>



<화흥2(신) 관측공>



<화흥3(신) 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 (구)	(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	N.D.
	(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
화흥1 (신)	(2010. 7)	136.99	15.86	4.37	55.57	83.60	198.28	140.30	N.D.
	(2011. 7)	119.71	14.75	5.36	28.94	184.08	54.79	152.50	N.D.
	(2012. 4)	92.00	13.24	5.07	38.51	106.69	101.94	106.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	290.00	22.30	2.70	121.30	112.60	675.60	118.00	N.D.
	(2017. 3)	118.09	15.51	5.00	42.76	143.68	127.27	140.30	N.D.
	(2018. 5)	139.00	19.24	3.92	67.40	-	272.88	88.45	0.74
(2019. 5)	213.55	25.04	4.42	93.21	86.55	435.94	100.65	1.44	
화흥2 (구)	(2002. 7)	170.36	6.44	2.35	4.21	28.34	231.49	40.87	20.77
	(2004.10)	202.80	N.D.	0.53	0.50	3.29	11.99	71.98	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.	

*화흥1 : 2009년 신규지구로 이동 설치 함., *화흥2 : 2014년 신규지구로 이동 설치 함.

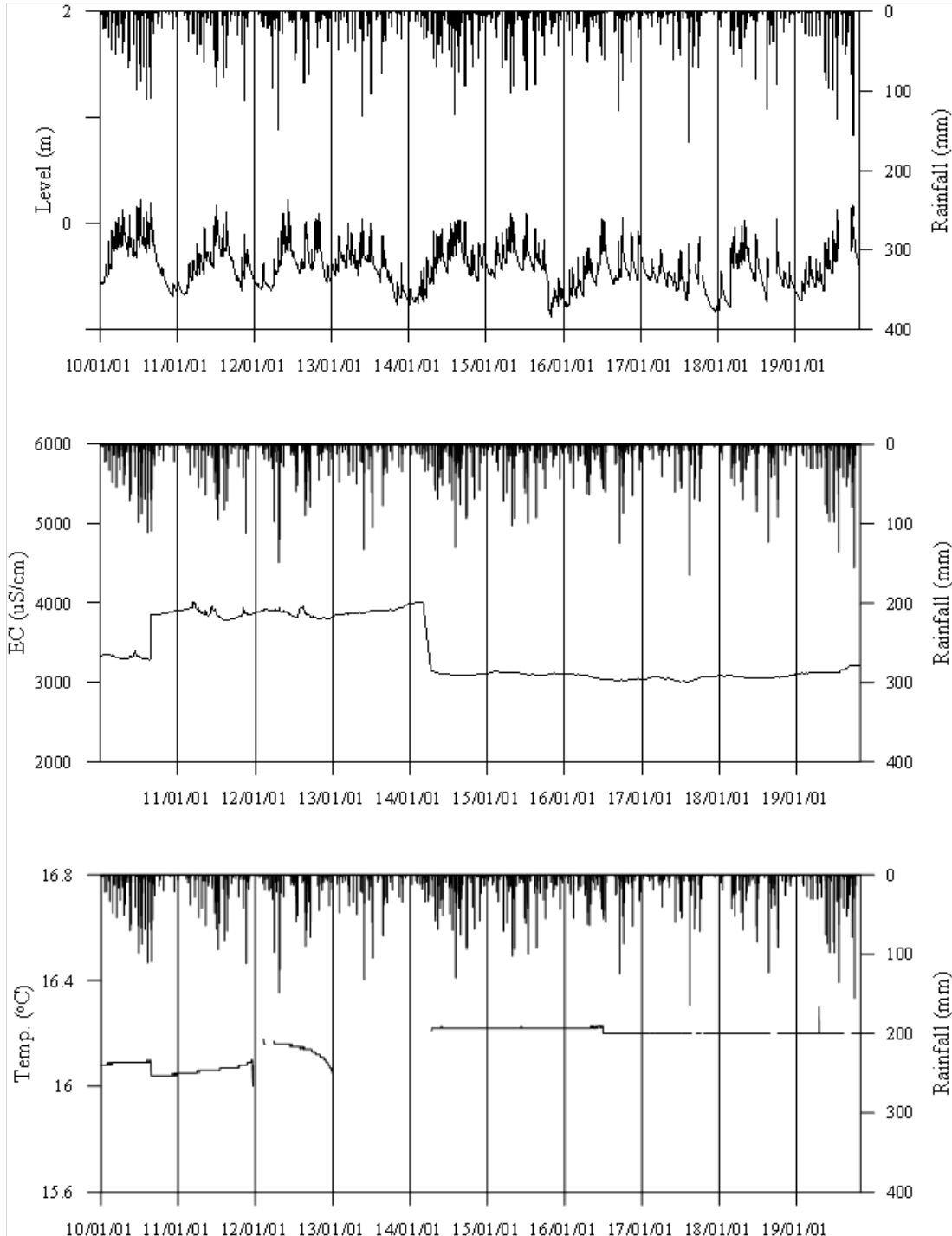
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
화흥2 (신)	(2015. 6)	142.36	11.36	1.91	55.66	41.90	262.00	103.70	N.D.
	(2016.10)	3698.00	1820.00	28.00	3086.00	134.90	20335.0	40.00	N.D.
	(2017. 3)	3975.09	1917.68	72.41	3028.76	1579.51	14916.0	42.70	196.02
	(2018. 5)	3733.59	1771.69	41.62	2915.16	1632.13	14157.0	24.40	49.33
	(2019. 5)	3188.0	1524.1	28.0	2519.7	1240.1	11612.3	21.35	62.53
화흥3	(2002. 7)	83.90	54.36	1.96	30.07	12.49	243.90	48.80	23.17
	(2004.10)	57.36	14.28	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	41.27	14.59	3.31	15.12	12.56	104.62	39.65	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	272.60	69.26	2.90	82.11	41.00	546.50	45.33	N.D.
	(2017. 3)	161.85	29.57	6.69	38.57	9.62	409.83	24.40	N.D.
(2018. 5)	355.29	82.17	5.02	114.05	45.76	921.36	33.55	0.34	
(2019. 5)	203.46	54.98	3.34	74.67	20.23	507.86	51.85	3.74	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

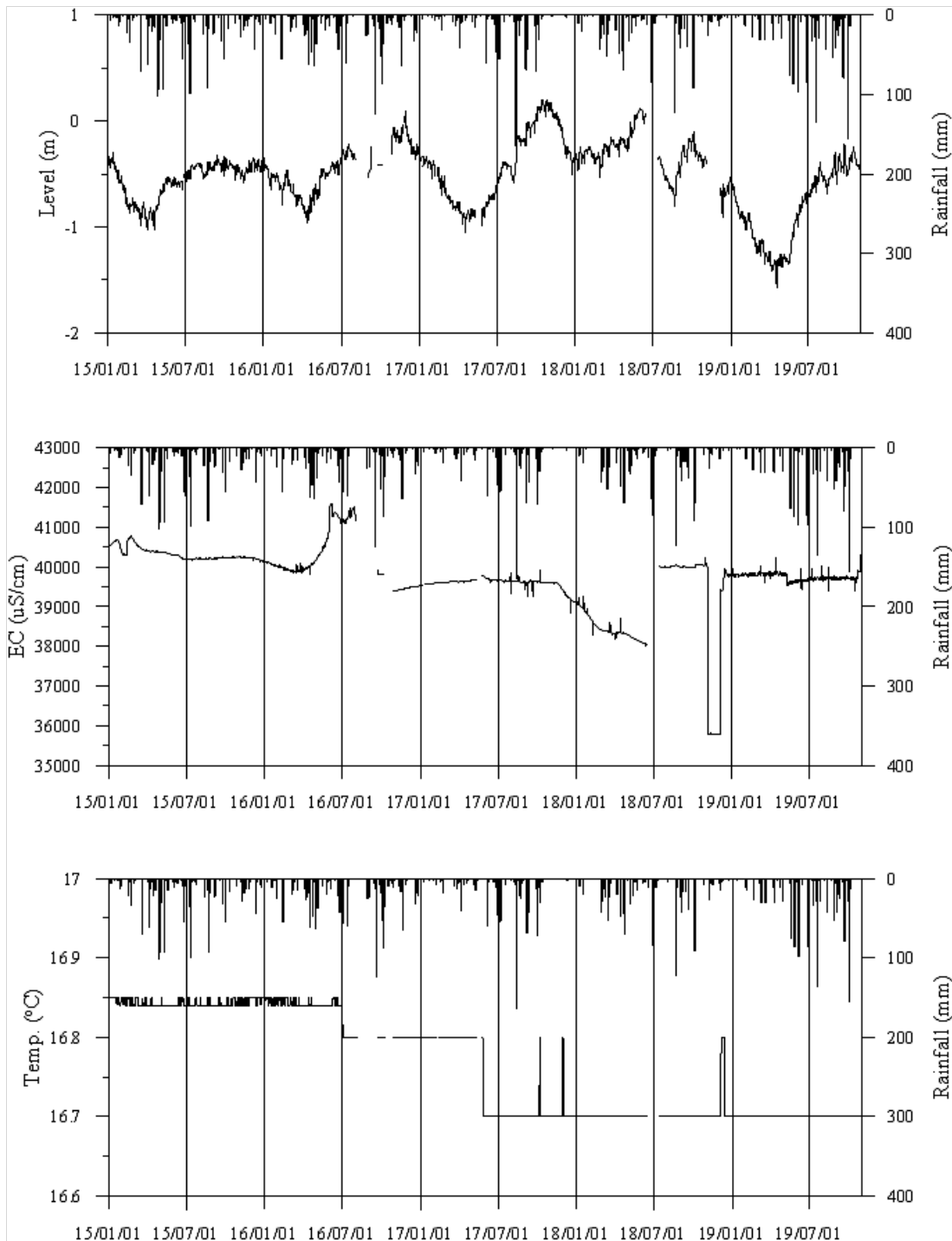
구 분	관측공	*화홍1	*화홍2	화홍3
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	-	9.48	8.60
	2004.10	-	0.29	17.51
	2005.10	2.09	5.16	3.99
	2006.11	1.99	5.76	4.50
	2007.10	2.05	2.23	1.12
	2008. 9	-	4.04	3.33
	2009. 7	3.25(이설)	5.38	1.99
	2010. 7	2.43	2.07	2.24
	2011. 7	0.62	2.02	3.36
	2012. 4	1.64	4.03	4.53
	2013. 3	2.86	28.70	57.70
	2014. 3	10.98	243.50(이설)	60.02
	2015. 6	4.35	326.37	281.30
	2016.10	9.85	874.93	20.75
	2017. 3	1.56	601.20	28.91
	2018. 5	5.31	998.56	47.26
2019. 5	7.44	934.59	16.83	

*화홍1 : 2009년 신규지구로 이동 설치 함, *화홍2 : 2014년 신규지구로 이동 설치 함.

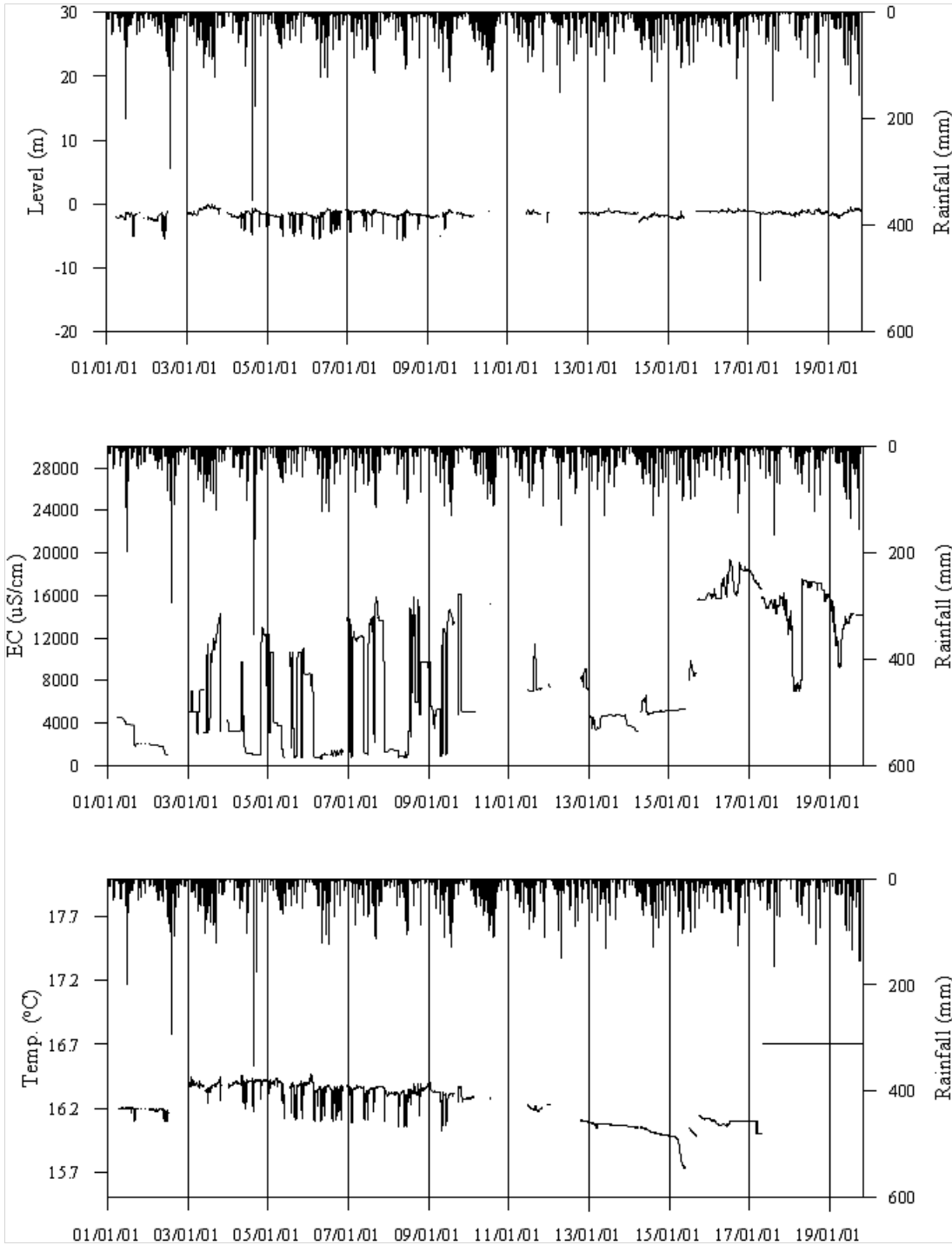
5. 장기관측 결과



<화흥1(신) 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화흥2(신) 관측공의 장기관측자료 (2015.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



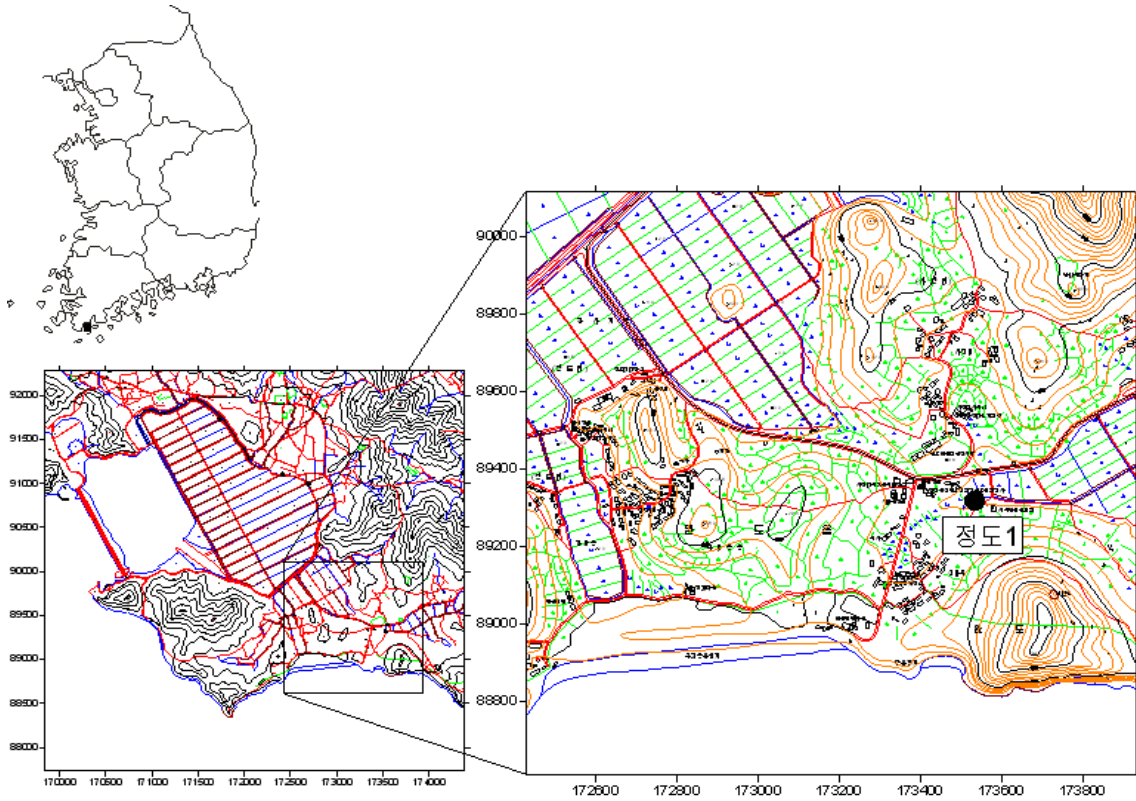
<화흥3 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화홍1, 화홍2, 화홍3 관측공은 1998년과 2000년에 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였다. 화홍1(신) 관측공은 지하수 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년 이전하여 관측시스템을 설치하였다. 화홍2(신) 관측공은 관정 내 이용시설로 인한 검층불가 때문에 2014년 말에 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 화홍1(신) 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(신) 관측공은 전구간 $40,500 \mu S/cm$ 내외이다. 화홍3 관측공은 45 m, 55 m, 70 m에 전이대가 나타나고 있으며, 케이싱 하부 30m에서 $3,000 \mu S/cm$ 전기전도도 값이 증가하여 공저 가까이에서는 $40,000 \mu S/cm$ 이상 상회한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 화홍1(신), 화홍3 관측공 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 화홍2(신) 관측공의 경우 (Na+K)-Cl유형에 해당한다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.62 ~ 10.98, 243.5 ~ 998.56, 1.12 ~ 281.30 범위로 세 공 모두 해수침투의 영향이 크게 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 화홍1(신) 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 지하수위는 강수의 영향을 받으나 연중 1 m 내외의 변동폭을 나타내고, 일정 수위 이하로 내려가지 않으며, 전기전도도 값은 유사하게 나타나고 있다. 2015년부터 새롭게 관측을 시작한 화홍2(신) 관측공의 지하수위의 변화폭은 약 1 m 내외이고, 전기전도도는 약 $40,000 \mu S/cm$ 내외이다. 화홍3 관측공은 지하수위 변동폭이 약 5 m 이며, 전기전도도는 지하수 양수 시 약 $10,000 \mu S/cm$ 내외에서 $16,000 \mu S/cm$ 이상 증가한다.
- 5) 관리 방안 : 화홍지구는 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.

2.7.11 정도지구

1. 위치

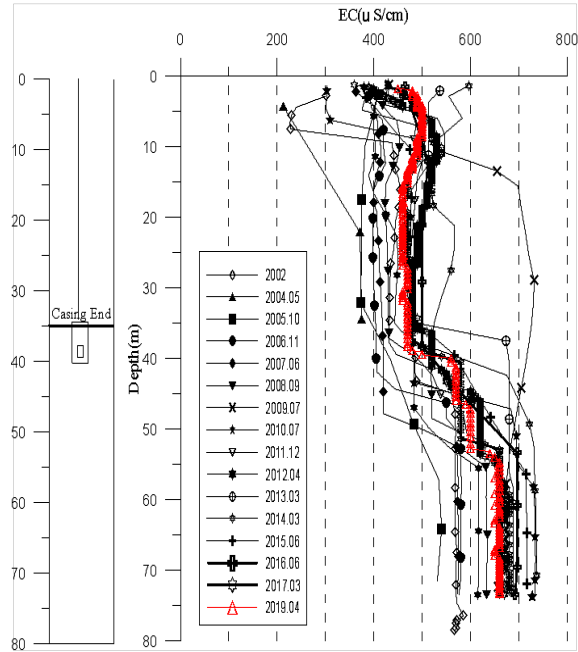


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
정도1	완도군 완도읍 정도리 768	173535.931	89317.027	3.10	1999	420	1.64

2. 지형 및 지질

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

3. 지하수 검층



<정도1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

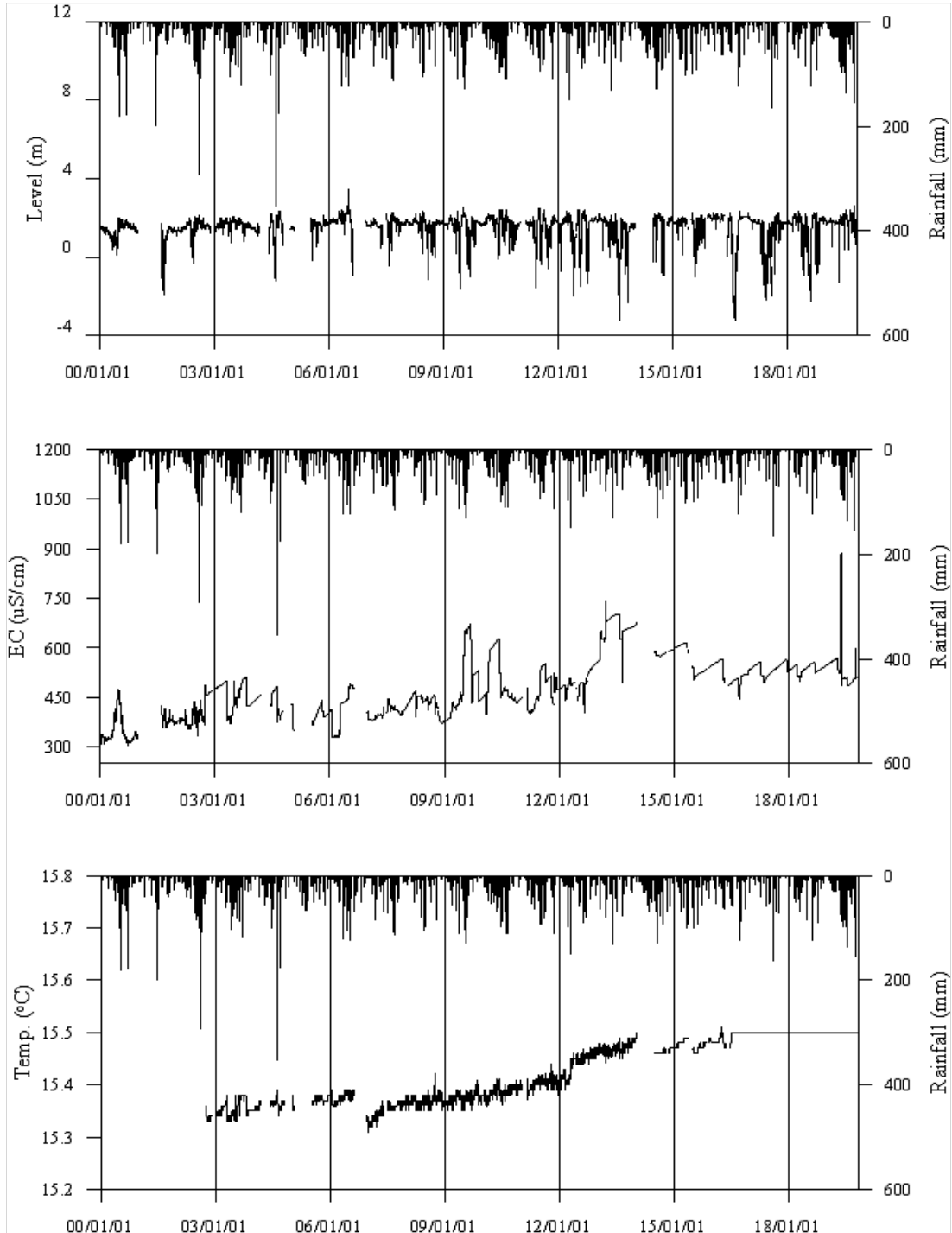
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
정도1	(2002. 7)	58.12	25.05	3.13	21.84	5.76	50.34	24.40	13.58
	(2004.10)	25.45	6.24	N.D.	22.01	16.67	55.56	40.87	0.57
	(2005.10)	26.06	11.42	1.80	27.46	8.63	54.30	68.63	0.50
	(2006.11)	33.03	10.31	1.93	24.88	9.27	59.39	48.80	N.D.
	(2007.10)	19.84	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	N.D.
	(2011. 7)	45.97	13.68	2.50	31.57	23.60	71.68	82.35	N.D.
	(2012. 4)	19.12	9.38	7.65	43.48	15.47	37.08	146.40	N.D.
	(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

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
정도1	(2015. 6)	32.55	10.92	2.65	23.76	13.50	48.00	70.20	N.D.
	(2016.10)	37.46	11.37	4.90	31.56	18.50	72.60	63.00	N.D.
	(2017. 3)	38.80	12.53	2.40	30.09	17.14	68.75	61.00	N.D.
	(2018. 5)	31.43	12.99	9.24	41.97	23.39	69.49	61.00	N.D.
	(2019. 5)	35.87	14.97	2.39	34.17	18.57	71.26	51.85	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016.10	1.98
	2017. 3	1.94
	2018. 5	1.96
2019. 5	2.36	

5. 장기관측 결과



<정도1 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

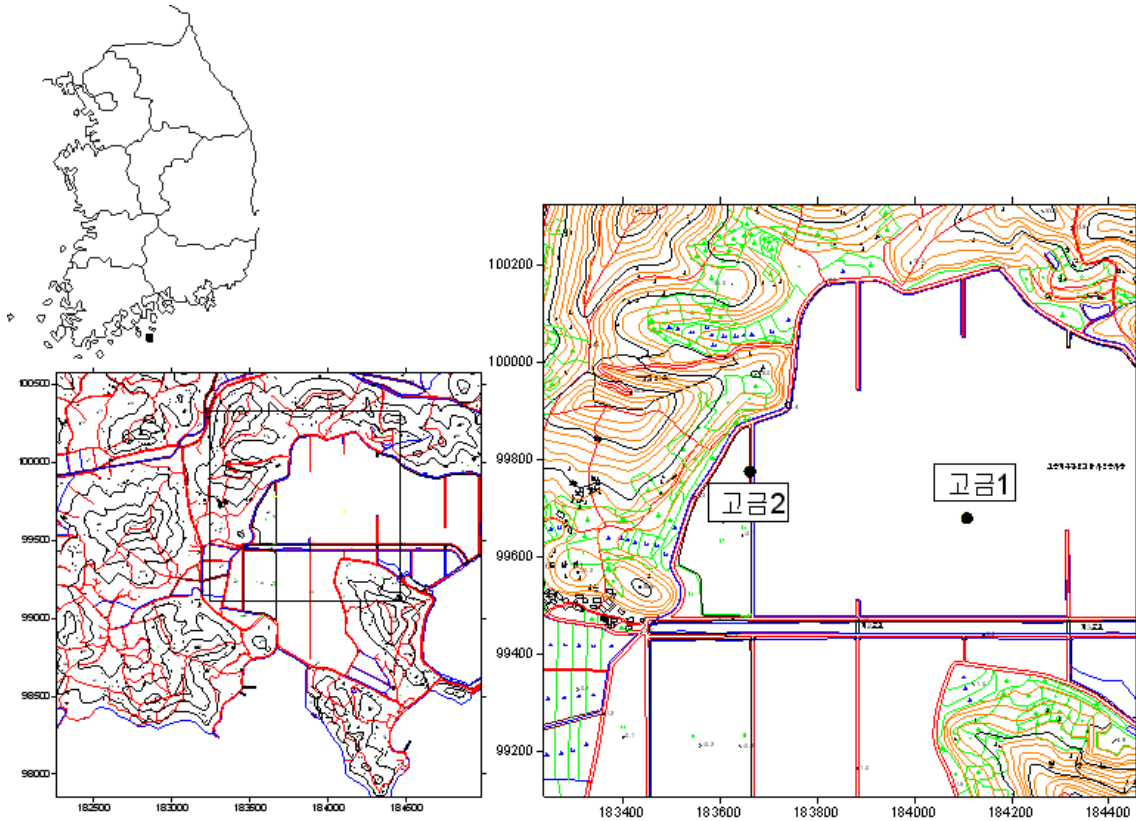
6.

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 해마다 전기전도도 값이 변화하는 전이대(40 ~ 50 m 심도)의 작은 변화가 관찰되며, 전이대 하부의 깊은 심도에서는 약 700 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도 값이 나타난다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 정도1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타났다. Cl/HCO₃ 몰비는 0.44 ~ 3.55 범위로 해수에 의한 영향이 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 정도1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위는 변동은 연간 5 m 내외이다. 그러나 전기전도도 변화는 수위변화에 민감한 편이 아니며, 2013년 중순이후 2016년 중순까지 증가하다가 감소하였다.
- 5) 관리 방안 : 정도지구는 현재 해수침투의 영향이 미미하게 나타났다. 그러나 전기전도도는 전체적으로 증가추세이므로, 정기적인 심도별 지하수 검층 및 관측자료 변화 추세분석 등의 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.7.12 고금지구

1. 위치

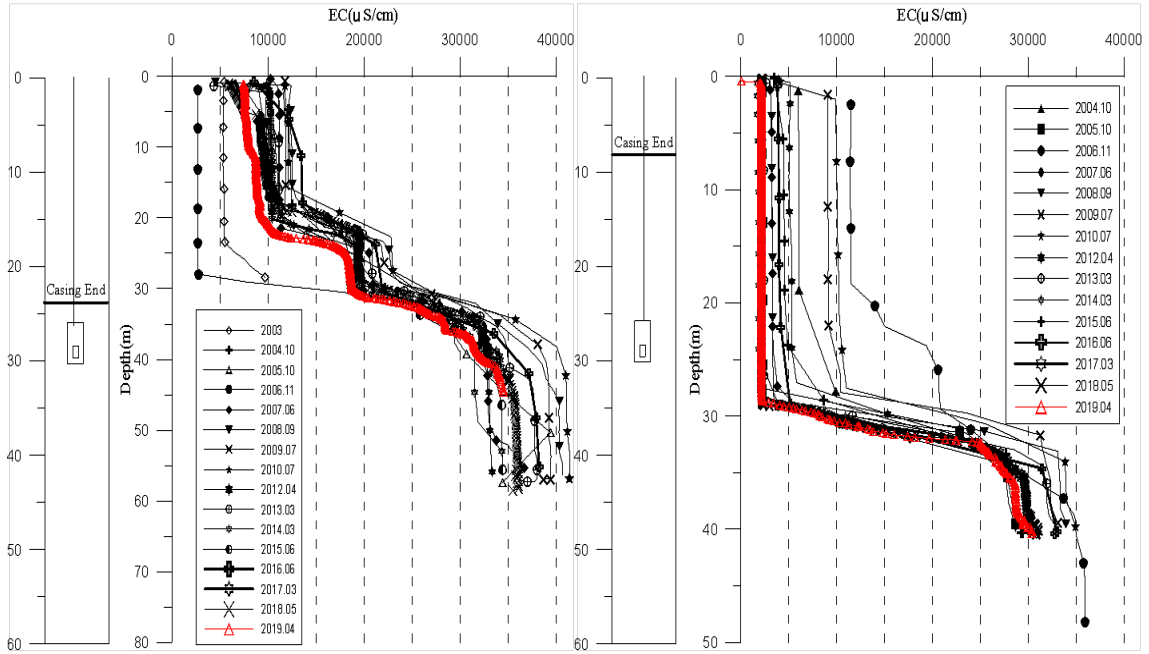


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
고금1	완도군 고금면 도남리 1553	183661.917	99775.446	0.13	2001	1,000	-0.56
고금2	완도군 고금면 도남리 1631	184108.343	99679.123	-0.50	2001	1,400	-0.50

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

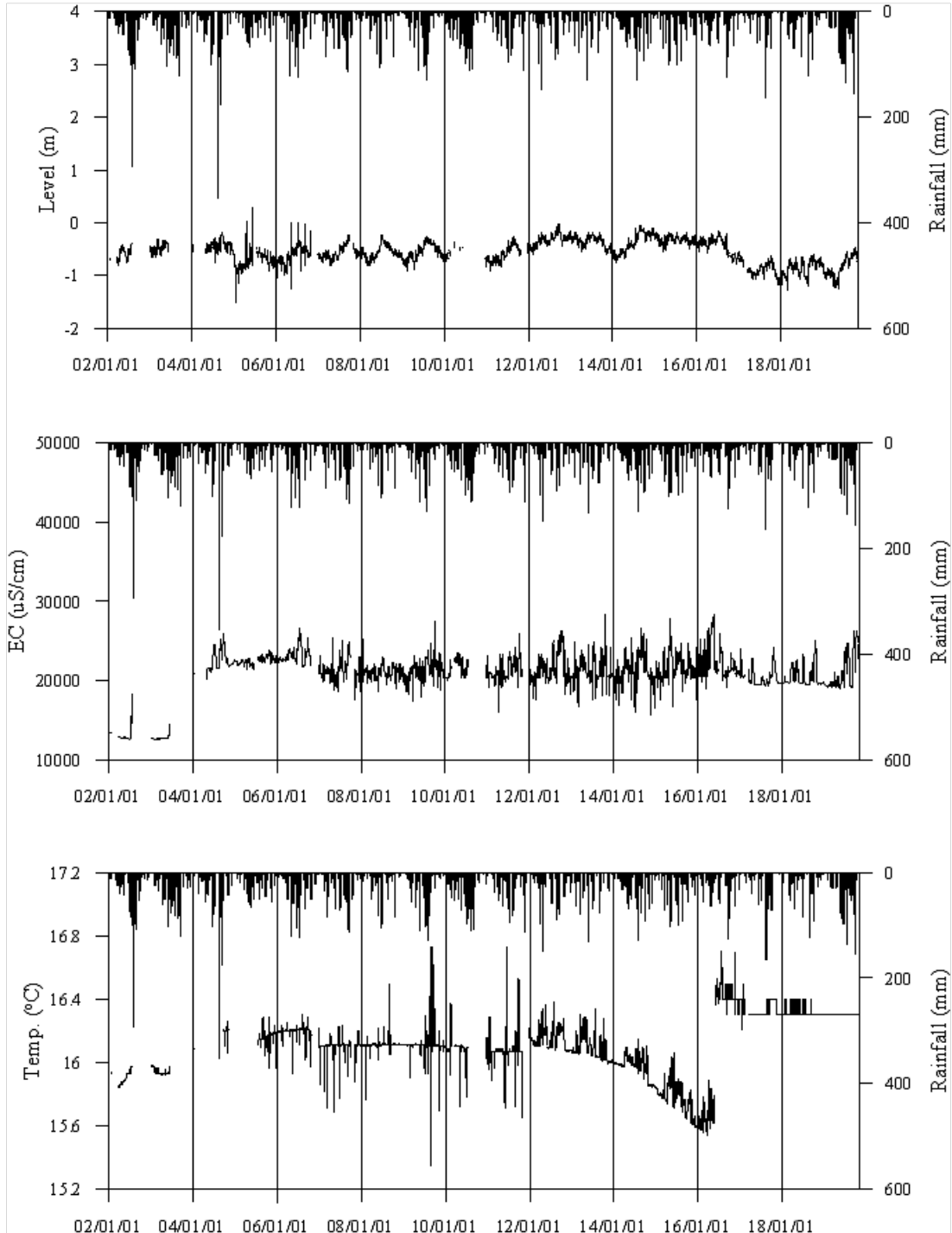
◎ 이온분석 결과 (단위 : mg/L)

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	N.D.	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	N.D.
	(2007.10)	1487.17	159.61	48.48	135.81	381.33	2766.68	88.45	N.D.
	(2008. 9)	2231.13	239.19	31.14	318.57	583.41	4491.22	73.20	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 7)	479.00	11.68	8.56	9.86	75.56	652.36	67.10	N.D.
	(2012. 4)	1530.12	206.07	28.30	241.30	419.49	2939.43	82.35	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	2092.00	184.30	16.00	263.60	831.50	4634.50	82.00	N.D.
	(2017. 3)	2040.90	143.75	60.98	216.96	474.15	3522.77	82.35	N.D.
(2018. 5)	3634.65	395.23	41.52	554.08	909.55	6218.19	73.20	N.D.	
(2019. 5)	2205.78	232.53	25.54	345.05	573.57	3963.52	64.05	N.D.	
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	N.D.	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	N.D.
	(2007.10)	1871.30	171.21	42.19	258.57	537.71	3631.10	88.45	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2013. 3)	1429.01	127.72	25.23	106.56	317.15	2358.83	57.95	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	1725.00	146.80	14.40	198.80	689.40	3746.30	82.00	N.D.
	(2017. 3)	436.19	9.81	10.79	8.03	76.15	581.32	73.20	14.48
(2018. 5)	786.52	42.45	19.59	45.60	182.96	1264.98	73.20	2.95	
(2019. 5)	488.96	31.46	12.17	27.29	118.70	781.25	64.05	N.D.	

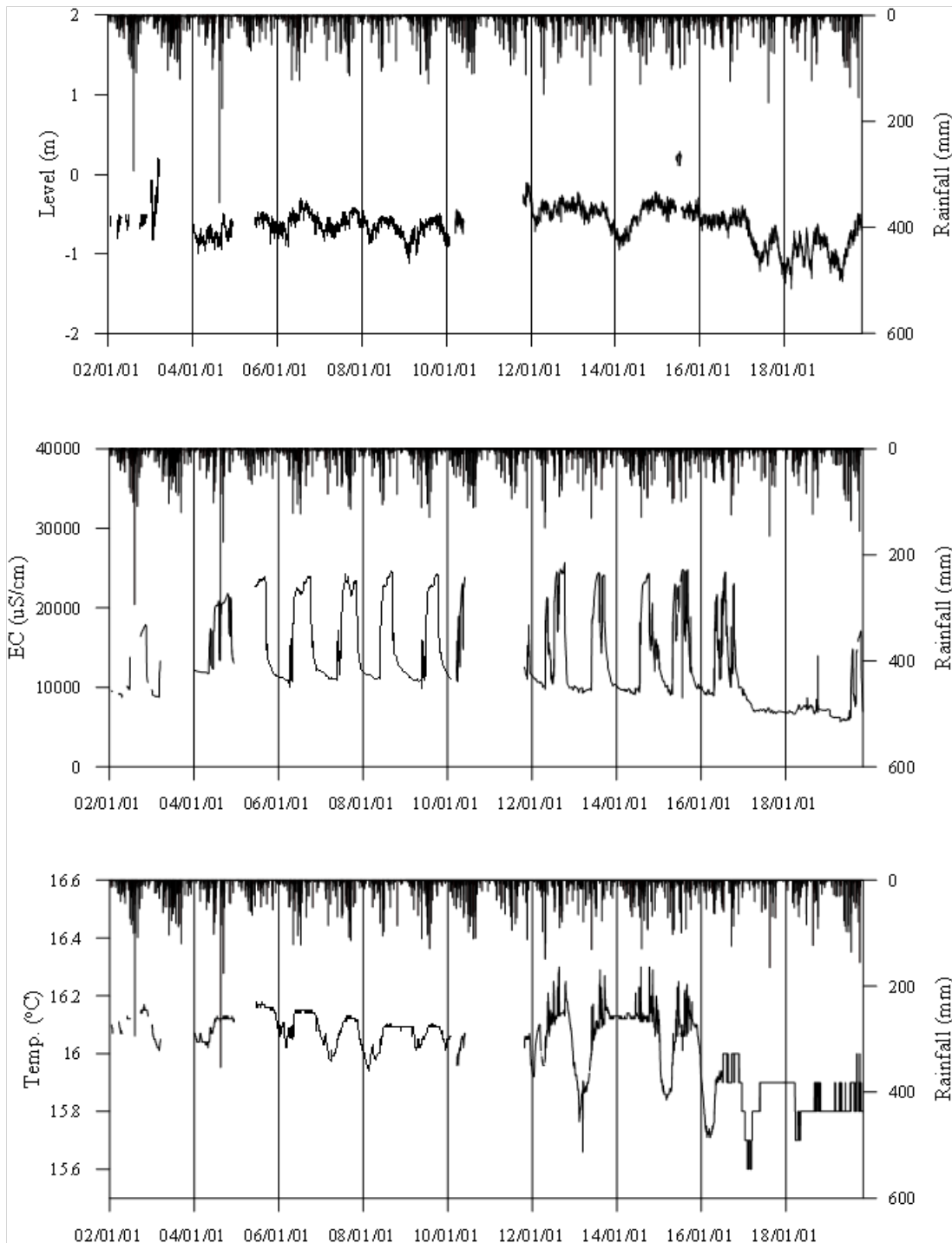
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	고금1	고금2
	년월		
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
	2016.10	97.27	78.63
	2017. 3	73.62	13.67
	2018. 5	146.20	29.74
2019. 5	106.33	20.96	

5. 장기관측 결과



<고금1 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고금2 관측공의 장기관측자료 (2002.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

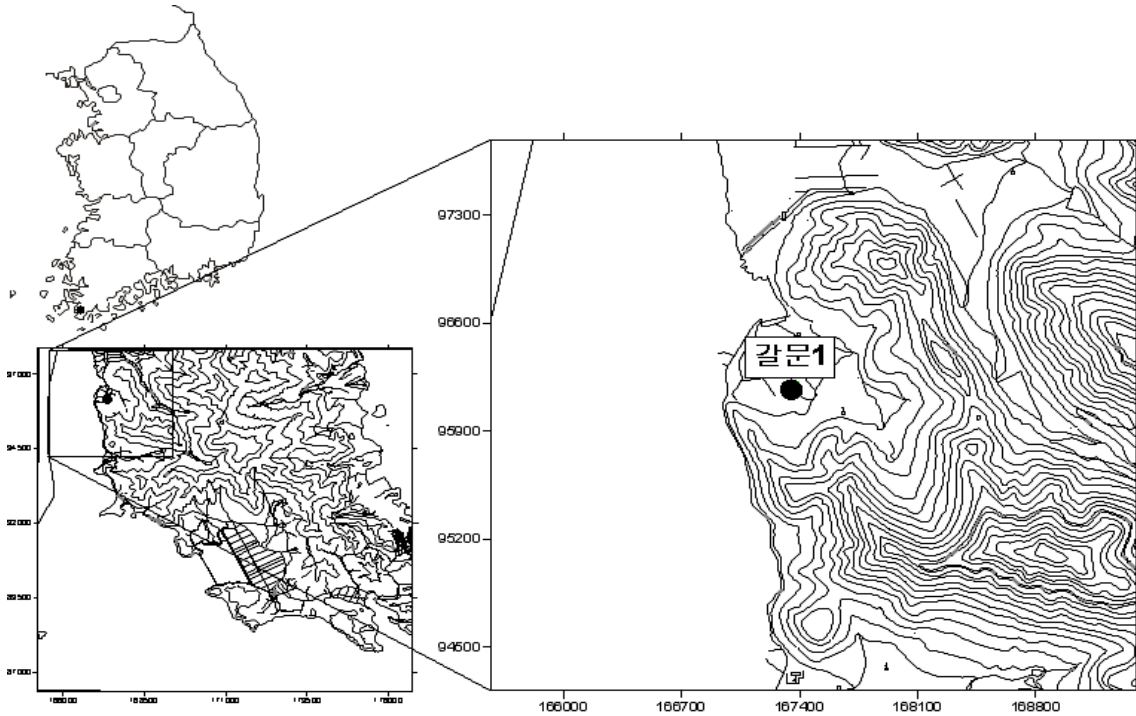
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고금1, 고금2 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, 고금2 관측공은 지표 하 약 20 ~ 30 m 구간에 전이대가 나타나며, 전이대 하부구간에서 각각 35,000, 27,000 $\mu S/cm$ 에 이르는 전기전도도를 보여 해수침투가 심각하게 발생했음을 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 고금1, 고금2 관측공은 모두 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 각 16.71 ~ 146.2, 13.67 ~ 185.05 범위로 매우 심한 정도의 해수의 영향을 받고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 고금1, 고금2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 지하수위는 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.
- 5) 관리 방안 : 고금지구는 해수침투의 영향이 심하게 나타남에 따라 주변지역의 지하수 이용을 규제하고, 타수자원 이용을 모색하여야 한다.

2.7.13 갈문지구

1. 위치

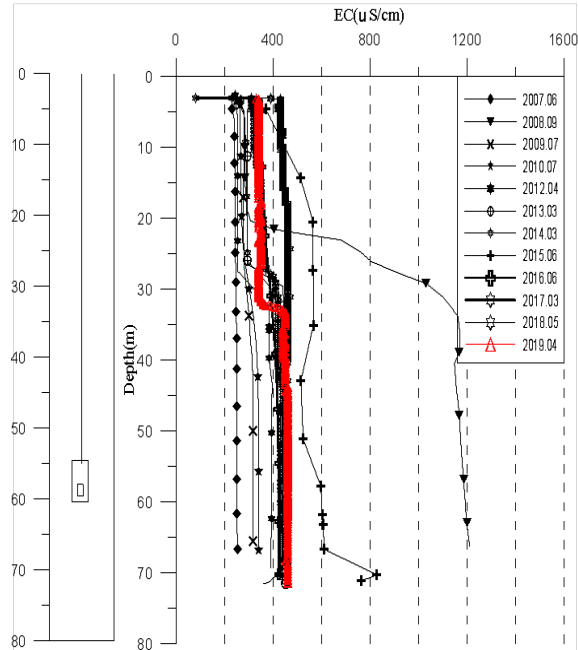


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
갈문1	완도군 군외면 대문리 169-1	167341.221	96182.891	3.75	2006	360	3.81

2. 지형 및 지질

이 지구는 완도읍 북부 지역으로, 사용 관정 중 해수침투의 영향이 있어 관측공으로 용도 전환된 관정이다. 남부 완도읍과의 경계에 상황봉·백운봉·숙승봉이 산지를 이루고, 북부 해안지역에도 200 m 내외의 구릉들이 분포하고 있다. 또한, 남부 산지에는 흘러내린 소하천들의 주변에 좁은 평야가 있다. 지질은 변성암류와 이를 관입한 판상화강암 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

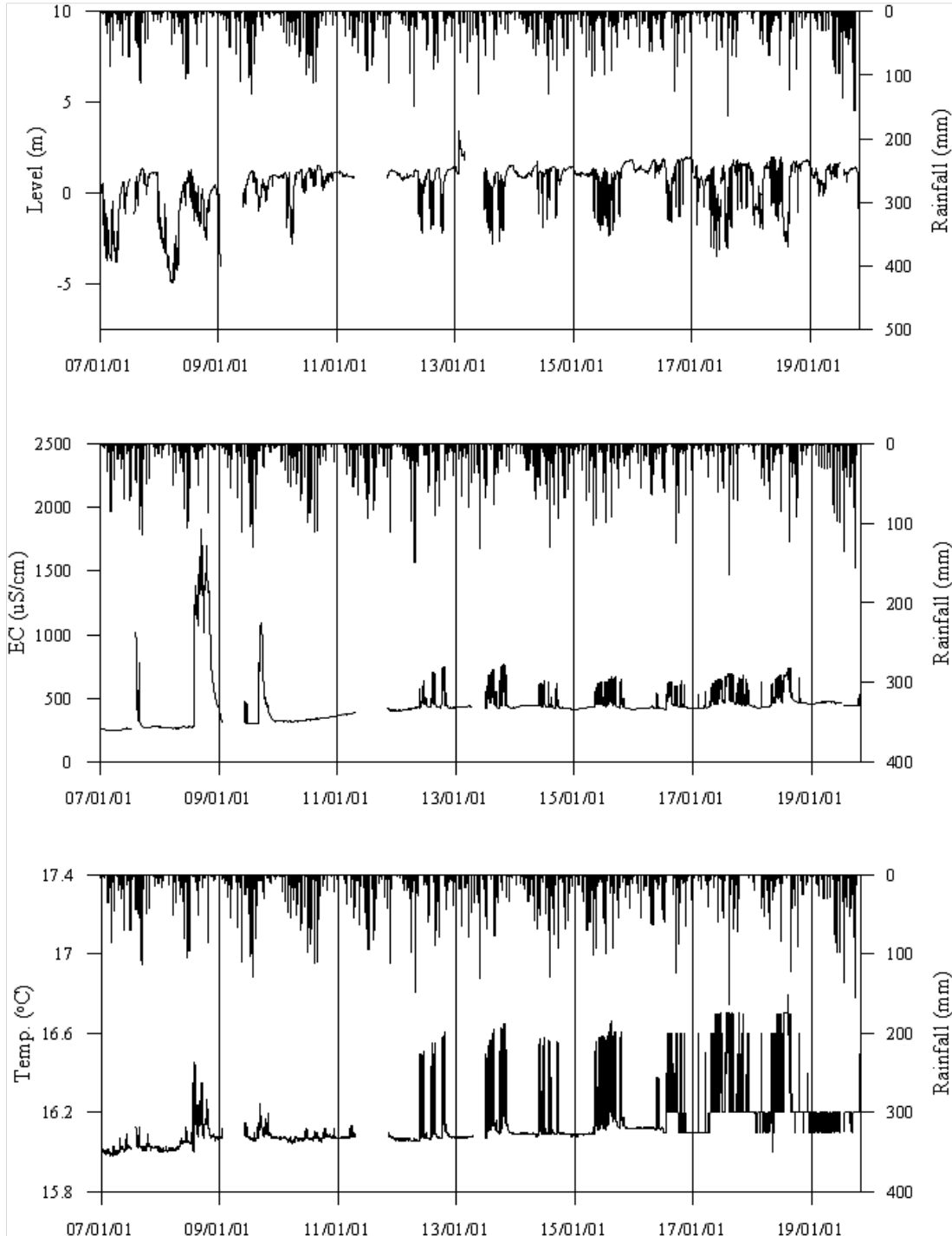
(단위 : mg/L)

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	N.D.
	(2010. 7)	22.53	10.09	1.13	17.94	4.58	19.12	103.70	N.D.
	(2011. 7)	24.28	11.26	1.53	16.38	4.39	45.95	79.90	N.D.
	(2012. 4)	24.73	13.06	3.24	20.53	3.95	44.42	88.45	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	29.74	10.68	1.40	16.19	7.80	65.10	99.00	N.D.
	(2017. 3)	29.92	12.78	1.79	16.20	4.11	44.36	97.60	N.D.
	(2018. 5)	40.11	15.97	2.45	25.03	8.63	78.51	67.10	0.12
(2019. 5)	28.43	13.58	1.75	18.81	3.95	42.23	85.40	N.D.	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	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
	2016.10	1.13
	2017. 3	0.78
	2018. 5	2.01
	2019. 5	0.85

5. 장기관측 결과



<갈문1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

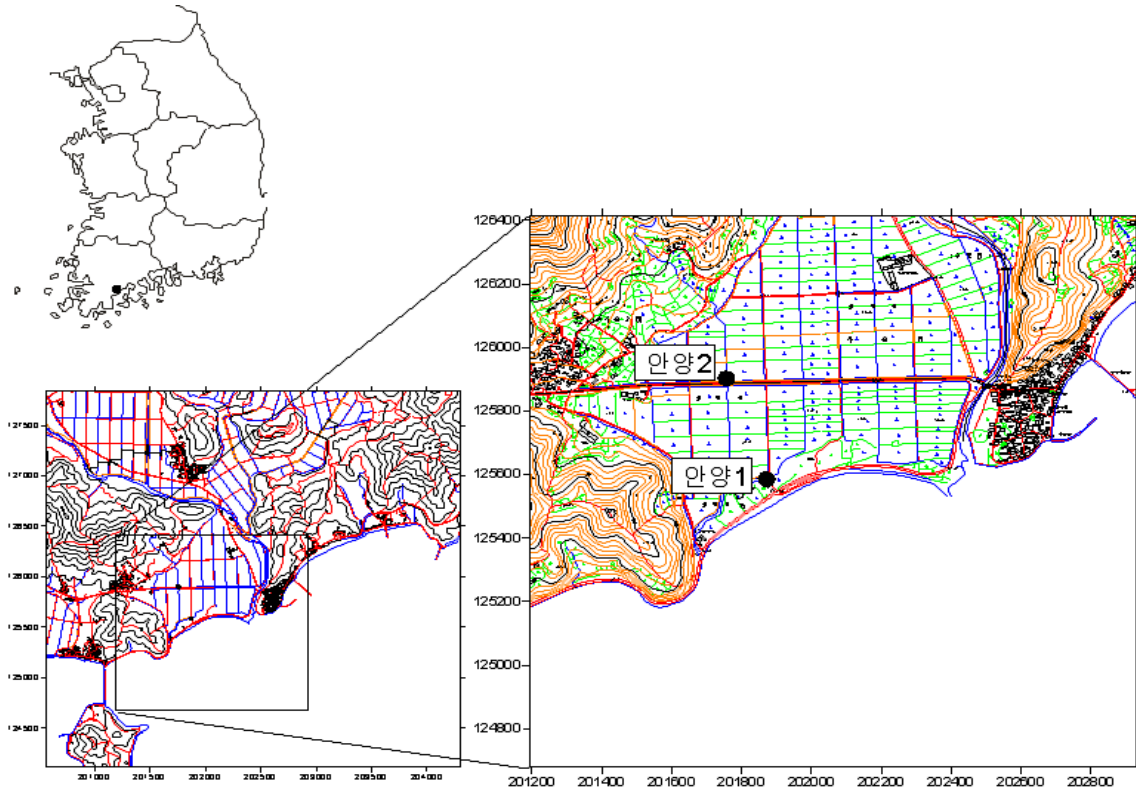
6.

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 2008년 검층결과를 제외하면 전구간 400 $\mu S/cm$ 내외로 나타나며, 해수유입에 따른 전이대로 판단할만한 구간은 없다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 갈문1 관측공은 (Na)-HCO₃ 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비가 0.48 ~ 3.03 범위로 나타남에 따라 해수침투의 영향이 약간 나타나는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 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 500 $\mu S/cm$ 내외이다. 전기전도도 증가 시 수온도 함께 증가하였는데, 이는 지하수 양수에 의한 해수 혼입에 따른 결과로 판단된다.
- 5) 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.

2.7.14 안양지구

1. 위치

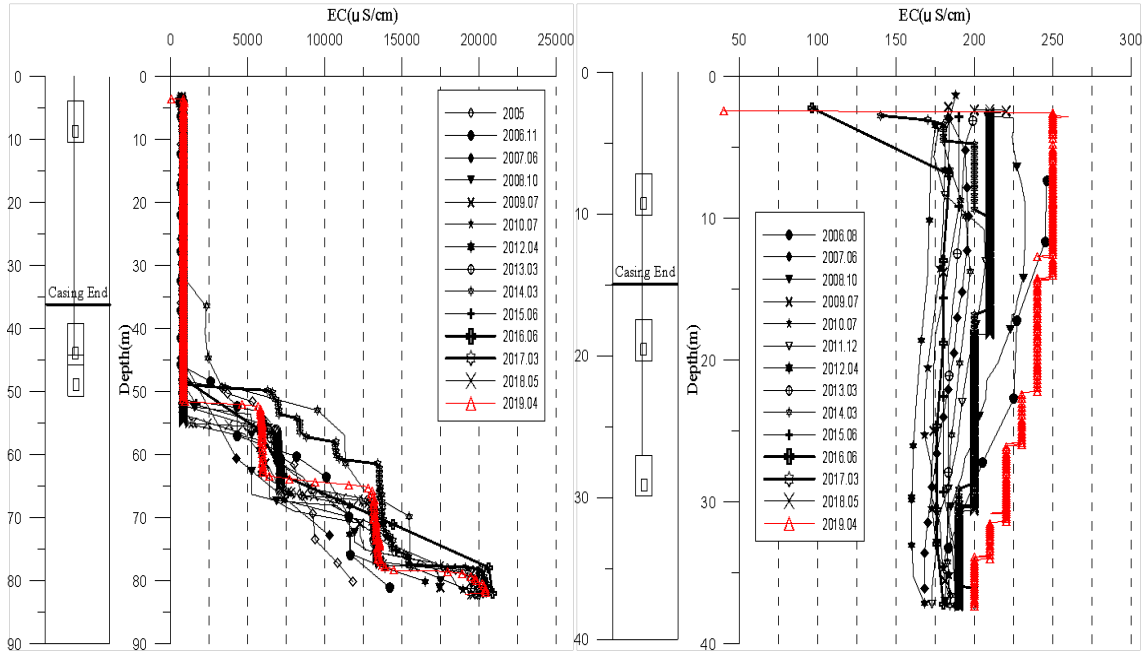


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
안양1	장흥군 안양면 사촌리 25-2	201871.891	125585.586	4.57	2005	80	1.08
안양2	장흥군 안양면 사촌리 37-10	201757.002	125902.321	5.38	2006	420	2.58

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)

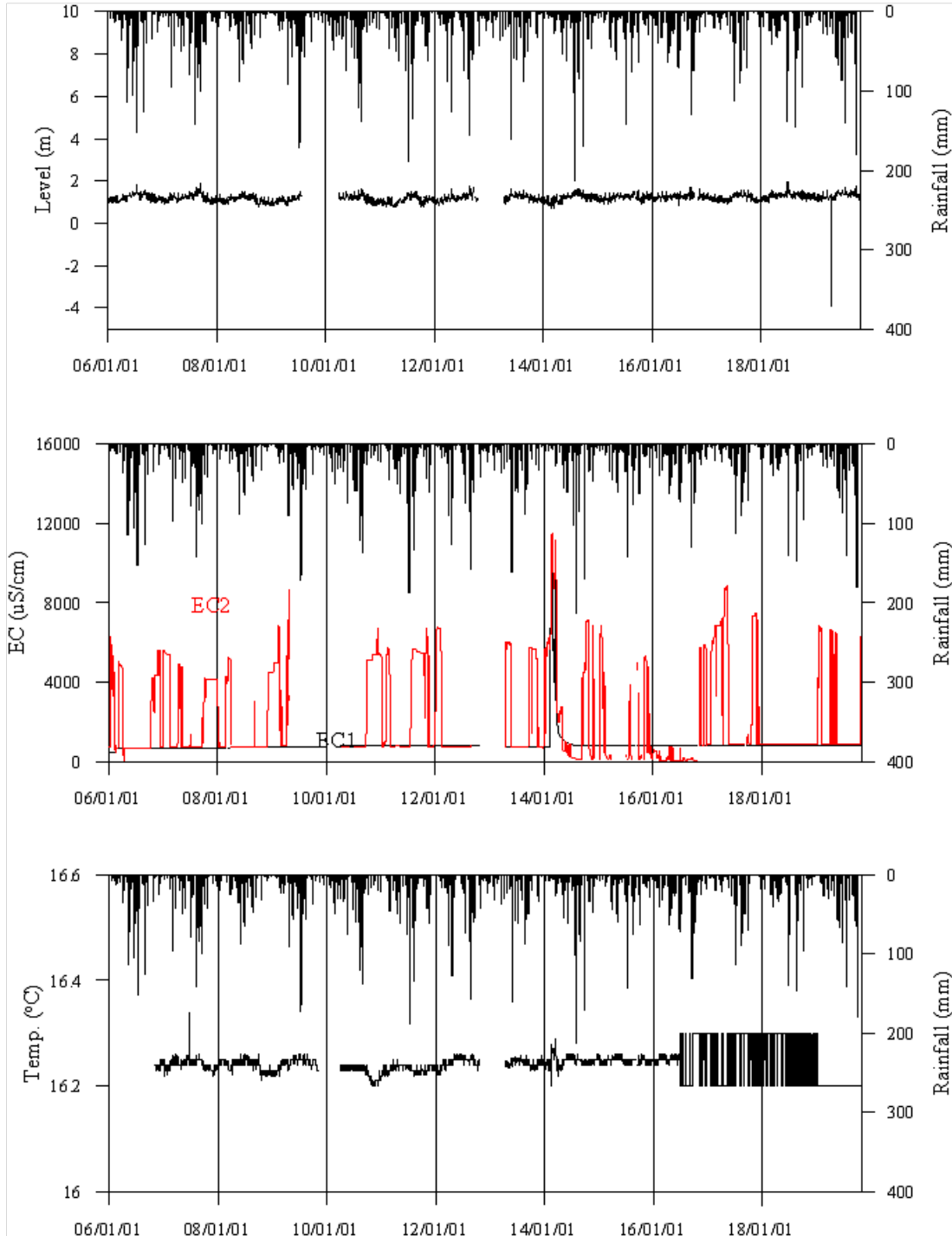
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
안양1	(2005.10)	252.29	12.32	13.63	10.27	63.45	442.30	65.58	3.13
	(2006.11)	123.41	0.44	6.43	0.61	19.02	154.92	76.25	N.D.
	(2007.10)	125.47	0.46	7.75	0.56	24.72	147.56	88.45	N.D.
	(2008.10)	128.74	0.53	6.98	0.47	22.98	167.29	73.20	1.02
	(2009. 7)	143.89	0.53	5.64	0.47	21.38	164.17	70.15	0.65
	(2010. 7)	149.20	0.60	6.77	0.47	22.64	153.51	94.55	N.D.
	(2011. 7)	182.32	0.63	7.92	0.47	28.43	227.98	64.05	N.D.
	(2012. 4)	145.94	0.69	8.79	0.51	23.54	158.69	85.40	N.D.
	(2013. 3)	151.55	0.73	6.76	0.49	22.90	167.12	82.35	N.D.
	(2014. 3)	474.30	21.55	19.24	29.49	92.79	634.82	131.15	0.00
	(2015. 6)	161.24	0.83	11.85	0.85	33.60	189.70	67.10	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
안양1	(2016.10)	171.10	0.76	6.10	0.72	20.00	176.70	72.00	N.D.
	(2017. 3)	175.57	0.64	7.24	0.57	26.38	199.13	73.20	1.69
	(2018. 5)	155.96	0.59	9.65	0.56	26.18	184.33	51.85	0.49
	(2019. 5)	150.89	1.28	7.95	1.70	26.16	175.19	64.05	0.651
안양2	(2006.11)	12.55	8.35	1.08	14.08	4.89	18.20	70.15	N.D.
	(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	N.D.
	(2011. 7)	11.57	7.25	0.90	14.52	4.02	17.30	64.05	N.D.
	(2012. 4)	12.20	7.11	0.83	15.04	5.25	17.33	67.10	N.D.
	(2013. 3)	12.73	6.33	0.97	13.79	4.93	17.33	70.15	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	12.08	5.55	0.70	13.30	5.10	22.70	57	N.D.
	(2017. 3)	13.00	7.38	1.11	14.46	3.43	12.20	73.20	0.12
	(2018. 5)	13.52	8.70	0.98	15.90	5.36	18.54	79.30	0.06
(2019. 5)	13.70	9.47	1.13	17.23	5.70	20.04	85.40	0.102	

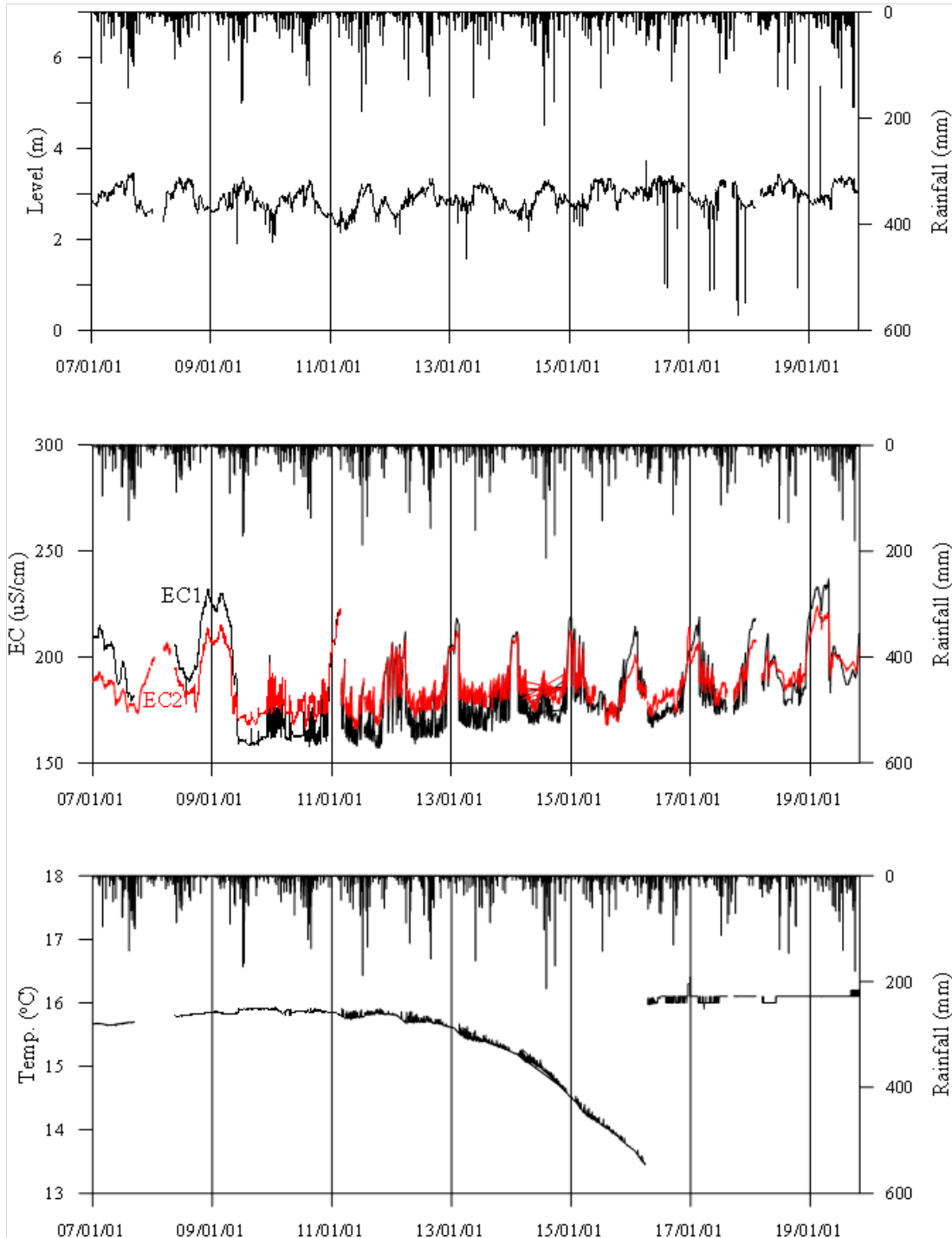
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	안양1	안양2
	년월		
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
	2016.10	4.22	0.69
	2017. 3	4.68	0.29
	2018. 5	6.12	0.40
	2019. 5	4.70	0.40

5. 장기관측 결과



<안양1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



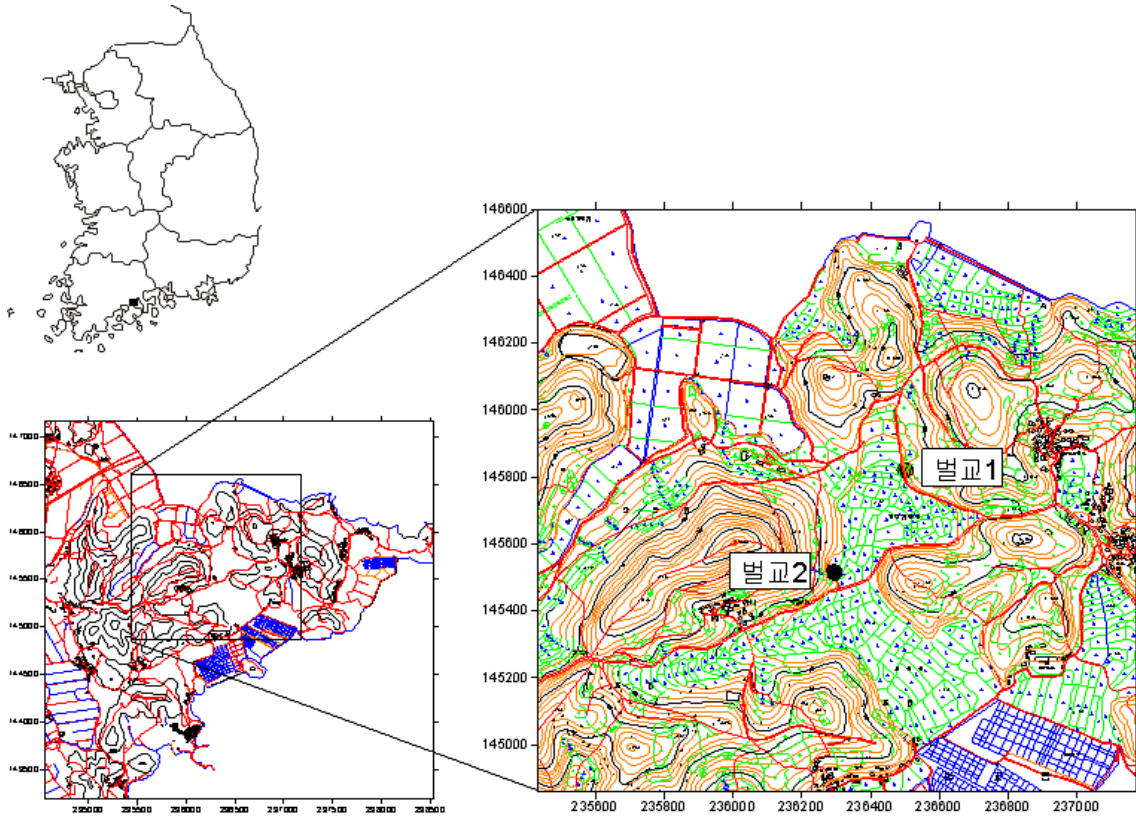
<안양2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 안양1, 안양2 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+K)-Cl 유형, 안양2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비가 2.79 ~ 11.63 범위로 해수침투의 영향이 나타나고 있으며, 0.29 ~ 0.69 범위로 해수침투의 영향이 미미한 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 안양1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위는 약 1 m 내외로 조석의 영향을 받고 있으며, 지표 하 45 m에 설치한 EC1 센서는 2014년 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 200 $\mu S/cm$ 내외로 연중 유사하다.
- 5) 관리 방안 : 안양1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 크게 나타나며, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 영향의 확산 여부를 감시하여야 한다.

2.7.15 별교지구

1. 위치

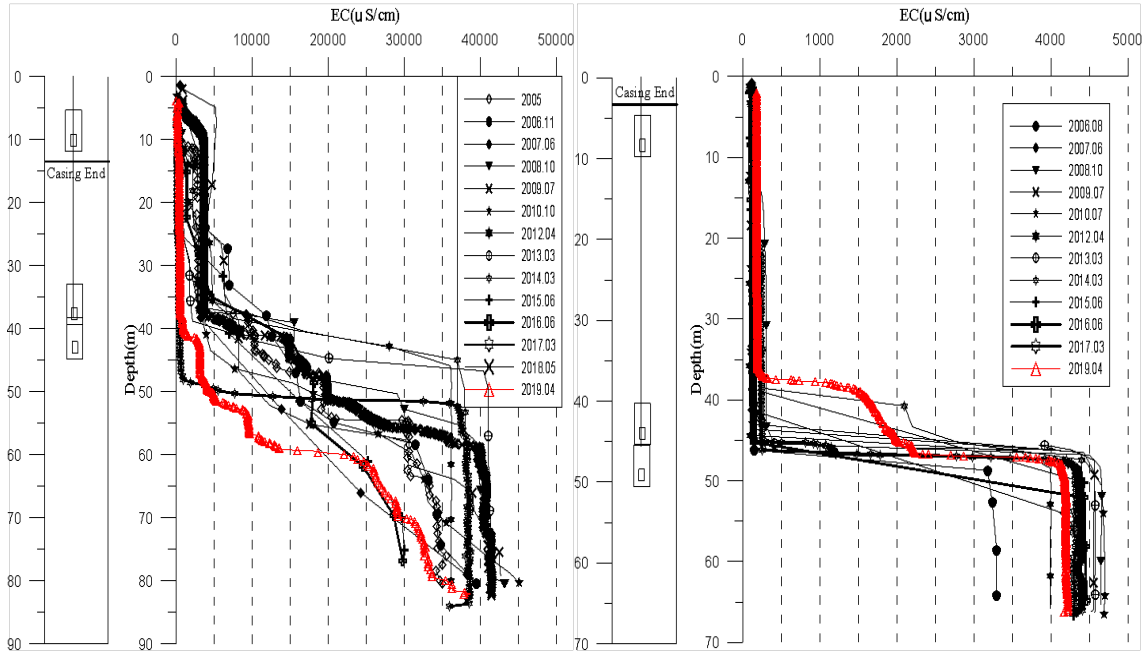


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
별교1	보성군 별교읍 장암리 965	236499.776	145820.145	5.34	2005	540	2.43
별교2	보성군 별교읍 장암리 1200-1도	236294.848	145515.065	4.13	2006	730	2.33

2. 지형 및 지질

이 지역은 전남 보성군 별교읍의 남쪽에 위치한 지구로, 지질은 선캠브리아기의 반상변정 화강암질편마암이 주로 분포하며 주변에 중생대 백악기의 흑운모화강암이 관입하여 나타나며, 제4기 충적층이 전체적으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<별교1 관측공>

<별교2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

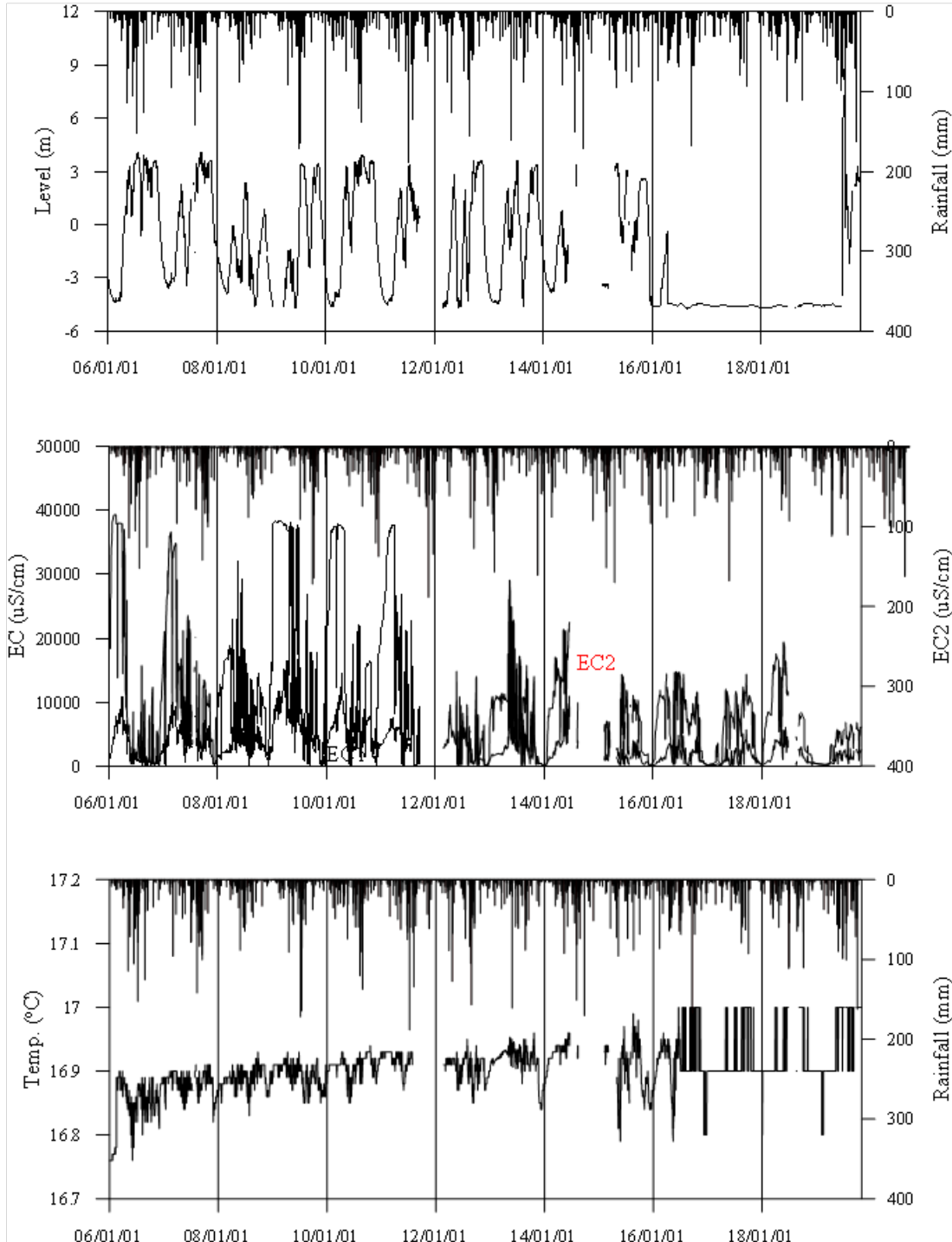
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
별교1	(2005.10)	312.06	75.98	15.24	192.38	122.93	1056.16	48.80	7.61
	(2006.11)	12.84	4.92	1.14	16.97	1.82	16.36	67.10	N.D.
	(2007.10)	57.14	12.44	4.57	35.61	19.22	138.81	67.10	1.03
	(2008.10)	197.97	39.35	7.68	97.14	61.66	512.02	45.75	3.11
	(2009. 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	N.D.
	(2011. 7)	7.38	5.09	0.76	14.51	0.71	11.31	48.80	N.D.
	(2012. 4)	320.01	111.58	38.35	265.26	138.90	1206.36	51.85	N.D.
	(2013. 3)	150.48	31.57	7.32	74.63	56.43	371.90	57.95	N.D.
	(2014. 3)	478.99	102.95	18.77	265.65	139.73	1217.56	88.45	5.51

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
별교1	(2015. 6)	754.26	122.39	32.14	311.28	27.30	1745.10	58.00	N.D.
	(2016.10)	346.00	40.39	12.10	109.80	47.90	626.50	62.00	N.D.
	(2017. 3)	12.79	4.84	1.23	19.92	0.84	14.80	70.15	N.D.
	(2018. 5)	374.62	68.60	24.20	150.75	90.15	876.85	42.70	1.69
	(2019. 5)	53.55	4.96	2.58	18.69	11.72	79.70	61.00	N.D.
별교2	(2006.11)	7.44	3.30	0.50	10.20	3.58	8.64	45.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2010. 7)	7.63	3.32	0.97	13.86	7.42	10.29	48.80	N.D.
	(2011. 7)	5.47	3.34	0.57	8.55	2.76	5.58	42.70	N.D.
	(2012. 4)	26.08	5.24	1.05	28.94	13.91	78.39	36.60	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	265.44	27.25	4.25	238.74	26.12	789.22	96.78	N.D.
	(2017. 3)	8.53	3.48	1.07	12.64	2.68	7.49	57.95	N.D.
	(2018. 5)	17.13	6.28	1.29	22.79	8.57	44.37	39.65	0.24
	(2019. 5)	21.01	10.01	1.23	36.99	9.49	65.31	70.15	N.D.

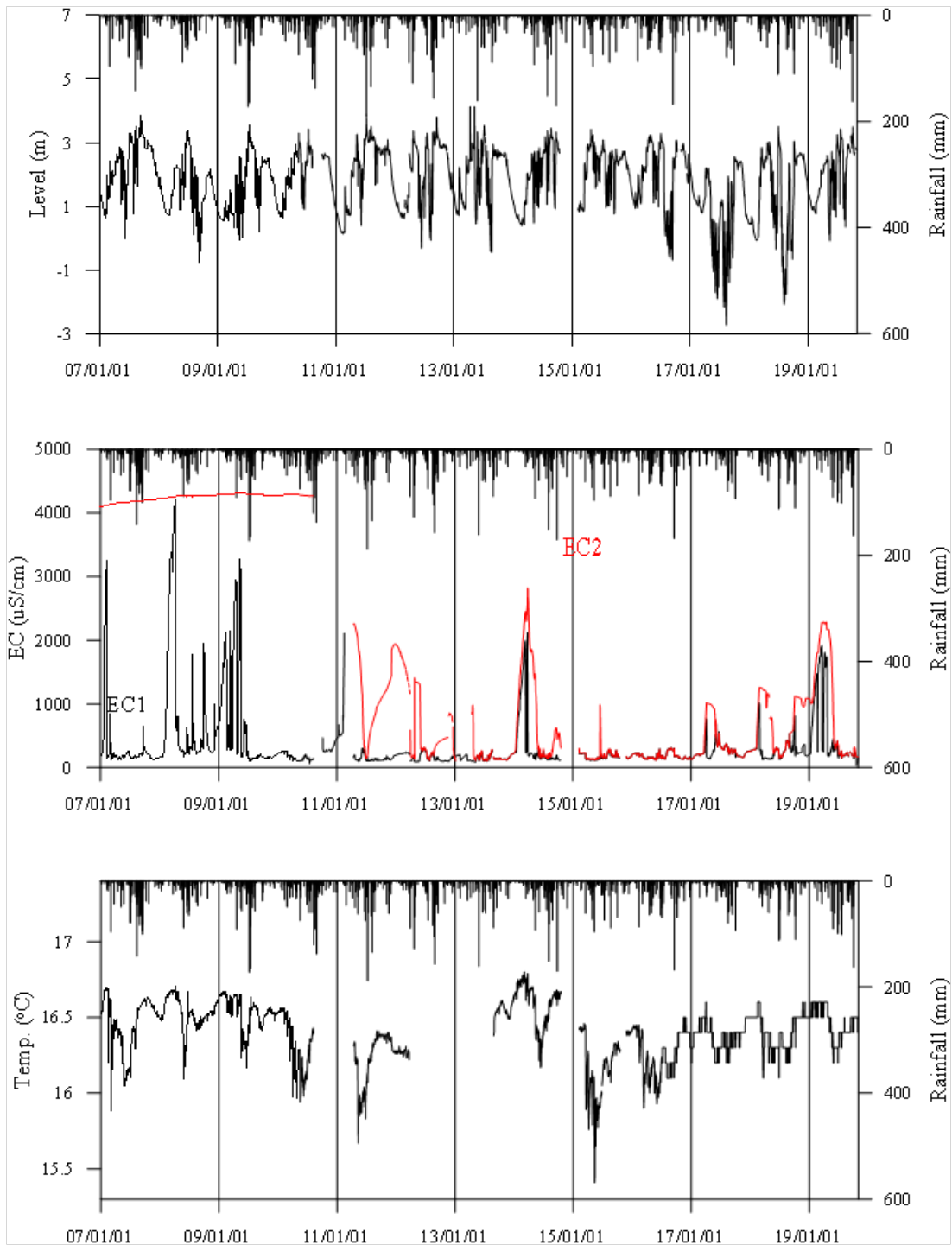
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	별교1	별교2
	년월		
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
	2016.10	17.39	14.03
	2017. 3	0.36	0.22
	2018. 5	35.34	1.93
2019. 5	2.25	1.60	

5. 장기관측 결과



<별교1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<별교2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

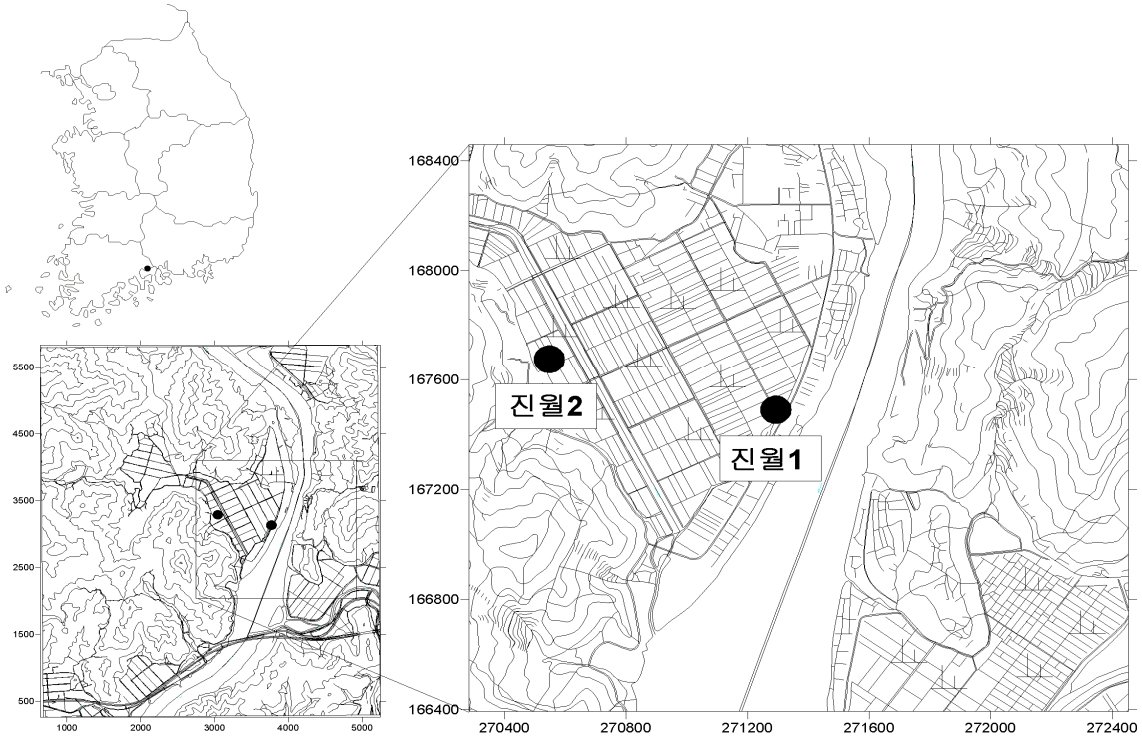
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 별교1, 별교2 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 심도 40 ~ 50 m에서 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, 별교2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당하고, Cl/HCO₃ 몰비는 2.25, 1.6 범위로 해수의 영향을 받고 있다. 별교2 관측공의 경우 전이대의 이동에 따라 몰비의 변화가 심하게 나타난다.
- 4) 장기 관측결과 : 별교1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과 지하수위 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 변화하고, 별교1 과 마찬가지로 EC1, EC2는 갈수기 시 증가하고, 풍수기 시 감소한다. 결과적으로 별교지구는 갈수기-풍수기의 지하수위 변화에 따라 해수침투의 변동을 보인다.
- 5) 관리 방안 : 별교지구는 갈수기 지하수위 저하에 따른 수질악화가 관측됨에 따라 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 확산 여부를 점검하여야 한다.

2.7.16 진월지구

1. 위치



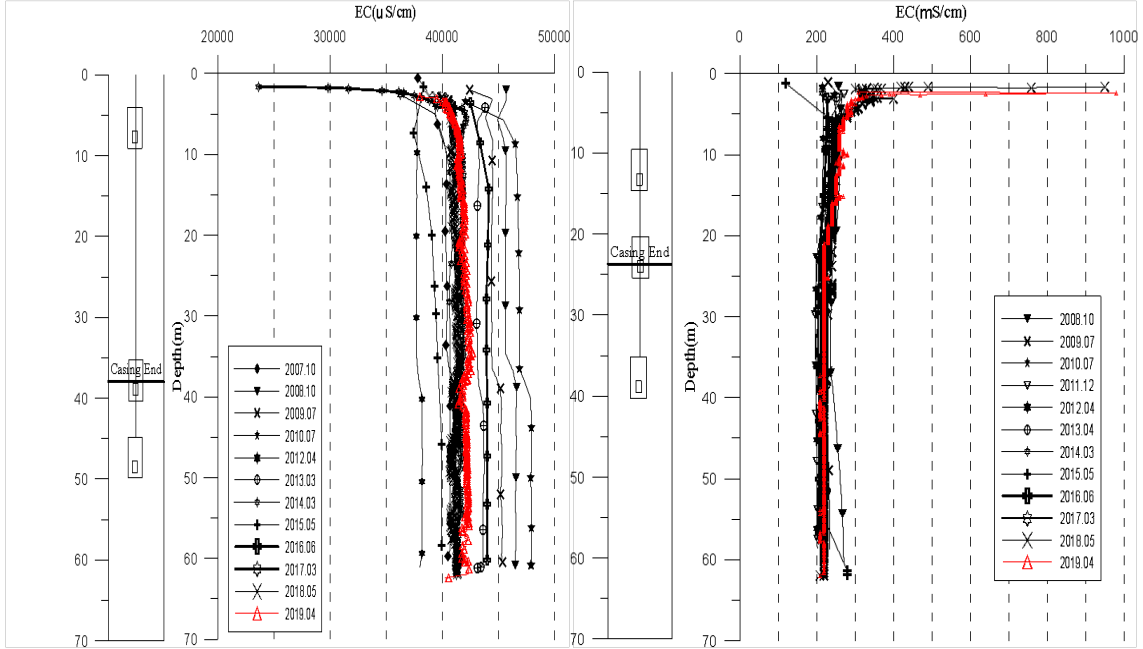
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
진월1	광양시 진월면 오사리 62-19답	271293.578	167489.442	1.44	2007	240	0.15
진월2	광양시 진월면 오사리 32-10	270496.656	167623.516	3.73	2008	880	2.35

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

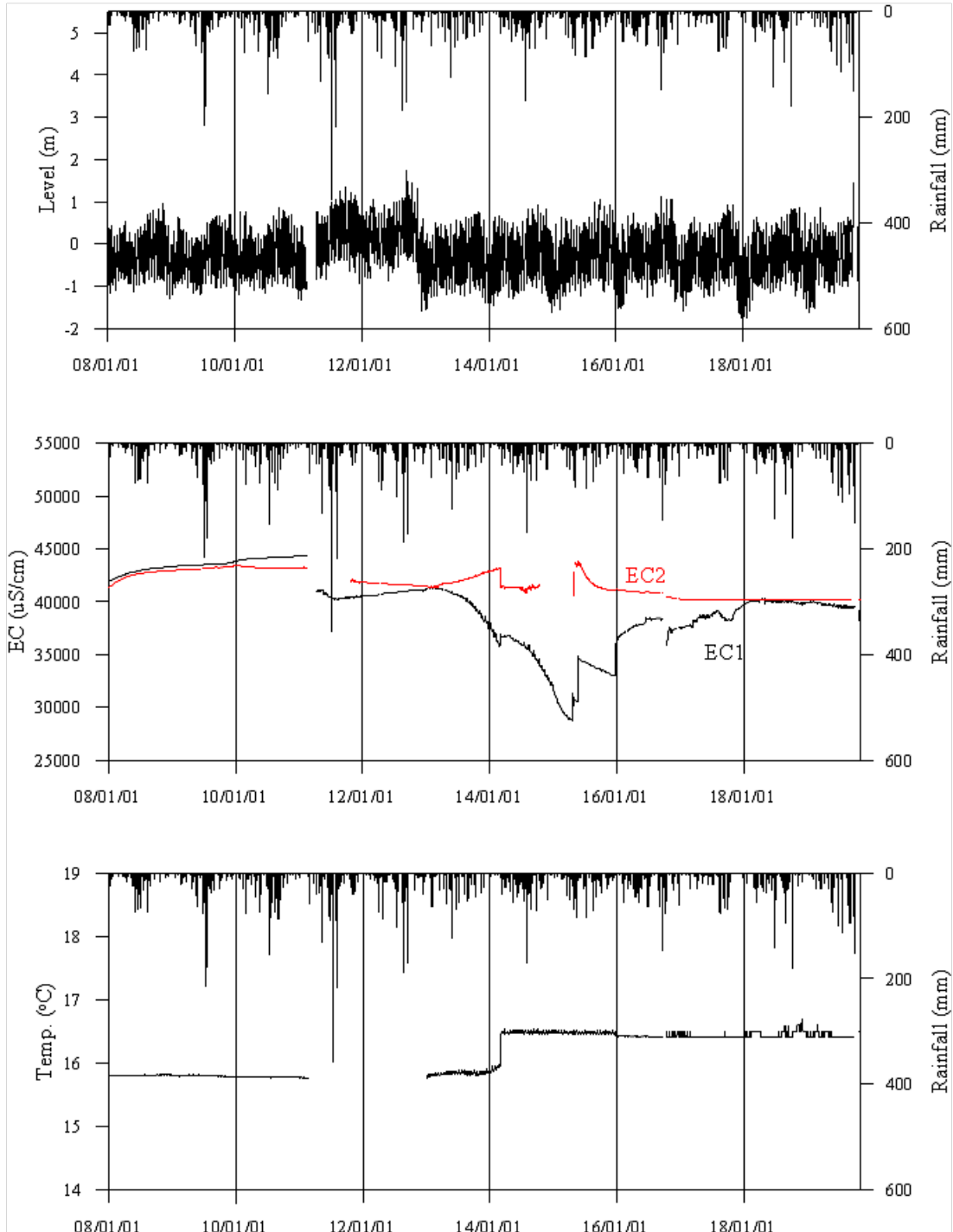
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(2008.10)	7506.47	936.96	318.26	248.34	1157.18	14694.96	680.15	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	5158.00	616.20	295.20	36.02	971.60	10777.60	249.00	N.D.
	(2017. 3)	8624.13	1199.21	405.48	31.89	873.80	15661.65	181.53	53.48
	(2018. 5)	8486.36	1017.08	379.68	33.64	904.74	14125.93	175.38	25.62
(2019. 5)	6540.14	985.64	326.02	31.02	666.61	12185.0	163.19	67.40	
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	N.D.
	(2010. 7)	15.03	5.24	0.87	19.48	3.90	17.48	51.85	N.D.
	(2011. 7)	13.83	5.43	1.00	20.28	3.57	19.29	48.80	N.D.
	(2012. 4)	11.69	5.23	0.92	20.03	N.D.	13.58	51.85	N.D.
	(2013. 3)	13.92	4.99	0.81	17.82	3.33	17.17	45.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	23.93	5.98	1.30	17.31	9.80	54.20	46.00	N.D.
	(2017. 3)	33.20	7.77	1.51	18.94	6.01	47.07	61.00	N.D.
	(2018. 5)	17.29	6.18	1.07	19.26	5.78	24.20	45.75	N.D.
	(2019. 5)	36.38	8.43	1.68	18.46	7.29	55.50	48.80	0.41

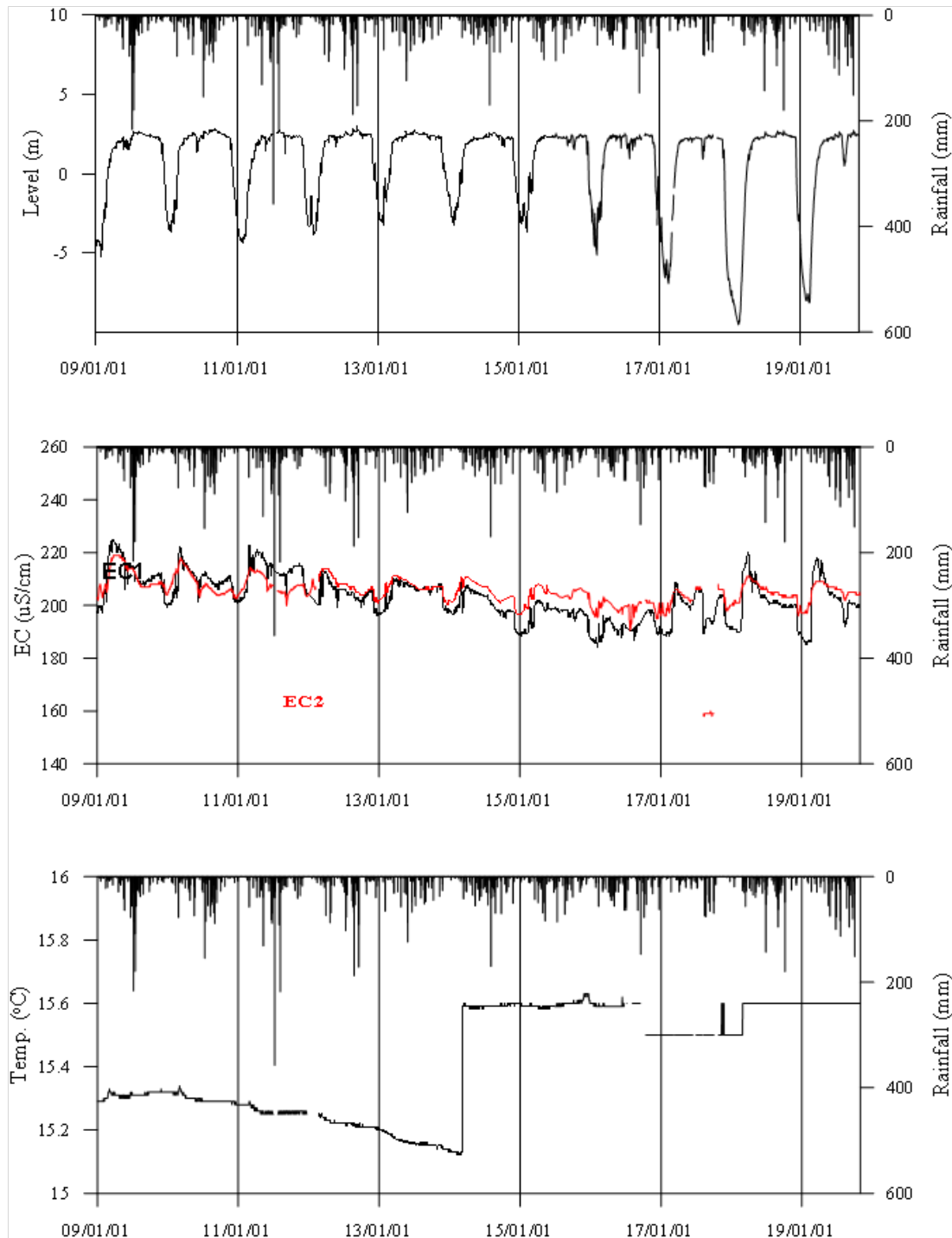
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	진월1	진월2
	년월		
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
	2016.10	74.49	2.03
	2017. 3	148.49	1.33
	2018. 5	138.62	0.91
	2019. 5	128.30	1.95

5. 장기관측 결과



<진월1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



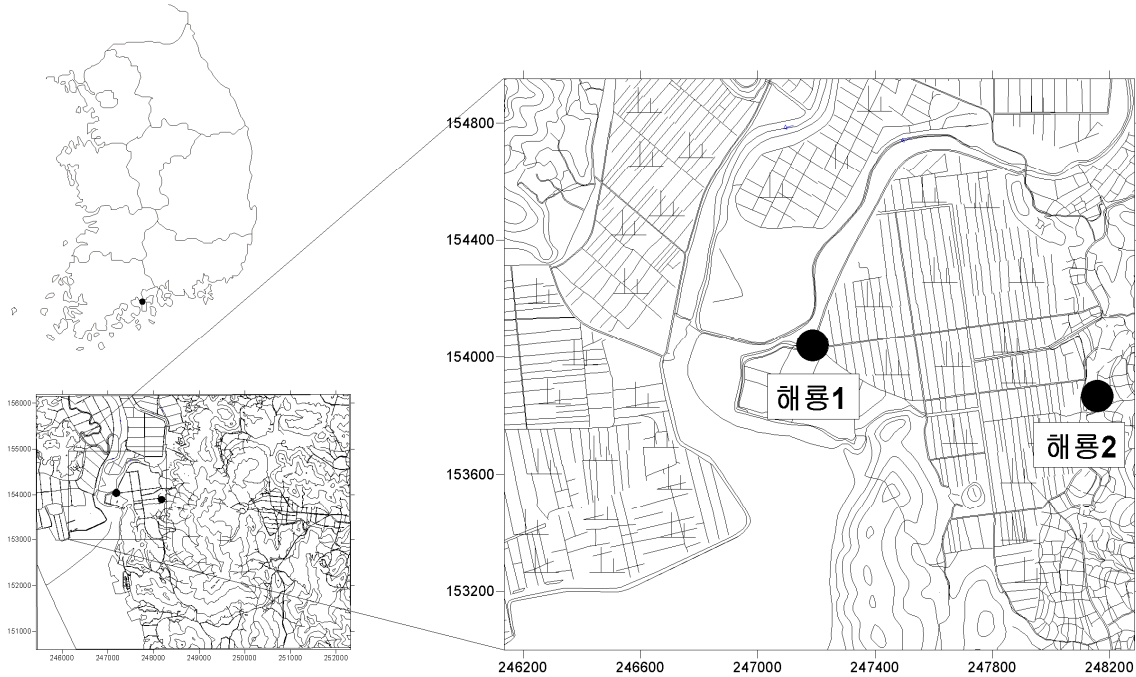
<진월2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진월1, 진월2 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, 진월2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 21.44 ~ 153.90, 0.45 ~ 2.03 범위로, 진월1 관측공은 심각한 해수침투의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 진월1 관측공은 지하수위 변동폭이 연간 2 m 내외로 조석차에 의한 수위변화가 잘 드러나며, 진월2 관측공은 갈수기인 1월에 약 -6.0 m 까지 감소하나, 풍수기에 증가하여 4월에는 약 2 m 의 수위를 유지하고 있다. 진월2 관측공의 전기전도도는 수위변화에 비례하여, 수위가 높아지면 전기전도도 역시 높아지는 경향이 나타났다.
- 5) 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 주의 깊게 점검하여야 한다.

2.7.17 해룡지구

1. 위치

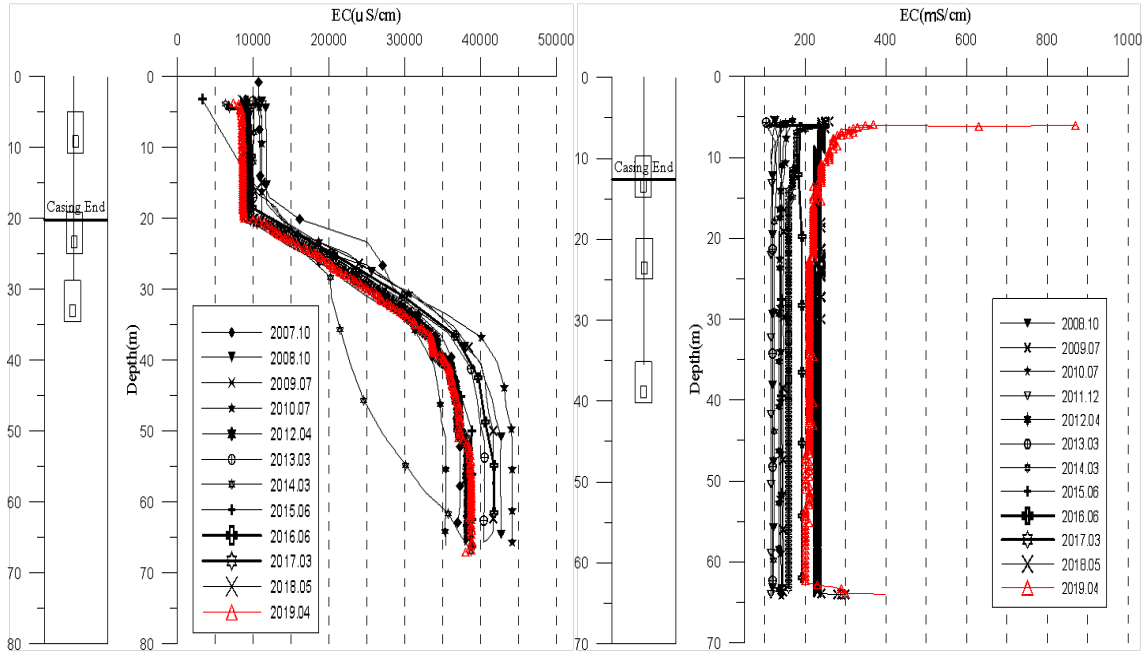


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
해룡1	순천시 해룡면 해창리 773-1제	247186.713	154040.388	2.97	2007	420	-0.16
해룡2	순천시 해룡면 선학리 992-1	248102.820	153811.705	9.11	2008	890	3.86

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)

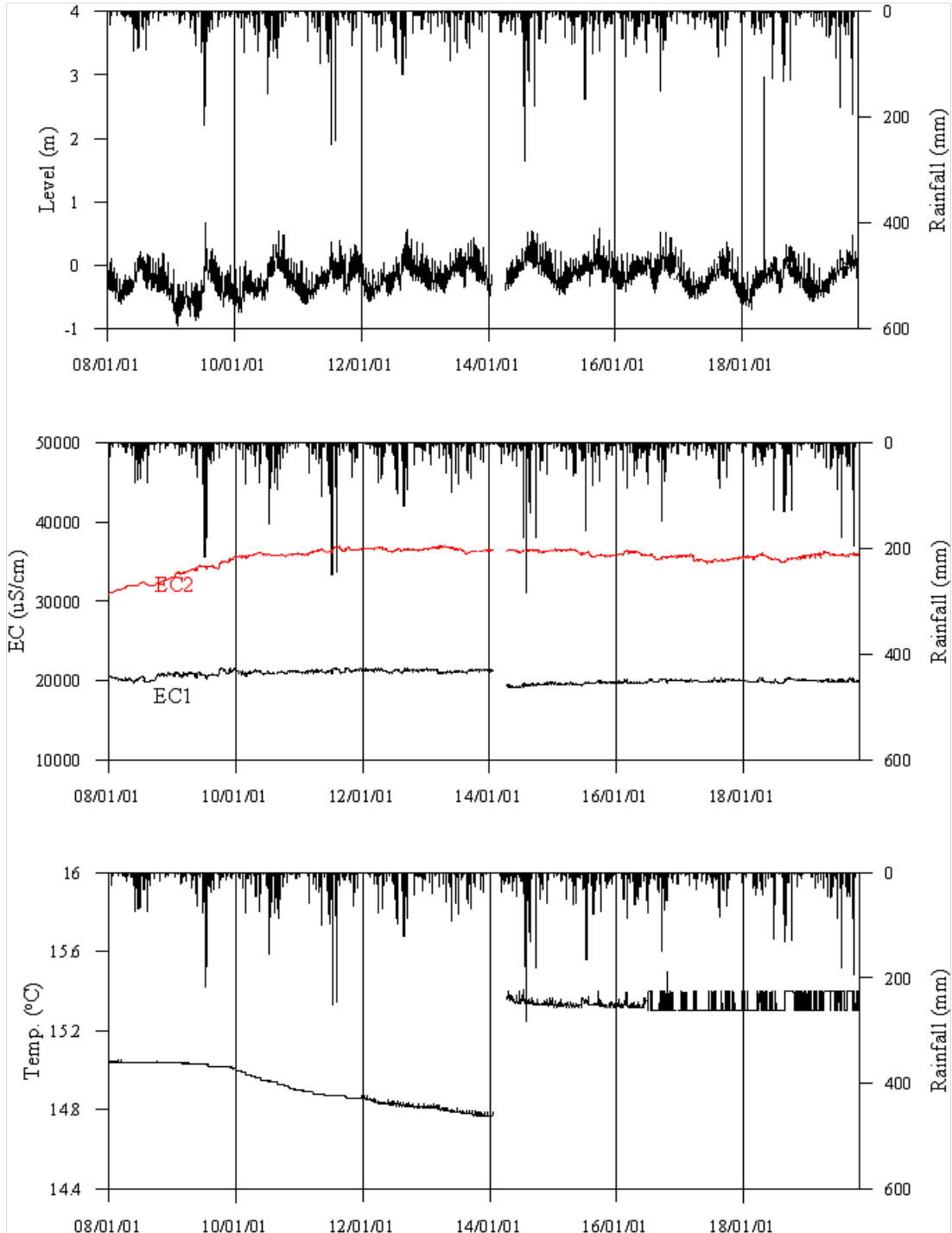
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
해룡1	(2007.10)	2088.82	149.03	98.86	81.69	302.46	3547.06	451.40	N.D.
	(2008.10)	1768.78	154.82	110.75	84.67	280.73	3245.99	402.60	N.D.
	(2009. 7)	1941.93	149.62	73.02	88.79	219.08	3448.60	408.70	7.06
	(2010. 7)	2403.81	186.74	98.01	132.37	514.73	4216.25	237.90	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
해룡1	(2016.10)	2411.00	152.00	75.40	100.80	443.30	3004.40	356.00	N.D.
	(2017. 3)	2140.38	137.79	98.10	70.40	280.80	3251.76	369.05	N.D.
	(2018. 5)	2746.73	183.27	134.43	119.92	479.06	4517.17	265.35	15.72
	(2019. 5)	1886.49	135.70	69.20	82.82	304.80	3047.57	228.75	N.D.
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	N.D.
	(2010. 7)	9.30	2.90	0.89	15.95	3.21	8.52	42.70	N.D.
	(2011. 7)	8.83	3.62	1.15	18.28	5.87	9.71	48.80	N.D.
	(2012. 4)	9.80	3.25	1.10	16.18	4.89	10.94	45.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	13.54	5.05	1.60	24.63	20.20	29.50	50.00	N.D.
	(2017. 3)	14.88	3.95	1.19	18.11	6.62	14.77	45.75	0.03
	(2018. 5)	12.14	5.78	1.58	27.11	12.73	16.09	45.75	0.03
(2019. 5)	48.85	11.60	1.91	29.39	18.66	89.22	45.75	N.D.	

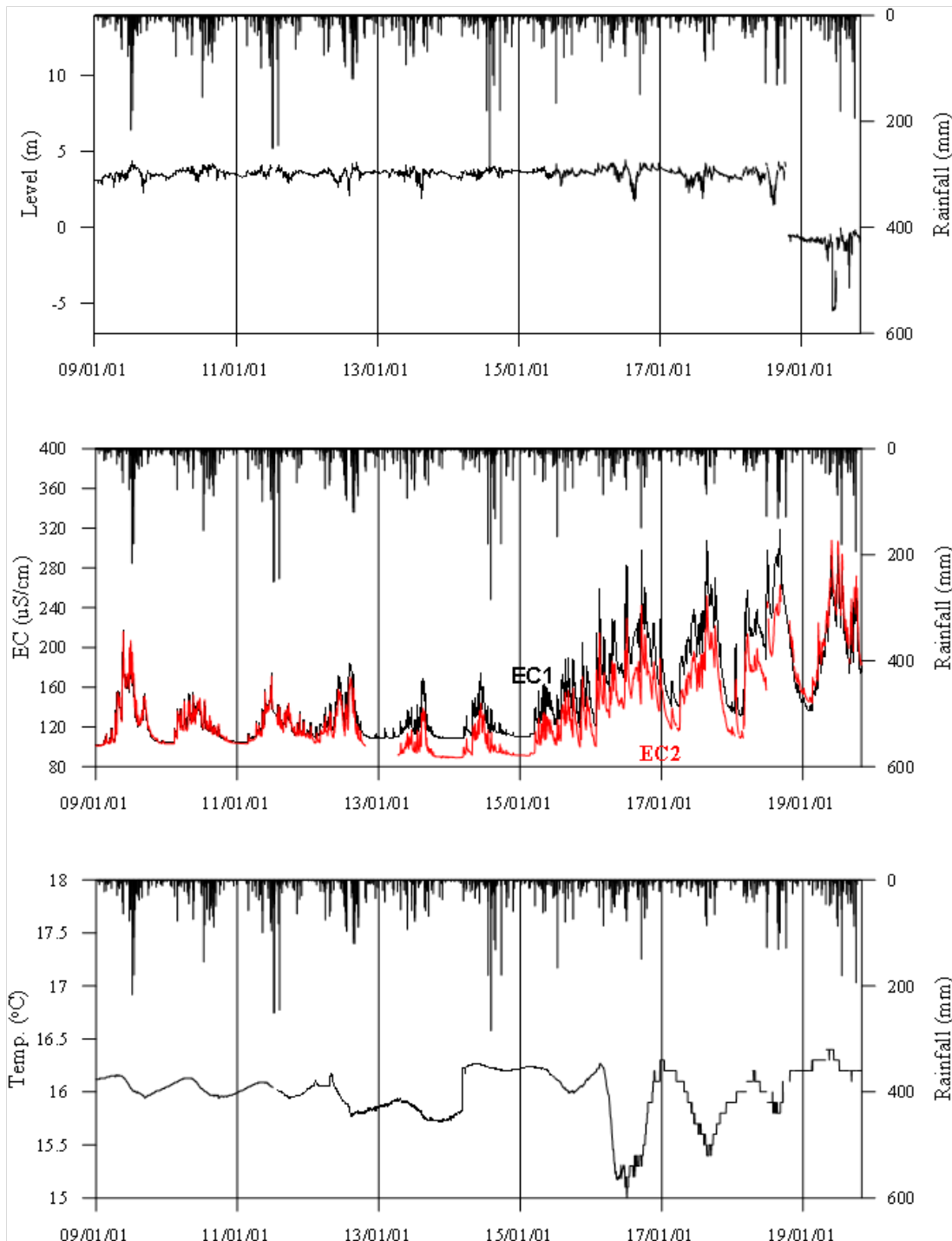
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		해룡1	해룡2
	년월			
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
		2016.10	14.52	1.02
		2017. 3	15.16	0.56
		2018. 5	29.30	0.61
		2019. 5	22.89	3.35

5. 장기관측 결과



<해룡1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<해룡1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

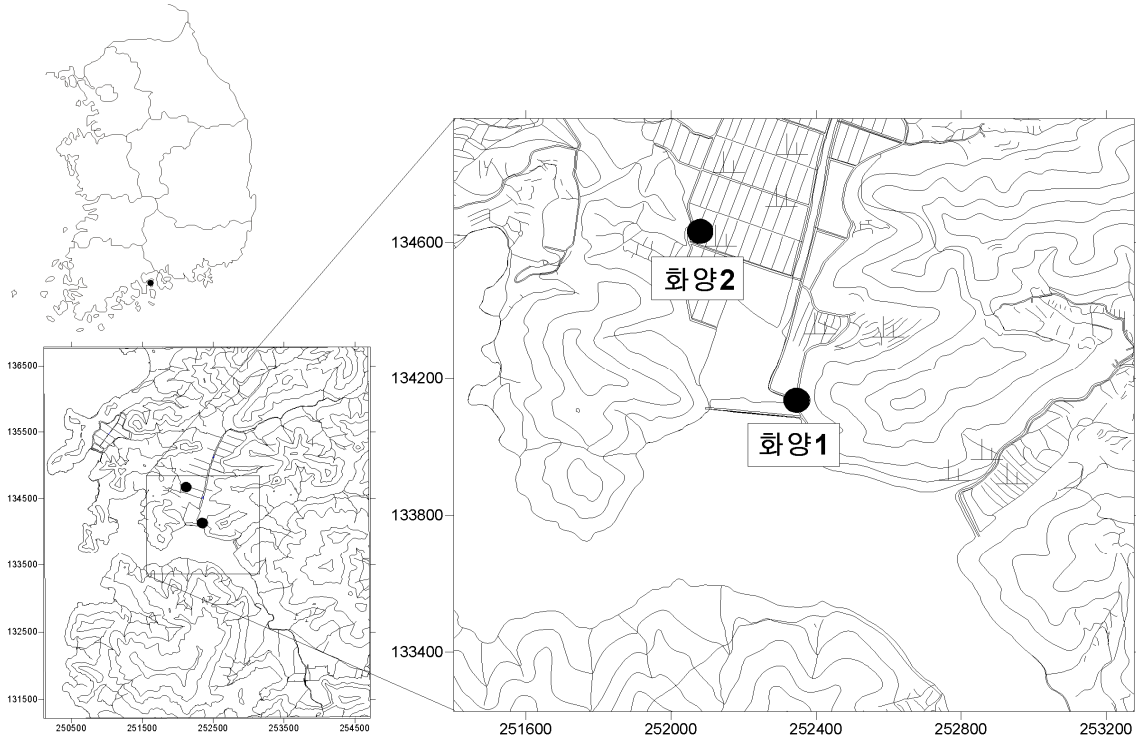
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해룡1, 해룡2 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, 2018년에 약 240 $\mu S/cm$ 내외까지 증가했으나, 해수침투는 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 해룡1, 해룡2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 13.50 ~ 30.53 범위와 0.25 ~ 3.35 범위를 보이고, 해룡1 관측공은 해수침투의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 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, EC2의 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 지하수위 저하 및 전기전도도도 저하현상이 나타나며, 풍수기에는 반대의 현상이 관찰된다. 전기전도도는 주기적인 변동을 보이면서 점차 상승하는 경향이 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 해룡1 관측공은 매우 심각한 해수침투의 영향을 나타낸다. 해룡2 관측공은 해수의 영향은 없으나 지하수위 강하에 의한 전기전도도도 증감을 동반한다. 따라서 해안거리에 따른 두 관측공의 장기관측을 통하여 해수침투 영향의 진행 여부를 점검하여야 한다.

2.7.18 화양지구

1. 위치

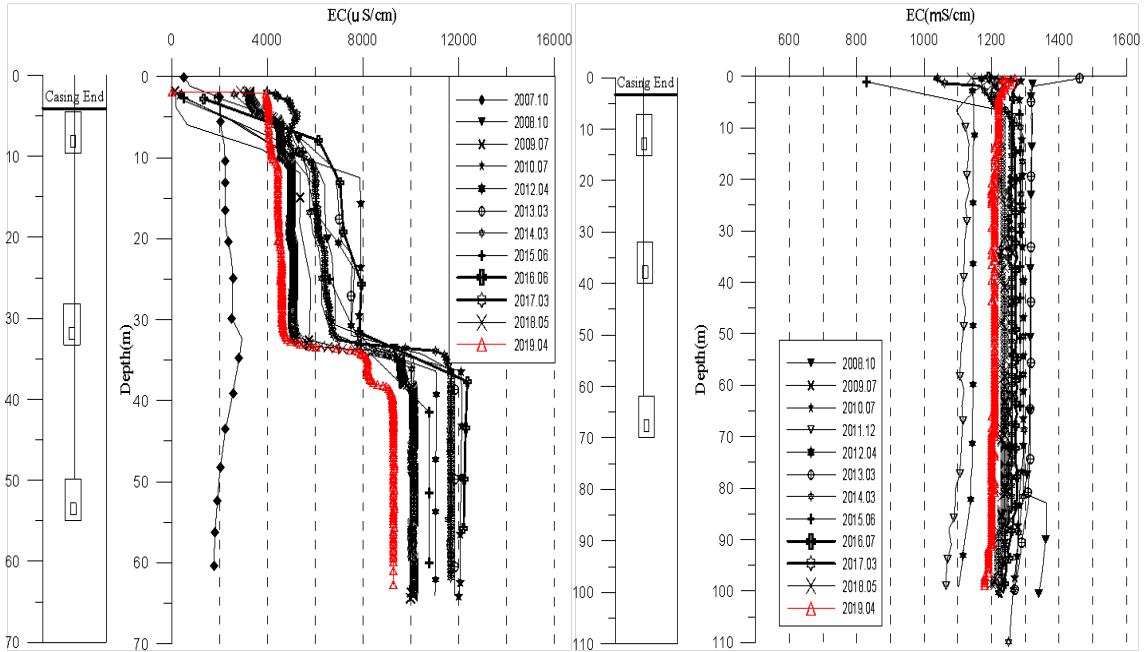


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
화양1	여수시 화양면 옥적리 1942-3구	252346.310	134136.304	0.35	2007	140	-1.83
화양2	여수시 화양면 옥적리 2143	252044.267	134596.308	-0.03	2008	530	-0.03

2. 지형 및 지질

화양지구는 여수시 화양면 옥적리 옥적방조제 인근에 해당하며, 주변은 대부분의 지역이 200 m 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)

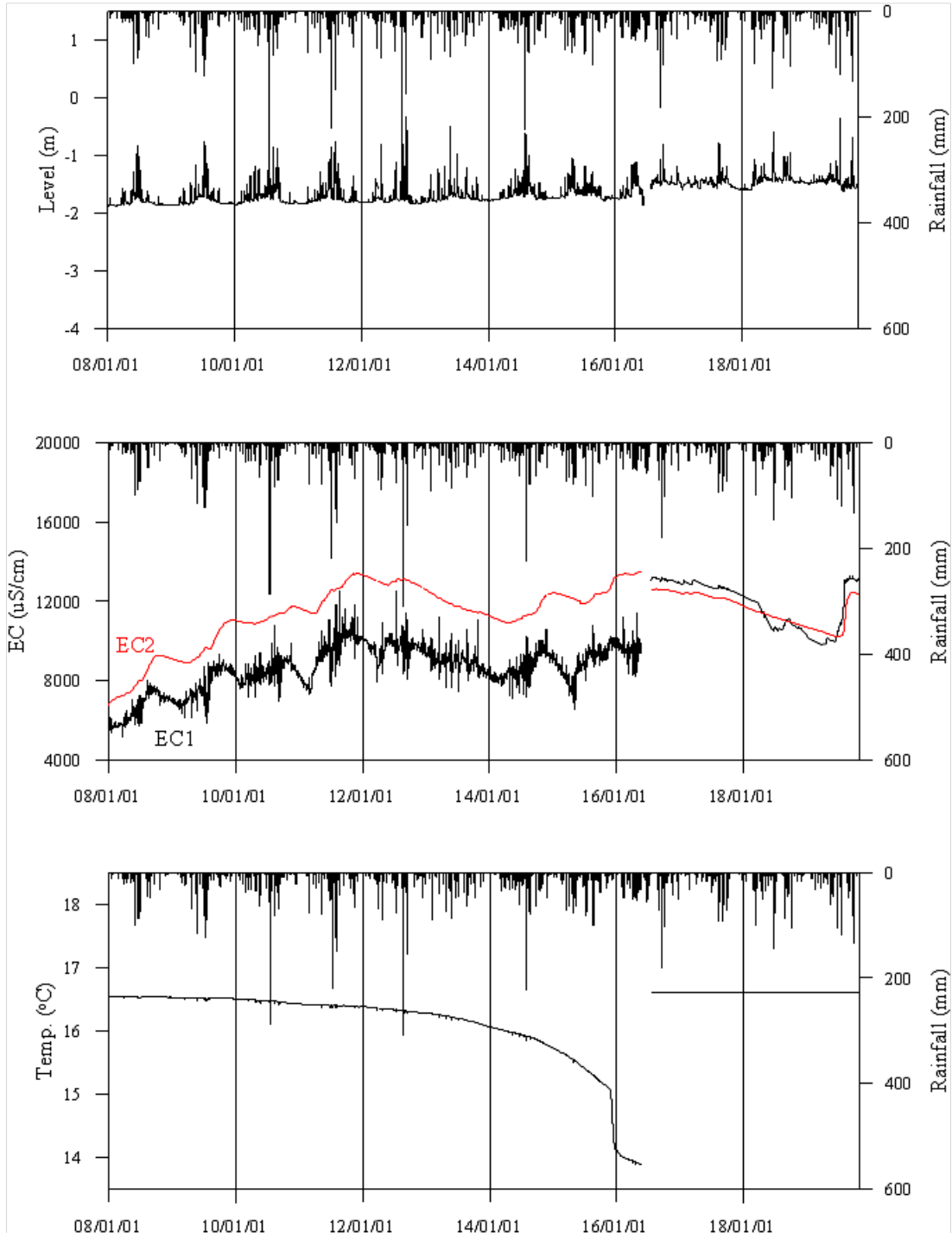
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
화양1	(2007.10)	228.45	49.46	2.20	300.62	100.20	884.82	79.30	N.D.
	(2008.10)	361.80	90.10	2.70	533.52	209.52	1628.53	61.00	5.20
	(2009. 7)	226.08	49.26	1.51	301.06	102.82	1004.98	54.90	3.55
	(2010. 7)	218.77	65.22	2.15	329.03	138.77	922.01	61.00	N.D.
	(2011. 7)	166.06	32.72	1.89	199.56	83.81	646.60	45.75	N.D.
	(2012. 4)	373.01	105.77	4.80	581.05	195.83	1545.20	67.10	N.D.
	(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	N.D.	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
화양1	(2016.10)	484.80	89.56	4.10	494.40	315.90	2347.80	73.00	N.D.
	(2017. 3)	398.83	79.18	2.47	419.49	178.20	1454.38	73.20	8.04
	(2018. 5)	430.12	82.29	2.83	478.96	180.43	1409.21	61.00	4.32
	(2019. 5)	362.13	74.85	1.98	387.21	153.35	1174.66	67.10	4.30
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	N.D.
	(2012. 4)	94.64	6.31	2.99	116.86	38.82	336.75	82.35	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	123.40	6.14	1.10	121.40	59.50	351.20	83.00	N.D.
	(2017. 3)	104.99	4.57	1.24	102.32	29.22	280.92	76.25	0.75
	(2018. 5)	123.26	6.26	1.28	117.55	38.53	337.27	70.15	0.75
	(2019. 5)	102.35	7.08	1.13	120.50	34.49	310.76	39.65	1.19

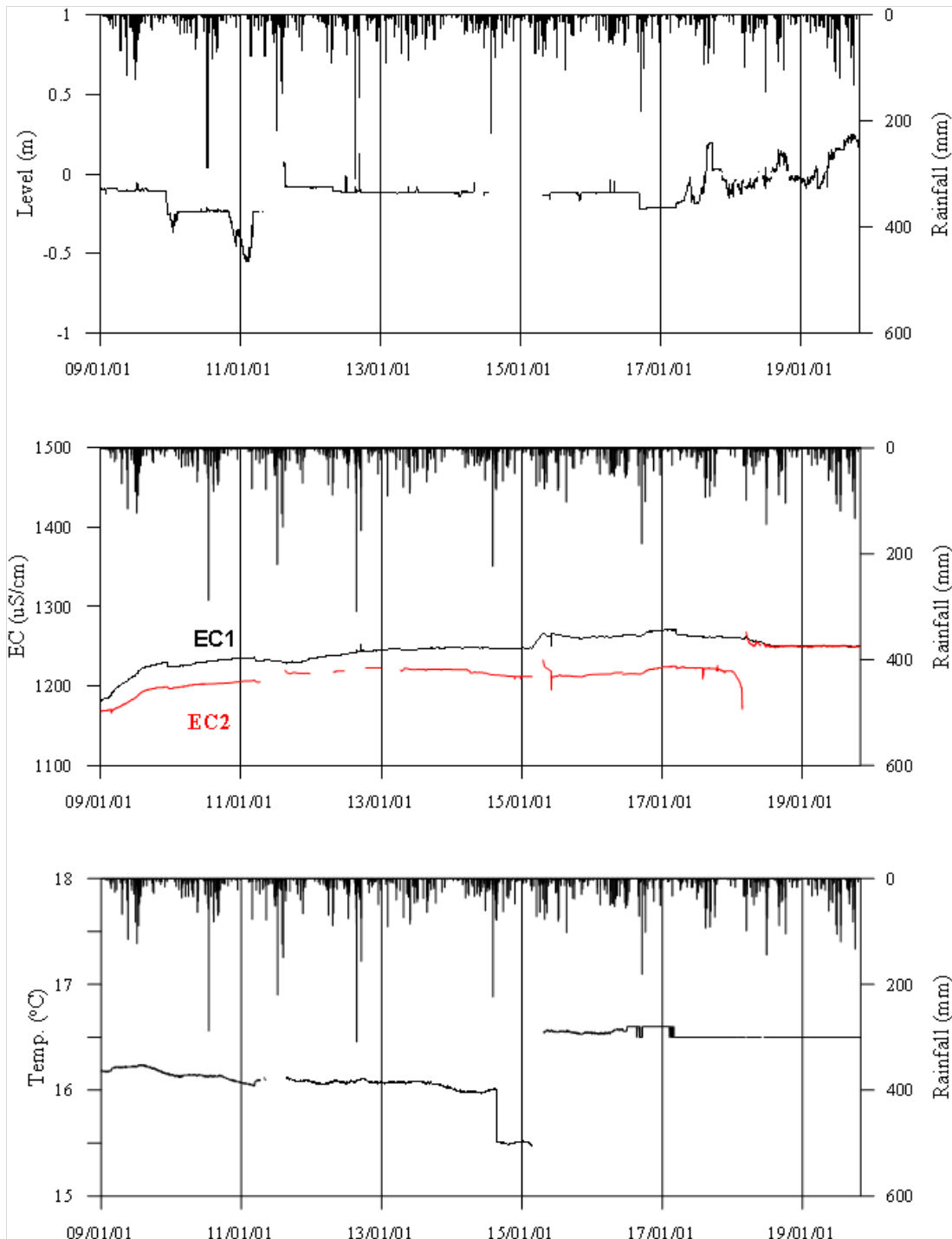
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	화양1	화양2
	년월		
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
	2016.10	55.35	7.28
	2017. 3	34.19	6.34
	2018. 5	39.76	8.27
	2019. 5	30.08	13.47

5. 장기관측 결과



<화양1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



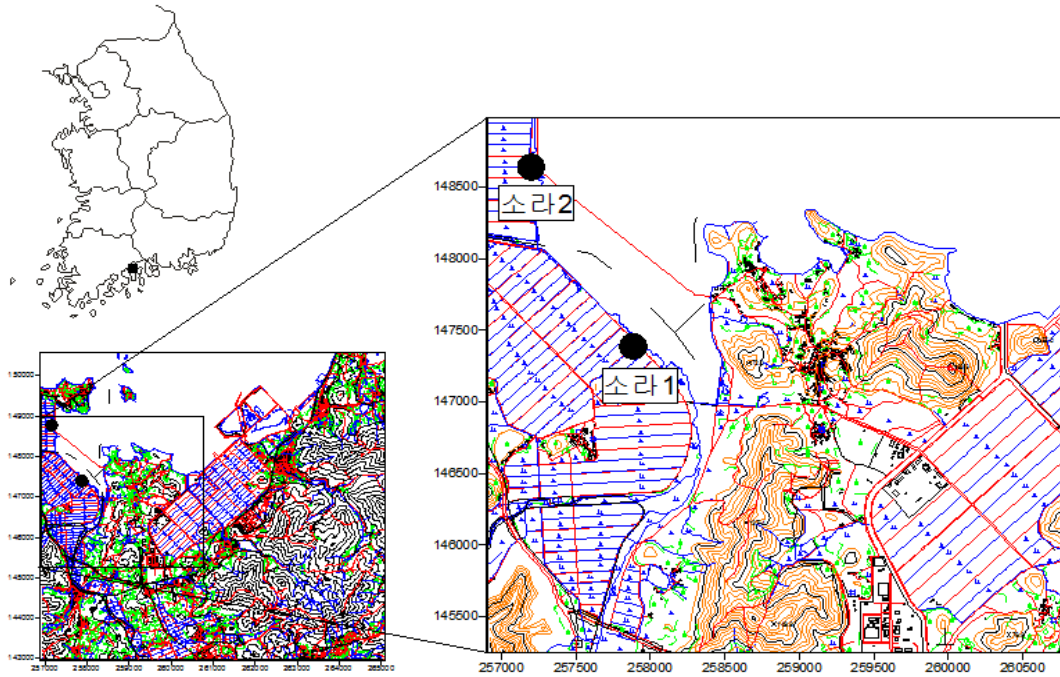
<화양2 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화양1, 화양2 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 10,000 $\mu S/cm$ 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, 화양2 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 19.17 ~ 55.35, 6.34 ~ 13.47 범위로 해수침투의 영향이 나타나는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 화양지구는 방조제 후면에 설치되어 있어 화양1 관측공의 지하수위는 갈수기 시 해발 -1.70 m이며, 풍수기에 수위증가가 나타난다. 지표 하 33 m 와 55 m 에 설치한 EC1, EC2의 값은 2012년 중반까지 증가 추세였으나, 이후로 증감이 반복되고 있다. 화양2 관측공은 연간 지하수위 변화와 전기전도도 변화가 크게 나타나지 않는다. EC1, 2의 값은 유사하다.
- 5) 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.

2.7.19 소라지구

1. 위치

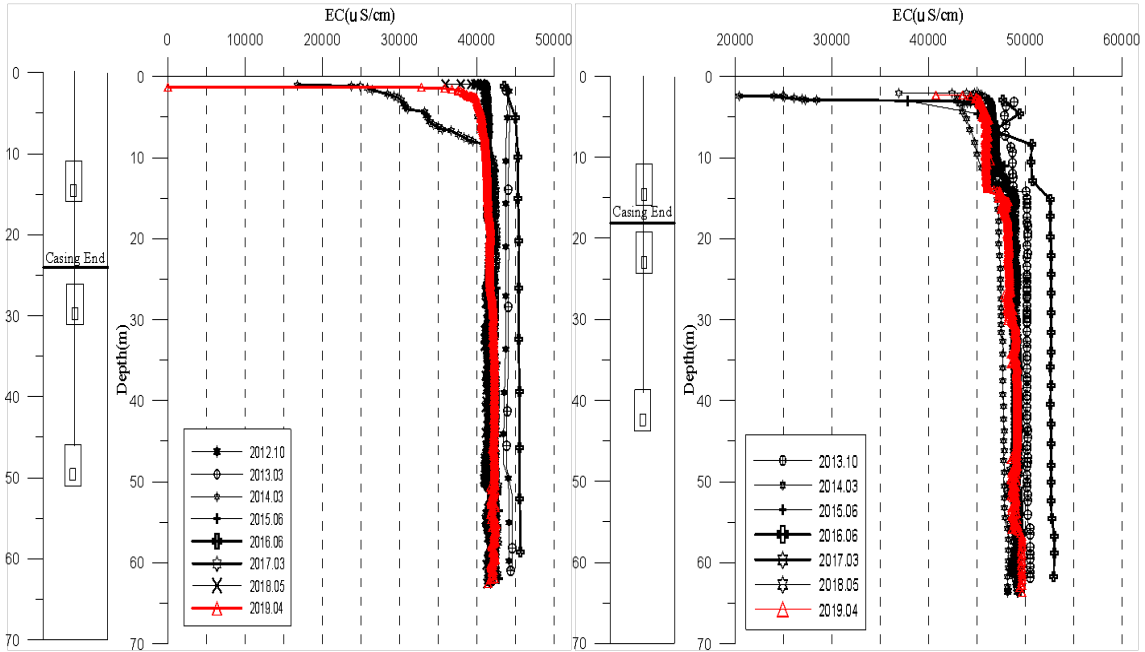


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
소라1	여수시 소라면 대포리 1316	257885.274	147406.529	0.43	2012	530	0.87
소라2	여수시 울촌면 신평리 1315-6	257348.4005	148516.5218	1.75	2013	40	0.75

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 층적층은 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	N.D.
	(2016.10)	7078.00	1130.80	78.20	1712.00	2703.10	14667.00	298.00	N.D.
	(2017. 3)	6745.66	1455.22	104.45	2037.47	1738.48	15599.23	280.60	2.85
	(2018 5)	7083.10	1124.61	97.03	1667.67	1636.60	14590.48	155.55	32.15
	(2019. 5)	5373.15	1147.42	77.80	1615.90	1481.5	12564.1	204.35	63.94

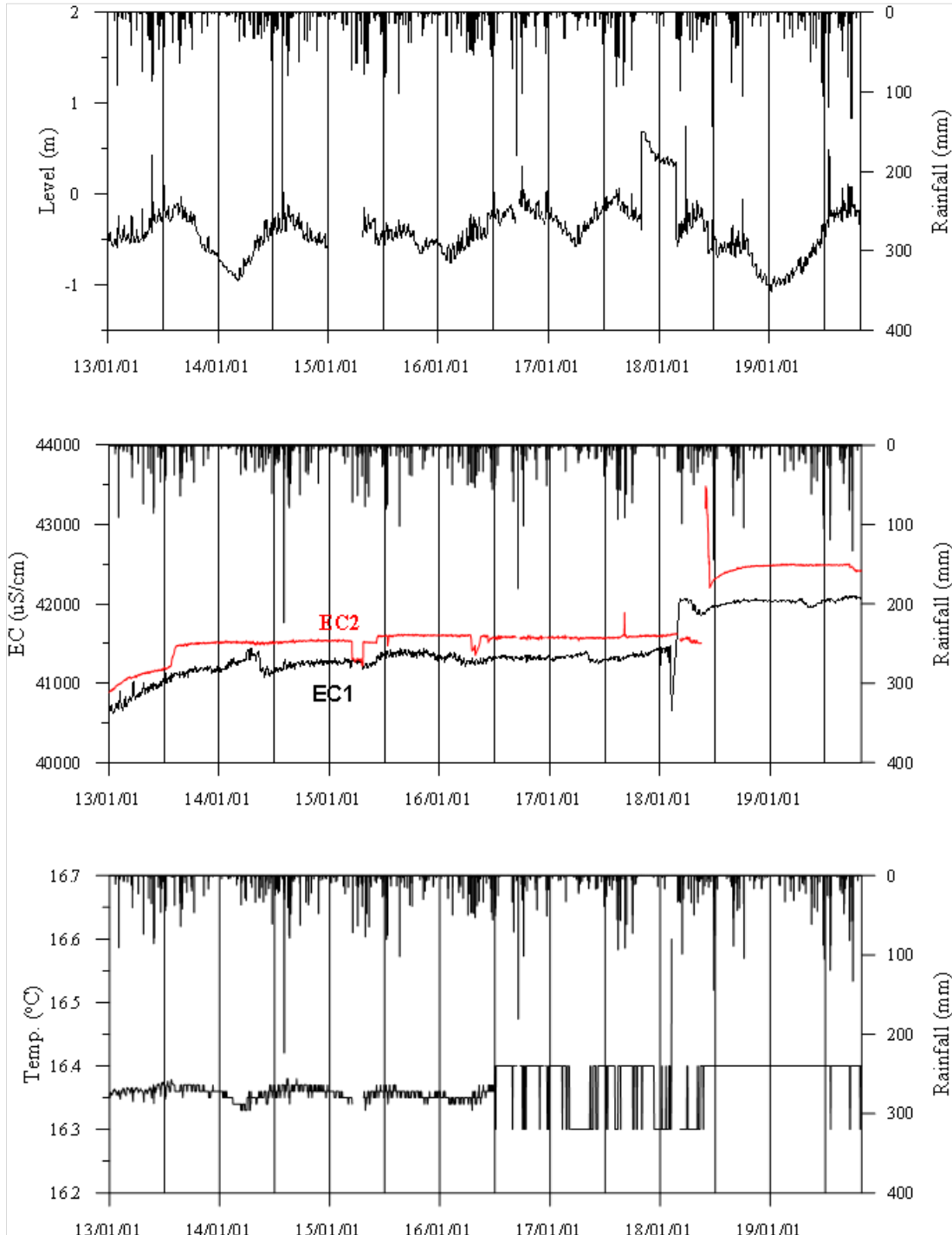
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
소라2	(2013. 3)	9,059.40	1,299.39	95.49	1,155.22	2,258.99	17,203.35	308.05	N.D.
	(2014. 3)	9392.68	1160.48	130.30	1141.43	2347.77	16671.03	329.40	0.00
	(2015. 6)	8942.62	1317.03	106.99	1076.91	2853.20	16086.40	295.90	N.D.
	(2016.10)	3742.00	4265.00	83.70	4056.00	3781.30	15448.30	238.00	N.D.
	(2017. 3)	9589.22	1219.07	119.36	1133.17	2161.73	17150.17	140.30	94.83
	(2018. 5)	9055.25	1211.41	90.83	1139.72	2401.48	17188.14	189.10	25.56
	(2019. 5)	7182.99	1276.15	76.46	1144.35	2022.3	14182.0	167.75	86.22

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		소라1	소라2
	년월			
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
	2016.10		84.71	111.71
	2017. 3		95.68	210.38
	2018. 5		161.43	156.43
	2019. 5		106.65	145.27

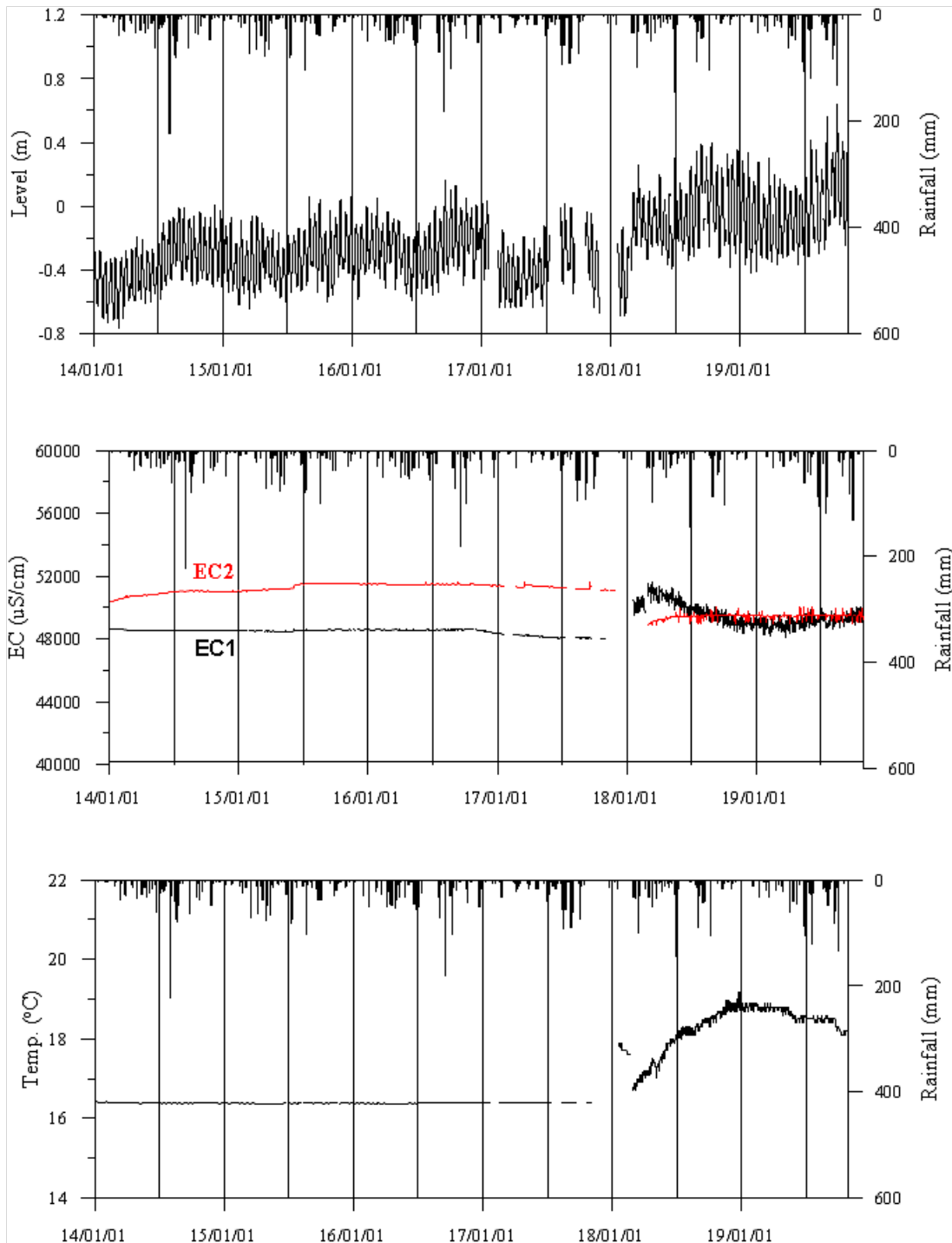
5.

장기관측 결과



<소라1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<소라2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

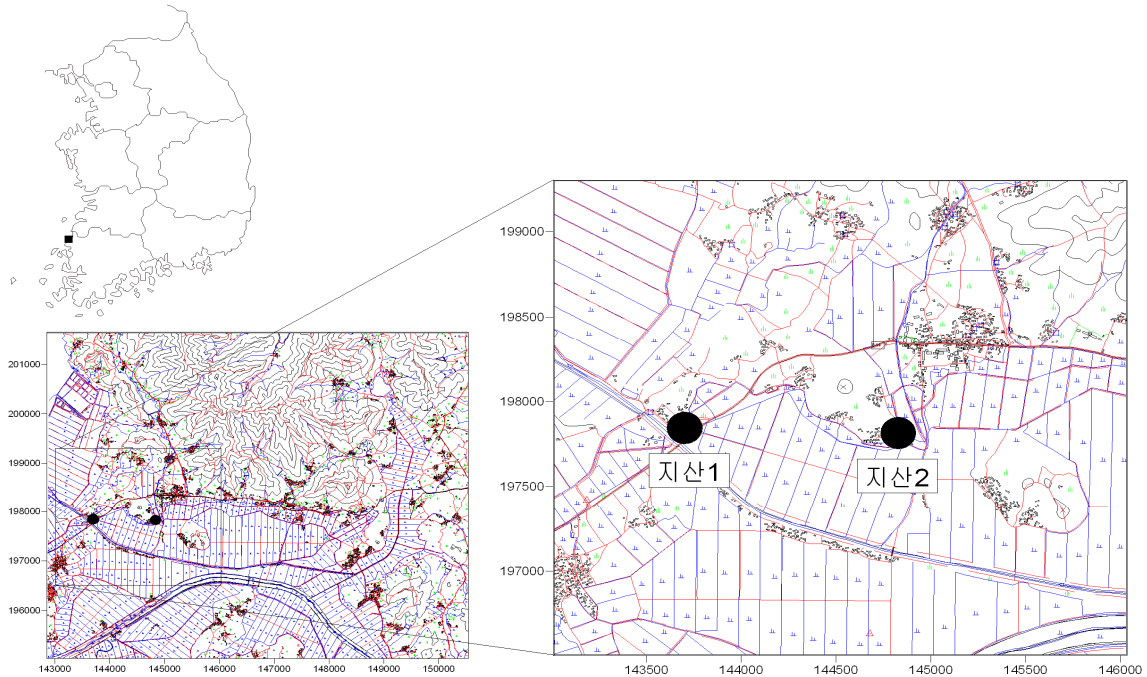
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 소라1, 소라2 관측공은 여수시 소라면 및 율촌면에 위치하며, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 12 점으로 36 %에 해당하여 해수침투 신규지구로 선정되었다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 소라1 관측공의 전기전도도는 전 구간 해수와 유사하며, 45,500 $\mu S/cm$ 내외이다. 소라2 관측공은 전 구간 해수와 유사하며, 케이싱 이하 구간에서 전이대는 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 소라1, 소라2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 83.46 ~ 161.43, 86.96 ~ 210.38 범위로 해수의 영향을 직접 받는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 소라1, 소라2 관측공은 공통적으로 조석에 의한 수위증가를 보이며 변동폭은 1 m 이내이다. 소라1 관측공의 전기전도도는 해수의 직접 유입을 시사한다. 소라2 관측공의 전기전도도는 해수의 직접유입을 지시하면서 전 기간에 걸쳐 거의 유사하게 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 소라1, 소라2 관측공은 현재 해수와 유사한 전기전도도가 나타나기에 따라, 관측공 주변 농경지에서 지하수 이용을 규제하여야 한다.

2.7.20 지산지구

1. 위치

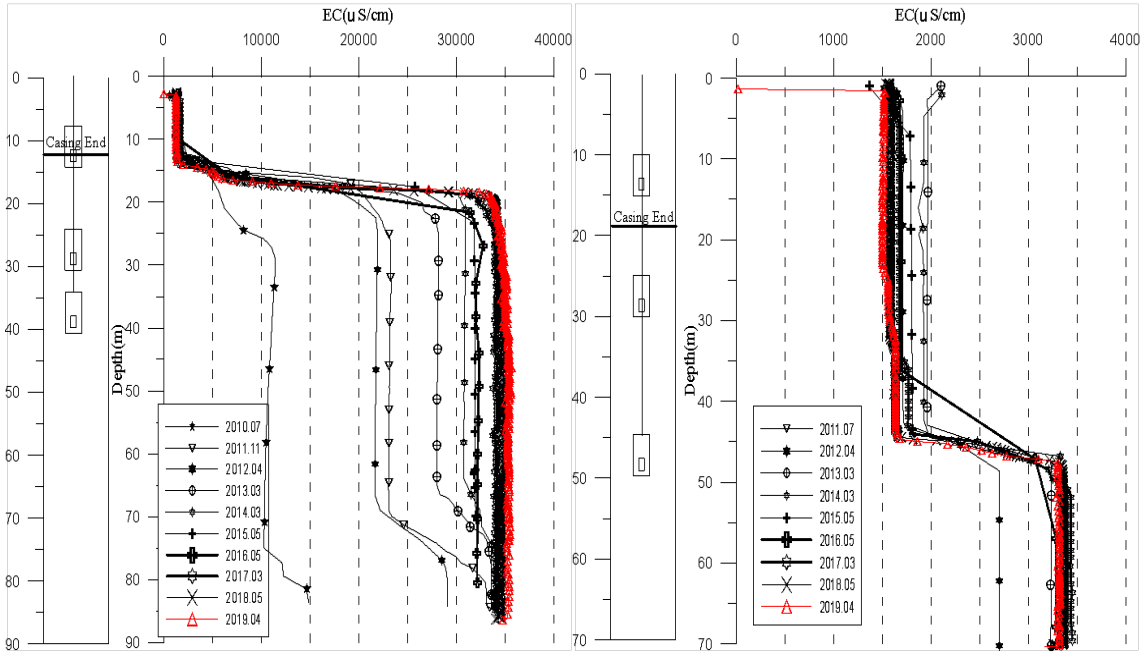


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
지산1	영광군 백수읍 지산리 1302-2	143599.54	197739.47	1.44	2010	1,180	2.75
지산2	영광군 백수읍 지산리 411-4	144735.15	197722.02	1.55	2011	2,270	0.35

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)

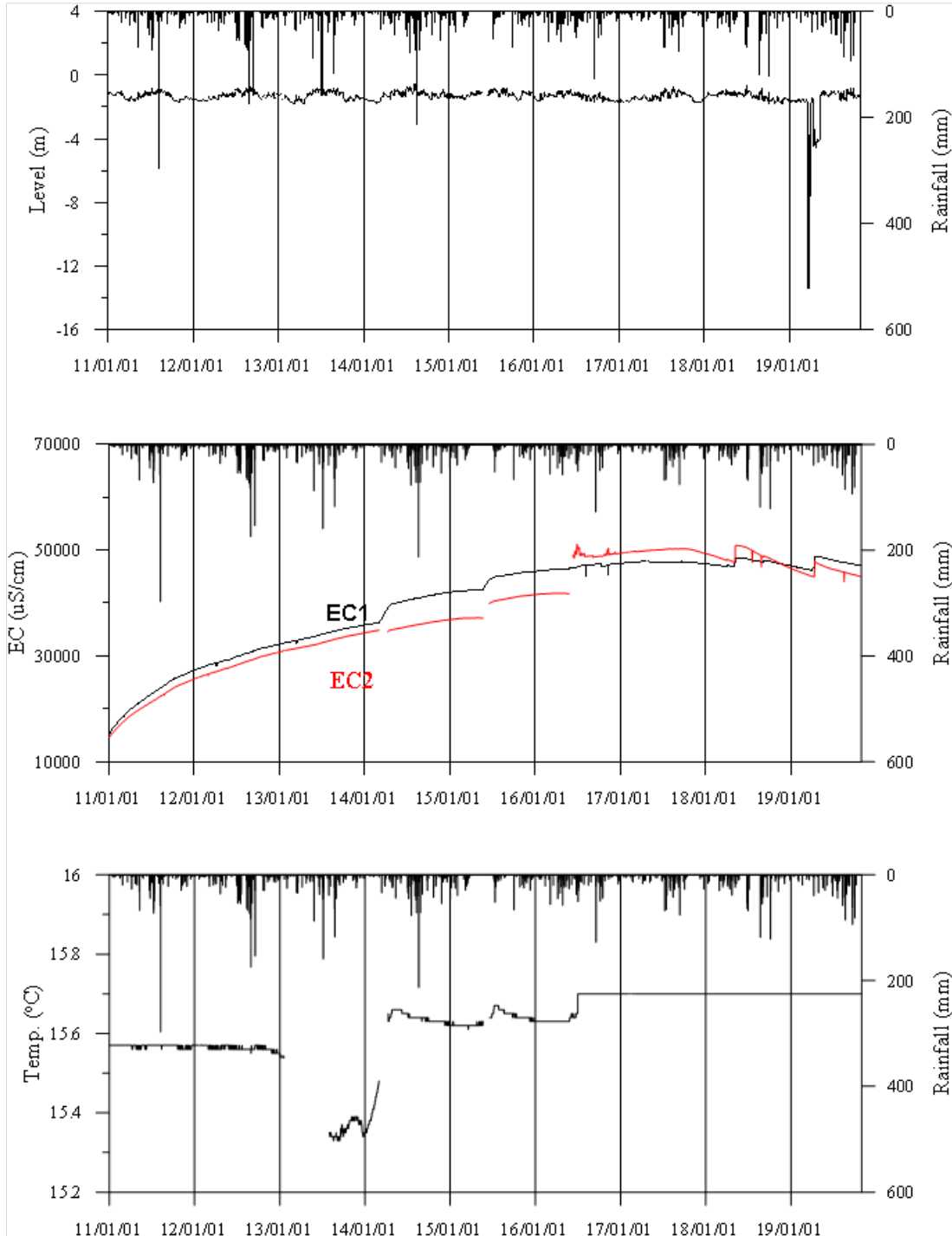
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
지산1	(2010. 7)	978.54	142.21	28.16	173.64	241.93	1853.76	176.90	8.98
	(2011. 7)	252.68	9.34	9.71	8.66	39.32	368.00	122.02	N.D.
	(2012. 4)	1361.94	271.11	44.57	588.40	306.22	3395.58	158.60	N.D.
	(2013. 3)	2023.66	528.81	51.70	964.41	675.30	5971.39	143.35	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	1019.00	287.20	20.90	838.70	226.10	2929.80	220.00	N.D.
	(2017. 3)	1301.32	369.92	33.41	1073.98	233.30	5008.21	125.05	9.54
	(2018. 5)	2476.85	931.79	54.86	2491.14	806.87	9527.86	73.20	10.59
(2019. 5)	2290.66	882.22	50.98	2595.54	512.42	9482.09	82.35	77.19	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
지산2	(2011. 7)	186.19	46.45	5.20	190.63	86.96	371.08	253.15	N.D.
	(2012. 4)	143.60	38.20	5.58	174.44	74.91	286.57	262.30	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	127.60	36.19	3.40	148.60	114.50	363.80	110.00	N.D.
	(2017. 3)	115.49	33.54	6.66	126.77	70.46	297.59	213.50	N.D.
	(2018. 5)	151.22	33.96	7.84	126.95	85.64	282.03	179.95	0.36
	(2019. 5)	151.84	41.98	7.41	145.75	81.13	341.70	183.00	0.96

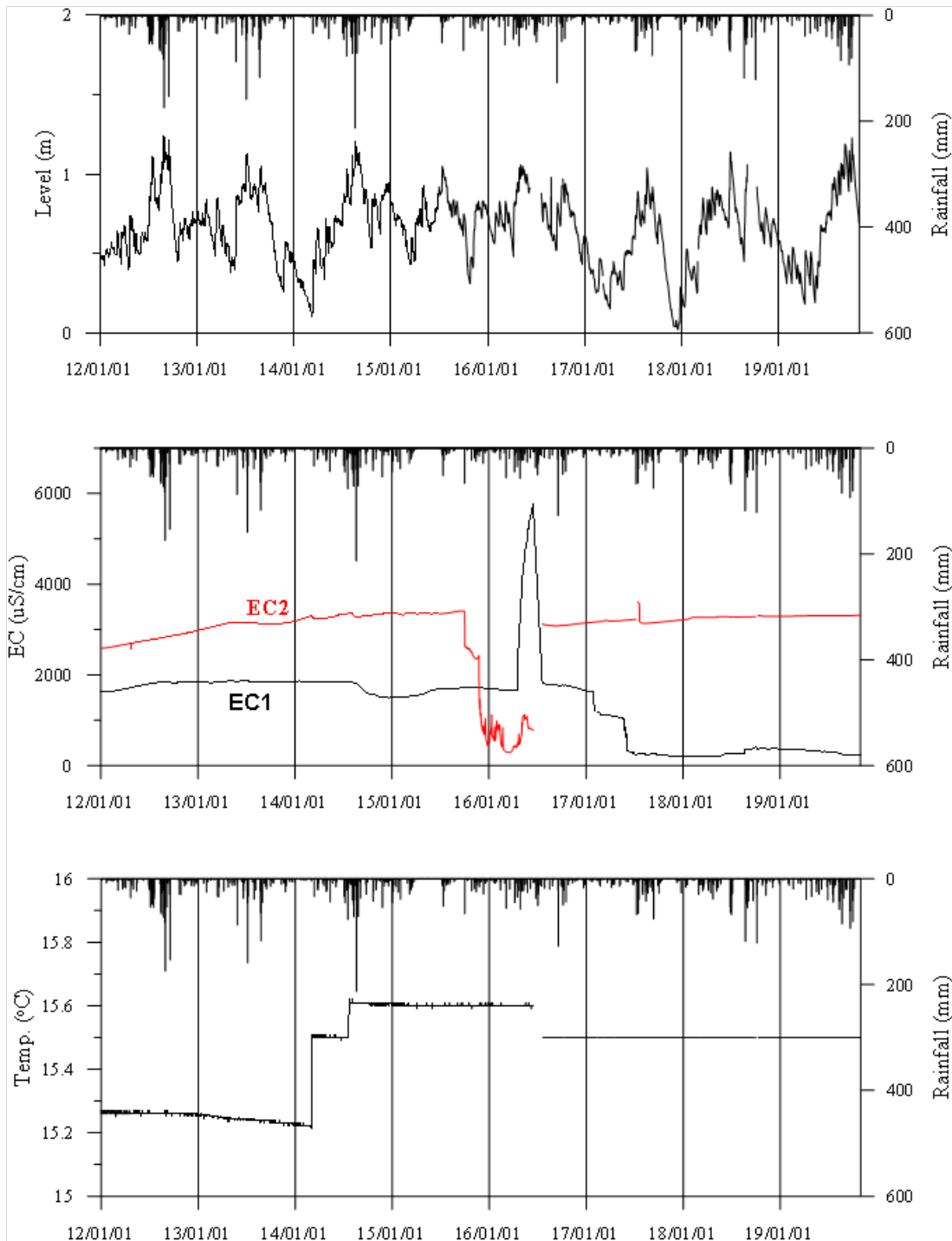
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	지산1	지산2
	년월		
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
	2016.10	22.92	5.69
	2017. 3	68.93	2.40
	2018. 5	224.01	2.70
	2019. 5	197.85	3.21

5. 장기관측 결과



<지산1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



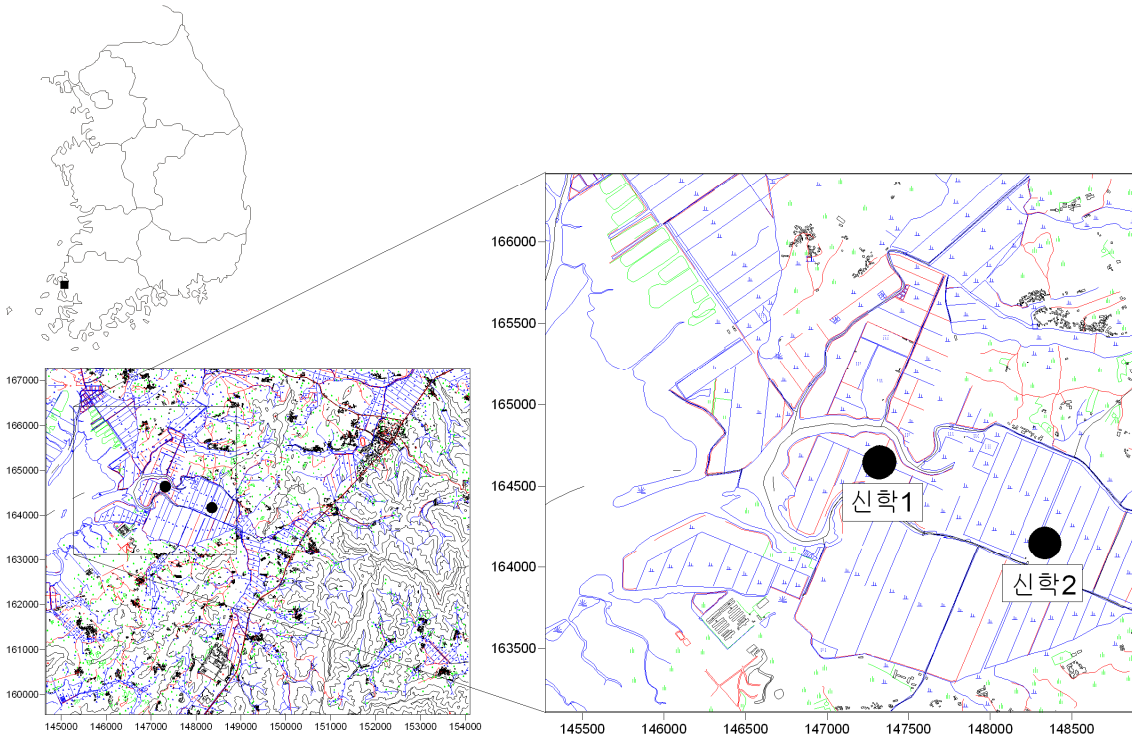
<지산2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 지산1, 지산2 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 약 34,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대가 발견된다. 지산2 관측공은 지표 하 45 m에서 1,700 $\mu S/cm$ 에서 3,300 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대 구간이 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 지산1, 2 관측공 모두 (Na,Ca)-Cl 유형에 속한다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 4.83 ~ 224.01, 1.88 ~ 5.69 범위로, 지산1은 심한 해수의 영향을 받고 있으며, 지산2 관측공은 보통의 해수영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 2014년 지산1, 지산2 관측공의 평균 지하수위는 -1.20 m, 0.73 m이다. 지산1 관측공 EC1, EC2의 전기전도도 값은 관측공 개발 당시 21,516 $\mu S/cm$ 에서 지속적으로 상승하고 있다. 지산2 관측공은 EC1의 경우 2016년 상반기에 급격히 증가 후 감소하고, EC2의 경우 2015년 하반기부터 2016년까지 감소되는 서로 상반되는 결과가 나타났다.
- 5) 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.

2.7.21 신학지구

1. 위치

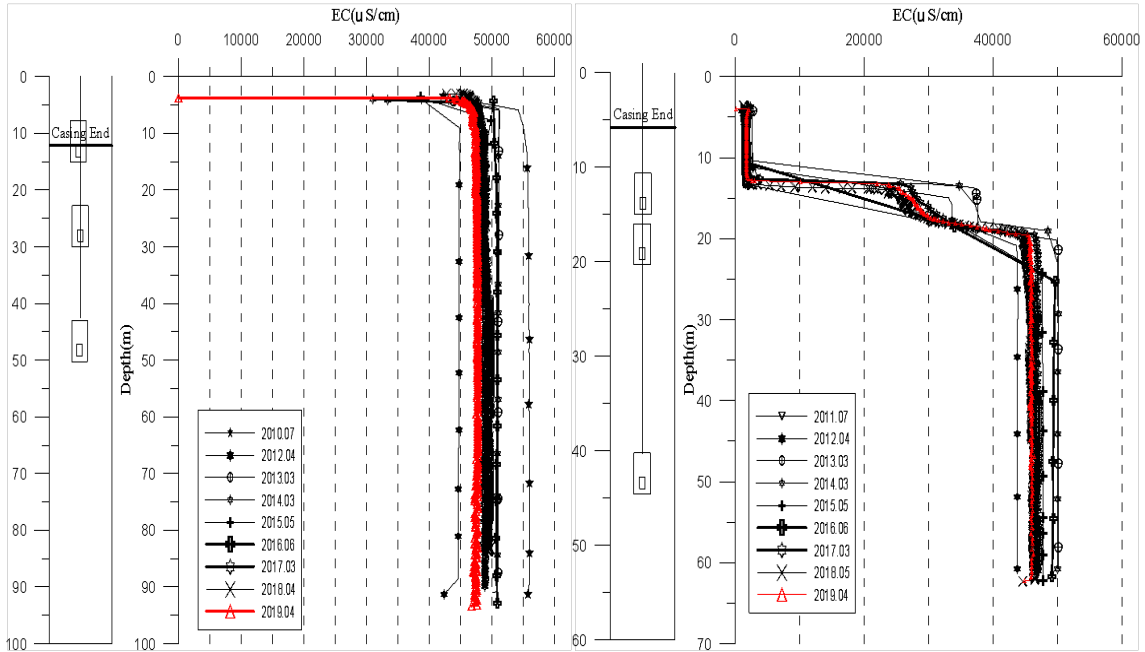


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
신학1	무안군 무안읍 신학리 1204	147217.47	164542.94	-0.65	2010	870	3.71
신학2	무안군 무안읍 신학리 1189	148234.81	164048.29	0.16	2011	1,510	3.50

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)

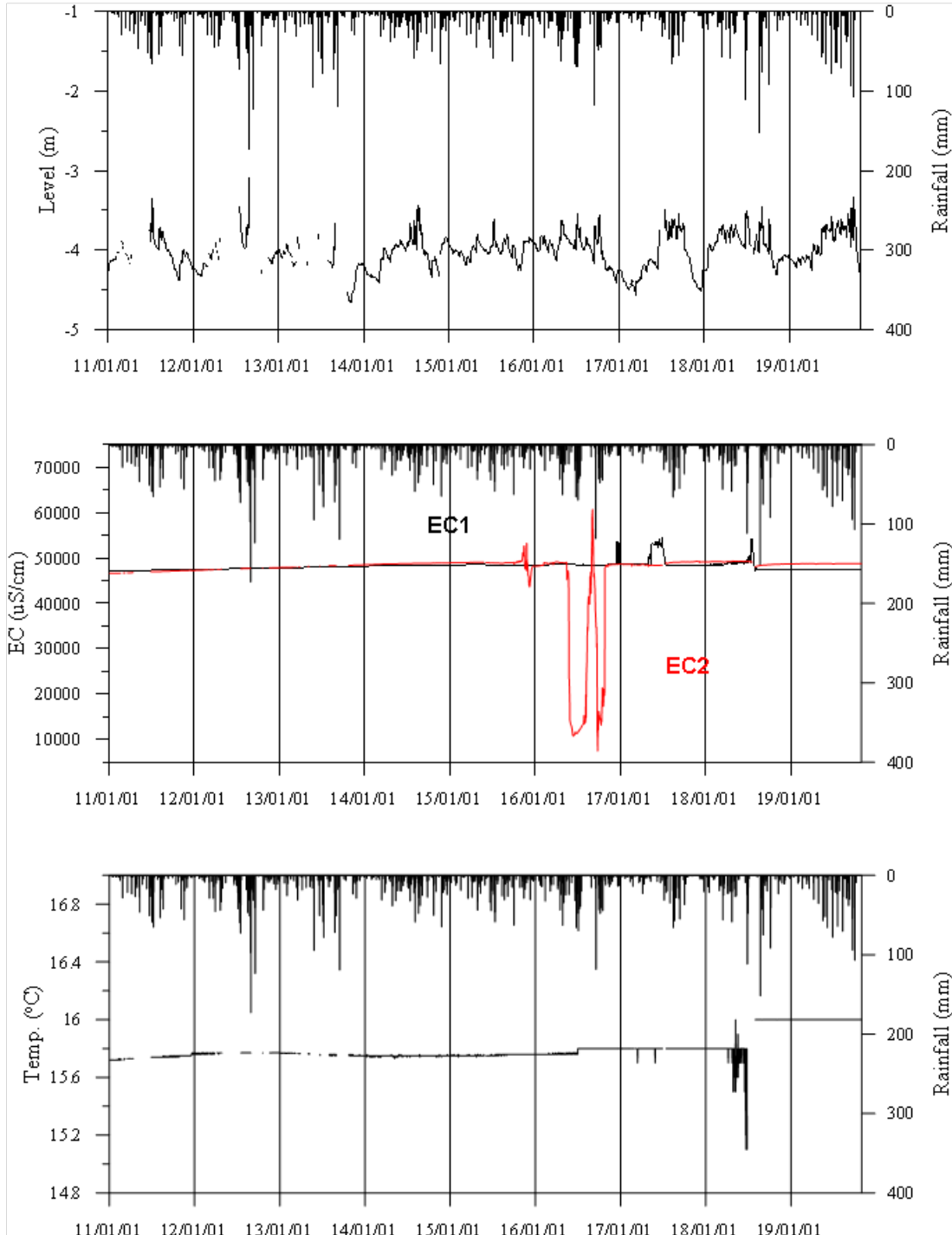
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
신학1	(2010. 7)	8119.81	1128.88	197.61	479.42	2158.80	14383.24	207.40	74.46
	(2011. 7)	10557.91	1264.77	212.83	550.85	2655.32	21142.20	213.50	N.D.
	(2012. 4)	7141.96	1247.49	402.62	614.73	2058.97	14678.40	247.05	N.D.
	(2013. 3)	9945.45	1204.12	162.74	544.67	2400.03	18679.98	216.55	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	8522.00	1058.60	117.60	482.50	4041.10	14388.10	185.00	N.D.
	(2017. 3)	10784.57	1374.03	173.83	594.34	2566.30	18194.21	170.80	64.06
	(2018 5)	9485.09	1290.44	183.43	552.99	2481.63	16842.58	170.80	77.18
	(2019. 5)	8307.04	1360.17	151.66	562.08	2314.45	15255.7	173.85	56.20

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
신학2	(2011. 7)	2480.87	167.88	77.07	56.05	676.50	2771.79	344.65	N.D.
	(2012. 4)	3418.66	515.13	391.91	199.89	1300.34	6972.67	265.35	N.D.
	(2013. 3)	7245.28	796.38	218.11	351.14	1849.25	13164.69	240.95	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	4970.00	469.70	147.90	212.40	2067.40	7185.10	246.00	N.D.
	(2017. 3)	895.75	45.64	38.30	15.81	365.18	1180.60	338.55	20.14
	(2018. 5)	1201.66	80.12	63.32	24.24	443.17	1546.11	283.65	2.87
	(2019. 5)	2409.17	167.63	89.76	48.80	674.08	3311.30	262.30	15.11

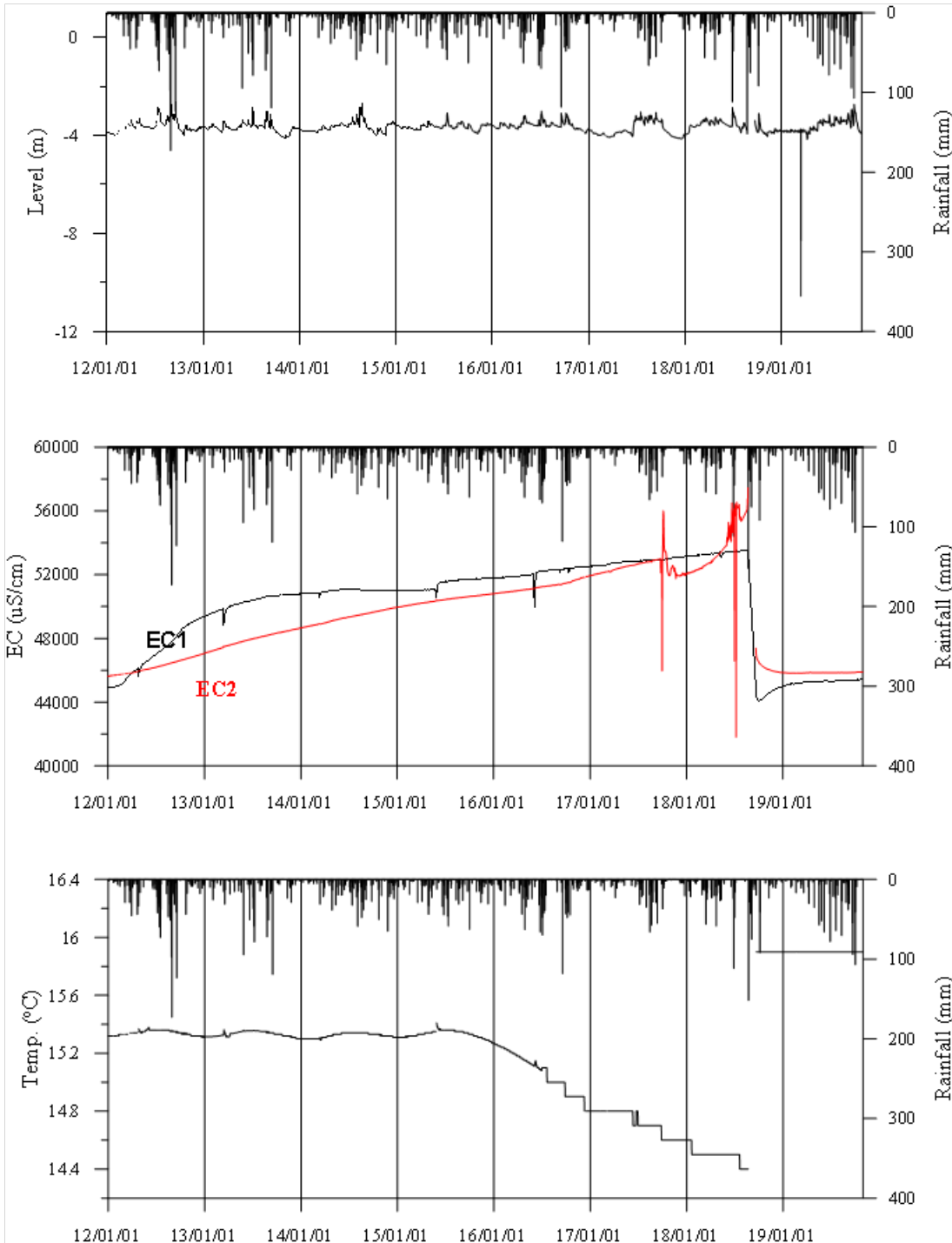
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		
	년월	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
	2016.10	133.85	50.27
	2017. 3	183.33	6.00
	2018. 5	169.71	9.38
	2019. 5	150.79	21.69

5. 장기관측 결과



<신학1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<신학2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>

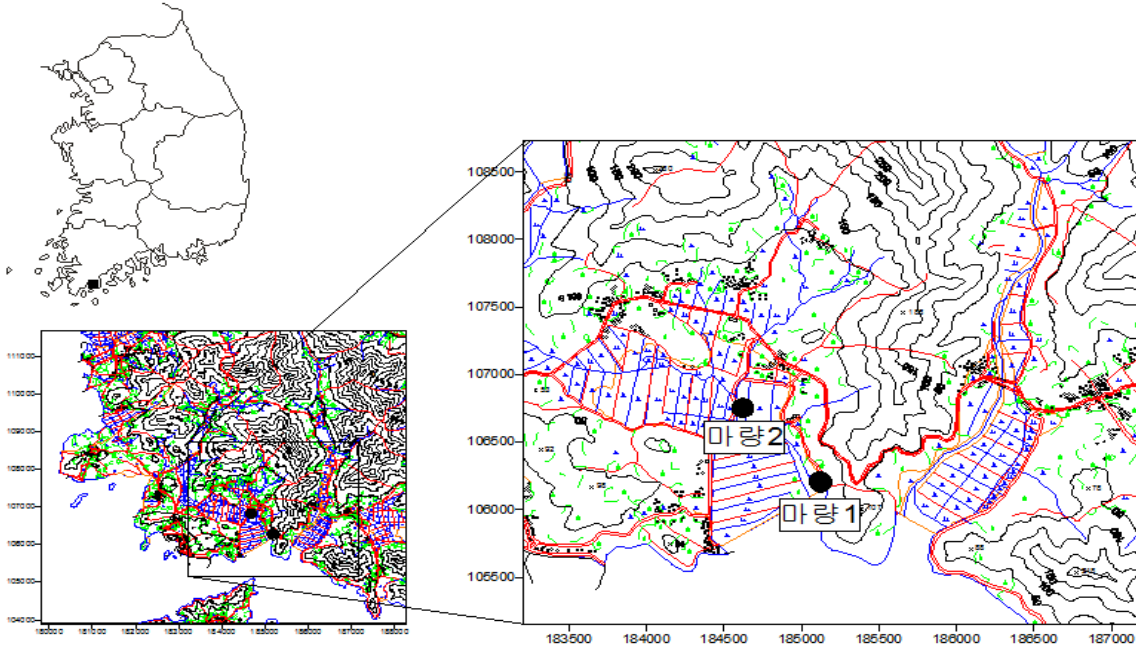
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신학1, 신학2 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 $30,000 \mu S/cm$ 내외로 상승하는 전이대가 나타나며, 18 m 부근에서도 약 $50,000 \mu S/cm$ 까지 상승하는 전이대 구간이 나타난다. 이후 공저까지 해수와 동일하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 신학1, 신학2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되었으며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 102.09 ~ 183.33, 6.0 ~ 96.82 범위로서 심각한 해수침투의 영향이 나타나는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 신학1, 신학2 관측공의 지하수위 변동폭은 약 1 m 내외로 해수면 아래에 위치하고 있으며, 강수에 의한 지하수위 변동 특성이 나타나고 있다. 신학1, 신학2 관측공의 전기전도도는 전형적인 해수유입의 증거이며, 신학1 관측공 EC2의 경우 2016년말부터 2017년 초까지 일시적으로 전기전도도가 감소한 것 외에는 전기전도도값이 전 기간 유사하다.
- 5) 관리 방안 : 신학1, 신학2 관측공은 현재 해수와 동일한 수준이고, 관측공 개발 이래 염분이 증가 추세이므로, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 확장 여부를 감시하여야 한다.

2.7.22 마량지구

1. 위치

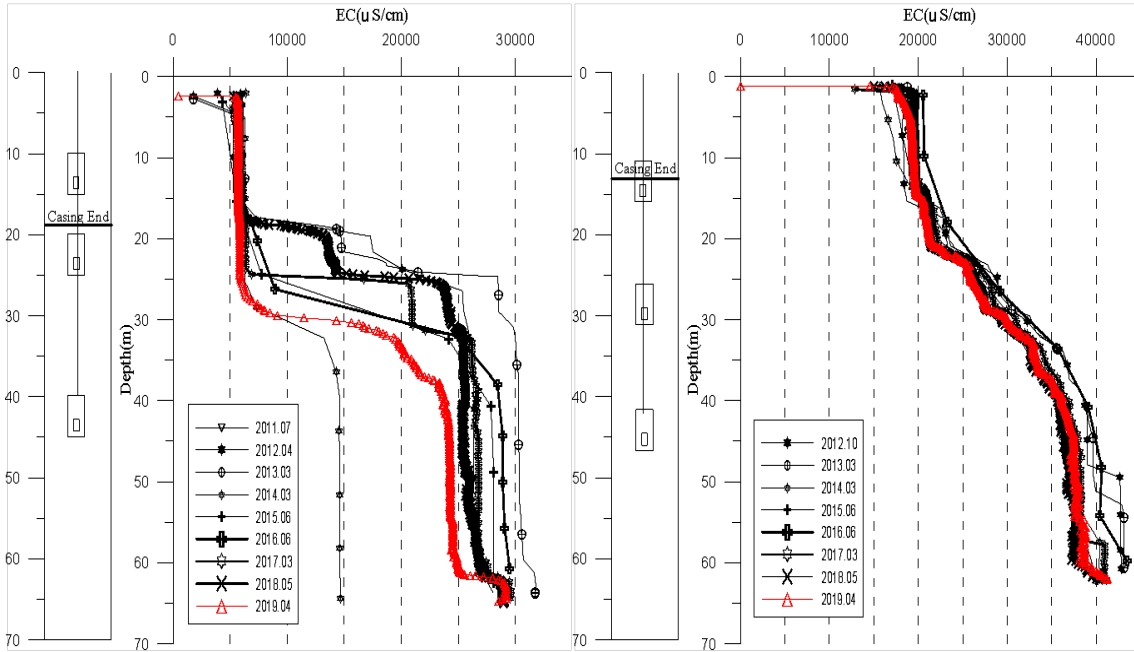


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
마량1	강진군 마량면 마량리 1546	185050.04	106131.12	1.30	2011	25	1.73
마량2	강진군 마량면 마량리 1284-1	184553.39	106674.21	1.51	2012	765	1.08

2. 지형 및 지질

이 지역은 강진군 마량면에 위치한 지구로, 해안가 근처에 위치하고 있으며, 주변에 농경지가 넓게 분포하고 또한 대규모 양식장이 자리하고 있다. 지질은 선캠브리아의 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 층적층이 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	N.D.
	(2013. 3)	2767.87	715.79	34.20	1726.34	1206.77	8413.64	48.80	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	978.50	169.40	22.20	385.70	244.70	3132.40	121.00	N.D.
	(2017. 3)	986.80	96.25	71.86	159.32	111.24	1876.18	173.85	9.63
	(2018 5)	2183.06	548.28	30.39	1274.14	839.60	6089.06	57.95	N.D.
	(2019. 5)	704.92	107.59	23.15	242.44	203.46	1677.28	103.70	N.D.

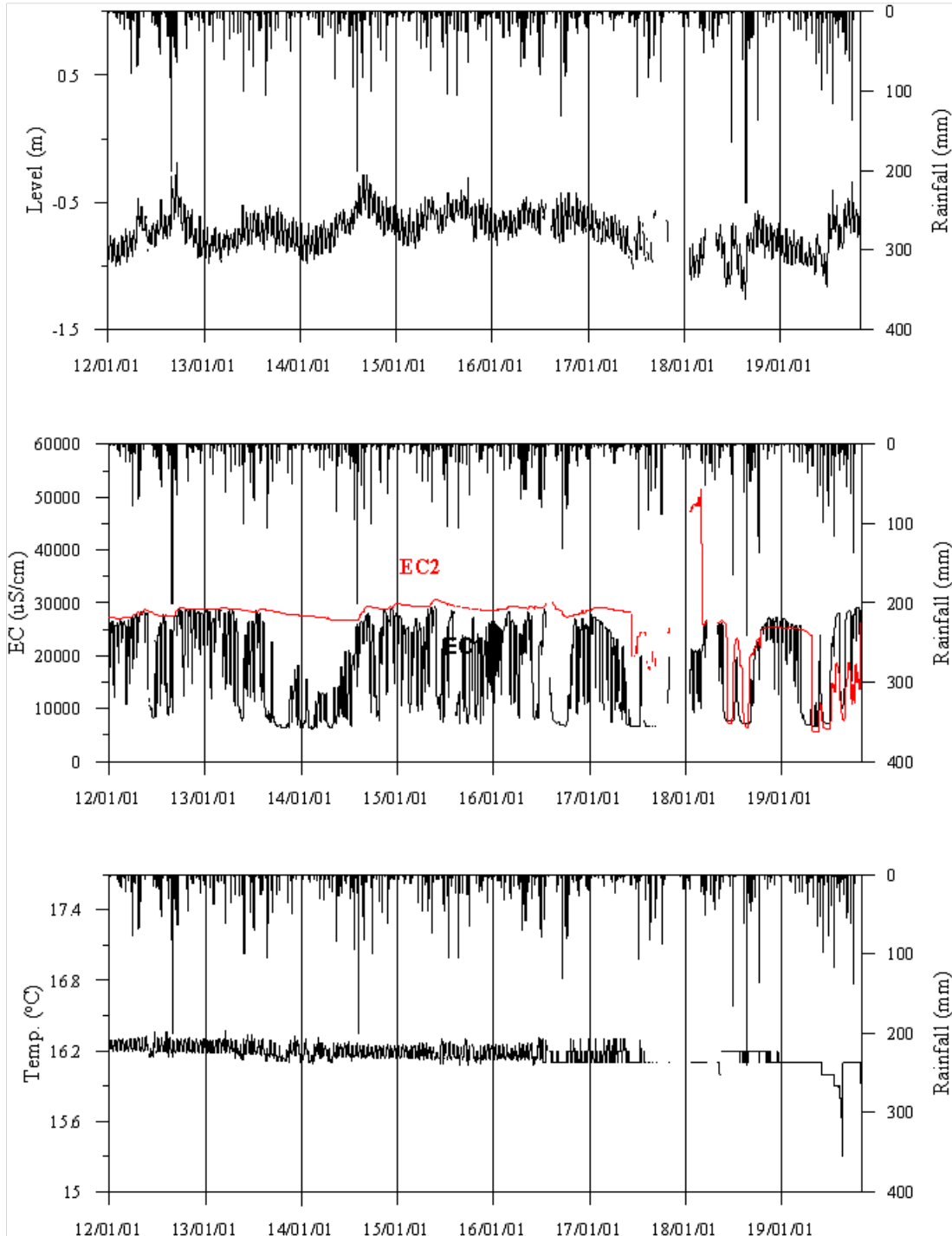
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
마량2	(2012.10)	5154.65	558.52	113.61	495.69	752.39	9123.31	308.05	28.64
	(2013. 3)	5442.42	763.77	105.59	790.56	1095.36	10703.29	356.85	N.D.
	(2014. 3)	4906.71	610.41	132.14	614.90	1327.48	8589.17	329.40	0.00
	(2015. 6)	3935.02	616.00	149.51	608.27	608.10	7473.00	335.50	N.D.
	(2016.10)	3724.00	444.60	111.80	476.90	122.00	6390.30	121.00	N.D.
	(2017. 3)	3307.03	426.19	135.38	522.45	370.24	6660.29	259.25	67.91
	(2018. 5)	5070.21	627.25	123.29	458.23	832.63	8809.72	234.85	20.10
	(2019. 5)	3510.13	475.65	116.26	474.59	562.91	7149.35	195.20	81.85

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	마량1	마량2
	년월		
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
	2016.10	44.55	34.37
	2017. 3	18.57	44.21
	2018. 5	180.84	64.56
	2019. 5	27.79	62.93

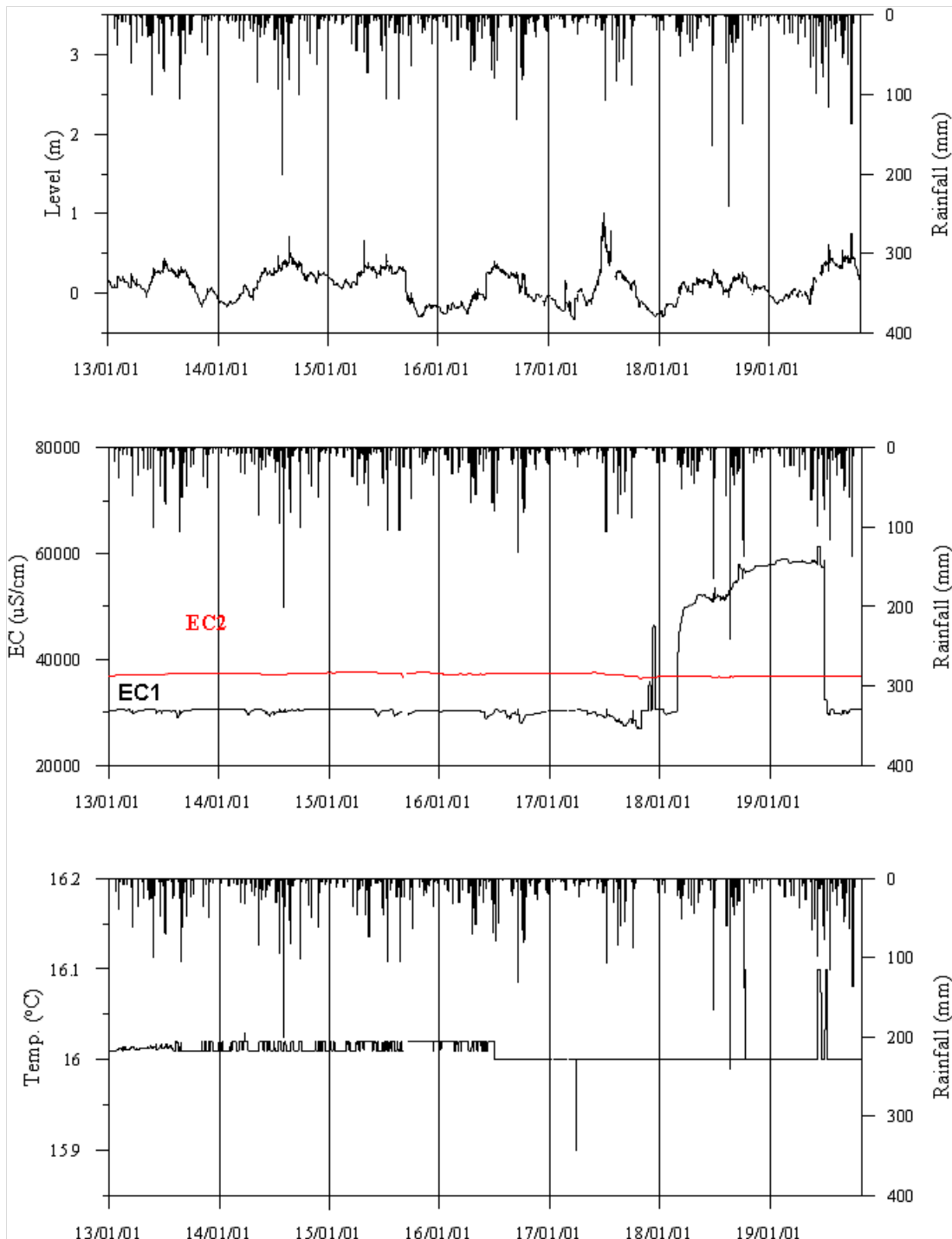
5.

장기관측 결과



<마량1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



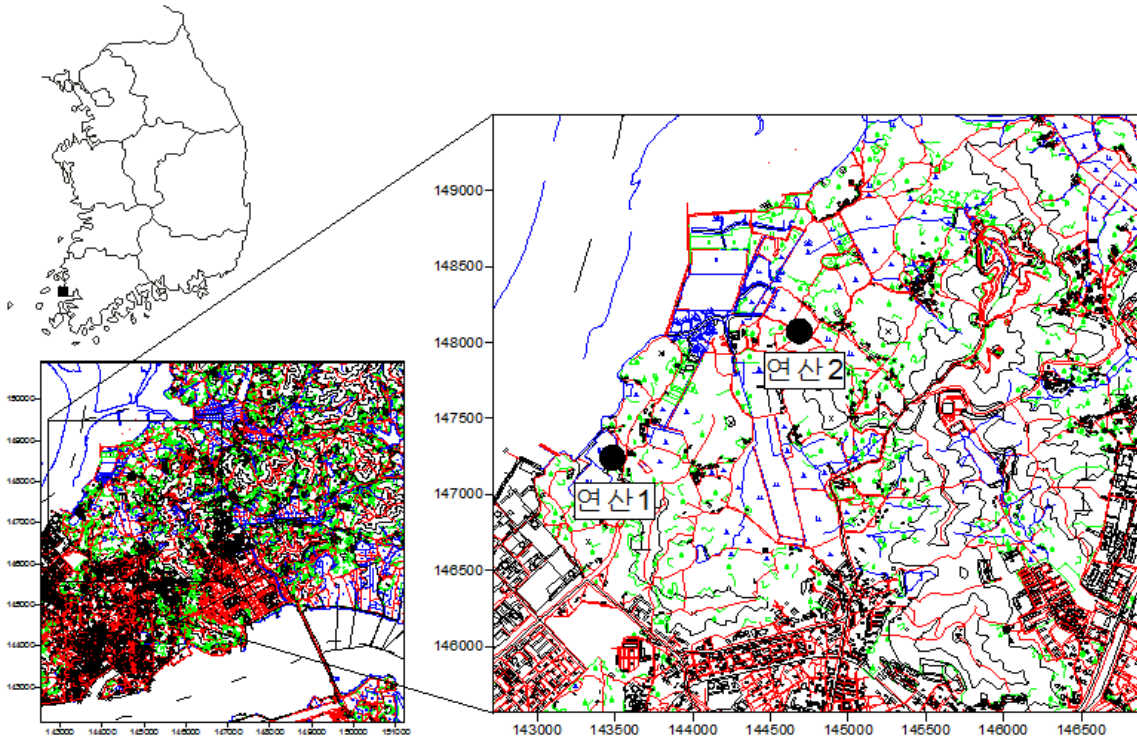
<마량2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 30,000 $\mu S/cm$ 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 마량1, 2 관측공 모두 (Na+K)-Cl 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 18.57 ~ 296.25, 34.37 ~ 64.56 범위로 해수의 영향을 많이 받고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 마량1 관측공 지하수위는 조수간만의 영향을 많이 받는 것으로 보이는 반면, 마량2 관측공은 강수의 영향을 많이 받는다. 마량1 관측공 EC1 센서의 전기전도도 등락은 조석과 비례하며, 마량2 관측공의 EC1 센서는 강수발생 시 감소하는 추세이다. 마량1, 2 관측공의 EC2 센서는 수위변화, 강수 등에 영향을 받지 않는다.
- 5) 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.

2.7.23 연산지구

1. 위치

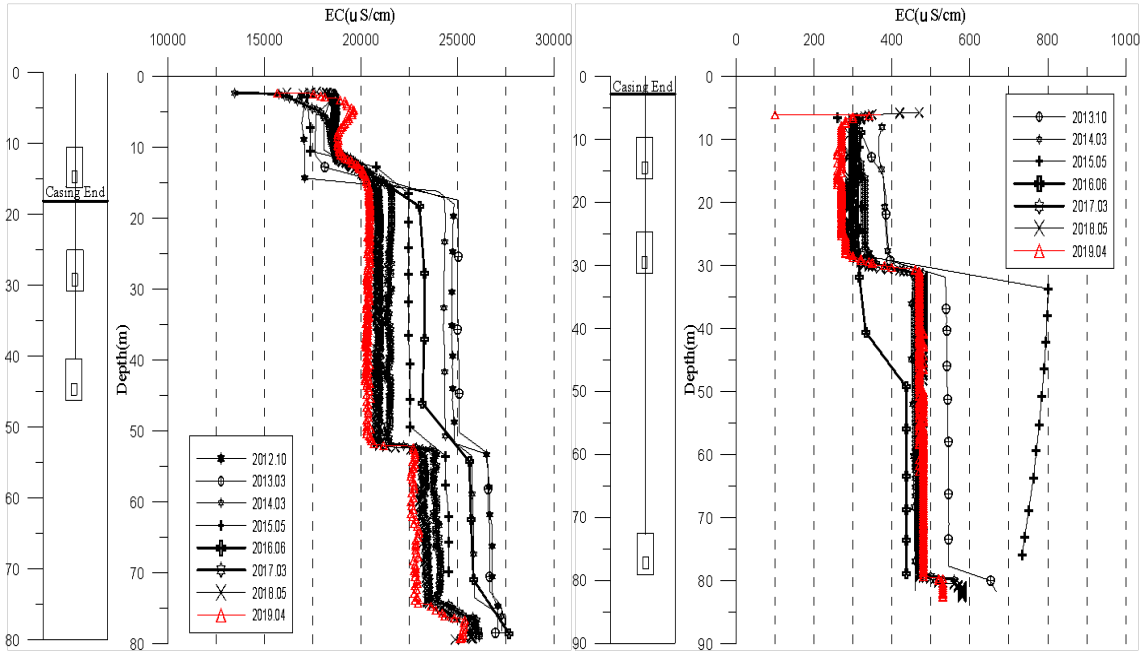


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
연산1	목포시 연산동 1288	143239.08	147344.32	4.34	2012	210	2.24
연산2	목포시 대양동 950	144603.2044	147985.1249	8.37	2013	900	3.67

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	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	2098.50	407.10	31.00	1664.00	287.40	6135.70	121.00	N.D.
	(2017. 3)	3315.51	375.71	114.77	465.16	328.15	6524.92	140.30	55.98
	(2018 5)	2070.30	465.95	43.39	1714.36	340.65	6769.62	79.30	N.D.
	(2019. 5)	1644.86	409.87	33.52	1705.43	256.57	6187.26	76.25	46.33

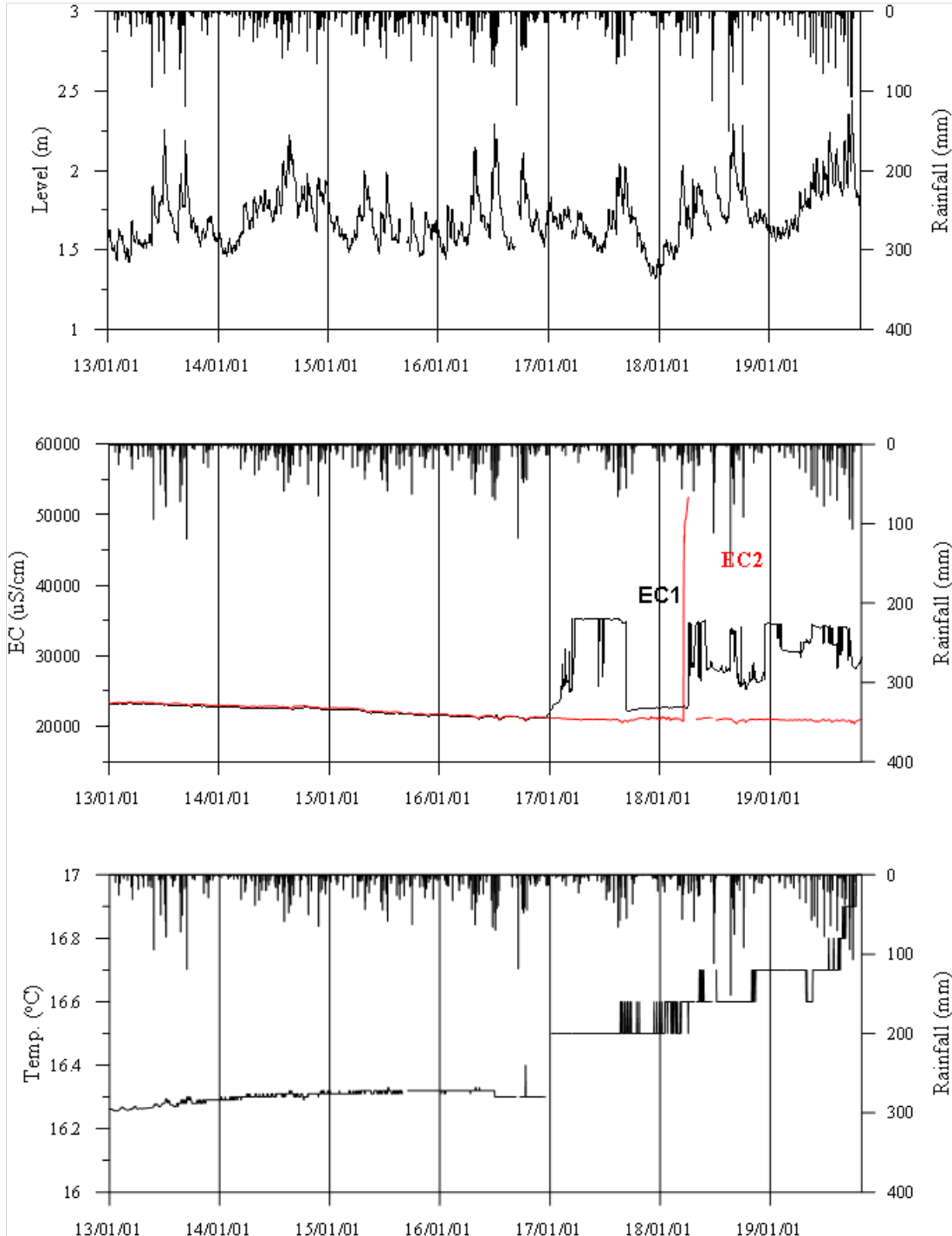
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
연산2	(2013.10)	61.80	8.80	0.90	28.50	30.06	36.59	18.79	N.D.
	(2014. 3)	32.95	N.D.	42.08	20.71	48.42	37.05	48.80	0.13
	(2015. 5)	54.54	4.98	1.38	36.01	42.20	70.60	115.90	N.D.
	(2016.10)	39.28	3.03	1.20	12.86	15.00	58.60	59.00	N.D.
	(2017. 3)	59.86	4.32	1.27	12.98	51.72	48.48	33.55	0.23
	(2018. 5)	44.87	4.82	1.15	24.92	38.42	50.81	61.00	N.D.
	(2019. 5)	38.89	2.78	0.88	18.84	38.29	30.55	54.90	0.51

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		연산1	연산2
	년월			
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
	2016.10		87.27	1.71
	2017. 3		80.04	2.49
	2018. 5		146.92	1.43
	2019. 5		139.43	0.96

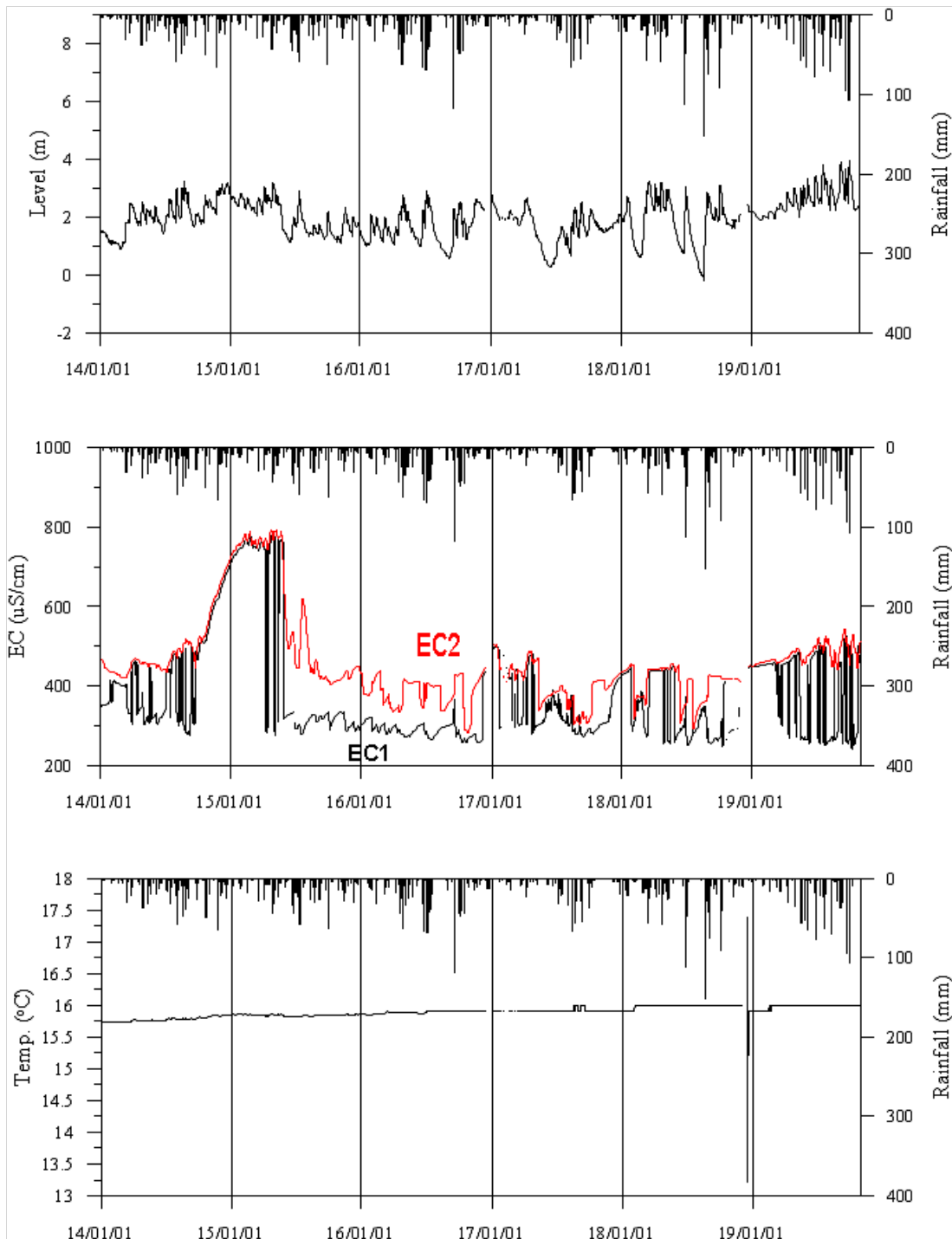
5.

장기관측 결과



<연산1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<연산2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

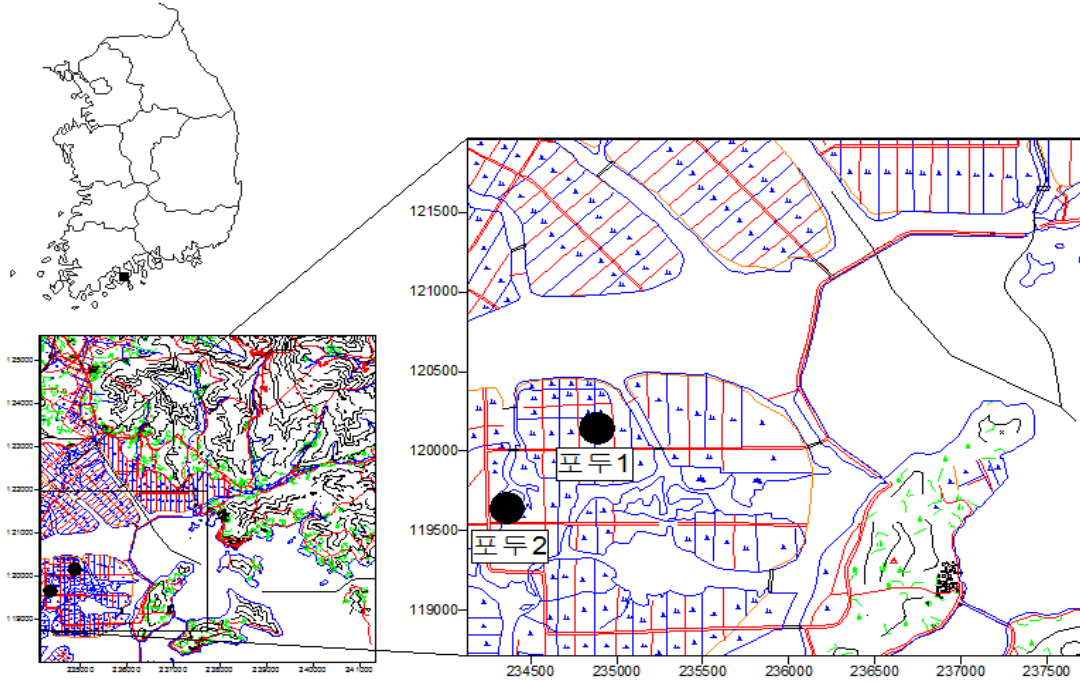
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 연산1, 연산2 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 27,500 $\mu S/cm$ 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. 2018년 연산1 관측공의 전기전도도는 감소하는 경향이 나타난다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과, 연산1, 2 관측공 모두 (Na+K)-Cl 유형으로 분류된다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 64.96 ~ 192.23, 0.96 ~ 2.49 범위로 분석되어, 연산1 관측공의 경우 해수의 영향을 많이 받고 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 연산1, 연산2 관측공의 지하수위는 강수에 비례적으로 반응한다. 연산1 관측공의 지하수위는 상승하는 추세이나 2017년부터 4월부터 9월까지 EC1이 증가한 후 하강하는 경향이 2018년에도 지속되었다. 연산2 관측공 지하수위는 상승 추세이고, 전기전도도는 EC1, EC2 공통적으로 2015년 하반기 이후 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.
- 5) 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.

2.7.24 포두지구

1. 위치

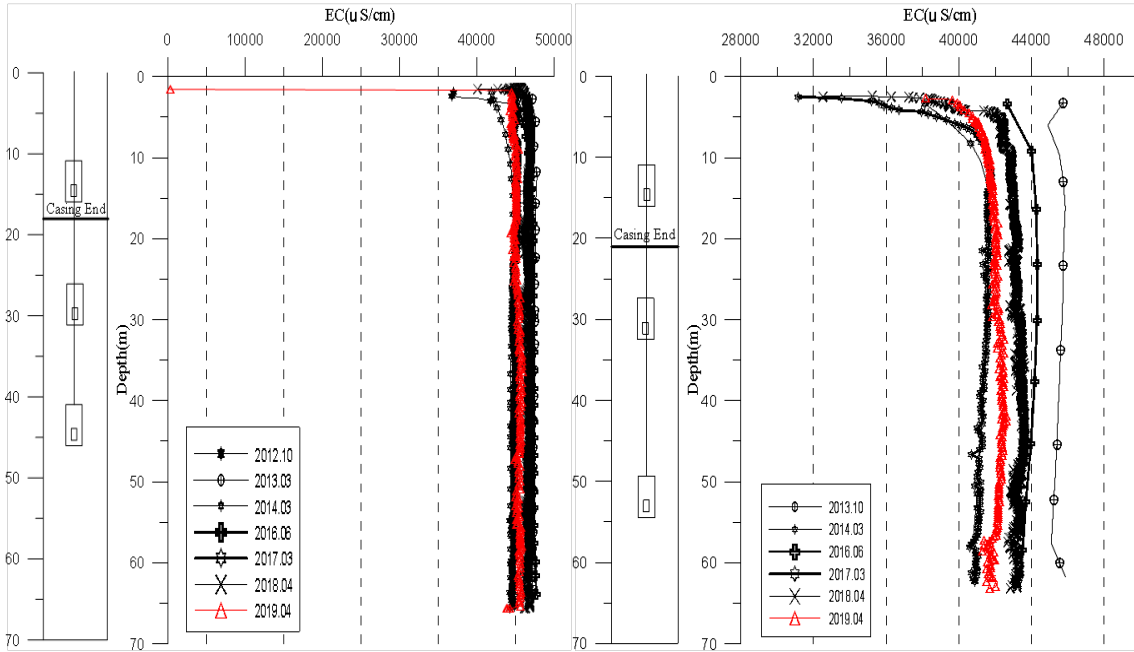


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
포두1	고흥군 포두면 오취리 1300	234739.34	119995.85	1.26	2012	480	1.45
포두2	고흥군 포두면 오취리 1309	234215.5184	119492.4388	1.37	2013	1800	-0.33

2. 지형 및 지질

이 지역은 고흥군 포두면에 위치하고, 방조제 내부에는 대규모 농지가 넓게 분포하고 있으며, 수혜면적이 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)

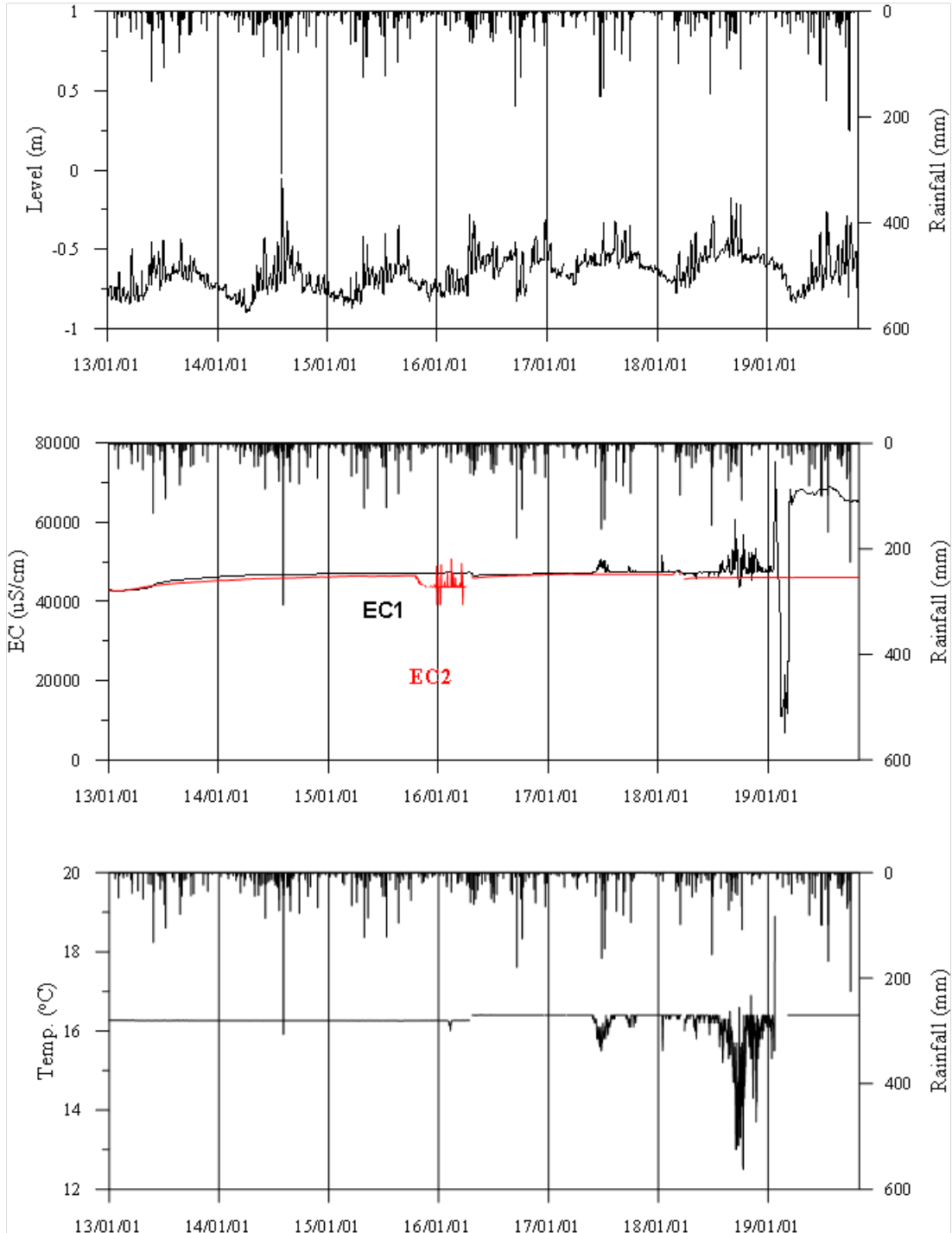
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
포두1	(2012.10)	8411.31	1225.94	216.18	1106.54	228.93	17544.68	985.15	52.78
	(2013. 3)	7782.30	1120.02	188.09	1046.39	295.31	15677.13	994.30	52.20
	(2014. 3)	8366.96	1200.21	519.27	1135.39	259.48	16126.96	1183.40	0.00
	(2015. 6)	6849.72	1171.41	384.98	990.89	252.10	15774.90	930.30	N.D.
	(2016.10)	7768.00	1135.20	168.50	1119.00	408.10	14281.60	720.00	N.D.
	(2017. 3)	7855.53	1473.50	253.55	1346.19	368.46	17212.70	1216.95	25.10
	(2018 5)	8023.21	1200.61	229.20	975.58	319.15	15923.06	356.85	22.50
	(2019. 5)	6069.50	1270.58	197.73	1099.41	294.50	13166.24	579.50	55.05

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
포두2	(2013.10)	7,326.79	1,186.17	187.14	1,425.33	671.91	17,662.65	646.60	N.D.
	(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	N.D.
	(2016.10)	6572.00	1120.80	130.70	1794.60	1135.00	22260.00	346.00	N.D.
	(2017. 3)	6463.36	1473.17	177.53	2126.14	1203.23	15760.36	369.05	29.21
	(2018. 5)	6543.64	1231.54	169.28	1754.32	964.75	14951.62	262.30	32.38
	(2019. 5)	6629.19	1014.72	143.60	1618.29	834.02	13878.72	289.75	N.D.

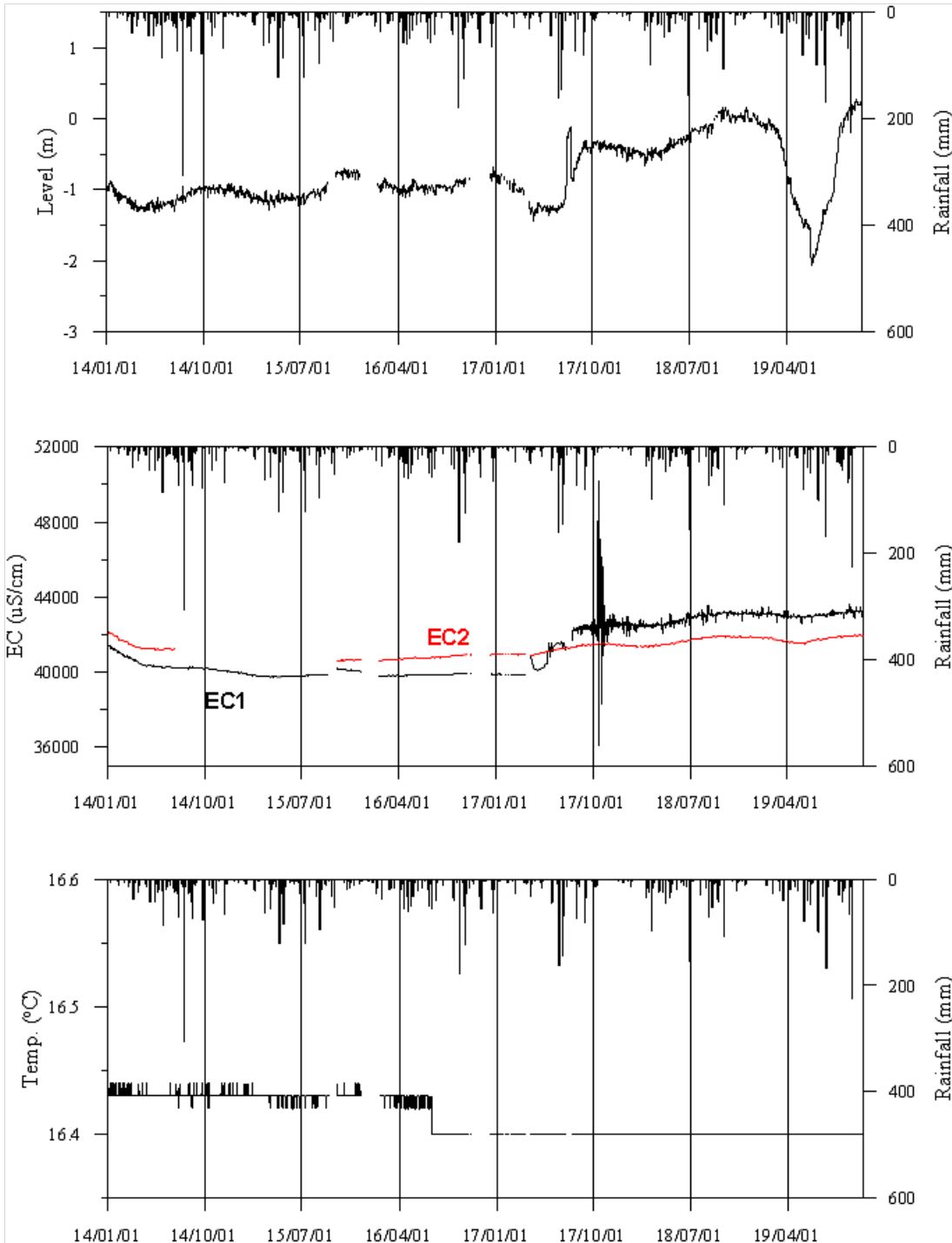
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		
	년월	포두1	포두2
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
	2016.10	34.14	110.72
	2017. 3	24.34	73.50
	2018. 5	76.79	98.10
	2019. 5	39.04	82.31

5. 장기관측 결과



<포두1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포두2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

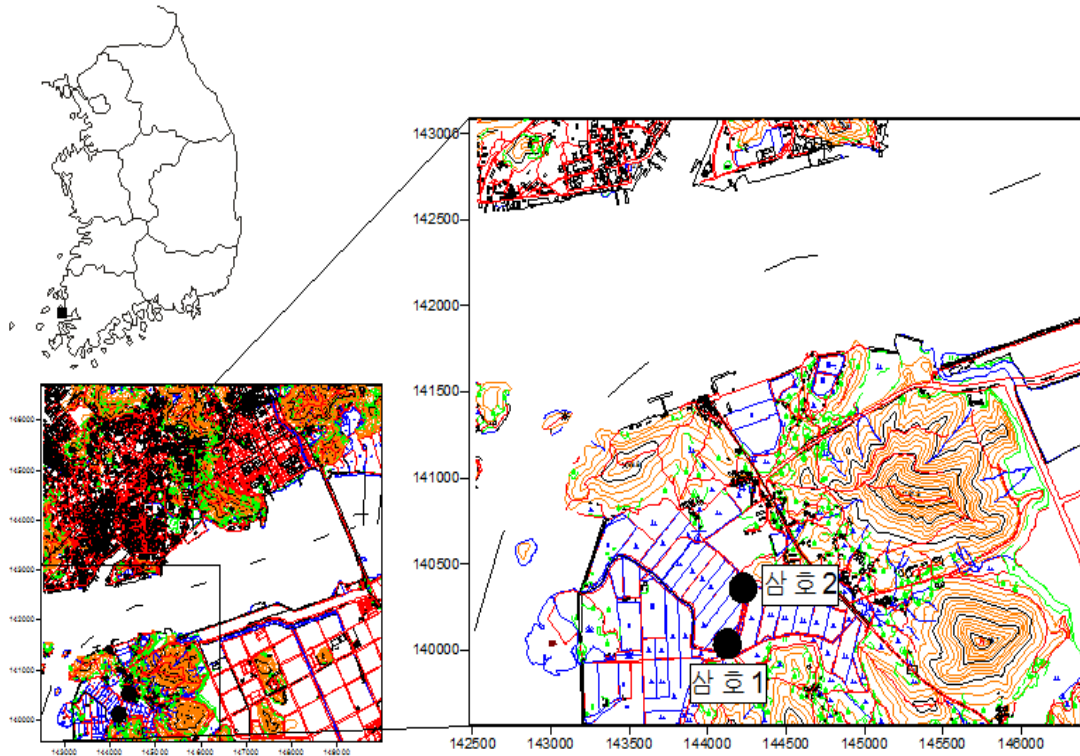
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포두1, 포두2 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, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 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 나타난다. 포두2 관측공은 약 41,000 ~ 46,000 $\mu S/cm$ 의 범위로 분포된다. 따라서, 포두1, 포두2 관측공 모두 해수의 직접적인 영향을 받고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온 분석 결과 포두1, 포두2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 23.42 ~ 76.79, 47.01 ~ 110.72 범위로 분석되어 해수의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 포두1, 포두2 관측공의 지하수위는 강수에 민감하게 반응하며, 조석의 영향을 반영한다. 포두1 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이후 꾸준히 상승추세인 반면, 포두2 관측공은 지하수위가 해수면 아래에 분포하며, 전기전도도 값도 해수와 유사한 값을 보인다.
- 5) 관리 방안 : 포두1, 2 관측공 공통적으로 현재 해수침투의 영향이 있지만, 전기전도도 변화 경향이 다르게 나타남에 따라 지속적으로 관측하여 변화추이를 점검하여야 한다.

2.7.25 삼호지구

1. 위치

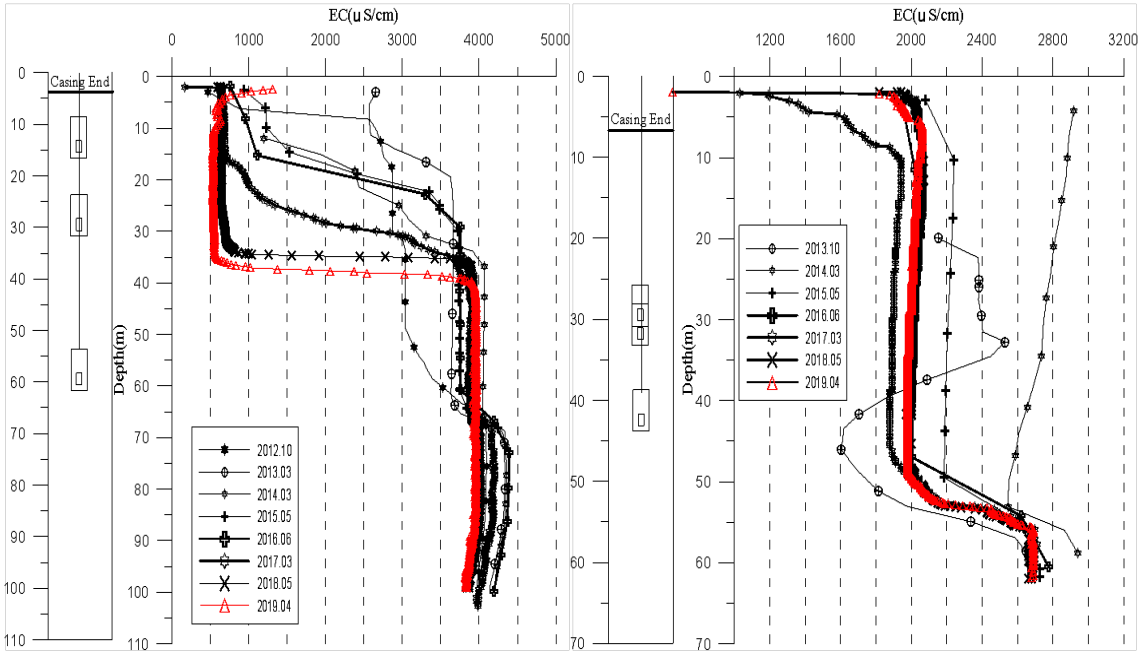


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
삼호1	영암군 삼호읍 용당리 1166-3	144037.39	139940.43	4.09	2012	790	2.20
삼호2	영암군 삼호읍 용당리 1130	144258.1606	140364.5454	2.89	2013	950	1.69

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)

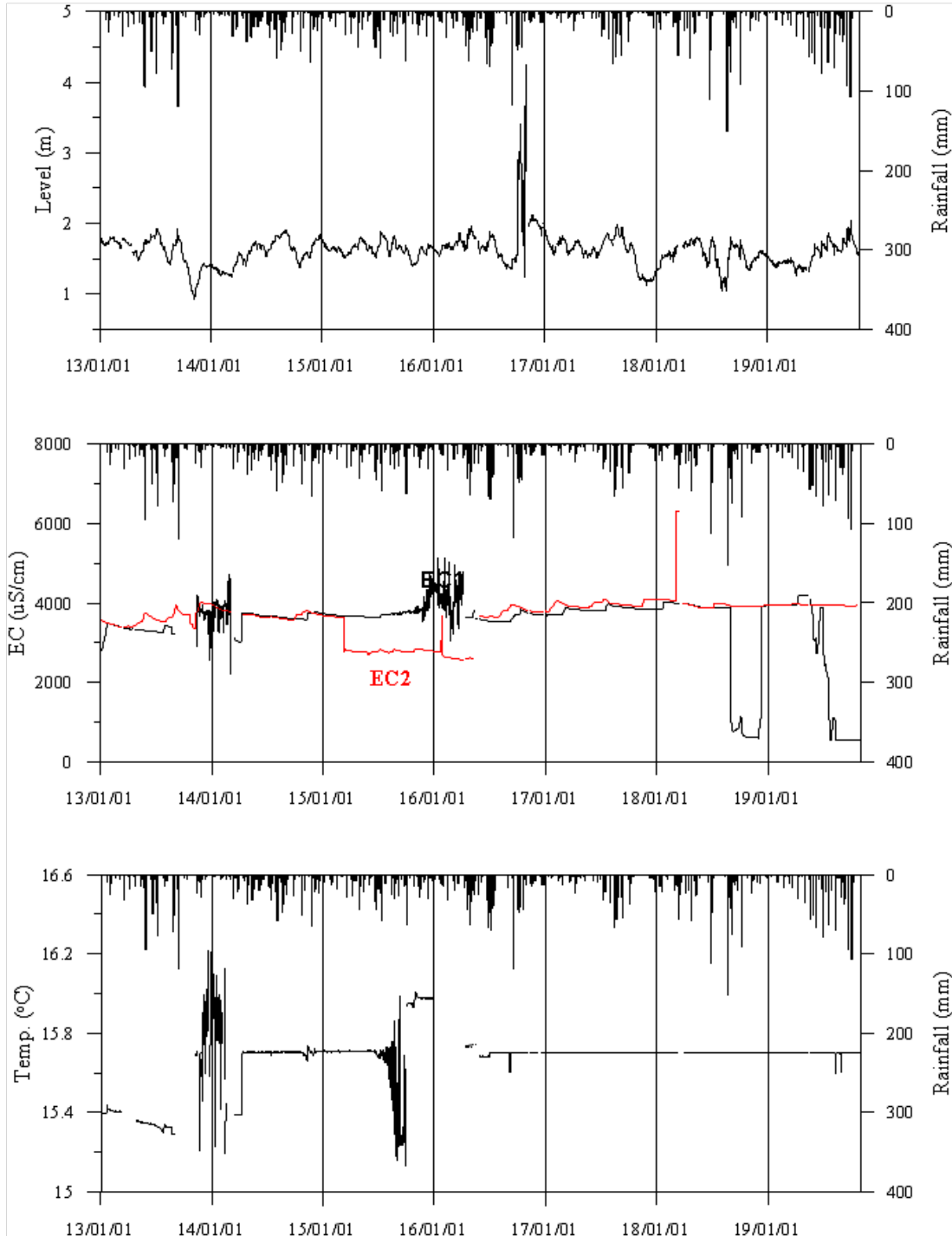
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
삼호1	(2012.10)	178.95	34.94	2.39	361.91	87.91	810.77	73.20	2.21
	(2013. 3)	175.00	39.12	2.80	348.62	112.16	904.49	70.15	2.66
	(2014. 3)	116.02	32.32	4.88	289.46	76.19	616.68	97.60	0.00
	(2015. 5)	179.39	42.92	6.31	317.67	96.60	777.00	76.30	N.D.
	(2016.10)	138.40	25.06	1.50	213.50	106.60	620.70	110.00	N.D.
	(2017. 3)	94.51	9.25	3.91	38.62	23.22	104.67	179.95	N.D.
	(2018. 5)	154.05	30.17	2.85	241.42	80.10	588.09	112.85	0.81
	(2019. 5)	99.28	15.18	3.90	41.73	39.83	150.91	158.60	0.883

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
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	N.D.
	(2016.10)	137.60	18.88	1.20	126.20	60.40	424.50	68.00	N.D.
	(2017. 3)	163.76	24.06	2.19	174.04	60.70	595.13	82.35	7.90
	(2018. 5)	162.11	26.34	2.27	192.97	61.02	545.59	100.65	N.D.
	(2019. 5)	153.46	24.28	1.90	182.99	56.56	497.44	70.15	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

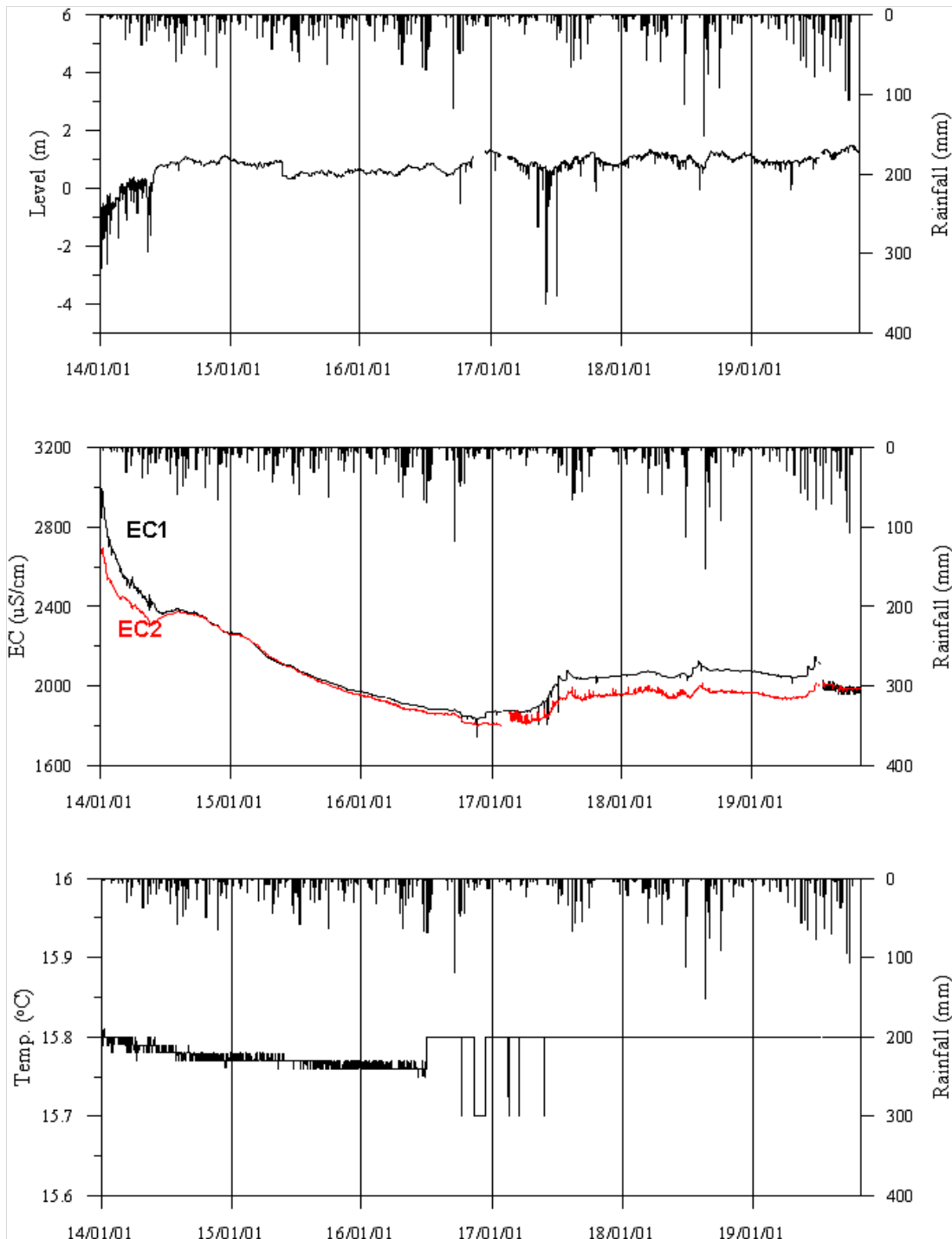
구 분	관측공		삼호1	삼호2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2012.10		19.03	-
	2013. 3		22.16	19.13 (2013.10)
	2014. 3		10.86	16.87
	2015. 6		17.54	19.51
	2016.10		9.71	10.74
	2017. 3		1.00	12.44
	2018. 5		8.97	9.33
	2019. 5		1.63	12.18

5. 장기관측 결과



<삼호1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<삼호2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

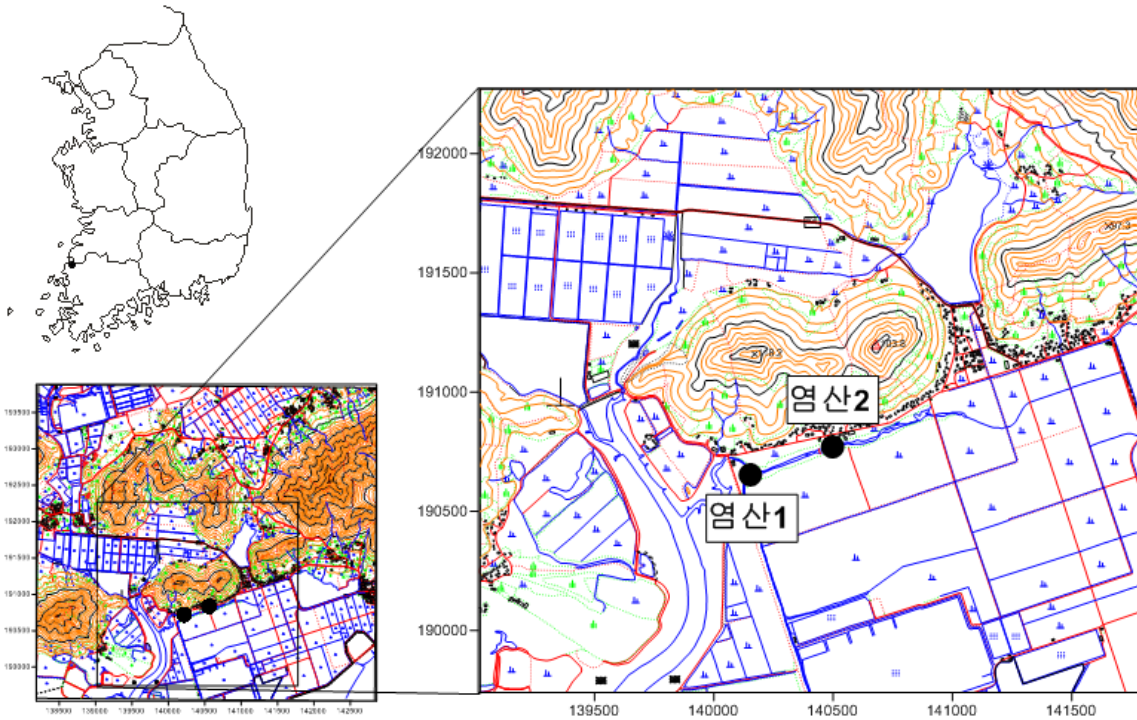
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 삼호1, 삼호2 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 $1,000 \mu S/cm$ 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 ~ 50 m 심도에서 해수가 유입되는 것으로 판단되며, 전기전도도가 약 $2,000 \mu S/cm$ 에서 약 $3,000 \mu S/cm$ 으로 소폭 상승한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 삼호1, 삼호2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 1.00 ~ 22.16, 9.33 ~ 19.51 범위로 분석되어 해수의 영향을 받고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 삼호1 관측공의 지하수위는 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.
- 5) 관리 방안 : 삼호1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 있으므로 지속적으로 관측하여 해수의 영향 추이를 점검하여야 하고, 삼호2 관측공은 장기 관측을 통해 그 변화추이를 살펴보아야 한다.

2.7.26 염산지구

1. 위치

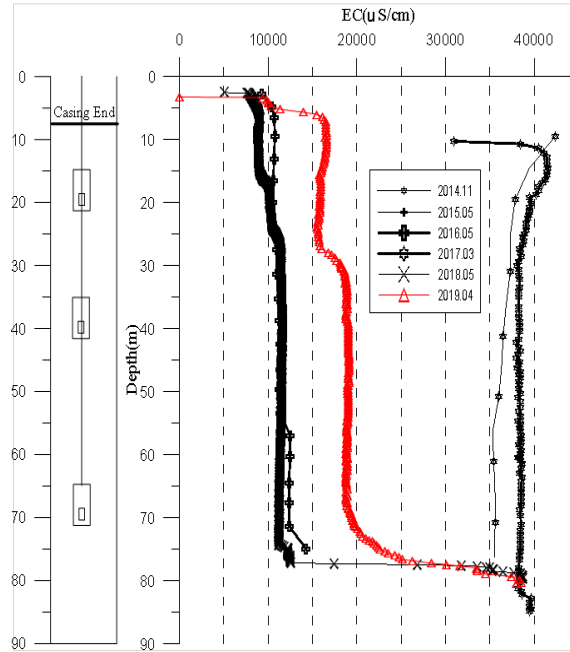


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
염산1	영광군 염산면 봉남리 1249	140105.907	190606.071	4.06	2014	30	-4.17
염산2	"	140450.537	190723.796	2.06	2014	390	-0.49

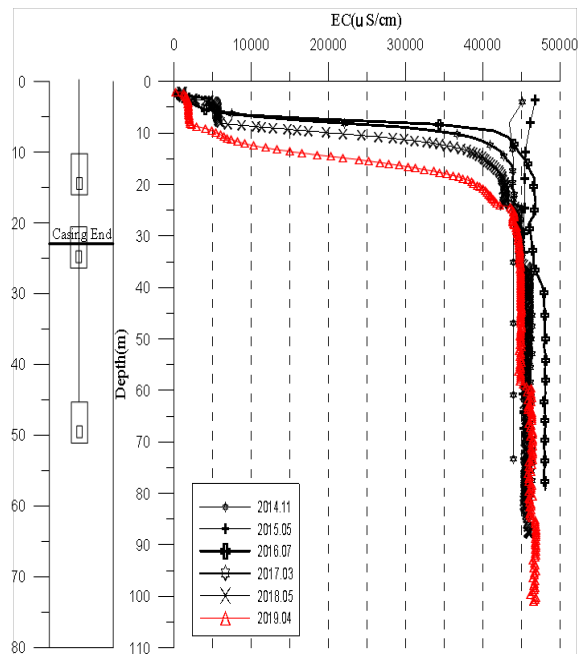
2. 지형 및 지질

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

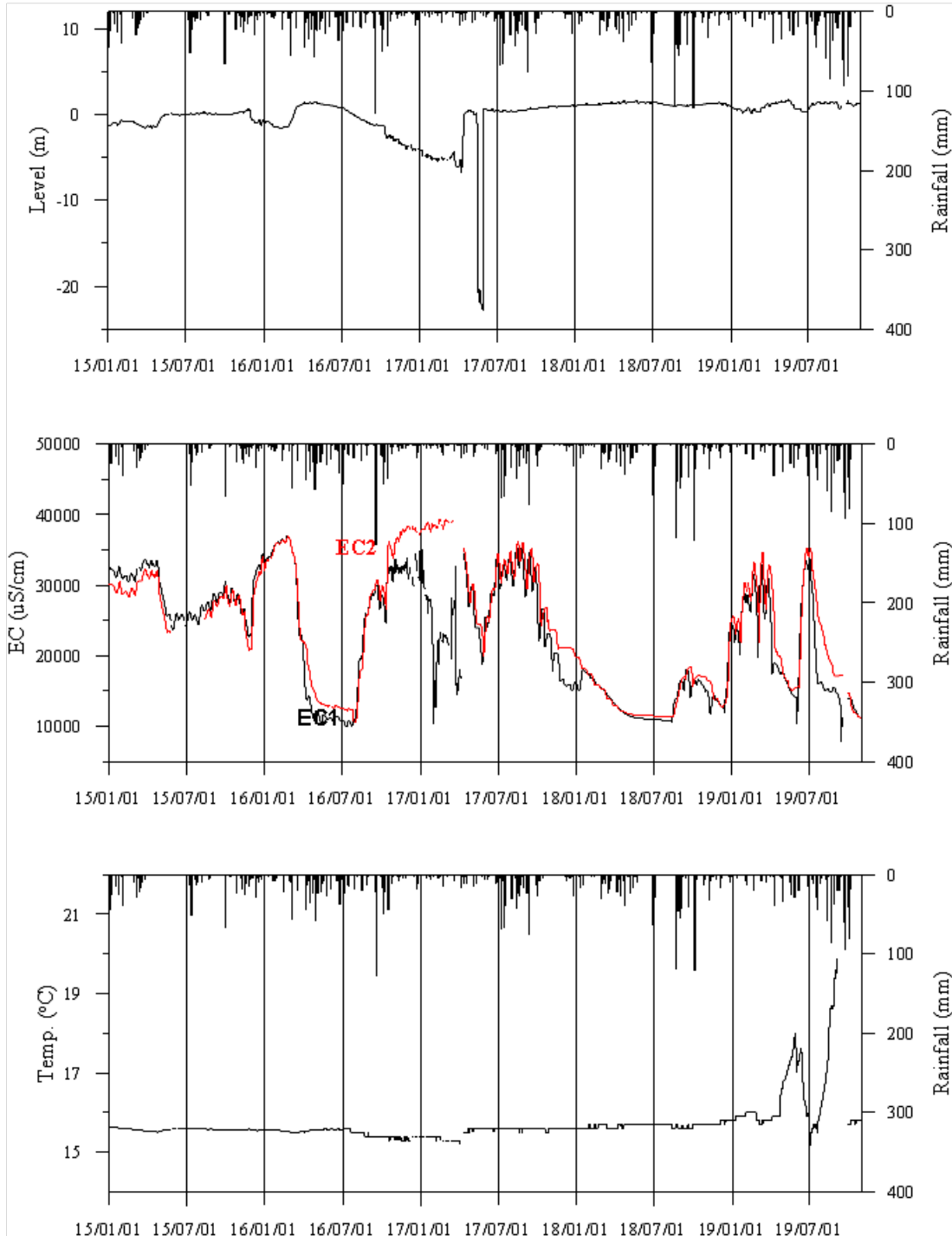
(단위 : mg/L)

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	N.D.
	(2016.10)	4554.00	489.50	120.50	700.20	1810.60	6866.40	100.00	N.D.
	(2017. 3)	7973.96	823.65	271.32	558.95	1847.65	13738.68	161.65	16.31
	(2018. 5)	6624.57	980.47	244.74	576.34	850.43	12208.46	399.55	21.19
	(2019. 5)	2100.8	277.6	71.6	611.2	531.6	4350.2	91.5	N.D.
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	N.D.
	(2016.10)	6376.00	870.2	165.50	492.10	1153.90	12865.60	451.00	N.D.
	(2017. 3)	4902.37	558.51	130.86	330.23	520.28	8694.54	393.45	18.42
	(2018. 5)	1474.39	97.20	39.77	892.91	310.32	3731.64	67.10	N.D.
	(2019. 5)	4817.7	885.8	189.4	528.0	618.2	9728.4	408.7	42.1

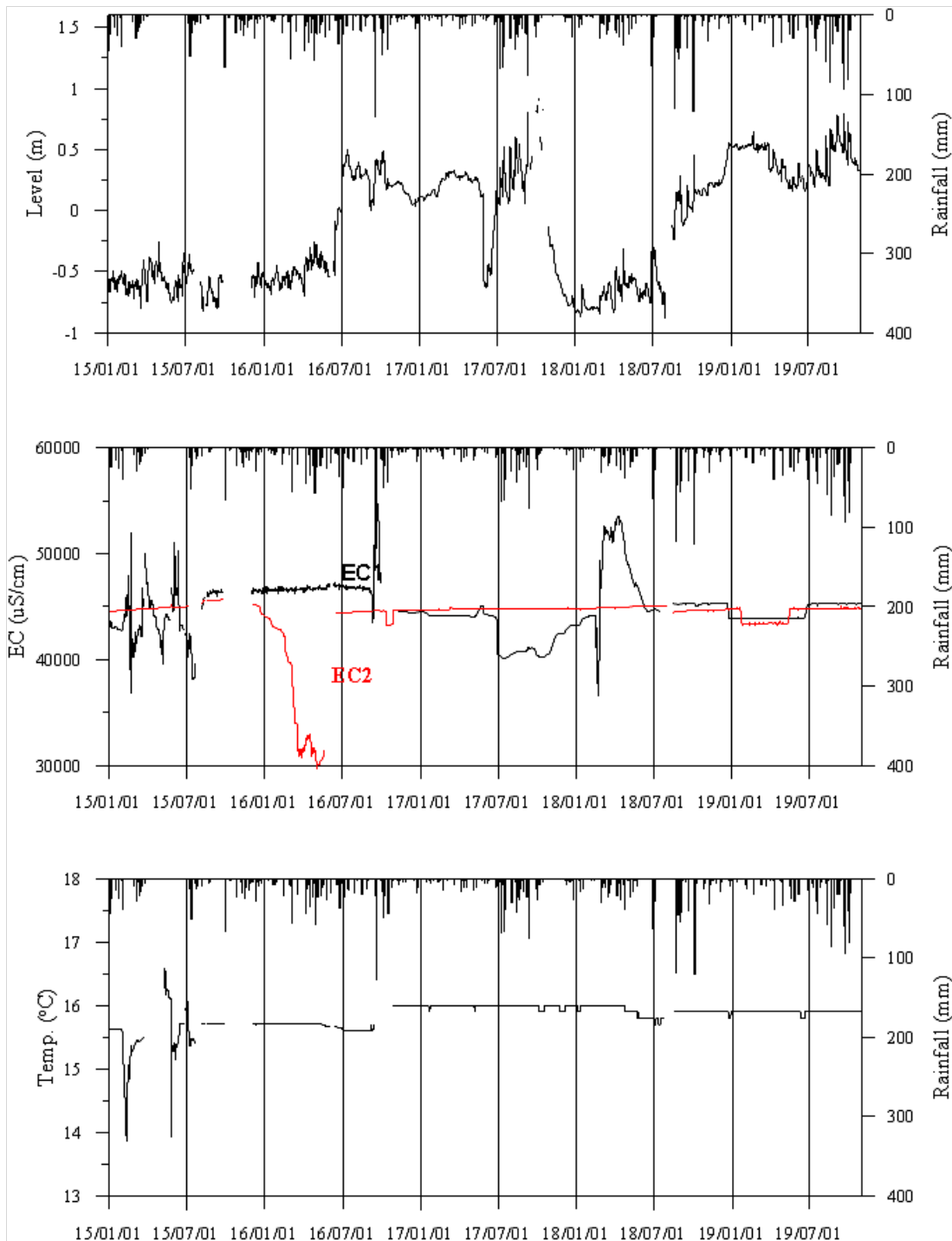
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		염산1	염산2
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.11		169.67	39.34
	2015. 6		128.73	37.05
	2016.10		118.17	49.10
	2017. 3		146.27	38.03
	2018. 5		52.59	95.71
	2019. 5		81.69	40.90

5. 장기관측 결과



<염산1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<염산2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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, 대수층을 통한 해수침투의 영향을 살펴보기 위하여 염산1, 2 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 염산1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 전기전도도가 약 10,000 ~ 42,500 $\mu S/cm$ 범위로 나타나며, 2017년 이후 지표 하 70 m 구간까지 전기전도도가 10,000 $\mu S/cm$ 감소한 후 지표 하 70 m 전이대에서 40,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 경향이 나타난다. 염산2 관측공 역시 약 44,000 ~ 46,000 $\mu S/cm$ 내외 범위로 분포하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 염산1, 염산2 관측공은 공통적으로 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각 118.17 ~ 169.67, 37.05 ~ 95.71 범위로 심각한 해수의 영향이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 염산1 관측공의 지하수위는 2017년 일시적 수위 감소 경향 외에는 감소하다가 해수면 표고로 유지되는 경향이 나타났다. 2016년 2월을 기점으로 EC1과 EC2 모두에서 하강하는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 염산2 관측공에서도 수위 상승에 따른 전기전도도 하강 현상이 나타났다.
- 5) 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 필수적이다. 또한 두 관측정 모두 개발시기가 상대적으로 짧아 향후 좀 더 장기간의 관측을 통해서 변화추이를 살펴보아야 한다.

2.7.27 망주지구

1. 위치



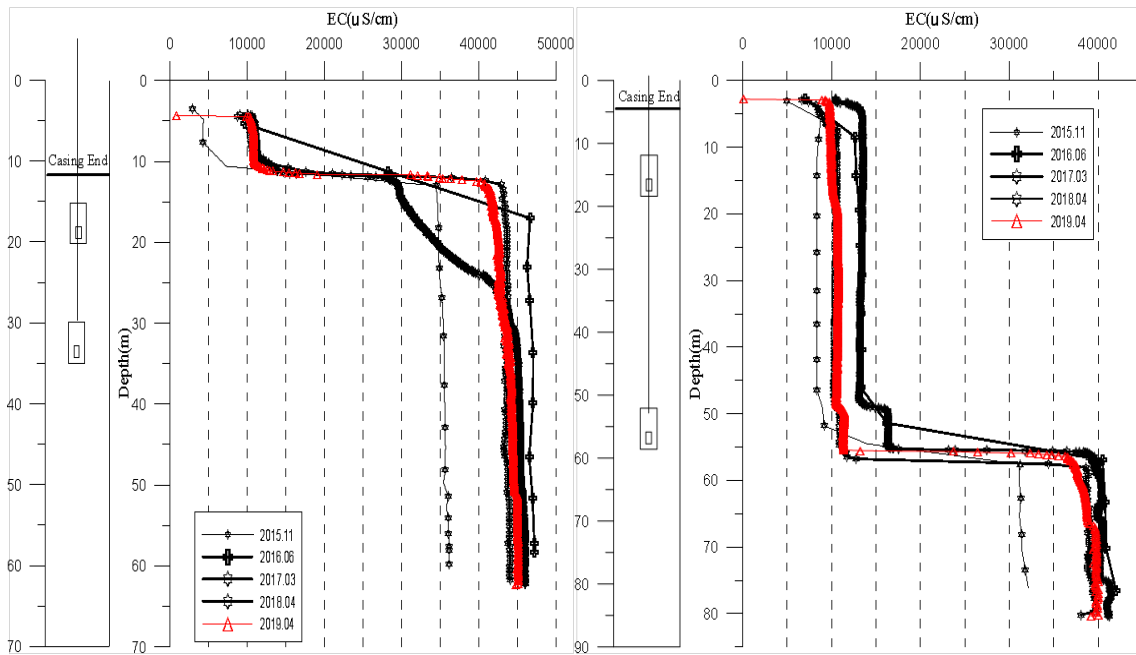
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
망주1 (남양1)	고흥군 남양면 망주리 2180-6	234005.3023	142145.6884	3.908	2015	1,220	0.408
망주2 (남양2)	고흥군 남양면 망주리 2236	234073.5434	141712.4042	3.316	2015	1,420	0.646

※ 지구명 정비에 의해 2016년부터 남양1 → 망주1, 남양2 → 망주2로 변경

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. 지하수 검층



<망주1 관측공>

<망주2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

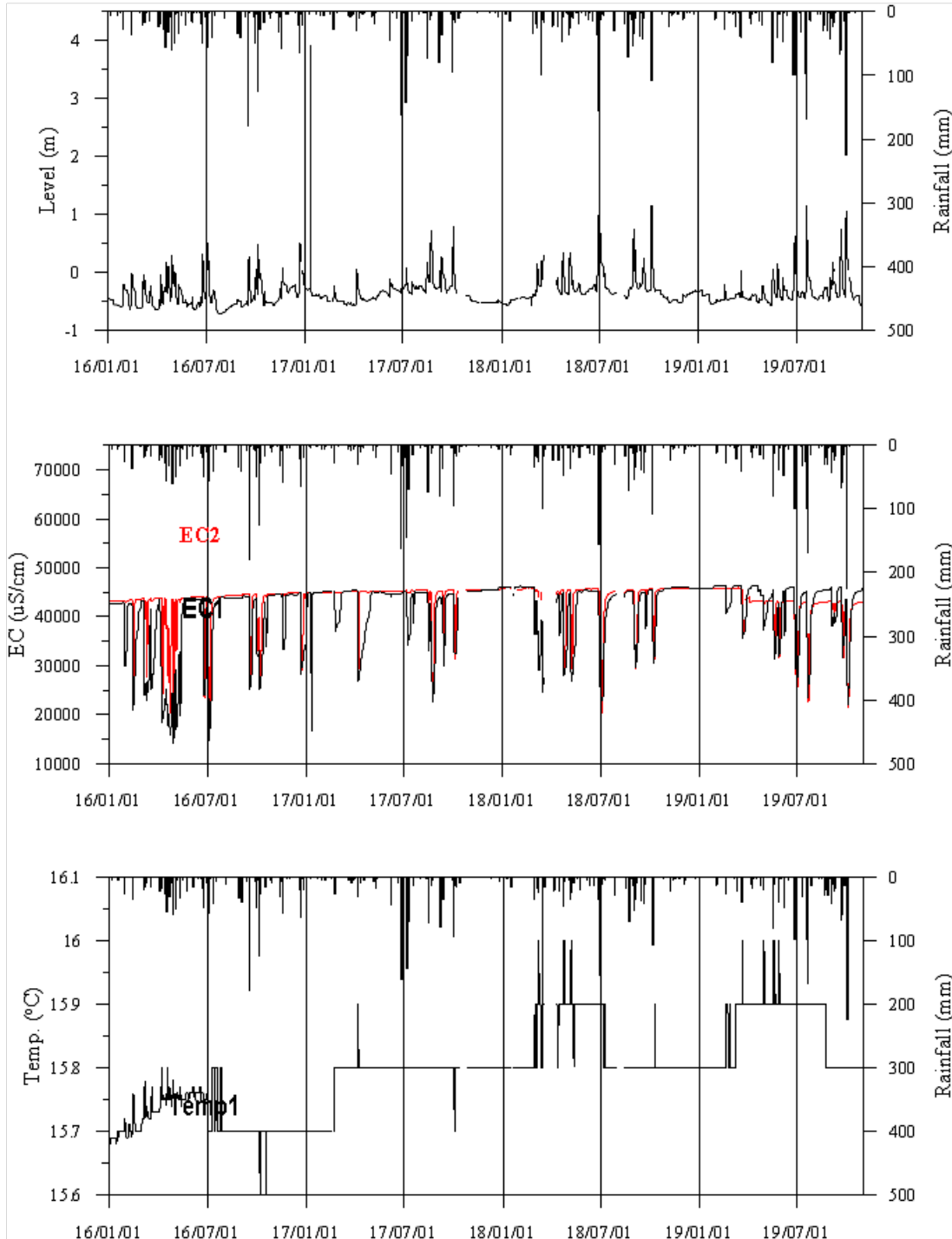
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
망주1	(2015.12)	184.60	21.31	5.63	33.65	417	4,038.7	189.1	N.D.
	(2016.10)	6572.00	849.00	165.70	1204.00	2000.90	11619.00	131.00	N.D.
	(2017. 3)	2052.65	240.36	80.37	268.17	361.19	3773.88	143.35	14.13
	(2018. 5)	5612.59	745.78	194.45	923.07	1169.71	10465.98	112.85	18.10
	(2019. 5)	6030.41	646.81	173.61	823.68	1283.90	10599.47	100.65	106.33
망주2	(2015.12)	2,227.13	281.23	23.99	885.88	106.00	738.90	92.70	N.D.
	(2016.10)	2193.00	192.10	22.50	630.40	1035.00	3989.20	98.00	N.D.
	(2017. 3)	1868.25	168.16	26.36	510.78	546.94	3508.59	115.90	9.85
	(2018. 5)	1956.60	192.74	28.10	563.52	699.81	4245.16	94.55	N.D.
	(2019. 5)	1643.77	126.78	21.48	408.55	514.39	3154.53	94.55	N.D.

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		망주1	망주2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2015.12		36.76	13.72
	2016.10		152.65	70.06
	2017. 3		45.31	52.10
	2018. 5		159.61	77.27
	2019. 5		180.96	57.33

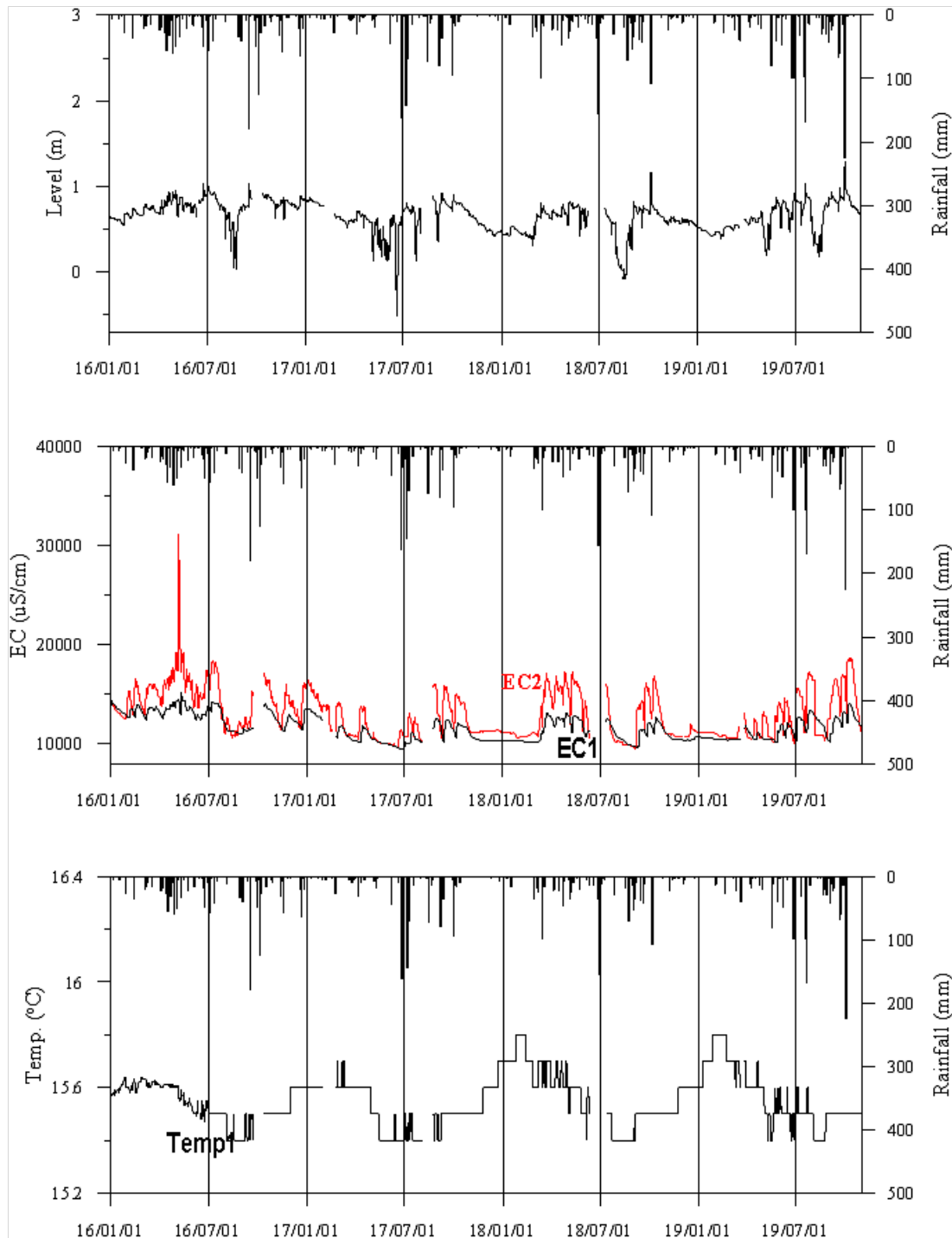
5.

장기관측 결과



<망주1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<망주2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고흥군 남양면 망주리에 위치하는 망주1, 망주2 관측공은 대강천 하류부에 위치하며, 주변에 농경지가 넓게 분포하고 있다. 관측공은 바다로부터 각각 1.22 km와 1.42 km 떨어진 내륙부에 위치하지만, 해수 유입이 예상되는 대강천 수변으로부터는 약 33 ~ 473 m 거리에 위치한다. 이 지역은 남해안의 조수간만 현상으로 대강천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 망주1 관측공은 케이싱 심도(12 m) 이후 전기전도도가 10,000 $\mu S/cm$ 에서 47,000 $\mu S/cm$ 으로 급격하게 증가하여 공저까지 일정한 값을 보이는 것으로 보아 해수로 포화되어 있는 것을 알 수 있다. 망주2 관측공은 대수층 구간인 54 m 심도에서 전기전도도가 40,000 $\mu S/cm$ 이상 증가하는 것으로 보아 이 구간을 통해 해수가 유입되는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 망주1, 망주2 관측공은 공통적으로 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 36.76 ~ 180.96, 13.72 ~ 77.27 범위로 분석되어 심각한 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 망주1 관측공의 지하수위는 소폭의 범위에서 증감을 거듭하며, 강수량의 영향도 반영하고 있지만, 전체적으로는 유지하는 추세이다. 전기전도도는 거의 일정하게 유지되나 강수량이 증가할 때 감소하는 경향을 나타내며, 감소하는 변화의 폭도 강수량에 비례하는 경향을 보인다. 망주2 관측공의 지하수위는 강수량에 비례하고 전기전도도는 EC1, EC2 공통적으로 감소추세이다.
- 5) 관리 방안 : 망주1, 2 관측공의 주변 지반은 현재 염수의 유입으로 해수로 포화되어 있는 것으로 나타났으므로 이 지역 대수층을 통한 해수침투의 영향을 분석하기 위해서는 지속적으로 장기 모니터링이 필요하다.

2.7.28 군곡지구

1. 위치

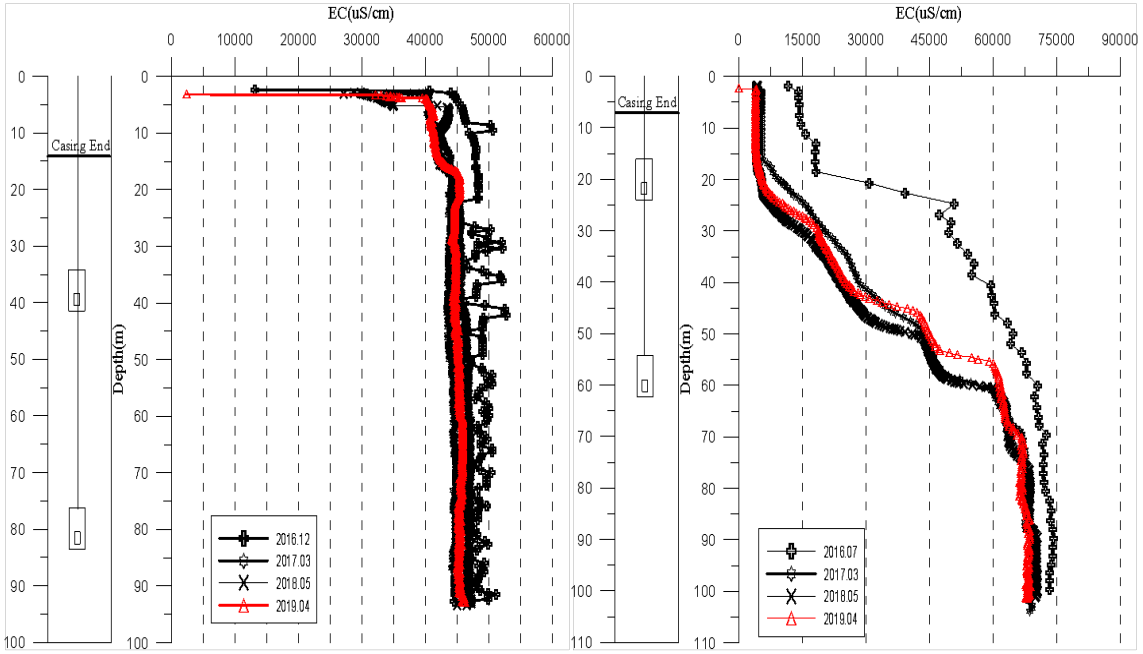


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
군곡1	해남군 송지면 군곡리 2098-4	155506.012	101952.588	3.23	2016	30	1.12
군곡2	해남군 송지면 가차리 1205-12	155906.834	101332.838	3.77	2016	677	2.34

2. 지형 및 지질

군곡지구는 해남군 송지면 군곡리, 가차리에 위치한 지구로, 관측공 주변 해안선이 북동방향으로 뻗어 있으며, 서쪽에는 현산방조제가 위치하는 간척지역이다. 본 지구는 시대미상의 금강리편상화강암이 기반을 이루고, 제4기 충적층이 이를 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<관측공1 관측공>

<관측공2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

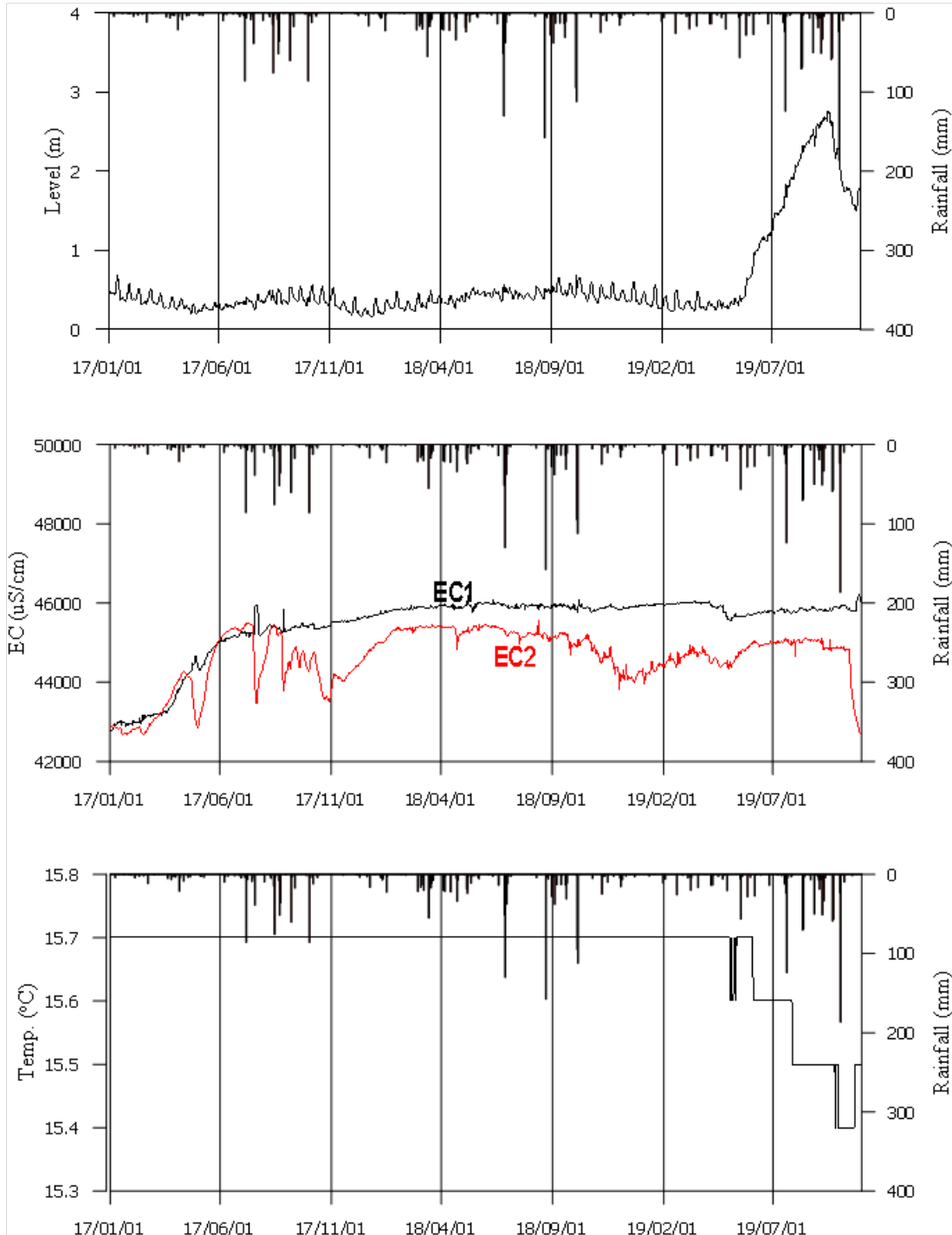
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
관측공1	(2016.11)	6798.00	887.20	70.20	3074.00	2512.80	13421.80	59.00	N.D.
	(2017. 3)	5873.34	796.14	78.36	2819.41	1131.90	16600.62	27.45	138.94
	(2018. 5)	6362.86	858.19	84.04	3255.37	1601.25	15412.91	42.70	80.67
	(2019. 5)	4447.75	827.49	79.77	3139.91	1132.74	12655.84	36.60	43.28
관측공2	(2016.11)	2371.00	350.10	27.40	1104.00	986.70	5919.00	351.00	N.D.
	(2017. 3)	833.49	69.75	15.80	177.41	338.05	1363.45	391.93	5.71
	(2018. 5)	816.26	43.05	18.96	114.57	341.39	981.93	381.25	1.21
	(2019. 5)	675.56	36.85	10.12	99.76	319.31	809.73	387.35	4.70

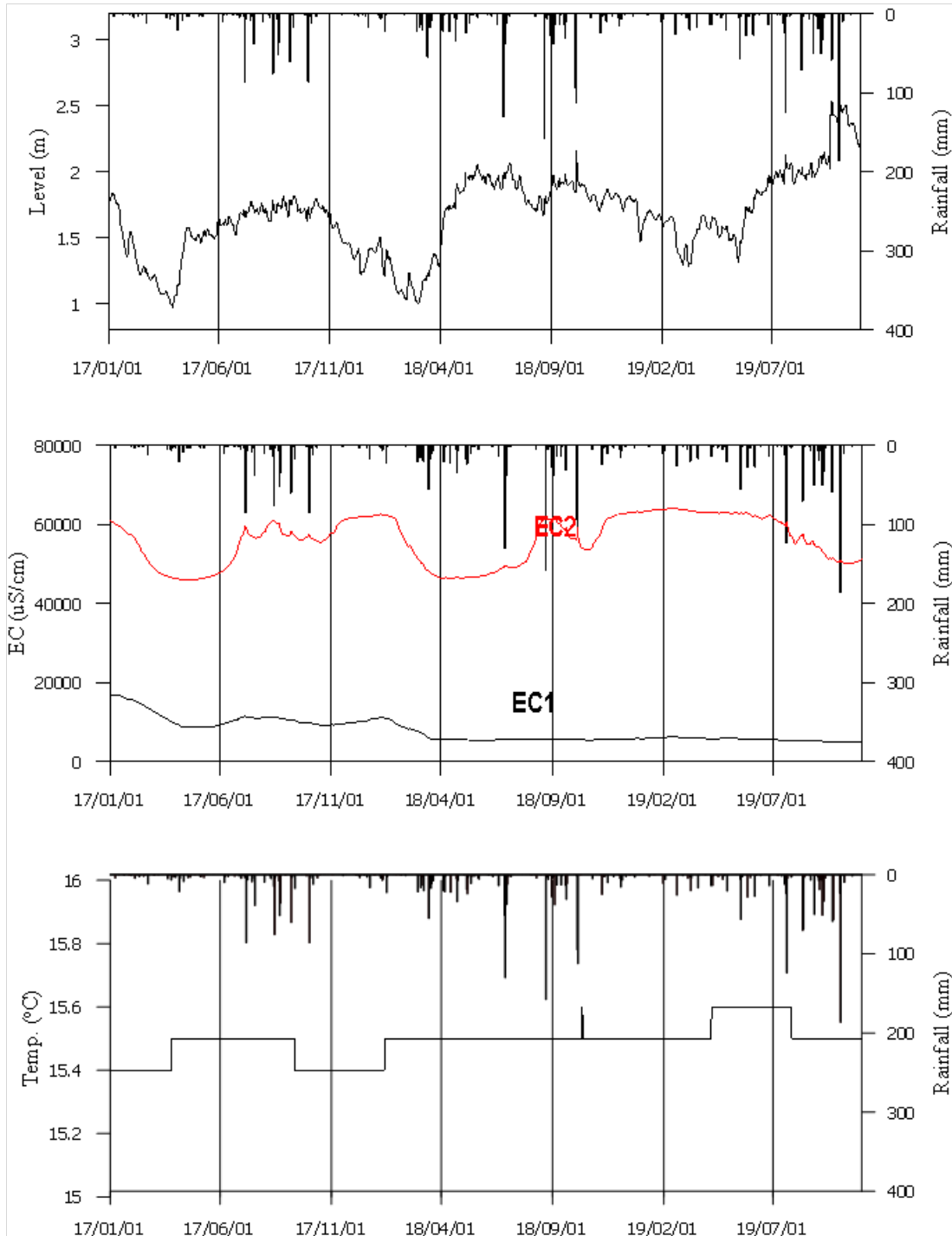
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	군곡1	군곡2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2016.11	391.52	29.02
	2017. 3	1040.81	5.99
	2018. 5	621.22	4.43
	2019. 5	594.17	3.59

5. 장기관측 결과



<군곡1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<군곡2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해남군 송지면 군곡리, 가차리에 위치하는 군곡1, 군곡2 관측공은 남해와 인접하며, 현산방조제 축조로 인하여 대단위 간척지가 넓게 분포하고 있다. 군곡1과 군곡2 관측공은 해안선으로부터 각각 30 m와 677 m 지점에 위치함에 따라, 대수층을 통한 해수침투의 영향을 관측하기 좋은 조건으로 판단된다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 군곡1 관측공은 케이싱 심도(14 m) 이후 공저까지 전기전도도가 44,524 ~ 52,820 $\mu S/cm$ 로 염수로 포화되어 있음을 지시한다. 군곡2 관측공은 심도 20 m이후 급격하게 증가하여 공저까지 73,300 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 것으로 보아 천층을 제외한 전 구간에 염수가 포화된 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 군곡1, 군곡2 관측공은 공통적으로 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 391.52 ~ 1040.81, 3.59 ~ 29.02 범위로 분석되어 심각한 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다. 군곡2 관측정의 몰비는 매년 감소하는 경향이 나타난다.
- 4) 장기 관측결과 : 군곡1 관측공의 지하수위는 1 m 이내에서 증감을 거듭하며, 하절기에 감소 후 회복추세이다. 전기전도도는 EC1, EC2 공통적으로 해수의 직접유입을 지시하고 변동특성은 상호 유사하다. 군곡2 관측공의 지하수위는 2 m 이내에서 증감을 거듭하며, EC2에서는 해수의 직접유입을 지시하는 반면, EC1에서는 전기전도도의 감소추세를 보인다.
- 5) 관리 방안 : 군곡지구 군곡1, 2 관측공은 해수침투의 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라, 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.7.29 조성지구

1. 위치

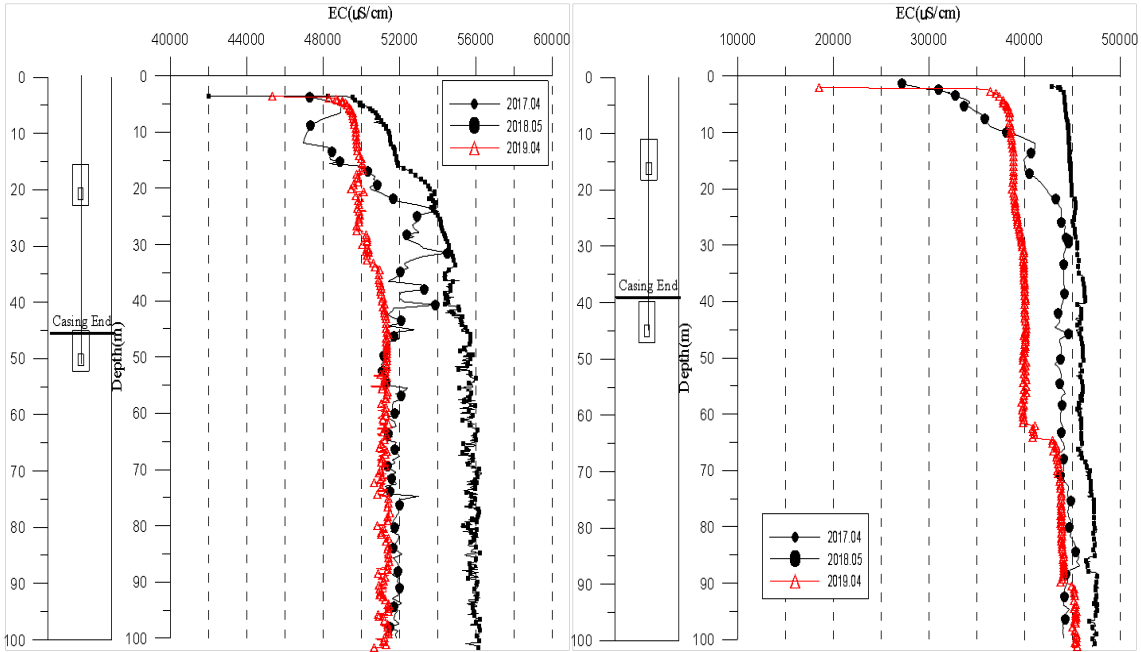


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
조성1	보성군 조성면 덕산리 1950-13	242126.317	221548.254	1.80	2017	1650	-1.10
조성2	보성군 조성면 덕산리 1953-1	242287.723	220509.000	0.67	2017	2000	-3.03

2. 지형 및 지질

보성군 조성면 덕산리에 위치한 조성1, 조성2 관측공은 득량만에 인접하고 있으며, 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지와 조성천이 소재한다. 조성1 및 조성2 관측공은 해안과 각기 1.65 km 및 2.0 km 거리에 위치하며, 남해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<조성1 관측공>

<조성2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

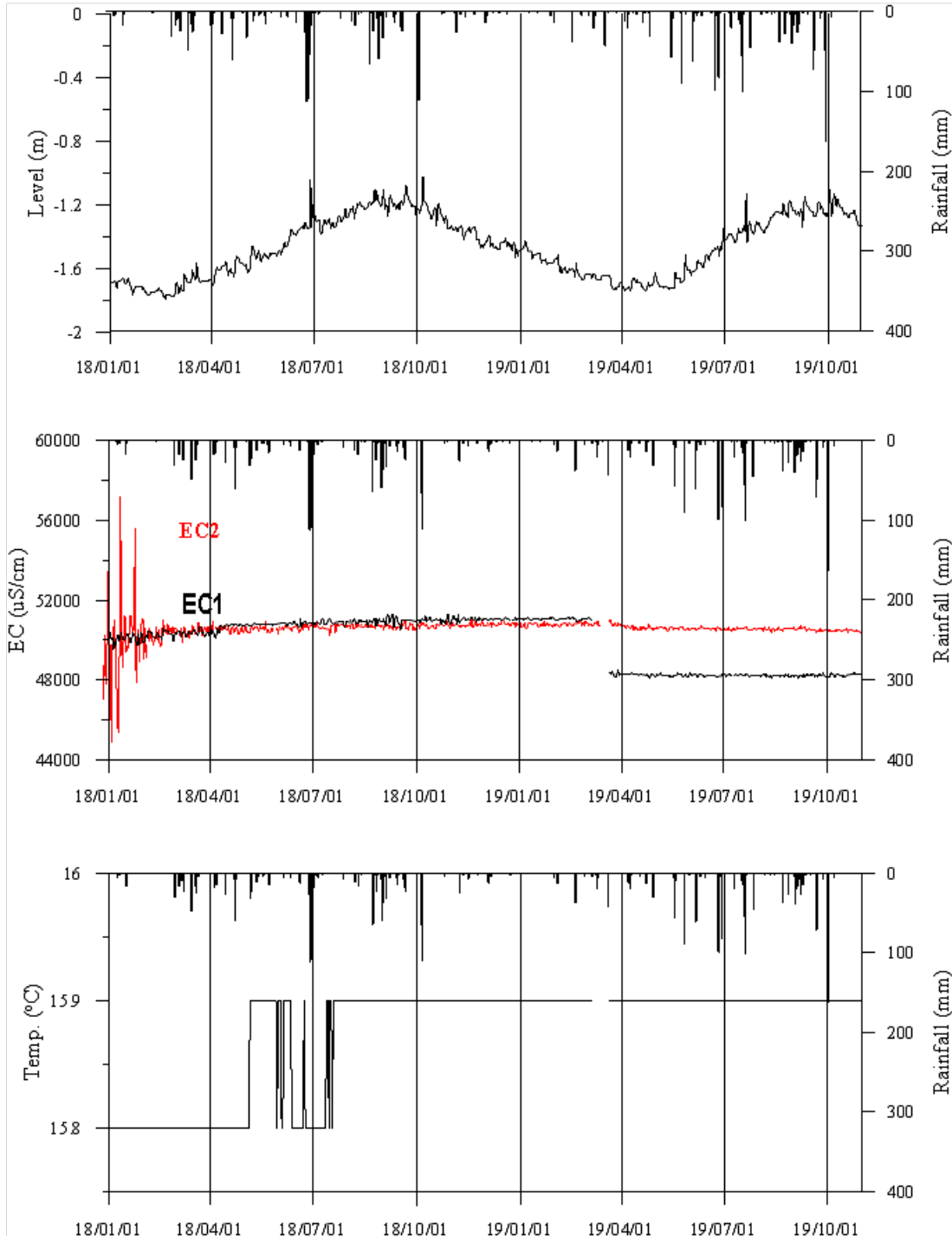
(단위 : mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
조성1	(2017. 3)	7603.81	1233.47	232.25	921.27	2273.09	16273.74	247.05	N.D.
	(2018. 5)	9492.50	1294.45	295.06	1038.45	2364.46	17631.29	219.60	64.01
	(2019. 5)	8077.95	1334.27	236.13	1003.09	2082.26	15663.08	204.35	87.96
조성2	(2017. 3)	6260.02	969.74	128.93	1548.30	1988.96	14448.31	106.75	N.D.
	(2018. 5)	7036.60	1055.75	126.44	1592.25	2051.13	14217.62	125.05	52.95
	(2019. 5)	4949.17	715.56	87.38	1473.70	1462.62	10902.09	115.90	61.94

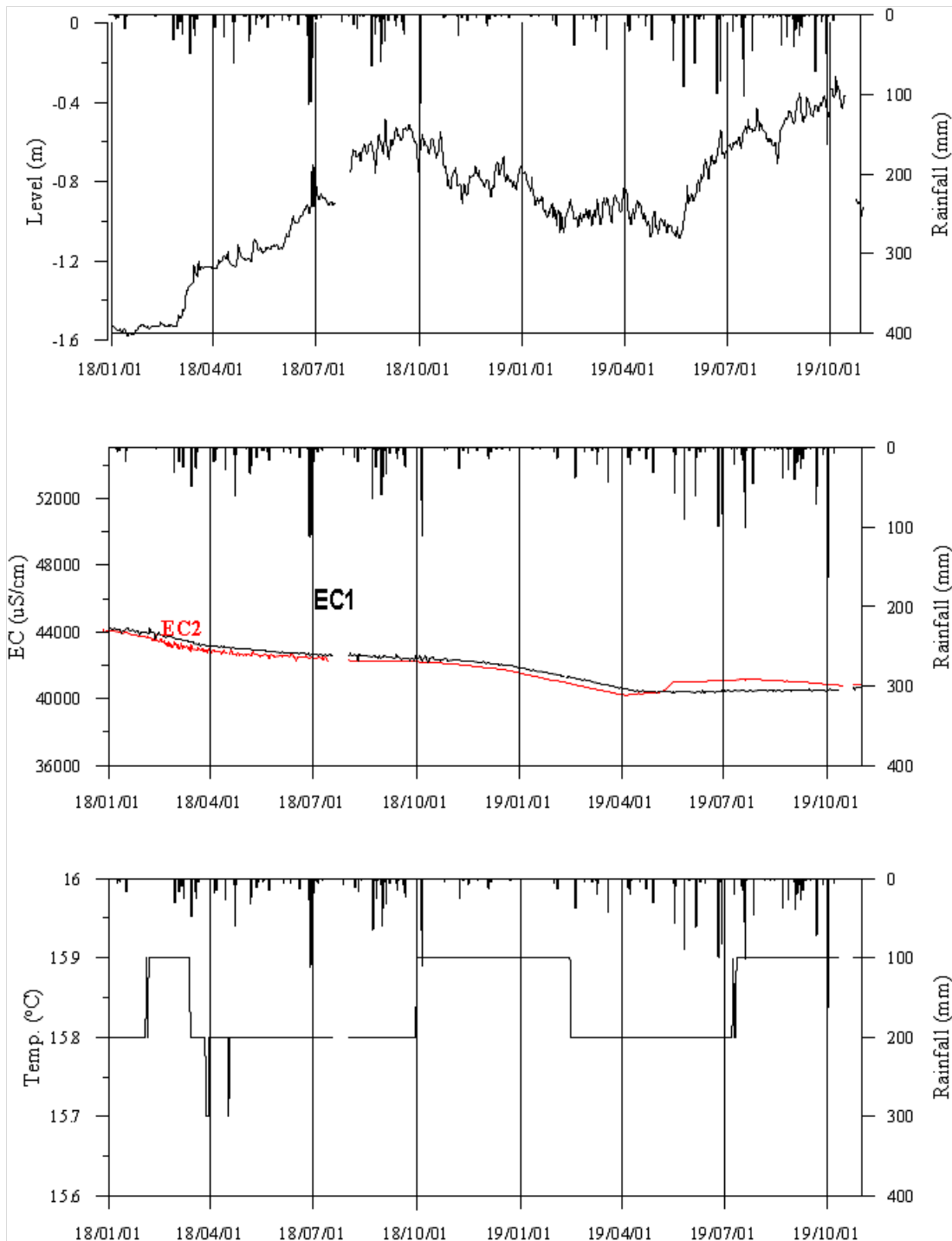
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	조성1	조성2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2017. 3	113.19	232.57
	2018. 5	138.18	195.67
	2019. 5	131.71	161.63

5. 장기관측 결과



<조성1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



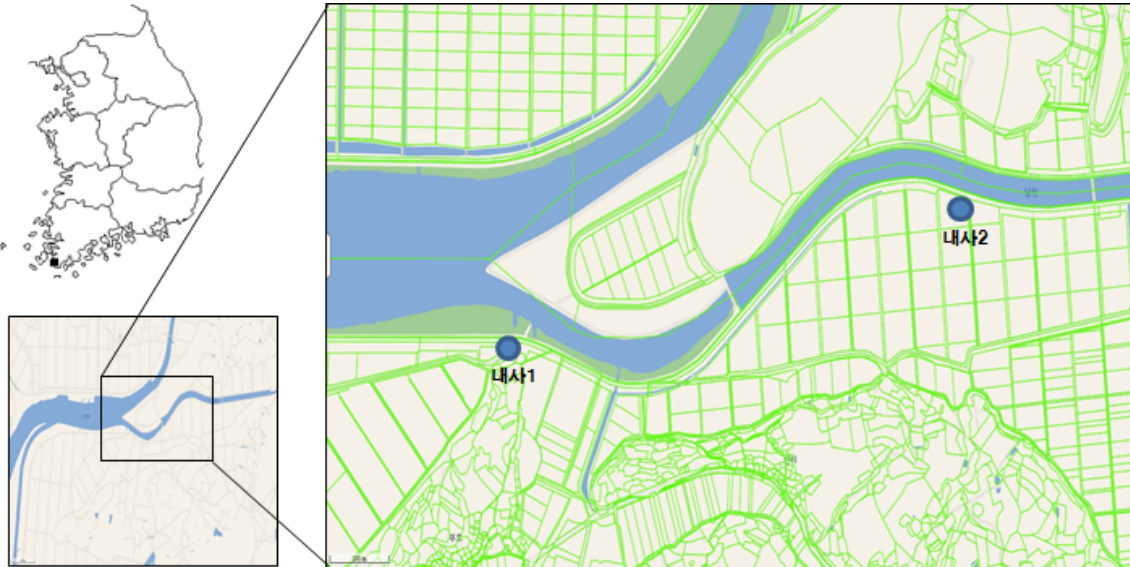
<조성2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 보성군 조성면 덕산리에 위치하는 조성1 관측공은 득량만과 접해 있으며, 조성천을 따라 발달된 간척 농경지가 넓게 분포하고 있다. 관측공은 득량만과 바로 인접하여 있어 조수간만 현상에 의해 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투를 관측하고자 관측공을 설치하였다. 또한 이 지역은 주변농경지 농업용 지하수 사용으로 인한 염해피해의 민원이 상시 발생되고 있는 바, 장기적인 수질을 관측하고자 관측공을 설치하였다. 보성군 조성면 덕산리에 위치하는 조성2 관측공은 득량만과 접해있으며, 조성천을 따라 발달된 간척 농경지가 넓게 분포하고 있다. 해수침투 조성1 관측공과 거리는 1 km가량 떨어져 있고, 득량만의 조수간만 현상에 의해 유입되는 해수의 영향을 장기적으로 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 조성1 관측공은 전구간 전기전도도가 약 47,000 ~ 55,000 $\mu S/cm$ 범위로 염수로 포화되어 있음을 지시한다. 조성2 관측공은 심도가 증가할수록 전기전도도는 증가하며, 약 30 m 구간 이후로 약 44,000 $\mu S/cm$ 내외까지 증가하는 것으로 보아 전 구간에 염수가 포화된 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 조성1, 조성2 관측공은 공통적으로 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 131.71, 161.63으로 분석되어 심각한 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 조성1 관측공의 지하수위는 해수면 아래에 위치하며, 설치 이후 점차 증가하는 경향이 나타나며, 전기전도도는 초기 증감 현상이 나타나다가, 이후 안정되어 50,000 $\mu S/cm$ 내외 값을 유지하고 있다. 조성2 관측공의 경우 갈수기에서 풍수기로 갈수록 수위가 상승하는 경향이 나타나며, 전기전도도는 풍수기로 갈수록 감소하는 경향이 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 조성지구 조성1, 조성2 관측공은 해수침투의 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타남에 따라, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.7.30 내사지구

1. 위치

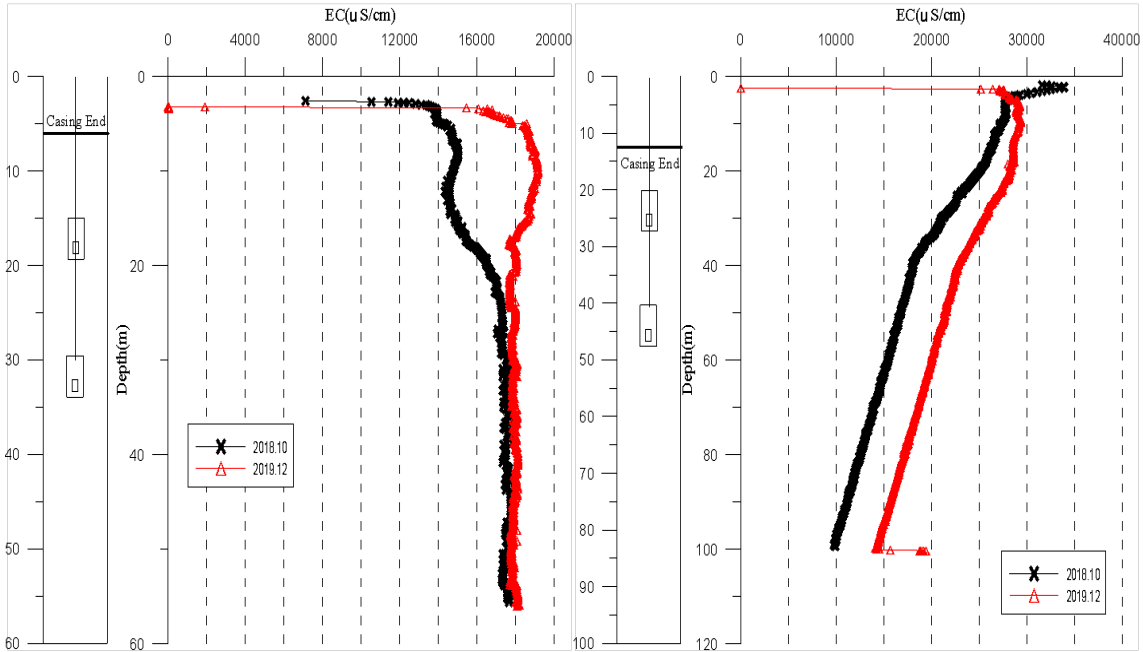


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
내사1	해남군 해남읍 내사리 1749-6	155.297.010	217055.370	2.14	2018	5600	0.27
내사2	해남군 해남읍 내사리 1725-1	156953.270	217437.840	2.98	2018	7200	1.28

2. 지형 및 지질

해남군 해남읍 내사리에 위치한 내사1, 내사2 관측공은 해남군 남서쪽에 위치하며, 동쪽으로는 두륜산, 서쪽으로는 서해가 분포한다. 남서쪽 7 km 지점에 고천암 방조제가 분포하며, 방조제 건설에 따른 경지정리가 완료된 농경지가 소재한다. 내사1, 내사2 관측공은 해안과 각기 5.6 km 및 7.2 km 거리에 위치하며, 서해안의 염수 유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<내사1 관측공>

<내사2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

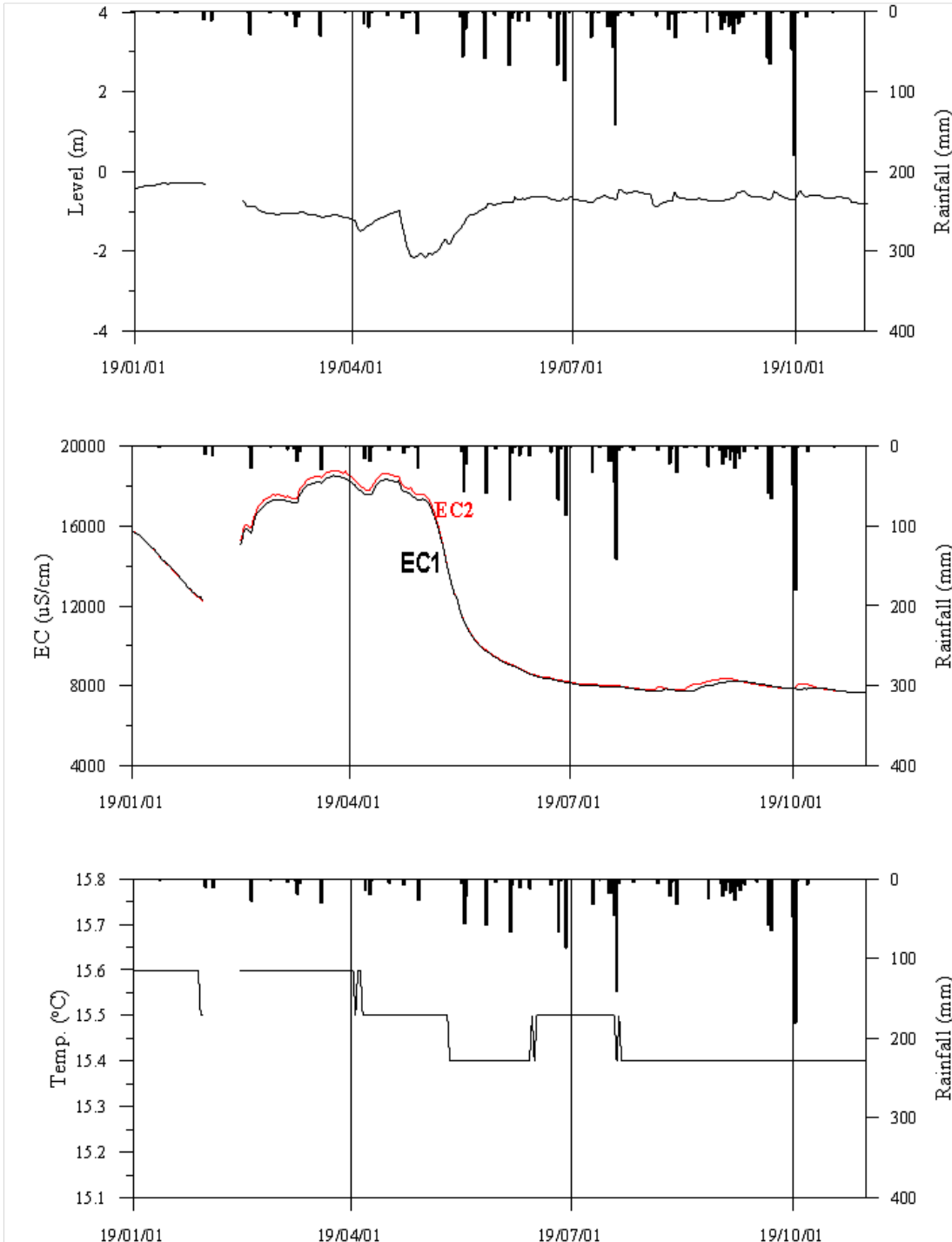
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
내사1	2018. 10	2316.75	305.79	26.64	642.88	647.10	5616.35	149.45	N.D.
	2019. 5	2806.08	342.44	96.82	334.15	682.88	4789.25	311.10	N.D.
내사2	2018. 10	7020.13	790.09	131.92	599.17	1457.38	12790.90	286.70	N.D.
	2019. 5	3759.82	641.47	66.63	976.89	997.95	7953.09	234.85	N.D.

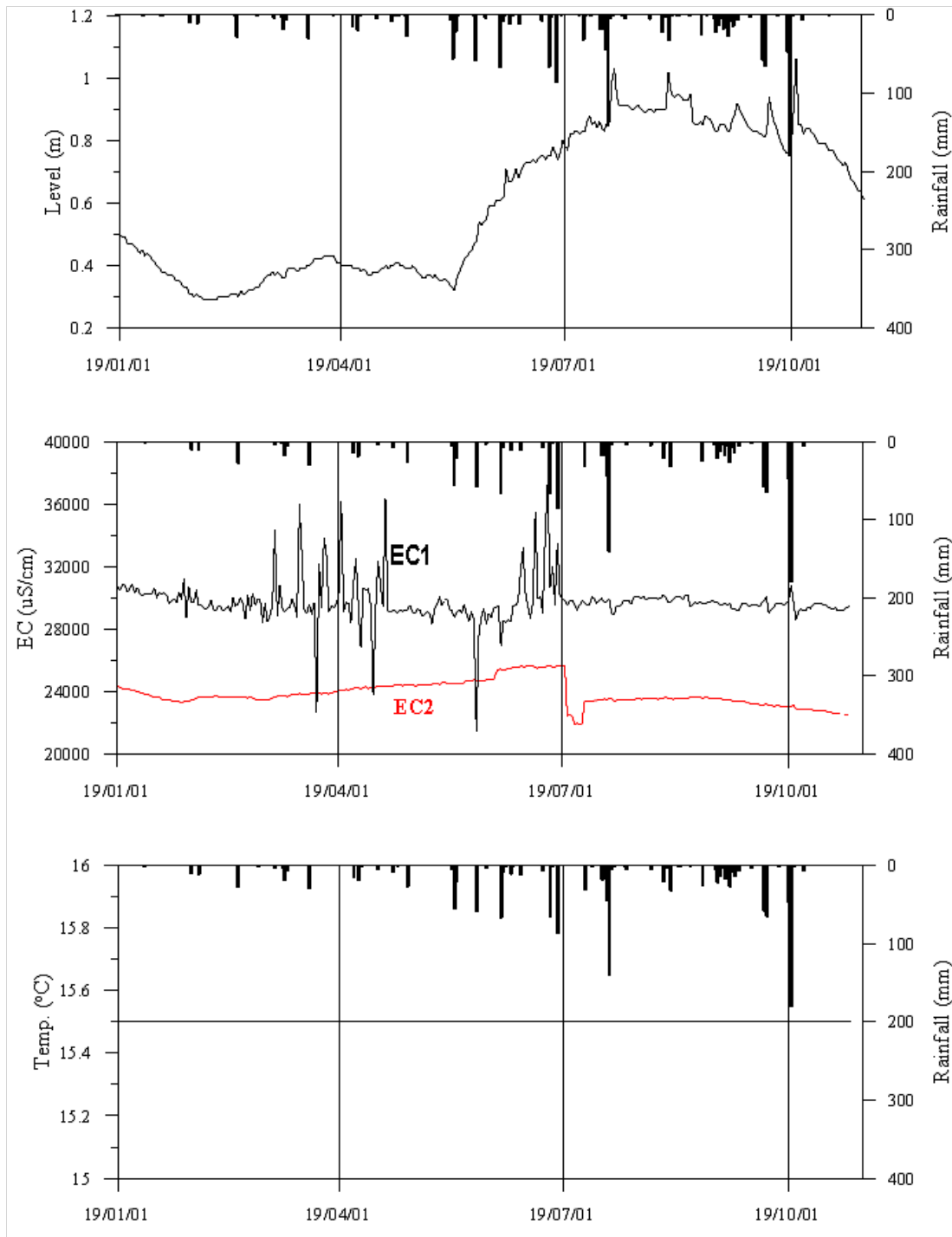
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	내사1	내사2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2018. 10	64.68	76.78
	2019. 5	26.45	58.19

5. 장기관측 결과



<내사1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<내사2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

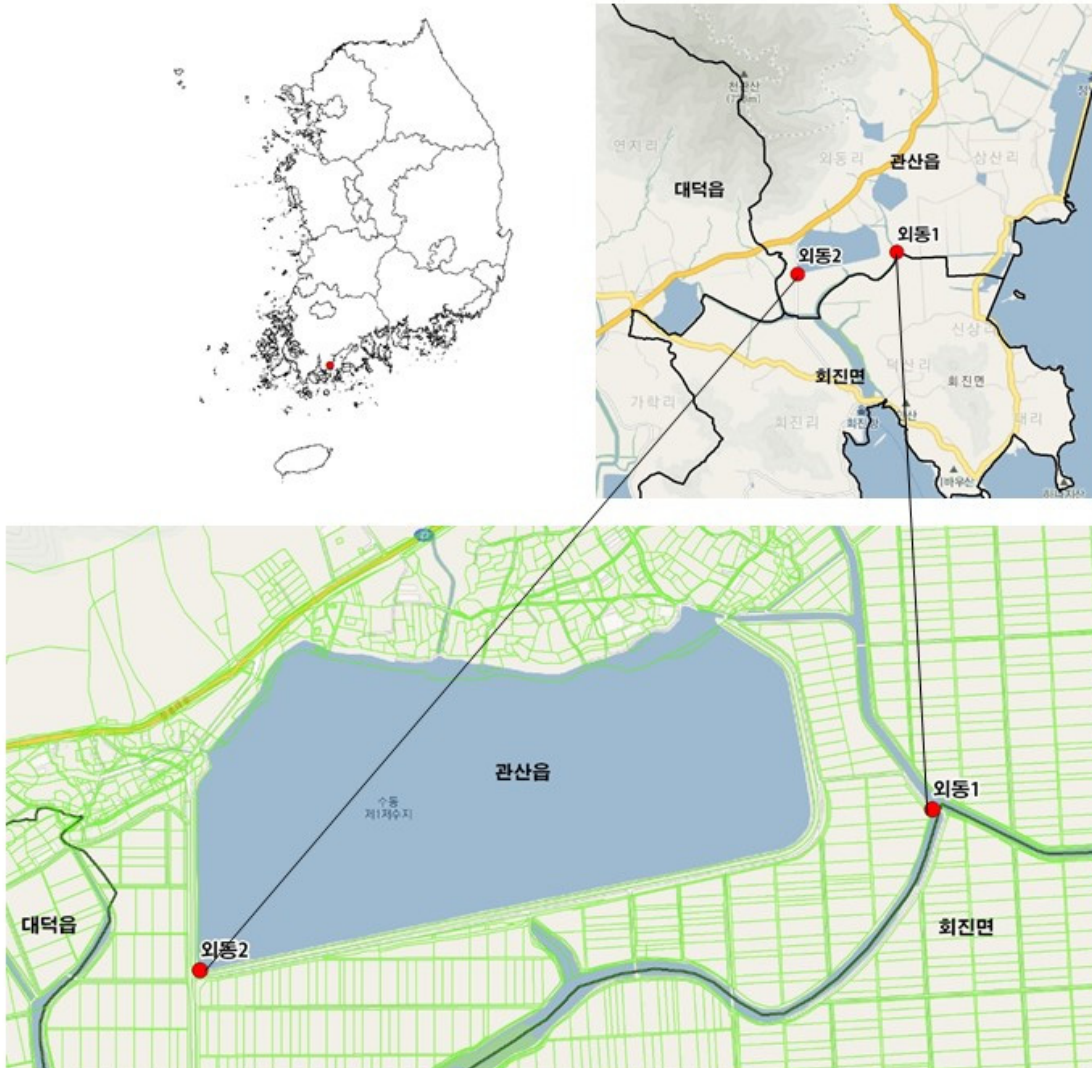
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해남군 해남읍 내사리에 설치한 내사1, 내사2 관측공은 고천암방조제 건설로 형성된 넓은 농경지에 위치한다. 내사1 관측공은 해안으로부터 5.6 km, 내사2 관측공은 7.2 km 지점에 위치하며, 고천암방조제 건설로 조성된 담수호의 염분 증감에 따른 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 내사1 관측공은 전기전도도가 케이싱 하부 6 m 구간에서 18,000 $\mu S/cm$ 로 측정되며, 공저까지 일정하게 유지된다. 내사2 관측공은 상부에서 30,000 $\mu S/cm$ 로 측정된 후 심도가 증가하면서 감소하여 공저인 100 m 내외에서 15,000 $\mu S/cm$ 로 감소한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 내사1, 내사2 관측공은 (Na+K)-Cl 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 26.45, 58.19로 분석되어 해수의 영향이 심각한 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 내사1 관측정은 연중 일정한 수위변동을 나타내고 있으며, 전기전도도는 갈수기인 4월에 18,000 $\mu S/cm$ 까지 상승한 후 감소하여 7월 이후 8,000 $\mu S/cm$ 내외를 유지하고 있다. 내사2 관측정은 풍수기와 갈수기의 수위차가 1 m 내외로 나타나며, 전기전도도는 연중 일정한 범위 내에서 변동하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 내사1, 내사2 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 직접적으로 발생함에 따라 영농에 직접 활용이 불가능하다. 추후, 지속적으로 관측하여 해수침투 증감 여부를 관측해야 한다.

2.7.31 외동지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
외동1	장흥군 관산읍 외동리 1047-4	212219.176	195138.545	2.077	2019	1,900	0.1
외동2	장흥군 관산읍 외동리 1146-1	211843.447	193503.622	2.833	2019	3,600	1.9

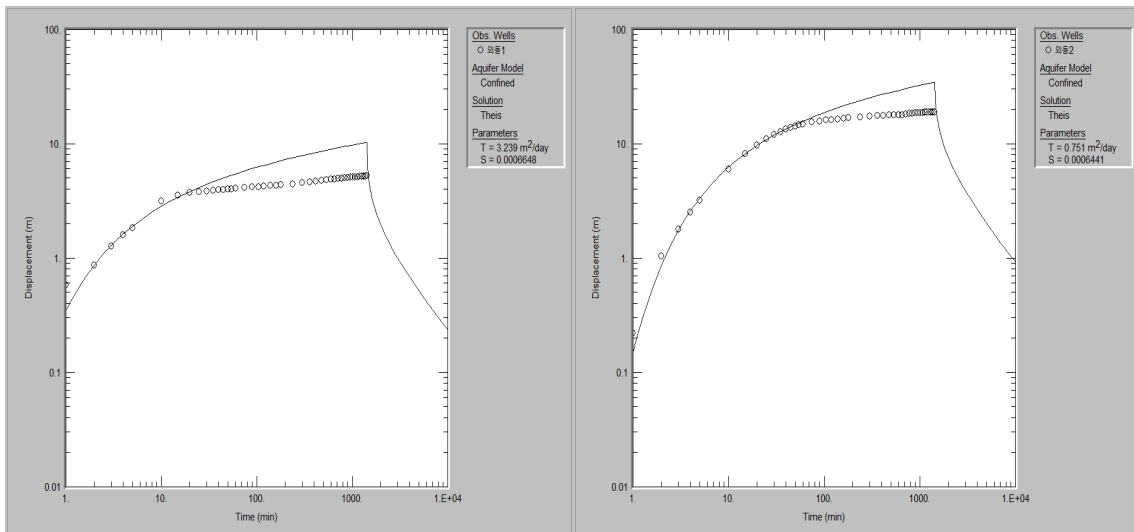
2. 지형 및 지질

이 지역은 장흥군 관산읍 외동리에 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

신규 설치한 외동1, 외동2 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



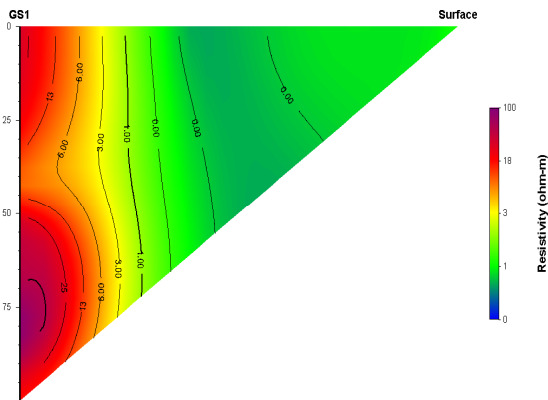
<외동1 관측공 양수시험 그래프>

<외동2 관측공 양수시험 그래프>

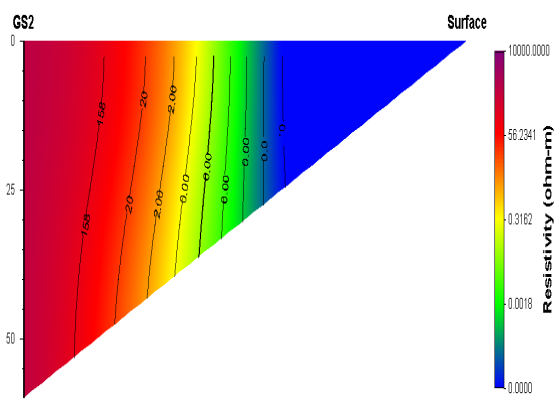
관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
외동1	50	3.239	4.803×10^{-5}	78
외동2	50	0.751	3.947×10^{-5}	22

◎ 전기비저항 탐사

외동1, 2 관측공은 단일 시추공이며, 시추공 심도 100 m 깊이에 케이싱이 심도 22 m, 38 m 깊이까지 설치되어 단일 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피 탐사가 불가능한 지역이다. 해수침투의 영향을 판단하기 위하여 지표면에 전극을 설치하여 전기비저항탐사를 수행하였다. 전극배열 방법은 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)을 이용하였고, 자료해석은 지표면 자료를 이용하여 역산(inversion)하였다. 관측공 2곳 모두 지표하 전 구간에서 고저비저항대가 분포하는 것으로 분석되었다.

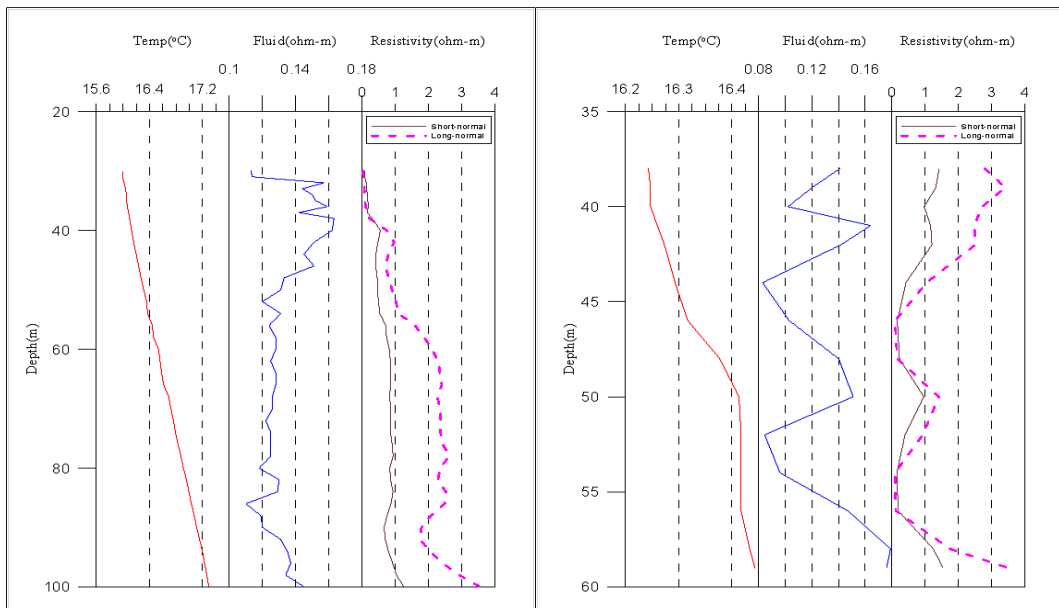


<외동1 관측공 전기비저항 탐사>



<외동2 관측공 전기비저항 탐사>

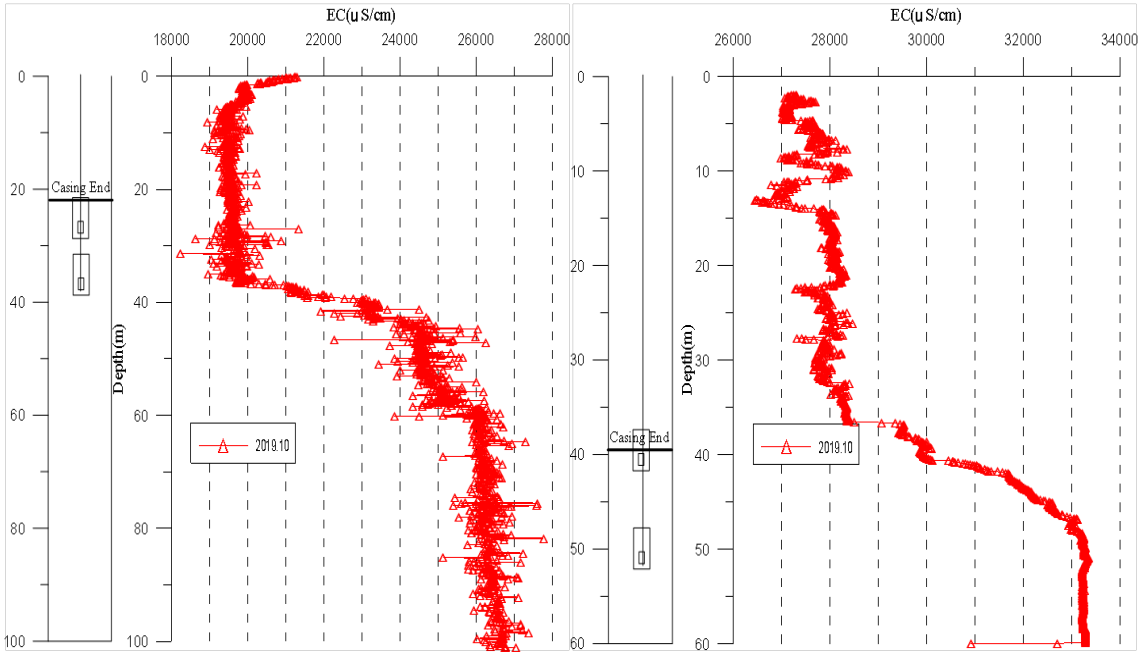
◎ 물리검층



<외동1 관측공 물리검층>

<외동2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<외동1 관측공>

<외동2 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 ⁻
외동1 (2019. 11)	4501.68	621.01	108.68	717.72	1160.08	8215.37	61.00	N.D.
외동2 (2019. 11)	1232.91	1057.68	43.26	3372.21	1017.62	9273.62	27.45	33.55

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		
	년월	외동1	외동2
Cl/HCO ₃ 몰비	2019. 11	231.42	580.51

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 외동지구에 해당되는 장흥군 관산읍은 해안에서 가깝고, 단위면적당 관정개발밀도가 잠재오염원 189개소, 단위면적당 오염발생부하량도 높아 지하수 수질오염 등을 관측하기 위하여 관측공을 이동 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층결과 ; 외동1, 2 관측공의 양수량은 각 50 m³/d 이며, 수리전도도는 $3.947 \sim 4.803 \times 10^{-5}$ cm/sec(대수층 두께, 78, 22 m)이다. 관측공을 포함한 주변지역에 대한 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사 결과, 지표하 전구간에서 고비저항대가 나타난다. 물리검층 결과 외동1 관측공의 Fluid는 0.11 ~ 0.16 ohm-m 범위를 보이며, 전기비저항 측정결과 단노말(16"), 장노말(64") 값이 상부 50 m 까지는 유사하며 이후 구간에서는 멀어지는 양상을 보여준다. 외동2 관측공은 0.08 ~ 0.18 ohm-m 범위를 보이며, 단노말-장노말 값은 45 ~ 57 m 구간에서 유사하게 나타나는 것으로 보아 파쇄대가 발달한 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 외동1 관측공은 40 m 구간에서 전이대가 발달하여 20,000 $\mu S/cm$ 에서 26,000 $\mu S/cm$ 증가하고 있으며, 공저까지 값의 변동은 없다. 외동2 관측정은 40 m 구간에서 전이대가 나타나며, 26,000 $\mu S/cm$ 에서 32,000 $\mu S/cm$ 로 증가하고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 외동1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, 외동2 관측공은 Ca-Cl 유형으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비는 각각 231.42, 580.51로 해수의 직접적인 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 외동지구는 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 있는 것으로 판단되므로, 향후 지속적인 전기전도도 변화를 모니터링해야 할 것으로 판단된다. 또한 적정 양수량 이내로 지하수를 개발·이용해야 한다.

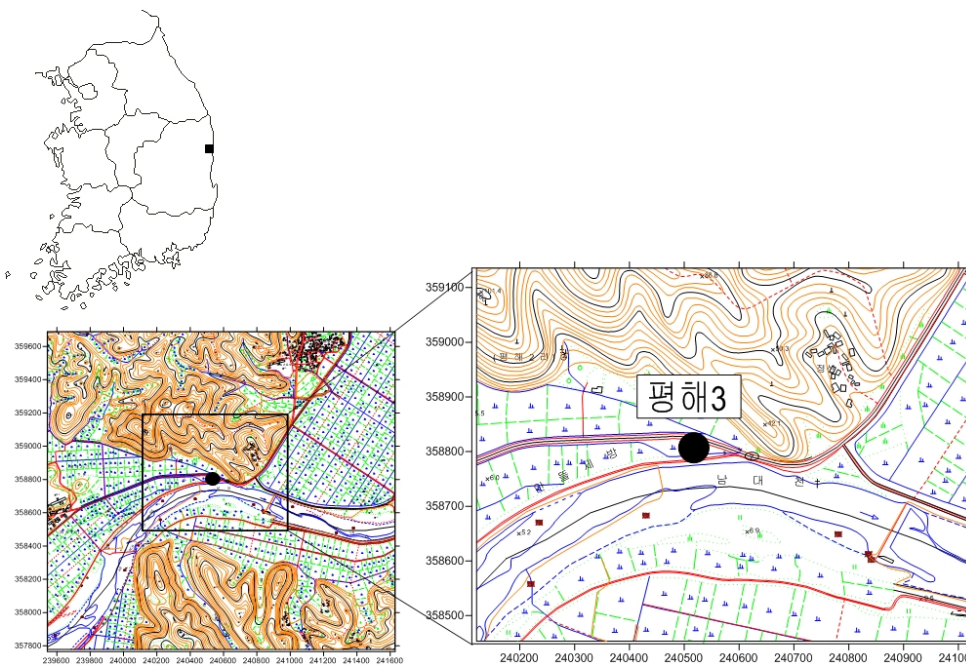
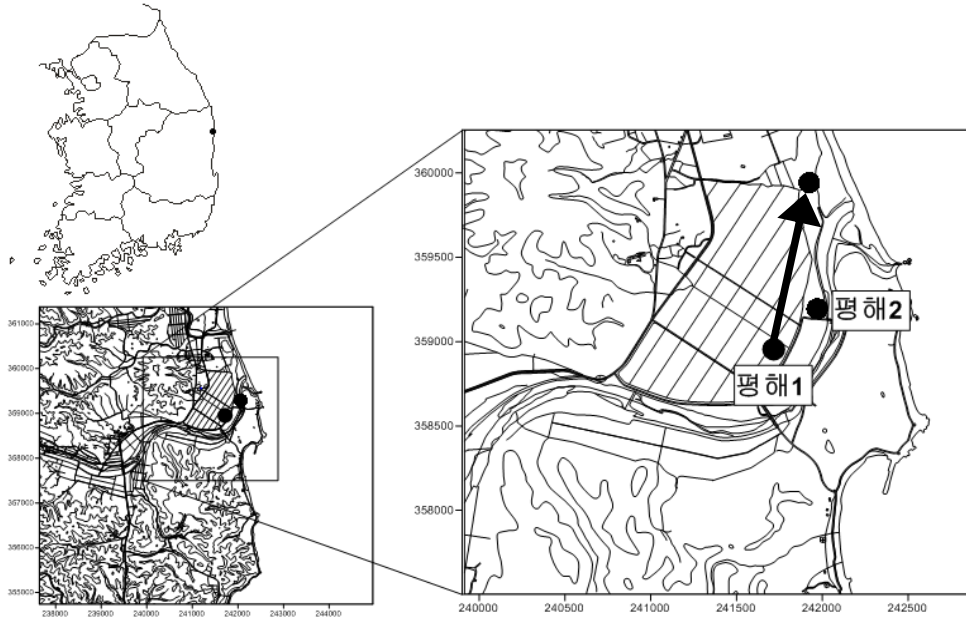
부록 2.8 경상북도

2.8.1	평해지구(울진군)	.....	부록	-	533
2.8.2	곡강지구(포항시)	.....	부록	-	543
2.8.3	강구지구(영덕군)	.....	부록	-	552
2.8.4	병곡지구(영덕군)	.....	부록	-	557
2.8.5	하서지구(경주시)	.....	부록	-	562
2.8.6	연일지구(포항시)	.....	부록	-	568
2.8.7	감포지구(경주시)	.....	부록	-	574
2.8.8	근남지구(울진군)	.....	부록	-	580
2.8.9	후포지구(울진군)	.....	부록	-	584
2.8.10	상원지구(영덕군)	.....	부록	-	588

부록 2.8 경상북도

2.8.1 평해지구

1. 위치



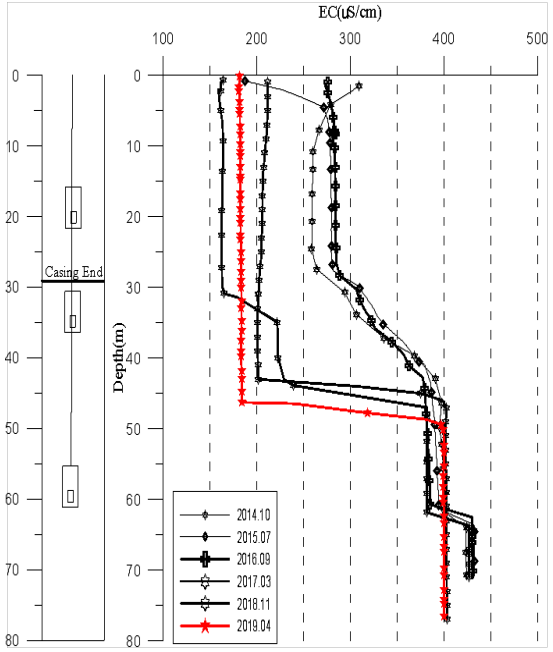
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
평해1 (신)	울진군 평해읍 월송리 1369	241860.349	359877.556	2.94	2014	320	2.42
평해2	울진군 평해읍 월송리 33-1	241906.263	359130.238	3.34	2009	550	2.82
평해3	울진군 평해읍 평해리 16	240387.837	358781.8129	7.80	2016	1,900	7.50

* 평해1 : 2014년 신규관정으로 이동 설치함.

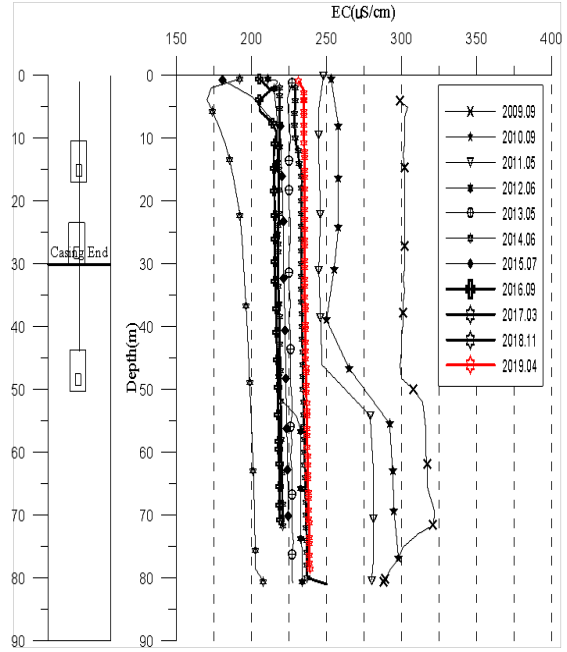
2. 지형 및 지질

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.

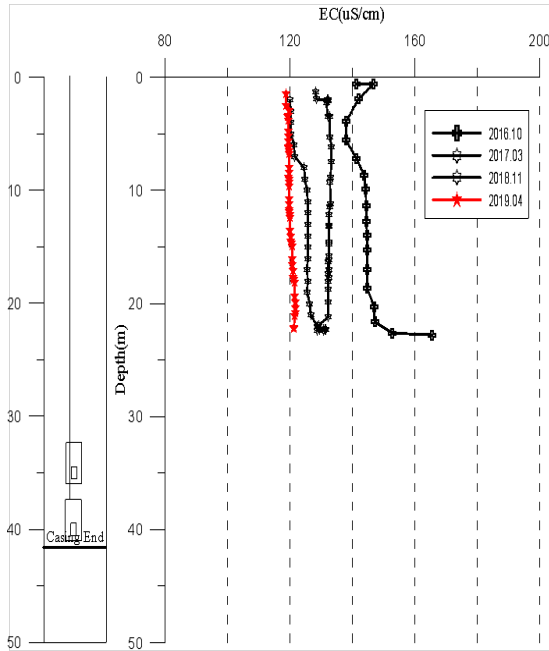
3. 지하수 검층



<평해1 관측공>



<평해2 관측공>



<평해3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

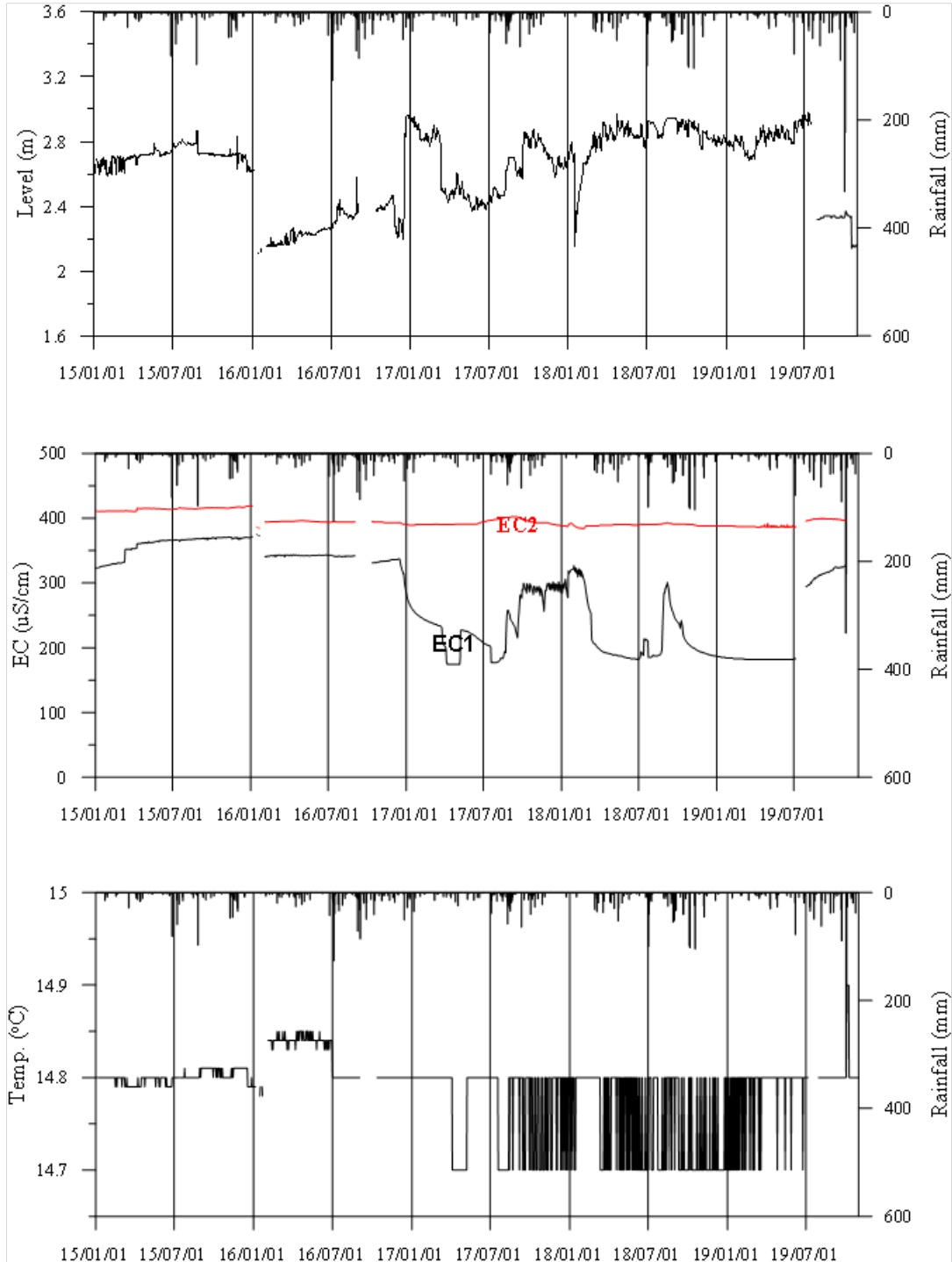
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
평해1 (구)	(2008.10)	66.76	1.71	6.73	5.19	3.43	9.08	176.90	0.06
	(2009. 9)	62.99	0.39	3.40	2.46	0.66	7.24	173.85	N.D.
	(2010. 9)	59.85	0.49	4.02	3.01	1.21	7.58	163.18	N.D.
	(2011.10)	47.02	0.49	3.47	3.04	1.80	7.14	161.66	N.D.
	(2012. 6)	61.32	1.34	4.91	5.50	14.07	7.91	158.60	N.D.
	(2013. 5)	123.84	6.85	5.33	3.89	4.45	101.12	181.48	0.76
평해1 (신)	(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	N.D.
	(2016. 4)	61.56	2.02	3.63	3.93	0.20	4.90	189.10	N.D.
	(2017. 3)	13.61	4.98	5.53	9.95	-	7.42	85.40	0.05
	(2018. 6)	30.43	3.71	5.86	6.73	-	6.97	103.70	-
	(2019. 4)	16.24	3.60	5.69	7.30	0.05	6.76	79.30	0.28
평해2	(2009. 9)	57.95	0.64	2.53	2.84	3.39	10.98	143.35	N.D.
	(2010. 9)	50.96	0.28	1.51	2.04	0.54	9.22	126.59	N.D.
	(2011.10)	37.57	0.25	1.43	2.41	0.26	8.53	140.30	N.D.
	(2012. 6)	49.45	0.27	1.56	2.35	0.10	8.89	115.90	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 7)	54.18	0.31	1.45	2.19	0.16	10.10	128.1	N.D.
	(2016. 4)	47.68	0.19	1.52	2.31	0.30	9.70	119.00	0.04
	(2017. 3)	45.85	0.11	1.30	2.52	0.14	8.19	105.23	0.11
	(2018. 6)	50.82	0.20	1.45	2.11	0.14	7.99	112.85	-
	(2019. 4)	43.38	0.42	2.04	2.52	0.14	7.65	109.80	-
평해3	(2016.12)	9.70	4.30	1.59	14.01	10.83	7.92	58.00	0.01
	(2017. 3)	8.73	4.28	1.38	11.78	10.67	8.37	48.00	0.06
	(2018. 6)	10.10	3.66	1.52	8.62	10.55	8.03	39.65	-
	(2019. 4)	7.33	2.55	1.44	6.94	9.03	7.77	30.50	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

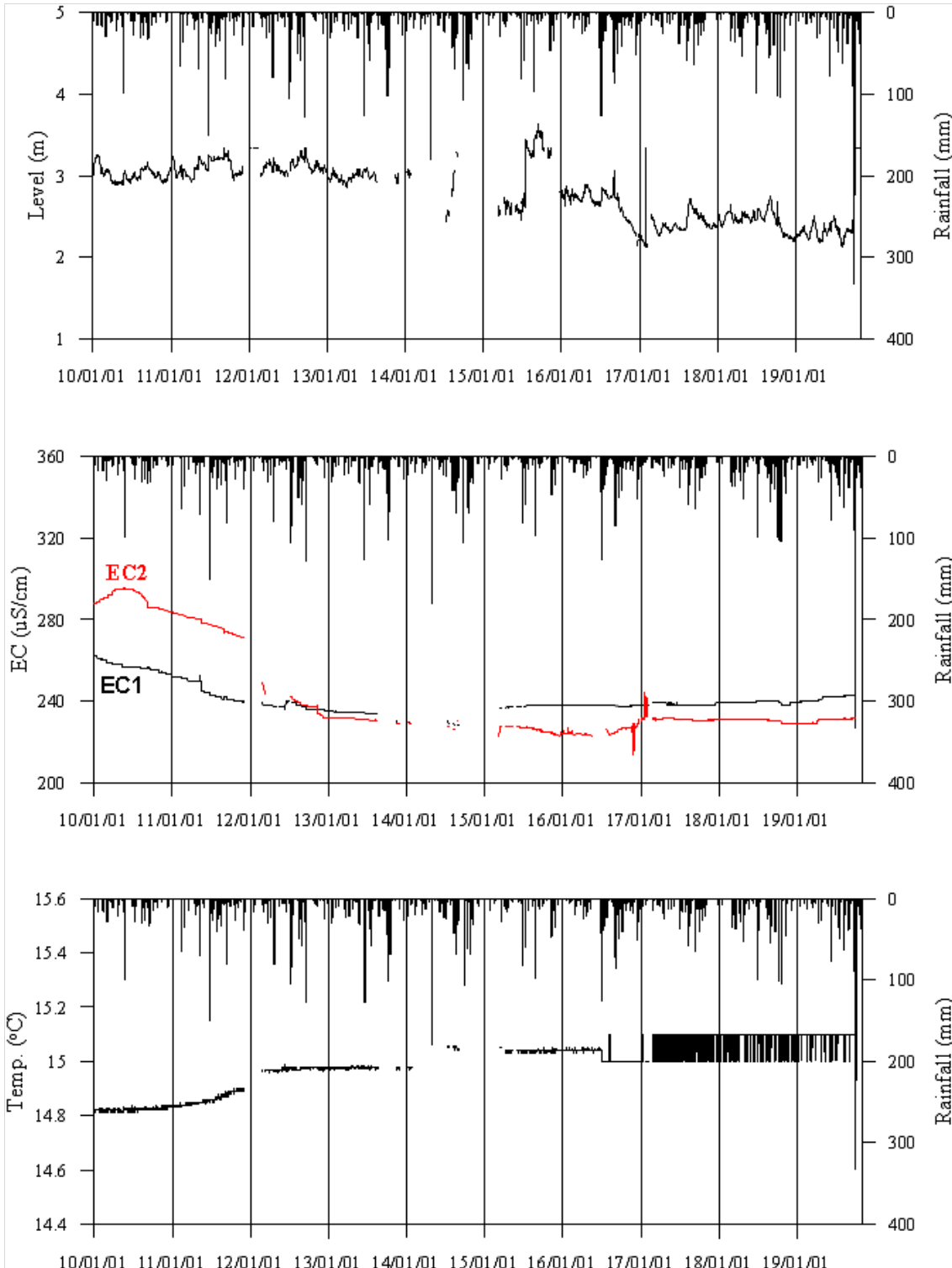
구 분	관측공	평해1	평해2	평해3
	년월			
Cl/HCO ₃ 몰비	2008.11	0.09	-	-
	2009. 9	0.07	0.13	-
	2010. 9	0.08	0.13	-
	2011.10	0.07	0.10	-
	2012. 6	0.09	0.13	-
	2013. 5	0.93	0.12	-
	2014. 6	0.25 (2014.11)	0.17	-
	2015. 7	0.09	0.14	-
	2016. 4	0.04	0.14	0.23 (2016.10)
	2017. 3	0.15	0.13	0.30
	2018. 6	0.12	0.12	0.35
	2019. 4	0.15	0.12	0.44

* 평해1 관측공 : 2014년 이후 분석자료는 평해1(신) 관측공에서 측정된 자료임

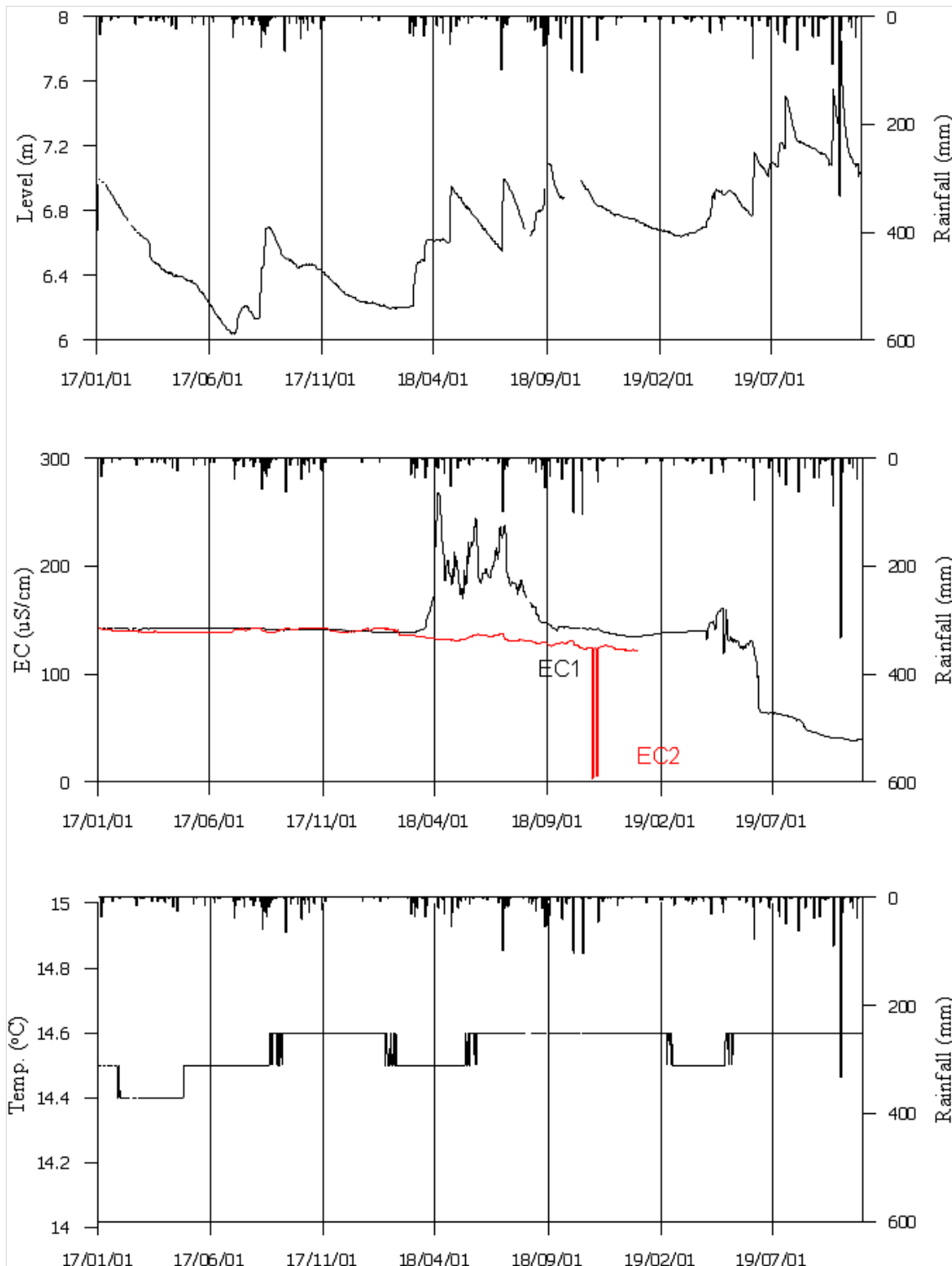
5. 장기관측 결과



<평해1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<평해2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<평해3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

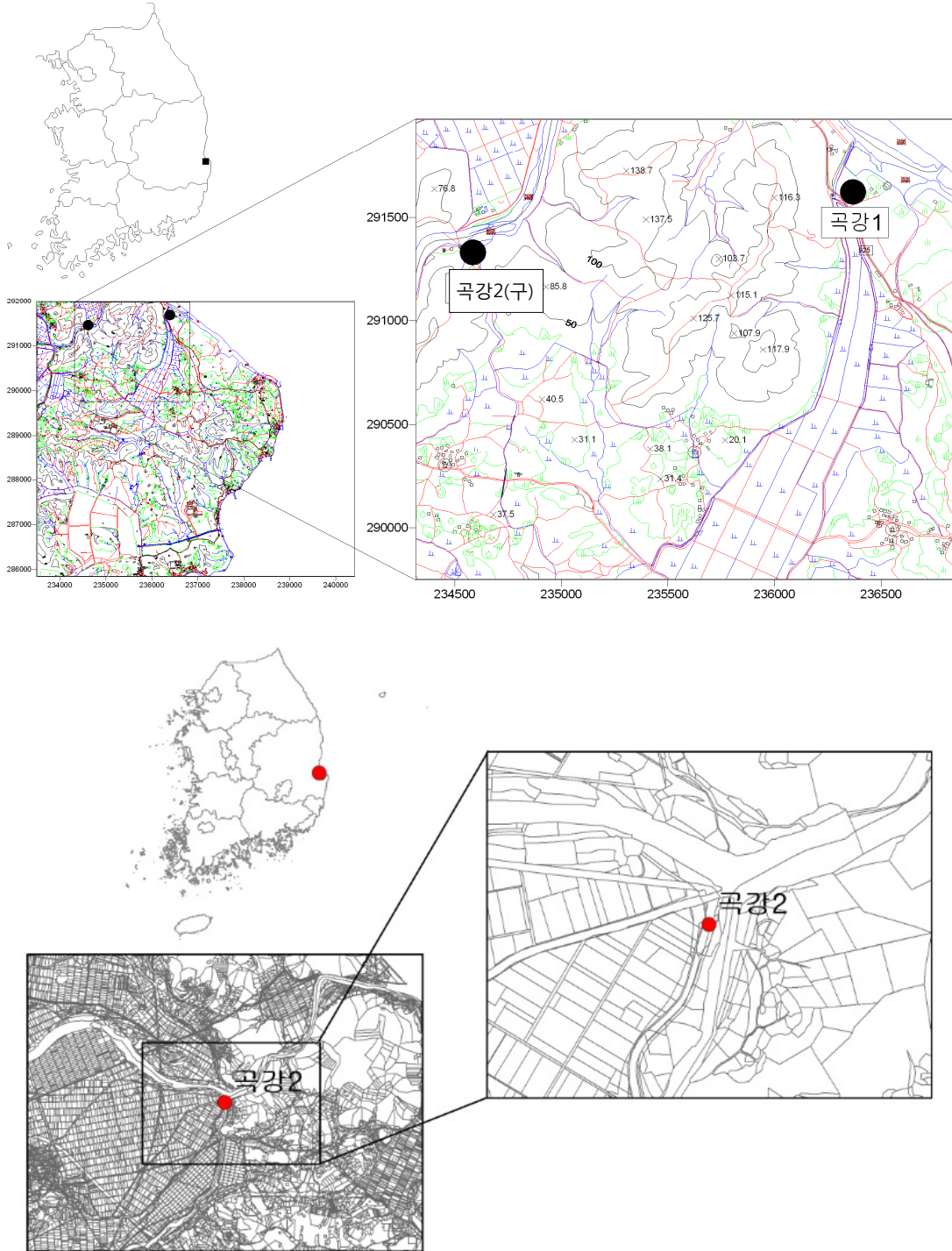
- 1) 위치선정 : 평해1(구) 관측공은 2008년에 설치한 관측망으로 청문조사와 주변 관정 조사를 기초로 해수침투가 예상되는 지점에 설치하였다. 그러나 관측공 개발지에 비닐하우스가 설치되어 관측이 불가능해짐에 따라 2014년에 평해1(신) 관측공으로 이설하였다. 평해2 관측공은 2009년 해안으로부터 550 m 떨어진 곳에 설치하였다. 이는 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위함이다. 평해3 관측공은 해안과 약 1.9 km 떨어진 곳에 위치해 있고, 염수유입 현상이 발생할 우려가 있으므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 2014년 이설된 평해1(신) 관측공의 전기전도도는 약 $450 \mu S/cm$ 이하로 나타나며 심도 30 ~ 40 m 구간에서 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. 평해3 관측공은 전기전도도가 약 $120 \sim 166 \mu S/cm$ 범위로 나타나고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 평해1(신), 평해2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비도 각각 0.04 ~ 0.25, 0.10 ~ 0.17 범위로 해수의 영향이 적은 것으로 분석되었다. 평해3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이고, Cl/HCO₃ 몰비는 0.23 ~ 0.44 범위로 나타나 해수의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 2014년에 이동 설치된 평해1(신) 관측공은 2016년 1 ~ 2월에 지하수위가 2.5 m에서 2.2 m 로 하강하는 추세였으나 2017년 이후 원래 수위를 회복하였다. 평해2 관측공은 2010년에 관측을 시작하여 2013년까지는 유사한 패턴을 나타내나 2014년, 2015년 가뭄의 영향으로 수위가 약 0.5 m 하강하였다가 2015년 6월 ~ 10월에는 강수의 영향으로 약 1.0 m 이상 상승하는 경향이 나타났다. 2016년 1월 이후에는 꾸준히 감소하는 패턴을 보인다. 평해1(신) 관측공의 EC센서는 지하수위가 하강한 2016년 1 ~ 2월에 EC가 감소하였다. 평해2 관측공의 전기전도도는 관측공 개발이후 감소추세이나, 담수 영역에서의 감소로서 그 감소폭은 적은(약 $100 \mu S/cm$ 이하) 편이다. 평해3

관측공은 하절기 지하수위가 강하하지만 그 변화폭은 약 1 m 이내이다.
EC1, EC2는 모두 담수영역이며 유사한 변화패턴을 보인다.

- 5) 관리 방안 : 평해지구는 해수침투의 영향은 없으며, 전기전도도 값의 분포로 확인한 오염원의 유입도 없다. 평해지구는 장기관측을 통하여 해수 침투 현상의 진행 및 지하수 오염 여부를 점검하여야 한다.

2.8.2 곡강지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
곡강1	포항시 흥해읍 곡강리 466	236276.46	291569.94	3.59	2010	330	2.37
곡강2 (구)	포항시 흥해읍 남송리 산5-1	234502.91	291344.86	6.23	2011	1,850	3.70
곡강2 (신)	포항시 흥해읍 망천리 2-4	393695.088	413978.661	5.207	2019	2,000	0.707

※곡강2(구)는 2019년에 곡강2(신)으로 이설

2. 지형 및 지질

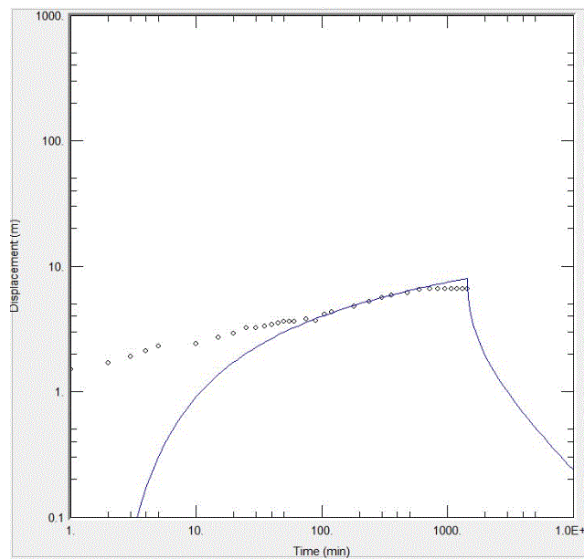
이 지역은 포항시 흥해읍에 위치한 지구로, 농경지는 해안을 향해 썩기모양으로 발달하고 있으며, 북서방향으로는 낮은 구릉성 산지가 있고 남동방향으로는 해안선에 접해 있다. 조사지역의 지질은 중생대 백악기 석영조면암과 신생대 제3기 퇴적층 및 이를 피복하는 신생대 제4기 충적층이 분포하고 있다. 제3기 퇴적층으로는 담갈색의 세일, 이암 및 역암이 협재하고 있는 연일통 이동층과 연녹색, 연회색, 황백색 이암 및 실트스톤으로 구성된 두 층이 이웃하며 조사지역을 넓게 차지하고, 일부 사질세일 및 세일과 황백색 이암을 협재하고 있다.

3.

대수층 수리지질현황

이전 설치된 곡강2(신) 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피를 실시하였다.

◎ 양수시험

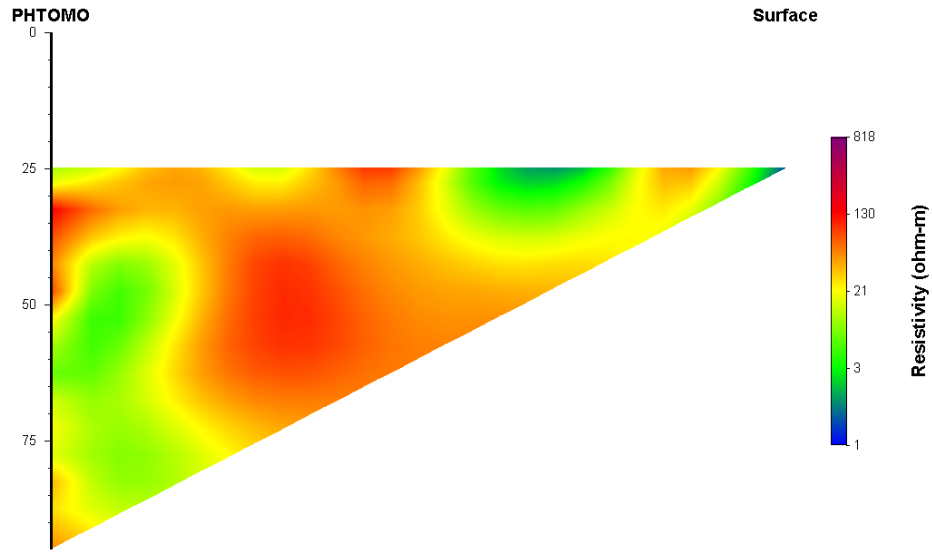


<곡강2(신) 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수(m ² /d)	수리전도도(cm/s)	대수층두께(m)
곡강2(신)	150	8.2275	1.25×10^{-4}	76.0

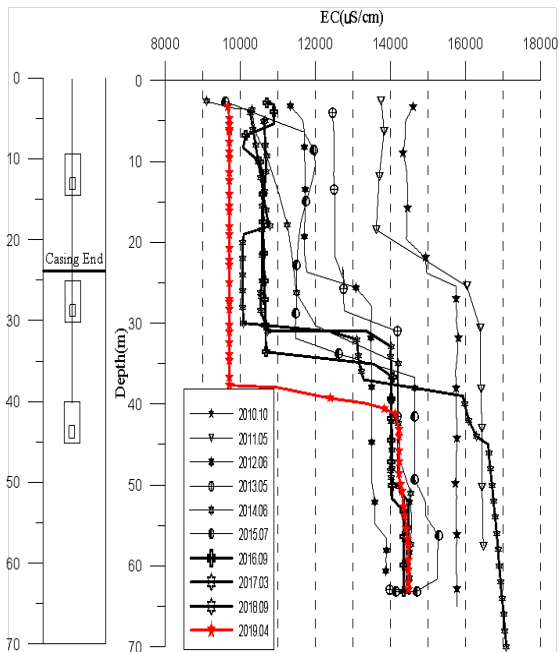
◎ 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사

곡강2(신) 관측공은 단일 시추공이며, 시추공 심도 150 m 깊이에 케이싱이 심도 24 m 깊이까지 설치되어 단일 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피 탐사를 수행하였다. 전극배열 방법은 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)을 이용하였고, 자료해석은 시추공 자료와 지표면 자료를 이용하여 역산(inversion)하였다. 토모그래피 탐사 해석 결과 지표하 40~75 m 부근에서 저비저항대가 나타나 이 구간을 통한 지하수 유동이 추정된다.

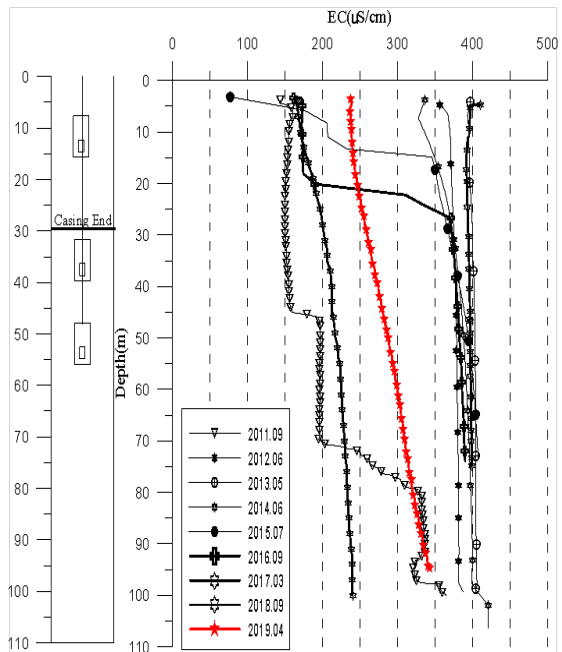


<곡강2(신) 관측공 전기비저항 탐사>

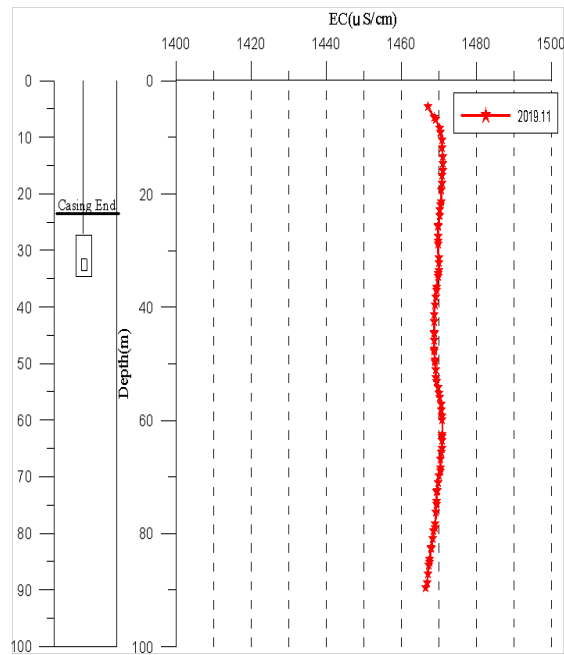
4. 지하수 검층



<곡강1 관측공>



<곡강2(구) 관측공>



<곡강2(신) 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

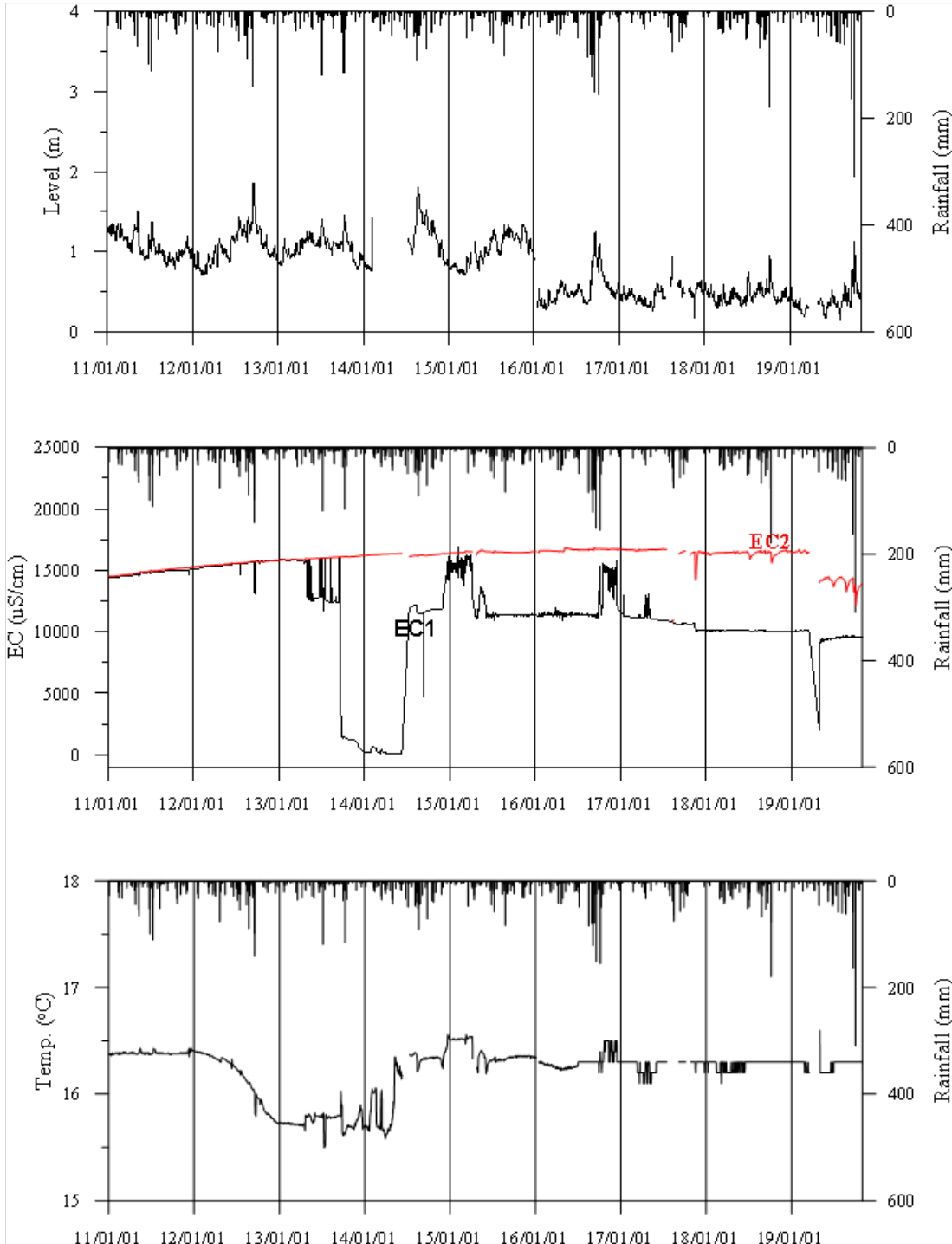
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
곡강1	(2010.10)	2112.56	136.44	33.82	837.19	3.71	5168.86	67.10	12.69
	(2011.10)	1429.94	102.71	29.62	652.75	N.D.	3937.63	9.15	15.79
	(2012. 6)	1941.57	128.24	45.57	648.22	9.44	4378.02	39.65	N.D.
	(2013. 5)	2013.82	119.07	35.76	623.44	N.D.	4520.78	82.35	20.15
	(2014. 6)	1959.92	122.23	45.91	629.56	2.47	4451.40	48.80	N.D.
	(2015. 7)	1830.39	105.21	31.02	534.40	23.66	3789.15	85.4	18.60
	(2016. 4)	1930.80	108.42	32.90	508.06	142.22	4311.51	30.50	N.D.
	(2017. 3)	1612.40	94.55	32.62	556.31	25.47	3871.43	36.60	N.D.
	(2018. 6)	1511.42	93.22	30.54	475.31	110.27	3473.61	67.10	-
	(2019. 4)	1336.76	85.43	54.37	449.48	12.24	2964.94	30.50	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
곡강2 (구)	(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	N.D.
	(2013. 5)	83.75	0.87	1.15	4.36	32.88	45.06	103.71	N.D.
	(2014. 6)	84.67	1.14	1.46	6.00	32.59	59.02	100.66	N.D.
	(2015. 7)	47.92	1.01	1.18	3.80	24.20	36.30	42.7	N.D.
	(2016. 4)	83.59	0.69	1.30	3.32	13.71	24.45	109.80	N.D.
	(2017. 3)	81.86	0.68	0.94	4.40	31.43	44.88	106.75	N.D.
	(2018. 6)	27.14	3.32	2.37	6.27	24.26	25.94	42.70	-
	(2019. 4)	21.62	4.45	2.83	7.86	24.68	24.42	39.65	-
곡강2 (신)	(2019.11)	257.15	10.58	8.47	65.04	61.39	390.03	225.70	

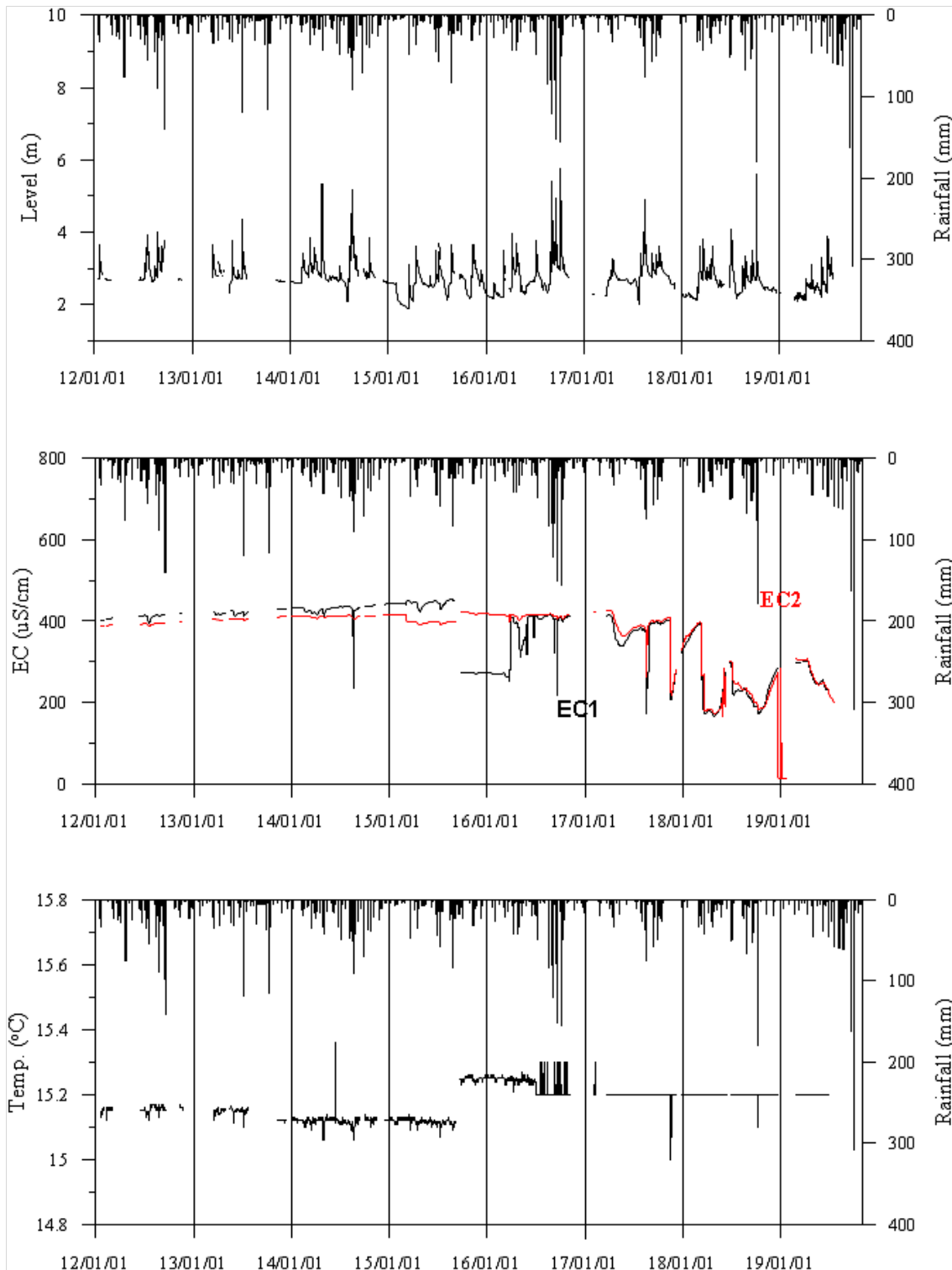
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	곡강1	곡강2 (구)	곡강2 (신)
	년월			
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	-
	2016. 4	243.29	0.38	-
	2017. 3	182.05	0.72	-
	2018. 6	89.09	1.05	-
	2019. 4	167.4	1.06	2.97 (2019.11)

6. 장기관측 결과



<곡강1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<곡강2(구) 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

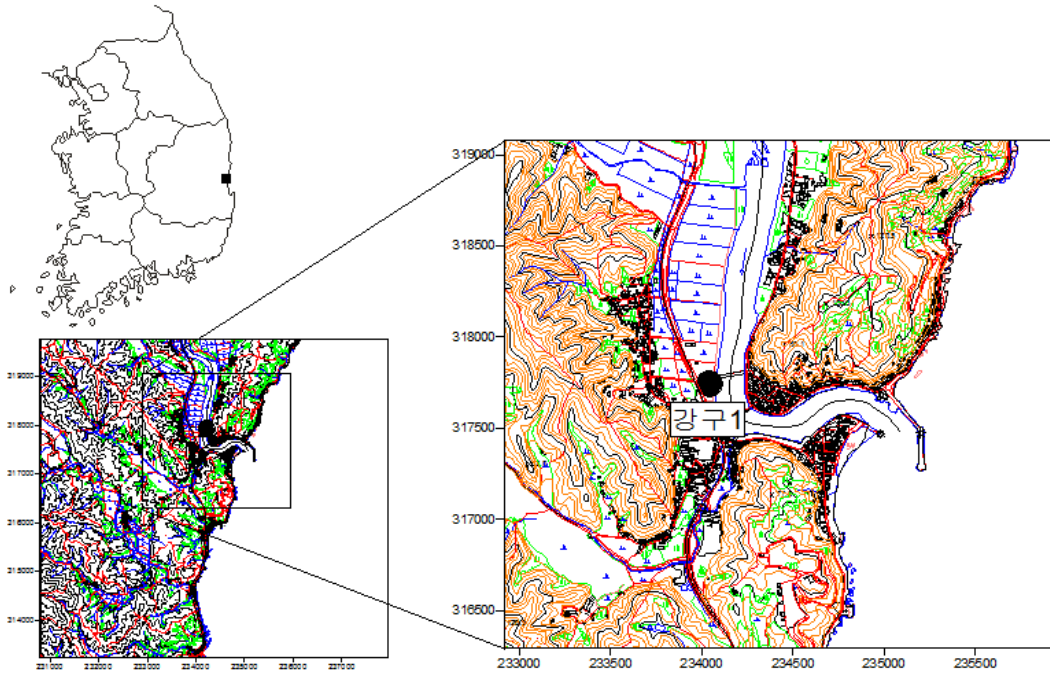
7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 곡강1 관측공은 포항시 흥해읍에 위치하고 있으며, 장기관측 결과 해수침투 영향이 나타나 내륙 쪽으로 곡강2(구) 관측공을 추가 설치하였다. 그런데 당초 설치되어 있던 곡강2(구) 관측공의 통신불량이 빈번하게 발생하여 곡강2(신) 관측공 소재지로 이설하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 곡강2(신) 관측공의 양수량은 150 m³/d로, 수리전도도는 1.25×10⁻⁴ cm/sec(대수층 두께 76 m)이다. 관측공을 포함한 주변지역에 대한 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사 결과, 지표 하 40~75 m 하부에 저비저항대가 나타남에 따라 이 구간을 통한 지하수 유동이 추정된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 곡강1 관측공은 지표 하 35 m 내외에서 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(구) 관측공은 개발당시(2011년)을 제외하고는, 전이대 구간 없이 전기전도도 값은 400 $\mu S/cm$ 이하이다. 곡강2(신) 관측공은 2019년 검층에서 전기전도도가 1,470 $\mu S/cm$ 내외로 전구간 검층되어 해수의 유입을 보였다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 곡강1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당하며, 곡강2(구)는 우세한 양이온, 음이온이 없으나 (Na+K)-HCO₃ 유형을 보인다. 곡강1 관측공의 Cl/HCO₃ 몰비는 76.36 ~ 243.29 범위로 심한 정도의 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었으며, 곡강2(신) 관측공은 2.97로서 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 곡강1 관측공의 평균 지하수위 변동폭은 1.0 m 이내이며, 곡강2(구) 관측공 수위 변동폭은 연간 3.5 m 내외이다. 곡강1, 곡강2(구) 관측공 지하수위는 강수에 민감하게 반응한다. 곡강1, 곡강2(구) 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이후 크게 변동이 없다.
- 6) 관리 방안 : 곡강1, 곡강2(신) 관측공은 해수침투 영향을 받았다. 향후 지하수 이용에 따른 해수침투 경향이 증가할 가능성에 대비해야 한다.

2.8.3 강구지구

1. 위치

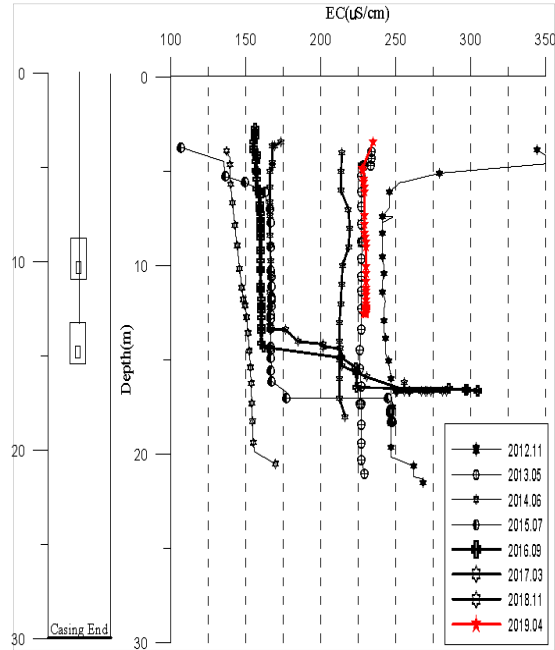


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
강구1	영덕군 강구면 오포리 95-4	234045.69	317758.217	6.17	2012	890	3.60

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 슈라기의 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

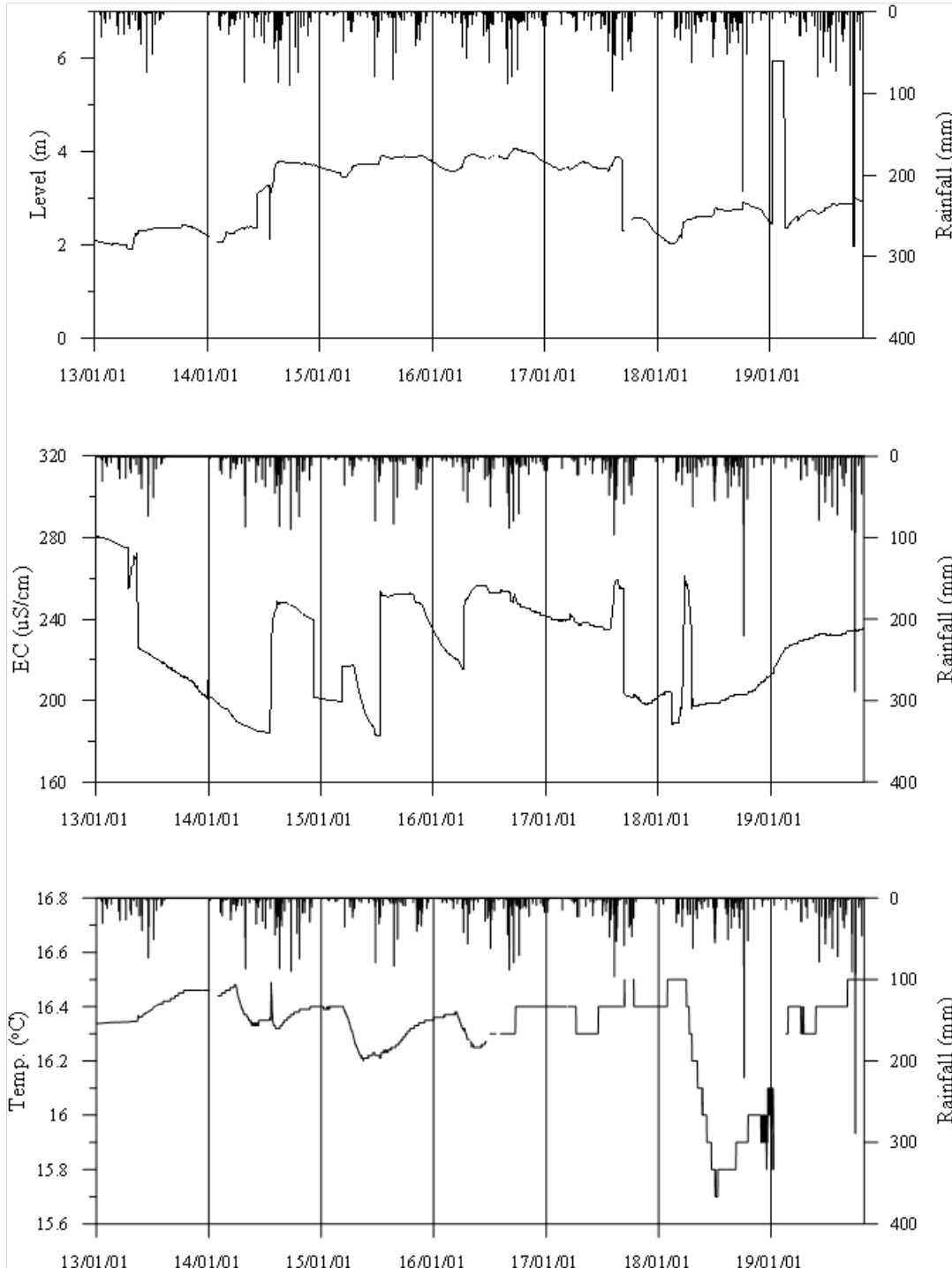
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(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
	(2016. 4)	19.66	5.36	5.21	8.03	1.10	11.31	88.45	0.07
	(2017. 3)	15.33	5.59	5.84	8.60	0.33	10.08	85.40	0.05
	(2018. 6)	18.20	6.32	7.09	11.07	1.53	9.87	94.55	-
	(2019. 4)	16.17	6.18	7.18	15.21	0.24	9.54	106.75	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	강구1
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.11	0.20
	2013. 5	0.13
	2014. 6	0.19
	2015. 7	0.20
	2016. 4	0.22
	2017. 3	0.20
	2018. 6	0.18
	2019. 4	0.15

5. 장기관측 결과



<강구1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

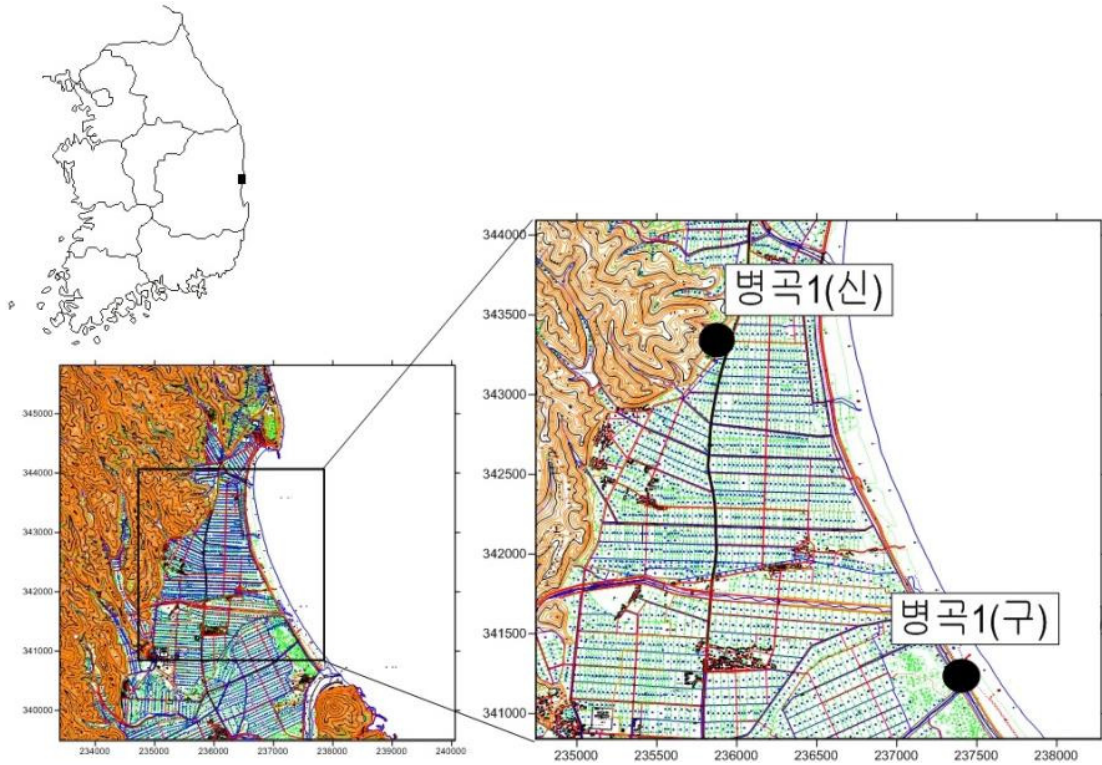
6.

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 0.15로 해수의 영향이 나타나지 않는다.
- 4) 장기 관측결과 : 강구1 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 내외이며, 건기에 감소하고 우기에 증가하는 경향을 보인다. 전기전도도는 관측공 개발이후 약 240 $\mu S/cm$ 내외이다.
- 5) 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.

2.8.4 병곡지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
병곡1 (구)	영덕군 병곡면 덕천리 1-58	237453.37	341329.24	2.55	2012	100	2.56
병곡1 (신)	영덕군 병곡면 영리 278-3	235831.8995	343230.7735	6.134	2016	864	6.134

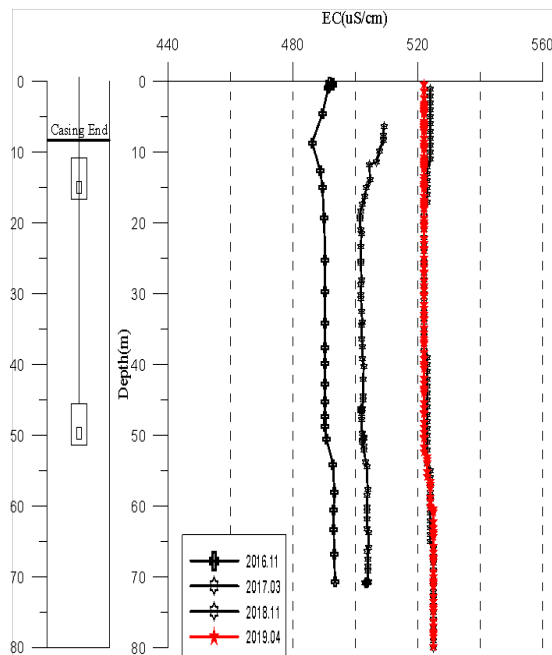
※ 병곡1(구) 관측공은 도로부지 편입으로 2016년 병곡1(신)으로 이동 설치함

2. 지형 및 지질

병곡1(구) 관측공은 영덕군 병곡면에 위치하며, 수계는 조사지역 남쪽으로 송천이 유하하여 동해로 접어든다. 또한, 해안과 인접하여 충적층이 발달하여 농경지가

넓게 분포하고 있다. 이동 설치한 병곡1(신) 관측공도 동해안과 접해 있으며, 인근에 주거지와 농경지들이 넓게 분포하여 있다. 병곡1(신) 관측공은 해안과 약 900 m 떨어진 곳에 위치하며, 해수침투에 의한 농작물 염수피해 발생이 우려되므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다. 지질은 시대미상의 편상화강암이 송천을 경계로 동남쪽에 분포하고, 슈라기 자색사암 및 역암으로 구성된 오천동층이 이를 부정합으로 덮으며 북동방향으로 서쪽에 대상으로 자리하고 있다. 제3기 연일통인 영해 역암층이 조사지역 북쪽으로 국지적으로 분포하고 제4기 층적층이 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<병곡1(신) 관측공 (2016년 이후)>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

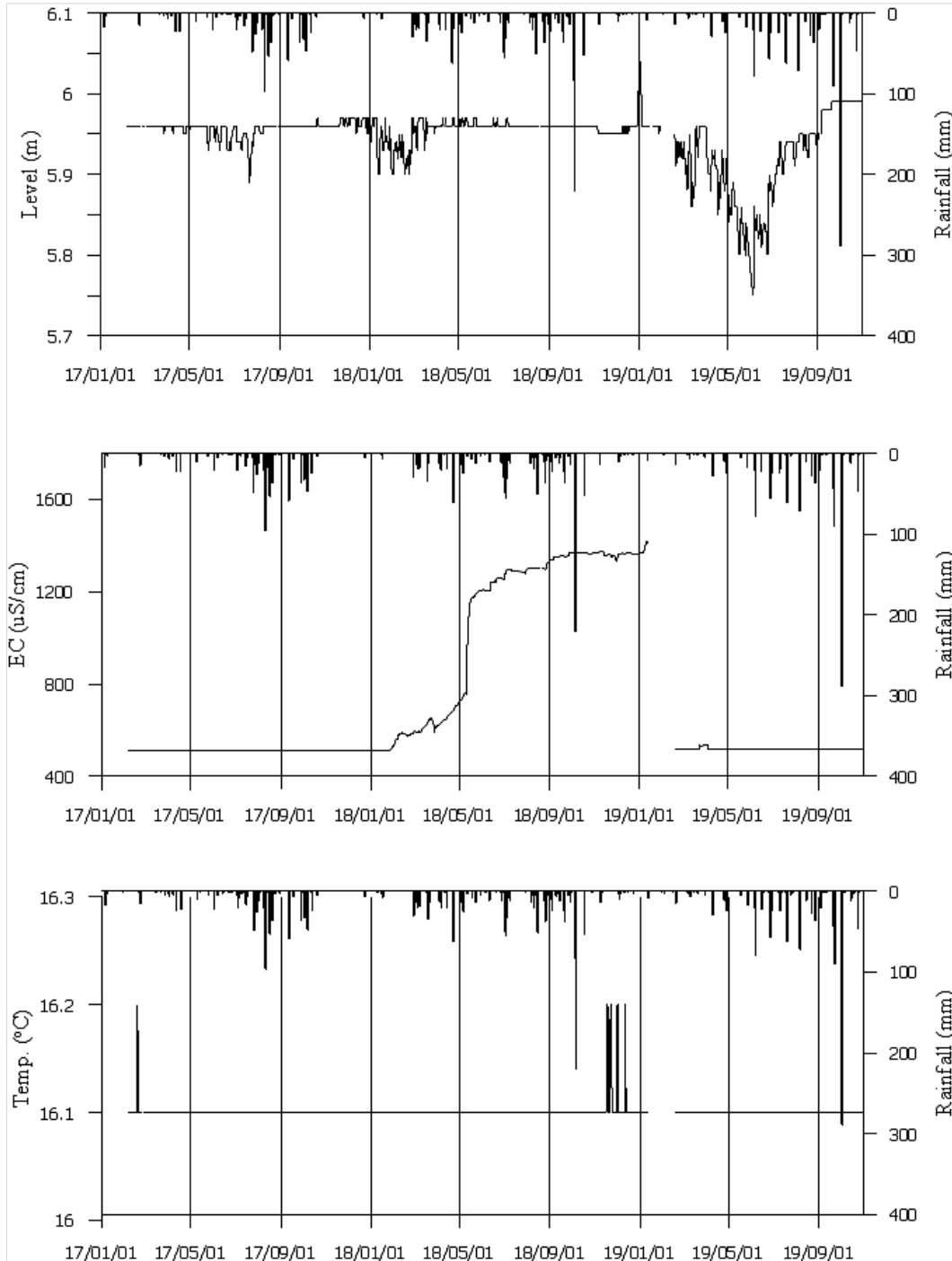
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
병곡1 (구)	(2012.11)	8324.86	828.03	145.59	123.65	511.84	12325.59	2745.00	37.44
	(2013. 5)	7422.11	890.65	316.51	118.86	565.06	11897.70	2571.19	98.93
	(2014. 6)	9031.56	333.24	317.02	72.37	397.55	12421.24	2049.60	N.D.
	(2015. 7)	8123.30	907.14	405.52	52.83	311.99	14377.86	2229.6	64.17
병곡1 (신)	(2016.12)	109.92	2.04	1.76	6.11	5.38	78.37	163.20	0.46
	(2017. 3)	94.55	1.88	1.06	7.16	4.94	82.84	131.15	1.91
	(2018. 6)	108.66	1.95	1.17	5.62	5.94	79.41	140.30	-
	(2019. 4)	98.99	2.03	0.99	5.40	5.67	73.15	131.15	0.88

※ 병곡1 관측공의 2016년 자료는 이동설치한 병곡1(신) 관측공의 자료임

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	병곡1
Cl/HCO ₃ 몰비	2012.11	7.72
	2013. 5	7.88
	2014. 6	10.41
	2015. 7	11.10
	2016.12	0.83(신)
	2017. 3	1.09
	2018. 6	0.97
	2019. 4	0.96

5. 장기관측 결과



<병곡1(신) 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

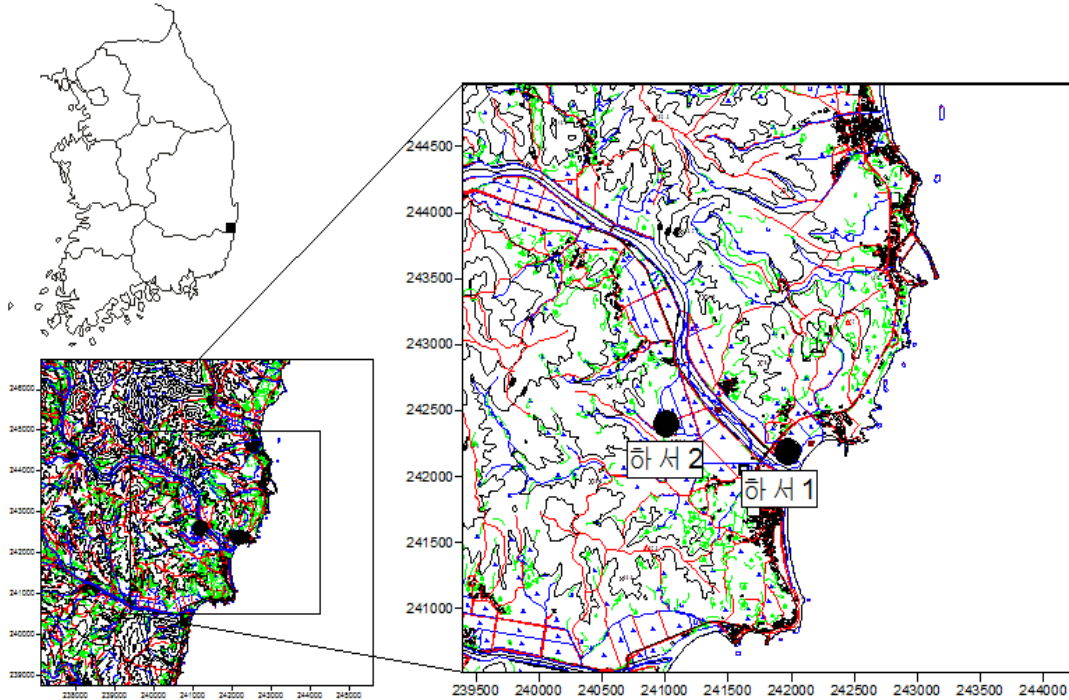
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 병곡1(구) 관측공은 영덕군 병곡면 유역에 위치하고, 농지면적, 지하수이용량, 농업인구 및 농업용 관정분포를 이용한 등급결정 결과 19점에 해당하였다. 도로부지 편입으로 이동 설치한 병곡1(신) 관측공은 동해안과 접해 있으며, 병곡면 소재지로부터 남서쪽으로 약 1.6 km 떨어진 곳에 위치하고 있다. 병곡1(신) 관측공은 해안선으로부터 약 900 m 지점에 위치함에 따라, 해안 대수층을 통한 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 병곡1(신) 관측공은 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 480 ~ 530 $\mu S/cm$ 범위에서 일정한 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 병곡1(신) 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 약한 해수의 영향을 받는 것으로 분석되었다. Cl/HCO₃ 몰비가 0.96으로 나타나 약한 해수침투의 영향을 받는 것으로 분석되므로 지속적인 관찰이 필요한 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 병곡1(신) 관측공의 지하수위 변동은 약 0.3 m로 연중 유사하고, 전기전도도는 500 $\mu S/cm$ 내외 범위에서 일정하게 유지되다가, 2018년 점진적으로 증가하여 1,300 $\mu S/cm$ 까지 증가한 후 2019년이래로 다시 500 $\mu S/cm$ 내외로 하강하였다. 전기전도도 증감에 대한 지속 관측이 필요하다.
- 5) 관리 방안 : 병곡1(신) 관측공은 이온분석 결과 해수침투에 취약한 것으로 나타나고, 장기관측 결과 전기전도도 증가현상이 나타나므로 해수침투의 영향을 꾸준히 모니터링 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

2.8.5 하서지구

1. 위치

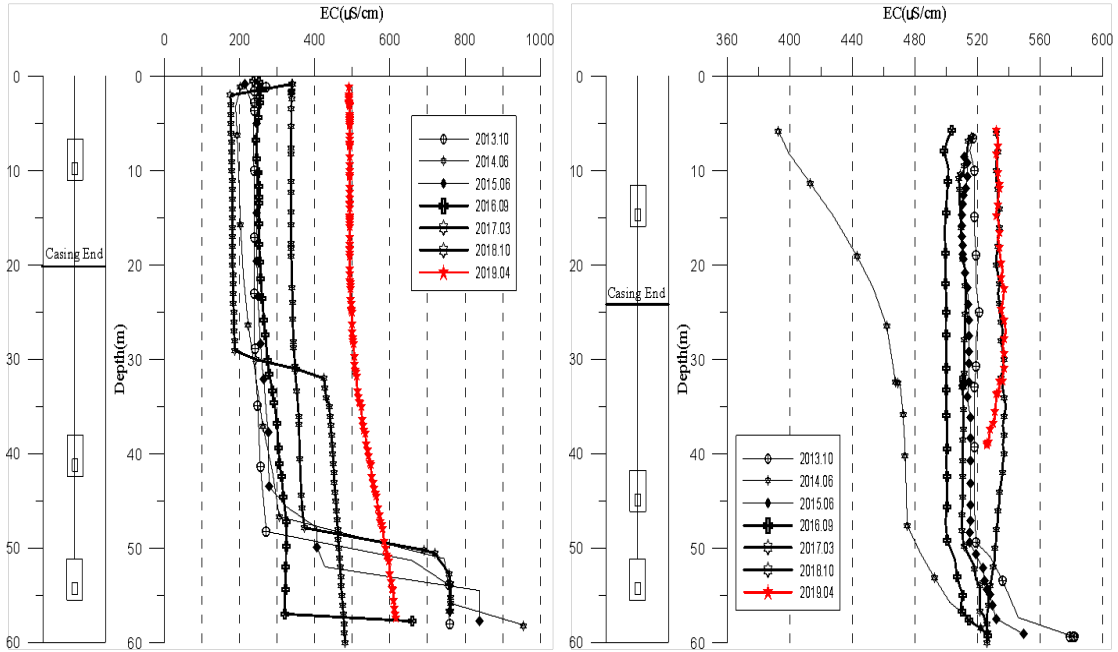


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
하서1	경주시 양남면 하서리 461-3	241977.7983	242179.2343	3.08	2013	100	2.58
하서2	경주시 양남면 하서리 1470-1	241016.2245	242406.1587	10.61	2013	1,300	3.81

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	N.D.
	(2015. 7)	62.16	0.50	2.04	1.19	2.14	12.48	137.3	0.03
	(2016. 4)	67.08	0.50	2.12	1.26	5.22	13.49	152.50	N.D.
	(2017. 3)	78.23	0.77	2.66	1.98	10.01	28.32	155.55	0.49
	(2018. 6)	76.73	0.80	2.79	1.70	8.52	25.58	140.30	-
	(2019. 4)	106.27	0.97	2.79	2.52	21.06	46.44	164.70	-

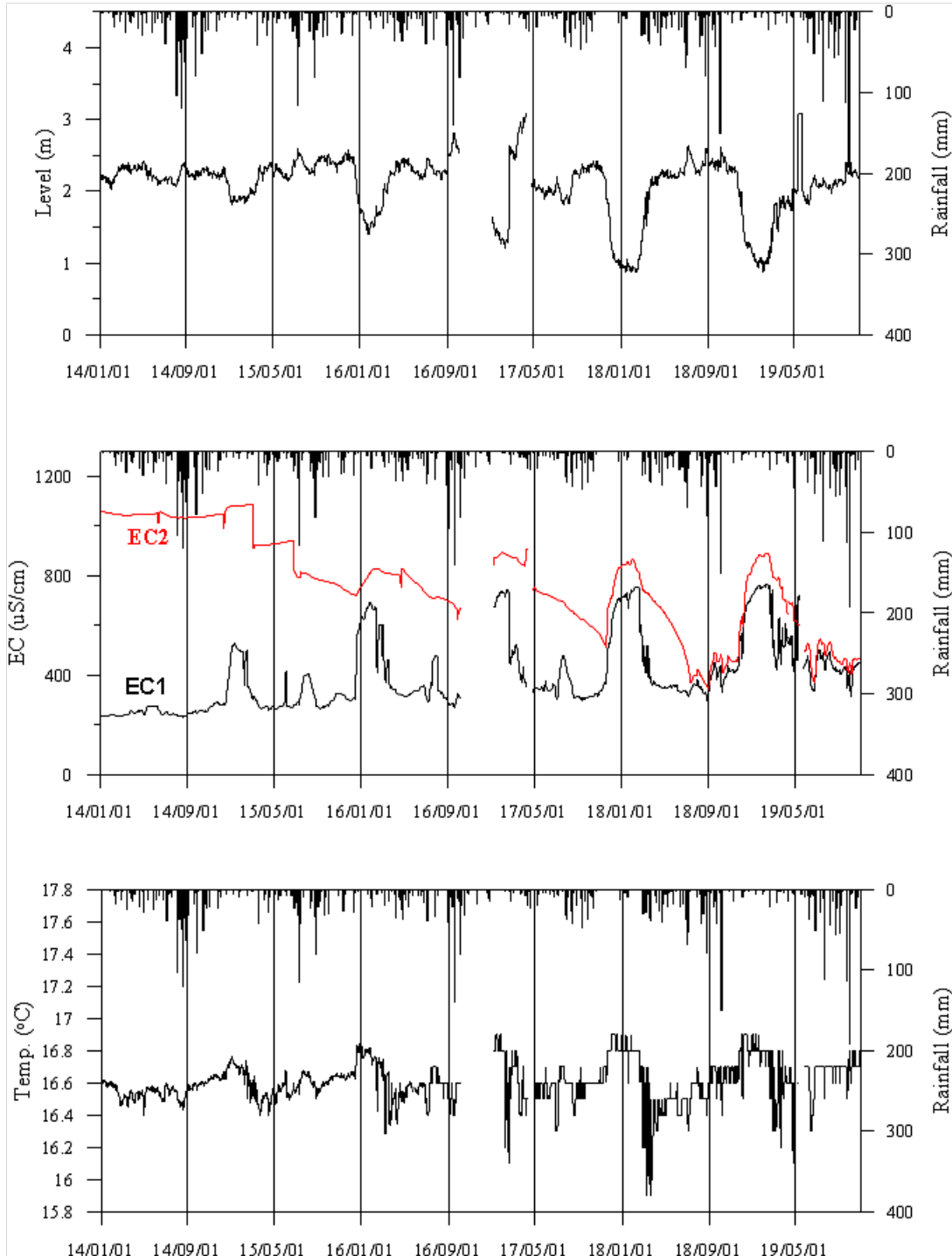
관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
하서2	(2013.10)	95.75	8.34	4.42	13.83	14.96	26.46	265.35	0.09
	(2014. 6)	88.93	6.01	3.55	11.42	11.99	20.12	234.85	N.D.
	(2015. 7)	94.89	7.97	4.80	8.97	12.32	19.45	256.20	0.09
	(2016. 4)	103.47	7.48	3.59	13.27	8.07	12.04	305.00	N.D.
	(2017. 3)	87.36	7.05	4.16	14.49	12.24	19.43	236.38	0.20
	(2018. 6)	98.41	7.26	4.55	12.30	12.94	18.61	262.30	-
	(2019. 4)	107.29	8.03	4.64	14.82	13.27	17.70	366.00	-

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		하서1	하서2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2013. 10		0.33	0.17
	2014. 6		0.54	0.15
	2015. 7		0.16	0.13
	2016. 4		0.15	0.07
	2017. 3		0.31	0.14
	2018. 6		0.31	0.12
	2019. 4		0.48	0.08

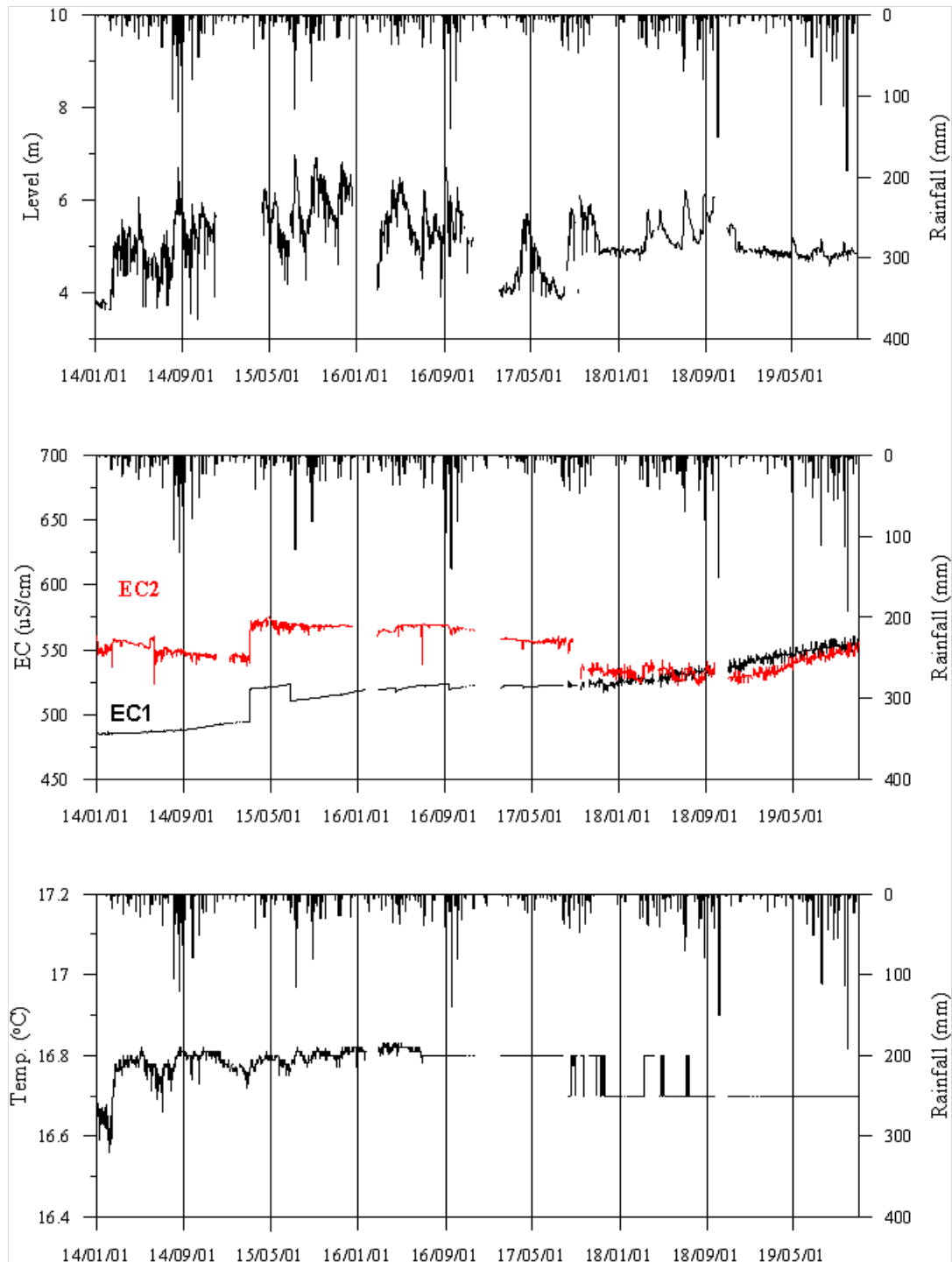
5.

장기관측 결과



<하서1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<하서2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

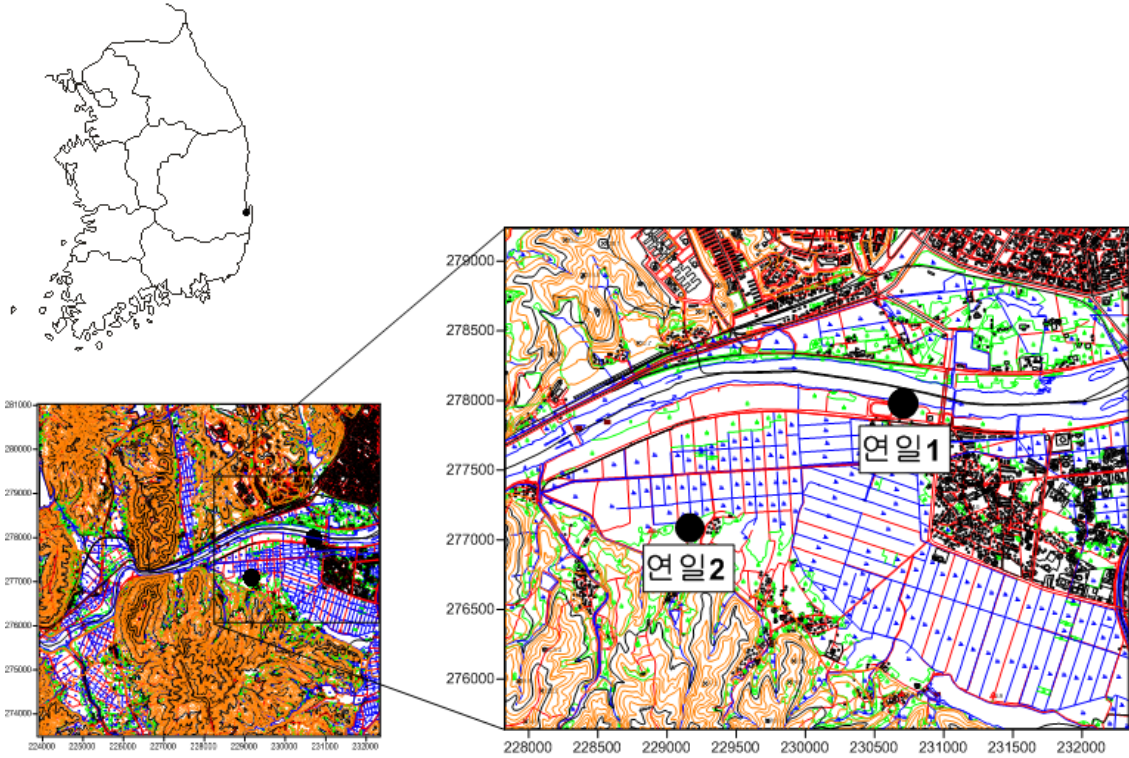
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 하서1, 하서2 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 관측공은 전이대가 주로 50 m 심도에서 관찰되며, 전이대 하부구간의 수질은 답작에 가능한 전기전도도($1500 \mu S/cm$ 이하)로 나타난다. 하서2 관측공은 특이한 전이대는 관측되지 않으며 전기전도도는 $530 \mu S/cm$ 내외로 측정된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 하서1, 하서2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이나, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 0.48, 0.08 범위로 분석되어 현재까지 해수의 영향은 거의 없다.
- 4) 장기 관측결과 : 하서지구 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 하서1 관측공의 수위 변동폭은 약 1 m 내외로 나타나고 있으며, 하서2 관측공은 약 2.0 m 내외이다. 또한, 하서1 관측공의 EC1 센서에서는 소폭 상승, EC2는 소폭의 하강 추세를 나타내고 있으며, 하서2 관측공에서는 EC1, EC2가 유사하게 나타난다.
- 5) 관리 방안 : 하서1, 하서2 관측공은 현재 해수침투의 영향이 미미하나 지속적으로 관측하여 해수의 영향 추이를 점검하여야 한다. 또한 과잉양수 시 해수침투 가속화가 우려되므로 향후 관측공 주변 지하수 이용에 유의하여야 한다.

2.8.6 연일지구

1. 위치

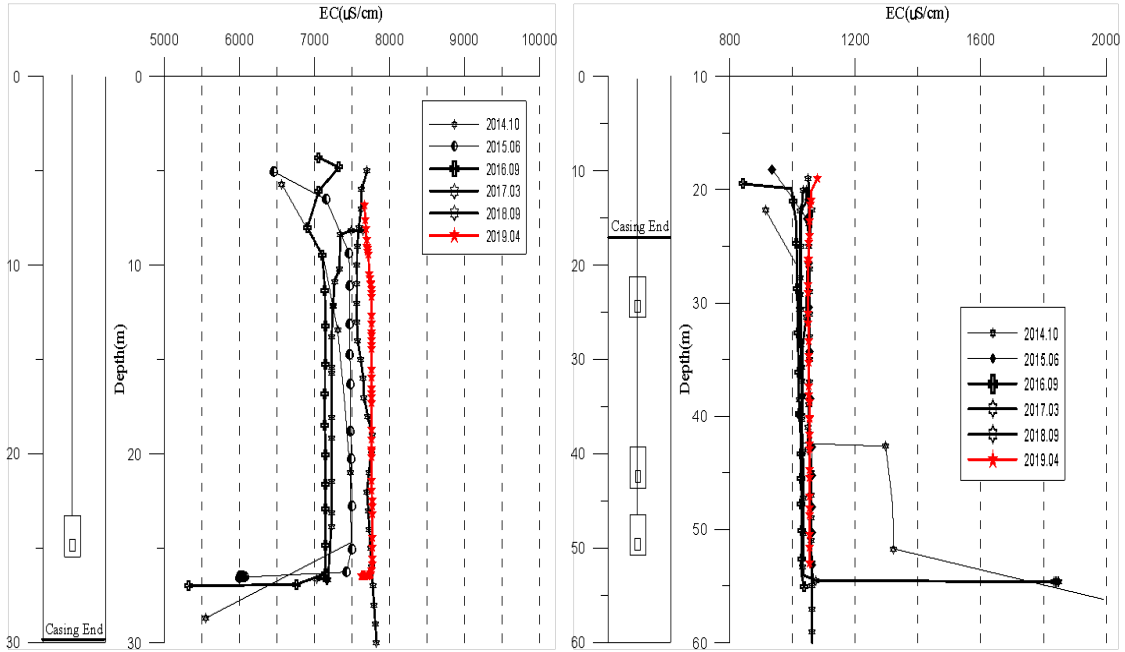


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
연일1	포항시 연일읍 생지리 411-2	230496.660	277768.450	3.57	2014	140	-1.22
연일2	포항시 연일읍 중단리 489-1	228953.441	276875.823	9.59	2014	900	-11.28

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)

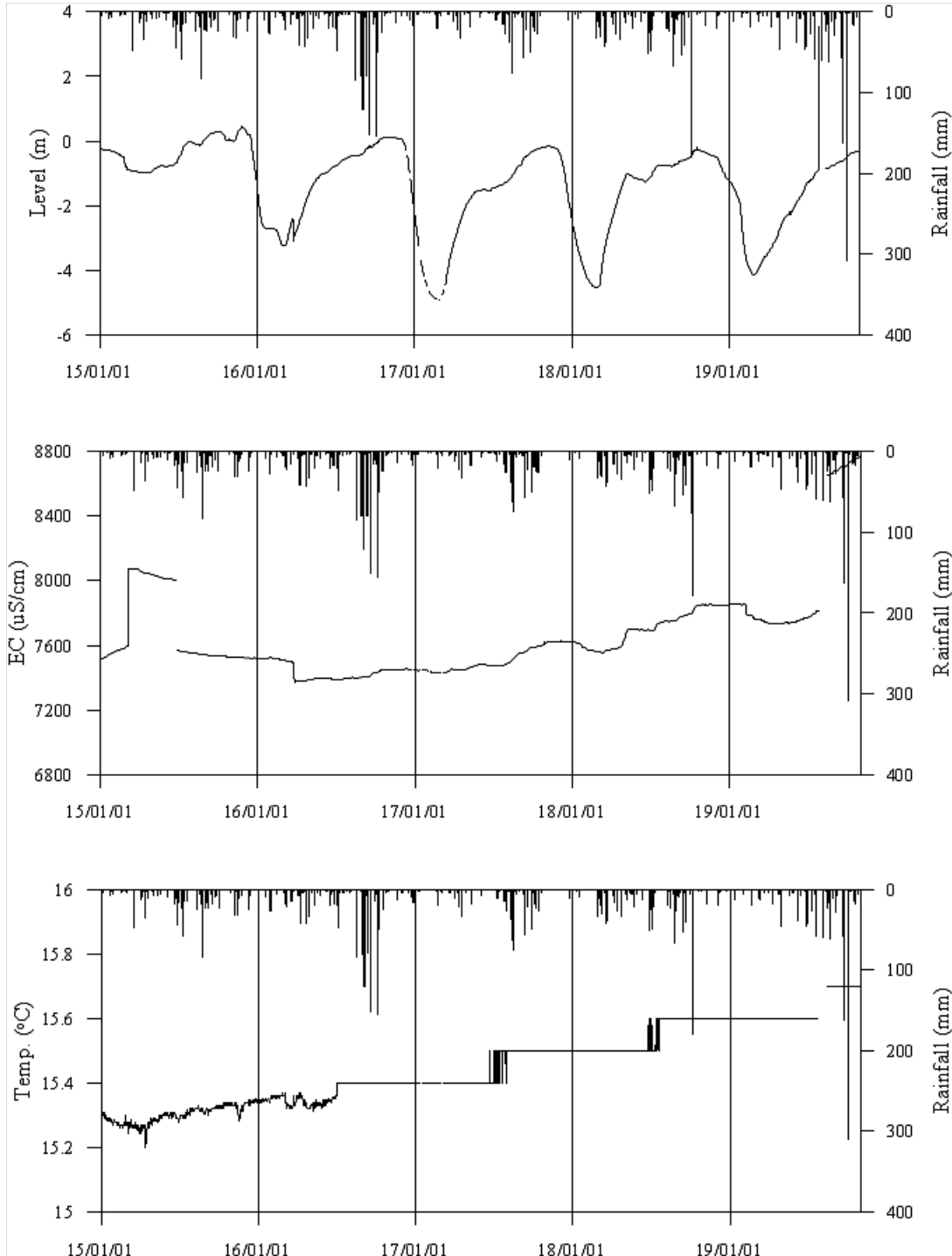
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
연일1	(2014.10)	1,251.44	76.61	63.02	26.39	5.14	1,846.61	517.01	7.14
	(2015. 7)	1,676.82	64.11	96.26	6.69	0.27	1,972.24	829.78	9.44
	(2016. 4)	1647.43	55.59	71.76	6.66	14.17	2109.96	788.60	9.73
	(2017. 3)	1549.91	39.79	53.09	6.85	8.16	2035.90	690.90	10.86
	(2018. 6)	1569.30	39.01	90.28	6.56	7.60	1962.45	719.90	-
	(2019. 4)	1365.91	39.15	87.74	6.47	-	1905.26	815.96	-

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
연일2	(2014.10)	260.09	0.68	1.79	2.17	32.84	63.03	478.85	N.D.
	(2015. 7)	260.27	0.58	2.05	1.52	56.25	55.56	439.22	N.D.
	(2016. 4)	271.40	0.60	1.91	2.02	68.36	60.91	469.70	N.D.
	(2017. 3)	239.02	0.61	1.71	2.81	44.88	58.02	452.94	N.D.
	(2018. 6)	237.87	0.63	1.78	2.34	38.87	55.21	445.30	-
	(2019. 4)	254.63	0.80	2.04	2.28	20.55	48.37	506.30	-

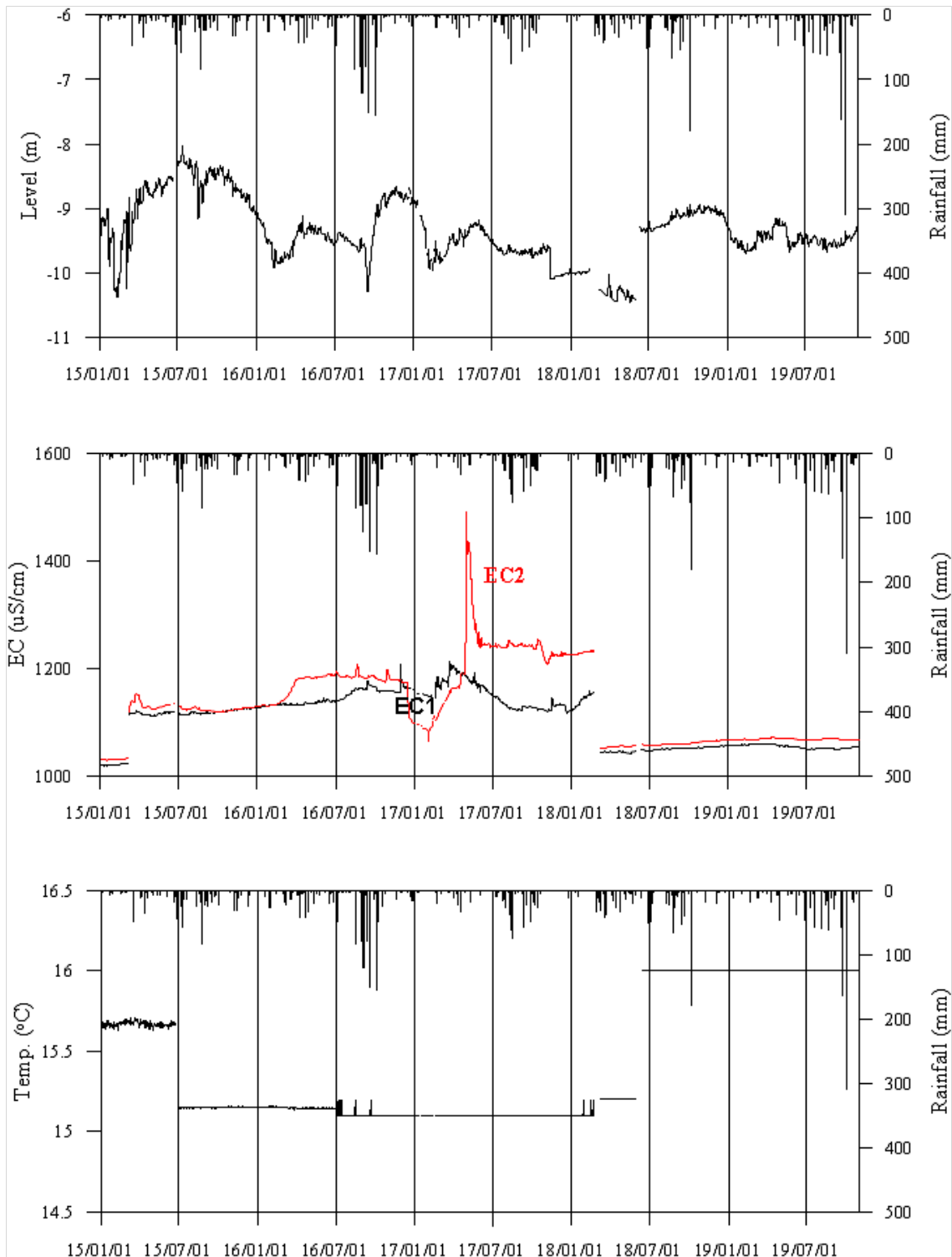
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		연일1	연일2
	년월			
Cl/HCO_3 몰비	2014.10		5.96	0.23
	2015. 7		4.09	0.22
	2016. 4		4.60	0.22
	2017. 3		5.07	0.22
	2018. 6		4.69	0.21
	2019. 4		4.01	0.16

5. 장기관측 결과



<연일1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<연일2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

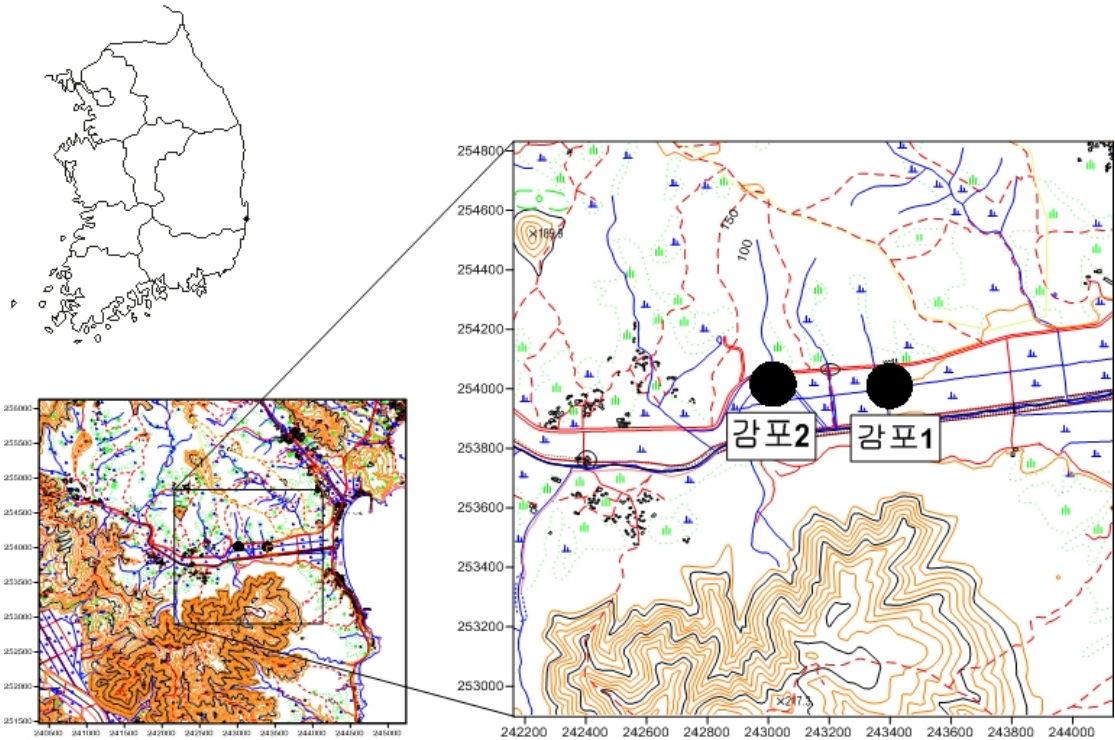
6.

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 m와 900 m 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 개발당시(2014년)을 제외하고는, 전이대 구간 없이 전기전도도 값은 1,100 $\mu S/cm$ 이하이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 연일1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 연일2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. 따라서 연일1 관측공은 해수침투가 발생하였고, 연일2 관측공은 해수침투 확산이 진행 중임을 알 수 있다. Cl/HCO₃ 몰비는 각 4.01, 0.16으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 연일 1, 연일2 관측공에서는 겨울철 지하수위 하강이 반복되는 추세를 나타낸다. 연일1의 전기전도도는 2015년 7월 이후 7,500 $\mu S/cm$ 내외를 유지하다가 2018년 7,800 $\mu S/cm$ 까지 상승하였다. 연일2 관측공에서는 EC1은 추세변화가 크게 없으나, EC2에서는 2017년 4월 말경 상승폭을 확대한 뒤 감소하였다. 2018년 이 후 EC1, EC2 센서 모두 1,050 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도 값을 나타내고 있다.
- 5) 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 규제에 해수침투 확산을 방지할 필요가 있다.

2.8.7 감포지구

1. 위치

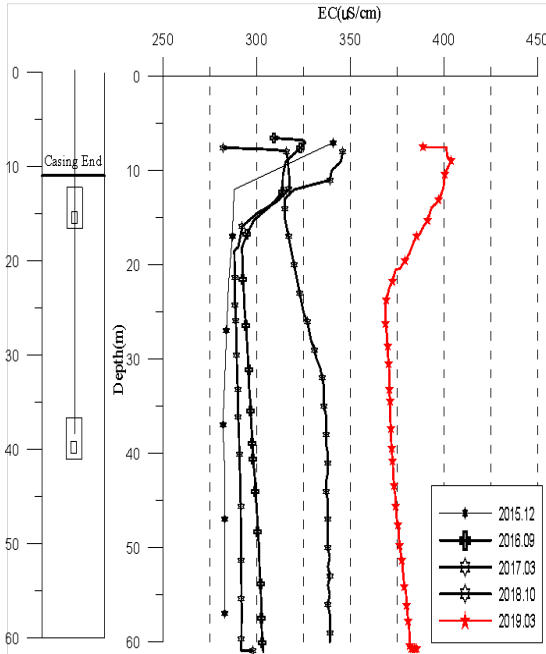


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
감포1	경주시 감포읍 전춘리 1226-11	243365.7415	254058.0875	16.04	2015	1,000	9.54
감포2	경주시 감포읍 팔조리 24-3	243066.4594	254036.6131	17.72	2015	1,400	9.72

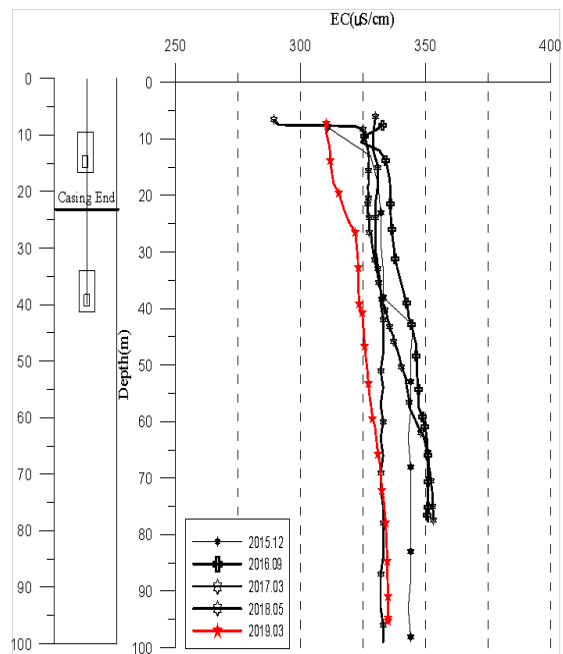
2. 지형 및 지질

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. 지하수 검층



<감포1 관측공>



<감포2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

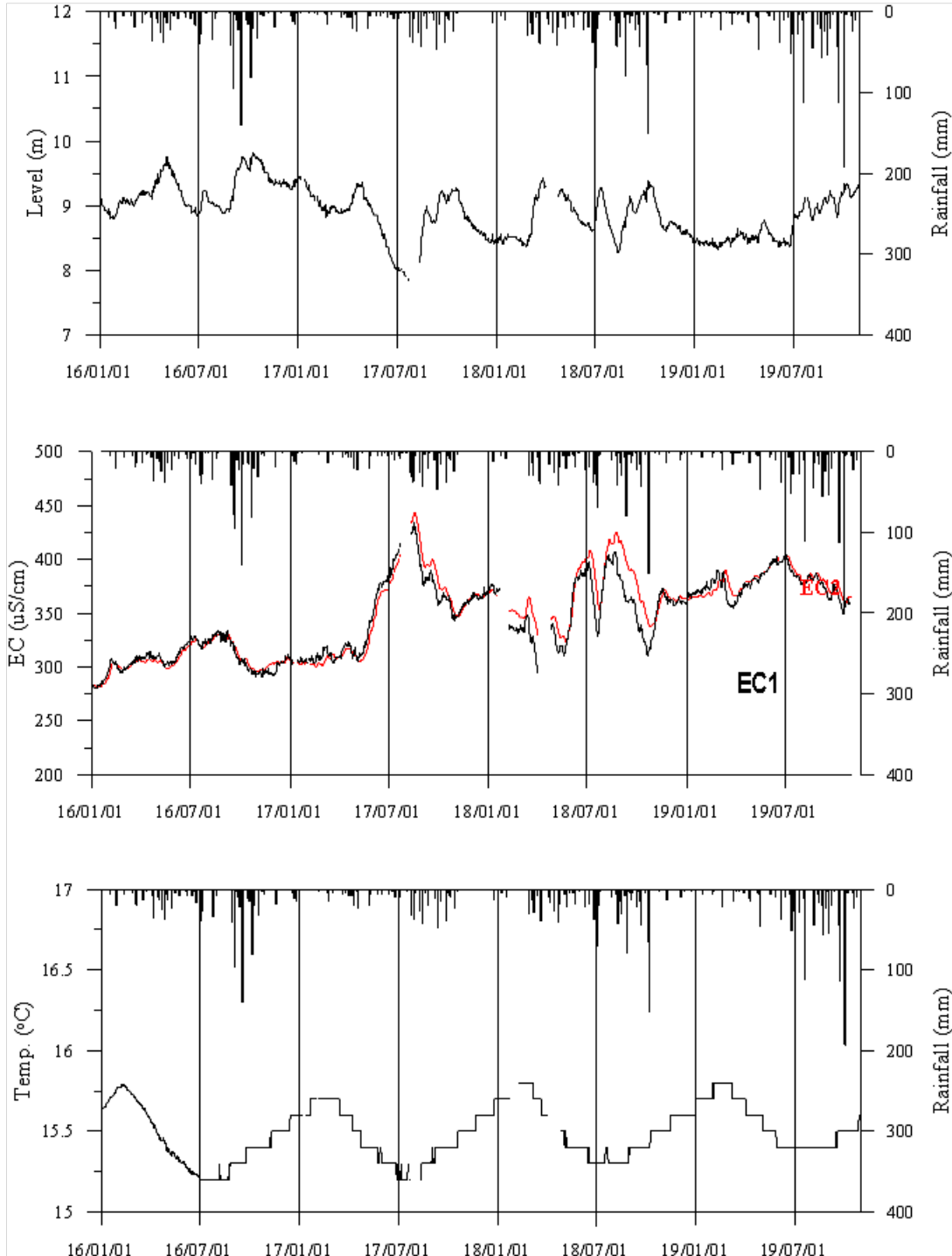
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
감포1	(2015. 7)	43.30	6.81	2.28	11.75	4.56	60.86	79.30	N.D.
	(2016. 4)	43.89	7.59	1.63	12.39	2.26	50.34	97.60	N.D.
	(2017. 3)	36.80	7.21	1.72	11.71	2.34	51.33	79.30	N.D.
	(2018. 6)	42.32	8.69	1.93	14.41	7.76	54.70	85.40	-
	(2019. 4)	35.48	8.21	1.77	13.71	3.77	60.65	79.30	-
감포2	(2015. 7)	96.15	0.21	1.19	1.97	9.00	30.27	164.70	N.D.
	(2016. 4)	71.38	1.26	1.34	7.71	7.74	22.14	163.18	N.D.
	(2017. 3)	65.77	0.88	1.18	5.05	6.45	22.87	144.88	N.D.
	(2018. 6)	66.84	1.13	1.22	6.45	4.51	20.86	149.45	-
	(2019. 4)	57.66	1.05	1.16	4.16	0.36	14.78	137.25	-

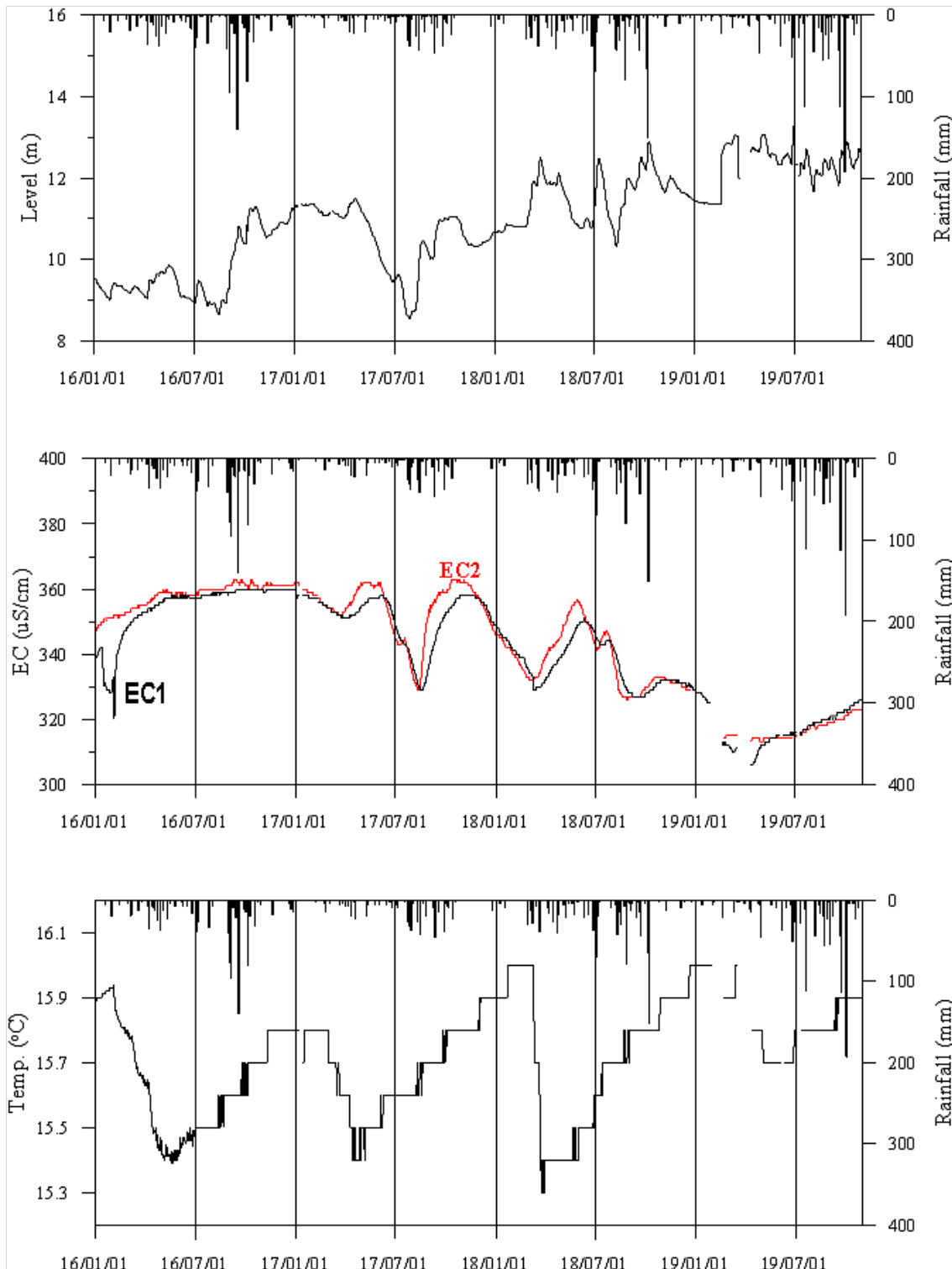
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	감포1	감포2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2015. 7	1.32	0.32
	2016. 4	0.89	0.23
	2017. 3	1.11	0.27
	2018. 6	1.10	0.24
	2019. 4	1.31	0.19

5. 장기관측 결과



<감포1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<감포2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

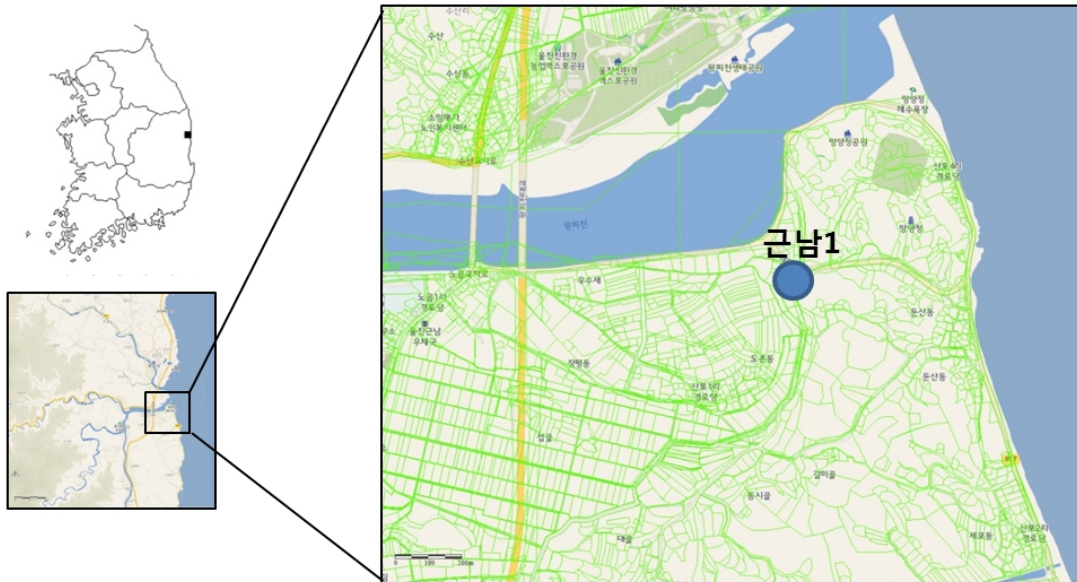
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 경주시 감포읍에 위치한 감포지구는 대종천의 지류인 소하천 하류부에 위치한다. 감포1 관측공은 해안으로부터 약 1 km, 감포2 관측공은 1.4 km 떨어진 내륙에 위치하며, 소하천 수변으로부터는 각기 약 200 m 내외의 거리에 위치한다. 동해안의 조수간만 현상에 의해 소하천 수계를 따라 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 관측을 위해 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 감포1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 280 ~ 410 $\mu S/cm$ 범위이며, 감포2 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 330 ~ 360 $\mu S/cm$ 범위이다. 따라서 답작에 활용이 가능하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 감포1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 감포2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 1.31, 0.19으로 분석되어 감포1은 해수침투 가능성이 조금 있으며, 감포2에서는 현재까지 해수침투의 영향이 나타나지 않는다.
- 4) 장기 관측결과 : 감포지구 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기분석 결과, 감포1 관측공의 수위 변동폭은 약 1.5 m 이내로 나타나고 있으며, 감포2 관측공은 약 2 m 내외이고 증가추세를 보인다. 감포1, 2 관측공의 전기전도도는 공통적으로 EC1, EC2가 유사하며, 담수영역에서 변동한다.
- 5) 관리 방안 : 감포1, 감포2 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.

2.8.8 근남지구

1. 위치

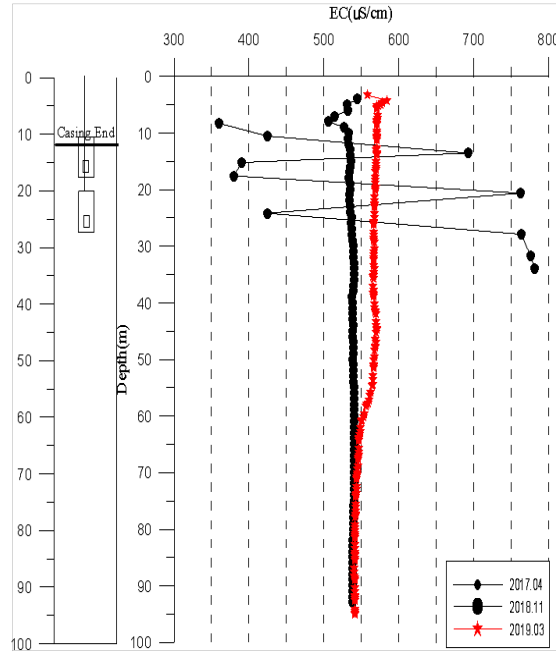


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
근남1	울진군 근남면 산포리 959-4	414528.35	487712.34	-2.66	2017	540	-6.06

2. 지형 및 지질

울진군 근남면 산포리에 위치한 근남1 관측공은 왕피천에 인접하고 있으며, 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지와 낮은 언덕이 소재한다. 근남1 관측공은 해안과 0.54 km 거리에 위치하며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<근남1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

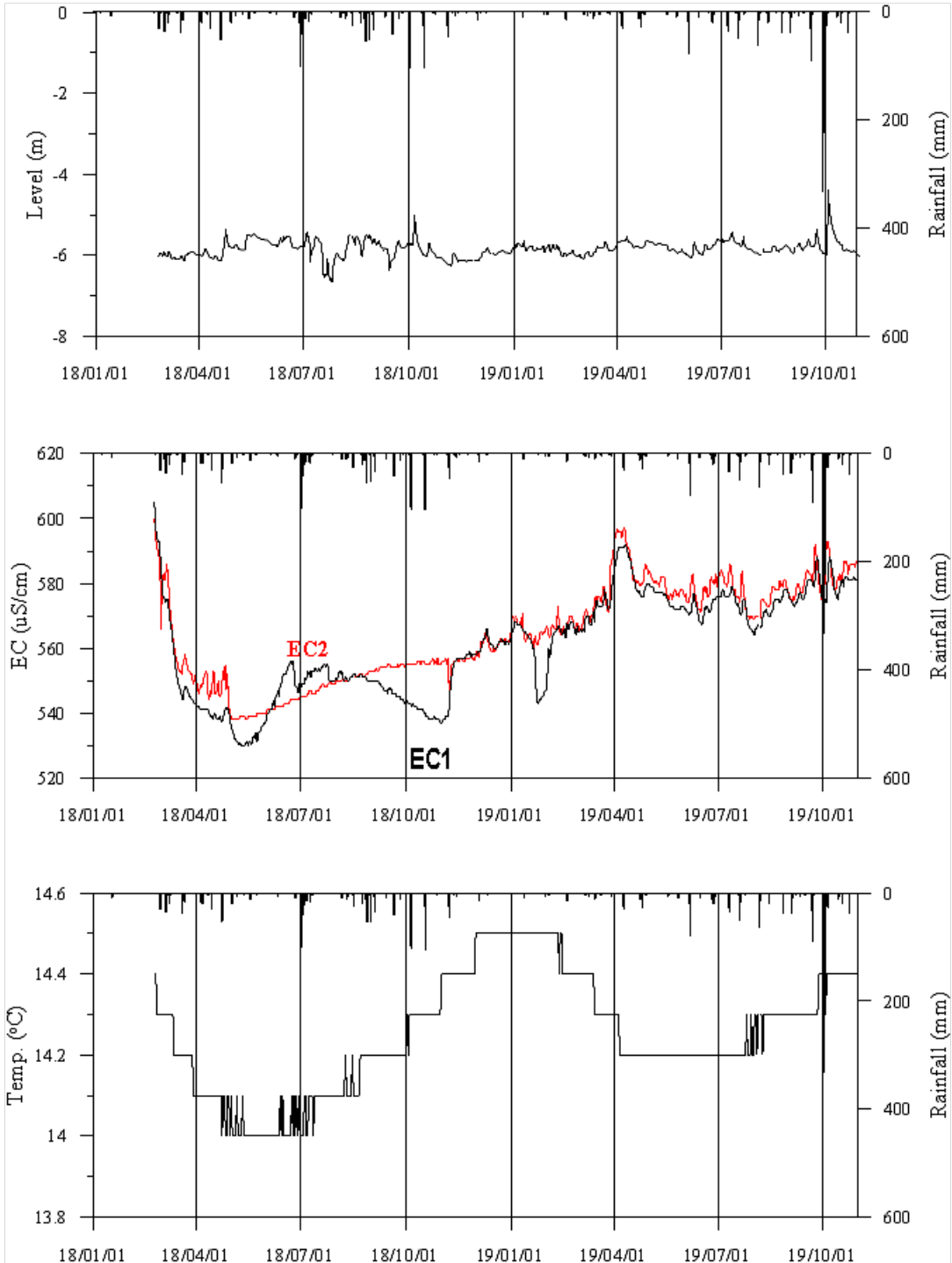
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
근남1 (2017.12)	445.51	7.06	5.02	12.72	113.35	549.97	94.55	-
(2018. 6)	84.72	3.34	1.19	22.32	28.48	125.15	51.85	-
(2019. 4)	74.12	1.07	0.60	25.03	19.40	114.30	57.95	-

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	근남1
Cl/HCO_3 몰비	2017. 12	2.06
	2018. 6	4.15
	2019. 4	3.39

5. 장기관측 결과



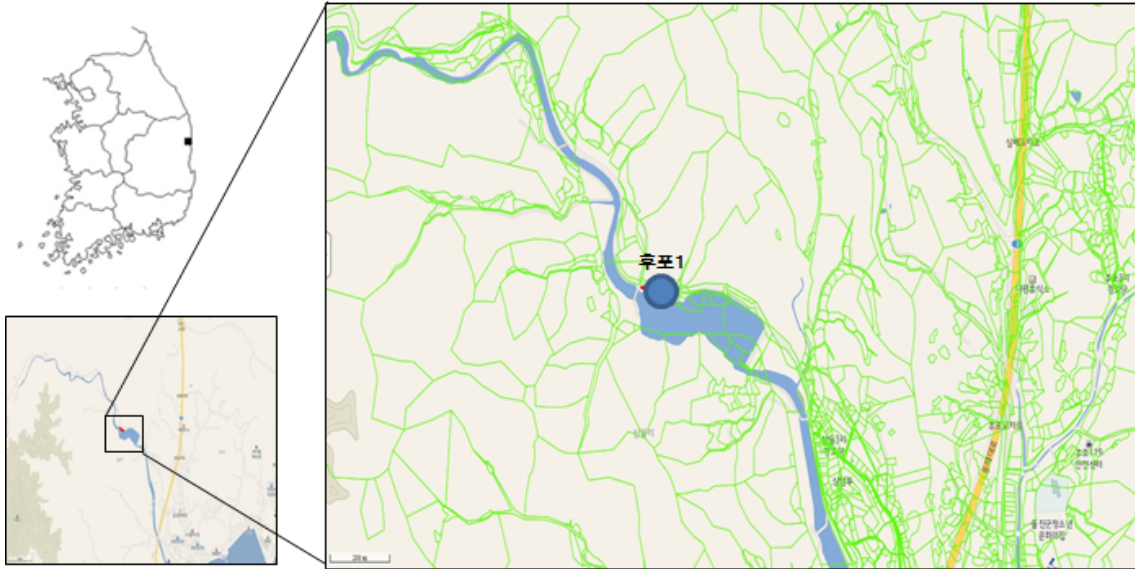
<근남1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 울진군 근남면 산포리에 위치한 근남1 관측공은 왕피천에 인접하고 있으며, 관측공 주변에 경지정리가 완료된 농경지와 낮은 언덕이 소재한다. 근남1 관측공은 해안과 0.54 km 거리에 위치하며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 근남1 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 520 $\mu S/cm$ 내외 범위이며, 이 지역의 경우 현재의 상황에서 지하수를 이용한 수도작으로 용수 공급이 가능할 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 근남1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각각 3.39로 분석됨에 따라 해수침투 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 근남1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변동폭은 2.0 m 이내이다. 전기전도도는 2018년 3월 이후 증가추세이다. EC1, EC2 센서 모두 비슷한 경향으로 변화하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 근남1 관측공은 전기전도도가 증가추세로 해수침투 확산 가능성이 있으며, 이에 따라 관측공 주변 지하수 이용량에 따른 해수침투 영향을 지속적으로 관측하면서 이용할 필요가 있다.

2.8.9 후포지구

1. 위치

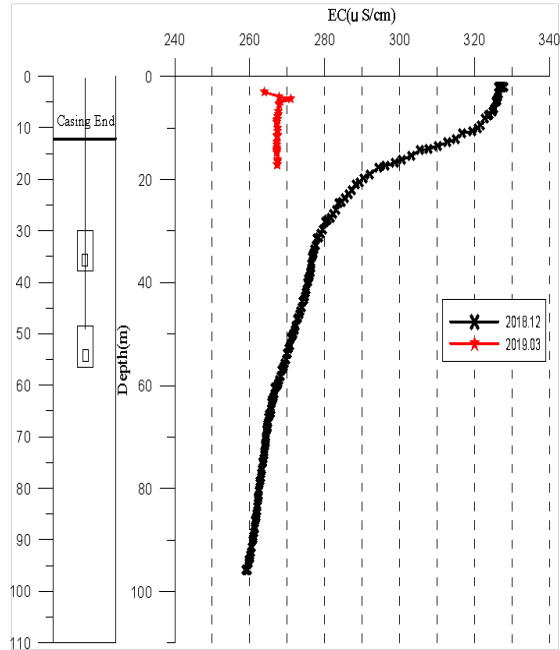


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
후포1	울진군 후포면 삼율리 872	238286.514	455034.688	26.57	2018	2200	24.47

2. 지형 및 지질

울진군 후포면 삼율리에 위치한 후포1 관측공은 후포면사무소 북서쪽에 위치한다. 동측으로 후포항이 있으며, 관측공에 인접하여 삼율저수지가 분포한다. 삼율천을 따라 산간에 형성된 농경지가 관측공 하류부터 해안까지 분포하고 있다. 후포1 관측공은 해안과 2.2 km 거리에 위치하며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<후포1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

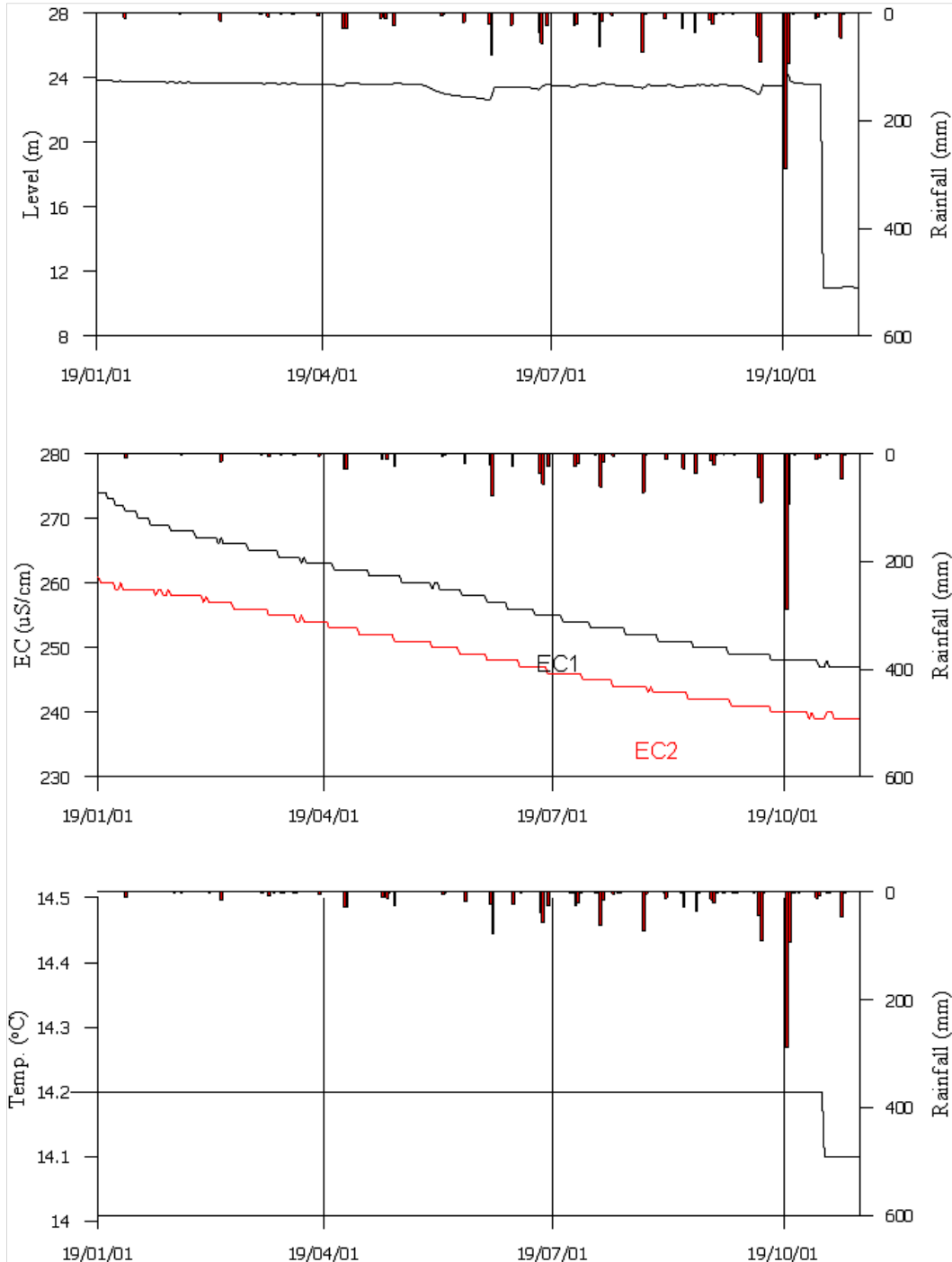
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
후포1	2018. 12	20.52	5.21	1.16	23.87	9.03	112.85	0.1
	2019. 4	22.08	5.71	1.10	25.23	9.48	112.85	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	후포1
Cl/HCO ₃ 몰비	2018. 12	0.19
	2019. 4	0.17

5.

장기관측 결과



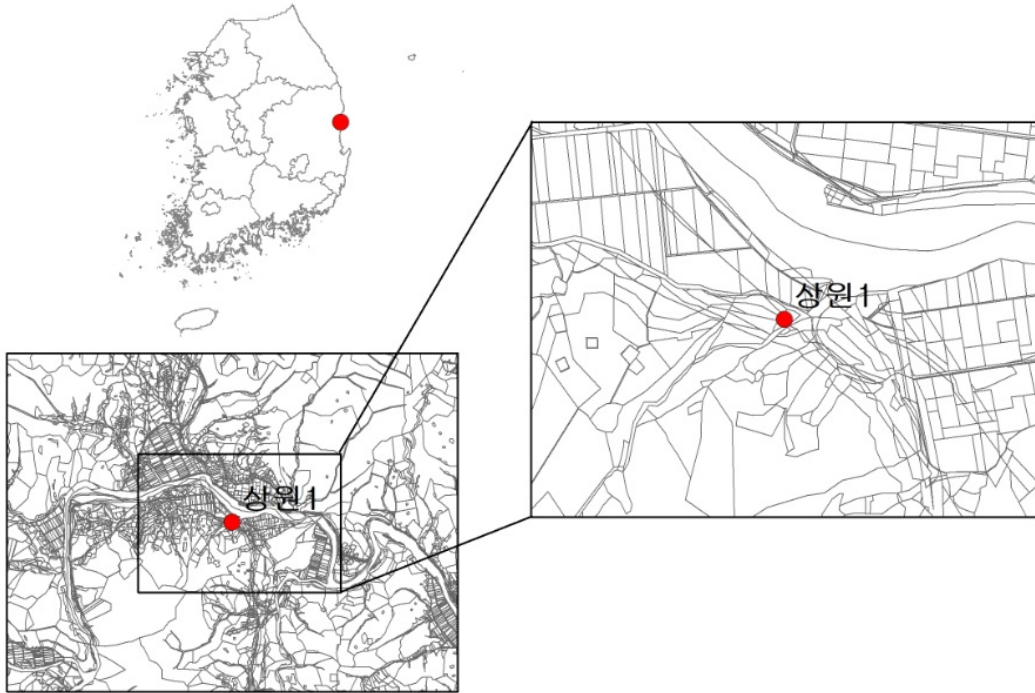
<후포1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 후포1 관측공은 울진군 후포면 삼울리에 위치하며, 삼울천을 따라 산간에 형성된 농경지가 관측공 하류부터 해안까지 분포하고 있어, 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 후포1 관측공은 전기전도도가 250 ~ 330 $\mu S/cm$ 범위이며, 전이대는 관측되지 않고, 담수영역이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 후포1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 영역이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.17로 분석되어 해수의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 후포1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변동폭은 1.0 m 이내이지만, 2019년 10월 이후 약 12 m의 갑작스러운 하강이 관찰되었다. 향후 꾸준한 관측을 통해 일시적인 현상인지 여부를 판단하여야 한다. 전기전도도는 2019년 1월 이후 EC 1, 2 공통적으로 감소추세이다. EC1, EC2 센서 모두 비슷한 경향으로 변화하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 후포1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 직접적으로 발생하지는 않지만 바닷가에 인접하여 염수 침입의 우려가 있으므로 해수침투의 증감여부를 지속적으로 관측해야 한다.

2.8.10 상원지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
상원1	영덕군 축산면 상원리 57-1	436881	415785	15.5	2019	2200	14.2

2. 지형 및 지질

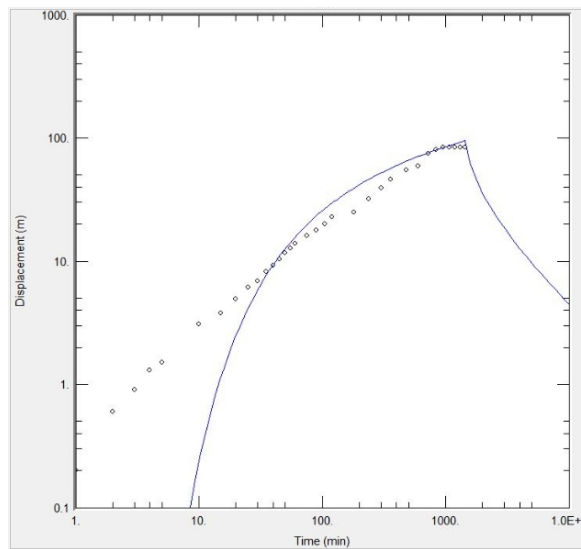
영덕군 축산면 상원리에 위치한 상원1 관측공은 축산천 남측에 위치한다. 동측으로 축산항이 있다. 축산천을 따라 형성된 농경지가 관측공 하류부터 해안까지 분포하고 있다. 상원1 관측공은 해안과 2.2 km 거리에 위치하며, 동해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3.

대수층 수리지질현황

신규 설치된 상원1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검증을 실시하였다.

◎ 양수시험

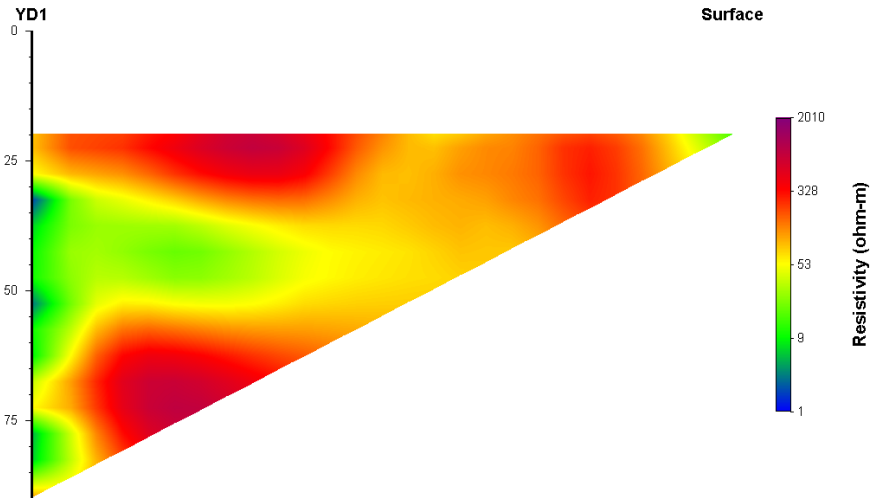


<상원1 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
상원1	50	0.2337	1.50×10 ⁻⁶	182.0

◎ 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사

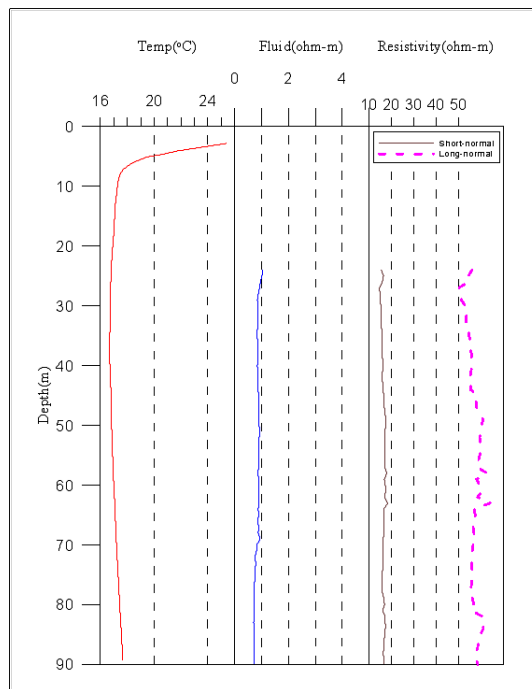
상원1 관측공은 단일 시추공이며, 시추공 심도 200 m 깊이에 케이싱이 심도 18m 깊이까지 설치되어 단일 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피 탐사를 위하여 시추공과 지표면에 전극을 설치하여 전기비저항 토모그래피 탐사를 수행하였다. 전극배열 방법은 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)을 이용하였고, 자료해석은 지표면 자료를 이용하여 역산(inversion)하였다. 지표하 35, 55, 80 m 부근에서 저비저항대가 나타나 이 구간을 통한 지하수 유동이 추정된다.



<상원1 관측공 전기비저항 탐사>

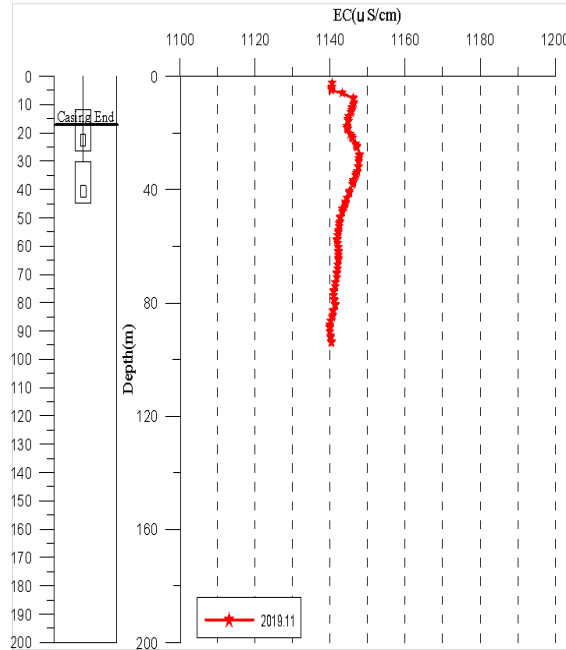
◎ 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<상원1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<상원1 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^-
상원1	2019.11	203.18	19.46	2.83	10.83	41.34	26.96	556.63	-

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구분	관측공	
	년월	상원1
Cl/HCO_3 몰비	2019. 11	0.08

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 상원1 관측공은 영덕군 축산면 상원리에 위치한다. 관측공 설치지는 동해와 인접해 있으며 2급 하천인 축산천을 따라 농경지가 분포해있다. 조수간만에 의한 염수유입 및 장기적인 수질을 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 상원1 관측공의 양수량은 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 로, 수리전도도는 $1.50 \times 10^{-6} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 182.0 m)이다. 관측공을 포함한 주변지역에 대한 시추공 전기비저항 토모그래피 탐사 결과, 지표 하 35, 55, 80 m 하부에 저비저항대가 나타남에 따라 이 구간을 통한 지하수 유동이 추정된다. 노말 전기비저항 검층 결과, 약 55 m, 85 m에서 단노말(16")과 장노말(64")의 이상대가 관측되었다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 상원1 관측공은 전기전도도가 전구간 $1,150 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에 내외로 검층되었다. 특이한 전이대는 관측되지 않았다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 상원1 관측공은 (Na+K)- HCO_3 영역이며, Cl/HCO_3 몰비는 0.08로 분석되어 해수의 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 상원1 관측공은 전기전도도 검층시 다소 높은 전기전도도가 나타났다. 축산천을 따라 역류하는 염수 침입의 우려가 있으므로 해수침투의 증감여부를 지속적으로 관측해야 한다.

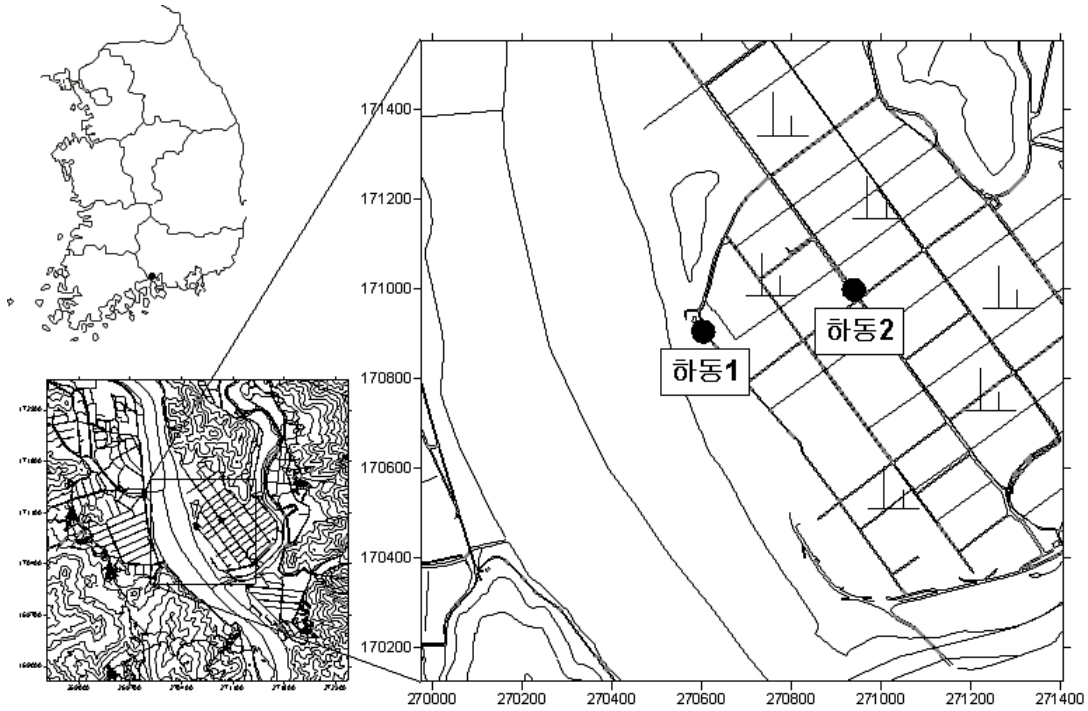
부록 2.9 경상남도

2.9.1	목도지구(하동군)	.....	부록 - 595
2.9.2	갈화지구(남해군)	.....	부록 - 601
2.9.3	서상지구(남해군)	.....	부록 - 608
2.9.4	가인지구(남해군)	.....	부록 - 615
2.9.5	송지지구(사천시)	.....	부록 - 622
2.9.6	동해지구(고성군)	.....	부록 - 629
2.9.7	도산지구(통영시)	.....	부록 - 636
2.9.8	덕호지구(거제시)	.....	부록 - 645
2.9.9	사등지구(거제시)	.....	부록 - 652
2.9.10	시방지구(거제시)	.....	부록 - 657
2.9.11	해운지구(창원시)	.....	부록 - 662
2.9.12	수정지구(창원시)	.....	부록 - 667
2.9.13	남양지구(창원시)	.....	부록 - 673
2.9.14	감천지구(창원시)	.....	부록 - 678
2.9.15	진북지구(창원시)	.....	부록 - 683
2.9.16	악양지구(하동군)	.....	부록 - 688
2.9.17	고전지구(하동군)	.....	부록 - 694
2.9.18	궁항지구(하동군)	.....	부록 - 699
2.9.19	감서지구(고성군)	.....	부록 - 703

부록 2.9 경상남도

2.9.1 목도지구

1. 위치



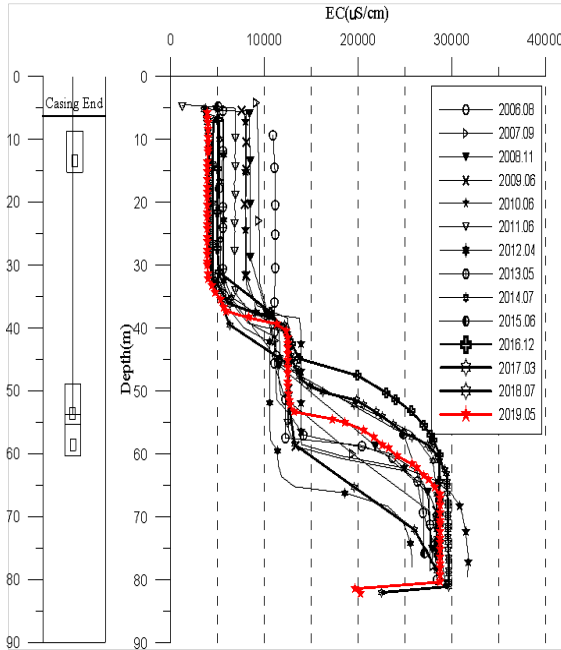
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(x)	Z		
목도1	하동군 하동읍 목도리 47-66	270603.430	170903.809	5.43	2006	-0.07
목도2	하동군 하동읍 목도리 104-32	270938.844	170997.240	3.72	2007	-8.29

* 농촌지하수관리 관측망과 지구명 중복으로 2018년 하동1을 목도1, 하동2를 목도2로 변경

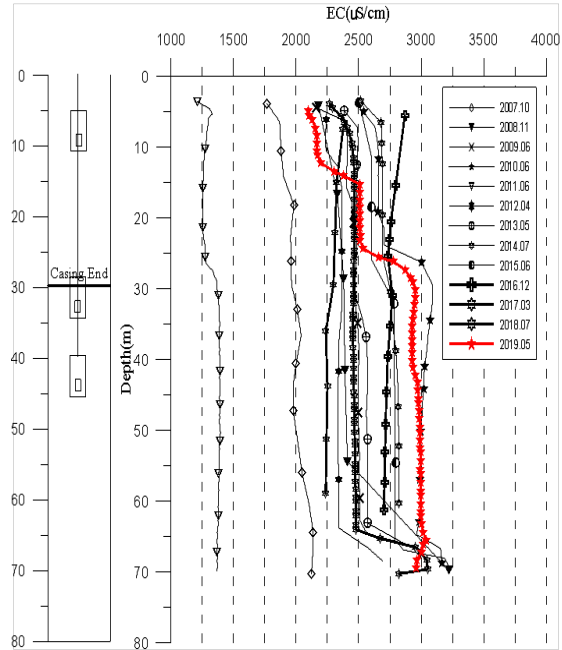
2. 지형 및 지질

이 지역은 경남 하동군 하동읍 목도리에 위치한 지구로, 북쪽의 진안고원에서 발원하여 남동쪽으로 흐르는 섬진강이 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



<목도1 관측공>



<목도2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

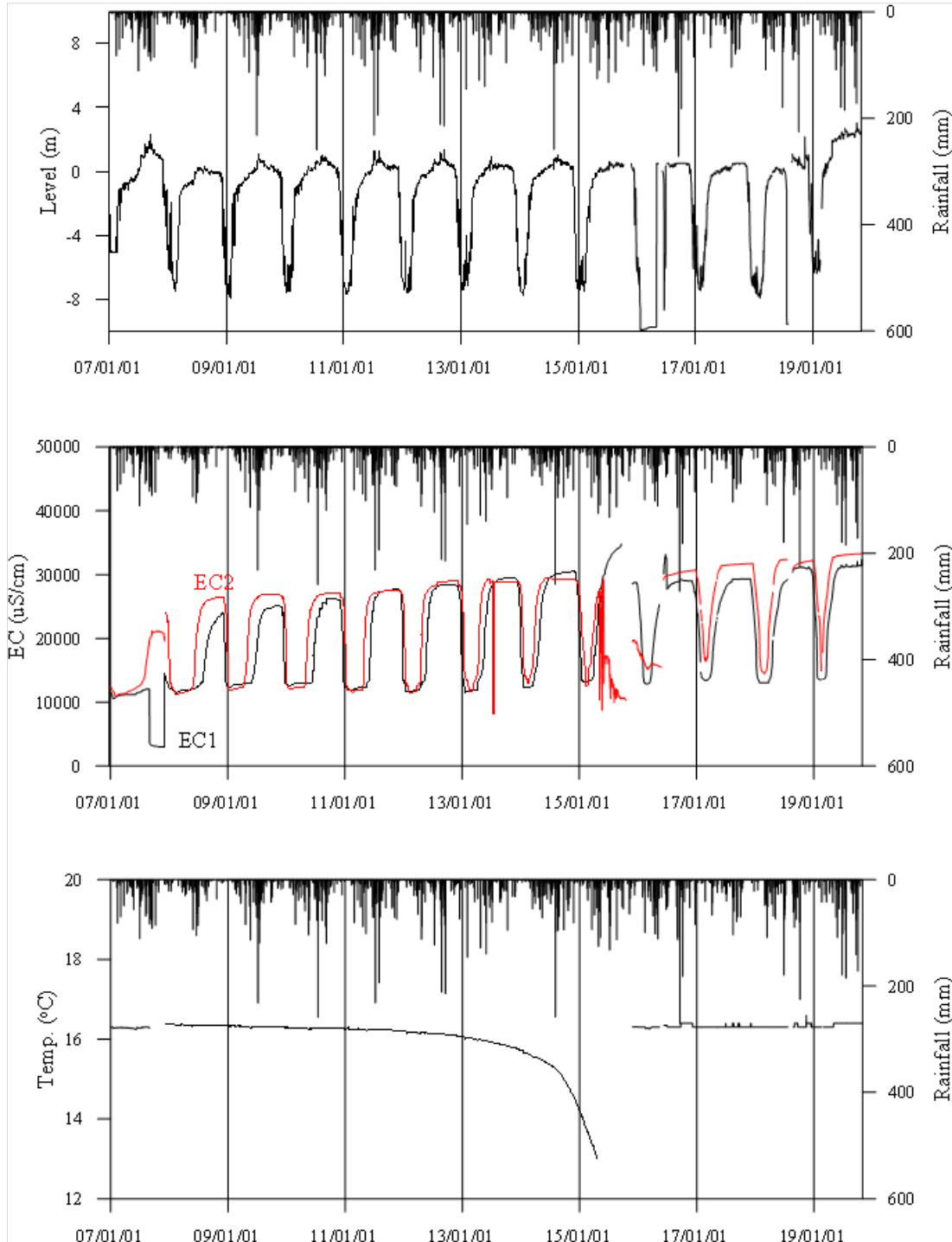
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
목도1	(2006.11)	2258.78	100.31	37.20	203.02	313.48	17427.30	61.00	N.D
	(2007.10)	1732.82	108.81	41.28	137.89	249.07	3051.39	27.45	N.D
	(2008.11)	1421.12	74.76	17.84	91.61	175.89	2645.19	21.35	N.D
	(2009. 6)	1468.60	50.01	14.26	69.53	135.27	2483.68	18.30	6.22
	(2010. 6)	1298.54	9.58	13.05	87.84	49.48	2270.61	15.26	7.74
	(2011.10)	1045.91	5.72	12.33	52.60	38.55	1482.66	21.97	N.D.
	(2012. 4)	767.51	50.42	12.33	61.58	105.25	1495.11	36.60	N.D.
	(2013. 5)	1173.53	10.09	10.99	25.49	36.46	1679.86	21.36	10.97
	(2014. 7)	3517.85	356.98	43.75	1131.85	1131.85	745.02	8749.43	122.6
	(2015. 6)	791.84	16.44	11.27	25.48	59.57	1239.73	64.65	-
(2016. 5)	1785.24	67.21	61.54	95.87	232.88	2844.48	67.10	N.D.	

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-
목도1	(2017. 3)	2794.20	285.16	44.51	588.22	539.03	5596.18	57.95	37.96
	(2018. 6)	760.91	18.31	7.89	16.26	81.54	1242.85	88.45	2.53
	(2019. 5)	806.43	20.53	4.14	26.45	96.20	1181.40	77.78	-
목도2	(2007.10)	225.35	52.11	15.57	85.41	243.03	502.87	33.55	3.75
	(2008.11)	242.79	58.47	17.47	120.61	189.70	571.79	115.90	1.64
	(2009. 6)	286.59	58.22	12.72	122.26	198.36	565.53	103.70	1.71
	(2010. 6)	297.81	55.37	12.38	123.19	185.17	682.04	143.35	2.17
	(2011.10)	270.79	45.84	14.46	58.09	157.64	558.24	98.88	N.D.
	(2012. 4)	244.88	49.82	14.85	118.46	136.07	548.95	137.25	N.D.
	(2013. 5)	335.61	49.32	20.26	106.45	202.70	593.91	100.65	N.D.
	(2014. 7)	398.98	67.13	16.62	142.39	222.96	795.15	97.60	3.42
	(2015. 6)	264.43	59.87	12.26	128.38	234.04	587.93	79.59	-
	(2016. 5)	318.63	60.20	13.20	116.99	199.18	566.70	76.25	2.74
	(2017. 3)	348.17	47.11	10.91	97.49	240.56	497.98	61.00	N.D.
(2018. 6)	322.07	48.02	10.13	93.31	212.35	525.78	82.35	n.d.	
(2019. 5)	300.02	40.23	15.28	49.90	205.09	450.53	125.05	-	

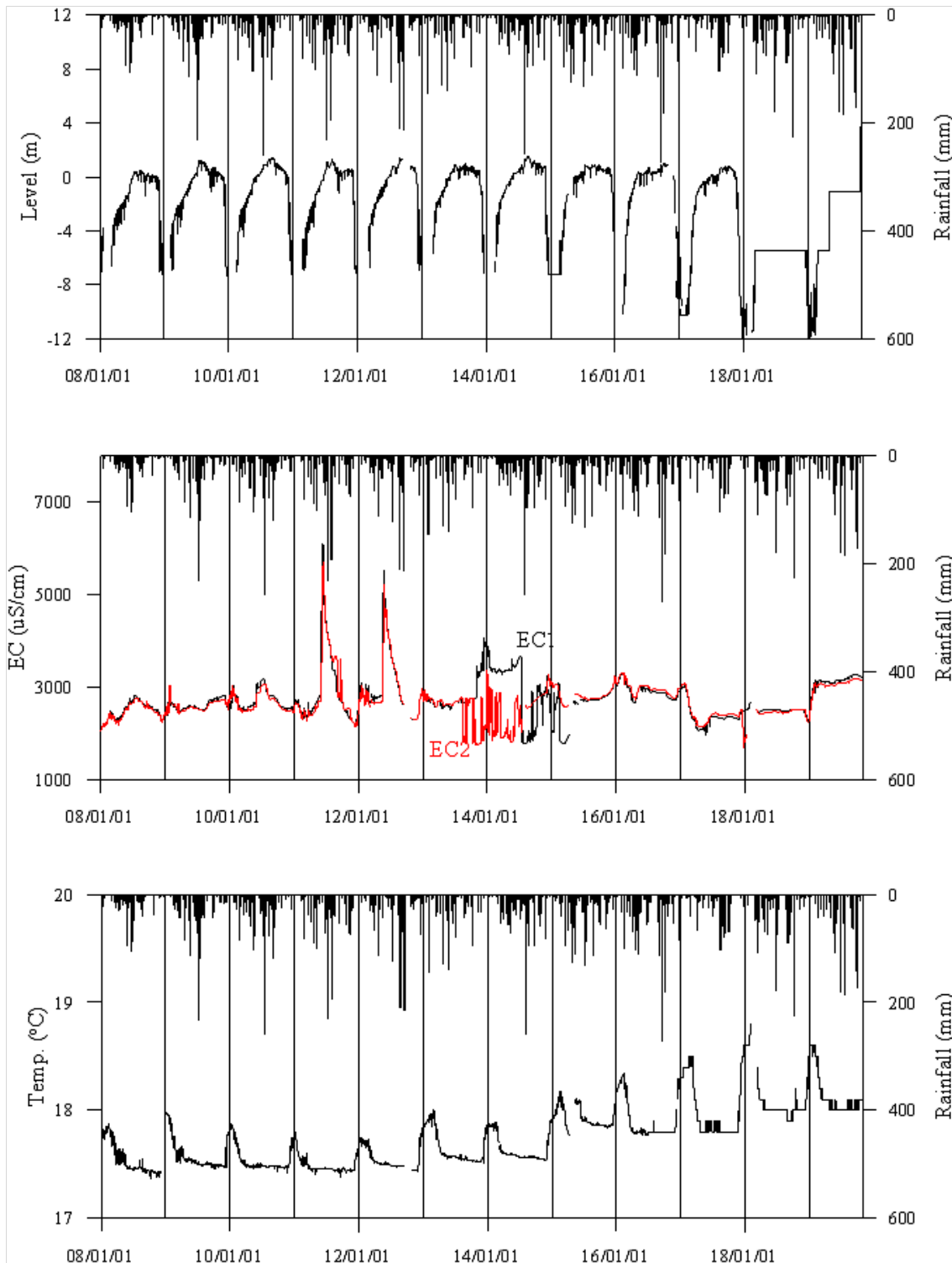
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		목도1	목도2
	년월			
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
		2016. 5	72.96	12.79
		2017. 3	166.20	14.05
		2018. 6	24.18	10.99
	2019. 5	26.10	6.19	

5. 장기 관측결과



<목도1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



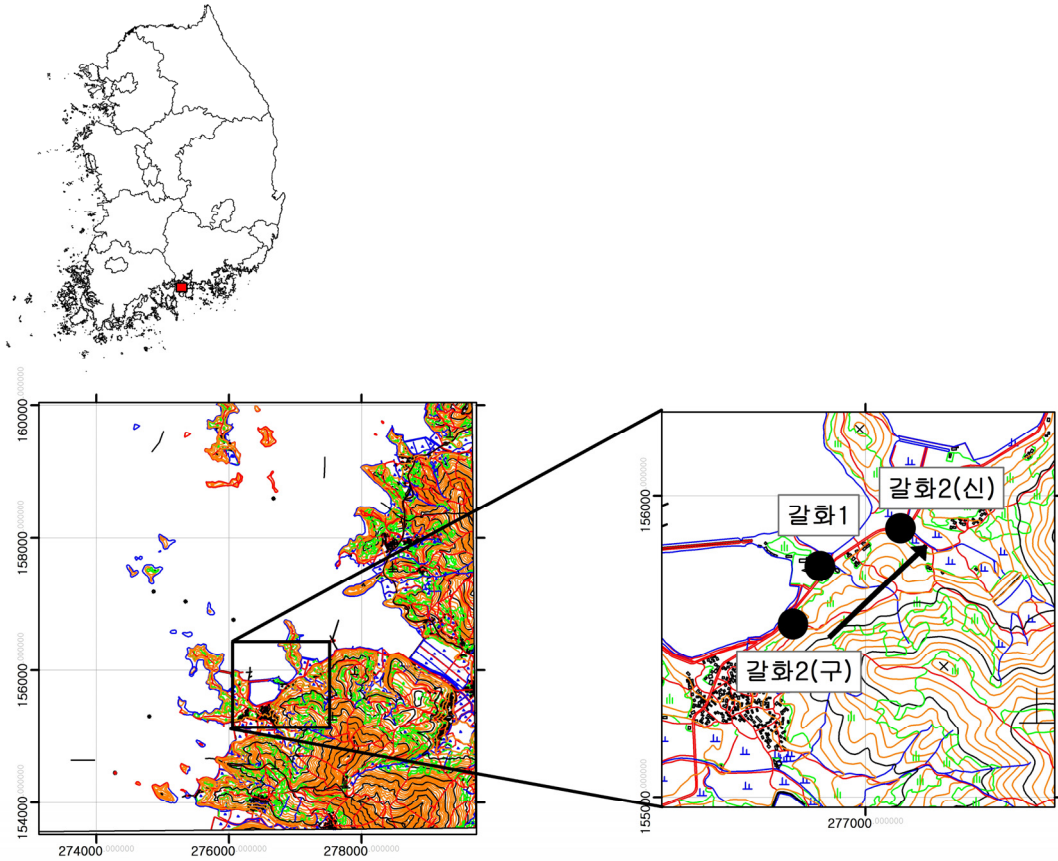
<목도2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 목도1, 목도2 관측공은 2006년과 2007년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 2018년 농촌지하수관리 관측망과 지구명 중복으로 하동1을 목도1, 하동2를 목도2로 변경하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 목도1 관측공은 지표 하 35 ~ 40 m와 45 ~ 60 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. 목도2 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 목도1, 목도2 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비도 각각 26.1, 6.19로 분석되며, 전이대의 변동에 따라 몰비의 변동도 크게 나타난다.
- 4) 장기 관측결과 : 하동1 관측공의 지하수위는 시설재배를 위한 지하수 이용이 증가하는 1, 2월 동절기에 수위저하가 발생하고 3월 이후에는 회복되는 형태로 약 9 m 내외의 변화를 나타낸다. EC1 센서는 1월부터 5월까지 약 12,000 $\mu S/cm$ 로 일정하지만 6월부터 10월까지 약 30,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하며, EC2 센서도 1월부터 4월까지 12,000 $\mu S/cm$ 로 일정하지만 5월부터 10월까지 30,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하였다. 하동1 관측공의 전기전도도는 증가추세이다. 하동2 관측공의 지하수위도 동절기에 수위저하가 발생하고 3월 이후 회복되며 수위변화도 약 8 m 내외로 나타났다. 전기전도도는 EC1, EC2가 연간 약 2,300 $\mu S/cm$ 에서 약 6,100 $\mu S/cm$ 까지 변화한다.
- 5) 관리 방안 : 하동1, 하동2 관측공은 겨울철 수막재배 등으로 인한 지하수 이용으로 동절기 해수침투가 과다하게 발생한다. 주변 농경지에 비닐하우스 시설 수가 증가하면서 관측공 개발 이래 전기전도도는 꾸준히 증가하는 추세이다. 향후 지하수자원의 수량과 수질의 보전관리를 위해서 동절기 지하수 이용에 대한 적극적인 지도감독이 필요한 실정이다.

2.9.2 갈화지구

1. 위치



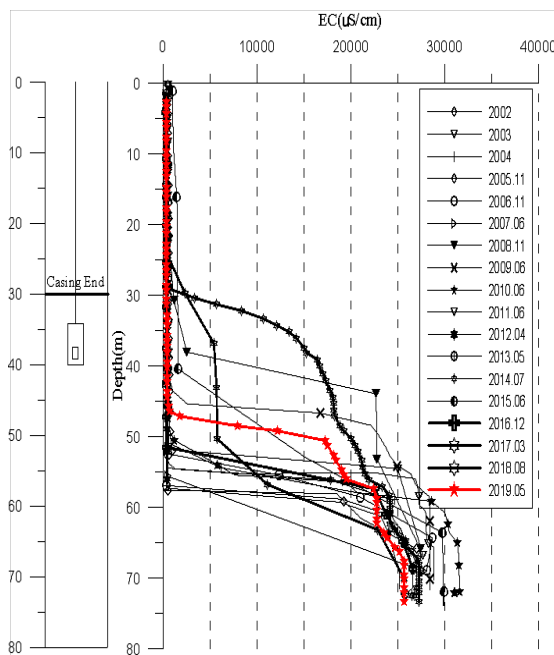
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
갈화1	남해군 고현면 갈화리 223	94053.310	156018.246	2.73	1998	90	0.46
갈화2 (구)	남해군 고현면 갈화리 546	93967.312	155894.744	3.54	1999	90	0.54
갈화 (신)	남해군 고현면 갈화리 295-2	277151.8563	155931.8452	4.72	2015	130	-1.71

* 갈화2(구)는 공내 이용시설 설치로 인해 2015년 갈화2(신)로 이동 설치함

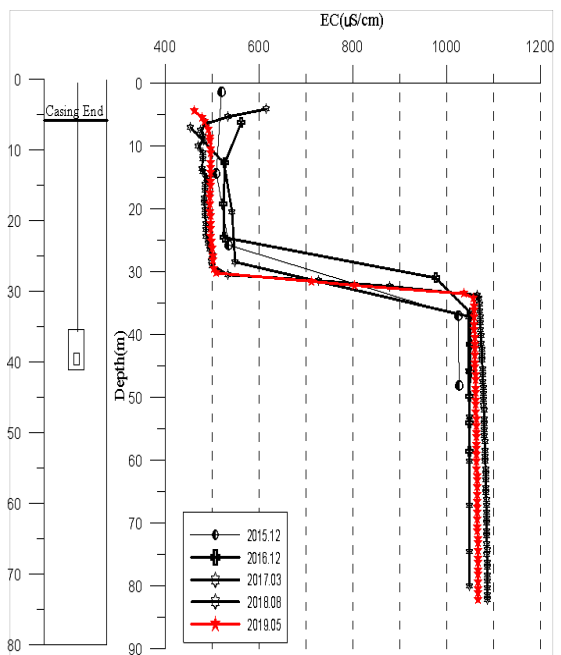
2. 지형 및 지질

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. 지하수 검층



<갈화1 관측공>



<갈화2(신) 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^-	
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	N.D.	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	N.D.

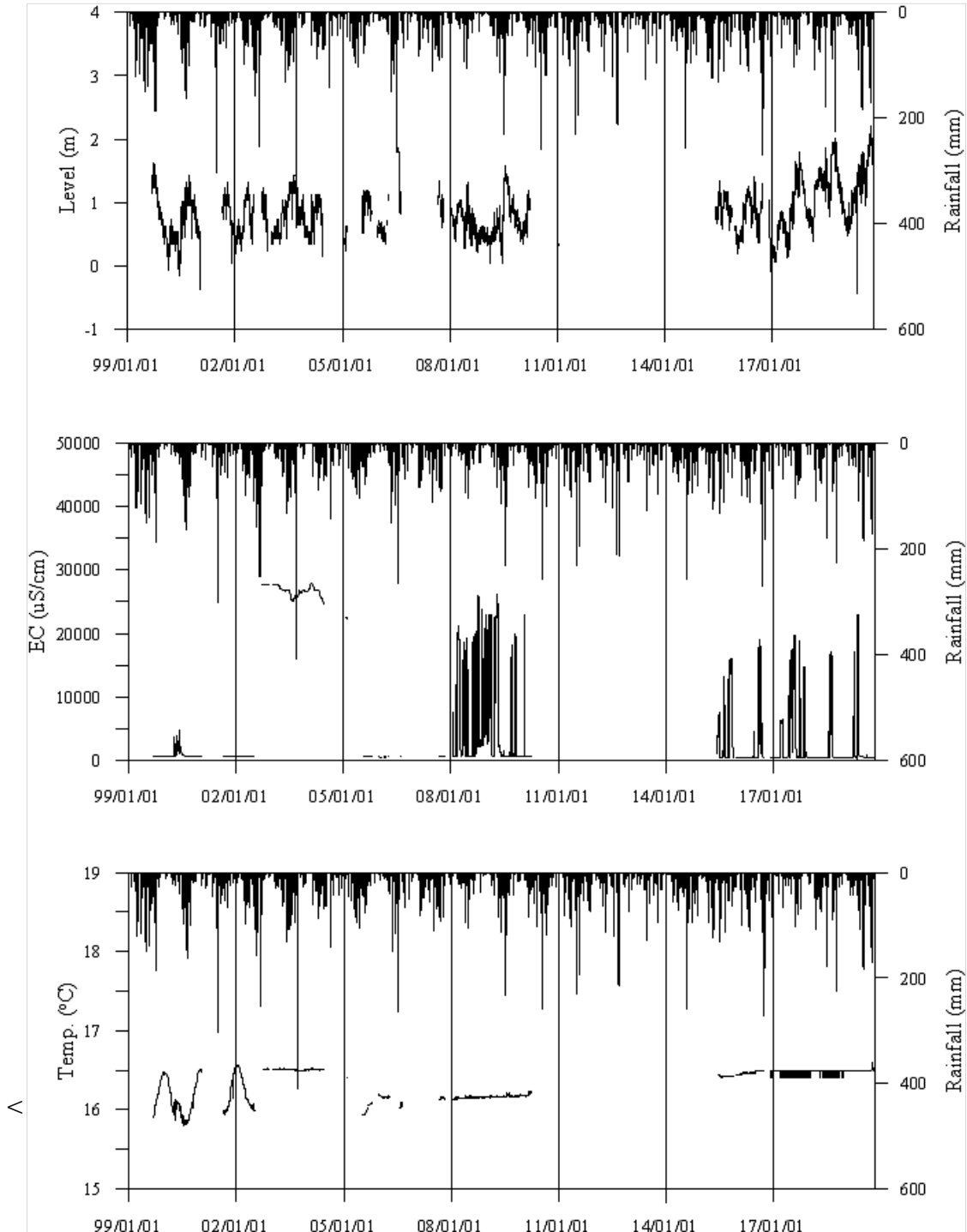
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
갈화1	(2007.10)	60.70	18.78	4.05	30.27	31.04	48.67	85.40	0.48
	(2008.11)	596.73	102.48	8.29	569.64	220.00	5157.30	76.25	N.D.
	(2009. 6)	58.01	14.98	2.97	35.16	35.90	77.88	97.60	0.30
	(2010. 6)	68.21	16.37	3.66	43.19	36.13	109.07	88.45	0.04
	(2011.10)	53.35	11.16	3.56	17.44	29.32	46.15	98.71	N.D.
	(2012. 4)	42.34	10.90	2.52	25.35	25.80	34.48	91.50	N.D.
	(2013. 5)	60.01	11.32	2.91	31.33	32.40	60.33	79.30	N.D.
	(2014. 7)	45.38	10.35	2.85	21.62	30.96	35.73	79.30	N.D.
	(2015. 6)	9.20	4.08	2.17	9.54	4.96	8.54	53.69	-
	(2016. 5)	34.29	9.90	2.09	18.03	28.11	21.77	67.10	N.D.
	(2017. 3)	572.32	91.03	15.03	367.96	171.31	1567.44	82.35	5.03
	(2018. 6)	43.68	9.27	1.20	18.46	25.56	32.65	61.00	n.d.
(2019. 5)	38.85	8.92	2.11	16.63	25.52	33.04	61.00	-	
갈화2 (구)	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2013. 5)	59.11	4.68	4.98	9.46	18.84	58.70	36.60	N.D.
	(2014. 7)	121.82	9.56	7.20	15.90	52.68	101.28	109.80	0.74
갈화2 (신)	(2015.11)	26.43	30.54	9.66	27.53	181.88	162.63	123.25	-
	(2016. 5)	75.42	18.45	5.23	60.74	39.65	114.99	186.05	0.49
	(2017. 3)	100.75	9.01	3.67	90.67	45.72	200.45	143.35	0.48
	(2018. 6)	26.18	28.18	3.86	24.33	36.46	37.46	189.10	N.D.
	(2019. 5)	53.33	16.10	5.04	46.59	35.59	94.83	170.80	-

※ 갈화2 관측공의 2015년부터 자료는 갈화2(신) 관측공의 자료임

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

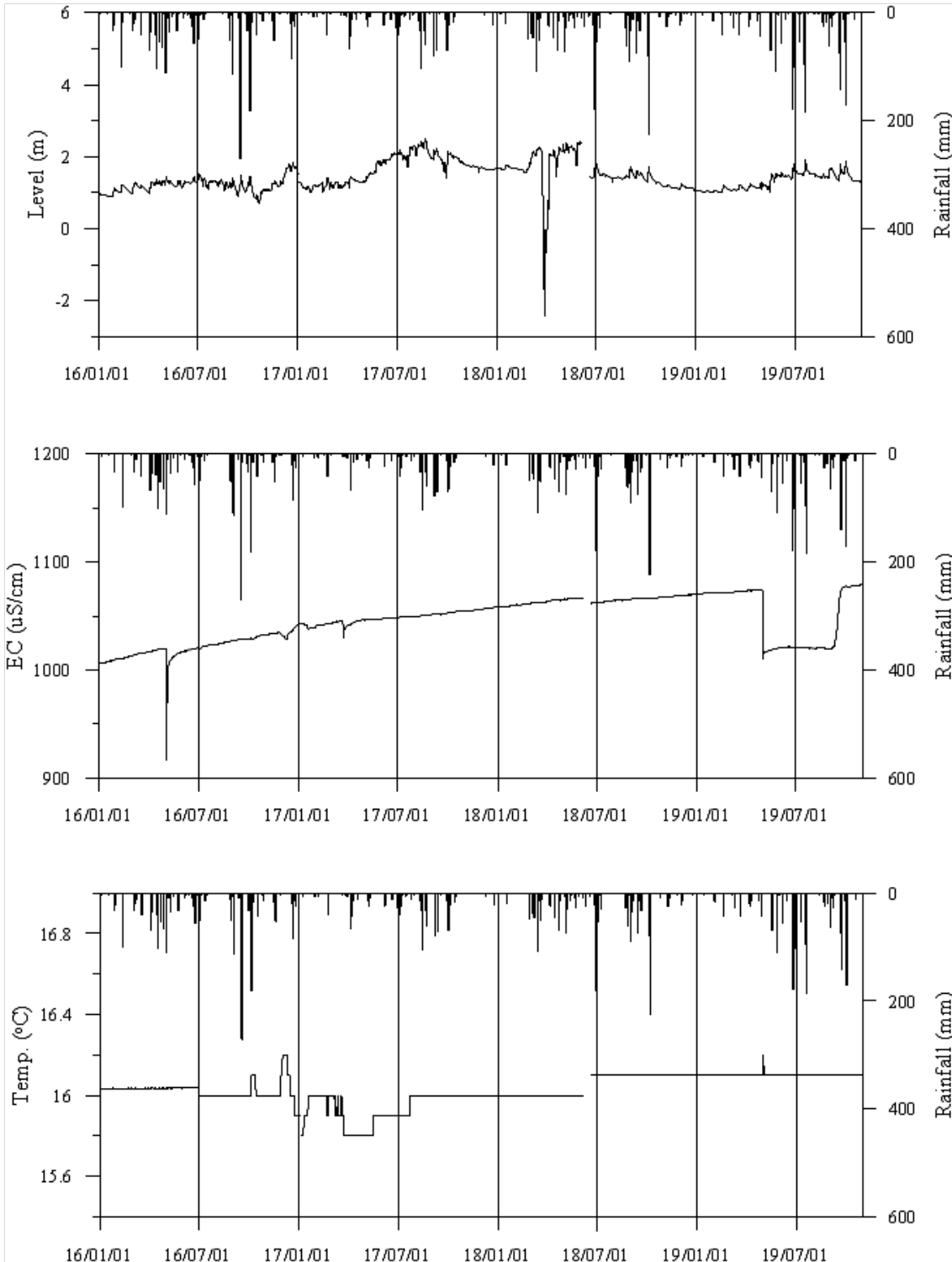
구 분	관측공	갈화1	갈화2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	25.00	17.73
	2004.10	1.44	-
	2005.10	1.23	6.65
	2006.11	1.07	9.97
	2007.10	0.98	1.16
	2008.11	48.62	17.95
	2009. 6	1.37	1.51
	2010. 6	2.12	5.39
	2011.10	0.86	-
	2012. 4	0.65	1.11
	2013. 5	1.31	2.76
	2014. 7	0.77	1.59
	2015. 6	0.27	2.27(2015.11)
	2016. 5	0.56	1.06
	2017. 3	32.76	2.41
	2018. 6	0.92	0.34
	2019. 5	0.93	0.95

5. 장기 관측결과



<갈화1 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<갈화2(신) 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

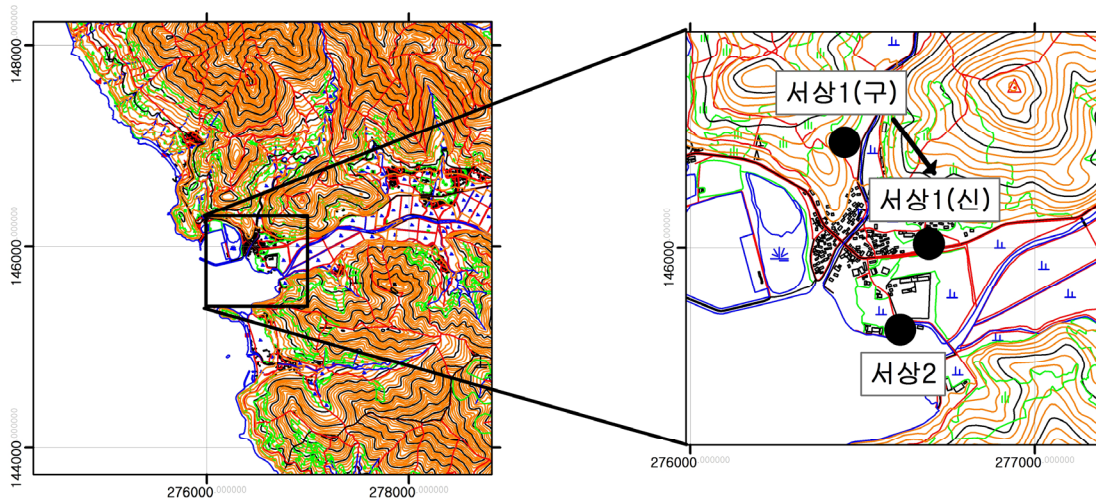
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 갈화1, 갈화2(구) 관측공은 1998년과 1999년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하였다. 갈화2(구)는 공내 이용 시설 설치로 인한 데이터의 신뢰도 저하로 2015년 인근에 갈화2(신)으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 갈화1 관측공은 2002년 이후 지표 하 30 ~ 57 m 구간에서 전기전도도가 약 $500 \mu S/cm$ 에서 약 $31,000 \mu S/cm$ 내외로 상승하는 전이대가 증감을 반복한다. 갈화2(신) 관측공에서는 심도 약 25 ~ 30 m 구간에서 전이대가 나타나 전기전도도가 약 $1,100 \mu S/cm$ 까지 증가하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 갈화1, 갈화2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비가 갈화1 관측공은 0.93으로 해수 영향을 받고 있고, 2015년 개발한 갈화2(신) 관측공은 0.95 범위로 약한 해수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 갈화1 관측공의 수위는 약 1.5 m 내외에서 변화하며, 전기전도도의 변화가 $100 \sim 30,000 \mu S/cm$ 범위에서 변화하고 있다. 갈화2(신) 관측공의 수위는 약 1 m 내외에서 변화하며, 전기전도도는 전반적으로 $1,000 \mu S/cm$ 에서 완만하게 증가하는 경향을 나타내고 있다.
- 5) 관리 방안 : 갈화1 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(신) 관측공에서도 해수침투 영향에 대하여 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

2.9.3 서상지구

1. 위치



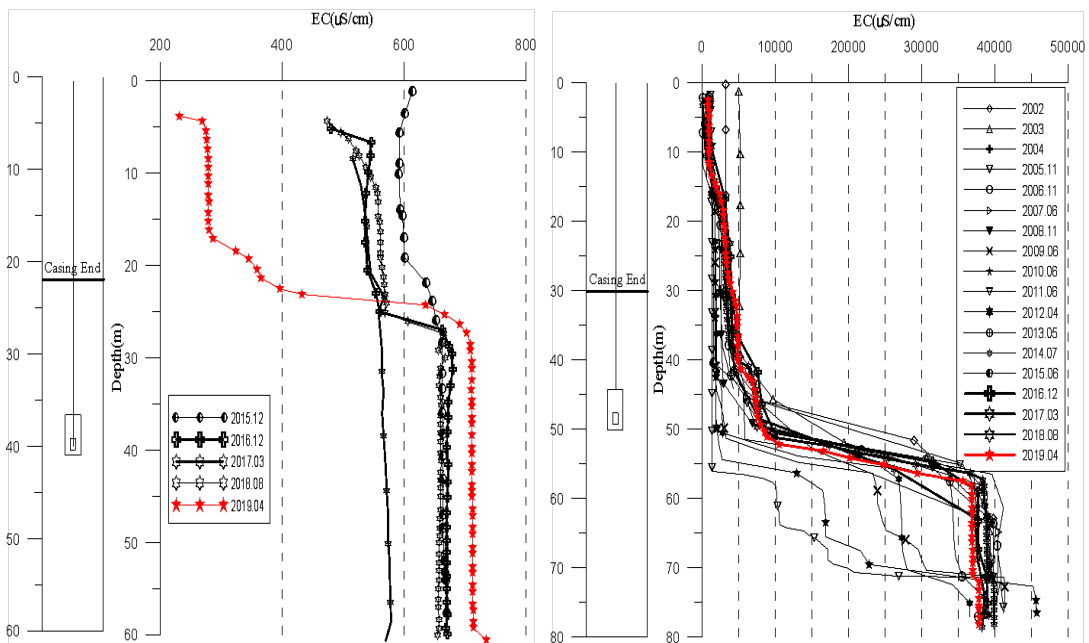
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
서상1 (구)	남해군 서면 서상리 1276	93414.620	146607.854	27.40	2000	330	6.19
서상1 (신)	남해군 서면 서상리 521-6	276654.6471	145995.9661	4.61	2015	130	0.53
서상2	남해군 서면 서상리 722-20	93654.042	146042.844	2.77	2002	470	0.34

* 서상1(구) 관측공은 공내 이용시설 설치로 인해 2015년 서상1(신)으로 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. 지하수 검층



<서상1(신) 관측공>

<서상2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

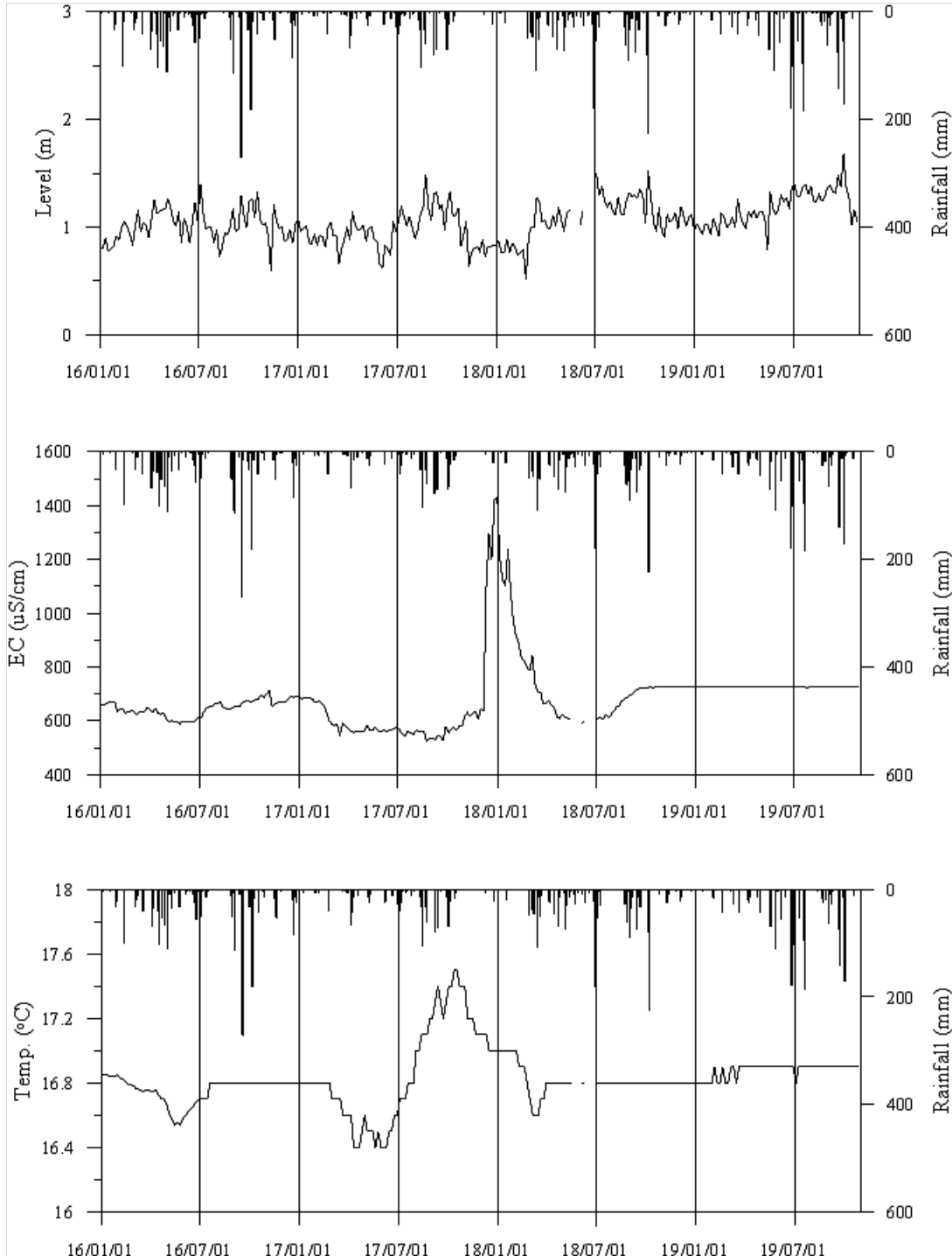
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
서상1 (구)	(2002. 7)	25.29	14.35	0.78	26.45	6.24	83.66	45.75	11.19
	(2004.10)	94.25	12.11	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2009. 6)	13.05	10.22	0.56	25.50	10.21	24.31	61.00	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	13.97	10.07	2.66	34.71	10.77	23.69	79.30	N.D.
	(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 (신)	(2015.11)	18.58	20.64	7.20	53.66	135.71	208.82	145.22	N.D.
	(2016. 5)	87.62	11.99	4.90	33.51	15.69	36.90	301.95	0.06
	(2017. 3)	23.68	17.74	6.46	61.38	7.00	34.59	244.00	N.D.
	(2018. 6)	26.16	15.00	2.14	46.20	48.84	50.11	152.50	0.14
	(2019. 5)	21.35	9.32	7.79	14.57	8.51	23.42	88.45	-
서상2	(2004.10)	663.32	48.68	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	349.39	17.43	13.47	24.42	85.55	411.07	192.15	N.D.
	(2013. 5)	95.12	5.89	3.86	10.10	31.24	137.79	54.90	N.D.
	(2014. 7)	1082.67	145.59	24.87	239.05	279.05	2339.51	64.05	N.D.
	(2015. 6)	1926.17	389.62	67.53	639.30	751.67	4625.75	196.37	N.D.
	(2016. 5)	1769.50	197.00	40.55	247.83	480.45	3307.72	131.15	N.D.
	(2017. 3)	686.13	44.68	18.94	62.36	164.33	971.44	161.65	2.62
(2018. 6)	403.48	19.25	4.02	30.69	103.44	583.57	115.90	1.62	
(2019. 5)	514.26	44.12	14.46	56.75	137.51	842.89	115.90	-	

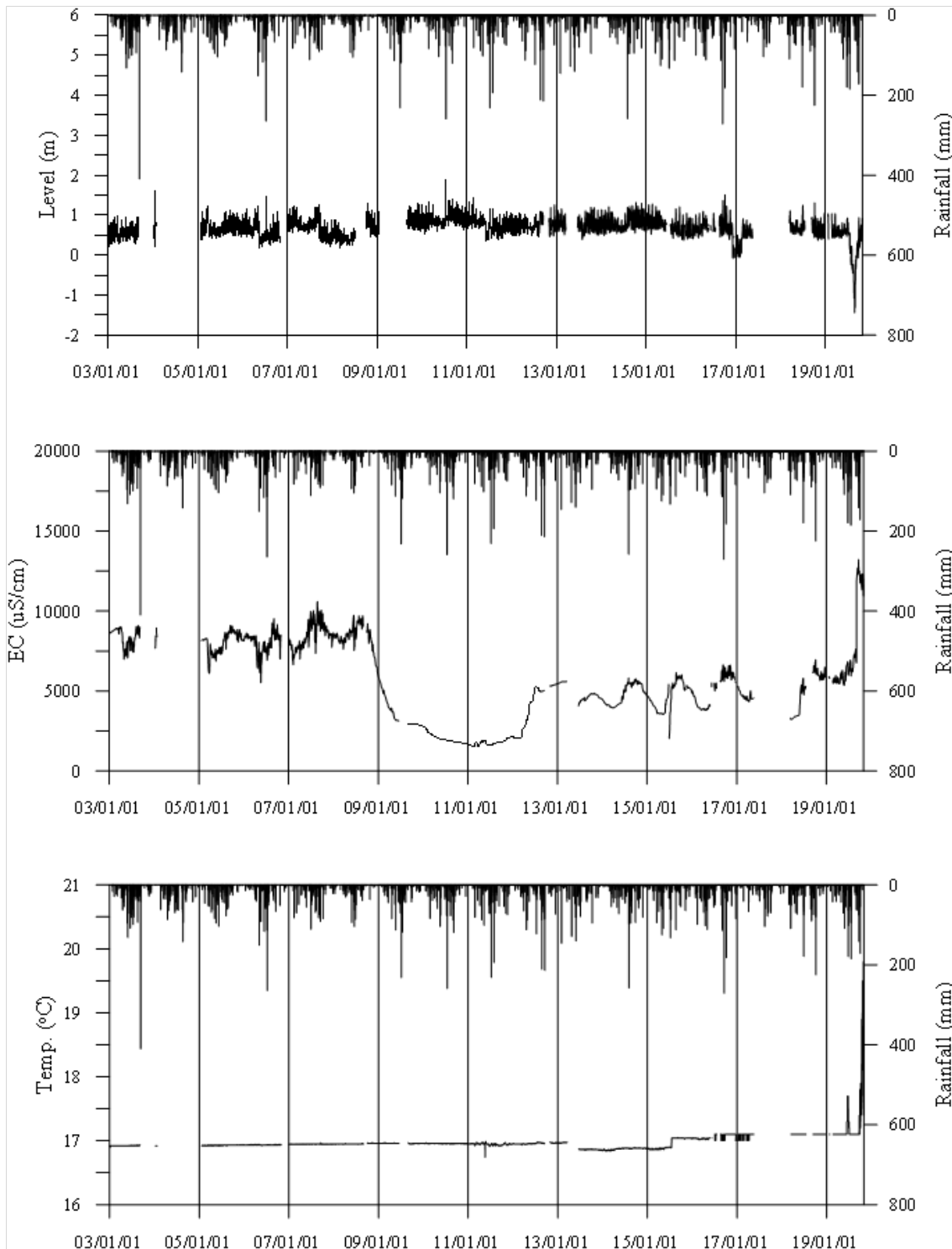
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	서상1	서상2
	년월		
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 (신)	40.54
	2016. 5	0.21	43.41
	2017. 3	0.24	10.34
	2018. 6	0.57	8.67
2019. 5	0.45	12.50	

5. 장기 관측결과



<서상1(신) 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온그림



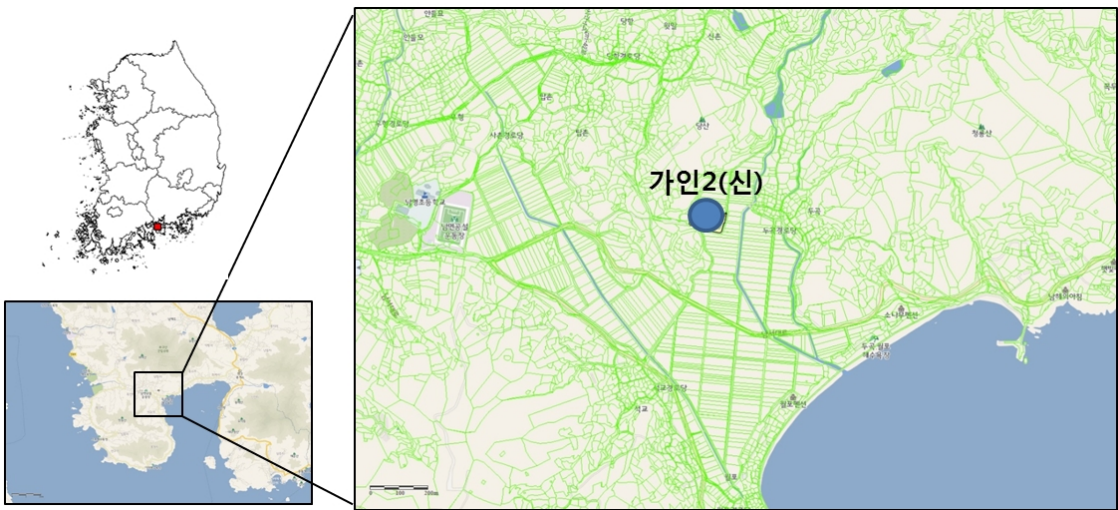
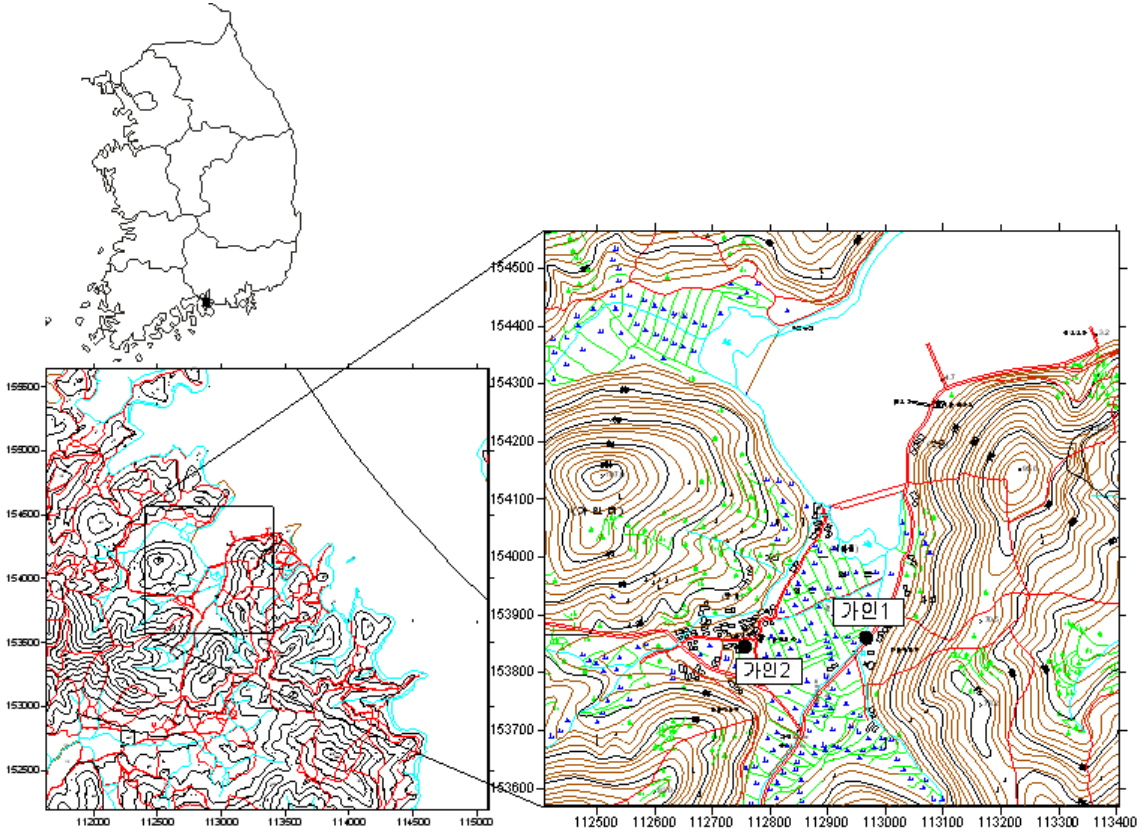
<서상2 관측공의 장기관측자료 (2003.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서상1(구), 서상2 관측공은 2000년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였다. 서상1(구) 관측공은 공내 이용시설 설치로 자료의 신뢰도가 저하되어 2015년 인근에 서상1(신)으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 서상1(신) 관측공은 심도 약 20 ~ 27 m 구간에 전이대가 나타나지만 전체적으로는 담수의 전기전도도이다. 서상2 관측공은 2002년 이후 2018년까지 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.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 서상 1(신) 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타나며, 몰비는 0.45로 해수의 영향이 약하게 나타나고 있다. 서상2 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당하며, Cl/HCO₃ 몰비가 12.50으로 해수영향을 심하게 받고 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 서상1(신) 관측공은 수위는 약 1 m 내외에서 변화하며, 전기전도도의 변화가 500 ~ 700 $\mu S/cm$ 범위에서 변화하고 있으며, 2017년 11월부터 전기전도도가 1,400 $\mu S/cm$ 까지 상승한 후 회복되는 경향이 나타났다. 서상2 관측공은 조위변화에 따라 지하수위 변동이 나타나며, 강수에 의한 영향도 복합적으로 나타나고 있다. 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. 2019년 이후 전기전도도는 증가 추세이다.
- 5) 관리 방안 : 서상지구는 해안 변에 위치한 서상2 관측공에서 해수유입에 의한 영향이 직접적으로 나타남에 따라, 장기 관측자료의 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 발달 여부를 점검하여야 한다.

2.9.4 가인지구

1. 위치



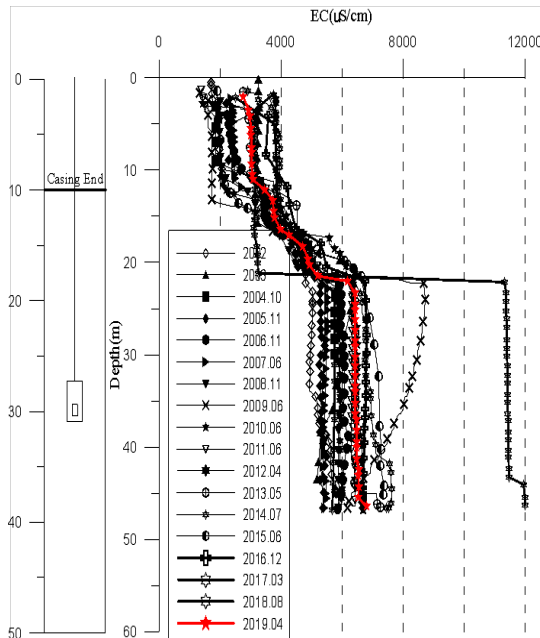
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
가인1	남해군 창선면 가인리 146-11	112966.718	153859.936	1.884	2000	260	0.384
가인2 (구)	남해군 창선면 가인리 101-1	112755.985	153844.491	2.525	2002	270	1.495
가인2 (신)	남해군 남면 당항리 611	282393.89	242132.07	25.70	2017	700	21.92

※ 토지소유주의 민원에 의해 2017년 가인2(구)에서 가인2(신)으로 이전

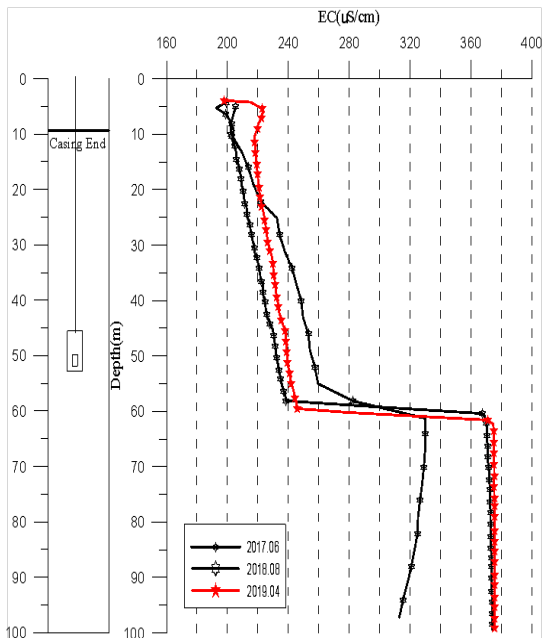
2. 지형 및 지질

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 회 녹색 사암으로 구성되며, 일부지역에서는 열변성으로 혼펠스화 되어 있다.

3. 지하수 검층



<가인1 관측공>



<가인2(신) 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

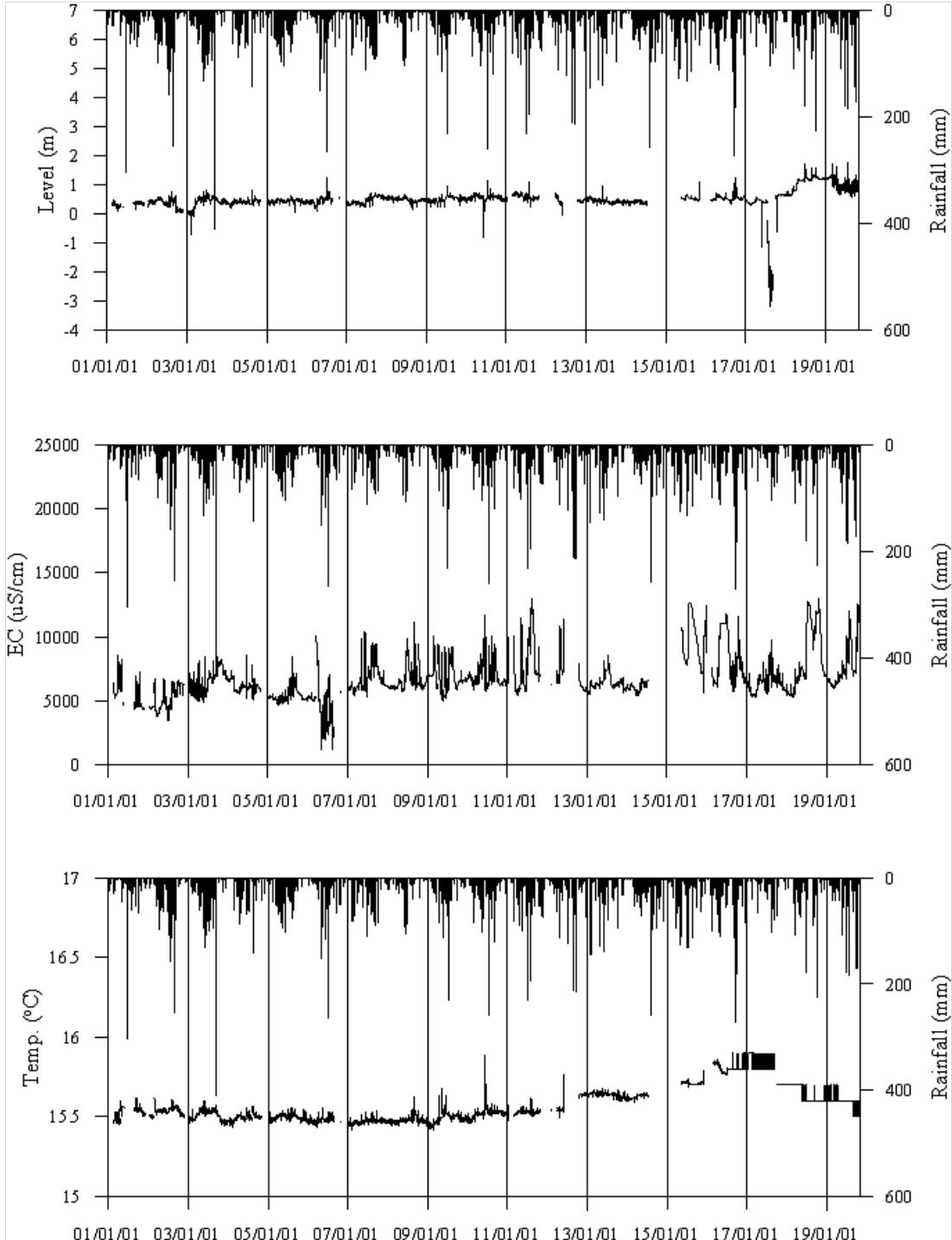
(단위 :mg/L)

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	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	507.35	121.19	8.49	257.84	109.39	1574.56	112.85	N.D.
	(2013. 5)	594.81	71.19	16.49	144.67	121.23	1162.13	94.55	N.D.
	(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	-
	(2016. 5)	530.55	75.12	8.65	160.93	69.76	1125.72	103.70	2.70
	(2017. 3)	901.76	107.48	7.23	222.67	151.92	1713.35	109.80	5.60
(2018. 6)	507.37	77.33	2.60	162.96	118.55	1209.38	88.45	2.53	
(2019. 4)	629.27	87.02	4.59	165.19	135.85	1366.24	88.45	-	
가인2 (구)	(2004.10)	N.D.	1.29	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	8.43	5.67	2.88	37.87	5.73	13.78	94.55	N.D.
	(2013. 5)	9.32	4.30	5.30	21.75	10.29	11.85	54.90	N.D.
	(2014. 7)	10.87	6.09	1.02	39.48	6.87	14.64	79.30	N.D.
(2015. 6)	12.16	6.14	1.14	40.66	10.67	28.82	85.13	-	
(2016. 5)	7.99	5.50	1.08	36.19	7.29	12.20	70.15	N.D.	
가인2 (신)	(2017. 6)	10.90	7.57	1.65	18.05	9.85	13.33	82.35	N.D.
	(2018. 6)	8.05	7.82	0.72	18.66	10.82	12.47	76.25	0.02
	(2019. 4)	9.33	8.63	1.99	19.63	10.22	12.33	64.05	-

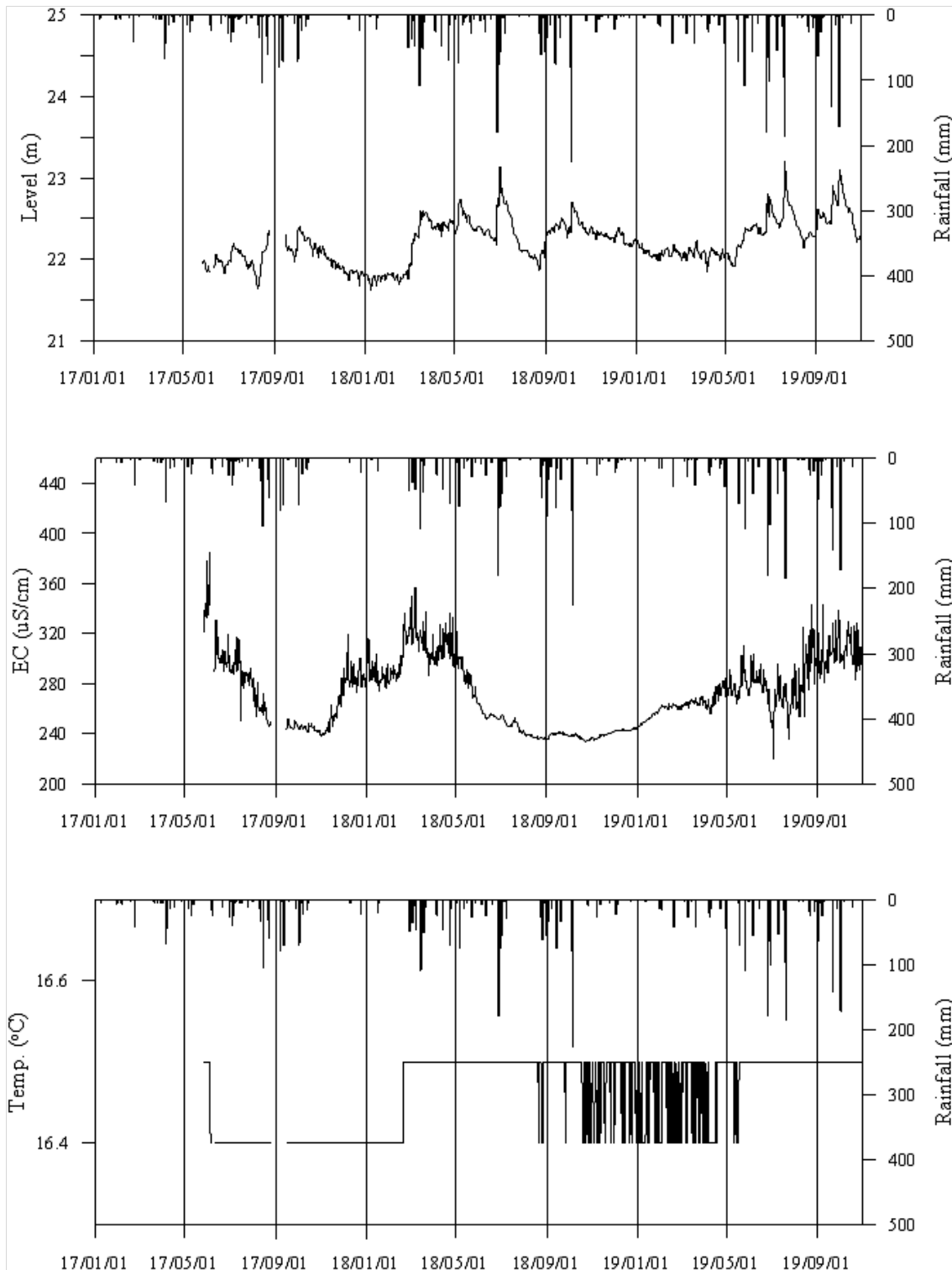
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	가인1	가인2
	년월		
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
	2016. 5	18.68	0.30
	2017. 3	26.86	0.28 (신)
	2018. 6	23.53	0.28
2019. 4	26.54	0.33	

5. 장기 관측결과



<가인1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



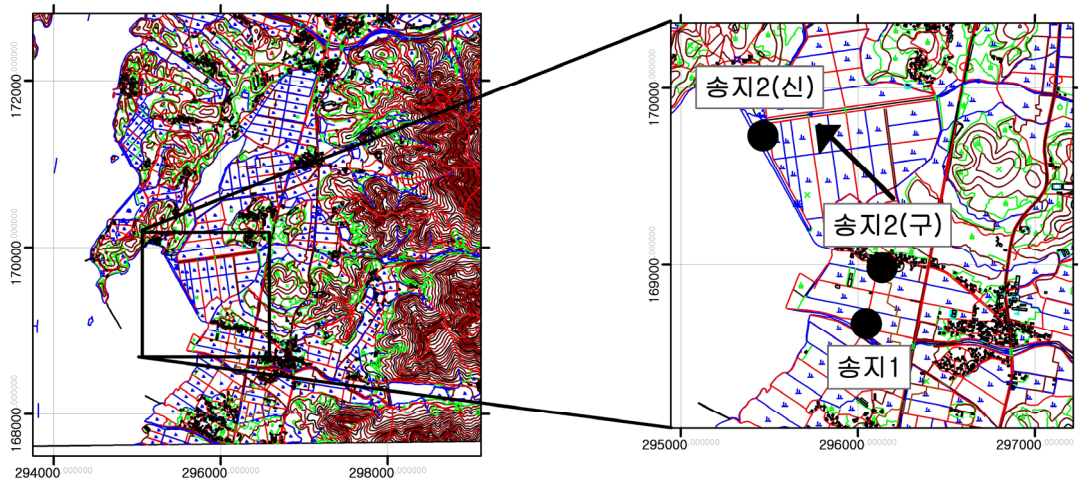
<가인2(신) 관측공의 장기관측자료 (2017.5.26 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 가인1, 가인2(구) 관측공은 2000년과 2002년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 토지소유주의 민원에 의해 2017년 가인2(신) 관측공으로 이전 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 가인1 관측공은 2002년 이후 담수체와 해수체의 전이대가 15 ~ 25 m 구간으로 전기전도도 값은 2,000 ~ 4,000 $\mu S/cm$ 범위에서 5,000 ~ 7,000 $\mu S/cm$ 범위까지 증가하였다. 2018년 지표 하 20 m에서 11,000 $\mu S/cm$ 까지 급격하게 증가함에 따라 향후 전기전도도 변화에 대한 관측이 필요하다. 가인2(신) 관측공은 약 55 m 심도에서 전기전도도의 증가가 발생하여, 공저까지 약 320 $\mu S/cm$ 내외로 수렴하나, 담수영역에서의 증감이므로 큰 영향을 없는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 가인1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 26.54로 심각한 해수의 영향을 지시한다. 가인2(신) 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형의 일반적인 담수유형에 해당하고 Cl/HCO₃ 몰비도 0.33dm로서 해수의 영향은 미약하다.
- 4) 장기 관측결과 : 가인1 관측공의 지하수위와 전기전도도는 강수에 비례적이어서 강수발생시 지하수위와 전기전도도는 증가한다. 가인2(신) 관측공은 강수에 의한 지하수위 변동이 1 m 내외에서 나타나며, 전기전도도는 320 $\mu S/cm$ 내외로서 담수영역에 해당한다.
- 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 진행 여부를 점검하여야 한다. 또한 가인2 관측공은 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났다. 토지소유주의 민원에 의해 이동 설치한 가인2(신) 관측공은 해수침투의 영향이 없는 담수체로 판단되나, 지속적인 장기관측을 통해 해수침투 여부를 모니터링할 필요가 있다.

2.9.5 송지지구

1. 위치



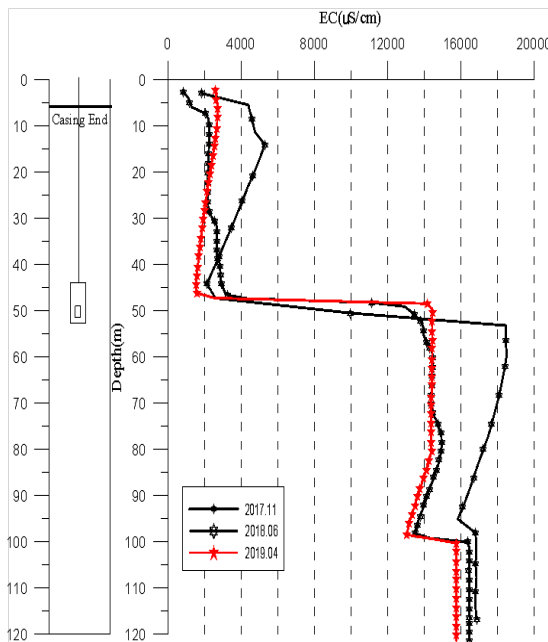
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
송지1 (구)	사천시 용현면 송지리 581	113449.365	168586.540	4.22	2003	150	2.334
송지1 (신)	사천시 서포면 선전리 1-38	290683.93	266673.28	0.70	2017	30	-2.900
송지2 (구)	사천시 용현면 송지리 355	113362.032	168978.669	3.83	2004	10	1.478
송지2 (신)	사천시 용현면 송지리 1018-1	295932.76	168957.42	-	2015	50	0.78(TOC)

* 송지1(구) 관측공은 토지소유주 민원으로 2017년 송지1(신) 관측공으로 이동 설치함
 송지2(구) 관측공은 도로 편입으로 2015년 송지2(신) 관측공으로 이동 설치함

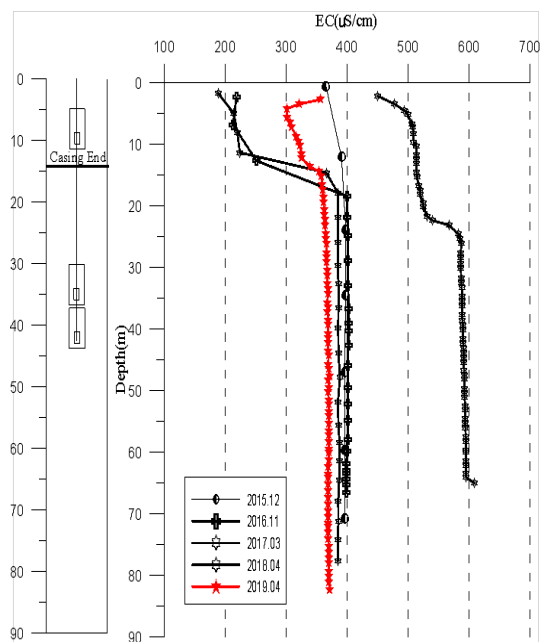
2. 지형 및 지질

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(신) 관측공>



<송지2(신) 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

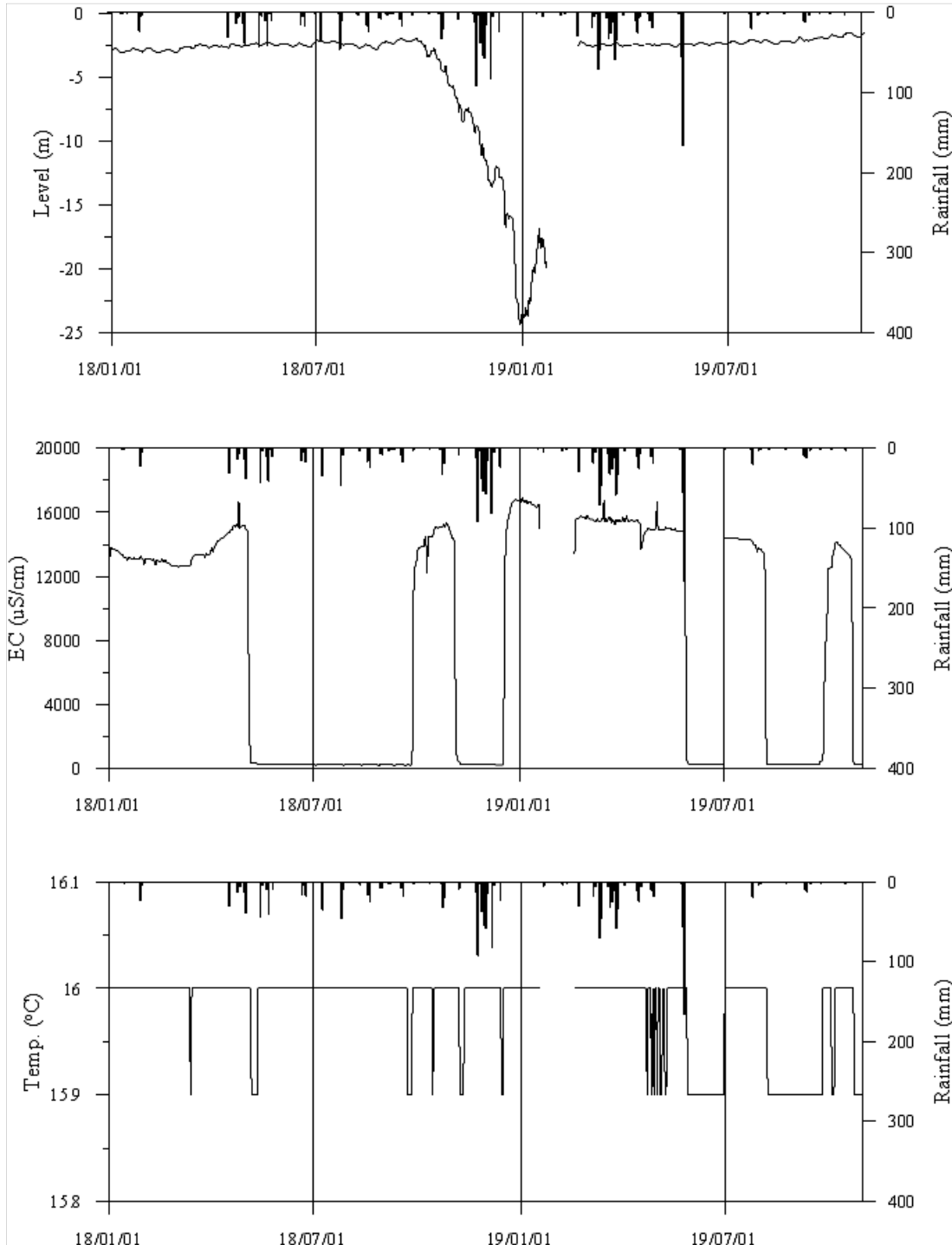
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
송지1 (구)	(2003. 9)	11.62	5.43	0.68	29.54	16.65	14.29	123.60	5.76
	(2004.10)	N.D.	N.D.	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	11.06	5.50	2.82	30.30	16.20	19.46	94.55	N.D.
	(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	-
	(2016. 5)	15.55	5.81	1.07	36.13	18.90	21.80	109.80	0.11
(2017.11)	14.47	6.07	0.74	39.04	16.80	14.04	122.00	0.07	
송지1 (신)	(2018. 6)	241.63	44.51	3.02	181.23	24.69	721.46	70.15	1.47
	(2019. 4)	247.33	48.20	2.38	204.49	8.91	795.49	85.40	-
송지2 (구)	(2004.10)	1190.09	382.02	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	147.42	48.82	3.81	216.64	74.43	595.82	143.35	N.D.
	(2013. 5)	237.43	55.99	3.27	244.04	90.70	869.47	128.10	N.D.
(2014. 7)	359.64	90.67	3.77	264.69	92.67	1097.87	161.65	N.D.	
송지2 (신)	(2016. 5)	15.19	4.03	0.86	55.84	60.70	28.50	122.00	0.10
	(2017. 3)	20.83	3.46	1.22	29.35	37.43	33.66	61.00	N.D.
	(2018. 6)	17.60	2.42	0.93	20.21	19.02	24.29	45.75	0.04
(2019. 4)	16.13	4.37	0.47	46.80	52.51	28.58	88.45	-	

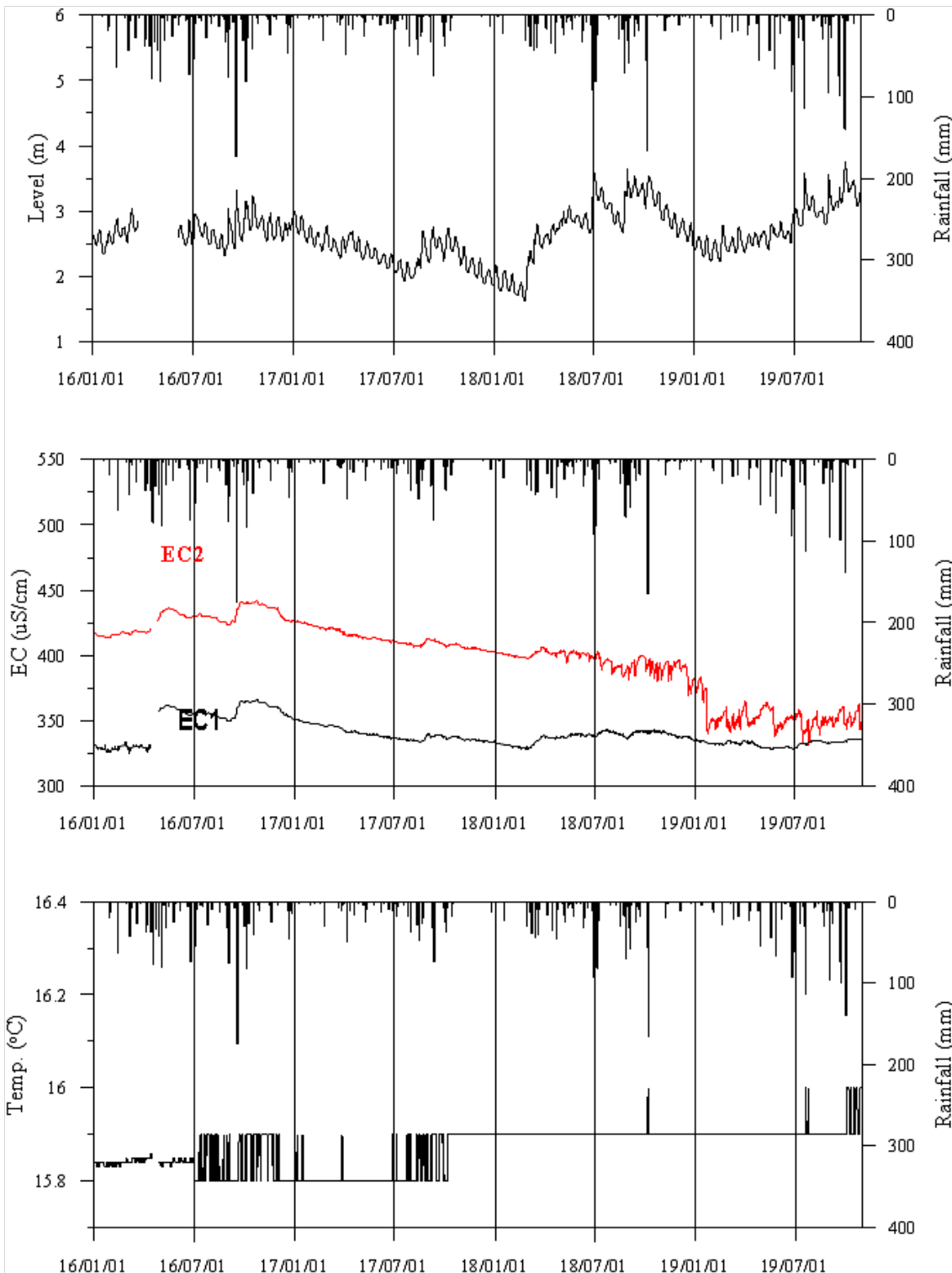
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	송지1	송지2
	년월		
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	-
	2016. 5	0.34	0.40(신)
	2017. 3	0.20	0.95
	2018. 6	17.70(신)	0.91
	2019. 4	16.01	0.56

5. 장기 관측결과



<송지1(신) 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



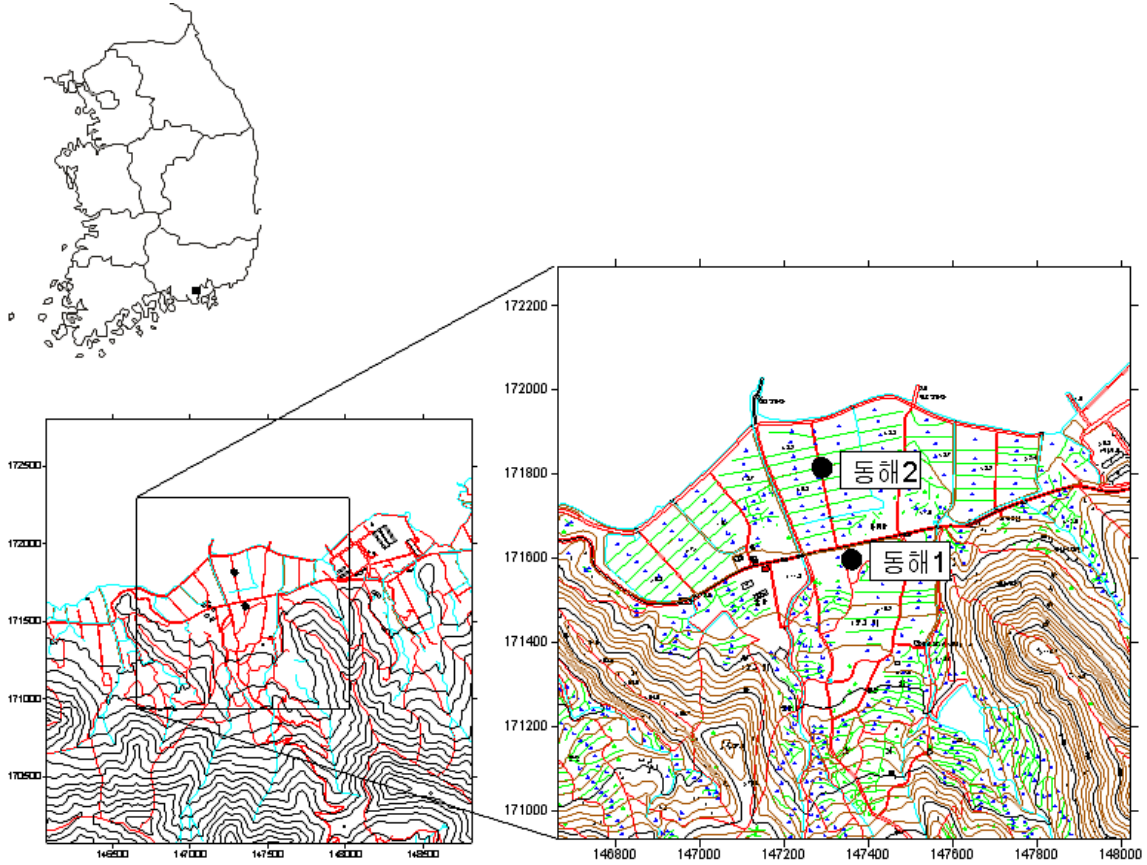
<송지2(신) 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 송지1(구), 송지2(구) 관측공은 2003년과 2004년에 설치한 관측망으로 송지1(구) 관측공은 토지소유주 민원으로 2017년 송지1(신) 관측공으로, 송지2(구) 관측공은 도로 부지 편입으로 인해 2015년 말 송지2(신) 관측공으로 이동 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 2017년 이전 설치한 송지1(신) 관측공의 경우, 약 50 m 심도에서 전이대가 형성되어, 공저까지 16,000 $\mu S/cm$ 내외의 값을 보였다. 2015년에 이동 설치한 송지2(신) 관측공은 전 심도에서 400 $\mu S/cm$ 이하의 전기전도도를 나타내며, 2018년 600 $\mu S/cm$ 로 증가하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 송지1(신) 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 몰비 16.01로 심각한 해수의 영향을 받는 것으로 나타났다. 송지2(신) 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 몰비도 0.56으로 해수의 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 송지1(신) 관측공은 연중 수위변동이 발생하지 않으며, 동절기인 10월 부터 이듬해 봄까지 지하수위가 하강한다. 지하수위 변동과 무관하게 전기전도도는 2018년 5월 14,000 $\mu S/cm$ 에서 200 $\mu S/cm$ 내외로 급격히 감소하였다가, 10월 다시 14,000 $\mu S/cm$ 로 증가하는 경향이 나타난다. 아직 1년의 관측주기 이므로, 향후 지속적인 모니터링이 필요하다. 송지2(신) 관측공은 조위와 강수의 영향을 받으며, 전기전도도는 담수영역이다. EC2 센서의 전기전도도는 감소 추세이다.
- 6) 관리 방안 : 송지지구는 해안 변에 위치한 송지2(구) 관측공의 지하수 수질이 해수침투에 취약한 것으로 나타났다. 송지1(구) 및 송지2(구) 관측공은 송지1(신) 및 송지2(신) 관측공으로 이동 설치하였고, 정기적인 심도별 지하수 검층 및 이온분석 등으로 수질 및 수량의 변동 추이를 지켜볼 필요가 있다.

2.9.6 동해지구

1. 위치

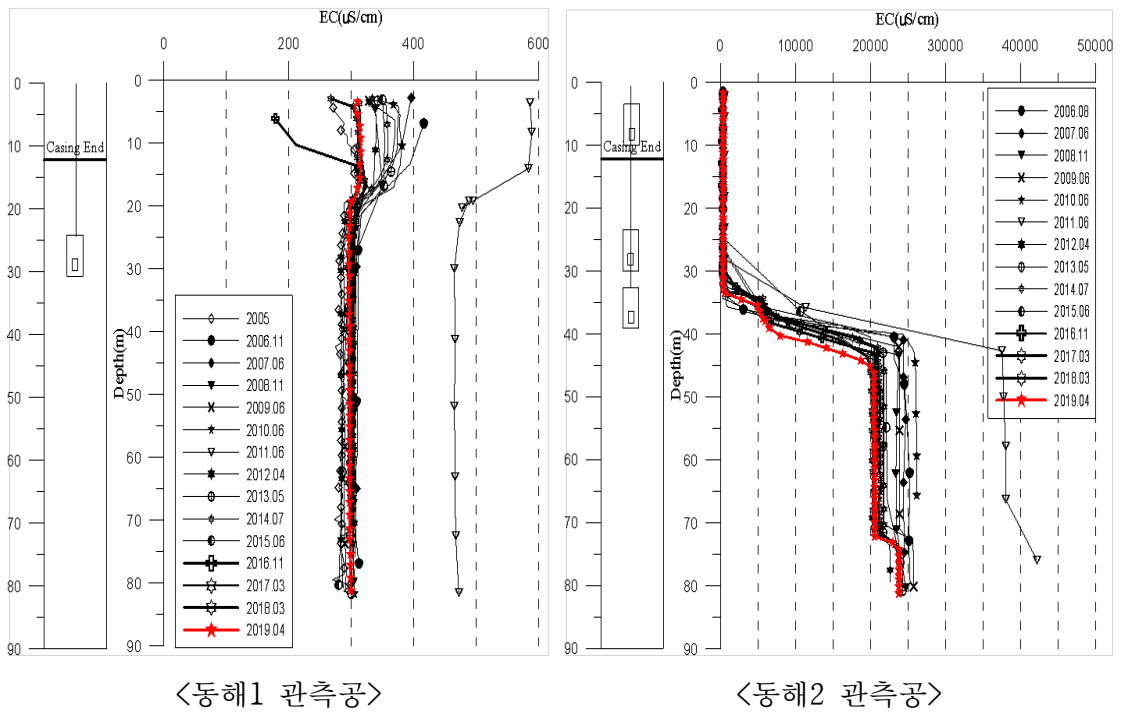


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
동해1	고성군 동해면 장기리 1038	147360.117	171597.360	10.88	2005	360	7.42
동해2	고성군 동해면 장기리 271-4	147289.533	171815.813	3.48	2006	120	1.68

2. 지형 및 지질

이 지역은 경남 고성군 동해면 북쪽 해안 변에 위치한 지구로서, 지질은 경상계 진동층인 셰일과 사암으로 구성되어 있으며, 주변에 백악기의 화강섬록암이 관입하여 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

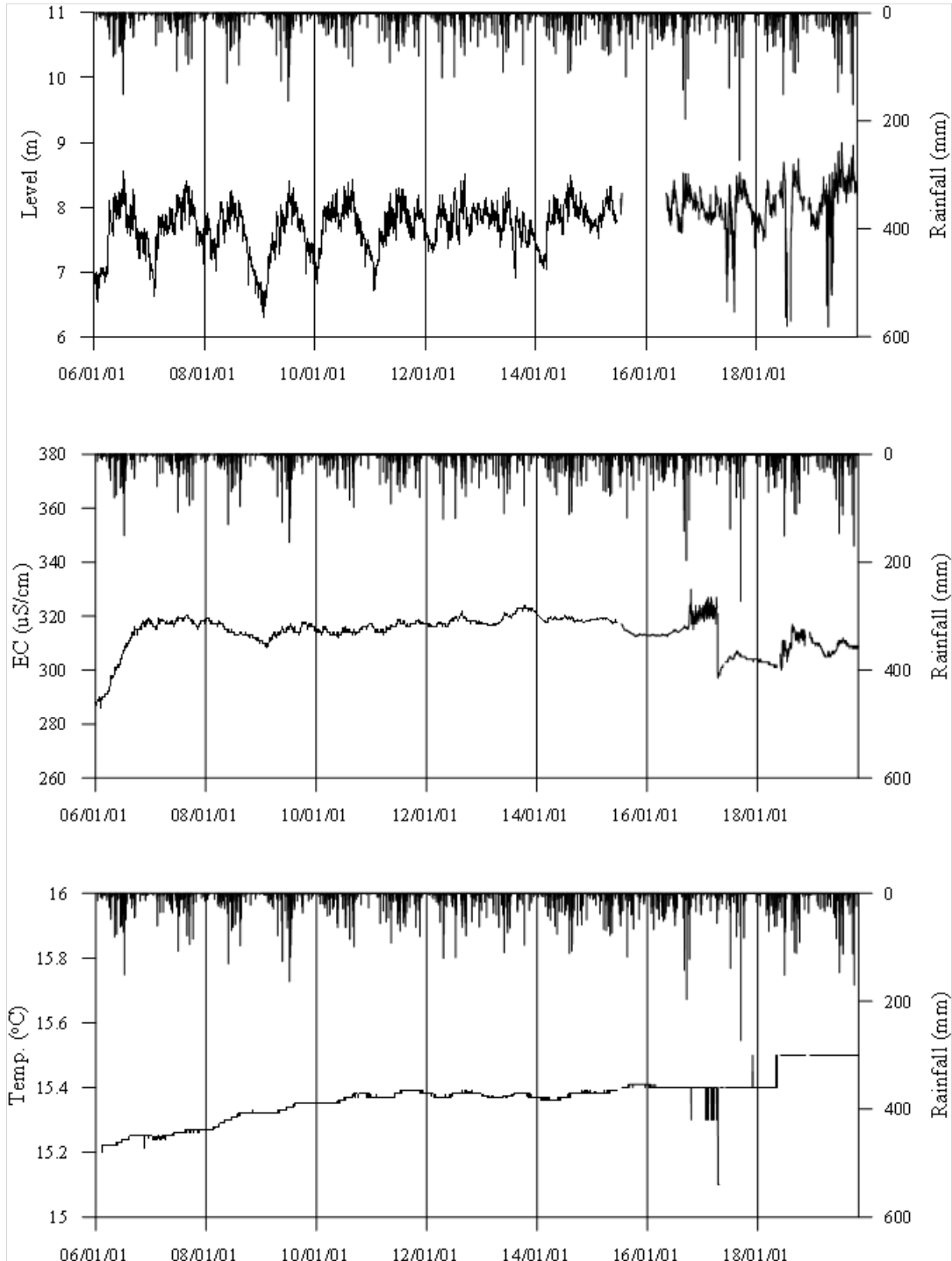
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	9.49	11.62	2.88	36.35	13.55	25.12	122.00	N.D.
	(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	-
	(2016. 5)	12.17	11.75	0.92	35.02	10.32	19.05	128.10	0.09
	(2017. 3)	11.32	11.69	0.96	38.11	12.95	21.10	125.05	0.12
	(2018. 6)	10.25	9.80	0.54	35.23	11.33	19.64	109.80	0.07
(2019. 4)	11.97	12.62	0.97	36.75	12.95	18.52	134.20	-	
동해2	(2006.11)	14.02	11.51	0.98	42.77	8.70	29.66	125.05	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	69.11	31.44	2.70	102.32	34.89	204.42	201.30	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 6)	136.99	79.16	7.17	187.33	77.54	583.66	232.69	-
	(2016. 5)	290.12	132.38	5.54	347.92	167.12	1162.69	340.08	4.20
	(2017. 3)	303.62	126.90	2.93	306.92	123.00	1019.53	259.25	4.69
	(2018. 6)	432.63	184.84	2.19	437.90	209.58	1533.43	286.70	3.52
(2019. 4)	106.47	47.89	1.08	110.08	45.02	330.04	195.20	-	

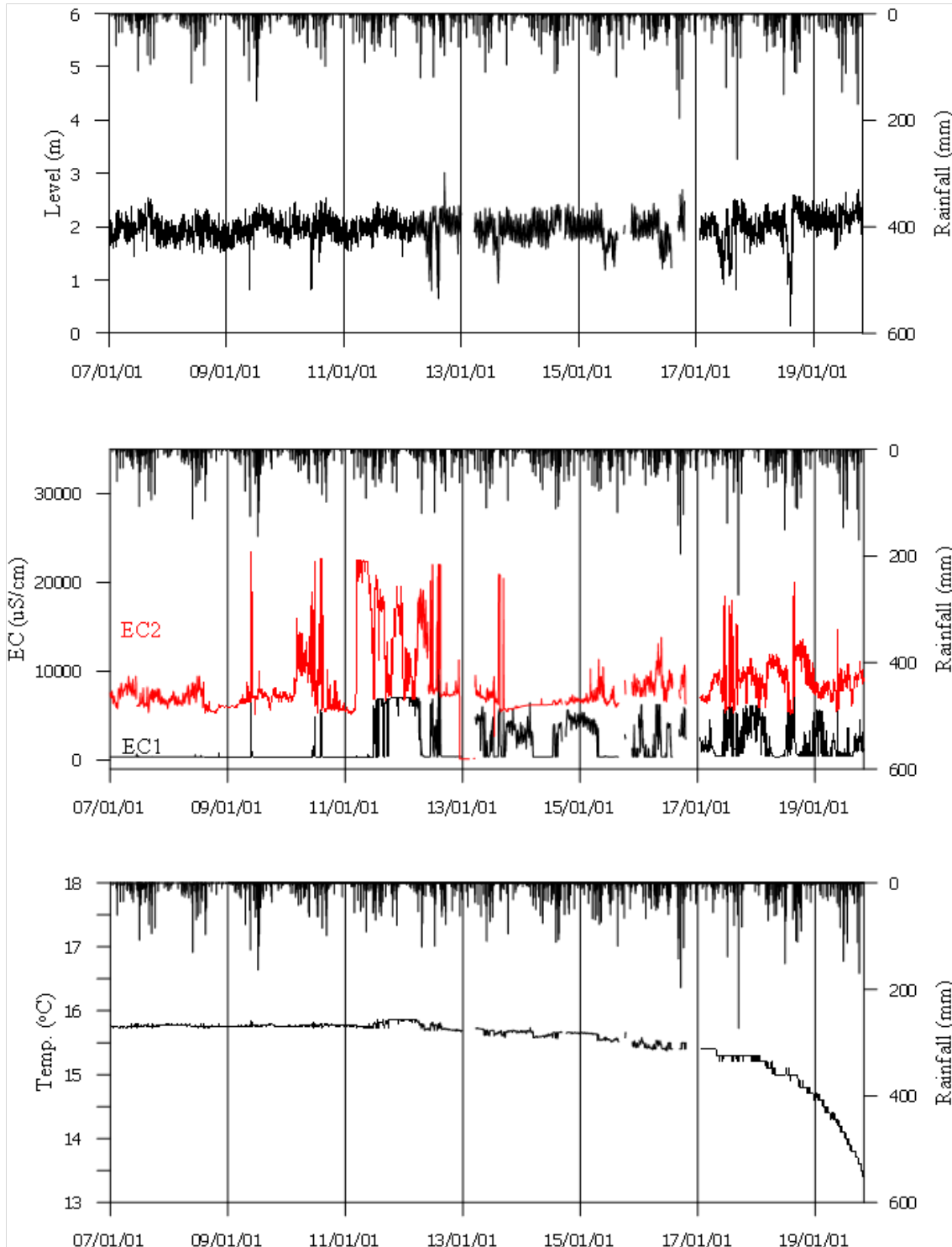
◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	동해1	동해2
	년월		
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
	2016. 5	0.26	5.88
	2017. 3	0.29	6.77
	2018. 6	0.31	9.21
2019. 4	0.24	2.91	

5. 장기 관측결과



<동해1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<동해2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

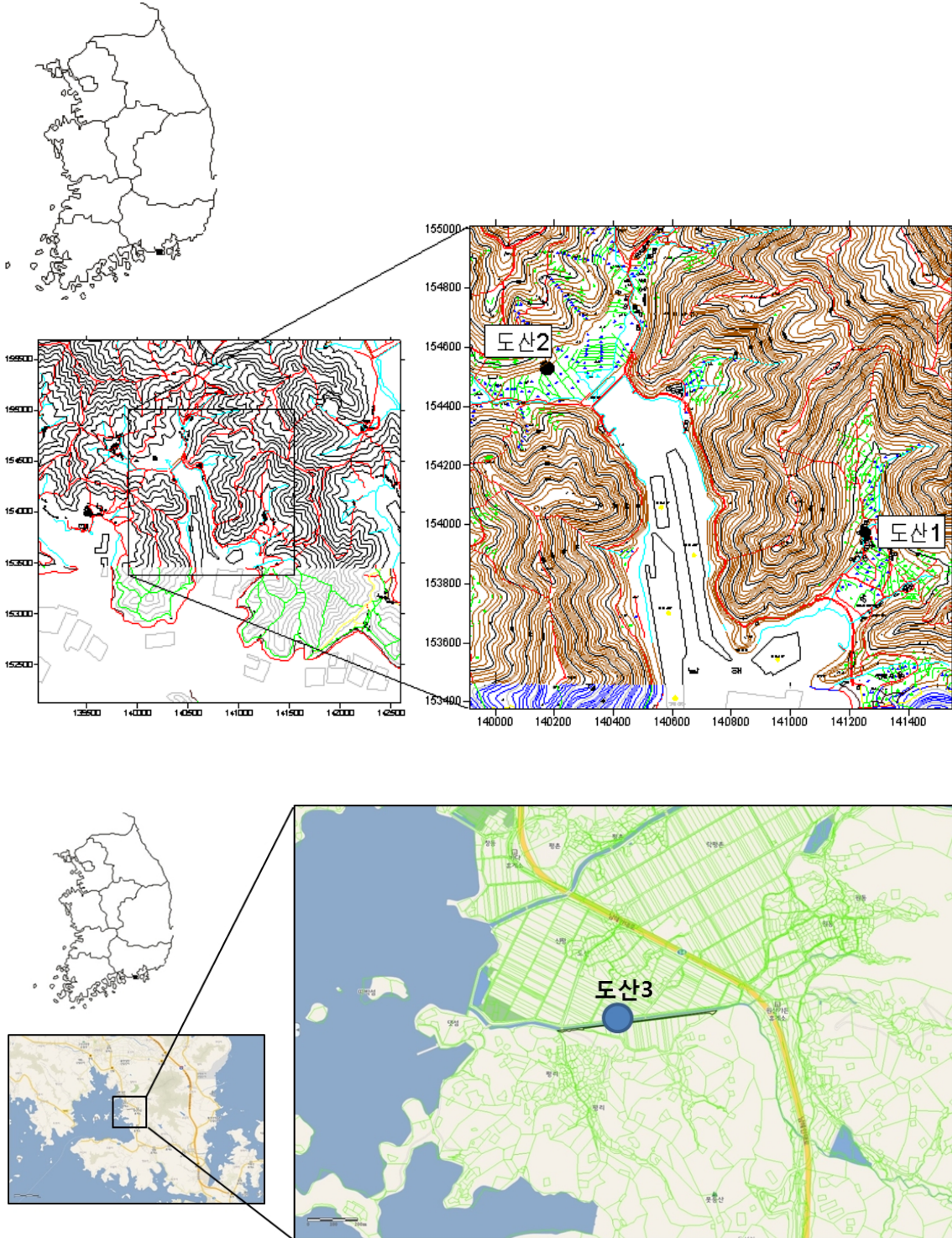
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 동해1, 동해2 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) 심도에서 전이대가 발견된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 동해1, 동해2 관측공은 각각 $Ca-HCO_3$, $(Na+L)-Cl$ 유형에 해당되며, Cl/HCO_3 몰비는 각각 0.24, 2.91로서 동해2 관측공은 해수영향을 받는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 동해1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 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.
- 5) 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.

2.9.7 도산지구

1. 위치

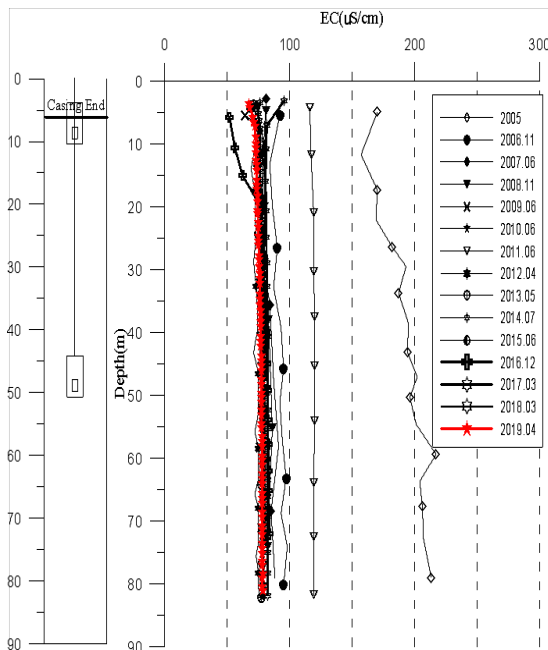


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
도산1	통영시 도산면 법송리 220-1	141253.677	153973.076	8.12	2005	280	3.85
도산2	통영시 도산면 수월리 117	140175.436	154528.695	3.39	2006	220	1.39
도산3	통영시 도산면 도선리 708	322980.00	260145.79	3.39	2017	670	0.91

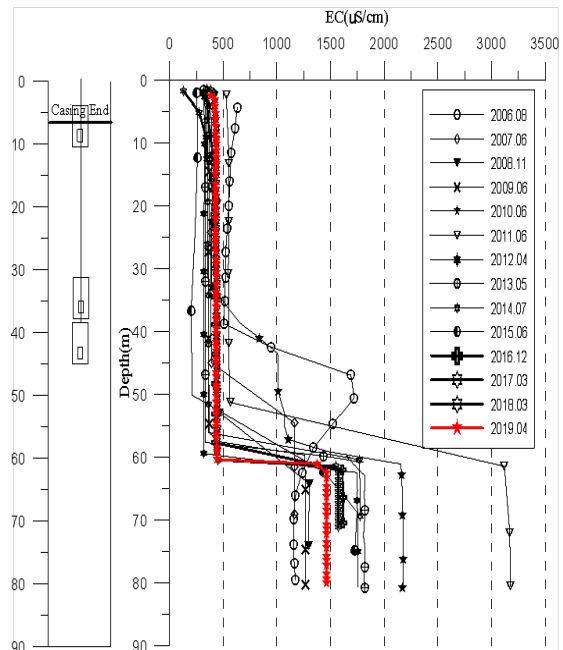
2. 지형 및 지질

이 지역은 경남 통영시 도산면의 남쪽에 위치한 지구로, 지질은 중생대 유천층 군에 속하는 안산암질 응회암으로 구성되어 있으며, 주변에는 백악기의 산성암맥이 대규모로 관입하여 나타난다.

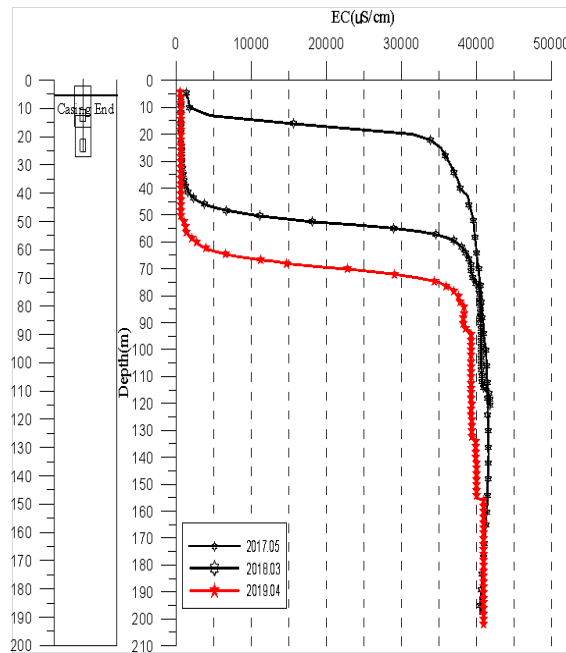
3. 지하수 검층



<도산1 관측공>



<도산2 관측공>



<도산3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

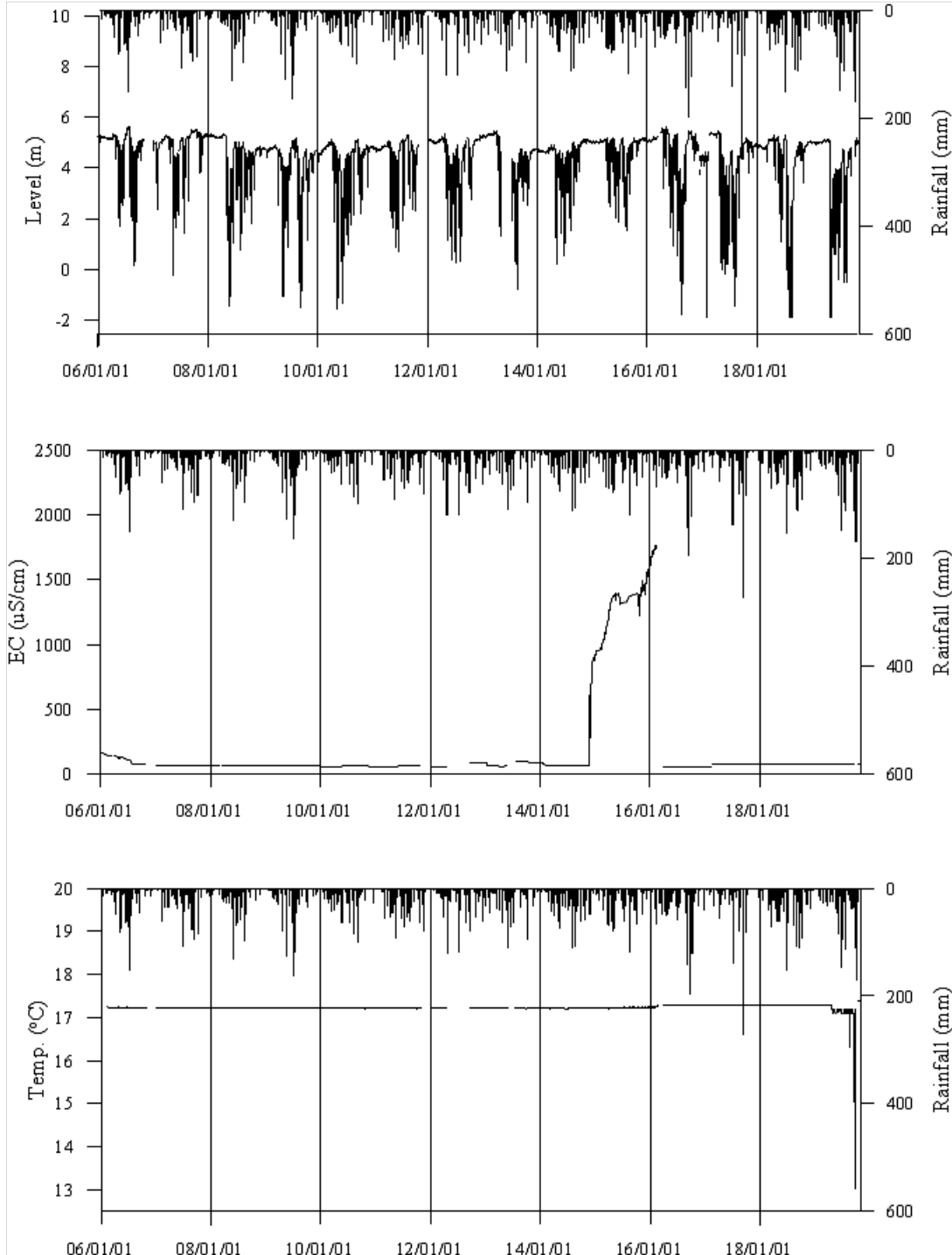
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
도산1	(2005.10)	11.77	2.34	0.88	15.49	6.08	30.18	24.40	0.29
	(2006.11)	6.67	0.76	0.51	4.99	3.03	7.22	21.35	N.D.
	(2007.10)	12.39	1.16	0.96	6.97	2.69	5.87	45.75	0.28
	(2008.11)	7.72	0.90	0.51	5.14	2.60	6.32	27.45	N.D.
	(2009. 6)	9.34	1.00	0.56	5.45	2.60	6.86	27.45	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	8.11	1.02	0.63	5.45	2.91	5.88	33.55	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 6)	7.21	0.92	0.54	5.55	2.46	5.92	27.48	-
	(2016. 5)	10.26	0.76	0.55	5.40	1.70	4.54	36.60	N.D.
	(2017. 3)	10.36	0.99	0.61	5.05	2.18	6.20	30.50	0.03
	(2018. 6)	7.73	0.82	0.48	4.12	2.03	5.94	27.45	0.03
(2019. 4)	9.96	0.85	0.48	4.92	2.08	5.55	27.45	-	

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	N.D.
	(2012. 4)	26.22	3.24	1.10	41.29	6.43	38.01	94.55	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 6)	18.60	4.07	1.04	51.94	7.72	44.62	90.33	-
	(2016. 5)	28.97	4.26	1.15	50.70	6.73	47.20	100.65	0.17
	(2017. 3)	28.36	4.56	1.35	50.22	8.22	51.21	85.40	N.D.
	(2018. 6)	27.64	3.90	0.97	47.98	8.61	46.92	79.30	N.D.
(2019. 4)	26.00	4.13	0.99	51.55	8.93	45.68	82.35	-	
도산3	(2017. 5)	6392.50	866.40	65.15	2793.64	1675.18	14677.40	79.30	100.53
	(2018. 6)	88.25	8.11	1.80	43.65	23.50	59.64	189.10	0.23
	(2019. 4)	73.91	7.83	1.73	52.20	22.36	42.14	210.45	-

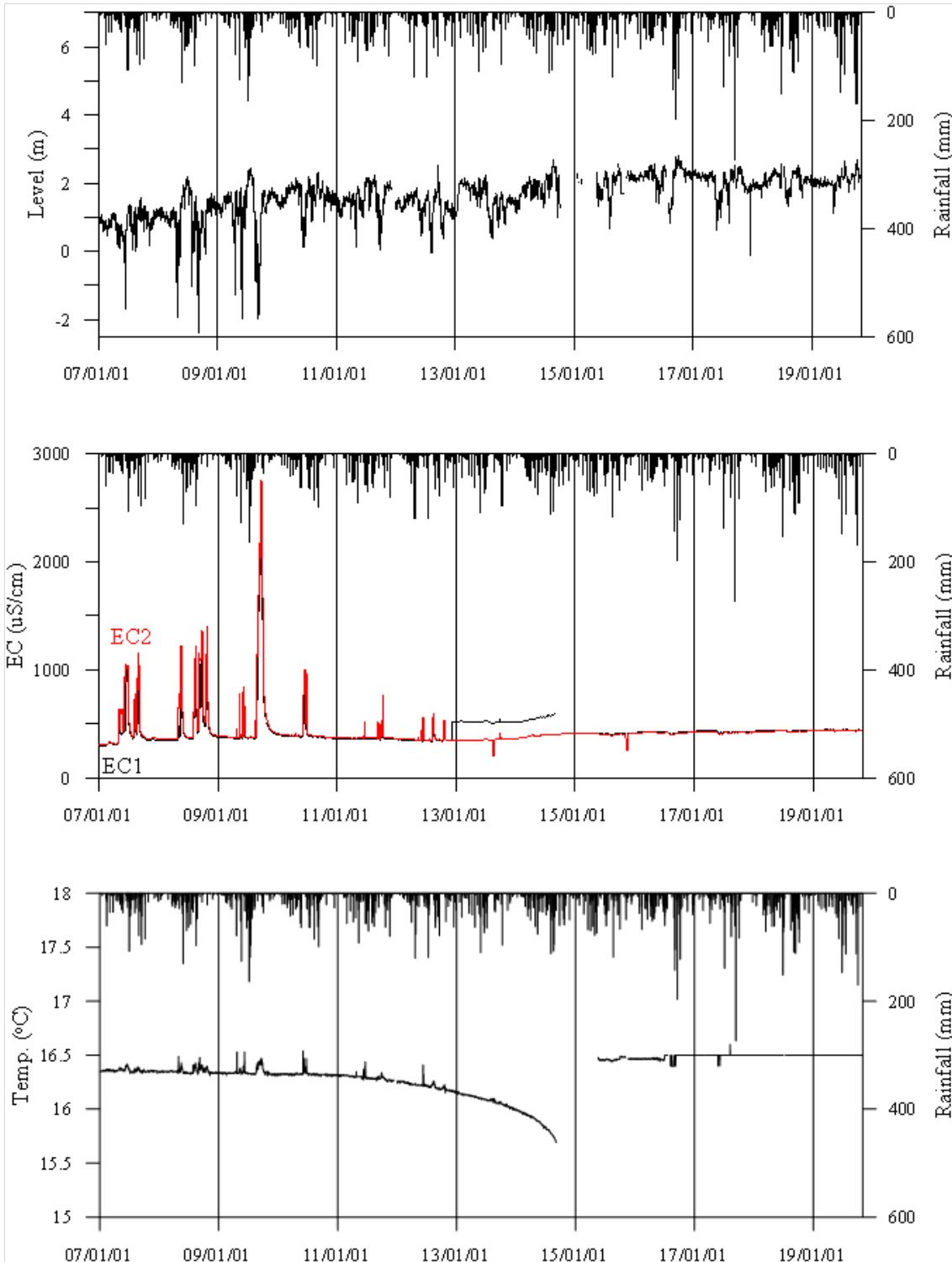
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	도산1	도산2	도산3
	년월			
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	-
	2016. 5	0.21	0.81	-
	2017. 3	0.35	1.03	318.04
	2018. 6	0.37	1.02	0.54
	2019. 4	0.35	0.95	0.34

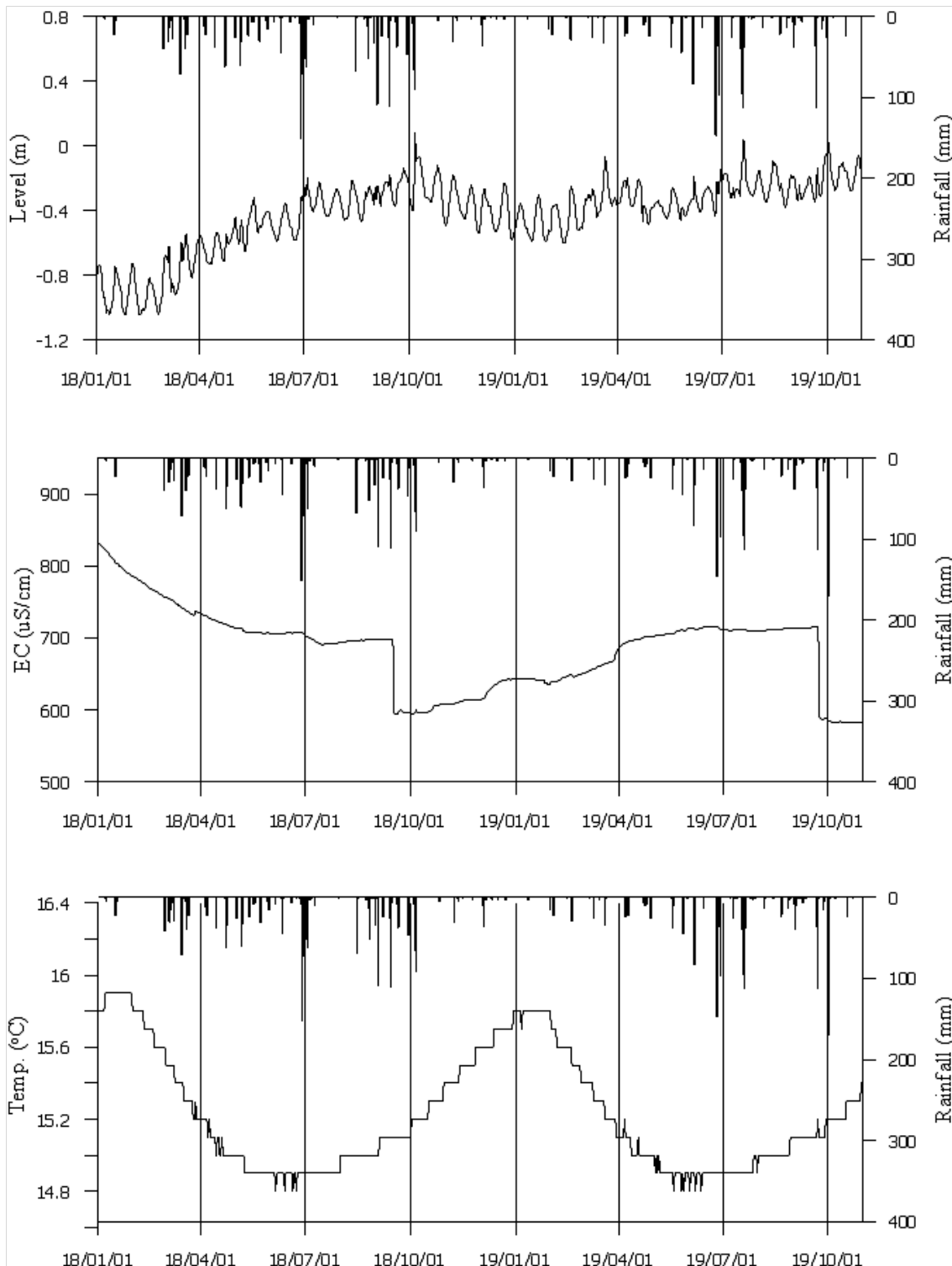
5. 장기 관측결과



<도산1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<도산2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<도산3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

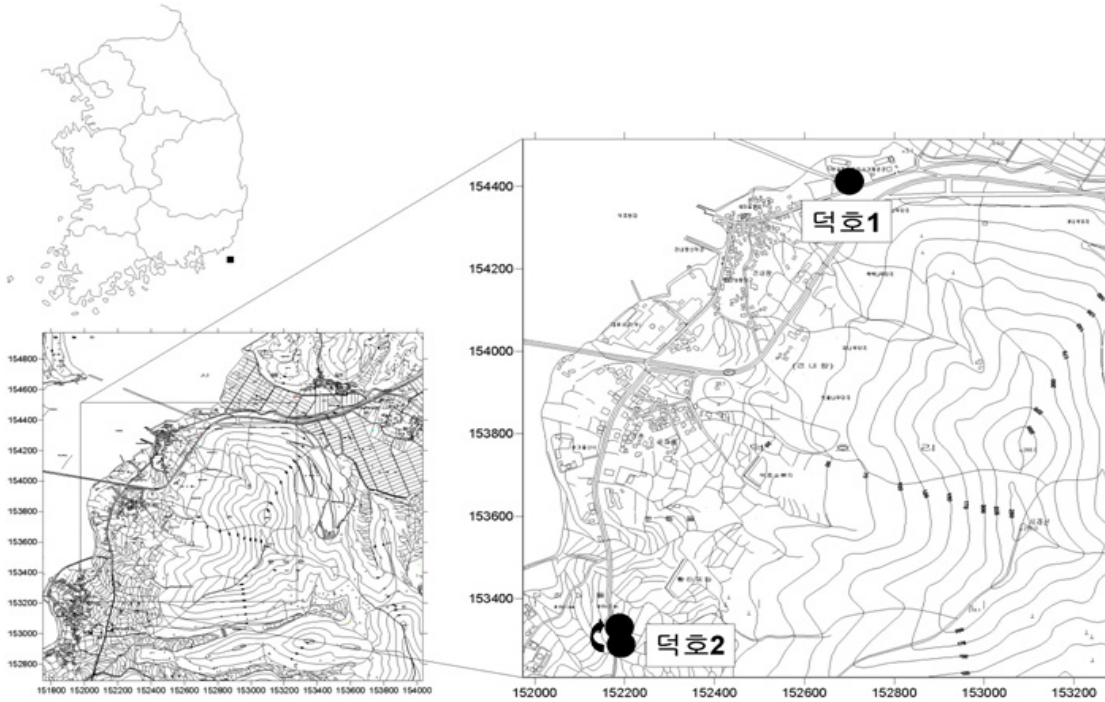
6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 도산1, 도산2 관측공은 2005년과 2006년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 통영시 도산면 도산리에 위치한 도산3 관측공은 북쪽으로는 고성월평 일반산업단지, 남쪽으로는 못등산의 사이에 위치한, 경지정리가 완료된 농경지 중앙에 소재한다. 도산3 관측공은 해안과 0.67 km 거리에 위치한다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 도산1 관측공은 약 $100 \mu S/cm$ 내외의 낮은 값으로 해수 침투의 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. 도산3 관측공은 약 10~60 m 심도에서 약 $1,000 \mu S/cm$ 에서 약 $40,000 \mu S/cm$ 까지 전기전도도가 상승하는 전이대 구간이 관측된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 도산1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 2005년을 제외하면 0.22 ~ 0.58 범위로 해수침투 영향이 없는 것으로 분석되었다. 도산2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하고 Cl/HCO₃ 몰비는 0.65 ~ 1.97 범위로 해수침투 영향을 받고 있다. 도산3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이고, Cl/HCO₃ 몰비는 전이대가 상승했던 2017년을 제외하면 0.34 ~ 0.54 범위이다.
- 4) 장기 관측결과 : 도산1, 도산2 관측공의 지하수위, 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. 도산3 관측공의 경우 1 m 내외의 변동이 나타나고 있으며, 전기전도도는 $850 \mu S/cm$ 에서 $600 \mu S/cm$ 까지 감소하는 경향이 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 도산1 지구는 2014년까지 해수침투의 영향이 거의 없는 것으로 나타나지만, 2015년부터 전기전도도가 크게 증가하는 추세이므로 주변지역의 지하수 이용에 대한 상세한 조사가 요구된다. 도산2 지구는 주변관정의 양수

에 의한 해수침투 영향이 뚜렷하다. 따라서 적정 양수량 파악 및 조절이 필요하며, 지속적인 모니터링을 통하여 해수침투 확산 여부를 점검하여야 한다. 도산3 지구는 해수의 대수층으로 직접 유입이 발생하는 바, 지하수 이용을 규제하고 타수자원을 활용하는 것을 모색해야 한다.

2.9.8 덕호지구

1. 위치



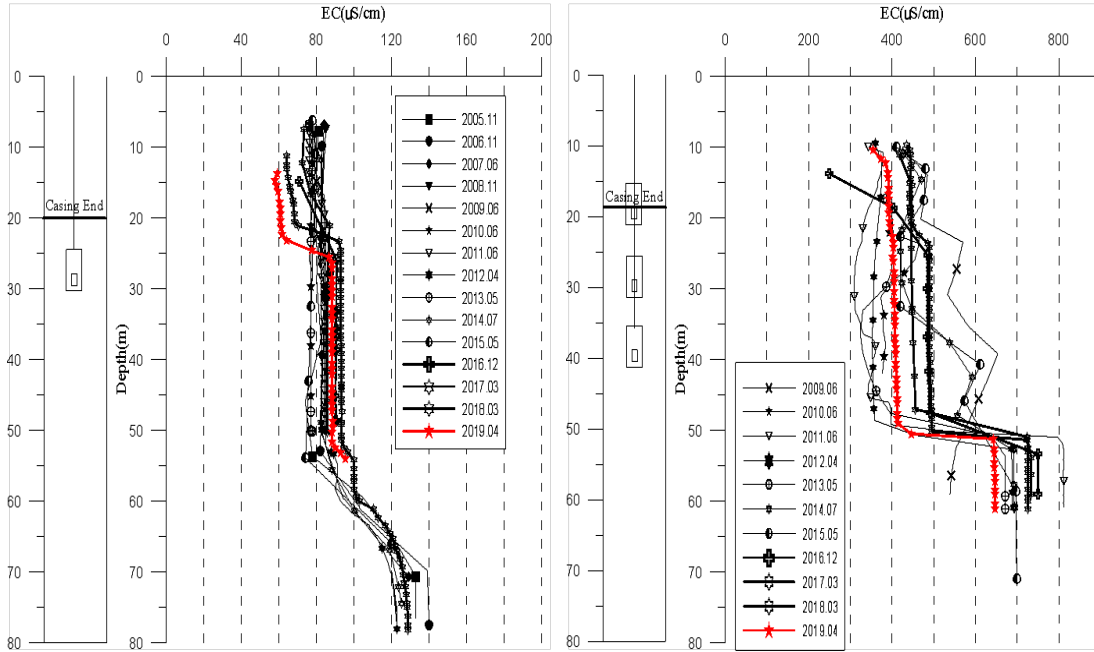
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
덕호1	거제시 사등면 덕호리 15-14	152736.004	154367.433	11.85	1998	20	5.83
덕호2 (신)	거제시 사등면 덕호리 178-17	152189.520	153329.686	12.79	2009	110	2.43

* 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(신) 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

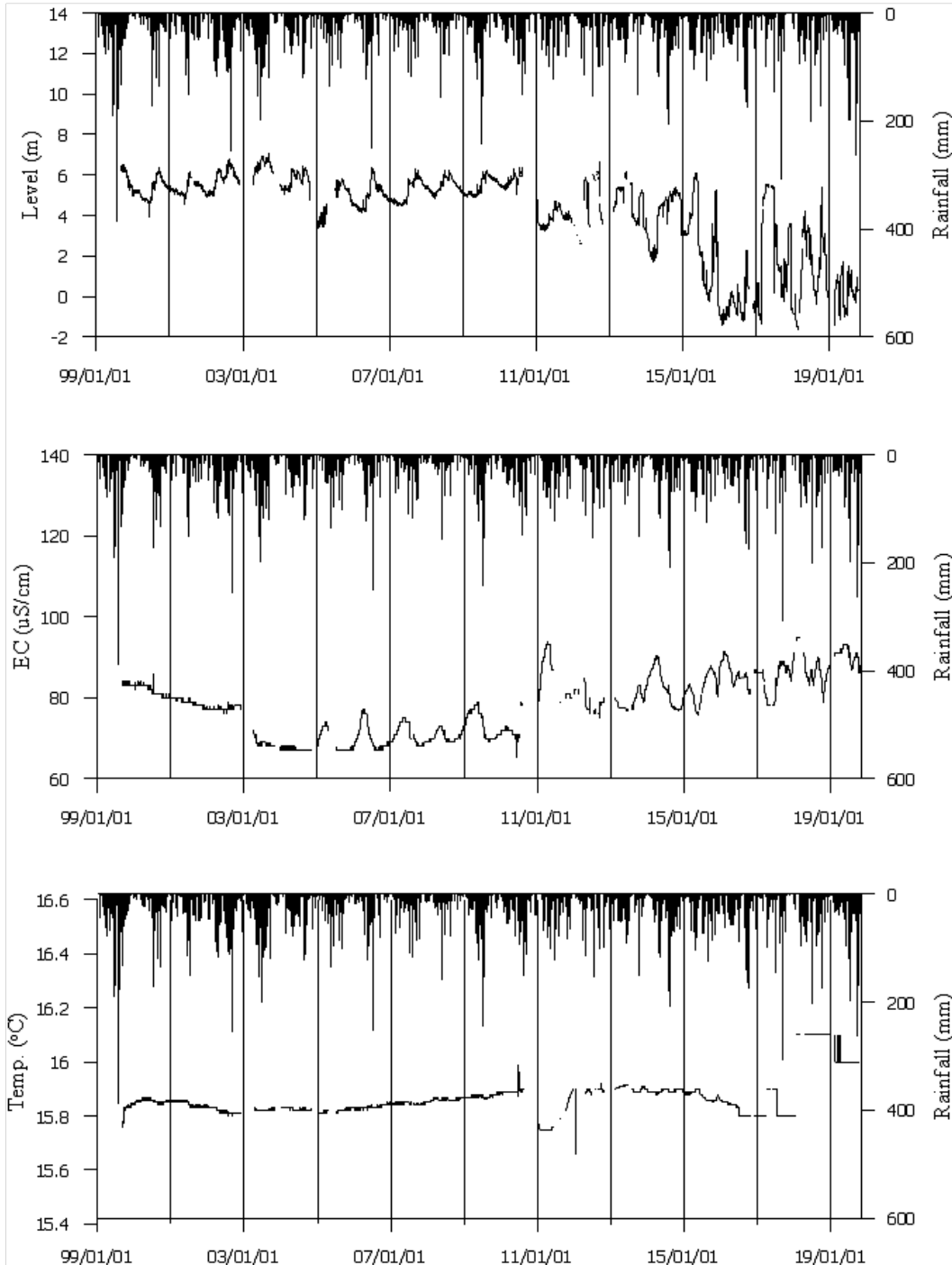
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
덕호1	(2002. 7)	5.52	5.47	0.39	7.42	1.92	8.15	21.96	7.99
	(2004.10)	N.D.	N.D.	N.D.	2.82	3.84	6.43	27.45	0.47
	(2005.10)	4.69	1.01	0.42	9.24	3.14	5.37	30.50	0.12
	(2006.11)	3.65	0.98	0.31	6.97	3.35	6.84	15.25	N.D.
	(2007.10)	4.24	1.38	0.49	9.43	3.15	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	N.D.
	(2010. 6)	5.13	1.36	0.45	10.45	9.51	9.51	24.40	N.D.
	(2011.10)	5.51	1.58	0.45	7.86	2.58	7.47	26.37	N.D.
	(2012. 4)	5.38	1.67	0.50	10.93	2.39	6.84	33.55	N.D.
	(2013. 5)	4.46	1.22	0.34	6.51	3.02	7.23	33.55	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
덕호1	(2014. 7)	6.90	1.59	0.37	10.38	2.48	7.96	33.55	N.D.
	(2015. 5)	4.67	1.30	0.84	10.16	2.78	5.74	30.83	-
	(2016. 5)	4.90	1.40	0.40	9.20	2.29	5.89	36.60	0.06
	(2017. 3)	5.85	0.81	0.78	9.20	1.68	6.83	30.50	0.03
	(2018. 6)	6.28	0.52	0.57	6.66	1.06	7.55	27.45	0.05
	(2019. 4)	7.22	0.21	0.97	5.64	0.09	7.16	21.35	-
덕호2 (구)	(2002. 7)	18.62	18.00	0.78	26.65	4.32	56.37	28.06	16.78
	(2004.10)	2.41	3.04	N.D.	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
덕호2 (신)	(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	N.D.
	(2012. 4)	16.36	9.92	2.87	36.55	14.82	50.93	82.35	N.D.
	(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	-
	(2016. 5)	19.60	10.70	1.10	39.60	13.18	60.73	70.15	0.31
	(2017. 3)	33.22	16.62	1.38	84.30	25.16	131.59	118.95	0.51
	(2018. 6)	24.36	13.72	0.79	45.23	20.10	77.61	64.05	0.22
(2019. 4)	22.21	12.16	1.05	37.06	19.48	64.83	76.25	-	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

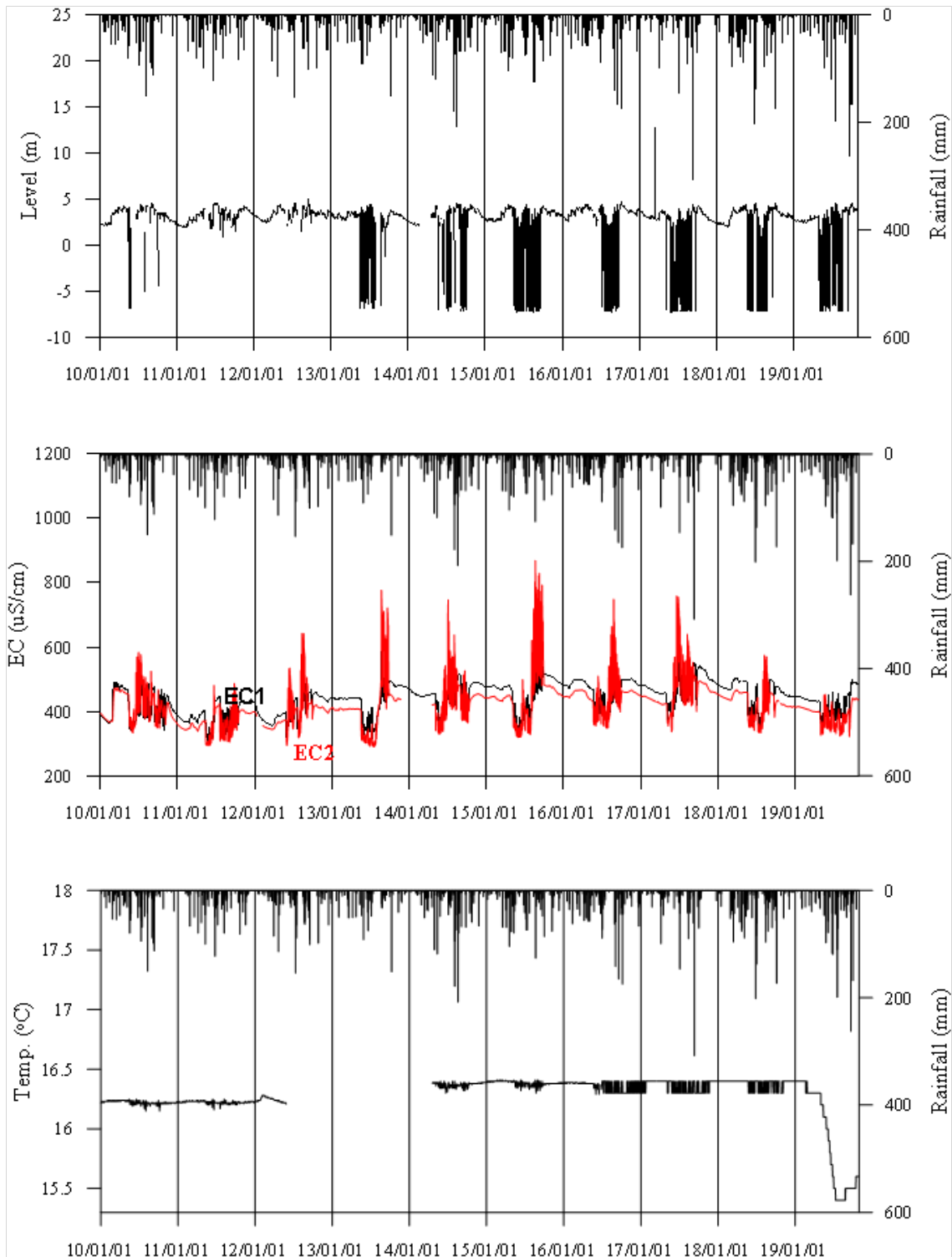
구 분	관측공	덕호1	덕호2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2002. 7	0.64	3.46
	2004.10	0.40	2.17
	2005.10	0.30	1.84
	2006.11	0.77	-
	2007.10	0.29	2.93
	2008.11	0.36	1.74
	2009. 6	0.27	2.54(신)
	2010. 6	0.67	2.18
	2011.10	0.49	1.51
	2012. 4	0.35	1.06
	2013. 5	0.37	1.59
	2014. 7	0.41	2.74
	2015. 5	0.32	1.57
	2016. 6	0.28	1.49
	2017. 3	0.39	1.90
	2018. 6	0.47	2.09
	2019. 4	0.58	1.46

5. 장기 관측결과



<덕호1 관측공의 장기관측자료 (1999.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



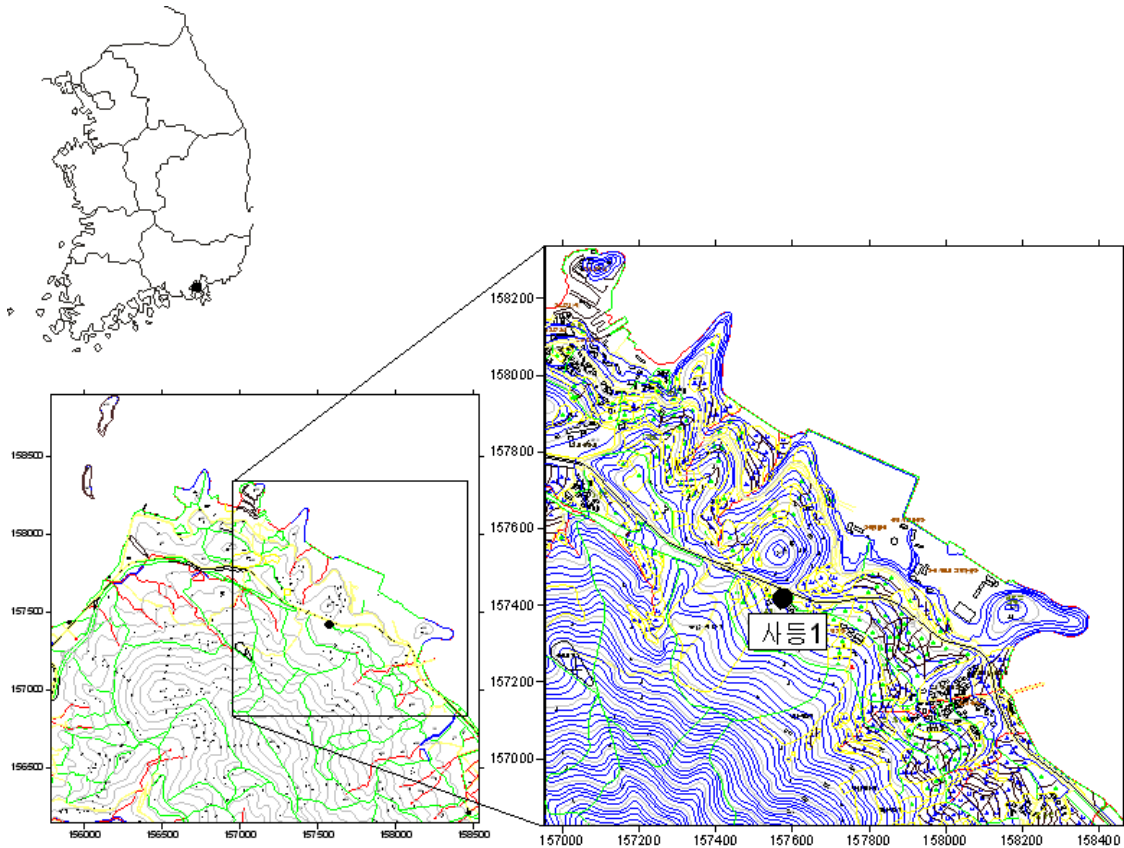
<덕호2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 덕호1, 덕호2(구) 관측공은 1998년과 2001년에 설치한 관측망으로 각각 해안 변과 내륙 쪽에 설치하였으며, 대수층을 통한 해수침투 가능성을 공간적으로 분석하기 위하여 장기 관측을 실시하고 있다. 덕호2(구) 관측공은 이용관정을 관측공으로 활용함에 따른 문제점 등으로 2009년에 덕호2(신) 으로 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(신) 관측공은 전기전도도 값이 약 $380 \sim 800 \mu S/cm$ 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 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당되며, 덕호2(신) 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 상대적으로 해수의 영향이 있는 것으로 나타났다. Cl/HCO₃ 몰비는 덕호1, 덕호2(신) 관측공 각각 0.27 ~ 0.77, 1.06 ~ 3.46 범위로 덕호2가 약간의 해수영향을 받은 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 덕호1 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온에 대한 장기 분석 결과, 지하수위 변화는 전형적인 강수에 의한 지하수위 변동을 보이나, 수위는 감소추세이고 전기전도도는 반대로 증가 추세이다. 덕호2(신) 관측공은 주변 지하수 관정의 양수 영향으로 10 m 내외의 지하수위 급강하 및 전기전도도의 증가(증가량 약 $400 \mu S/cm$ 이상)가 관측된다.
- 5) 관리 방안 : 현재까지 덕호지구는 해수침투의 영향이 크지 않은 것으로 분석된다. 그러나 덕호2(신) 관측공은 주변지하수 양수의 영향으로 염수유입량이 증가되기 때문에 적정 지하수 이용량 범위 내에서 지하수 이용을 감독할 필요가 있다.

2.9.9 사등지구

1. 위치

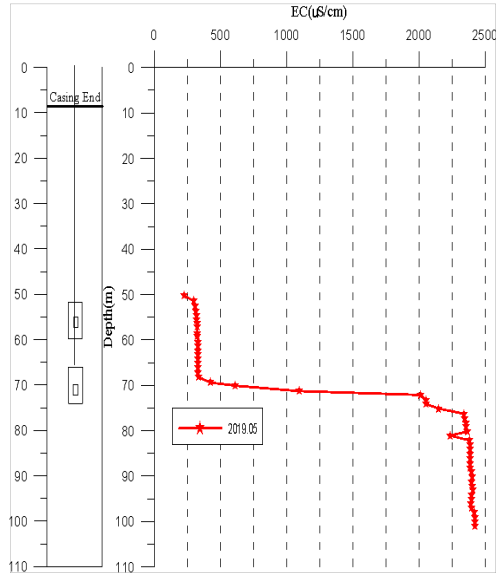


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
사등1	거제시 사등면 사등리 2067-10	157574.489	157419.033	49.94	2000	510	2.79

2. 지형 및 지질

이 지역은 거제시 사등면 일원으로 거제도에서 북쪽으로 바다를 인접한 지역이다. 지질은 중생대 백악기 유천층군의 안산암질 응회암과 사암, 세일, 역암 등으로 구성된 장평리층을 기반암으로 불국사 화강암류의 석영반암이 관입하고 있으며, 화강암류는 해안 변으로 넓게 분포하고 있다.

3. 지하수 검층



<사등1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

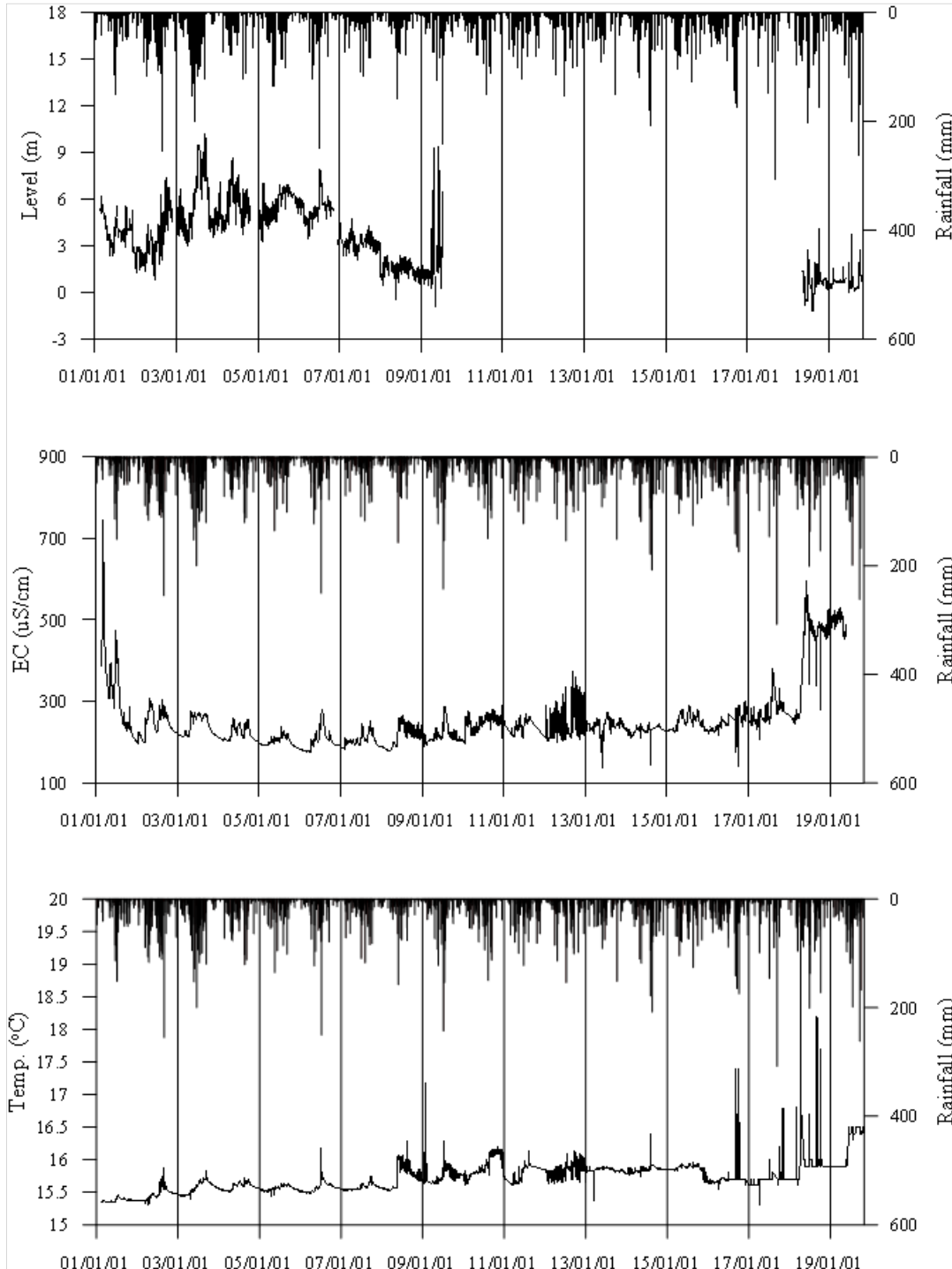
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
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	N.D.	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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	13.77	14.60	1.52	44.26	8.91	83.17	79.30	N.D.
	(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	-
	(2016. 5)	9.00	2.40	1.00	9.90	1.50	6.69	54.90	0.03
	(2017. 3)	33.30	55.47	2.46	142.40	19.72	380.21	61.00	N.D.
	(2018. 6)	16.53	25.99	0.86	56.55	13.91	129.07	70.15	0.44
(2019. 4)	13.01	2.96	1.29	12.49	0.81	7.37	76.25	-	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	사등1
	년월	
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
	2016. 5	0.21
	2017. 3	10.73
	2018. 6	3.17
2019. 4	0.17	

5. 장기 관측결과



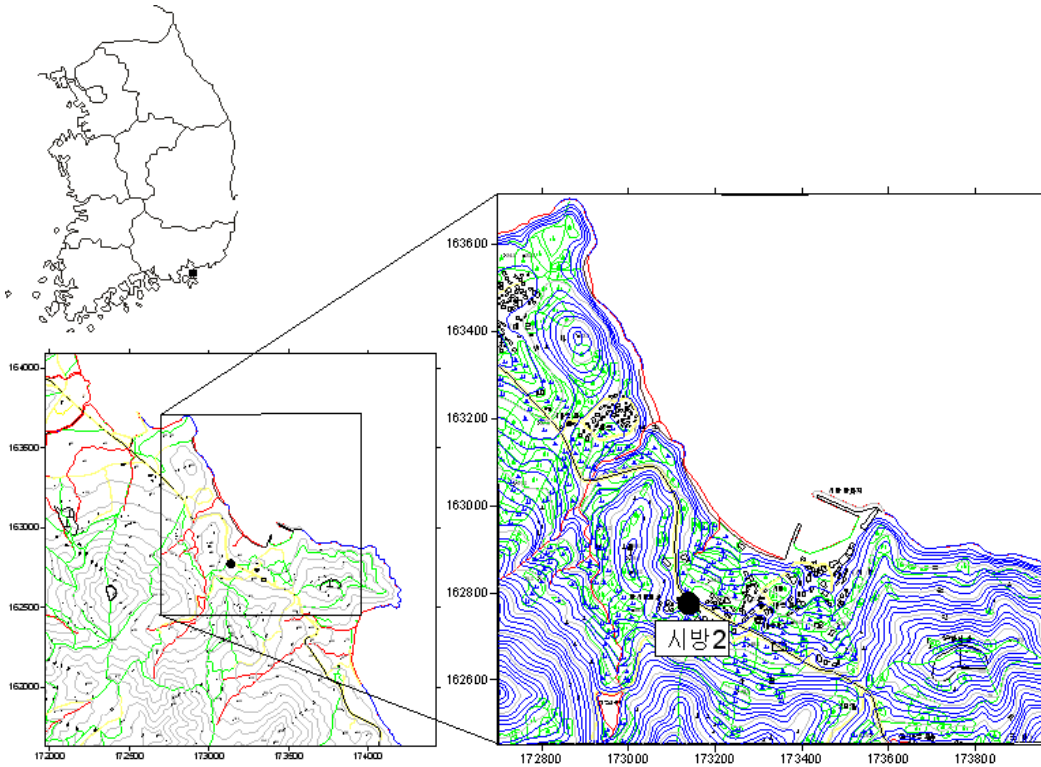
<사등1 관측공의 장기관측자료 (2001.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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 : 2004년부터 2007년까지 사등1 관측공의 지하수 검층결과 210 ~ 220 $\mu S/cm$ 범위의 낮은 전기전도도 값을 보이며 심도에 따라 큰 변화가 없다. 그러나 2007년 이후에는 지하수 이용시설이 설치되어 검층조사가 불가능하였고, 2019년 지하수 이용시설을 철거하여 지하수 검층을 재개했다. 심도 약 70 m까지 약 300 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도를 보이나, 이 후 전이대를 만나 75 m 심도 하부로는 약 2,400 $\mu S/cm$ 내외까지 전기전도도가 상승하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비 역시 해수의 영향이 없는 0.17 이다.
- 4) 장기 관측결과 : 사등1 관측공의 관측 센서를 교체하여 2019년부터 관측을 재개하였다. 2019년 이 후 수위변동폭은 약 3 m 이며, 강우에 반응하여 증감한다. 전기전도도 값은 2018년까지 약 200 ~ 300 $\mu S/cm$ 범위로 관측되었고, 관측센서 교체 이 후 약 500 ~ 500 $\mu S/cm$ 까지 상승한 후 유지하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 사등지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 나타났지만, 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측 자료를 분석을 통하여 해수침투 여부를 지속적으로 관리할 필요가 있다.

2.9.10 시방지구

1. 위치

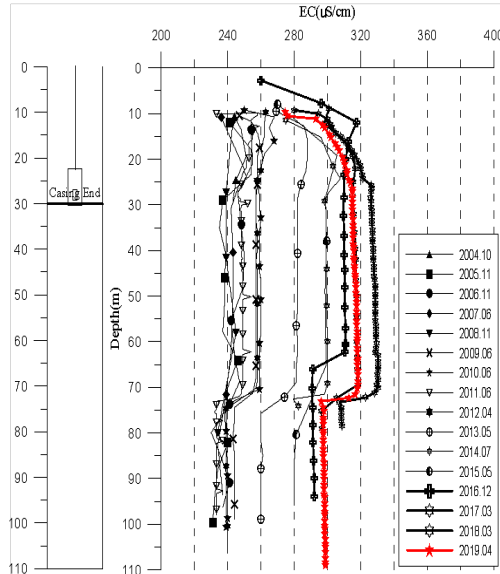


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
시방2	거제시 장목면 시방리 620-1	173138.500	162775.636	33.90	1999	390	24.19

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

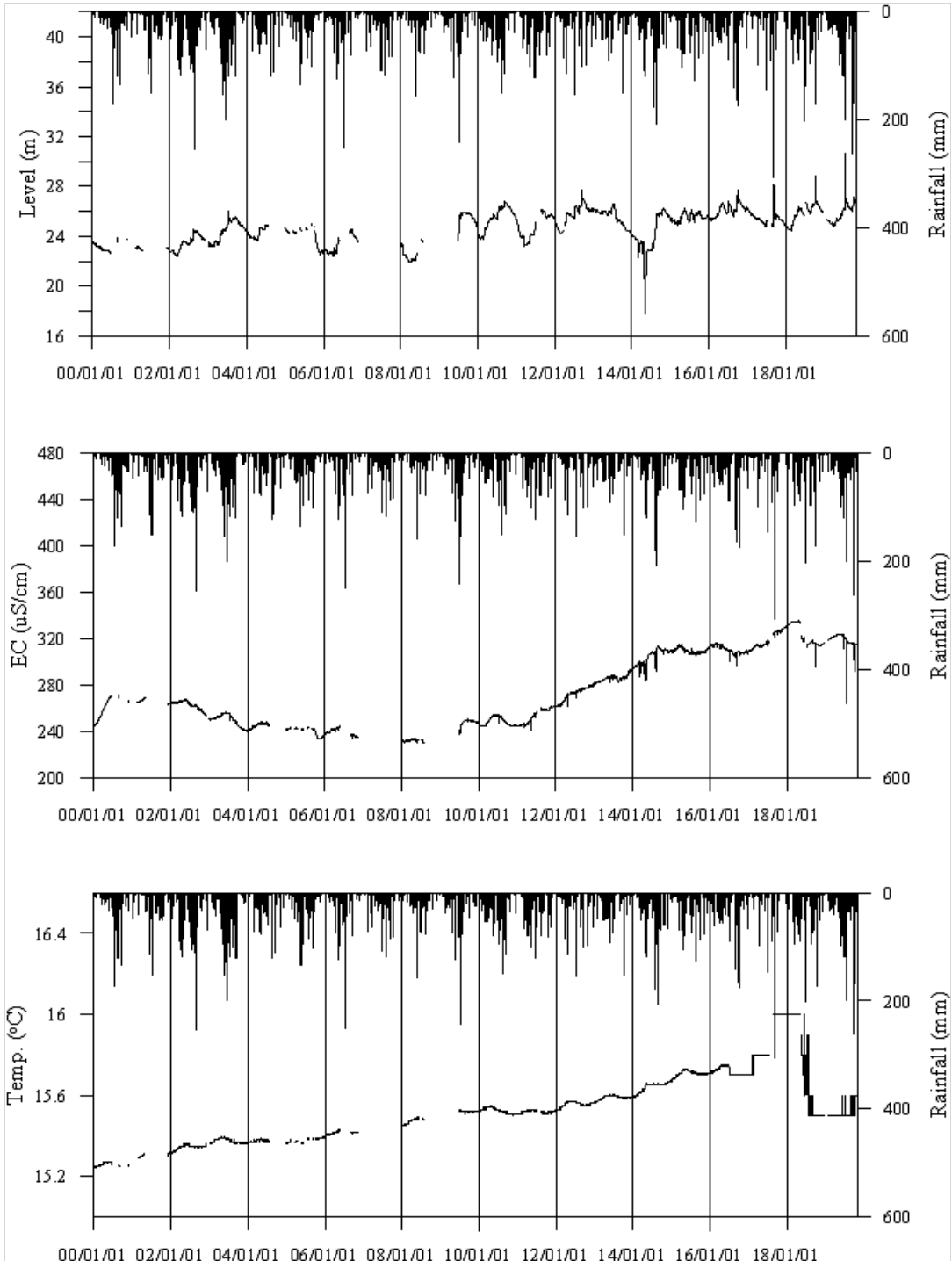
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻
(2002. 7)	18.32	8.15	1.17	28.06	10.09	3.19	35.99	7.19
(2004.10)	4.40	N.D.	N.D.	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	N.D.
(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	N.D.
(2012. 4)	20.37	4.41	1.63	31.96	18.12	18.69	91.50	N.D.
(2013. 5)	19.26	4.98	2.36	29.13	20.39	21.44	106.75	N.D.
(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	-
(2016. 5)	18.30	4.80	1.50	40.30	13.24	12.74	131.15	0.08
(2017. 3)	23.01	7.58	2.60	32.72	22.55	16.18	122.00	0.11
(2018. 6)	13.15	3.43	0.74	24.89	13.92	9.67	79.30	0.09
(2019. 4)	23.22	6.58	2.29	34.02	22.54	15.75	118.95	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공 년월	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
	2016. 5	0.17
	2017. 3	0.23
2018. 6	0.21	
2019. 4	0.23	

5. 장기 관측결과



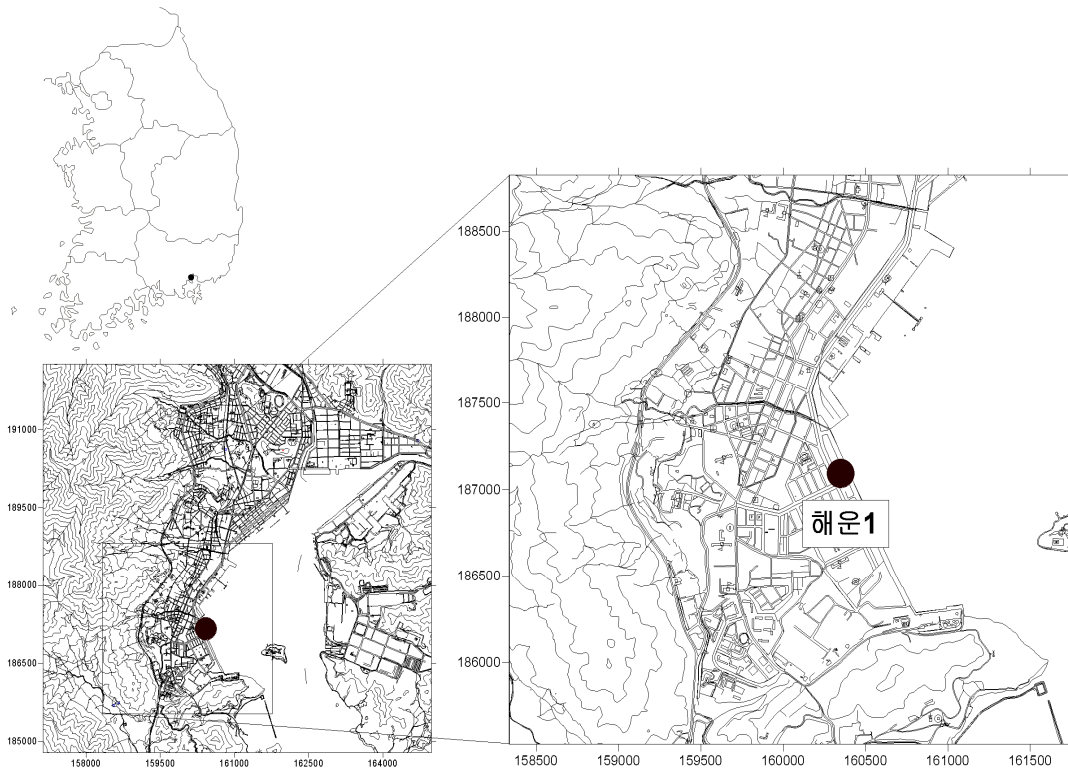
<시방2 관측공의 장기관측자료 (2000.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 현재는 불용 처리된 시방1 관측공(1998년 설치 및 2004년 이설)은 해수침투의 영향이 매우 크게 나타났던 관측공이다. 따라서 시방2 관측공은 내륙 쪽에 설치(1999년)하여 대수층을 통한 해수유입 등의 가능성을 관측코자 하였다. 그러나 시방1 관측공의 폐공으로 시방2 관측공만을 이용한 해수 침투 모니터링을 수행하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 시방2 관측공은 전 구간 230 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위의 전기 전도도가 관측된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 시방2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형의 일반적인 담수유형에 해당되며, Cl/HCO₃ 몰비는 2004년부터 2008년까지는 0.60 ~ 0.82 범위를 나타내었으나, 2009년부터 감소하는 추세를 나타내며 0.17 ~ 0.51 로 분석되어 해수의 영향은 줄어드는 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 시방2 관측공의 지하수위 변화는 강수의 영향을 받고 있다. 즉, 강수량 및 누적강수량 등의 자연조건에 의한 지하수 부존과 상관성이 높아 2월은 지하수위가 감소하지만 3월부터는 지속적으로 증가한다. 전기전도도는 연평균 230 ~ 330 $\mu S/cm$ 범위를 유지하고 있으나, 2011년 이후 증가 추세이다.
- 5) 관리 방안 : 시방지구는 해수침투의 영향이 없는 것으로 판단되며, 장기관측 자료 분석을 통하여 지하수 부존량 평가 등에 활용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측자료 분석으로 해수침투에 대한 지속적인 관리가 필요하다.

2.9.11 해운지구

1. 위치

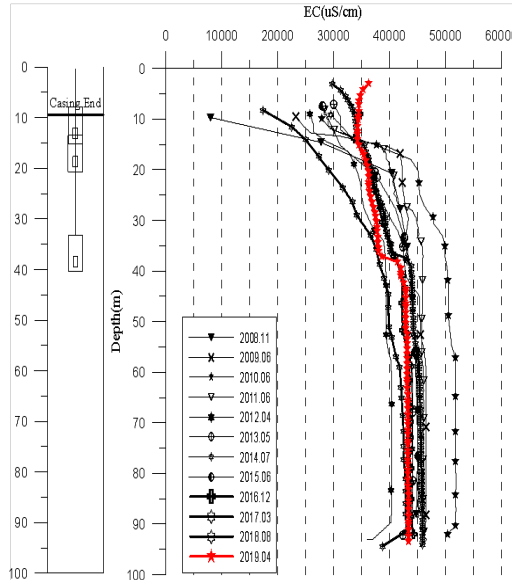


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
해운1	창원시 마산합포구 해운동 69-6	160304.676	187049.532	2.52	2008	70	8.69

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

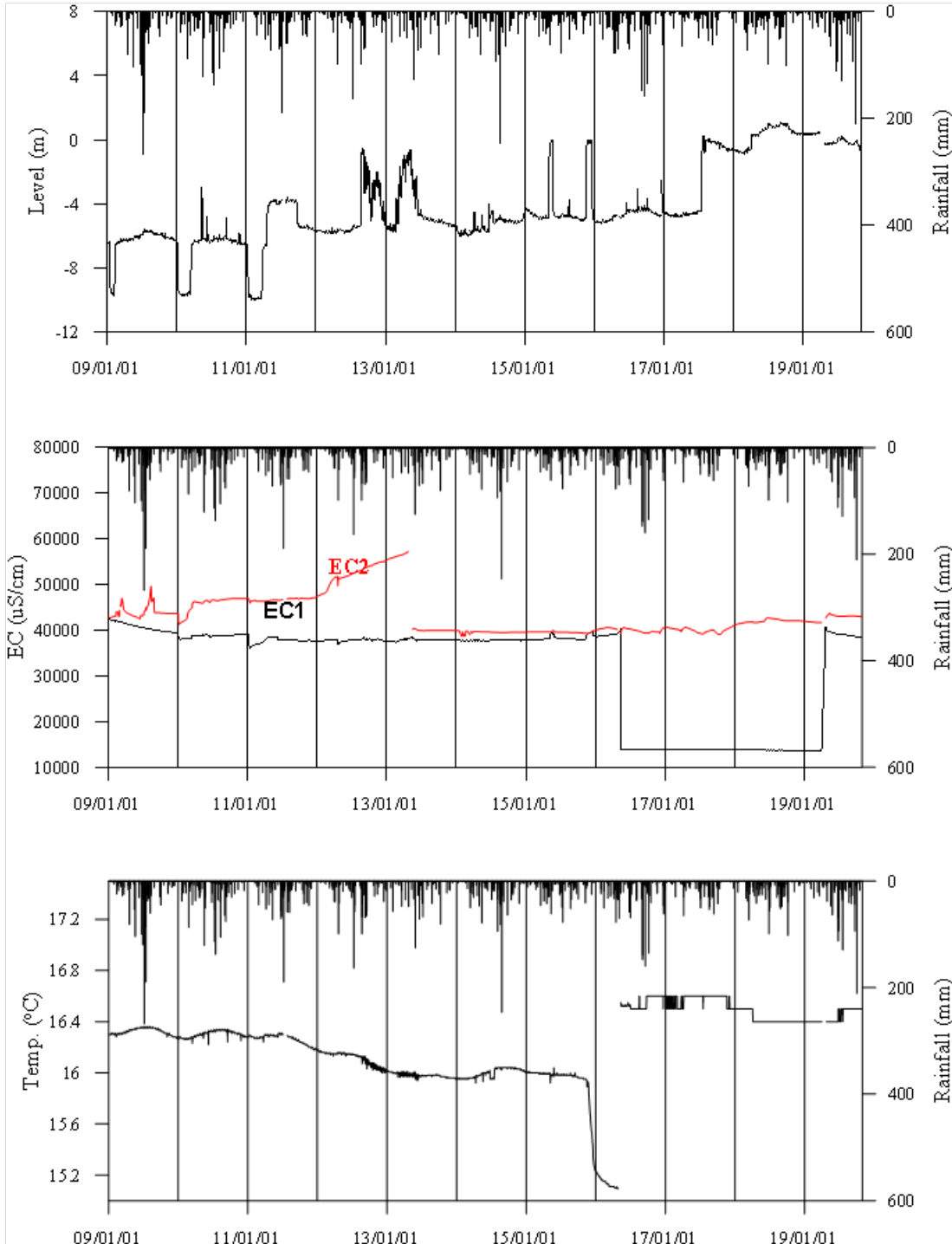
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(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	N.D.
	(2012. 4)	4205.48	751.60	246.60	1357.74	884.93	11019.63	106.75	N.D.
	(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	N.D.
	(2015. 6)	1043.46	422.73	54.49	953.80	135.49	4254.19	181.07	-
	(2016. 5)	7354.56	482.87	270.18	1030.49	667.92	12994.27	61.00	77.54
	(2017. 3)	7349.24	1248.10	283.17	1790.85	1694.15	15540.67	134.20	58.85
	(2018. 6)	6666.12	283.73	264.27	789.64	162.35	12226.71	21.35	48.85
(2019. 4)	5814.14	243.61	219.59	613.09	94.61	10784.75	9.15	-	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	해운1
	년월	
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
	2016. 5	366.62
	2017. 3	199.30
	2018. 6	985.60
	2019. 4	2025.30

5. 장기 관측결과



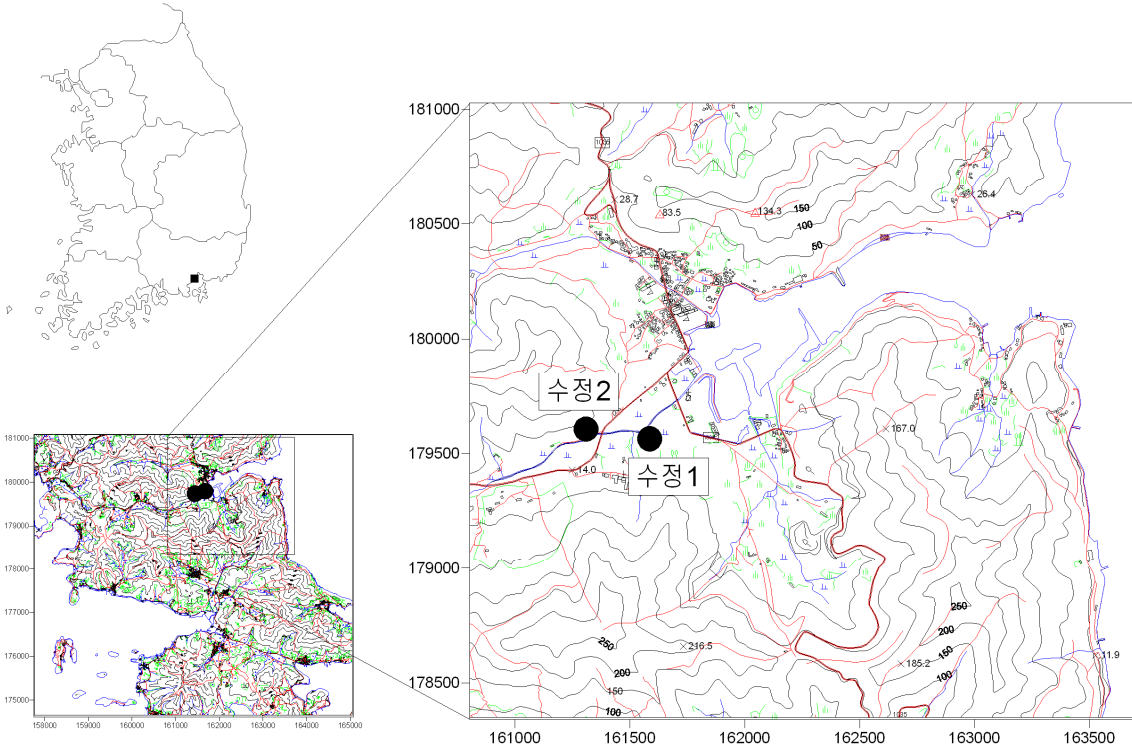
<해운1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해운1 관측공은 2008년에 설치한 관측망이다. 청문조사와 주변 지하수시설의 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 증가하여 해수의 직접유입을 지시하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 해운1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비가 40 ~ 2,421 범위로 해수로 포화되어 있음을 알 수 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 해운1 관측공의 지하수위에 대한 장기분석 결과, 지하수위는 상승 중이고, 강우반응이 좋은 특성을 보인다. 지표 하 30 m, 40 m에 설치한 EC1, EC2 센서의 전기전도도 값은 2016년 봄철까지 해수와 유사함을 보였으나, EC1의 경우 전이대의 하향이동으로 인해 약 15,000 $\mu S/cm$ 으로 감소하는 구간이 발견된다. 그러나 2019년 봄 이래로 다시 약 40,000 $\mu S/cm$ 범위를 회복하였다.
- 5) 관리 방안 : 해운1 관측공은 이미 해수로 포화된 상태로서 지속적으로 관측하여 해수면의 증가와 지하수위의 증가 등을 비교분석 할 수 있을 것으로 기대된다.

2.9.12 수정지구

1. 위치

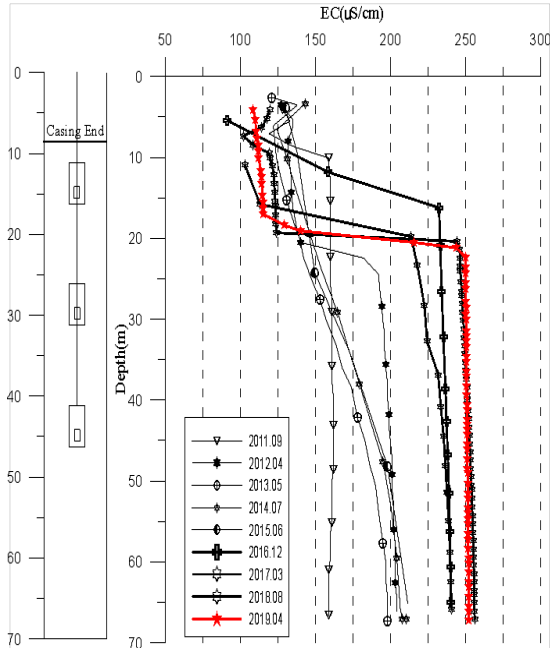


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
수정1	창원시 마산합포구	161489.78	179607.18	6.71	2011	920	3.49
수정2	구산면 수정리 1176	161255.41	179552.37	10.42	2011	1,100	2.10

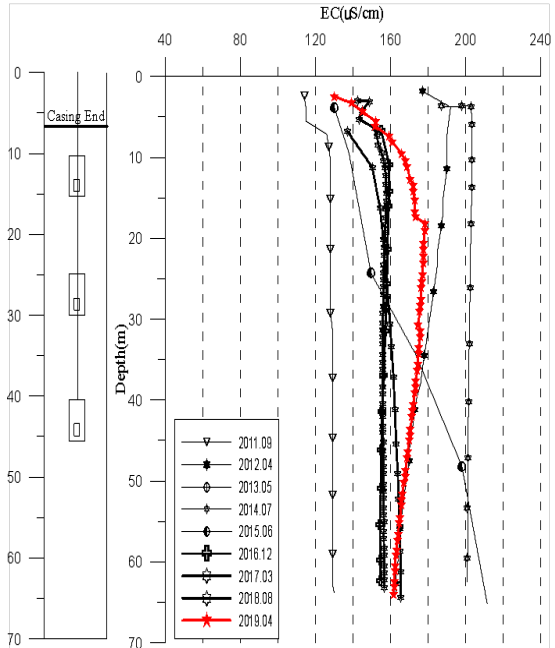
2. 지형 및 지질

이 지역은 창원시 마산합포구 구산면이며 남쪽 해안지역에 위치한 지구로, 지질은 중생대 백악기 경상계지층과 이를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 이루어져 있다. 경상계 지층은 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)

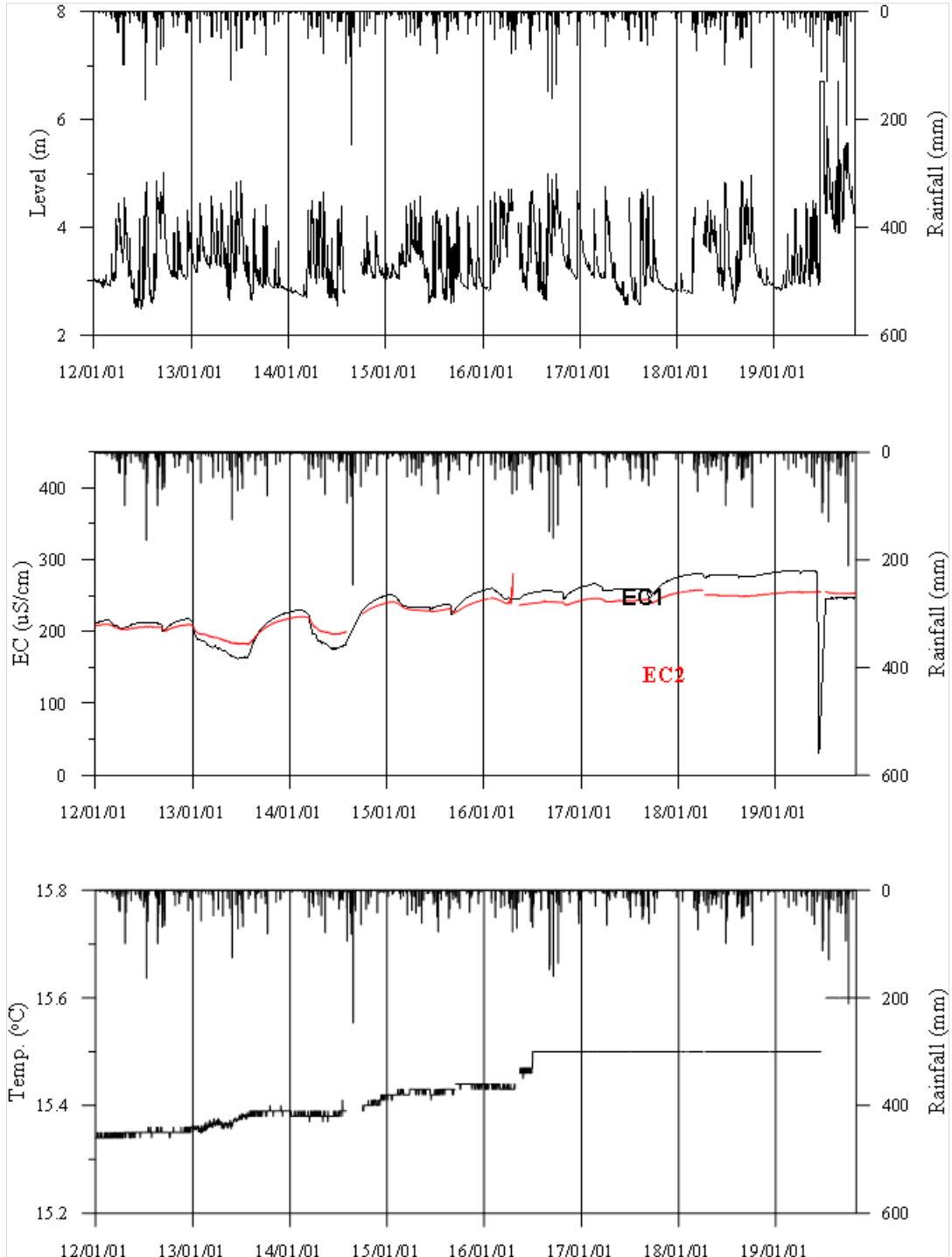
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
수정1	(2011. 9)	8.89	2.75	1.15	20.20	5.55	8.68	70.15	N.D.
	(2012. 4)	11.45	1.93	0.89	21.90	4.97	8.21	91.50	N.D.
	(2013. 5)	7.79	2.21	0.66	11.61	6.05	9.13	57.95	N.D.
	(2014. 7)	12.50	2.82	0.83	21.17	5.45	10.17	79.30	N.D.
	(2015. 6)	7.09	2.57	0.73	10.09	4.28	8.95	48.13	-
	(2016. 5)	12.86	2.29	1.02	29.49	6.23	8.80	109.80	0.07
	(2017. 3)	12.56	2.25	0.67	36.76	6.90	8.57	118.95	0.03
	(2018. 6)	7.98	2.32	0.65	9.70	4.31	7.97	45.75	0.05
	(2019. 4)	8.86	2.41	0.75	9.15	3.99	7.00	39.65	-

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
수정2	(2011. 9)	18.20	0.46	1.24	9.55	13.02	4.27	64.05	N.D.
	(2012. 4)	17.30	1.46	0.97	20.69	10.39	10.74	67.10	N.D.
	(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	-
	(2016. 5)	31.69	0.34	0.98	6.42	9.75	8.03	71.68	N.D.
	(2017. 3)	10.56	2.29	0.80	19.36	9.12	8.38	67.10	N.D.
	(2018. 6)	16.00	1.96	0.73	21.18	11.46	12.59	79.30	0.04
	(2019. 4)	16.65	1.17	0.42	16.04	9.85	7.29	67.10	-

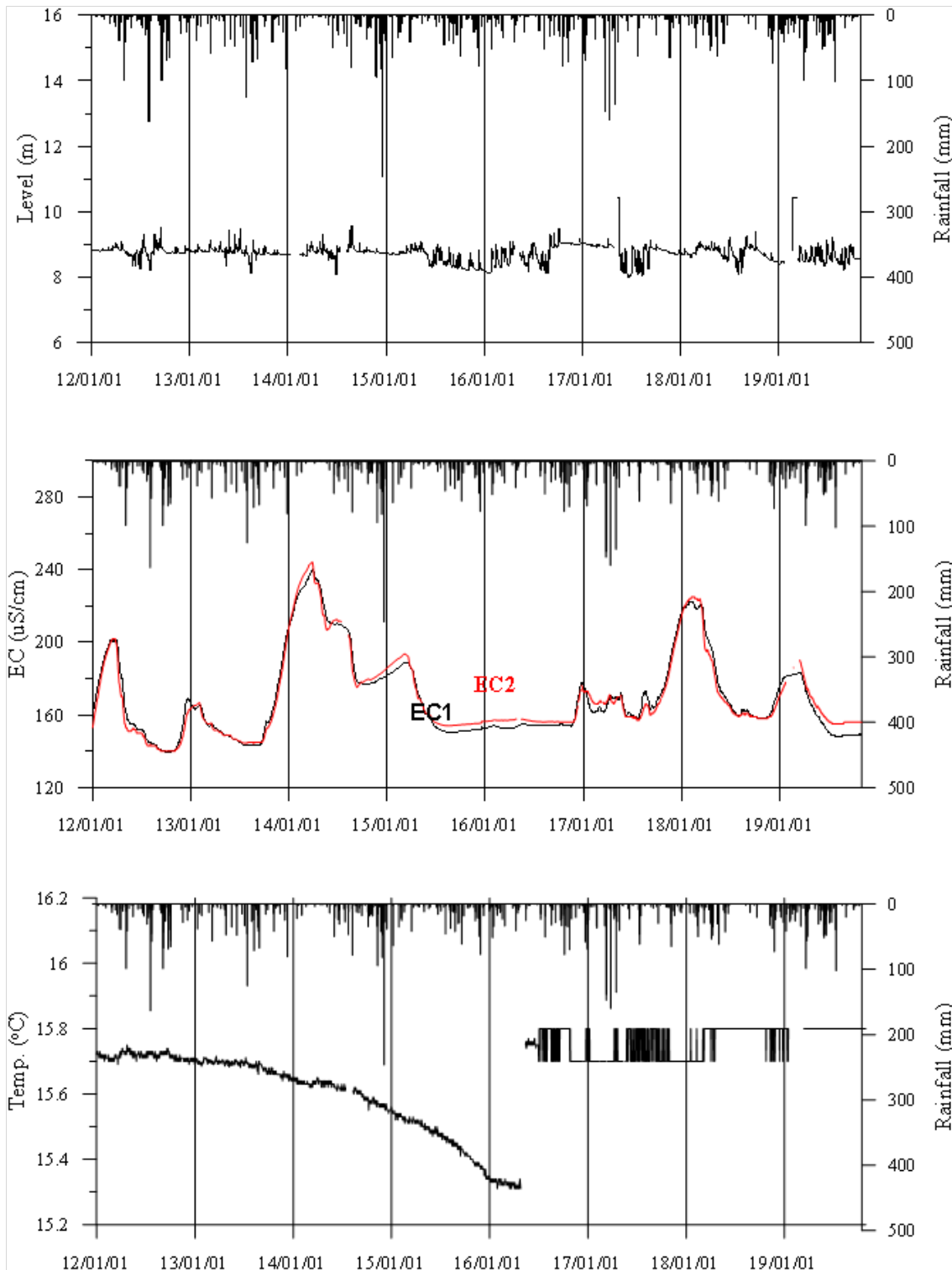
◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공		수정1	수정2
	년월			
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
	2016. 5		0.14	0.19
	2017. 3		0.12	0.22
	2018. 6		0.30	0.27
	2019. 4		0.30	0.19

5. 장기 관측결과



<수정1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<수정2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

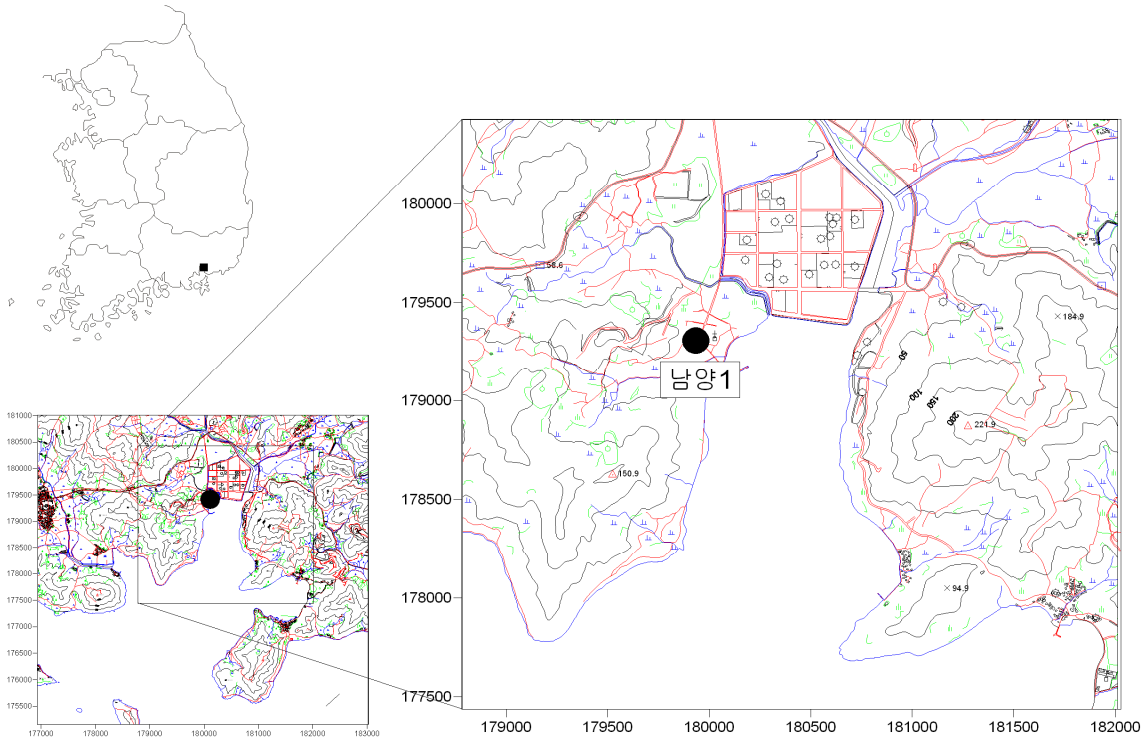
6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 수정1, 수정2 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, 수정2 관측공의 전기전도도는 약 $200 \mu S/cm$ 이내로 심도별 변화가 없으며 해수의 영향도 없는 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 수정1, 수정2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각기 0.14 ~ 0.32, 0.11 ~ 0.31 범위로 분석되어 해수유입이 미미한 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 수정지구 관측공은 하천변에 위치하고 있어 강수에 의한 지하수위 증가 및 감쇠가 두드러지며 전기전도도는 $140 \sim 260 \mu S/cm$ 범위에서 변동한다.
- 5) 관리 방안 : 수정지구 관측공은 현재 해수침투의 영향은 없으나 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측자료 분석을 통하여 해수침투 여부를 지속적으로 관리할 필요가 있다.

2.9.13 남양지구

1. 위치

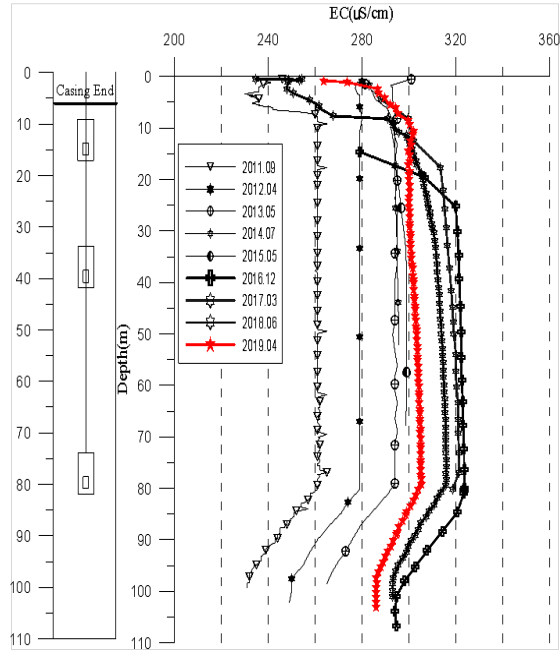


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
남양1	창원시 진해구 남양동 165-69	179934.80	179240.65	7.97	2011	150	0.27

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, 데사이트로 구분된다. 또한, 화강암류는 구성광물의 차이에 의해 흑운모화강암과 각섬석화강암으로 구분되며, 암맥류는 석영반암과 장석반암으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<남양1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

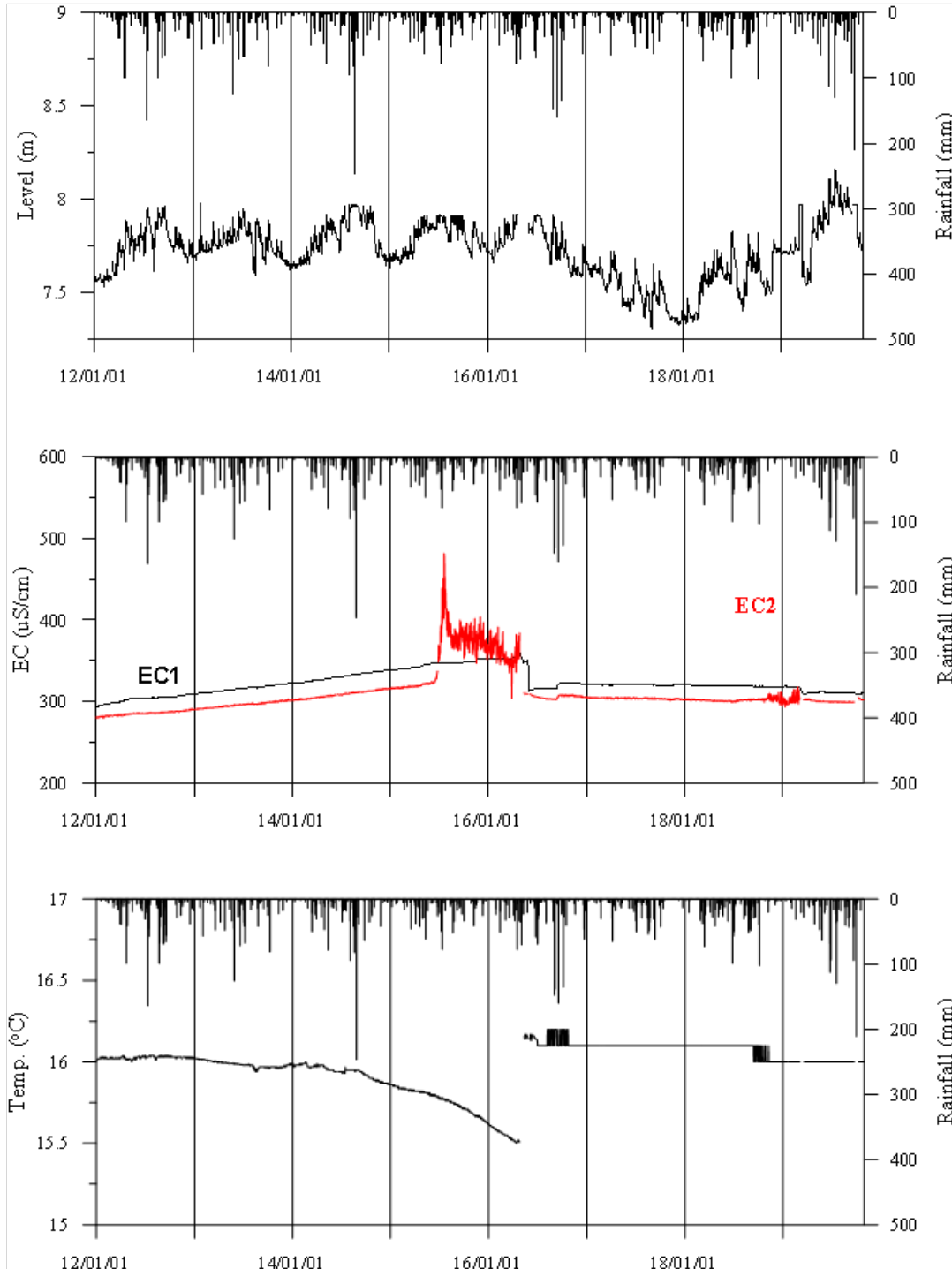
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(2012. 4)	22.96	1.79	2.46	36.24	49.68	9.31	88.45	N.D.
	(2013. 5)	25.90	1.77	1.48	31.80	66.23	11.64	82.35	N.D.
	(2014. 7)	32.32	2.12	0.24	39.55	61.28	10.70	94.55	N.D.
	(2015. 5)	21.90	2.02	0.76	39.38	62.86	9.44	83.47	-
	(2016. 5)	29.46	2.25	0.69	37.92	64.17	6.44	91.50	N.D.
	(2017. 3)	21.68	2.54	0.44	36.50	64.56	10.10	79.30	N.D.
	(2018. 6)	25.76	2.05	0.22	31.23	60.50	9.60	70.15	N.D.
(2019. 4)	26.18	1.90	0.01	34.59	58.75	9.26	73.20	-	

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	남양1
Cl/HCO ₃ 몰비	2011. 9	0.20
	2012. 4	0.18
	2013. 5	0.24
	2014. 7	0.19
	2015. 5	0.19
	2016. 5	0.12
	2017. 3	0.22
	2018. 6	0.24
	2019. 4	0.22

5. 장기 관측결과



<남양1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

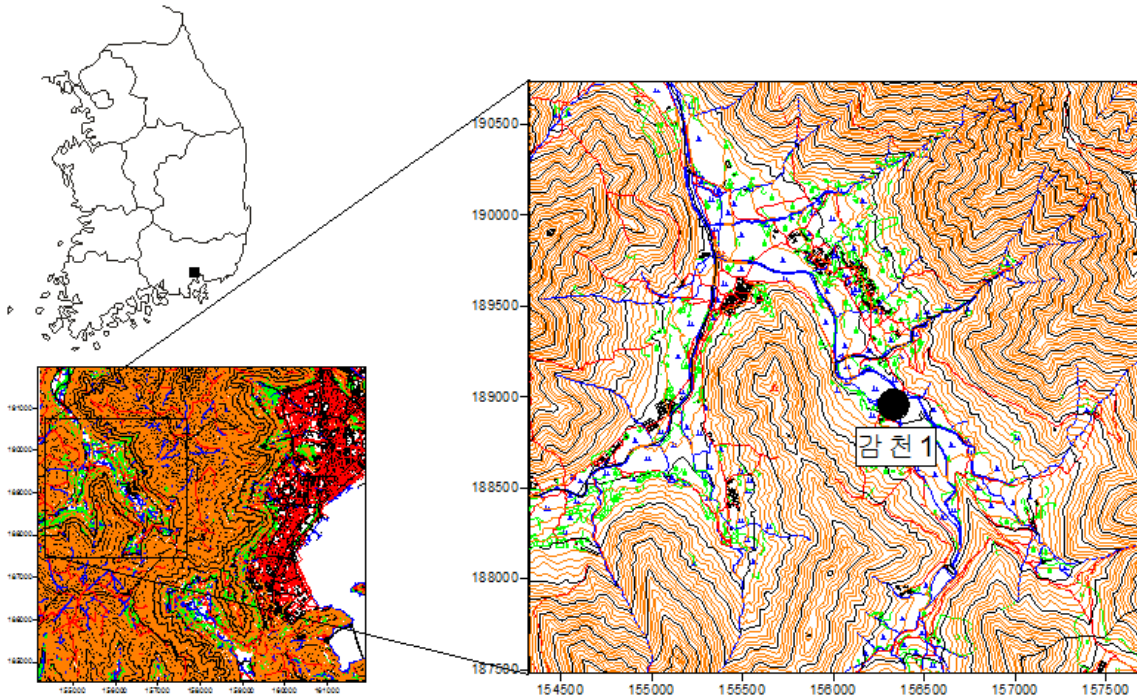
6.

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 $260 \sim 320 \mu S/cm$ 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 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.12 ~ 0.24 로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 남양1 관측공의 시추조사 결과, 대수층 발달이 미약하고 심도가 깊어 강수에 의한 지하수위 변동 폭은 1 m 이내에 불과하다. 전기전도도는 40 m에 설치한 EC1의 경우 연중 변화가 없는 경향을 보인다. 80 m 심도에 설치한 EC2도 2015년 6월까지 이런 경향을 보였으나 7월이후 $100 \mu S/cm$ 정도가 급격히 증가한 후 감소하였다.
- 5) 관리 방안 : 남양지구 관측공은 현재 해수침투의 영향은 없으나 정기적인 심도별 지하수 검층, 이온분석 및 장기관측자료 분석을 통하여 해수침투 여부를 지속적으로 관리할 필요가 있다.

2.9.14 감천지구

1. 위치

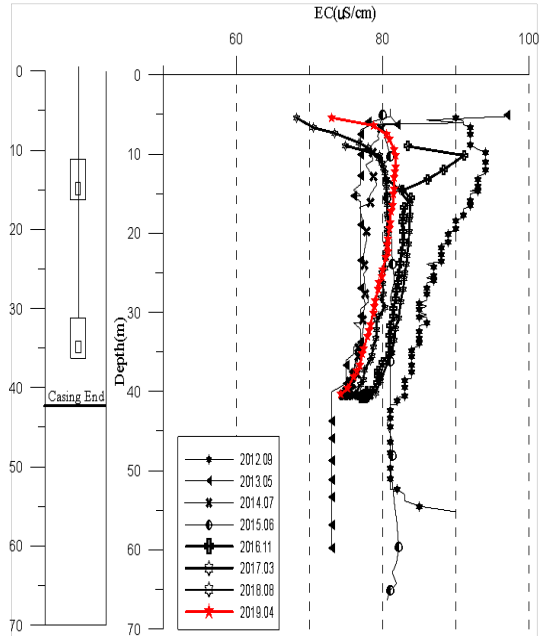


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
감천1	창원시 마산회원 내서읍 감천리 1385	156269.01	188927.85	150.92	2012	4,230	5.23

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

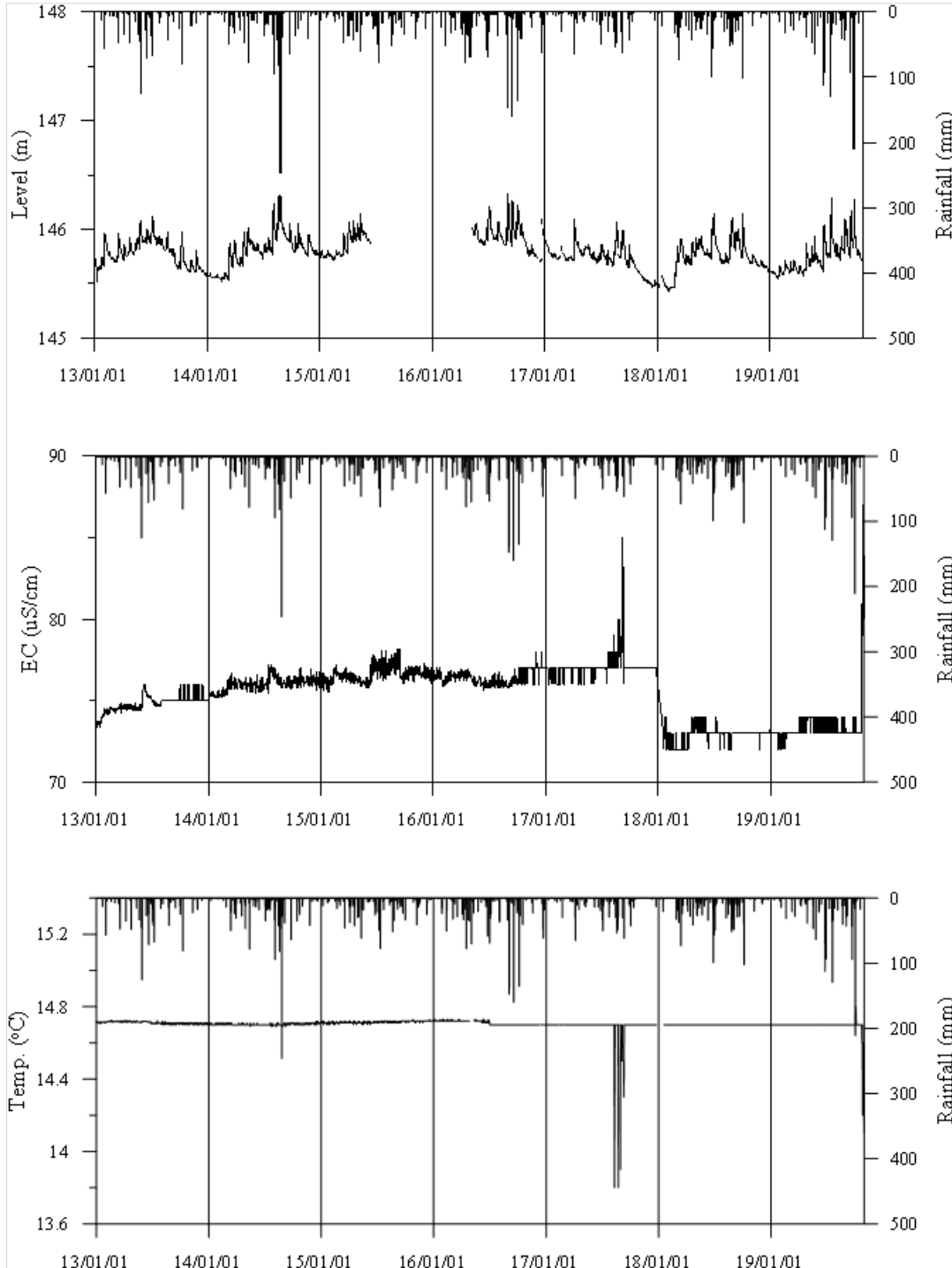
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(2013. 5)	8.59	1.40	0.69	4.72	0.54	10.11	39.65	N.D.
	(2014. 7)	13.03	1.63	0.84	6.42	0.44	11.44	39.65	N.D.
	(2015. 6)	5.44	1.45	0.60	6.53	0.87	2.16	48.69	-
	(2016. 5)	8.01	1.30	0.90	5.91	0.42	2.46	48.80	N.D.
	(2017. 3)	8.81	1.47	0.60	6.68	0.50	2.61	48.80	N.D.
	(2018. 6)	6.83	1.29	0.52	5.75	0.36	2.42	39.65	N.D.
	(2019. 4)	8.35	1.41	0.67	6.20	1.18	2.69	42.70	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	감천1
	년월	
Cl/HCO ₃ 몰비	2012. 9	0.11
	2013. 5	0.44
	2014. 7	0.50
	2015. 6	0.08
	2016. 5	0.09
	2017. 3	0.09
	2018. 6	0.11
	2019. 4	0.11

5. 장기 관측결과



<감천1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

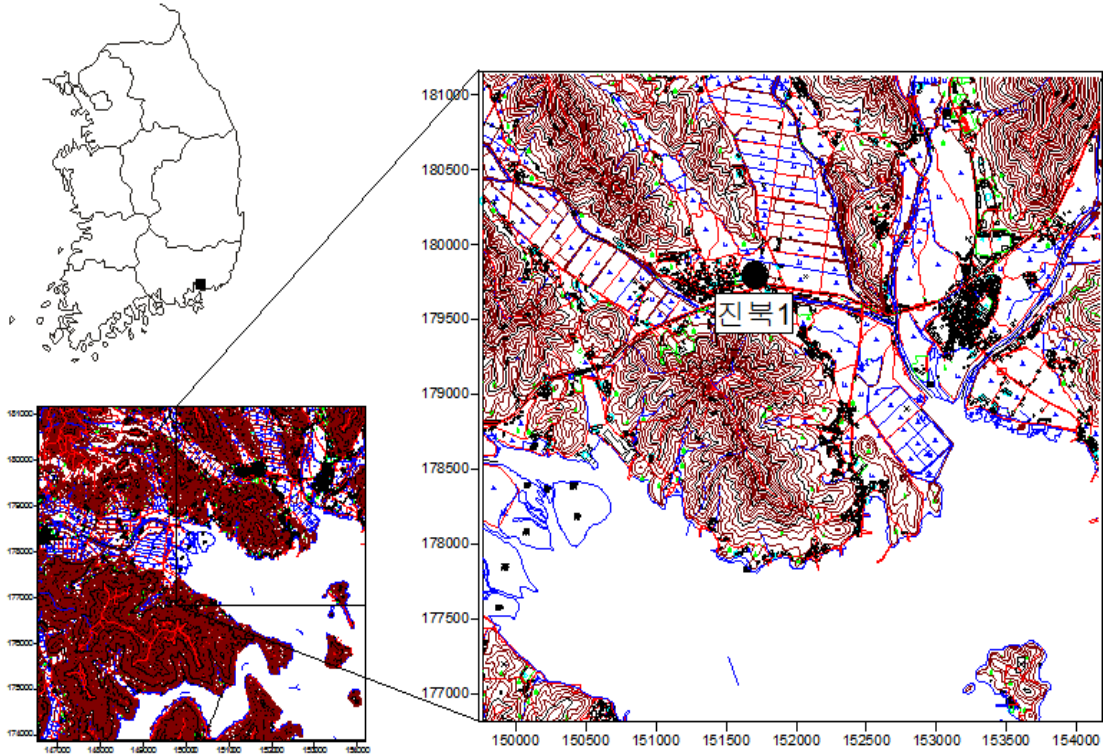
6.

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 매년 70 ~ 100 $\mu S/cm$ 범위의 전기전도도 값이 측정되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 감천1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로, Cl/HCO₃ 몰비는 0.08 ~ 0.50 으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 감천1 관측공의 장기 관측결과, 지하수위는 강수에 비례적으로 반응하며, 건기에서 우기로 접어들면서 수위가 증가하는 추세에 있다. 전기전도도의 변화추세는 지하수위와 크게 상관이 없는 것으로 보이고 큰 변동은 없으며, 담수영역에 있다.
- 5) 관리 방안 : 감천지구는 지하수자원의 수량 및 수질관리를 위해 지속적인 모니터링으로 강수에 의한 암반지하수 내 지하수위 변화, 함양 등과 수질변화 자료를 추적하고 점검하여야 할 것이다.

2.9.15 진북지구

1. 위치

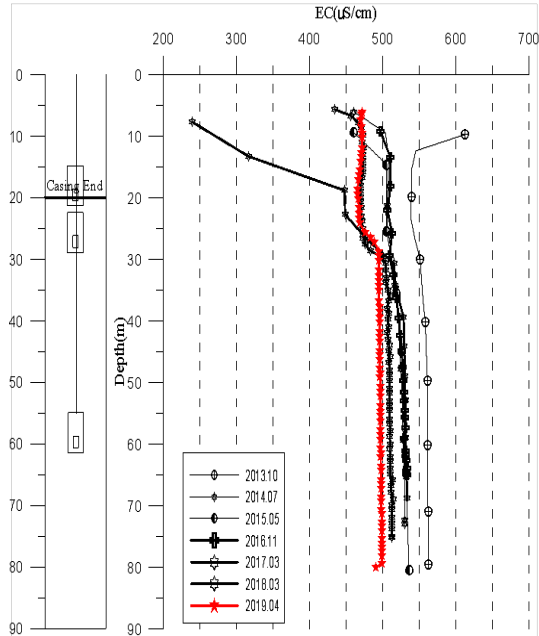


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
진북1	창원시 마산합포구 진북면 지산리 98	151702.3005	179763.8228	11.32	2013	1,500	4.48

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

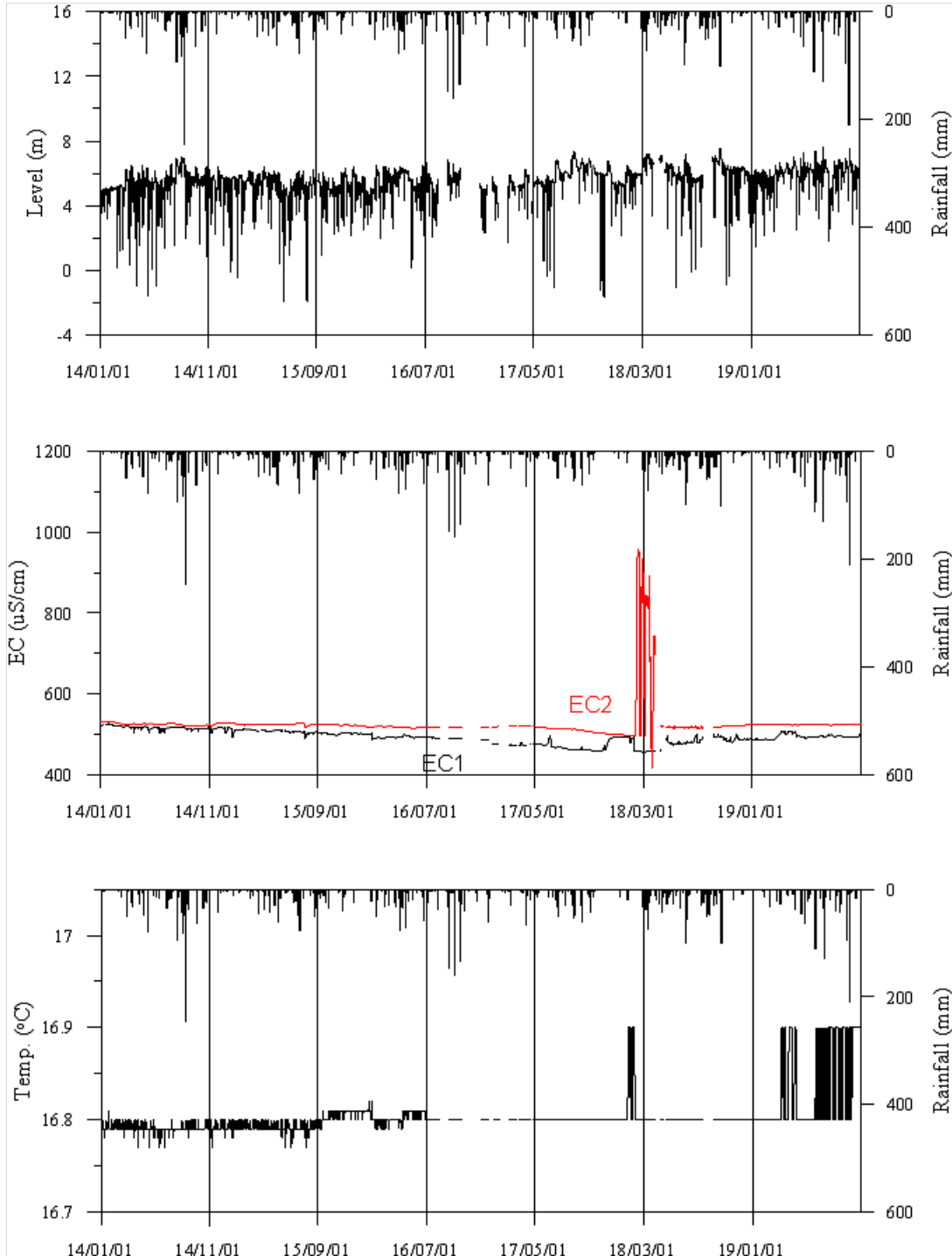
(단위 :mg/L)

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	N.D.
	(2014. 7)	18.70	17.64	1.43	71.00	29.57	68.64	173.85	N.D.
	(2015. 5)	10.99	15.73	1.19	66.82	29.31	56.21	147.86	-
	(2016. 5)	16.61	17.64	1.34	63.18	32.02	51.26	158.60	0.12
	(2017. 3)	16.96	15.98	1.13	65.84	33.21	53.93	149.45	N.D.
	(2018. 6)	15.13	13.21	1.12	52.74	31.53	44.72	128.10	N.D.
	(2019. 4)	16.09	14.71	1.38	56.15	31.26	43.68	128.10	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	진북1
Cl/HCO ₃ 몰비	2013.11	1.03
	2014. 7	0.68
	2015. 5	0.65
	2016. 5	0.56
	2017. 3	0.62
	2018. 6	0.60
	2019. 4	0.59

5. 장기 관측결과



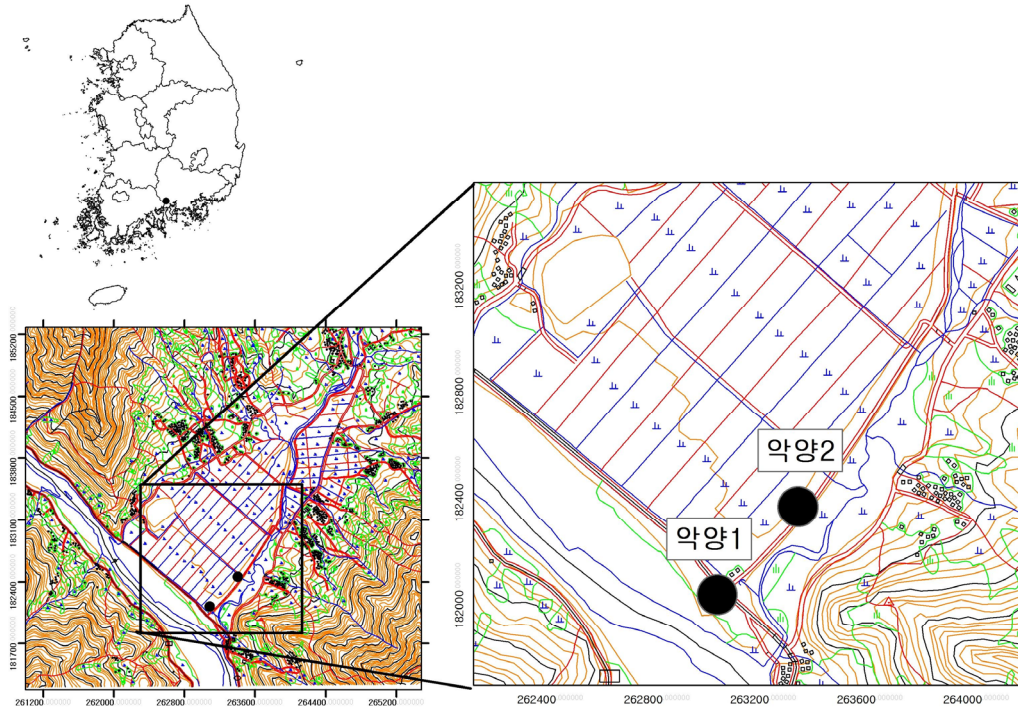
<진북1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진북1 관측공은 창원시 마산합포구 진북면에 위치하고, 해안과 인접하여 지하수 과잉양수 시 해수침투 확산이 빨리 발생할 수 있는 지역이다. 농지면적, 지하수 이용량, 농업인구 및 농업용 관정 분포를 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 ~ 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-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 0.56 ~ 1.03 으로 분석되어 해수의 영향이 약간 있다. 그러나 꾸준한 연차별 분석을 통해 수질변화 추이를 확인할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 진북1 관측공의 장기 관측결과, 지하수위는 주변의 양수정의 영향을 받아 주기적으로 증감을 반복하고 있으며, 연간 변화 폭은 10 m 내외이다. 전기전도도는 큰 변화없이 500 $\mu S/cm$ 를 유지하고 있으나, 2018년 상반기 EC2 센서가 1,000 $\mu S/cm$ 까지 급격히 증가 후 회복되었다.
- 5) 관리 방안 : 진북1 관측공은 현재 해수침투의 영향이 거의 없으나, 지속적으로 관측하여 해수침투 추이를 점검하여야 한다.

2.9.16 악양지구

1. 위치

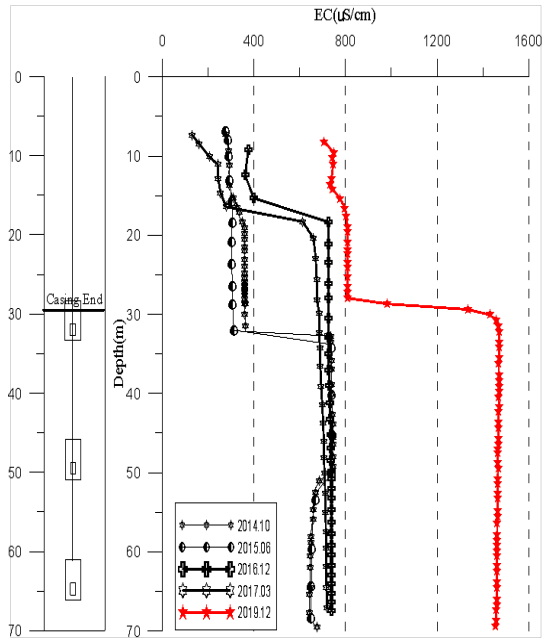


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
악양1	하동군 악양면 평사리 42-12	263073.23	182098.51	9.24	2014	195	2.76
악양2	하동군 악양면 봉대리 741	263421.8779	182472.4183	8.21	2015	300	3.51

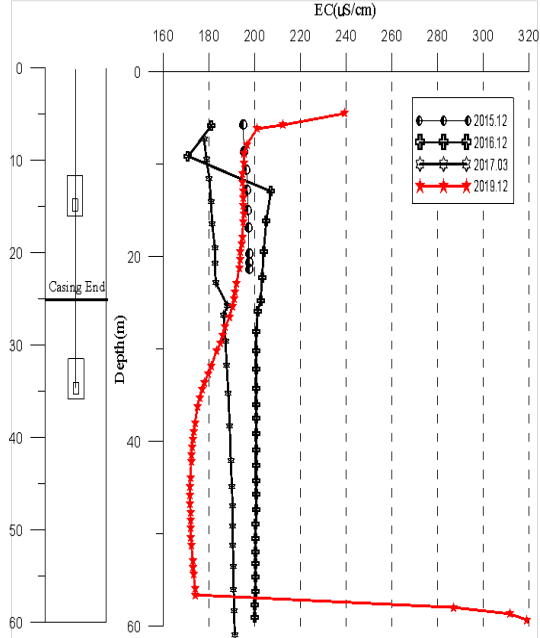
2. 지형 및 지질

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. 지하수 검층



<악양1 관측공>



<악양2 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

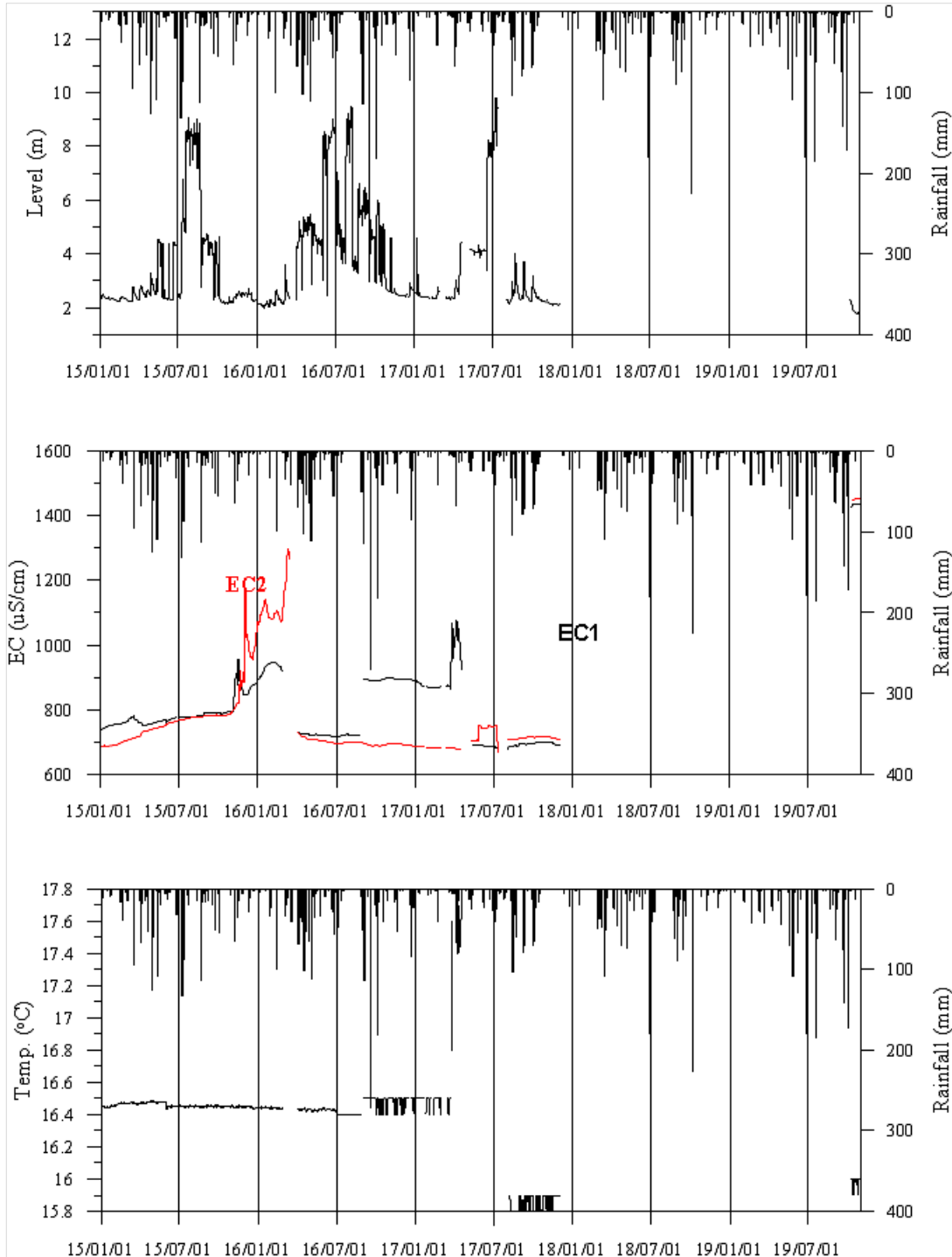
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	
악양1	(2014.10)	102.86	5.49	3.51	7.31	31.84	52.58	164.70	N.D.
	(2015. 6)	55.95	3.79	10.71	10.02	20.16	35.84	171.77	-
	(2016. 5)	141.45	2.26	3.47	3.98	44.01	74.26	176.90	0.17
	(2017. 3)	142.91	0.94	2.16	1.66	47.81	83.85	152.50	0.16
	(2019. 4)	89.25	1.06	4.41	5.32	38.28	61.70	124.91	-
악양2	(2015.11)	27.30	1.22	2.18	0.87	45.51	89.49	49.42	N.D.
	(2016. 5)	36.07	1.22	1.94	1.63	8.90	9.31	82.35	N.D.
	(2017. 3)	36.68	2.03	2.20	2.50	10.84	9.99	76.25	0.04
	(2019. 4)	52.49	1.08	2.77	7.65	24.65	36.60	94.09	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

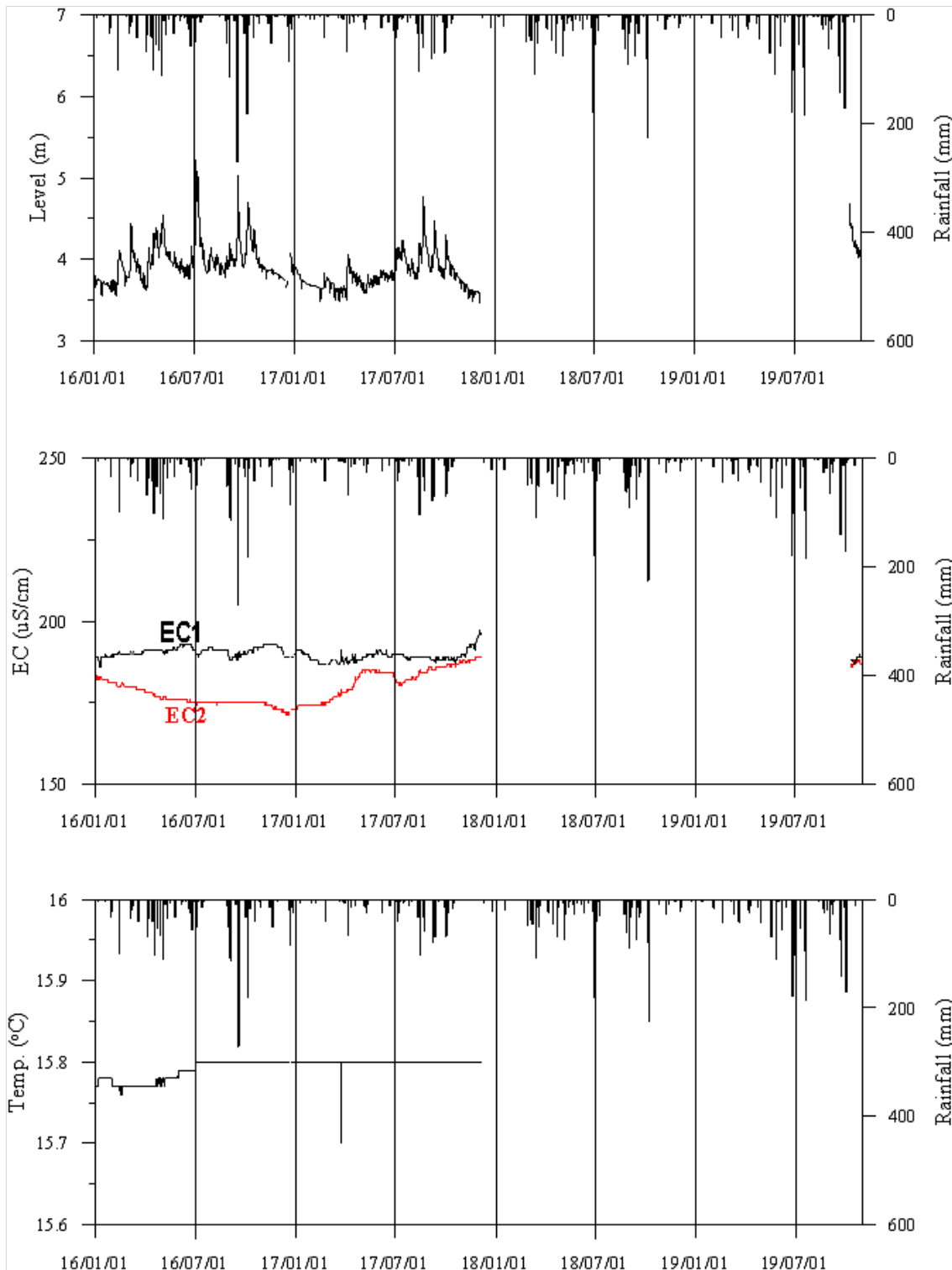
구 분	관측공	약양1	약양2
	년월		
Cl/HCO ₃ 몰비	2014.10	0.55	-
	2015. 6	0.36	3.12
	2016. 5	0.72	0.19
	2017. 3	0.95	0.23
	2019. 4	0.85	0.67

5.

장기 관측결과



<악양1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



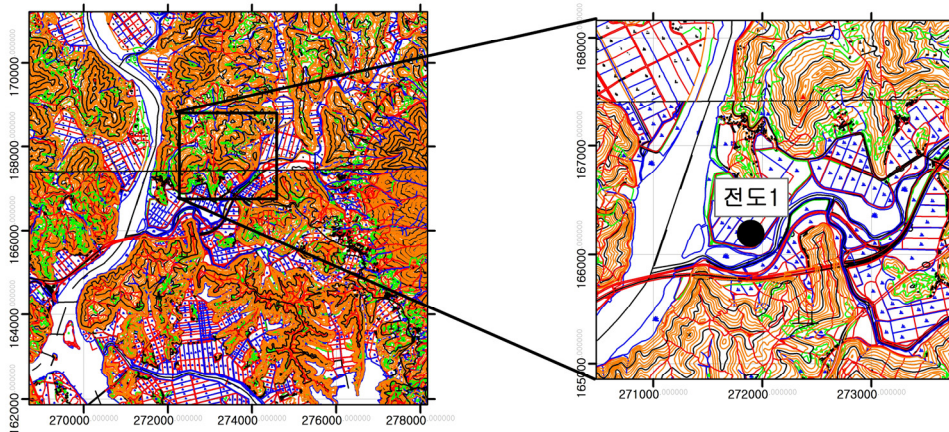
<악양2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 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) 지하수 검층 결과 : 악양1 관측공은 전기전도도가 약 150 ~ 1,560 $\mu S/cm$ 범위로서 심도 약 30 m 부근에서 전이대가 발견된다. 악양2 관측공은 전기전도도가 320 $\mu S/cm$ 미만으로서 담수 범위이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 악양1, 악양2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 각 0.36 ~ 0.95 범위, 0.19 ~ 3.12 범위로 분석되어 해수의 영향이 약간 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 악양1, 2 관측공의 장기 관측결과, 지하수위는 강우의 영향을 받아 증감을 반복하고 있으며, 연간 변화 폭은 각 8, 2 m 내외이다. 악양1 관측공의 전기전도도는 800 ~ 1,200 $\mu S/cm$ 범위에서 증감한다. 악양의 관측공의 전기전도도는 200 $\mu S/cm$ 내외이다.
- 5) 관리 방안 : 악양1, 2 관측공은 현재 해수침투의 영향이 거의 없으나, 지속적으로 관측하여 해수침투 추이를 점검하여야 한다.

2.9.17 고전지구

1. 위치

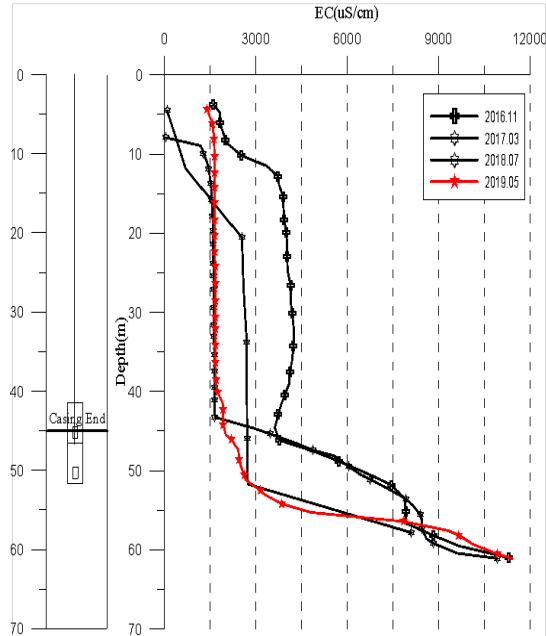


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
고전1	하동군 고전면 전도리 284-7	272616.8648	166607.5814	3.62	2016	1,008	2.62

2. 지형 및 지질

하동군 고전면 전도리에 위치한 고전지구는 섬진강과 접해 있으며, 인근에 섬진강을 따라 발달한 넓은 농경지가 위치하고 있다. 고전1 관측공은 해안과 약 1,0 km 거리에 위치하고 있으며, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.

3. 지하수 검층



<고전1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

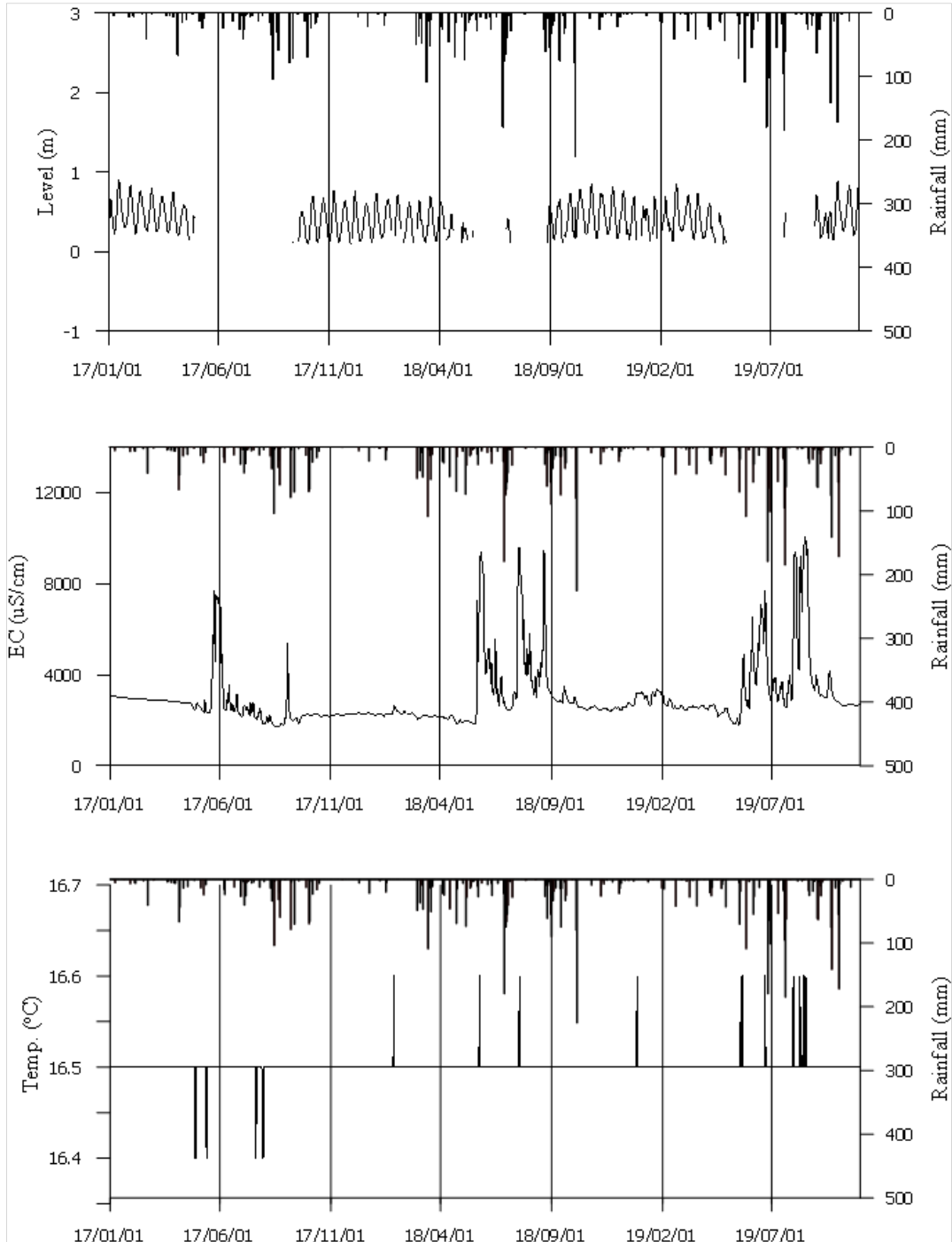
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
고전1	(2016.12)	248.36	55.40	4.24	108.11	64.01	583.62	79.30	2.63
	(2017. 3)	313.08	70.33	5.02	140.02	74.80	782.94	73.20	95.60
	(2018. 6)	180.39	35.31	2.92	84.43	34.62	504.54	42.70	1.54
	(2019. 4)	159.20	36.37	1.81	73.01	28.22	442.19	24.40	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	고전1
Cl/HCO ₃ 몰비	2016.12	12.67
	2017. 3	18.41
	2018. 6	20.34
	2019. 4	31.14

5.

장기 관측결과



<고전1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

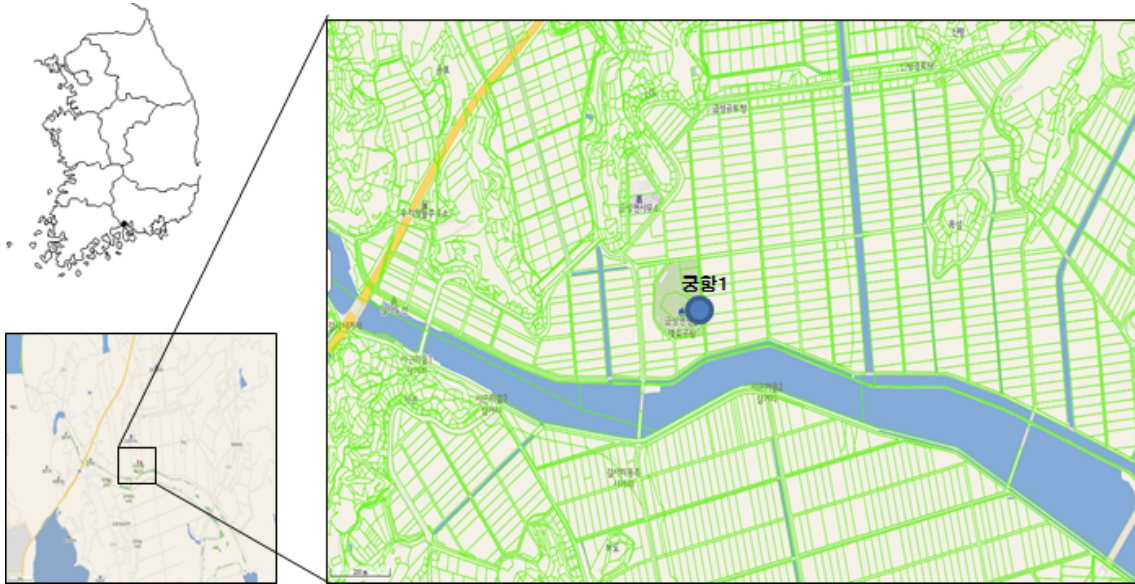
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 하동군 고전면 전도리에 위치한 고전지구는 섬진강과 접해 있으며, 인근에 섬진강을 따라 발달한 넓은 농경지가 위치하고 있다. 고전1 관측공은 해안과 약 1 km 거리에 위치하고 있으며, 염수유입 현상이 발생하므로 해수침투 영향을 관측하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 지표에서 공저까지 전기전도도가 약 1,608 ~ 11,308 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 특히 케이싱 하부인 약 47 m 심도 이하와 55 m 부근에서 전기전도도 증가 구간이 나타남에 따라, 해수침투에 의한 전이대가 형성되/는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 고전1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이다. Cl/HCO₃ 몰비는 12.67 ~ 31.14 범위로 나타남에 따라, 해수침투의 영향이 매우 큰 것으로 분석된다.
- 4) 장기 관측결과 : 고전1 관측공의 지하수위는 조수간만의 영향으로 주기적으로 변동하고 있으며, 전기전도도는 풍수기에 순간적으로 증가하는 경향이 나타나지만 다시 회복하는 양상을 보여주고 있다.
- 5) 관리 방안 : 고전1 관측공은 섬진강에서 해수침투 영향이 확산 중이다. 따라서 고전1 관측공 주변 지하수는 엄격한 이용량 규제와 해수침투 확산을 방지할 필요가 있다.

2.9.18 공항지구

1. 위치

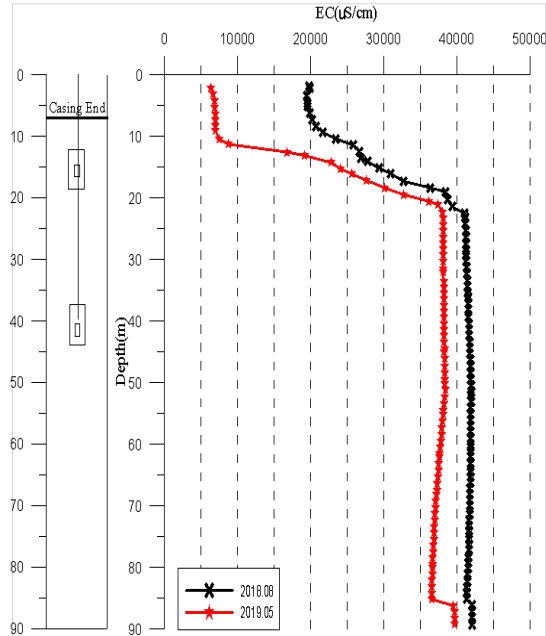


관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
공항1	하동군 금성면 공항리 1399	163073.473	272389.728	0.11	2018	1600	-0.88

2. 지형 및 지질

하동군 금성면 공항리에 위치한 공항1 관측공은 섬진강과 남해가 만나는 지점에 위치하며, 좌측으로 섬진강이, 남측으로 남해가 분포하고 있다. 관측공 주변은 간척에 의해 조성된 경지정리가 완료된 농경지가 넓게 분포한다. 공항1 관측공은 해안과 각기 1.6 km 거리에 위치하며, 남해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3. 지하수 검층



<공항1 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

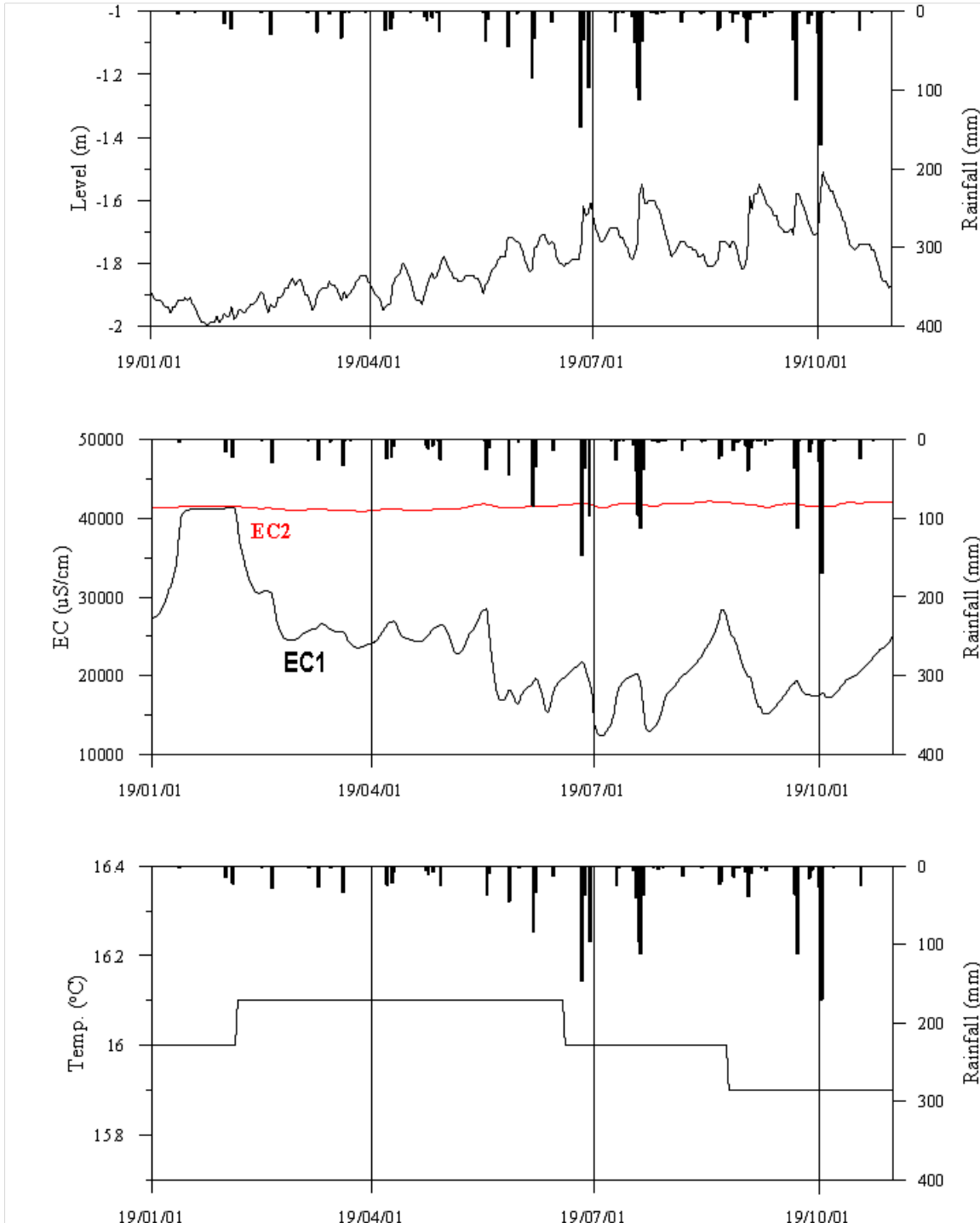
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	Br^-	
공항1	2018.10	5936.98	926.68	180.43	1306.21	1648.04	14130.05	97.60	N.D.
	2019. 4	2989.32	376.03	46.79	553.84	784.59	6247.37	240.95	-

◎ Cl/HCO_3 몰비에 따른 지하수 분류

구 분	관측공	
	년월	공항1
Cl/HCO_3 몰비	2018.10	249.16
	2019. 4	44.55

5.

장기 관측결과



<궁항1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>

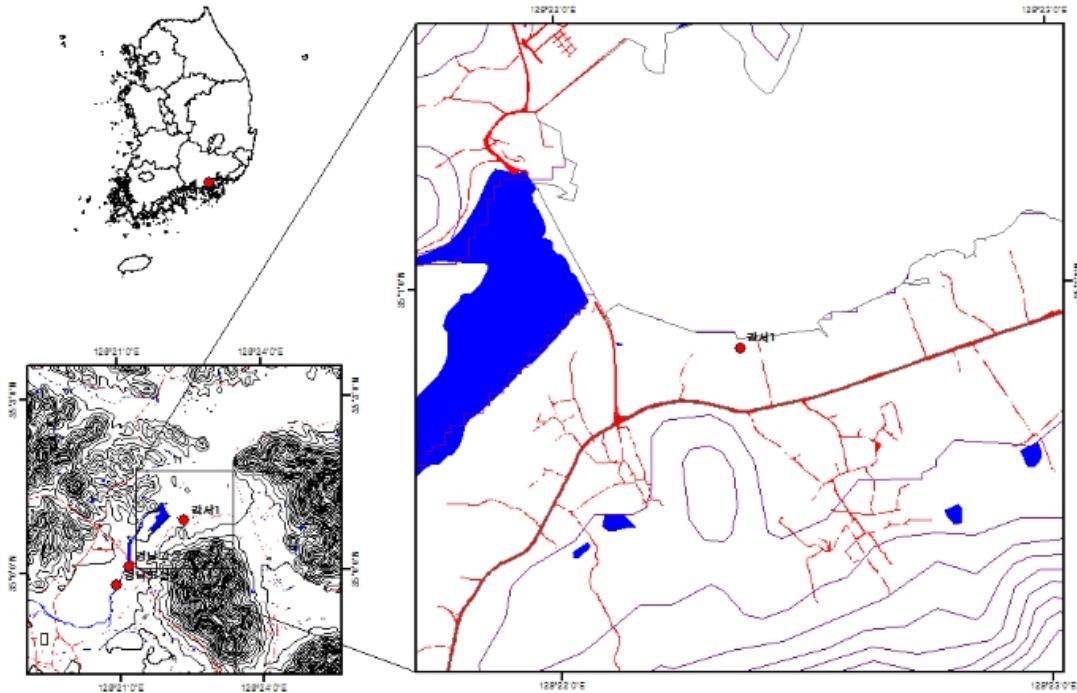
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 궁항1 관측공은 하동군 금성면 궁항리에 설치한 관측망으로 섬진강변에 설치하였다. 해안으로부터 1.6 km 거리에 위치하지만 섬진강의 염수에 의한 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 궁항1 관측공은 전기전도도가 심도 5 m 구간에서 5,000 $\mu S/cm$ 에서 42,000 $\mu S/cm$ 로 급격히 증가하는 전이대가 분포하며, 이후 공저까지 전기전도도의 변화는 나타나지 않는다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 궁항1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 44.55 ~ 249.16 범위로 분석되어 해수의 영향이 심각한 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 궁항1 관측공의 지하수위는 조수간만의 영향으로 주기적으로 변동하고 있으며, 강우의 영향을 받아 증감한다. 전기전도도 EC1은 풍수기에 감소하는 경향이 나타나지만, EC2는 약 42,000 $\mu S/cm$ 로 일정하다.
- 5) 관리 방안 : 궁항1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 직접적으로 발생함에 따라 영농에 직접 활용이 불가능하다. 추후, 지속적으로 관측하여 해수면 증가와 지하수위 증가 등을 살펴보아야 한다.

2.9.19 감서지구

1. 위치



관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	해안 거리 (m)	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z			
감서1	고성군 거류면 감서리 1663-9	269610.5374	325303.4171	1.976	2019	50	-0.324

2. 지형 및 지질

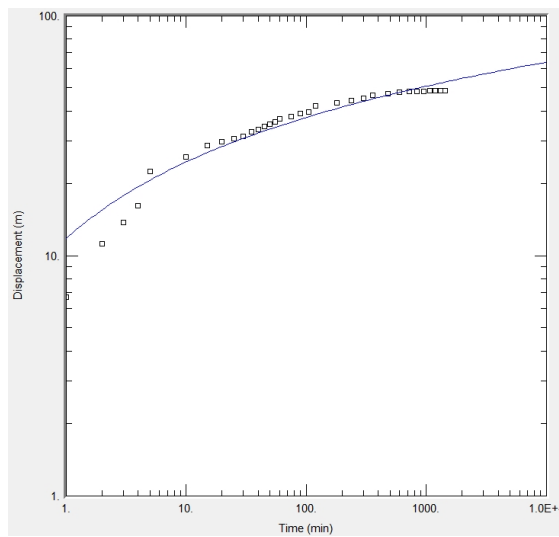
고성군 거류면 감서리에 위치한 감서1 관측공은 고성천이 남해와 만나는 지점에 위치하며, 남측으로 거류산이, 북측으로 남해가 위치하고 있다. 관측공 주변은 경지정리가 완료된 농경지가 넓게 분포한다. 감서1 관측공은 해안과 50 m 거리에 위치하며, 남해안의 염수유입에 의한 해수침투 관측을 위하여 설치하였다.

3.

대수층 수리지질현황

신규 설치된 감서1 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험, 전기비저항 토모그래피와 검증을 실시하였다.

◎ 양수시험

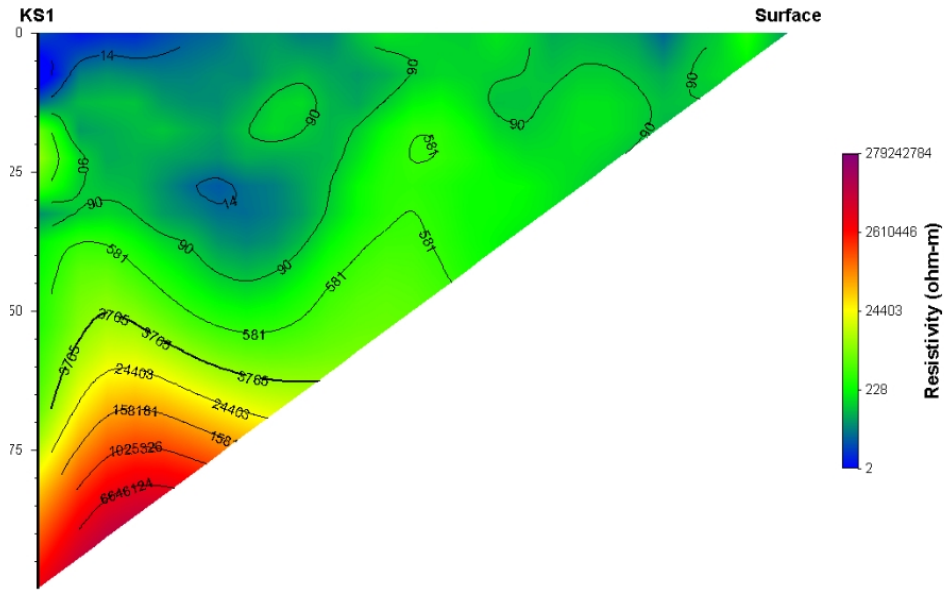


<감서1 양수시험 그래프>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/s)	대수층두께(m)
감서1	70	0.9759	1.27×10 ⁻⁵	89.0

◎ 전기비저항 탐사

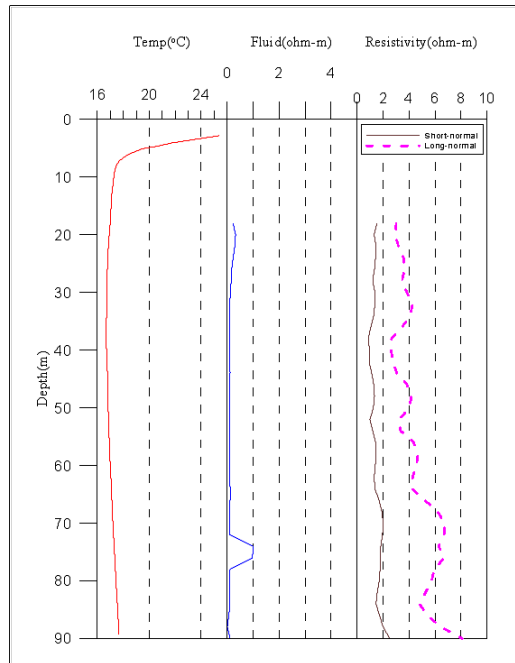
감서1 관측공은 단일 시추공이며, 시추공 심도 100 m 깊이에 케이싱이 심도 11 m 깊이까지 설치되어 단일 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피 탐사가 불가능한 지역이다. 해수침투의 영향을 판단하기 위하여 지표면에 전극을 설치하여 전기비저항탐사를 수행하였다. 전극배열 방법은 쌍극자 배열(Dipole-dipole array)을 이용하였고, 자료해석은 지표면 자료를 이용하여 역산(inversion)하였다. 지표하 40 m 부근과 50 m 구간에서 저비저항대가 나타나 이 구간을 통한 지하수 유동이 추정된다.



<감서1 관측공 전기비저항 탐사>

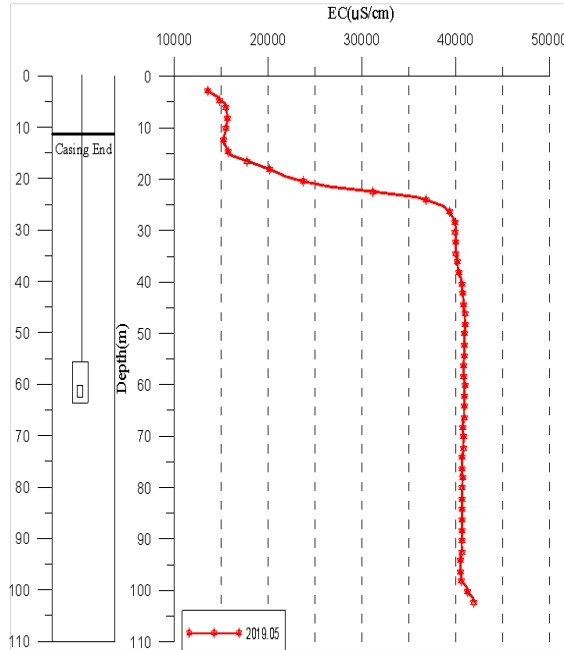
◎ 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시



<감서1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<감서1 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^-
감서1 (2019. 5)	3733.28	622.25	72.94	634.04	1008.92	9167.05	144.88	-

◎ Cl/HCO₃ 몰비에 따른 지하수 분류

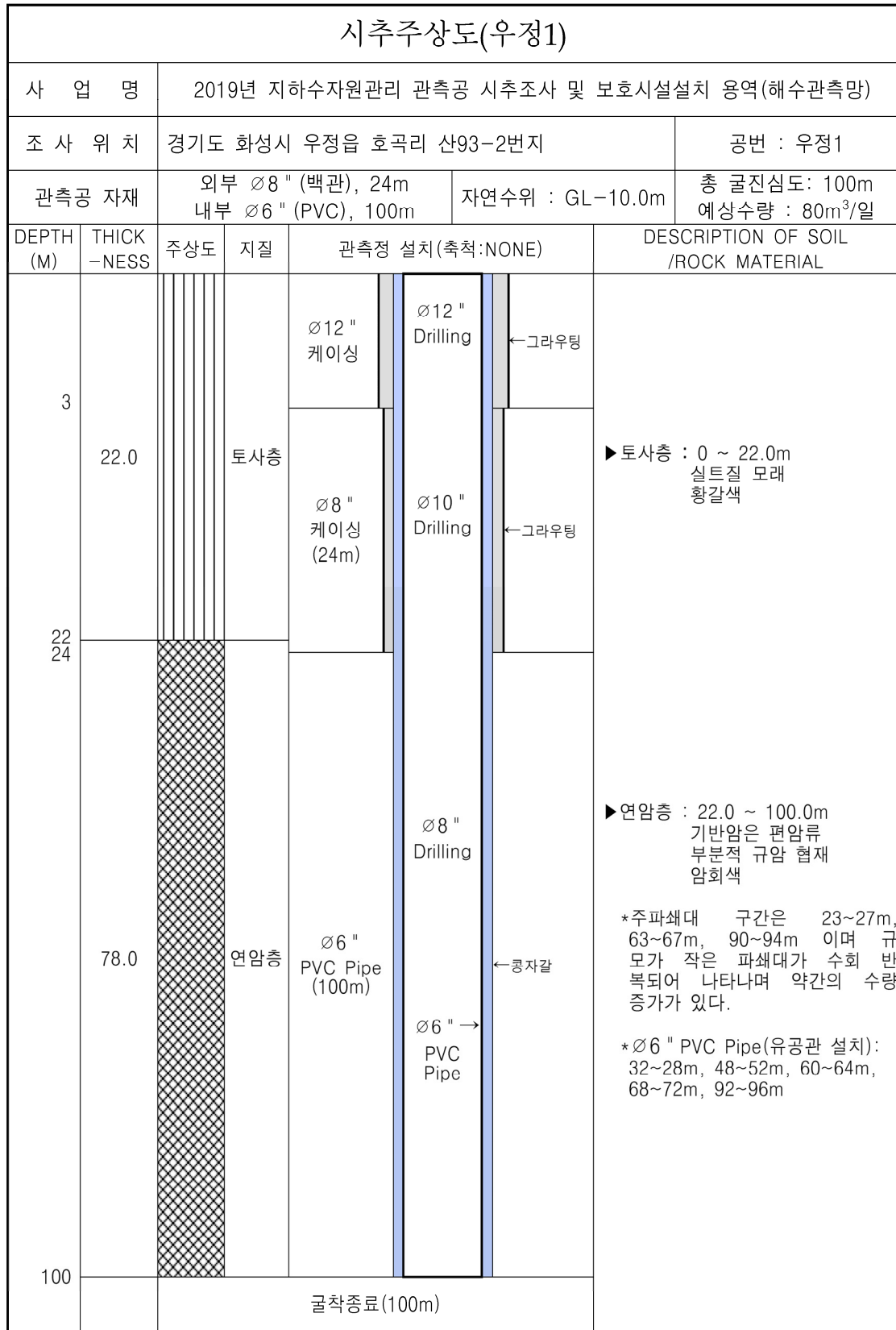
구 분	관측공	
	년월	감서1
Cl/HCO ₃ 몰비	2019. 5	108.72

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 감서1 관측공이 설치된 경남 고성군 거류면 감서리 일대에는 농경지역이 많이 분포하고 있으며, 농경지에 대한 염해피해가 우려되는 지역으로 해수침투조사 대상지로 신청한 지역이다. 이에 감서리 일원에 해수침투를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 해안으로부터 50 m 거리에 위치하여 염수에 의한 해수침투의 영향을 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 감서1 관측공의 양수량은 $70 \text{ m}^3/\text{d}$ 로, 수리전도도는 $1.27 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 89 m)이다. 관측공을 포함한 주변지역에 대한 지표 전기비저항 탐사 결과, 약 40 m, 50 m 구간에 저비항대가 나타남에 따라 이 구간을 통한 지하수 유동이 추정된다. 노말 전기비저항 검층 결과, 약 60 m 심도에서 단노말(16 ")과 장노말(64 ")의 40, 50, 65, 85 m 심도에서 단노말과 장노말이 공통적으로 감소하는 이상대가 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 감서1 관측공은 전기전도도가 심도 20 m 구간에서 $15,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 $40,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 급격히 증가하는 전이대가 분포하며, 이후 공저까지 전기전도도의 변화는 나타나지 않는다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석을 이용한 수질 분석 결과, 감서1 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형이며, Cl/HCO₃ 몰비는 108.72로 분석되어 해수의 영향이 심각한 것으로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 감서1 관측공 주변 지하수는 현재 해수침투의 영향이 직접적으로 발생함에 따라 영농에 직접 활용이 불가능하다. 추후, 지속적으로 관측하여 해수침투 증감 여부를 관측해야 한다.

부록 3

신규 관측공 주상도



농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		석문1 지구	공번: BH - 1		
위치	충청남도 당진시 석문면 교로리 2421				
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	33 M
자연 수위			안정수위		
특기 사항	관측공		양수량: 120 m ³ /day		
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
30	30			토 사	- 머드
30 32	2			전 석 층	
66	34			연 암	- 기반암: 사암, 역암 - 대수층 균열 구간: 35~36m(30 m ³ /day) 41~42m(40 m ³ /day) 65~66m(50 m ³ /day)
100	34			보 통 암	

시 추 주 상 도

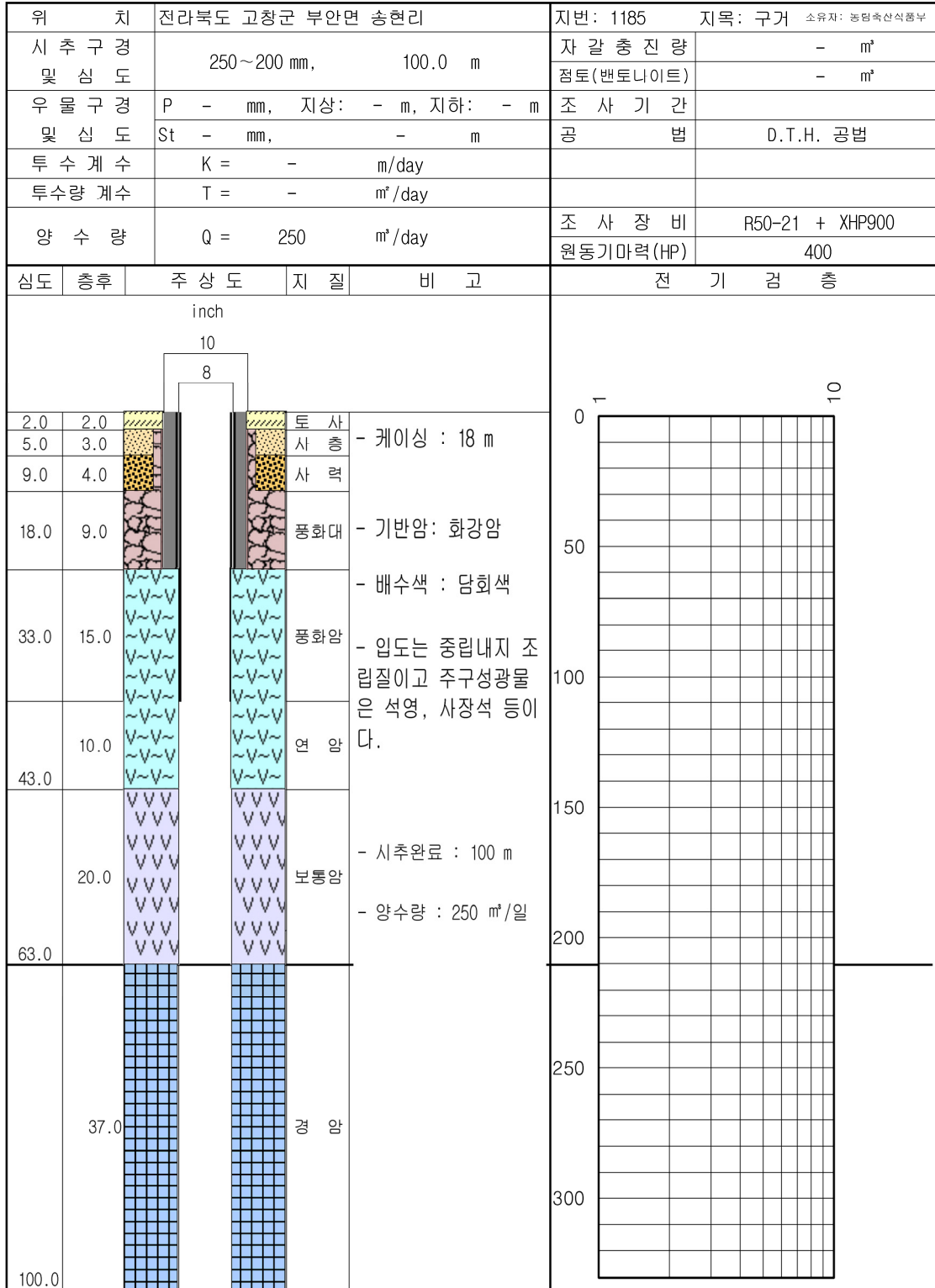
지질직: 김 승 현

지구명 : 송현지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



해수침투 관측정 착정주상도					
사업명 : 해수침투 관측정 착정공사					
지구명 : 외동1 지구			공번 : BH - 1		
위치	전라남도 장흥군 관산읍 외동리 1047-4				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	22 m
자연 수위	0.1 m	안정수위	5.24 m		
특기 사항	관측공 양수량 : 50 m ³ /day				
심도	층후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
20	20.0	[해상퇴적층 패턴]	[해상퇴적층 패턴]	해상퇴적층	
22	2.0	[마사층 패턴]	[마사층 패턴]	마 사 층	
25	3.0	[풍화대 패턴]	[풍화대 패턴]	풍 화 대	
100	75.0	[보통암 패턴]	[보통암 패턴]	보 통 암	기반암 : 흑운모화강암 대수층 : 22m~25m 20m ³ /day 70m~73m 30m ³ /day

시추주상도

© 2019년도

지구명	감서1 지구	공 번	BH-1	좌 표(위경도)	
위 치	경남 고성군 거류면 감서리 1663-9			케이싱심도(m)	11 (구경 : Ø200mm)
토 출 량	50톤/일			굴착 심도(m)	100
지하수위	-0.32m			굴착구경(mm)	200
시추방법	Rotary, D.T.H			착 정 일 자	2019

총심도 (m)	심도 (m)	층후 (m)	주상도 <small>← 8° →</small>	지질 및 구조	자연수위 (m)	설 명
100.0	1.0	1.0		매립층	100.0	기반암 : 응회암질 역암, 셰일 파쇄대 : 40m, 50m 대수층 : 42m, 30톤/일 51m, 20톤/일 양수량 : 70톤/일
	4.0	3.0		사층		
	9.0	5.0		사력층		
	10.0	1.0		풍화암		
		90.0		암반		

부록 4 이동 설치 관측공 주상도

