

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001104-10

Annual Report



농촌지하수관리 관측망 보고서 (부 록)

Annual report on the Rural Groundwater
Management Network in Korea (2019)
(Supplemental Materials)



농림축산식품부



한국농어촌공사

발간등록번호

11-1543000-001104-10

Annual Report



농촌지하수관리 관측망 보고서 (부록)

Annual report on the Rural Groundwater
Management Network in Korea (2019)
(Supplemental Materials)



농림축산식품부



한국농어촌공사

2019 농촌지하수관리 관측망 보고서

부 록

부록 1

농촌지하수관리 관측망 설치내역

부록1. 농촌지하수관리 관측망 설치내역(2002 ~ 2019)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
인천 (4)	강화 (4)	강화읍 옥림리	강화	강화1	2017	CDMA	100	45	45	-
		하점면 신봉리		강화2	2017	CDMA	100	30	30	-
		양도면 건평리		강화3	2017	CDMA	120	20	20	-
		길상면 초지리		강화4	2018	CDMA	110	60	60	-
화성 (4)	화성	남양동 시리	화성	화성1(구)	2002	무	80	5	-	-
		- 송산동		화성1(신)	2014	CDMA	80	50	50	-
		우정읍 매향리		화성2(구)	2002	무	80	19	-	-
		장안면 장안리		화성2(신)	2014	CDMA	80	27	27	-
		매송면 송라리		화성3	2016	CDMA	96	60	60	-
		장안면 사랑리		화성4	2005	CDMA	80	30	30	-
평택 (5)	평택	고덕면 해창리	평택	평택1	2006	CDMA	75	25	25	-
		오성면 길음리		평택2	2006	CDMA	65(30)	25	25	-
		현덕면 도대리		평택3	2006	CDMA	60	50	50	-
		서탄면 마두리		평택4	2017	CDMA	80	38	38	-
		진위면 신리		평택5	2017	CDMA	100	40	40	-
이천 (4)	이천	백사면 우곡리	이천	이천1	2007	CDMA	70	50	50	-
		설성면 행죽리		이천2	2007	CDMA	80	28	28	-
		장호원읍 오남리		이천3	2007	CDMA	48	15	15	-
		율면 본죽리		이천4	2015	CDMA	60	50	50	-
광주 (1)	광주	- 역동	광주	광주1(구)	2008	CDMA	80	55	55	-
		도척면 노곡리		광주1(신)	2012	CDMA	80	40	40	-
		김포 (3)		고천면 신곡리	김포	김포1	2009	CDMA	60	50	50	-
통진읍 가현리	김포2	2009	CDMA	60		45	45	-		
월곶면 갈산리	김포3	2016	CDMA	96		40	40	-		
여주 (4)	여주	대신면 초현리	여주	여주1	2010	CDMA	80	40	40	-
		능서면 신지리		여주2	2010	CDMA	100	40	40	-
		흥천면 계신리		여주3	2016	CDMA	90	73	73	-
		점동면 현수리		여주4	2016	CDMA	96	30	30	-
파주 (4)	파주	파평면 금파리	파주	파주1	2011	CDMA	70	35	35	-
		조리읍 능안리		파주2	2011	CDMA	64	30	30	-
		문산읍 내포리		파주3	2012	CDMA	85	40	40	-
		법원읍 법원리		파주4	2017	CDMA	103	30	30	-
용인 (6)	용인	이동면 어비리	용인	용인1	2012	CDMA	80	40	40	-
		원삼면 두창리		용인2	2013	CDMA	80	60	60	-
		백암면 석천리		용인3	2016	CDMA	60	38	38	-
		수지구 동천동		용인4	2018	CDMA	120	50	50	-
		포곡읍 영문리		용인5	2018	CDMA	82	30	30	-
		모현읍 매산리		용인6	2018	CDMA	112	30	30	-
가평 (3)	가평	상면 행현리	가평	가평1	2012	CDMA	120	40	40	-
		설악면 창의리		가평2	2013	CDMA	80	55	55	-
		조종면 대보리		가평3	2016	CDMA	60	35	35	-

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)				
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2		
경기 (51)	안성 (6)	양성면	미산리	안성1	2012	CDMA	85	40	40	-	
		금광면	내우리	안성2	2013	CDMA	80	60	60	-	
		일죽면	고은리	안성3	2014	CDMA	80	45	45	-	
		서운면	북산리	안성4	2015	CDMA	62	40	40	-	
		공도읍	진사리	안성5	2018	CDMA	103	30	30	-	
		양성면	추곡리	안성6	2018	CDMA	103	50	50	-	
	남양주 (2)	와부읍	월문리	남양주1	2013	CDMA	80	50	50	-	
			진건읍	신월리	남양주2	2014	CDMA	150	50	50	-
	포천 (7)	포천	가산면	마산리	포천1	2015	CDMA	60	40	40	-
			소흘읍	이가팔리	포천2	2016	CDMA	63	35	35	-
			영중면	성동리	포천3	2018	CDMA	115	55	55	-
			신북면	기지리	포천4	2018	CDMA	112	30	30	-
			영북면	자일리	포천5	2019	CDMA	110	60	60	-
			일동면	기산리	포천6	2019	CDMA	110	30	30	-
내촌면			내리	포천7	2019	CDMA	100	30	30	-	
양주 (2)	백석읍	가업리	양주1	2015	CDMA	70	50	50	-		
		남면	상수리	양주2	2019	CDMA	100	30	30	-	
강원 (54)	원주 (7)	문막읍	건등리	문막1(구)	2006	CDMA	80	50	50	-	
		문막읍	반계리	원주1(신)	2015	CDMA	120	50	50	-	
		문막읍	대둔리	원주2	2006	CDMA	80	55	55	-	
		문막읍	궁촌리	원주3	2015	CDMA	80	35	35	-	
		부론면	홍호리	원주4	2006	CDMA	80	50	50	-	
		관부면	서곡리	원주5	2016	CDMA	82	20	20	-	
		신림면	황둔리	원주6	2017	CDMA	120	70	70	-	
	지정면	간현리	원주7	2018	CDMA	100	30	30	-		
	춘천 (4)	춘천	서면	우두동	춘천1	2007	CDMA	60	30	30	-
			서면	금산리	춘천2	2007	CDMA	60	55	55	-
			동산면	원창리	춘천3	2014	CDMA	128	40	40	-
			신북읍	산천리	춘천4	2016	CDMA	82	20	20	-
	횡성 (4)	횡성	횡성면	마산리	횡성1	2008	CDMA	60	50	50	-
			우천면	하대리	횡성2	2012	CDMA	80	40	40	-
갑천면			대관대리	횡성3	2014	CDMA	119	75	75	-	
안흥면			소사리	횡성4	2018	CDMA	130	30	30	-	
홍천 (7)	홍천	동면	후동리	홍천1	2009	CDMA	70	40	40	-	
		남면	시동리	홍천2	2009	CDMA	70	50	50	-	
		홍천읍	결운리	홍천3	2015	CDMA	120	25	25	-	
		북방면	하화계리	홍천4	2016	CDMA	80	40	40	-	
		홍천읍	하오안리	홍천5	2016	CDMA	81	67	67	-	
		두촌면	역내리	홍천6	2019	CDMA	100	40	40	-	
		서석면	상군두리	홍천7	2019	CDMA	100	60	60	-	

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
평창 (4)	평창	방림면 계촌리	평창	평창1	2009	CDMA	60	30	30	-
		대화면 신리		평창2	2009	CDMA	70	35	35	-
		평창읍 유동리		평창3	2017	CDMA	110	30	30	-
		봉평면 창동리		평창4	2018	CDMA	100	30	30	-
양구 (3)	양구	동면 월운리	양구	양구1	2011	CDMA	81	50	50	-
		해안면 만대리		양구2	2011	CDMA	81	40	40	-
		방산면 현리		양구3	2019	CDMA	110	30	30	-
화천 (4)	화천	간동면 간척리	화천	화천1	2011	CDMA	81	35	35	-
		사내면 사창리		화천2	2013	CDMA	83	29	29	-
		상서면 파포리		화천3	2019	CDMA	101	20	20	-
		간동면 오음리		화천4	2019	CDMA	105	35	35	-
고성 (2)	고성	토성면 도원리	고성	고성1	2012	CDMA	80	40	40	-
		거진읍 송정리		고성2	2013	CDMA	83	40	40	-
강원 (54)	인제	인제읍 덕산리	인제	인제1	2012	CDMA	80	40	40	-
		기린면 현리		인제2	2013	CDMA	90	11	11	-
		북면 한계리		인제3	2018	CDMA	100	55	55	-
		북면 원통리		인제4	2018	CDMA	150	30	30	-
강릉 (6)	강릉	성산면 산북리	강릉	강릉1	2013	CDMA	83	38	38	-
		주문진읍 향호리		강릉2	2014	CDMA	83	75	75	-
		옥계면 북동리		강릉3	2015	CDMA	120	30	30	-
		구정면 여찬리		강릉4	2016	CDMA	87	26	26	-
		강동면 언별리		강릉5	2018	CDMA	100	25	25	-
		사천면 민노리		강릉6	2019	CDMA	110	30	30	-
양양(1)	양양	손양면 송현리	양양	양양1	2014	CDMA	110	40	40	-
삼척(1)	삼척	근덕면 궁촌리	삼척	삼척1	2015	CDMA	80	50	50	-
영월 (2)	영월	주천면 주천리	영월	영월1	2019	CDMA	47	30	30	-
		한반도면 쌍용리		영월2	2019	CDMA	101	30	30	-
철원 (5)	철원	철원읍 사요리	철원	철원1	2017	CDMA	62	59	59	-
		동송읍 오지리		철원2	2017	CDMA	81	24	24	-
		동송읍 이평리		철원3	2017	CDMA	42	41	41	-
		서면 와수리		철원4	2018	CDMA	100	50	50	-
		김화읍 청양리		철원5	2018	CDMA	62	58	58	-

부록1. (계속)

도	시,군	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
		읍,면	리					수위	EC1	EC2	
충북 (40)	음성 (5)	대소면	내산리	음성	음성1	2006	CDMA	82	75	75	-
		금왕읍	오선리		음성2	2006	CDMA	82	25	25	-
		삼성면	용성리		음성3	2006	CDMA	82	50	50	-
		금왕읍	무극리		음성4	2016	CDMA	90	34	34	-
		원남면	보룡리		음성5	2016	CDMA	60	27	27	-
	제천 (4)	-	왕암동	제천	제천1	2006	CDMA	40	30	30	-
		덕산면	신현리		제천2	2006	CDMA	110	50	50	-
		금성면	월림리		제천3	2019	CDMA	120	30	30	-
		백운면	방학리		제천4	2019	CDMA	110	30	30	-
	괴산 (4)	사리면	수암리	괴산	괴산1	2008	CDMA	100	60	60	-
		칠성면	도정리		괴산2	2017	CDMA	100	41	35	-
		청천면	후평리		괴산3	2017	CDMA	100	41	35	-
		불정면	앵천리		괴산4	2019	CDMA	80	30	30	-
	진천 (4)	광혜원면	금곡리	진천	진천1	2008	CDMA	82	55	55	-
		진천읍	신정리		진천2	2016	CDMA	60	35	35	-
		덕산면	용몽리		진천3	2017	CDMA	100	40	40	-
		문백면	사양리		진천4	2018	CDMA	135	30	30	-
	증평 (2)	증평읍	장동리	증평	증평1	2009	CDMA	80	40	40	-
		도안면	석곡리		증평2	2017	CDMA	80	30	30	-
	옥천 (4)	동이면	금암리	옥천	옥천1	2011	CDMA	80	40	40	-
		이원면	운정리		옥천2	2011	CDMA	70	35	35	-
		옥천읍	매화리		옥천3	2016	CDMA	60	42	42	-
		청산면	판수리		옥천4	2016	CDMA	60	41	41	-
	영동 (4)	추풍령면	관리	영동	영동1	2012	CDMA	60	40	40	-
		용산면	구촌리		영동2	2013	CDMA	80	50	50	-
		학산면	봉소리		영동3	2014	CDMA	88	84	84	-
		심천면	장동리		영동4	2018	CDMA	100	55	55	-
	보은 (4)	삼승면	탄금리	보은	보은1	2012	CDMA	60	40	40	-
		장안면	봉비리		보은2	2012	CDMA	101	40	40	-
		마로면	소여리		보은3	2018	CDMA	100	35	35	-
		탄부면	사직리		보은4	2018	CDMA	33	25	25	-
	청원(1)	미원면	쌍이리	청원	청원1	2013	CDMA	80	77	77	-
	충주 (4)	주덕읍	창전리	충주	충주1	2014	CDMA	63	28	28	-
		신니면	견학리		충주2	2017	CDMA	40	35	35	-
		살미면	내사리		충주3	2017	CDMA	100	30	30	-
		금가면	오석리		충주4	2017	CDMA	100	43	43	-
	청주 (4)	오송읍	서평리	청주	청주1	2018	CDMA	100	55	55	-
		북이면	내둔리		청주2	2018	CDMA	100	40	40	-
		가덕면	행정리		청주3	2019	CDMA	100	30	30	-
		남일면	신송리		청주4	2019	CDMA	100	55	55	-

부록 1. 농촌지하수관리 관측망 설치내역

부록1. (계속)

도	시,군	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
		읍,면	리					수위	EC1	EC2	
충남 (60)	아산 (6)	선장면	군덕리	아산	아산1	2005	CDMA	82	10	25	30
		영인면	창룡리		아산2	2005	CDMA	101	10.3	60	70
		음봉면	의식리		아산3	2005	CDMA	100	30	30	-
		둔포면	신항리		아산4	2017	CDMA	100	40	40	-
		신창면	궁화리		아산5	2017	CDMA	100	40	40	-
		탕정면	매곡리		아산6	2018	CDMA	100	30	30	-
	금산 (6)	금성면	하류리	금산	금산1	2008	CDMA	82	40	40	-
		부리면	신촌리		금산2	2016	CDMA	60	55	55	-
		추부면	요광리		금산3	2016	CDMA	60	45	45	-
		제원면	제원리		금산4	2018	CDMA	100	60	60	-
		진산면	지방리		금산5	2018	CDMA	100	30	30	-
		남일면	신정리		금산6	2018	CDMA	100	55	55	-
	공주 (5)	우성면	상서리	공주	공주1	2008	CDMA	70	40	40	-
		탄천면	장선리		공주2	2016	CDMA	60	48	48	-
		의당면	중흥리		공주3	2016	CDMA	60	35	35	-
		우성면	대성리		공주4	2018	CDMA	120	20	20	-
		계룡면	유평리		공주5	2019	CDMA	100	30	30	-
	부여 (5)	홍산면	북촌리	부여	부여1	2010	CDMA	61	40	40	-
		임천면	비정리		부여2	2015	CDMA	103	40	40	-
		초촌면	소사리		부여3	2015	CDMA	61	40	40	-
		규암면	모리		부여4	2017	CDMA	64	30	30	-
		양화면	입포리		부여5	2018	CDMA	152	30	30	-
	논산 (3)	연무읍	봉동리	논산	논산1	2010	CDMA	60	40	40	-
		별곡면	덕곡리		논산2	2015	CDMA	61	35	35	-
		상월면	숙진리		논산3	2019	CDMA	100	45	45	-
	서천 (4)	마서면	신포리	서천	서천1	2012	CDMA	92	40	40	-
		한산면	동지리		서천2	2012	CDMA	83	40	40	-
		서천읍	두왕리		서천3	2018	CDMA	100	25	25	-
		기산면	막동리		서천4	2018	CDMA	100	40	40	-
	보령 (6)	청소면	신송리	보령	보령1	2012	CDMA	81	40	40	-
		남포면	제석리		보령2	2013	CDMA	90	65	65	-
		주산면	증산리		보령3	2013	CDMA	100	70	70	-
		청소면	성연리		보령4	2018	CDMA	100	50	50	-
		주산면	유곡리		보령5	2018	CDMA	100	50	50	-
		남포면	양항리		보령6	2018	CDMA	60	30	30	-
	청양 (5)	화성면	용당리	청양	청양1	2012	CDMA	105	40	40	-
		청양읍	적누리		청양2	2013	CDMA	82	55	55	-
		청남면	인양리		청양3	2015	CDMA	61	35	35	-
		장평면	구룡리		청양4	2019	CDMA	100	45	45	-
		목면	화양리		청양5	2019	CDMA	100	35	35	-

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
충남 (60)	홍성 (5)	홍북면 석택리	홍성	홍성1	2013	CDMA	80	68	68	-
		갈산면 와리		홍성2	2014	CDMA	40	35.1	35.1	-
		홍북면 내덕리		홍성3	2017	CDMA	100	30	30	-
		금마면 신곡리		홍성4	2017	CDMA	100	35	35	-
		갈산면 내갈리		홍성5	2019	CDMA	127	30	30	-
	예산 (5)	대흥면 갈신리	예산	예산1	2014	CDMA	60	12	12	-
		신암면 탄중리		예산2	2016	CDMA	70	54	54	-
		응봉면 입침리		예산3	2017	CDMA	100	31	31	-
		신양면 신양리		예산4	2017	CDMA	100	37	37	-
		삽교읍 신가리		예산5	2018	CDMA	100	45	45	-
	태안 (4)	태안읍 평천리	태안	태안1	2016	CDMA	100	70	70	-
		고남면 누동리		태안2	2017	CDMA	100	38	38	-
		소원면 모항리		태안3	2018	CDMA	100	50	50	-
		소원면 파도리		태안4	2018	CDMA	100	55	55	-
	서산 (3)	고북면 사기리	서산	서산1	2018	CDMA	100	45	45	-
		부석면 지산리		서산2	2018	CDMA	100	40	40	-
		대산읍 운산리		서산3	2019	CDMA	100	20	20	-
	당진 (3)	송악읍 전대리	당진	당진1	2019	CDMA	100	40	40	-
		송산면 삼월리		당진2	2019	CDMA	100	35	35	-
		고대면 성산리		당진3	2019	CDMA	100	25	25	-
	전북 (51)	부안 (4)	줄포면 줄포리	부안	부안1	2005	CDMA	60	30	30
진서면 운호리			부안2(구)		2005	CDMA	70	40	40	-
진서면 운호리			부안2(신)		2012	CDMA	44	40	40	-
계화면 궁안리			부안3		2016	CDMA	65	46	46	-
백산면 용계리			부안4		2017	CDMA	100	70	70	-
정읍 (7)		- 농소동	정읍	정읍1	2008	CDMA	70	50	50	-
		소성면 화룡리		정읍2	2016	CDMA	60	30	30	-
		감곡면 방교리		정읍3	2016	CDMA	80	32	32	-
		고부면 관청리		정읍4	2017	CDMA	110	30	30	-
		태인면 낙양리		정읍5	2017	CDMA	150	36	36	-
	용동면 오성리	정읍6		2017	CDMA	100	36	36	-	
	감곡면 삼평리	정읍7		2019	CDMA	115	50	50	-	
순창 (7)	순창읍 복실리	순창	순창1	2008	CDMA	80	40	40	-	
	유등면 외이리		순창2	2016	CDMA	150	50	50	-	
	구림면 화암리		순창3	2017	CDMA	100	45	45	-	
	북흥면 화양리		순창4	2018	CDMA	100	45	45	-	
	유등면 무수리		순창5	2018	CDMA	100	40	40	-	
	동계면 이동리		순창6	2019	CDMA	100	30	30	-	
	쌍치면 전암리		순창7	2019	CDMA	100	30	30	-	

부록1. (계속)

도	위치			지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면	리					수위	EC1	EC2	
장수 (5)		장수읍	장수리	장수	장수1	2009	CDMA	100	30	30	-
		장수읍	대성리		장수2	2018	CDMA	100	20	20	-
		장계면	월강리		장수3	2018	CDMA	100	35	35	-
		번암면	대론리		장수4	2019	CDMA	100	45	45	-
		계북면	원촌리		장수5	2019	CDMA	150	50	50	-
고창 (4)		아산면	구암리	고창	고창1	2010	CDMA	82	30	30	-
		고창읍	덕산리		고창2	2014	CDMA	60	50	50	-
		성내면	산림리		고창3	2018	CDMA	100	40	40	-
		홍덕면	사포리		고창4	2019	CDMA	100	30	30	-
진안 (2)		진안읍	군상리	진안	진안1	2010	CDMA	83	40	40	-
		마령면	덕천리		진안2	2016	CDMA	65	25	25	-
무주 (3)		안성면	장기리	무주	무주1	2012	CDMA	62	30	30	-
		안성면	죽천리		무주2	2017	CDMA	64	27	27	-
		무풍면	증산리		무주3	2018	CDMA	100	55	55	-
전북 (51)	남원 (6)	운봉읍	서천리	남원	남원1	2012	CDMA	62	35	35	-
		금지면	하도리		남원2	2012	CDMA	60	40	40	-
		사매면	오신리		남원3	2013	CDMA	61	25	25	-
		이백면	척문리		남원4	2018	CDMA	100	35	35	-
		주천면	장안리		남원5	2018	CDMA	100	40	40	-
		보절면	성시리		남원6	2018	CDMA	100	35	35	-
익산 (5)		용안면	칠목리	익산	익산1	2013	CDMA	61	25	25	-
		왕궁면	온수리		익산2	2014	CDMA	60	50	50	-
		오산면	영만리		익산3	2017	CDMA	100	35	35	-
		삼기면	간촌리		익산4	2018	CDMA	100	18	18	-
		용안면	덕용리		익산5	2018	CDMA	72	50	50	-
완주 (3)		삼례읍	삼례리	완주	완주1	2014	CDMA	60	50	50	-
		봉동읍	용암리		완주2	2016	CDMA	150	30	30	-
		고산면	어우리		완주3	2017	CDMA	80	40	40	-
임실 (3)		삼계면	봉현리	임실	임실1	2017	CDMA	100	30	30	-
		오수면	오산리		임실2	2018	CDMA	100	40	40	-
		청용면	구고리		임실3	2018	CDMA	100	40	40	-
김제 (2)		금산면	삼봉리	김제	김제1	2019	CDMA	70	35	35	-
		봉남면	내광리		김제2	2019	CDMA	100	30	30	-

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
무안 (8)	무안	무안읍 성남리	무안	무안1	2003	CDMA	110	30	30	-
		운남면 성내리		무안2	2003	CDMA	100	30	30	-
		해계면 덕산리		무안3	2006	CDMA	80	35	35	-
		청계면 송현리		무안4	2006	CDMA	80	50	50	-
		일로읍 의산리		무안5	2016	CDMA	60	45	45	-
		무안읍 용월리		무안6	2016	CDMA	60	54	54	-
		일로읍 죽산리		무안7	2017	CDMA	70	55	55	-
		현경면 평산리		무안8	2018	CDMA	100	25	25	-
보성 (7)	보성	회천면 서당리	보성	보성1	2008	CDMA	60	45	45	-
		보성읍 옥평리		보성2	2015	CDMA	80	40	40	-
		웅치면 대산리		보성3	2015	CDMA	28	20	20	-
		별교읍 전동리		보성4	2015	CDMA	51	45	45	-
		북내면 용동리		보성5	2015	CDMA	60	40	40	-
		별교읍 지동리		보성6	2018	CDMA	100	60	60	-
		조성면 매현리		보성7	2019	CDMA	100	55	55	-
전남 (97)	장성	남면 분향리	장성	장성1	2010	CDMA	65	30	30	-
		장성읍 용강리		장성2	2014	CDMA	60	36	36	-
		장성읍 영천리		장성3	2017	CDMA	50	25	25	-
		삼서면 두월리		장성4	2017	CDMA	100	20	20	-
		삼계면 주산리		장성5	2017	CDMA	100	30	30	-
화순 (6)	화순	능주면 관영리	화순	화순1	2010	CDMA	60	30	30	-
		도암면 천태리		화순2	2014	CDMA	50	49	49	-
		한천면 모산리		화순3	2017	CDMA	100	25	25	-
		도곡면 효산리		화순4	2017	CDMA	100	40	40	-
		청풍면 신리		화순5	2017	CDMA	100	53	53	-
		청품면 어리		화순6	2018	CDMA	120	47	47	-
장흥 (6)	장흥	대덕읍 가학리	장흥	장흥1	2011	CDMA	80	30	30	-
		장흥읍 향양리		장흥2	2013	CDMA	60	55	55	-
		장평면 두봉리		장흥3	2014	CDMA	37	37	37	-
		관산읍 남송리		장흥4	2016	CDMA	60	30	30	-
		장평면 축내리		장흥5	2019	CDMA	70	65	65	-
		장흥읍 해당리		장흥6	2019	CDMA	50	40	40	-
영광 (7)	영광	영광읍 덕호리	영광	영광1	2012	CDMA	80	35	35	-
		군서면 만곡리		영광2	2013	CDMA	60	30	30	-
		군남면 동간리		영광3	2016	CDMA	81	40	40	-
		법성면 진내리		영광4	2016	CDMA	70	54	54	-
		염산면 오동리		영광5	2016	CDMA	60	30	30	-
		모량면 덕흥리		영광6	2018	CDMA	100	30	30	-
		묘량면 운당리		영광7	2018	CDMA	80	30	30	-

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)		
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2
함평 (7)	함평	월야면 외치리	함평1	2012	CDMA	61	40	40	-
		학교면 학교리	함평2	2012	CDMA	61	40	40	-
		함평읍 수호리	함평3	2013	CDMA	60	40	40	-
		나산면 월봉리	함평4	2016	CDMA	60	34	34	-
		손불면 산남리	함평5	2016	CDMA	60	50	50	-
		대동면 운교리	함평6	2017	CDMA	100	25	25	-
		함평읍 장년리	함평7	2018	CDMA	100	40	40	-
신안(1)	신안	신안1	2012	CDMA	61	30	30	-	
진도 (5)	진도	의신면 만길리	진도1	2012	CDMA	70	35	35	-
		군내면 세동리	진도2	2013	CDMA	82	55	55	-
		지산면 심동리	진도3	2017	CDMA	60	43	43	-
		지산면 삼당리	진도4	2017	CDMA	100	46	46	-
		군내면 분토리	진도5	2017	CDMA	100	17	17	-
전남 (97)	순천	별량면 두고리	순천1	2013	CDMA	60	40	40	-
		주암면 요곡리	순천2	2014	CDMA	60	30	30	-
		서면 압곡리	순천3	2015	CDMA	45	30	30	-
		해룡면 선학리	순천4	2015	CDMA	60	30	30	-
		월등면 운월리	순천5	2017	CDMA	100	40	40	-
		별량면 우산리	순천6	2018	CDMA	52	33	33	-
		주암면 행정리	순천7	2018	CDMA	100	25	25	-
		해룡면 중흥리	순천8	2019	CDMA	100	25	25	-
곡성 (6)	곡성	곡성읍 읍내리	곡성1	2013	CDMA	67	30	30	-
		겸면 괴정리	곡성2	2014	CDMA	110	63	63	-
		목사동면 용봉리	곡성3	2014	CDMA	88	83	83	-
		곡성읍 대평리	곡성4	2017	CDMA	100	33	33	-
		옥과면 무창리	곡성5	2017	CDMA	100	50	50	-
		석곡면 당월리	곡성6	2018	CDMA	100	25	25	-
고흥 (9)	고흥	두원면 용반리	고흥1	2015	CDMA	73	35	35	-
		남양면 장담리	고흥2	2015	CDMA	60	35	35	-
		대서면 화산리	고흥3	2016	CDMA	90	60	60	-
		남양면 신흥리	고흥4	2016	CDMA	40	25	25	-
		과역면 연등리	고흥5	2016	CDMA	60	40	40	-
		포두면 남성리	고흥6	2017	CDMA	100	42	42	-
		도덕면 오마리	고흥7	2017	CDMA	100	33	33	-
		풍양면 당두리	고흥8	2018	CDMA	100	65	65	-
		고흥읍 호동리	고흥9	2019	CDMA	100	40	40	-

부록1. (계속)

도	시,군	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
		읍,면	리					수위	EC1	EC2	
해남 (12)		마산면	연구리	해남	해남1	2017	CDMA	100	15	15	-
		산이면	진산리		해남2	2017	CDMA	100	30	30	-
		마산면	상등리		해남3	2018	CDMA	100	30	30	-
		삼산면	신흥리		해남4	2018	CDMA	100	30	30	-
		현산면	백포리		해남5	2018	CDMA	100	30	30	-
		송지면	우근리		해남6	2018	CDMA	100	60	60	-
		옥청면	백호리		해남7	2019	CDMA	60	35	35	-
		계곡면	가학리		해남8	2019	CDMA	100	55	55	-
		황산면	연호리		해남9	2019	CDMA	95	45	45	-
		황산면	한자리		해남10	2019	CDMA	106	60	60	-
		북일면	운전리		해남11	2019	CDMA	100	30	30	-
		북일면	용일리		해남12	2019	CDMA	100	30	30	-
전남 (97)	담양 (5)	수북면	오정리	담양	담양1	2018	CDMA	100	35	35	-
		고서면	분향리		담양2	2018	CDMA	100	20	20	-
		봉산면	양지리		담양3	2018	CDMA	100	30	30	-
		월산면	월계리		담양4	2018	CDMA	100	30	30	-
		금성면	대성리		담양5	2018	CDMA	100	30	30	-
영암 (5)		도포면	구학리	영암	영암1	2019	CDMA	44	20	20	-
		군서면	도장리		영암2	2019	CDMA	106	25	25	-
		서호면	성재리		영암3	2019	CDMA	106	20	20	-
		서호면	화송리		영암4	2019	CDMA	106	45	45	-
		도포면	성산리		영암5	2019	CDMA	100	25	25	-
영천 (7)		신녕면	부산리	영천	영천1	2007	CDMA	120	38	38	-
		화남면	삼창리		영천2	2007	CDMA	120	30	30	-
		대창면	운천리		영천3	2007	CDMA	70	30	30	-
		임고면	우항리		영천4	2017	CDMA	100	40	40	-
		신녕면	완전리		영천5	2017	CDMA	80	15	15	-
		금호읍	냉천리		영천6	2017	CDMA	165	55	55	-
		임고면	사리		영천7	2018	CDMA	150	40	40	-
경북 (94)	안동 (6)	녹전면	신평리	안동	안동1	2010	CDMA	100	30	30	-
		풍산읍	안교리		안동2	2010	CDMA	70	30	30	-
		임하면	임하리		안동3	2012	CDMA	85	40	40	-
		풍산읍	안교리		안동4	2012	CDMA	80	40	40	-
		임하면	신평리		안동5	2017	CDMA	170	30	30	-
		녹전면	매정리		안동6	2018	CDMA	200	20	20	-
청송 (6)		진보면	진안리	청송	청송1	2011	CDMA	60	45	45	-
		현서면	화목리		청송2	2011	CDMA	270	45	45	-
		안덕면	장전리		청송3	2017	CDMA	121	60	60	-
		현동면	도평리		청송4	2017	CDMA	70	30	30	-
		부남면	화장리		청송5	2018	CDMA	100	30	30	-
		주왕산면	부일리		청송6	2019	CDMA	100	30	30	-

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
문경 (5)	-	창동	문경1	2012	CDMA	33	25	25	-	
	산양면	불암리	문경2	2013	CDMA	110	70	70	-	
	산양면	평지리	문경3	2017	CDMA	100	30	30	-	
	산양면	우본리	문경4	2017	CDMA	60	24	24	-	
	문경읍	당포리	문경5	2017	CDMA	73	30	30	-	
봉화 (7)	물야면	오진리	봉화1	2012	CDMA	170	40	40	-	
	재산면	동면리	봉화2	2012	CDMA	60	30	30	-	
	봉성면	창평리	봉화3	2013	CDMA	200	70	70	-	
	춘양면	서벽리	봉화4	2013	CDMA	60	55	55	-	
	법진면	척곡리	봉화5	2013	CDMA	150	70	70	-	
	재산면	남면리	봉화6	2018	CDMA	80	25	25	-	
	소천면	현동리	봉화7	2019	CDMA	200	45	45	-	
군위 (3)	소보면	내의리	군위1	2013	CDMA	30	26	26	-	
	산성면	백학리	군위2	2013	CDMA	60	45	45	-	
	효령면	매곡리	군위3	2018	CDMA	160	30	30	-	
경북 (94)	포항 (6)	호미곶면	대보리	포항1	2014	CDMA	45	30	30	-
	구룡포읍	삼정리	포항2	2014	CDMA	60	42	42	-	
	신광면	반곡리	포항3	2015	CDMA	71	60	60	-	
	청하면	청계리	포항4	2015	CDMA	71	60	60	-	
	기계면	화봉리	포항5	2015	CDMA	63	30	30	-	
	홍해읍	곡강리	포항6	2017	CDMA	80	60	60	-	
구미 (7)	선산읍	화조리	구미1	2014	CDMA	100	45	45	-	
	고아읍	봉한리	구미2	2014	CDMA	60	30	30	-	
	해평면	문량리	구미3	2015	CDMA	114	90	90	-	
	도개면	가산리	구미4	2015	CDMA	71	60	60	-	
	선산읍	습례리	구미5	2016	CDMA	81	54	54	-	
	해평면	해평리	구미6	2016	CDMA	84	70	70	-	
	산동면	성수리	구미7	2016	CDMA	80	40	40	-	
상주 (9)	공검면	양정리	상주1	2009	CDMA	100	30	30	-	
	공검면	양정리	상주2	2009	CDMA	100	30	30	-	
	낙동면	유곡리	상주3	2009	CDMA	100	30	30	-	
	이안면	이안리	상주4	2016	CDMA	62	48	48	-	
	이안면	양범리	상주5	2016	CDMA	62	45	45	-	
	화동면	보미리	상주6	2016	CDMA	62	30	30	-	
	내서면	노류리	상주7	2018	CDMA	160	40	40	-	
	모서면	가막리	상주8	2018	CDMA	180	45	45	-	
	화동면	어산리	상주9	2019	CDMA	110	20	20	-	

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
경주 (5)		감포읍 팔조리	경주	경주1	2014	CDMA	72	65	65	-
		양북면 와읍리		경주2	2014	CDMA	60	48	48	-
		강동면 인동리		경주3	2015	CDMA	85	45	45	-
		건천읍 송선리		경주4	2015	CDMA	105	95	95	-
		서면 도리		경주5	2015	CDMA	63	30	30	-
김천 (4)		봉산면 예지리	김천	김천1	2016	CDMA	81	75	75	-
		개령면 황계리		김천2	2016	CDMA	81	51	51	-
		아포읍 지리		김천3	2018	CDMA	185	30	30	-
		조마면 대방리		김천4	2019	CDMA	100	20	20	-
칠곡 (4)		왜관읍 낙산리	칠곡	칠곡1	2016	CDMA	80	60	60	-
		왜관읍 금남리		칠곡2	2016	CDMA	84	70	70	-
		가산면 송학리		칠곡3	2018	CDMA	100	30	30	-
		지천면 창평리		칠곡4	2019	CDMA	100	40	40	-
경북 (94)		다인면 송호리	의성	의성1	2017	CDMA	165	30	30	-
		단밀면 생송리		의성2	2017	CDMA	60	20	20	-
		단북면 이연리		의성3	2017	CDMA	70	30	30	-
		금성면 탑리리		의성4	2017	CDMA	100	32	32	-
		안사면 쌍호리		의성5	2017	CDMA	100	28	28	-
		가음면 양지리		의성6	2018	CDMA	120	30	30	-
		옥산면 신계리		의성7	2018	CDMA	100	50	50	-
		안평면 삼춘리		의성8	2018	CDMA	100	35	35	-
		사곡면 공정리		의성9	2018	CDMA	108	60	60	-
		점곡면 동변리		의성10	2019	CDMA	100	40	40	-
예천(1)	지보면 마전리	예천	예천1	2017	CDMA	200	40	40	-	
청도 (4)		이서면 수야리	청도	청도1	2018	CDMA	100	45	45	-
		이서면 칠엽리		청도2	2018	CDMA	100	40	40	-
		금천면 김전리		청도3	2018	CDMA	100	45	45	-
		금천면 박곡리		청도4	2018	CDMA	100	45	45	-
영양 (5)		청기면 당리	영양	영양1	2019	CDMA	100	20	20	-
		일월면 도곡리		영양2	2019	CDMA	170	30	30	-
		입암면 홍구리		영양3	2019	CDMA	200	35	35	-
		영양읍 하원리		영양4	2019	CDMA	200	35	35	-
		수비면 계리		영양5	2019	CDMA	150	30	30	-
울진 (3)		온정면 외선미리	울진	울진1	2019	CDMA	200	30	30	-
		매화면 기양리		울진2	2019	CDMA	100	25	25	-
		북면 덕구리		울진3	2019	CDMA	123	25	25	-
영주(1)	부석면 보계리	영주	영주1	2019	CDMA	200	30	30	-	
경산(1)	와촌면 신한리	경산	경산1	2019	CDMA	100	30	30	-	

부록1. (계속)

도	위치		지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면 리					수위	EC1	EC2	
경남 (70)	김해 (4)	상동면	감로리	김해1	2003	CDMA	90	30	30	-
		진영읍	죽곡리	김해2	2003	CDMA	80	35	35	-
		장유면	삼문리	김해3	2005	CDMA	80	50	50	-
		대동면	초정리	김해4	2016	CDMA	60	30	30	-
	진주 (7)	문산읍	옥산리	진주1	2007	CDMA	159	30	30	-
		수곡면	효자리	진주2(구)	2007	CDMA	39	33.5	33.5	-
			원내리	진주2(신)	2016	CDMA	60	30	30	-
		-	가좌동	진주3	2007	CDMA	123	70	70	-
		대곡면	월아리	진주4	2016	CDMA	60	30	30	-
		사봉면	마성리	진주5	2017	CDMA	120	65	65	-
		집현면	봉강리	진주6	2018	CDMA	102	65	65	-
	금산면	가방리	진주7	2019	CDMA	100	35	35	-	
	사천 (6)	축동면	반룡리	사천1	2008	CDMA	144.5	75	75	-
		사천읍	사주리	사천2	2015	CDMA	70	45	45	-
		서포면	구평리	사천3	2016	CDMA	100	50	50	-
		사남면	초전리	사천4	2018	CDMA	100	45	45	-
		곤명면	정곡리	사천5	2019	CDMA	100	25	25	-
		서포면	외구리	사천6	2019	CDMA	100	40	40	-
	하동 (6)	하동읍	비파리	하동1	2009	CDMA	60	15	35	50
		고전면	신월리	하동2	2009	CDMA	60	15	40	-
		고전면	대덕리	하동3	2017	CDMA	100	65	65	-
옥종면		청룡리	하동4	2018	CDMA	105	65	65	-	
고전면		신월리	하동5	2019	CDMA	100	40	40	-	
고전면		전도리	하동6	2019	CDMA	100	45	45	-	
합천 (4)	삼가면	두모리	합천1(구)	2010	CDMA	90	60	60	-	
		양전리	합천1(신)	2016	CDMA	60	25	25	-	
	울곡면	제내리	합천2	2015	CDMA	60	35	35	-	
	초계면	관평리	합천3	2016	CDMA	44	35	35	-	
	쌍책면	상포리	합천4	2017	CDMA	100	40	40	-	
밀양 (6)	무안면	마흘리	밀양1	2011	CDMA	60	30	30	-	
	무안면	마흘리	밀양2	2011	CDMA	60	30	30	-	
	하남읍	수산리	밀양3	2013	CDMA	66	42	42	-	
	상남면	연금리	밀양4	2016	CDMA	60	40	40	-	
	삼랑진읍	용성리	밀양5	2016	CDMA	60	26	26	-	
	삼랑진읍	삼랑리	밀양6	2018	CDMA	150	50	50	-	

부록1. (계속)

도	위치			지구명	설치 년도	통신 방식	관정 심도	센서설치심도(m)			
	시,군	읍,면	리					수위	EC1	EC2	
경남 (70)	거창 (3)	남상면	오계리	거창	거창1	2011	CDMA	60	35	35	-
		가조면	장기리		거창2	2015	CDMA	60	25	25	-
		웅양면	죽림리		거창3	2018	CDMA	100	40	40	-
	거제 (3)	거제면	옥산리	거제	거제1	2012	CDMA	93	40	40	-
		거제면	서상리		거제2	2013	CDMA	66	25	25	-
		-	양정동		거제3	2014	CDMA	60	50	50	-
	창녕 (5)	대지면	효정리	창녕	창녕1	2012	CDMA	60	40	40	-
		영산면	월령리		창녕2	2012	CDMA	60	40	40	-
		남지읍	마산리		창녕3	2014	CDMA	70	60	60	-
		이방면	거남리		창녕4	2018	CDMA	100	54	54	-
		옥종면	청용리		창녕5	2018	CDMA	150	45	45	-
	산청 (5)	오부면	오전리	산청	산청1	2012	CDMA	60	30	30	-
		차황면	법평리		산청2	2013	CDMA	80	40	40	-
		신안면	문대리		산청3	2014	CDMA	60	33	33	-
		단성면	강누리		산청4	2015	CDMA	70	65	65	-
		단성면	성내리		산청5	2016	CDMA	60	50	50	-
	양산 (2)	원동면	화제리	양산	양산1	2013	CDMA	63	25	25	-
		물금읍	증산리		양산2	2016	CDMA	60	55	60	-
	남해 (4)	고현면	남치리	남해	남해1	2014	CDMA	230	60	60	-
		남해읍	평현리		남해2	2015	CDMA	60	35	35	-
		이동면	용소리		남해3	2015	CDMA	60	35	35	-
		이동면	초음리		남해4	2017	CDMA	90	30	30	-
	의령 (6)	부림면	감암리	의령	의령1	2017	CDMA	100	30	30	-
		낙서면	정곡리		의령2	2017	CDMA	100	40	40	-
		궁류면	압곡리		의령3	2017	CDMA	100	55	55	-
		의령읍	무전리		의령4	2017	CDMA	100	45	45	-
		지정면	오천리		의령5	2017	CDMA	100	40	40	-
		화정면	상이리		의령6	2017	CDMA	100	35	35	-
	함안 (4)	칠서면	이룡리	함안	함안1	2018	CDMA	120	40	40	-
		칠북면	덕남리		함안2	2018	CDMA	100	34	34	-
가야면		산서리	함안3		2018	CDMA	120	65	65	-	
군북면		월촌리	함안4		2018	CDMA	100	45	45	-	
함양 (2)	지곡면	보산리	함양	함양1	2018	CDMA	100	55	55	-	
	함양읍	용평리		함양2	2019	CDMA	100	40	40	-	
고성 (3)	영현면	침점리	경남 고성	경남고성1	2019	CDMA	100	45	45	-	
	거류면	가려리		경남고성2	2019	CDMA	100	30	30	-	
	고성읍	죽계리		경남고성3	2019	CDMA	100	40	40	-	

부록 2

지구별 관측

부록 2.1 인천광역시

2.1.1 강화지구 부록 - 21

부록 2.1 인천광역시

2.1.1 강화지구

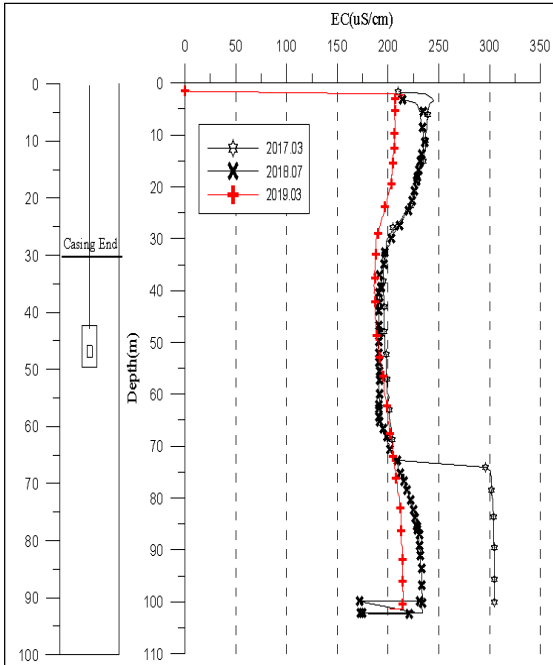
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
강화1	강화군 강화읍 옥림리 1200	155711.89	572233.28	7.30	2017	3.14
강화2	강화군 하점면 신봉리 1077	149163.67	574400.43	18.16	2017	15.59
강화3	강화군 양도면 건평리 943	147263.28	565190.00	4.92	2017	2.83
강화4	강화군 길상면 초지리 1519	157852.78	558586.18	4.77	2018	4.23

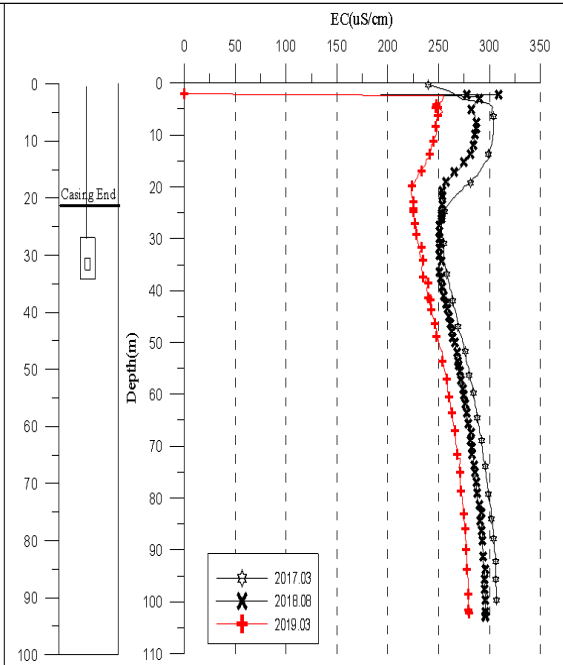
2. 지형 및 지질

강화지구는 강화읍, 하점면, 양도면 등 섬 전반에 관측공을 설치 중이다. 강화읍 옥림리와 솔정리 등 6개 지역은 농경지 밀집지역으로 관정밀도가 높고, 단위면적당 이용량이 높다. 하점면 부근리 및 신봉리 지역은 하점 일반산업단지 등 잠재오염원 분포밀도가 높고, 농경지 밀집지역으로 단위면적당이용량이 높다. 양도면 건평리는 질산성질소 값이 농업용수 수질기준 초과하는 지역이 나타난다.

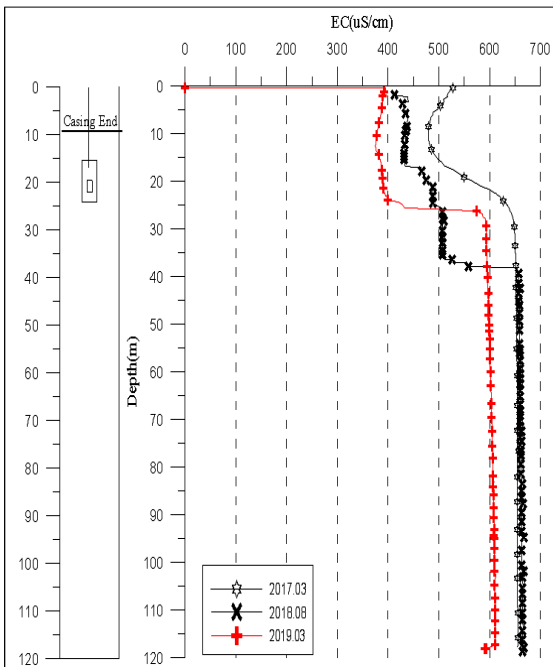
3. 지하수 검층



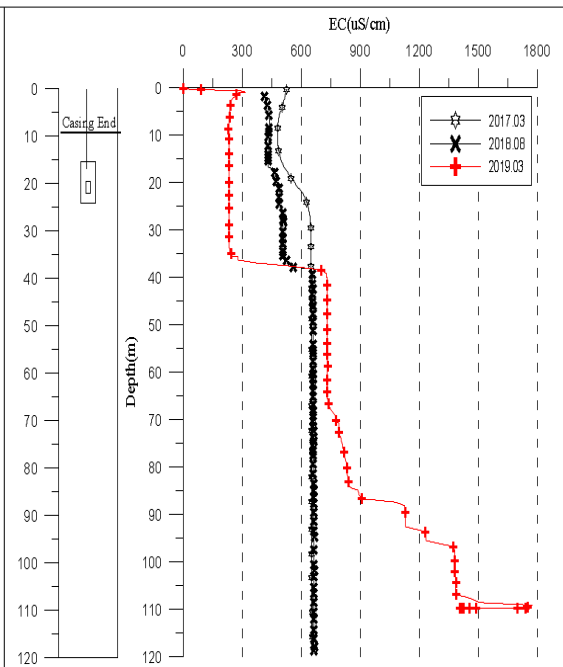
<강화1 관측공>



<강화2 관측공>



<강화3 관측공>



<강화4 관측공>

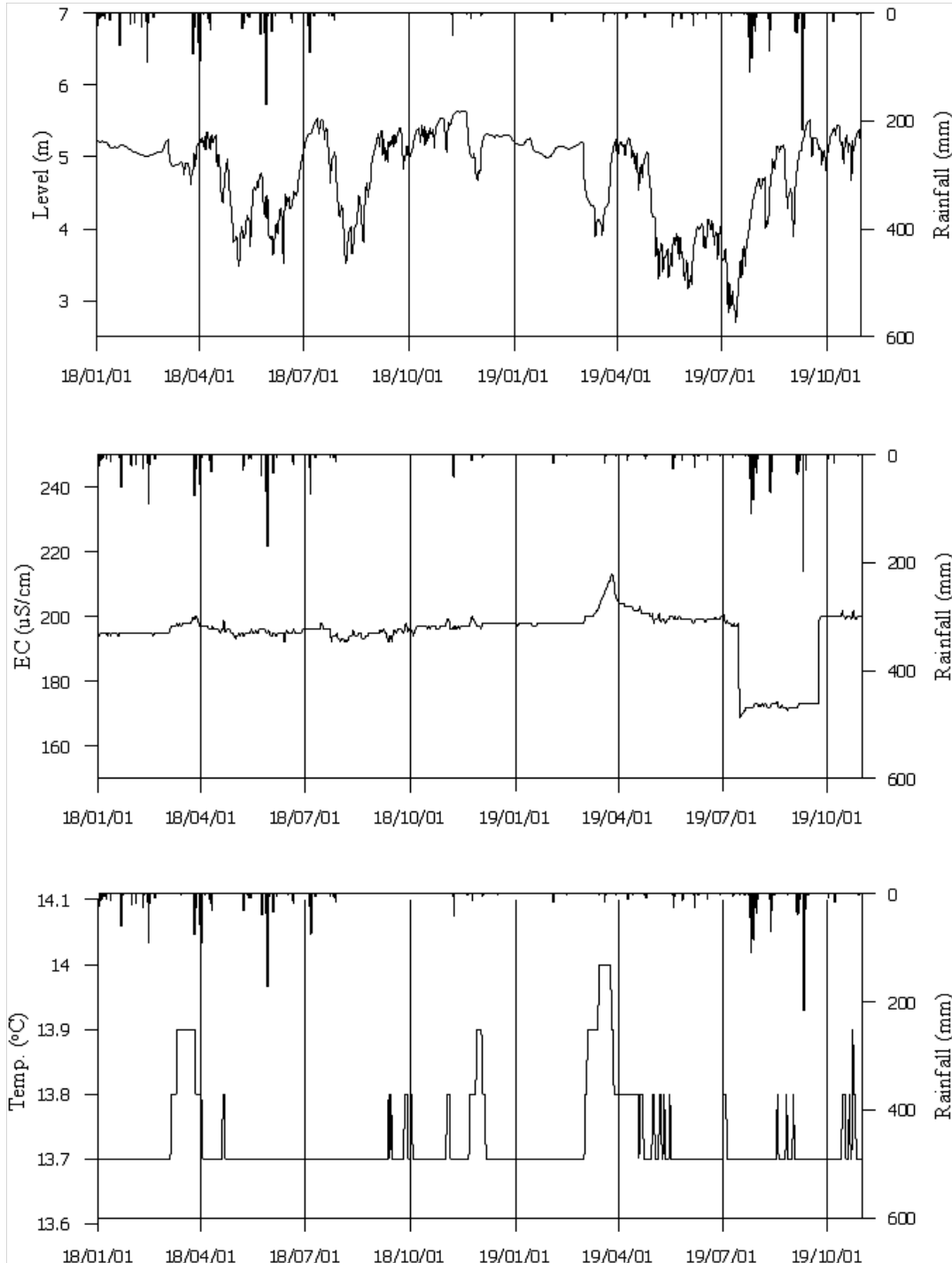
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

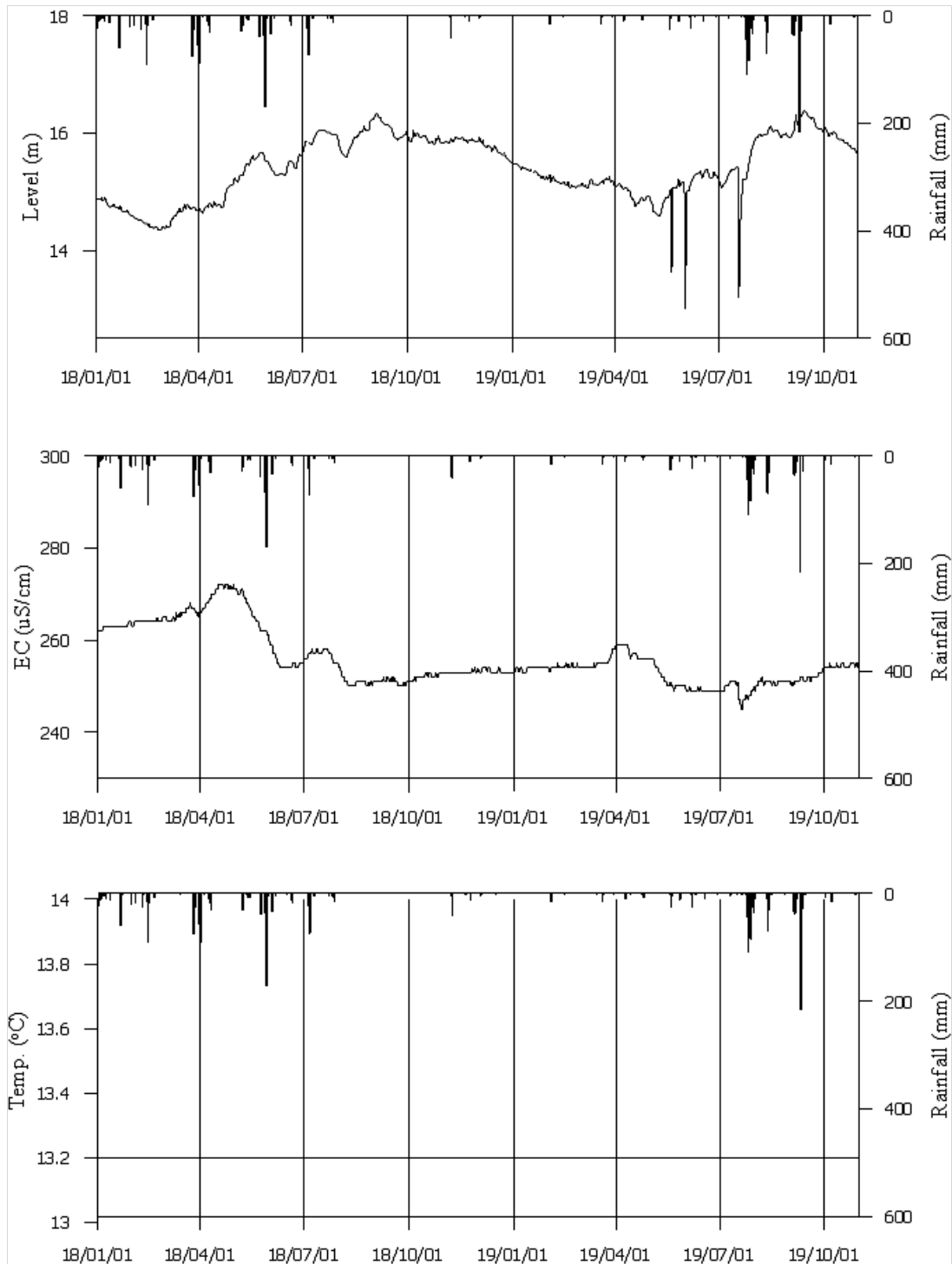
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
강화1	(2017. 3)	10.75	4.80	2.46	18.23	6.97	11.26	51.90	23.56
	(2018. 7)	14.25	5.27	2.28	16.75	7.40	11.92	70.20	25.89
	(2019. 5)	12.38	5.35	2.72	18.38	7.57	11.53	70.15	24.50
강화2	(2017. 3)	12.71	3.96	1.33	18.35	2.36	12.59	61.00	17.10
	(2018. 7)	16.33	4.05	1.90	24.86	4.27	12.42	100.70	11.13
	(2019. 5)	14.90	3.46	1.58	20.50	3.40	11.45	100.65	6.26
강화3	(2017. 3)	35.83	16.50	4.07	45.44	47.97	55.33	64.05	84.96
	(2018. 7)	33.08	10.28	3.02	29.88	35.50	37.93	70.20	48.56
	(2019. 5)	28.66	10.51	3.05	31.08	20.65	67.57	67.10	38.52
강화4	(2018. 7)	35.83	16.50	4.07	45.44	47.97	55.33	64.05	84.96
	(2019. 5)	23.4	4.04	1.61	18.52	1.33	52.96	36.60	10.03

5. 장기관측 결과



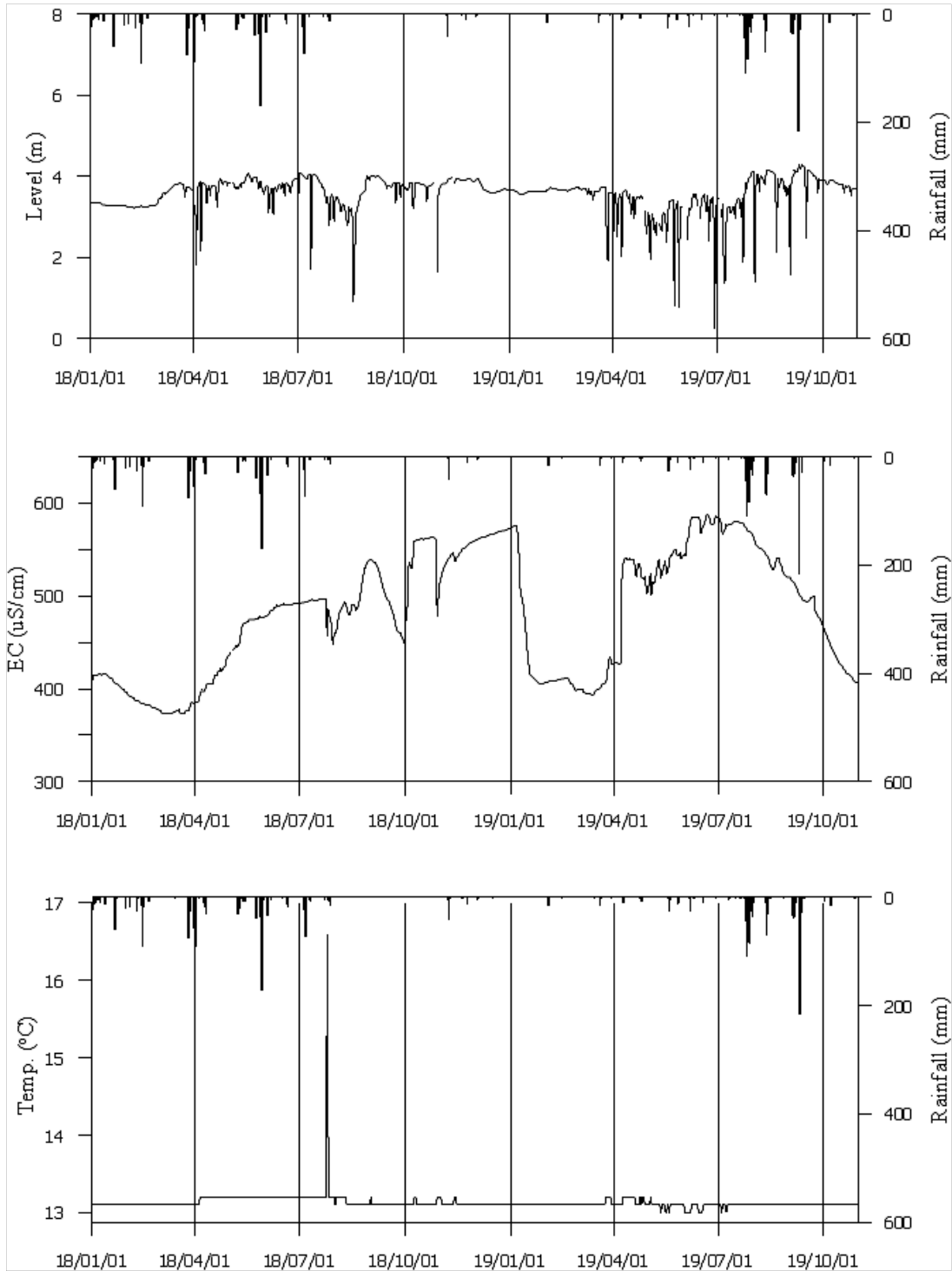
<강화1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

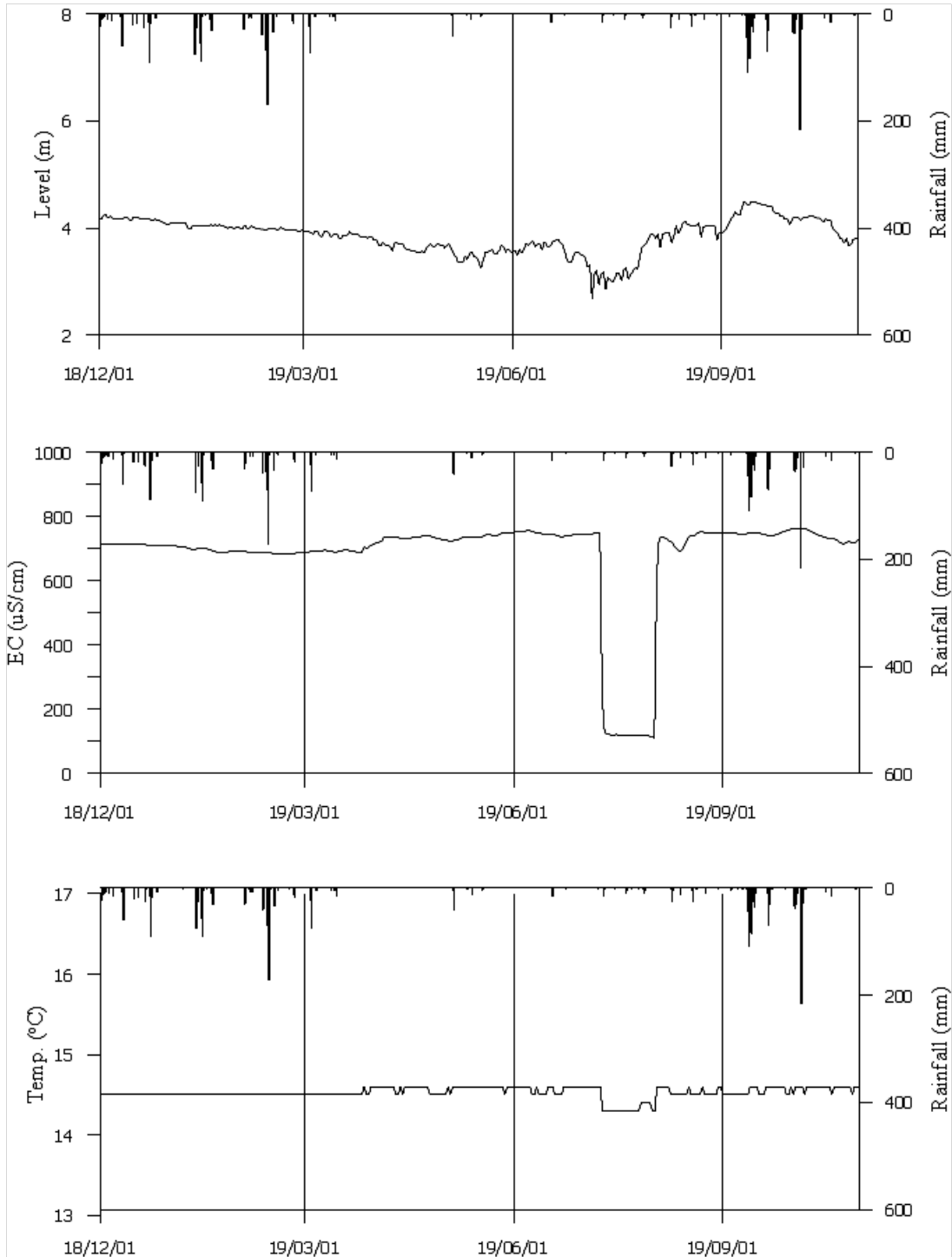


<강화2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<강화3 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<강화4 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 강화1 관측공 설치지는 2016년 시행 완료한 농촌지하수관리사업 결과 옥림리와 솔정리 등 6개 지역은 농경지 밀집지역으로 관정밀도(44.9 공/km²)가 높고, 이용량/개발가능량(74.8%), 단위면적당 이용량(64.3천 m³/년/km²)이 많은 지역이다. 강화2 관측공 설치지는 2016년 시행 완료한 농촌지하수관리사업 결과 하점면은 하점 일반산업단지 등 잠재오염원 분포밀도가 높고, 농경지 밀집지역으로 관정밀도(19.9 공/km²), 이용량/개발가능량(78.6%), 단위면적당이용량(67.6천 m³/년/km²)이 많은 지역이다. 특히 부근리 및 신봉리 지역은 수량 및 수질관리가 필요한 지역으로 농촌지하수관리 관측망을 설치하여 지하수 수량·수질 모니터링을 실시하여 지하수 개발·이용관리에 기여하고자 하였다. 강화3 관측공 설치지는 2016년 시행 완료한 농촌지하수관리조사 결과 건평리는 질산성질소 1차, 2차 분석값이 37.2 mg/L, 37.5 mg/L 로 농업용수 수질기준(20 mg/L)을 초과함에 따라 수질관리지역으로 선정하였다. 농경지가 넓게 분포하며, 지하수 이용이 집중되는 지역을 대상으로 관측공을 설치하여 지하수 수질 모니터링을 실시하여 지하수개발·이용 관리를 도모하고자 하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 강화1 관측공의 전기전도도는 200~300 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 72 m 내외 구간에서 약 90 $\mu S/cm$ 증가하는 경향을 나타낸다. 강화2 관측공의 전기전도도는 200~300 $\mu S/cm$ 범위로서, 깊이가 깊어질수록 전기전도도가 증가하는 경향을 보인다. 강화3 관측공의 전기전도도는 410~650 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 20 m 구간에서 약 180 $\mu S/cm$ 증가하는 경향을 나타낸다. 검층결과 강화1, 2 관측공 주변 지하수는 시설원예를 비롯한 영농에 직접 활용이 가능한 것으로 나타났으며, 강화3 관측공은 상대적으로 전기전도도가 높아 수도작에 활용이 가능하다. 강화4 관측공의 전기전도도는 170 ~ 850 $\mu S/cm$ 범위이며, 35 m와 65 m 내외 구간에서 급격히 증가하는 경향을 보였다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 강화1, 강화2 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타났다. 강화3, 강화4 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당한다. 도서지방에 위치한 강화1, 2, 3 관측공의 특성상, 저농도 시료에서 상대적으로 높은 해수성분(Na, Cl)의 영향으로 판단된다. 질산염 농도는 강화3 관측공에서 2017년과 2018년, 강화4 관측공에서 2018년에 각각 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은 적지만, 향후 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 2019년 지하수위, EC, 수온 변화를 관측한 결과, 강화1 관측공의 지하수위는 하절기에 전반적으로 낮게 나타났으며 2 m 내외의 변동폭을 보였다. 전기전도도는 평균 약 195 $\mu S/cm$ 을 유지하였다. 강화2 관측공의 지하수위는 3~5월에 가장 낮게 나타났으며, 지하수위가 증가함에 따라 전기전도도가 감소하는 경향을 보였다. 전기전도도는 약 240 ~ 270 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 강화3 관측공의 지하수위는 평균 3.5 m를 유지하였으며, 전기전도도는 약 370 ~ 590 $\mu S/cm$ 범위이다. 강화4 관측공의 지하수위는 3~4 m 범위 내에 유지되며, 전기전도도는 약 700 $\mu S/cm$ 수준에서 유지되고 있다.
- 5) 관리 방안 : 강화지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 지표오염물질(특히 질산성질소 발생물질)의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

부록 2.2 경기도

2.2.1 화성지구	.....	부록	-	33
2.2.2 평택지구	.....	부록	-	43
2.2.3 이천지구	.....	부록	-	54
2.2.4 광주지구	.....	부록	-	64
2.2.5 김포지구	.....	부록	-	68
2.2.6 여주지구	.....	부록	-	76
2.2.7 파주지구	.....	부록	-	85
2.2.8 용인지구	.....	부록	-	94
2.2.9 가평지구	.....	부록	-	106
2.2.10 안성지구	.....	부록	-	114
2.2.11 남양주지구	.....	부록	-	126
2.2.12 포천지구	.....	부록	-	132
2.2.13 양주지구	.....	부록	-	145

부록 2.2 경기도

2.2.1 화성지구

1. 위치

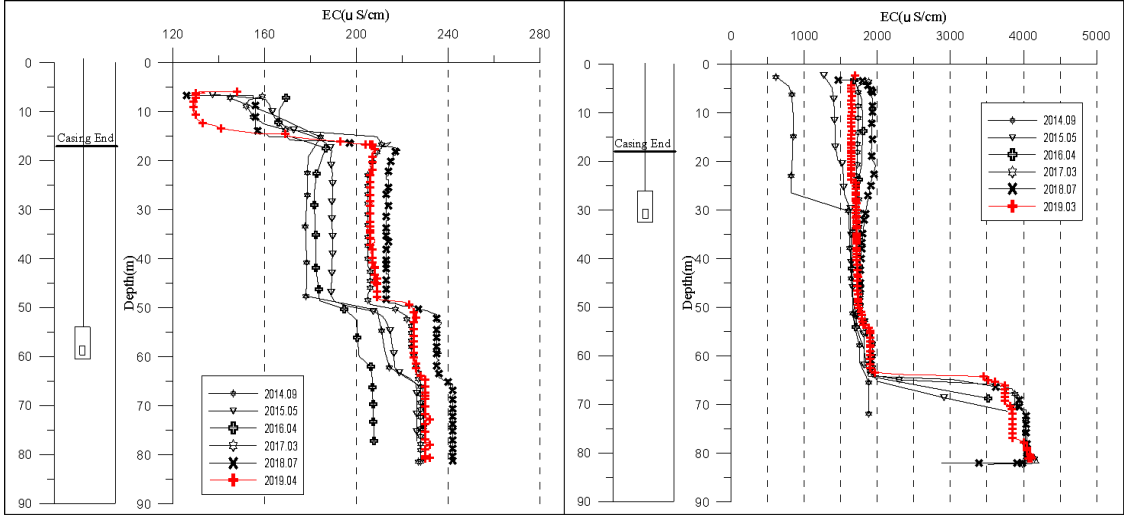
관측공	주 소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
화성1*	화성시 송산동 91-94	201840.437	411956.469	20.132	2014	14.05
화성2*	화성시 장안면 장안리 2640	187064.489	391853.010	4.822	2014	3.14
화성3	화성시 매송면 송라리 853-1	190839.699	520446.931	32.37	2016	28.37
화성4 (장안1)	화성 장안면 사랑리 356-2	184034.6823	396806.2890	10.10	2005	-0.20

- ※ 1. 화성1, 2 : 2014년 신규관정으로 이동 설치 함.
2. 지구명을 통일하기 위하여 2016년부터 장안1 → 화성4로 변경

2. 지형 및 지질

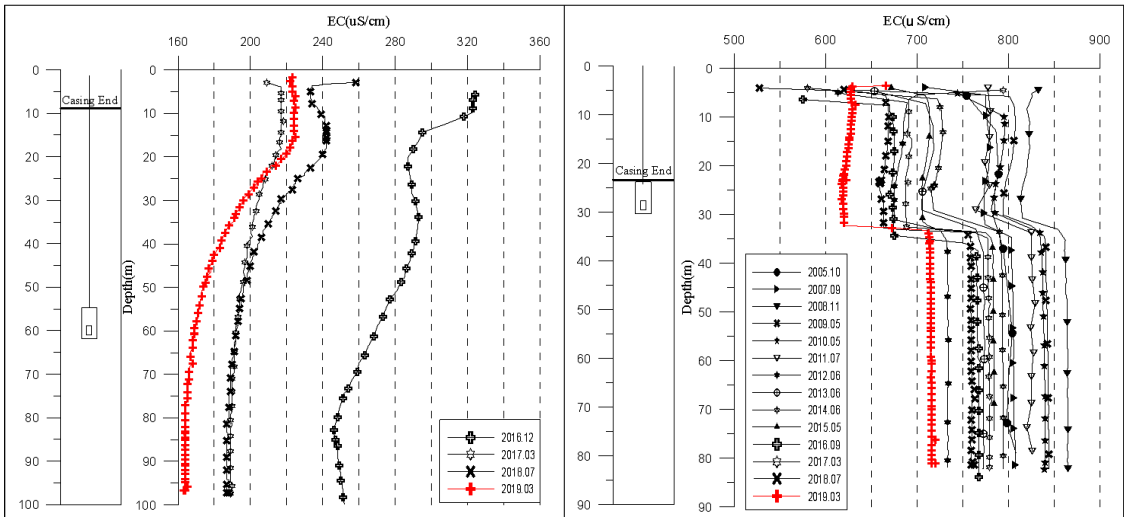
경기도 화성시는 광주산맥의 영향으로 동쪽과 북쪽에는 200 ~ 400 m의 산지가 분포하는 반면, 남부와 서부는 낮은 구릉이 넓게 펼쳐져 있다. 해안과 하천 주변에는 해안평야가 있고 해안가에는 간척지가 발달하고 있다. 동쪽은 칠보산, 성화산 등이 수원시와 접해 있고, 서쪽은 와룡산, 창명산이 해안가에 연해있으며 북쪽으로는 해안산, 수리산, 중앙에는 비봉산, 태행산, 태봉산, 성화산 등 100 m 정도의 낮은 구릉이 분포하고 있다. 지질 특성은 선캠브리아기의 서산층군에 대비되는 경기변성암 복합체(호상편마암, 규암, 편암류, 우백질편마암, 화강편마암), 태안층군(편암류) 및 반상변정질 편마암과 쥐라기의 화강암류, 백악기 경상누층군의 초평층군에 해당하는 사암 및 이암류와 제4기의 충적층과 매립층으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<화성1 관측공>

<화성2 관측공>



<화성3 관측공>

<화성4 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

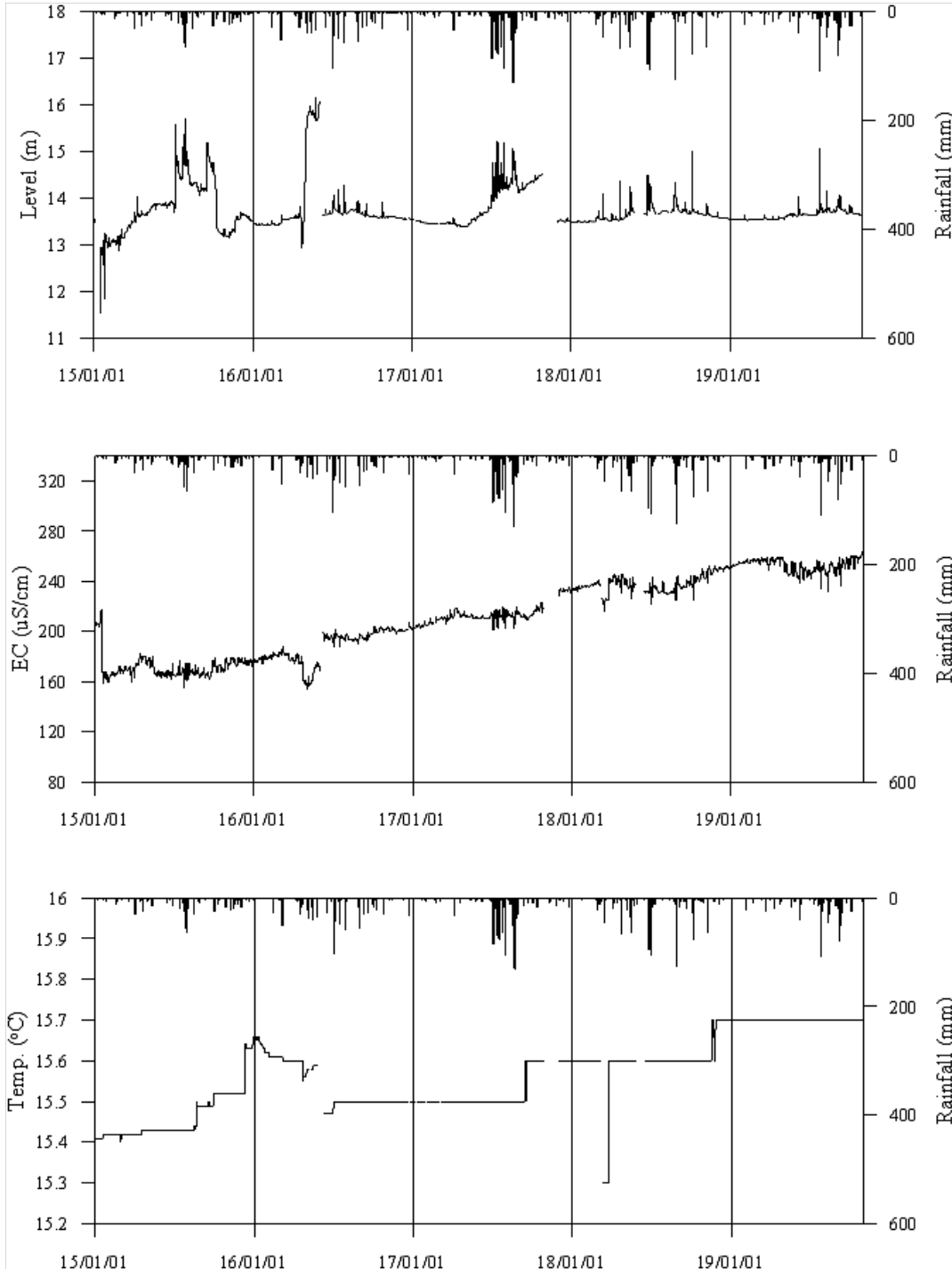
(단위 : mg/L)

관측공(년.월)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
화성1*	(2007.10)	5.60	4.33	6.09	16.42	9.39	5.63	61.00	3.38
	(2008.11)	33.10	3.80	3.93	11.71	7.09	14.85	122.00	0.53
	(2009. 5)	14.95	14.22	1.40	36.30	10.64	44.53	85.40	28.25
	(2010. 5)	16.02	13.91	1.07	37.38	11.45	48.07	91.50	29.04
	(2011. 6)	14.18	11.95	1.01	33.96	10.72	42.05	85.40	26.75
	(2012. 6)	16.43	13.48	1.08	35.98	11.96	44.02	88.45	58.65
	(2013. 6)	71.09	2.68	2.81	9.14	10.85	14.88	195.20	2.32
	(2014. 9)	18.39	2.46	1.46	14.37	6.06	9.87	76.25	N.D.
	(2015. 5)	22.60	3.60	1.80	17.10	6.40	10.70	94.60	N.D.
	(2016. 4)	16.20	3.10	2.40	13.80	5.20	10.10	80.80	0.30
	(2017. 4)	21.07	3.39	1.95	16.76	6.43	12.73	106.75	N.D.
	(2018. 7)	18.97	1.88	3.57	5.85	3.74	10.45	54.90	0.47
	(2019. 5)	23.66	1.91	4.82	6.32	3.36	9.98	76.25	N.D.
화성2*	(2007.10)	529.08	77.19	19.18	112.09	136.60	1179.48	140.30	0.96
	(2008.11)	534.07	53.61	10.57	77.05	131.85	1039.73	112.85	2.75
	(2009. 5)	439.20	57.43	13.83	89.55	121.66	843.79	118.95	N.D.
	(2010. 5)	475.32	56.20	10.77	94.57	129.87	919.67	137.25	N.D.
	(2011. 6)	539.28	53.51	9.43	83.20	123.57	1061.27	115.90	N.D.
	(2012. 6)	612.58	58.02	12.23	90.92	146.89	1105.79	118.95	0.07
	(2013. 7)	493.13	47.55	9.36	69.52	130.55	859.25	125.05	79.96
	(2014. 9)	238.65	3.56	5.74	3.64	62.66	233.02	173.86	N.D.
	(2015. 5)	340.80	7.10	7.20	5.00	73.80	352.10	210.50	N.D.
	(2016. 4)	384.00	10.20	10.80	11.40	82.20	406.30	241.00	2.90
	(2017. 4)	378.34	9.92	6.81	10.42	78.26	446.17	225.70	94.70
	(2018. 7)	377.35	9.02	6.23	13.06	100.89	397.78	204.40	44.31
	(2019. 5)	349.52	8.82	4.20	11.35	76.32	389.49	207.40	0.41
화성3	(2016.12)	9.2	5.6	2.9	39.5	8.75	16.79	118.95	14.01
	(2017. 4)	10.25	3.63	2.01	30.72	8.12	6.78	112.85	1.85
	(2018. 7)	9.44	4.00	1.71	33.17	8.12	7.56	109.80	1.78
	(2019. 5)	10.22	4.07	1.65	35.42	7.19	6.89	122.00	1.06

관측공(년.월)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
화성4	(2007.10)	24.60	22.92	2.84	83.39	10.77	191.01	73.20	25.92
	(2008.11)	26.25	17.93	1.38	67.53	10.82	183.14	61.00	24.61
	(2009. 5)	26.49	22.24	1.88	82.34	10.24	173.62	64.05	24.61
	(2010. 5)	22.73	21.30	1.42	90.74	12.09	172.63	76.25	26.94
	(2011. 6)	23.27	21.33	1.23	83.49	11.10	165.51	73.20	24.79
	(2012. 6)	24.77	19.98	1.40	74.00	12.36	168.41	57.95	64.59
	(2013. 6)	25.13	18.66	2.14	71.84	12.60	153.09	64.05	27.53
	(2014. 6)	23.98	22.12	1.51	76.90	13.18	158.53	64.05	27.31
	(2015. 5)	27.80	18.60	1.30	67.10	13.20	154.60	64.10	29.40
	(2016. 4)	27.20	21.10	1.40	67.10	13.70	152.40	73.20	27.90
	(2017. 4)	28.44	19.45	1.40	71.78	15.41	173.14	64.05	52.19
	(2018. 7)	28.79	19.27	1.27	64.88	16.85	145.71	61.00	27.73
	(2019. 5)	23.15	16.92	1.02	58.47	13.20	127.83	76.25	25.81

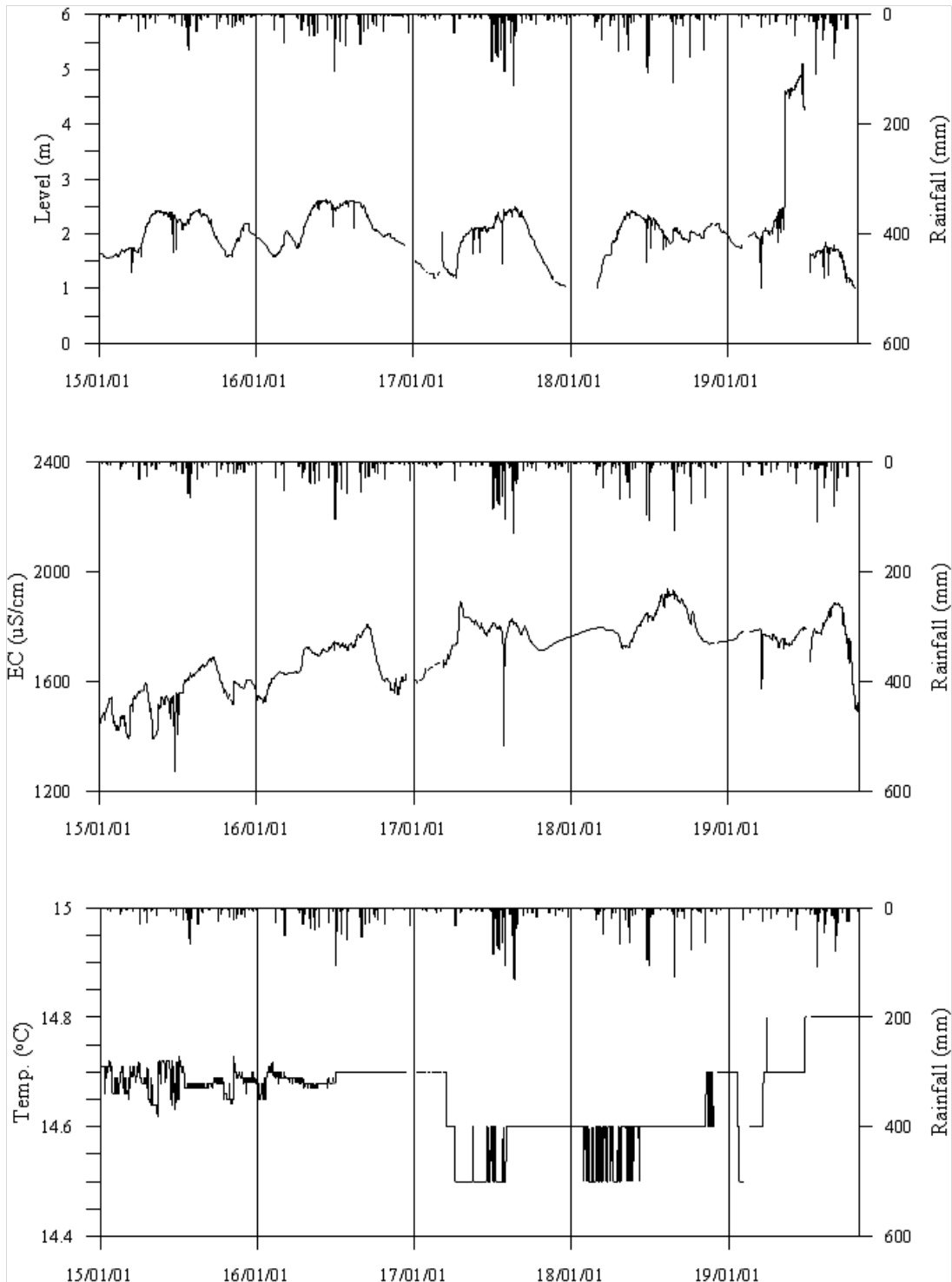
※ 화성1, 2 : 2014년 이후 자료는 신규관정으로 이동 설치 후 자료

5. 장기관측 결과



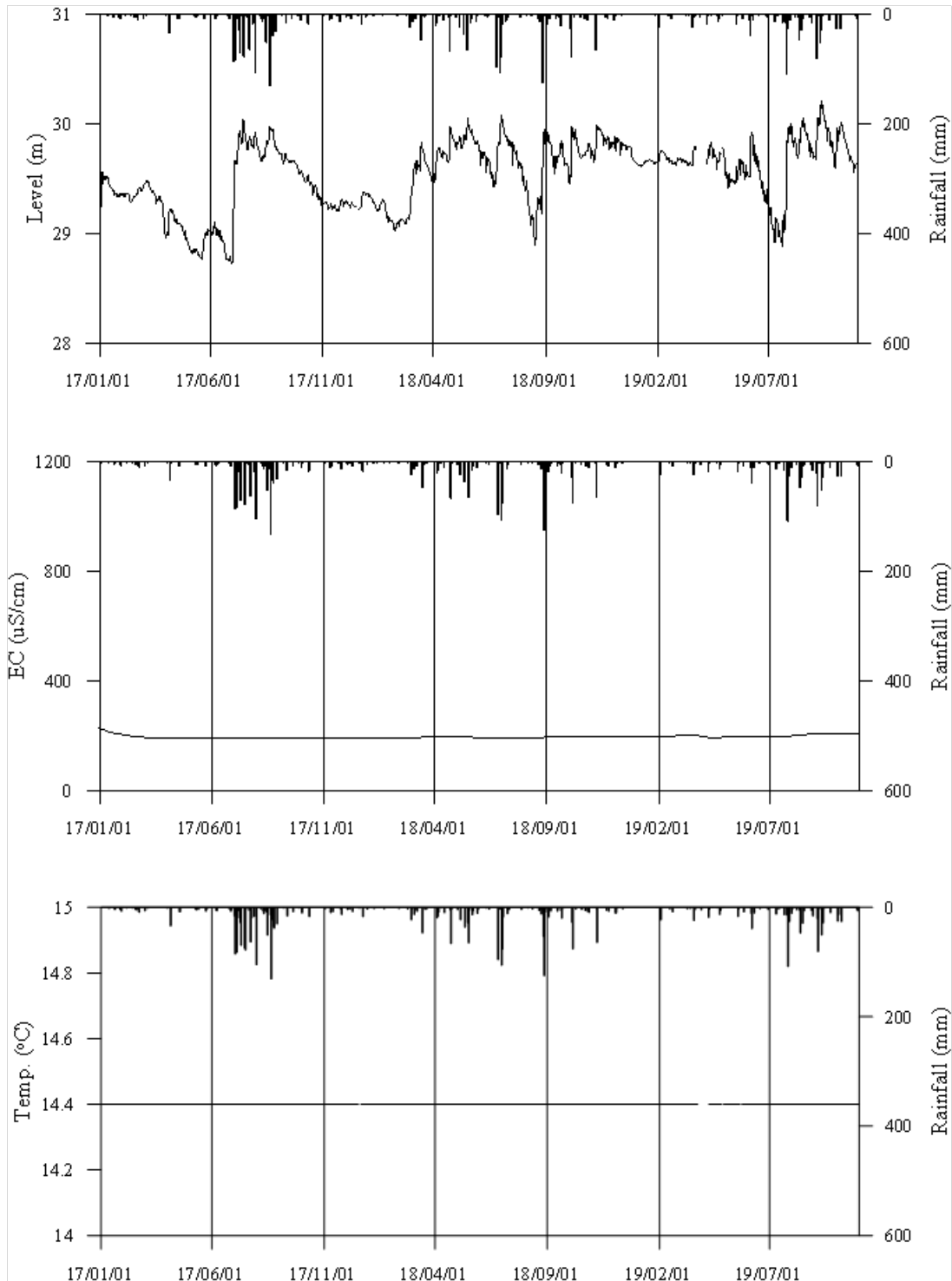
<화성1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



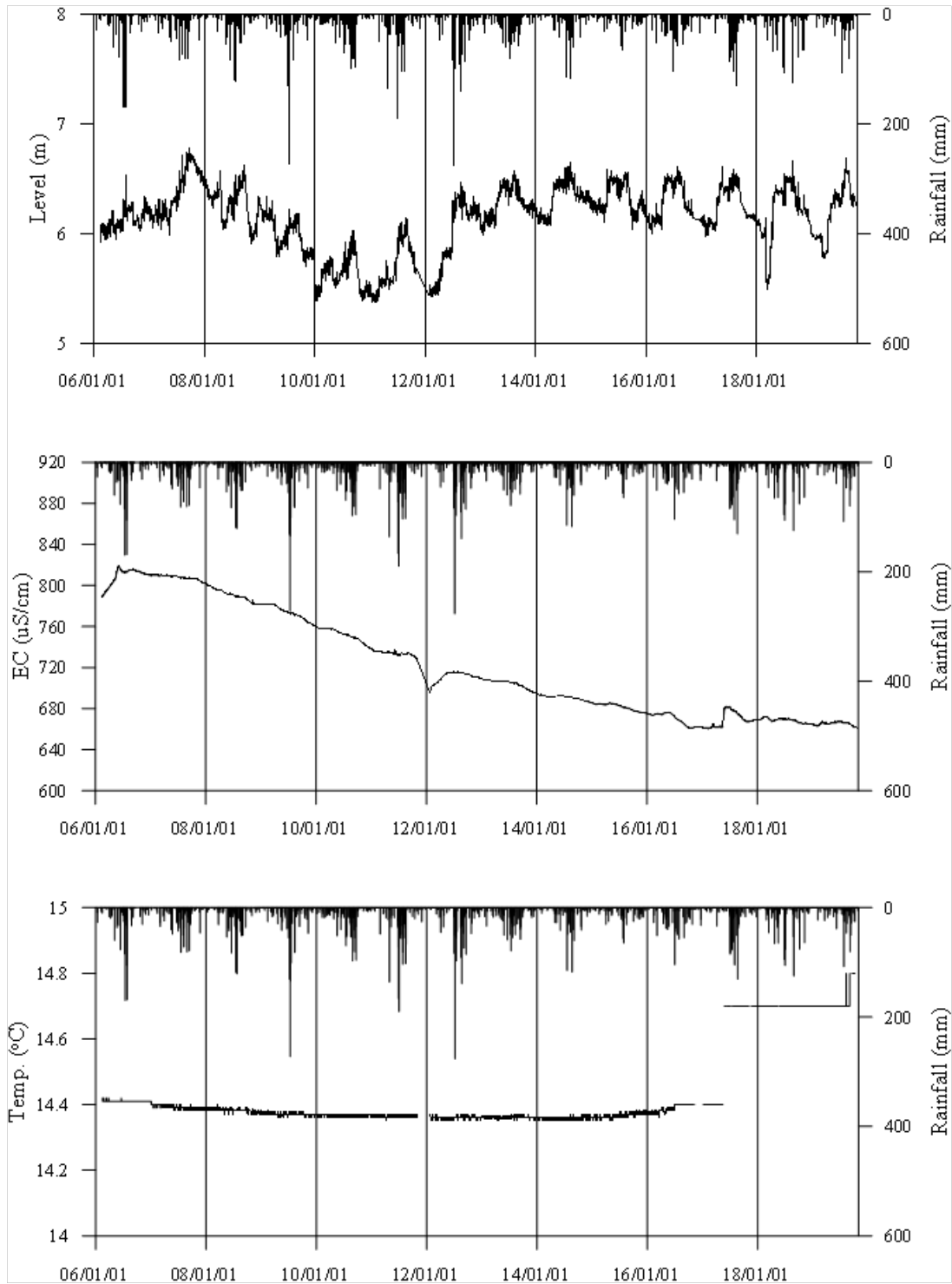
<화성2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화성3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화성4 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화성지구에 관측망이 설치된 지구는 남양동 시리, 우정읍 매향리, 장안면 사랑리로 모두 해안가에 인접한 지구이다. 2002년 및 2005년에 지하수 이용량이 많고 오염원이 많이 분포하는 시리, 매향리, 사랑리에 각각 1개의 관측공을 설치하였다. 2002년에 설치한 화성1, 2 관측공은 관측센서 고장 및 무선통신 불가능 등의 사유로 장기관측 자료가 부재함에 따라, 2014년에 신규부지로 이설 후 관측장비를 설치하였다. 이설된 화성1, 2 관측공의 관측 자료는 2015년부터 제공 중이다. 화성시 매송면 송라리에 위치하는 화성3 관측공은 송라천 주변에 설치되었다. 주변으로는 양어장과 민가가 혼재하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 화성1 관측공은 내륙에 위치하여 전기전도도는 전반적으로 $250 \mu S/cm$ 이하 범위를 보인다. 지표 하부 약 50 m 및 70 m 심도에서 미약하게 나타나는 전이대는, 해당 구간의 균열면을 따라 이온부존량이 높은 지하수가 유입되기 때문으로 판단된다. 화성2 관측공은 해안 매립지 인근에 굴착된 관정으로서, 주변 해수의 영향으로 약 $2,000 \mu S/cm$ 정도의 전기전도도 분포가 나타나지만, 65 m 부근에서 급격한 증가가 나타남에 따라 해수침투기에 의한 해수침투의 위험이 있는 것으로 판단된다. 화성3 관측공의 전기전도도는 $325 \mu S/cm$ 이하로서, 35 m 이후로 전기전도도 감소구간으로 농업용수로 활용이 가능한 것으로 나타났다. 화성4 관측공은 해안에 인접하며 지하수 검층 결과 지표 하부 30 m 부근에서 약 $200 \mu S/cm$ 가 급격하게 상승하는 현상이 지속적으로 나타나지만, 전기전도도의 절대값과 증가량이 크지 않기 때문에 급격한 해수침투의 위험은 없는 것으로 판단된다. 그러나 향후 주변지역의 지하수 이용량 증가로 인한 해수침투의 취약성은 있는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 화성1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당되며, 화성2 관측공은 전형적인 (Na+K)-Cl 유형으로 해수영향을 지시하고 있다. 화성3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 이에 비해 화성4 관측공은 Ca-Cl 유

형으로서 하폐수에 의한 오염 내지 해수유입 가능성을 나타내고 있다.

화성1, 2 관측공은 이설 전 각 2012년, 2013년에, 화성2 관측공은 2017년에, 화성4 관측공은 2012년과 2017년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였다. 특히 화성2 관측공은 2017년에 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)도 초과하였다. 따라서, 화성2 관측공을 제외한 나머지 관측공 주변 지하수는 농업용수로 이용 시 질산염에 의한 영향은 적은 것으로 분석되었다. 화성2 관측공의 경우, 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리가 필요한 것으로 나타났다.

- 4) 장기 관측결과 : 화성1 관측공의 지하수위는 강수에 민감하며, 관측공 개발 이래로 3 m 내외 변동폭을 보인다. 그러나 이러한 추세는 향후 장기관측을 통해 변화추이를 분석할 필요가 있다. 전기전도도는 증가추세이고 약 150 ~ 270 $\mu S/cm$ 내외이다. 화성2 관측공의 지하수위 변화는 1.5 m 내외이고, 전기전도도는 개발이래로 약 1,400 $\mu S/cm$ 에서 약 1,800 $\mu S/cm$ 으로, 약 400 $\mu S/cm$ 증가 추세를 나타내고 있다. 화성3 관측공의 지하수위는 약 1.5 m 이내에서 변동추세이며, 전기전도도는 평균 약 200 $\mu S/cm$ 이다. 화성4 관측공의 지하수위 변화는 1.5 m 내외, 전기전도도는 감소 추세를 나타낸다. 지하수위는 관측공의 위치가 양수장 부지 내에 위치하고 있어 관개기 및 우기에 따른 수위변동이 뚜렷하다.
- 5) 관리 방안 : 화성2 및 화성4 관측공은 질산성질소 등 오염물질 유입과 수질 변화에 대한 모니터링으로 수질변화를 감시해야 한다. 또한 화성2 관측공은 대수층을 통한 해수유입을 방지할 수 있는 방안 수립이 필수적이다.

2.2.2 평택지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
평택1 (고덕1)	평택시 고덕면 해창리 산164	201512.5528	391301.5730	17.70	2006	3.45
평택2 (오성1)	평택시 오성면 길음리 376-13	197471.2684	386894.2267	13.10	2006	8.36
평택3 (현덕1)	평택시 현덕면 도대리 156-10	191657.2828	383419.5782	17.40	2006	12.49
평택4	평택시 서탄면 마두리 339	200626.6730	501172.0110	6.94	2017	5.17
평택5	평택시 진위면 신리 280-4	206139.7440	499659.1430	16.72	2017	7.91

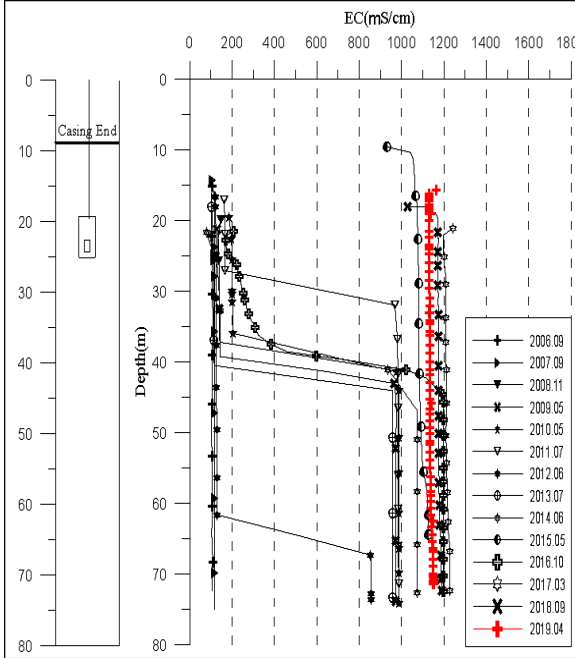
※ 지구명을 통일하기 위하여 2016년부터 고덕1 → 평택1, 오성1 → 평택2, 평택3 → 평택3으로 변경

2. 지형 및 지질

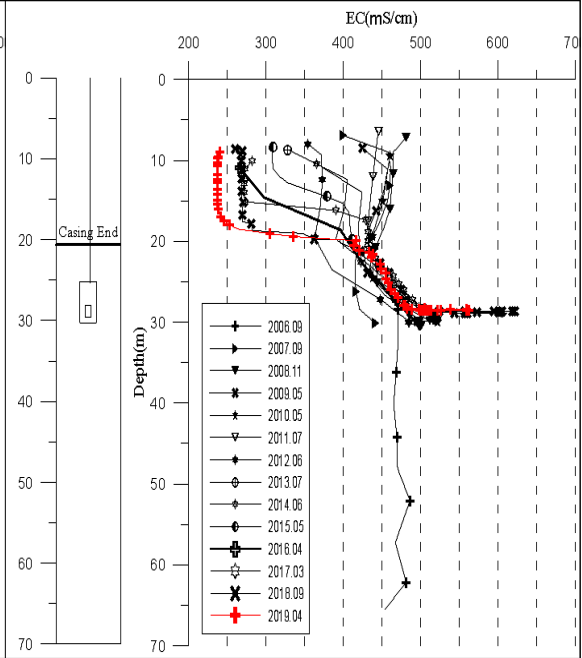
경기도 평택시는 일부분의 구릉을 제외하고는 비교적 평탄한 지형으로 이루어진 지역이다. 동쪽에는 무봉산(209 m)과 백운산(191 m), 서쪽에는 덕지산(138 m), 봉화령(112 m), 남쪽에는 고등산(158 m), 마안산(113 m), 중앙에는 무성산(112 m), 오봉산(112 m), 바람산(183 m) 등 100 ~ 200 m의 낮은 구릉이 분포하고 있다.

분포 지질은 선캠브리아기의 서산층군에 대비되는 경기변성암복합체(호상편마암, 규암, 편암류, 흑운모편마암), 송악층군(편암류) 및 반상변정질 편마암과 쥐라기의 화강암류, 백악기 거성화강암이 있고, 이를 제4기의 충적층이 덮고 있다.

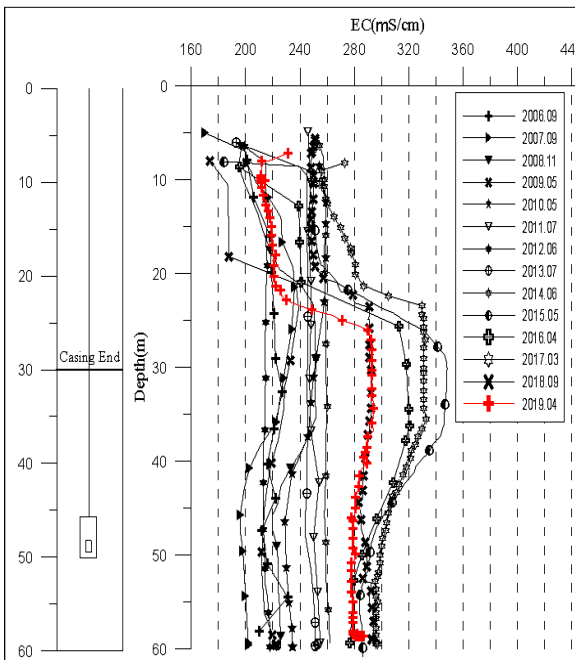
3. 지하수 검층



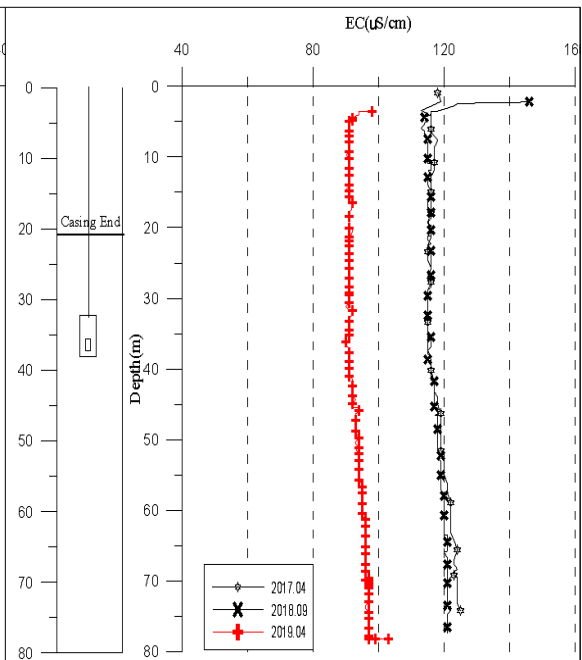
<평택1 관측공>



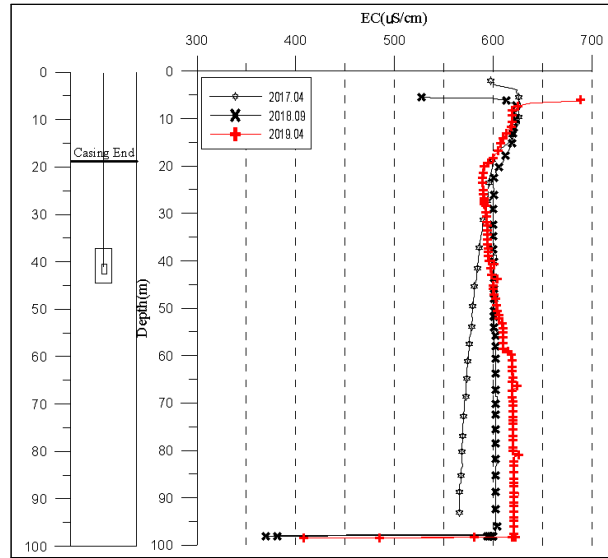
<평택2 관측공>



<평택3 관측공>



<평택4 관측공>



<평택5 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

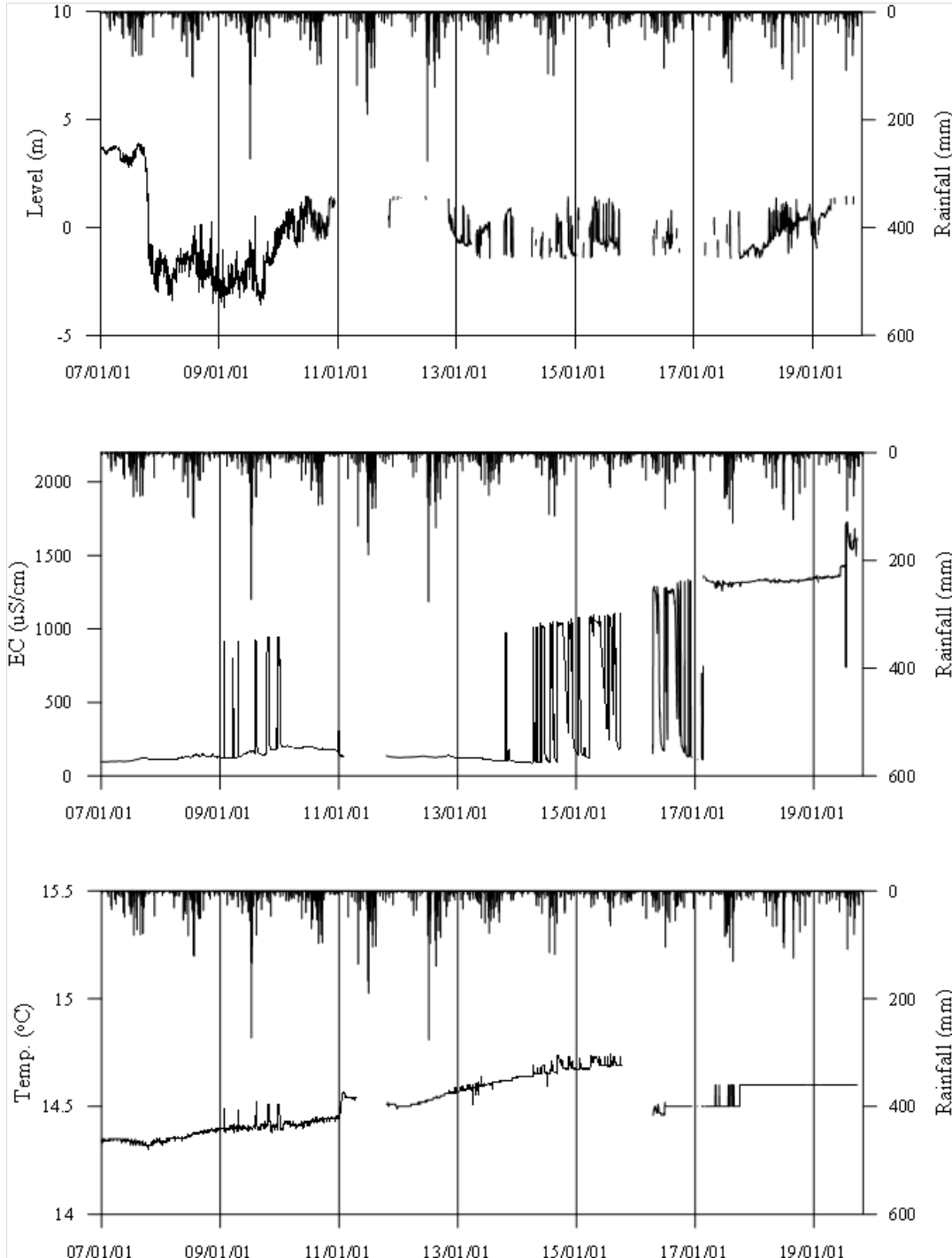
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
평택1	(2007.10)	7.19	2.73	3.54	9.25	4.64	5.21	36.60	19.85
	(2008.11)	8.15	3.59	1.50	7.44	5.49	13.61	27.45	13.58
	(2009. 5)	8.10	4.64	2.10	9.82	4.87	12.87	30.50	14.13
	(2010. 5)	12.49	4.97	2.19	14.91	6.84	23.37	33.55	22.87
	(2011. 6)	9.55	4.08	1.97	11.64	5.60	14.38	30.50	17.53
	(2012. 6)	10.51	3.92	1.97	11.97	7.01	9.64	21.40	52.92
	(2013. 7)	8.81	3.26	1.24	7.65	5.73	6.31	27.45	20.01
	(2014. 6)	8.44	4.10	1.66	8.07	3.35	6.55	36.60	11.49
	(2015. 5)	104.10	31.60	6.40	89.90	42.80	101.50	478.90	N.D.
	(2016. 4)	9.40	4.30	1.50	9.50	4.60	6.20	51.90	18.20
	(2017. 4)	115.76	35.70	7.07	99.43	36.75	135.38	454.45	4.79
	(2018. 7)	108.98	32.58	6.33	92.87	58.56	134.56	366.00	4.24
(2019. 5)	105.3	24.85	6.70	70.13	61.13	117.47	393.45	0.59	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
평택2	(2007.10)	44.58	12.98	3.29	36.83	19.87	76.42	94.55	21.16
	(2008.11)	31.46	8.53	1.73	31.40	19.45	66.28	32.35	19.59
	(2009. 5)	26.86	10.20	2.39	30.29	19.34	63.19	91.50	17.27
	(2010. 5)	36.32	10.41	1.89	31.90	21.16	67.16	82.35	24.56
	(2011. 6)	29.50	9.84	1.70	32.40	9.74	65.13	91.50	7.12
	(2012. 6)	32.78	10.26	1.93	30.38	7.19	70.11	79.30	20.79
	(2013. 7)	34.96	10.26	1.65	28.53	6.95	66.69	88.45	15.84
	(2014. 6)	33.24	11.54	2.31	31.70	17.09	66.36	67.10	36.20
	(2015. 5)	41.80	10.30	1.90	28.90	20.00	64.20	61.10	34.30
	(2016. 4)	35.30	6.90	1.80	19.00	5.20	66.40	54.90	1.30
	(2017. 4)	39.19	8.62	2.03	25.57	14.66	66.72	39.65	69.43
	(2018. 7)	38.08	2.98	1.96	11.66	2.91	67.10	21.40	N.D.
(2019. 5)	32.87	0.90	2.64	7.83	0.63	59.60	12.20	0.76	
평택3	(2007.10)	14.36	9.64	1.19	24.34	3.57	21.26	91.50	12.73
	(2008.11)	9.20	5.77	0.70	18.02	2.93	19.51	76.25	6.58
	(2009. 5)	8.93	5.53	1.07	21.73	3.14	19.88	70.15	3.56
	(2010. 5)	11.88	8.80	0.59	25.69	4.04	25.47	85.40	15.32
	(2011. 6)	9.60	8.96	0.58	24.66	4.25	23.75	79.30	12.22
	(2012. 6)	10.05	8.97	0.51	23.42	4.83	23.77	70.15	32.47
	(2013. 7)	11.67	10.19	0.52	23.39	6.17	28.03	82.35	15.30
	(2014. 6)	13.00	11.24	0.67	25.73	7.11	30.36	76.25	17.60
	(2015. 5)	16.20	10.70	0.70	28.60	7.10	38.90	79.30	22.80
	(2016. 4)	10.90	9.80	1.00	25.20	7.70	31.40	70.20	8.70
	(2017. 4)	13.47	11.00	0.67	29.18	10.40	43.25	88.45	20.13
	(2018. 7)	14.35	10.04	0.67	26.14	11.48	35.54	70.20	8.36
(2019. 5)	13.19	6.34	0.95	19.39	9.29	32.85	61.00	0.05	
평택4	(2017. 4)	9.36	1.82	0.34	9.45	1.29	6.98	42.70	3.37
	(2018. 7)	11.56	1.96	0.38	11.32	3.59	12.46	42.70	7.07
	(2019. 5)	9.39	1.32	0.33	8.48	1.27	8.20	39.65	4.18
평택5	(2017. 4)	21.45	9.09	2.24	72.82	46.73	40.78	125.05	48.50
	(2018. 7)	25.09	8.79	2.40	70.04	46.55	38.92	97.60	81.57
	(2019. 5)	27.18	8.12	3.33	8.48	1.27	8.20	39.65	4.18

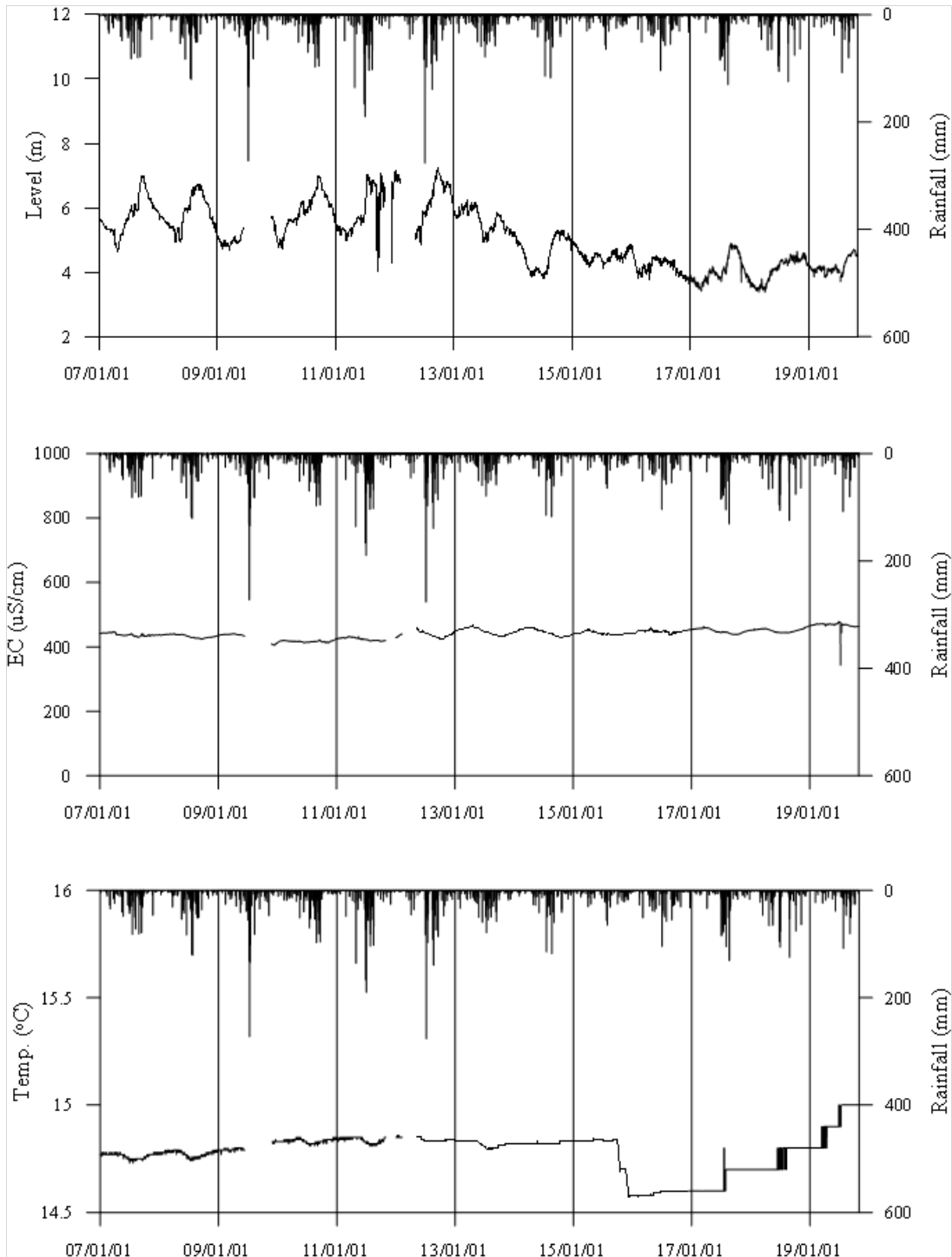
5.

장기관측 결과



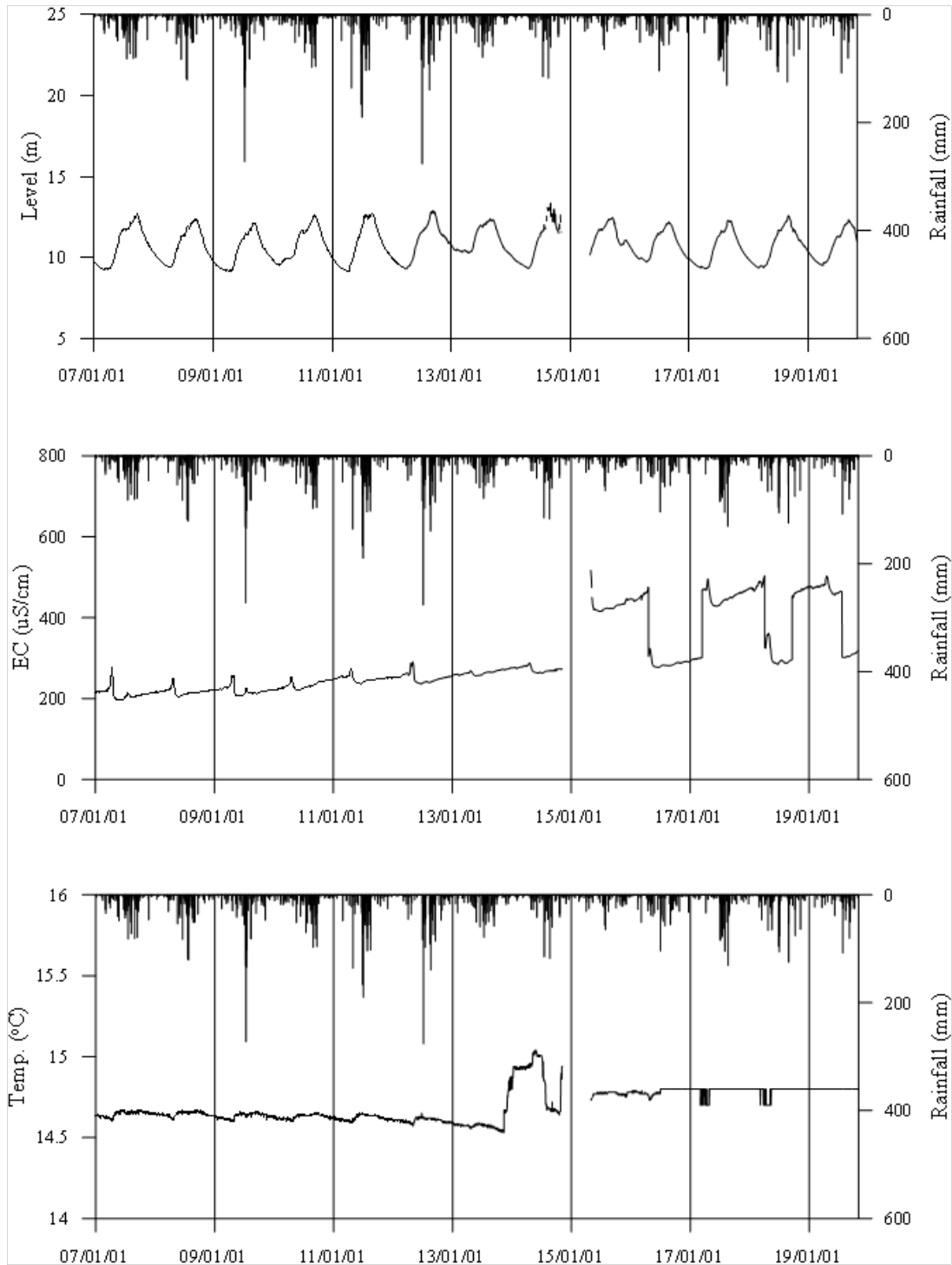
<평택1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



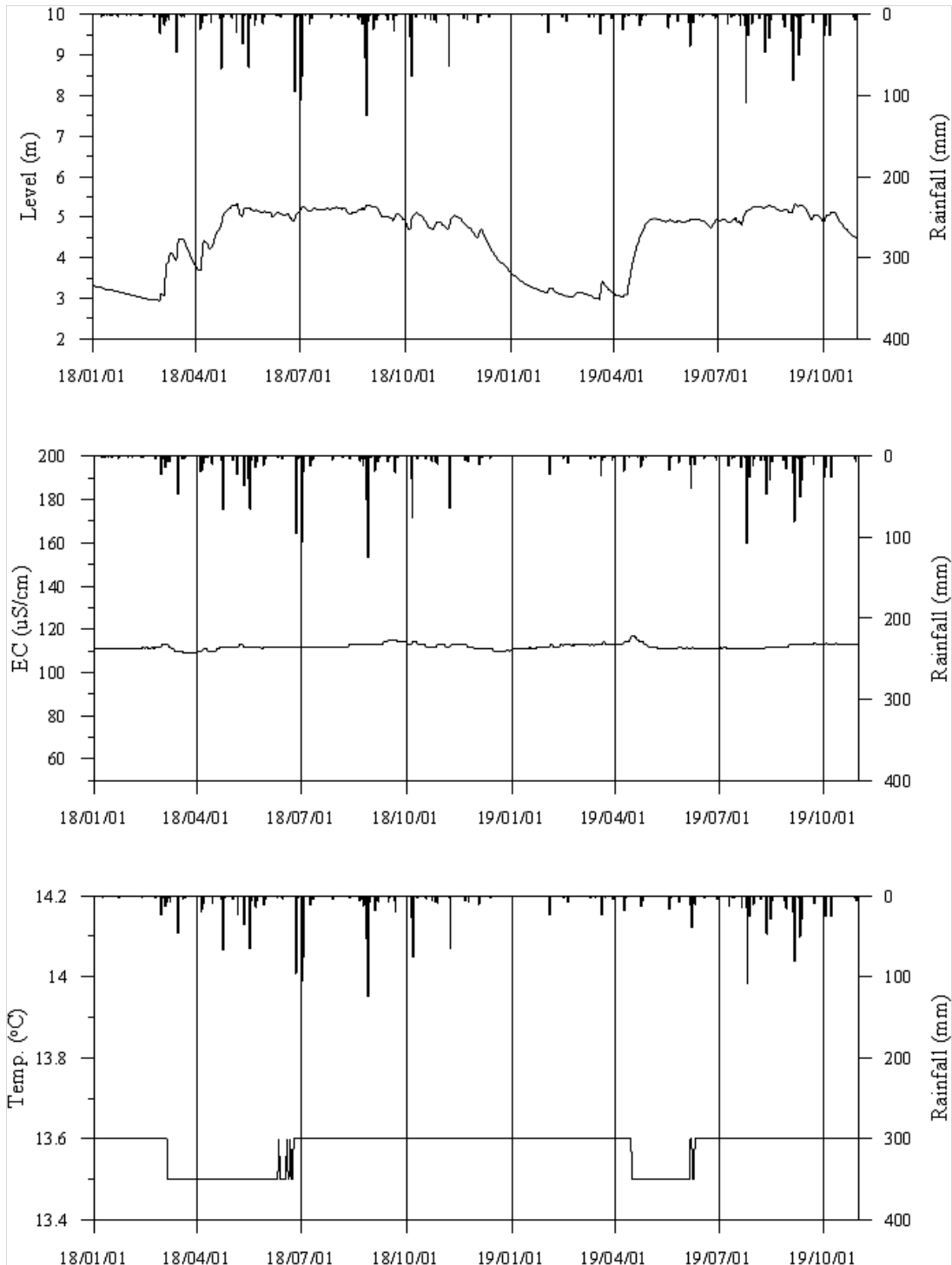
<평택2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



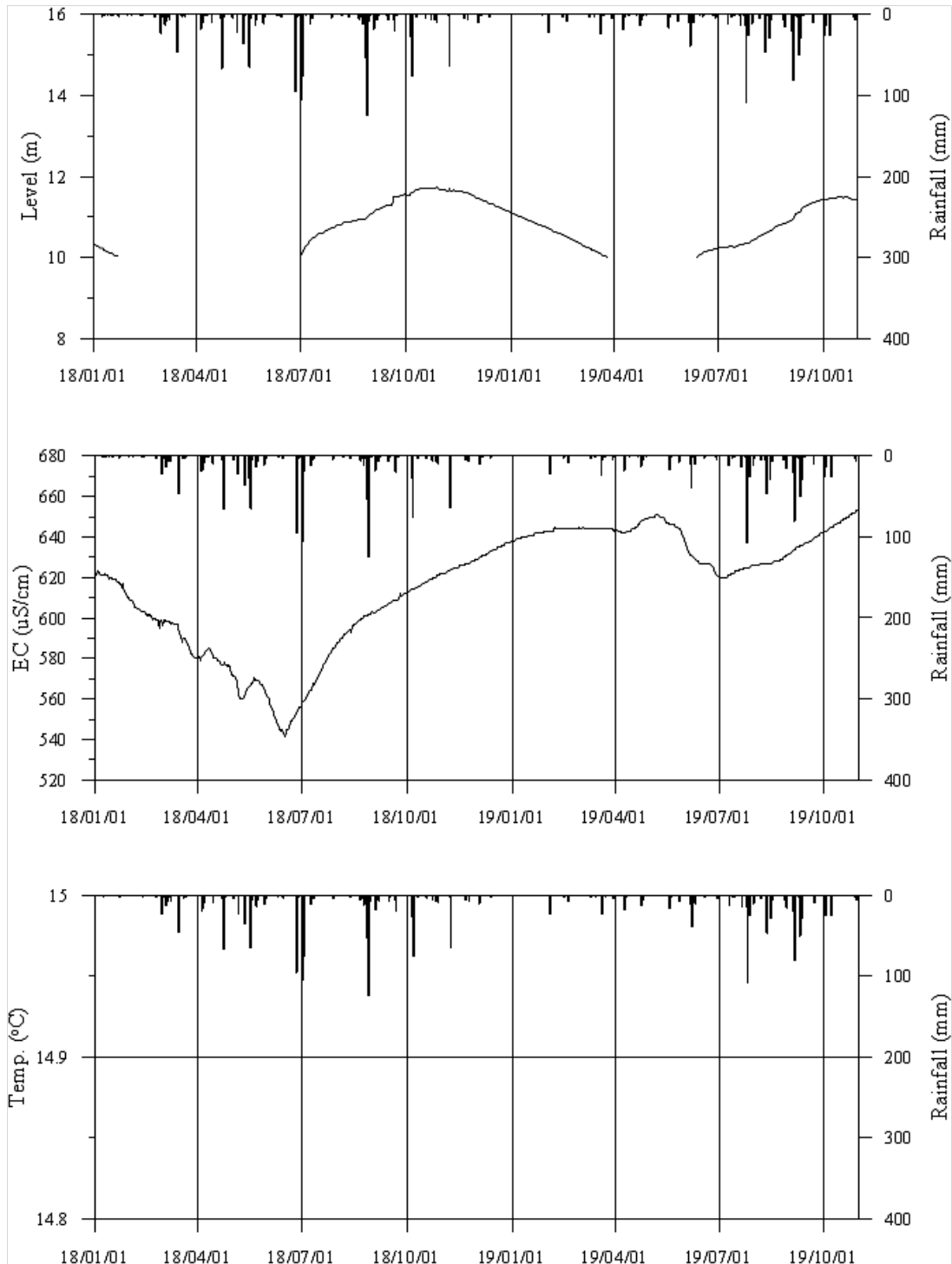
<평택3 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<평택4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<평택5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 평택시 농촌지하수관리 관측망이 설치된 지구는 고덕면 해창리, 오성면 길음리, 현덕면 도대리이다. 농촌지하수관리사업 조사결과, 지하수관리가 필요한 지역 중 군부대 이전이 예정된 지역을 제외한 나머지 지역을 대상으로 자동관측망 설치 운영 효과가 높은 수량·수질관리 지역에서 관측지점을 선정하였다. 평택4 관측공이 위치한 서탄면 마두리지역은 '05년 평택시 농촌지하수관리조사 완료 결과 수질관리 우려지역으로서 질산성질소 평균값이 생활용수기준(10 mg/L)을 초과하여 농촌지하수관리 관측망을 구축하여 지속가능한 지하수 이용·관리 기반을 구축하고자 하였다. 관측공의 위치선정은 지형지질 및 선구조도 등을 활용하여 지하수부존 가능성이 높은 지역 중 장비 진입이 가능한 곳을 적지로 선정하였다. 평택5 관측공 설치지점인 진위면 신리지역은 '05년 평택시 농촌지하수관리조사 완료 결과 수량관리 우려지역으로서 농촌지하수관리 관측망을 구축하여 지속가능한 지하수 이용·관리 기반을 구축하고자 하였다. 관측공의 위치선정은 지형지질 및 선구조도 등을 활용하여 지하수부존 가능성이 높은 지역 중 장비 진입이 가능한 곳을 적지로 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 평택1 관측공은 해안변에 위치한 관계로 지표 하 약 40 m에서 전이대가 발견된다. 그러나 2015년에는 전이대가 사라지고, 약 1,200 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도가 전 구간에서 관측되었다. 이러한 현상은 2014년과 2015년 사이에 관측공 내에 상대적으로 전기전도도가 높은 지하수 유입량이 증가된 결과로 추정된다. 평택2, 평택3 관측공은 지표 하 21 m, 30 m 구간까지 케이싱이 설치되어 있으며, 평택2 관측공은 케이싱 설치 하단부인 20 ~ 30 m 구간에서 전기전도도 값이 약 400 $\mu S/cm$ 에서 약 500 $\mu S/cm$ 로 증가하였다. 평택3 관측공은 전반적으로 200 ~ 260 $\mu S/cm$ 사이의 값을 나타내고 있는데, 2015년 이후 심도 약 20 ~ 50 m 구간에서 최대 약 350 $\mu S/cm$ 로 증가한 구간이 관측되었다. 평택4 관측공의 경우 전구간 120 $\mu S/cm$ 내외로 담수이며, 평택5 관측공은 관정심도가 깊어질수록 전기전도도가 감소하지만 전기전도도 변화폭은 약 60 $\mu S/cm$ 내외로 크지 않았다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 평택1, 3, 4, 5 관측공의 경우 (Na+K)-HCO₃ 유형, 평택2 관측공의 경우 (Na+K)-Cl 유형에 해당한다. 평택1 관측공은 2012년에, 평택2 관측공은 2017년에, 평택5 관측공은 2017년과 2018년에 질산염 농도가 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 이를 제외하고는 3개 관측공 공통적으로 먹는물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 따라서, 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 그러나 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 평택1, 2, 3 관측공의 연간 지하수위 변동은 각각 약 8 m, 4 m, 4 m 내외이고 전기전도도 값의 변화는 1,100 $\mu S/cm$, 60 $\mu S/cm$, 300 $\mu S/cm$ 내외의 변화를 보인다. 다만, 평택1 관측공에서는 지하수위 변동에 따라 전기전도도 값이 일시적으로 증가하는 추세도 나타나지만, 대체로 일반적인 농어촌 지하수의 전기전도도 값에 해당된다. 그러나 평택3 관측공의 전기전도도는 증가를 보이므로, 향후 꾸준한 관측을 통해 이러한 변화의 지속여부를 관측할 필요가 있다. 평택 4, 5 관측공의 연간 지하수위 변동은 약 2 m 내외이다. 전기전도도는 평택 4 관측공은 약 150 $\mu S/cm$ 를 유지하며 평택 5 관측공은 540 ~ 650 $\mu S/cm$ 범위의 값을 보였다.
- 5) 관리 방안 : 평택1 관측공은 지표 하 약 40 m 구간에서 전기전도도의 전이대 구간이 뚜렷하고, 계절에 따라 전이대가 수질변동을 보인다. 평택1, 2, 5 관측공은 질산염에 의한 오염이 간헐적으로 발견됨에 따라, 지표오염물질의 유입차단에 만전을 기해야 한다. 평택2, 평택3 관측공은 주변 지하수의 이용보다는 건·우기에 따른 수위변화와 전기전도도의 변화가 뚜렷함에 따라 장기적인 수위 및 수질 변화에 대한 자료를 제시할 수 있을 것이다.

2.2.3 이천지구

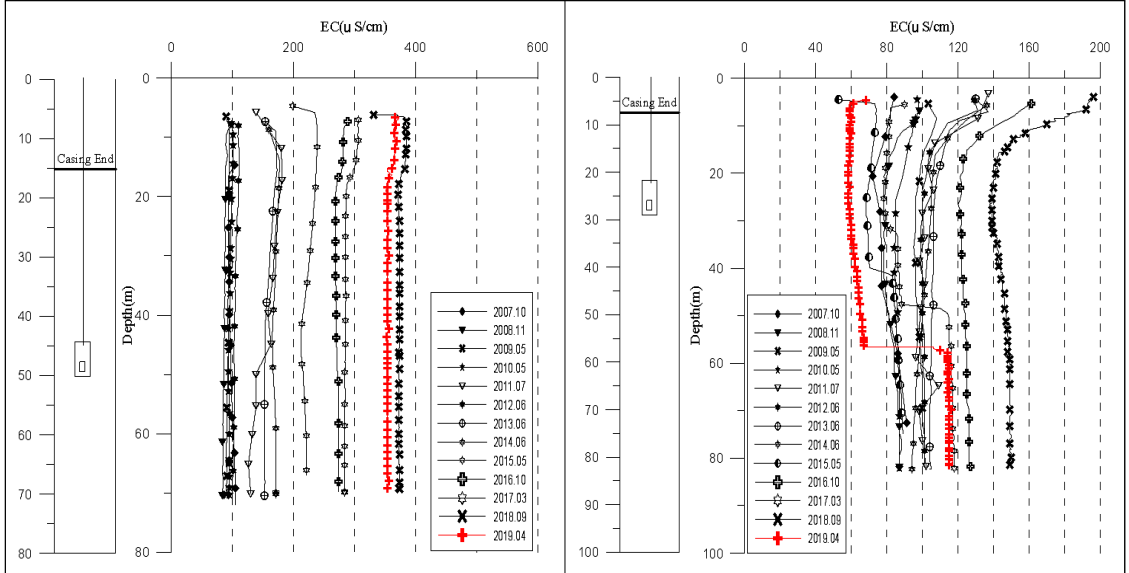
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
이천1	이천시 백사면 우곡리 421-2	244333.937	422459.670	44.62	2007	38.99
이천2	이천시 설성면 행죽리 산138-4	245820.716	400175.373	74.90	2007	71.24
이천3	이천시 장호원읍 오남리 318-9	256064.393	400062.084	66.61	2007	62.04
이천4	이천시 울면 본죽리 948	246505.612	497820.886	86.775	2015	79.78

2. 지형 및 지질

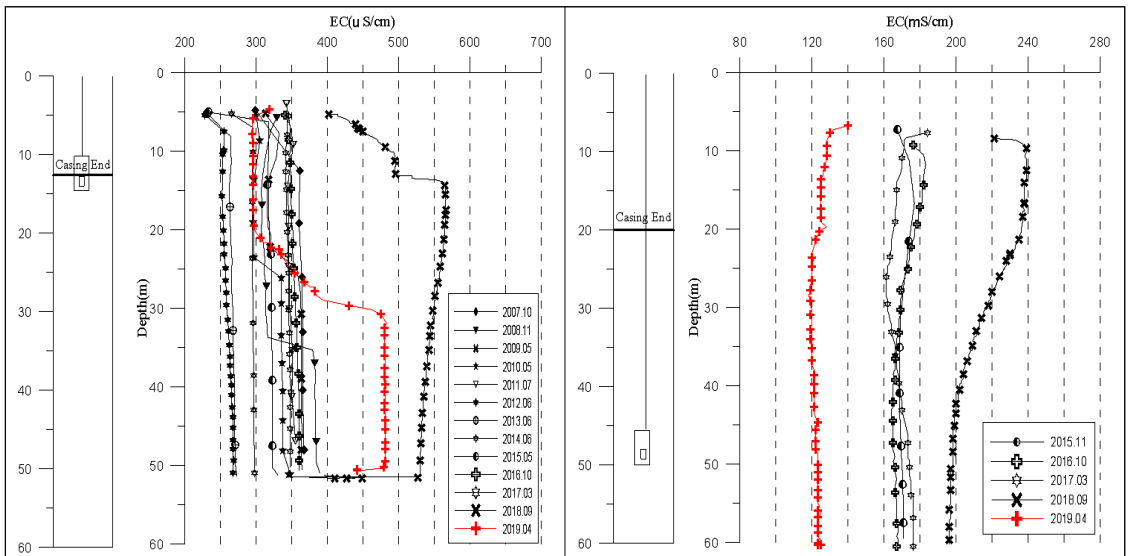
이천시는 남한강의 지류인 북하천과 청미천이 흘러 평야와 구릉지가 잘 발달되어 있으며, 북쪽으로 광주시, 동쪽으로 여주군, 서쪽으로 용인, 안성시와 경계를 이루며, 남쪽으로는 충북 음성군과 접하고 있다. 이천1 관측공은 이천시의 최북단의 백사면 우곡리 일대로 남서쪽에서 북동쪽으로 북하천이 흐르고 주변을 따라 대규모 농경지가 분포하고 있다. 이천2 관측공은 설성면 행죽리 일대로 주변 산계에 둘러싸여 분지형식을 이루며, 수계는 주변의 산계에서 수지상으로 발달한 소지류가 발달하였다. 이천3 관측공은 장호원읍 오남리 지역으로 북동-남서방향의 청미천이 위치하고 있다. 이천4 관측공은 울면 본죽리 일대로 궁장천을 중심으로 논농업을 위한 농지와 비닐하우스 시설재배지가 혼재한다. 이에 따른 지하수 이용량 증가와 지하수 수질에 대한 우려가 있다. 지질은 쥬라기 편마상흑운모-(각섬석)화강암으로 이루어져 있으며, 제4기 충적층이 이를 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<이천1 관측공>

<이천2 관측공>



<이천3 관측공>

<이천4 관측공>

4. 지하수 수질 분석

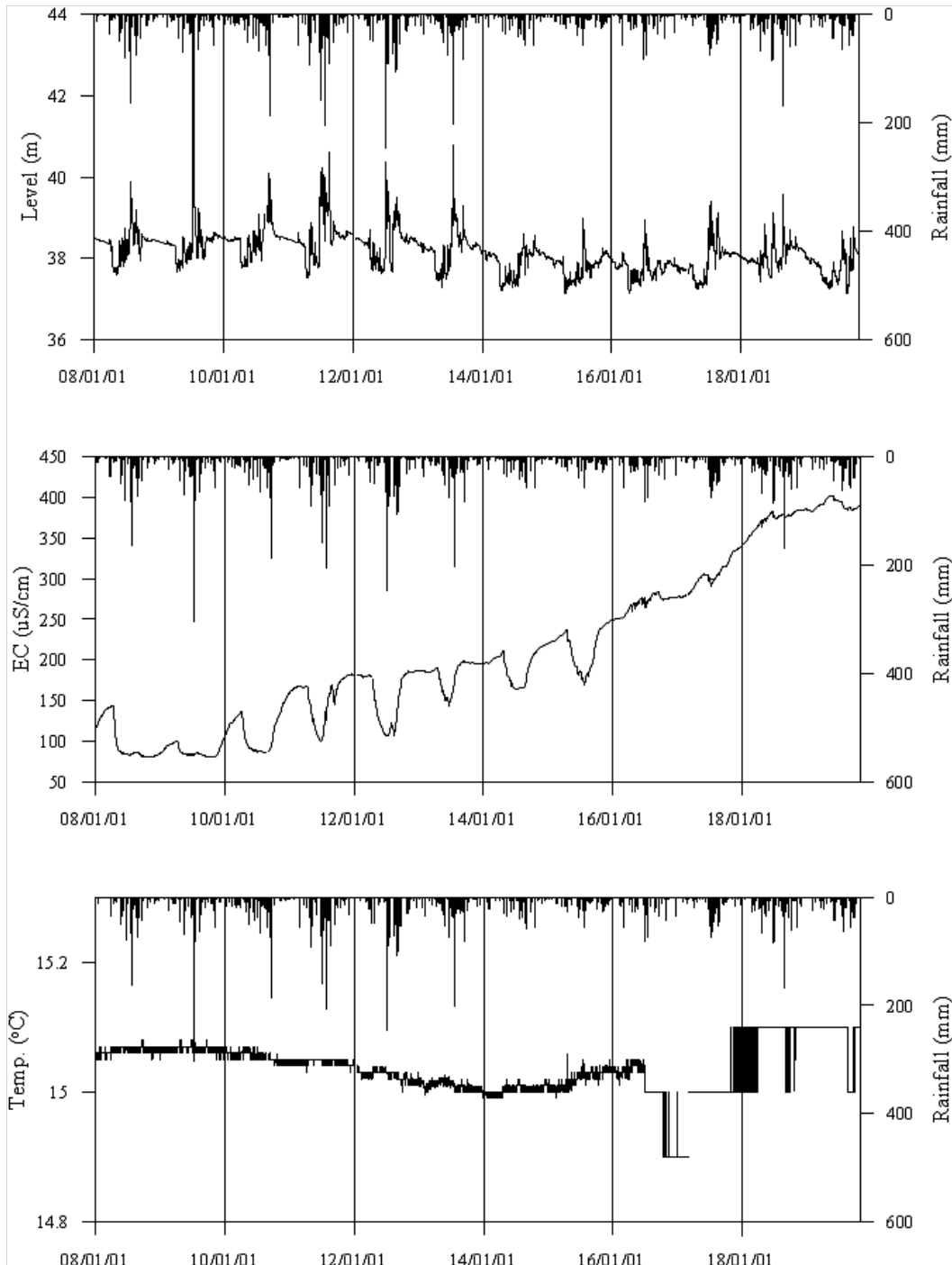
◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
이천1	(2007.10)	11.60	2.45	0.67	15.70	12.54	10.70	61.00	3.91
	(2008.11)	6.74	1.31	0.42	7.75	4.87	2.06	42.70	0.55
	(2009. 5)	6.61	1.61	0.44	11.01	5.16	1.56	48.80	0.54
	(2010. 5)	8.38	1.77	0.34	12.89	6.68	3.24	54.90	0.73
	(2011. 6)	8.23	1.86	0.39	14.05	6.86	4.18	51.85	2.85
	(2012. 6)	8.65	1.97	0.40	12.77	7.28	4.61	51.85	9.79
	(2013. 6)	13.17	2.67	0.49	16.94	9.08	10.24	61.00	11.57
	(2014. 6)	13.98	3.14	0.60	18.87	9.21	9.57	64.05	12.64
	(2015. 5)	18.57	4.10	0.92	19.56	12.50	19.56	85.40	18.73
	(2016. 4)	21.51	4.50	1.00	27.67	13.11	24.34	91.50	18.81
	(2017. 4)	21.30	4.86	0.75	30.43	16.56	35.41	85.40	21.48
(2018. 7)	26.46	6.18	0.80	35.78	21.01	44.61	88.50	22.98	
(2019. 5)	31.08	5.42	0.76	32.93	20.50	38.88	91.50	24.67	
이천2	(2007.10)	8.20	1.03	0.50	5.81	1.16	3.11	33.55	2.68
	(2008.11)	7.25	1.00	0.59	4.90	2.11	2.62	33.55	3.96
	(2009. 5)	7.70	1.45	0.93	7.98	2.57	4.11	42.70	4.06
	(2010. 5)	8.37	1.29	0.55	7.05	1.95	3.82	54.90	2.12
	(2011. 6)	9.41	1.51	0.44	9.26	2.74	6.42	45.75	2.93
	(2012. 6)	11.19	1.56	0.41	9.43	2.84	7.31	42.70	11.73
	(2013. 6)	10.98	1.70	0.49	9.08	2.71	7.89	48.80	4.73
	(2014. 6)	11.44	1.85	0.51	9.41	2.66	7.36	42.70	3.06
	(2015. 5)	8.93	5.74	0.71	5.74	1.00	2.87	39.65	2.56
	(2016. 4)	10.70	1.30	0.80	7.60	1.80	6.30	45.80	2.60
	(2017. 4)	8.62	1.15	0.44	6.83	1.33	5.98	33.55	2.90
(2018. 7)	7.66	1.04	0.37	6.28	1.37	5.13	30.50	2.29	
(2019. 5)	10.67	0.84	0.21	5.46	0.90	4.72	30.50	2.60	

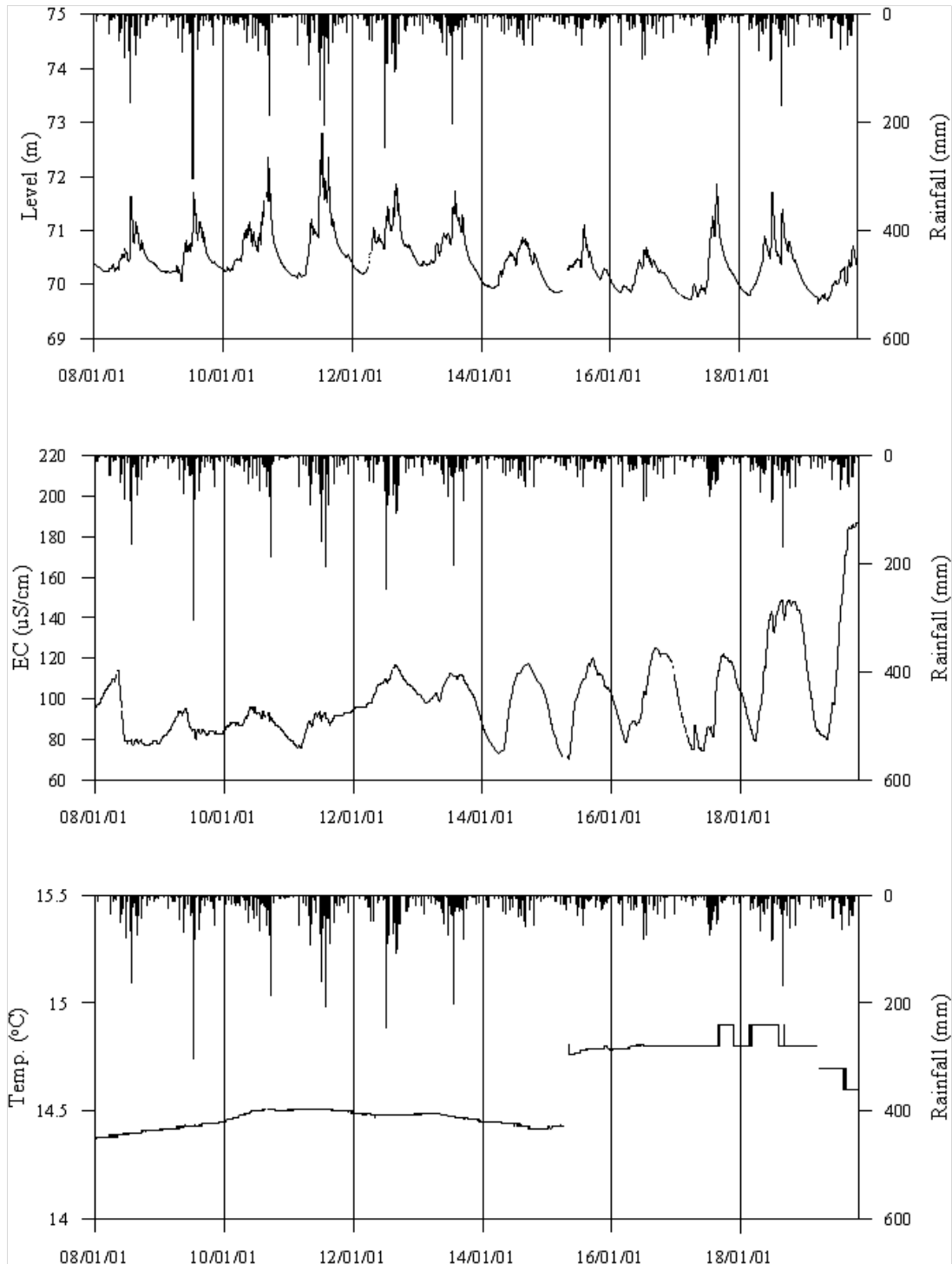
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
이천3	(2007.10)	16.53	7.54	9.64	34.56	40.16	22.58	106.75	21.55
	(2008.11)	15.25	5.73	7.08	24.13	27.67	20.95	91.50	8.23
	(2009. 5)	14.18	7.20	10.07	33.59	29.08	26.91	82.35	15.00
	(2010. 5)	15.30	7.37	8.42	35.16	27.75	24.00	91.50	20.29
	(2011. 6)	13.17	7.23	8.47	35.83	30.52	21.52	76.25	29.71
	(2012. 6)	13.31	6.08	6.08	29.68	28.83	20.52	57.95	59.21
	(2013. 6)	13.22	5.76	5.10	27.07	25.80	18.46	51.85	23.09
	(2014. 6)	15.54	7.27	8.57	32.34	27.77	23.83	76.25	27.13
	(2015. 5)	16.88	7.61	6.37	33.69	29.09	25.02	82.35	33.03
	(2016. 4)	16.78	7.85	5.37	35.36	28.21	25.52	79.30	28.19
	(2017. 4)	19.69	7.59	8.30	36.90	28.41	32.53	97.60	6.70
	(2018. 7)	18.96	7.88	8.59	34.53	31.95	33.21	82.40	10.12
(2019. 5)	18.45	6.22	10.01	28.39	28.66	24.30	57.95	10.04	
이천4	(2015.11)	12.05	4.65	1.65	15.38	2.29	11.27	70.15	13.41
	(2016. 4)	11.45	3.77	1.37	11.29	1.53	6.42	67.10	8.66
	(2017. 4)	11.33	3.88	1.32	14.36	2.34	10.67	70.15	11.52
	(2018. 7)	11.26	3.47	1.06	10.27	1.25	6.57	54.90	8.27
	(2019. 5)	13.10	3.44	1.21	9.66	1.39	7.38	51.85	10.04

5. 장기관측 결과



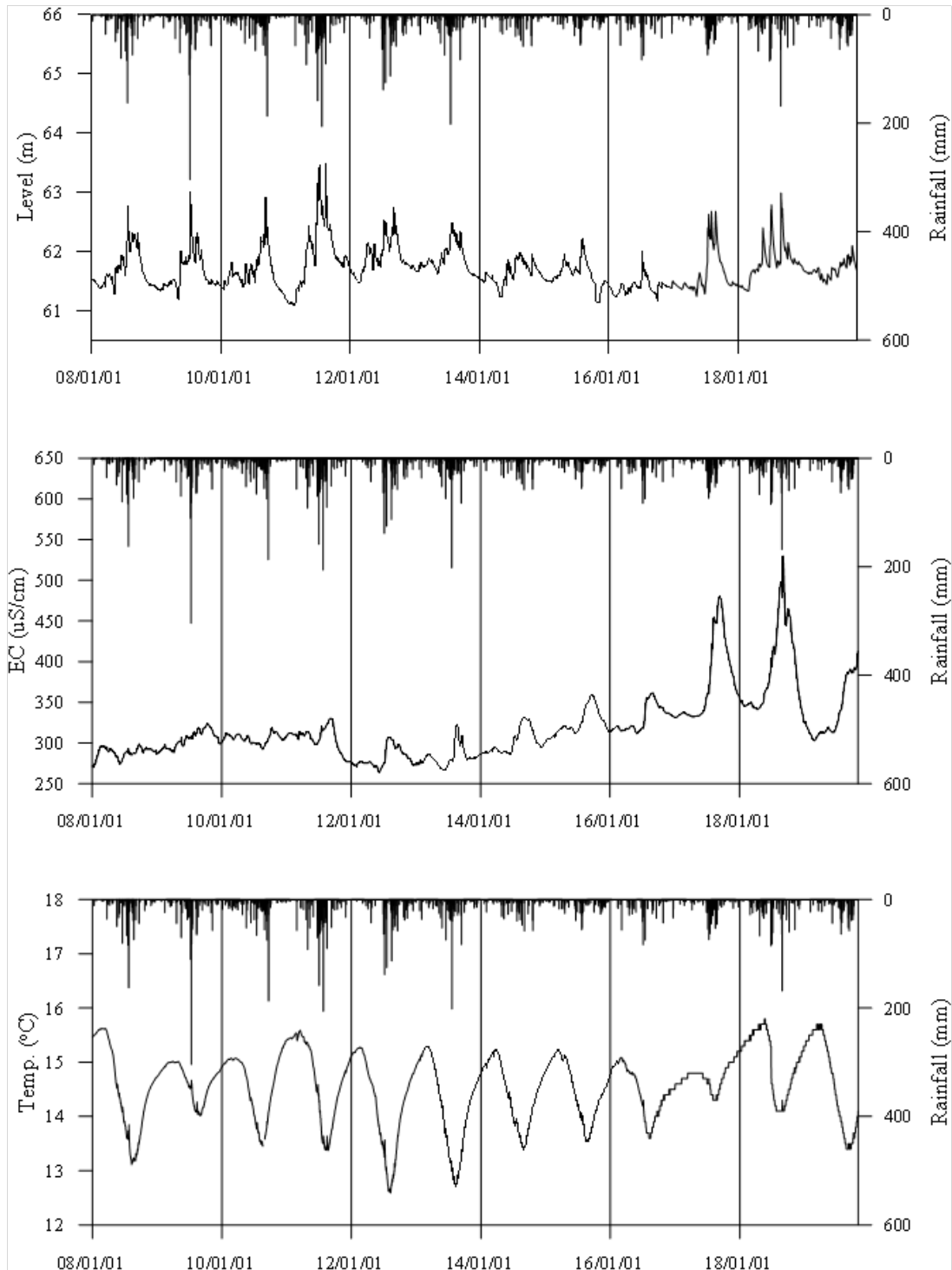
<이천1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

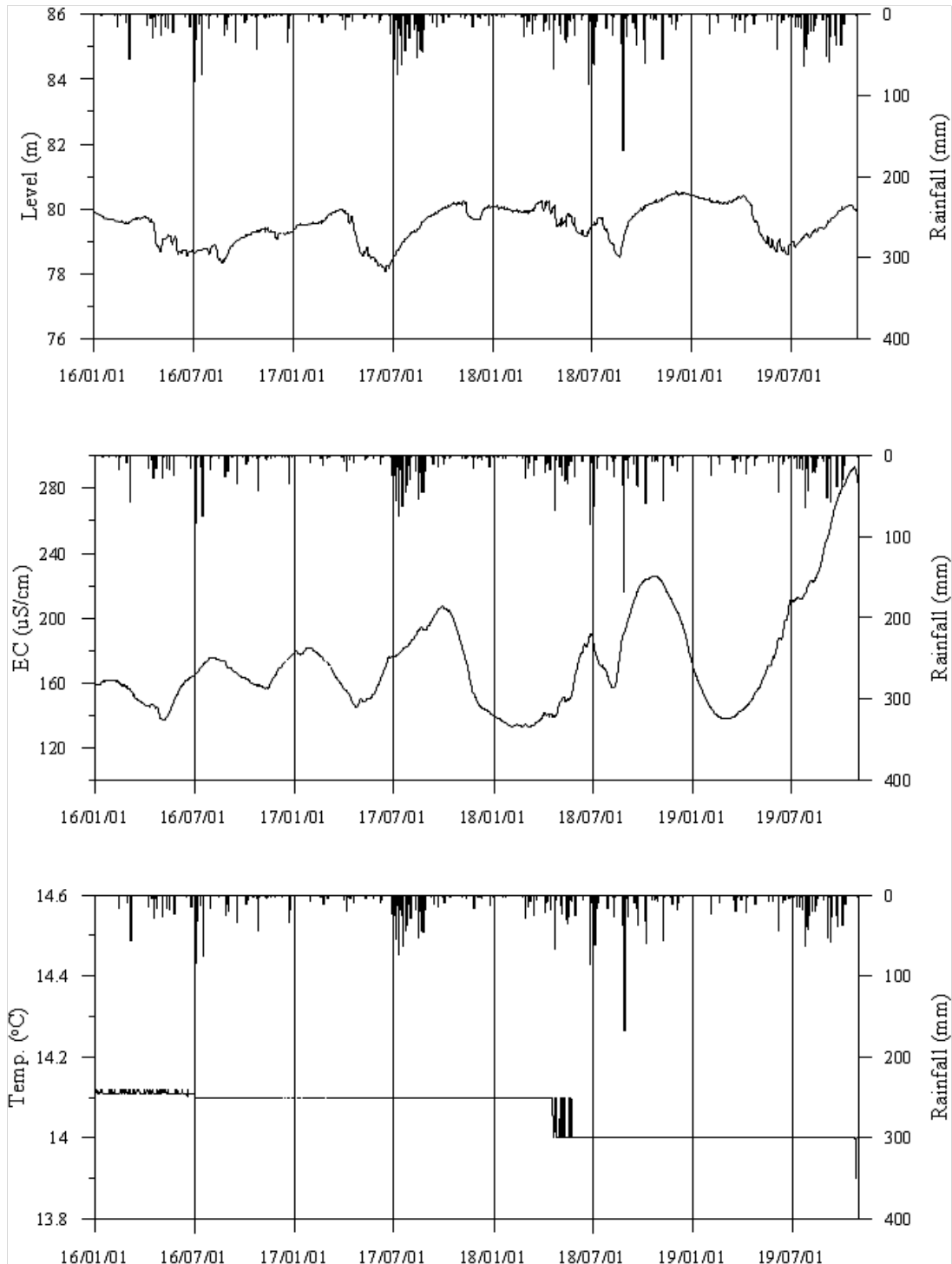


<이천2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<이천3 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<이천4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 이천1 관측공은 비닐하우스 단지가 밀집되어 있어 지하수 이용량이 증가하는 추세이고, 이천2 관측공은 하류부에 관정개발 및 지하수 이용량이 가장 높은 안성시 일죽면의 대규모 농경지 인근으로 비료 시비에 의한 오염가능성이 높은 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다. 이천3 관측공은 상류부에 수질관리(NO₃-N) 및 수량관리 지역인 진암리가 위치하여 지하수위와 수질변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 이천시 읍면 본죽리에 위치하는 이천4 관측공은 공장천을 따라 넓게 펼쳐진 농경지 주변에 설치하였다. 과거 논농사가 주를 이루었으나, 현재 대규모 시설재배단지가 증가하는 추세이므로 지하수 이용량이 매우 높은 지역이며, 수량부족 민원이 지속적으로 발생하고 있어, 지하수 수량 모니터링을 실시하고자 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 이천1 ~ 4 관측공의 전기전도도는 약 400 $\mu S/cm$, 200 $\mu S/cm$, 570 $\mu S/cm$, 240 $\mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 뚜렷한 증가현상도 없다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 이천 1, 2, 3, 4 관측공 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 구분되나, 이천3 관측공의 음이온 성분 중 Cl⁻ 값이 이천1, 2, 4 관측공에 비해 높아 주의 관측이 요구된다. 이천3 관측공은 2012년에 질산염 농도가 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 이를 제외하고 3개 관측공에서 공통적으로 먹는 물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 그러나 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 이천1, 2, 3, 4 관측공 모두 강수에 의한 지하수위 변화 현상이 뚜렷하다. 이천1 관측공의 전기전도도는 주변 비닐하우스 등에서 배출하는 오폐수의 지하수 유입 등의 원인으로 관측공 개발 이후 증가 추세이다.

이천2, 3, 4 관측공은 전형적인 강수에 의한 지하수위 상승, 전기전도도 감소 및 수온의 변화가 잘 나타나는 관측공이다. 특히 이천3 관측공의 전기전도도와 수온의 변화가 다른 관측공에 비해 계절적 영향이 두드러진 것은 장기관측 센서의 설치심도가 지표 하 약 15 m로 외부 기온 변화에 민감하기 때문인 것으로 판단된다.

- 5) 관리 방안 : 이천지구 이천1, 2, 3, 4 관측공에서 지하수위 및 수질변화가 우리나라 강수특성 및 계절적 변화를 잘 반영하고 있고, 주변 지하수 이용에 따른 수위변화도 감지되고 있어 장기관측을 통해 지역적인 지하수 부존량 및 수질을 평가할 수 있는 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 이천3 관측공은 질산염에 의한 오염이 간헐적으로 발견되는 바, 지표오염물질의 유입차단에 만전을 기해야 한다. 또한, 장기관측을 통해 수위변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.2.4 광주지구

1. 위치

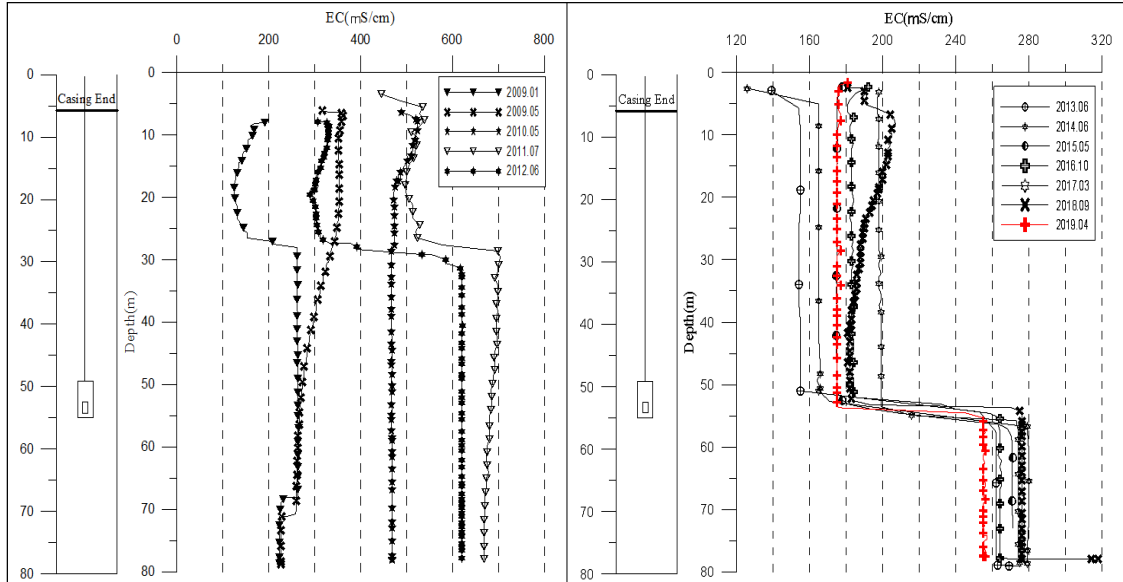
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
광주1	광주시 도척면 노곡리 276-2	229182.012	421983.256	147.234	2012	144.93

* 2012년 광주시 역동에서 도척면 노곡리로 이설

2. 지형 및 지질

광주지구는 경기도 광주시 도척면 노곡리 일대로, 광주시 역동에 2008년 개발한 관측공을 2012년에 이설한 것이다. 이설된 관정은 여세양수장 부지 내에 위치하며, 주변에 농경지가 발달되어 있다. 지질 특성은 선캠브리아기의 호상 흑운모편마암과 화강암질 편마암으로 이루어져 있으며, 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<광주1 관측공 2008 ~ 2012>

<광주1 관측공 2013년 이후>

4. 지하수 수질 분석

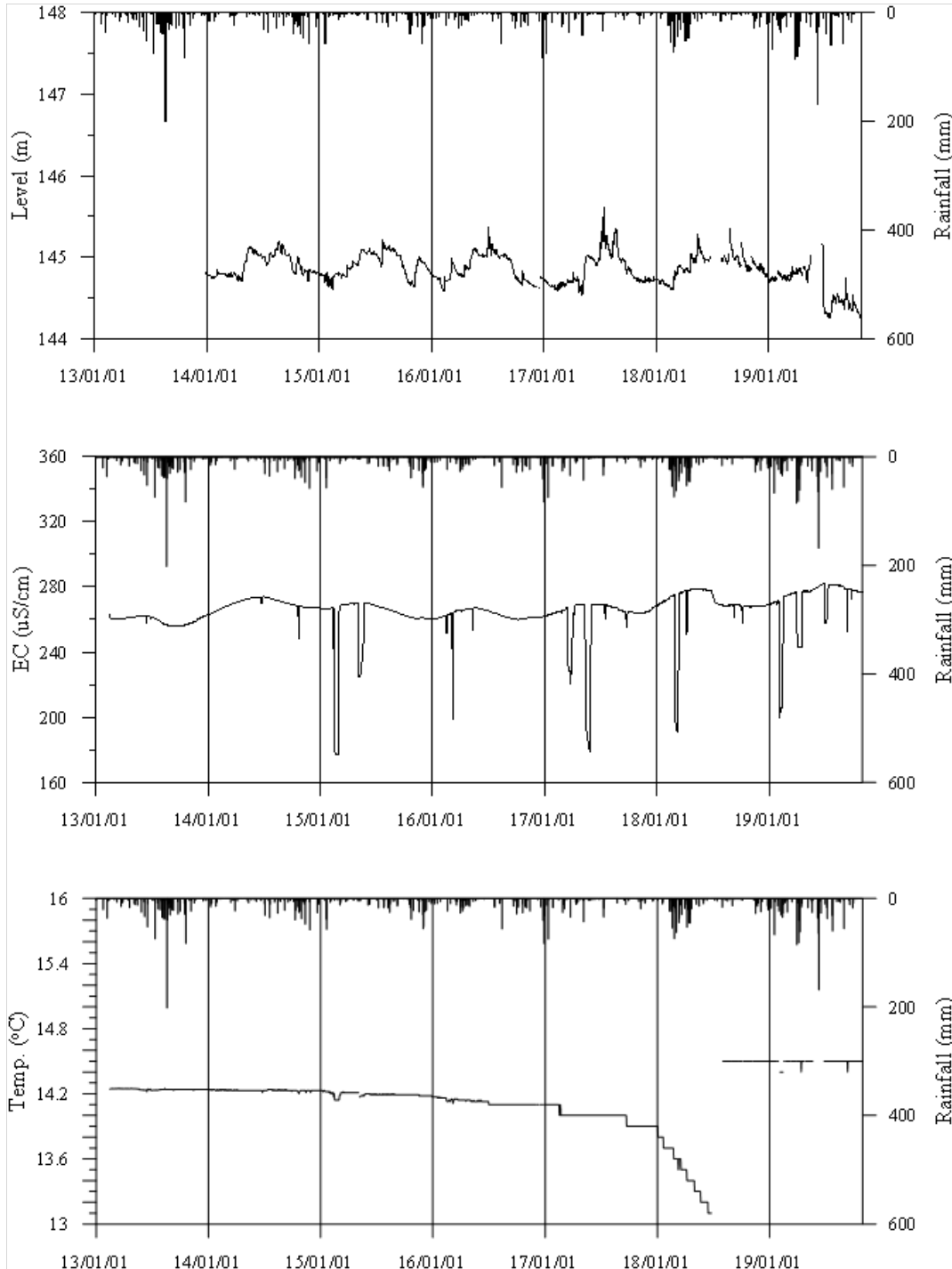
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
광주1	(2009. 1)	6.99	3.57	1.50	13.98	4.31	4.99	48.80	12.59
	(2009. 5)	11.95	7.23	4.86	40.98	19.17	37.42	85.40	23.87
	(2010. 5)	32.35	8.19	5.28	60.38	19.55	51.23	161.65	26.19
	(2011. 6)	18.80	5.79	5.39	48.16	18.70	57.54	88.45	7.46
	(2012. 6)	17.66	6.74	3.60	38.83	20.12	49.29	67.10	45.31
	(2013. 6)	7.84	4.27	0.77	16.71	10.04	13.69	33.55	16.33
	(2014. 6)	8.05	5.01	1.01	18.35	10.86	14.20	39.65	16.85
	(2015. 5)	8.54	5.16	1.10	19.27	11.85	17.69	39.65	17.19
	(2016. 4)	9.37	5.59	1.16	20.54	10.58	17.06	45.75	20.91
	(2017. 4)	8.63	5.51	0.97	22.15	13.02	22.89	45.75	19.54
	(2018. 7)	9.45	5.51	0.91	20.76	12.29	19.17	42.70	15.48
(2019. 5)	9.35	5.50	1.05	21.22	12.24	16.35	45.75	17.30	

* 2009 ~ 2012년 : 역동 관측자료, 2013년 이후 : 노곡리 관측자료

5. 장기관측 결과



<광주1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 광주1 관측공은 2008년 개발당시 광주시 역동에 설치하여 관측을 시작하였으나, 2013년 「광주역사 연결도로 공사」로 인해 해당부지에서 도척면 노곡리 여세양수장 부지로 이설하여 새롭게 관측을 실시하였다. 이설 관측공 주변에는 농경지가 발달되어 있어, 지하수 이용량과 관정밀도, 오염원 분포밀도가 높다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 도척면 노곡리 이설 이후, 광주1 관측공은 전기전도도 값이 100 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도 하 약 55 m에서 전기전도도가 상승(약 100 $\mu S/cm$)하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 도척면 노곡리에 위치한 광주1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 광주1 관측공은 2012년 질산염 농도가 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 이동 설치 후에는 매년 먹는 물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 그러나 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리가 필요한 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 광주1 관측공은 광주시 지방도로 확장구간 내에 포함되어 관측공을 이동 설치함에 따라 2012년 6월 이전 자료와 이후의 관측자료의 연속성이 없다. 노곡리 이설 이후 관측결과, 지하수위 변동은 1 m 내외이고 전기전도도 값은 160 ~ 280 $\mu S/cm$ 범위이다.
- 5) 관리 방안 : 광주지구의 관측공은 이동 설치 후 질산염에 의한 오염이 발견 되됨에 따라, 지표오염물질의 유입 차단에 만전을 기해야 한다.

2.2.5 김포지구

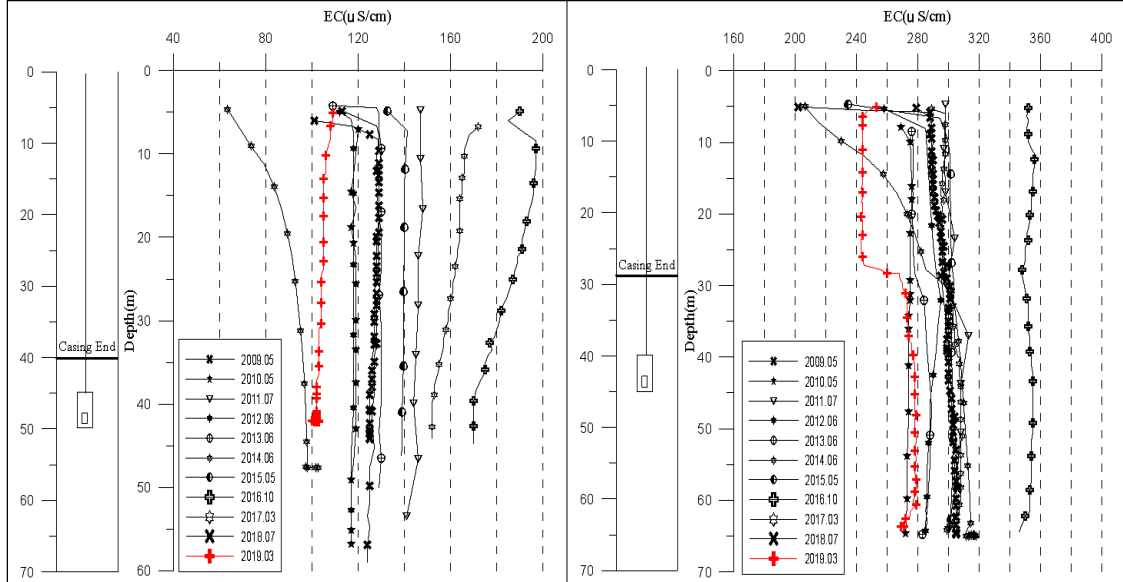
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
김포1	김포시 고촌면 신곡리 1008-25	178856.119	454138.049	8.743	2009	4.31
김포2	김포시 통진읍 가현리 603-6	163867.650	463627.315	8.890	2009	4.27
김포3	김포시 월곶면 갈산리 196	161495.56	568312.66	11.38	2016	7.06

2. 지형 및 지질

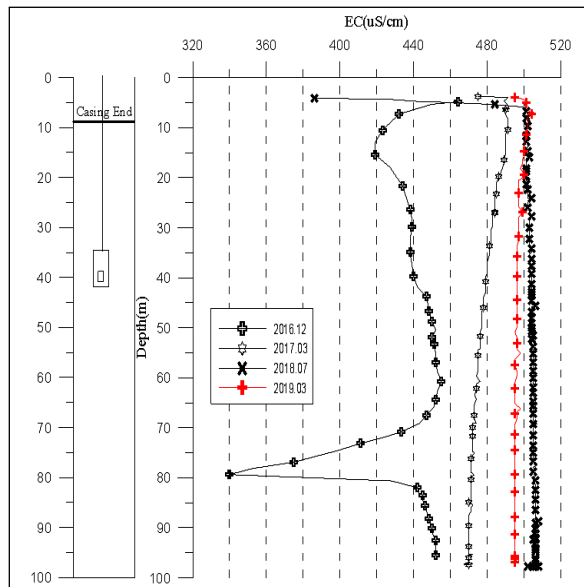
김포지구는 북쪽으로는 한강을 사이에 두고 북한의 개풍군, 서쪽으로는 강화군, 남쪽으로는 인천광역시, 동쪽으로는 한강을 사이에 두고 파주시와 고양시가 인접해 있으며, 넓은 평야지대에 위치한다. 지질은 선캠브리아기의 편암류, 편마암류, 쥐라기 화성암류, 백악기 화성암류 및 제4기의 충적층으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<김포1 관측공>

<김포2 관측공>



<김포3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

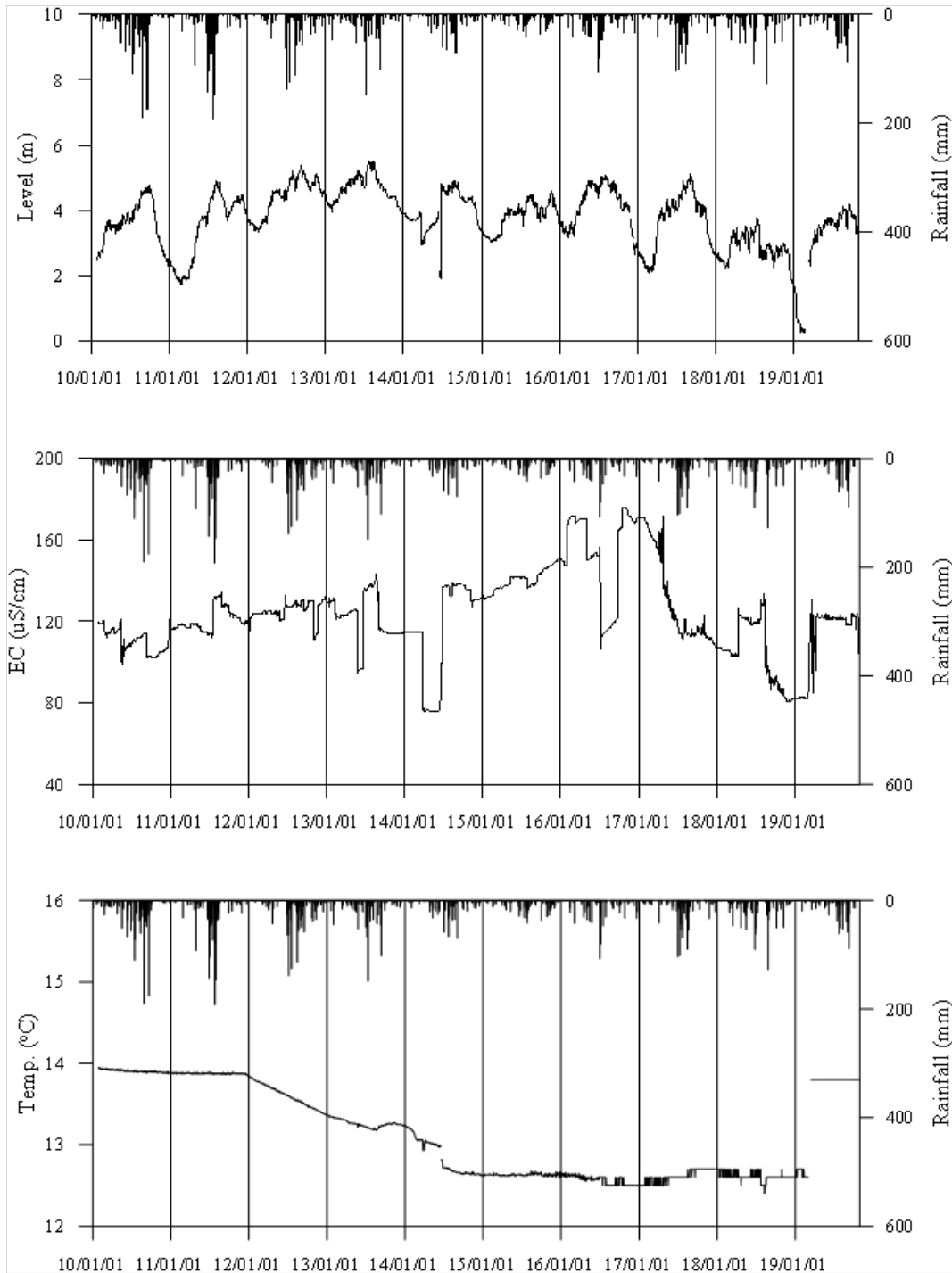
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
김포1	(2009. 5)	5.84	2.91	1.19	15.13	1.65	10.26	48.80	5.04
	(2010. 5)	7.04	2.86	0.97	16.13	1.64	11.39	51.85	5.64
	(2011. 6)	7.69	3.12	1.16	14.78	1.44	14.47	48.80	10.50
	(2012. 6)	6.44	2.73	0.91	13.65	1.63	11.79	42.70	16.01
	(2013. 6)	8.30	2.95	0.84	13.61	1.90	13.63	45.75	8.39
	(2014. 6)	8.19	3.37	1.10	14.98	1.41	13.02	48.80	6.50
	(2015. 5)	8.70	3.30	1.00	15.10	1.50	14.30	48.80	9.70
	(2016. 4)	9.33	3.47	1.20	15.14	1.30	14.76	51.85	13.87
	(2017. 4)	8.60	3.46	1.10	15.72	2.00	18.05	48.80	14.46
	(2018. 7)	9.56	3.14	0.96	13.92	2.33	13.98	45.80	8.11
(2019. 5)	7.29	2.73	0.89	11.88	10.11	5.98	39.65	3.02	
김포2	(2009. 5)	4.72	19.81	1.08	28.36	10.40	9.09	143.35	5.34
	(2010. 5)	4.83	22.82	0.62	25.72	11.43	9.56	155.55	8.22
	(2011. 6)	4.49	23.39	0.72	22.46	11.70	8.05	155.55	4.55
	(2012. 6)	5.92	22.09	0.70	28.69	10.07	15.50	131.15	60.16
	(2013. 6)	4.61	23.76	0.58	21.47	12.02	7.88	155.55	5.08
	(2014. 6)	8.94	22.21	1.35	31.30	9.85	21.97	131.15	32.72
	(2015. 5)	6.20	22.10	0.60	23.20	11.50	12.70	143.40	14.70
	(2016. 4)	9.40	27.10	1.17	28.74	8.72	22.16	146.40	36.72
	(2017. 4)	4.81	24.27	0.64	23.09	14.11	11.26	164.70	8.32
	(2018. 7)	4.37	19.21	0.63	22.61	12.19	8.15	131.20	4.22
(2019. 5)	4.44	18.90	0.54	22.08	11.29	6.37	137.25	3.21	
김포3	(2016.12)	23.00	5.40	4.10	58.80	24.03	45.04	131.15	25.88
	(2017. 4)	21.64	6.75	3.57	72.16	28.23	51.70	164.70	29.11
	(2018. 7)	19.69	6.39	3.05	68.65	26.36	43.93	137.30	17.00
	(2019. 5)	18.22	6.23	2.65	67.55	26.82	41.87	146.40	17.57

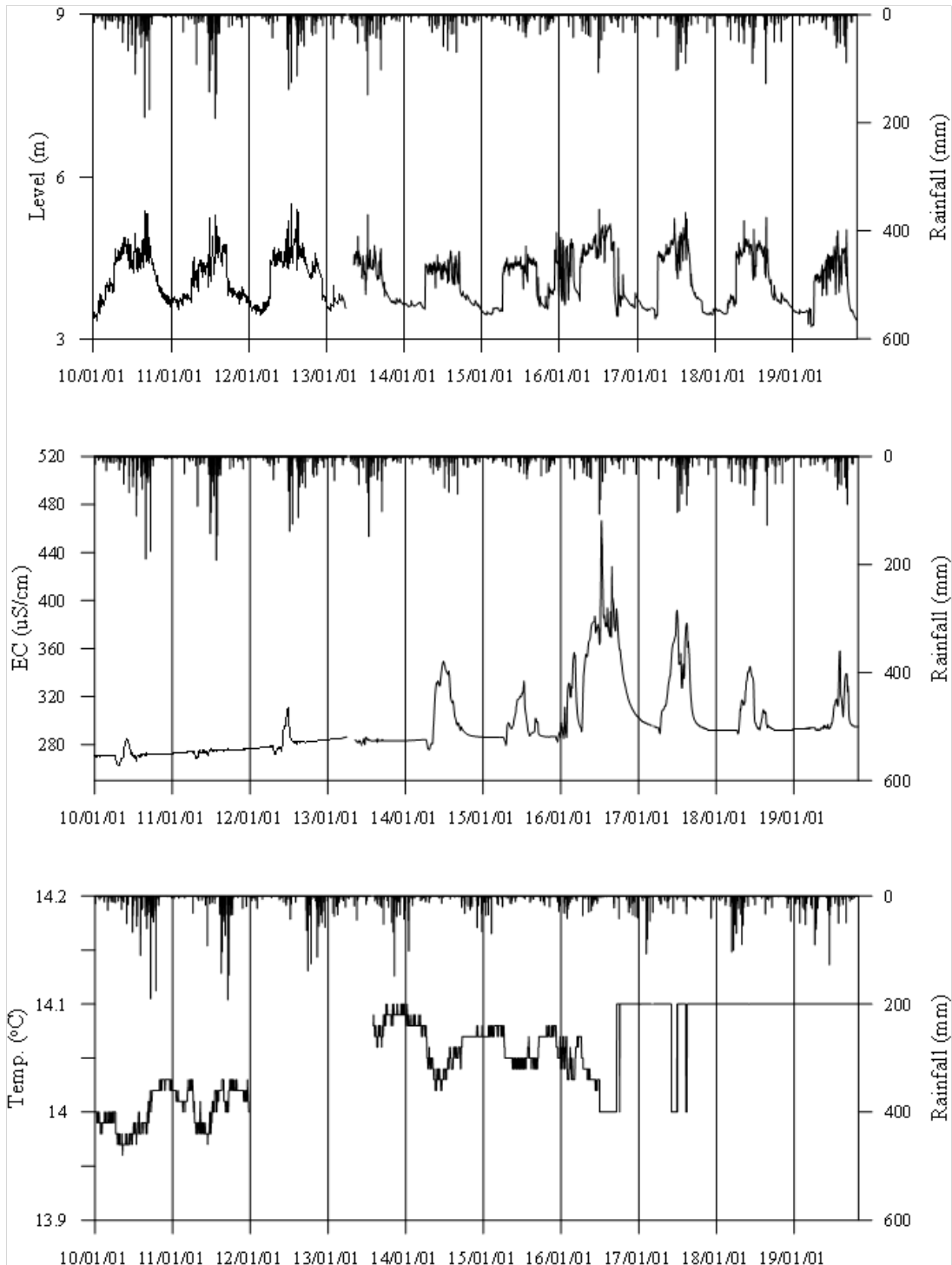
5.

장기관측 결과



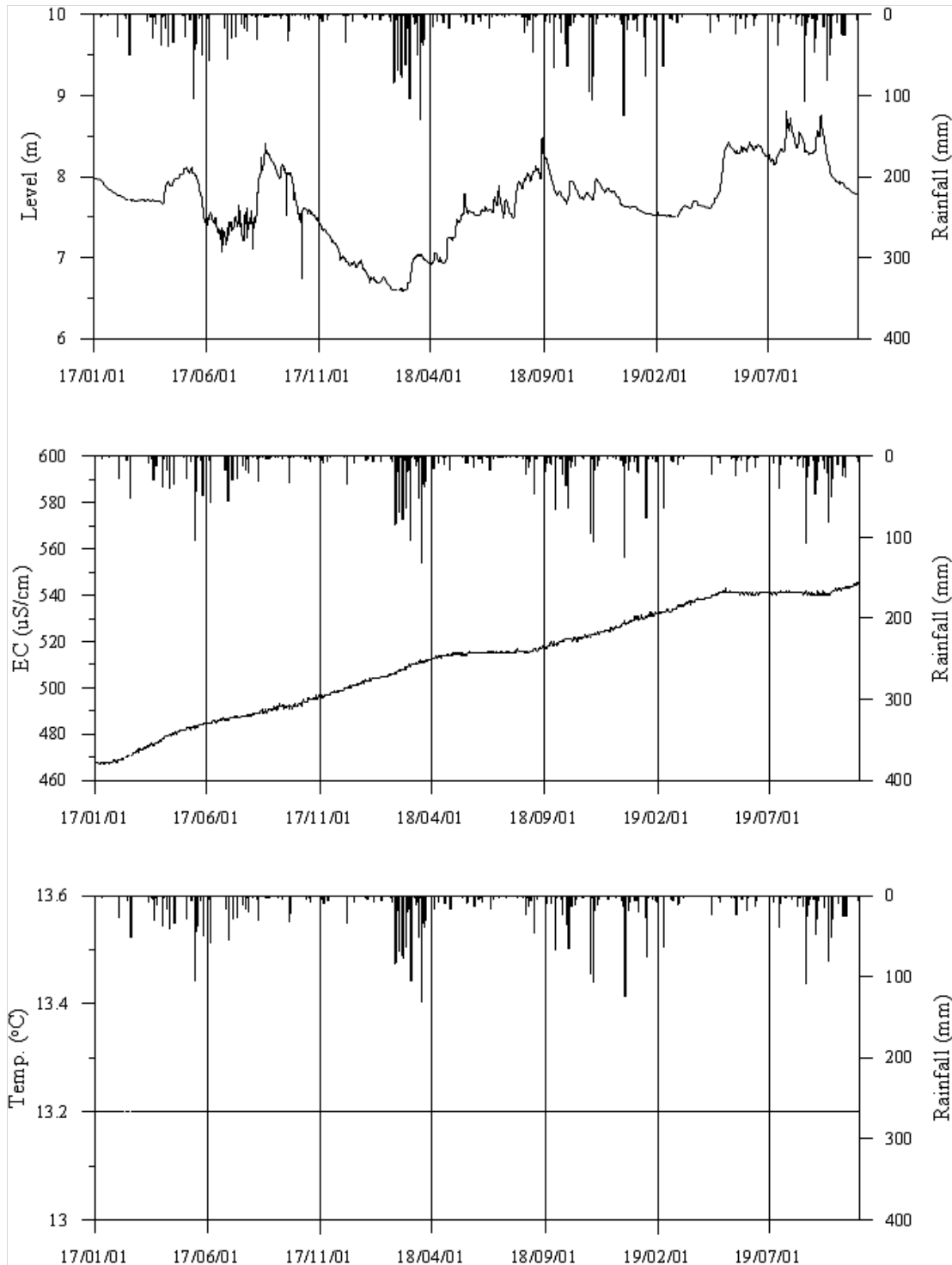
<김포1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<김포2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<김포3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 김포1, 2 관측공은 지하수 관정 수와 관정밀도가 높으며, 현재의 수질은 생활용 수질기준을 만족하고 있으나 농경지의 분포와 축산시설 등의 오염원 분포밀도가 높아 지하수의 수량과 수질관리를 위한 관측공의 위치로 선정하였다. 김포시 월곶면 갈산리에 위치하는 김포3 관측공은 포내천 주변에 설치되었다. 주변으로는 경지정리중인 농경지와 공장시설이 혼재하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 김포1 관측공은 약 80~200 $\mu S/cm$ 범위의 전기전도도 값을 보이며, 김포2 관측공의 전기전도도는 약 200~350 $\mu S/cm$ 범위이다. 김포3 관측공의 전기전도도는 340~500 $\mu S/cm$ 이하이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 김포1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이고, 김포2, 김포3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로 나타났다. 김포2 관측공은 2012년에 질산염 농도가 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 이를 제외하면 3개 관측공 모두 먹는 물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 그러나 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 김포1, 2, 3 관측공은 4월 이후 지하수위가 증가하며 9월 이후 감소하는 추세로 나타났다. 김포1 관측공의 전기전도도 변화 폭은 80 $\mu S/cm$ 이며, 김포2 관측공의 전기전도도는 100 $\mu S/cm$ 내외 범위로 풍수기에 일시적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 김포3 관측공은 지하수위변동과 강우의 상관관계가 높고, 전기전도도는 매우 낮다. 김포3 관측공의 전기전도도는 약 470 $\mu S/cm$ 로부터 약 550 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 경향을 보이고 있어 지속적인 관측이 필요하다.

- 5) 관리 방안 : 김포2 관측공은 질산염에 의한 오염이 간헐적으로 발견됨에 따라, 지표오염물질의 유입차단이 필수적이다. 또한 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 김포3 관측공 또한 전기전도도의 지속적인 증가가 관찰됨에 따라, 장기관측을 통한 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.2.6 여주지구

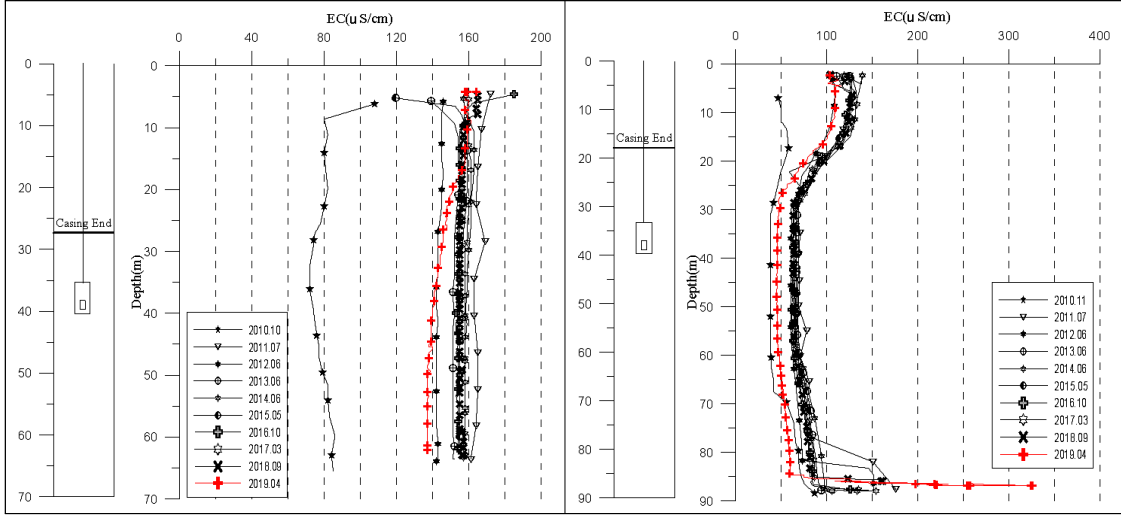
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
여주1	여주군 대신면 초현리 521-6	251872.66	429874.62	37.69	2010	32.94
여주2	여주군 능서면 신지리 1020-10	249969.11	420738.12	44.22	2010	41.24
여주3	여주시 흥천면 계신리 344	247220.10	429890.96	37.76	2016	34.61
여주4	여주시 점동면 현수리 479	261366.44	409869.03	67.40	2016	57.40

2. 지형 및 지질

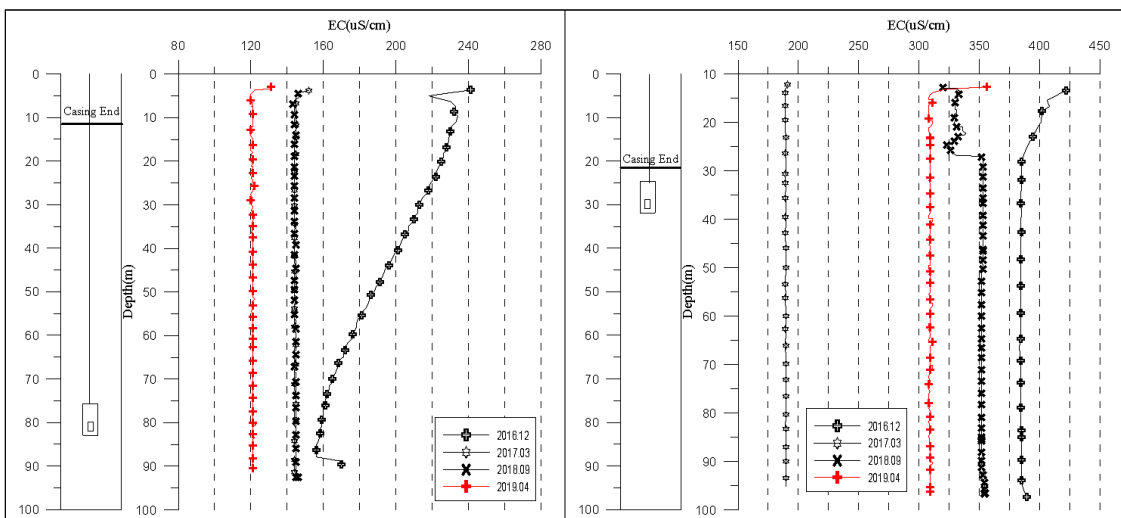
여주1, 2 지구는 동쪽으로 강원도 원주시, 서쪽으로 이천시와 광주시, 남쪽으로 충청북도 음성군과 충주시, 북쪽으로는 양평군과 인접해 있다. 구릉지와 저지대가 뒤섞여 있으며, 평균고도 약 200 m의 준평원을 이루며 중앙부는 특히 낮아 여주 분지를 이루고 주변의 최고지점인 동북단의 당산도 648 m에 불과하다. 동북지역은 산지가 많고 남쪽지역은 전형적인 여주평야로서 넓은 들과 야산이 잘 발달되어 있다. 지질은 남동쪽에 소규모로 분포하는 시대 미상의 편암과 대상흑운모편마암 등의 변성암류를 중생대의 흑운모 화강암이 관입하여 관입접촉의 지질경계를 이루고 있다. 여주3 지구는 한반도의 중앙부에 해당되고 남한강이 광주산맥 주변의 구릉 사이를 남동에서 북서로 관통하여 여주읍 중심의 분지를 형성한다. 분포지질은 화강암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 여주4 지구는 경기도 남동부에 위치하고 있으며 청미천이 점동면을 두 지역으로 가르며 연변에 충적평야가 형성되어 주로 벼농사 지대를 이루고 지질은 화강암류가 기반암을 이루고 있다.

3. 지하수 검층



<여주1 관측공>

<여주2 관측공>



<여주3 관측공>

<여주4 관측공>

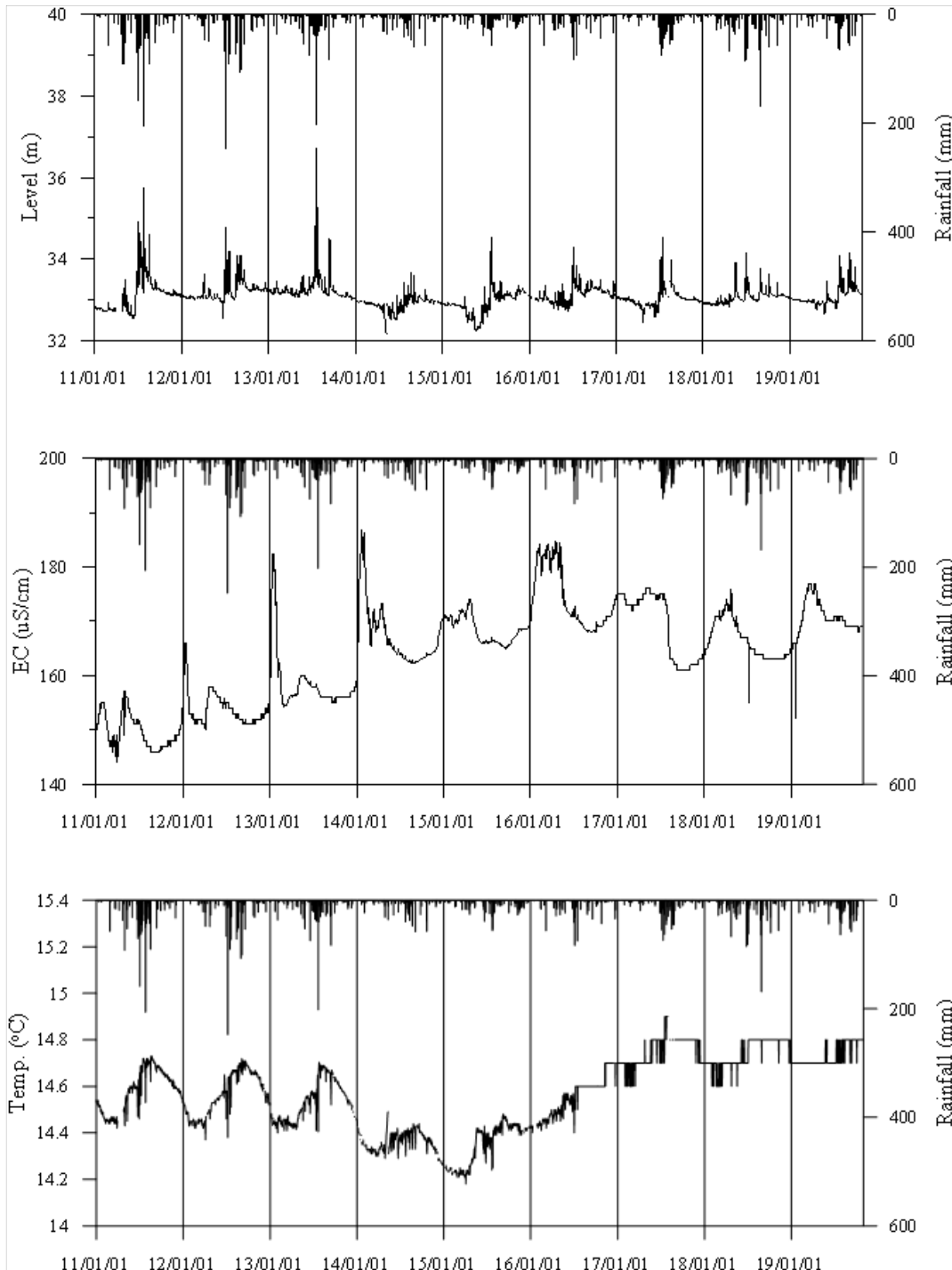
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

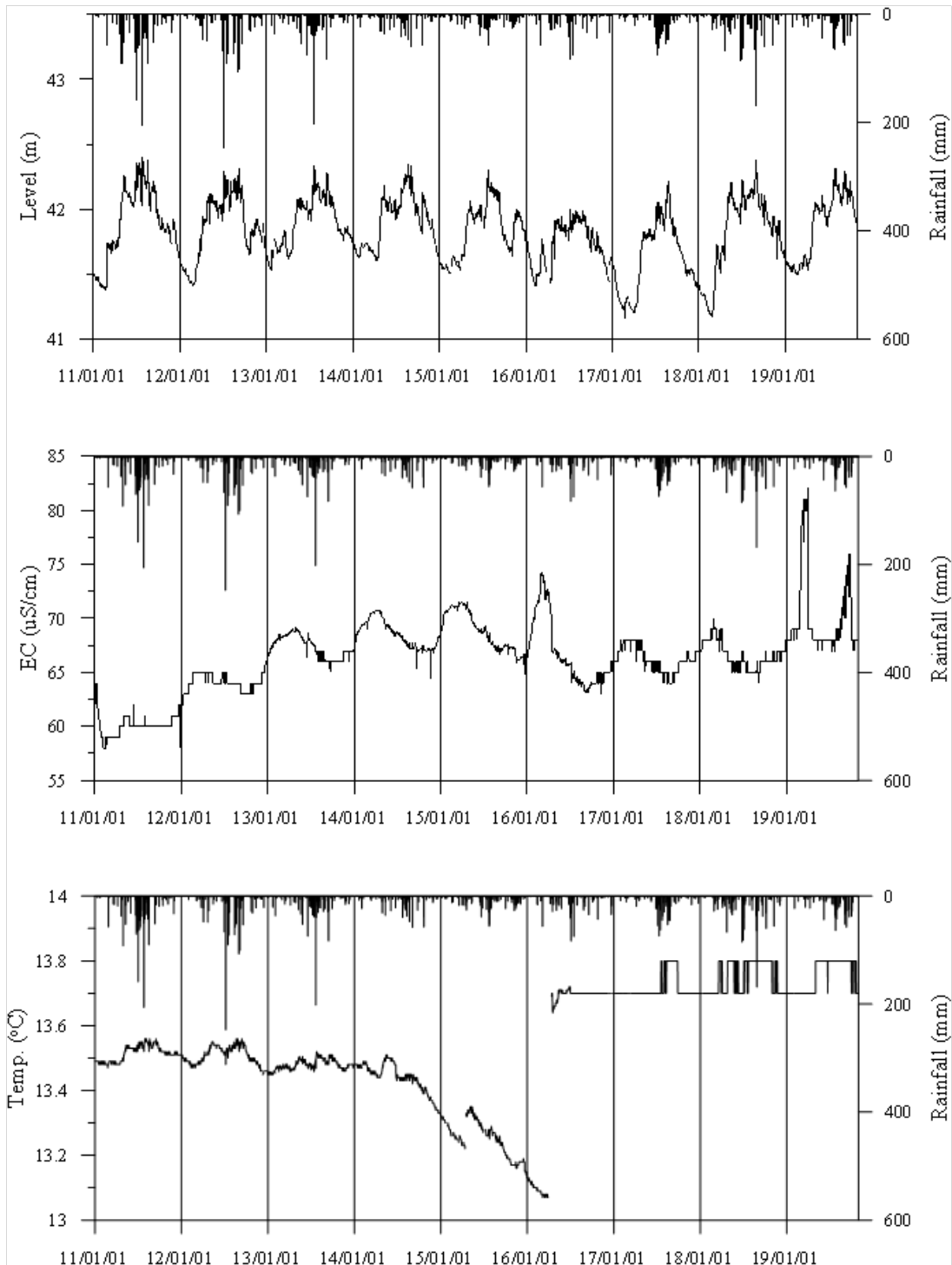
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
여주1	(2010.10)	11.77	2.95	1.19	13.62	3.16	8.21	73.20	0.54
	(2011. 6)	11.42	2.25	1.21	20.33	3.53	4.18	85.40	0.76
	(2012. 6)	12.31	2.38	1.18	17.84	3.71	4.04	70.15	2.04
	(2013. 6)	12.47	2.23	0.98	17.56	3.44	4.03	79.30	0.32
	(2014. 6)	12.73	2.56	1.31	18.93	3.65	4.09	79.30	0.33
	(2015. 5)	14.30	2.30	1.00	18.70	3.70	4.20	85.40	0.40
	(2016. 4)	14.81	2.67	1.28	20.44	4.13	5.31	94.55	0.39
	(2017. 4)	12.74	2.39	1.05	18.82	4.04	4.85	88.45	0.61
	(2018. 7)	11.68	2.52	1.11	19.79	4.26	5.19	76.30	0.65
	(2019. 5)	15.93	4.85	1.32	18.59	3.92	4.85	79.30	0.88
여주2	(2010.11)	10.57	0.73	0.65	4.52	1.42	4.14	36.60	0.50
	(2011. 6)	9.12	0.46	0.60	5.40	N.D.	3.86	36.60	N.D.
	(2012. 6)	10.75	0.51	0.38	3.60	0.31	3.05	36.60	2.50
	(2013. 6)	10.92	0.75	0.45	4.43	0.52	3.53	39.65	0.18
	(2014. 6)	10.83	0.97	0.56	6.11	0.70	4.28	39.65	0.04
	(2015. 5)	12.23	0.65	0.76	4.61	0.89	4.22	45.75	0.24
	(2016. 4)	11.96	0.88	0.87	6.01	0.85	4.34	48.80	0.38
	(2017. 4)	10.08	0.74	0.43	4.85	0.66	4.52	39.65	N.D.
	(2018. 7)	11.16	0.90	0.47	5.81	0.65	4.75	45.80	N.D.
	(2019. 5)	12.95	0.74	0.43	5.51	0.64	4.67	45.75	N.D.
여주3	(2016.12)	12.40	3.70	2.60	26.60	7.69	6.09	100.70	7.56
	(2017. 4)	14.68	0.38	0.82	17.90	10.44	1.51	64.05	N.D.
	(2018. 7)	13.07	0.19	0.64	16.71	9.86	1.56	58.00	n.d.
	(2019. 5)	16.94	0.07	0.56	15.18	8.94	1.21	61.00	0.03
여주4	(2016.12)	10.90	0.20	2.00	50.50	14.69	4.02	51.90	3.30
	(2017. 4)	11.27	1.04	1.44	32.04	8.74	6.01	62.56	5.22
	(2018. 7)	8.38	6.70	4.19	53.52	23.76	8.05	131.20	29.26
	(2019. 5)	7.14	3.44	1.21	9.66	1.39	7.38	51.85	10.04

5. 장기관측 결과



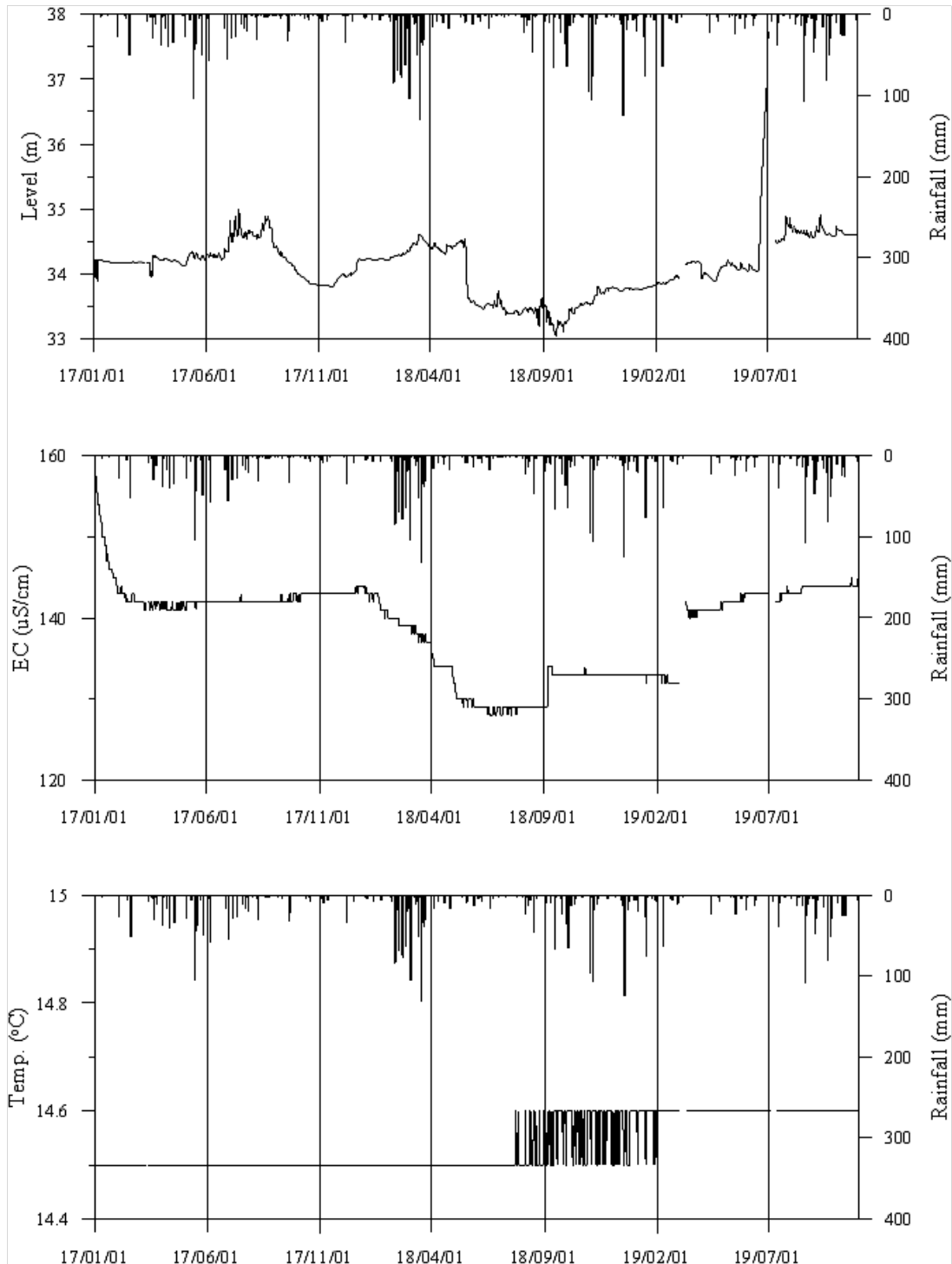
<여주1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



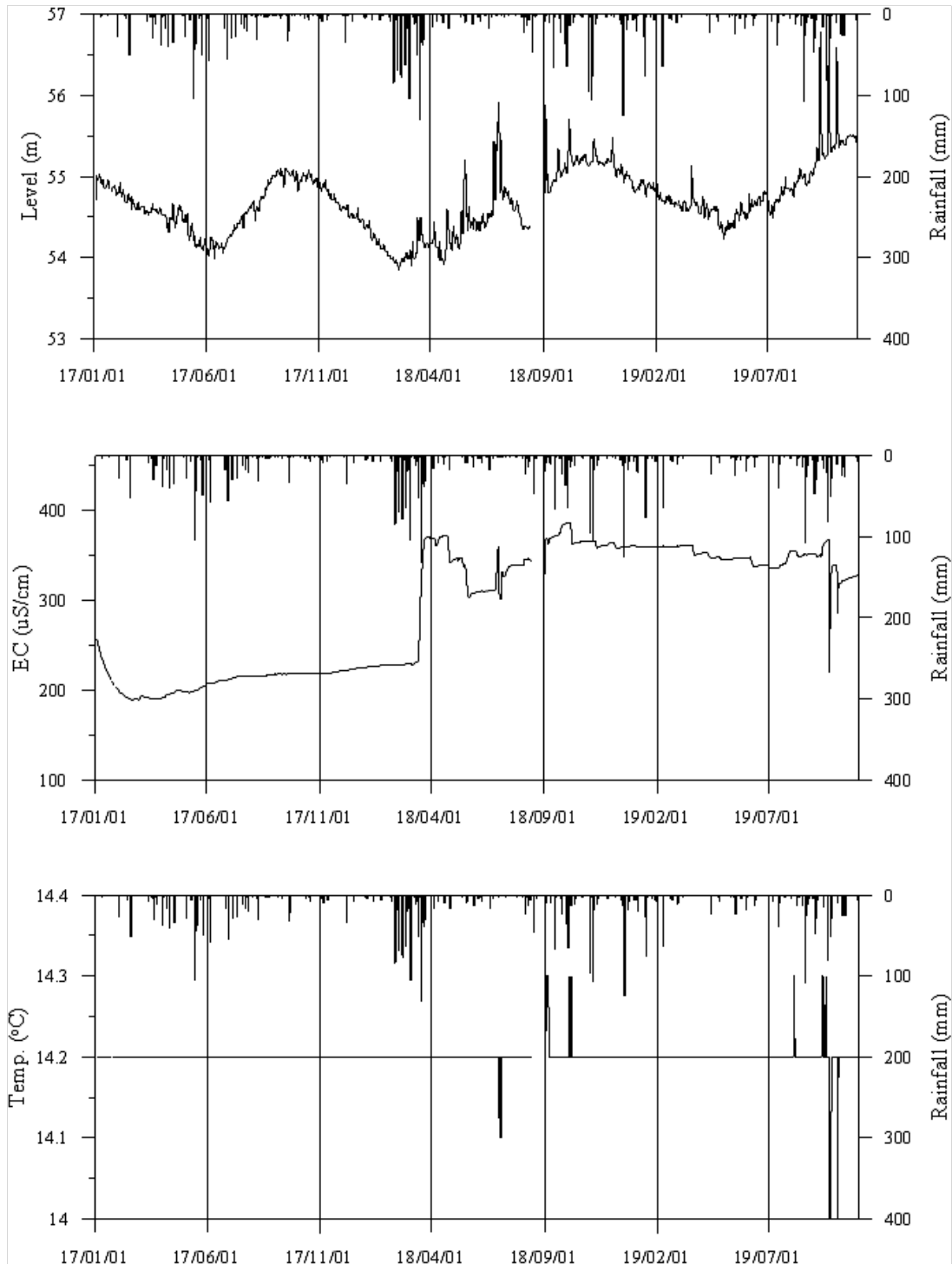
<여주2 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1. ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<여주3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1. ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<여주4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1. ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 여주1, 2 관측공은 지하수 관정 수와 관정밀도가 높으며, 현재의 수질은 생활용 수질기준을 만족하고 있다. 그러나 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 지속적인 수질 및 수량변화를 예측코자 하였다. 여주시 흥천면 계신리에 위치하는 여주3 관측공은 남한강 주변에 설치되었다. 주변으로는 경지정리가 마무리된 농경지가 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 여주시 점동면 현수리에 위치하는 여주4 관측공은 청미천 주변에 설치되었다. 주변으로는 농경지와 축사시설 재배지가 혼재하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 여주1 관측공의 전기전도도는 $160 \mu S/cm$ 내외, 여주2 관측공은 $80 \mu S/cm$ 내외로 일반적인 내륙지역의 지하수 전기전도도 값과 유사한 것으로 나타났다. 여주1 관측공은 심도에 따른 전기전도도 변화는 없으나, 여주2 관측공은 지표 하 30 m 와 83 m 에서 최소 $70 \mu S/cm$ 에서 최대 $190 \mu S/cm$ 로 변화하였다. 여주3 관측공의 전기전도도는 $241 \mu S/cm$ 이하로서, 하부구간의 전기전도도 값이 $156 \mu S/cm$ 로서 근소한 차이가 나타났다. 전반적으로 전기전도도 감소구간으로 최고 $241 \mu S/cm$ 에서 $125 \mu S/cm$ 까지 감소함에 따라, 농업용수로의 활용이 가능한 것으로 나타났다. 여주4 관측공의 전기전도도는 $422 \mu S/cm$ 이하이다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 여주1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 탄산경도가 50% 이상인 알칼리 토금속 및 약산이 우세하다. 여주2, 3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 탄산 염기도가 50% 이상이다. 여주4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 여주지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는 물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은

거의 없는 것으로 분석되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 여주1, 2 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며, 연간 약 2 m 및 1 m 내외의 수위변화를 나타내며, 전기전도도의 변화는 $50 \mu S/cm$, $20 \mu S/cm$ 내외 값을 보이고 있다. 두 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이후 증가 추세이다. 여주3, 4 관측공은 수위가 강수에 반응이 좋고, 전기전도도는 약 $130 \sim 400 \mu S/cm$ 범위로 일반적인 담수영역이다.
- 6) 관리 방안 : 여주지구의 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 유역에 설치하였고 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

2.2.7 파주지구

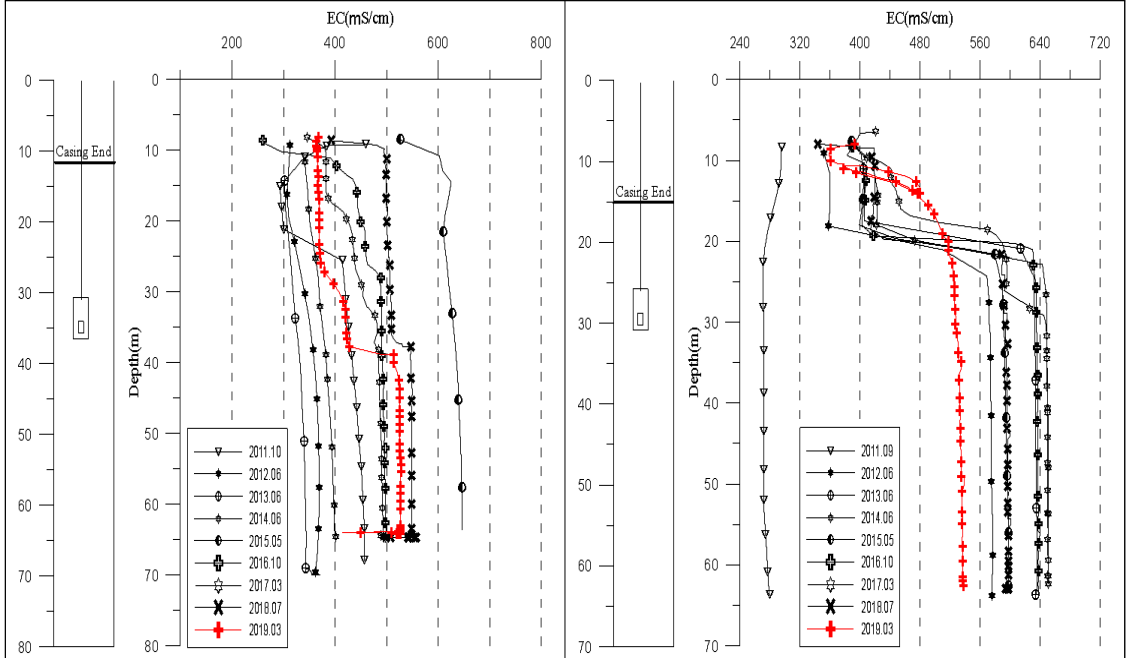
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
파주1	파주시 파평면 금파리 366-31	185389.956	491328.963	12.45	2011	4.19
파주2	파주시 조리읍 능안리 1543	180214.960	471353.646	11.64	2011	3.57
파주3	파주시 문산읍 내포리 511-7	179332.614	483346.775	8.455	2013	6.24
파주4	파주시 법원읍 법원리 512-12	189515.633	583782.794	62.87	2017	56.43

2. 지형 및 지질

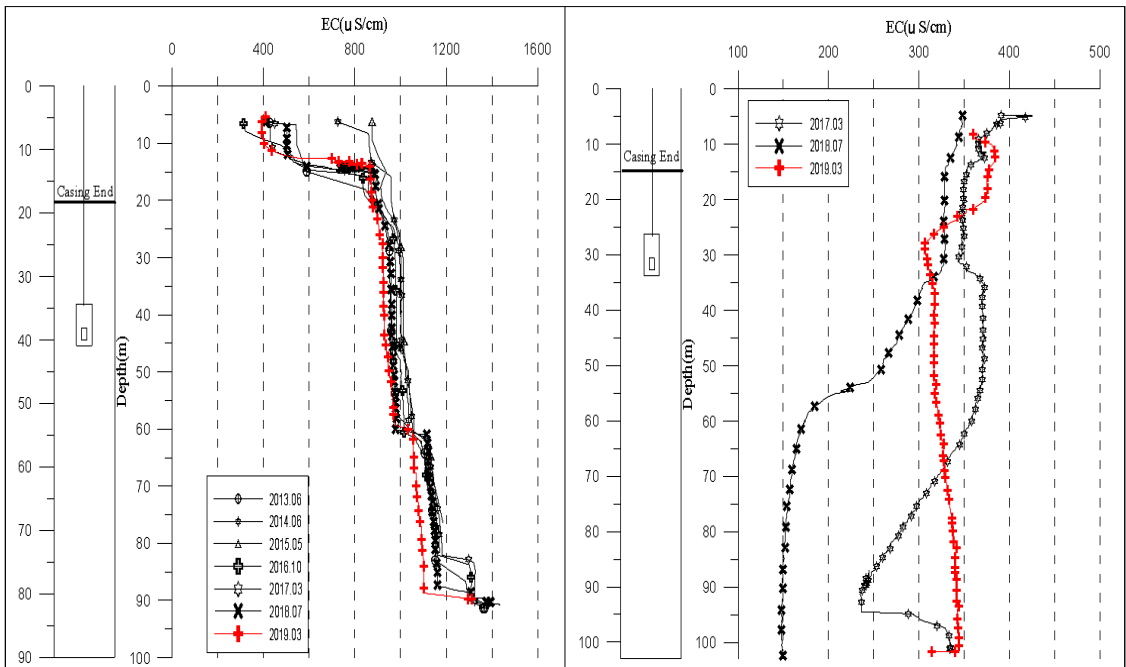
파주지구의 동쪽 및 북동쪽은 감악산, 노고산 등을 경계로 양주시, 연천군에 접하고, 남쪽은 명봉산, 개명산 등을 경계로 고양시와 접하며, 북서쪽은 군사분계선으로 그 사이를 임진강이 흐르고 있다. 기반암은 주로 선캄브리아대의 호상편마암으로 구성되어 있으나, 동쪽에는 대보화강암도 나타난다. 또한, 동쪽에는 남쪽의 북한산으로 연속되는 저산성의 산지가 널리 분포하며, 서쪽은 임진강 하류와 한강의 하류 지역으로 대체적으로 저평한 지형을 이루고 평야가 넓게 펼쳐져 있다.

3. 지하수 검층



<파주1 관측공>

<파주2 관측공>



<파주3 관측공>

<파주4 관측공>

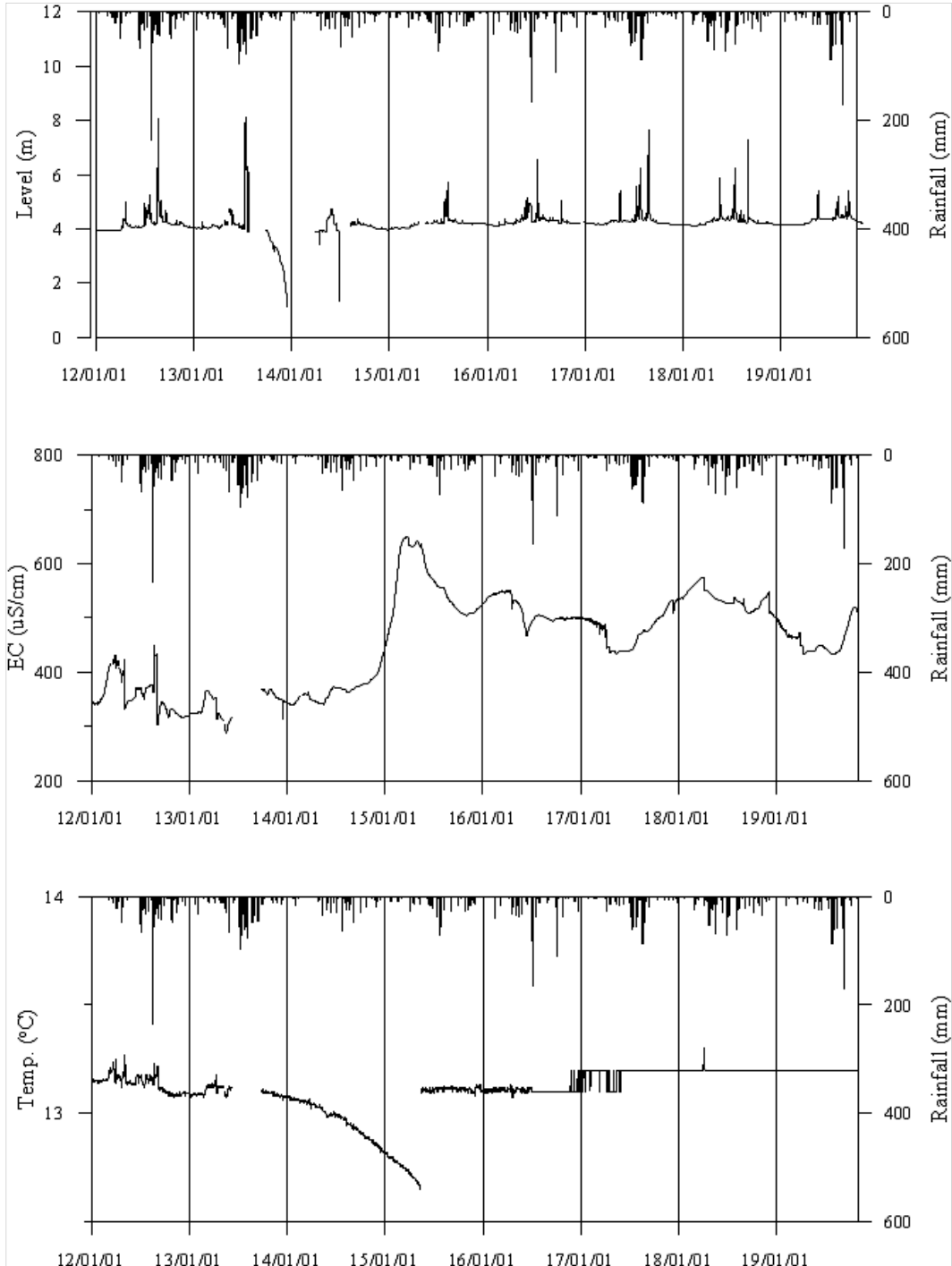
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

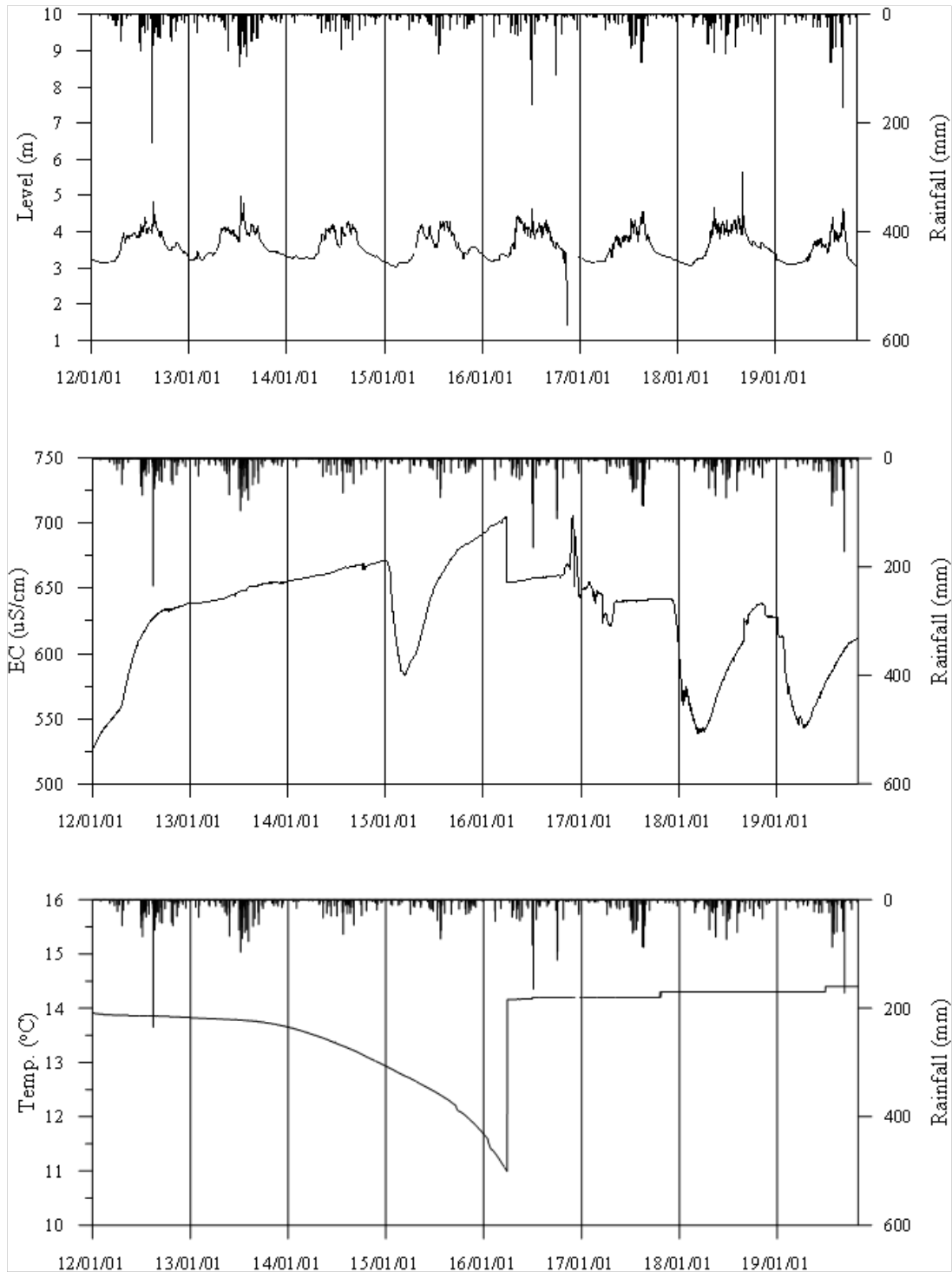
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
파주1	(2011. 9)	12.25	5.34	2.52	37.71	25.81	20.82	88.45	15.77
	(2012. 6)	20.92	4.89	3.15	48.07	23.94	30.13	128.10	19.25
	(2013. 6)	16.02	5.50	2.31	37.75	17.92	27.78	112.85	9.52
	(2014. 6)	23.12	4.83	2.82	46.29	25.43	30.88	118.95	5.77
	(2015. 5)	60.75	9.36	3.54	64.53	82.13	53.35	204.35	0.14
	(2016. 4)	42.48	6.48	2.60	59.90	44.31	52.47	155.55	5.90
	(2017. 4)	30.89	5.23	3.01	52.57	34.90	48.56	137.25	6.45
	(2018. 7)	42.96	6.56	3.14	57.24	45.37	68.09	119.00	1.86
파주2	(2019. 5)	25.43	5.52	2.79	42.79	27.69	42.00	100.65	0.26
	(2011. 9)	15.46	14.90	2.86	16.14	12.23	33.25	94.55	0.44
	(2012. 6)	37.67	17.84	4.16	27.90	2.30	62.90	152.50	0.11
	(2013. 6)	36.07	16.74	3.17	19.69	5.99	60.68	149.45	N.D.
	(2014. 6)	50.66	20.84	3.54	28.34	3.85	80.64	179.95	0.54
	(2015. 5)	29.25	18.19	3.38	20.16	16.35	42.06	164.70	0.81
	(2016. 4)	50.55	20.12	3.20	25.67	5.69	68.99	158.60	3.92
	(2017. 4)	31.49	17.23	3.71	20.05	12.99	65.54	122.00	8.02
파주3	(2018. 7)	27.41	17.22	3.56	19.51	7.46	48.14	112.90	4.44
	(2019. 5)	29.30	18.04	3.57	20.77	21.17	52.10	97.60	0.21
	(2013. 6)	108.06	8.17	28.97	16.58	16.76	99.70	198.25	N.D.
	(2014. 6)	153.31	18.78	4.65	22.06	5.58	173.23	253.15	5.95
	(2015. 5)	137.15	19.94	6.03	20.09	N.D.	135.93	268.40	0.95
	(2016. 4)	88.02	18.56	7.38	30.60	13.70	96.11	244.00	7.23
	(2018. 7)	128.58	7.00	10.30	33.37	28.70	149.01	183.00	5.40
파주4	(2018. 7)	10.12	7.34	16.84	61.93	28.37	11.87	198.30	4.31
	(2019. 5)	8.97	6.31	15.28	61.24	62.88	7.08	158.60	3.42
	(2017.10)	30.46	7.46	2.31	38.77	27.21	42.22	73.20	48.99
파주4	(2018. 7)	20.20	5.39	2.49	45.48	22.43	31.49	67.10	55.25
	(2019. 5)	19.77	6.82	2.16	44.47	36.00	27.66	76.25	58.57

5. 장기관측 결과

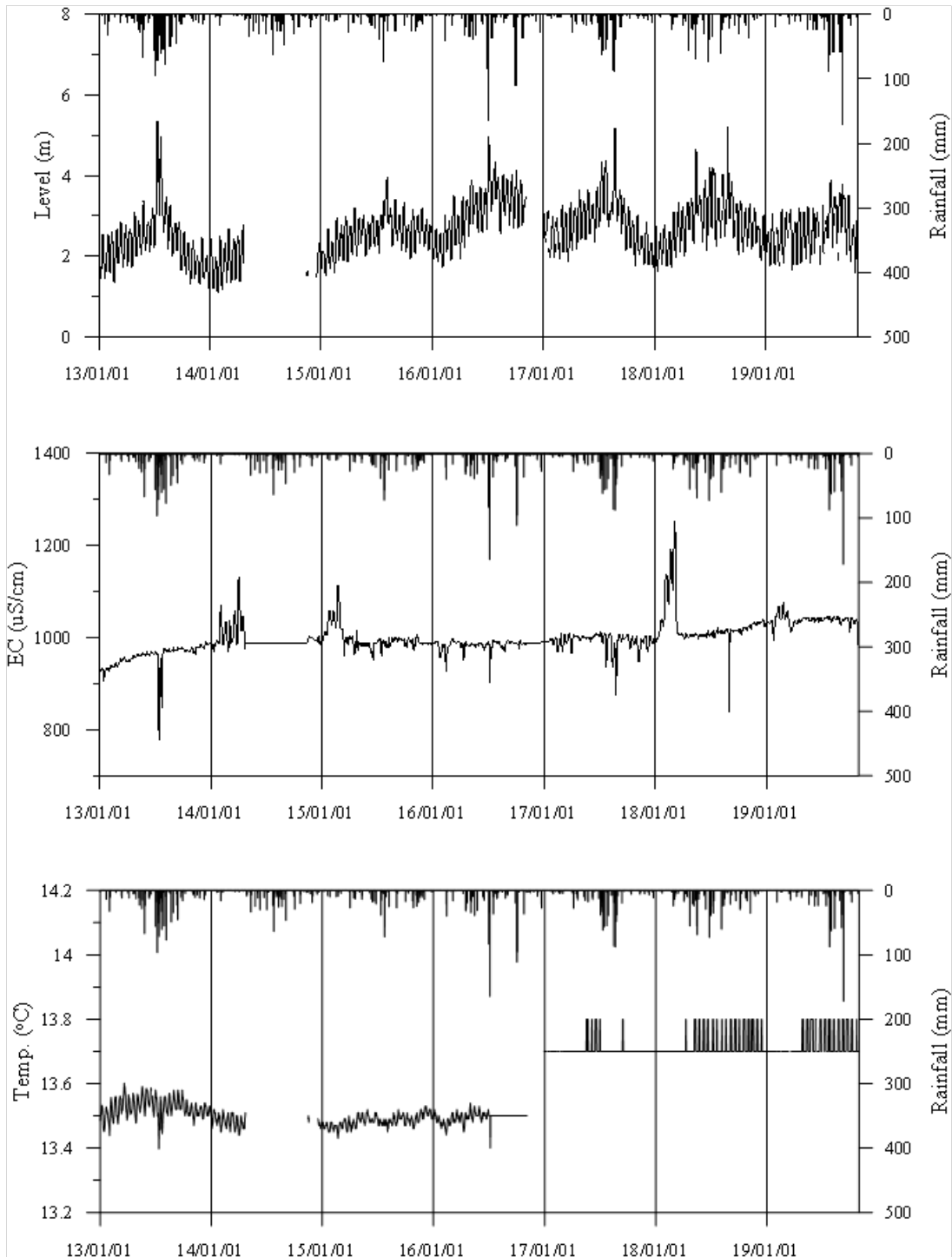


<과주1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2018.10.31)>

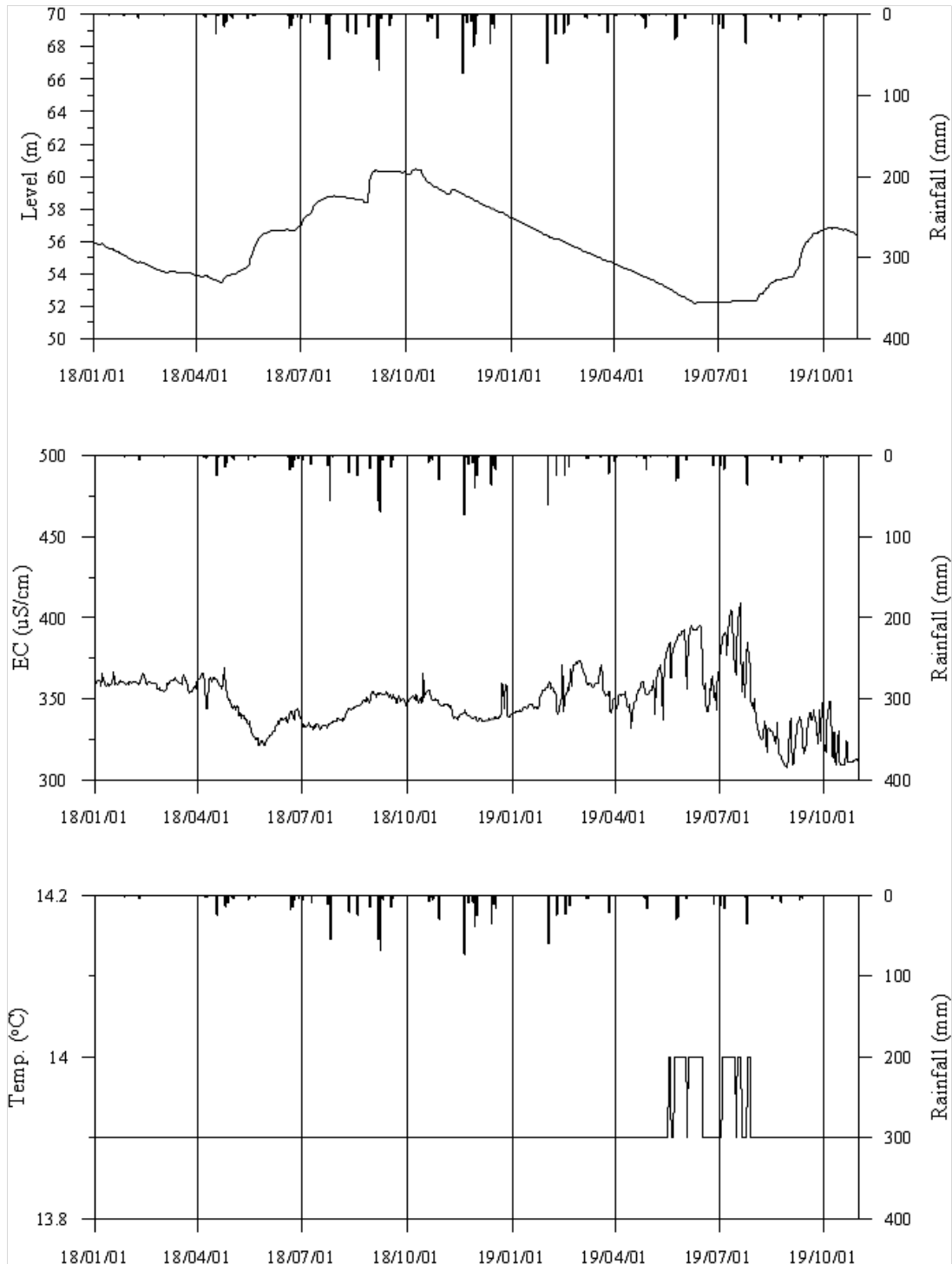
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<파주2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<파주3 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<파주4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2018.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 파주1, 2, 3 관측공은 지하수 관정 수와 관정밀도가 높으며, 현재 수질은 생활용수 수질기준을 만족하고 있지만 농경지가 분포가 넓어서 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역을 대상으로 설치하였다. 파주4 관측공은 지하수 적정개발 가능량 대비 이용량이 90 %이상으로 단위 면적당 지하수 이용량이 많으며 관정밀도도 높은 법원읍 법원리 지역으로, 수량관리가 필요함에 따라 지속적인 수위변화 모니터링을 위하여 지하수 관측공을 설치·운영코자 하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 파주1 관측공의 전기전도도는 280 ~ 650 $\mu S/cm$ 범위이며, 전기전도도는 심도 약 25 m에서 상승하였다. 파주2 관측공의 전기전도도는 약 650 $\mu S/cm$ 이하로, 심도 하 20 m에서 전기전도도가 약 400 $\mu S/cm$ 에서 약 640 $\mu S/cm$ 로 변화하는 전이대가 관찰되었다. 파주3 관측공은 심도 약 15, 60, 80 m에서 전이대가 발견되지만, 전 구간 답작에 활용 가능한 수질이다. 파주3 관측공이 내륙에 위치하나, 전기전도도가 높게 나타나는 이유는 염농도가 높은 지하수의 유입 때문이며, 나트륨과 염소 이온이 높은 것으로 볼 때, 조석에 따라 운반되는 염수 유입의 영향을 받는 것으로 판단된다. 파주4 관측공은 전구간 440 $\mu S/cm$ 이하이며, 심도가 깊어질수록 전기전도도가 감소하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 파주3 관측공은 Ca+Mg 성분이 Na+K 성분보다 우세하여 (Ca, Mg)-HCO₃ 유형으로 나타나며, 물-암석 반응, 수온 및 주변 환경 등의 원인으로 Ca 성분이 우세한 것으로 나타났다. 파주 1, 2, 4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 염수의 유입을 비롯하여 분뇨, 비료 등 외부 오염원의 영향을 받은 것으로 판단된다. 파주4 관측공의 2017년, 2018년, 2019년 질산염 농도는 매년 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하나 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 외부오염물질의 대수층 유입 감시가 필요하다.

- 4) 장기 관측결과 : 파주1, 2 관측공은 강수에 의해 연간 약 5 m 및 2 m 내외의 수위변화를 보이며, 전기전도도는 약 280 ~ 650 $\mu S/cm$, 520 ~ 700 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 파주1, 2 관측공의 경우 관측공 개발 이후 전기전도도가 증가되어 지속적인 관찰이 필요하다. 파주3 관측공의 지하수위는 강수에 의한 영향보다는 조석의 영향을 더 많이 받는다. 전기전도도는 1,000 $\mu S/cm$ 내외로 임진강을 따라 역류하는 해수의 영향을 약간 받는 것으로 나타났다. 파주4 관측공은 8 m 내외의 수위 변화를 보이며, 10월경의 수위가 가장 높고 급수기인 4~7월경 수위가 낮게 나타났다. 전기전도도는 평균 350 $\mu S/cm$ 로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 파주1, 2 관측공은 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다. 파주3 관측공은 조석의 영향으로 강을 따라 유입되는 염수의 공내 유입을, 파주4 관측공은 외부 오염원의 영향을 지속적으로 관찰할 필요가 있다.

2.2.8 용인지구

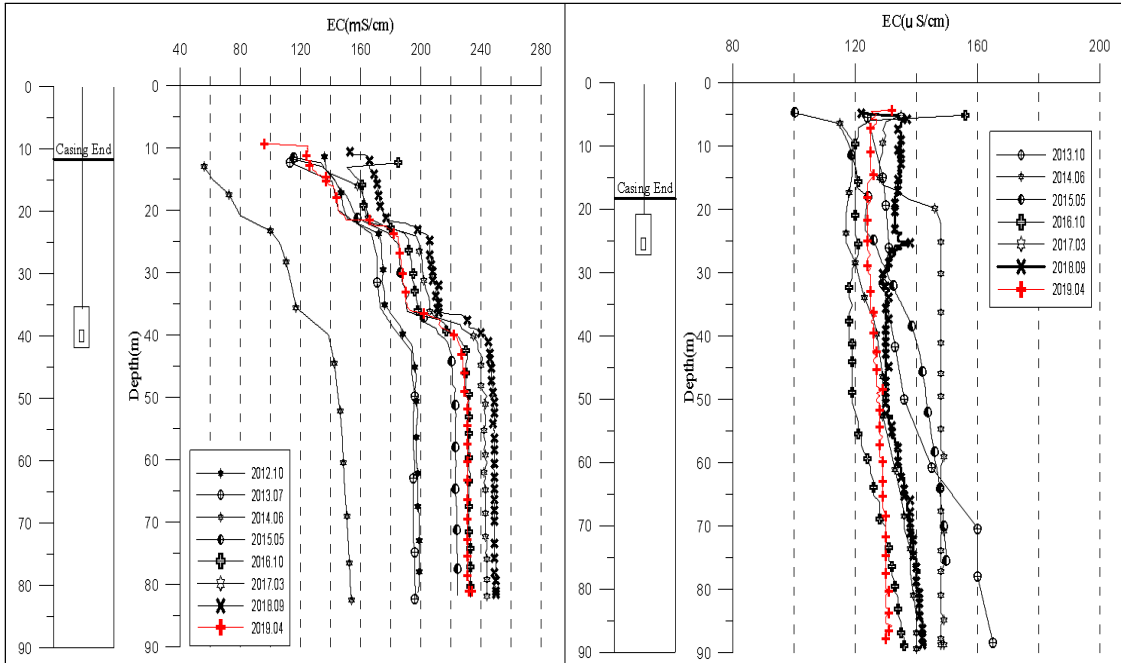
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
용인1	용인시 처인구 이동면 어비리 1093-1	216605.24	400457.03	47.72	2012	36.90
용인2	용인시 처인구 원삼면 두창리 1848	229817.862	407947.750	108.36	2013	103.86
용인3	용인시 처인구 백암면 석천리 840-5	231969.220	401392.408	113.66	2016	108.77
용인4	용인시 수지구 동천동 53-1	207577.979	527924.838	73.475	2018	70.245
용인5	용인시 처인구 포곡읍 영문리 516	218512.268	519437.987	73.138	2018	70.208
용인6	용인시 처인구 모현읍 매산리 694	219613.402	527301.320	63.888	2018	61.628

2. 지형 및 지질

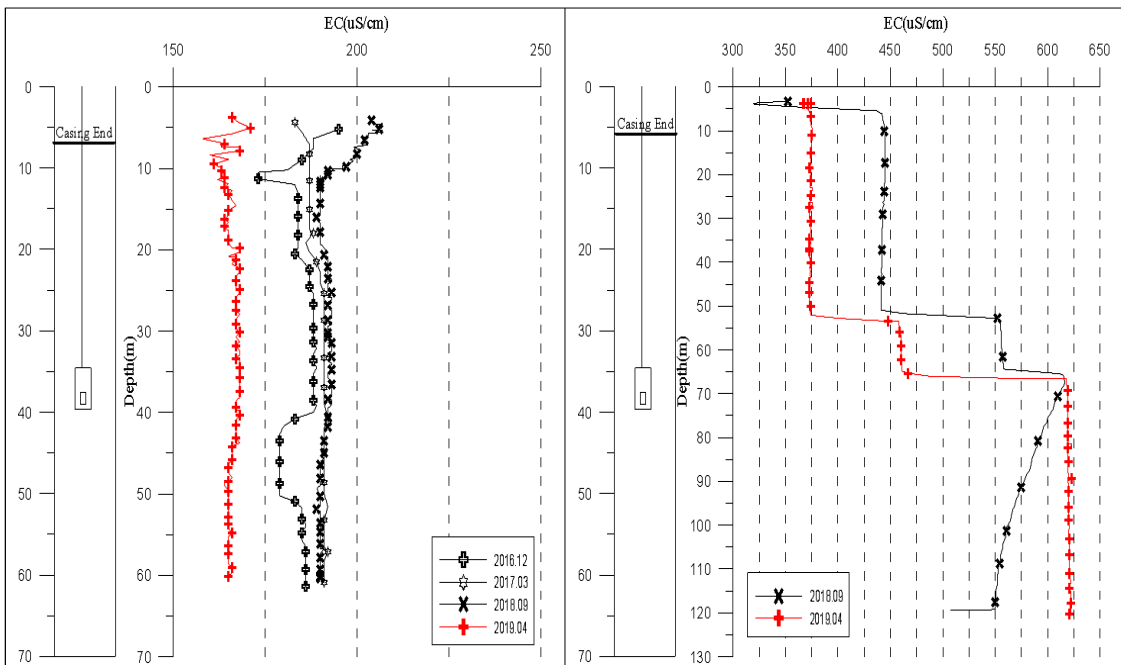
용인1, 용인2 지구는 북동쪽의 삼봉산, 북서쪽의 무봉산, 그리고 남쪽으로 천덕산으로 둘러싸인 이동저수지 남쪽에 자리하고 있다. 지질은 선캠브리아기 변성암류가 대부분을 차지하며 흑운모편마암, 함전기석편마암 등의 편마암류와 우백색 편암, 석영-운모편암의 편암류로 구분된다. 또한 이들 변성암류를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 용인3 지구는 경기도의 중심에 위치한 광주산맥에 속하며, 산지의 동쪽 남북방향의 침식저지대에 해당된다. 지질은 화강암류와 편마암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



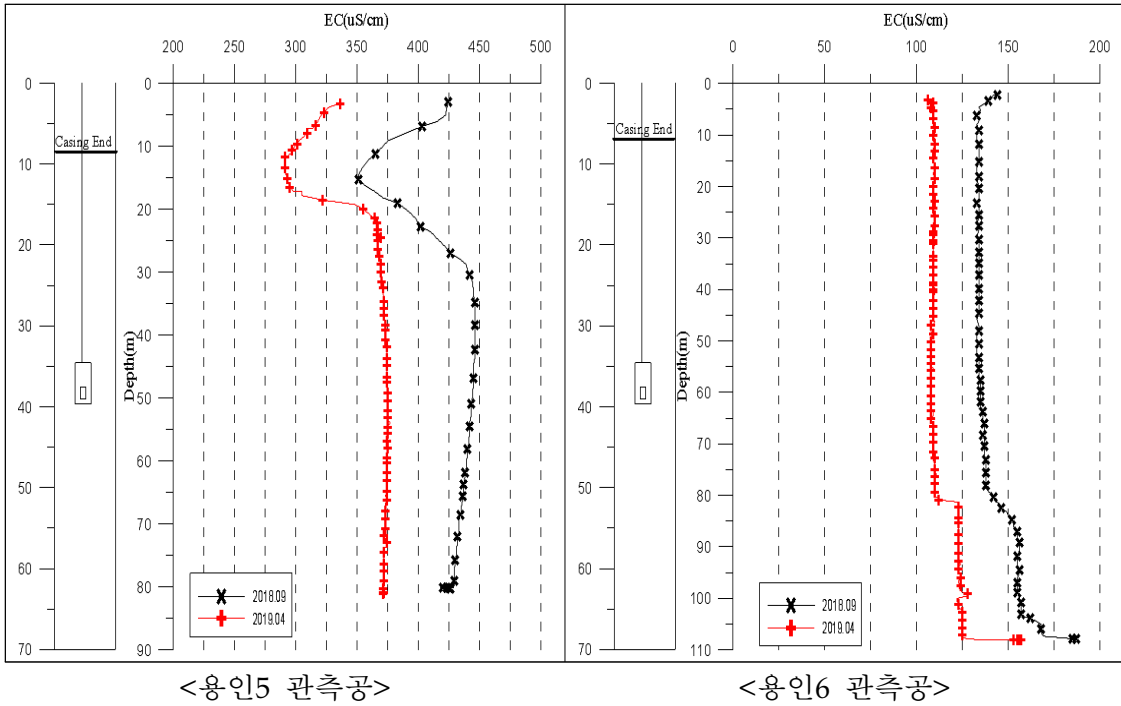
<용인1 관측공>

<용인2 관측공>



<용인3 관측공>

<용인4 관측공>



4. 지하수 수질 분석

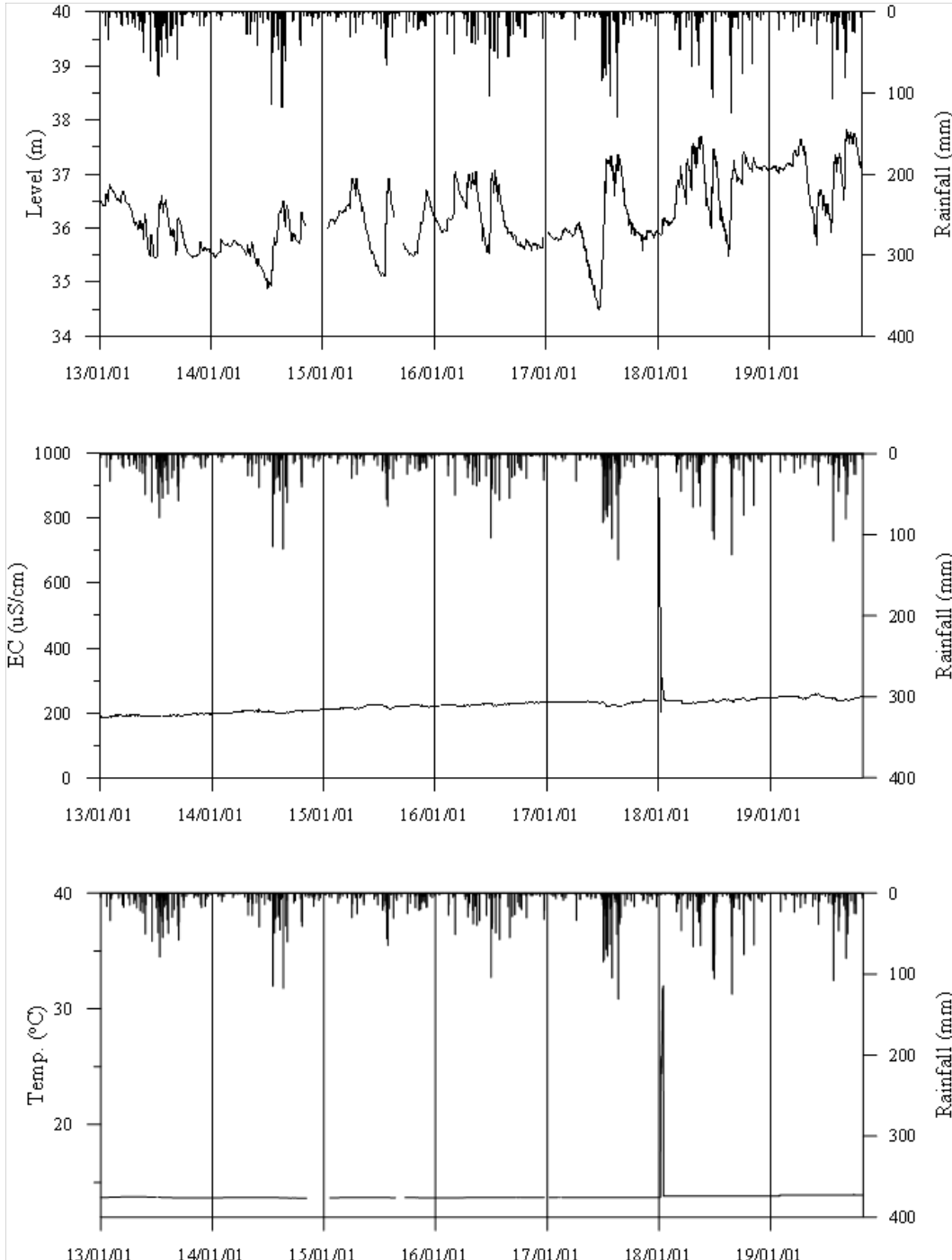
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
용인1	(2012.10)	7.81	7.20	1.29	18.89	6.23	12.45	79.30	4.93
	(2013. 7)	7.32	6.20	1.14	13.11	7.12	12.75	51.85	0.09
	(2014. 6)	7.70	7.42	1.54	15.83	7.66	13.27	61.00	5.87
	(2015. 5)	8.20	7.80	1.30	18.90	7.10	14.70	73.20	5.50
	(2016. 4)	7.97	6.40	1.42	12.71	5.87	13.76	54.90	7.43
	(2017. 4)	6.95	5.82	1.45	12.76	13.43	17.67	42.70	7.53
	(2018. 7)	7.85	5.75	1.54	11.33	4.65	15.50	39.70	9.60
	(2019. 5)	8.43	4.81	2.32	10.41	4.28	14.93	42.70	8.93

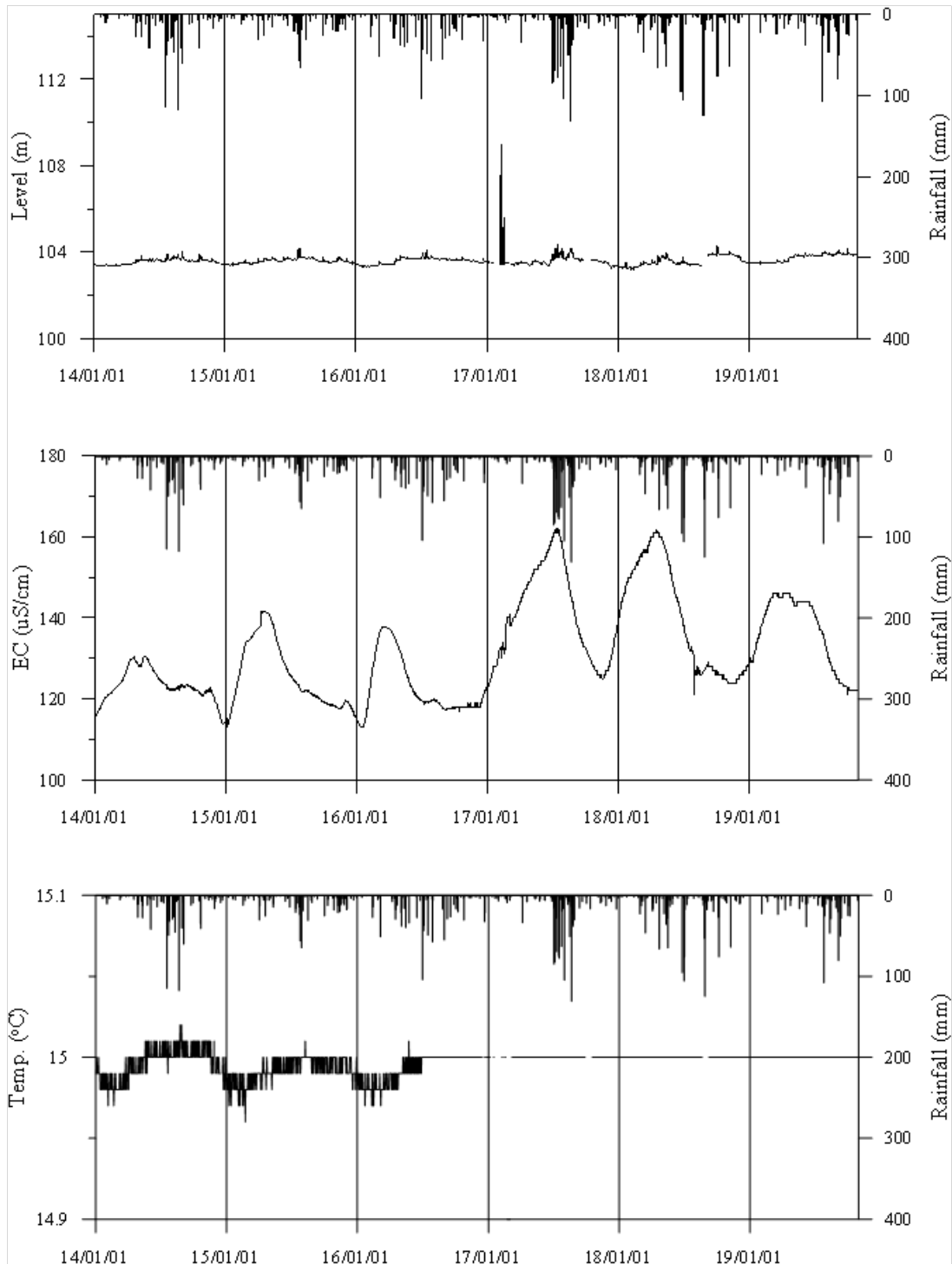
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
용인2	(2013.11)	9.63	1.52	1.05	13.30	3.73	2.59	64.05	0.26
	(2014. 6)	9.00	2.05	1.20	14.51	3.00	2.39	61.00	0.57
	(2015. 5)	10.10	1.90	1.00	17.00	3.60	2.70	76.30	0.50
	(2016. 4)	10.00	1.80	1.20	16.20	3.20	2.90	76.30	0.50
	(2017. 4)	9.74	2.03	1.03	18.89	3.93	4.53	73.20	0.71
	(2018. 7)	9.38	1.88	1.86	17.23	3.40	3.64	70.20	n.d.
	(2019. 5)	10.94	1.56	1.13	15.34	3.48	3.45	78.08	0.27
용인3	(2016.12)	10.00	4.20	0.80	23.90	4.75	5.52	86.90	10.68
	(2017. 4)	9.50	3.77	0.59	26.19	4.51	4.92	91.50	14.14
	(2018. 7)	10.46	4.32	0.63	21.81	5.42	6.48	73.20	12.66
	(2019. 5)	11.29	3.24	0.54	20.33	4.25	4.29	76.25	11.37
용인4	(2018.11)	32.28	4.02	5.04	43.54	14.12	6.76	179.95	6.17
	(2019. 5)	38.19	3.80	1.68	48.48	1.67	3.60	222.65	0.04
용인5	(2018.11)	18.82	9.06	4.09	43.56	17.07	34.58	137.25	26.16
	(2019. 5)	18.23	7.18	1.82	18.54	10.52	1.24	134.20	31.30
용인6	(2018.11)	9.23	0.89	1.21	18.37	11.52	1.77	54.90	0.23
	(2019. 5)	11.01	0.67	0.69	18.54	10.52	1.24	57.95	0.02

5. 장기관측 결과



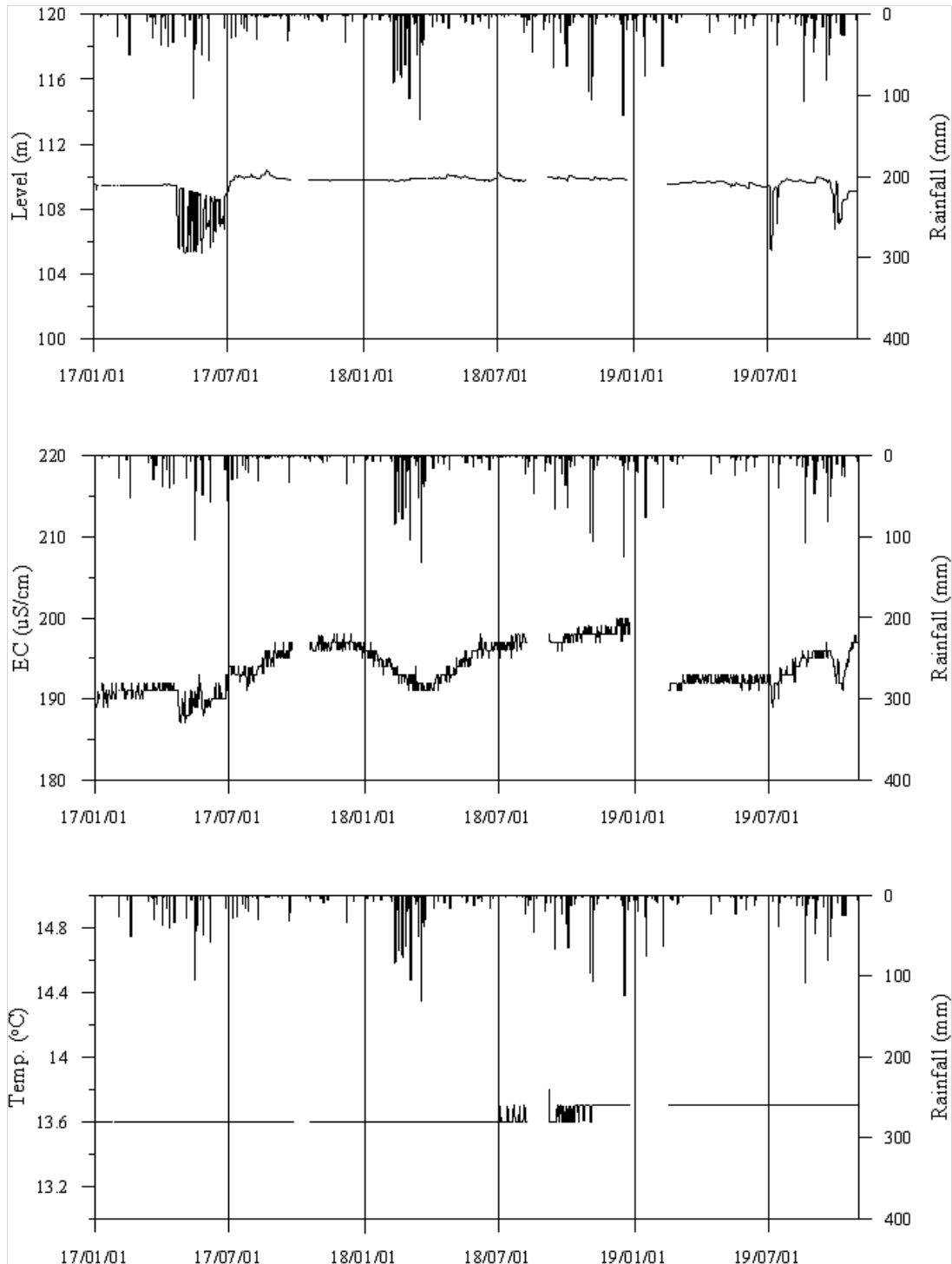
<용인1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



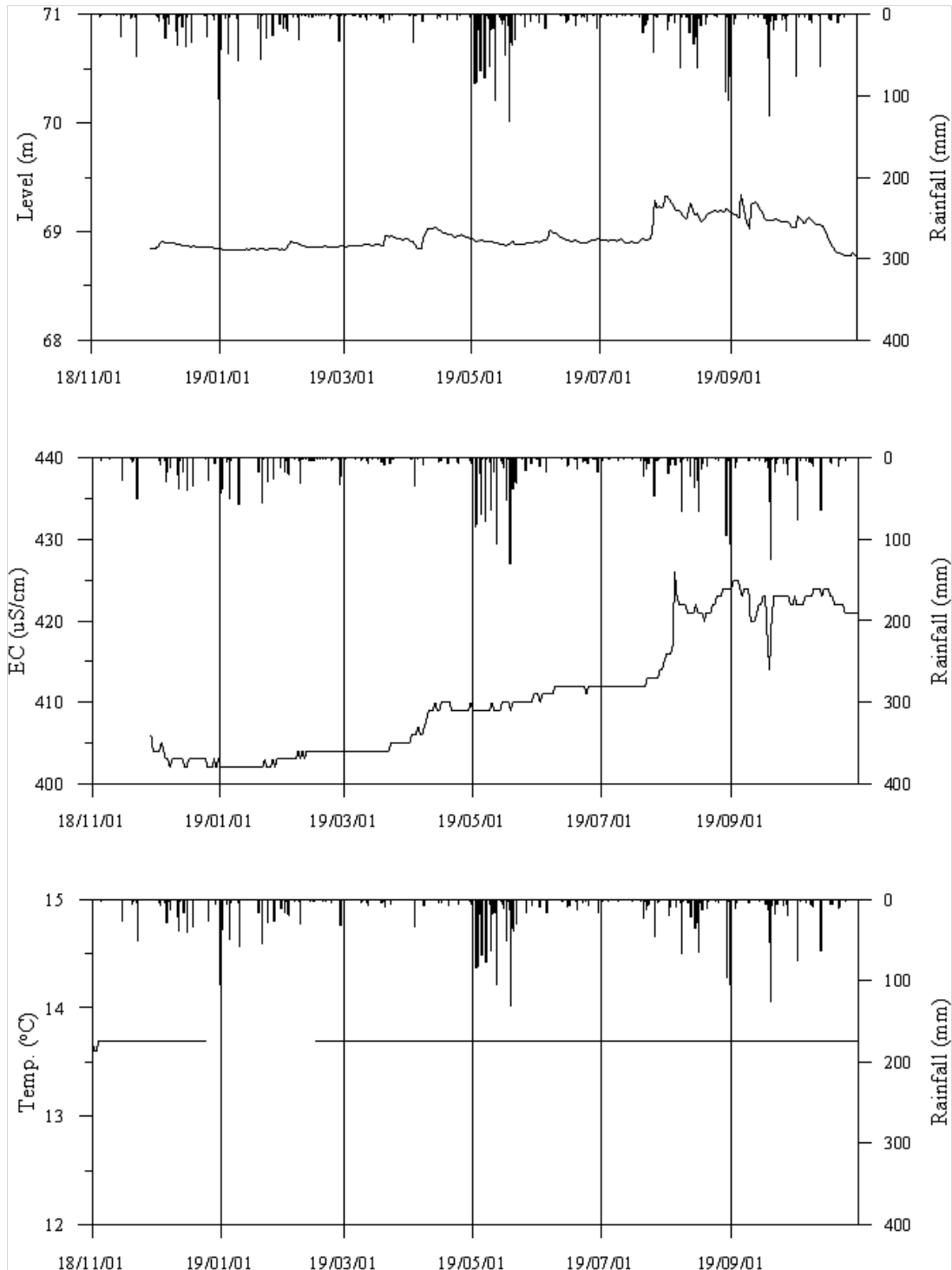
<용인2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

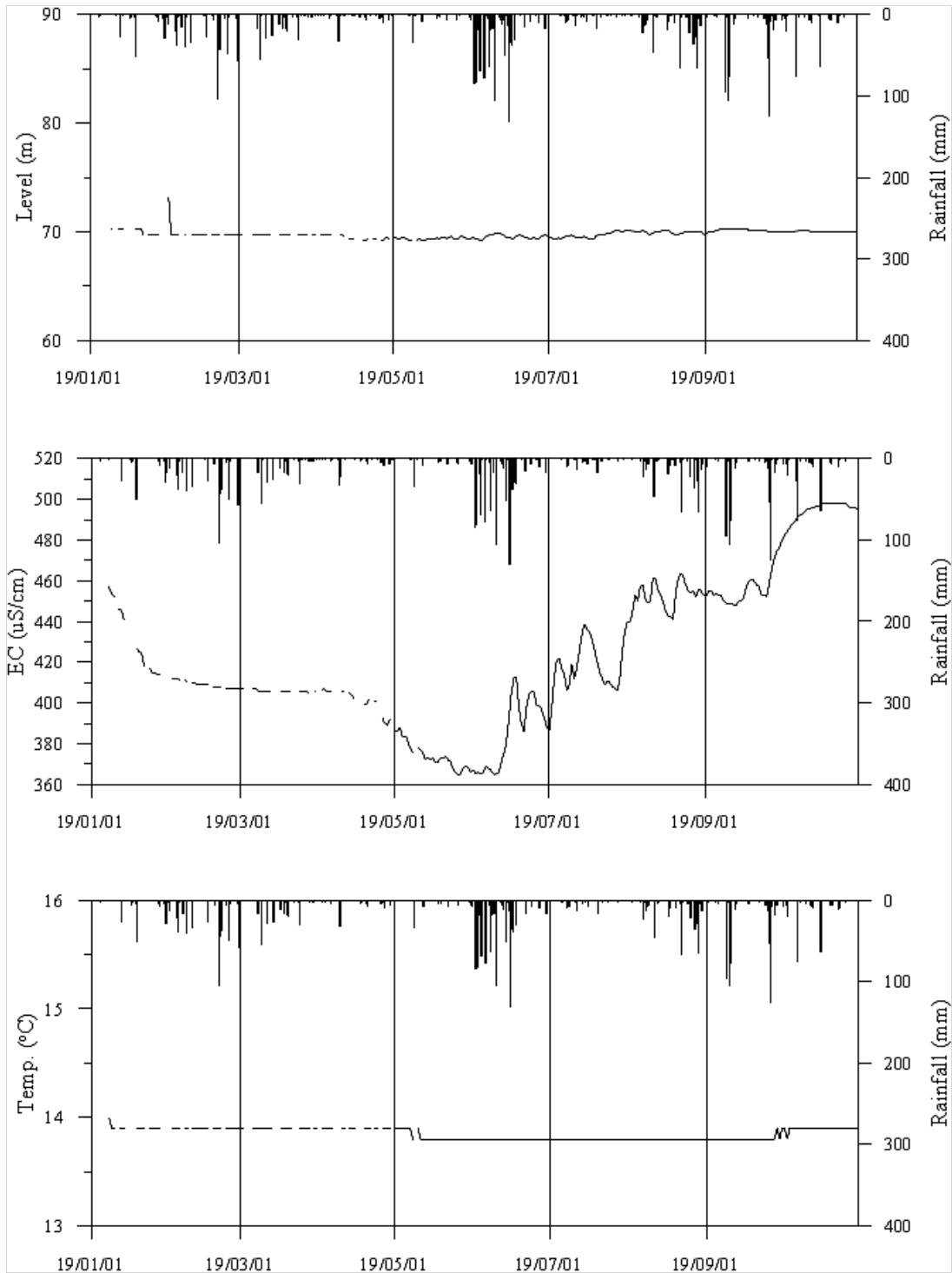


<용인3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

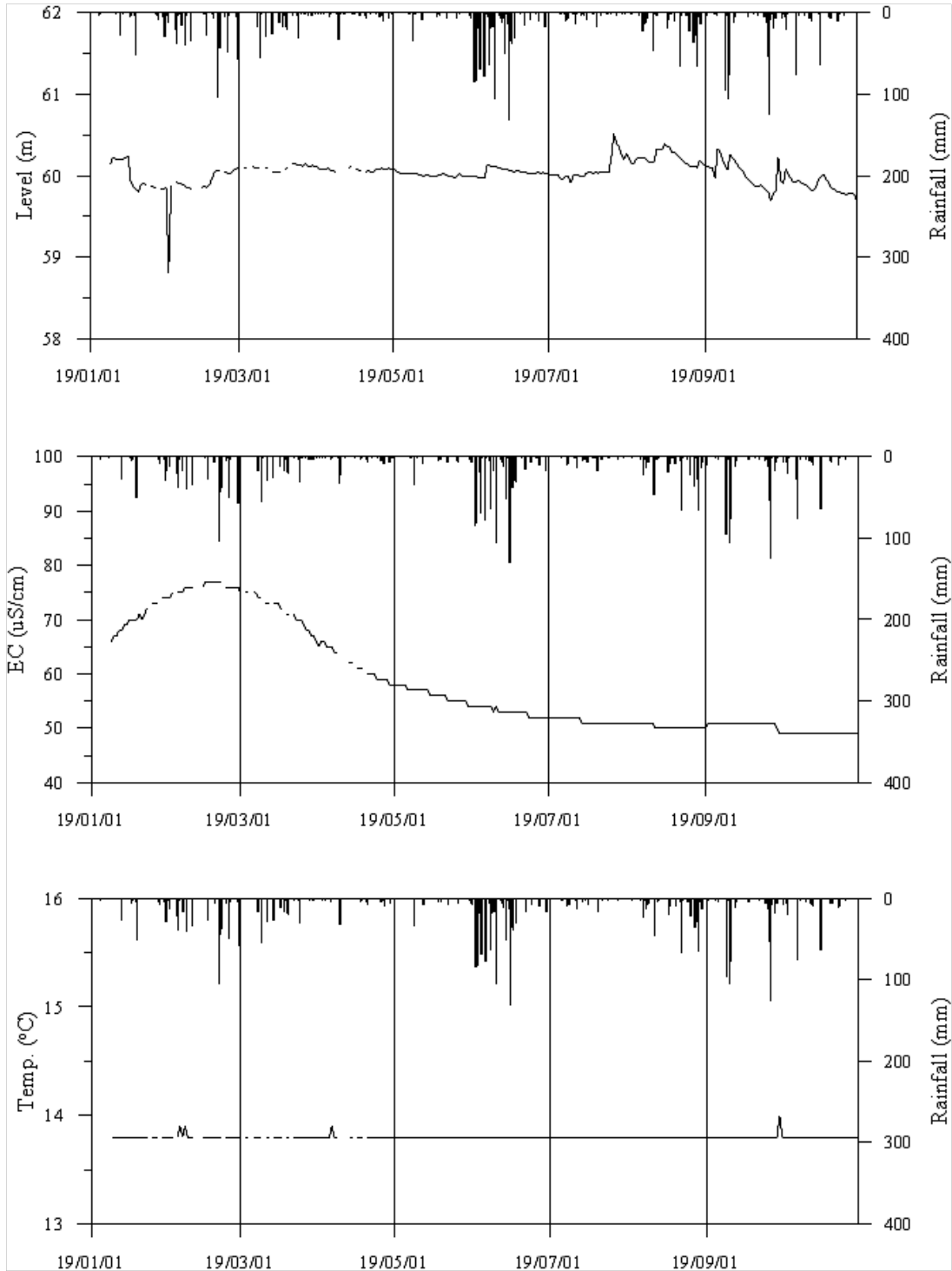
(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<용인4 관측공의 장기관측자료 (2018.11.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<용인5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<용인6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 용인1, 2 관측공은 용인시 농촌지하수관리사업 완료지구로서 면적 대비 지하수 관정 수의 관정밀도가 높고, 농경지가 넓게 분포하는 지역에 위치하고 있다. 따라서 비료 및 농약의 시비에 의한 오염가능성이 높은 지역으로서 지속적인 수질 및 수량변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 용인시 처인구 백암면 석천리에 위치하는 용인3 관측공은 사천변에 설치되었다. 주변으로는 경지정리가 마무리된 농경지가 위치하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 용인4 관측공은 해당 구역 내 관정밀도가 18.2공/km²로 지하수위 관리를 위하여 설치하였다. 용인 5, 용인 6 관측공은 해당 구역 내 지하수 관정이 많으며, 특히 시설 재배 단지가 집중적으로 분포되어 지하수 수량 관리가 필요하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 용인1 관측공의 전기전도도는 250 $\mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 20 m, 35 ~ 40 m 구간에서 약 20 $\mu S/cm$ 씩 증가하는 경향이 나타났다. 용인2 관측공의 전기전도도는 160 $\mu S/cm$ 이하로서, 깊이가 깊어질수록 전기전도도가 증가하는 경향으로 나타났다. 검층 결과 용인1, 2 관측공 주변 지하수는 시설원예를 비롯한 영농에 직접 활용이 가능하다. 용인3 관측공의 전기전도도는 195 $\mu S/cm$ 이하로서, 지표 하부 35m 구간의 전기전도도 값이 급격하게 줄어들어 상부구간과 차이가 나타났다. 상부구간은 전기전도도 감소구간으로 195 $\mu S/cm$ 에서 173 $\mu S/cm$ 까지 감소하고 하부구간은 180 $\mu S/cm$ 내외이지만, 농업용수로 활용이 가능하다. 용인4 관측공의 전기전도도는 320 ~ 620 $\mu S/cm$ 범위로 나타났으며, 용인 5의 경우 280 ~ 450 $\mu S/cm$, 용인6의 경우 100 ~ 190 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 용인1, 2, 3, 4, 5, 6 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타났다. 용인지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농

- 업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 용인1 관측공의 지하수위 변화는 3 m 이내이며, 강수의 영향을 직접 받는 것으로 보인다. 용인1 관측공의 전기전도도는 점진적인 증가 추세이다. 용인2 관측공의 지하수위 변화는 강수에 비례적이나, 전기전도도 및 수온은 별다른 상관관계를 보이지 않는다. 용인3 관측공은 지하수위의 강수반응이 좋으며, 전기전도도는 195 $\mu S/cm$ 내외로 상대적으로 관측기간이 짧은 관계로 향후 좀 더 장기간에 걸친 모니터링으로 그 추세 변화를 관찰할 필요가 있다. 용인4 관측공은 0.6 m 내외의 수위 변화를 보이며, 전기전도도는 관측 초기 평균 403 $\mu S/cm$ 에서 관측 후기 평균 420 $\mu S/cm$ 로 증가하는 경향을 보였다. 용인5 관측공은 해발 70 m의 수위를 유지하였으며, 전기전도도는 360 ~500 $\mu S/cm$ 의 범위로 나타났다. 용인6 관측공은 해발 60 m의 수위를 유지하였으며, 전기전도도는 50 ~75 $\mu S/cm$ 의 범위로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 용인지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.2.9 가평지구

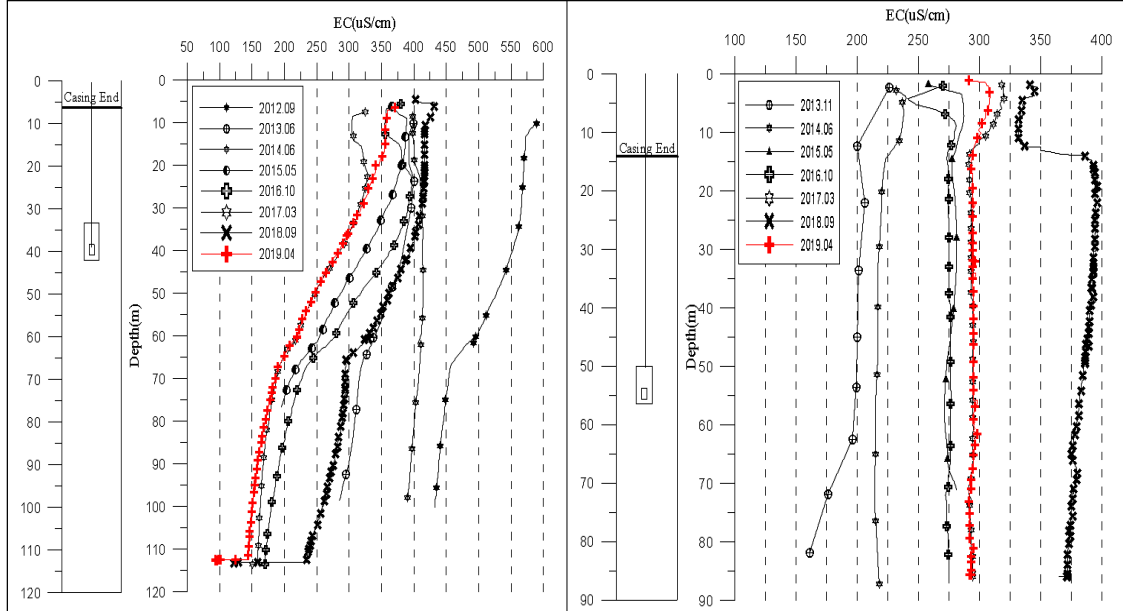
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
가평1	가평군 상면 행현리 261-1	231935.64	474300.70	120.12	2012	115.50
가평2	가평군 설악면 창의리 486	244591.0079	463437.4702	77.079	2013	75.18
가평3	가평시 조종면 대보리 575-4	231694.9011	478533.3224	112.68	2016	110.08

2. 지형 및 지질

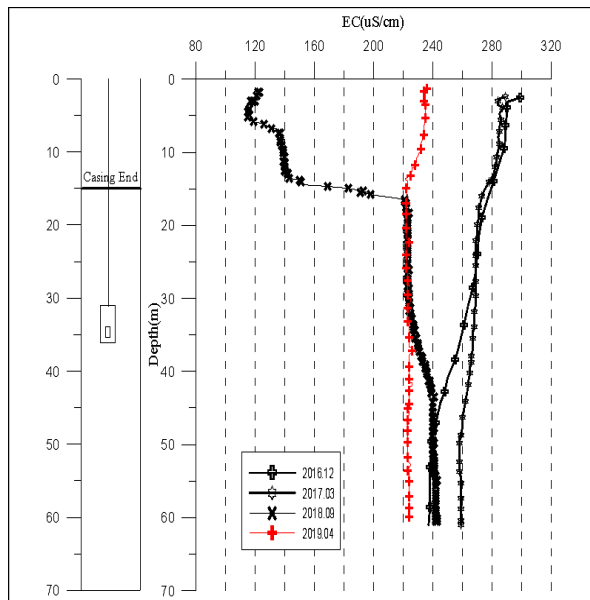
가평1, 2 지구는 북쪽과 서쪽을 경계로 발달한 구릉성 산지와 북한강으로 합류하는 조종천 주변의 완경사 평야지대로 대비되는 특징을 나타낸다. 지형고도는 100 ~ 500 m가 80%로서 산지 지형이다. 분포지질은 선캠브리아기의 편마암류, 시대미상의 화성암류, 그리고 제4기 충적층으로 이루어져 있다. 가평3 지구는 경기도 북부에 위치하고 있으며 대체로 산이 많아 평지가 적고, 서·남·북쪽 방향으로 흐르는 하천변에 평지가 산재해 있다. 지질은 화강암류와 편마암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<가평1 관측공>

<가평2 관측공>



<가평3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

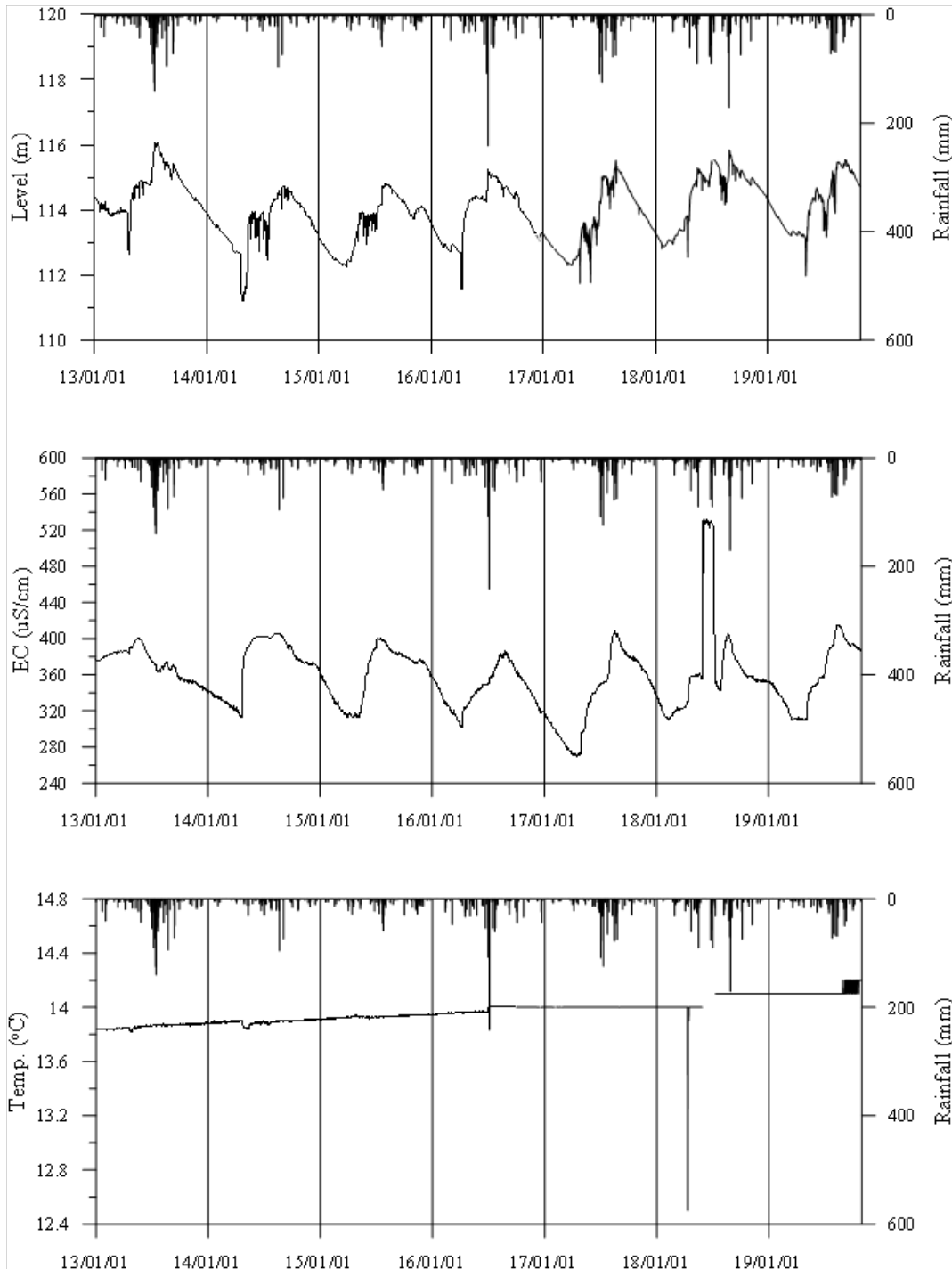
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
가평1	(2012.10)	17.49	14.95	6.88	56.41	16.28	22.47	158.19	64.70
	(2013. 6)	14.84	10.11	4.01	38.72	12.63	27.19	112.85	61.45
	(2014. 6)	15.54	11.52	6.34	44.54	14.80	29.01	100.65	66.98
	(2015. 5)	15.70	9.50	4.80	39.50	14.70	26.50	100.70	56.40
	(2016. 4)	14.30	10.30	3.40	38.70	18.50	24.30	94.60	51.60
	(2017. 4)	13.26	8.80	4.17	36.81	20.73	25.57	85.40	50.16
	(2018. 7)	12.51	9.73	4.64	40.27	16.62	24.66	70.20	60.10
(2019. 5)	16.09	8.86	5.63	37.27	14.22	28.03	67.10	64.96	
가평2	(2013.11)	8.56.	5.97	0.85	17.57	10.37	11.77	64.05	20.91
	(2014. 6)	9.06	7.57	1.20	21.59	9.70	14.23	82.35	21.68
	(2015. 5)	8.90	7.50	1.10	35.90	12.60	15.00	125.10	10.00
	(2016. 4)	10.30	9.40	1.30	26.00	10.10	33.60	82.40	17.60
	(2017. 4)	10.63	10.20	1.24	31.05	11.62	40.38	64.05	31.90
	(2018. 7)	11.22	11.50	1.25	31.08	13.47	44.35	64.10	25.07
(2019. 5)	13.05	9.86	1.44	28.37	11.66	40.69	64.05	20.74	
가평3	(2016.12)	11.20	5.20	2.30	26.20	10.86	9.87	103.70	18.88
	(2017. 4)	9.68	5.87	2.23	28.01	10.56	10.23	91.50	24.80
	(2018. 7)	10.09	6.02	2.20	25.94	10.68	9.65	82.40	25.34
	(2019. 5)	11.54	4.95	2.69	22.32	9.90	8.92	82.35	24.27

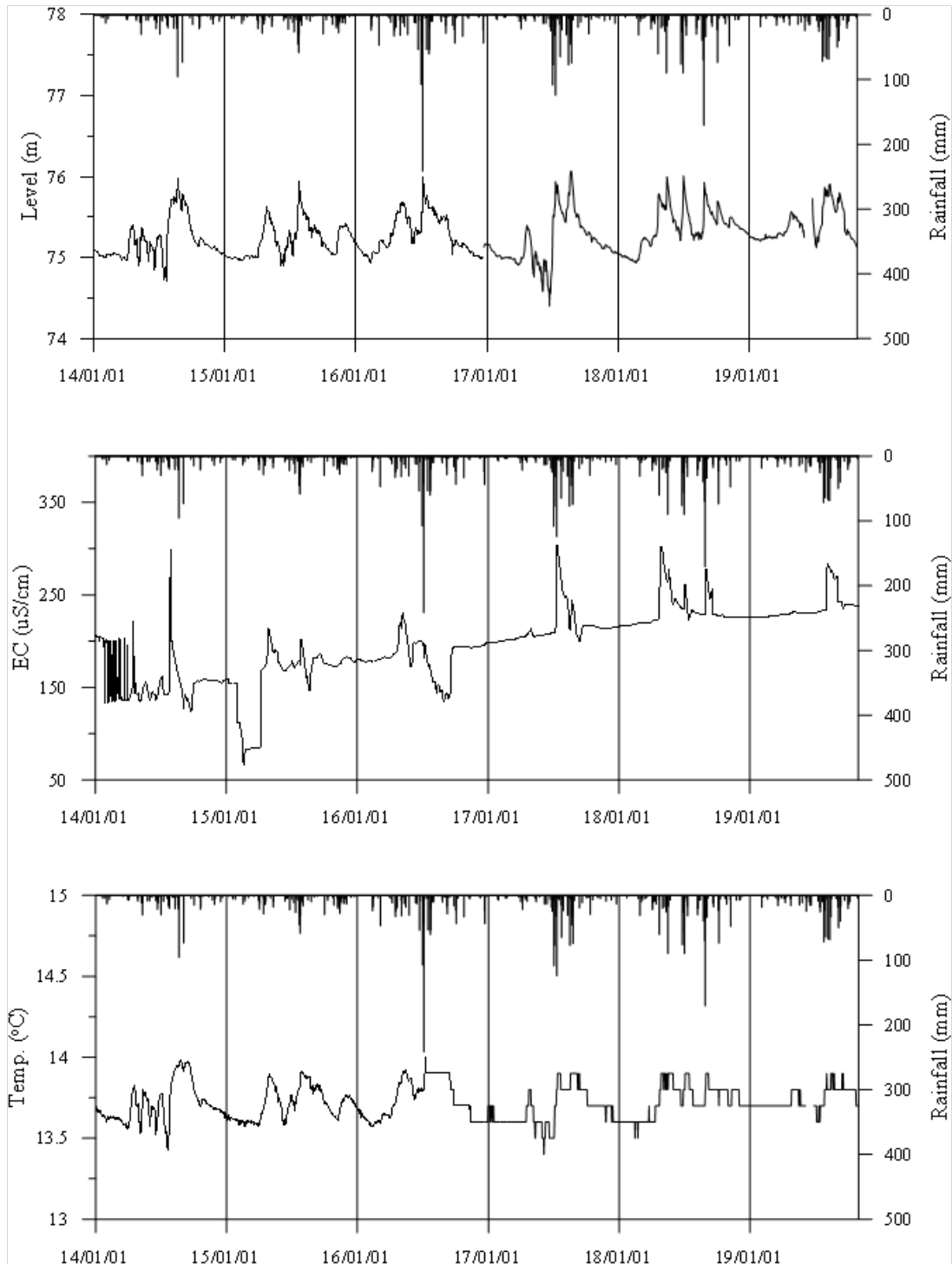
5.

장기관측 결과



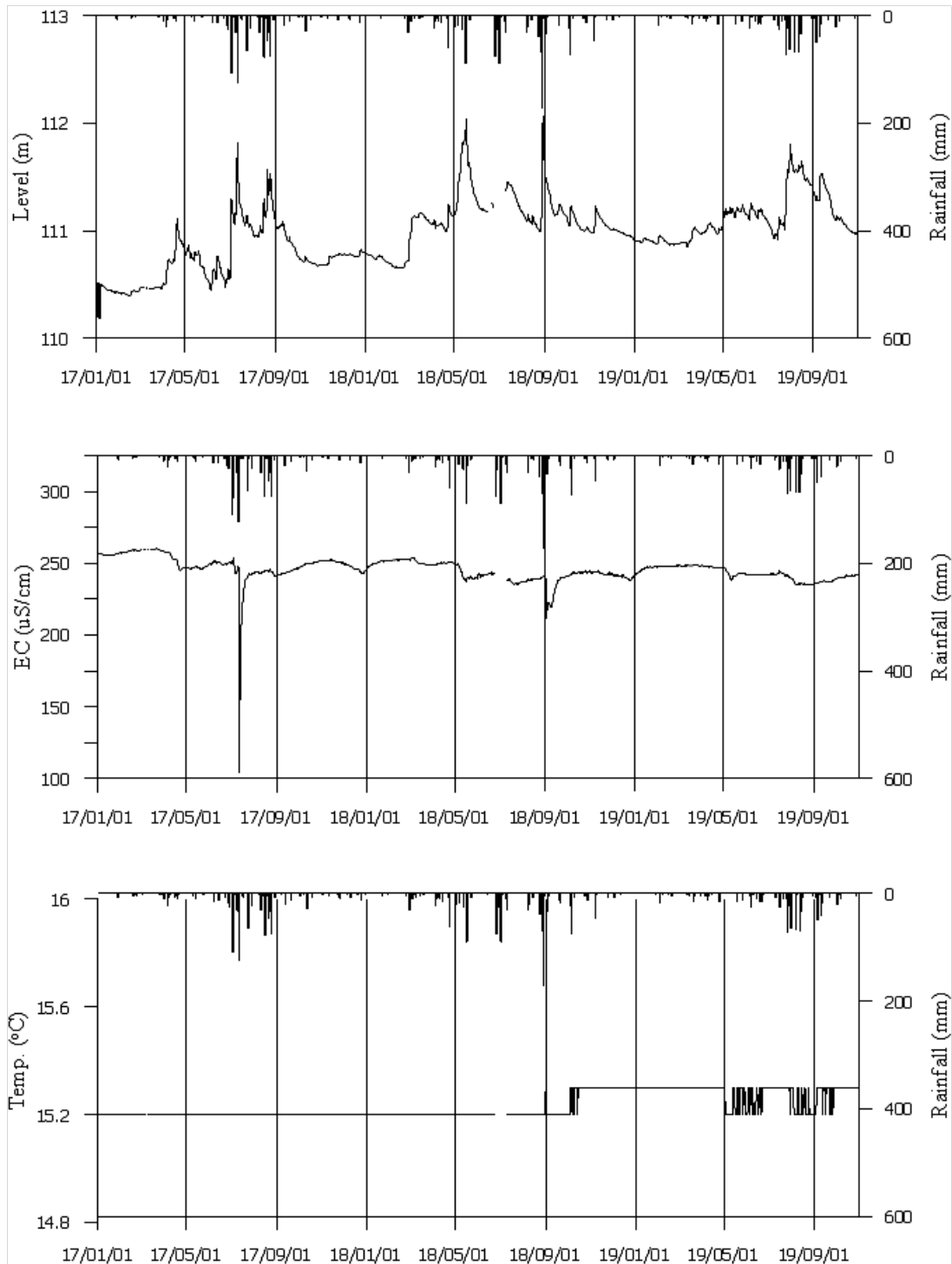
<가평1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<가평2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<가평3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 가평1, 2, 3 관측공은 농촌지하수관리조사 지구로서 산지지형으로 농경지의 분포가 넓지는 않으나 중·소규모의 축사 등으로 오염가능성이 높은 지역으로 지속적인 수질 및 수량변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 가평군 조종면 대보리에 위치하는 가평3 관측공은 조종천 주변에 설치되었다. 주변으로는 농경지와 군부대 시설이 혼재하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 가평1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부구간부터 감소하여 상부와 하부가 약 $200 \mu S/cm$ 내외의 차이가 나타났다. 특히 지표 하 30 m, 60 m에서 전기전도도 값의 변곡점이 나타나는데, 이는 40 m, 55 ~ 70 m 구간에서 파쇄대 구간에서 지하수가 유입되기 때문으로 판단된다. 가평2 관측공의 경우 전구간 $300 \mu S/cm$ 이하로 검층되었다. 가평1, 2 관측공 모두 현재로서 답작을 비롯한 영농에 활용시 크게 문제가 없는 것으로 판단된다. 또한 가평3 관측공의 전기전도도는 $299 \mu S/cm$ 이하로서, 농업용수로 활용이 가능한 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 가평 1, 2, 3 관측공의 이온분석 결과, (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분석되었다. 가평1 관측공은 관측공 개발 이래 질산염 농도가 먹는 물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 지속적으로 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 반면 가평2, 3 관측공은 수질기준 이하로 검출되었다. 가평1 관측공은 관측공 옆 축사에서 기원하는 축산분뇨의 지하침투에 의한 지하수 내 질산염 과다부하 현상이 발생하는 것으로 판단되며, 오염원(축산분뇨) 관리에 만전을 기해야 한다. 가평2, 3 관측공은 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 문제는 적은 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 가평1 관측공 지하수위는 봄철 영농기에 주변 지하수 이용량 증가에 따른 일시적인 감소를 제외하면 대부분 강수에 비례하며, 전기전도도 역시 비례 관계에 있다. 가평2 관측공의 지하수위, 전기전도도 및 수온

의 변화는 강수에 비례하는 것으로 분석되었다. 가평3 관측공의 지하수위와 전기전도도 변화는 강수의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

- 5) 관리 방안 : 가평1 관측공은 농어촌지역의 전형적인 지하수 오염원인 축산분뇨에 의한 질산염 오염이 감지되므로 오염물질 차단에 노력을 기울여야 하고, 꾸준한 수질을 모니터링으로 농도의 변화추이를 살펴볼 필요가 있다. 가평2 관측공은 현재까지는 청정 용수이나, 향후 꾸준한 관측을 통하여 그 변화추이를 살펴볼 필요가 있다. 가평3 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.2.10 안성지구

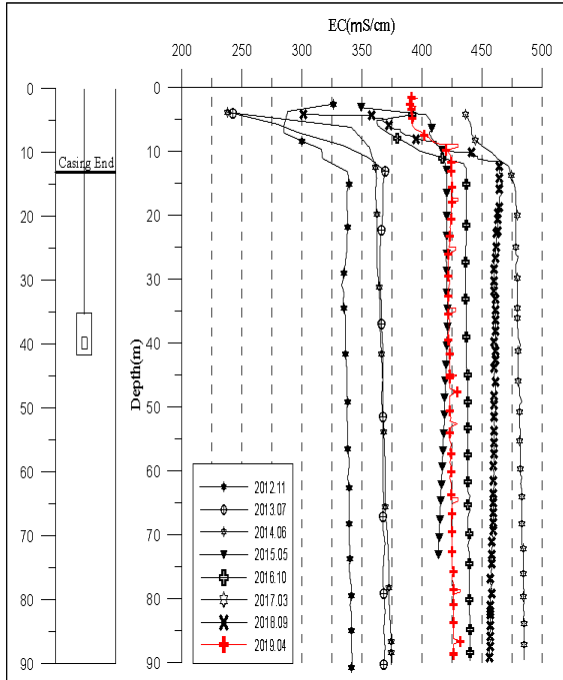
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
안성1	안성시 양성면 미산리 403	222993.13	403065.68	124.97	2012	122.67
안성2	안성시 금광면 내우리 290-4	226808.0882	388348.0093	41.776	2013	34.78
안성3	안성시 일죽면 고은리 1156-12	238804.513	401555.643	87.035	2014	80.70
안성4	안성시 서운면 북산리 474	223145.6384	380669.6097	55.288	2015	52.588
안성5	안성시 공도읍 진사리 238-13	212630.649	487280.663	11.082	2018	8.682
안성6	안성시 양성면 추곡리 207	218696.538	495974.205	69.743	2018	67.143

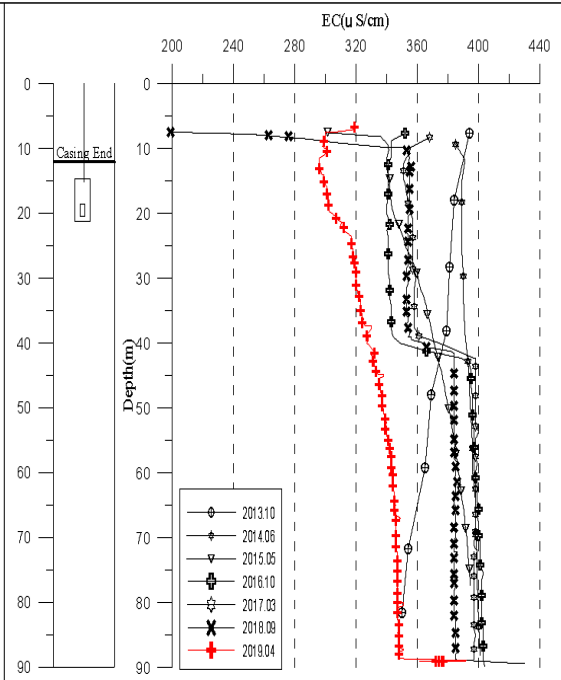
2. 지형 및 지질

안성1 지구는 미산저수지를 경계로 북쪽으로 미리내 성지가 위치하고, 남쪽으로는 농경지가 발달해 있다. 수계는 미산저수지를 지나 진위천에 합류하고, 진위천은 용인시 이동면 이동저수지로 유입된다. 안성2 지구는 금광저수지 하류부 농경지 중간에, 안성3 지구는 청미천 유역 축사밀집지 인근에 위치한다. 안성4 지구는 안성시 서운면 북산리에 위치하고, 청룡천을 따라 발달한 농경지에 설치되었으며, 관측공 주변으로 경지정리가 마무리된 농경지가 펼쳐져 있다. 지질은 선캠브리아기 흑운모 편마암과 이를 부정합으로 신생대 제4기 충적층이 덮으며 농경지를 형성하고 있다.

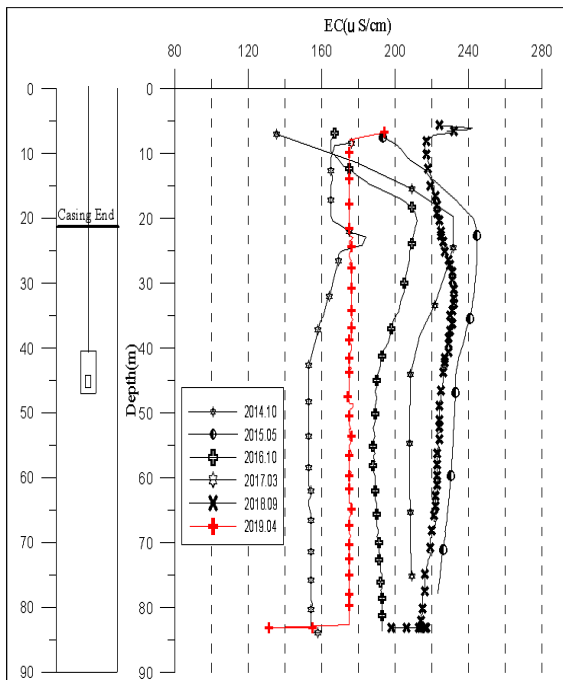
3. 지하수 검층



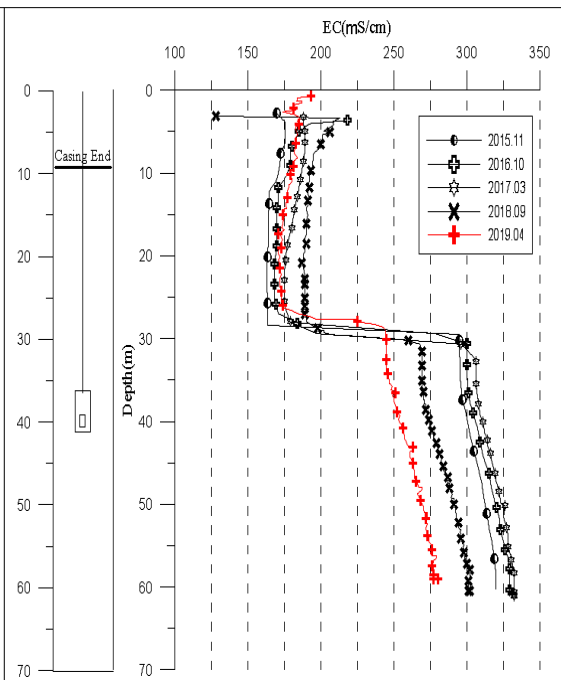
<안성1 관측공>



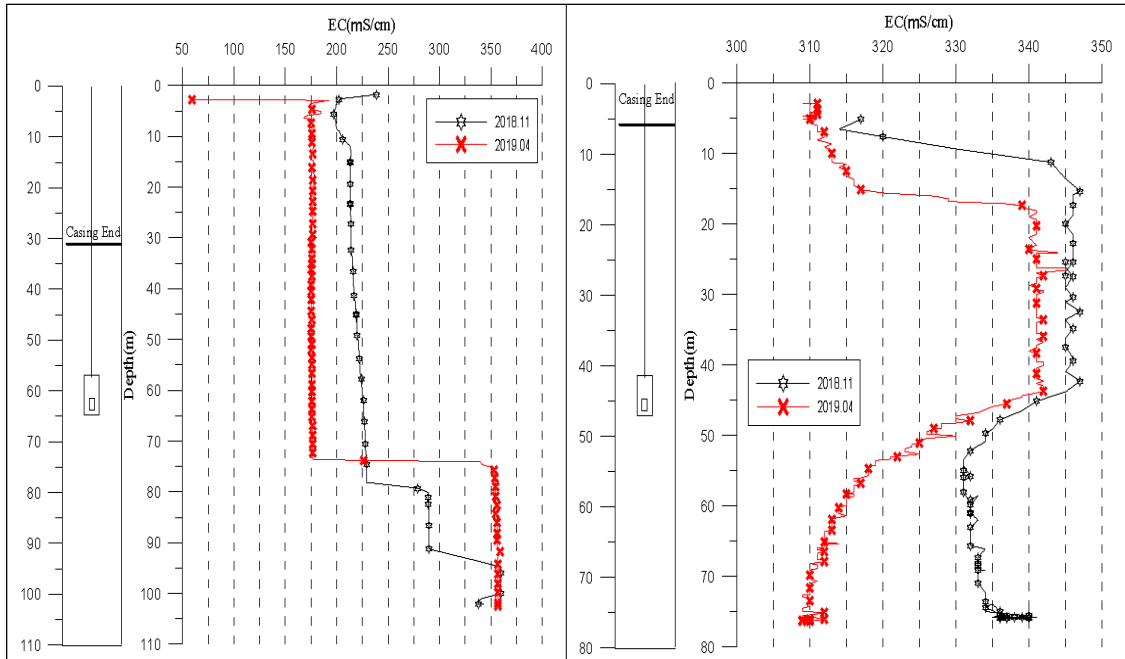
<안성2 관측공>



<안성3 관측공>



<안성4 관측공>



<안성5 관측공>

<안성6 관측공>

4. 지하수 수질 분석

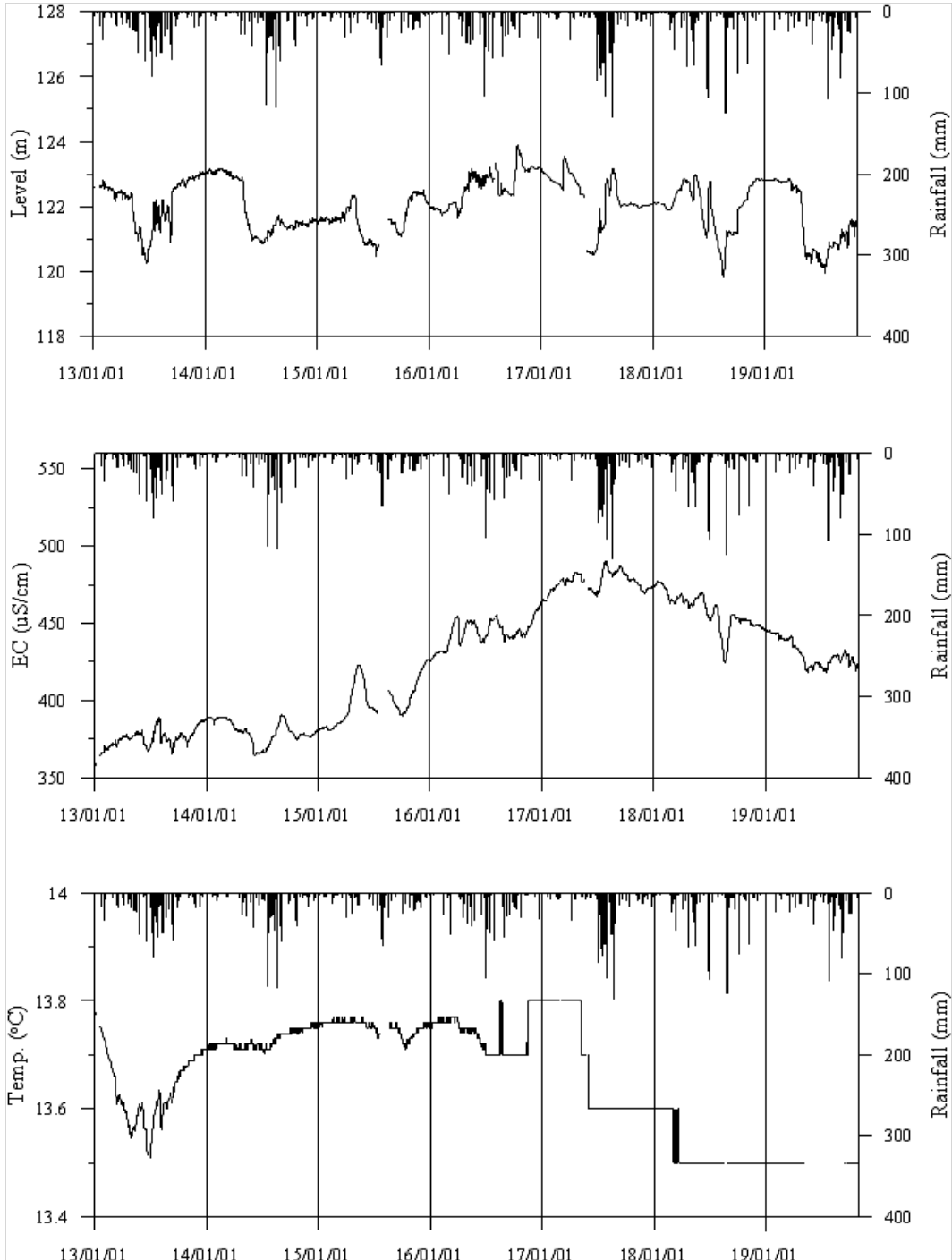
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

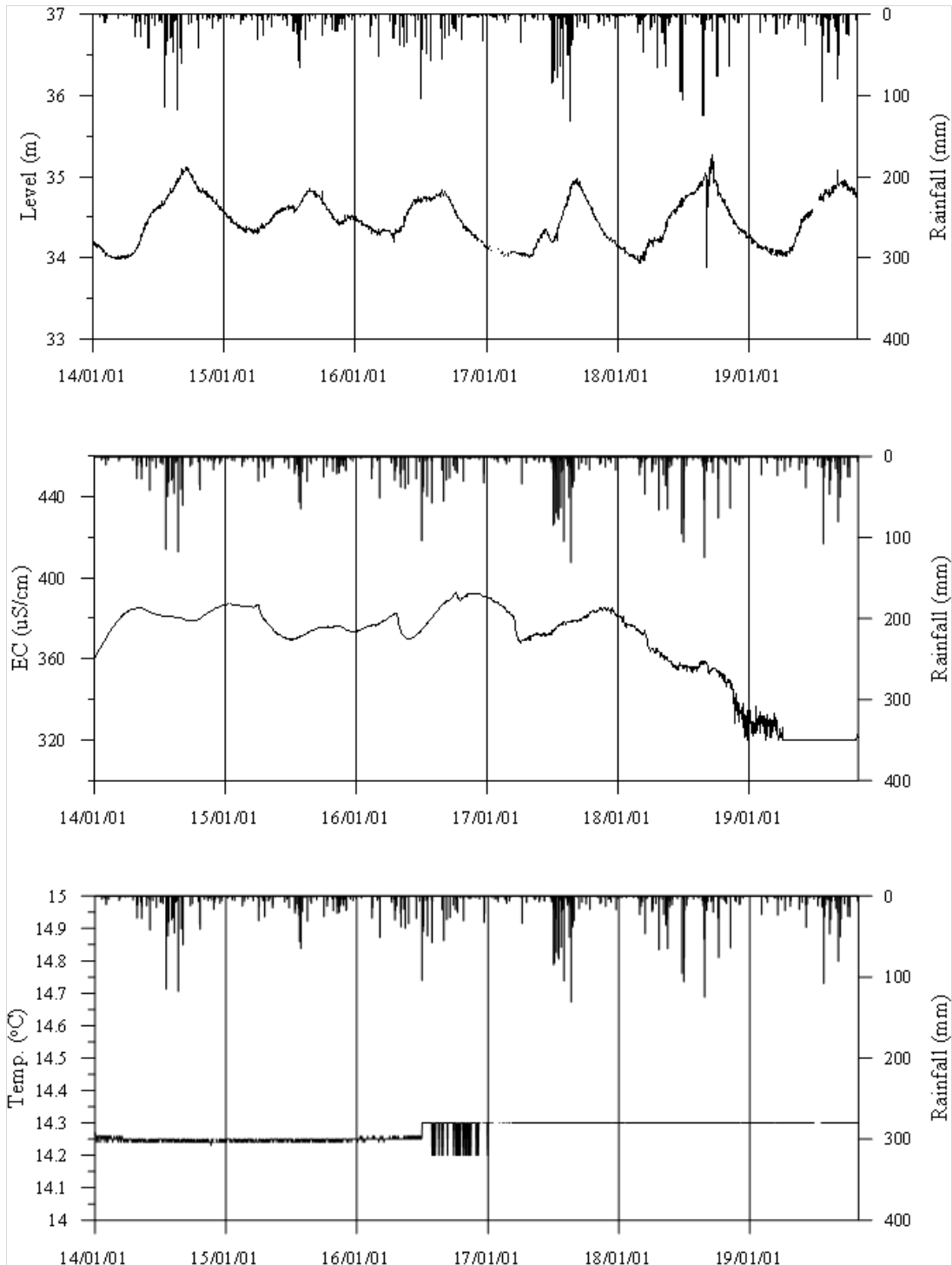
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
안성1	(2012.11)	24.76	11.25	2.04	31.20	4.76	20.03	N.D.	
	(2013. 7)	21.40	11.22	1.74	31.15	5.83	24.68	0.12	
	(2014. 6)	23.26	11.46	2.27	32.05	5.65	29.84	0.10	
	(2015. 5)	24.16	11.92	1.93	35.74	5.54	34.59	0.23	
	(2016. 4)	21.77	12.60	1.89	34.13	8.97	39.73	140.30	3.95
	(2017. 4)	18.28	8.71	1.69	32.27	10.60	39.41	106.75	25.39
	(2018. 7)	23.28	11.72	2.18	33.78	11.31	44.65	112.90	1.74
	(2019. 5)	24.25	8.89	2.44	25.58	24.22	38.10	85.40	0.55

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
안성2	(2013.11)	19.15	5.99	1.57	31.16	7.41	30.10	118.95	14.80
	(2014. 6)	21.70	6.09	2.26	44.91	2.89	26.76	158.60	5.83
	(2015. 5)	23.99	5.66	1.77	40.77	2.17	29.71	173.85	10.71
	(2016. 4)	21.70	5.90	1.70	31.40	3.10	32.70	115.90	18.70
	(2017. 4)	22.16	5.59	1.74	41.85	3.21	34.93	158.60	15.55
	(2018. 7)	21.00	6.01	2.36	32.90	3.69	36.84	103.70	3.44
	(2019. 5)	19.97	4.61	2.25	26.33	3.80	32.63	106.75	1.99
안성3	(2014.10)	16.39	3.62	0.58	10.17	7.36	15.36	76.25	10.09
	(2015. 5)	16.02	3.71	0.51	11.87	7.83	18.82	91.50	15.53
	(2016. 4)	16.20	4.10	0.90	10.20	7.40	20.70	42.70	18.10
	(2017. 4)	8.66	2.11	0.38	7.34	2.50	12.29	27.45	8.74
	(2018. 7)	17.76	5.06	0.63	12.87	6.76	29.05	24.40	21.10
	(2019. 5)	11.29	4.35	0.67	10.95	6.38	24.66	24.40	24.50
안성4	(2015.11)	13.63	3.34	1.31	16.67	5.61	16.46	48.80	14.91
	(2016. 4)	14.00	3.30	1.30	15.70	6.00	14.60	45.80	14.30
	(2017. 4)	14.88	3.69	1.18	23.57	8.73	22.14	51.85	26.64
	(2018. 7)	15.05	3.51	1.08	16.50	7.64	16.54	54.90	14.30
	(2019. 5)	14.77	2.97	1.61	15.40	6.79	15.17	54.90	15.23
안성5	(2018. 11)	17.08	4.90	1.21	24.30	4.53	24.70	70.15	11.68
	(2019. 5)	11.51	2.83	0.96	18.98	2.43	12.01	64.05	14.69
안성6	(2018. 11)	15.66	13.96	1.67	23.40	4.29	32.77	70.15	44.13
	(2019. 5)	15.04	15.14	2.21	23.00	7.76	19.56	146.40	16.20

5. 장기관측 결과

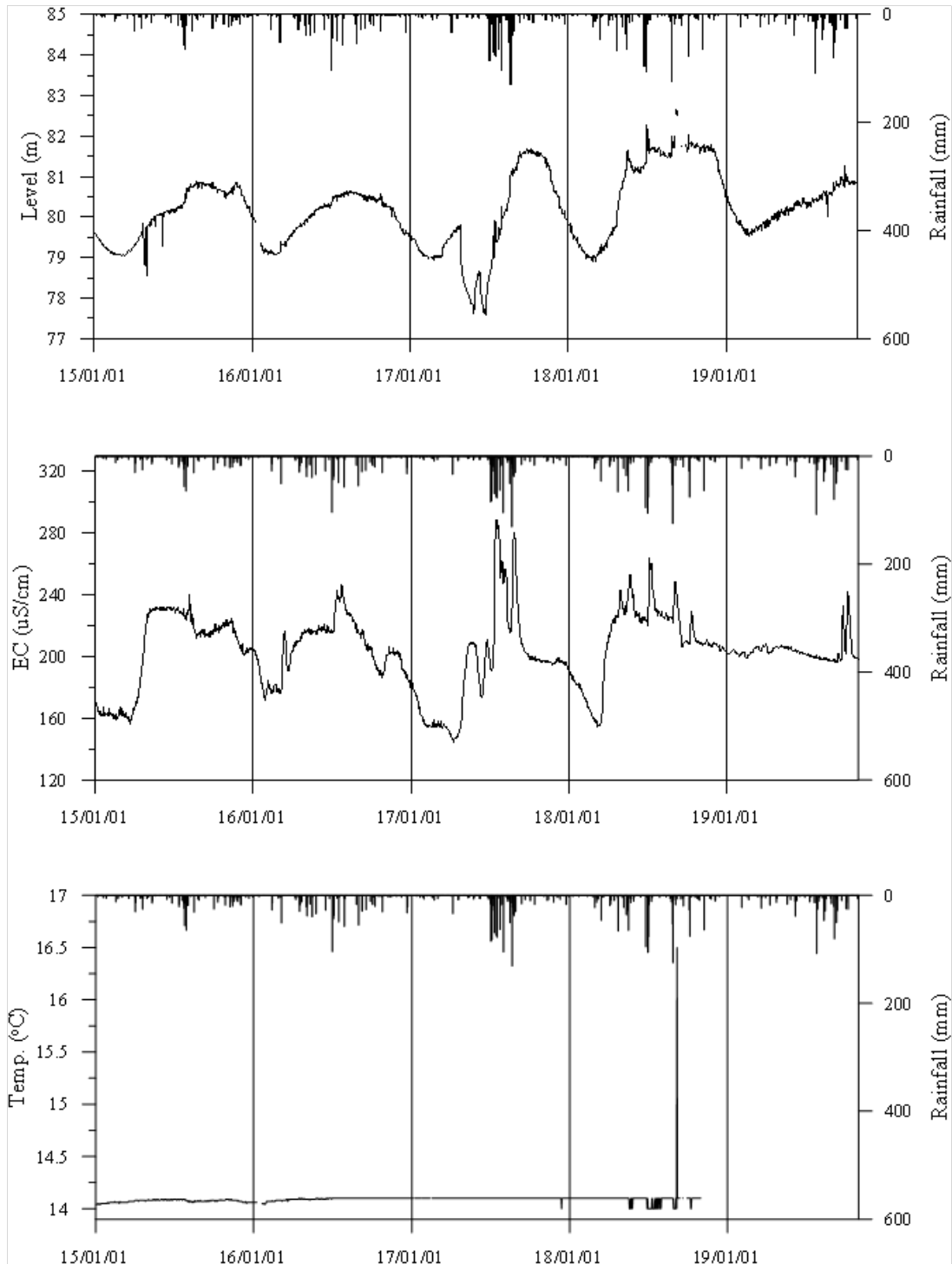


<안성1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



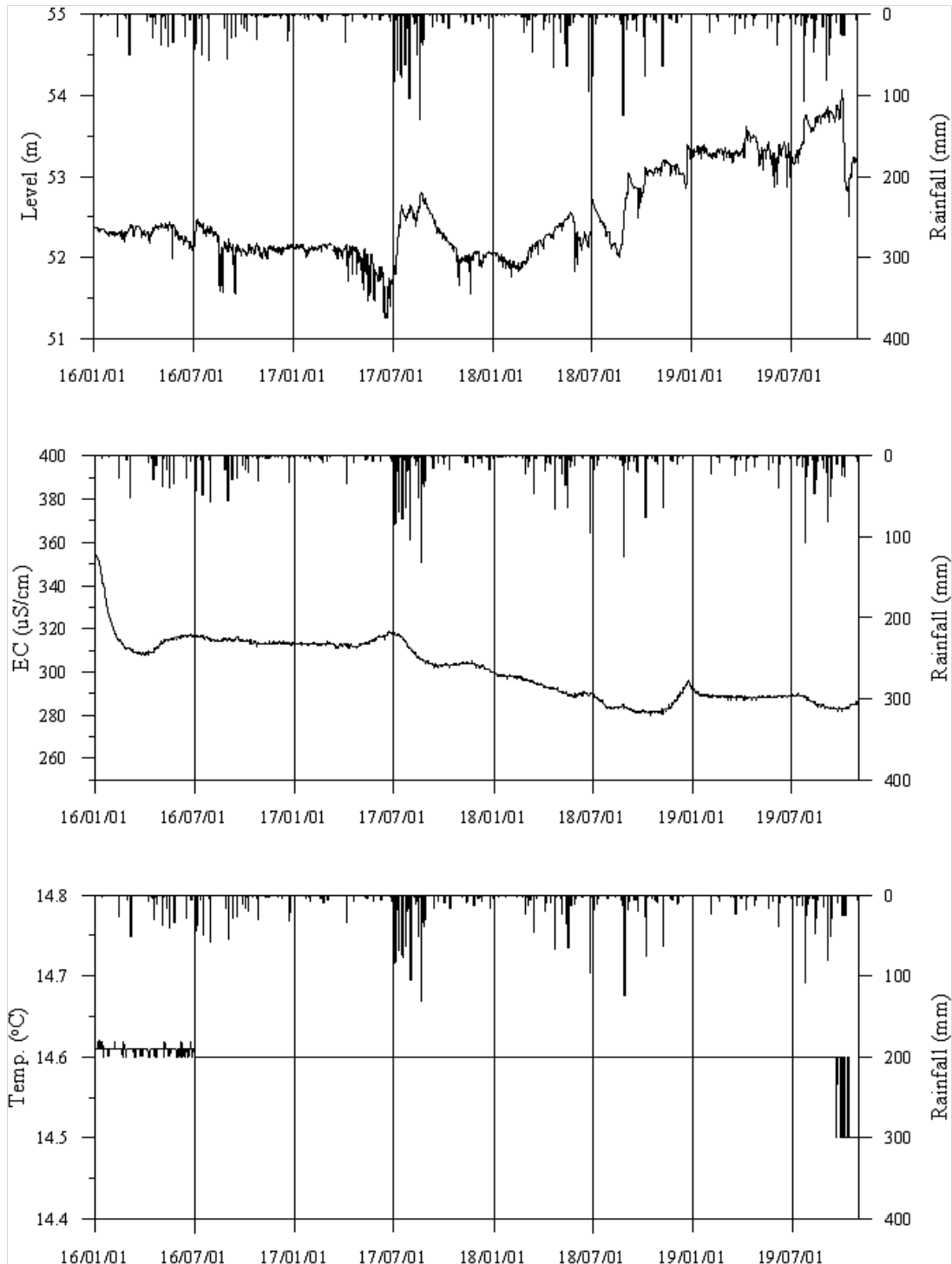
<안성2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



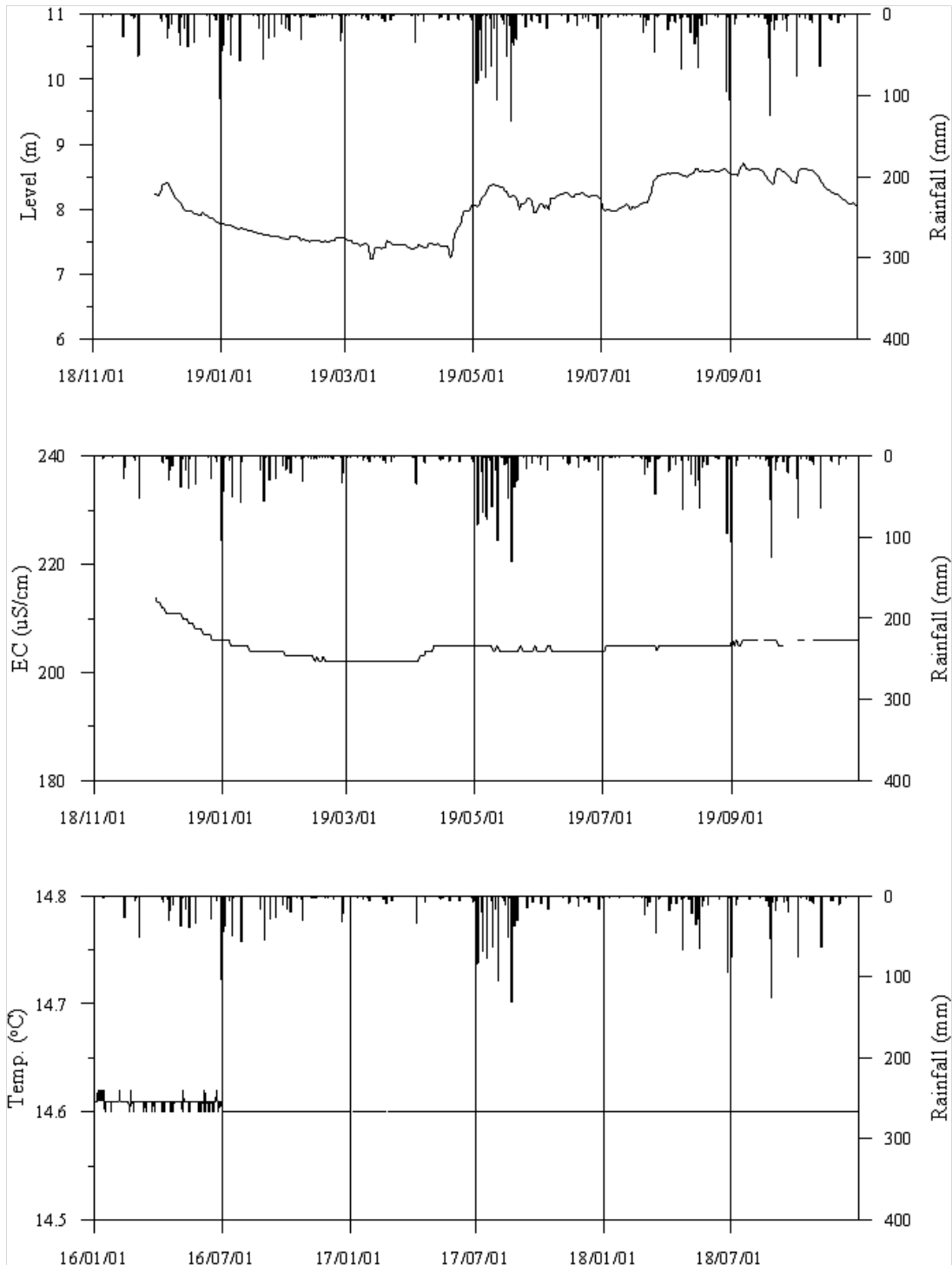
<안성3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

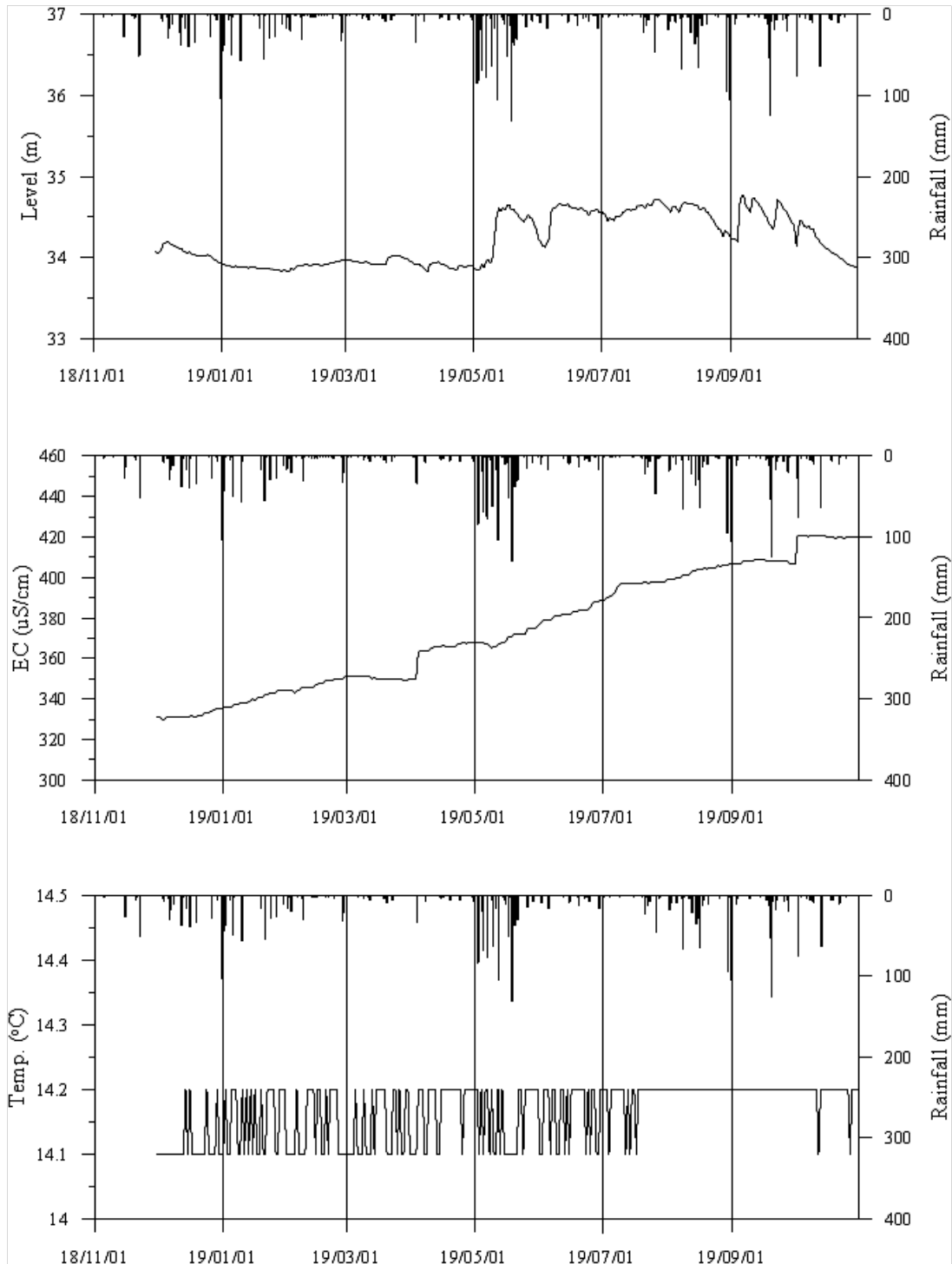


<안성4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<안성5 관측공의 장기관측자료 (2018.11.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<안성6 관측공의 장기관측자료 (2018.11.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 안성1 관측공은 안성시 양성면 미산저수지 제체 인근에 위치하고, 상류부에는 미리내 성지, 연수원 등 근린생활시설이 밀집해 있으며 하류에는 농경지가 분포하고 있으므로 지속적인 수질 및 수량변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 안성2 관측공은 금광저수지 하류부에 위치하고 주변은 전형적인 답작을 비롯한 농경지로서, 농업에 의한 지하수위 및 수질 변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 안성3 관측공은 청미천을 중심으로 경지정리가 마무리된 농경지와 하우스 단지 및 축사 인근에 설치되어 있다. 안성4 관측공은 안성시 서운면 북산리 위치한다. 주변으로 농경지가 펼쳐져 있으며, 논농업이 주를 이루고 있다. 봄철 영농기 농업용수 사용급증에 대한 지하수 수량 및 수질의 변화와 농경지 퇴비 및 비료사용으로 향후 지하수 수질오염 가능성이 있어 이를 관측하고자 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 안성1 관측공의 전기전도도는 $440 \mu S/cm$ 내외이며, 케이싱 심도 이하 전기전도도는 거의 변화가 없으며, 전년 대비 전기전도도가 약 $20 \mu S/cm$ 감소하였다. 안성2 관측공은 전 구간 약 $400 \mu S/cm$ 이하이며, 심도 약 40 m 구간부터 전기전도도의 전이대가 관찰된다. 안성3 관측공의 경우 전 구간 $220 \mu S/cm$ 이하이며 심도 약 20 m 이후에서 심도가 깊을수록 감소하는 값을 나타내다가 약 45 m 이후에서는 연도별로 일정한 값을 유지하는 추세이다. 안성4 관측공의 전기전도도 값은 약 $170 \sim 330 \mu S/cm$ 범위이며, 약 30 m 심도에서 전기전도도가 급격히 상승(약 $140 \mu S/cm$)하였다. 안성 5 관측공의 전기전도도는 $175 \sim 350 \mu S/cm$ 의 범위이며 심도 약 75 ~ 80m 구간에서 전기전도도가 급격히 상승하였다. 안성 6 관측공의 전기전도도는 $310 \sim 350 \mu S/cm$ 의 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 안성1, 2, 4, 5, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이고, 안성3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이다. 안성3 관측공 주변으로는 나트륨을 위주로 한 외부오염물질의 대수층 유입이 추정되므로 오염원 관리가 요구된다. 안성지구 관측공 질산염 농도는 대부분 매년 먹는

물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 다만 안성6 관측공의 경우 2018년에 먹는 물 수질 기준을 약간 초과한 바 있다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 안성1 관측공은 봄철 영농기에 인근 저수지의 방류량 증가로 인한 저수지 수위 저하의 영향으로 지하수위가 감소하며, 전기전도도 및 수온은 지하수위 감소와 비례한다. 따라서 향후 지속적인 관측을 통하여 농업활동과 지하수위 변화와의 관계를 분석하는 것이 필요하다. 안성2, 3 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강 현상이 나타나며, 연간 각각 약 1 ~ 2 m 내외의 수위 변화가 나타났다. 안성4 관측공은 강수에 민감하게 반응하고 있으며, 전기전도도는 320 $\mu S/cm$ 에서 280 $\mu S/cm$ 로 점진적으로 감소하였다. 안성5 관측공은 1.5 m 내외의 수위 변동을 보이며, 전기전도도는 평균 205 $\mu S/cm$ 로 나타났다. 안성6 관측공은 1.0 m 내외의 수위 변동을 보이며, 전기전도도는 330 $\mu S/cm$ 에서 420 $\mu S/cm$ 로 상승하는 경향을 보였다.
- 5) 관리 방안 : 안성지역 관측공은 질산염 농도가 44 mg/L 미만으로 검출되어 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.2.11 남양주지구

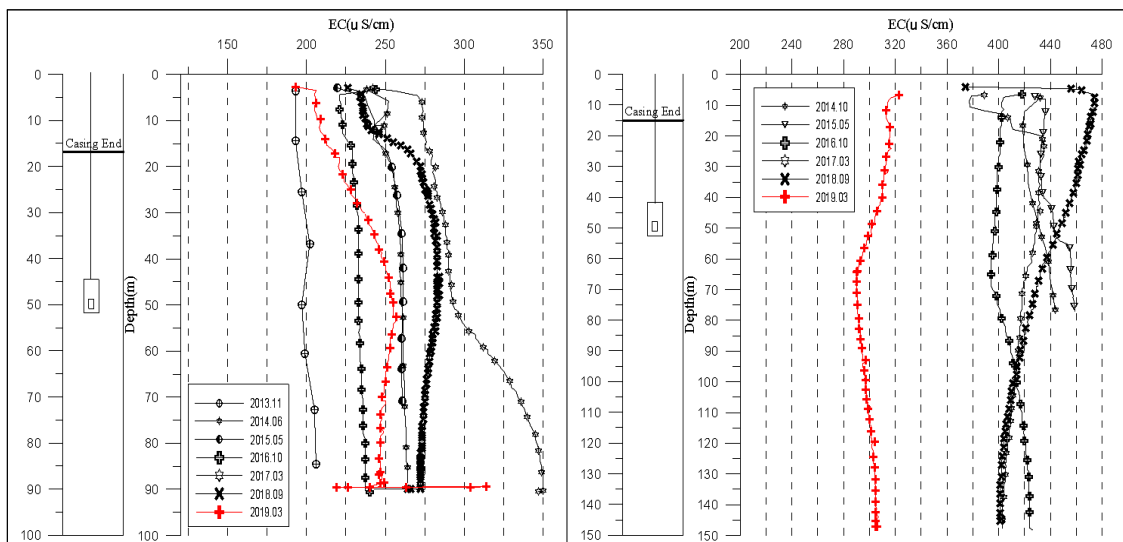
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
남양주1	남양주시 와부읍 월문리 179-1	223890.1569	456874.5634	75.87	2013	72.94
남양주2	남양주시 진건읍 신월리 327-8	215009.391	462201.716	37.065	2014	30.74

2. 지형 및 지질

남양주지구는 상대적으로 인근 농경지 면적은 적지만, 농어촌지역에 무분별하게 유입되고 있는 공업시설, 골프장 등이 주변에 난립되어 있어 비농업시설에 의한 농어촌 지하수 수질오염 및 겨울철 시설영농에 따른 무분별한 양수로 인한 수량부족이 우려된다. 기반암인 경기편마암복합체를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<남양주1 관측공>

<남양주2 관측공>

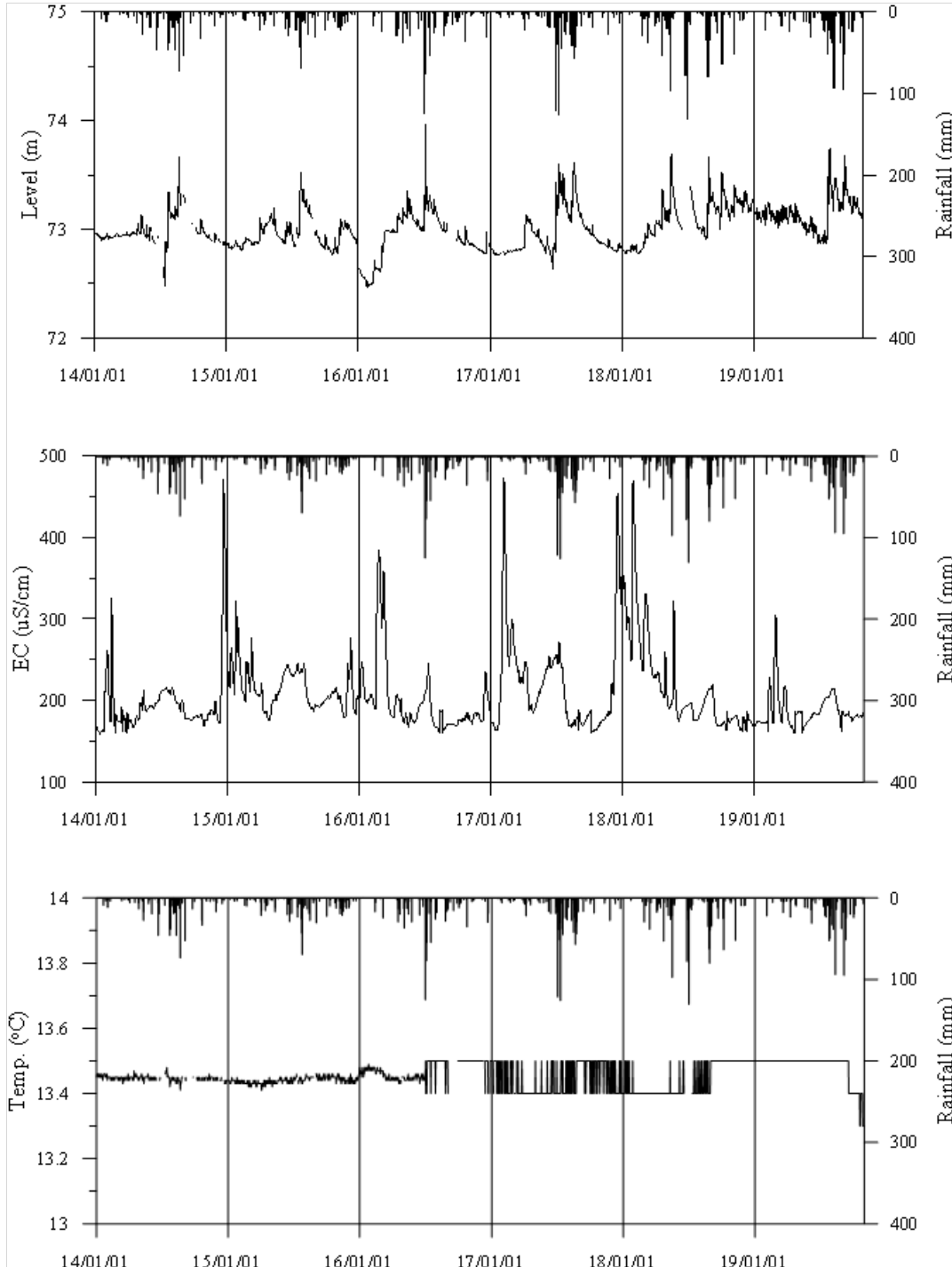
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

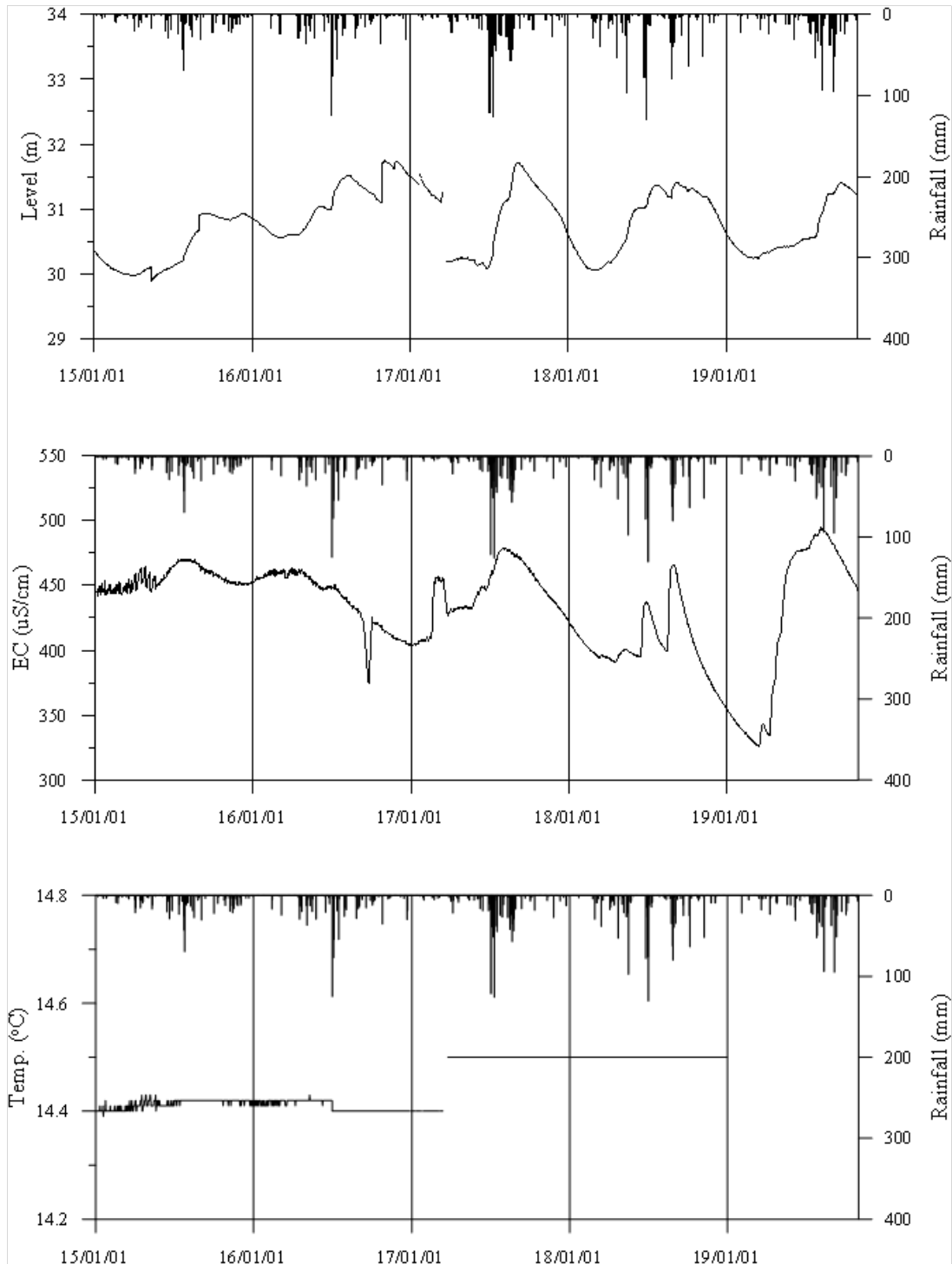
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
남양주1	(2013.11)	9.63	2.42	1.60	19.46	15.34	23.58	33.55	14.46
	(2014. 6)	15.37	3.99	3.92	28.18	16.65	28.27	67.10	4.56
	(2015. 5)	13.58	3.37	2.42	25.69	15.34	26.31	51.85	15.59
	(2016. 4)	18.50	4.40	3.20	27.80	16.00	29.40	64.10	13.80
	(2017. 4)	19.41	4.27	2.77	31.03	20.88	45.59	45.75	15.45
	(2018. 7)	20.73	4.15	2.75	28.41	20.55	43.88	39.70	9.33
	(2019. 5)	15.68	3.12	2.26	22.24	14.35	34.06	39.65	6.14
남양주2	(2014.10)	14.47	13.25	3.34	58.59	19.47	35.80	186.05	5.54
	(2015. 5)	11.87	13.22	3.31	57.99	19.47	30.56	207.40	4.43
	(2016. 4)	11.90	13.00	3.40	57.70	21.20	29.80	192.20	4.70
	(2017. 4)	12.96	11.48	4.70	63.00	20.16	31.76	195.20	3.54
	(2018. 7)	12.67	8.70	5.24	54.87	19.35	24.28	158.60	0.23
	(2019. 5)	12.98	6.48	5.00	44.44	13.56	20.24	137.25	0.58

5. 장기관측 결과



<남양주1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남양주2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 남양주1 관측공은 주변에 상대적으로 농경지 면적은 적지만, 농어촌지역에 무분별하게 유입되는 공업시설과 주변 골프장 등이 주변에 난립되어 있다. 따라서 이러한 비농업시설에 의한 농어촌 지하수 수질오염 및 무분별한 양수에 따른 수량부족을 감시하기 위하여 관측공을 설치하였다. 남양주2 관측공 주변 농경지는 대부분 시설영농시설로서 논농업 지역과는 달리 동절기 지하수 이용 및 배출에 따른 지하수 수질·수량에 대한 잠재적인 우려가 존재한다. 이를 고려하여 남양주2 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 남양주1, 2 관측공의 전기전도도는 각각 약 220 ~ 350 $\mu S/cm$, 290 ~ 480 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다. 따라서 일반적인 농업지역 지하수의 전기전도도이므로 현재 영농에 적극적으로 활용할 수 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 남양주1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. 또한 상대적으로 낮은 전기전도도에서 염소성분이 상대적으로 과다하게 검출되었는데, 이는 생활하수, 분뇨 등 지표오염원에 의한 원인으로 추정된다. 향후 꾸준한 관측으로 원인을 규명하고, 이에 따른 오염원 차단을 강구할 필요가 있다. 남양주2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 남양주지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는 물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석된다.
- 4) 장기 관측결과 : 남양주1 관측공 지하수위변화는 강수에 민감하여 우기 시 지하수위 변동이 약 1 m 내외로 크게 발생하고, 전기전도도는 겨울철에 증가하는 반면 여름철에 감소한다. 특히 여름철 전기전도도 감소는 강수에 의한 직접적인 지하수 희석효과 때문으로 판단된다. 남양주2 관측공의 지하수위 변동은 강수와는 직접적인 상관관계를 보이지 않으며, 전기전도도는 강수와 비례적으로 증감한다.

- 5) 관리 방안 : 남양주지구 관측공에서는 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나, 겨울철 지하수 이용에 따른 전기전도도의 증가, 영농기 지하수위 변동 등을 지속적으로 관측하여야 한다.

2.2.12 포천시지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
포천1	포천시 가산면 마산리 28-4	217495.5685	481789.0287	135.310	2015	125.300
포천2	포천시 소흘읍 이가팔리 931-3	214096.5127	479600.2795	119.64	2016	117.04
포천3	포천시 영중면 성동리 1088	222425.783	601976.945	76.984	2018	73.284
포천4	포천시 신북면 기지리 712-1	219735.126	591030.631	93.522	2018	91.782
포천5	포천시 영북면 자일리 1319	224909.610	612241.721	132.687	2019	112.49
포천6	포천시 일동면 기산리 530-6	227761.289	594100.838	151.392	2019	148.54
포천7	포천시 내촌면 내리 431-1	227761.289	594100.838	151.392	2019	145.24

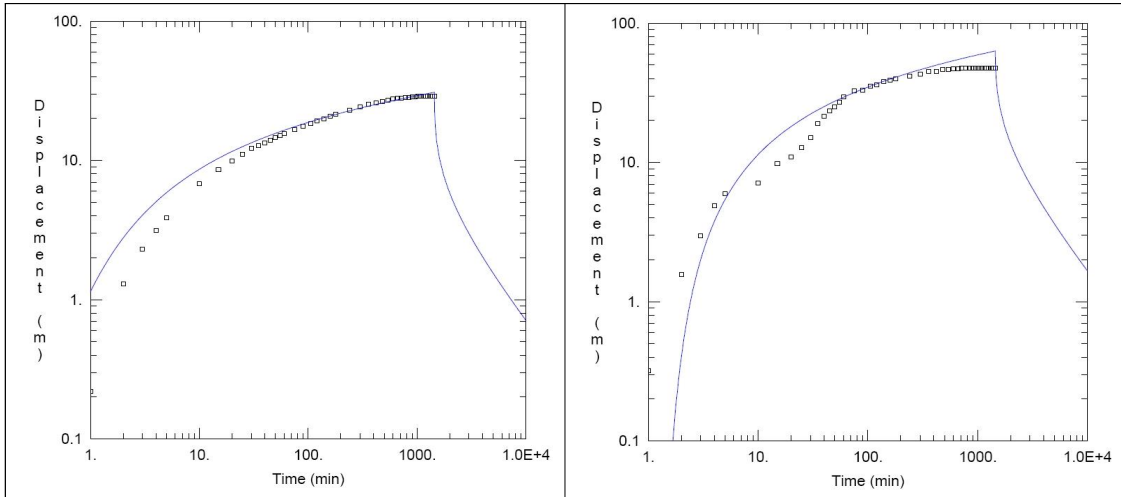
2. 지형 및 지질

포천1 지구는 경기도 동북쪽에 위치하고 있으며 광주산맥의 지맥을 지나고 있어 500 ~ 1,000 m의 산지가 발달하고 있다. 주요 수계는 시의 중앙을 흐르는 포천천으로, 수동천·영평천과 합류하면서 서류하여 한탄강으로 합류된다. 또한 한탄강과 포천시의 양안에는 넓은 하안 평야가 발달하고 있다. 지질은 중생대 쥐라기 흑운모화강암으로 이루어져 있으며, 제4기 충적층이 이를 부정합으로 덮고 있다. 포천2 지구는 포천시 남부에 위치하고 있으며, 서쪽으로 치우쳐 북류하는 포천천 주변과 북부 일부 외에는 모두 산지를 형성하고 있다. 지질은 화강암류와 편마암류가 기반암을 이루고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

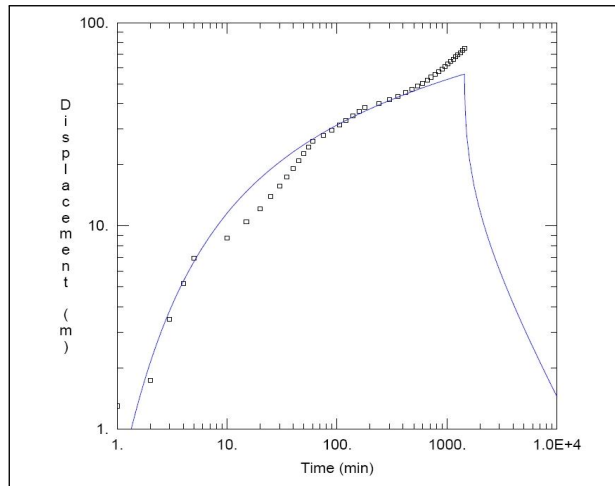
포천5, 포천6, 포천7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<포천5 관측공 양수시험>

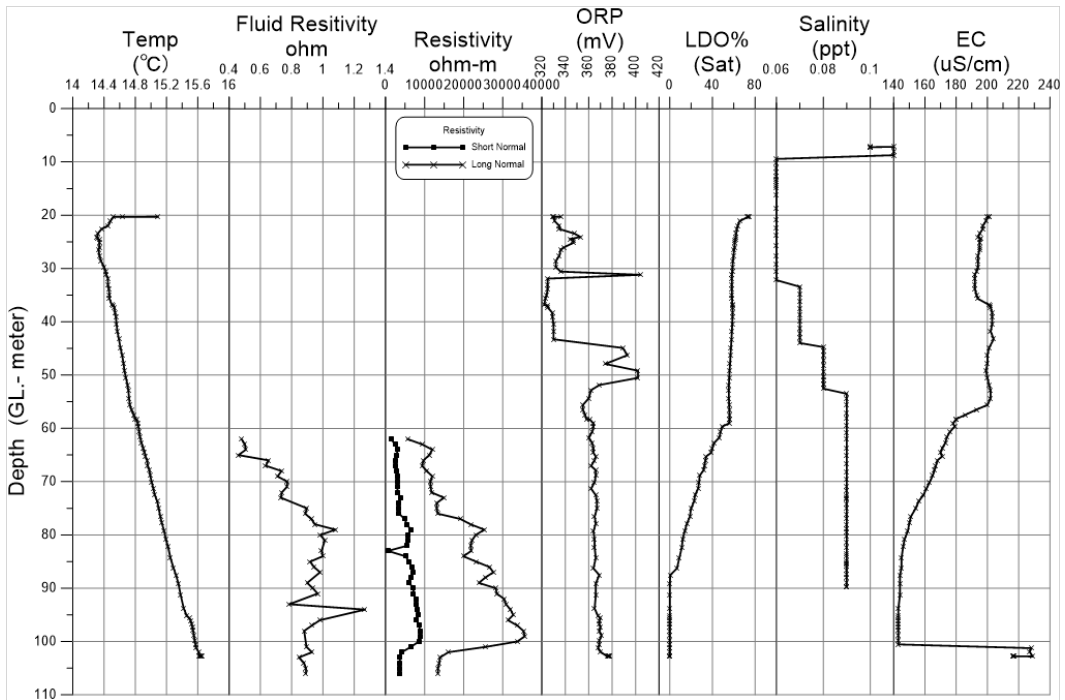
<포천6 관측공 양수시험>



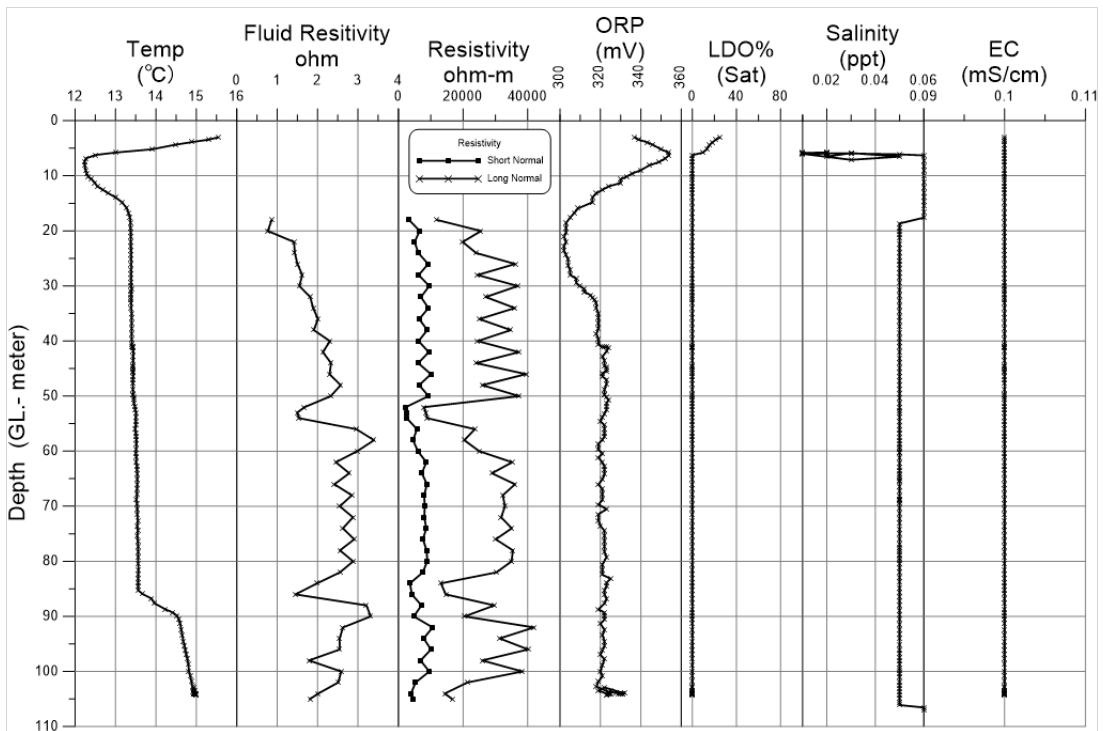
<포천7 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
포천5	150	1.49	1.77×10 ⁻⁵	78
포천6	20	0.19	2.09×10 ⁻⁶	105
포천7	130	0.94	1.15×10 ⁻⁵	95

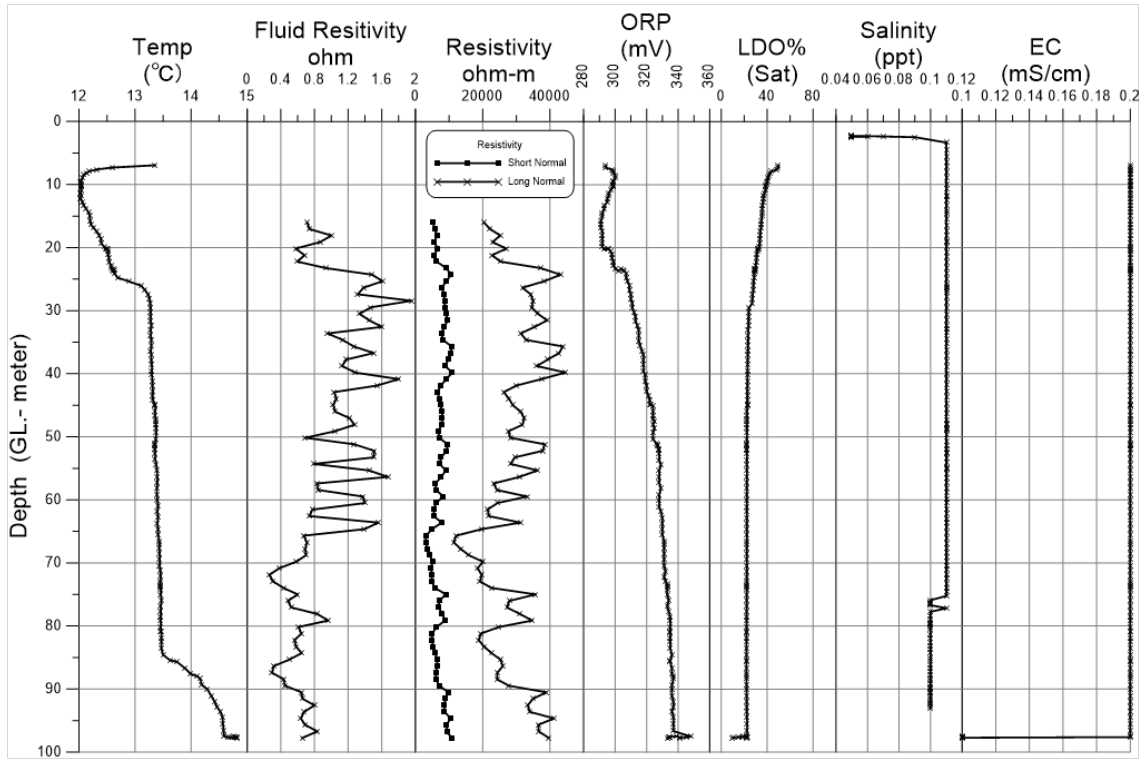
◎ 물리검층



<포천5 관측공 물리검층 및 EC검층>

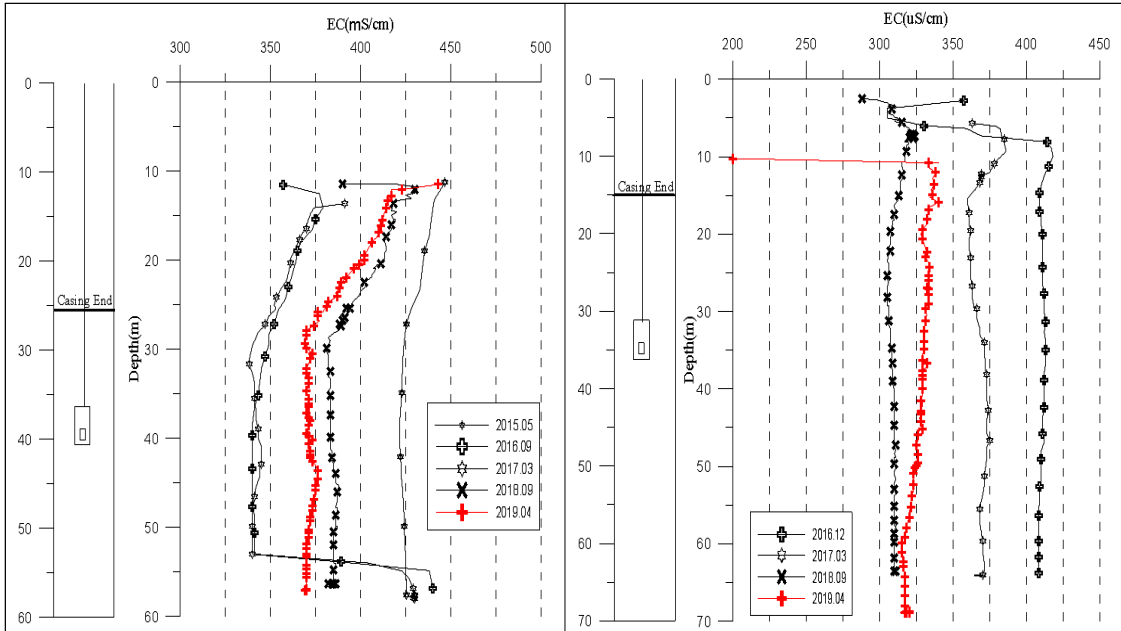


<포천6 관측공 물리검층 및 EC검층>



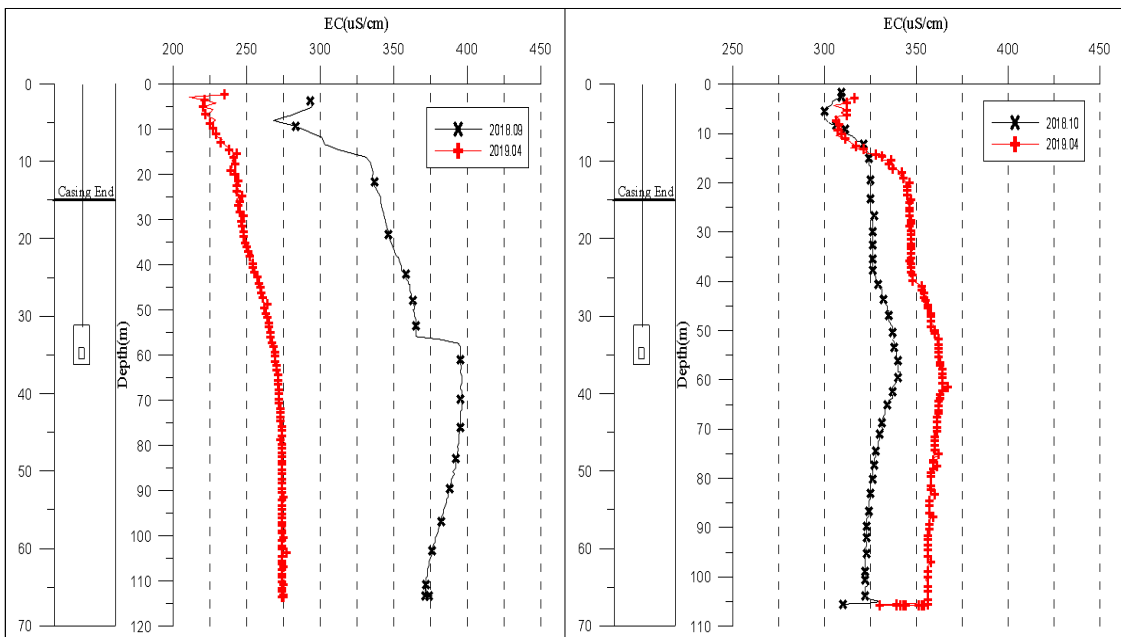
<포천7 관측공 물리검층 및 EC검층>

4. 지하수 검층



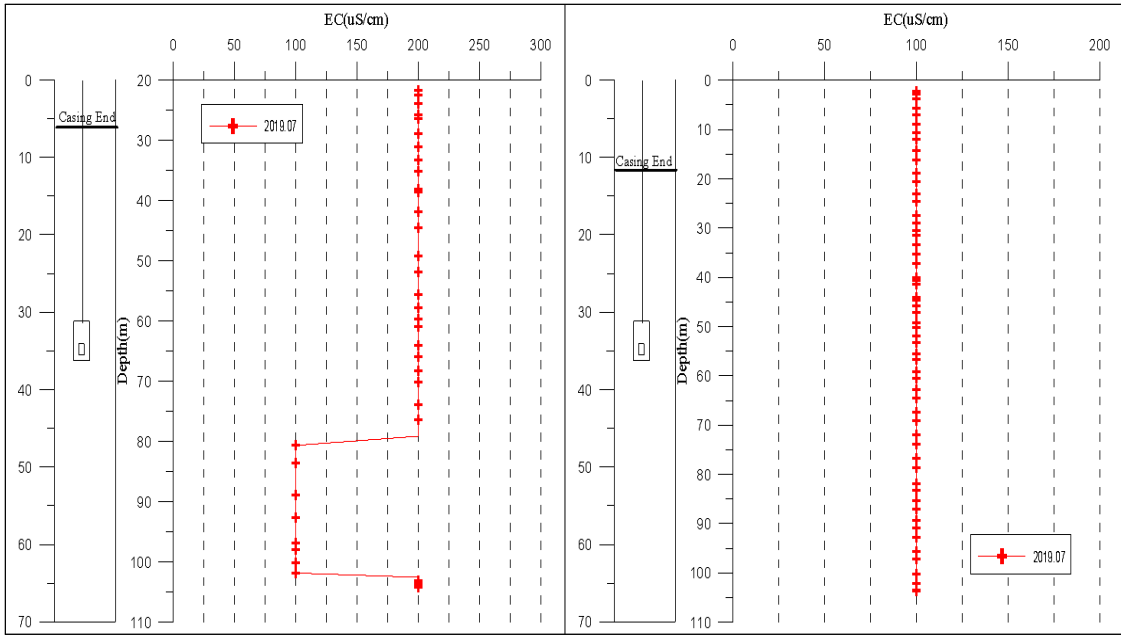
<포천1 관측공>

<포천2 관측공>



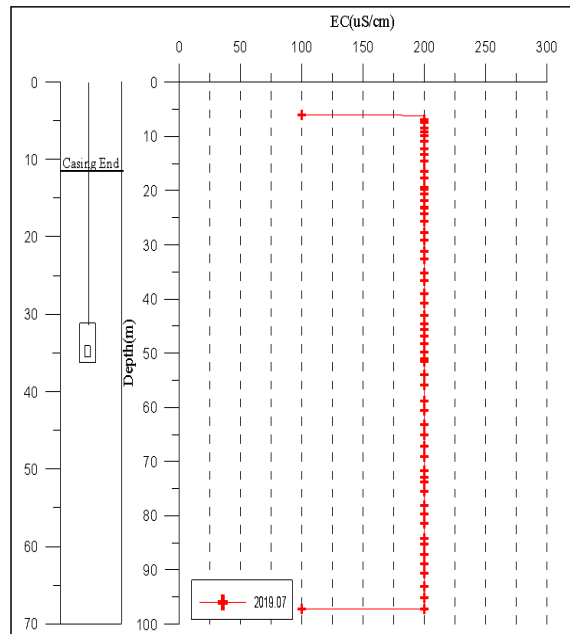
<포천3 관측공>

<포천4 관측공>



<포천5 관측공>

<포천6 관측공>



<포천7 관측공>

5. 지하수 수질 분석

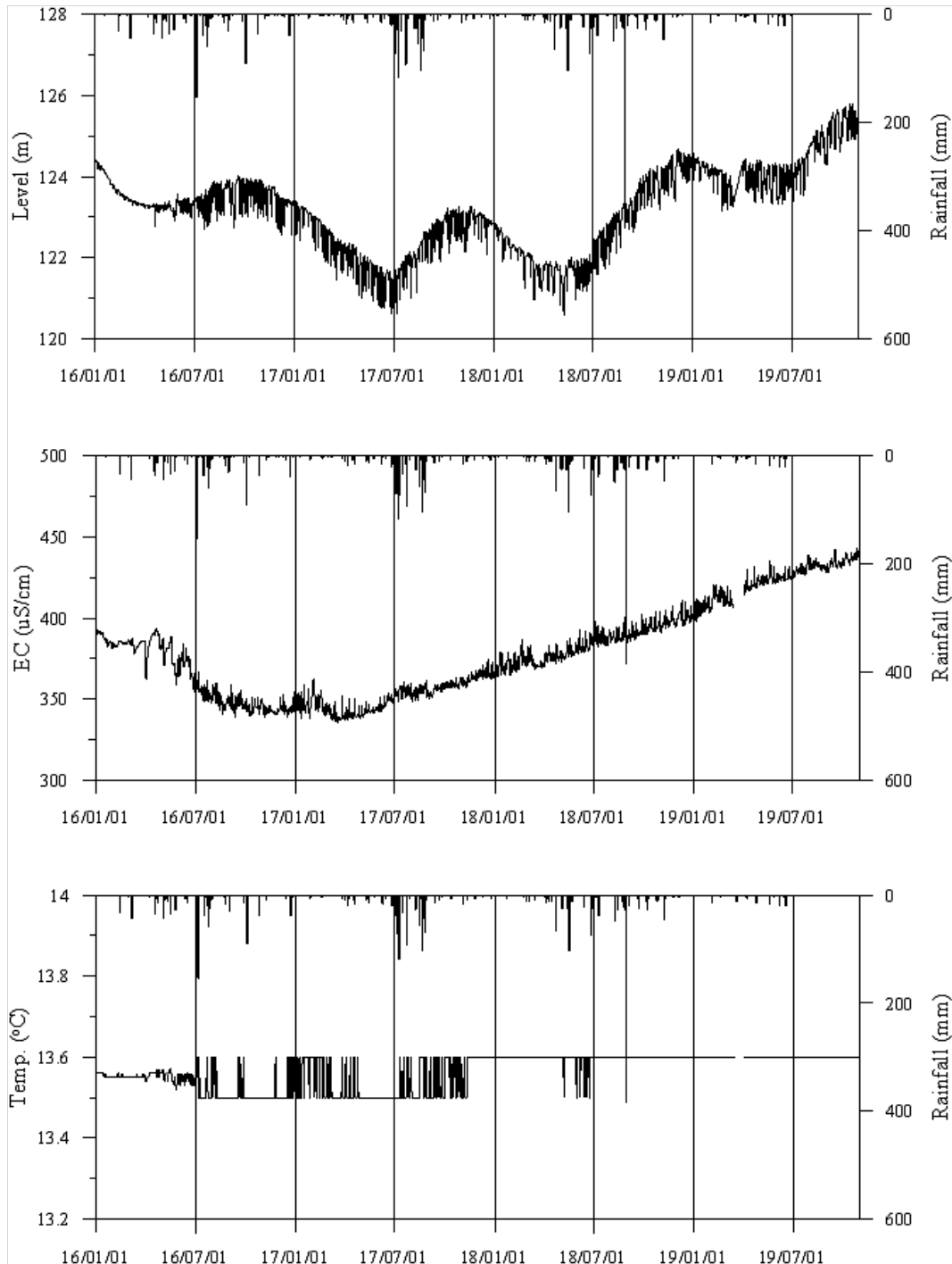
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
포천1	(2015.11)	17.35	8.73	2.97	50.73	35.55	31.51	137.25	20.91
	(2016. 4)	18.2	8.10	2.40	47.30	34.00	30.70	131.20	26.50
	(2017. 4)	17.20	7.05	2.15	41.98	31.23	36.10	94.55	32.57
	(2018. 7)	20.26	8.45	2.20	46.71	33.35	38.21	91.50	22.68
	(2019. 5)	21.19	7.39	2.66	44.24	34.63	42.99	115.90	13.70
포천2	(2016.12)	16.90	5.70	1.80	54.00	18.32	26.83	154.00	22.37
	(2017. 4)	17.87	5.47	1.53	47.12	20.88	35.82	103.70	36.55
	(2018. 7)	19.13	5.59	1.28	40.90	23.11	35.15	64.10	40.55
	(2019. 5)	19.92	4.83	1.46	38.40	19.73	35.80	97.60	26.88
포천3	(2018.11)	16.73	6.74	1.90	24.99	23.36	21.05	97.60	2.18
	(2019. 5)	17.83	5.10	2.79	20.99	20.88	23.05	51.85	17.45
포천4	(2018.11)	20.35	7.48	2.84	29.06	9.19	17.25	122.00	2.54
	(2019. 5)	24.29	7.72	1.78	28.66	8.84	22.39	115.90	4.19
포천5	(2019.11)	15.26	5.47	1.09	18.14	1.83	9.52	64.05	47.58
포천6	(2019.11)	14.74	1.52	1.86	15.27	8.81	3.06	64.05	0.61
포천7	(2019.11)	14.74	1.52	1.86	15.27	8.81	3.06	64.05	0.61

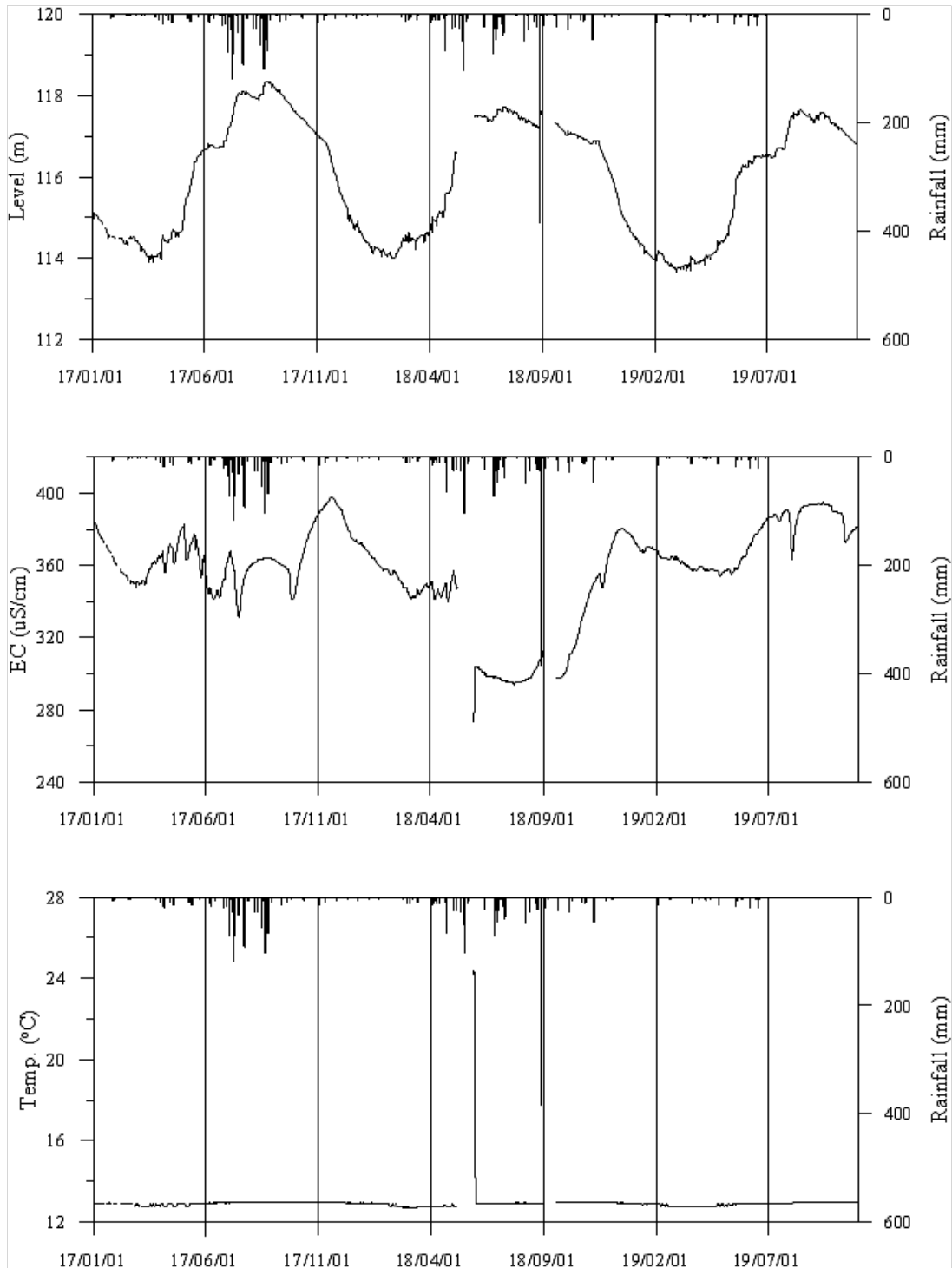
6.

장기관측 결과



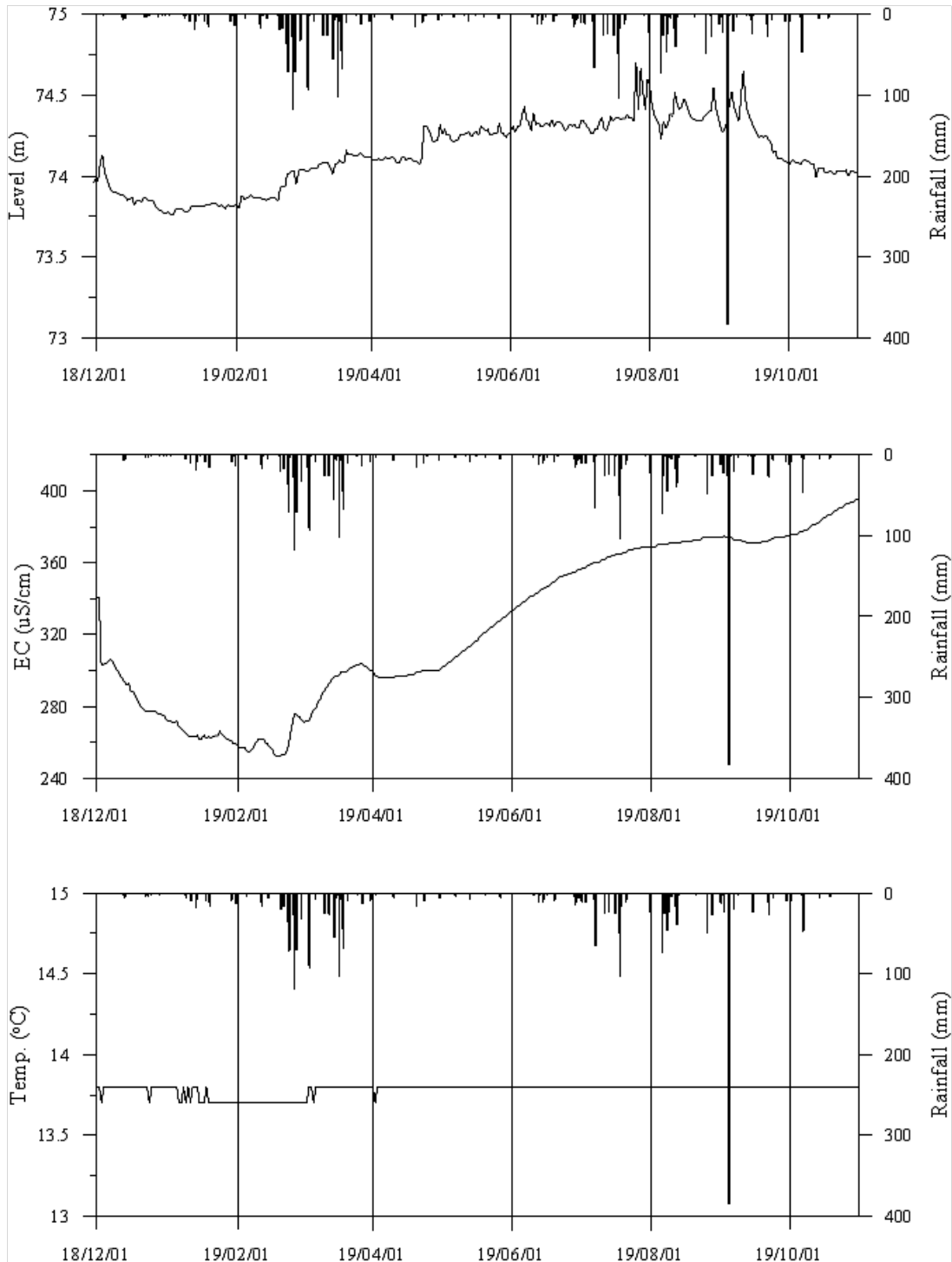
<포천1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



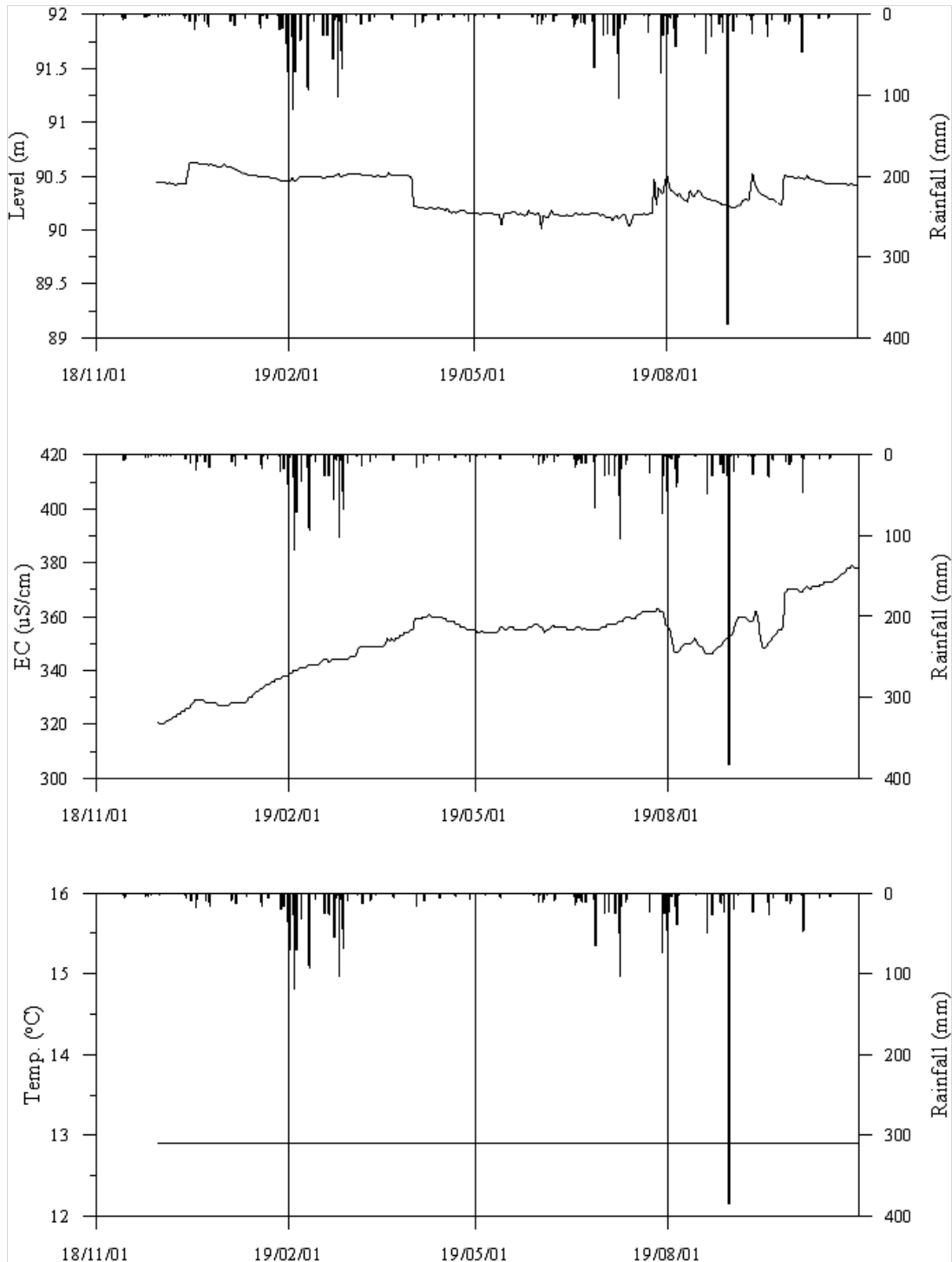
<포천2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포천3 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<포천4 관측공의 장기관측자료 (2018.11.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포천시 가산면 미산리에 위치한 포천1 관측공은 우금천을 중심으로 발달된 농경지와 시설재배단지 부근에 설치하였다. 농경지와 시설재배단지가 혼재된 지역으로 봄철 농업용수 수요급증과 겨울철 수막재배로 인한 지하수 수량부족과 수질 관리를 위하여 관측공을 설치하였다. 포천시 소흘읍에 위치하는 포천2 관측공은 고모천 주변에 설치되었다. 주변으로는 경지정리가 마무리된 농경지와 하우스 시설 재배지가 혼재하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 포천3, 포천4, 포천5, 포천6, 포천7 관측공은 유역 내에 농공단지가 혼재하고 있어 지하수 수량 및 수질 변화를 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 포천5 관측공의 양수량은 $150 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.77 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 78.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $14.2 \sim 15.6 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였다. 포천6 관측공의 양수량은 $20 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $2.09 \times 10^{-6} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 105.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $12.2 \sim 15.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였다. 포천7 관측공의 양수량은 $130 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.15 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 95.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $12.0 \sim 15.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였으나 장노말의 변동폭이 매우 크게 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 포천1 관측공의 전기전도도는 $330 \sim 446 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이며, 상부에서부터 지속적으로 감소하다가 약 40m 심도 이하에서 전기전도도가 증가하였다. 포천2 관측공의 전기전도도는 $418 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로서, 지표 하부 15 m의 상부구간과 하부구간의 전기전도도 값이 근소한 차이가 나타났다.

상부구간은 전기전도도 감소구간으로 $360 \mu S/cm$ 에서 $300 \mu S/cm$ 까지 감소하고 하부구간은 $415 \mu S/cm$ 내외로 농업용수로의 활용이 가능한 것으로 나타났다. 포천3 관측공의 전기전도도는 $210 \sim 400 \mu S/cm$ 의 범위로 나타났으며, 심도가 증가할수록 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 포천4 관측공의 전기전도도는 $300 \sim 370 \mu S/cm$ 의 범위로 나타났다. 포천 5, 포천 6, 포천 7 관측공의 전기전도도는 각각 평균 $200 \mu S/cm$, $100 \mu S/cm$, $200 \mu S/cm$ 로 나타났다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 포천1, 포천2, 포천3, 포천4, 포천5, 포천6, 포천7 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 포천지구 관측공 질산염 농도는 대부분 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 다만 포천5 관측공의 경우 2019년 질산성질소 농도가 47.58 mg/L 로 나타나 향후 주의 관찰할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 포천1 관측공의 지하수위의 경우 강우와 무관하게 4 m 내외에서 증감한다. 전기전도도의 경우에는 $340 \sim 440 \mu S/cm$ 내외로 변동폭이 나타나지만, 전체적으로 내륙지역에서 나타나는 담수의 범위에서 크게 벗어나지 않아 지하수 수질에 영향을 미치는 정도는 아닌 것으로 판단된다. 포천 2 관측공의 지하수위는 여름철에 증가하는 경향이 있으며, 전기전도도는 $300 \sim 380 \mu S/cm$ 범위로 일반적인 담지하수 범위에 해당한다. 포천3 관측공 지하수위는 1 m 내외로 변동하며, 전기전도도는 $240 \sim 400 \mu S/cm$ 범위로 일반적인 담지하수 범위에 해당한다. 포천3 관측공 지하수위는 0.7 m 내외로 변동하며, 전기전도도는 $320 \sim 380 \mu S/cm$ 범위로 일반적인 담지하수 범위에 해당한다.
- 5) 관리 방안 : 포천지역 내 관측공은 수량과 수질관리 유역에 설치하였고 현재는 지하수 오염이 크게 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 오염물질 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 다만 포천5 관측공의 경우 질산성질소 농도가 먹는물 수질 기준을 초과하여 나타났으므로 향후 주의 관찰할 필요가 있다.

2.2.13 양주시구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
양주1	양주시 백석읍 가업리 4	197865.9265	476949.804	99.469	2015	95.889
양주2	양주시 남면 상수리 62-16	200447.032	586154.033	86.224	2018	81.12

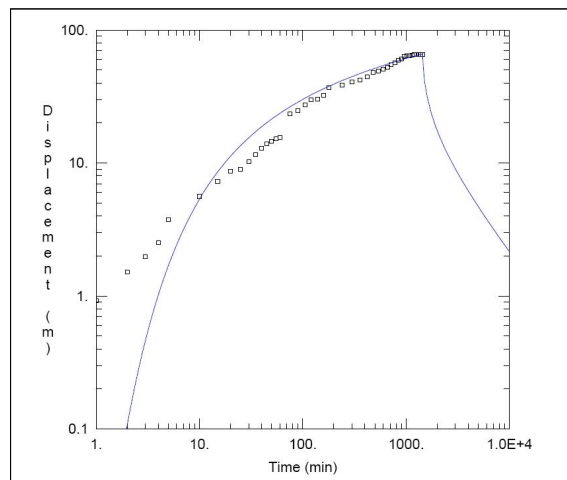
2. 지형 및 지질

양주시구는 경기도 중부 북쪽에 위치하고 있으며 대체로 산이 많아 평지가 적고, 평지는 서·남·북쪽 방향으로 흐르는 하천변에 산재해 있다. 또한 중랑천과 신천의 발원지이며, 도봉산, 감악산 등이 있다. 지질은 화강암류와 편마암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

양주2 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

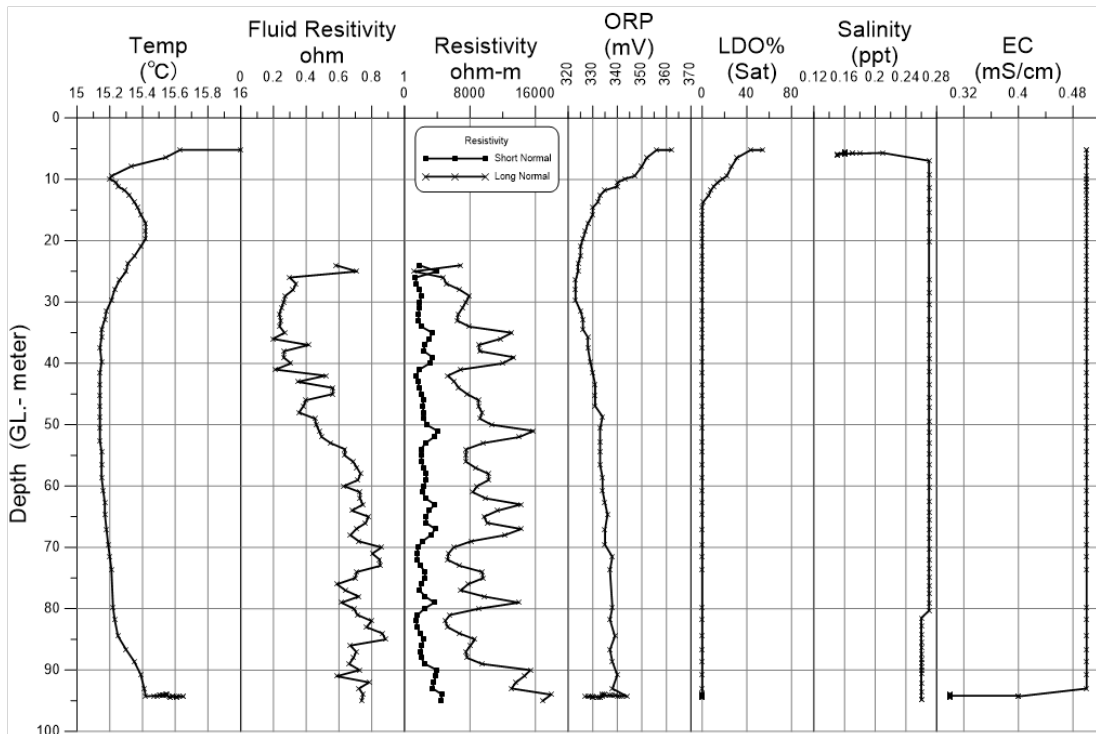
◎ 양수시험



<양주2 관측공 양수시험>

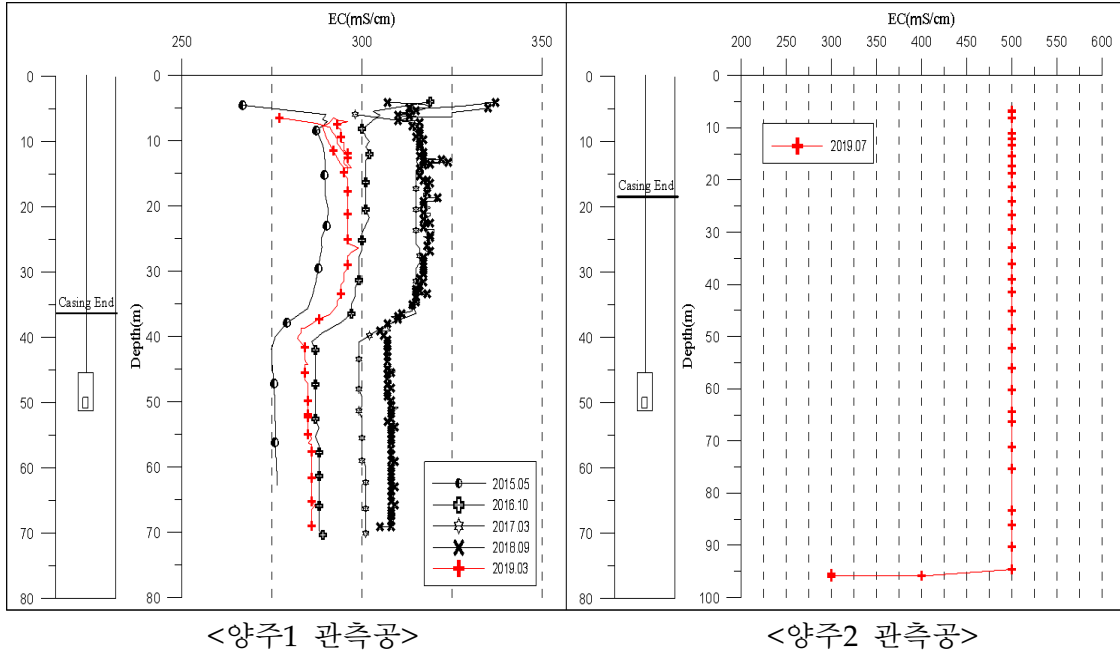
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)(T)	수리전도도 (cm/sec)(K)	대수층두께(m)
양주2	133	1.42	1.87×10 ⁻⁵	88

◎ 물리검층



<양주2 관측공 물리검층 및 EC검층>

4. 지하수 검층



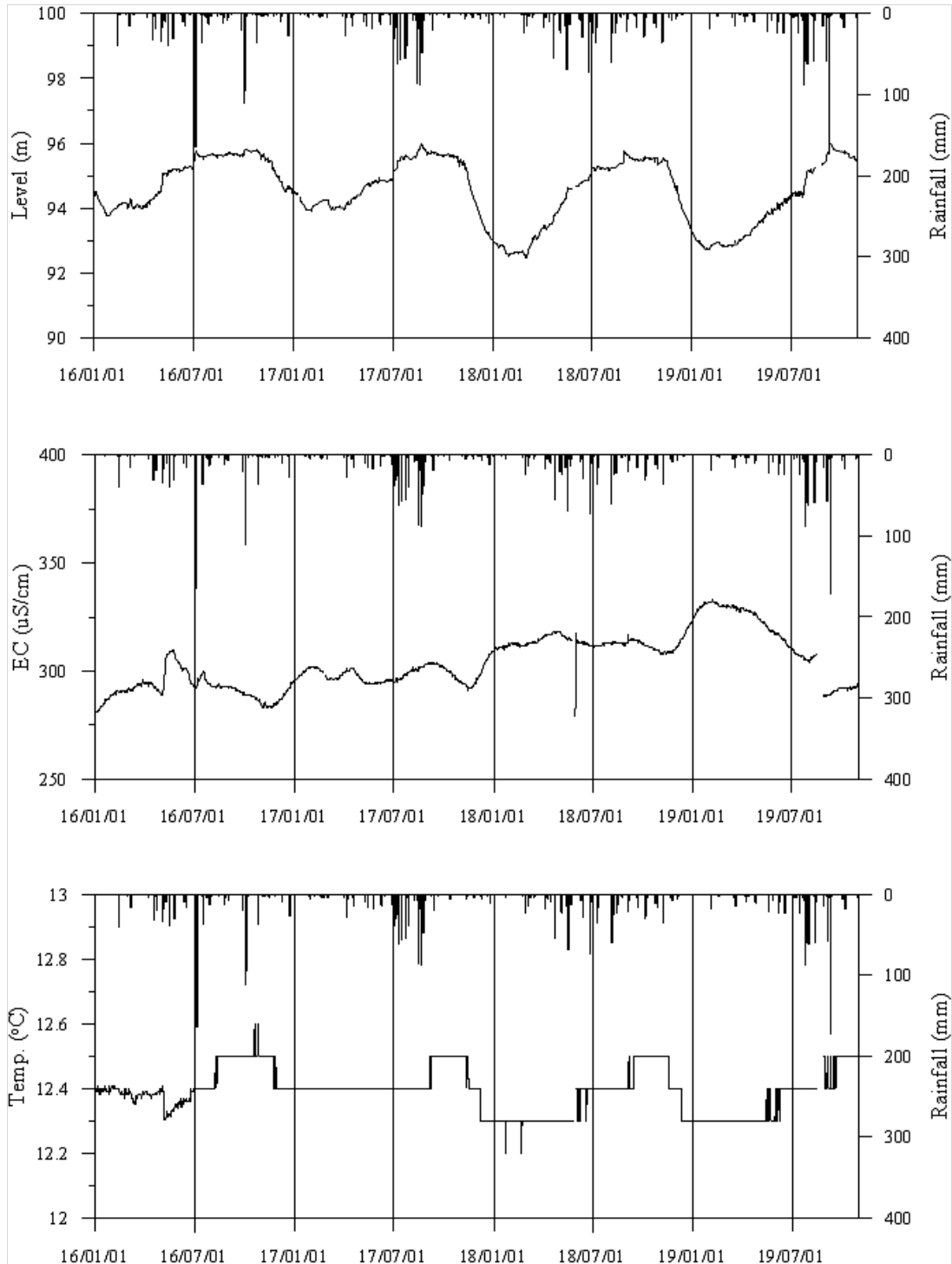
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
양주1	(2015.11)	14.25	6.14	1.03	40.46	9.77	15.47	125.05	15.02
	(2016. 4)	13.40	6.40	1.10	43.60	9.70	15.20	131.20	16.90
	(2017. 4)	15.12	6.32	0.86	45.62	11.21	18.50	134.20	18.12
	(2018. 7)	13.51	6.28	0.83	42.87	13.17	20.11	115.90	13.34
양주2	(2019.11)	67.3	5.3	3.0	60.9	60.5	71.9	131.2	23.7

6. 장기관측 결과



<양주1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 양주시 백석읍 가업리에 위치하는 양주1 관측공은 홍죽천변에 설치되었다. 주변으로는 경지정리가 마무리된 농경지와 하우스 시설 재배지가 혼재하고 있으며, 이러한 농촌지역의 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 양주2 관측공은 입암천 주변에 설치되었다. 양주2 관측공 주변에 농공단지가 혼재하여 계절별 수량 및 수질변화를 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 양주2 관측공의 양수량은 $133 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.87 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ 이고, 대수층 두께는 88 m 이다. 물리검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 약 96 m 심도까지 약 $14 \sim 16 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이며, Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $31 \sim 41 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 범위이다. 노말 전기비저항 탐사 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 전구간에서 유사하게 나타난다. 또한, 동일하게 증가하는 경향을 나타낸다. 심도 약 11 m 이후 부터는 값이 유사하게 나타나 파쇄대 가능성이 높은 것으로 추정된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 양주1 관측공의 전기전도도는 약 $330 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로서, 지표 하부 40 m의 상부구간과 하부구간의 전기전도도 값이 근소한 차이가 나타났다. 상부구간은 전기전도도 감소구간으로 약 $330 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 약 $295 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 감소하고 하부구간은 약 $288 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외이다. 양주2 관측공의 전기전도도는 전구간 $500 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 양주1 관측공은 Ca-HCO_3 유형에 해당하며 양주2 관측공은 $(\text{Na}+\text{L})\text{-Cl}$ 유형에 해당한다. 양주지구 관측공 질산염 농도는 먹는 물 수질기준($44 \text{ mg}/\text{L}$; 질산성질소 농도로 환산 시 $10 \text{ mg}/\text{L}$) 및 농업용수 수질기준($88 \text{ mg}/\text{L}$; 질산성질소 농도로 환산 시 $20 \text{ mg}/\text{L}$) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 양주1 관측공의 수위변화는 강수에 크게 영향을 받지 않으나, 우기에 소폭의 지하수위 증가, 전기전도도 증가, 온도 감소 현상이 관측된다. 지하수위 변화는 약 3 m 미만이다.
- 6) 관리 방안 : 양주지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 현재는 지하수오염 현상이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

부록 2.3 강원도

2.3.1	원주지구	.....	부록	-	153
2.3.2	춘천지구	.....	부록	-	167
2.3.3	횡성지구	.....	부록	-	177
2.3.4	홍천지구	.....	부록	-	186
2.3.5	평창지구	.....	부록	-	198
2.3.6	양구지구	.....	부록	-	207
2.3.7	화천지구	.....	부록	-	214
2.3.8	고성지구	.....	부록	-	222
2.3.9	인제지구	.....	부록	-	227
2.3.10	강릉지구	.....	부록	-	236
2.3.11	양양지구	.....	부록	-	247
2.3.12	삼척지구	.....	부록	-	251
2.3.13	철원지구	.....	부록	-	255
2.3.14	영월지구	.....	부록	-	265

부록 2.3 강원도

2.3.1 원주지구

1. 위치

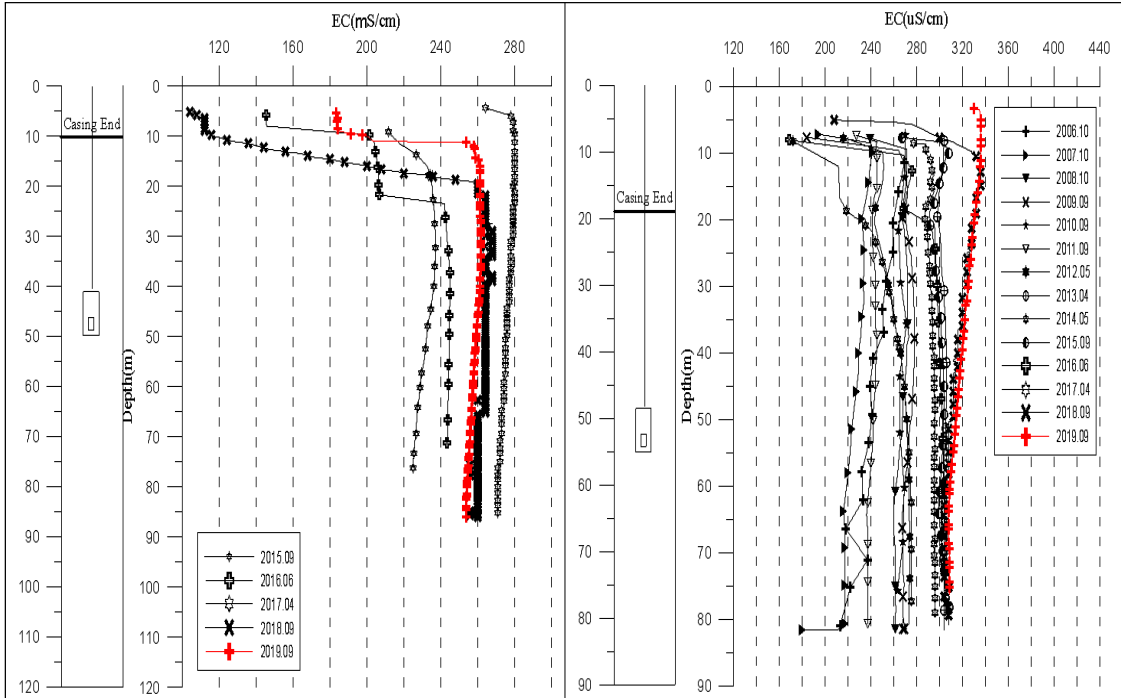
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
원주1 (구)	원주시 문막읍 건등리 1031-2	271772.1580	425783.9418	63.64	2006	61.24
원주1 (신)	원주시 문막읍 반계리 산65	268070.3771	422582.1078	83.83	2015	78.31
원주2	원주시 문막읍 대둔리 325	268348.4565	418935.4114	52.55	2006	44.95
원주3	원주시 문막읍 궁촌리 2103	273423.946	419083.1193	69.05	2015	65.98
원주4	원주시 부론면 흥호리 954-3	266349.3787	414660.3013	49.67	2006	39.37
원주5	원주시 판부면 서곡리 1874	283211.1043	422661.2461	174.87	2016	159.29
원주6	원주시 신림면 황둔리 102-5	305988.1900	517318.9920	354.03	2017	317.44
원주7	원주시 지정면 간현리 1255-1	274,737.656	527,869.513	62.22	2018	57.59

- ※ 1. 문막1 관측공은 2015년 문막1-2로 이설
 2. 지구명을 통일하기 위하여 **2016년부터** 문막1-2 → 원주1, 문막2 → 원주2, 문막3 → 원주3, 부론1 → 원주4로 변경

2. 지형 및 지질

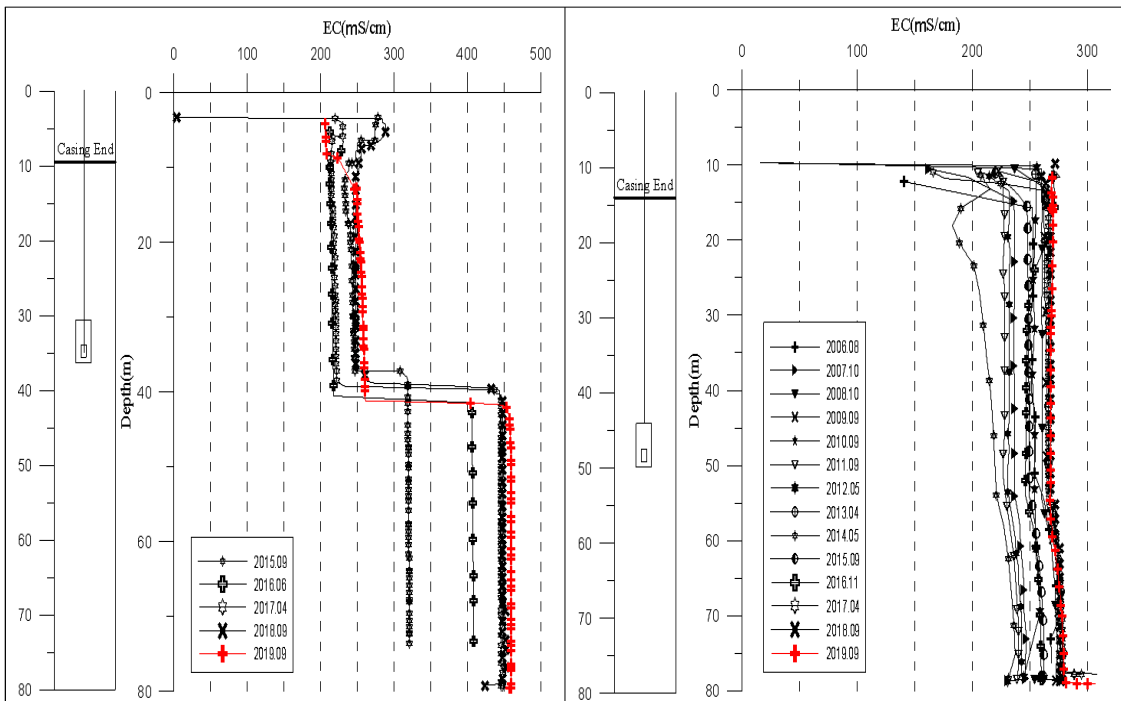
원주지구는 치악산 서쪽에 위치하며 동남쪽에는 험준한 차령산맥에 속하는 비로봉, 삼봉, 향로봉, 남로봉 등이 있고, 서북쪽은 비교적 낮은 산맥들이 완만한 경사로 봉우리를 이루면서 덕고산, 수래봉, 당산, 관모산 등이 있다. 남쪽에는 차령산맥의 줄기가 충청북도와 도계를 이루면서 서쪽으로 뻗어나가며 구학산, 백운산, 십자봉, 갈미봉 등이 있다. 지질은 선캠브리아기의 편암 및 편마암류를 중생대 쥐라기와 백악기의 화강암 및 섬록암 등의 관입암류가 관입하고 있다.

3. 지하수 검층



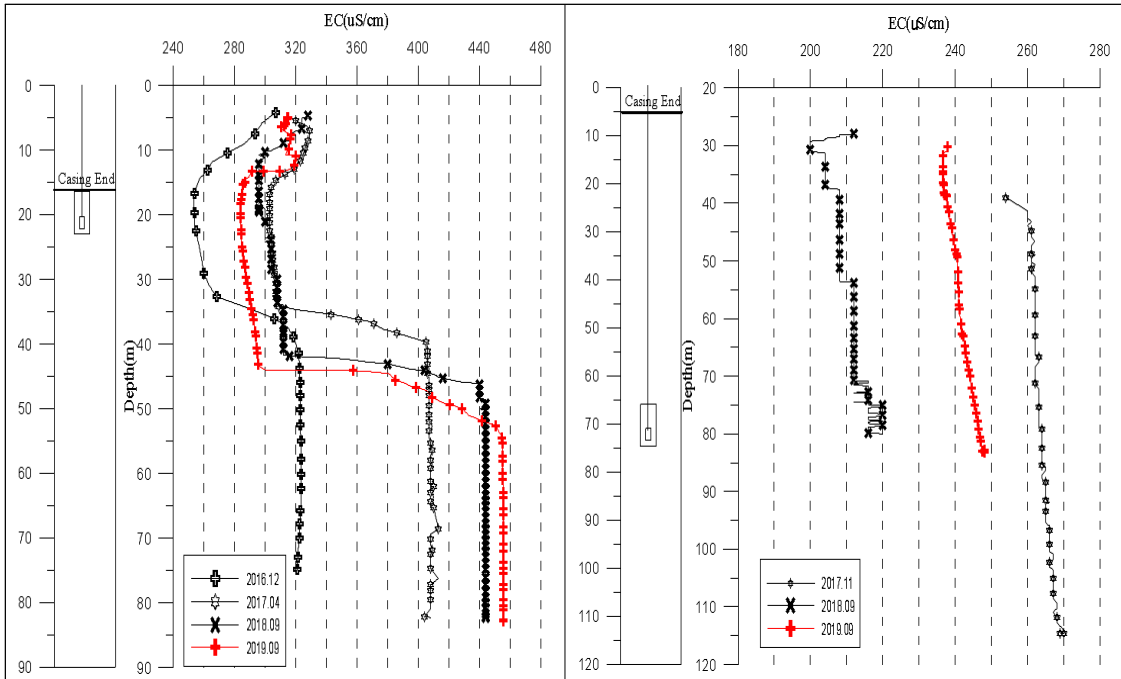
<원주1 관측공 2015년 이후>

<원주2 관측공>



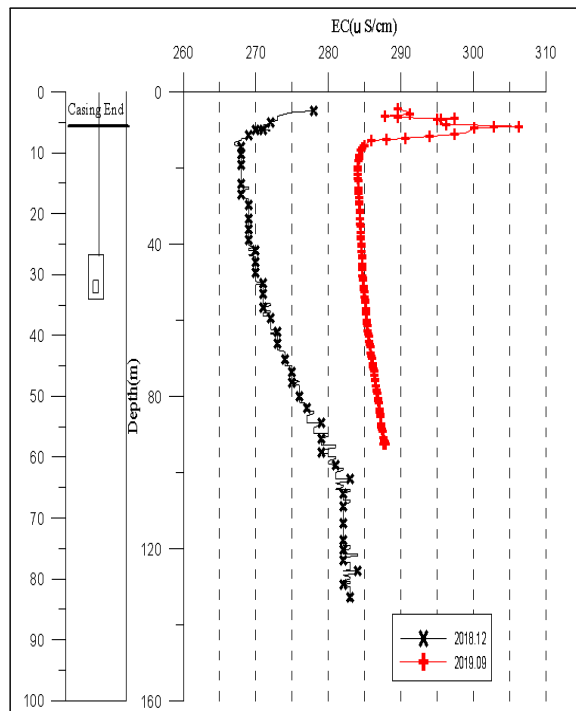
<원주3 관측공>

<원주4 관측공>



<원주5 관측공>

<원주6 관측공>



<원주7 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

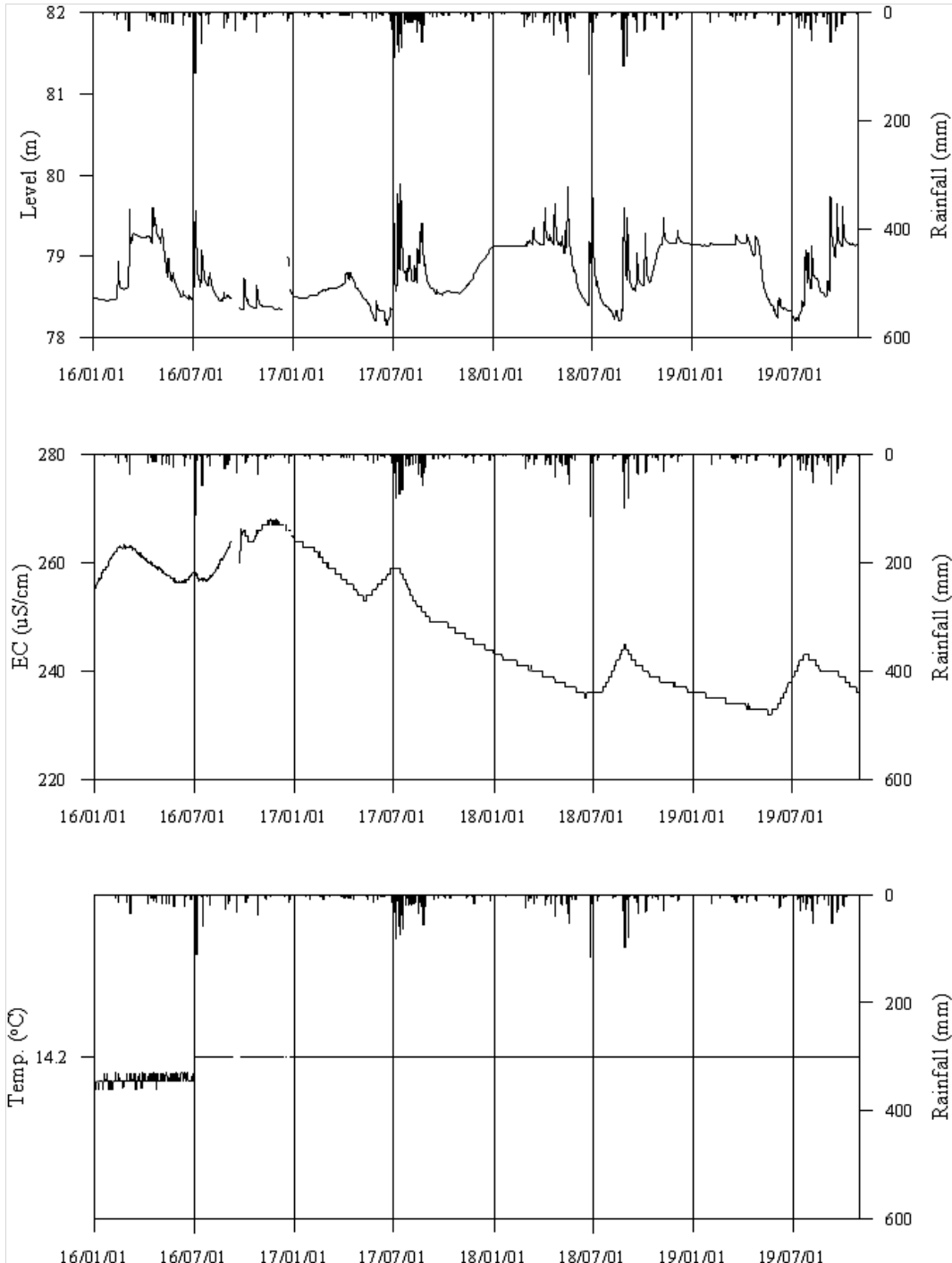
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
원주1	(2007.10)	6.23	5.63	0.59	27.66	5.08	3.94	125.05	5.00
	(2008.10)	5.88	4.73	0.41	25.82	9.86	3.49	97.60	3.59
	(2009. 9)	7.21	7.48	0.64	36.87	8.57	3.92	131.15	6.82
	(2010. 9)	7.57	7.19	0.52	32.60	8.78	3.71	140.30	6.60
	(2011. 7)	7.31	7.05	0.54	31.25	7.90	2.95	59.33	N.D.
	(2012. 5)	7.35	7.07	0.45	34.01	7.56	3.83	125.05	14.43
	(2013. 4)	7.58	7.41	0.48	35.48	7.84	4.36	140.30	7.22
	(2014. 5)	6.82	8.52	0.76	39.46	7.35	4.73	140.30	6.99
	(2015. 7)	27.27	2.28	1.79	25.82	11.8	4.6	125.1	3.9
	(2016. 6)	32.19	4.47	0.12	35.39	11.27	5.01	134.20	5.32
	(2017 6)	34.27	2.65	1.29	27.59	10.36	3.86	146.40	1.24
	(2018 6)	22.31	2.25	0.91	23.72	9.53	4.72	103.70	4.16
(2019. 5)	10.03	2.32	1.34	21.99	8.31	6.41	67.1	7.30	
원주2	(2007.10)	14.61	3.13	0.95	28.66	7.06	6.61	106.75	2.57
	(2008.10)	12.24	3.19	0.72	28.90	8.49	8.82	115.90	1.35
	(2009. 9)	12.88	3.76	0.81	36.53	7.30	7.65	128.10	1.23
	(2010. 9)	16.12	4.46	0.84	33.92	7.76	9.08	143.35	0.92
	(2011. 7)	12.78	4.22	0.85	35.59	7.83	8.60	64.91	N.D.
	(2012. 5)	13.55	4.28	0.76	37.42	7.77	11.97	134.20	6.82
	(2013. 4)	15.72	3.92	0.74	39.34	6.01	17.62	152.50	0.83
	(2014. 5)	13.00	3.60	0.96	41.43	3.87	19.72	125.05	1.54
	(2015. 7)	20.89	4.75	1.10	42.14	4.0	41.6	134.2	0.8
	(2016. 6)	12.75	4.01	0.06	45.18	6.18	23.10	134.20	2.66
	(2017 6)	16.88	3.48	1.00	36.92	0.92	21.29	118.95	N.D.
	(2018 6)	12.81	3.83	0.81	34.52	1.38	23.19	100.65	N.D.
(2019. 5)	14.00	3.62	0.84	39.70	0.62	21.18	118.95	N.D.	
원주3	(2015. 9)	13.71	3.60	5.58	35.64	14.2	19.5	109.8	14.4
	(2016. 6)	11.11	4.67	0.43	29.79	14.51	21.28	115.90	12.42
	(2017 6)	12.70	3.79	5.16	20.90	12.19	22.83	48.80	15.78
	(2018 6)	11.78	3.46	4.97	18.47	13.46	22.40	42.70	10.12
	(2019. 5)	11.02	3.16	8.48	17.28	0.07	20.67	61.00	2.38

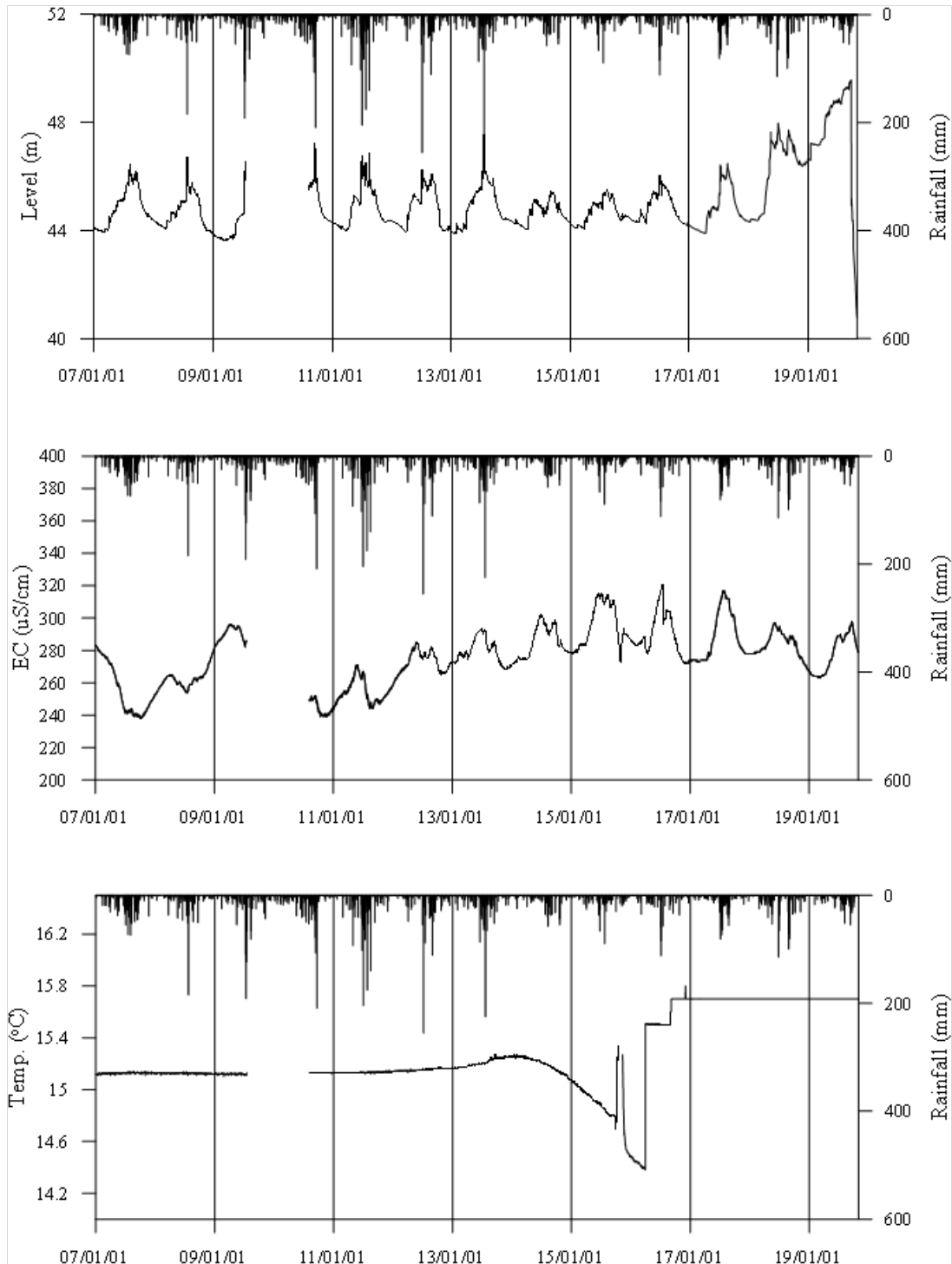
※ 원주1 관측공의 2007 ~ 2014년 분석 결과는 이동 설치 전인 문막1 관측공의 결과임.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
원주4	(2007.10)	13.03	1.59	0.93	34.52	14.17	7.12	122.00	1.03
	(2008.10)	10.87	1.53	0.57	35.40	16.96	8.94	109.80	0.74
	(2009. 9)	12.01	1.72	0.63	43.82	16.62	7.61	122.00	0.99
	(2010. 9)	13.58	1.87	0.61	37.69	16.94	8.01	131.15	0.99
	(2011. 7)	12.44	1.74	0.96	39.47	15.82	6.41	55.24	N.D.
	(2012. 5)	14.12	1.70	0.57	39.62	17.24	7.62	118.95	N.D.
	(2013. 4)	12.51	1.70	0.57	37.75	18.40	8.43	131.15	1.38
	(2014. 5)	10.68	1.55	0.81	41.08	18.42	8.41	112.85	0.02
	(2015. 7)	12.34	1.79	0.58	41.39	18.1	9.7	112.9	0.5
	(2016. 6)	11.12	2.19	0.08	48.74	18.44	8.56	122.00	3.09
	(2017 6)	13.25	1.66	0.82	32.48	14.91	8.97	94.55	N.D.
	(2018 6)	14.12	1.48	0.70	25.08	16.37	7.75	82.35	N.D.
(2019. 5)	16.30	4.91	1.04	39.18	19.78	16.24	70.15	66.96	
원주5	(2016.12)	13.92	6.81	2.24	32.84	11.88	15.82	97.60	22.42
	(2017 6)	13.06	7.67	2.09	33.35	10.78	22.43	97.60	24.83
	(2018 6)	12.38	7.26	1.94	32.02	11.92	22.56	106.75	20.79
	(2019. 5)	12.14	6.76	2.08	33.02	12.63	18.55	100.65	14.53
원주6	(2017.11)	4.49	4.05	1.44	41.75	8.30	8.89	122.00	10.27
	(2018. 6)	3.85	2.72	1.24	43.71	7.85	14.47	97.60	13.18
	(2019. 5)	3.98	2.99	1.64	36.42	8.65	10.11	82.35	17.03
원주7	(2018. 12)	45.20	1.12	1.42	9.59	4.08	13.38	91.50	N.D.
	(2019. 5)	49.61	0.96	1.13	9.61	3.39	14.72	106.75	N.D.

5. 장기관측 결과

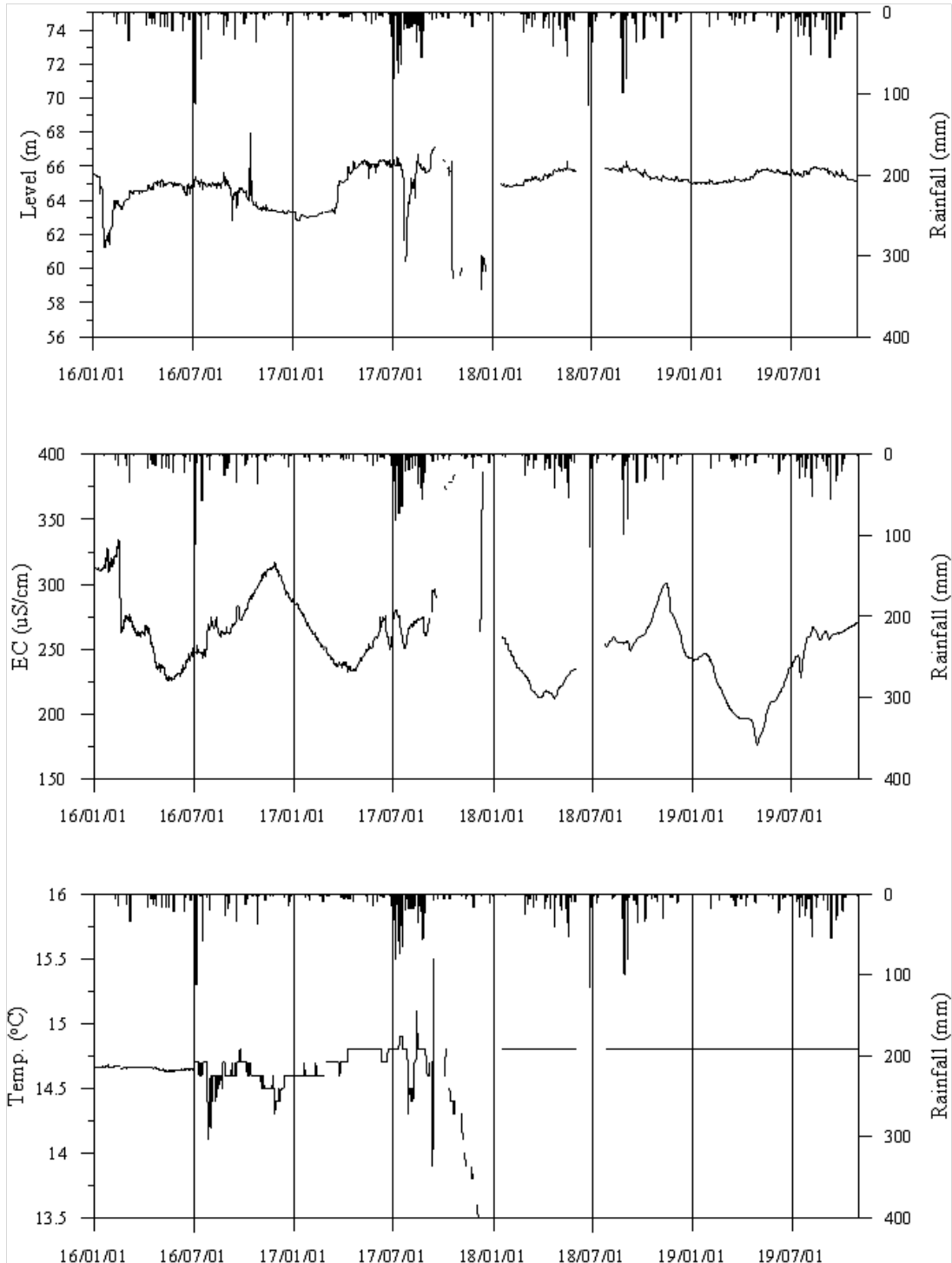


<원주1(이설) 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



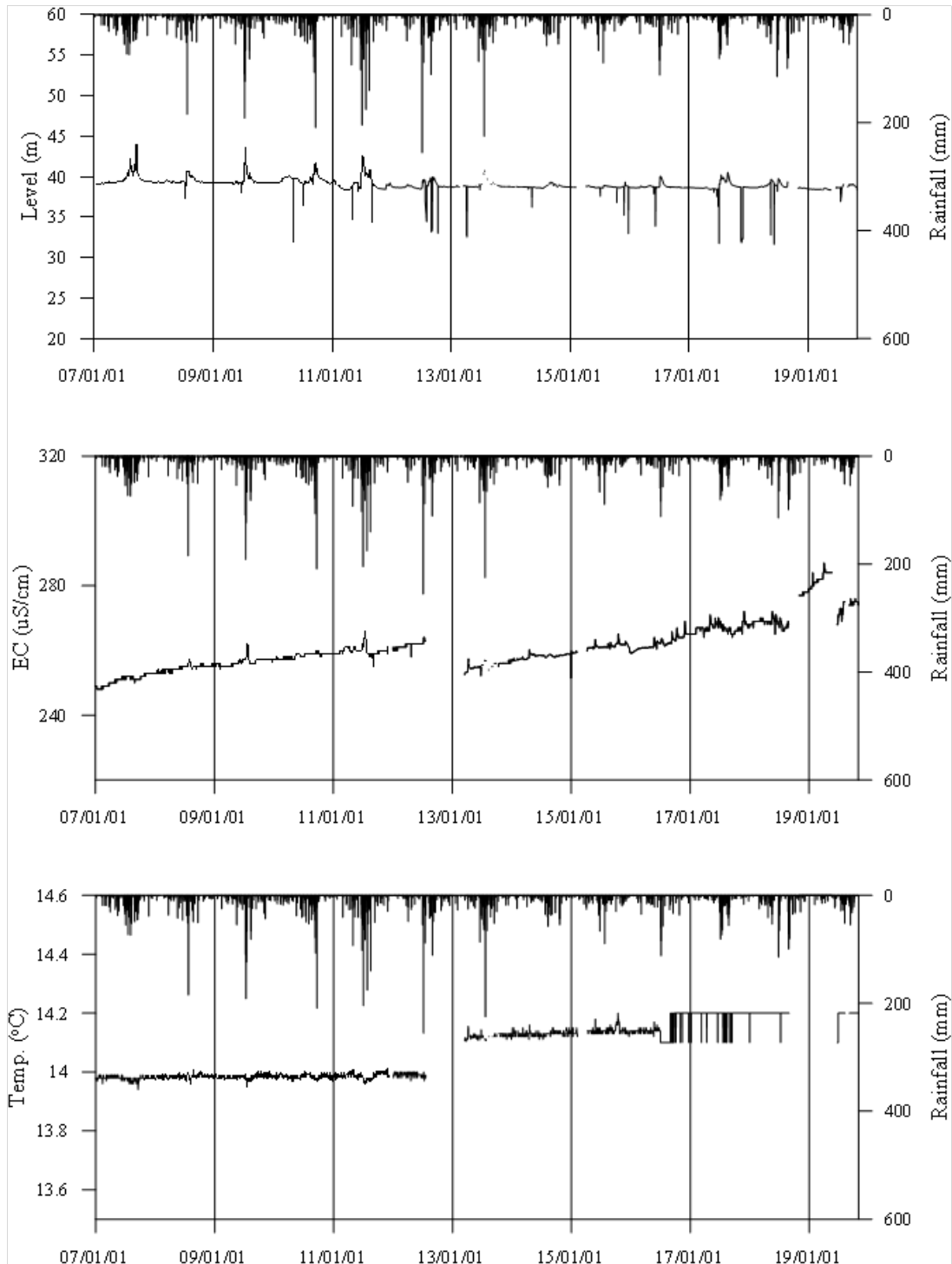
<원주2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



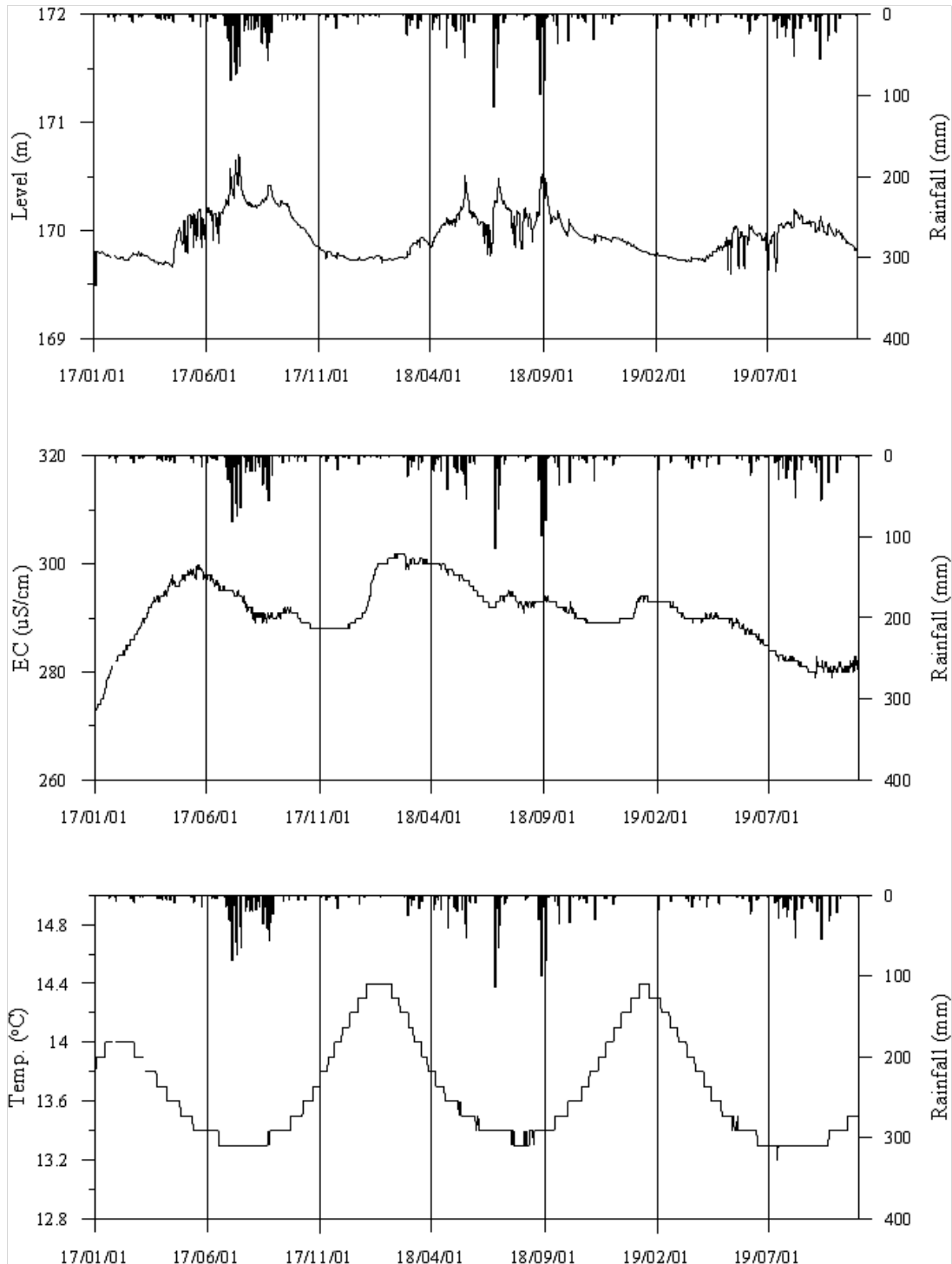
<원주3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



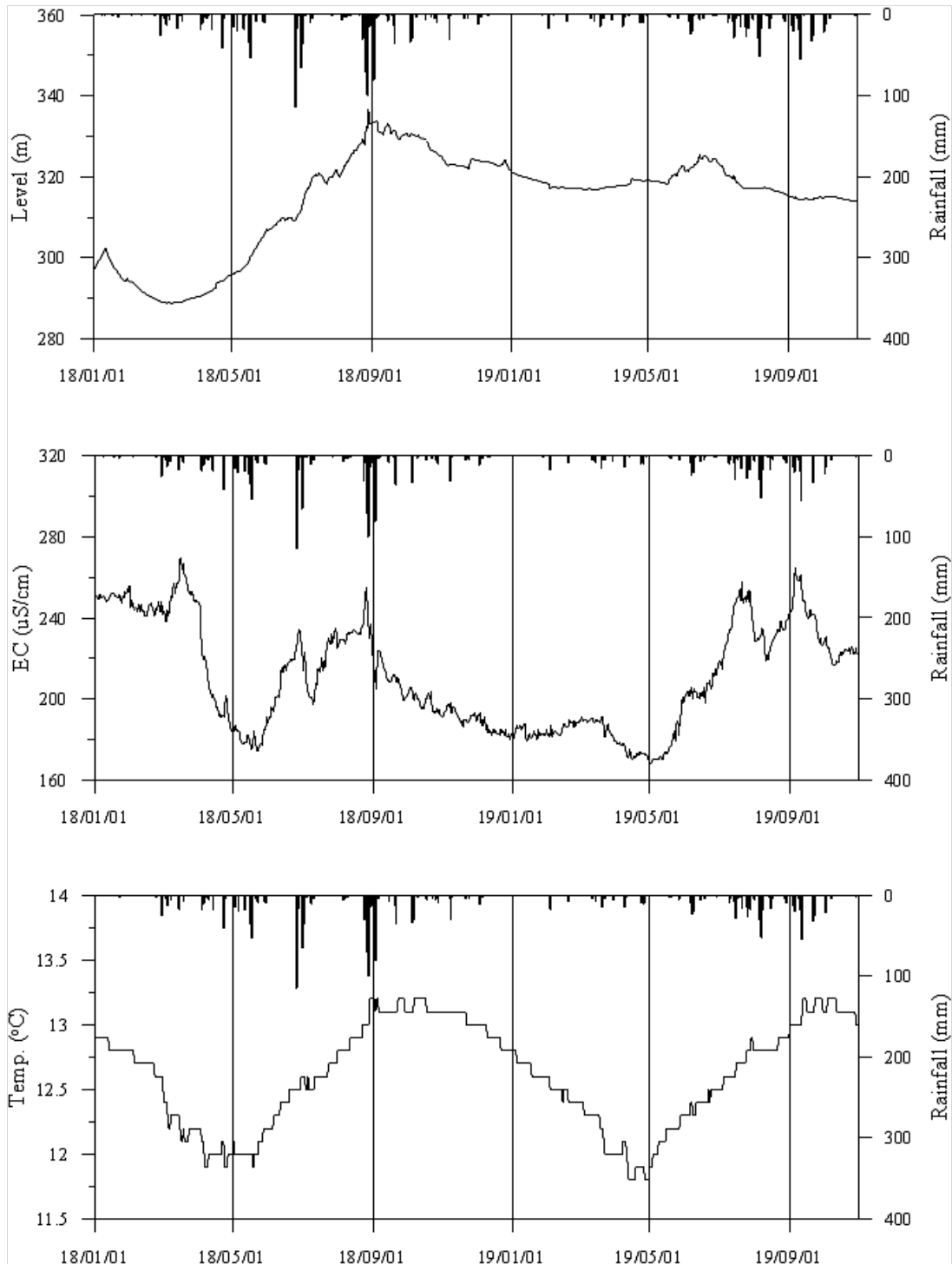
<원주4 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



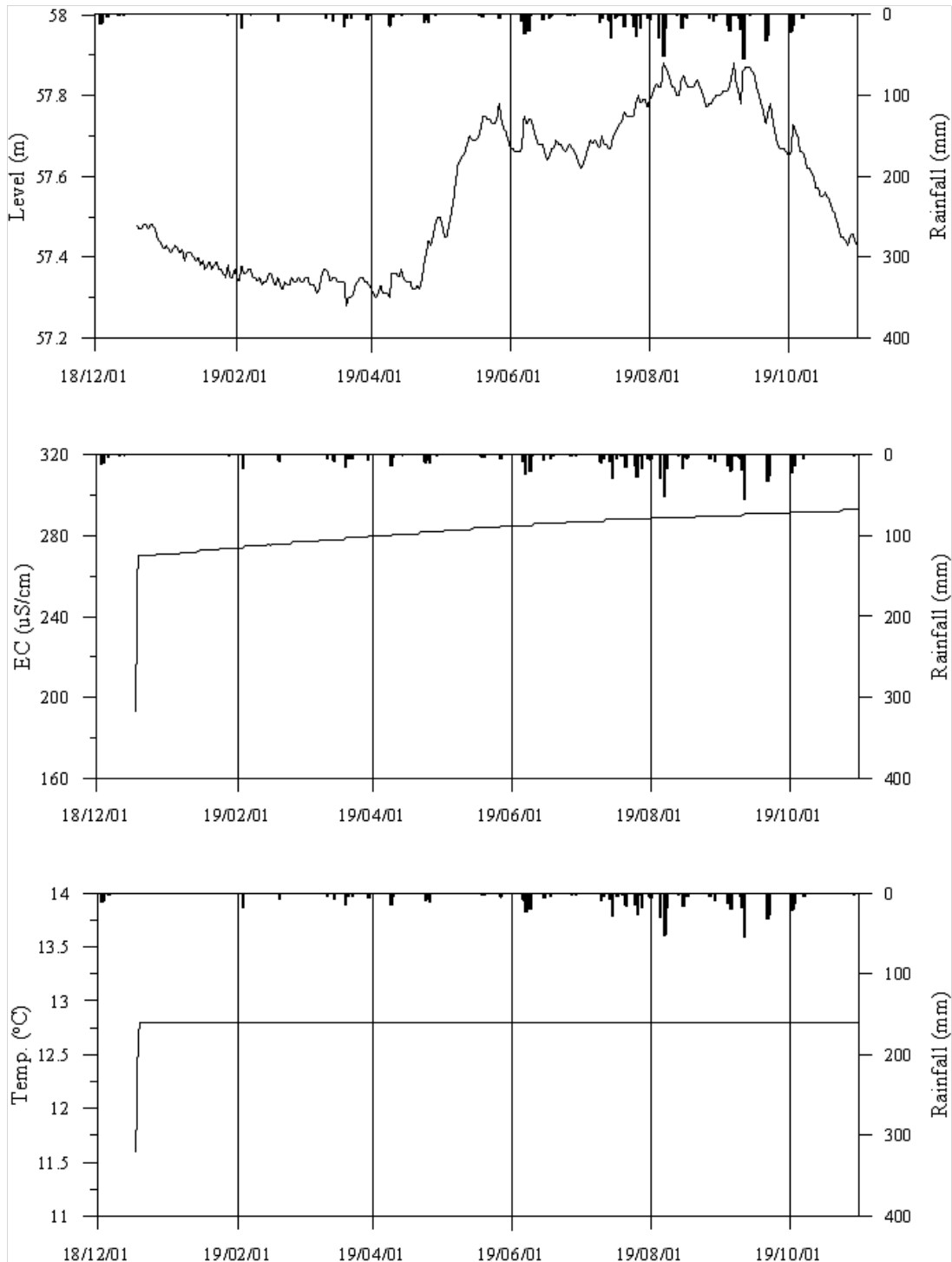
<원주5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<원주6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<원주7 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 원주지구의 원주1(구), 원주2, 원주4 관측공의 위치는 청문조사와 주변 관정의 간이 수질검사 결과를 토대로 향후 대단위 농경지와 문막공단에 의한 지하수 오염을 감지할 수 있는 지역에 설치하였다. 원주1(신) 관측공은 원주시 문막읍 반계리 반계저수지 상류에 위치한다. 관측공 상류부에 농경지가 분포하여 향후 지하수 이용에 따른 수량 및 수질 변화가 예상되고, 반계저수지의 수질 및 수량변화에 따른 지하수 영향 관측이 가능할 것으로 판단되어 관측공을 이동 설치하였다. 원주3 관측공은 원주시 문막읍 궁촌리에 위치한다. 관측공 인근에는 골프장이 위치하고 논농업이 발달되어 있다. 봄철 영농기 농업용수 공급에 따른 지하수 수량부족 등 농업용수로 지하수 이용량이 많아 지하수 수량·수질 변화 관측을 위해 설치하였다. 원주5 관측공은 원주시 판부면 서곡리에 위치한다. 관측공 주변에 농경지가 분포하며, 상류부에 서곡저수지가 위치하고 있다. 영농활동에 의해 질산성질소의 수치가 다소 높게 나타나며, 농업용수로 지하수 이용량이 많아 지하수 수량·수질 변화 관측을 위해 설치하였다. 원주6 관측공이 설치된 황둔리는 원주시 남동부에 위치하고 있으며, 지하수 수질환경 분석결과 잠재오염원 총 21개소가 분포하며 질산성 질소량 10 mg/L 이상 분포지역으로 지하수 이용 및 수질에 대한 장애가 우려되어 관측공 설치를 통해 수질 모니터링을 실시하고 지하수 개발 및 이용 관리를 도모하고자 한다. 원주7 관측공이 설치된 간현리는 원주시 북서부에 위치하고 있으며, 질산성질소 평균값과 DRASTIC 지수가 높은 지역이다. 잠재오염원은 오수처리시설, 축사 등으로 구성되어 있어서 관측공 설치를 통해 수질 모니터링을 실시하고 지하수 개발 및 이용 관리를 도모하고자 한다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 원주1(신) 관측공의 전기전도도는 전 구간에서 약 240 $\mu S/cm$ 이하로 나타났다. 원주2 관측공은 개발 이후 200~320 $\mu S/cm$ 범위 내에서 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 원주3 관측공은 약 36 m 심도에서 약 80 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도 증가를 보였다. 이는 해당 구간에서 발견되

는 균열면을 통해 이온이 풍부한 지하수가 유입되기 때문으로 판단되며, 전 체구간에서 약 $470 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 원주4 관측공의 전기전도도는 2006년 관측공 개발 이후 약 $300 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 나타나지 않았다. 원주5 관측공의 전기전도도는 $420 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 서서히 감소하는 경향이 나타났다. 이후 대수층 균열구인 17 m 구간에서 서서히 증가하다가 30 m 구간에서 급격히 증가하는 경향이 나타났다. 원주6 관측공은 전구간 약 $240 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 원주7 관측공은 전구간 약 $300 \mu S/cm$ 이하로 나타났다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 2015년에 이설된 원주1(신), 2, 3, 4, 5, 7 관측공에서는 지표 오염원의 유입으로 추정되는 Na 성분이 상대적으로 과량 검출되어 (Na+K)-HCO₃ 유형이 나타났다. 원주6 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. 원주지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 원주1(신) 관측공에서는 지하수위와 강수량의 상관관계가 높고 지하수위 변동폭은 2 m 이내로 나타났다. 원주2 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며, 지하수위 변동폭은 3 m 내외이다. 원주3 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 크게 나타나지 않으며, 변동폭은 10 m 내외이나, 장기관측을 통해 그 변화추이를 모니터링할 필요가 있다. 원주4 관측공은 수중모터를 이용하여 지하수를 이용하고 있어 강수에 의한 수위변화를 관측하기 어렵지만, 개발 이후 미약하나마 지하수위가 감소하는 추세인데, 그 원인은 주변지하수의 양수가 원인인 것으로 분석된다.
- 5) 관리 방안 : 원주지구 지하수 관측공에서는 주변 문막공단, 대단위 농경지 등에 의한 지하수 오염, 수량 감소 등은 현저하게 나타나지 않는다. 그러나 상시 모니터링으로 지하수위 및 전기전도도를 관측하여 지역적인 지하수 부존량 및 수질변화 등의 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

2.3.2 춘천지구

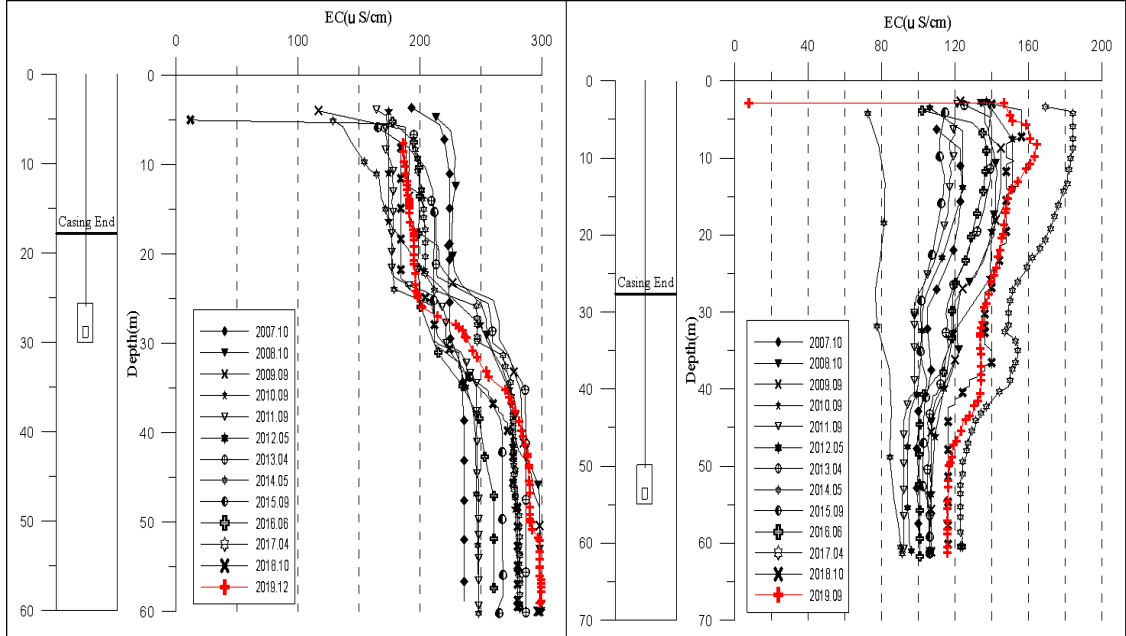
1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
춘천1	춘천시 우두동 815	264666.651	490602.537	85.45	2007	81.87
춘천2	춘천시 서면 금산리 760-1	260903.245	490403.241	76.81	2007	74.52
춘천3	춘천시 동산면 원창리 산31-4	268743.807	478011.180	251.87	2014	250.92
춘천4	춘천시 신북읍 산천리 926	266282.7623	493326.6516	87.62	2016	72.04

2. 지형 및 지질

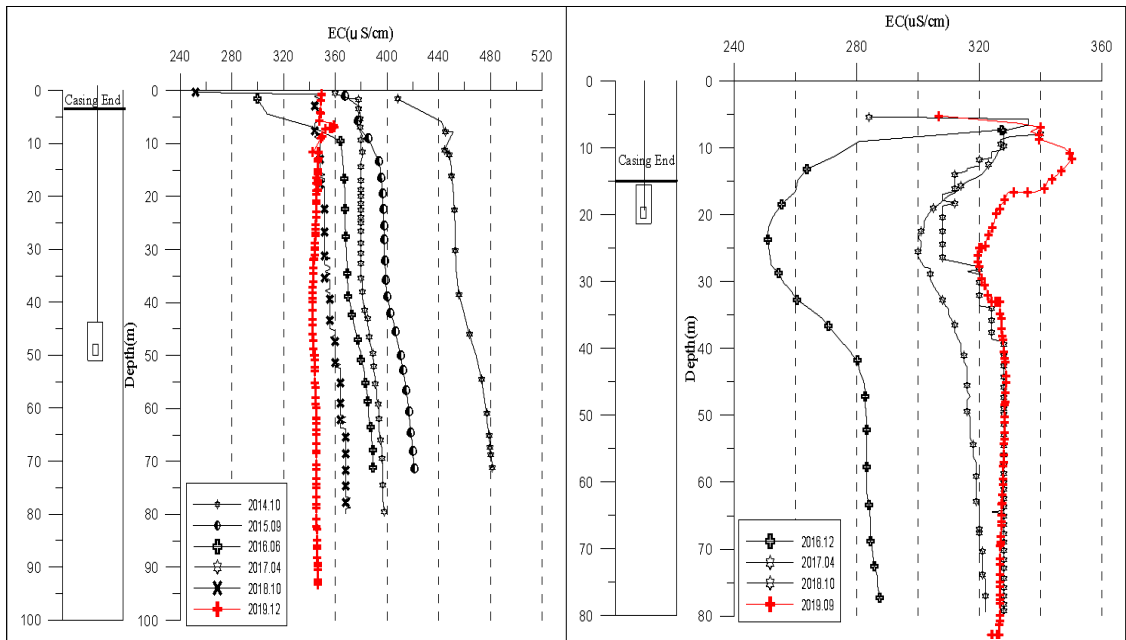
춘천지역은 분지지형으로 북쪽에는 오봉산 줄기, 서쪽에는 삼악산 줄기, 서남쪽에는 봉화산 줄기, 동남쪽으로는 대룡산 줄기가 병풍처럼 감싸고 있다. 남북으로 길게 타원형을 이루며 형성된 분지의 중심부에는 춘천지역의 중요한 수자원인 북한강과 소양강의 두 물줄기가 합쳐서 흐른다. 지질은 선캠브리아기의 편암 및 편마암류, 쥬라기의 화강암류, 백악기의 산성암맥, 그리고 신생대 제4기의 충적층으로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<춘천1 관측공>

<춘천2 관측공>



<춘천3 관측공>

<춘천4 관측공>

4. 지하수 수질 분석

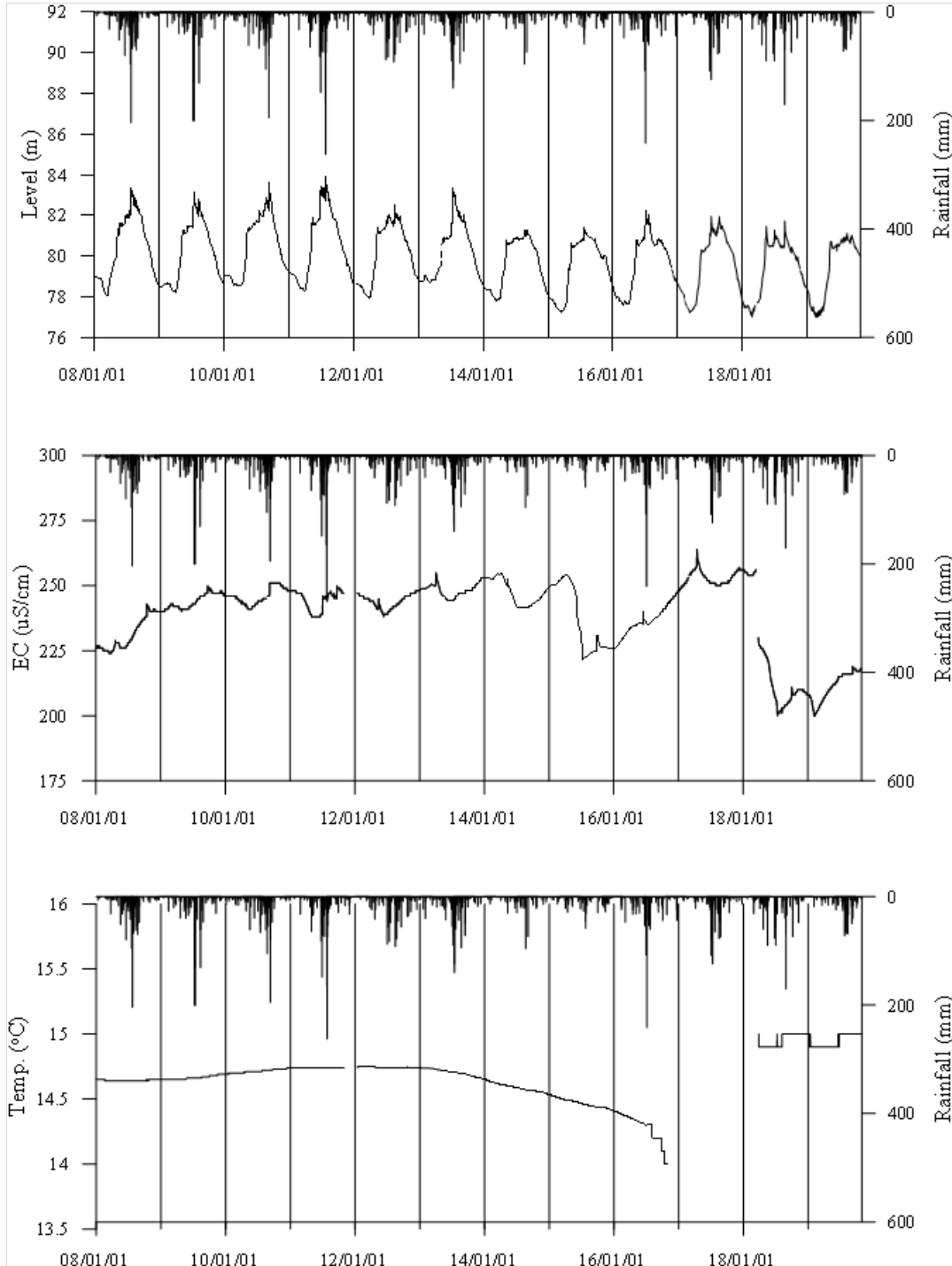
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

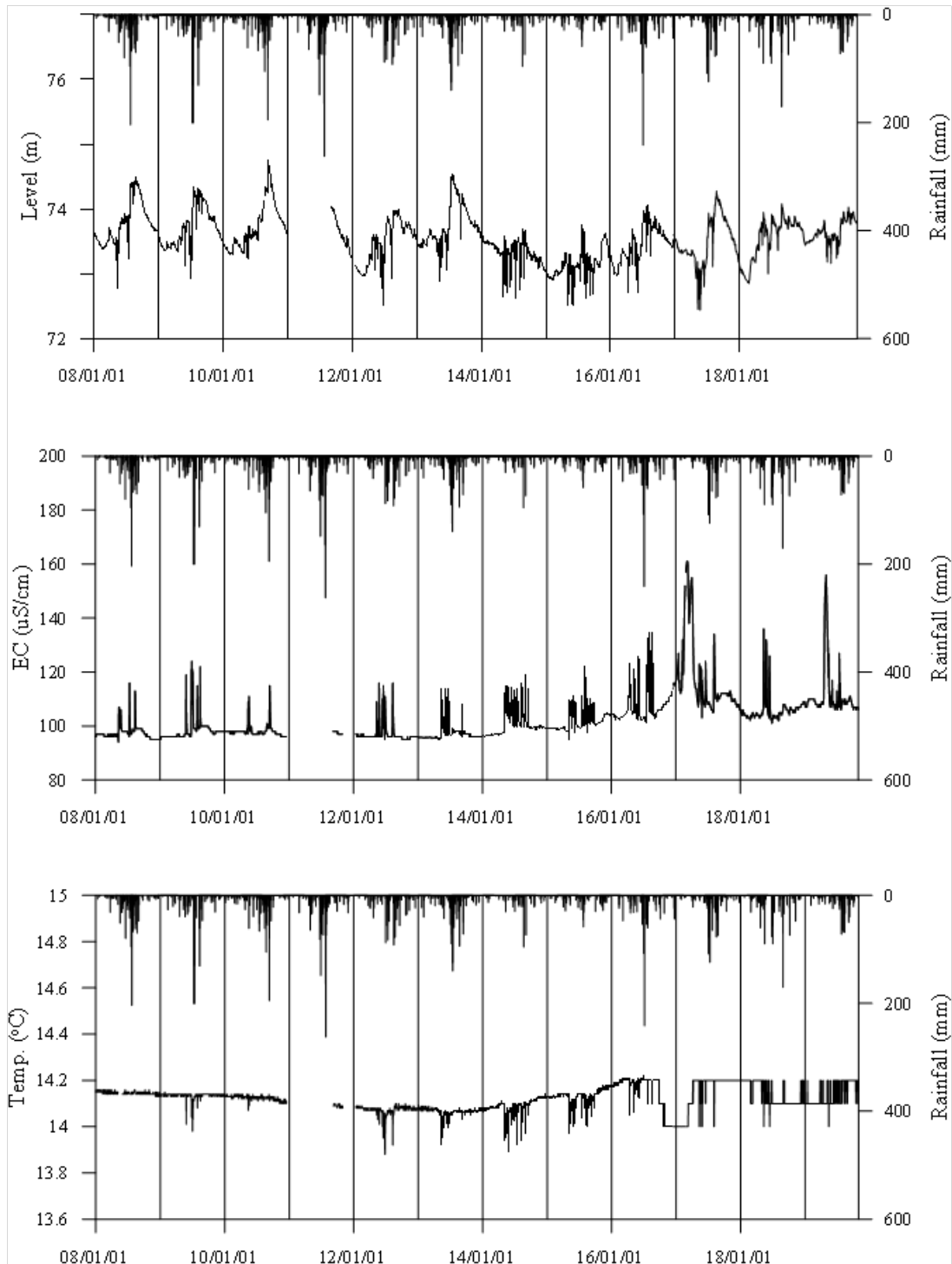
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
춘천1	(2007.10)	9.69	5.19	1.44	25.49	5.43	8.51	118.95	4.40
	(2008.10)	6.94	1.94	0.43	12.43	1.18	3.20	64.05	1.03
	(2009. 9)	8.76	5.37	0.91	22.36	2.65	7.94	91.50	N.D.
	(2010. 9)	11.29	5.22	0.84	26.98	4.90	8.21	115.90	2.60
	(2011. 7)	9.58	5.33	0.96	19.44	3.89	7.67	45.36	N.D.
	(2012. 5)	10.44	4.80	0.84	25.67	5.92	8.08	115.90	5.90
	(2013. 4)	10.66	5.09	0.77	27.48	6.44	8.65	109.80	2.98
	(2014. 5)	11.08	5.71	0.91	28.12	6.23	8.62	109.80	3.29
	(2015. 7)	10.60	5.06	0.72	25.16	8.0	11.3	103.7	3.5
	(2016. 6)	13.40	6.84	0.08	28.23	8.71	12.28	115.90	4.67
	(2017. 6)	9.91	5.30	0.96	23.01	7.31	9.05	106.75	1.79
	(2018. 6)	9.05	4.77	0.72	16.70	7.57	8.16	82.35	1.13
(2019. 6)	7.53	4.48	0.73	16.79	7.80	9.11	73.20	4.65	
춘천2	(2007.10)	7.44	1.55	0.54	10.63	2.21	5.31	48.80	2.75
	(2008.11)	8.12	4.94	0.83	20.01	5.41	9.40	94.55	0.10
	(2009. 9)	7.84	2.34	0.50	15.71	1.23	2.80	79.30	1.04
	(2010. 9)	7.68	2.43	0.46	14.86	1.26	2.90	97.60	1.45
	(2011. 7)	8.50	2.24	0.53	13.99	1.02	1.87	37.15	N.D.
	(2012. 5)	9.33	2.18	0.43	13.42	1.04	2.54	76.25	0.06
	(2013. 4)	8.72	2.14	0.45	14.00	1.12	2.66	70.15	1.22
	(2014. 5)	8.38	2.23	0.42	13.69	1.38	3.06	70.15	2.07
	(2015. 7)	6.67	1.74	0.37	11.90	1.48	3.13	51.9	2.06
	(2016. 6)	21.26	2.99	0.05	19.71	2.91	4.50	91.50	3.71
	(2017. 6)	10.60	3.30	0.70	18.66	1.35	4.92	100.65	2.11
	(2018. 6)	9.66	2.62	0.46	16.30	1.39	3.71	82.35	1.63
(2019. 6)	12.74	2.83	1.07	17.45	1.47	2.82	94.55	1.44	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
춘천3	(2014.10)	37.85	0.60	3.44	56.21	174.34	1.42	21.35	N.D.
	(2015. 7)	35.19	0.29	1.79	52.37	168.30	2.21	18.3	N.D.
	(2016. 6)	27.16	1.01	0.11	46.95	118.51	3.12	30.50	2.91
	(2017. 6)	31.76	0.19	1.65	47.27	139.08	0.77	18.30	N.D.
	(2018. 6)	30.87	0.12	1.35	40.73	130.88	0.56	18.30	N.D.
	(2019. 6)	25.87	0.54	1.69	42.44	114.77	0.92	21.35	N.D.
춘천4	(2016.12)	17.25	4.45	1.42	33.72	9.69	13.19	91.50	41.26
	(2017. 6)	15.63	4.67	1.21	34.40	11.84	15.70	82.35	49.30
	(2018. 6)	14.44	4.47	1.03	37.11	16.16	15.59	76.25	69.00
	(2019. 6)	12.10	1.87	0.64	40.51	17.28	8.20	112.85	N.D.

5. 장기관측 결과

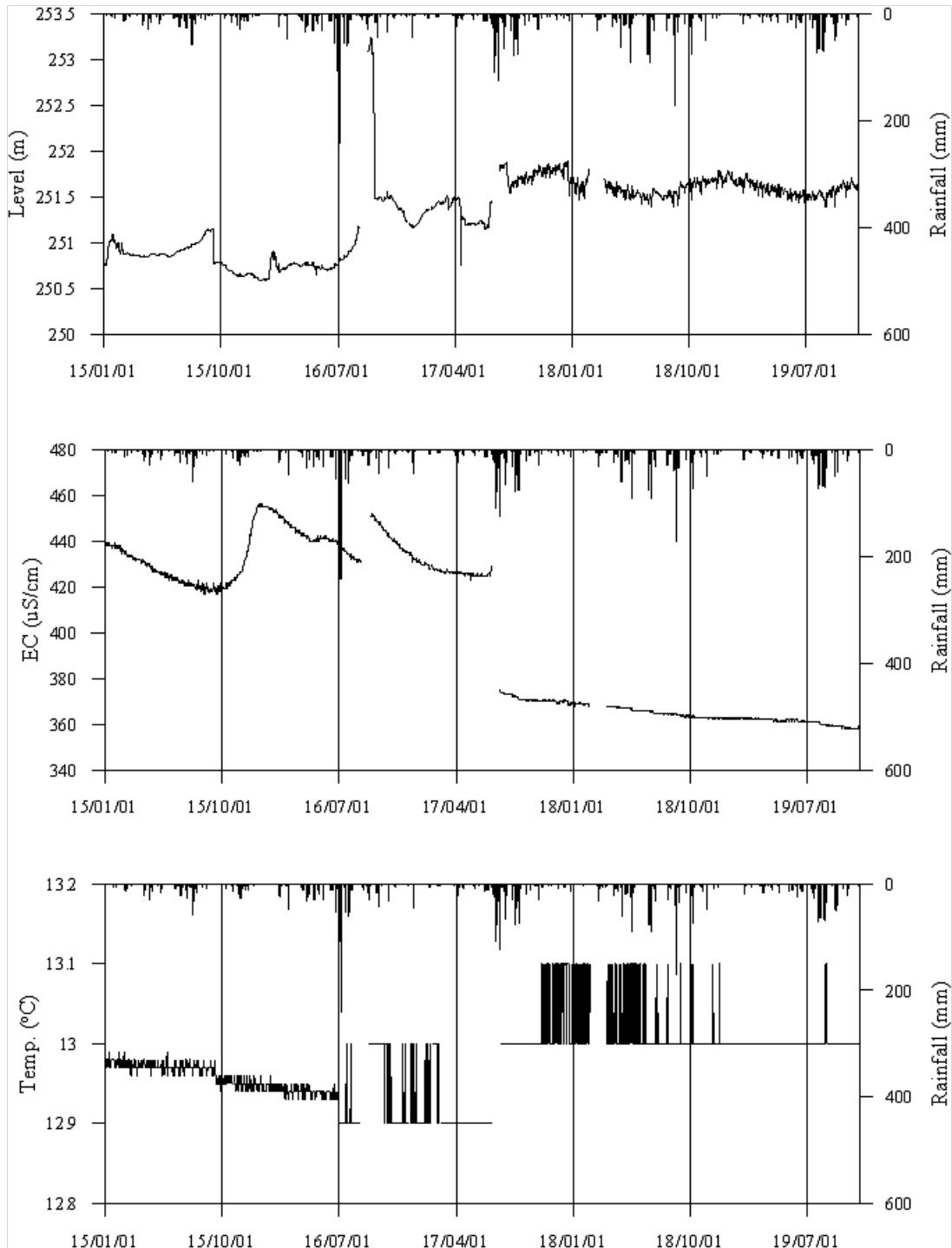


<춘천1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

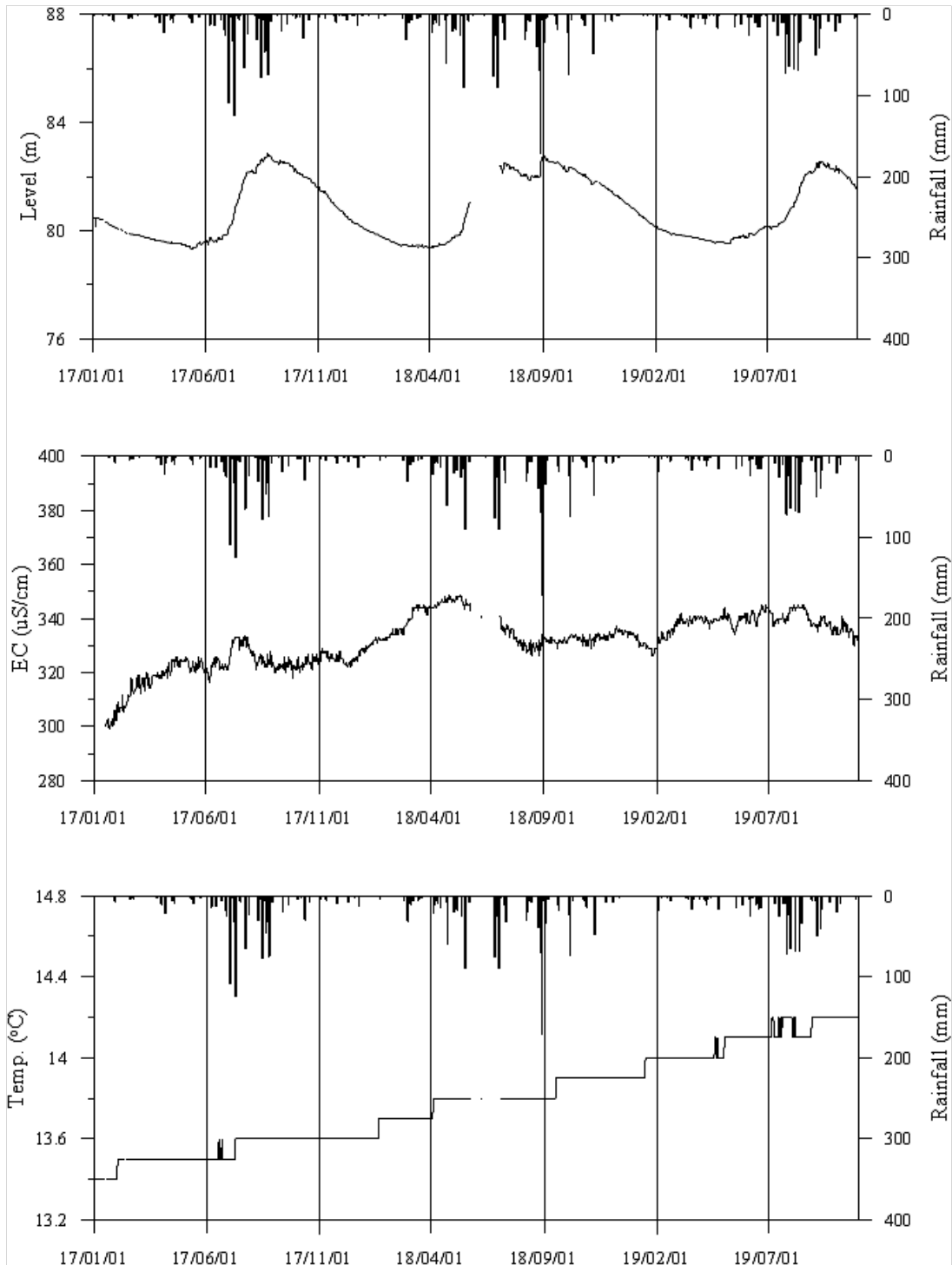


<춘천2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2018.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<춘천3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<춘천4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2018.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 춘천1 관측공은 전형적인 논농사 지역으로 허가 및 신고된 지하수 관정수 및 지하수 이용량이 타 지역에 비해 많은 지역에 위치한다. 춘천2 관측공은 오염취약지수와 동·리별 평균 질산성질소 값이 타 지역과 비교하여 높아 지하수 수질을 보호하기 위하여 설치하였다. 춘천3 관측공은 원창저수지 하류부 삼포천변에 위치하며 전형적인 농업활동에 따른 지하수 수질·수량 변화를 관측하고자 설치하였다. 춘천4 관측공은 춘천시 신북읍 산천리에 위치한다. 산천리 대부분의 지역에서 농경지가 넓게 분포하며, 논농사가 활발히 이루어지고 있다. 단위면적당 지하수 이용량이 높으며, 관정밀도 또한 비교적 높게 나타난다. 향후 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량부족 우려와 농업용수로 지하수 이용량에 따른 지하수 수량·수질 변화 관측을 위해 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 춘천1, 2 관측공 전기전도도는 $300 \mu S/cm$ 와 $180 \mu S/cm$ 이하이며, 춘천1 관측공의 전기전도도는 심도에 따라 증가하지만 춘천2 관측공은 감소한다. 이는 균열면을 통한 지하수 유동에 의한 변화로 판단된다. 춘천3 관측공은 케이싱 하부 심도부터 공저까지 $380 \sim 480 \mu S/cm$ 범위이며, 심도 증가에 따라 전기전도도도가 증가한다. 춘천4 관측공의 전기전도도는 $340 \mu S/cm$ 이하이며, 주변의 춘천1, 춘천2 관측공의 전기전도도값과 유사함에 따라 일반적인 내륙지역 지하수의 수질 분포로 판단된다.
- 3) 지하수 수질분석 결과 : 이온분석 결과, 춘천1, 2, 4 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형인 반면, 춘천3 관측공은 $(Na+K)-Cl$ 유형이다. 춘천3 관측공의 경우 황산염 이온이 과다하게 검출되었다. 이는 지역적으로 유황성분이 함유된 하폐수가 유입되거나, 지질매체 중 경석고를 위시로 한 암석물질의 용해, 또는 주변 광산폐수의 중화 등에 의한 수질 내 황산염 이온의 과부하 등의 원인이 있다. 질산성질소는 춘천4 관측공에서 2017년에 먹는물 수질기준($10 mg/L$)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준($20 mg/L$)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산성질소에 의한 오염은 거

의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 춘천1 관측공은 3월까지의 지하수위가 강하하나 4월 중순이후부터 8월까지 지속적으로 지하수위가 상승하는데, 계절적 영향에 의한 강수량 변동을 반영한다. 춘천1 관측공의 지하수위 변화 폭은 5 m 내외이다. 춘천2 관측공의 지하수위 변화 폭은 2 m 내외이고, 강우발생 시 전기전도도가 증가 추세를 보임에 따라, 강수의 영향과 함께 지표오염원 내지 주변 하천수의 유입을 모니터링 할 수 있다. 춘천3 관측공은 강수와 지하수위와의 상관관계는 크지 않으며, 전기전도도는 약 420 ~ 460 $\mu S/cm$ 범위에 있다. 춘천4 관측공은 지하수위와 강우의 반응이 좋고, 전기전도도는 약 300 ~ 340 $\mu S/cm$ 범위로 담수영역이다. 다만, 관측기간이 상대적으로 짧기 때문에, 좀더 장기 관측을 통해 관측공 주변의 지하수위 변화 모니터링이 필요하다.
- 5) 관리 방안 : 춘천지구의 춘천1, 2 관측공은 지하수의 이용·관리를 위한 수량과 수질의 지속적인 모니터링이 요구되는 지역에 설치하였으며, 지하수위의 강하 및 수질악화 현상은 없으나 장기관측을 통해 지하수위의 감소 및 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 춘천3 관측공은 향후 꾸준한 모니터링으로 황산염 이온 과다 원인을 분석하고, 장기변동을 관측할 필요가 있다. 춘천4지구 관측공은 현재는 질산성질소 오염이 나타나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

2.3.3 황성지구

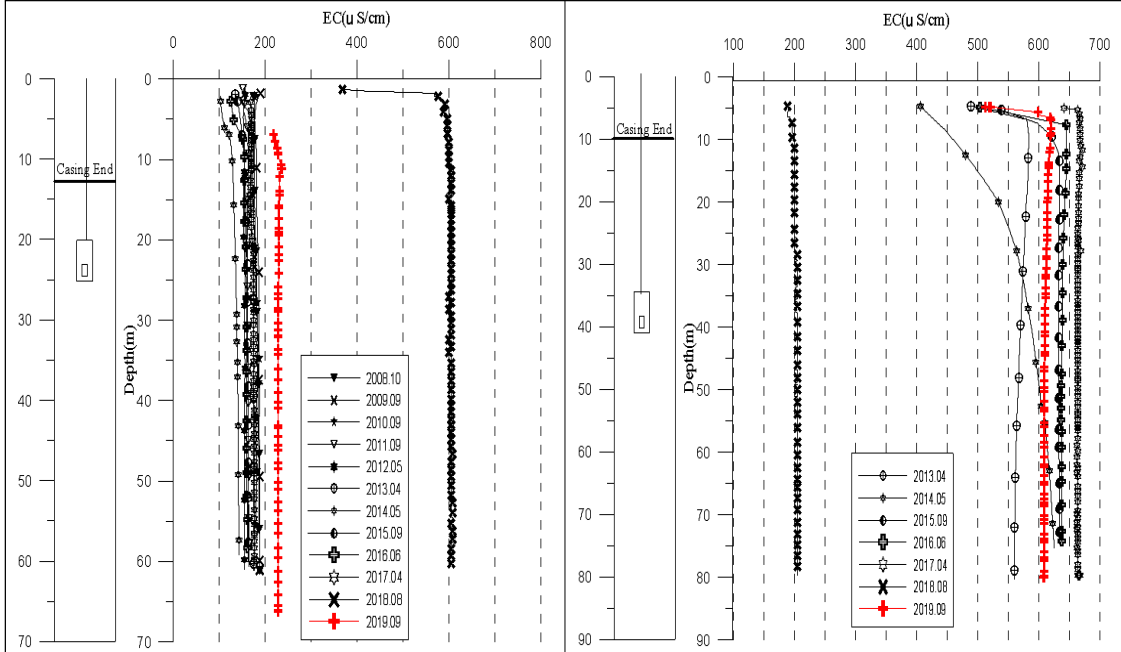
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
황성1	황성군 황성읍 마산리 517-1	288013.963	443193.139	123.77	2008	122.51
황성2	황성군 우천면 하대리 542	117714.4587	440189.8241	193.45	2012	175.16
황성3	황성군 갑천면 대관대리 458	114330.581	451412.970	143.563	2014	141.03
황성4	황성군 안흥면 소사리 594	302,446.043	541,109.648	530.55	2018	525.71

2. 지형 및 지질

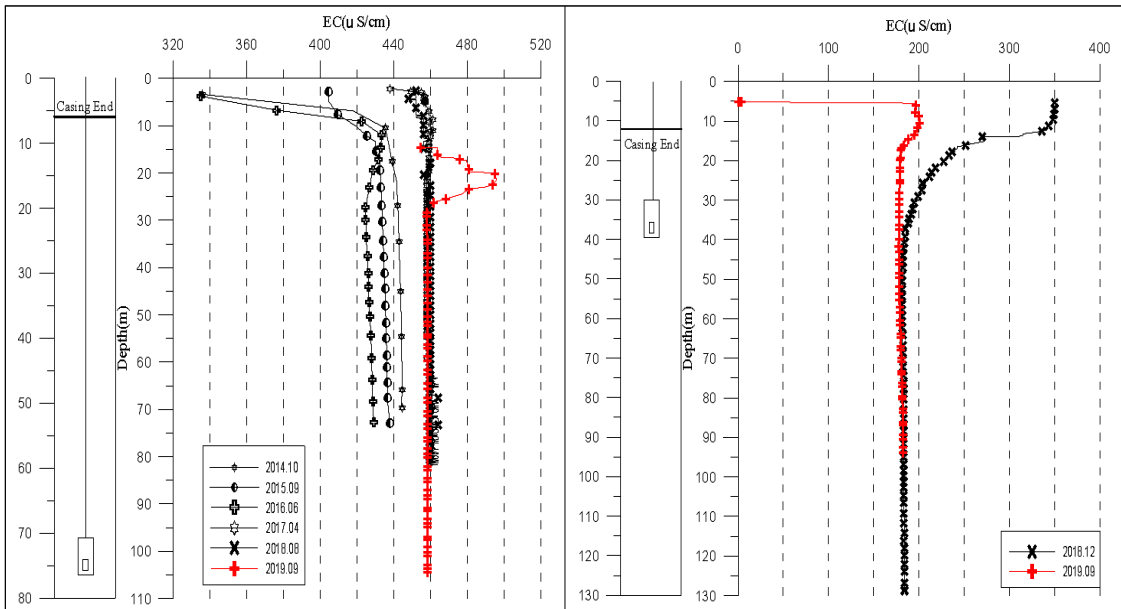
황성지구는 남서쪽으로 원주시 소초면과 호저면과 접하고 있으며, 북쪽으로 공근면과 갑천면, 서쪽으로는 우천면과 접해있으며, 섬강 줄기가 마을을 가로지르며 흐르고 있다. 지질은 선캠브리아기의 호상편마암, 화강편마암을 관입한 쥐라기 화강암류, 백악기의 안산암, 화강반암 및 제4기의 충적층으로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<형성1 관측공>

<형성2 관측공>



<형성3 관측공>

<형성4 관측공>

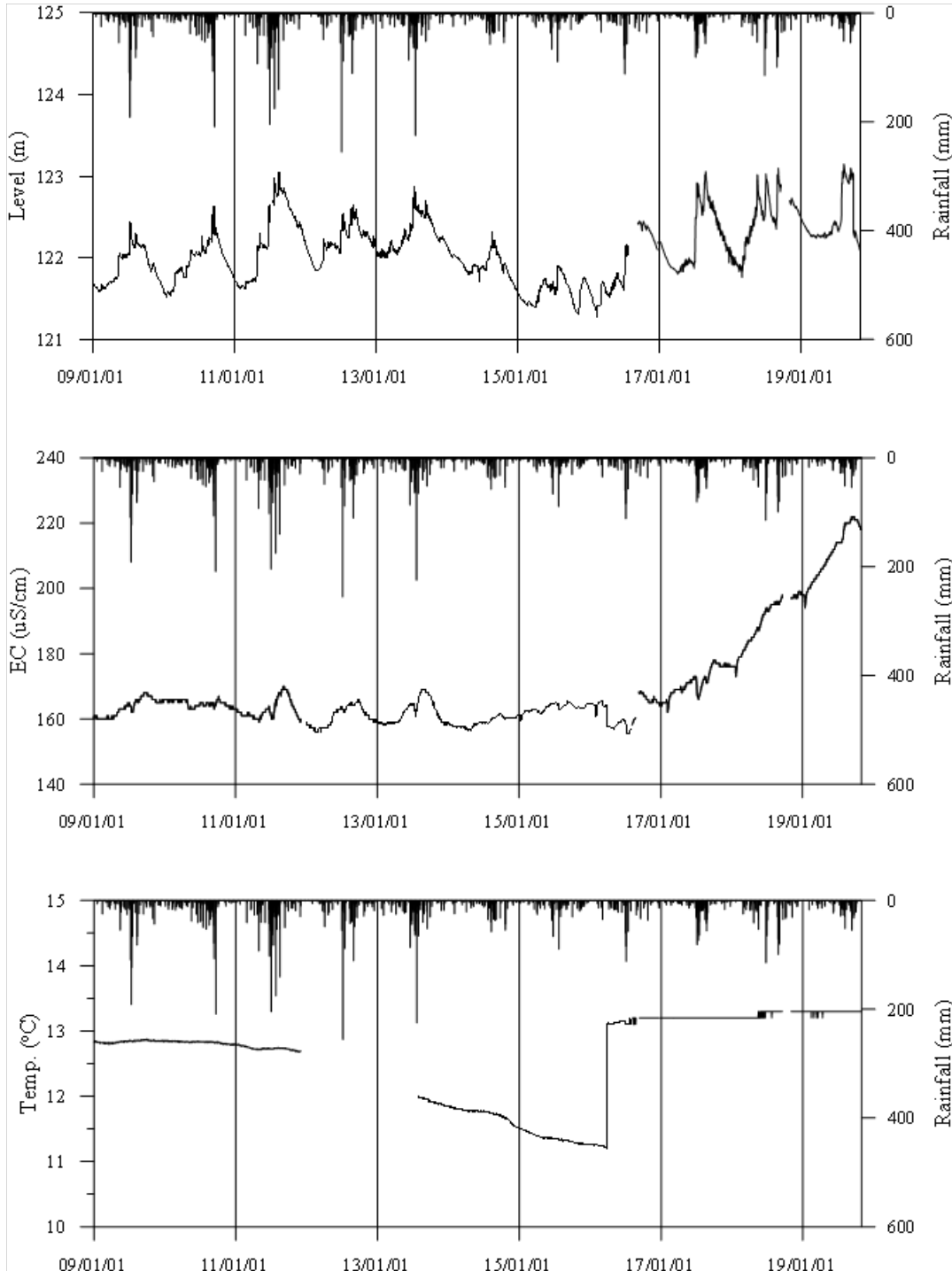
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

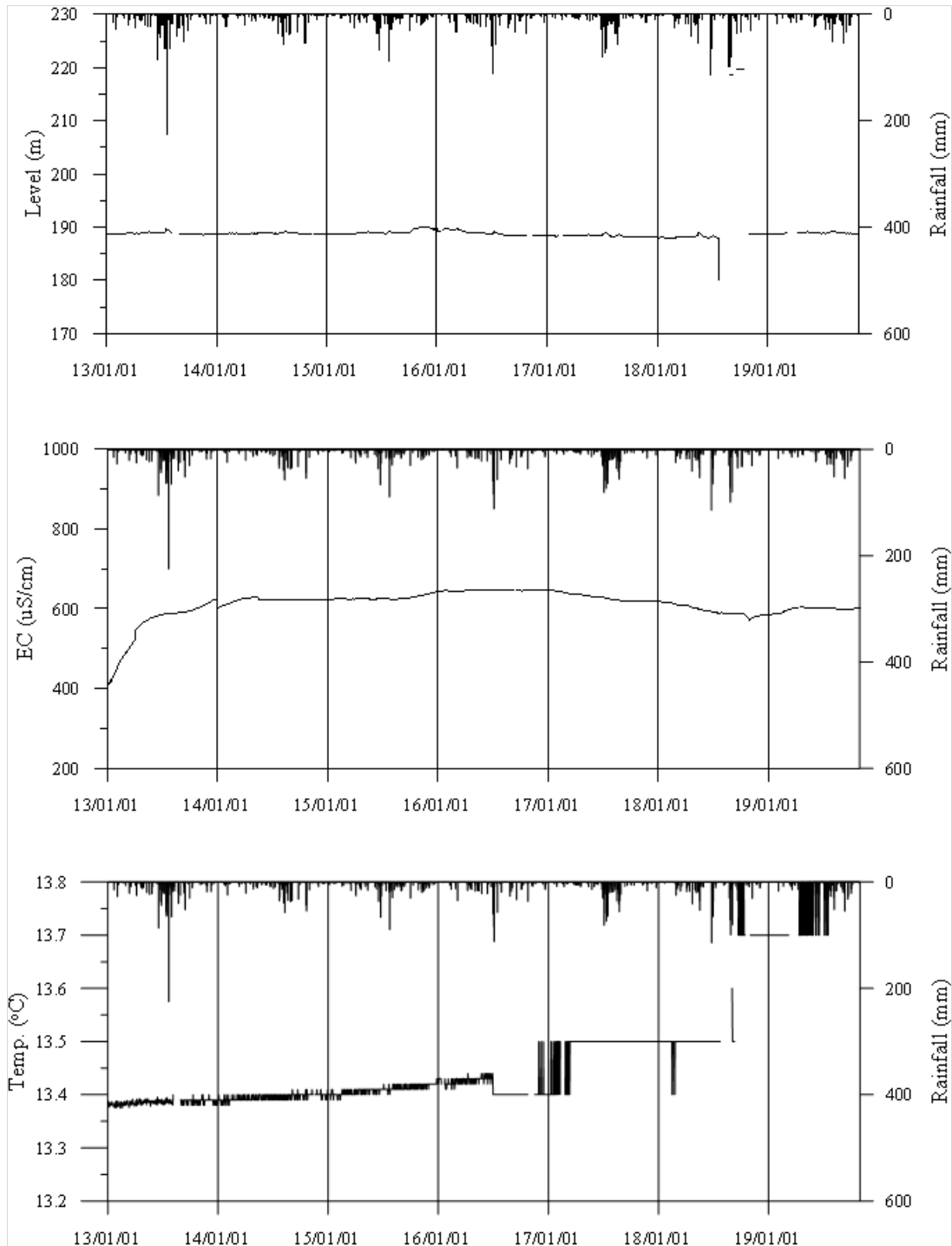
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
황성1	(2008.10)	7.56	3.49	1.69	15.90	4.36	5.29	39.65	40.94
	(2009. 9)	8.23	3.89	1.87	19.39	4.38	5.00	42.70	41.18
	(2010. 9)	9.20	4.03	1.79	16.82	5.17	5.26	48.80	39.96
	(2011. 7)	8.87	3.46	1.88	17.08	4.69	3.50	22.18	N.D.
	(2012. 5)	10.94	4.05	2.13	25.53	5.19	4.37	76.25	24.75
	(2013. 4)	9.12	3.78	1.41	17.54	5.91	4.18	51.85	37.72
	(2014. 5)	9.07	3.91	1.79	18.33	5.66	3.83	51.85	35.57
	(2015. 7)	31.12	13.81	2.10	76.06	N.D.	20.52	317.20	0.58
	(2016. 6)	53.43	35.37	0.21	108.60	5.96	5.78	54.90	26.12
	(2017. 6)	9.65	3.91	1.70	18.38	6.21	6.73	48.80	33.21
	(2018. 6)	8.76	4.06	1.57	18.93	6.96	11.36	51.85	22.09
(2019. 6)	8.85	5.04	2.87	23.20	8.54	16.27	54.90	21.28	
황성2	(2013. 4)	21.28	10.88	1.87	67.75	7.17	16.47	372.10	N.D.
	(2014. 5)	30.15	14.24	2.47	71.29	0.10	16.53	369.05	0.03
	(2015. 7)	92.50	2.60	1.57	5.53	9.64	2.48	219.60	N.D.
	(2016. 6)	22.10	14.91	0.15	89.87	0.30	17.45	305.10	0.15
	(2017. 6)	14.60	13.24	1.94	76.18	0.49	22.95	268.40	N.D.
	(2018. 6)	17.53	12.52	1.90	65.48	1.64	27.89	244.00	0.17
(2019. 6)	21.69	12.11	2.66	70.93	0.70	26.59	259.25	N.D.	
황성3	(2014.10)	100.01	2.84	1.94	6.15	9.27	1.18	233.33	0.15
	(2015. 7)	13.14	4.47	0.93	24.31	5.71	8.64	94.55	24.73
	(2016. 6)	52.89	2.87	0.10	7.01	8.69	1.02	128.10	N.D.
	(2017. 6)	85.10	2.80	1.53	5.87	8.48	0.79	236.38	N.D.
	(2018. 6)	99.13	2.49	1.28	5.25	8.80	0.69	234.85	N.D.
	(2019. 6)	97.64	3.02	2.33	6.30	8.95	0.90	231.80	N.D.
황성4	(2018.12)	23.20	2.19	1.41	15.80	5.65	16.30	85.40	6.45
	(2019. 6)	24.38	0.85	0.88	9.07	3.10	3.63	85.40	0.31

5. 장기관측 결과

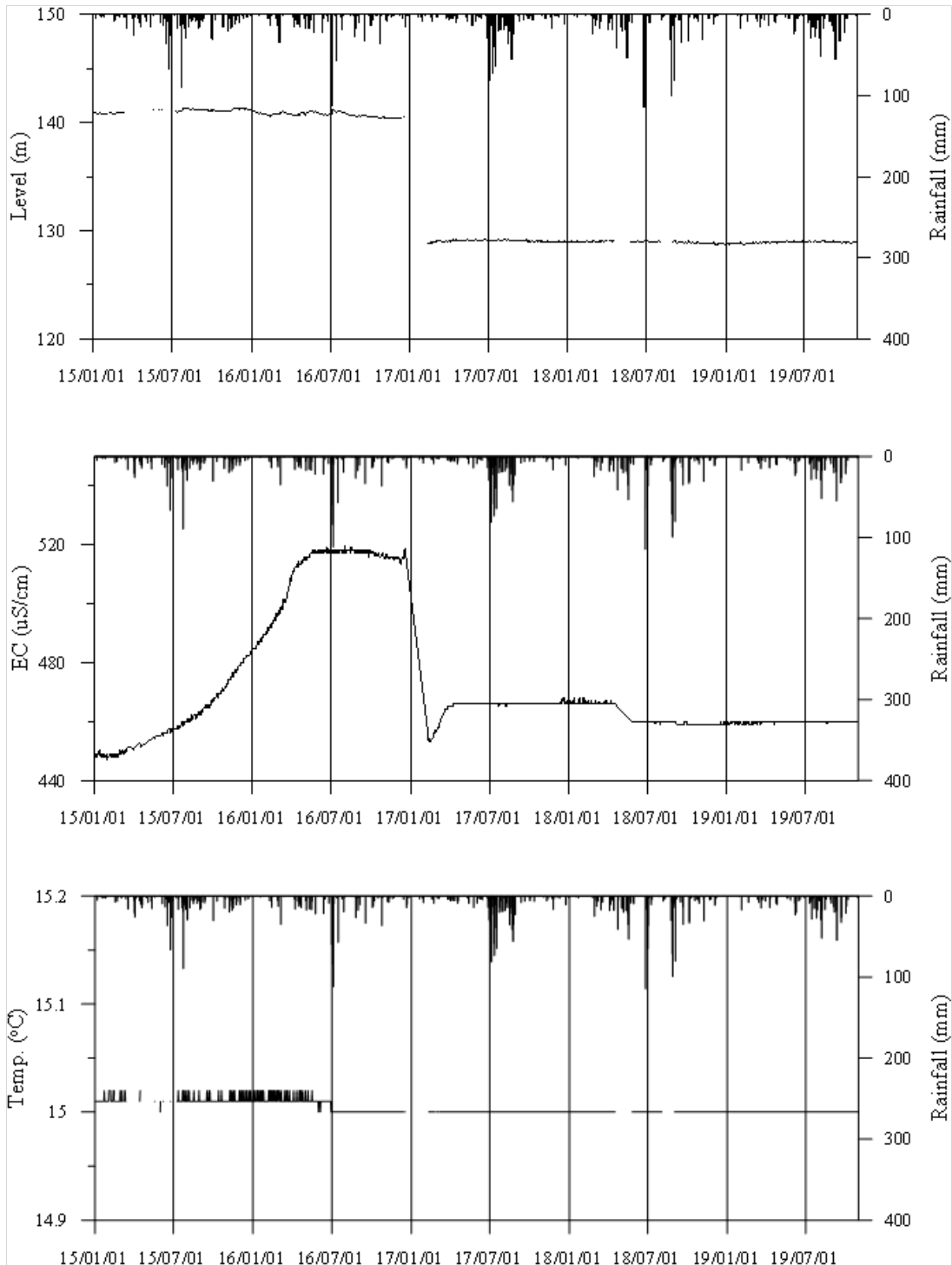


<횡성1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

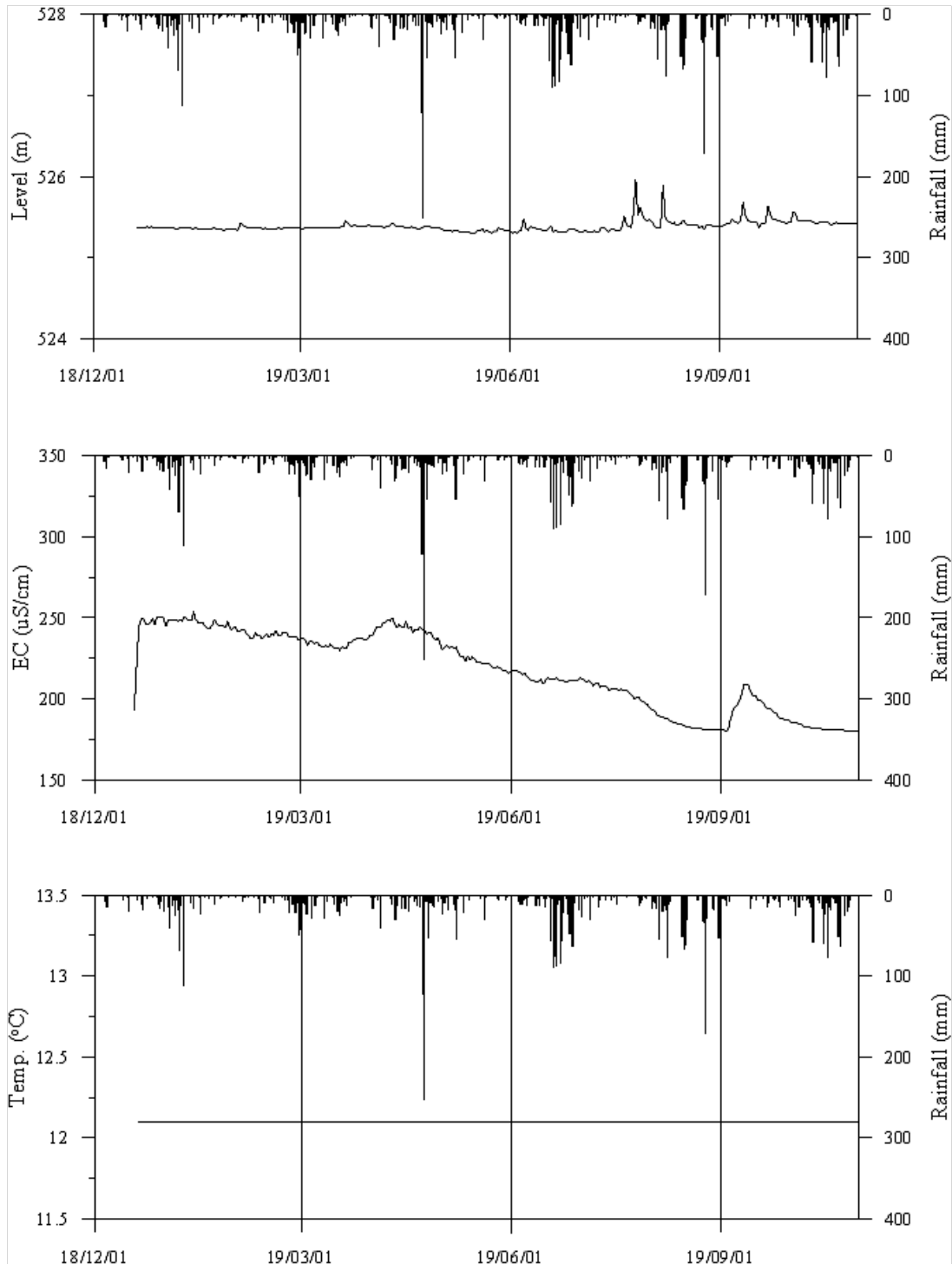


<형성2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<황성3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<황성4 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 황성1, 2 관측공 주변은 지하수 수질오염에 대한 우려와 함께 지하수 이용량의 증가추세가 나타남에 따라, 이 지역에 대한 장기 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 황성3 관측공은 봄철 묘대기 ~ 이앙기의 농업용수 수요 급증에 따른 지하수 수량 부족 우려가 있으므로 설치하였다. 황성4 관측공은 잠재오염원 개소수와 단위면적당 오염 부하량이 높아 수질관리 필요지역으로 선정되었다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 황성1 관측공은 '08년 이후 현재까지 전기전도도 값이 약 $200 \mu S/cm$ 이하로서 심도에 따른 전기전도도의 변화는 거의 나타나지 않는다. 황성2 관측공은 전기전도도 값이 약 $400 \sim 670 \mu S/cm$ 범위로 일정하다. 황성3 관측공은 전기전도도 값이 관측공 전 구간에서 약 $420 \sim 460 \mu S/cm$ 내외로 일정하다. 황성4 관측공은 전기전도도 값이 관측공 전체구간에서 약 $180 \sim 350 \mu S/cm$ 내외로 일정하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 황성1, 3, 4 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형이다. 황성2 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형이다. 황성지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 그러나 황성1 관측공은 2014년까지 질산염 농도가 먹는 물 수질기준에 거의 근접하게 검출되고, 황성3 관측공은 나트륨을 함유한 오염물질의 유입을 지시하므로, 지하수자원의 보전을 위해 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 황성1 관측공의 위치가 용수로와 인접하고 있으므로 일정수량 이상의 강수 시 수위 상승 현상이 나타난 후 회복되지만, 더 이상의 수위 강하 현상 없이 일정 수위를 유지한다. 전기전도도 값 또한 수위변화에 따라 변동하며 약 $160 \mu S/cm$ 내외를 나타낸다. 황성2 관측공 지하수위는 강

수에 비례하고, 전기전도도는 2014년 이래 큰 변화가 없다. 황성3 관측공은 관측공 개발 이래 전기전도도가 지속적으로 증가하다가 2017년부터는 감소하여 4월 이후 일정하게 유지되는 추세이다. 황성4 관측공 지하수위는 525 ~ 526 m 범위이며, 전기전도도는 250 $\mu S/cm$ 에서 175 $\mu S/cm$ 까지 점진적으로 감소하는 경향을 보였다.

- 5) 관리 방안 : 황성지구의 관측공은 농업활동과 관련한 지하수위와 수질변화를 지속적으로 모니터링 할 필요가 있으며, 특히 외부오염 물질에 의한 지하수 수질 오염을 방지할 필요가 있다.

2.3.4 홍천지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
홍천1	홍천군 동면 후동리 374-1	282833.765	461600.881	202.153	2009	196.09
홍천2	홍천군 남면 시동리 1470	274198.417	453467.393	240.140	2009	232.00
홍천3	홍천군 홍천읍 결운리 467	280130.7088	467710.757	139.49	2015	132.19
홍천4	홍천군 북방면 하화계리 570-7	274903.1069	465772.1461	123.57	2016	112.58
홍천5	홍천군 홍천읍 하오안리 891	273603.7792	463101.9138	142.81	2016	135.35
홍천6	홍천군 두촌면 역내리 375	289305.2098	582507.2681	190.36	2019	186.36
홍천7	홍천군 서석면 상군두리 295-5	305922.8675	567596.6260	334.57	2019	332.45

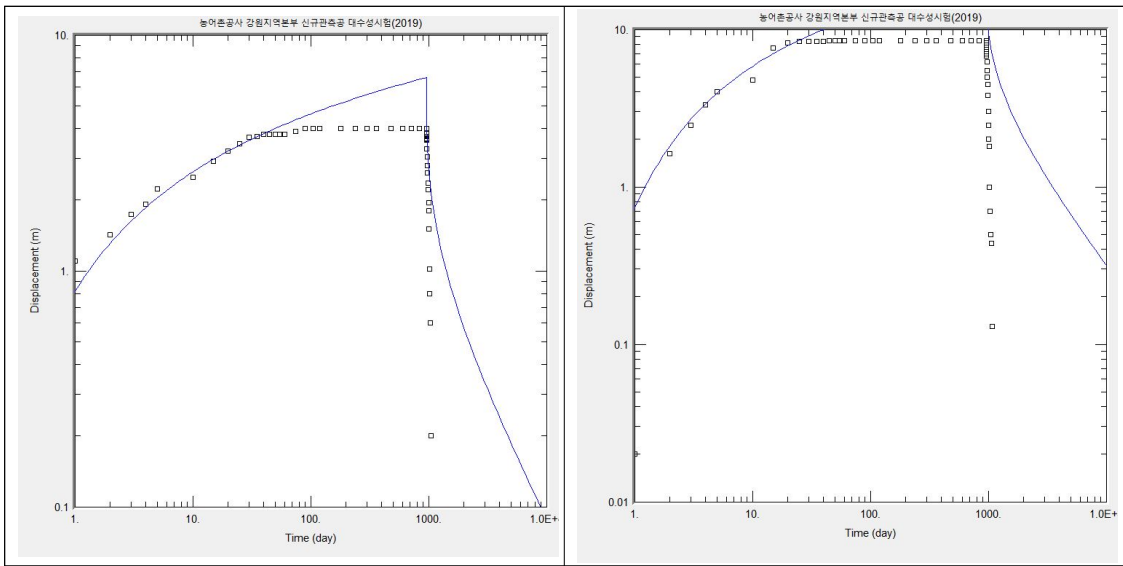
2. 지형 및 지질

홍천군은 백두대간의 크고 작은 지맥에 둘러싸인 중산간 지역으로서 협곡상태를 이루는 산악지형으로 평균 해발고도가 700 m 이상에 이르고, 특히 동·남·북의 삼면은 높은 산지로 둘러싸여 있으며, 서쪽으로 경사진 지형을 나타낸다. 지질은 경기 변성암 복합체에 속하는 용두리 편마암 복합체가 기저를 이루고 있으며, 규암과 안구상 편마암으로 구성된 시대미상의 의암층군이 부정합으로 피복하고 있다. 또한, 중생대 심성암류인 섬록암과 흑운모화강암 등이 관입하고 있으며, 백악기 말의 화산활동으로 인해 염기성맥을 비롯한 산성맥 등이 선캠브리아기의 변성암류를 관입하였다. 그리고 이를 신생대 제4기 충적층이 피복하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

홍천6, 홍천7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

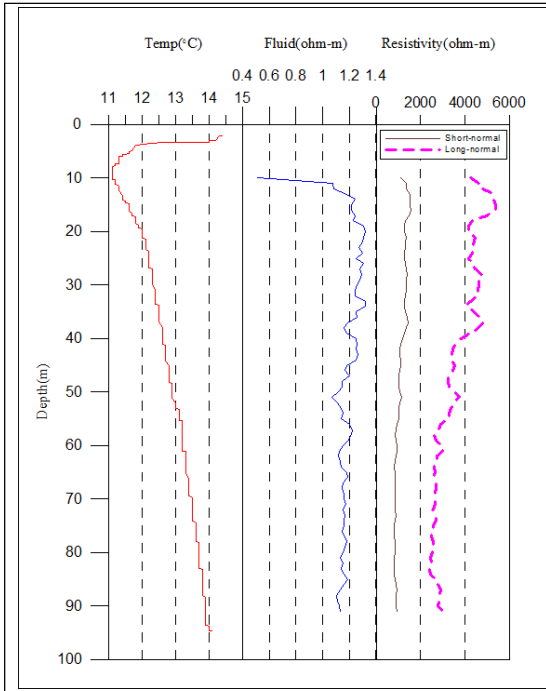


<홍천6 관측공 양수시험>

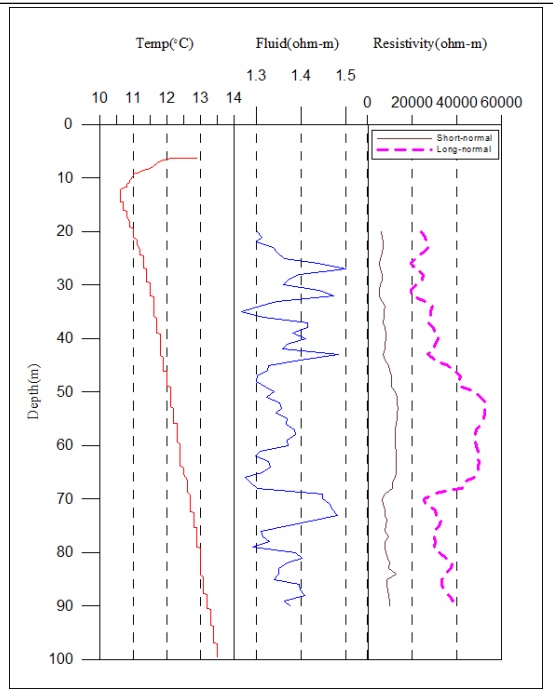
<홍천7 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
홍천6	60	5.447	6.71×10 ⁻⁵	94
홍천7	50	1.265	1.65×10 ⁻⁵	89

◎ 물리검층

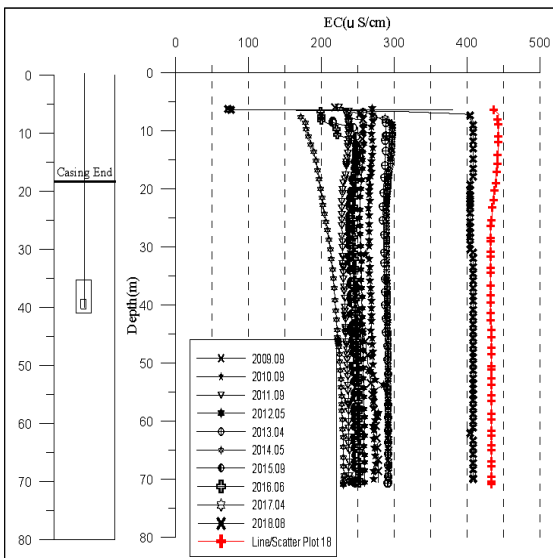


<홍천6 관측공 물리검층>

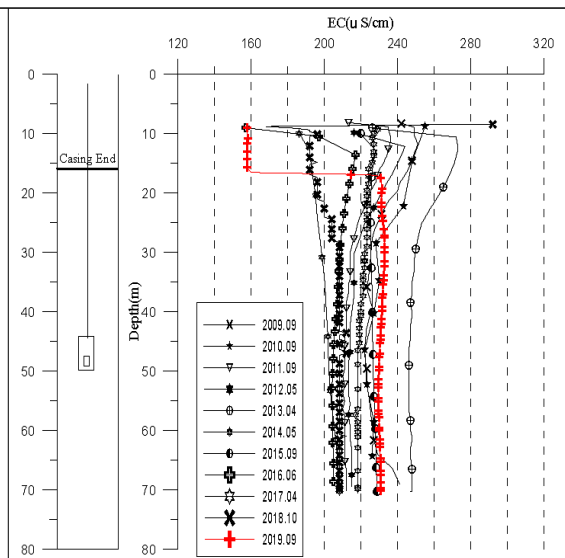


<홍천7 관측공 물리검층>

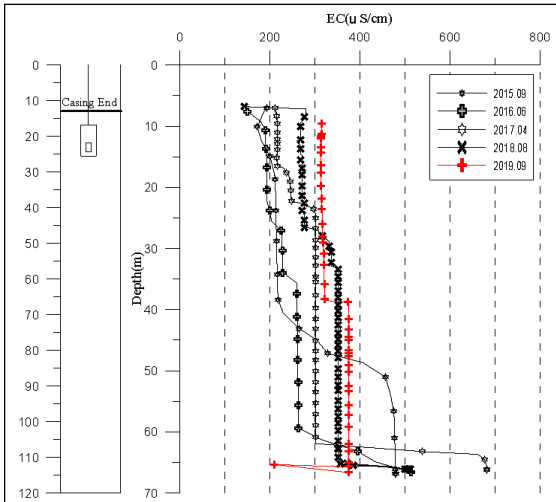
4. 지하수 검층



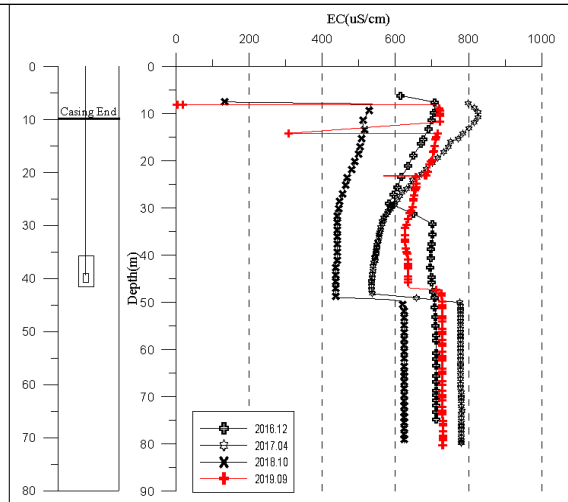
<홍천1 관측공>



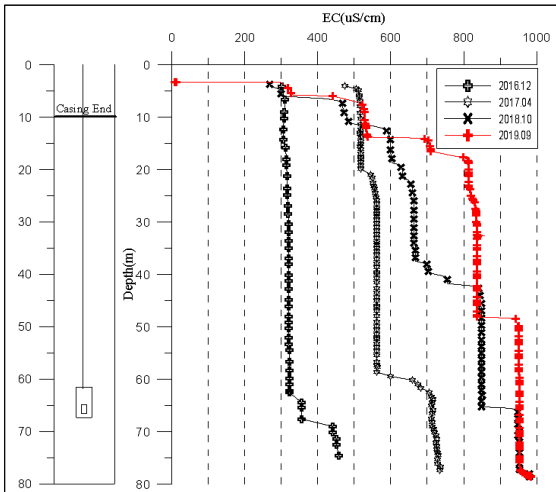
<홍천2 관측공>



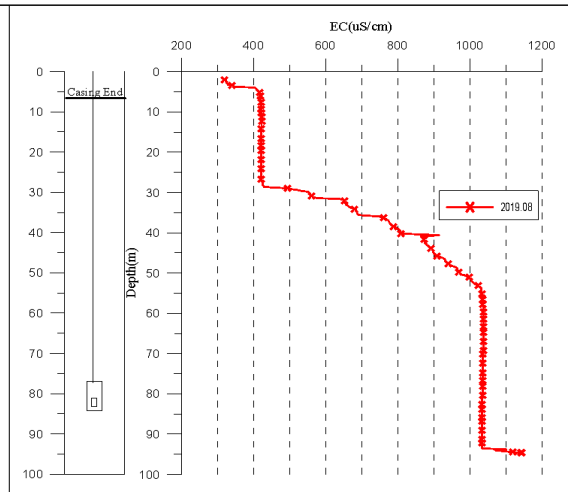
<홍천3 관측공>



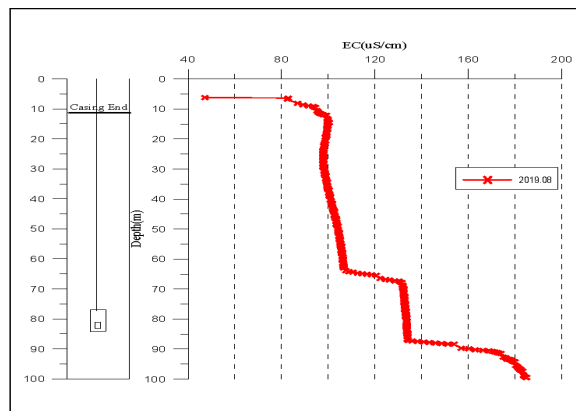
<홍천4 관측공>



<홍천5 관측공>



<홍천6 관측공>



<홍천7 관측공>

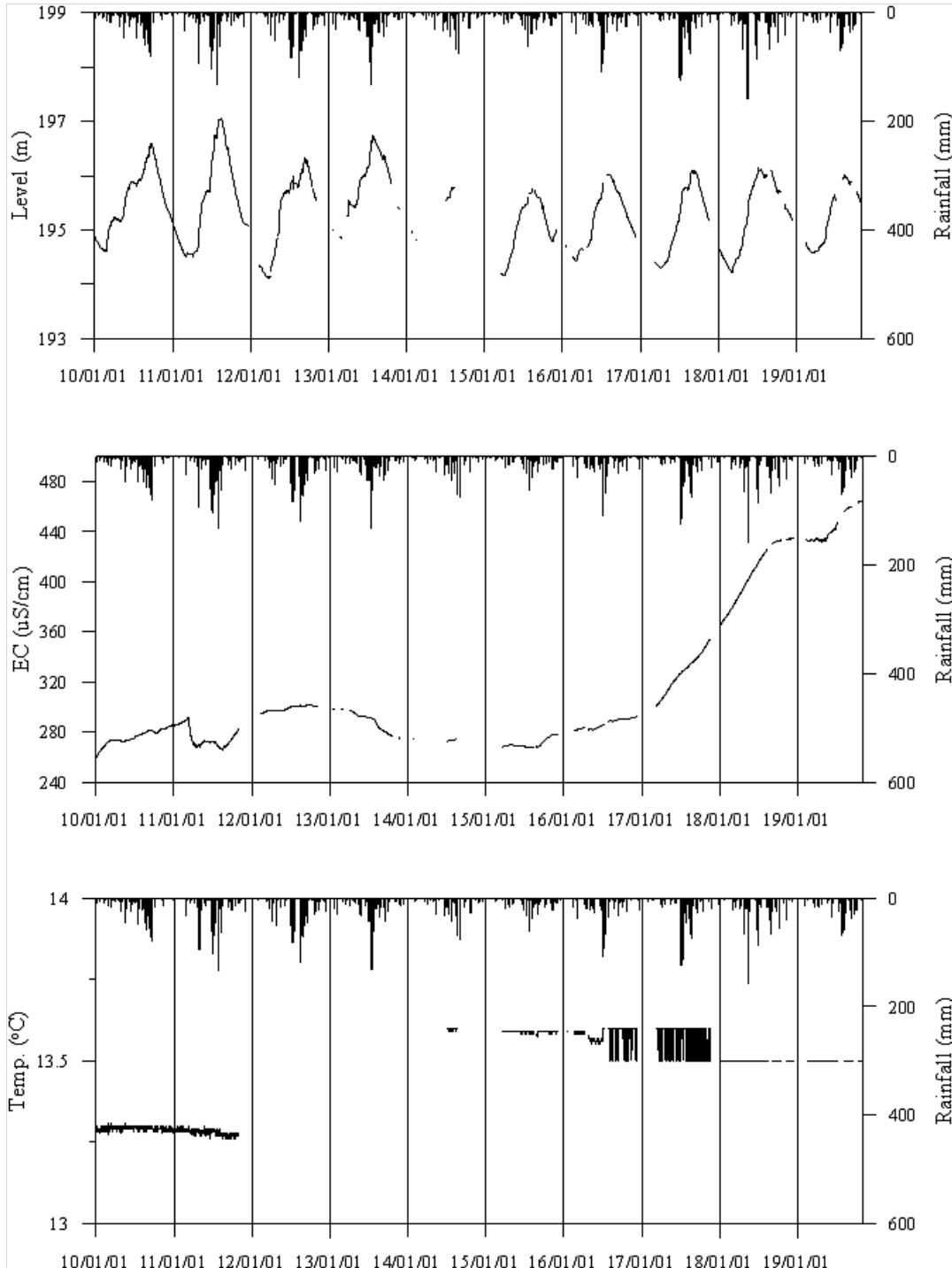
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

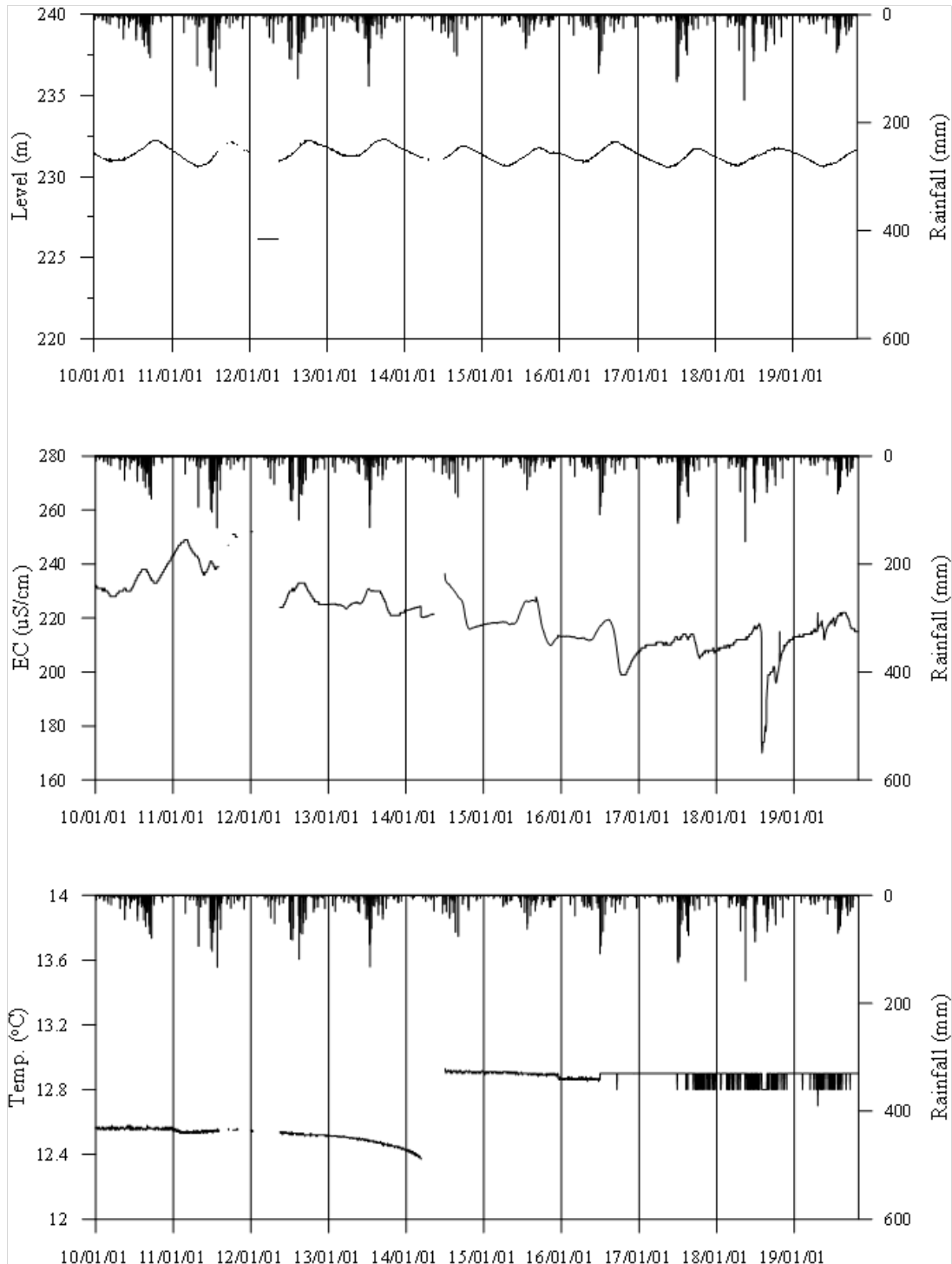
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
홍천1	(2009. 9)	11.33	4.38	1.06	23.08	9.25	9.08	85.40	22.34
	(2010. 9)	11.33	4.55	1.15	29.64	8.28	8.53	125.05	20.62
	(2011. 7)	11.86	4.24	1.10	25.10	7.19	7.46	51.47	N.D.
	(2012. 5)	14.42	5.33	1.05	34.74	9.69	10.97	115.90	14.84
	(2013. 4)	12.93	4.79	0.92	29.32	11.10	11.12	82.35	27.57
	(2014. 5)	13.22	4.90	1.02	27.97	9.76	8.66	109.80	20.20
	(2015. 7)	17.09	2.93	0.95	18.84	6.44	16.08	57.95	37.15
	(2016. 6)	10.67	5.22	0.66	30.56	7.15	8.96	109.80	33.99
	(2017. 6)	14.06	5.49	1.09	26.61	7.59	11.90	79.30	44.96
	(2018. 6)	15.69	6.96	1.01	32.69	10.02	17.26	82.40	66.62
홍천2	(2009. 9)	13.94	3.01	1.45	20.95	0.35	15.28	70.15	32.86
	(2010. 9)	15.77	3.12	12.25	18.64	0.40	16.21	57.95	38.36
	(2011. 7)	15.13	2.93	1.21	20.42	N.D.	16.83	36.25	N.D.
	(2012. 5)	19.18	3.31	1.10	38.22	1.45	17.37	94.55	46.21
	(2013. 4)	16.30	3.24	0.97	20.91	3.13	17.12	79.30	41.70
	(2014. 5)	17.21	3.56	1.07	23.41	5.50	15.30	67.10	43.27
	(2015. 7)	76.93	0.36	0.83	9.17	11.56	11.05	173.85	N.D.
	(2016. 6)	12.86	3.48	0.06	24.39	9.57	13.55	61.00	38.40
	(2017. 6)	16.43	3.11	1.04	19.95	11.75	14.21	45.75	42.19
	(2018. 6)	15.58	2.73	0.77	17.01	10.12	12.43	45.75	30.16
홍천3	(2015. 9)	45.00	4.29	2.12	11.58	10.0	30.9	91.5	11.7
	(2016. 6)	9.42	6.88	0.08	22.78	7.18	23.45	61.00	11.52
	(2017. 6)	33.17	5.44	1.81	12.83	6.76	28.81	73.20	13.50
	(2018. 6)	11.18	9.75	1.20	24.85	5.05	55.65	48.80	11.90
	(2019. 8)	12.40	9.07	1.42	27.69	5.11	54.18	64.05	13.73
홍천4	(2016.12)	34.5	15.0	4.7	88.2	40.1	88.5	219.6	20.4
	(2017. 6)	52.38	16.77	4.36	76.80	38.11	140.92	137.25	10.40
	(2018. 6)	50.66	13.21	3.85	65.84	37.02	113.23	140.30	11.55
	(2019. 8)	39.57	10.45	3.26	82.15	81.38	85.76	183.00	17.17
홍천5	(2016.12)	21.2	7.3	4.0	34.0	13.1	24.1	126.6	15.9
	(2017. 6)	83.11	6.56	4.82	26.99	13.09	25.75	247.05	N.D.
	(2018. 6)	59.16	11.78	4.40	49.92	11.66	120.89	103.70	18.19
	(2019. 8)	17.64	4.80	3.28	24.19	13.58	25.33	85.40	5.92
홍천6	(2019 9)	9.20	7.30	1.90	16.90	6.00	9.00	112.50	N.D.
홍천7	(2019 9)	5.00	1.00	0.90	7.60	0.00	3.70	43.60	N.D.

6. 장기관측 결과



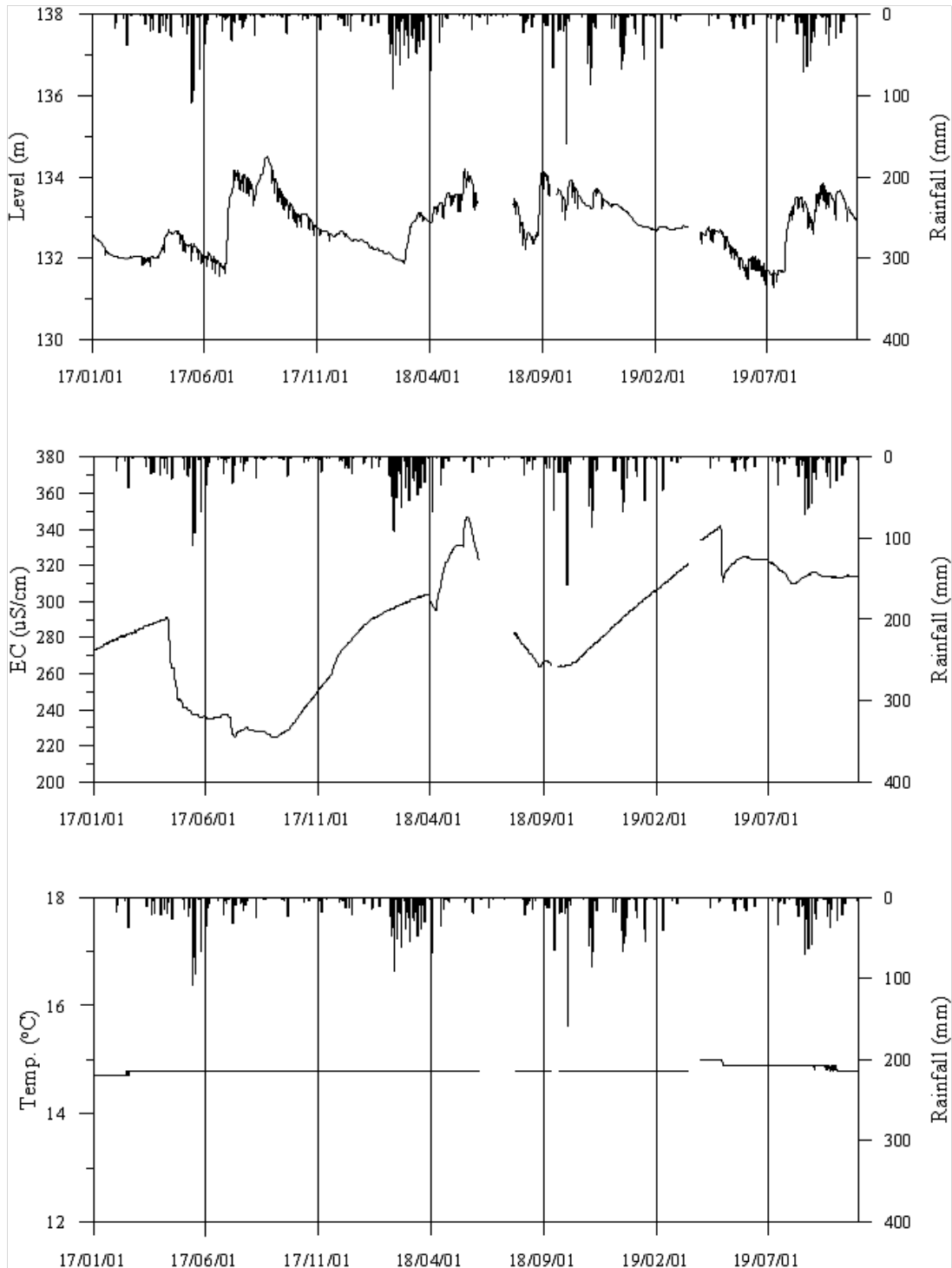
<홍천1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

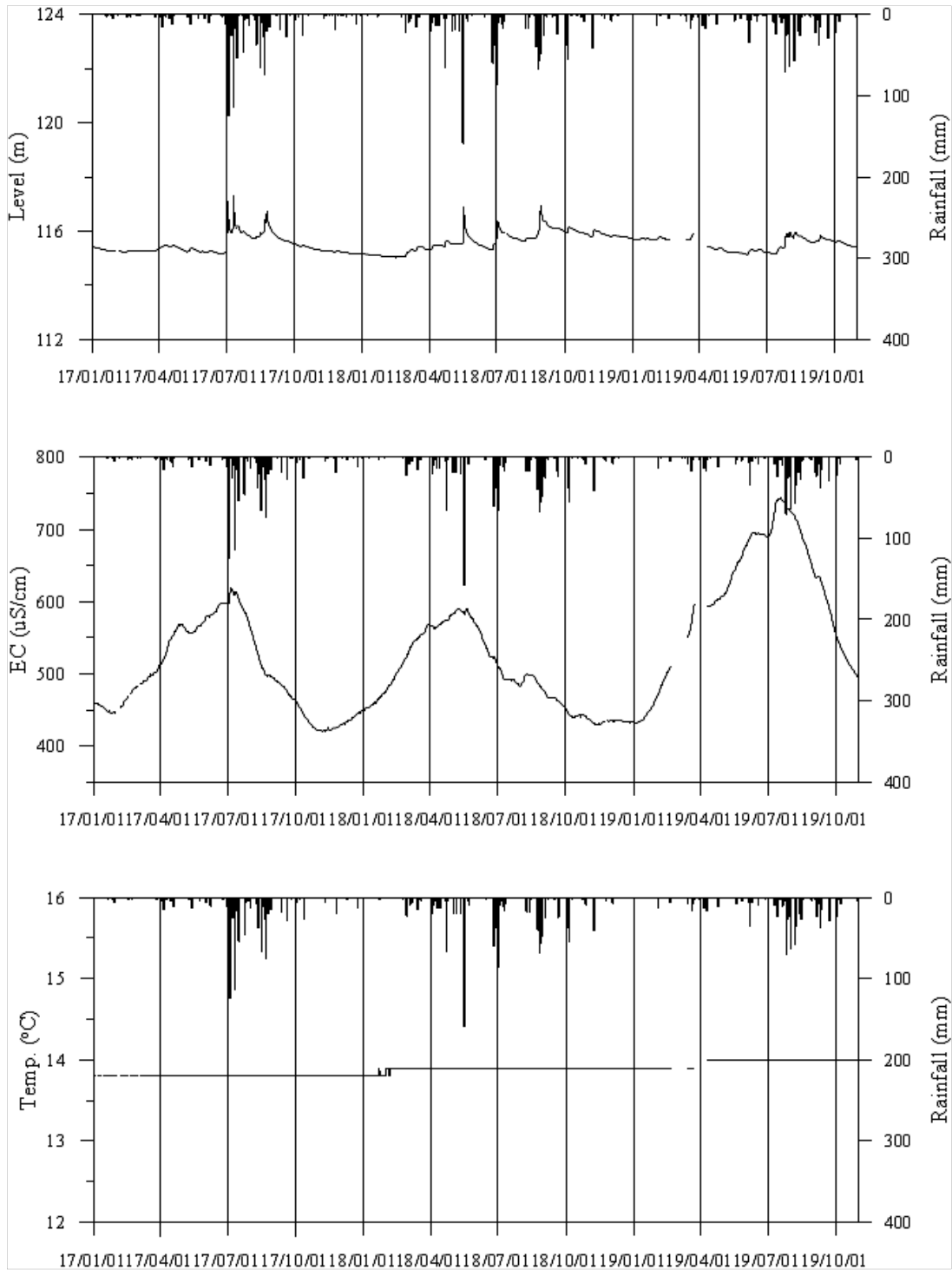


<홍천2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

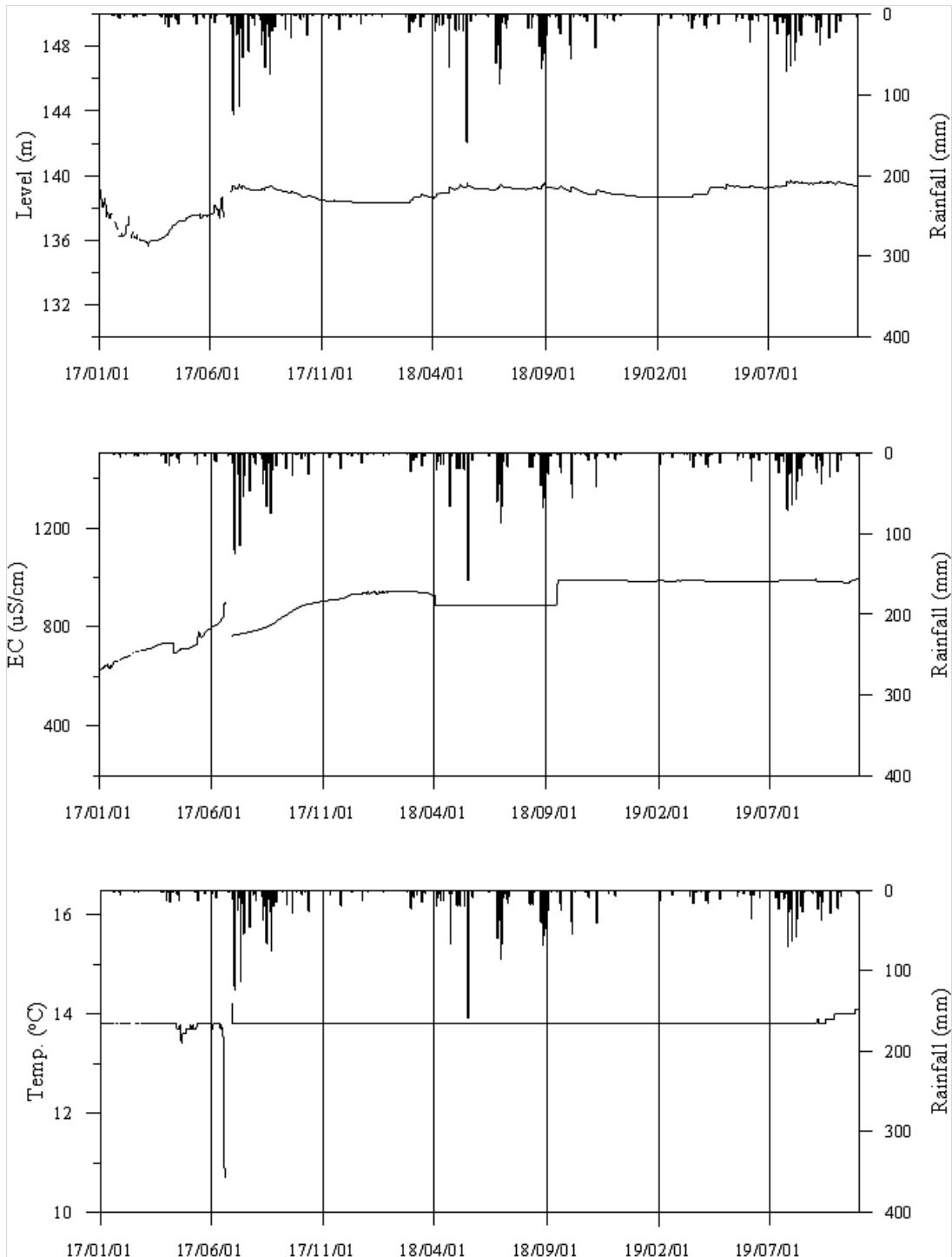


<홍천3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍천4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍천5 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 홍천1 관측공은 홍천군 남부지역으로 DRASTIC 지수가 129점으로 수질오염에 다소 취약한 지역이다. 홍천2 관측공은 농경지와 주거지역이 인접한 지역으로 단위면적당 오염 부하량이 605.78 kg/일/km²로 지하수 수질오염에 대한 위험도가 높으므로 지하수의 수량과 수질을 관측하기 위하여 위치를 선정하였다. 홍천3 관측공은 홍천군 홍천읍 결운리에 위치한다. 농업 현황으로는 밭농사를 주로 하고 있으며, 밭농사에 대한 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다. 홍천4 관측공은 홍천군 북방면 하화계리에 위치한다. 농업 현황으로는 논농사를 주로 하고 있으며, 지하수 이용량/적정개발가능량이 61.68%로 다소 높다. 또한 주변에 잠재오염원시설 60개소가 위치하고 있어, 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다. 홍천5 관측공은 홍천군 홍천읍 하오안리에 위치하며, 농업 현황으로는 논농사를 주로 하고 있다. 질산성질소 평균 수치가 13.16 mg/L로 먹는물 기준(10 mg/L)을 초과하는 지역으로 지하수의 수질 변화를 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 홍천6 관측공의 양수량은 60 m³/d 이며, 수리전도도는 6.71×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 94.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 11.0 ~ 14.5 °C 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였다. 홍천7 관측공의 양수량은 50 m³/d 이며, 수리전도도는 1.65×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 89.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 10.5 ~ 13.0 °C 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 홍천1, 2 관측공의 전기전도도는 160 ~ 300 $\mu S/cm$ 범위로서 오염현상은 없는 것으로 판단된다. 홍천3 관측공의 전기전도도는 약 40 ~ 50 m 심도에서 약 250 $\mu S/cm$ 증가하는데, 이는 해당 구간의 균열면을 통한 이온 부하량이 높은 지하수가 유입되기 때문으로 판단된다. 홍천4 관측공

의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 580 ~ 712 $\mu S/cm$ 범위를 보이며, 30~50 m 구간까지 감소 이후 증가하여 일정한 값을 갖는다. 홍천5 관측공은 약 300 ~ 750 $\mu S/cm$ 범위의 값을 갖으며, 60 m 이후 급격한 증가의 모습을 보인다. 홍천6 관측공은 심도 약 30 m 지점부터 55 m 지점까지 전기전도도가 400 $\mu S/cm$ 에서 1,000 $\mu S/cm$ 로 증가하는 구간이 관찰된다. 홍천7 관측공의 전기전도도는 100 ~ 180 $\mu S/cm$ 의 범위로 나타난다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 홍천1, 2, 4, 5, 6, 7 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. 홍천 3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당한다. 2017년 홍천1, 2012년 홍천2 관측공은 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 이를 제외하고는 공통적으로 먹는 물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 그러나 홍천2 관측공은 매년 질산염 농도가 먹는물 수질기준에 거의 근접하게 검출되므로, 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다. 홍천3 관측공은 상대적으로 높은 염소이온 농도를 보이므로, 염류의 지하수계 유입방지에 만전을 기해야 한다.
- 5) 장기 관측결과 : 홍천1 관측공은 5월부터 지하수위가 증가한 후 8월 중순 이후 감소한다. 전기전도도는 260 ~ 300 $\mu S/cm$ 범위이다. 홍천2 관측공의 지하수위는 건기와 우기의 영향을 뚜렷이 반영하며, 전기전도도는 200 ~ 25 $\mu S/cm$ 범위이다. 홍천3, 4, 5 관측공의 경우 개발 이후 10개월 동안의 관측 결과만으로 장기간의 경향성을 파악하기는 어렵지만 4월 이후 강수량 증가에 따라 지하수위가 상승하며 이에 따른 전기전도도값이 감소되는 경향이 나타남에 따라 내륙지역의 일반적인 지하수의 변동 특성을 반영하는 것으로 판단된다.
- 6) 관리 방안 : 홍천지구의 관측공은 수량과 수질관리 구역에 설치하였고, 홍천2 관측공은 매년 질산염에 의한 오염이 간헐적으로 발견됨에 따라, 지표오염물질의 유입차단에 만전을 기해야 한다.

2.3.5 평창지구

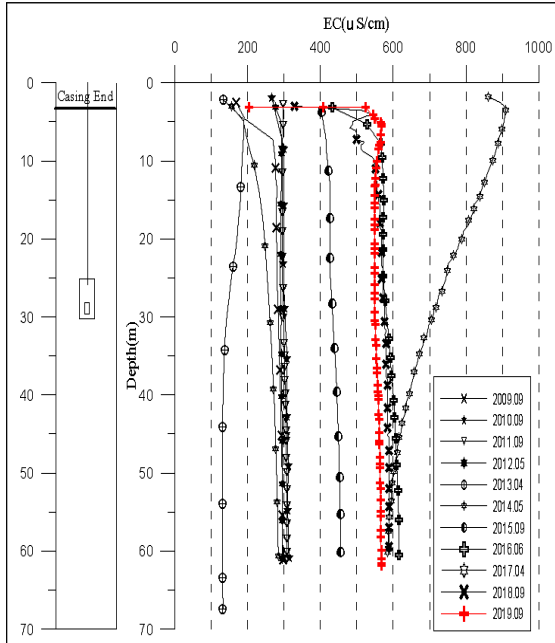
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
평창1	평창군 방림면 계촌리 산749-2	136399.678	439524.146	553.800	2009	550.70
평창2	평창군 대화면 신리 331-1	152330.022	449663.833	519.667	2009	514.16
평창3	평창군 평창읍 유동리 4-4	322787.816	528828.127	284.79	2017	276.64
평창4	평창군 봉평면 창동리 533-9	319,847.921	557,275.585	591.71	2018	584.94

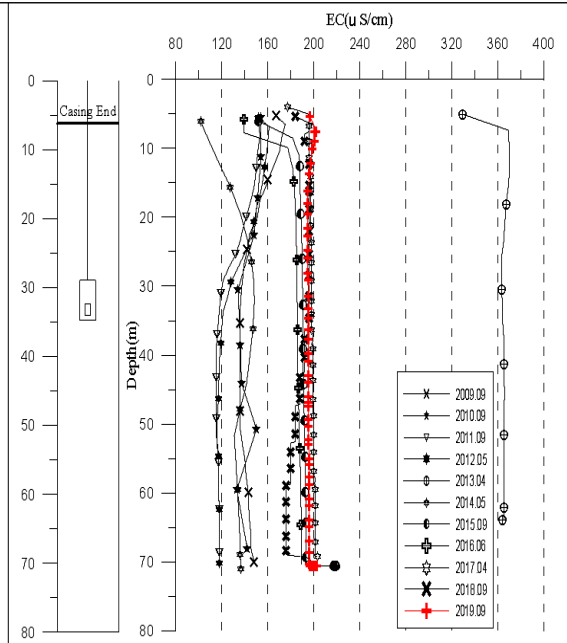
2. 지형 및 지질

평창군은 태백산맥 중에 위치하므로 평균 해발고도가 700 m 이상에 이르며, 평창군 대화면과 방림면 일대에는 석회암 지층의 카르스트 지형이 발달되어 있다. 구성지질은 선캠브리아시대의 화강편마암, 우백질편마암, 호상편마암, 시대미상의 방림층군, 캄브리아기의 하부 대석회암층군, 양덕층군, 오오도비스기의 평창형 조선누층군, 그리고, 페름기의 평안층군, 쥐라기의 섬장암, 백악기의 화강반암이 분포하고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 피복하고 있다.

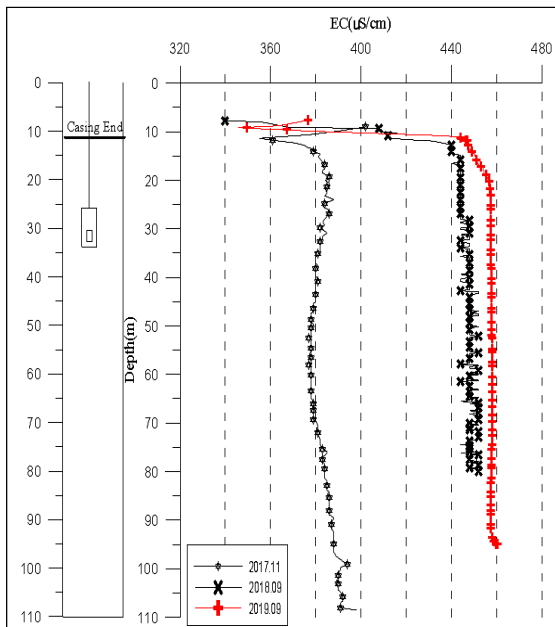
3. 지하수 검층



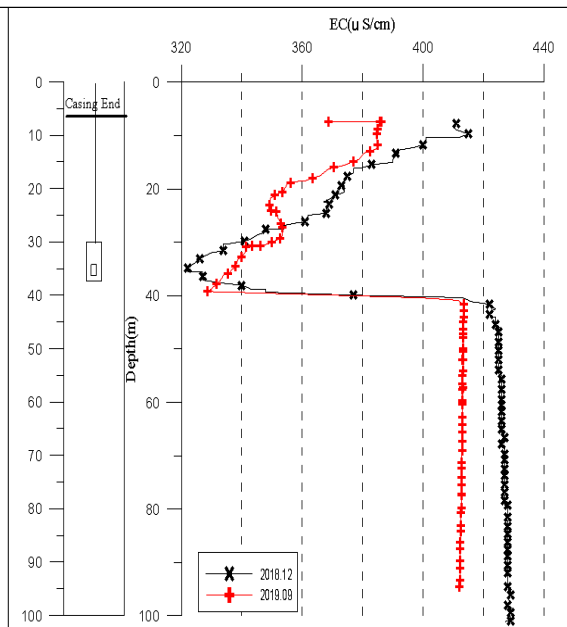
<평창1 관측공>



<평창2 관측공>



<평창3 관측공>



<평창4 관측공>

4. 지하수 수질 분석

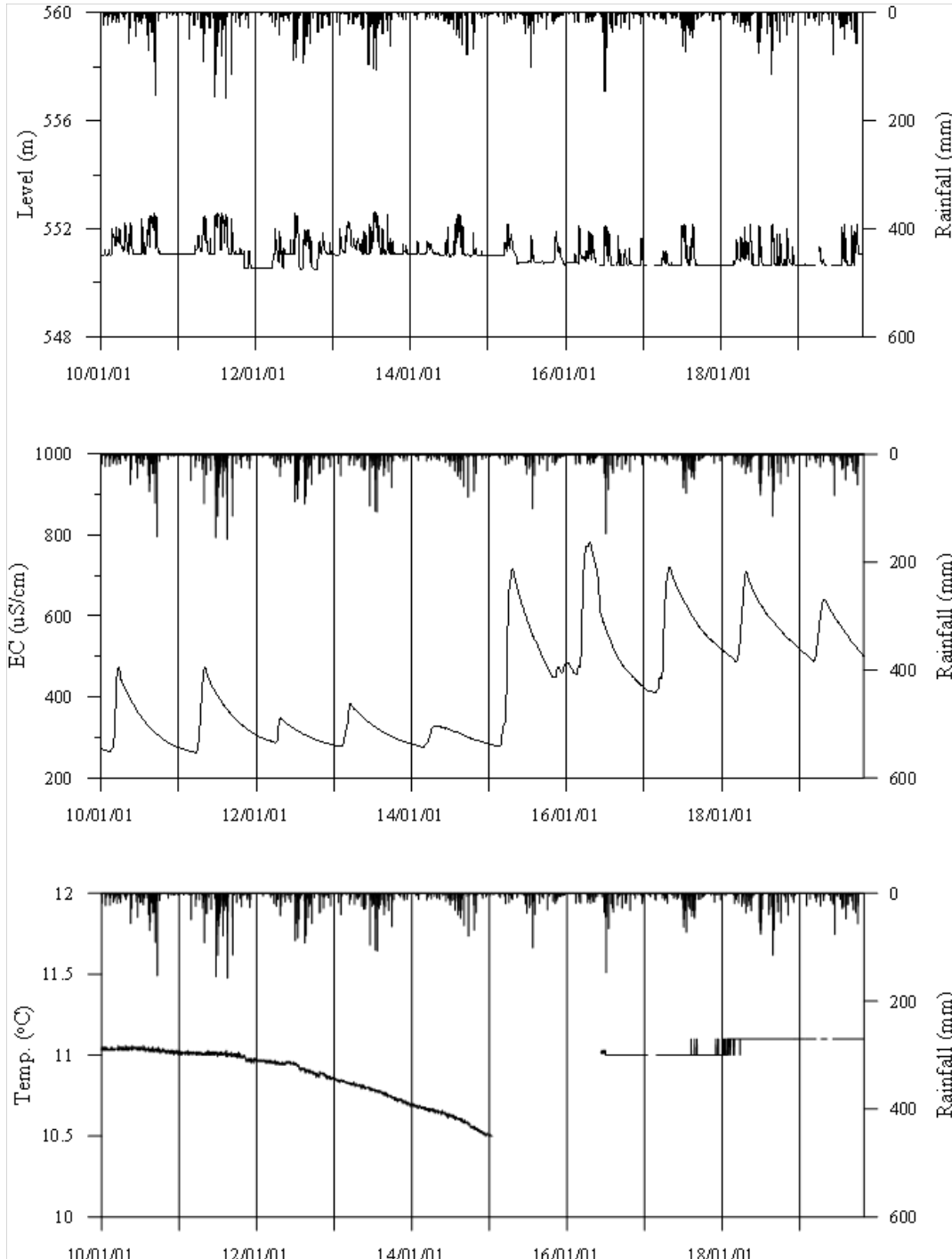
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
평창1	(2009. 9)	14.50	6.59	2.71	28.05	6.80	22.16	94.55	3.57
	(2010. 9)	19.38	8.38	2.19	27.81	8.66	30.05	122.00	3.06
	(2011. 7)	21.05	9.00	2.30	34.83	7.38	52.07	44.38	N.D.
	(2012. 5)	17.34	7.99	1.74	27.74	0.41	10.79	131.15	7.19
	(2013. 4)	23.06	8.02	1.31	31.05	6.34	57.15	85.40	4.95
	(2014. 5)	20.82	8.12	1.67	30.08	6.71	41.78	88.45	5.02
	(2015. 7)	30.88	9.19	2.05	37.92	8.27	72.69	88.5	6.72
	(2016. 6)	49.40	11.02	0.14	49.66	6.86	113.65	109.80	5.80
	(2017. 6)	99.26	12.33	4.53	62.50	5.61	244.96	54.90	12.78
	(2018. 6)	93.59	11.41	2.34	52.44	5.04	230.09	33.55	13.92
(2019. 9)	35.15	10.80	3.16	45.87	7.51	93.39	91.50	3.52	
평창2	(2009. 9)	3.19	5.75	0.64	23.37	5.36	2.07	88.45	8.76
	(2010. 9)	3.39	5.27	0.47	16.85	5.55	2.21	70.15	10.07
	(2011. 7)	3.38	5.43	0.70	20.28	4.85	1.64	33.66	N.D.
	(2012. 5)	3.55	6.52	1.05	26.25	4.78	2.29	115.90	7.64
	(2013. 4)	3.34	5.08	0.53	19.37	5.41	2.49	82.35	5.97
	(2014. 5)	2.64	6.37	1.13	30.02	8.50	12.81	94.55	0.07
	(2015. 7)	2.19	5.05	0.96	26.50	3.02	3.09	94.6	0.18
	(2016. 6)	6.48	7.46	0.09	39.89	2.95	2.64	122.00	0.05
	(2017. 6)	2.74	6.55	1.26	30.45	3.10	3.40	122.00	0.36
	(2018. 6)	2.35	5.67	1.02	28.53	3.21	2.67	103.70	0.45
(2019. 9)	2.51	5.37	1.63	28.37	2.07	2.54	103.70	0.34	
평창3	(2017.11)	21.93	7.57	2.37	44.52	13.80	26.14	146.40	9.41
	(2018. 6)	79.28	4.13	1.15	13.92	3.91	4.65	228.75	N.D.
	(2019. 9)	29.85	6.84	1.43	31.16	10.41	18.91	146.40	10.57
평창4	(2018.12)	7.70	4.55	1.53	36.99	28.72	11.34	45.75	53.67
	(2019. 9)	10.59	6.34	2.03	52.56	49.65	14.33	36.65	73.59

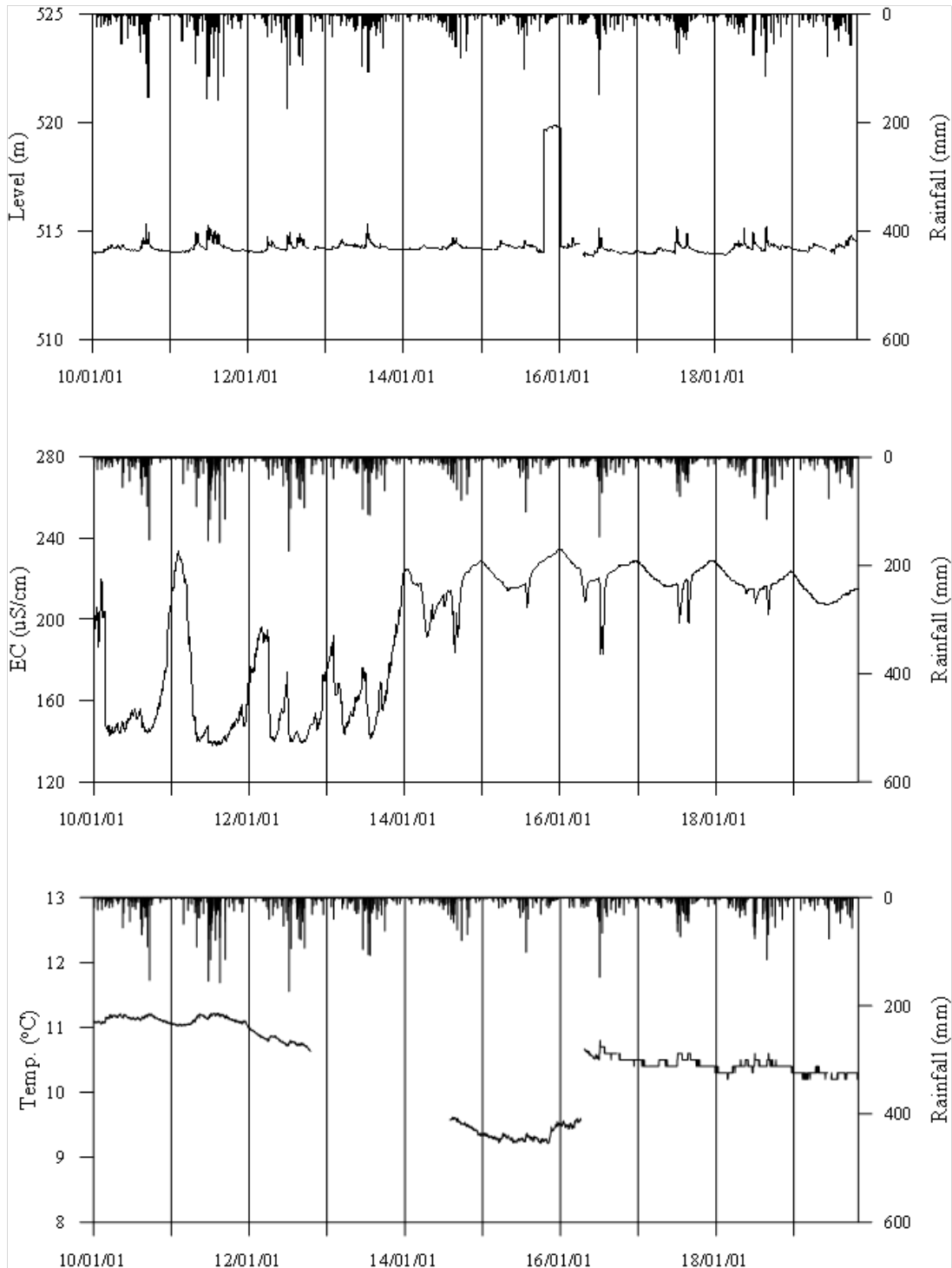
5.

장기관측 결과



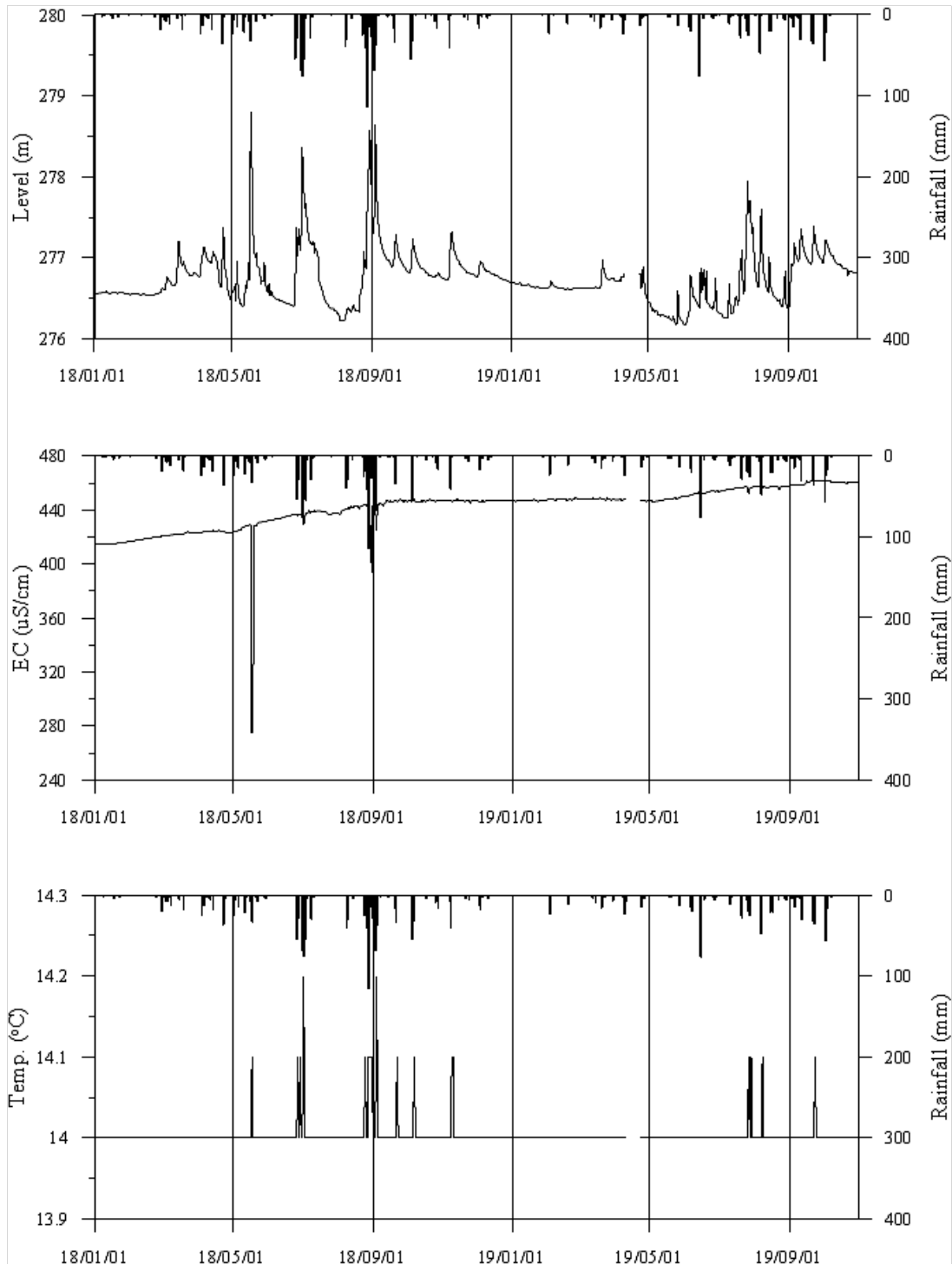
<평창1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



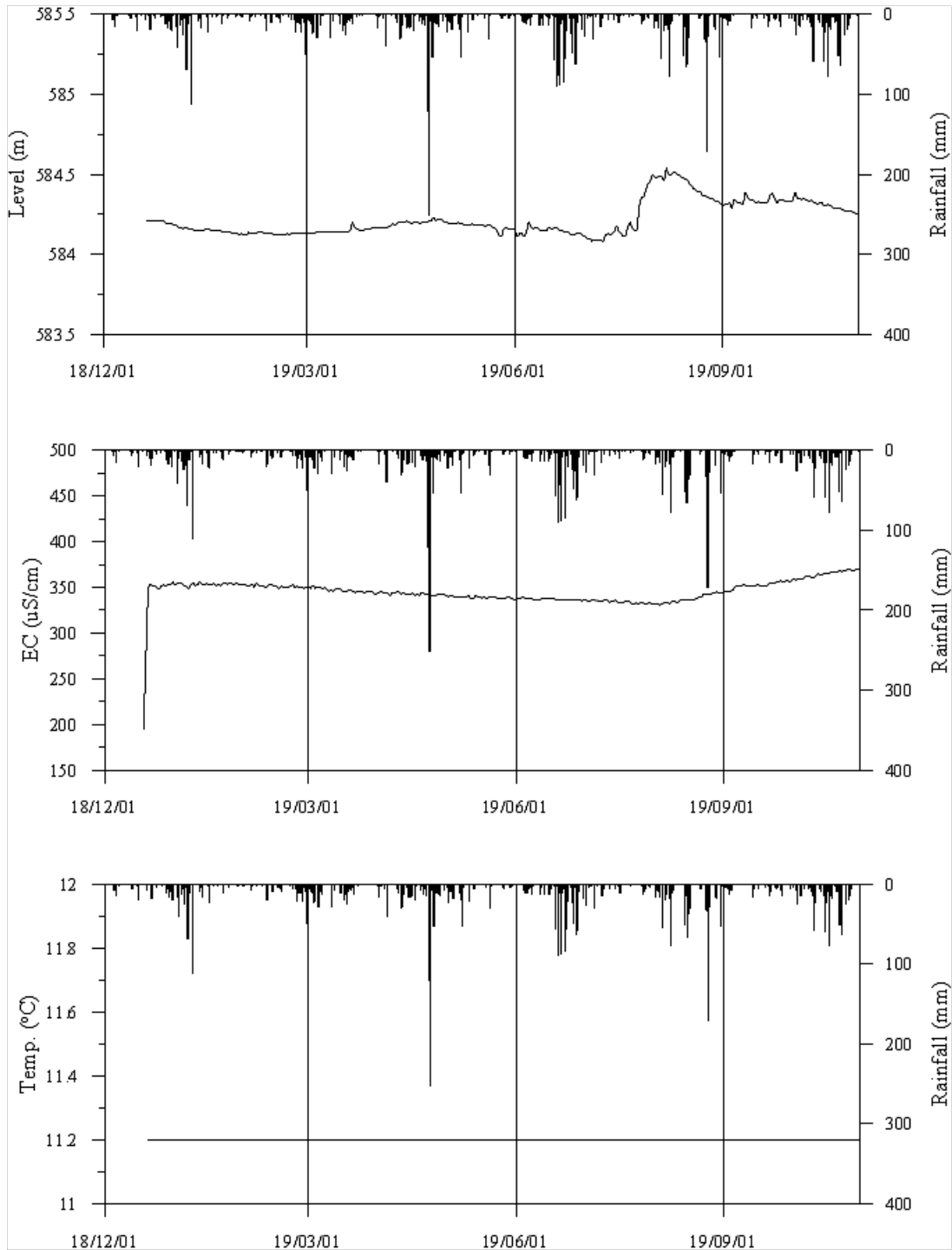
<평창2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<평창3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<평창4 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 평창1 관측공은 주거지역과 농경지 인접지역으로 잠재오염원이 346개소로 많으며 농경지의 대부분이 산비탈 등의 지역에 위치하고 있어, 농약 및 비료 등에 의한 오염에 취약하다. 평창2 관측공은 잠재오염원이 235개소로 많지는 않으나, 오염원이 집중되어 있어 수질오염에 대해 취약하다. 또한 축산업에 대한 가구수 및 사육두수가 많은 지역으로 축산폐수에 대한 오염이 취약한 지역으로 DRASTIC 지수는 118점에 달한다. 따라서 지하수자원의 수량 및 수질관리가 요구되므로 관측공의 위치를 선정하였다. 평창3 관측공이 설치된 유동리는 평창군 남서편에 위치하고 있으며 농업용수 검토결과 잔여면적은 적고 관정밀도가 높은 지역으로 분류되었다. 또한 수질환경 분석 결과 오염원 분포밀도는 37.9 개소/km², 단위면적당 오염부하량은 98.3 kg/일/km²으로 지하수 이용 및 수질에 대한 장해가 우려되어 관측공 설치를 통해 수량 및 수질 모니터링을 실시하고 지하수 개발 및 이용 관리를 도모하고자 한다. 평창4 관측공이 설치된 창동리는 평용지구 내에서 질산성질소 평균값이 10.2mg/L로 먹는 물 수질기준을 초과한 수치로 조사되었다. 또한 면적 대비 오염원 분포밀도가 36.4개소/km², 단위면적당 오염부하량이 49.7kg/일/km²로 나타나 수질관리 필요지역으로 선정되었다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 평창1, 2, 3, 4 관측공의 전기전도도는 각각 약 620 $\mu S/cm$, 380 $\mu S/cm$, 400 $\mu S/cm$, 430 $\mu S/cm$ 이하이며, 육지부 담수영역에 해당된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 평창1, 3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 평창2 관측공은 Ca-HCO₃, 평창4 관측공은 Ca-Cl 유형이다. 평창지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 평창1, 2 관측공의 지하수위는 강수의 영향을 반영한다. 평창1 관측공의 전기전도도는 강수에 비례하여 변화하는데, 우기에 높아지고 건기에 감소하는 추이를 보인다. 반면 평창2 관측공 전기전도도는 강수에 반비례 관계로, 건기에 전기전도도가 증가하는 반면 우기에 감소하는 것으로 나타났다. 평창1 관측공은 연간 약 2 m 내외의 수위 변화가 나타나고, 평창2 관측공은 연간 약 1 m 내외의 지하수위 변화가 나타났지만, 2015년 겨울철에 약 5 m 내외의 수위 상승이 일시적으로 관측되었다.
- 5) 관리 방안 : 평창지구의 관측공은 수량과 수질관리 유역에 설치하였고 현재는 지하수 오염이 크게 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.3.6 양구지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
양구1	양구군 동면 월운리 603	116396.639	524350.827	306.23	2011	303.03
양구2	양구군 해안면 만대리 2020-1	122946.499	528518.920	519.78	2011	514.48
양구3	양구군 방산면 현리 514	282481.1133	624323.2108	259.26	2019	250.55

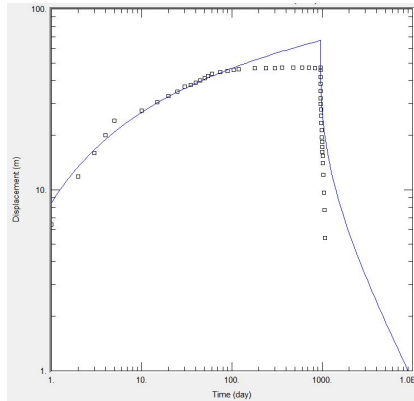
2. 지형 및 지질

양구군은 동쪽으로 기칠봉, 대우산, 대암산이 이어지고, 중앙에는 지혜산, 봉화산, 서쪽으로는 어은산, 백석산, 사명산을 연결하는 봉우리가 이어져 군 전체가 험준한 내륙 산간지역을 이룬다. 행정상으로는 동쪽으로 인제군, 서쪽은 화천군, 남쪽은 춘천시, 북쪽은 휴전선을 사이에 두고 북한의 창도군, 금강군과 경계를 이룬다. 지질은 선캠브리아시대의 경기변성암 복합체에 속하는 함석류석화강편마암, 호상편마암이며, 이를 관입한 백악기의 불국사 관입암류에 속하는 화강암과 신생대 제4기의 충적층으로 구성되어 있다. 해안분지의 기반암은 선캠브리아시대의 경기편마암 복합체로 편마암, 편암, 규암으로 구성되며 이를 주라기의 대보화강암이 관입하였으며, 주라기 화강암 상부는 사력, 각력 및 점토로 구성된 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

양구3 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

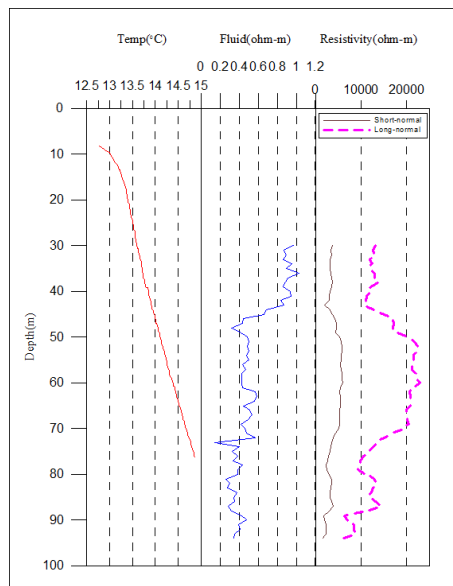
◎ 양수시험



<양구3 관측공 양수시험>

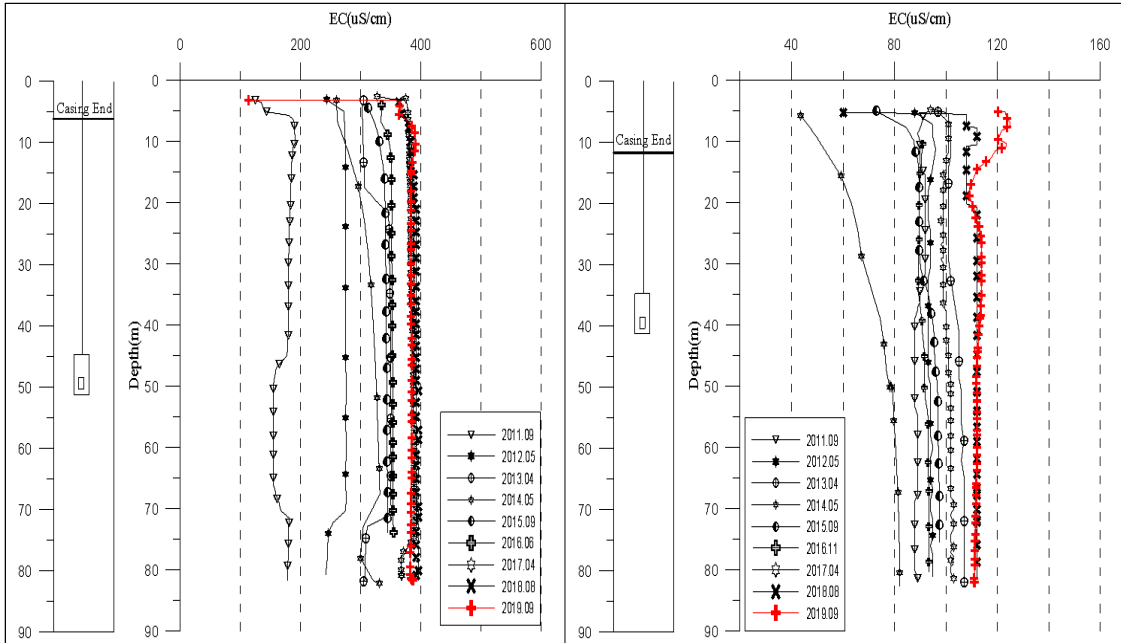
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리진도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
양구3	15	0.1351	1.708×10 ⁻⁶	91.5

◎ 물리검층



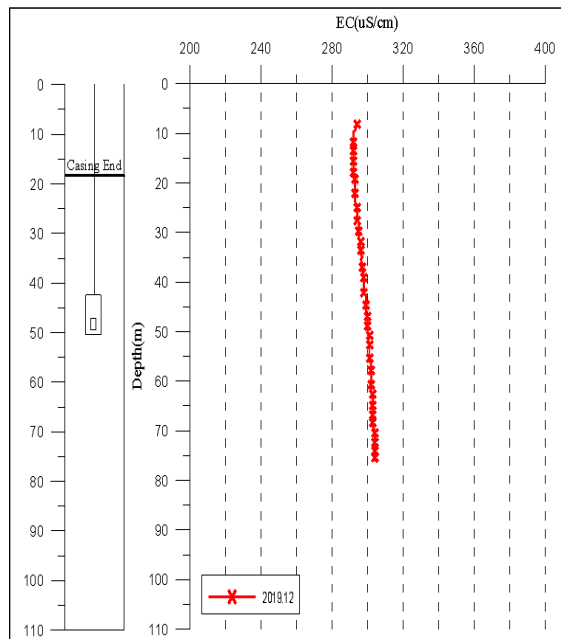
<양구3 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<양구1 관측공>

<양구2 관측공>



<양구3 관측공>

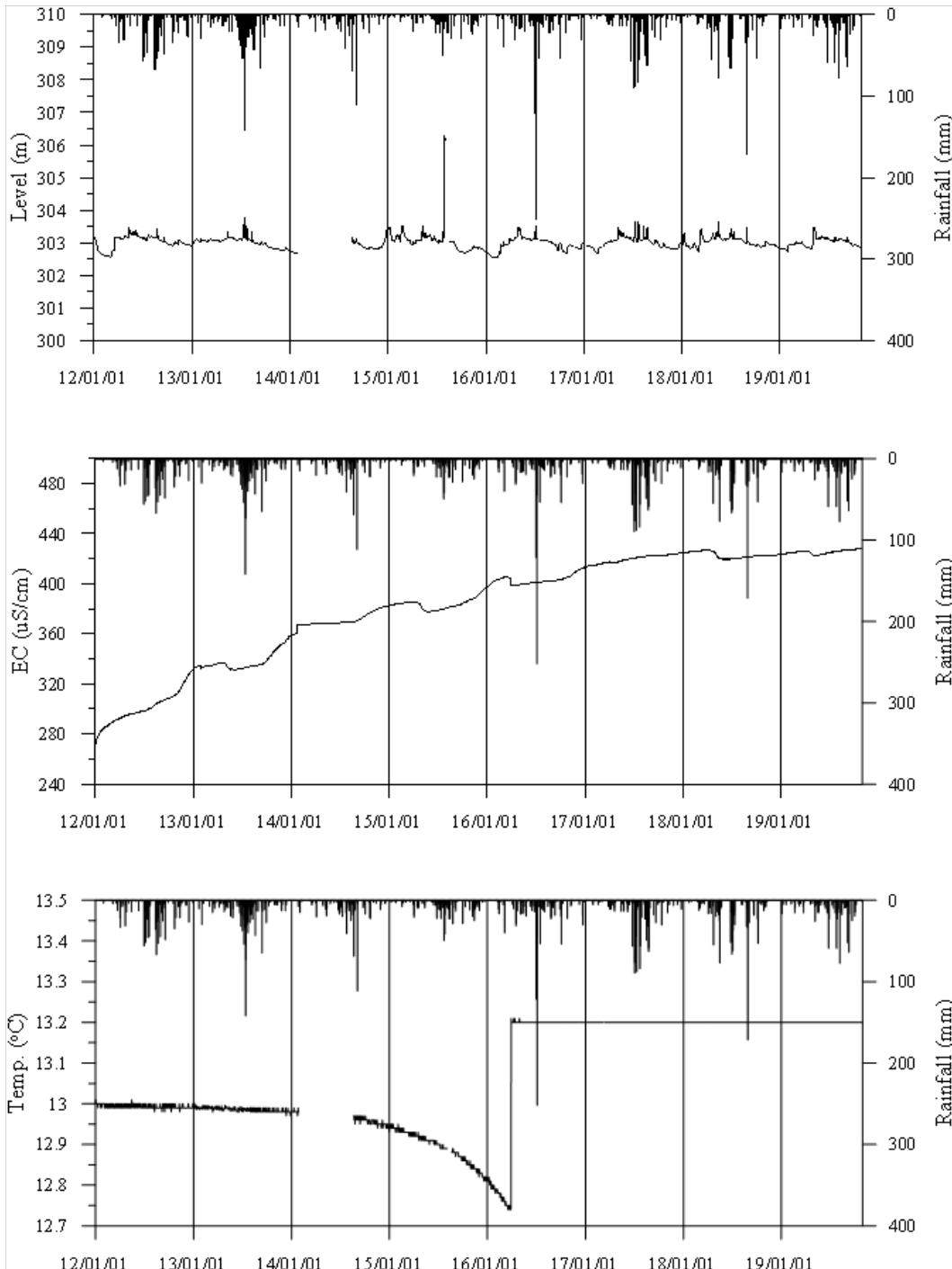
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

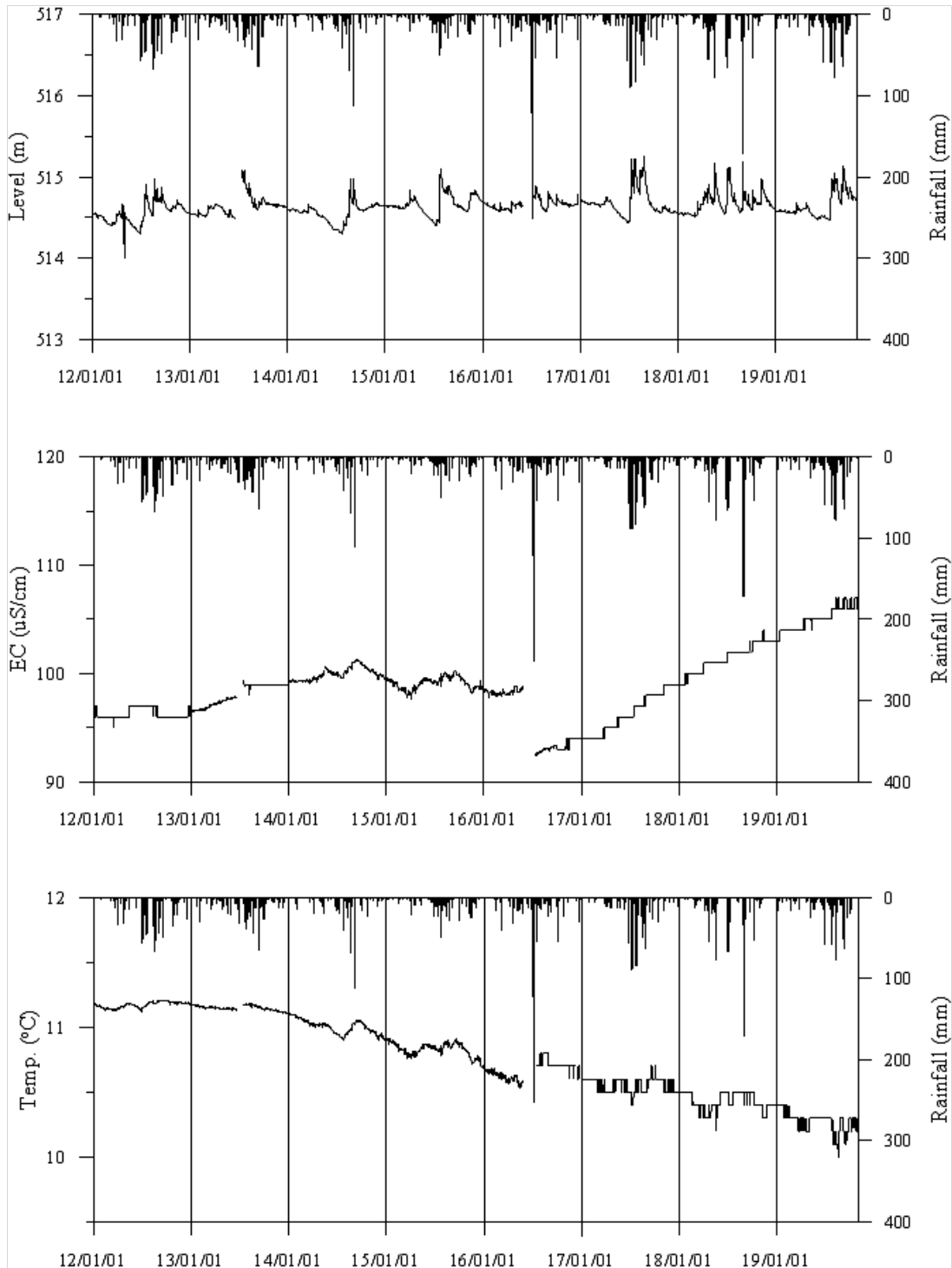
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
양구1	(2011.11)	16.07	4.06	2.63	33.86	10.21	1.01	64.98	N.D.
	(2012. 5)	29.70	3.82	2.28	28.53	13.98	2.51	170.80	13.87
	(2013. 4)	35.35	4.22	2.01	31.91	18.28	3.64	176.90	6.87
	(2014. 5)	43.71	3.89	1.99	27.18	18.68	3.00	189.10	5.04
	(2015. 7)	4.50	1.73	0.87	12.27	3.18	2.85	39.65	3.79
	(2016. 6)	47.39	3.88	0.15	28.36	19.36	4.15	213.60	4.78
	(2017. 6)	54.79	4.34	2.15	30.97	19.51	4.03	204.35	3.23
	(2018. 6)	45.31	3.96	1.84	26.74	18.33	3.75	173.85	2.46
	(2019. 9)	50.44	3.80	2.99	24.90	21.97	3.48	173.85	2.29
양구2	(2011.11)	5.35	1.92	1.34	13.17	2.62	2.02	23.44	N.D.
	(2012. 5)	6.10	1.99	1.23	13.18	2.90	3.13	51.85	11.32
	(2013. 4)	4.97	1.62	0.81	11.00	3.34	3.17	36.60	4.87
	(2014. 5)	5.26	1.97	1.01	12.66	3.18	3.30	42.70	4.95
	(2015. 7)	18.26	7.20	1.55	40.12	3.87	71.48	39.65	27.30
	(2016. 6)	6.77	2.14	0.12	16.00	4.64	4.66	54.90	2.46
	(2017. 6)	5.18	1.81	1.04	12.79	2.77	3.11	57.95	N.D.
	(2018. 6)	5.48	2.15	0.83	13.04	2.85	2.72	54.90	0.12
	(2019. 9)	4.29	1.88	0.98	14.12	2.62	2.69	61.00	N.D.
양구3	(2019. 9)	17.25	10.32	4.57	25.78	5.17	2.14	155.55	N.D.

6. 장기관측 결과



<양구1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<양구2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 양구1, 2 관측공은 2010년 농촌지하수관리사업 결과, 농경지와 주거지역이 인접한 지역으로서 오염취약성 평가인 DRASTIC 지수가 117점, 94점으로 나타났으며, 단위면적당 오염부하량이 158.97 kg/일/km², 123.77 kg/일/km²로 지하수의 수량과 수질을 관측하기 위하여 위치를 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 양구3 관측공의 양수량은 15 m³/d 이며, 수리전도도는 1.71×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 91.5 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 12.7 ~ 14.7 °C 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 양구1 관측공의 전기전도도는 약 400 $\mu S/cm$ 이하이며, 양구2 관측공의 전기전도도는 약 120 $\mu S/cm$ 이하이다. 양구3 관측공의 전기전도도는 약 300 $\mu S/cm$ 이다. 양구1, 2, 3 관측공은 심도에 따른 전기전도도 변화 없이 일정한 값을 나타낸다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 양구1, 3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이고, 양구2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 양구지구 관측공의 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 양구1, 2 관측공은 강수의 영향에 의한 지하수위 증가와 감소 현상이 뚜렷하고 연간 지하수위 변동 폭은 공통적으로 1 m 내외이다. 양구1 관측공의 전기전도도는 관측공 개발 이후 지속적으로 증가추세에 있으며, 양구2 관측공은 약 120 $\mu S/cm$ 이하이다.
- 6) 관리 방안 : 양구지구의 관측공은 수량과 수질관리 구역에 설치하였고 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.3.7 화천지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
화천1	화천군 간동면 간척리 1178	271717.141	503349.557	231.23	2011	228.06
화천2	화천군 사내면 사창리 396-4	246038.3941	507373.5004	276.062	2013	269.81
화천3	화천군 상서면 파포리 881	257030.2128	617328.1163	116.338	2019	114.038
화천4	화천군 간동면 오읍리 599-4	271798.4451	606103.9184	217.453	2019	212.953

2. 지형 및 지질

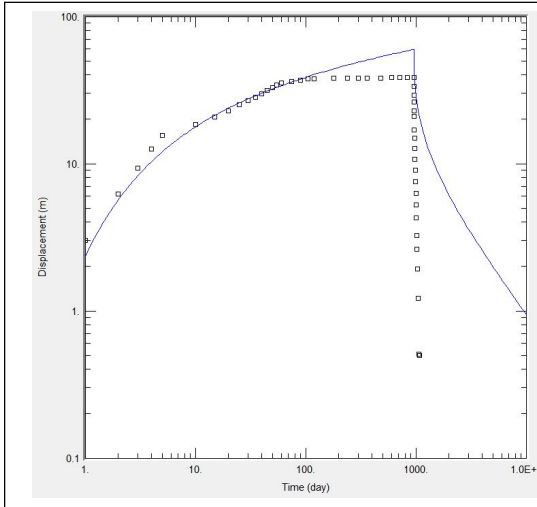
화천지구는 동쪽으로 양구군, 서쪽으로 포천시, 가평군, 남쪽으로 춘천시, 북쪽으로 철원군에 접하며, 면적의 약 86%가 산악지대이다. 동쪽 태백산맥과 북쪽 광주산맥이 대성산, 적근산, 흰바위산 등 연봉을 일으키면서 군내로 지맥을 뺏어 전반적으로 높고 험준하다. 지질은 선캠브리아시대의 경기 변성암 복합체이며, 이를 관입한 춘성계 유라기의 대보화강암, 시대미상의 화강반암 또는 애플라이트로 이루어져 있으며, 이를 부정합으로 형성된 신생대 제4기 충적층이 피복하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

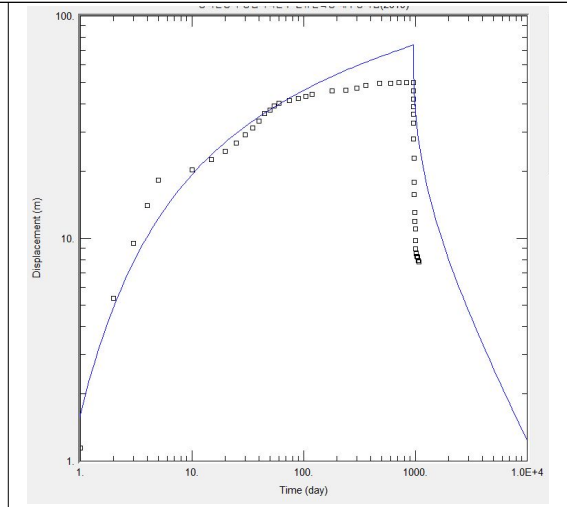
화천3, 화천4 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
화천3	65	0.5509	7.682×10 ⁻⁶	83
화천4	26	0.1685	2.566×10 ⁻⁶	76

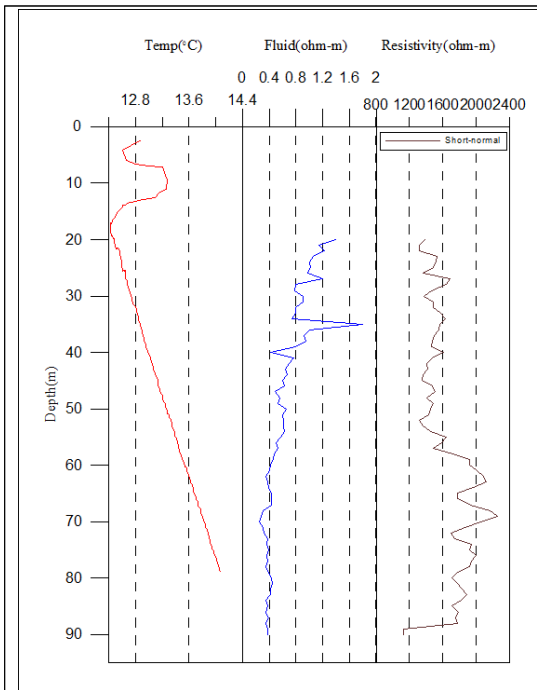


<화천3 관측공 양수시험>

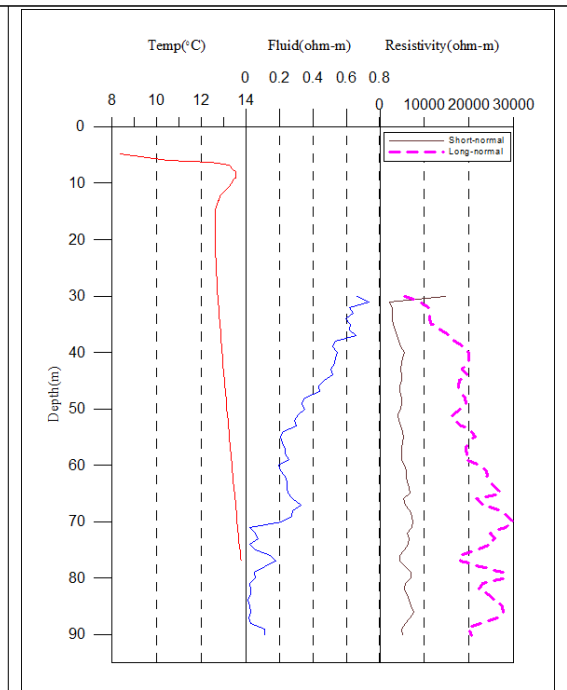


<화천4 관측공 양수시험>

◎ 물리검층

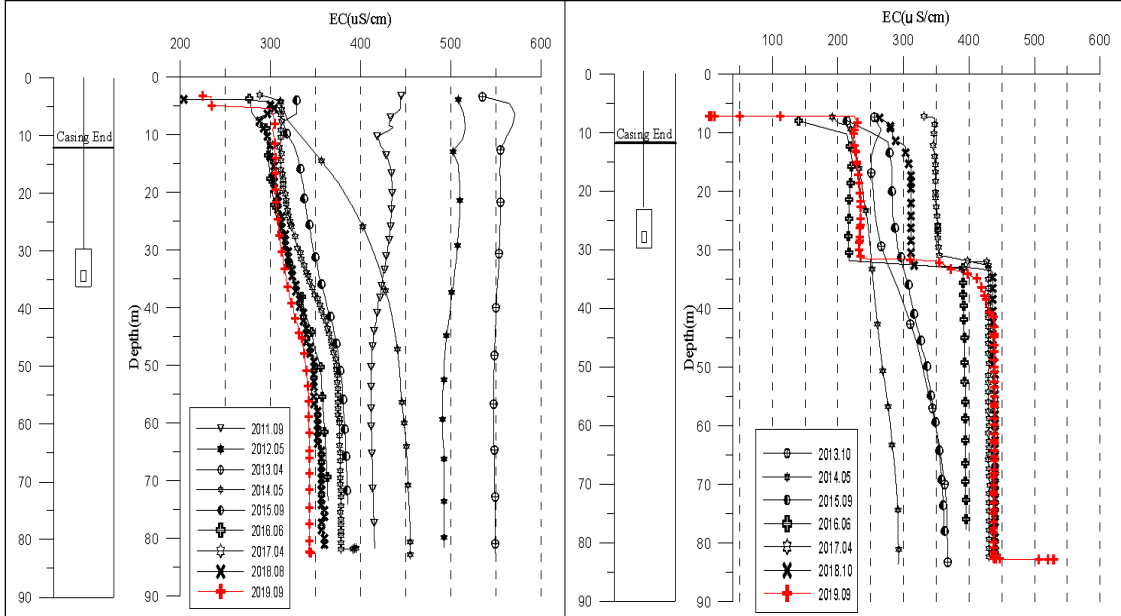


<화천3 관측공 물리검층>



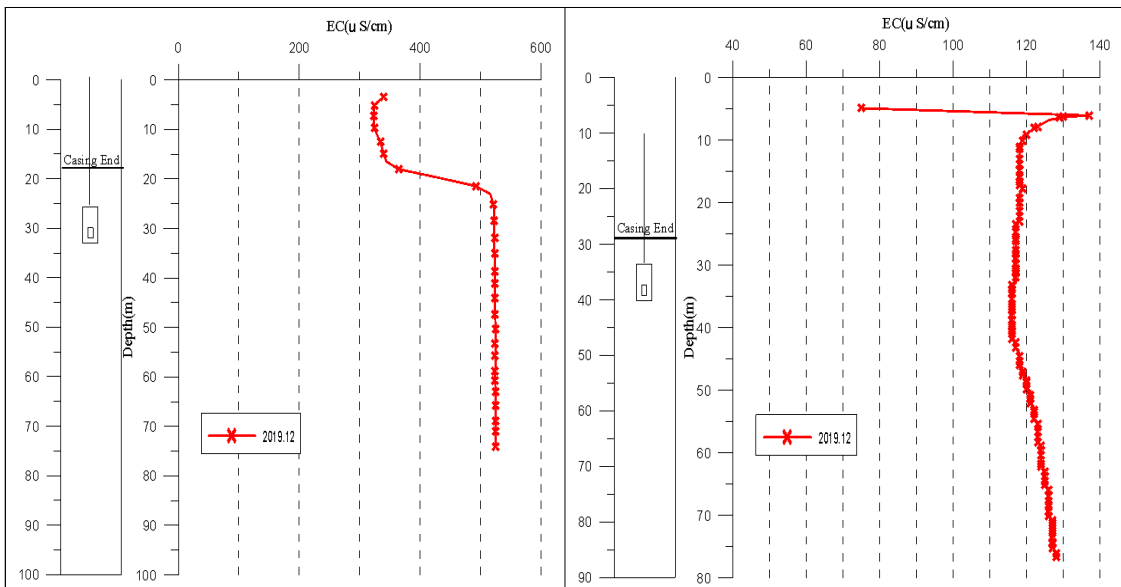
<화천4 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<화천1 관측공>

<화천2 관측공>



<화천3 관측공>

<화천4 관측공>

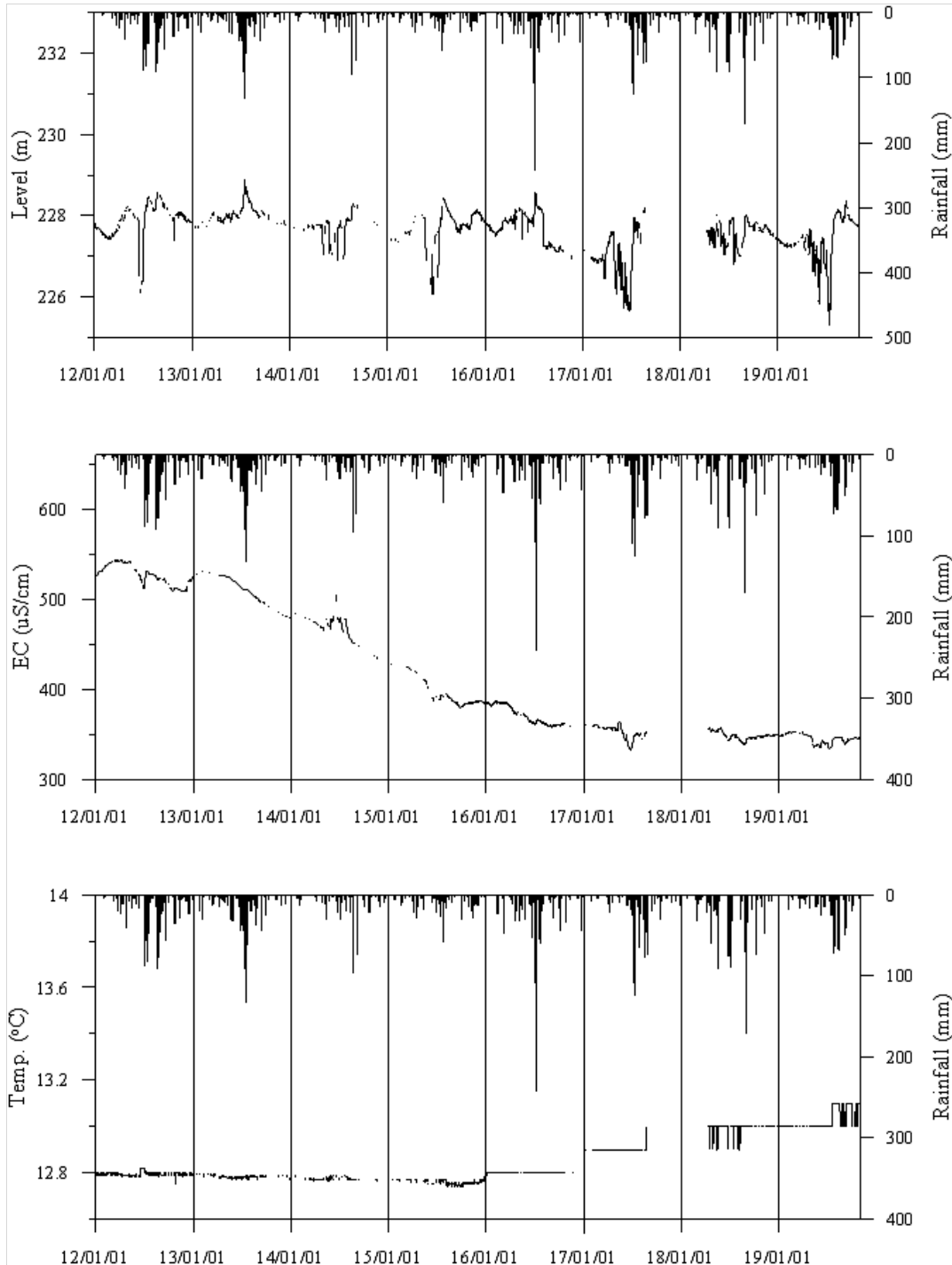
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

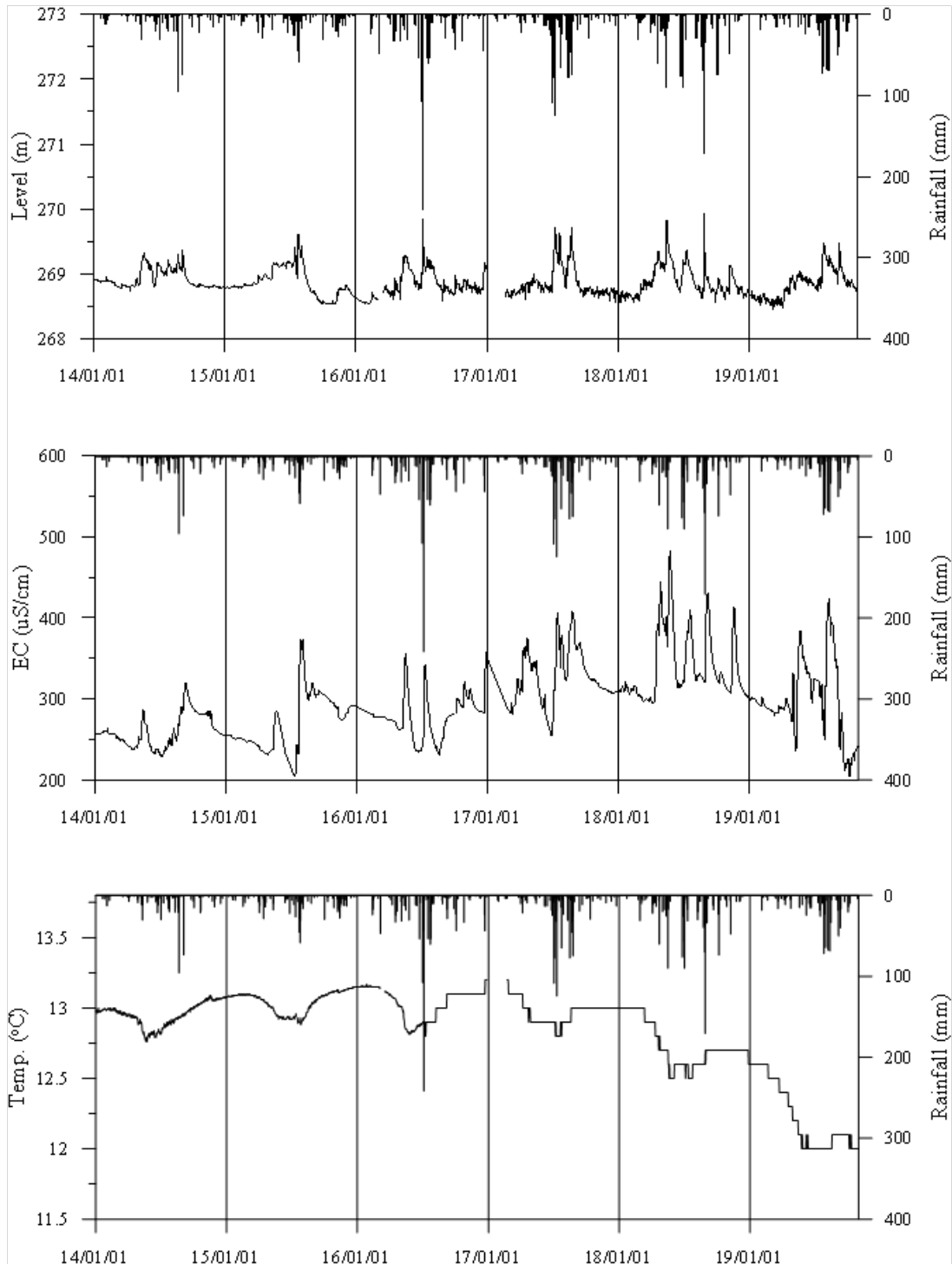
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
화천1	(2011.11)	19.60	7.68	1.72	50.66	4.42	81.27	34.75	N.D.
	(2012. 5)	21.14	10.02	1.68	61.12	4.91	104.54	103.70	31.49
	(2013. 4)	21.34	9.53	1.45	54.12	3.71	98.08	82.35	23.88
	(2014. 5)	20.39	9.39	2.16	50.65	3.11	88.67	57.95	23.07
	(2015. 7)	11.27	0.24	1.59	17.05	6.02	11.90	48.8	0.48
	(2016. 6)	12.96	5.78	0.88	37.32	4.75	56.06	61.00	17.44
	(2017. 6)	17.42	5.87	1.24	32.27	4.31	54.43	54.90	20.36
	(2018. 6)	15.66	5.26	1.03	28.86	4.86	49.39	42.70	17.90
(2019. 9)	15.20	4.20	1.71	23.08	1.00	50.69	33.55	N.D.	
화천2	(2013. 10)	11.66	3.46	2.24	27.24	12.93	15.77	61.00	28.43
	(2014. 5)	13.81	4.74	3.22	36.21	14.93	18.68	76.25	36.24
	(2015. 7)	10.95	4.51	2.63	37.78	15.90	17.61	82.4	33.32
	(2016. 6)	9.57	4.04	0.17	34.92	14.46	13.37	79.30	20.16
	(2017. 6)	15.29	5.64	2.97	41.93	14.09	38.36	76.25	41.37
	(2018. 6)	13.79	4.48	2.65	32.53	14.85	18.90	67.10	35.04
	(2019. 9)	11.70	2.97	3.20	25.77	7.17	16.11	73.20	9.33
화천3	(2019. 9)	14.48	7.84	3.43	27.81	7.51	10.17	134.20	6.72
화천4	(2019. 9)	7.34	1.60	2.10	11.60	1.49	3.60	36.60	18.65

6. 장기관측 결과



<화천1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화전2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화천지구는 2010년 농촌지하수관리사업 결과, 농경지와 주거 지역이 인접한 지역으로 단위면적당 오염 부하량이 180.29 kg/일/km^2 로 지하수 오염취약성과 잠재오염원 발생 부하량이 비교적 높기 때문에, 지하수의 수량과 수질을 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 화천3 관측공의 양수량은 $65 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $7.68 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 83.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $12.6 \sim 14.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")은 $1,200 \sim 2,400 \text{ ohm-m}$ 범위로 나타났다. 화천4 관측공의 양수량은 $26 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $2.67 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 76.0 m)이다. 온도검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $12.0 \sim 14.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 심도에 따른 증감 경향이 유사하였다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 화천1 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하 구간에서 약 $580 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도 변화는 거의 없다. 화천2 관측공은 약 $150 \sim 400 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 범위로 2016년 이후 심도 약 30 m 에서 전기전도도가 증가하는 전이대 구간이 나타났으나, 영농 적합성을 기준으로 큰 영향은 없는 것으로 판단된다. 화천3 관측공은 심도 $20 \sim 30 \text{ m}$ 구간에서 전기전도도가 약 $310 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 에서 $510 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 로 증가하는 전이대 구간이 나타났고, 이후 $510 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 를 유지하였다. 화천4 관측공의 전기전도도는 전구간 평균 $120 \text{ } \mu\text{S/cm}$ 를 나타냈다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 화천1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 나타남에 따라 하수, 분뇨 등 염소계 오염물질을 포함한 지표오염원의 유입이 일시적으로 발생했던 것으로 판단되며, 2, 3, 4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. 화천지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음

용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은 적은 것으로 분석되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 화천1 관측공의 연간 지하수위 변동 폭은 약 3 m 내외이다. 화천1 관측공의 전기전도도는 200 ~ 550 $\mu S/cm$ 범위이며, 관측공 개발 이후 감소 추세이다. 화천2 관측공의 수위 변동 폭은 약 1 m 내외이며, 수위 변화와 전기전도도의 변화는 강수에 비례하고, 수온은 반비례 관계에 있다.
- 6) 관리 방안 : 화천지구는 염소이온의 함량이 높으므로 지표오염원의 유입을 제어할 필요가 있다. 따라서 연도별 수질분석을 통해 염소이온을 위시한 각종 지표기원 오염물질의 부하를 측정하고, 이를 근거로 지하수 수질보전을 시행할 필요가 있다.

2.3.8 고성지구

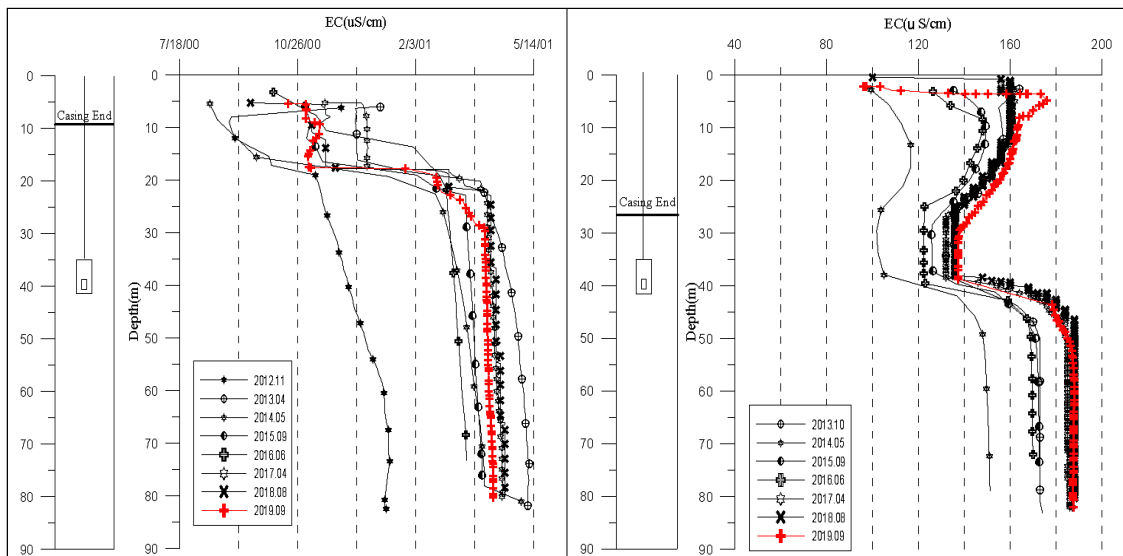
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
고성1	고성군 토성면 도원리 563	156812.26	530167.00	42.43	2012	36.64
고성2	고성군 거진읍 송정리 528	149831.7833	549097.4211	10.107	2013	8.41

2. 지형 및 지질

고성군 토성면에 위치한 고성지구는 남북방향으로 뺏은 태백산맥의 한 줄기인 해안산맥이 동쪽에 위치하고 있어 동쪽은 높은 산지가 많고 서쪽은 낮은 산록 완사면이 발달해 있다. 지질은 선캄브리아시대의 경기변성암복합체의 편마암류를 기반으로 시대미상의 엽리상 화강암류와 초염기성 암맥, 쥬라기 대보화강암류와 백악기 제3기의 반심성암 맥암류 및 현무암류와 제4기 충적층으로 구성된다.

3. 지하수 검층



<고성1 관측공>

<고성2 관측공>

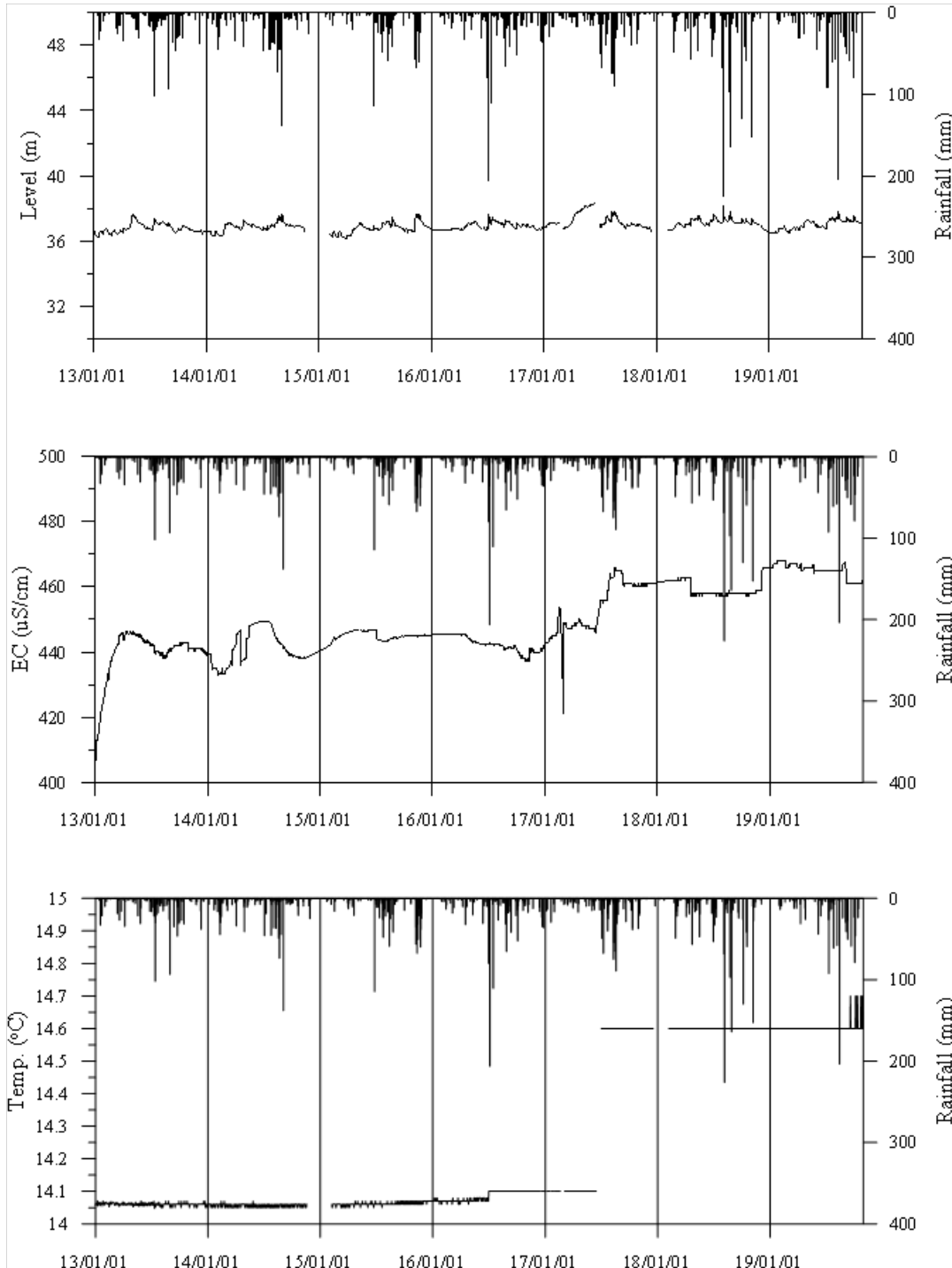
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

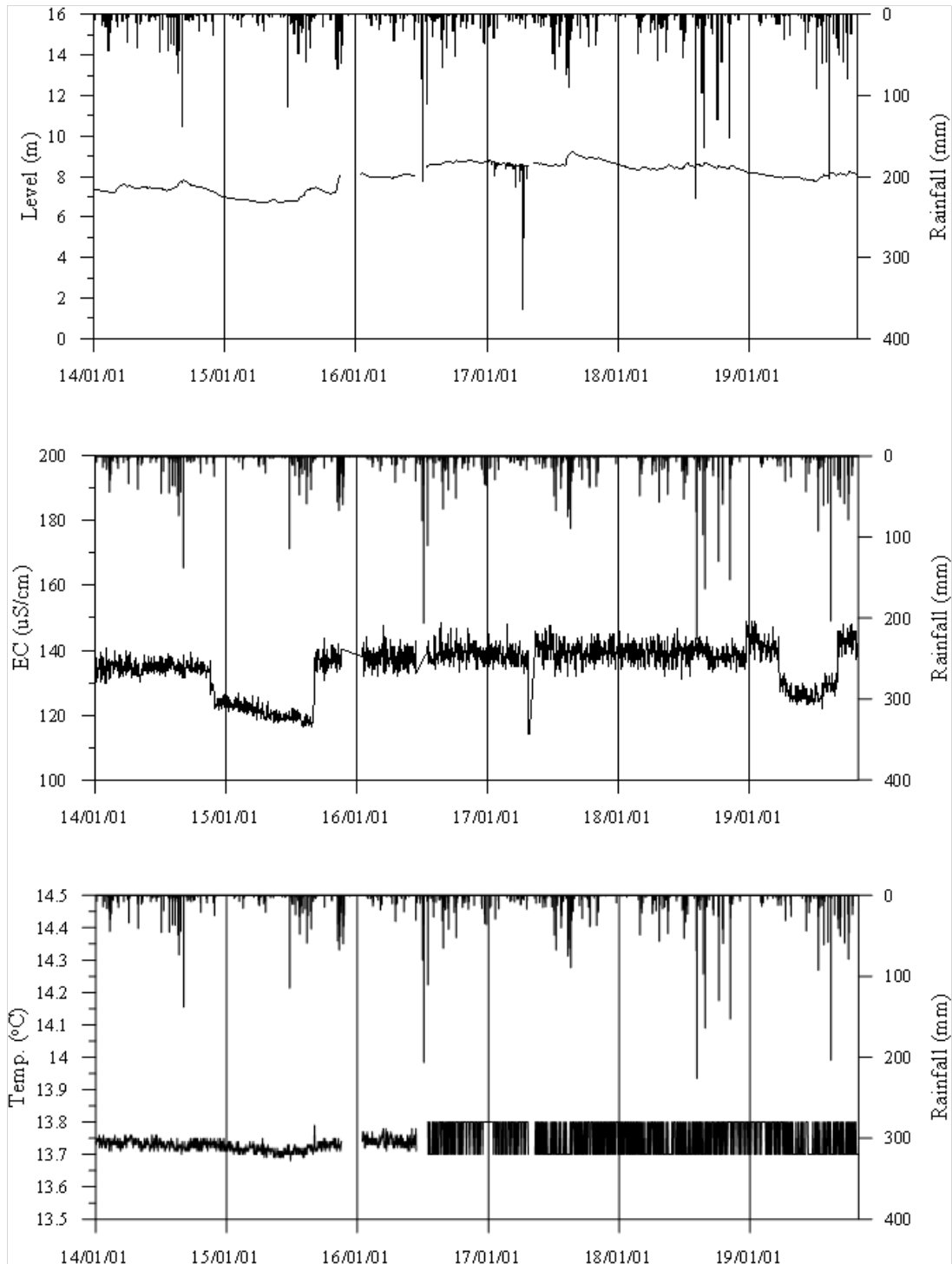
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
고성1	(2012.11)	72.41	0.72	1.12	10.96	7.20	7.74	170.80	1.63
	(2013. 4)	90.76	0.89	1.03	10.89	12.11	11.44	210.45	0.59
	(2014. 5)	69.54	0.78	1.09	11.33	9.89	10.15	183.00	1.08
	(2015. 7)	13.92	2.90	0.91	10.20	2.53	10.08	42.70	14.70
	(2016. 6)	53.11	1.69	0.06	16.11	10.45	9.08	207.50	0.40
	(2017. 6)	59.59	0.59	0.98	9.53	8.79	9.91	149.45	0.43
	(2018. 6)	63.40	0.50	0.69	9.11	8.24	8.72	143.35	0.84
(2019. 9)	52.21	0.92	0.73	10.70	7.68	8.77	137.25	1.13	
고성2	(2013. 10)	12.41	2.76	0.88	10.36	2.29	10.24	54.90	15.40
	(2014. 5)	12.65	3.09	0.94	11.05	2.22	9.71	48.80	14.03
	(2015. 7)	6.44	4.16	1.08	23.82	9.57	11.09	51.85	18.88
	(2016. 6)	16.16	2.79	0.07	12.85	2.01	7.92	54.90	10.23
	(2017. 6)	13.66	3.14	1.08	10.84	2.26	11.89	48.80	16.79
	(2018. 6)	13.32	2.91	0.85	10.10	2.35	9.90	54.90	12.95
(2019. 9)	9.95	2.60	1.43	9.23	2.14	7.86	48.80	9.39	

5. 장기관측 결과



<고성1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고성2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고성1 관측공은 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위하여 설치하였다. 고성2 관측공은 2012년에 설치된 고성1 관측공과 더불어 수량 및 수질 등의 장애를 추가로 대처하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 고성1 관측공의 전기전도도는 약 $500 \mu S/cm$ 이하이며, 케이싱 하부구간부터 증가하는 경향이 나타났다. 고성2 관측공은 약 $180 \mu S/cm$ 이하이며, 심도 약 40 m 구간까지 전기전도도가 감소한 이후 다시 증가하는 경향이 나타났다. 그러나 고성1, 2 관측공 지하수 수질은 영농에 적합하며, 특히 고성2 관측공의 수질은 청정수질이어서 시설원예를 비롯한 모든 영농에 활용이 가능하다. 고성지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 고성1, 2 관측공은 $\text{Na}+\text{K}$ 성분이 $\text{Ca}+\text{Mg}$ 보다는 우세하여 $(\text{Na}+\text{K})-\text{HCO}_3$ 유형으로 탄산염기도가 50% 이상이다. 고성1, 2 관측공에서 공통적으로 Na 성분이 과다한 것으로 나타났는데, 이는 해안과의 거리가 상대적으로 가깝기 때문에 발생한 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 고성1 관측공은 지하수위 변동폭이 약 6 m 이내이며, 전기전도도는 $400 \sim 470 \mu S/cm$ 범위이다. 고성2 관측공의 수위 변동 폭도 약 5 m 이내이며, 지하수위 변화는 강수에 반비례하는 반면 전기전도도와 수온의 변화는 강수와 무관한 것으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 고성지구는 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.3.9 인제지구

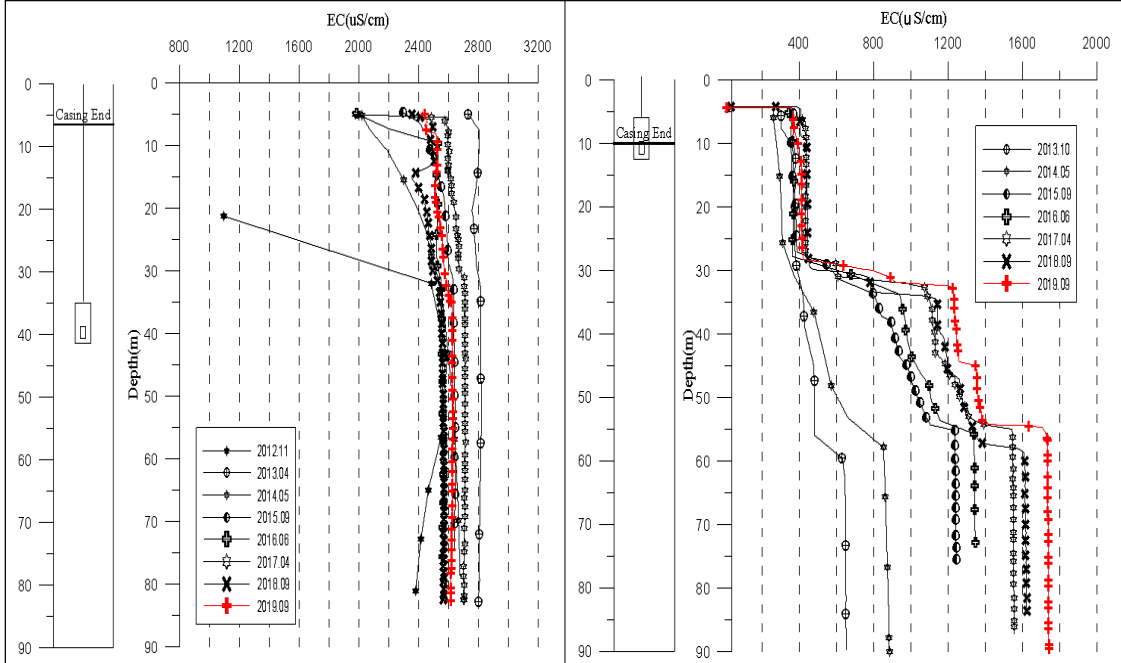
1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
인제1	인제군 인제읍 덕산리 1384-1	128969.41	509464.56	210.70	2012	190.96
인제2	인제군 기린면 현리 1284	139493.423	493110.6013	293.636	2013	289.94
인제3	인제군 북면 한계리 1265-2	309,797.966	616,011.722	249.63	2018	245.01
인제4	인제군 북면 원통리 1731	304,596.249	615,271.191	227.87	2018	219.45

2. 지형 및 지질

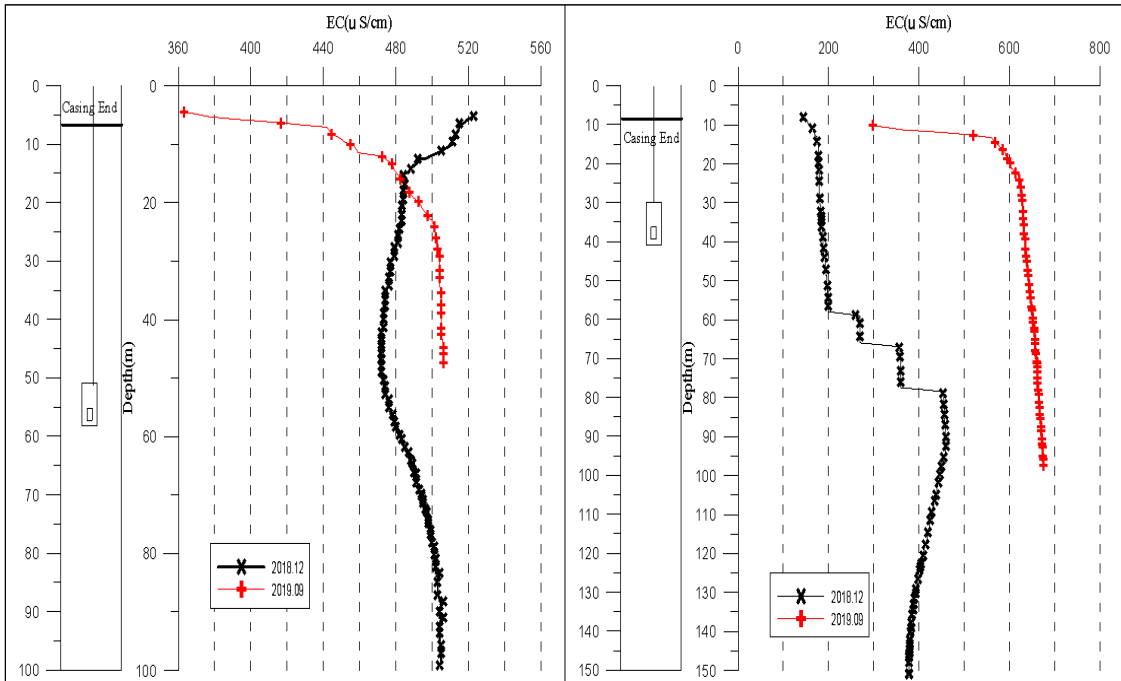
인제군 인제읍에 위치한 인제지구는 산지로 형성된 산악지대로서 전반적으로 높고 험준한 산지지형을 이루고 있다. 동쪽으로는 고성군, 속초시, 양양군, 서쪽으로는 양구군, 춘천시, 남쪽으로는 홍천군과 접하고 있다. 구성지질은 선캄브리아시대의 경기변성암복합체 및 춘성계 주라기의 대보화강암, 또는 백악기 불국사관입암류와 경상계층군, 신생대 제4기 충적층으로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<인제1 관측공>

<인제2 관측공>



<인제3 관측공>

<인제4 관측공>

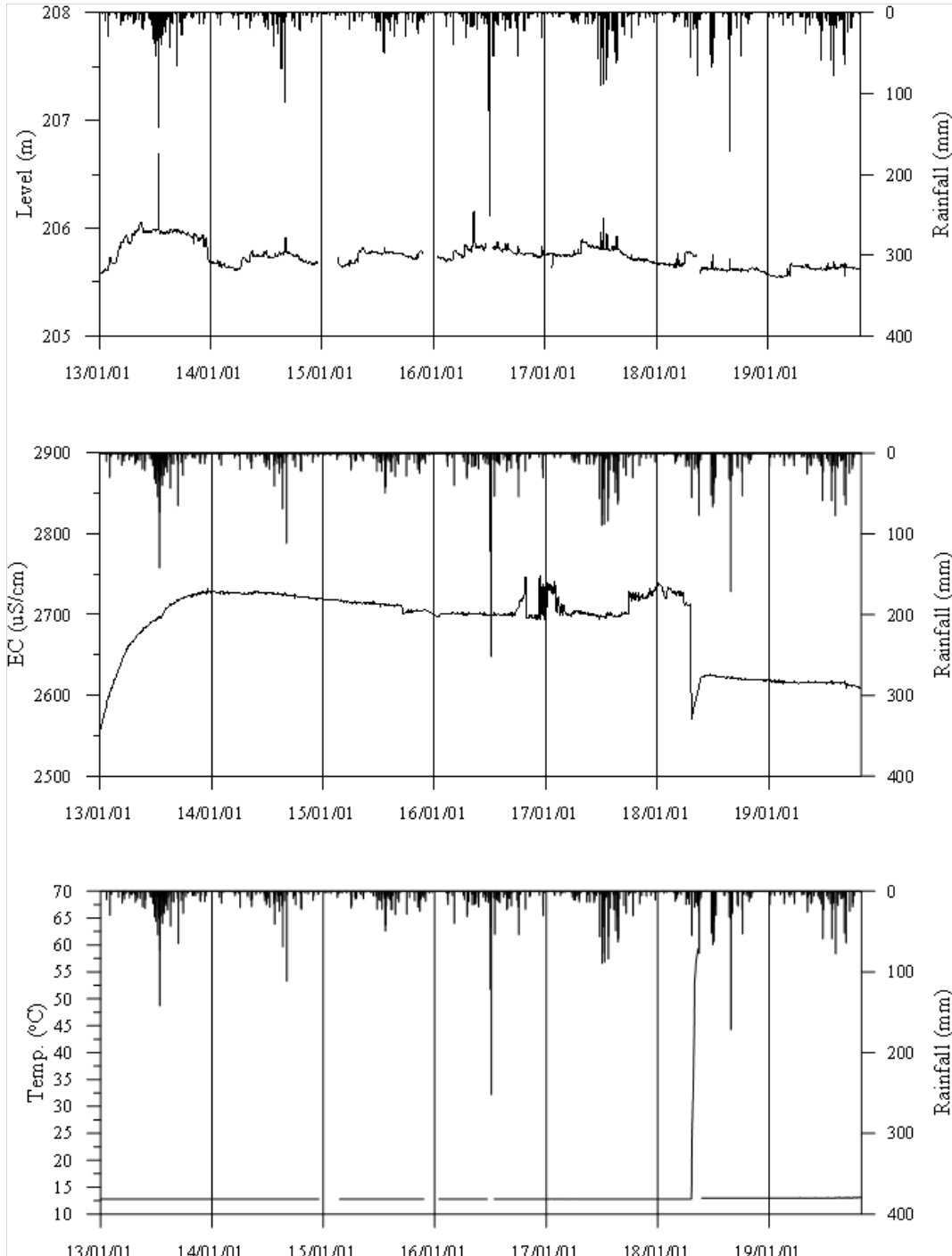
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

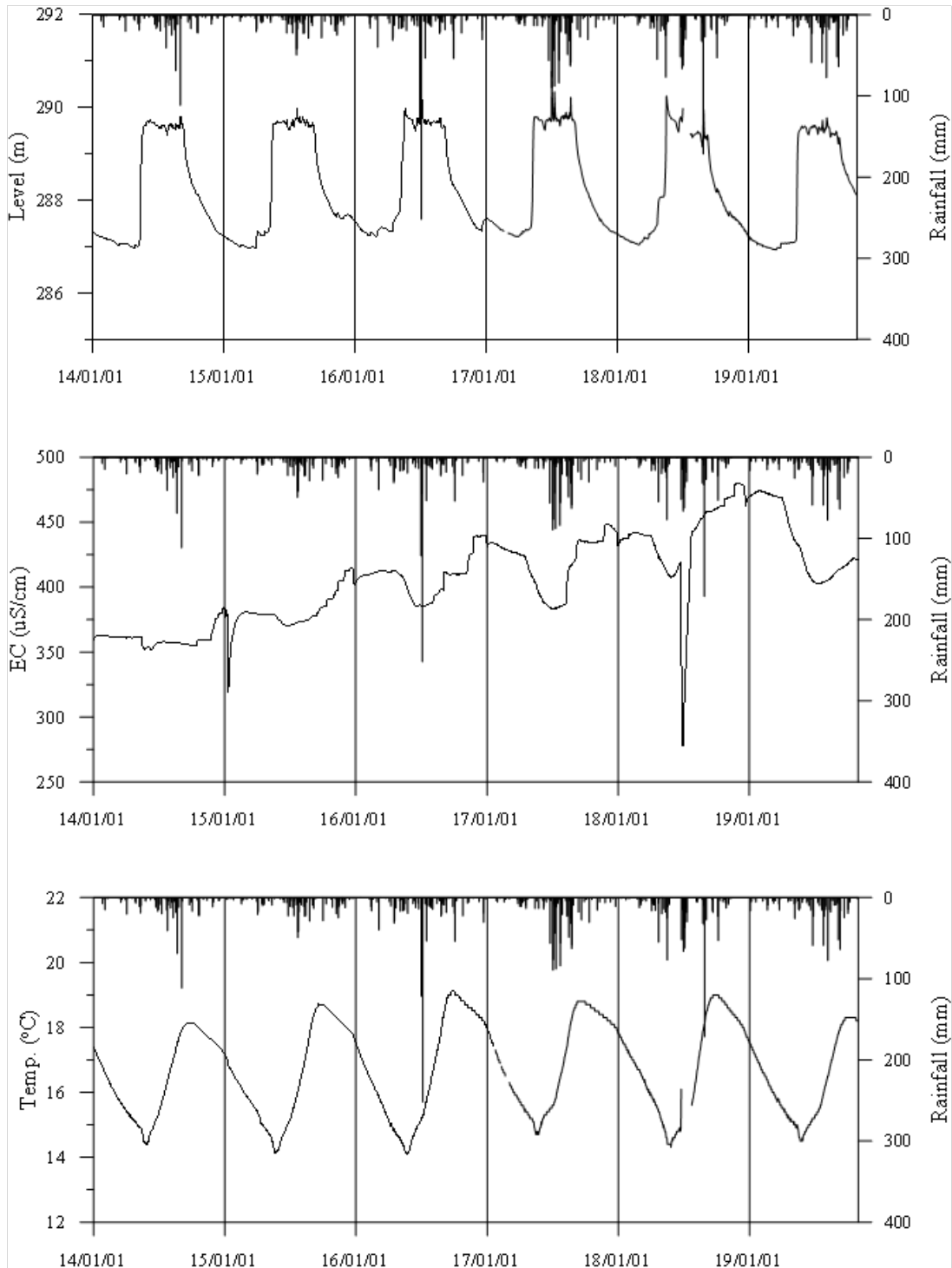
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
인제1	(2012.11)	182.47	137.43	8.63	209.26	10.61	6.31	1686.7	5.24
	(2013. 4)	222.47	172.47	11.27	181.32	3.79	5.89	2211.25	0.07
	(2014. 5)	251.53	168.94	12.77	36.66	0.71	4.41	1805.60	0.03
	(2015. 7)	200.86	122.24	6.80	162.37	0.91	5.50	1619.6	N.D.
	(2016. 6)	53.07	99.74	0.44	143.26	32.98	2.10	1397.4	1.01
	(2017. 6)	226.10	170.11	8.60	71.05	1.59	10.12	1,586.00	N.D.
	(2018. 6)	196.56	149.59	8.89	49.86	0.74	4.41	1479.25	0.12
(2019. 9)	229.95	150.55	13.19	118.00	0.81	3.52	1573.80	N.D.	
인제2	(2013.10)	19.80	8.94	1.25	48.72	8.12	5.30	225.70	0.01
	(2014. 5)	15.97	10.04	1.23	47.06	7.83	4.39	195.20	0.50
	(2015. 7)	17.15	8.80	1.20	45.66	8.59	6.99	183.0	0.28
	(2016. 6)	22.53	12.74	0.09	65.92	7.88	4.02	244.1	0.07
	(2017. 6)	29.07	10.87	1.44	54.49	6.81	4.33	253.15	N.D.
	(2018. 6)	27.00	10.81	1.28	50.63	8.03	4.51	234.85	0.24
(2019. 9)	15.72	10.11	1.18	54.60	8.58	5.26	222.65	N.D.	
인제3	(2018.12)	31.46	7.28	4.61	46.74	22.30	47.16	143.35	7.700
	(2019. 9)	27.03	5.77	4.12	50.94	16.42	42.87	128.10	15.03
인제4	(2018.12)	4.89	4.28	1.65	18.26	7.34	3.26	74.73	0.034
	(2019. 9)	131.77	2.48	4.40	5.71	5.86	2.47	338.55	0.51

5. 장기관측 결과



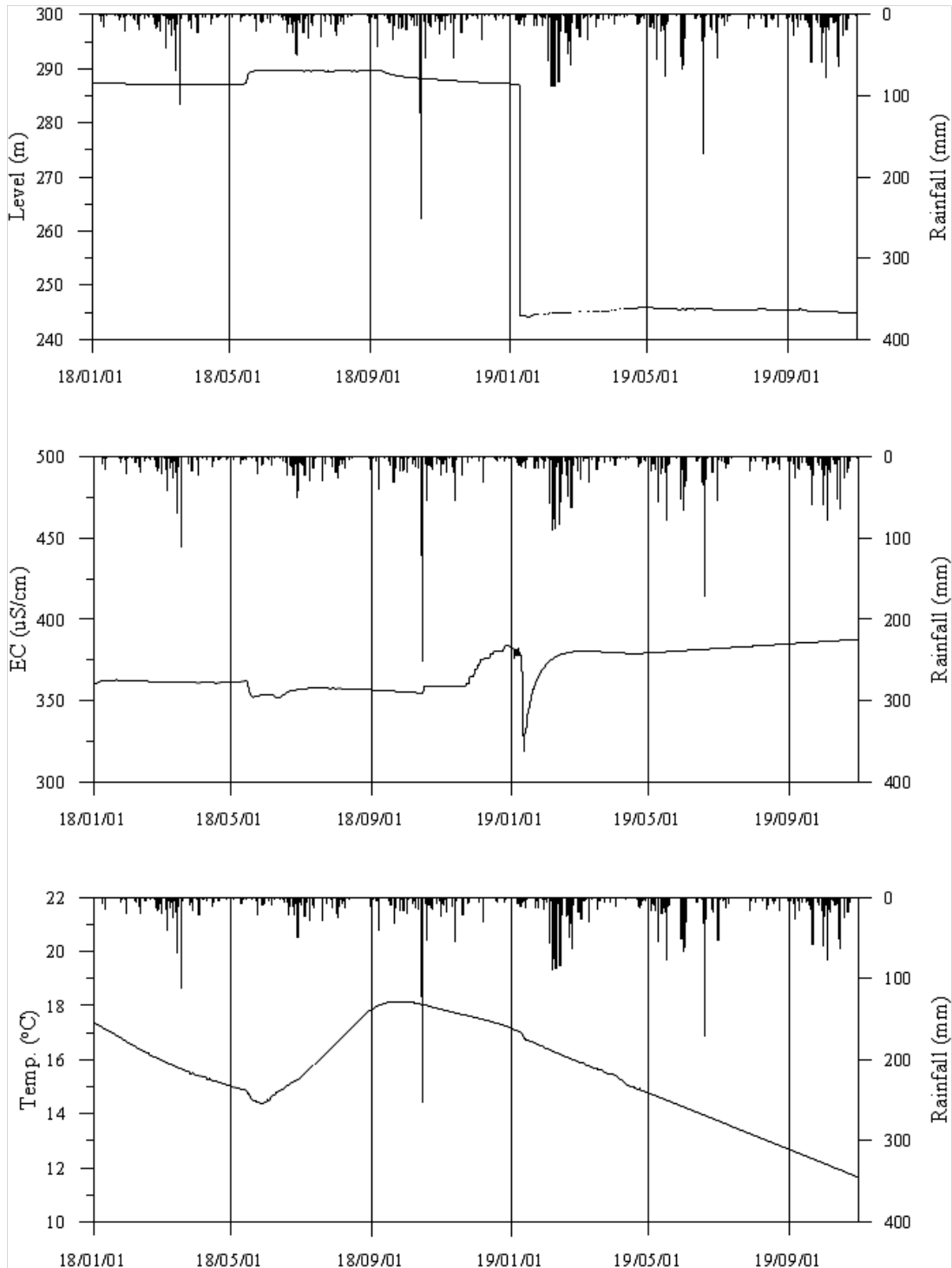
<인제1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

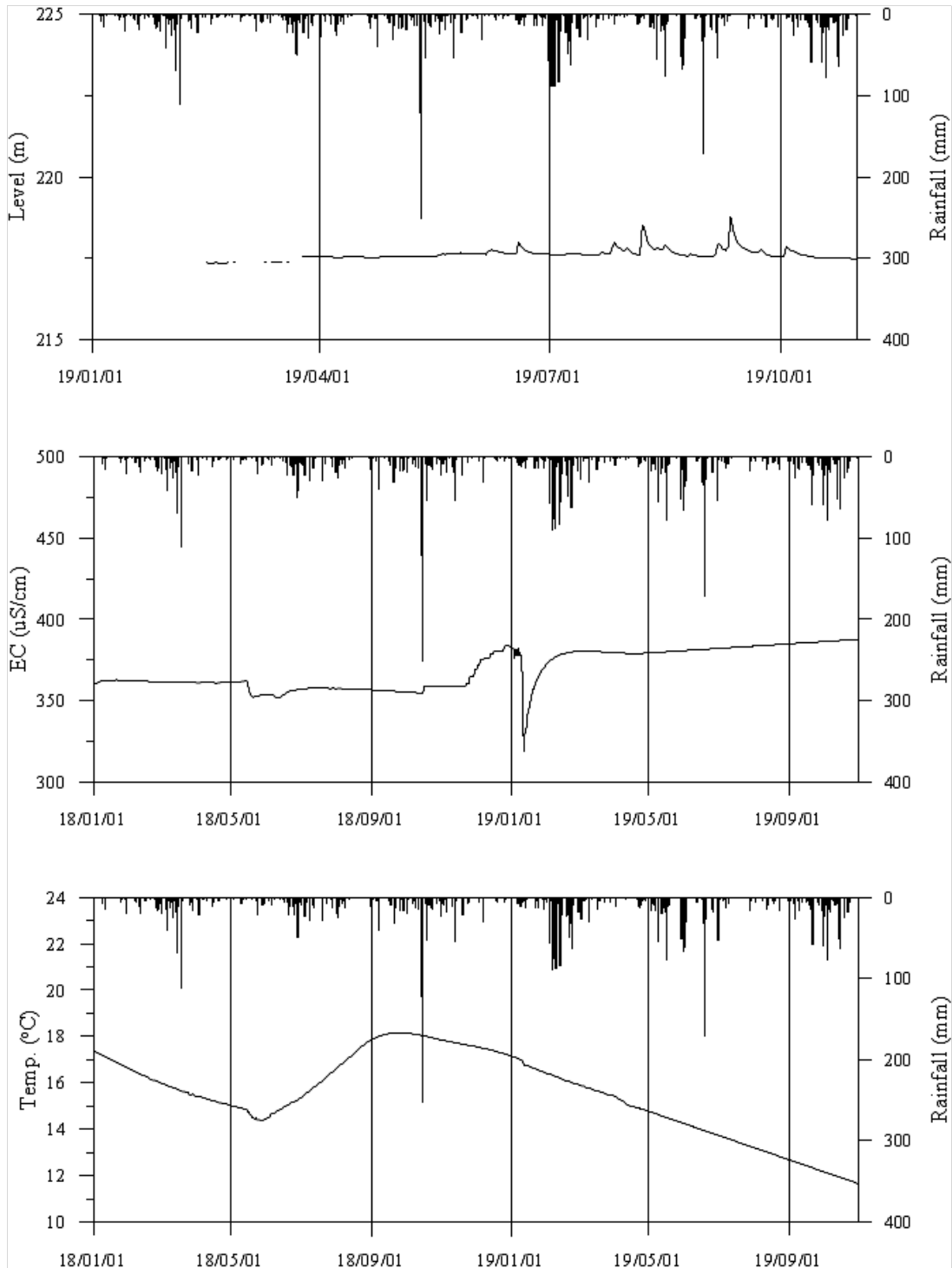


<인제2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<인제3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<인제4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 201910.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 인제1 관측공은 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료 수집 및 수량/수질 장애를 대처하기 위해 설치하였다. 인제2 관측공은 상대적으로 주변에 농경지가 많이 분포함에 따라, 농어업용 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 설치하였다. 인제3, 인제4 관측공은 넓은 농경지 분포에 비해 수해면적이 적어 지하수 개발 필요지역이며, 잠재오염원 시설이 50개소 이상으로 수질관리 필요지역으로 판단되어 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 인제1 관측공의 전기전도도는 약 $2,800 \mu S/cm$ 이하로 지하수 오염의 지시인자인 전기전도도 값이 매우 높다. 인제2 관측공은 약 $1,600 \mu S/cm$ 이하로 심도가 깊어질수록 전기전도도가 증가하는 추세를 보인다. 인제2 관측공의 경우, 심도 약 35, 55 m 부근에서 염농도가 높은 지하수가 유입되는 것으로 추정된다. 인제3 관측공의 전기전도도는 약 $440 \sim 530 \mu S/cm$ 의 범위로 나타났다. 인제4 관측공의 전기전도도는 $200 \sim 700 \mu S/cm$ 의 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 인제1, 3, 4 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 인제2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. 인제지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 인제1 관측공은 수위 변동폭이 약 4 m 이내인 반면 전기전도도는 감소 추세로 나타났지만, 전기전도도가 약 $2,800 \mu S/cm$ 수준으로 농어업용수로 지하수 이용 시 답작에도 각별히 유의하여야 한다. 인제2 관측공의 수위 변동폭은 약 3 m 내외인 반면, 전기전도도는 강수와 상관관계가 크지 않고 수온은 강수에 비례하여 나타난다. 인제3 관측공은 2019년 1월 수위가 크게 저하된 특성이 있으며, 전기전도도는 평균 $370 \mu S/cm$ 를 유지하였다. 인제4 관측공은 평균 약 217 m의 수위를 유지하였으며, 전기전도도는 평

균 약 $350 \mu S/cm$ 를 유지하였다.

- 5) 관리 방안 : 인제1 관측공은 높은 전기전도도 값($2,000 \mu S/cm$ 초과)을 나타내므로 암반지하수를 농업용수로서 이용하는 것을 재고할 필요가 있다. 또한 인제 지역에 설치된 관측공에서 모두 지표오염원의 유입현상을 살펴볼 필요가 있다.

2.3.10 강릉지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
강릉1	강릉시 성산면 산북리 1440-8	184,377.1444	467,191.352	67.081	2013	61.78
강릉2	강릉시 주문진읍 향호리 1494	182,894.461	489,632.849	1.989	2014	0.63
강릉3	강릉시 옥계면 북동리 98-2	199,096.302	457,244.551	26.404	2015	19.104
강릉4	강릉시 구정면 여찬리 산 161-2	188742.904	468,019.638	79.540	2016	75.94
강릉5	강릉시 강동면 언별리 1432-4	369,429.104	564,418.343	187.38	2018	178.68
강릉6	강릉시 사천면 미노리 13-4	364,990.955	583,008.704	5.72	2019	2.27

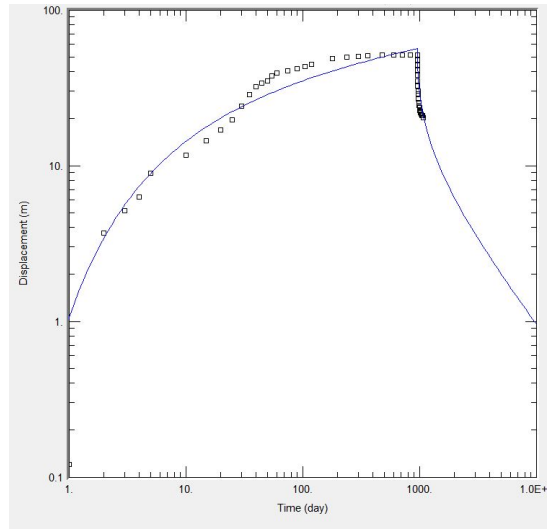
2. 지형 및 지질

강릉지구는 오봉저수지 하류부에 위치하며, 주변에 넓게 펼쳐진 농경지의 봄철 모내기 ~ 이앙기의 농업용수 수요 급증에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 지속적인 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 또한 관측공이 위치한 농경지가 해안변에 있어 지하수 과잉양수에 따른 해수유입의 우려도 있다. 강릉지구의 강릉4 관측공은 구정면 여찬리에 위치하며, 주변에 농경지가 넓게 분포한다. 농업용수 사용에 따른 지하수 수량부족의 우려가 있으며, 지속적인 비료 사용 등에 의해 질산성 질소 수치가 다소 높아 지하수 수질·수량 관측을 위하여 설치하였다.

3. 대수층 수리지질 현황

강릉6 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

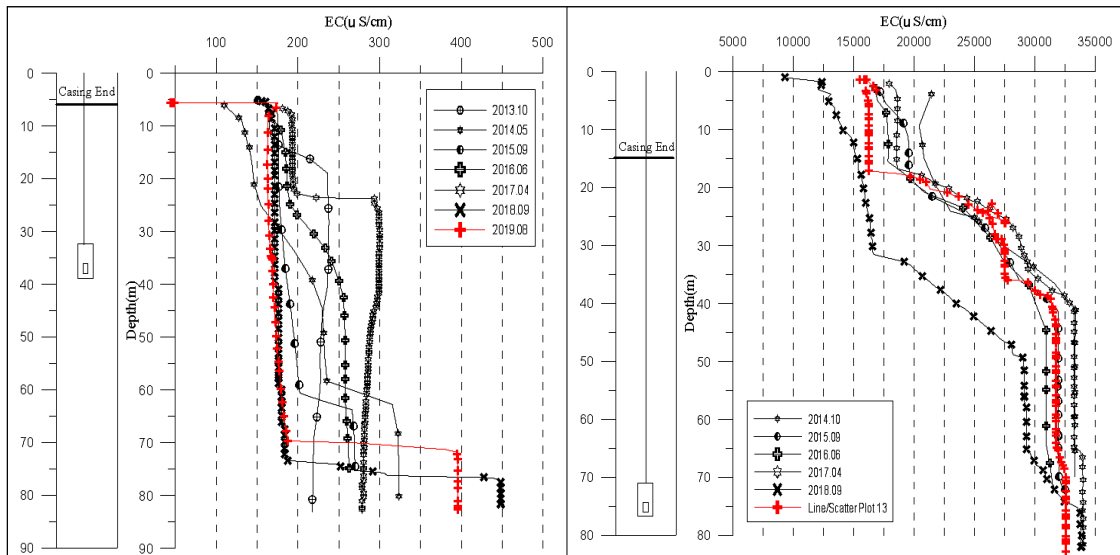


<강릉6 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
강릉6	22	0.1841	2.089×10 ⁻⁶	102

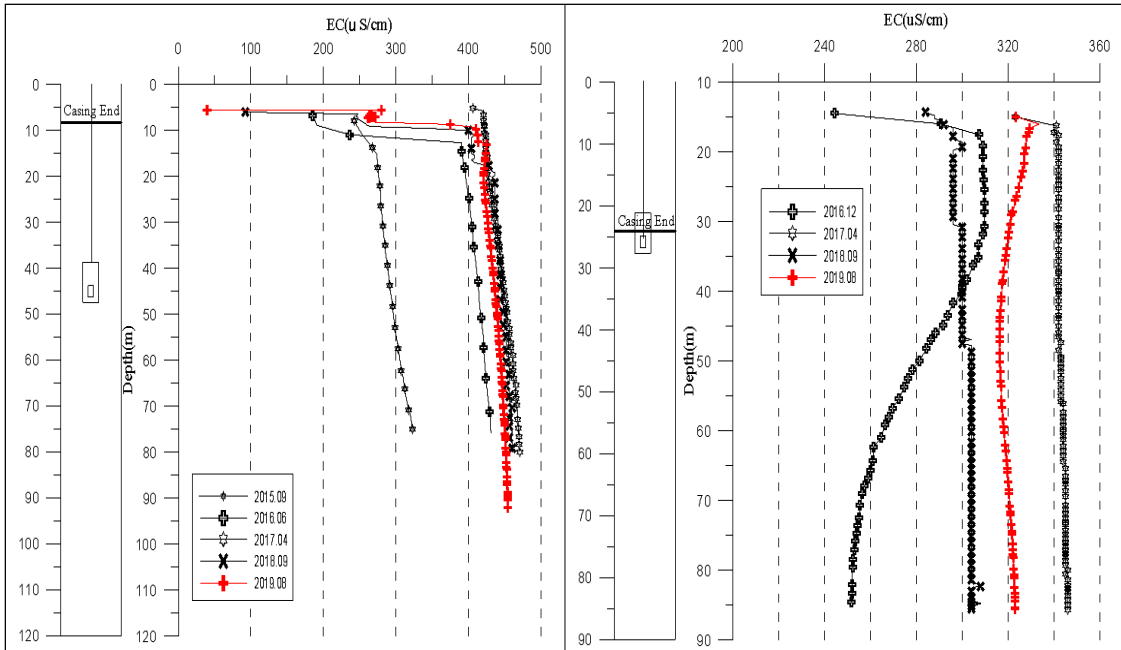
◎ 물리검층 ※ 공벽붕괴로 물리검층 시행 불가

4. 지하수 검층



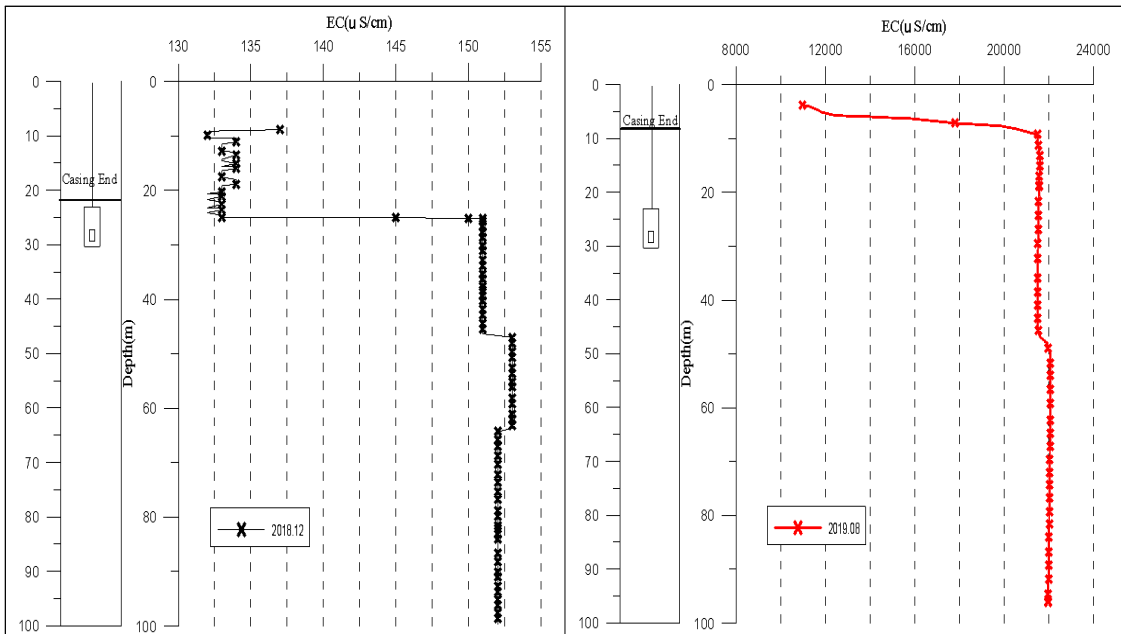
<강릉1 관측공>

<강릉2 관측공>



<강릉3 관측공>

<강릉4 관측공>



<강릉5 관측공>

<강릉6 관측공>

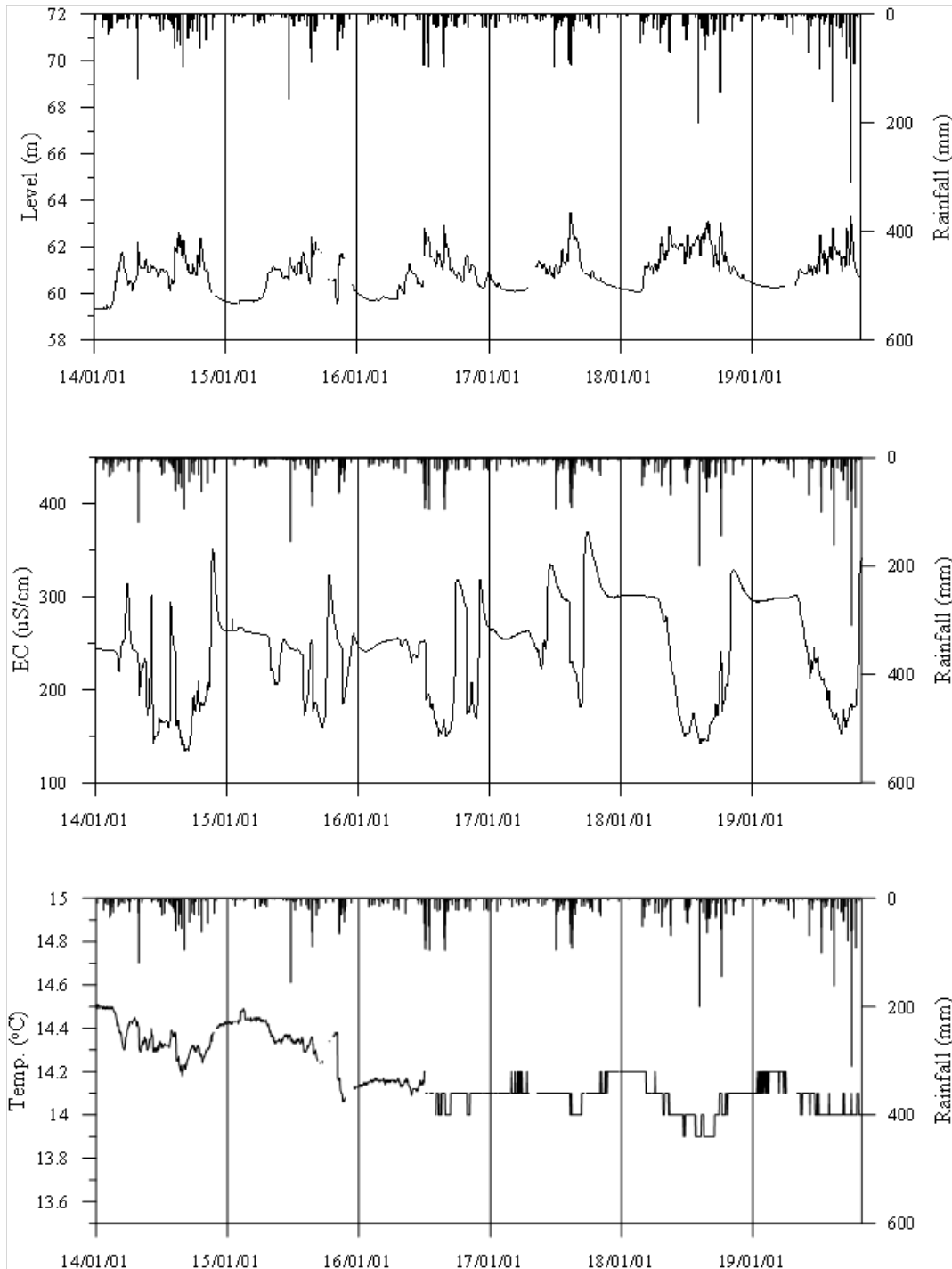
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

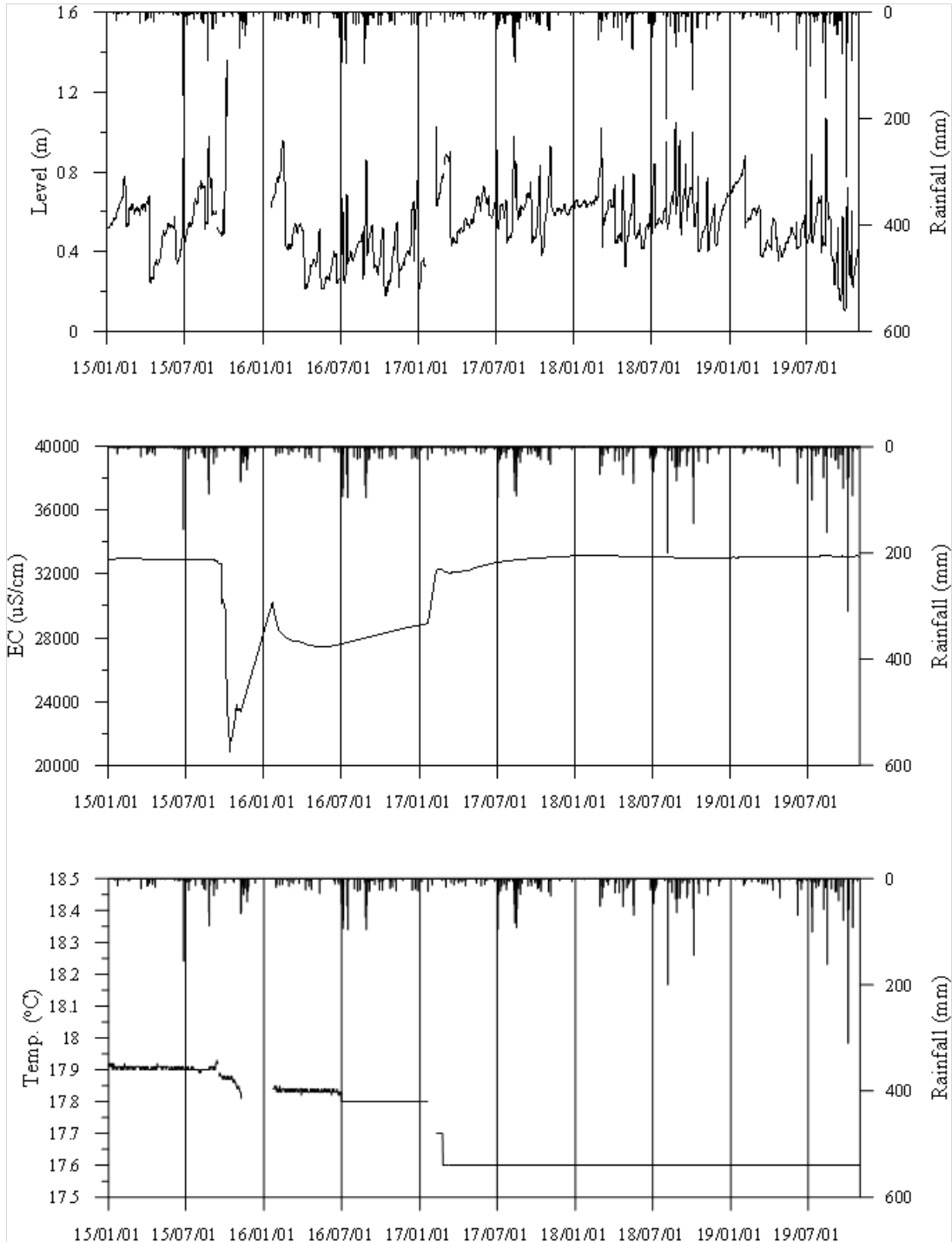
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
강릉1	(2013.10)	17.08	3.66	0.96	22.01	9.85	8.88	91.50	10.39
	(2014. 5)	7.71	4.54	1.13	24.44	9.05	14.03	51.85	23.08
	(2015. 7)	45.03	3.71	2.30	23.53	19.09	2.53	167.75	3.79
	(2016. 6)	10.16	3.86	0.07	22.60	8.73	7.38	54.90	13.61
	(2017. 6)	9.34	4.90	1.11	26.00	8.31	15.07	70.15	13.16
	(2018. 6)	9.85	6.62	1.40	32.38	9.16	28.54	64.05	36.94
	(2019. 8)	7.14	3.42	1.04	18.12	8.10	14.30	42.70	12.02
강릉2	(2014.10)	3,955.58	550.88	35.69	2,050.34	1,141.31	9,276.60	158.60	172.81
	(2015. 7)	3,863.95	405.22	35.16	1,448.22	1,083.8	9,626.5	250.1	N.D.
	(2016. 6)	39.17	339.05	3.11	1266.38	819.71	8,459.88	225.80	30.13
	(2017. 6)	3,235.53	380.62	63.09	1,204.86	709.46	7,151.55	207.40	N.D.
	(2018. 6)	2597.62	267.96	49.03	794.23	457.26	5399.27	198.25	N.D.
	(2019. 8)	2544.91	262.66	51.85	752.44	296.13	5531.01	173.85	N.D.
강릉3	(2015. 9)	11.99	8.52	2.98	34.12	29.82	10.49	109.8	1.81
	(2016. 6)	46.55	20.04	0.15	66.28	59.84	22.13	170.90	0.29
	(2017. 6)	24.04	16.29	1.49	44.01	59.56	7.78	176.90	N.D.
	(2018. 6)	23.28	15.16	1.18	41.13	61.90	15.58	167.75	1.22
	(2019. 8)	10.56	6.88	1.27	34.79	16.58	5.71	122.00	6.30
강릉4	(2016.12)	18.6	12.3	1.3	22.8	3.1	27.9	58.0	59.4
	(2017. 6)	19.40	13.43	1.23	22.72	2.61	28.80	51.85	80.40
	(2018. 6)	16.91	12.37	1.64	20.48	4.80	25.00	57.95	58.51
	(2019. 8)	17.71	10.58	2.76	18.04	4.30	22.43	61.00	66.26
강릉5	(2018.12)	3.34	1.56	0.81	19.52	18.47	2.84	45.75	N.D.
	(2019. 8)	2.99	1.47	0.91	18.59	17.16	4.58	39.65	N.D.
강릉6	(2019. 8)	1463.42	268.21	144.18	406.88	380.48	3226.84	380.48	0.82

6. 장기관측 결과

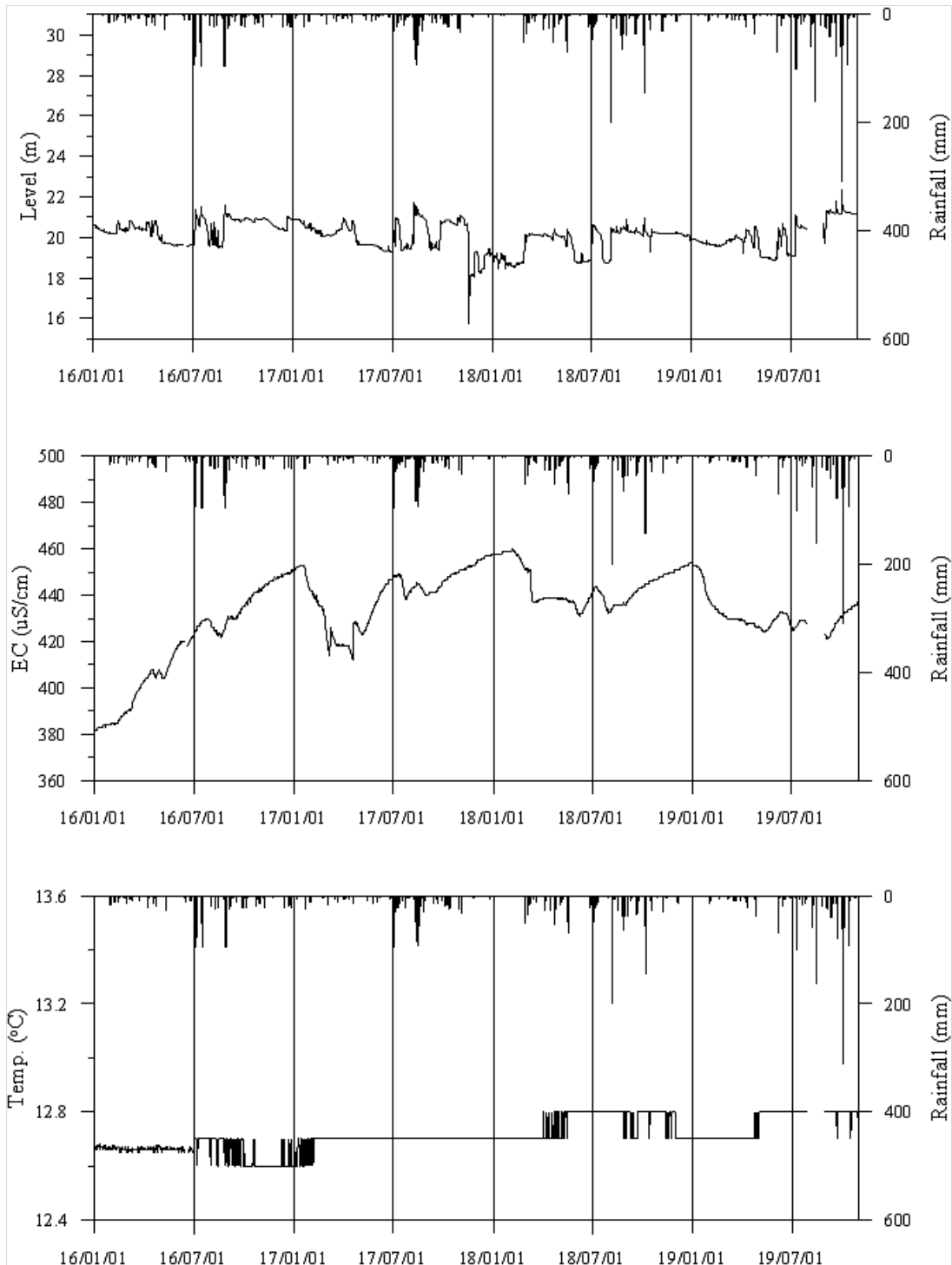


<강릉1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



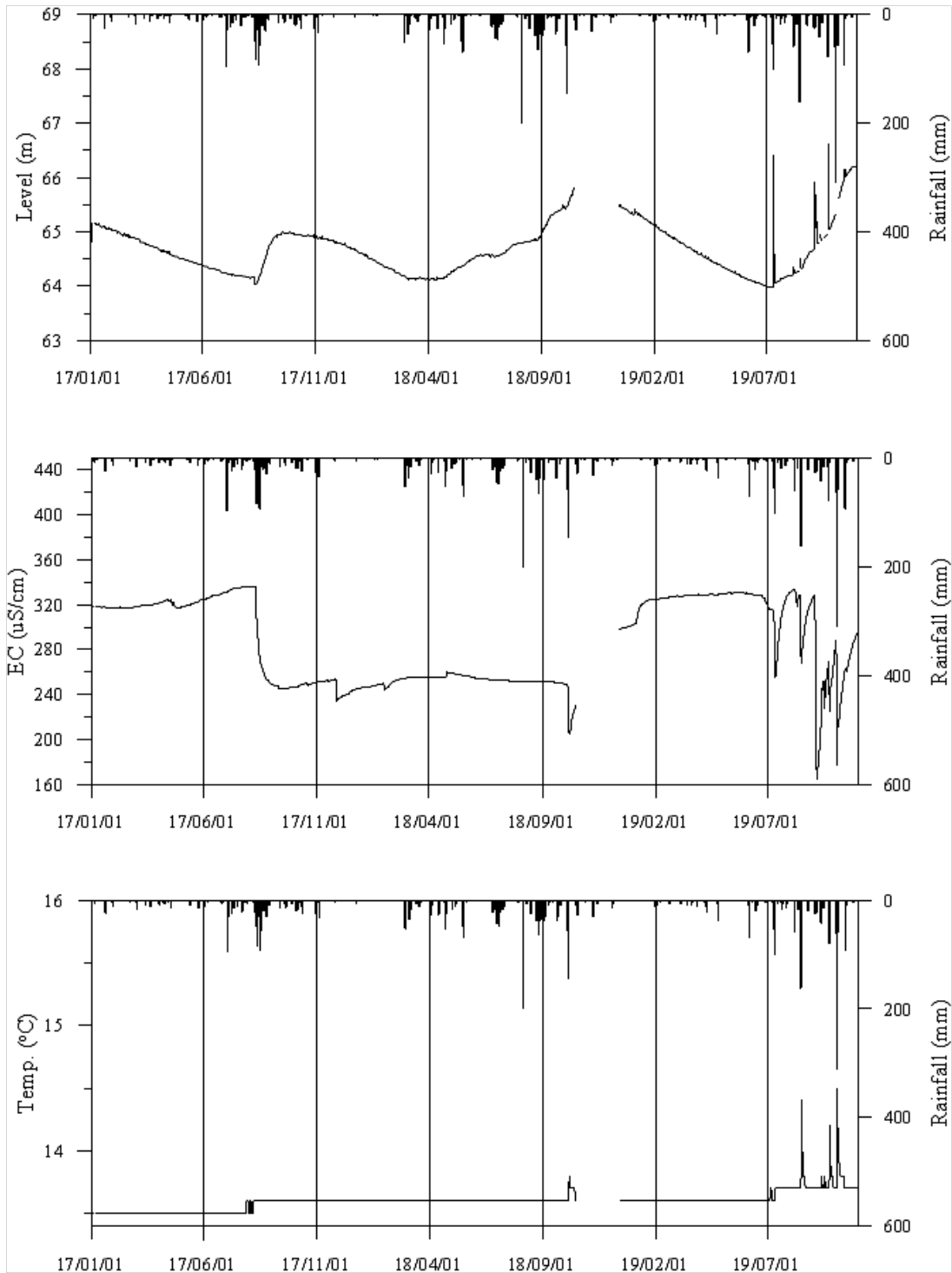
<강릉2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

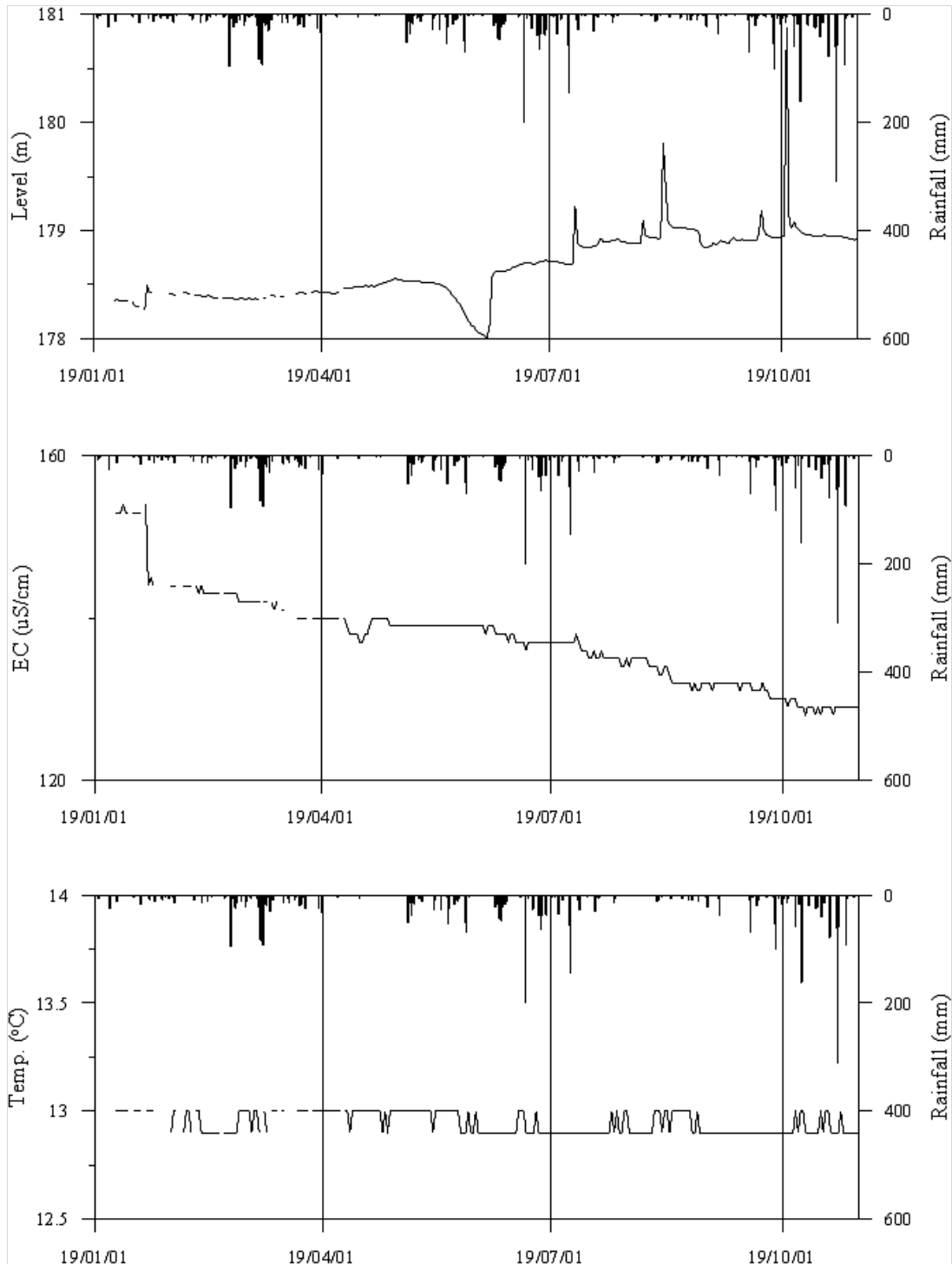


<강릉3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<강릉4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<강릉5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 강릉1 관측공은 오봉저수지 하류부에 넓게 조성된 농경지의 초입에 설치되어 있다. 주변에 넓게 펼쳐진 농경지의 봄철 묘대기 ~ 이앙기의 농업용수 수요 급증에 따른 지하수 수량부족 우려가 있으므로, 지속적인 관측을 위하여 설치하였다. 강릉2 관측공은 남대천을 중심으로 좌우측에 농경지가 많이 분포함에 따라, 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 강릉3 관측공은 강릉시 옥계면 북동리 북동저수지 하류에 위치한다. 농업 현황으로는 논농업을 주로 하고 있으며, 논농업에 대한 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다. 강릉4 관측공은 강릉시 구정면 여찬리에 위치한다. 농업 현황으로는 논농업을 주로 하고 있으며, 논농업에 대한 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다. 강릉5 관측공은 강릉 중부에 위치하고 있으며 이용량/개발가능량이 1.5%로 필요가구 수 대비 관정 및 수리시설이 현저하게 부족하다. 향후 전작용 지하수 개발이 필요하고 마을상수도 및 생활용 공공관정 개발이 필요한 것으로 판단되어 설치하였다. 강릉6 관측공은 질산성질소 농도가 12.35 mg/L로 수질기준(먹는 물 기준 10 mg/L)을 초과하므로 이에 대한 수질 모니터링을 실시하기 위하여 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 강릉6 관측공의 양수량은 22 m³/d 이며, 수리전도도는 2.09×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 102 m) 이다. 물리검층은 현장 여건이 되지 않아 실시하지 못하였다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 강릉1 관측공의 전기전도도는 340 $\mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 심도가 깊어질수록 증가한다. 강릉2 관측공은 해안가에 위치하여, 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해수침투가 발생하여 전이대가 발견된다. 강릉2 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부에서 약 17,000 ~ 22,000 $\mu S/cm$ 범위로 관찰되며, 약 45 m 심도까지 약 33,000 $\mu S/cm$ 까지 증가한 후 공저까지 일정하다. 강릉3 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하 약 300 ~ 450 $\mu S/cm$ 범위로서 심도에 따른 전기전도도 변화

는 크게 나타나지 않는다. 강릉4 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하 약 250~340 $\mu S/cm$ 범위로서 심도에 따른 전기전도도의 변화가 크지 않은 것으로 나타났다. 강릉5 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하 약 132~153 $\mu S/cm$ 범위로서 심도에 따른 전기전도도의 변화가 크지 않은 것으로 나타났다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 강릉1, 4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 강릉2, 6 관측공은 해안가에 인접하여 (Na+K)-Cl 유형으로 분류된다. 강릉3, 5 관측공은 Ca-HCO₃-Cl-SO₄ 유형에 해당한다. 2014년 강릉2 관측공에서 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하였다. 2017년 강릉4 관측공에서는 먹는물 수질기준을 초과하였다. 따라서 주변 지하수자원은 지표기원 오염물질과 해수의 영향을 동시에 받고 있어 수질에 문제를 보이므로 이용 규제가 필요하다.
- 5) 장기 관측결과 : 강릉1 관측공은 지하수위 변동폭이 9 m 이내이고, 전기전도도가 150 ~ 350 $\mu S/cm$ 범위이다. 수위와 전기전도도는 강수에 비례적이나, 수온은 반비례적이다. 강릉2 관측공은 강수와 수위변화가 비례적이고 전기전도도는 해수유입의 특성을 보이므로, 관측공 주변 암반지하수 이용을 금지해야 한다. 강릉3 관측공의 경우 강수와 수위변화가 비례적이며, 전기전도도가 증가하는 추세가 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 강릉1 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 강릉2 및 강릉4 관측공 주변 지하수는 해수침투와 농업용수 수질기준을 초과하는 질산염 농도가 발견되었다. 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 강릉3지구는 현재 수질은 양호하지만, 향후 좀 더 장기간의 관측을 통해 관측공 주변 지하수 수질 및 수량 특성을 규명할 필요가 있다.

2.3.11 양양지구

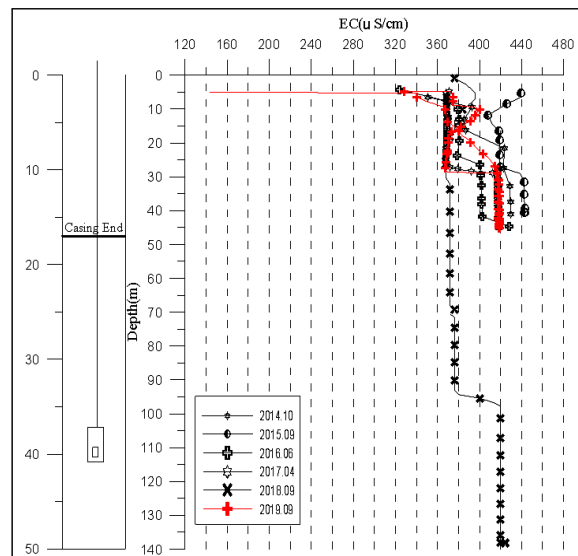
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
양양1	양양군 손양면 송현리 314-4	167888.924	508384.332	6.206	2014	1.69

2. 지형 및 지질

양양지구는 남대천을 중심으로 좌우측에 농경지가 많이 분포하고, 상류부 양양읍에는 사회기반시설, 주택, 관공서 및 위락시설이 위치하고 있다. 양양지구 왼쪽으로는 고도가 높은 설악산 국립공원이 위치하여, 지하수는 설악산에서 함양되어 동해로 배출된다.

3. 지하수 검층



<양양1 관측공>

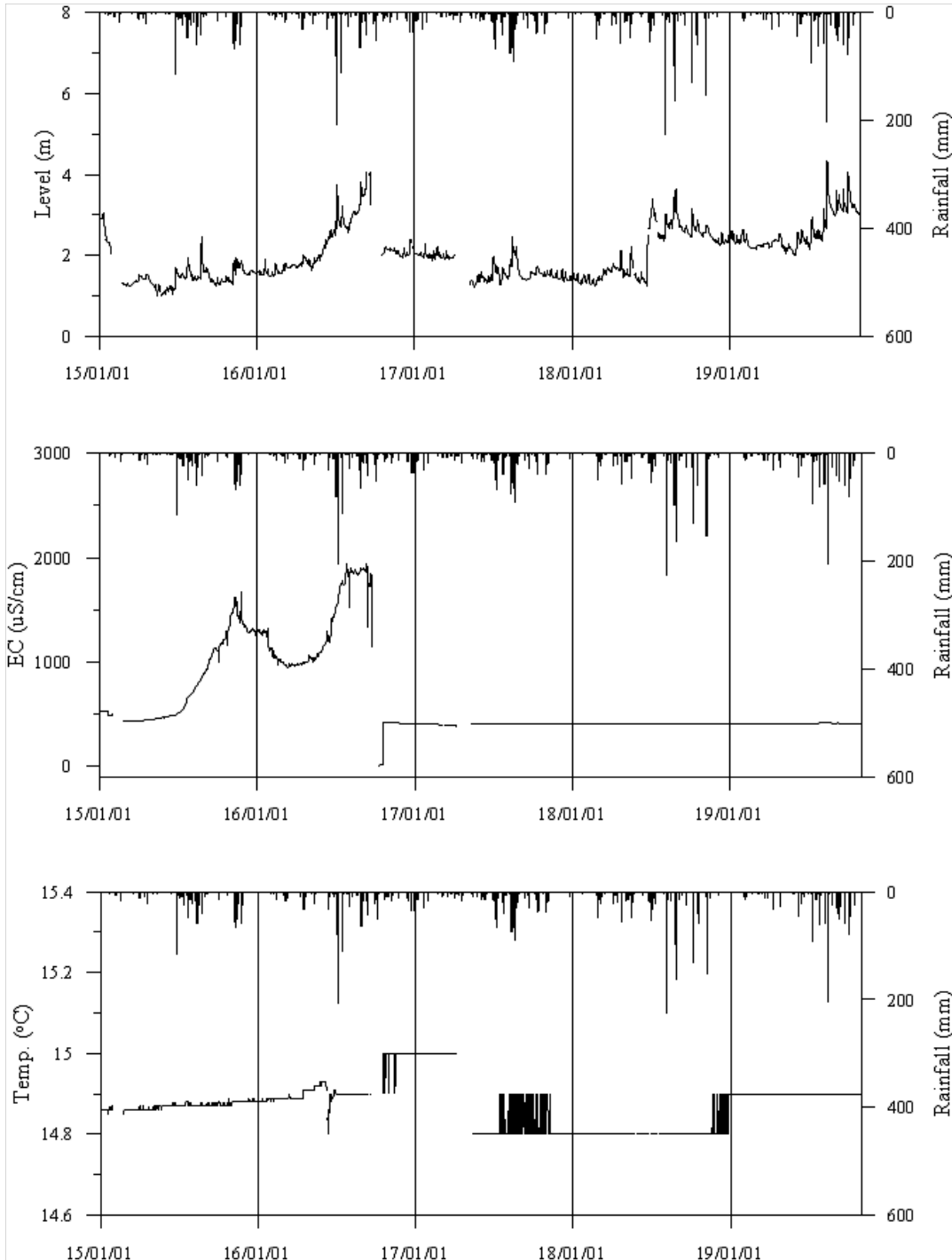
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
양양1	(2014.10)	46.97	1.26	4.85	24.75	4.72	54.40	89.98	N.D.
	(2015. 7)	52.56	2.50	2.93	19.86	0.97	55.96	112.9	N.D.
	(2016. 6)	50.20	2.76	0.20	25.50	1.20	47.22	256.30	0.08
	(2017. 6)	59.45	2.87	3.16	24.26	3.55	57.56	106.75	N.D.
	(2018. 6)	51.13	2.24	3.08	21.67	1.64	45.61	103.70	0.96
	(2019. 9)	45.37	2.65	4.11	25.70	0.59	47.62	100.65	N.D.

5. 장기관측 결과



<양양1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 양양1 관측공은 남대천 중류 하천변에 위치한다. 남대천을 중심으로 좌우측에 농경지가 많이 분포하고, 상류부 양양읍에는 사회기반시설, 주택가, 관공서 및 위락시설이 발달되어 있다. 이에 따라, 농업용 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 양양1 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 320 ~ 440 $\mu S/cm$ 내외이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 양양1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분류된다. 이는 남대천을 통해 역류하는 해수의 대수층 유입에 따른 영향으로 판단되며, 질산염은 검출되지 않거나 미량 검출되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 양양1 관측공은 수위 변동폭이 약 5 m 이내이고, 전기전도도는 2016년 하반기 이후 전체적으로 감소하였다. 그러나 양양1 관측공은 전기전도도 변동폭이 상대적으로 크기(약 400 ~ 1,600 $\mu S/cm$ 범위) 때문에 향후 좀 더 장기간의 관측을 통해 변동추이를 좀 더 살펴볼 필요가 있다.
- 5) 관리 방안 : 양양1 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않지만, 지하수 전기전도도가 증가 추세이기 때문에, 지하수위 변동과 해수의 역류, 오염물질의 유입 등을 장기 관측하여 주변 지하수계의 특성을 파악할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2.3.12 삼척지구

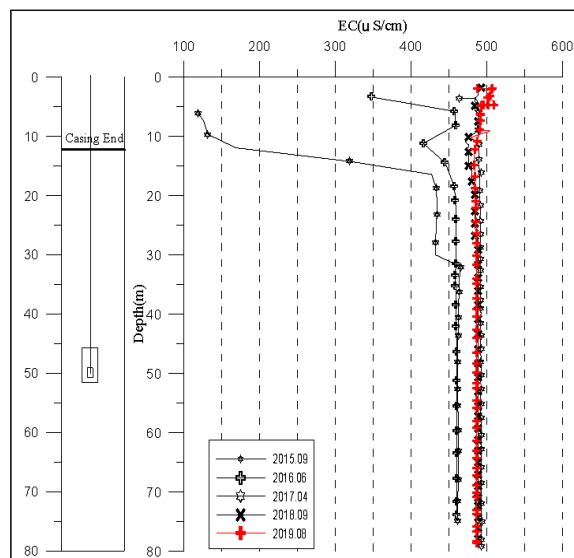
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
삼척1	삼척시 근덕면 궁촌리 산401-2	224025.6327	422853.29	15.849	2015	12.289

2. 지형 및 지질

이 지역은 삼척시 근덕면에 위치한 지구로, 비교적 넓은 농지면적을 가지고 있으며, 남쪽으로는 추천이 동해로 흘러들어가고 있다. 조사 지역은 제4기 충적층이 넓게 분포하면서 농경지를 형성하고 있고, 서쪽과 남쪽으로는 선캠브리아기 편암류와 화강암질 편마암이 분포한다. 그리고 이를 관입한 시대미상의 화강암류와 산성 암맥들이 남쪽에 분포한다.

3. 지하수 검층



<삼척1 관측공>

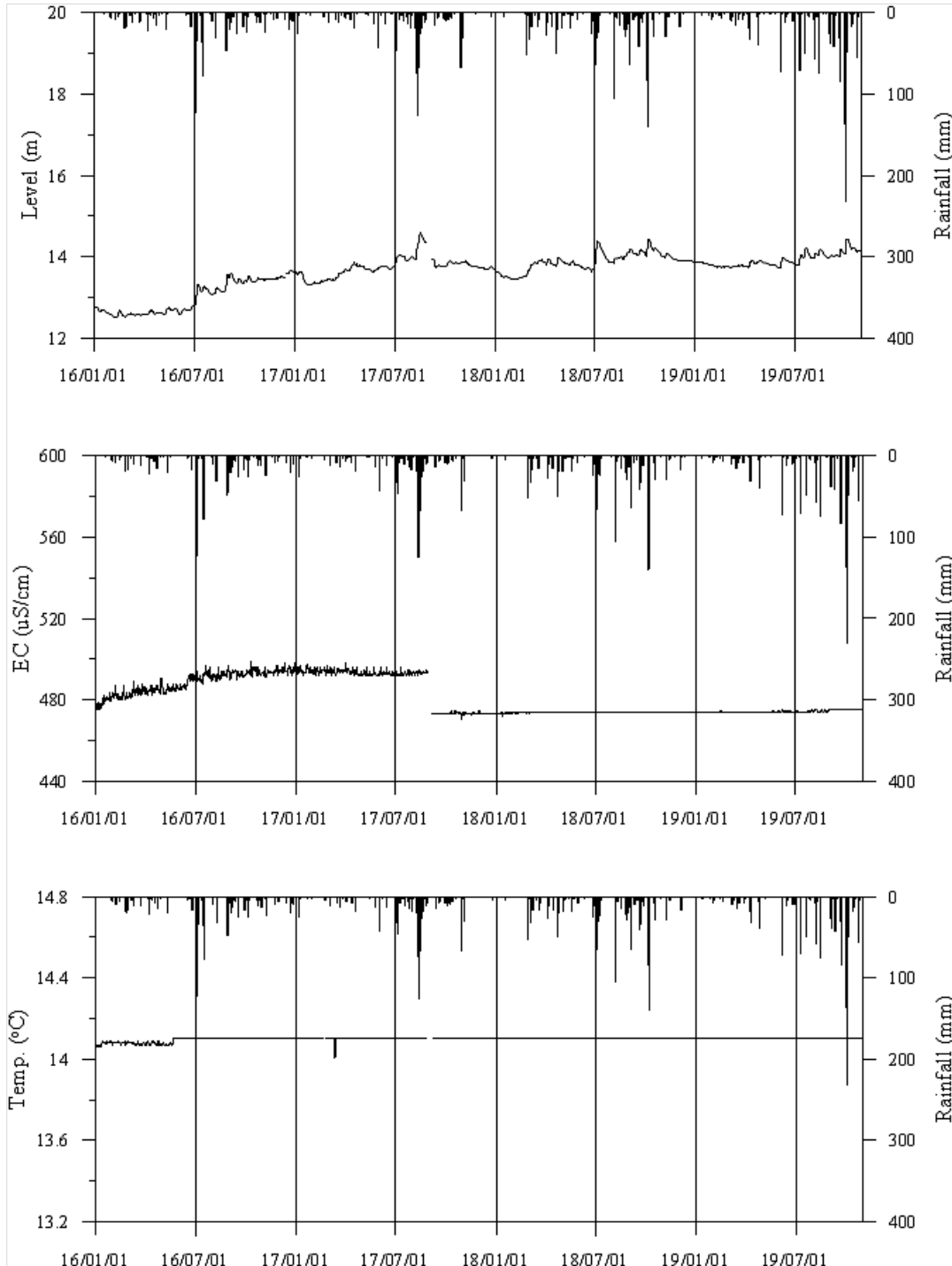
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
삼척1	(2015. 9)	100.64	0.67	2.42	6.04	0.80	50.90	146.40	0.60
	(2016. 6)	52.83	0.58	0.06	4.89	0.16	50.75	177.00	0.41
	(2017. 6)	103.03	N.D.	3.79	1.85	N.D.	49.20	152.50	N.D.
	(2018. 6)	109.27	0.13	0.78	2.93	N.D.	46.56	155.55	N.D.
	(2019. 8)	100.91	0.98	1.29	4.47	N.D.	53.06	149.45	N.D.

5. 장기관측 결과



<삼척1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 삼척1 관측공은 삼척시 근덕면 궁촌리 산간지역에 위치한다. 농업으로 논농사를 주로 하고 있으며, 농경지 주변 지하수의 수량 및 수질의 변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 삼척1 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 400 ~ 470 $\mu S/cm$ 범위로 나타나, 심도에 따른 전기전도도 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 삼척1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 삼척지구 관측공에서 질산성질소는 소량으로만 검출되었으며, 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산성 질소에 의한 영향은 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 삼척1 관측공은 지하수위, 전기전도도, 수온 항목 전체에서 시간의 경과에 따른 변화가 적지만, 수위는 봄철 주변 지하수 이용에 따라 일시적으로 감소하였다. 그러나 삼척1 관측공은 설치 후 관측기간이 상대적으로 짧기 때문에 향후 좀 더 장기간의 관측을 통한 변동추이 분석이 필요할 것으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 삼척지구는 밀집된 농경지에 따른 수량 및 수질저하를 고려하여 설치하였다. 현재 수질은 양호하지만, 향후 좀 더 장기간의 관측을 통해 관측공 주변 지하수 수질 및 수량 특성을 규명할 필요가 있다.

2.3.13 철원지구

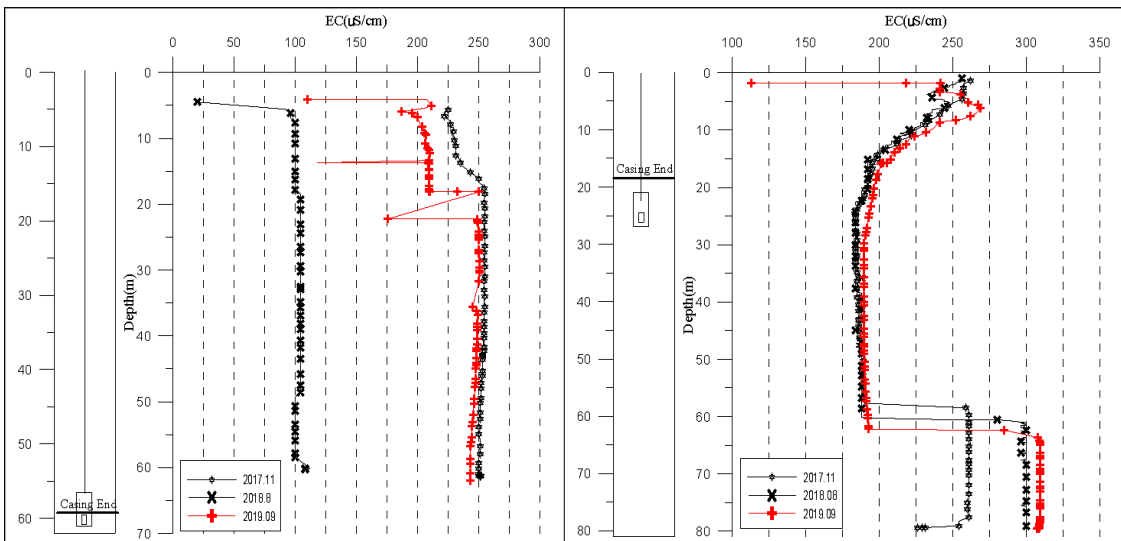
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
철원1	철원군 철원읍 사요리 1434	215582.54	628969.85	196.98	2017	192.18
철원2	철원군 동송읍 오거리 산341	219855.03	622031.68	186.52	2017	185.49
철원3	철원군 동송읍 이평리 55412	220715.65	619467.86	190.97	2017	169.52
철원4	철원군 서면 와수리 195942	239,446.320	629,924.765	217.06	2018	211.32
철원5	철원군 감화읍 청양리 3190	231,420.056	627,390.726	196.01	2018	194.66

2. 지형 및 지질

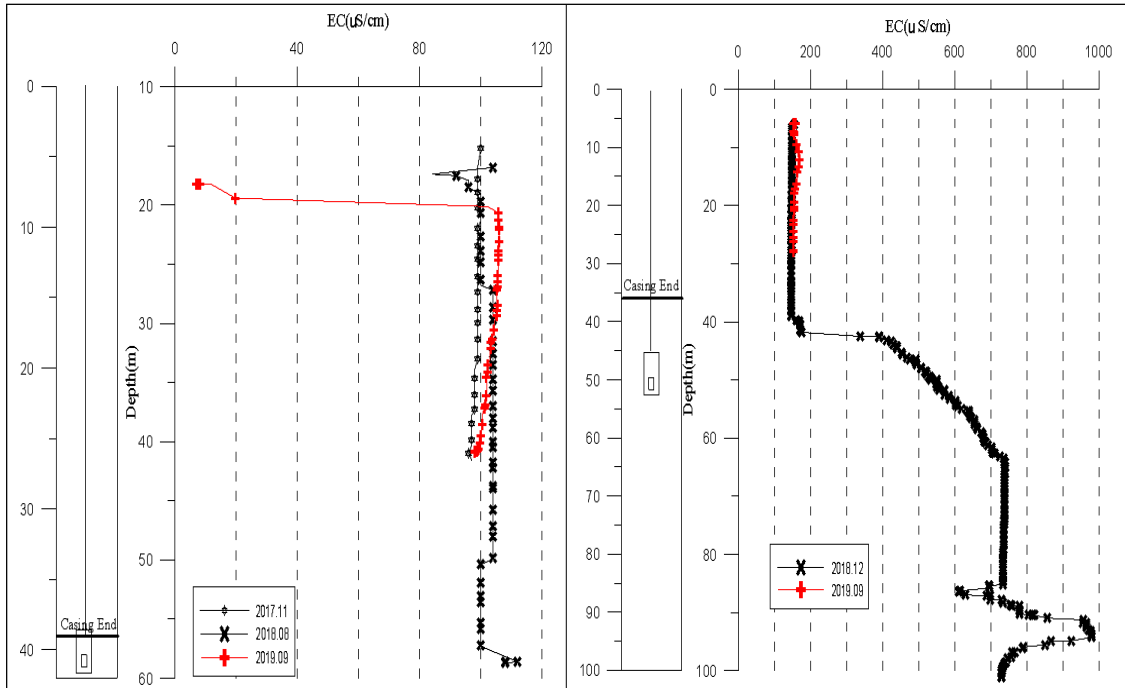
철원지구는 강원도 서북부 평야지역에 위치하며 기저는 평강오리산 현무암층이 존재하고 한탄강이 남북방향으로 흐르고 있다.

3. 지하수 검층



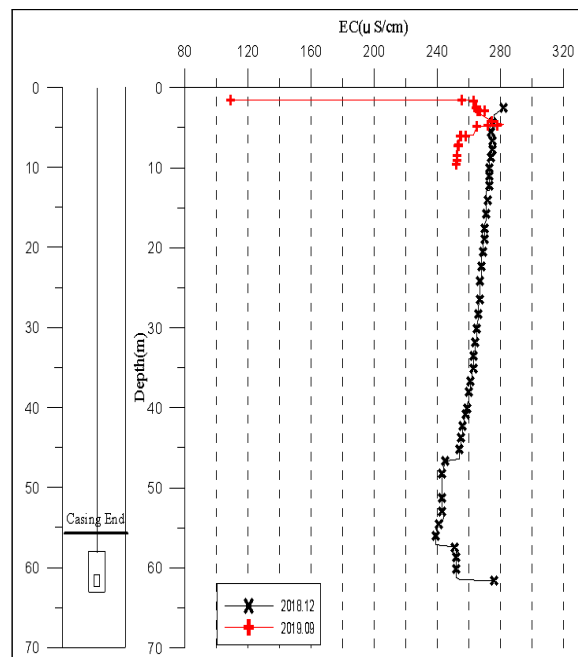
<철원1 관측공>

<철원2 관측공>



<철원3 관측공>

<철원4 관측공>



<철원5 관측공>

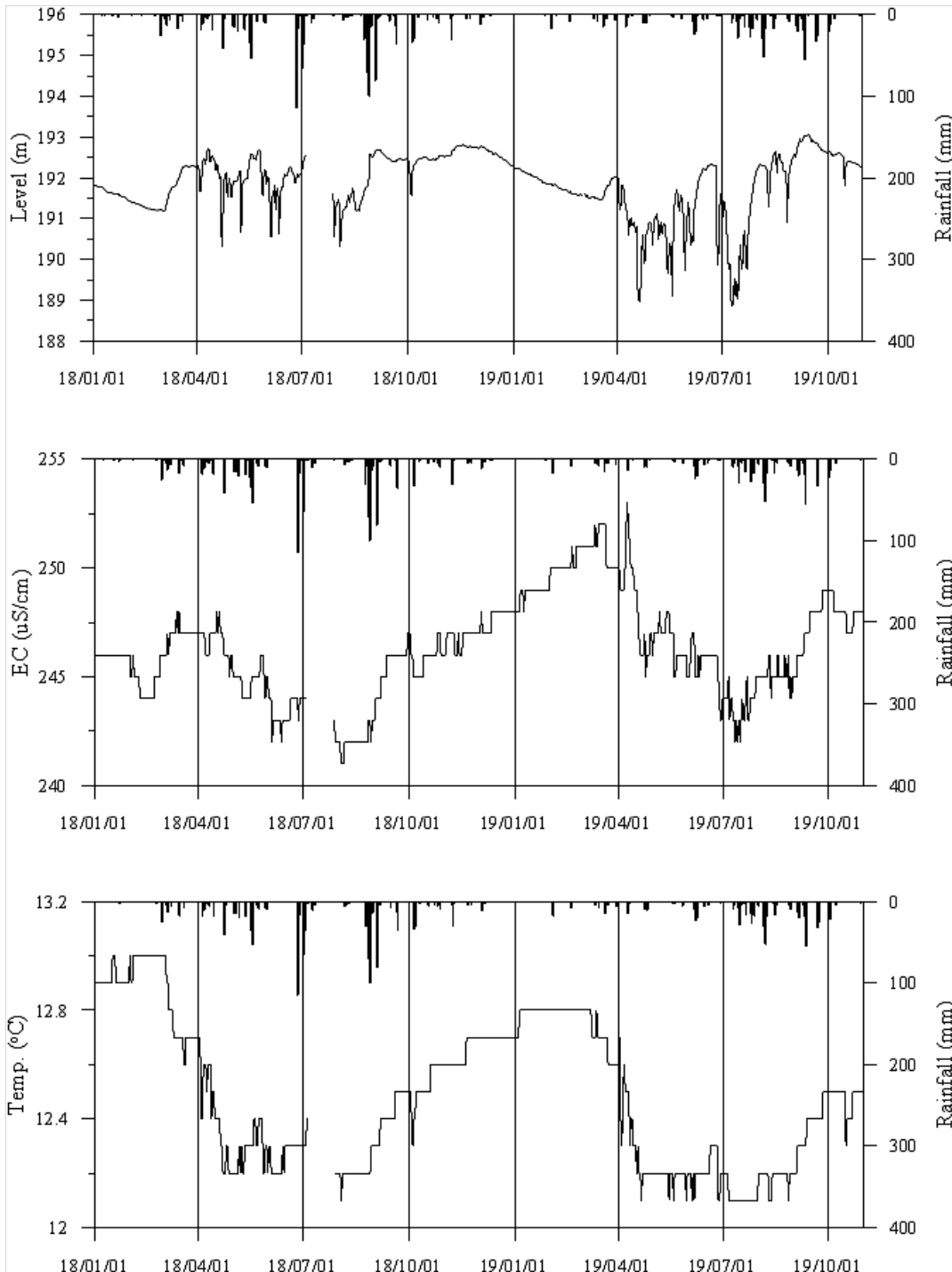
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

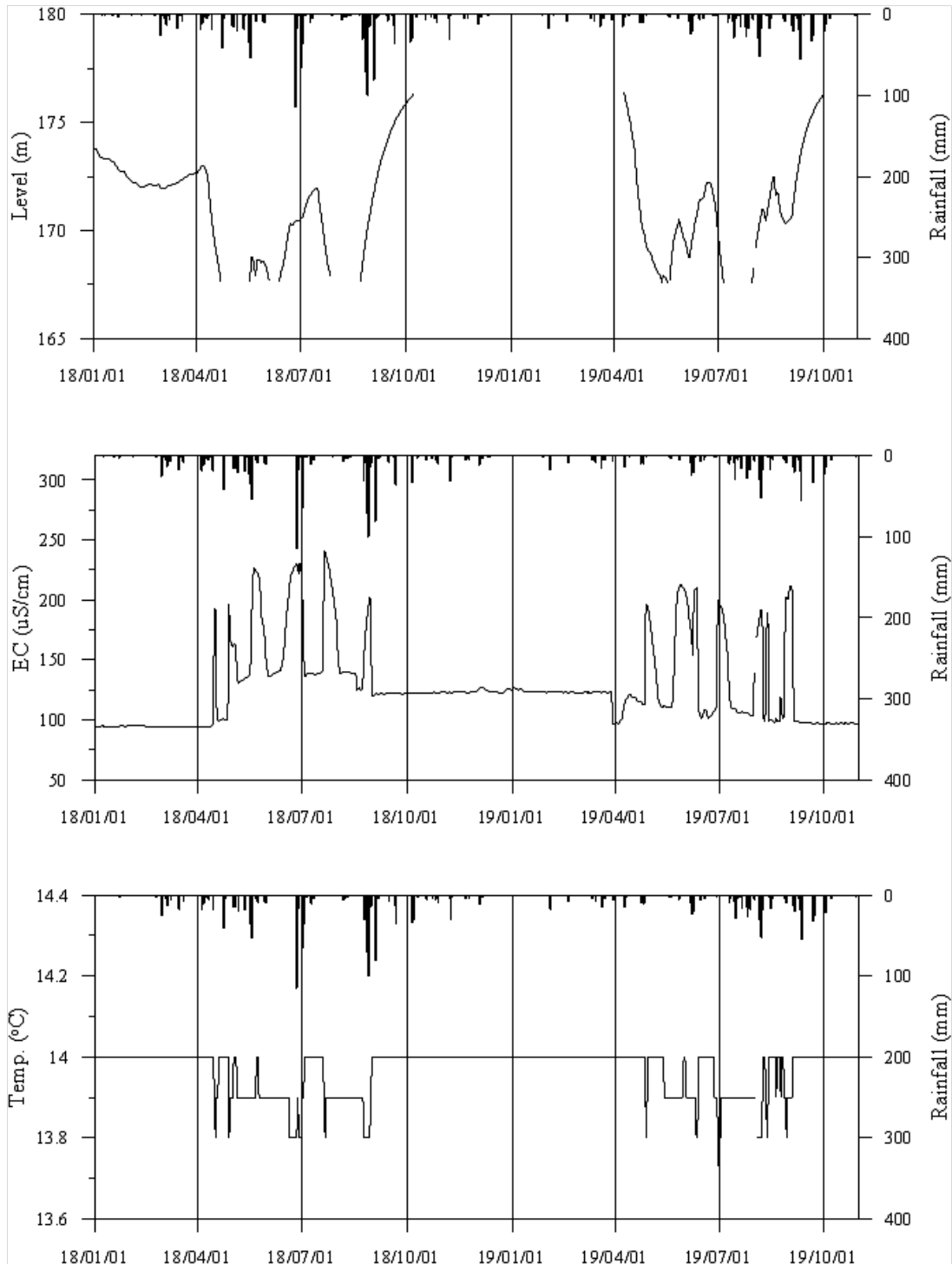
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
철원1	(2017.11)	15.11	13.44	1.74	12.79	2.66	10.72	112.85	0.52
	(2018. 6)	13.32	11.85	1.60	11.72	2.30	10.51	106.75	N.D.
	(2019. 9)	14.84	11.95	1.79	10.24	2.13	10.83	100.65	0.27
철원2	(2017.11)	15.26	4.28	1.17	17.91	10.24	8.90	118.95	12.23
	(2018. 6)	13.97	4.43	0.70	20.00	9.36	5.47	94.55	15.37
	(2019. 9)	12.89	3.95	0.67	18.94	7.91	6.87	85.40	16.69
철원3	(2017.11)	8.70	2.63	0.95	8.32	0.95	2.30	51.85	1.58
	(2018. 6)	7.88	2.07	0.43	7.26	0.88	1.61	45.75	0.70
	(2019. 9)	8.87	2.66	0.53	8.15	0.77	3.06	48.80	2.51
철원4	(2018.12)	9.73	3.61	1.12	15.64	4.63	5.51	67.10	17.723
	(2019. 9)	8.77	3.39	1.01	15.78	1.21	5.67	57.95	10.63
철원5	(2018.12)	15.12	1.42	1.53	12.05	2.38	5.87	53.39	N.D.
	(2019. 9)	22.35	2.15	1.97	15.02	0.11	8.53	48.80	43.54

5. 장기관측 결과



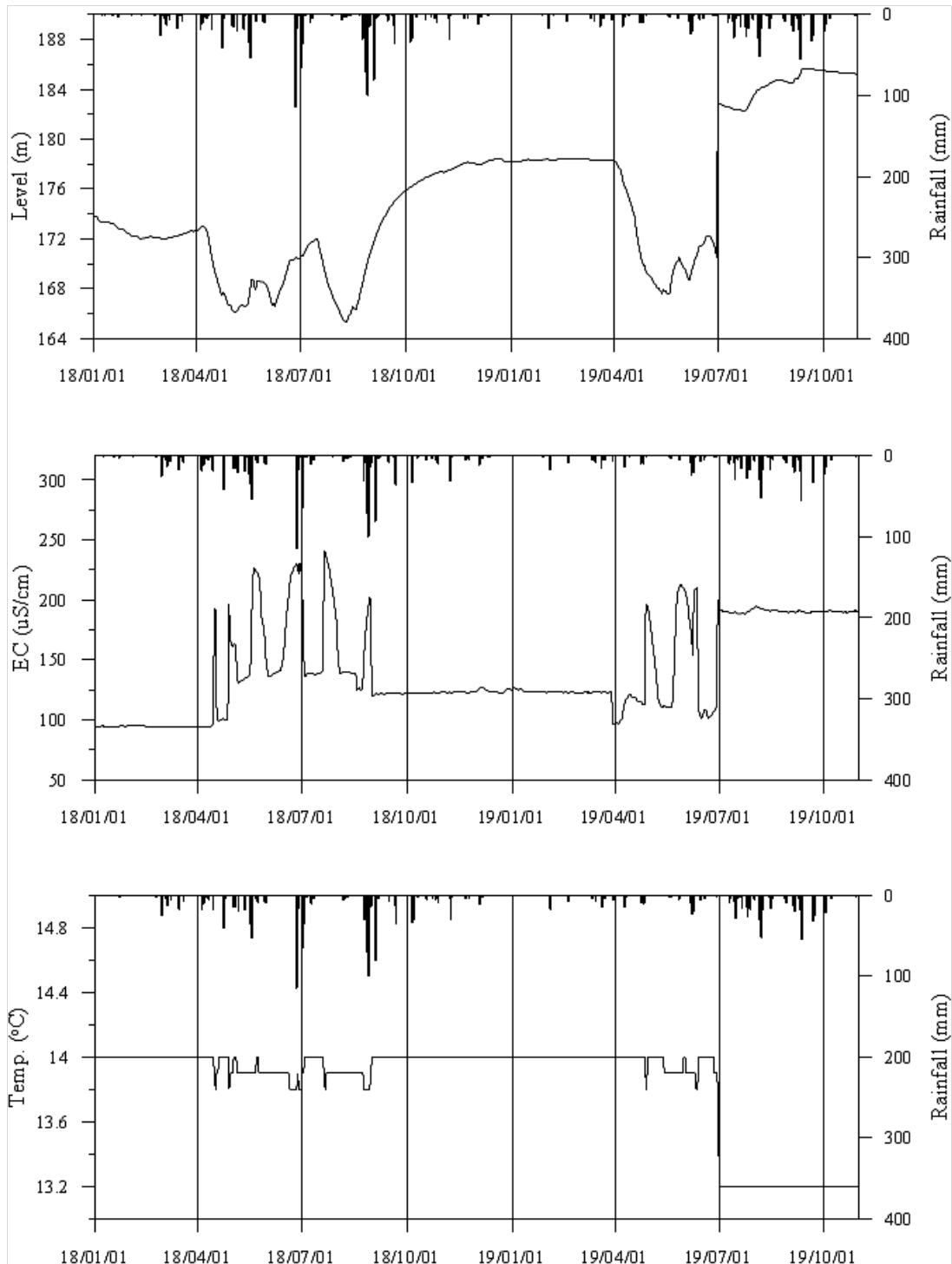
<철원1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



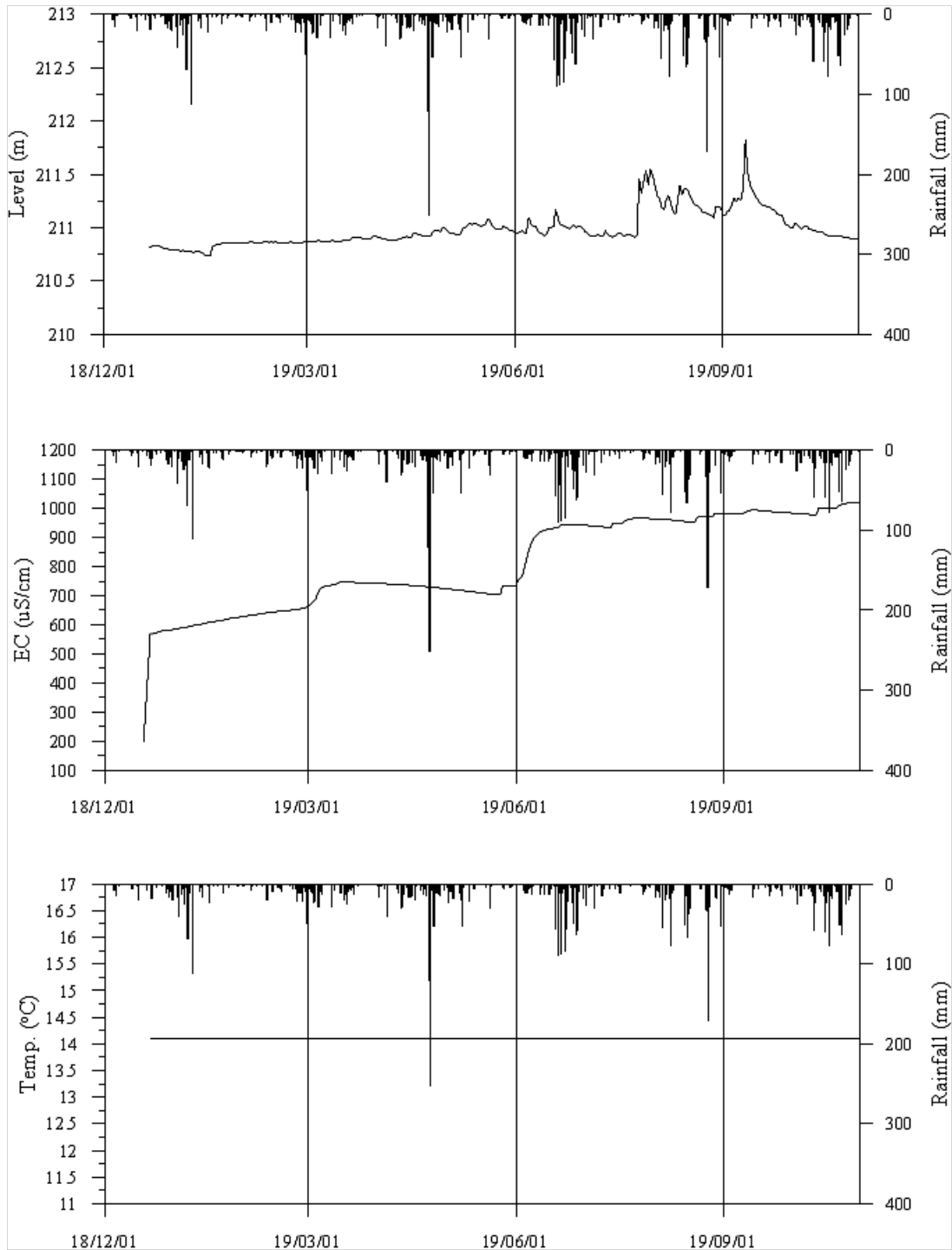
<철원2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

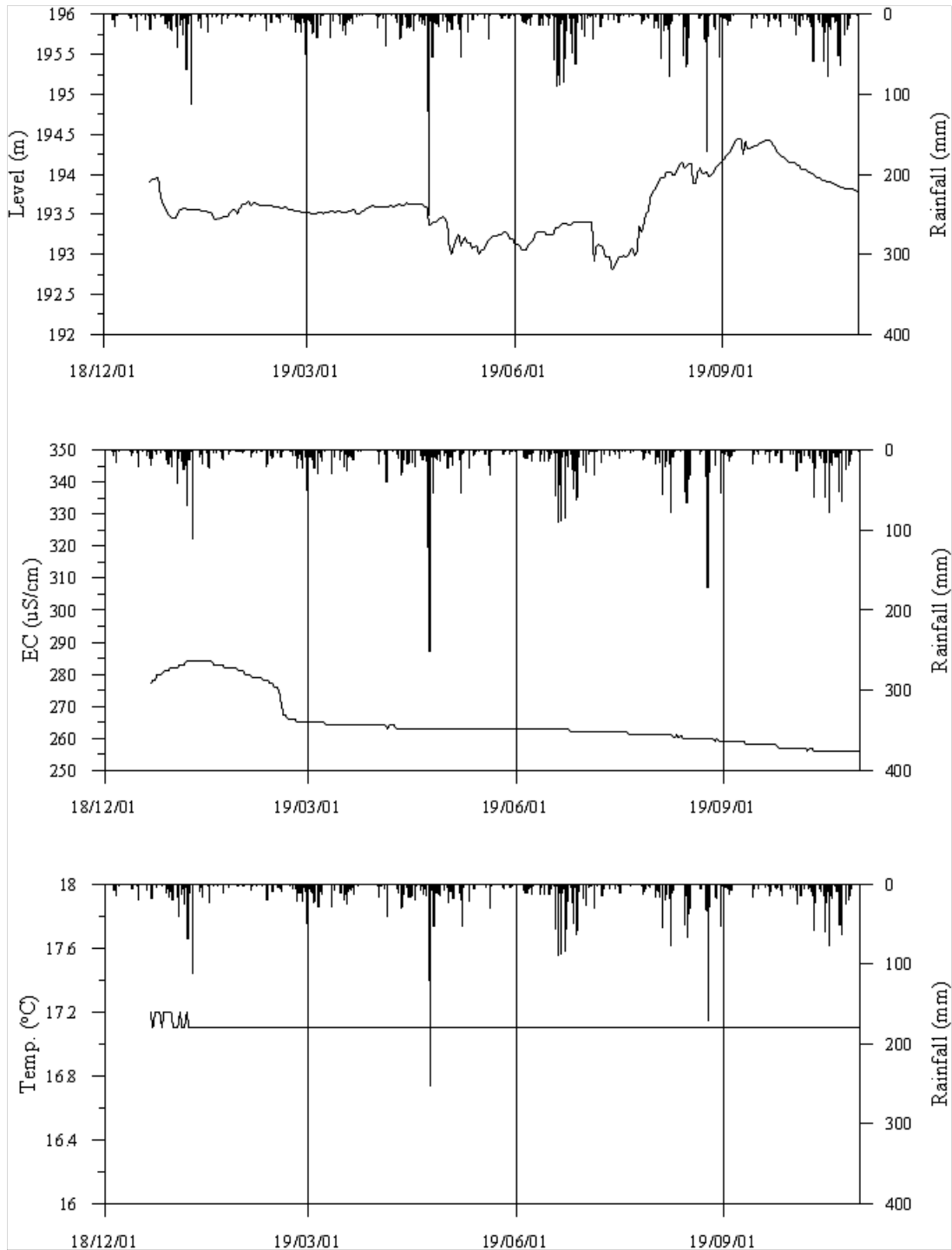


<철원3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<철원4 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<철원5 관측공의 장기관측자료 (2018.12.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 철원1 관측공이 설치된 사요리는 철원군 북서편에 위치하고 있으며 넓은 농경지 분포에 비해 수해면적이 적고, 관정 및 수리시설이 부족하다. 단위면적당 지하수이용량이 ‘주의’ 단계로 높게 나타나며, 이용량/적정개발가능량이 42.8%로 지하수 이용 및 수량에 대한 장애가 우려되어 관측공 설치를 통해 수량 모니터링을 실시하고 지하수 개발 및 이용 관리를 도모하고자 하였다. 철원2 관측공이 설치된 오지리는 단위면적 당 이용량은 ‘주의’ 단계이고, 관정밀도는 ‘관심’ 단계로 높게 나타나고 있다. 인근 하천발달에 의해 축사의 영향으로 인한 오염이 취약한 환경이며, 실제 질산성질소 분석결과 먹는물 기준(10 mg/L)을 초과하여 단위면적당 오염부하량이 높게 나타나므로 관측공을 설치하여 지하수 수량/수질 모니터링을 통해 지하수 이용관리를 도모하고자 하였다. 철원3 관측공이 설치된 이평리는 오지리와 근접하게 위치하고 있으며 지질정보는 동일함. 질산성질소 분석 결과 평균값은 ‘경계’ 수준으로, 일부 농업용수 기준(20 mg/L)를 초과하는 관정이 나타남에 따라 수질관리지역으로 선정되었다. 철원4 관측공이 설치된 청양리는 철원군 북서편에 위치하고 있으며, 수질조사 결과 질산성 질소, 오염원 분포밀도, 단위면적당 오염 부하량에서 모두 ‘경계~심각’ 단계로 수질관리 필요지역으로 선정되었다. 철원5 관측공은 수질조사 결과, 오염원 분포밀도 및 단위면적당 오염부하량이 ‘심각’ 수준으로 수량 및 수질모두 관리 필요지역으로 분류되어 선정되었다. 지하수 이용이 집중되는 지역을 대상으로 관측공을 설치하여 지하수 수질 모니터링을 통해 지하수 개발 및 이용관리를 도모하고자 하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 철원1, 2, 3, 4, 5 관측공의 전기전도도는 공통적으로 90 ~ 285 $\mu S/cm$ 범위이며, 일반적인 암반지하수 범위로 나타나 농업용수로 활용이 가능한 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 철원1, 2, 3, 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃유형으로 나타나 지표오염물질의 유입이 발생하는 것으로 추정

된다. 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 다만 철원5 관측공의 경우 2019년 질산성 질소의 농도가 43.54 mg/L로 먹는물 수질기준보다 약간 낮았다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 관리 방안 : 철원지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 지표오염원의 유입에 따른 지하수 오염 우려가 있어서 전기전도도의 변화 관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

2.3.14 영월지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영월1	영월군 주천면 주천리 993-2	313,780.2333	519,059.9337	240.268	2019	233.768
영월2	영월군 한반도면 쌍용리 1281-2	317,781.5379	511,743.5828	235.893	2019	233.093

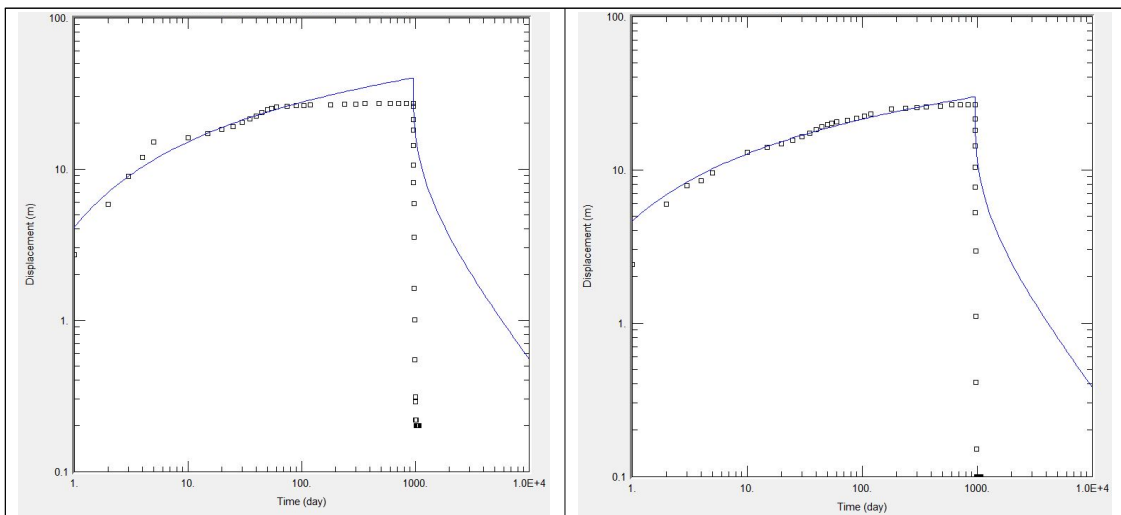
2. 지형 및 지질

영월지구는 고생대 오르도비스기에 형성된 조선계 대석회암층군이 분포하는 대표적인 지역이다. 본 지역은 석회암 지역 특유의 동굴 등이 발달한 전형적인 카르스트 지형으로서 대수층의 전반적인 투수성이 높을 것으로 판단된다.

3. 대수층 수리지질 현황

영월1, 영월2 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

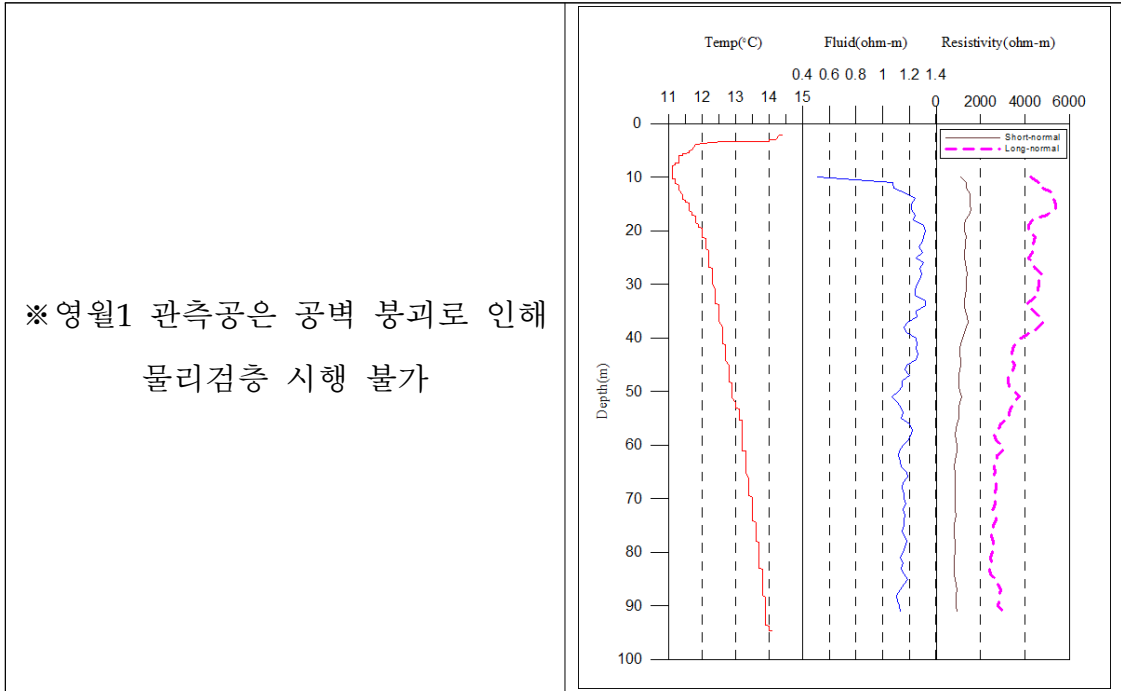


<영월1 관측공 양수시험>

<영월2 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
영월1	64	0.9268	7.662×10 ⁻⁵	14
영월2	70	1.471	2.1281×10 ⁻⁵	80

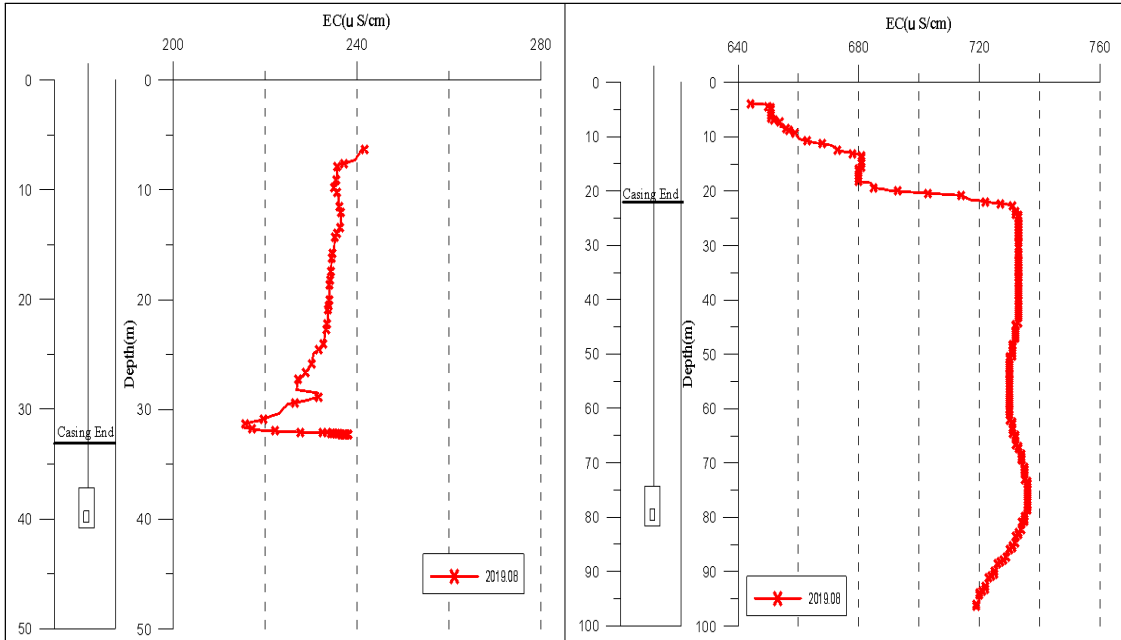
◎ 물리검층



<영월1 관측공 물리검층>

<영월2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<영월1 관측공>

<영월2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
영월1	(2019. 8)	10.85	3.63	2.59	30.75	11.55	22.95	73.20	4.81
영월2	(2019. 8)	9.85	30.36	1.34	69.18	11.55	22.95	256.20	35.92

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영월1 관측공이 설치된 주천면은 횡성군 태기산에서 발원하는 주천강이 중앙에 흐르고 있으며, 비교적 넓은 평야지대가 분포한다. 주천리는 단위 면적당 이용량 40.64천 m^3 /년 km^2 , 관정밀도 22.13공/ km^2 으로 수량관리가 가장 필요한 지역이며, DRASTIC INDEX가 137.5로 수질 관리가 필요한 지역이다. 영월2 관측공이 설치된 한반도면은 영월군 중서부에 위치하며, 오염원 분포 밀도가 1.53개소/ km^2 로 매우 높아 철저한 수질관리를 요구하는 지역이다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 영월1 관측공의 양수량은 64 m^3/d 이며 수리전도도는 7.66×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 14 m)이다. 영월2 관측공의 양수량은 70 m^3/d 이며 수리전도도는 2.13×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 80 m)이다. 물리검층 결과, 영월2 관측공의 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 11 ~ 14.5 $^{\circ}C$ 범위이며, 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")과 장노말(64 ") 값은 증감 경향이 유사하며 심도가 깊어질수록 점진적으로 감소하는 경향이 있다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 영월1 관측공의 전기전도도는 평균 235 $\mu S/cm$ 로 나타났다. 영월2 관측공의 경우 심도 25m 구간까지 전기전도도가 640 $\mu S/cm$ 에서 735 $\mu S/cm$ 까지 증가하였고, 이후 거의 일정하게 유지되었다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영월1 관측공은 (Na+K)- HCO_3 유형으로, 영월2 관측공은 Ca- HCO_3 유형으로 나타났다. 이는 이 지역의 주요 분포 암석인 석회암의 영향을 받은 것으로 판단된다. 영월2 관측공의 경우 질산염 농도가 35.92 mg/L로 나타났는데 이는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)를 초과하지 않았으나 향후 주의 관찰하여야 할 것으로 판단된다.
- 5) 관리 방안 : 영월지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 지표오염원의 유입에 따른 지하수 오염 우려가 있어서 전기전도도의 변화 관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

부록 2.4 충청북도

2.4.1	음성지구	.....	부록	-	271
2.4.2	제천지구	.....	부록	-	283
2.4.3	괴산지구	.....	부록	-	291
2.4.4	진천지구	.....	부록	-	300
2.4.5	증평지구	.....	부록	-	309
2.4.6	옥천지구	.....	부록	-	315
2.4.7	영동지구	.....	부록	-	324
2.4.8	보은지구	.....	부록	-	333
2.4.9	청원지구	.....	부록	-	342
2.4.10	충주지구	.....	부록	-	346
2.4.11	청주지구	.....	부록	-	354

부록 2.4 충청북도

2.4.1 음성지구

1. 위치

관측공	주소	좌표			개발 년도	개발당시 지하수수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
음성1 (대소1)	음성군 대소면 내산리 533	241126.8048	383923.9381	79.73	2006	77.17
음성2 (금왕1)	음성군 금왕읍 오선리 533	249453.9570	385765.7739	94.10	2006	91.41
음성3 (삼성1)	음성군 삼성면 용성리 산19-4	243303.3922	389990.8183	103.34	2006	92.55
음성4	음성군 금왕읍 무극리 604	252540.0635	389119.4718	97.89	2016	92.43
음성5	음성군 원남면 보룡리 463	258260.0249	375356.2818	143.43	2016	140.40

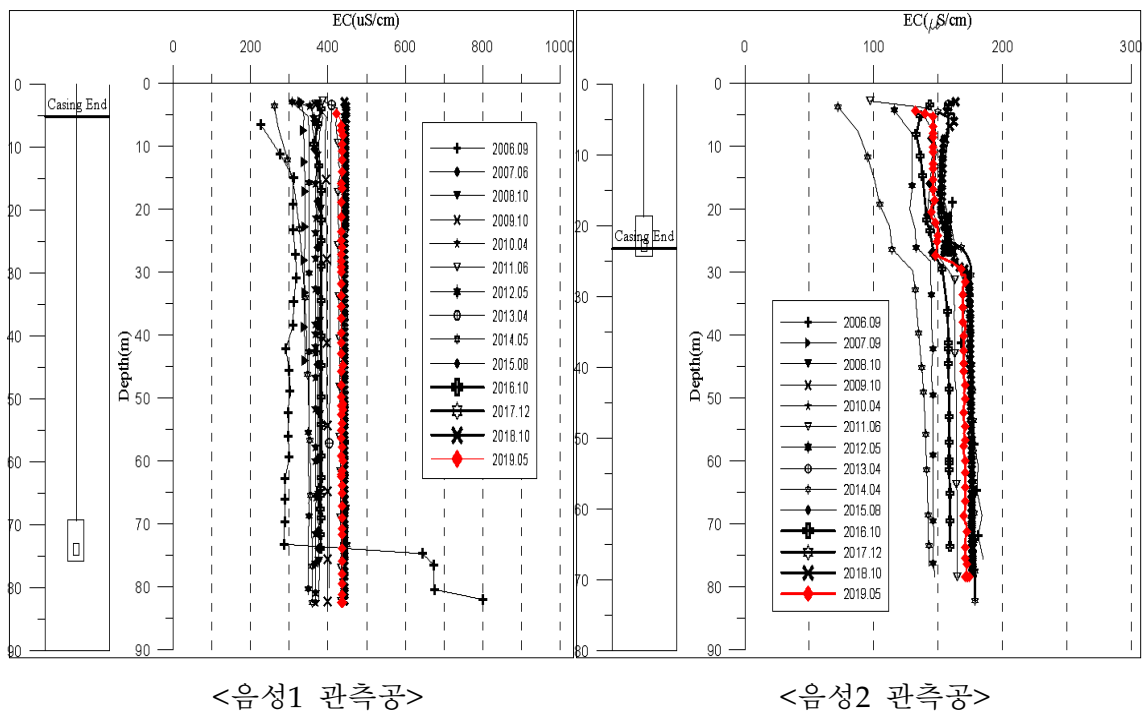
※ 2011년부터 대소1 → 음성1, 금왕1 → 음성2, 삼성1 → 음성3으로 지구명 변경

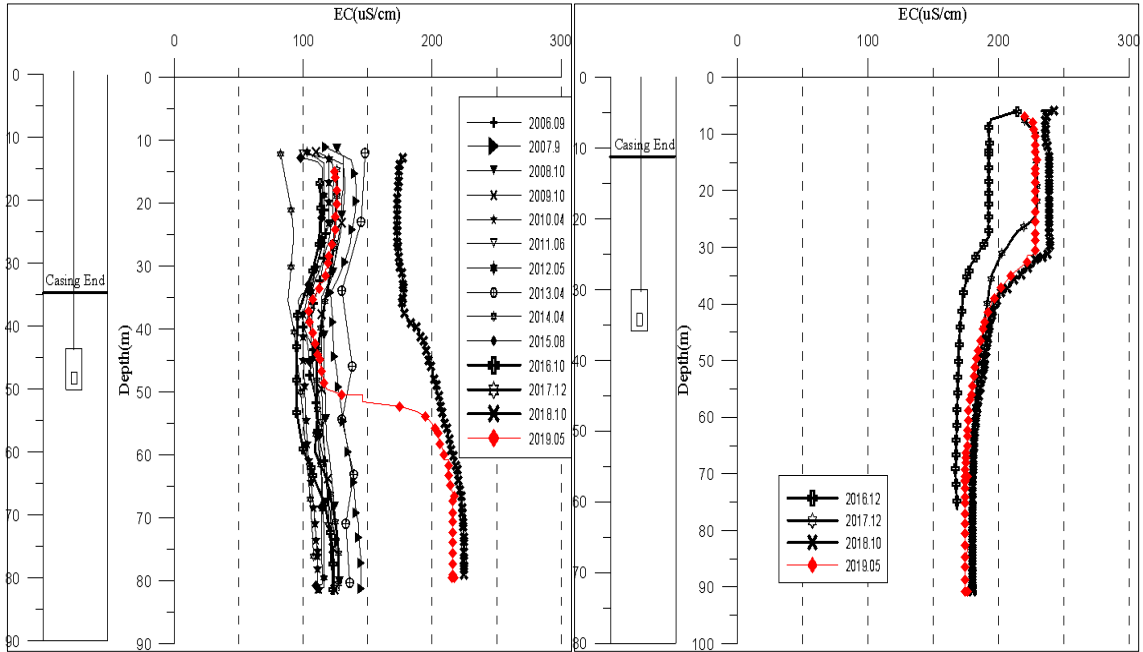
2. 지형 및 지질

음성1 관측공의 수계는 동쪽으로 칠장천, 서부에 성산천, 미호천이 흐르고 있으며, 서쪽에 대풍지방산업단지가 위치한다. 구성지질은 중생대의 반상화강암류가 분포하고 있으며, 산성암맥류가 협재하고 있다. 음성2 관측공은 남쪽으로 한천이 흐르고 주변지역에는 주로 농경지가 분포하며 북동쪽 지역에 금왕산업단지 및 농공단지가 조성되어 있다. 지질은 편마구조를 보여주는 중생대의 반상화강암류가 주를 이루며 하부에 백야리층인 퇴적암류가 분포한다. 음성3 관측공의 수계는 성산천이 흐르며 주변지역에 삼성농공단지가 조성되어 있다. 지질은 편마구조를 보여주는 중생대의 반상화강암이 넓게 분포하고 있으며, 산성암맥류가 협재한다. 북서쪽 지역에는 편마암류가 분포한다. 음성4 관측공 주변에는 논농업과 하우스 시설재배가 주를 이루고 있다. 관측공 동쪽 및 남쪽으로 자연부락(금왕읍)이 크게

형성되어 있으며, 동쪽으로 약 400 m에 차평천이 흐르고 있다. 인근에 농경지 및 하우스 시설재배지가 넓게 분포하여 논농사 및 시설재배에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 구성지질은 조립 및 중립 흑운모화강암과 반상화강암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다. 음성5 관측공은 북쪽의 큰산(509.9 m)과 남쪽의 보광산 사이로 농경지가 발달하고 있으며, 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질 변화를 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 반상화강암 및 편마상 흑운모화강암이 혼재되어 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 덮고 있다.

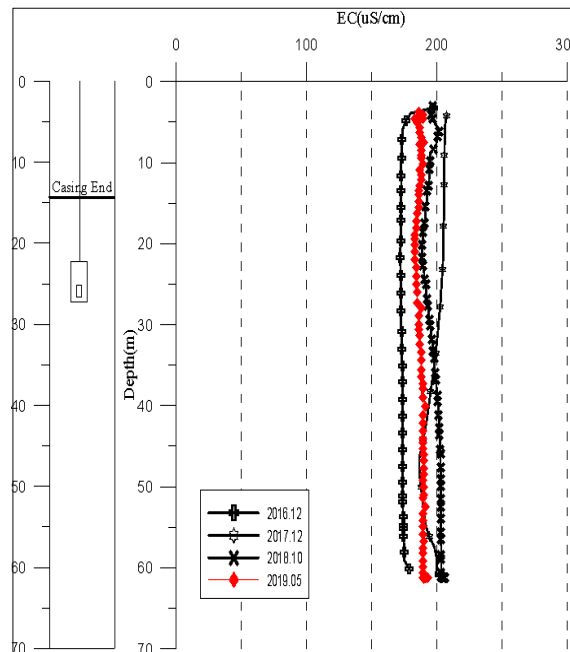
3. 지하수 검층





<음성3 관측공>

<음성4 관측공>



<음성5 관측공>

4. 지하수 수질 분석

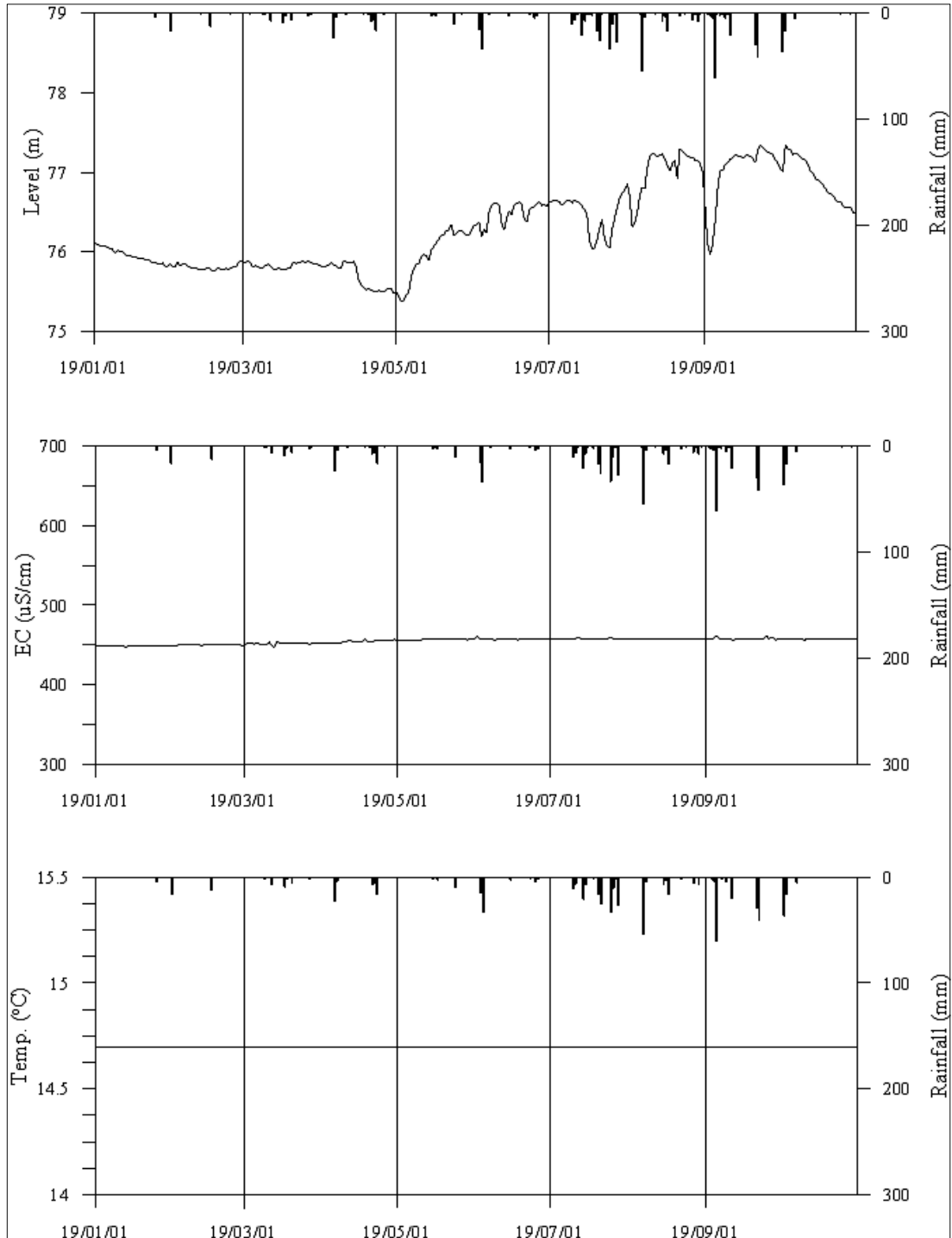
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

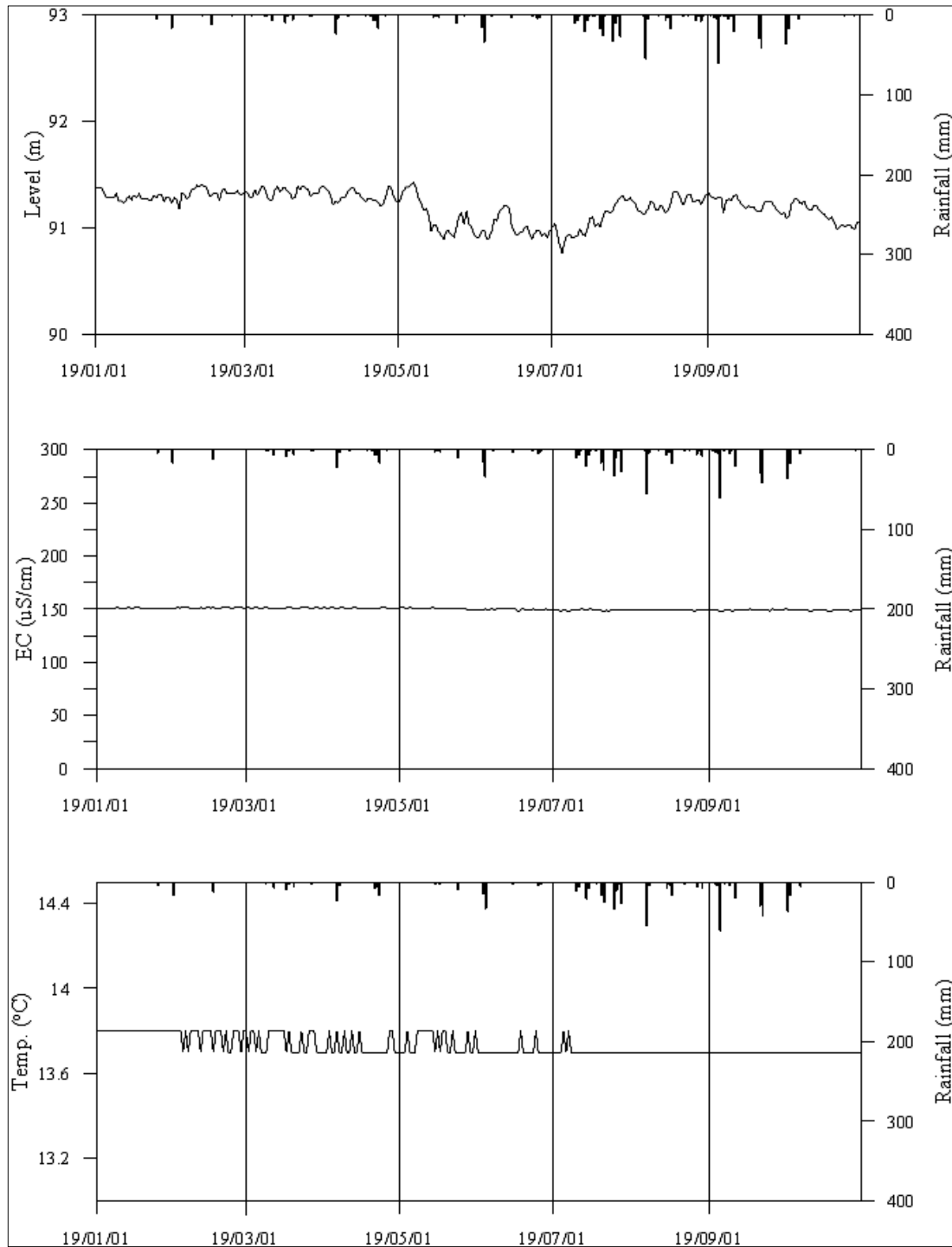
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
음성1	(2007.10)	15.66	9.69	1.82	50.19	14.11	13.30	179.95	11.20
	(2008.10)	13.00	7.57	1.02	45.07	14.19	15.96	173.85	14.42
	(2009.10)	13.80	8.19	1.09	52.19	13.71	13.26	161.65	15.85
	(2010. 4)	16.40	9.55	1.04	59.71	13.76	13.06	192.15	16.49
	(2011. 6)	15.90	9.20	0.92	56.83	17.54	16.78	195.20	14.62
	(2012. 5)	12.37	8.71	2.62	56.11	17.23	15.52	170.80	33.42
	(2013. 4)	14.74	9.54	0.90	55.00	17.61	16.25	186.05	13.84
	(2014. 4)	14.80	9.22	1.05	55.19	17.22	13.37	175.38	13.97
	(2015. 8)	15.26	9.49	0.96	52.45	19.56	18.63	158.60	14.61
	(2016. 3)	14.69	9.53	0.92	58.10	16.21	11.64	198.25	10.43
	(2017. 6)	16.35	10.16	0.98	58.74	4.53	17.73	198.25	15.27
	(2018. 11)	14.92	10.58	1.06	50.32	18.86	21.01	152.50	12.73
(2019. 10)	15.94	10.10	0.92	59.14	19.45	20.15	198.25	12.85	
음성2	(2007.10)	7.19	2.76	1.14	16.47	3.80	9.38	54.90	9.79
	(2008.10)	7.30	2.65	0.79	15.02	4.05	11.49	45.75	12.45
	(2009.10)	7.75	2.75	0.85	16.29	3.73	9.65	45.75	11.43
	(2010. 4)	8.97	2.94	0.90	18.01	3.88	8.98	54.90	10.64
	(2011. 6)	8.90	2.86	0.81	15.93	3.36	7.70	54.90	10.07
	(2012. 5)	9.25	3.04	1.12	21.20	3.93	9.40	51.85	27.02
	(2013. 4)	8.30	2.74	0.71	15.46	4.27	9.84	39.65	13.13
	(2014. 4)	8.12	2.71	0.91	16.28	3.98	8.51	48.80	12.26
	(2015. 8)	8.86	3.07	0.84	17.28	4.33	12.62	45.75	16.04
	(2016. 6)	7.29	2.82	0.80	16.85	4.92	8.09	51.85	10.05
	(2017. 3)	9.15	3.09	0.83	17.48	4.76	11.77	54.90	15.73
	(2018. 11)	8.11	2.81	0.95	16.19	4.66	10.23	42.70	13.53
(2019. 10)	7.33	2.71	0.86	15.11	4.46	8.84	39.65	13.01	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
음성3	(2007.10)	8.58	2.35	0.85	11.21	1.31	3.39	64.05	2.72
	(2008.10)	8.31	1.49	0.34	7.42	0.48	3.81	45.75	3.95
	(2009.10)	9.44	1.57	0.33	8.40	0.25	3.19	54.90	3.62
	(2010. 4)	11.54	1.85	0.44	9.53	ND	3.65	64.05	3.69
	(2011. 6)	10.28	1.58	0.34	8.60	0.20	2.49	57.95	2.29
	(2012. 5)	11.28	2.04	0.57	12.47	0.40	3.41	73.20	7.24
	(2013. 4)	11.05	1.91	0.38	9.84	0.39	3.63	76.25	3.53
	(2014. 4)	10.44	1.84	0.55	9.81	0.32	3.87	57.95	4.35
	(2015. 8)	10.65	1.69	0.39	8.93	0.06	2.49	61.00	1.84
	(2016. 6)	9.96	1.58	0.33	8.74	0.10	4.31	54.90	2.87
	(2017. 3)	12.08	1.84	0.36	9.70	0.28	4.59	64.05	5.12
	(2018. 11)	12.30	3.96	1.05	14.72	3.11	8.13	67.10	9.56
(2019. 10)	9.49	1.82	0.38	9.41	0.42	4.18	54.90	5.68	
음성4	(2016.12)	9.58	3.46	0.74	33.12	10.28	3.70	128.1	10.77
	(2017. 3)	11.69	2.57	0.88	30.74	13.90	4.16	94.55	7.62
	(2018. 11)	9.67	3.07	0.98	32.21	13.33	3.91	94.55	9.55
	(2019. 10)	9.27	2.85	0.79	31.50	13.79	3.76	91.50	8.87
음성5	(2016.12)	11.95	3.63	1.72	22.38	6.78	5.55	82.35	8.70
	(2017. 3)	11.72	3.97	2.93	23.81	7.79	6.65	91.50	10.67
	(2018. 11)	9.77	3.69	1.83	20.87	7.40	5.58	76.25	9.32
	(2019. 10)	9.44	3.52	2.22	20.76	7.36	5.27	76.25	7.36

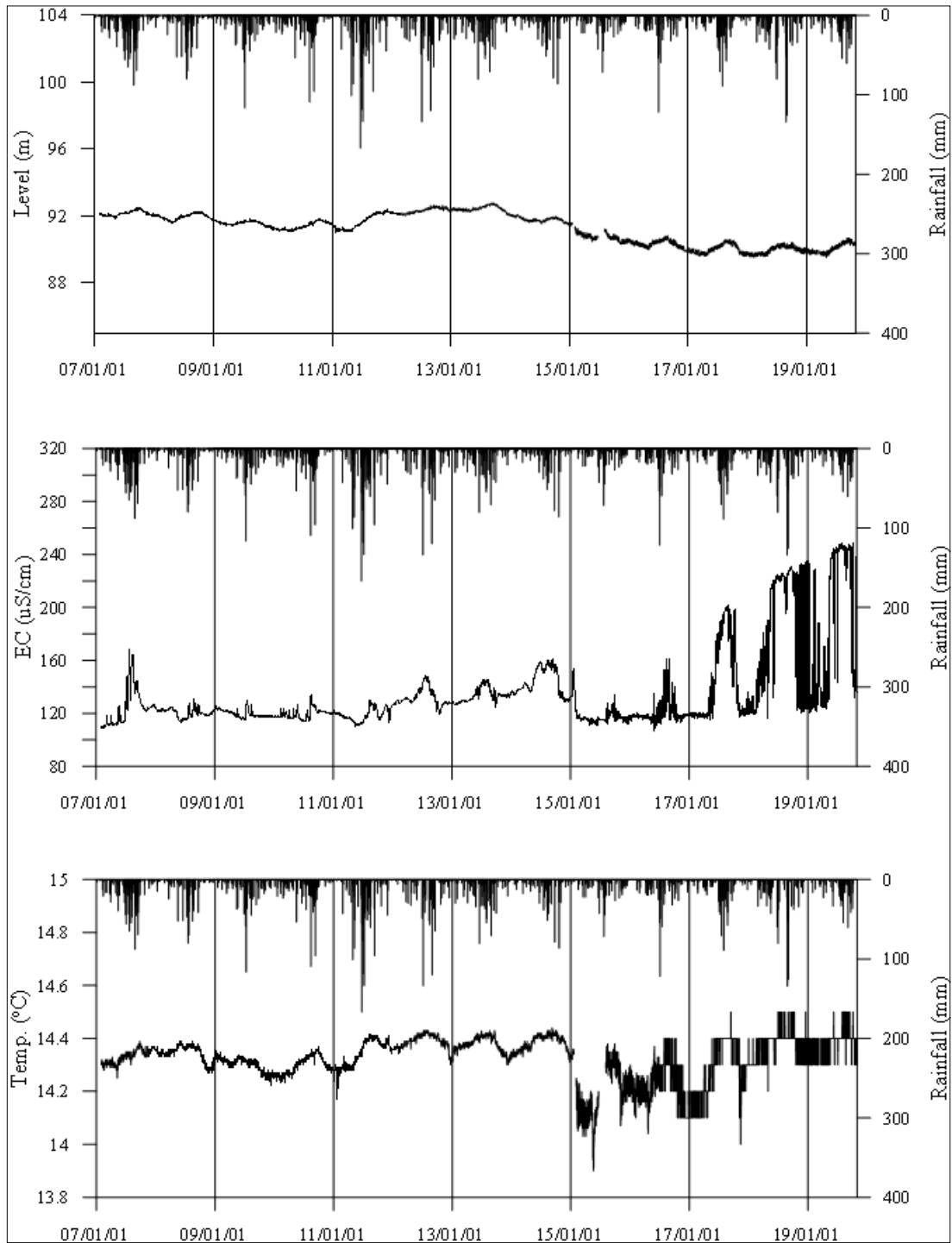
5. 장기관측 결과



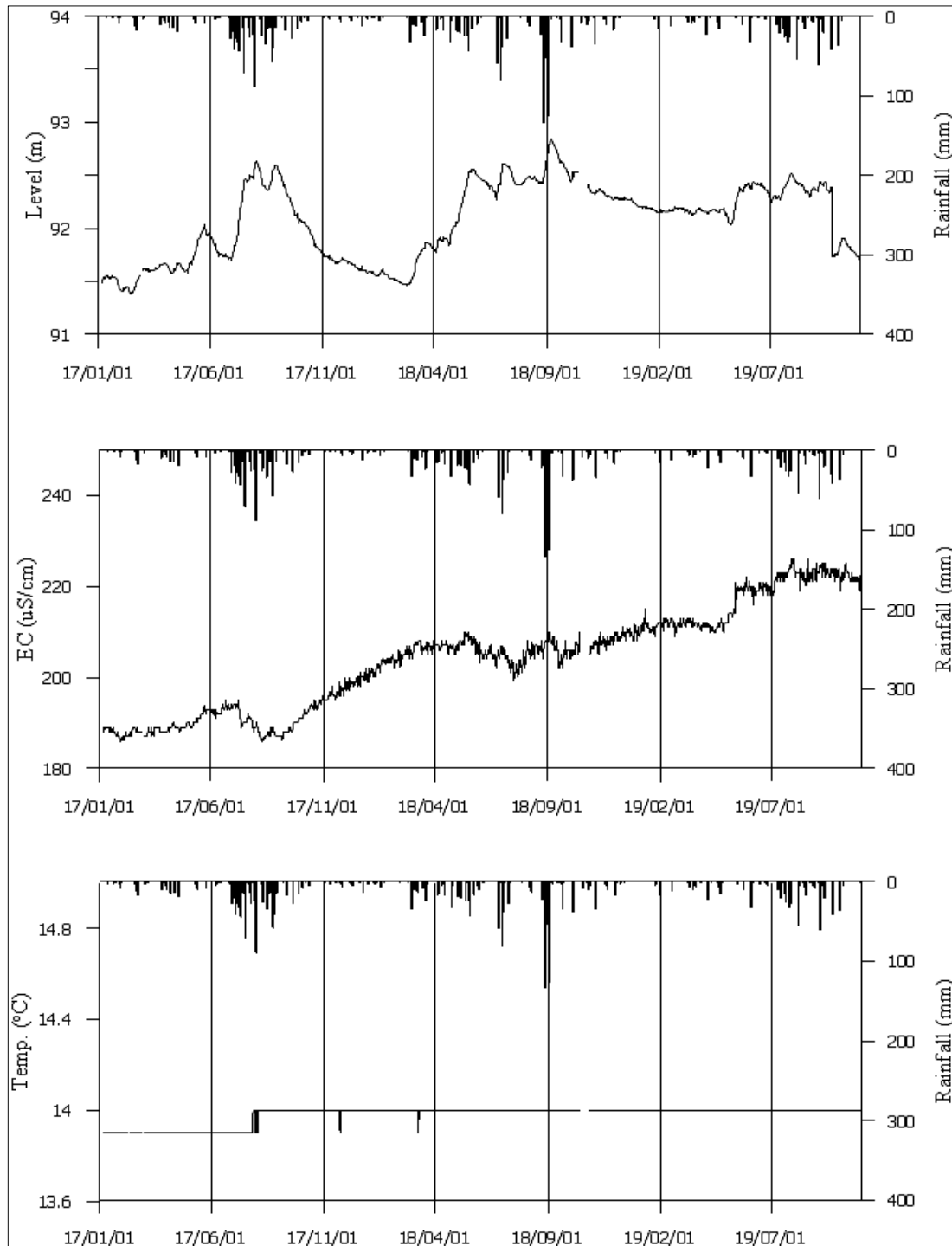
<음성1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



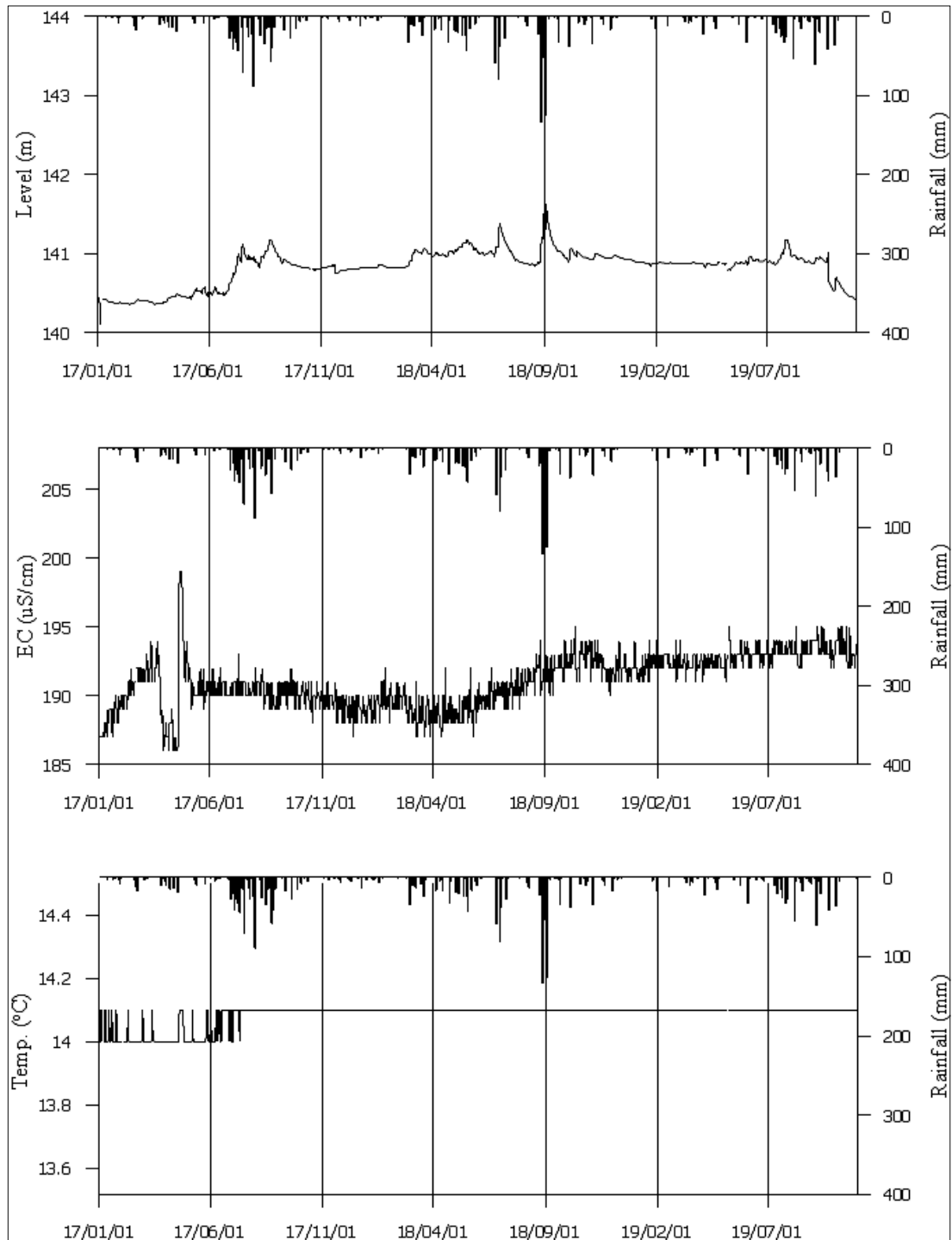
<음성2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<음성3 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<음성4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<음성5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 음성1, 2, 3 관측공의 위치는 청문조사와 주변 관정의 간에 수질검사 결과를 기초로, 향후 주변지역 지하수 오염이 예상되는 지점으로 각각 인근지역의 수질 및 수량변화의 예측이 용이한 지점에 배치하였다. 이를 토대로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수량 및 수질변화를 예측코자 하였다. 음성4 관측공은 차평천에 발달한 농경지역에 위치하며, 농경지는 주로 논 및 시설재배 단지로 이용되고 있다. 관측공의 주변에는 농경지와 시설재배 단지가 넓게 분포한 지역으로 봄철 농업용수 사용과 겨울철 수막재배로 인한 수량부족의 가능성이 크다. 또한 금왕읍과 인접해 있어 생활용수 등에 대한 지하수 오염가능성이 존재함에 따라 관측공을 설치하였다. 음성5 관측공은 넓게 발달한 농경지역에 위치한다. 이 지역은 수해구역 말단에 위치하여 지하수에 대한 의존도가 높아 봄철 묘대기~이앙기, 여름철 갈수기에 농업용수 수요급증에 따른 지하수 수량부족의 우려가 있으며, 과도한 농약, 비료 사용에 의한 지하수 오염이 우려되어, 지하수 수질 및 수량변화 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 음성1 관측공은 $400 \mu S/cm$ 내외인 반면, 음성2, 3 관측공은 $80 \sim 220 \mu S/cm$ 범위로 나타났다. 음성4 관측공의 전기도도는 약 $160 \sim 240 \mu S/cm$ 범위이며, 심도 약 30 m에서 37 m 부근까지 전기전도도가 급격히 감소하는 구간이 나타났다. 음성5 관측공은 약 $170 \sim 210 \mu S/cm$ 범위로 심도별로 큰 변화는 관찰되지 않았다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 음성1, 4 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형이고, 음성2, 3, 5 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형으로 분류된다. 농업용수 수질분석 결과 모두 적합하게 나타나 농업용수 이용에 문제가 없을 것으로 판단된다. 음성지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 음성1, 2, 3, 4, 5 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강이 뚜렷하다. 음성1, 3, 4번 관측공은 연간 2 m 범위, 음성2, 5 관측공은 1 m 범위로 수위가 변화하고, 음성 1, 2번 관측공은 전기전도도가 증가추세이며, 음성3 관측정은 110~170 $\mu S/cm$ 범위에서 변동하였다. 음성 4, 5번 관측공은 전기전도도가 공통적으로 200 $\mu S/cm$ 내외에서 변동하였다. 음성1, 2, 3, 4, 5 관측정의 전기전도도는 담수영역 내 변동이어서 현재 지하수 수질에 별다른 문제는 없지만, 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 5) 관리 방안 : 음성지구의 관측공은 지하수의 이용·관리를 위한 수량과 수질의 지속적인 모니터링이 요구되는 지역에 설치하였으며, 지하수위의 강하 및 수질악화 현상은 없으나 장기관측을 통해 전기전도도의 증가 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.4.2 제천시지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표 (TM)			개발 년도	개발당시 지하수수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
제천1	제천시 왕암동 757-1	125249.0293	405950.6889	262.21	2006	258.76
제천2	제천시 덕산면 신현리 1717	123844.2877	380501.4856	242.87	2006	240.24
제천3	제천시 금성면 월림리 481-6	126427.607	497972.352	171.00	2019	168.55
제천4	제천시 백운면 방학리 1058	289819.248	507116.184	247.74	2019	244.36

※ 2011년부터 덕산1 → 제천2로 지구명 변경

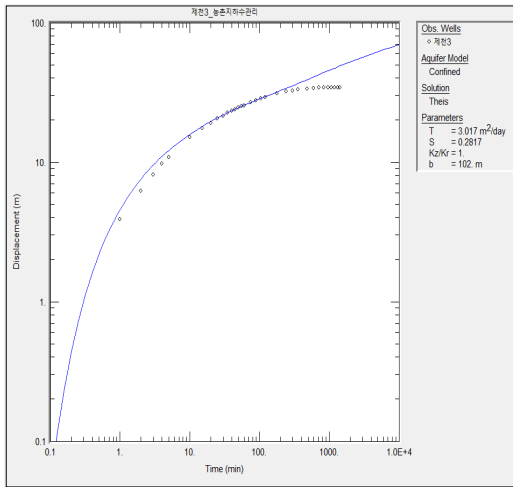
2. 지형 및 지질

제천1 관측공의 수계는 미당천과 남쪽에 장평천이 흐르고 있으며, 지질은 경상계 불국사통 흑운모화강암이 분포하며, 북쪽으로 선캠브리아시대의 지층인 박달령편마암류(화강암질편마암)가 분포하고 있으며, 남쪽으로는 경상계의 불국사통 반상화강암이 분포한다. 제천2 관측공의 수계는 성천과 남쪽에 광천이 흐르고 있으며, 구성지질은 석회암이 주 구성암석인 조선계 대석회암통의 상부에 해당하며, 하부는 돌로마이트가 주 구성암석인 홍월리층이 분포한다.

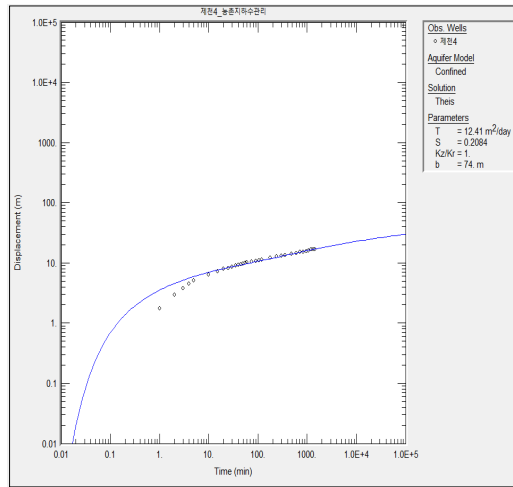
3. 대수층 수리지질현황

제천3, 제천4 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험 및 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<제천3 관측공 양수시험>

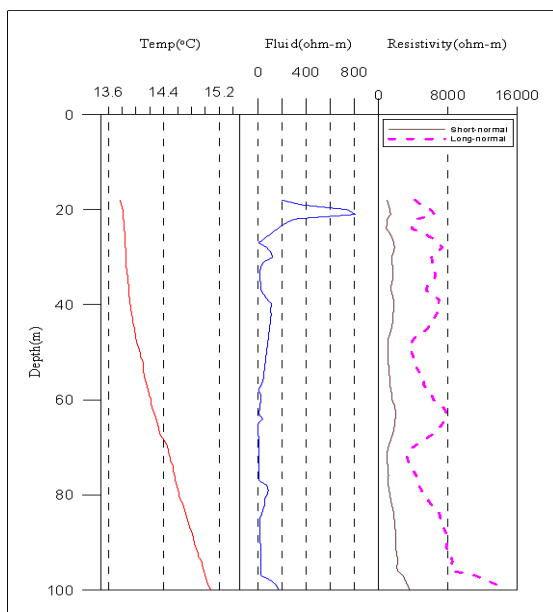


<제천4 관측공 양수시험>

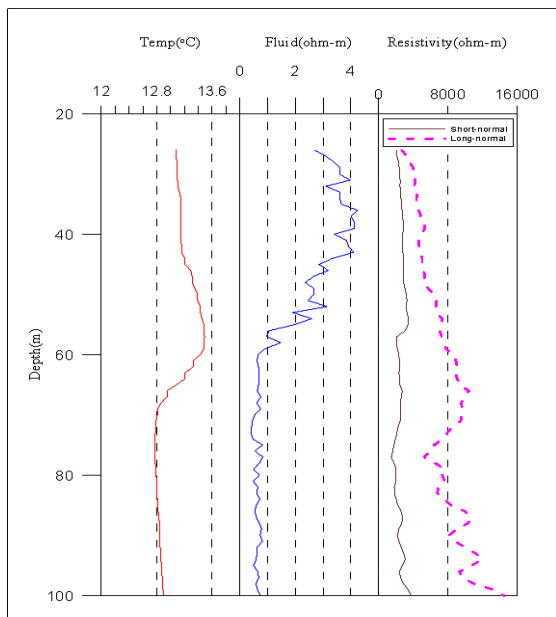
관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
제천3	210	3.198	3.629×10^{-5}	102.0
제천4	240	9.329	4.982×10^{-5}	74.0

◎ 물리검층

공내수검층, 노말검층 등의 전기비저항 검층을 실시하였다.



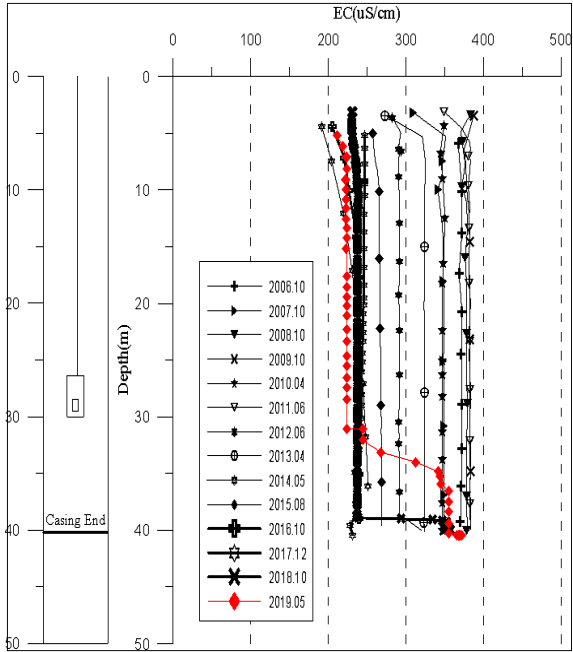
<제천3 관측공>



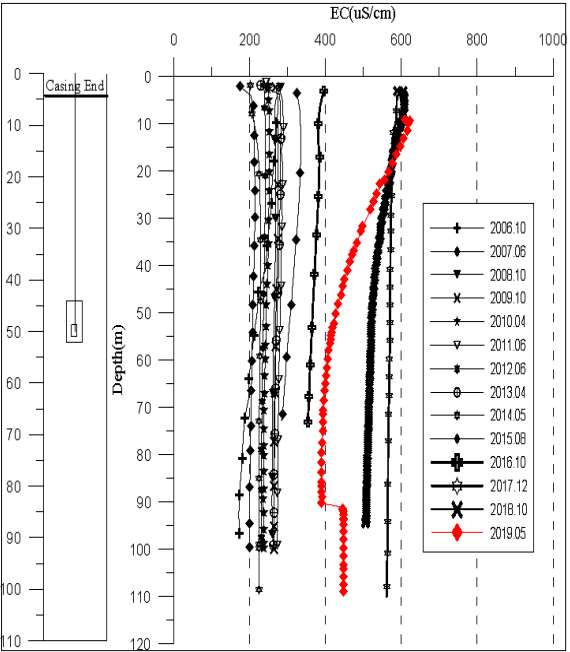
<제천4 관측공>

4.

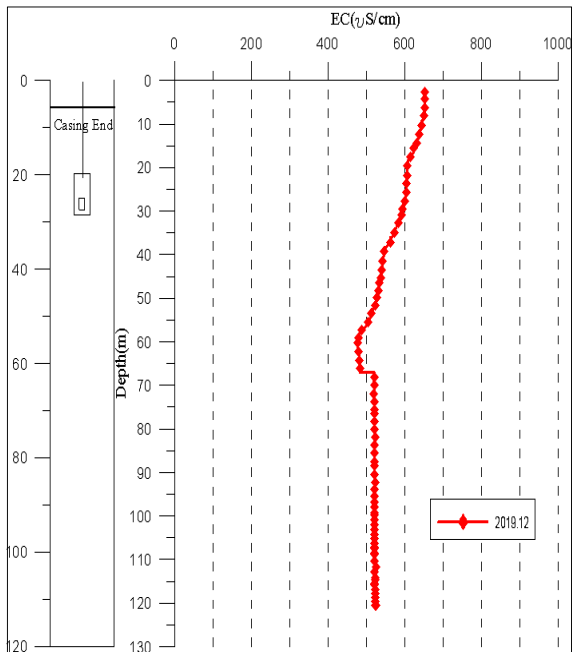
지하수 검층



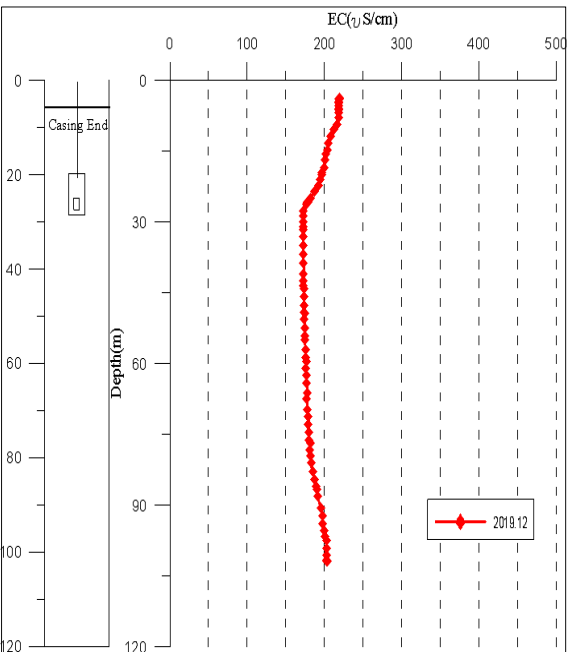
<제천1 관측공>



<제천2 관측공>



<제천3 관측공>



<제천4 관측공>

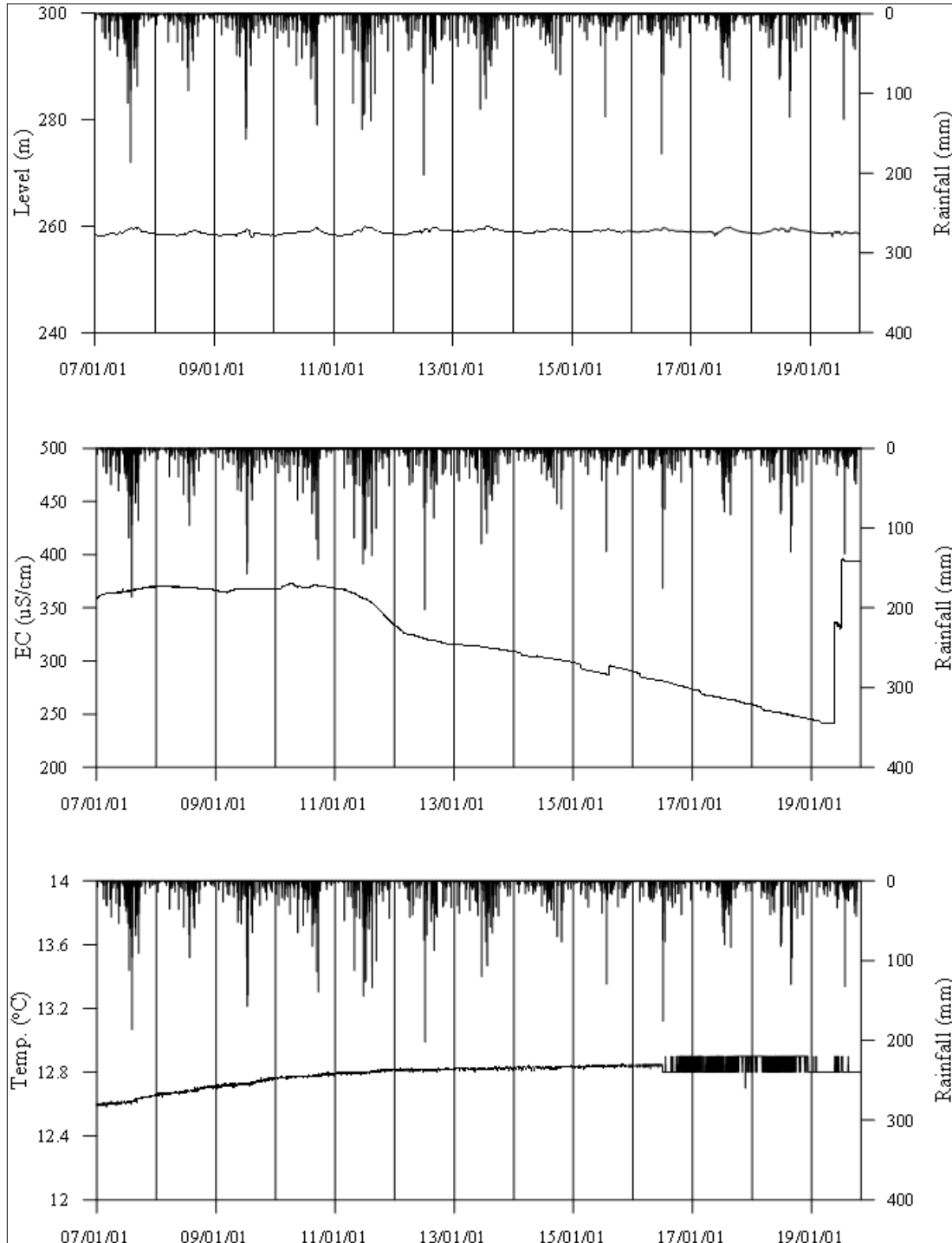
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

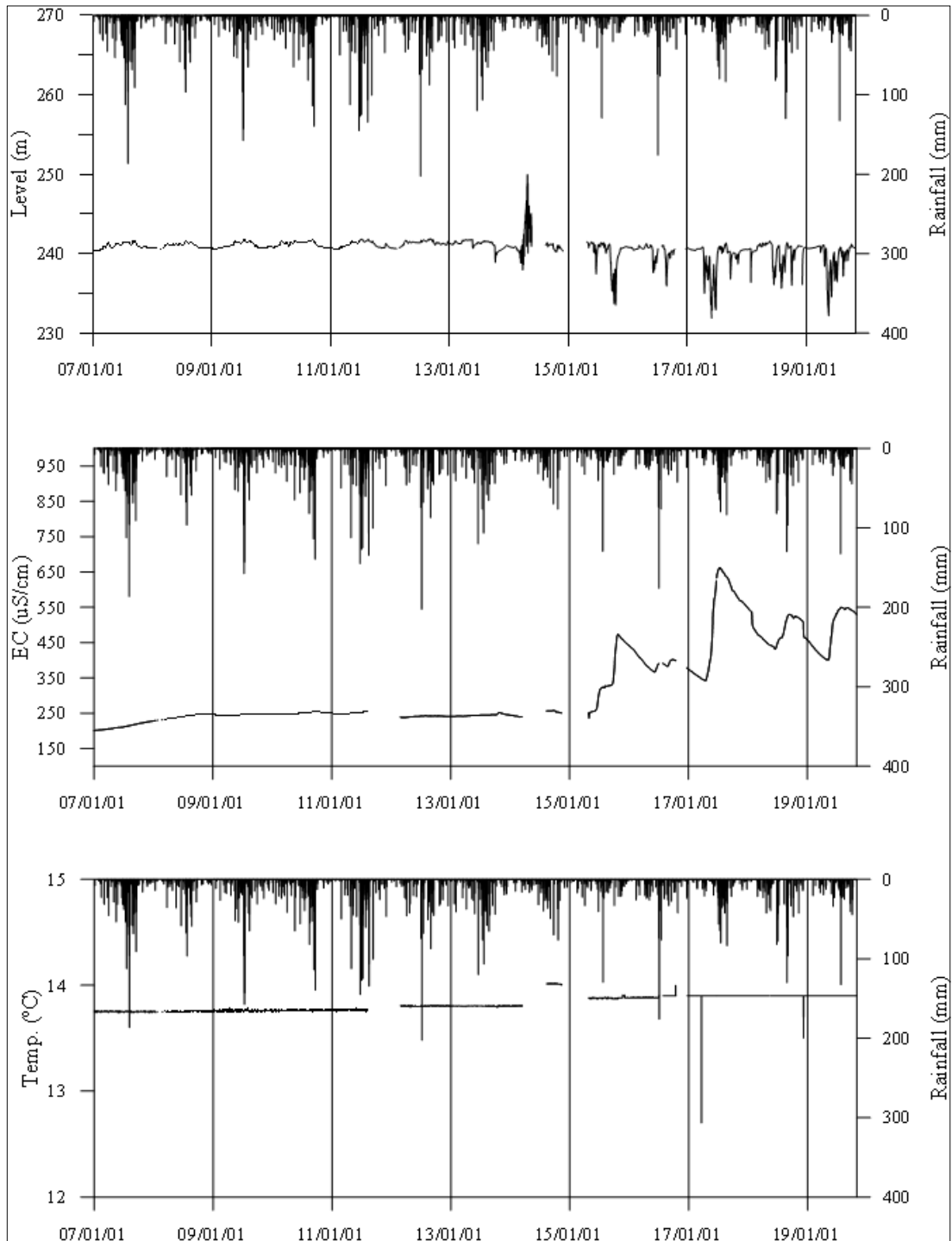
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
제천1	(2007.10)	13.36	6.80	1.15	34.07	2.67	34.14	76.25	59.61
	(2008.10)	12.36	6.60	0.93	32.37	3.42	35.35	57.95	62.86
	(2009.10)	13.21	6.93	1.01	35.81	4.15	33.34	79.30	56.52
	(2010. 4)	15.15	7.81	1.01	40.86	4.45	33.55	97.60	52.44
	(2011. 6)	15.61	7.48	0.96	37.85	5.52	29.55	76.25	48.37
	(2012. 6)	14.92	8.16	1.16	43.57	5.55	35.57	73.20	94.01
	(2013. 4)	15.07	7.36	0.93	34.94	5.68	33.17	76.25	40.30
	(2014. 5)	12.21	7.33	1.15	34.98	5.89	35.70	61.00	42.67
	(2015. 8)	15.18	7.34	1.05	30.86	6.07	38.39	51.85	35.36
	(2016. 6)	13.30	6.44	1.01	26.44	6.28	43.32	48.80	29.17
	(2017. 3)	16.63	7.32	1.04	25.00	6.27	42.23	38.13	36.17
(2019.10)	13.82	5.90	1.00	17.20	4.68	28.93	30.50	23.95	
제천2	(2007.10)	7.73	14.94	5.19	16.23	17.24	4.51	131.15	1.65
	(2008.11)	6.51	15.37	3.92	17.32	21.56	5.33	115.90	ND
	(2009.10)	6.20	17.44	4.44	19.02	21.88	4.64	122.00	ND
	(2010. 4)	6.76	20.47	4.16	21.31	22.66	4.70	137.25	ND
	(2011. 6)	6.13	20.24	4.19	19.88	23.59	4.18	134.20	0.61
	(2012. 6)	5.13	18.06	4.04	18.06	23.90	4.50	115.90	0.05
	(2013. 4)	5.52	22.04	3.64	19.94	27.41	4.96	137.26	0.14
	(2014. 5)	4.73	21.04	3.65	19.32	25.66	4.85	125.05	0.04
	(2015. 8)	5.32	25.81	4.32	30.01	33.82	9.89	122.00	37.17
	(2016. 6)	4.56	24.07	4.03	32.92	32.00	6.55	143.35	23.17
	(2017. 3)	4.73	27.17	4.13	30.45	36.18	9.22	123.53	29.62
(2019.10)	4.27	25.26	4.09	35.70	45.69	11.24	115.90	46.62	
제천3	(2019.10)	17.06	16.20	2.73	86.64	22.95	109.54	164.70	6.66
제천4	(2019.10)	10.22	5.09	1.10	24.83	4.32	5.77	97.60	11.21

6. 장기관측 결과



<제천1 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<제천2 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 제천1, 2, 3, 4 관측공의 위치는 청문조사와 주변 관정의 간이 수질검사 결과를 기초로 향후 주변지역 지하수 오염이 예상되는 지점으로 각각 인근지역의 수질 및 수량변화의 예측이 용이한 지점에 배치하여 향후 대수층을 통한 주변지역의 수량 및 수질변화를 예측코자 하였다.
- 2) 대수층 수리지질조사 결과 : 제천 3, 4 관측공에 대한 양수시험 결과, 투수량계수는 각각 $3.198 \text{ m}^2/\text{d}$, $9.329 \text{ m}^2/\text{d}$ 로 나타났으며, 수리전도도는 각각 $3.629 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$, $4.982 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 로 산정되었다. 제천 3 관측공에 대한 물리검층 결과, 심도 50 m, 70 m 내외에서 파쇄대 영향에 의한 반응이 나타났으며, 제천 4 관측공은 심도 70 m 이하부터 파쇄대 영향에 따른 전기비저항의 변화가 관찰되었다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 제천1, 2 관측공에 대한 지하수 검층 결과, 각각 약 $400 \mu\text{S/cm}$ 이하와 $600 \mu\text{S/cm}$ 이하 범위로 나타났다. 제천 1 관측공에서는 심도 30 m 이하부터 전이대가 관찰되었다. 제천 3, 4 관측공에서는 심도별로 전기전도도의 변화가 크게 나타나지 않았다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 제천1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 제천2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당된다. 제천2 관측공 설치 시 지반은 돌로마이트가 주 구성 암석으로서, 제천2 관측공 수질유형은 돌로마이트의 용해 등에 영향을 받은 것으로 판단된다. 제천 3 관측공은 각각 Ca-C) 유형에, 제천4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당된다. 제천1 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 내외로 검출되며, 2012년에는 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)도 초과하여 농업용수 이용에도 부적합하게 나타났다. 제천1 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다. 제천2 관측공은 2015년 이후 이온부하량이 증가하여 질산염 농도가 먹는물 수질기준에 근접하는 결과를 보여 지표오염원 관리가 필요하다. 제천3, 4 관측공도 지표오염원에 대한 관리와 지속적인 수질 모니터링이 필요하다.

- 5) 장기 관측결과 : 제천1 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강 현상 및 주변 지하수 이용에 따른 수위강하도 구간별로 나타났다. 전기전도도는 수위변화와 관계없이 감소 추세로 나타나다가 2019년부터 다시 증가 추세로 나타났다. 제천2 관측공은 강수와 지하수위가 비례관계이며, 2015년 하반기에 지하수 이용에 따른 수위 하강 현상이 발생하였다. 전기전도도는 2015년에 증가한 이후, 증감을 반복하고 있으므로 향후 지속적인 관측이 필요하다.
- 6) 관리 방안 : 제천1, 2, 3, 4 관측공은 지하수의 이용·관리를 위한 수량과 수질의 지속적인 모니터링이 요구되는 지역에 설치하였다. 특히, 제천 1 관측공은 지하수위의 하강현상이 일시적으로 관찰되기도 하였으며, 질산염에 의한 수질악화 현상이 관찰되었다. 따라서 질산염 오염원의 지하 유입을 차단하고, 장기관측을 통해 오염물질의 유입 감소현상을 모니터링 할 필요가 있다.

2.4.3 괴산지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
괴산1	괴산군 사리면 수암리 1015	260906.537	367141.618	217.41	2008	214.82
괴산2	괴산군 칠성면 도정리 352	277892.167	465352.260	125.17	2017	119.30
괴산3	괴산군 청천면 후평리 573	267409.625	450257.037	174.42	2017	172.67
괴산4	괴산군 불정면 앵천리 767-2	272152.765	477520.614	103.48	2019	99.29

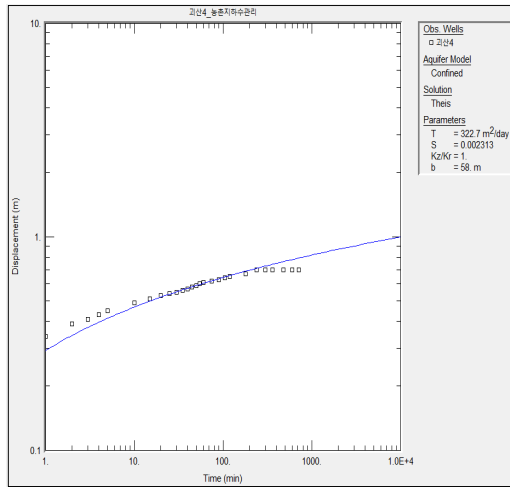
2. 지형 및 지질

괴산지구는 행정구역상 괴산군 사리면 수암리 일대로 이 지역은 주변의 산에 둘러싸여 곡간지형의 농경지 가장자리에 위치하고 있으며, 수계는 주변의 산계에서 수지상으로 발달한 소지류가 발달하고 있다. 구성지질은 쥬라기 반상화강암이 기반암으로 분포하고 있고, 그 상부를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

3. 대수층 수리지질현황

괴산4 관측공에 대한 수리지질특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험 및 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

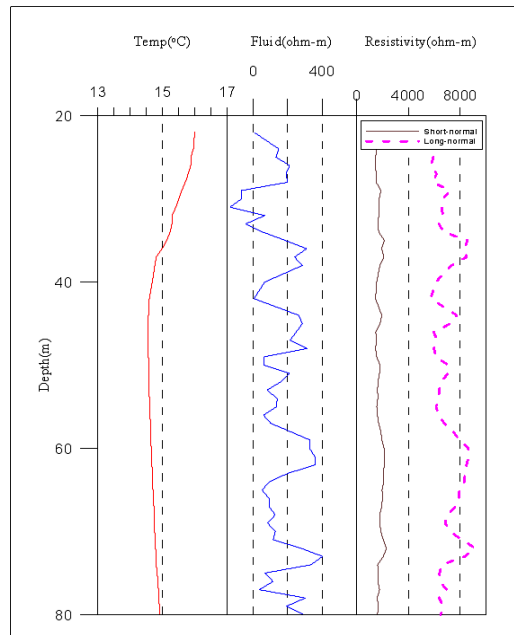


<괴산4 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
괴산4	310	307.7	3.91×10^{-3}	91.0

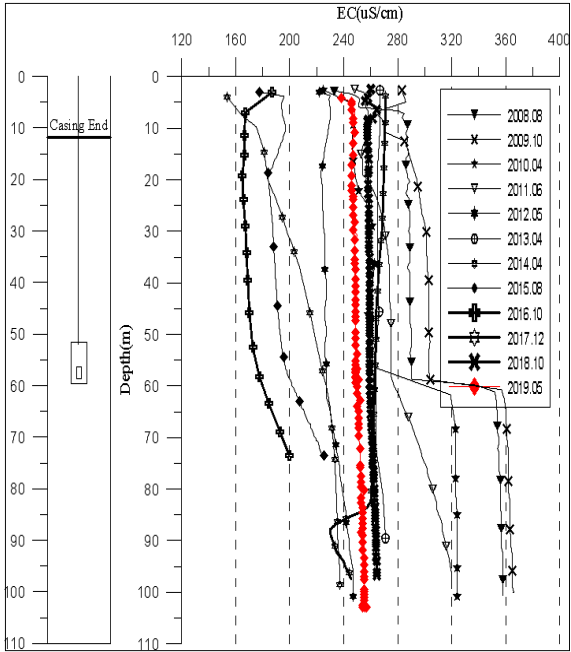
◎ 물리검층

공내수검층, 노말 전기비저항 검층을 실시

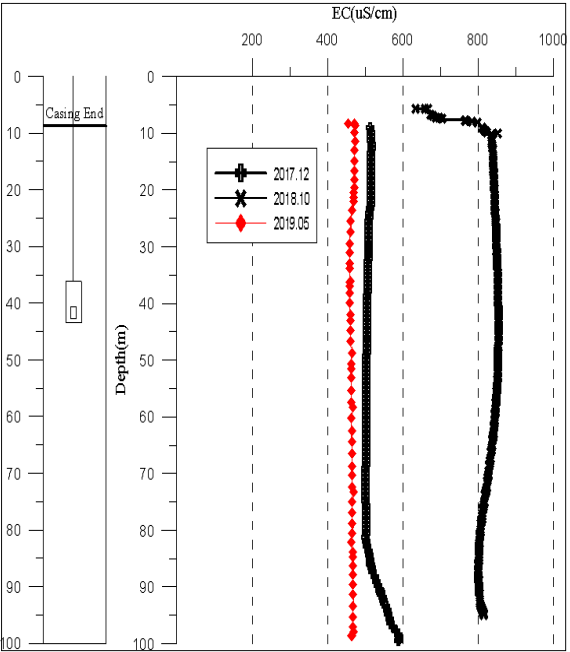


<괴산4 관측공 물리검층>

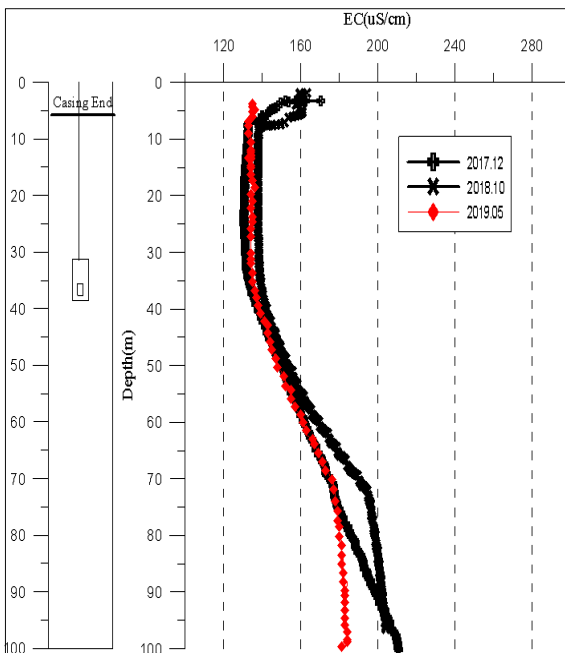
4. 지하수 검층



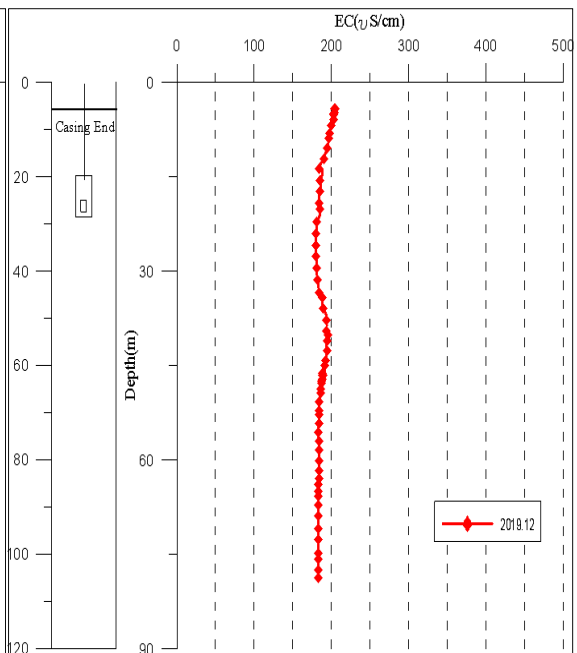
<괴산1 관측공>



<괴산2 관측공>



<괴산3 관측공>



<괴산4 관측공>

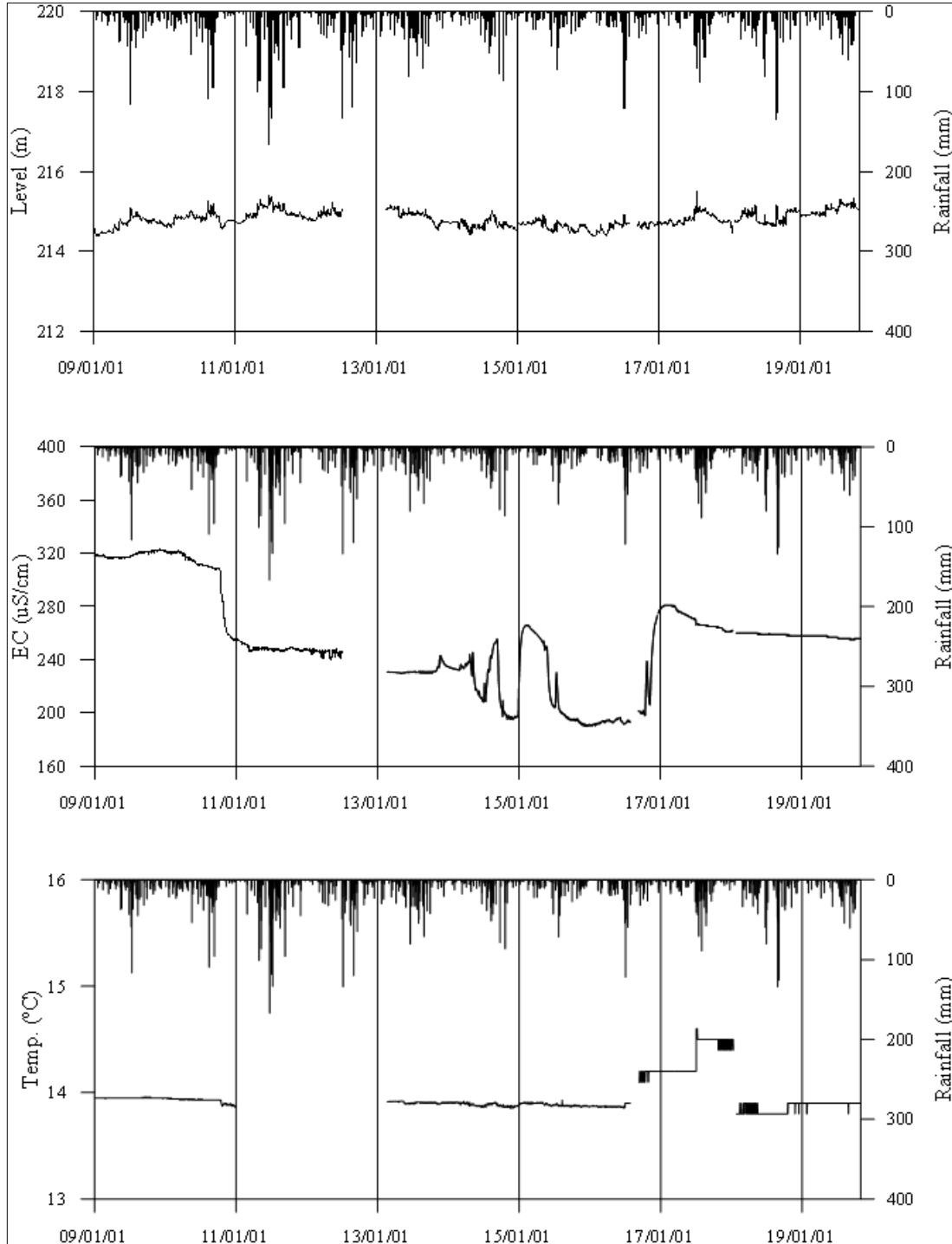
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

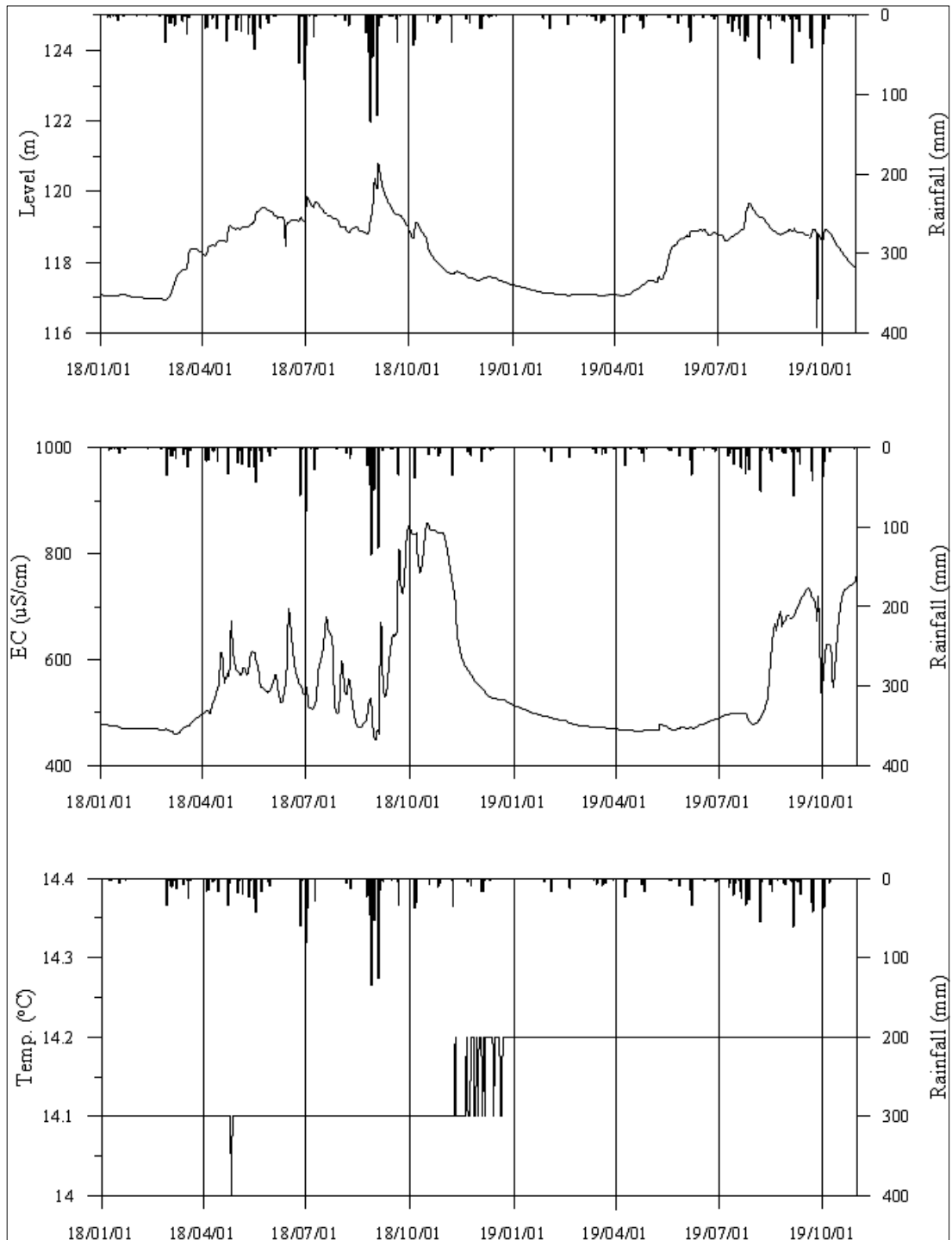
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
괴산1	(2008.10)	31.71	1.70	0.66	19.37	4.29	5.70	128.10	0.25
	(2009.10)	26.24	1.70	0.71	18.06	5.92	6.94	112.85	5.01
	(2010. 4)	24.92	2.08	0.77	20.93	6.24	7.74	137.25	8.12
	(2011. 6)	28.04	1.98	0.53	22.45	4.45	5.06	118.95	2.54
	(2012. 5)	19.72	2.43	0.86	26.07	4.76	5.39	125.05	5.06
	(2013. 4)	26.63	2.27	0.52	27.59	5.87	4.96	140.30	1.26
	(2014. 4)	14.66	2.27	0.77	27.46	10.23	7.02	97.60	13.88
	(2015. 8)	12.52	1.91	0.71	21.69	7.85	9.88	67.10	12.59
	(2016. 6)	10.72	1.77	0.78	18.99	8.52	5.80	74.73	7.65
	(2017. 3)	18.76	2.45	0.77	33.01	8.29	7.16	146.40	3.11
	(2018.11)	20.33	2.08	0.78	30.62	5.81	4.91	118.95	0.56
(2019.10)	22.23	2.12	0.53	28.79	6.79	5.10	115.90	0.40	
괴산2	(2017. 9)	5.65	13.49	6.55	80.43	19.67	13.91	247.05	33.94
	(2018.11)	7.39	3.70	1.51	12.57	3.90	3.76	42.70	18.99
	(2019.10)	4.18	10.91	8.03	60.99	20.77	8.49	176.90	20.38
괴산3	(2017. 9)	7.99	2.98	1.61	10.90	3.58	3.36	48.80	15.69
	(2018.11)	6.80	17.13	4.69	114.45	26.08	27.01	277.55	73.50
	(2019.10)	6.81	3.56	1.52	12.44	4.91	4.25	42.70	17.83
괴산4	(2019.10)	3.44	4.38	1.30	26.09	13.50	6.74	70.15	21.51

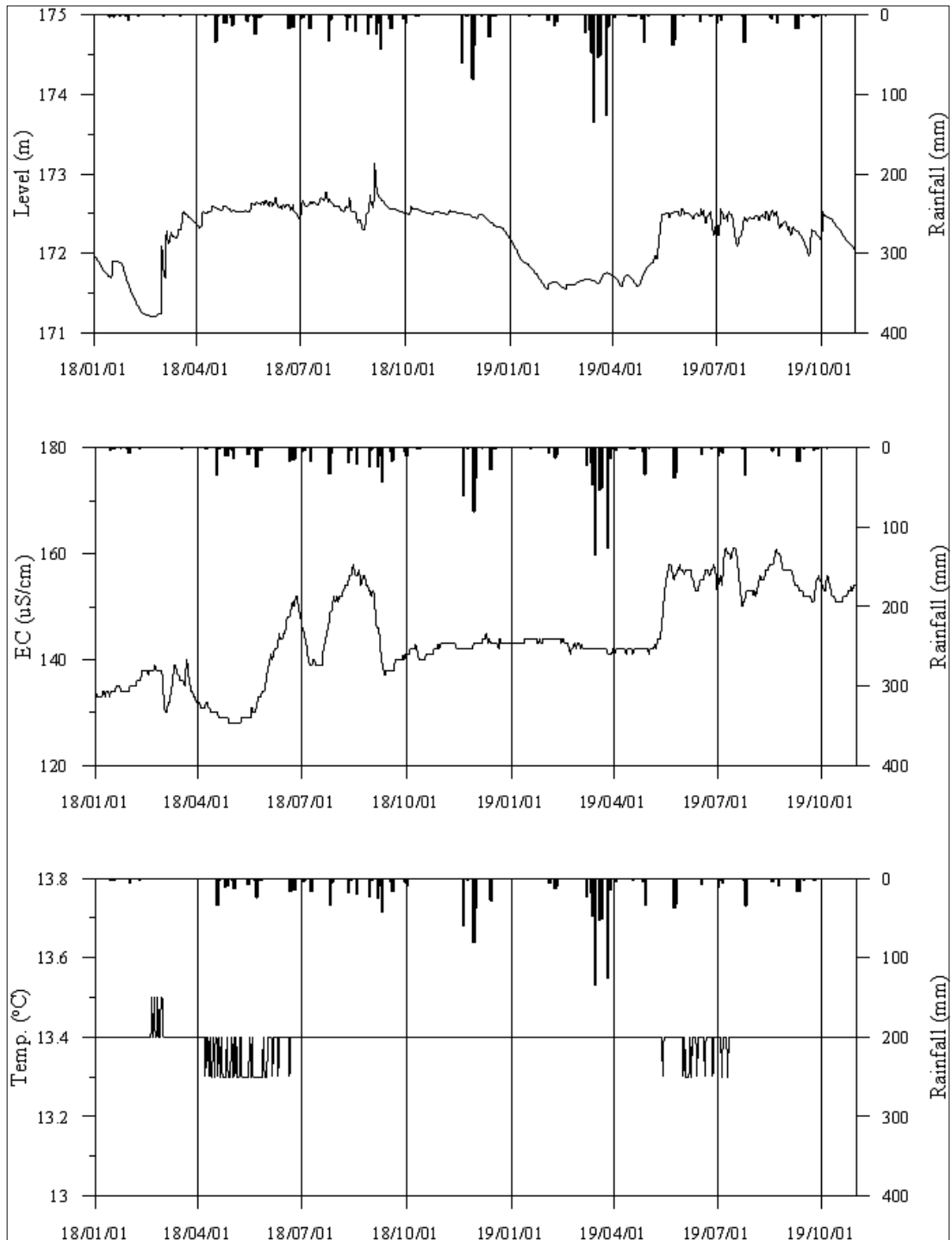
6. 장기관측 결과



<괴산1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<괴산2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<괴산3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 괴산1 관측공은 서쪽으로 증평군 도안농공단지과 괴산군 사리농공단지가 위치하여 지하수 관정 및 이용량이 많으며, 사리농공단지 주변부로 대규모 농경지가 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측코자 하였다. 괴산 2 관측공이 설치된 칠성면 도정리는 남쪽에 존재하는 구자산(920 m)자락으로 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2006년 괴칠지구 조사 시 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량 및 관정밀도가 높아 지하수 고갈이 우려된바 있다. 또한 오염원 분포밀도가 매우 높아 질산성질소 평균값이 농업용수 수질기준을 초과하며, 공업지역이 주변에 인접하여 지하수 오염이 우려됨에 따라 관측공을 설치하였다. 괴산3 관측공이 설치된 청천면 후평리는 구룡성산지 주변에 하천(달천)을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2007년 괴청지구 조사 시 단위면적당 이용량이 높게 나타난 지역으로 지하수 고갈이 우려되어 관측공을 설치하였다. 괴산 4 관측공은 불정면 앵천리 일대의 대수층을 통한 지하수의 수질, 수량변화 예측을 위해 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 괴산4 관측공의 양수량은 $310 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $3.91 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 91 m)이다. 물리검층 결과, 수온은 모든 심도에서 약 $14 \sim 16 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이며, Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 $400 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 이하이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")과 장노말(64 ") 값은 괴산4 관측공의 경우 40, 45, 55, 70, 75 m 구간에서 파쇄대 가능성이 높은 것으로 추정된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 괴산1 관측공의 2008년 이후 현재까지 전기전도도 값은 약 $140 \sim 370 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타났다. 괴산2 관측공은 모든 심도에서 $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로 나타났다. 괴산3 관측공은 케이싱 하부에서 약 35 m 심도까지 약 $130 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외이나, 이후 공저까지 증가하여 $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외까지 소폭 상승하였다. 괴산4 관측공은 모든 심도에서 $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외로 관찰되었다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 괴산1, 3 관측공은 Na+K 성분이 Ca+Mg 성분보다 우세하여 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분류되며, 괴산2, 4 관측공은 각각 Ca-HCO₃ 유형으로 괴산3 관측공의 경우 지표오염물질의 유입이 나타나는 것으로 분석되었다. 괴산지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 괴산4 관측공은 지표오염물질의 유입이 일부 나타나는 것으로 분석되어, 향후 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 5) 장기 관측결과 : 괴산1 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강이 뚜렷하며 연간 약 1 m 내외의 수위변화가 나타났다. 전기전도도 값은 수위변화와 상관성이 없으며 약 140 ~ 370 $\mu S/cm$ 범위이다. 괴산2, 괴산3 관측공은 2018년 이후 우기를 지나면서 전기전도도의 변화가 관찰되므로 우기 이후의 변화에 대한 중점적인 모니터링이 필요하다.
- 6) 관리 방안 : 괴산지구의 관측공은 농업활동과 관련한 지하수위와 수질변화를 지속적으로 모니터링 할 필요가 있으며, 특히 관개용수에 의한 지하수 함양과 지하수 수질 변화를 관측할 필요가 있다.

2.4.4 진천지구

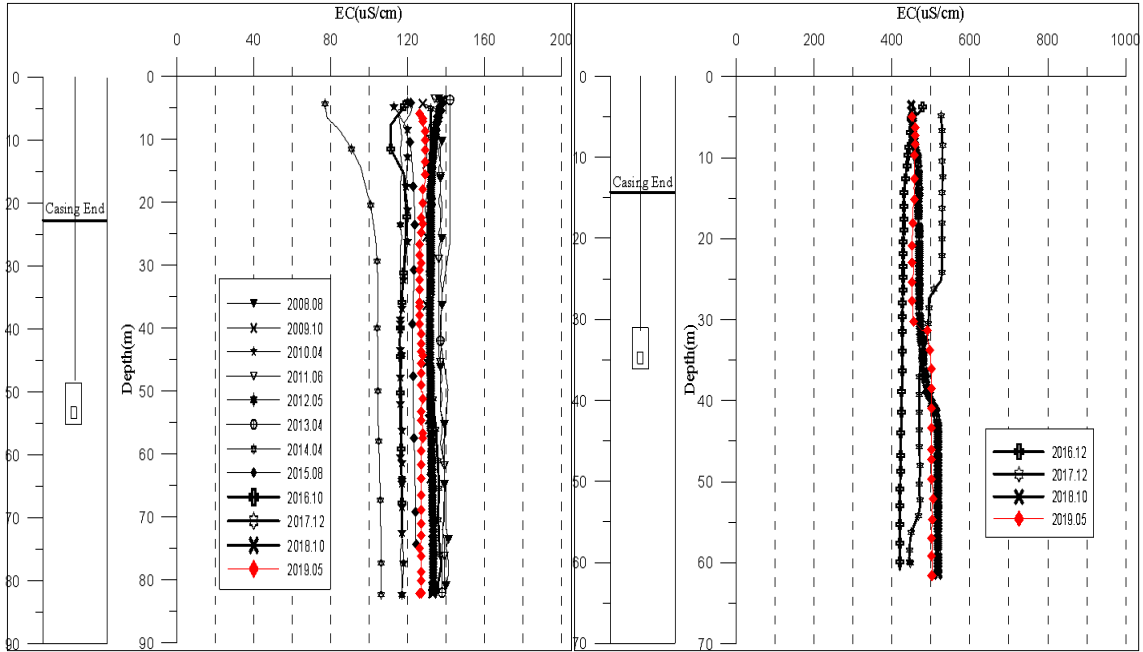
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
진천1	진천군 광혜원면 금곡리 265-2	238959.118	384229.113	83.43	2008	78.45
진천2	진천군 진천읍 신정리 794	240269.6066	372916.061	63.07	2016	59.16
진천3	진천군 덕산면 용몽리 426-2	245211.689	478454.714	62.10	2017	57.60
진천4	진천군 문백면 사양리 산47-2	241366.973	470536.39	75.983	2018	69.353

2. 지형 및 지질

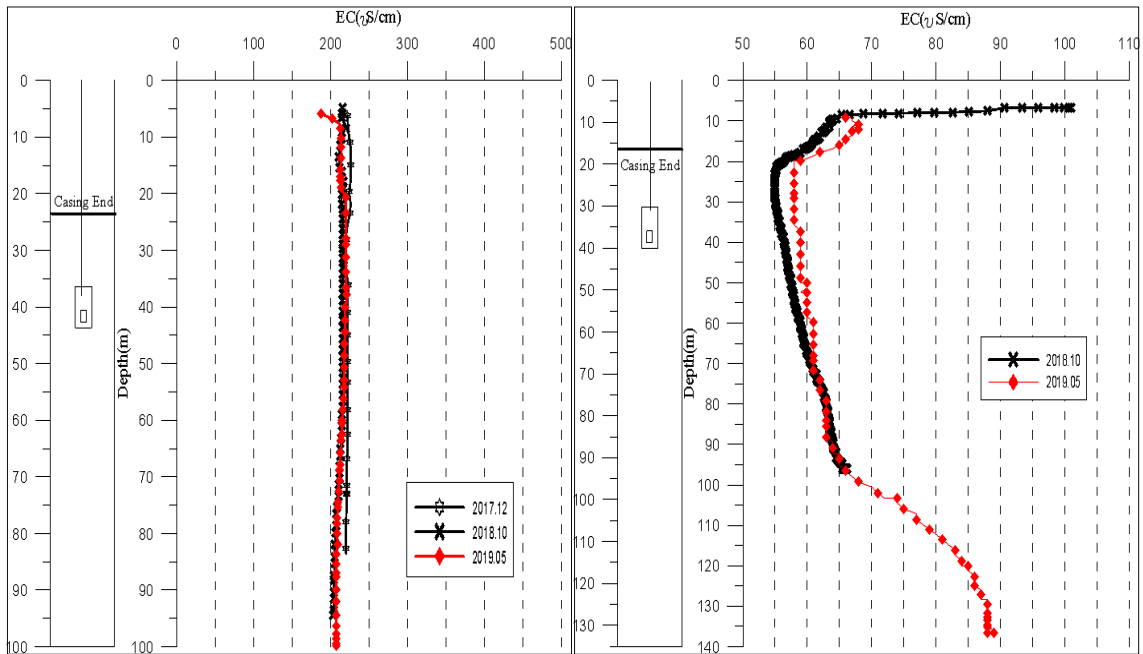
진천1 지구는 행정구역상 충청북도 진천군 광혜원면 금곡리 일대로 북북서에서 남남동으로 금곡천이 흐르고, 주변을 따라 대규모 농경지가 위치하고 있다. 지질은 쥬라기 조립질 화강암, 백악기 조립질 흑운모화강암으로 이루어져 있고, 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 진천2 지구 주변은 논농업이 주를 이루고 있으며, 관측공 서쪽으로는 자연부락(진천읍)이 크게 형성되어 있다. 인근에 농경지가 넓게 분포하여 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화 및 인근 도심지에 의한 지하수 수질의 변화를 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 흑운모편마암 및 조립질화강암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<관측공1>

<관측공2>



<관측공3>

<관측공4>

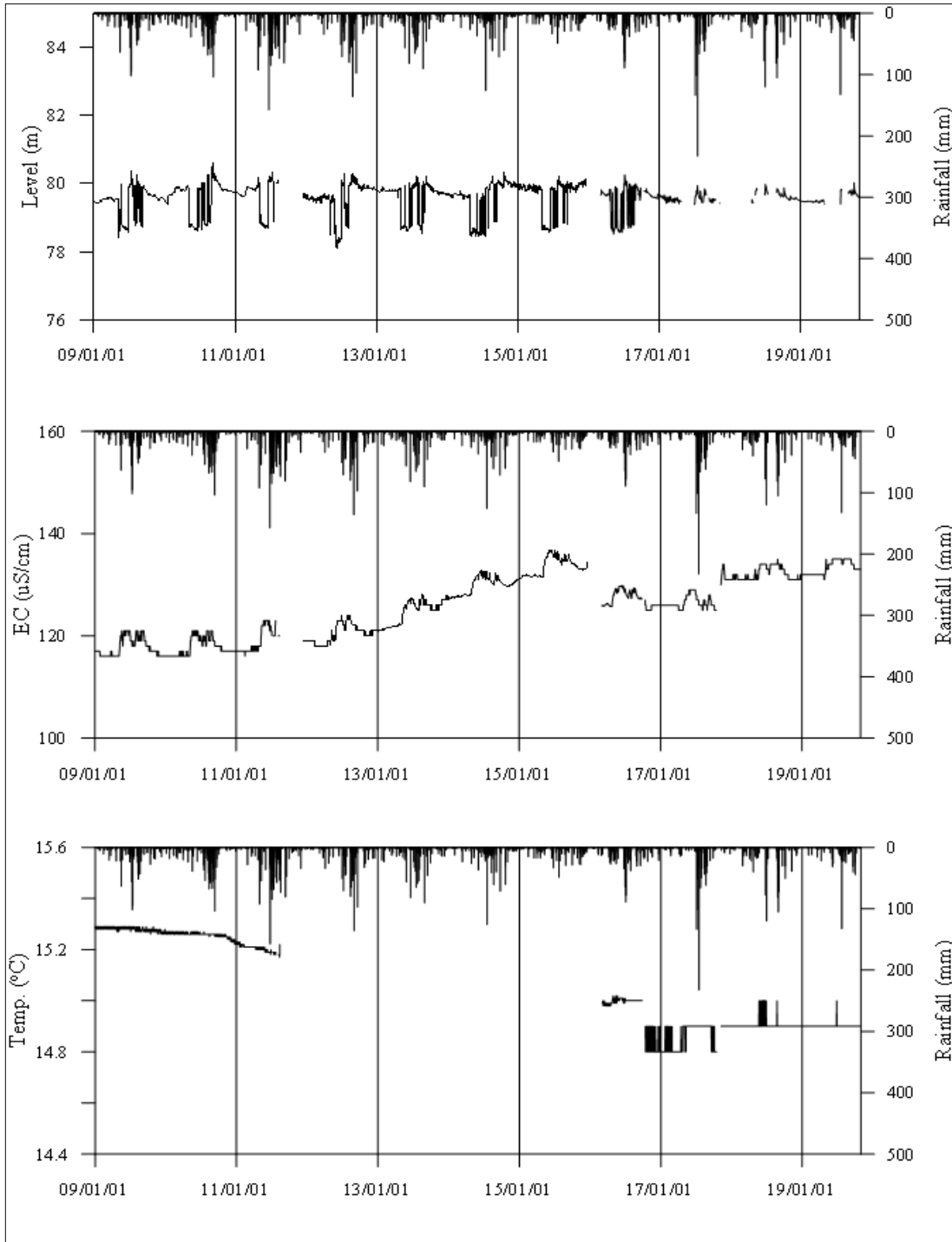
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

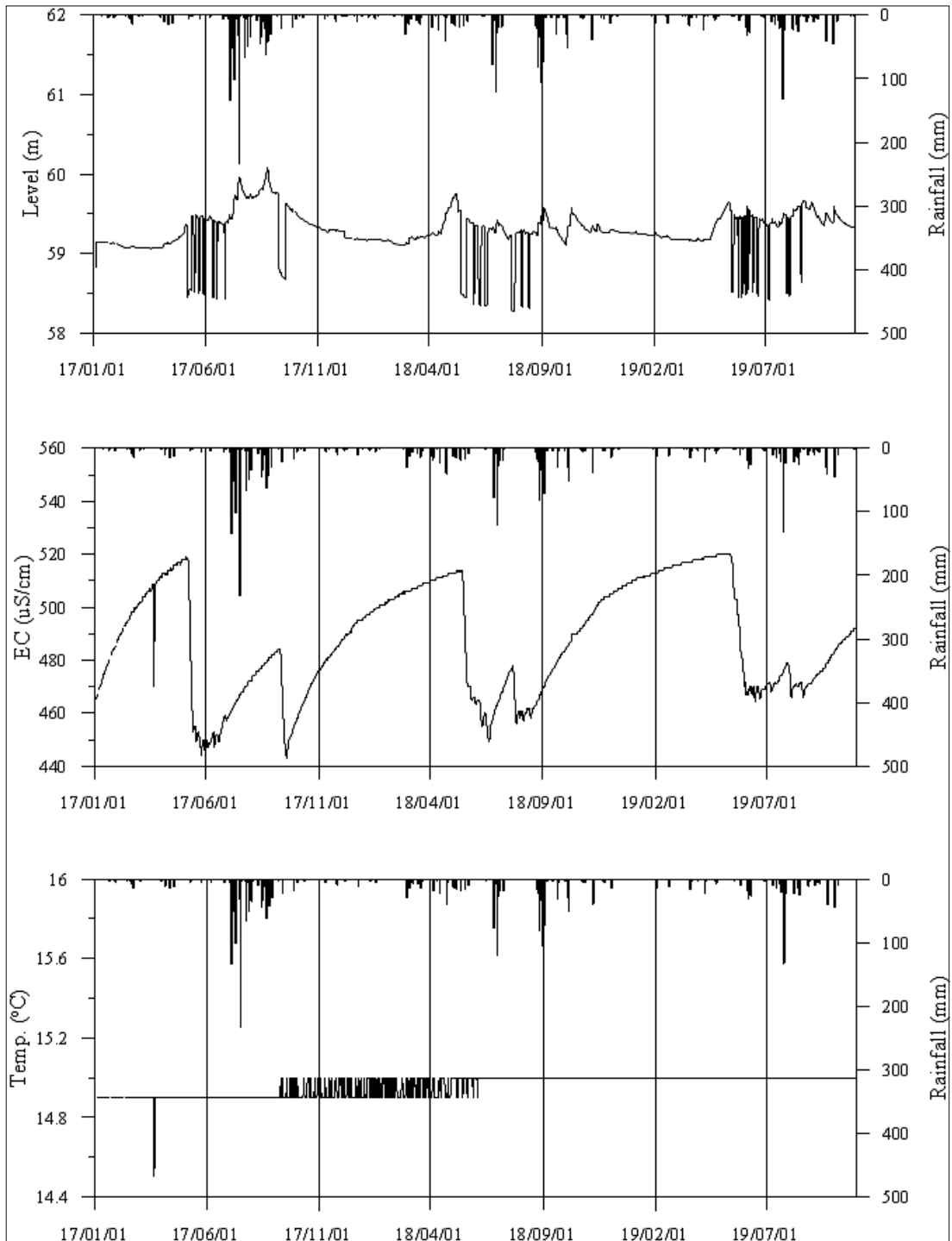
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
진천1	(2008.10)	5.99	1.83	1.15	14.77	4.31	4.07	57.95	2.22
	(2009.10)	6.51	2.00	1.28	17.17	4.33	3.59	61.00	2.03
	(2010. 4)	7.46	2.22	1.28	19.42	4.21	4.22	70.15	2.42
	(2011. 6)	7.19	2.05	1.16	17.45	4.37	3.58	70.15	2.05
	(2012. 5)	5.97	2.28	1.63	17.00	4.41	5.12	57.95	6.31
	(2013. 4)	7.15	2.01	1.03	16.78	3.84	4.80	61.00	4.32
	(2014. 4)	6.85	1.92	1.16	17.17	3.07	5.23	57.95	5.51
	(2015. 8)	6.62	2.05	1.19	17.43	4.56	4.88	57.95	3.08
	(2016. 6)	5.97	1.94	1.08	16.93	4.44	4.71	57.95	2.67
	(2017. 3)	7.90	2.01	1.10	16.93	3.66	6.13	57.95	5.30
	(2018.11)	6.86	1.87	1.19	15.40	4.37	3.95	54.90	2.70
(2019.10)	6.01	1.91	1.17	15.68	3.90	4.50	51.85	3.73	
진천2	(2016.12)	22.77	10.96	1.99	43.80	26.76	42.06	118.95	20.78
	(2017. 3)	23.96	11.21	2.57	47.64	28.83	45.09	158.60	13.01
	(2018.11)	8.84	3.36	1.73	25.04	3.70	19.38	42.70	28.36
	(2019.10)	21.67	10.25	2.37	44.88	30.18	42.97	137.25	15.17
진천3	(2017.10)	9.53	3.41	1.38	24.86	4.14	20.81	61.00	28.46
	(2018.11)	21.49	12.98	2.52	51.77	28.68	43.56	140.30	11.51
	(2019.10)	7.57	2.79	1.71	23.27	4.00	19.41	27.45	28.41
진천4	(2018.12)	9.47	0.22	0.64	3.01	1.10	1.36	30.50	N.D.
	(2019.10)	8.32	0.37	0.23	2.55	1.31	2.07	24.40	0.56

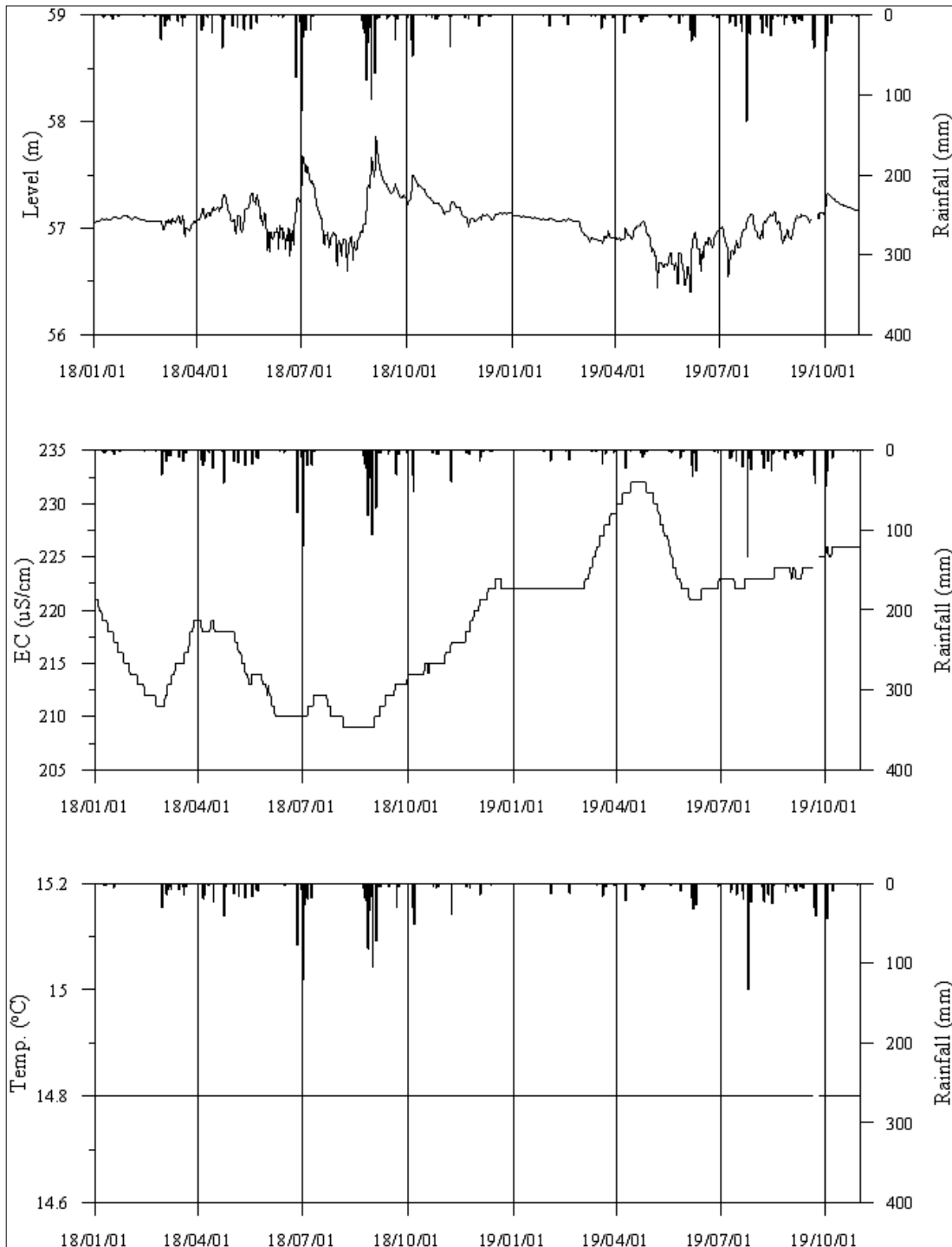
5. 장기관측 결과



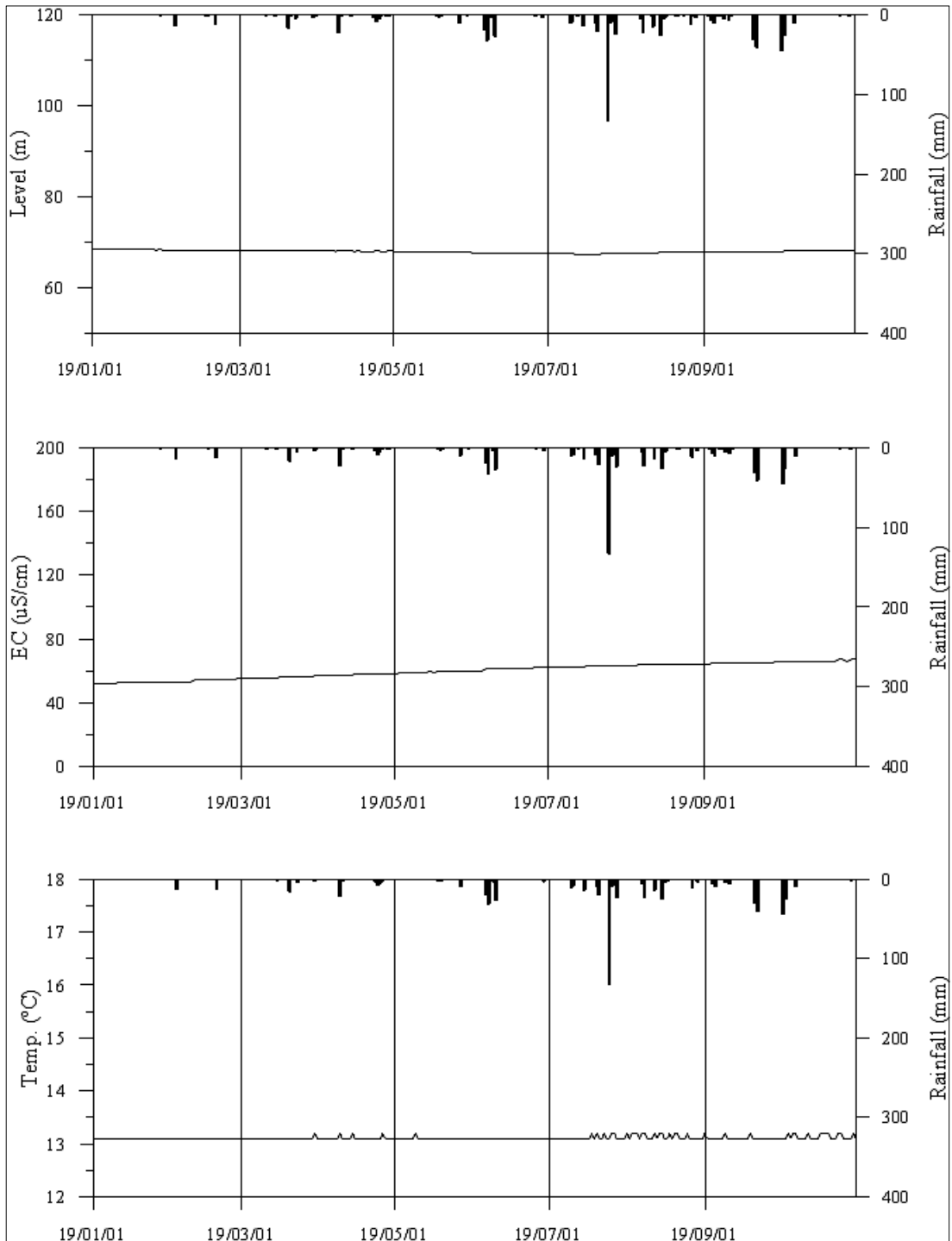
<진천1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진천2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진천3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진천4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진천1 관측공은 광혜원 산업단지(구 만승산업단지)와 북동쪽의 음성군 대소면 대소공업단지 및 동쪽의 대풍산업단지 등 여러 산업단지가 위치하고 있어 관정개발 및 이용량이 가장 높은 지역에 위치하고 있다. 또한 농경지가 넓게 분포하는 지역으로서 비료 및 농약의 시비로 인하여 오염가능성이 있으며, 한편으로 폐수, 오수발생 유발시설이 많은 산업단지의 영향으로 오염물질의 유입가능성이 높은 지역으로 지하수의 수량과 수질 관리를 위하여 선정하였다. 진천군 진천읍 신정리에 위치하는 진천2 관측공은 백곡천을 따라 발달한 농경지와 도심지 경계부에 설치되었다. 관측공 주변으로 경지정리된 농경지로 인하여 농경지 퇴비 및 비료사용, 도심지 생활폐수 유입으로 향후 지하수 수질오염 가능성이 있고, 봄철 영농기 농업용수 사용 급증에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 관측공을 설치하였다. 진천3 관측공이 설치된 덕산면 용몽리는 하천(한천)을 따라 농경지가 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2016년 진리지구 조사 시 개발가능량 대비 이용량 및 단위면적당 이용량이 가장 높게 나타나 지하수고갈이 우려되며, 잠재오염원이 가장 많이 분포하고 오염원 분포밀도도 가장 높게 나타난 지역으로 주변에 산업단지, 농공단지 및 거주지역에 인접하여 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다. 진천4 관측공이 설치된 문백면 사양리는 개발가능량 대비 이용량과 단위면적당 이용량이 가장 높은 신정리 인근에 위치하며, 질산성질소 평균농도가 높아 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 진천1 관측공의 전기전도도는 $140 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 없다. 진천2 관측공의 전기전도도는 $420 \sim 540 \mu S/cm$ 범위이며, 케이싱 하부부터 공저까지 전기전도도의 큰 변화는 관찰되지 않았다. 진천3 관측공의 전기전도도는 $215 \sim 230 \mu S/cm$ 범위이다. 진천4 관측공의 전기전도도는 $55 \sim 103 \mu S/cm$ 범위로 나타났으며, 심도가 증가할수록 전기전도도가 증가하는 경향이 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 진천1, 2, 4 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당하며, 진천3 관측공은 $Na-Cl$ 유형에 해당된다. 진천지구 관측공 질산염

농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 진천1 관측공은 강수에 의한 지하수 변동과 급수 관개시기에 주변 지하수 이용에 따른 수위 강하 현상이 동시에 나타나며, 지하수위 변화 폭은 3 m 내외이다. 전기전도도 값은 125 $\mu S/cm$ 내외이다. 농업용수 수질분석 결과 모두 적합하게 나타나 농업용수 이용에 문제없을 것으로 판단된다. 진천2 관측공은 강수와 반응이 좋고, 전기전도도는 약 440 ~ 500 $\mu S/cm$ 범위로서 담수범위이나, 관측기간이 짧기 때문에 향후 꾸준한 관측을 통해 좀 더 상세한 분석이 필요하다. 진천3 관측공은 2018년 우기 이후 전기전도도 증가하다가 2019년 4월 이후 다시 감소하며, 220 $\mu S/cm$ 내외를 유지하고 있다. 진천4 관측공은 수위, 전기전도도, 온도 모두 큰 변화가 관찰되지 않았다.
- 5) 관리 방안 : 진천1 관측공은 수량과 수질관리 유역에 설치하였고, 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다. 진천2, 3, 4 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.4.5 증평지구

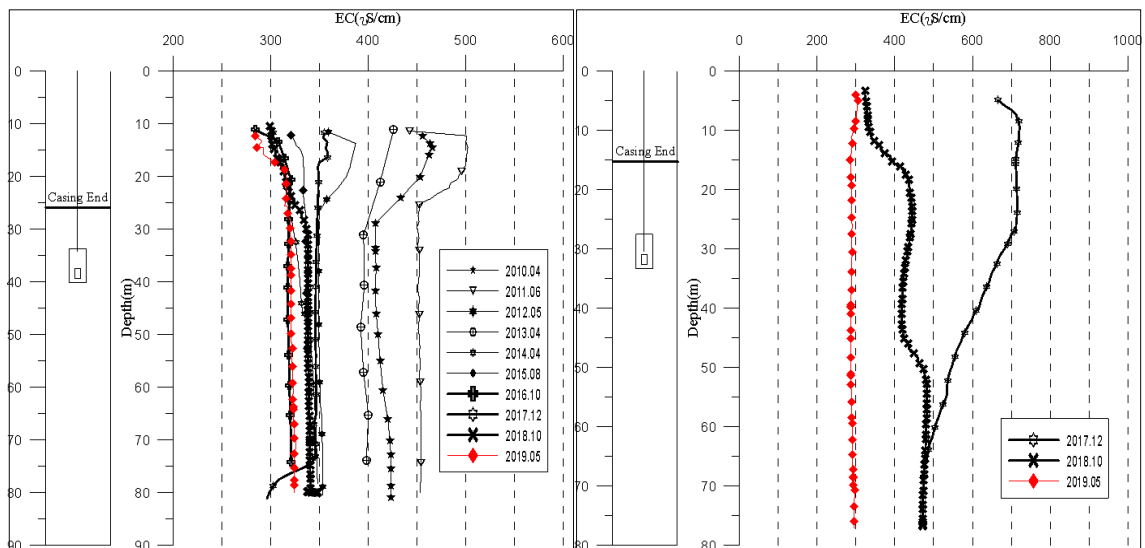
1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
증평1	증평군 증평읍 장동리 734	252397.650	364870.384	67.922	2009	56.57
증평2	증평군 도안면 석곡리 664	255807.728	468755.314	68.84	2017	65.54

2. 지형 및 지질

증평군은 한반도 중부지역 내 북북동으로 주향하는 차령산맥과 그 남쪽의 소백산맥과의 중심부에 위치하며, 증평읍을 중심으로 한 중부지역은 노년기적 구릉성 산계를 나타내며 낮은 산릉과 넓은 충적평야가 발달하여 있다. 수계는 청안천과 보강천이 증평읍 북쪽에서 합류하여 보광천을 이루며 내수-청주를 거쳐 금강에 유입된다. 지질특성은 시대미상의 퇴적기원 변성암층군과 화강암류, 그리고 경상계의 퇴적암류로 구성되며 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

3. 지하수 검층



<증평1 관측공>

<증평2 관측공>

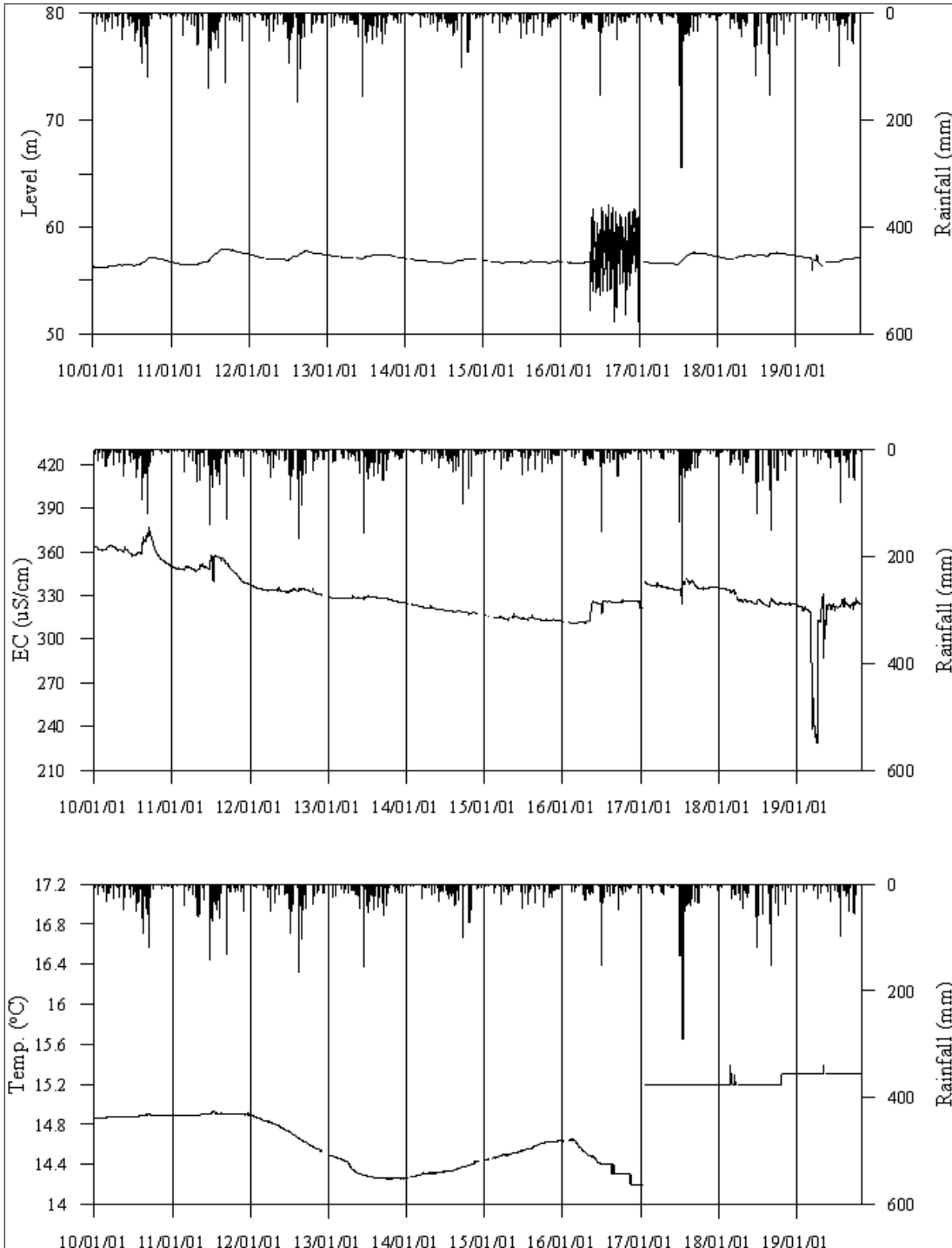
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

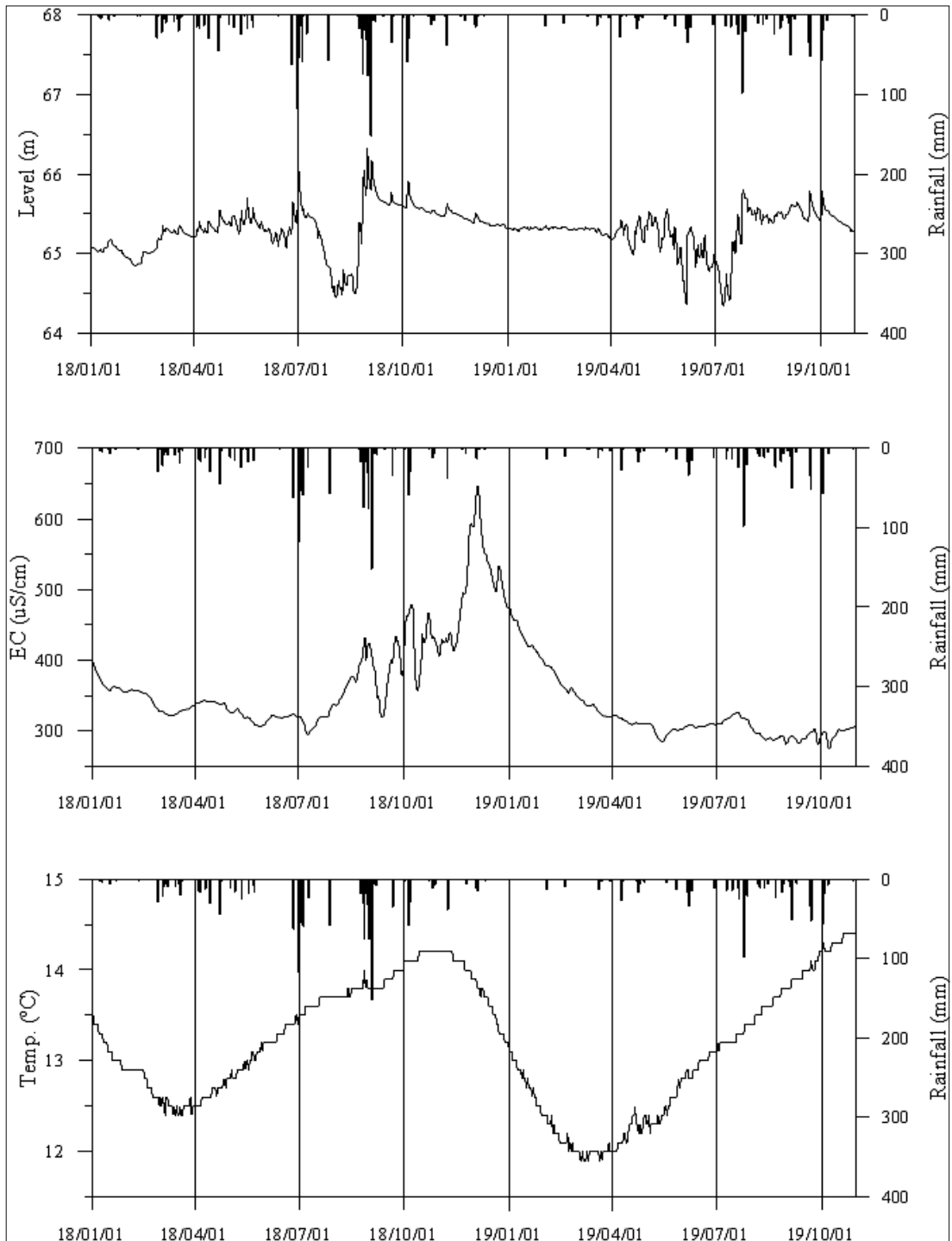
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
증평1	(2009.10)	24.73	7.62	1.29	43.26	3.46	59.38	79.30	62.37
	(2010. 4)	28.89	7.65	1.10	40.76	3.89	58.38	70.15	58.78
	(2011. 6)	27.98	7.00	1.02	38.25	3.85	53.16	79.30	56.52
	(2012. 5)	26.92	6.83	1.13	50.39	7.80	51.07	36.60	131.24
	(2013. 4)	26.13	6.56	0.95	35.76	4.46	49.98	82.35	53.17
	(2014. 4)	25.59	6.18	1.08	34.77	5.18	44.58	70.15	52.20
	(2015. 8)	26.23	6.35	1.06	32.11	3.02	48.76	73.20	36.56
	(2016. 6)	22.91	5.70	1.05	30.61	0.05	29.41	109.80	11.85
	(2017. 3)	26.99	6.09	1.01	30.78	0.50	45.81	106.75	3.96
	(2018.11)	22.66	5.84	1.14	29.47	2.43	36.66	82.35	17.51
(2019.10)	24.27	4.93	0.97	26.17	1.08	35.07	91.50	6.38	
증평2	(2017. 9)	13.56	4.84	1.50	19.15	7.98	16.32	85.40	6.43
	(2018.11)	25.54	7.04	5.81	29.69	15.55	41.80	91.50	1.93
	(2019.10)	22.42	5.53	4.91	24.06	16.69	25.99	82.35	9.68

5. 장기관측 결과



<중평1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<중평2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 증평1 관측공은 증평읍 소재지에 광역상수도가 보급된 이후에도 지하수가 꾸준히 사용되고 있고, 주거지 및 근린생활 밀집지역으로 지하수 오염인자 유입 개연성이 높은 지역에 위치한다. 또한 지하수 사용은 지속되나 강수에 따른 함양조건이 불량(도심지)한 지역으로 지하수장애 발생 가능성이 높아 수질 및 수량의 변화를 관측하기 위해 선정하였다. 증평2 관측공이 설치된 도안면 석곡리는 구룡성산지 주변에 하천(보강천)을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2008년 괴도지구 조사 시 단위면적당 이용량 및 관정밀도가 높은 도당리에 인접하며, 단위면적당 오염부하량이 우세한 지역으로 주변에 산업단지 및 농공단지가 인접하여 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 증평1 관측공의 전기전도도는 2009년 이후부터 현재까지 케이싱 심도 하부구간에서 약 $530 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 거의 없다. 증평2 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 하부구간에서 약 $730 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따라 전기전도도가 감소하는 경향을 보였으나, 2019년은 $300 \mu S/cm$ 내외로 심도에 따른 전기전도도의 변화는 관찰되지 않았다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 증평1, 2 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당된다. 증평1 관측공은 하폐수 등 지표오염물질이 지하로 유입되는 것으로 추정되며, 특히 질산염 농도는 2015년 이래로 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 이하로 검출되는데, 이 시기부터 상대적으로 수질관리가 잘 이루어지고 있는 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 증평1 관측공의 지하수위는 건기에 감소하며, 우기 이후 상승한다. 연간 지하수위 변동폭은 약 2 m 내외이나, 2016년 하반기에는 주변지하수 양수의 영향을 받아 약 20 m 내외의 수위변동이 나타났다. 전기전도도는 관측공 개발 이후 약 $320 \sim 380 \mu S/cm$ 범위로 나타났으나, 2019년은 전기전도도가 일시적으로 감소하였다가 다시 회복되는 현상이 나타났다. 증평2 관측공은 2018년 말부터 2019년 초까지 전기전도도가 상승하는 경향이 나타나고, 주기적인 온도 변화가 관찰됨에 따라 장기적인 모니터링이 필요하다.

- 5) 관리 방안 : 증평지구 관측공은 수량과 수질관리 유역에 설치하였는데, 염소이온 및 질산염 이온을 포함한 지표오염물질 등에 의한 오염취약성이 높으므로 장기 관측을 통하여 오염물질의 유입 방지 대책 등을 수립할 필요가 있다.

2.4.6 옥천지구

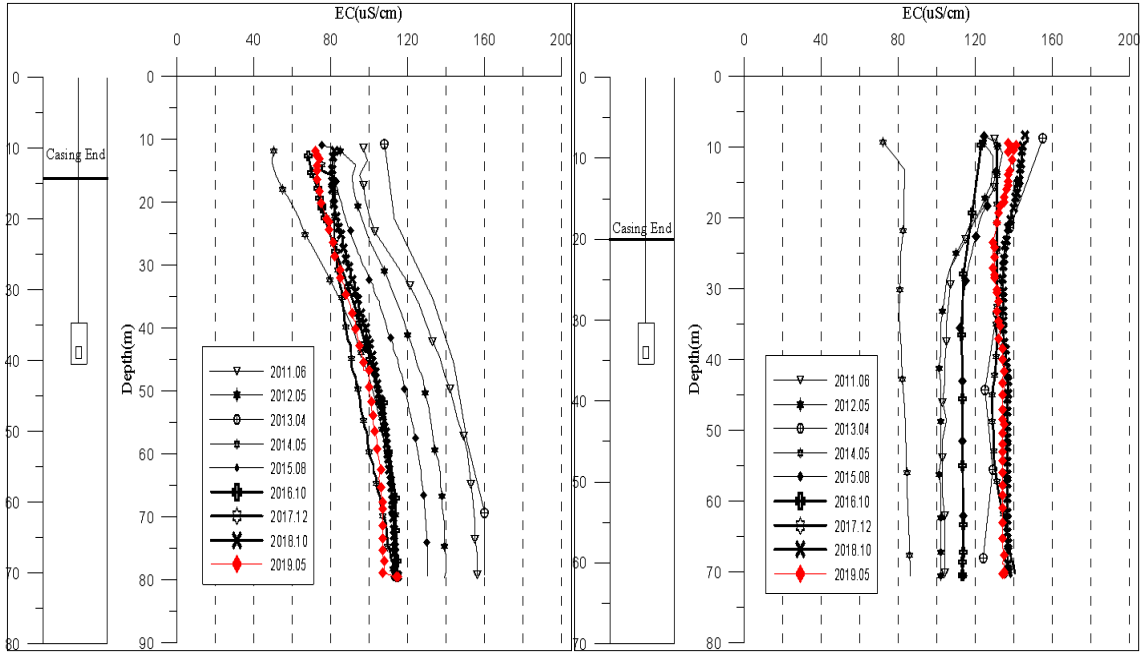
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
옥천1	옥천군 동이면 금암리 산42-1	256624.41	309492.19	116.78	2011	105.83
옥천2	옥천군 이원면 윤정리 837	256062.52	302404.72	130.20	2011	121.81
옥천3	옥천군 옥천읍 매화리 204-8	253163.6216	311432.5201	109.19	2016	107.84
옥천4	옥천군 청산면 관수리 889	272203.4154	315172.1527	114.77	2016	111.77

2. 지형 및 지질

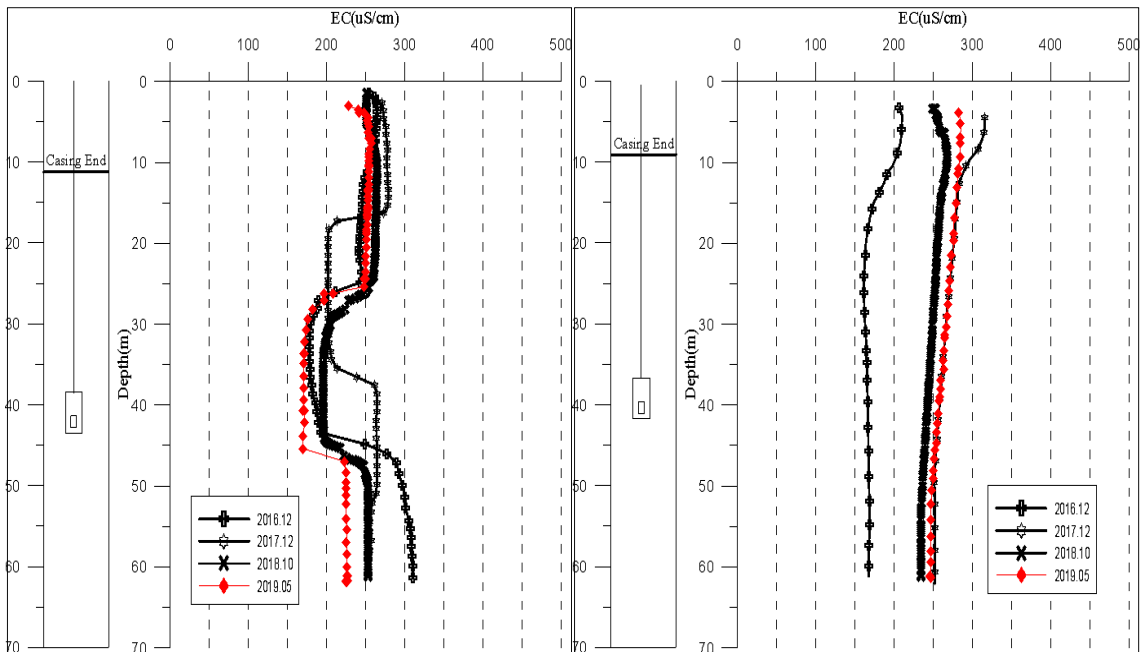
옥천1, 2 관측공은 옥천군의 남부 이원면과 동이면에 위치하고, 4개의 농촌용수구역 중 옥동구역으로서 보청천 합류점, 대청댐 상류 2개의 표준구역으로 이루어져 있다. 조사지역의 북동부는 옥천누층군의 분포지로 대체로 험준한 산계를 형성하고 있으며, 남서부는 화성암지역으로 풍화작용으로 낮은 구릉과 저지대가 분포한다. 지질은 지형과 관련하여 북동부는 선캠브리아시대 암회색 점판암 및 천매암과 캄브리아기 각섬암이 주를 이루고, 이를 관입한 유라기 청산화강암과 백악기 반상흑운모 화강암은 조사지역 남부를 덮고 있으며, 하천을 따라 제4기 충적층이 넓게 분포하고 있다. 옥천3 관측공 주변은 논농업이 주를 이루고 있으며, 관측공 북쪽으로는 자연부락이 형성되어 있다. 인근에 농경지가 넓게 분포하여 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 옥천화강암 및 흑운모화강암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다. 옥천4 관측공 남동쪽으로는 자연부락이 형성되어 있으며, 북쪽으로 약 750 m에 보청천이 흐르고 있다. 인근에 농경지가 넓게 분포하여 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 반상화강암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<옥천1 관측공>

<옥천2 관측공>



<옥천3 관측공>

<옥천4 관측공>

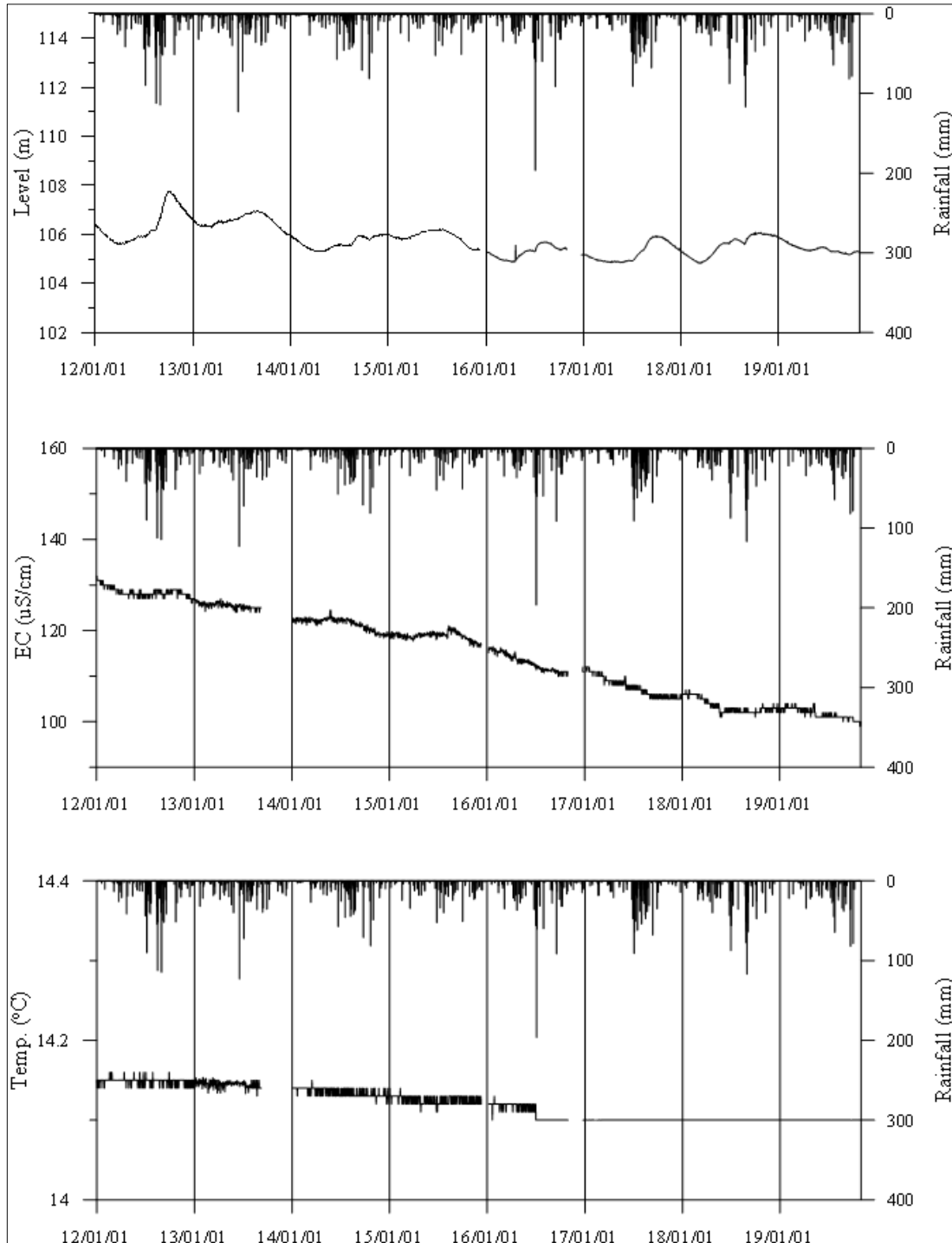
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

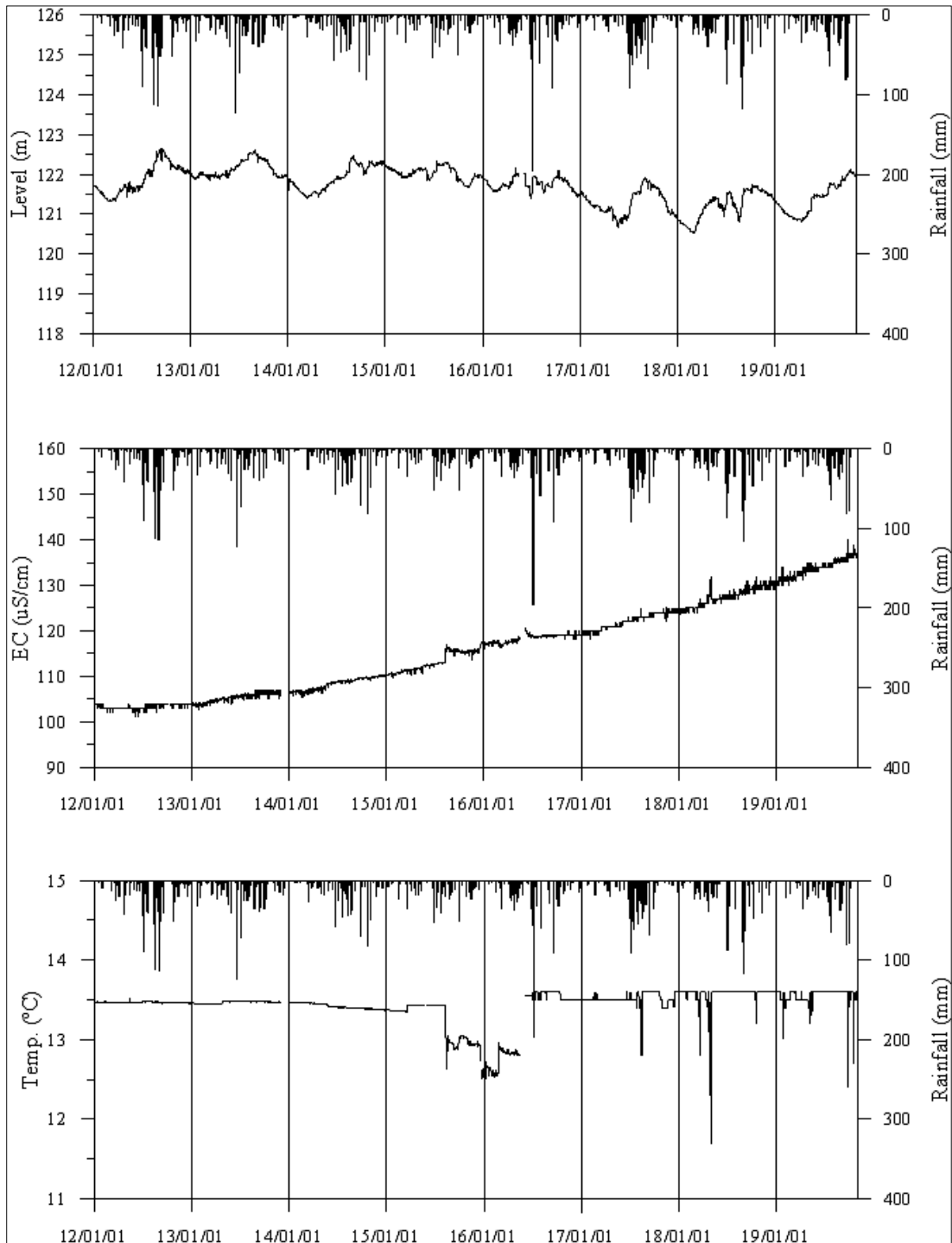
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
옥천1	(2011. 6)	12.66	0.72	0.74	10.45	6.52	3.37	54.90	0.51
	(2012. 5)	14.64	0.72	0.68	7.91	7.17	3.47	48.80	ND
	(2013. 4)	12.69	0.56	0.57	8.66	6.93	3.63	51.85	0.53
	(2014. 5)	12.85	0.57	0.51	7.35	6.09	3.36	45.75	0.59
	(2015. 8)	12.82	0.37	0.48	7.04	6.10	4.14	42.70	0.08
	(2016. 6)	10.36	0.47	0.43	8.69	6.02	2.17	48.80	ND
	(2017. 3)	13.43	0.30	0.41	6.70	6.27	4.22	39.65	0.94
	(2018.11)	10.73	0.21	0.73	5.70	5.85	3.41	30.50	0.81
	(2019.10)	10.07	0.33	0.36	4.79	5.64	3.33	30.50	0.33
옥천2	(2011. 6)	11.58	2.13	0.58	9.77	0.64	6.26	38.70	26.27
	(2012. 5)	13.42	2.28	0.78	12.19	4.08	5.84	30.50	48.37
	(2013. 4)	12.02	1.98	0.56	8.58	1.28	5.87	36.60	21.41
	(2014. 5)	12.36	2.24	0.60	9.79	1.96	5.48	42.70	19.64
	(2015. 8)	13.01	2.18	0.61	9.54	1.82	7.69	39.65	23.74
	(2016. 6)	10.87	2.03	0.52	9.25	1.70	4.08	48.80	14.01
	(2017. 3)	14.41	2.33	0.56	10.08	1.65	7.11	45.75	22.69
	(2018.11)	13.76	2.33	0.85	10.61	1.64	6.16	45.75	21.75
	(2019.10)	11.49	2.12	0.52	9.07	1.82	6.08	39.65	20.38
옥천3	(2016.12)	18.38	5.00	0.88	39.81	20.24	19.73	8.45	40.97
	(2017. 3)	14.90	4.40	0.66	35.83	16.28	15.04	79.30	30.66
	(2018.11)	13.72	4.23	0.96	30.08	14.21	12.67	70.15	26.53
	(2019.10)	11.45	3.45	0.59	29.39	13.40	11.59	64.05	24.71
옥천4	(2016.12)	11.21	4.23	0.87	18.23	6.15	12.89	67.10	9.95
	(2017. 3)	15.68	6.11	1.71	28.67	13.48	22.70	94.55	5.02
	(2018.11)	16.74	4.76	1.83	29.33	6.93	17.68	103.70	0.08
	(2019.10)	14.21	4.50	1.31	26.52	10.21	21.19	100.65	0.29

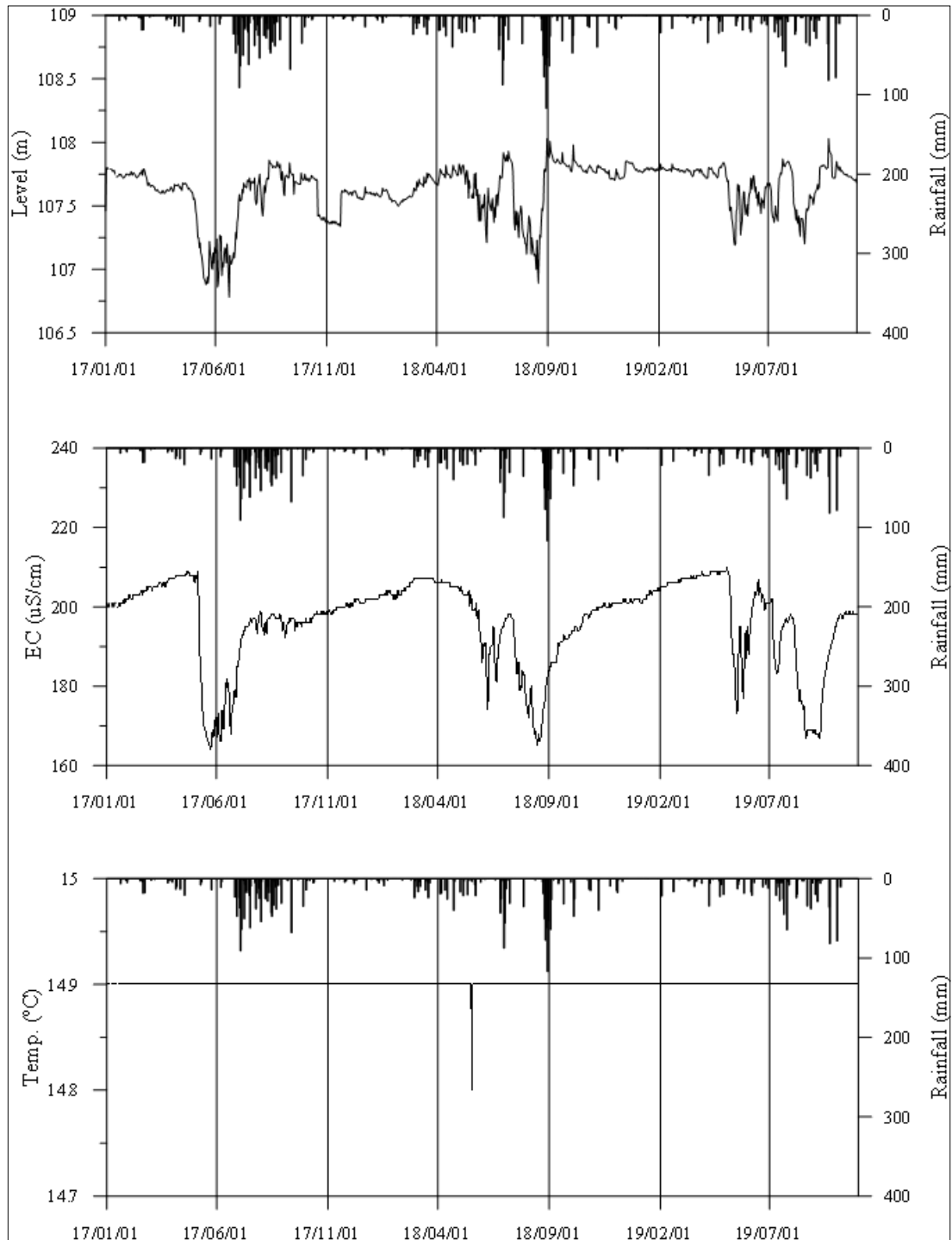
5. 장기관측 결과



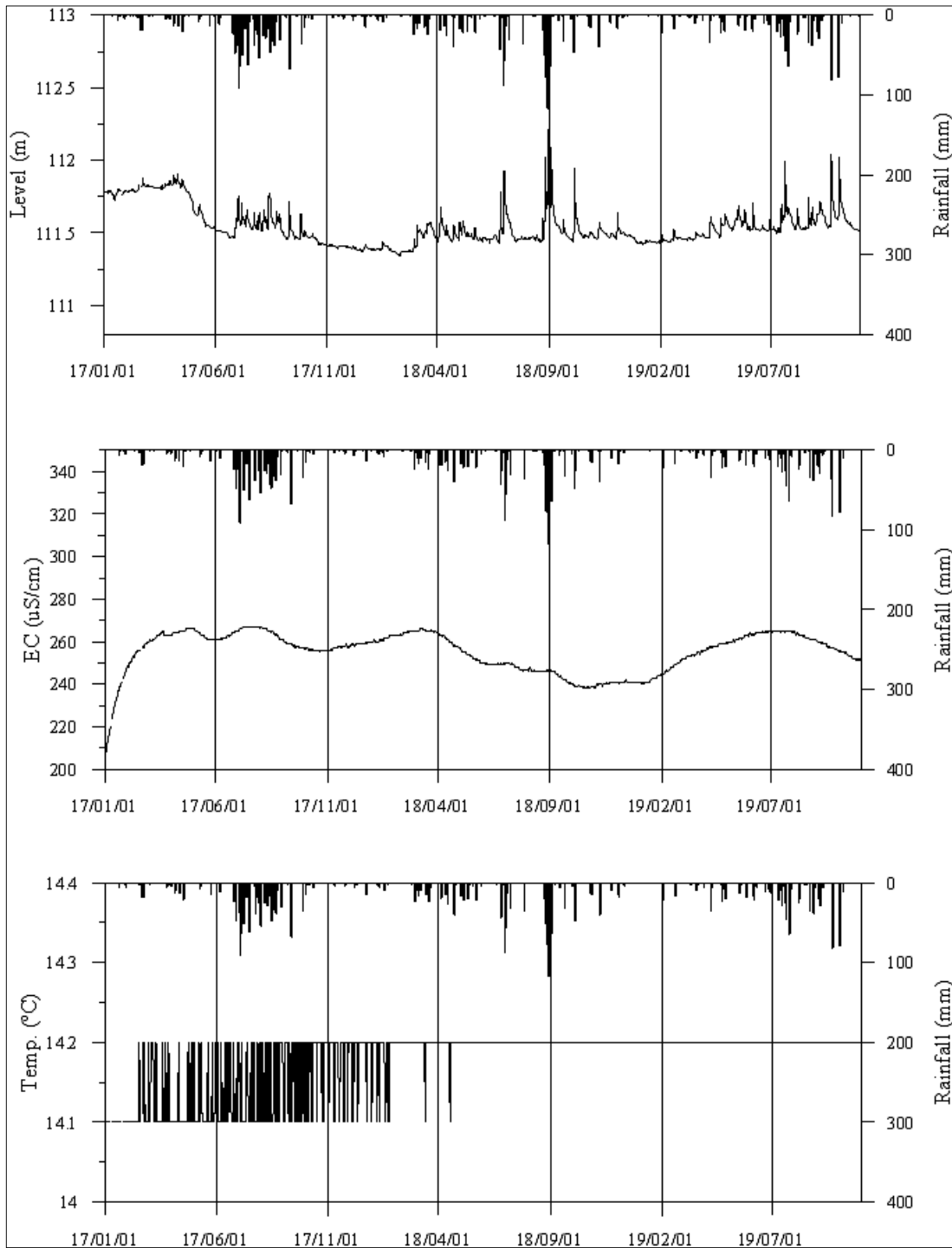
<옥천1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<옥천2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<옥천3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<옥천4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 옥천1, 2 관측공은 지하수 관정 수와 관정밀도가 높으며, 단위면적당 오염 부하량이 높은 지역으로 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 곳에 위치한다. 따라서 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 하였다. 옥천3 관측공은 주변으로 농경지가 넓게 펼쳐져 있으며, 농경지 퇴비 및 비료사용으로 향후 지하수 수질오염 가능성이 있고, 대규모 농공단지 및 농업용수 사용에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 관측공을 설치하였다. 옥천4 관측공은 보청천을 따라 주변으로 경지 정리된 농경지가 넓게 펼쳐져 있으며, 개발가능량 대비 이용량이 비율이 높아 농업용수 사용에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 옥천1, 2 관측공은 심도에 따른 전기전도도의 변화는 거의 없으며, 공통적으로 $160 \mu S/cm$ 이하의 범위로 나타났다. 옥천3 관측공의 전기전도도는 약 $170 \sim 320 \mu S/cm$ 범위이며, 심도 약 25 m까지 일정하다 25 ~ 45 m까지 낮은 전기전도도값 (약 $170 \sim 200 \mu S/cm$)을 보인다. 45 m에서 다시 급격히 증가하여 $320 \mu S/cm$ 까지 증가한다. 옥천4 관측공은 약 $160 \sim 320 \mu S/cm$ 범위이며 공저까지 완만하게 감소 추세이다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 옥천1, 2, 3, 4 관측공은 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 옥천2 관측공은 2012년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 이를 제외하고는 매년 먹는 물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리가 필요한 것으로 나타났다.
- 4) 장기 관측결과 : 옥천1, 2 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강 현상 및 주변 지하수 이용에 따른 수위강하도 구간별로 나타나며 약 2 ~ 3 m 내외의 수위변화가 나타났다. 옥천1 관측공의 전기전도도는 수위변화와 관계없고 완만하게 ($134 \mu S/cm$ 에서 $100 \mu S/cm$ 로 감소) 감소 추세가 나타났다. 옥천2 관측공의 전기

전도도는 수위변화와 관계없이 완만하게($104 \mu S/cm$ 에서 $135 \mu S/cm$ 로 증가) 증가하는 추세이다. 옥천3, 4 관측공 지하수위는 강우에 반응하며, 전기전도도는 $160 \sim 260 \mu S/cm$ 범위로서 담수범위이고, 향후 지속적인 관측을 통한 모니터링이 필요하다.

- 5) 관리 방안 : 옥천지구의 옥천1, 2 관측공은 지하수위 강하 현상은 없지만, 질산염에 의한 오염이 간헐적으로 발견된다. 장기관측을 통해 지하수위의 감소 및 오염물질의 유입 등의 모니터링이 필요하다. 옥천3, 4 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.4.7 영동지구

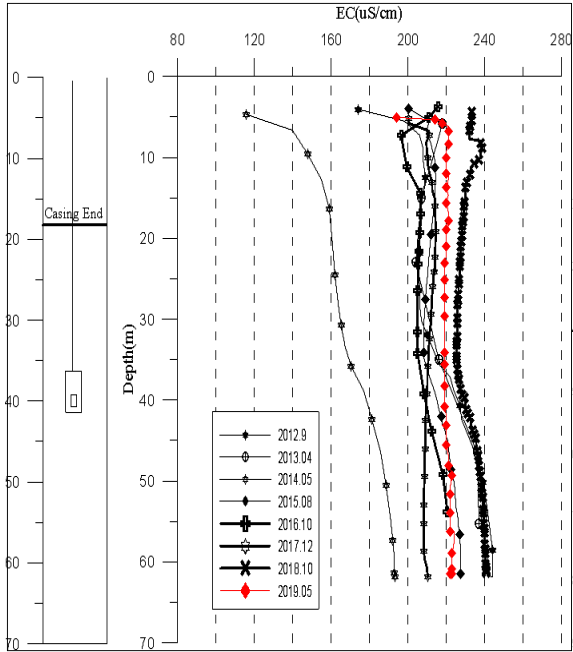
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영동1	영동군 추풍령면 관리 600	288611.72	302169.43	212.15	2012	208.15
영동2	영동군 용산면 구촌리 500-7	274847.5011	306831.0239	155.639	2013	149.59
영동3	영동군 학산면 봉소리 306-2	260675.729	286553.401	158.563	2014	156.05
영동4	영동군 심천면 장동리 367	262082.379	403008.875	97.135	2018	92.215

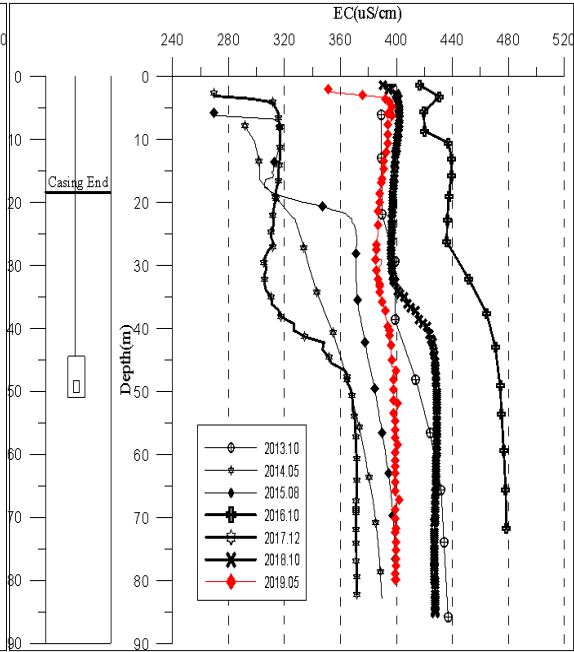
2. 지형 및 지질

영동지구는 남쪽으로 높의산(743 m)이 위치하고 있어 고지형을 이루고, 북쪽으로는 상대적으로 저지형을 이루고 있으며, 수계는 수지상으로 발달하고 있다. 지질은 북서부에서는 중생대 쥐라기와 백악기의 화강암류가 분포하여 상대적으로 낮은 지형을 이루고, 남동부에는 선캄브리아기의 변성암복합체와 시대미상의 변성퇴적암, 퇴적암 및 화산암류 등이 분포하여 표고가 높은 지형을 형성하고 있다.

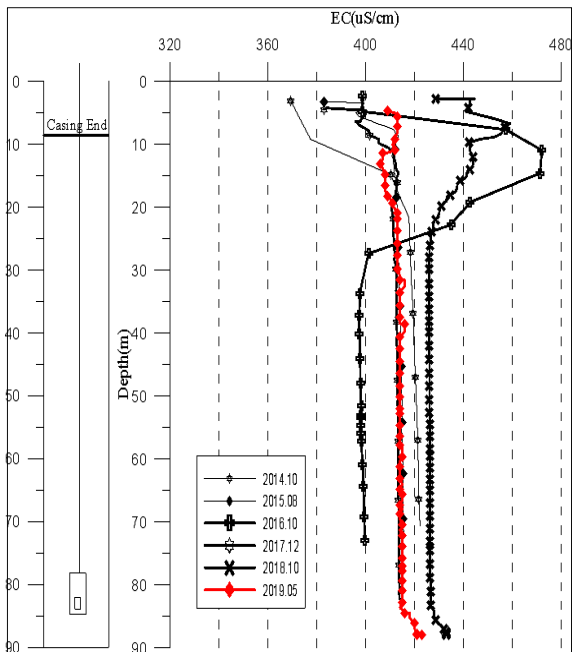
3. 지하수 검층



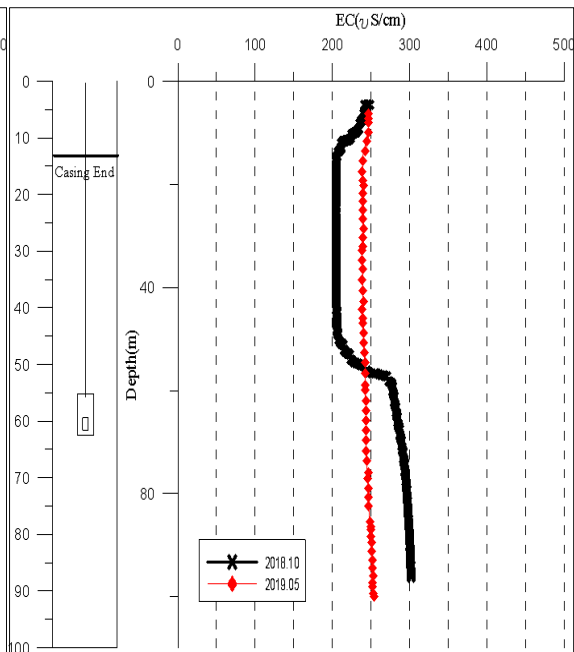
<영동1 관측공>



<영동2 관측공>



<영동3 관측공>



<영동4 관측공>

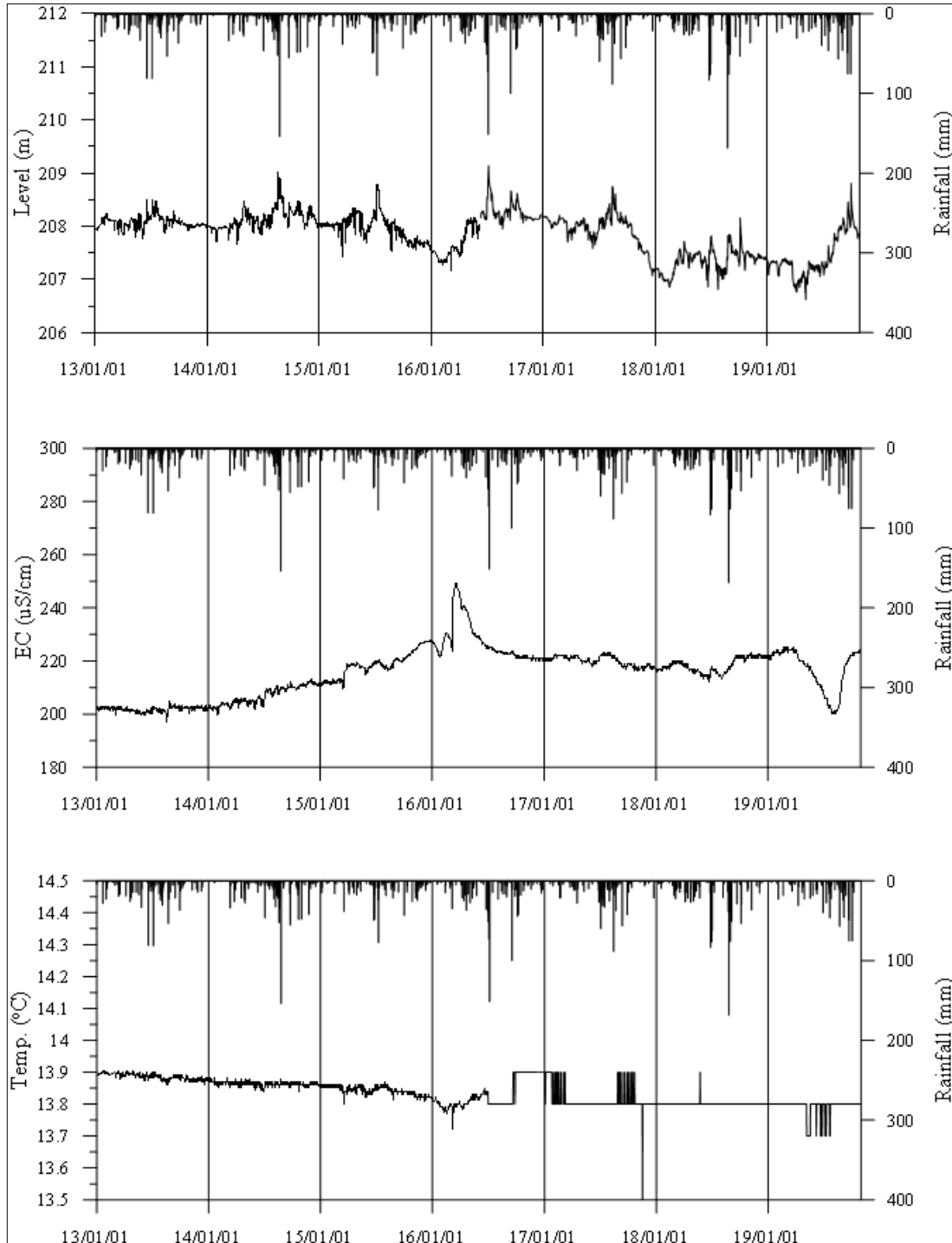
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

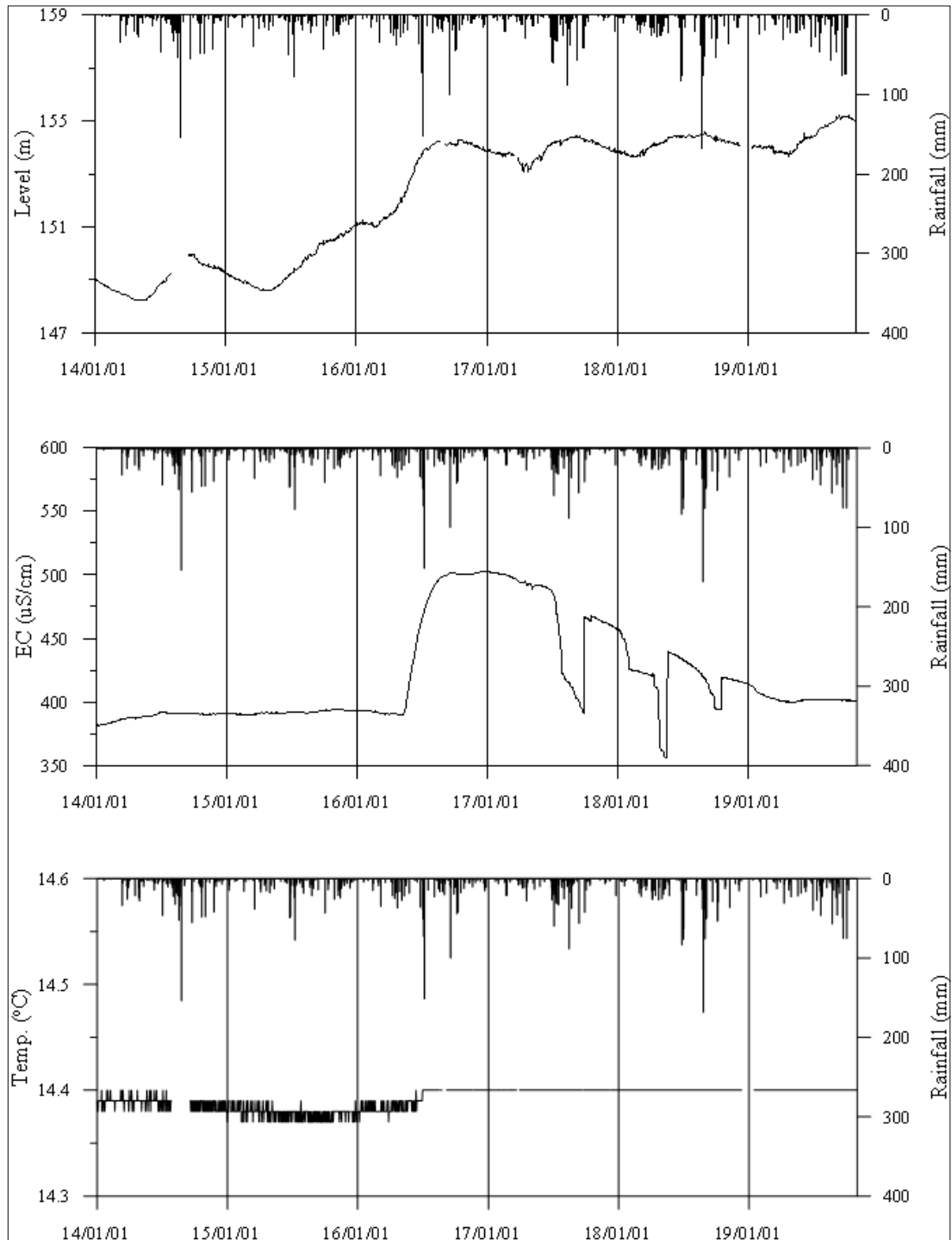
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
영동1	(2012. 9)	13.36	3.65	1.34	26.16	4.32	8.04	119.61	5.91
	(2013. 4)	12.33	3.35	1.12	22.44	3.72	7.26	100.65	7.00
	(2014. 5)	10.31	3.83	1.34	26.83	3.89	7.58	94.55	8.38
	(2015. 8)	12.93	4.24	1.46	28.42	4.19	9.28	125.05	11.13
	(2016. 6)	11.78	4.01	1.37	28.97	5.21	6.96	115.90	6.69
	(2017. 3)	13.76	4.35	1.48	30.38	4.50	8.23	115.90	9.81
	(2018.11)	12.36	4.07	1.46	27.41	4.99	8.91	94.55	9.85
(2019.10)	11.95	3.85	1.33	25.07	2.81	8.10	109.80	0.24	
영동2	(2013.10)	18.57	11.71	3.20	40.76	16.13	20.63	164.70	29.47
	(2014. 5)	15.45	11.20	2.90	38.56	13.82	18.01	128.10	24.43
	(2015. 8)	19.19	10.74	3.78	41.06	14.76	21.81	131.15	27.02
	(2016. 6)	18.03	12.31	4.97	49.20	18.66	20.51	149.45	31.43
	(2017. 3)	20.02	14.43	4.31	52.30	26.68	36.08	143.35	46.57
	(2018.11)	15.88	12.33	3.30	43.95	19.94	20.08	134.20	30.44
(2019.10)	16.61	11.28	3.65	41.91	19.16	17.63	143.35	28.05	
영동3	(2014.10)	10.65	19.22	1.31	55.10	25.20	4.84	219.60	7.58
	(2015. 8)	12.99	26.05	1.74	40.84	45.79	4.25	195.20	0.75
	(2016. 6)	11.53	23.80	1.69	51.97	45.81	9.51	207.40	29.85
	(2017. 3)	14.15	28.86	1.71	43.79	47.78	3.58	219.60	5.77
	(2018.11)	9.44	16.58	1.40	53.42	28.61	8.22	170.80	29.70
	(2019.10)	7.03	11.27	0.90	57.67	17.90	9.25	164.70	31.74
영동4	(2018.12)	11.69	6.06	2.24	29.29	18.52	19.22	64.05	21.31
	(2019.10)	12.48	5.14	2.32	24.53	16.93	14.97	57.95	19.72

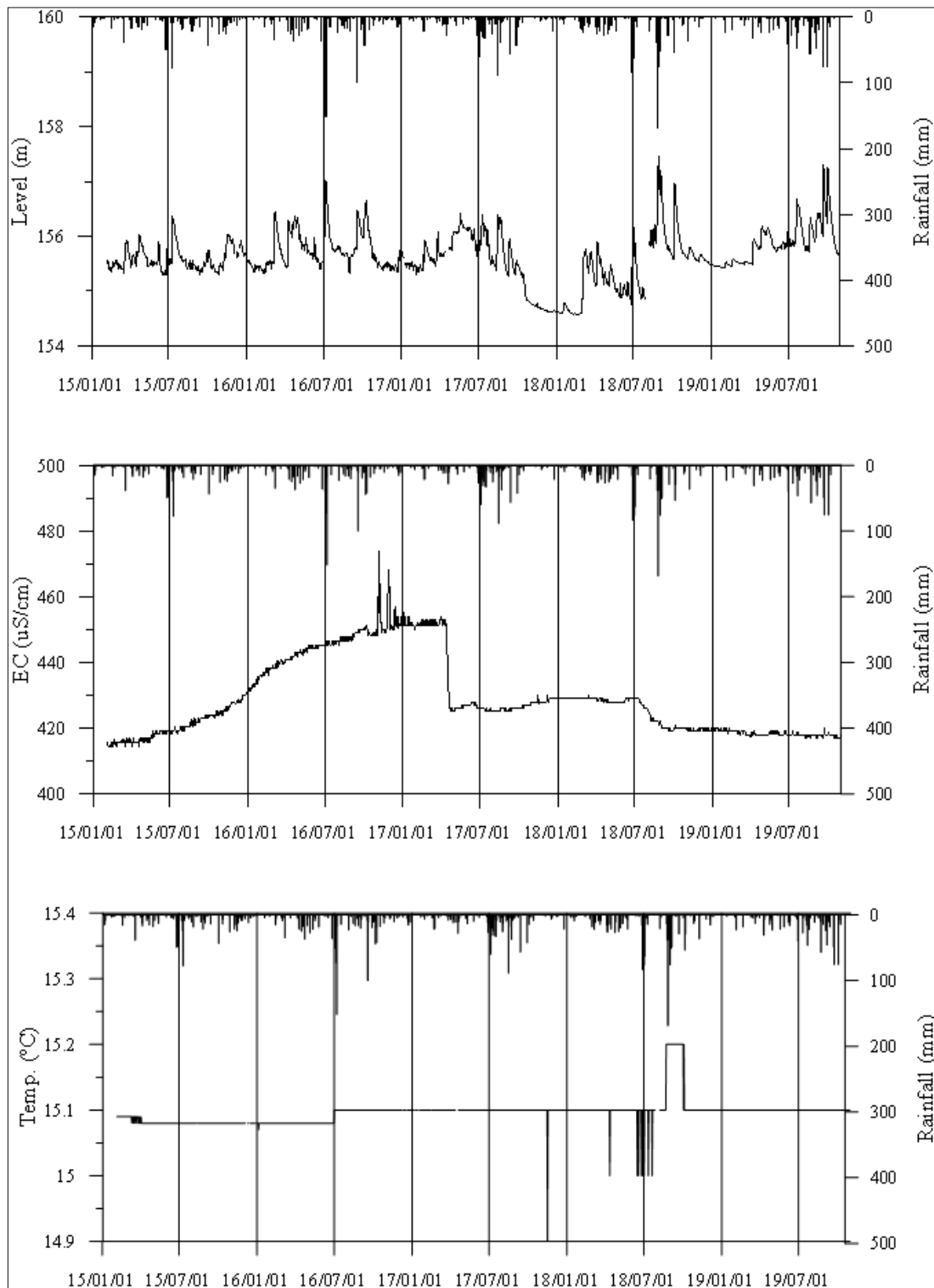
5. 장기관측 결과



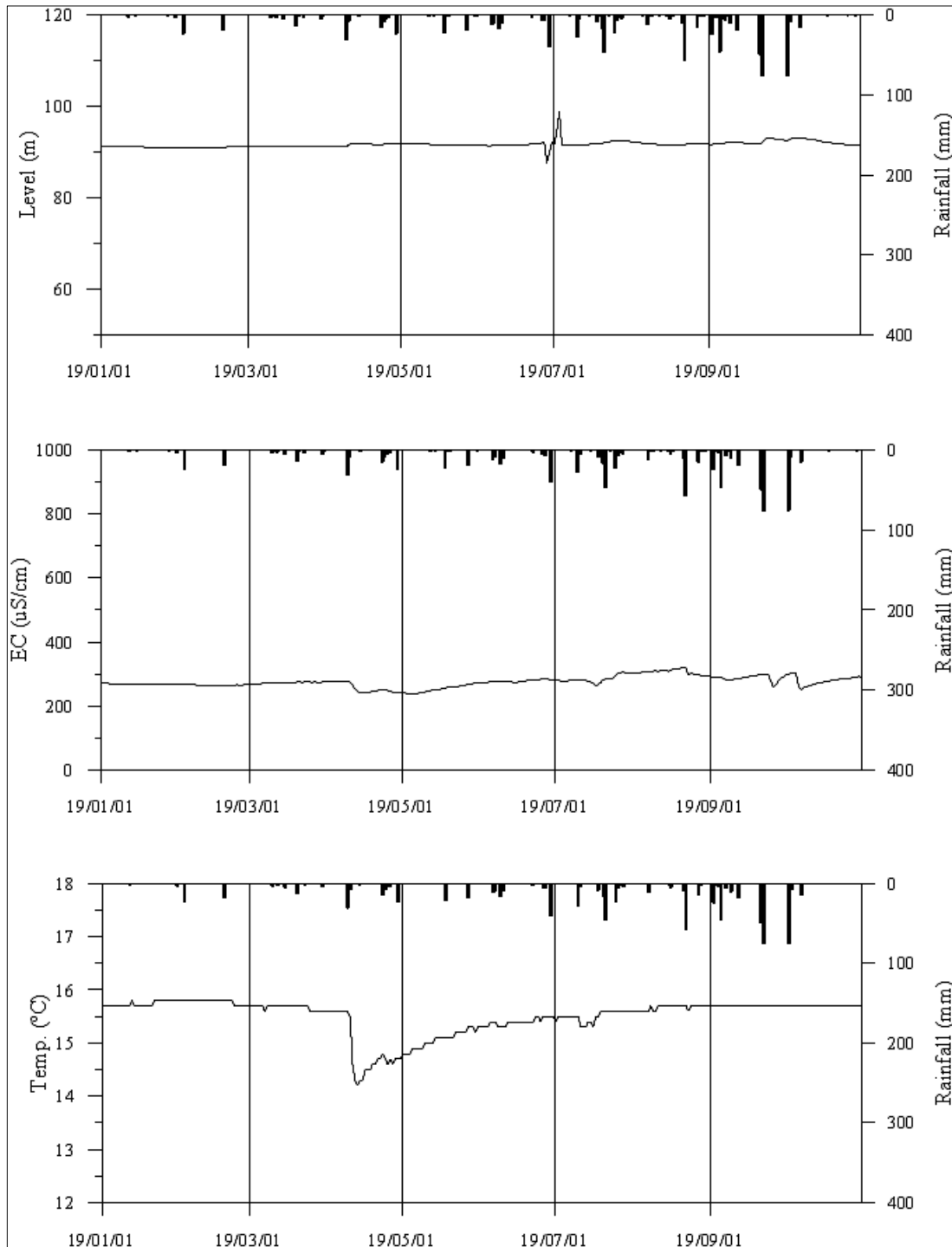
<영동1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영동2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영동3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영동4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영동지구는 영동군 농촌지하수관리조사를 완료한 후, 지하수 이용 및 수량에 대한 장애가 우려되고, 지하수 수질환경 분석 결과 수량관리가 필요한 지역에 설치하였다. 본 지역은 오염원 분포밀도도가 높은 지역으로 지속적인 수질 및 수량변화를 예측코자 하였다. 영동4 관측공은 개발가능량 대비 이용량, 단위 면적당 이용량, 관정밀도가 가장 높게 나타난 지역으로, 과도한 지하수 사용으로 인한 지하수 고갈이 우려된다. 또한 질산성질소 평균농도가 높아 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 영동1 관측공의 전기전도도는 $250 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 약 35 m 구간에서 상승하는 경향이 나타나지만, 미미한 수준이다. 영동2 관측공은 약 $480 \mu S/cm$ 이하이며, 심도 약 30 m 이후 심도가 깊어질수록 전기전도도가 증가하는 경향이 나타났다. 영동3 관측공은 케이싱 심도 이하 구간에서 전기전도도가 상승한 후, 심도별로 전기전도도는 일정하게 나타났다. 영동1, 2, 3 관측공 모두 답작을 비롯한 영농에 활용 가능하다. 영동4 관측공은 모든 심도에서 전기전도도가 $250 \mu S/cm$ 내외로 분포하였다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영동1, 2, 4 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 영동 3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 2017년 영동2 관측공의 경우 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 영향은 적은 것으로 분석되었다. 영동2, 영동3, 영동4 관측정 모두 지표오염원에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 4) 장기 관측결과 : 영동1 관측공의 지하수위는 강수에 많은 영향을 받고 있으며, 전기전도도는 최대 약 $250 \mu S/cm$ 이하이다. 영동2 관측공의 지하수위는 강수와 상관관계는 높지 않으나, 2016년 전기전도도가 상승하다가 점차적으로 감소하는 추세이다. 영동3 관측공은 강수량이 지하수위에 많은 영향을 주고 있으며, 전기전도도는 최대 약 $480 \mu S/cm$ 이하이다. 영동1, 영동2, 영동3, 영동4 관측공 모두

공통적으로 최대 약 $480 \mu S/cm$ 이하의 전기전도도가 나타남에 따라 수질적인 측면에서 큰 의미는 없는 것으로 판단된다.

- 5) 관리 방안 : 영동지구는 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통하여 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있고, 좀 더 장기간의 관측을 통하여 변화추이 분석이 필요한 것으로 판단된다.

2.4.8 보은지구

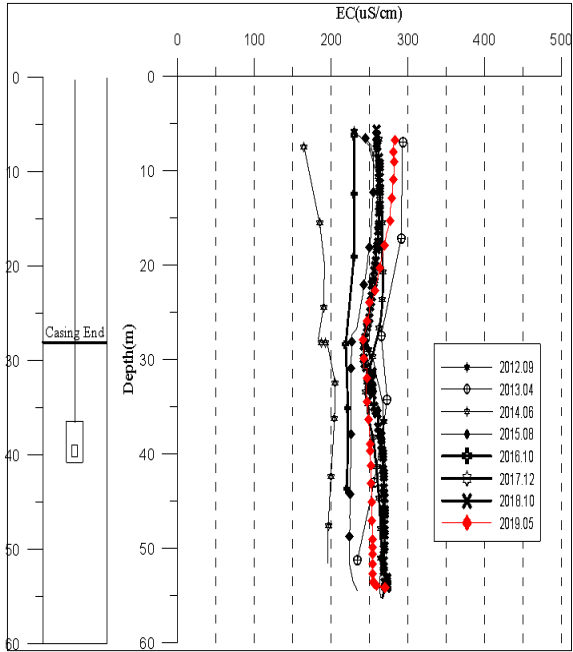
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
보은1	보은군 삼승면 탄금리 산23-3	265585.88	323058.50	165.95	2012	160.50
보은2	보은군 장안면 봉비리 378	272077.7768	328624.9538	151.595	2012	144.65
보은3	보은군 마로면 소여리 829-1	275206.078	424803.351	146.822	2018	144.782
보은4	보은군 탄부면 사직리 산1-2	268027.98	428344.36	152.523	2018	147.773

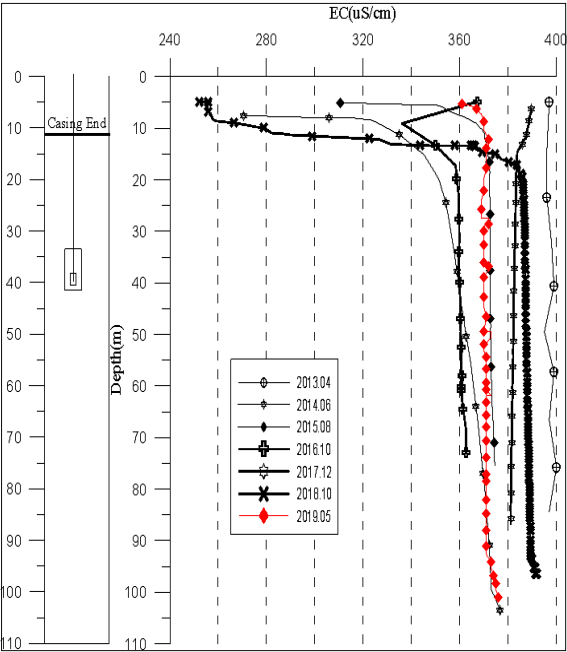
2. 지형 및 지질

보은지구는 동쪽으로 삼승산(574.4 m)과 서쪽으로 금적산(652 m)이 위치하고 있으며, 남북방향으로 낮은 구릉성 산지와 평탄한 충적층이 분포한다. 지질은 고생대 조선계 석회암과 시대미상의 옥천계 회색천매암이 기반암을 이루고 있으며, 이를 관입한 중생대 대보화강암류 및 불국사 관입암류와 암맥류가 발달하였다. 그리고, 상부를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

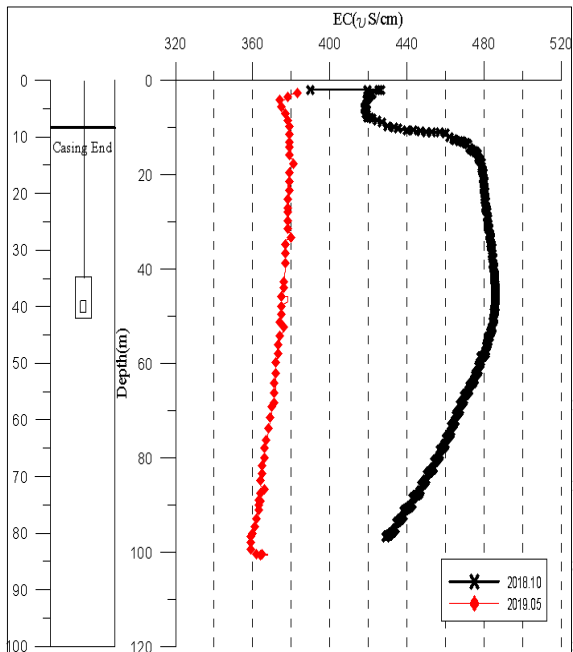
3. 지하수 검층



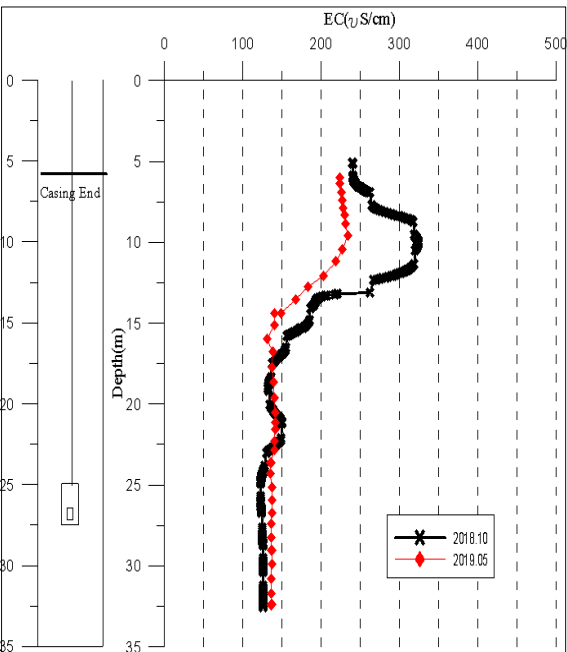
<보은1 관측공>



<보은2 관측공>



<보은3 관측공>



<보은4 관측공>

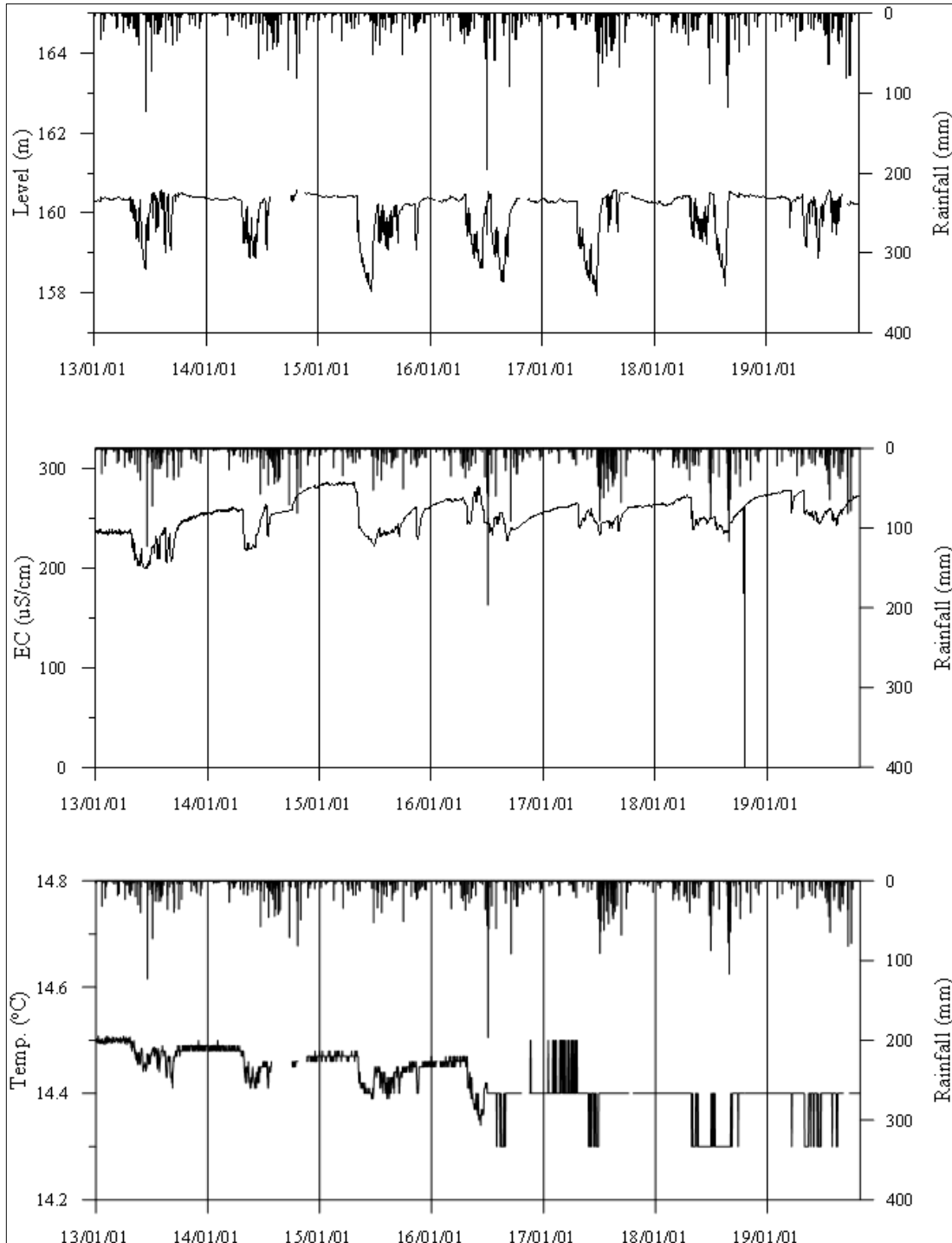
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

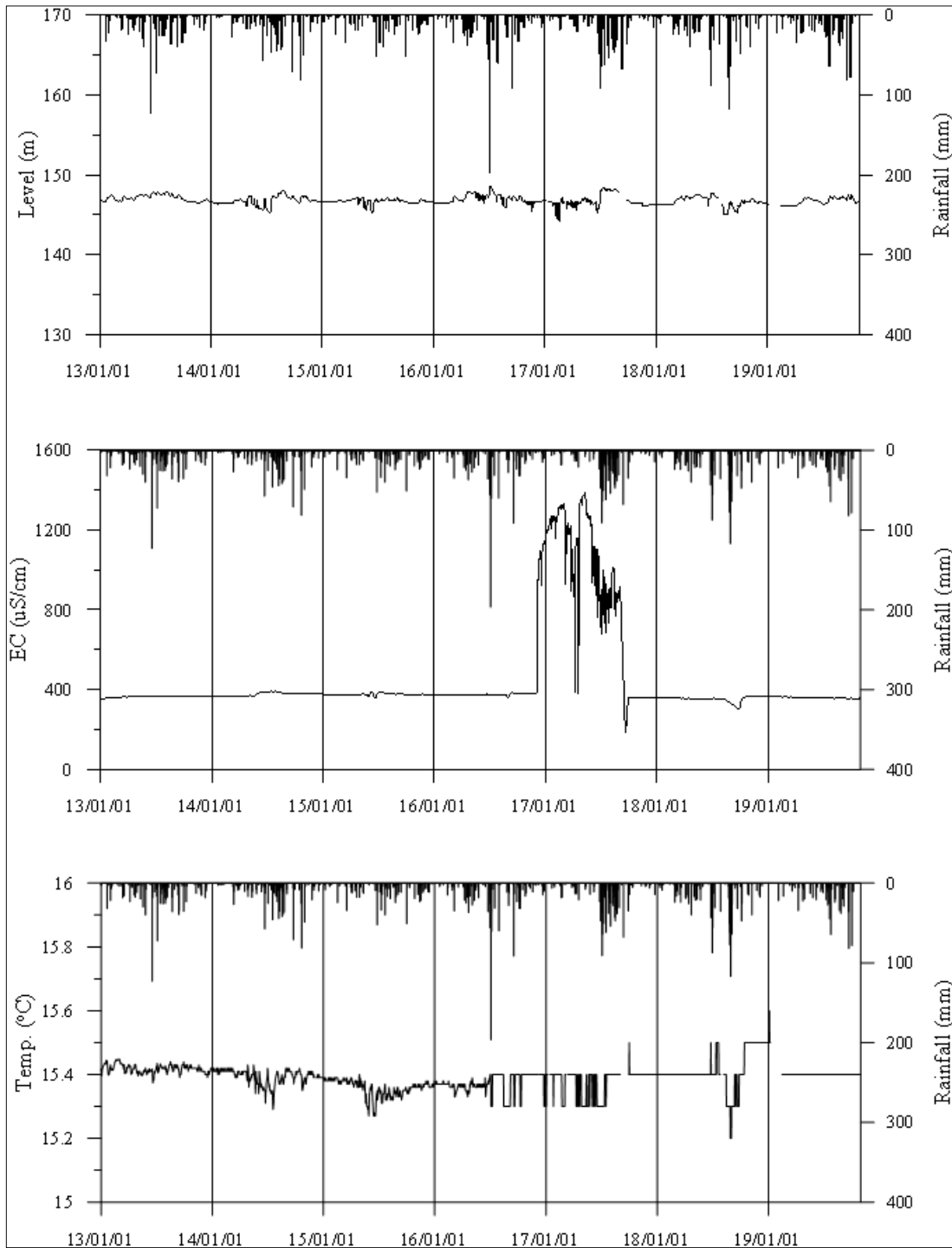
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
보은1	(2012. 9)	17.94	4.01	0.57	34.43	6.62	20.16	81.02	40.98
	(2013. 4)	16.02	3.95	0.67	26.91	5.13	17.12	70.15	48.42
	(2014. 6)	17.89	4.00	0.88	28.82	6.54	14.58	70.15	42.25
	(2015. 8)	15.76	3.74	0.70	24.80	6.84	18.24	64.05	45.03
	(2016. 6)	14.41	4.63	0.73	32.71	21.95	24.37	70.15	34.03
	(2017. 3)	17.57	3.77	0.65	25.58	8.17	17.16	51.85	50.06
	(2018.11)	17.31	3.88	0.96	26.65	7.88	14.97	54.90	46.19
(2019.10)	15.36	3.81	0.64	25.33	10.75	15.30	73.20	37.69	
보은2	(2013. 4)	82.98	0.30	0.57	9.78	3.28	15.90	207.40	0.13
	(2014. 6)	77.79	0.20	0.73	11.00	2.79	16.32	183.00	0.03
	(2015. 8)	76.19	0.15	0.60	9.48	3.10	17.69	152.50	0.10
	(2016. 6)	88.55	0.25	0.57	9.15	3.89	12.00	190.63	1.16
	(2017. 3)	81.51	0.09	0.53	9.17	2.99	17.12	187.58	N.D.
	(2018.11)	70.64	0.43	0.89	9.52	2.75	14.54	146.40	1.46
(2019.10)	73.65	0.19	0.74	8.40	3.11	15.62	158.60	N.D.	
보은3	(2018.12)	19.00	20.02	1.94	49.89	55.90	9.66	189.10	N.D.
	(2019.10)	36.10	13.70	1.73	27.85	42.54	10.65	152.50	1.26
보은4	(2018.12)	12.56	1.73	0.99	9.11	3.65	6.02	36.60	14.61
	(2019.10)	11.98	3.20	1.87	15.36	11.61	7.27	48.80	15.50

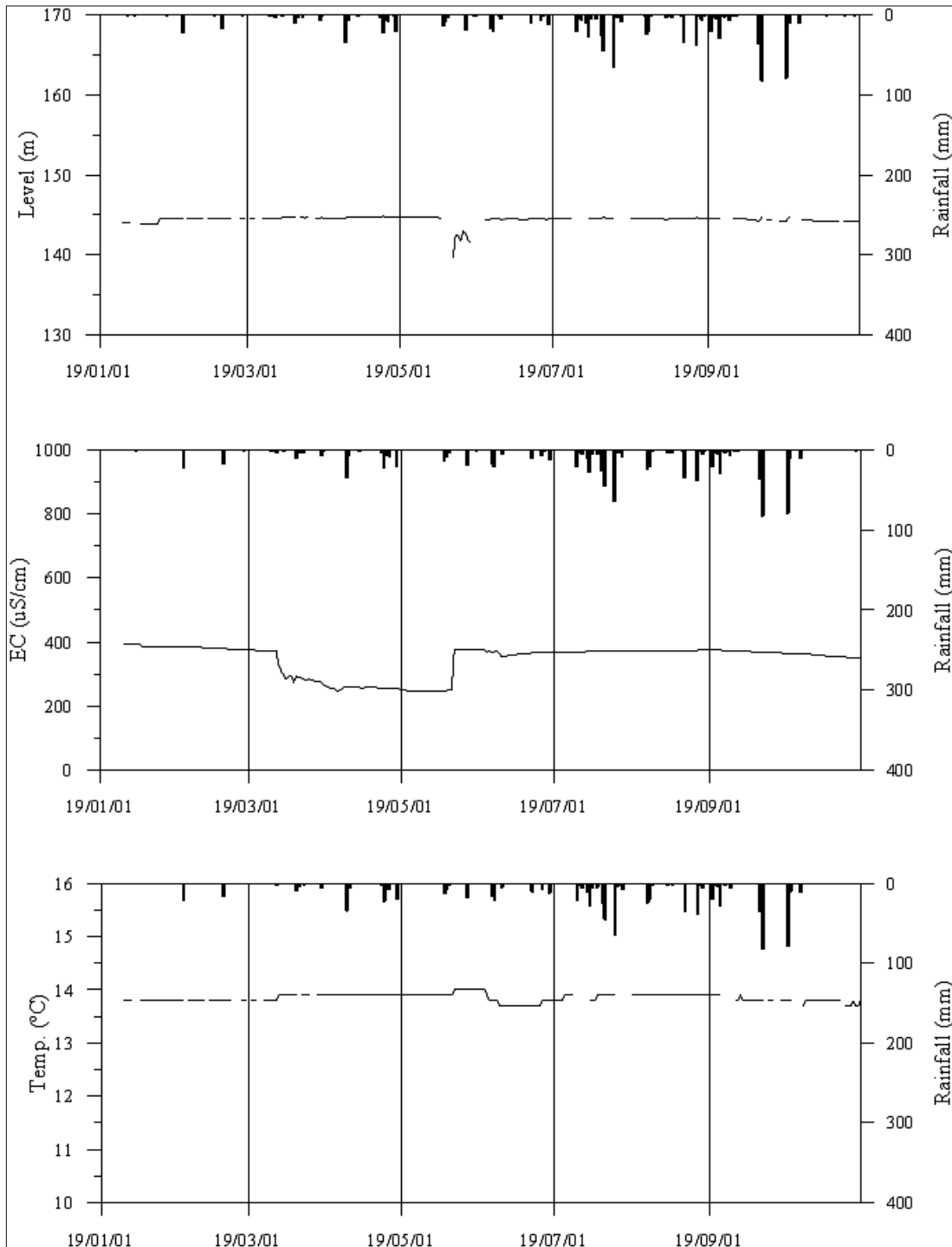
5. 장기관측 결과



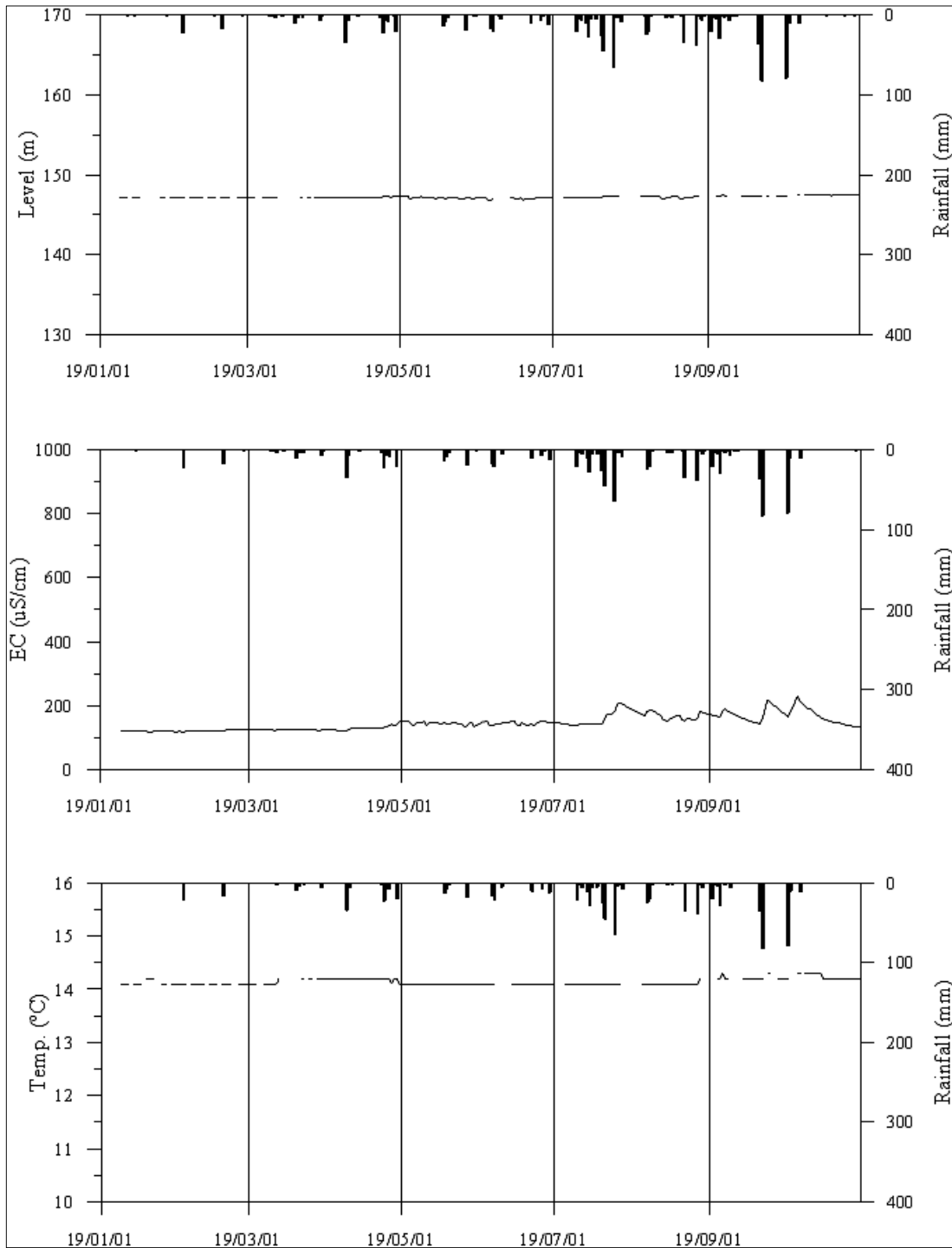
<보은1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보은2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보은3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보은4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 보은지구는 지하수 이용량이 많은 지역으로 지하수 보전 및 관리를 위한 수문자료를 수집하고, 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위하여 관측공을 설치하였다. 보은3 관측공은 상주시와 보은군 경계지역에 위치하며 주변을 둘러싼 산자락에 농경지가 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2011년 보마지구 조사 시 개발가능량 대비 이용량이 비교적 높게 나타난 지역으로 지하수 고갈이 우려되어 관측공을 설치하였다. 보은4 관측공 설치 지역은 2012년 보내지구 조사 시 질산성질소 평균농도 및 단위면적당 오염부하량이 매우 높아 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 보은1 관측공의 전기전도도는 약 $300 \mu S/cm$ 이하이다. 보은2 관측공은 전 구간에서 약 $400 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 보은3 관측공의 전기전도도는 약 $490 \mu S/cm$ 이하이며, 보은4 관측공은 전 구간에서 약 $325 \mu S/cm$ 이하로 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 보은1, 2, 3, 4 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당한다. 이는 나트륨 이온을 포함한 과도한 비료성분의 유입 때문으로 판단되며 지표 오염물질의 규제가 필요하다. 보은1 관측공은 매년 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 내외로 검출되지만, 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 보은1 관측공 주변 지하수는 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 5) 장기 관측결과 : 보은1 관측공은 영농기에 지하수위가 하강하고, 이에 따라 전기전도도 및 수온 역시 감소한다. 보은2 관측공은 지하수위 변동폭이 약 3 m 이내이고, 전체적으로는 일정하게 유지하는 추세로 나타났다. 전기전도도는 2017년에 약 $1,000 \mu S/cm$ 이상까지 상승하였으나, 이후에는 감소한 후 일정하게 유지되었다. 보은3, 보은4 관측공은 수위, 전기전도도, 온도가 비교적 일정하게 유지되는 경향이 나타났다. 보은지구 관측 자료는 관측공 주변의 지하수 사용과 이에 따

른 지하수위의 상관관계를 잘 나타내므로 주변 대수층 정보 파악에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

- 6) 관리 방안 : 보은1 관측공은 질산염에 의한 지하수 오염이 나타난다. 반면 보은2 관측공은 비록 먹는 물 수질기준 이하이나 나트륨의 오염이 상대적으로 심각하므로, 지표오염물질 유입에 의한 지하수 수질오염 현상을 차단할 필요가 있다. 보은3, 보은4 관측공은 지속적인 모니터링이 필요하다.

2.4.9 청원지구

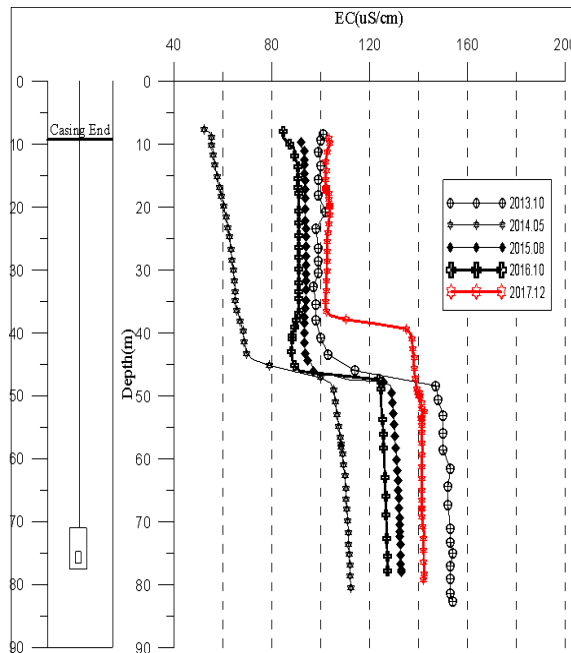
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
청원1	청원군 미원면 쌍이리 336-3	259931.4875	349301.4856	259.384	2013	252.43

2. 지형 및 지질

청원지구는 계곡 하류부에 논농사를 위주로 하는 전형적인 농경지가 조성되어 있다. 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고, 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위하여 관측공을 설치하였다.

3. 지하수 검층



<청원1 관측공>

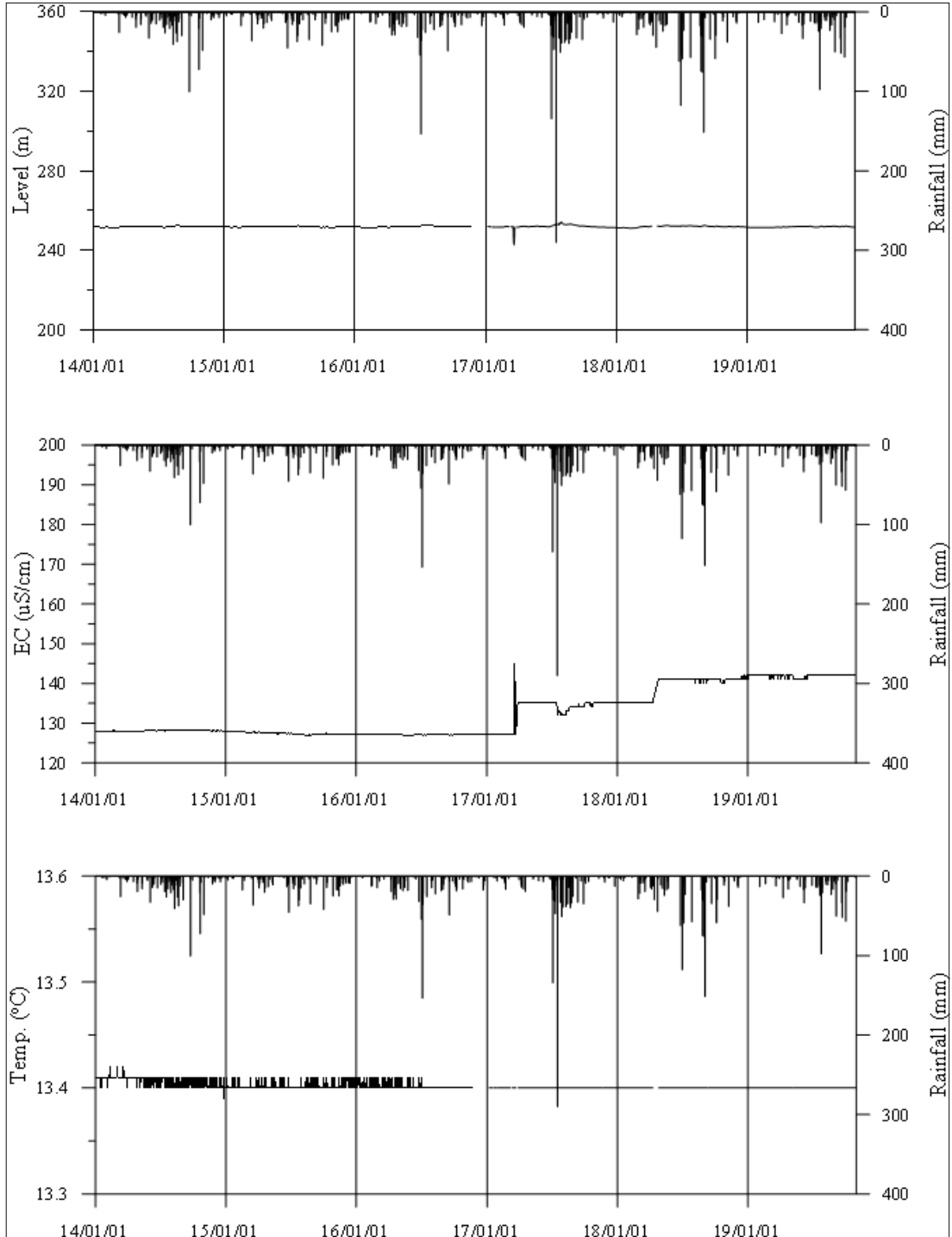
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
청원1	(2013.10)	4.29	2.17	1.00	14.14	5.10	5.23	48.80	3.39
	(2014. 5)	2.49	1.81	1.02	15.49	2.64	3.21	45.75	3.84
	(2015. 8)	2.47	1.70	1.00	15.32	2.82	3.91	42.70	5.36
	(2016. 6)	2.14	1.65	0.94	16.01	3.92	2.25	48.80	4.32
	(2017. 3)	2.95	1.88	0.99	17.24	3.56	4.11	54.90	4.37
	(2018.11)	2.50	1.60	1.00	14.69	3.06	3.23	42.70	4.19
	(2019.10)	2.19	1.65	1.06	14.54	2.72	2.66	45.75	3.31

5. 장기관측 결과



<청원1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 청원1 관측공은 주변에 논농사를 위주로 하는 전형적인 농경지가 조성되어 있다. 따라서 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고, 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위해 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 청원1 관측공의 전기전도도는 약 $160 \mu S/cm$ 미만이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 약 40 m 내외에서 변화폭이 약 $50 \mu S/cm$ 이내이다. 이는 상대적으로 매우 작은 변화이므로 지하수를 영농을 위한 용수로 활용 시 큰 문제가 되지는 않는다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 청원1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 청원지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 청원1 관측공은 강수에 의한 지하수위 영향이 미미하며, 지하수위 변동폭이 약 1 m 이내이다. 전기전도도는 약 $130 \mu S/cm$ 내외로 관측되고 있다.
- 5) 관리 방안 : 청원1 관측공에서는 현재 지하수 오염이 나타나지 않고 있으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.4.10 충주지구

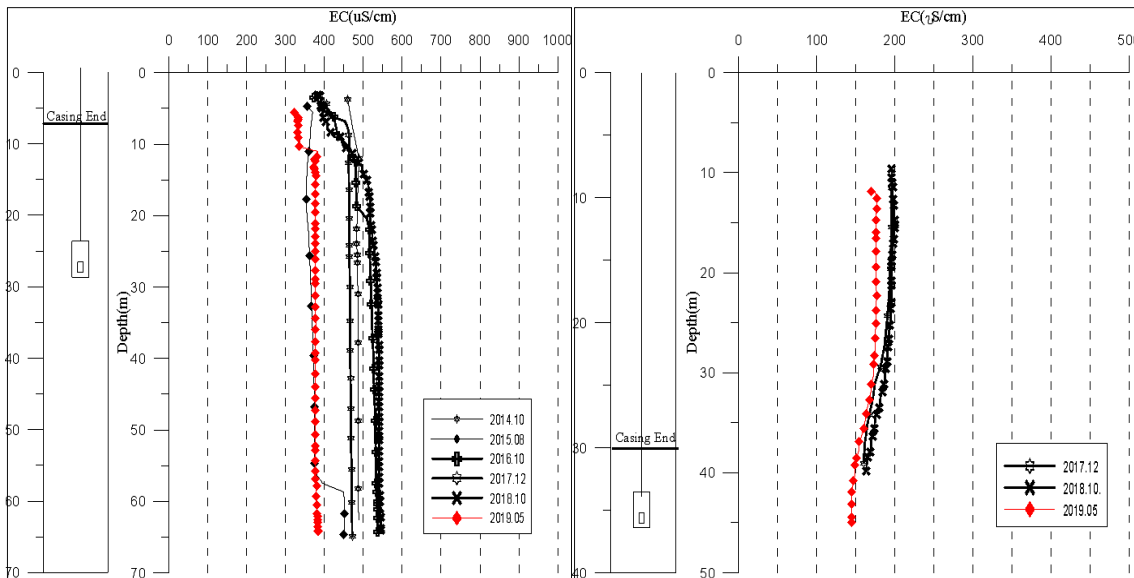
1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
충주1	충주시 주덕읍 창전리 711	269325.572	386152.582	87.521	2014	84.68
충주2	충주시 신니면 견학리 산26-1	267780.805	487498.481	98.05	2017	88.15
충주3	충주시 살미면 내사리 901	289373.760	477864.049	161.65	2017	159.97
충주4	충주시 금가면 오석리 588-2	278570.908	490069.369	72.62	2017	63.19

2. 지형 및 지질

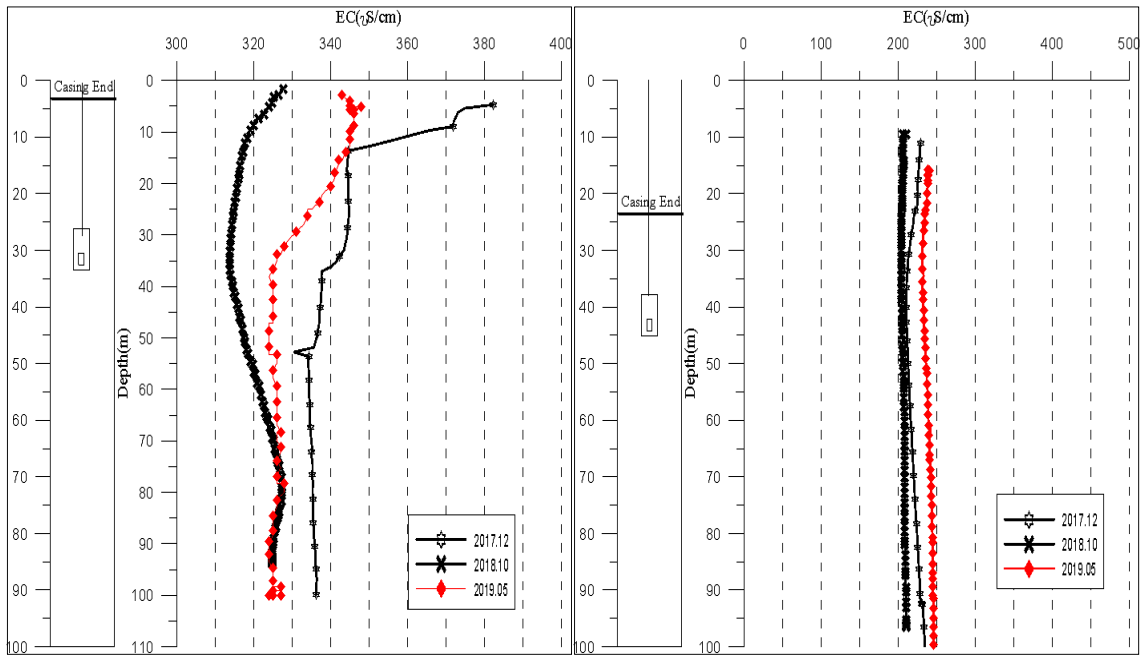
충주지구는 논농업을 위한 농지와 비닐하우스 시설재배지가 혼재되어 있어, 시설재배에 따른 지하수 이용량 증가와 지하수 수질에 대한 우려가 있다. 우측으로 충주호가 위치하며, 좌측으로는 부용산(644 m)이 위치한다.

3. 지하수 검층



<충주1 관측공>

<충주2 관측공>



<충주3 관측공>

<충주4 관측공>

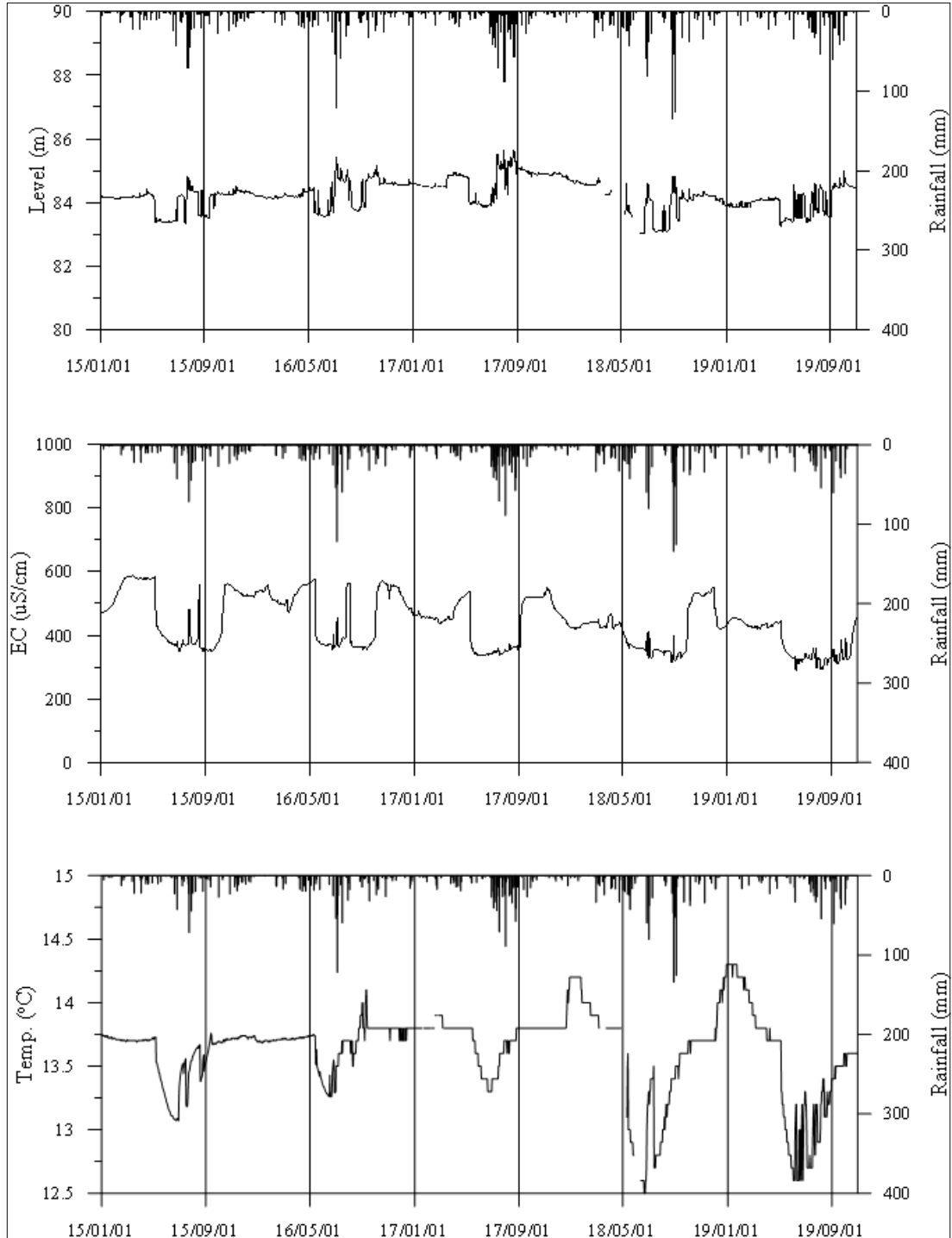
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

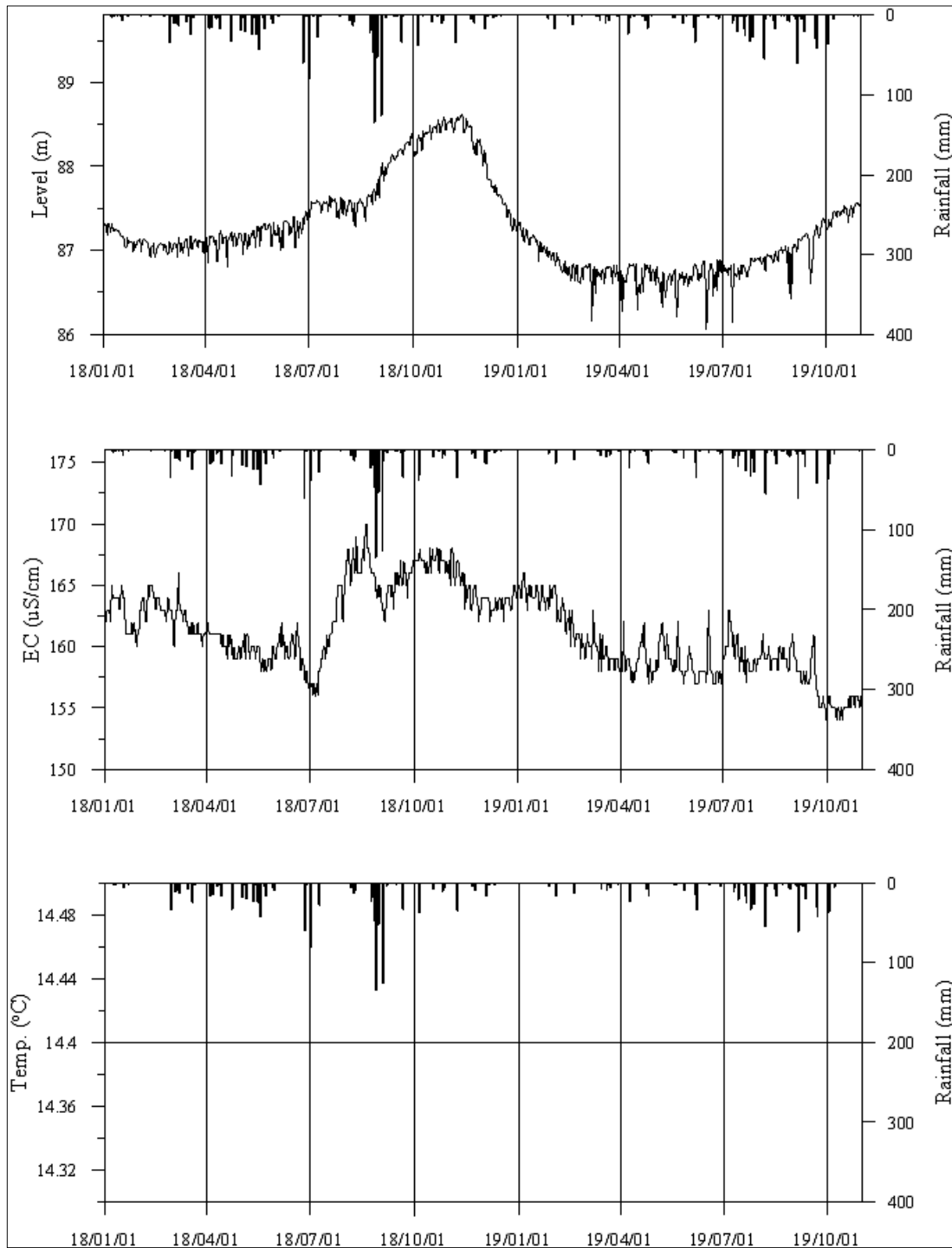
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
충주1	(2014.10)	15.88	15.91	1.16	60.87	19.21	22.42	158.60	58.20
	(2015. 8)	14.18	14.12	1.23	45.78	14.99	28.98	125.05	33.38
	(2016. 6)	13.23	12.12	1.14	41.58	14.29	25.21	128.10	17.80
	(2017. 3)	18.87	16.90	1.82	49.51	21.64	32.70	137.25	43.21
	(2017.11)	16.45	14.04	1.80	52.03	16.28	26.93	155.55	28.96
	(2019.10)	17.06	11.21	1.61	36.07	23.34	35.02	91.50	15.94
충주2	(2017. 8)	11.01	2.54	0.68	10.19	0.99	9.07	18.30	36.20
	(2017.11)	15.09	2.74	1.14	15.89	5.48	8.78	30.50	50.10
	(2019.10)	12.06	2.18	0.75	12.49	5.40	8.49	27.45	42.07
충주3	(2017. 8)	5.09	12.65	6.28	37.70	9.06	8.34	149.45	10.34
	(2017.11)	3.54	11.17	7.32	38.99	11.67	5.92	155.55	0.08
	(2019.10)	2.83	10.87	5.89	48.11	12.22	5.97	170.80	4.11
충주4	(2017. 8)	11.26	6.94	1.20	20.59	13.95	15.37	82.35	9.05
	(2017.11)	11.66	5.06	1.60	17.57	4.92	5.13	82.35	N.D.
	(2019.10)	11.71	6.88	1.42	21.63	7.50	9.59	100.65	0.34

5. 장기관측 결과

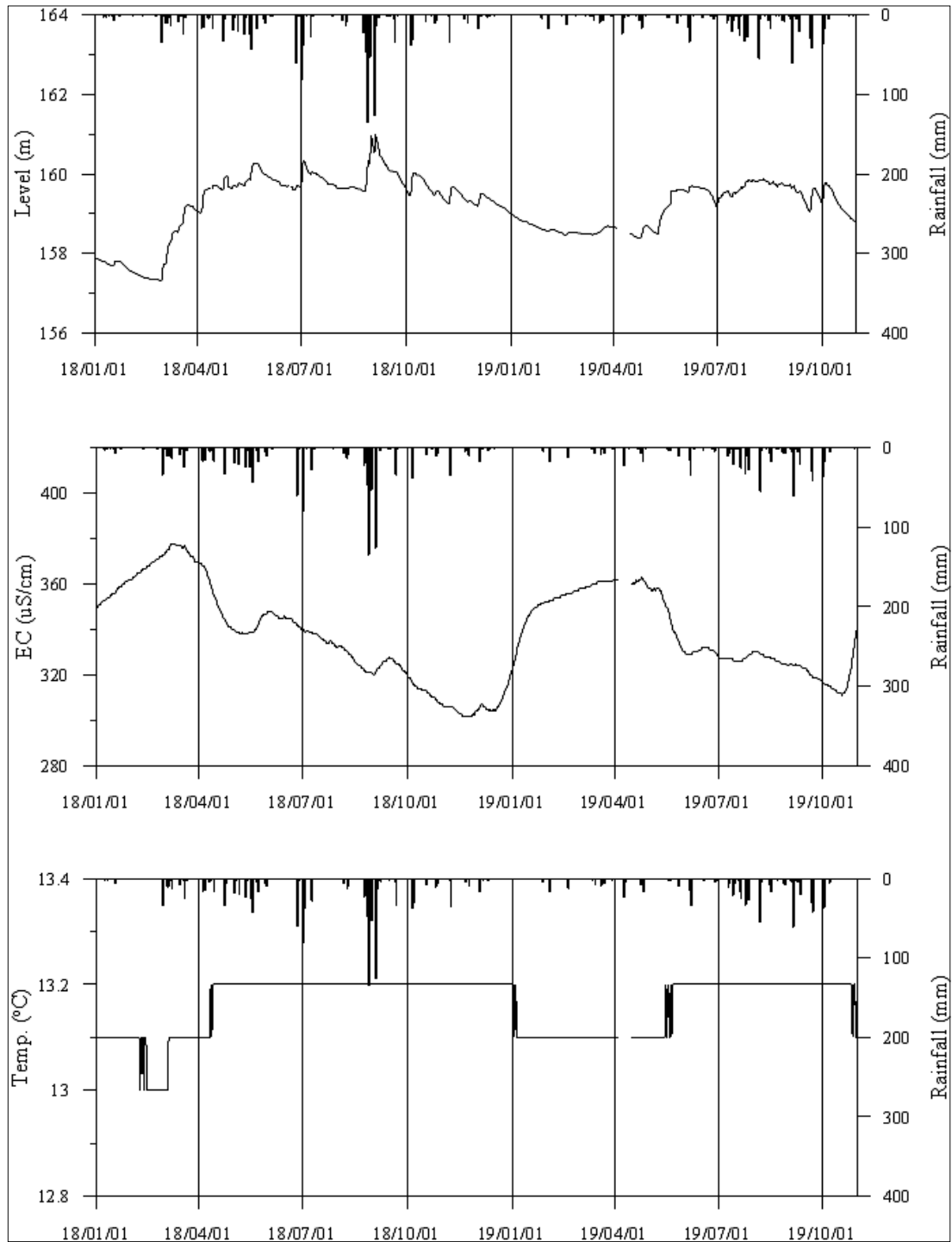


<충주1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>

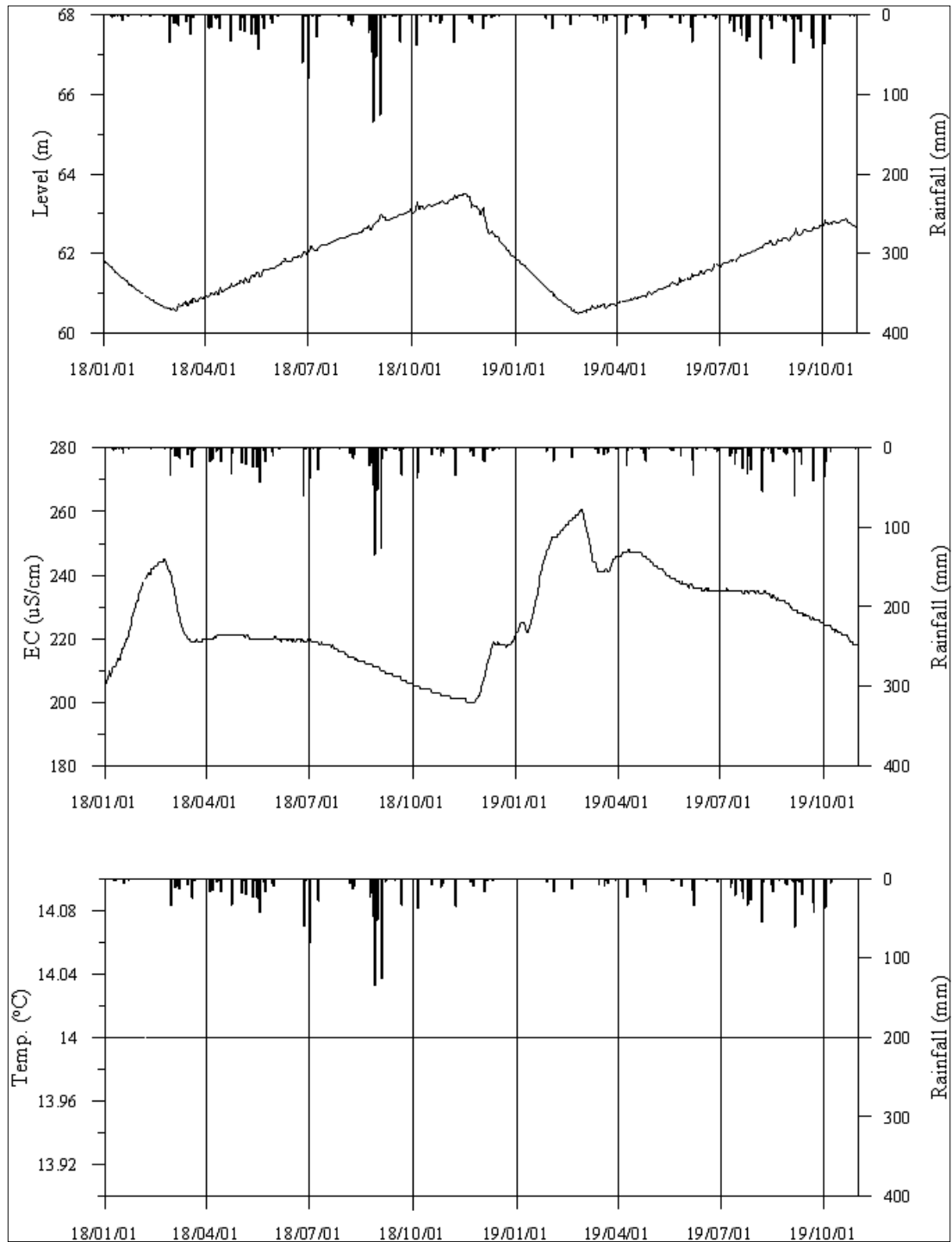
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<충주2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<충주3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<충주4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 충주지구는 논농업을 위한 농지와 비닐하우스가 혼재되어 있어, 시설 재배에 따른 지하수 이용량 증가와 지하수 수질에 대한 우려가 있다. 따라서 지하수 수량 및 수질 등의 장해를 미리 감지하고 대처하기 위하여 관측공을 설치하였다. 충주2 관측공이 설치된 신니면 견학리는 구룡성 산지 사이로 하천(요도천)을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2014년 중신지구 조사 시 개발 가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도가 높게 나타난 지역으로 지하수 고갈이 우려되며, 공업지역 및 거주지역 인접으로 인한 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다. 충주3 관측공이 설치된 살미면 내사리는 북서쪽의 발치봉(550 m)과 남동쪽의 대미산(660 m) 사이에 위치하며 북동쪽의 충주호와 인접하여 농경지가 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2016년 중상지구 조사 시 전체 면적 대비 농경지 면적이 가장 넓고, 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량 및 관정밀도가 매우 높으며, 인구에 의한 오염부하량이 높게 나타난 지역으로 지하수 고갈이 우려되어 관측공을 설치하였다. 충주4 관측공이 설치된 금가면 오석리는 남한강을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2016년 원양지구 조사 시 전체면적 대비 농경지면적이 가장 넓고, 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량 및 관정밀도가 매우 높아 지하수 고갈이 우려되며, 축사가 다수 분포하고 있어 가축에 의한 오염부하량이 우세한 지역으로 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 충주1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도에서 전체적으로 증가하는 경향을 보이고 있으나, 전체적으로 약 $540 \mu S/cm$ 이하로 답작을 비롯한 영농에 활용이 가능하다. 충주2 관측공의 전기전도도는 $145 \sim 200 \mu S/cm$ 범위이며, 공저로 내려갈수록 전기전도도가 감소하는 것으로 나타났다. 충주3 관측공의 전기전도도는 $310 \sim 390 \mu S/cm$ 범위이며, 공저로 내려갈수록 전기전도도가 감소하였다. 충주4 관측공의 전기전도도는 $210 \sim 250 \mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도 변화는 거의 나타나지 않았다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 충주1, 2, 4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 충주3 관측공은 Ca-HCO₃에 해당한다. 충주1 관측공의 질산염 농도는 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되지만, 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 내외로 나타났다. 따라서 충주1 관측공 주변 지하수는 영농을 위한 용수로 사용이 가능하나 음용수로 사용 시에는 주의가 요구되며, 충주2 관측공은 지상부의 오염원 관리를 철저히 하여 질산염에 의한 지하수 수질오염을 차단할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 충주1 관측공은 강수에 대하여 지하수위가 비례하는 경향이 나타나며, 영농기 지하수 사용에 의한 영향도 반영하고 있다. 전기전도도는 약 300 ~ 600 $\mu S/cm$ 범위로 지하수위와 비례적인 관계로 나타났다. 충주2, 충주3, 충주4 관측공은 전기전도도가 모두 380 $\mu S/cm$ 이하로 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 충주지구는 점점 감소하는 추세이나, 질산염에 의한 지하수 수질 오염이 일부 관측되고 있다. 따라서 지하수 수질관리를 위해 오염물질의 유입 등을 사전에 차단하고, 지하수 수질보전을 시행한 후 개선되는 추이를 모니터링 하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

2.4.11 청주지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
청주1	청주시 오송읍 서평리 583-35	227695.187	442966.045	28.713	2018	18.853
청주2	청주시 북이면 내둔리 661	245360.285	460188.928	45.415	2018	43.155
청주3	청주시 가덕면 행정리 454	247172.585	437747.480	82.208	2019	79.458
청주4	청주시 남일면 신송리 486-8	243581.262	442067.217	73.316	2019	69.126

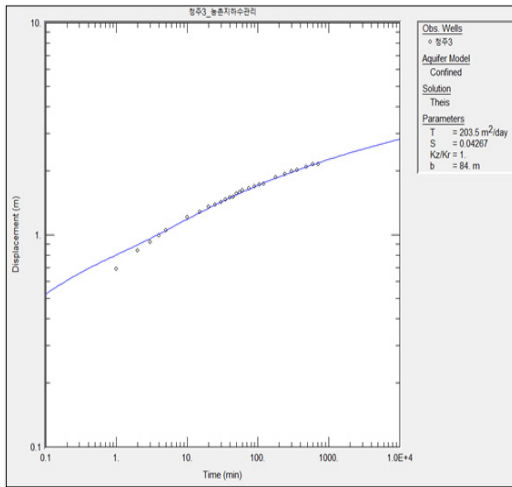
2. 지형 및 지질

청주지구는 오송읍 서평리와 북이면 내둔리에 관측공을 설치 중이다. 청주시는 시대미상의 운교리층과 중생대 중기에 이를 관입한 반상화강암 및 중생대 말기에 관입한 암맥들과 이를 부정합으로 덮는 제4기 충적층으로 이루어져 있다. 청주 동쪽으로 선도산과 남측의 국사봉, 망월산, 팔봉산이 분포한다. 금강산 지류인 미호천으로 흐르는 무심천을 중심으로 전형적인 수지상 수계를 나타내고 있다.

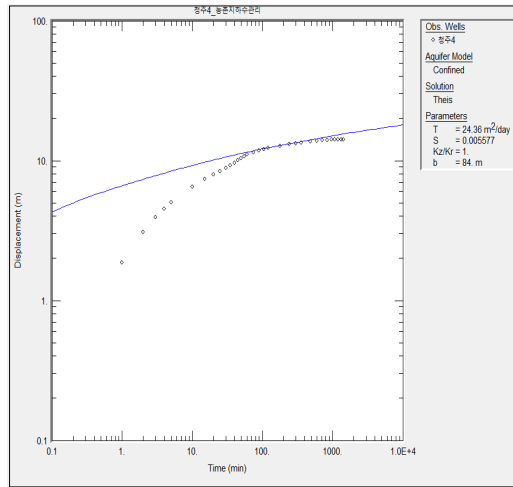
3. 대수층 수리지질 현황

청주3, 청주4 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



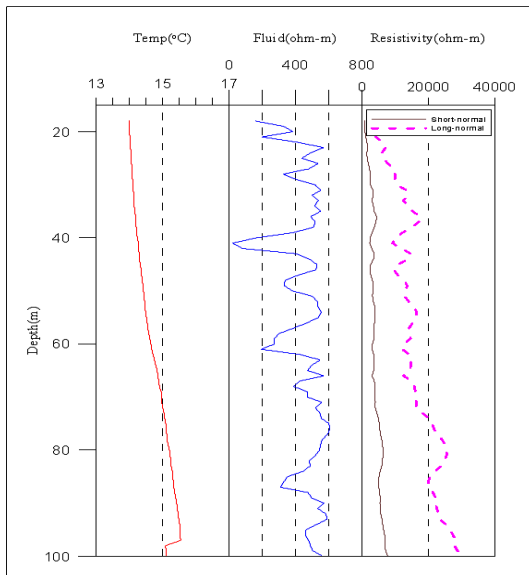
<청주3 관측공 양수시험>



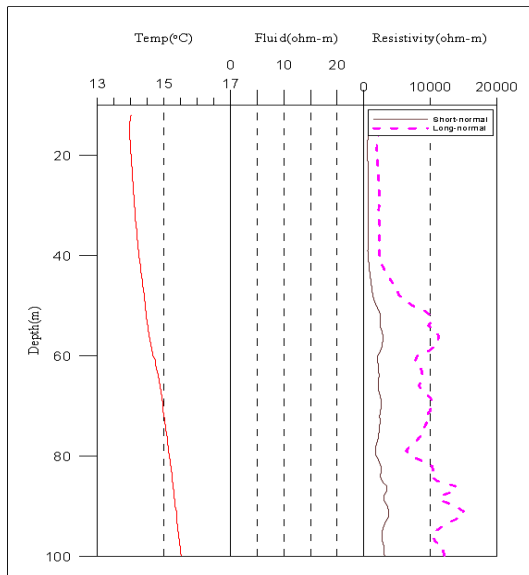
<청주4 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
청주3	310	159.35	2.20×10^{-3}	84.0
청주4	80	3.123	4.11×10^{-5}	88.0

◎ 물리검층

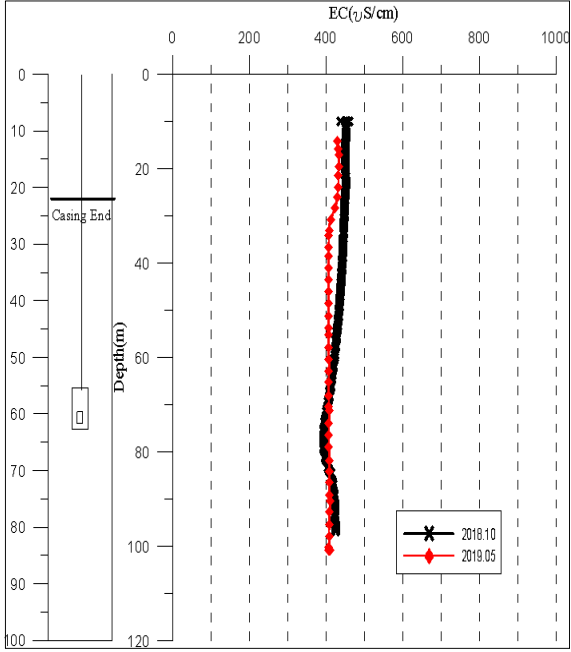


<청주3 관측공>

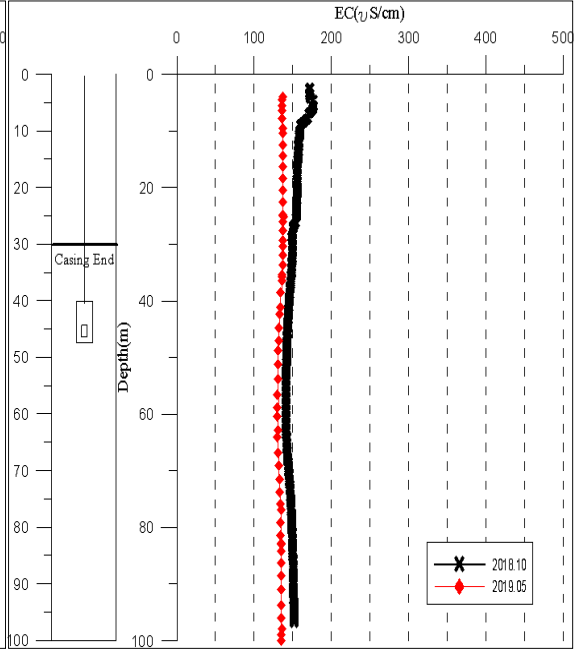


<청주4 관측공>

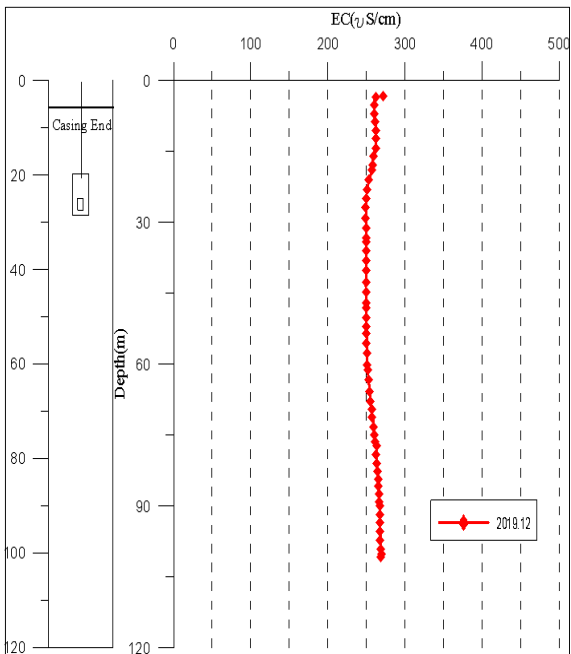
4. 지하수 검층



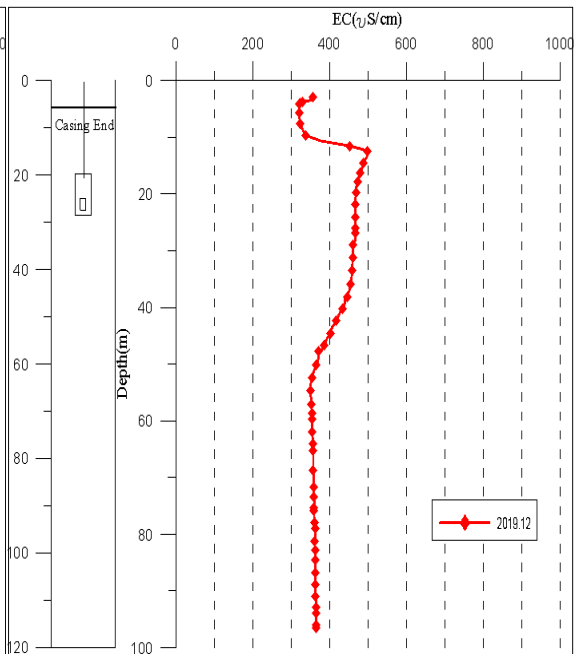
<청주1 관측공>



<청주2 관측공>



<청주3 관측공>



<청주4 관측공>

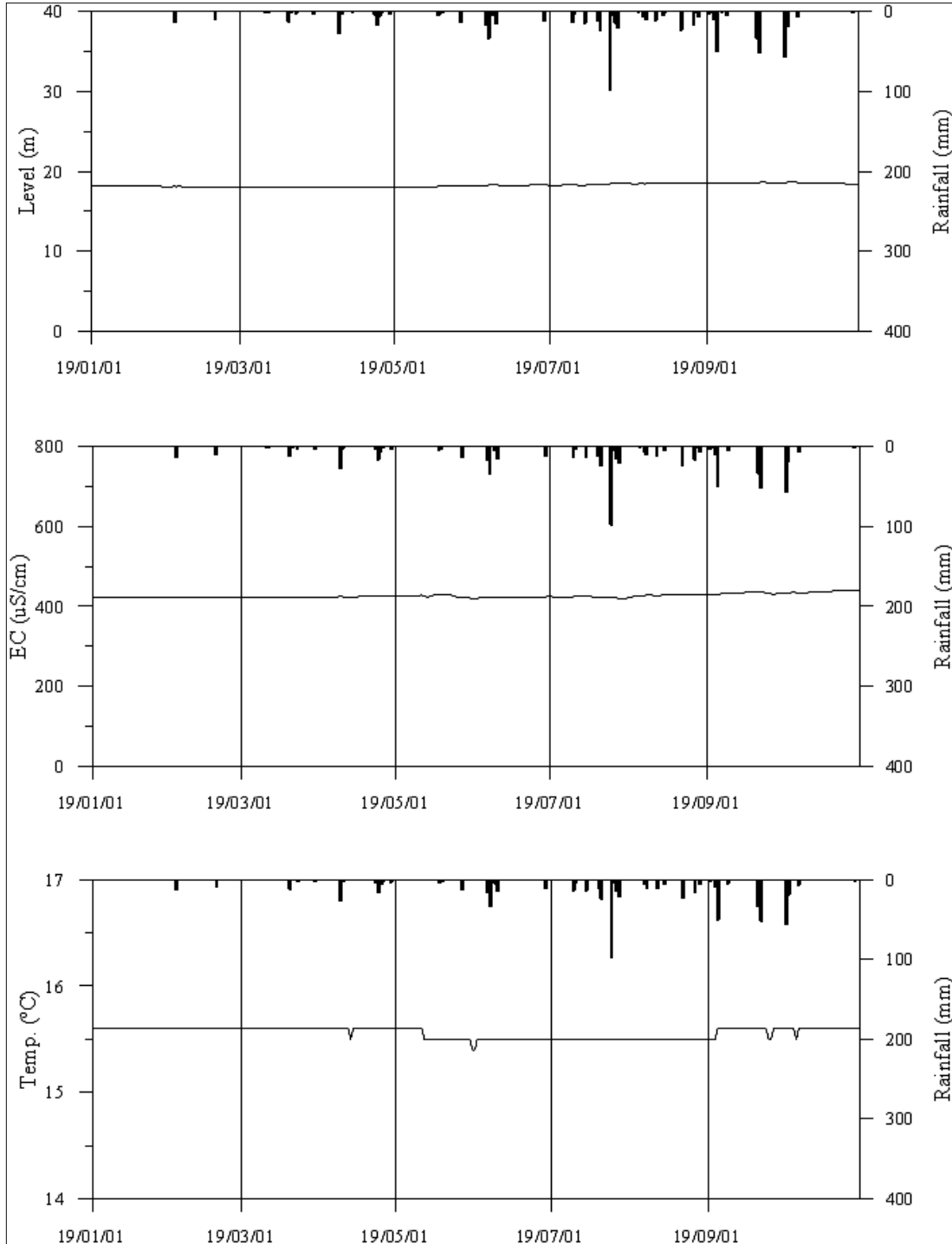
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

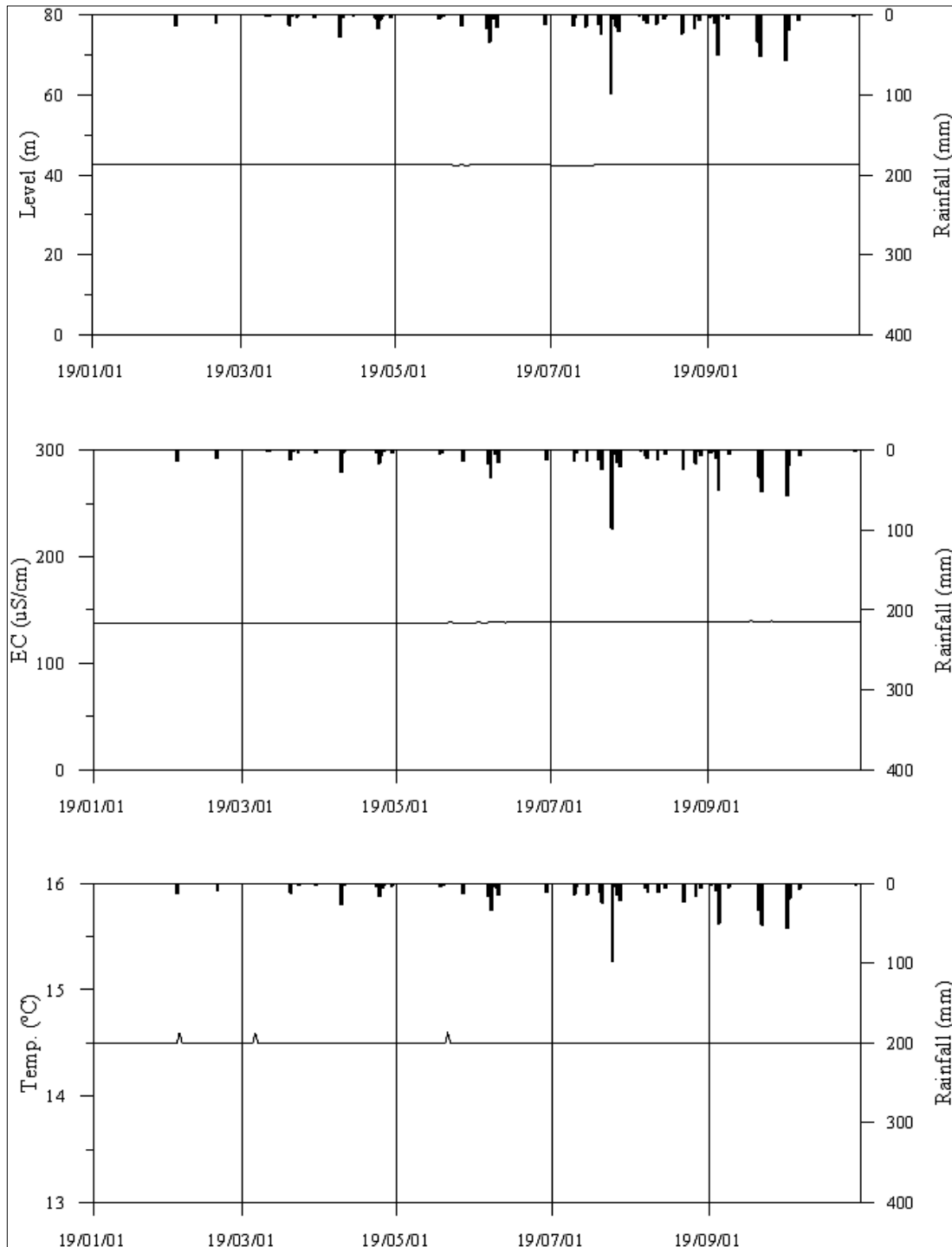
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
청주1	(2018.12)	25.94	8.65	2.17	43.71	15.74	45.01	122.00	4.38
	(2019.10)	28.31	8.41	2.06	43.72	16.92	42.79	125.05	5.44
청주2	(2018.12)	10.77	4.49	1.00	13.84	3.21	5.29	54.90	19.92
	(2019.10)	7.55	3.25	0.92	14.53	1.49	3.55	64.05	5.87
청주3	(2019.10)	10.19	9.56	1.98	35.90	12.74	11.30	128.10	8.31
청주4	(2019.10)	9.66	10.45	3.23	49.57	9.87	52.65	82.35	29.66

6. 장기관측 결과



<청주1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청주2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 청주1 관측공이 설치된 오송읍 서평리는 세종특별자치시와 청주시 경계지역으로, 하천(미호천)을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2017년 청북지구 조사 시 전체면적대비 농경지 면적이 넓고 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도가 가장 높게 나타난 지역이어서, 과도한 지하수 사용으로 인한 지하수 고갈이 우려된다. 또한 축사가 다수 분포하고 있어 가축에 의한 오염부하량이 우세한 지역으로 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다. 청주2 관측공이 설치된 북이면 내둔리는 내수읍 신안리와 인접한 곳에 위치하며, 하천(미호천)을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있는 지역이다. 이 지역은 2017년 청북지구 조사 시 개발가능량 대비 이용량이 높아 지하수 고갈이 우려되며, 질산성질소 평균농도가 높아 지하수 오염이 우려되어 관측공을 설치하였다. 청주3 관측공은 가덕면 행정리 일대의 지하수를 모니터링하기 위해 설치하였으며, 청주4 관측공은 남일면 신송리 일대의 지하수 오염 및 수량을 관리하기 위해 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 청주3, 4 관측공의 양수량은 각각 310 m³/d와 80 m³/d 이며, 수리전도도는 각각 2.20×10⁻³, 4.11×10⁻⁵ cm/sec(대수층 두께는 각각 84 m, 88 m)이다. 물리검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 13.5~16 °C 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 청주3 관측공의 경우는 모든 심도에서 파쇄대가 발달된 것으로 평가되었으며, 청주4 관측공의 경우는 75 m 이상의 심도에서 파쇄대 가능성이 높은 것으로 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 청주1 관측공의 전기전도도는 390~460 μS/cm 범위이며, 청주2 관측공의 전기전도도는 130~175 μS/cm 범위로 나타남에 따라 심도별 변화는 미미한 수준으로 관찰되었다. 청주3, 청주4 관측공은 각각 250~300 μS/cm, 200~500 μS/cm 범위로 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 청주1, 2 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타나며, 청주3 관측공은 Ca- 청주4 관측공은 HCO₃

유형으로 청주4 관측공은 Ca-Cl 유형으로 분류된다. 오염원 관리를 위해서 지표 오염물질의 유입에 대한 모니터링을 강화할 필요가 있다.

- 5) 장기관측 결과 : 청주1, 2 관측공은 모두 전기전도도가 $500 \mu S/cm$ 이하로 나타났으며, 시간이 경과함에 따른 변화가 거의 나타나지 않았다. 관측 기간이 1년에 불과하므로 장기적인 모니터링이 필요한 지구이다.
- 6) 관리 방안 : 청주지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 관측공을 설치하였고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 지표오염물질 (특히 질산성질소 발생물질)의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

부록 2.5 충청남도

2.5.1	아산지구	.....	부록	-	365
2.5.2	금산지구	.....	부록	-	378
2.5.3	공주지구	.....	부록	-	390
2.5.4	부여지구	.....	부록	-	401
2.5.5	논산지구	.....	부록	-	412
2.5.6	서천지구	.....	부록	-	420
2.5.7	보령지구	.....	부록	-	429
2.5.8	청양지구	.....	부록	-	441
2.5.9	홍성지구	.....	부록	-	451
2.5.10	예산지구	.....	부록	-	462
2.5.11	태안지구	.....	부록	-	472
2.5.12	서산지구	.....	부록	-	481
2.5.13	당진지구	.....	부록	-	488

부록 2.5 충청남도

2.5.1 아산지구

1. 위치

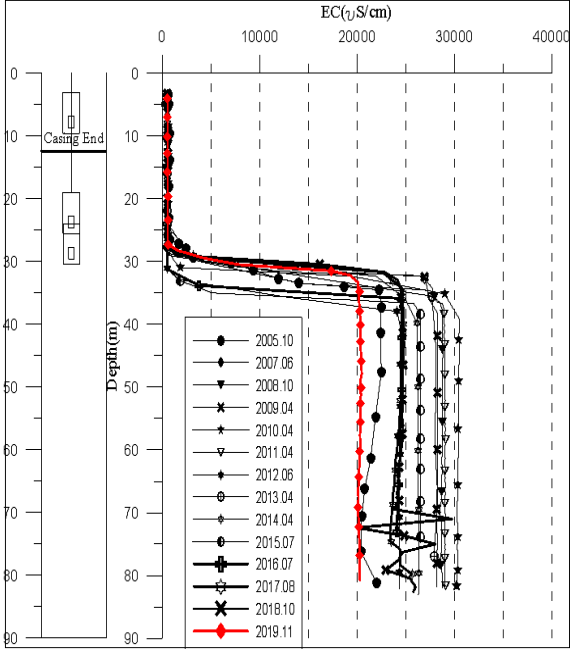
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
아산1 (선장1)	선장면 군덕리	364725.05	187605.47	7.17	2005	3.08
아산2 (영인1)	영인면 창룡리	378076.36	197263.48	9.19	2005	7.17
아산3 (음봉1)	음봉면 의신리	376942.99	207232.65	25.92	2005	24.25
아산4	아산시 둔포면 신항리 591	202397.97	477840.37	14.42	2017	11.52
아산5	아산시 신창면 궁화리 산82-1	191933.09	465875.22	28.45	2017	21.20
아산6	아산시 탕정면 매곡리 975-26	207144.854	464473.432	18.286	2018	13.60

※ 2011년부터 선장1 → 아산1, 영인1 → 아산2, 음봉1 → 아산3으로 지구명 변경

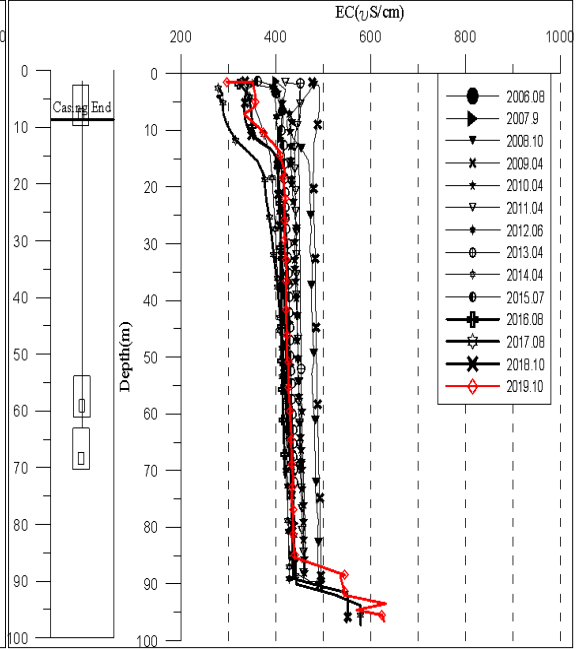
2. 지형 및 지질

아산지구는 남쪽에 광덕산(699 m), 망경산(600 m), 봉수산(534 m), 설화산(441 m), 배방산(361 m) 등이 분포하며, 북쪽에는 영인산(364 m), 고용산(294 m), 연암산(293 m) 등이 위치하고 있다. 아산지구는 화강암이 침식된 낮은 구릉이 발달하며, 지질은 선캄브리아기의 호상 편마암과 쥐라기의 화강암이 주를 이루고 있다.

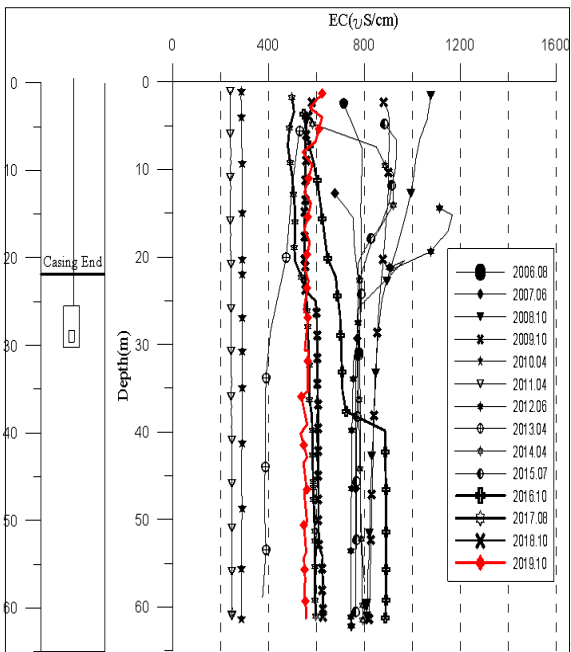
3. 지하수 검층



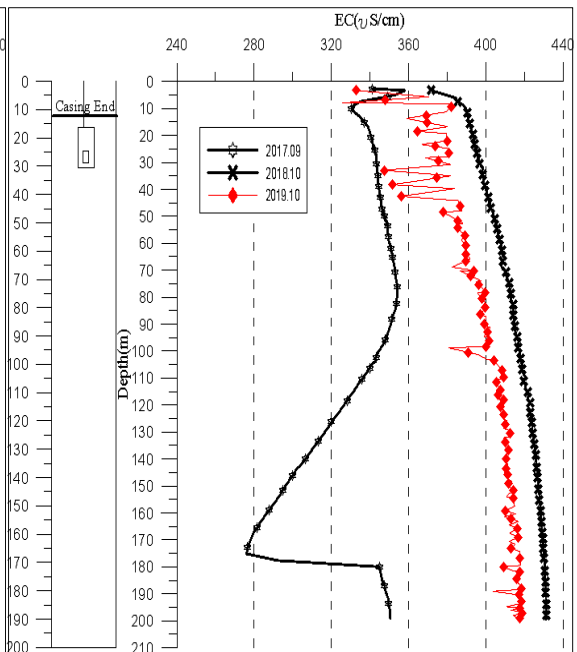
<아산1 관측공>



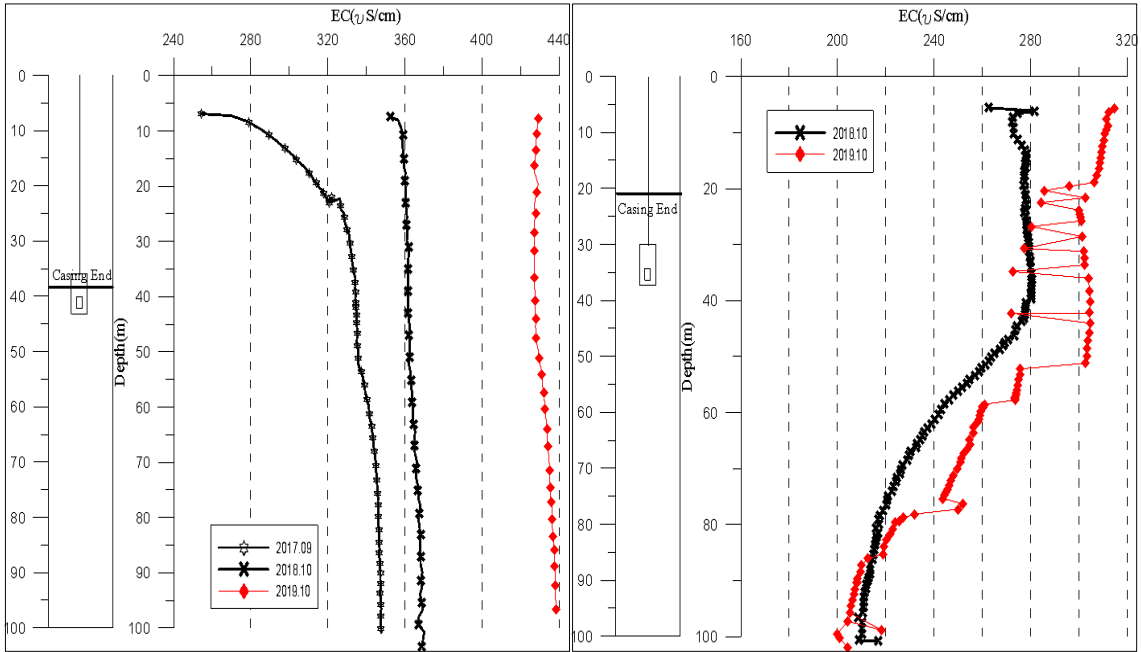
<아산2 관측공>



<아산3 관측공>



<아산4 관측공>



<아산5 관측공>

<아산6 관측공>

4. 지하수 수질 분석

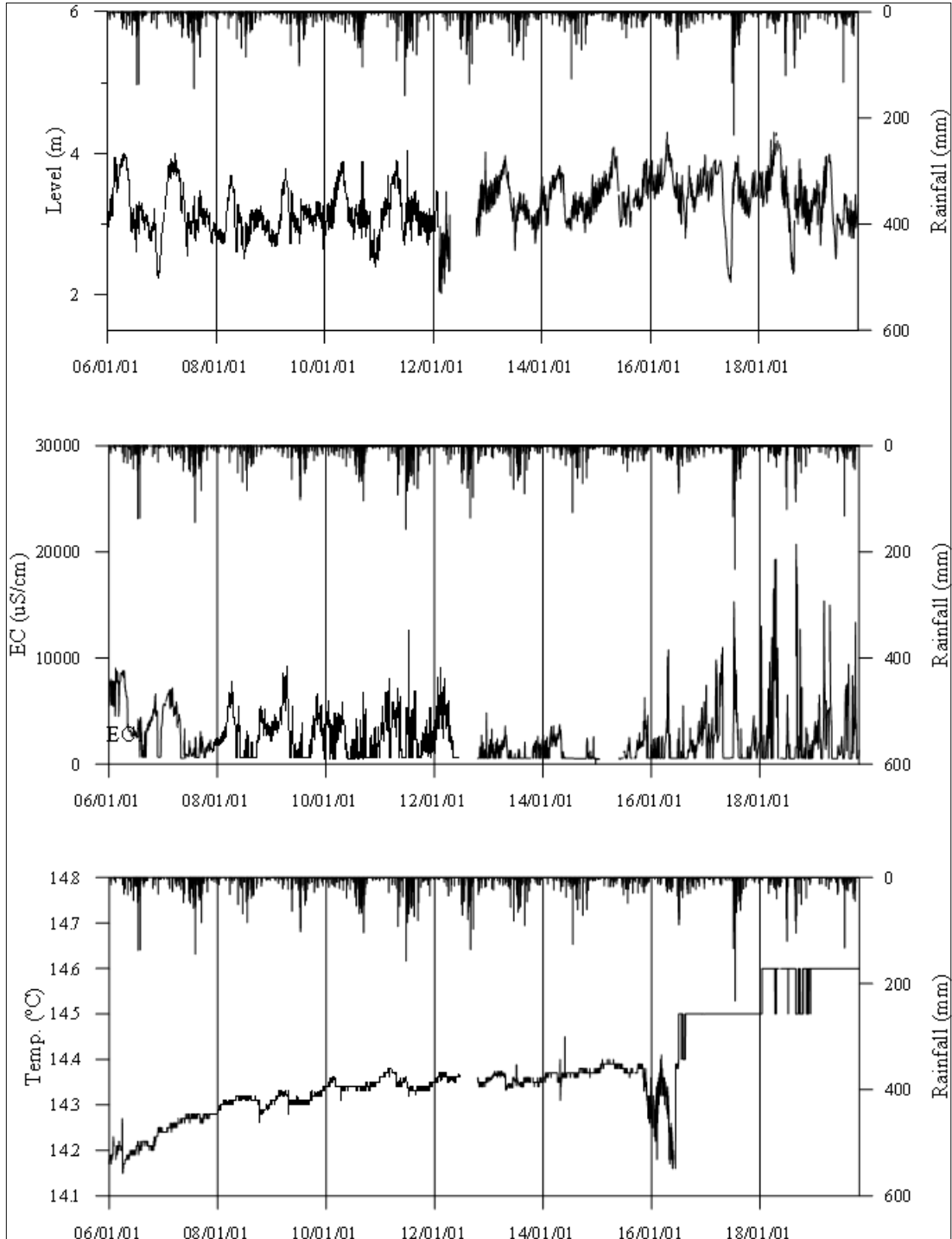
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

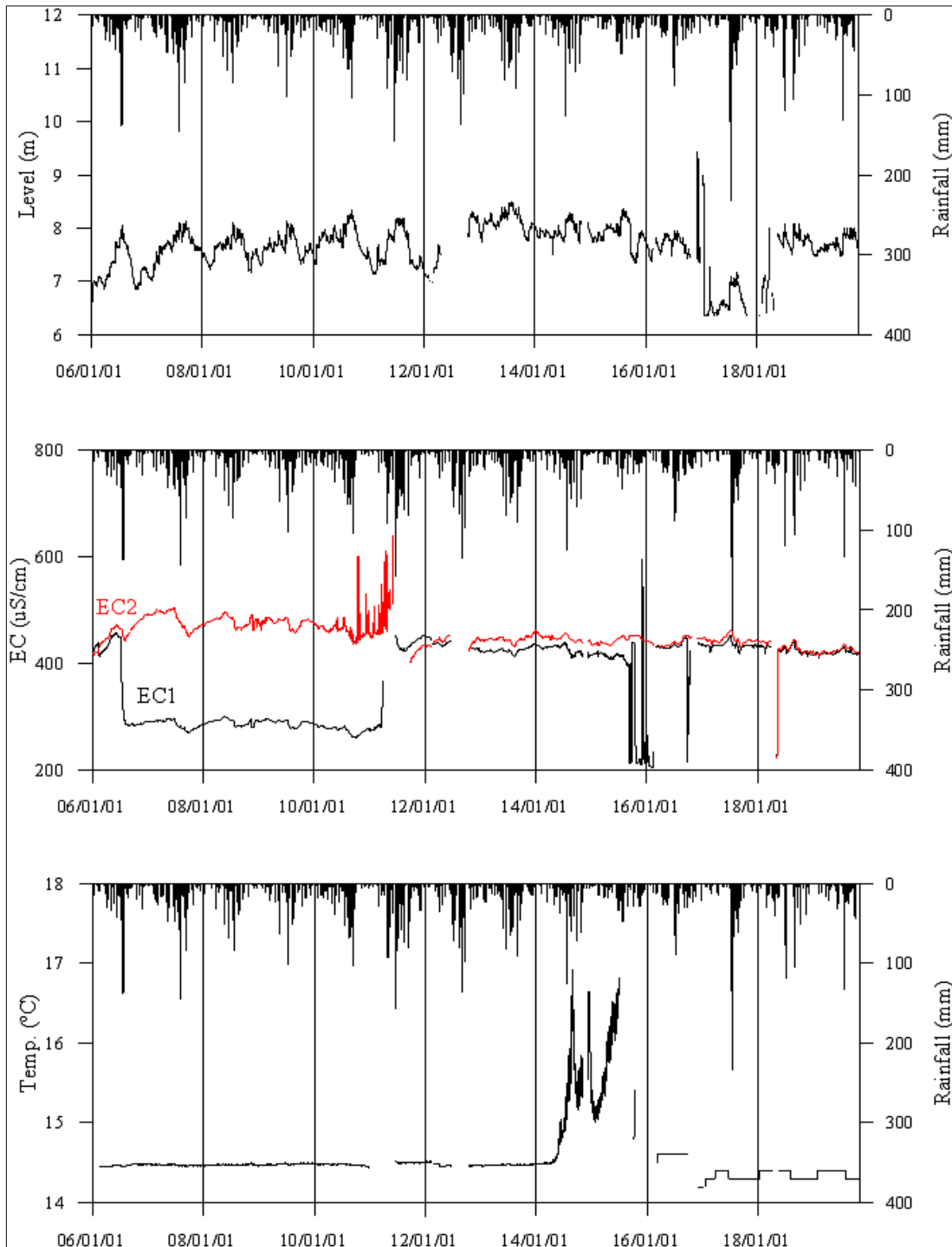
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
아산1 (선장1)	(2007.10)	71.67	12.13	6.73	30.69	31.47	88.20	94.55	80.79
	(2008.10)	63.65	8.88	3.99	23.84	28.08	90.82	54.90	85.59
	(2009. 4)	59.67	9.78	5.43	28.69	27.76	77.97	73.20	72.68
	(2010. 4)	78.15	10.00	3.59	29.05	29.13	79.28	82.35	74.80
	(2011. 6)	538.43	76.73	5.26	346.64	178.60	1627.61	88.45	60.97
	(2012. 6)	81.12	11.83	6.84	32.16	31.78	87.29	82.35	184.34
	(2013. 4)	78.06	9.49	3.55	25.61	30.87	78.97	82.35	73.04
	(2014. 4)	236.66	30.58	5.34	133.82	92.44	531.47	88.45	72.22
	(2015. 7)	78.34	8.87	3.74	24.20	29.78	76.49	79.30	82.60
	(2016. 5)	76.05	9.32	3.65	25.90	36.94	78.74	79.30	94.16
	(2017. 3)	67.67	8.18	3.22	20.61	32.30	69.38	82.35	70.36
	(2018. 7)	64.45	7.53	3.70	21.11	26.70	56.95	61.00	62.49
(2019. 7)	72.96	7.24	3.76	21.35	30.62	61.17	67.10	69.06	
아산2 (영인1)	(2007.10)	16.67	8.11	1.49	63.55	8.64	41.94	176.90	24.38
	(2008.10)	18.64	6.78	0.78	52.75	9.08	43.59	146.40	22.72
	(2009. 4)	18.45	8.29	1.17	67.17	8.92	39.38	183.00	15.89
	(2010. 4)	21.32	8.51	0.83	63.49	8.42	40.25	198.25	18.84
	(2011. 6)	19.52	7.17	0.72	59.53	11.65	43.45	161.65	23.73
	(2012. 6)	19.98	7.80	0.82	63.47	10.66	39.62	155.55	35.04
	(2013. 4)	19.71	7.97	0.74	59.18	9.02	34.45	173.85	20.09
	(2014. 4)	16.76	6.59	3.59	52.90	9.92	38.03	164.70	18.12
	(2015. 7)	16.81	6.50	0.70	55.35	7.94	27.90	152.50	13.68
	(2016. 5)	20.45	7.51	0.77	58.28	8.99	32.76	167.75	15.94
	(2017. 3)	18.00	7.06	1.06	53.18	10.02	33.67	158.60	16.96
	(2018. 7)	22.93	8.33	0.82	53.50	11.93	37.30	146.40	16.78
(2019. 7)	22.27	7.16	0.97	55.87	9.89	30.36	161.65	18.19	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
아산3 (음봉1)	(2007.10)	28.02	17.19	2.92	61.15	15.21	35.55	161.65	89.85
	(2008.10)	39.49	17.96	2.35	110.03	19.13	74.74	152.50	259.49
	(2009.10)	31.69	17.24	2.18	101.15	25.79	60.10	213.50	197.78
	(2010. 4)	26.07	8.43	1.20	37.87	21.89	12.70	161.65	1.51
	(2011. 6)	39.60	17.22	1.78	94.62	31.76	62.00	140.30	228.43
	(2012. 6)	45.11	24.44	2.49	100.34	26.05	69.75	79.30	276.92
	(2013. 4)	27.94	11.16	1.34	48.40	26.03	27.36	118.95	65.62
	(2014. 4)	38.18	21.05	2.62	110.80	22.03	66.91	67.10	338.75
	(2015. 7)	52.15	19.50	2.51	89.95	39.55	77.93	70.15	225.76
	(2016. 5)	38.53	19.40	2.20	86.69	45.82	54.55	86.93	211.96
	(2017. 3)	29.02	12.03	1.86	56.93	51.20	47.68	125.05	66.10
	(2018. 7)	23.98	8.56	1.24	36.42	33.60	16.19	128.10	2.41
	(2019. 7)	25.41	8.53	1.58	34.93	32.60	14.42	128.10	3.24
아산4	(2017. 3)	18.80	8.06	1.13	36.18	6.94	23.39	161.65	N.D.
	(2018. 7)	20.32	9.65	1.21	43.77	4.93	29.52	161.65	N.D.
	(2019. 7)	22.00	9.72	1.45	47.03	4.75	25.68	189.10	N.D.
아산5	(2017. 3)	15.27	9.24	0.95	29.85	22.39	14.57	109.80	26.33
	(2018. 7)	17.12	11.86	1.01	38.06	22.13	15.33	118.95	32.21
	(2019. 7)	16.17	11.77	1.23	38.12	21.73	14.40	118.95	29.98
아산6	(2018. 10)	26.07	6.42	1.50	24.03	12.44	36.23	103.70	N.D.
	(2019. 7)	23.47	7.29	2.45	36.61	19.56	38.94	103.70	N.D.

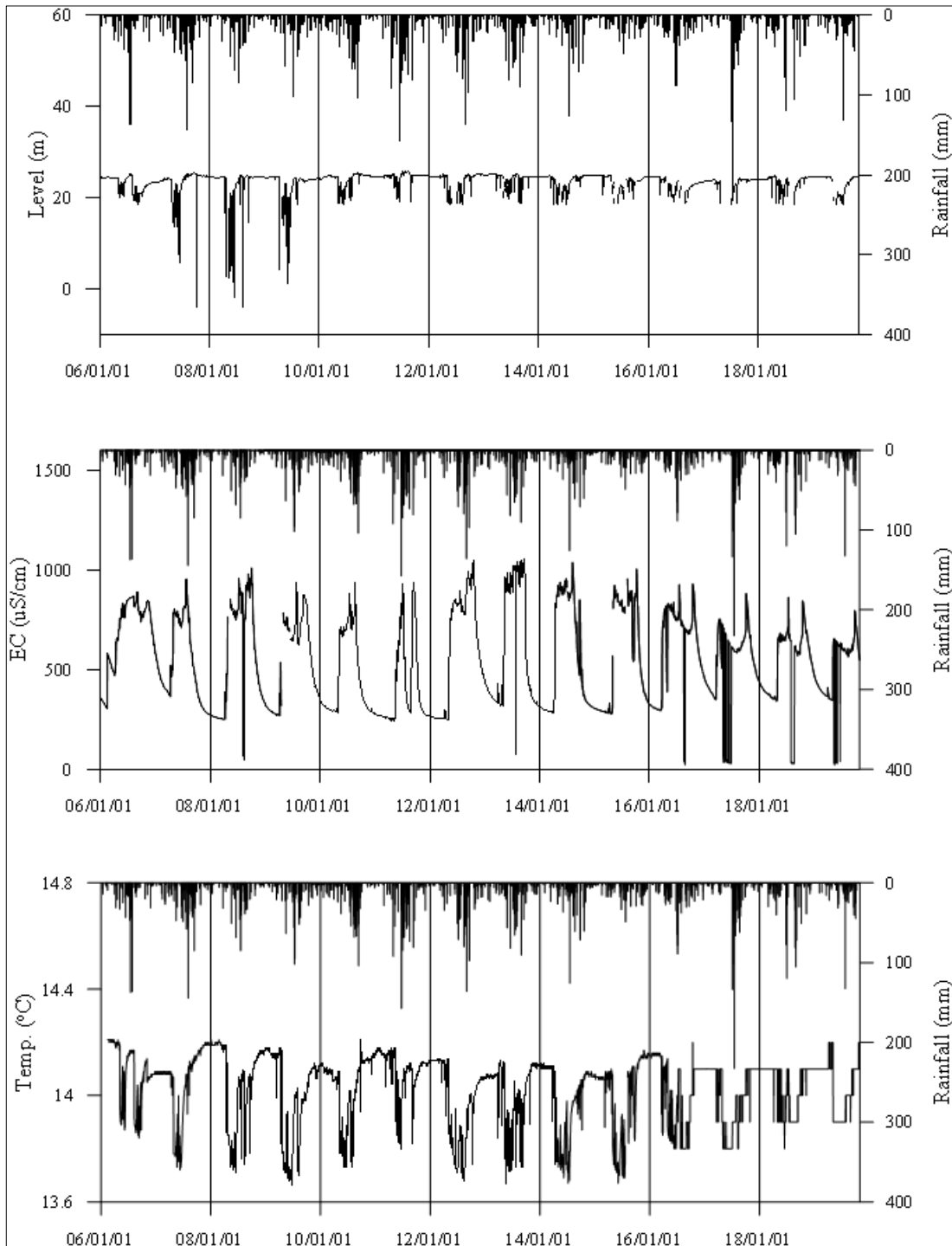
5. 장기관측 결과



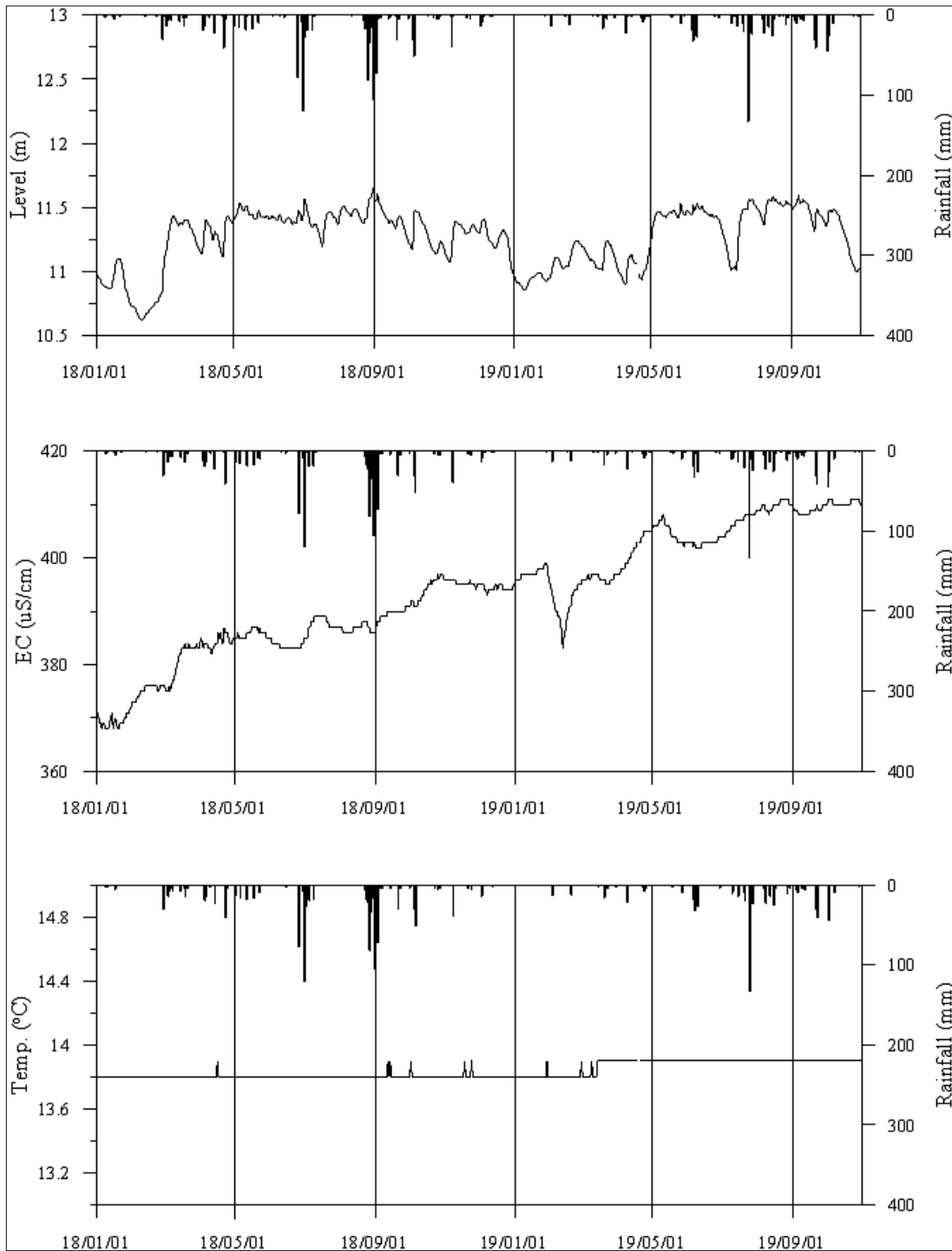
<아산1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



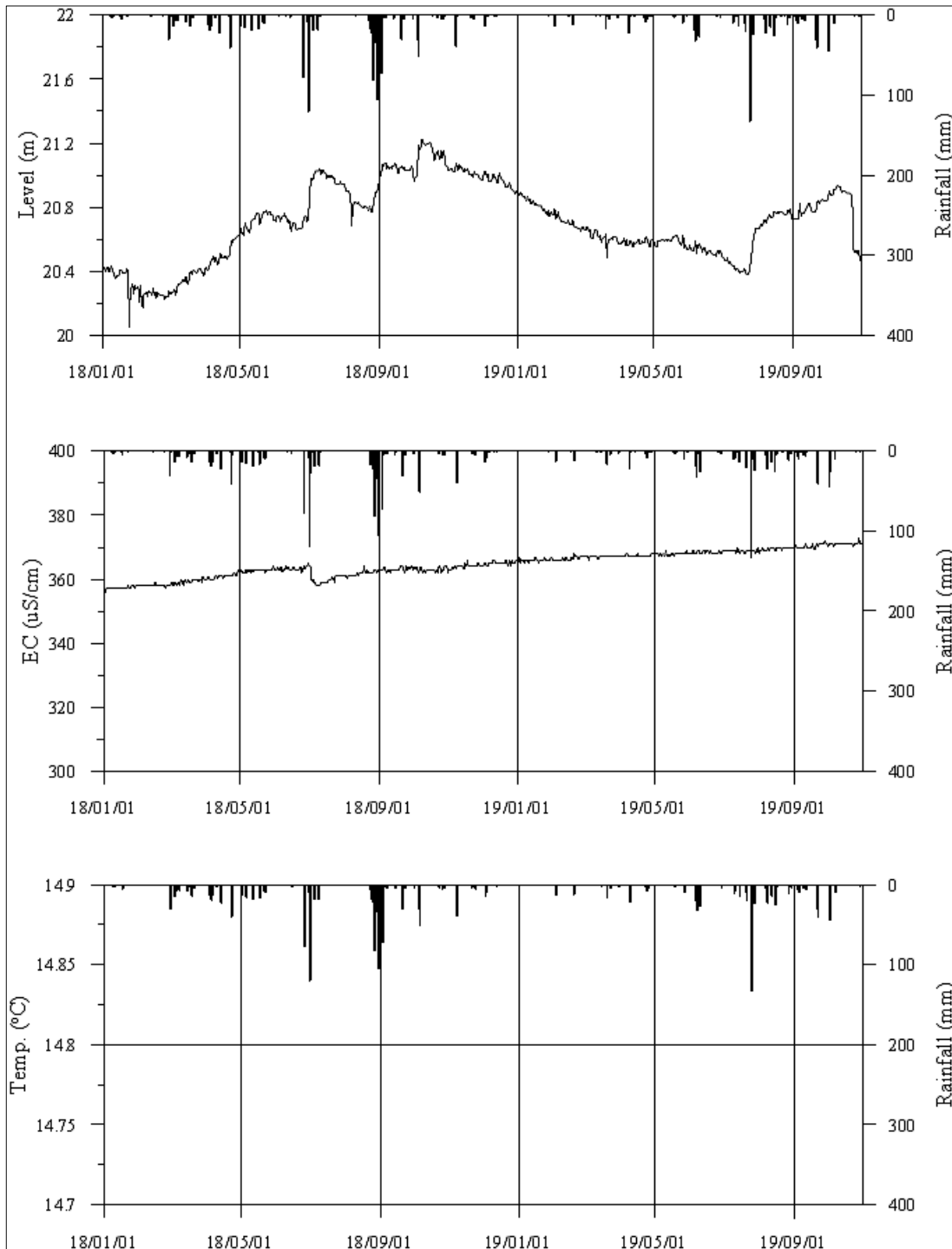
<아산2 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



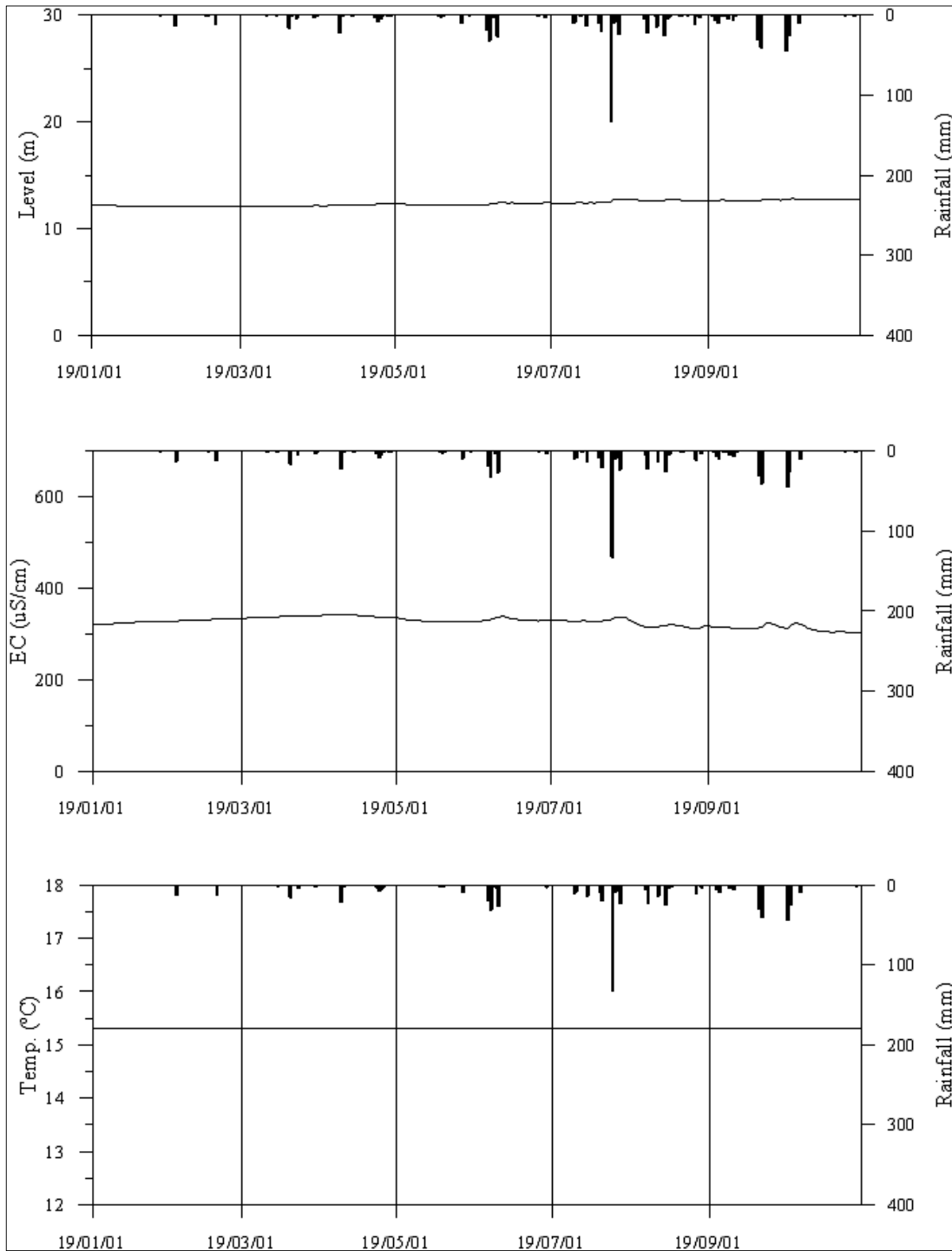
<아산3 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<아산4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<아산5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<아산6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 아산1, 2, 3 관측공은 아산지역 농촌지하수관리사업 결과, 지하수 관리가 필요한 지역 중 자동관측망 설치 운영 효과가 기대되는 수량·수질관리 지역에 대하여 각각 설치하였다. 아산4 관측공은 둔포면 산업단지가 위치하고 있고, 주변에 농경지가 발달되어 있는 지역으로 농경지는 주로 논으로 이용되고 있다. 아영지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수량 관리지역으로 농촌지역의 계절별 수량변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 아산5 관측공은 신창면 농공단지가 위치하고 있고, 농경지가 발달되어 있는 지역이다. 아인지구 농촌지하수관리보고서에서 수질관리 필요지역인 가덕리의 하류부로 지하수의 함양이 이루어지는 지역이다. 아산6 관측공은 매곡리는 탕정면에서 단위면적당 오염부하량이 가장 높은 지역이다. 이에 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 아산1 관측공은 지표 하부 약 35 m 구간에서 전기전도도가 약 20,000 $\mu S/cm$ 로 급격하게 상승되는 것으로 나타났다. 이는 아산1 관측공이 해안가에 위치하여 해수가 유입되는 것으로 판단된다. 아산2 관측공은 2005년을 제외하면 심도에 따른 전기전도도의 변화 없이 약 500 $\mu S/cm$ 의 값을 나타내고 있다. 아산3 관측공은 심도 약 40 m에서 전기전도도가 소폭 상승하여 최대 약 900 $\mu S/cm$ 의 값을 보이고 있다. 그러나 매년 6월과 10월 조사 시 측정된 값은 약 800 $\mu S/cm$ 내외, 4월 조사 시에는 약 300 $\mu S/cm$ 이하로 낮게 나타나므로, 지속적으로 모니터링의 필요성이 제기되고 있다. 아산4 관측공은 약 280 ~ 430 $\mu S/cm$ 범위, 아산5 관측공은 약 240 ~ 440 $\mu S/cm$ 범위, 아산6 관측공은 약 200 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 아산1 관측공은 해수의 유입관계로 (Na+K)-Cl 유형이며, 아산2, 3, 4, 5, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당된다. 아산1, 3 관측공은 질산염 농도가 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성 질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과해서 검출되는 빈도가 높아 농업용수로 부적합하다. 따라서 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 차단에 만전을 기

해야 한다.

- 4) 장기 관측결과 : 아산1 관측공은 전이대의 상승과 하강에 따라 전기전도도의 증감현상이 지표 하부 25 m와 30 m에 설치한 센서(EC1, EC2)에서 감지된다. 아산2 관측공은 강수에 의한 지하수위의 증가와 감소 현상이 뚜렷하게 나타나고 있으며, 전기전도도는 최대 약 $600 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 아산3 관측공은 직접적인 양수에 의한 지하수위 하강과 회복이 반복되고 있으며, 수위 하강 시 전기전도도의 증가와 수온의 저하 현상이 나타나고 있다. 아산 4, 5, 6 관측공은 모두 $500 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 다만, 아산4 관측공은 시간이 흐를수록 점차 증가되는 경향이 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 아산1 관측공에서는 전형적인 해수침투의 양상이 나타나고 있다. 또한, 아산1, 3 관측공은 질산염 농도가 농업용수 수질기준을 초과해서 나타나 영농에 활용이 부적합하다. 아산4, 5, 6 관측공은 농업용수로 사용가능하다. 따라서 아산1, 3 관측공 주변 지하수의 이용자제와 타 수자원 공급모색이 필요하다.

2.5.2 금산지구

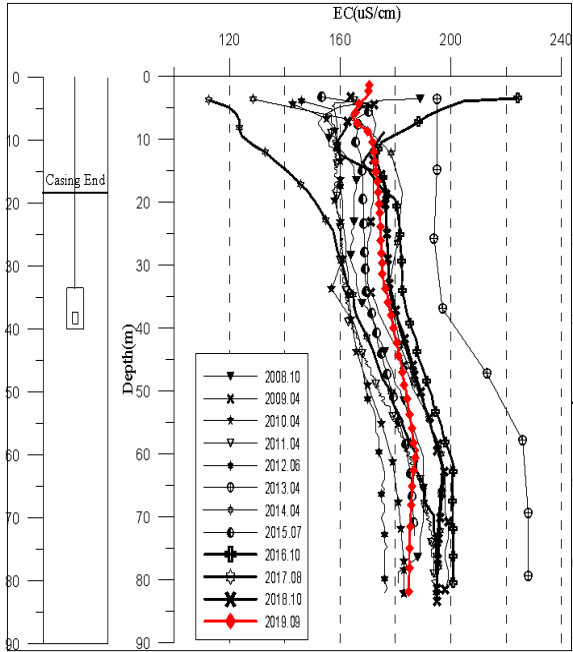
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
금산1	금산군 금성면 하류리 622-2	243474.670	291993.461	152.65	2008	149.35
금산2	금산군 부리면 신촌리 414-1	251113.2362	287416.7895	144.66	2016	135.60
금산3	금산군 추부면 요광리 879	244206.9638	301435.6291	173.36	2016	170.96
금산4	금산군 제원면 제원리 532	248533.169	391440.248	143.00	2018	139.78
금산5	금산군 진산면 지방리 601-2	231497.211	397519.385	156.33	2018	151.25
금산6	금산군 남일면 신정리 195-2	246409.48	379986.561	187.34	2018	182.14

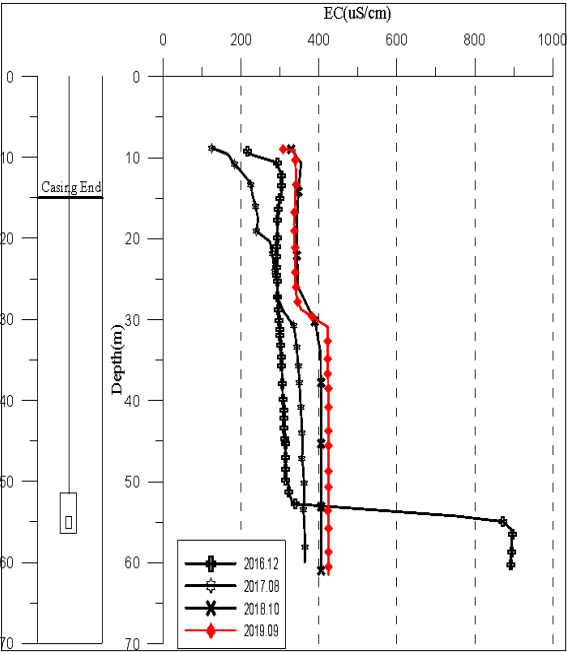
2. 지형 및 지질

금산1지구는 금성면 하류리 일대로 조사지역은 주변 산계에 둘러싸인 평야지대 가장자리에 위치하고 있으며, 수계는 주변의 산계에서 발달한 소지류가 수지상으로 발달하였다. 지질은 선캠브리아기의 호상편마암 및 운모편암과 시대미상의 편마상 화강암, 중생대의 화강암류, 반암류가 분포하고 있고, 그 상부로 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 금산2지구는 충청남도 금산군 부리면에 위치하고 있으며 대체로 산지가 높고, 금강을 따라 농경지가 위치하고 있는 지역이다. 산계로는 갈기산, 비봉산, 양각산 등이 있다. 금산3지구는 충청남도 금산군 추부면 요광리에 위치하고 있으며, 산계로는 서대산, 만인산 등이 있다. 요광리 일대는 농공단지가 위치하고 있으며, 추풍천이 흐르고 있다. 지질은 중생대 흑운모화강암이 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 금산4, 5, 6 관측공은 각각 제원면, 진산면, 남일면 일대에 위치하고 있다.

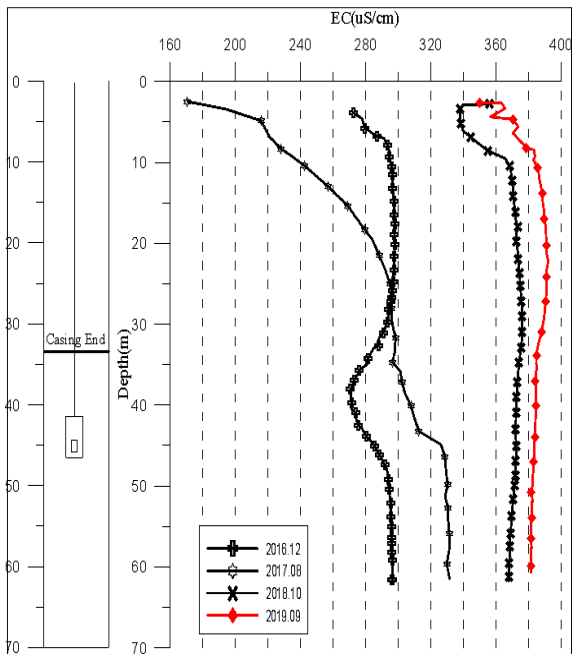
3. 지하수 검층



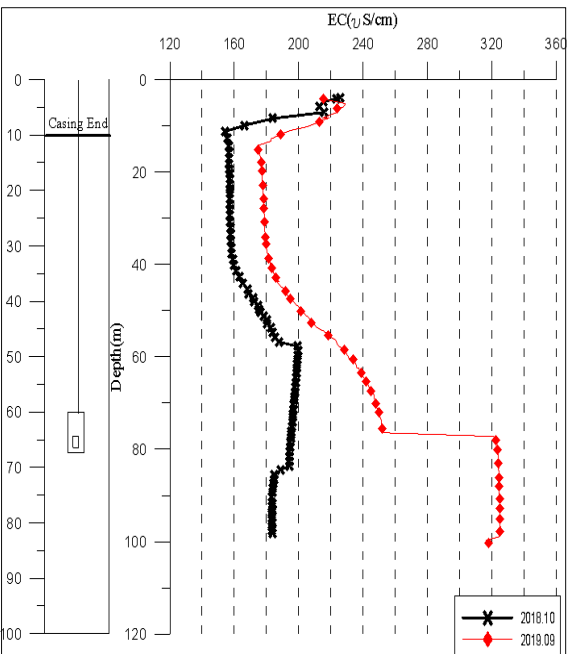
<금산1 관측공>



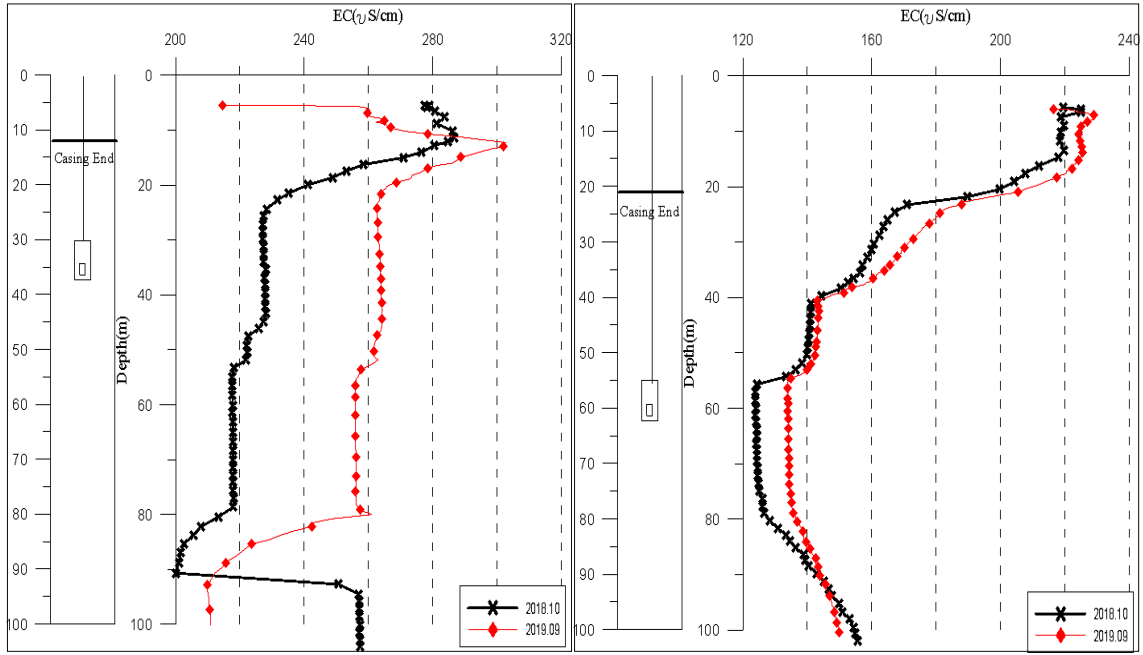
<금산2 관측공>



<금산3 관측공>



<금산4 관측공>



<금산5 관측공>

<금산6 관측공>

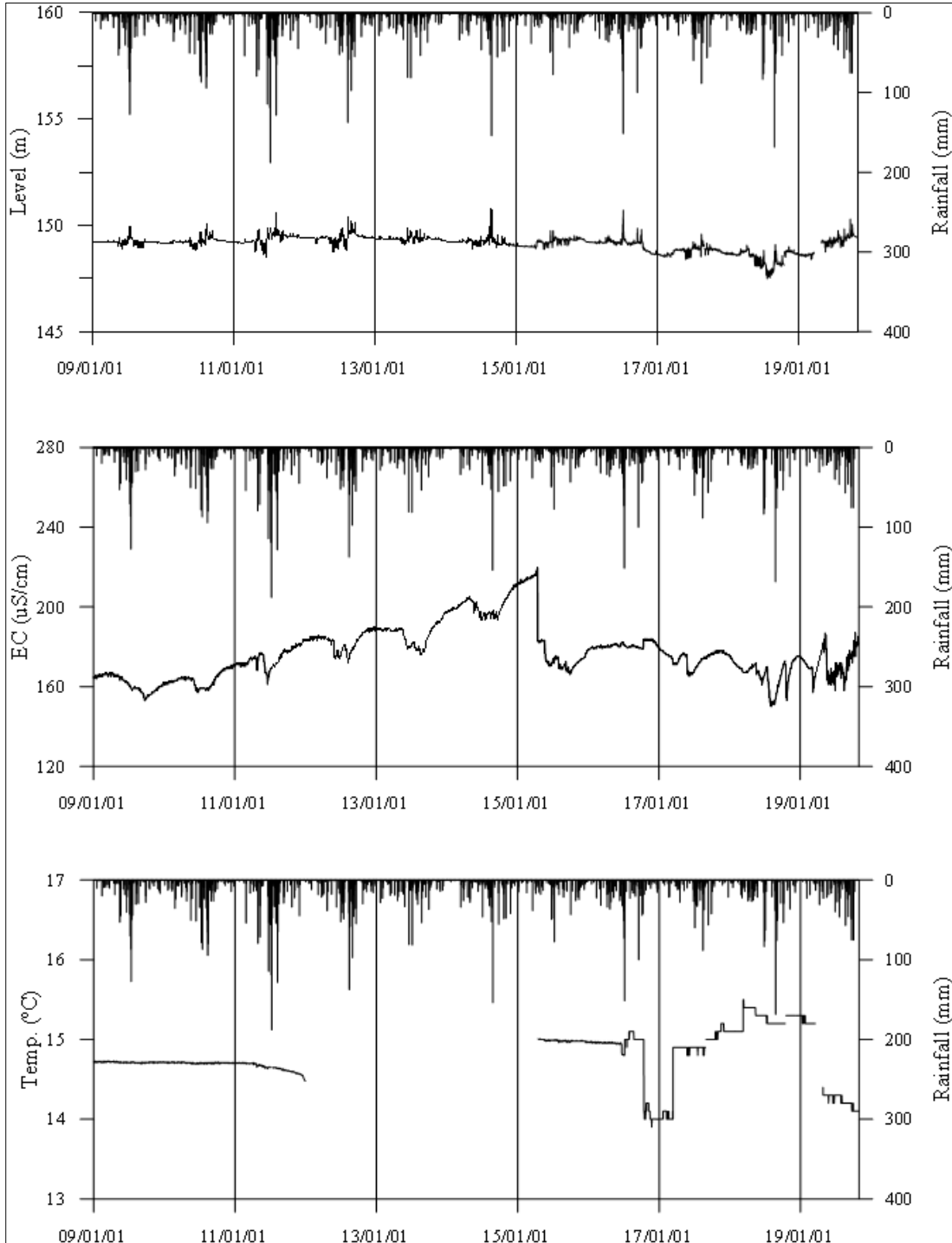
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

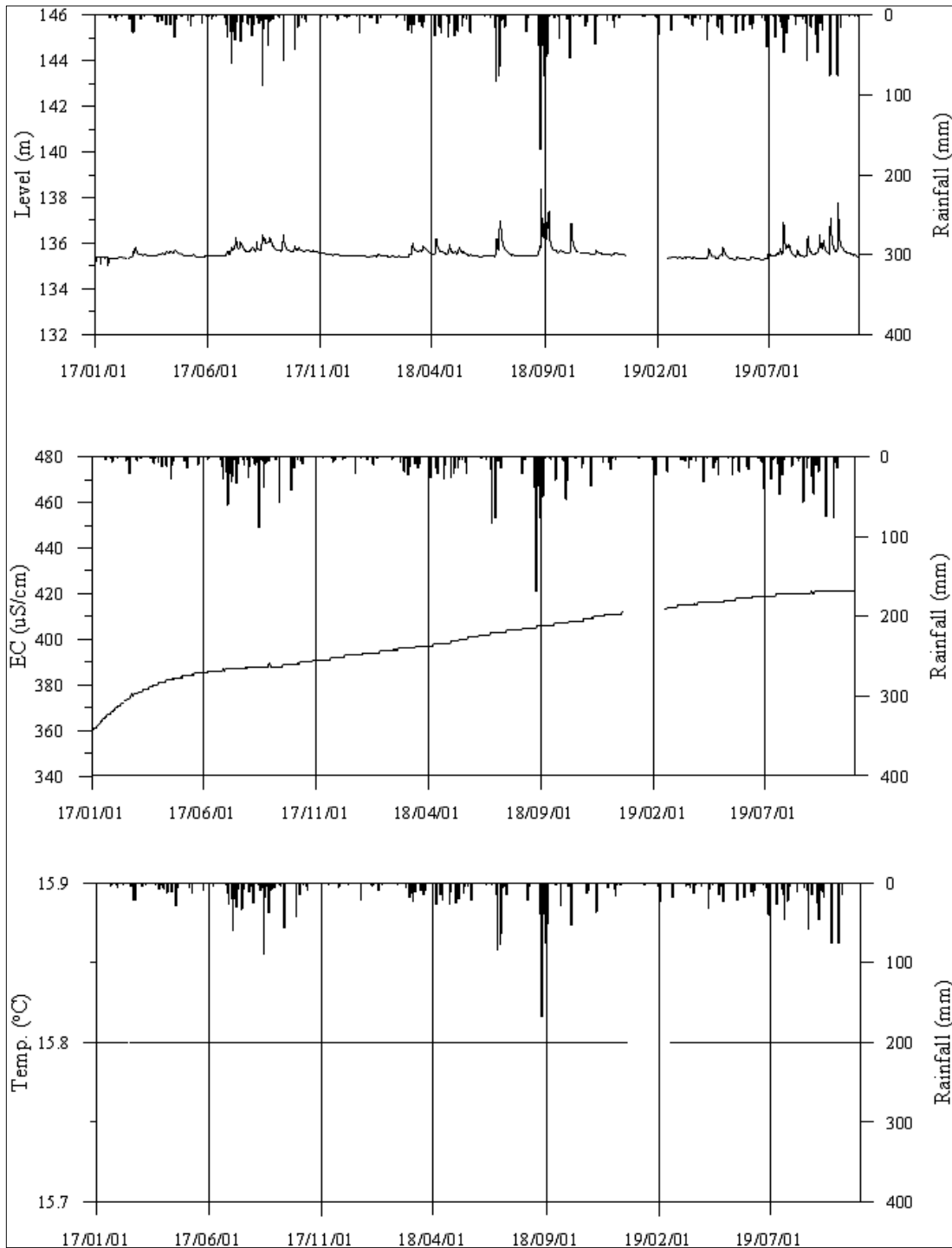
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
금산1	(2008.10)	12.27	2.23	1.10	11.52	4.97	6.98	57.95	5.49
	(2009. 4)	18.44	2.10	1.84	13.93	5.59	6.41	67.10	5.08
	(2010. 4)	22.93	2.22	1.30	14.67	5.75	6.46	76.25	5.82
	(2011. 6)	22.54	1.98	1.18	12.53	6.38	7.35	64.05	7.84
	(2012. 6)	23.10	1.81	1.20	12.15	6.34	6.85	73.20	16.35
	(2013. 4)	24.14	1.83	0.98	11.82	6.95	7.44	76.25	7.36
	(2014. 4)	25.80	1.79	1.29	13.48	6.71	7.72	73.20	7.99
	(2015. 7)	26.72	2.04	1.15	13.97	5.66	6.86	82.35	9.67
	(2016. 5)	20.33	1.93	1.22	12.73	6.22	7.20	67.10	8.84
	(2017. 3)	18.90	2.04	1.30	12.06	5.41	6.92	67.10	10.77
	(2018. 7)	17.07	2.15	1.22	14.36	5.31	6.95	54.90	11.53
(2019. 7)	20.79	1.97	1.44	12.77	5.21	6.72	57.95	11.44	
금산2	(2016.12)	22.27	4.82	1.45	29.65	13.05	23.67	70.15	54.98
	(2017. 3)	19.35	4.56	1.59	26.50	12.72	24.58	91.50	N.D.
	(2018. 7)	23.35	3.89	2.44	48.67	12.98	25.55	106.75	49.29
	(2019. 7)	23.00	4.63	2.02	31.07	13.95	23.42	73.20	48.75
금산3	(2016.12)	14.67	6.32	1.59	30.73	13.54	34.28	94.55	8.05
	(2017. 3)	13.02	6.22	1.53	30.39	19.89	35.93	79.30	8.22
	(2018. 7)	16.02	6.92	1.38	33.57	24.13	39.08	73.20	12.49
	(2019. 7)	15.90	6.38	1.86	38.43	24.55	38.37	76.25	9.19
금산4	(2018.10)	17.93	1.79	0.72	15.92	6.62	7.70	79.30	15.17
	(2019. 7)	20.26	2.11	0.69	17.71	8.34	6.94	74.73	15.92
금산5	(2018.10)	4.29	4.18	1.65	38.12	17.37	8.32	109.80	13.75
	(2019. 7)	6.31	8.97	1.36	33.63	23.97	5.86	106.75	2.05
금산6	(2018.10)	20.32	0.68	0.75	4.78	5.78	7.65	85.40	9.16
	(2019. 7)	23.26	0.47	0.52	3.36	6.01	8.48	45.75	15.07

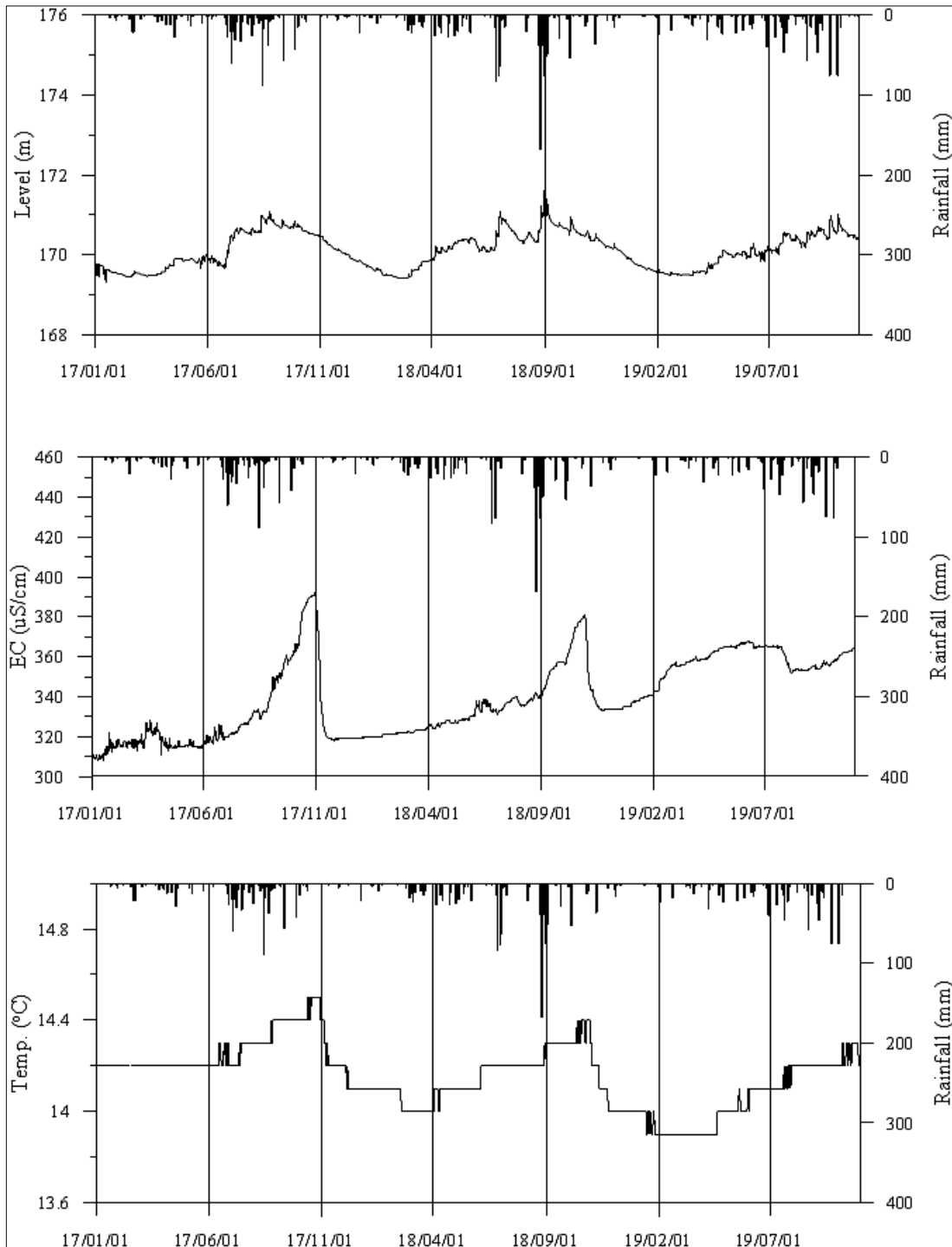
5. 장기관측 결과



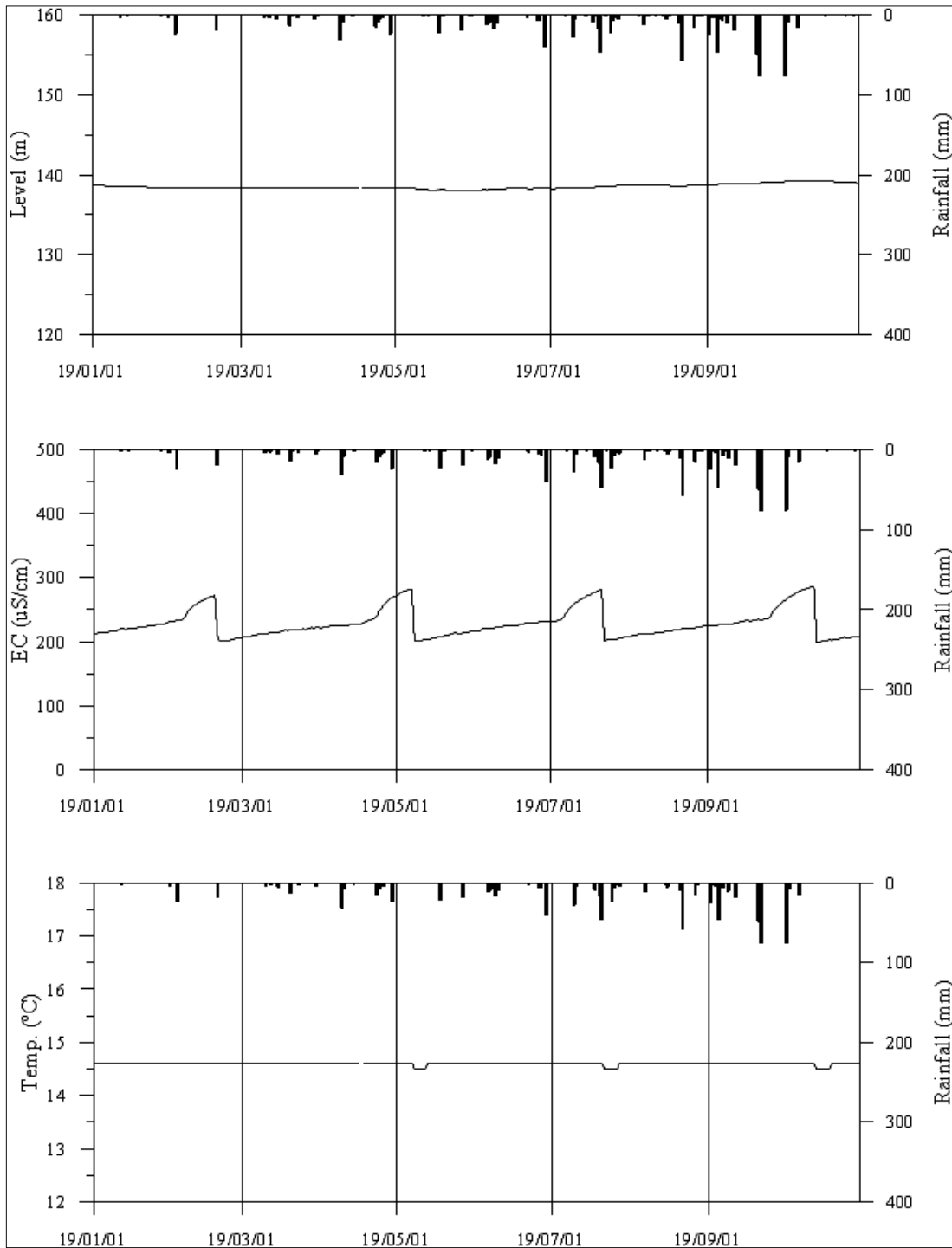
<금산1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



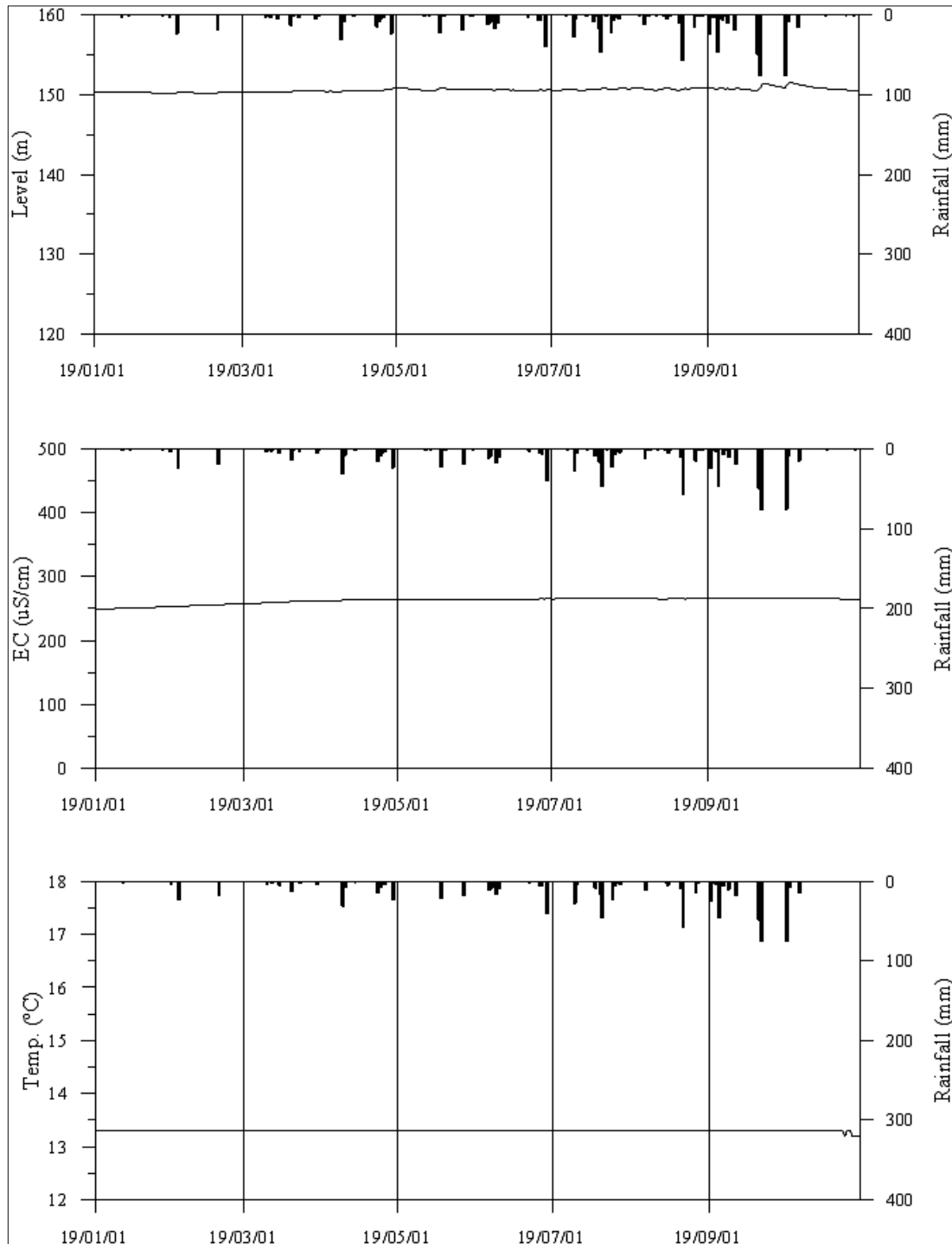
<금산2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



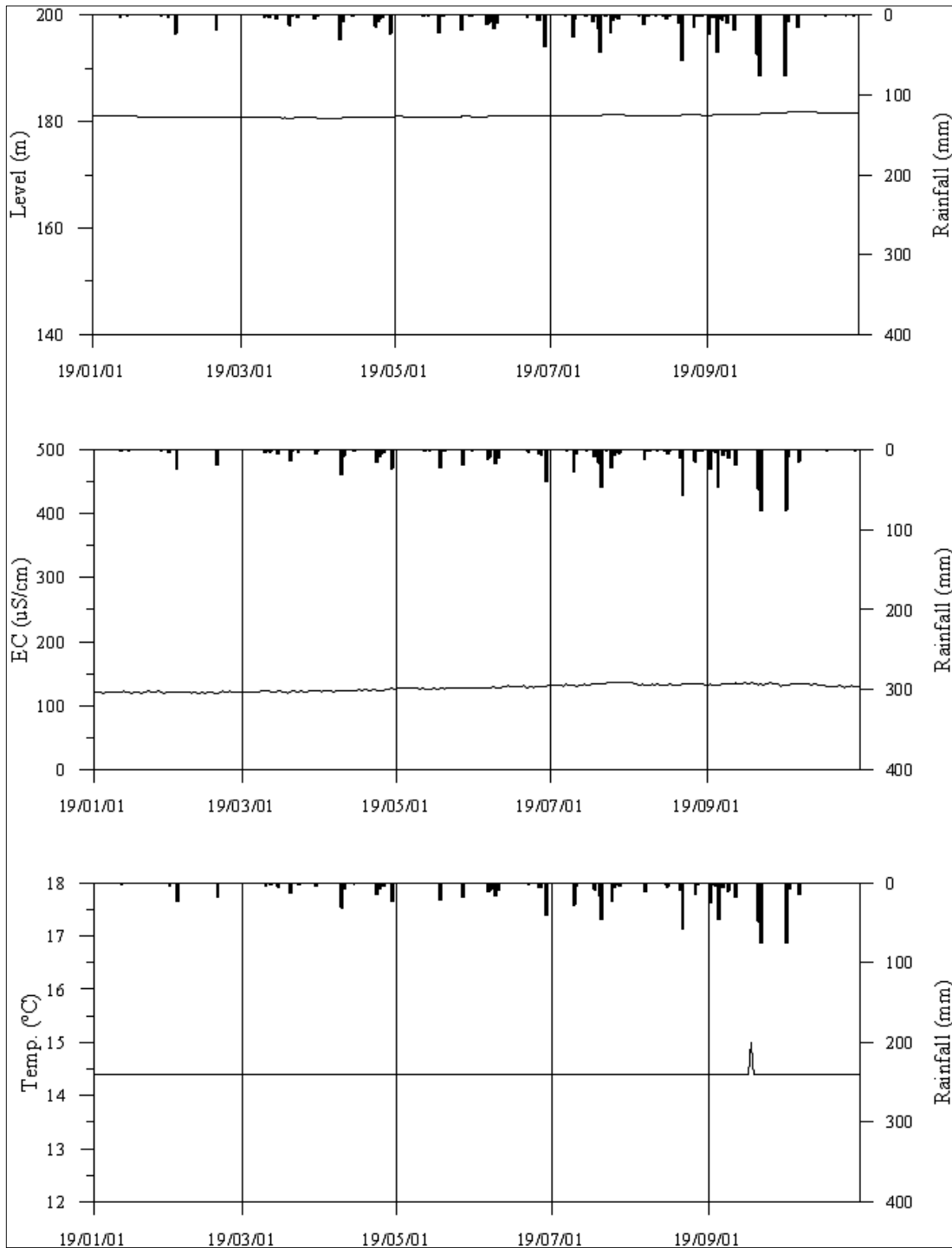
<금산3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<금산4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<금산5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<금산6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 금산1 관측공은 지하수 관정수 및 이용량이 많으며, 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화가 예상되는 지역에 설치하였다. 금산2 관측공은 금강주변에 발달한 농경지역에 위치하며, 농경지에 주로 논으로 이용되고 있다. 금부지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수량 및 수질관리 지역인 저곡리의 하류부로 지하수 함양이 이루어지는 지역이다. 이러한 농촌지역의 계절별 수량변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 금산3 관측공은 추부농공단지와 비료공장이 위치하고 있고, 농경지가 발달되어 있는 지역이다. 금복지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수질관리 필요지역이다. 금산4 관측공은 지하수 수량관리 필요인 제원리에 위치하며, 금산5, 6 관측공은 농촌지하수관리보고서에서 지방리는 DRASTIC 지수가 높은 지역이다. 따라서 지하수 수질에 대한 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 금산1 관측공의 전기전도도는 $240 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도는 지표 하 40 m 구간에서 증가하는 경향이 미약하게 나타났다. 금산2 관측공의 전기전도도는 $891 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 상부구간은 전기전도도 증가구간으로 $215 \mu S/cm$ 에서 $340 \mu S/cm$ 까지 증가하는 반면 하부구간은 $891 \mu S/cm$ 내외이지만, 농업용수로 활용이 가능한 범위이다. 금산3 관측공의 전기전도도는 $400 \mu S/cm$ 이하로 나타났다. 금산4 관측공의 전기전도도는 $330 \mu S/cm$ 이하로 지표 하부 80 m의 상부구간과 하부구간의 전기전도도 값의 차이를 다소 보이지만, 농업용수로 활용에는 별다른 문제가 없다. 금산5 관측공의 전기전도도는 $310 \mu S/cm$ 이하로서, 지표 하부 80 m 하부에서 전기전도도 값이 서서히 감소하였다. 금산6 관측공의 전기전도도는 $235 \mu S/cm$ 이하로서, 심도에 따른 감소 특성을 보이는데, 농업용수로 활용에는 별다른 문제가 없다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 금산1, 2, 3, 4, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 금산5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당된다. 금산1 관측공의 상대적으로 높은 나트륨 이온 함량은 지표오염원의 유입을 의미한다. 금산지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 금산1 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강 현상 및 주변 지하수 이용에 따른 수위강하도 구간별로 나타나며 연간 3 m 내외의 수위변화를 보인다. 전기전도도는 약 160 ~ 220 $\mu S/cm$ 범위이다. 금산2, 3 관측공은 강수에 의한 지하수위 변동이 비례적이며, 전기전도도는 공통적으로 400 $\mu S/cm$ 미만이지만, 관측기간이 짧은 관계로 꾸준한 모니터링이 필요하다. 금산4, 5, 6 관측공은 모두 300 $\mu S/cm$ 이하로 나타났으며, 특히, 금산4 관측공은 주기적인 특성이 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 금산지구는 나트륨 이온을 포함하는 지표오염원의 지하수 유입이 관찰된다. 수질기준 이하이므로 영농에 별다른 문제는 없지만, 장기관측을 통해 추적관찰을 필요로 한다. 금산2 지구는 수량관리가 필요한 지역, 금산3 지구는 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.5.3 공주지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
공주1	공주시 우성면 상서리 551-8	207714.973	329775.245	11.88	2008	7.11
공주2	공주시 탄천면 장선리 332-1	206559.5441	311360.2206	20.22	2016	14.62
공주3	공주시 의당면 중흥리 638	216720.5747	339692.5739	62.35	2016	59.75
공주4	공주시 우성면 대성리 709-2	206223.508	429134.33	13.759	2018	9.209
공주5	공주시 계룡면 유평리 279-3	212688.046	417573.249	45.90	2019	42.14

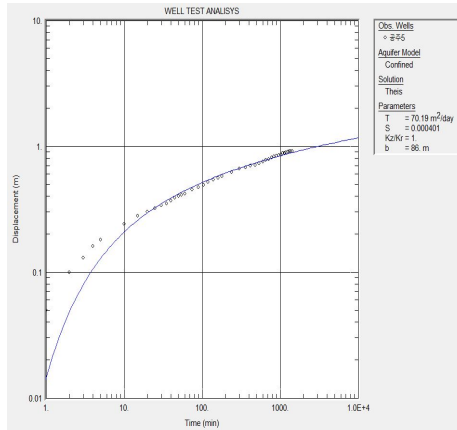
2. 지형 및 지질

공주1 지구는 우성면 상서리 일대로 주변 산계에 둘러싸인 곡간지형의 가장자리에 위치하고 있으며, 수계는 주변의 발달한 소지류가 수지상으로 발달하였다. 지질은 선캠브리아기의 호상편마암 및 운모편암과 시대미상의 편마상 화강암, 중생대의 화강암류, 반암류가 분포하고 있고, 그 상부로 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 공주2 지구는 충청남도 공주시 탄천면에 위치하고 있으며 낮은 구릉성지대이며, 석성천 및 노치천이 주변에 흐르고 있다. 주변에 농경지 및 시설하우스가 위치하고 있다. 지질은 중생대 화강섬록암과 시대미상의 안구상편마암이 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 공주3지구는 충청남도 공주시 의당면 중흥리에 위치하고 있으며, 낮은 구릉성지대로 주변에 농경지가 넓게 분포하고 있다. 43번국도가 위치하고 있으며, 하천으로 궁동천이 흐르고 있다. 지질은 선캠브리아기 화강암질편마암이 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 공주4, 5 관측공은 우성면 대성리 일대와 계룡면 유평리 일대에 설치하였다.

3. 대수층 수리지질 현황

공주5 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

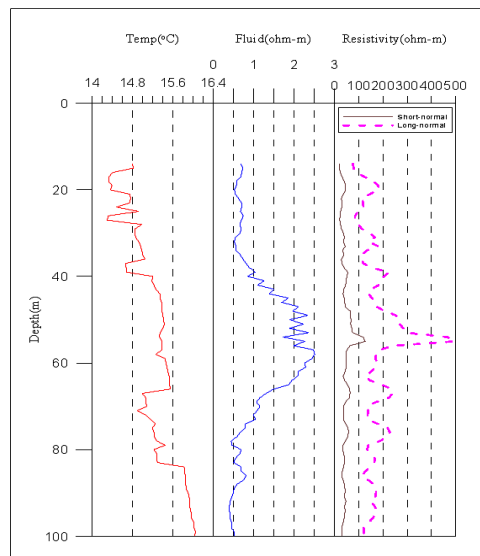
◎ 양수시험



<공주5 관측공 양수시험>

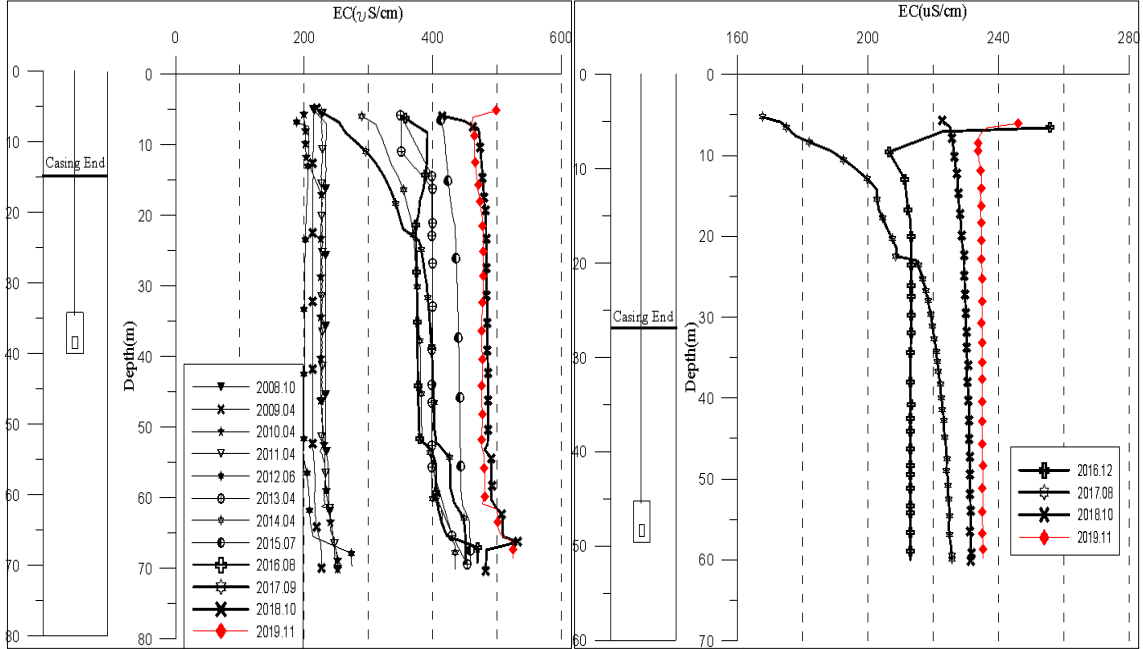
관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
공주5	125	70.19	9.446×10^{-4}	86.0

◎ 물리검층



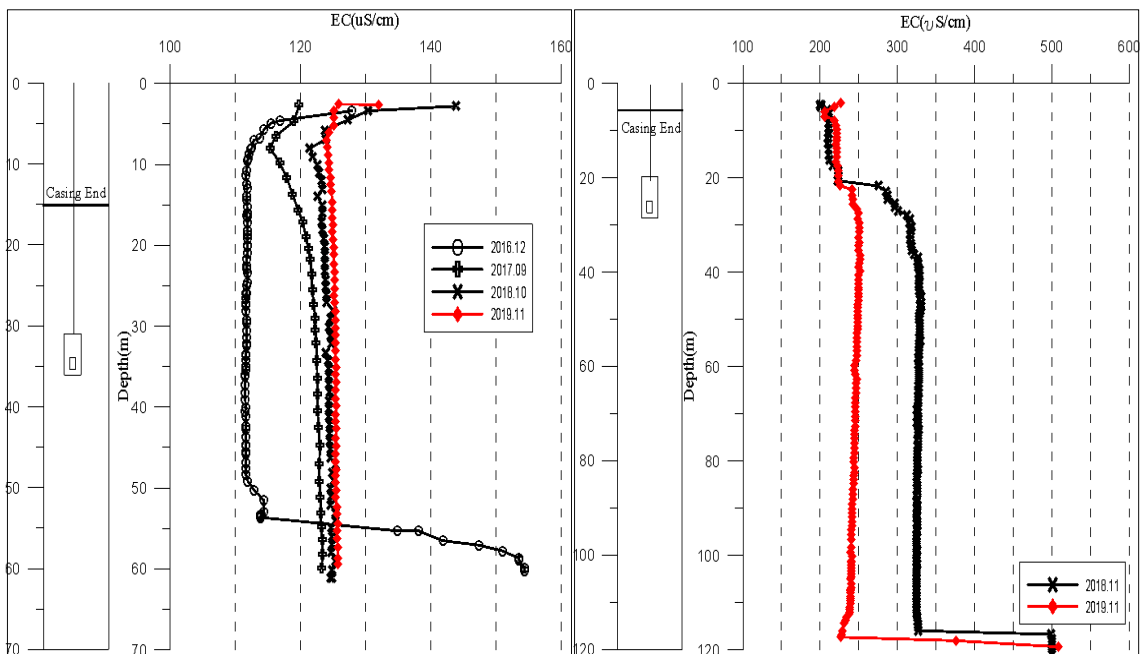
<공주5 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



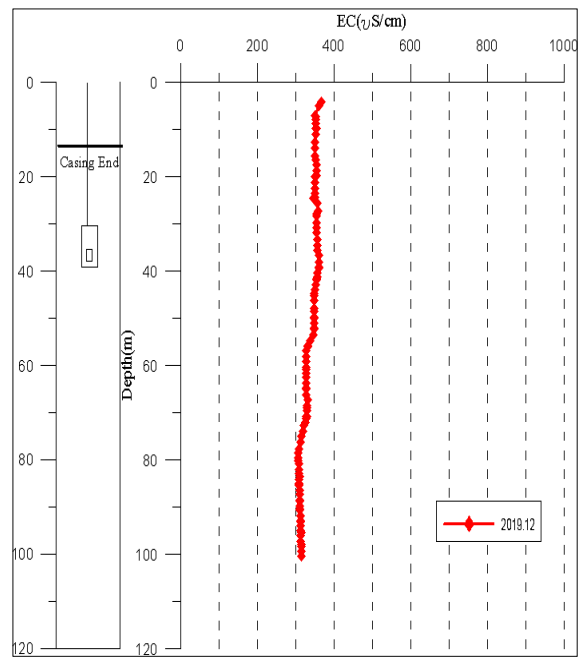
<공주1 관측공>

<공주2 관측공>



<공주3 관측공>

<공주4 관측공>



<공주5 관측공>

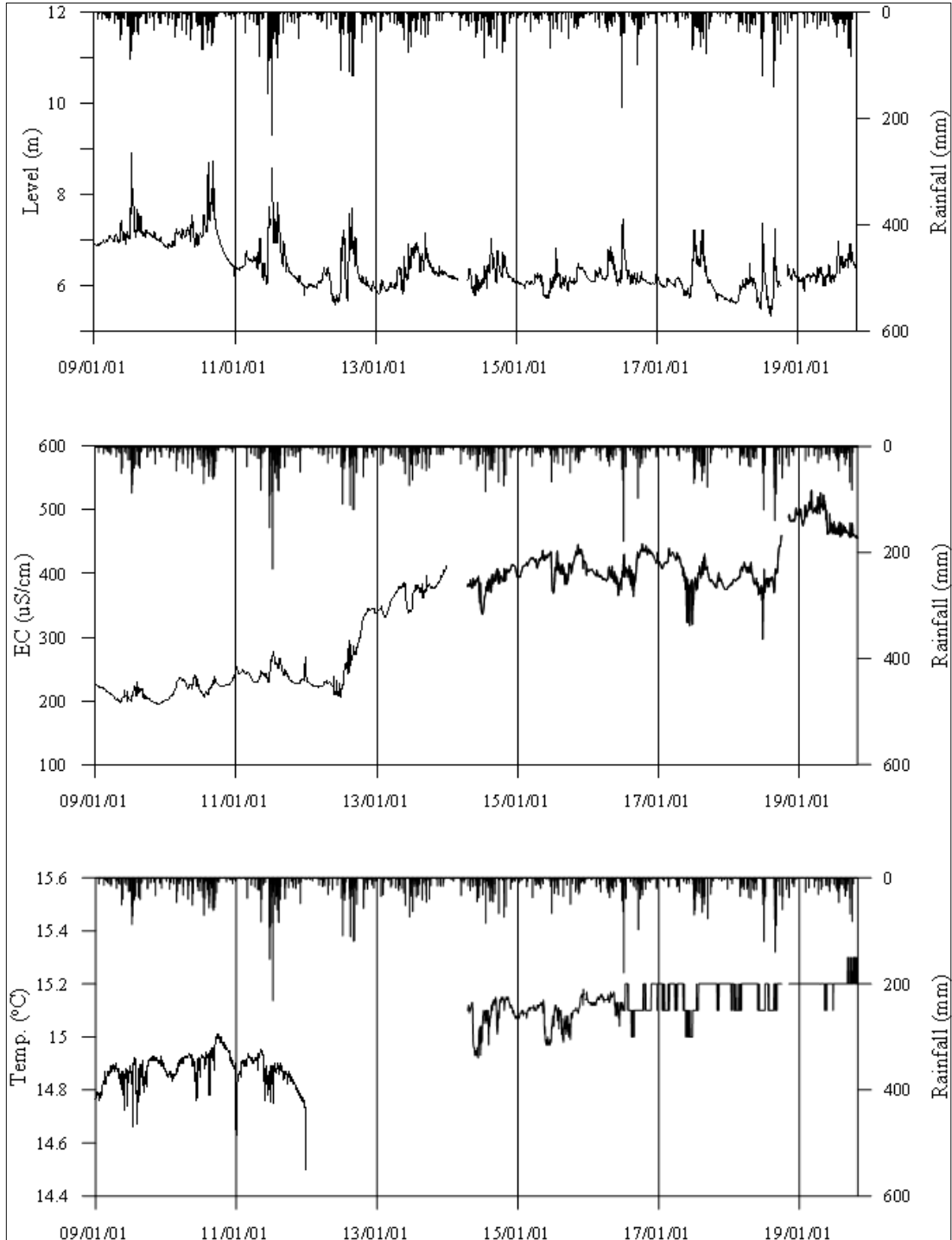
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

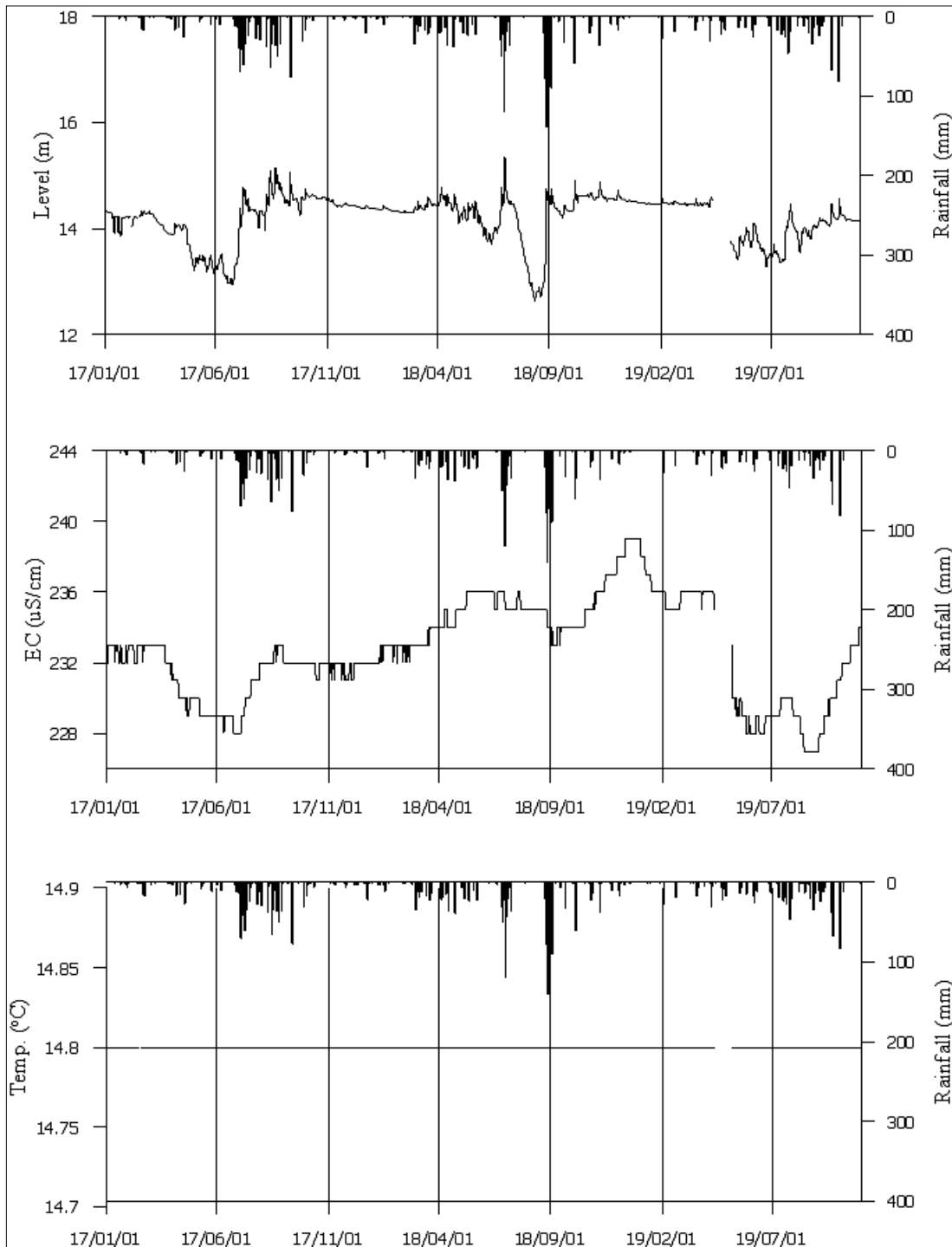
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
공주1	(2008.10)	7.74	6.08	0.65	25.13	5.28	14.56	103.70	2.68
	(2009. 4)	7.61	6.69	0.89	28.94	4.28	10.15	106.75	2.29
	(2010. 4)	9.88	7.65	0.75	32.89	5.77	16.88	118.95	2.53
	(2011. 6)	14.51	8.72	0.76	33.05	10.19	45.96	100.65	2.99
	(2012. 6)	9.04	6.56	0.70	28.24	3.83	13.40	109.80	4.88
	(2013. 4)	10.95	10.81	0.81	40.75	11.86	51.51	91.50	4.56
	(2014. 4)	10.32	11.98	0.98	47.30	10.22	57.73	94.55	4.59
	(2015. 7)	10.18	12.74	0.91	48.30	6.36	58.54	106.75	2.93
	(2016. 5)	15.18	13.72	1.00	50.77	12.63	64.57	106.75	7.71
	(2017. 3)	12.29	12.62	1.18	45.74	12.58	68.50	106.75	6.32
	(2018. 7)	13.31	13.06	0.95	46.33	12.62	67.52	85.40	5.41
(2019. 7)	11.85	11.51	1.42	55.78	14.89	76.69	100.65	5.63	
공주2	(2016.12)	10.30	5.40	1.00	26.20	10.13	11.19	94.60	0.03
	(2017. 3)	10.95	5.51	1.43	22.91	6.46	11.22	112.85	N.D.
	(2018. 7)	11.48	5.62	1.35	25.80	4.99	11.88	100.65	N.D.
	(2019. 7)	10.88	5.78	1.68	26.69	6.49	11.47	100.65	N.D.
공주3	(2016.12)	12.30	4.80	1.10	25.10	7.29	16.94	88.50	3.94
	(2017. 3)	22.59	0.20	0.72	3.40	4.06	3.09	54.90	N.D.
	(2018. 7)	24.75	(0.11)	0.26	3.18	4.29	2.67	45.75	N.D.
	(2019. 7)	23.84	0.13	0.31	3.31	4.24	2.50	48.80	N.D.
공주4	(2018.12)	14.83	5.52	4.50	19.39	14.08	27.91	27.45	32.47
	(2019. 7)	13.57	5.31	5.80	18.16	13.21	24.60	18.30	46.86
공주5	(2019.12)	9.87	9.15	2.63	43.87	11.29	29.53	94.55	33.68

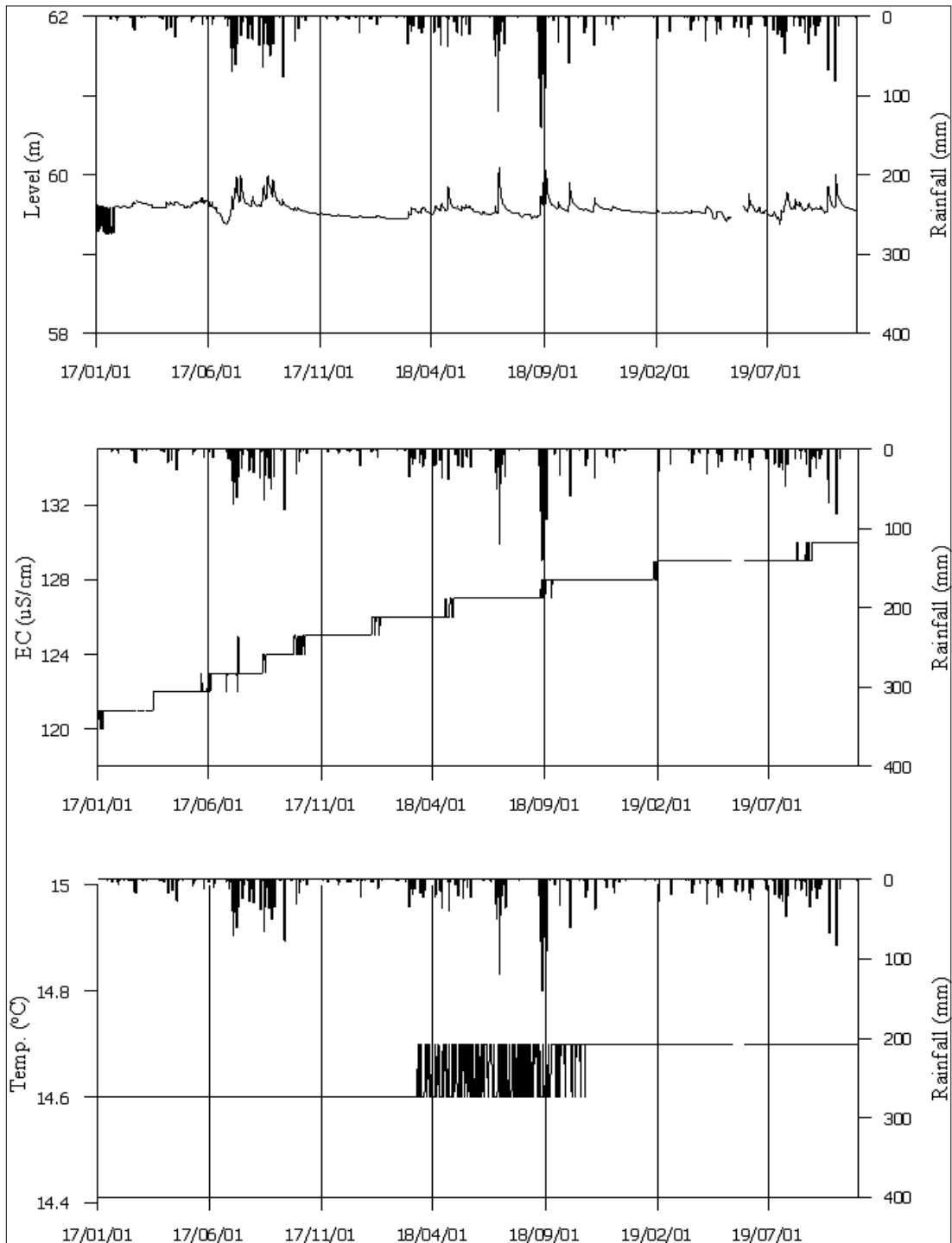
6. 장기관측 결과



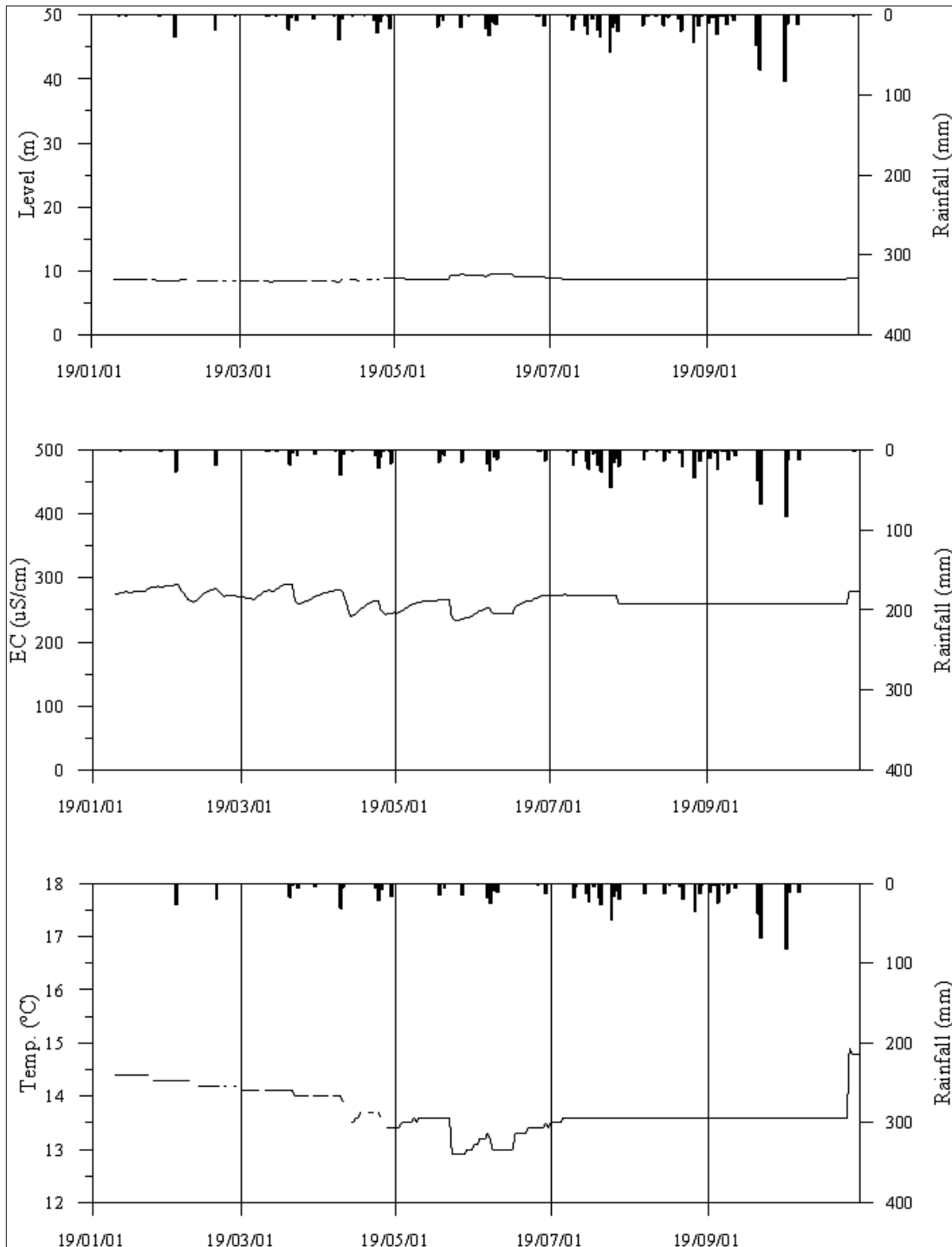
<공주1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<공주2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<공주3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<공주4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 공주1 관측공은 지하수 관정수 및 이용량이 많으며, 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측코자 하였다. 공주2 관측공은 일대에 농경지가 넓게 분포하고 있고, 공주지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수량관리 필요지역이다. 농촌지역의 계절별 수량변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 공주3 관측공은 공주지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수질관리 필요지역인 덕학리의 하루부로 지하수 함양이 이루어지는 지역이다. 또한, 농경지가 발달되어 있는 지역으로 지하수 수질에 대한 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다. 공주4, 5 관측공은 공주시 농촌지하수관리보고서에서 수량관리 필요지역으로 선정됨에 따라, 지하수 수량에 대한 관측을 목적으로 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 공주 5 관측공의 양수시험 결과, 투수량계수는 $70.19 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $9.446 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 60 m 이상의 심도부터 파쇄대로 추정되는 반응이 불규칙적으로 나타났다..
- 3) 지하수 검층 결과 : 공주1 관측공의 전기전도도는 $200 \sim 450 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이고, 검층 전 구간에서 특별한 변화는 없다. 공주2 관측공의 전기전도도는 $220 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외로서, 공저까지 일정한 값을 보이고 있다. 공주3 관측공의 전기전도도는 $154 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로서, 공저까지 일정한 값을 보이고 있다. 공주4 관측공의 전기전도도는 $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로서, 공저에서 크게 증가하였다. 공주5 관측공의 전기전도도는 $400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로 심도별로 일정한 값을 보이고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 공주1 관측공은 Ca-Cl 유형에 해당한다. 공주2, 3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 공주4 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에, 공주5 관측정은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 공주지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준($44 \text{ mg}/\text{L}$; 질산성질소 농도로 환

산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 공주5 관측공은 Ca-(HCO₃, Cl) 유형에 해당한다.

- 5) 장기 관측결과 : 공주1 관측공은 강수에 의한 지하수위 증감이 나타나지만 지하수의 함양지역으로 인근 하천 수위의 영향을 보이며 연간 약 5 m 내외의 수위변화폭을 보인다. 지하수위는 하강 추세이며, 전기전도도는 증가 추세인데, 주변 관정이용량 증가에 따른 지하수위 저하와 동시에 지표오염물질 유입량의 증가가 발생하는 것으로 판단된다. 연차별 염소이온 농도의 증가는 지표오염물질의 증가를 시사한다. 공주2, 3 관측공은 강수와 상관관계가 있고, 전기전도도는 각 230 및 130 $\mu S/cm$ 내외로서 담수영역에 해당하나, 관측 기간이 짧은 관계로 향후 꾸준한 모니터링을 통한 상세해석이 필요하다. 공주4 관측공은 300 $\mu S/cm$ 이하로 일정하게 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 공주1지구는 수량과 수질관리가 용이한 유역에 설치하였고 현재는 미약한 염소이온을 포함하는 오염물질의 유입으로 지하수 수질에 악영향이 증가하고 있다. 공주2 지구는 수량관리가 필요한 지역, 공주3 지구는 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 공주4, 5 관측공은 전반적으로 낮은 전기전도도를 보이고 있으나, 오염물질 지표유입에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.

2.5.4 부여지구

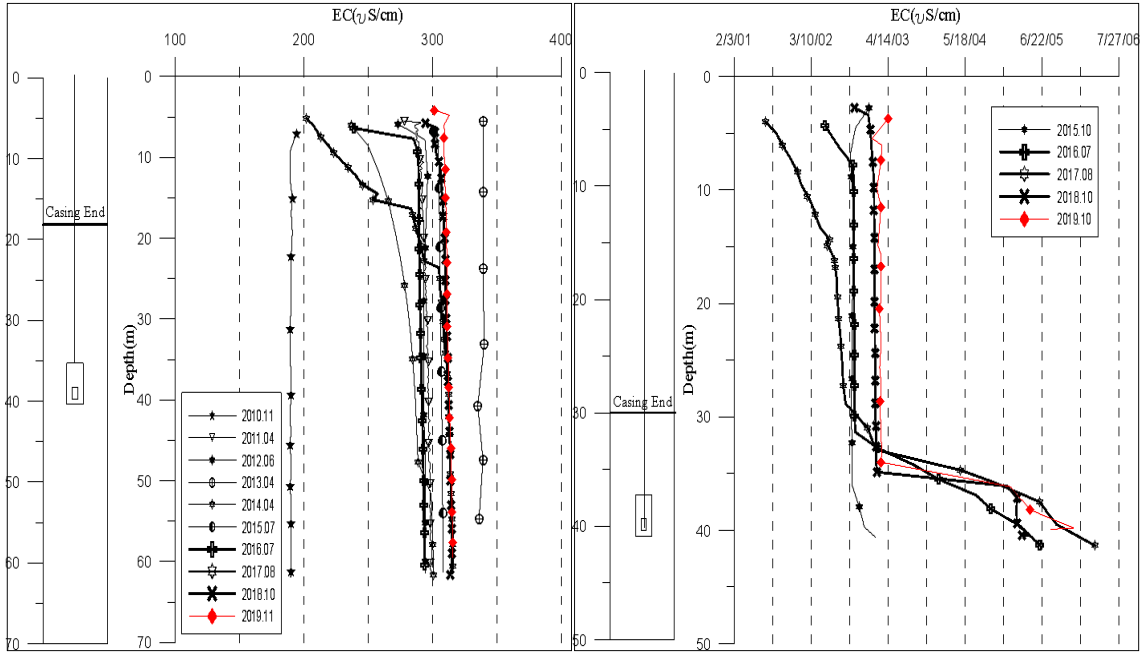
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
부여1	부여군 홍산면 북촌리 443-8	179720.56	300744.78	14.962	2010	8.83
부여2	부여군 임천면 비정리 154-4	191274.9802	294423.2431	5.933	2015	3.303
부여3	부여군 초촌면 소사리 1146	204707.4811	305970.4896	11.546	2015	6.446
부여4	부여군 규암면 모리 170-1	188188.4490	441427.4170	8.26	2017	5.14
부여5	부여군 양화면 입포리 227-1	189001.61	393012.925	5.175	2018	3.355

2. 지형 및 지질

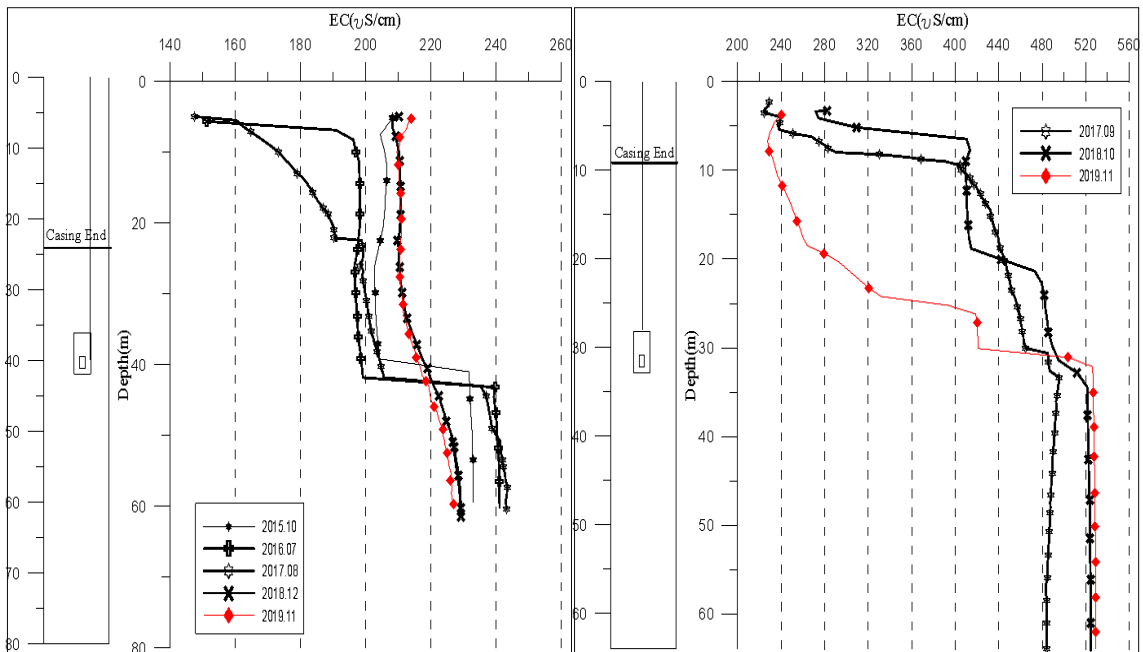
부여지구는 동쪽으로 공주시, 논산시, 북쪽으로 청양군, 서쪽으로는 보령시, 남쪽으로는 금강을 사이에 두고 전라북도 익산시와 인접해 있다. 주변으로 산지가 많으며 백마강이 한가운데를 지나간다. 지질은 변성퇴적암류 및 결정편암계와 이를 관입한 화강편마암계, 쥐라기의 대보화강암, 백악기의 불국사 화강암 및 염기성 또는 산성 암맥, 그리고 중생대에 퇴적된 대동계와 경상계 지층으로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



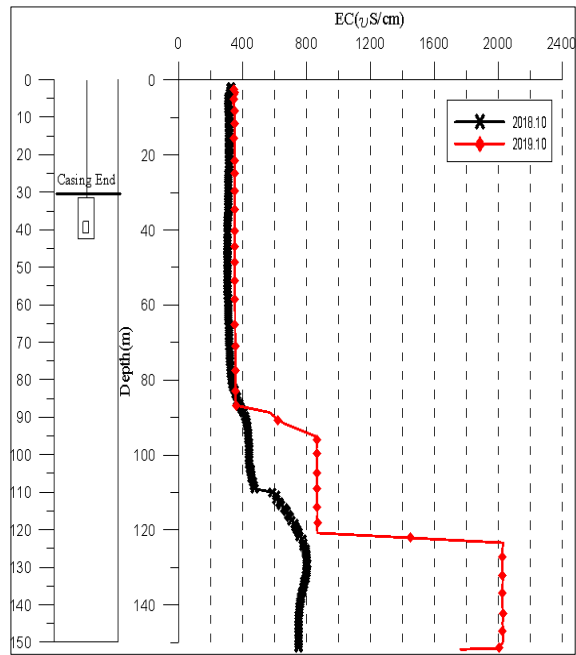
<부여1 관측공>

<부여2 관측공>



<부여3 관측공>

<부여4 관측공>



<부여5 관측공>

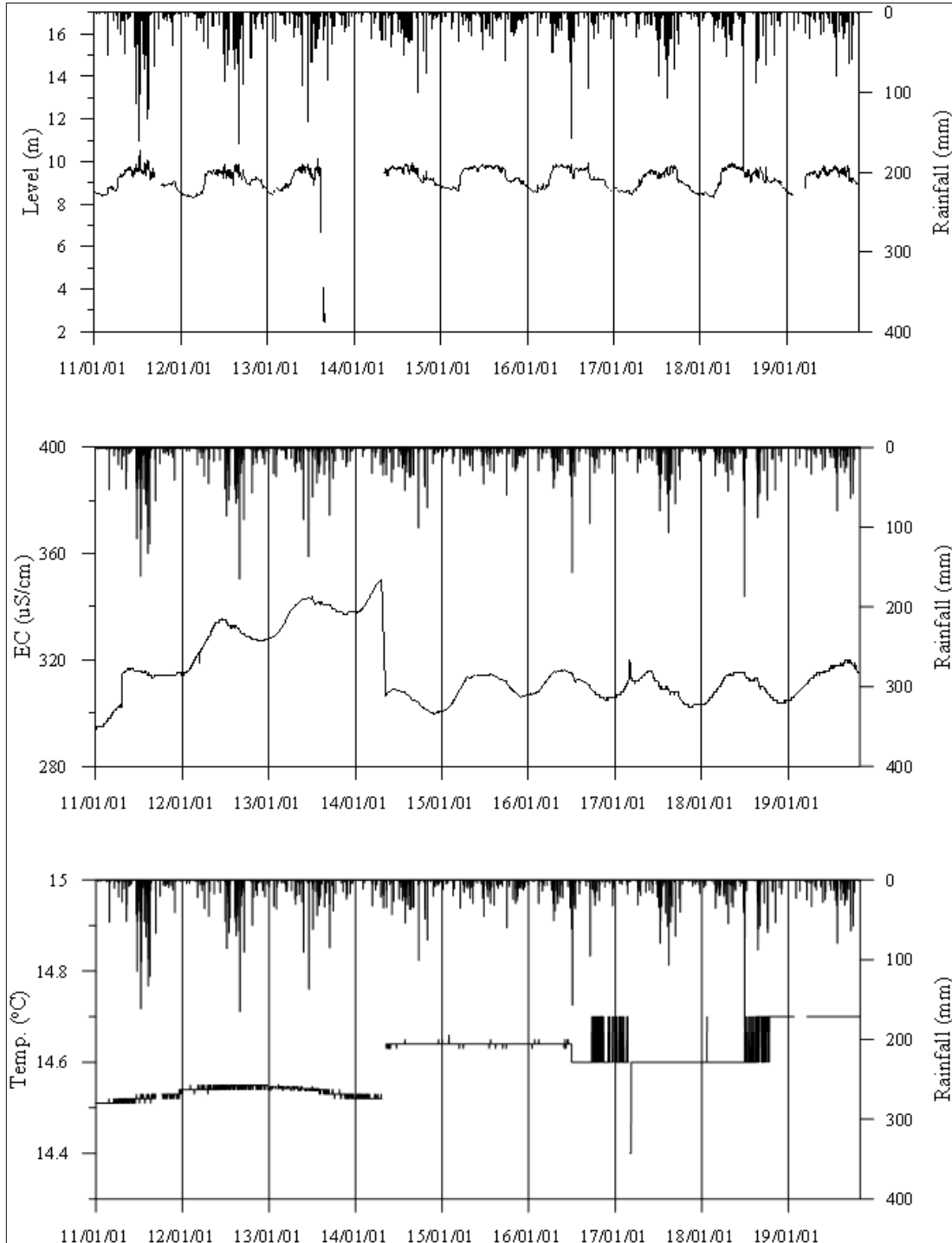
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

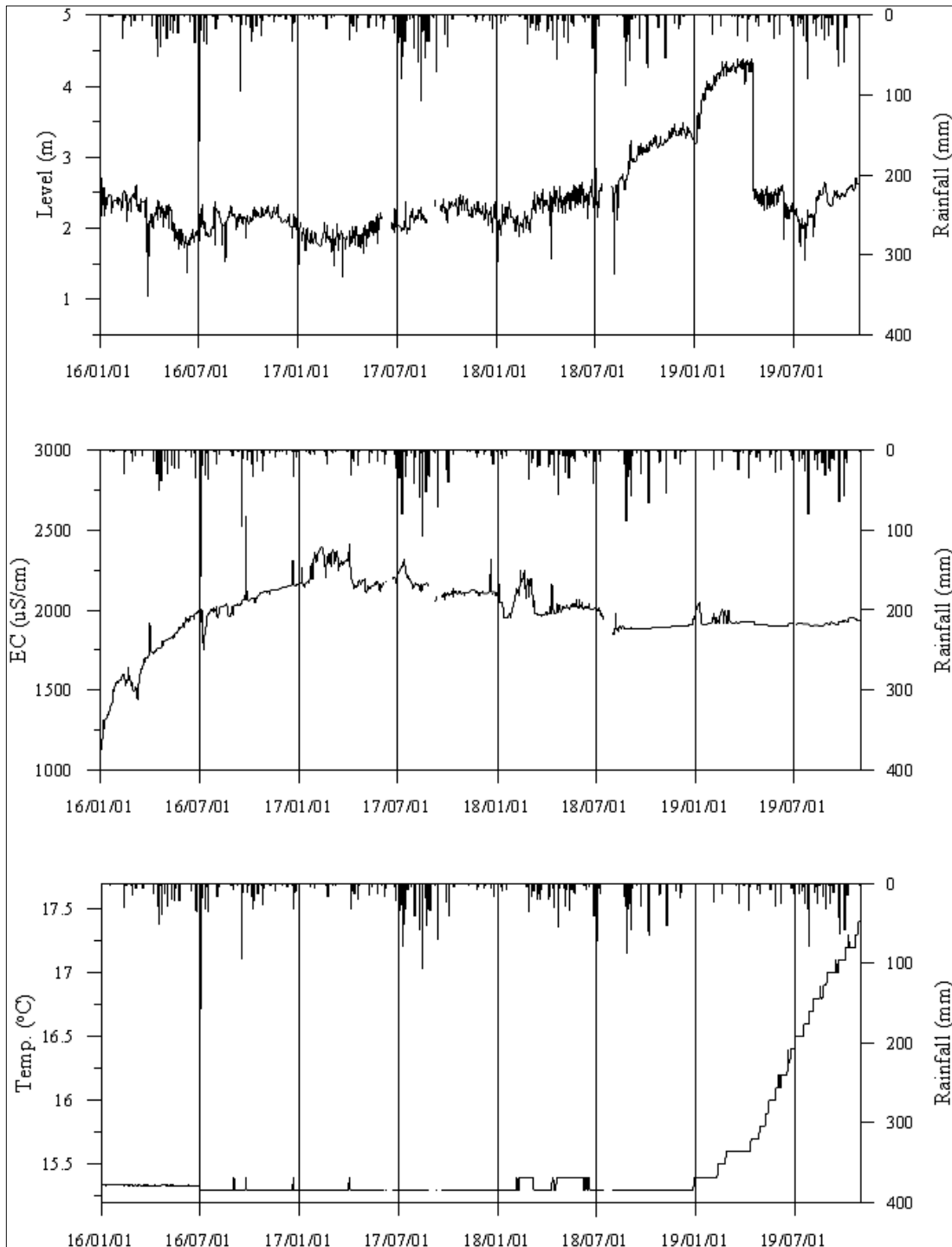
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
부여1	(2010.11)	19.47	6.71	1.64	41.48	8.34	20.04	152.50	0.75
	(2011. 6)	20.56	6.28	1.19	35.42	6.97	17.92	140.30	N.D.
	(2012. 6)	19.56	7.04	1.01	38.24	1.99	17.26	164.70	N.D.
	(2013. 4)	20.81	7.28	0.87	37.76	4.16	18.02	173.85	N.D.
	(2014. 4)	20.82	6.94	1.01	37.56	3.33	15.58	155.55	N.D.
	(2015.10)	15.81	5.08	0.91	34.97	4.14	18.60	140.30	0.02
	(2016. 5)	18.26	7.26	1.10	36.96	4.23	12.94	161.65	N.D.
	(2017. 3)	18.66	6.36	1.14	33.80	5.14	15.91	158.60	N.D.
	(2018. 7)	20.44	7.02	0.85	33.75	3.60	16.36	137.25	N.D.
	(2019. 7)	19.16	6.72	1.07	37.57	4.30	15.37	152.50	4.30
부여2	(2015.10)	295.00	41.40	8.22	75.50	29.50	797.00	283.00	N.D.
	(2016. 5)	249.16	7.45	10.21	4.47	0.16	156.11	442.25	0.49
	(2017. 3)	208.11	6.73	10.56	4.02	0.26	148.31	411.75	N.D.
	(2018. 7)	253.70	6.78	12.99	4.61	2.27	177.93	381.25	1.23
	(2019. 7)	261.06	5.65	11.63	2.62	0.81	160.70	384.30	0.50
부여3	(2015.10)	33.0	1.0	0.7	3.8	3.8	18.3	51.9	29.4
	(2016. 5)	46.82	1.27	0.86	3.00	3.42	18.26	61.00	28.68
	(2017. 3)	37.59	1.04	0.87	2.76	3.43	16.25	64.05	25.68
	(2018. 7)	40.57	1.04	0.51	3.55	3.33	14.94	61.00	21.28
	(2019. 7)	39.13	1.25	0.72	4.22	3.60	14.92	64.05	22.49
부여4	(2017. 3)	96.06	1.09	1.53	4.88	4.57	31.96	195.20	N.D.
	(2018. 7)	73.14	3.95	2.01	15.16	28.21	29.15	134.20	N.D.
	(2019. 7)	110.06	0.63	1.17	3.93	3.22	29.94	189.10	3.22
부여5	(2018.12)	45.02	7.49	4.91	4.64	0.20	35.67	103.70	N.D.
	(2019. 7)	47.03	6.75	6.72	7.66	0.26	42.44	118.95	N.D.

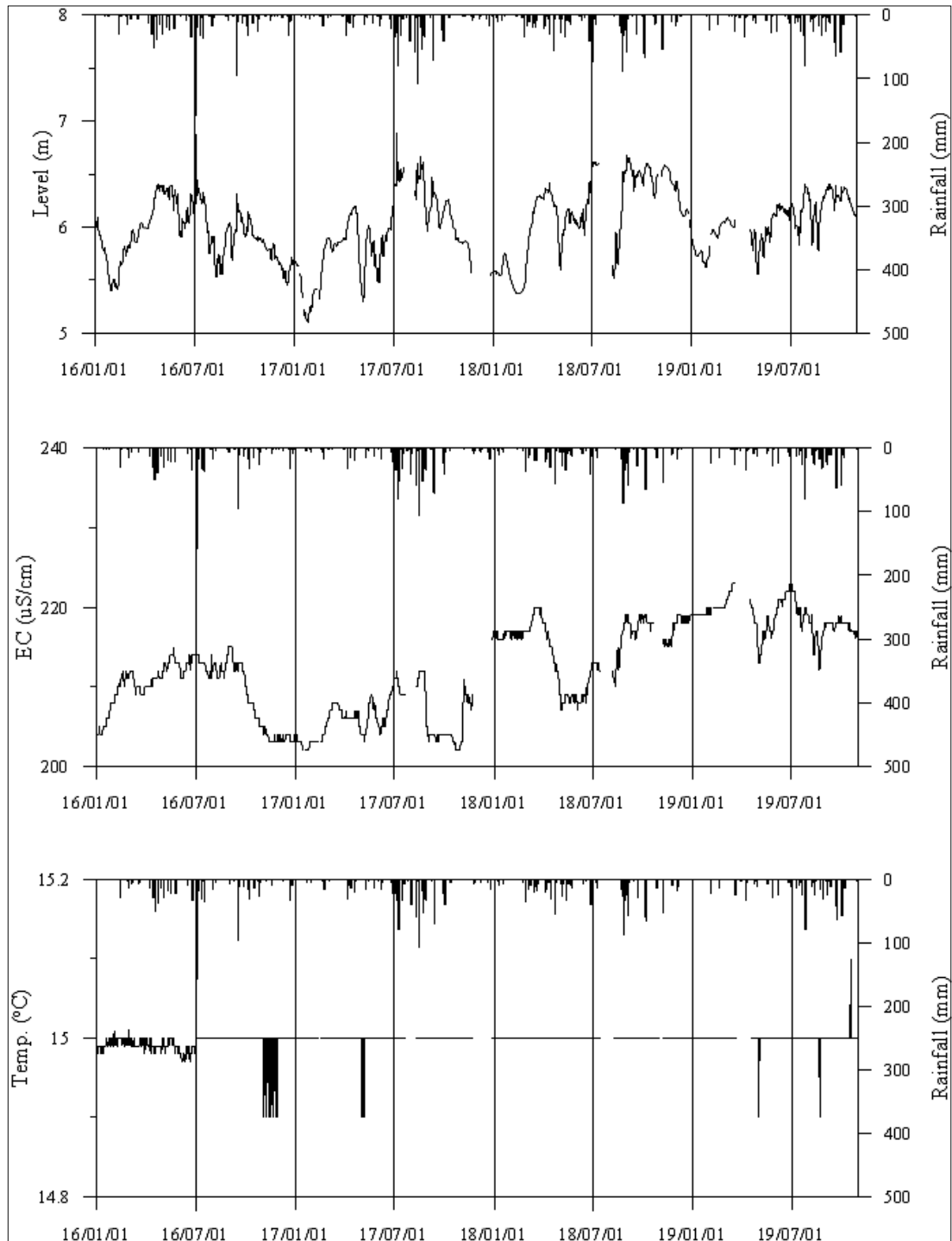
5. 장기관측 결과



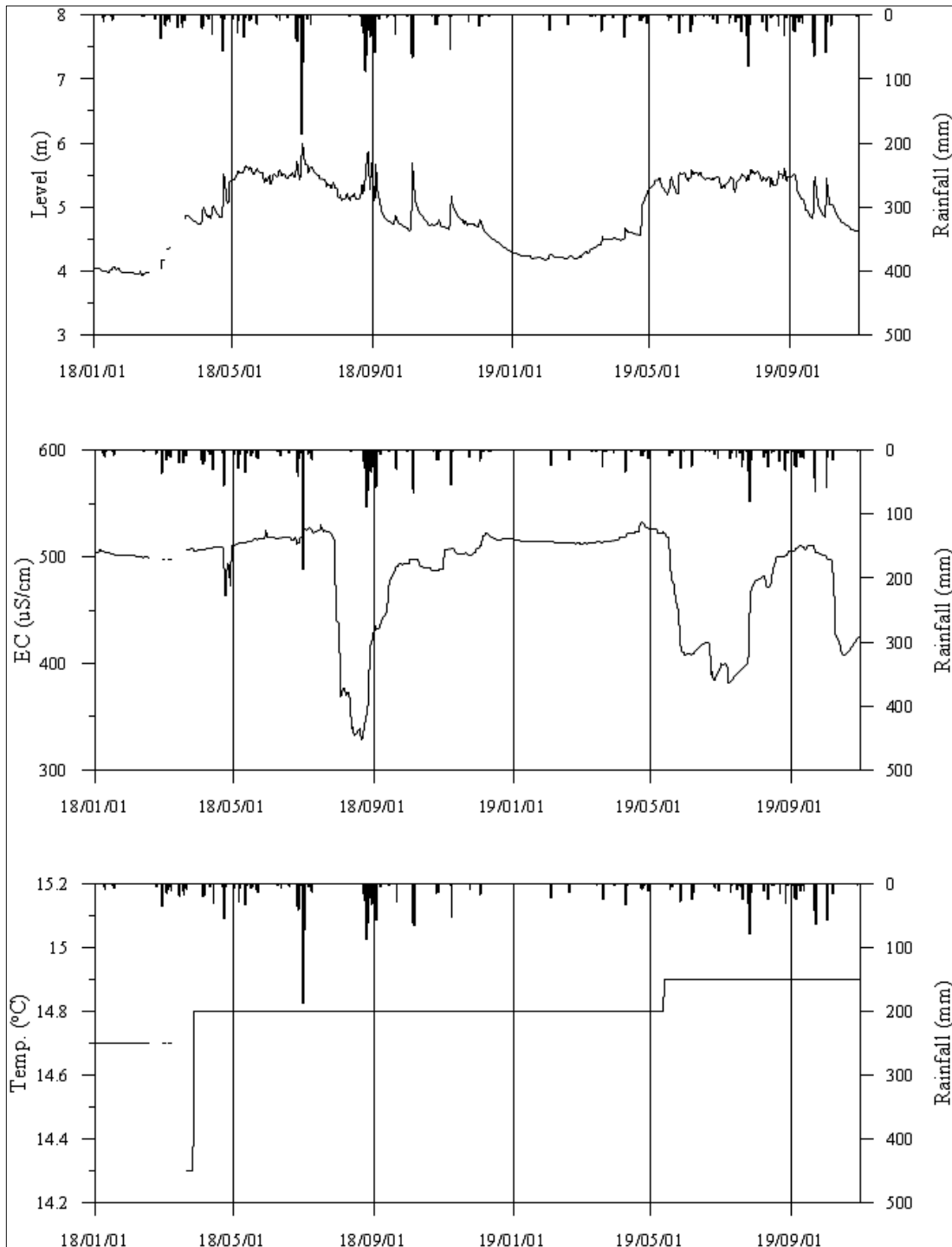
<부여1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



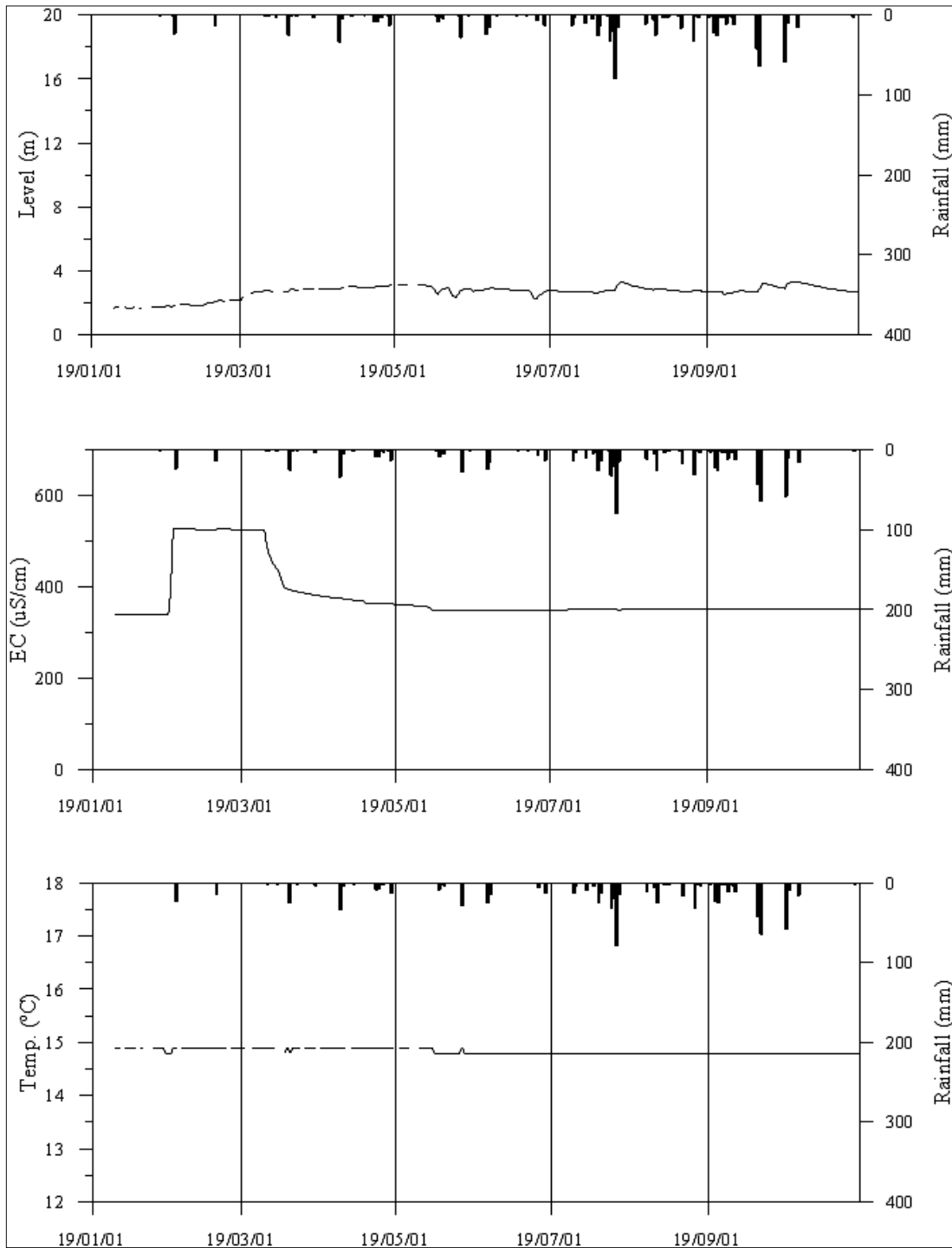
<부여2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<부여3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<부여4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<부여5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 부여1 관측공의 위치는 부여지역 농촌지하수 관리조사 결과, 지하수관리가 필요한 지역 중 자동관측망 설치 운영효과가 높은 수량, 수질관리 지역에 해당된다. 부여2 관측공은 부여군 임천면 비정리에 위치한다. 관측공 하류부에 금강이 있으며, 일대에 시설 하우스 및 논농사 지역이 넓게 분포하고 있다. 향후 지하수 이용에 따른 수량 및 수질 변화를 초래할 것으로 예상되고, 농촌지하수관리 부서지구 보고서에 수량 및 수질관리 대책지역으로 선정된 지역으로 지하수의 수량 및 수질 변화를 관측하고자 관측공을 설치하였다. 부여3 관측공 주변으로는 상류부에 칠산천이 흐르며 남쪽에는 금강이 위치하고 있다. 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량부족 우려와 농업용수로 지하수 이용량이 많아 지하수 수량·수질 변화 관측을 위해 설치하였다. 부여4 관측공은 일대에 농경지와 시설재배단지가 넓게 분포하고 있고, 관측공 북서쪽에 농공단지가 위치하고 있다. 부여지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수질관리 필요지역인 규암리, 반산리의 하류부로 지하수의 함양이 이루어지는 지역이다. 부여5 관측공은 단위면적당 오염부하량이 매우 높은 오량리의 하류지역인 입침리에 위치하며, 잠재오염원 분포밀도가 양화면에서 가장 높은 지역이다. 이에 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 부여1 관측공의 전기전도도는 약 $350 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도 변화는 없다. 부여2 관측공에서는 케이싱 심도 이하에서 전기전도도의 증가 현상이 발생하여, 심도 약 40 m에서 약 $2,400 \mu S/cm$ 의 값을 나타내고 있다. 부여3 관측공에서는 심도 약 40 m에서 전기전도도가 약 $40 \mu S/cm$ 증가하였으나, 최대 약 $240 \mu S/cm$ 의 값을 보이고 있어 농업용수로 적극 활용이 가능하다. 부여4 관측공에서는 케이싱 심도 이하로 전기전도도가 약 $520 \mu S/cm$ 까지 증가하지만, 농업용수로 활용 시 별다른 문제가 없다. 부여5 관측공에서는 80 m 이하의 심도부터 전기전도도가 약 $2,000 \mu S/cm$ 까지 증가하는 특징이 나타났다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 부여1, 2, 3, 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 부여지구 관측공의 질산염 농도는 매년 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 및 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 미만으로 검출되었으나, 부여3 관측공의 질산염 농도가 다소 높게 나타나 주의가 요구된다. 그러나 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 부여1 관측공은 강수에 의한 지하수위 증감이 나타나지만 지하수의 함양지역으로 인근 하천 수위의 영향을 보이며 연간 약 2 m 내외의 수위변화를 나타내고 있다. 전기전도도 값은 약 60 $\mu S/cm$ 이하의 증감폭을 보인다. 부여2 관측공의 지하수위는 강수량과의 상관관계는 크지 않은 것으로 나타났다. 전기전도도는 전체적으로 증가하는 추세를 나타내고 있으므로 향후 지속적인 모니터링이 요구된다. 부여3 관측공 지하수위는 강수와 상관관계가 비례적이고, 전기전도도는 210 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 부여4, 5 관측공은 모두 600 $\mu S/cm$ 이하로 나타났지만, 부여5 관측공은 주기적인 변화가 관찰되었다.
- 5) 관리 방안 : 부여1 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 유역에 설치하였고 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링할 필요가 있다. 부여2, 4, 5 관측공은 Na, Cl 농도가 높게 검출됨에 따라 지하수의 영농 이용에 자제가 필요하다. 부여3 관측공에서는 현재 질산염 농도가 먹는 물 수질기준 이내이나 상대적으로 높게 나타나므로 지표오염원의 지속적인 관리가 필요한 것으로 판단된다.

2.5.5 논산지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
논산1	논산시 연무읍 봉동리 42-1	206091.13	290766.97	10.699	2010	5.31
논산2	논산시 벌곡면 덕곡리 612-1	226883.4502	295843.4284	183.149	2015	177.849
논산3	논산시 상월면 숙진리 875	212889.859	406471.86	11.590	2019	5.82

2. 지형 및 지질

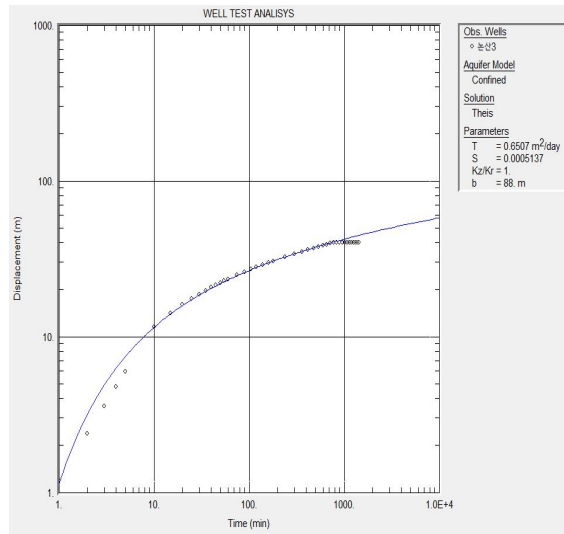
논산지구는 전형적인 동고서저의 지형적 특색을 가지고 있으며, 서쪽은 금강 분류 쪽으로 트인 낮은 지형의 평야 지대이고, 동쪽과 남쪽에는 해발고도 200 m 이상의 산지가 분포한다. 지질은 변성퇴적암류인 공주편마암 및 편암, 육천층군과 중생대 화성암류로 크게 구분된다.

3. 대수층 수리지질 현황

논산3 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

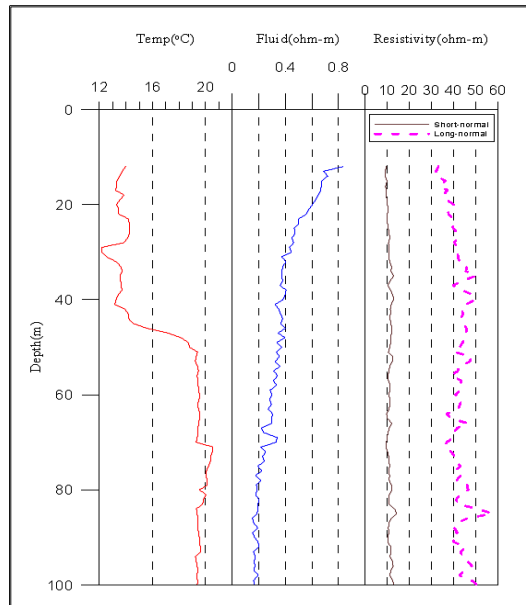
◎ 양수시험

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
논산3	56	0.6507	8.558×10 ⁻⁶	88.0



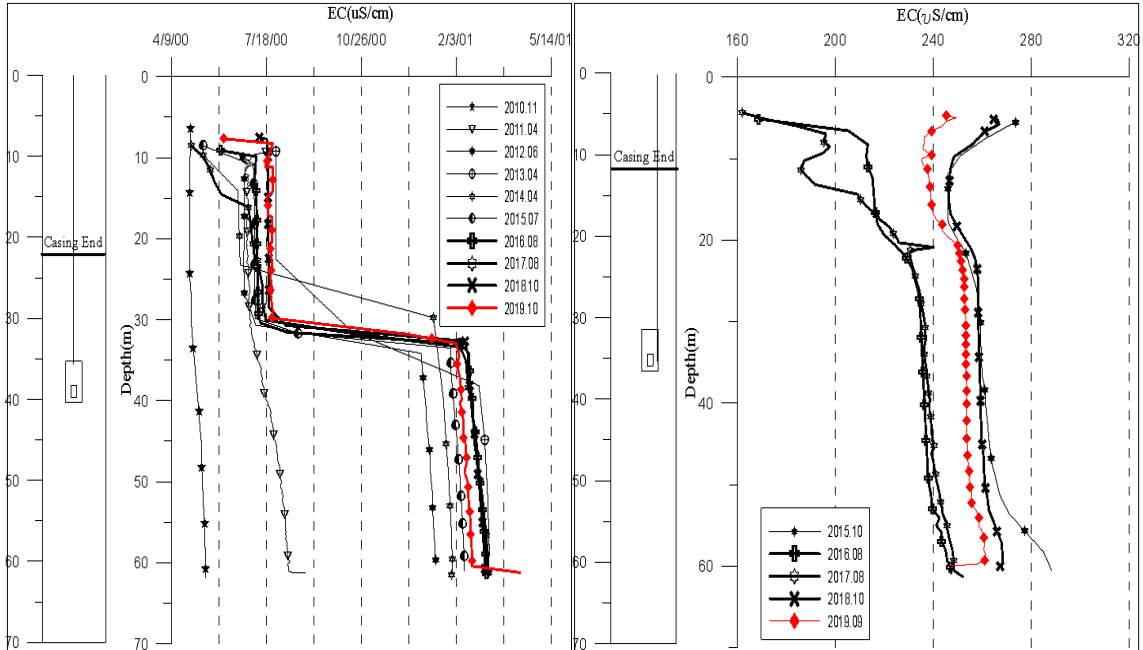
<논산3 관측공 양수시험>

◎ 물리검층



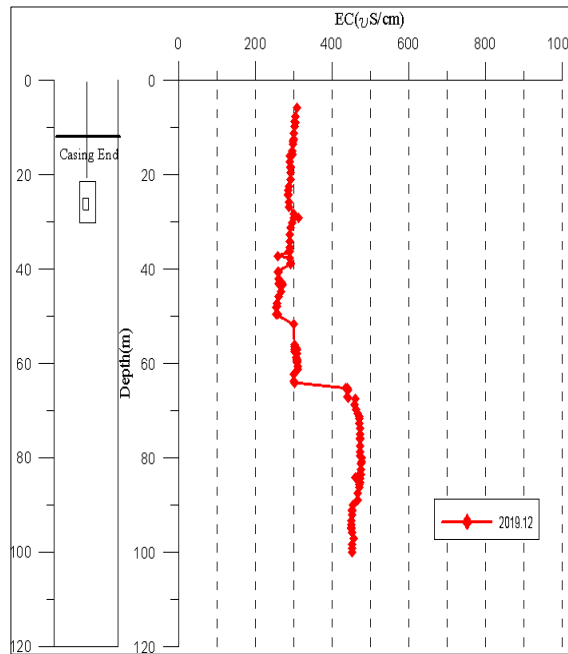
<논산3 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<논산1 관측공>

<논산2 관측공>



<논산3 관측공>

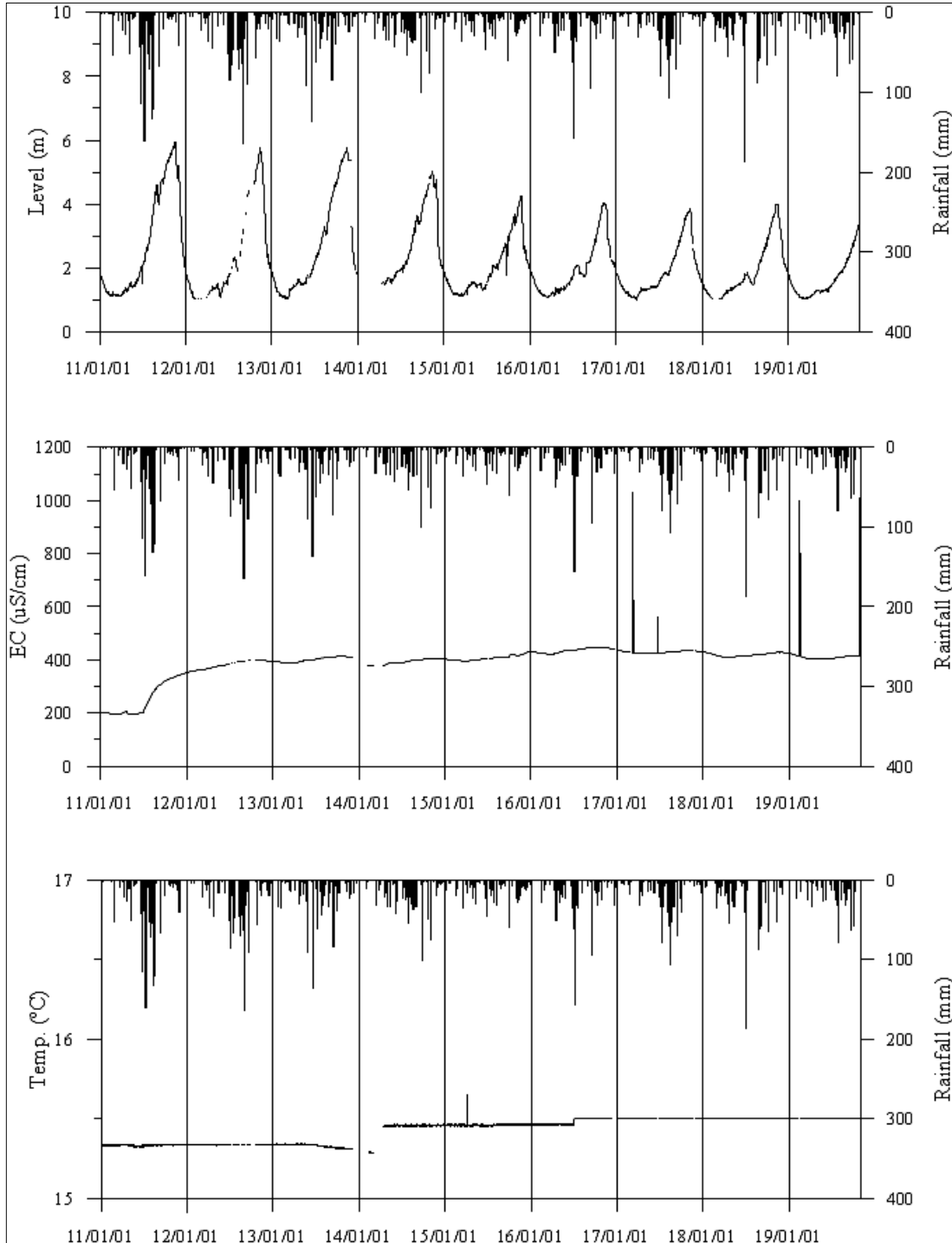
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

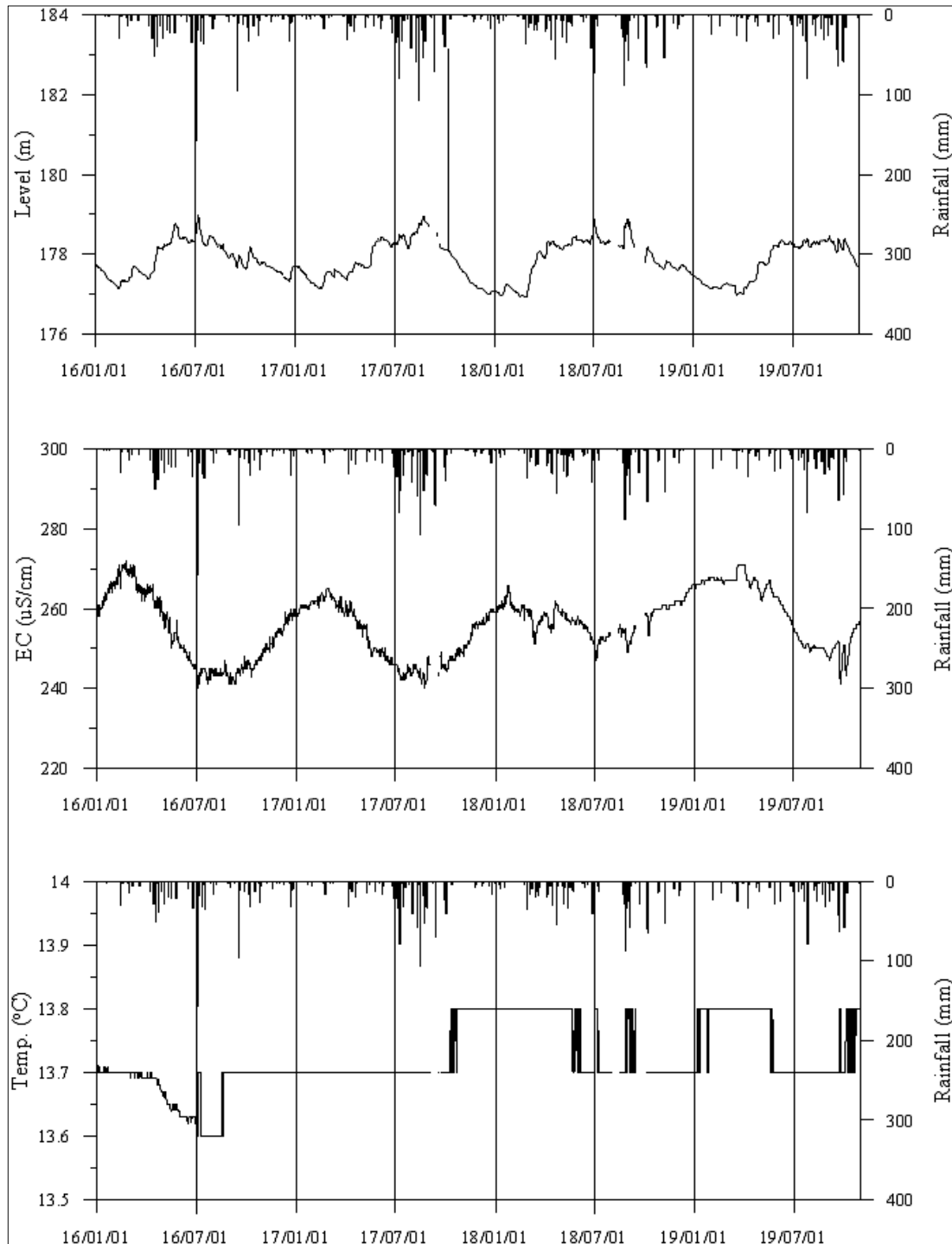
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
논산1	(2010.11)	44.06	0.64	1.11	1.46	2.89	11.08	94.55	4.88
	(2011. 6)	41.94	0.51	0.54	1.02	3.32	13.13	82.35	5.47
	(2012. 6)	43.22	0.72	0.65	1.05	3.06	14.33	76.25	15.68
	(2013. 4)	45.73	0.59	0.68	1.12	3.37	12.76	85.40	7.56
	(2014. 4)	45.71	0.05	0.84	0.82	2.71	11.16	79.30	7.79
	(2015. 7)	46.09	0.49	0.68	1.07	2.77	11.97	85.40	7.63
	(2016. 5)	45.34	0.67	1.02	1.01	3.08	11.86	76.25	7.80
	(2017. 3)	41.76	0.52	0.97	0.97	2.83	11.84	91.50	8.16
	(2018. 7)	42.42	0.27	0.55	0.72	2.67	11.53	70.15	7.59
	(2019. 7)	42.87	0.47	0.72	0.80	2.57	11.07	76.25	7.44
논산2	(2015. 7)	6.50	6.80	0.80	22.00	14.00	11.30	92.80	8.00
	(2016. 5)	8.48	10.21	1.15	28.49	12.00	8.12	115.90	6.77
	(2017. 3)	7.62	8.44	1.14	23.00	10.98	7.76	109.80	3.33
	(2018. 7)	8.65	9.39	0.92	27.55	15.18	9.30	100.65	5.69
	(2019. 7)	8.35	10.93	1.26	31.71	13.36	8.35	131.15	4.94
논산3	(2019.12)	26.37	1.44	1.32	32.83	1.24	5.12	149.45	N.D.

6. 장기관측 결과



<논산1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<논산2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 논산지구는 지하수 관정수 및 이용량이 많으며, 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 및 농약 시비에 의한 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 관측공 위치를 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 논산3 관측공의 양수시험 결과, 투수량계수는 $0.6507 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $8.558 \times 10^{-6} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 온도, 노말 전기비저항 검층 결과, 온도는 심도 40 m 이하부터 증가하였으며, 심도 80 m 이하에서 파쇄대에 의한 반응이 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 논산1 관측공의 전기전도도는 약 $450 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하이며, 심도 약 30 m 하부구간에서 전기전도도가 상승하여 약 $450 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 증가하고 있는데 이는 해당구간을 통한 지하수의 유입을 지시한다. 논산2 관측공의 전기전도도는 심도의 증가에 따라 미미하게 증가하나 최대 약 $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하이다. 논산3 관측공은 $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로 나타났으나, 심도 60 m 부근에서 전이대가 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 논산1, 3 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 상대적으로 나트륨 이온의 함량이 과다한데, 이는 나트륨을 함유한 지표오염물질의 지하 유입을 지시한다. 논산2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당하여 전형적인 농촌지하수 수질에 해당한다. 논산지구 관측공 질산염 농도는 매년 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 및 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 논산3 관측공은 오염에 의한 반응은 나타나지 않았다.
- 5) 장기 관측결과 : 논산1 관측공은 강수가 발생한 뒤 일정 지연시간 경과 후 지하수위가 증가하는 경향을 보이고 있다. 전기전도도는 관측공 개발 이후 약 $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 2011년 7월까지 약 $400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외로 증가하다가, 이후

약 $400 \mu S/cm$ 내외를 유지하는 것으로 관측되고 있다. 논산2 관측공의 지하 수위 변동 폭은 약 2 m 이내이고, 전기전도도는 약 $260 \mu S/cm$ 내외로서 전반적으로 하강하는 추세를 보이고 있다.

- 6) 관리 방안 : 논산지구의 관측공은 수질기준 이하이지만, 나트륨에 의한 지하수 오염 현상이 관찰되고 있다. 따라서 향후 연차별 지하수 수질분석을 통해 수질의 변화와 오염물질 유입 변화 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.5.6 서천지구

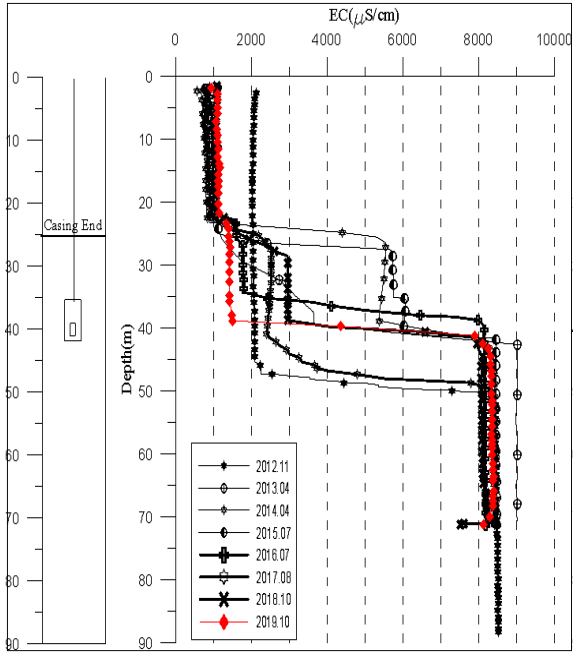
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
서천1	서천군 마서면 신포리 15-3	176441.47	282341.46	5.73	2012	3.90
서천2	서천군 한산면 동지리 8-3	185300.806	288449.499	9.183	2012	7.07
서천3	서천군 서천읍 두왕리 16-9	175398.519	386631.198	5.091	2018	3.671
서천4	서천군 기산면 막동리 177-1	178318.865	388620.532	6.044	2018	5.694

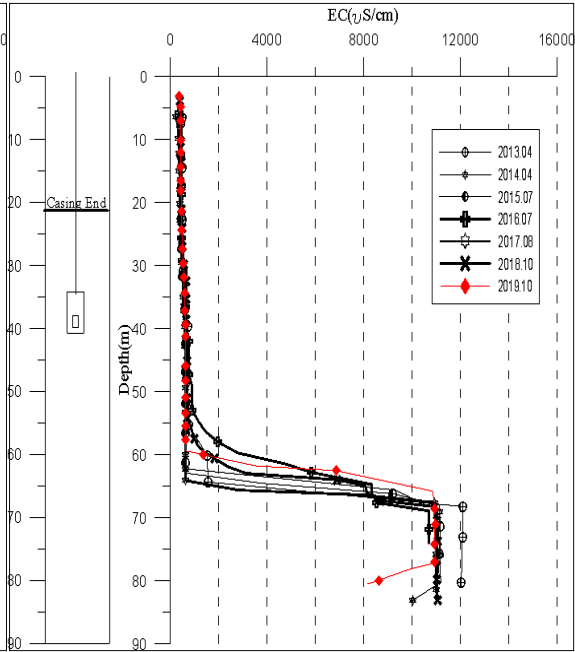
2. 지형 및 지질

서천지구는 동쪽은 부여군, 북쪽은 보령시와 접하고, 남쪽은 금강을 경계로 전라북도 군산시와 마주하며, 서쪽은 서해로 열려 있다. 지형은 본 지구를 포함해서 해안과 금강을 끼고 있는 지역이 낮은 구릉성 산지와 평야지대를 이루고 있다. 지질은 전체적으로 고생대의 편마암, 편암, 규암이 기반을 이루고 이를 화성암류가 관입하며, 제4기 충적층이 이를 부정합으로 덮고 있다.

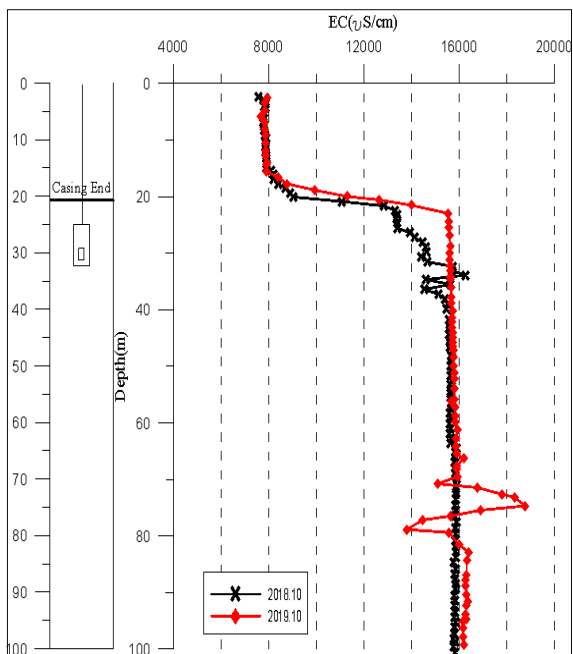
3. 지하수 검층



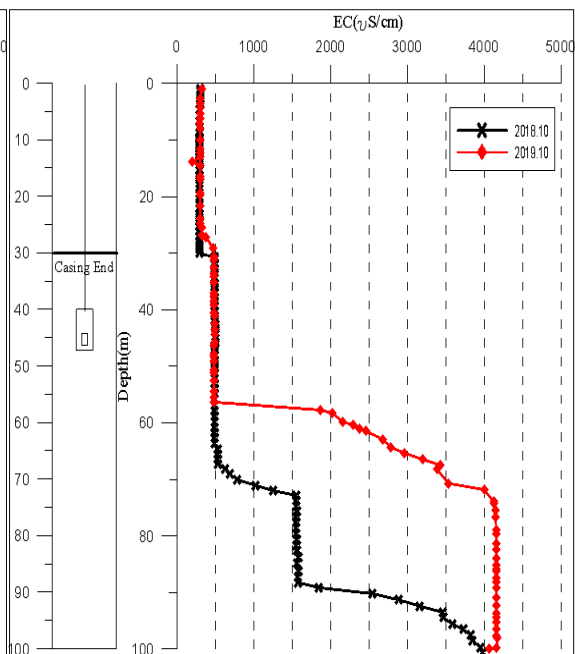
<서천1 관측공>



<서천2 관측공>



<서천3 관측공>



<서천4 관측공>

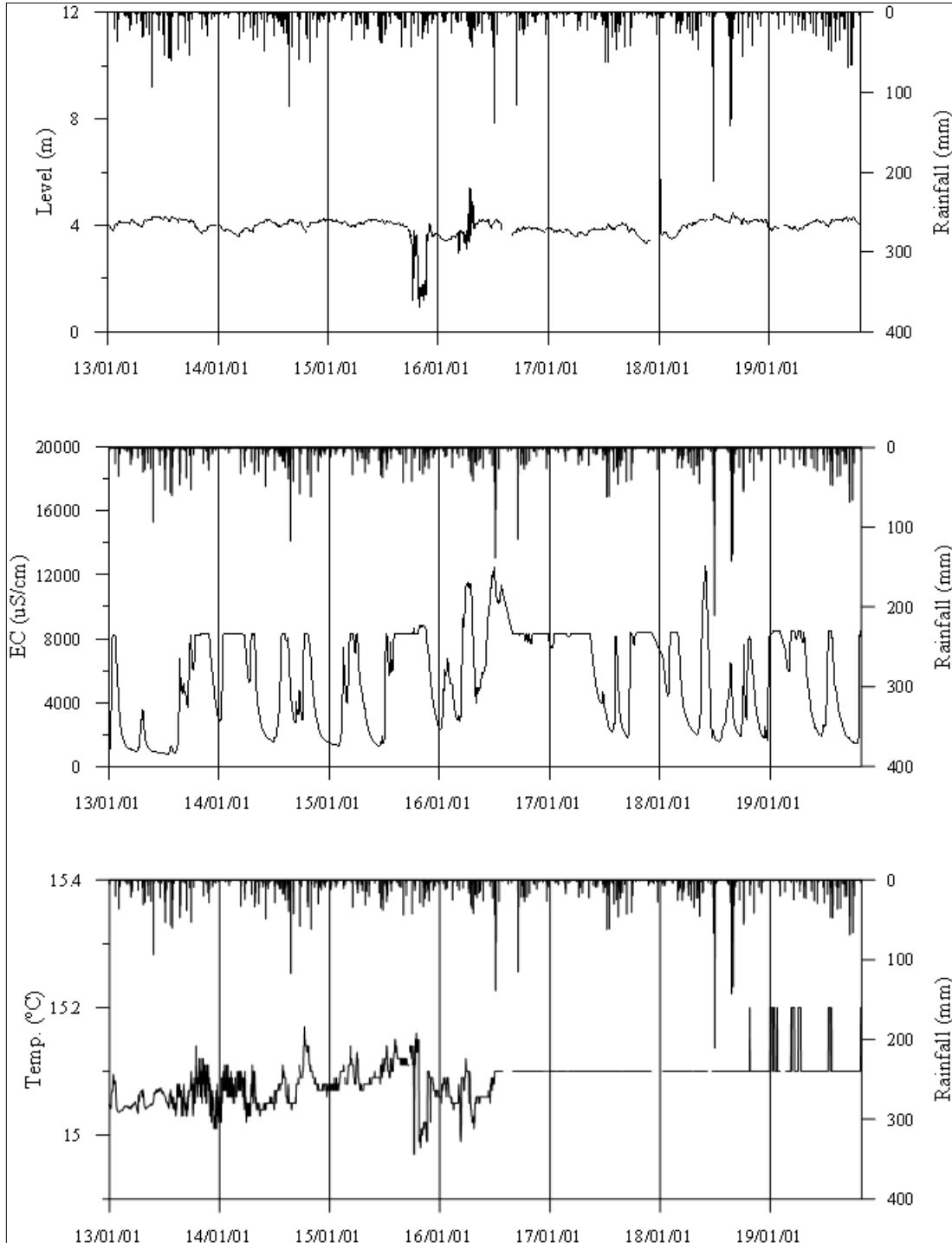
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

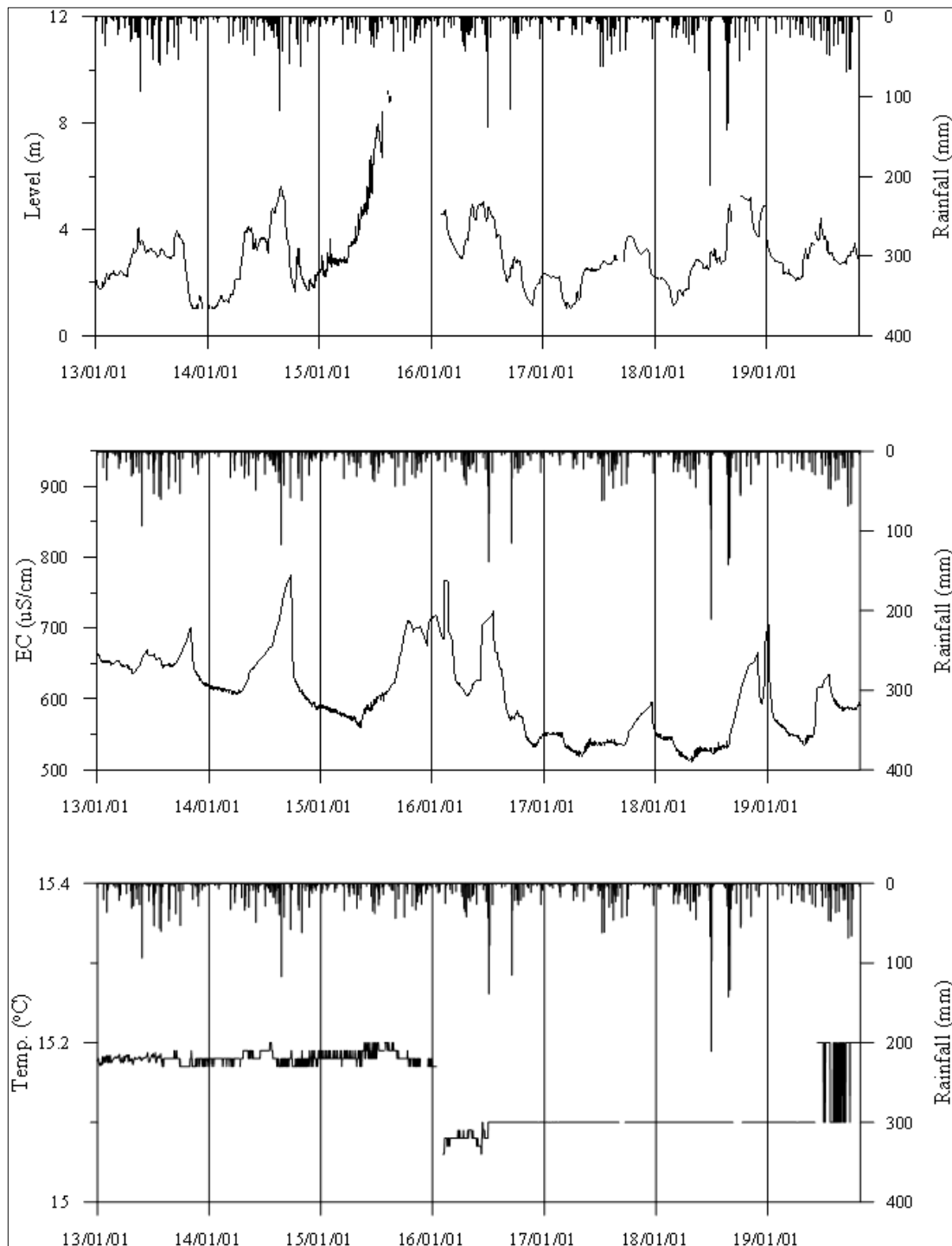
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
서천1	(2012.11)	353.61	34.68	5.20	53.07	20.63	458.90	332.45	1.66
	(2013. 4)	166.14	21.27	3.46	33.93	15.47	236.34	204.35	1.30
	(2014. 4)	670.07	191.16	8.50	424.47	38.57	2061.64	100.65	1.60
	(2015. 7)	597.03	150.44	5.44	346.17	13.11	1679.41	118.95	5.84
	(2016. 5)	197.88	25.83	3.92	33.14	14.17	337.09	125.06	0.49
	(2017. 3)	151.03	21.28	3.98	20.19	14.37	306.43	79.30	2.99
	(2018. 7)	225.00	34.27	4.67	57.56	14.88	495.75	94.55	2.43
(2019. 7)	280.18	36.72	8.58	71.10	16.43	573.00	57.95	N.D.	
서천2	(2013. 4)	138.47	1.01	4.99	1.03	6.67	23.47	298.91	N.D.
	(2014. 4)	123.91	0.53	4.59	0.66	7.61	21.09	251.63	N.D.
	(2015. 7)	115.40	0.64	4.55	0.41	6.64	21.33	239.43	N.D.
	(2016. 5)	100.31	0.94	4.08	0.79	4.33	26.87	180.09	38.92
	(2017. 3)	100.04	0.67	3.77	0.51	4.83	20.84	247.05	N.D.
	(2018. 7)	113.23	0.62	4.78	0.53	7.03	25.10	225.70	0.90
(2019. 7)	101.09	0.52	5.48	0.26	4.53	20.30	219.60	N.D.	
서천3	(2018. 9)	1615.63	80.15	16.15	67.99	16.26	2509.41	430.05	0.37
	(2019. 7)	1935.62	240.12	29.96	309.51	71.75	3916.40	308.05	N.D.
서천4	(2018. 9)	55.44	1.70	1.45	3.48	4.57	39.04	73.20	11.39
	(2019. 7)	54.00	2.29	2.44	6.14	6.35	55.72	82.35	9.53

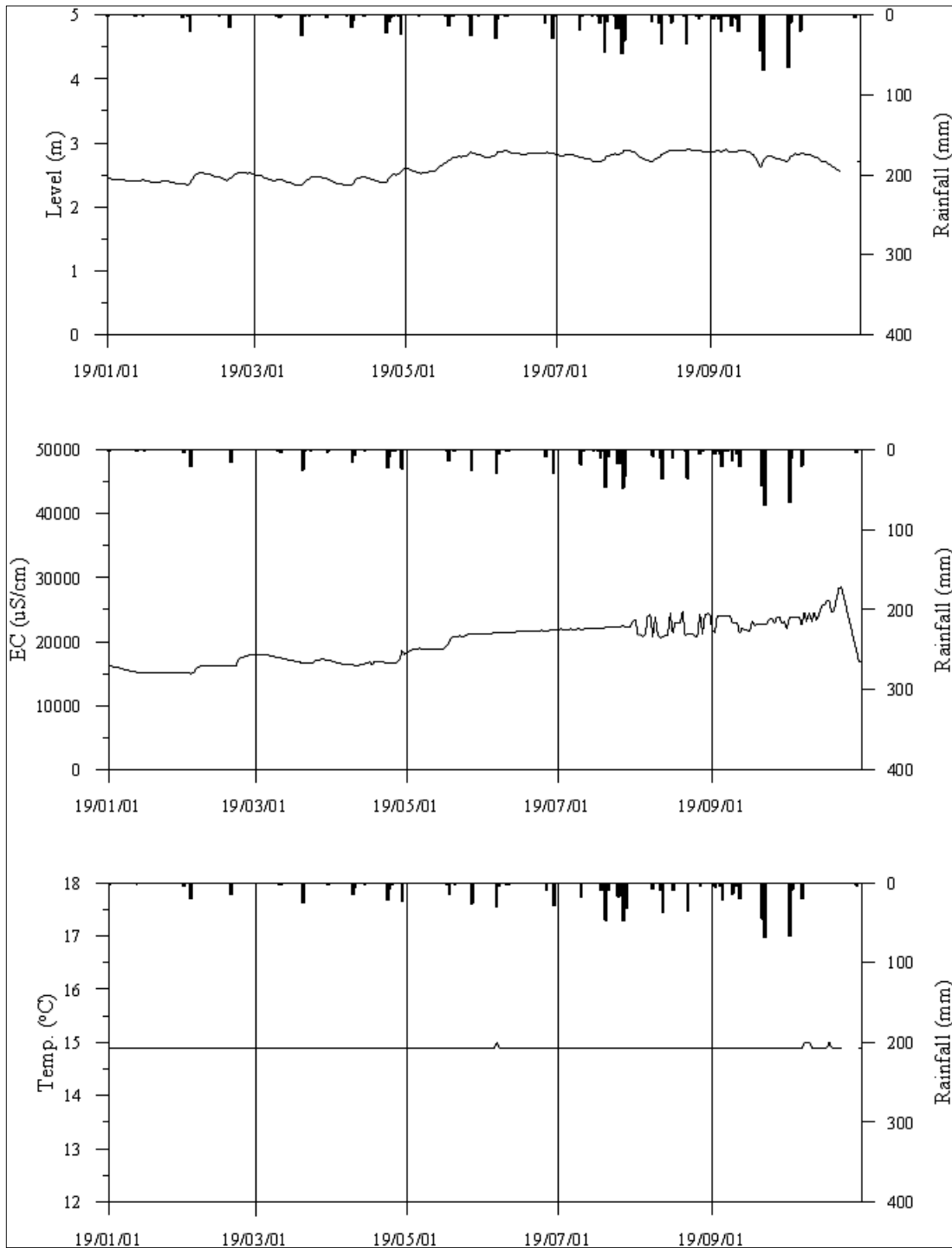
5. 장기관측 결과



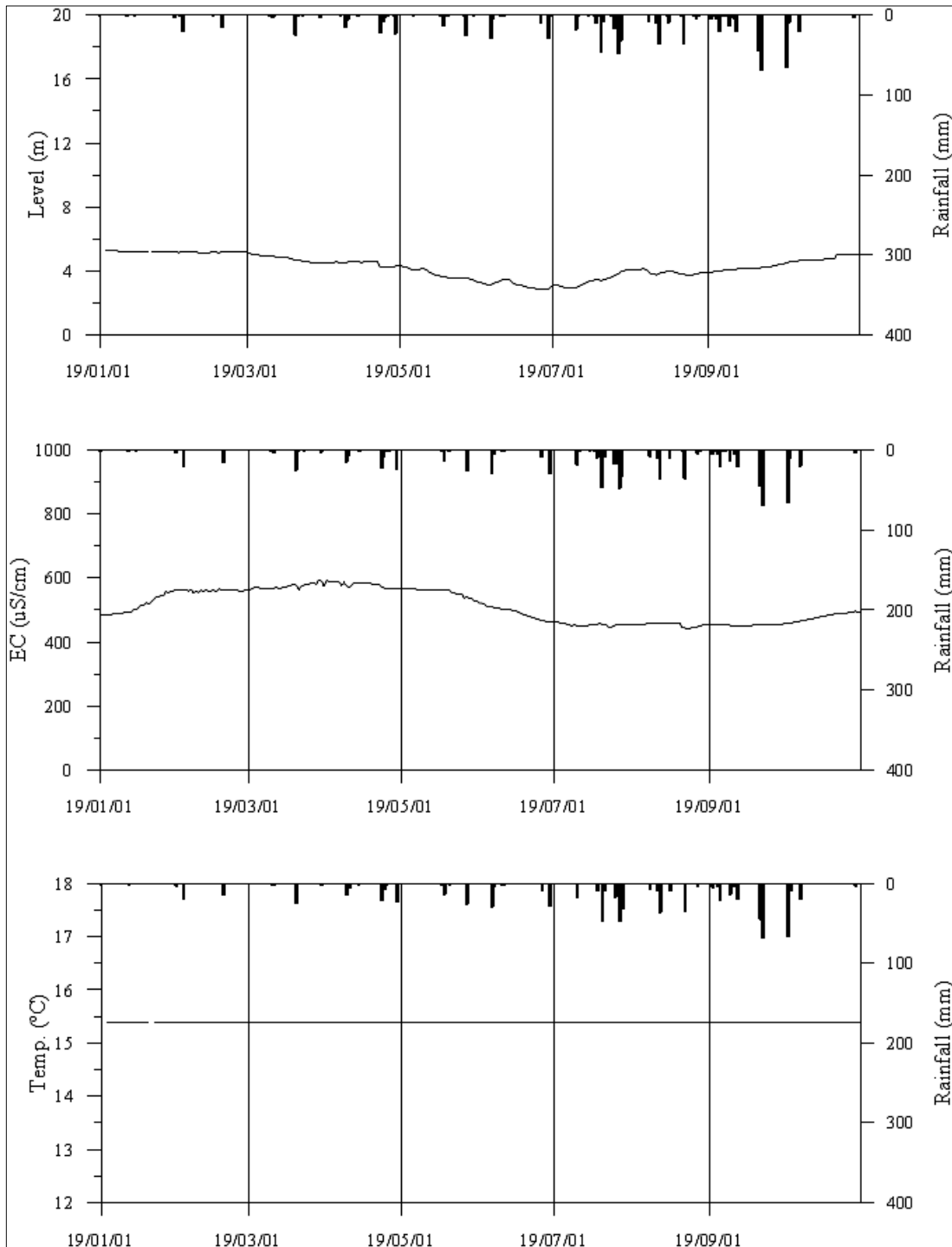
<서천1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서천2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서천3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서천4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 서천1, 2 관측공은 '11년 서천군 농촌지하수관리조사를 완료한 결과, 지하수 총 이용량은 91,700 m³/년, 관정밀도는 49.3 공/km²이다. 또한 오염 취약성 평가인 DRASTIC 지수가 127점으로 나타났으며, 단위면적당 오염 부하량이 329.5 kg/일/km² 로 현재는 수량과 수질관리 필요지역은 아니지만 지하수 장애를 대처하기 위하여 위치를 선정하였다. 서천3, 4 관측공은 서천군 농촌지하수관리보고서에서 단위면적당 오염부하량이 높은 지역에 위치하여, 이에 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 서천1 관측공은 해안에 가까이 위치해 있어 해수침투 관측공처럼 전기전도도가 높아 지표 하 약 35 m까지 약 2,000 $\mu S/cm$ 로 일정한 값을 보이다가 35 ~ 40 m 구간에서 8,200 $\mu S/cm$ 으로 전기전도도 값이 상승하는 전이대 구간이 나타난다. 서천2 관측공은 약 60 m 심도에서 담염수 전이대가 나타나며, 약 12,000 $\mu S/cm$ 로 증가한다. 그러나 심도 약 60 m 이내에는 일반적인 담수 유형이다. 서천3 관측공은 약 20 m 심도에서 담염수 전이대가 나타났으며, 약 70 m 심도에서 전기전도도의 변화가 관찰되었다. 서천4 관측공은 약 55 m 심도에서 담염수 전이대가 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 서천1, 3, 4 관측공은 해수의 영향을 받아 (Na+K)-Cl 유형을 보인다. 서천2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 해수의 영향을 반영하고 있다. 서천지구 관측공 질산염 농도는 매년 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 및 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 미만으로 검출되었다. 그러나 서천2 관측공의 2016년 질산염 농도는 농업용수 수질기준에 근접하고 있어 각별한 주의가 요구된다.
- 4) 장기 관측결과 : 서천1, 2 관측공 지하수위 변화는 강수량에 비례하는 것으로 나타났다. 서천1, 2 관측공 지하수위는 유지하는 추세이다. 서천1 관측공의 전기전도도는 담염수 전이대의 상승과 하강에 영향을 받아 증가하는 반면, 서천2 관측공의 전기전도도는 우기에 증가하고 건기에 감소하는 특징을 보이고 있다. 서천3 관측공은 전기전도도가 10,000 $\mu S/cm$ 이상으로 나타났다.

서천4 관측공은 전기전도도가 $600 \mu S/cm$ 이하로 일정하게 나타났다.

- 5) 관리 방안 : 서천지구는 해안과 인접해 조수의 변화에 따라 전기전도도가 높게 나타나 해수침투를 지시하고 있어 지하수 이용에 각별한 주의를 요한다. 특히 서천1, 3 지구의 경우 농업용수에 활용이 불가능한 수질이므로 지하수 사용 규제가 필요하다.

2.5.7 보령지구

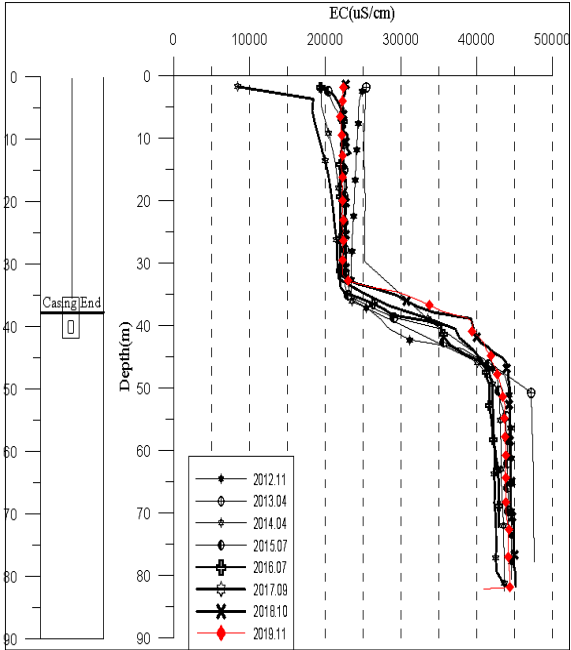
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
보령1	보령시 청소면 신송리 281-108	161371.66	329156.54	2.67	2012	1.25
보령2	보령시 남포면 제석리 산76-1	162140.45	313354.28	16.46	2013	13.46
보령3	보령시 주산면 증산리 806-1	161417.11	298920.47	4.72	2013	0.92
보령4	보령시 청소면 성연리 719	165930.800	426961.711	49.838	2018	46.163
보령5	보령시 주산면 유곡리 514	164445.386	398384.621	17.286	2018	13.906
보령6	보령시 남포면 양항리 735-1	160898.776	410966.51	3.234	2018	1.704

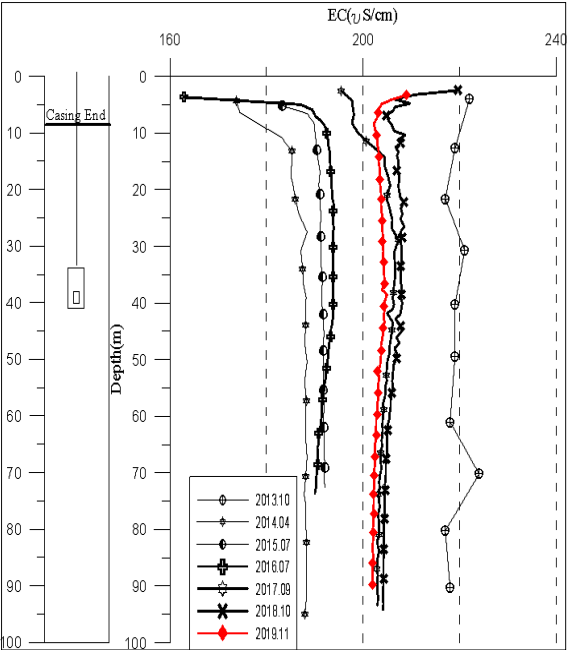
2. 지형 및 지질

보령지구는 북쪽으로는 서해안 고속도로 광천IC, 서쪽으로는 광천천의 하류부 삼각주를 형성한 빙도가 자리하고, 동쪽으로는 오서산(791 m)이 자리하고 있다. 지질은 크게 변성암류와 퇴적암류, 그리고 이들을 관입한 산성 및 중성 암맥류로 구성되어 있다. 특히, 중생대의 퇴적암층은 성주산을 중심으로 분포하는데 보령지구 남동쪽의 산악지대를 형성한다.

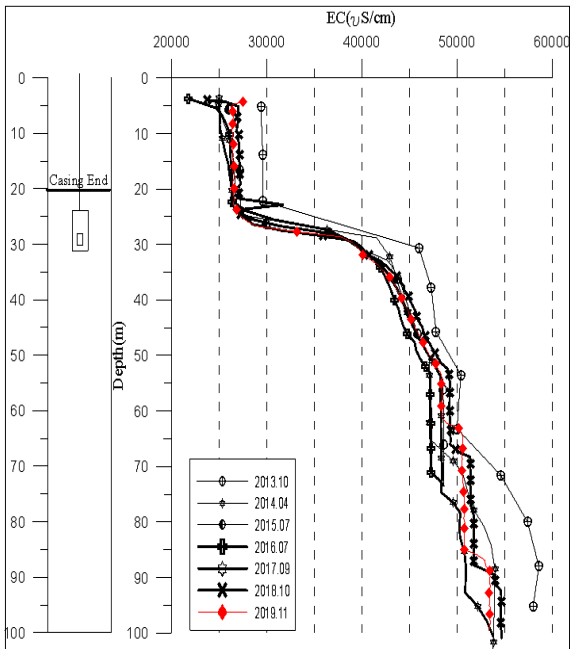
3. 지하수 검층



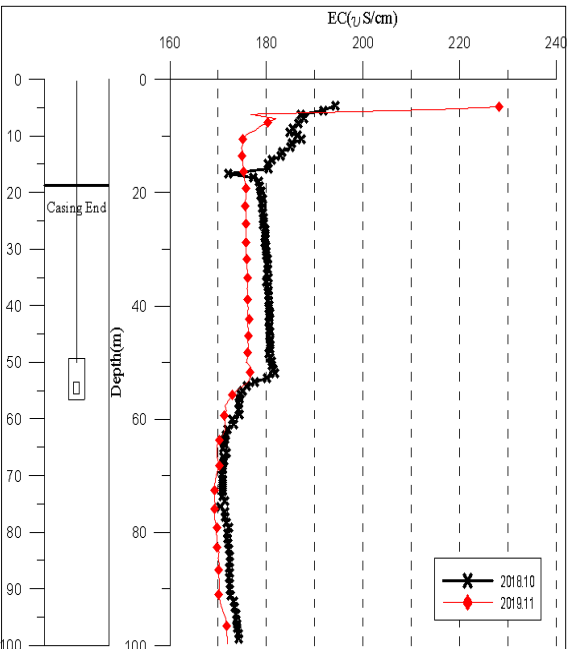
<보령1 관측공>



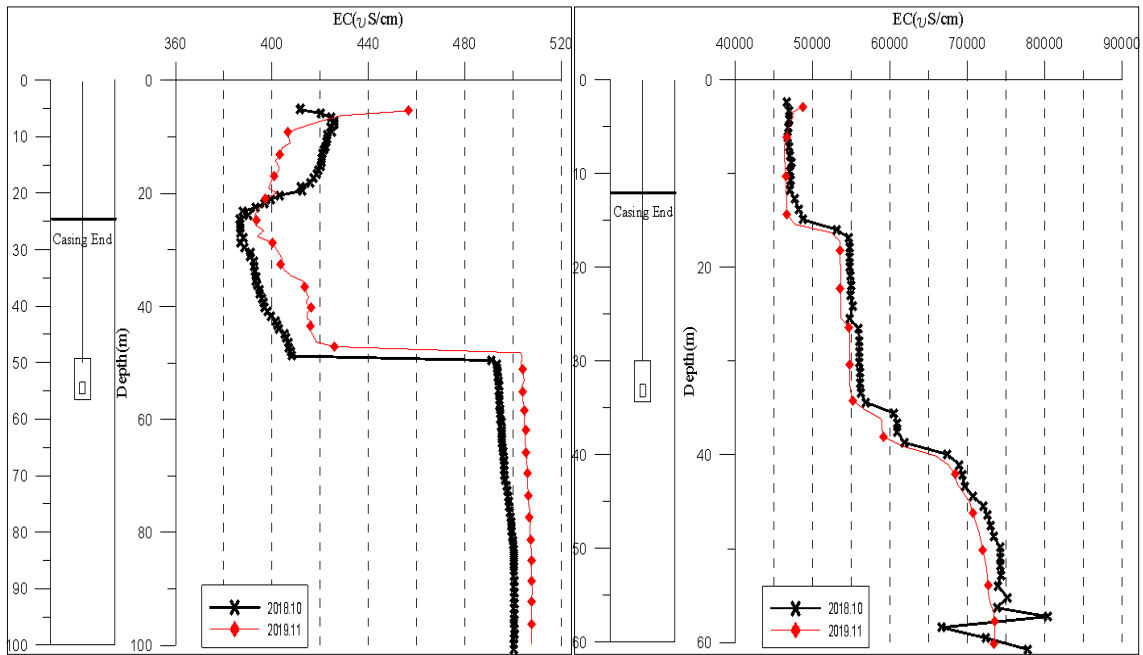
<보령2 관측공>



<보령3 관측공>



<보령4 관측공>



<보령5 관측공>

<보령6 관측공>

4. 지하수 수질 분석

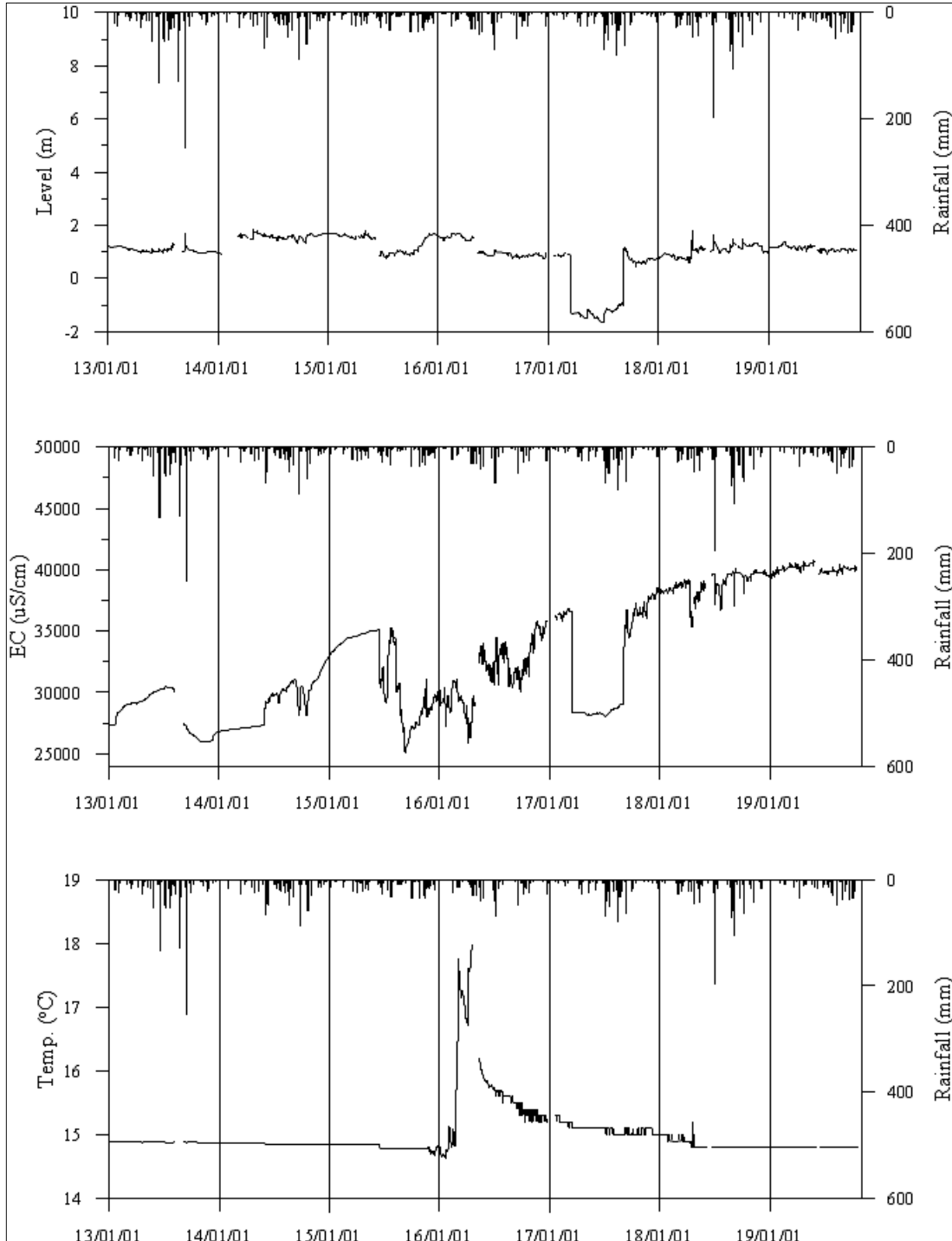
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

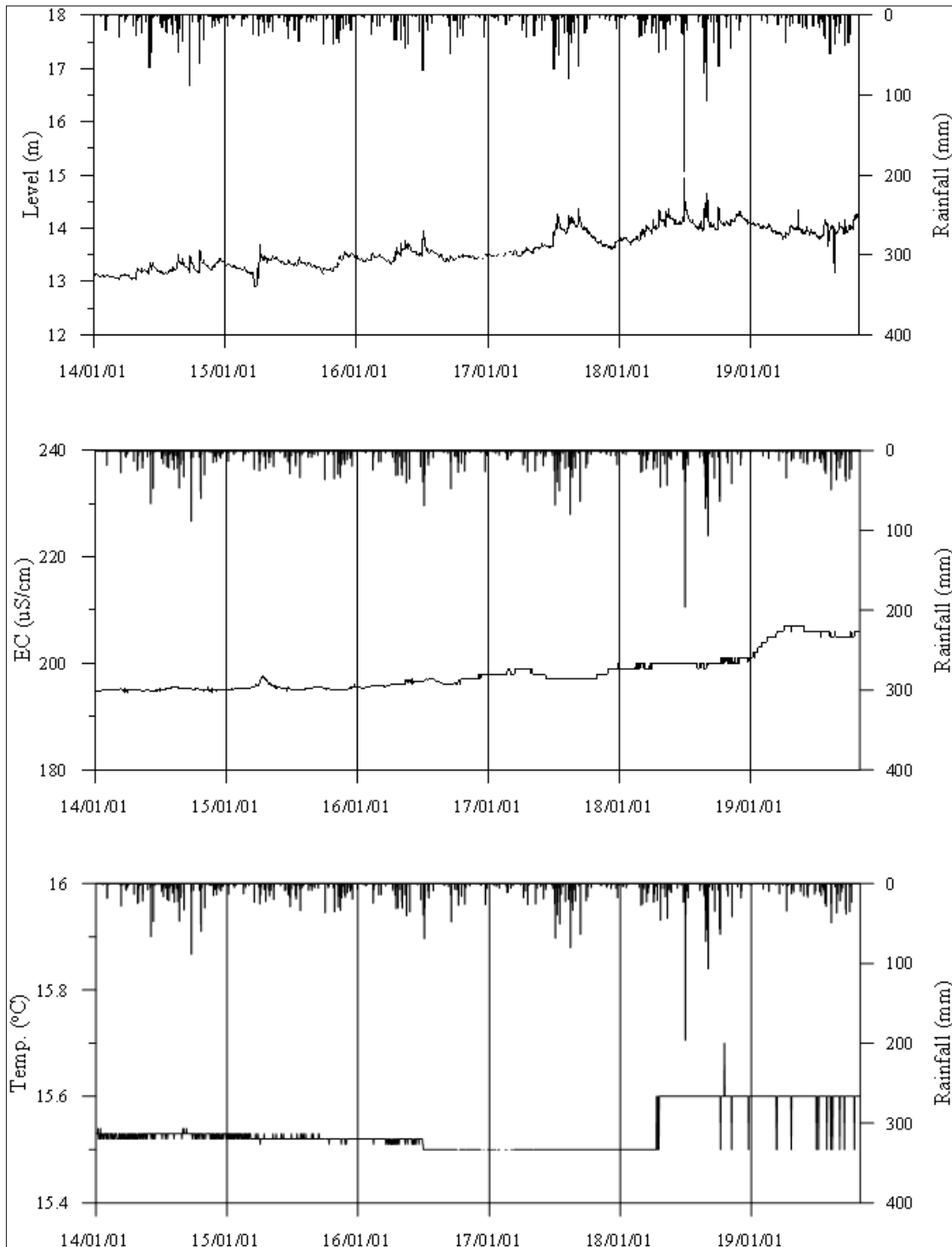
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
보령1	(2012.11)	4498.80	644.08	144.2	252.98	1143.6	7150.42	118.95	0.33
	(2013. 4)	4427.69	629.95	133.26	253.03	1363.53	7968.87	112.85	74.14
	(2014. 4)	4949.53	703.36	226.44	283.66	1584.74	9502.98	128.10	29.98
	(2015. 7)	6083.87	790.53	333.21	393.88	1853.49	12037.15	137.25	N.D.
	(2016. 5)	5033.70	225.44	158.78	188.95	1096.97	7719.45	45.76	5.27
	(2017. 3)	3897.45	554.98	150.13	212.22	1073.12	7251.49	27.45	N.D.
	(2018. 7)	6021.30	737.17	231.35	273.85	1458.06	9995.76	73.20	N.D.
	(2019. 7)	3211.56	664.89	173.31	274.67	950.29	6491.67	51.85	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
보령2	(2013.10)	24.66	3.69	1.35	15.72	3.63	6.47	112.85	0.59
	(2014. 4)	35.74	4.73	1.72	16.60	6.71	23.89	112.85	N.D.
	(2015. 7)	34.89	4.81	1.85	17.15	6.66	23.69	112.85	N.D.
	(2016. 5)	22.46	4.81	1.60	18.75	4.79	11.85	109.80	4.72
	(2017. 3)	21.77	4.20	1.41	15.74	4.54	9.06	112.85	N.D.
	(2018. 7)	20.18	4.81	1.59	19.05	4.16	9.26	103.70	N.D.
	(2019. 7)	17.66	4.40	1.53	18.34	4.31	7.19	97.60	0.03
보령3	(2013.10)	7498.82	946.61	171.91	414.47	2203.61	14804.68	219.60	105.49
	(2014. 4)	7244.14	873.75	160.97	424.06	2027.71	12893.23	219.60	N.D.
	(2015. 7)	7665.85	952.87	196.48	443.95	1942.29	12811.47	183.00	N.D.
	(2016. 5)	5348.70	227.49	158.93	213.68	1416.76	7863.29	198.25	421.77
	(2017. 3)	6544.38	770.33	162.04	327.71	1771.04	11158.60	234.85	N.D.
	(2018. 7)	6494.45	760.35	161.73	304.53	1651.03	10666.56	161.65	177.51
	(2019. 7)	5764.61	675.20	192.58	330.95	1590.82	10291.84	189.10	N.D.
보령4	(2018.10)	25.91	2.90	0.95	10.00	6.39	8.64	76.25	3.76
	(2019. 7)	35.64	0.40	0.56	2.77	6.64	6.48	74.73	2.41
보령5	(2018.10)	23.81	7.29	1.50	34.25	11.58	40.55	131.15	11.20
	(2019. 7)	22.49	5.80	2.00	34.26	8.38	34.72	122.00	16.04
보령6	(2018.10)	10318.72	976.03	361.40	249.93	2556.46	16676.82	158.60	N.D.
	(2019. 7)	8636.50	1283.0	658.83	333.66	2472.96	16366.49	125.05	N.D.

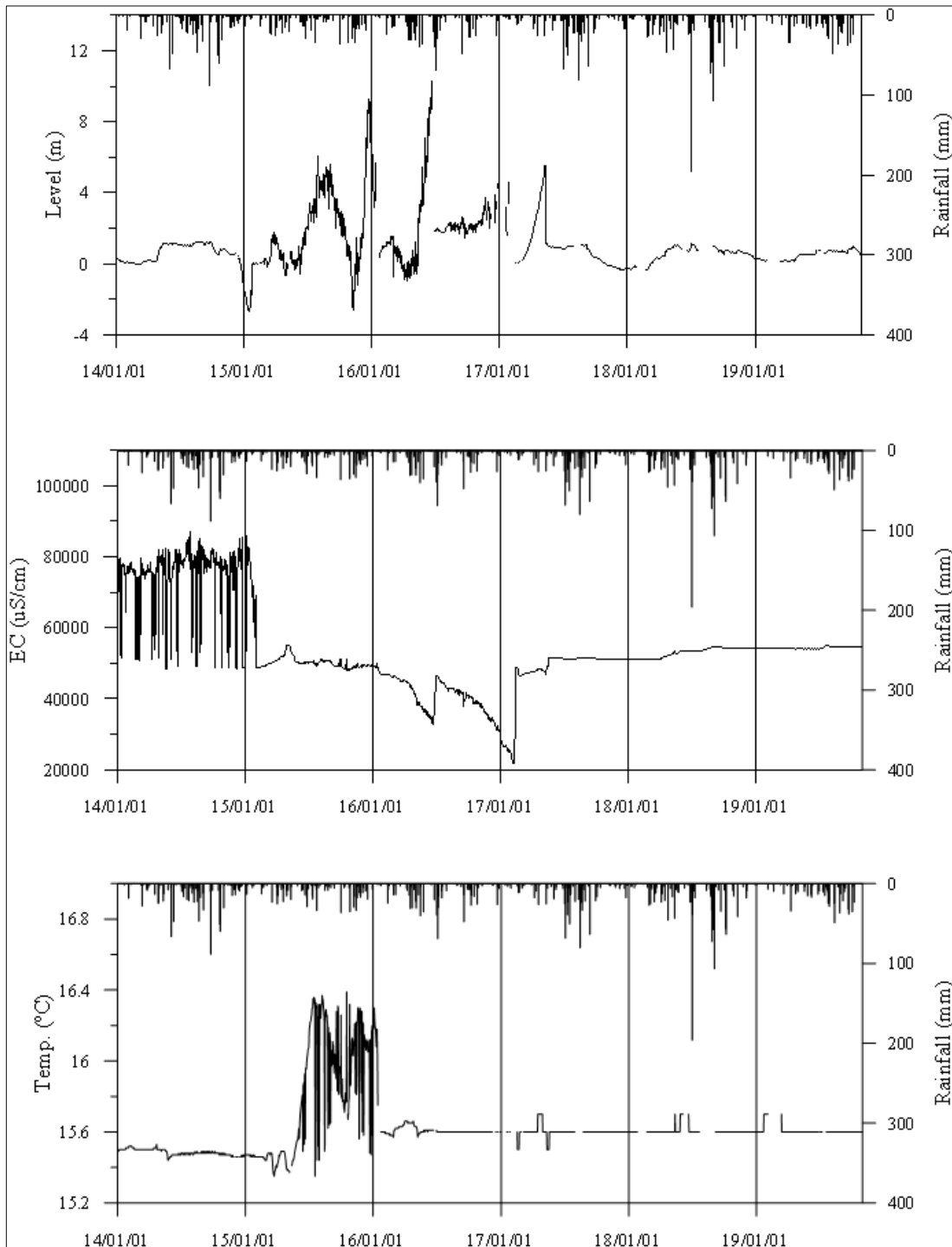
5. 장기관측 결과



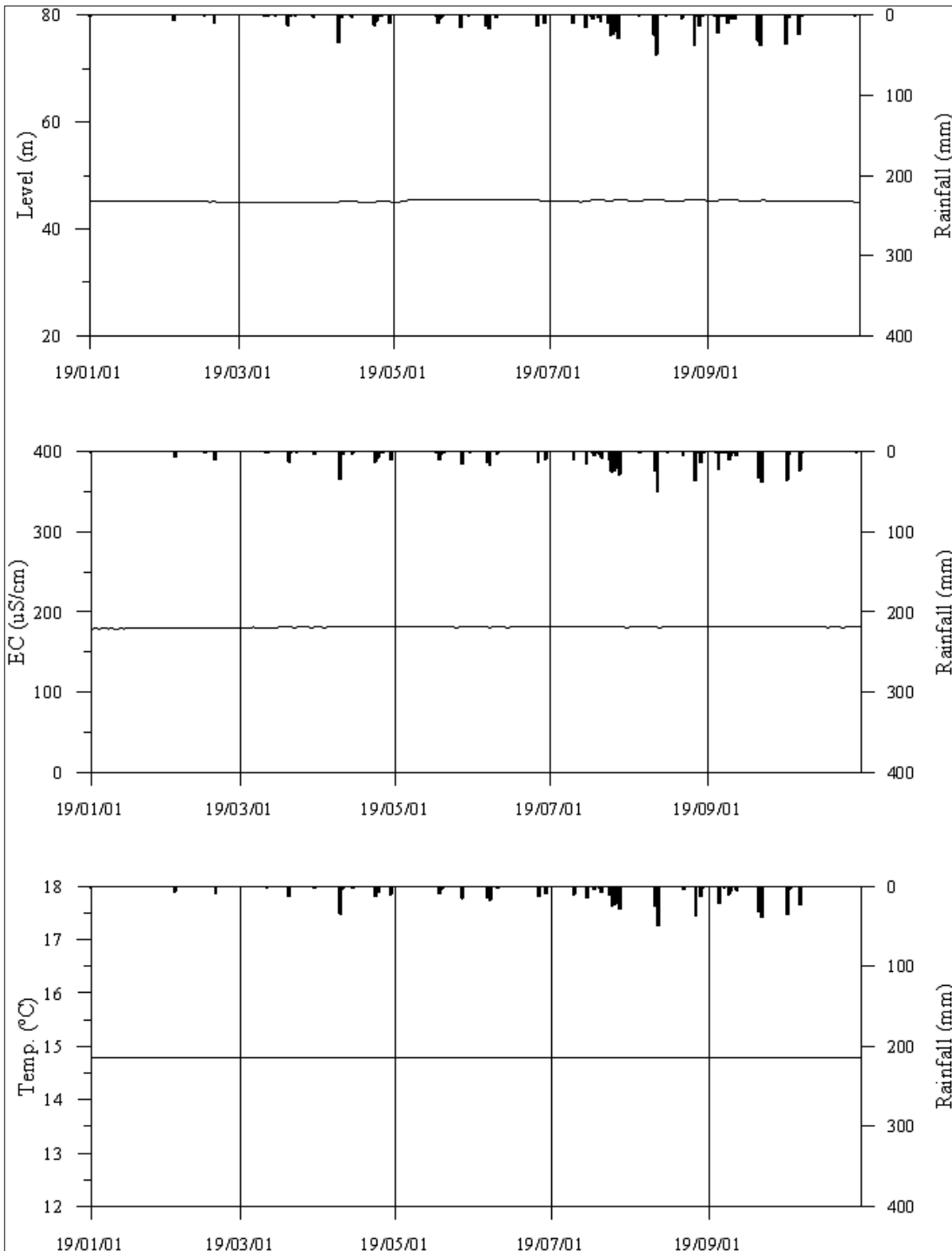
<보령1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



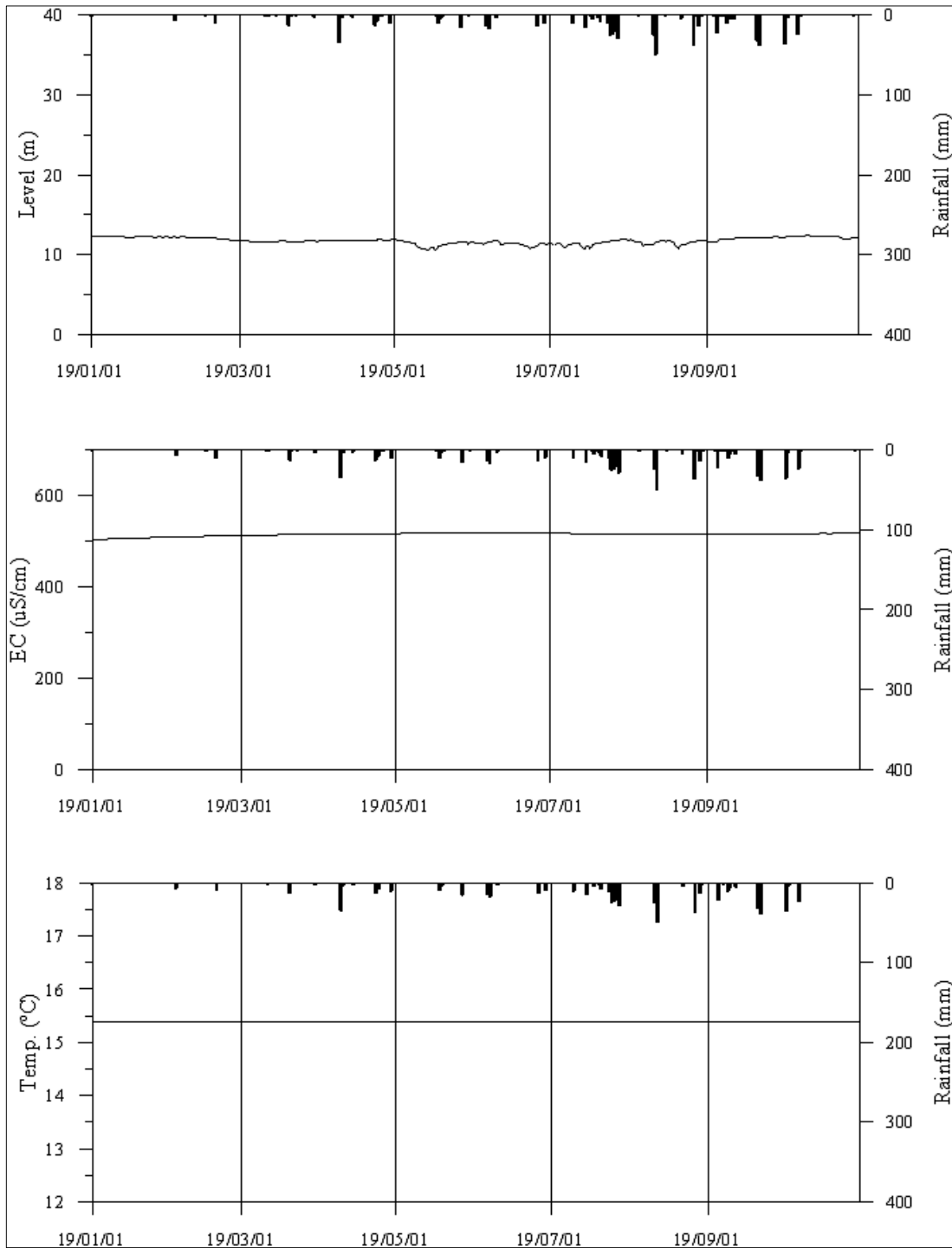
<보령2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



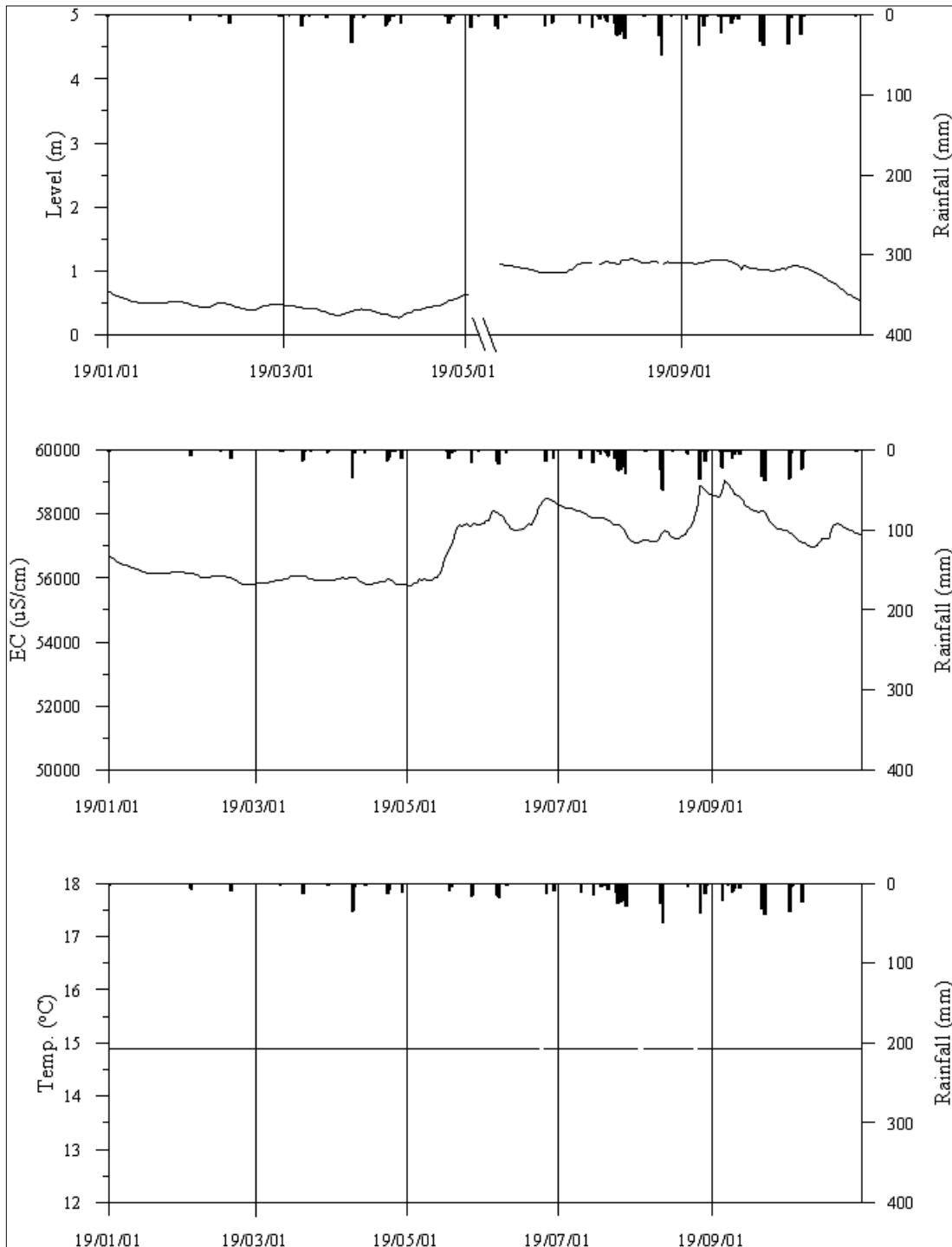
<보령3 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보령4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보령5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보령6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 보령지구의 지하수 총 이용량은 556,100 m³/년, 관정밀도는 69.1 공/km² 인 반면, 오염취약성지수인 DRASTIC 지수가 132점이며, 단위면적당 오염부하량이 1,108 kg/일/km²로 높고, 질산성질소가 10.2 mg/L로 먹는물 수질기준(10 mg/L)을 초과하므로 관측공을 설치하였다. 보령4, 5, 6 관측공은 농촌지하수관리보고서에서 DRASTIC 지수가 가장 높은 지역으로, 단위면적당 오염부하량이 가장 높은 지역이다. 따라서 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 보령1 관측공은 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해안선에 가까이 위치해 있어서, 해수침투 관측공처럼 전기전도도가 높게 나타났다. 전기전도도는 약 25,000 $\mu S/cm$ 로 일정한 값을 보이다가 지표 하부 약 35 ~ 45 m 구간에서 약 43,000 $\mu S/cm$ 로 상승하는 전이대 구간이 나타났다. 보령2 관측공은 전체 구간에서 200 $\mu S/cm$ 내외로 일정한 값으로 나타남에 따라 전형적인 농어촌지역 지하수로 판단된다. 보령3 관측공에서는 상부 심도에서 약 22,000 $\mu S/cm$ 의 높은 전기전도도가 나타난 이후, 심도 약 30 m의 전이대 구간 이후로는 해수에 근접하는 전기전도도값을 나타내고 있다. 보령4 관측공에서는 상부 심도에서 약 180 $\mu S/cm$ 의 낮은 전기전도도가 심도 약 55 m 구간 이후로 나타나고 있다. 보령5 관측공에서는 상부 심도 50 m 구간에서 약 410 $\mu S/cm$ 의 전기전도도가 나타난 후, 크게 증가하는 특징을 보였다. 보령6 관측공에서는 상부 심도에서 약 45,000 $\mu S/cm$ 의 전기전도도가 나타난 후 전이대 근처인 심도 35 m 이후로 크게 증가하는 특징을 보였다. 따라서 보령1, 3, 4, 6 관측공 주변 지하수는 영농에 활용할 수 없고, 타 수자원 공급방안을 모색해야 한다. 보령2, 5 관측공의 경우 개발 가능량 이내로 이용할 필요가 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 보령1, 3, 6 관측공은 해수의 영향을 받아 (Na+K)-Cl 유형을 나타내고, 보령2, 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형을 보인다. 보령1 관측공은 2013년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44

mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 보령3 관측공은 2013년, 2016년, 2018년에 질산염 농도가 먹는 물 및 농업용수 수질기준을 공통적으로 초과하였다. 따라서 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등)의 지하유입 차단 및 관리에 만전을 기해야 한다.

- 4) 장기 관측결과 : 보령1, 2 관측공의 지하수위 변동폭은 약 1 m 내외이나, 2017년 여름에 평소수위에 비교하여 약 3 m 이하 감소하였고, 가을에 회복하였다. 보령 1, 2 관측공은 강수와 높은 상관관계를 나타낸다. 보령3 관측공의 지하수위는 강수와 상관관계가 크지 않으며, 2015년 4월부터 지하수위 변동폭이 커져 최대 약 12 m 내외이다. 보령1 관측공의 전기전도도는 강수에 반비례하여 나타나고 있는데 이는 강수(담수)유입에 따른 지하수 전기전도도 하강으로 판단된다. 보령2, 3 관측공의 전기전도도는 강수와 별다른 상관관계를 보이지 않고 있으며, 보령2 관측공은 유지하는 추세, 보령3 관측공은 하강하는 추세를 나타내고 있다. 보령4, 5 관측공은 모두 전기전도도가 600 $\mu S/cm$ 이하로 일정하게 나타났다. 다만, 보령6 관측공은 55,000 $\mu S/cm$ 이상의 매우 높은 전기전도도가 나타남에 따라 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 5) 관리 방안 : 보령지구는 해안과 인접해 조수의 변화에 따라 전기전도도가 높게 나타나 해수침투를 지시하고 있어 지하수 이용에 각별한 주의를 요한다. 또한 보령1, 3 관측공은 질산염에 의한 오염이 심각하게 나타나기도 한다. 따라서 보령지구는 지하수 개발 이용에 적극적인 규제가 필요하다.

2.5.8 청양지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
청양1	청양군 화성면 용당리 565-16	176196.76	330045.41	48.13	2012	45.03
청양2	청양군 청양읍 적누리 421-4	181413.6755	325559.0668	82.58	2013	80.48
청양3	청양군 청남면 인양리 672-5	192055.3971	314172.2031	15.299	2015	2.499
청양4	청양군 장평면 구룡리 495	188785.286	414120.790	11.93	2019	6.85
청양5	청양군 목면 화양리 1352	198220.934	421470.765	14.40	2019	7.55

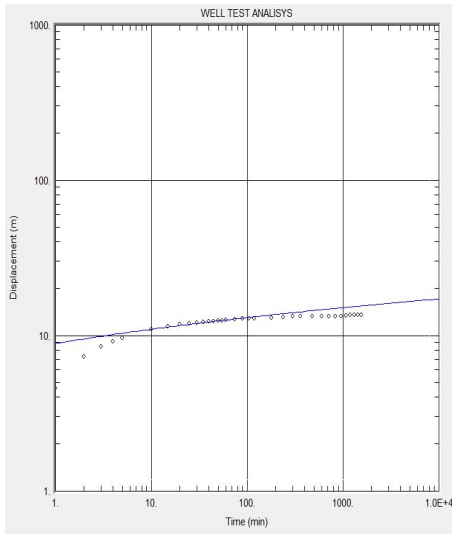
2. 지형 및 지질

청양지구는 북쪽의 홍성군과 남쪽의 보령시와 경계를 이루고 있다. 지형은 남서쪽의 오서산(791 m)을 분수령으로 북동방향으로 능선이 뻗어 있어 산지를 형성하고 있으며, 남동방향으로 계곡과 농경지가 분포하고 있다. 지질은 선캠브리아기의 화강편마암이 넓게 분포하며 이를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

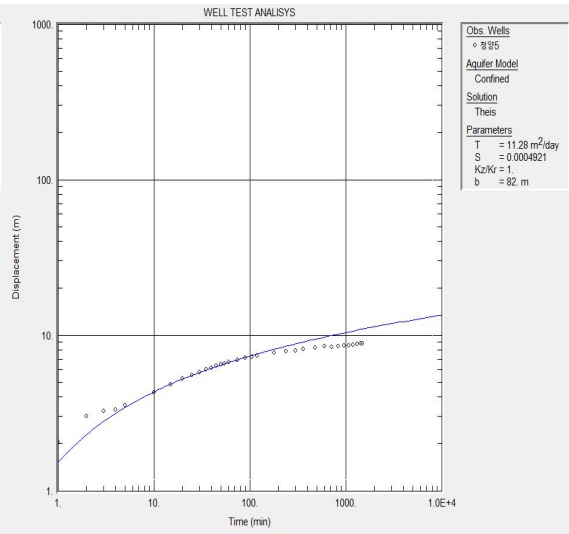
3. 대수층 수리지질 현황

청양4, 청양5 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



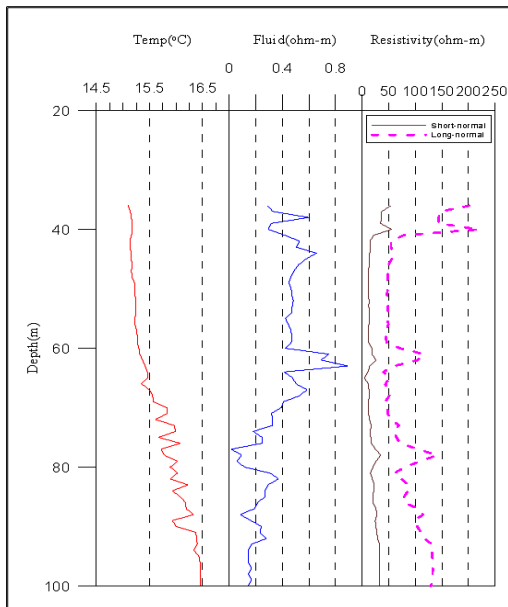
<청양4 관측공 양수시험>



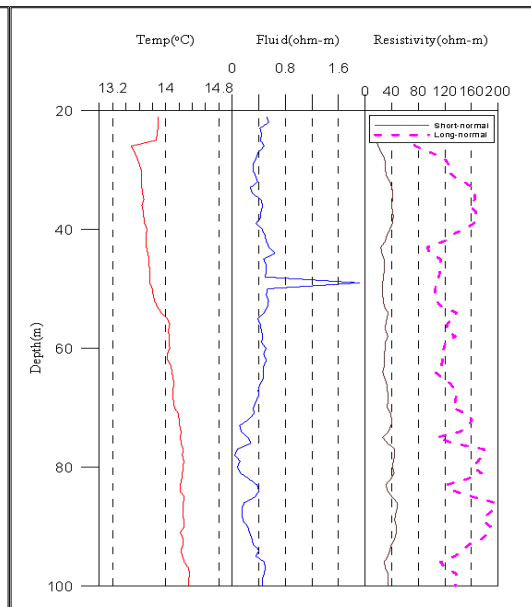
<청양5 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
청양4	142	12.54	2.268×10^{-4}	64.0
청양5	188	11.28	1.592×10^{-4}	82.0

◎ 물리검층

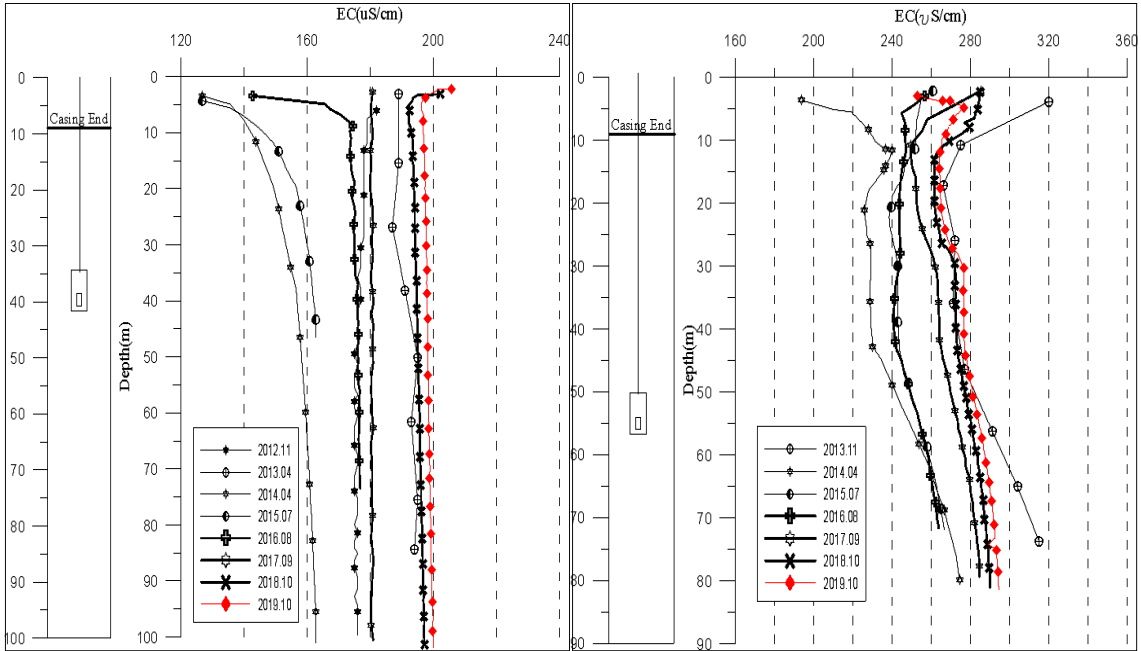


<청양4 관측공 물리검층>



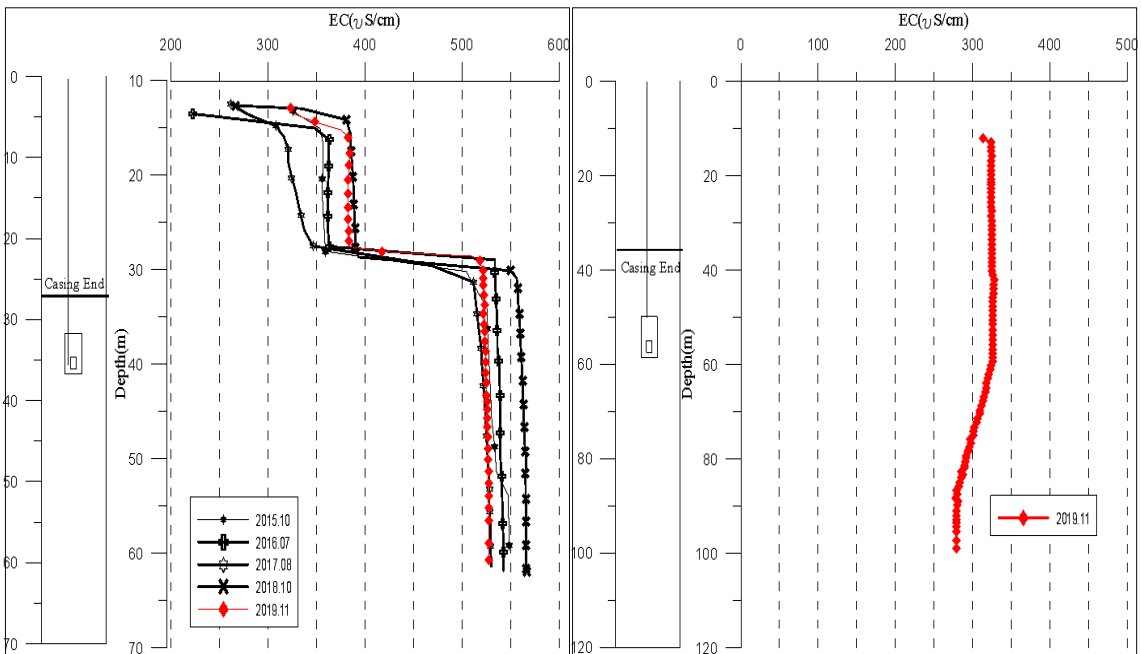
<청양5 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



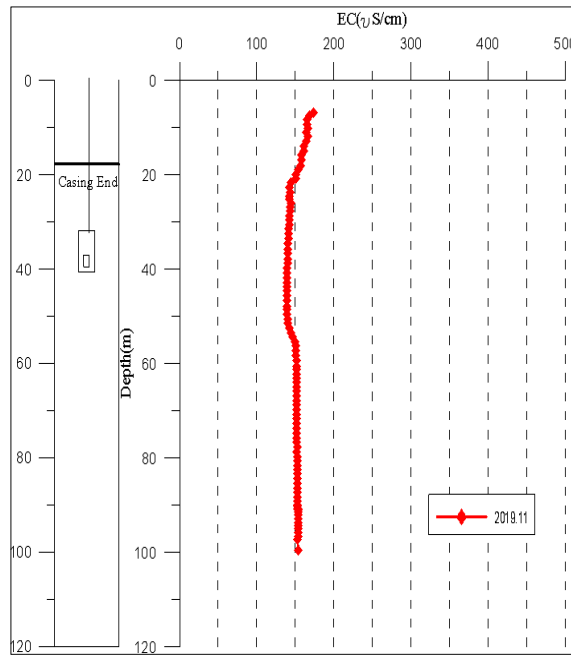
<청양1 관측공>

<청양2 관측공>



<청양3 관측공>

<청양4 관측공>



<청양5 관측공>

5. 지하수 수질 분석

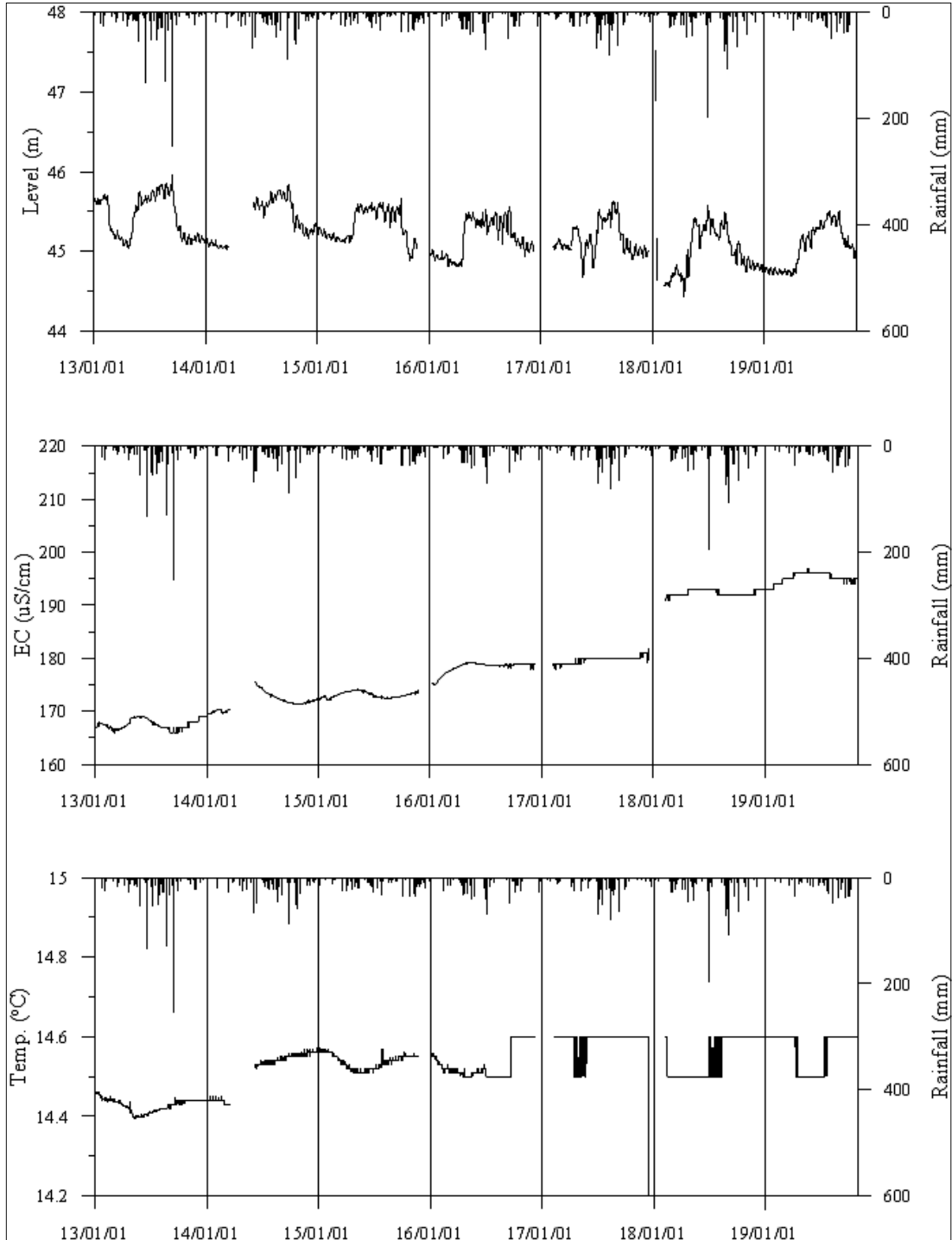
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

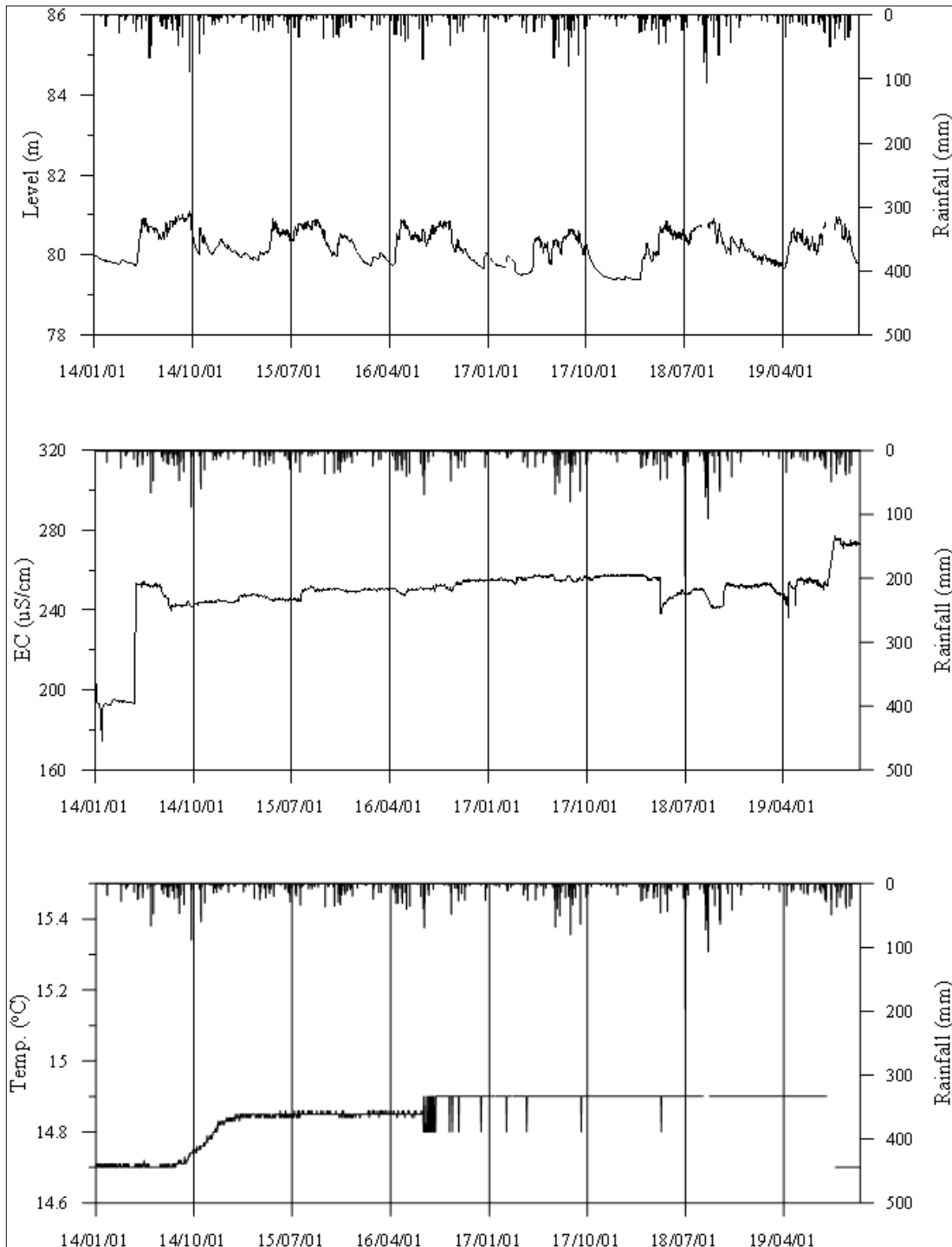
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
청양1	(2012.11)	18.08	3.16	0.69	22.83	9.79	12.95	82.35	1.27
	(2013. 4)	15.88	2.79	0.80	19.03	11.56	12.76	70.15	0.10
	(2014. 4)	14.33	2.55	0.73	19.88	10.68	10.31	70.15	N.D.
	(2015. 7)	13.48	2.79	0.75	20.64	4.43	10.92	76.25	4.09
	(2016. 5)	16.00	2.96	0.59	20.86	12.08	12.18	76.25	0.48
	(2017. 3)	13.76	2.64	0.93	18.27	12.18	13.24	70.15	N.D.
	(2018. 7)	14.28	2.80	0.58	20.86	13.58	13.46	64.05	N.D.
	(2019. 7)	13.98	3.05	0.80	22.73	14.11	13.49	70.15	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
청양2	(2013.10)	8.84	7.98	1.38	30.20	9.76	20.83	109.80	14.14
	(2014. 4)	8.85	8.12	1.29	31.60	8.23	15.76	103.70	15.26
	(2015. 7)	8.69	9.07	1.10	32.63	8.79	16.61	100.65	14.09
	(2016. 5)	8.79	9.21	1.11	33.63	8.71	15.96	106.75	13.13
	(2017. 3)	7.39	7.76	1.24	27.69	9.04	17.37	100.65	12.78
	(2018. 7)	7.65	8.02	1.08	31.16	9.39	17.87	88.45	13.73
	(2019. 7)	7.56	8.84	1.37	33.48	9.21	16.95	103.70	12.54
청양3	(2015.11)	33.30	8.10	2.00	20.40	1.00	16.30	153.00	0.30
	(2016. 5)	50.61	10.96	2.46	30.87	2.72	26.99	210.45	0.53
	(2017. 3)	34.56	10.65	1.92	16.35	N.D.	9.98	183.00	N.D.
	(2018. 7)	58.69	8.91	2.00	38.65	3.88	42.02	210.45	1.01
	(2019. 7)	32.93	9.92	2.83	20.61	0.04	7.29	186.05	0.11
청양4	(2019.12)	11.44	10.03	1.64	40.22	4.49	11.41	164.70	N.D.
청양5	(2019.12)	9.17	2.92	0.87	11.99	7.35	12.59	51.85	0.51

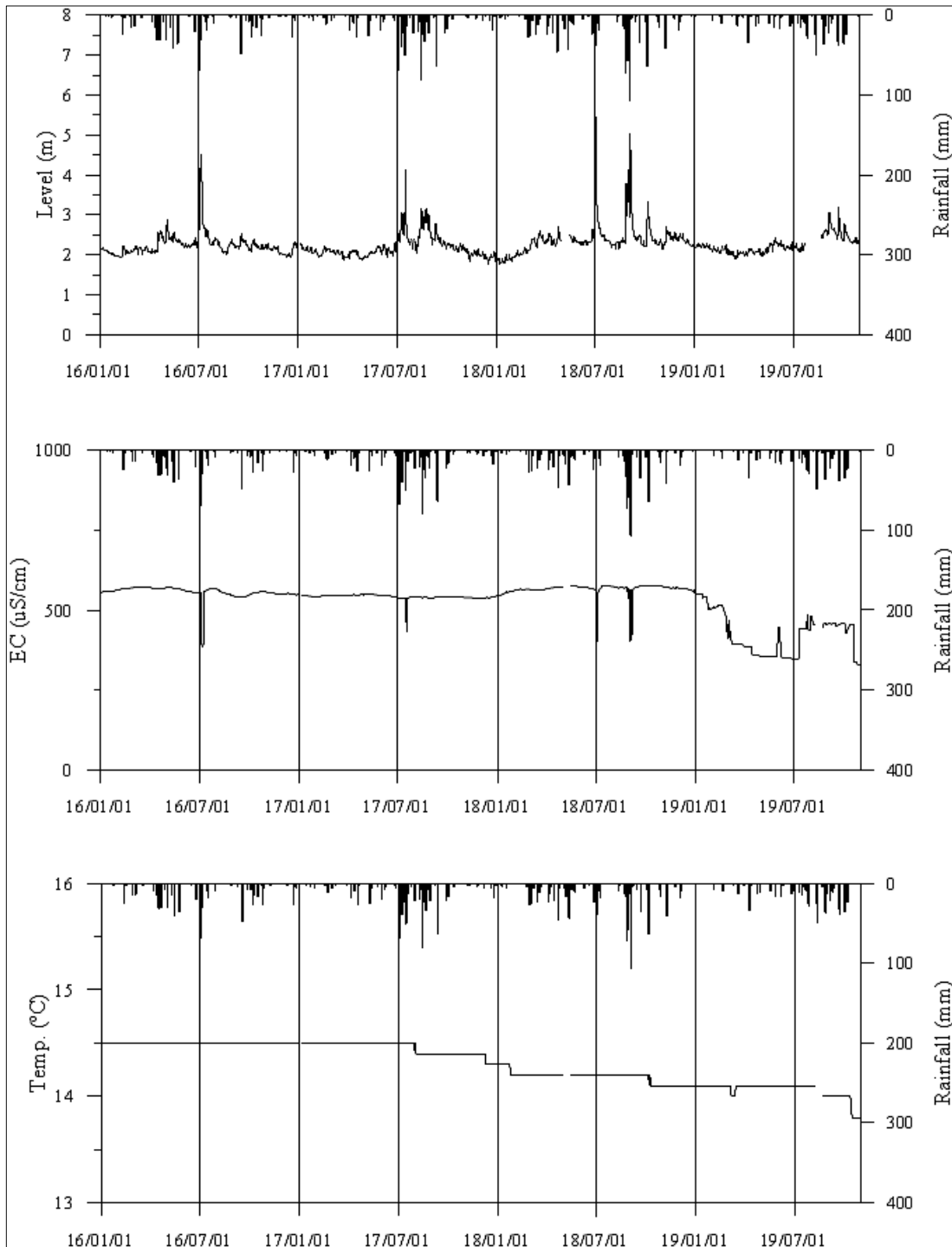
6. 장기관측 결과



<청양1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청양2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청양3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 청양지구는 '11년 청양군 청화지구 농촌지하수관리조사 결과, 지하수 총 이용량 69,400 m³/년, 관정밀도 11.3 공/km² 이다. 또한 오염취약성 평가인 DRASTIC 지수가 129로 나타났으며, 단위면적당 오염 부하량이 204.3 kg/일/km²으로 현재 수량과 수질관리 필요지역은 아니지만 지하수 장해를 대처하기 위하여 위치를 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 청양4, 5 관측공에 대한 양수시험 결과, 투수량 계수는 각각 12.54 m³/d, 11.28 m³/d이고, 수리전도도는 각각 2.268×10⁻⁴ cm/sec, 1.592×10⁻⁴ cm/sec로 나타났다. 물리검층 결과, 청양4 관측공은 약 80 m 이하의 심도에서 과쇄대에 의한 영향으로 보이는 전기비저항 반응이 나타났으며, 청양5 관측공은 약 70 m 이하의 심도에서 전기비저항의 변화가 관찰되었다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 청양1 관측공의 전기전도도는 약 180 μS/cm 이내로 일정하여 심도에 따른 전기전도도의 변화가 없다. 청양2 관측공은 전 구간 270 μS/cm 이내로, 심도 45 m 이후에서 약 30 μS/cm의 전기전도도 증가 현상이 발생하고 있다. 청양3 관측공은 심도 약 30 m에서 전기전도도가 약 350 μS/cm에서 약 530 μS/cm까지 증가하는 전이대가 나타났다. 그러나 청양2, 3 관측공의 전기전도도 증가 현상은 공 전체의 전기전도도가 낮아서 큰 의미는 없다. 청양4, 5 관측공은 심도별 전기전도도의 변화가 크게 나타나지 않았다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 청양1, 3, 5 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 청양2, 4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로 분류된다. 청양지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 청양4, 5 관측공은 오염이 거의 없는 것으로 나타났다.

- 5) 장기 관측결과 : 청양1, 2 관측공은 봄철 영농기에 주변 지하수 이용으로 인해 지하수위가 하강하고, 여름철 강수에 의해 수위가 회복되는 경향이 나타났다. 전기전도도는 강수와 큰 상관관계가 없으며 청양1 관측공은 상승 추세, 청양2 관측공은 2014년 상반기에 소폭 상승한 뒤 유지하는 추세가 나타났다. 청양3 관측공은 수위 변동폭 약 3 m 이내이고, 강수와 민감하게 반응하며 연중 지하수위가 유지하는 추세를 보이며, 전기전도도는 큰 변화 없이 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 청양지구는 현재 지하수 오염 현상이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.5.9 홍성지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
홍성1	홍성군 홍북면 석택리 9-1	173638.3149	351231.3651	16.446	2013	11.85
홍성2	홍성군 갈산면 와리 595-1	159018.000	3343215.404	13.174	2014	9.62
홍성3	홍성군 홍북면 내덕리 61-3	173320.140	447389.528	17.101	2017	8.801
홍성4	홍성군 금마면 신곡리 224-1	172887.169	445901.587	17.123	2017	13.143
홍성5	홍성군 갈산면 내갈리 179	161665.608	445181.242	21.56	2019	17.23

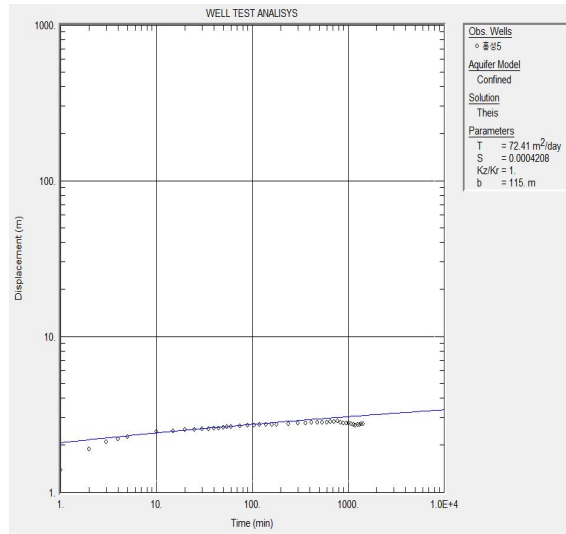
2. 지형 및 지질

홍성지구는 중부지방에 위치한 전형적인 농경지역으로 농어촌 지하수의 수량 및 수질변화를 관측하기 위해 설치하였다. 현재 관측공 좌측으로는 충남도청을 위시로 한 내포 신도시가 조성 중이다. 기반암은 결정편암계 편마암이 자리잡고 있으며, 삼교천 중류 우안지역은 경상계 불국사통 화강암류로 이루어져 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

홍성5 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

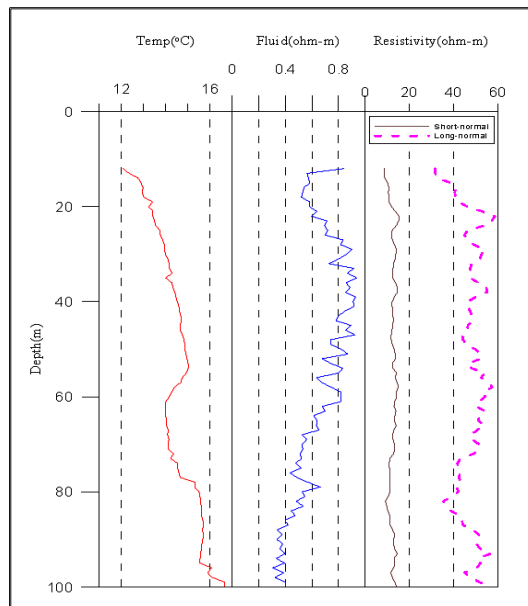
◎ 양수시험



<홍성5 관측공 양수시험>

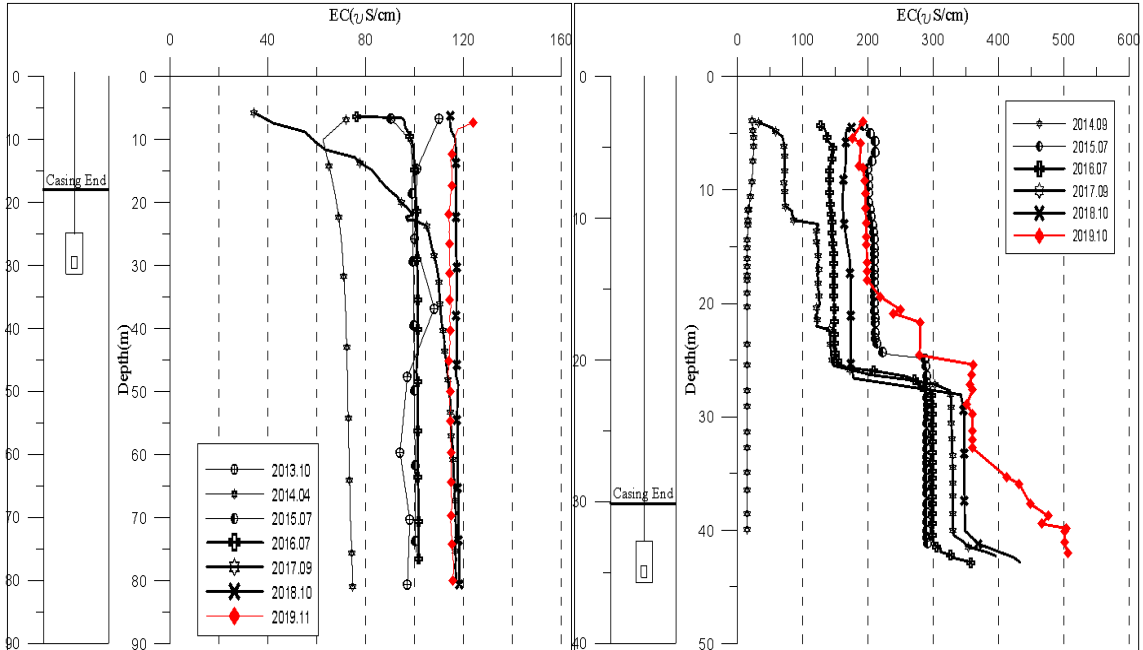
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
홍성5	129	72.41	7.288×10 ⁻⁴	115.0

◎ 물리검층



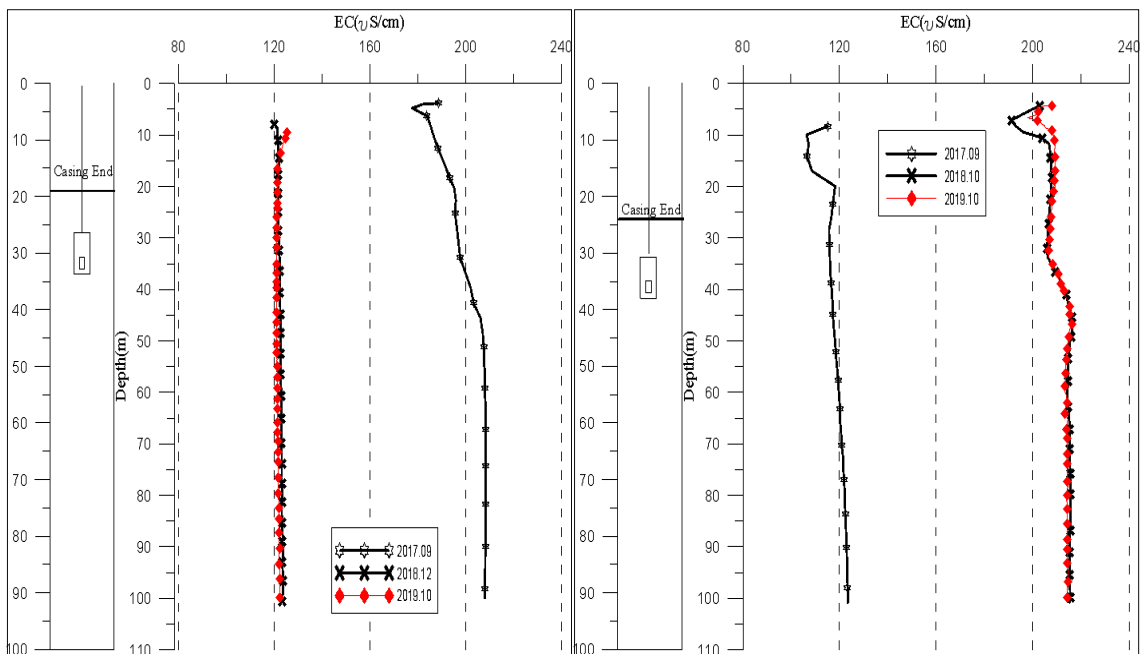
<홍성5 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



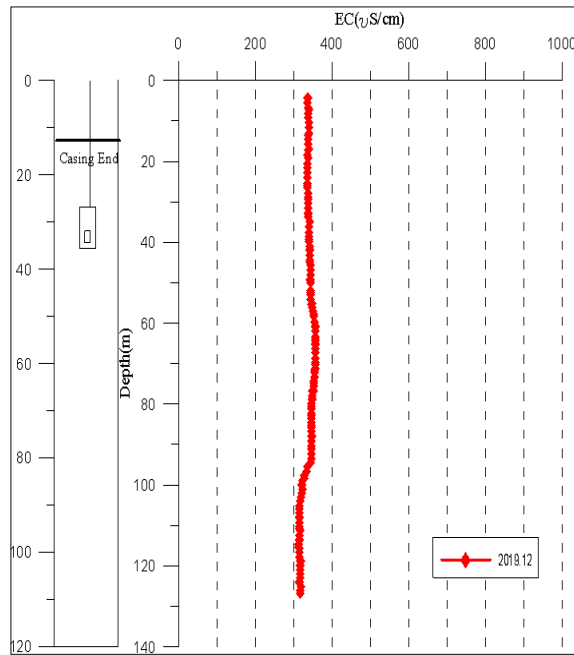
<홍성1 관측공>

<홍성2 관측공>



<홍성3 관측공>

<홍성4 관측공>



<홍성5 관측공>

5. 지하수 수질 분석

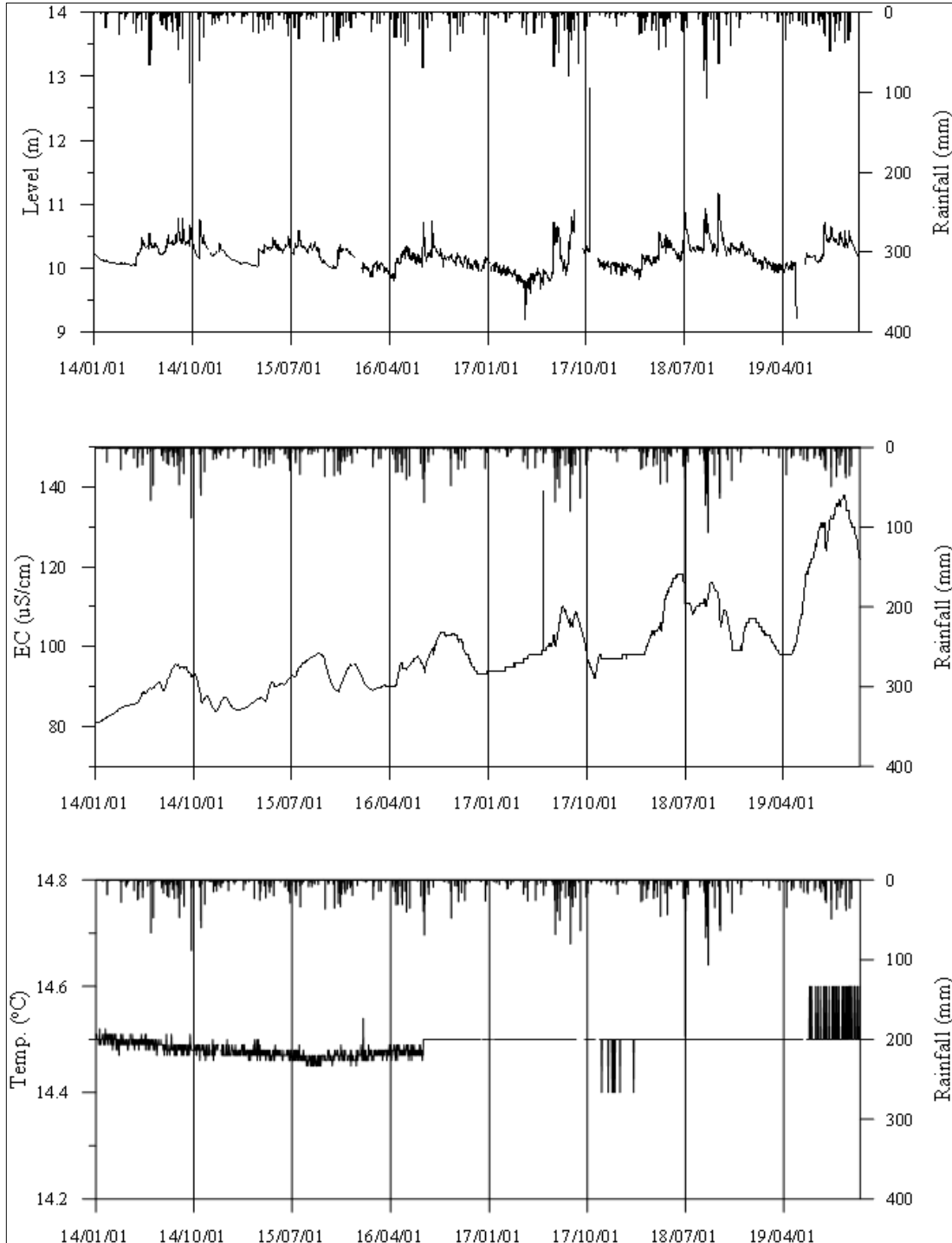
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

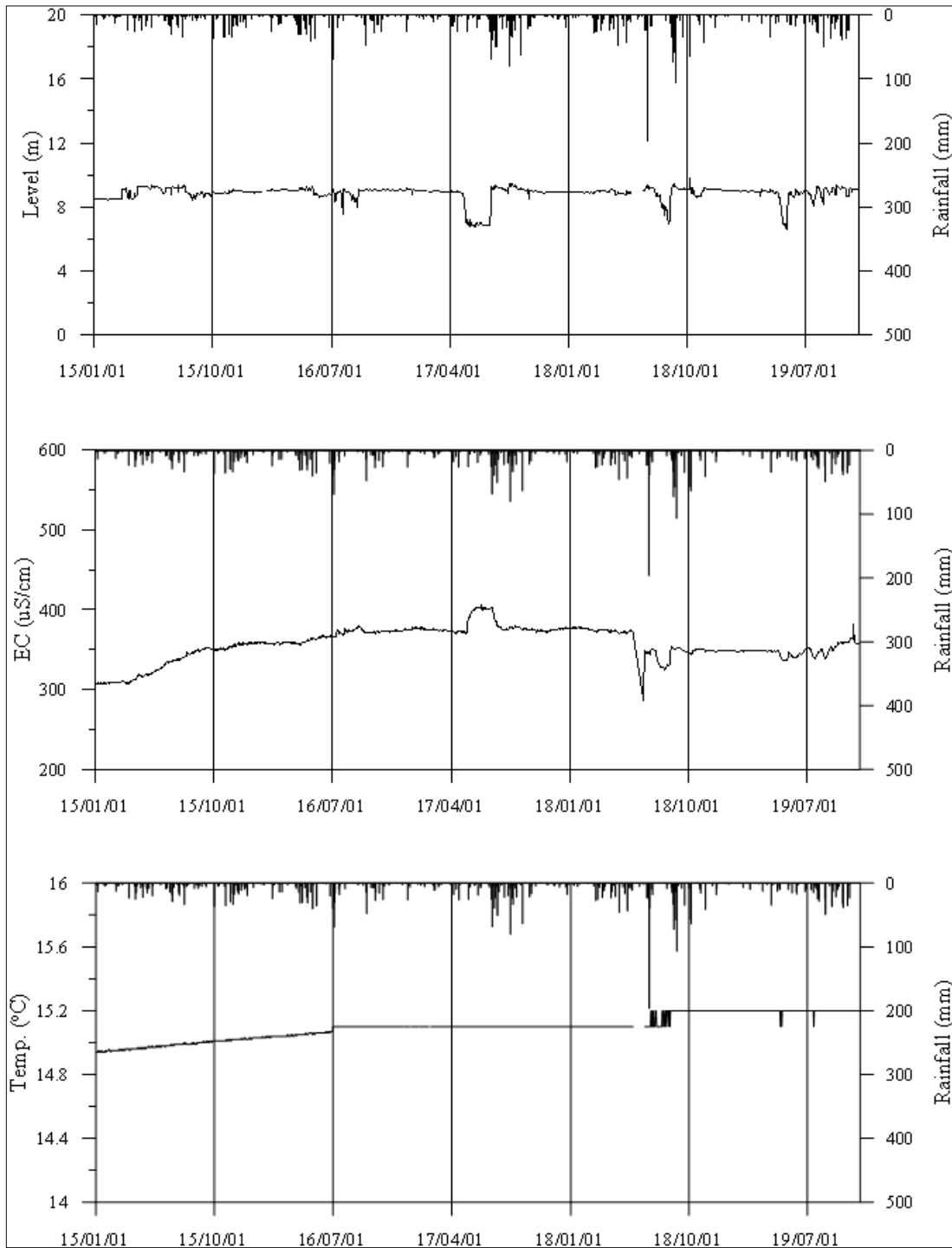
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
홍성1	(2013.11)	9.40	1.14	0.61	7.98	1.39	8.58	27.45	12.73
	(2014. 4)	9.78	1.07	0.69	7.46	1.05	7.77	27.45	14.16
	(2015. 7)	9.78	1.42	0.58	9.51	1.24	10.18	33.55	8.28
	(2016. 5)	10.24	1.25	0.54	8.95	1.19	8.83	30.50	10.66
	(2017. 3)	9.70	1.34	0.92	8.73	1.71	10.68	30.50	11.97
	(2018. 7)	11.53	1.06	0.51	8.23	1.22	9.13	27.45	13.28
	(2019. 7)	9.56	1.12	0.71	8.73	0.96	8.58	25.93	13.96

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
홍성2	(2014. 9)	9.86	8.76	1.00	33.53	7.94	19.76	122.00	5.93
	(2015. 7)	10.94	9.59	1.11	27.35	7.35	19.38	112.85	2.12
	(2016. 5)	10.89	10.91	0.77	33.64	7.90	20.05	125.05	3.91
	(2017. 3)	9.90	9.20	1.06	30.60	8.58	22.96	122.00	4.68
	(2018. 7)	11.88	8.23	0.81	20.24	7.29	20.96	73.20	1.95
	(2019. 7)	10.60	8.77	1.10	27.74	7.69	20.62	99.13	2.12
홍성3	(2017.11)	9.05	1.81	0.84	10.36	1.16	3.70	64.05	0.90
	(2018. 7)	10.02	1.46	0.40	12.75	1.16	3.70	57.95	0.11
	(2019. 7)	9.98	1.29	0.47	15.11	1.10	3.34	64.05	N.D.
홍성4	(2017.11)	10.62	3.73	1.30	15.29	1.20	11.01	73.20	4.48
	(2018. 7)	13.18	3.43	0.96	15.20	0.63	10.39	76.25	4.18
	(2019. 7)	11.21	3.91	1.32	25.14	0.73	10.01	94.55	4.91
홍성5	(2019.12)	12.21	4.48	1.05	37.38	7.51	20.77	76.25	30.91

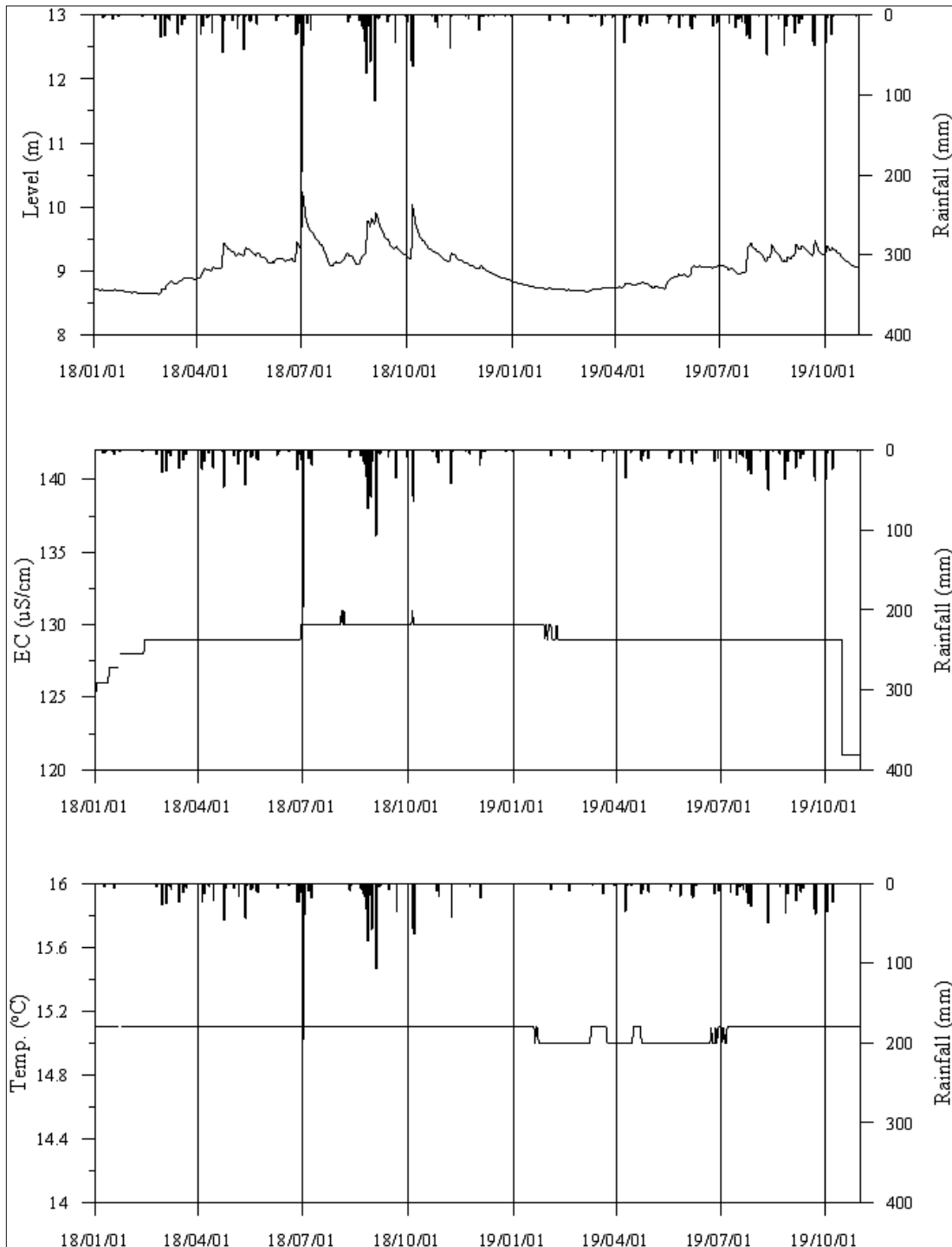
6. 장기관측 결과



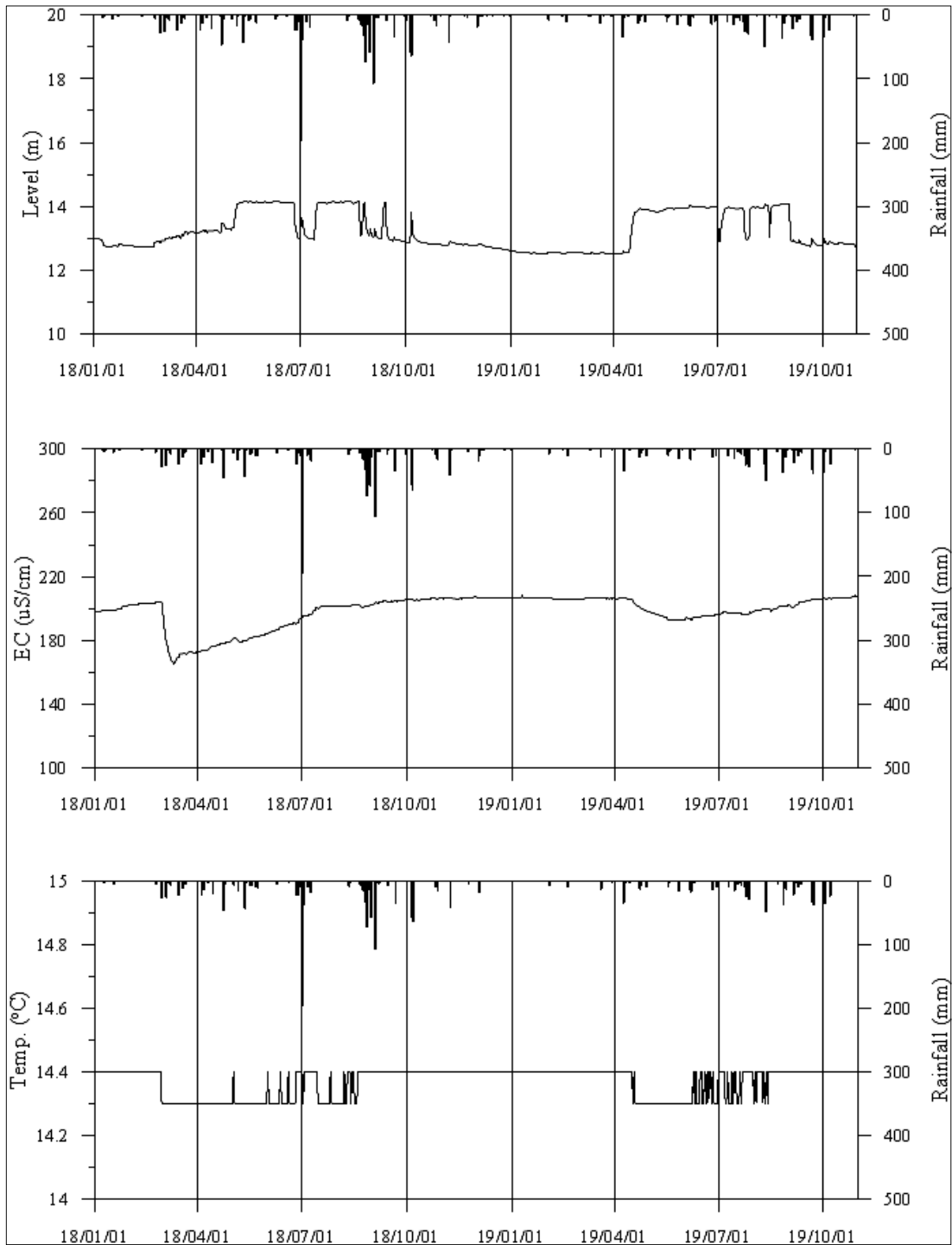
<홍성1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍성2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍성3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<홍성4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 홍성지구는 전형적인 농경지역에 위치하며, 농어촌지하수의 수량 및 수질변화를 관측하기 위해 설치하였다. 현재 관측공 좌측으로는 내포 신도시가 조성 중이어서 향후 주거시설 설치에 따른 농어촌 지하수의 오염을 지속적으로 관측할 필요가 있다. 홍성군 홍북읍 내덕리에 위치하는 홍성3 관측공은 주변에 시설재배단지 및 농경지가 분포하고 있는 지역에 설치되었다. 내덕리는 홍금지구 농촌지하수관리 보고서에서 지하수 수질관리 필요지역으로 선정된 지역이다. 따라서 농촌지역의 계절별 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 홍성군 금마면 신곡리에 위치하는 홍성4 관측공은 주변에 농경지가 분포하고 있는 지역에 설치되었다. 홍금지구 농촌지하수관리 보고서에서 질산성질소가 높은 지역인 죽림리 하류지역이며, 오염원분포밀도가 금마면에서 가장 높은 지역이다. 이에 수질관리가 필요한 지역으로 농촌지역의 계절별 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 홍성5 관측공의 양수시험 결과, 투수량계수는 $72.41 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $7.228 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 물리검층 결과, 약 80 m 심도에서 비교적 큰 파쇄대에 의한 전기비저항 변화가 관찰되었다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 홍성1 관측공의 전기전도도는 약 $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외이고 심도에 따른 전기전도도 변화는 나타나지 않는다. 홍성2 관측공의 전기전도도는 심도 약 25 m에서 약 $360 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 상승하는 전이대가 나타나지만, 전형적인 농어촌 지역의 담수 유형을 보이고 있다. 홍성3 관측공의 전기전도도는 연도별 차이는 있으나, 약 $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외까지 나타나고, 홍성4 관측공의 전기전도도는 약 $220 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 나타났다. 홍성5 관측공은 $400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로 심도별 변화는 크게 나타나지 않았다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 홍성1, 3, 4 관측공은 (Na+K, Ca)-HCO₃ 유형에 해당한다. 나트륨 이온 농도가 과다하게 보이는 이유는 저농도 시료에서 상대적인 비율이 높아서 나타난 것일 뿐 별다른 의미는 없다. 홍성2, 5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로, 청정 지하수 수질로 판단되며 시설영

농을 비롯한 모든 영농에 활용이 가능한 것으로 판단된다. 홍성지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 홍성1 관측공의 지하수위는 강수에 비례적으로 변동하는 경향을 보이지만, 홍성2 관측공에서는 큰 상관관계를 나타내지 않고 있다. 홍성1 관측공의 전기전도도는 작은 범위(약 $20 \mu S/cm$ 이내)에서 증가 추세이고, 홍성2 관측공의 전기전도도는 전체적으로 증가하는 추세이나 전체 관측기간에 걸쳐 증가량이 약 $70 \mu S/cm$ 이므로 큰 의미는 없다. 홍성3, 4 관측공 또한 낮은 전기전도도가 나타났으며, 일정한 패턴을 유지하였다. 향후 장기적인 관측으로 추세를 모니터링 할 필요는 있다.
- 6) 관리 방안 : 홍성지구는 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.5.10 예산지구

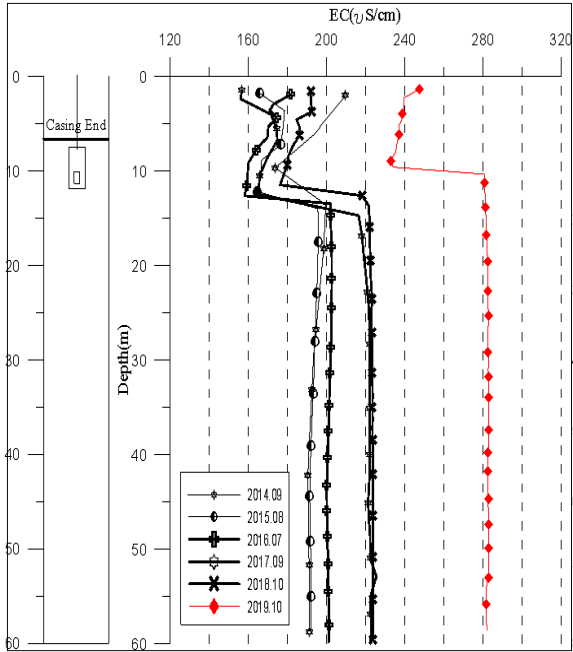
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
예산1	예산군 대흥면 갈신리 739-1	187765.767	351163.420	86.696	2014	85.56
예산2	예산군 신암면 탄중리 127-4	184375.054	357037.044	10.11	2016	3.31
예산3	예산군 응봉면 입침리 산2-3	182551.866	451374.610	14.89	2017	5.29
예산4	예산군 신양면 신양리 985	189369.672	445369.119	40.98	2017	35.98
예산5	예산군 삼교읍 신가리 651-33	175519.739	453190.012	13.423	2018	9.523

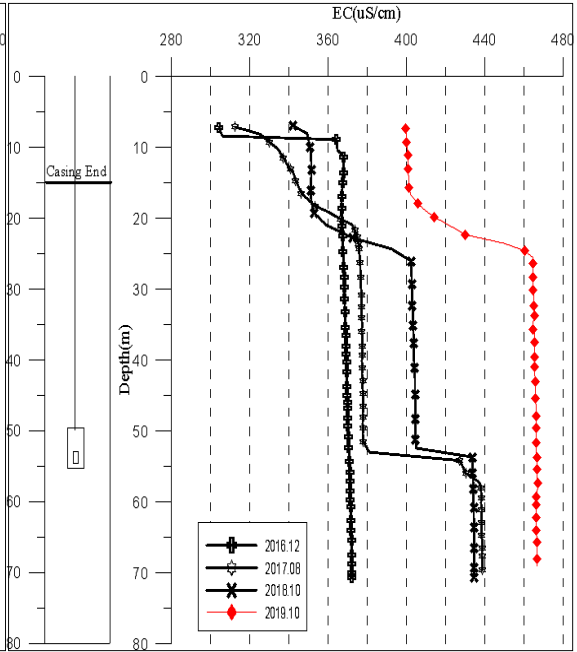
2. 지형 및 지질

예산 지구는 논농업 위주의 지역으로 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량 부족 우려지역에 설치하였다. 예산지구 남서쪽으로는 국내 최대 저수지인 예당저수지가 위치하여 이 지역 농어업용수의 대부분을 공급한다. 북쪽으로는 도고산(482 m)이 위치하고 있다. 이 지역은 낮은 구릉성 지대로 평지가 많고, 남·북쪽 방면으로 흐르는 무한천변에 평지가 산재해 있다. 지질은 화강암류와 편마암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

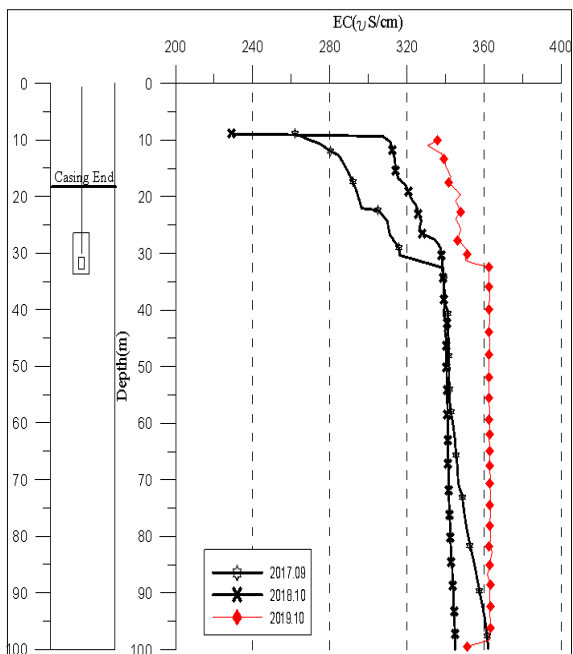
3. 지하수 검층



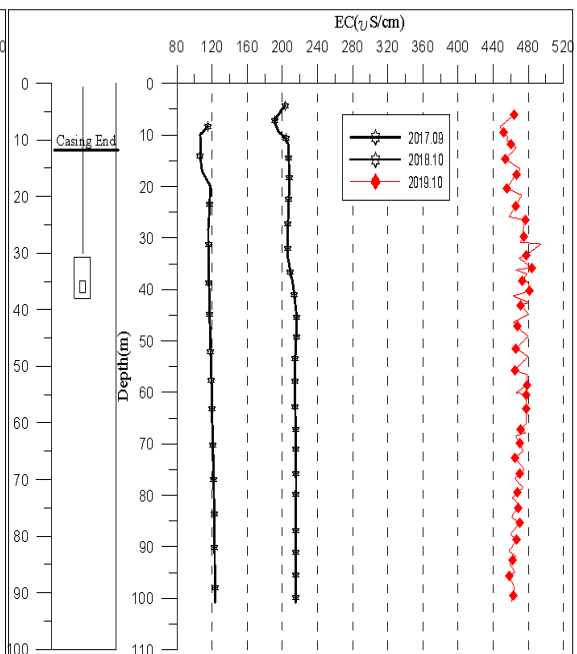
<예산1 관측공>



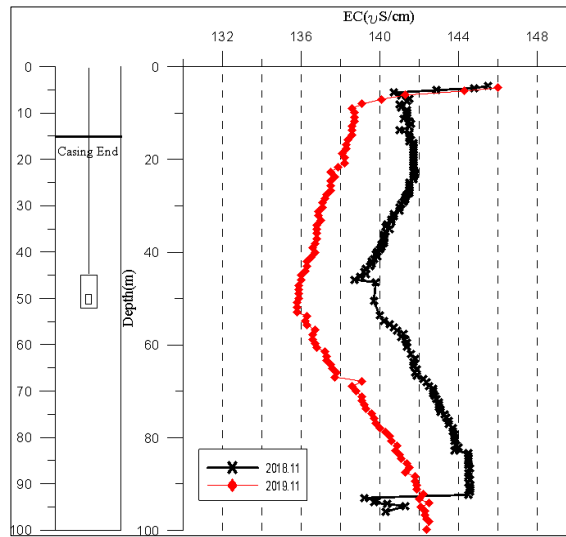
<예산2 관측공>



<예산3 관측공>



<예산4 관측공>



<예산5 관측공>

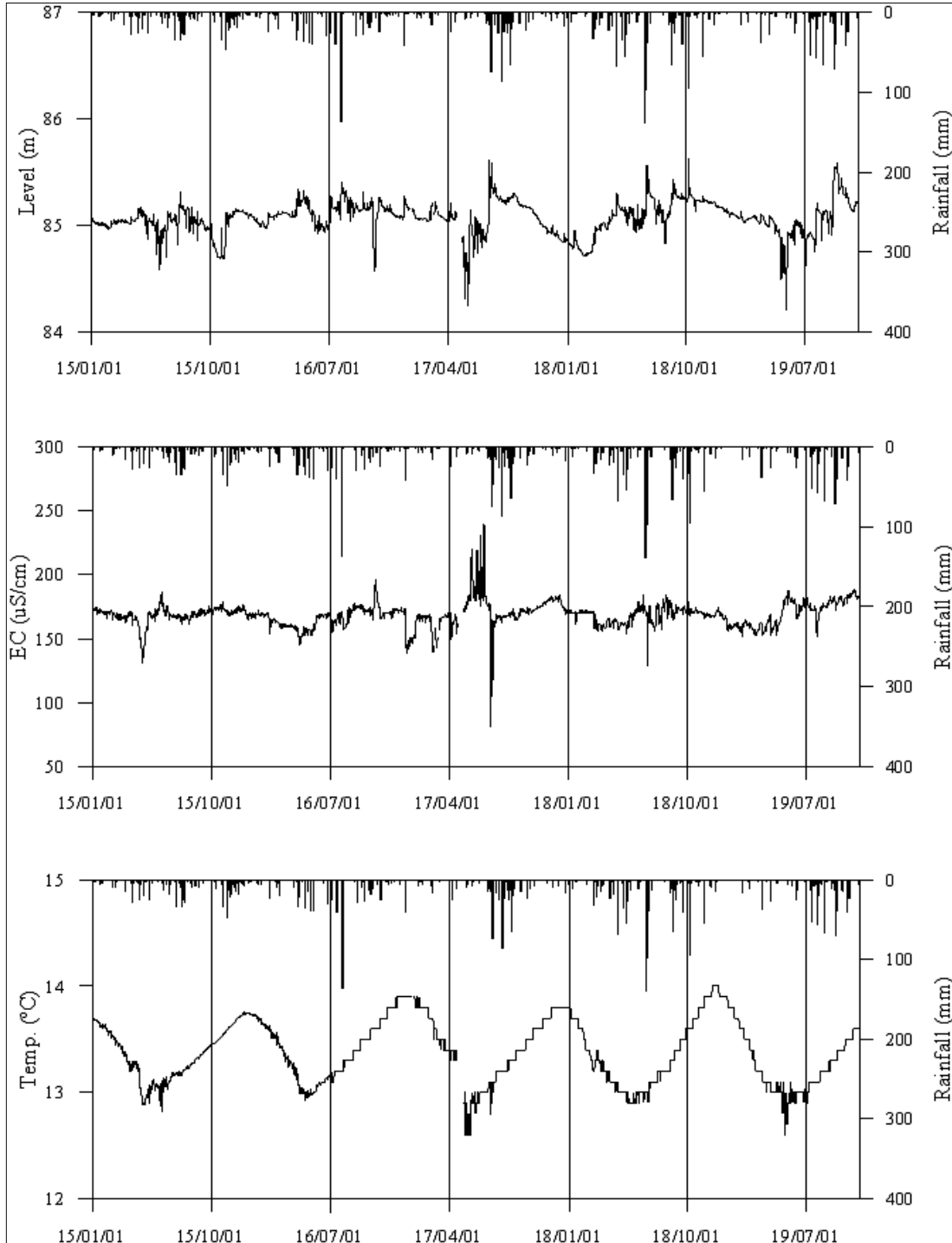
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

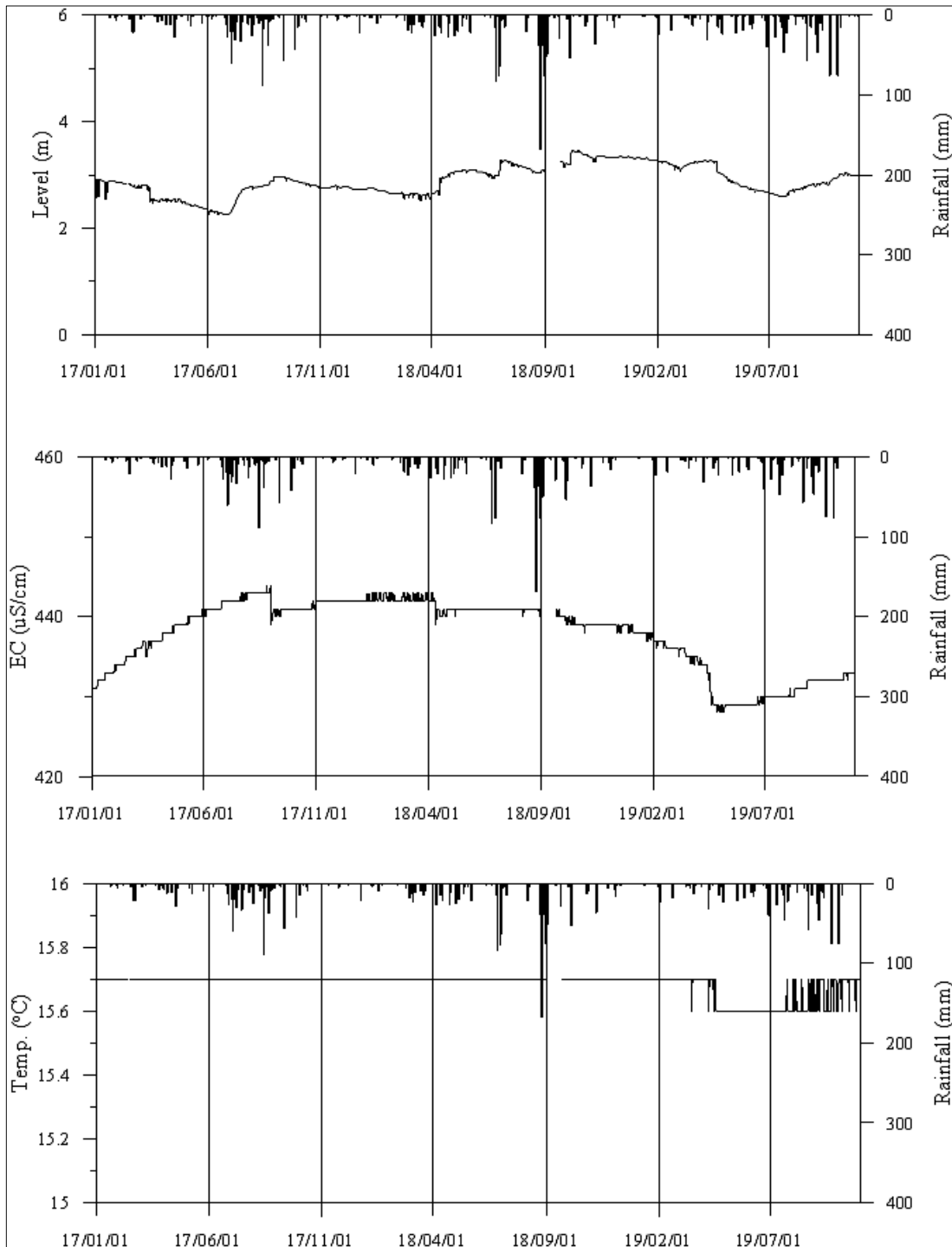
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
예산1	(2014. 9)	10.60	3.06	1.28	22.90	11.27	6.50	73.20	8.85
	(2015. 7)	10.46	4.33	1.26	20.39	9.46	7.20	73.20	10.91
	(2016. 5)	11.60	4.63	1.23	19.28	8.65	6.56	70.15	12.72
	(2017. 3)	10.09	3.69	1.22	14.35	9.57	7.72	64.05	7.45
	(2018. 7)	10.06	3.99	1.18	17.19	10.58	8.56	51.85	12.25
	(2019. 7)	9.93	4.23	1.57	17.86	9.96	7.00	67.10	10.46
예산2	(2016.12)	53.42	6.53	1.89	13.64	37.16	24.47	137.25	0.03
	(2017. 3)	45.96	6.23	1.92	23.31	34.33	26.96	152.50	N.D.
	(2018. 7)	47.35	7.18	1.94	22.85	29.77	25.85	131.15	N.D.
	(2019. 7)	49.22	6.85	2.36	28.82	31.31	25.26	146.40	N.D.
예산3	(2017. 3)	9.33	4.23	1.54	38.96	13.61	17.79	131.15	N.D.
	(2018. 7)	14.42	11.52	1.20	27.07	19.63	17.04	70.15	49.53
	(2019. 7)	14.28	10.89	2.16	29.79	22.91	14.73	82.35	46.62
예산4	(2017. 3)	12.39	10.17	1.33	26.42	17.99	16.00	103.70	N.D.
	(2018. 7)	13.71	5.10	1.86	47.18	14.77	32.13	115.90	0.11
	(2019. 7)	13.01	6.67	2.94	68.52	14.73	40.16	167.75	N.D.
예산5	(2018.12)	8.68	1.20	1.57	18.27	1.19	5.53	66.34	2.01
	(2019. 7)	8.17	1.50	0.89	17.85	1.16	5.61	67.10	2.06

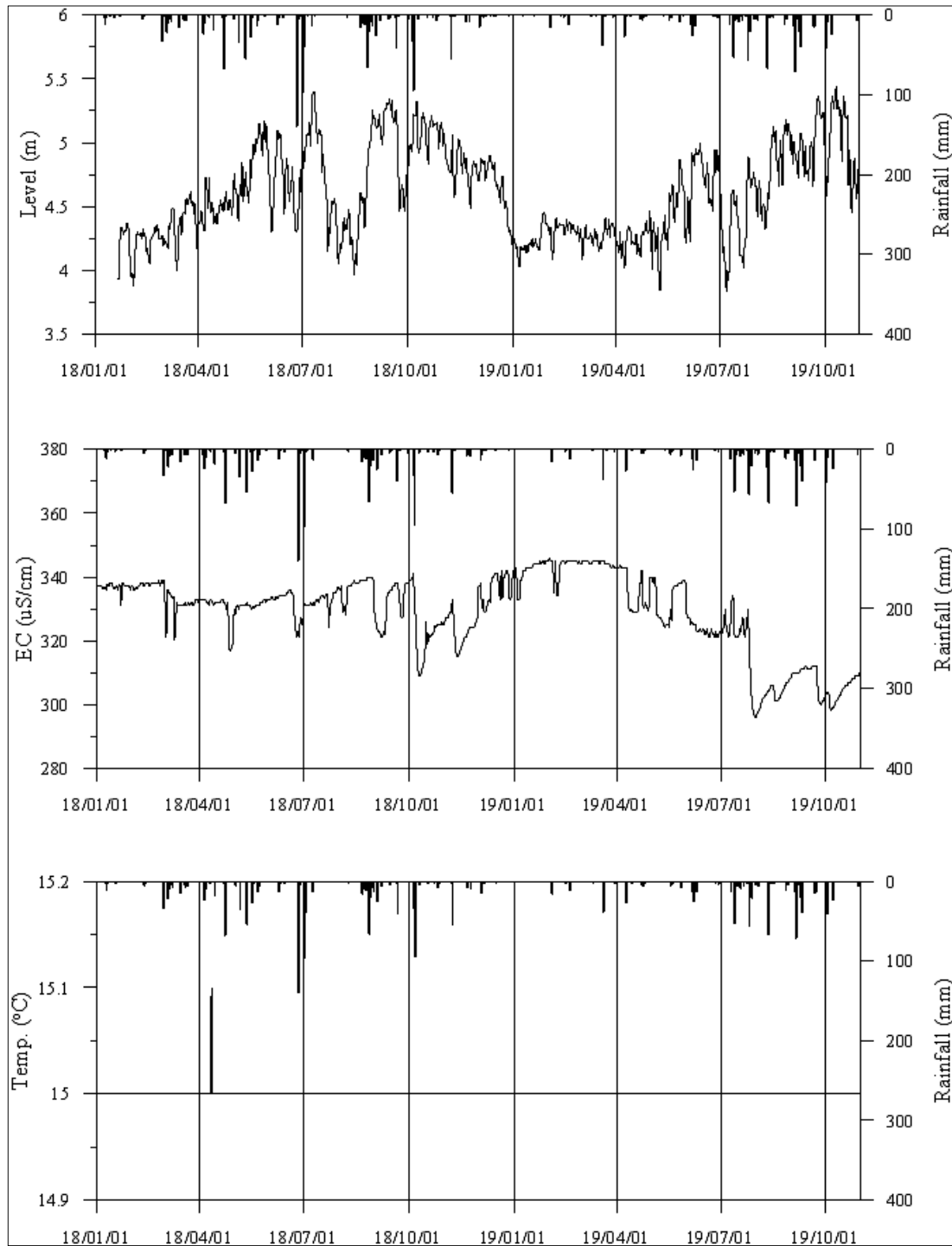
5. 장기관측 결과



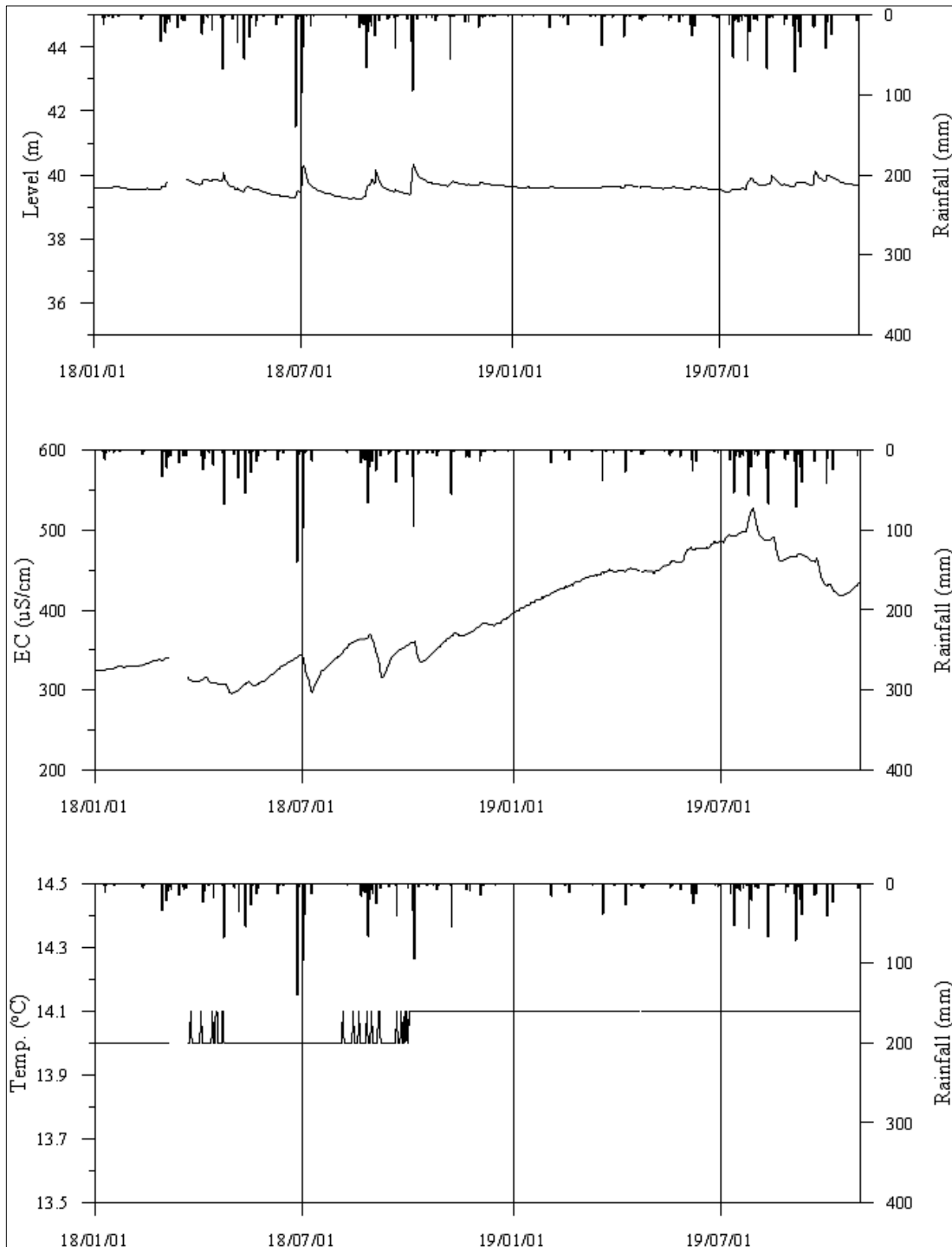
<예산1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



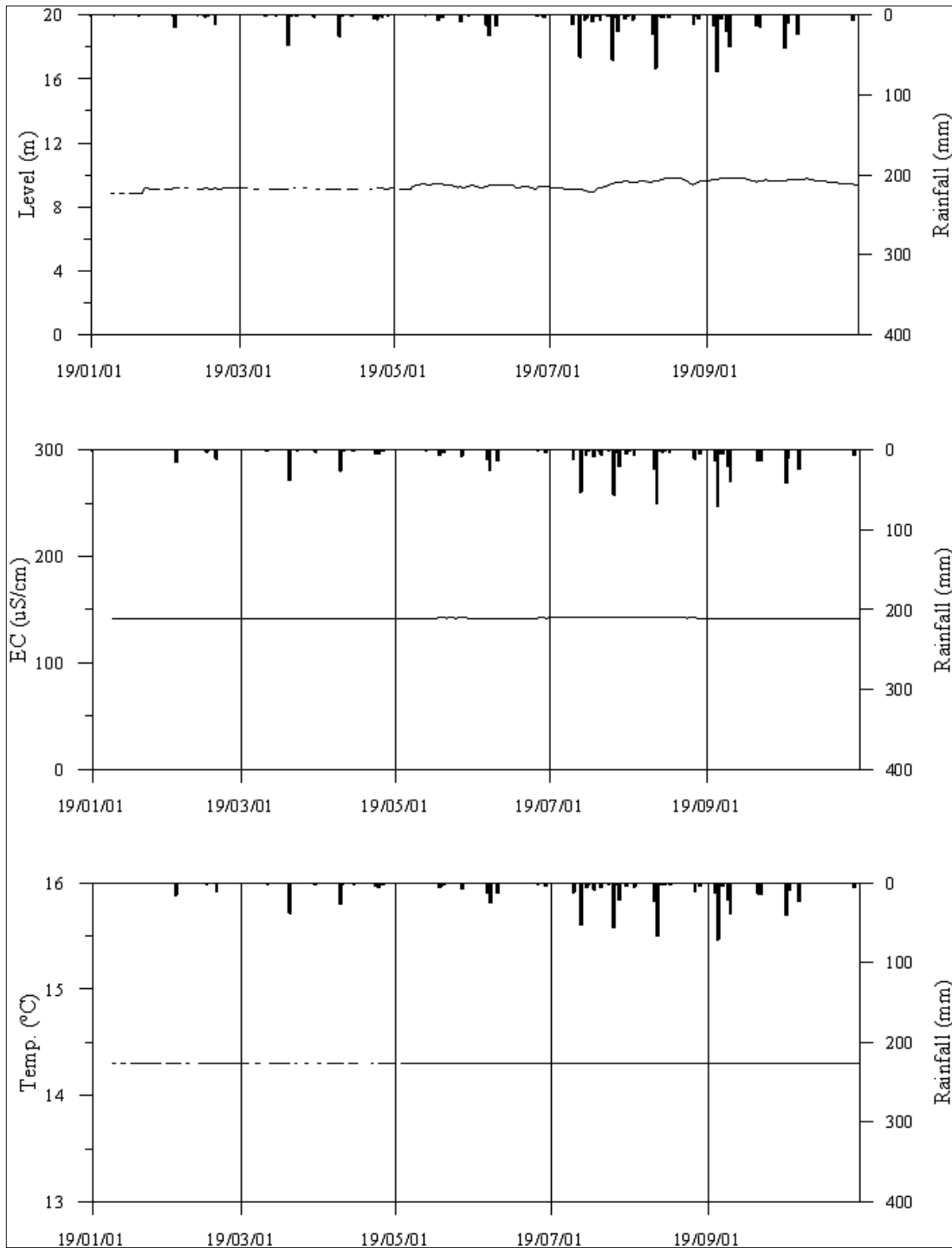
<예산2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<예산3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<예산4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<예산5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 예산1 관측공은 예산군 대흥면 갈신리의 탄방천 주변에 위치하며, 관측공 남서쪽으로는 주로 논으로 이루어진 농경지가 조성되어 있다. 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 관측공을 설치하였다. 예산군 신암면 탄중리에 위치하는 예산2 관측공은 무한천변에 설치되었다. 주변으로는 대단위 하우스 시설 재배지가 있으며, 지하수의 이용량이 많은 지역이다. 탄중리는 수질 관리지역으로 이러한 농촌지역의 계절별 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 예산군 응봉면 입침리에 위치하는 예산3 관측공은 주변에 농경지가 분포하고 있는 지역에 설치되었다. 입침리는 예광지구 농촌지하수관리 보고서에서 수량관리 필요지역으로 선정된 지역이다. 이에 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 관측공을 설치하였다. 예산군 신양면 신양리에 위치하는 예산4 관측공은 주변에 농경지가 분포하고 있는 지역에 설치되었다. 예대지구 농촌지하수관리 보고서에서 수질관리가 필요한 지역으로 농촌지역의 계절별 수질변화를 관측하기 위하여 관측공을 설치하였다. 예산5 관측공이 위치하는 예오지구는 개발가능량 대비 이용량이 매우 높고 관정밀도가 삼교읍 평균보다 높은 지역이다. 이에 지하수 수량에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 예산1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도에서 108 ~ 230 $\mu S/cm$ 범위로 나타남에 따라, 답작을 비롯한 영농에 활용이 가능하다. 다만, 2019년에 전반적으로 전기전도도가 증가하였다. 예산2 관측공의 전기전도도는 470 $\mu S/cm$ 이하로서, 지표 하부 20 m에서 전기전도도 값의 변화가 나타나지만 농업용수로의 활용이 가능한 것으로 나타났다. 예산3 관측공의 전기전도도는 370 $\mu S/cm$ 이하로서, 지표 하부 30 m 하부구간의 전기전도도 값의 변화가 나타나지만 농업용수로의 활용이 가능한 것으로 나타났다. 예산4 관측공의 전기전도도는 지표 하부 약 500 $\mu S/cm$ 내외로 일정하다. 예산5 관측공의 전기전도도는 지표 하부 약 130 ~ 150 $\mu S/cm$ 의 범위로 나

타났다. 예산5 관측공을 제외하고, 모두 2019년에 전기전도도가 증가하는 경향이 나타났다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 예산1, 2, 3, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 예산4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당된다. 예산지구 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 예산1 관측공 지하수위는 강수보다는 주변 지하수 이용에 영향을 받는 것으로 보이지만, 관측기간이 상대적으로 짧아 향후 추가적인 관측자료를 분석할 필요가 있다. 전기전도도는 약 170 $\mu S/cm$ 내외로 나타났다. 예산2 관측공은 지하수위와 강우의 상관관계가 비교적 적은 편이고 전기전도도는 약 440 $\mu S/cm$ 내외로 나타나지만, 향후 꾸준한 모니터링을 통해 그 변화 추이를 살펴볼 필요가 있다. 예산 3, 4, 5 관측공은 모두 600 $\mu S/cm$ 이하로 큰 변화는 관찰되지 않았다.
- 5) 관리 방안 : 예산1 관측공 주변 지하수는 현재 농업을 위한 수질과 수량을 보유하고 있어 상시 이용이 가능하다. 그러나 과잉양수 및 지하수 오염물질의 유입 등을 사전에 차단하여 철저한 지하수 관리를 시행할 필요가 있다. 예산2, 3, 4, 5 관측공은 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.5.11 태안지구

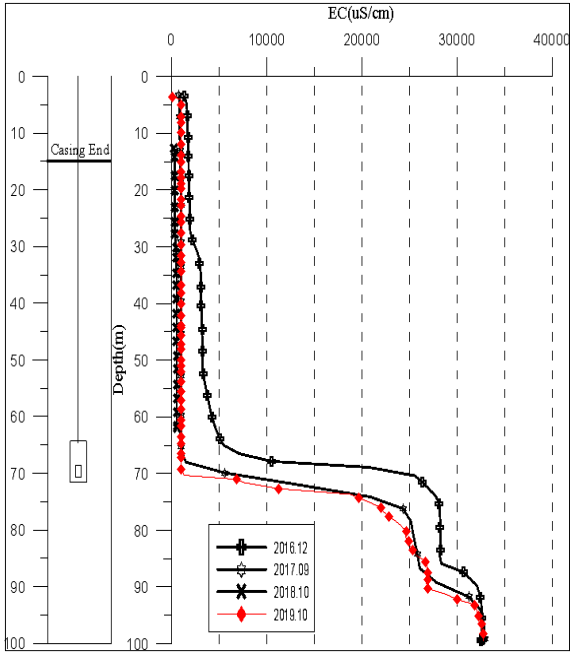
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
태안1	태안군 태안읍 평천리 1455	140761.3794	361205.498	5.58	2016	2.38
태안2	태안군 고남면 누동리 1372-2	147428.7200	427144.1290	0.73	2017	-3.27
태안3	태안군 소원면 모항리 110-271	123228.242	463555.617	4.10	2018	-15.84
태안4	태안군 소원면 파도리 1374	122870.005	459714.519	2.88	2018	-7.03

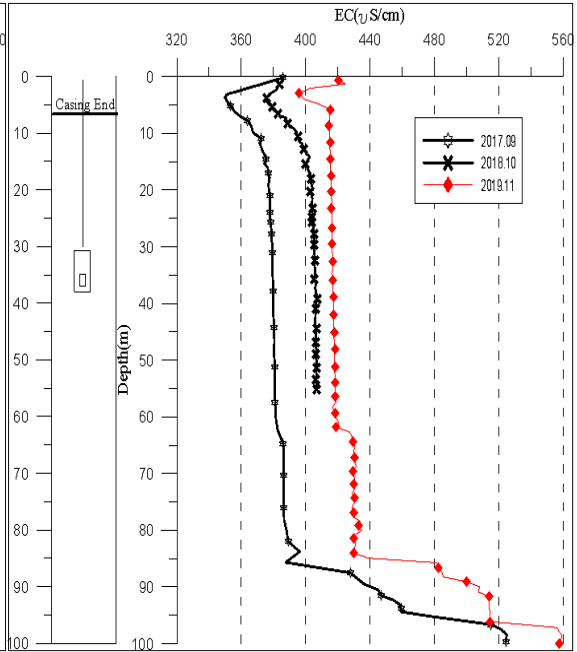
2. 지형 및 지질

태안지구는 낮은 구릉성 지대로 평지가 많다. 남쪽에 골프장과 일반산업단지가 위치하고, 논농업을 주로하는 지역으로 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량부족 우려가 있다. 지질은 중생대 흑운모화강암이 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

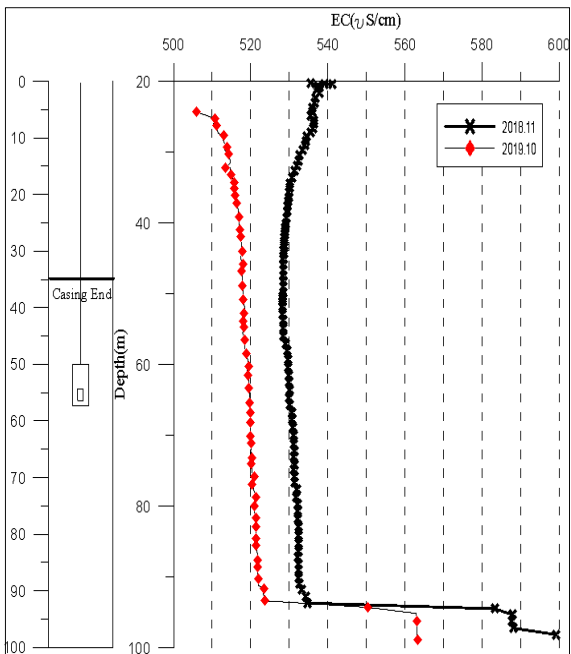
3. 지하수 검층



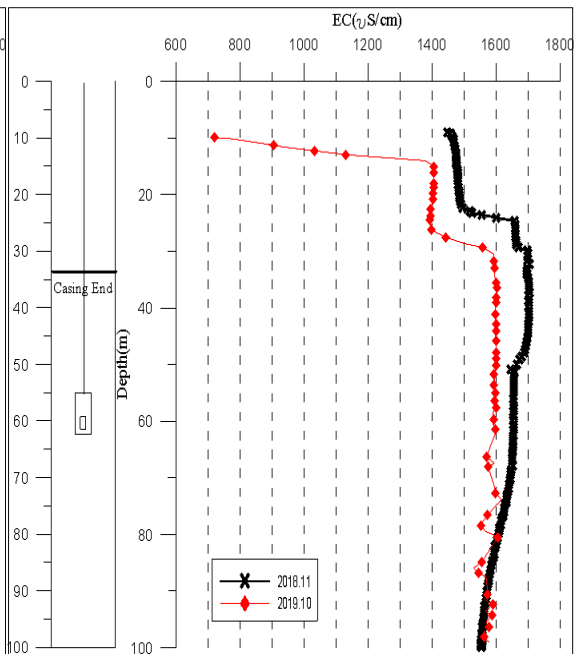
<태안1 관측공>



<태안2 관측공>



<태안3 관측공>



<태안4 관측공>

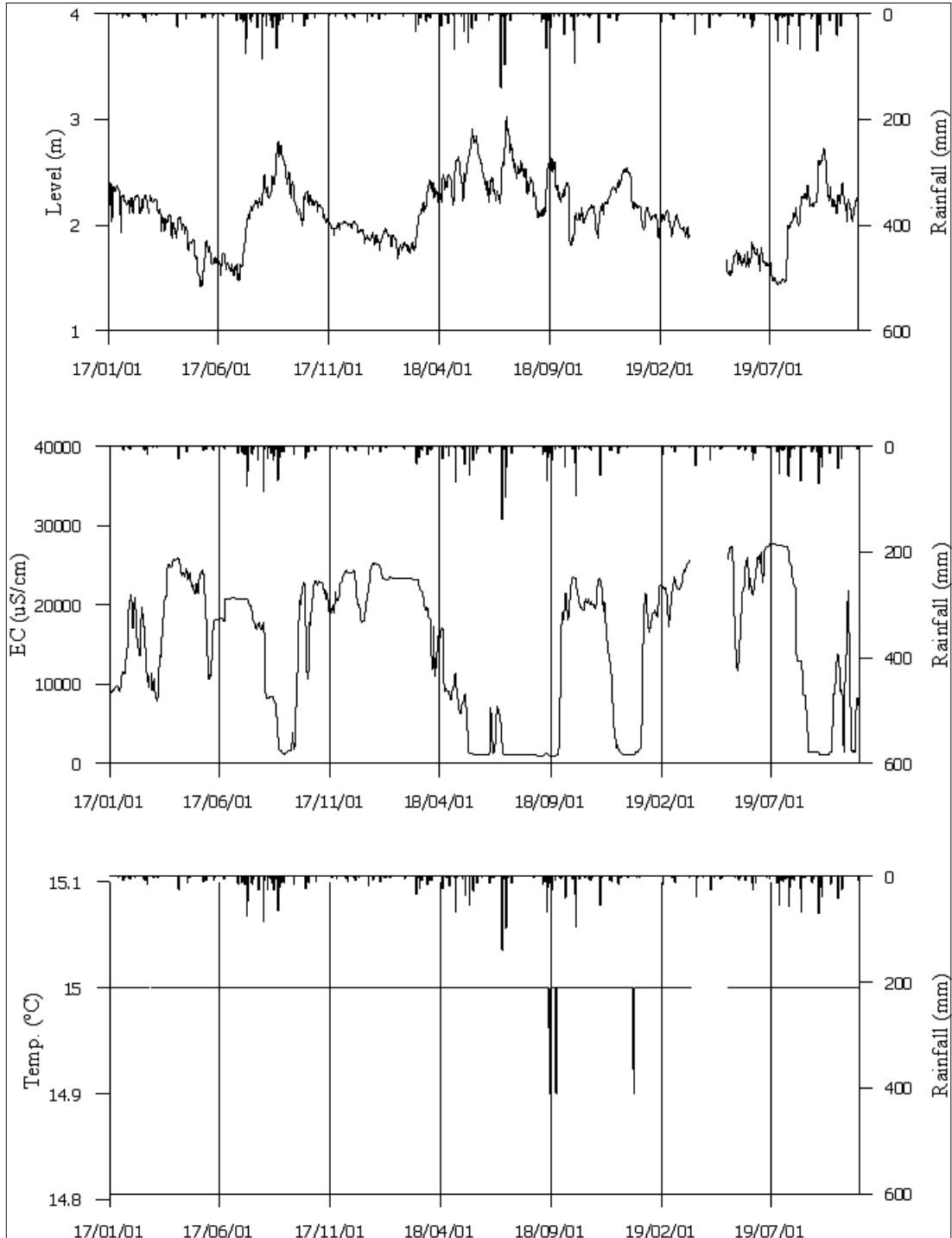
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

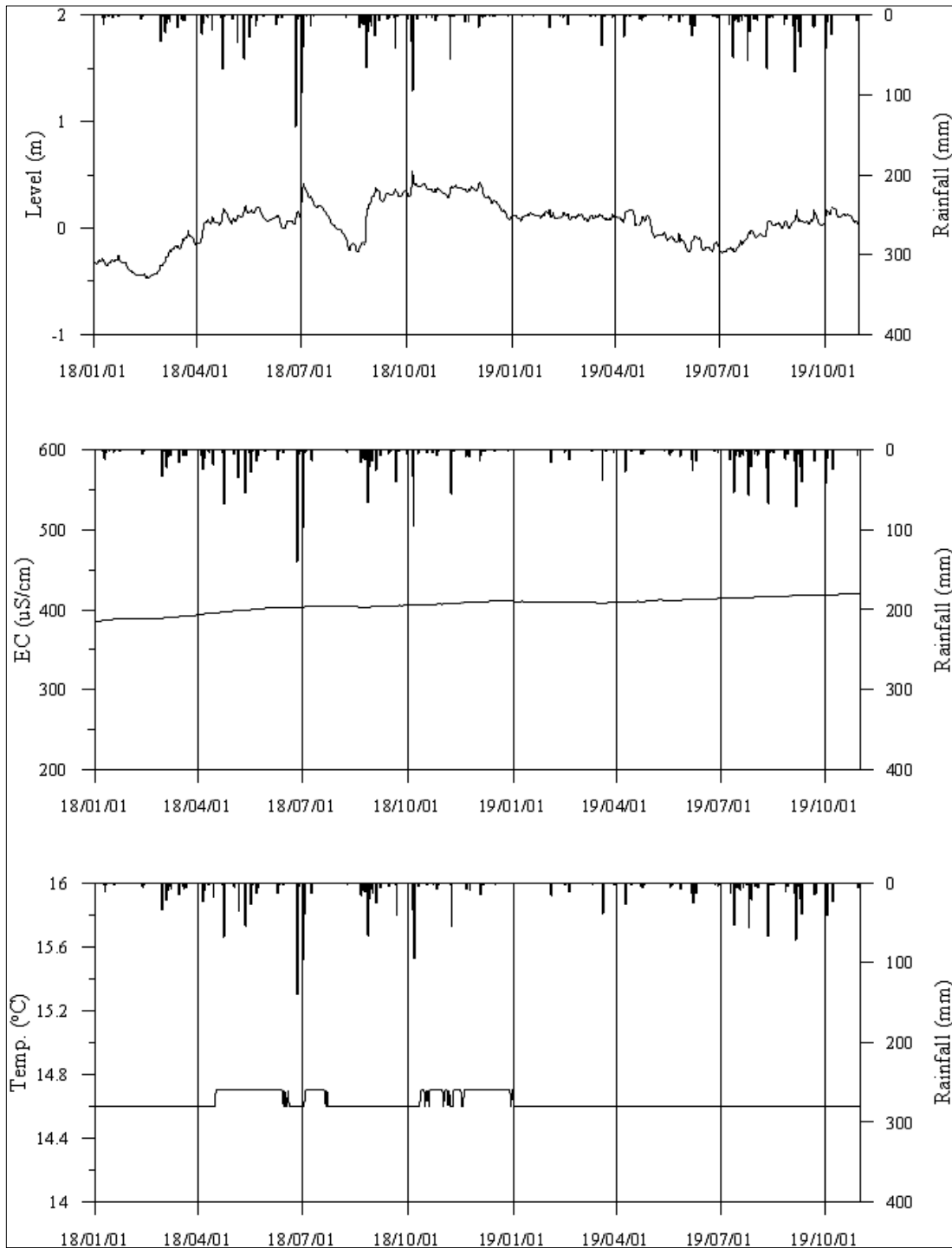
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
태안1	(2016.12)	225.65	23.99	3.32	178.53	166.71	474.66	160.13	0.04
	(2017. 3)	538.09	44.42	54.42	534.29	210.77	1591.13	192.15	3.44
	(2018. 7)	724.32	72.67	5.44	855.58	251.52	2384.93	134.20	12.13
	(2019. 7)	224.39	27.13	7.41	243.73	203.93	627.70	170.80	N.D.
태안2	(2017. 3)	14.15	4.72	1.00	53.51	6.08	31.62	183.00	0.33
	(2018. 7)	22.09	5.84	0.91	60.96	7.42	50.06	152.50	0.13
	(2019. 7)	11.66	4.65	1.27	60.88	5.16	35.15	155.55	N.D.
태안3	(2018.11)	87.22	65.00	4.98	124.11	46.53	241.09	381.25	9.36
	(2019. 7)	94.73	10.74	4.68	15.24	28.49	78.03	161.65	1.46
태안4	(2018.11)	106.65	1.86	1.67	6.53	37.44	44.22	169.28	0.35
	(2019. 7)	50.62	46.32	4.29	100.93	5.53	211.21	247.05	N.D.

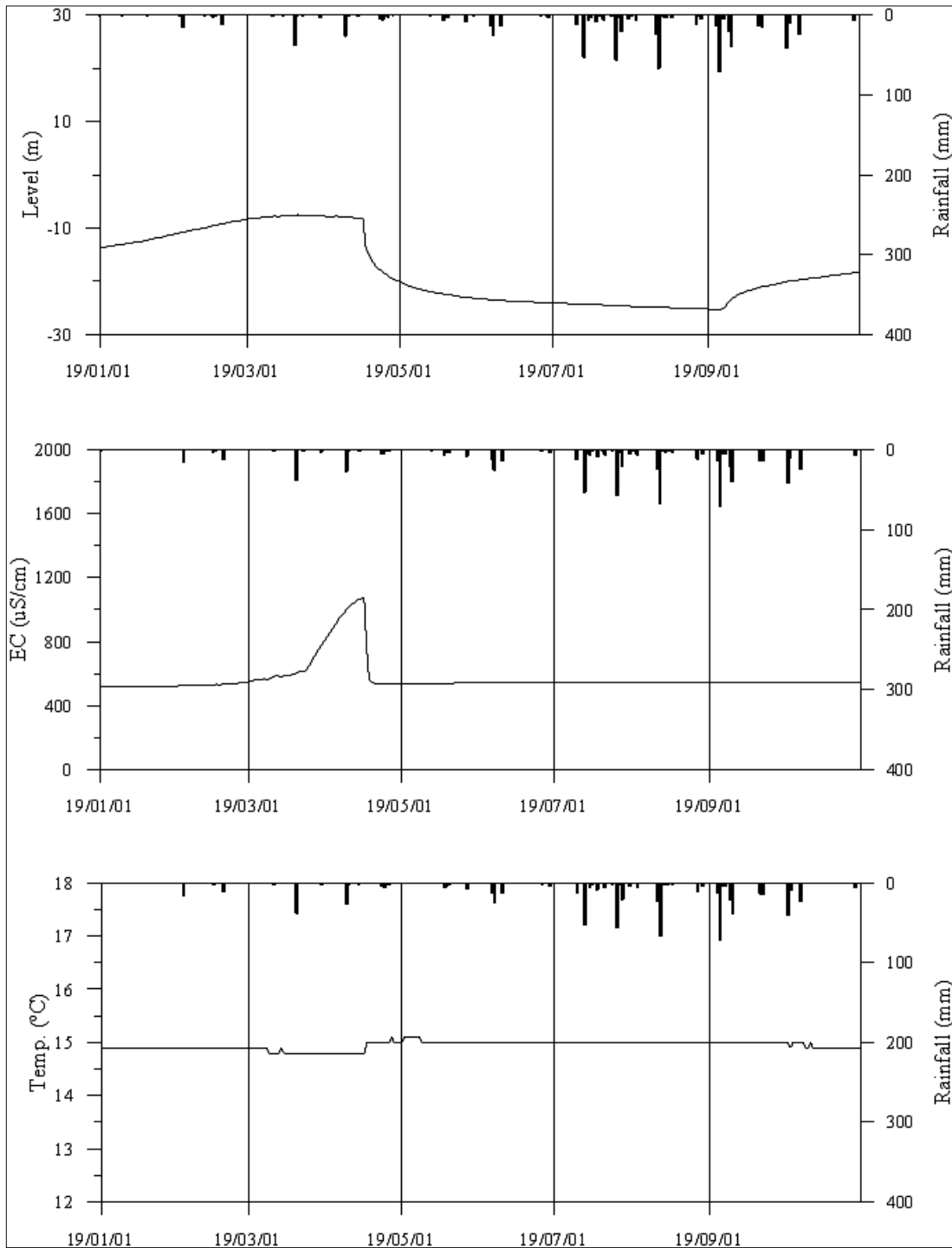
5. 장기관측 결과



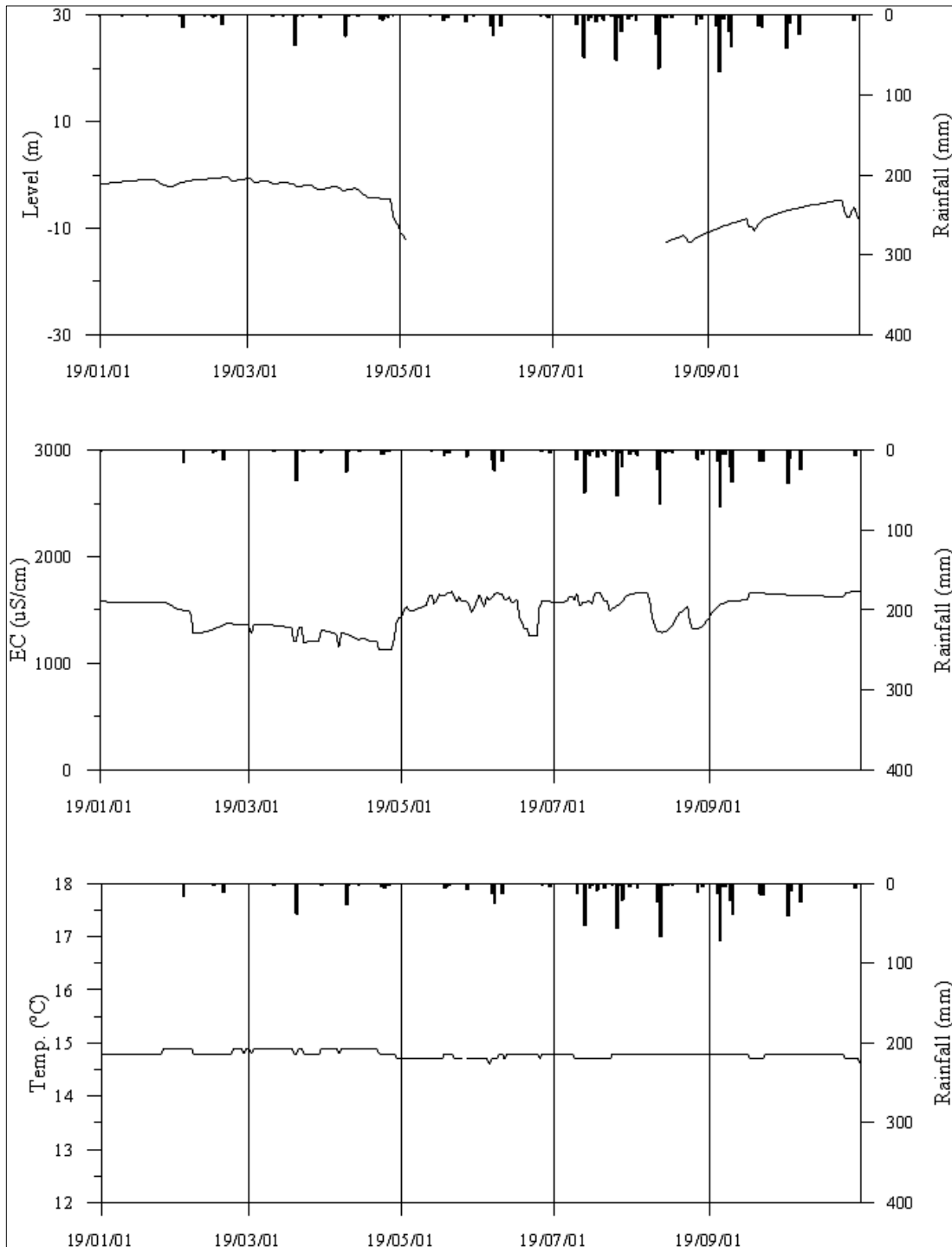
<태안1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<태안2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<태안3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<태안4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 태안1 관측공은 태안읍 평천리에 위치하며, 관측공 남쪽으로 주로 논으로 이루어진 농경지가 조성되어 있다. 평천리는 근흥지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수량 관리지역으로 봄철 영농기 농업용수 공급에 따른 지하수 수량부족 우려가 있어 관측공을 설치하였다. 태안2 관측공은 고남면 누동리에 위치하며, 주변에 논으로 이루어진 농경지가 조성되어 있다. 누동리는 태면지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수질 관리 필요지역으로 지하수 수질에 대한 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다. 태안3 관측공은 모항리는 수량관리 필요지역으로 선정되었는데, 소원면에서 오염원 분포밀도가 가장 높은 지역이다. 태안4 관측공은 태이지구 농촌지하수관리보고서에서 모항리는 수량관리 필요지역으로 선정되었는데, 이에 지하수 수량에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 태안1 관측공의 전기전도도는 $34,000 \mu S/cm$ 이하로서, 지표 하부 65 m를 경계로 담수체와 해수체의 경계면이 나타났다. 상부구간의 경우 전기전도도 값이 $1,370 \mu S/cm$ 에서 $5,861 \mu S/cm$ 까지 증가하고, 하부구간은 $34,000 \mu S/cm$ 까지 증가함에 따라 농업용수로의 활용이 불가능한 것으로 나타났다. 태안2 관측공은 전 구간 $520 \mu S/cm$ 미만으로 담수체이나, 심도 85 m 이하에서 공저까지 전기전도도가 약 $140 \mu S/cm$ 증가하므로 지하수 이용에 유의할 필요가 있다. 태안3 관측공은 전구간 $530 \mu S/cm$ 미만으로 담수체이나, 심도 95 m 이하에서 공저까지 전기전도도가 약 $600 \mu S/cm$ 증가하였다. 태안4 관측공은 심도 25 m 까지 $1,500 \mu S/cm$ 미만이나, 이후 증가하여 공저까지 전기전도도가 약 $1,700 \mu S/cm$ 정도로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 태안1, 4 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 태안2 관측공은 Ca-HCO₃에 해당한다. 태안3 관측공은 Na-HCO₃에 해당한다. 태안지구는 염수의 유입이 되고 있어 지속적인 관측이 요구된다. 태안지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시

20 mg/L)미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 태안1 관측공 지하수위는 강수에 비례적으로 반응하고, 전기전도도는 해수의 유입으로 인해 약 34,000 $\mu S/cm$ 이하로 나타난다. 따라서 태안1 관측공 주변 지하수는 영농에 부적합하며, 타수자원을 사용할 수 있도록 모색하여야 한다. 태안2 관측공은 전반적으로 400 $\mu S/cm$ 내외로 일정하게 유지되었지만, 태안3, 4 관측공은 1,000 $\mu S/cm$ 이상의 전기전도도가 나타남에 따라 향후 지속적인 추이를 분석할 필요가 있다.
- 5) 관리 방안 : 태안1 관측공은 하부심도에서 전기전도도가 높게 나타나 해수의 오염을 지시하고 있어 지하수 이용에 주의를 요한다. 농업용수의 활용이 불가능한 수질이므로 이용규제가 필요하며, 태안3, 4 관측공은 지속적인 모니터링이 필요하다.

2.5.12 서산지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
서산1	서산시 고북면 사기리 3805	150772.004	450338.44	1.654	2018	1.474
서산2	서산시 부석면 지산리 1684-1	148562.140	452760.926	2.725	2018	0.675
서산3	서산시 대신읍 운산리 1-172	153636.647	480711.460	1.0	2019	-1.89

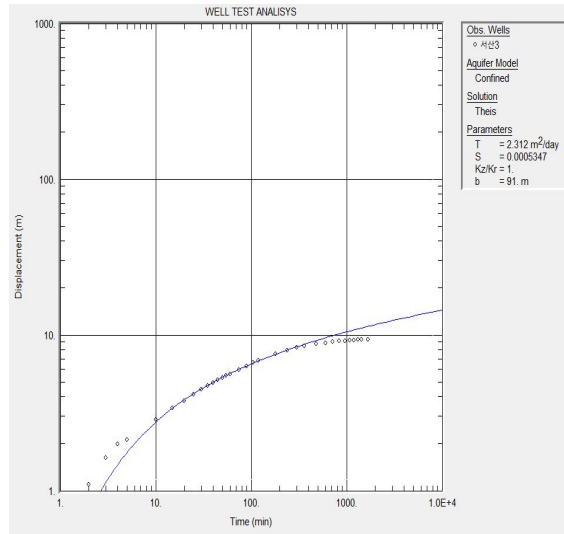
2. 지형 및 지질

서산지구는 고북면, 부석면을 포함하는 지구로서, 지질은 주로 선캄브리아기의 서산층군과 중생대 쥐라기에 관입한 대보 화강암이 기반암으로 분포하고 있으며, 이들을 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 서산층군이 분포하는 서부지역에는 규암으로 이루어진 북동 산계가 발달되어 있으며, 태안층이 분포하는 동남부와 동북부 및 태안 지역은 변성 정도가 낮은 사질 편암과 니질 편암이 교호되는 지질로 구성되어 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

서산3 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

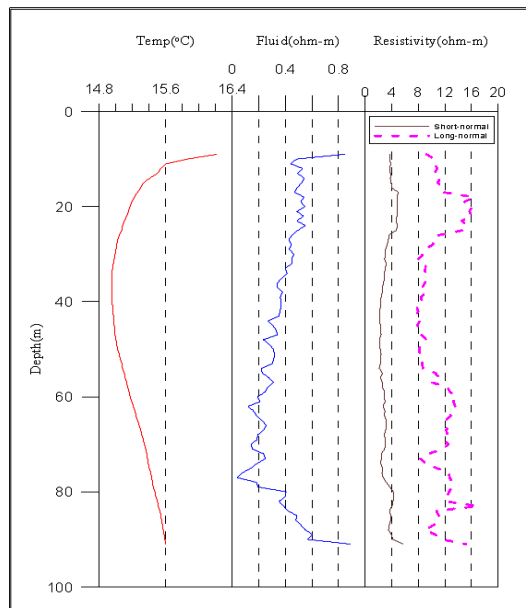
◎ 양수시험



<서산3 관측공 양수시험>

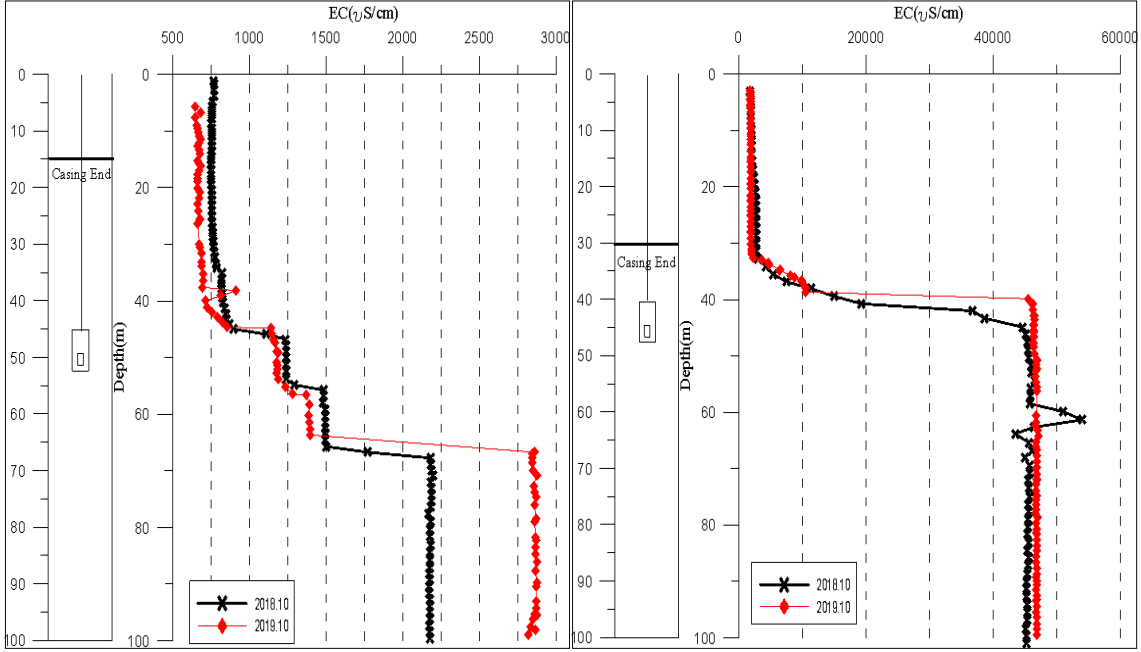
관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
서산3	50	2.312	2.941×10^{-5}	91.0

◎ 물리검층



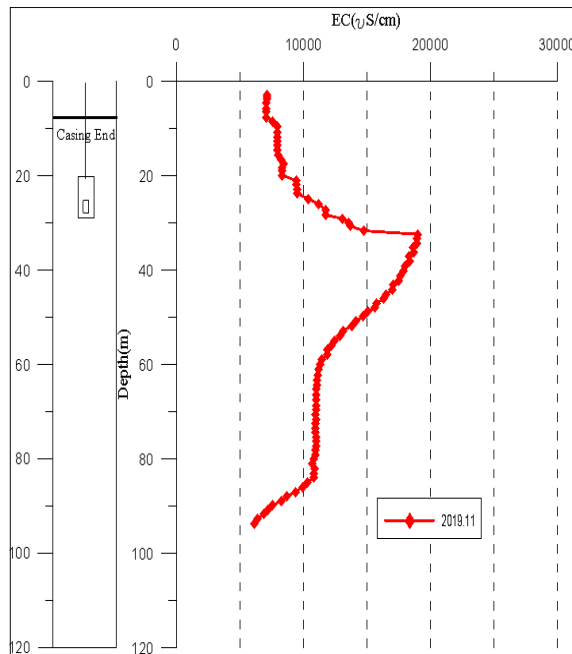
<서산3 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<서산1 관측공>

<서산2 관측공>



<서산3 관측공>

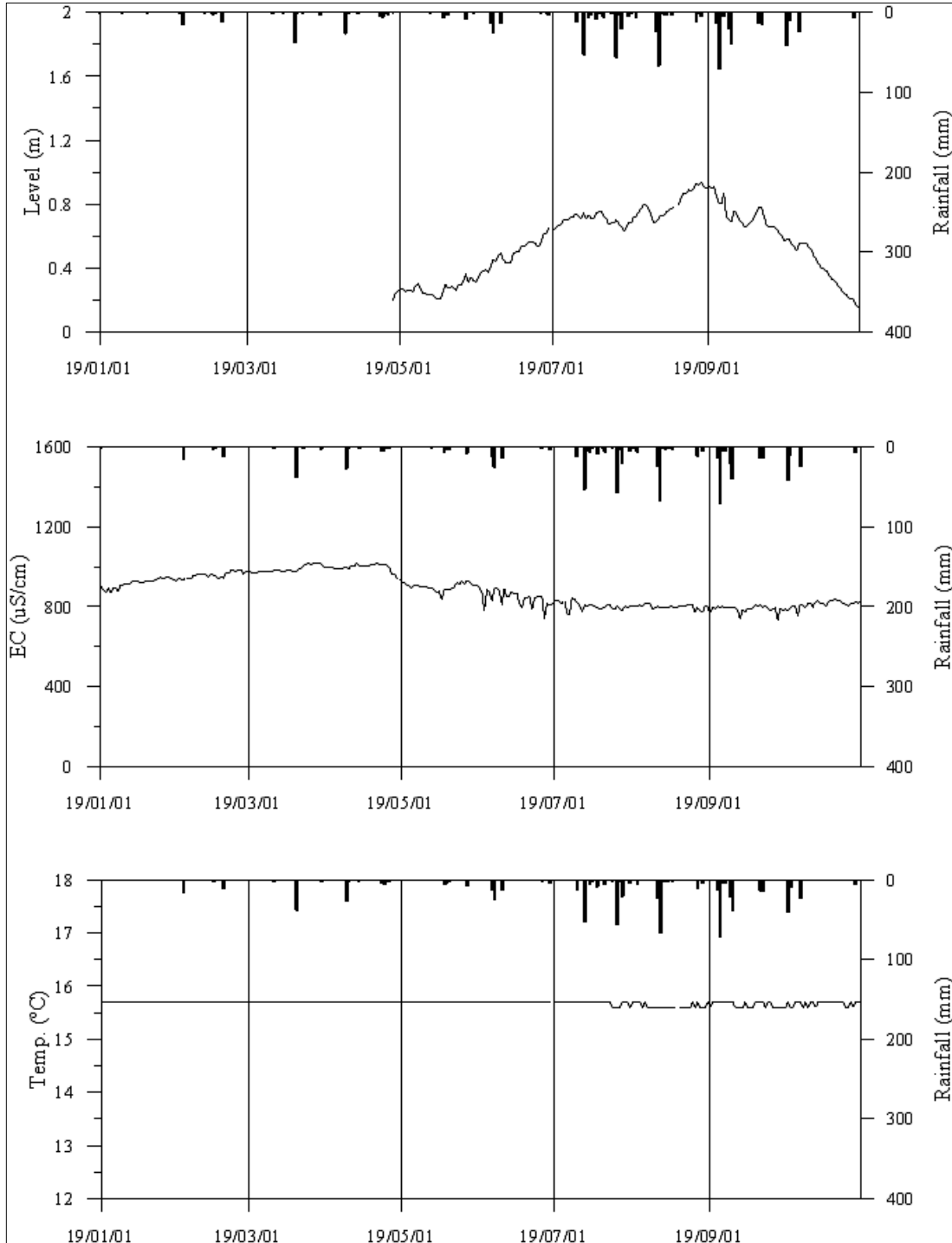
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

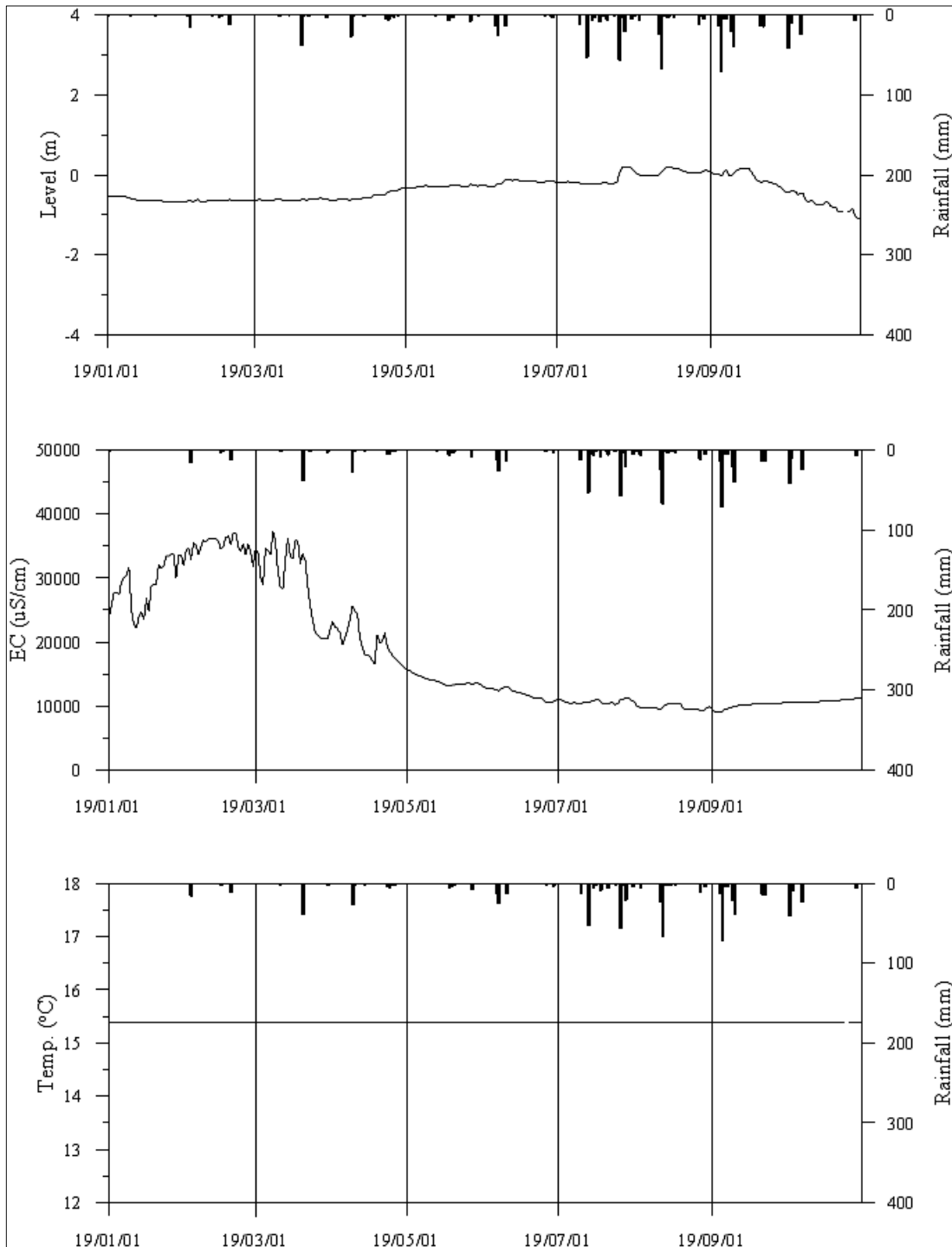
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
서산1	(2018. 9)	37.31	19.38	2.84	51.61	4.60	131.72	54.90	89.19
	(2019. 7)	36.64	27.47	5.85	78.67	8.68	169.44	51.85	86.24
서산2	(2018. 9)	389.58	2.39	16.42	1.06	143.83	462.69	137.25	12.79
	(2019. 7)	2465.25	293.27	108.17	435.02	705.93	4798.48	122.00	N.D.
서산3	(2019.12)	1966.36	78.54	81.43	35.67	838.66	2252.95	366.00	N.D.

6. 장기관측 결과



<서산1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<서산2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 농촌지하수관리보고서에 의하면, 서산1 관측공이 위치한 사기리는 질산성질소 농도가 높은 지역이다. 서산2 관측공이 위치한 지산리는 질산성질소 농도가 높고 부석면에서 상대적으로 DRASTIC 지수가 높은 편이다. 따라서 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다. 서산3 관측공은 대산읍 운산리 일대에 수질 및 수량 관측을 위해 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 서산3 관측공의 양수시험 결과, 투수량계수는 $2.312 \text{ m}^2/\text{d}$, 수리전도도는 $2.941 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 로 나타났다. 물리검층 결과, 수온은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 $15 \sim 16 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 70 m 심도 부근 및 공저에서 파쇄대 가능성이 높은 반응이 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 서산1 관측공의 전기전도도는 약 $800 \sim 3,000 \mu\text{S/cm}$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 60 m 심도부터 크게 증가하는 경향이 나타났다. 서산2 관측공의 전기전도도는 $10 \sim 50,000 \mu\text{S/cm}$ 범위로서, 심도 40 m 부근에서 전기전도도가 크게 증가하는 경향을 보였다. 서산3 관측공은 심도 30 m까지 전기전도도가 $20,000 \mu\text{S/cm}$ 까지 증가하다가 그 이하부터 다시 감소하는 추세로 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 서산1, 2, 3 관측공은 공통적으로 (Na+K)-Cl 유형으로 해수침투에 의한 영향이 나타났다.
- 5) 관리 방안 : 서산지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 지표오염물질(특히 질산성질소 발생물질)의 유입 등을 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.

2.5.13 당진지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도
		Easting(Y)	Northing(X)	Z	
당진1	당진시 송악읍 전대리 575-5	177907.412	480278.136	11.01	2019
당진2	당진시 송산면 삼월리 87-2	171645.063	481980.388	8.12	2019
당진3	당진시 고대면 성산리 67-5	163761.857	484981.528	20.84	2019

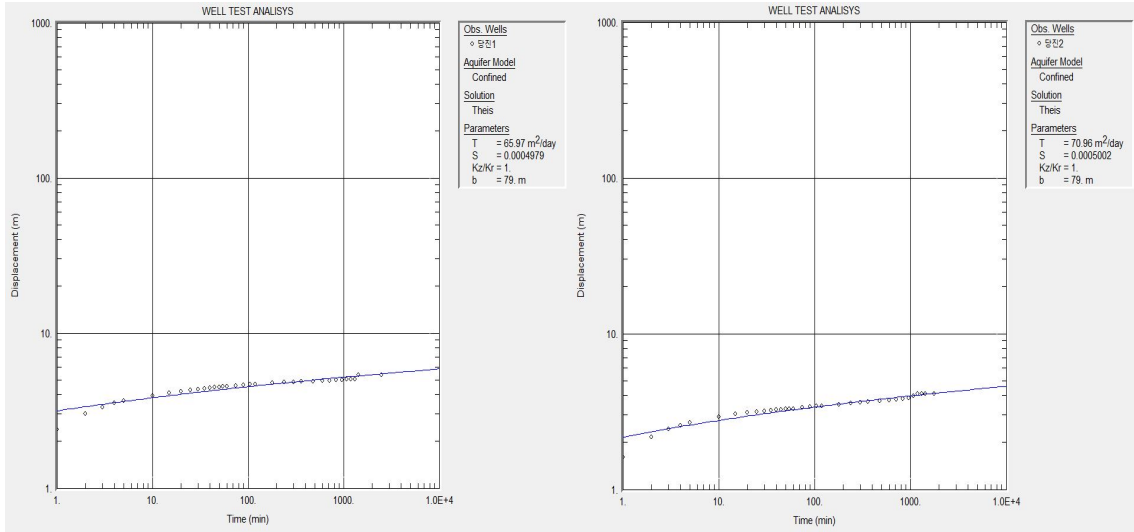
2. 지형 및 지질

당진지구는 송악읍, 송산면, 고대면을 포함하는 지구로서, 지질은 선캠브리아기의 편마암복합체에 해당되며, 주변지역에 산성암맥류가 분포하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

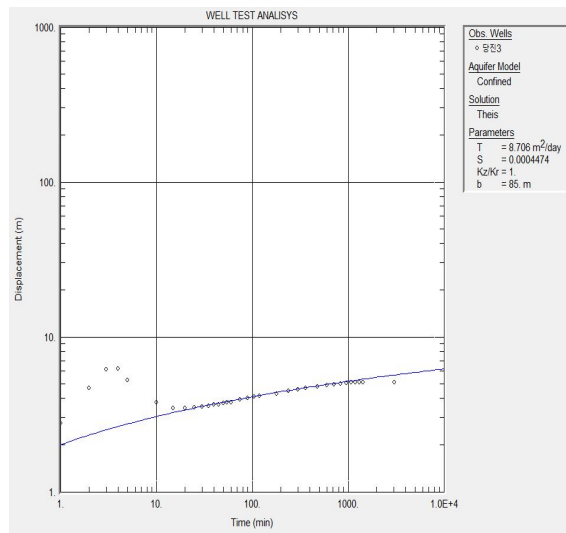
당진1, 당진2, 당진3 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



<당진1 관측공 양수시험>

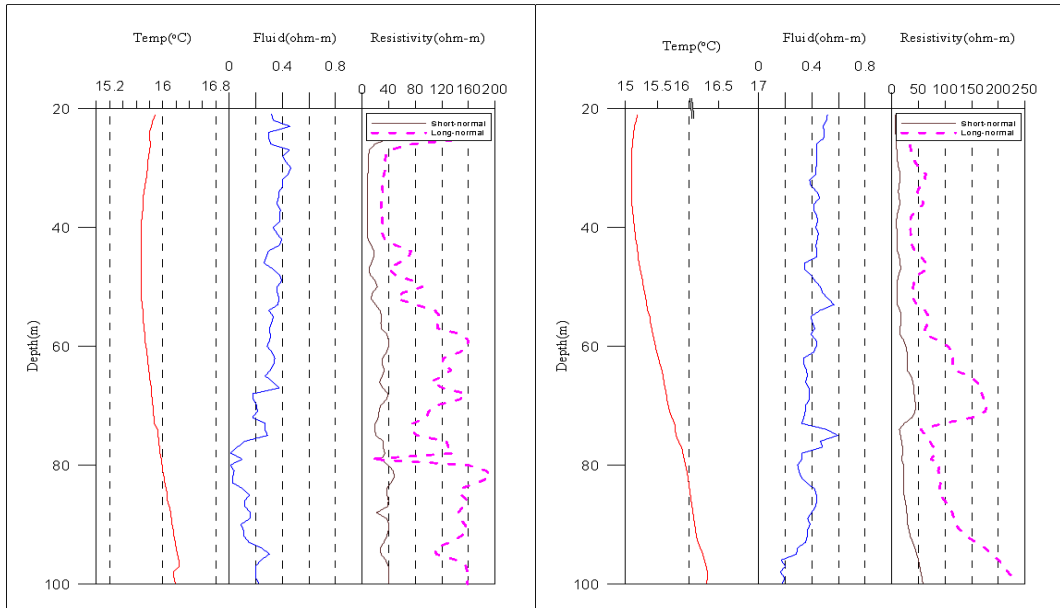
<당진2 관측공 양수시험>



<당진3 관측공 양수시험>

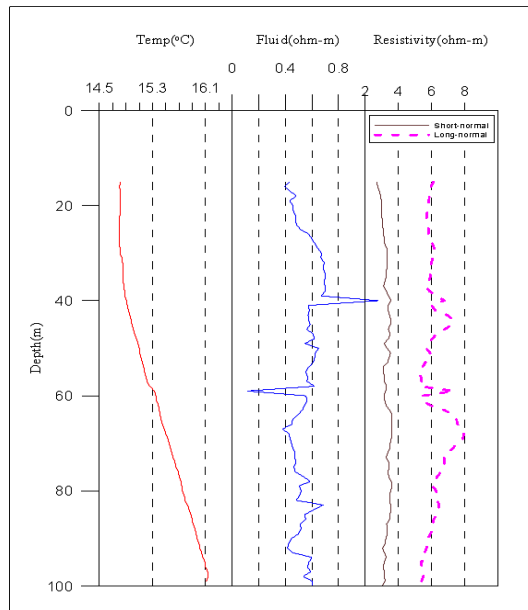
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
당진1	245	65.97	9.665×10 ⁻⁴	79.0
당진2	235	70.96	1.040×10 ⁻³	79.0
당진3	50	8.706	1.185×10 ⁻⁴	85.0

◎ 물리검층



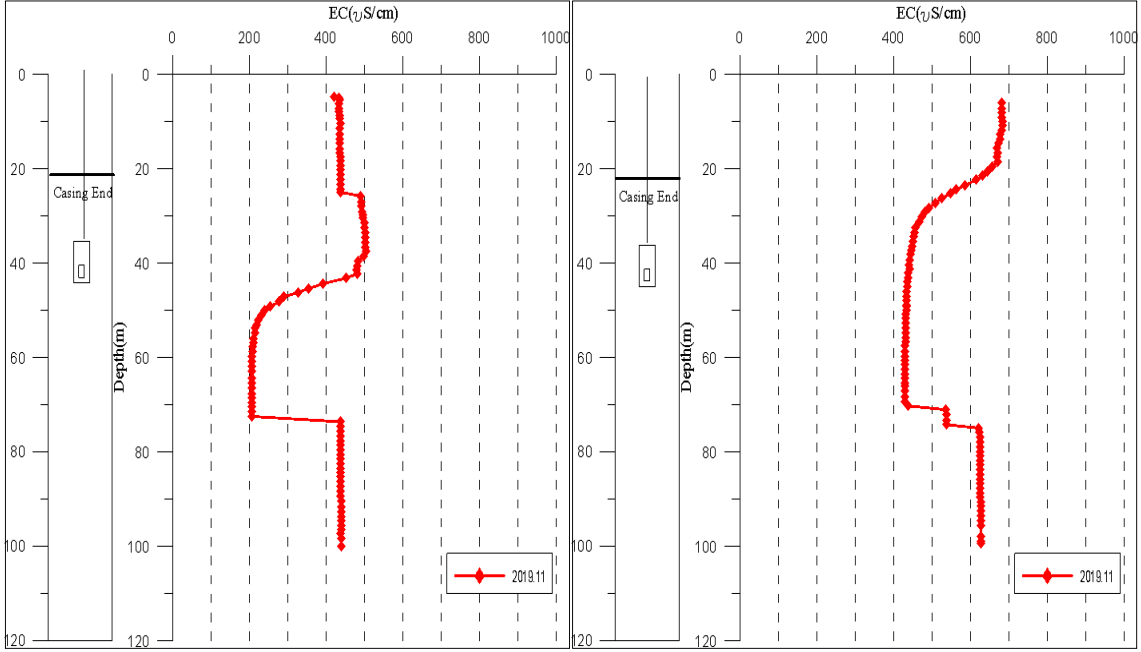
<당진1 관측공 물리검층>

<당진2 관측공 물리검층>



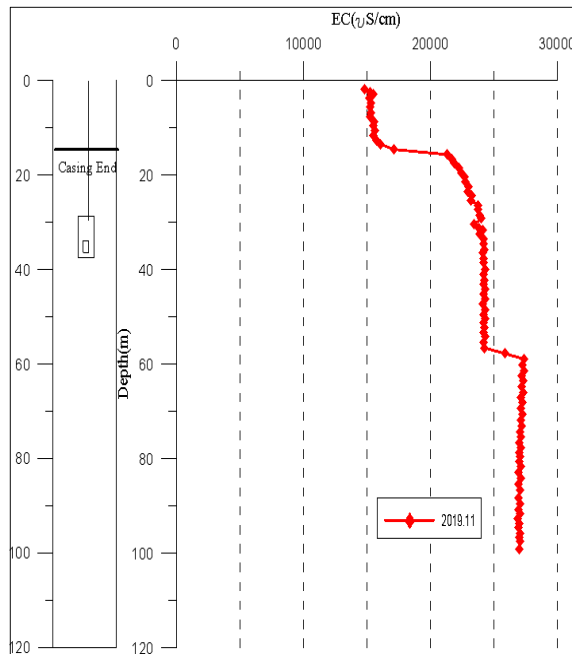
<당진3 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<당진1 관측공>

<당진2 관측공>



<당진3 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
당진1 (2019.12)	12.67	15.70	4.99	39.14	6.92	73.10	73.20	31.33
당진2 (2019.12)	32.74	20.90	5.59	66.89	53.29	78.37	192.15	11.65
당진3 (2019.12)	39821.92	2694.59	1211.36	1168.15	9706.34	63165.6	539.85	3994.92

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 당진 지구의 관측공은 해안가에 인접하였으나, 지하수의 수량 및 오염물질 유입 등을 모니터링하기 위해 송악읍 전대리, 송산면 삼월리, 고대면 성산리 일대에 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 당진1 관측공의 양수시험 결과, 투수량계수는 $65.97 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $9.665 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 물리검층 결과, 수온은 $16 \text{ }^\circ\text{C}$ 내외로 나타났으며, 노말 전기비저항 검층의 단노말(16")과 장노말(64") 값은 약 80 m 심도에서 파쇄대 가능성이 높은 반응이 나타났다. 당진2 관측공은 양수시험 결과, 투수량계수는 $70.96 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $1.040 \times 10^{-3} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 물리검층 결과에서는 약 75 m 심도에서 급격한 전기비저항 변화가 관찰되었다. 당진3 관측공은 양수시험 결과, 투수량계수는 $8.706 \text{ m}^3/\text{d}$, 수리전도도는 $1.185 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ 로 나타났다. 물리검층 결과에서는 70 m 심도부터 점차 감소하는 전기비저항 변화가 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 당진1 관측공의 전기전도도는 약 $500 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하이며, 45 m, 75 m 심도에서 감소, 증가의 전이대가 나타났다. 당진2 관측공은 $700 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하이며, 20 m 심도부터 전기전도도가 감소하다가 약 65 m 심도부터 다시 증가하는 전이대가 나타났다. 당진3 관측공은 전기전도도가 $27,000 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 나타남에 따라 해수유입에 의한 모니터링이 필요하다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 당진1 관측공은 Ca-Cl 유형이며, 당진2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에, 당진3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 해수에 의한 영향이 크게 나타난다. 향후 해수, 오염물질 유입 등에 대한 지속적인 관리가 요구된다.
- 5) 관리 방안 : 당진지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 지표오염물질(특히 질산성질소 발생물질)의 유입 등을 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.

부록 2.6 전라북도

2.6.1	부안지구	.....	부록	-	497
2.6.2	정읍지구	.....	부록	-	506
2.6.3	순창지구	.....	부록	-	521
2.6.4	장수지구	.....	부록	-	536
2.6.5	고창지구	.....	부록	-	546
2.6.6	진안지구	.....	부록	-	555
2.6.7	무주지구	.....	부록	-	562
2.6.8	남원지구	.....	부록	-	570
2.6.9	익산지구	.....	부록	-	582
2.6.10	완주지구	.....	부록	-	594
2.6.11	임실지구	.....	부록	-	602
2.6.12	김제지구	.....	부록	-	610

부록 2.6 전라북도

2.6.1 부안지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
부안1 (출포1)	부안군 출포면 출포리 1195-8	171377.731	231633.547	3.32	2005	-0.37
부안2 (진서1)	부안군 진서면 운호리 74-5	160751.5788	232661.3993	28.33	2005(구)	26.07
부안2 (구)	부안군 진서면 운호리 93-21	160024.0458	232915.8465	5.055	2012 이동설치	2.91
부안2 (신)	부안군 주산면 둔계리 784	172539.102	341989.153	7.45	2018 이동설치	5.47
부안3	부안군 계화면 궁안리 692	170530.9036	250716.1236	3.48	2016	2.08
부안4	부안군 백산면 용계리 1117	181429.8220	347512.0200	1.62	2017	0.02

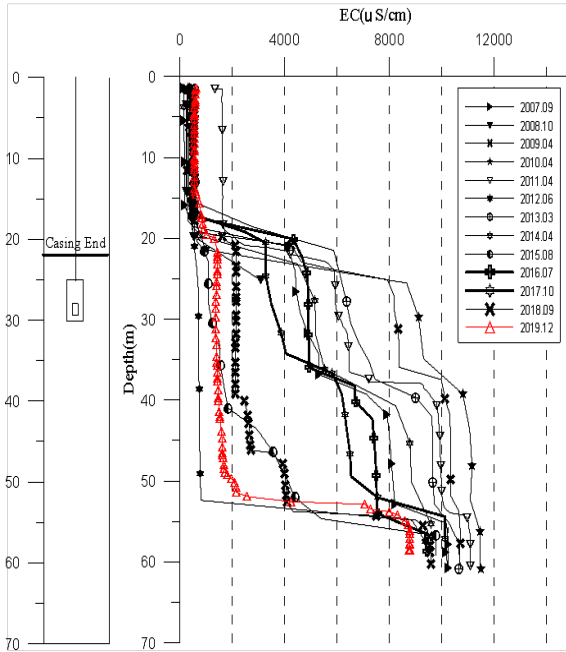
※ 2011년부터 출포1 → 부안1, 진서1 → 부안2로 지구명 변경, 2012년 부안2-> 부안2(구)로 이전설치, 2018년 부안2(구) 토지소유자의 이전요청으로 부안2(신)으로 이동

2. 지형 및 지질

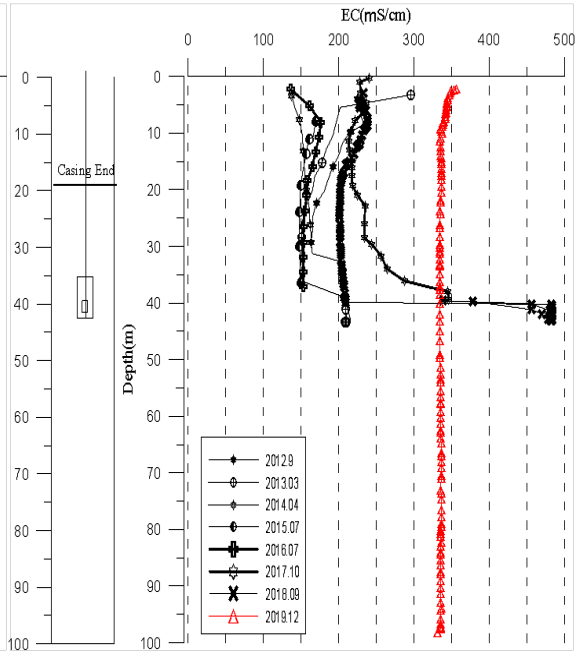
부안1 관측공은 쥐라기 대보화강암류의 일종인 흑운모화강암의 풍화에 의하여 생성된 저구릉 평야지대이며, 서쪽으로 곰소만이 인접해 있다. 부안2 관측공이 설치된 지구는 백악기의 산성 화산암류에 산성암맥류가 협재하고 있으며, 북측으로 변산반도가 산지를 이루고 있고 남측으로 곰소만에 인접하고 있다. 부안3 관측공은 전라북도 부안읍에서 북서쪽으로 약 5.9 km 떨어진 곳에 위치하며, 계화면 간척지 전망대 인근에 위치하고 있다. 해발고도 약 30 m 내외의 소규모 구릉성 산지가 분포하며 지구 북쪽에 창북평야와 남쪽에 청호저수지가 있다. 지질은 중생대 화강암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3

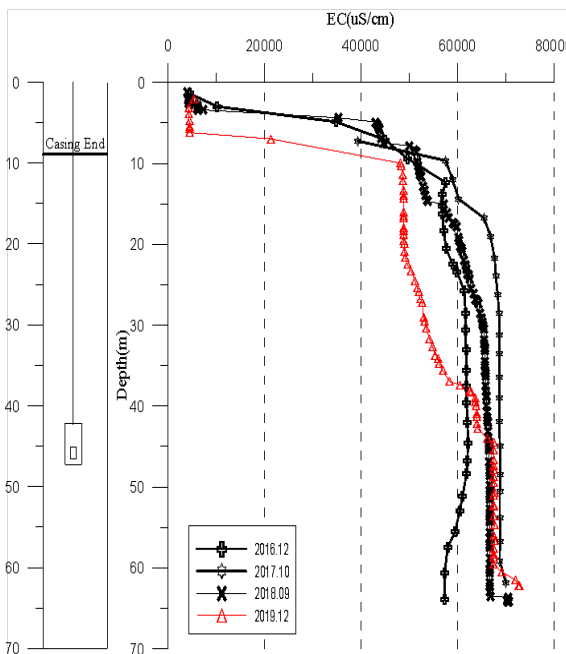
지하수 검층



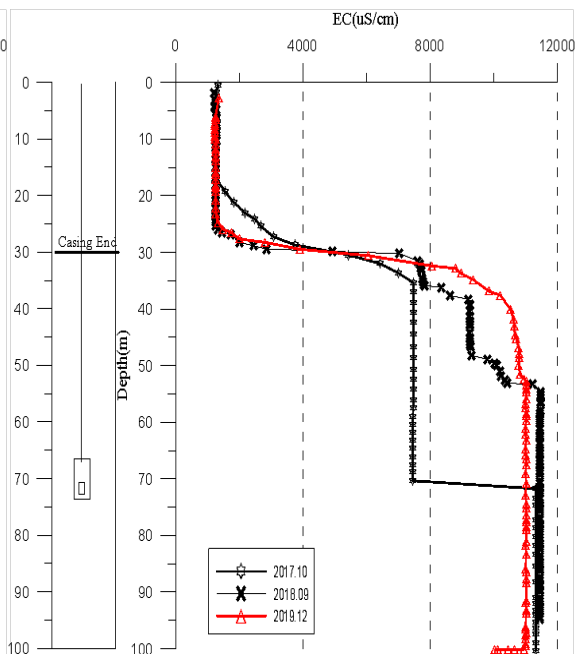
<부안1 관측공>



<부안2 관측공>



<부안3 관측공>



<부안4 관측공>

4 지하수 수질 분석

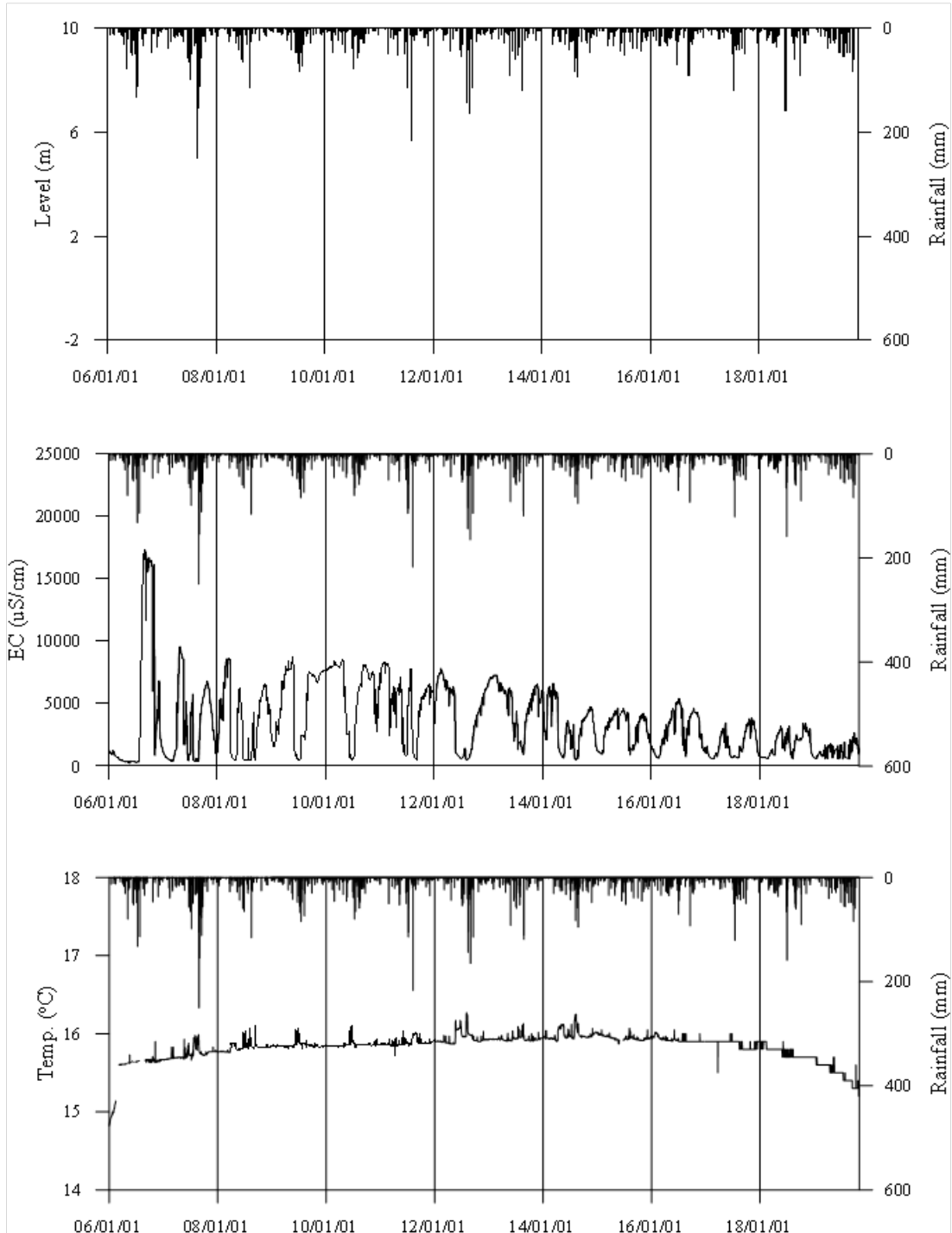
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

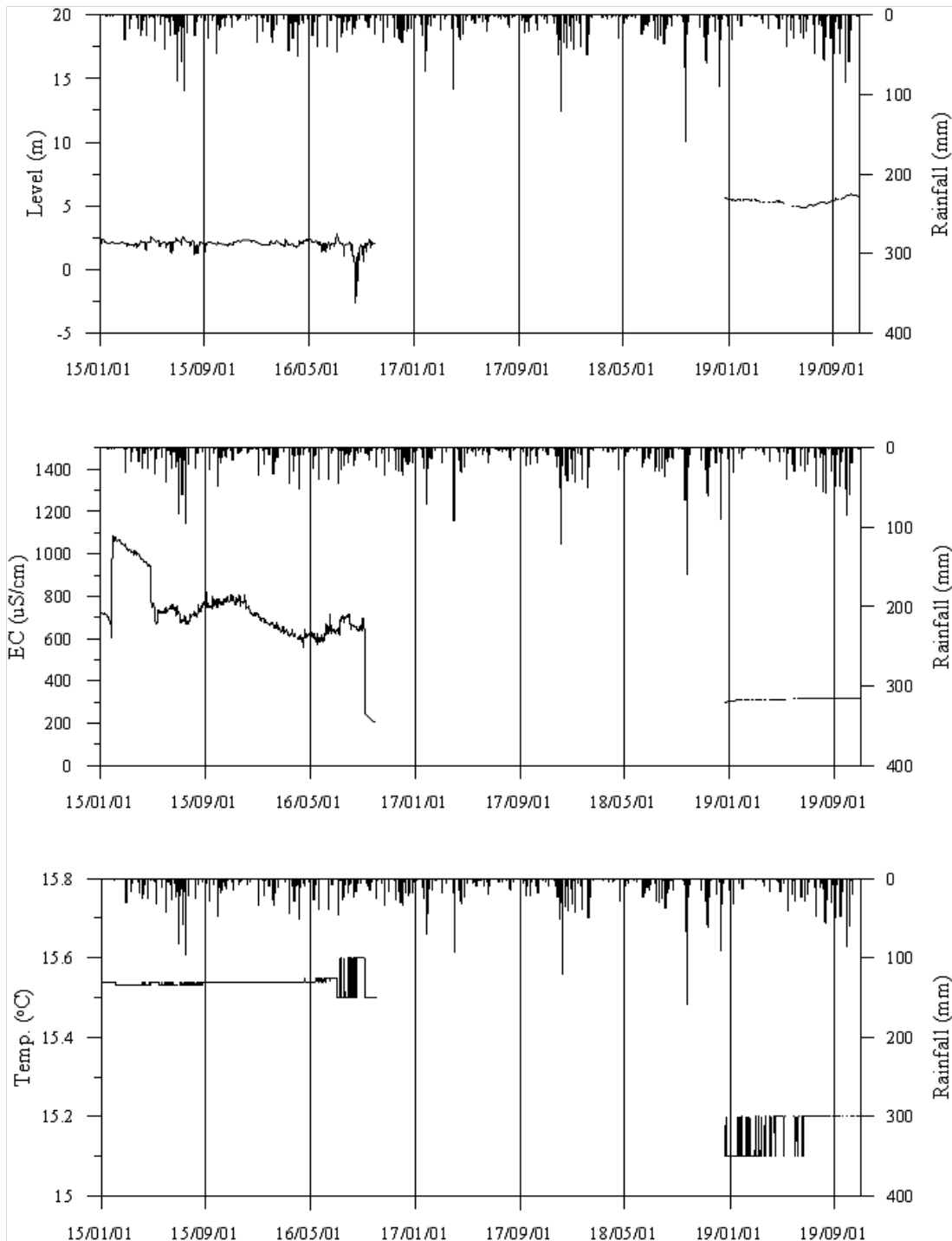
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
부안1 (출포1)	(2007.10)	384.22	52.15	19.87	346.28	104.36	1228.83	57.95	49.59
	(2008. 9)	27.28	7.92	3.44	25.34	10.27	70.82	24.40	48.09
	(2009. 4)	50.81	12.38	6.32	58.41	14.26	158.60	33.55	44.53
	(2010. 4)	716.76	81.47	11.10	544.67	135.71	1983.71	57.95	25.56
	(2011. 4)	312.53	32.31	0.42	236.58	54.09	781.49	88.45	N.D.
	(2012. 6)	74.22	13.08	6.41	50.11	6.70	100.41	76.25	125.86
	(2013. 4)	638.66	67.76	9.93	447.32	130.86	1827.61	54.90	N.D.
	(2014. 4)	500.00	52.55	10.04	417.66	106.40	1366.38	64.05	57.56
	(2015. 6)	68.48	10.23	3.24	38.22	9.54	105.69	79.30	74.97
	(2016. 7)	127.40	13.40	3.60	62.60	13.00	193.40	82.40	17.00
	(2017.10)	53.04	7.32	2.75	25.80	4.04	55.76	70.15	77.70
	(2018. 7)	58.50	9.14	3.66	33.39	4.65	66.62	57.95	100.61
(2019. 5)	53.44	8.99	3.24	29.67	3.73	57.83	57.95	98.78	
부안2 (신)	(2018.12)	20.15	3.62	1.42	29.26	1.90	35.77	70.15	22.16
	(2019. 5)	20.16	3.10	1.33	39.65	3.84	31.69	94.55	18.73
부안3	(2016.12)	9942.80	1800.1	78.92	3487.76	2095.12	23247.45	167.75	6.95
	(2017.10)	4325.53	842.79	95.56	1409.04	1251.26	11272.78	289.75	N.D.
	(2018. 7)	6774.30	858.70	105.69	878.57	1677.24	11874.74	289.75	N.D.
	(2019. 5)	258.45	4.92	9.06	5.55	1.07	105.28	459.05	0.99
부안4	(2017.10)	267.82	5.70	7.96	8.92	34.09	110.74	545.95	0.10
	(2018. 7)	273.14	5.08	10.69	6.85	2.93	124.96	486.48	1.02
	(2019. 5)	8122.84	863.49	128.90	479.64	1868.51	12920.89	277.55	83.28

5

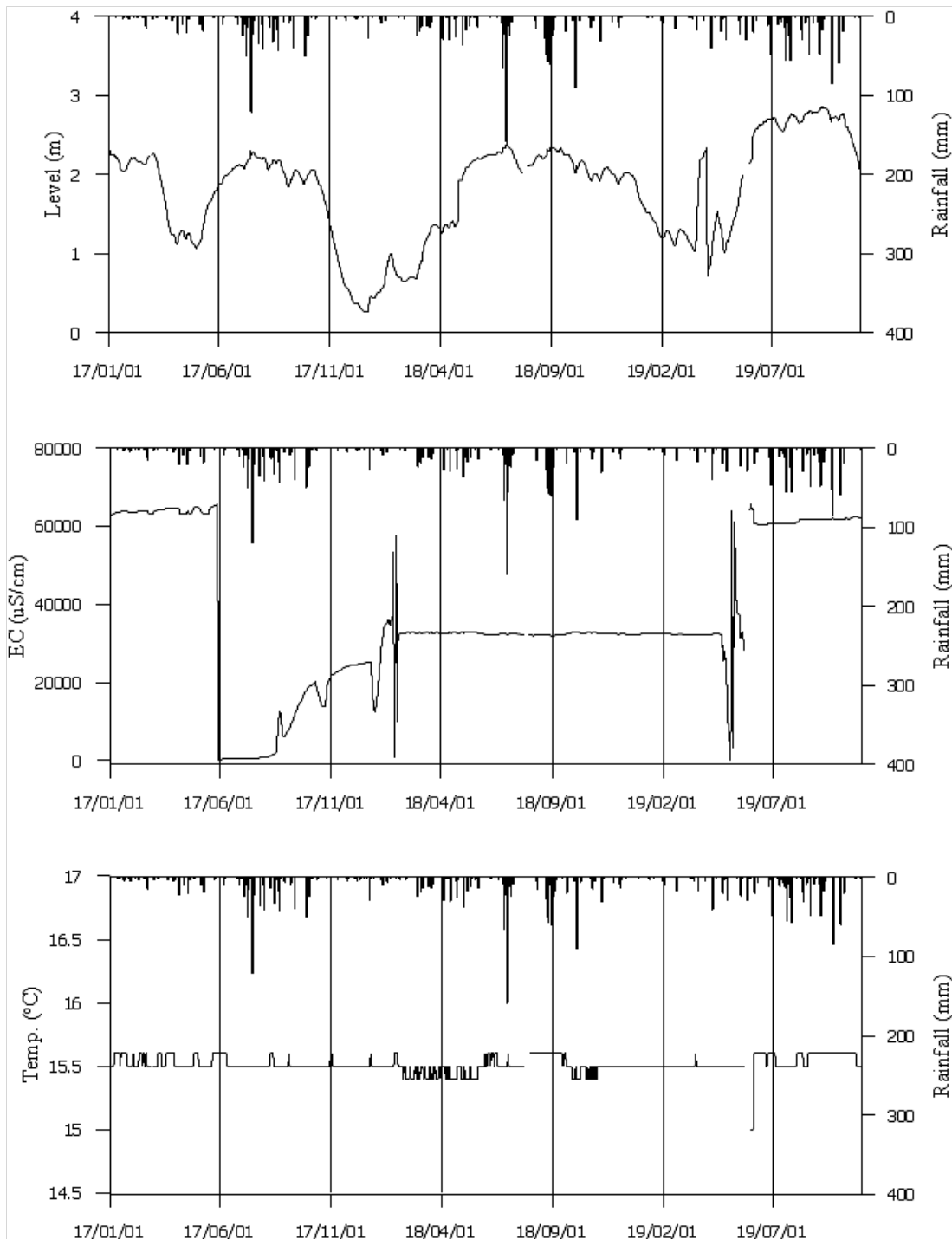
장기관측 결과



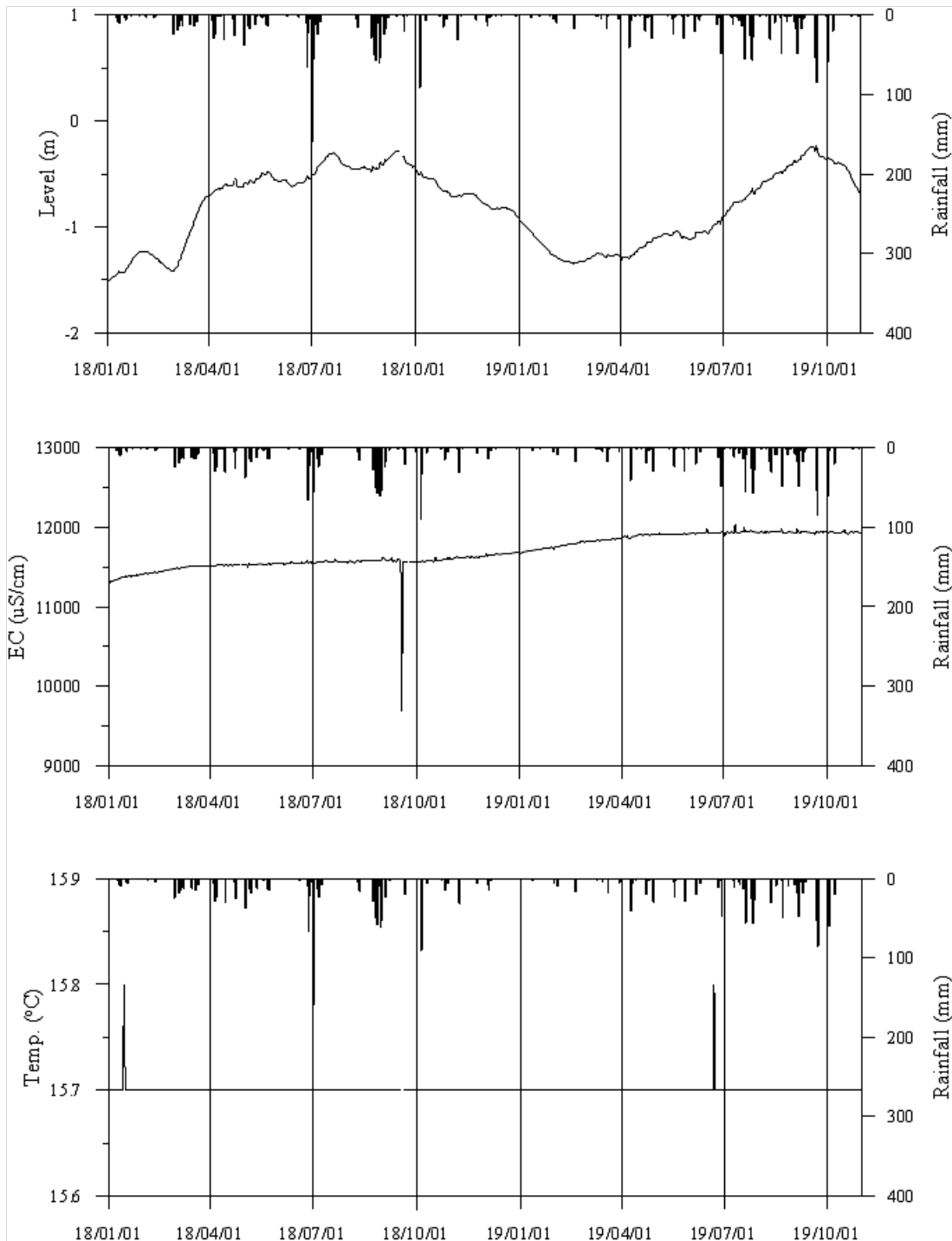
<부안1 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<부안2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<부안3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<부안4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 부안1, 2 관측공의 위치는 청문조사와 주변 관정의 간이 수질검사 결과를 기초로 향후 주변지역 지하수 오염이 예상되는 지점을 선정하여 수량 및 수질변화를 예측코자 하였다. 특히 '12년에는 부안2 관측공을 이동 설치하였다. 당초 부안2 관측공은 2008년 신규로 설치하여 관측하던 중 자동관측시스템의 자료 송·수신 케이블이 매몰되어 지하수위와 수질 자료 수집이 불가하여 2012년 이동 설치를 하게 되었다. 부안군 계화면 궁안리에 위치하는 부안3 관측공은 1960년대 초 시작된 제1차 경제개발 5개년계획의 일환으로 조성된 대규모 간척 농경지내에 설치하였다. 농경지 비료사용으로 질산성질소, 단위면적당 오염 부하량이 높은 지하수 수질관리 필요지역으로 지속적인 모니터링을 위해 관측공을 설치하였다. 부안4 관측공이 설치된 백산면 용계리 지역은 서쪽으로는 고부천이 흐르며, 동쪽으로는 동진강이 흐르는 위치에 있으며, 드넓은 농경지가 펼쳐져 있다. 기 조사된 부백지구 농촌지하수관리사업 보고서에 DRASTIC 지수(151.8)가 높은 단계이며, 단위면적당 오염부하량(532.2 kg/일/km²)이 높아 지하수 수질관리 필요지역으로 선정된 바 있다. 부안2(신) 관측공이 설치된 주산면 돈계리 지역은 공사관리 저수지인 사산저수지 인근에 위치해 있다. 본 지구는 기 조사된 부동지구 농촌지하수관리사업 보고서에 DRASTIC 지수(150)가 높으며, 단위면적당 오염부하량(762.6kg/일/km²)으로 지하수 수질관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수질 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 부안1 관측공은 해안에 인접한 관계로 해수침투 관측공처럼 지표 하 심도 약 20 ~ 55 m 구간에서 전기전도도가 상승하는 전이대가 발달하고 있으며, 전기전도도는 200 $\mu S/cm$ 내외에서 약 8,000 $\mu S/cm$ 와 12,000 $\mu S/cm$ 까지 상승하였다. 부안2 관측공의 전기전도도는 기존위치에서의 검층결과보다 최근 실시한 검층에서 더 높게 나타나며, 지표부터 100 m 심도까지 약 320 ~ 360 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 부안3 관측공의 전기전도도는 약 4,400 ~ 70,000 $\mu S/cm$ 범위를 보이며, 심도 약 14 m 구간에서 전기전도

도가 크게 증가하는 전이대가 나타났다. 부안4 관측공은 20 ~ 35 m 및 70 m 구간에서 염수의 침입으로 인해 약 12,000 $\mu S/cm$ 까지 전기전도도가 상승하였다. 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 간척지에 위치하는 관계로 해수유입이 심각하여, 농업용으로 활용이 불가능할 것으로 판단된다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 부안1, 3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며 해수영향을 받고 있다. 부안2(신), 4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 형에 해당한다. 부안지구 관측공은 해수유입이 심각하여 농업에 적합하지 않다. 그리고 부안1 관측공은 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하고, 2012년에는 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하여 농업용수로 부적합하였다.
- 4) 장기 관측결과 : 부안1 관측공의 수위변화는 관측공에서의 양수 및 주변 지하수 이용의 직접적인 영향으로 강수에 의한 수위 상승과 무강수 시 지하수 이용에 따른 지하수위 하강이 관측된다. 또한, 부안1 관측정의 전기전도도는 수위변화에 직접적인 영향을 받으며 1,000 ~ 18,000 $\mu S/cm$ 범위에서 상승과 하강이 나타나고 있어 지속적인 모니터링이 필요하다. 부안2 관측공은 강우와 상관관계가 잘 나타나지 않지만, 2016년 봄가뭄에 의해 수위가 평소보다 약 10 m 이하로 감소한 것을 볼 수 있다. 전기전도도는 감소추세이며, 2015년 이후 약 600 ~ 800 $\mu S/cm$ 범위를 유지하였다. 부안3 관측공은 지하수위와 강수량이 비례적이며, 전기전도도는 해수유입의 영향을 보여 관측공 주변 암반지하수를 영농에 이용하기는 부적합하다. 부안4 관측공의 지하수위는 겨울에 떨어지고 여름에 상승하나 강우와 상관관계가 잘 나타나지 않으며, 수위는 2018년 1월부터 계속 증가하고 변화 폭은 약 2 m 이하로 나타난다. 전기전도도는 증가 추세이며, 약 11,300 ~ 11,600 $\mu S/cm$ 범위를 유지한다.
- 5) 관리 방안 : 부안지구 관측공은 모니터링결과 주변지역 지하수는 해수의 영향을 받아 심각하게 오염이 되어있어 농업용수 이용이 부적합하므로, 타수자원의 이용을 도모하여야 한다.

2.6.2 정읍지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
정읍1	정읍시 농소동 48-73	185715.373	231759.633	25.00	2008	22.10
정읍2	정읍시 소성면 화룡리1092-1	177724.3043	230531.0021	7.79	2016	6.39
정읍3	정읍시 감곡면 방교리1937	193668.8030	246581.6170	6.73	2016	5.13
정읍4	정읍시 고부면 관청리 962-01	176081.4320	336323.0860	7.02	2017	4.62
정읍5	정읍시 태인면 낙양리 456-2	192637.1600	341492.4170	9.37	2017	6.07
정읍6	정읍시 웅동면 오성리 1843	197938.4470	339989.1290	28.45	2017	27.81
정읍7	정읍시 감곡면 삼평리 588	189368.7051	350878.8878	8.0	2019	4.12

2. 지형 및 지질

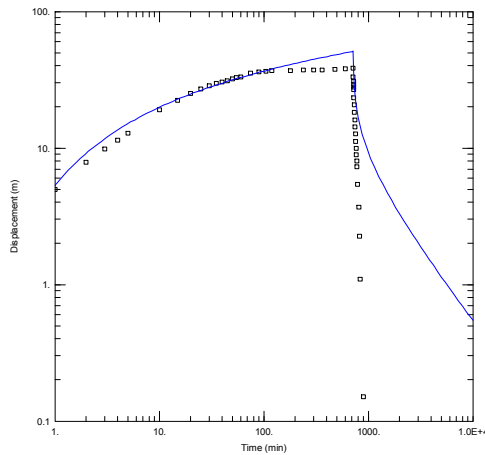
정읍1 관측공은 농소동에 위치하고 있어 동쪽으로는 정읍시내가 인접해 있고, 서측으로는 호남고속도로가 지나가고 있다. 지질은 쥐라기 대보화강암류의 일종인 흑운모화강암이 분포하고 그 상부를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 정읍2 관측공은 전라북도 정읍시 중심에서 서쪽으로 약 12.2 km 떨어진 곳에 위치한 소성면 화룡리 소성양수장 내에 위치하고 있으며, 주변에는 구릉성 산지와 농경지가 넓게 분포하고 인근에 소성천이 흐르고 있다. 지질은 중생대 화강암류가 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 정읍3 관측공은 전라북도 정읍시 중심에서 북쪽으로 약 22.2 km 떨어진 곳에 위치한 감곡면 방교리 감곡초등학교 인근 농경지에 위치하고 있으며, 주변에는 구릉성 산지와 농경지가 넓게 분포하고 북쪽에 원평천이 서류하고 있다. 지질은 중생대 화강암류가 기반암

을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 정읍 5 관측공은 태인면 낙양리 일원으로 동진강 중류 굽이치는 곡류에 발달한 충적평야지대에 위치한다. 정읍 6 관측공은 비봉산 서쪽 산자락에 위치한 소규모 농경지에 위치하며, 정읍 7 관측공은 정읍시 감곡면 삼평리 일원으로 두월편과 원평천이 만나는 남쪽의 드넓은 평야지대에 위치한다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 정읍 7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

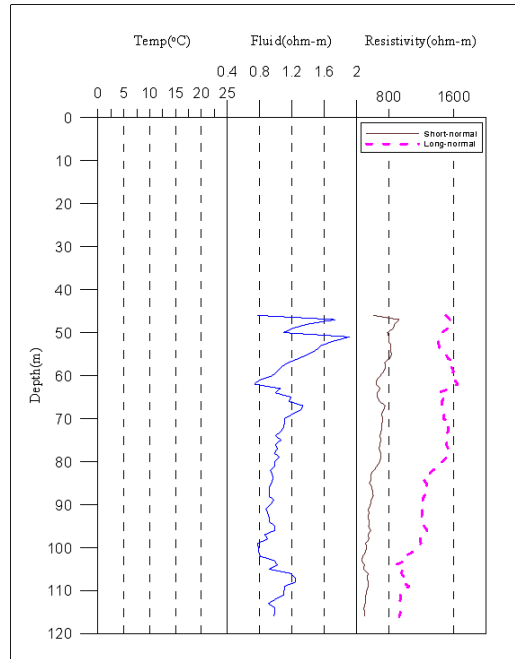
◎ 양수시험



<정읍 7 관측공 양수시험>

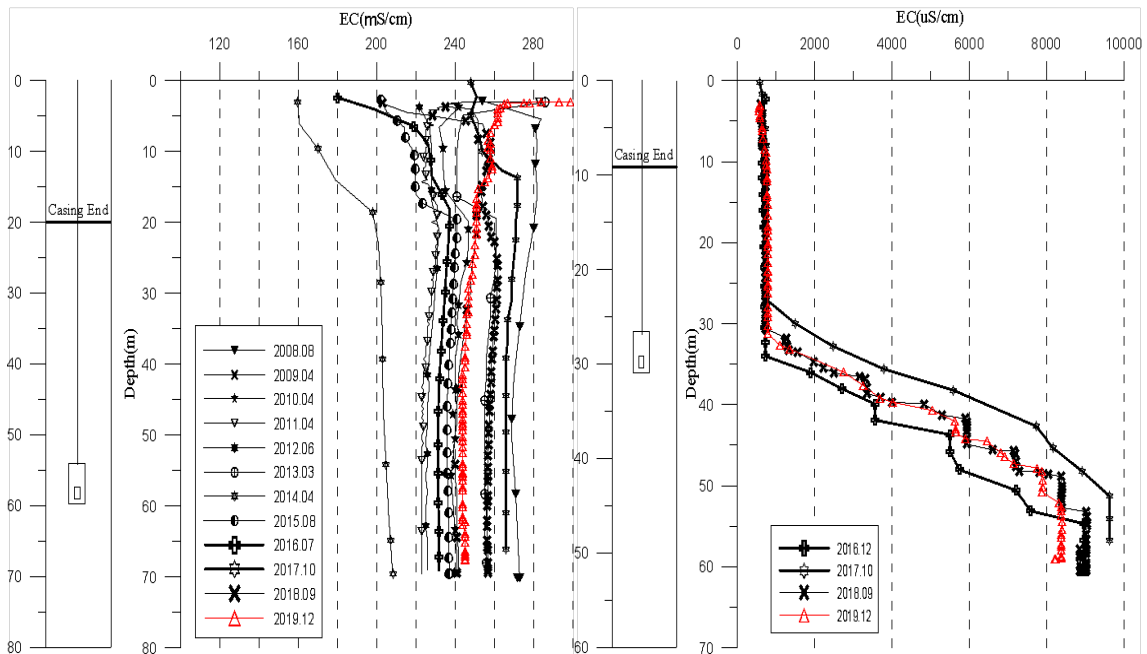
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
정읍 7	50	0.5622	8.68×10 ⁻⁶	75

◎ 물리검층



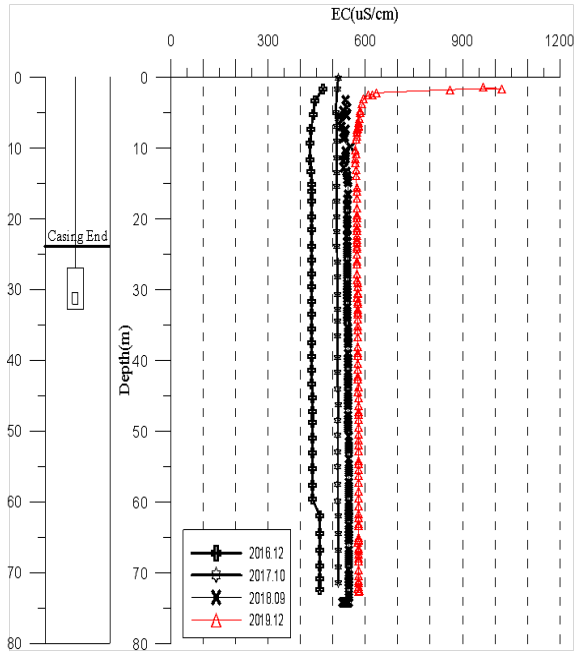
<정읍7 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층

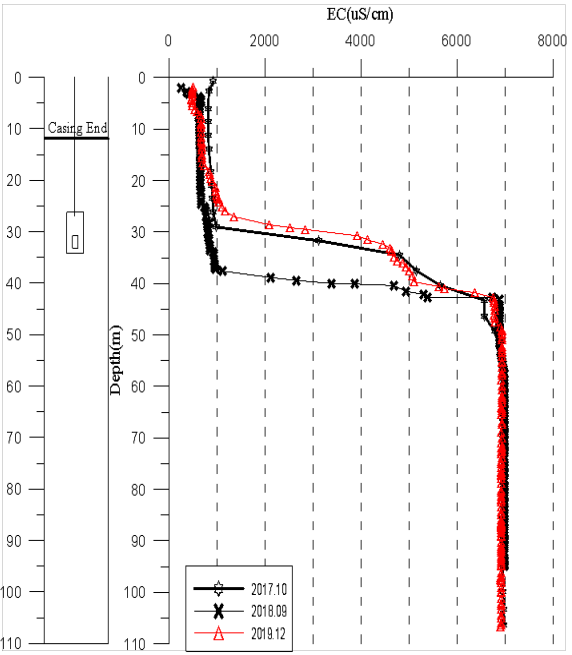


<정읍1 관측공>

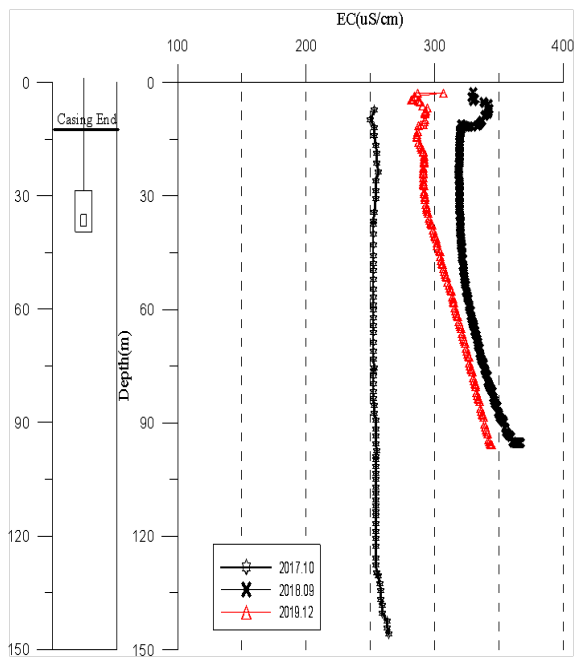
<정읍2 관측공>



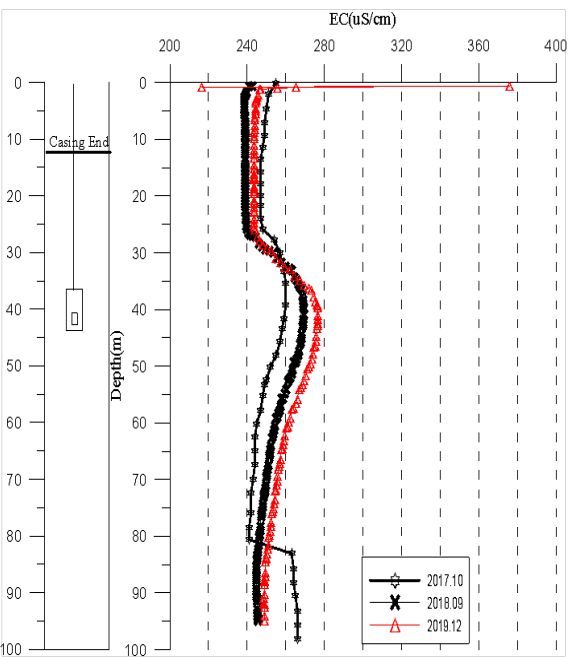
<정읍3 관측공>



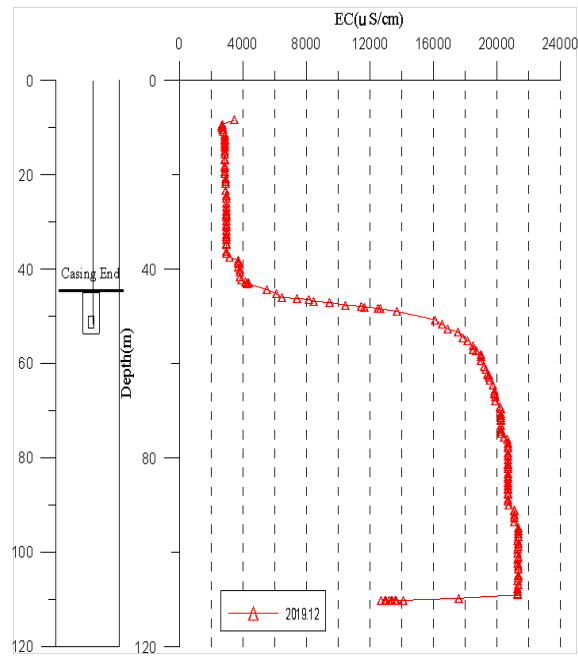
<정읍4 관측공>



<정읍5 관측공>



<정읍6 관측공>



<정읍7 관측공>

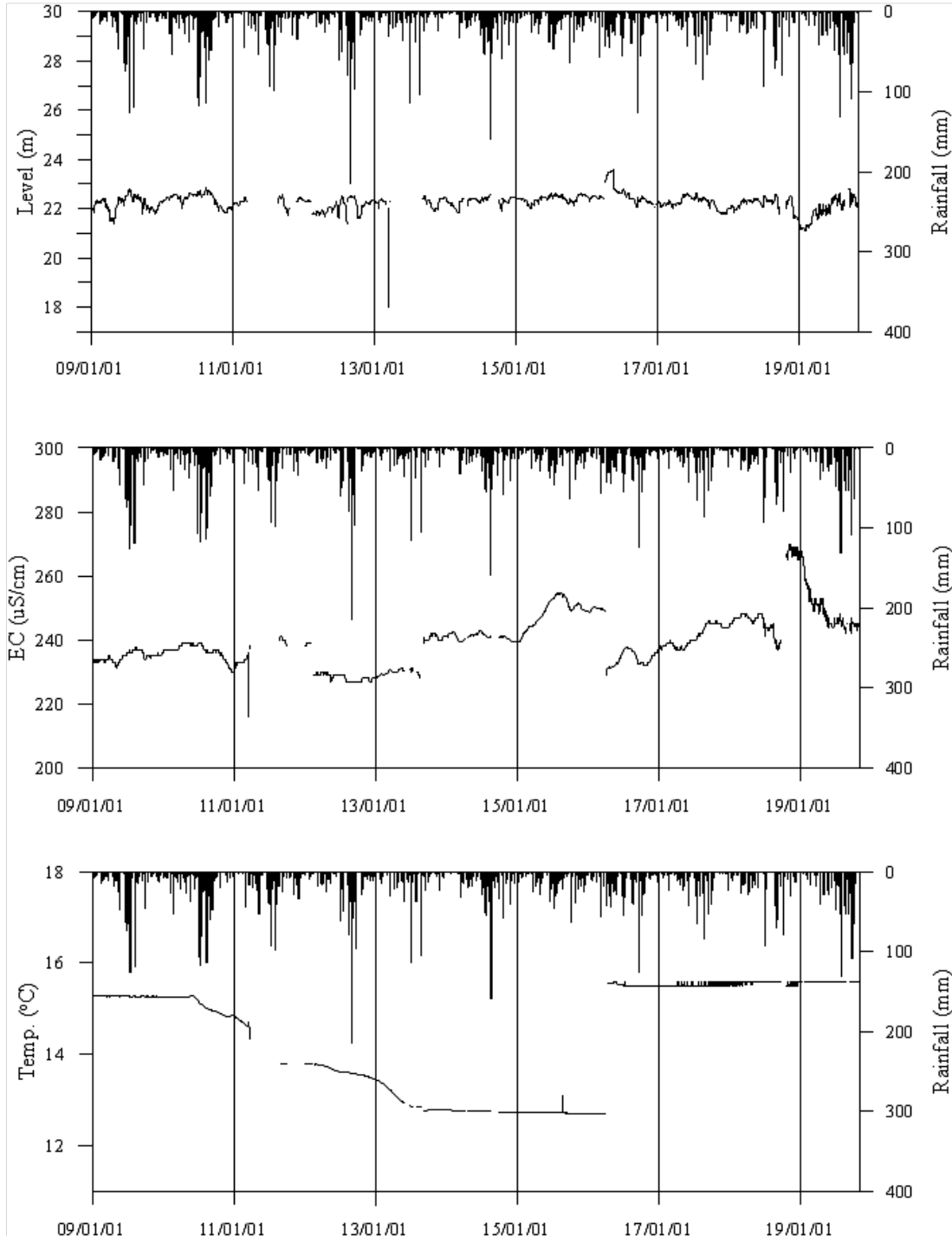
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

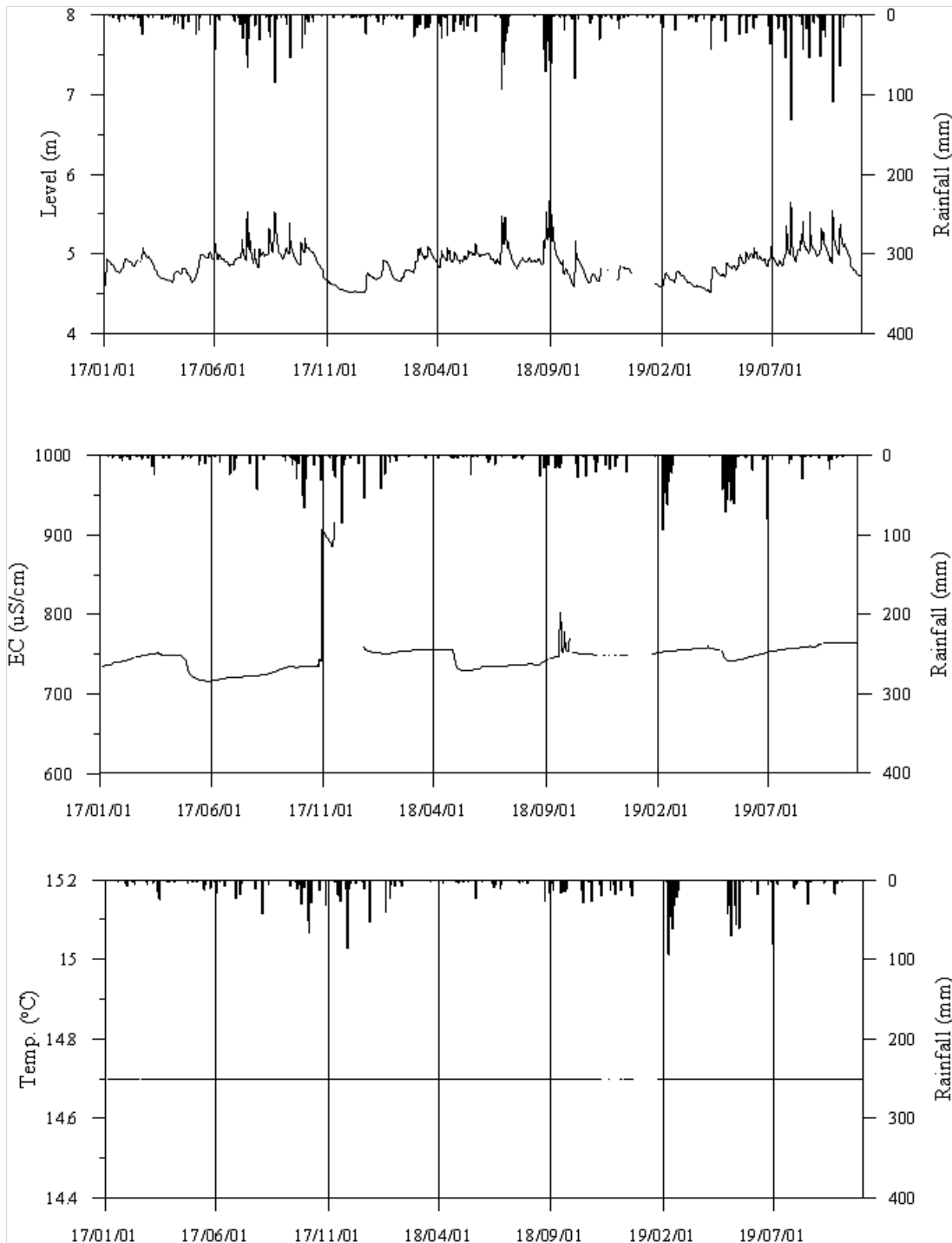
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
정읍1	(2008.10)	18.61	3.83	1.03	22.92	2.59	16.27	118.95	0.17
	(2009. 4)	18.49	4.32	1.64	27.13	1.28	15.47	134.20	N.D.
	(2010. 4)	22.26	4.56	1.22	28.64	0.86	16.65	134.20	N.D.
	(2011. 4)	17.43	4.51	0.14	17.77	3.98	22.04	54.90	N.D.
	(2012. 6)	19.29	3.93	1.12	25.44	1.80	16.25	115.90	N.D.
	(2013. 4)	22.96	4.37	1.07	24.05	2.33	23.94	122.00	N.D.
	(2014. 4)	21.32	3.93	1.26	27.52	1.23	18.06	112.85	0.07
	(2015. 6)	19.76	3.97	1.12	22.49	1.18	17.97	97.60	N.D.
	(2016. 7)	45.80	5.40	1.40	22.60	1.00	22.30	134.80	0.00
	(2017.10)	21.07	3.84	1.52	23.20	0.38	17.75	126.58	N.D.
	(2018. 7)	22.39	4.05	1.18	24.15	0.70	17.70	109.80	N.D.
(2019. 5)	18.18	3.98	1.06	23.84	0.63	16.18	100.65	0.01	
정읍2	(2016.12)	192.72	42.32	9.48	143.35	20.31	602.43	222.65	N.D.
	(2017.10)	31.54	19.76	9.50	65.39	11.40	24.48	323.30	N.D.
	(2018. 7)	34.63	19.34	7.05	60.59	15.79	26.35	280.60	0.15
	(2019. 5)	28.92	21.01	6.77	65.48	20.31	19.27	323.30	N.D.
정읍3	(2016.12)	61.50	19.11	5.27	65.40	10.15	127.71	228.75	N.D.
	(2017.10)	56.01	7.16	6.59	27.57	15.67	78.66	106.75	N.D.
	(2018. 7)	66.21	7.20	7.08	26.79	16.32	91.33	97.60	0.81
	(2019. 5)	68.78	7.28	5.63	28.09	13.78	95.08	100.65	0.33
정읍4	(2017.10)	156.04	1.83	5.81	2.35	2.84	103.15	268.40	N.D.
	(2018. 7)	287.46	6.98	10.89	14.63	14.04	307.59	247.05	N.D.
	(2019. 5)	140.30	4.60	8.34	5.48	1.95	104.16	201.30	0.16
정읍5	(2017.10)	12.16	6.86	1.85	21.80	8.22	13.11	64.05	30.80
	(2018. 7)	12.44	8.47	2.59	22.16	9.08	13.57	85.40	36.04
	(2019. 5)	12.00	8.16	2.41	20.60	6.99	12.28	88.45	29.88
정읍6	(2017.10)	15.71	4.49	1.25	25.56	2.60	11.98	73.20	35.84
	(2018. 7)	16.04	3.88	0.75	26.84	2.67	11.98	79.30	29.42
	(2019. 5)	16.29	4.42	0.45	26.55	2.51	11.71	79.30	33.52
정읍7	(2019. 9)	539.81	10.16	10.53	38.10	68.14	582.52	381.25	N.D.

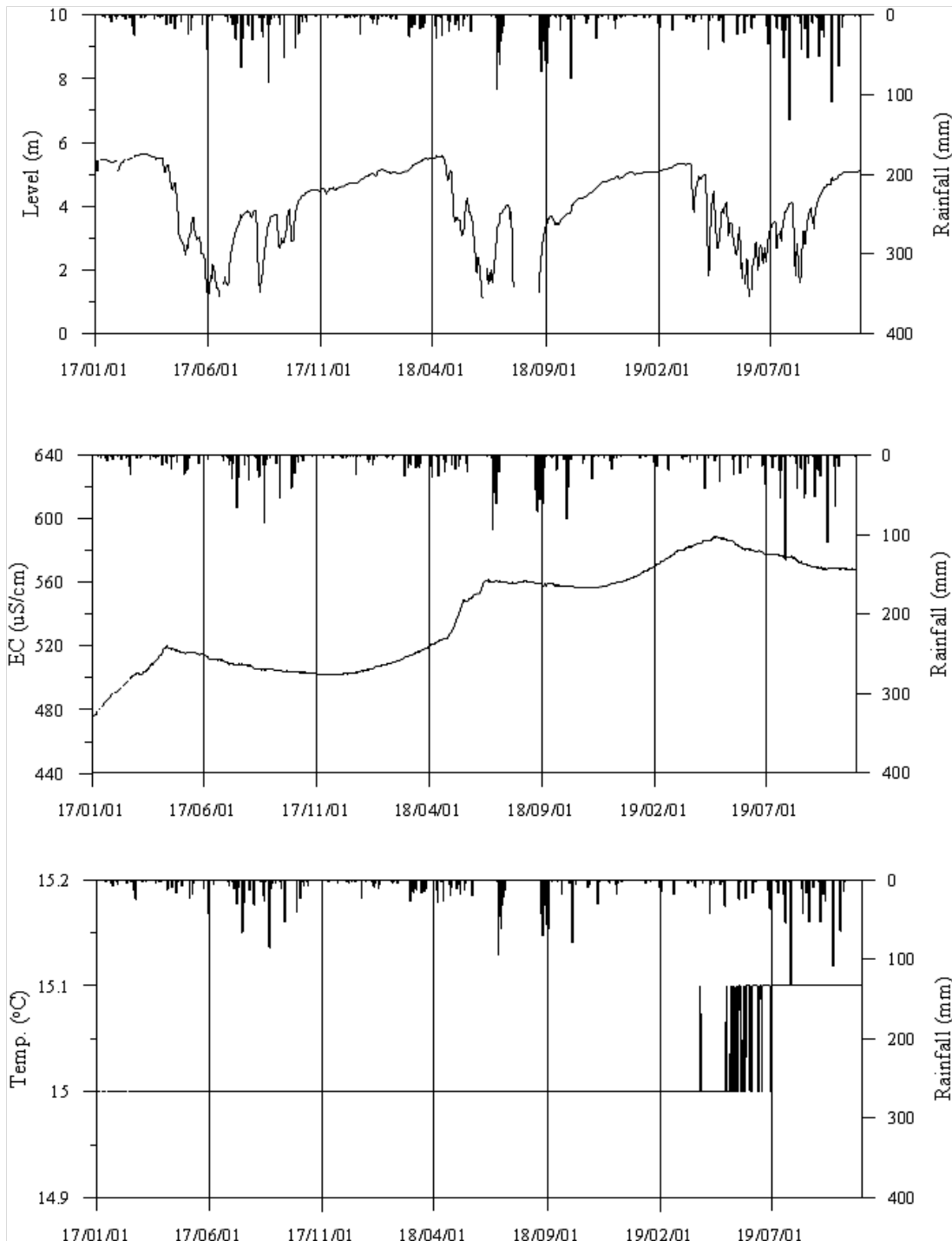
6. 장기관측 결과



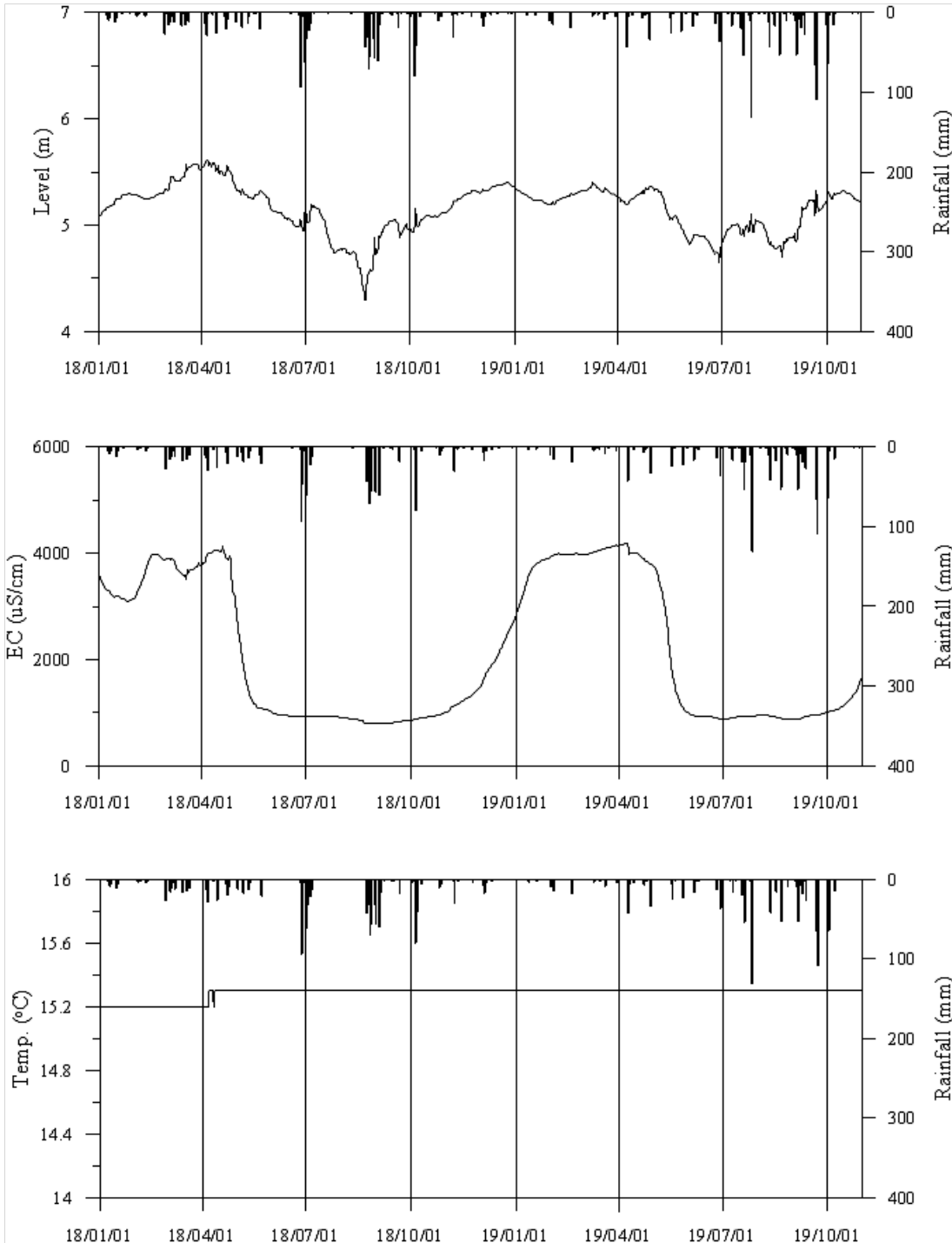
<정읍1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



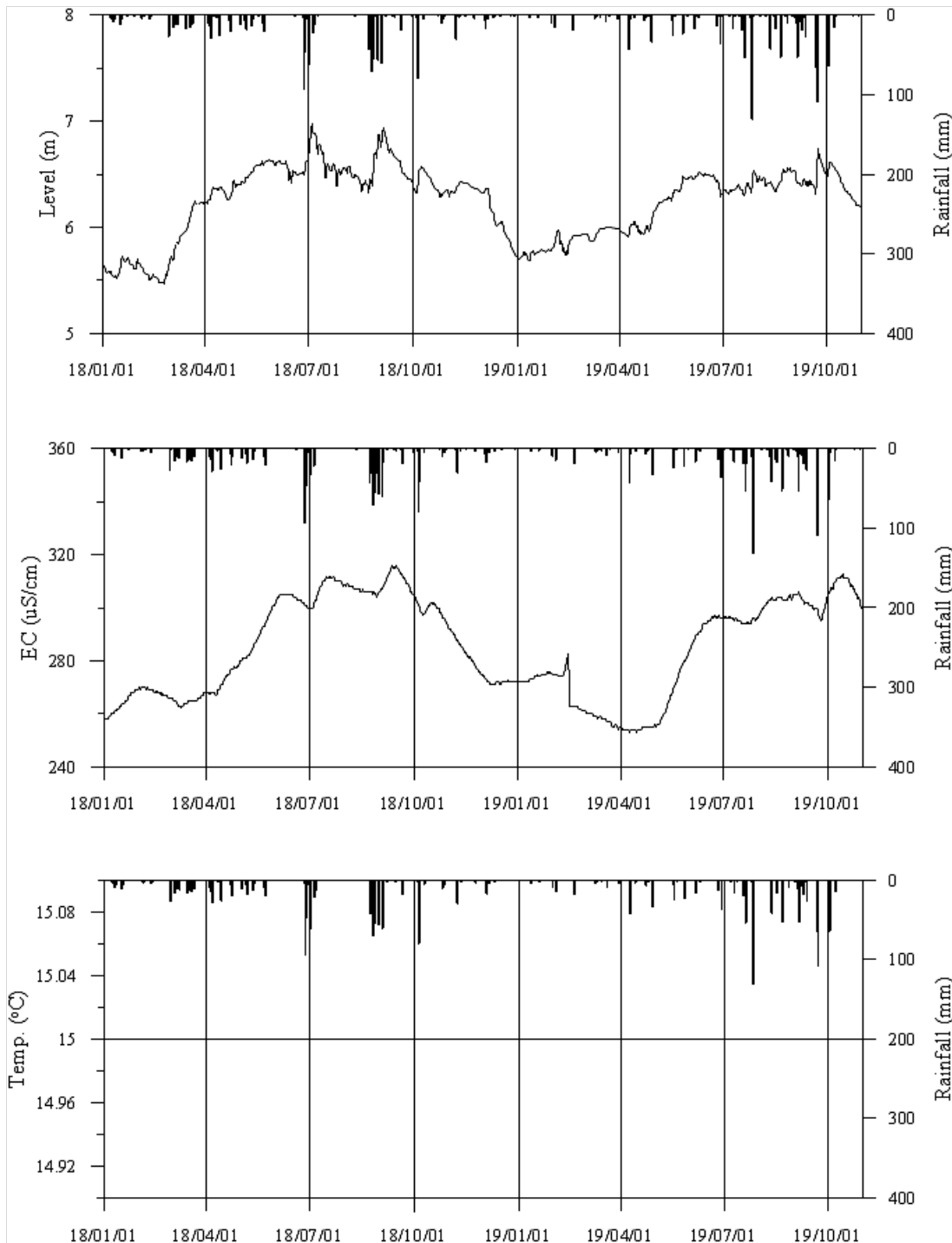
<정읍2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



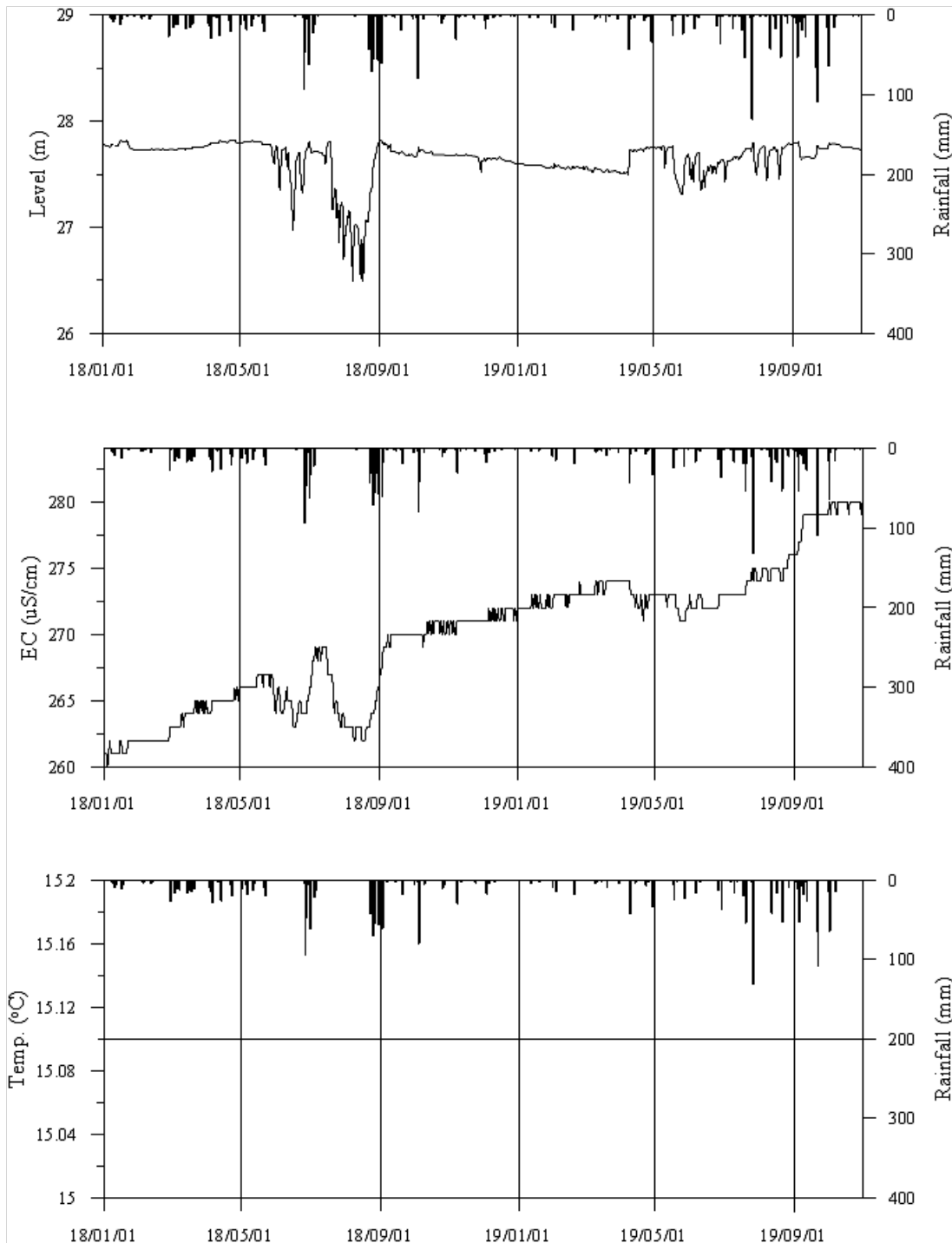
<정읍3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<정읍4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<정읍5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<정읍6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 정읍1 관측공은 청문조사 및 간이 수질조사결과를 기초로 향후 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점에 인근지역의 수질 및 수량의 변화의 예측이 용이한 지점을 선정하여 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량의 변화를 관측하고자 하였다. 정읍시 소성면 화룡리에 위치한 정읍2 관측공은 소성천을 중심으로 발달된 드넓은 농경지에 설치하였다. 농경지와 소규모 축사시설이 혼재된 지역으로 봄철 농업용수 수요급증과 농경지 퇴비 및 비료사용으로 인한 지하수 수질오염변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 정읍시 감곡면 방교리에 위치하는 정읍3 관측공은 원평천을 중심으로 발달된 농경지에 설치되었다. 주변으로는 경지정리가 마무리된 농경지와 자연부락이 혼재하고 있으며, 개발이용량 대비 이용량이 147.9%, 관정밀도 123.6 공/km²이다. 지하수 수량관리 필요지역으로 지속적인 수량 모니터링 등 수량변화를 관측하기 위해서 관측공을 설치하였다. 정읍4 관측공이 설치된 고부면 관청리 지역은 정읍고부 농공단지 인근에 위치해 있으며, 동쪽으로 고부천이 흐르며 드넓은 농경지가 펼쳐져 있다. 기 조사된 정읍지구 농촌지하수관리사업 보고서에 총이용량(583.1천 m³/년), 이용량/개발가능량(100.7%), 단위면적당 이용량(161.9천 m³/년), 관정밀도(88.6 공/km)로 지하수 수량관리 필요지역으로 선정된 바 있어 지속적인 수량 모니터링이 필요할 것으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 정읍5 관측공이 설치된 태인면 낙양리 지역은 정읍태인 농공단지 인근에 위치해 있으며, 서쪽으로 동진강이 흐르며 드넓은 농경지가 펼쳐져 있다. 기 조사된 정북지구 농촌지하수관리사업 보고서에 질산성질소 평균(24.2 mg/L), 단위면적당 오염부하량(2,928.9 kg/일/km²)으로 지하수 수질관리 필요지역으로 선정된 바 있어 지속적인 수질 모니터링이 필요할 것으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 정읍6 관측공이 설치된 태인면 낙양리 지역은 정읍태인 농공단지 인근에 위치해 있으며, 서쪽으로 동진강이 흐르며 드넓은 농경지가 펼쳐져 있다. 기 조사된 정북지구 농촌지하수관리사업 보고서에 질산성질소 평균(24.2mg/l), 단위면적당 오염부하량(2,928.9kg/일/km²)으로 지하

수 수질관리 필요지역으로 선정된 바 있어 지속적인 수질 모니터링이 필요할 것으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 정읍7 관측공이 설치된 감곡면 삼평리 지역은 김제역에서 벽골제 방면으로 흐르는 두월천을 끼고 있고 드넓은 평야지대에 위치하고 있다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 정읍7 관측공의 양수량은 50 m³/d 이며, 수리전도도는 8.68×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 75 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid의 전기비저항은 0.8 ~ 2.0 ohm-m로 낮은 편이다. 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")과 장노말(64 ") 값은 전구간에서 서로 다른 양상을 나타냈다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 정읍1 관측공의 전기전도도는 전반적으로 300 $\mu S/cm$ 이하이며 심도에 따른 전기전도도의 변화는 거의 없다. 정읍2 관측공의 전기전도도는 약 600 ~ 10,000 $\mu S/cm$ 범위로서, 지표하 36 m, 39 m, 43 m, 52 m, 62 m 구간에서 전기전도도의 급격한 상승이 나타남에 따라 전이대 구간으로 판단되며, 농업용으로는 염해피해가 우려되어 활용이 불가능하다. 정읍3 관측공의 전기전도도는 520 $\mu S/cm$ 이하로, 케이싱 심도(24 m)이후 공저까지 전기전도도 값이 유사함에 따라 농업용으로 활용이 가능하다. 정읍4 관측공은 지표 하부 30 m 구간에서 염수가 유입되어 공저까지 약 7,000 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 정읍5 관측공은 전체 구간 약 245 $\mu S/cm$ 내외, 정읍6 관측공은 전구간 약 250 $\mu S/cm$ 내외로 유사한 편이다. 정읍7 관측공은 50 m 구간부터 2,500 $\mu S/cm$ 에서 24,000 $\mu S/cm$ 까지 높아지는 것으로 보아 해수의 유입으로 해석된다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 정읍1, 2, 4, 5, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 정읍3, 7 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 분류 된다. 정읍지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 그러나 정읍2, 4 관측공의 경우 염수유입으로 인해 질산염농도와 관계없이 농업용수로 사용이 불가능하다. 정읍7 관측정은 Na-Cl 유형에 해당된다.

- 5) 장기 관측결과 : 정읍1 관측공의 수위 변동은 강수의 영향을 잘 나타내며 변화폭은 약 2 m 이내이다. 전기전도도는 220 ~ 260 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다. 정읍2 관측공은 강수에 민감하고, 수위변동 폭은 1 m 이내이며, 전기전도도는 700 ~ 800 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다. 정읍3 관측공은 강수에 비례하지 않고, 수위변동 폭은 5 m 이내이며, 전기전도도는 460 ~ 520 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다. 정읍4 관측공은 강수에 비례하지 않고, 수위변동 폭은 2 m 이내이며, 전기전도도는 1,000 ~ 4,000 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다. 정읍5 관측공은 지하수위가 지속적으로 상승하는 추세이며, 전기전도도 역시 증가 추세(약 260 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위)를 나타낸다. 정읍6 관측공은 강수에 비례하지 않고, 수위변동 폭은 2 m 이내이며, 전기전도도는 260 ~ 272 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다.
- 6) 관리 방안 : 정읍지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 정읍2, 4, 6, 7 관측공은 검층결과 하부에서 해수유입이 관측되므로 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.6.3 순창지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
순창1	순창군 순창읍 133	212625.187	209648.530	106.53	2008	88.38
순창2	순창군 유등면 외이리 1160	217143.3290	206046.6500	74.99	2016	67.89
순창3	순창군 구림면 화암리 1369	206060.780	315681.261	216.47	2017	212.77
순창4	순창군 복흥면 화양리 381	192,177.699	318,639.885	319.77	2018	315.17
순창5	순창군 유등면 무수리 1720	218,554.523	309,928.882	89.95	2018	81.05
순창6	순창군 동계면 이동리 935	223961.2716	319308.2512	107.9	2019	6.84
순창7	순창군 쌍치면 전암리 833	201337.2322	320914.9266	242.6	2019	5.65

2. 지형 및 지질

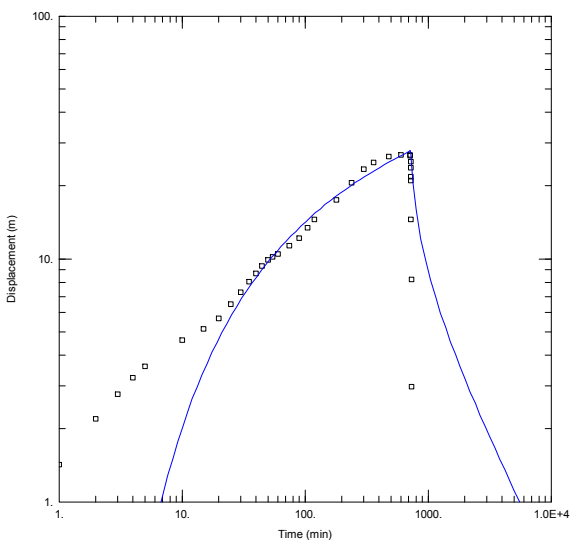
순창1 관측공은 순창읍에서 북쪽으로 약 1 km 지점에 위치하고 있으며, 관측공의 서쪽은 금산(432.9 m)을 중심으로 하는 남북방향의 산계가 발달되어 있고, 동쪽에는 평야지대가 위치하고 있다. 지질은 시대미상의 편상 화강암이 분포하고, 화강암은 풍화침식의 발달로 풍화대가 깊게 발달하며 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 순창2 관측공은 전라북도 순창군 중심에서 남동쪽으로 약 5.2 km 떨어진 곳에 위치한 미곡중심의 영농지로 약 150 ~ 200 m 내외의 산지로 둘러 쌓여 있고, 지구 남쪽으로 섬진강이 남류하고 있다. 순창3 관측공은 곰재산에서 발원한 치천이 관측공 주변을 끼고 돌며 산발산 자락의 작은 농경지에 위치한다. 지질은 중생대 쥐라기 화강암이 기반암을 이루고 있으며, 그 위를 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 순창4 관측공은 순창군 복흥면 화양리의 내장산 자락에서 흘러내리

는 계곡수가 화양지에 모여져 저수지 하부 농경지를 관통하고 있는 농지와 산자락이 접하고 있는 곳에 위치한다. 순창5 관측공은 순창군 유등면 무수리 일원을 지나고 섬진강변 충적층으로 구성된 적성면사무소 건너편 농지에 위치한다. 순창6 관측공은 동계면 이동리 장항마을회관을 끼고 도는 실개천변에 위치하며, 순창7 관측공은 쌍치면 전암리 전암마을회관 앞 뜰에 위치한다.

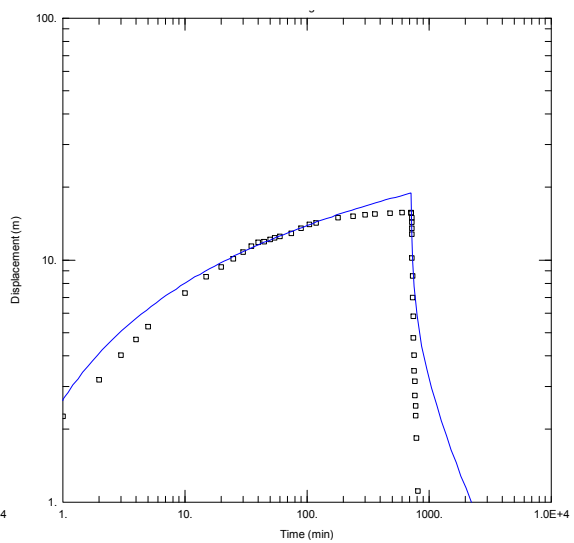
3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 순창6, 순창7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장 조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



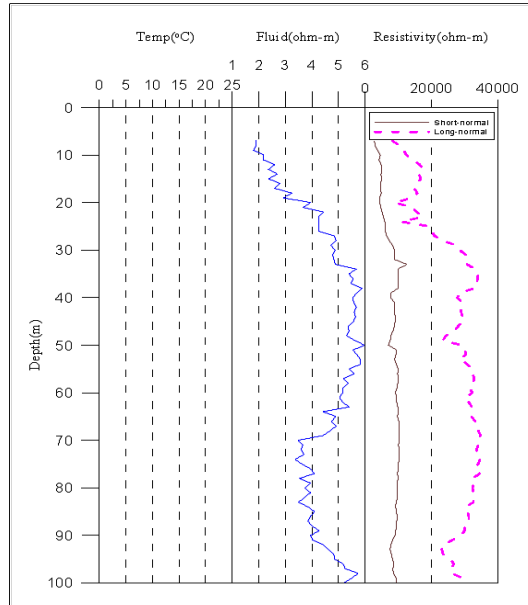
<순창6 관측공 양수시험>



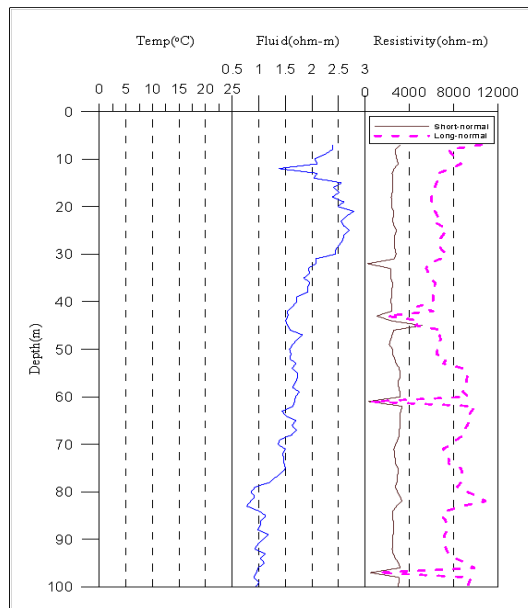
<순창7 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
순창6	50	0.3634	4.47×10 ⁻⁶	94.0
순창7	300	4.018	4.95×10 ⁻⁵	94.0

◎ 물리검층

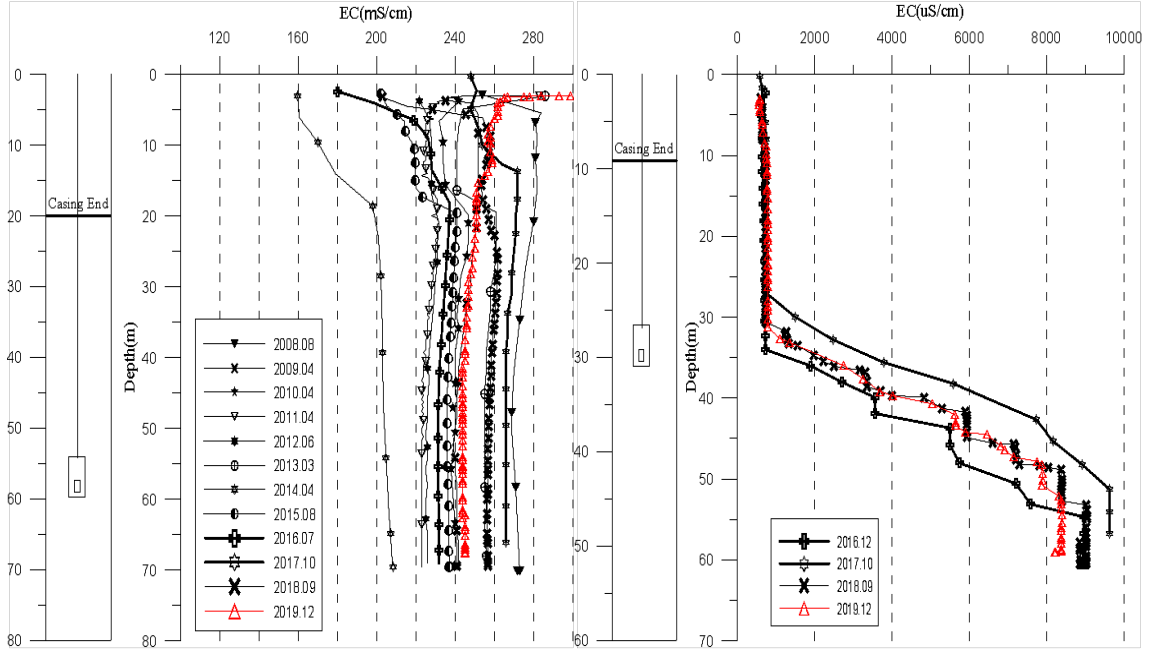


<순창6 관측공 물리검층>



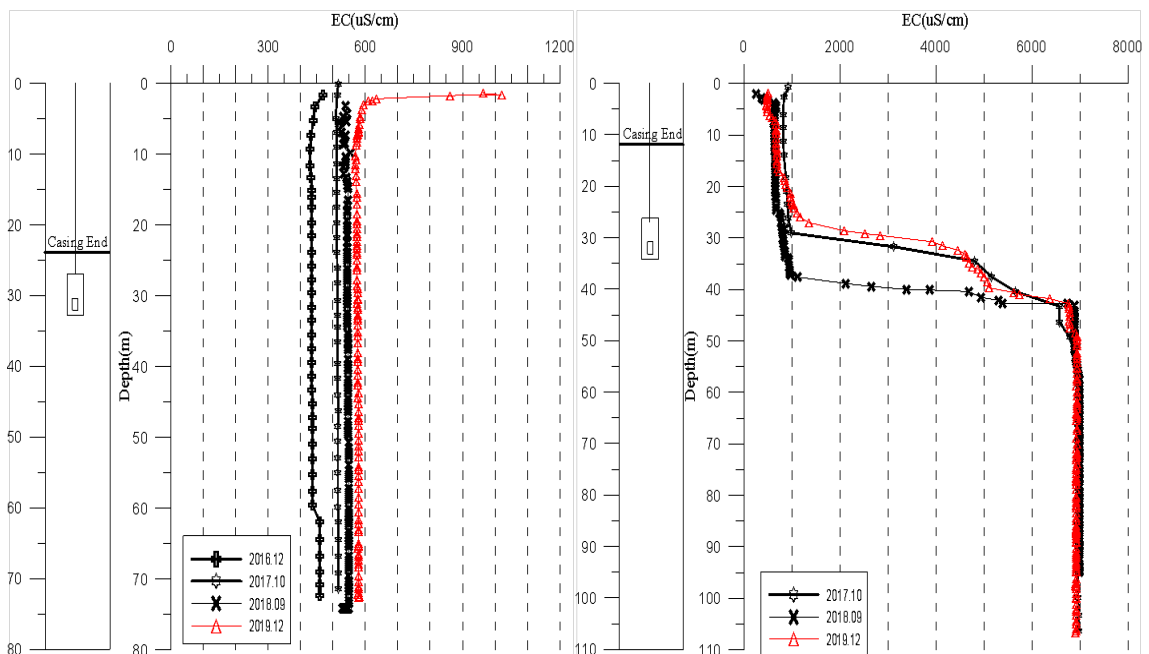
<순창7 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



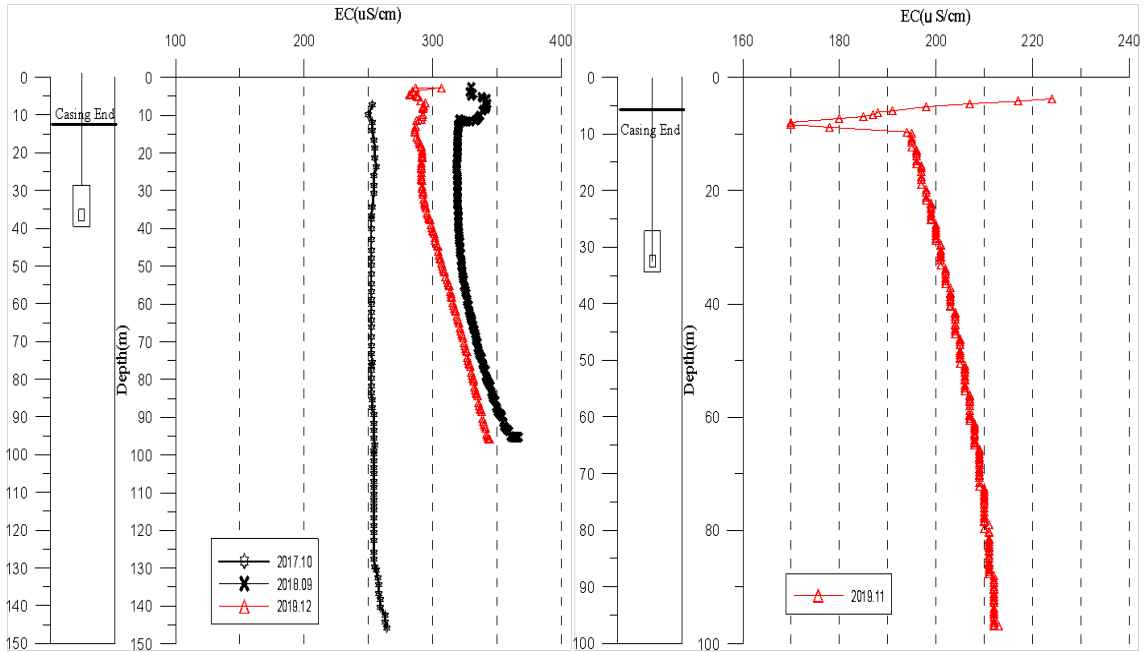
<순창1 관측공>

<순창2 관측공>



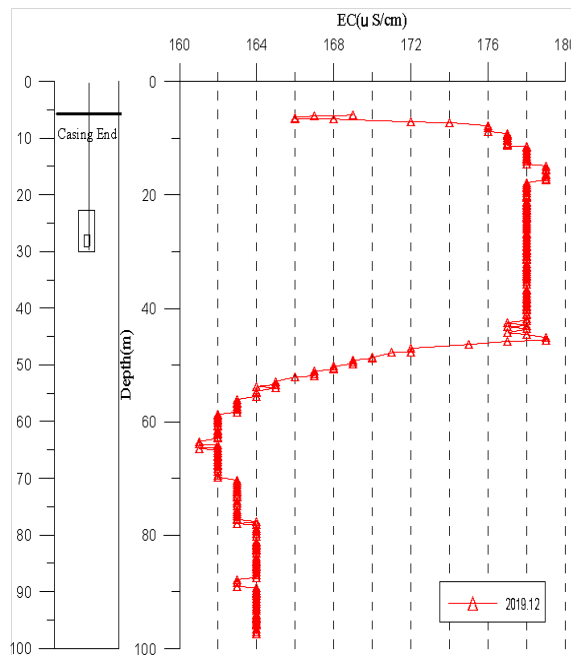
<순창3 관측공>

<순창4 관측공>



<순창5 관측공>

<순창6 관측공>



<순창7 관측공>

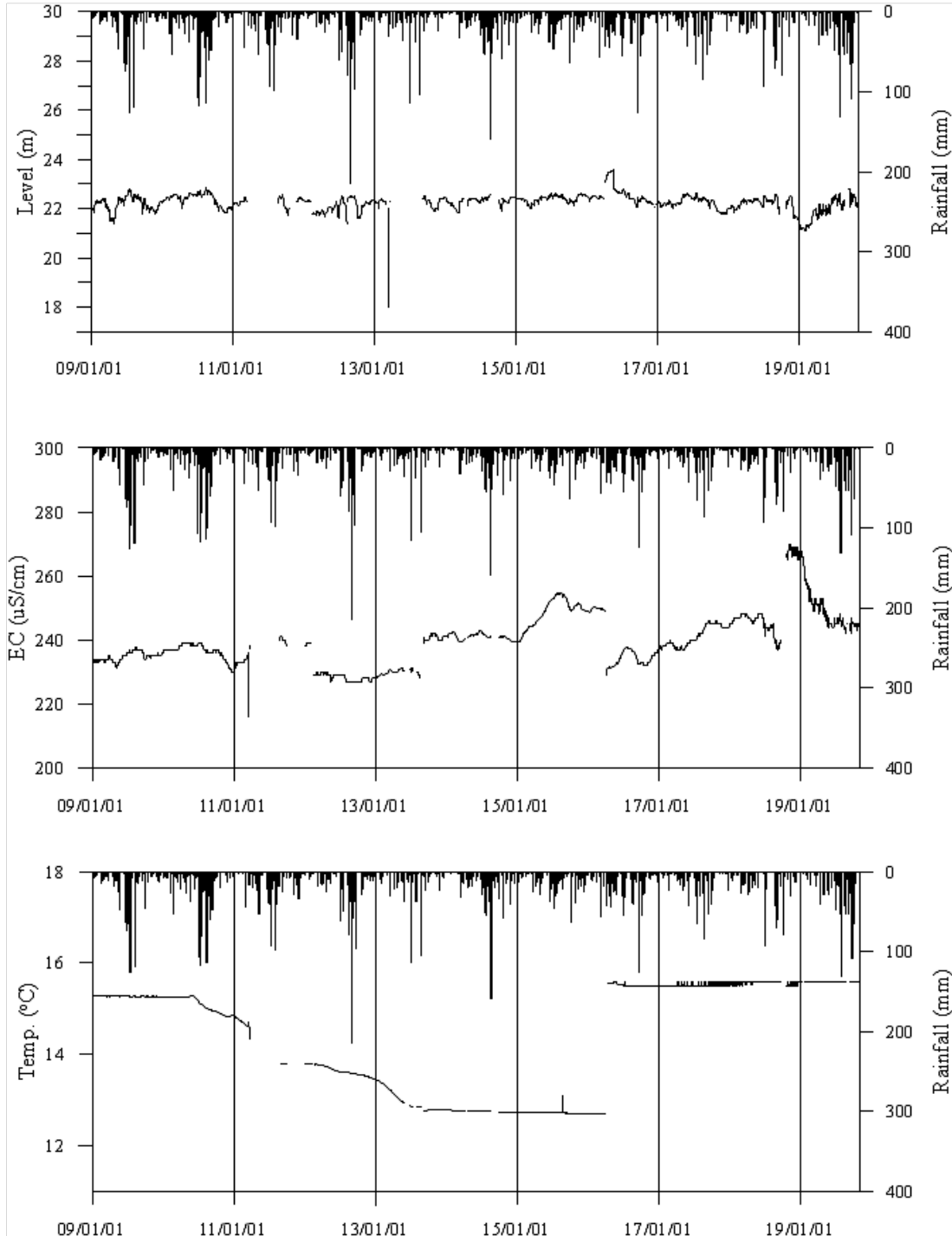
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

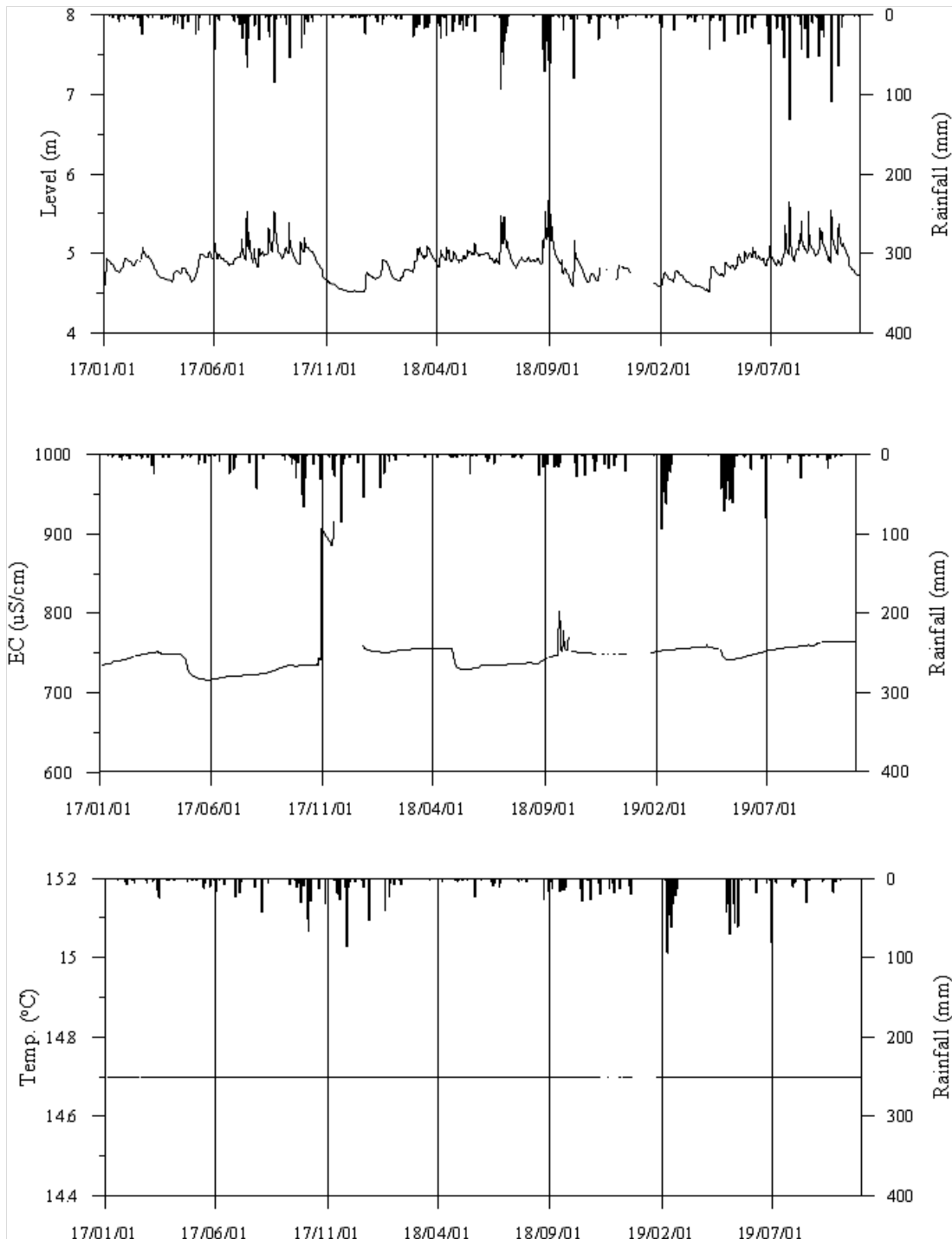
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
순창1	(2008.10)	14.77	4.26	1.50	20.17	0.34	23.86	30.50	52.64
	(2009. 4)	12.00	3.59	1.49	17.14	0.04	19.34	48.80	31.49
	(2010. 4)	14.60	3.53	1.07	16.68	N.D.	18.42	36.60	32.78
	(2011. 4)	17.85	5.06	0.14	25.90	0.06	29.13	39.65	N.D.
	(2012. 6)	17.91	4.94	1.49	25.90	0.11	22.49	39.65	88.97
	(2013. 4)	20.52	5.90	1.52	25.38	0.27	31.39	39.65	73.43
	(2014. 4)	20.64	5.38	1.71	27.46	1.30	30.91	33.55	72.34
	(2015. 4)	12.58	2.70	0.92	12.27	0.12	14.20	30.50	23.53
	(2016. 7)	14.60	3.20	1.00	13.20	0.00	14.40	44.50	5.70
	(2017.10)	13.22	3.14	1.29	14.40	0.15	15.72	39.65	30.00
	(2018. 7)	12.44	3.14	0.96	14.83	N.D.	13.90	39.65	24.66
(2019. 5)	14.40	3.72	0.88	16.88	N.D.	16.00	45.75	30.31	
순창2	(2016.12)	14.76	11.84	2.53	49.61	30.28	16.50	149.45	26.38
	(2017.10)	13.13	7.74	2.23	42.97	22.40	14.53	161.65	11.46
	(2018. 7)	14.83	8.12	2.20	36.10	14.84	13.39	131.15	2.57
	(2019. 5)	14.80	8.61	2.07	40.11	5.77	14.45	155.55	0.40
순창3	(2017.10)	10.12	1.60	1.31	13.74	3.99	13.55	48.80	6.84
	(2018. 7)	8.46	1.17	0.62	14.76	2.86	7.85	45.75	6.43
	(2019. 5)	9.64	1.16	0.45	16.47	2.84	6.93	54.90	6.91
순창4	(2018. 9)	7.13	2.45	0.71	23.98	4.18	6.78	76.25	4.84
	(2019. 5)	9.30	1.90	1.23	22.22	4.85	9.76	67.10	5.95
순창5	(2018. 9)	7.64	3.37	0.58	19.70	2.15	6.32	76.25	2.21
	(2019. 5)	10.05	3.21	0.42	21.40	2.23	5.54	85.40	1.56
순창6	(2019.11)	8.738	2.259	1.531	14.812	2.710	8.203	45.75	17.224
순창7	(2019.11)	11.927	2.844	1.038	18.002	6.304	7.977	54.90	20.896

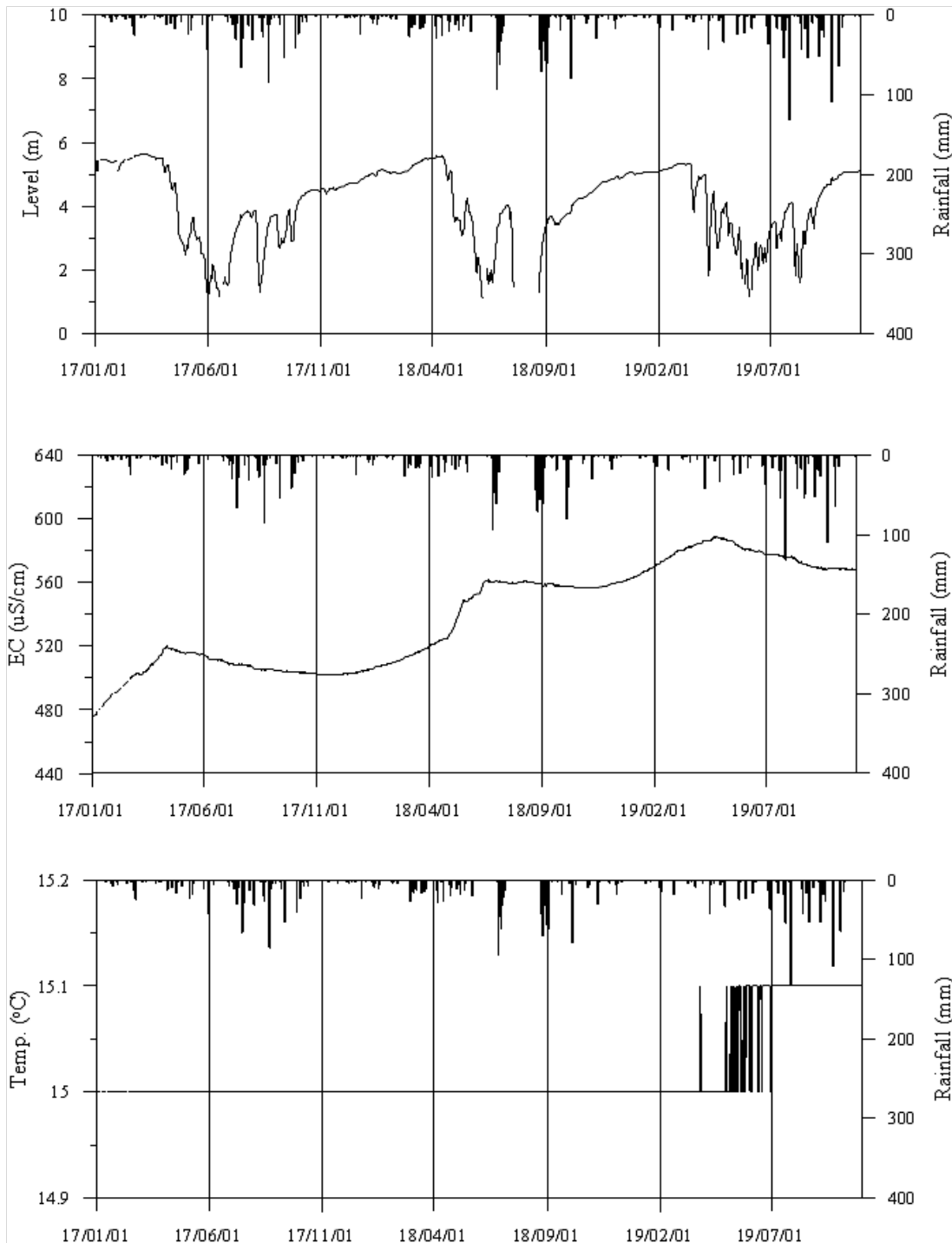
6. 장기관측 결과



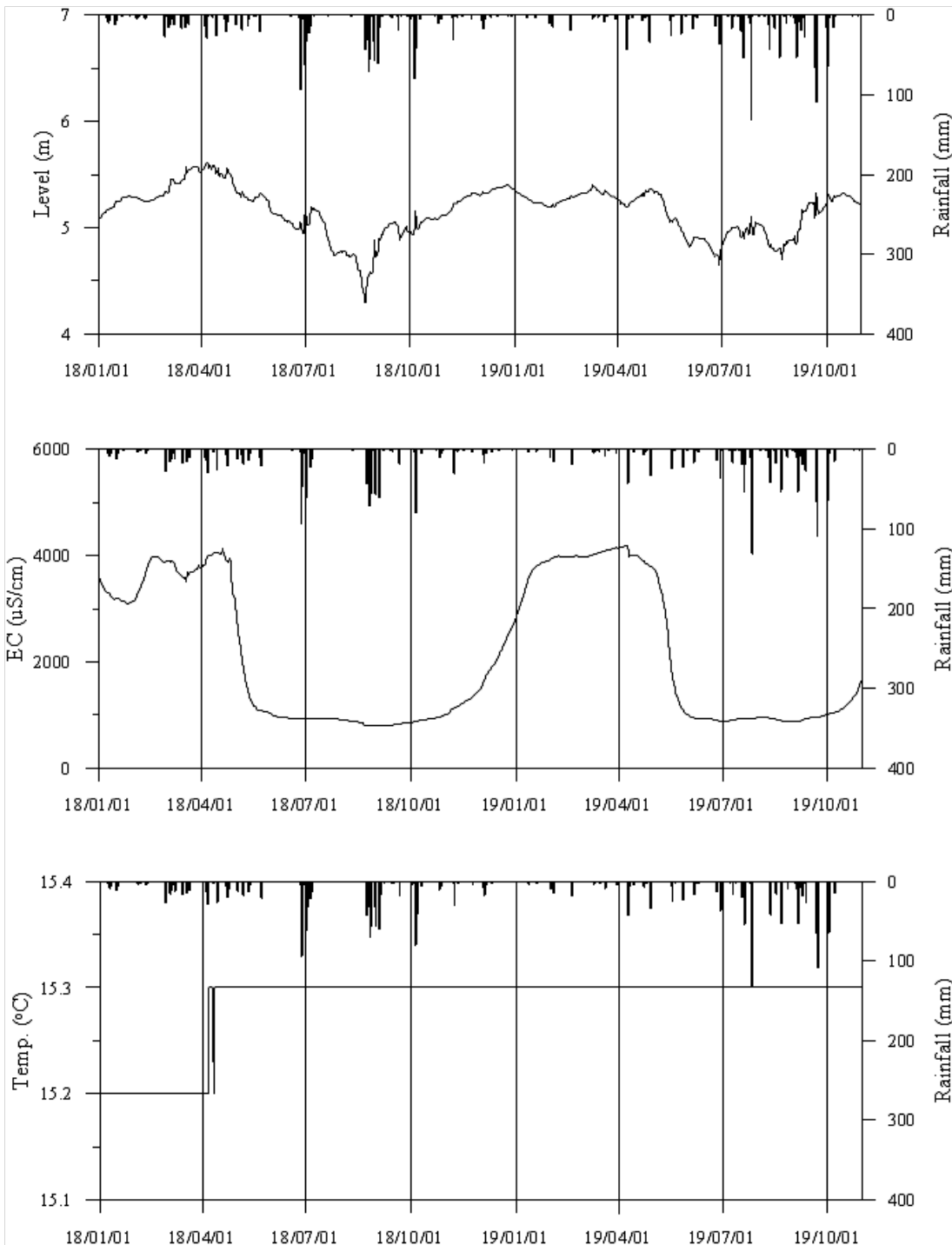
<순창1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



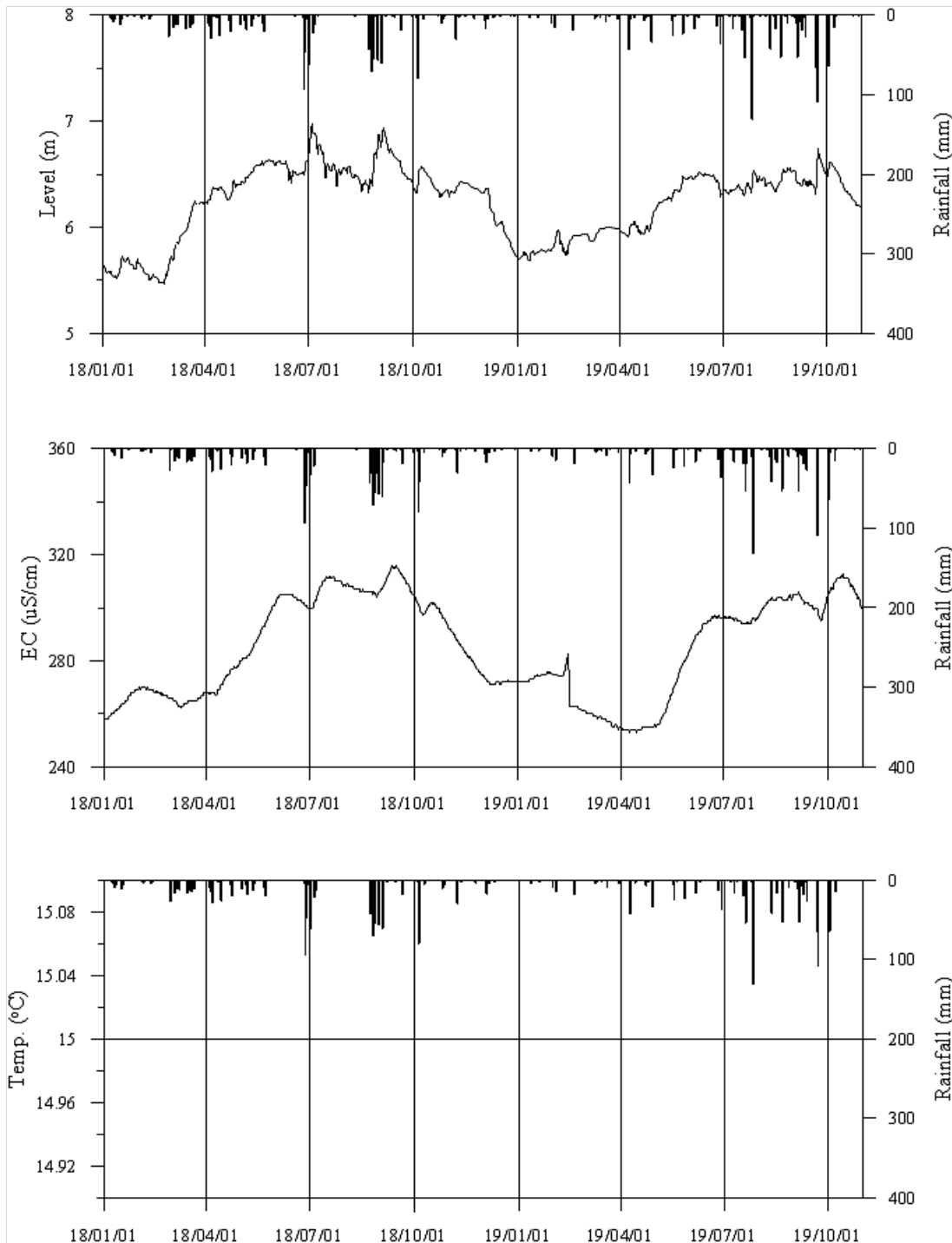
<순창2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



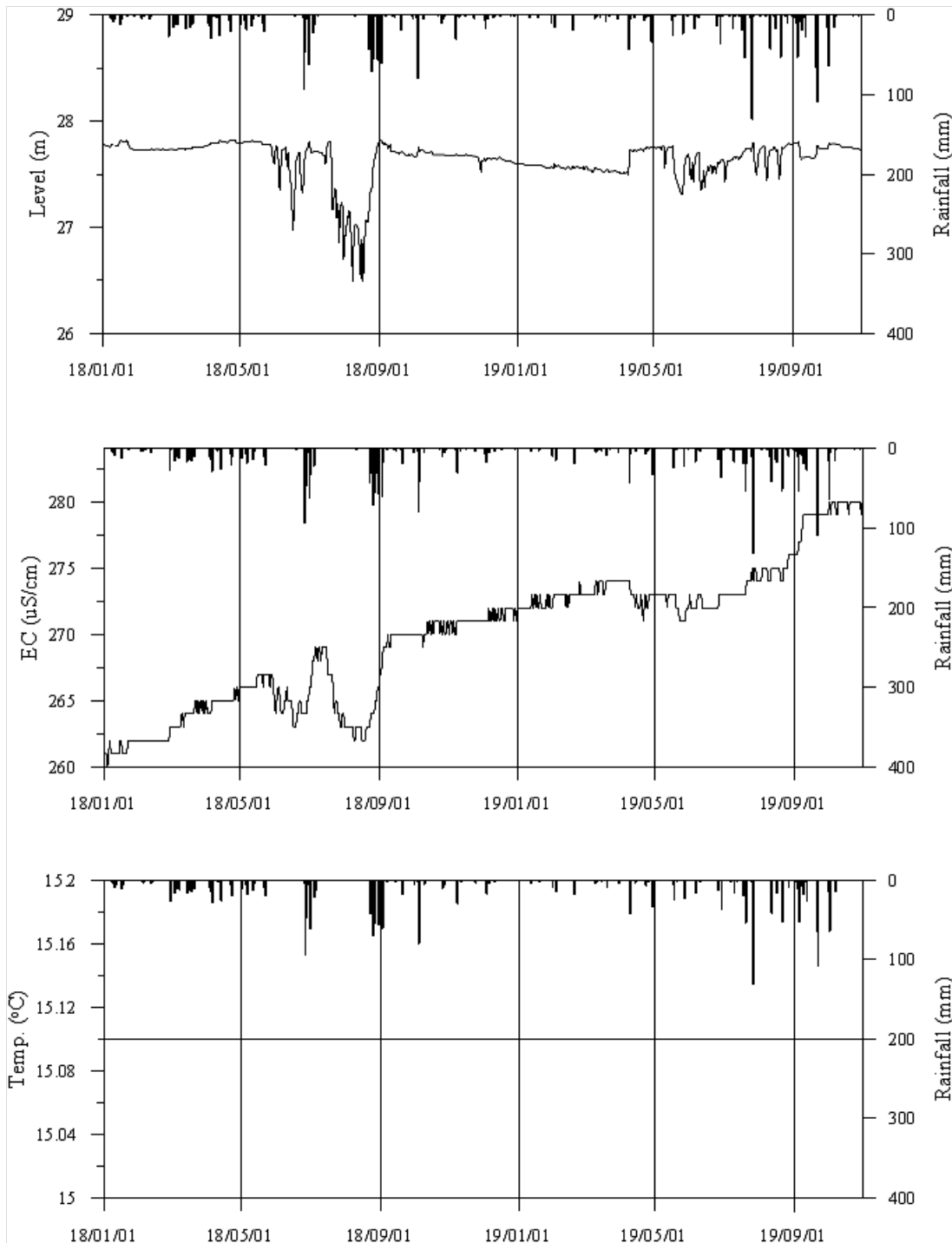
<순창3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<순창4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<순창5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<순창6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 순창1 관측공은 청문조사 및 간이 수질조사결과를 기초로 향후 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점에 인근지역의 수질 및 수량의 변화의 예측이 용이한 지점을 선정하여 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량의 변화를 관측하고자 하였다. 순창군 유등면 외이리에 위치하는 순창2 관측공은 섬진강변 발달한 농경지에 설치하였다. 관측공 인근 경지정리가 마무리된 농경지와 인계농공단지가 있다. 농경지 비료사용과 오염원이 분포밀도가 높은 지역으로 지하수 수질 오염 가능성이 있어 지속적인 수질 모니터링을 위해 관측공을 설치하였다. 순창3 관측공이 설치된 구림면 화암리 지역은 산계가 우세한 지역으로 쌍암농공단지 인근에 위치해 있다. 기 조사된 순창지구 농촌지하수관리사업 보고서에 DRASTIC 지수(156)가 높은 단계이며, 축사시설(8개소)이 위치하며, 단위면적당 오염부하량(265 kg/일/km²)이 높아 지하수 수질 관리 필요지역으로 선정된 바 있어 지속적인 수질 모니터링이 필요할 것으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 순창4 관측공이 설치된 복흥면 화양리 지역은 산계가 우세한 지역이며, 관측공 부지인근에 축사시설이 다수 분포되어 있다. 복흥면은 전반적으로 지하수 수질환경이 양호한 것으로 나타났다. 복흥면 화양리의 DRASTIC 지수는 121로써 복흥면 평균인 107보다 다소 높게 나타났다. DRASTIC 지수가 가장 높은 화양리의 지하수 수질을 지속적으로 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 순창5 관측공이 설치된 유등면 무수리 지역은 논농사 중심의 농촌지역이다. 본 지역은 단위면적당 오염부하량이 유등면 평균인 309.0kg/일/km²보다 2배 이상 높은 754.2kg/일/km²으로 나타났다. 또한 DRASTIC 지수가 121로 유등면 내에서 가장 높은 수치를 나타내어 장기적인 수질 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다. 순창6 관측공은 잠재오염원이 117개소로 다소 많고 단위면적당 오염부하량이 68.7 kg/일/km², DRASTIC 지수가 116으로 높아 장기적인 수질 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다. 또한 순창7 관측공은 오염부하량이 107.0 kg/일/km², DRASTIC 지수가 106으로 다소 낮으나 잠재오염원이 많아 장기적 수질모니

- 터링을 위해 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 순창6, 7 관측공의 양수량은 50, 300 m³/d 이며, 수리전도도는 $4.47 \times 10^{-6} \sim 4.95 \times 10^{-5}$ cm/sec(대수층 두께 각 94 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 각 약 1,000 ~ 6,000 ohm-m, 약 1,000 ~ 26,000 ohm-m 범위이다. 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")과 장노말(64 ") 값은 순창6 관측공의 경우 전 구간에서 파쇄대가 발달하지 않을 것으로 보이며, 순창 7 관측공은 40, 60, 95 m 구간에서 단노말과 장노말이 매우 유사하게 나타난다.
 - 3) 지하수 검층 결과 : 순창1 관측공의 전기전도도는 전반적으로 350 $\mu S/cm$ 이 내이며, 순창2 관측공의 전기전도도는 20 ~ 67 m까지는 500 $\mu S/cm$ 내외이나, 이후부터 공저까지 약 1,500 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 순창3 관측공은 전체 구간에서 120 $\mu S/cm$ 내외이다. 순창4 관측공의 경우 일부 구간(70 ~ 80 m)을 제외하고 케이싱 하부에서 공저까지 증가하며, 172 ~ 182 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 순창5 관측공은 케이싱 하부에서 20 m 까지 감소하나 이후부터 공저까지 172 ~ 179 $\mu S/cm$ 로 증가한다. 순창6 관측공은 케이싱 하부부터 점차 증가하여 190 ~ 210 $\mu S/cm$ 범위에서 유사한 패턴을 보인다. 순창7 관측공은 50 m까지는 178 $\mu S/cm$ 정도를 보이며, 50 m 이후에는 점점 낮아져 160 ~ 165 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다.
 - 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 순창지구 관측공은 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 순창1 관측공은 질산염 농도가 먹는물 수질 기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하고, 특히 2012년에는 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)도 초과하여 농어업용수로 부적합하다. 따라서 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 차단에 만전을 기해야 한다. 순창3 관측공은 하부구간의 고농도 염류 유입에 유의하여야 한다.
 - 5) 장기 관측결과 : 순창1 관측공의 지하수위는 개발이후 완만한 증가추세(83 m에서 90 m)를 나타내며, 전반적으로 5월부터 지하수위가 하강하고 우기가 시

작되면 수위가 서서히 상승하여 9월이면 회복된다. 최근의 지하수위 변화폭은 약 3 m 이내이며, 전기전도도는 2015년 2월경 약 $120 \mu S/cm$ 로 감소한 후 완만한 증가 추세를 나타낸다. 순창2 관측공의 지하수위는 강우에 민감하고, 변화폭이 2 m 이내이다. 전기전도도는 $450 \sim 750 \mu S/cm$ 범위로 일반적인 내륙 암반지하수에 비해 높은 편이다. 순창3 관측공은 지하수위가 강수와 상관관계를 가지며, 수위 변화폭은 약 1.5 m 이내이고 전기전도도는 $124 \sim 126 \mu S/cm$ 범위이다. 순창4 관측공의 지하수위와 전기전도도는 국부적으로 강우의 영향을 보이나, 전반적으로 겨울에는 높고 여름에 낮아지는 계절적 패턴을 보인다. 지하수위는 $4.3 \sim 5.8$ m 범위이며, 전기전도도는 $900 \sim 4,000 \mu S/cm$ 내외를 보인다. 순창5 관측공은 순창 4와 비슷한 계절적 패턴을 보이며, 수위는 $5.5 \sim 7.0$ m, 전기전도도는 $250 \sim 320 \mu S/cm$ 범위를 나타낸다. 순창 6 관측공은 강우의 영향을 보이며, 전기전도도는 지속적으로 증가하고 있는 경향을 보인다.

- 6) 관리 방안 : 순창1 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재 전기전도도 값은 높지 않으나 질산염의 농도가 높아 먹는 물 수질기준을 초과하고, 농업용수 수질기준을 초과하기도 한다. 우선적으로 지표오염물질의 대수층 유입 차단마련이 시급하고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화를 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 순창2 관측공은 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 하부구간 염도가 높은 지하수가 유입되므로, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 순창 3 관측공 주변 지하수는 청정수질을 지속적으로 보전관리하면서 이용할 수 있는 방법을 강구하여야 한다. 또한 순창6 관측정도 지속적으로 전기전도도 값이 증가하고 있으므로 주변 지하수에 대한 적정 이용량 체크 등 지속적인 모니터링이 요구된다.

2.6.4 장수지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
장수1	장수군 장수읍 장수리 673-1	246548.545	238647.724	415.813	2009	412.38
장수2	장수군 장수읍 대성리 1579	241,143.160	332,450.699	520.16	2018	519.16
장수3	장수군 장계면 월강리 746	253,964.299	348,384.346	363.33	2018	361.33
장수4	장수군 변암면 대론리 1356	247935.1240	323233.0290	213.6	2019	5.51
장수5	장수군 계북면 원촌리 513-1	256573.1622	355479.9153	487.0	2019	0.00

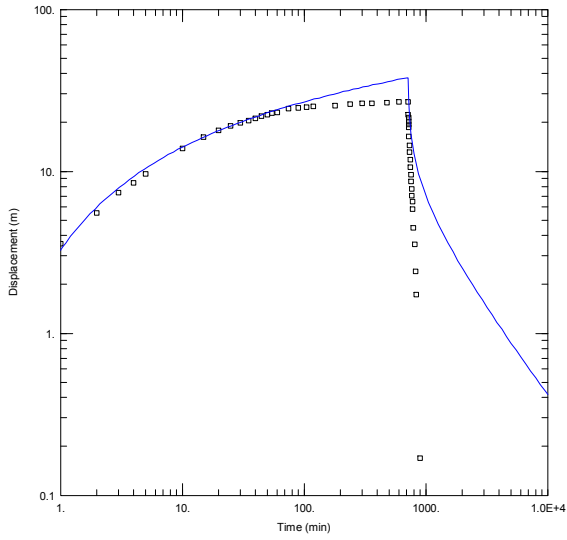
2. 지형 및 지질

장수지구는 장수읍에서 남서쪽으로 약 1 km 떨어진 곳에 위치하고 있으며, 서쪽으로는 선각산, 북쪽으로는 봉화산으로 둘러싸여 평야지대를 이룬다. 지질은 선캄브리아기의 변성암류와 이를 관입한 트라이아스기의 화성암류, 그리고 쥐라기의 산성암맥이 발달하였으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 변성암류는 주로 흑운모편마암과 반상변정질 편마암으로 구성되며, 관입 화성암류는 반상화강암과 중립질화강암, 엽리상화강섬록암 등이 분포하고 있다.

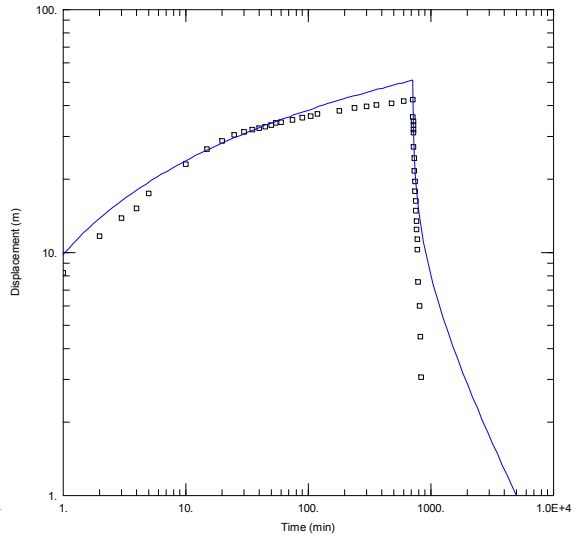
3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 장수4, 장수5 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장 조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



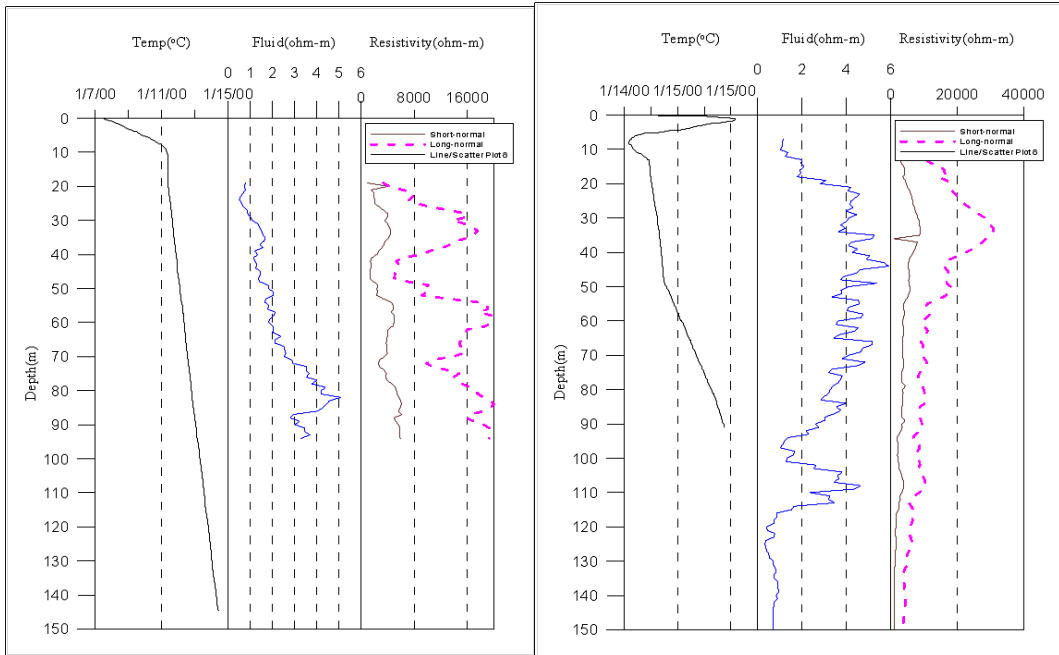
<장수4 관측공 양수시험>



<장수5 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
장수4	300	4.163	5.88×10^{-5}	82
장수5	51	0.6324	5.08×10^{-6}	144

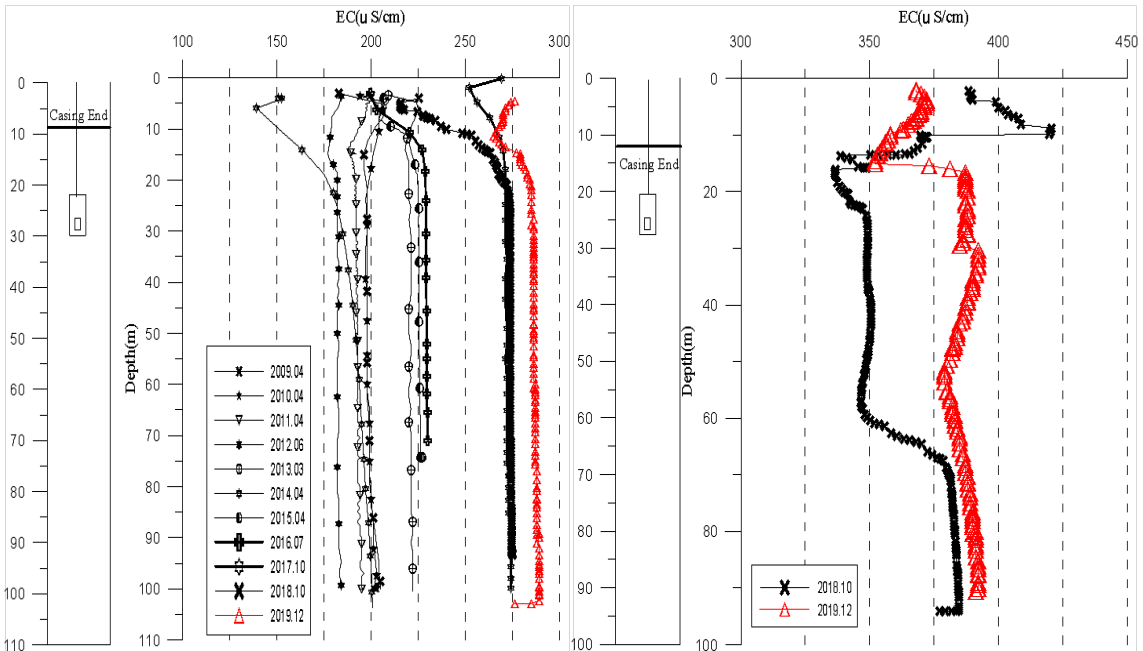
◎ 물리검층



<장수4 관측공 물리검층>

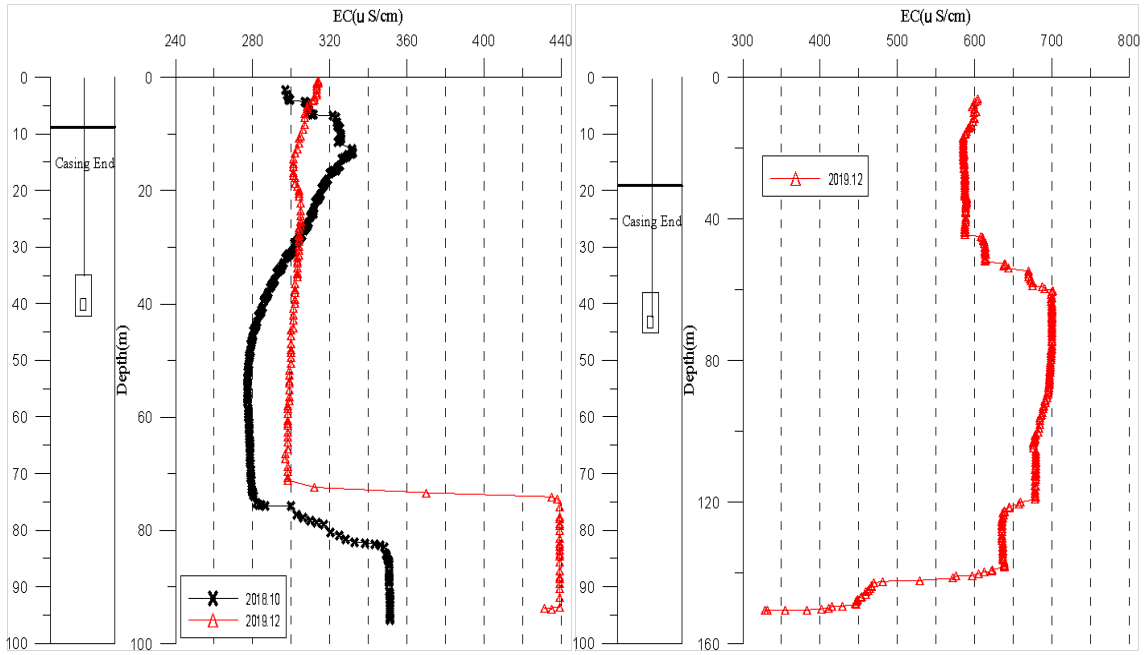
<장수5 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



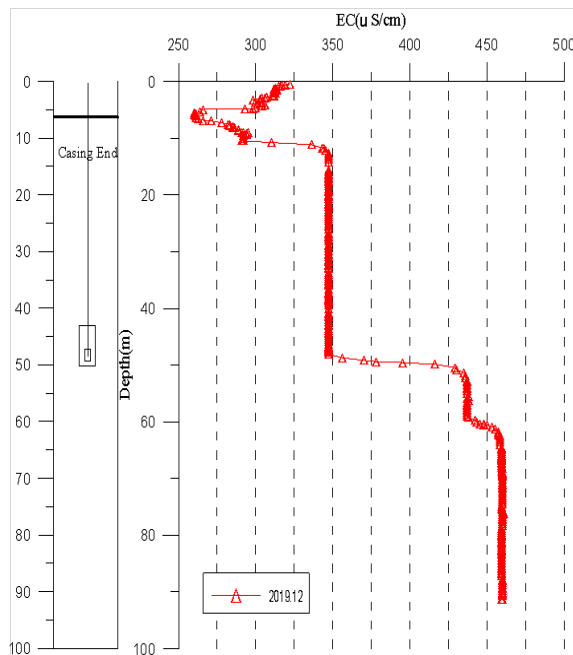
<장수1 관측공>

<장수2 관측공>



<장수3 관측공>

<장수4 관측공>



<장수5 관측공>

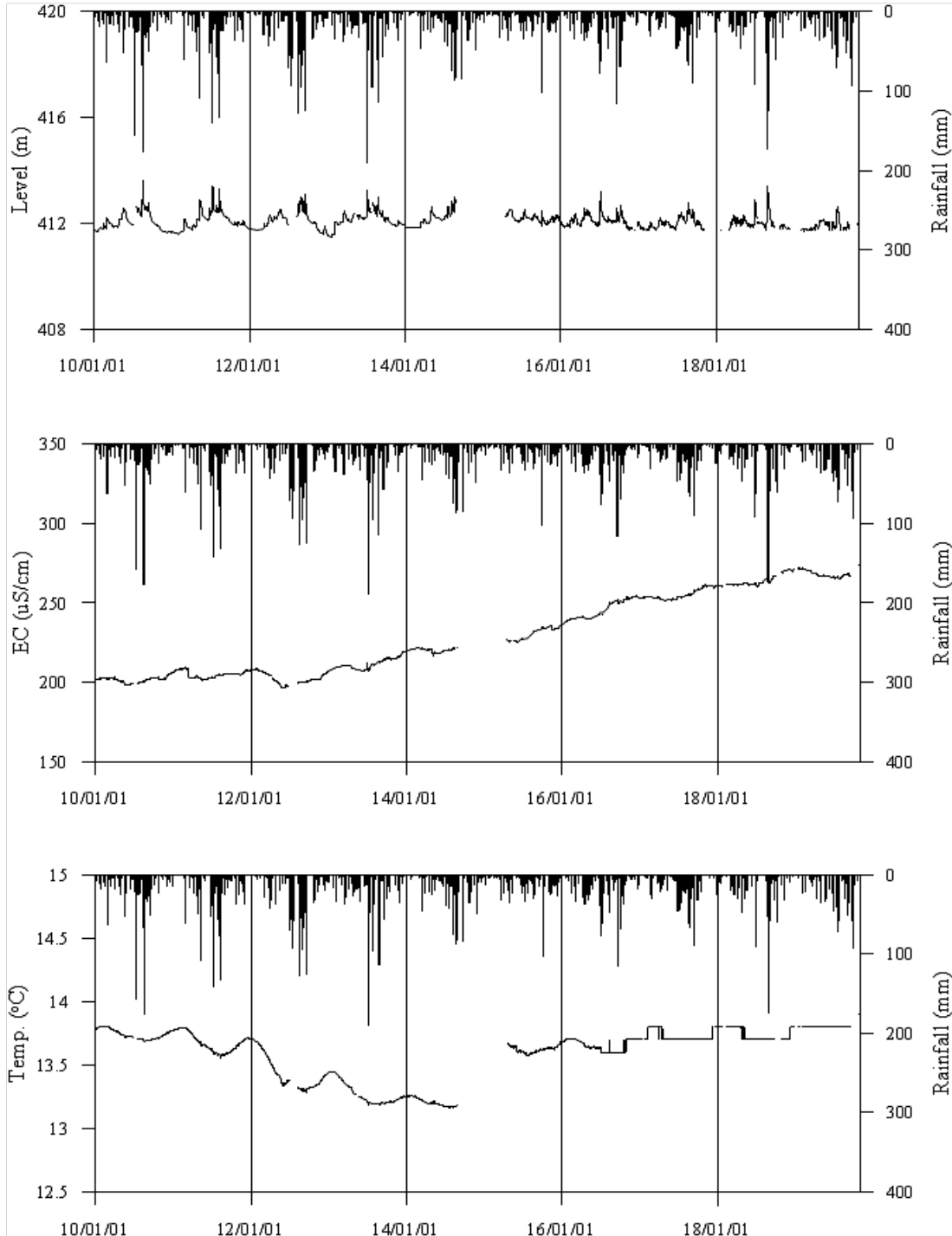
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

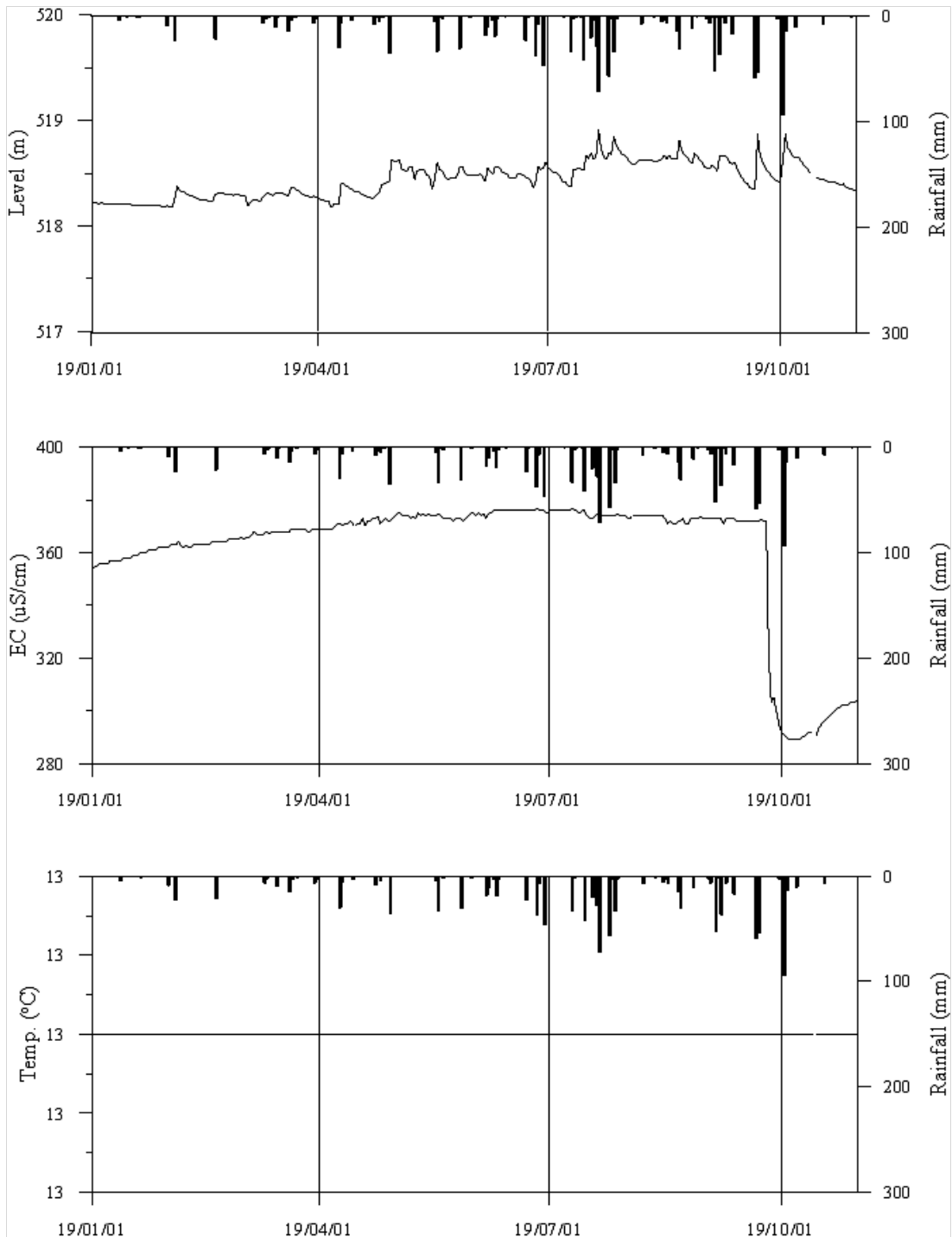
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
장수1	(2009. 4)	10.09	4.06	2.22	19.50	8.78	15.55	42.70	19.67
	(2010. 4)	12.69	4.71	1.65	23.07	10.34	16.72	61.00	21.71
	(2011. 4)	11.91	4.44	0.18	23.99	10.89	16.71	70.15	N.D.
	(2012. 6)	12.85	4.07	1.75	23.59	11.00	15.05	42.70	60.35
	(2013. 4)	12.39	4.46	1.48	21.52	12.21	19.11	54.90	25.82
	(2014. 4)	12.14	3.16	5.17	22.00	12.97	18.39	54.90	22.95
	(2015. 4)	12.31	4.97	1.86	23.40	12.81	20.51	48.80	20.25
	(2016. 7)	12.70	5.60	2.00	26.30	10.00	22.30	75.00	3.60
	(2017.10)	10.20	4.98	1.78	24.59	7.28	24.60	64.05	11.32
	(2018. 7)	14.09	5.49	2.04	27.76	13.57	25.80	61.00	20.44
장수2	(2019.12)	15.67	6.24	2.08	29.80	13.97	26.24	67.10	21.73
	(2018. 9)	9.93	8.11	2.04	37.09	12.57	23.70	79.30	37.14
장수3	(2019.9)	12.59	8.38	2.96	43.94	11.86	21.50	103.70	38.59
	(2018. 9)	14.21	6.26	3.13	25.17	11.12	24.58	76.25	6.44
장수4	(2019.9)	21.55	8.06	3.35	30.70	14.41	54.21	51.85	18.07
	(2019.9)	50.52	4.61	1.60	17.93	5.64	5.03	164.70	0.37
장수5	(2019.9)	83.54	6.11	4.65	25.06	52.10	54.83	122.00	0.05

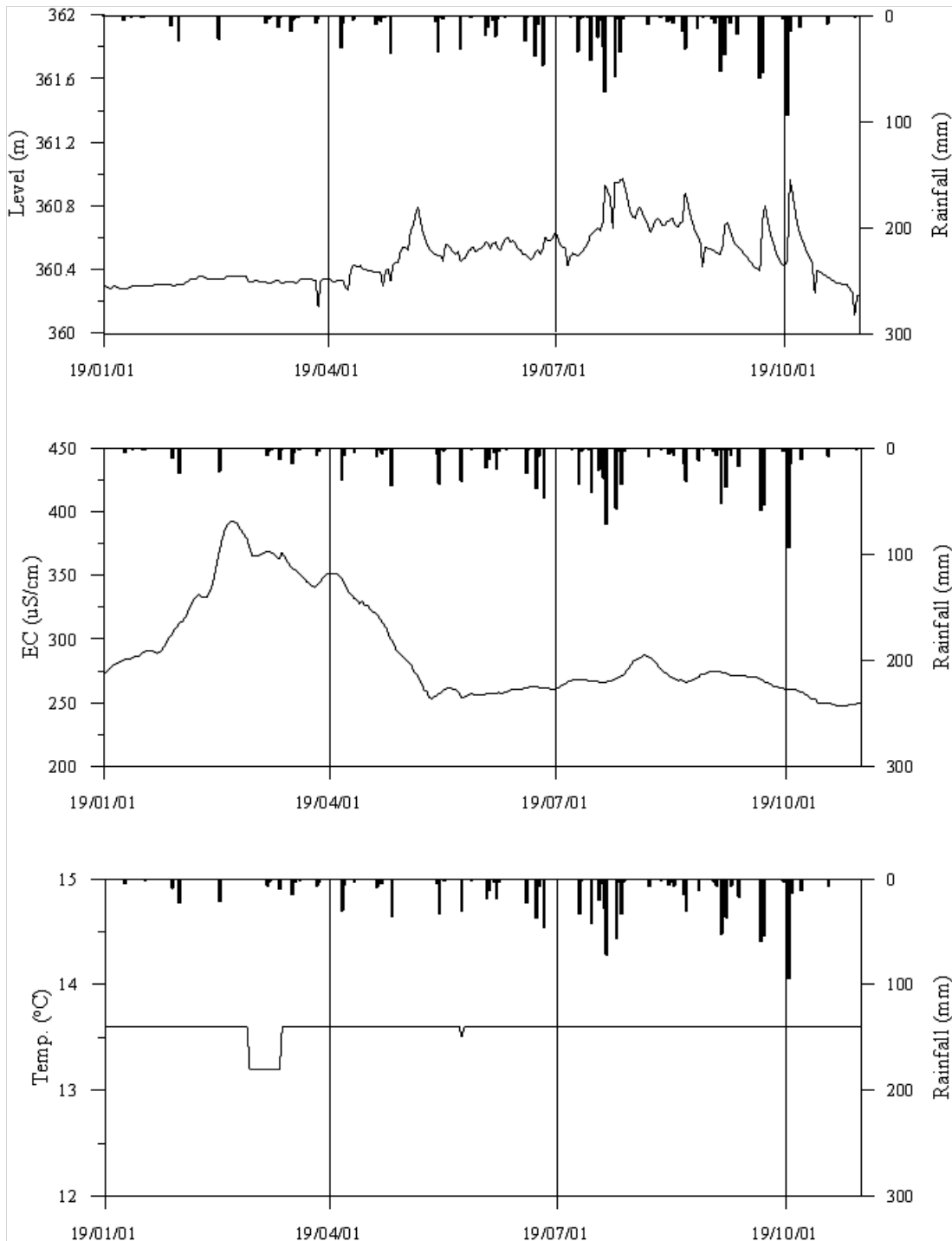
6. 장기관측 결과



<장수1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장수2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장수3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 장수1 관측공은 청문조사 및 간이 수질조사결과를 토대로 향후 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점에 인근지역의 수질 및 수량의 변화의 예측이 용이한 지점을 선정하여 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량 변화를 관측하고자 설치하였다. 장수2 관측공이 설치된 장수읍 대성리 지역은 산계가 우세한 위치에 있으며, 기 조사된 장번지구 농촌지하수관리사업 보고서에 잠재오염원(축사 25개소, 오수배출시설 3개소)이 존재하여 오염원 분포 밀도(3.28개소/km²)와 단위면적당 오염부하량(1,640kg/일/km²)이 높아 지하수 수질관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수질 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다. 장수3 관측공이 설치된 장계면 월강리 지역은 인근에 장계농공단지가 위치하고 있으며, 동쪽으로는 산계가 우세한 지역이다. 기 조사된 장계지구 농촌지하수관리사업 보고서에 단위면적당 이용량(37.2천m³/년/km²)과 단위면적당 관정밀도(22.6공/km²)가 높아 지하수 수량관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수량 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 장수4, 5 관측공의 양수량은 300, 51 m³/d 이며, 수리전도도는 $5.08 \times 10^{-5} \sim 5.88 \times 10^{-6}$ cm/sec(대수층 두께 각 82, 144 m)이다. 물리검층 결과, Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 각 약 0 ~ 20,000 ohm-m, 약 0 ~ 30,000 ohm-m 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 장수4 관측공의 경우 40 ~ 50 m 구간에서, 장수5 관측공의 경우 60 m 구간부터 공저까지 상호 유사한 것으로 나타나는 것으로 보아 이 구간에 파쇄대가 발달한 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 장수1 관측공의 전기전도도는 전 심도에서 약 280 $\mu S/cm$ 이내이며, 케이싱 이하 구간에서 심도에 따른 전기전도도의 변화는 없다. 장수2 관측공의 전기전도도는 케이싱 이하 구간에서 감소하나 심도 18 m 이하 구간에서 증가하며 약 330 ~ 385 $\mu S/cm$ 내외이다. 장수3 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부에서 약 40 m 심도까지 감소한 후 공저까지 증가하며 약 280 ~ 350 $\mu S/cm$ 내외이다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 장수1, 4, 5 관측공은 $\text{Na}-\text{HCO}_3$ 유형에 속하며, 장수2 관측공은 $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ 유형, 장수3 관측공은 $\text{Na}-\text{Cl}$ 유형으로 분석된다. 장수1 관측공은 2012년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 이를 제외하고는 공통적으로 먹는물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 따라서 현재까지 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 장수1 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화 현상이 잘 나타나고 있으며, 변화폭은 약 2 m 이내이다. 전기전도도는 2012년 중순을 기점으로 점차적으로 증가하나, 전체적으로 약 $260 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하로 나타나고 있다. 장수2 관측공은 518 ~ 520 m 범위에서 변화하며 2019년 10월 이후부터 $290 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 낮아졌다. 장수3 관측공은 360 m 내외에서 지하수위가 변화하며 강수에 의한 영향은 낮은 것으로 보인다. 전기전도도는 $250 \sim 400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위에서 변화하며 겨울철에 높고 여름철에 낮게 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 장수지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 전기전도도 값이 높지 않으나 질산염농도가 먹는물 수질기준을 초과한 이력이 있다. 따라서 지표오염물질의 대수층 유입을 차단하고 지속적으로 지하수위 및 수질의 변화를 모니터링 하여야 한다.

2.6.5 고창지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
고창1	고창군 아산면 구암리 744	164704.21	219590.27	9.577	2010	5.87
고창2	고창군 고창읍 덕산리 192-50	172071.191	214064.589	55.897	2014	46.06
고창3	고창군 성내면 산림리 1227	177,306.444	325,532.473	27.06	2018	24.66
고창4	고창군 흥덕면 사포리 514-2	170659.6855	327857.8637	4.54	2019	1.73

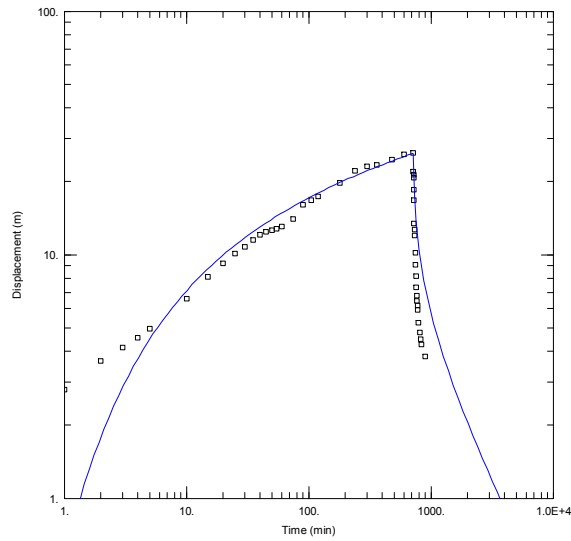
2. 지형 및 지질

고창지구 동남쪽은 노령산맥을 경계로 전라남도 장성군, 남쪽은 전라남도 영광군에 접하여 도계를 이루며, 북동쪽으로 정읍시, 북쪽으로 일부는 육지, 나머지 대부분은 곰소만을 넘어서 부안군에 접하고, 서쪽은 굴곡이 많은 서해안이다. 지질은 선캄브리아기의 화강암질편마암이 널리 분포하며, 중생대 쥐라기의 대보화강암이 분포하여 내륙분지 및 호남평야의 침식평야를 형성한다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 고창4 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

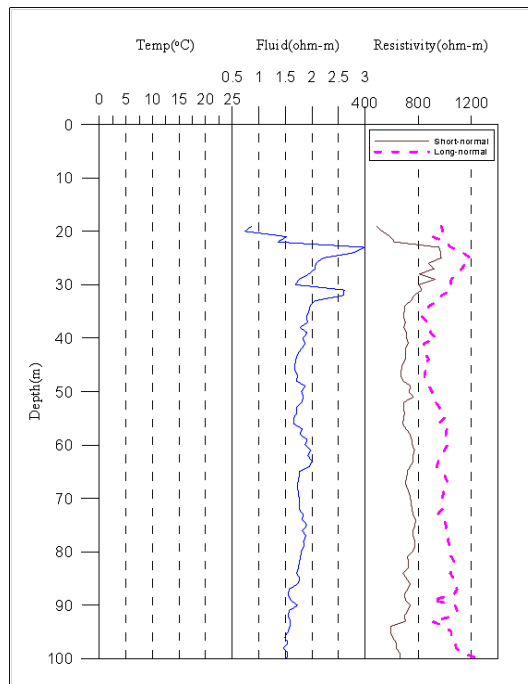
◎ 양수시험



<고창4 관측공 양수시험>

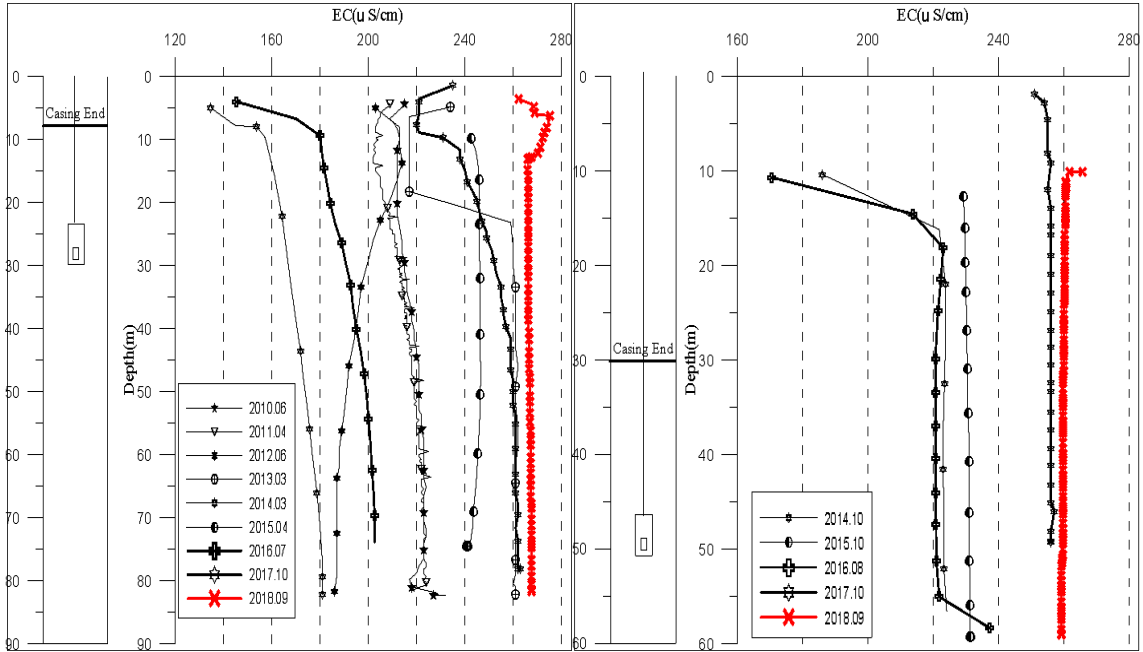
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
고창4	60	0.6951	9.81×10 ⁻⁶	82

◎ 물리검층



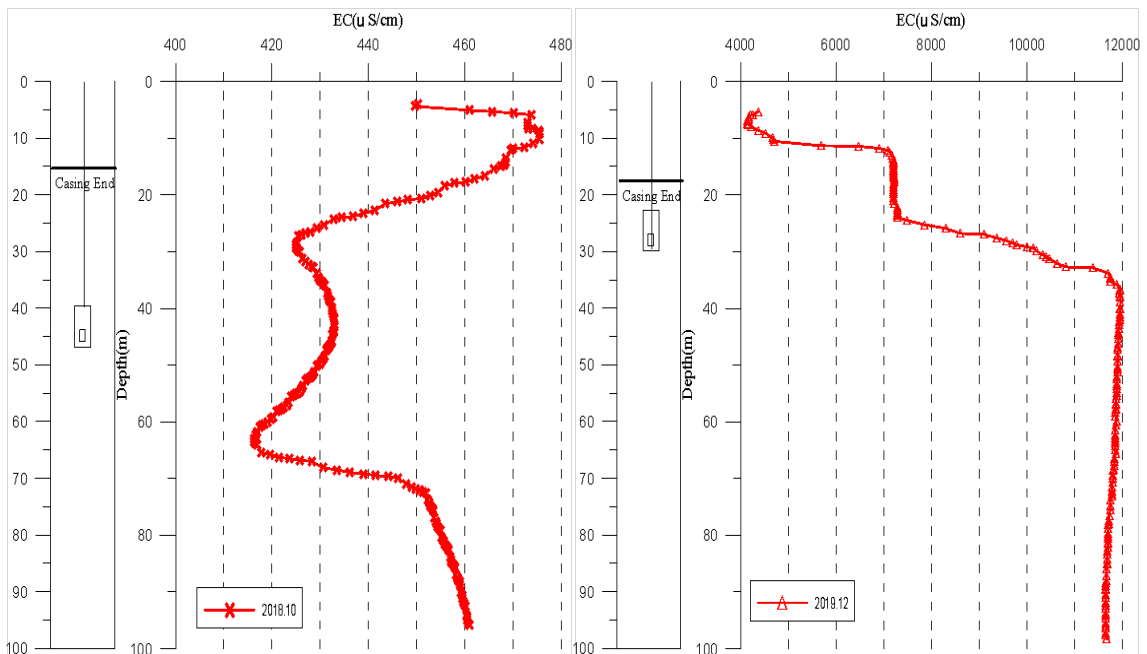
<고창4 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<고창1 관측공>

<고창2 관측공>



<고창3 관측공>

<고창4 관측공>

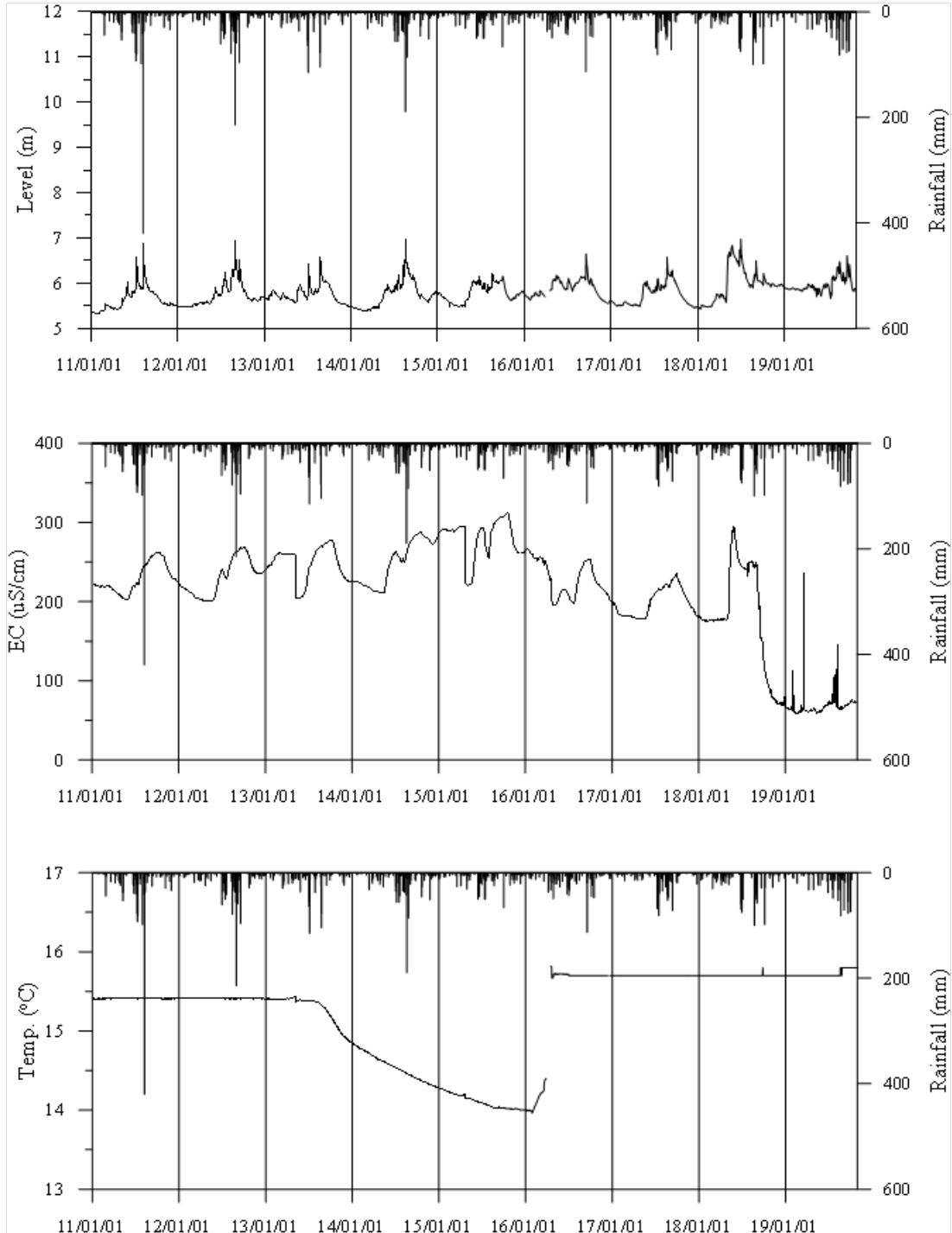
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

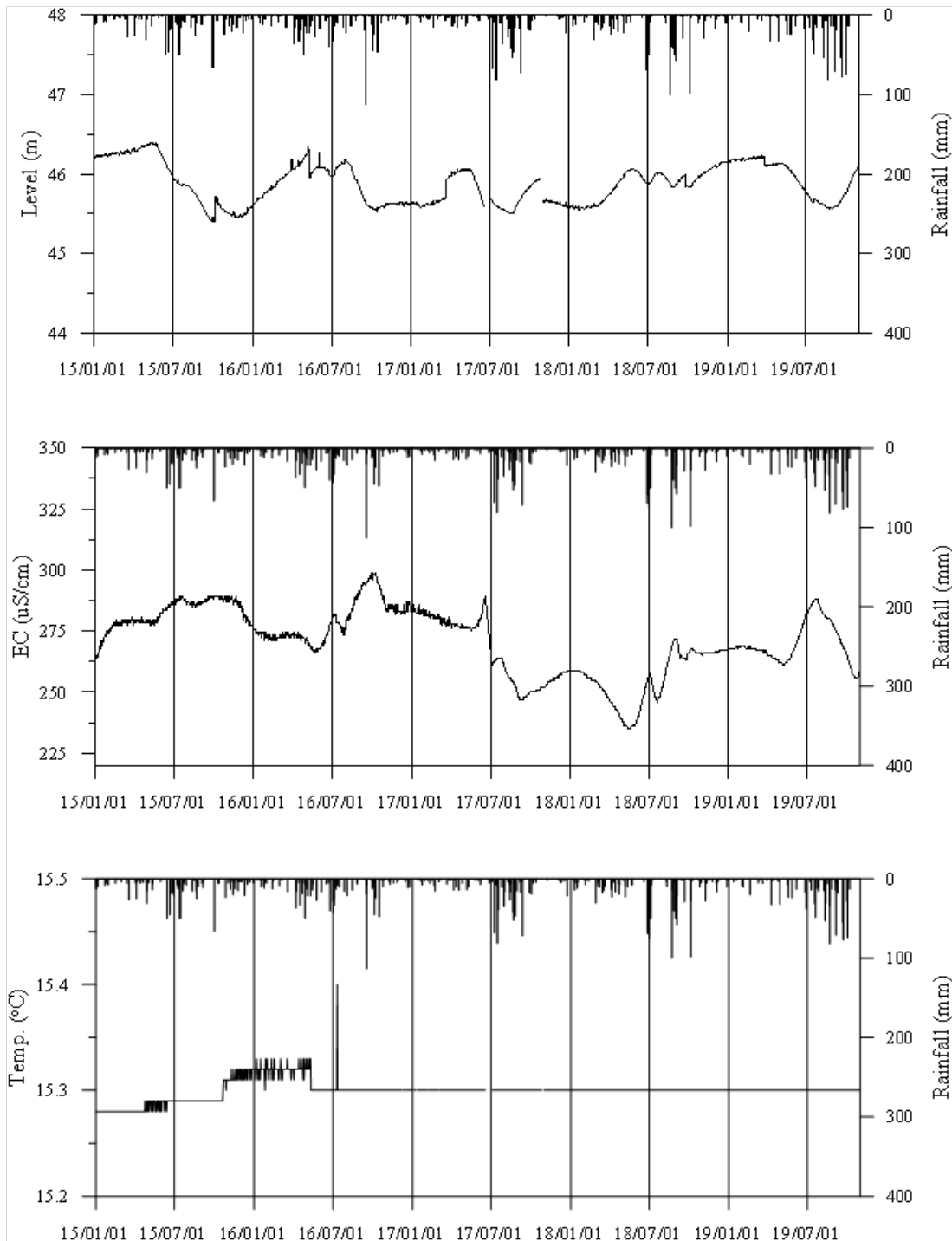
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
고창1	(2010. 6)	14.05	1.05	0.73	31.96	3.06	12.25	115.90	3.00
	(2011. 4)	13.55	0.99	0.03	37.50	2.66	11.17	119.00	N.D.
	(2012. 6)	13.06	1.11	0.40	35.79	3.64	12.16	115.90	8.27
	(2013. 4)	14.63	1.13	0.46	31.43	2.87	13.80	106.75	4.08
	(2014. 4)	12.74	0.81	0.63	33.41	2.19	10.87	100.65	6.74
	(2015. 4)	14.93	1.10	0.45	34.96	3.52	11.71	112.85	0.81
	(2016. 7)	11.30	1.00	0.30	29.00	1.00	10.10	103.10	1.00
	(2017.10)	13.91	0.92	0.89	31.99	3.84	11.88	106.75	3.65
	(2018. 7)	11.11	0.84	0.30	27.29	1.88	10.09	82.35	5.57
(2019.05)	13.76	1.07	0.18	42.67	4.74	13.34	128.10	0.36	
고창2	(2014.10)	21.17	3.18	1.67	19.26	0.41	24.96	39.65	47.45
	(2015. 4)	20.26	3.10	1.78	17.69	1.05	31.76	27.45	52.31
	(2016. 7)	17.30	2.80	1.40	15.60	0.00	25.30	45.80	11.30
	(2017.10)	21.47	3.13	1.88	17.98	1.38	31.14	36.60	52.12
	(2018. 7)	21.02	3.13	1.64	18.57	0.22	30.74	30.50	47.00
	(2019.05)	19.14	3.72	1.95	23.17	0.52	25.80	36.60	51.30
고창3	(2018. 9)	18.45	11.18	1.85	39.44	3.29	43.85	67.10	83.05
	(2019.05)	20.82	11.31	1.83	41.27	0.87	27.18	88.45	83.88
고창4	(2019.11)	667.52	29.54	41.42	9.46	163.28	898.84	146.40	78.79

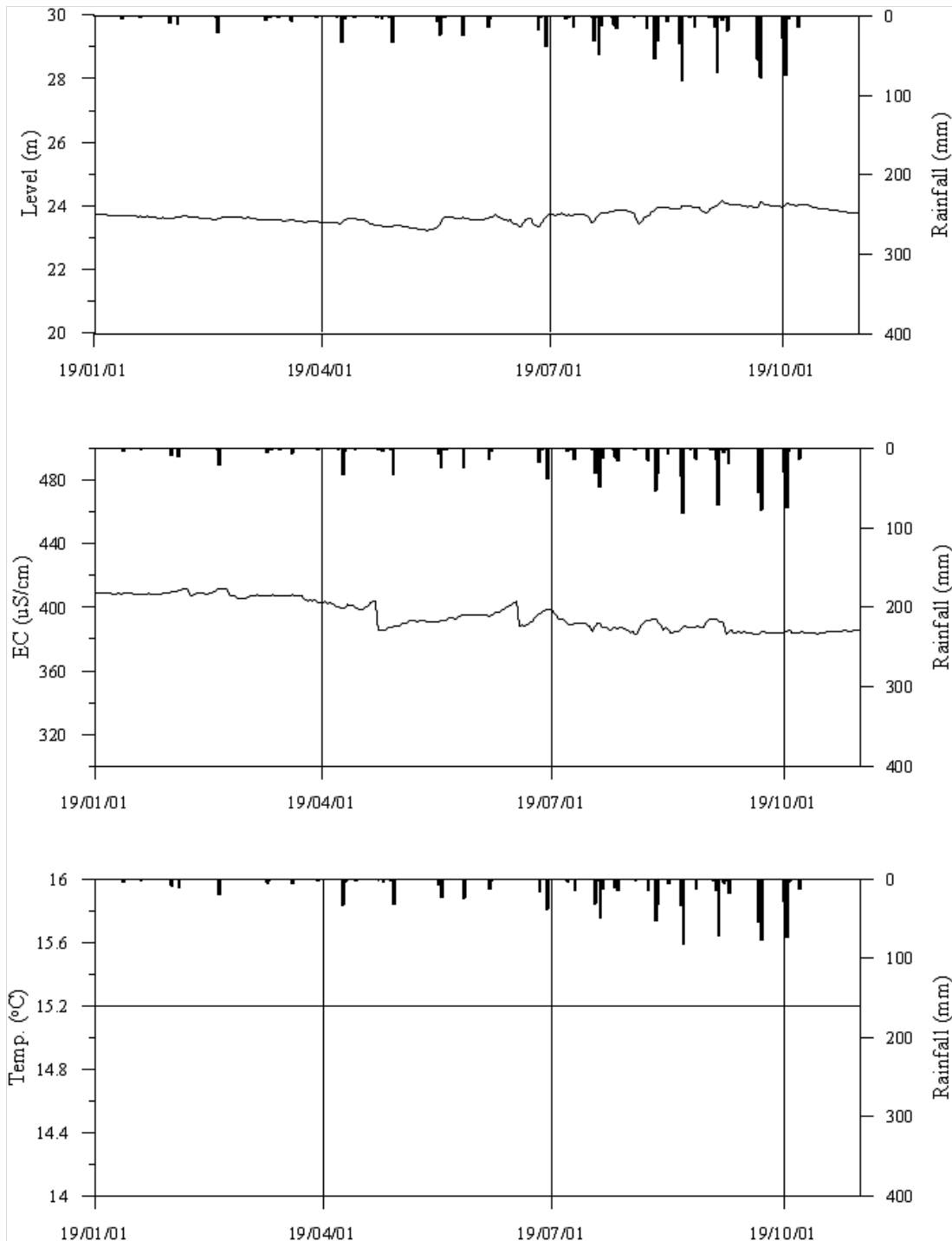
6. 장기관측 결과



<고창1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고창2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고창3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고창1 관측공은 청문조사 및 간이 수질조사결과를 기초로 향후 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점에 인근지역의 수질 및 수량의 변화의 예측이 용이한 지점을 선정하여 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량의 변화를 관측하고자 하였다. 고창군 고창읍 덕산리에 위치하는 고창2 관측공은 도농복합지역 농어촌 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하기 위해 설치되었다. 고창3 관측공이 설치된 성내면 산림리 일원은 논농사 중심의 농촌지역이다. 성내면 산림리의 개발가능량 대비 이용량은 95.7%로, 성내면의 평균인 70.3%에 비해 높은 수치를 나타내고 있다. 또한 산림리의 단위면적당 이용량은 성내면의 평균 이용량인 101.3천 $m^3/년/km^2$ 보다 높은 138.0천 $m^3/년/km^2$ 으로 나타나 지하수 수량관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수량 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 고창3, 4 관측공은 질산성질소가 각각 20.1, 24.3 mg/l 로 다른 읍면보다 다소 높게 나타났으며, DRASTIC 지수도 118 이상으로 다소 높게 나타나 지속적인 수질오염 관측을 위해 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 고창4 관측공의 양수량은 60 m^3/d 이며, 수리전도도는 9.81×10^{-6} cm/sec (대수층 두께 82 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid의 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 400 ~ 12,000 $ohm-m$ 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 15 ~ 70 m 구간에서 유사하게 나타나는 것으로 보아 파쇄대가 발달한 것으로 보인다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 고창3 관측공의 전기전도도는 약 410 ~ 475 $\mu S/cm$ 범위이며, 케이싱 하부에서 심도가 증가하면서 전기전도도의 증가 또는 감소가 반복하는 경향을 보인다. 고창4 관측공은 케이싱 하부 35 m 까지 증가를 보이다 35m 이후부터는 118 ~ 1,200 $\mu S/cm$ 범위를 유지한다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 고창1 관측공은 $Na-HCO_3$ 유형, 고창2, 4 관측공은 특별한 유형을 나타내지는 않으나 $Na-Cl$ 유형에 가까우며,

고창3 관측공은 Na-HCO_3 유형에 속한다. 고창2 관측공에서 나트륨 이온이 과다 검출되는 이유는 지표오염원(하폐수, 분뇨 등)에 의한 원인으로 추정된다. 이는 지표기원 오염물질인 질산염 농도로도 확인이 가능한데, 고창2 관측공의 질산염 농도는 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되지만, 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하는 경우가 빈번하다. 결과적으로, 고창2 관측공 주변 지하수는 지상부 오염원의 대수층 직접유입이 지하수 오염을 초래하였음을 알 수 있다.

- 5) 장기 관측결과 : 고창1 관측공은 강수와 상관관계가 높아 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며 수위 변화폭은 약 2 m 이내이다. 전기전도도는 지하수위 증감에 따라 비례하며, 변화폭은 약 $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이내이다. 고창2 관측공은 강수와 지하수위의 상관관계가 비교적 덜한 편이고, 전기전도도는 $240 \sim 300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이다. 고창3 관측공은 23 ~ 24 m 내외에서 수위변화를 보이고 전기전도도는 $380 \sim 410 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위를 보인다.
- 6) 관리 방안 : 고창지구는 고창2 관측공 설치지구 대수층에 질산염과 나트륨 등을 포함한 하폐수 내지 축산분뇨 등이 유입되어 수질오염을 유발하고 있다. 따라서 지상부 오염원의 대수층 유입 방지가 요구된다.

2.6.6 진안지구

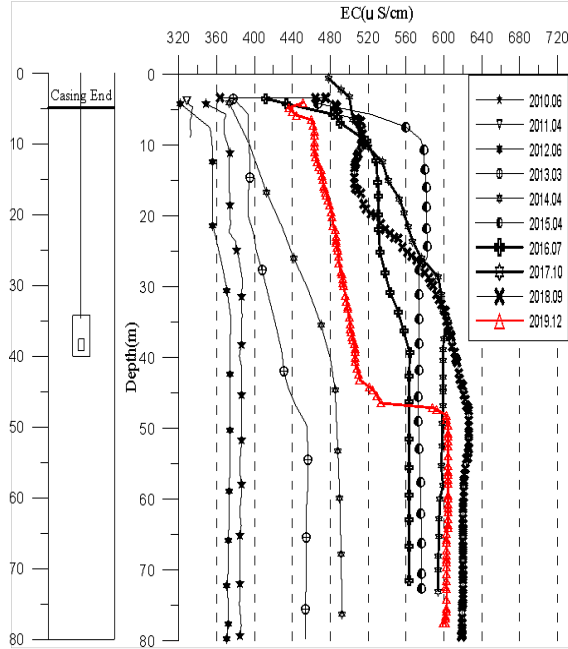
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
진안1	진안군 진안읍 군상리 845-2	238373.67	255056.35	294.04	2010	290.45
진안2	진안군 마령면 덕천리 1892	230145.44	251298.34	291.01	2016	287.61

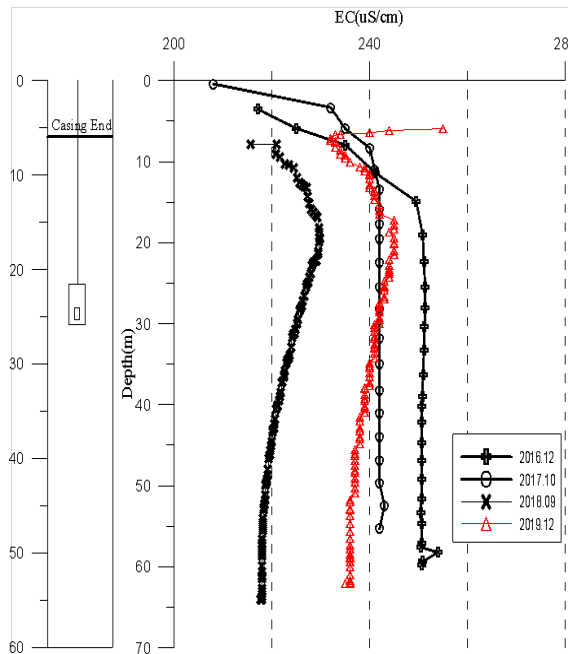
2. 지형 및 지질

진안1 관측공은 동쪽으로 무주군과 장수군, 남쪽으로 장수군과 임실군, 서쪽으로 완주군 및 북쪽으로 충남 금산군에 인접해 있고, 약 82%가 산악지대를 형성하고 있으며, 금강 및 섬진강으로 수계가 구분되어 진다. 지질은 선캄브리아기의 화강암질 편마암이 분포하며, 중생대 백악기의 진안층군이 퇴적암류와 역암으로 구성되어 있다. 진안2 관측공은 전라북도 진안군 중심에서 남서쪽 약 8.5 km 떨어진 마령면 덕천리에 위치하고, 지구 상류에 덕천저수지가 있다. 지구 북쪽의 무명산(664 m)을 중심으로 약 500 m 내외의 산들이 연속되고 있으며, 지구 남쪽에서 약 400 m의 산계가 북동방향으로 발달되었다. 지질은 중생대 백악기 진안층군 사암과 셰일이 교호하며 흑색을 띠며, 그 위를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<진안1 관측공>



<진안1 관측공>

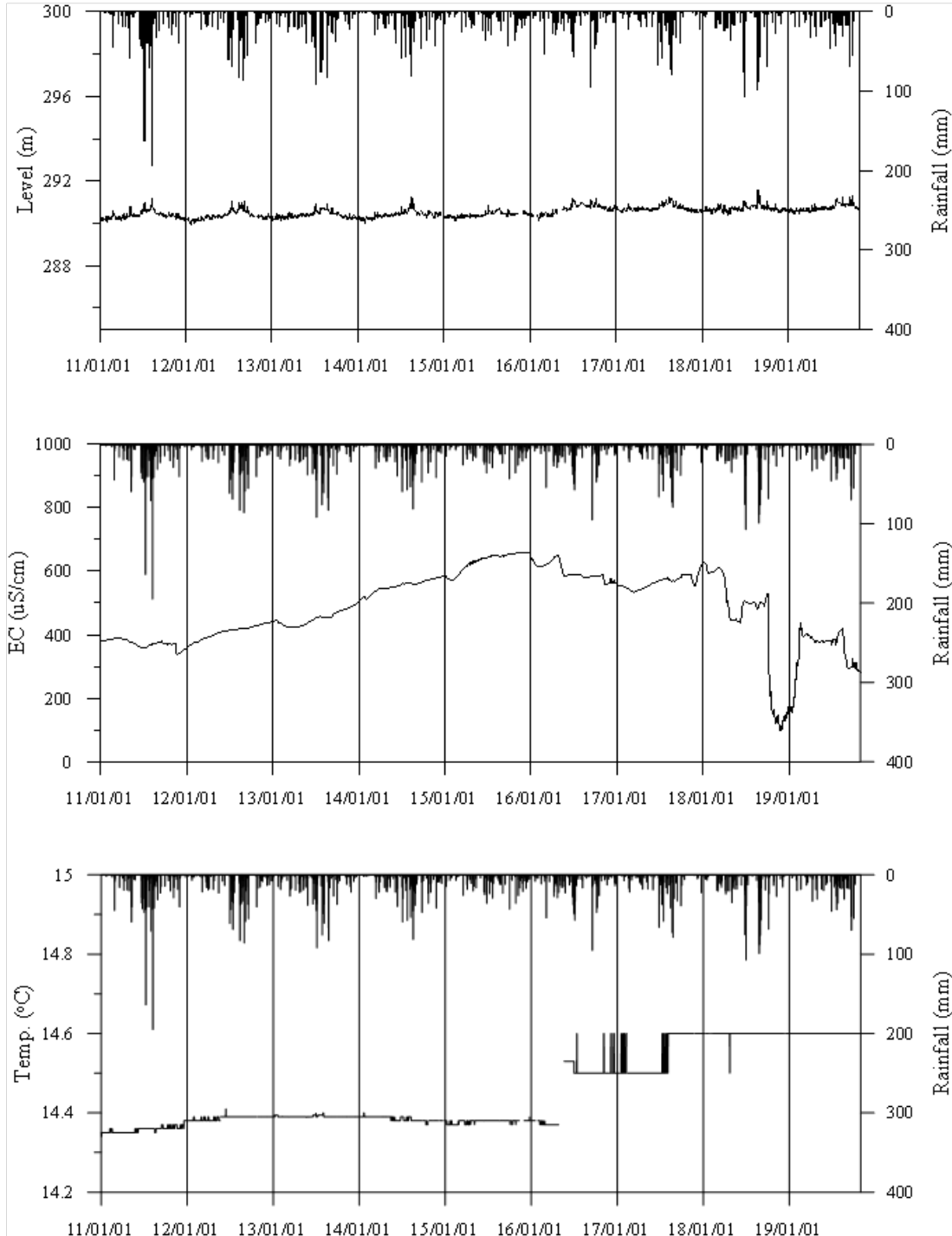
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

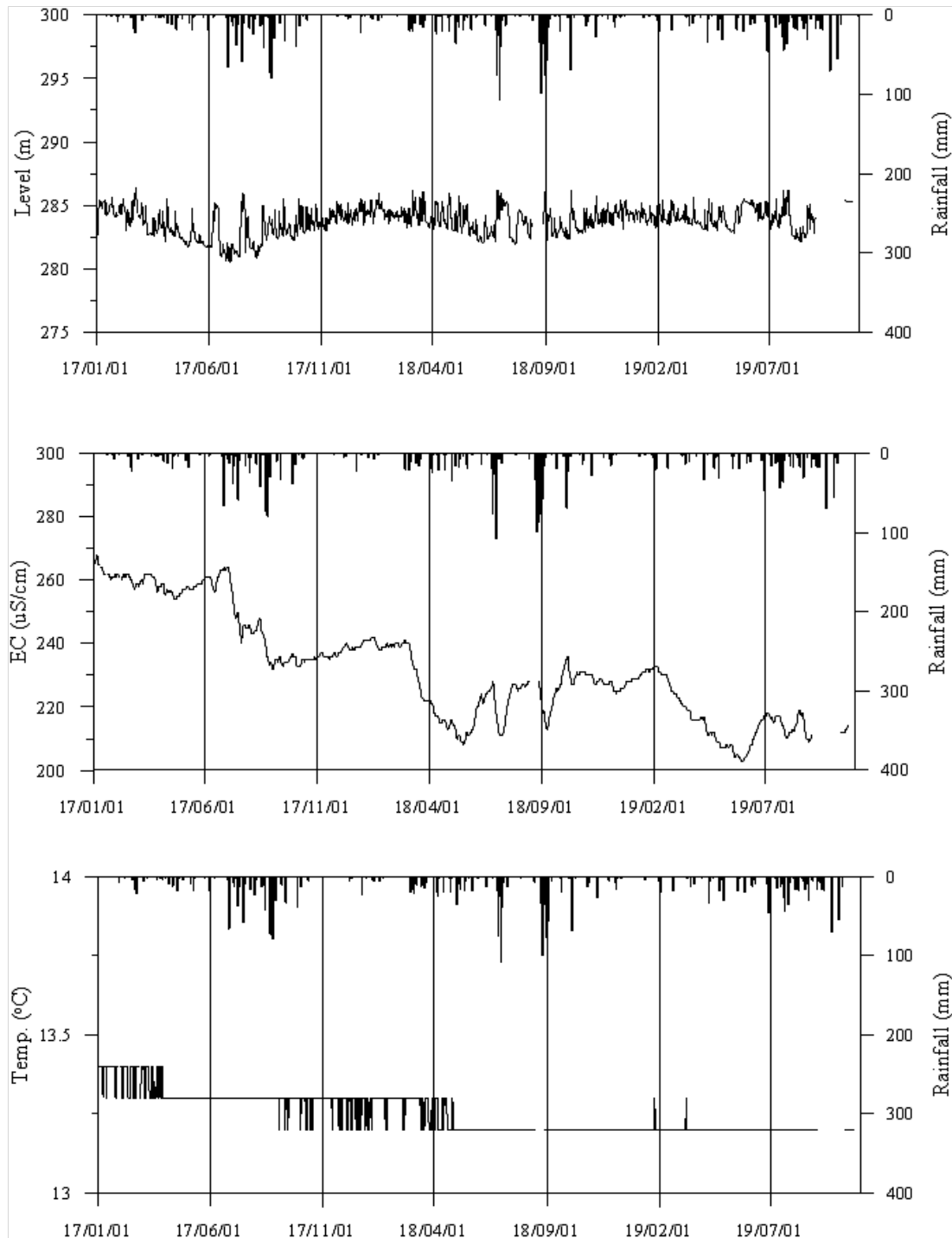
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
진안1	(2010. 6)	16.25	4.35	1.98	53.21	18.20	28.43	134.20	27.67
	(2011. 4)	21.67	5.87	0.24	41.99	16.86	36.62	88.45	N.D.
	(2012. 6)	21.18	6.89	2.03	49.37	19.29	40.05	94.55	83.34
	(2013. 4)	22.14	6.00	2.15	44.80	20.57	38.11	109.80	36.96
	(2014. 4)	26.14	8.77	2.89	51.03	25.87	57.27	79.30	44.90
	(2015. 4)	31.06	10.79	3.71	60.13	25.38	76.81	94.55	50.05
	(2016. 7)	28.70	9.80	2.90	59.70	26.00	73.50	109.80	11.40
	(2017.10)	22.02	8.67	3.97	47.37	28.35	56.22	76.25	49.44
	(2018. 7)	35.22	10.34	3.78	54.17	29.02	83.59	61.00	47.68
	(2019.10)	27.69	9.13	3.37	48.56	28.71	51.02	85.40	38.96
진안2	(2016.12)	10.83	8.19	0.87	42.33	19.25	3.56	150.98	0.53
	(2017.10)	6.83	4.45	1.05	30.72	23.83	4.41	91.50	0.95
	(2018. 7)	9.51	4.22	0.67	28.69	20.42	5.12	85.40	1.23
	(2019.10)	27.66	9.14	3.28	47.65	28.94	58.20	88.45	41.64

5. 장기관측 결과



<진안1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진안2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진안1 관측공은 청문조사 및 간이 수질조사 결과를 기초로 향후 주변지역 지하수오염 예상 지점에 인근지역의 수질 및 수량 변화의 예측이 용이한 지점을 선정하여 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량의 변화를 관측하고자 하였다. 진안군 마령면 덕천리에 위치하는 진안2 관측공은 덕천저수지 약 2.3 km 하류농경지 주변에 설치하였다. 단위 면적당 오염 부하량, 관정밀도가 높은 지역으로 지구 인근에 농공단지가 위치하며 지속적인 지하수 수질, 수량 모니터링을 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 진안1 관측공의 전기전도도는 600 $\mu S/cm$ 이하이며, 지표 하 40 m 까지 전기전도도가 상승하는 경향이 나타나지만 폭은 크지 않은 것으로 나타났다(약 100 $\mu S/cm$ 내외). 40 m 심도 하부는 전기전도도의 변화 없이 일정한 값을 유지한다. 진안2 관측공의 전기전도도는 210 ~ 251 $\mu S/cm$ 범위로서, 지표 하 20 m 부근까지 증가하다 공저까지 251 $\mu S/cm$ 내외를 보인다 최근 220 $\mu S/cm$ 정도로 낮아진 값을 보인다. 농업용으로 활용이 가능하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 진안1, 진안2 관측공은 Na-Cl 유형에 해당된다. 진안1 관측공은 2012년, 2014년, 2015년 및 2017년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 또한 나머지 해에는 먹는 물 수질기준에 근접하여 검출되고 있다. 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 진안1 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며 그 변화폭은 약 2 m 이내이다. 전기전도도 값은 지하수위 변화와는 상관없이 지속적으로 증가하는 경향(관측공 개발 이후 약 250 $\mu S/cm$ 이상 증가)이므로 외부오염물질의 유입 등에 대한 관찰이 필요하다. 진안2 관측공은 강수에 민감하게 반응하며, 전기전도도는 강우 발생시 감소하는 경향을 보여 강

우에 의한 희석효과를 보인다. 전기전도도는 $280 \mu S/cm$ 미만으로 담지하수이지만, 장기 관측을 통해 좀 더 정확한 진단을 내릴 필요가 있다.

- 5) 관리 방안 : 진안지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 전기전도도 값이 연중 증가추세에 있다. 무엇보다도 질산염 농도가 일시적으로 먹는 물 수질기준을 초과하며 검출되므로 지표오염원에 대한 차단과 엄격한 관리가 요구된다. 또한 장기관측을 통해 지하수위 변동과 지하수 수질의 변화를 모니터링해야 한다.

2.6.7 무주지구

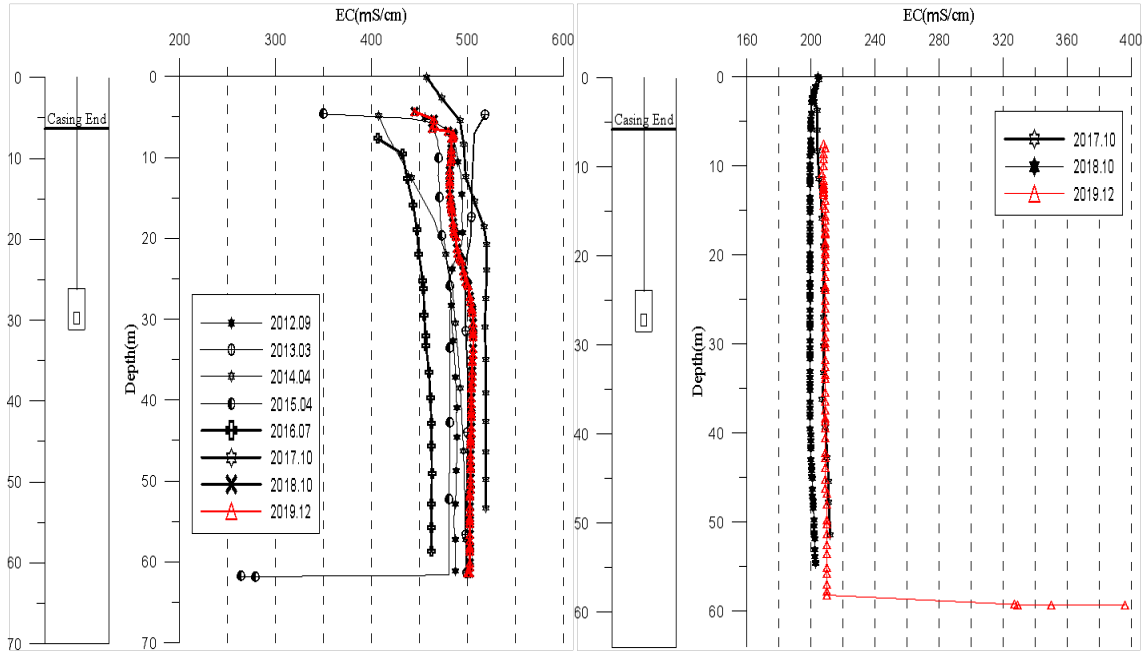
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
무주1	무주군 안성면 장기리 1681-1	258494.73	263601.63	403.98	2012	399.52
무주2	무주군 안성면 죽천리 50	261702.48	359568.80	536.20	2017	533.30
무주3	무주군 무풍면 증산리 1126	276,638.805	372,870.003	401.17	2018	400.67

2. 지형 및 지질

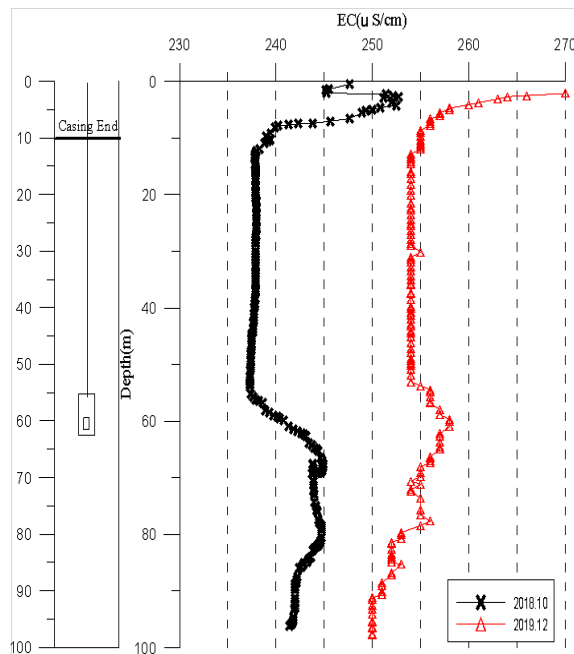
무주군은 덕유산을 기준으로 두문산(1,052 m)-봉화산(884 m)-국사봉(756 m)으로 이루어진 동서 방향의 산계를 경계로 남부의 분지지형과 북부의 산지지형으로 나뉘며 대체로 동고서저 지형이다. 지질은 선캠브리아기의 변성암류, 중생대 트리아스기의 화강암류와 쥐라기의 편상화강암이 기저를 이루며, 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<무주1 관측공>

<무주2 관측공>



<무주3 관측공>

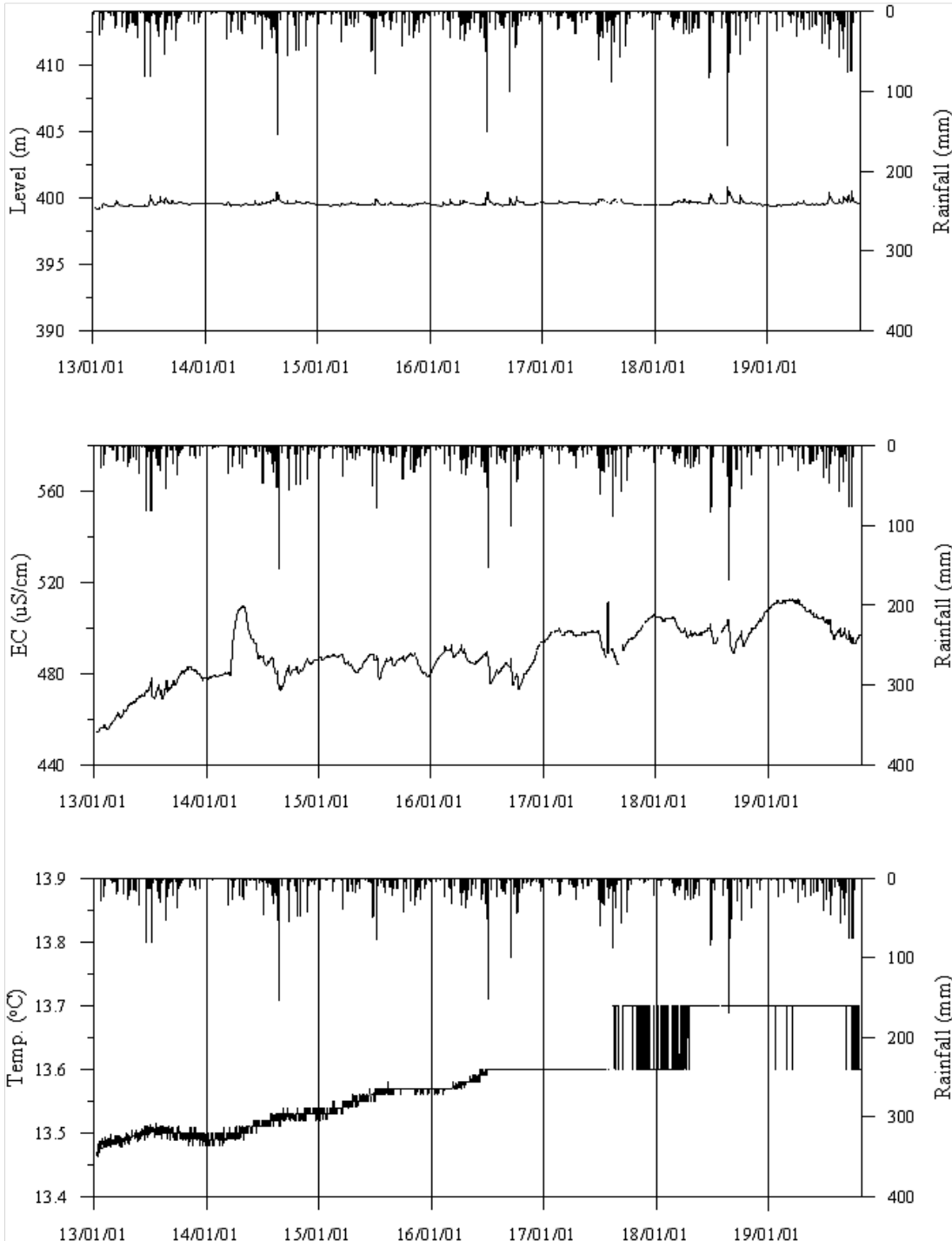
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

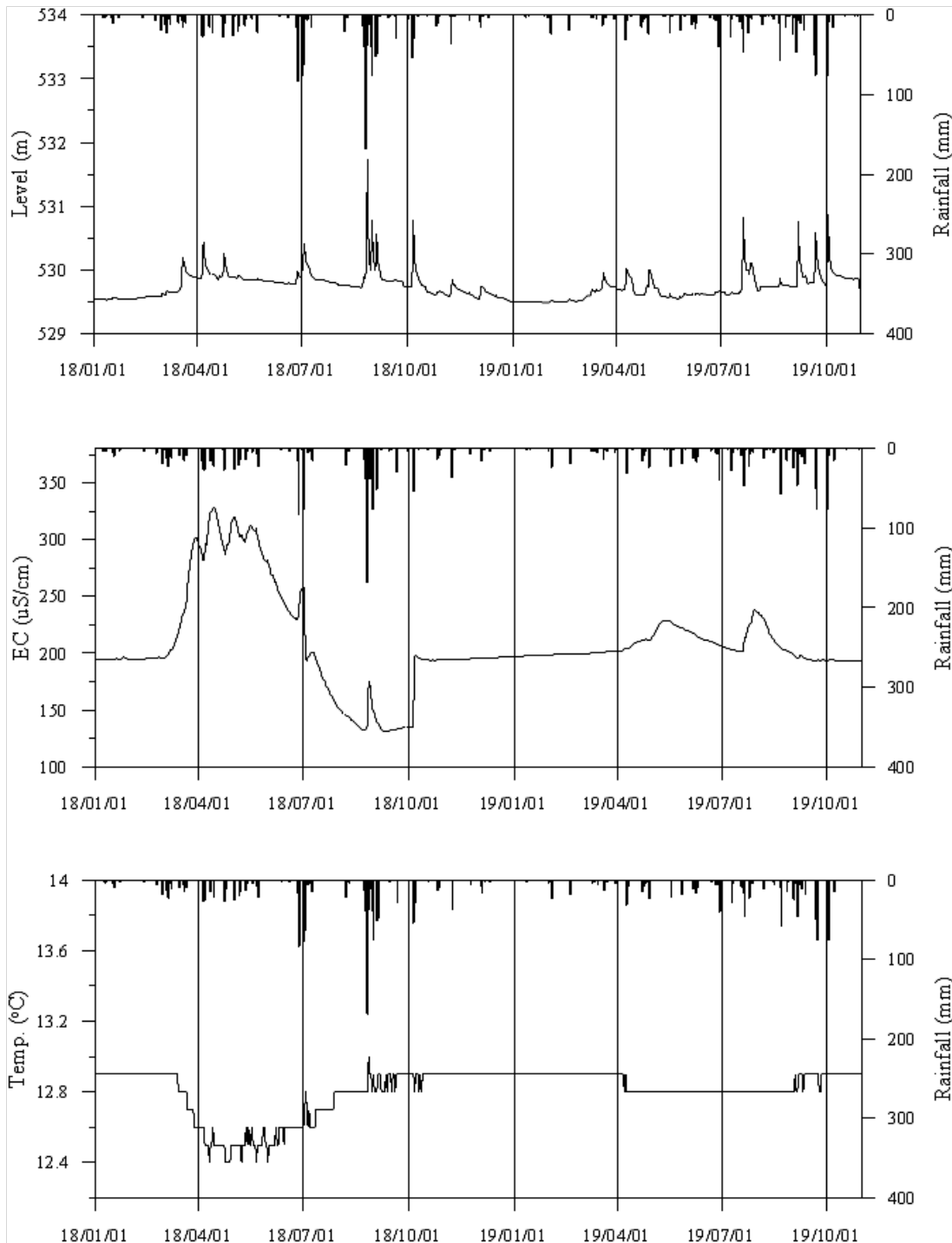
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
무주1	(2012. 9)	16.72	11.98	2.67	63.78	20.43	56.08	142.76	26.69
	(2013. 4)	17.32	11.59	2.14	59.12	17.19	69.14	125.05	21.21
	(2014. 4)	16.60	12.16	2.50	72.47	16.74	71.70	134.20	21.62
	(2015. 4)	15.62	11.03	2.32	61.16	17.78	66.67	103.70	23.53
	(2016. 7)	14.80	10.60	2.30	51.70	15.00	62.60	123.20	4.70
	(2017.10)	14.20	9.74	1.87	53.58	15.24	57.90	137.25	14.94
	(2018. 7)	16.14	9.99	2.26	61.70	16.54	62.78	115.90	15.79
무주2	(2017.10)	6.28	3.40	1.81	24.63	18.03	3.18	88.45	N.D.
	(2018. 7)	7.06	8.17	2.79	38.87	63.41	3.36	73.20	8.59
	(2019. 5)	7.04	4.52	3.00	30.57	23.14	2.23	91.50	1.25
무주3	(2018. 9)	9.44	6.77	1.13	27.21	5.75	10.33	61.00	45.38
	(2019. 5)	10.30	7.27	1.09	26.83	4.49	9.01	82.35	31.33

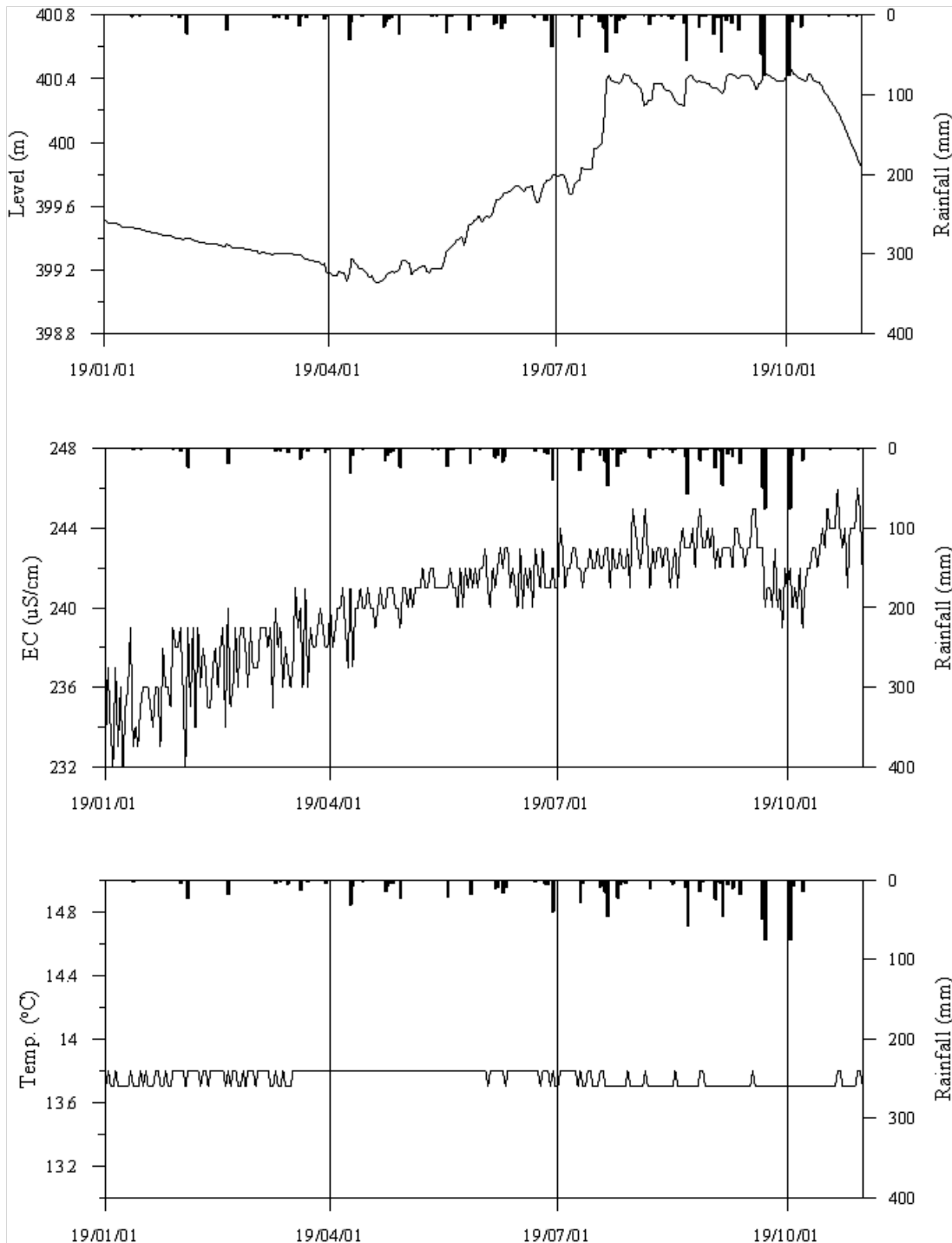
5. 장기관측 결과



<무주1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<무주2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<무주3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 무주1 관측공은 무주군 지하수 개발·이용 특성 평가 결과, 단위면적당 이용량이 50.3천 $m^3/년/km^2$ (1위), 개발가능량 대비 이용량이 47.0%(1위), 단위면적당 관정밀도 20.5 공/ km^2 (1위)로 수량관리지역으로 선정된 지역에 위치한다. 지하수 수질특성 평가 결과, 잠재오염원 개소수가 46개소(1위)로 가장 많은 분포를 보이는 지역으로 향후 오염에 대하여 지속적인 모니터링이 필요하다. 무주2 관측공이 설치된 안성면 죽천리 지역은 산계가 우세하며 공사관리 저수지 공정저수지 하류부에 위치하여 있으며, 기 조사된 무적지구 농촌지하수관리사업 보고서에 총이용량(230천 $m^3/년$), 이용량/개발가능량(37.7%), 단위면적당 이용량(54천 $m^3/년$)로 지하수 수량관리 필요지역으로 선정된바 있다. 따라서 지속적인 수량 모니터링이 필요할 것으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 무주3 관측공이 설치된 무풍면 증산리 지역은 산계가 우세한 지역으로 공사관리 저수지인 무풍저수지 인근에 위치해 있다. 기 조사된 무설지구 농촌지하수관리사업 보고서에 DRASTIC 지수(130)가 높은 단계로 지하수 수질관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수질 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 무주3 관측공의 양수량은 310 m^3/d 이며, 수리전도도는 2.11×10^{-4} cm/sec(대수층 두께 약 91 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 55 ~ 85 m 구간에서 유사하게 나타나 파쇄대 가능성이 높은 것으로 추정된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 무주3 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부까지 감소하다 심도 10 m 이후 구간에서는 약 236 ~ 246 $\mu S/cm$ 까지 일정한 범위를 보인다. 또한 2018년보다 15 $\mu S/cm$ 정도 낮아진 점으로 보아 지하수의 유입이 있는 것으로 판단된다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 무주1, 2, 3 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 무주지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88

mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 무주1 관측공의 지하수위 변동폭은 약 2 m 이내이며, 강수와 직접적인 비례관계를 보인다. 전기전도도는 강수와 특별한 관계를 보이지 않으며, 약 450 ~ 510 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 무주2 관측공의 지하수위는 강수와 상관관계를 가지며, 수위 변동폭이 약 2 m 이내이고 전기전도도는 강수의 영향을 받지 않으며 약 120 ~ 330 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 무주3 관측공은 강우에 의한 영향을 보이나, 이보다는 겨울에 낮고 여름에 높게 나타나는 계절적 특징을 뚜렷하게 나타낸다. 전기전도도는 230 ~ 245 $\mu S/cm$ 범위에서 점차 증가 추세를 보인다.
- 6) 관리 방안 : 무주지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역으로, 현재까지 지하수 장애가 발견되지는 않으나, 향후 장기관측을 통해 지하수위 변동과 지하수 수질의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.6.8 남원지구

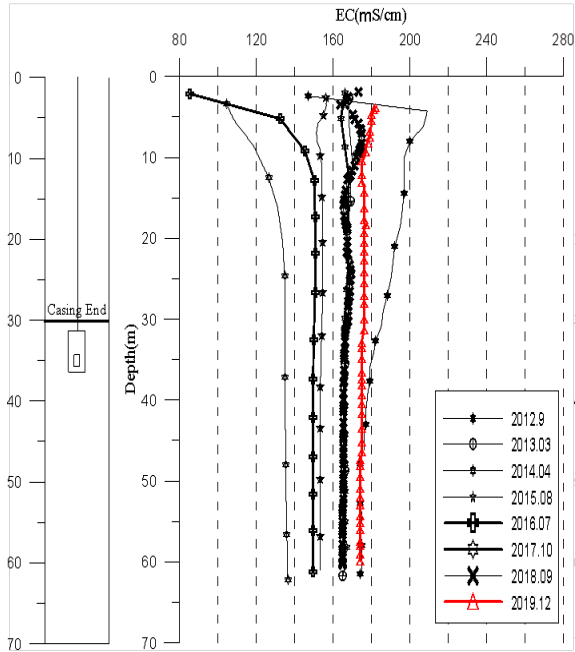
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
남원1	남원시 운봉읍 서천리 347-5	247993.19	215633.56	460.21	2012	457.85
남원2	남원시 금지면 하도리 264-8	227929.9677	200881.6549	54.077	2012	47.29
남원3	남원시 사매면 오신리 591-3	232637.1278	222104.1098	122.482	2013	118.93
남원4	남원시 이백면 척문리 1060	238,916.585	314,353.489	121.50	2018	119.20
남원5	남원시 주천면 장안리 653	240,149.978	309,816.976	183.01	2018	178.51
남원6	남원시 보절면 성시리 1265	237026.166	327978.448	189.70	2018	186.54

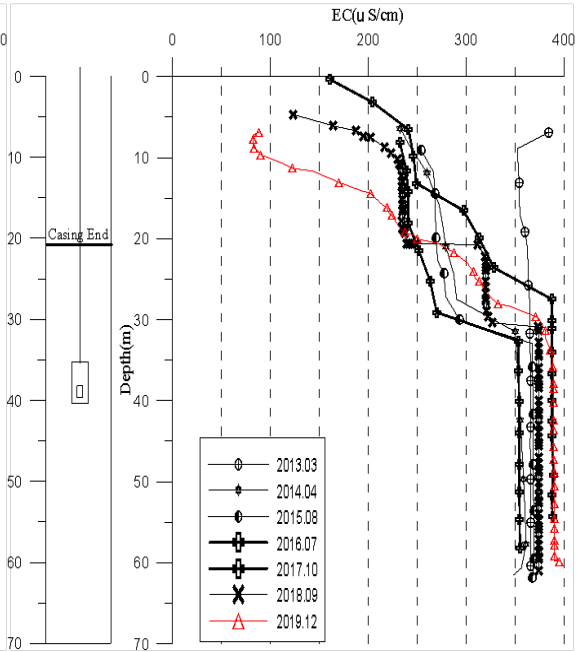
2. 지형 및 지질

남원지구는 지형의 고저가 암석의 분포와 매우 잘 일치하여 중생대 쥐라기의 대보관입암류인 남원화강암류가 분포하는 중앙부의 저지대가 가장 넓다. 또한 선캠브리아기의 지리산 편마암복합체인 화강편마암, 반상변정질편마암 및 흑운모 편마암이 분포하는 지역은 동부 지리산과 북부 산지를 이루며, 수계는 낙동강 수계에 속한다.

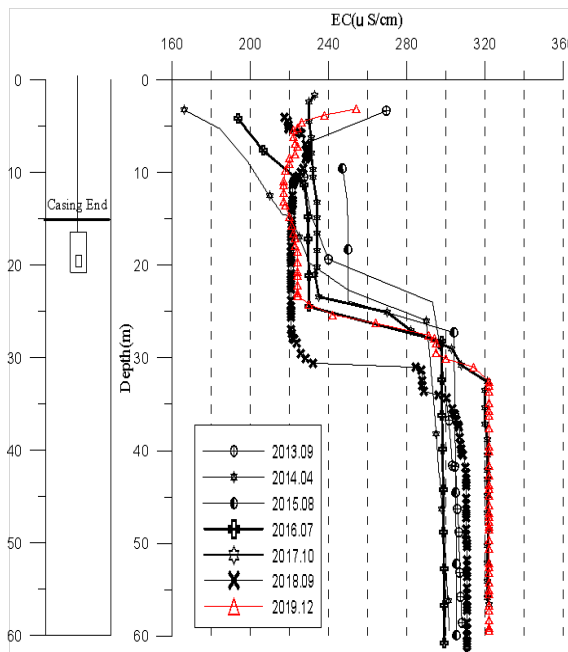
3. 지하수 검층



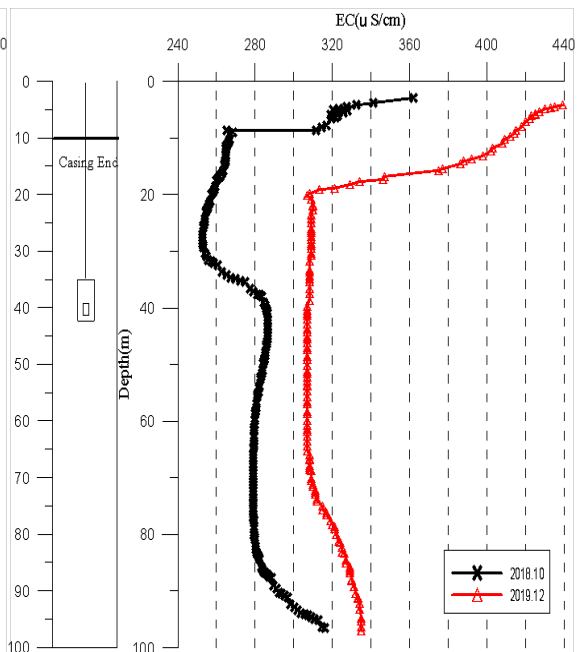
<남원1 관측공>



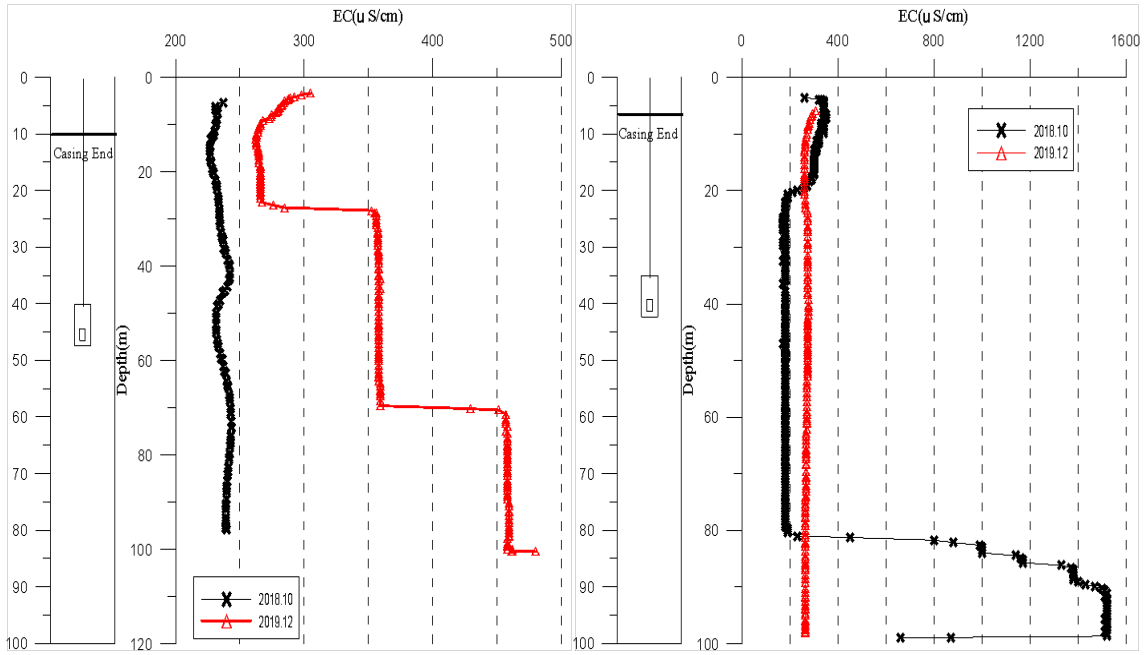
<남원2 관측공>



<남원3 관측공>



<남원4 관측공>



<남원5 관측공>

<남원6 관측공>

4. 지하수 수질 분석

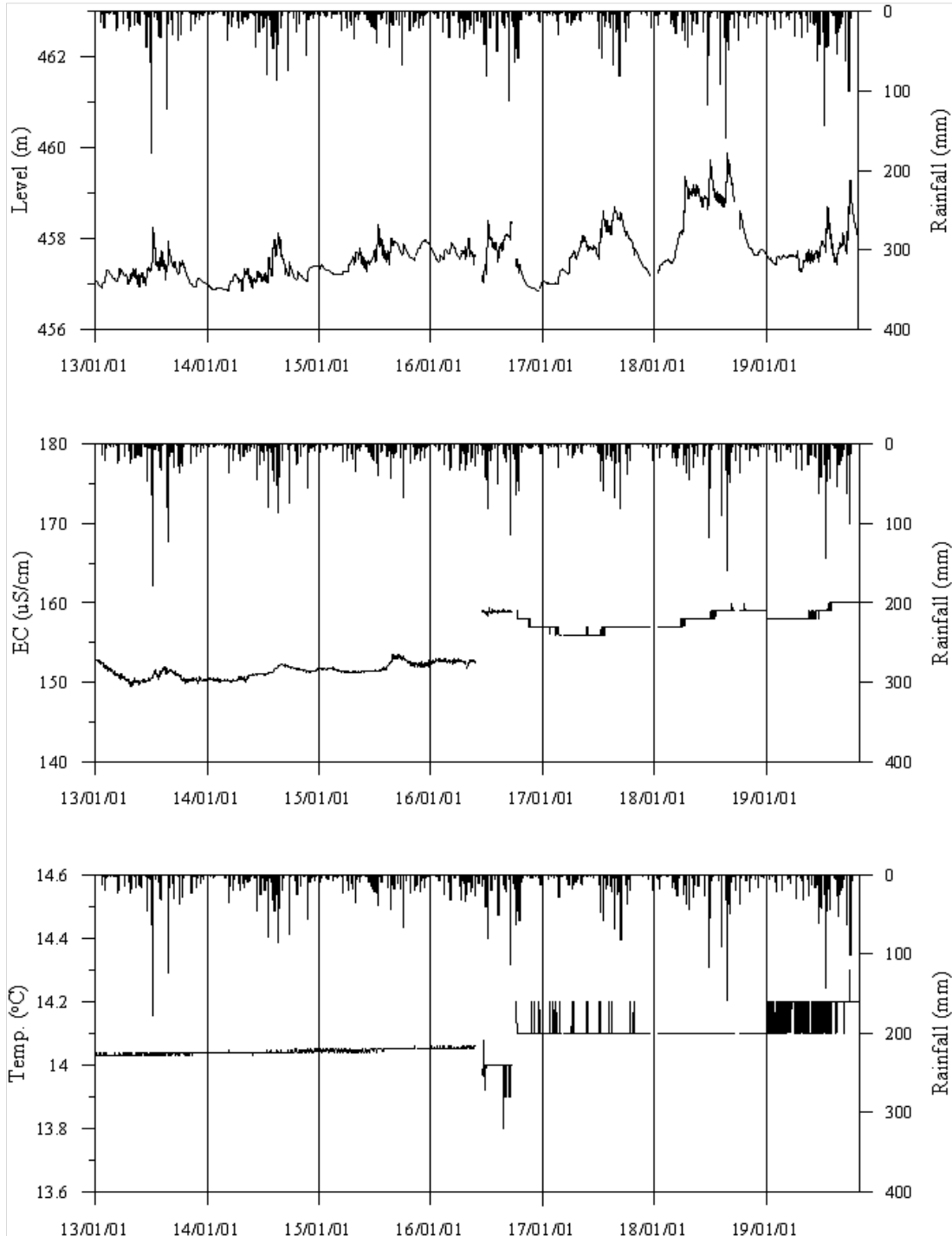
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

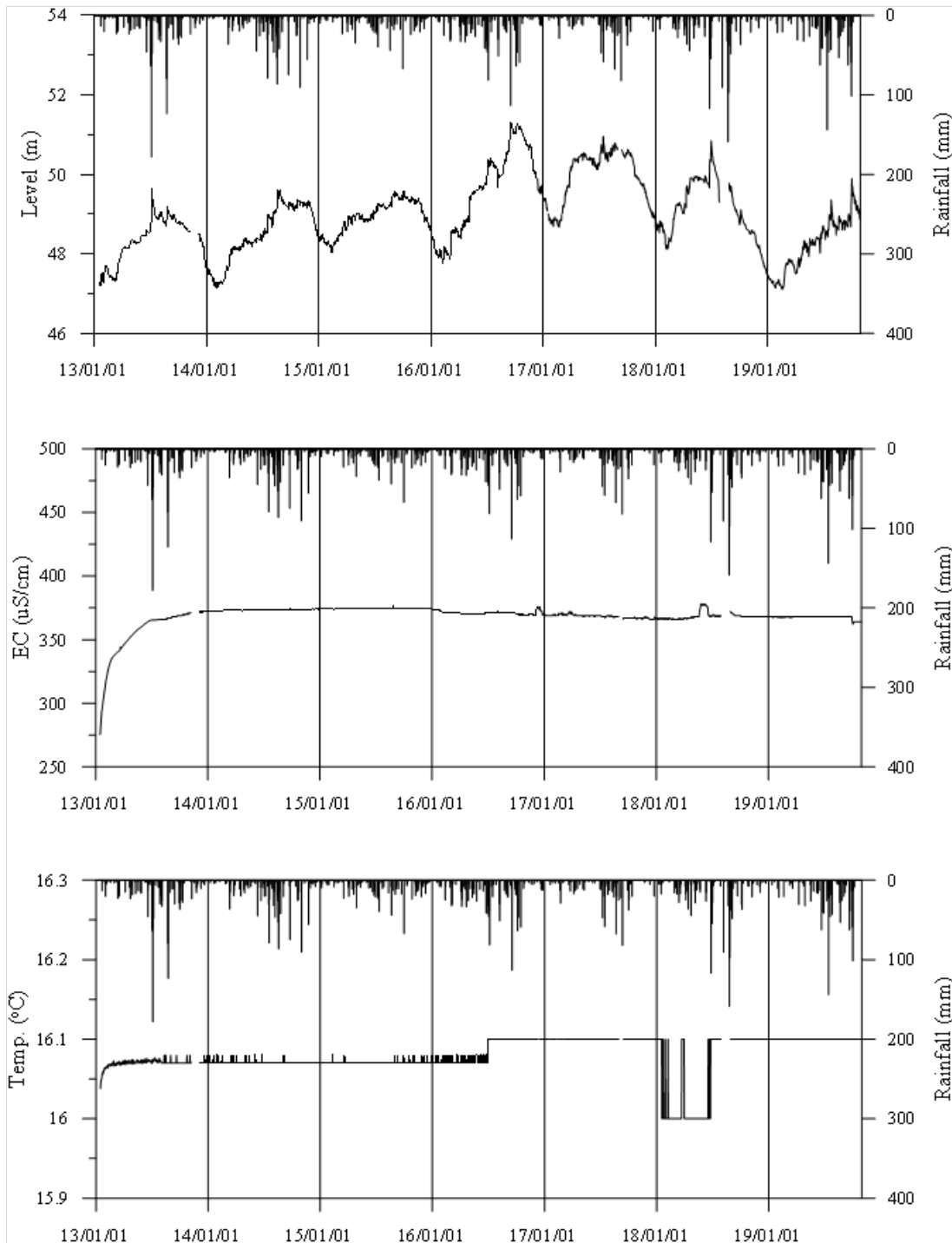
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
남원1	(2012. 9)	11.79	3.84	3.45	20.05	2.63	8.97	90.59	8.24
	(2013. 4)	10.09	3.59	2.26	17.35	1.18	7.36	85.40	5.81
	(2014. 4)	10.22	3.46	2.39	20.29	3.21	6.95	79.30	6.59
	(2015. 4)	9.37	3.55	2.63	16.23	1.46	6.57	70.15	7.09
	(2016. 7)	10.00	3.80	2.80	17.40	1.00	6.80	90.30	1.50
	(2017.10)	10.00	3.42	2.40	16.74	1.33	6.50	70.15	6.94
	(2018. 7)	9.01	3.49	2.55	17.56	1.25	6.29	70.15	6.47
	(2019. 5)	9.04	3.44	3.01	17.26	1.23	5.95	73.20	6.96

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
남원2	(2013. 4)	15.82	5.92	2.96	29.54	24.81	18.74	122.00	16.20
	(2014. 4)	16.61	6.37	2.46	38.81	23.43	18.43	118.95	10.80
	(2015. 4)	12.22	4.79	3.25	23.84	16.08	15.43	79.30	12.47
	(2016. 7)	12.70	5.10	3.40	26.50	14.00	17.50	109.80	2.30
	(2017.10)	10.38	4.11	3.97	22.20	15.05	12.89	88.45	2.46
	(2018. 7)	11.37	4.34	4.63	23.32	15.93	13.80	79.30	1.85
	(2019. 5)	9.76	4.30	5.88	22.39	15.86	13.00	79.30	0.20
남원3	(2013.11)	20.39	2.71	1.16	20.92	4.60	18.60	94.55	10.50
	(2014. 4)	19.98	2.85	1.54	27.04	6.00	27.29	100.65	7.83
	(2015. 4)	19.28	2.89	2.23	21.31	6.41	23.61	88.45	7.56
	(2016. 7)	16.30	2.70	1.20	17.80	2.00	6.70	111.00	0.60
	(2017.10)	17.40	2.21	1.34	16.08	6.63	16.90	73.20	5.70
	(2018. 7)	17.90	2.27	0.96	16.99	6.97	17.06	76.25	6.64
	(2019. 5)	14.88	1.96	0.89	15.09	6.01	12.50	67.10	7.91
남원4	(2018. 9)	13.60	4.07	2.01	34.24	7.87	16.33	112.85	N.D.
	(2019. 5)	12.64	4.13	3.45	24.62	7.93	13.69	112.85	N.D.
남원5	(2018. 9)	11.13	3.97	1.67	26.87	6.33	6.49	94.55	7.70
	(2019. 5)	11.38	3.56	2.19	34.16	4.80	6.13	137.25	6.83
남원6	(2018.12)	10.05	1.80	1.22	17.66	4.34	9.26	57.95	4.35
	(2019. 5)	16.08	6.40	0.89	38.28	17.91	37.90	97.60	4.41

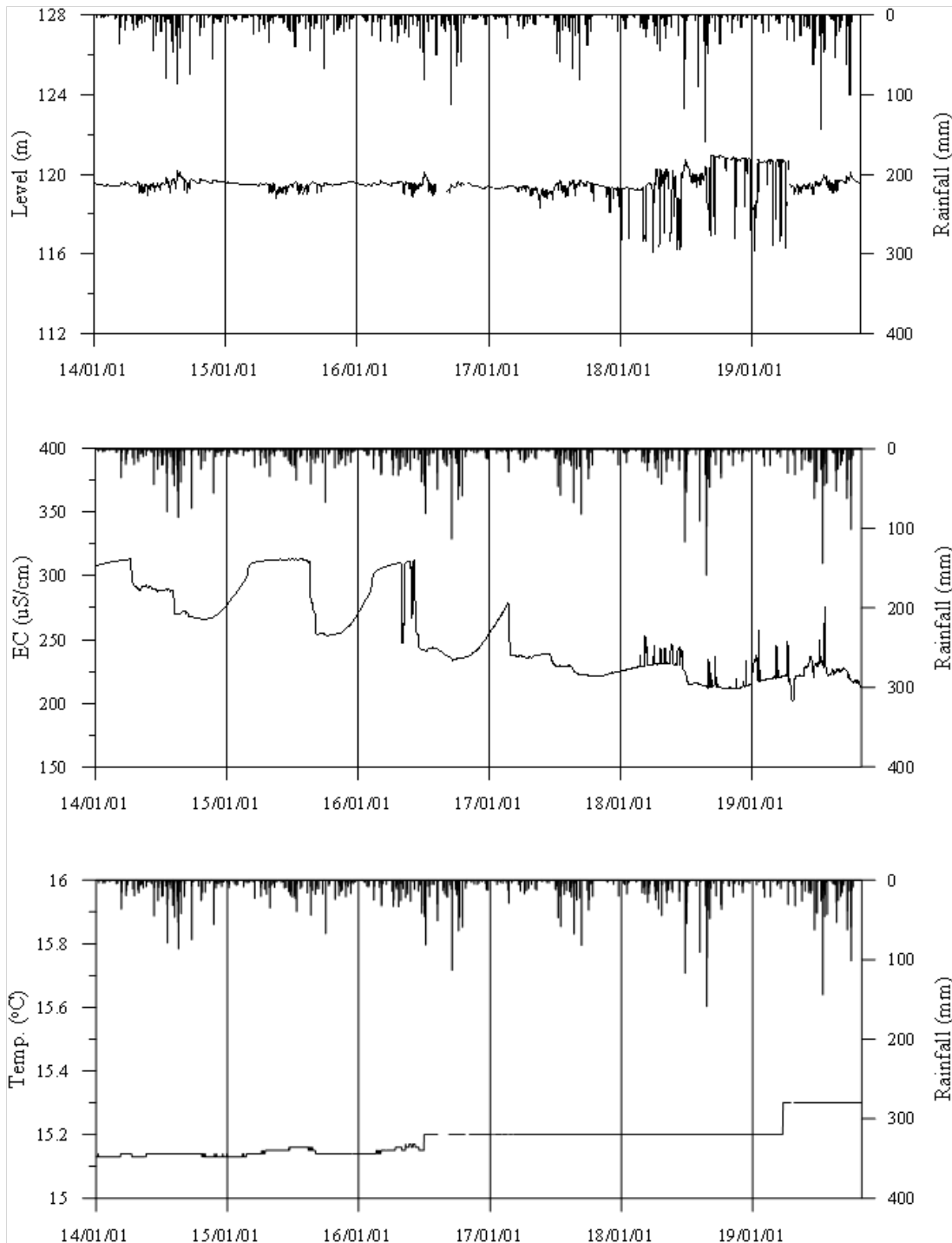
5. 장기관측 결과



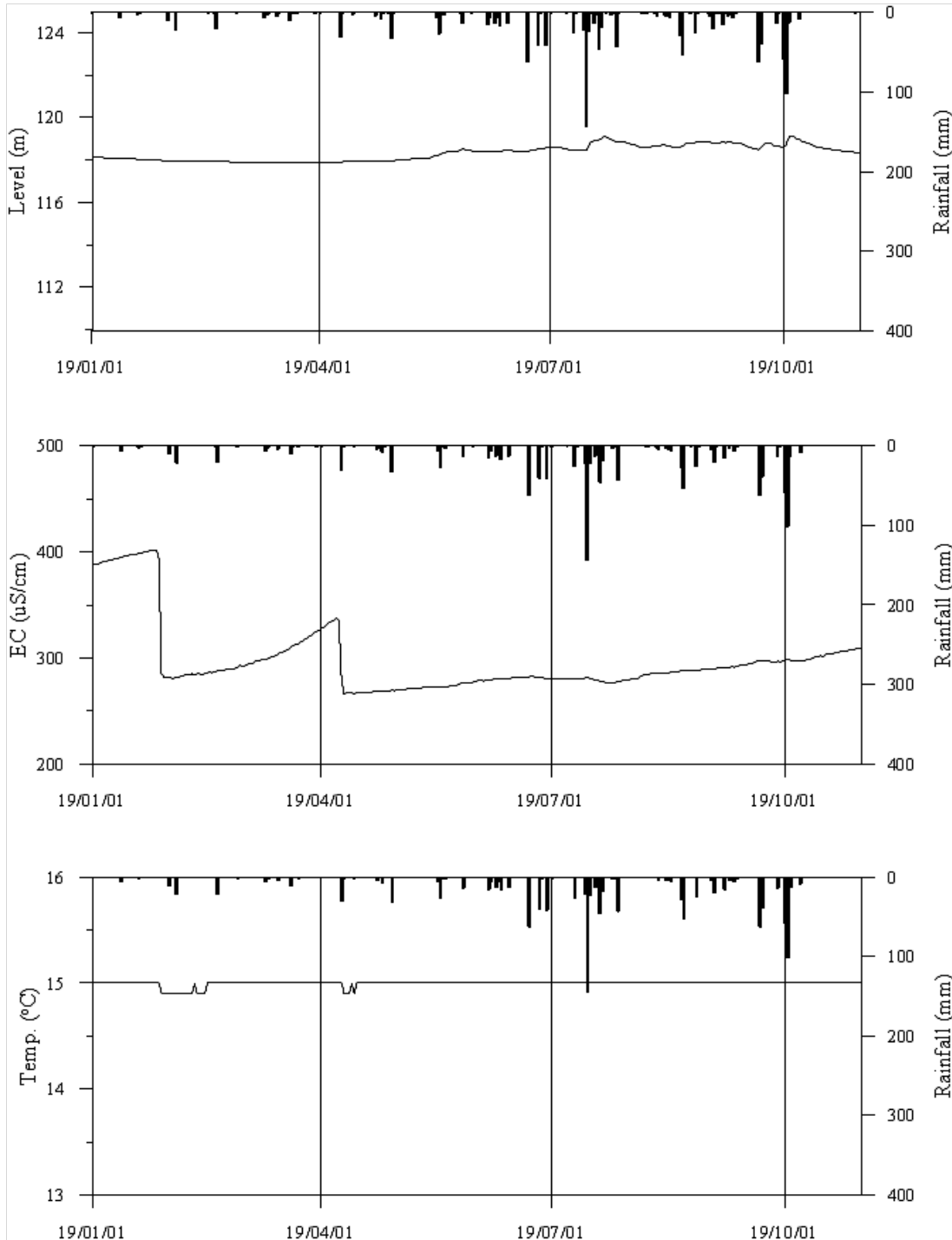
<남원1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



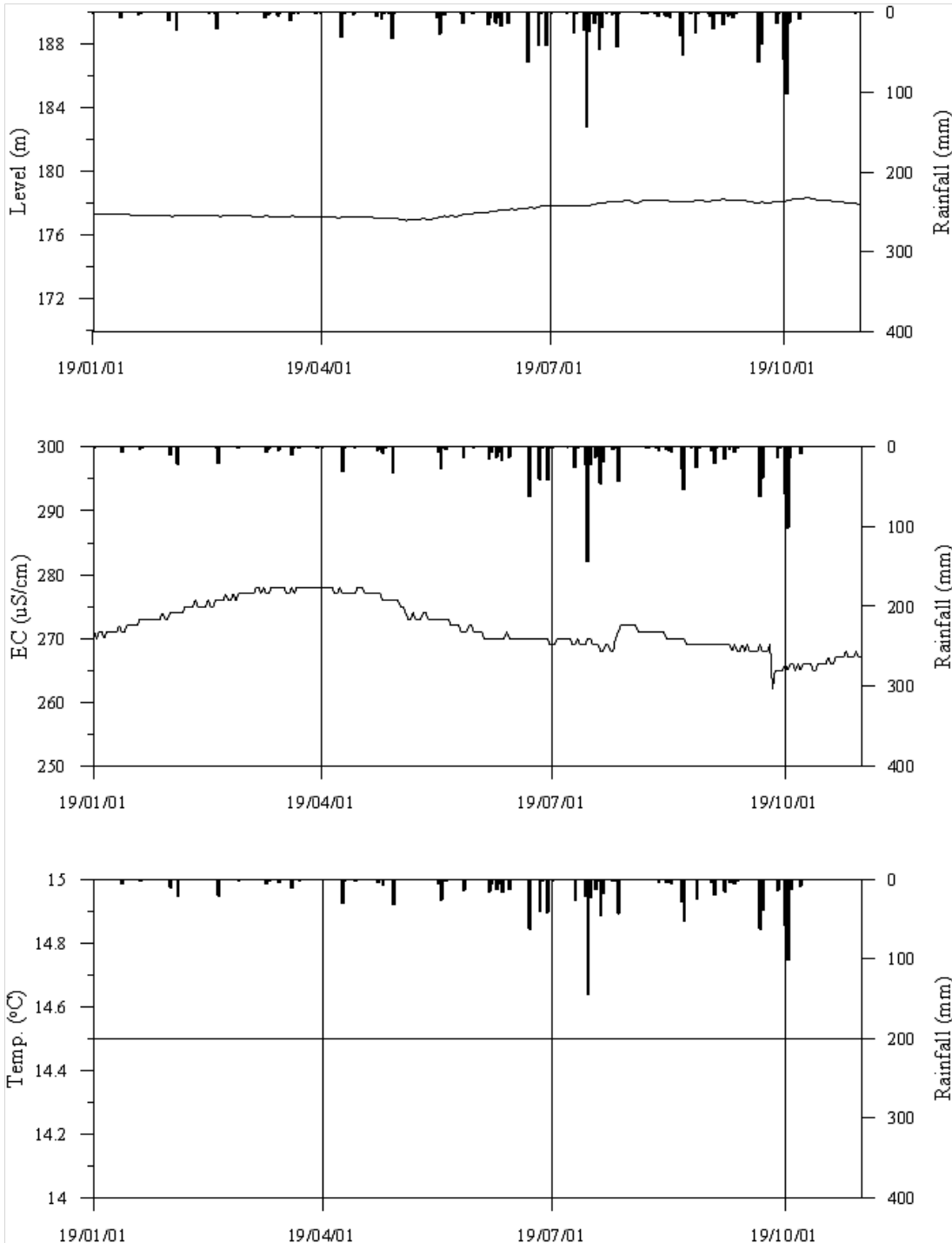
<남원2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



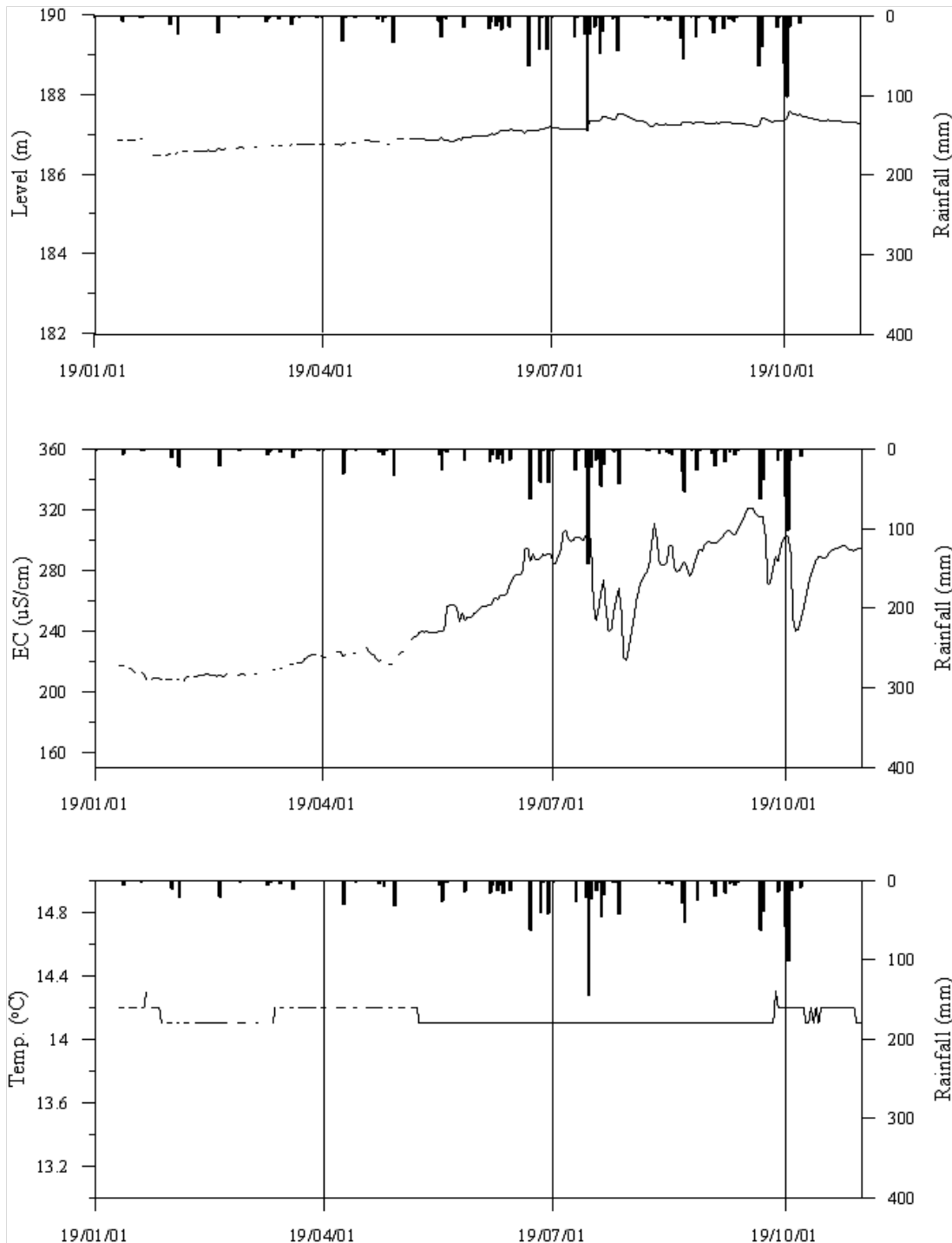
<남원3 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남원4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남원5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남원6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 남원지구는 지하수 개발·이용 특성 평가 결과, 단위 면적당 이용량이 170.03천 $m^3/년/km^2$ (1위), 개발가능량 대비 이용량이 139.4%(1위), 단위면적당 관정밀도 60.61 공/ km^2 (8위)로 수량관리지역으로 선정된 지역에 위치한다. 또한 지하수 수질특성 평가 결과, 오염원 분포밀도는 8.3 개소/ km^2 (1위), DRASTIC 지수는 153점(1위), 단위면적당 부하량이 261 kg/일/ km^2 (8위)인 수질관리 지역으로 향후 오염에 대하여 지속적인 모니터링이 필요하다. 남원4 관측공이 설치된 이백면의 평균 개발가능량 대비 이용량은 37.8%로 남이지구 평균인 36.7% 보다 높고, 척문리의 경우 개발가능량 대비 이용량은 143.2%이며 관정밀도는 274.6 공/ km^2 로 이백면에서 가장 높은 이용률과 이용량을 보인다. 또한 생활용수 수질검사 결과 척문리에서 총대장균군이 확인되어, 지하수 수량 수질관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수질 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 남원5 관측공이 설치된 주천면 장안리는 개발가능량 대비 이용량은 164.2%, 단위면적당 이용량은 183천 $m^3/년/km^2$ 이며 관정밀도는 215.3 공/ km^2 으로 주천면에서 가장 높은 개발가능량 대비 이용량을 보이고 있다. 또한 장안리의 질산성질소량은 주천면 평균인 3.3 mg/L보다 높은 6.0 mg/L를 나타내고 있으며, DRASTIC 지수도 주천면 평균인 122보다 높은 144를 나타내고 있어 지하수 수량 수질관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수질 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 남원6 관측공이 설치된 보절면 성시리 지역은 산계가 우세한 위치에 있으며, 공사관리 저수지인 원당저수지 인근에 위치해 있다. 기 조사된 남보지구 농촌지하수관리사업 보고서에 수질검사 기준초과관정 1공, 질산성질소(41.6 mg/L)이 존재하여 지하수 수질관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수질 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 남원4 관측공의 전기전도도는 케이싱 이하에서 감소하여 심도 30 m 에서 공저까지 약 250 ~ 320 $\mu S/cm$ 내외로 감소 또는 증가가 반복되는 경향을 보인다. 남원5 관측공의 전기전도도는 2018년 검층시에는

변화를 보이지 않았으나, 2019년 말 실시한 검층에서는 케이싱 이하에서 감소하여 심도 18 m 에서 60 m 까지 약 260 ~ 360 $\mu S/cm$ 내외로 증가한다. 남원6 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부에서 약 80 m 심도까지 200 ~ 300 $\mu S/cm$ 내외를 유지하다가 80 m 이후부터 공저까지는 약 1,500 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 경향을 보인다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 남원1, 2, 3, 4, 5, 6 관측공은 공통적으로 Ca-HCO₃ 유형에 해당하며, 현재 영농에 이용 가능한 일반적인 농어촌 지하수 수질이다. 남원지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성 질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성 질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 남원1, 2 관측공에 대한 장기 관측 결과, 공통적으로 강수의 영향을 받고 있으며, 최대 약 3 m 이내의 지하수위 변동 폭을 보인다. 전기전도도의 경우 남원1 관측공은 약 150 $\mu S/cm$ 내외이며, 남원2 관측공은 관측공 개발 이래로 전기전도도가 약 80 $\mu S/cm$ 증가 추세였으나, 2014년 이래로 약 380 $\mu S/cm$ 내외로 안정적으로 관측된다. 남원3 관측공에서 지하수위는 강수에 비례적이고, 주변 관정에서 양수에 의한 영향을 받는 것으로 추정되며, 전기전도도는 약 80 $\mu S/cm$ 의 변동 폭을 가지며 전체적으로는 감소한다.
- 5) 관리 방안 : 남원지구는 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 수량과 수질 관리가 필요한 지역으로 장기관측을 통해 지하수위 변동과 지하수 수질의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.6.9 익산지구

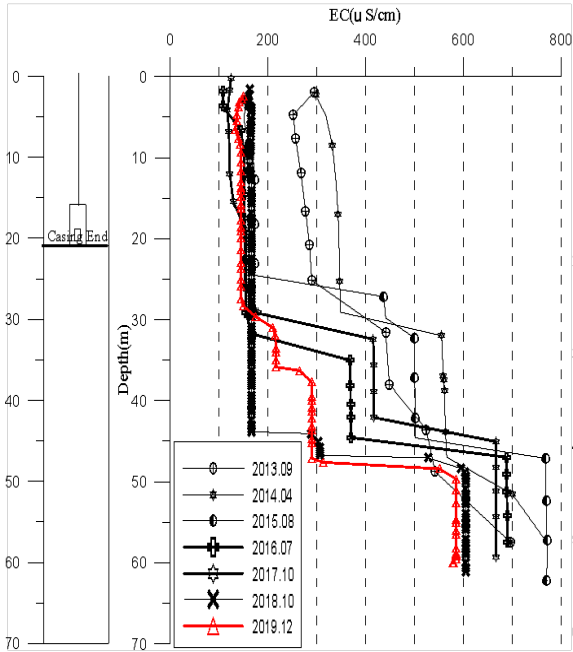
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
익산1	익산시 용안면 칠목리 590	197259.574	288674.142	6.404	2013	5.60
익산2	익산시 왕궁면 온수리 631-3	205481.197	268890.475	11.612	2014	6.90
익산3	익산시 오산면 영만리 1249-16	190513.888	372985.204	4.43	2017	2.29
익산4	익산시 삼기면 간촌리 1000-1	197,143.357	378,976.616	14.51	2018	12.51
익산5	익산시 용안면 덕용리 1031	195,123.716	389,044.432	-2.26	2018	-3.46

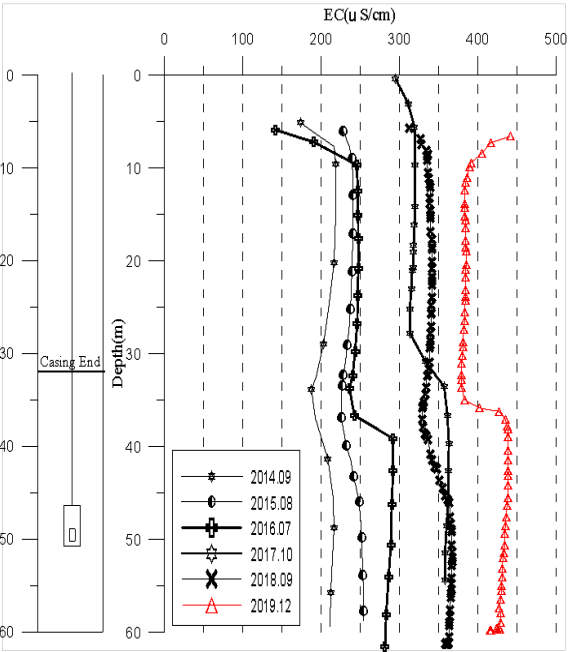
2. 지형 및 지질

익산지구는 전형적인 논농업 지역에 위치하며, 농경지의 농업 용수공급에 따른 지하수 수량·수질 변화 관측을 위하여 설치하였다. 익산지구는 중생대 쥐라기의 대보화강암과 편마상 화강암, 그리고 선캠브리아기 변성암류로 구성되어 있다.

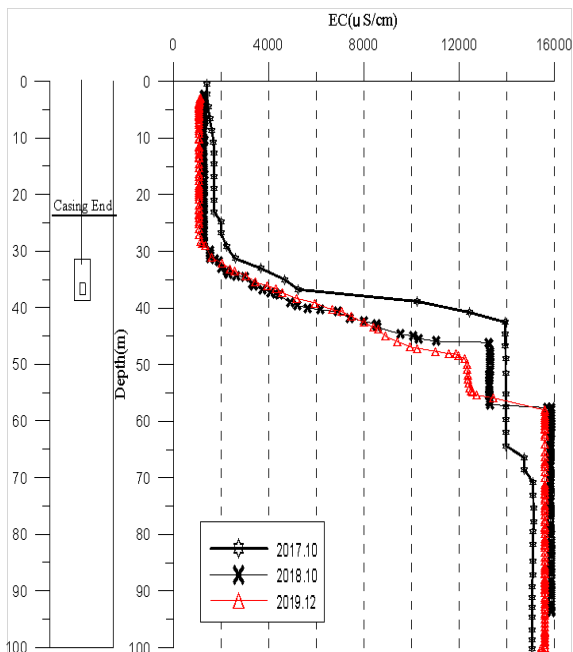
3. 지하수 검층



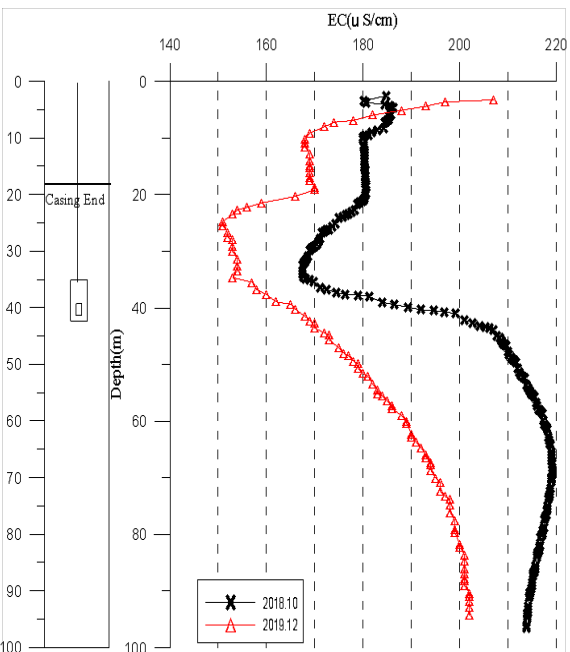
<익산1 관측공>



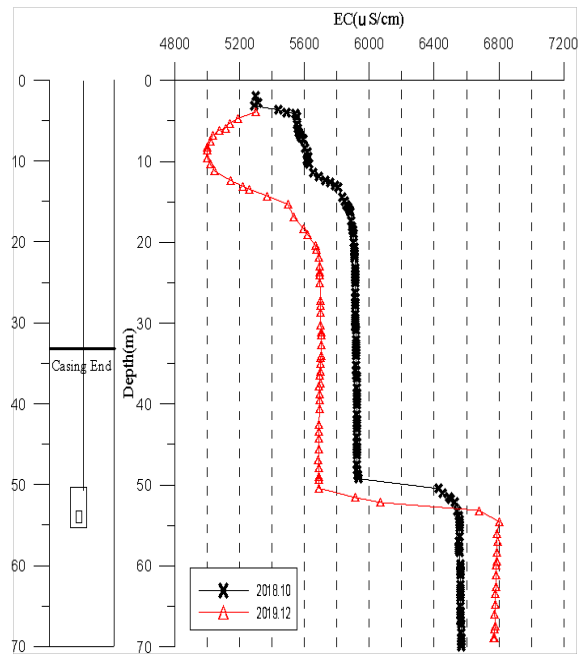
<익산2 관측공>



<익산3 관측공>



<익산4 관측공>



<익산5 관측공>

4. 지하수 수질 분석

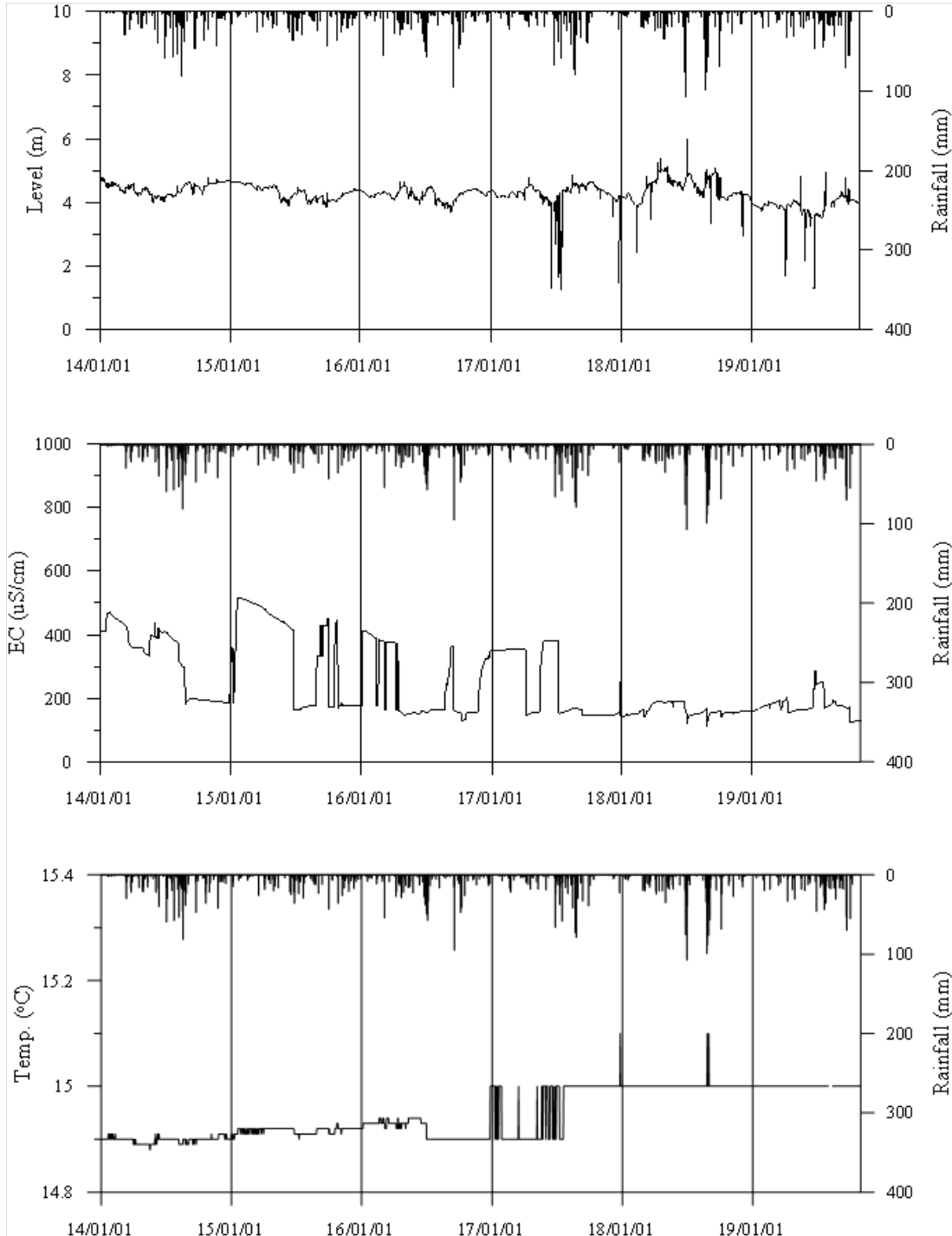
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

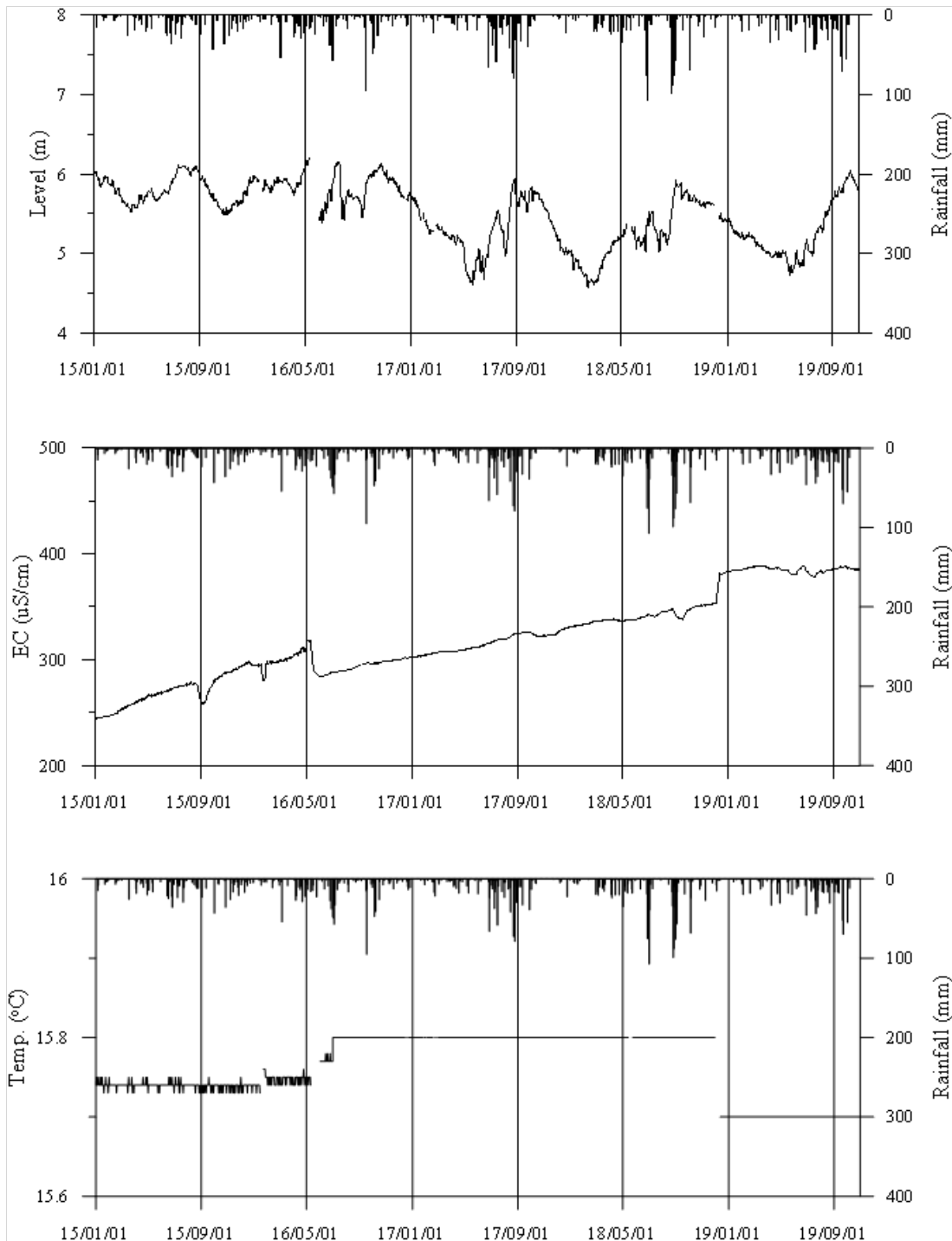
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
익산1	(2013.11)	61.92	0.65	3.24	1.04	7.80	38.10	48.80	62.80
	(2014. 4)	68.78	0.81	8.29	5.00	10.49	44.54	59.48	49.54
	(2015. 8)	11.15	1.70	20.00	11.86	6.25	3.35	79.30	4.98
	(2016. 7)	12.40	1.90	12.60	14.00	5.00	3.50	87.20	1.40
	(2017.10)	10.06	2.30	6.67	15.25	3.95	17.99	61.00	6.67
	(2018. 7)	13.39	1.69	14.27	15.42	7.27	3.93	70.15	21.24
	(2019. 5)	7.08	1.31	14.86	16.77	4.92	2.48	73.20	9.42
익산2	(2014. 9)	10.85	3.20	1.19	21.76	2.01	9.50	82.35	0.07
	(2015. 8)	12.50	5.01	1.45	27.73	1.80	11.58	112.85	0.08
	(2016. 7)	11.90	5.50	1.90	31.20	1.00	10.60	161.60	0.00
	(2017.10)	12.90	6.42	1.39	36.67	3.18	12.40	158.60	N.D.
	(2018. 7)	14.40	6.54	1.75	39.37	2.39	13.28	143.35	0.18
	(2019. 5)	14.15	8.10	1.82	44.31	3.26	13.81	167.75	0.61
익산3	(2017.10)	136.18	24.08	5.88	109.99	23.82	436.00	94.55	0.32
	(2018. 7)	131.59	19.69	6.41	99.17	28.78	371.92	82.35	10.83
	(2019. 5)	122.64	18.39	5.21	87.03	13.59	321.39	85.40	0.12
익산4	(2018. 9)	12.24	1.91	1.70	16.72	0.14	15.22	33.55	34.92
	(2019. 5)	13.89	1.54	2.07	15.89	0.09	13.28	57.95	16.27
익산5	(2018. 9)	1049.79	31.16	10.32	52.12	112.30	1426.27	774.70	N.D.
	(2019. 5)	1332.7	33.1	10.3	37.9	44.6	1775.3	729.0	0.0

5

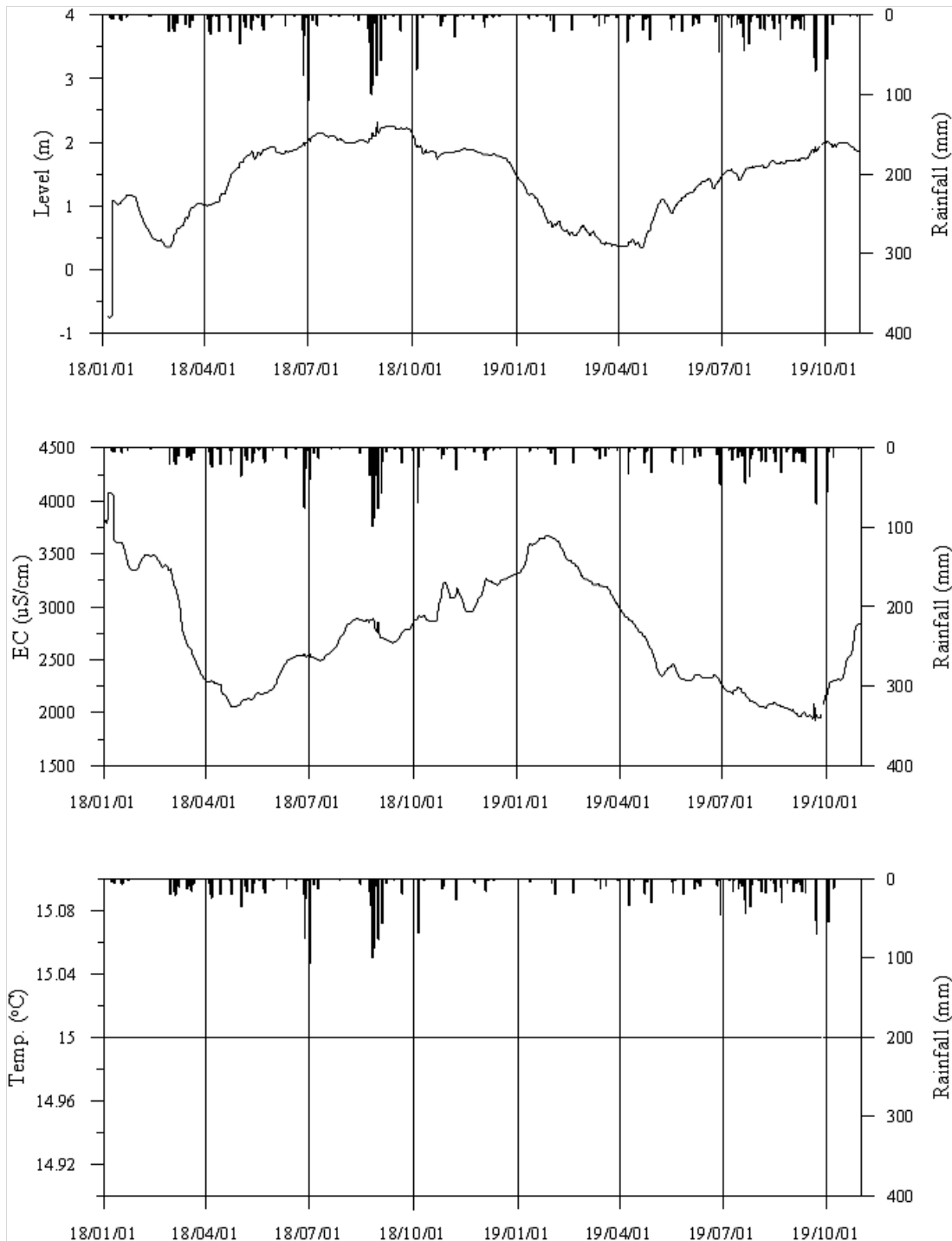
장기관측 결과



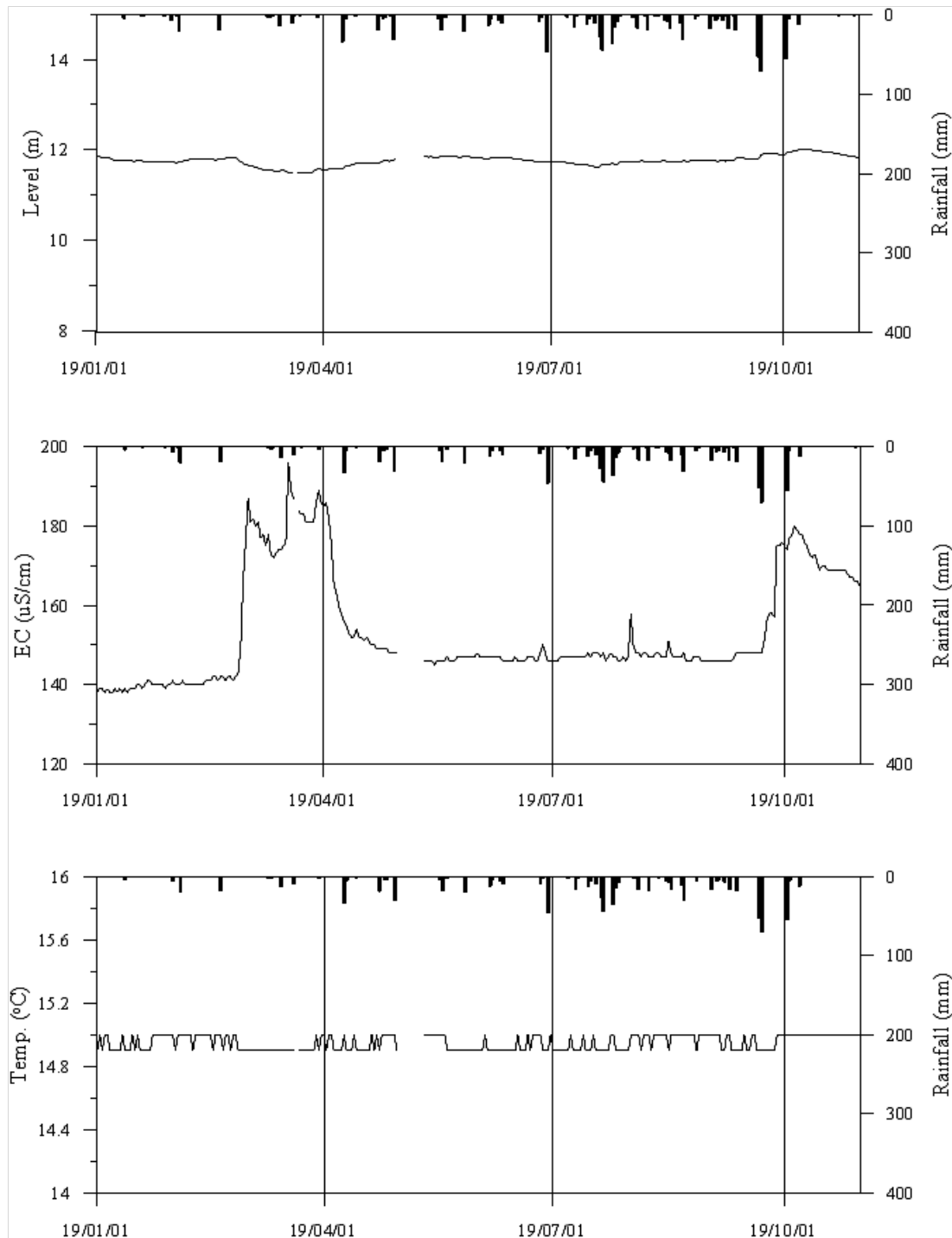
<익산1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



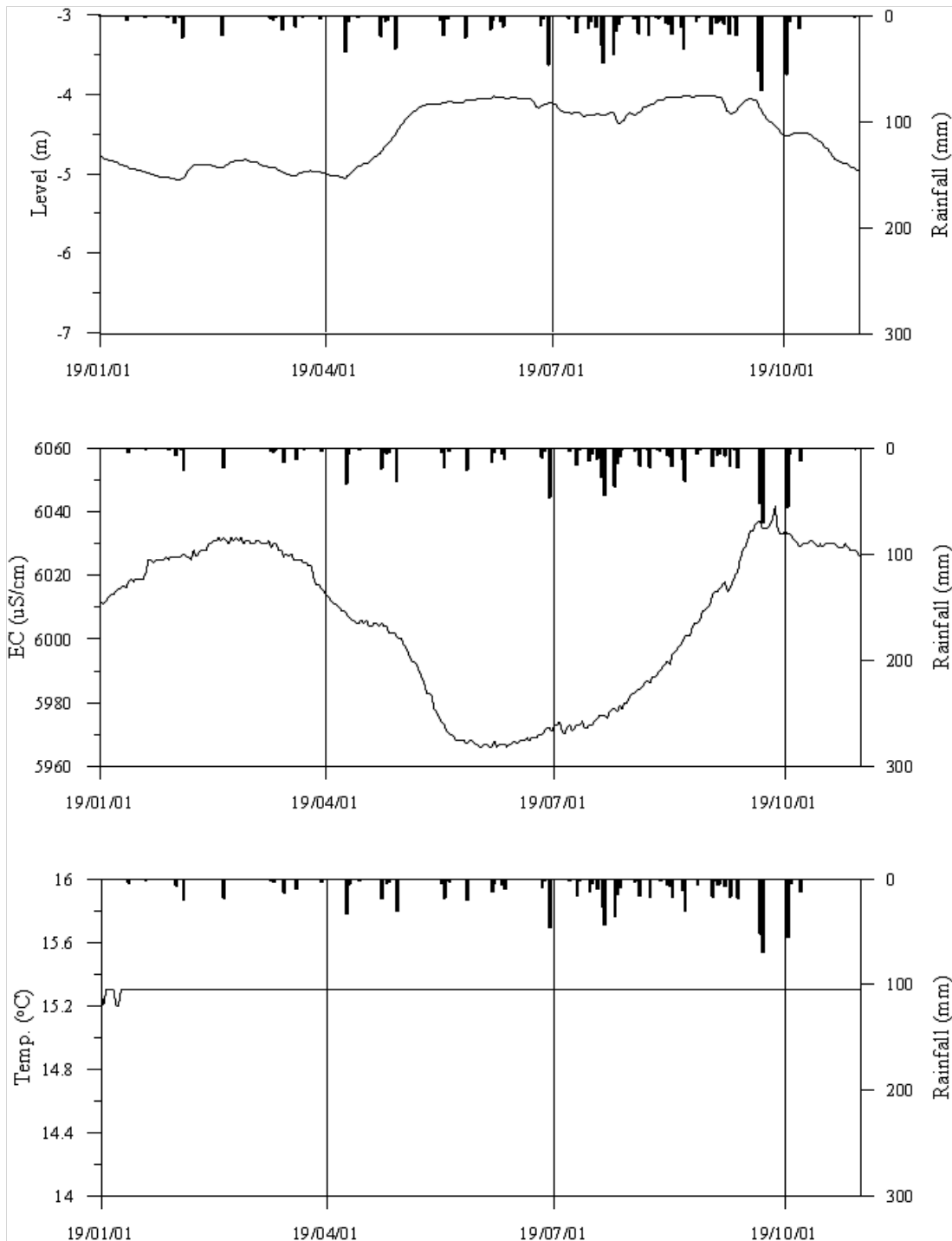
<익산2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<익산3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<익산4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<익산5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 익산1 관측공은 전형적인 논농업 지역에 위치하며, 농경지에 농업 용수공급에 따른 지하수 수량·수질 변화 관측을 위하여 설치하였다. 익산2 관측공은 주변에 왕궁축산단지 및 왕궁축산폐수처리장이 위치하며, 축산활동에 따른 축산분뇨가 농어촌지역 지하수에 끼치는 영향을 살펴보고자 설치하였다. 익산3 관측공이 설치된 오산면 영만리 지역은 임피 농공단지 인근에 위치해 있으며, 드넓은 농경지가 펼쳐져 있다. 기 조사된 익오지구 농촌지하수관리사업 보고서에 DRASTIC 지수(254)가 심각 단계이며, 축사시설(11개소)이 위치하여 지하수 수질관리 필요지역으로 선정된 바 있어 지속적인 수질 모니터링 필요에 따라 부지로 선정하였다. 익산4 관측공이 설치된 삼기면 간촌리 일원은 논농사 중심의 농촌지역으로, 개발가능량 대비 이용량은 81.4%로 100% 미만으로 나타났다. 또한 이는 삼기면 평균 23.9%에 비교하여 높은 편이며, 단위면적당 이용량은 123천 m^3 /년/ km^2 이며 관정밀도는 90.61공/ km^2 으로 삼기면에서 가장 높은 이용률과 이용량을 보여 지하수 수량관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 익산5 관측공이 설치된 용안면 덕용리 일원은 논농사 중심의 농촌지역이며, 덕용리는 질산성질소량이 15.5 mg/L로 용안면 평균인 12.4 mg/L보다 높은 수치를 나타내고 DRASTIC 지수가 140으로 높게 나타나 지하수 수량관리 필요지역으로 선정되어 해당 지역에 지속적인 수질 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 익산1 관측공의 전기전도도는 약 100 ~ 780 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 심도 약 35 m 및 45 m에서 나타난다. 익산1 관측공의 심도 약 35 m 및 45 m에서 전기전도도의 증가는 외부 오염물질을 포함한 지하수의 유입결과로 추정된다. 익산2 관측공의 전기전도도는 약 140 ~ 450 $\mu S/cm$ 범위이다. 익산3 관측공의 전기전도도는 약 1,300 ~ 16,000 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 심도 약 40 m 구간에서 나타난다. 익산3 관측공의 심도 약 40 m에서 전기전도도의 증가는

해수의 유입에 따른 결과로 추정된다. 익산4 관측공의 경우 케이싱 하부에서 약 35 m 심도까지 감소하다가 40 m 심도에서 급격히 증가하며 전기전도도는 170 ~ 220 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 익산5 관측공의 경우 케이싱 하부에서 약 50 m 심도까지 5,200 ~ 5,900 $\mu S/cm$ 범위로 증가하다가 50 m 심도부터 급격히 증가한 후 5,900 ~ 6,600 $\mu S/cm$ 범위를 유지한다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 익산1, 4 관측공은 Na-HCO₃ 유형에 해당하고, 익산2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형, 익산3, 5 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당한다. 익산1 관측공에는 나트륨을 다량 포함하는 하폐수 내지 분뇨가 유입되는 것을 의미하며, 이는 질산염 농도로도 확인이 가능하다. 익산1 관측공의 2013년 ~ 2014년 질산염 농도는 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성 질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되지만, 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과한 외부오염원의 유입을 시사한다. 따라서 익산1 관측공 주변 지하수 사용을 위해서는 지속적인 관측이 필요하다. 익산2 관측공의 질산염 농도는 먹는 물 수질기준 이하이다. 익산3, 5 관측공은 해수가 다량 유입되어 있어 농업용수로 활용 불가능하다.
- 4) 장기 관측결과 : 익산1 관측공에 대한 장기 관측 결과, 강수의 영향을 받고 있으며, 관측공 개발이래로 약 1 m 이내의 지하수위 변동 폭을 유지하고 있으나, 2017년 봄가뭄 시 일시적으로 지하수위가 감소하였다. 전기전도도의 경우 특별한 추세가 나타나지 않으며, 약 150 ~ 550 $\mu S/cm$ 범위이다. 익산2 관측공은 강수와 특별한 상관관계를 보이지 않으며 약 2 m의 수위 변동 폭을 나타내고 있다. 전기전도도는 상승 값은 미미하지만 지속적으로 상승하고 있으므로, 현재의 관측결과만으로 주변 지하수계의 변화를 정확히 논하기는 어려워 향후 장기 관측을 통해 더 정확한 변화추이를 설명할 필요가 있다. 익산3 관측공은 강수와 상관관계를 보이지 않으며, 수위 변동폭이 약 3 m 이내이다. 전기전도도는 2018년 4월 말까지 하강하였다가 5월부터 상승하며, 약 2,000 ~ 4,000 $\mu S/cm$ 범위이다. 익산4 관측공은 12m 내외의 지하수위를 유지하고 강수의 영향이 크지 않아 보인다. 전기전도도는 140 ~ 150 $\mu S/cm$ 범위에서 연중 일정하나, 3 ~ 4월, 10 ~ 11월에 전기전도도가 다소 높아지

는 경향을 보여준다. 익산5 관측공은 지하수위가 해수면보다 낮게 형성되어 있어 전기전도도값이 5900 ~ 6,000 $\mu S/cm$ 내외의 다소 높은 값을 보인다.

- 5) 관리 방안 : 익산1 관측공은 질산염 및 나트륨에 의한 오염이 발견된 이력이 있으므로, 지상부 오염원 관리를 철저히 하여 지하수 수질오염을 차단할 필요가 있다. 익산3, 5 관측공 주변 지하수는 해수유입에 따라 사용을 중지하고 타수자원 이용을 모색할 필요가 있다.

2.6.10 완주지구

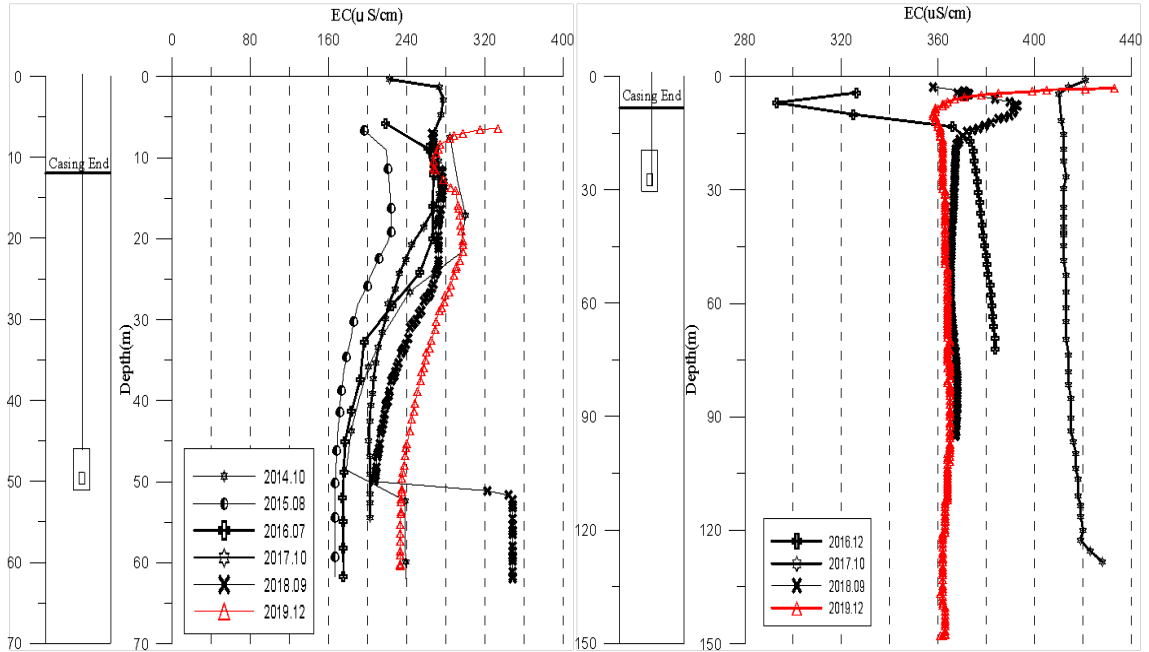
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
완주1	완주군 삼례읍 삼례리 832-3	206779.232	267425.228	13.38	2014	8.25
완주2	완주군 봉동읍 용암리 산67-3	212858.0791	271241.6514	26.66	2016	23.86
완주3	완주군 고산면 어우리 758-67	216065.2680	374076.0850	35.26	2017	32.41

2. 지형 및 지질

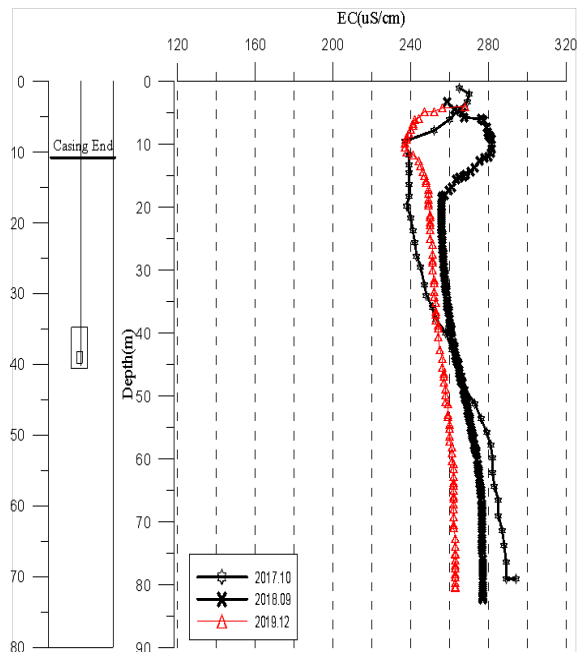
완주군은 전라북도 전주시, 익산시, 진안군 및 충청남도 논산시, 금산군과 접하고 있다. 완주1 지구는 만경강을 포함하는 유역으로서, 대규모 충적층에 농경 형태는 논농업을 위주로 하며 하우스 농업이 산재하고 있다. 삼례읍에는 사회기반시설, 주택가, 관공서 및 위락시설이 발달되어 있다. 완주2 지구는 전라북도 완주군청에서 북서쪽으로 약 4.4 km 떨어진 곳에 있는 봉동 양수장에 위치하고 있으며, 평균 해발고도가 약 20 ~ 50 m 내외로 해발 고도변화가 비교적 작은 구릉지와 농경지가 넓게 분포하고 만경강이 지구 남동쪽에서 서류하고 있다. 지질은 중생대 쥐라기 화강암류가 기반암을 이루고 있으며, 상부를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<완주1 관측공>

<완주2 관측공>



<완주3 관측공>

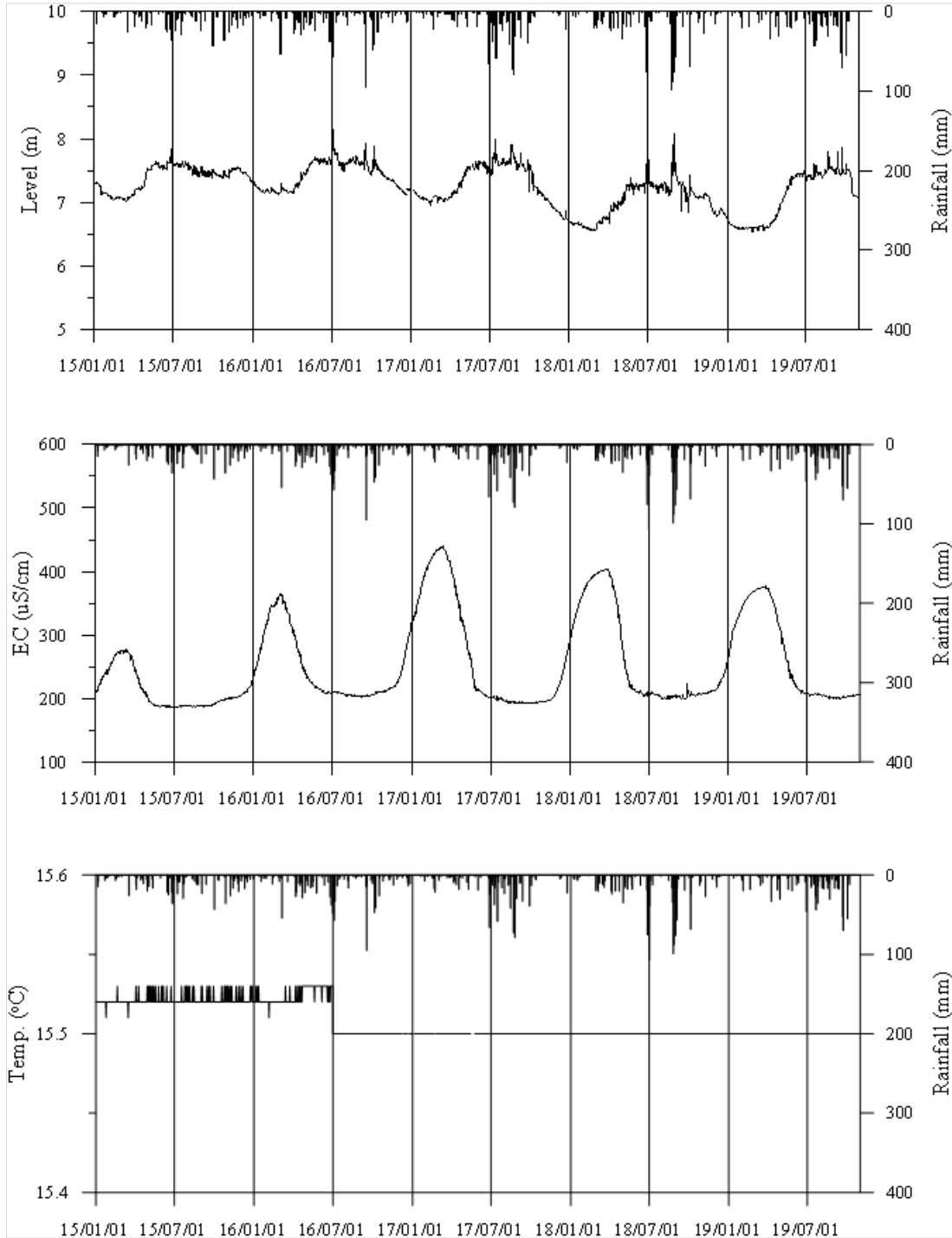
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

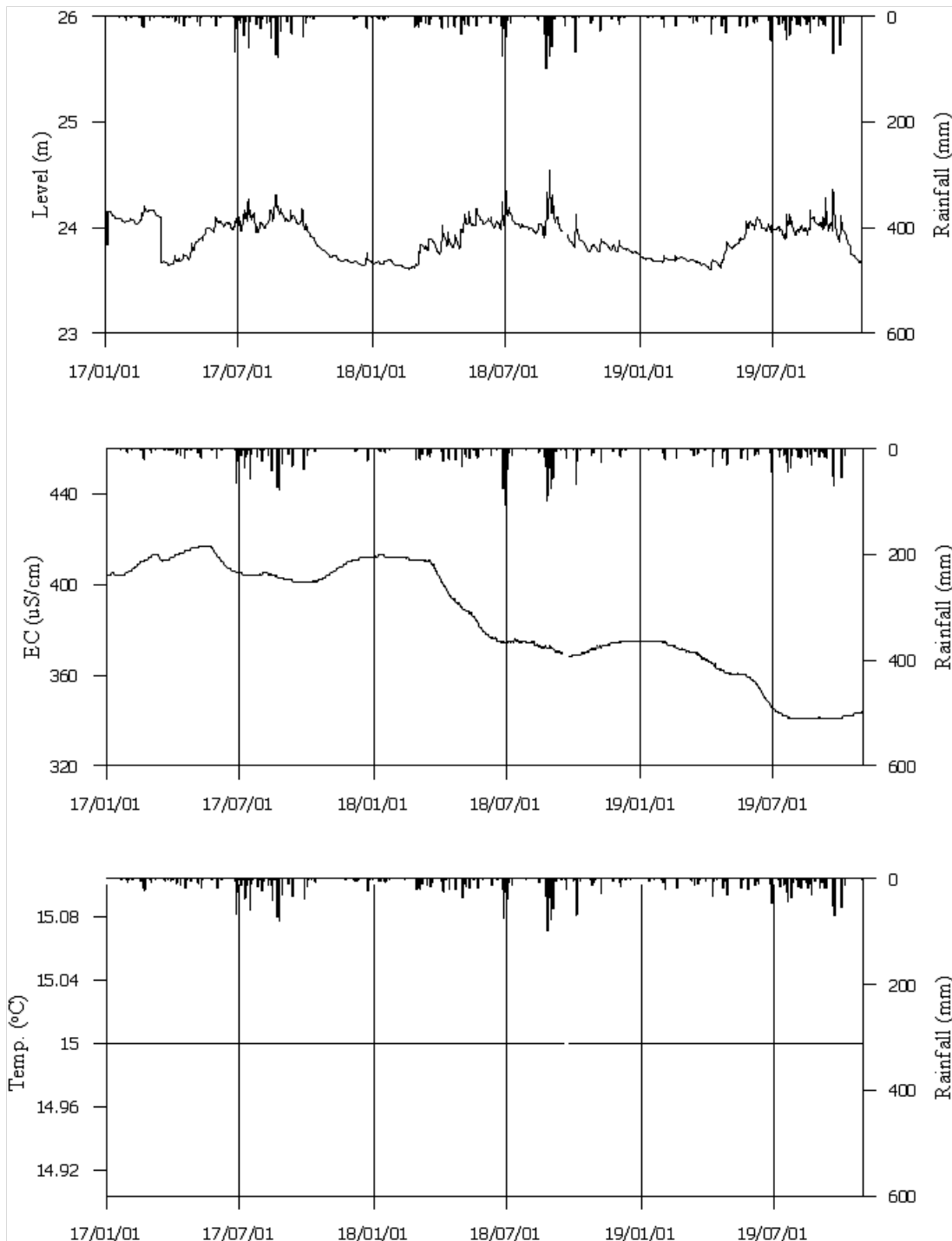
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
완주1	(2014.10)	16.51	5.10	2.80	24.06	10.63	13.89	88.45	2.26
	(2015. 8)	19.65	4.11	2.72	23.58	11.21	17.98	88.45	1.21
	(2016. 7)	16.20	6.10	2.90	27.80	11.00	17.80	126.90	0.30
	(2017.10)	17.17	5.02	2.33	26.34	12.00	16.02	109.80	1.08
	(2018. 7)	17.10	11.25	4.87	45.60	19.85	27.77	152.50	N.D.
	(2019. 5)	16.04	8.20	5.08	36.50	15.35	20.51	122.00	0.02
완주2	(2016.12)	45.38	2.34	1.54	17.98	45.95	9.74	99.13	2.81
	(2017.10)	66.09	1.72	1.62	15.14	70.35	6.35	106.75	N.D.
	(2018. 7)	70.76	1.64	1.69	15.27	70.99	5.77	100.65	N.D.
	(2019. 5)	59.51	1.42	1.64	15.36	55.47	5.73	97.60	0.31
완주3	(2017.10)	8.81	5.79	1.93	25.95	30.98	13.02	61.00	19.69
	(2018. 7)	9.59	5.52	1.96	25.11	31.36	12.97	39.65	19.42
	(2019. 5)	8.83	5.66	2.65	25.49	31.86	11.90	45.75	16.13

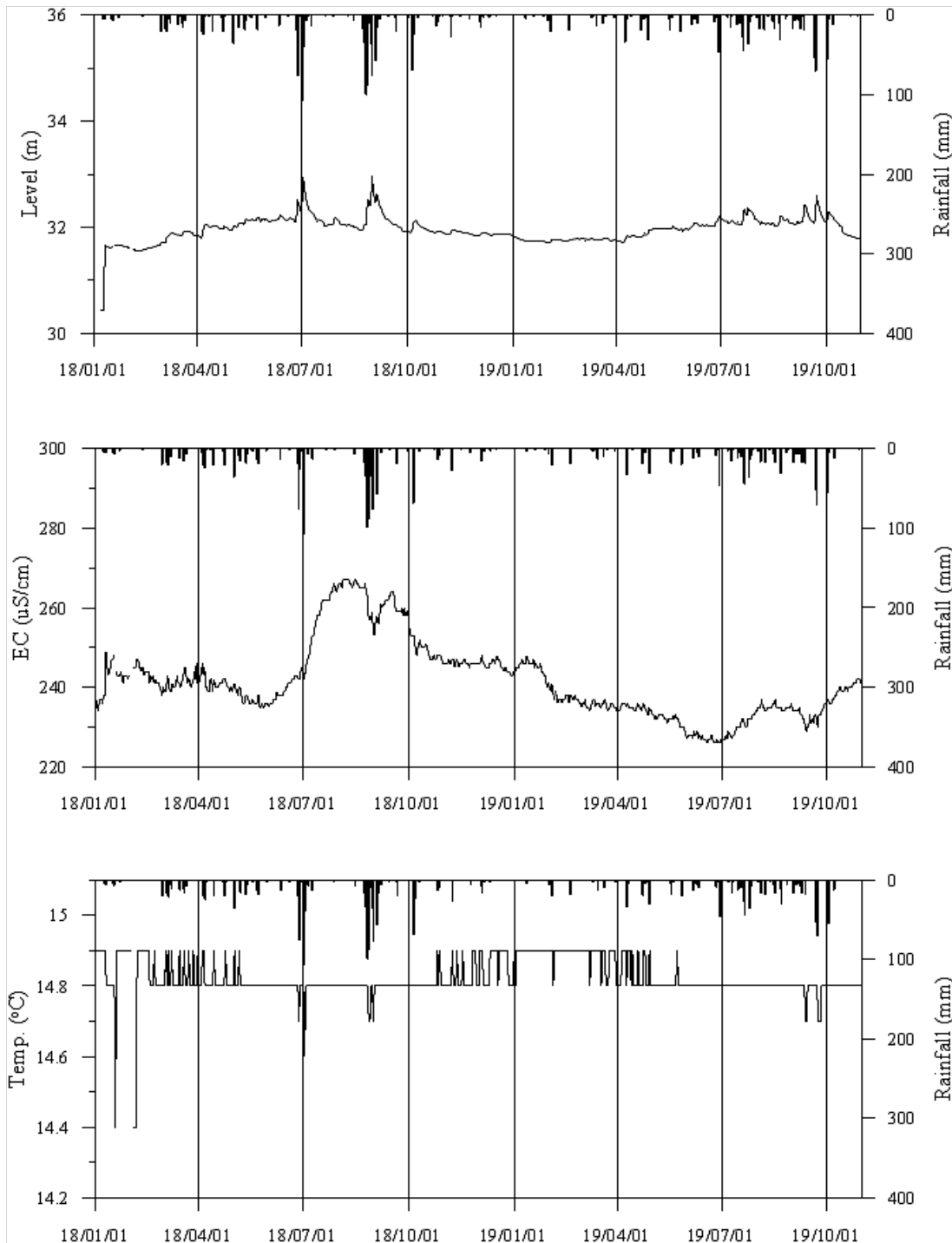
5. 장기관측 결과



<완주1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<완주2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<완주3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 완주1 관측공은 완주군 삼례읍 삼례리 석탑천 천변에 위치한다. 완주1 관측공은 삼례읍 도시기반시설과 주변 농경지에 의한 지하수 영향을 공통적으로 살펴보기 위하여 설치하였다. 완주군 봉동읍 용암리에 위치하는 완주2 관측공은 만경강 지류를 따라 발달한 농경지에 설치되었다. 관측공 인근 경지정리가 마무리된 농경지와 완주 일반 산업단지가 있다. 농경지 퇴비 및 비료사용에 의해 지하수 수질관리가 필요지역으로 오염 가능성이 있고, 완주군청에서 지속적인 모니터링 관측망 시설확충을 원하고 있어 관측공을 설치하였다. 완주3 관측공이 설치된 봉동읍 용암리 지역은 완주 일반 산업단지, 완주테크노밸리 일반산업단지 인근에 위치해 있으며, 기 조사된 완화지구 농촌지하수관리사업 보고서에 의하면 이용량/개발가능량(103.3%), 단위면적당 이용량(157천 m³/년), 관정밀도(60.7 공/km)가 높아 지하수 수량 관리가 필요한 지역이다. 따라서 지속적인 수량 모니터링이 필요함에 따라 관측공 부지로 선정하였으며, 완주군에서 지속적인 모니터링 관측망 시설확충을 적극 원하고 있어 관측공 부지로 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 완주1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 약 50 m 심도까지 300 $\mu S/cm$ 에서 160 $\mu S/cm$ 로 감소한다. 50 m 이하 심도부터는 일정한 값을 보인다. 완주2 관측공의 전기전도도는 약 290 ~ 440 $\mu S/cm$ 범위, 완주3 관측공의 전기전도도는 약 240 ~ 300 $\mu S/cm$ 범위로 농업용수로 활용이 가능하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 완주1, 2, 3 관측공은 Na-HCO₃ 유형에 해당한다. 완주지구 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 완주1, 2 관측공에 대한 장기 관측 결과 강수의 영향을 받고 있으며, 1 m 이내의 지하수위 변동폭을 보인다. 전기전도도의 경우 봄철에

증가하는 경향을 보인다. 완주3 관측공의 지하수위는 강수와 상관관계를 가지며, 수위 변동폭은 약 2 m 이내이다. 원주4 관측공은 30 ~ 33 m 범위에서 수위를 유지하며 강우의 영향을 받고 있는 것으로 분석된다. 전기전도도는 230 ~ 280 $\mu S/cm$ 범위에서 변화한다.

- 5) 관리 방안 : 완주지구 지하수는 현재 농업을 위한 수질과 수량을 보유하고 있어 농업용수로 상시 이용이 가능하다. 그러나 과잉양수 및 지하수 오염물질 유입 등을 사전에 차단하여 건전하고 지속가능한 지하수 개발·이용을 도모할 필요가 있다.

2.6.11 임실지구

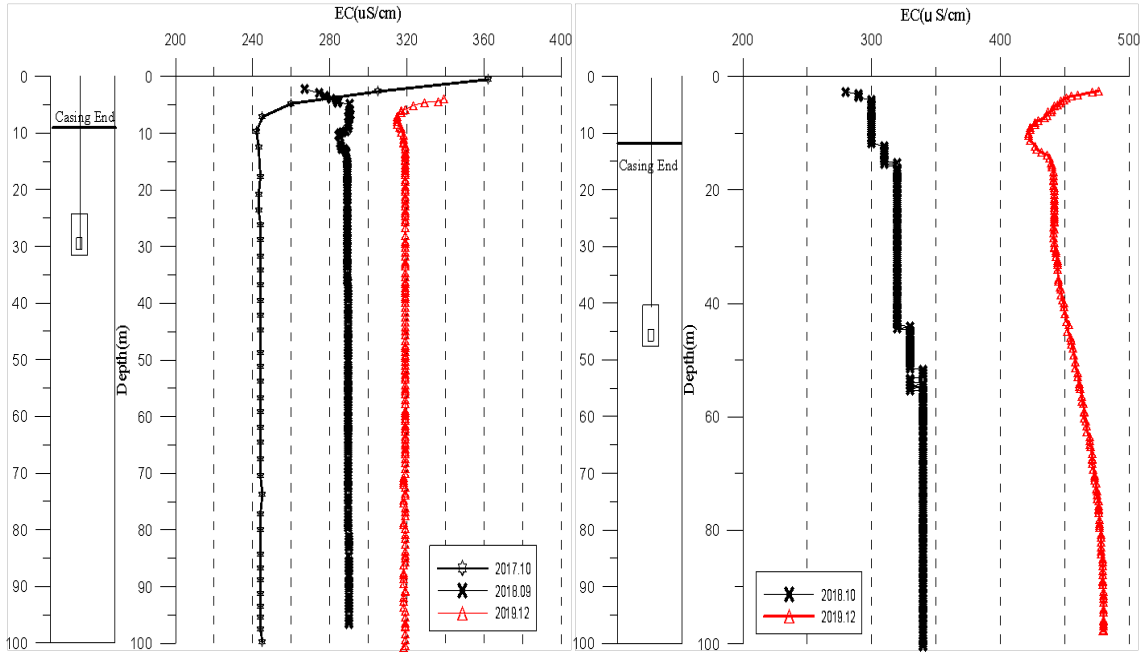
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
임실1	임실군 삼계면 봉현리 841	222942.24	321667.73	125.65	2017	122.20
임실2	임실군 오수면 오산리 914	227807.712	328175.124	130.82	2018	128.44
임실3	임실군 청웅면 구고리 1315	330629.216	218743.350	159.03	2018	156.48

2. 지형 및 지질

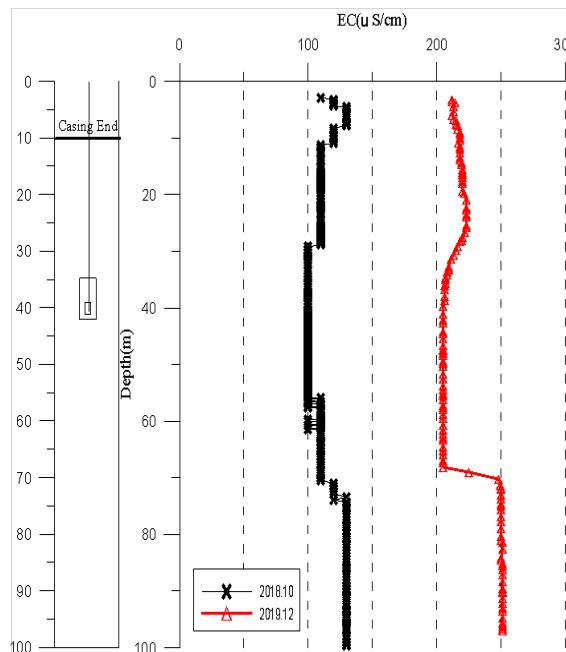
임실군은 면적 597 km²으로서 서울특별시 크기와 유사하며, 경지 약 18%, 임야 약 70%, 기타 약 12%로, 주로 농업이 경제의 근간을 이루고 있다. 주된 농업은 치즈를 지방특산물로 하는 낙농업, 고추 등이다. 기 조사된 임실지구 농촌지하수관리 사업 보고서에 오염원분포밀도, 단위면적당 오염부하량이 높아 지하수 수질관리 필요지역으로 분류된다.

3. 지하수 검층



<입실1 관측공>

<입실2 관측공>



<입실3 관측공>

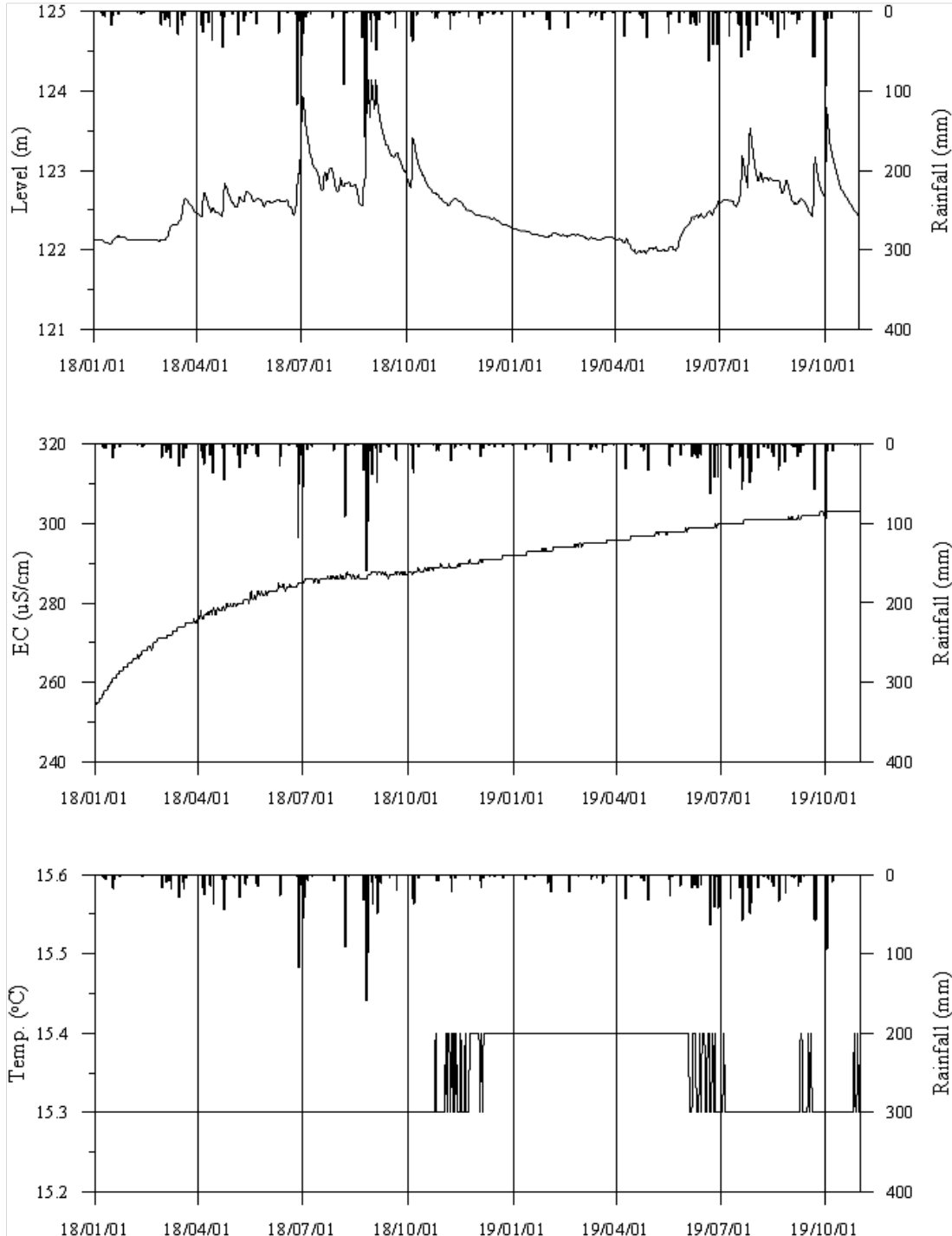
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

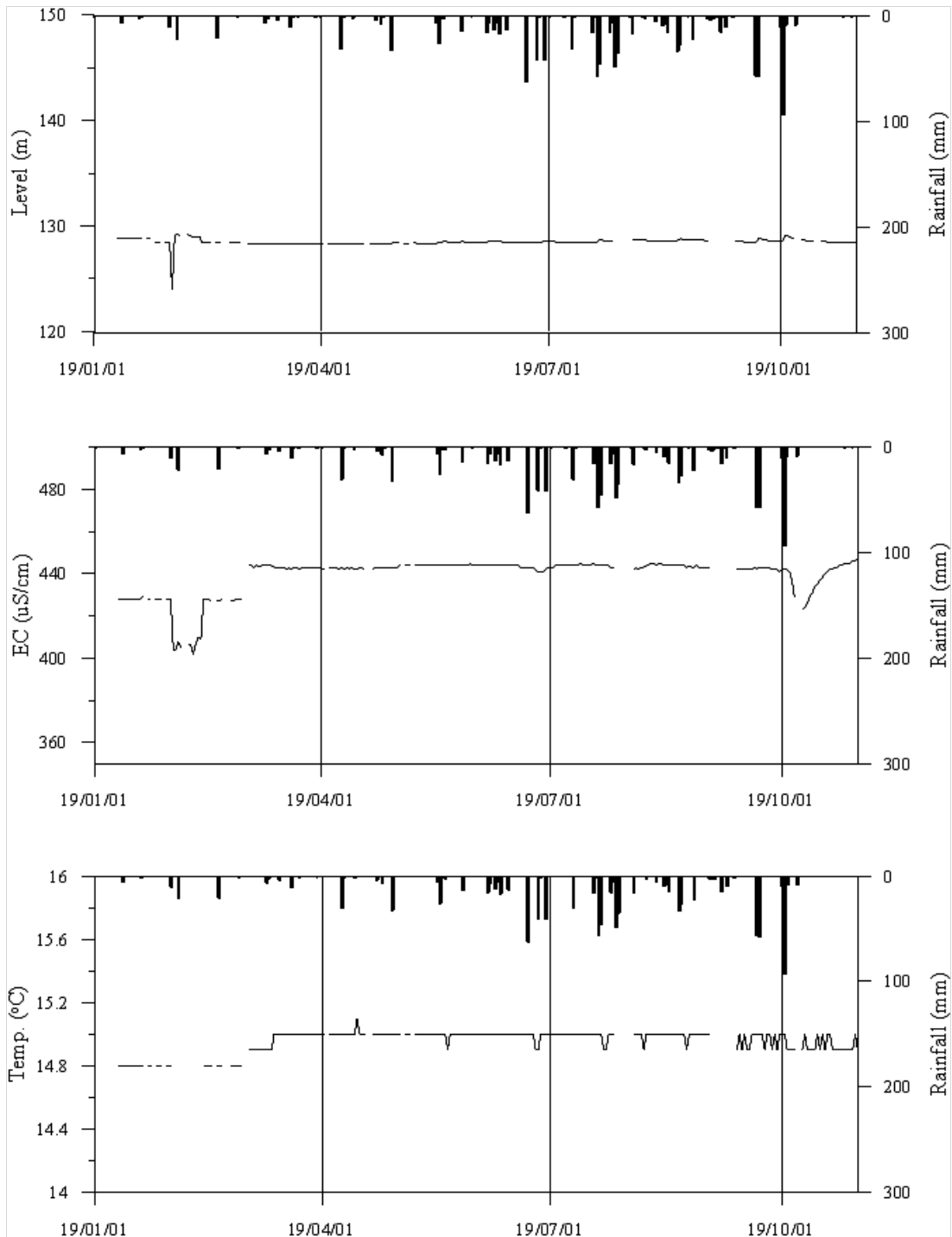
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
임실1	(2017.10)	10.38	3.01	1.17	37.04	3.44	8.34	122.00	11.12
	(2018. 7)	13.81	3.43	1.00	40.86	3.90	9.63	131.15	11.67
	(2019. 5)	11.59	3.48	0.93	41.55	3.96	9.63	128.10	15.21
임실2	(2018.12)	16.95	7.41	2.11	44.34	32.27	18.45	82.35	45.87
	(2019. 5)	14.60	6.83	2.23	48.78	28.43	15.59	125.05	52.09
임실3	(2018.12)	11.62	5.38	1.11	28.45	4.91	10.17	105.23	4.09
	(2019. 5)	10.71	2.41	0.78	23.88	8.39	6.49	76.25	3.97

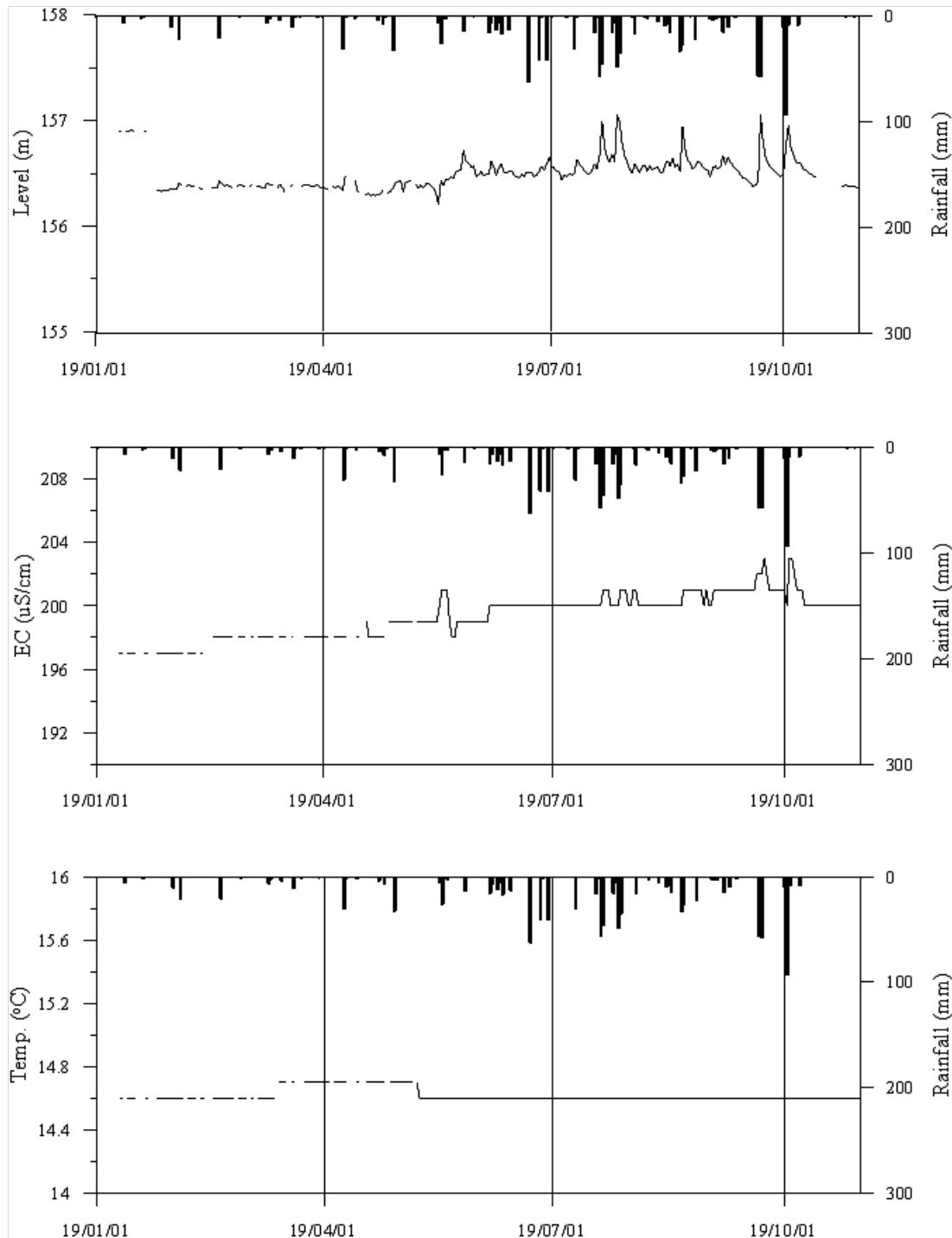
5. 장기관측 결과



<임실1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<임실2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<임실3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 임실1 관측공이 설치된 삼계면 봉현리 지역은 산세가 우세하며, 동쪽으로는 오수천이 흐르며 광활한 농경지가 펼쳐져 있는 지역에 위치해 있으며, 기 조사된 임산지구 농촌지하수관리사업 보고서에 오염원 분포밀도(4.5 개/km²), 단위면적당 오염부하량(776 kg/일/km²)으로 지하수 수질관리 필요지역으로 선정된바 있다. 따라서 지속적인 수질 모니터링이 필요함에 따라 관측공 부지로 선정하였다. 임실2 관측공이 설치된 오수면 오산리 지역은 오수농공단지 인근에 위치해 있으며, 동쪽으로는 둔남천이 흐르고 있다. 기 조사된 임삼지구 농촌지하수관리사업 보고서에 이용량/개발가능량(140.5%), 단위면적당 이용량(233천 m³/년), 관정밀도(72.9 공/km²)로 지하수 수량관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수량 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다. 임실3 관측공이 설치된 청웅면 구고리 지역은 공사관리 저수지인 청웅저수지 인근에 위치해있다. 기 조사된 순강지구 농촌지하수관리사업 보고서에 이용량/개발가능량(187.9%), 단위면적당 이용량(207천 m³/년), 관정밀도(73.2 공/km²)로 지하수 수량관리 필요지역으로 선정되어 지속적인 수량 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 임실1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 공저까지 전 구간 약 240 ~ 320 $\mu S/cm$ 내외로 유사하다. 임실2 관측공의 경우 케이싱 하부에서 약 70 m 까지 단계적으로 상승하며, 이후 구간에서는 약 340 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 2018년에 비해 2019년 조사결과는 전반적으로 100 $\mu S/cm$ 정도씩 증가했다. 임실3 관측공의 경우 케이싱 하부에서 약 58 m 심도까지 100 $\mu S/cm$ 내외로 감소하나 이후부터 공저까지는 단계적으로 증가하며 약 100 ~ 130 $\mu S/cm$ 내외를 보인다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 임실1, 2, 3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한

용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 임실1 관측공의 지하수위는 일부 강수와 상관관계가 있고, 수위 변동폭은 약 2 m 범위에서 강수량에 따라 상승과 하강을 반복하고 있으며, 전기전도도는 지속적으로 상승하는 경향을 보인다. 임실2 관측공은 강우나 계절적 영향은 보이지 않으나, 임실 3 관측공은 강우에 의한 지하수위가 크게 영향을 받고 있으며, 전기전도도는 196 ~ 205 $\mu S/cm$ 내외에서 소폭 증가추세를 보인다.
- 5) 관리 방안 : 임실1, 3 관측공 주변 지하수는 현재 농업을 위한 수질과 수량을 보유하고 있어 농업용수로 상시 이용이 가능하다. 그러나 과잉양수 및 지하수 오염물질 유입 등을 사전에 차단하여 건전하고 지속가능한 지하수 개발·이용을 도모할 필요가 있다.

2.6.12 김제지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
김제1	김제시 금산면 삼봉리 210-2	195661.6	349732.5	33.8	2019	3.5
김제2	김제시 봉남면 내광리 1169	200159.7	348300.6	9.4	2019	4.2

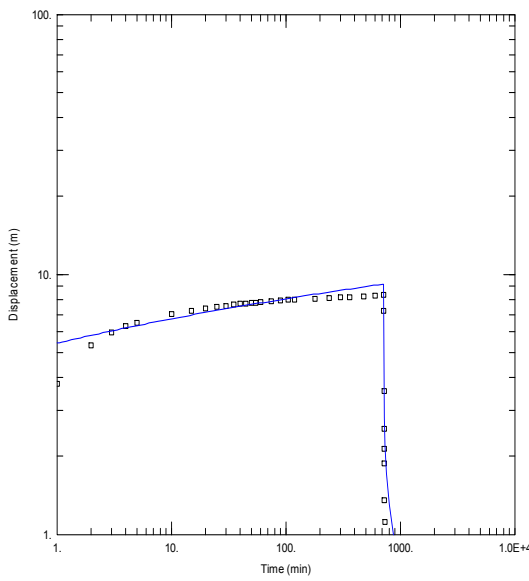
2. 지형 및 지질

김제1 관측공은 김제시 금산면과 봉남면 일원으로 구성산 자락과 금평저수지에 서 흘러나오는 유각천 사이에 위치한다. 그리고 김제2 관측공은 금구천과 원평편의 합류지점에 위치하고 있다. 대부분 논농업 지역이며, 지질은 중생대 쥬라기 복운모 화강암이 기반암을 이루며, 제4기 충적층이 피복하고 있다.

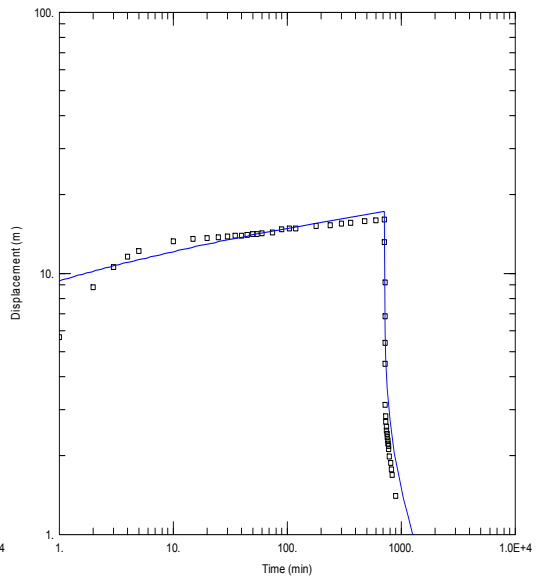
3. 대수층 수리지질 현황

신규로 설치한 김제1, 김제2 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



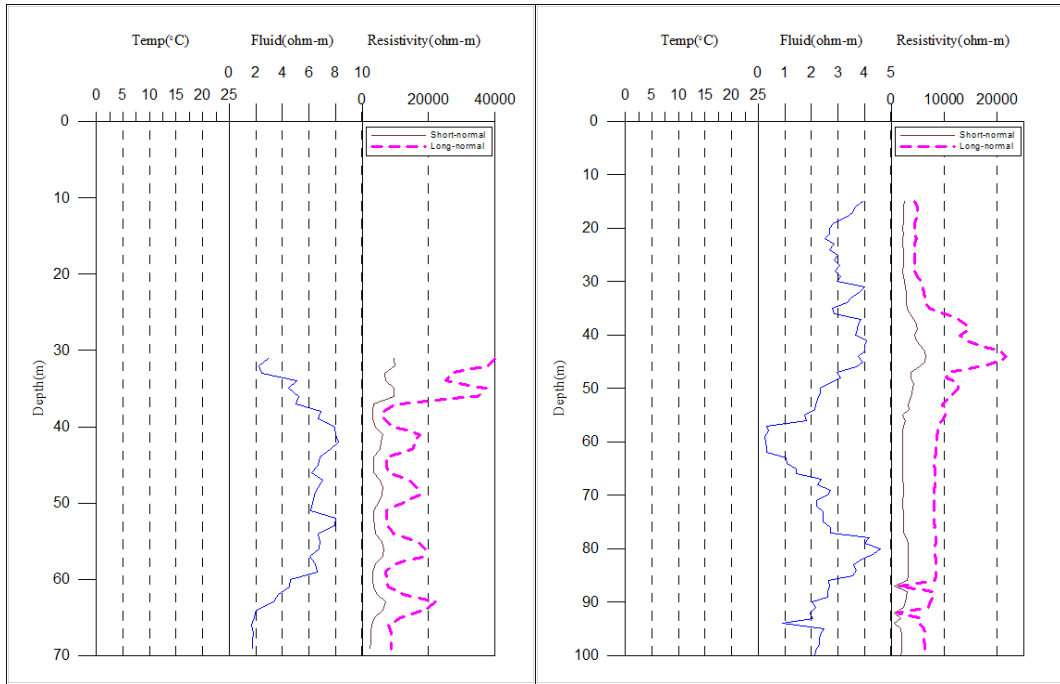
<김제1 관측공 양수시험>



<김제2 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
김제1	400	26.55	7.68×10^{-4}	40
김제2	300	9.987	1.34×10^{-4}	86

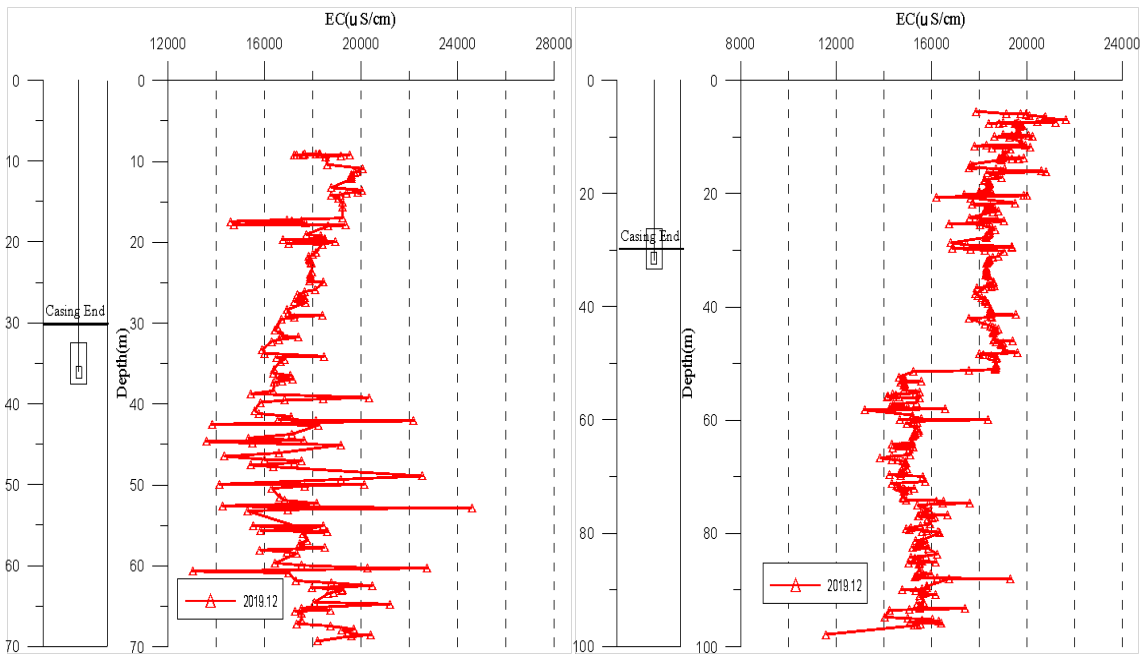
◎ 물리검층



<김제1 관측공 물리검층>

<김제2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<김제1 관측공>

<김제2 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
김제1	(2019.11)	28.84	4.69	1.78	22.99	2.59	32.35	27.45	86.33
김제2	(2019.11)	27.17	5.62	1.99	24.23	6.66	47.87	70.15	0.52

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 김제1, 2 관측공이 설치된 금산면 삼봉리 지역은 산지와 농경지가 접하는 지역으로서 동쪽으로는 구성산이 위치하고 서쪽으로는 광활한 농경지가 펼쳐져있는 지역에 위치하고 있다. 기 조사된 김제지구 농촌지하수관리 사업 보고서에 따르면 관정개발밀도가 높고 질산성질소가 기준치를 초과한 관정이 많으며, DRASTIC 지수도 높은 곳이 많아 지속적인 수질모니터링을 위해 관측공을 설치하였다. 김제2 관측공이 설치된 봉남면 내광리 지역은 남쪽으로 원평천이 가로지르고 있는 드넓은 평야에 위치하고 있으며, 북쪽으로는 금구천이 흐르고 있다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 김제1과 2 관측공의 양수량은 400, 300 m³/d 이며, 수리전도도는 $1.34 \times 10^{-4} \sim 7.68 \times 10^{-4}$ cm/sec(대수층 두께 40, 86 m)이다. 물리검층 결과, 김제1 관측공의 Fluid는 0.8 ~ 8.0 ohm-m를, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 35 m 이후부터 공저까지 유사하게 나타나며, 김제2 관측공의 Fluid는 0.2 ~ 4.5 ohm-m, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 전 구간에서 유사하게 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 김제1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 공저까지 전 구간 약 12,500 ~ 24,500 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 김제2 관측공의

경우 케이싱 하부에서 약 50 m 까지 16,000 ~ 22,000 $\mu S/cm$ 범위를 유지하다가 이후 구간에서는 약 15,000 $\mu S/cm$ 내외로 다소 감소한다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 김제1, 2 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 관리 방안 : 김제1, 2 관측공 주변 지하수는 염분이 높은 관계로 농업용수로 이용하기에는 불가능하므로 수질변화 측정을 위해 지속적인 모니터링이 요구된다.

부록 2.7 전라남도

2.7.1 무안지구	.....	부록	- 617
2.7.2 보성지구	.....	부록	- 632
2.7.3 장성지구	.....	부록	- 647
2.7.4 화순지구	.....	부록	- 659
2.7.5 장흥지구	.....	부록	- 672
2.7.6 영광지구	.....	부록	- 683
2.7.7 함평지구	.....	부록	- 697
2.7.8 신안지구	.....	부록	- 711
2.7.9 진도지구	.....	부록	- 715
2.7.10 순천지구	.....	부록	- 726
2.7.11 곡성지구	.....	부록	- 744
2.7.12 고흥지구	.....	부록	- 756
2.7.13 해남지구	.....	부록	- 774
2.7.14 담양지구	.....	부록	- 793
2.7.15 영암지구	.....	부록	- 804

부록 2.7 전라남도

2.7.1 무안지구

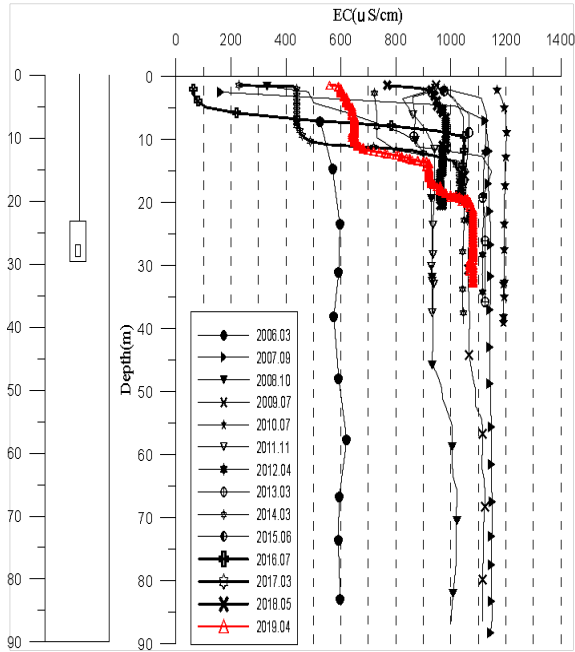
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
무안1	무안군 무안읍 성남리 357-13	136857.061	159503.303	37.36	2003	36.07
무안2	무안군 운남면 성내리 1007-3	151948.987	166187.994	42.59	2003	39.57
무안3	무안군 해제면 덕산리 1227	136351.4899	181396.3670	0.88	2006	-11.52
무안4	무안군 청계면 송현리 557-1	147888.7248	159778.2155	20.78	2006	18.28
무안5	무안군 일로읍 의산리 1403	157031.8606	148375.4623	0.51	2016	0.16
무안6	무안군 무안읍 용월리 1027-25	153852.0867	167435.0901	6.66	2016	2.11
무안7	무안군 일로읍 죽산리 1409-1	249202.555	153814.805	1.955	2017	-0.045
무안8	무안군 현경면 평산리 1242-1	149798.490	269842.413	25.53	2018	23.71

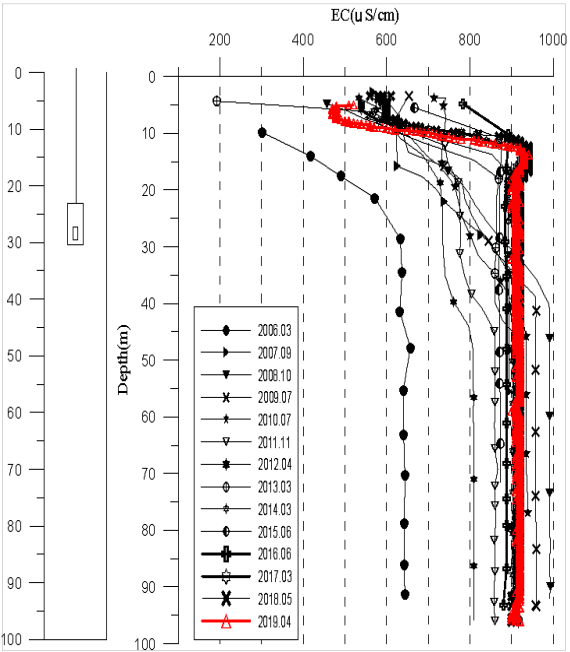
2. 지형 및 지질

무안군은 전라남도의 서남단에 위치하며, 노령산맥의 한 지맥이 비옥한 나주평야를 지나 전라남도의 서남단에 무안반도를 형성하였고, 다시 여기서 갈라져나간 해제반도와 망운반도가 있으며, 해안선의 길이는 220.3 km 에 달한다. 무안군은 육지나 도서를 막론하고 높이 400 m 이상의 산지는 없으며, 승달산(318 m), 국사봉(283 m), 감방산(258 m) 등의 산과 낮은 구릉 및 평지로 이어져 있다.

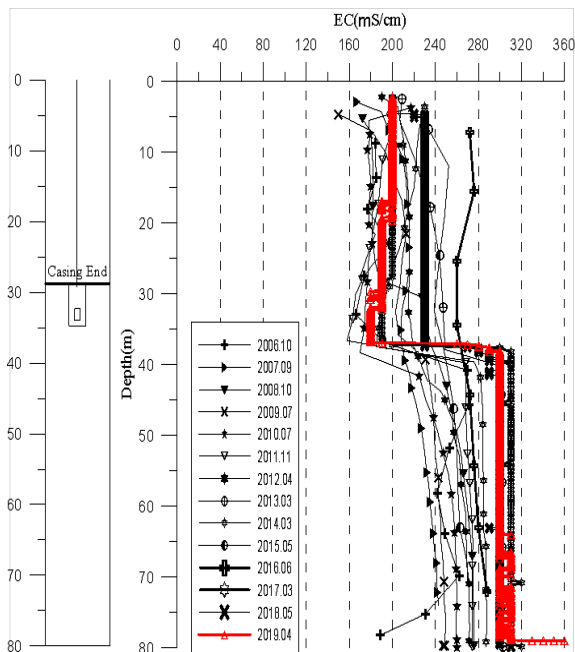
3. 지하수 검층



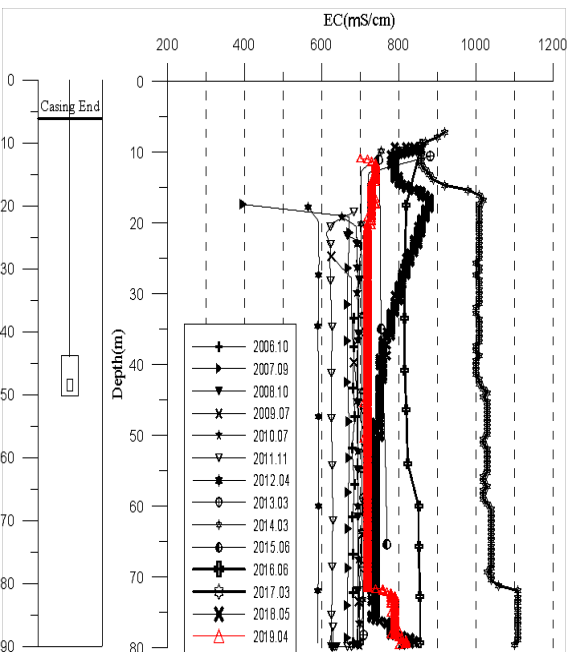
<무안1 관측공>



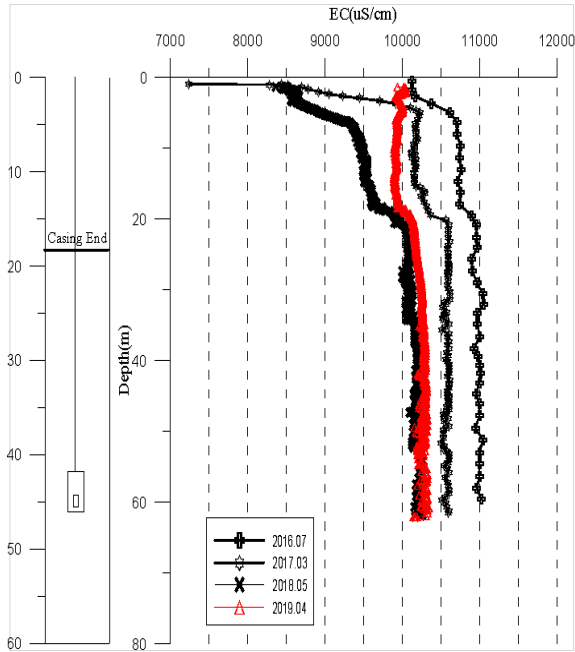
<무안2 관측공>



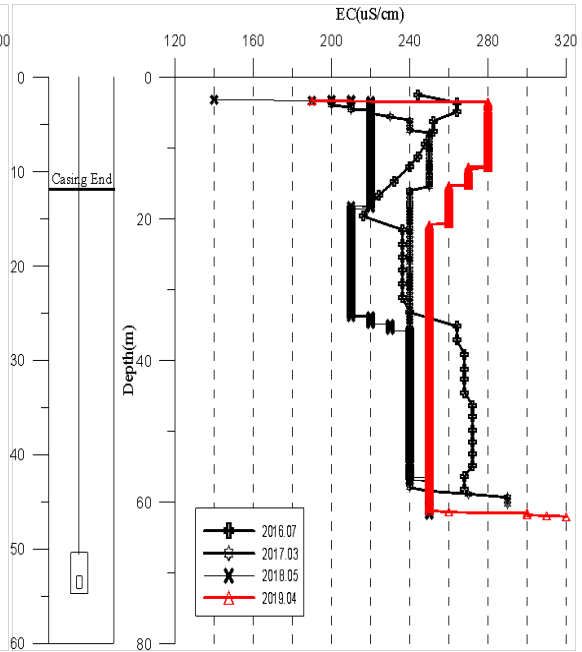
<무안3 관측공>



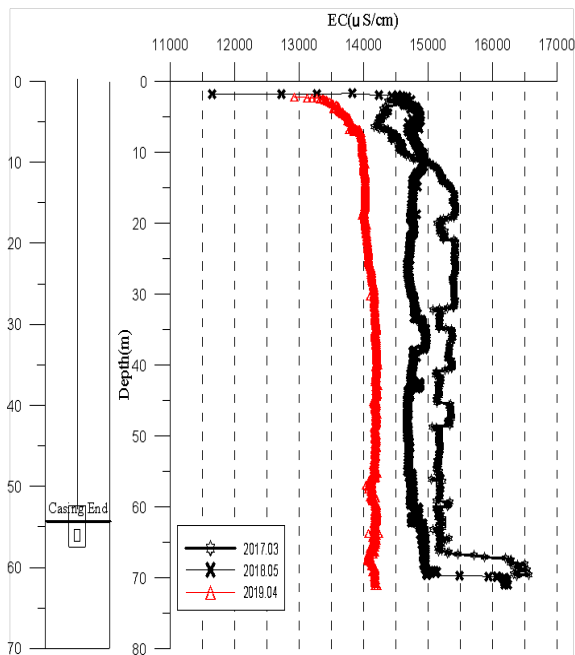
<무안4 관측공>



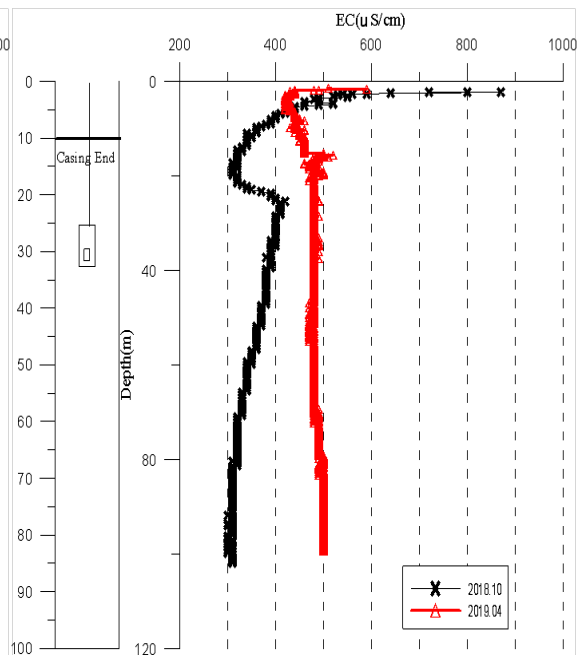
<무안5 관측공>



<무안6 관측공>



<무안7 관측공>



<무안8 관측공>

4. 지하수 수질 분석

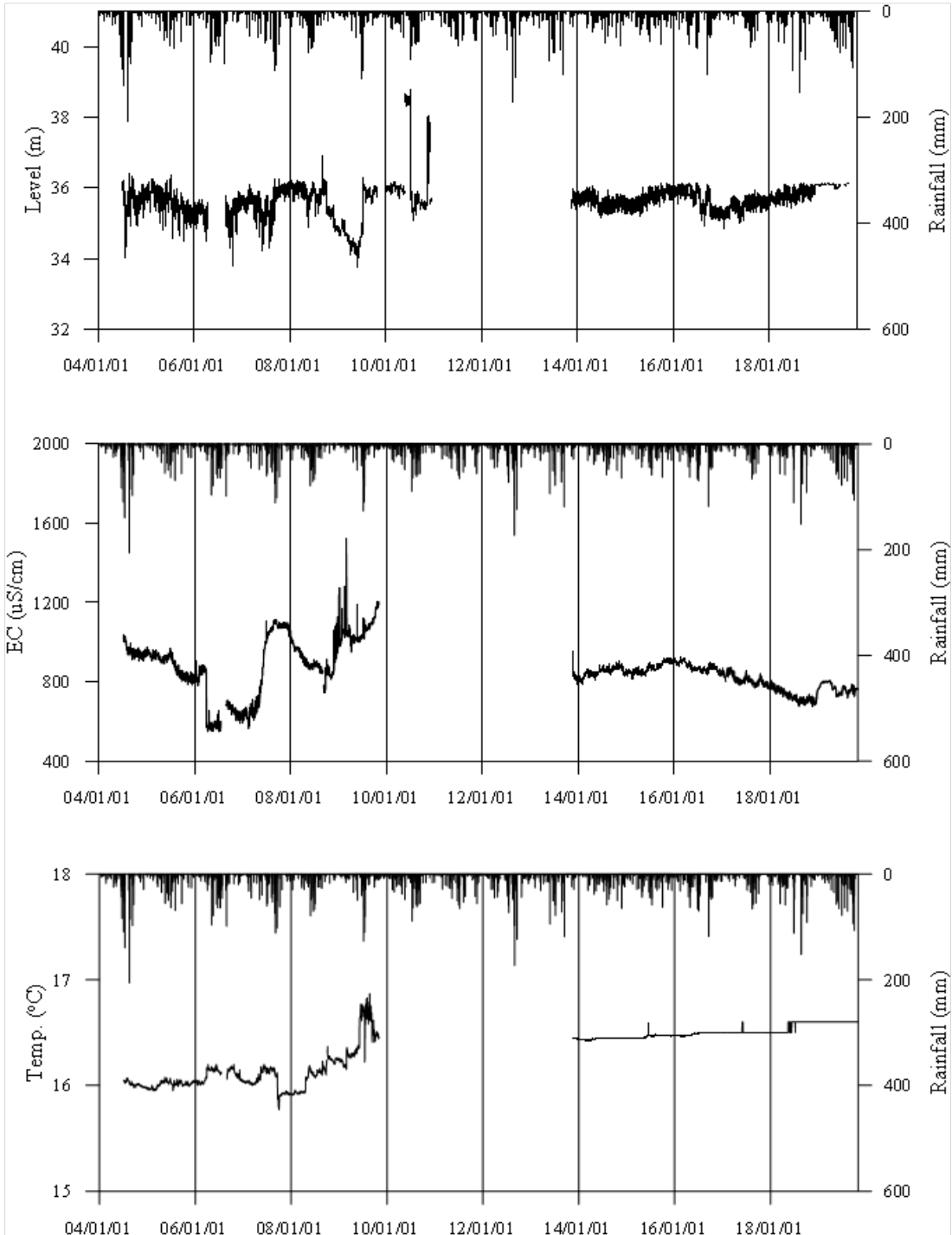
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
무안1	(2007.10)	105.59	19.81	38.36	122.03	54.17	183.64	335.50	1.46
	(2008.10)	31.37	17.54	2.86	48.76	17.25	61.61	67.10	163.28
	(2009. 7)	76.48	15.25	20.74	83.28	34.28	184.55	219.60	N.D.
	(2010. 7)	97.83	19.98	19.45	96.32	41.97	204.67	292.80	N.D.
	(2011. 7)	142.25	26.03	30.58	92.53	26.76	326.65	266.88	1.66
	(2012. 4)	106.46	21.88	25.31	105.16	43.49	191.36	347.70	N.D.
	(2013. 4)	107.43	19.46	23.26	75.68	29.11	142.33	335.50	0.86
	(2014. 4)	100.28	15.38	17.30	47.09	25.28	105.40	247.05	4.36
	(2015. 4)	84.09	23.55	24.37	86.88	26.10	115.30	356.90	3.30
	(2016.10)	146.5	21.74	21.70	86.88	65.20	293.20	261.00	2.50
	(2017. 3)	47.49	9.64	14.37	20.66	0.70	72.47	140.30	N.D.
	(2018. 5)	69.03	19.74	18.59	68.22	20.42	103.40	265.35	2.63
(2019. 5)	76.50	19.28	18.13	70.56	36.75	100.51	274.50	N.D.	
무안2	(2007.10)	39.48	16.57	6.60	108.21	46.35	67.05	183.00	124.40
	(2008.10)	64.58	11.83	22.21	75.11	43.93	104.41	295.85	N.D.
	(2009. 7)	33.44	20.86	2.82	48.53	17.30	64.14	51.85	186.79
	(2010. 7)	30.81	18.16	5.99	59.23	13.62	52.08	70.15	180.74
	(2011. 7)	43.87	26.73	3.01	73.42	12.94	69.13	27.45	313.48
	(2012. 4)	52.35	22.57	3.44	69.74	41.71	240.72	57.95	N.D.
	(2013. 4)	48.66	21.30	3.38	52.52	21.85	70.65	82.35	150.43
	(2014. 4)	47.58	17.80	5.16	67.97	20.42	65.56	67.10	195.60
	(2015. 4)	48.04	28.54	4.94	76.47	19.30	63.40	58.00	282.60
	(2016.10)	60.06	15.46	2.80	89.02	72.90	41.00	93.00	251.90
	(2017. 3)	53.29	18.93	4.06	25.04	20.98	81.97	45.75	111.60
	(2018. 5)	89.44	14.88	3.08	90.90	38.28	123.14	85.40	195.25
(2019. 5)	55.35	15.17	3.22	87.00	35.12	70.92	79.30	201.88	
무안3	(2007.10)	11.79	7.58	11.14	7.74	12.40	8.59	82.35	7.03
	(2008.10)	10.88	2.27	1.91	5.19	2.10	17.97	30.50	0.07
	(2009. 7)	11.42	5.03	5.85	6.28	13.74	17.87	42.70	0.77
	(2010. 7)	13.31	7.24	4.67	10.24	18.46	18.11	54.90	4.25
	(2011. 7)	13.76	4.45	3.57	8.36	8.17	19.15	48.80	1.01
	(2012. 4)	14.58	8.48	5.27	11.87	15.32	28.88	48.80	12.30
	(2013. 4)	15.21	6.62	3.68	10.79	13.89	23.81	33.55	12.63
	(2014. 4)	16.86	5.04	2.97	10.89	6.27	21.31	61.00	4.42

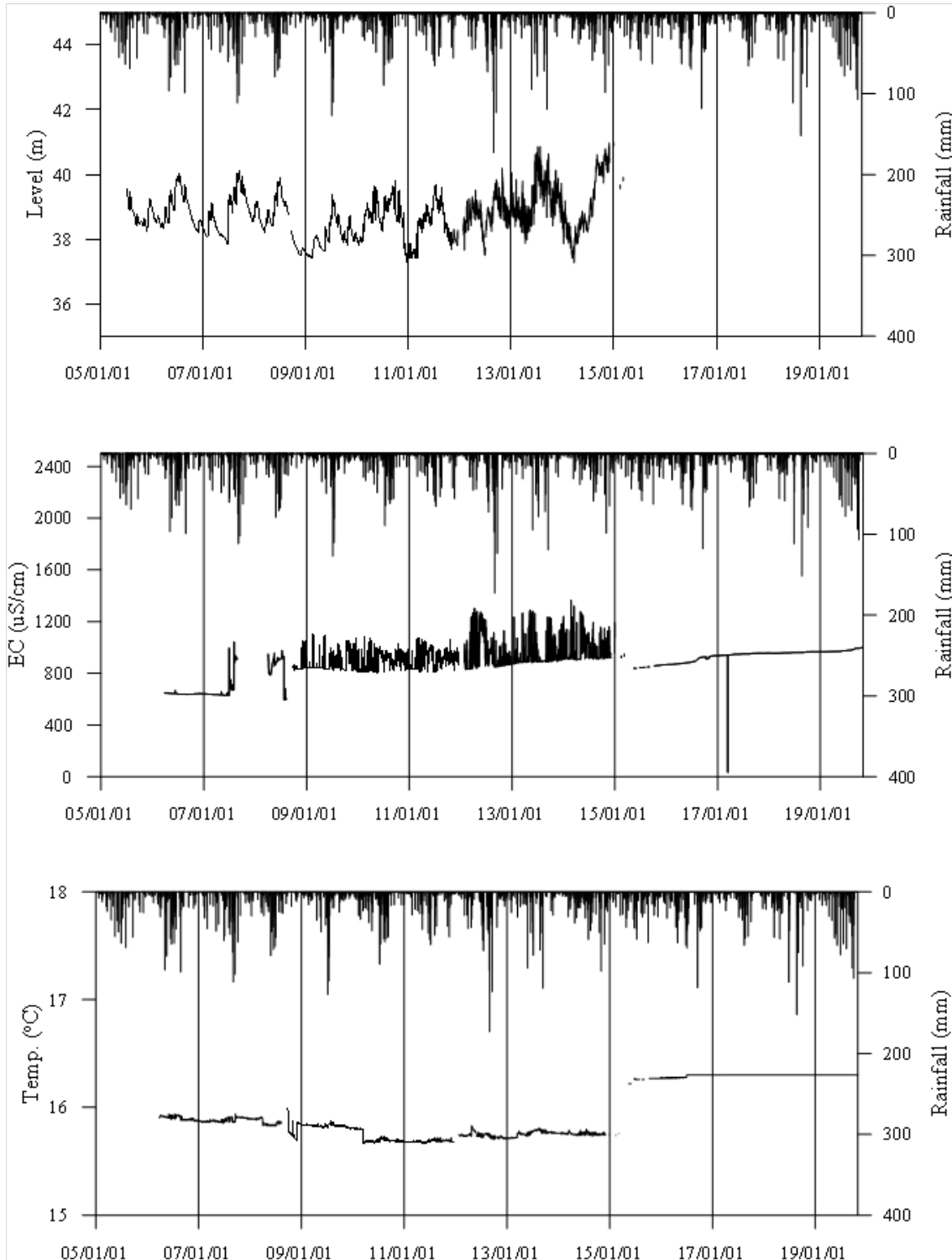
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
무안3	(2015. 4)	23.41	7.02	2.81	14.63	9.80	34.90	67.10	11.30
	(2016.10)	12.01	8.17	6.50	13.14	15.80	27.30	44.00	30.30
	(2017. 3)	16.54	4.22	2.53	9.55	4.89	24.21	51.85	4.74
	(2018. 5)	16.20	8.33	4.04	11.01	19.20	24.46	48.80	9.79
	(2019. 5)	16.34	4.23	2.66	10.76	5.84	27.49	42.70	3.04
무안4	(2007.10)	17.01	17.90	2.96	126.26	55.28	36.93	244.00	88.60
	(2008.10)	16.40	14.84	2.09	97.04	68.14	36.63	161.65	90.51
	(2009. 7)	16.13	16.51	2.05	93.86	83.19	42.59	179.95	58.66
	(2010. 7)	18.51	18.76	2.08	97.88	56.87	43.96	189.10	101.00
	(2011. 7)	18.02	20.49	2.12	70.95	53.36	42.23	118.95	109.32
	(2012. 4)	18.82	18.36	2.10	102.48	40.70	48.01	213.50	152.65
	(2013. 4)	24.20	16.80	2.58	100.32	63.45	48.80	259.25	24.89
	(2014. 4)	22.87	14.10	4.82	108.27	46.19	54.73	245.53	25.90
	(2015. 4)	24.77	18.19	3.97	112.90	56.3	59.5	277.6	24.40
	(2016.10)	35.77	18.50	4.30	138.75	59.00	138.90	300.00	28.90
	(2017. 3)	48.84	21.90	4.01	129.34	87.38	106.00	277.55	40.92
(2018. 5)	23.98	17.65	2.90	109.66	73.65	70.10	210.45	35.11	
(2019. 5)	23.91	16.61	2.89	95.23	68.98	56.58	167.75	52.06	
무안5	(2016.11)	809.00	184.70	12.10	992.40	177.60	2698.50	87.00	26.90
	(2017. 3)	865.32	228.16	16.98	1054.70	135.69	3822.62	100.65	N.D.
	(2018. 5)	918.59	193.12	16.36	958.87	153.95	3524.85	51.85	238.84
	(2019. 5)	770.94	210.76	14.95	1043.98	153.94	3251.41	42.70	N.D.
무안6	(2016.11)	35.66	9.84	2.70	22.64	12.10	42.20	142.00	1.60
	(2017. 3)	20.03	5.79	1.73	19.65	3.34	30.50	100.65	1.28
	(2018. 5)	17.43	5.50	1.58	16.54	2.68	26.57	73.20	0.23
	(2019. 5)	21.55	6.42	1.92	18.62	3.09	32.97	79.30	N.D.
무안7	(2017. 3)	1609.22	293.30	74.05	1103.84	171.73	4895.39	323.30	68.33
	(2018. 5)	1642.37	244.30	14.54	962.58	104.60	4560.25	277.55	188.19
	(2019. 5)	1569.97	235.63	10.86	913.57	226.93	4101.73	323.30	9.65
무안8	(2018.11)	54.76	9.07	3.92	23.11	11.01	63.98	115.90	31.07
	(2019. 5)	36.55	9.43	2.76	38.37	4.76	44.01	82.35	91.15

5. 장기관측 결과

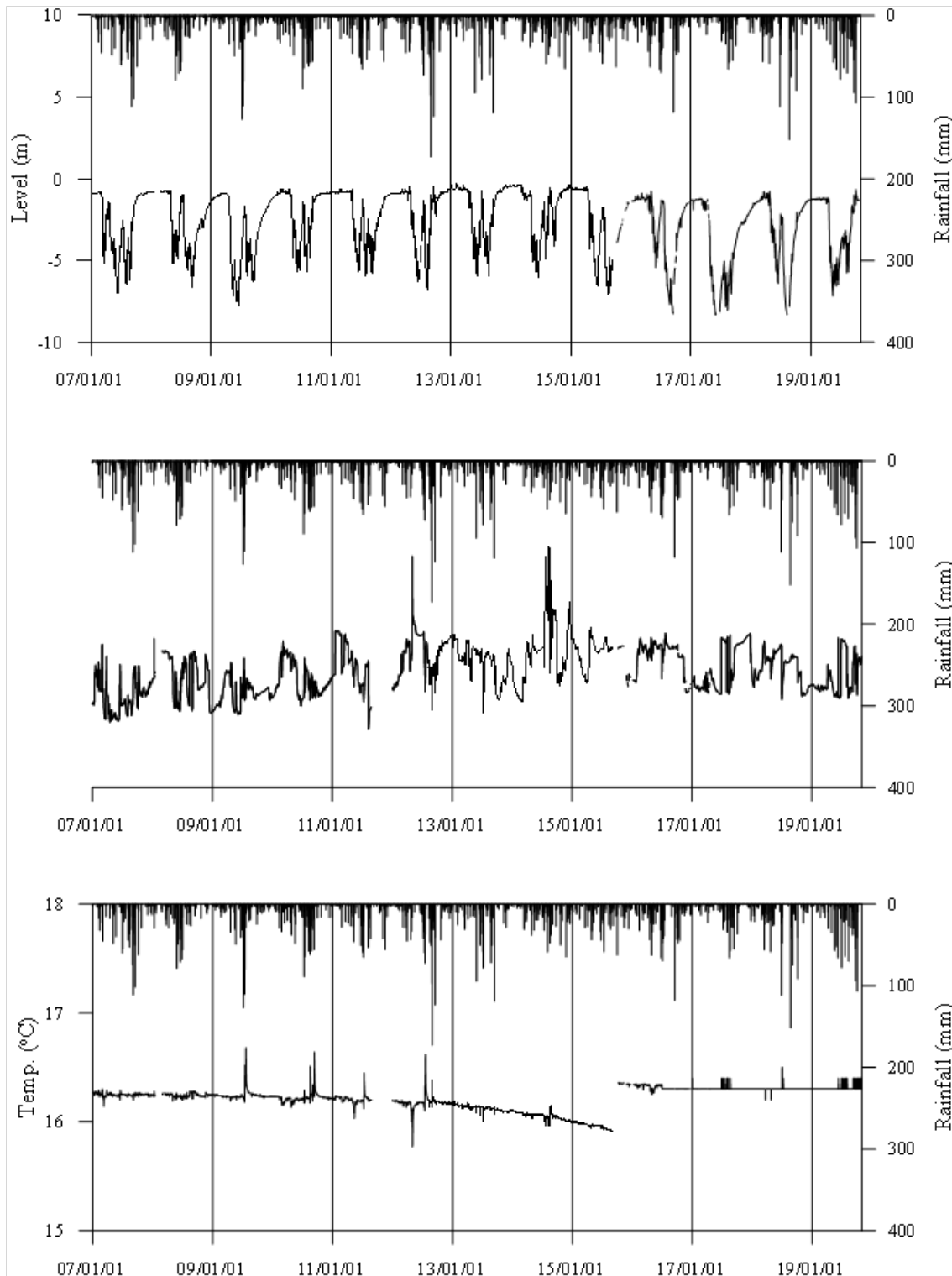


<무안1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

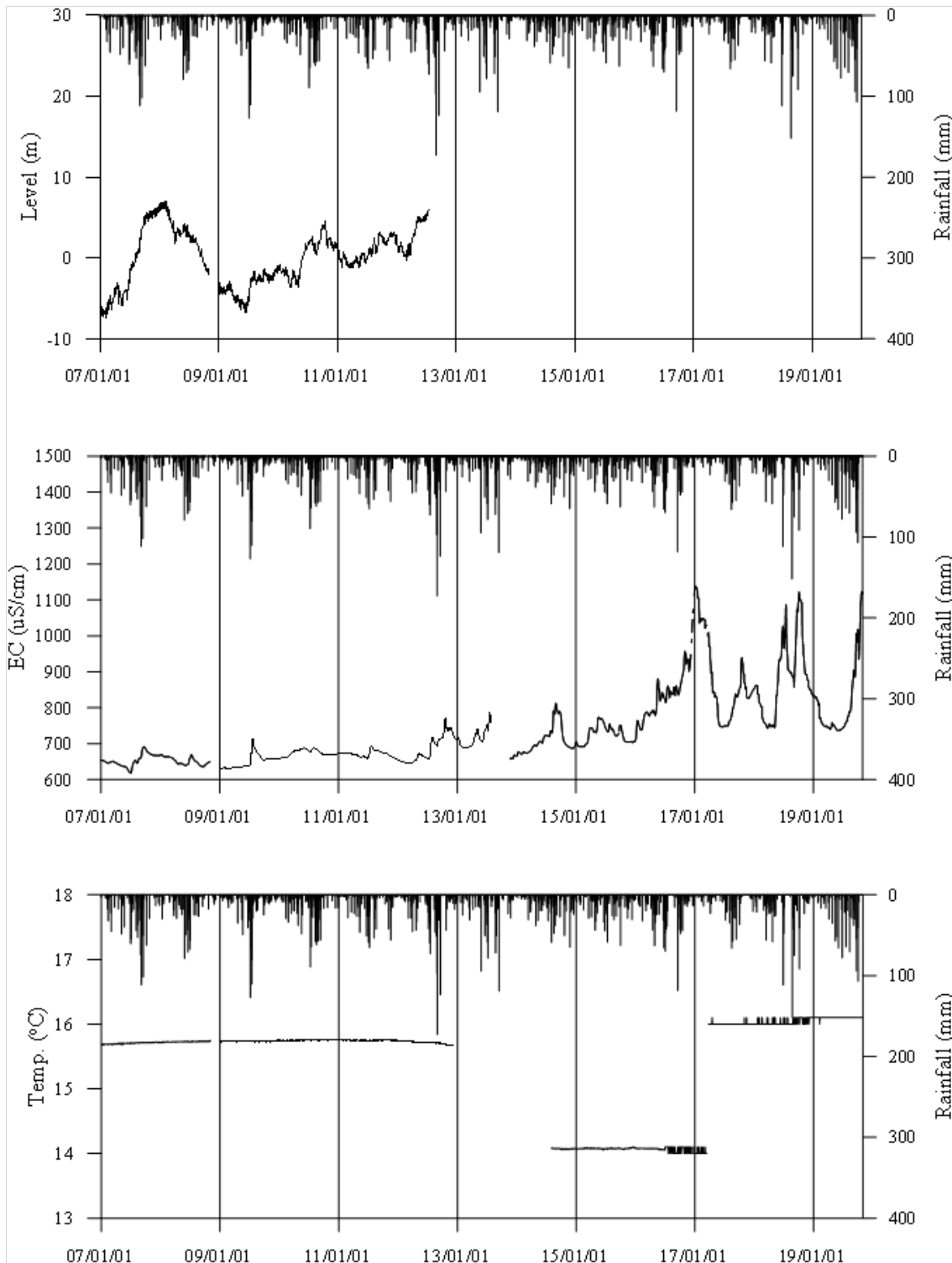


<무안2 관측공의 장기관측자료 (2005.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

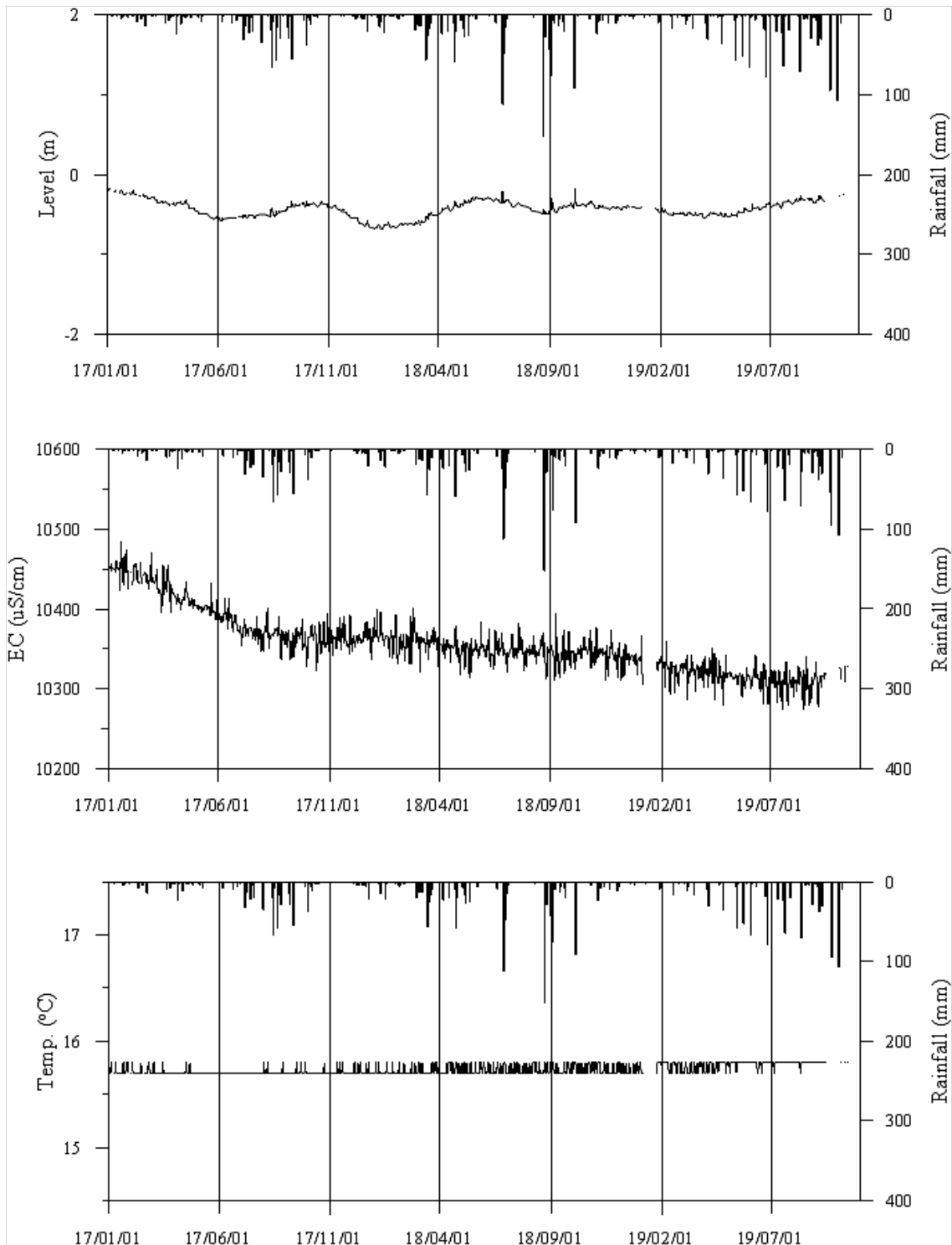


<무안3 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>

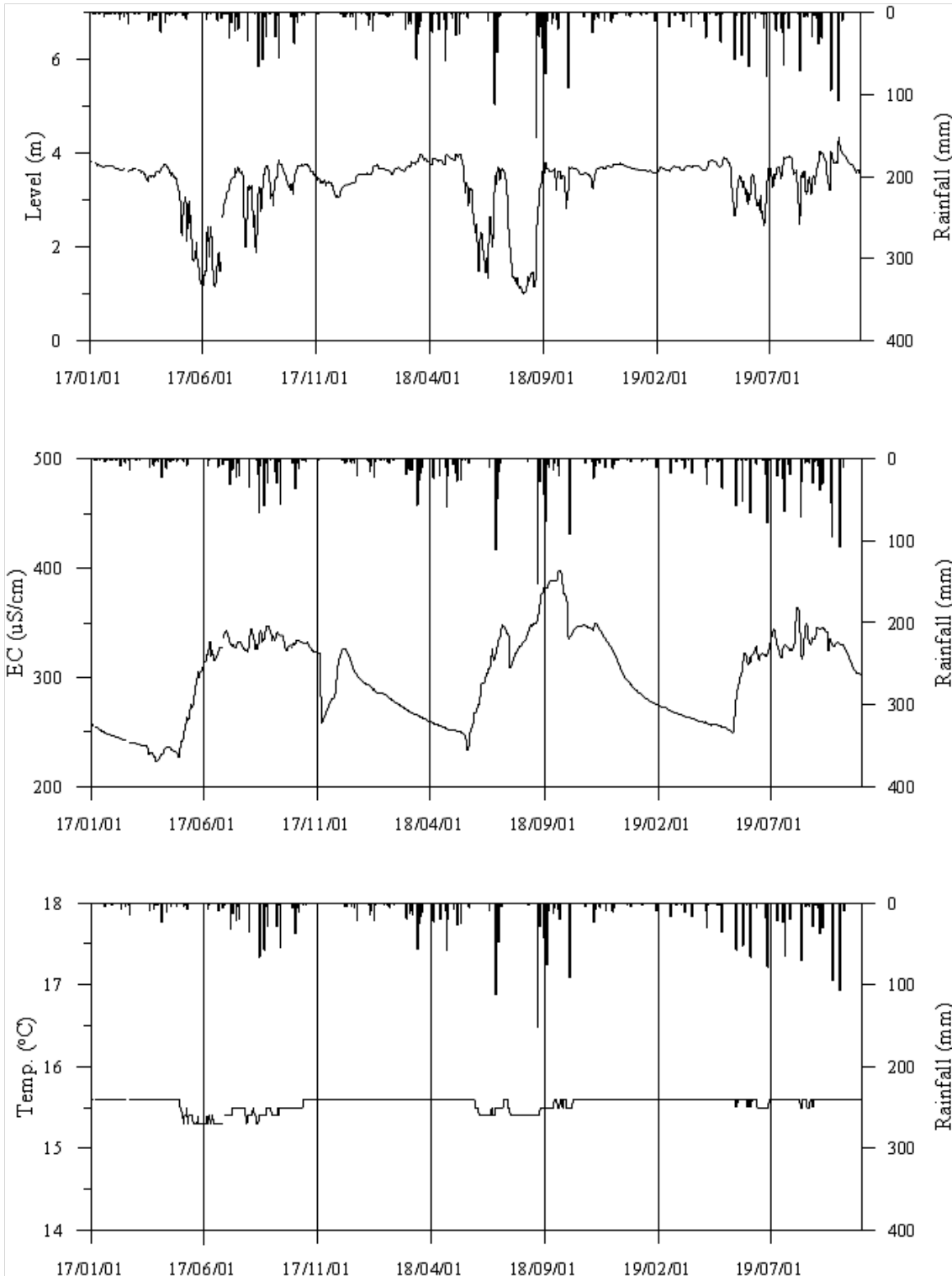
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



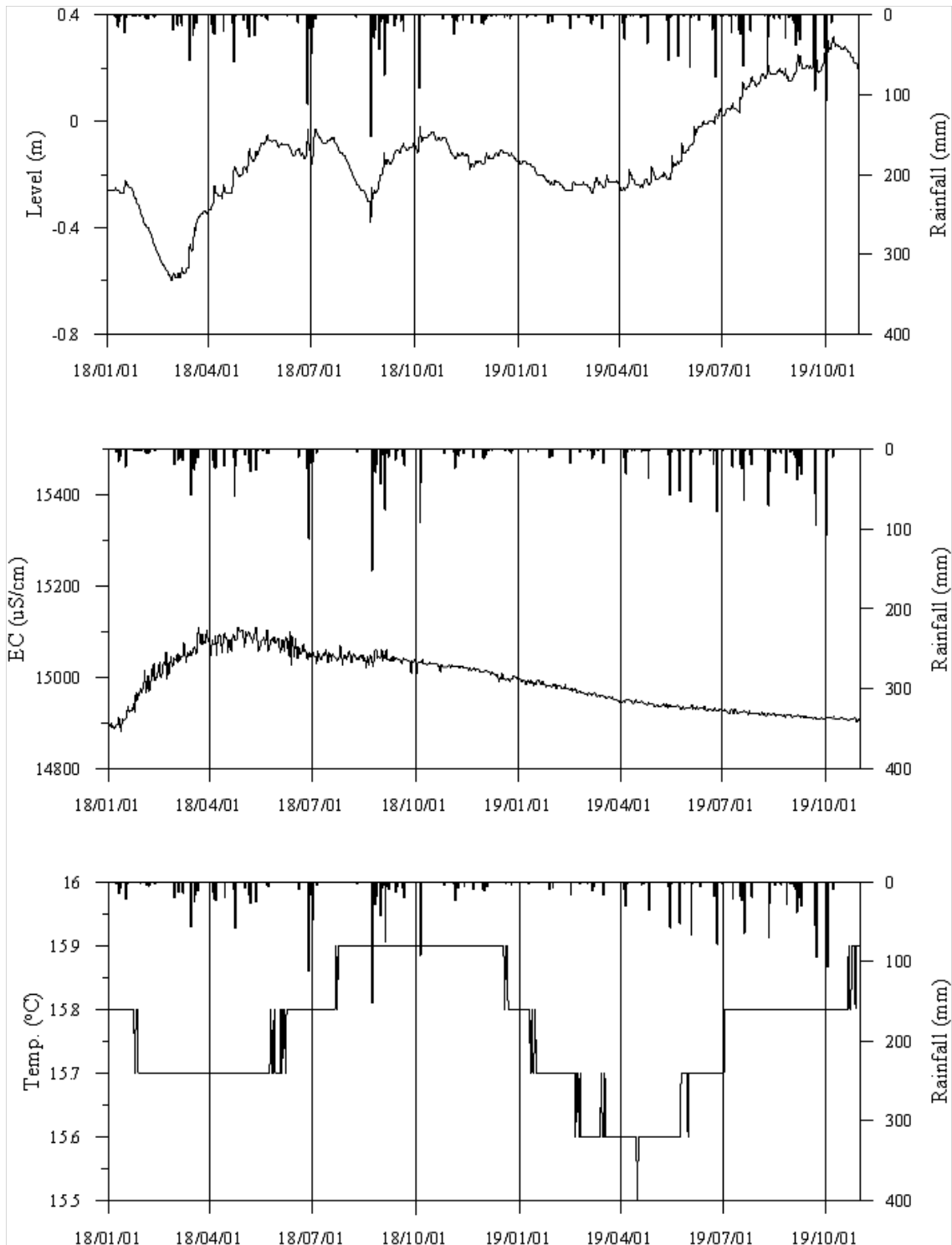
<무안4 관측공의 장기관측자료 (2007.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<무안5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

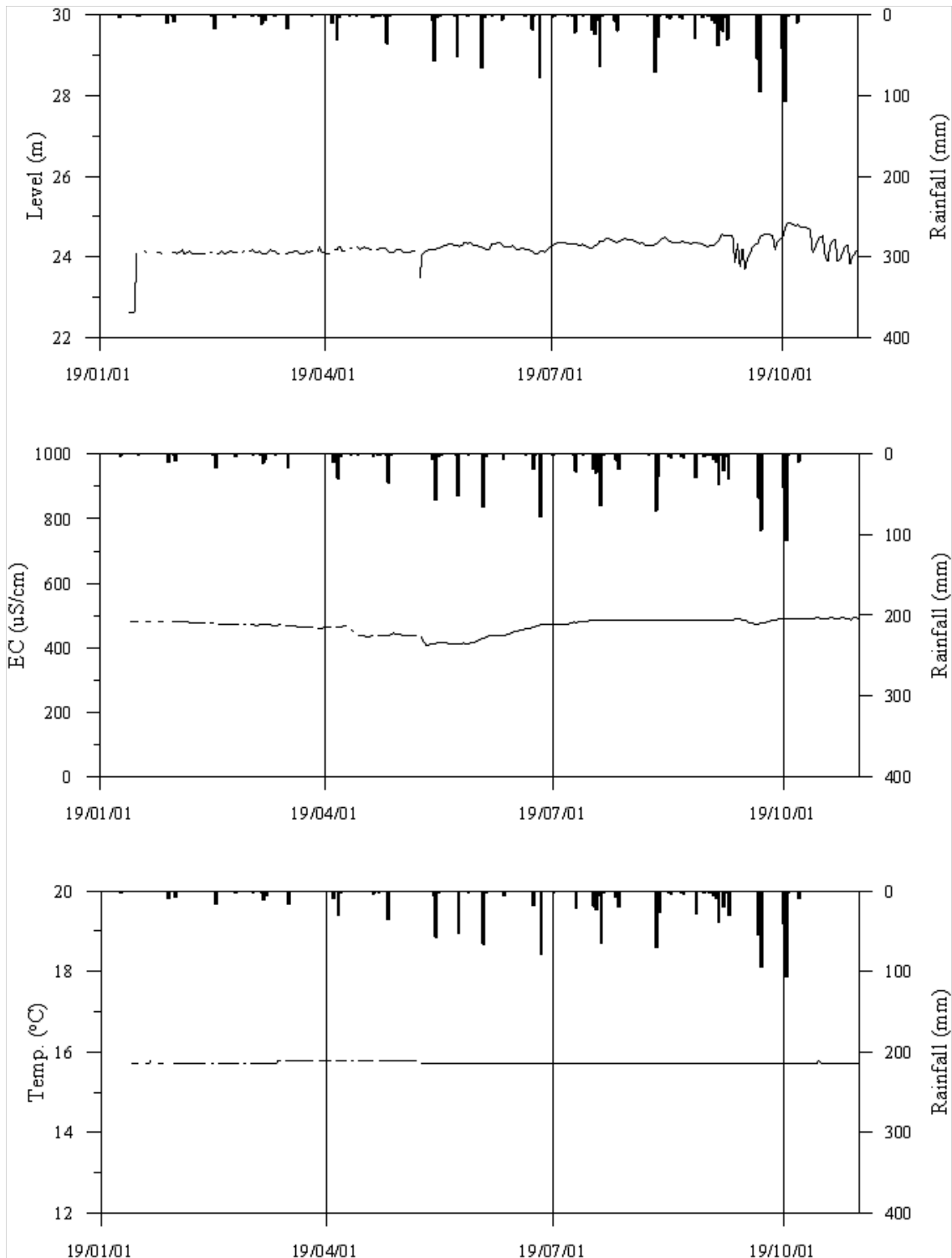


<무안6 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<무안7 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<무안8 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 무안1, 2, 3, 4, 5, 6 관측공은 무안군 농촌지하수관리사업 조사결과, 지하수관리가 필요한 지역 중 자동관측망 설치 운영효과가 높은 수량·수질관리 지역을 대상으로 선정하였다. 해당지역은 논농사 뿐만 아니라 특용작물을 재배하는 밭농사에 필요한 지하수 수요량이 많아 수량부족에 따른 관리가 필요하며, 분뇨 액비살포로 인한 지하수 수질오염 우려가 있어 관측공을 설치하였다. 무안7 관측공이 설치된 무안군 일로읍 죽산리는 삼향읍, 몽탄면에 접해 있는 지역이며 일로읍소재지 하부에 해당된다. 또한 영산강 지류인 남창천을 따라 발달된 농경지가 넓게 자리잡고 있다. 이 지역은 2004년 무일지구 지하수자원관리 조사 시 읍소재지 생활오폐수, 축사, 농경지 비료시비 등으로 인한 질산성질소가 높게 나타나 향후 지하수 수질오염의 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다. 무안8 관측공이 설치된 무안군 현경면 평산리는 서해와 인접하고, 이 지역은 2005년 무현지구 지하수자원관리 조사시 대규모 축사시설 및 대단위 농경지의 영향으로 단위면적당 오염부하량, DRASTIC 지수, 잠재오염원 밀도, 질산성질소 등이 높게 나타나 지하수 수질오염이 크게 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 무안1 관측공은 심도의 증가에 따른 전기비저항의 변화는 관측되지 않으며 약 $1,200 \mu S/cm$ 이내의 값을 나타낸다. 2016, 2017년은 20 m 이내로 검층 심도에 한계가 있었다. 무안2 관측공은 전체 심도에 걸쳐 전기전도도가 $1,000 \mu S/cm$ 이내의 값을 나타낸다. 무안3 관측공은 전기전도도 값이 $320 \mu S/cm$ 이내이며, 공저로 갈수록 증가한다. 무안4 관측공은 전구간 약 $1,100 \mu S/cm$ 이내의 일정한 값을 나타낸다. 무안5 관측공은 케이싱 심도 이후 공저까지 $10,124 \mu S/cm$ 에서 $11,068 \mu S/cm$ 까지 증가하고 있다. 이는 염수가 유입되어 지반은 염수로 포화되어 있음을 지시한다. 무안6 관측공은 전체 심도에 걸쳐 전기전도도가 $260 \mu S/cm$ 이내의 값을 나타낸다. 무안7 관측공은 전구간 $15,500 \mu S/cm$ 내외이며, 약 65 m 심도 이후 공저까지 약

16,500 $\mu S/cm$ 까지 증가하고 있다. 무안8 관측공은 케이싱 심도 이후 305 $\mu S/cm$ 까지 감소하였다가 26 m 지점에서 최대 405 $\mu S/cm$ 이며, 이후 공저까지 300 $\mu S/cm$ 로 감소하고 있다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 무안1, 6, 8 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 구분할 수 있으며, 무안2, 3, 5, 7 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. 무안4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로 분류된다. 무안1, 2, 4 관측공은 일부 기간 중 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하였다. 또한 무안1, 4, 5, 7 관측공은 지하수의 염도가 높아서 농업용수 사용에 유의하거나, 타수자원 이용을 모색하여야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 무안1 관측공은 결측 이후 2014년부터 안정적인 지하수위를 나타내고 있으며, 무안2 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강이 무안1 관측공에 비해 뚜렷하게 잘 나타났다. 수위변화량은 3 m 이내이며, 전기전도도는 1,000 $\mu S/cm$ 내외이다. 무안3 관측공은 양수 및 주변 지하수의 이용으로 지하수위 변화량은 7 m 내외지만, 전기전도도도 평균값은 200 $\mu S/cm$ 에서 시간 경과에 따라 미약하게 상승하는 경향을 보인다. 무안4 관측공은 지하수위가 지속적으로 상승하는 추세이며(관측공 개발 이후 약 20 m 증가), 전기전도도도 역시 증가 추세(약 600 ~ 1,000 $\mu S/cm$ 범위)를 나타낸다. 무안5 관측공은 지하수위 변화와 강우의 상관관계가 적고, 상대적으로 전기전도도가 높아(약 10,200 $\mu S/cm$ 내외) 영농에 불가능하다. 무안6 관측공은 강우와 상관관계가 높고, 전기전도도도는 담수영역(약 220 ~ 360 $\mu S/cm$ 범위)를 나타낸다. 무안7 관측공은 강수량과의 상관관계가 적고, 상대적으로 전기전도도도가 높아(약 15,500 $\mu S/cm$ 내외) 영농에 불가능하다.
- 5) 관리 방안 : 무안지구는 무안1, 2, 5, 7 관측공은 해수영향이 나타나며, 무안3, 4 관측공은 큰 폭의 지하수위 변동이 관측됨에 따라 장기관측에 의해 지하수위 및 전기전도도 변화를 모니터링 해야 한다. 또한 무안1, 2, 4 관측공은 여러차례 질산염의 의한 오염이 발견되므로, 주변 지하수의 농어업용수 이용을 규제할 필요가 있으며, 타 수자원의 공급 등을 모색할 필요가 있다.

2.7.2 보성지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
보성1	보성군 회천면 서당리 631	133783.005	212210.960	4.03	2008	-0.04
보성2	보성군 보성읍 옥평리 534-4	208691.7004	141043.0012	137.409	2015	134.86
보성3	보성군 응치면 대산리 539-5	200336.5711	133419.0361	225.563	2015	221.94
보성4	보성군 벌교읍 전동리 825-1	229275.9946	150272.8588	15.960	2015	13.71
보성5	보성군 북내면 용동리 816	209711.2655	155791.4989	132.465	2015	129.32
보성6	보성군 벌교읍 지동리 854-5	230933.720	252694.070	6.02	2018	1.49
보성7	보성군 조성면 매현리 501-3	223660.045	245585.986	5.956	2019	2.8

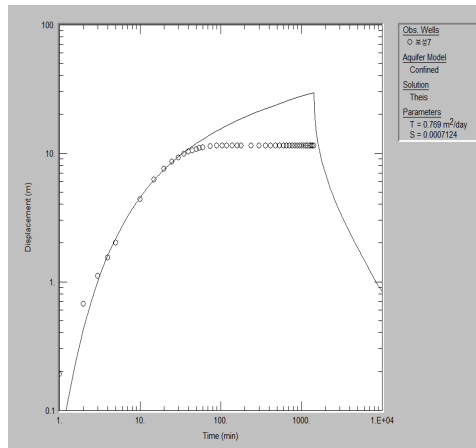
2. 지형 및 지질

보성1 관측공은 보성군의 최남단으로 회천면에 위치하고 동남쪽은 득량만과 접해있으며 내륙으로는 300 m 이내의 구릉성 산지에서 발달한 농경지가 넓게 분포하고 있다. 보성2 관측공은 보성군의 중심지인 보성읍에 위치하고 보성강이 지구 중심을 따라 흐르고 있으며 용문천, 봉화천 등 지류를 따라 농경지가 발달해 있다. 보성3 관측공은 응치면 남서쪽 제암산과 일림산 하류부에 위치한 곡간 평야 지대에 위치하고 있다. 지질은 시대미상의 반상변정질 편마암류가 주를 이루고 있으며 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 보성4 관측공은 벌교읍 북서쪽에 위치하고 있으며 산지에 둘러싸인 농경지가 넓게 분포하고 있다. 보성5 관측공은 북내면 북서쪽에 위치하고 있으며 산지와 소지류 발달이 잘되어 있는 곡간평야지대로 농경지가 발달되어 있다. 지질은 시생대 화강암질 편마암류가 주를 이루고 있으며 이를 제4기 충적층이 부정합으로 피복하고 있다. 보성6 관측공은 벌교읍 북동쪽에 위치하고 있으며 주변에 간척 농경지가 넓게 분포하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 보성7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

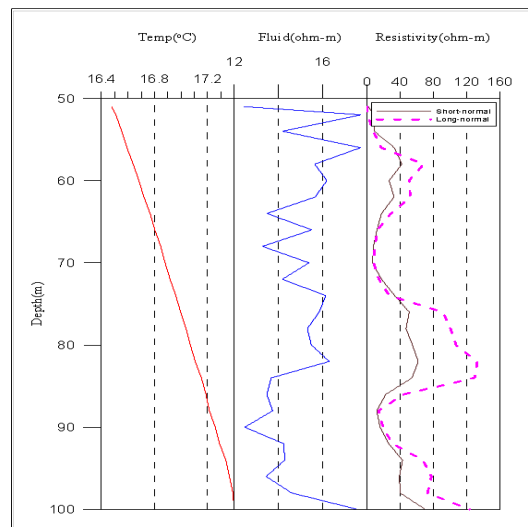
◎ 양수시험



<보성7 관측공 양수시험>

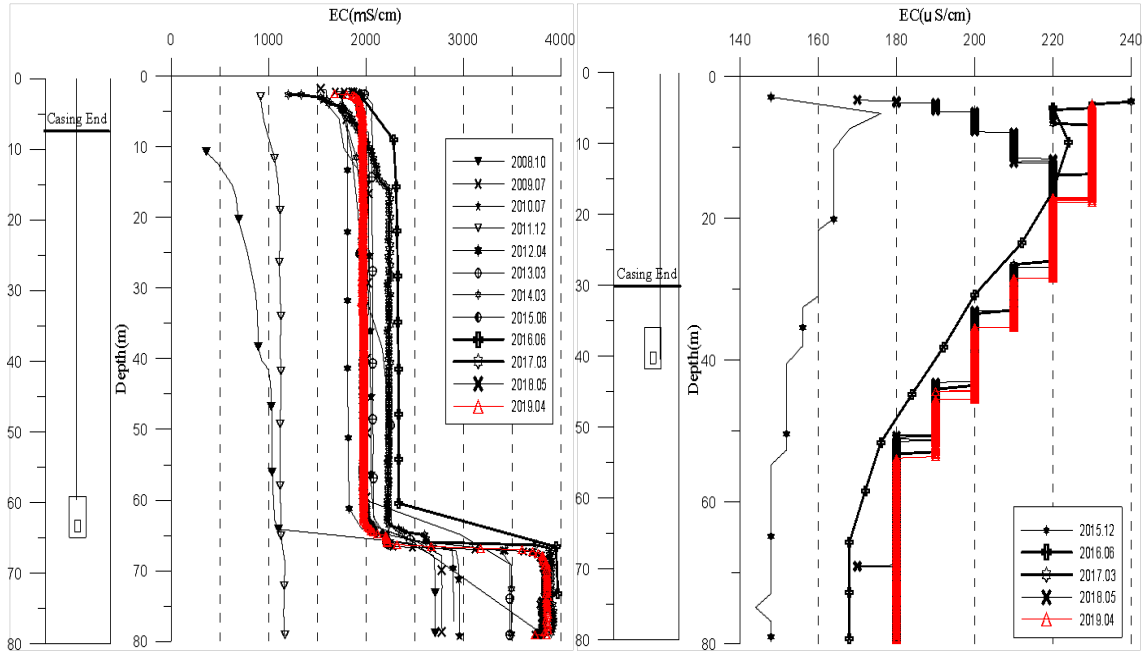
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
보성7	55	0.769	1.82×10 ⁻⁵	49.0

◎ 물리검층



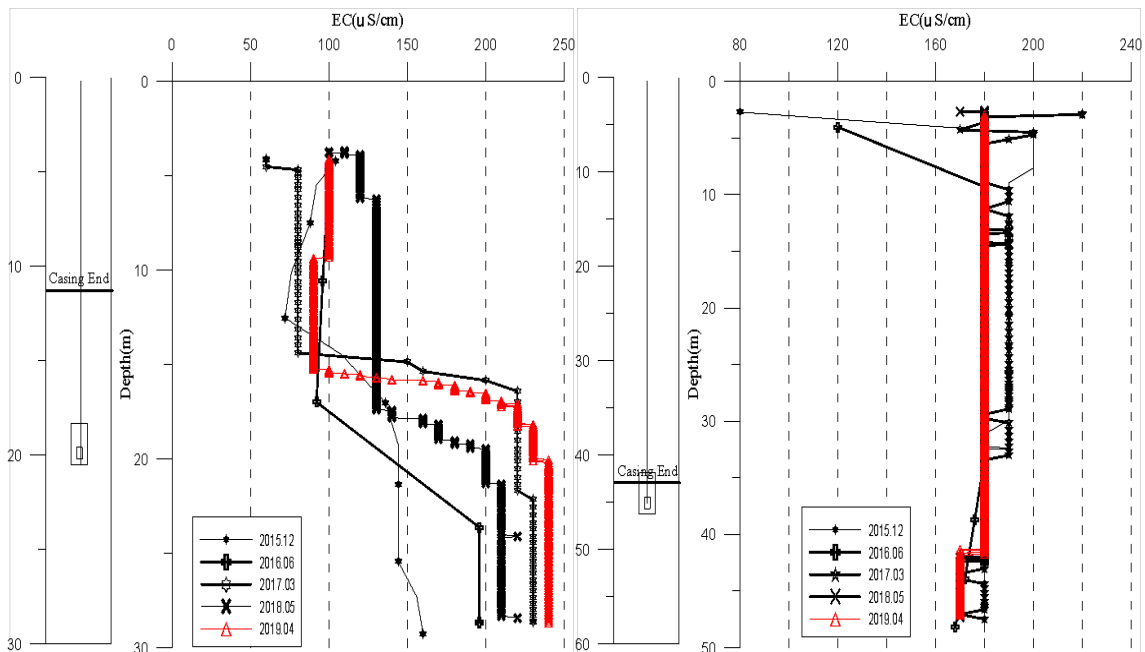
<보성7 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



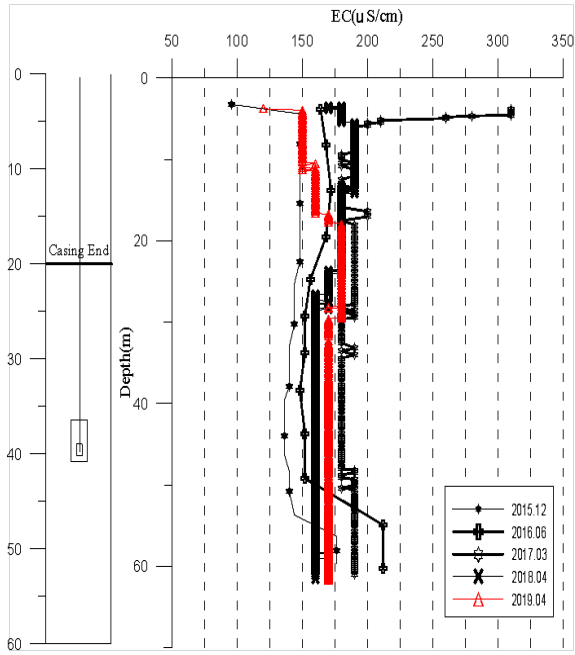
<보성1 관측공>

<보성2 관측공>

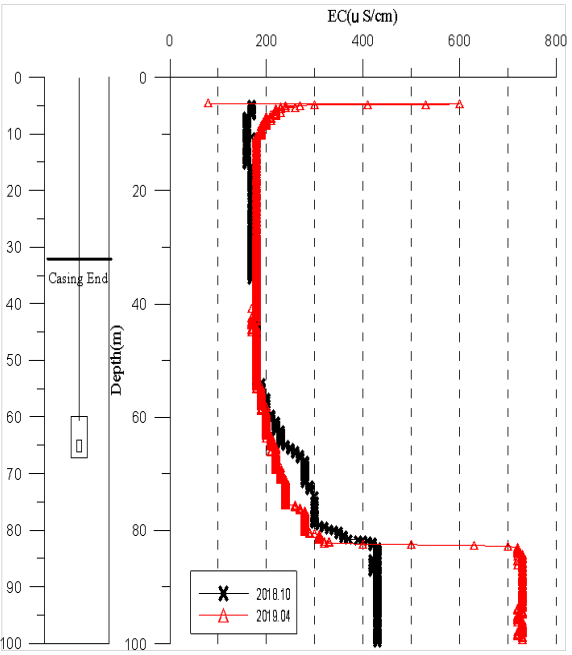


<보성3 관측공>

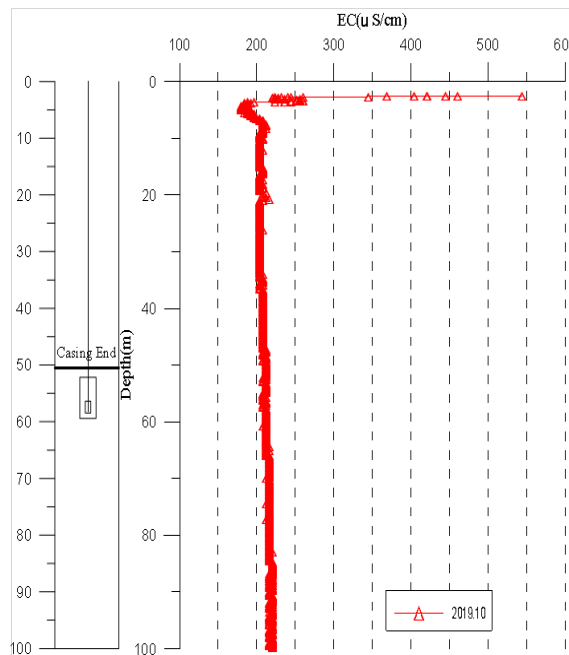
<보성4 관측공>



<보성5 관측공>



<보성6 관측공>



<보성7 관측공>

5. 지하수 수질 분석

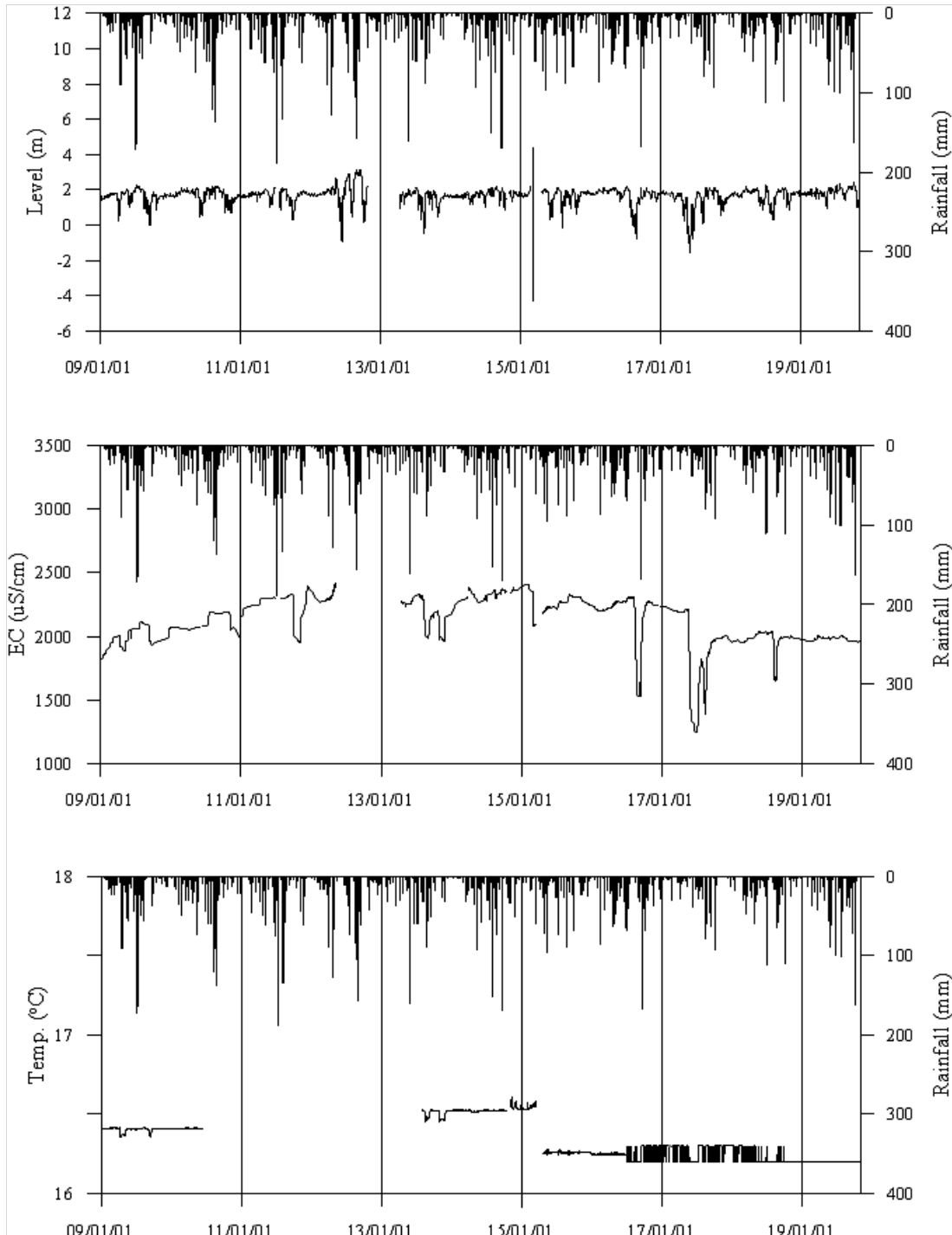
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

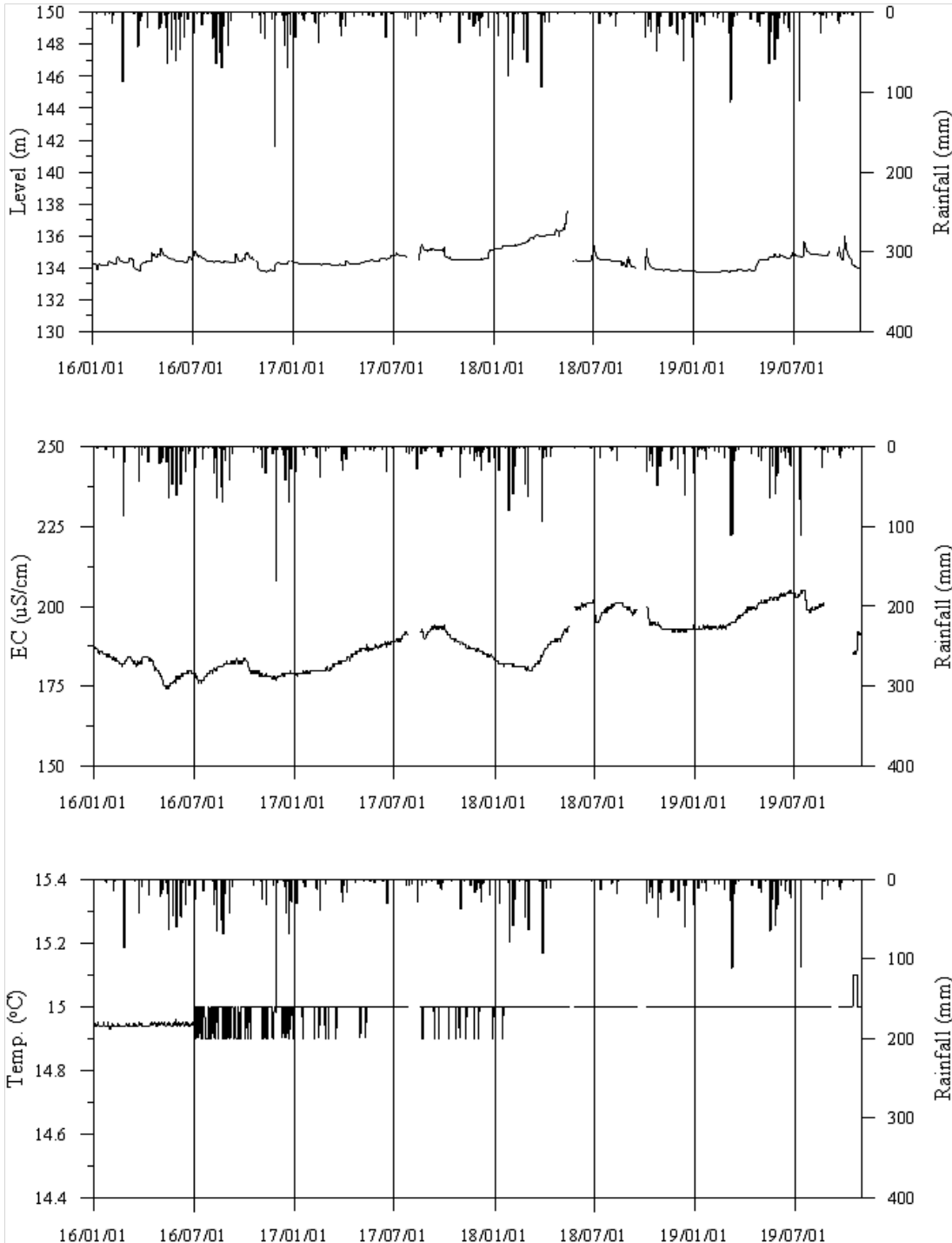
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
보성1	(2008.10)	76.47	5.52	2.23	26.95	21.67	130.50	82.35	7.46
	(2009. 7)	68.07	5.46	1.19	32.79	15.62	140.43	79.30	N.D.
	(2010. 7)	229.93	20.22	4.49	110.25	60.23	528.24	76.25	N.D.
	(2011. 7)	222.49	19.57	4.05	109.85	63.51	535.73	73.20	10.64
	(2012. 4)	169.09	24.45	5.99	139.05	64.00	525.57	76.25	25.16
	(2013. 4)	243.47	20.61	4.95	99.98	53.20	511.61	85.40	N.D.
	(2014. 3)	258.79	19.56	6.77	122.51	51.91	490.34	137.25	11.26
	(2015. 5)	232.90	21.81	5.32	115.49	49.6	481.0	85.4	28.9
	(2016.10)	239.20	19.69	3.90	130.60	64.50	600.70	60.00	23.70
	(2017. 3)	295.02	24.79	4.30	125.56	61.44	611.46	85.40	62.27
	(2018. 5)	237.74	19.89	4.13	109.00	54.09	500.89	64.05	28.72
(2019. 5)	228.45	22.03	4.18	119.81	59.36	497.03	64.05	11.87	
보성2	(2015.12)	8.27	4.89	1.45	20.61	9.0	7.6	69.5	N.D.
	(2016.10)	13.30	3.63	1.10	29.10	18.00	14.80	106.00	5.60
	(2017. 3)	19.51	4.02	1.04	29.18	14.90	17.00	97.60	2.43
	(2018. 5)	13.12	3.49	0.87	27.19	13.52	9.02	91.50	1.42
	(2019. 5)	13.88	2.82	0.78	23.91	13.90	7.58	82.35	1.65
보성3	(2015.12)	5.38	1.82	2.51	7.85	4.0	4.7	25.6	N.D.
	(2016.10)	6.84	2.55	3.80	19.57	8.40	15.80	46.00	21.70
	(2017. 3)	4.83	1.32	1.86	6.44	3.95	5.43	24.40	4.35
	(2018. 5)	5.27	2.27	2.75	15.32	5.64	6.85	42.70	15.58
	(2019. 5)	5.67	2.40	3.03	28.11	7.40	7.02	73.20	15.91

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
보성4	(2015.12)	9.40	3.16	1.37	15.68	4.0	5.5	57.3	N.D.
	(2016.10)	11.07	3.40	0.30	1.10	2.60	15.70	4.00	5.00
	(2017. 3)	18.78	4.68	1.06	19.07	5.35	21.79	67.10	17.49
	(2018. 5)	9.83	3.46	0.89	16.65	4.19	7.47	57.95	14.80
	(2019. 5)	10.67	3.72	0.85	17.87	5.31	9.55	57.95	17.38
보성5	(2015.12)	9.09	3.53	1.31	15.76	4.0	3.8	68.3	N.D.
	(2016.10)	9.97	3.76	2.00	16.74	3.80	14.80	94.00	1.50
	(2017. 3)	23.06	5.47	1.90	18.83	6.75	26.05	85.40	0.43
	(2018. 5)	19.50	5.13	1.80	17.49	6.94	28.01	76.25	0.19
	(2019. 5)	8.87	3.91	1.68	17.64	4.25	5.21	76.25	N.D.
보성6	(2018. 9)	10.31	7.66	0.77	8.37	2.23	8.47	64.05	3.53
	(2019. 5)	20.12	6.47	1.35	13.34	5.13	25.31	67.10	2.79
보성7	(2019. 5)	12.061	2.832	0.535	17.509	7.551	7.344	73.200	0.338

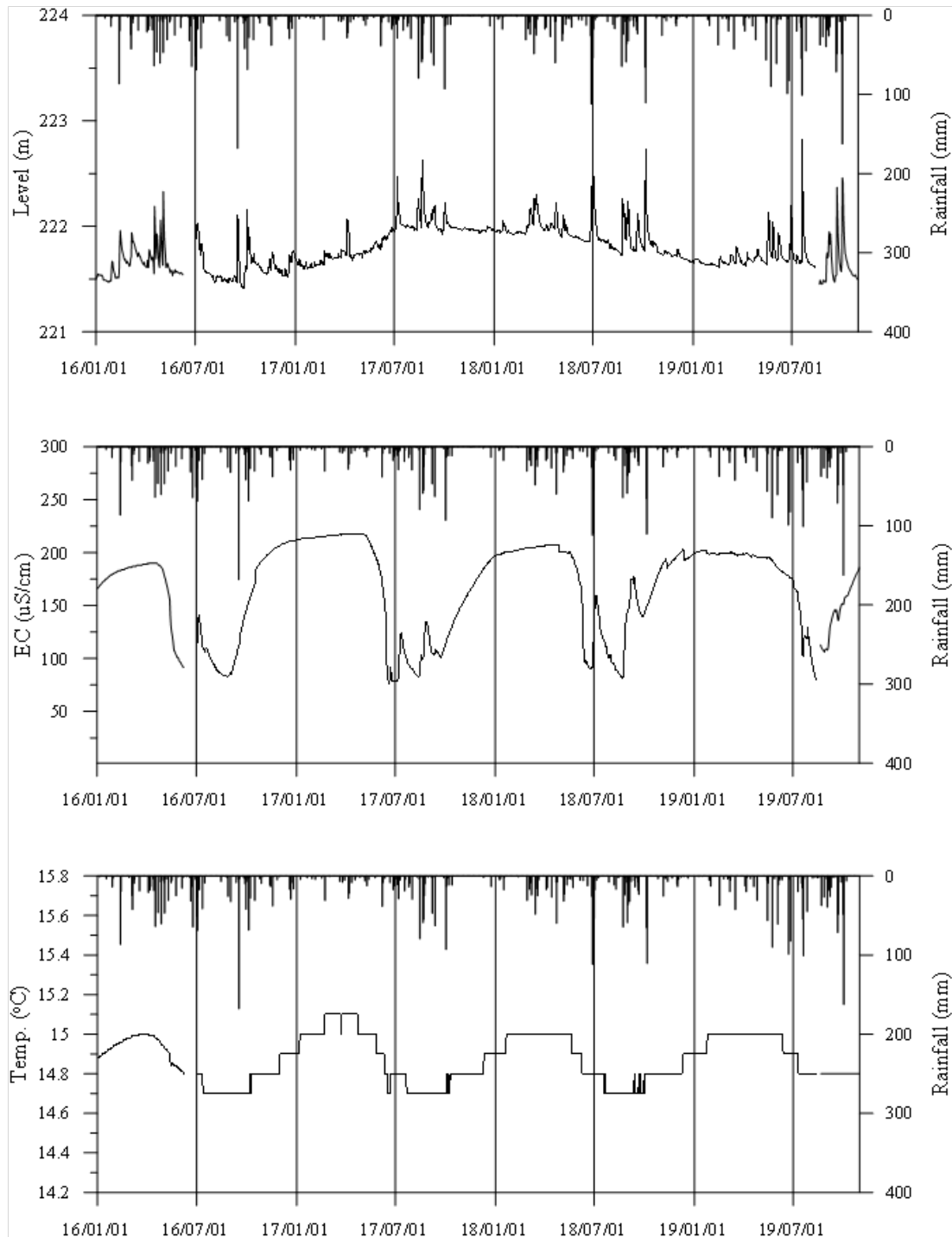
6. 장기관측 결과



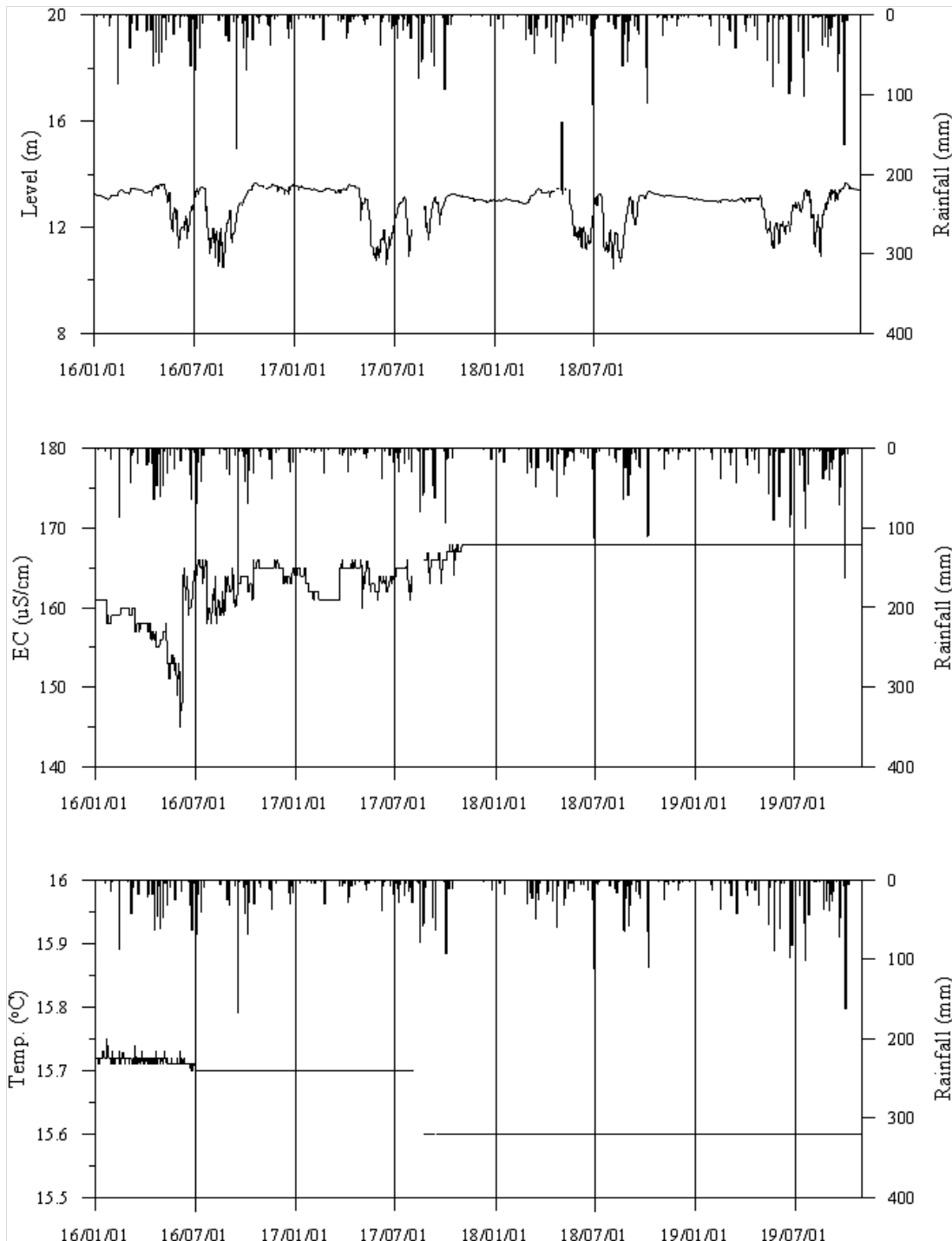
<보성1 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



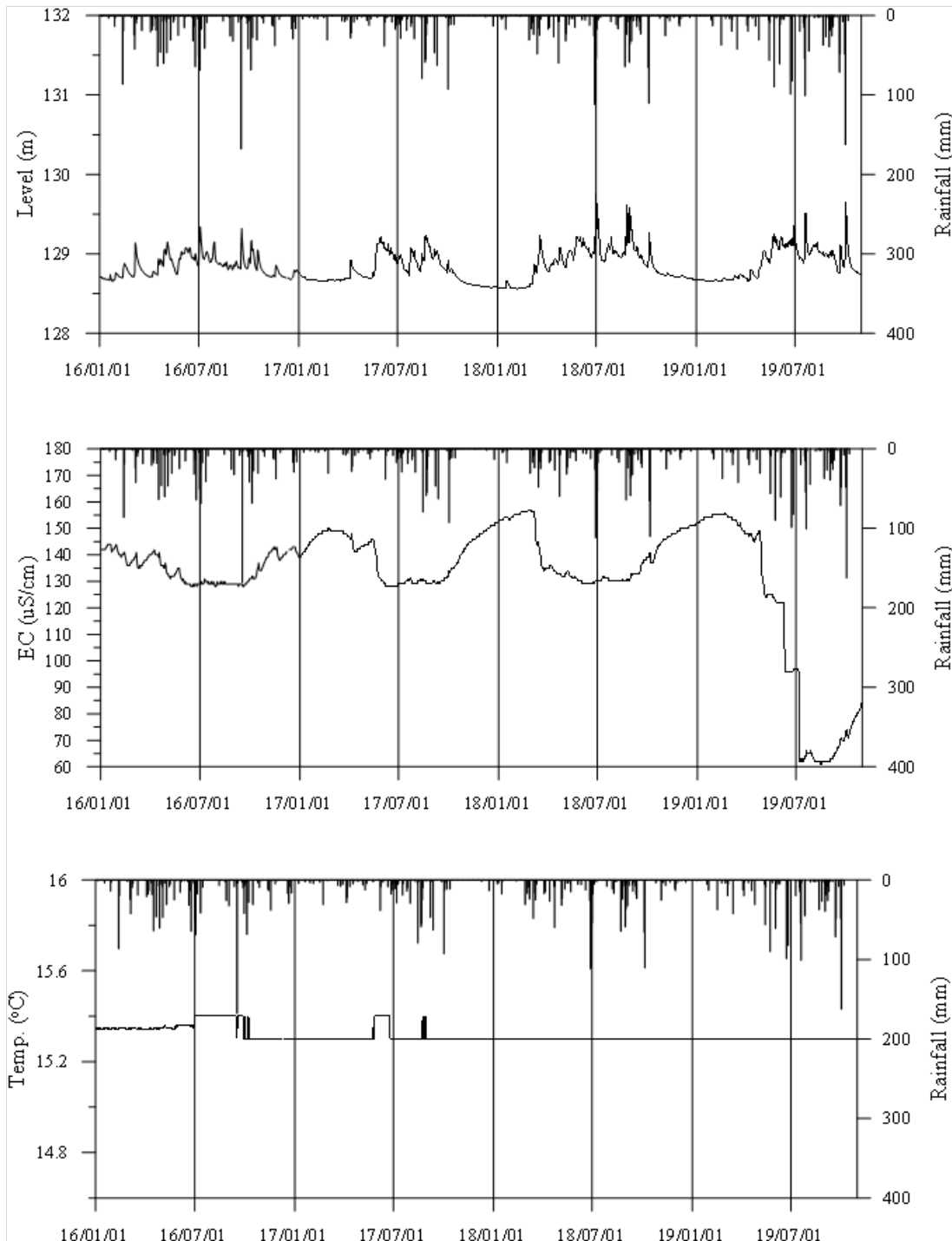
<보성2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



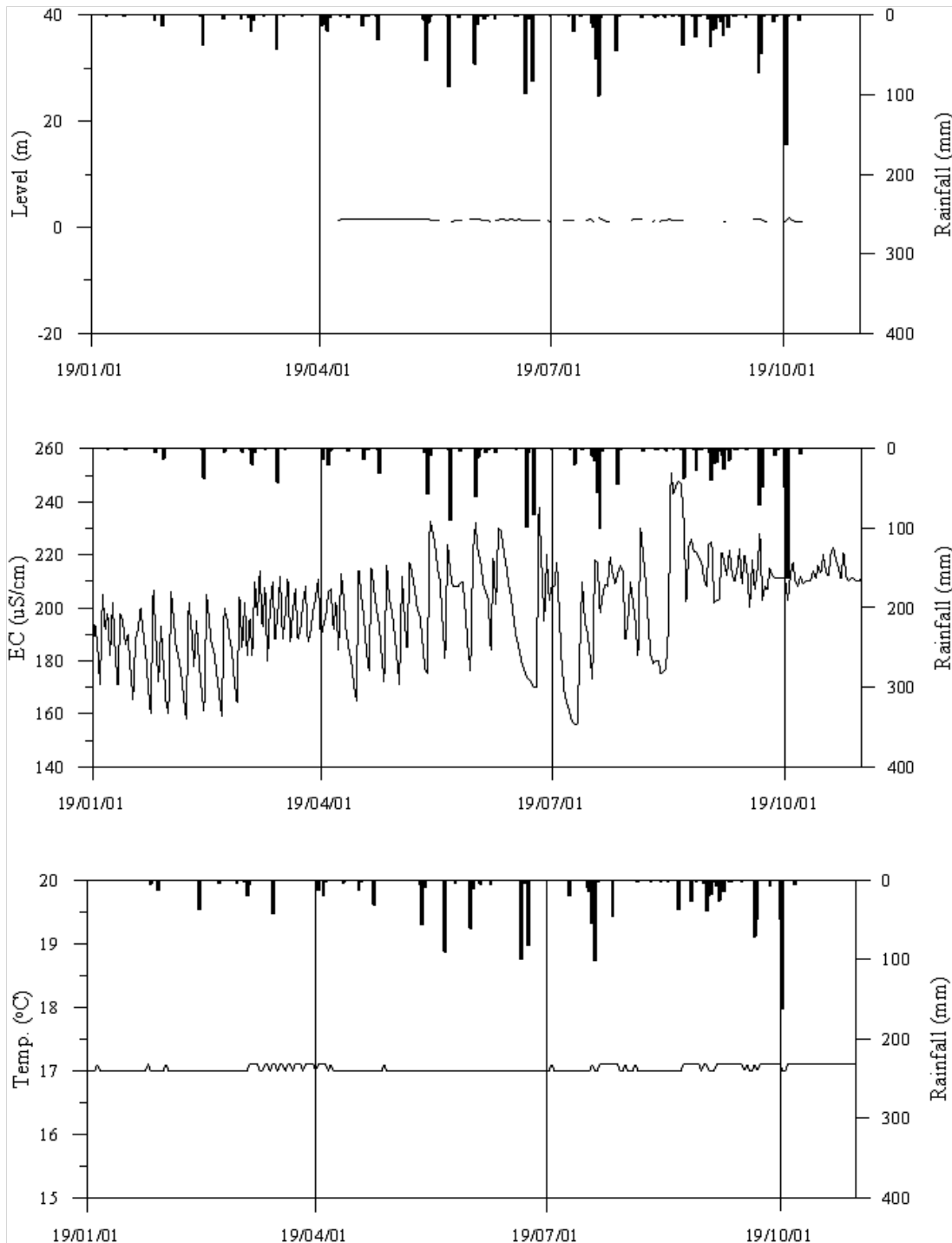
<보성3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보성4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보성5 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<보성6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 보성1 관측공은 지하수 관정수 및 이용량이 많으며, 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측코자 하였다. 보성2 관측공은 봉화천 중류 천변에 위치한다. 봉화천을 중심으로 좌우측에 농경지가 많이 분포하고, 인근에는 보성읍 시가지로 주택가, 관공서, 위락시설, 사회기반시설 등등이 발달되어 있다. 농경지의 발달로 갈수기에 많은 농업용수가 사용되어 지하수 수량부족과 도심지역의 오폐수 및 각종 오염물질로 인한 수질악화가 우려된다. 이에 따라, 농업용 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 보성3 관측공은 옥암저수지 하류부에 위치하며 인근 중산리, 용반리에 걸쳐 넓은 농경지역을 형성하고 있다. 관측공과 연결해 있는 중산리, 용반리는 수질과 수량에 문제가 있는 곳으로 기 조사된 바가 있으며, 일림산 관광지역으로 관광객의 왕래가 빈번하여 오물 및 쓰레기 등 처리시설이 미비하여 지하수 오염에 노출되어 있는 실정이다. 따라서 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 보성4 관측공은 넓게 펼쳐진 농경지의 남서쪽에 위치한다. 관측공 인근의 상류에는 배, 매실, 포도 등을 재배하는 과수원이 위치하며, 하류에는 대규모 논농업 농지와 하우스 시설재배 단지가 분포되어 있다. 대부분의 농경지에서는 특별한 수리시설이 없이 지하수에 의존하고 있어 지하수 수량부족이 예상되며, 농지에 살포되는 과도한 비료 및 농약에 따라 지하수 오염도 불가피하여 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 보성5 관측공은 북내천 중류부에 발달한 농경지에 위치하며, 농경지는 주로 논으로 이용되고 있다. 봄, 여름철 영농기에 농업용수의 수급에 따른 지하수 수량부족과 상류부에 위치한 중·소규모 취락지구 및 주변 축사시설에서 배출되는 오폐수로 인한 수질오염이 우려되어 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 보성6 관측공은 보성군 동남쪽에 위치하고 순천시 낙안읍과 인접해 있으며, 낙안천이 북-남으로 흐르면서 천을 따라 넓은 농경지

가 형성되어 있다. 이 지역은 2012년 보령지구 지하수자원관리 조사시 질산성질소가 기준치를 초과하고, 축사 등 잠재오염원이 다량 분포하며 DRASTIC 지수(오염취약성)가 높게 나타나 지하수 수질오염이 우려되어 장기적인 수질 변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 보성7 관측공은 보성군 지하수자원관리 조사시 수질이 해수의 영향이 높았고, 관정밀도가 23.0 공/km² 로 높았으며, 단위면적당 이용량이 39.7 천m³/km², 단위년적당 오염부하량이 34.1 kg/일/km², DRASTIC 지수가 177.3 으로 매우 높게 나타나 지속적인 수량 및 수질에 대한 모니터링하기 위하여 관측공을 설치하였다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 보성7 관측공의 양수량은 230 m³/d 이며, 수리전도도는 2.62×10^{-3} cm/sec(대수층 두께 48 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid는 12.0 ~ 18.0 ohm-m이며, 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 각 약 0 ~ 160 ohm-m 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 50 ~ 75, 85 m에서 공저까지의 구간에서 유사하게 나타나는 것으로 보아 이 구간에 파쇄대가 발달한 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 보성1 관측공은 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해안가에 인접하여 높은 전기전도도가 관찰된다. 전기전도도는 약 4,000 $\mu S/cm$ 이하이며, 지표 하 65 m 구간에서 2,300 ~ 4,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대가 발달하고 있다. 보성2 관측공은 170 ~ 230 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도 증가에 따라 전기전도도는 감소하는 추세에 있다. 보성3 관측공은 90 ~ 250 $\mu S/cm$ 범위이며, 지표 하 약 20 m에서 전기전도도가 상승하지만 그 값이 작아서 크게 의미는 없다. 보성4 관측공은 전기전도도가 200 $\mu S/cm$ 이하이며 공저까지 변화량이 아주 작고 일정한 값을 유지한다. 보성5 관측공은 150 ~ 220 $\mu S/cm$ 범위이며 지표 하 54 m 에서 70 $\mu S/cm$ 가 증가하는 전이대가 나타났다. 보성6 관측공은 지표 하 55 m 까지 160 ~ 180 $\mu S/cm$ 범위로 서서히 증가하나 55 m 이후는 180 ~ 430 $\mu S/cm$ 범위로 급격히 증가한다. 보성7 관측공은 전국간에서 200 $\mu S/cm$ 내외의 값을 유지하는 것으로 나타났다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 보성1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, 심한 해수영향을 받고 있으므로 지속적인 관측이 요구된다. 보성2, 4, 5,

6, 7 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 보성3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로 오염되지 않은 담수로 분석되었다. 무엇보다도 보성1 관측공은 염수유입이 발생되었기 때문에, 타수자원의 이용을 모색할 필요가 있다. 보성1 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 보성1 관측공은 강수와 주변 지하수 사용에 의한 수위강하와 회복이 잘 나타나며 수위변화폭은 약 4 m 이내, 전기전도도는 약 2,300 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 보성2 관측공은 수위 변동폭 약 2 m 이내에서 지하수위가 유지하는 경향을 나타내며, 전기전도도의 특별한 변화도 관측되지 않는다. 보성3 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 관측되지만, 전체적인 수위 변동폭은 1 m 이내이며, 전기전도도는 약 150 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 보성4 관측공의 지하수위는 강수와 큰 상관관계를 보이지 않으며, 전기전도도는 강수량이 아닌 지하수위와 유사한 경향을 나타내고 있다. 보성5 관측공에서는 지하수위가 강수와 큰 상관관계를 나타내고 있으며 수위 변동폭은 1 m 이내이다. 전기전도도는 약 140 $\mu S/cm$ 내외로 나타난다. 보성6 관측공은 강수에 영향이 없으며, 전기전도도는 160 ~ 250 $\mu S/cm$ 범위에서 점차적으로 증가하는 경향을 나타냈다.
- 6) 관리 방안 : 보성지구 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 보성1 관측공은 이온분석 결과 매우 심한 해수영향을 받고 있으므로 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 전이대 구간을 통한 해수영향 등을 모니터링 할 필요가 있다. 보성2, 3, 4, 5 관측공은 지하수위의 강하 및 수질악화 현상은 없으나, 장기관측을 통해 지하수위의 하강 및 오염물질의 유입 등 모니터링이 필요하다.

2.7.3 장성지구

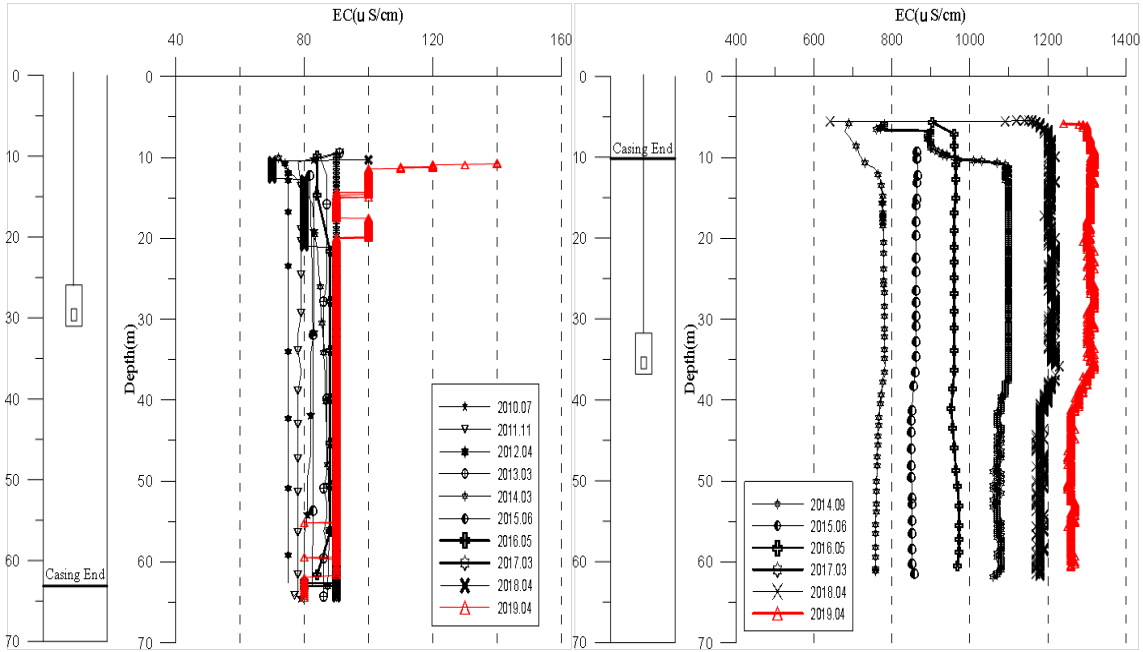
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
장성1	장성군 남면 분향리 1062-5	181691.47	193710.17	41.17	2010	31.62
장성2	장성군 장성읍 용강리 91-8	183359.932	205624.938	61.66	2014	56.17
장성3	장성군 장성읍 영천리 1458-1	299599.675	179457.015	42.979	2017	38.779
장성4	장성군 삼서면 두월리 958-1	292275.621	170855.696	39.954	2017	37.254
장성5	장성군 삼계면 주산리 457	294393.415	170461.53	49.717	2017	45.517

2. 지형 및 지질

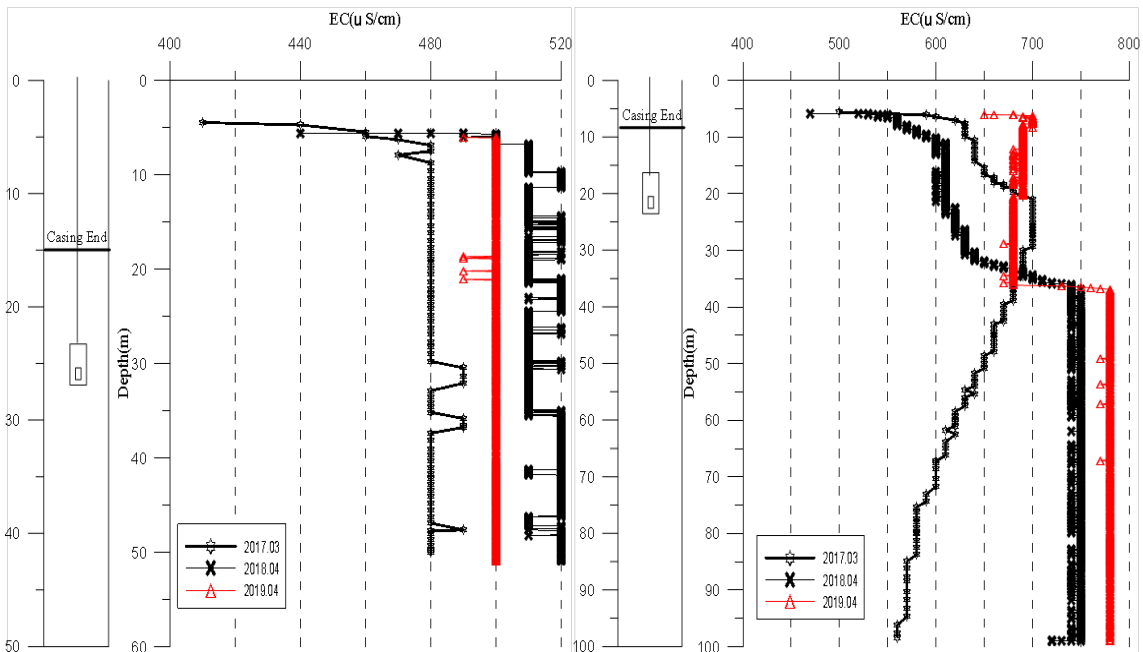
장성군은 동쪽은 담양군, 서쪽은 영광군, 남쪽은 광주, 함평군과 접하며 북쪽은 전북 순창군, 정읍시, 고창군과 접하고 있으며, 황룡강을 비롯하여 고막원천, 풍연정천, 진원천의 상류지역에 위치해 있다. 지질은 선캄브리아기의 편마암류, 시대미상의 화강암이 편마암류를 관입하고 있다.

3 지하수 검층



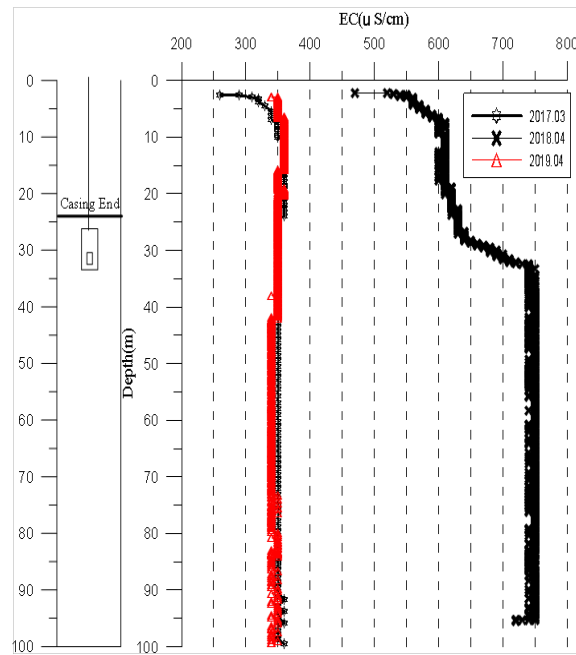
<장성1 관측공>

<장성2 관측공>



<장성3 관측공>

<장성4 관측공>



<장성5 관측공>

4 지하수 수질 분석

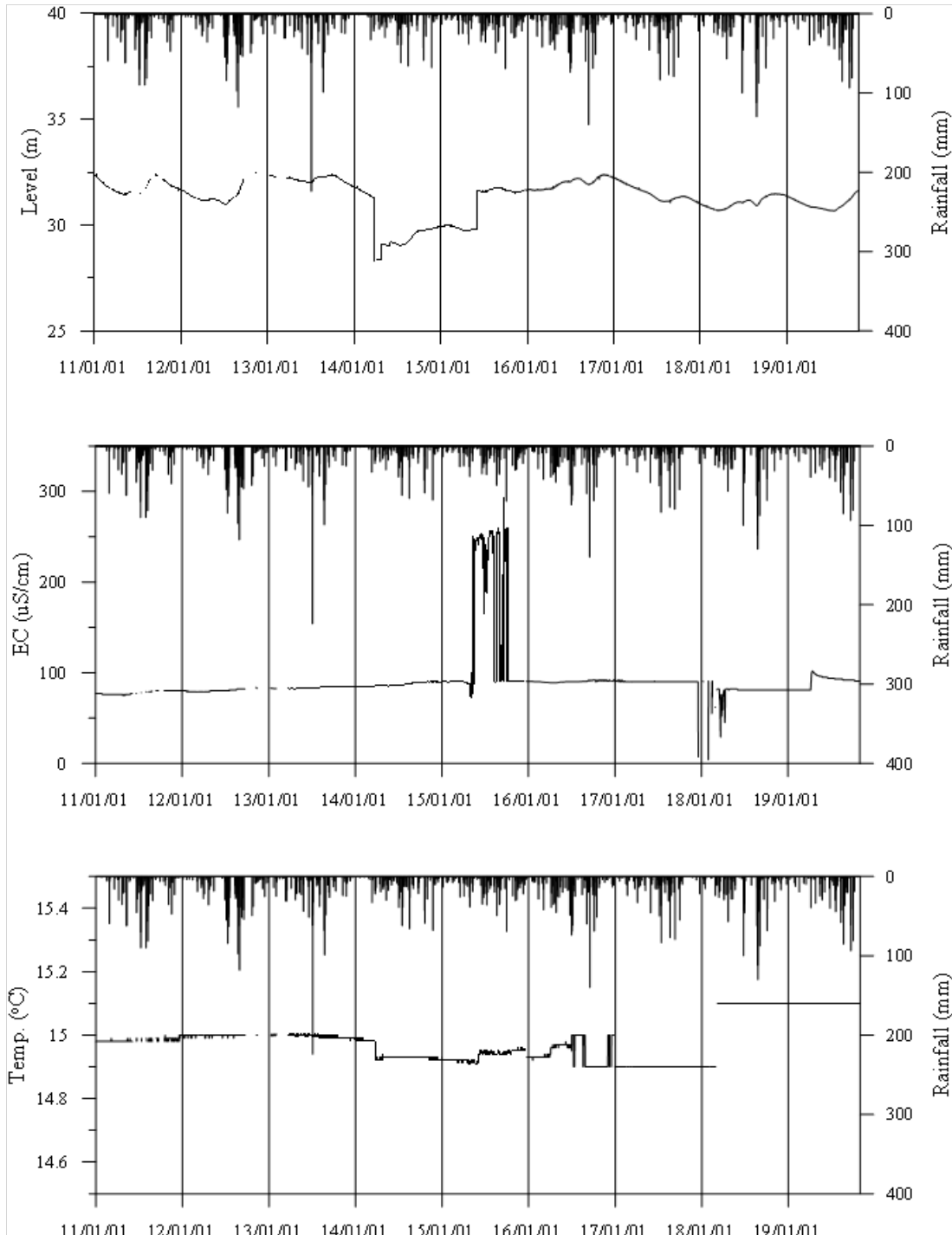
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

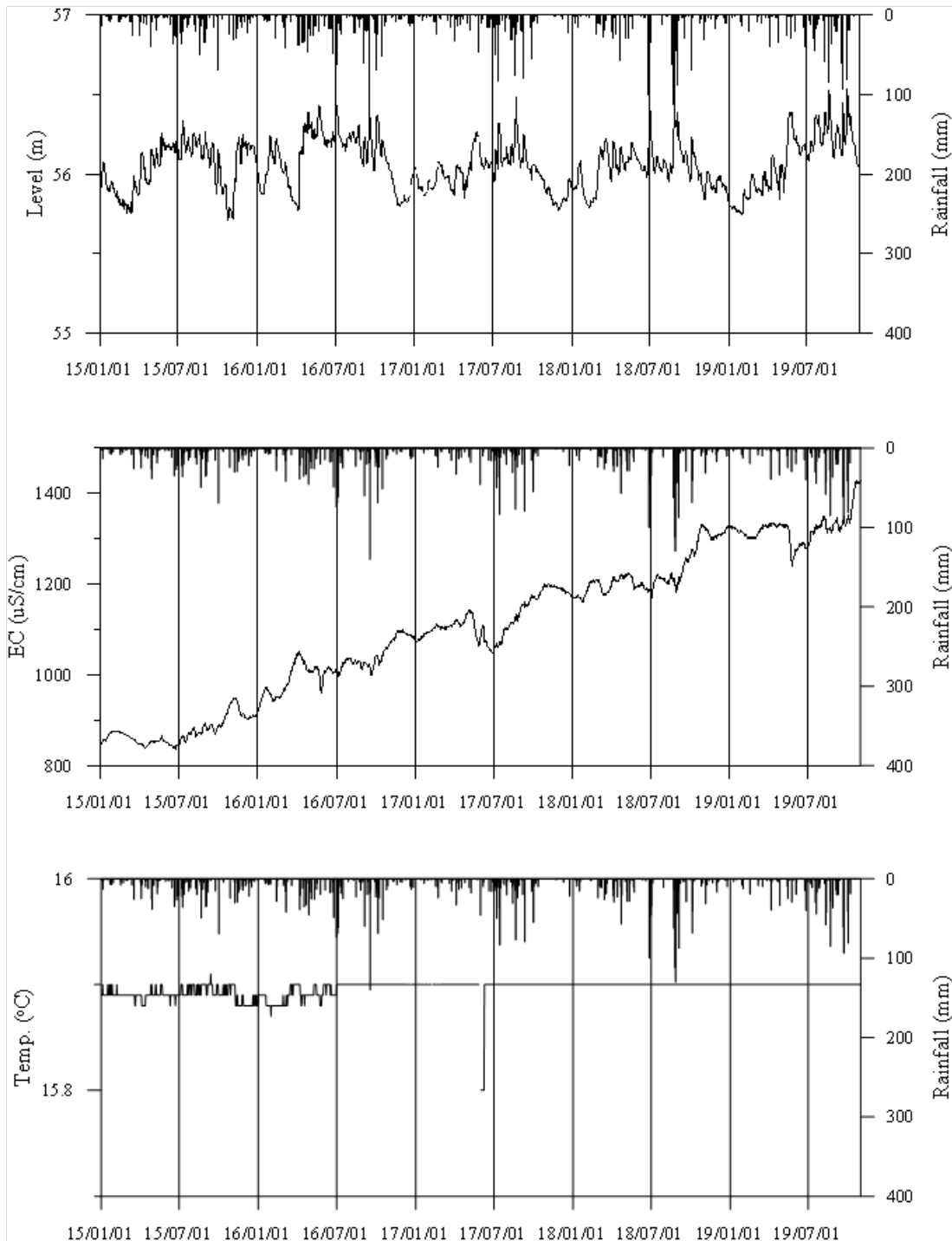
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
장성1	(2010. 7)	9.25	0.80	0.53	5.48	1.01	7.03	33.55	N.D.
	(2011. 7)	9.39	0.76	0.49	5.22	1.06	7.39	33.55	0.63
	(2012. 4)	7.94	0.81	0.56	5.66	0.94	6.93	33.55	N.D.
	(2013. 4)	8.98	0.84	0.47	5.02	0.58	7.41	33.55	N.D.
	(2014. 3)	10.22	0.73	0.72	6.62	0.47	8.68	33.55	0.10
	(2015. 4)	10.23	0.77	0.78	5.16	0.6	7.0	39.7	N.D.
	(2016.10)	8.72	0.76	0.30	5.27	0.70	8.10	39.00	0.50
	(2017. 3)	9.70	0.69	0.45	5.47	0.84	7.48	30.50	N.D.
	(2018. 5)	9.98	0.76	0.43	5.22	0.79	6.58	33.55	N.D.
	(2019. 5)	15.59	1.53	0.58	6.01	2.82	18.12	33.55	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
장성2	(2014. 9)	40.09	13.40	1.49	75.70	35.51	106.26	140.30	N.D.
	(2015. 4)	40.62	16.81	1.81	100.80	51.6	121.8	189.1	N.D.
	(2016.10)	44.16	19.29	1.50	121.70	20.00	173.60	187.00	2.80
	(2017. 3)	44.53	21.90	2.10	95.75	19.56	207.75	122.00	N.D.
	(2018. 5)	50.57	22.78	2.25	138.35	31.63	253.09	167.75	1.58
	(2019. 5)	46.49	24.89	2.08	173.20	39.74	292.07	161.65	N.D.
장성3	(2017. 3)	28.01	7.96	1.56	58.57	30.15	33.43	170.80	11.98
	(2018. 5)	19.08	10.55	1.53	64.58	21.03	38.62	186.05	8.04
	(2019. 5)	22.26	10.54	1.84	69.00	19.89	39.17	183.00	6.94
장성4	(2017. 3)	11.57	11.38	2.99	80.22	13.88	7.26	277.55	N.D.
	(2018. 5)	12.31	12.93	2.94	88.59	8.69	11.20	308.05	N.D.
	(2019. 5)	14.99	14.11	3.74	35.21	7.02	9.23	274.50	0.37
장성5	(2017. 3)	18.64	2.86	1.28	36.78	3.82	17.69	85.40	41.75
	(2018. 5)	15.53	2.87	0.99	44.24	4.27	19.63	88.45	49.05
	(2019. 5)	15.53	2.92	0.98	45.31	4.51	19.78	91.50	48.84

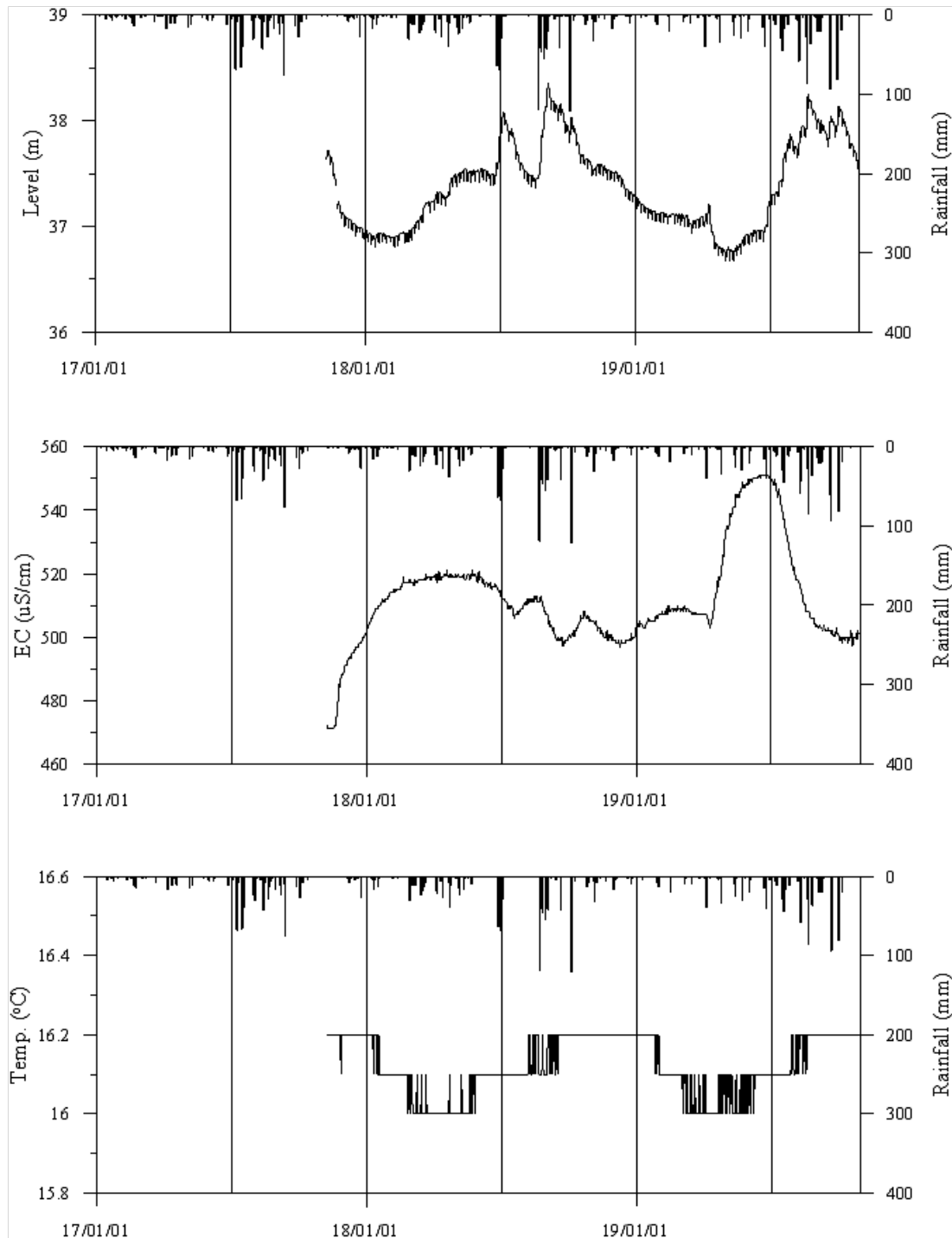
5. 장기관측 결과



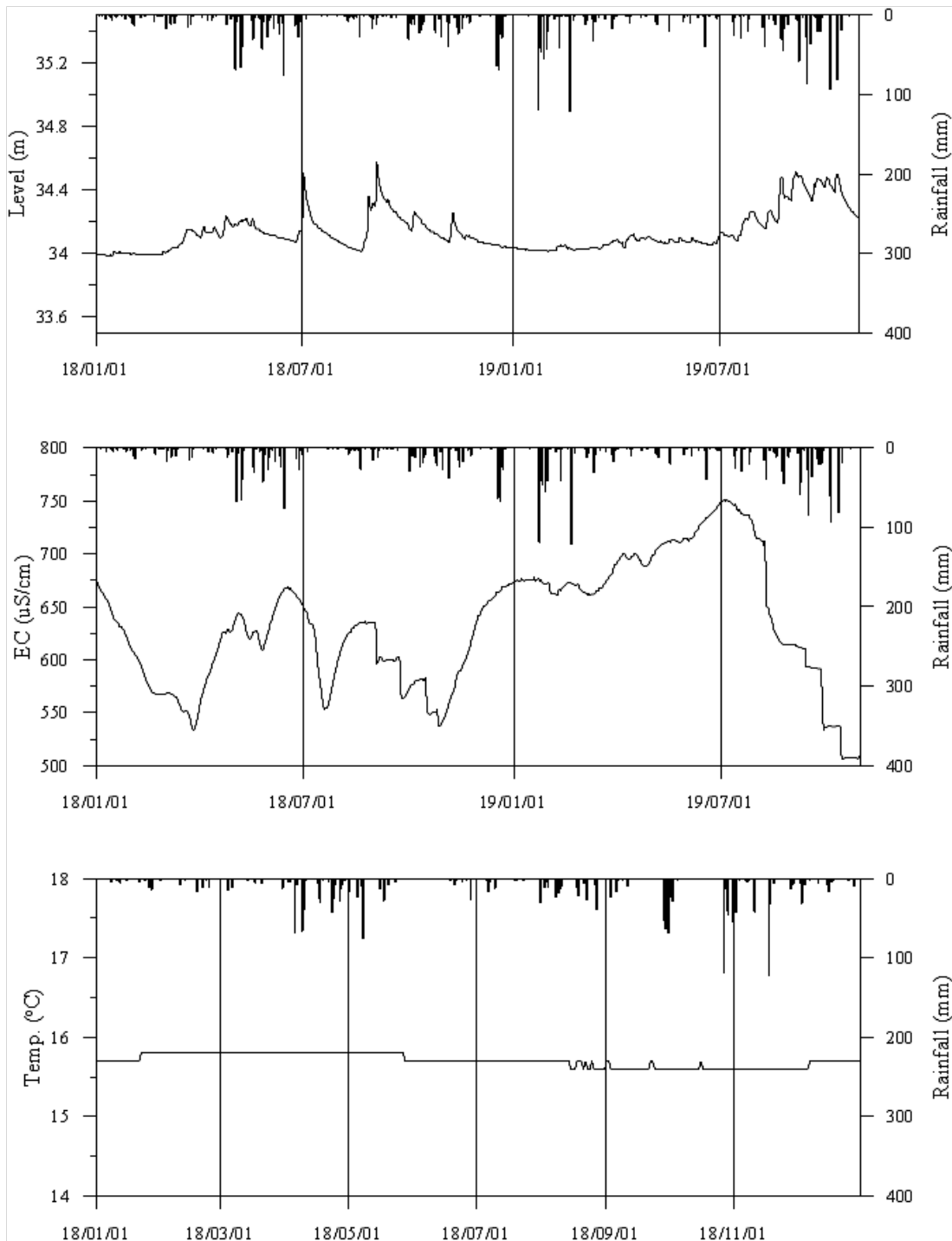
<장성1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



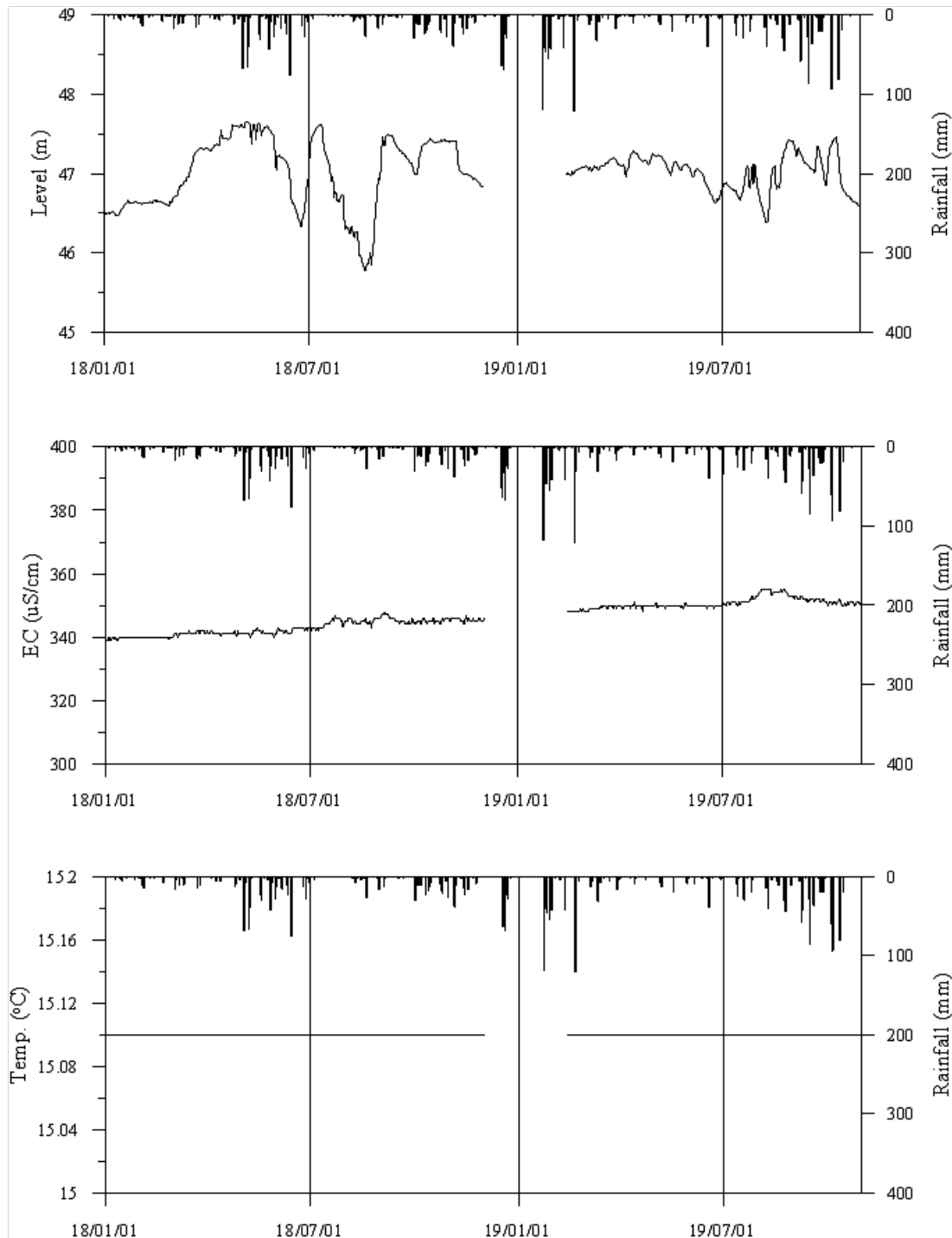
<장성2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장성3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장성4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장성5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 장성1 관측공은 청문조사 및 간이 수질조사결과를 기초로 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점으로, 인근지역의 수질 및 수량의 변화의 예측이 용이한 지점을 선정하여 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량의 변화를 관측하기 위하여 설치되었다. 장성2 관측공은 인근에 장성호 위탁 시설과 식당들이 다수 존재하여 주기적인 지하수 모니터링이 필요하며, 장성호의 수질 및 수량변화에 따른 지하수의 영향을 관측하기 위하여 설치되었다. 장성3 관측공이 설치된 장성읍 영천리는 장성군 중앙에 위치하고, 황룡강이 북-남으로 흐르면서 넓은 농경지가 형성되어 있다. 또한 장성군 중심지로 도시화가 점차적으로 진행되고 있다. 이 지역은 2009년 장북지구 지하수자원관리 조사 시 질산성질소, 오염부하량 등이 높게 나타나 수질오염이 우려된다. 특히 도시화가 진행되면서 주유소, 공장, 인구증가 등은 수질을 오염시키는 주요인자로 장기적인 수질변화 관측을 위한 관측공이 필요하다. 장성4 관측공이 설치된 삼서면 두월리는 함평군 해보면, 광주광역시 광산구와 근접하고, 해당리 상류에 함동저수지가 위치하고 소류지에서 발원한 삼계천, 평립천을 따라 농경지가 넓게 분포하고 있다. 이 지역은 2008년 장삼지구 지하수자원관리 조사 시 질산성질소가 높아 수질오염이 우려되고, 지하수개발·이용이 활발하여 관정밀도, 이용량 등이 높아 수량부족 현상이 발생할 수 있어 지하수 수량·수질에 대한 장기적인 모니터링을 목적으로 관측공을 설치하였다. 장성5 관측공이 설치된 장성군 삼계면 주산리는 장성 남서쪽에 위치하고 200 m 이내의 구릉성 산지로 둘러싸여 있으며, 삼계면 소재지 하류부에 위치하고 있다. 이 지역은 주변 군부대시설의 영향으로 인구가 많이 유입되어 주거지, 상가, 공공시설 등이 집단화를 형성하고 있어 지하수를 오염시킬 인자들이 많이 산재하고 있다. 특히, 2009년 장삼지구 지하수자원관리 조사시 질산성질소, 잠재오염원(축사, 주유소), DRASTIC 지수 등이 높게 조사되어 수질오염의 가능성이 크게 조사된 바가 있어 수질변화 관측을 위한 관측공을 설치하였다.

- 2) 지하수 검층 결과 : 장성1 관측공의 전기전도도는 전체 심도에 걸쳐 약 90 $\mu S/cm$ 내외이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화가 거의 없다. 장성2 관측공의 전기전도도는 1,100 $\mu S/cm$ 이하로 나타났으나, 매년 조금씩 전기전도도 값이 증가함을 보여준다. 장성3 관측공의 경우 전구간 약 480 $\mu S/cm$ 내외, 장성4 관측공의 경우 약 30 m 심도까지 700 $\mu S/cm$ 까지 증가하다가 이후부터 공저까지 약 560 $\mu S/cm$ 로 감소하였다. 장성5 관측공의 경우 전체 구간에서 약 350 $\mu S/cm$ 내외로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 장성1, 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 장성2 관측공은 Ca-Cl, 장성3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 나트륨 이온의 과다는 저농도 시료에서 상대적인 함량의 과다에 의한 것일 뿐 큰 의미는 없다. 장성지구 관측공의 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 장성1 관측공은 일부 강수와 상관관계를 가지며, 수위 변동폭이 약 5 m 이내이다. 지하수위는 2014년 3월경에 하강하였다가 2015년 5월경에 다시 상승하여 이전 상태의 수위로 나타났다. 장성2 관측공의 지하수위는 큰 변화없이 1 m 범위에서 강수량에 따라 상승과 하강을 반복하고 있으며, 전기전도도는 지속적으로 상승하는 경향을 보인다. 장성3 관측공은 강수와 낮은 상관관계를 가지며, 수위 변동폭이 약 1.6 m 이내이다. 지하수위는 2018년 7~8월경 하강하였다가 9월 초에 상승한 이후 다시 하강하는 경향을 나타냈다. 장성4 관측공은 강수와 지하수위가 낮은 상관관계를 보이며, 수위 변동폭은 약 0.6 m 이내이다. 지하수위는 2018년 6월까지 큰 변화를 보이지 않았으나 7월 초, 9월 초에 수위가 일시적으로 상승하는 경향을 보인다. 장성5 관측공은 강수와 낮은 상관관계를 가지며, 수위 변동폭이 약 2 m 이내이다. 지하수위는 2018년 5월 까지 증가하나 이후 6~9월은 수위의 하강과 상승이 반복되는 경향을 나타낸다.

- 6) 관리 방안 : 장성지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 현재 오염이 관측되지는 않으나 장성2 관측공의 경우 염소이온이 상대적으로 과다하여 외부오염원에 대한 관리가 필요하다. 향후 장기관측을 통해 지하수위 변동과 지하수질의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.4 화순지구

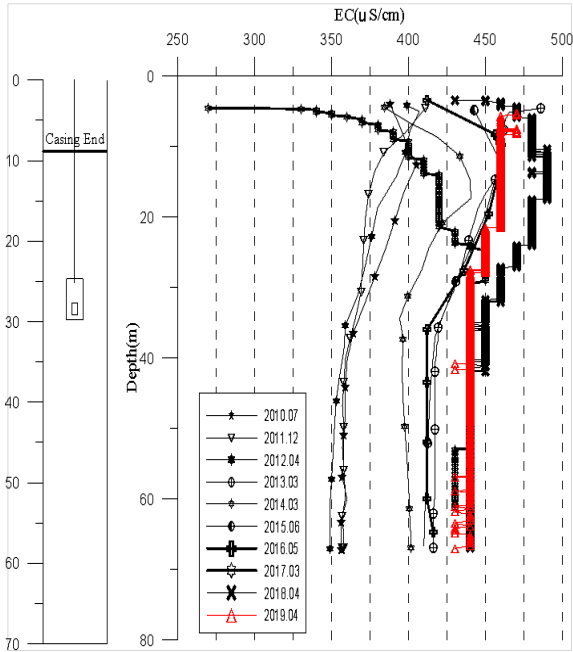
1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
화순1	화순군 능주면 관영리 44-27	196230.40	166099.80	37.95	2010	34.76
화순2	화순군 도암면 천태리 452-5	190907.329	159474.691	66.00	2014	63.80
화순3	화순군 한천면 모산리 826-34	264493.858	197924.711	46.79	2017	42.99
화순4	화순군 도곡면 효산리 1269-1	267884.237	191922.054	28.73	2017	21.63
화순5	화순군 청풍면 신리 788	252981.579	197763.346	90.68	2017	86.18
화순6	화순군 청풍면 어리 44	198077.690	256049.730	71.08	2018	68.28

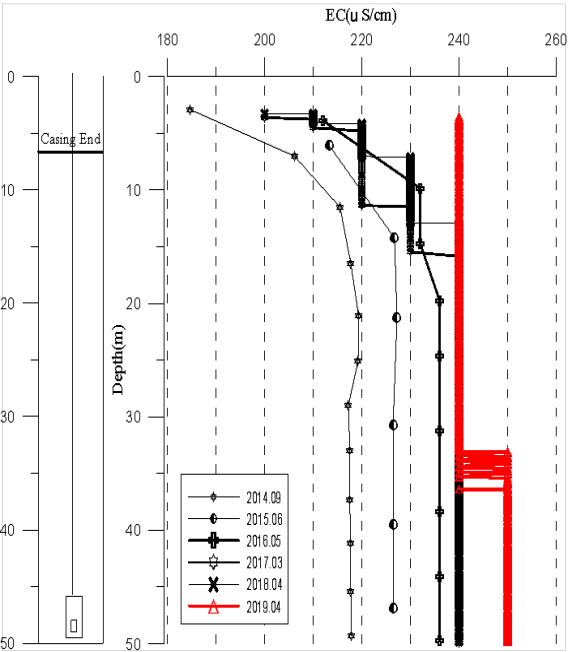
2. 지형 및 지질

화순군은 동쪽은 곡성군과 순천시, 서쪽은 광주광역시와 나주시, 남쪽은 보성군과 장흥군, 북쪽은 담양군과 접해 있으며 대부분의 지역이 무등산(1,187 m) 줄기에 의해 구성되어 있다. 지질은 고생대 석탄기층의 평안계 사동통이 분포하여 전라남도 유일의 화순탄광을 형성하였다.

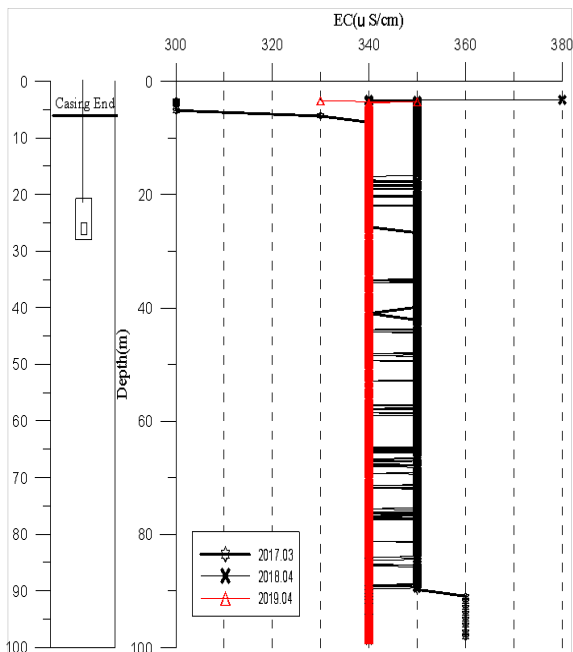
3. 지하수 검층



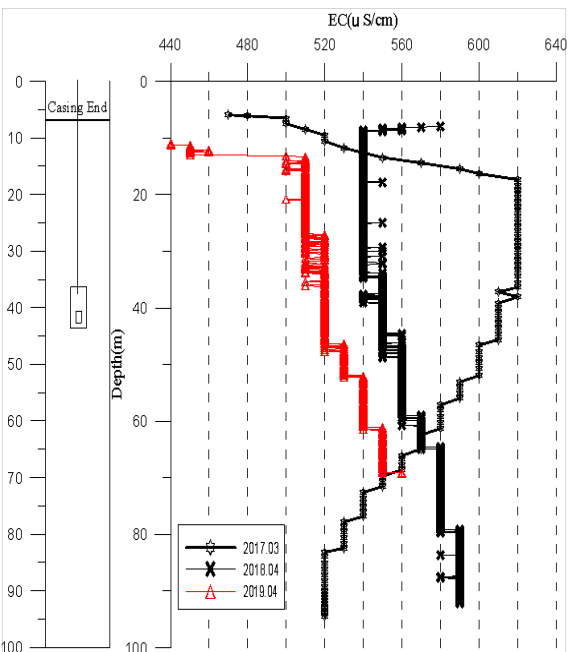
<관측공1 관측공>



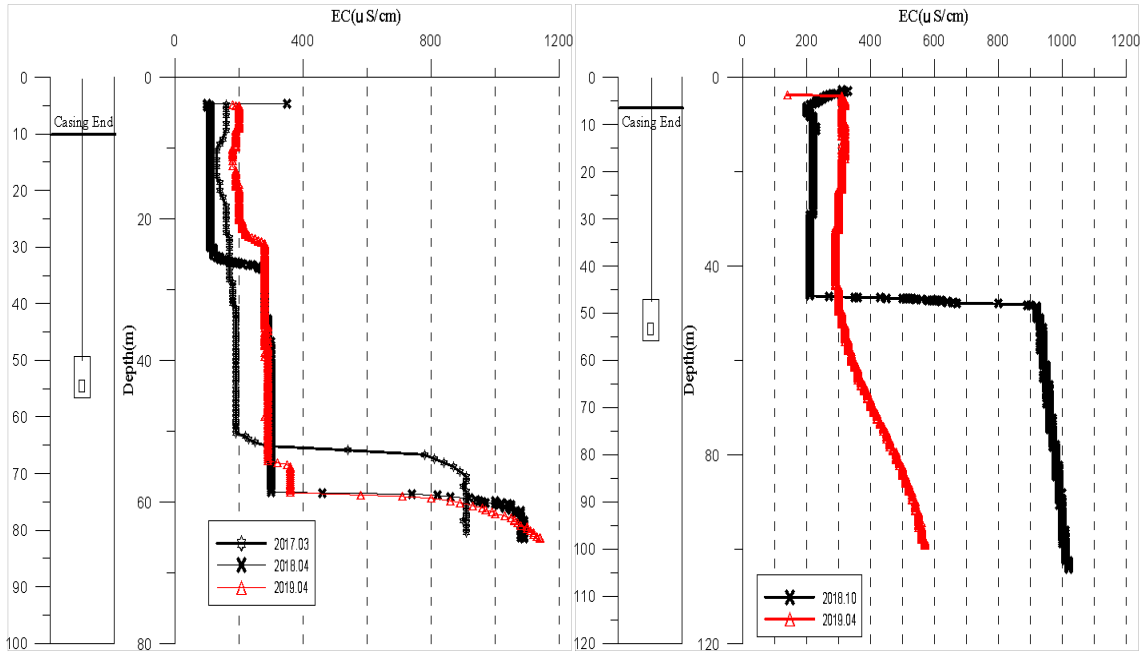
<관측공2 관측공>



<관측공3 관측공>



<관측공4 관측공>



<화순5 관측공>

<화순6 관측공>

4. 지하수 검층

◎ 이온분석 결과

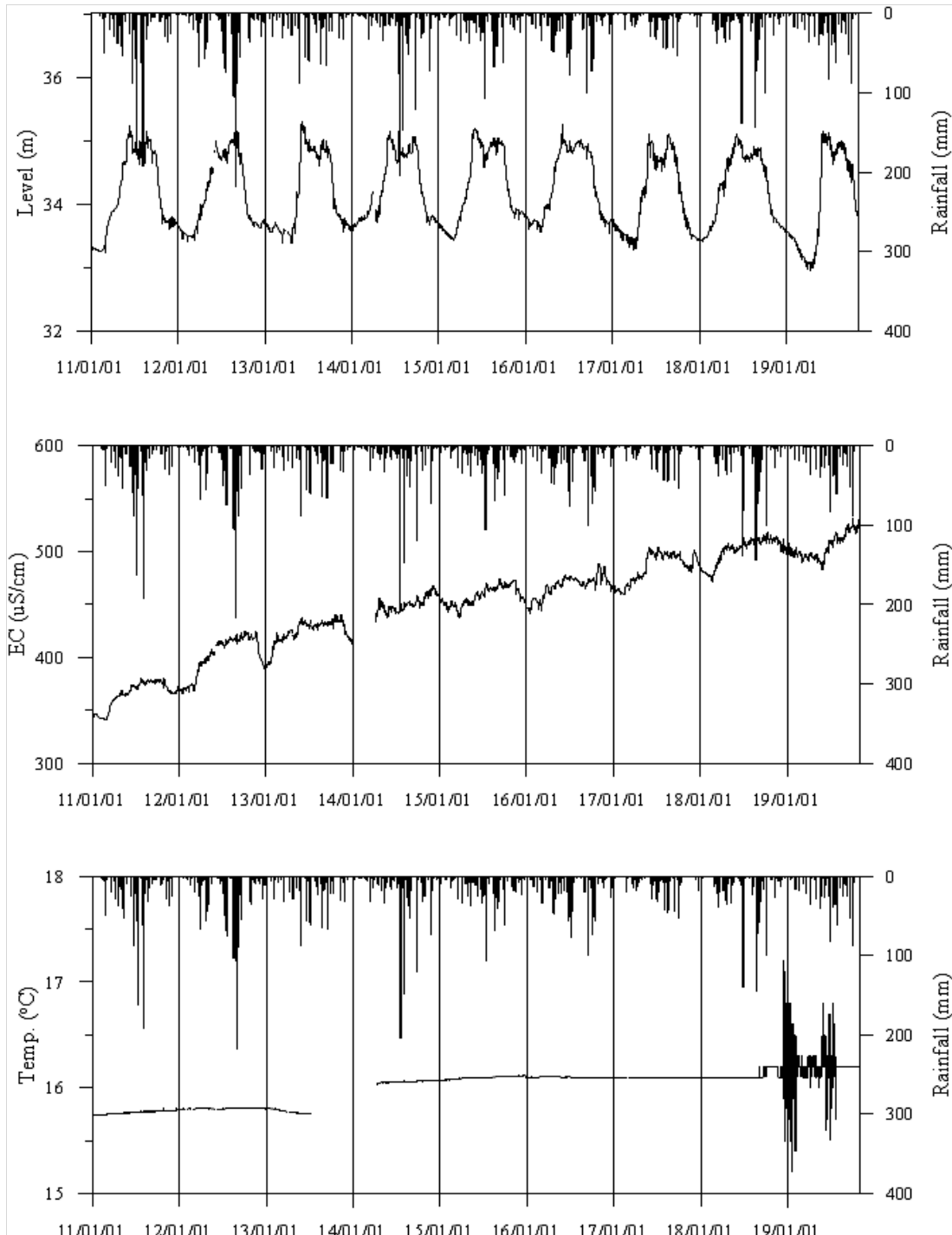
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
화순1	(2010. 7)	16.52	9.41	1.32	56.93	16.21	28.74	179.95	1.24
	(2011. 7)	15.65	9.63	1.86	49.53	22.40	35.82	158.60	N.D.
	(2012. 4)	18.49	11.31	1.77	61.02	22.73	37.55	183.00	0.55
	(2013. 4)	17.34	10.85	1.48	58.24	26.55	30.22	183.00	1.71
	(2014. 3)	17.84	12.07	1.89	67.68	35.94	34.92	183.00	0.16
	(2015. 4)	17.63	10.39	1.53	62.42	30.3	33.5	180.0	2.10
	(2016.10)	17.75	11.07	1.70	73.43	45.50	60.10	172.00	6.80
	(2017. 3)	17.68	11.50	1.67	62.05	32.68	39.71	161.65	2.56
	(2018. 5)	16.27	10.49	1.66	62.75	34.65	33.49	161.65	0.19
	(2019. 5)	15.53	10.01	1.59	60.07	33.15	33.54	167.75	0.39

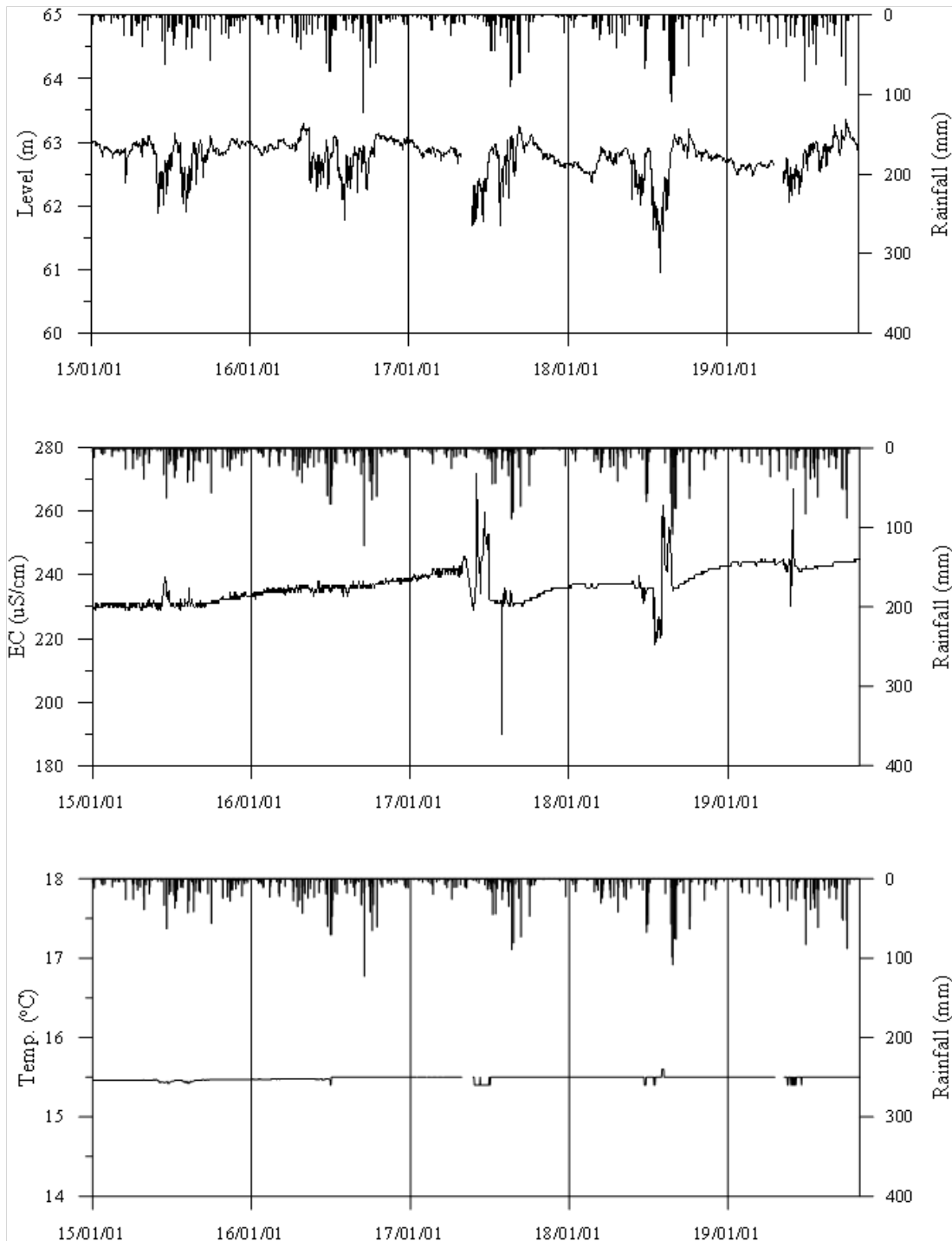
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
화순2	(2014. 9)	10.96	4.99	1.16	25.83	3.45	10.23	97.60	6.15
	(2015. 4)	12.51	6.09	1.30	28.23	4.2	11.6	109.8	7.90
	(2016.10)	12.64	6.20	1.20	29.56	8.20	22.80	110.00	11.40
	(2017. 3)	11.77	6.23	1.10	27.80	4.21	12.13	106.75	7.87
	(2018. 5)	10.35	5.87	1.17	26.56	3.36	10.21	103.70	3.41
	(2019. 5)	10.15	5.47	1.13	26.67	4.20	10.21	100.65	5.97
화순3	(2017. 3)	33.07	1.80	1.00	45.15	26.31	6.49	170.80	1.22
	(2018. 5)	27.54	1.06	0.34	42.00	22.54	6.37	149.45	0.18
	(2019. 5)	25.52	1.31	0.30	43.88	22.47	7.40	152.50	N.D.
화순4	(2017. 3)	45.31	3.89	1.28	77.90	64.41	25.50	234.85	2.22
	(2018. 5)	25.63	5.48	1.52	74.85	57.88	30.29	173.85	2.36
	(2019. 5)	25.24	4.97	1.29	73.84	62.13	25.42	173.85	0.79
화순5	(2017. 3)	6.78	2.19	1.49	11.65	6.23	6.30	42.70	3.85
	(2018. 5)	30.57	0.90	1.07	8.72	6.95	8.35	73.20	5.52
	(2019. 5)	21.90	2.21	1.51	15.10	9.96	11.89	70.15	11.89
화순6	(2018. 8)	24.56	1.22	1.31	24.00	11.72	12.29	112.85	N.D.
	(2019. 5)	36.21	1.29	1.59	24.48	12.00	11.56	125.05	N.D.

5.

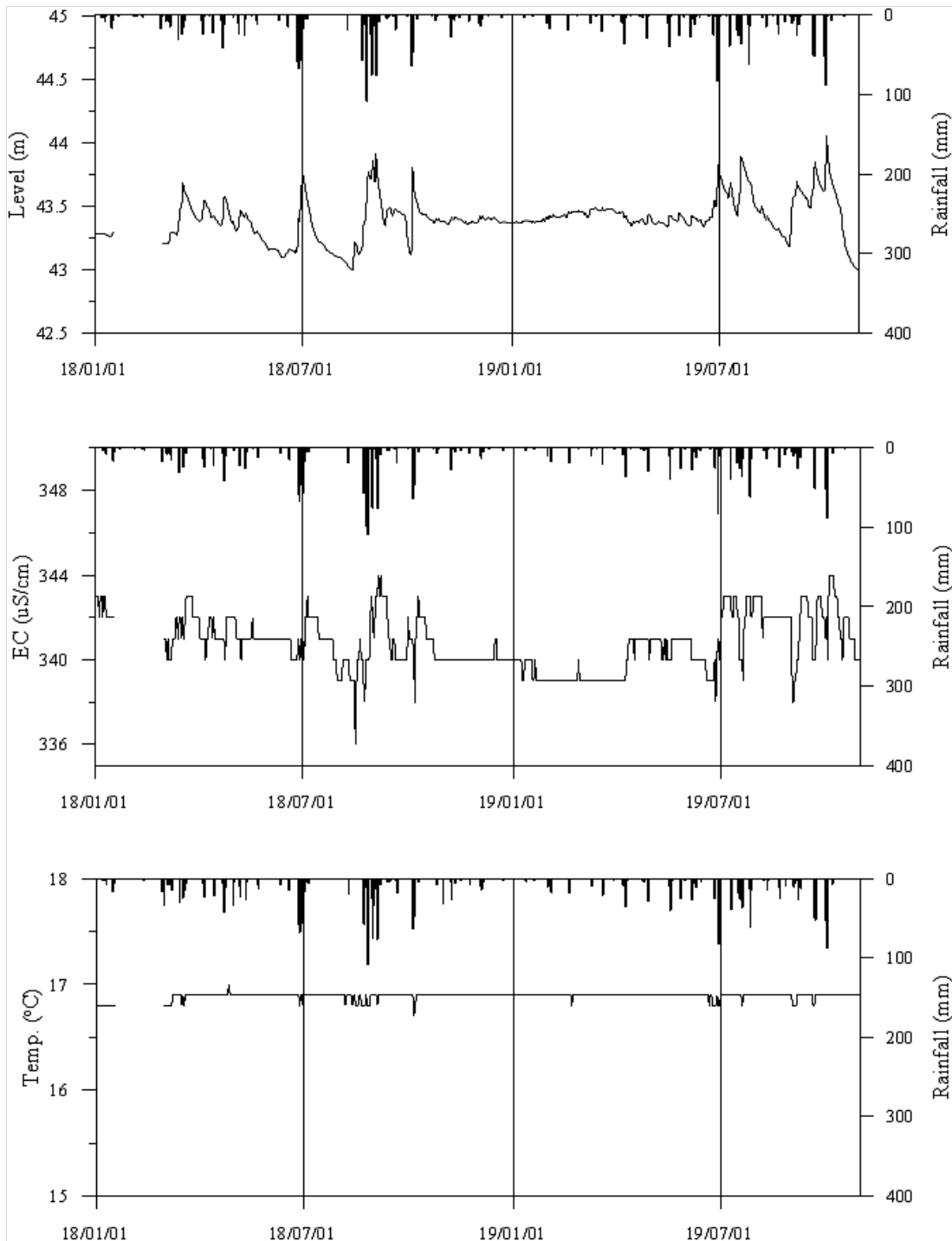
장기관측 결과



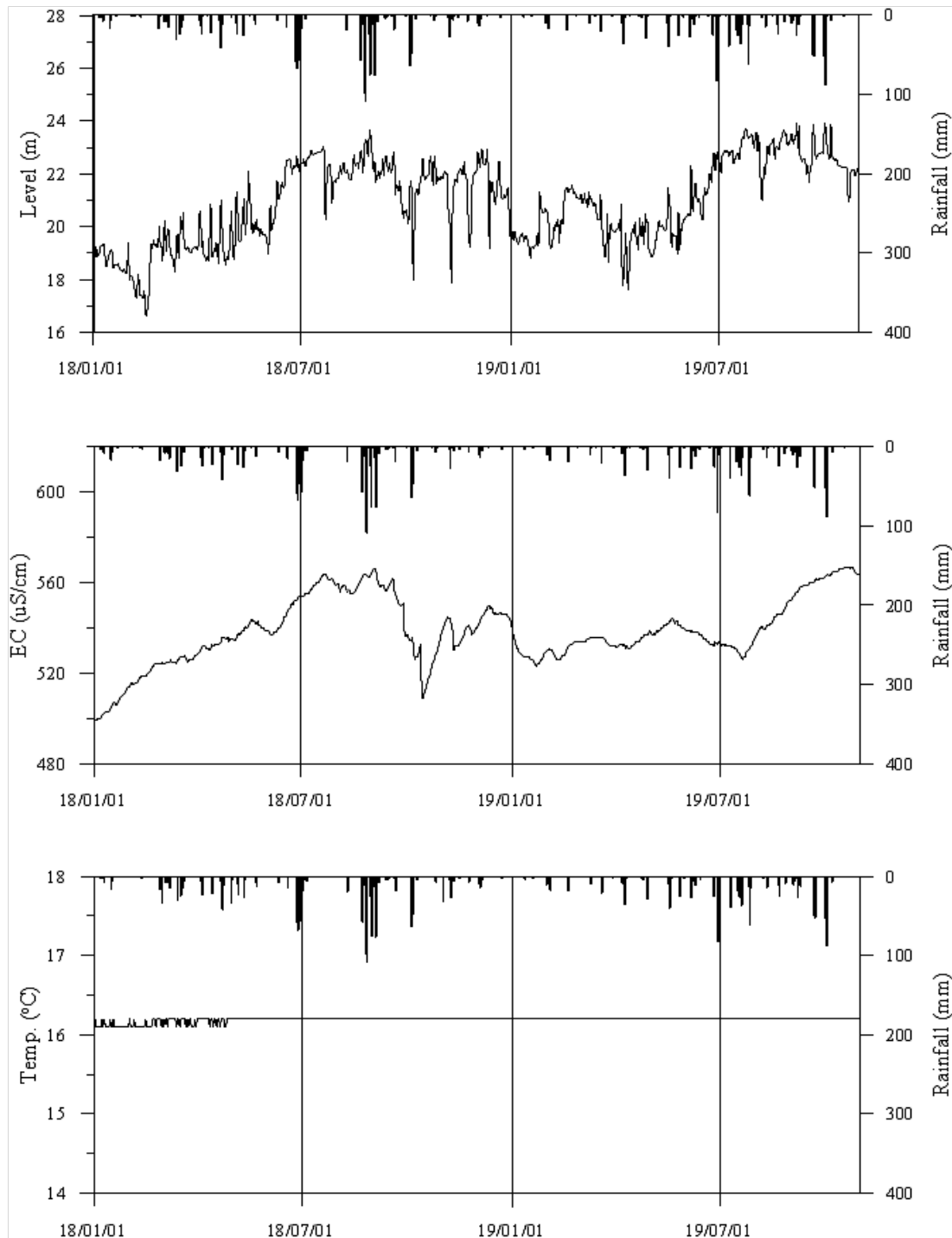
<화순1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



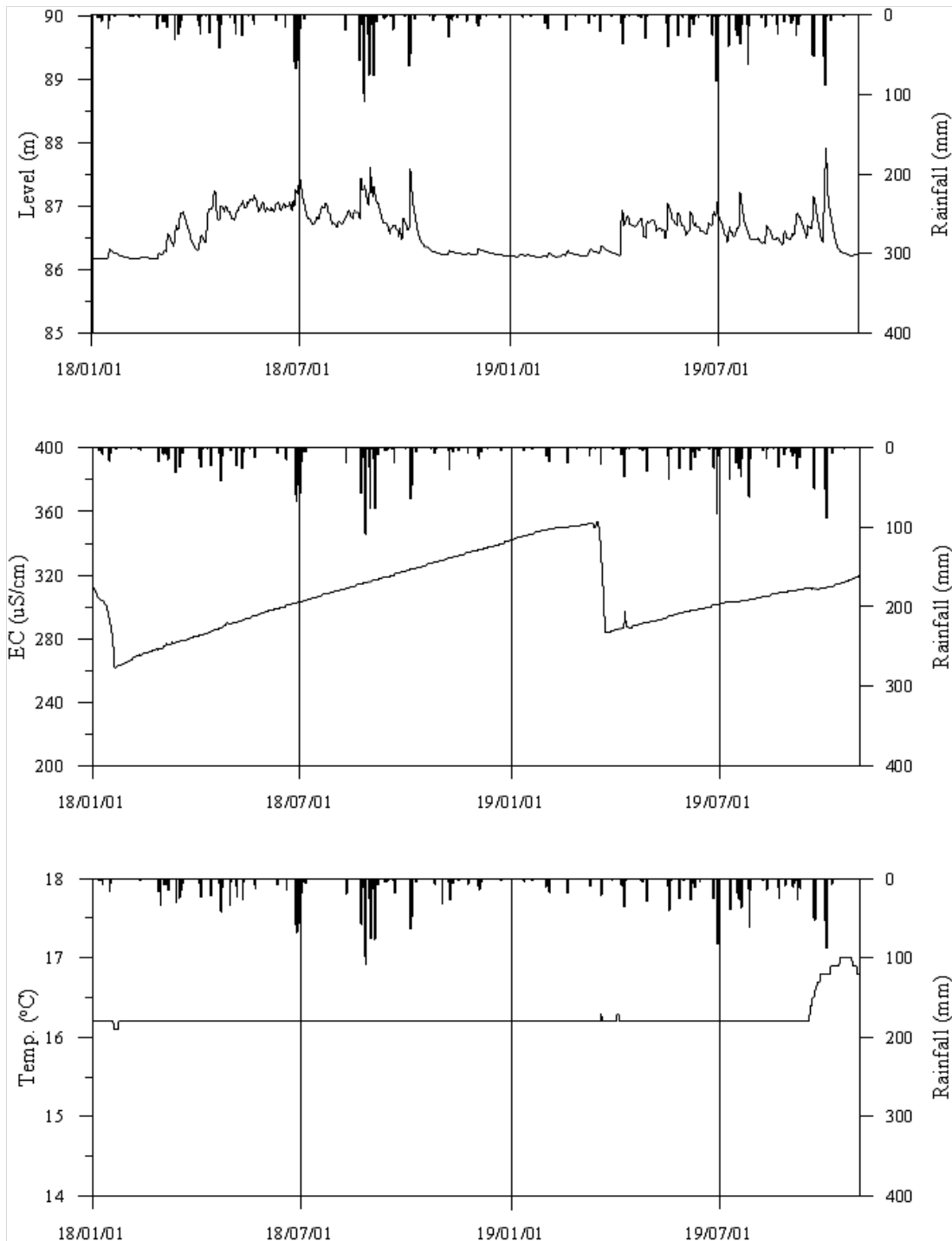
<화순2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



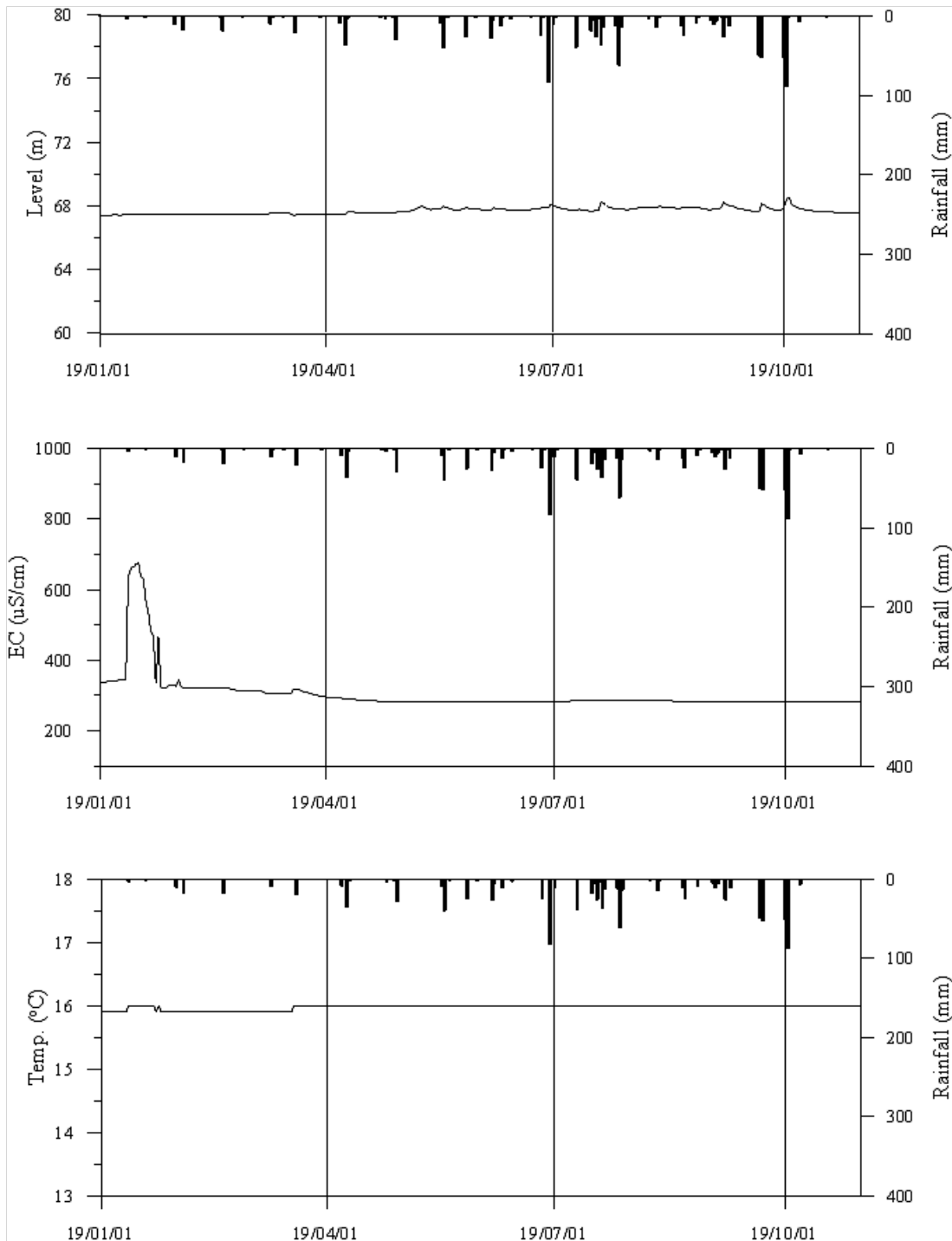
<화순3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화순4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화순5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<화순6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 화순1 관측공은 지하수 관정수 및 이용량이 많으며, 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측코자 하였다. 화순2 관측공 좌측에는 도암면 소재지가 위치하며 상류부에 중규모의 마을들이 다수 존재한다. 따라서 지하수 수질 및 수량변화 관측이 필요하므로 관측공을 설치하였다. 화순3 관측공이 설치된 화순군 한천면 모산리는 화순 남서쪽에 위치하고 547 m 이내의 용암산, 연주산에 둘러싸여 있으며, 지구 상류에는 금전저수지, 하류에는 지석천이 위치하고 있다. 이 지역은 2009년 화릉지구 지하수자원관리 조사 시 단위면적당 이용량, 관정밀도, 단위면적당 오염부하량이 높게 조사된 바가 있으며, 인근에 화순농주농공단지가 자리하고 있어 지하수 수량부족 및 수질오염에 대한 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 위해 관측공을 설치하였다. 화순4 관측공이 설치된 화순군 도곡면 효산리는 도곡면 소재지이며 250 m 이내의 곤지산, 만지산이 지구 남쪽에 자리하고 있으며, 지석천이 동서로 흐르고 있다. 지석천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있고, 농지의 50% 정도가 시설재배단지로서 지하수 이용 및 농약, 비료 시비로 인한 지하수 수량·수질이 우려되는 지역이다. 특히 2009년 화릉지구 지하수자원관리 조사 시 총이용량, 단위면적당 이용량, DRASTIC 지수 등이 높게 조사된 바가 있으며, 인근에 화순도곡농공단지가 자리하고 있어 지하수 수량부족 및 수질오염에 대한 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 위해 관측공을 설치하였다. 화순5 관측공이 설치된 화순군 청풍면 신리는 화순 남서쪽에 위치하고, 장흥군 장평면과 인접하고 있다. 인근에 410 m 이내의 군치산, 안마산이 자리하고 있으며, 산계를 따라 형성된 소지류가 지석천으로 흘러간다. 이 지역은 2009년 화춘지구 지하수자원관리 조사 시 지하수 총이용량, 단위면적당 이용량, DRASTIC 지수가 높게 조사된 바 있다. 또한 지구 상류에는 폐광산이 자리하고 있으며, 하부에는 청풍면 대규모 유리온실 하우스단지가 자리하고 있어 지하수 수량부족 및 수질오염에 대한

우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 위해 관측공을 설치하였다. 화순6 관측공이 설치된 화순군 청풍면 어리는 화순군 남쪽에 위치하고, 지석천이 남-북으로 흐르면서 천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2008년 화순지구 지하수자원관리 조사 시 대규모 축사시설 및 대단위 농경지의 영향으로 단위면적당 오염부하량이 높게 나타났으며, 2010년 조류인플루엔자(AI) 감염으로 폐사된 가금류 매몰지가 관측공 주변에 산재되어 있어 침출수에 의한 지하수 수질오염이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위해 관측공을 설치하였다.

- 2) 지하수 검층 결과 : 화순1 관측공의 전기전도도는 약 $480 \mu S/cm$ 이하이며, 심도가 깊을수록 전기전도도가 감소하는 경향이 나타난다. 화순2 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 공저까지 약 $240 \mu S/cm$ 이하이다. 화순3 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 공저까지 약 $345 \mu S/cm$ 내외이다. 화순4 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 20 m 심도까지 약 $620 \mu S/cm$ 로 증가하다가 이 후 공저까지 약 $520 \mu S/cm$ 까지 감소한다. 화순5 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 50 m 심도까지 약 $200 \mu S/cm$ 내외로 유사하다가, 약 50 m 구간에서 이온함량이 높은 지하수가 유입되어 $900 \mu S/cm$ 까지 증가한다. 화순6 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 45 m 심도까지 약 $200 \mu S/cm$ 내외로 유사하다가, 약 45 m 구간에서 이온함량이 높은 지하수가 유입되어 $1,020 \mu S/cm$ 까지 증가한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 화순1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 화순2, 3, 4, 5, 6 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당한다. 화순지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 화순1 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며 그 변화폭은 약 3 m 이내이며, 전기전도도는 시간이 경과할수록 점차 증가

추세(관측공 개발 이후 약 $150 \mu S/cm$ 내외)이다. 화순2 관측공은 지하수위의 경우 강수의 영향과 인근 지하수 사용에 따른 영향을 잘 반영하면서 큰 변화없이 나타나고 있으며, 전기전도도와 수온도 안정적으로 나타난다. 화순3 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며 변화폭은 약 1 m 이내이며, 전기전도도는 $340 \mu S/cm$ 내외로 강수 시 증가하는 경향을 보인다. 화순4 관측공은 지하수위가 강수에 영향을 받지 않으며 변화폭은 약 7 m 이내이고, 전기전도도는 $500 \sim 560 \mu S/cm$ 내외로 서서히 증가하나 9~10월 중순에 감소하는 경향을 보인다. 화순5 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며 변화폭은 약 1.5 m 이내이고, 전기전도도는 $260 \sim 330 \mu S/cm$ 내외로 연중 증가하는 경향을 보인다.

- 5) 관리 방안 : 화순지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 현재 지하수 오염은 관측되지 않으나 화순1, 4 관측공의 경우 전기전도도가 지속적으로 증가 추세이므로, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 지하수질의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.5 장흥지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
장흥1	장흥군 대덕읍 가학리 920	190663.699	107453.652	1.54	2011	1.32
장흥2	장흥군 장흥읍 항양리 238-4	192646.240	131055.521	34.03	2013	33.03
장흥3	장흥군 장평면 두봉리 1191	201073.150	145506.765	151.01	2014	150.34
장흥4	장흥군 관산읍 남송리 604-1	191576.3103	118967.7229	27.09	2016	23.35
장흥5	장흥군 장평면 축내리 785-3	195546.683	244263.86	163.59	2019	4.6
장흥6	장흥군 장흥읍 해당리 4	194852.153	233512.851	97.046	2019	4.4

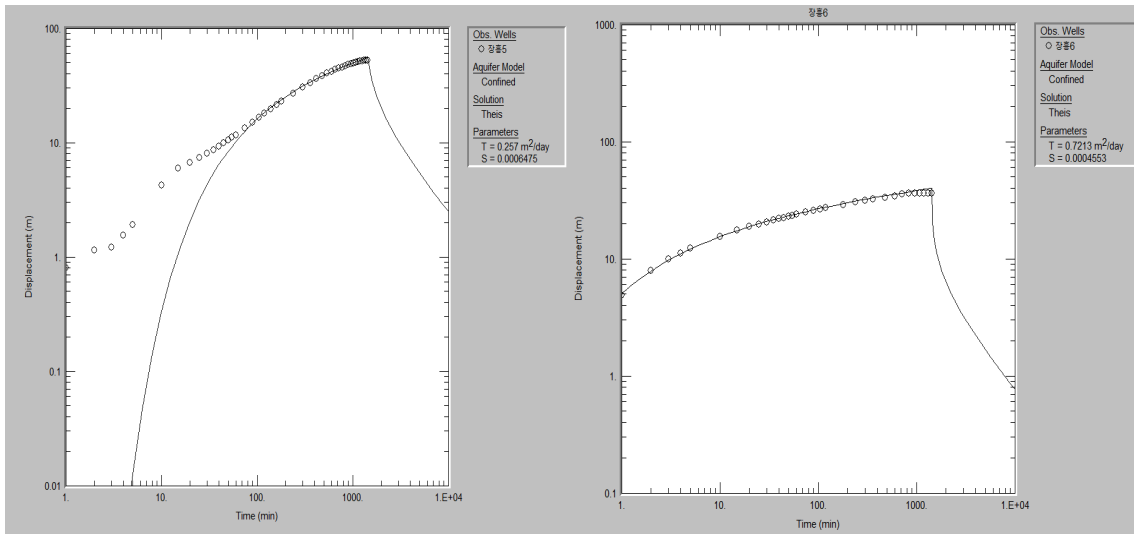
2. 지형 및 지질

장흥군은 전라남도 남부에 위치하고 해안선과 인접해 있으며 북쪽의 봉미산 군치산 등을 경계로 화순군과 접해 있다. 서쪽으로는 국사봉을 경계로 영암군과 접해 있고, 수인산, 부용산, 천태산 등을 경계로 강진군과 접해 있으며, 동북쪽의 제암산을 경계로 보성군과 접해 있다. 지질은 중생대 백악기의 부용산 분출암류와 시대미상의 변성암류 그리고 신생대 제4기의 충적층으로 구성된다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 장흥5, 6 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

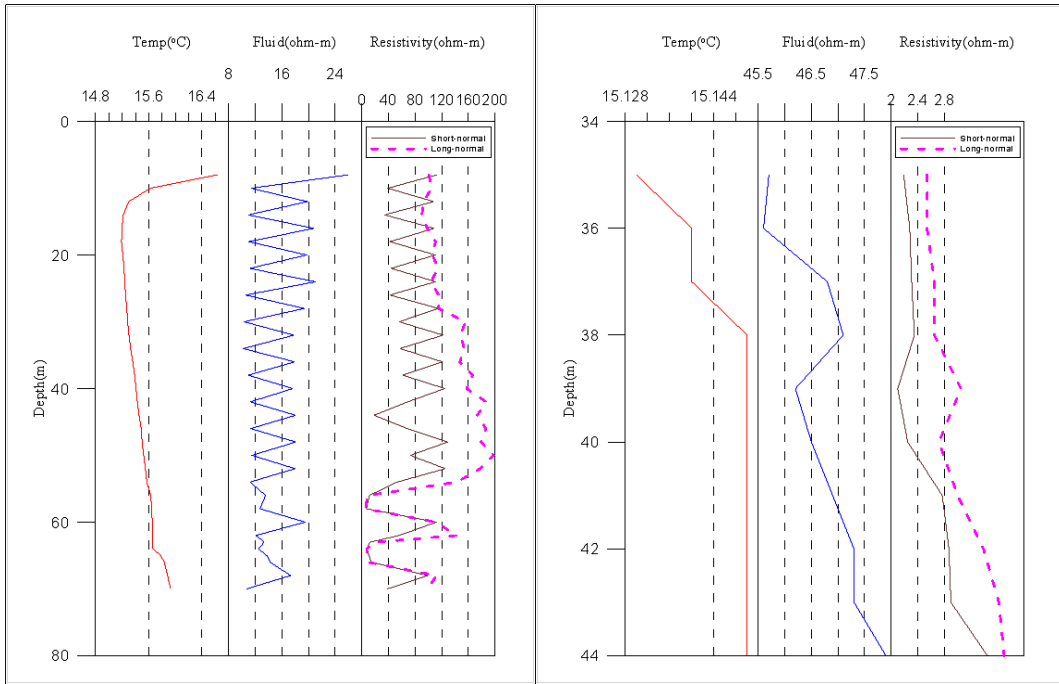


<장흥5 관측공 양수시험>

<장흥6 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
장흥5	50	0.257	4.798×10^{-6}	62
장흥6	50	0.7213	5.567×10^{-5}	15

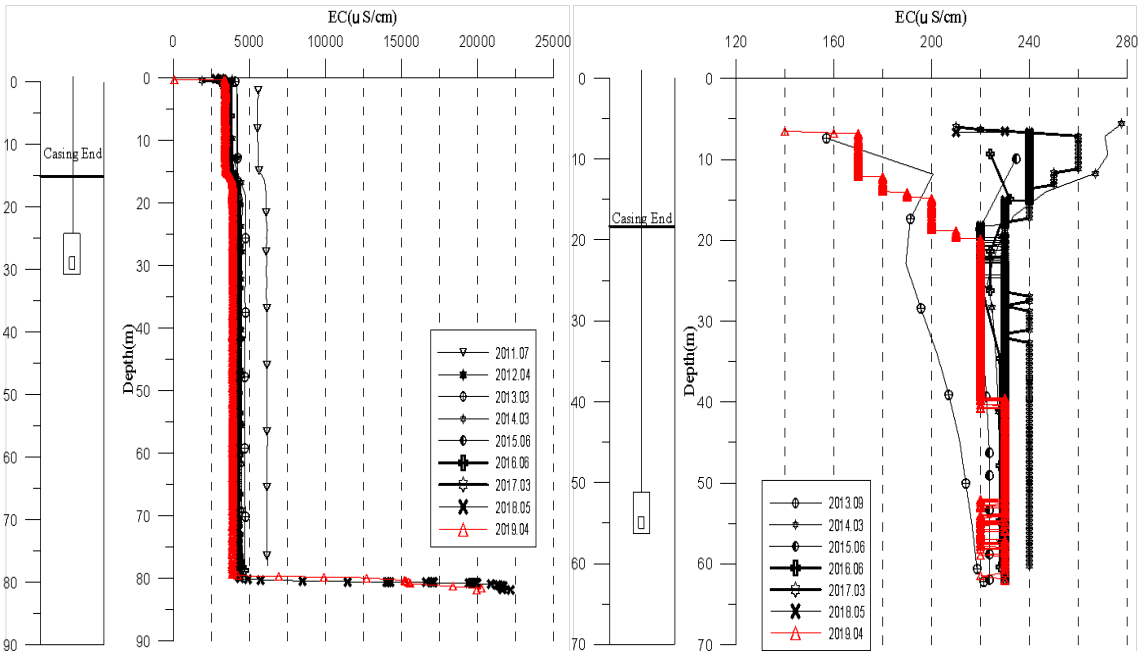
◎ 물리검층



<장흥5 관측공 물리검층>

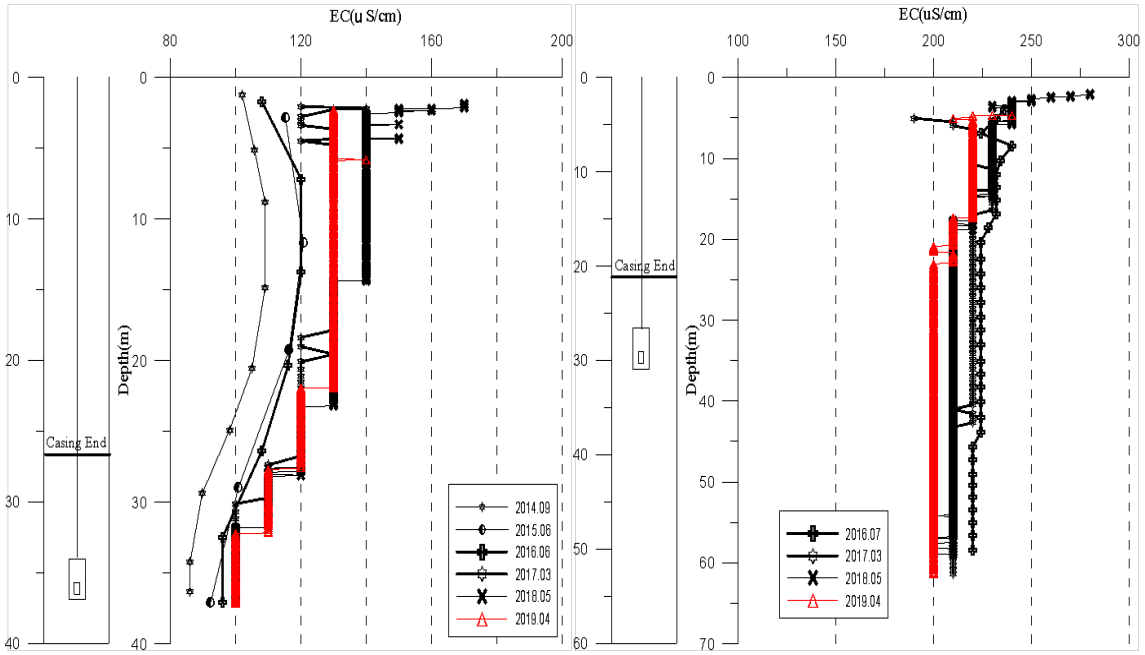
<장흥6 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



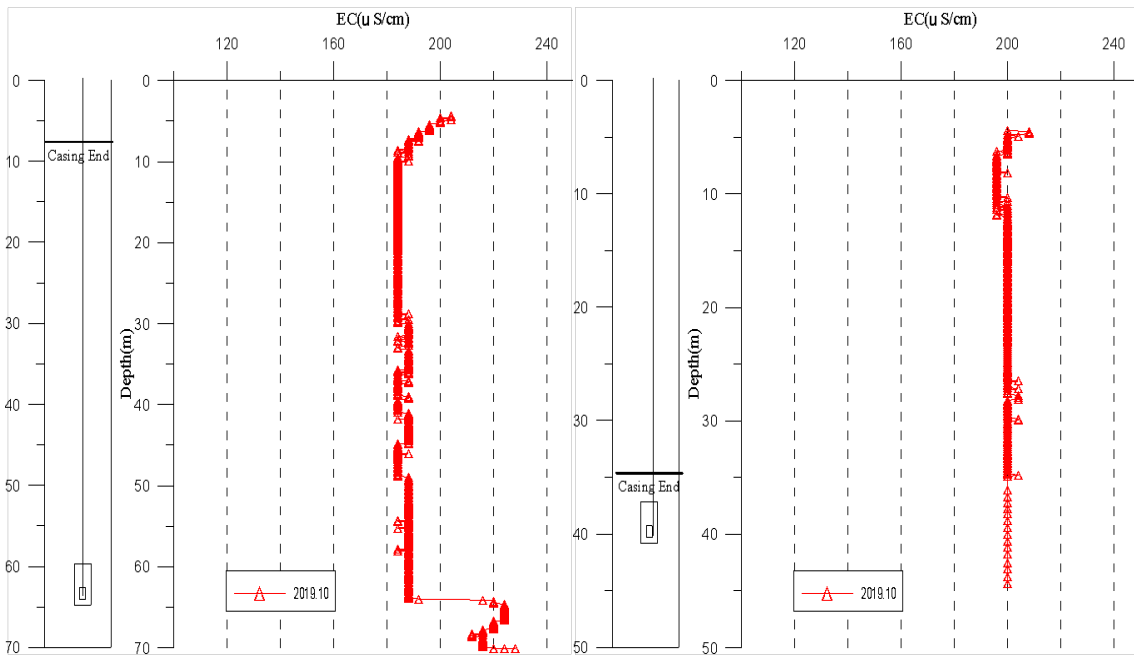
<장흥1 관측정>

<장흥1 관측정>



<장흥3 관측점>

<장흥4 관측점>



<장흥5 관측점>

<장흥6 관측점>

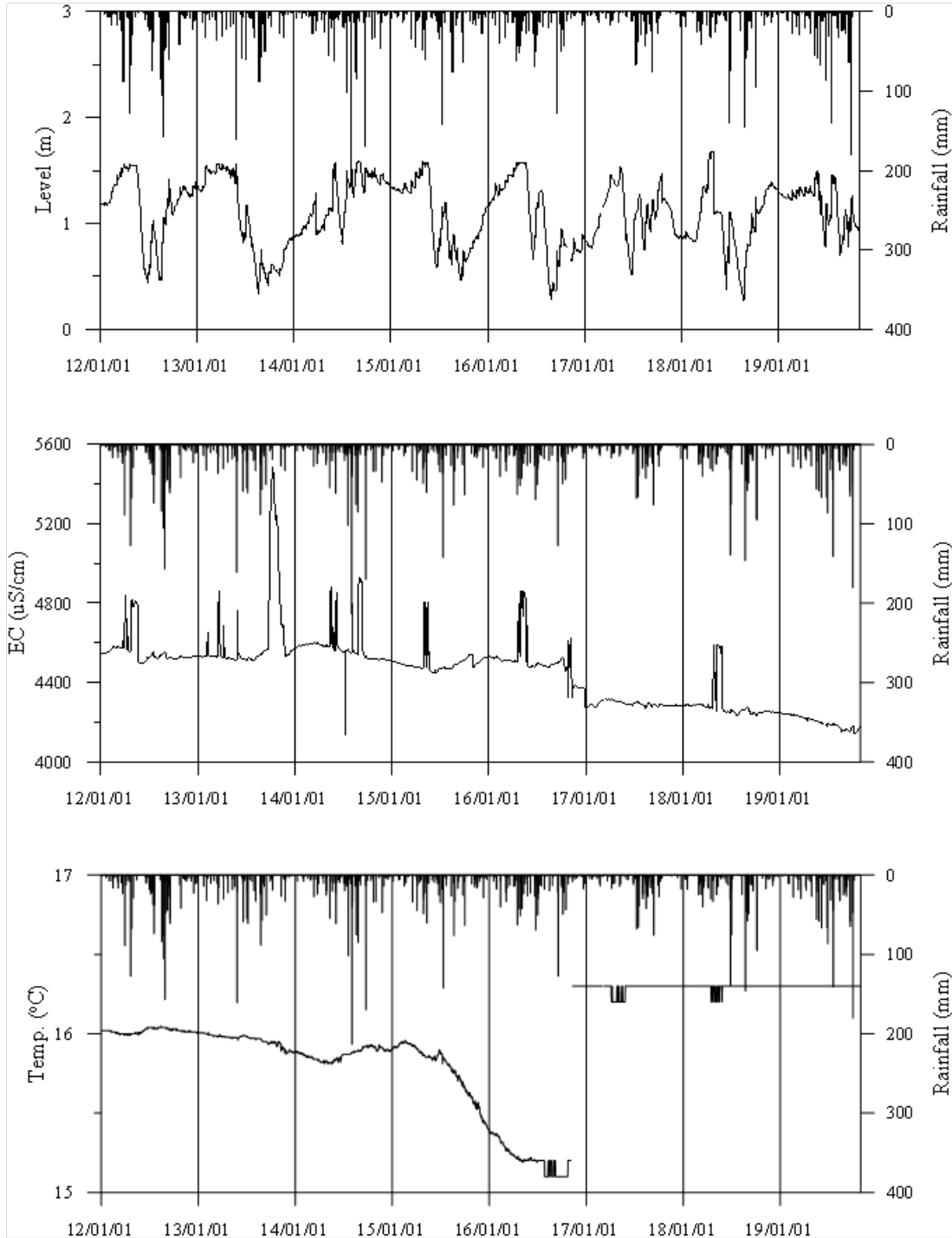
5. 지하수 수질 분석

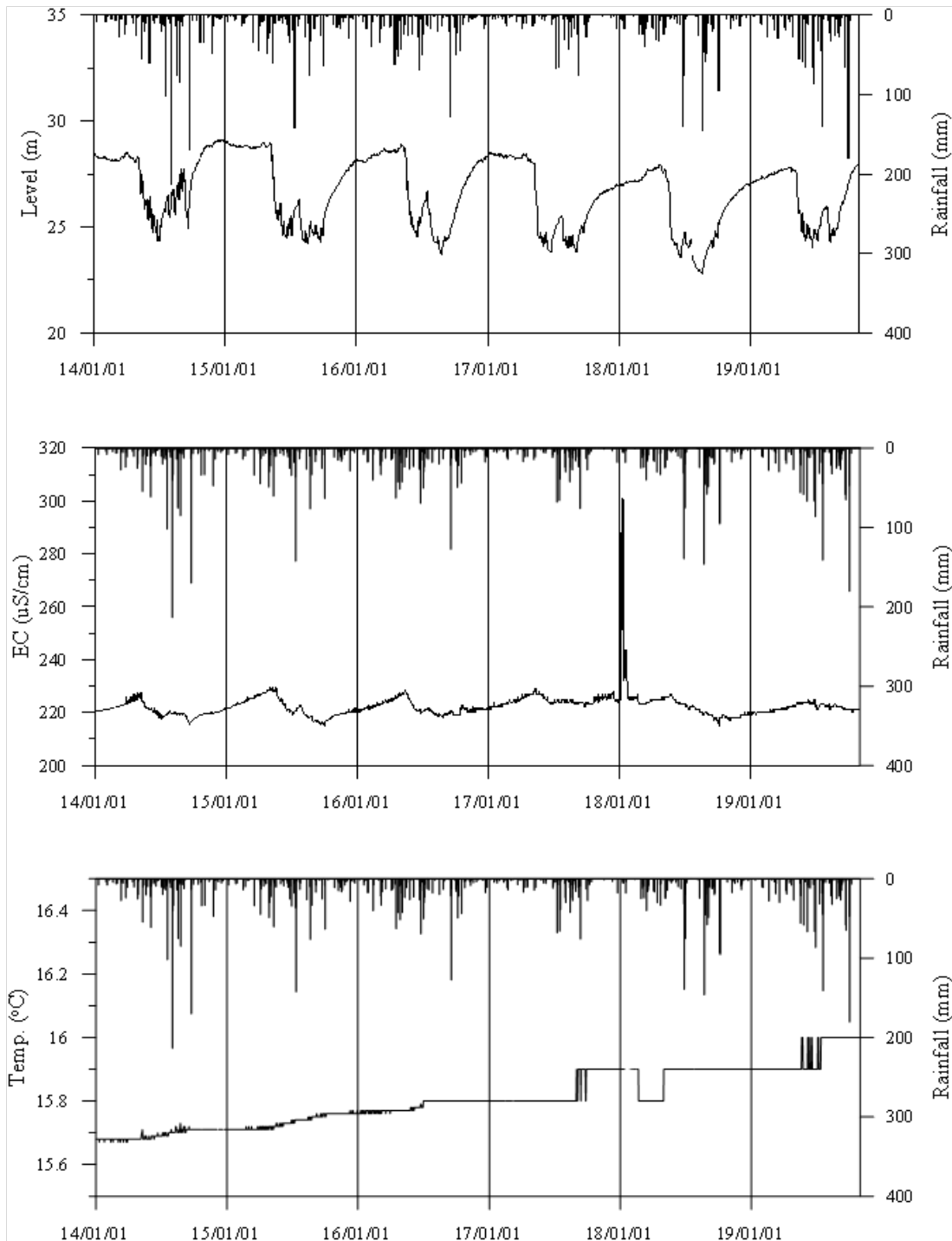
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

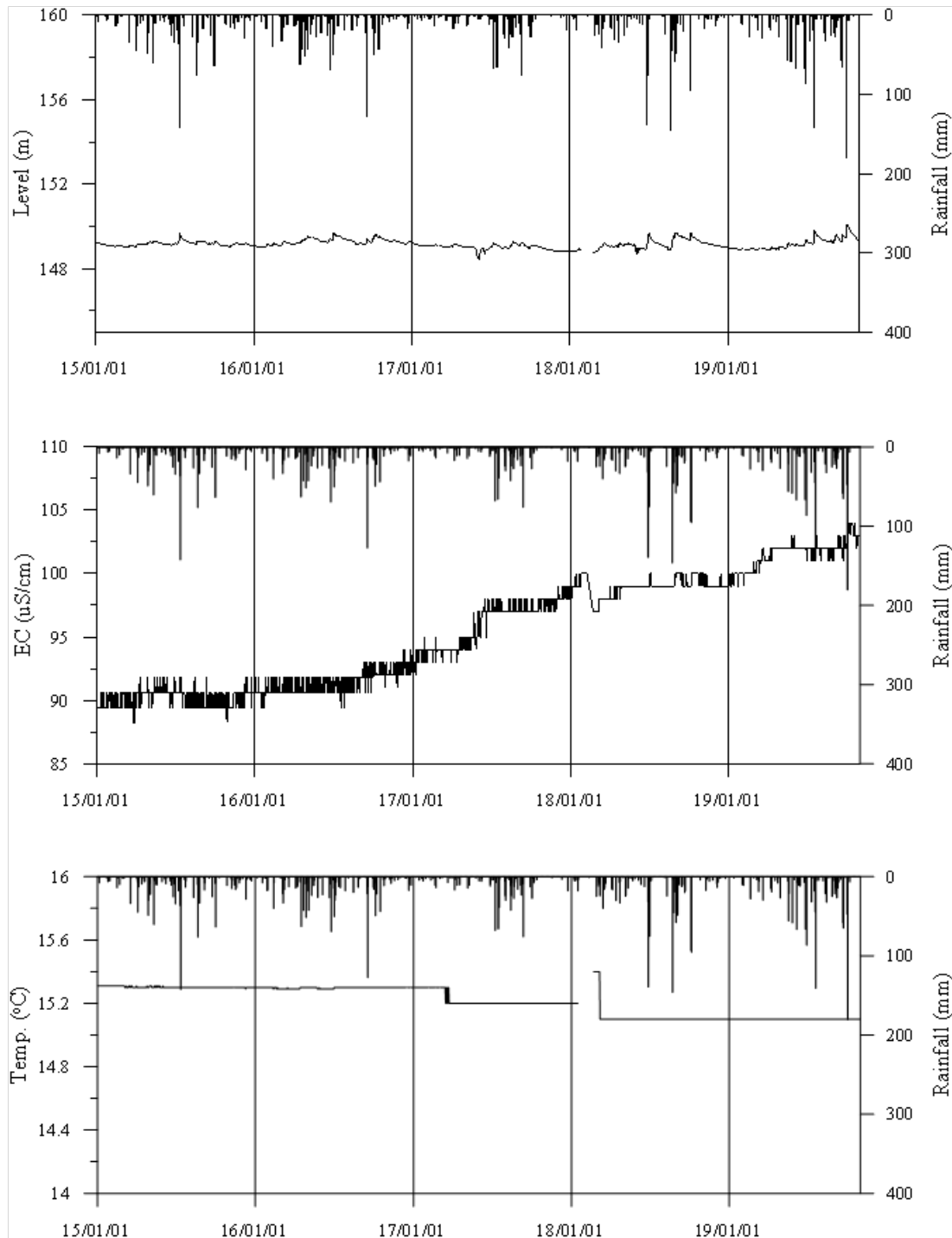
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
장흥1	(2011. 7)	860.74	69.35	34.14	79.19	133.55	1136.12	228.75	N.D.
	(2012. 4)	561.34	82.76	37.57	92.84	141.49	966.27	240.95	N.D.
	(2013. 4)	680.67	59.62	30.52	69.68	127.12	1013.90	250.10	8.78
	(2014. 3)	690.08	44.51	58.56	73.89	127.69	1084.66	250.10	N.D.
	(2015. 4)	499.25	43.87	29.89	44.00	84.9	706.7	250.1	11.90
	(2016.10)	695.30	45.95	24.60	78.20	110.80	1467.90	237.00	9.00
	(2017. 3)	676.75	51.84	27.94	62.83	113.42	997.47	247.05	N.D.
	(2018. 5)	607.58	49.13	44.86	57.88	115.92	979.53	207.40	21.10
(2019. 5)	522.97	54.40	32.07	64.68	122.56	944.84	213.50	N.D.	
장흥2	(2013. 9)	20.87	2.95	1.06	19.95	11.80	22.70	48.80	33.00
	(2014. 3)	21.14	2.97	1.34	22.76	11.86	19.45	70.15	29.93
	(2015. 4)	21.41	3.15	1.32	19.08	11.2	19.9	54.9	30.00
	(2016.10)	16.95	2.57	0.90	16.92	7.00	18.20	49.00	33.50
	(2017. 3)	21.75	2.76	1.42	18.49	10.45	21.08	54.90	36.11
	(2018. 5)	17.56	2.91	1.16	18.97	11.17	20.11	42.70	26.88
	(2019. 5)	17.69	2.73	1.19	17.51	7.94	18.78	51.85	17.93
장흥3	(2014. 9)	6.01	2.14	0.85	7.57	3.41	4.37	33.55	1.38
	(2015. 4)	8.09	2.81	1.13	9.76	3.6	4.5	58.0	1.80
	(2016.10)	6.35	2.35	2.70	8.40	1.00	1.50	61.00	0.60
	(2017. 3)	8.98	2.50	1.25	8.65	3.95	6.55	51.85	1.79
	(2018. 5)	17.38	3.24	1.40	9.11	5.09	21.10	48.80	0.97
	(2019. 5)	6.78	2.84	1.20	10.11	3.51	6.72	48.80	1.62
장흥4	(2016.10)	13.14	3.16	1.10	19.58	7.30	17.30	85.00	11.10
	(2017. 3)	12.12	3.03	1.23	18.45	8.33	9.21	70.15	18.45
	(2018. 5)	15.00	3.13	1.08	18.05	8.81	13.28	70.15	13.99
	(2019. 5)	16.19	3.90	1.28	20.51	9.26	17.67	73.20	14.69
장흥5	(2019. 5)	35.95	0.739	1.176	6.877	5.606	5.859	100.65	N.D.
장흥6	(2019. 5)	7.337	3.429	0.839	12.292	4.39	7.595	45.75	5.229

6. 장기관측 결과

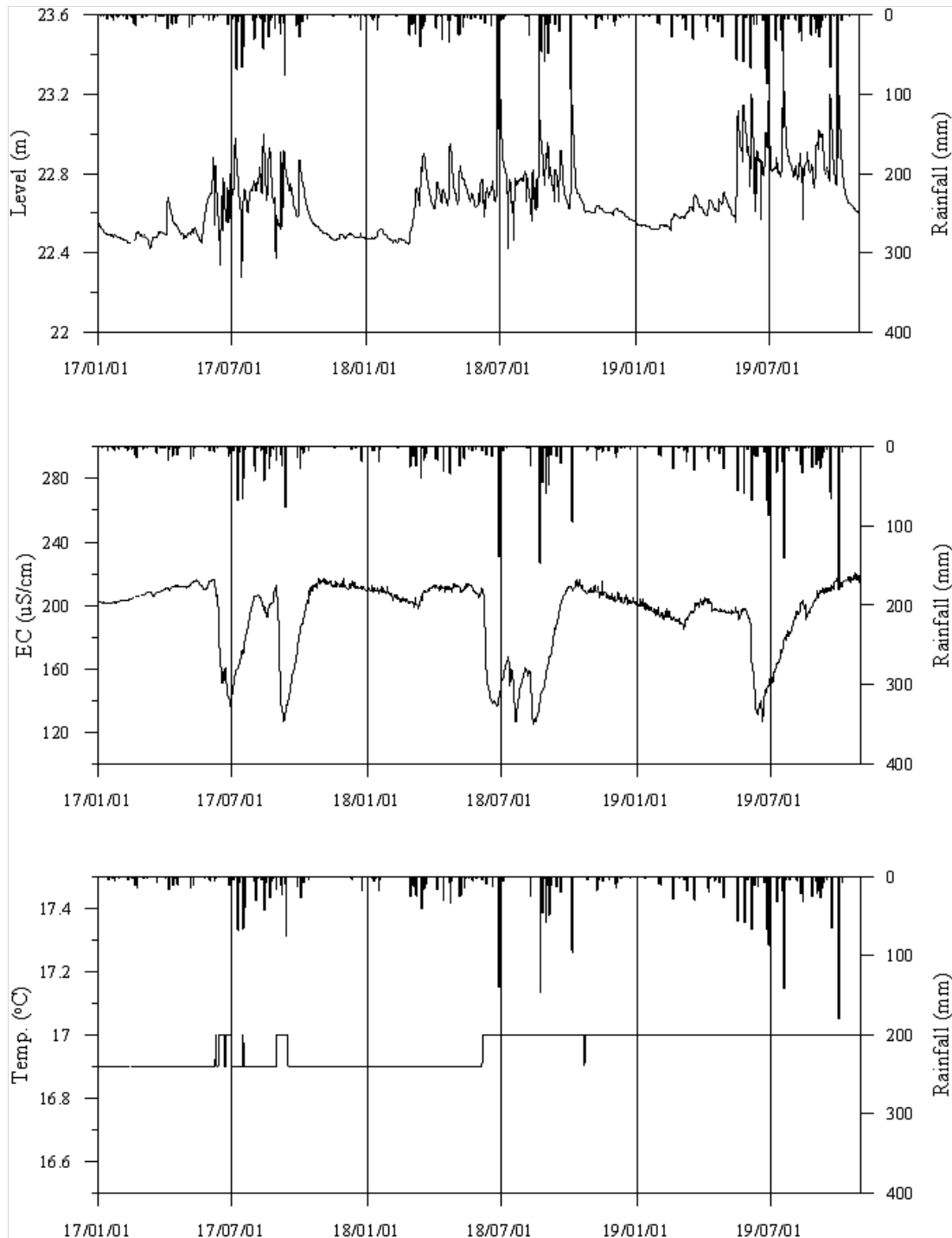




<장흥2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장흥3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<장흥4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 장흥지구는 해안가에 위치하며, 관정밀도가 높은 지역으로 농경지가 넓게 분포하고 있다. 지하수 이용에 따른 해수침투 영향 및 비료·농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역에 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 장흥5, 6 관측공의 양수량은 각 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 4.798×10^{-6} , $5.566 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 62, 15 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid는 장흥5 관측공이 8.0 ~ 25, 장흥 6 관측공은 45 ~ 48 ohm-m 범위이며, 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 각 약 0 ~ 200 ohm-m, 2 ~ 7.0 ohm-m 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 장흥5 관측공은 전구간에서 유사하게 나타났으며, 장흥6 관측공은 34 ~ 38 m, 40 ~ 42 m 구간에서 유사한 양상을 보여 이 구간에 파쇄대 발달 가능성이 높은 것으로 추정된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 장흥1 관측공은 심도의 증가에 따른 전기비저항이 조금씩 증가하며 약 $6,000 \mu\text{S/cm}$ 이내의 값을 나타낸다. 장흥2 관측공은 케이싱 심도 이하에서 $240 \mu\text{S/cm}$ 내외로 수렴하며, 장흥3 관측공은 케이싱심도 이후 공저로 갈수록 $90 \sim 120 \mu\text{S/cm}$ 범위로 낮아진다. 장흥4 관측공은 케이싱 심도 이하에서 $220 \mu\text{S/cm}$ 내외로 수렴한다. 장흥5 관측공은 전국간에서 $180 \sim 200 \mu\text{S/cm}$ 범위를 유지하며, 장흥6 관측공도 전구간에서 $200 \mu\text{S/cm}$ 값을 나타낸다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 장흥1 관측공은 해안에 인접하여 있어 해수의 유입결과 (Na+K)-Cl 유형으로 나타나며, 매우 심한 해수영향을 지시한다. 장흥2, 3, 4, 5, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 지표 부근의 나트륨을 포함하는 오염되지 않은 담수로 분석되었다. 장흥지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 그러나 장흥2 관측공은 먹는물 수질기준에 근

접한 수준으로 질산염이 검출됨에 따라, 질산염 및 나트륨을 포함하는 지표 오염원의 대수층 유입을 차단하고 관리해야 한다.

- 5) 장기 관측결과 : 장흥1 관측공의 지하수위는 강수의 영향을 나타내며, 변화폭은 2 m 이내이다. 전기전도도는 특정 시간을 제외하고는 대체로 4,500 $\mu S/cm$ 내외로 일정한 편이다. 장흥2 관측공은 관개기 지하수 이용량 증가로 수위가 감소하며, 수위 감소와 더불어 전기전도도가 함께 감소한다. 장흥3 관측공은 2015년 이후 현재까지 지하수위 및 전기전도도의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 장흥4 관측공은 강수량 변화에 따른 지하수위 변화가 잘 관측되며 전기전도도 값이 담수의 범위로 나타났다.
- 6) 관리 방안 : 장흥지구는 관정밀도가 높아 수량부족이 우려되는 지역과 해수 유입, 질산성질소 초과 등 수질오염이 우려되는 지역에 설치하였다. 장흥1 지구의 경우 전기전도도가 높아 해수에 의한 영향을 지시하고 있고, 장흥2, 3, 4 지구의 경우 지표오염원 유입의 우려가 나타남에 따라 장기관측을 통한 지하수 수질의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.6 영광지구

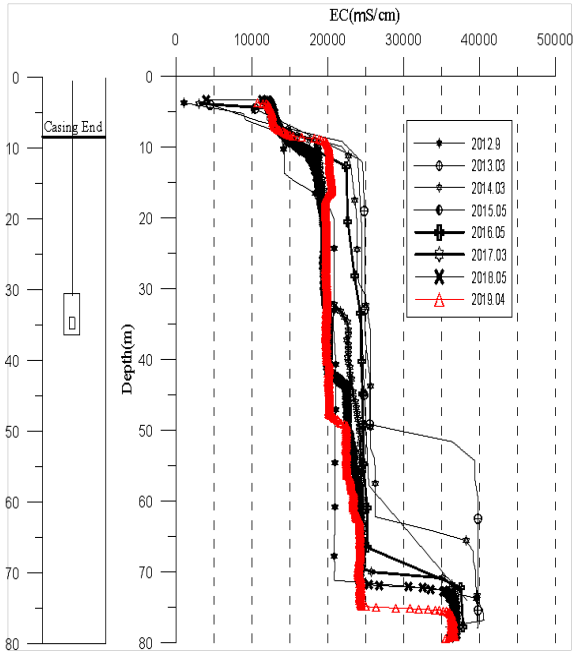
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영광1	영광군 영광읍 덕호리 883	152227.17	203036.57	5.43	2012	1.98
영광2	영광군 군서면 만곡리 178-3	151640.993	199040.5564	18.23	2013	15.13
영광3	영광군 군남면 동간리 701	153023.6644	193415.1185	11.54	2016	2.99
영광4	영광군 법성면 진내리 987	149019.9467	208328.0312	4.18	2016	-1.17
영광5	영광군 염산면 오동리 1632	145954.2987	188606.1908	51.53	2016	47.08
영광6	영광군 묘량면 덕흥리 462	157622.660	299485.230	25.47	2018	21.02
영광7	영광군 묘량면 운당리 886-18	159159.870	295374.130	43.25	2018	33.30

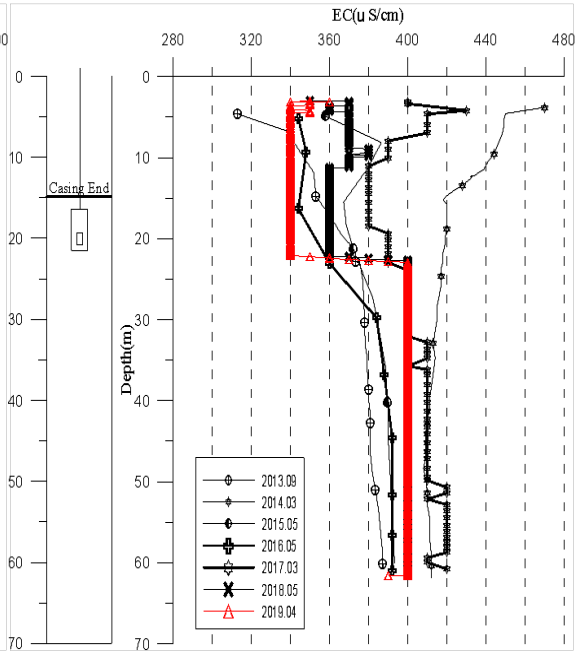
2. 지형 및 지질

영광군은 전라남도의 서북부에 위치하고 있으며, 동남쪽은 장성군과 함평군에 접하고 북으로는 전북 고창군과 접한다. 특히, 서쪽으로는 홍농읍, 법성면, 백수읍, 염산면이 서해와 접해있다. 지질은 중생대 쥐라기 화강암류인 반상흑운모화강암이 조사지역과 남쪽으로 넓게 자리하고 서쪽으로는 백악기 화강각력암이 분출상으로 이를 덮고 있으며, 이를 안산암과 유문암이 호상으로 덮고 있다. 이를 부정합으로 제4기 충적층이 넓게 분포하며 농경지를 형성하고 있다.

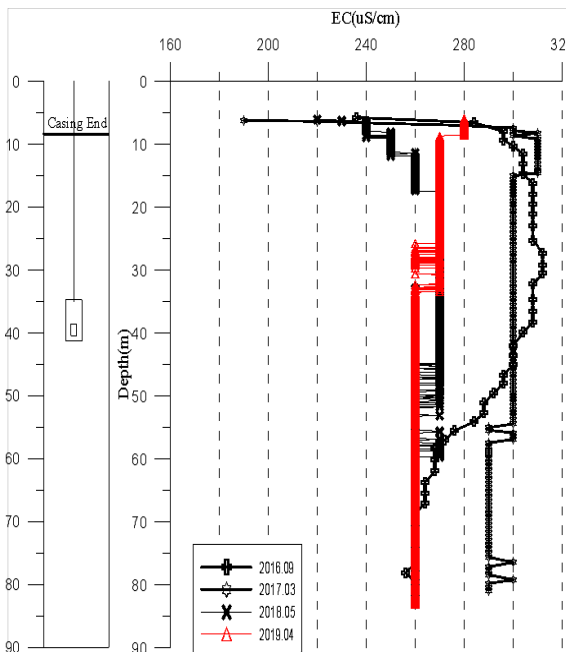
3. 지하수 검층



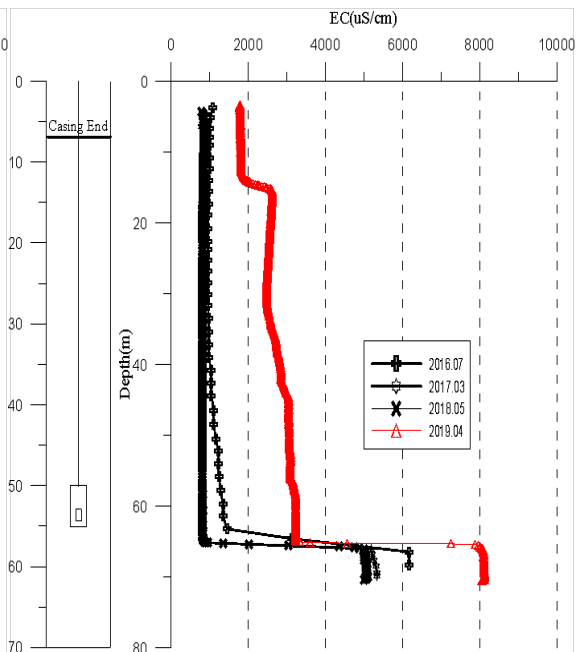
<영광1 관측점>



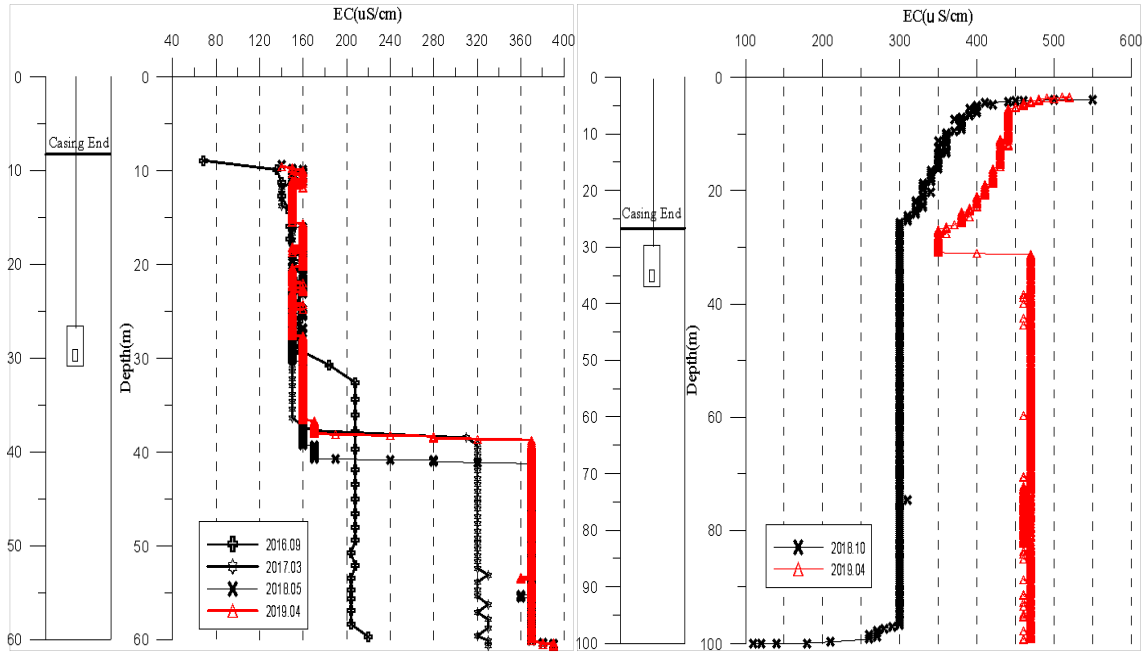
<영광2 관측점>



<영광3 관측점>

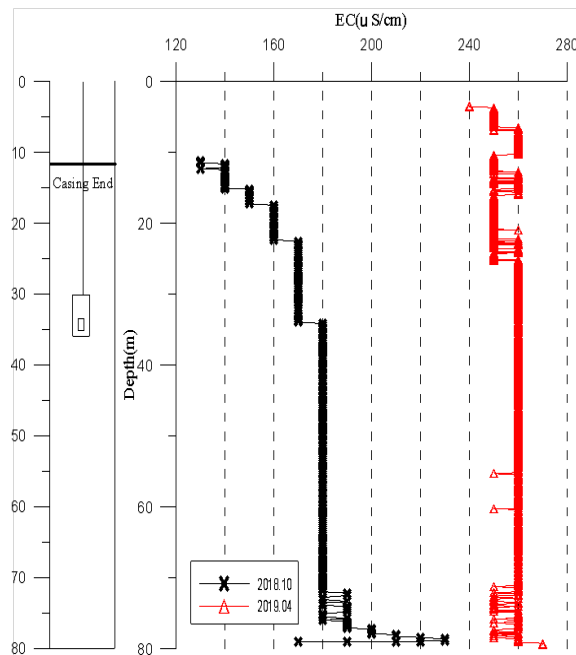


<영광4 관측점>



<영광5 관측점>

<영광6 관측점>



<영광7 관측점>

4. 지하수 수질 분석

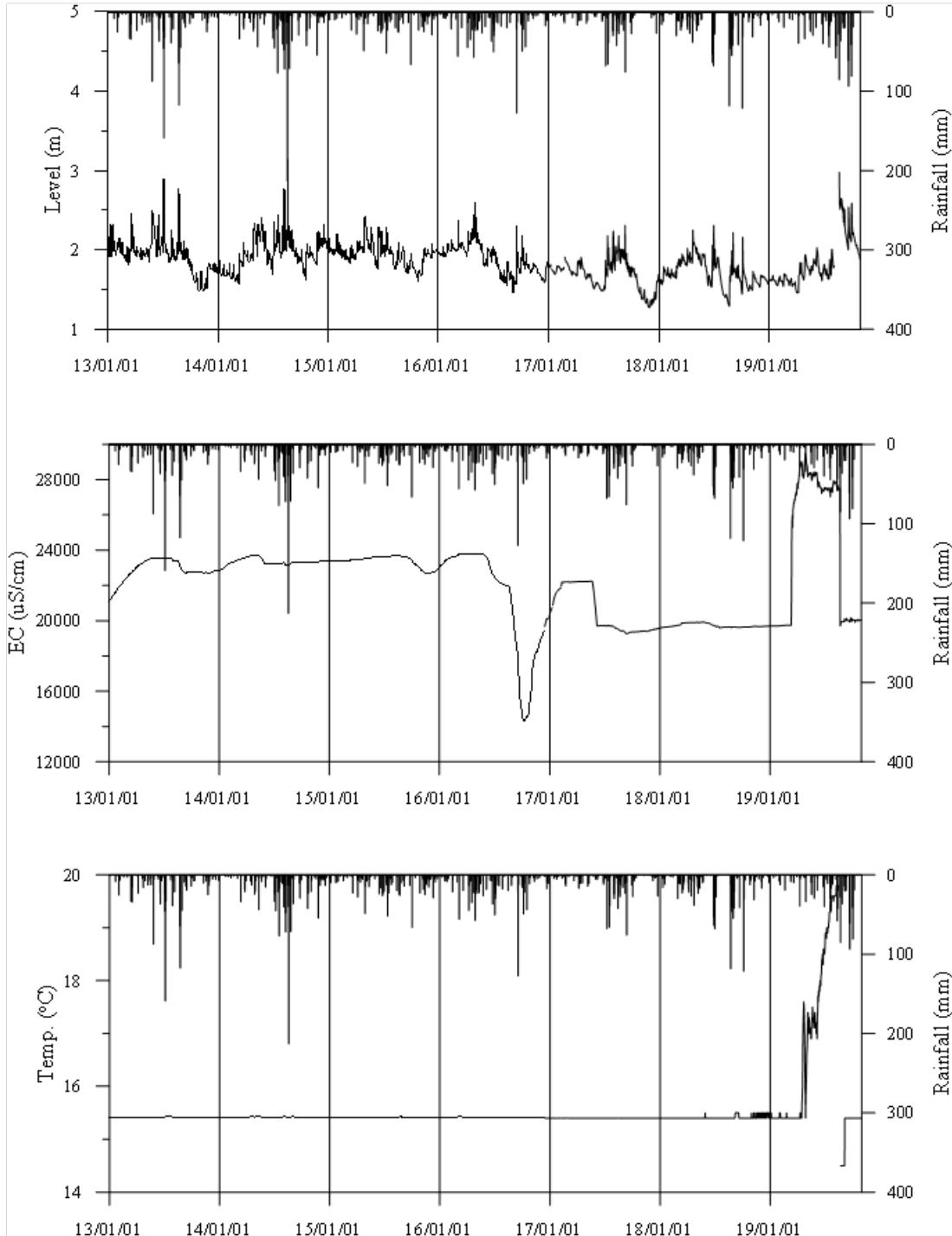
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

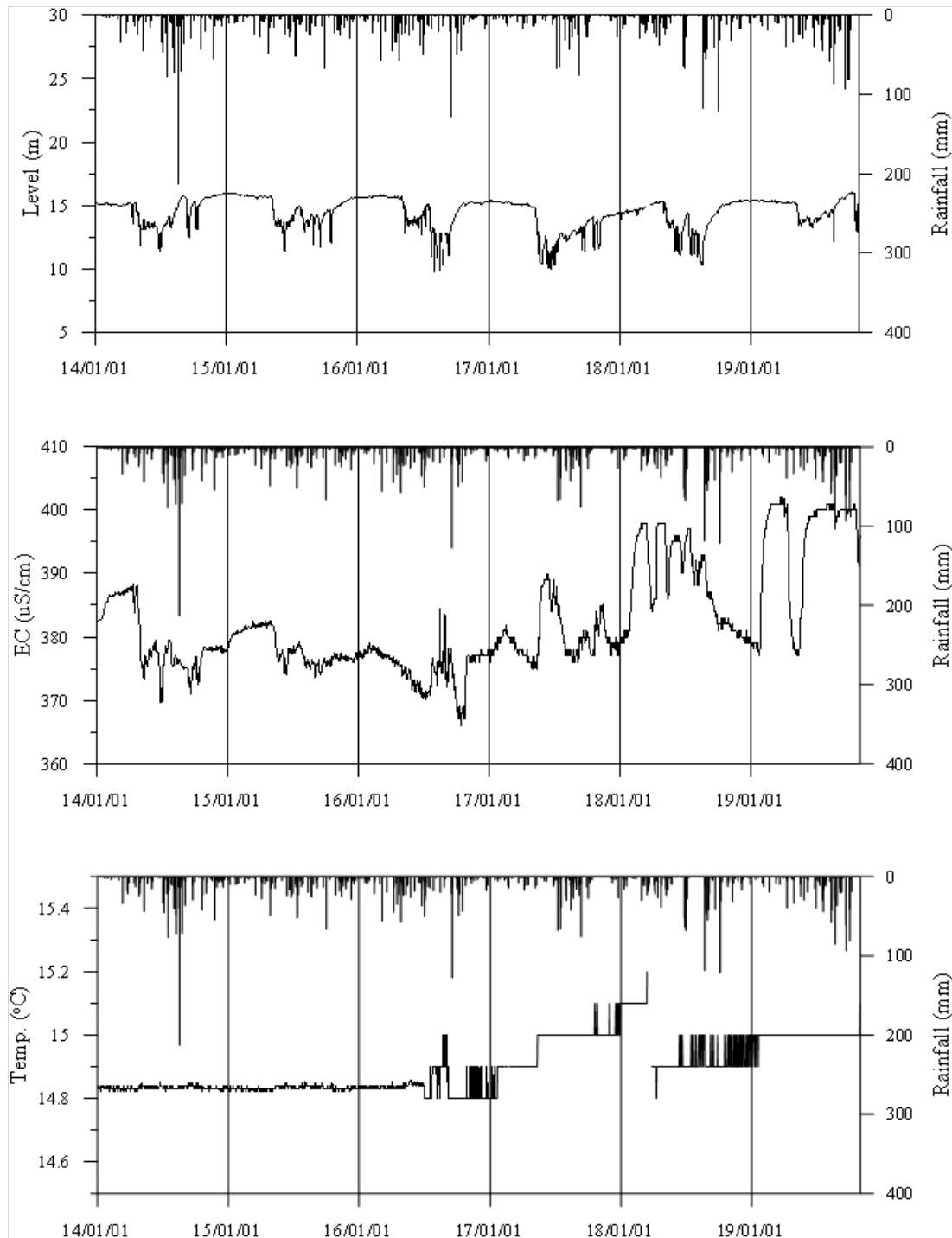
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
영광1	(2012. 9)	3,780.6	241.52	117.3	105.85	800.21	5071.11	1118.9	8.00
	(2013. 4)	4436.15	355.60	210.32	215.32	1272.32	6888.95	701.50	1.80
	(2014. 3)	4557.31	312.09	138.12	122.98	1177.73	6047.67	646.60	378.78
	(2015. 4)	4354.80	399.14	146.70	205.67	1039.1	6660.9	603.9	N.D.
	(2016.10)	2710.00	129.80	93.10	44.00	944.60	3131.40	824.00	14.30
	(2017. 3)	3319.75	193.43	114.58	75.01	756.89	5502.90	585.60	N.D.
	(2018. 5)	3979.49	232.27	132.21	95.77	1022.49	5278.57	552.05	157.17
영광2	(2019. 5)	3223.93	250.39	131.09	102.73	916.20	5068.54	555.10	N.D.
	(2013. 9)	29.73	5.78	2.23	30.06	3.16	40.55	51.85	97.00
	(2014. 3)	27.09	6.06	2.31	32.13	2.12	36.28	54.90	81.08
	(2015. 4)	31.08	6.57	2.22	28.87	1.6	36.9	73.2	88.00
	(2016.10)	25.12	5.13	2.00	29.44	4.80	26.70	127.00	48.70
	(2017. 3)	29.12	5.91	2.24	29.31	2.44	44.40	54.90	84.68
	(2018. 5)	24.91	5.07	1.98	35.23	3.65	38.86	51.85	75.29
영광3	(2019. 5)	26.34	5.53	2.41	25.95	2.15	36.15	33.55	66.36
	(2016.11)	17.52	4.33	1.80	23.47	24.80	38.00	62.00	25.60
	(2017. 3)	19.88	5.19	1.80	41.70	8.65	15.02	152.50	4.63
	(2018. 5)	15.96	3.96	1.14	32.15	5.55	13.17	112.85	3.52
영광4	(2019. 5)	15.23	3.84	1.04	30.88	5.59	12.72	112.85	3.88
	(2016.11)	62.11	17.34	3.10	63.54	13.30	124.20	170.00	11.80
	(2017. 3)	71.45	23.49	3.77	73.89	27.00	171.55	167.75	59.51
	(2018. 5)	55.97	20.80	3.43	69.65	22.72	149.62	128.10	14.78
(2019. 5)	68.68	68.73	4.34	305.54	65.96	733.65	106.75	7.33	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
영광5	(2016.11)	18.99	2.48	1.00	25.31	3.30	62.40	49.00	0.80
	(2017. 3)	24.68	3.10	1.01	11.75	4.19	37.02	51.85	N.D.
	(2018. 5)	14.20	2.22	0.70	11.59	3.79	18.78	51.85	N.D.
	(2019. 5)	15.23	2.21	0.73	12.12	3.73	17.94	45.75	N.D.
영광6	(2018. 9)	22.54	3.05	5.18	28.59	2.82	37.31	64.05	24.17
	(2019. 5)	28.25	7.02	1.89	34.38	4.38	57.10	106.75	18.25
영광7	(2018. 8)	17.05	3.24	1.04	15.14	1.54	10.09	91.50	1.59
	(2019. 5)	20.32	5.39	1.13	29.86	0.97	17.73	131.15	N.D.

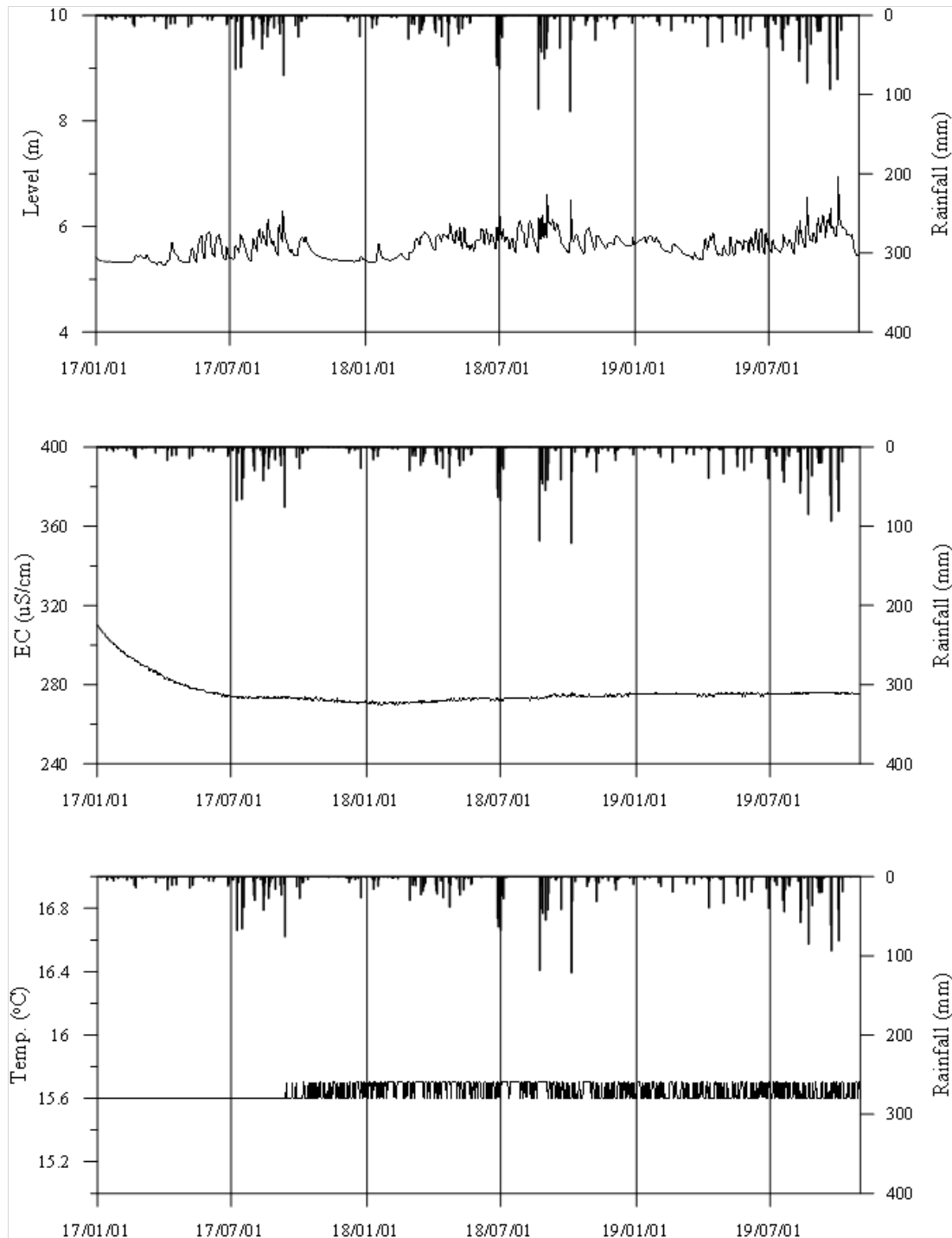
5. 장기관측 결과



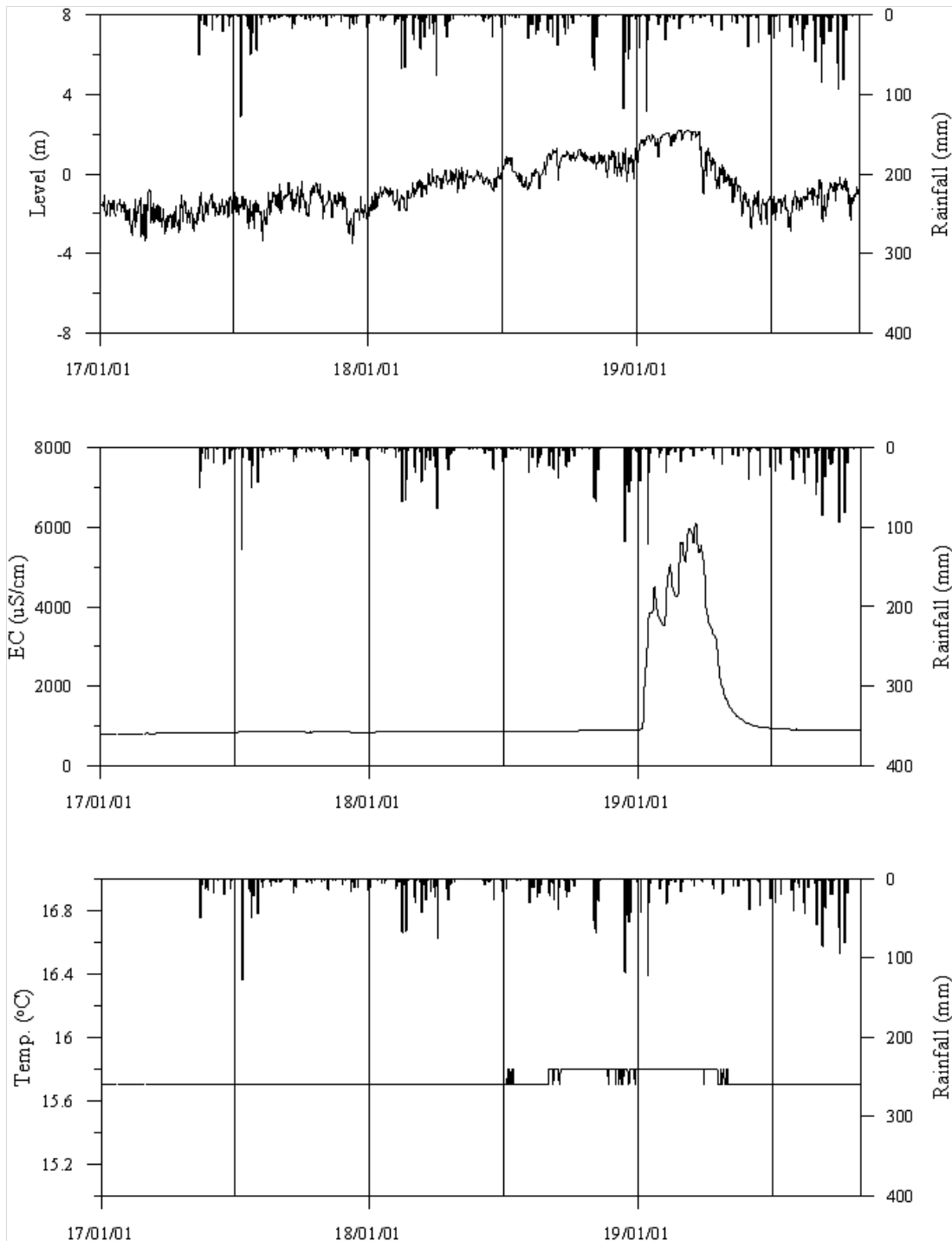
<영광1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



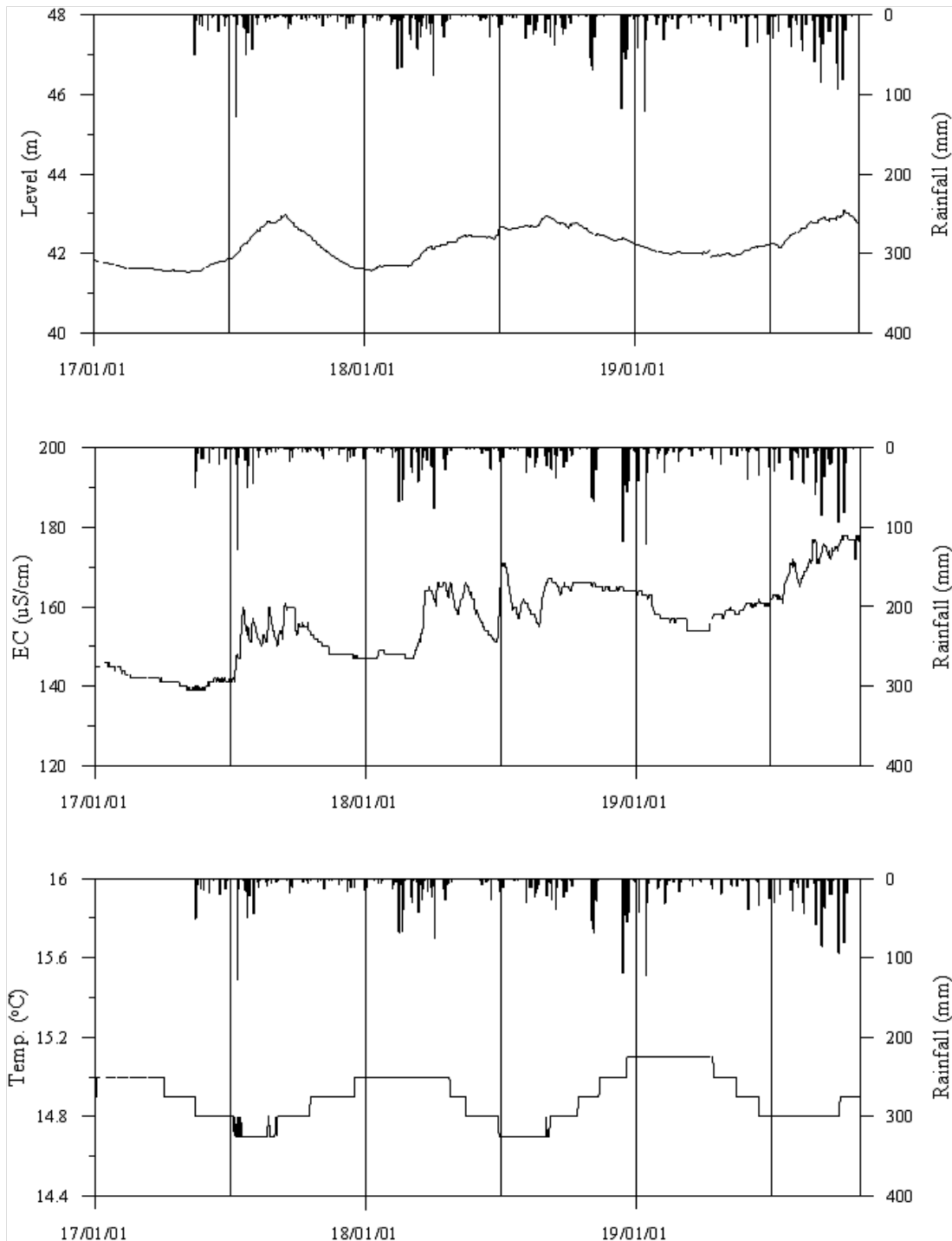
<영광2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



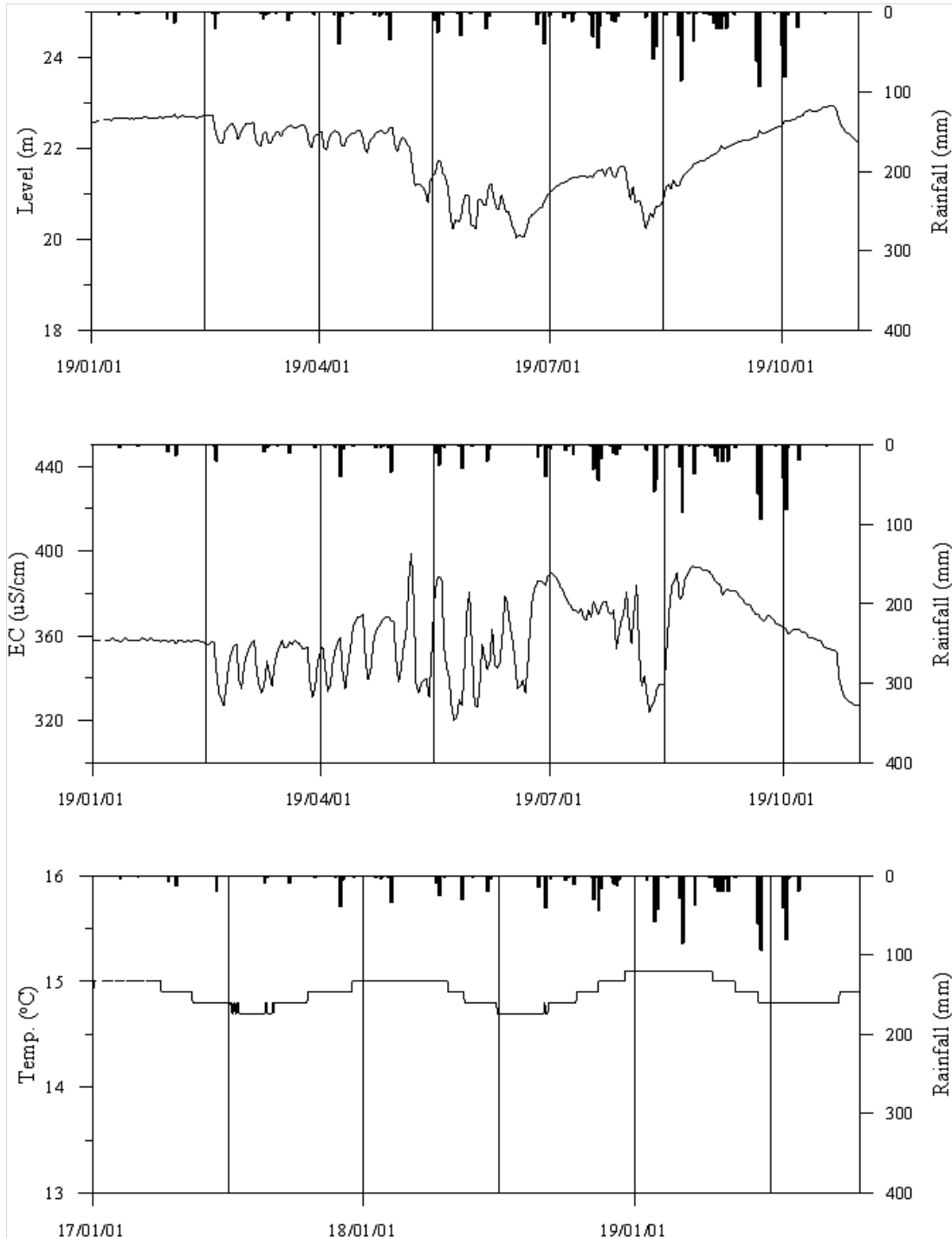
<영광3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



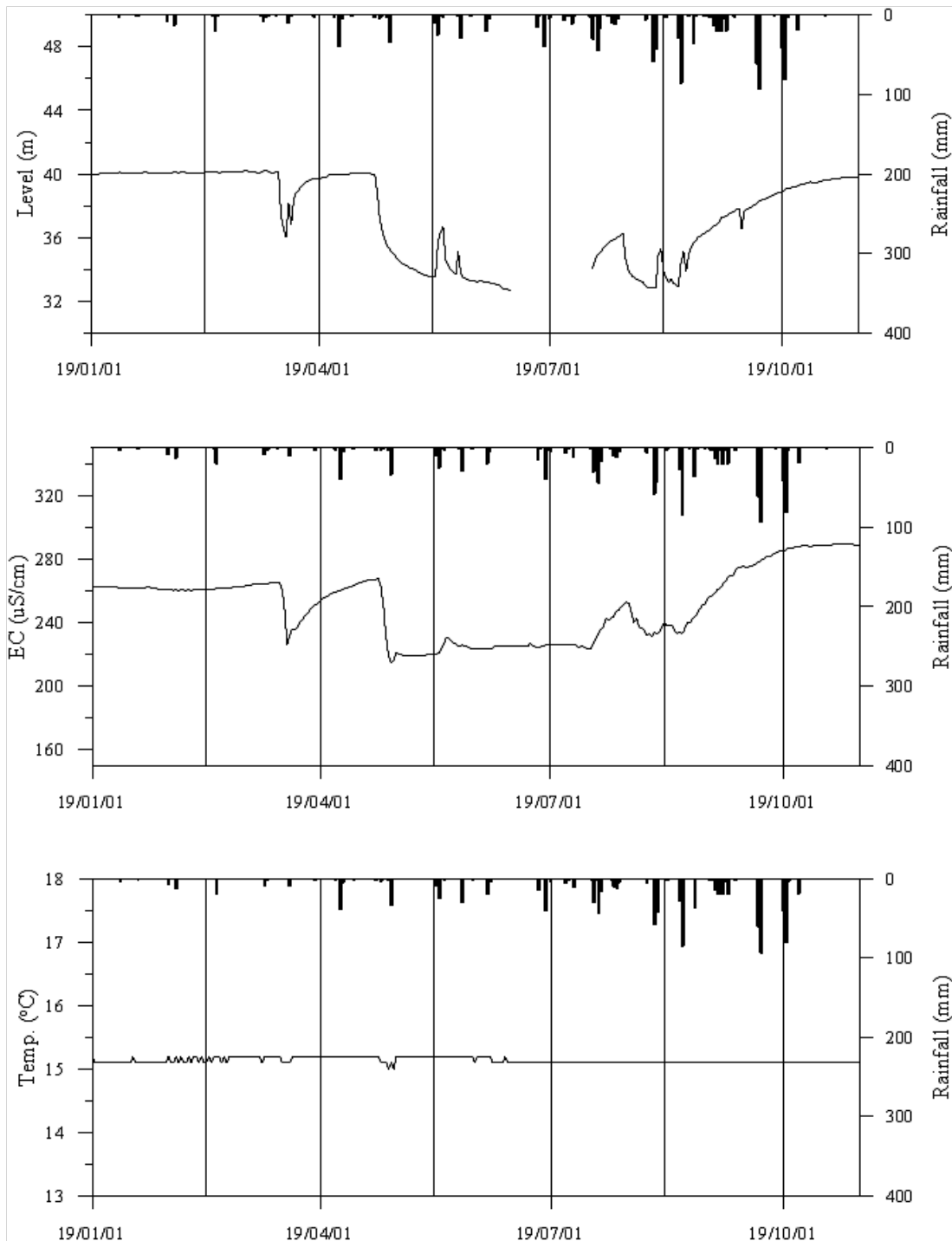
<영광4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영광5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영광6 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영광7 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영광지구는 '11년 영광군 농촌지하수관리조사를 완료하고, 해수침투 영향 및 비료 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 관측공을 설치하였다. 영광6 관측공이 설치된 영광군 묘량면 덕흥리는 묘량천이 남동-북서로 흐르면서 천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2010년 영갑(영대)지구 지하수자원관리 조사 시 대규모 축사시설의 영향으로 단위면적당 오염부하량이 높고, 질산성질소 평균치가 가장 높게 나타남에 따라, 지하수 수질오염이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 영광7 관측공이 설치된 영광군 묘량면 운당리는 장성군 삼서면과 인접해 있고, 장암산(480m)과 우리봉(190m)에서 발달한 소지류가 묘량천에 합류하여 흐르고, 천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2010년 영갑(영대)지구 지하수자원관리 조사 시 이용량/적정 개발가능량, 단위면적당 이용량, 관정밀도가 높게 나타남에 따라, 지하수 수량부족이 우려되어 장기적인 수량변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 영광1 관측공은 해안가에 인접하여 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해수침투 관측공과 같은 높은 전기전도도를 보인다. 전기전도도는 지표 하 12 m 이하부터 25,000 $\mu S/cm$ 내외에서 68 m 심도 이하에서 40,000 $\mu S/cm$ 까지 계속하여 증가하는 것으로 나타났다. 영광2 관측공은 전체적으로 440 $\mu S/cm$ 이하를 보이며, 심도가 깊어지면서 전기전도도가 미약하게 증가함에 따라, 향후 주기적인 검층으로 변화추세를 살펴볼 필요가 있다. 영광3 관측공은 전체적으로 320 $\mu S/cm$ 이하를 보이고 있다. 영광4 관측공은 지표 하 4 m 이하부터 1,300 $\mu S/cm$ 내외를 보이다가 63 m 심도 이하에서 6,100 $\mu S/cm$ 까지 계속하여 증가함에 따라, 향후 주기적인 검층으로 변화추세를 살펴볼 필요가 있다. 영광5 관측공은 전체적으로 200 $\mu S/cm$ 이하를 보이며, 지표 하 35 m 이하에서는 전기전도도가 380 $\mu S/cm$ 증가함에 따라 향후 주기적인 검층으로 변화추세를 살펴볼 필요가 있다. 영광6 관측공

은 케이싱 하부부터 감소하다가 지표 하 26 m 이하부터 $300 \mu S/cm$ 내외를 보이나, 2018년에 비해 $150 \mu S/cm$ 정도 높아졌다. 향후 주기적인 변화추세를 관찰할 필요가 있다. 영광7 관측공은 지표 하 10 m 이하에서 단계적으로 증가하여 전기전도도는 $230 \mu S/cm$ 내외이나, 2018년도에 비해 전체적으로 $80 \mu S/cm$ 증가함에 따라 향후 변화추세를 살펴볼 필요가 있다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 영광1, 2 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, 매우 심한 해수영향을 지시하고 있다. 영광3, 5, 6, 7 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 가깝다. 영광4 관측공은 Ca-Cl 유형으로 해수의 영향에 대비하여 지속적인 관측이 필요하다. 영광1, 2, 5 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 내지 농업용수 수질기준(88 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 이상으로 검출되었다. 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약살포) 차단에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 영광1 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 잘 나타나며 그 변화폭은 1 m 이내이다. 전기전도도는 $14,000 \sim 24,000 \mu S/cm$ 범위를 유지하고 있다. 영광2 관측공은 하절기 지하수위 저하가 나타나는데 이는 주변 지하수 양수에 의한 원인으로 판단되며, 전기전도도 역시 지하수 변화와 유사한 추세가 나타났다. 영광3 관측공은 강우반응이 좋고, 전기전도도는 담수영역이다. 영광4 관측공 마찬가지로 강우반응이 좋지만, 상대적으로 전기전도도가 높은($800 \sim 900 \mu S/cm$ 범위) 편이다. 영광5 관측공은 강우와 지하수위의 상관관계가 뚜렷하지 않으나, 전기전도도는 담수영역이다. 그러나 영광3, 4, 5 관측공은 관측기간이 짧으므로, 향후 장기간에 걸친 관측 자료가 축적되었을 때 좀 더 정확한 추이를 살펴볼 필요가 있다.
- 5) 관리 방안 : 영광1, 4 관측공은 해수유입을 직접 받음에 따라 지하수 개발이용 제한이 필요한 것으로 판단된다. 영광2 관측공은 질산염 농도가 농업용수 수질기준을 초과하므로, 농업용수로서 지하수 이용을 제한하여야 한다. 영광3, 5 관측공은 지하수 이용에 따른 지하수위 변화의 폭이 크므로 장기적인 모니터링을 할 필요가 있다.

2.7.7 함평지구

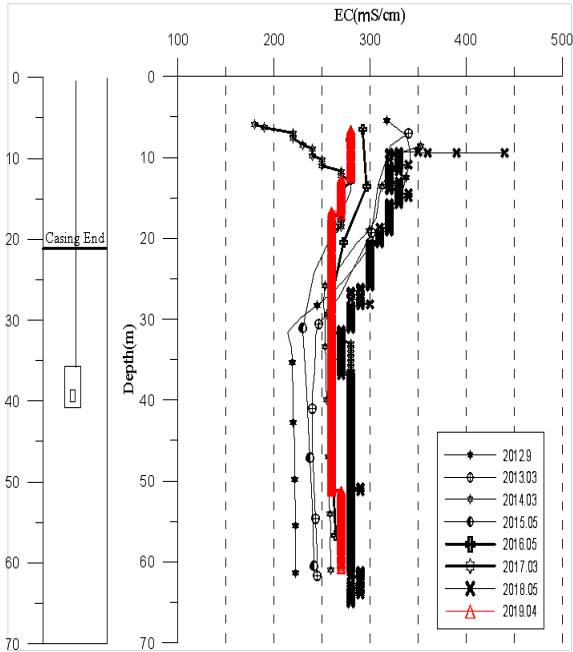
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
함평1	함평군 월야면 외치리 223-4	168999.73	185760.13	50.25	2012	45.64
함평2	함평군 학교면 학교리 102-7	156898.456	168390.9905	6.118	2012	2.52
함평3	함평군 함평읍 수호리 1156-12	156569.716	172841.4423	6.983	2013	4.78
함평4	함평군 나산면 월봉리 96-22	163116.5738	178913.2622	16.44	2016	12.72
함평5	함평군 손불면 산남리 2829	146661.7111	181046.8991	2.65	2016	-0.71
함평6	함평군 대동면 운교리 81-6	280452.616	155084.39	25.087	2017	22.087
함평7	함평군 함평읍 장년리 986-1	152097.322	278885.685	4.66	2018	4.02

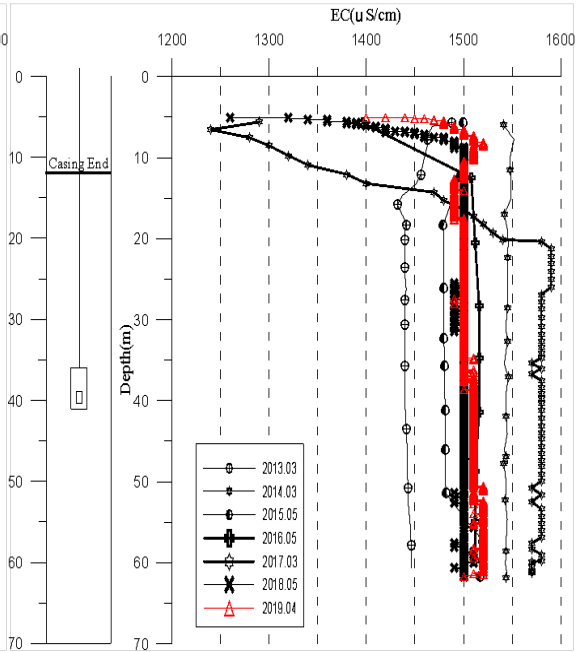
2. 지형 및 지질

함평지구는 북동쪽으로 월악산, 병풍산 그리고 감도산이 위치하고 남서쪽으로는 넓은 평야지대를 이룬다. 산계는 북동방향으로 뻗어 있고 수계는 계곡을 따라 수지상으로 발달한다. 지질은 선캠브리아기에 형성되어 변성작용을 받은 변성암류가 기반암을 이루고 쥐라기에 관입한 화강암류와 백악기 화산각력암이 낮은 지형을 형성하고 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

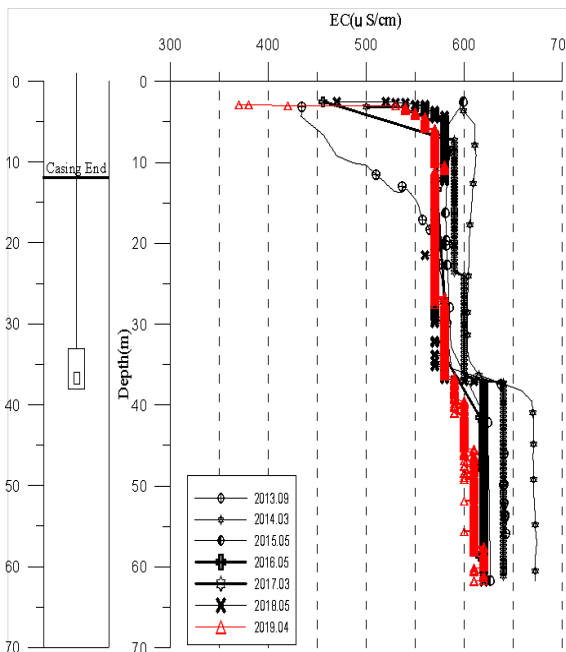
3. 지하수 검층



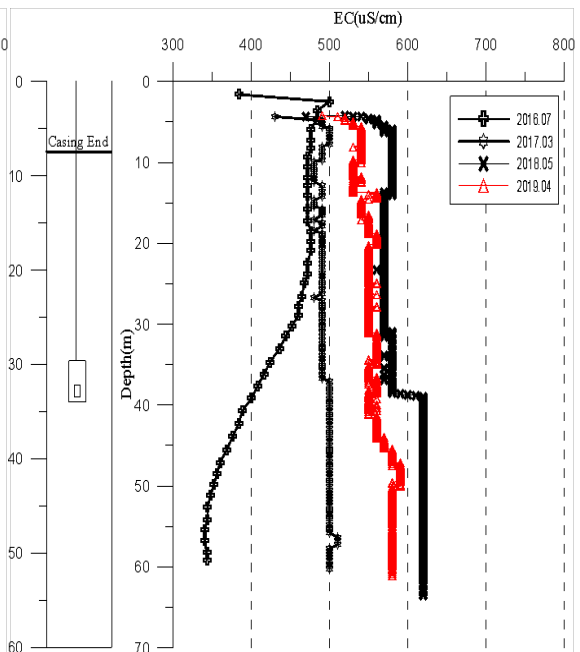
<함평1 관측공>



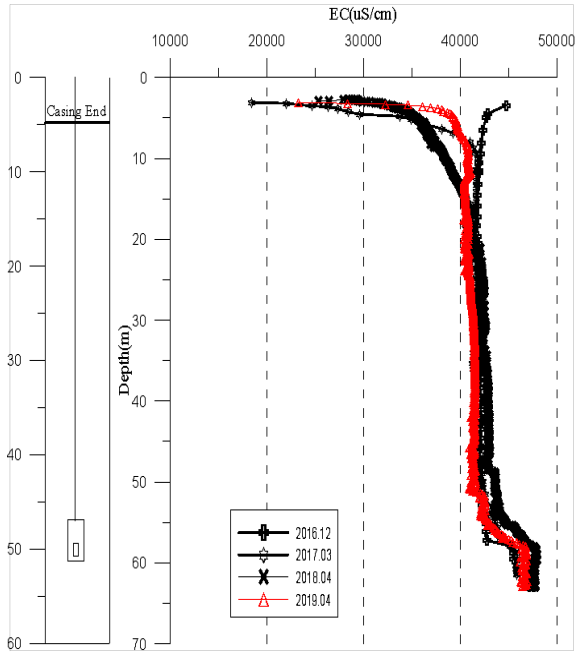
<함평2 관측공>



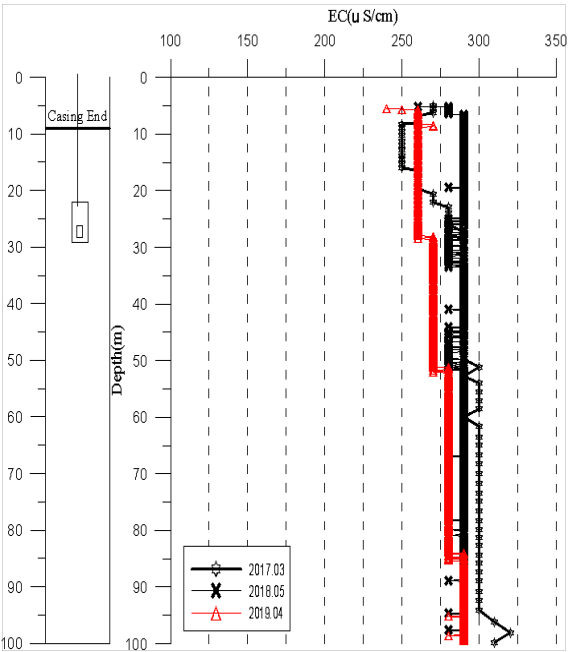
<함평3 관측정>



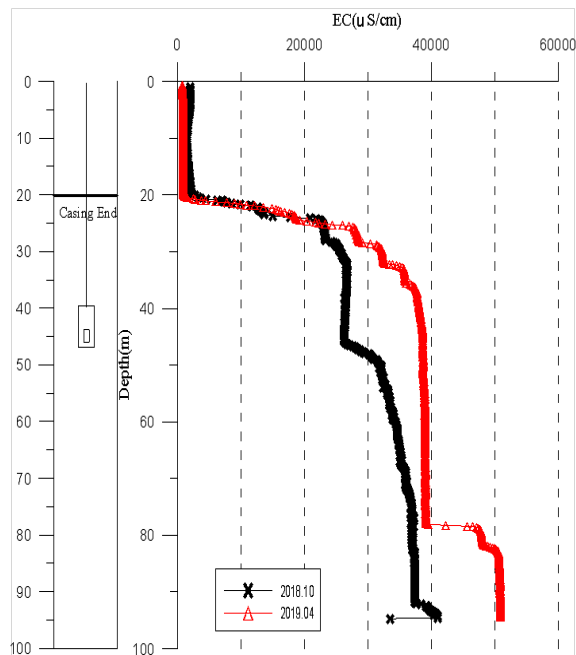
<함평4 관측정>



<함평5 관측점>



<함평6 관측점>



<함평7 관측점>

4. 지하수 수질 분석

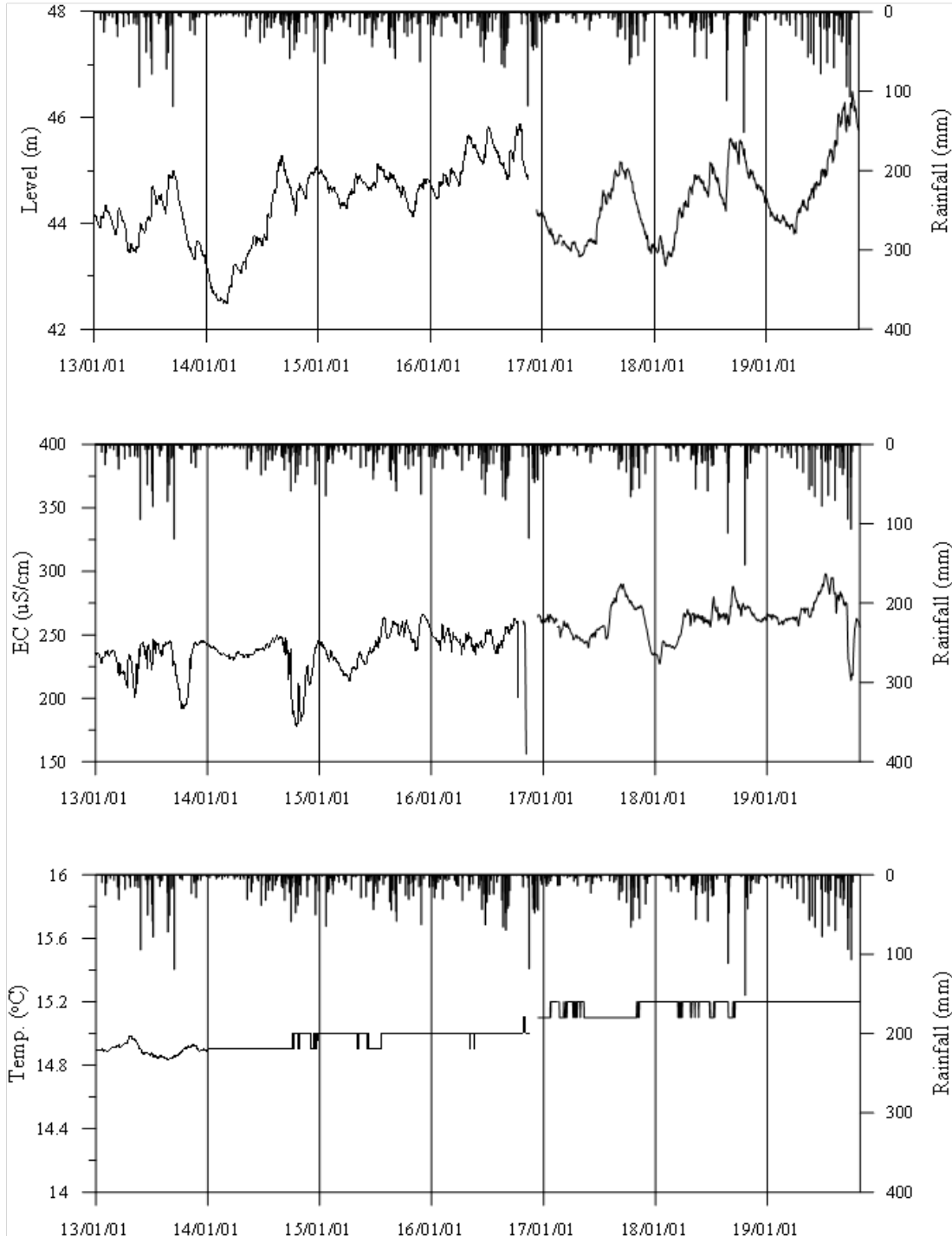
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

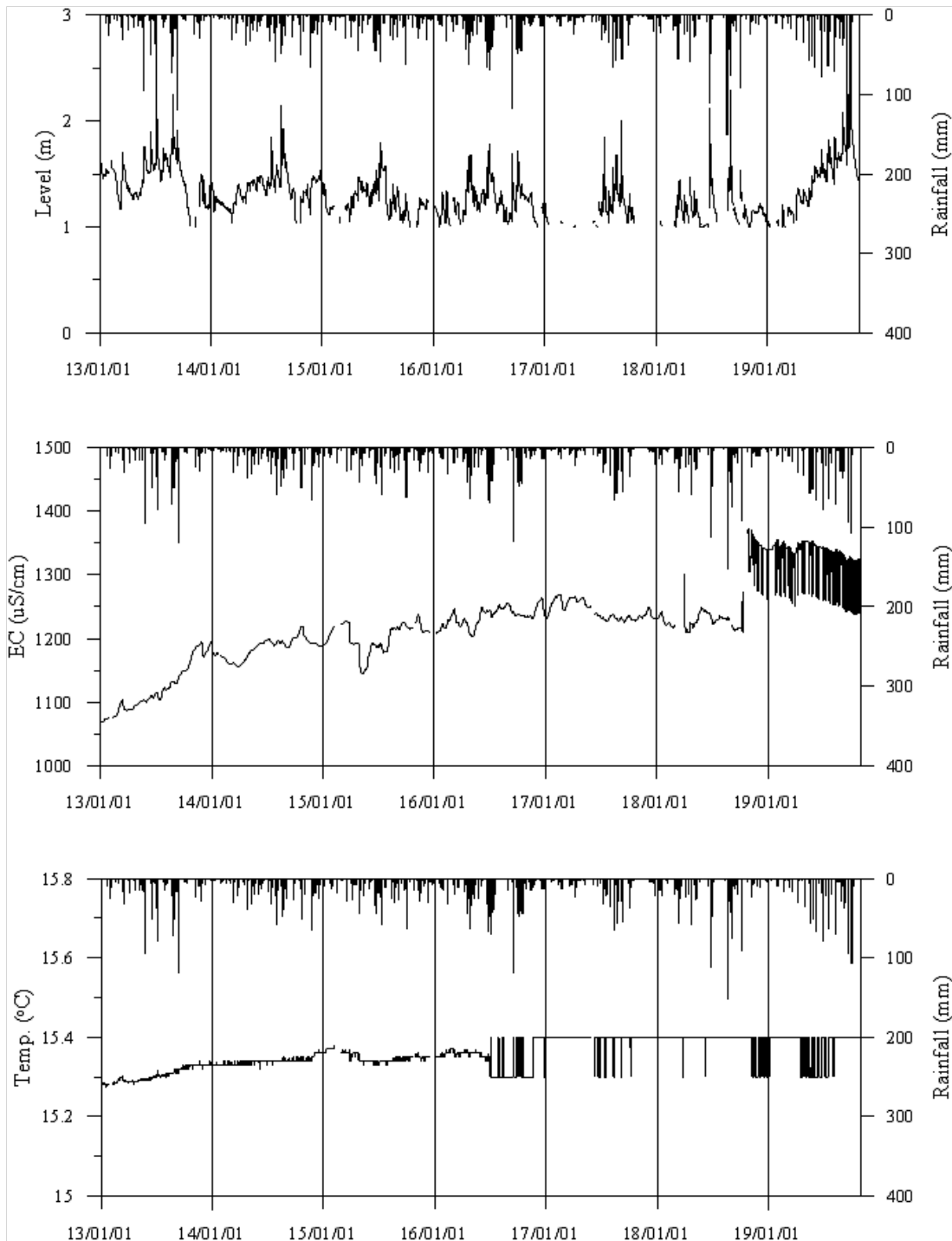
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
함평1	(2012. 9)	14.63	8.78	4.00	31.45	0.82	16.58	164.70	4.12
	(2013. 4)	11.55	6.73	2.46	24.74	0.72	13.28	125.05	3.59
	(2014. 3)	10.38	7.33	2.79	28.75	0.75	13.63	125.05	2.30
	(2015. 4)	13.35	7.83	2.55	26.34	4.8	17.3	128.1	5.40
	(2016.10)	14.88	8.87	3.80	31.42	4.20	35.80	110.00	10.20
	(2017. 3)	12.04	7.36	2.67	28.49	0.82	14.76	143.35	0.65
	(2018. 5)	11.37	7.56	2.87	26.34	1.08	16.15	106.75	2.52
	(2019. 5)	12.00	7.96	2.96	29.37	1.03	15.84	122.00	2.29
함평2	(2013. 4)	294.46	17.41	5.12	42.41	1185	266.69	600.85	3.97
	(2014. 3)	295.16	14.43	6.04	46.55	6.38	204.55	542.91	3.56
	(2015. 4)	271.31	15.47	3.96	47.00	10.0	195.5	588.7	1.10
	(2016.10)	315.10	17.25	2.50	46.01	19.60	300.50	598.00	4.70
	(2017. 3)	266.90	17.72	2.84	44.91	12.44	120.82	628.30	N.D.
	(2018. 5)	255.97	14.85	3.76	42.05	15.66	195.33	481.90	2.19
	(2019. 5)	251.63	15.31	3.28	42.68	17.57	178.65	509.35	N.D.
함평3	(2013. 9)	36.99	11.06	2.08	54.25	54.04	67.72	164.70	N.D.
	(2014. 3)	40.11	11.40	4.60	67.52	33.99	67.07	189.10	0.39
	(2015. 4)	36.87	13.05	2.09	64.23	41.3	61.2	195.2	0.20
	(2016.10)	35.20	12.00	2.00	65.22	53.80	103.40	182.00	6.00
	(2017. 3)	38.45	14.32	2.57	73.18	47.42	64.03	201.30	N.D.
	(2018. 5)	32.85	11.33	2.06	60.59	42.46	53.04	155.55	1.96
	(2019. 5)	46.09	11.95	2.70	61.65	45.29	74.29	161.65	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
함평4	(2016.11)	33.44	12.67	0.90	42.62	15.30	18.20	173.00	3.70
	(2017. 3)	31.55	15.78	0.85	37.17	26.02	26.60	176.90	0.63
	(2018. 5)	27.02	12.94	0.82	42.68	40.59	27.63	143.35	N.D.
	(2019. 5)	25.21	11.67	0.91	47.41	28.71	30.28	161.65	N.D.
함평5	(2016.11)	8494.0	954.50	124.80	2022.00	1023.2	15224.3	101.00	0.00
	(2017. 3)	7358.26	863.88	142.38	2648.34	1871.10	16363.26	97.60	N.D.
	(2018. 5)	6315.23	749.76	139.79	2496.22	1511.87	14601.69	67.10	160.68
	(2019. 5)	4708.31	717.60	142.08	2819.96	1308.55	12595.8	57.95	N.D.
함평6	(2017. 3)	46.74	1.98	1.14	14.26	16.98	15.18	126.58	2.67
	(2018. 5)	49.86	1.34	0.66	10.96	17.58	15.09	106.75	0.54
	(2019. 5)	30.17	3.46	1.11	19.75	20.59	15.32	91.50	1.67
함평7	(2018. 11)	458.45	16.92	31.45	9.29	88.80	433.79	391.93	N.D.
	(2019. 5)	2784.57	263.43	107.78	205.09	645.13	4405.07	286.70	N.D.

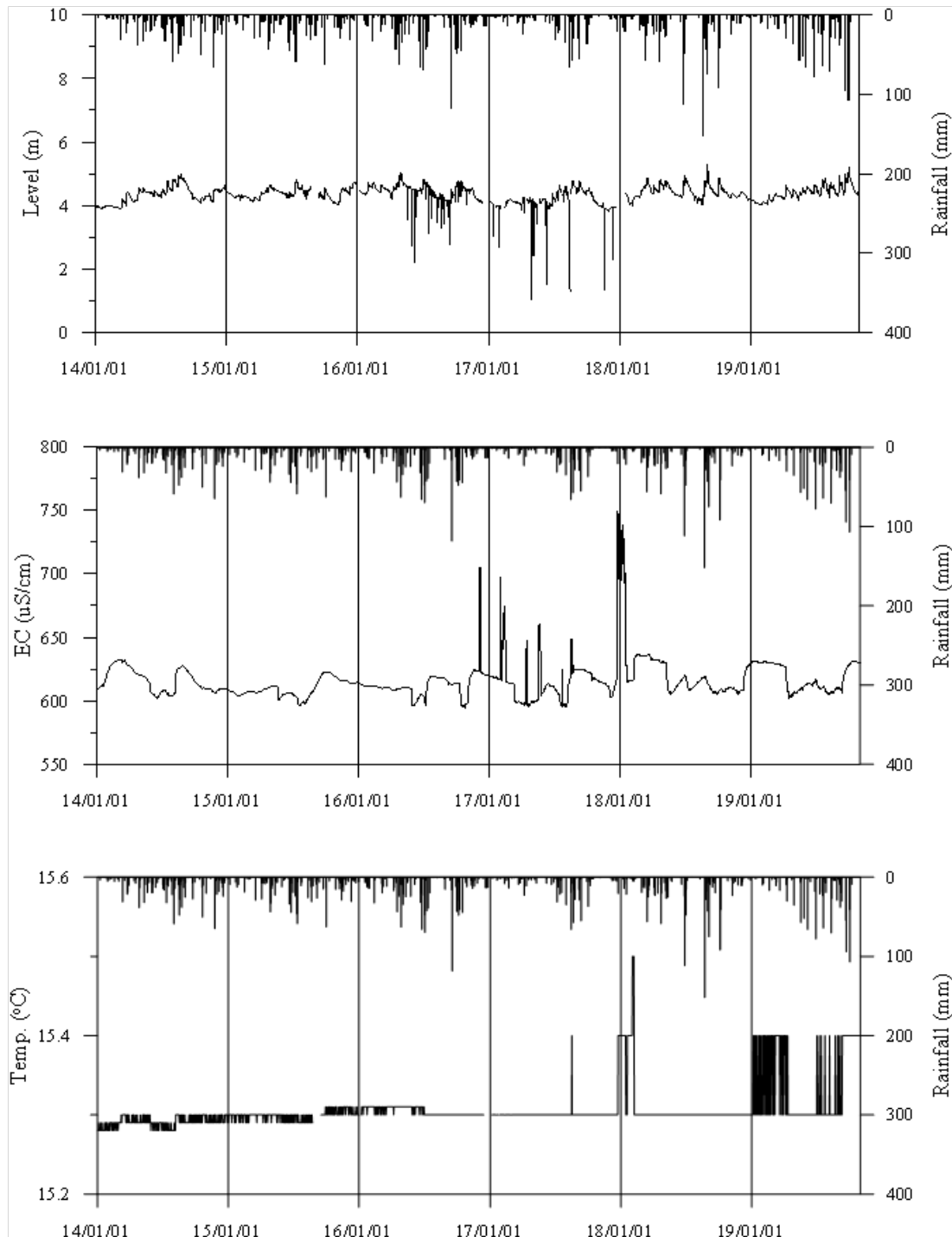
5. 장기관측 결과



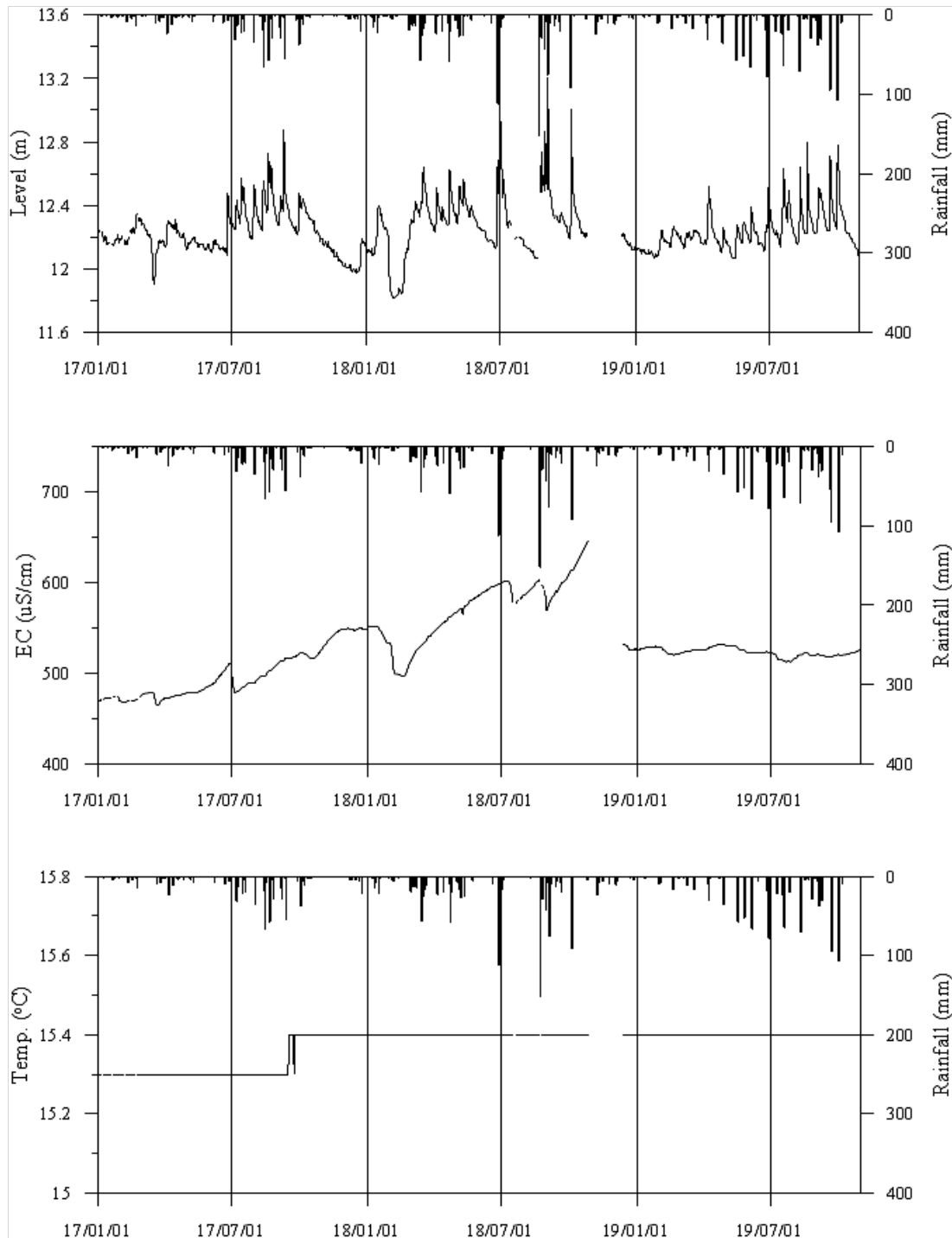
<함평1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



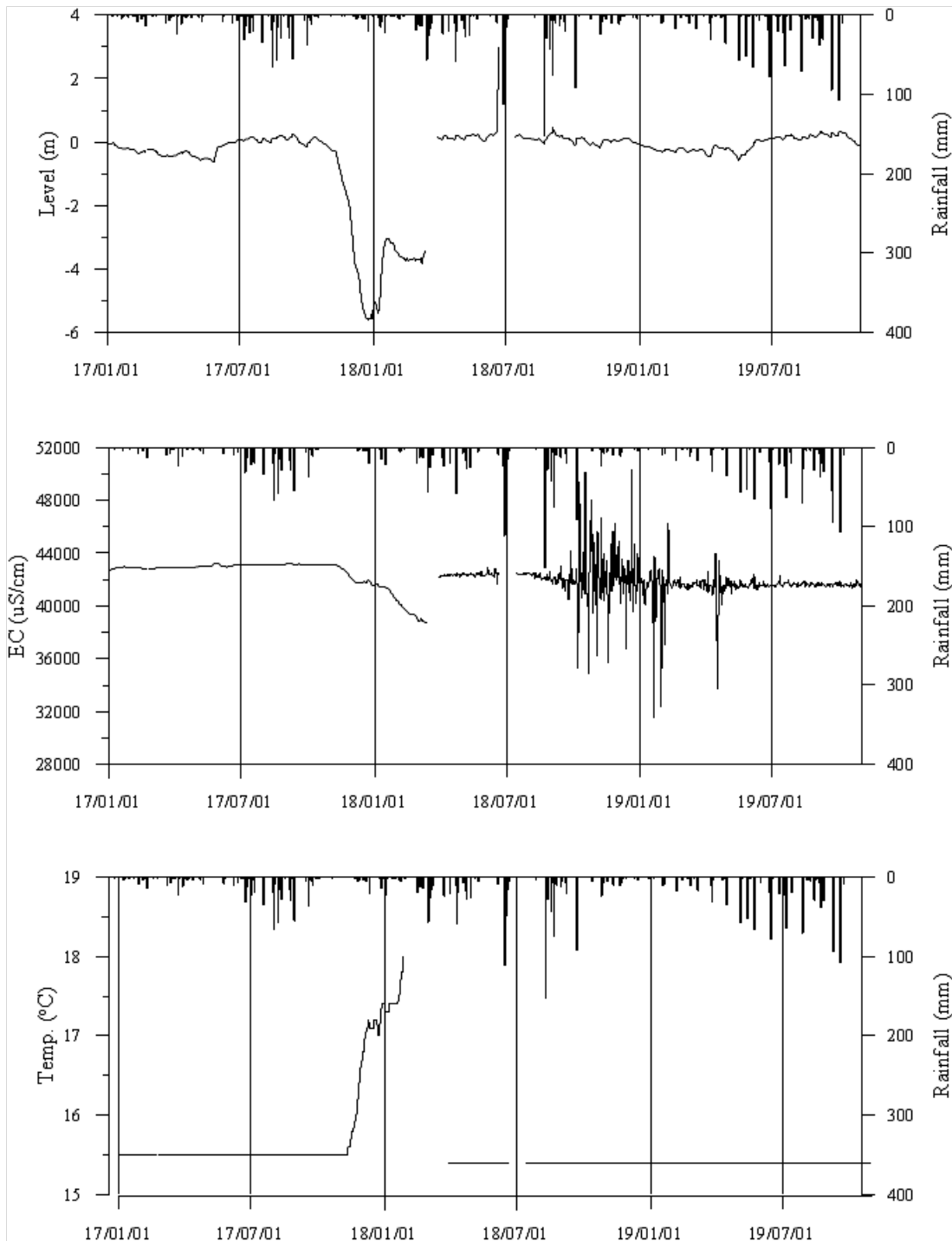
<함평2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



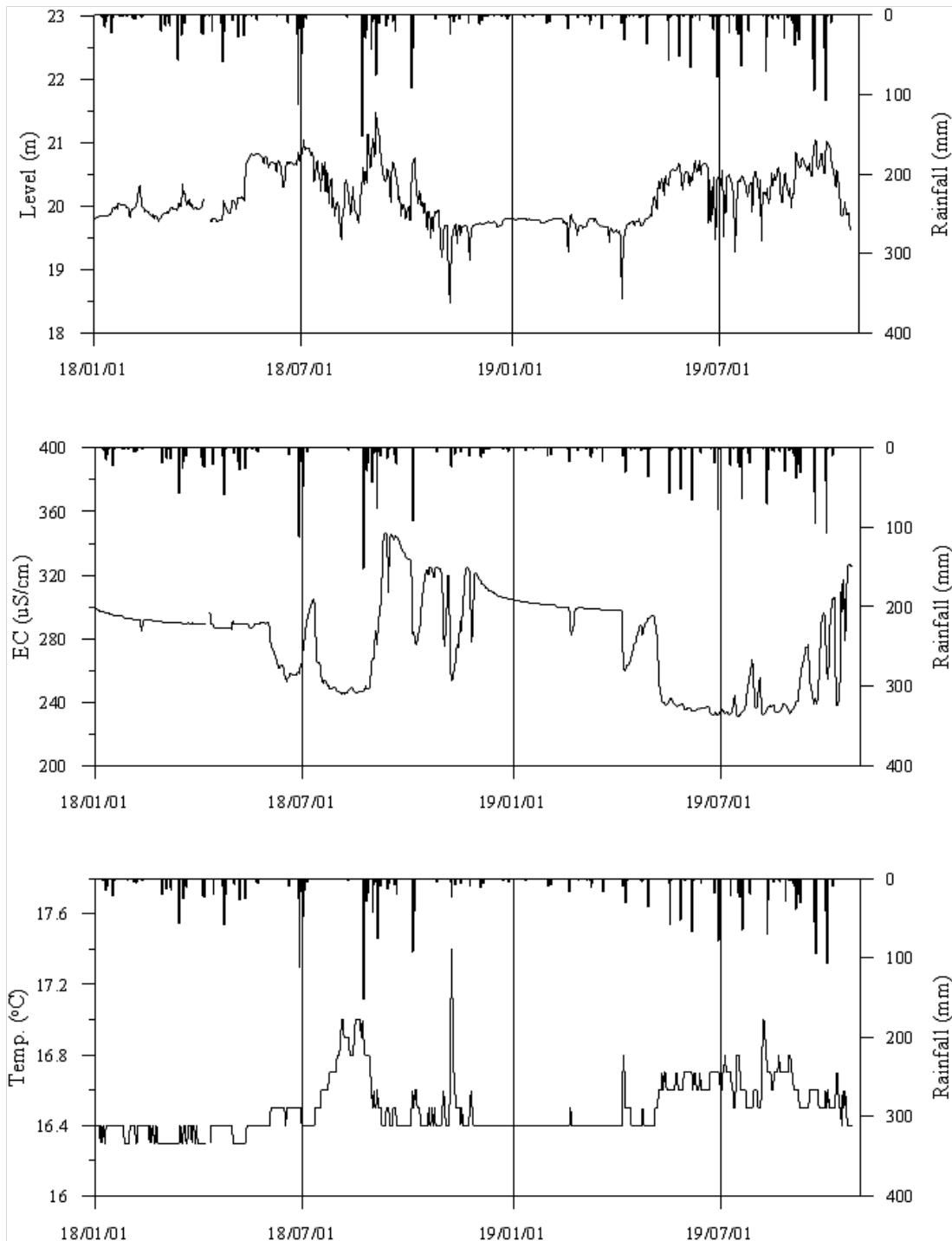
<함평3 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



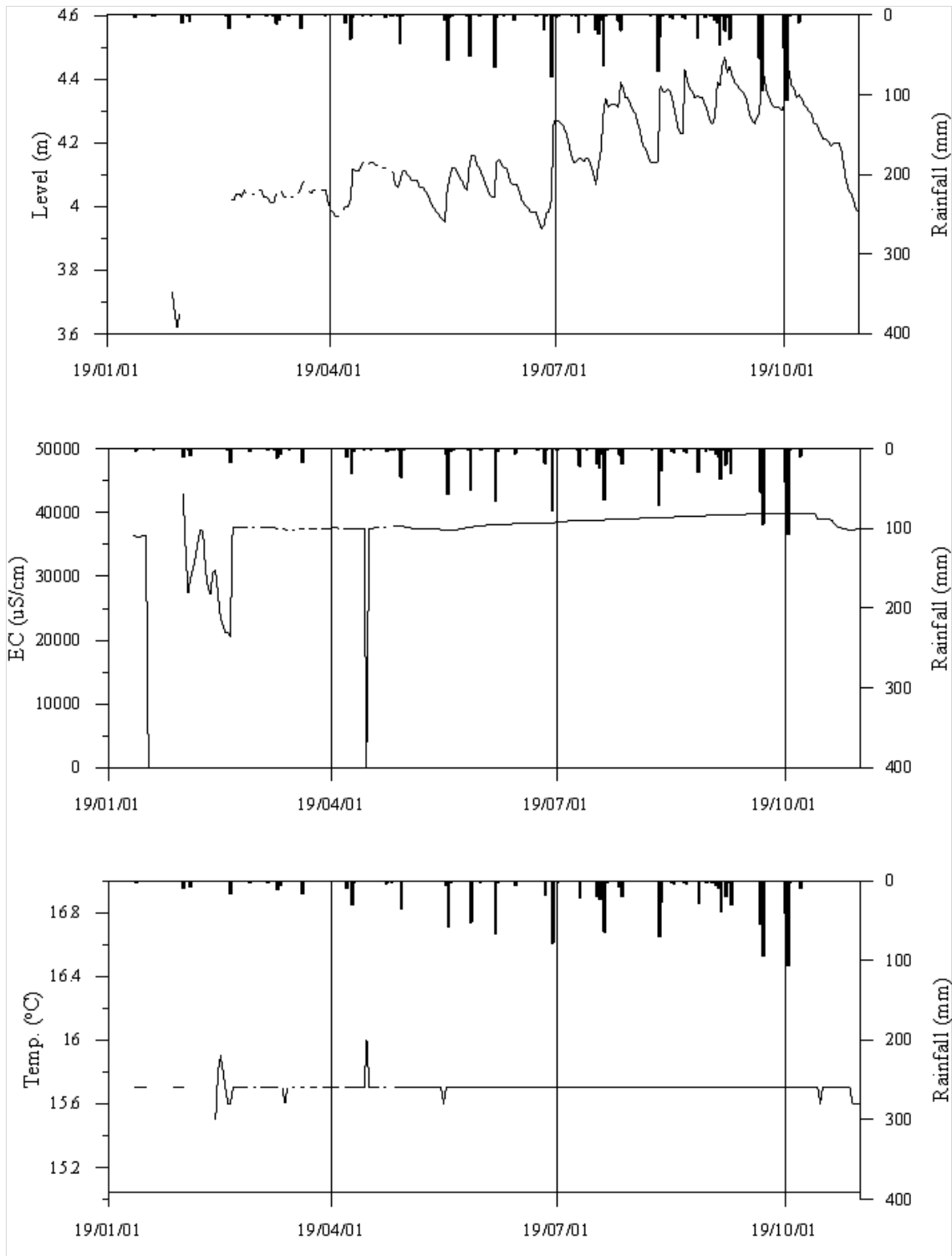
<함평4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<함평5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<함평6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<함평7 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 함평지구는 지하수 보전 및 관리, 지하수 수량, 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위해 관측공을 설치하였다. 함평군 대동면 운교리는 손불면, 신광면, 함평읍에 접해 있는 지역이며, 150 m 이내의 구릉성 산지를 따라 발달된 농경지가 자리잡고 있으며, 지구 상류에 대동제가 자리하고 있다. 이 지역은 2011년 함산지구 지하수자원관리 조사시 DRASTIC 지수가 높게 나타남에 따라, 향후 지하수 수질오염의 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다. 함평7 관측정이 설치된 함평군 함평읍 장년리는 함평군 북서쪽에 위치하며, 이 지역은 2010년 함산지구 지하수자원관리 조사결과에 의하면 수량관리 지역인 손불면 죽일리, 수질관리 지역인 함평읍 옥산리, 석성리에 둘러싸인 곳으로 향후 지하수 수량 및 수질에 문제가 있을 것으로 예상된 바 있다. 특히 상부에 함평농공단지가 신축되어 운영됨에 따라, 각종 침출수에 따른 지하수 수질오염이 우려되어 장기적인 수량·수질변화 관측을 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 함평1 관측공의 전기전도도는 약 $360 \mu S/cm$ 이하이고 30m 이후부터 공저까지 일정한 값을 나타낸다. 함평2 관측공은 $1,500 \mu S/cm$ 내외로 공내 전체 구간에서 일정한 값을 보인다. 함평3 관측공은 심도 38 m 부근부터 그 이전 심도보다 $30 \mu S/cm$ 정도 상승하는 경향이 나타났다. 함평 4 관측공은 공저까지 $500 \mu S/cm$ 이하이다. 함평5 관측공은 공내 전 구간에서 $42,000 \mu S/cm$ 내외로 나타났으며, 해수침투 영향을 받는 것으로 판단된다. 함평6 관측공은 공저까지 $300 \mu S/cm$ 내외이다. 함평7 관측공은 심도 20 m 부근에서 급격히 증가하여 공저까지 상승하며, 전기전도도는 $20,000 \sim 40,000 \mu S/cm$ 의 높은 범위를 보인다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 함평1, 2, 3, 4, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 함평5, 7 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로서 해수의 영향을 직접적으로 받고 있으므로 지속적인 관측이 요구된다. 함평지구 관측공의 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L : 질산성질소 농도로 환산

시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L : 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다. 다만 함평2, 6 관측공은 해수가 유입되므로, 암반지하수 이용을 금지하고 타수자원 이용을 모색하여야 한다.

- 4) 장기 관측결과 : 함평1, 2, 3 관측공은 모두 지하수위 변동 특성이 강수에 영향을 받는 것으로 보인다. 함평1 관측공은 2014년 우기 이후 지하수위가 약 4 m 정도 상승하였다. 전기전도도는 $240 \mu S/cm$ 내외이고, 약간의 증가추세이다. 함평2 관측공 전기전도도는 관측공 개발 이래로 꾸준히 상승하는 추세($1,060 \mu S/cm$ 에서 $1,200 \mu S/cm$ 으로 증가)이다. 함평3 관측공의 전기전도도는 건기에 상승하고 우기에 감소하는 패턴을 반복하고 있다. 함평4, 5 관측공 지하수위는 강수에 민감하게 반응한다. 다만 함평4 관측공은 담수영역임에 비해 함평5 관측공은 해수와 전기전도도가 유사해 해당지역 지하수 대수층에 염수가 직접 유입되는 것으로 판단된다. 함평4, 5 관측공은 관측공 설치 후 관측 기간이 상대적으로 짧기 때문에 지속적인 관측을 통해 결과를 확인할 필요가 있다. 함평6 관측공은 지하수위 변동 특성이 강수에 영향을 받는 것으로 판단되며, 2018년 지하수위는 약 2 m 내외로 변동하고 전기전도도는 $300 \mu S/cm$ 내외이나, 9월 이후 증가하는 추세이다.
- 5) 관리 방안 : 함평지구 내 함평1, 3, 4 관측공에는 지하수 오염이나 수위변화가 크지 않은 것으로 나타나고, 함평2, 5, 7 관측공은 염수의 유입이 진행되는 것으로 관측된다. 향후 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.8 신안지구

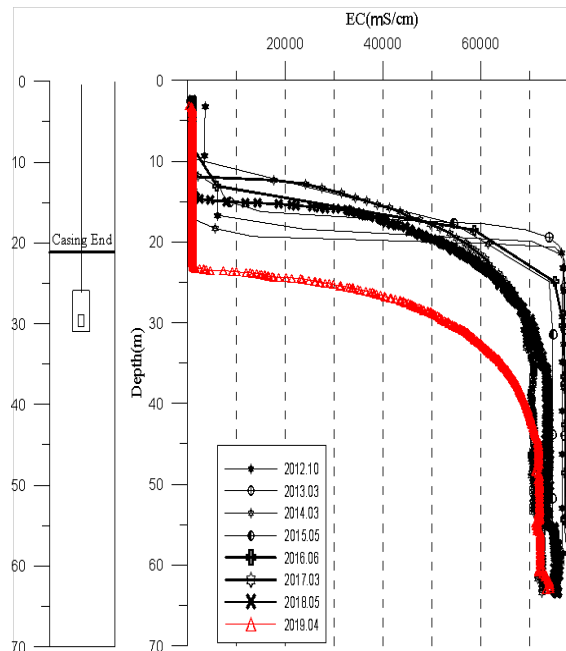
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
신안1	신안군 압해읍 대천리 156-7	135304.29	151316.39	4.17	2012	1.53

2. 지형 및 지질

신안1 관측공은 전라남도 신안군 압해도 남쪽 중양에 해안선과 인접해 있고 서쪽으로 송공산(231 m)이 위치하고 있다. 지질은 시대미상의 화강암질 편마암과 변성퇴적암으로 이루어져 있으며 중생대 백악기 용암이 흘러 북쪽으로 산지를 형성하고 있으며 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

3. 지하수 검층



<신안1 관측공>

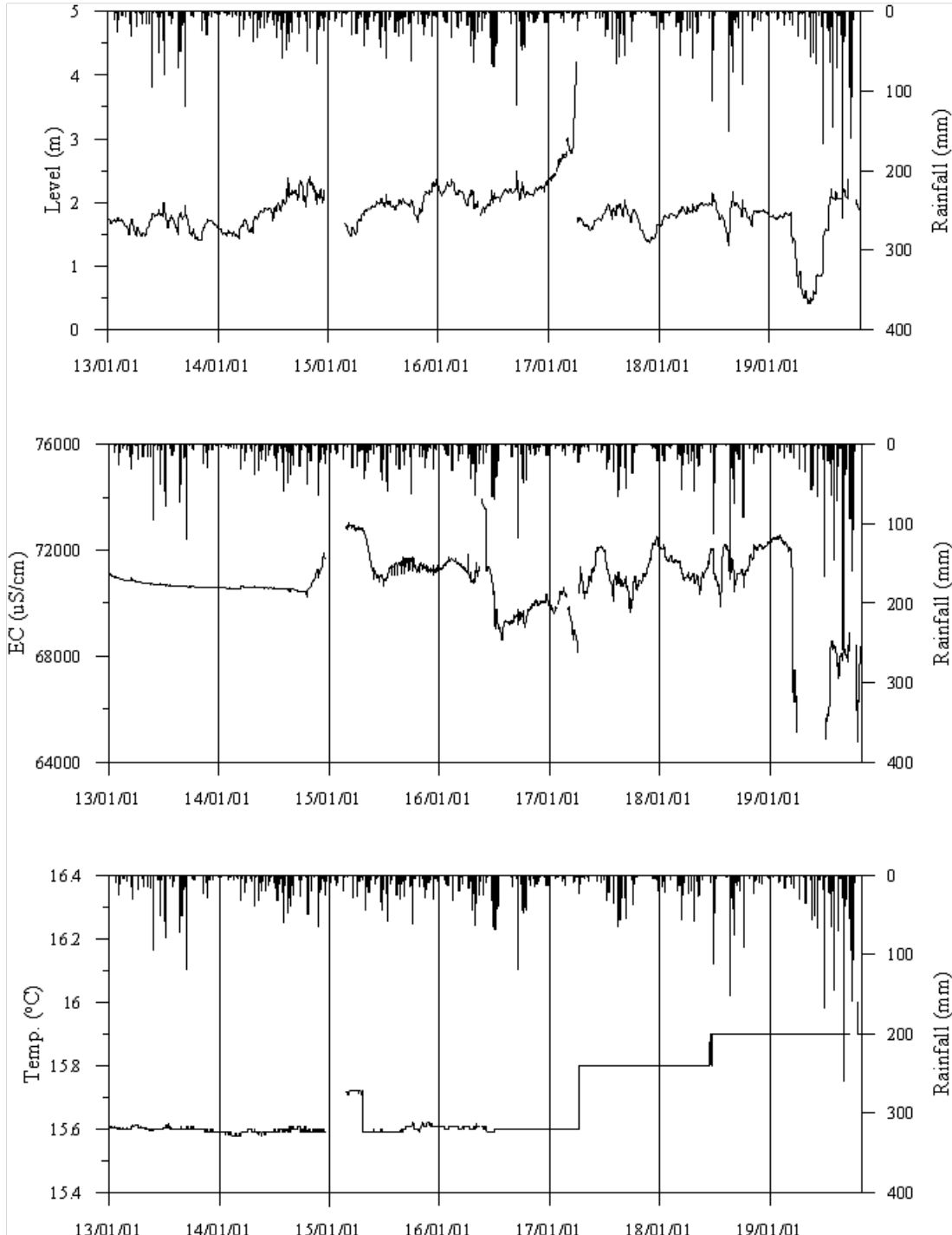
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
신안1	(2012.10)	12572.99	2004.10	154.43	3212.83	2025.00	28843.26	88.45	5.45
	(2013. 4)	10753.53	1742.97	215.24	2695.59	2214.11	24661.56	109.80	14.88
	(2014. 3)	4199.85	499.17	374.02	974.98	718.50	9224.83	112.85	72.48
	(2015. 4)	12524.54	2066.45	160.88	2874.44	1440.40	27250.8	97.60	N.D.
	(2016.10)	11352.62	1985.34	204.38	2681.49	1308.66	26743.48	109.31	30.60
	(2017. 3)	139.97	14.02	2.51	35.59	19.21	240.95	122.00	37.14
	(2018. 5)	7762.21	1189.67	82.09	2051.04	1400.82	16158.81	94.55	202.60
	(2019. 5)	4695.87	983.56	59.89	1468.10	975.73	11100.88	109.80	N.D.

5. 장기관측 결과



<신안1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 신안1 관측공은 해안가에 위치하고 있어 지하수 이용에 따른 해수침투 영향 및 비료 농약의 시비에 의한 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 신안1 관측공은 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고, 해안가에 위치하기 때문에 해수침투 관측공과 같이 높은 전기전도도를 보인다. 지표 하 15 ~ 20 m에서 급격한 전기전도도의 전이대가 형성되어 약 80,000 $\mu S/cm$ 까지 상승하고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 신안1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 해수에 의한 오염을 지시하고 있다. 신안1 관측공은 2014년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였다. 다만 해수가 직접 유입되기 때문에 농업용수 이용이 불가능하며, 타수 자원 이용을 모색해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 신안1 관측공의 지하수위 변동폭은 1 m 이내이며, 강우에 의한 영향은 있으나 뚜렷하지는 않다. 전기전도도는 관측공 개발 이후 감소하다가 2014년 10월부터 상승하여 2015년 4월 이후 다시 감소한 이후 유지하는 추세이다. 향후 지속적인 관측을 통해 변화추이를 확인할 필요가 있다.
- 5) 관리 방안 : 신안지구는 전기전도도가 높아 해수에 의한 오염을 지시하고 있다. 간헐적으로 먹는물 수질기준을 상회하는 질산염 오염이 나타나 지하수 수질관리가 필요하므로 장기관측을 통해 지하수 수질의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.9 진도지구

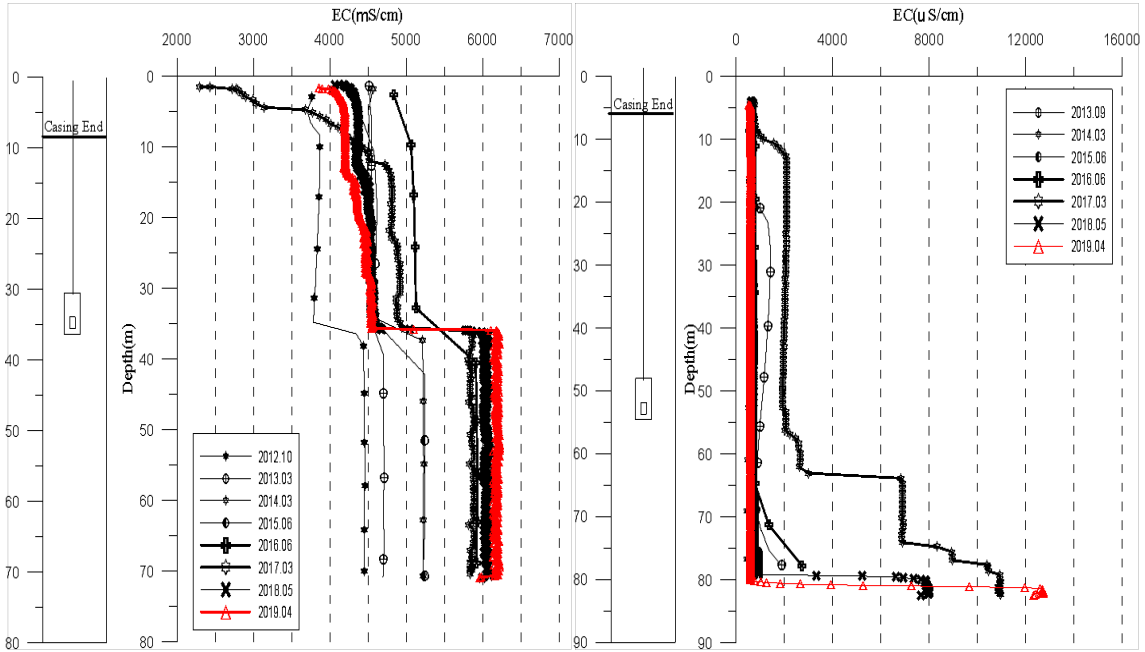
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
진도1	진도군 의신면 만길리 1666-1	134518.23	102313.55	2.18	2012	1.04
진도2	진도군 군내면 세등리 765-3	136622.9484	114834.9196	7.29	2013	3.59
진도3	진도군 지산면 심동리 532-22	201872.817	119066.549	2.208	2017	2.208
진도4	진도군 지산면 삼당리 711-6	202538.905	125811.948	1.746	2017	-2.054
진도5	진도군 군내면 분토리 1706-2	212283.343	134451.643	9.049	2017	2.649

2. 지형 및 지질

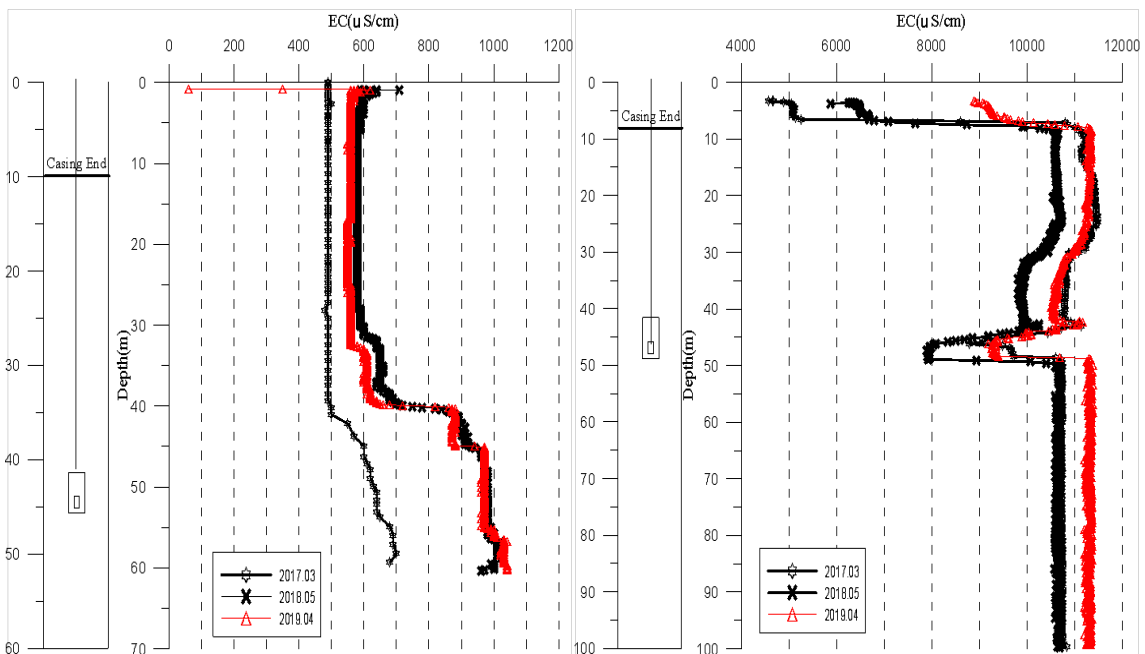
진도지구는 해안과 인접해 있으며 크고 작은 방조제 내측으로 농지가 분포하고 있는 지역이다. 진도군 북서방향으로 구릉지와 농경지가 나란히 발달되어 있으며, 지질은 중생대 백악기의 경상계 만길리층과 진도유문암, 산성암맥 그리고 신생대 제4기의 충적층으로 구성된다.

3. 지하수 검층



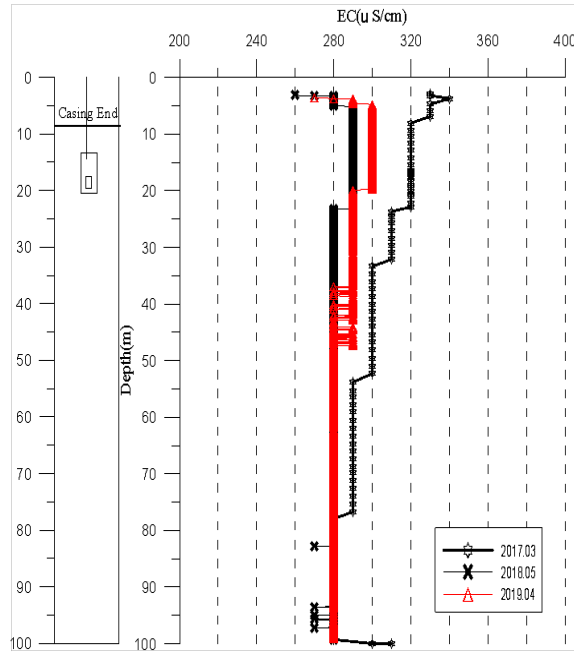
<진도1 관측정>

<진도2 관측정>



<진도3 관측정>

<진도4 관측정>



<진도5 관측점>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

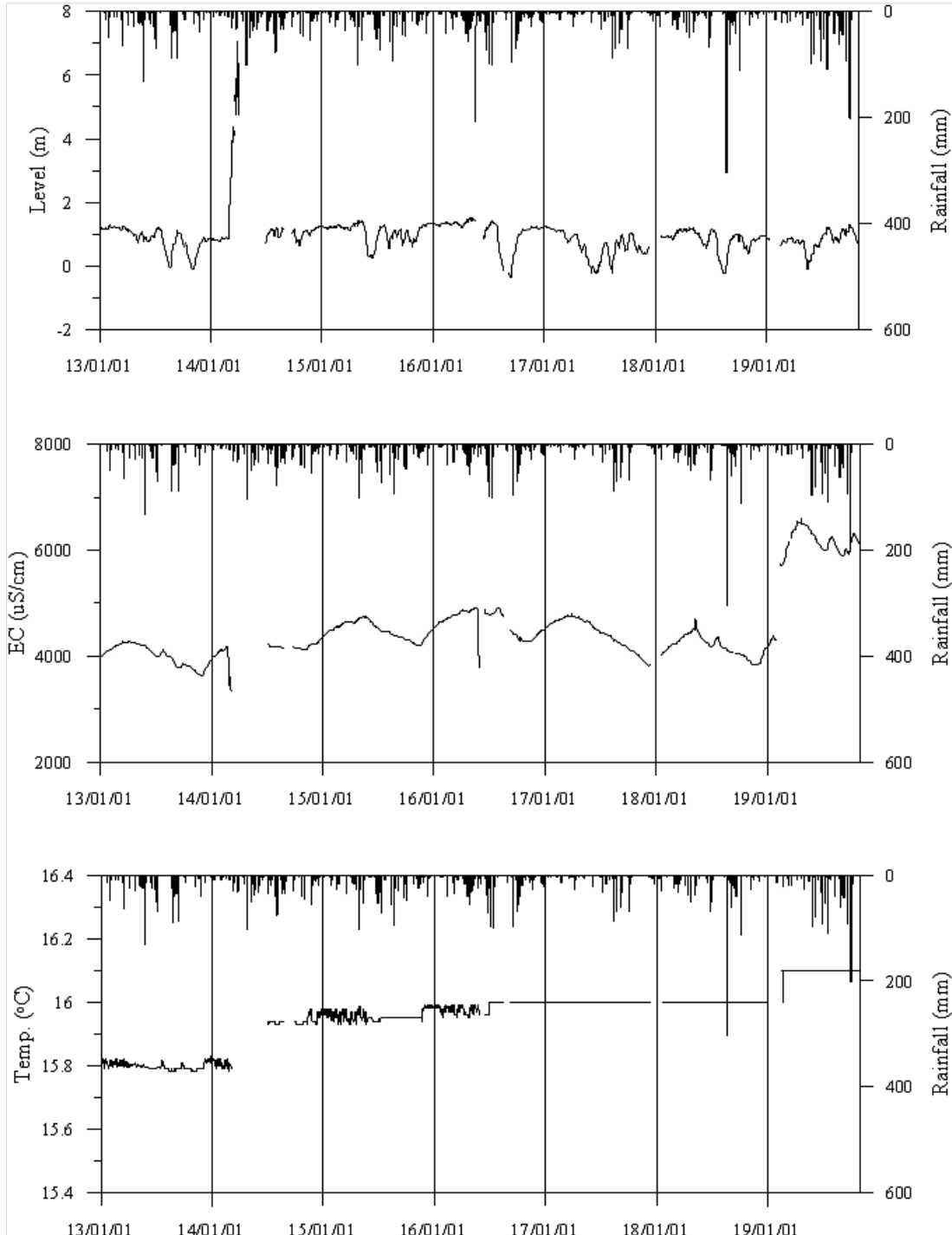
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
진도1	(2012.10)	346.13	15.15	5.41	412.42	13.36	1287.57	79.30	0.49
	(2013. 4)	367.07	18.53	17.45	430.54	16.90	1245.53	73.20	N.D.
	(2014. 3)	360.04	0.00	37.69	486.38	6.92	1318.33	70.15	N.D.
	(2015. 4)	258.65	13.86	5.58	322.94	2.33	881.03	67.10	19.21
	(2016.10)	407.20	19.72	5.60	494.40	21.40	1185.90	78.00	21.20
	(2017. 3)	452.93	19.40	9.11	498.19	22.42	1488.15	83.88	N.D.
	(2018. 5)	415.85	24.05	5.89	510.33	16.70	1441.97	67.10	17.73
	(2019. 5)	352.07	19.69	5.21	455.15	16.88	1226.99	67.10	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
진도2	(2013. 9)	99.02	33.37	3.48	100.96	45.70	366.66	106.75	16.00
	(2014. 3)	50.43	18.55	6.29	48.88	41.03	70.18	106.75	78.50
	(2015. 4)	53.43	25.01	9.80	48.74	52.45	72.73	88.45	119.40
	(2016.10)	53.82	22.73	8.90	47.90	50.60	125.00	83.00	138.30
	(2017. 3)	73.46	26.42	4.05	46.64	36.15	148.45	100.65	49.07
	(2018. 5)	45.47	23.37	5.22	42.67	41.05	78.35	64.05	103.44
	(2019. 5)	41.88	21.70	4.72	33.48	37.60	57.53	91.50	61.15
진도3	(2017. 3)	28.78	13.90	1.65	51.55	16.39	92.47	97.60	5.79
	(2018. 5)	52.09	16.11	1.77	58.77	20.59	155.78	85.40	5.05
	(2019. 5)	39.02	17.01	1.35	69.12	15.64	149.23	85.40	2.57
진도4	(2017. 3)	2023.58	187.26	81.08	170.05	454.83	3556.01	198.25	79.51
	(2018. 5)	1656.36	153.76	47.23	143.58	429.70	3050.73	137.25	23.22
	(2019. 5)	1696.17	196.35	45.76	182.76	409.90	2968.96	134.20	2.89
진도5	(2017. 3)	21.13	4.39	1.49	35.50	7.63	22.61	120.48	4.53
	(2018. 5)	32.80	2.30	0.98	23.75	11.14	19.10	112.85	1.46
	(2019. 5)	45.51	3.03	1.20	25.81	16.09	37.40	106.75	1.68

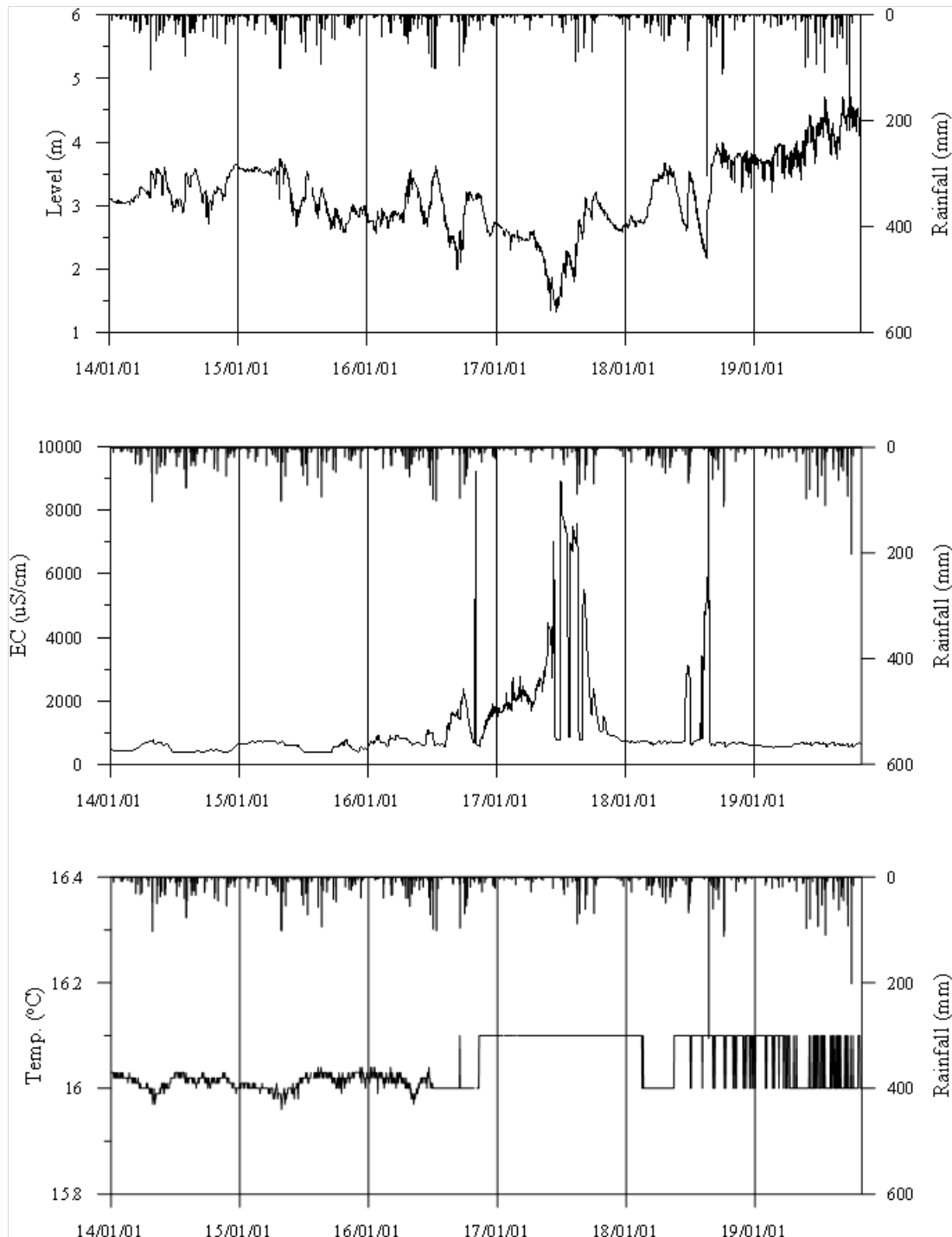
5.

장기관측 결과

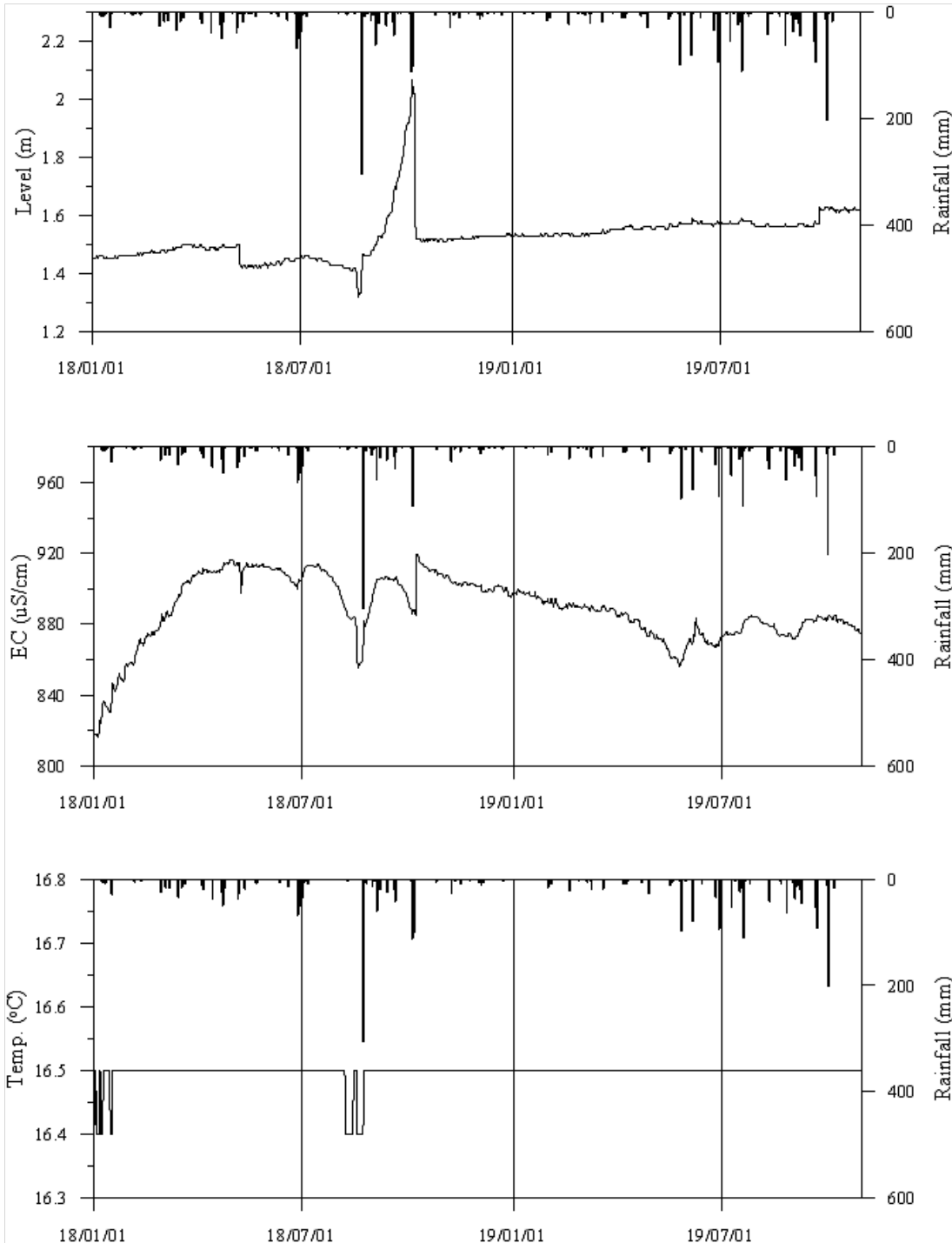


<진도1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1.~2019.10.31)>

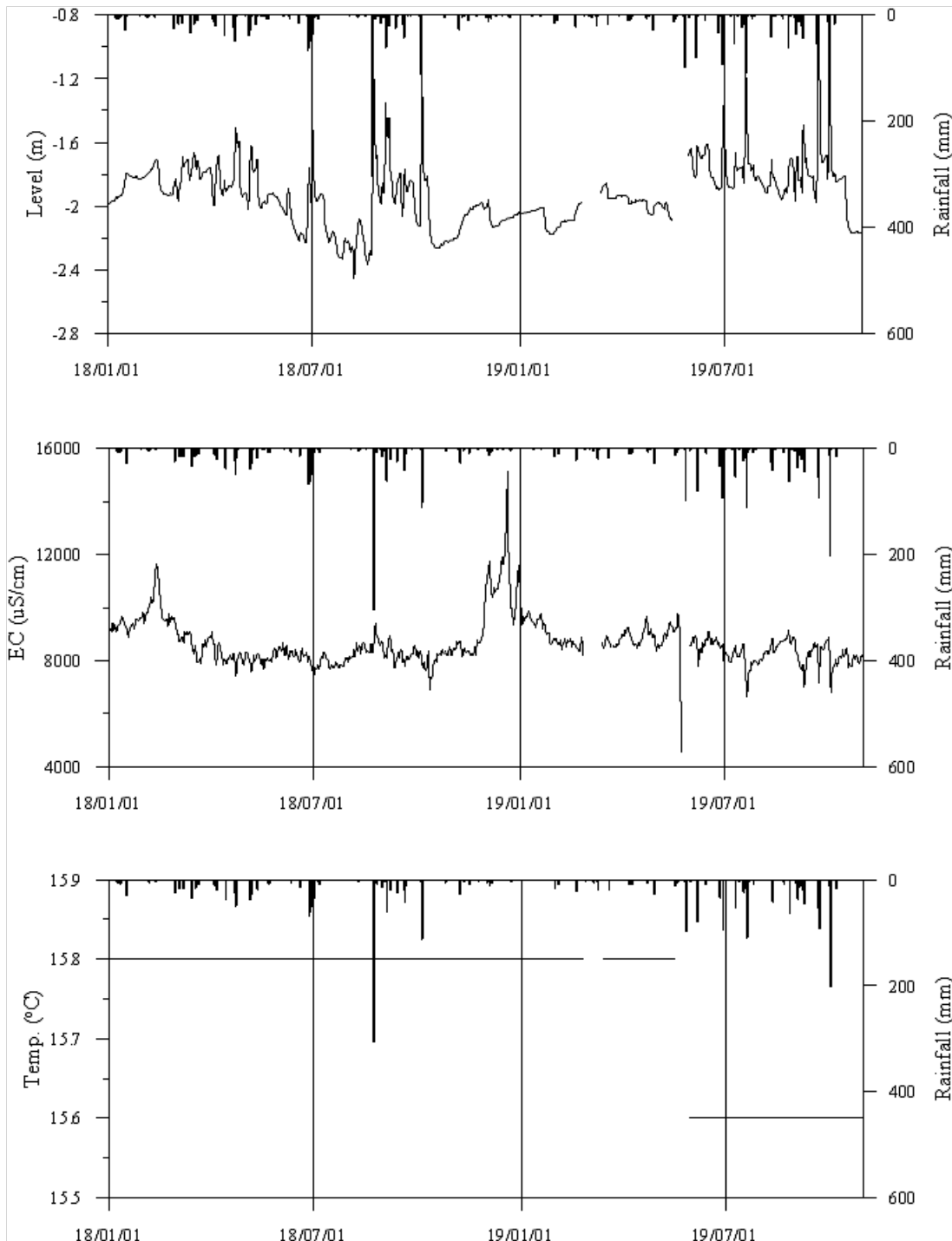
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



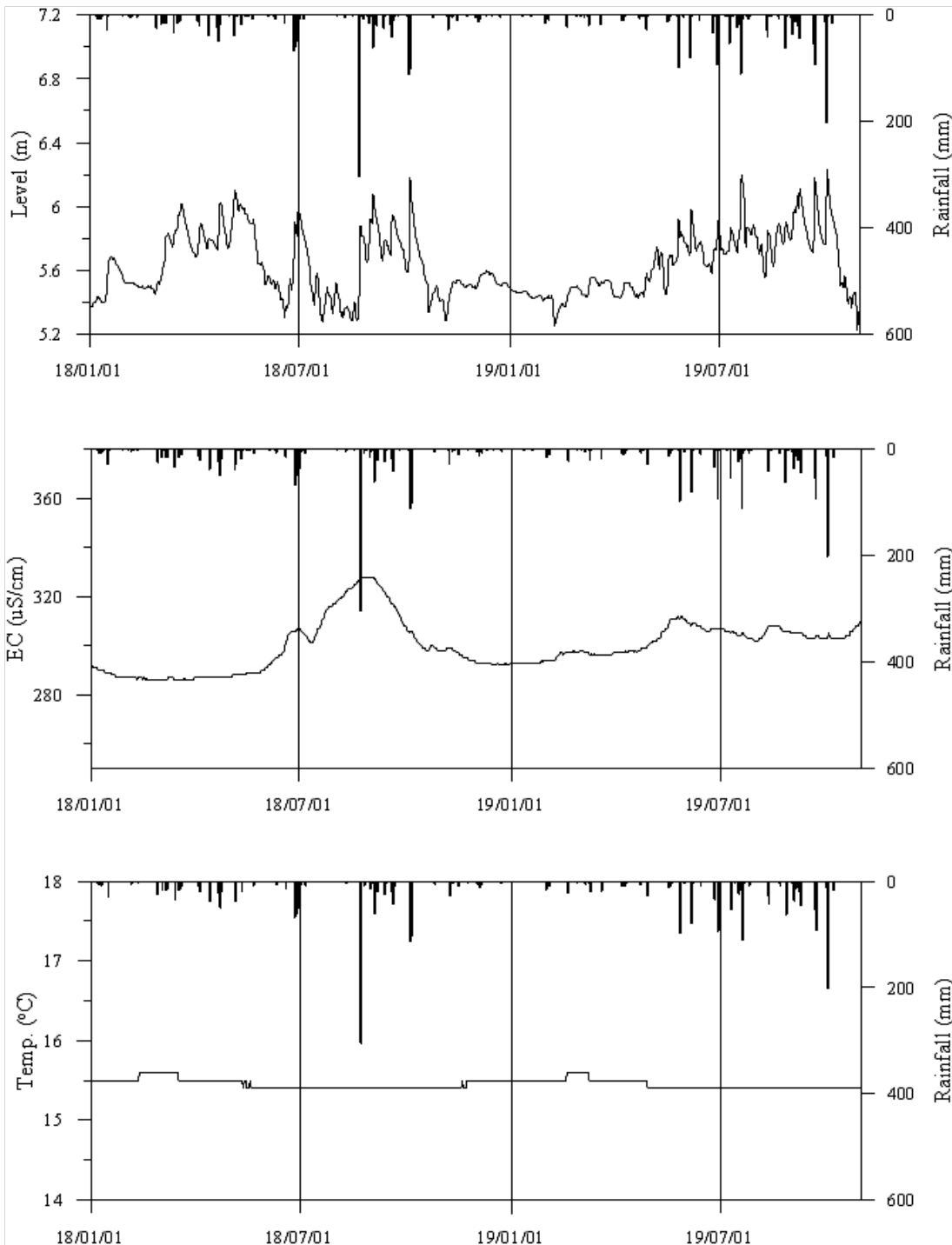
<진도2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1.~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진도3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1.~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진도4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1.~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진도5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1.~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진도지구는 지하수 이용에 따른 해수침투 영향 및 비료 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 하였다. 진도3 관측공이 설치된 진도군 지산면 심동리는 진도 남서쪽 최하단에 위치하고 서해와 접해 있으며, 팽목방조제로 인해 대단위의 간척지가 발달해 있다. 이 지역은 대단위 농경지가 자리하고 있어 대량으로 시비되는 농약, 비료 등의 영향으로 지하수 오염이 노출되어 있고, 특히 서해와 인접하여 염해피해가 상습적으로 발생하는 지역으로 수질오염에 대한 우려로 장기적인 지하수 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 진도4 관측공이 설치된 진도군 지산면 삼당리는 진도 남서쪽에 위치하고 150 m 이내의 구릉성 산지를 따라 발달된 농경지가 위치하고 있다. 이 지역은 임회면 소재지 하류부에 위치하고 있어 전통시장, 주유소, 주거시설 등에서 각종 오폐수가 유입되고 있다. 특히 단위면적당 오염부하량이 높게 나타남에 따라, 수질오염의 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다. 진도5 관측공이 설치된 진도군 군내면 분토리는 진도 북쪽에 위치하고 150 m 이내의 구릉성 산지를 따라 발달된 농경지가 자리 잡고 있으며, 지구 상류에 월가제가 자리하고 있다. 이 지역은 2013년 진군지구 지하수자원관리 조사 시 DRASTIC 지수가 높게 나타나 향후 지하수 수질오염의 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 진도1, 4 관측공은 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해안가에 위치하고 있어, 해수침투 관측공과 같이 높은 전기전도도를 나타내고 있다. 진도1 관측공의 전기전도도는 지표 하 약 35 m에서 전기전도도 값이 약 5,200 $\mu S/cm$ 에서 5,900 $\mu S/cm$ 까지 증가하는 전이대 구간이 형성되어 있다. 진도4 관측공의 전기전도도는 전기전도도 값이 전 구간 약 11,000 $\mu S/cm$ 내외이다. 진도2 관측공은 심도 약 63 m까지 전기전도도가 점진적으로 감소하다가 이후 급격히 증가하여 최대 약 11,000 $\mu S/cm$ 의 값을 보이고 있다. 진도3 관측공은 심도 약 40 m까지 전기전도도가 480 $\mu S/cm$ 의 값으로

- 일정하다가 이후 증가하여 공저에서 최대 약 700~1,000 $\mu S/cm$ 의 값을 보인다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 진도1, 2, 3, 4 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 진도5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 해수유입에 따른 수질오염을 지시하고 있다. 진도2, 4 관측공은 때때로 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하여 검출되었다. 따라서 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다. 특히 진도1, 2, 4 관측공은 염수가 유입됨에 따라, 지하수 이용을 금지하고 타수자원 이용을 모색할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 진도1 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 내외이며, 강수와 상관관계가 크지 않으며 유지하는 추세이다. 전기전도도는 지하수위 변동 및 강수와 관계없이 약 3,400 ~ 4,800 $\mu S/cm$ 범위에 있다. 진도2 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 이내이며, 강수에 비례하는 반응을 보인다. 전기전도도는 2017년 이후 해수유입의 영향으로 약 8,500 $\mu S/cm$ 까지 증가하기도 하였다. 진도2 관측공 대수층은 지하수에 해수유입이 확산되는 추세이므로 암반지하수 이용에 주의해야 한다. 진도3 관측공의 지하수위 변동 폭은 1 m 내외이며, 강수와 상관관계가 크지 않으며 유지하는 추세이다. 전기전도도는 지하수위 변동 및 강수와 관계없이 약 820 ~ 920 $\mu S/cm$ 범위에 있다. 진도4 관측공의 지하수위 변동 폭은 2 m 이내이며, 강수에 비례하는 반응을 보인다. 전기전도도는 지하수위 변동 및 강수와 관계없이 약 7,000 ~ 12,000 $\mu S/cm$ 범위에 있다. 진도5 관측공의 지하수위 변동 폭은 1 m 이내이며, 강수에 비례하는 반응을 보인다. 전기전도도는 지하수위 변동 및 강수와 관계없이 약 290 ~ 330 $\mu S/cm$ 범위에 있다.
- 5) 관리 방안 : 진도1, 2, 4 관측공은 전기전도도가 높아 해수의 오염을 지시하고 있으며, 특히 진도2 관측공은 2015년 이후 질산염 농도가 농업용수 수질 기준을 상회하여 검출됨에 따라, 향후 장기관측을 통한 지하수 수질 변화 모니터링 및 지표오염원 관리가 필요할 것으로 판단된다.

2.7.10 순천지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
순천1	순천시 별량면 두고리 4-3	150861.164	240190.946	3.49	2013	2.59
순천2	순천시 주암면 요곡리 754	173632.028	224332.842	80.92	2014	77.15
순천3	순천시 서면 압곡리 143-1	248545.3575	166049.7614	81.08	2015	80.48
순천4	순천시 해룡면 선학리 700-9	247925.5442	154696.1693	6.773	2015	0.87
순천5	순천시 월등면 운월리 4-1	276507.042	233091.346	162.70	2017	159.00
순천6	순천시 별량면 우산리 54-56	243647.040	253260.060	4.88	2018	3.33
순천7	순천시 주암면 행정리 1084	226679.910	272073.520	133.57	2018	129.52
순천8	순천시 해룡면 중흥리 271-13	248300.036	256038.256	2.893	2019	1.6

2. 지형 및 지질

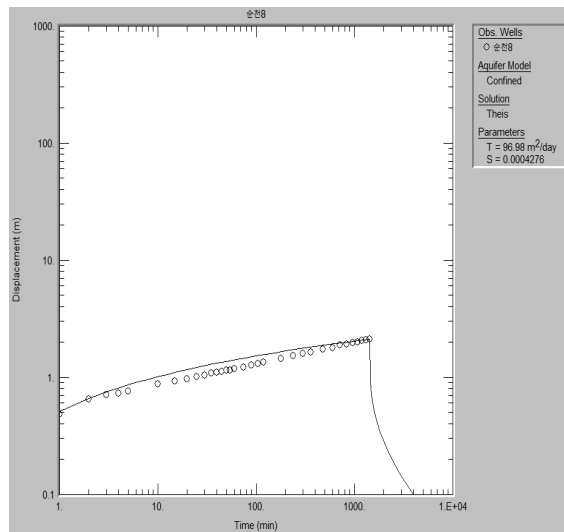
순천1 관측공은 주로 논농업이 이루어지고 있으며, 해안으로부터 약 500 m에 위치하여 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화와 더불어 해수침투의 영향도 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 선캠브리아기 편마암류가 기저를 이루고 있으며, 이를 중생대 퇴적암류가 부정합으로 덮고 있고, 안산암과 유문암 등의 화산암이 분출 또는 관입하고 있다. 순천2 관측공은 주암면에 남동쪽에 위치하고 있는 곡간 평야지대에 위치하고 있으며 용촌천에 인접해 있다. 지질은 화강암질 편마암이 기저를 이루고 있다. 순천3 관측공은 서면 면소재지 동쪽에 위치하고 있으며 순천-완주고속도로에 인접해 있고, 전작이 발달되어 있는 지역으로 용곡저수지 상류부에 위치하고 있어 수질 변화를 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 선캠브리아기 편마암류가 기저를 이루고 있으며, 이를 중생대 퇴적암류가 부정합으로 덮고 있고, 안산암과 유문암 등의 화산암이 분출 또는 관입하고 있다.

아기의 호상편마암 및 편암이 기저를 이루고 있다. 순천4 관측공은 해룡면 남서쪽에 위치하며 해룡천을 끼고 있고 낮은 구릉성 산지와 평야지대가 발달되어 있다. 지질은 중생대 백악기의 안산암, 응회질 역암, 사암, 이암 등이 혼재되어 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 순천5 관측공은 월등면 서쪽의 곡간 평야지대에 위치하며, 지질은 화강암질 편마암과 이를 부정합으로 피복하는 신생대 제4기 충적층으로 구성되어 있다. 순천6 관측공은 해안가에 형성된 간척평야 지대로 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화와 더불어 해수 침투의 영향도 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 선캠브리아기 편마암류가 기저를 이루며, 이를 중생대 퇴적 암류가 부정합으로 피복하고, 안산암, 유문암 등의 화산암이 분출 또는 관입하고 있다. 순천7 관측공은 주암면 남동쪽에 있는 곡간 평야지대에 위치하며, 지질은 화강암질 편마암이 기저를 이루고 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 순천8 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

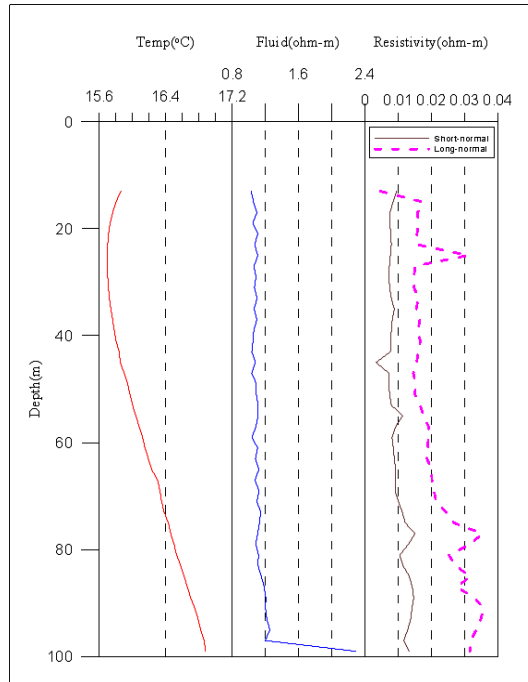
◎ 양수시험



<순천8 관측공 양수시험>

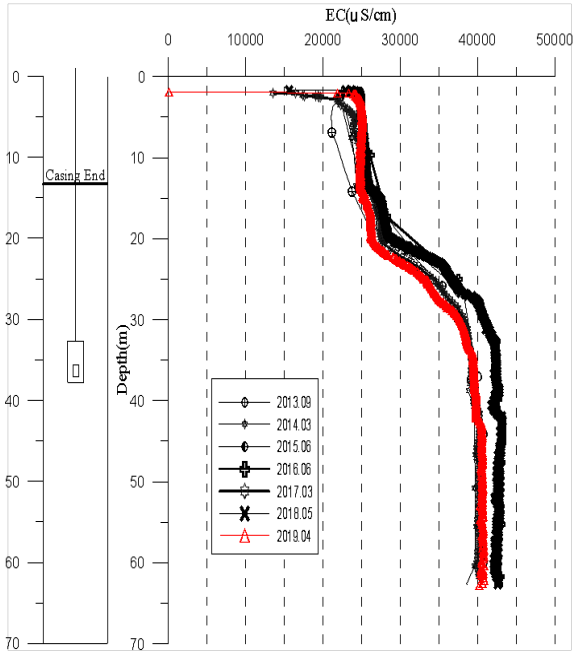
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
순천8	600	96.98	1.290×10 ⁻³	87

◎ 물리검층

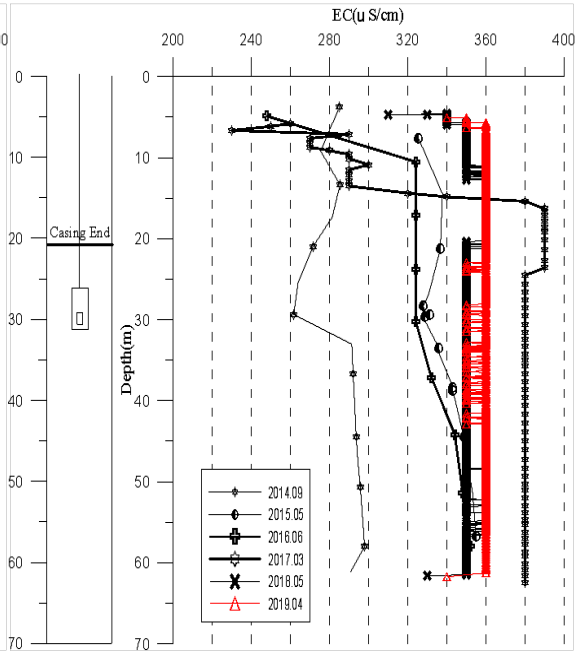


<순천8 관측공 물리검층>

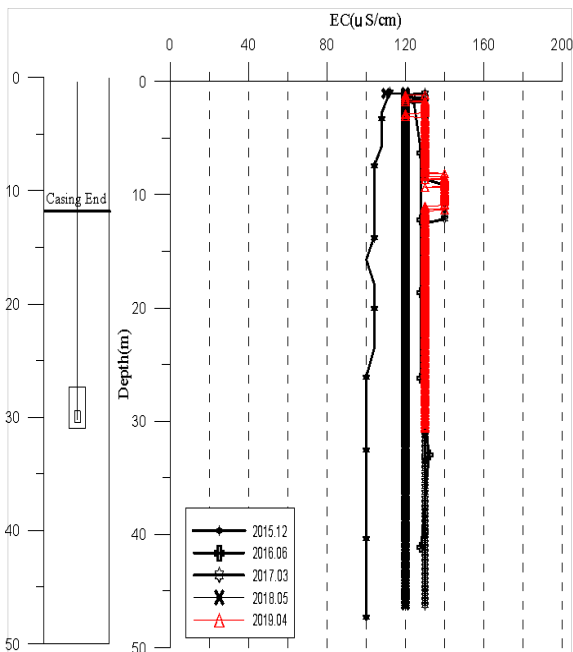
4. 지하수 검층



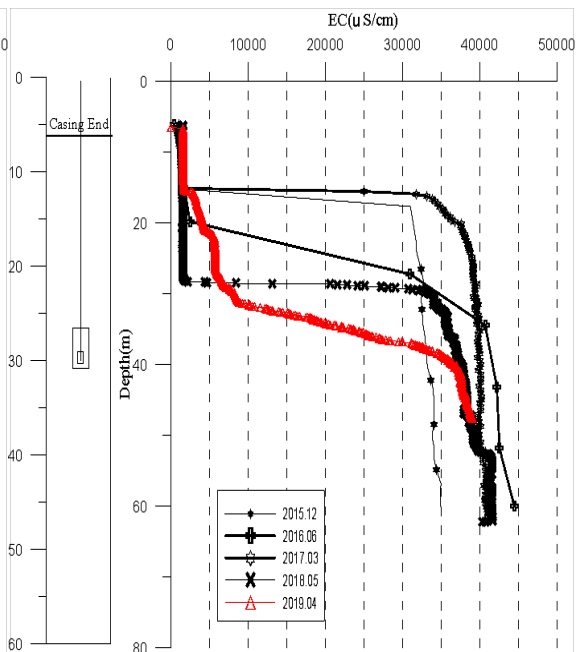
<순천1 관측정>



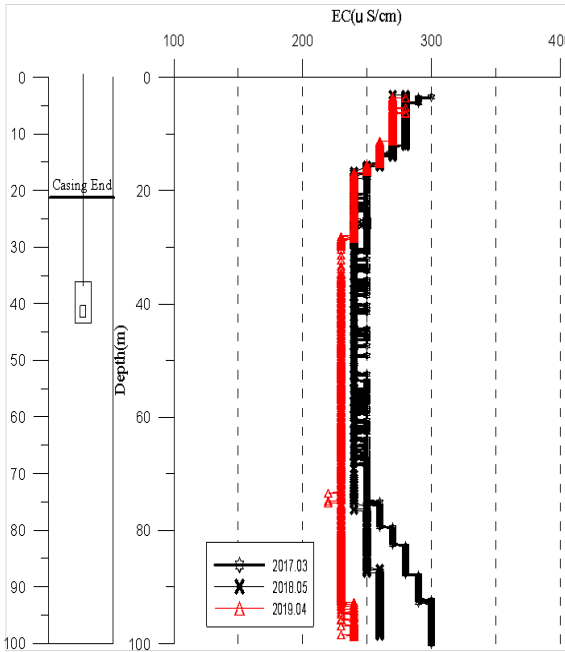
<순천2 관측정>



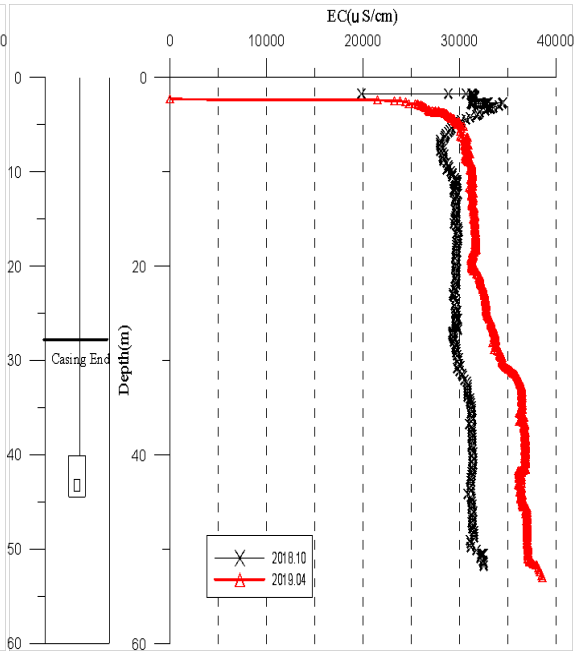
<순천3 관측정>



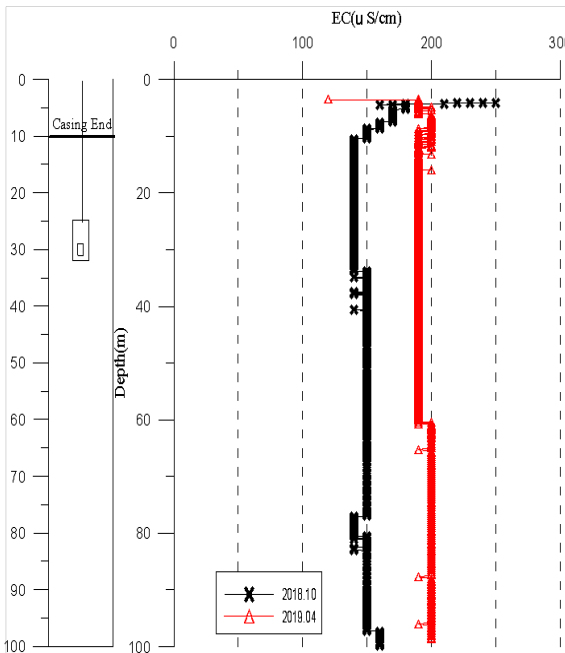
<순천4 관측>



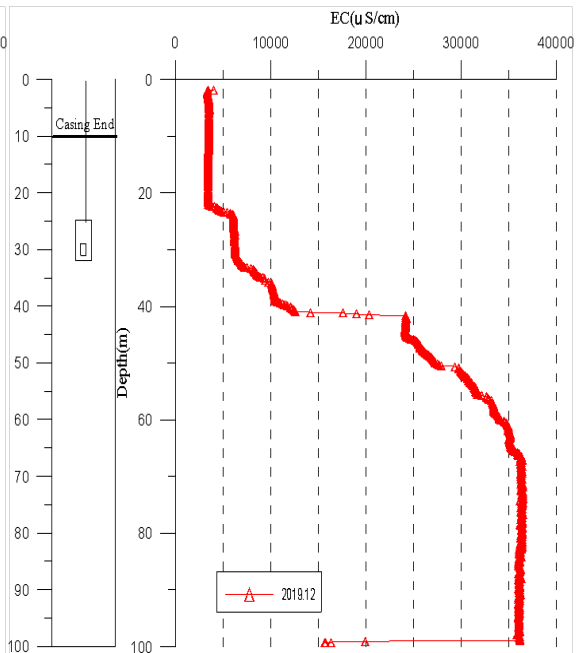
<순천5 관측정>



<순천6 관측정>



<순천7 관측정>



<순천8 관측정>

5. 지하수 수질 분석

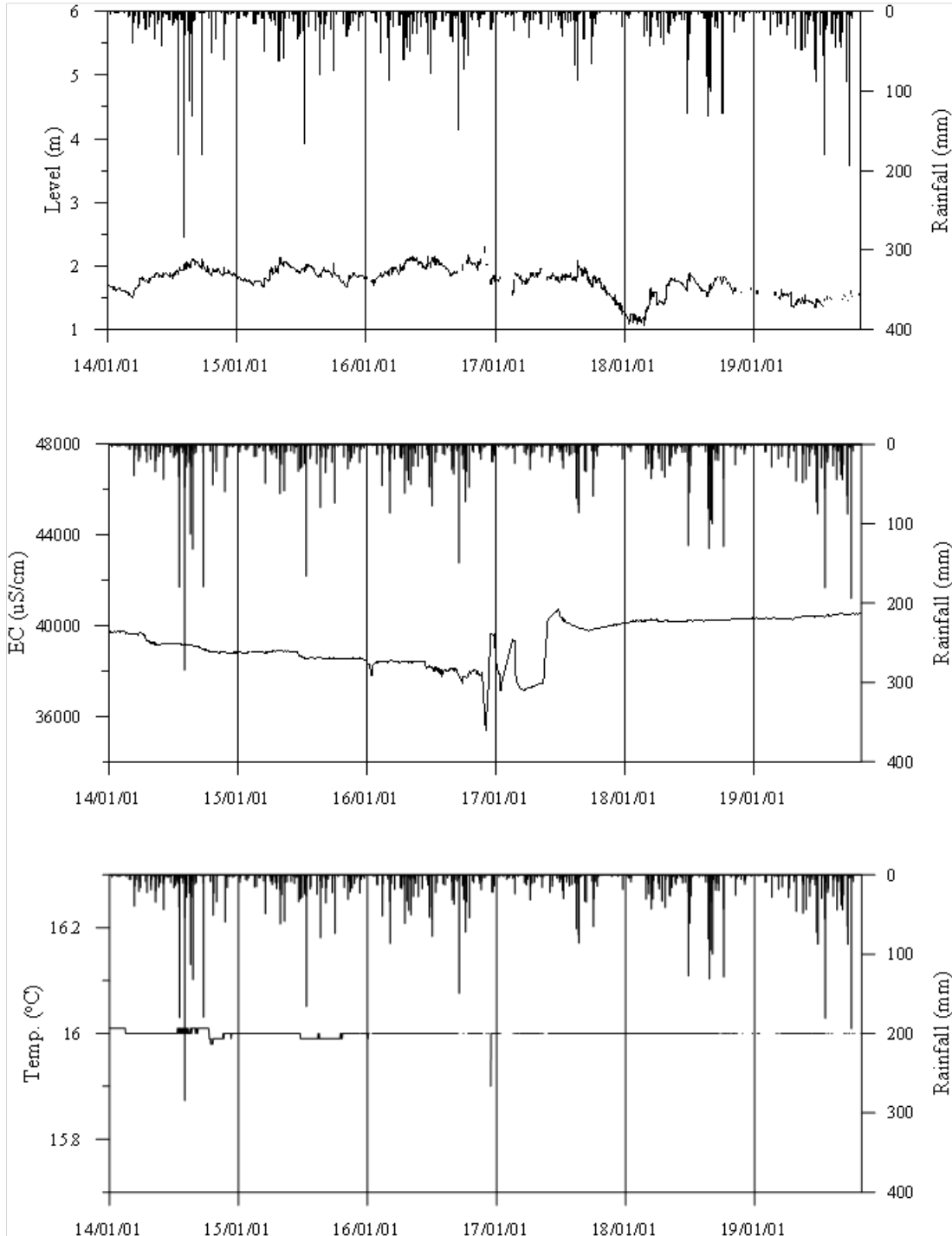
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

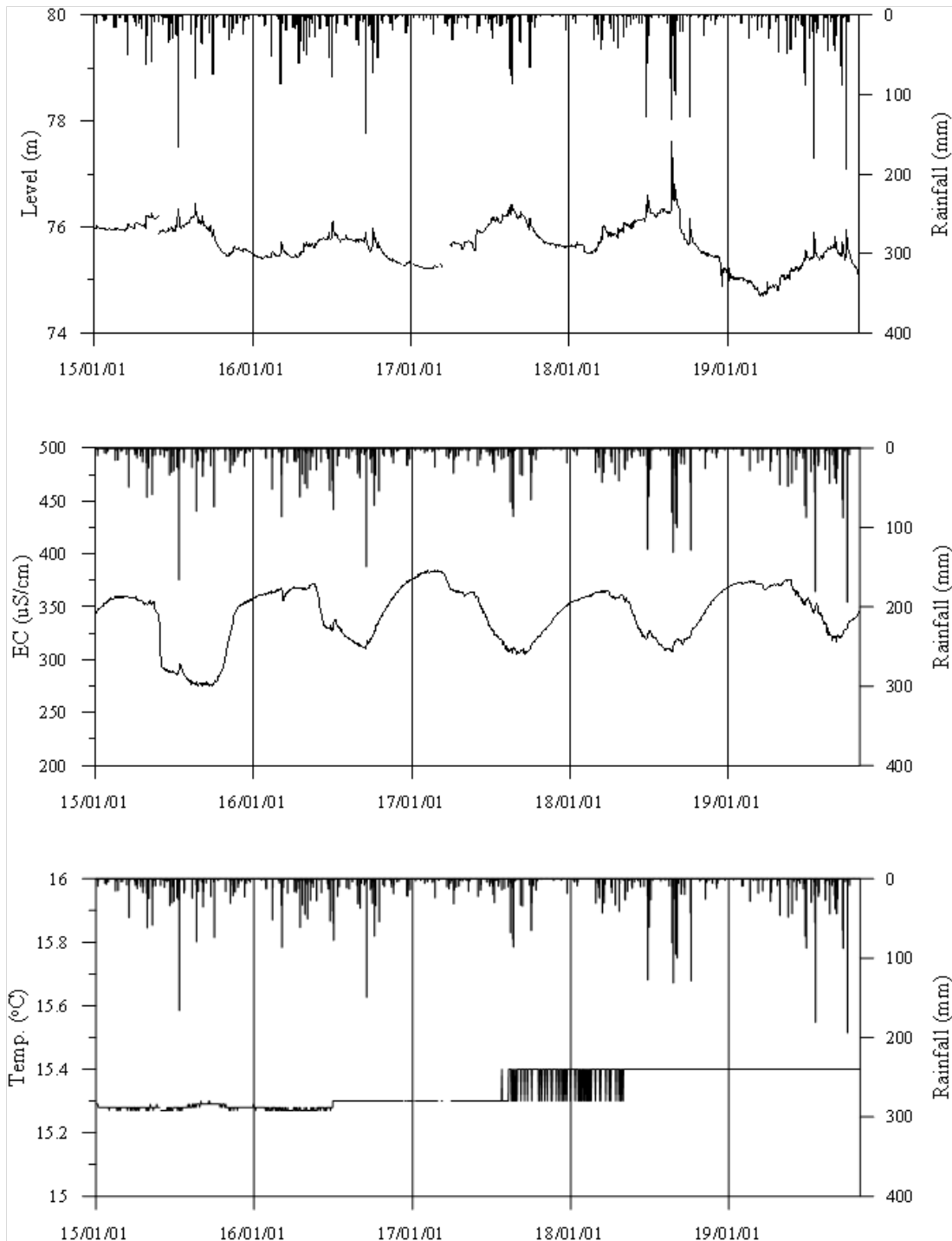
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
순천1	(2013. 9)	6166.92	842.27	98.46	1378.71	1541.75	14514.83	158.60	N.D.
	(2014. 3)	5482.34	594.62	101.38	989.71	1063.66	9823.90	454.45	5.52
	(2015. 4)	5548.35	860.67	117.92	1154.08	1233.96	11130.69	134.20	252.60
	(2016.10)	4980.00	423.00	66.10	567.60	1383.90	6939.50	104.00	4.70
	(2017. 3)	4958.82	419.78	110.18	441.88	979.64	8761.76	18.30	N.D.
	(2018. 5)	5826.47	699.13	86.05	1001.53	1306.15	11218.85	106.75	N.D.
	(2019. 5)	5065.99	723.64	86.90	1023.70	1193.97	9963.98	122.00	N.D.
순천2	(2014. 9)	11.80	6.66	1.88	30.64	8.38	13.31	115.90	5.24
	(2015. 4)	11.84	10.04	4.91	32.66	10.15	10.48	137.25	4.32
	(2016.10)	12.18	7.90	3.20	37.12	23.60	24.60	79.00	3.40
	(2017. 3)	13.85	8.88	3.04	36.55	0.77	14.37	163.18	N.D.
	(2018. 5)	9.94	8.75	3.38	42.96	10.13	10.45	152.50	3.59
	(2019. 5)	9.70	9.11	3.31	44.84	10.25	9.13	167.75	4.03
순천3	(2015.12)	10.72	3.69	1.27	10.20	6.0	3.0	61.0	N.D.
	(2016.10)	19.88	0.86	0.70	14.86	31.20	5.80	66.00	1.80
	(2017. 3)	13.51	0.32	0.55	14.70	8.26	4.37	57.95	N.D.
	(2018. 5)	12.46	0.14	0.51	11.92	7.81	3.29	48.80	N.D.
	(2019. 5)	623.69	124.78	27.98	173.82	407.96	1051.24	271.45	3.49
순천4	(2015.12)	5346.26	787.61	66.81	1430.22	418	3,068.2	128.1	N.D.
	(2016.10)	100.70	55.30	21.80	70.15	357.20	111.60	193.00	70.50
	(2017. 3)	226.41	61.93	18.43	52.01	186.90	138.96	497.15	56.43
	(2018. 5)	2887.31	536.56	60.18	1110.08	1059.59	6495.21	143.35	260.45
	(2019. 5)	11.18	0.19	0.51	13.67	7.95	3.10	51.85	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
순천5	(2017. 3)	7.95	7.86	1.40	33.22	1.18	8.14	152.50	0.16
	(2018. 5)	8.39	7.71	1.13	27.64	2.85	2.96	125.05	0.14
	(2019. 5)	8.23	7.18	1.16	28.23	3.10	7.42	115.90	0.25
순천6	(2018.10)	5329.84	866.85	145.66	1239.58	1842.70	12152.83	118.95	106.08
	(2019. 5)	4712.03	819.31	204.97	1196.21	1418.03	9797.76	118.95	N.D.
순천7	(2018.11)	15.15	3.15	3.12	16.20	5.67	8.13	76.25	1.00
	(2019. 5)	20.54	2.57	1.82	17.66	5.28	7.74	91.50	N.D.

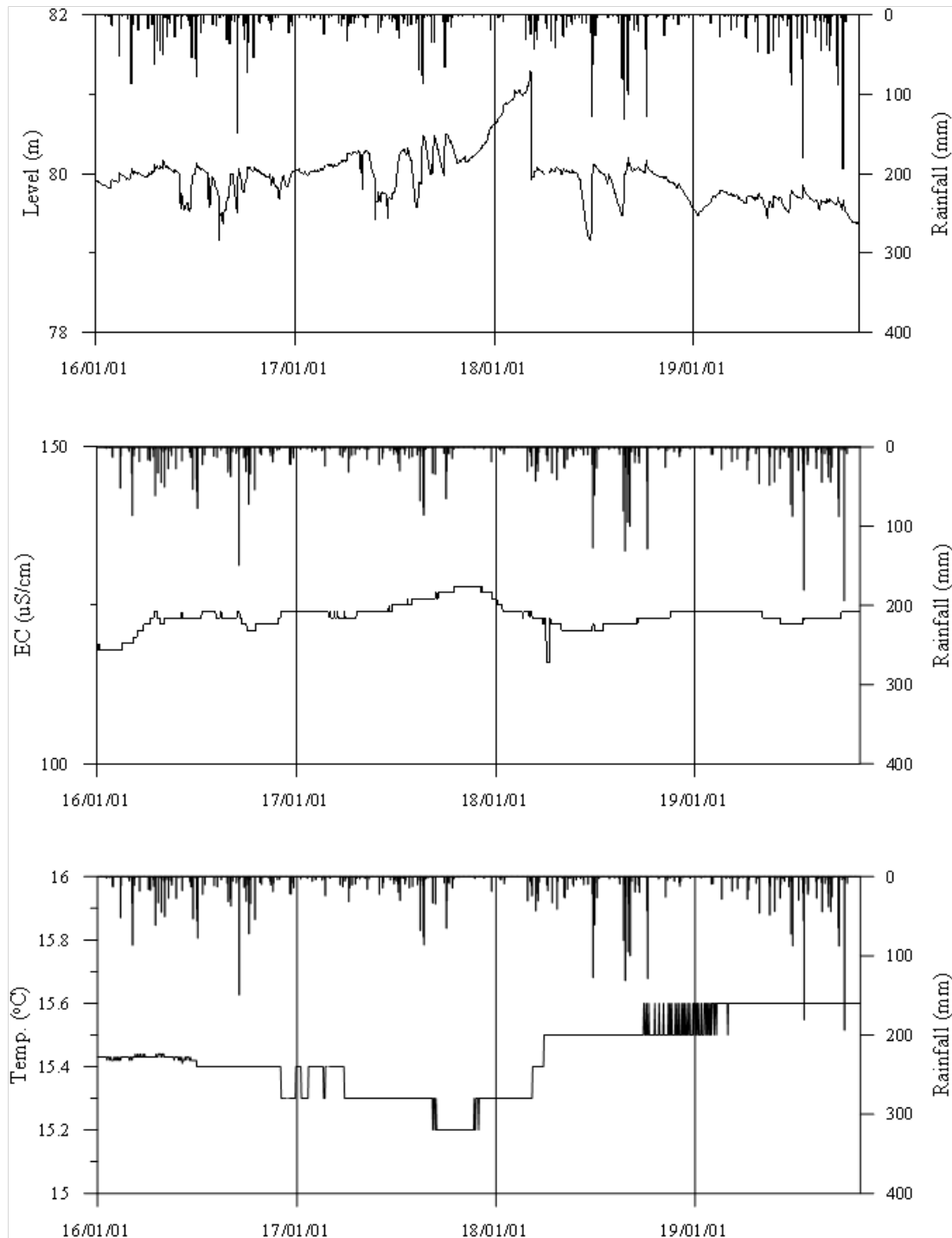
6. 장기관측 결과



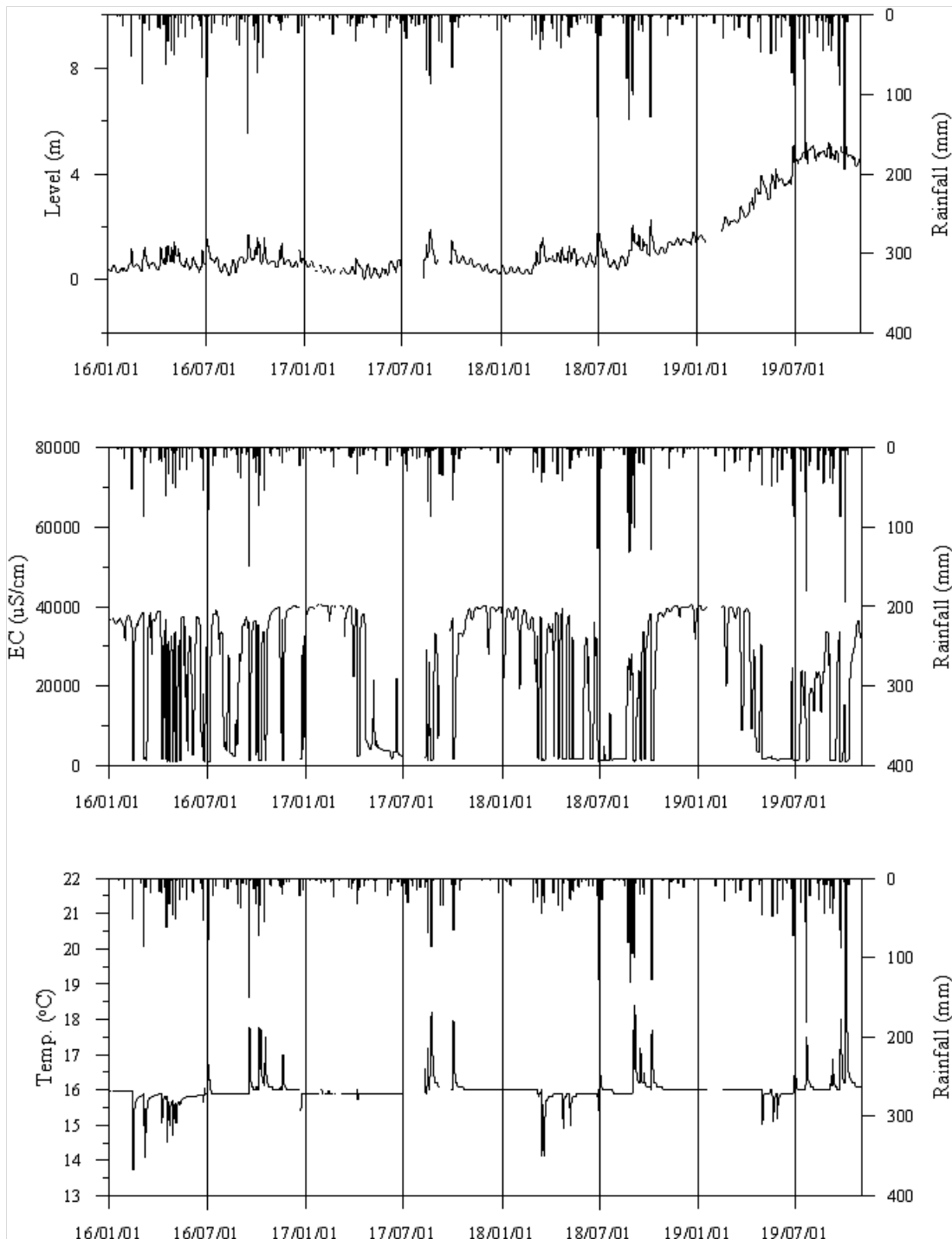
<순천1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



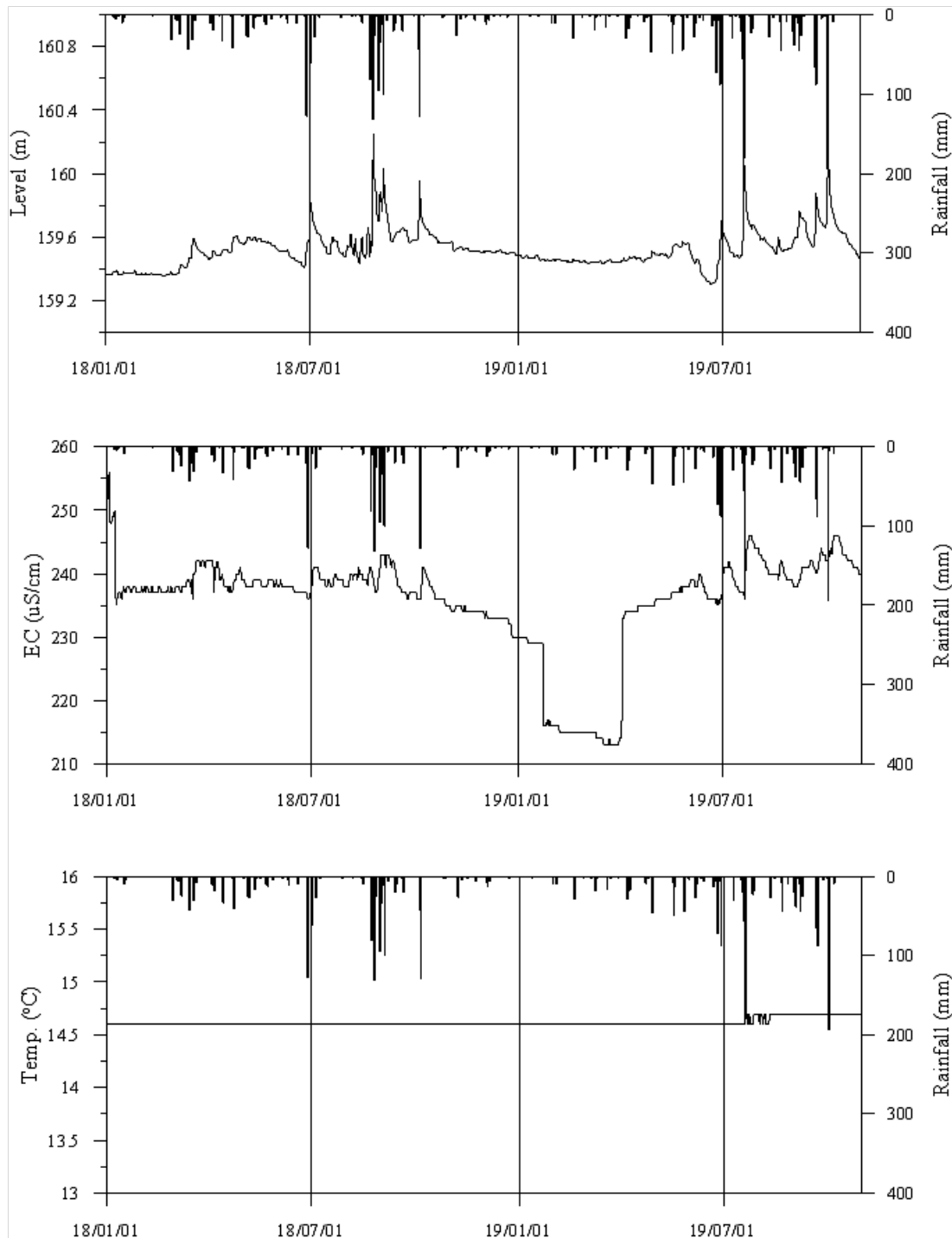
<순천2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



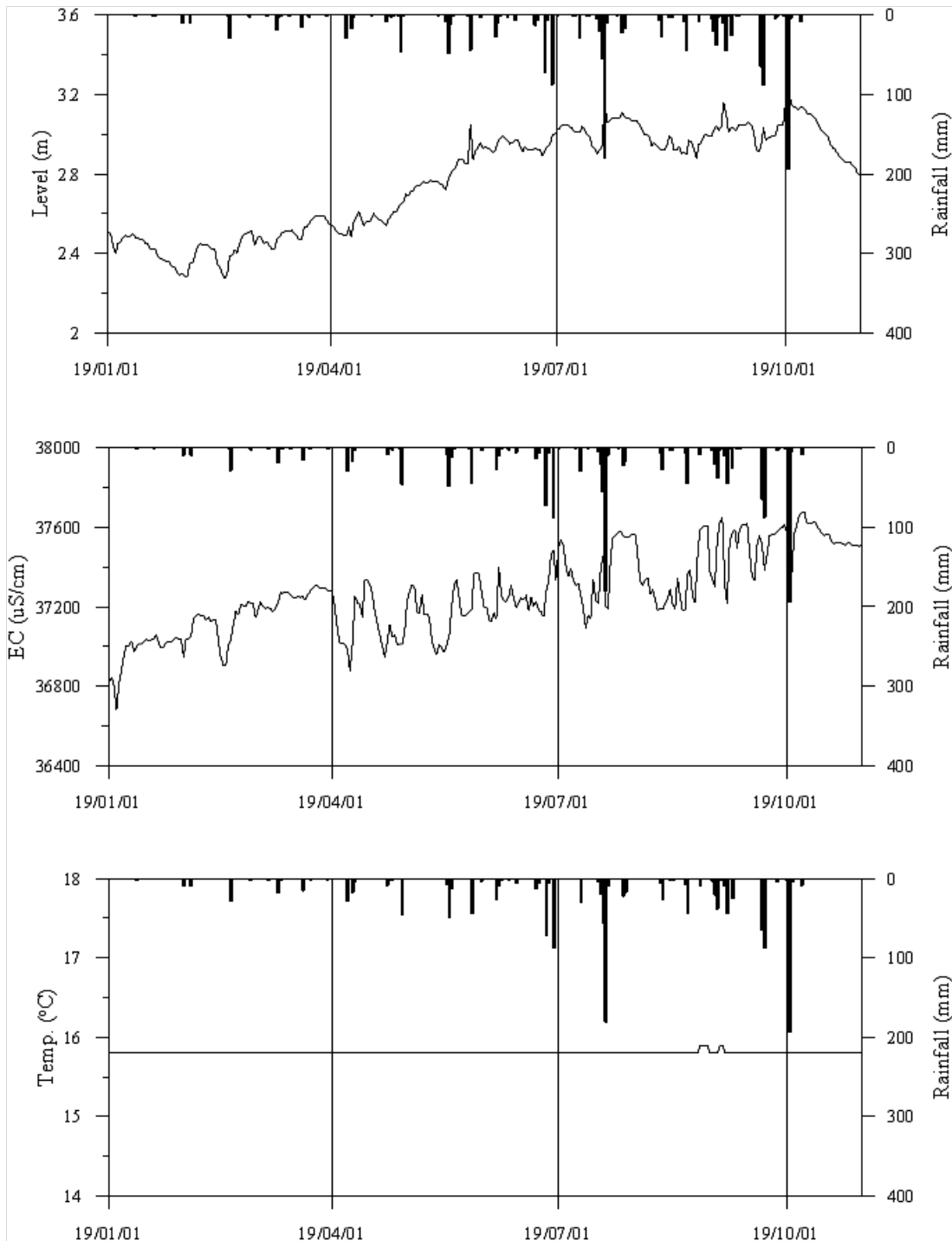
<순천3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



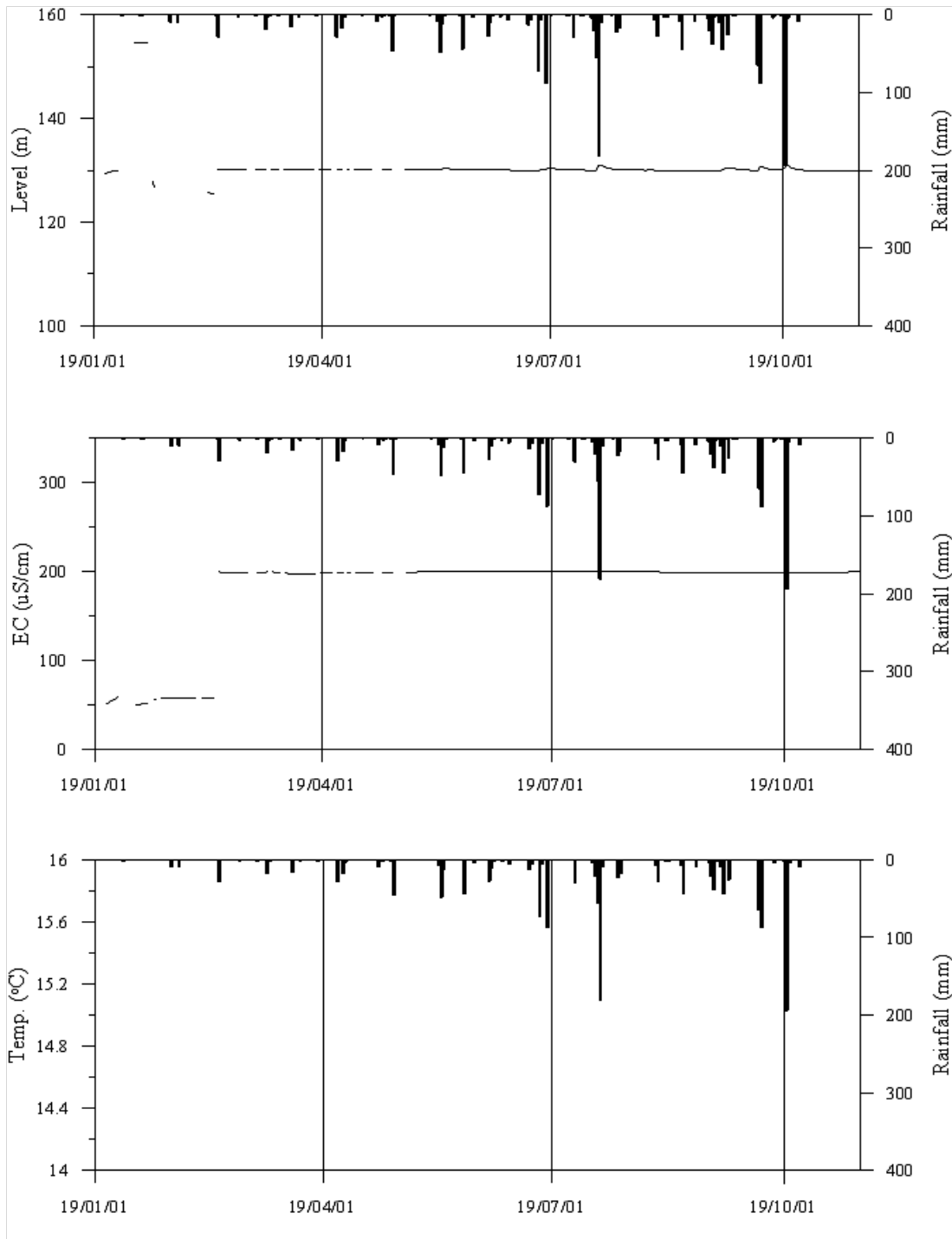
<순천4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<순천5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<순천6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<순천7 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 순천1 관측공은 주변에 전형적인 논농사 위주의 농경지가 조성되어 있다. 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하기 위한 관측공을 설치하였다. 순천2 관측공 상류부에는 주암면 소재지와 골프장이 위치해 있으므로 지속적인 지하수 수질 및 수량 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다. 순천3 관측공은 용곡제 상류부에 위치하며, 농경지는 산간지류를 따라 부분적으로 발달되어 있다. 인근에는 순천일반산업단지를 비롯한 건설폐기물 처리단지 등이 위치하고 있으며, 도심지역에 근접하여 주택가, 위락시설 등의 오염인자가 넓게 분포되어 있다. 또한 순천완주 및 남해고속도로와 근접하여 각종 화학물질에 노출되어 지하수 오염이 우려된다. 이에 따라 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 순천4 관측공은 해룡천에 발달한 농경지역에 위치하며, 농경지는 주로 논으로 이용되고 있다. 관측공 인근은 순천만 간척지로 농지가 넓게 분포하고 있으며 농업용수로는 지하수와 인근 하천수를 주로 사용하고 있다. 봄, 여름철 영농기에 농업용수의 수급에 따른 지하수 수량부족과 넓은 농지에 살포되는 비료와 농약의 영향으로 지하수 수질 오염이 우려됨에 따라, 지하수의 수량·수질 보전 및 관리를 위해 관측공을 설치하였다. 순천5 관측공이 설치된 순천시 월등면 운월리는 곡성군 목사동면, 순천시 승주읍이 인접한 지역이며, 산악지형을 따라 형성된 과수재배단지가 자리하고 있다. 이 지역은 2016년 승월지구 지하수자원관리 조사시 복숭아, 감 등을 재배하는 과실단지로 과다한 비료 살포로 인한 질산성질소가 높게 나타났다. 또한 DRASTIC 지수가 높게 나타나 향후 지하수 수질오염의 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 하고자 관측공을 설치하였다. 순천6 관측공은 순천시 별량면 우산리에 위치하며, 순천만과 인접하고 대단위 간척지역으로 주변에 넓은 농경지가 자리하고 있다. 이 지역은 2013년 승상지구 지하수자원관리 조사 시 DRASTIC 지수, 단위면적당 오염부하량이 높아 지하수 수질오염이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공

을 설치하였다. 순천7 관측공이 설치된 순천시 주암면 행정리는 순천시 북서쪽에 위치하고, 호남고속도로가 지나고 있으며 시루산(650 m), 오성산(600 m)에 둘러싸여 있다. 이 지역은 2014년 송외지구 지하수자원관리 조사 시 DRASTIC 지수, 단위면적당 오염부하량, 관정밀도 등이 높게 조사된 창촌리와 인접하여 있으며, 상류에 순천CC, 파인힐스CC에 의한 지하수 수질오염이 우려됨에 따라 장기적인 수량·수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 순천8 관측공은 관정개발밀도가 91.43 공/km²로 매우 높고, 단위면적당 오염부하량이 45.87 kg/일/km²로 타읍면보다 상대적으로 높다. 또한 오염원분포밀도도 가장 높아 지속적 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 순천6 관측공의 양수량은 140 m³/d 이며, 수리전도도는 3.15×10^{-4} cm/sec(대수층 두께 29 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid는 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 0.1 ~ 2.5 ohm-m 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 케이싱 이하 심도부터 50 m 심도까지 감소와 증가가 반복하여 나타난다. 순천7 관측공의 양수량은 53 m³/d 이며, 수리전도도는 6.66×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 91 m) 이다. 물리검층 결과, 전기비저항은 케이싱 심도 이하부터 공저까지 약 20 ~ 170 ohm-m 범위이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 케이싱 이하 부터 90 m 심도까지 감소 및 증가가 반복하여 나타난다. 순천8 관측공의 양수량은 600 m³/d, 수리전도도는 1.29×10^{-3} cm/sec 이다. 물리검층 결과 Fluid는 0.9 ~ 1.0 ohm-m이며, 단노말과 장노말 값은 공저로 갈수록 다르게 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 순천1 관측공은 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해안가에 위치하여 전기전도도는 약 20,000 ~ 43,000 $\mu S/cm$ 범위이다. 또한 심도 약 15 ~ 30 m 구간에 전이대 구간이 형성되어 있고, 연도별 전기전도도 변화는 거의 나타나지 않는다. 순천2 관측공은 심도 약 30 m 이후에서 미미한 전기전도도 증가 현상이 나타나지만, 최대 약 360 $\mu S/cm$ 이하의 전기전도도를 보인다. 순천3 관측공은 약 130 $\mu S/cm$ 이하로 공저까지 전기전도도의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 순천4 관측공은 약 1,000 ~

45,000 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도 약 22 ~ 33 m 구간에서 전기전도도가 약 40,000 $\mu S/cm$ 이상 급격하게 증가하였고 이후 공저까지는 미약한 증가 현상을 나타내고 있다. 순천5 관측공은 전구간 300 $\mu S/cm$ 미만이다. 순천6 관측공은 심도 약 3~8 m 까지 감소하나 이후에는 28,000~32,000 $\mu S/cm$ 범위의 전기전도도를 보인다. 순천7 관측공은 심도 약 10 m 까지 감소하나 이후에는 미미하게 변동하며 전기전도도는 약 140~160 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 순천8 관측공은 심도 40 m 이후부터 250 ~ 360 $\mu S/cm$ 범위로 크게 증가한다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 순천1, 3, 6, 8 관측공은 해수에 의한 유입을 반영하여 (Na+K)-Cl 유형에 해당한다. 순천2, 5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이며, 순천4, 7 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 분석되었다. 순천1, 4 관측공의 질산염 농도는 간헐적으로 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 내지 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 이상으로 검출되었다. 특히 순천1, 4, 6 관측공에서는 해수가 유입됨에 따라, 이용 규제 및 타수자원 이용을 모색해야 한다.
- 5) 장기 관측결과 : 순천1 관측공의 지하수위 변동폭은 1 m 이내이며 강수에 비례하는 관계를 보이고 있다. 전기전도도는 점차적으로 감소하는 추세로 약 35,000 $\mu S/cm$ 에서 약 41,000 $\mu S/cm$ 까지 나타난다. 순천2 관측공의 지하수위는 강수와 상관관계가 크지 않으며, 수위 변동폭은 1 m 이내이다. 전기전도도는 약 320 $\mu S/cm$ 내외이다. 순천3 관측공의 지하수위 변동폭은 1 m 이내이며, 강수와 일부 상관관계를 가진다. 전기전도도는 전체적으로 큰 변화없이 유지하는 추세로 나타난다. 순천4 관측공의 지하수위는 강수와 큰 상관관계를 가지고 있으나 수위 변동폭은 1 m 이내이며, 전체적으로는 유지하는 추세이다. 전기전도도는 조석의 영향에 의해 1,000 ~ 40,000 $\mu S/cm$ 까지 큰 폭의 변화를 보이고 있다. 순천5 관측공의 지하수위 변동폭은 1 m 이내이며 강수에 비례하는 경향을 보인다. 전기전도도는 2018년 1월 이후 큰 변화가 없으며 약 235~255 $\mu S/cm$ 범위를 나타낸다. 순천6 관측공은 지하수위는 2.2 ~ 3.2 m, 전기전도도는 3,600 ~ 37,600 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 순천7 관측공은 지하수위나 전기전도도 변화없이 일정하게 나타난다.

- 6) 관리 방안 : 순천1, 4, 6 관측공은 현재 해수에 의해 심각하게 오염된 상태에서 관측공 주변 지하수는 영농에 활용이 불가능하다. 따라서 타 수자원을 통한 농업용수 공급이 바람직하다. 순천2, 3, 5 관측공 주변 지하수는 현재 영농에 활용이 가능하지만, 지표오염원의 유입 예방 및 과잉양수 등을 주의하면서 이용할 필요가 있다.

2.7.11 곡성지구

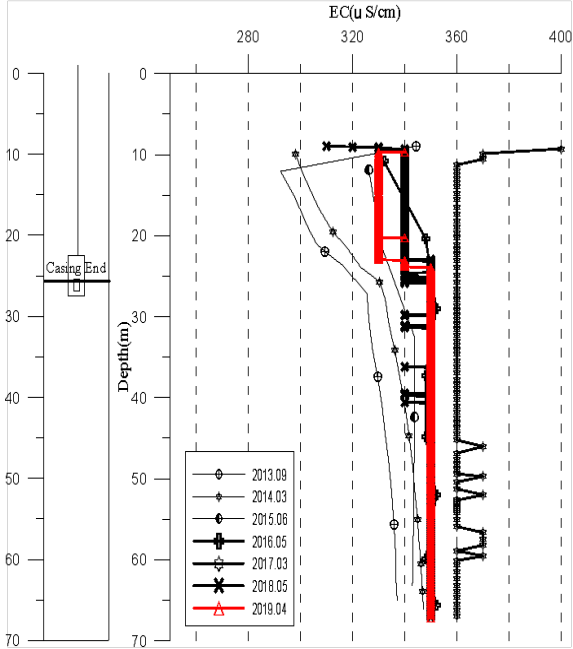
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
곡성1	곡성군 곡성읍 읍내리 560	226990.8925	198579.8232	68.45	2013	60.25
곡성2	곡성군 겸면 괴정리 731-11	218059.651	193734.372	111.17	2014	107.85
곡성3	곡성군 목사동면 용봉리 440-1	228260.984	178543.544	134.08	2014	110.82
곡성4	곡성군 곡성읍 대평리 1292-10	297901.484	229158.429	52.15	2017	45.05
곡성5	곡성군 옥과면 무창리 1228	298943.282	214333.481	91.53	2017	87.93
곡성6	곡성군 석곡면 당월리 752-2	223271.870	285080.010	82.95	2018	78.32

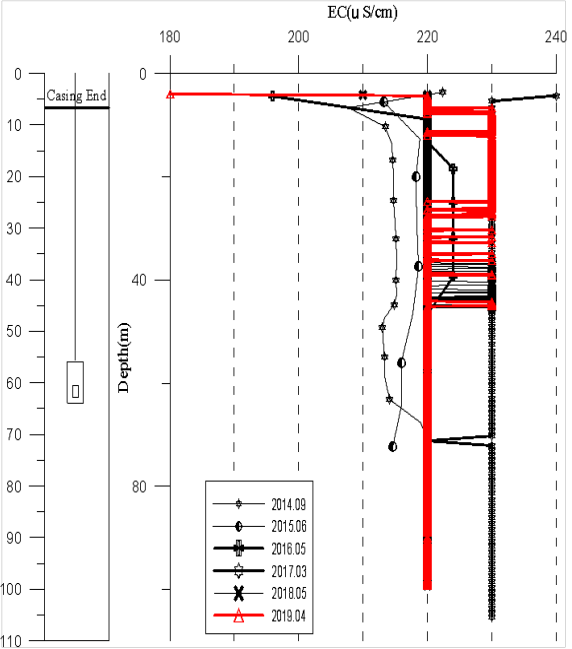
2. 지형 및 지질

곡성지구는 곡성군의 대표적인 농경지역에 위치하며, 곡성군청 등 시가지의 확장에 따라 농어촌 지하수의 수량 및 수질에 미치는 영향을 관측하기 위해 설치하였다. 지질은 화강암류 및 편암류가 기반암을 이루고 있고, 그 위에 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

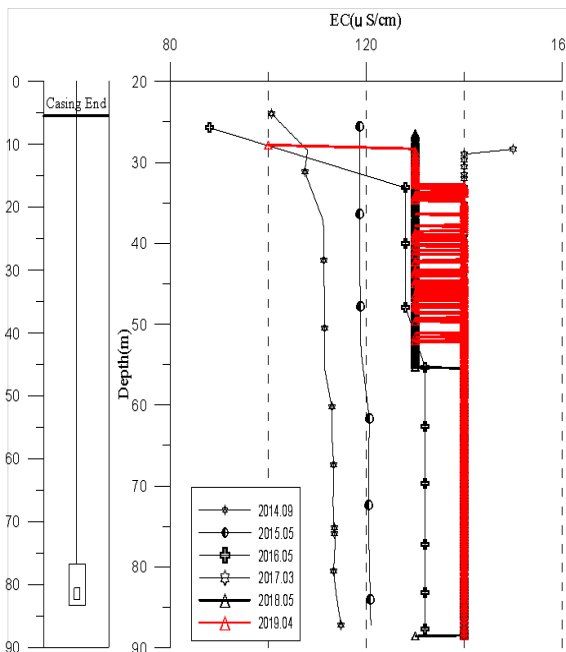
3. 지하수 검층



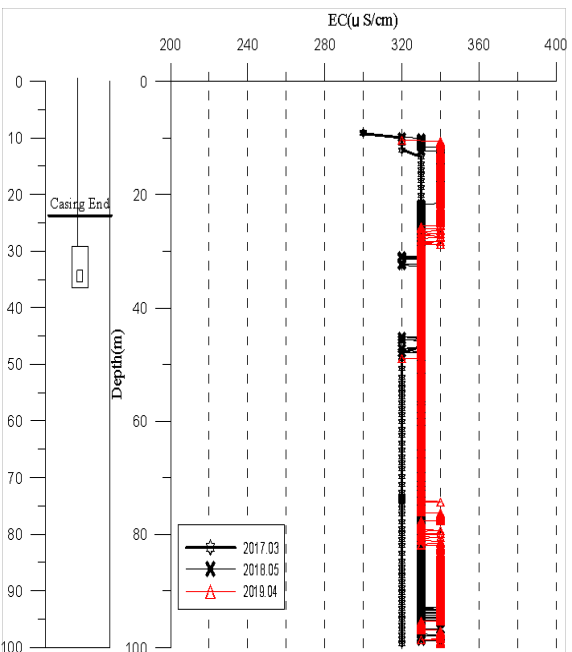
<곡성1 관측공>



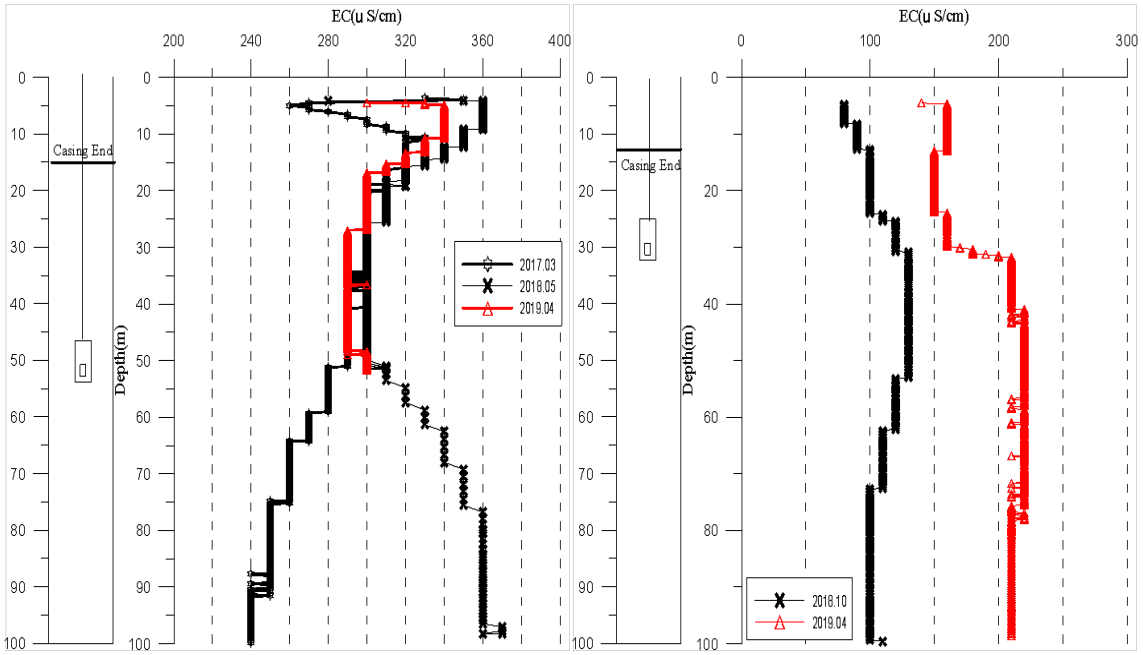
<곡성2 관측공>



<곡성3 관측공>



<곡성4 관측공>



<곡성5 관측공>

<곡성6 관측공>

4. 지하수 수질 분석

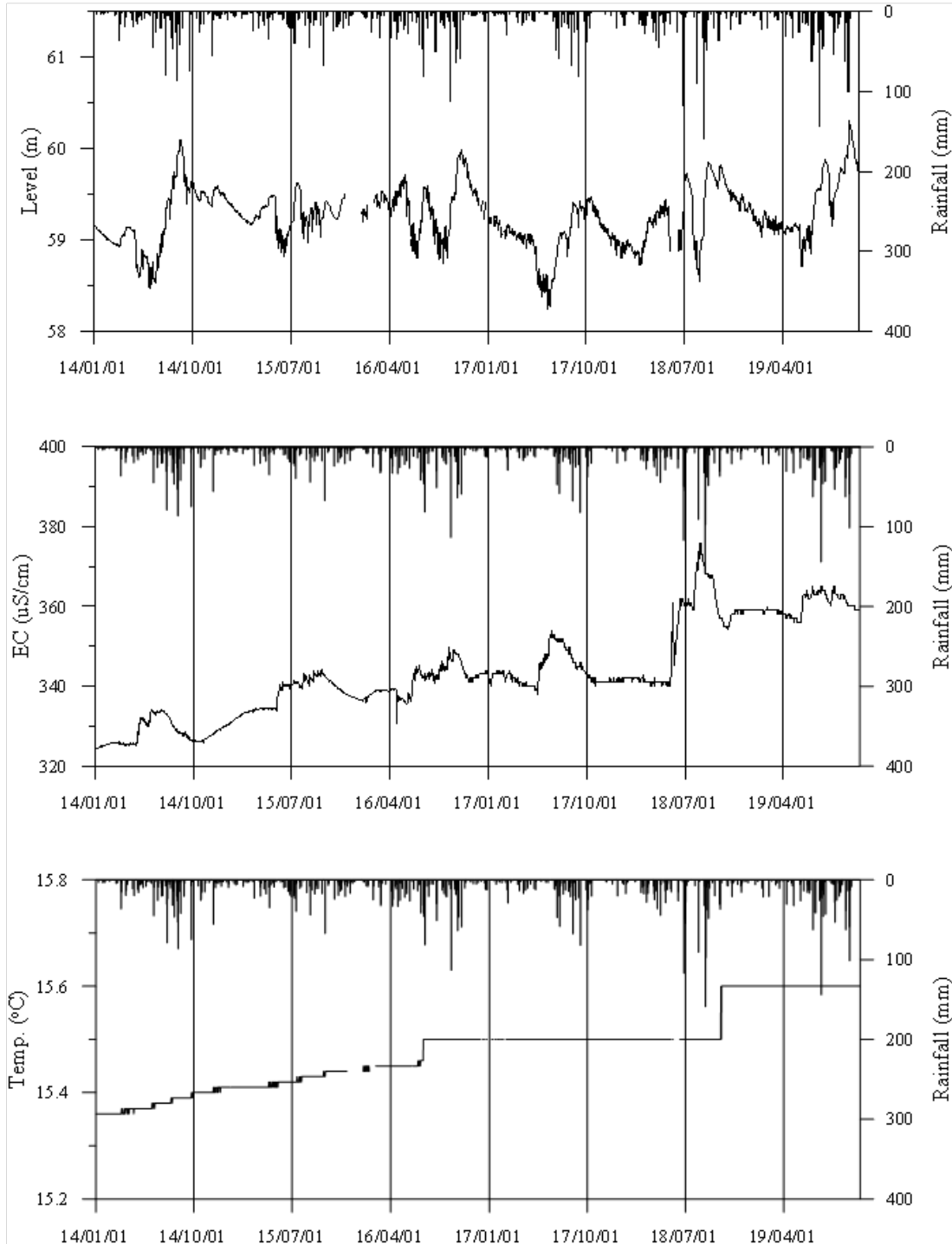
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

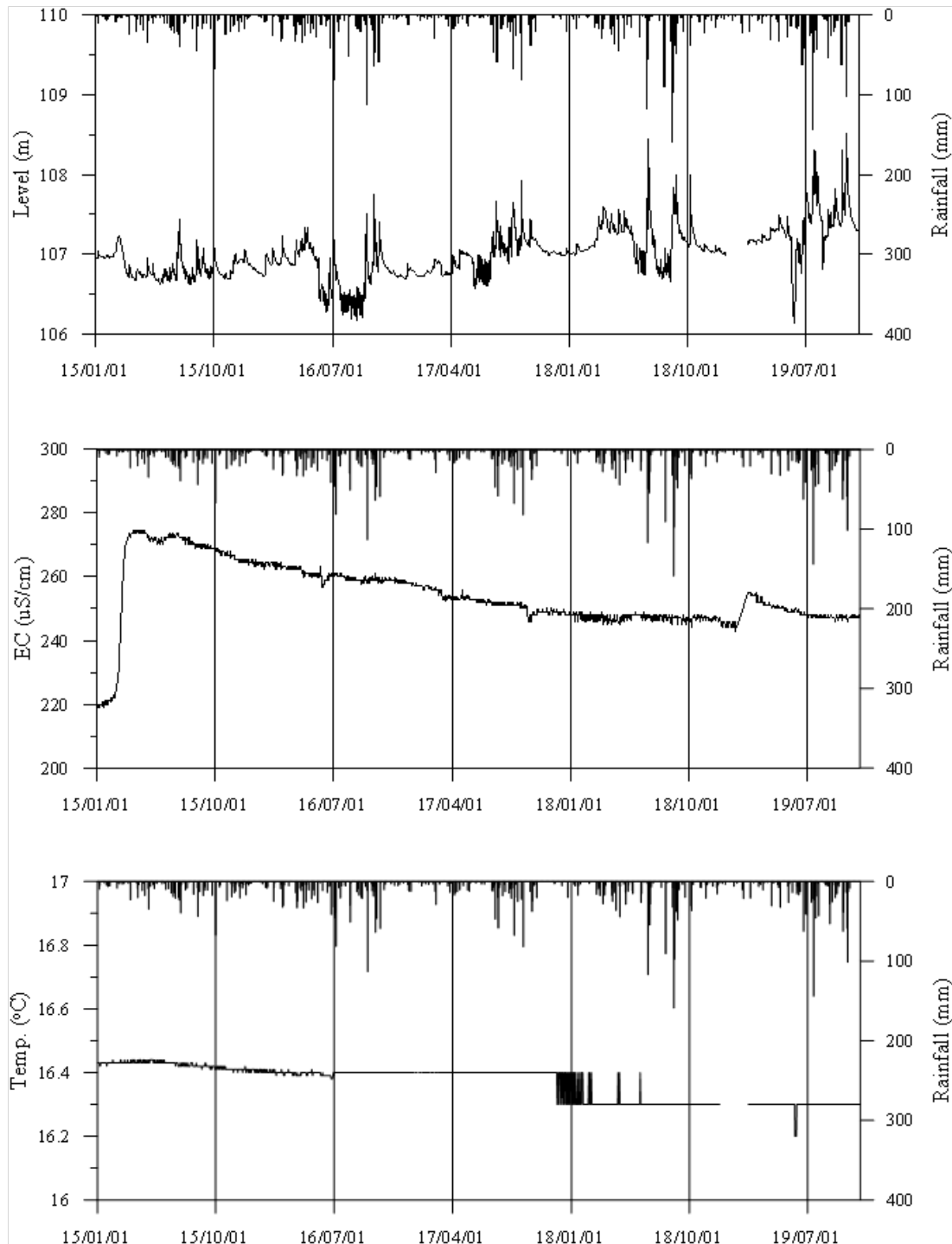
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
곡성1	(2013. 9)	39.72	8.60	3.06	34.66	9.29	77.89	64.05	55.30
	(2014. 3)	20.30	5.46	5.57	35.19	3.87	36.85	57.95	52.99
	(2015. 4)	25.04	8.13	2.63	36.12	7.16	40.05	79.30	52.74
	(2016.10)	21.94	7.31	2.90	34.55	10.90	61.60	72.00	78.10
	(2017. 3)	21.33	7.11	2.56	32.09	5.51	46.12	70.15	57.09
	(2018. 5)	18.28	6.70	2.63	31.41	6.20	35.32	48.80	52.31
	(2019. 5)	17.94	6.82	2.63	34.25	6.62	31.57	67.10	49.13

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
곡성2	(2014. 9)	35.82	0.46	0.38	7.45	9.17	10.58	64.06	0.67
	(2015. 4)	47.04	0.21	0.78	5.59	8.94	9.92	88.45	N.D.
	(2016.10)	43.25	0.34	0.98	6.37	7.54	11.64	93.40	3.70
	(2017. 3)	44.05	0.15	0.43	5.18	9.42	10.72	71.68	N.D.
	(2018. 5)	47.23	0.02	0.35	5.05	9.05	9.05	97.60	N.D.
	(2019. 5)	40.65	0.24	0.34	6.00	8.36	8.93	79.30	0.08
곡성3	(2014. 9)	8.86	3.21	0.73	9.63	3.15	5.66	36.60	12.97
	(2015. 4)	10.13	3.46	1.34	10.41	3.52	6.86	48.80	13.53
	(2016.10)	13.69	4.03	1.30	12.14	7.00	29.80	45.00	25.60
	(2017. 3)	10.66	3.55	0.97	11.30	3.79	9.10	36.60	18.10
	(2018. 5)	8.38	3.42	0.96	10.73	4.02	7.30	39.65	13.36
	(2019. 5)	8.22	3.46	0.94	11.73	3.51	6.36	39.65	14.71
곡성4	(2017. 3)	13.92	8.07	2.34	37.50	10.72	11.27	125.05	20.28
	(2018. 5)	13.37	7.73	2.37	38.79	10.83	12.18	122.00	20.88
	(2019. 5)	12.86	7.69	2.24	40.12	10.86	11.00	128.10	20.58
곡성5	(2017. 3)	31.44	5.50	1.87	18.88	3.36	33.45	27.45	83.05
	(2018. 5)	26.40	4.33	1.83	17.01	0.25	23.05	33.55	87.03
	(2019. 5)	26.21	4.62	1.71	17.53	1.10	20.51	30.50	83.93
곡성6	(2018.11)	7.91	4.04	1.73	9.06	1.42	5.57	48.80	5.48
	(2019. 5)	6.25	5.33	1.75	14.09	2.70	4.87	67.10	5.47

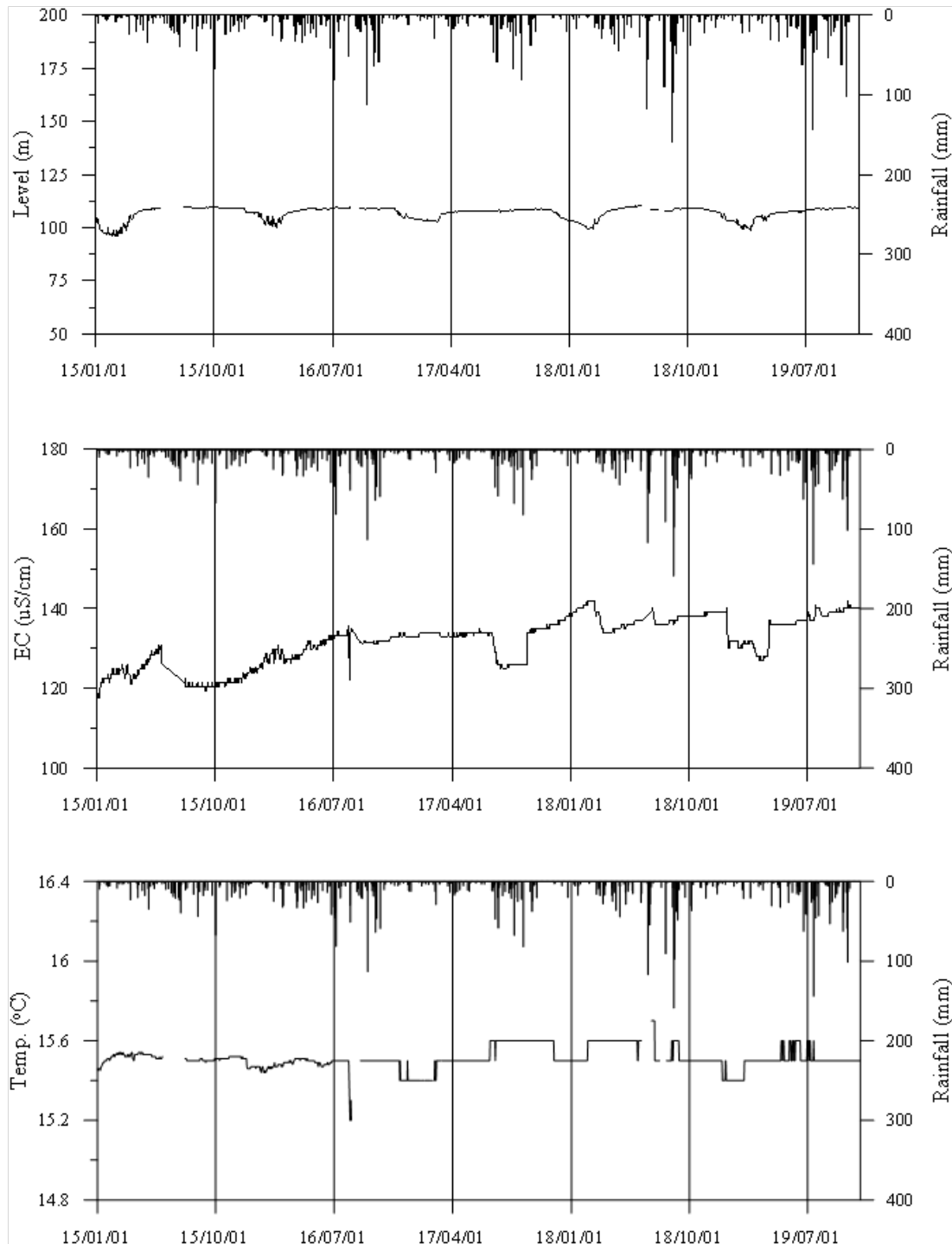
5. 장기관측 결과



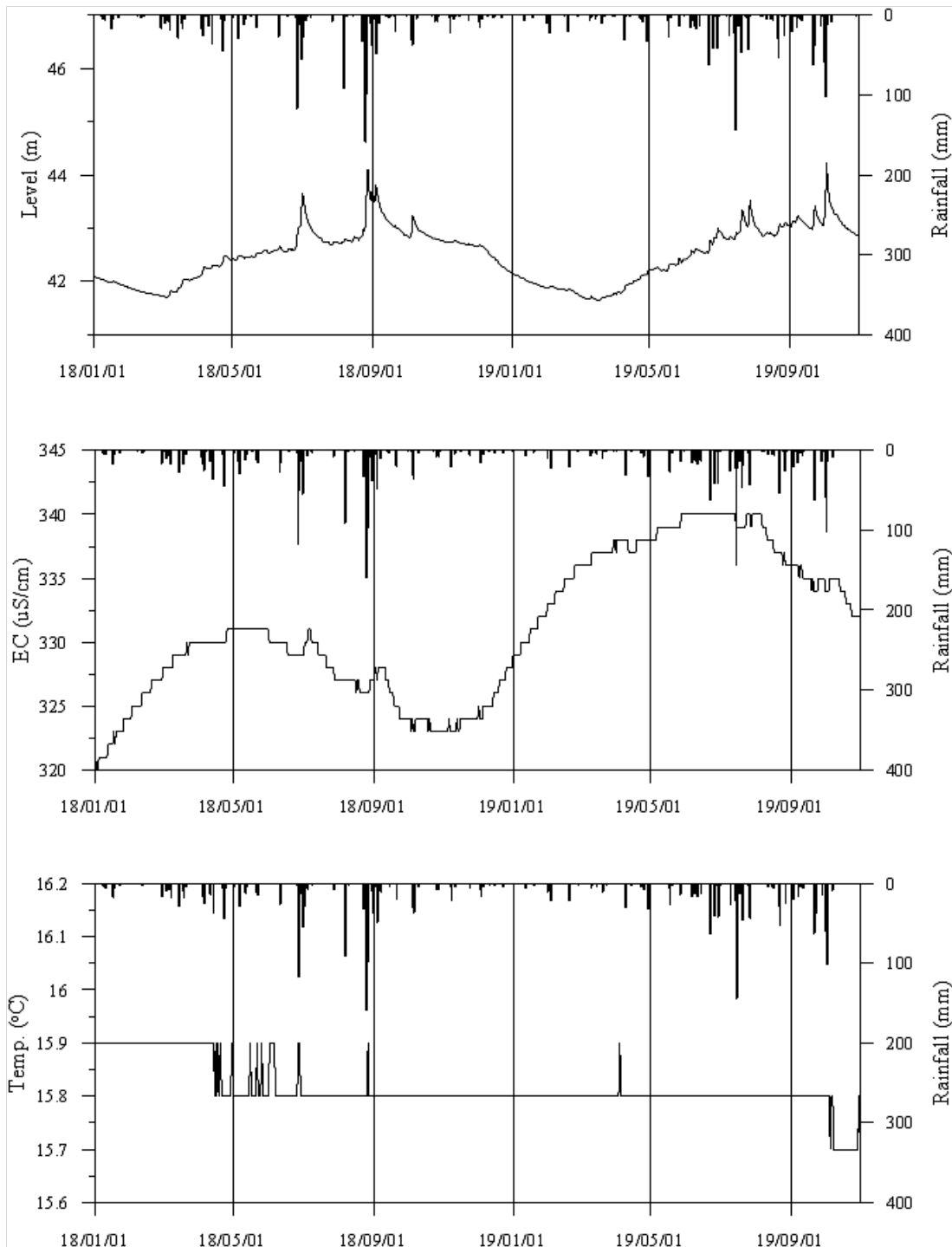
<곡성1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



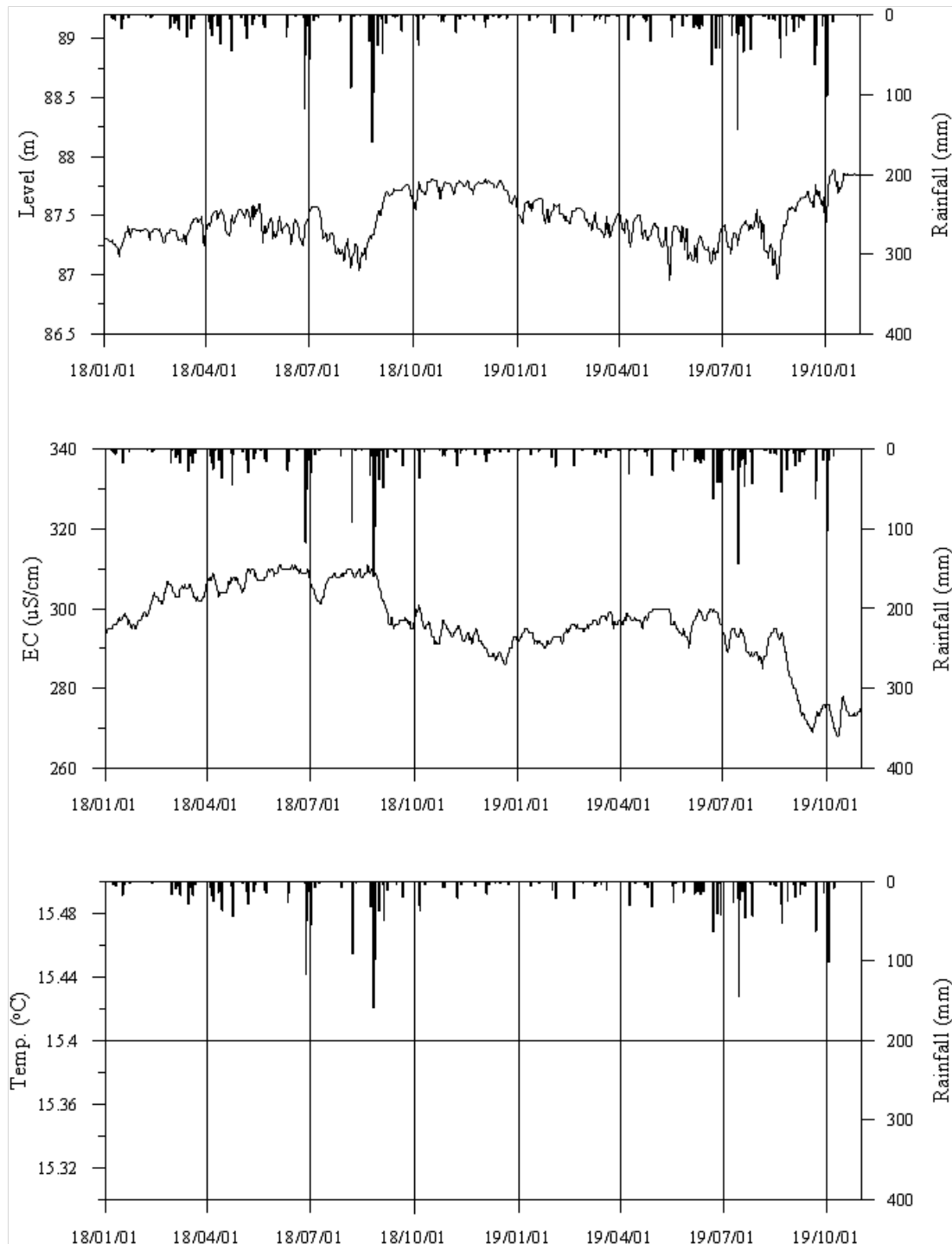
<곡성2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



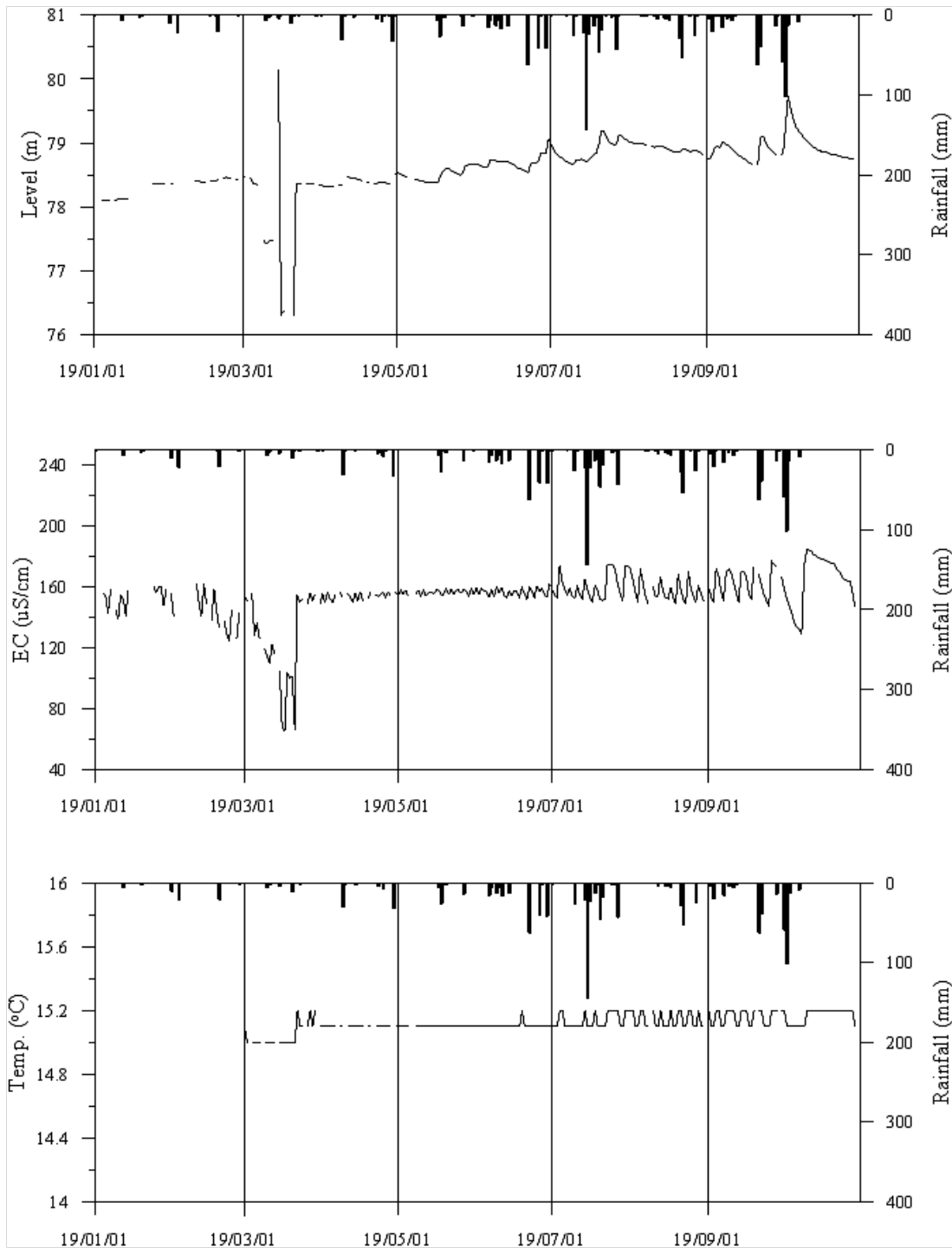
<곡성3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<곡성4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<곡성5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<곡성6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 곡성1 관측공은 논농사 지역 주변부에 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고 지하수 수량 및 수질 등의 장해를 미리 감지하기 위하여 설치하였다. 곡성2, 3 관측공 주변에는 많은 축사시설이 위치하므로 주기적인 지하수의 수량 및 수질 관측이 필요하여 설치하였다. 곡성4 관측공이 설치된 곡성군 곡성읍 대평리에 위치하는 곡성4 관측공은 곡성군 중심부의 섬진강 주변에 위치하며, 멜론, 고추 등을 재배하는 시설단지가 넓게 자리하고 있다. 이 지역은 2013년 곡고지구 지하수자원관리 조사 시 관정 밀도, 단위면적당이용량, 질산성질소, 오염원 분포 등이 매우 높게 나타나 지하수 수량부족과 수질오염이 우려되는 지역으로 조사된 바가 있어, 장기적인 지하수 모니터링이 필요하여 관측공을 설치하였다. 곡성5 관측공이 설치된 옥과면 무창리는 옥과면 읍내와 인접하고 곡성점면 농공단지, 기안CC, 광주CC가 주변에 자리하고 있다. 이 지역은 2014년 곡옥지구 지하수자원관리 조사시 오염원 분포밀도, 단위면적당 오염부하량이 높게 나타나고, 옥과기안CC가 자리하고 있어 수질오염의 우려가 있어 장기적인 지하수 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 곡성6 관측공이 설치된 곡성군 석곡면 당월리는 군 남쪽에 위치하고, 석곡천이 남-북으로 흐르면서 천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2018년 곡석지구 지하수자원관리 조사 시 대규모 축사시설 및 대단위 농경지의 영향으로 단위면적당 오염부하량이 높게 나타났으며, 해당 리는 호남고속도로, 석곡농공단지 등과 인접하여 주변시설물의 유출수에 의해 지하수 수질오염이 크게 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 곡성1, 2, 3, 4, 5, 6 관측공의 전기전도도는 공저까지 각각 $330 \sim 350 \mu S/cm$, $190 \sim 230 \mu S/cm$, $80 \sim 130 \mu S/cm$, $320 \sim 330 \mu S/cm$, $240 \sim 340 \mu S/cm$, $80 \sim 130 \mu S/cm$ 범위로 나타난다. 전기전도도만으로 살펴보면, 일반적인 농어촌지역 담지하수의 전기전도도 범위에 해당된다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 곡성1, 2, 3, 6 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이고, 곡성 4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로, 곡성5 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이다. 곡성지구는 내륙에 위치함에도 불구하고 나트륨 및 염소이온 함량이 높는데, 이는 분뇨, 하수 등에서 기인한 것으로 판단된다. 곡성1, 5 관측공의 연도별 분석 결과, 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 간헐적으로 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 곡성1 관측공의 지하수위는 강수와 높은 상관관계를 가지며, 수위 변동폭은 1 m 이내이다. 영농기 지하수 이용에 따른 지하수위 하강 현상이 보이며, 전기전도도는 꾸준히 증가하는 경향을 보인다. 곡성2 관측공의 지하수위는 일부 강수에 의한 영향을 받으며, 지하수위 변동폭이 1 m 이내로 큰 변화는 없는 것으로 나타났다. 전기전도도는 2015년 2월에 약 60 $\mu S/cm$ 가 상승한 뒤 이후 점차적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 곡성3 관측공의 지하수위는 강수에 의한 영향이 거의 나타나지 않으며, 전기전도도는 소폭이지만 전체적으로 상승하는 추세를 나타낸다. 곡성4 관측공의 지하수위는 일부 강수에 의한 영향을 받으며, 지하수위 변동폭은 2 m 이내로 큰 변화는 없는 것으로 나타났다. 전기전도도는 2018년 1~7월 까지 약 330 $\mu S/cm$ 로 상승한 뒤 이후 감소하는 경향을 보이고 있다. 곡성5 관측공의 지하수위는 강수에 의한 영향이 거의 나타나지 않으며, 전기전도도는 2018년 1~9월 까지 약 310 $\mu S/cm$ 로 상승한 뒤 이후 감소하는 경향을 보이고 있다.
- 5) 관리 방안 : 곡성1, 5 관측공은 나트륨 및 염소이온, 질산염 등의 오염이 발견되므로 지표오염물질의 유입 등을 차단하여야 한다. 그리고 꾸준한 모니터링을 통해 수질의 변화 추이를 살피고, 이를 통해 적극적인 지하수 보전관리를 시행하여야 한다.

2.7.12 고흥지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
고흥1	고흥군 두원면 용반리 1682-1	229108.216	129156.693	4.83	2015	0.77
고흥2	고흥군 남양면 장담리 14-14	234683.422	134758.286	4.72	2015	3.24
고흥3	고흥군 대서면 화산리 2089-7	226280.865	139865.317	3.88	2016	1.18
고흥4	고흥군 남양면 신흥리 1240	233030.218	138584.040	5.25	2016	-0.47
고흥5	고흥군 과역면 연등리 1045-9	236799.894	133427.707	1.35	2016	-1.11
고흥6	고흥군 포두면 남성리 1378-8	214184.108	237783.301	3.26	2017	-1.25
고흥7	고흥군 도덕면 오마리 497	215953.593	216011.304	1.23	2017	-0.07
고흥8	고흥군 풍양면 당두리 1017	221730.860	219481.969	2.95	2018	-0.40
고흥9	고흥군 고흥읍 호동리 1911	222602.858	226269.78	0.488	2019	0.4

2. 지형 및 지질

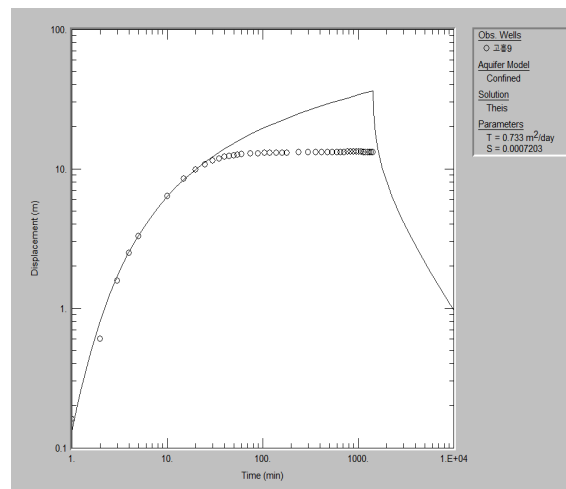
고흥1 관측공 주변에는 논농업이 주를 이루고 있다. 관측공 서쪽으로는 자연부락이 형성되어 있으며, 해안으로부터 약 500 m에 위치하여 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질의 변화와 더불어 해수침투의 영향도 관측할 수 있을 것으로 판단된다. 지질은 유문암 및 유문암질 응회암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다. 고흥2 관측공은 달악산과 월악산, 봉황산 사이에 위치한 월악제 하류부와 동쪽에 위치한 해안선 사이로 농경지가 발달하고 있으며, 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질 변화와 더불어 해수침투의 영향도 관측할 수 있을 것으로

판단된다. 지질은 안산암 및 안산암질응회암 등이 혼재되어 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 고흥3, 4, 5 관측공 주변 지질은 중생대 백악기에 형성된 지질계통으로 이루어져 있으며, 특히 산성 화산암류의 분포가 넓게 나타나며, 이를 부정합으로 제4기 충적층이 넓게 분포하며 농경지를 형성하고 있다. 고흥6, 7, 8 관측공은 해안가에 형성된 간척평야지대에 위치하며, 주변 지질은 중생대 백악기에 형성된 산성 화산암류가 넓게 분포하고, 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 피복하여 넓은 농경지를 형성하고 있다. 고흥9 관측공은 고흥읍 호동리 고흥한우명품사업단 앞 해안지역 간척지에 위치한다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규 관측공 고흥9에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

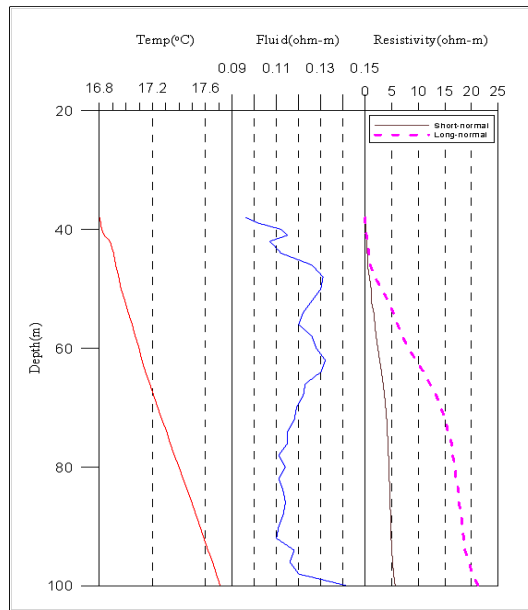
◎ 양수시험



<고흥9 관측공 양수시험>

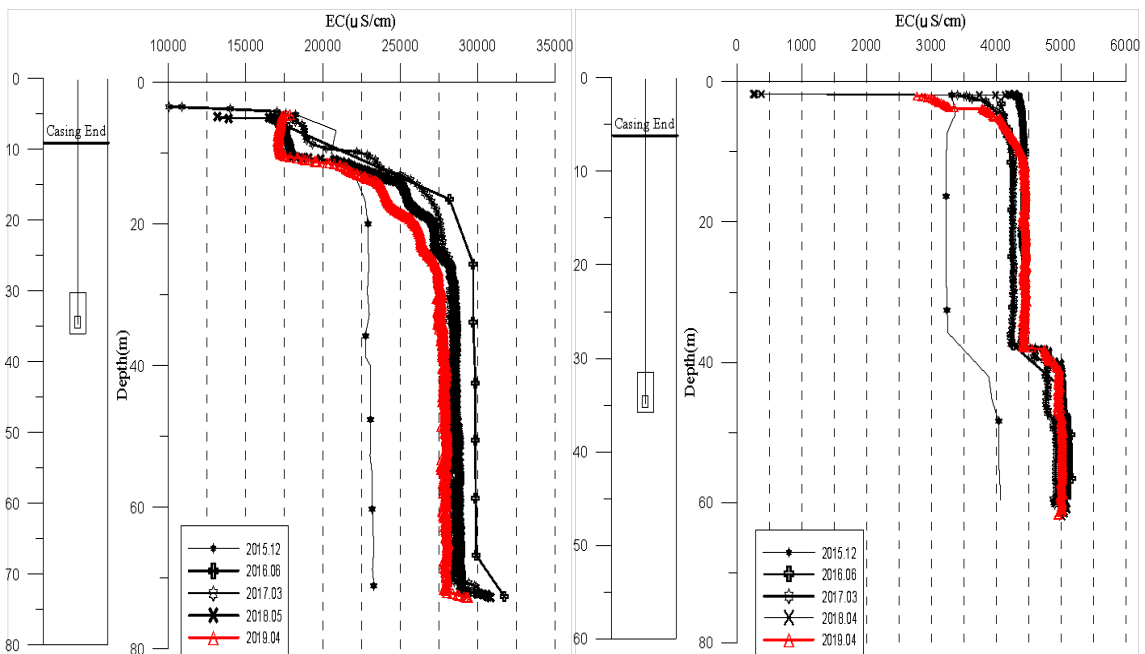
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
고흥9	70	0.733	1.366×10 ⁻⁵	62.0

◎ 물리검층



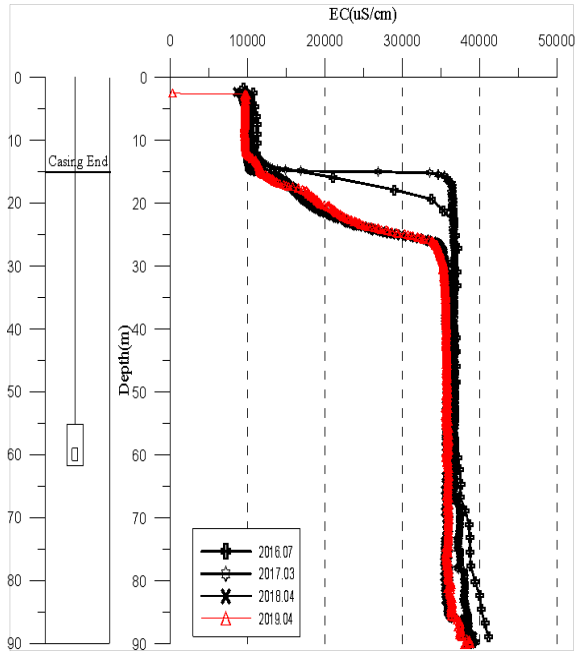
<고 흥9 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층

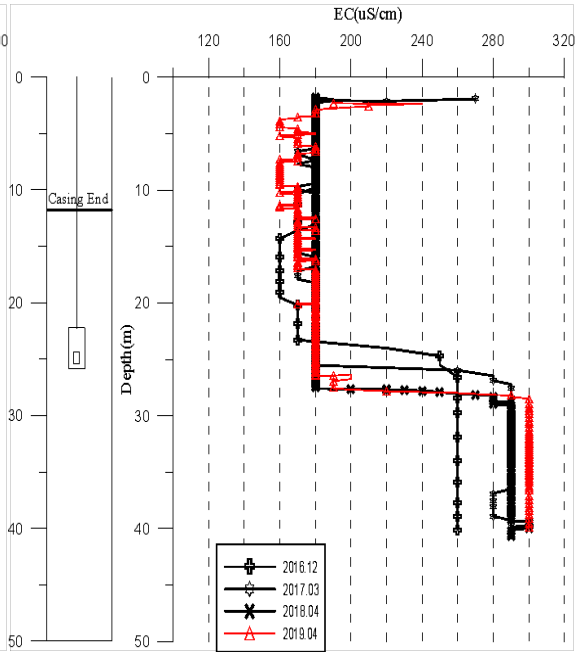


<고 흥1 관측공>

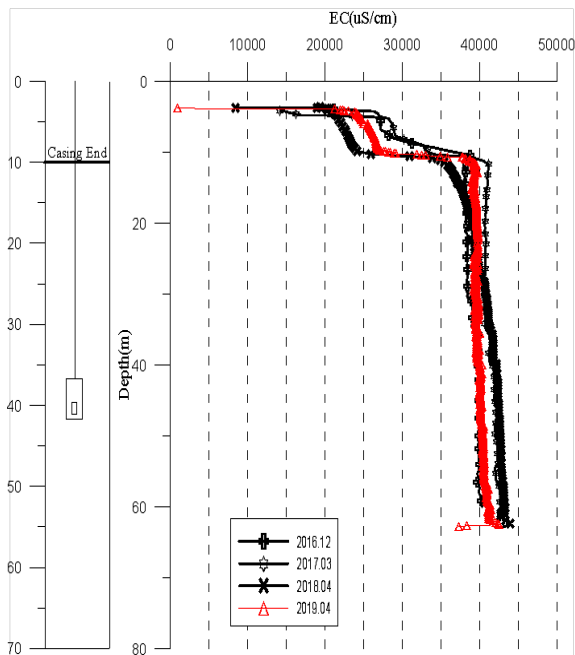
<고 흥2 관측공>



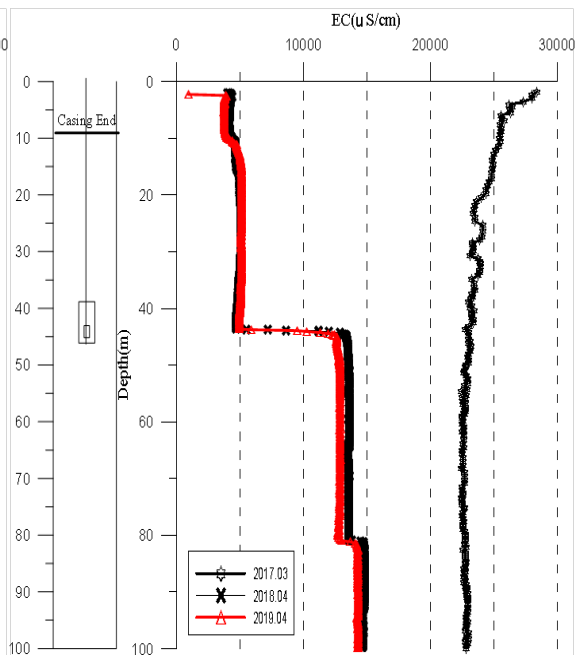
<고 흥3 관측공>



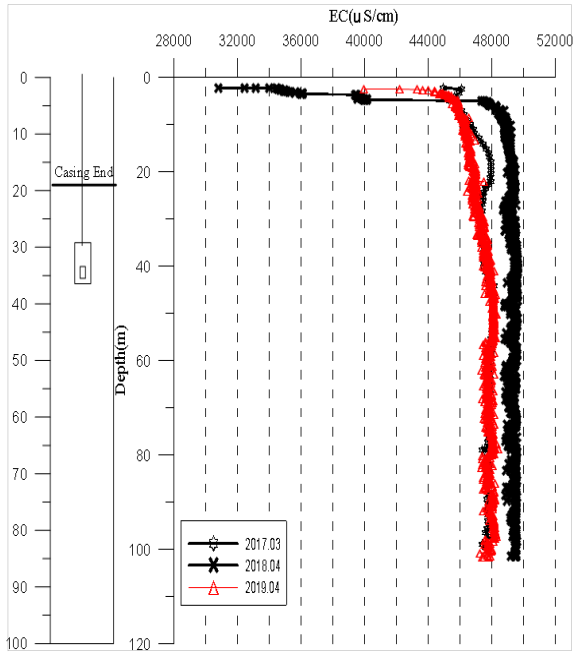
<고 흥4 관측공>



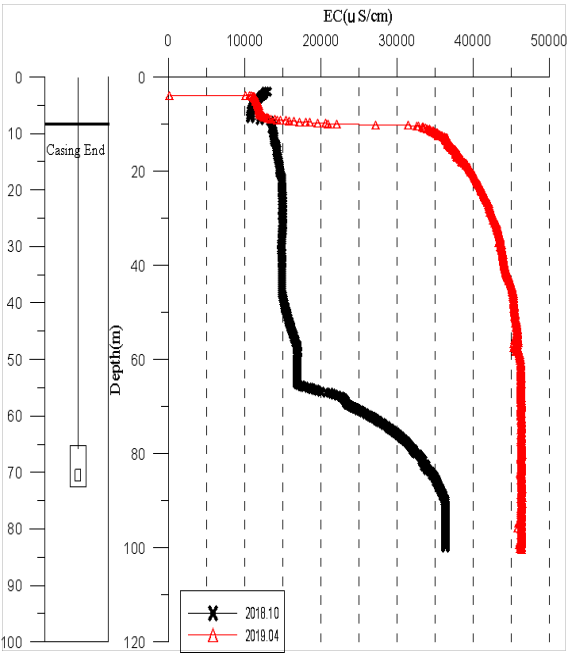
<고 흥5 관측공>



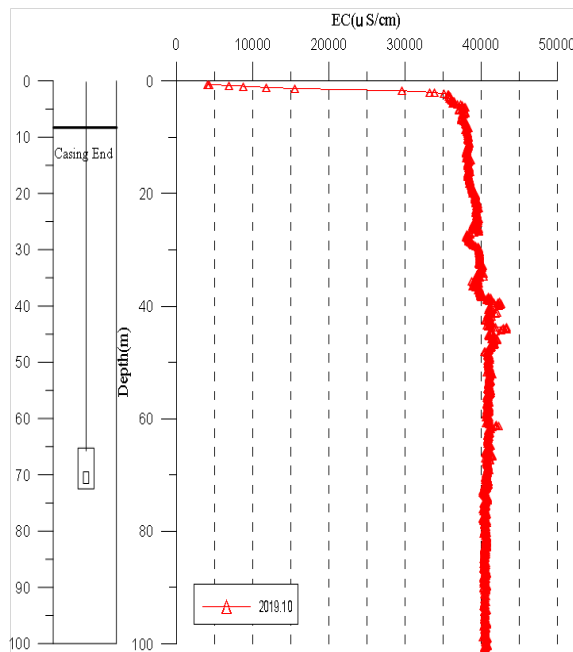
<고 흥6 관측공>



<고 흥7 관측공>



<고 흥8 관측공>



<고 흥9 관측공>

5. 지하수 수질 분석

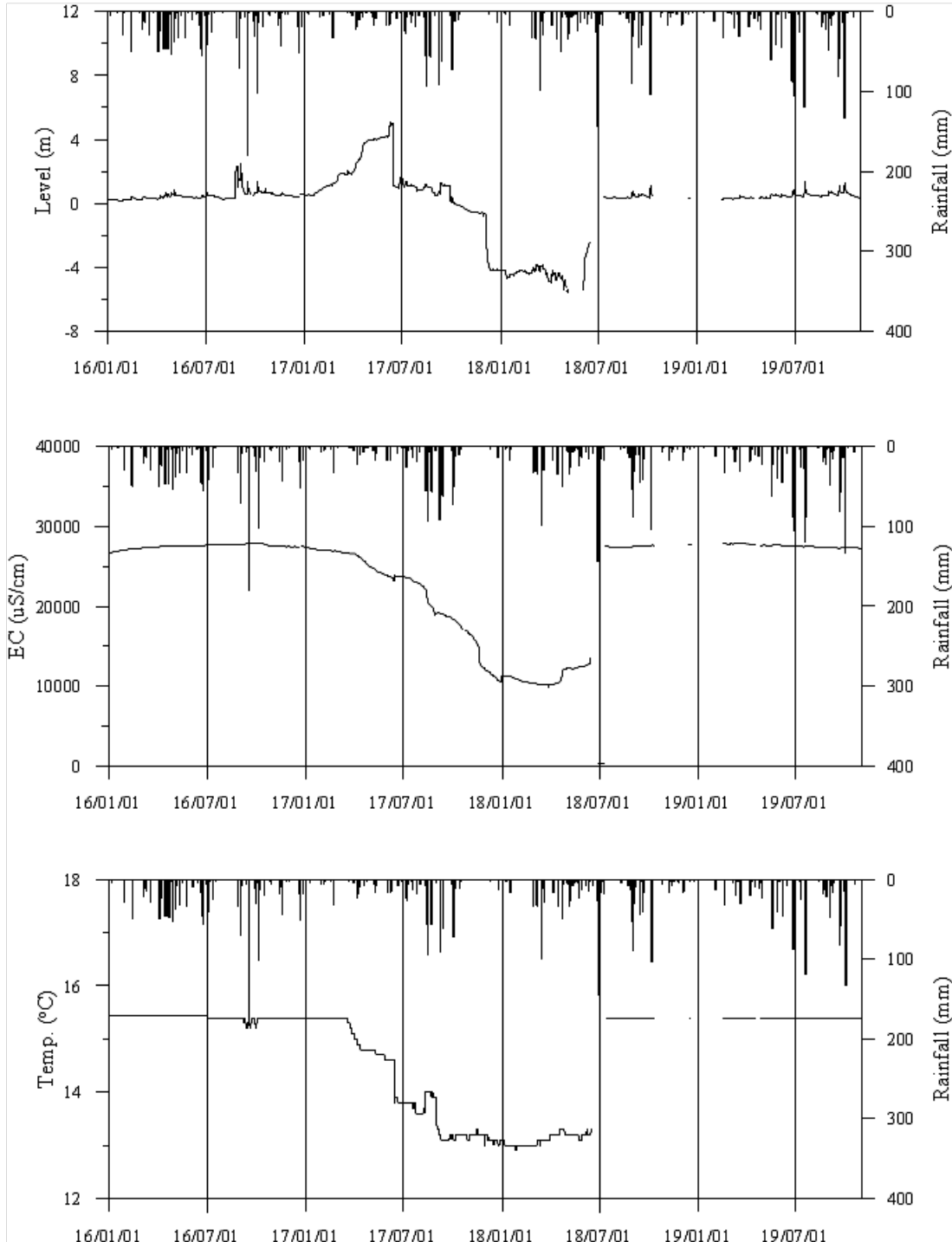
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

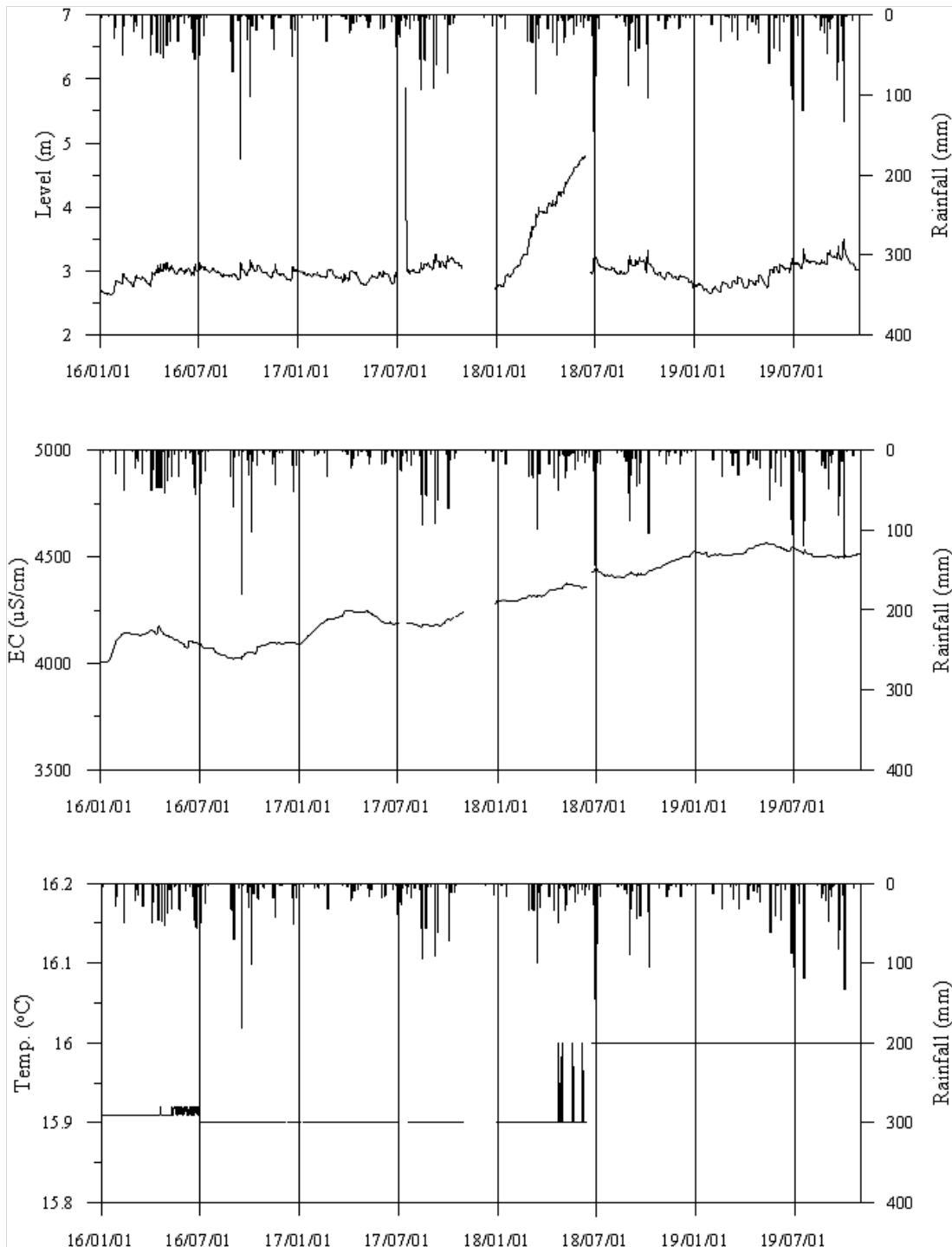
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
고 흥1	(2015.12)	2,978.47	188.06	52.54	149.35	724	5,414.5	122.0	N.D.
	(2016.10)	5232.00	344.50	168.10	169.80	1842.50	7906.80	137.00	3.50
	(2017. 3)	5058.82	311.69	182.32	104.60	1077.56	8898.84	213.50	N.D.
	(2018. 5)	5214.57	354.16	177.22	192.68	1125.85	9350.67	118.95	16.36
	(2019. 5)	3968.9	479.8	189.0	265.5	1167.3	7877.4	119.0	N.D.
고 흥2	(2015.12)	583.50	30.23	2.92	127.25	309	2,579.0	144.0	N.D.
	(2016.10)	613.80	47.77	4.10	183.00	280.00	1098.40	142.00	7.00
	(2017. 3)	723.37	47.62	5.17	183.79	136.84	1265.10	161.65	N.D.
	(2018. 5)	551.03	42.91	5.01	166.76	137.93	1147.12	131.15	19.82
	(2019. 5)	540.5	54.7	4.0	213.4	139.6	1083.8	143.4	N.D.
고 흥3	(2016.11)	3287.00	314.60	82.40	156.10	1439.90	4734.70	146.00	2.00
	(2017. 3)	2389.72	255.12	68.33	60.22	736.30	3643.96	170.80	N.D.
	(2018. 5)	4920.47	457.25	210.47	264.26	1445.47	8432.76	131.15	187.15
	(2019. 5)	3219.6	302.1	99.6	165.3	1106.8	5429.8	137.3	N.D.
고 흥4	(2016.12)	24.10	4.80	2.50	34.00	28.30	16.20	32.00	1.20
	(2017. 3)	38.66	0.72	1.15	0.62	28.88	14.85	42.70	N.D.
	(2018. 5)	43.29	1.19	1.23	0.73	27.14	27.36	39.65	N.D.
	(2019. 5)	37.0	0.7	1.1	0.9	24.0	15.4	42.7	N.D.
고 흥5	(2016.12)	8006.00	910.50	2.50	727.50	895.00	13196.2	148.00	0.00
	(2017. 3)	5302.11	740.87	239.47	1064.99	1441.23	10535.69	85.40	59.68
	(2018. 5)	6976.56	845.13	301.84	768.30	1771.38	12635.30	109.80	N.D.
	(2019. 5)	37.0	0.7	1.1	0.9	24.0	15.4	42.7	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
고 흥6	(2017. 3)	685.24	42.15	29.79	93.68	260.84	1103.77	247.05	4.35
	(2018. 5)	763.44	43.24	6.45	160.15	223.83	1269.59	100.65	16.11
	(2019. 5)	720.4	50.3	7.1	187.6	212.9	1236.4	109.8	N.D.
고 흥7	(2017. 3)	7515.43	1128.61	224.47	820.60	674.33	15642.01	1357.25	N.D.
	(2018. 5)	8889.54	1132.96	271.99	696.36	718.48	16776.81	423.95	166.05
	(2019. 5)	6797.3	1049.2	244.7	840.7	634.6	13245.4	744.2	12.95
고 흥8	(2018.10)	2896.78	185.56	106.86	94.51	612.17	4187.81	262.30	6.17
	(2019. 5)	3821.6	636.0	65.7	1814.3	942.8	9230.8	100.7	N.D.
고 흥9	(2019. 5)	7410.8	829.5	113.0	370.2	2349.2	12115.2	158.6	N.D.

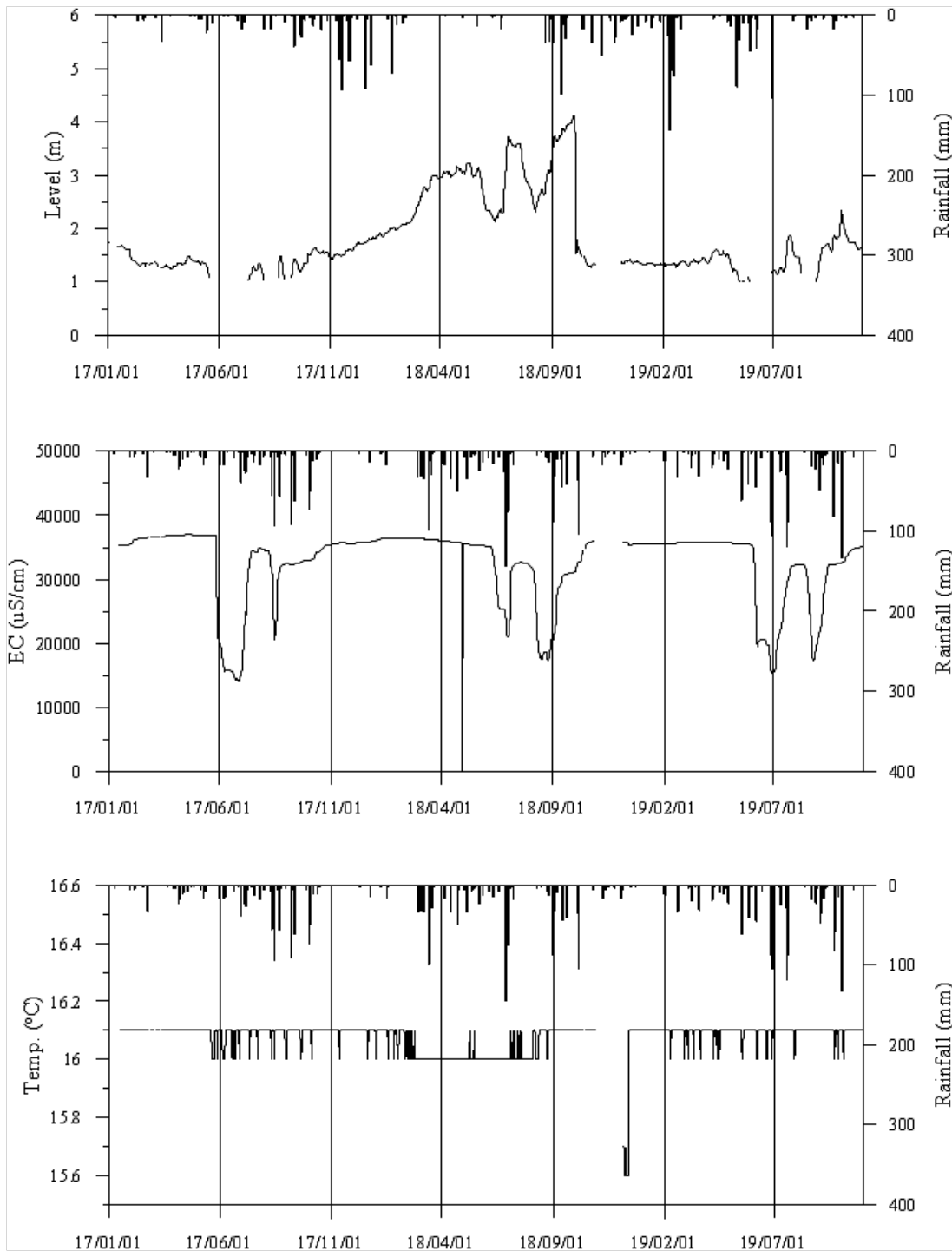
6. 장기관측 결과



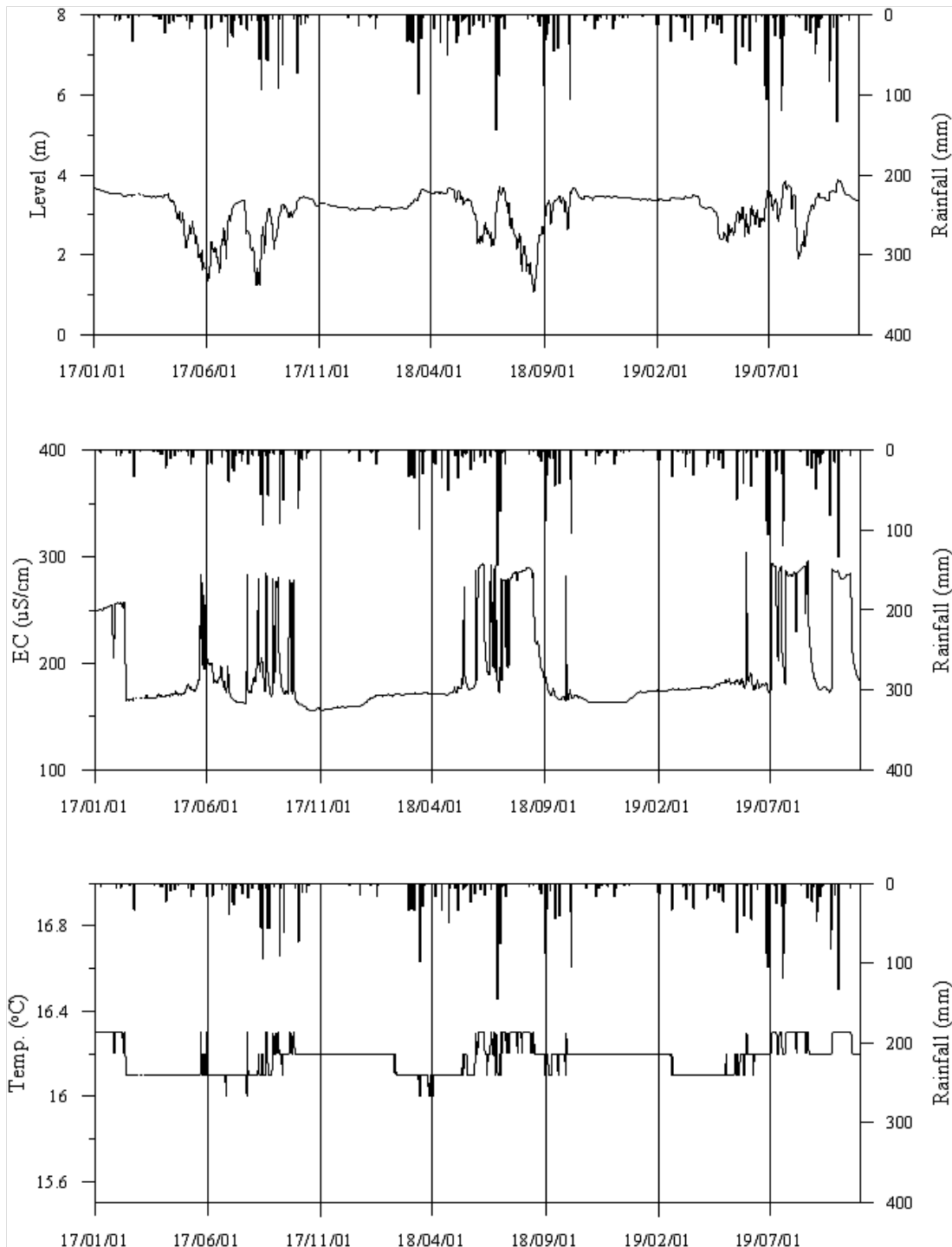
<고흥1 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1~2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



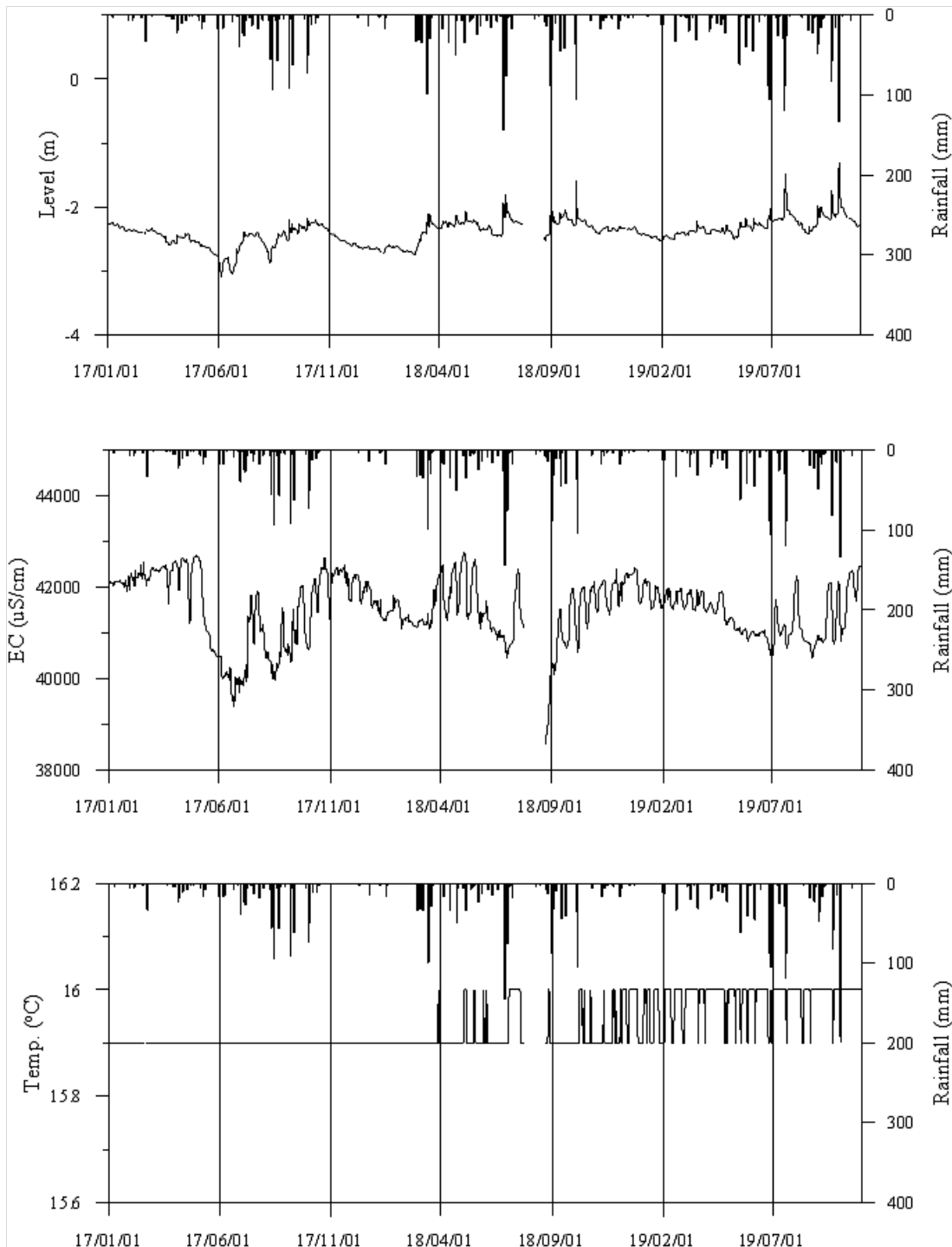
<고흥2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



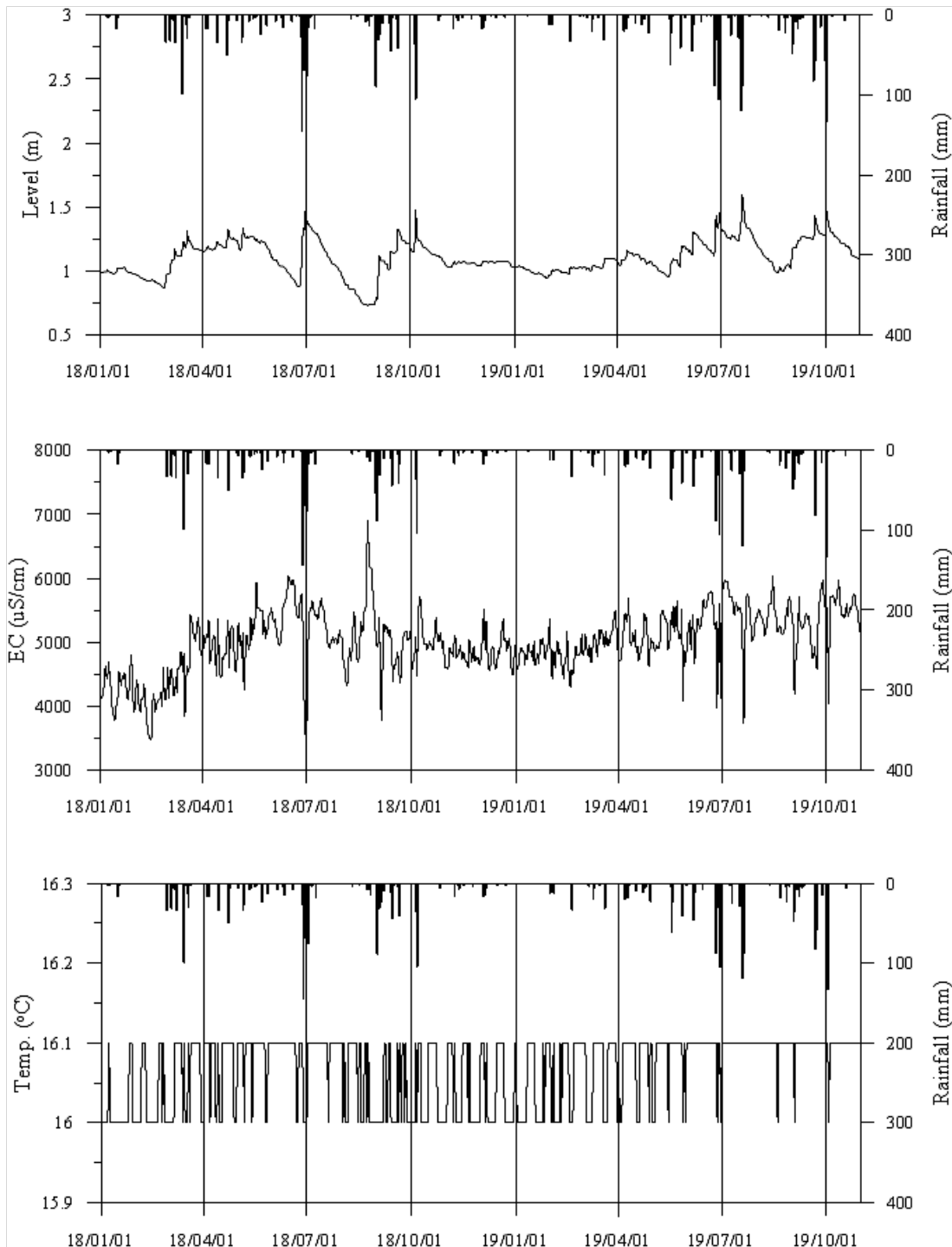
<고흥3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



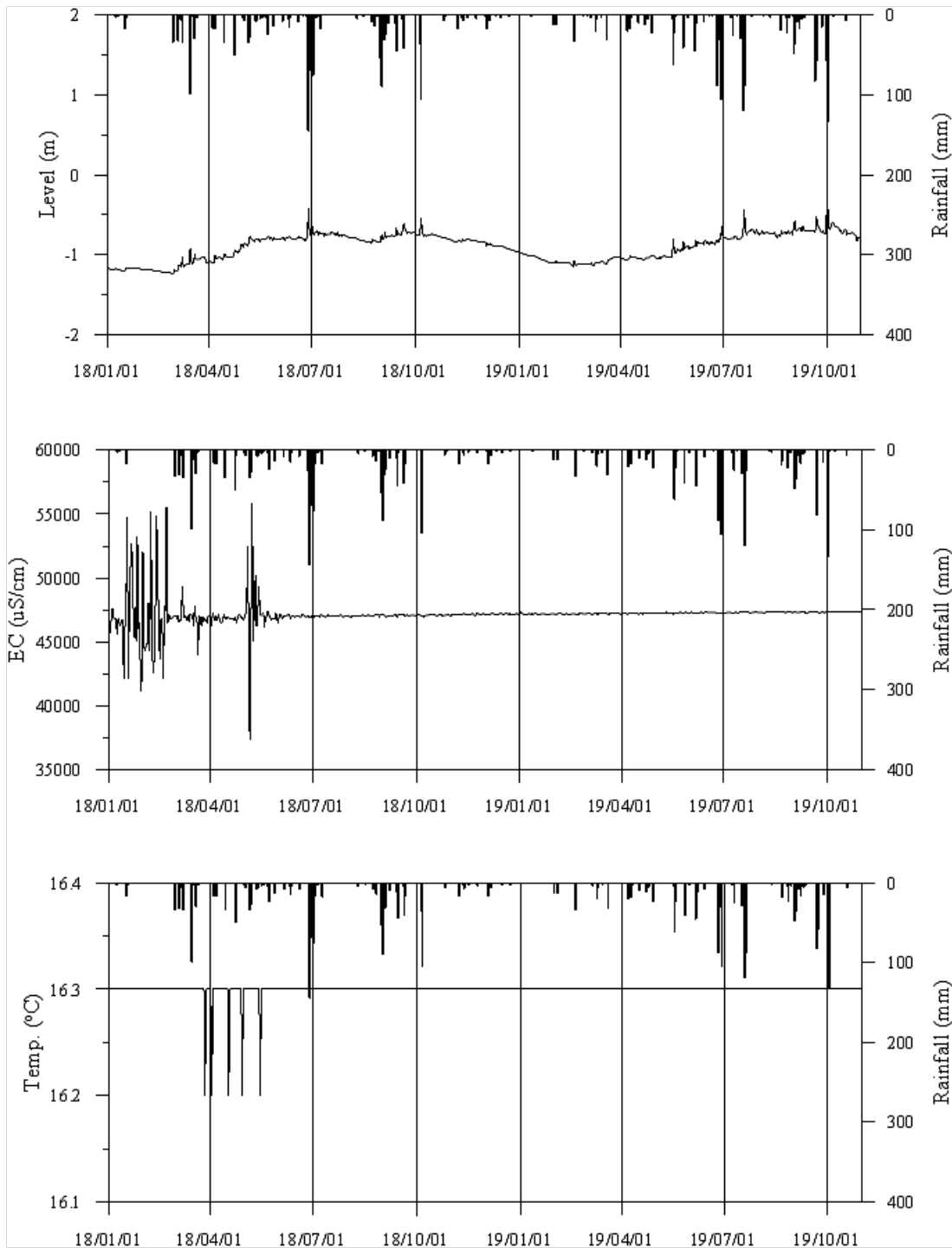
<고흥4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



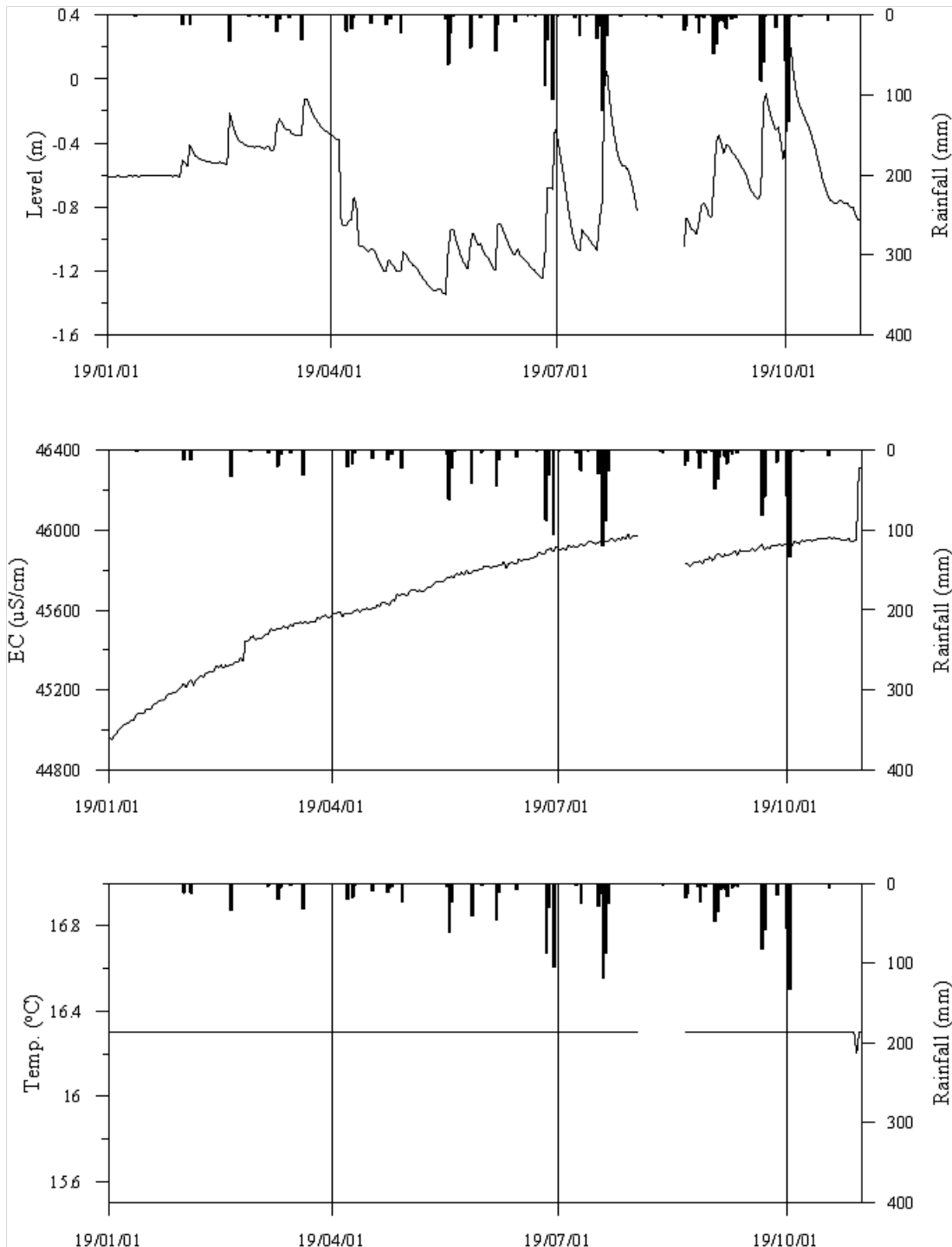
<고흥5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고흥6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고흥7 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<고흥8 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 고흥1 관측공은 두원천에 발달한 농경지역에 위치하며, 농경지는 주로 논으로 이용되고 있다. 관측공의 주변에는 고흥만이 있어 해수침투가 우려되고, 두원축산(돼지 4,000 두)을 비롯한 가축 사육업으로 등록된 시설이 18개소가 분포하여 시설물에서 배출되는 오수에 의한 오염 가능성이 크다. 또한 관측공으로부터 500 m 이내에 위치한 동천마을에서 30가구 이상이 생활용수를 지하수에 의존하고 있어 지하수 수질·수량 감시를 위하여 관측공을 설치하였다. 고흥2 관측공은 남서쪽의 월악제 하류에 넓게 발달한 농경지역에 위치한다. 이 지역은 남양면에서 가장 발달한 농경지로 봄철 묘대기~이앙기, 여름철 갈수기에 농업용수 수요급증에 따른 지하수 수량부족의 우려가 있으며, 과다한 농약, 비료 사용에 의한 지하수 오염이 우려된다. 또한 가축 사육업으로 등록된 시설이 14개소로 시설물에서 배출되는 오수에 의한 오염 가능성이 있어, 지하수 수질 및 수량변화 관측을 위한 관측공을 설치하였다. 고흥3, 4, 5 관측공은 '15년 농촌지하수관리조사를 완료하고, 해수침투 영향 및 비료 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역과 기설관정 이용이 많아 수량부족이 우려되는 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 관측공을 설치하였다. 고흥6 관측공이 설치된 포두면 남성리는 고흥 남동쪽에 위치하고 남해와 바로 인접한 지역이며, 인근 방조제의 영향으로 간척지가 형성되어 있다. 이 지역은 2016년 고포지구 지하수자원관리 조사 시 단위면적당 이용량, 이용량/적정개발가능량이 높게 조사되어 수량부족의 우려가 있고, 양음이온 분석시 (Na+K)-cl, (Na+K)-Hco₃ 수질유형으로 나타나 해수의 유입이 진행되고 있어 수질오염이 우려되어 지하수 수량·수질변화 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다. 고흥7 관측공이 설치된 도덕면 오마리는 고흥 정남쪽에 위치하고 남해와 바로 인접한 지역이며, 오마 방조제의 영향으로 대규모 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2016년 고도지구 지하수자원관리 조사시 질산성질소, DRASTIC 지수가 높게 나타나 지하수 수질오염이 우려된다. 또한 해안선과 1 km 이내에 위치한 지

역으로 해수의 유입 가능성을 고려하고 염해피해를 방지하고자 수질변화 관측을 위한 관측공을 설치하였다. 고흥8 관측공이 설치된 고흥군 풍양면 당두리는 군 서쪽에 위치하고 득량만, 순천시 낙안읍과 인접해 있으며, 고흥만방조제를 따라 형성된 대단위 간척지이다. 이 지역은 2016년 고도지구 지하수 자원관리 조사시 질산성질소 기준치 초과 및 관정밀도가 높아 지하수 수질 오염, 수량부족이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위한 관측공을 설치하였다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 고흥9 관측공의 양수량은 $70 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.366 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 62 m)이다. 물리검층 결과, Fluid는 $0.1 \sim 0.14 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 범위이며, 전기비저항은 케이싱심도 이하부터 공저까지 $0.1 \sim 25 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 범위이다. 공저로 갈수록 전기비저항값이 증가 또는 감소한다. 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")과 장노말(64 ")은 공저로 갈수록 멀어지는 경향을 나타낸다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 고흥1 관측공은 농촌지하수관리 관측공임에도 불구하고 해안 대수층을 통한 해수유입으로 인하여 전기전도도는 $17,700 \sim 31,700 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이며, 공저까지 일정한 증가추세를 보이고 있다. 고흥2 관측공은 약 $4,000 \sim 5,100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이며, 심도 약 37 m 구간에서 전기전도도가 크게 증가하는 전이대가 나타난다. 고흥3 관측공은 케이싱심도 이후 15 ~ 20 m 구간에서 파쇄대를 통해 유입되는 염수로 인해 전기전도도가 $35,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 급격한 증가를 나타내고 있으며, 공저까지는 소폭의 증가추세를 보이고 있다. 고흥4 관측공은 전체적으로 $160 \sim 300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위를 보이며, 심도 약 27 m구간에서 전기전도가 급증하는 추세를 보이고 있다. 고흥5 관측공은 전체적으로 $20,000 \sim 41,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위를 보이며, 케이싱심도 이하에서 공저까지는 $41,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 정도의 일정한 전기전도도 값을 보이고 있다. 고흥6 관측공은 심도가 증가할수록 전기전도도가 감소추세이며 공저에서 약 $23,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 의 전기전도도 값을 보인다. 고흥7 관측공은 전체적으로 $45,000 \sim 49,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위를 보인다. 고흥8 관측공은 케이싱심도 이후 65 m 까지 전기전도도가 $15,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외이나 이후 구간은 파쇄대를 통해 유

- 입되는 염수로 인해 전기전도도가 35,000 $\mu S/cm$ 까지 급격한 증가를 보이고 있다. 고흥9 관측공은 케이싱하부부터 공저까지 35,000 ~ 40,000 $\mu S/cm$ 범우에서 일정하게 유지된다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 고흥1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, 심한 해수영향을 받고 있으므로 지속적인 관측이 요구된다. 고흥4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 오염되지 않은 담수로 분석되었다. 고흥4 관측공을 제외한 나머지 관측공에서는 지하수 이용을 금지하고, 타수자원 이용을 모색해야 한다.
- 5) 장기 관측결과 : 고흥1, 고흥2 관측공의 지하수위는 강수에 영향이 지하수위 변화에 잘 나타난다. 고흥1 관측공의 지하수위 변화폭은 약 5 m 이내이고, 고흥2 관측공은 1 m 이내이다. 고흥1 관측공의 전기전도도는 감소추세여서, 개발 당시 약 26,700 $\mu S/cm$ 이었으나, 18,000 $\mu S/cm$ 까지 감소하였다. 고흥2 관측공의 전기전도도는 4,000 ~ 4,400 $\mu S/cm$ 범위를 유지하고 있다. 고흥3, 4, 5 관측공 지하수위는 강수에 비례적이다. 고흥3, 5 관측공은 전기전도도가 해수와 유사하거나 해수의 약 50% 수준으로 나타남에 따라(각 약 10,000 ~ 35,000 $\mu S/cm$, 약 40,000 ~ 43,000 $\mu S/cm$) 지하수를 농경에 이용 불가능하다. 반면 고흥4 관측공은 담수영역의 전기전도도를 보인다. 고흥6 관측공의 지하수위는 강수에 의한 영향이 잘 나타나며, 지하수위 변화폭은 약 1 m 이내이다. 전기전도도는 3,500 ~ 7,000 $\mu S/cm$ 로 증가 또는 감소가 반복되고 있다. 고흥7 관측공의 지하수위는 강수에 의한 영향을 받지 않으며, 지하수위 변화폭은 약 1 m 이내이다. 전기전도도는 37,500 ~ 55,000 $\mu S/cm$ 범위를 유지하고 있다.
- 6) 관리 방안 : 고흥1, 2, 3, 5, 6, 7 관측공은 현재 해수에 의해 심각하게 오염된 상태로서 관측공 주변 지하수를 영농에 활용하는 것은 불가능하다. 따라서 타 수자원을 통한 농업용수 공급이 바람직하다. 고흥4 관측공은 현재까지는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 해안가와 인접해 있고 인근 농경지에서 지하수 이용이 활발하므로 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.13 해남지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
해남1	해남군 마산면 연구리 2356	228507.118	156731.557	2.023	2017	-0.877
해남2	해남군 산이면 진산리 896	228897.144	146645.031	1.591	2017	-1.809
해남3	해남군 마산면 상등리 1092-3	157807.710	221078.690	2.94	2018	0.59
해남4	해남군 삼산면 신흥리 901-18	164404.110	214370.710	27.82	2018	24.67
해남5	해남군 현산면 백포리 1441	156680.300	203802.140	4.75	2018	2.40
해남6	해남군 송지면 우근리 615	154016.660	197504.960	4.05	2018	2.85
해남7	해남군 옥천면 백호리 605-2	168153.353	217522.769	39.387	2019	3.5
해남8	해남군 계곡면 가학리 419	161163.943	228624.462	1.718	2019	1.14
해남9	해남군 황산면 연호리 1438	152686.005	224194.512	2.206	2019	1.8
해남10	해남군 황산면 한자리 산16-9	150034.152	218367.633	9.723	2019	22.0
해남11	해남군 북일면 운전리 84-3	170882.059	210754.78	45.465	2019	3.08
해남12	해남군 북일면 용일리 1396	172587.803	208036.195	2.221	2019	3.2

2. 지형 및 지질

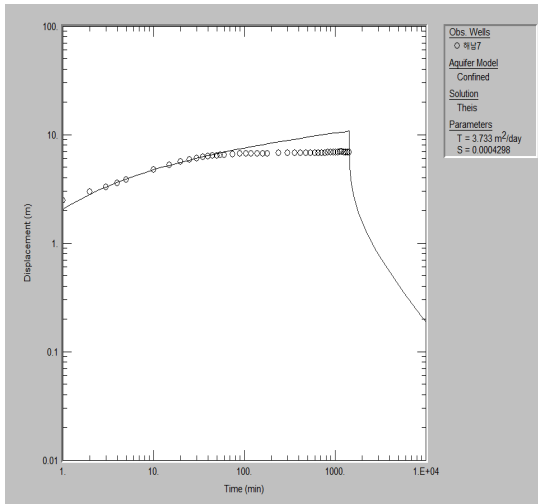
해남은 한반도의 최남서지역으로 수많은 도서들이 산재하고 있는 침강해안으로 심한 굴곡을 이루고 있으며 해침에 의해 가파른 해식절벽을 형성하고 있다. 지세는 매우 험준한 편이며 고봉을 이루거나 침예한 능선을 이루어 하천은 짧고 나무가지 모양으로 바다로 직접 흘러든다. 해남의 지질은 선캄브리아기의 변성암복합체, 쥘라기의 편상화강암을 기반으로 하여 이를 부정합으로 피복하는 백악기말의 화산쇄설성퇴적암

층인 화원층, 우항리층과 화산회류응회암층인 황산회류응회암, 이를 관입하고 있는 진도 유문암 등의 화산암층과 이들 지층을 관입하고 있는 산이화강암, 월출산화강암 및 남각산미문상화강암 등의 심성암으로 구성되어 있다.

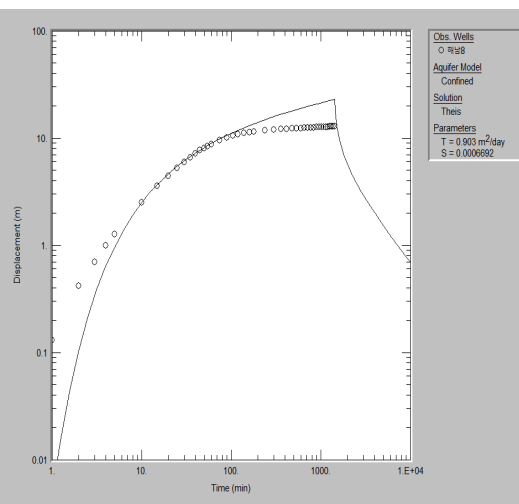
3. 대수층 수리지질 현황

신규 설치한 해남7, 8, 9, 10, 11, 12 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

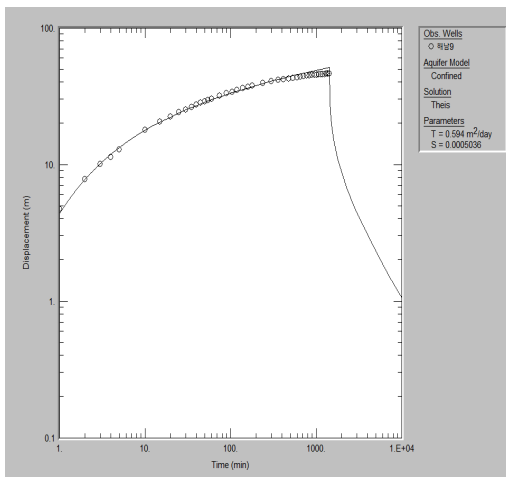
◎ 양수시험



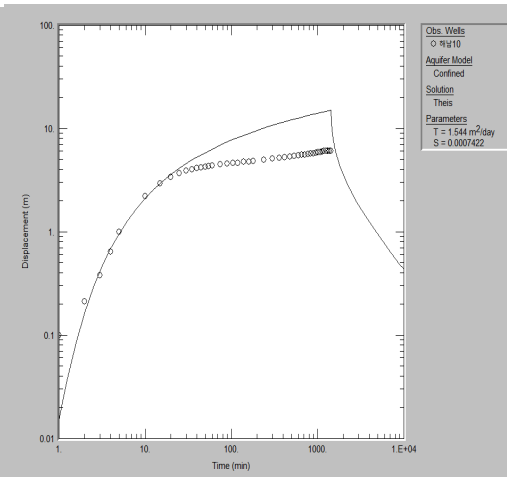
<해남7 관측공 양수시험>



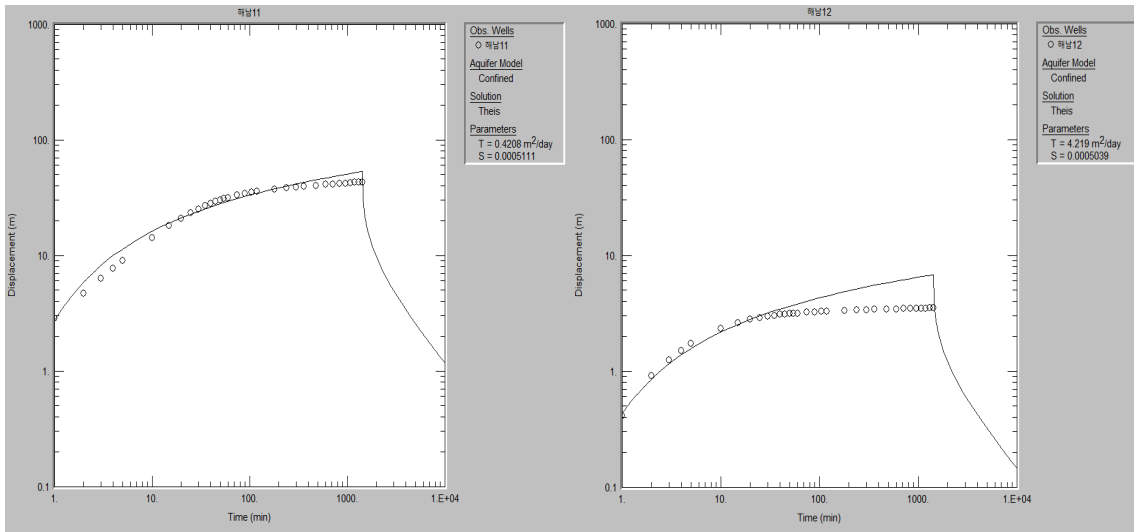
<해남8 관측공 양수시험>



<해남9 관측공 양수시험>



<해남10 관측공 양수시험>

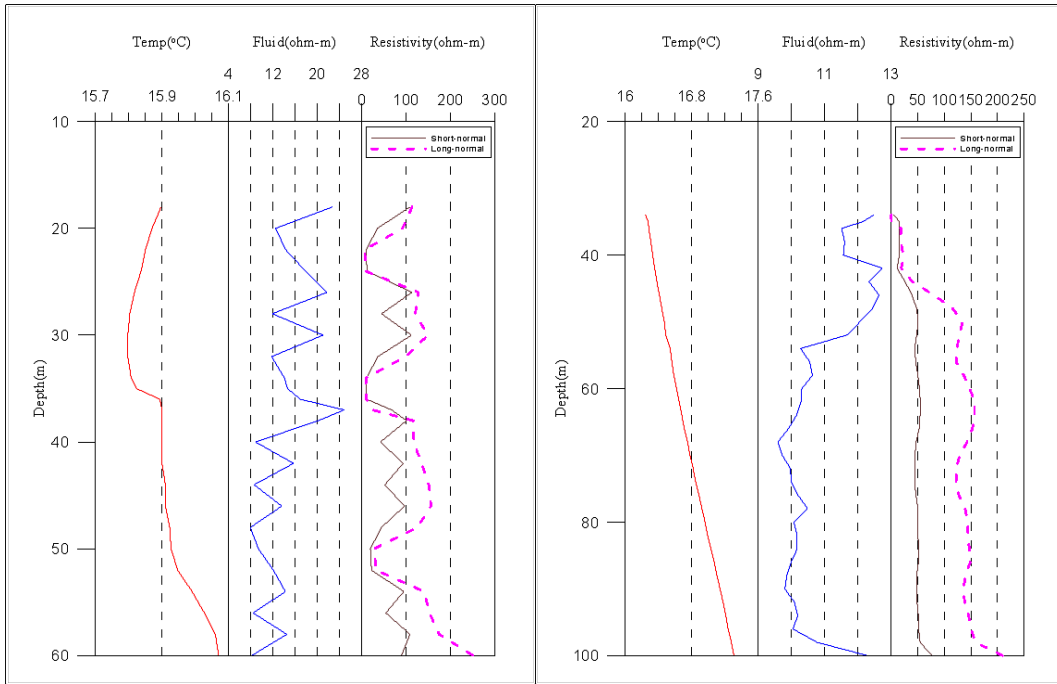


<해남11 관측공 양수시험>

<해남12 관측공 양수시험>

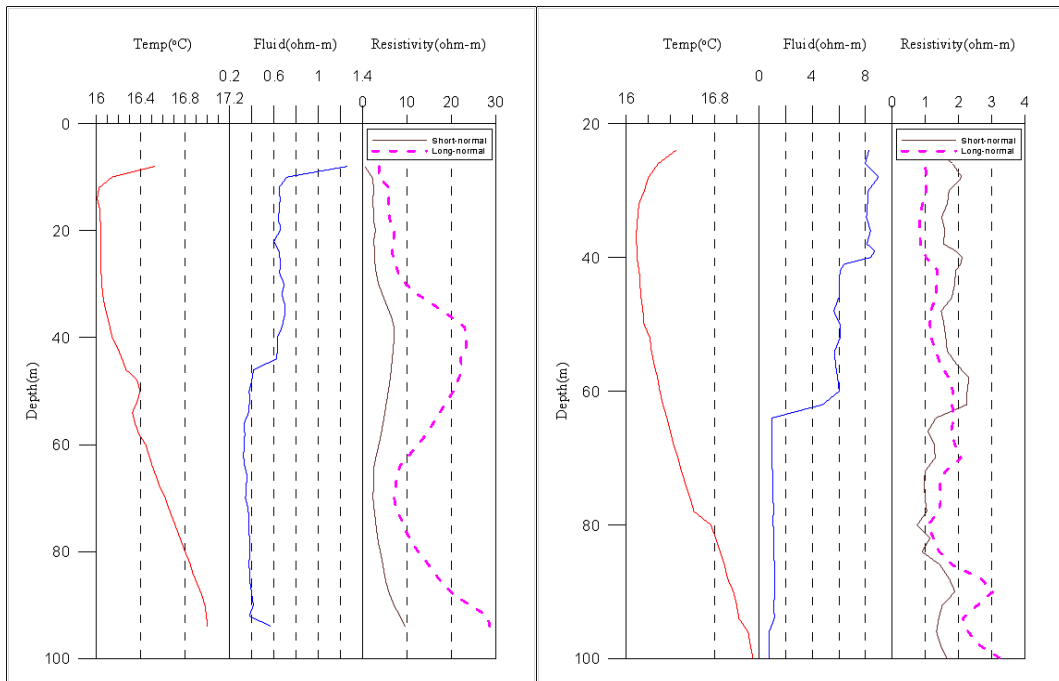
관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
해남3	52	85.7	1.04×10^{-3}	95.0
해남4	50	5.171	6.37×10^{-5}	94.0
해남5	50	0.319	4.56×10^{-6}	81.0
해남6	59	0.563	6.86×10^{-6}	95.0
해남7	50	3.733	1.029×10^{-4}	42.0
해남8	50	0.903	1.586×10^{-5}	66.0
해남9	50	0.594	7.902×10^{-6}	87.0
해남10	50	1.544	1.787×10^{-5}	100.0
해남11	50	0.4208	5.535×10^{-6}	88.0
해남12	60	4.219	5.549×10^{-5}	88.0

◎ 물리검층



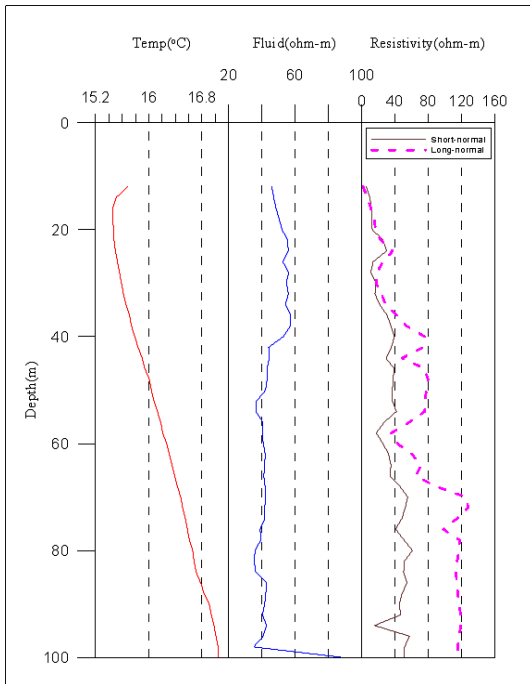
<해남7 관측공 물리검층>

<해남8 관측공 물리검층>

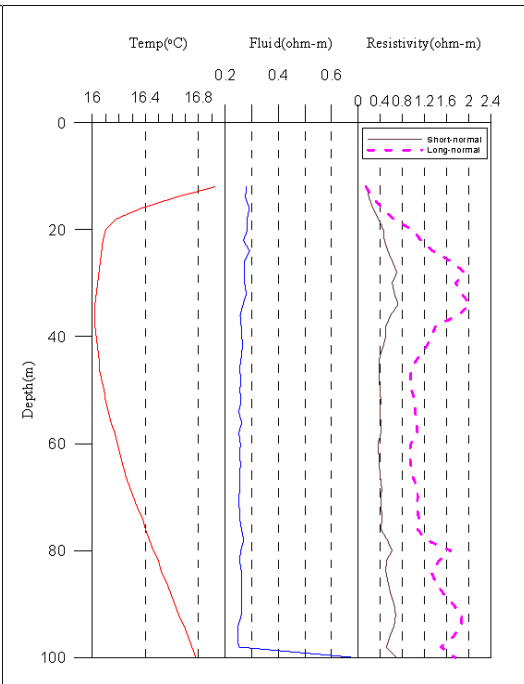


<해남9 관측공 물리검층>

<해남10 관측공 물리검층>

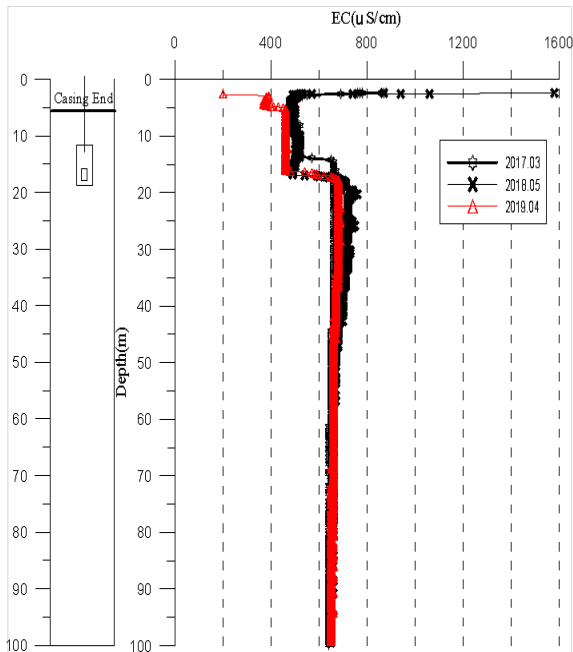


<해남11 관측공 물리검층>

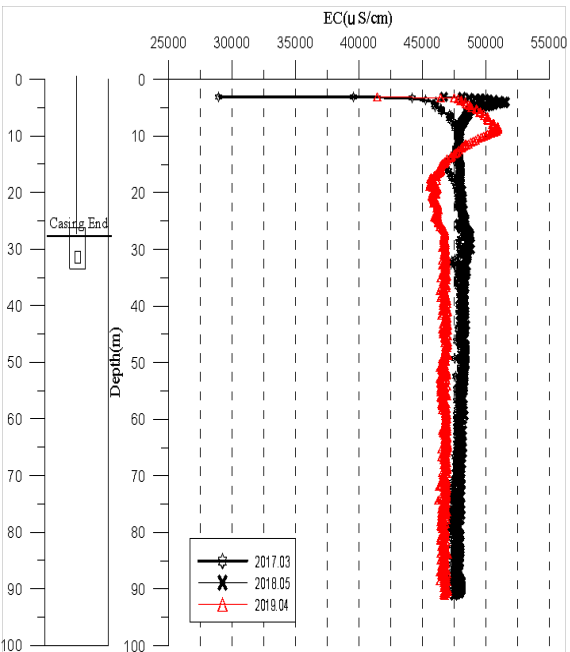


<해남12 관측공 물리검층>

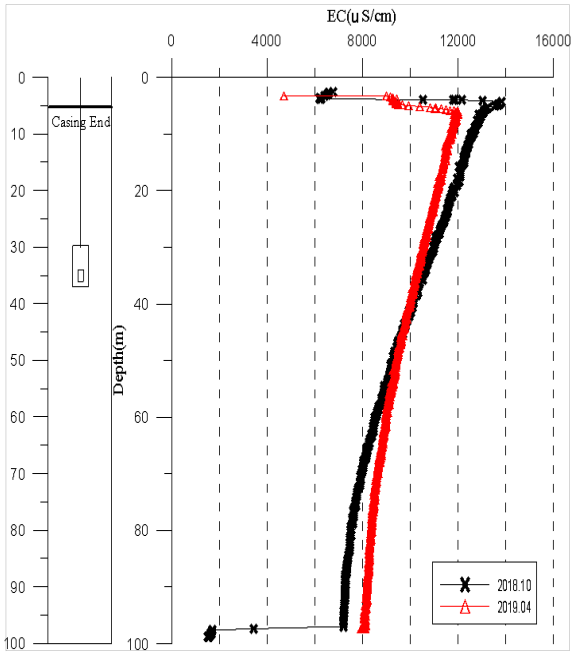
4. 지하수 검층



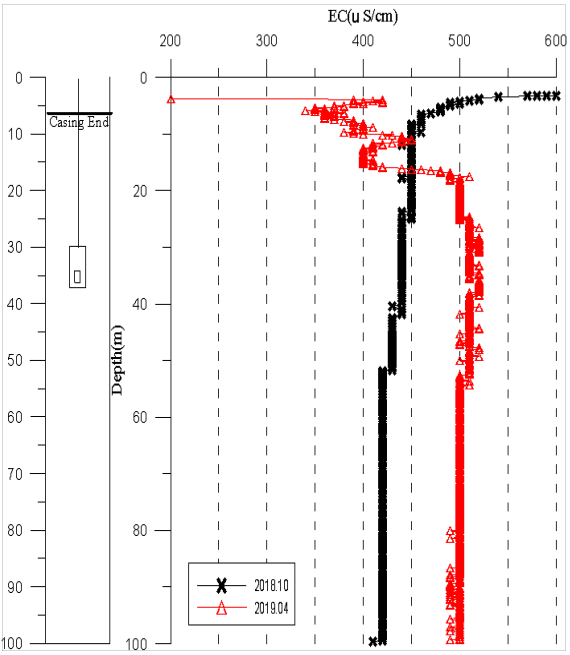
<해남1 관측공>



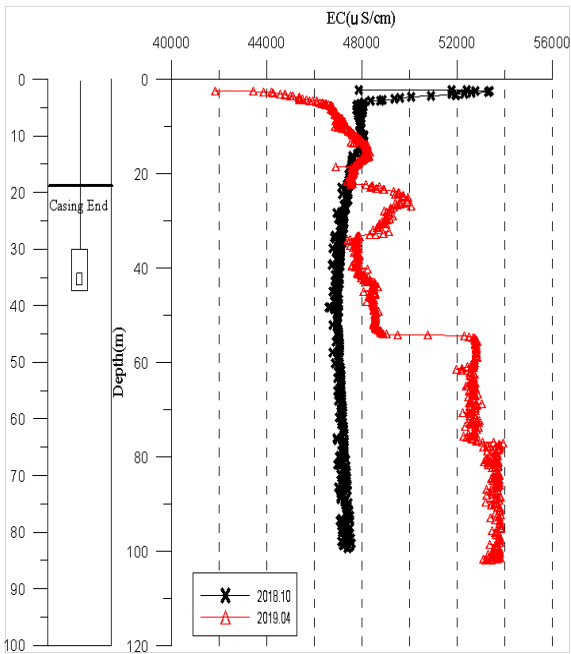
<해남2 관측공>



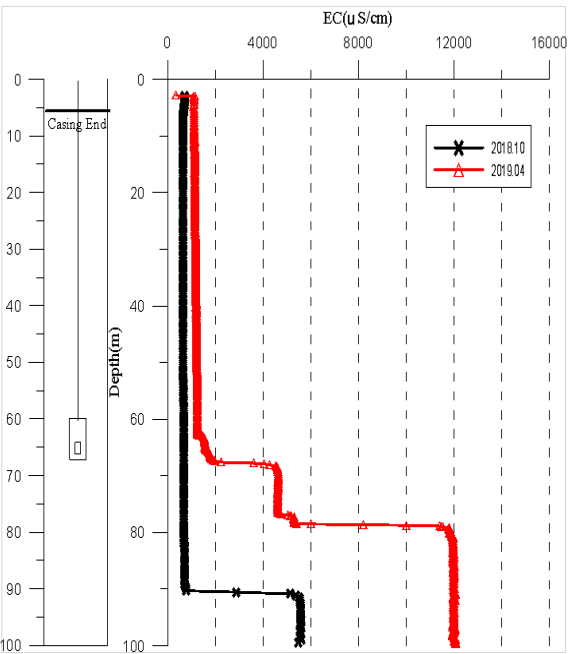
<해남3 관측공>



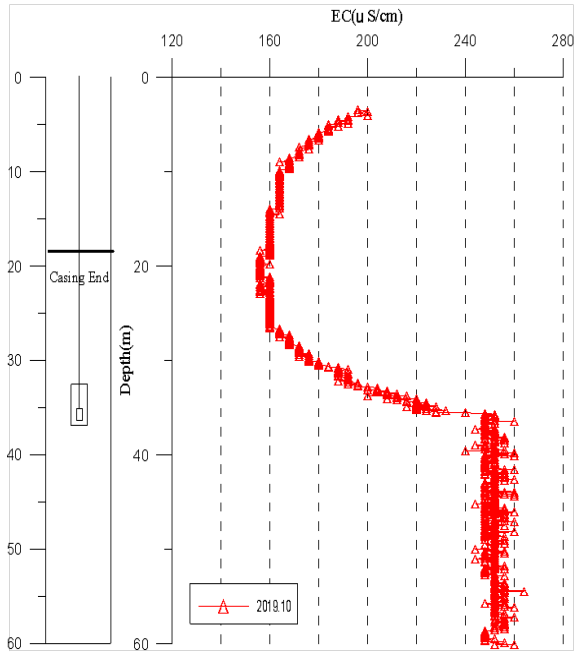
<해남4 관측공>



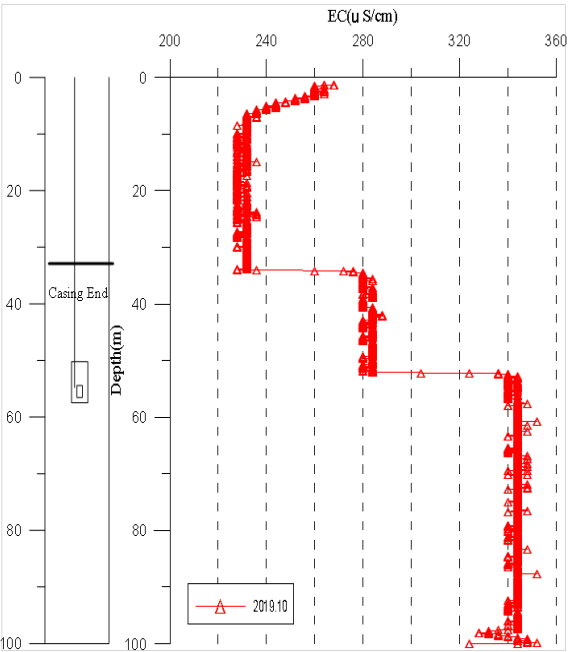
<해남5 관측공>



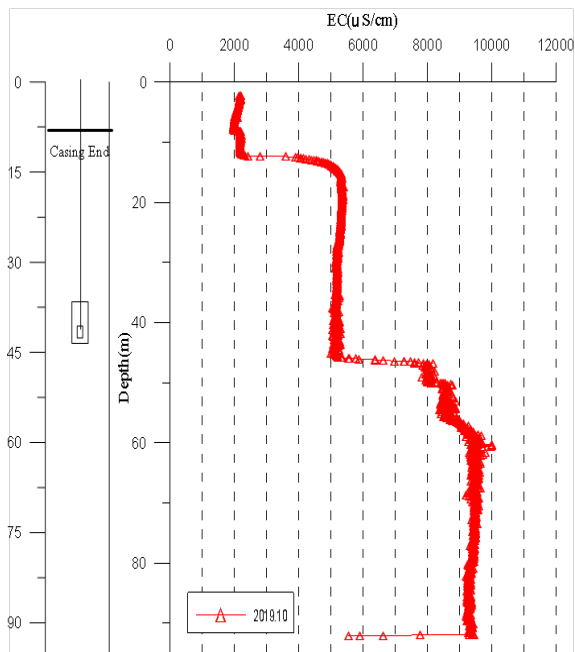
<해남6 관측공>



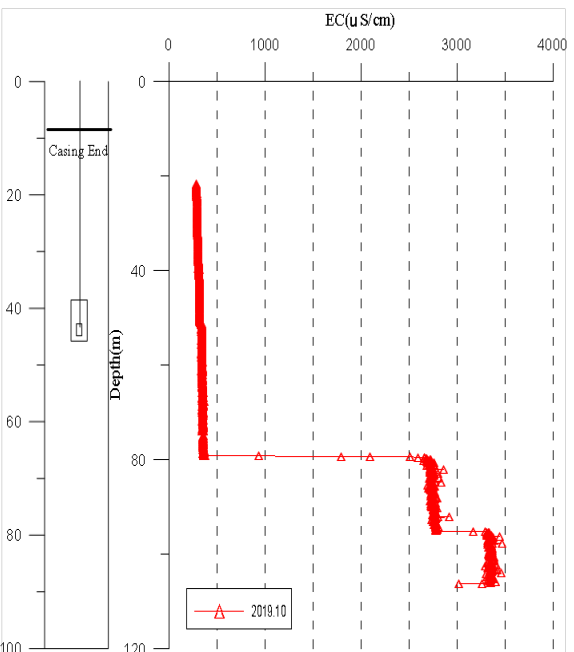
<해남7 관측공>



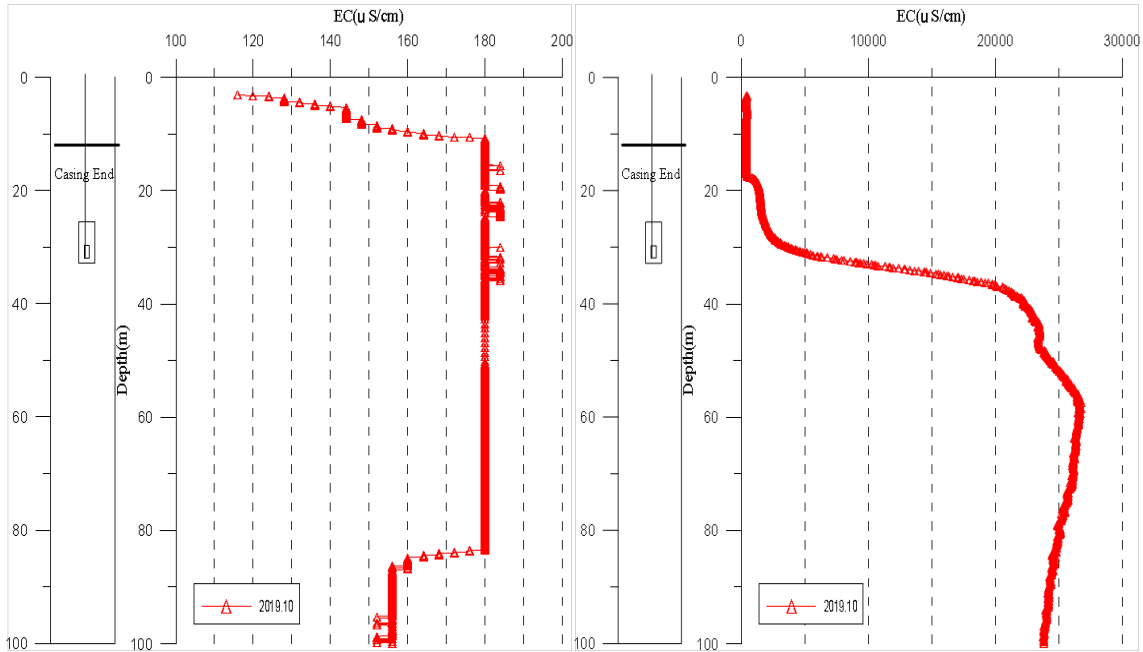
<해남8 관측공>



<해남9 관측공>



<해남10 관측공>



<해남11 관측공>

<해남12 관측공>

5. 지하수 수질 분석

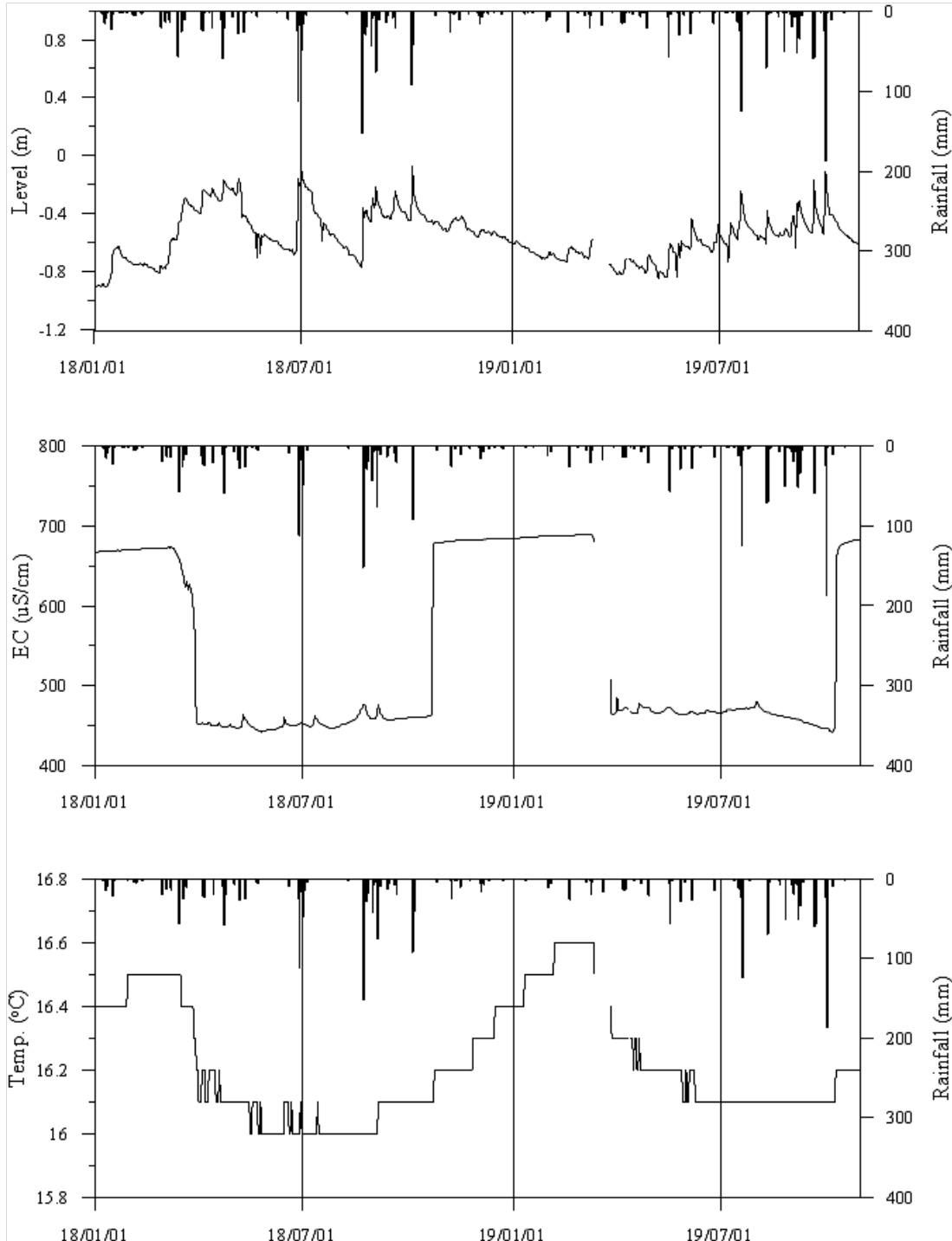
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

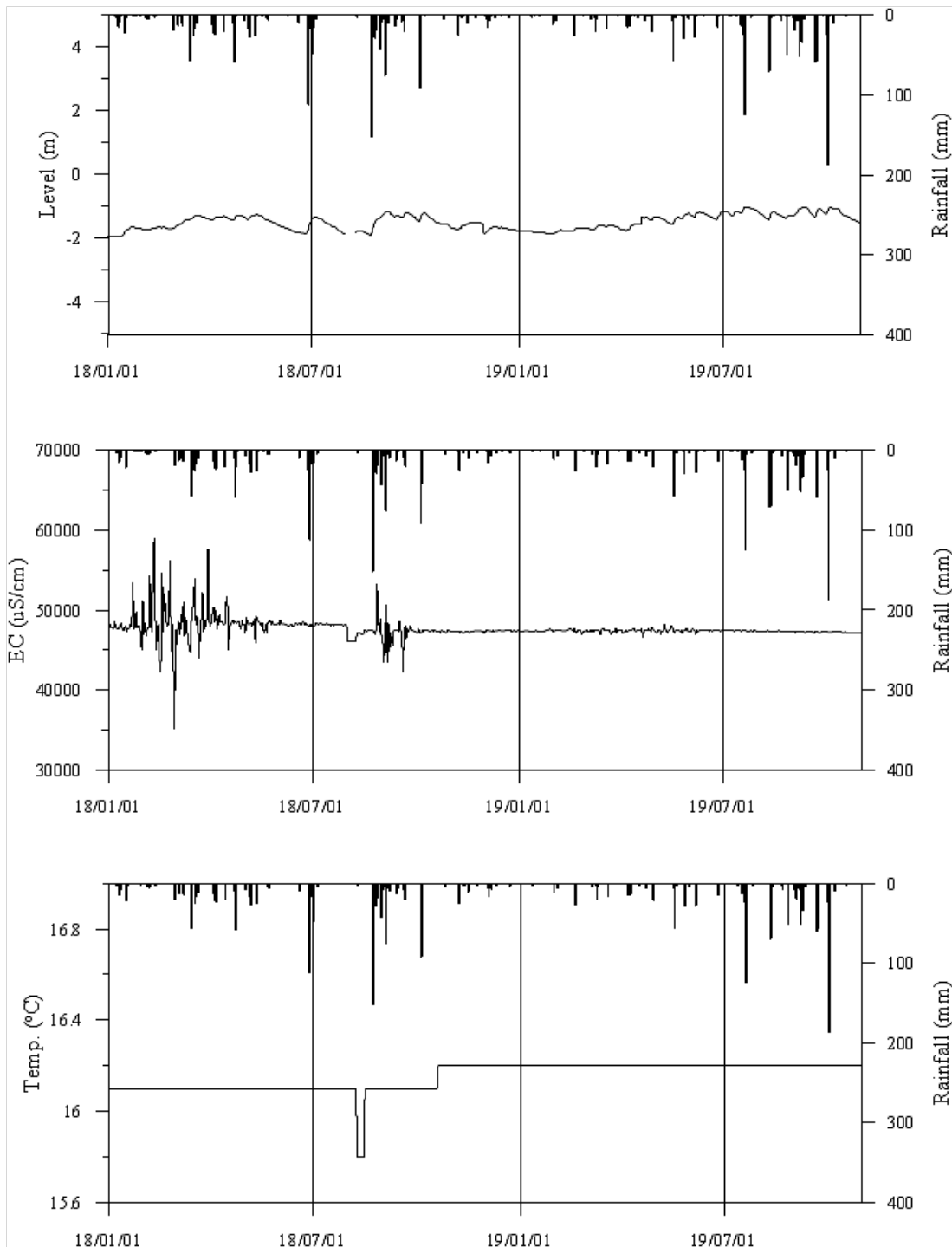
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
해남1	(2017.10)	148.14	2.18	11.18	2.42	33.19	60.32	234.85	13.65
	(2018. 5)	80.35	11.94	16.96	11.70	22.67	59.01	161.65	11.48
	(2019. 5)	62.2	13.2	16.1	15.6	18.5	38.3	173.9	9.4
해남2	(2017.10)	9425.10	1209.00	141.68	463.65	2480.18	17223.37	91.50	N.D.
	(2018. 5)	9247.38	1159.44	153.57	933.42	2382.98	16755.33	109.80	171.32
	(2019. 5)	8512.0	1137.9	160.2	999.4	2095.0	15277.0	88.5	N.D.
해남3	(2018. 9)	1501.00	155.90	97.19	77.61	390.87	2320.46	353.80	4.59
	(2019. 5)	1772.6	195.3	80.8	158.0	422.1	2905.6	231.8	N.D.

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
해남4	(2018. 9)	17.76	5.33	3.59	43.39	33.60	45.20	70.15	10.10
	(2019. 5)	29.0	5.4	4.3	63.2	21.7	66.7	149.5	N.D.
해남5	(2018. 9)	11003.32	1700.29	325.82	1485.52	580.30	22540.92	478.85	N.D.
	(2019. 5)	77297.3	11937.2	1062.5	18361.0	6974.1	165310	305.0	N.D.
해남6	(2018. 9)	97.13	16.72	6.20	104.09	39.42	279.96	143.35	45.55
	(2019. 5)	76.7	26.0	7.6	77.8	46.5	169.5	73.2	129.4
해남7	(2019. 5)	9.0	7.0	1.0	24.5	2.0	9.1	109.8	N.D.
해남8	(2019. 5)	57.3	1.2	0.4	1.3	9.1	37.8	73.2	14.6
해남9	(2019. 5)	696.2	45.0	10.9	762.9	341.7	2330.3	131.2	N.D.
해남10	(2019. 5)	457.4	133.6	87.3	554.2	299.4	2102.0	51.9	N.D.
해남11	(2019. 5)	179.1	25.7	10.3	31.4	47.7	330.3	54.9	51.7
해남12	(2019. 5)	7.2	1.4	0.9	9.6	3.5	6.3	36.6	0.3

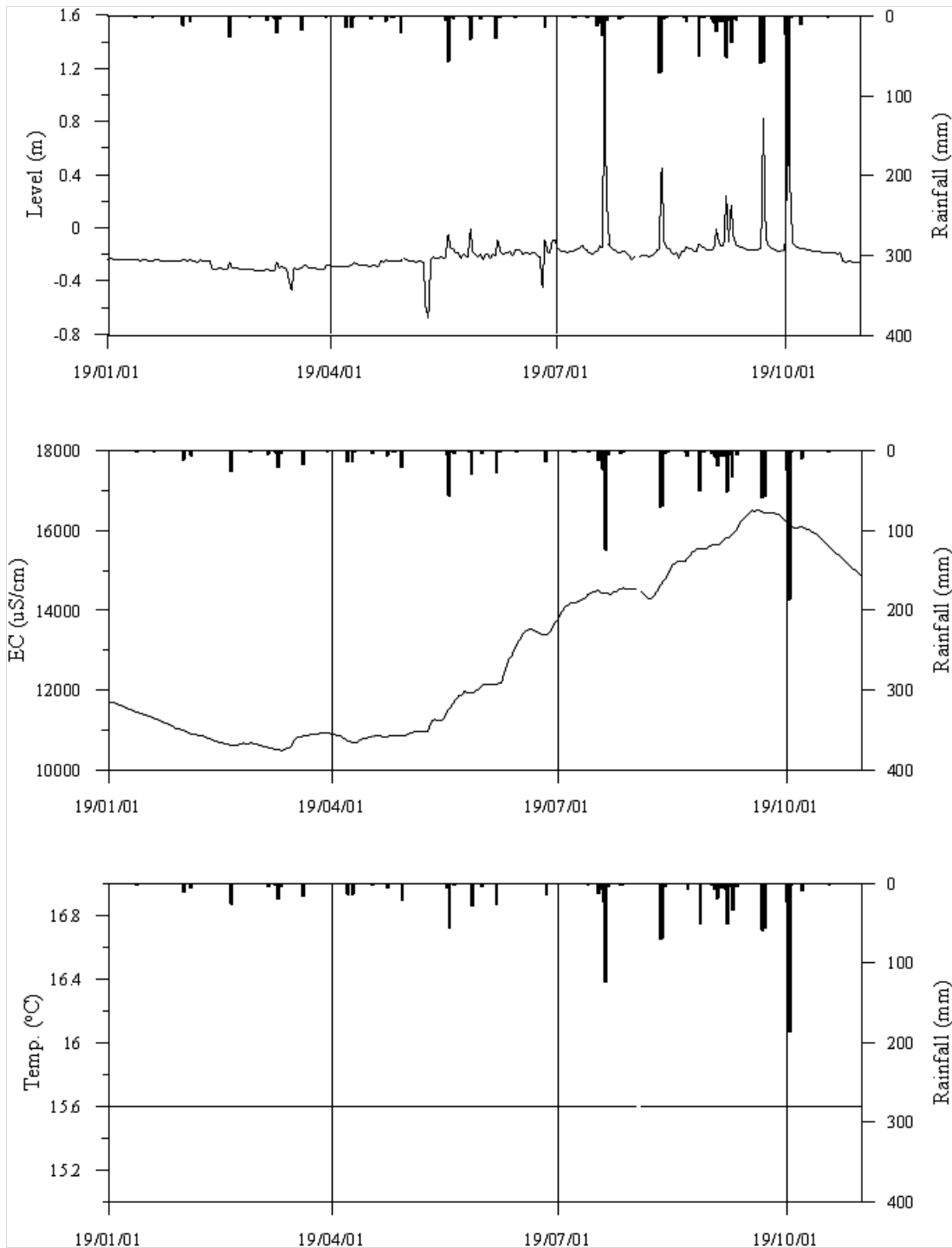
6. 장기관측 결과



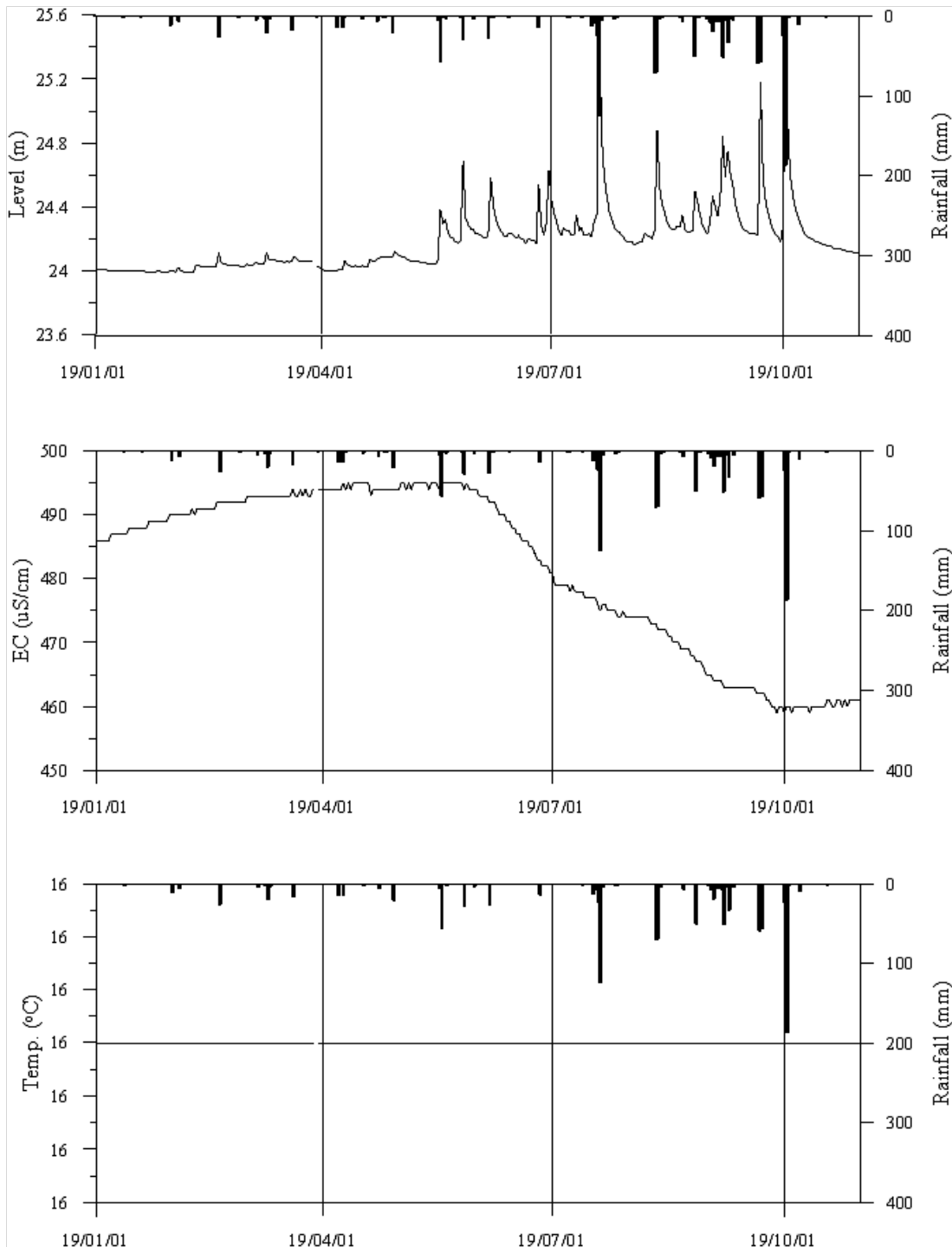
<해남1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, ©수온



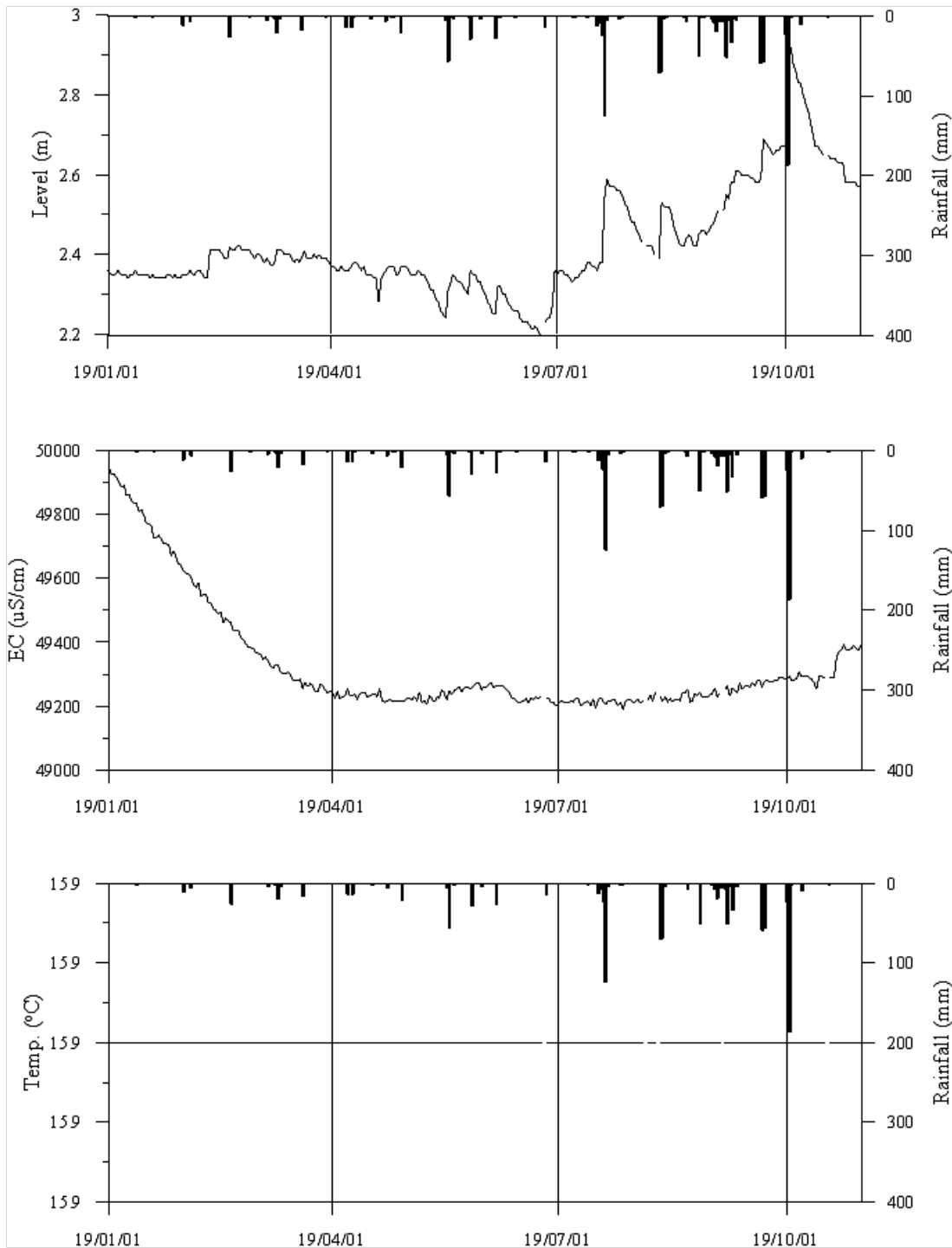
<해남2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



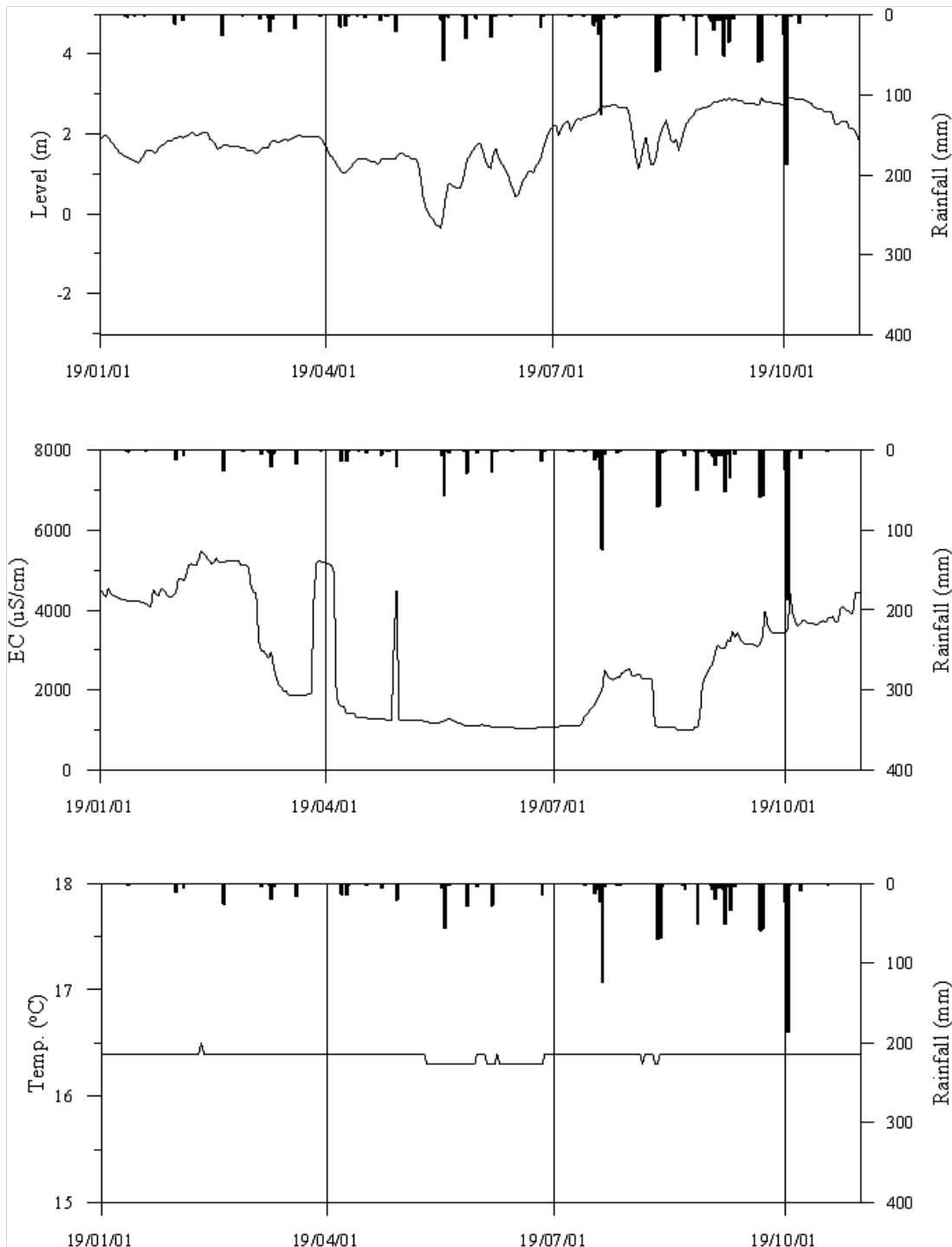
<해남3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, ©수온



<해남4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, ©수온



<해남5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<해남6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, ©수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 해남군 마산면 연구리에 위치한 해남1 관측공은 영암군과 인접하고 영암방조제로 형성된 영암호를 따라 대단위로 조성된 농경지에 위치한다. 이 지역은 2016년 해산지구 지하수자원관리 조사 시 질산성질소, DRASTIC 지수 등이 높아 수질오염이 우려되는 지역으로 조사된 바가 있으며, 관측공 주변에 발기반정비 농업용 대형관정 등 농업용 관정이 밀집되어 봄철 묘대기~이앙기, 여름철 갈수기에 농업용수 수요급증에 따른 지하수 수량부족이 우려됨에 따라 지하수 수질 및 수량 변화 관측을 위하여 관측공을 설치하였다. 해남군 산이면 진산리에 위치하는 해남2 관측공은 금호방조제로 형성된 금호호를 따라 대단위로 조성된 농경지에 위치한다. 이 지역은 2016년 해산지구 지하수자원관리 조사시 단위면적당 오염부하량, DRASTIC 지수 등이 높아 수질오염이 우려되는 지역으로 조사된 바가 있으며, 서해와 근접한 지역으로 해수유입에 의한 피해가 발생하는 지역으로 지하수 수질변화 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다. 해남군 마산면 상등리에 위치하는 해남3 관측공은 황산면과 해남읍 경계지역에 위치하고, 해남천이 북동-남서로 흐르면서 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2016년 해산지구 지하수자원관리 조사 시 한우를 사육하는 대규모 축사시설 및 대단위 농경지의 영향으로 오염원 분포밀도, 단위면적당 오염부하량 등이 높게 나타나 수질오염이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 해남군 삼산면 신흥리에 위치하는 해남4 관측공은 면소재지 외곽에 위치하고, 동-서로 흐르는 삼산천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 해삼지구 지하수자원관리 조사 시 오염원 분포밀도, 이용량/개발가능량, 단위면적당 이용량이 높아 지하수 수질 및 수량에 대한 우려가 있는 것으로 조사되어 장기적인 수량·수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 해남군 현산면 백포리에 위치하는 해남5 관측공은 해남군 남서쪽에 위치하고, 북동에서 남서로 흐르는 현산천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 해현지구 지하수자원관리 조사 시 대단위 농경지에 시비되는 각종 비료, 농

약 등의 영향으로 질산성질소가 높게 나타났고, 지역적 수문지질 특성에 따른 DRASTIC 지수(오염취약성)가 높아 지하수 오염에 따른 수질오염이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 해남군 송지면 우근리에 위치하는 해남6 관측공은 해남 땅 끝에 위치하고 남해와 인접하며, 산정천이 동-서로 흐르면서 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 해현지구 지하수자원관리 조사 시 넓은 농경지에 비료 및 농약 시비로 인한 질산성질소 농도와 수문지질 특성에 따른 DRASTIC 지수가 높게 나타났다. 또한 남해와 인접해 해당 지구까지 해수가 유입되어 염소이온 등이 높게 나타나 수질오염이 우려되어 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 해남7 ~ 12 관측공은 관정개발밀도가 높고 질산성질소 농도와 DRASTIC 지수가 높은 지역을 선정하여 장기적인 수질과 수량을 모니터링하기 위하여 관측공을 설치하였다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 해남7 ~ 11 관측공의 양수량은 모두 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 해남12 관측공은 $60 \text{ m}^3/\text{d}$ 이다. 수리전도도는 $5.535 \times 10^{-6} \sim 1.029 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께는 각 42, 66, 86, 100, 88, 88 m)이다. 물리검층결과 Fluid는 관측공7, 8에서 8 ~ 24 ohm-m, 9.5 ~ 12.5 ohm-m를 보이며, 해남7 관측공의 전기비저항값은 전구간에서 유사하게 나타난다. 해남8 관측공은 Fluid가 0.25 ~ 1.30 ohm-m이며, 30 m 이전과 70 m 지점에서 장노말, 단노말 값이 유사하게 나타난다. 해남10 관측공은 Fluid가 1.0 ~ 9.0 ohm-m 범위로 나타나며, 단노말, 장노말 전기비저항값은 전구간에서 유사하게 나타난다. 해남11 관측공은 Fluid가 40 ~ 60 ohm-m 범위를 보이고 전기비저항값은 상부 30 m 이후 구간부터는 멀어진다. 해남12 관측공은 Fluid는 0.3 ~ 0.7 ohm-m이며, 전기비저항 검층값은 전구간에서 유사성을 보이지 않는다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 해남1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 $600 \mu\text{S/cm}$ 내외이다. 해남2 관측공의 전기전도도는 전구간 48,000 $\mu\text{S/cm}$ 내외로서 해수가 직접 유입되어 농업용으로 활용이 불가능하다. 해남3 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 14,000 ~ 7,000

$\mu S/cm$ 내외로 감소한다. 해남4 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 460 ~ 420 $\mu S/cm$ 내외로 단계적으로 감소한다. 해남5 관측공의 전기전도도는 해수의 영향으로 인하여 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 48,000 ~ 46,500 $\mu S/cm$ 내외이다. 해남6 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 ~ 90 m 심도까지 약 600 $\mu S/cm$ 내외이나 이후 공저까지 5,500 $\mu S/cm$ 내외로 급격히 증가한다. 해남7 관측공은 케이싱 하부에서 증가하다 35 m 이후부터 250 $\mu S/cm$ 전후값으로 일정하게 유지한다. 해남8 관측공은 케이싱 하부에서 급격히 증가하고 이후 55 m에서 다시 크게 증가하는 이상대를 나타낸다. 전체적으로 350 $\mu S/cm$ 이하값을 보인다. 해남9 관측공은 케이싱 하부에서 5,200 $\mu S/cm$ 까지 증가하고, 45 m 이후 10,000 $\mu S/cm$ 까지 크게 증가한다. 이는 증가 구간에서의 파쇄대를 통해 해수가 유입하고 있는 것으로 분석된다. 해남10 관측공은 80 m까지는 600 $\mu S/cm$ 이하를 유지하다 80 m 이후부터 3,500 $\mu S/cm$ 까지 급격히 증가한다. 이 구간에서 해수유입이 있을 것으로 판단된다. 해남11 관측공은 케이싱 하부부터 180 $\mu S/cm$ 값을 유지하다 80 m 이후 파쇄대를 통한 담지하수 유입으로 25 $\mu S/cm$ 정도 낮아진다. 해남12 관측공은 30 m 구간부터 공저까지 27,500 $\mu S/cm$ 까지 크게 증가한다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 해남1, 4, 8, 11 관측공은 각 (Na+K)-HCO₃ 유형, 해남2, 3, 5, 6, 9, 10, 12 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에, 해남7 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 해남지구 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 그러나 해남2, 3, 5 관측공은 해수의 직접유입이 발생함에 따라, 지하수 이용을 규제하고 타수자원 이용을 모색해야 한다.
- 5) 장기 관측결과 : 해남1 관측공의 지하수위는 강수에 의한 영향을 받으며, 지하수위 변화폭은 약 1 m 이내이다. 전기전도도는 2018년 1월 ~ 4월 까지 670 $\mu S/cm$ 범위를 유지하나 4월 ~ 10월은 450 $\mu S/cm$ 까지 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보인다. 해남2 관측공의 지하수위는 강수에 영향을 받지 않으며, 지하수위 변화폭은 약 1 m 이내이다. 전기전도도는 해수 침투의

영향으로 인하여 약 40,000 $\mu S/cm$ 이상 범위를 나타내어 농업용수로 이용이 불가능하다. 해남3 관측공은 전기전도도가 지속적으로 증가하며, 해남4 관측공은 반대로 낮아지는 경향을 보인다.

- 6) 관리 방안 : 해남2, 3, 4, 5, 6 관측공과 신규 설치한 해남9, 10, 12 관측공도 주변 환경의 영향으로 인하여 해수의 직접유입이 발생하고 있어 타수자원 이용이 필요하며, 지속적으로 세심한 관측이 요구된다.

2.7.14 담양지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
담양1	담양군 수북면 오정리 567-1	192684.760	299460.932	52.85	2018	48.50
담양2	담양군 고서면 분향리 112-1	198592.630	289608.330	58.09	2018	52.89
담양3 (구)	담양군 봉산면 양지리 251-2	194405.690	295942.030	33.81	2018	32.37
담양3 (신)	담양군 봉산면 삼지리 221-20	193673.604	296332.425	31.75	2019	3.93
담양4	담양군 월산면 월계리 899	197761.440	305116.430	54.68	2018	50.28
담양5	담양군 금성면 대성리 1190	201683.550	306453.160	73.34	2018	68.80

* 담양3 관측공은 2019년 이설

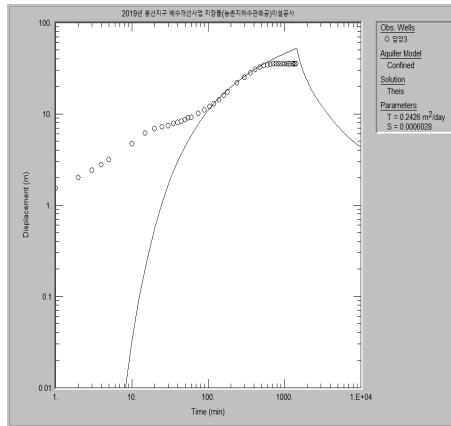
2. 지형 및 지질

담양지구는 동쪽으로 전라남도 곡성군, 서쪽으로 장성군, 남쪽으로 화순군과 광주광역시, 그리고 북쪽은 전라북도 순창군과 접하고 지형은 동서보다 남북 방향으로 길며, 북쪽이 높고 남쪽이 낮다. 전체면적 중 경지면적(25%)에 비해 임야(62%)가 많은 비중을 차지한다. 지질은 중생대 백악기의 안산암 및 안산암질 응회암이 혼재되어 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 피복하고 있다. 담양군의 중앙에서 서남부에 걸친 담양천 유역의 봉산들·수북들·고서들·대전들 등의 평야지대에 위치하여, 논농업에 따른 지하수 수량 및 수질 변화와 더불어 질산성질소 침투의 영향도 관측할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 대수층 수리지질 현황

신규로 이설하여 설치한 담양3(신) 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

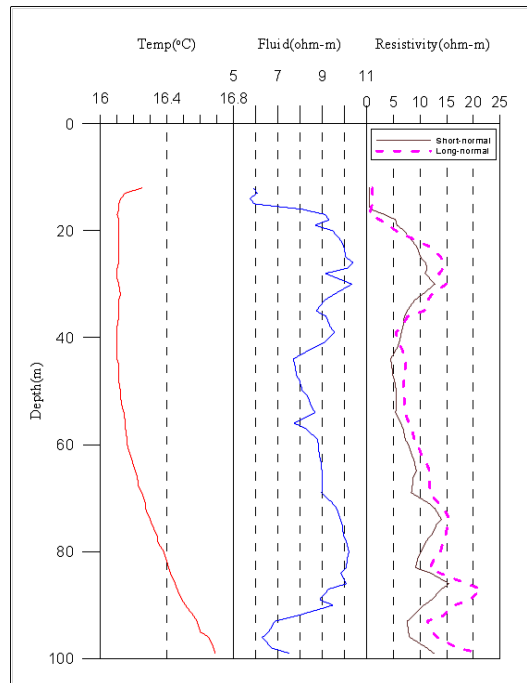
◎ 양수시험



<담양3(신) 관측공 양수시험>

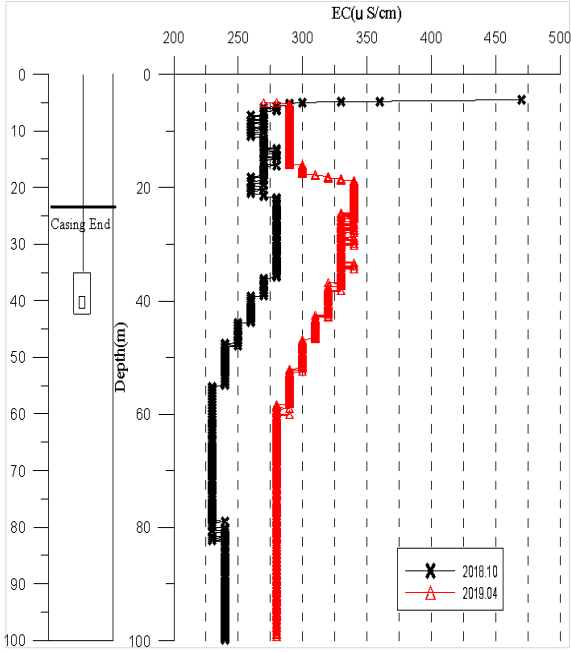
관측공	양수량(m³/d)	투수량계수 (m²/d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
담양3(이설)	50	0.2426	3.12×10^{-6}	90

◎ 물리검층

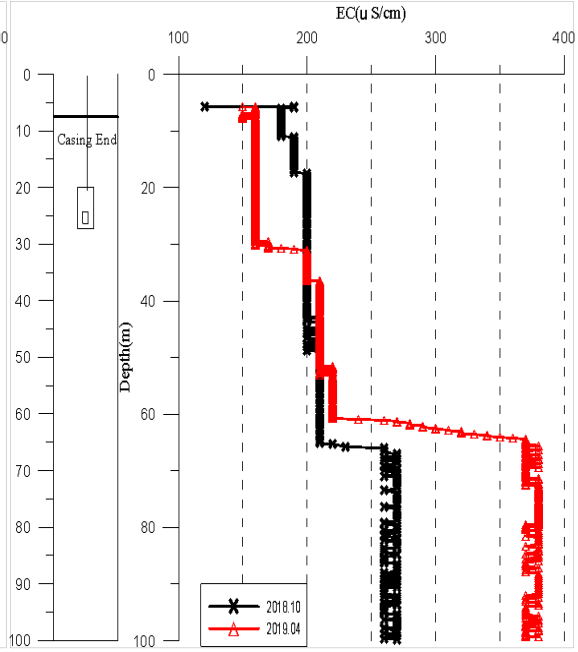


<담양3(이설) 관측공 물리검층>

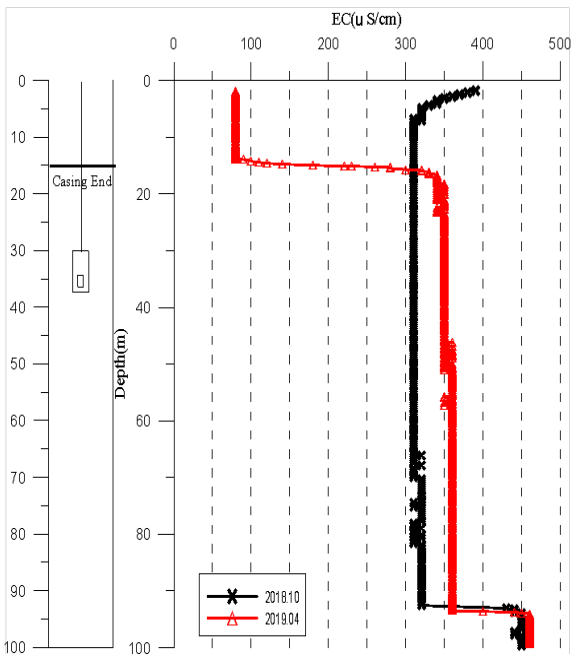
4. 지하수 검층



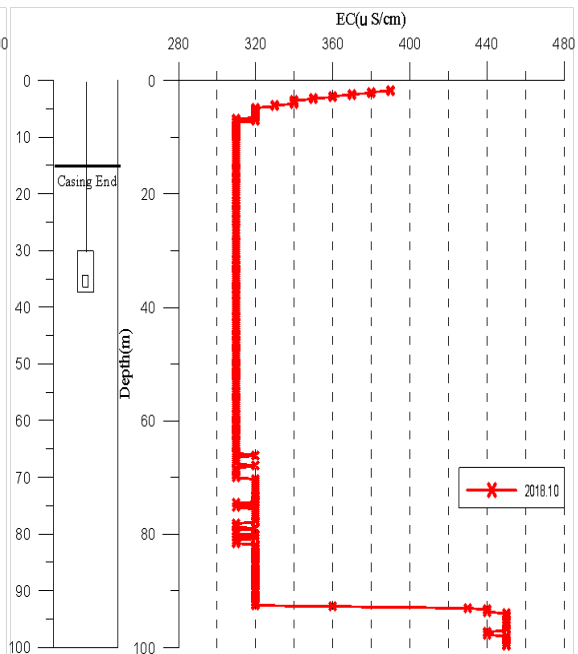
<담양1 관측공>



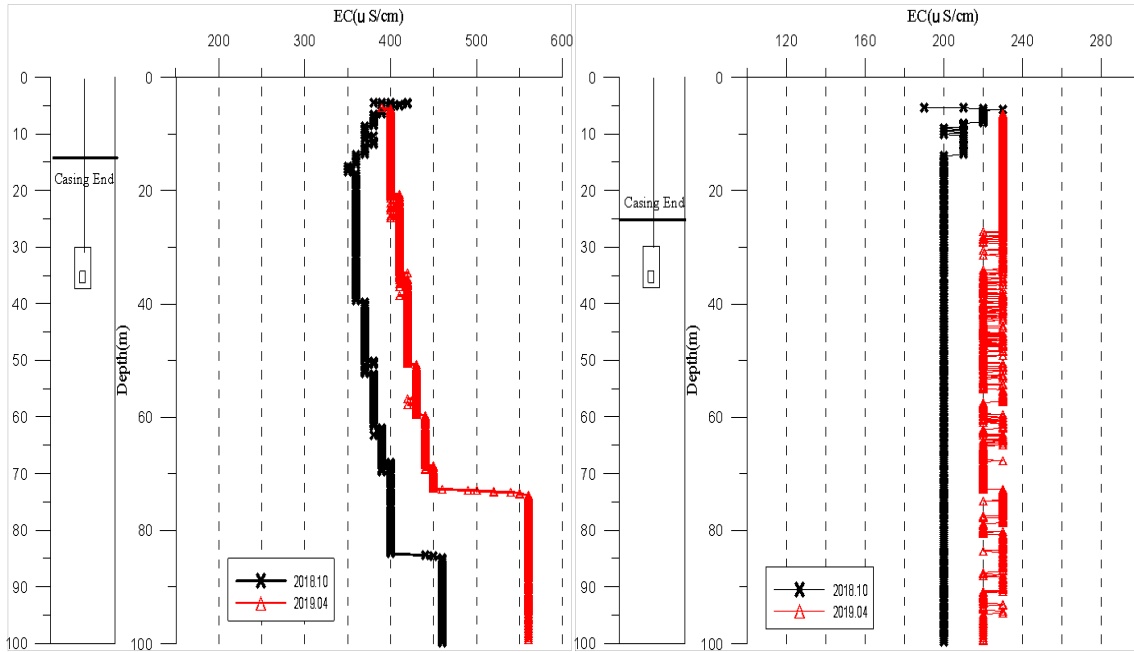
<담양2 관측공>



<담양3(구) 관측공>



<담양3(신) 관측공>



<담양4 관측공>

<담양5 관측공>

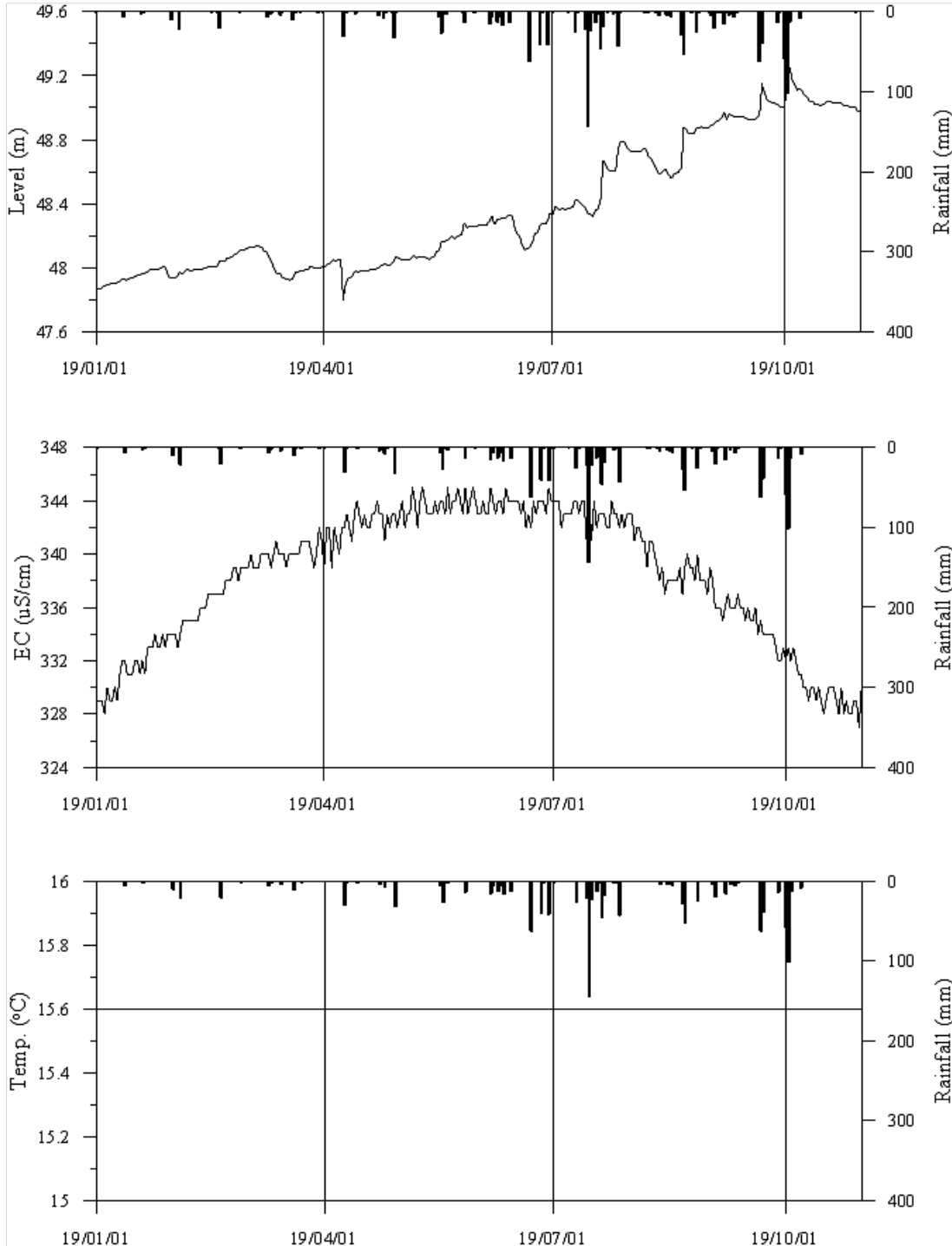
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

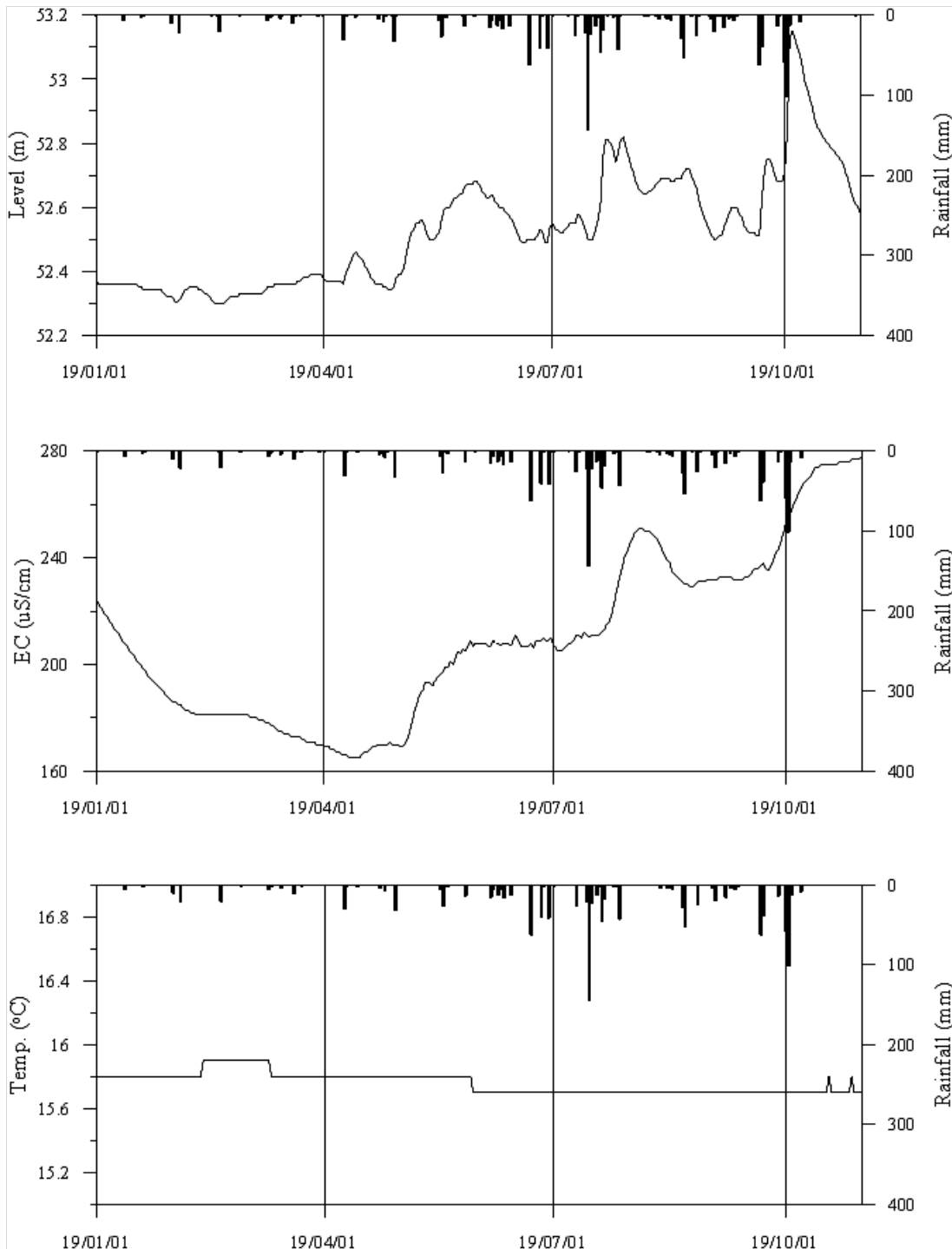
관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
담양1	(2018. 8)	14.29	6.82	1.02	32.64	3.71	13.44	128.10	N.D.
	(2019. 5)	12.99	6.49	1.07	43.68	4.00	12.74	155.55	N.D.
담양2	(2018. 8)	10.49	3.53	1.25	32.18	10.28	8.56	100.65	5.70
	(2019. 5)	6.87	3.91	1.41	16.98	9.49	6.86	54.90	4.42
담양3 (구)	(2018. 8)	16.32	4.22	0.92	51.87	29.81	19.41	134.20	N.D.
	(2019. 5)	9.74	3.47	1.44	33.43	18.19	12.54	91.50	N.D.
담양3 (신)	(2019. 5)	15.84	6.07	1.38	28.61	15.75	22.82	97.60	5.81
담양4	(2018. 8)	18.33	6.03	1.36	65.47	23.52	18.65	189.10	5.49
	(2019. 5)	16.22	5.59	1.18	54.90	19.83	16.67	164.70	3.54
담양5	(2018. 8)	10.08	2.99	0.78	34.04	4.05	4.87	112.85	5.56
	(2019. 5)	10.22	2.17	1.25	32.09	4.12	4.56	112.85	4.15

6. 장기관측 결과

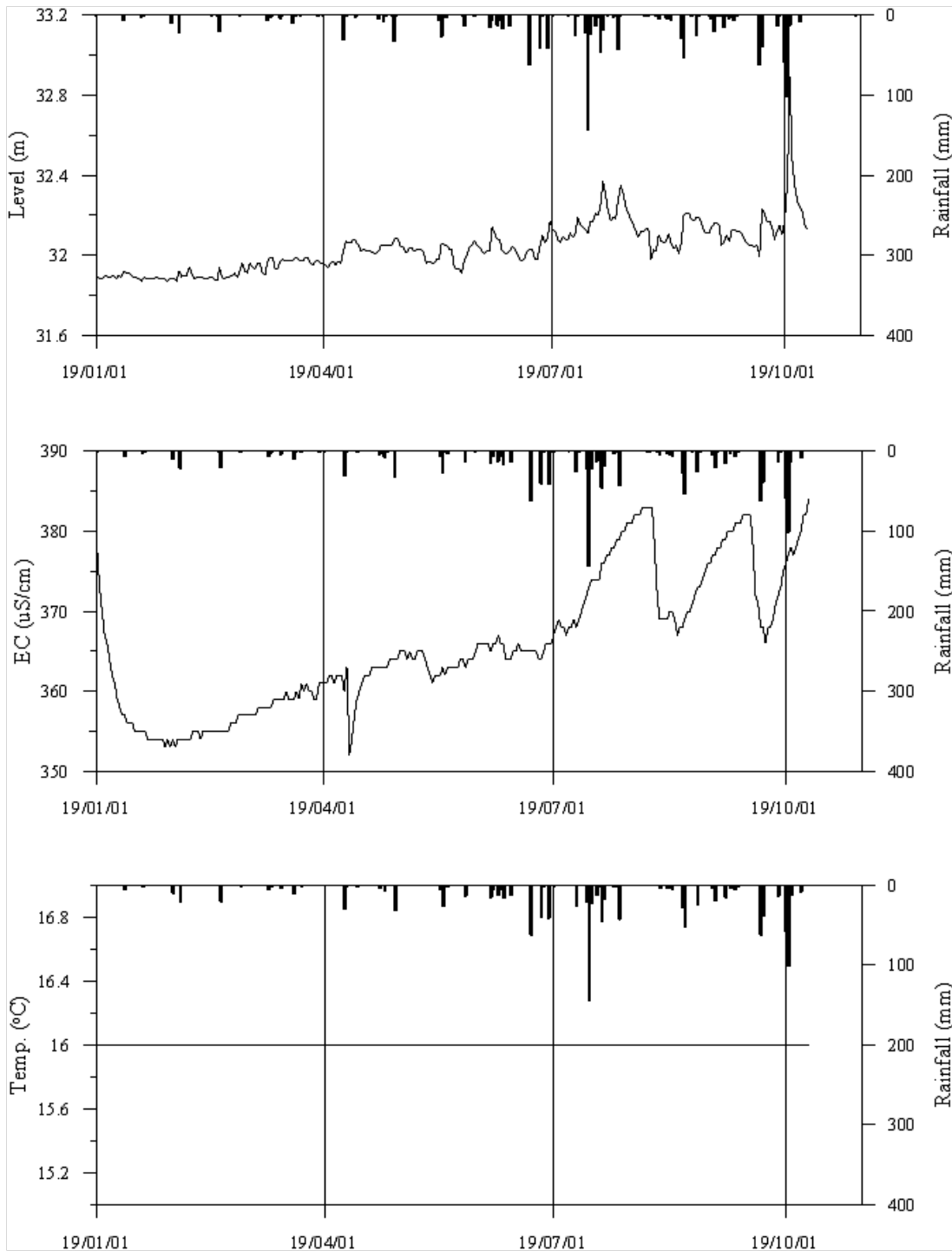


<담양1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>

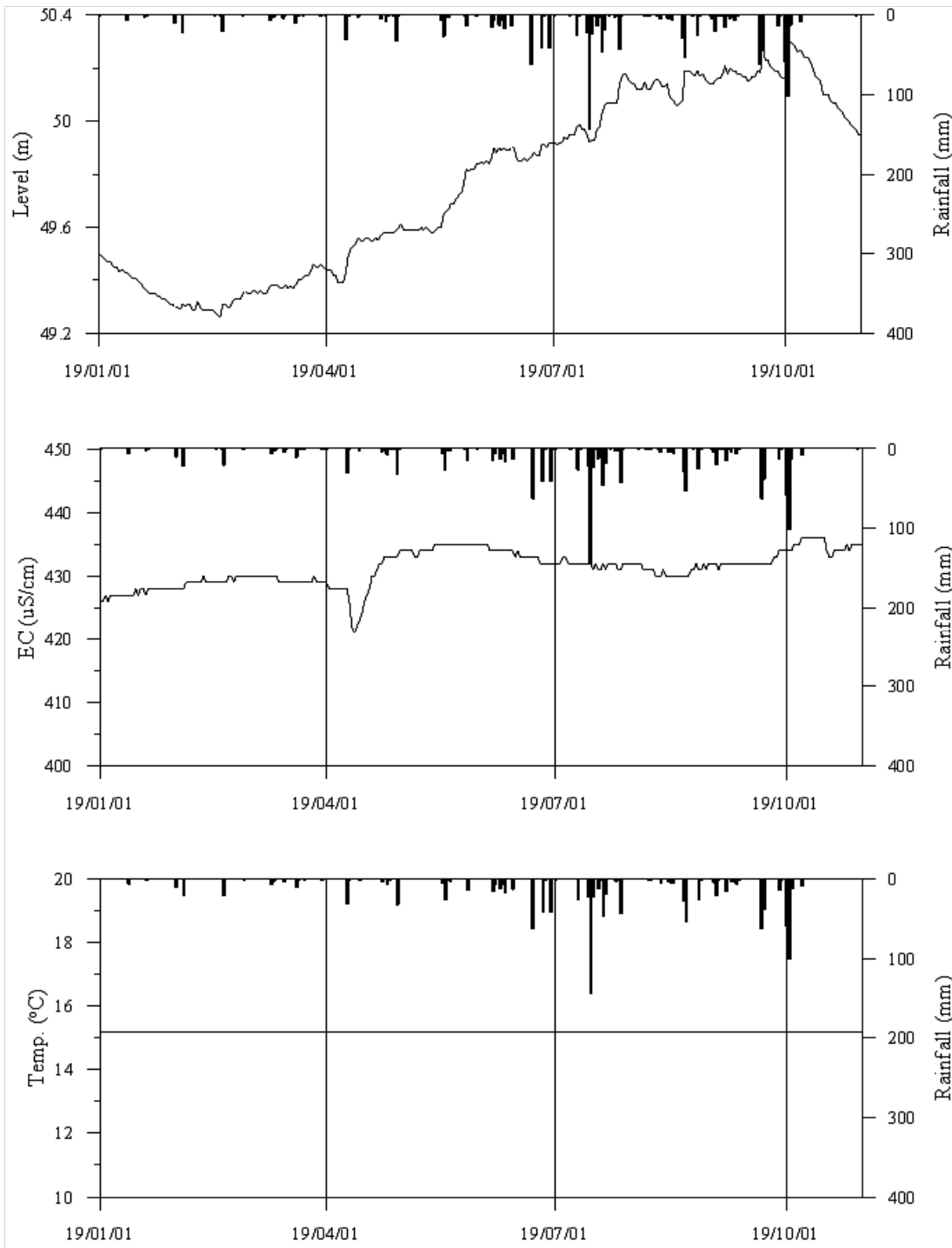
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



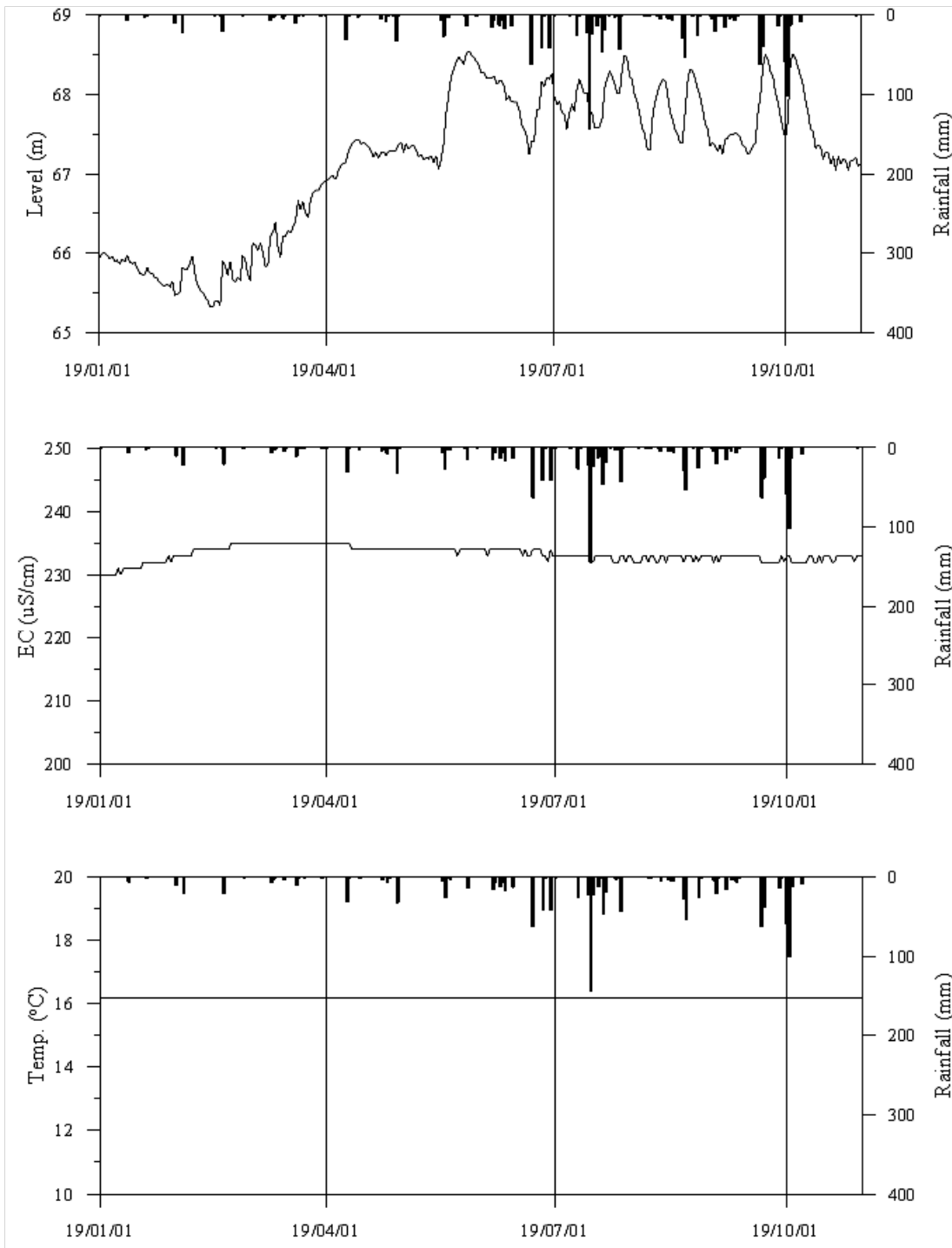
<담양2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<담양3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<담양4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, ©수온



<담양5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 담양1 관측공이 설치된 담양군 수북면 오정리는 면소재지와 인접하여 있고, 삼인산(570 m) 계곡부에 형성된 소지류를 따라 농경지가 분포하고 있다. 이 지역은 2017년 담수지구 지하수자원관리 조사 시 산악지형 특성으로 농업용수를 공급하는 농업기반시설이 미비하여 지하수 이용량/적정 개발가능량이 높게 나타남에 따라, 수량부족이 우려되어 장기적인 수량변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 담양2 관측공이 설치된 담양군 고서면 분향리는 광주호 하부에 위치하고, 증암천이 남-북으로 흐르면서 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 담고지구 지하수자원관리 조사 시 지역적 수문지질 특성에 따른 DRASTIC 지수(오염취약성)가 높아 수질오염이 우려됨에 따라 장기적인 수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 담양3 관측공이 설치된 담양군 봉산면 양지리는 고서면과 인접하고, 남동에서 북서방향으로 흐르는 영산강을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 담고지구 지하수자원관리 조사 시 이용량/적정 개발가능량, 단위면적당이용량, 관정밀도, 오염원밀도 등이 높게 조사되어 지하수 수량부족 및 수질오염이 우려되어 장기적인 수량·수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 담양4 관측공이 설치된 담양군 월산면 월계리는 면소재지와 인접해 있고 월산천, 중월천, 용천이 발달하여 천을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 담용지구 지하수자원관리 조사시 지역적 수문지질 특성에 따른 DRASTIC 지수가 높게 나타나 지하수 수질오염이 우려되며, 또한 지하수에 의존해 농업용수를 이용하는 딸기 등 각종 채소를 재배하는 하우스단지가 산재하고 있어 수량부족이 우려되어 장기적인 수량·수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다. 담양5 관측공이 설치된 담양군 금성면 대성리는 면소재지와 인접해 있고, 북에서 남으로 흐르는 영산강을 따라 넓은 농경지가 형성되어 있다. 이 지역은 2017년 담용지구 지하수자원관리 조사시 지하수를 이용하는 시설재배단지가 넓게 분포하고 있어 이용량/적정 개발가능량이 높아 지하수 수량부족이 우려되고, 지역적 수문지

- 질 특성에 따른 DRASTIC 지수가 높아 지하수 오염에 따른 수질오염이 우려되어 장기적인 수량·수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 담양3(이설) 관측공의 양수량은 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $3.12 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 94 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid는 케이싱 심도 이하부터 공저까지 각 약 6 ~ 10 ohm-m 범위로 나타났다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 케이싱 하부 ~ 공저까지 모두 유사한 경향을 보여 해당 구간에서의 파쇄대의 존재 가능성이 높은 것으로 추정된다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 담양1 관측공의 전기전도도는 225 ~ 300 $\mu\text{S/cm}$ 범위이며, 케이싱 하부에서 공저로 갈수록 감소하는 경향을 보인다. 담양2 관측공의 전기전도도는 180 ~ 270 $\mu\text{S/cm}$ 범위이며, 케이싱 하부에서 공저로 갈수록 단계적으로 증가하는 경향을 보인다. 담양3 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부에서 심도 92 m 구간까지는 310 $\mu\text{S/cm}$ 범위이나, 이후 구간에서는 450 $\mu\text{S/cm}$ 범위로 급격히 증가하는 경향을 보인다. 담양4 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부에서 심도 18 m 구간까지는 감소하나 이후 심도에서 공저까지는 360 ~ 460 $\mu\text{S/cm}$ 범위로 단계적으로 증가하는 경향을 보인다. 담양5 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부에서 심도 15m 구간까지는 변동이 있으나 이후 구간에서 공저까지는 200 $\mu\text{S/cm}$ 범위로 일정한 경향을 나타낸다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 담양1, 3(신), 4 관측공은 공통적으로 Ca-HCO_3 유형으로 나타나며 영농을 위한 농업용수로 사용되므로 향후 꾸준한 모니터링이 필요한 것으로 분석된다. 담양2, 5 관측공은 $(\text{Na}+\text{K})\text{-HCO}_3$ 유형에 해당된다.
- 5) 관리 방안 : 담양지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 지표오염물질(특히 질산성질소 발생물질)의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.7.15 영암지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영암1	영암군 도포면 구학리 574-8	248796.951	167189.974	3.025	2019	0.0
영암2	영암군 군서면 도장리 39	245823.963	167031.145	6.016	2019	2.28
영암3	영암군 서호면 성재리 1331-11	244514.819	162090.865	0.674	2019	1.11
영암4	영암군 서호면 화송리 429-17	237721.386	163322.718	17.674	2019	5.0
영암5	영암군 도포면 성산리 1478-5	251846.616	169310.886	7.798	2019	3.4

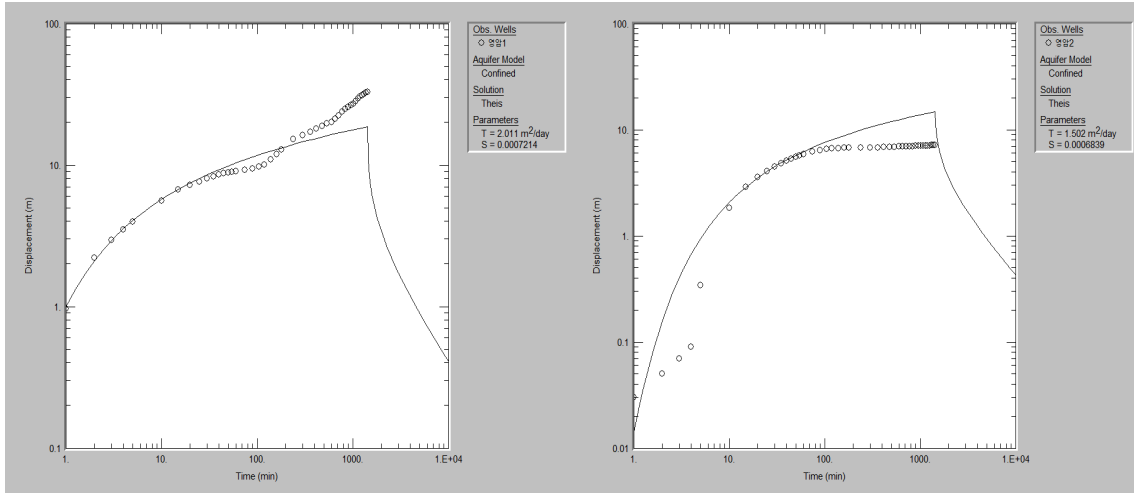
2. 지형 및 지질

영암지구는 영암군 월출산과 영산강 사이의 간척농지에 위치하며, 영산강 하구언에서 10 km 정도의 거리에 위치한 드넓은 평야에 위치한다. 수계는 들판을 가로지르는 영암천이 서향하여 영산강으로 유입되어 남해바다로 흘러간다. 지질은 중생대 백악기 불국사화강암으로 구성되어 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 피복하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

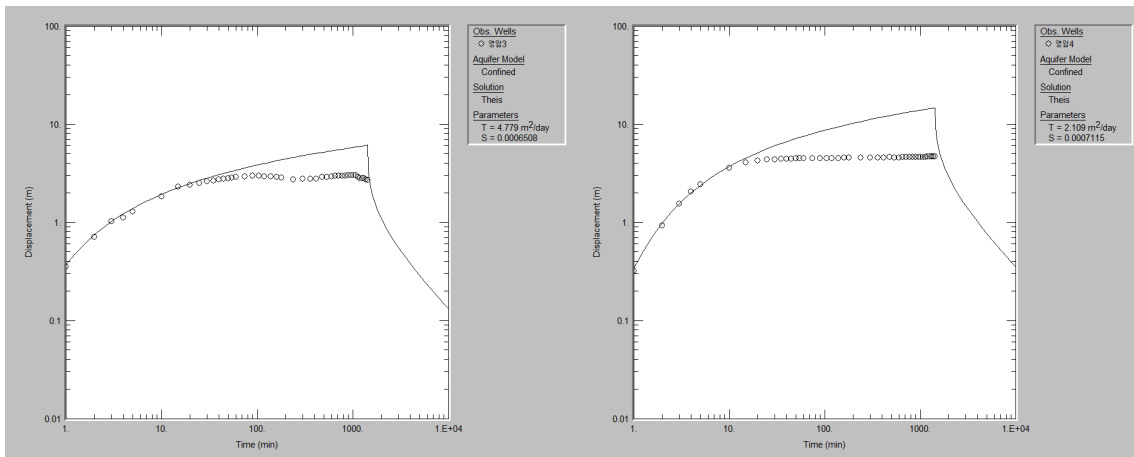
신규 설치한 영암1, 영암2, 영암3, 영암4, 영암5 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험



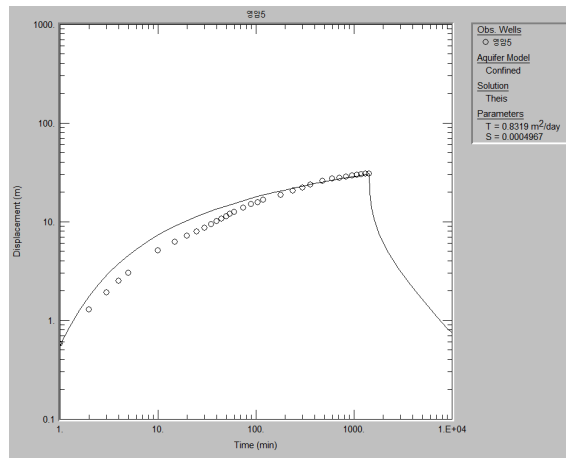
<영암1 관측공 양수시험>

<영암2 관측공 양수시험>



<영암3 관측공 양수시험>

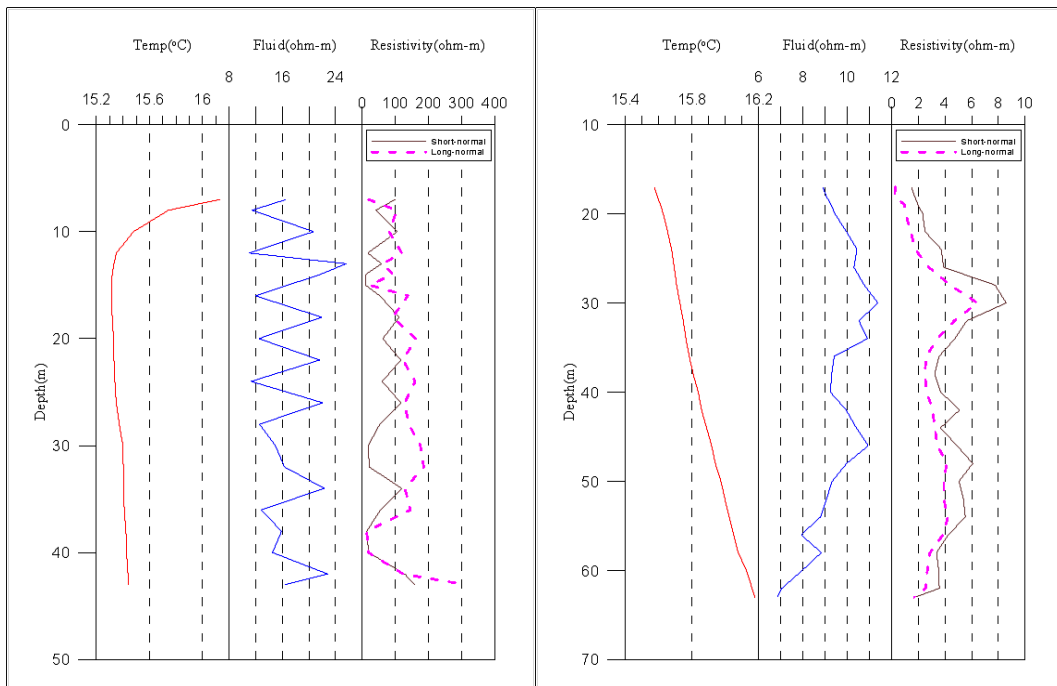
<영암4 관측공 양수시험>



<영암5 관측공 양수시험>

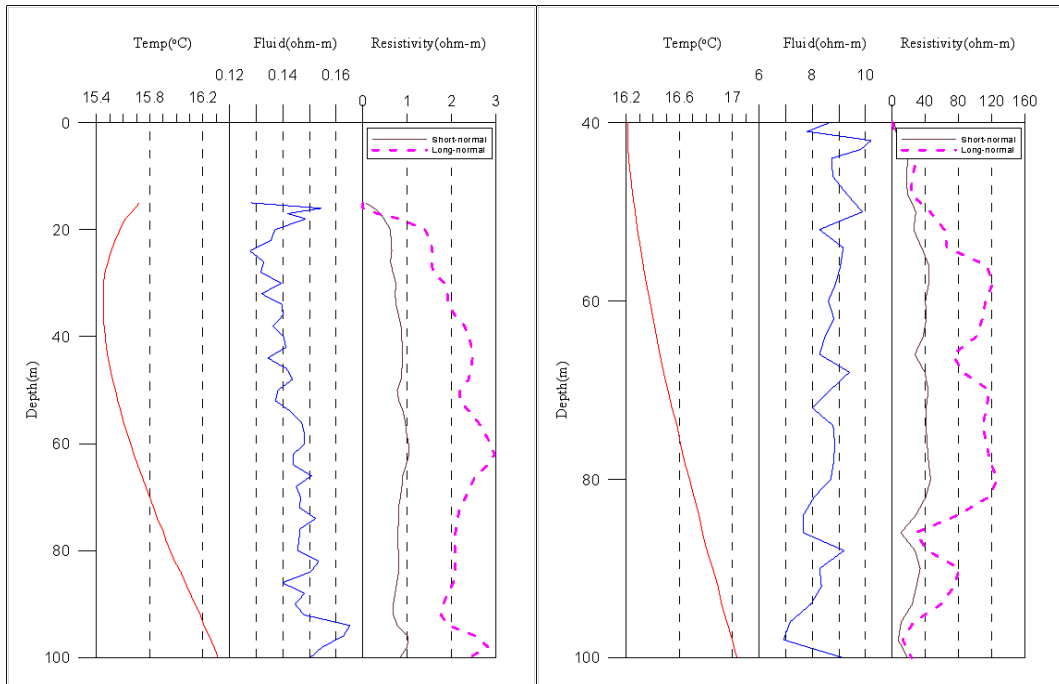
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리진도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
영암1	100	2.011	6.296×10 ⁻⁵	37
영암2	50	1.502	1.956×10 ⁻⁵	89
영암3	50	4.779	6.076×10 ⁻⁵	91
영암4	80	2.109	3.704×10 ⁻⁵	66
영암5	50	0.8319	1.030×10 ⁻⁵	94

◎ 물리검층



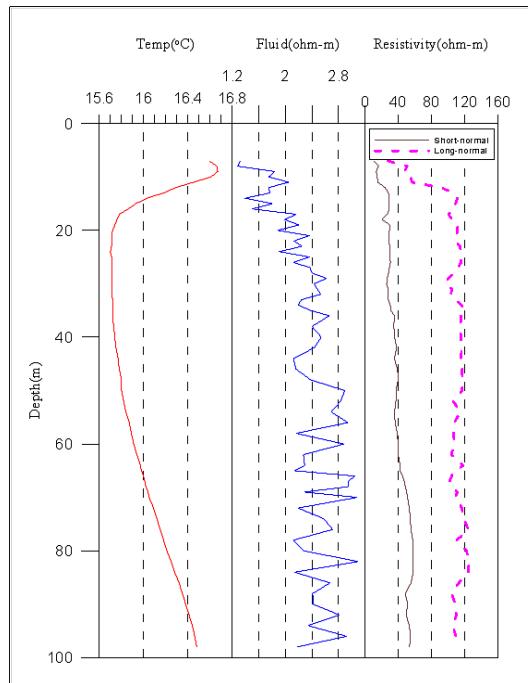
<영암1 관측공 물리검층>

<영암2 관측공 물리검층>



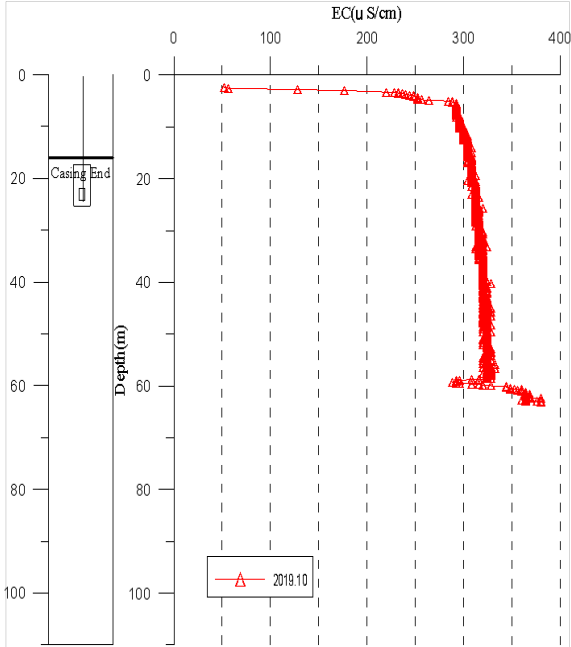
<영암3 관측공 물리검층>

<영암4 관측공 물리검층>

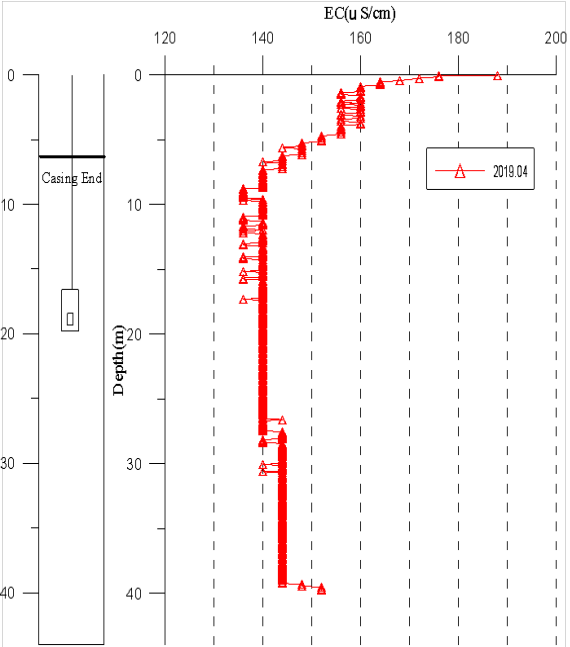


<영암5 관측공 물리검층>

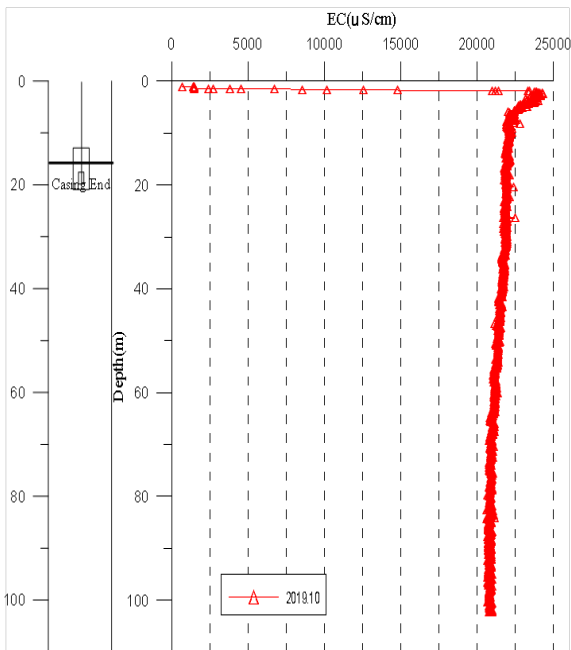
4. 지하수 검층



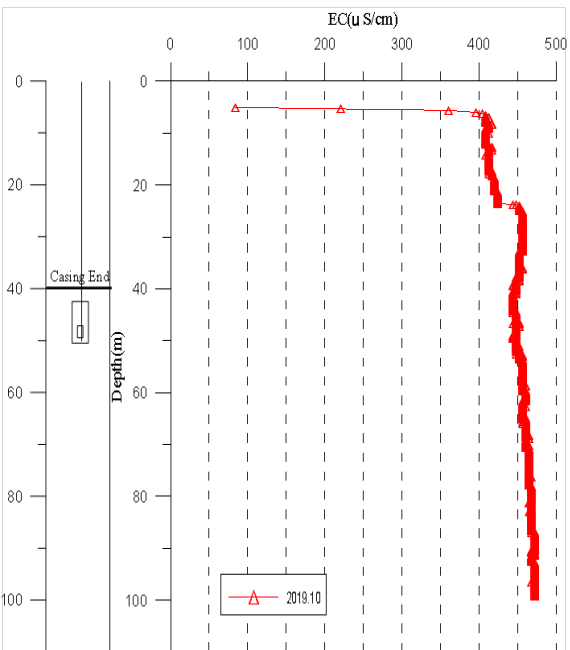
<영암1 관측공>



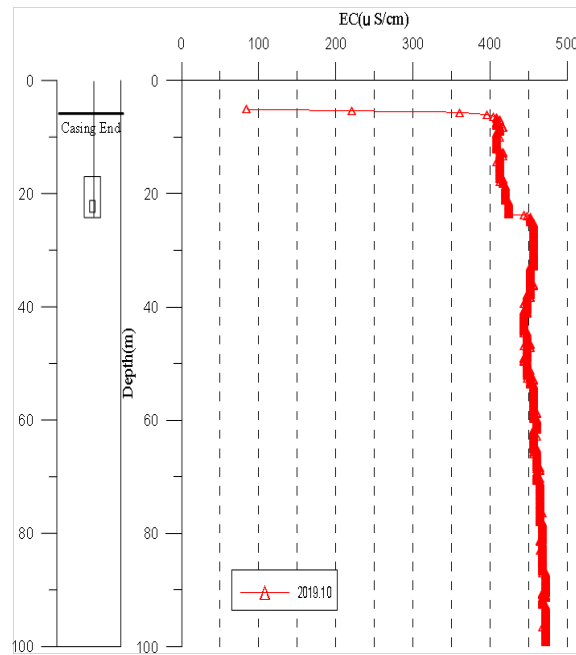
<영암2 관측공>



<영암3 관측공>



<영암4 관측공>



<영암5 관측점>

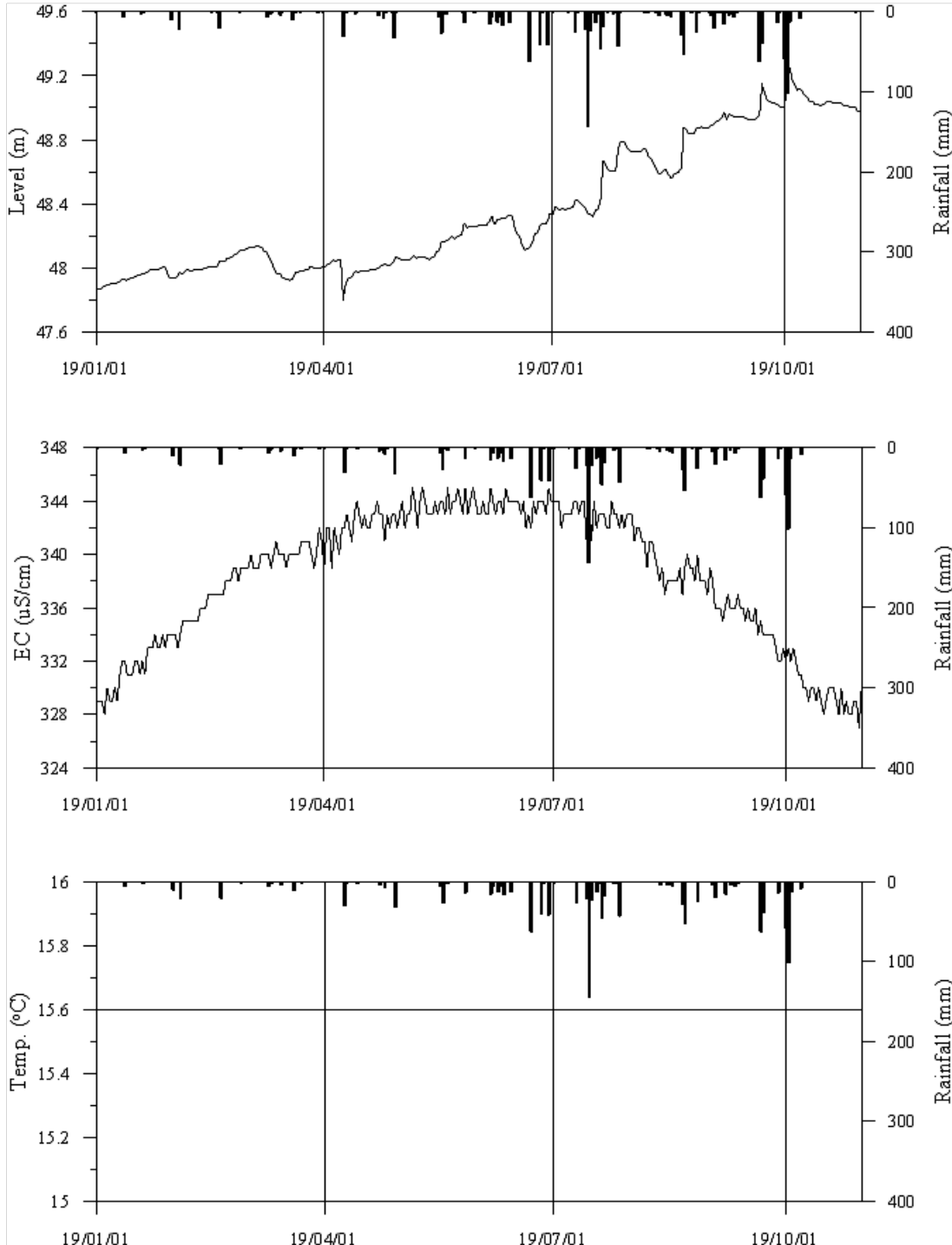
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
영암1 (2019)	25.05	5.55	1.32	19.66	6.49	46.04	48.80	0.09
영암2 (2019)	23.35	2.72	1.62	25.94	1.48	35.88	91.50	0.11
영암3 (2019)	4926.02	623.40	124.93	628.35	423.64	8929.23	671.00	N.D.
영암4 (2019)	15.65	12.85	5.51	32.41	8.53	77.14	73.20	0.20
영암5 (2019)	32.88	5.73	6.10	29.30	5.79	58.30	33.55	N.D.

6. 장기관측 결과



<담양1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1~2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영암지구 관측공은 전반적으로 DRASTIC 지수가 높고 잠재오염원이 많이 분포하여 지하수 오염에 따른 수질오염이 우려되어 장기적인 수량·수질변화 모니터링을 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 영암1, 2, 3, 4, 5 관측공의 양수량은 각 100, 50, 50, 80, 50 m^3/d 이며, 수리전도도는 $1.030 \sim 6.296 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 약 37~94 m) 이다. 물리검층 결과, Fluid는 케이싱 심도 이하부터 공저까지 각 약 12 ~ 25 ohm-m, 약 6 ~ 11.5 ohm-m, 약 0.13 ~ 0.16 ohm-m, 약 7 ~ 10 ohm-m, 약 1.2 ~ 3.0 ohm-m 범위로 나타났다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 영암1, 2 관측공의 경우 케이싱 하부 ~ 공저까지 유사한 경향을 보여 해당 구간에서의 파쇄대의 존재 가능성이 높은 것으로 추정된다. 영암4 관측공은 40 ~ 50 m 구간과 85 ~ 100 m 구간에서 유사한 값을 보인다. 이외 관측공은 공저로 내려갈수록 멀어지는 경향을 보인다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 영암1 관측공의 전기전도도는 $400 \mu S/cm$ 이하 값을 보이며, 영암2 관측공은 케이싱 하부부터 공저까지 $140 \mu S/cm$ 내외값을 유지한다. 영암3, 4, 5 관측공의 전기전도도는 각각 $2,000 \sim 2,500 \mu S/cm$, $400 \sim 500 \mu S/cm$ (영암5 관측공과 동일) 범위를 유지하며 케이싱 하부에서 공저까지 변함없이 동일한 값을 유지한다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영암1, 3, 4, 5 관측공은 공통적으로 (Na+K)-Cl 유형으로 나타나며 영농을 위한 해수의 영향이 나타나므로 꾸준한 모니터링이 필요한 것으로 분석된다. 영암2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당된다.
- 5) 관리 방안 : 영암지구는 수량과 수질관리 모두 필요한 지역에 설치하였고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 지표오염물질(특히 질산성질소 발생물질)의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

부록 2.8 경상북도

2.8.1	영천지구	.....	부록	-	815
2.8.2	상주지구	.....	부록	-	830
2.8.3	안동지구	.....	부록	-	848
2.8.4	청송지구	.....	부록	-	862
2.8.5	문경지구	.....	부록	-	874
2.8.6	봉화지구	.....	부록	-	885
2.8.7	군위지구	.....	부록	-	899
2.8.8	포항지구	.....	부록	-	906
2.8.9	구미지구	.....	부록	-	919
2.8.10	경주지구	.....	부록	-	934
2.8.11	김천지구	.....	부록	-	944
2.8.12	칠곡지구	.....	부록	-	953
2.8.13	의성지구	.....	부록	-	962
2.8.14	예천지구	.....	부록	-	980
2.8.15	청도지구	.....	부록	-	984
2.8.16	경산지구	.....	부록	-	992
2.8.17	영양지구	.....	부록	-	996
2.8.18	영주지구	.....	부록	-	1004
2.8.19	울진지구	.....	부록	-	1008

부록 2.8 경상북도

2.8.1 영천지구

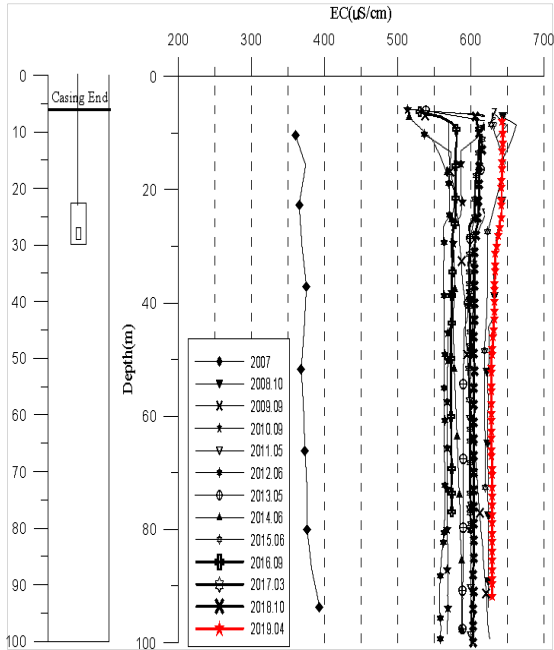
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영천1	영천시 화남면 삼창리	177388.707	284017.993	122.53	2007	117.27
영천2	영천시 신녕면 부산리 348	189911.045	284649.925	162.69	2007	154.62
영천3	영천시 대창면 운천리	195317.302	262578.042	130.64	2007	119.21
영천4	영천시 임고면 우항리 530-1	378916.425	380214.239	89.57	2017	87.27
영천5	영천시 신녕면 완전리 638-2	361306.642	383655.149	119.97	2017	115.97
영천6	영천시 금호읍 냉천리 215-2	370674.239	371801.147	55.42	2017	49.92
영천7	영천시 임고면 사리 1245-5	205202.858	383353.422	152.32	2018	148.82

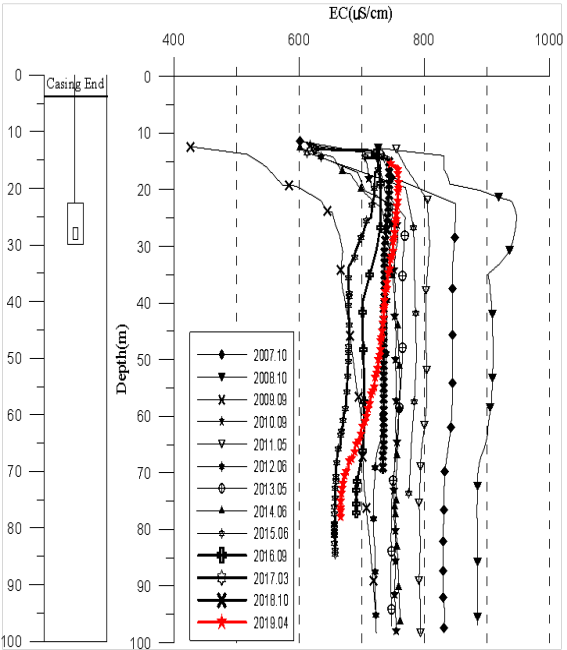
2. 지형 및 지질

영천은 경상북도의 동남부에 자리잡고 있으며, 동쪽은 경주시와 포항시, 서쪽은 경산시와 대구광역시, 남쪽은 청도군, 북쪽은 청송군과 군위군이 접하고 있다. 영천시 농촌지하수관리 관측망이 설치된 지구는 화남면 삼창리, 신녕면 부산리, 대창면 운천리로 농촌지하수관리사업 조사결과 지하수관리가 필요한 지역 중 자동관측망 설치 운영효과가 높은 수량 수질관리 지역을 대상으로 선정하였다.

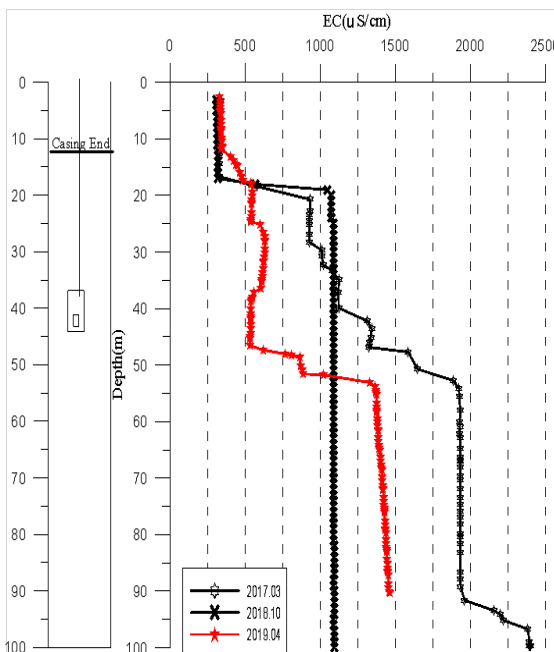
3. 지하수 검층



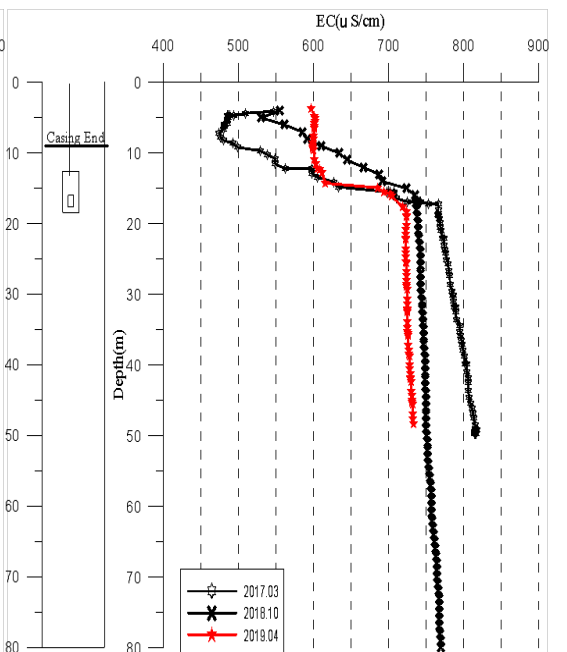
<영천2 관측공>



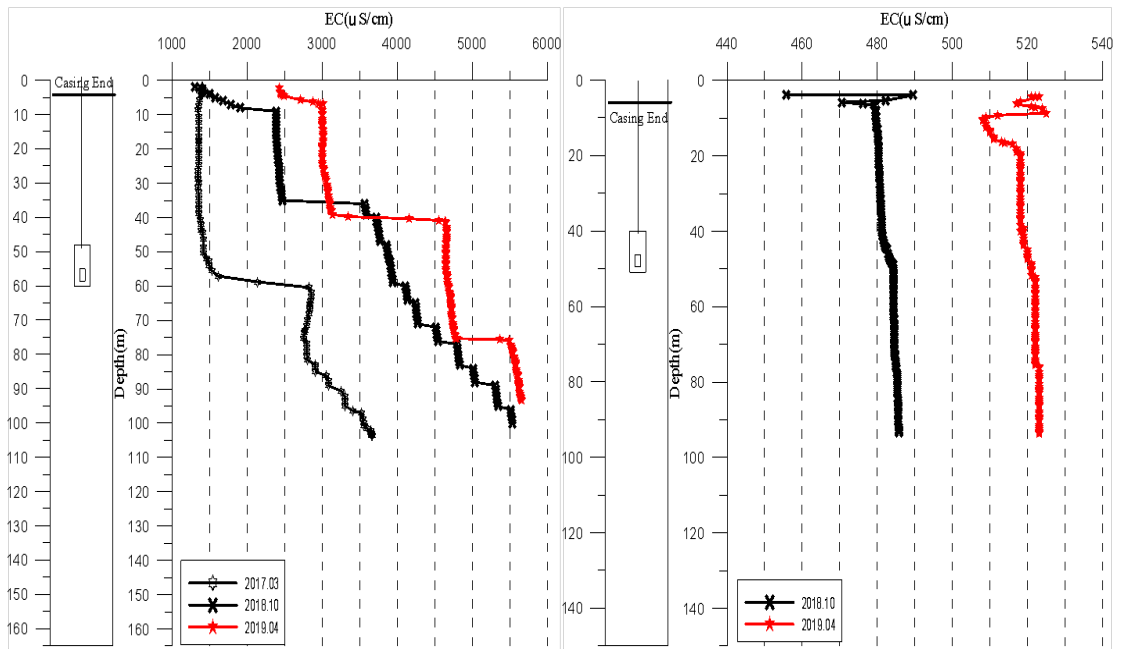
<영천3 관측공>



<영천4 관측공>



<영천5 관측공>



<영천6 관측공>

<영천7 관측공>

4. 지하수 수질 분석

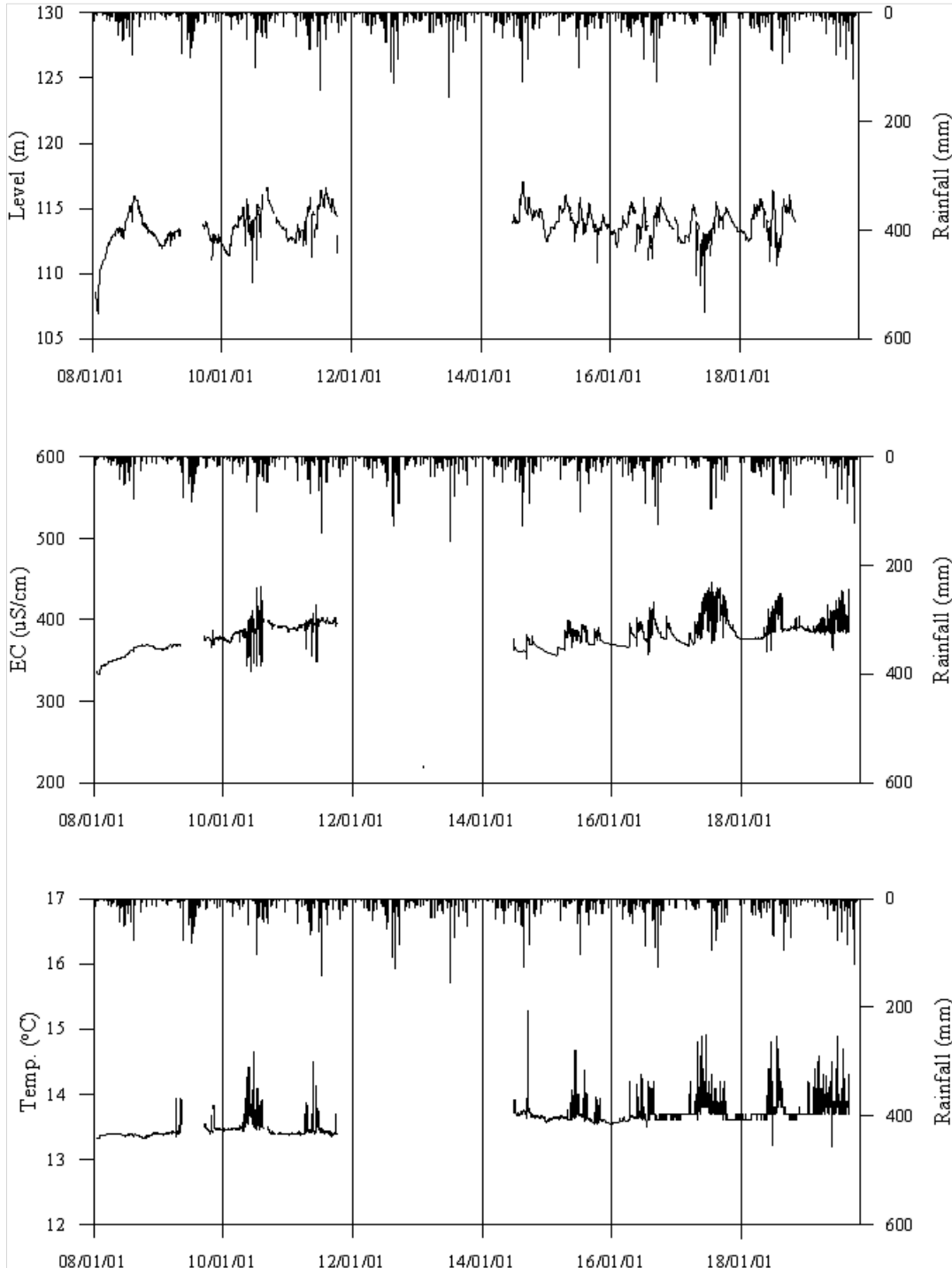
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

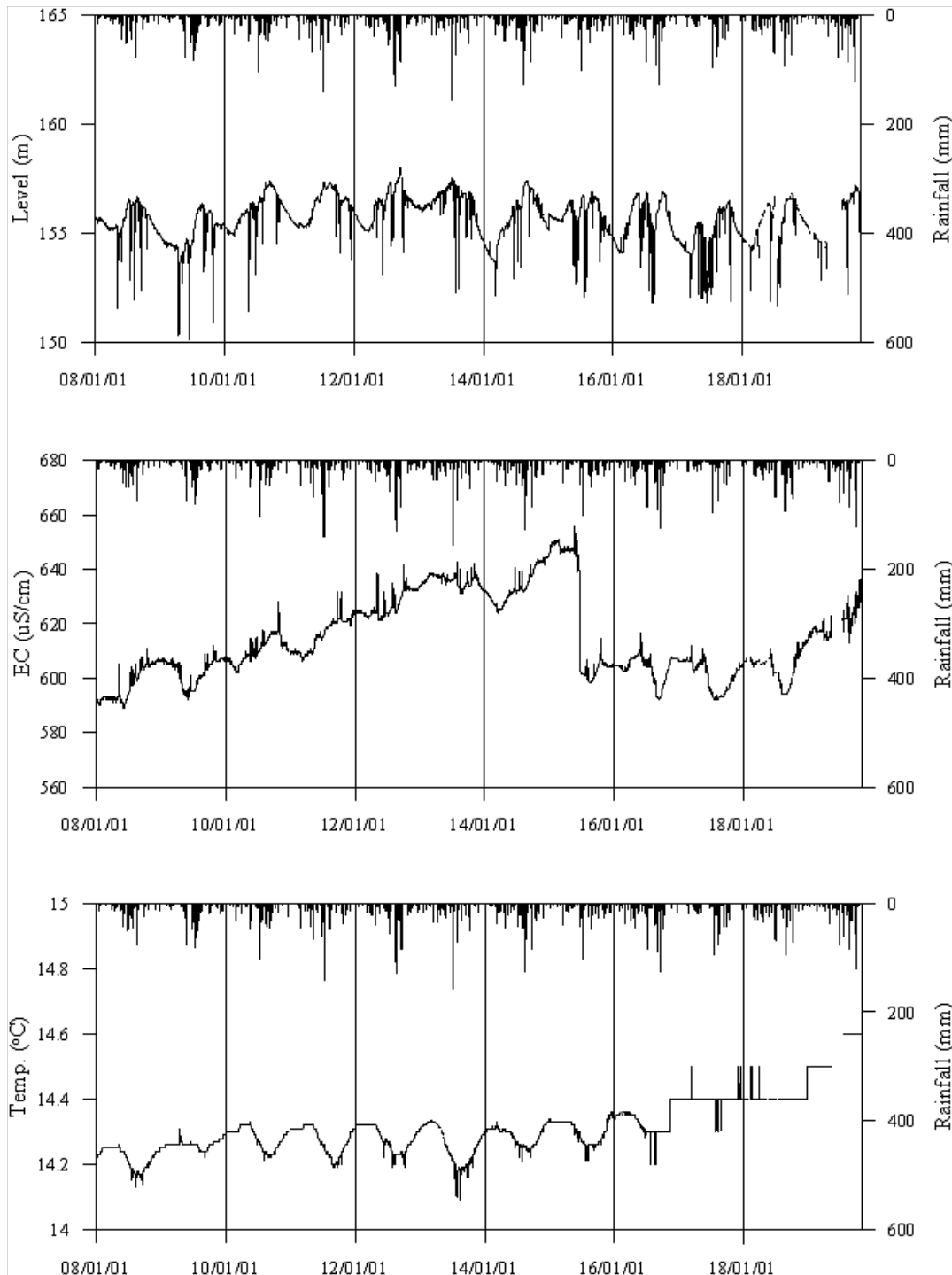
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
영천1	(2007.10)	16.92	27.04	1.53	71.19	13.25	46.10	262.30	82.29
	(2008.10)	8.71	13.05	0.94	47.15	29.23	11.57	149.45	18.92
	(2009. 9)	8.70	13.14	0.94	55.31	29.83	13.16	158.60	18.82
	(2010.10)	8.58	14.81	1.03	52.87	25.98	14.93	167.76	30.64
	(2011.10)	8.25	14.29	0.94	58.67	30.76	13.90	158.60	20.71
	(2012. 6)	9.60	13.56	0.80	65.89	27.78	13.66	155.55	60.97
	(2013. 5)	8.98	13.61	0.78	50.07	26.62	14.08	161.65	28.11
	(2014. 6)	10.13	13.45	0.91	50.54	25.74	12.62	158.60	21.84
	(2015. 7)	9.49	12.82	0.83	51.63	27.41	13.12	155.55	25.12
	(2016. 4)	10.24	14.65	1.13	52.01	27.40	14.90	167.80	39.40
	(2017. 5)	8.27	14.02	0.97	48.59	26.59	13.71	134.20	29.05
	(2018. 6)	35.65	13.46	12.39	43.45	68.46	30.69	103.70	65.01
(2019. 4)	9.49	12.95	0.87	51.22	25.82	11.73	140.30	27.71	
영천2	(2007.10)	9.11	12.80	1.09	46.00	23.92	11.72	176.90	18.65
	(2008.10)	17.86	23.09	1.35	66.51	15.21	33.05	234.85	70.15
	(2009. 9)	16.84	29.74	1.73	73.21	15.59	29.17	256.20	59.63
	(2010.10)	17.04	28.48	1.58	69.33	16.58	33.31	250.10	71.92
	(2011.10)	13.77	19.71	1.35	98.71	24.22	30.38	250.10	68.09
	(2012. 6)	18.25	31.90	1.36	80.90	13.18	37.56	234.85	175.36
	(2013. 5)	17.63	26.53	2.17	69.46	16.11	37.32	234.85	72.72
	(2014. 6)	20.64	30.06	1.63	66.82	14.15	36.85	247.05	74.10
	(2015. 7)	21.20	28.04	1.56	70.29	15.48	36.45	228.75	66.21
	(2016. 4)	20.47	28.93	1.57	68.84	20.50	39.70	244.00	82.00
	(2017. 5)	17.51	29.88	1.50	65.24	14.26	38.07	213.50	64.14
	(2018. 6)	20.56	29.39	1.57	58.42	14.78	34.09	225.70	57.22
(2019. 4)	16.01	27.43	1.53	68.02	14.77	36.57	207.40	66.51	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
영천3	(2007.10)	22.64	22.31	1.51	116.65	35.11	47.75	356.85	48.55
	(2008.10)	23.58	39.32	1.60	119.80	64.47	35.20	396.50	20.07
	(2009. 9)	19.91	28.47	1.73	116.22	45.78	38.43	344.65	38.17
	(2010.10)	21.26	28.94	1.58	118.51	51.73	36.44	393.45	37.18
	(2011.10)	20.34	24.11	1.38	113.61	31.58	41.15	308.05	50.86
	(2012. 6)	22.66	32.32	1.59	114.92	53.05	30.31	350.75	63.33
	(2013. 5)	21.49	25.18	1.25	108.45	43.58	31.22	384.30	32.45
	(2014. 6)	23.80	29.43	1.71	90.95	46.51	29.47	356.85	28.64
	(2015. 7)	25.37	26.16	1.50	114.50	40.04	30.40	372.10	28.03
	(2016. 4)	25.25	24.65	1.50	108.40	38.60	32.40	393.50	37.70
	(2017. 5)	19.47	26.86	1.52	81.96	41.24	20.92	317.20	15.81
	(2018. 6)	22.62	25.62	1.50	93.62	35.54	26.13	308.05	37.54
(2019. 4)	17.29	25.31	1.38	86.06	37.76	22.58	274.50	32.38	
영천4	(2017. 5)	467.55	161.56	13.92	265.09	1252.18	64.72	1192.55	13.93
	(2018. 6)	46.75	9.09	3.57	50.39	111.05	26.99	100.65	26.89
	(2019. 4)	25.59	7.17	3.64	40.90	70.44	19.21	91.50	10.35
영천5	(2017. 5)	100.76	11.44	2.88	76.66	308.56	19.36	134.20	6.91
	(2018. 6)	35.54	13.32	12.08	49.75	68.81	33.57	103.70	64.91
	(2019. 4)	40.31	14.65	10.69	56.97	78.04	34.73	103.70	77.07
영천6	(2017. 5)	78.48	22.06	2.38	76.70	275.69	31.57	128.10	33.10
	(2018. 6)	197.47	50.36	4.45	86.58	228.74	45.73	610.00	15.32
	(2019. 4)	343.61	106.69	11.88	203.79	790.97	46.73	960.75	0.30
영천7	(2018.12)	24.07	2.93	0.82	53.58	67.08	7.09	122.00	N.D.
	(2019. 4)	37.90	0.66	0.37	72.26	187.57	5.57	57.95	N.D.

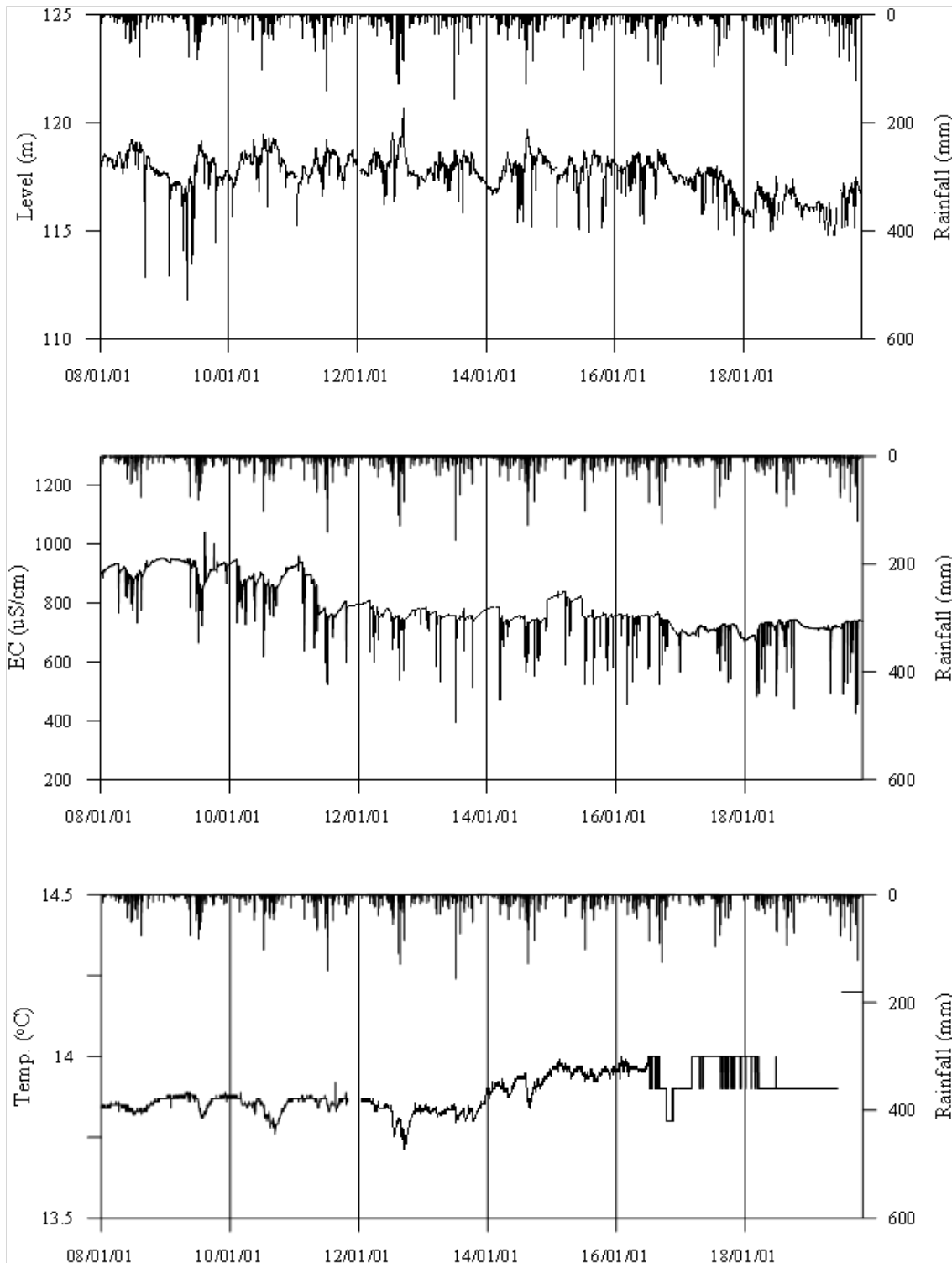
5. 장기관측 결과



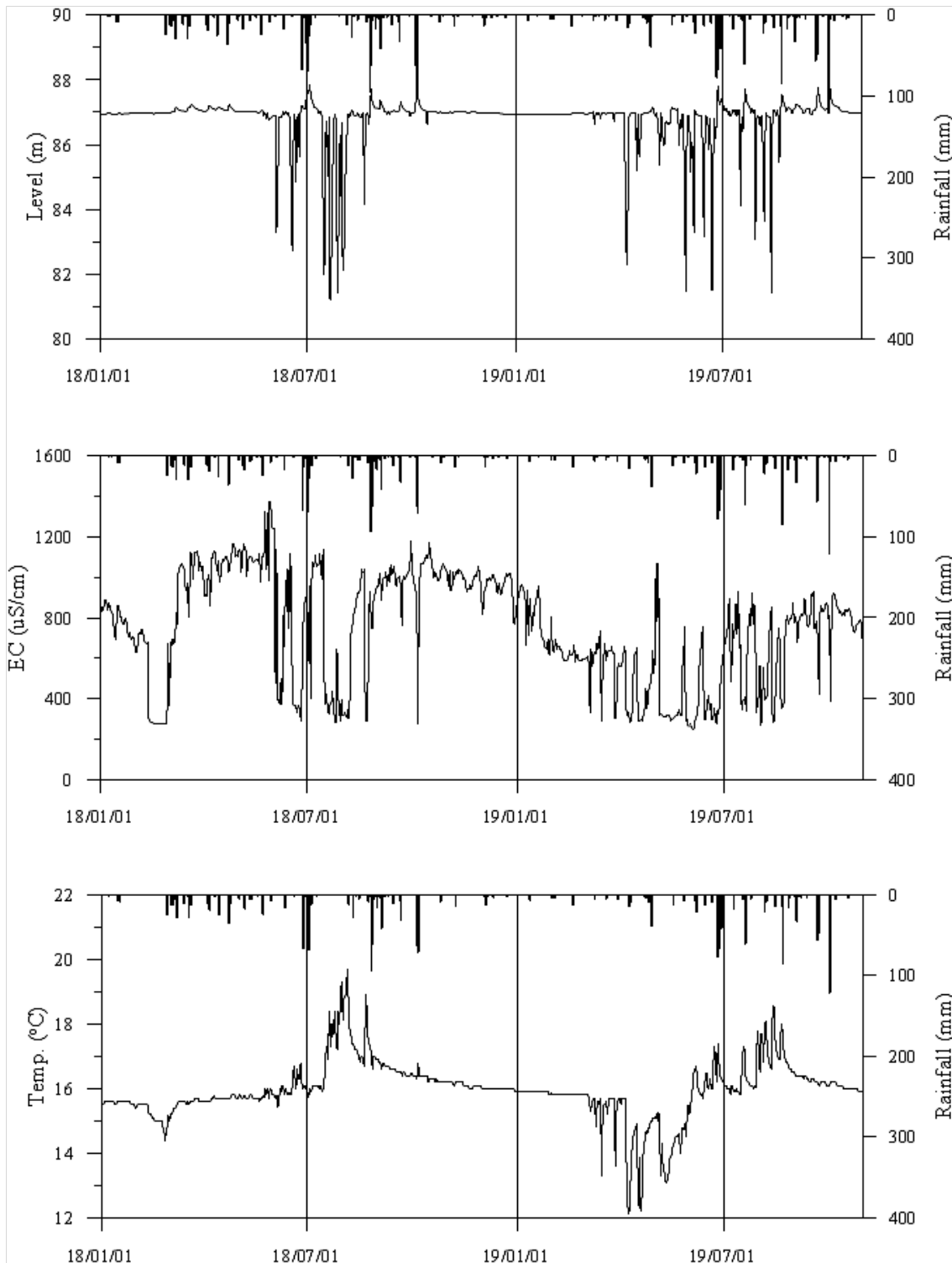
<영천1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



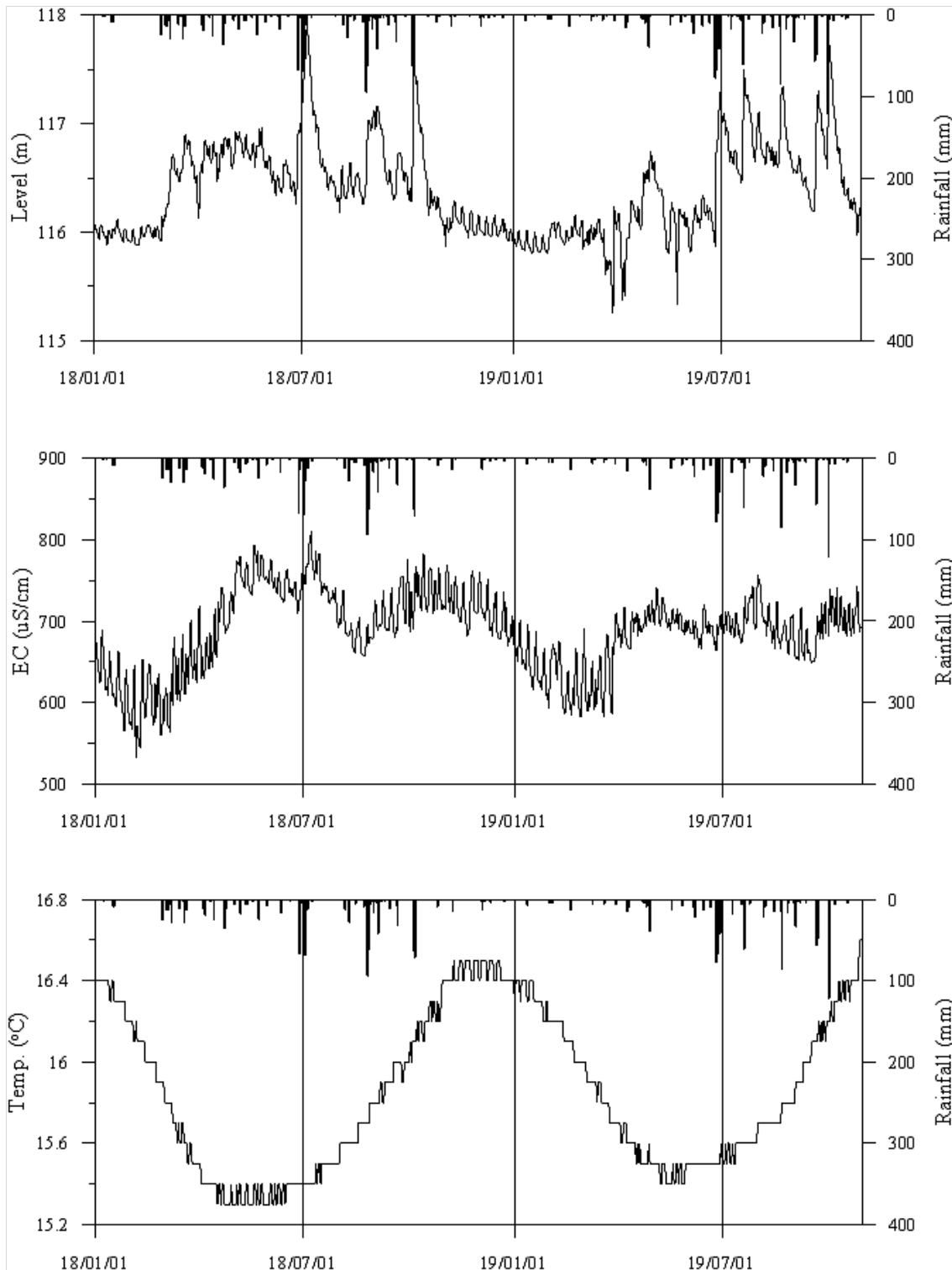
<영천2 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영천3 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

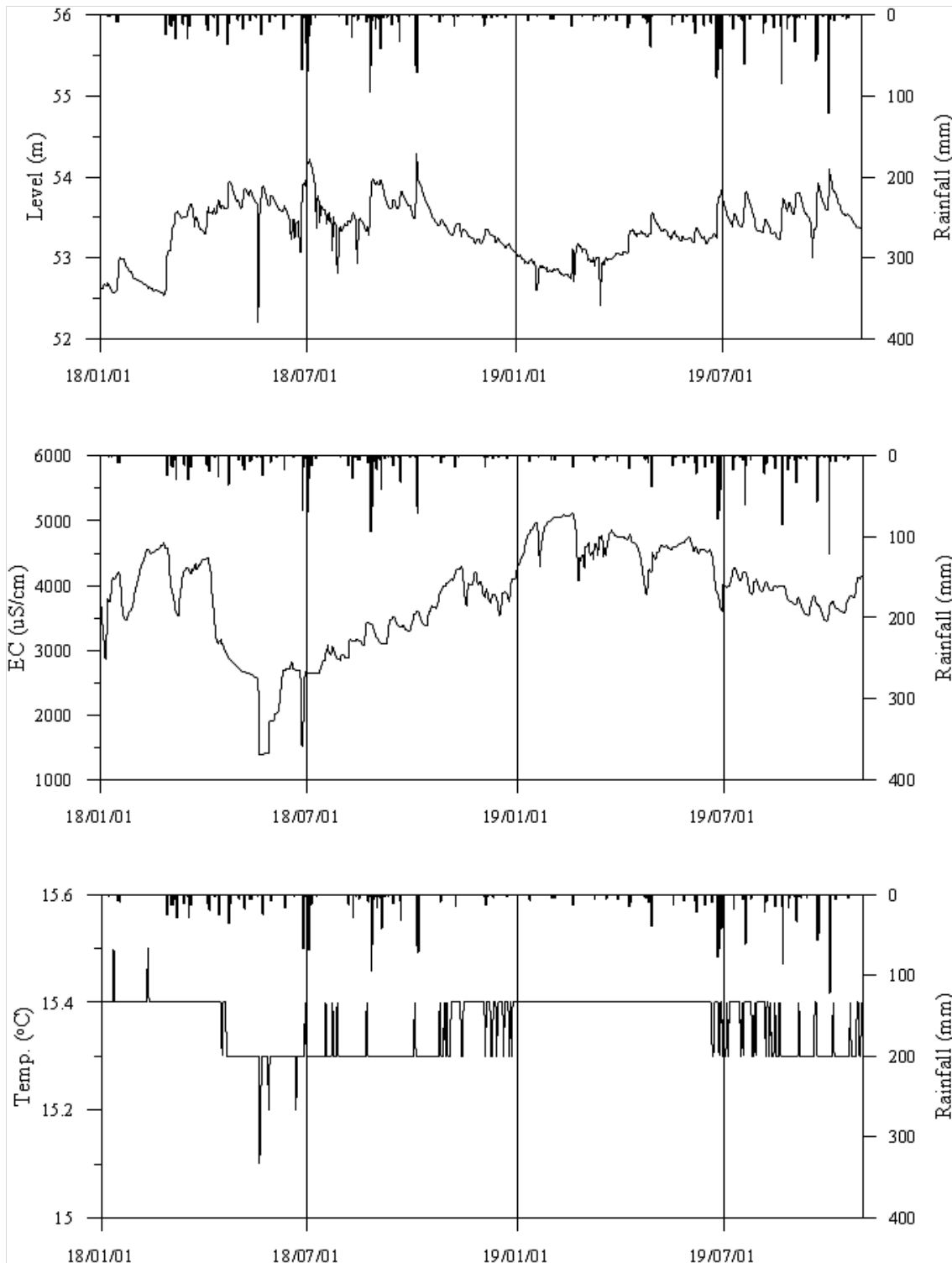


<영천4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

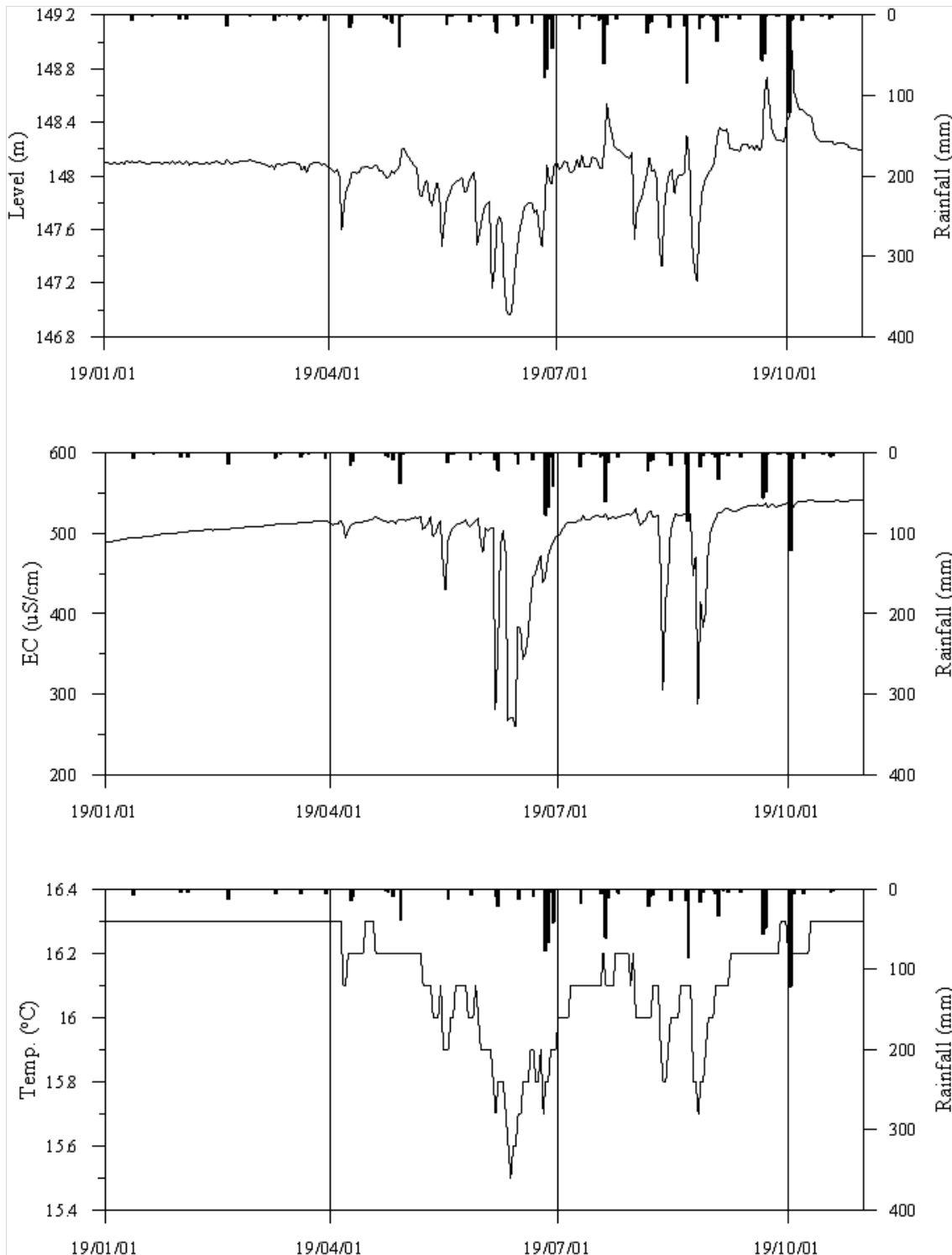


<영천5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영천6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<영천7 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영천1 관측공은 경북 영천시 화남면 소재지에서 북서쪽으로 약 0.5 km 지점에 위치하고 있으며, 주위의 산계는 북서-남동 방향으로 발달되어 있고 대체로 완경사를 이루고 있다. 본 지구를 관통하는 하천은 관측공의 북동부 방향에서 고현천으로 유입·연장된다. 본 지구 일대에 분포하는 암석은 백악기 퇴적암류인 사암과 셰일로 구성되어 있으며 주로 셰일이 분포하고 있다. 영천2 관측공은 경북 영천시 신령면 소재지에서 북서쪽으로 약 4 km 지점에 위치하고 있으며, 주위의 산계는 북서-남동 방향으로 발달되어 있고 대체로 급경사를 이루고 있다. 본 지구를 관통하는 세천은 관측공으로부터 1 km 지점에서 신령천으로 유입·연장된다. 본 지구 일대에 분포하는 암석은 백악기 퇴적암류인 사암으로 구성되어 있으며 일부 지역은 셰일을 협재하고 있다. 영천3 관측공은 경북 영천시 대창면 소재지에서 남동쪽으로 약 4.5 km 지점에 위치하고 있으며, 주위의 산계는 북서-남동 방향으로 발달되어 있고 대체로 급경사를 이루고 있다. 본 지구의 상부 소골못에서 발원한 무명천은 관측공의 북서부 방향으로 유하하고 있다. 본 지구 일대에 분포하는 암석은 백악기 퇴적암류인 대구층으로 사암과 셰일 및 역암으로 구성되어 있다. 영천4 관측공은 '06년 영자용수구역, 영천5 관측공은 '04년 영화용수구역, 영천6 관측공은 '05년 영금용수구역에 소재한다. 영천4 관측공은 지역일대 넓게 분포한 경작지의 계절별 경작에 따른 지하수 수량 및 수질 관측을 위해, 영천5 관측공은 면소재지 인근에 위치하여 생활용수 사용에 따른 지하수 수량 및 수질 관측을 위해, 영천6 관측공은 단위면적당 오염부하량이 높은 지역이므로 수질 관측을 위해 설치하였다. 영천7 관측공 일대는 넓은 범위에 걸쳐 경작이 이루어지며 같은 수계 내에 골프장과 휴게소 등이 위치하여 인근에 지하수오염원이 다수 존재한다. 이에 따라 지하수의 오염여부를 확인하고 관리하기에 적합한 지역으로 지하수 수질 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다.

- 2) 지하수 검층 결과 : 영천1 관측공은 지하수 이용시설(수중모터) 설치로 검층을 실시하지 못했다. 영천2 관측공은 심도에 따른 전기전도도 변화없이 약 350 ~ 660 $\mu S/cm$ 의 범위이다. 영천3 관측공은 전기전도도가 600 ~ 900 $\mu S/cm$ 의 범위를 보이고 있다. 영천4 관측공은 심도 20 m부터 전기전도도가 증가하여 공저에서는 약 2,500 $\mu S/cm$ 를 보이고 있다. 영천5 관측공은 심도 10 m부터 전기전도도가 증가하여 공저에서는 약 830 $\mu S/cm$ 를 보이고 있다. 영천6 관측공은 심도 35~55 m부터 전기전도도가 증가하여 공저에서는 약 3,800~5,500 $\mu S/cm$ 를 보이고 있다. 영천7 관측공은 전기전도도가 500 $\mu S/cm$ 내외를 보이고 있다. 영천지구 지하수 전기전도도는 일반적인 농어촌 지하수의 전기전도도보다 상당히 높은 편이다.
- 3) 지하수 수질분석 결과 : 이온분석 결과, 영천 1, 2, 3 관측공 모두 $Ca-HCO_3$ 유형으로 분류된다. 영천4, 5, 6 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형이며, 영천7은 $(Na+K)-Cl$ 유형으로 분류된다. 영천1, 2, 3, 5 관측공의 질산염 농도는 간헐적으로 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하고, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)도 초과하여 농업용수 이용 시 부적합을 나타내었다. 또한 영천4, 6 관측공은 지표오염원 유입에 따라 영농에 이용 불가능한 전기전도도값이 나타났다. 따라서 영천지구 지하수 수질의 보전관리를 위해 지표오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등)으로부터 오염물질의 대수층 내 유입을 차단하여야 하며, 하폐수 및 분뇨의 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기관측 결과 : 영천1 관측공은 2011년 가을부터 2014년 여름까지 수중모터 설치로 센서 수리가 불가능하여 관측자료가 존재하지 않는다. 그러나 2014년 여름에 센서 회수 및 수리 후 재관측을 실시하였다. 영천1 관측공의 지하수위는 강수 및 지하수 이용과 상관관계 높으며 전체적으로는 유지하는 추세이다. 전기전도도는 약 400 $\mu S/cm$ 내외에서 유지하는 경향을 보이고 있다. 영천2 관측공의 연간 지하수위 변화는 7 m 이내로서 관측공을 양수정으로 활용함에 따라 양수에 의한 지하수위 강하와 수위강하에 따른 전기전도도 및 수온의 하강 현상을 관찰할 수 있다. 전기전도도는 2015년 6월까지의 증

가 추세(590 $\mu S/cm$ 에서 650 $\mu S/cm$ 으로)였으나, 이후 약 50 $\mu S/cm$ 가 급격히 하강한 뒤 2019년 이래로 증가 추세에 있다. 영천3 관측공은 강수에 따른 지하수위 증감현상이 뚜렷하고, 지하수위 증가는 전기전도도 감소로 이어진다. 연간 지하수위 변화는 5 m 이내이고 전기전도도는 감소 추세(900 $\mu S/cm$ 에서 700 $\mu S/cm$ 으로)를 보이고 있다. 영천4 관측공은 하절기 주변 지하수 양수에 의한 지하수위 감소(수위 변화 5 m 내외)가 뚜렷하고, 주변 하천수의 유입으로 전기전도도는 감소하는 반면 수온은 증가하고 있다. 영천5 관측공은 강수에 따른 지하수위 증감현상이 뚜렷하고, 지하수위 증감과 전기전도도 증감이 유사하다. 상대적으로 전기전도도가 높은(550~800 $\mu S/cm$) 편이다. 영천6 관측공은 강수에 따른 지하수위 증감현상이 뚜렷하고, 지하수위 증가는 전기전도도 감소로 이어진다. 전기전도도가 염수 범위(1,500~4,500 $\mu S/cm$)로 나타난다. 영천7 관측공은 하절기 주변 지하수 이용에 따른 지하수위 감소가 뚜렷하며, 그 변동폭은 약 2 m 이내이다. 지하수위 감소는 전기전도도와 수온의 감소로 이어진다.

- 5) 관리 방안 : 영천지구는 주변 지하수 이용에 따른 수위, 전기전도도, 수온 증감이 뚜렷하며, 현재 심각한 질산염 오염과 과도한 용존이온 농도가 발견된다. 특히 영천3, 4, 6 관측공 설치지역은 일반적인 지하수의 전기전도도보다 높아 부하량이 높은 경향을 보이고 있다. 따라서 오염물질의 대수층 유입을 사전에 차단해야 한다.

2.8.2 상주지구

1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
상주1	상주시 공검면 양정리 899	123855.548	333155.917	87.17	2009	87.17
상주2	상주시 공검면 양정리 898	123706.363	333058.157	84.14	2009	83.75
상주3	상주시 낙동면 유곡리 232-1	131786.536	317259.346	90.32	2009	89.32
상주4	상주시 이안면 이안리 344	125379.867	439175.114	66.93	2016	63.13
상주5	상주시 이안면 양범리 330-6	123596.895	441890.645	84.44	2016	80.84
상주6	상주시 화동면 보미리 125	283124.107	418504.015	286.93	2016	284.03
상주7	상주시 내서면 노류리 536-2	112118.752	419178.494	137.17	2018	135.47
상주8	상주시 모서면 가막리 682-3	104201.741	418460.063	283.57	2018	277.37
상주9	상주시 화동면 어산리 138-1	425052	289394	170.0	2019	167.2

2. 지형 및 지질

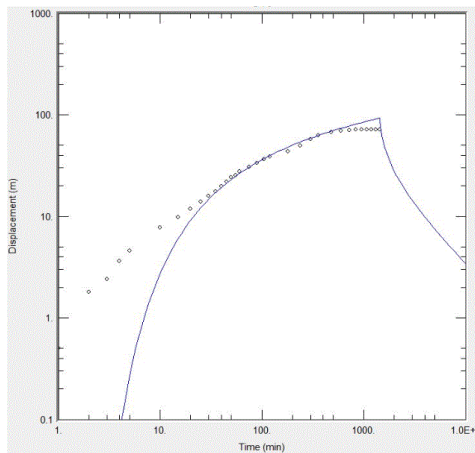
상주시의 서쪽으로는 소백산맥이 솟아있고, 동쪽으로는 낙동강이 흐르기 때문에 지형은 대체로 서쪽이 높고 동쪽과 남쪽으로 갈수록 점차 낮아진다. 서쪽과 북쪽, 남쪽은 청화산(977 m), 속리산(1,057 m), 지장산(772 m) 등 소백산맥의 높은 산들이 인접 시·군들과 경계를 이루면서 지역을 둘러싸고 있어 전체적으로 동쪽이 트인 삼태기 모양의 분지를 이룬다. 동쪽은 낙동강이 흐르면서 그 지류인 이안천, 외서천, 북천, 병성천, 장천 등과 함께 저지대를 형성하여 비옥한 평야를 이루고 있다. 상주1, 2, 3 관측공의 지질특성은 시대미상의 하부 사암대, 선캠브리아기 변성암류, 유라기 화성암류, 백악기 화성암류 및 제4기 충적층으로 구성된다. 상주4 관측공 주변 지질은 중생대 유라기의 흑운모화강암과, 시대미상의 화강암질 편마암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제 4기 충적층이

덮고 있다. 상주5 관측공 주변 지질은 시대미상의 화강암질 편마암과 호상편마암, 중생대 백악기의 알칼리 화강암 등이 혼재되어 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 상주6 관측공 주변 지질은 고생대 페름기 ~ 석탄기의 평안계 하부 사암대 위로 중생대 백악기의 퇴적암층이 분포하며, 불국사 관입암류의 산성암맥이 관입되어 있는 형태를 보이며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 상주7 관측공은 북천과 접해져 있으며 경작지와 주거지가 혼재하는 지역에 위치한다. 상주8 관측공이 위치한 모서면 가막리 일대는 넓은 경작지가 분포하는 지역이다. 상주9 관측공이 위치하는 상주시 화동면 어산리는 상주시내를 중심으로 동쪽에 위치한다.

3. 대수층 수리지질 현황

상주9 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

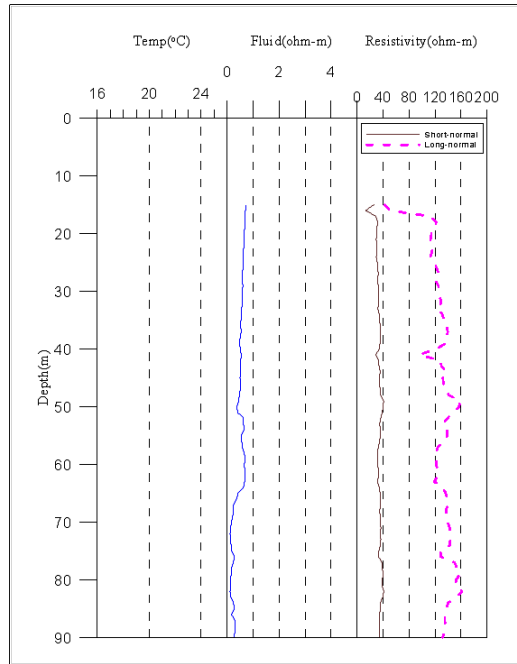
◎ 양수시험



<상주9 관측공 양수시험>

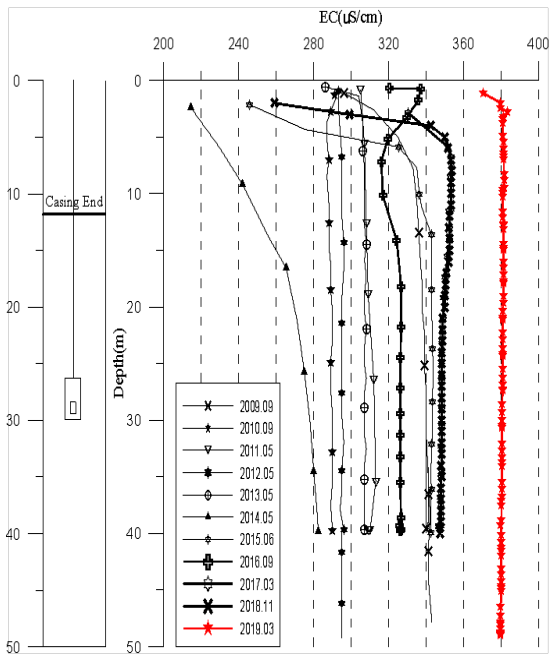
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
상주9	50	0.3417	3.94×10 ⁻⁶	101

◎ 물리검층

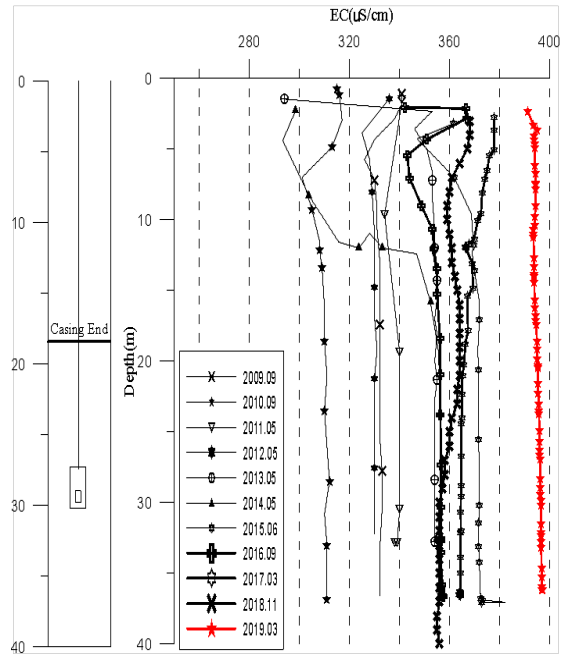


<상주9 관측공 물리검층>

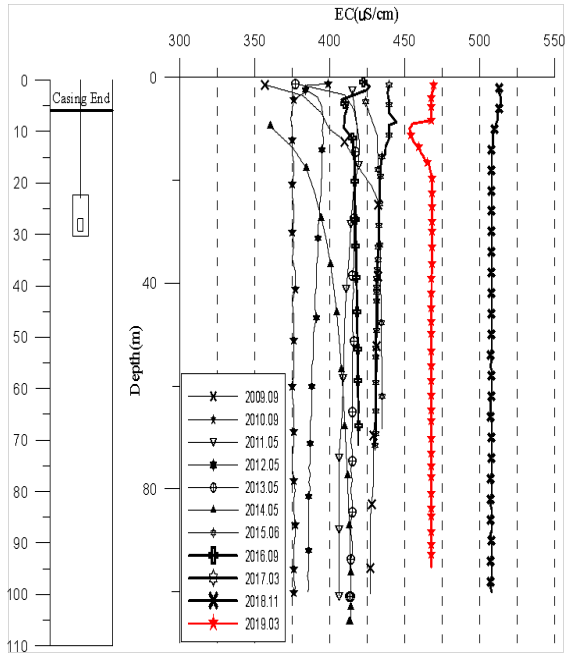
4. 지하수 검층



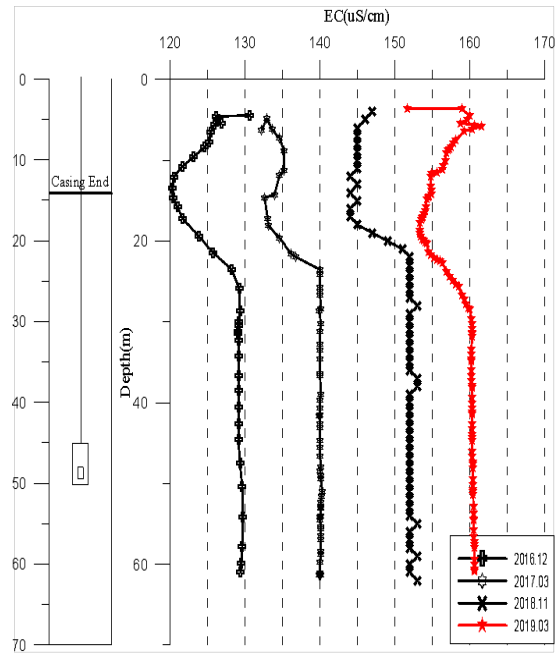
<상주1 관측공>



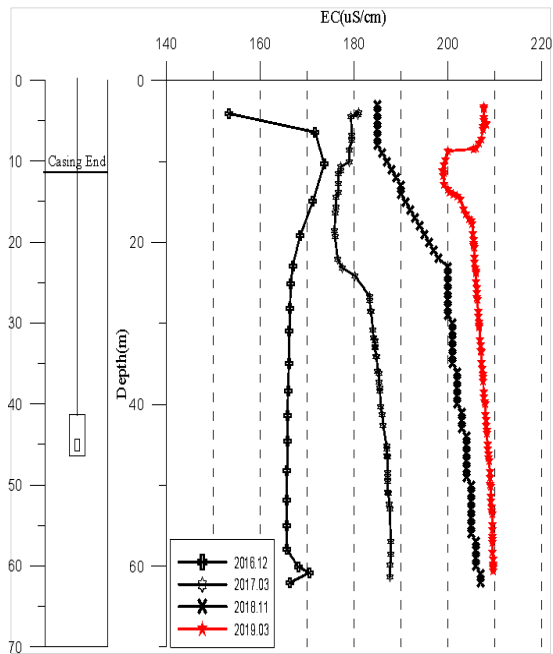
<상주2 관측공>



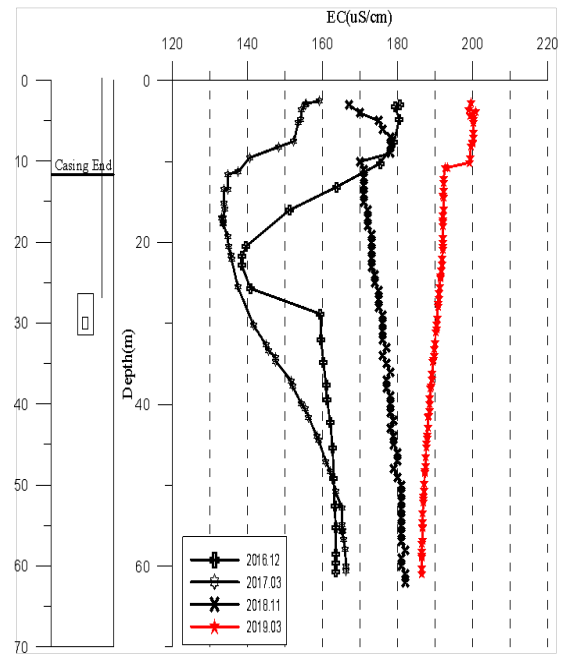
<상주3 관측공>



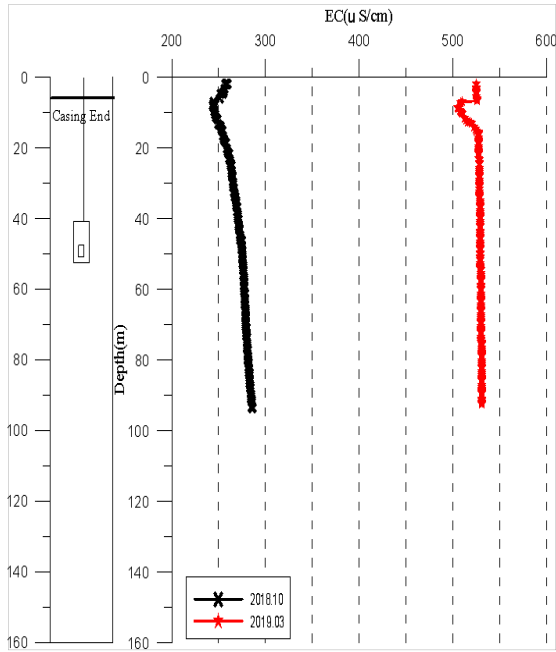
<상주4 관측공>



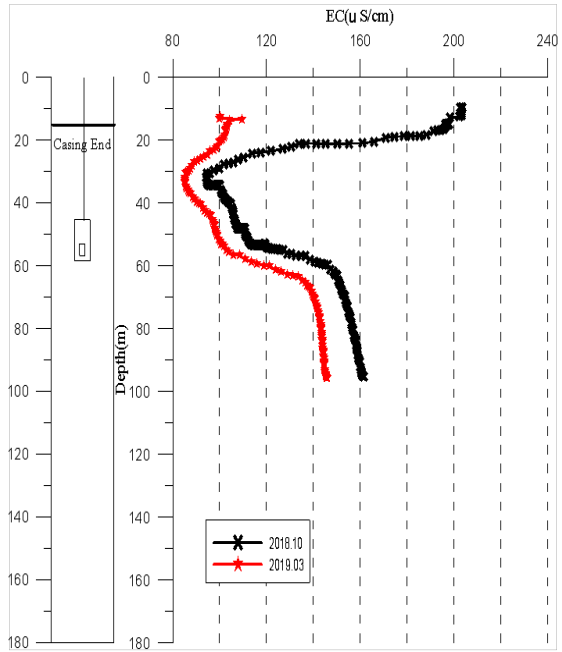
<상주5 관측공>



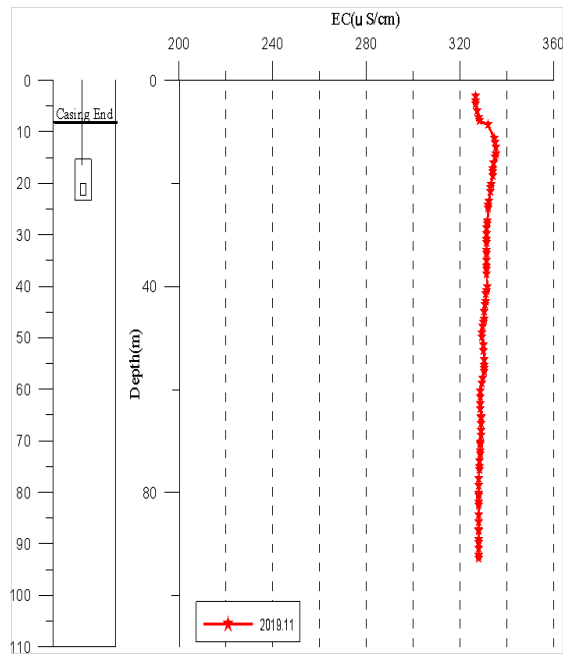
<상주6 관측공>



<상주7 관측공>



<상주8 관측공>



<상주9 관측공>

5. 지하수 수질 분석

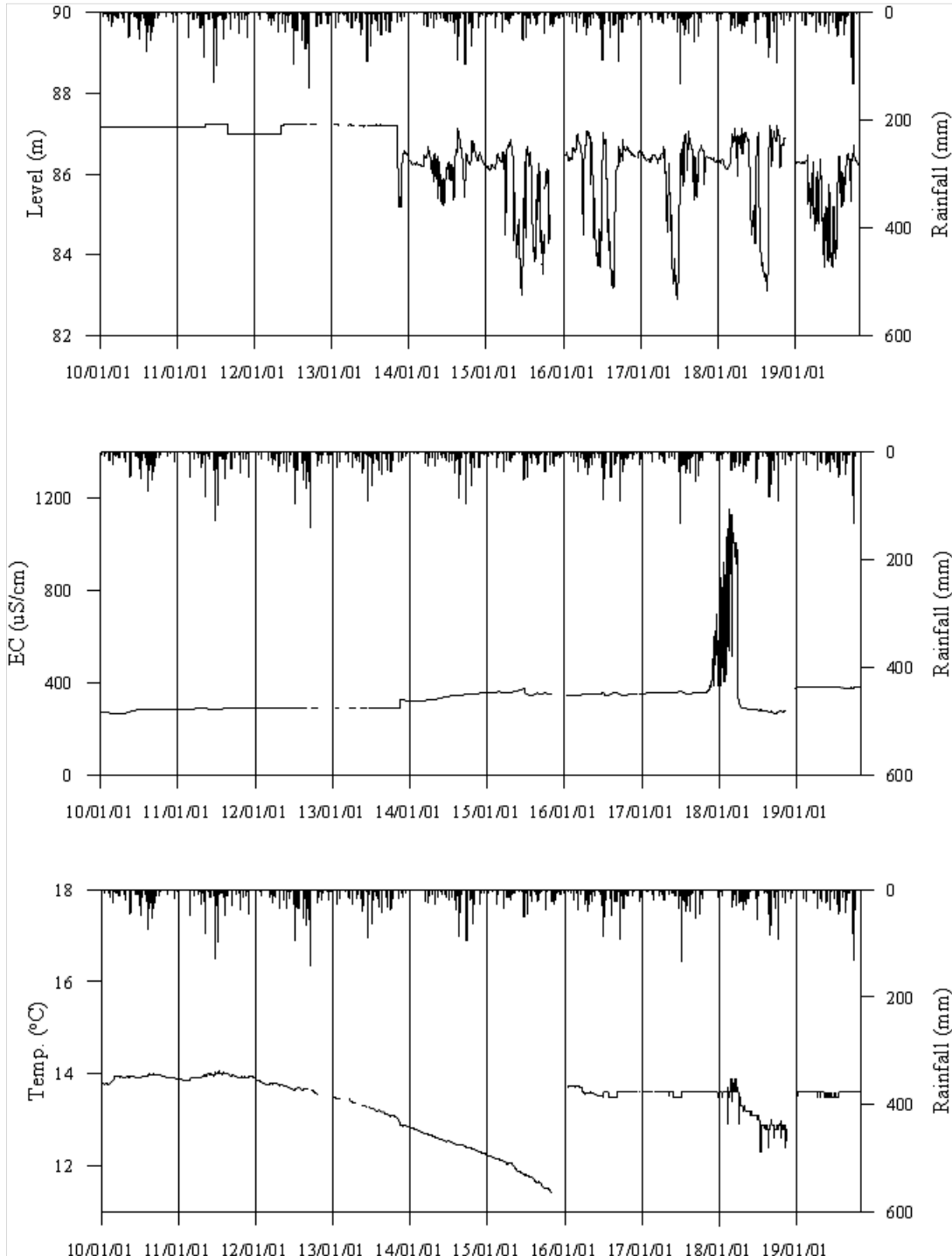
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

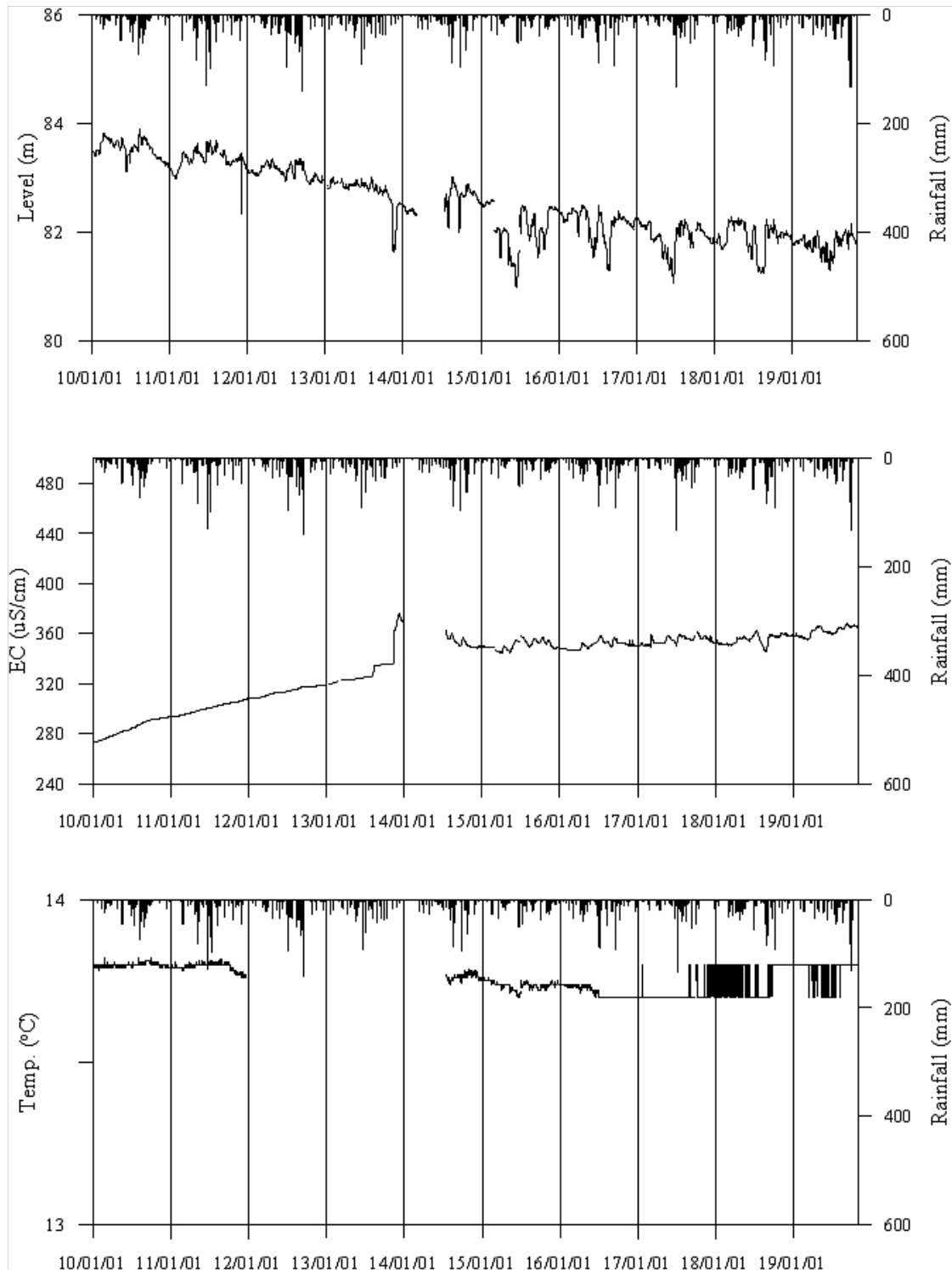
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
상주1	(2009. 9)	29.23	10.61	1.38	28.30	4.74	1.91	201.30	N.D.
	(2010.10)	32.26	10.27	1.01	29.43	5.86	6.35	210.45	N.D.
	(2011.10)	27.99	10.53	0.76	28.61	5.15	3.87	198.25	N.D.
	(2012. 5)	27.97	9.29	0.99	25.58	5.40	3.72	186.05	N.D.
	(2013. 5)	32.91	9.15	0.64	25.67	5.24	3.02	216.55	0.09
	(2014. 5)	29.91	10.05	0.97	25.32	5.47	3.21	176.90	0.14
	(2015. 7)	29.81	13.31	1.18	33.87	8.87	8.42	195.20	4.81
	(2016. 4)	21.73	16.60	1.24	34.19	8.10	6.90	201.30	3.30
	(2017. 5)	13.72	16.51	1.18	35.18	9.65	8.45	167.76	4.75
	(2018. 6)	16.28	19.01	1.10	33.97	10.78	8.47	186.05	N.D.
	(2019. 4)	12.45	16.56	1.08	34.92	11.20	8.64	204.35	5.23
상주2	(2009. 9)	37.56	10.61	1.87	17.24	4.79	6.05	179.95	N.D.
	(2010.10)	38.57	12.77	1.64	19.60	6.59	8.60	204.35	N.D.
	(2011.10)	33.92	13.68	1.22	23.70	6.41	7.90	213.50	0.32
	(2012. 5)	32.35	12.84	1.11	22.51	6.99	8.07	186.06	2.33
	(2013. 5)	37.24	14.22	1.08	25.28	6.99	7.64	237.90	0.63
	(2014. 5)	33.44	15.38	1.27	25.19	7.02	8.18	228.75	0.11
	(2015. 7)	40.92	15.48	1.32	26.94	6.70	7.70	222.65	0.00
	(2016. 4)	41.71	15.88	1.40	25.24	8.30	9.00	241.00	0.10
	(2017. 5)	30.97	14.74	1.35	25.11	7.18	8.02	186.06	0.23
	(2018. 6)	37.98	15.89	1.26	23.23	7.44	7.27	207.40	N.D.
(2019. 4)	30.66	14.25	1.14	24.43	7.67	7.17	211.98	N.D.	
상주3	(2009. 9)	53.60	7.03	2.34	28.15	12.58	13.78	195.20	7.12
	(2010.10)	72.54	2.40	1.90	11.35	14.74	13.75	202.83	5.72
	(2011.10)	59.90	3.69	1.84	16.33	14.02	13.00	222.65	5.03
	(2012. 5)	86.33	4.07	1.78	19.99	15.59	14.33	225.70	12.69
	(2013. 5)	90.37	2.35	1.40	11.14	15.60	13.07	236.38	3.82
	(2014. 5)	88.66	1.89	1.40	9.79	15.79	13.33	221.13	3.20
	(2015. 7)	83.80	2.11	1.71	10.15	15.83	13.43	240.95	2.58
	(2016. 4)	105.87	2.03	1.68	9.60	19.60	16.00	241.00	2.30
	(2017. 5)	87.55	2.05	1.56	9.60	16.24	12.80	204.36	1.15
	(2018. 6)	95.19	1.89	1.66	8.68	17.65	12.23	219.60	N.D.
(2019. 4)	79.78	3.94	1.58	16.44	18.82	13.73	253.15	2.14	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
상주4	(2016.10)	9.00	4.80	1.00	12.50	5.04	7.49	67.10	3.76
	(2017. 5)	8.07	5.05	0.98	12.33	5.04	8.39	54.90	3.49
	(2018. 6)	10.15	4.92	0.71	12.65	4.60	8.22	64.05	N.D.
	(2019. 4)	7.78	4.35	0.70	12.40	4.45	7.74	64.05	2.72
상주5	(2016.10)	10.80	3.00	1.50	21.80	11.08	4.16	85.40	1.37
	(2017. 5)	7.54	3.95	1.63	21.01	11.89	7.42	64.05	7.50
	(2018. 6)	9.07	4.09	1.32	19.48	12.93	7.80	70.15	N.D.
	(2019. 4)	7.08	3.74	1.33	20.96	13.10	7.28	70.15	8.10
상주6	(2016.10)	3.00	6.90	0.70	11.80	3.71	1.92	73.20	0.24
	(2017. 5)	3.95	4.86	0.88	11.70	8.11	3.90	54.90	2.18
	(2018. 6)	4.01	6.14	0.68	14.33	9.31	6.04	67.10	N.D.
	(2019. 4)	2.89	5.65	0.55	14.03	1.12	5.23	70.15	0.08
상주7	(2018.12)	33.04	4.85	2.34	17.23	10.99	4.86	131.15	7.30
	(2019. 4)	121.93	1.93	2.36	4.37	0.75	3.71	315.68	0.06
상주8	(2018.12)	6.30	7.14	1.25	26.21	8.93	3.85	106.75	N.D.
	(2019. 4)	4.56	1.10	1.71	7.92	1.53	3.06	36.60	3.41
상주9	(2019.11)	14.68	1.89	1.04	29.25	9.63	2.16	109.80	0.65

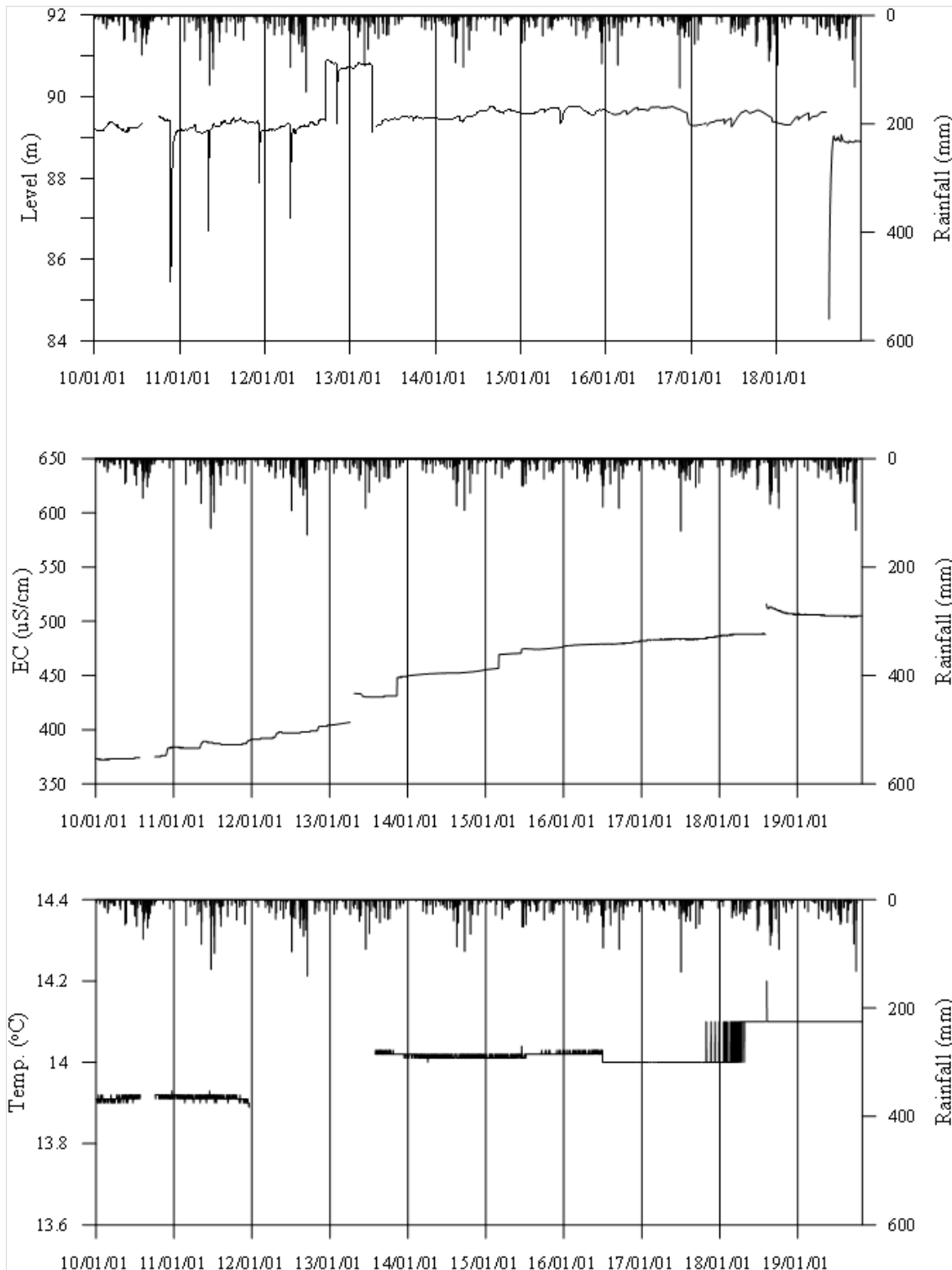
6. 장기관측 결과



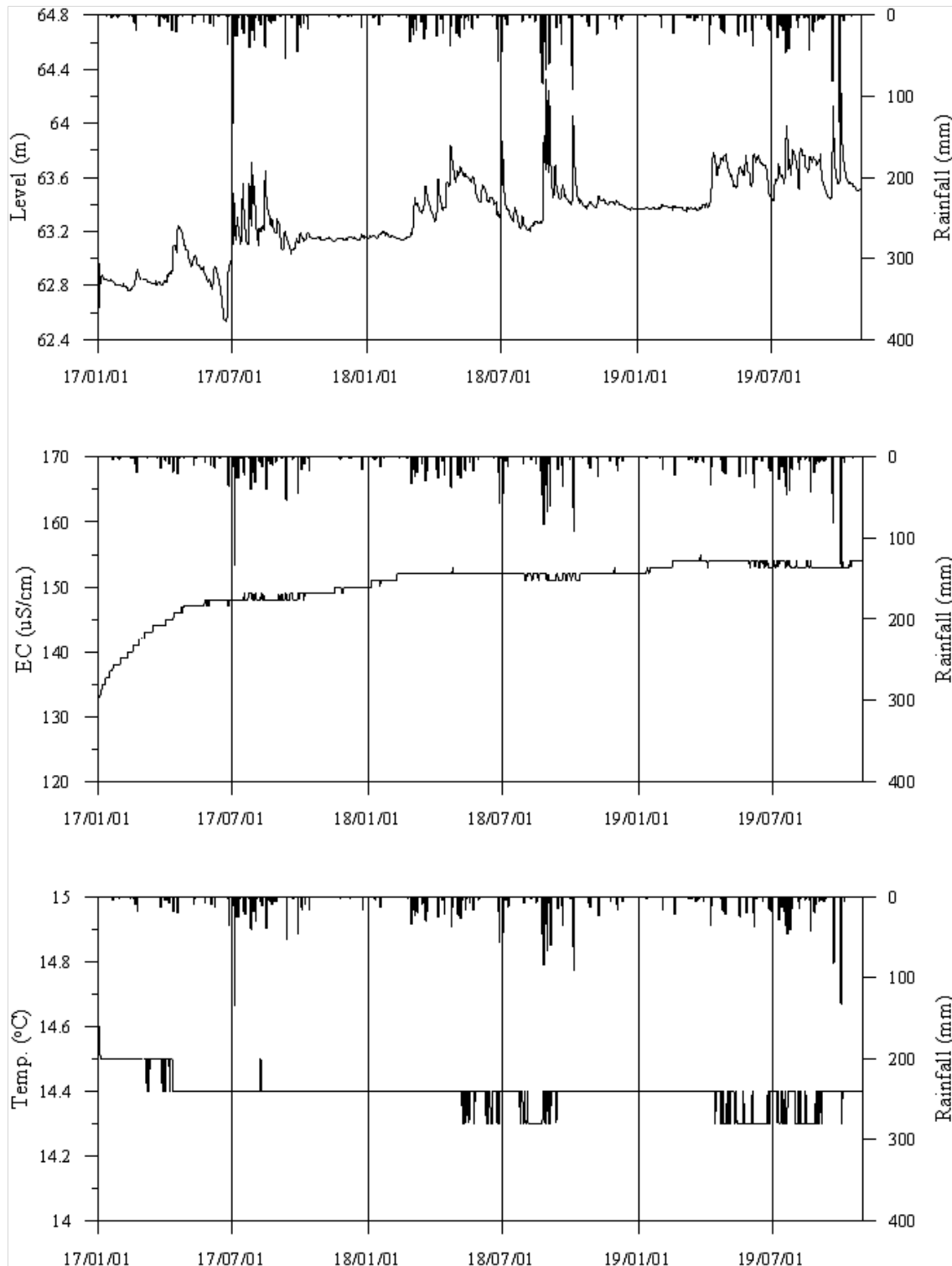
<상주1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



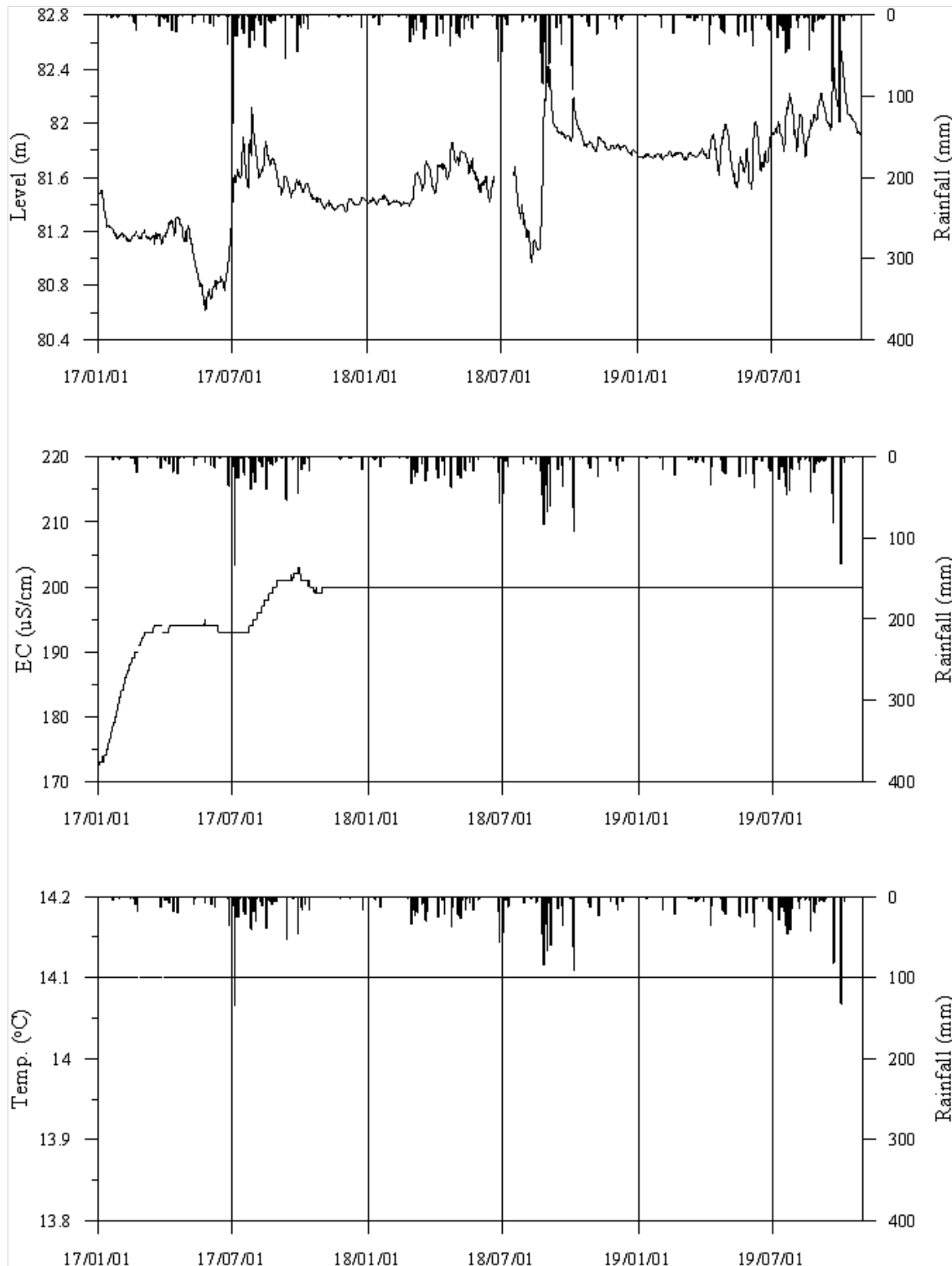
<상주2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



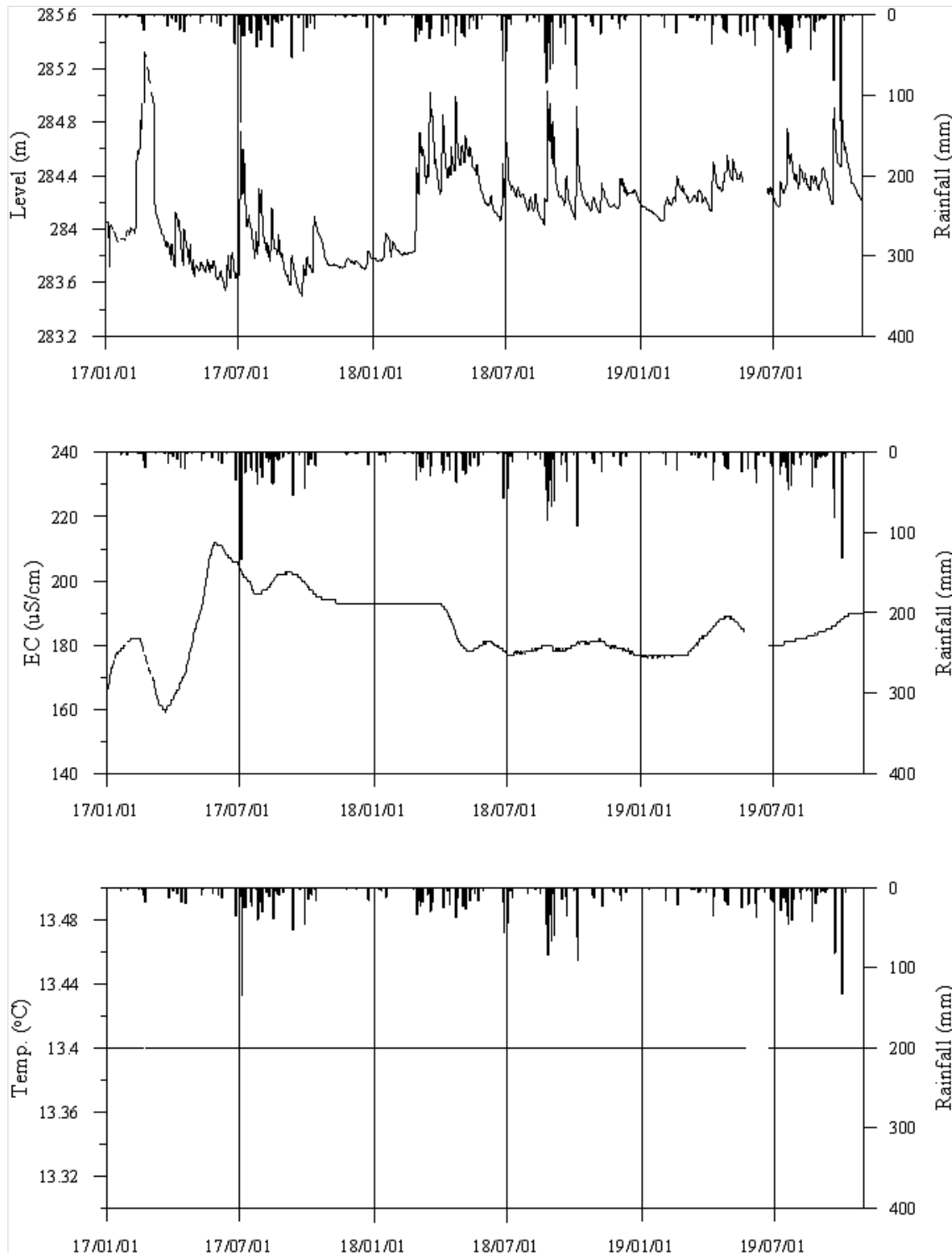
<상주3 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



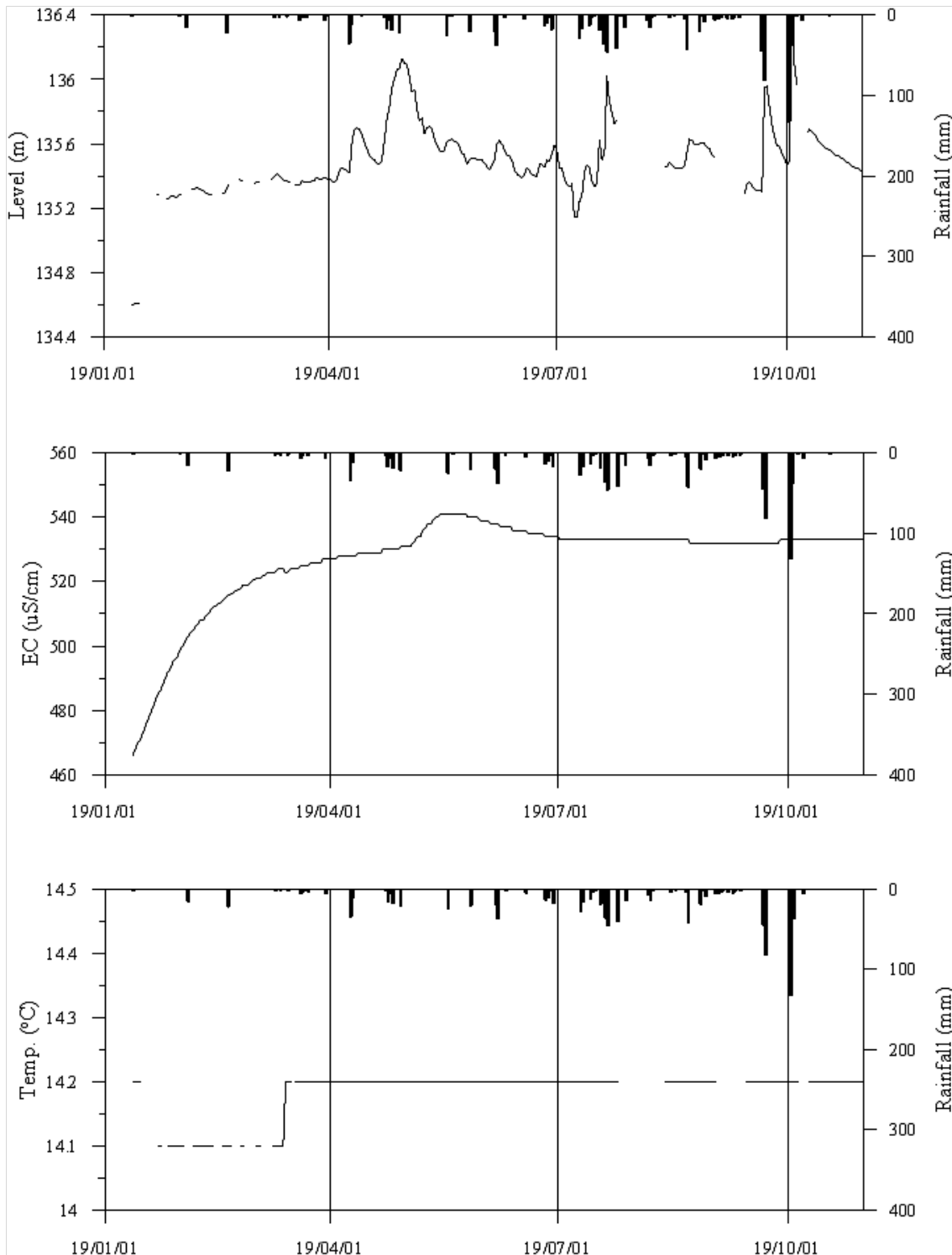
<상주4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



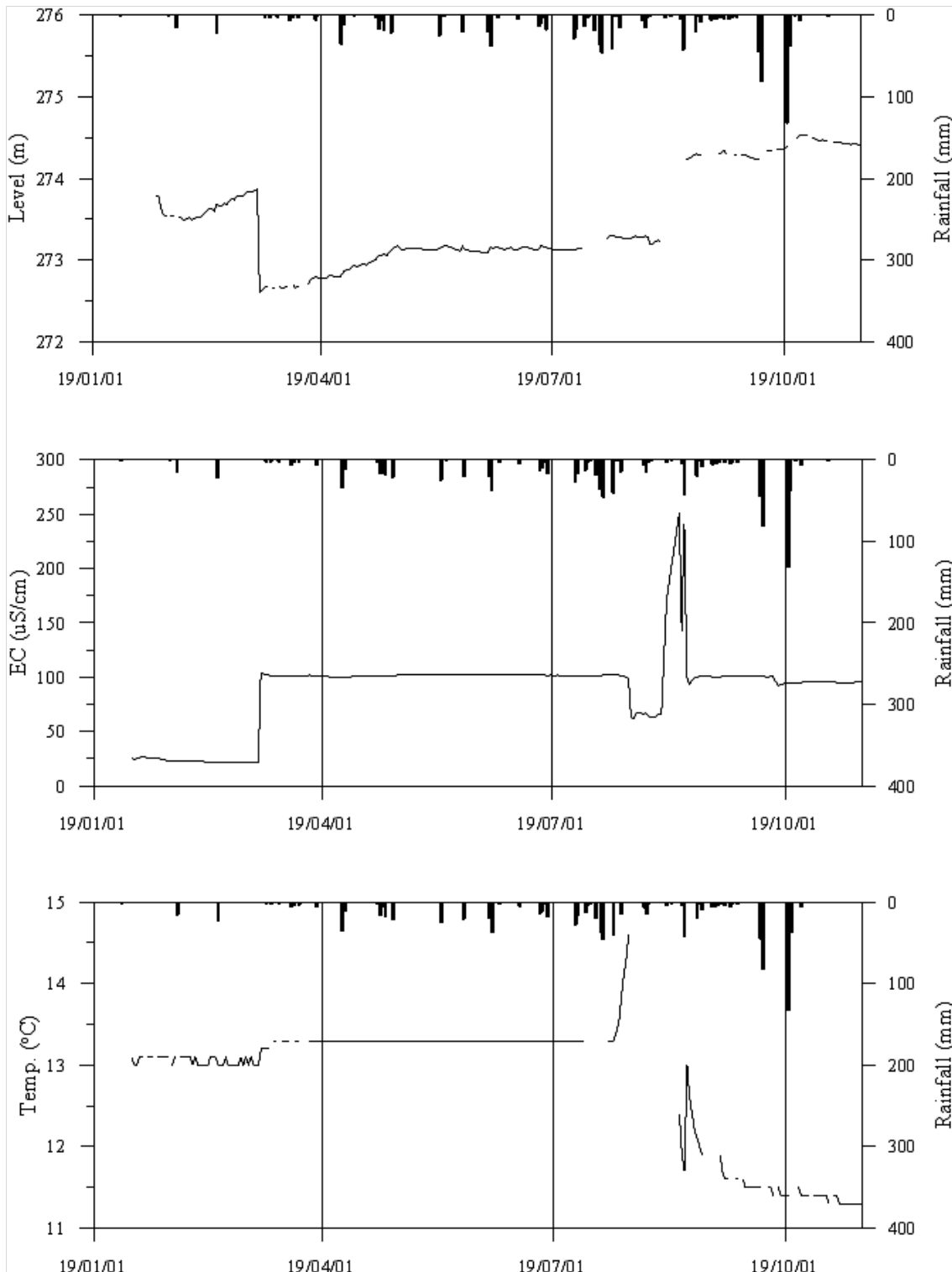
<상주5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<상주6 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<상주7 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<상주8 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 상주지구는 상주시 공검면 양정리에 2개의 관측공과 낙동면 유곡리에 1개의 관측공을 설치하였다. 이는 농촌지하수관리사업 완료 결과, 공검면 양정리가 상주시 전체에서 잠재오염원(축사 및 오폐수시설)이 많이 분포하고 있고, 낙동면 유곡리는 지하수 개발가능량 대비 이용량이 80% 이상이고 단위면적당 오염 부하량이 높아 선정하게 되었다. 특히, 상주1, 2 관측공은 공검면 양정리에 설치하였다. 상주1 관측공은 자분정이다. 상주4 관측공은 이안천을 따라 발달한 농경지역에 위치하며 농경지는 주로 밭으로 이용되고 있다. 관측공은 다른 지역보다 비교적 지대가 낮은 곳에 위치하고 있으며 넓은 농경지역에 따라 관정이 다수 분포한다. 이에 따라 상류로부터 발생하는 오염원의 이동 및 관정사용에 따른 지하수오염의 우려가 있으므로 지하수수질의 관리가 필요하여 관측공을 설치하였다. 상주5 관측공은 이안면 소재지와 인접하여 있어 다수의 주거지와 농경지가 분포하는 곳에 위치하고 있다. 이 지역은 넓은 경작지로 인한 지하수 수량 및 수질관리와 생활오수 등으로부터 유래된 오염원으로 인한 지하수의 수량 및 수질을 모니터링하기에 적합하여 관측공을 설치하였다. 상주6 관측공은 적정개발 가능량 대비 이용량 및 단위면적당 이용량이 높게 나타나는 지역에 위치하고 있어 향후 지하수 이용에 따른 수량 및 수질 변화를 관측하고자 관측공을 설치하였다. 상주7 관측공은 경작지와 주거지가 혼재하여 인근 리에 비하여 좁은 면적에 다수의 관정이 존재하고 있다. 이에 따라 생활용수와 농업용수 사용에 따른 지하수 수량 및 수질 관측을 위하여 관측공 설치 대상으로 선정하였다. 상주8 관측공 소재지에는 농업용 지하수관정은 다수 존재하지만 대부분의 관정 취수 계획량이 10~20 m³/day 정도인 것으로 보아 지하수보다는 지표수를 이용하여 경작을 하는 것으로 판단된다. 이에 따라 계절별 경작시기에 따른 지하수의 수위 변동을 통해 지표수와 지하수의 상관관계에 대한 비교분석이 가능할 것으로 판단되어 대상으로 선정하였다. 상주9 관측공 소재지는 단위면적당이용량, 관정밀도는 낮으나 잠재오염원 분포밀도가 높은 지역으로 수질관

리가 필요한 지역이다. 장기적인 수질 관측을 위한 관측공 대상부지로 선정하였다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 상주9 관측공의 양수량은 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $3.94 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 101 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 40 ohm-m 내외, 장노말(64 ")은 120~160 ohm-m 범위로 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 상주1, 2, 3 관측공의 전기전도도는 각각 $380 \mu\text{S/cm}$, $400 \mu\text{S/cm}$, $530 \mu\text{S/cm}$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도 값의 변화는 없다. 상주4, 5 관측공은 각각 $120 \sim 170 \mu\text{S/cm}$, $140 \sim 220 \mu\text{S/cm}$ 범위이며, 공저까지 일정한 전기전도도를 나타내고 있다. 상주6, 7, 8 관측공은 각기 $130 \sim 200 \mu\text{S/cm}$, $240 \sim 550 \mu\text{S/cm}$, $80 \sim 210 \mu\text{S/cm}$ 범위이며, 공저에 가까울수록 전기전도도가 증가하나, 담수영역에서의 미약한 증가이므로 수질에 있어 별다른 의미는 없다. 상주9 관측공은 전구간 $330 \mu\text{S/cm}$ 내외로 나타난다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 상주1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 상주6 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 상주지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기관측 결과 : 상주1 관측공은 개발당시 자분정으로 지하수위가 일정하였으나, 2013년 말 이후 주변 지하수 이용량 증가로 인한 지하수위 하강 및 전기전도도 증가가 관측된 반면 2018년 초에는 약 $1,200 \mu\text{S/cm}$ 까지 급격하게 증가한 바 있다. 상주2 관측공의 연간 지하수위 변화폭은 2 m 이내이며, 수위가 하강 추세에 있다. 수위하강과 반비례적으로 전기전도도는 소폭상승 중이다. 상주3 관측공의 지하수위 변동 값은 5 m 이내이다. 전기전도도는 지하수위와 상관없이 3공 모두 공통적으로 증가 추세에 있다. 상주4, 5, 6, 7 관측공은 강우반응이 좋고, 전기전도도는 모두 담수영역에 해당한다. 상주8 관측공은 강우반응이 아직 분석되지 않으며, 전기전도도 역시 비전형적이어서

향후 장기관측을 통해 좀 더 뚜렷한 특징을 분석할 필요가 있다.

- 6) 관리 방안 : 상주지구의 관측공은 상주1 지구의 경우 지하수 이용량이 증가한 것으로 추정되므로, 향후 장기관측을 통해 지하수위 변동과 이용량과의 관계 등을 분석할 필요가 있다. 상주4, 5, 6, 7, 8, 9 관측공은 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나 장기간의 관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링하여 관측공 주변 지하수 수질 및 수량의 특성을 규명할 필요가 있다.

2.8.3 안동지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
안동1	안동시 녹전면 신평리 930	179224.86	361295.94	280.64	2010	279.48
안동2	안동시 풍산읍 안교리 466-14	159736.91	341051.95	76.13	2010	12.63
안동3	안동시 임하면 임하리 950-6	187153.98	335893.26	104.67	2012	101.62
안동4 (구)	안동시 풍산읍 안교리 481-7	161217.4791	342366.3759	79.44	2012	73.44
안동4 (신)	안동시 풍천읍 안교리 1381-32	440965.663	338289.824	75.10	2019	68.90
안동5	안동시 임하면 신평리 859-4	363125.58	438895.68	106.01	2017	100.91
안동6	안동시 녹전면 매정리 394	181854.548	466407.046	283.22	2018	281.12

※안동4(구) 관측공은 2019년에 안동4(신) 관측공으로 이설

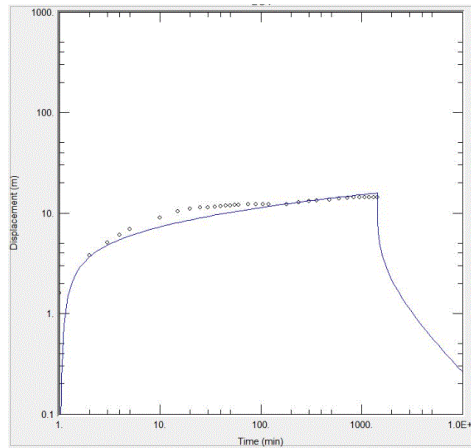
2. 지형 및 지질

안동 지역은 동북쪽으로 태백산맥, 북쪽으로 소백산맥에 닿아 있어 태백산맥과 소백산맥 분기 지대에 위치하고 있다. 북쪽과 동쪽으로는 크고 작은 산들이 조밀하게 형성되어 있어 비교적 험준하고, 서쪽으로는 평야가 형성되어 있는데 풍산평야가 가장 넓다. 임야의 분포가 넓고 하천도 발달하였다. 지질은 선캄브리아기의 변성암류, 중생대 전기 및 중기의 화성암류, 백악기 퇴적암류로 이루어져 있으며 낙동강 분류를 경계로 북쪽은 변성암과 화성암이, 남쪽은 셰일, 사암, 역암 등 퇴적암류가 주로 분포한다.

3. 대수층 수리지질 현황

이설된 안동4(신) 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

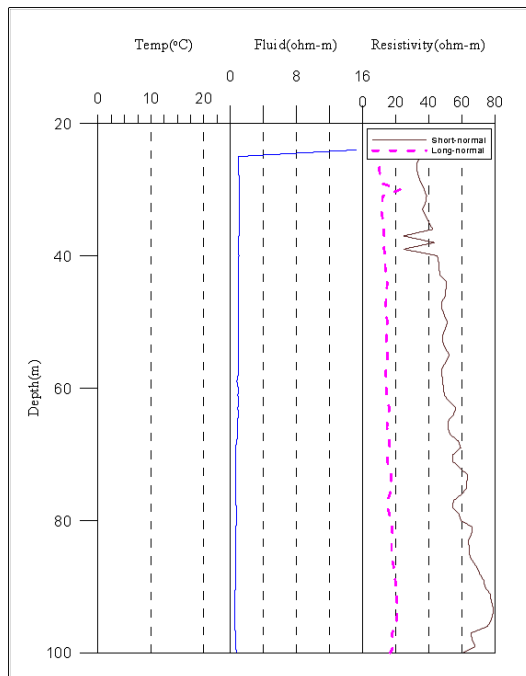
◎ 양수시험



<안동4(신) 관측공 양수시험>

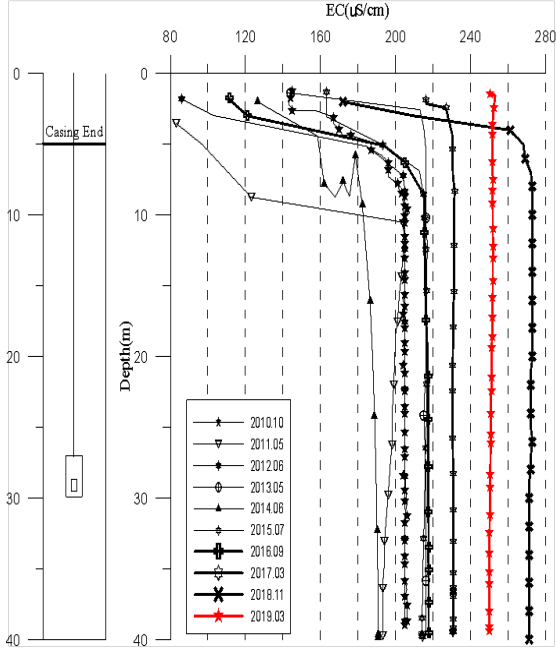
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
안동4(신)	150	5.3975	7.62×10 ⁻⁵	82.0

◎ 물리검층

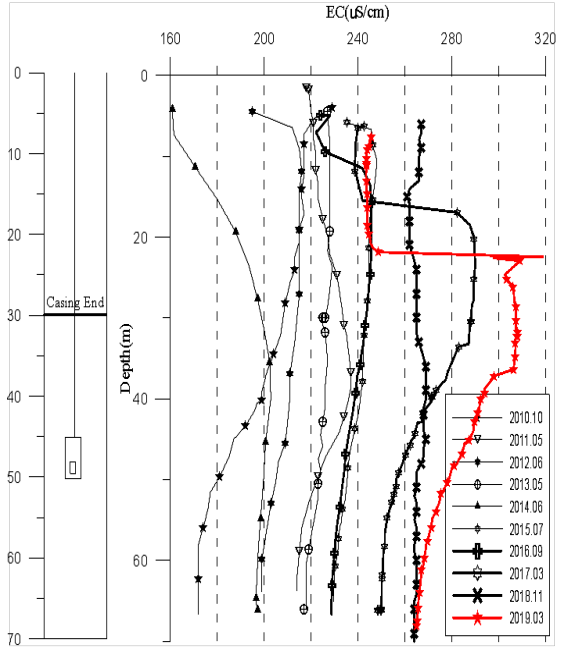


<안동4(신) 관측공 물리검층>

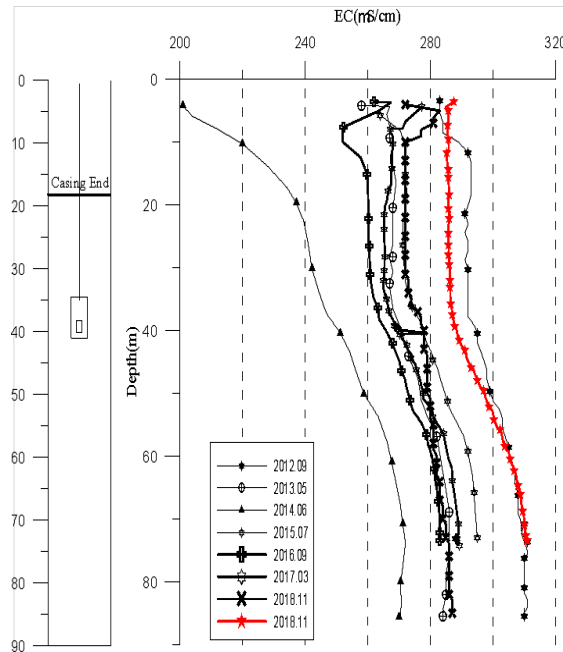
4. 지하수 검층



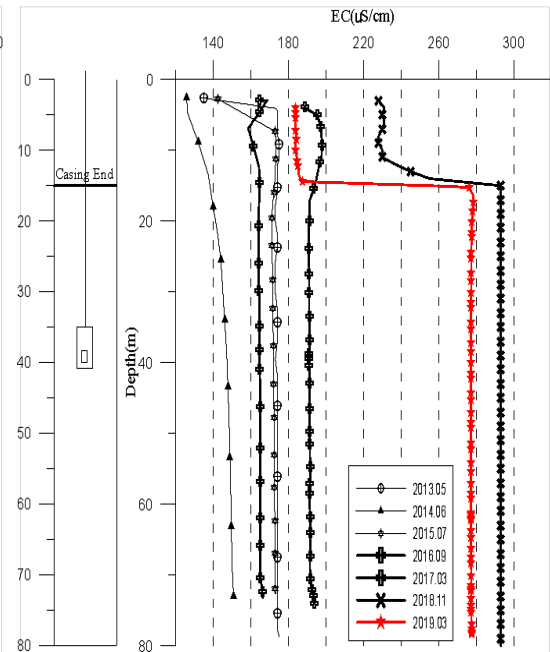
<안동1 관측공>



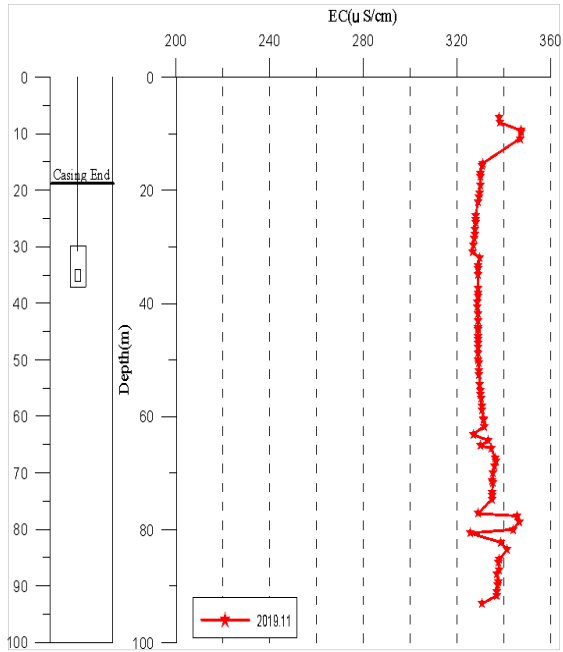
<안동2 관측공>



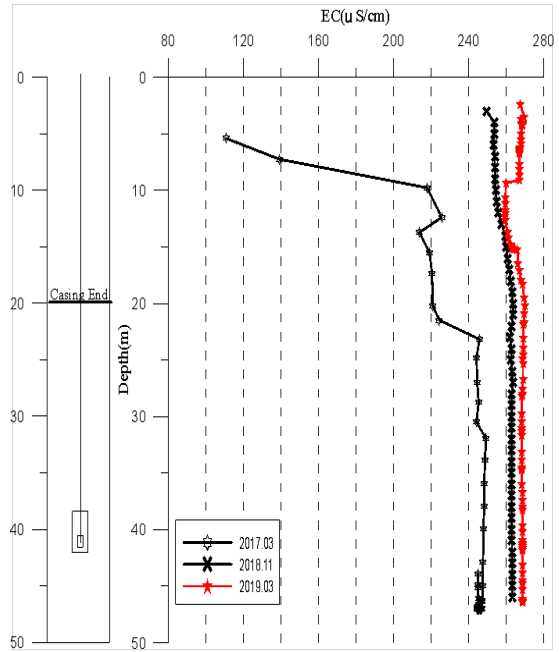
<안동3 관측공>



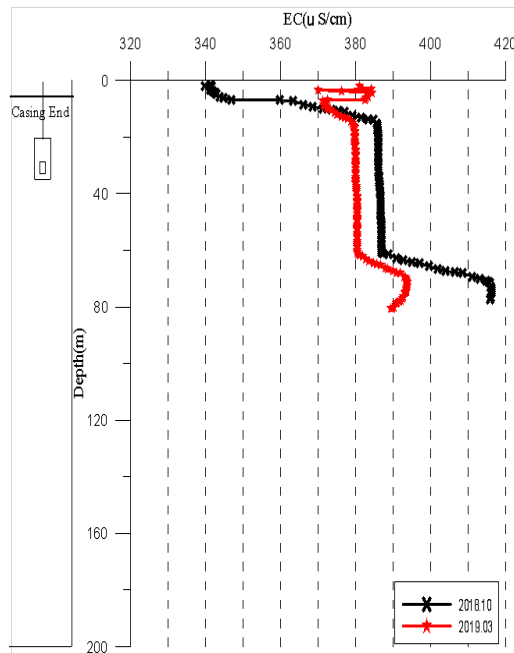
<안동4(구) 관측공>



<안동4(신) 관측공>



<안동5 관측공>



<안동6 관측공>

5. 지하수 수질 분석

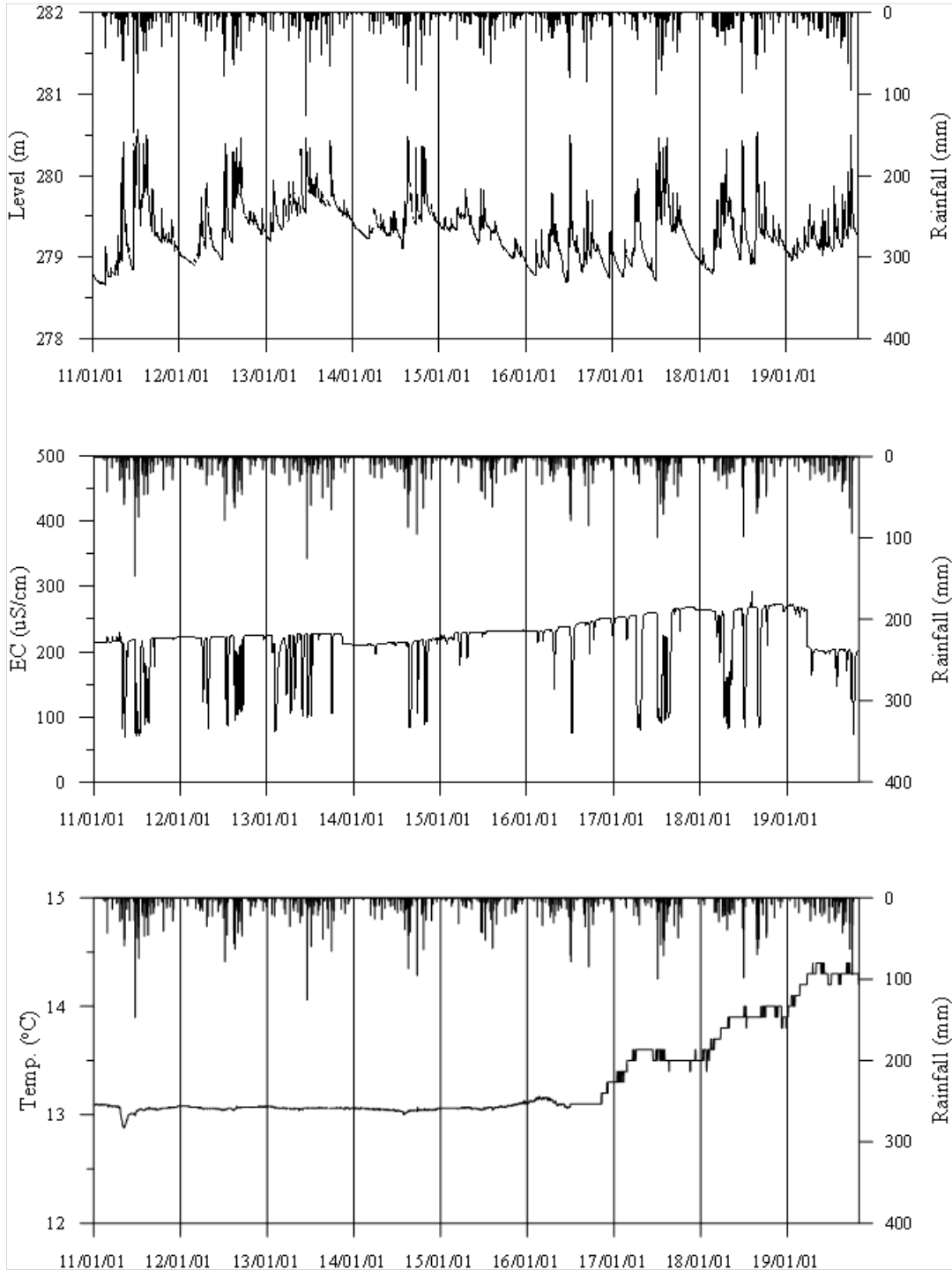
◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

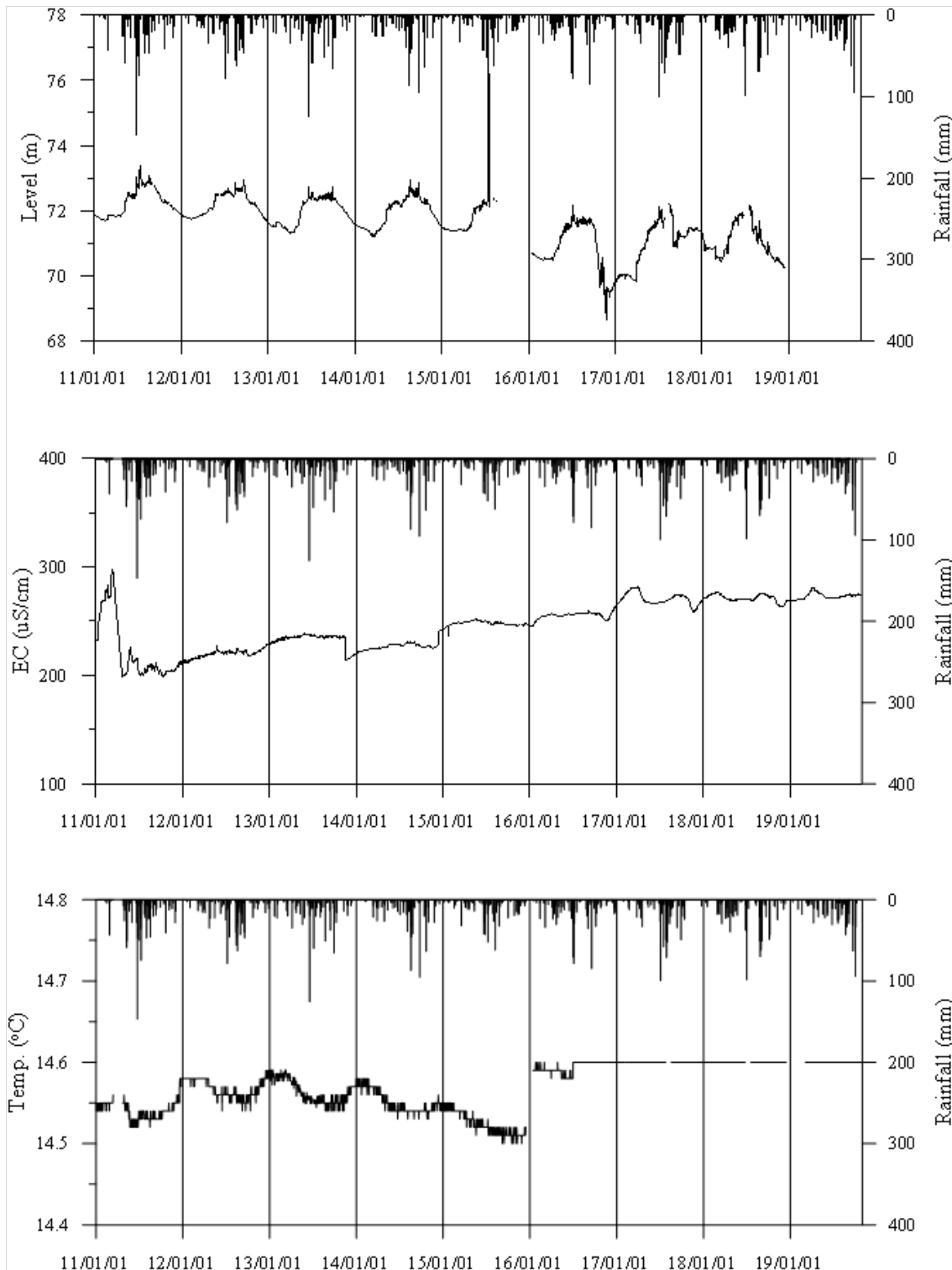
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
안동1	(2010.10)	9.55	4.29	1.06	34.95	9.28	5.76	103.70	22.11
	(2011.10)	6.39	1.23	0.94	5.24	6.19	1.90	48.80	1.03
	(2012. 6)	10.49	3.87	0.62	36.61	8.34	4.64	94.55	45.69
	(2013. 5)	10.72	4.19	0.62	31.08	9.37	4.81	109.80	20.16
	(2014. 6)	11.09	4.36	0.82	30.50	8.63	4.67	97.60	16.99
	(2015. 7)	10.52	4.12	0.67	31.49	9.28	4.54	100.65	20.87
	(2016. 4)	9.96	3.46	0.92	22.60	8.07	4.15	70.20	18.47
	(2017. 5)	12.61	4.79	0.89	32.62	11.24	6.15	94.55	25.57
	(2018. 6)	7.99	2.04	0.50	10.90	7.54	3.70	33.55	N.D.
(2019. 4)	8.70	4.03	0.58	30.38	12.62	5.29	82.35	25.53	
안동2	(2010.10)	17.36	4.82	1.06	24.94	3.15	9.43	122.00	N.D.
	(2011.10)	17.20	4.69	0.91	26.03	2.89	8.18	122.00	0.02
	(2012. 6)	22.50	4.02	0.80	21.97	2.76	7.78	109.80	N.D.
	(2013. 5)	25.18	3.91	0.72	22.67	3.05	7.70	128.10	0.02
	(2014. 6)	25.32	4.86	0.87	25.15	2.29	8.34	134.20	N.D.
	(2015. 7)	25.36	4.84	0.85	26.97	2.16	8.98	134.20	0.09
	(2016. 4)	27.58	4.58	1.08	24.16	1.21	4.18	152.50	N.D.
	(2017. 5)	20.90	5.26	1.11	26.15	1.67	10.79	122.00	0.08
	(2018. 6)	23.50	5.01	1.05	23.93	0.85	9.33	125.05	N.D.
(2019. 4)	19.58	4.29	0.86	23.18	0.66	9.18	128.10	N.D.	
안동3	(2012. 9)	26.68	10.00	1.24	29.50	6.79	4.24	192.91	N.D.
	(2013. 5)	25.60	9.16	0.98	25.16	5.73	3.77	183.00	0.20
	(2014. 6)	26.43	9.38	1.31	24.19	5.57	4.00	161.65	N.D.
	(2015. 7)	31.28	9.55	1.13	25.48	5.71	4.09	173.85	0.11
	(2016. 4)	28.87	9.47	1.19	24.27	5.52	3.74	176.90	N.D.
	(2017. 5)	23.66	10.18	1.17	23.92	5.41	3.96	158.60	0.07
	(2018. 6)	25.50	9.72	1.04	22.17	5.71	3.79	152.50	N.D.
(2019. 4)	21.40	8.18	0.92	22.10	5.62	3.56	147.93	N.D.	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
안동4 (구)	(2013. 5)	10.76	4.77	0.98	22.66	2.28	3.12	109.80	N.D.
	(2014. 6)	10.89	5.29	1.20	22.73	2.15	3.40	106.75	N.D.
	(2015. 7)	11.13	4.96	1.21	23.14	2.22	3.52	106.75	0.19
	(2016. 4)	11.83	4.99	1.23	22.21	0.96	1.31	115.90	0.34
	(2017. 5)	12.78	4.41	1.22	16.62	10.50	13.17	73.20	0.26
	(2018. 6)	12.09	4.61	1.11	16.75	12.92	16.66	61.00	N.D.
	(2019. 4)	9.51	4.15	2.08	16.29	4.11	8.92	82.35	N.D.
안동4 (신)	(2019.11)	10.65	7.07	0.80	54.69	12.55	7.67	106.75	-
안동5	(2017. 5)	13.89	8.49	1.05	31.54	9.45	4.83	134.20	5.67
	(2018. 6)	15.30	7.02	0.91	26.06	11.18	5.80	115.90	N.D.
	(2019. 4)	12.54	7.63	0.89	25.34	12.91	7.73	122.00	5.15
안동6	(2018.12)	12.91	10.46	1.35	43.25	24.05	18.13	97.60	42.08
	(2019. 4)	12.64	9.56	1.14	43.50	22.66	17.03	112.85	31.72

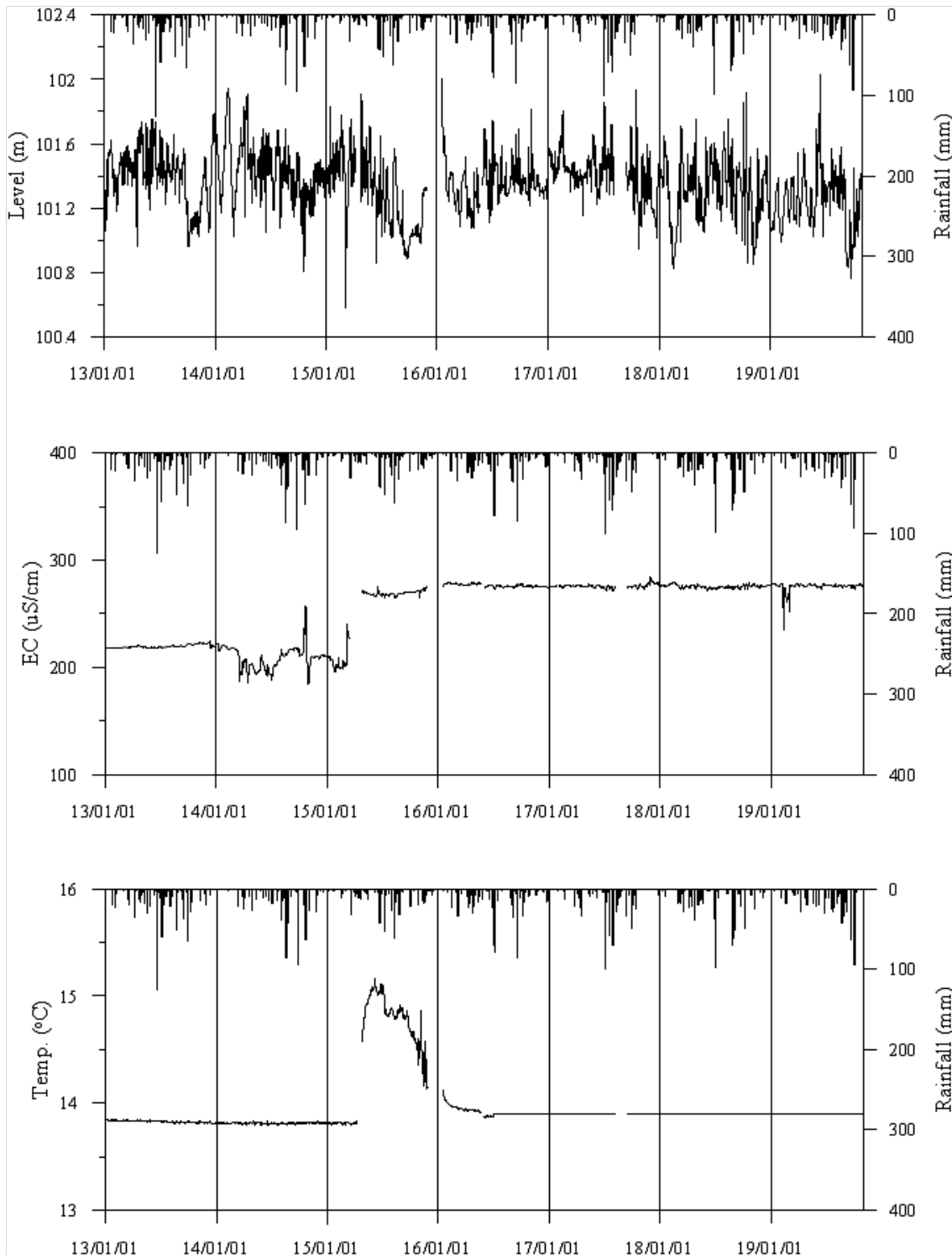
6. 장기관측 결과



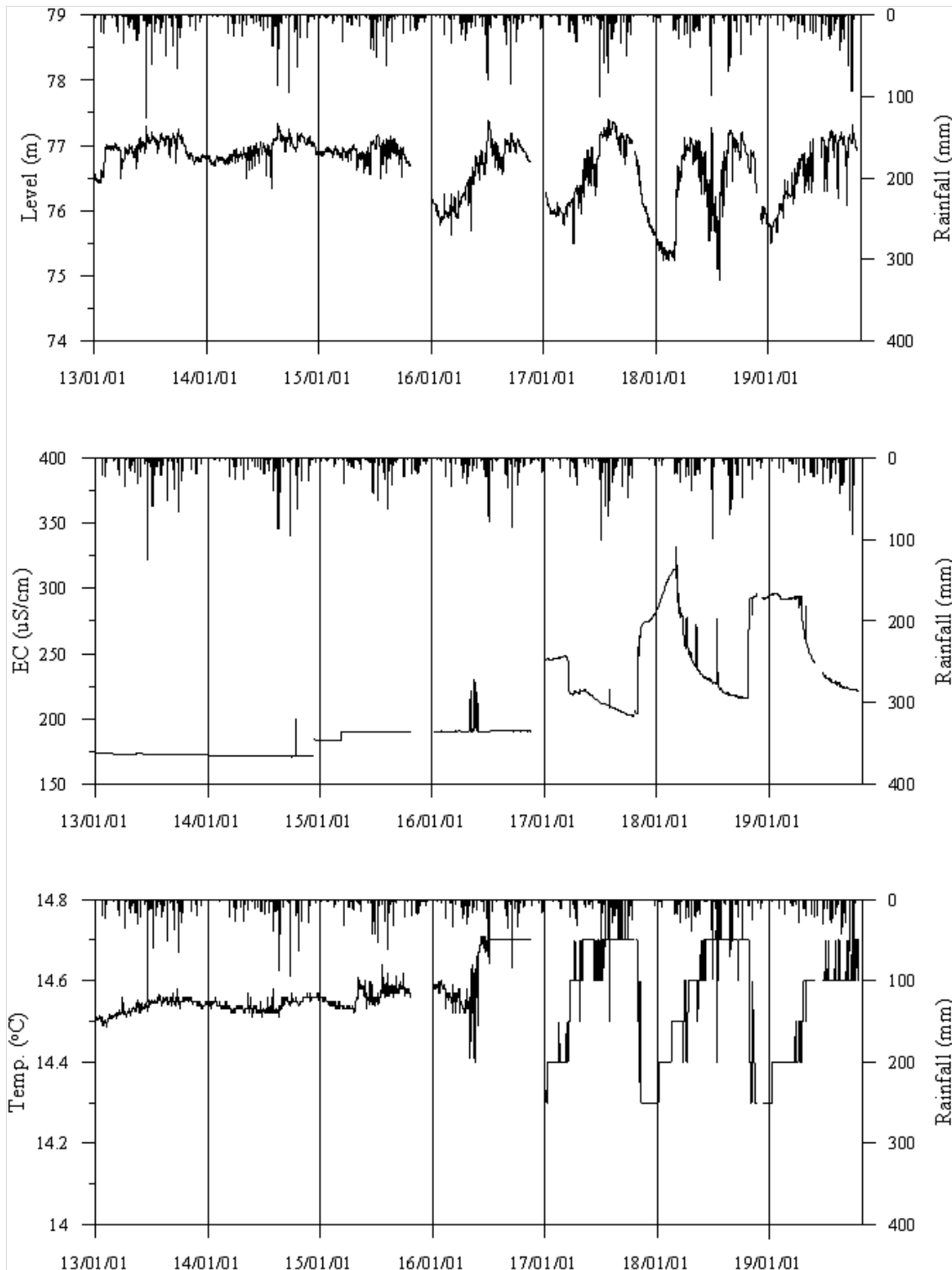
<안동1 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



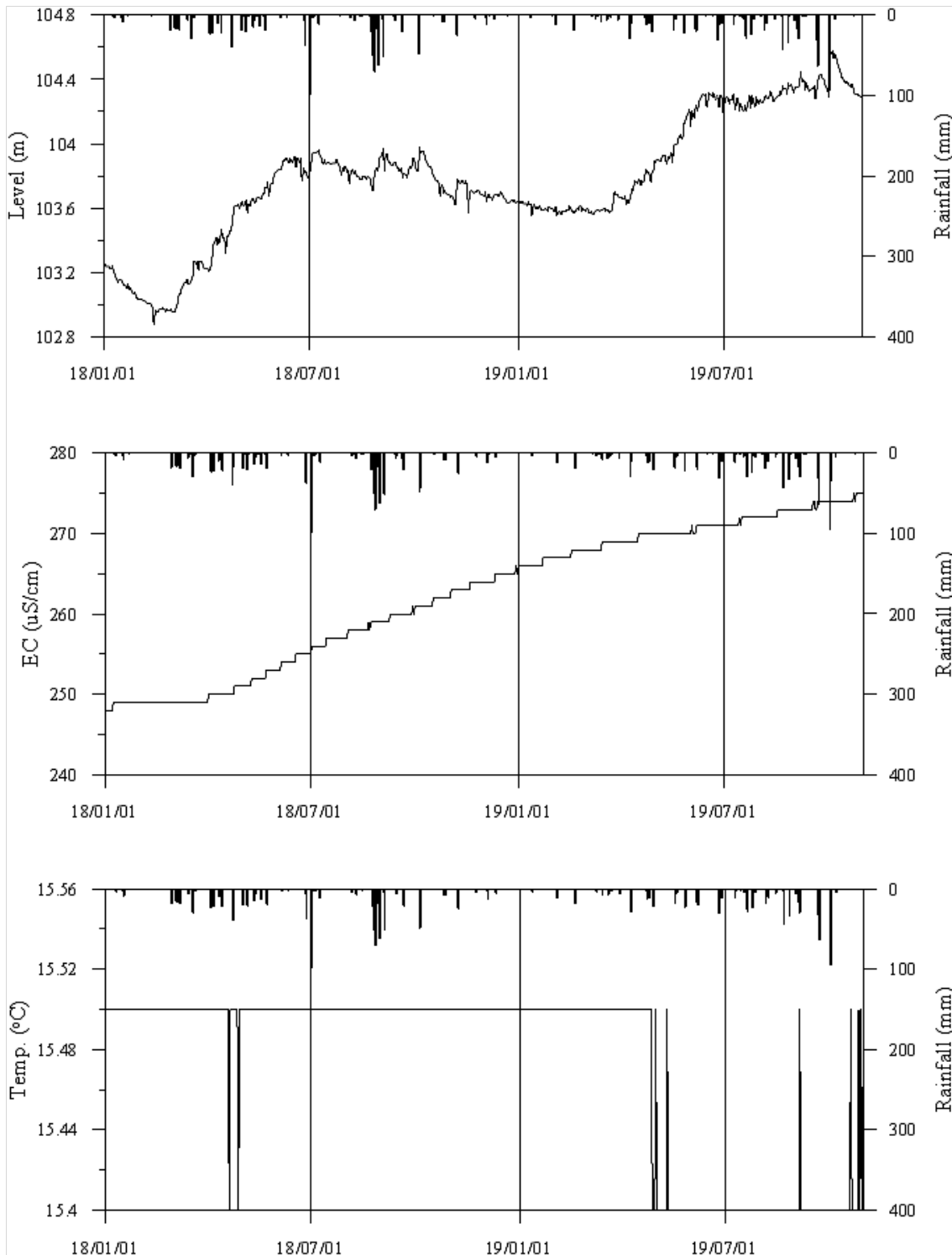
<안동2 관측공의 장기관측자료 (2011.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



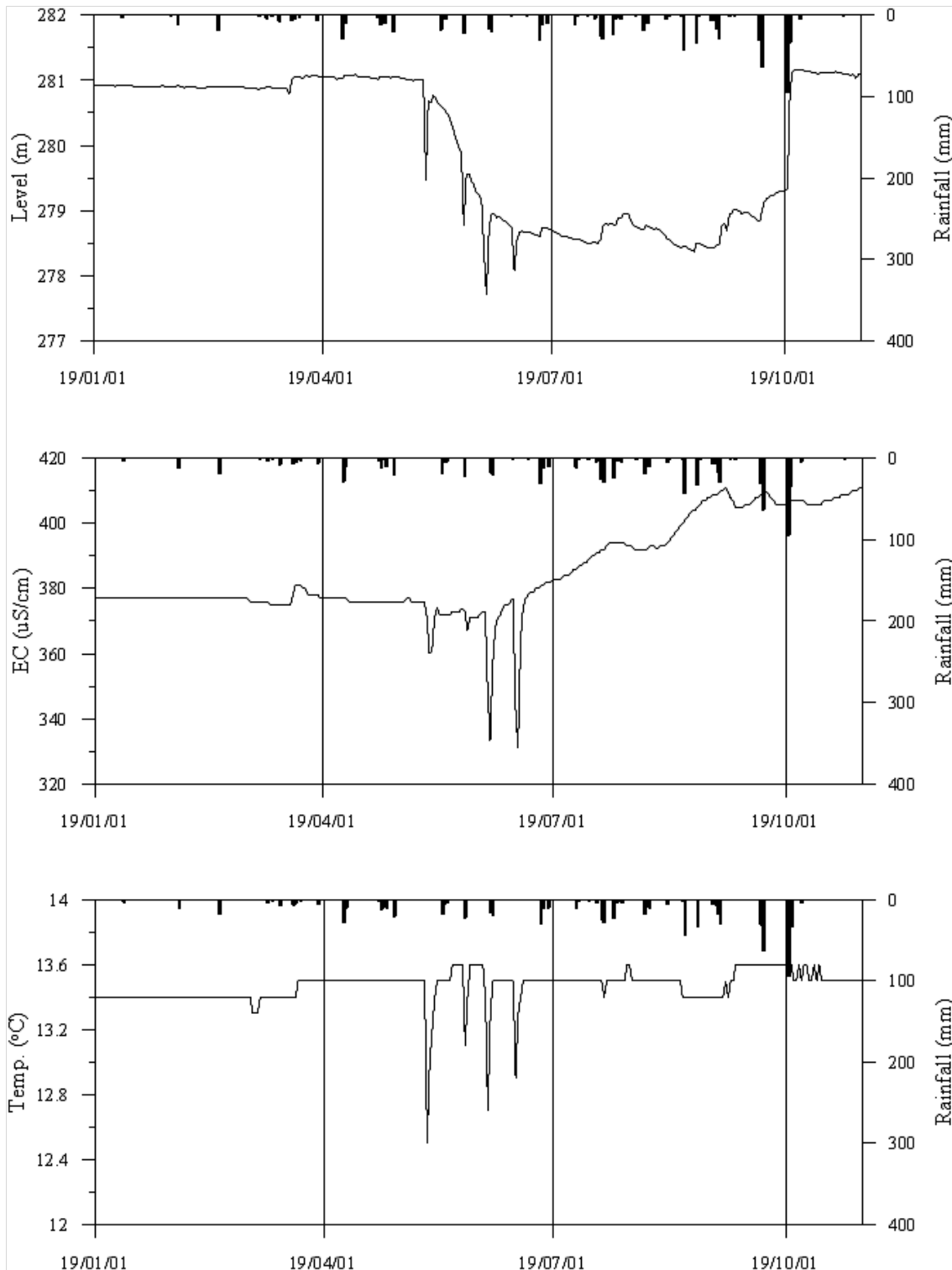
<안동3 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<안동4(구) 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<안동5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<안동6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 안동1, 2, 3, 관측공의 위치는 청문조사와 주변 관정의 간이 수질 검사 결과를 기초로 향후 주변지역 지하수 오염이 예상되는 지점으로 각각 인근지역의 수질 및 수량변화의 예측이 용이한 지점에 배치하여 향후 대수층을 통한 주변지역의 수량 및 수질변화를 예측하고자 하였다. 안동4(신) 관측공은 당초 설치되어 있던 안동4지구 부지가 매각되어 이설하였다. 안동4(신) 관측공 설치지역은 지역적 수문지질 특성에 따른 DRASTIC INDEX가 높게 나타나 지하수 수질오염이 우려되는 바, 장기적인 지하수의 수량 및 수질 관측을 위해 관측공 대상 부지로 선정하였다. 안동5 관측공이 위치한 신태리 지역은 2012년 안길지구 농촌지하수관리 사업 시 오염취약성도가 높게 나타나는 지역으로 조사되어 수질관리 필요지역으로 선정되었다. 따라서 신태리 일대의 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 안동6 관측공은 저수지 상류 일대로 과수원이 분포하고 있으며, 2010년 조사 시 신규 지하수 개발 시 적정개발량을 준수하여야 하는 지구로 분류되었다. 이에 따라 일대 지하수 사용에 따른 지하수 수량의 변화를 관찰하기 위하여 관측공 설치 대상지로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 안동4(신) 관측공의 양수량은 $150 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $7.62 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 82 m) 이다. 물리검층 결과 Fluid는 케이싱 하부부터 공저까지 0 ~ 2 ohm-m 범위를 보이고, 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")은 0 ~ 20 ohm-m 내외, 장노말(64")은 20 ~ 80 ohm-m 범위로서 40 m 심도에서 일부 유사한 특성을 보이나, 나머지 전 구간에 걸쳐 유사한 특성이 나타나지 않는다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 안동1, 2, 3, 4(구), 4(신), 5, 6 관측공의 전기전도도는 각각 약 $220 \mu\text{S}/\text{cm}$, 약 $320 \mu\text{S}/\text{cm}$, 약 $320 \mu\text{S}/\text{cm}$, 약 $300 \mu\text{S}/\text{cm}$, $380 \mu\text{S}/\text{cm}$, 약 $280 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하, 약 $420 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이하이다. 안동1, 4(신) 관측공은 케이싱 심도 하에서 전기전도도의 변화가 거의 없고, 안동2 관측공은 심도가 깊어질수록 소폭 감소, 안동3, 5, 6 관측공은 소폭 증가하는 경향을 나타내지만 담

수영역의 증가이므로 수질에 영향은 크게 나타나지 않는다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 안동1, 6 모두 Ca-HCO₃ 유형에 해당하는 반면, 안동2, 3, 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 안동1 관측공은 2012년에 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 이를 제외하면 나머지 관측공에서 먹는물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 그러나 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 5) 장기관측 결과 : 안동1 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강이 뚜렷하고 연간 2 m 내외의 수위 변화가 있으며, 2014년까지 증가 추세이나 이후부터는 감소하는 추세이다. 전기전도도는 수위 증가 시 감소하나, 최대 약 240 $\mu S/cm$ 범위를 보인다. 안동2 관측공은 연간 2 m 이내의 지하수위 변화가 있으며 전체적으로는 감소하는 추세이다. 전기전도도는 강수와 무관하게 변화한다. 안동3 관측공의 경우, 지하수위와 전기전도도 모두 강수와 큰 상관관계를 보이지 않으며, 지하수위는 유지하는 추세, 전기전도도는 2015년 상반기에 소폭 상승한 후 유지하는 추세이다. 안동4(구) 관측공은 지하수위와 강수가 비례관계가 있고, 변동폭은 1.5 m 이내이다. 안동5 관측공은 관측기간이 짧아 지하수위와 강수의 비례관계를 아직 논하기 어려우나, 건기와 우기에 따른 증감이 나타난다. 전기전도도는 미약하나마 증가 추세이다. 안동6 관측공은 영농기 주변 지하수 이용에 의한 영향으로 지하수위가 감소하고, 이와 반비례하여 전기전도도는 해당기간 증가한다.
- 6) 관리 방안 : 안동1, 6 지구는 질산성질소 오염에 취약하다. 따라서 지상부 오염원 관리를 철저히 하여 지하수 수질오염을 차단할 필요가 있다. 또한 장기관측을 통해 전기전도도의 변화와 오염물질의 유입 등에 대한 모니터링이 필요하다.

2.8.4 청송지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
청송1	청송군 진보면 진안리 342-1	203645.543	335680.048	200.41	2011	177.16
청송2	청송군 현서면 화목리 780	307832.625	189357.196	330.68	2011	325.78
청송3	청송군 안덕면 장전리 538-5	377126.776	413415.548	265.51	2017	259.91
청송4	청송군 현동면 도평리 807-4	381144.491	412322.833	285.54	2017	274.14
청송5	청송군 부남면 화장리 362	213577.750	410747.658	361.08	2018	255.98
청송6	청송군 주왕산면 부일리 959	419530	388165	256.0	2019	239.4

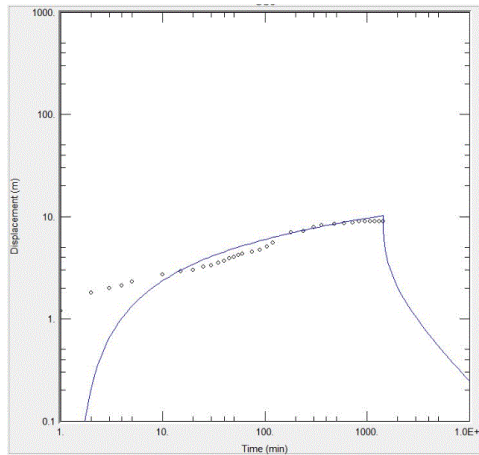
2. 지형 및 지질

청송지구는 동쪽으로 태백산맥, 주왕산 등 험한 산악지대이면서 영덕군, 포항시와 경계를 이루며, 남쪽으로는 보현산맥이 영천시와 경계를 이루고, 보현 산맥의 지맥인 삼도산맥이 군의 중앙을 횡단하여 동서로 흘러 연행산을 연하여 안동시와 경계를 이룬다. 지질은 백악기 유천층군의 중성 내지 산성 화산암류로 구성되어 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

청송6 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

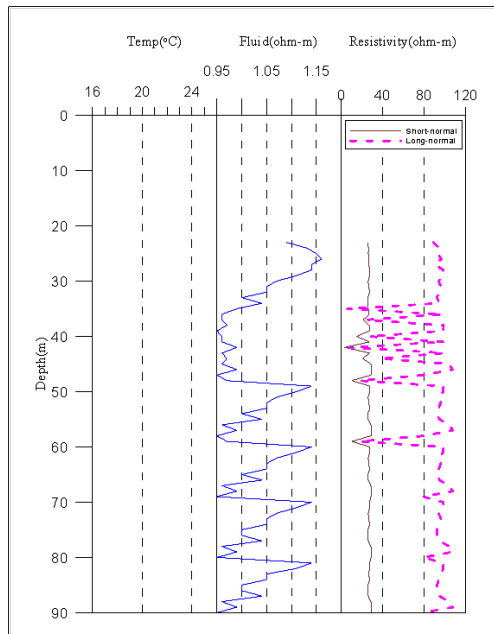
◎ 양수시험



<청송6 관측공 양수시험>

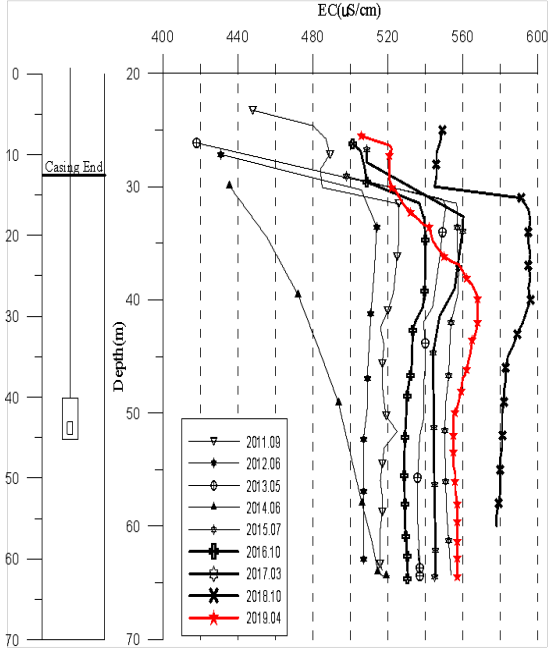
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
청송6	200	6.381	7.86×10 ⁻⁵	94

◎ 물리검층

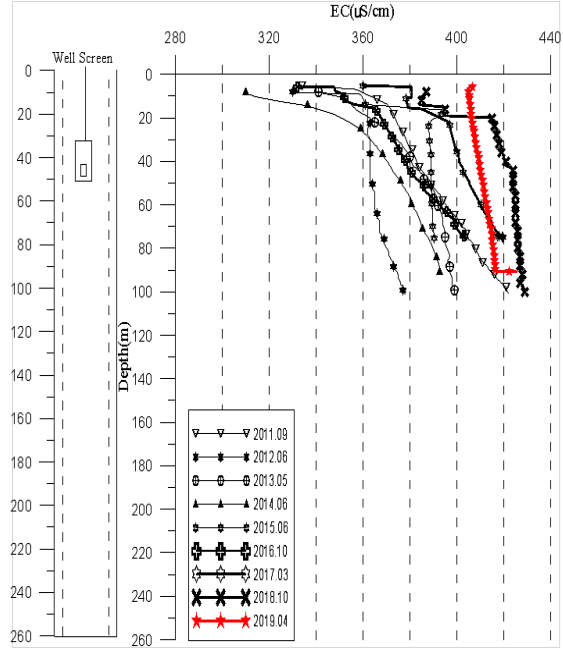


<청송6 관측공 물리검층>

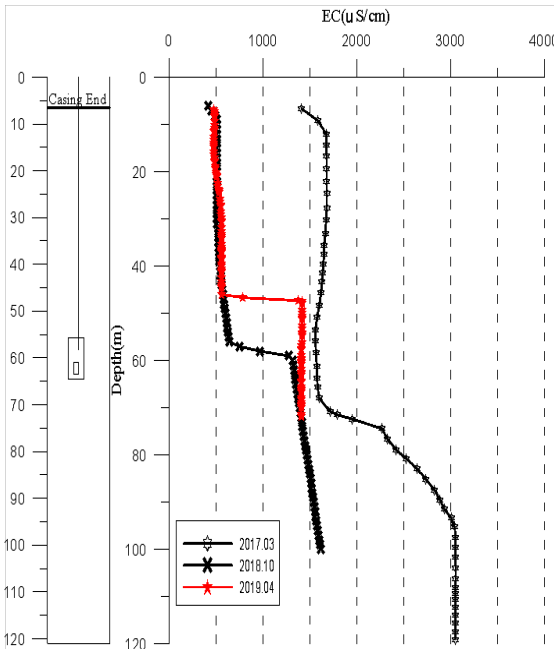
4. 지하수 검층



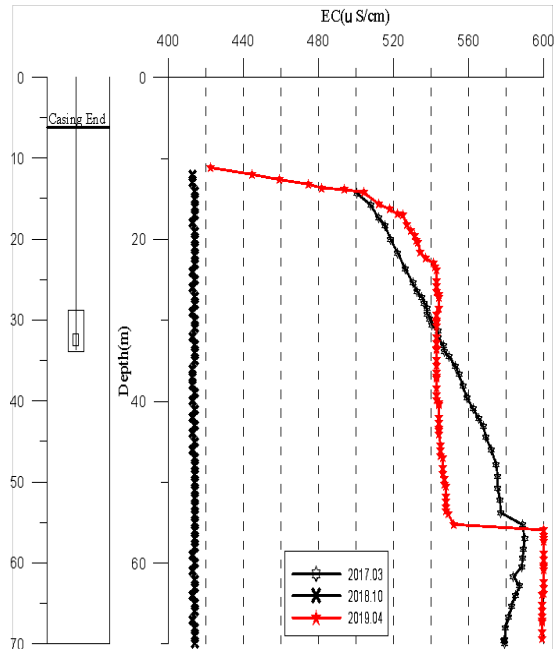
<청송1 관측공>



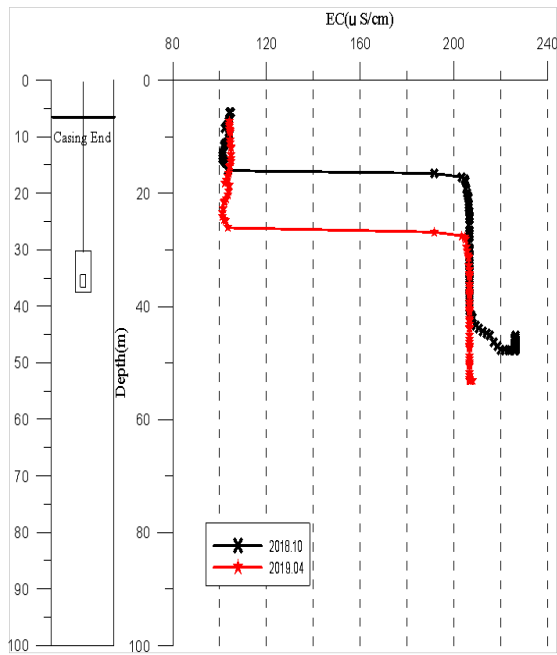
<청송2 관측공>



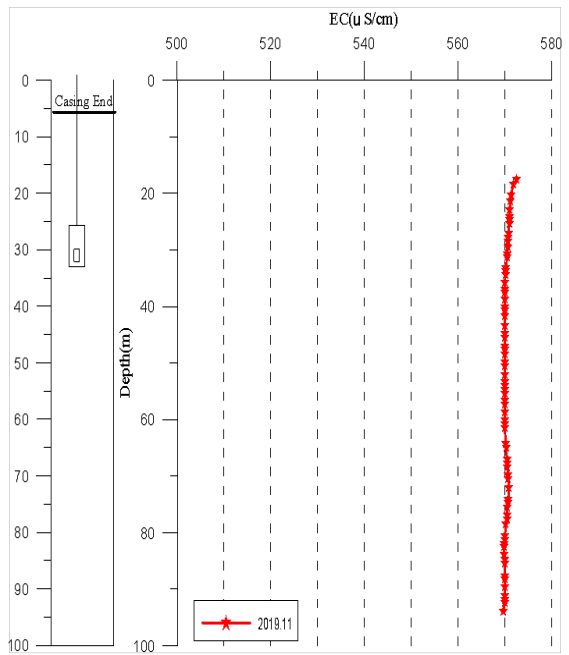
<청송3 관측공>



<청송4 관측공>



<청송5 관측공>



<청송6 관측공>

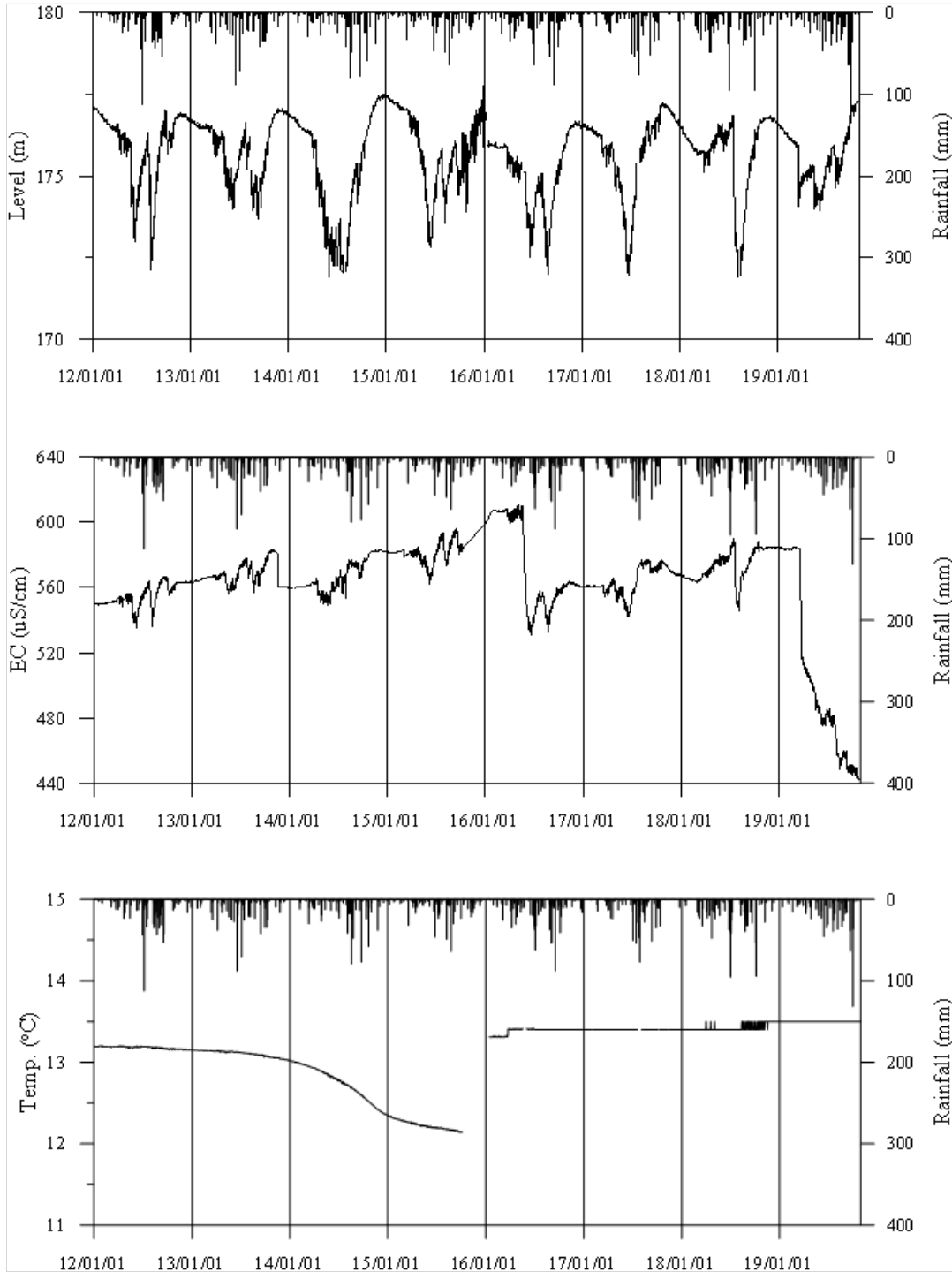
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

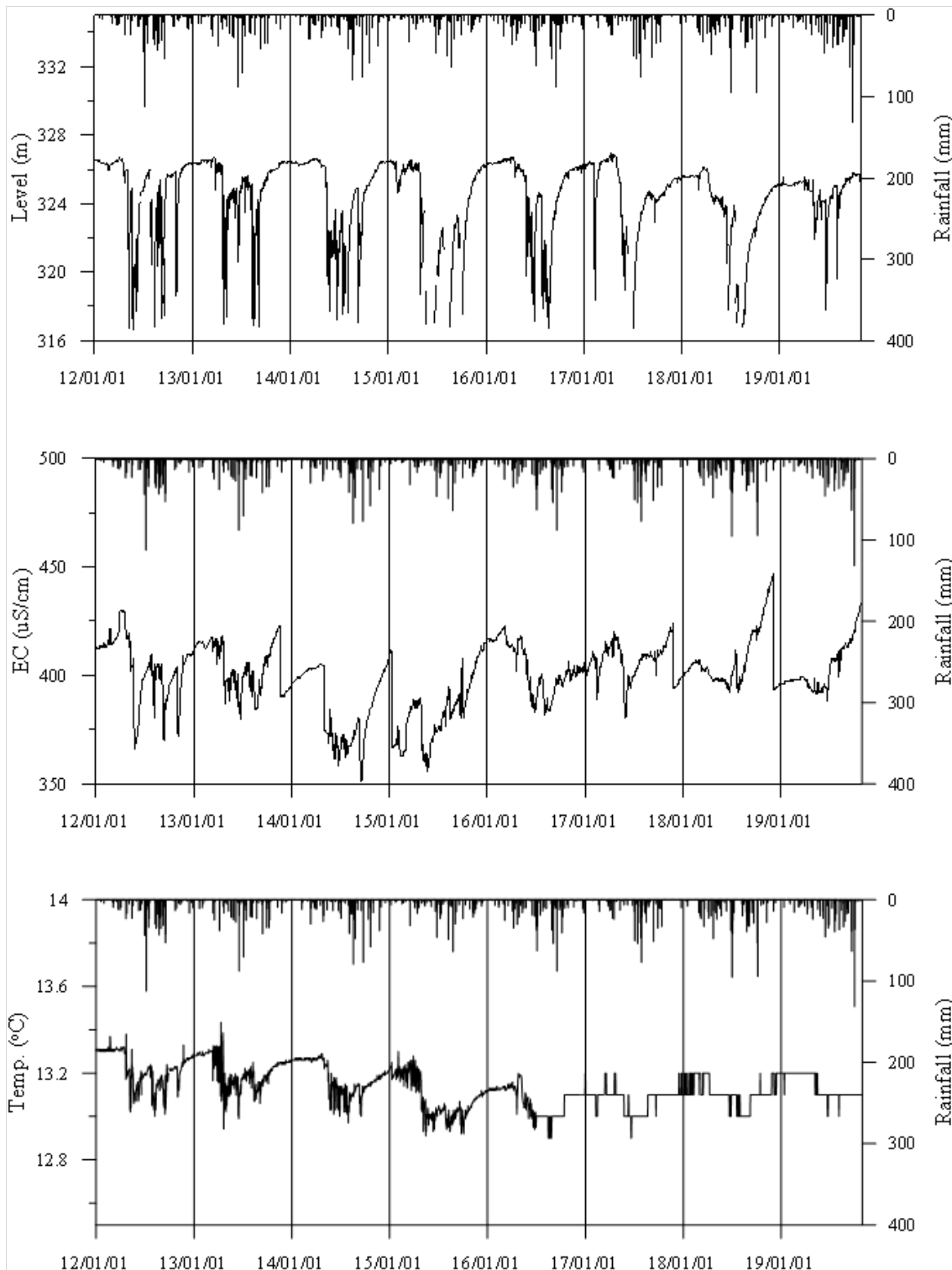
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
청송1	(2011. 9)	13.67	38.81	2.28	42.16	19.57	25.79	253.15	30.94
	(2012. 6)	16.62	39.23	1.30	40.46	15.81	20.45	250.11	66.24
	(2013. 5)	17.13	40.91	1.14	39.06	17.29	21.49	308.05	27.38
	(2014. 6)	22.15	38.27	1.48	39.27	16.76	21.94	286.70	25.98
	(2015. 7)	19.23	41.62	1.56	39.25	17.21	21.30	301.95	25.26
	(2016. 4)	18.13	41.67	1.36	38.86	13.36	17.30	274.50	20.50
	(2017. 5)	16.89	33.62	1.38	39.19	14.40	19.80	253.16	23.45
	(2018. 6)	19.84	41.03	1.34	35.21	14.43	18.41	265.35	21.63
(2019. 4)	14.84	33.03	1.14	28.37	11.11	14.98	231.80	N.D.	
청송2	(2011. 9)	11.51	10.21	1.77	60.21	37.60	23.96	155.55	3.42
	(2012. 6)	13.70	10.54	1.44	51.63	45.55	22.37	118.95	25.15
	(2013. 5)	13.84	10.95	1.16	50.91	43.08	22.49	146.40	11.26
	(2014. 6)	15.04	11.41	1.56	50.37	38.79	22.33	131.15	10.67
	(2015. 7)	16.27	12.03	1.35	52.61	37.29	22.23	146.40	14.74
	(2016. 4)	15.11	11.80	1.41	55.98	34.03	22.77	173.90	8.00
	(2017. 5)	13.06	12.15	1.44	52.84	35.17	23.50	149.45	7.86
	(2018. 6)	14.44	11.25	1.48	50.84	32.46	21.72	149.45	8.33
(2019. 4)	11.77	9.68	1.43	50.64	32.71	19.02	140.30	8.95	
청송3	(2017. 5)	210.41	8.10	1.79	183.75	724.09	110.51	76.25	16.14
	(2018. 6)	17.95	14.56	3.58	68.56	31.08	21.14	240.95	18.53
	(2019. 4)	16.34	12.69	2.35	60.28	22.64	17.02	231.80	10.73
청송4	(2017. 5)	25.51	25.41	1.23	50.19	84.12	30.90	161.65	19.12
	(2018. 6)	11.68	22.40	1.58	35.37	23.31	21.25	118.95	50.99
	(2019. 4)	11.31	24.87	1.65	38.55	25.90	40.16	128.10	37.61
청송5	(2018.12)	12.04	3.09	0.37	21.91	4.05	3.77	88.45	0.14
	(2019. 4)	4.81	1.66	0.48	8.70	6.05	4.51	30.50	1.80
청송6	(2019.11)	11.38	39.01	1.31	49.93	8.54	12.18	268.40	46.17

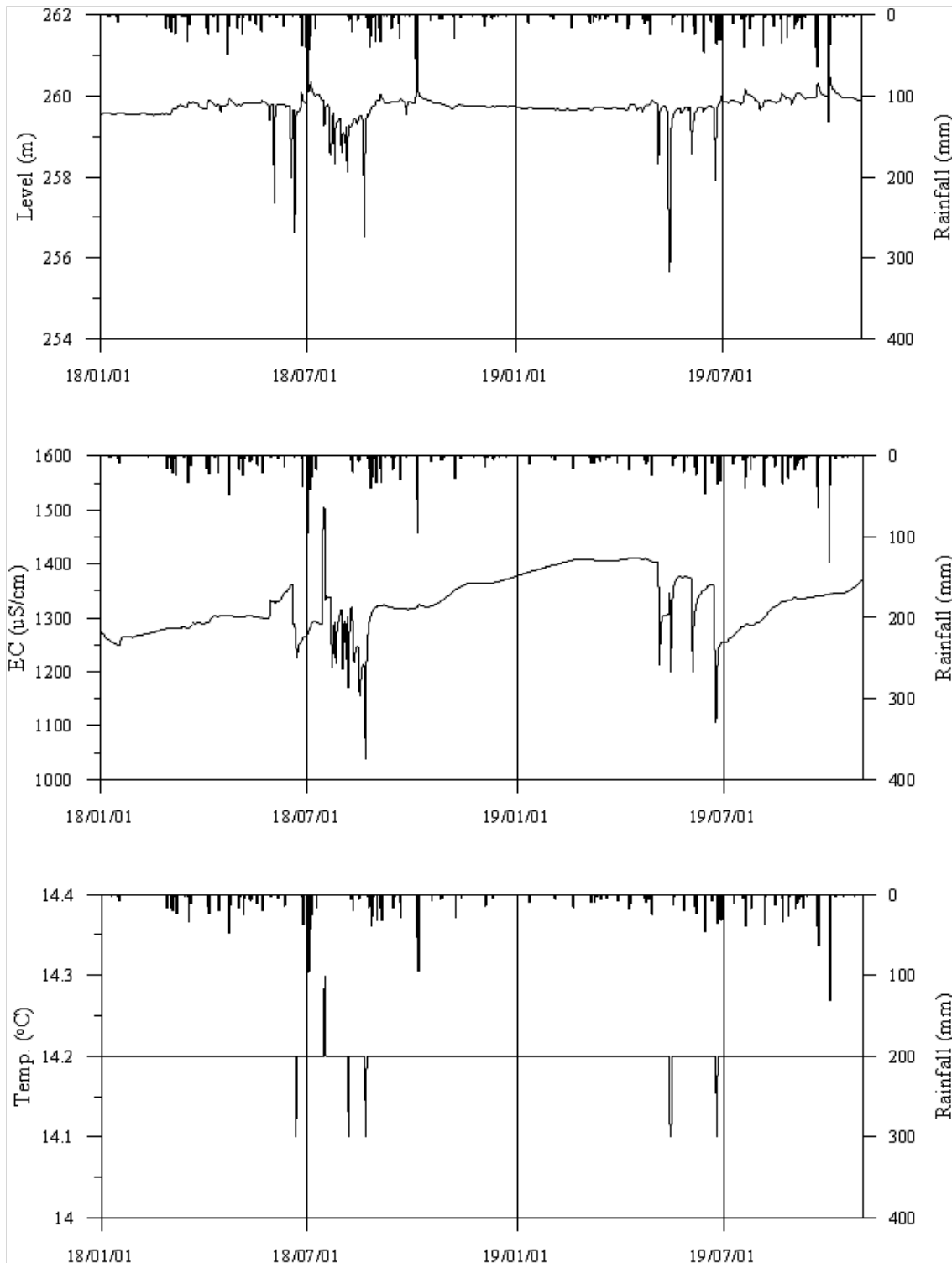
6. 장기관측 결과



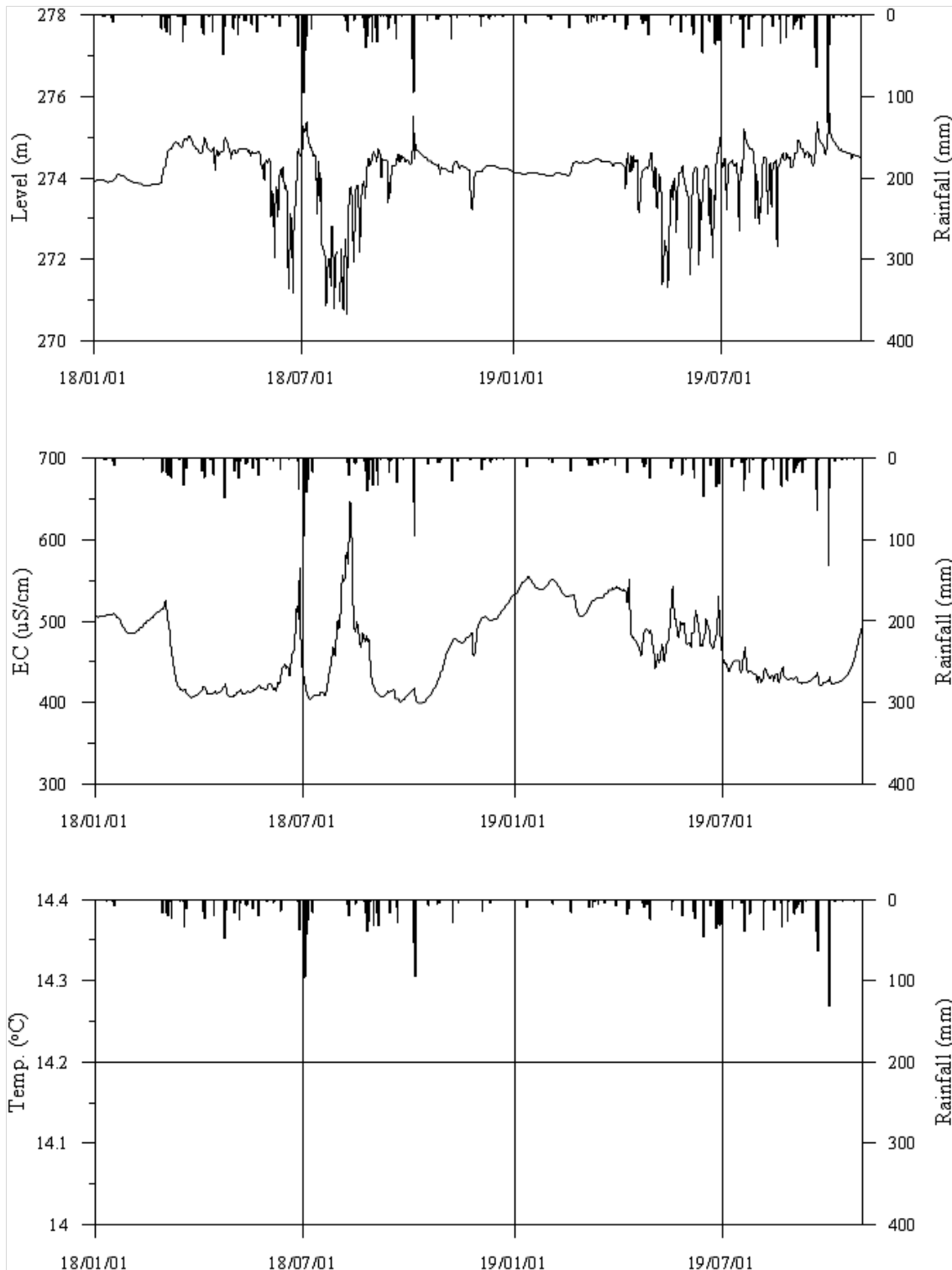
<청송1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청송2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

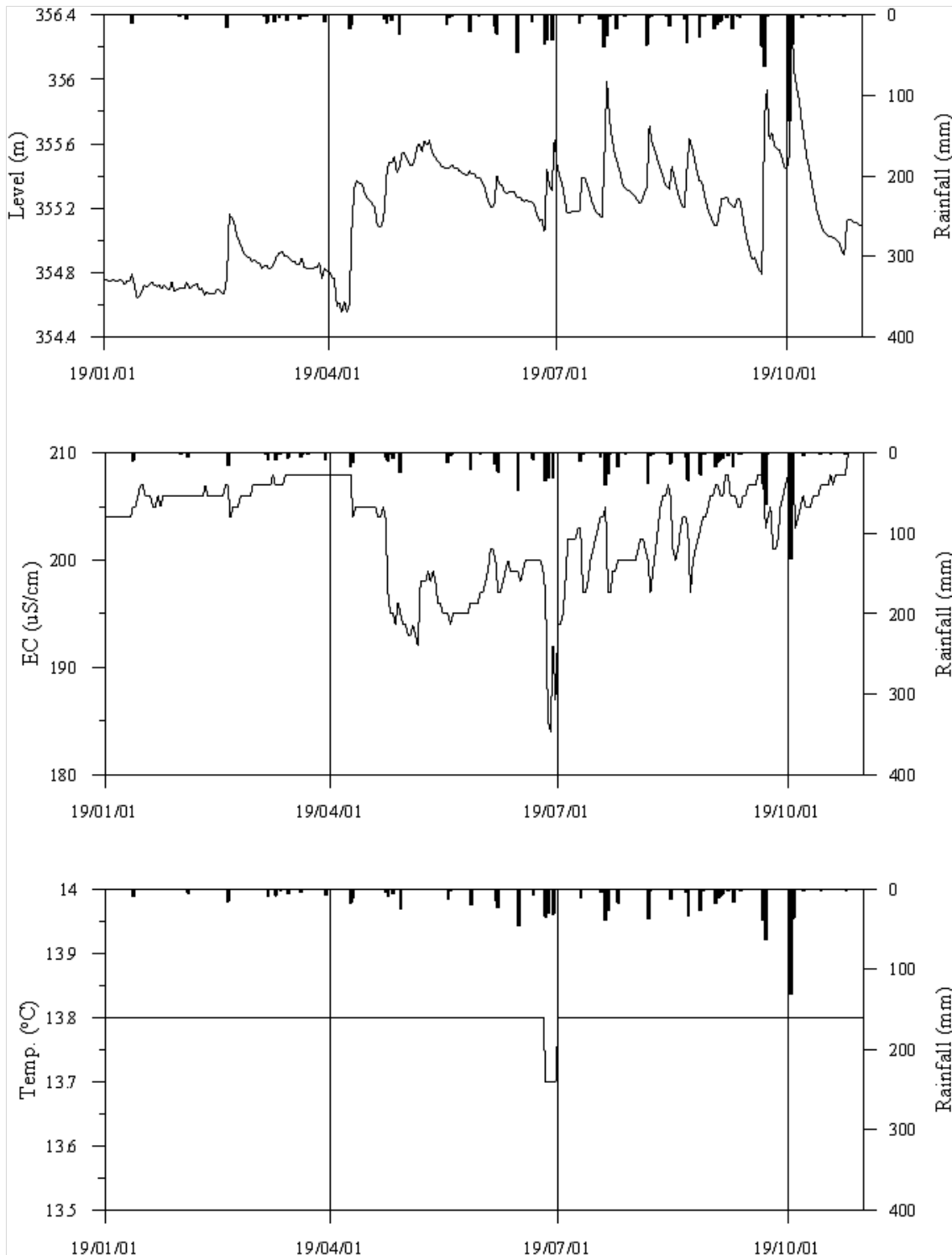


<청송3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청송4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청송5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 청송1, 2 관측공은 지하수 관정 수와 관정밀도가 높으며, 현재의 수질은 생활용 수질기준을 만족하고 있으나 넓게 농경지가 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 하였다. 청송3, 4 관측공은 '11년 청현용수구역에 소재하며, 청송3 관측공은 하천을 따라 넓게 분포한 경작지의 계절별 경작에 따른 지하수 수량 및 수질관측을 위해, 청송4는 면 소재지에 위치하여 생활용수 사용에 따른 지하수 수량 및 수질관측을 위해 설치하였다. 청송5 관측공은 노부천과 접하여 있으며 세천을 따라 밭 경작지가 넓게 분포하고, 상류부에 캠핑장과 주거지가 존재하고 있어, 경작지의 계절별 경작에 따른 지하수의 수위 및 수질 변동과 캠핑장 및 주거지에서 발생하는 지하수오염원으로 인한 지하수 수질오염의 우려가 있어 관측공 설치 대상지로 선정하였다. 청송6 관측공 설치지역은 단위면적당이용량, 관정밀도는 지구 평균보다 낮은 값을 보이며, 지역적 수문지질 특성에 따른 DRASTIC INDEX가 높게 나타나 지하수 수질오염이 우려되는 바, 장기적인 지하수의 수량 및 수질 관측을 위해 관측공 대상 부지로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 청송5 관측공의 양수량은 200 m³/d 이며, 수리전도도는 7.86×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 94 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 30 ohm-m 내외, 장노말(64 ")은 20~100 ohm-m 범위로 주로 30~50 m, 60 m 심도에서 저비저항이 나타나 해당구간에 주된 지하수 유로가 형성되어 있음을 추정케 한다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 청송1 관측공의 전기전도도는 전 심도에서 최대 약 600 $\mu S/cm$ 이하이며, 청송2 관측공의 전기전도도는 약 440 $\mu S/cm$ 이하이다. 청송3 관측공은 45~70 m 심도까지 약 500~1,600 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도를 보이다가, 이후 증가하여 공저부근에서 약 1,600~3,100 $\mu S/cm$ 을 보인다. 청송4, 5, 6 관측공의 전기전도도는 각기 약 600 $\mu S/cm$, 240 $\mu S/cm$, 580 $\mu S/cm$ 이하이다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 청송1, 2, 3, 4, 6 관측공은 Ca-HCO_3 유형이며, 청송 5 관측공은 $(\text{Na}+\text{K})\text{-HCO}_3$ 유형이다. 청송1, 4 관측공은 각기 2012년과 2018년에 일시적으로 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 이를 제외하고는 모든 관측공에서 공통적으로 먹는 물 및 농업용수 수질기준 이하로 검출되었다. 청송3 관측공은 이온부하량이 높은 전기전도도를 보이므로 지하수 이용을 자제하고 타수자원 이용을 모색해야 한다.
- 5) 장기관측 결과 : 청송1 관측공은 여름철 주변 지하수 이용에 따른 지하수위 상승과 하강이 뚜렷하고 수위 변화폭이 8 m 이내이며, 전기전도도 변화는 수위변화와 비례한다. 이 후 2019년 4월에 급격히 하강이 있었다. 청송2 관측공은 일정한 지하수위를 유지하지만 영농기 지하수 이용에 따른 수위 강하로 지하수위 변화폭은 25 m 이내이며, 전기전도도는 지하수위와 비례한다. 청송3, 4 관측공은 여름철 주변 지하수 이용에 의해 수위 증감이 뚜렷하게 나타난다. 청송3 관측공은 지하수위와 전기전도도가 비례관계이나, 청송4 관측공은 반비례 관계를 보여 양수 시 주변 수계에서 유입을 추정할 수 있다. 청송5 관측공은 강우와 비례관계에 있으며, 전기전도도는 반비례관계가 나타난다.
- 6) 관리 방안 : 청송지구의 관측공은 수량과 수질관리가 필요한 유역에 설치하였고 현재는 청송4를 제외하고는 대부분의 관측공에서 지하수 오염이 나타나지 않으나, 청송3 관측공은 전기전도도가 상대적으로 높아 지하수 이용을 규제해야 한다.

2.8.5 문경지구

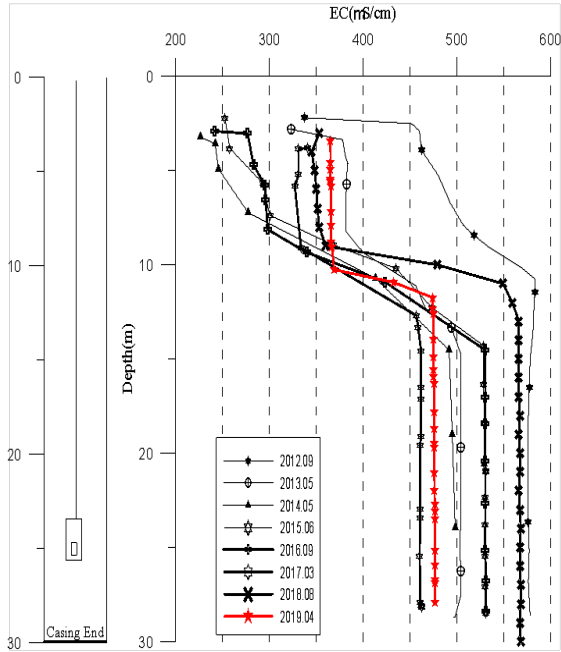
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
문경1	문경시 창동 67-1	128371.01	348286.90	79.62	2012	77.44
문경2	문경시 산양면 불암리 267-1	133345.2567	346116.0605	72.82	2013	70.92
문경3	문경시 산양면 평지리 394-5	310464.78	444490.19	88.36	2017	82.76
문경4	문경시 산양면 우본리 211-1	315014.74	448883.10	81.32	2017	78.72
문경5	문경시 문경읍 당포리 250	303793.58	463212.53	213.37	2017	211.07

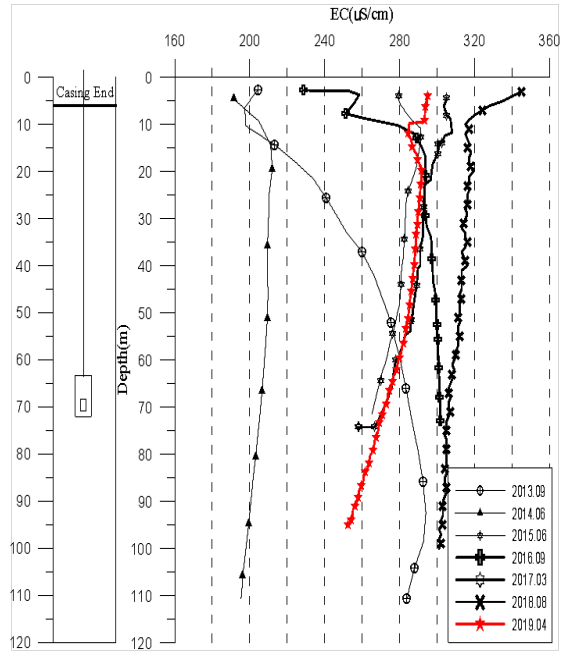
2. 지형 및 지질

문경은 태백산맥에서 흘러나온 소백산맥이 길게 뻗어있고, 북쪽의 충청북도와 경계를 이루며 높이 1,000 m 내외의 높은 산지가 울타리를 쌓은 것 같은 험준한 산악지대를 형성한다. 지질은 주로 화강편마암과 이를 덮고 있는 조선계의 석회암으로 이루어져 있으며, 이들 암석에 관입된 화성암층에는 각종 금속 및 비금속 광물이 많이 함유되어 있고, 동남부의 평안계와 대동계 지층은 석탄 매장량이 많다.

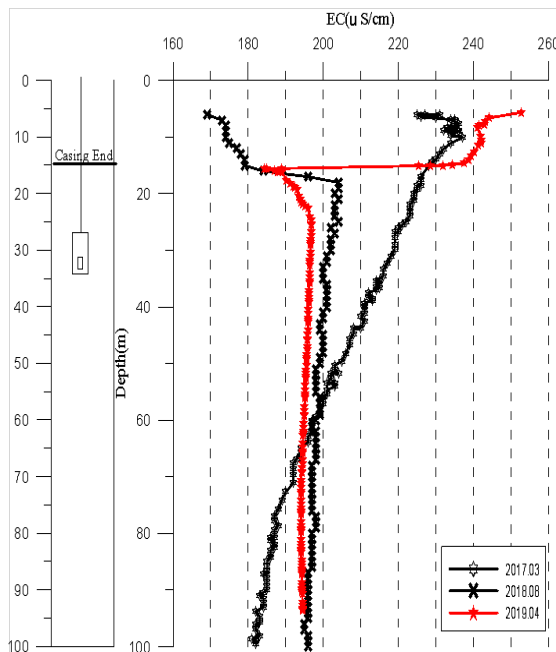
3. 지하수 검층



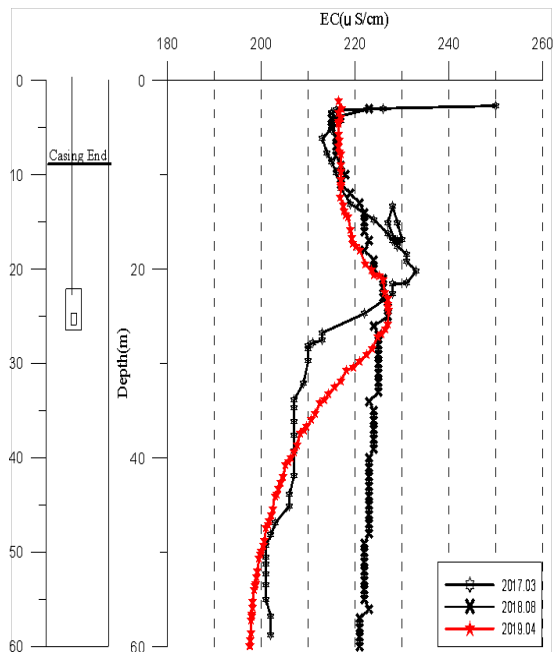
<문경1 관측공>



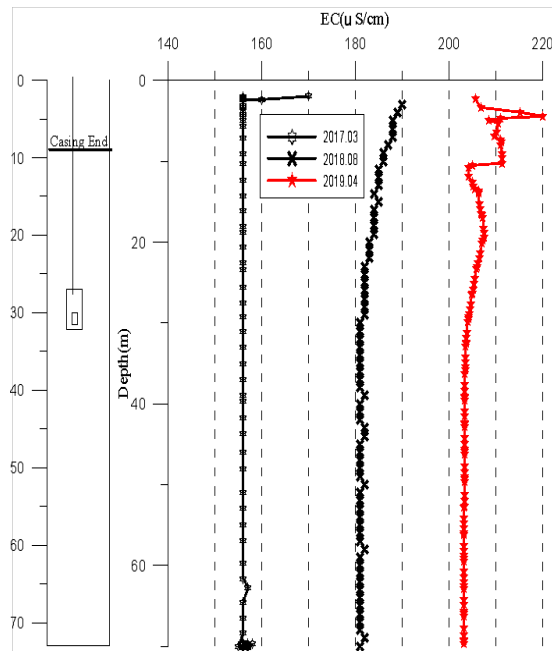
<문경2 관측공>



<문경3 관측공>



<문경4 관측공>



<문경5 관측공>

4. 지하수 수질 분석

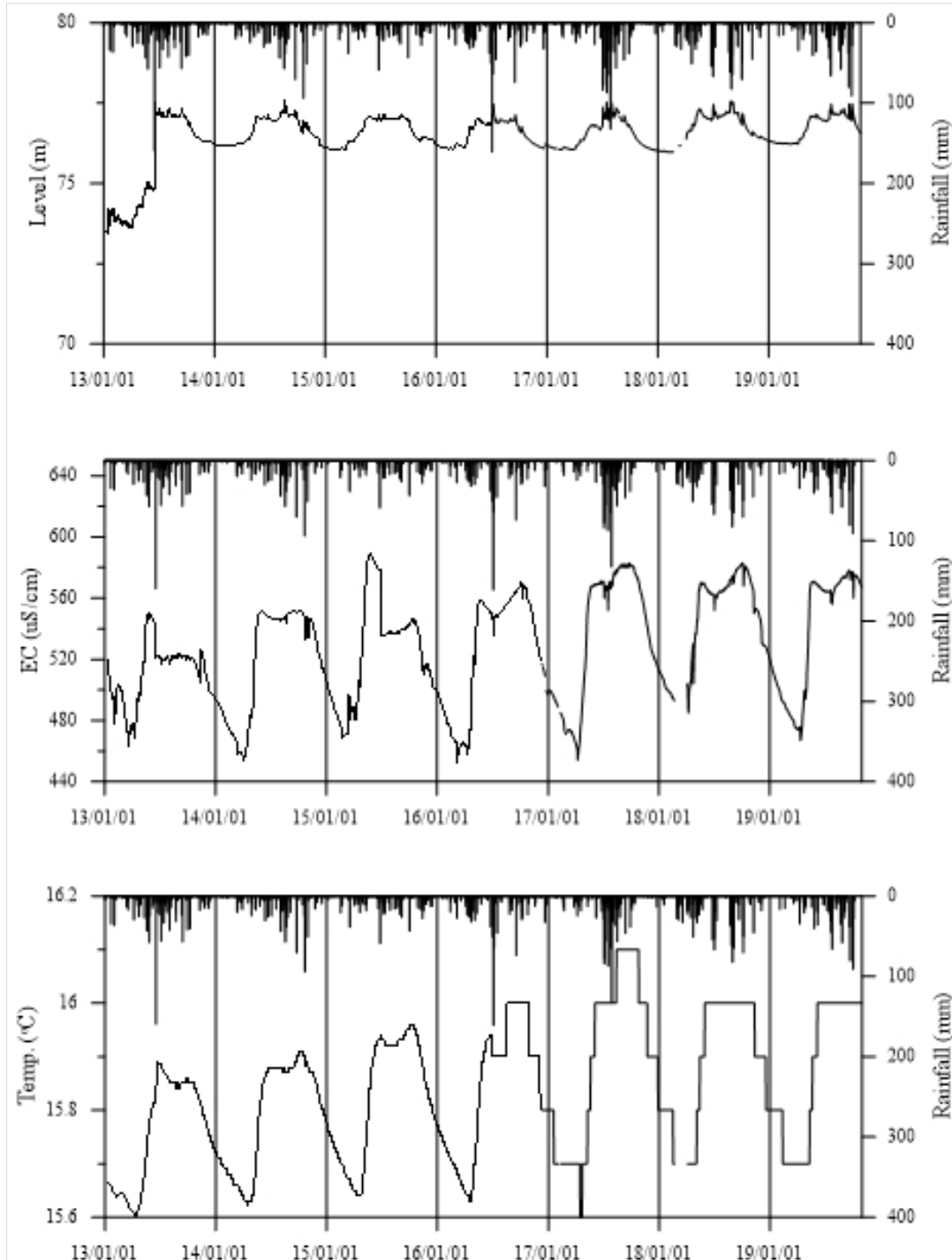
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

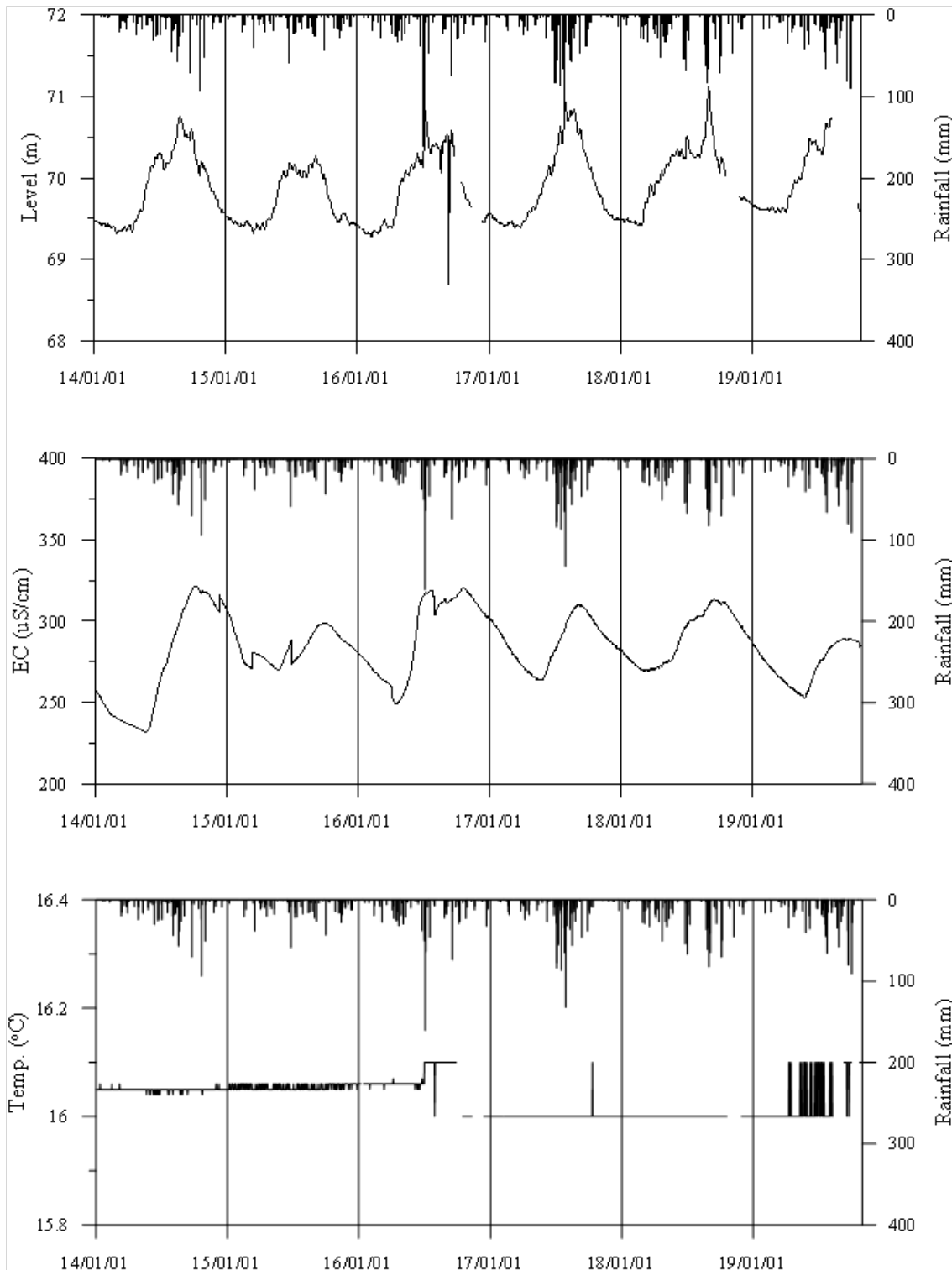
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
문경1	(2012. 9)	10.90	21.25	2.78	96.81	41.84	13.39	312.52	16.94
	(2013. 5)	8.26	16.32	1.96	68.41	39.87	10.96	240.95	12.96
	(2014. 5)	7.46	18.61	2.11	61.87	39.32	11.44	225.70	15.58
	(2015. 7)	9.50	16.01	2.58	54.34	39.12	12.64	167.75	10.81
	(2016. 4)	9.84	16.84	2.21	50.68	37.30	15.30	183.00	11.40
	(2017. 5)	8.00	16.67	1.95	63.17	34.69	14.73	187.58	12.29
	(2018. 6)	9.78	17.01	2.84	35.63	37.52	12.54	128.10	6.16
	(2019. 4)	9.74	14.79	2.13	67.46	36.75	13.33	219.60	11.49

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
문경2	(2013. 9)	9.42	3.78	2.44	25.26	7.65	6.06	112.85	0.80
	(2014. 5)	10.64	4.56	3.25	34.13	4.08	5.15	134.20	0.30
	(2015. 7)	13.65	6.17	4.03	41.56	9.10	8.04	161.65	4.07
	(2016. 4)	14.29	5.38	3.19	38.29	6.10	7.00	161.70	1.70
	(2017. 5)	13.18	6.41	3.11	39.69	7.82	8.72	158.60	3.04
	(2018. 6)	12.36	6.27	3.64	37.43	7.20	8.59	143.35	3.70
문경3	(2019. 4)	12.94	5.66	3.93	39.80	6.67	6.98	149.45	2.89
	(2017. 5)	34.67	0.46	1.11	4.69	1.44	2.19	71.69	0.16
	(2018. 6)	15.24	1.53	4.29	16.15	10.32	6.60	70.15	0.62
문경4	(2019. 4)	21.10	0.80	8.92	11.73	10.57	6.61	36.63	0.95
	(2017. 5)	13.25	5.96	1.26	20.54	3.85	9.68	73.20	25.82
	(2018. 6)	14.26	4.90	0.95	20.87	3.87	8.97	82.35	18.04
문경5	(2019. 4)	11.34	4.36	0.84	19.34	4.16	8.26	85.40	16.82
	(2017. 5)	9.82	1.16	0.98	19.54	4.18	3.85	73.20	0.95
	(2018. 6)	11.35	1.23	0.60	22.86	5.37	4.21	79.30	0.12
	(2019. 4)	12.06	1.67	0.73	30.18	6.31	4.29	106.75	N.D.

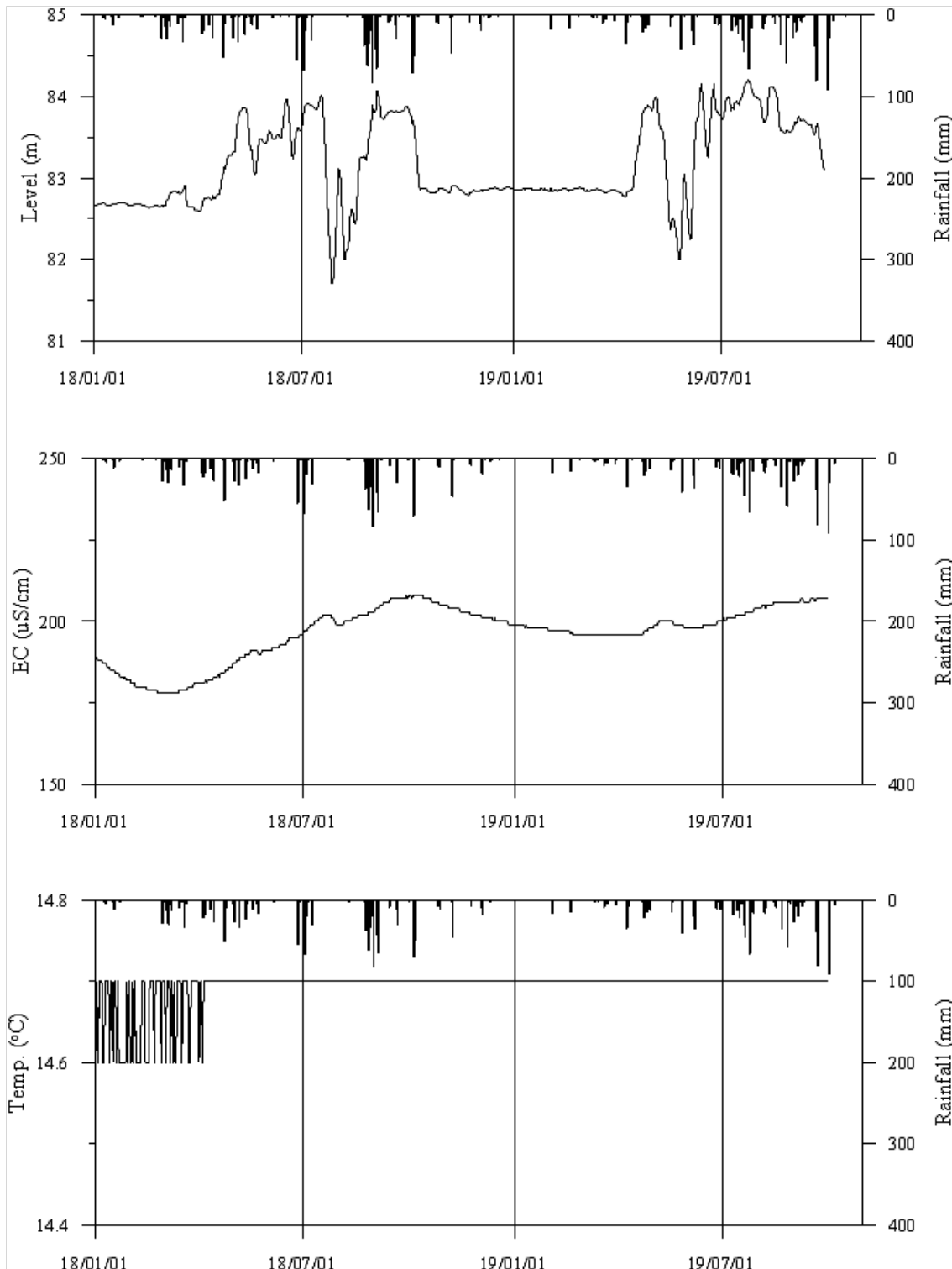
5. 장기관측 결과



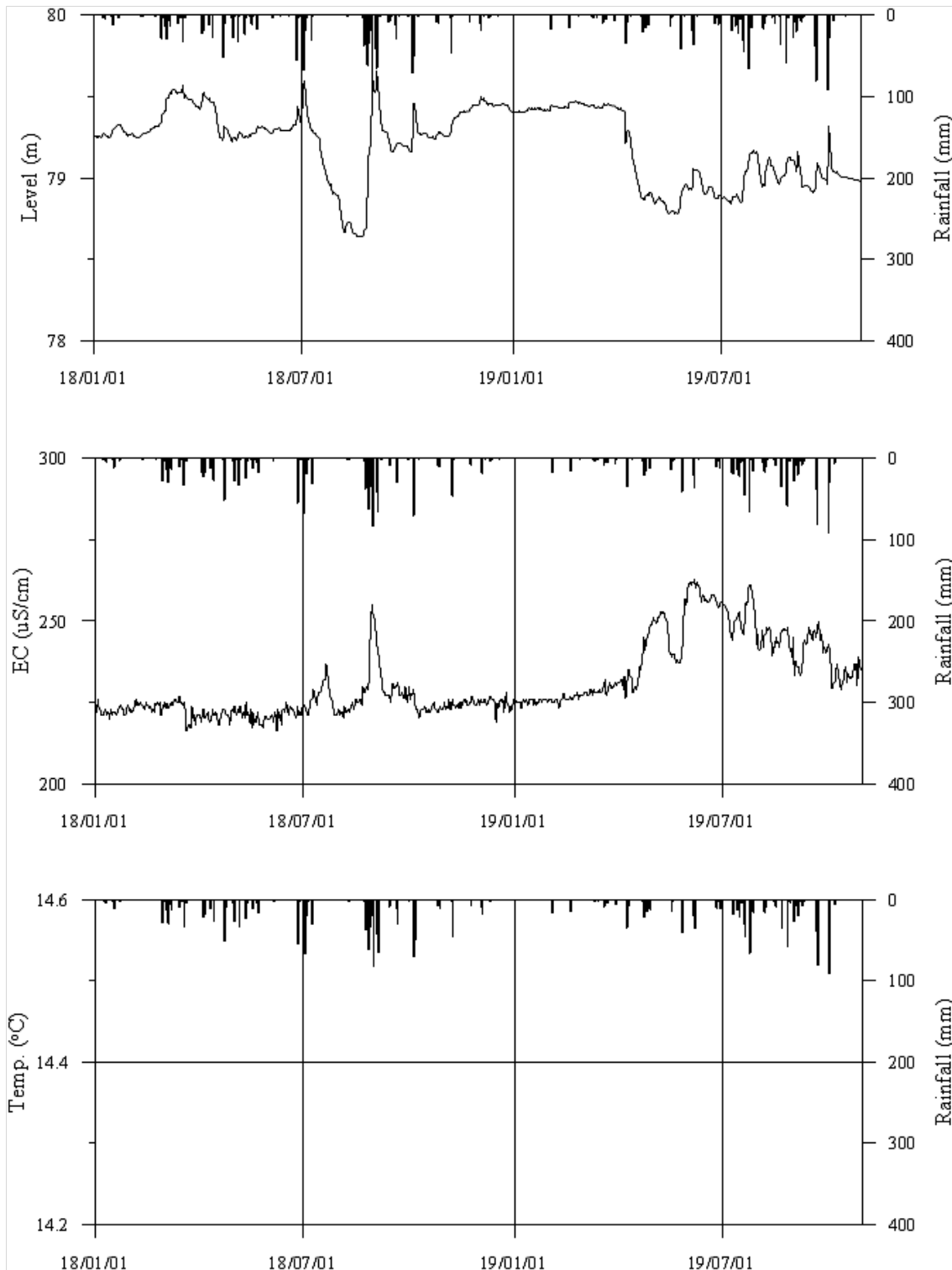
<문경1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



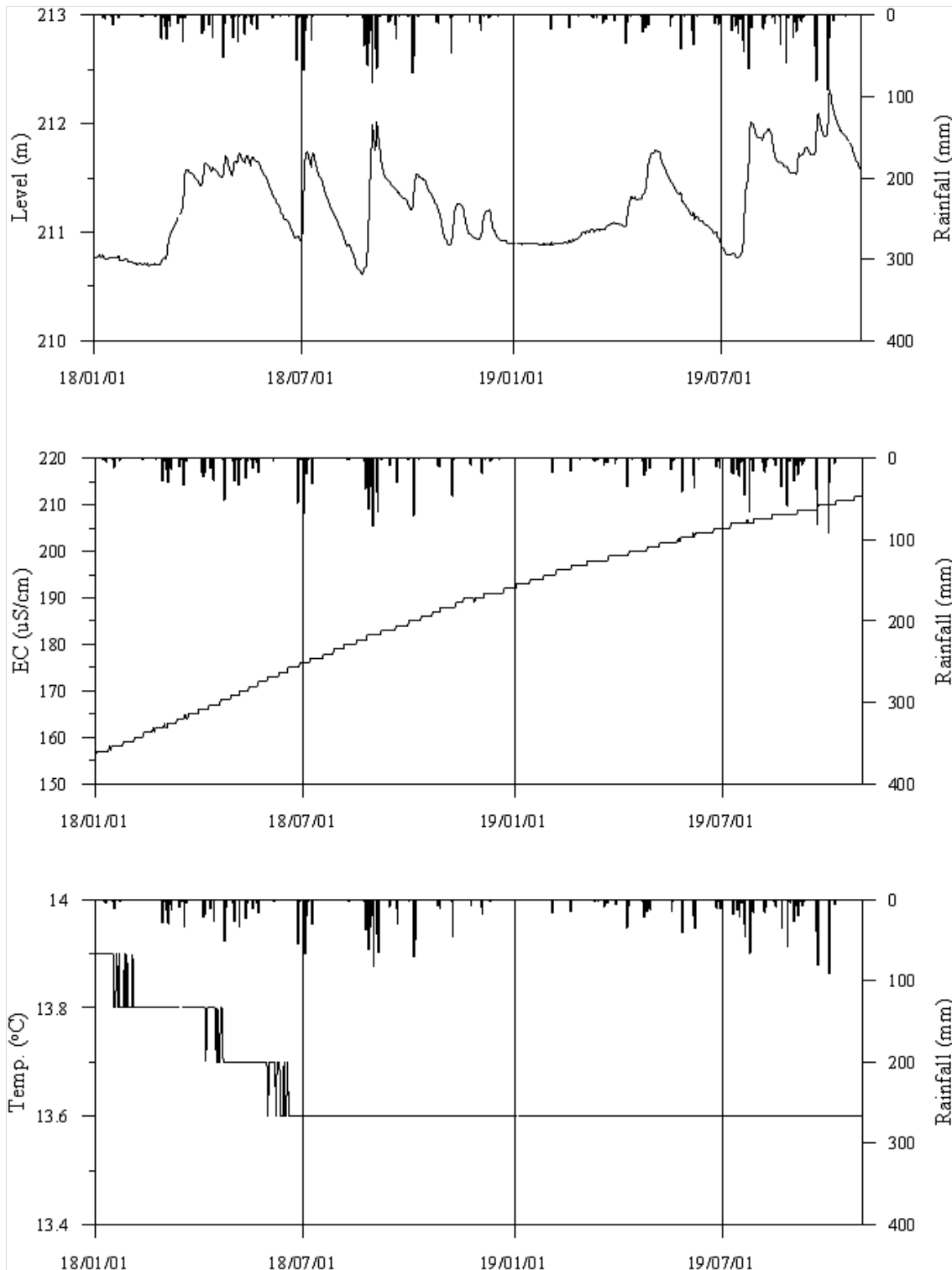
<문경2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<문경3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<문경4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<문경5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 문경지구는 '11년 문경시 농촌지하수관리조사를 완료하고 지하수 이용 및 수량현황 분석 결과 지하수 이용량 대비 적정개발 가능량이 80% 이상인 지역에 설치하였다. 문경3, 4 관측공은 '10년 문산용수구역에, 문경5 관측공은 '09년 문호용수구역에 소재하며 문경3 관측공은 오염원 분포밀도가 높은 지역으로 지하수 수질 관측을 위해, 문경4 관측공은 질산성질소가 높은 관정이 다수 존재하고 오염취약성도가 높은 지역으로 지하수의 수질 관측을 목적으로 설치하였다. 또한 문경5 관측공은 잠재오염원 시설이 다수존재하고 오염원 분포밀도가 높은 용연리와 인접한 지역으로 수질오염이 우려되므로 지하수 수질 관측을 위해 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 문경1 관측공의 전기전도도는 전체 심도에서 약 600 $\mu S/cm$ 이하의 값이나 지표에서 약 10 m 심도까지는 전이대 구간이다. 문경2 관측공은 최대 약 350 $\mu S/cm$ 의 값을 보이며, 문경3 관측공은 약 270 $\mu S/cm$ 이하, 문경4 관측공은 약 260 $\mu S/cm$ 이하, 문경5 관측공은 약 220 $\mu S/cm$ 이하의 값을 보이며, 관측공 모두 청정지하수로 판단된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 문경1 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당하며, 문경2, 3, 4, 5 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당한다. 문경지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 문경1 관측공의 지하수위 변동폭은 약 5 m이며, 2013년 6월에 약 3 m의 급격한 수위 상승 이후 강우에 비례하여 증감현상을 반복하며 유지하는 추세를 보이고 있다. 전기전도도의 변동폭은 약 150 $\mu S/cm$ 이다. 수위, 전기전도도와 수온 모두 강수에 비례하는 경향을 보인다. 문경2 관측공 지하수위는 강수에 비례하며 최대 1.5 m의 수위 변동폭을 나타낸다. 전기전도도는 수위의 경향과 유사하고 강수와 비례 관계이며 변화폭이 약 100

$\mu S/cm$ 이다. 문경3, 4 관측공 지하수위는 여름철 주변지하수 관정의 이용에 의해 영향을 받으며 각기 최대 2.5 m, 1.0 m의 수위 변동폭을 나타낸다. 전기전도도는 각기 연중 $200 \mu S/cm$ 및 $220 \mu S/cm$ 내외로 유사하다. 문경5 관측공의 지하수위는 강수에 비례하며 최대 1.5 m의 수위 변동폭을 나타낸다. 전기전도도는 증가추세이다.

- 5) 관리 방안 : 문경시에서 수질 및 지하수의 고갈이 나타날 가능성이 있는 지구에 설치하였으나, 양수에 의한 지하수위 변동의 폭은 크지 않은 편이다. 현재는 심각한 지하수의 오염이 나타나지 않으나 일반적인 지하수의 전기전도도에 비해 높은 값이므로 장기관측을 통해 오염물질의 유입을 모니터링할 필요가 있다.

2.8.6 봉화지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
봉화1	봉화군 물야면 오전리 811-1	175550.50	388745.39	357.43	2012	348.84
봉화2	봉화군 재산면 동면리 567	202181.31	366765.51	377.80	2012	373.76
봉화3	봉화군 봉성면 창평리 78-1	183191.318	379718.070	281.33	2013	275.93
봉화4	봉화군 춘양면 서벽리 231	185009.451	388894.695	477.10	2013	476.30
봉화5	봉화군 법전면 척곡리 1198	189322.981	378094.463	366.25	2013	363.75
봉화6	봉화군 재산면 남면리 732	195917.408	465640.713	406.59	2018	389.09
봉화7	봉화군 소천면 현동리 636	483969	378248	311.61	2019	308.01

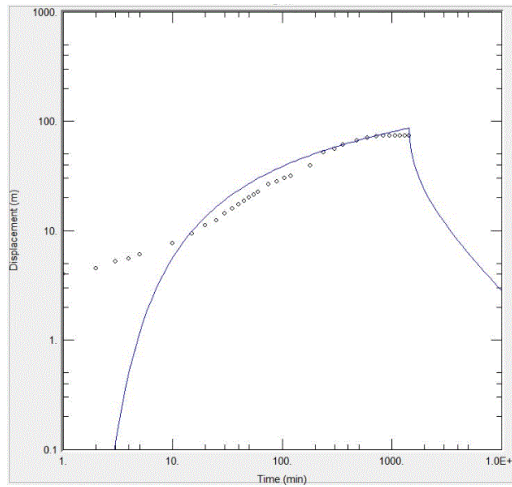
2. 지형 및 지질

봉화지구는 북쪽의 옥석산(1,242 m)과 동쪽의 일월산(1,219 m) 등 험준한 산악지대로 병풍처럼 둘러싸여 있다. 서쪽과 남쪽으로는 비교적 낮은 구릉성 산지와 평야지대가 자리하고 있다. 지질은 험준한 산악지대는 선캠브리아기 퇴적암류가 주를 이루고, 낮은 지형은 이를 관입한 중생대 백악기 춘양화강암이 차지하고 있다. 그리고 제4기의 충적층이 이를 덮고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

봉화7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

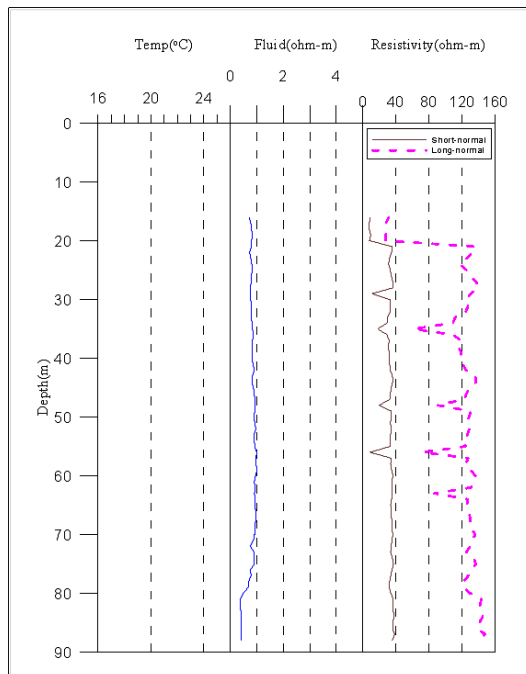
◎ 양수시험



<봉화7 관측공 양수시험>

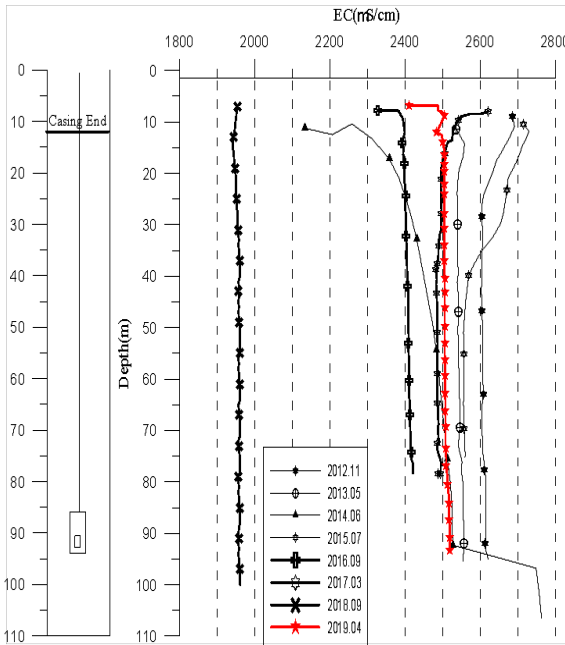
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
봉화7	50	0.3274	1.97×10 ⁻⁶	190

◎ 물리검층

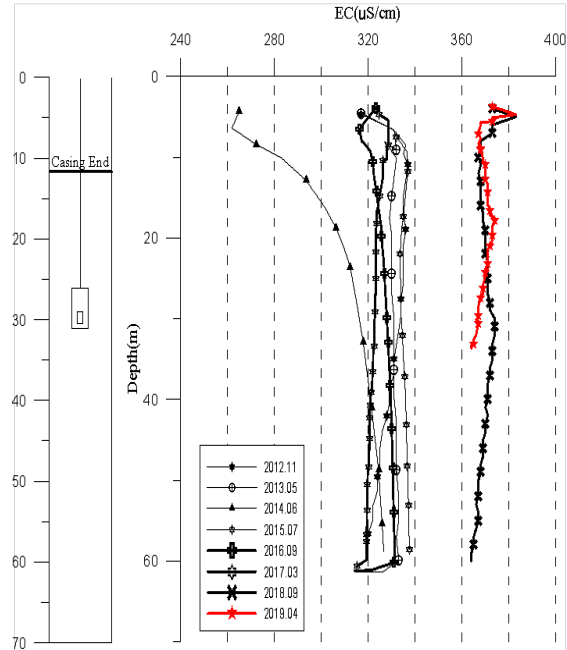


<봉화7 관측공 물리검층>

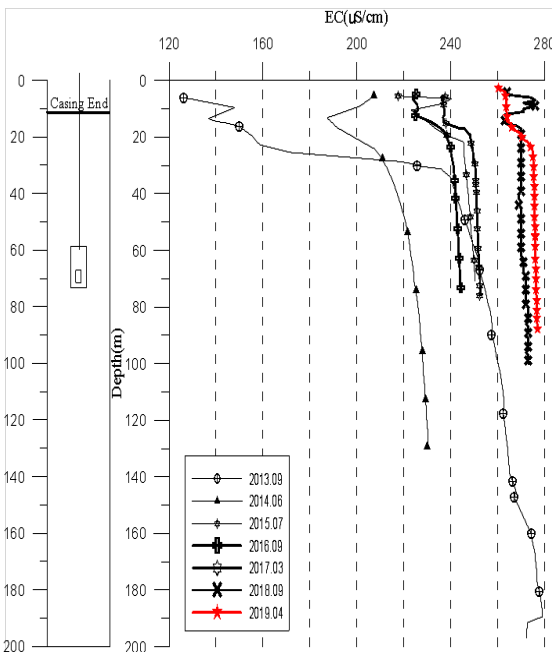
4. 지하수 검층



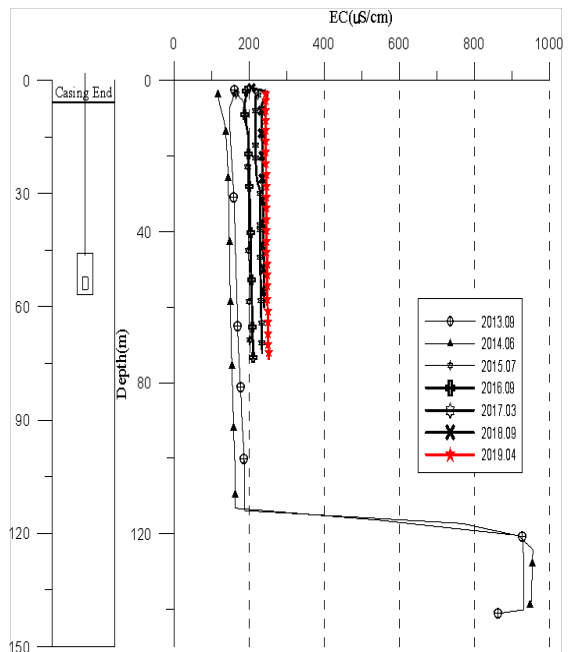
<봉화1 관측공>



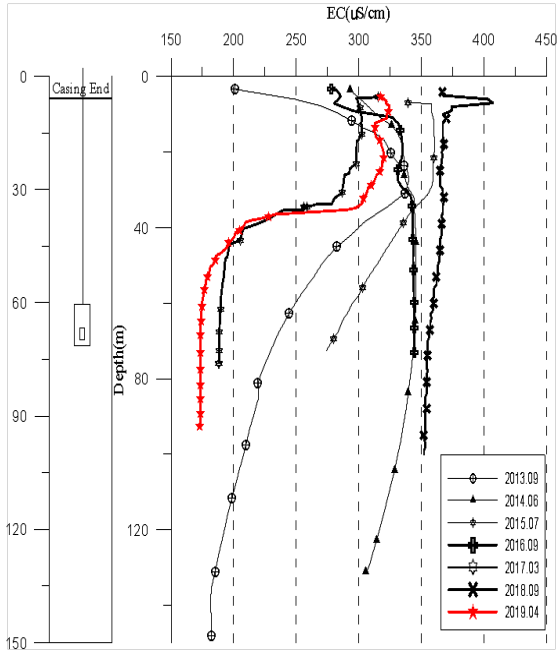
<봉화2 관측공>



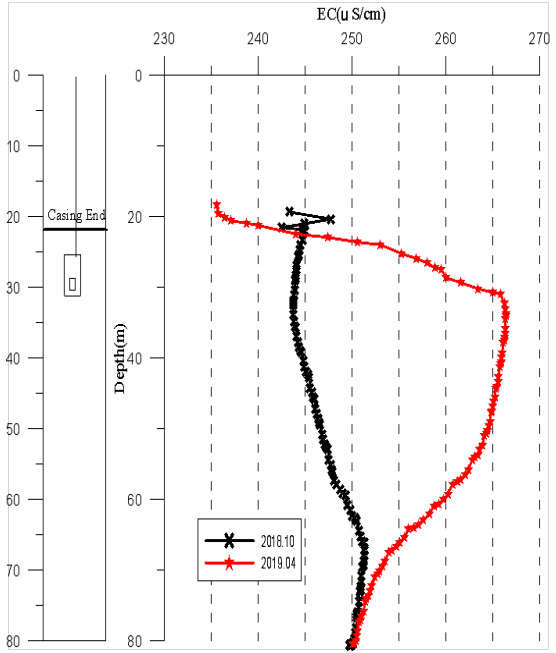
<봉화3 관측공>



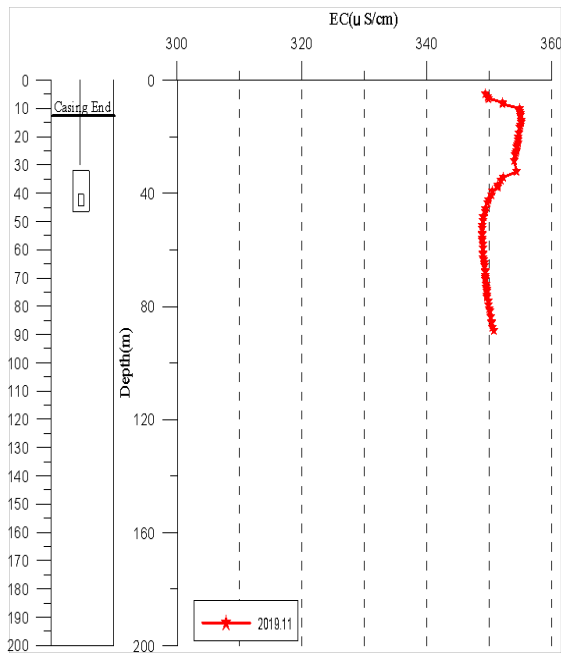
<봉화4 관측공>



<봉화5 관측공>



<봉화6 관측공>



<봉화7 관측공>

5. 지하수 수질 분석

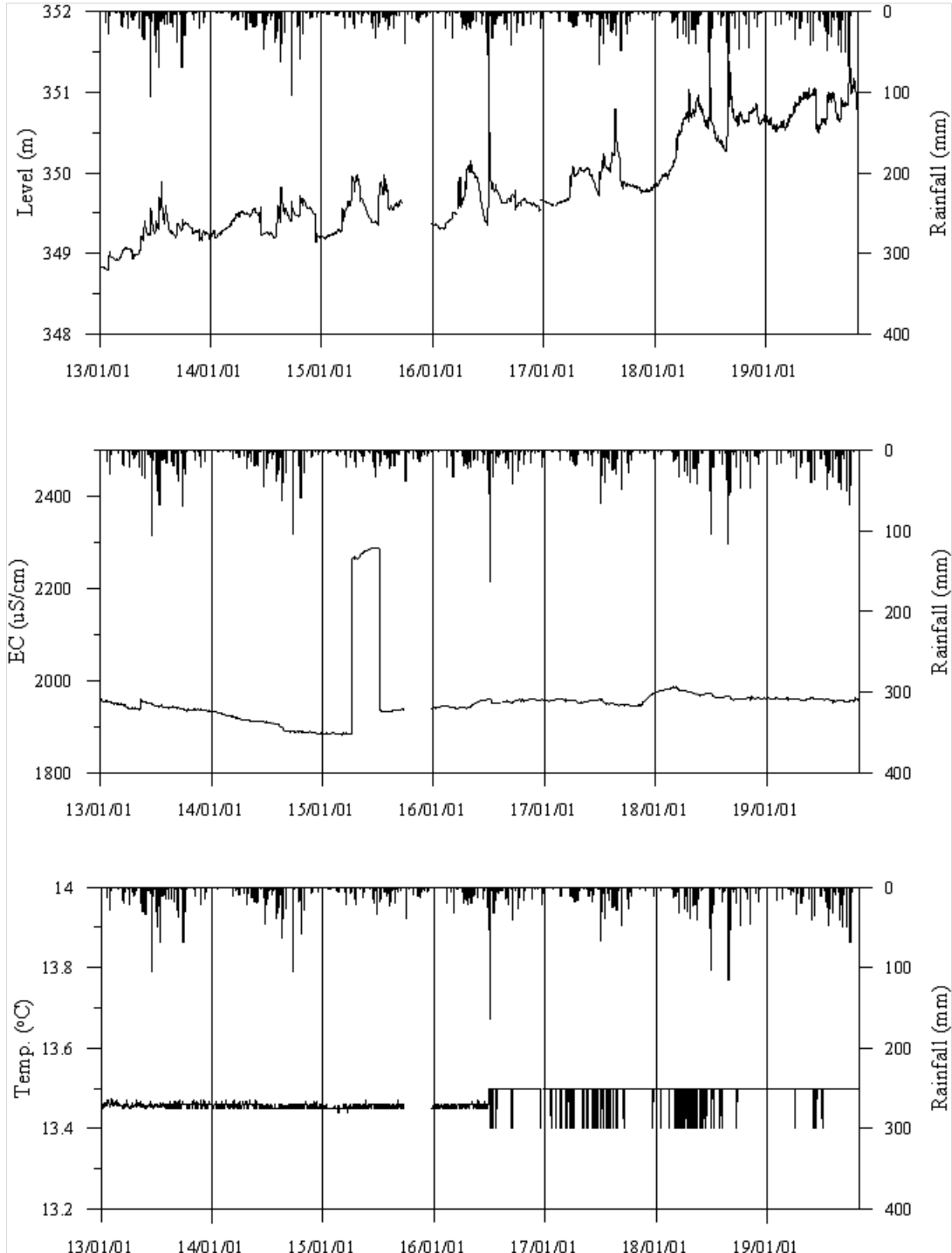
◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

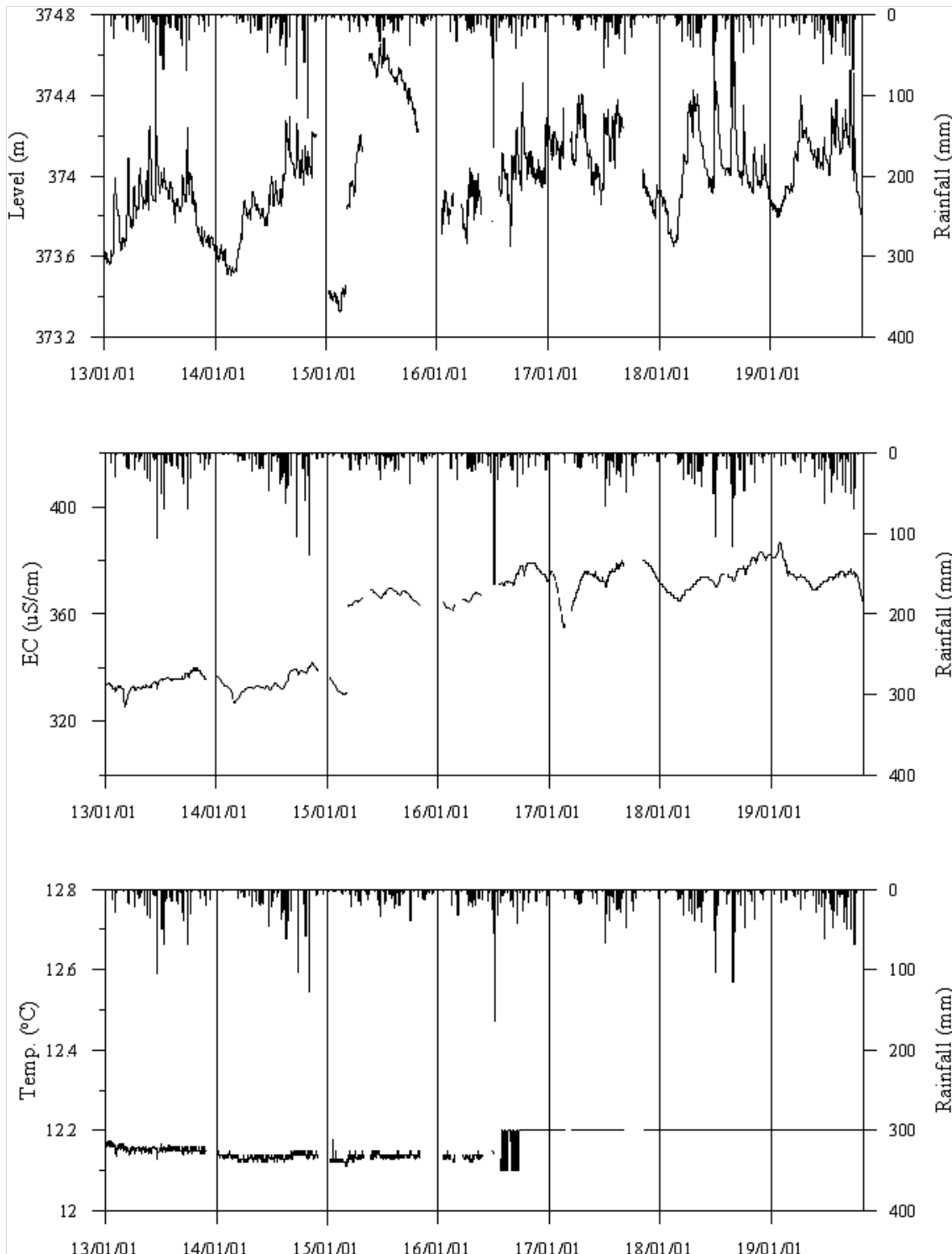
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
봉화1	(2012.11)	137.63	85.88	7.02	444.32	7.25	21.53	2016.1	0.22
	(2013. 5)	112.60	87.11	7.82	445.36	4.86	6.55	1973.35	N.D.
	(2014. 6)	122.64	98.48	7.17	411.22	4.27	4.23	1912.35	0.07
	(2015. 7)	119.83	86.10	6.58	418.18	4.38	6.46	1961.15	0.39
	(2016. 4)	120.88	91.02	9.91	429.85	5.10	6.50	1930.70	0.40
	(2017. 5)	104.25	84.90	7.19	22.61	4.10	5.14	796.05	0.10
	(2018. 6)	107.22	73.95	9.46	93.96	4.24	4.69	850.95	0.12
(2019. 4)	105.58	79.88	6.75	30.53	4.22	4.21	793.00	N.D.	
봉화2	(2012.11)	19.73	6.09	1.62	56.25	7.00	13.88	170.80	40.65
	(2013. 5)	11.50	5.91	0.83	49.69	5.37	10.30	152.50	49.09
	(2014. 6)	15.24	6.79	1.08	50.23	5.69	10.96	137.25	48.15
	(2015. 7)	11.70	6.02	1.31	51.61	5.35	10.50	152.50	48.13
	(2016. 4)	13.34	6.25	1.15	49.21	4.90	8.80	146.40	49.10
	(2017. 5)	14.97	6.33	1.05	47.94	6.40	10.53	122.00	50.82
	(2018. 6)	12.37	6.40	0.90	47.10	7.06	10.73	118.95	46.02
(2019. 4)	11.73	6.03	0.96	50.95	8.56	11.76	122.00	49.20	
봉화3	(2013. 9)	23.63	1.79	1.88	11.72	6.67	2.50	80.83	0.18
	(2014. 6)	45.64	1.21	1.13	9.53	0.53	2.23	120.48	0.08
	(2015. 7)	55.60	0.94	0.98	6.56	0.64	1.86	131.15	N.D.
	(2016. 4)	57.81	0.82	1.17	5.95	0.50	2.00	126.60	0.20
	(2017. 5)	49.83	0.66	0.95	4.60	0.41	1.78	131.15	0.11
	(2018. 6)	52.10	0.45	0.83	3.55	0.36	1.74	112.86	0.13
(2019. 4)	56.06	0.52	0.70	3.47	0.33	1.91	125.05	N.D.	
봉화4	(2013. 9)	10.55	1.82	0.67	18.49	14.10	5.68	61.00	13.54
	(2014. 6)	12.76	2.35	0.62	21.37	11.93	5.58	67.10	17.27
	(2015. 7)	12.77	2.61	0.69	21.27	12.01	6.69	70.15	25.41
	(2016. 4)	14.07	3.18	1.00	23.40	13.10	8.50	73.20	31.70
	(2017. 5)	10.96	3.47	0.91	24.27	12.52	8.48	67.10	33.30
	(2018. 6)	14.25	3.70	0.71	23.41	16.54	8.52	61.00	34.97
	(2019. 4)	12.84	3.38	0.74	27.04	17.88	7.93	64.05	32.44

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
봉화5	(2013. 9)	14.07	6.10	0.99	41.51	16.81	20.61	82.35	56.64
	(2014. 6)	14.75	7.55	1.13	54.28	13.63	19.92	112.85	66.62
	(2015. 7)	12.93	7.00	1.39	48.54	14.58	20.47	85.40	66.57
	(2016. 4)	13.62	5.94	1.12	40.99	14.60	17.40	91.50	48.50
	(2017. 5)	10.59	6.44	1.01	40.64	13.74	16.87	79.30	46.77
	(2018. 6)	13.65	7.24	0.94	45.42	16.87	17.49	94.55	53.25
	(2019. 4)	12.41	5.78	0.88	43.27	14.91	13.10	97.60	43.29
봉화6	(2018.12)	3.91	10.00	0.40	31.05	5.54	4.81	103.70	22.39
	(2019. 4)	4.47	10.40	0.31	36.55	5.59	3.43	143.35	10.95
봉화7	(2019.11)	11.51	7.84	2.98	27.90	49.64	9.10	79.30	-

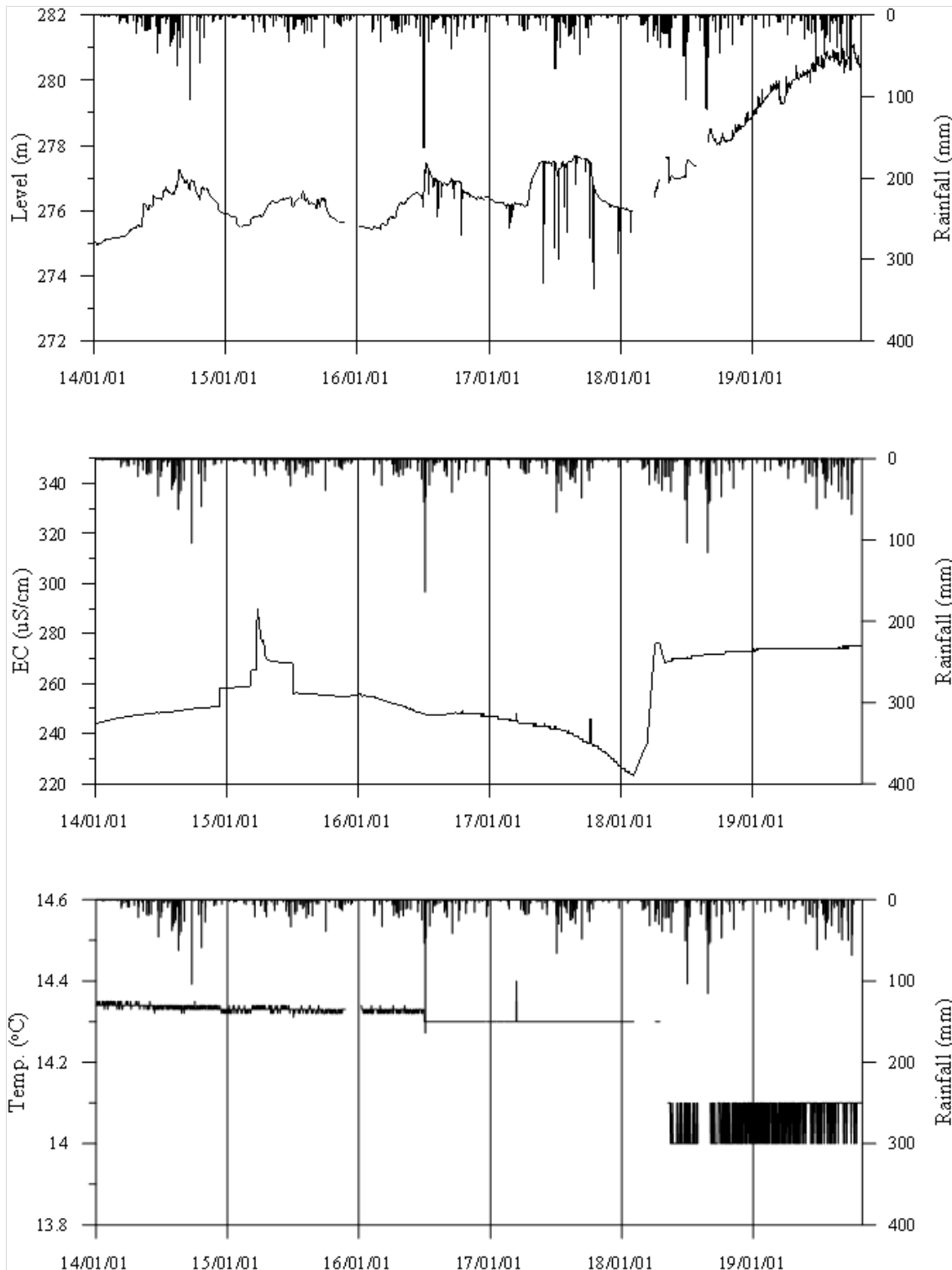
6. 장기관측 결과



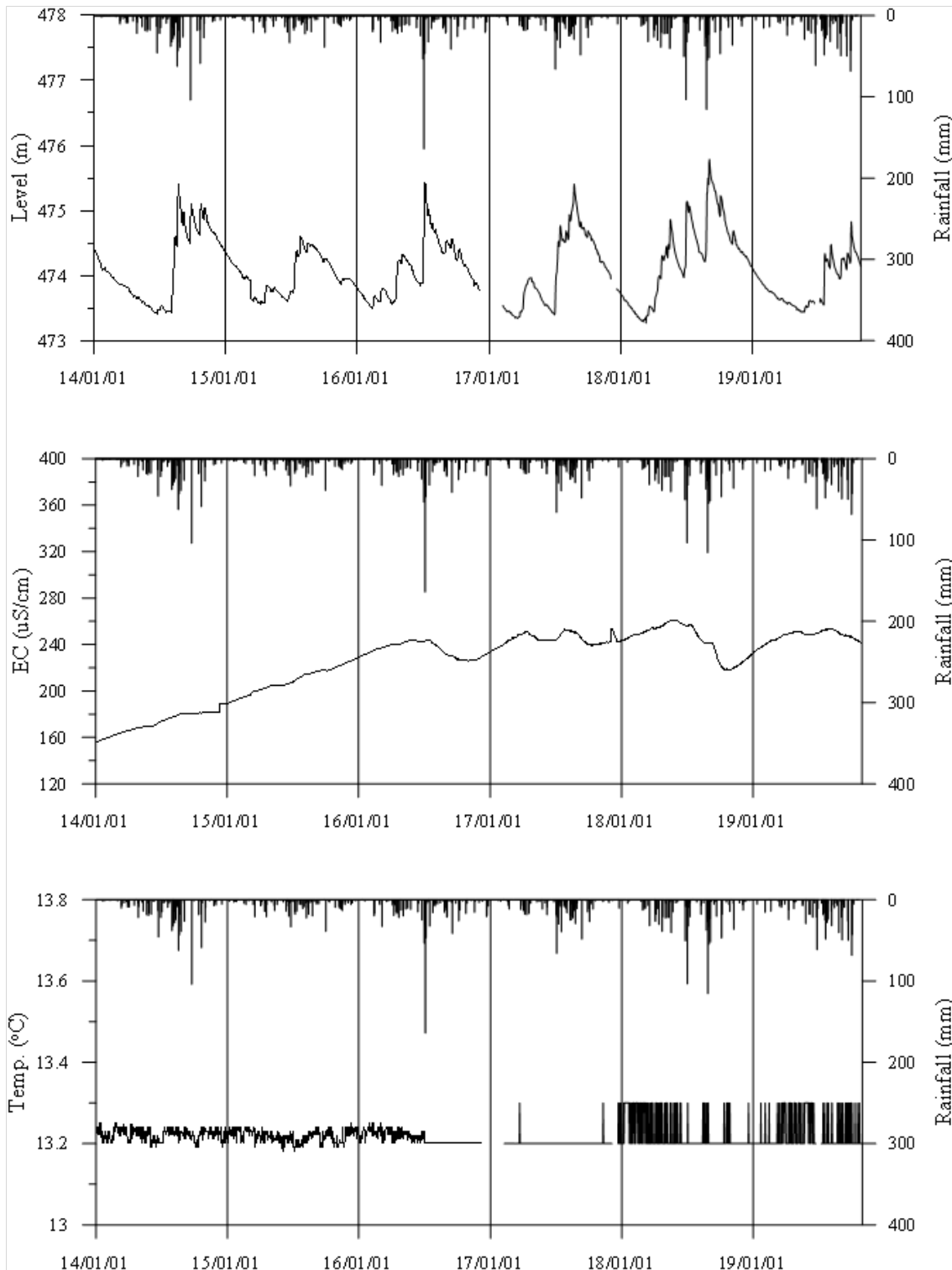
<봉화1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, ©수온



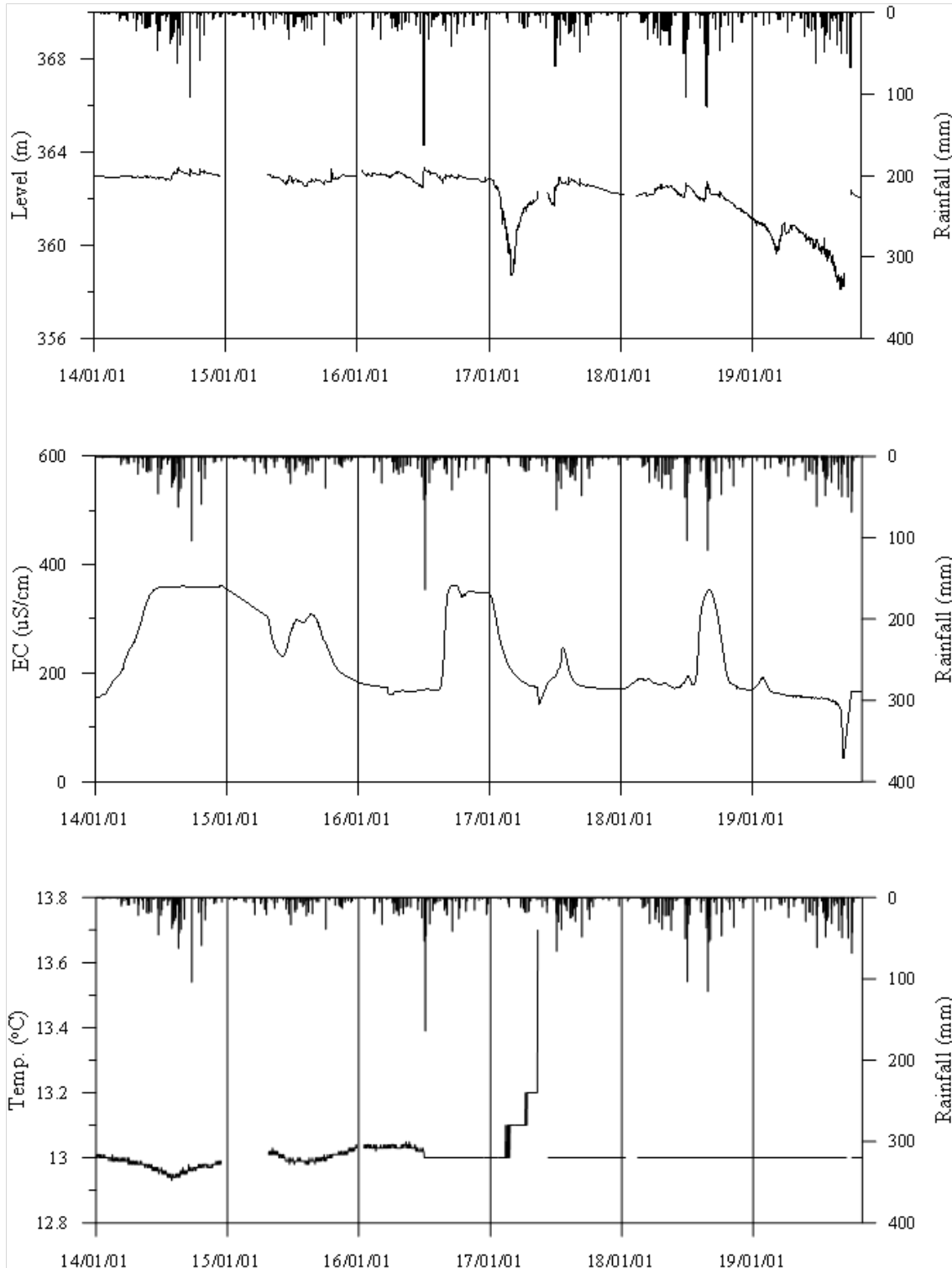
<봉화2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



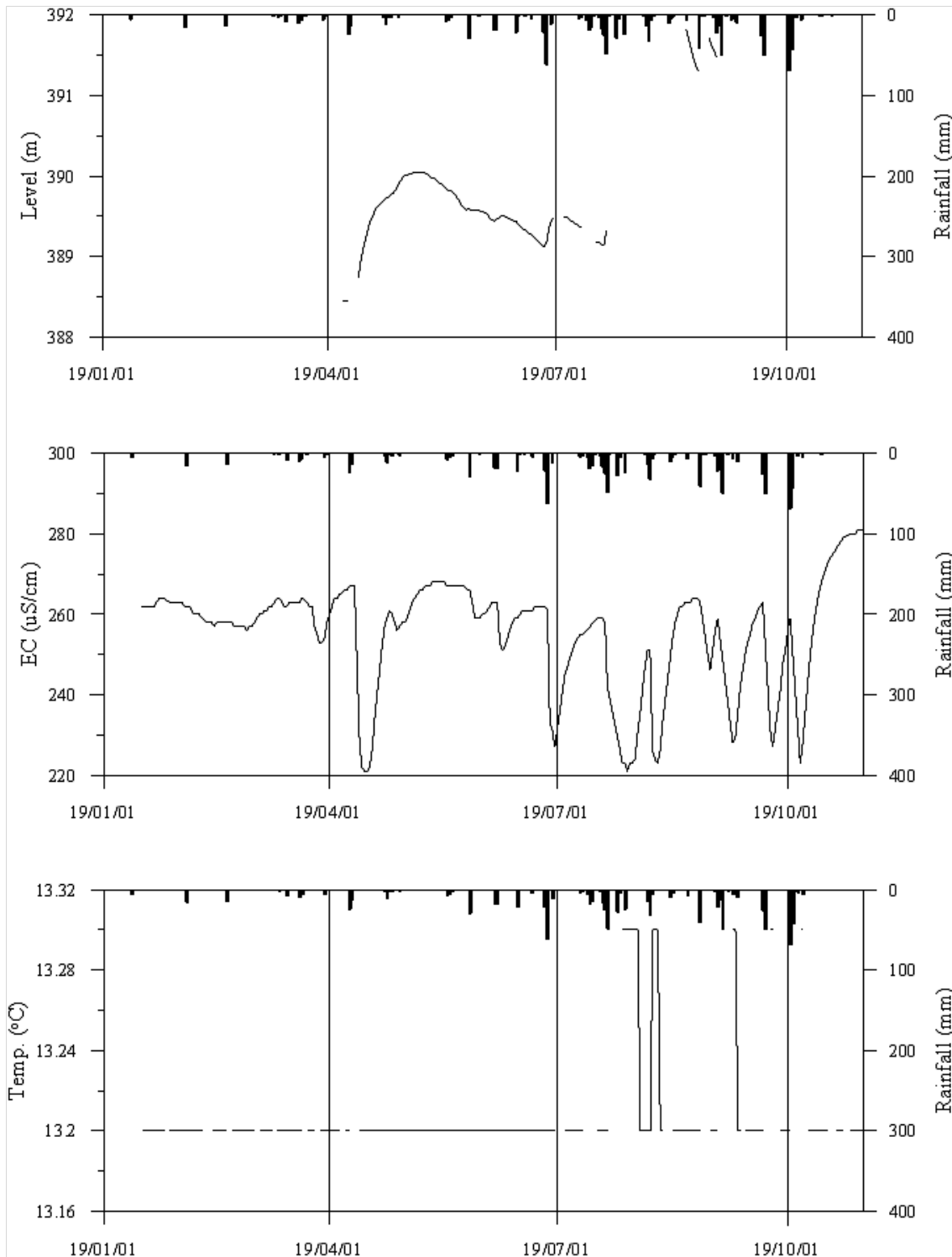
<봉화3 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<봉화4 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<봉화5 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<봉화6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 봉화지구 관측공은 농촌지하수관리사업 조사 결과, 지하수관리가 필요한 지역 중 자동관측망 설치 운영효과가 높은 수량·수질관리 필요지역에 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 봉화7 관측공의 양수량은 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.97 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 190 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")은 40 ohm-m 이하, 장노말(64")은 60~160 ohm-m 로 나타났다. 단노말과 장노말 공통적으로 약 35, 45, 50, 60 m 심도에서 감소하여 해당구간 지하수 유동을 추정케 한다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 봉화1 관측공의 전기전도도는 약 $2,600 \mu\text{S/cm}$ 이하로서 일반적인 지하수의 전기전도도 값보다 매우 높는데 이는 주변 오염원으로부터 오염물질이 직접 유입되는 것으로 추정된다. 봉화2 관측공은 전 구간 약 $380 \mu\text{S/cm}$ 이내로 일정한 값을 나타냈다. 봉화3 관측공의 경우 전 심도에서 최대 약 $280 \mu\text{S/cm}$ 이내로 나타나 전 구간 담지하수 특성을 보이고 있다. 봉화4 관측공의 경우 심도 약 75 m까지 일정하게 약 $200 \mu\text{S/cm}$ 내외의 전기전도도를 나타내고 있다. 봉화5 관측공에서는 $150 \sim 400 \mu\text{S/cm}$ 범위의 전기전도도를 보인다. 봉화6 관측공의 경우 전 심도에서 약 $230 \sim 270 \mu\text{S/cm}$ 범위로 나타나 전체 구간에서 담지하수 특성을 보이고 있다. 봉화7 관측공은 심도 약 80 m까지 일정하게 약 $370 \mu\text{S/cm}$ 내외의 전기전도도를 나타내고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 봉화1, 3, 4, 7 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 상대적으로 나트륨 농도가 높는데, 이는 지표오염원의 유입에 기인하는 것으로 추정된다. 봉화2, 5, 6 관측공의 경우 Ca-HCO₃ 유형으로 분류된다. 봉화2, 5 관측공은 질산염 농도가 비록 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하지는 않았지만, 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였다. 봉화2, 5 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소

오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다. 봉화1, 3, 4 관측공 주변 지하수 내 질산염 농도는 먹는 물 및 농업용수 수질기준 미만으로 검출되었다. 그리고 봉화1 관측공은 전기전도도가 높게 나타나는 바, 지하수 이용을 자제하고 타수자원 이용을 모색하여야 한다.

- 5) 장기 관측결과 : 봉화1, 2 관측공 지하수위의 변동은 상승하는 추세이다. 봉화1 관측공의 전기전도도는 2015년 3월부터 7월까지 약 $1,900 \mu S/cm$ 에서 약 $2,300 \mu S/cm$ 로 일시적으로 약 $400 \mu S/cm$ 가 상승했다가 하강한 변화가 관찰된다. 그러나 전기전도도는 강수, 수위 변동과는 큰 상관관계를 보이지 않는다. 봉화2 관측공의 전기전도도는 2015년 2월부터 약 $40 \mu S/cm$ 가 증가했다. 봉화3 관측공의 지하수위는 강수와 비례적으로 반응하며, 전기전도도는 강수변동과 관계없이 증감한다. 봉화4 관측공의 지하수위는 강수와 상관관계를 보이며, 전기전도도는 강수변동과 느슨한 비례관계에 있다. 봉화5 관측공에서의 지하수위 변동폭이 8 m 이내이며 감소추세이다. 전기전도도는 $300 \mu S/cm$ 내외의 경향을 보이며, 감소추세이다.
- 6) 관리 방안 : 봉화1 관측공은 현재 전기전도도 값이 매우 높아 지하수 오염이 의심되므로 장기관측 및 정기적인 수질검사를 통해 수질 및 수량 관리가 요구된다. 봉화4 관측공의 경우에는 특이하게 110 m 구간에 전이대가 나타나 전기전도도가 약 $900 \mu S/cm$ 까지 증가하는데, 이는 이온 부하량이 높은 지하수체 유입으로 판단되므로 지하수 수질 오염 우려 등에 대한 고려가 필요하다. 봉화2, 5 관측공은 질산염 농도가 먹는 물 수질기준을 초과하므로, 봉화2, 5 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리를 철저히 하여야 한다.

2.8.7 군위지구

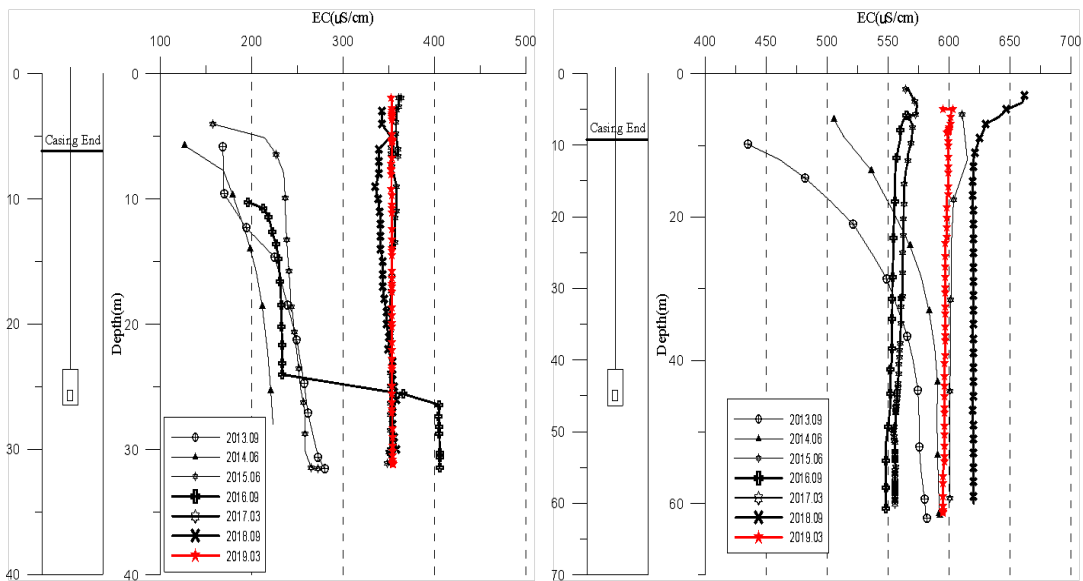
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
군위1	군위군 소보면 내의리 211-1	156151.963	309681.971	84.11	2013	79.71
군위2	군위군 산성면 백학리 772-2	172843.161	285703.300	207.29	2013	199.79
군위3	군위군 효령면 매곡리 68	164452.964	386594.471	180.82	2018	171.62

2. 지형 및 지질

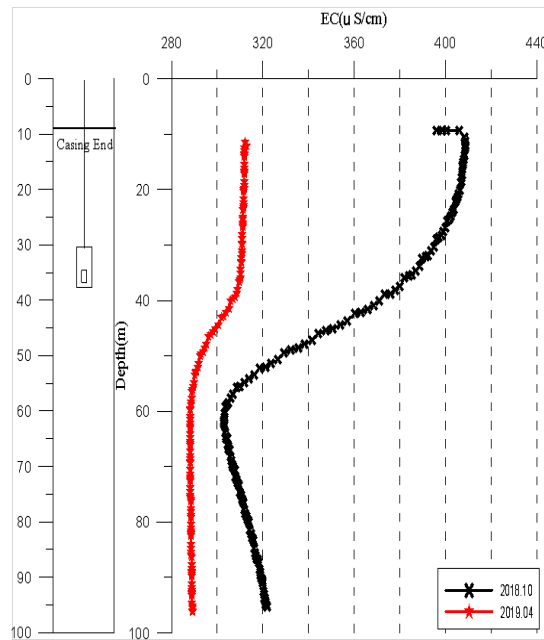
군위지구는 주변이 주로 산지지형이며, 내의리와 봉황리, 송원리 인접지역에 논농사를 위주로 하는 농지가 발달되어 있어 농어촌 지하수 수량 및 수질변화 관측을 위해 관측공을 설치하였다. 지질은 경상누층군에 속하는 신동층군, 낙동층이 군위군의 주된 기반암을 이루고 있다. 신동층군에는 탄산염광물, 점토광물, 석영, 장석류 및 적철석이 주요 교결물을 이루며 산출된다.

3. 지하수 검층



<군위1 관측공>

<군위2 관측공>



<군위3 관측공>

4. 지하수 수질 분석

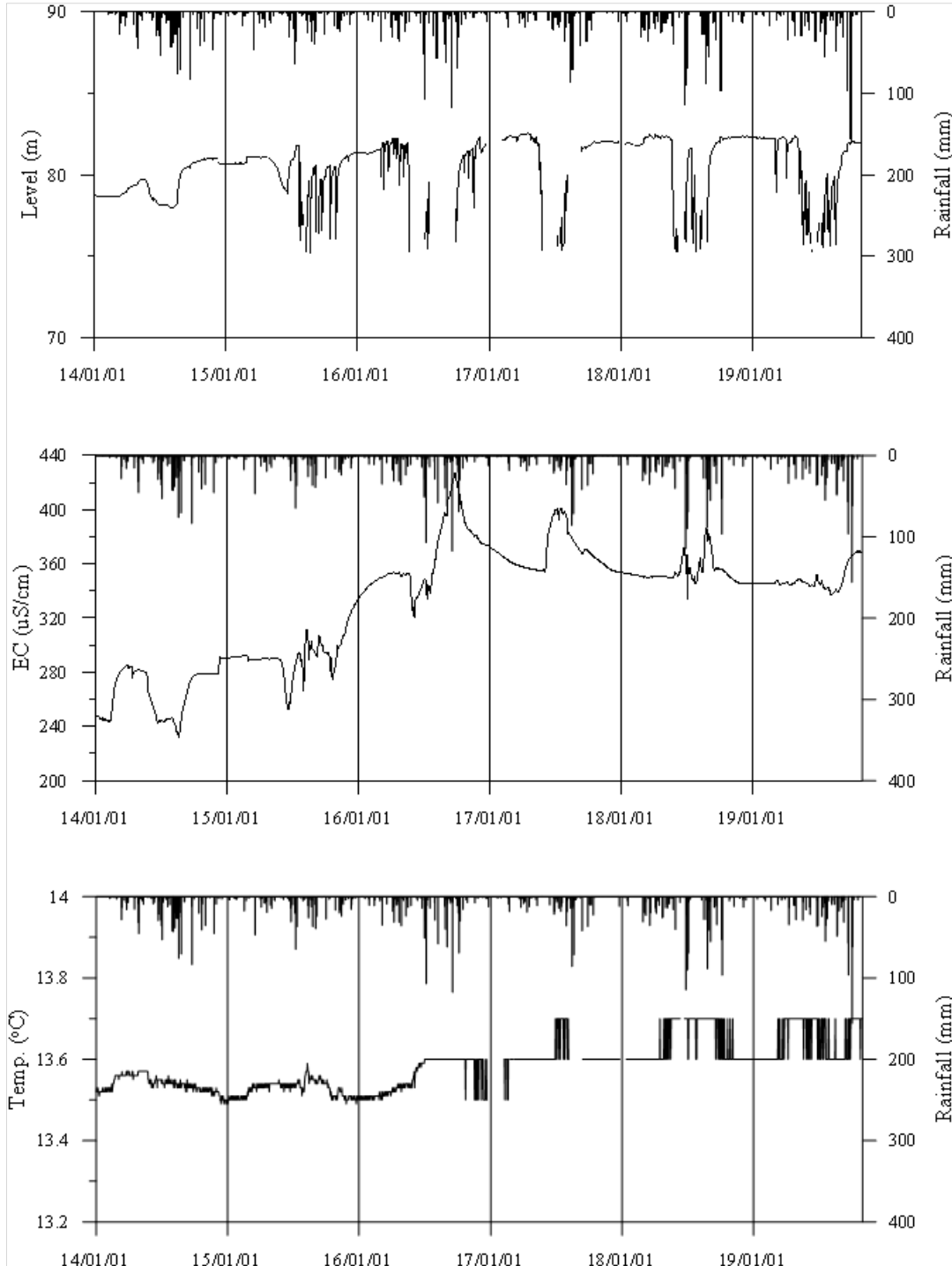
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

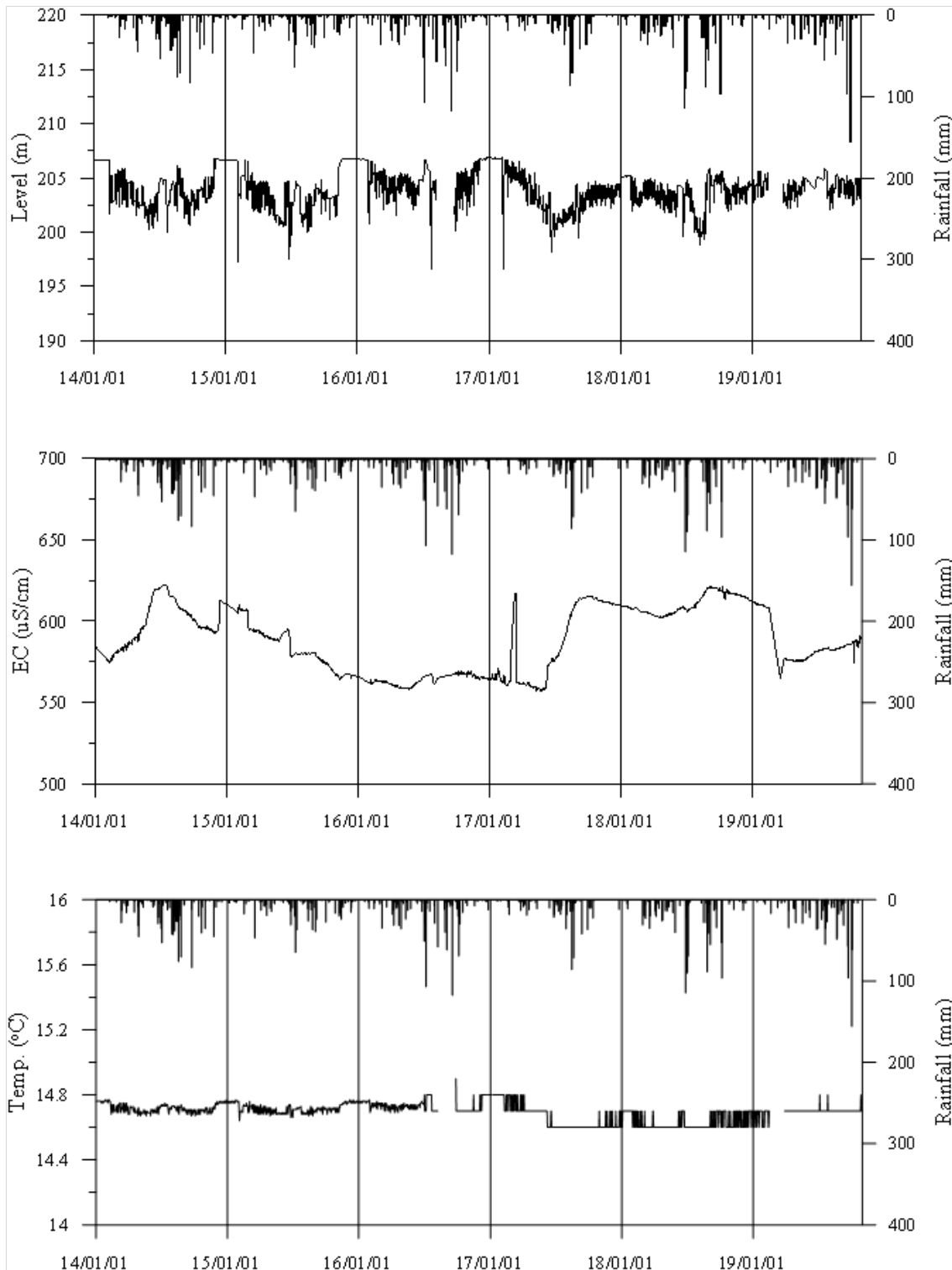
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
군위1	(2013. 9)	15.23	4.92	0.85	37.94	8.82	6.10	152.50	0.22
	(2014. 6)	7.30	5.43	0.72	38.58	6.73	3.59	146.40	0.06
	(2015. 7)	12.14	4.95	0.79	35.03	9.53	3.53	140.30	0.05
	(2016. 4)	31.46	5.99	1.10	45.15	11.40	4.50	228.80	0.10
	(2017. 5)	22.54	6.89	1.07	47.34	13.75	5.97	184.53	0.06
	(2018. 6)	27.49	6.30	0.79	44.12	17.67	5.51	186.05	N.D.
	(2019. 4)	19.62	5.53	0.69	42.34	16.19	4.58	164.70	N.D.
군위2	(2013. 9)	12.01	24.12	0.93	72.77	39.14	26.88	234.85	55.74
	(2014. 6)	11.44	29.96	1.14	79.70	40.25	26.11	237.90	86.11
	(2015. 7)	12.09	27.70	1.03	77.18	37.96	24.51	231.80	58.71
	(2016. 4)	11.34	28.33	1.10	70.60	39.60	29.30	247.10	48.20
	(2017. 5)	9.52	28.38	1.06	68.25	37.23	24.67	237.90	33.57
	(2018. 6)	11.25	28.71	0.84	69.17	44.06	23.69	225.70	40.75
	(2019. 4)	9.33	24.73	0.79	67.67	39.24	19.99	253.15	26.55
군위3	(2018.12)	9.70	6.12	0.85	47.19	59.40	10.60	88.45	1.33
	(2019. 4)	8.30	5.85	0.73	47.64	52.74	10.96	91.50	2.64

5.

장기관측 결과

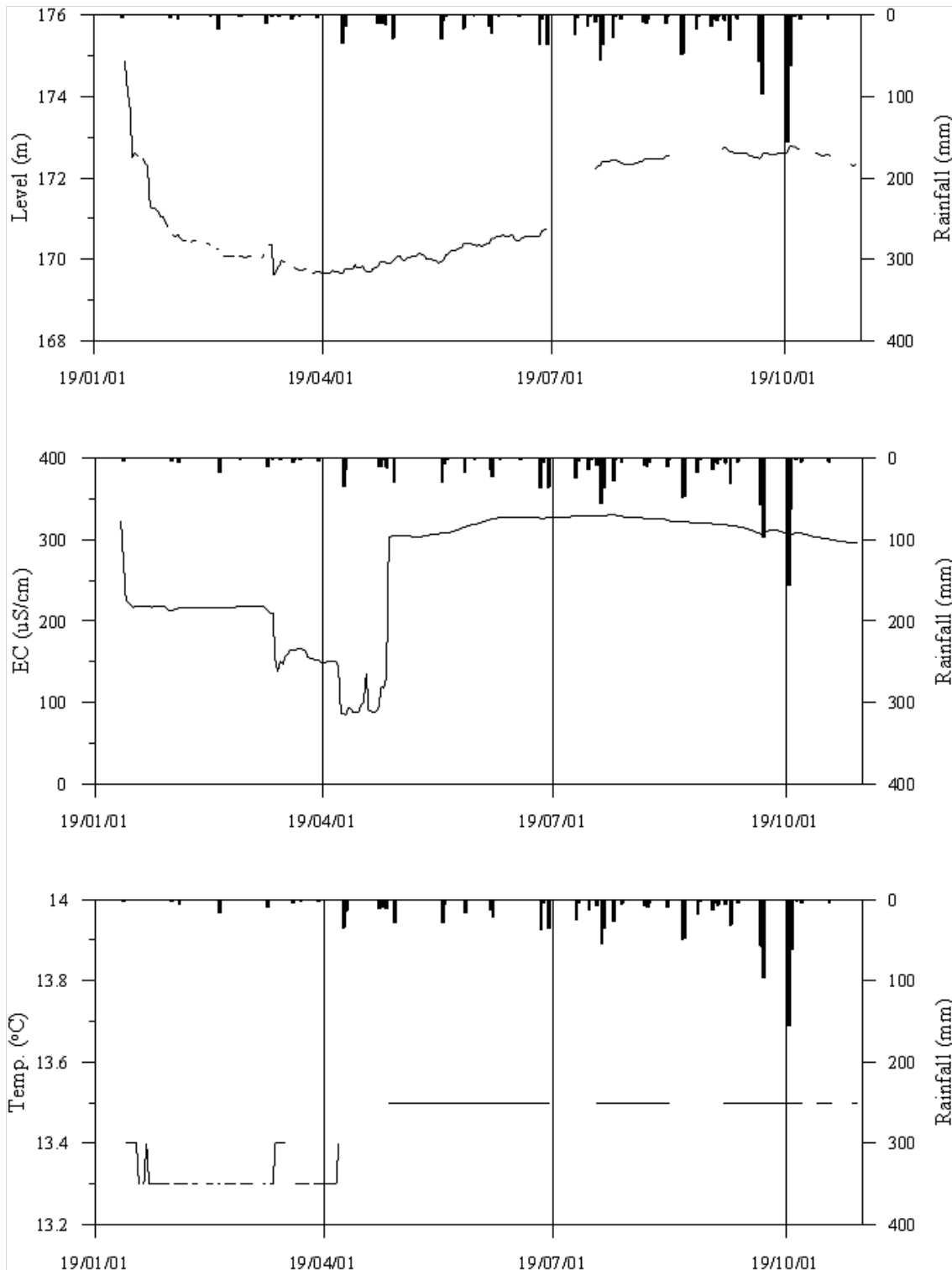


<군위1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<군위2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<군위3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 군위1, 2 관측공은 주변에 전형적인 논농사를 위주로 하는 농경지가 조성되어 있다. 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위해 설치하였다. 군위3 관측공이 위치한 효령면 매곡리는 주민들의 생활 주거지가 다수 존재하고, 소규모의 저수지와 세천이 존재하고 있어 넓은 지역에 걸쳐 논 경작지가 분포하고 있다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 군위1, 2, 3 관측공의 전기전도도는 각각 120 ~ 420 $\mu S/cm$, 420 ~ 620 $\mu S/cm$, 280 ~ 420 $\mu S/cm$ 범위이다. 군위1 관측공은 심도 약 25 m에서 전기전도도가 약 230 $\mu S/cm$ 에서 약 410 $\mu S/cm$ 로 증가하는 전이대가 나타나고, 군위2 관측공은 전 구간에서 거의 일정한 전기전도도값을 보이고 있으며, 군위3 관측공은 담수영역이며 심도가 증가할수록 전기전도도는 감소하는 경향을 보이고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 군위1 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 군위2, 3 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 군위2 관측공은 질산염 농도가 2013~2016년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으며, 2014년에는 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)에 근접하였다. 따라서 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다. 군위1 관측공 질산염 농도는 먹는 물 수질기준 이하로 검출되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 군위1 관측공 지하수위는 관측 이래 약 10 m의 수위 변동폭을 보이며 유지하는 추세에서, 2016년 이후 하절기에 수위가 급격하게 약 15 m가 하강한다. 전기전도도는 증감을 반복하며 전체적으로는 상승하는 추세이다. 반면에, 군위2 관측공의 지하수위는 수위 변동폭이 약 20 m로 크게 나타나며 전체적으로는 유지하는 추세이고 강수량과 반비례 관계를 보인다. 군위3 관측공은 설치 이래로 관측기간이 짧아 뚜렷한 특징을 보이지 않으며,

향후 지속적인 관측을 통해 변동유형을 구분할 필요가 있다.

- 5) 관리 방안 : 군위2 관측공에서는 심각한 질산염 오염이 관찰되므로, 적극적인 지표 오염원의 관리 및 대수층으로의 유입을 차단하여야 한다. 또한 장기관측을 통해 지하수 수질 변동특성을 규명할 필요가 있다.

2.8.8 포항지구

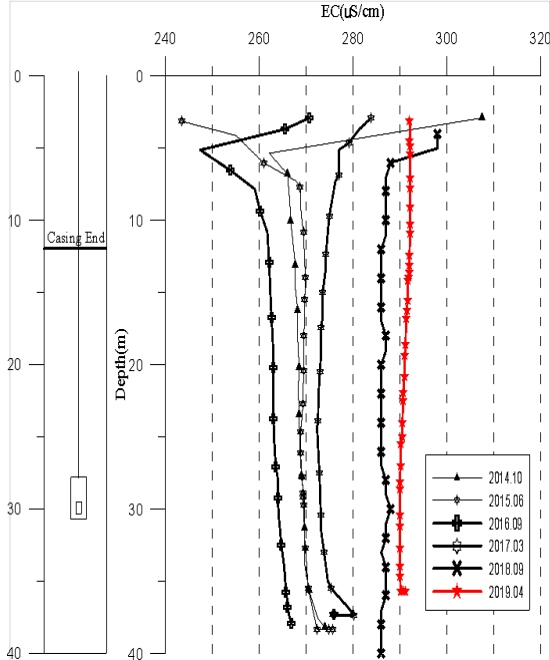
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
포항1	포항시 호미곶면 대보리 962	249876.878	284144.368	40.310	2014	37.43
포항2	포항시 구룡포읍 삼정리 870-4	250090.494	279086.819	13.947	2014	9.43
포항3	포항시 신광면 반곡리 363-8	224333.2976	296502.8337	123.239	2015	117.739
포항4	포항시 청하면 청계리 산14-2	228352.2704	302759.4439	110.877	2015	91.877
포항5	포항시 기계면 화봉리 135-2	219710.8026	288537.5228	81.566	2015	79.566
포항6	포항시 흥해읍 곡강리 1036-2	416105.4590	391725.6260	32.04	2017	-24.66

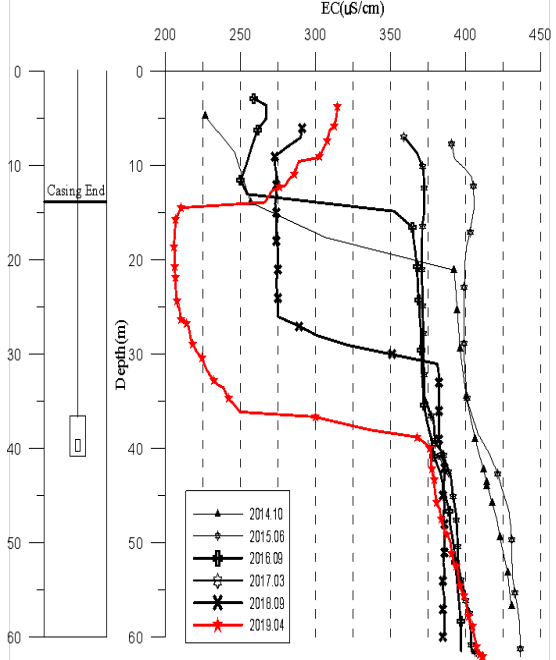
2. 지형 및 지질

포항지구는 신생대 제3기층으로서 미고결 퇴적물이 주기반암을 구성한다. 본 지구는 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 이용량이 많고, 대규모 요양시설 및 여가시설 등이 조성 중이어서 향후 지하수 이용에 따른 수량 및 수질 변화를 초래할 것으로 예상된다.

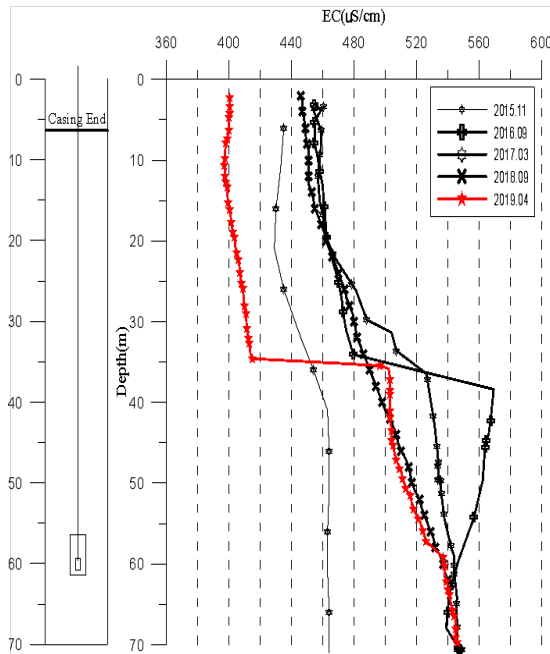
3. 지하수 검층



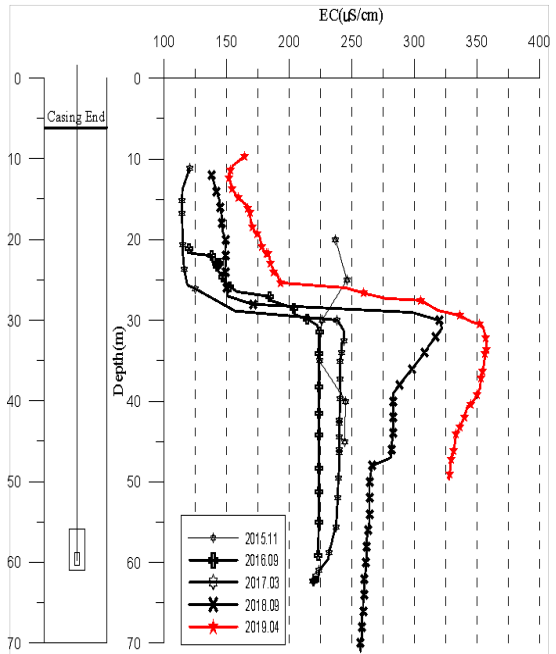
<포항1 관측공>



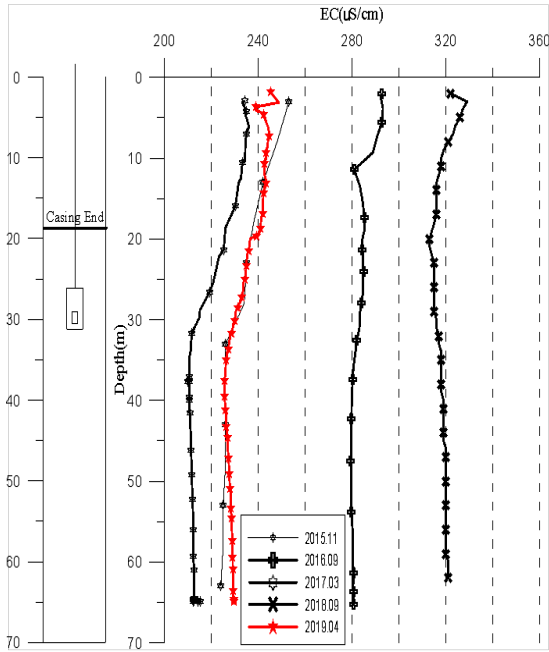
<포항2 관측공>



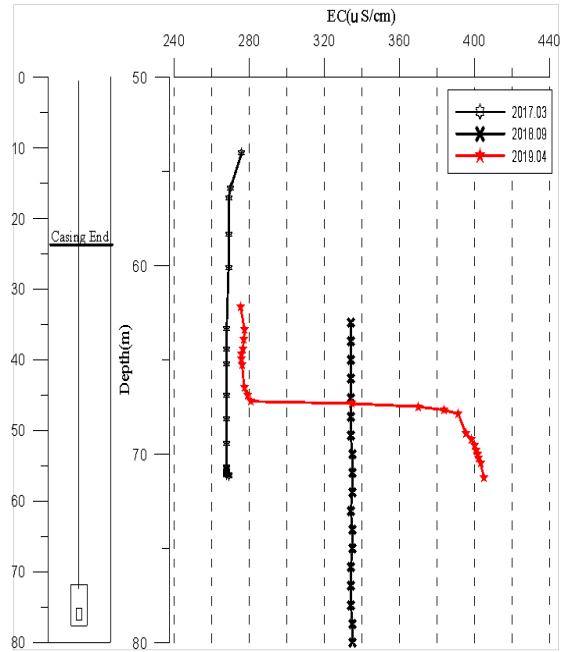
<포항3 관측공>



<포항4 관측공>



<포항5 관측공>



<포항6 관측공>

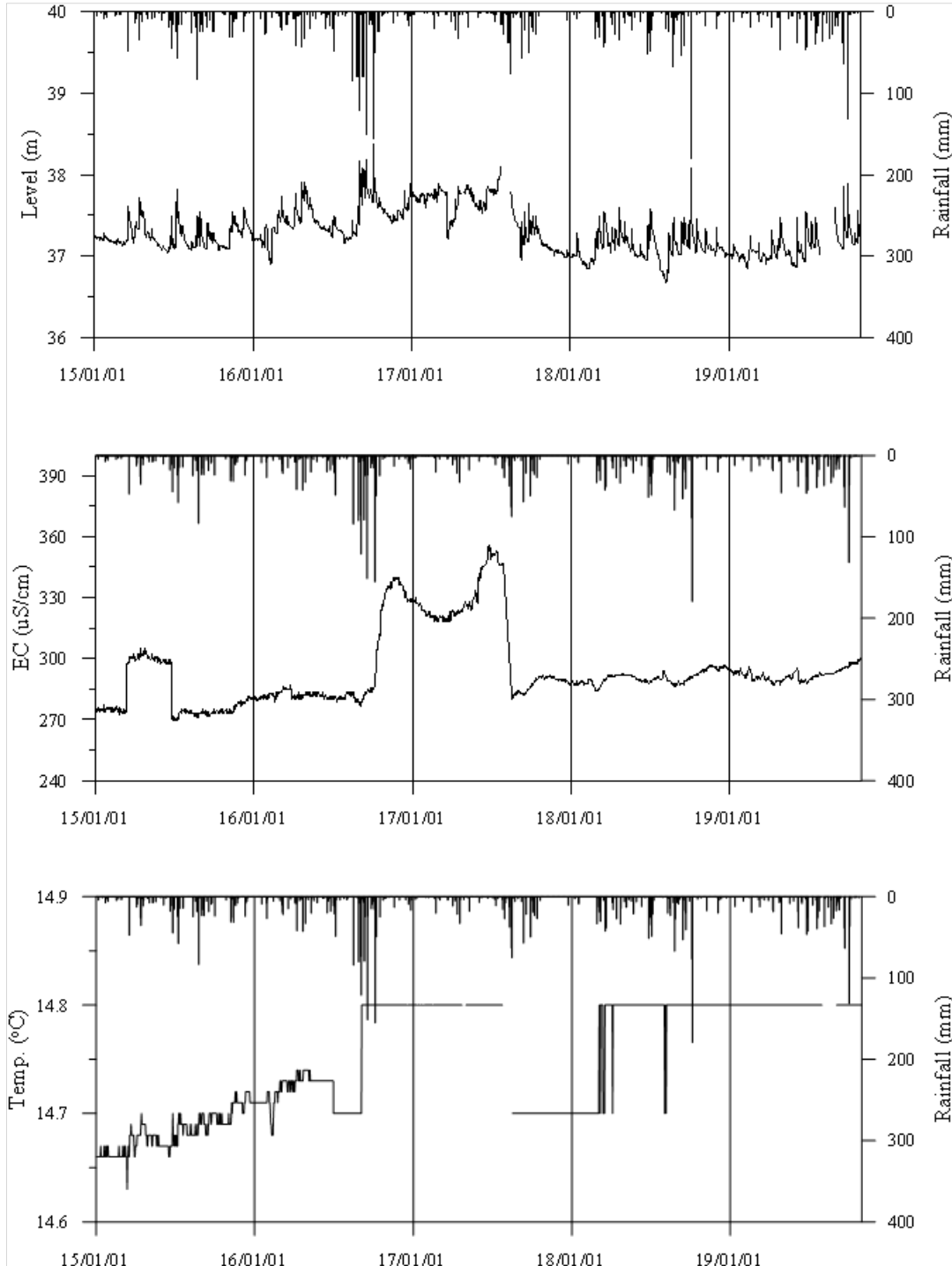
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

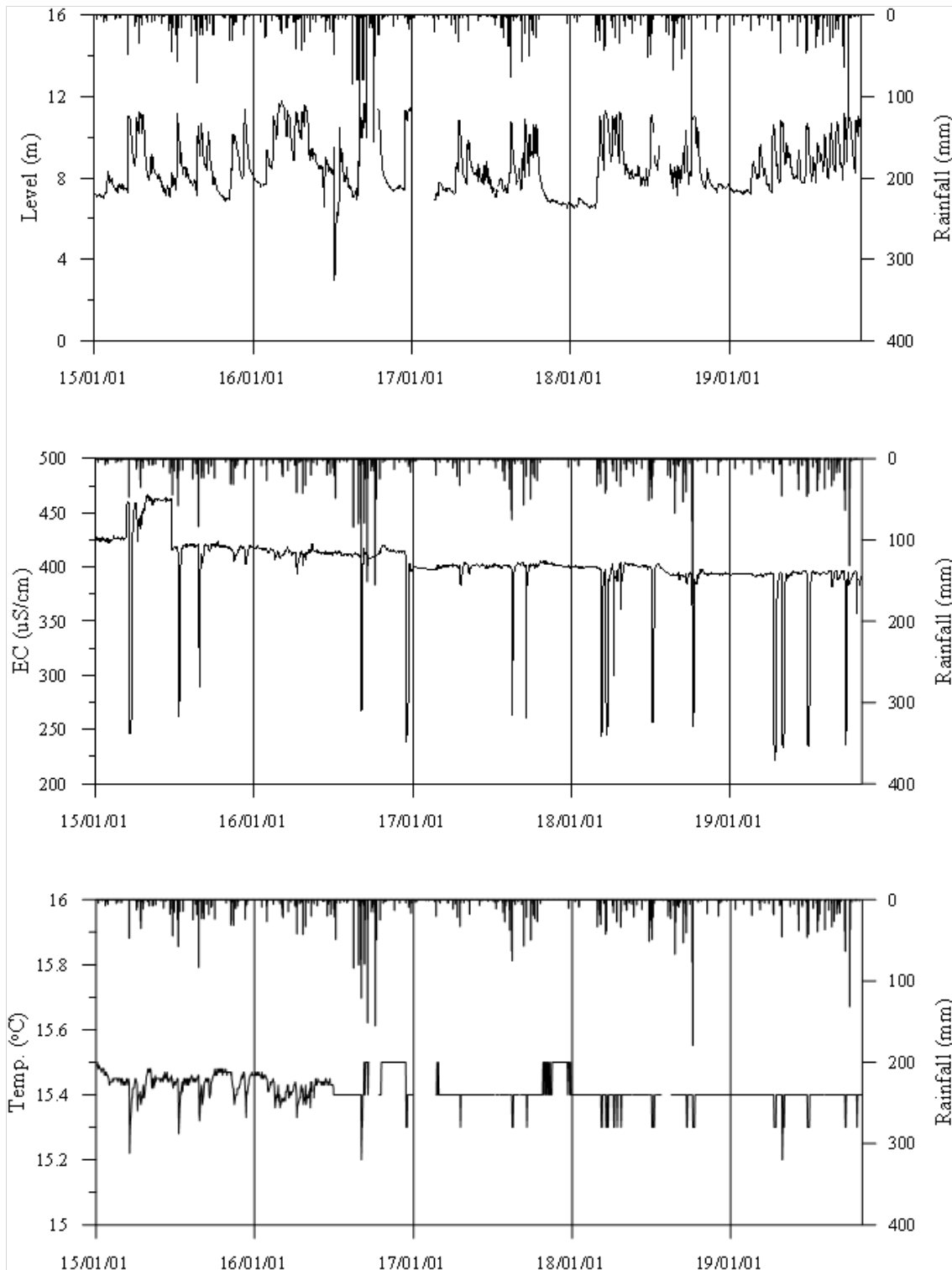
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
포항1	(2014.10)	35.86	5.28	1.09	20.14	15.73	29.40	97.60	0.42
	(2015. 7)	32.55	5.18	0.97	18.56	16.57	29.25	82.35	0.45
	(2016. 4)	34.90	5.33	1.17	21.37	18.20	32.40	88.50	2.10
	(2017. 5)	27.56	5.53	1.11	22.03	15.54	31.10	91.50	0.56
	(2018. 6)	28.40	5.38	0.97	21.79	17.84	30.44	82.35	N.D.
	(2019. 4)	26.57	5.24	0.93	24.28	17.14	29.39	94.55	N.D.
포항2	(2014.10)	40.02	2.61	2.44	25.21	59.49	20.84	77.79	1.87
	(2015. 7)	54.97	2.12	2.47	31.18	62.82	23.16	112.85	0.31
	(2016. 4)	55.79	2.11	2.14	31.78	83.60	27.10	125.10	0.00
	(2017. 5)	45.86	2.08	2.08	30.78	58.21	23.94	97.60	0.76
	(2018. 6)	49.83	2.18	2.40	27.41	59.85	22.13	100.65	N.D.
	(2019. 4)	24.27	2.90	1.85	19.18	38.18	16.44	76.25	1.25
포항3	(2015.11)	69.21	4.12	2.86	14.79	31.59	25.08	115.91	2.87
	(2016. 4)	32.98	16.89	11.77	37.90	35.70	16.60	241.00	13.40
	(2017. 5)	30.61	16.06	10.64	36.89	34.61	17.68	183.00	7.74
	(2018. 6)	27.68	13.16	13.03	28.93	35.01	14.73	149.45	4.97
	(2019. 4)	24.30	13.40	14.01	32.14	34.42	13.71	201.30	4.30
포항4	(2015.11)	10.53	6.64	0.68	31.89	2.14	9.70	134.20	N.D.
	(2016. 4)	14.73	6.62	0.96	29.80	3.30	6.60	143.40	0.50
	(2017. 5)	10.51	3.31	0.98	7.56	7.01	7.71	45.75	1.15
	(2018. 6)	11.86	2.92	0.78	6.75	6.13	7.44	42.70	N.D.
	(2019. 4)	12.13	4.53	0.84	16.26	5.08	7.30	76.25	N.D.
포항5	(2015.11)	19.08	8.39	0.81	23.88	9.50	23.28	70.15	39.90
	(2016. 4)	17.24	7.19	1.02	21.62	5.60	11.80	100.70	20.80
	(2017. 5)	13.38	7.06	0.93	20.73	6.03	12.39	85.40	17.31
	(2018. 6)	16.19	6.94	0.77	19.73	6.42	11.19	91.50	14.62
	(2019. 4)	15.36	6.58	0.73	21.56	6.36	10.95	94.55	15.25
포항6	(2017. 5)	46.00	6.05	3.80	44.07	182.47	16.37	27.45	N.D.
	(2018. 6)	41.96	3.37	4.03	21.99	98.87	18.22	30.50	1.08
	(2019. 4)	34.42	3.75	3.72	26.01	106.41	16.07	21.35	N.D.

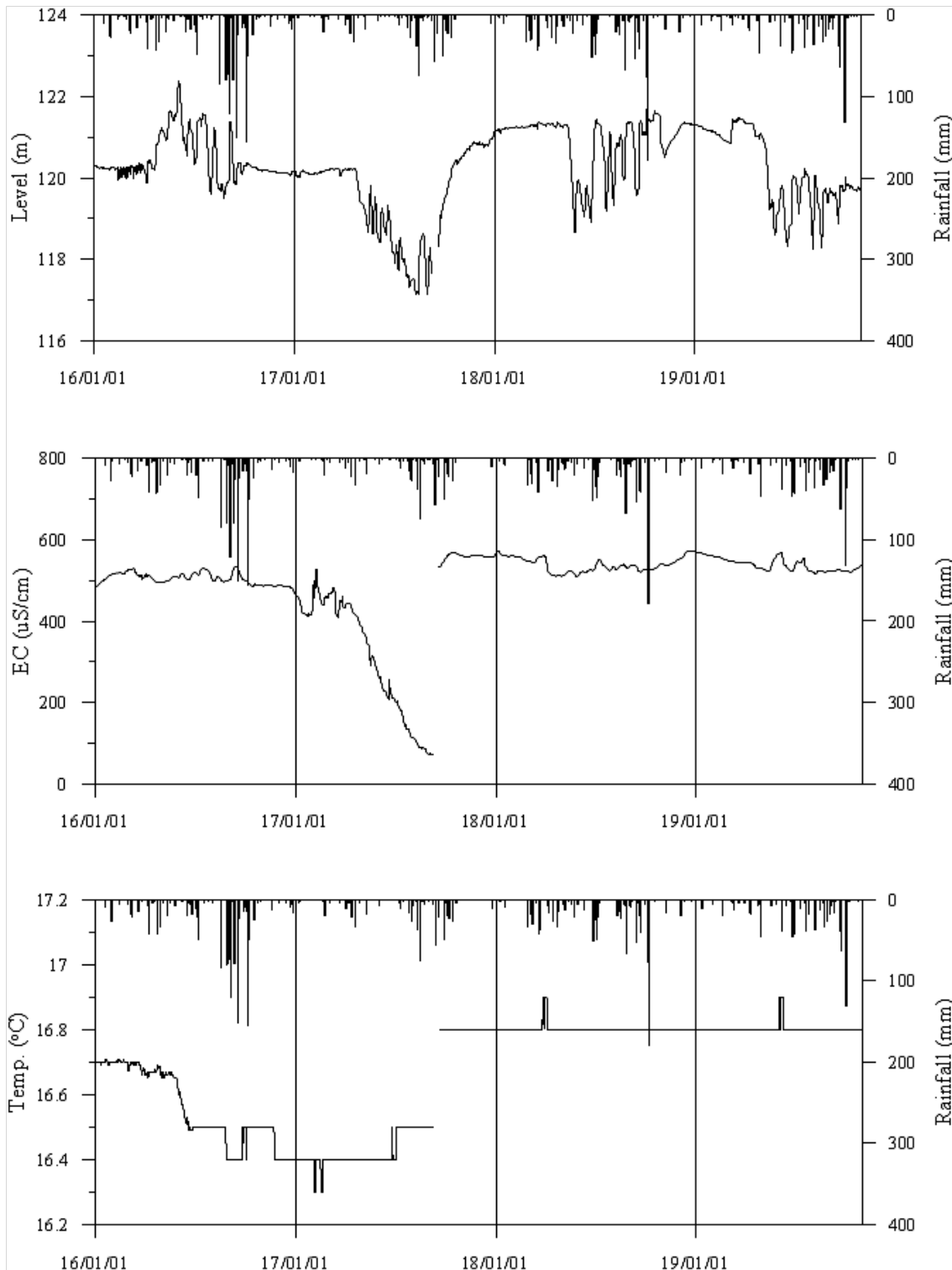
5. 장기관측 결과



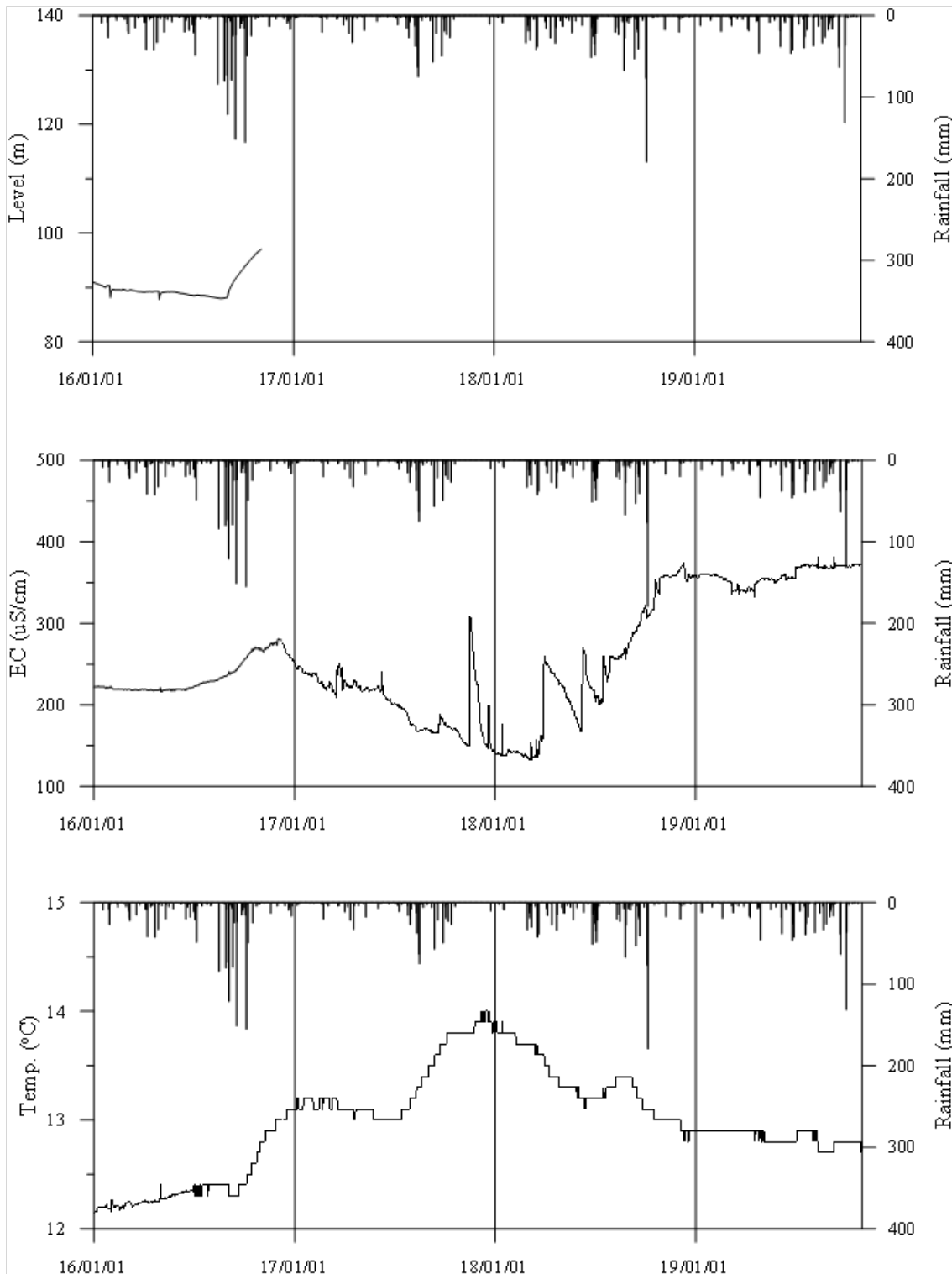
<포항1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



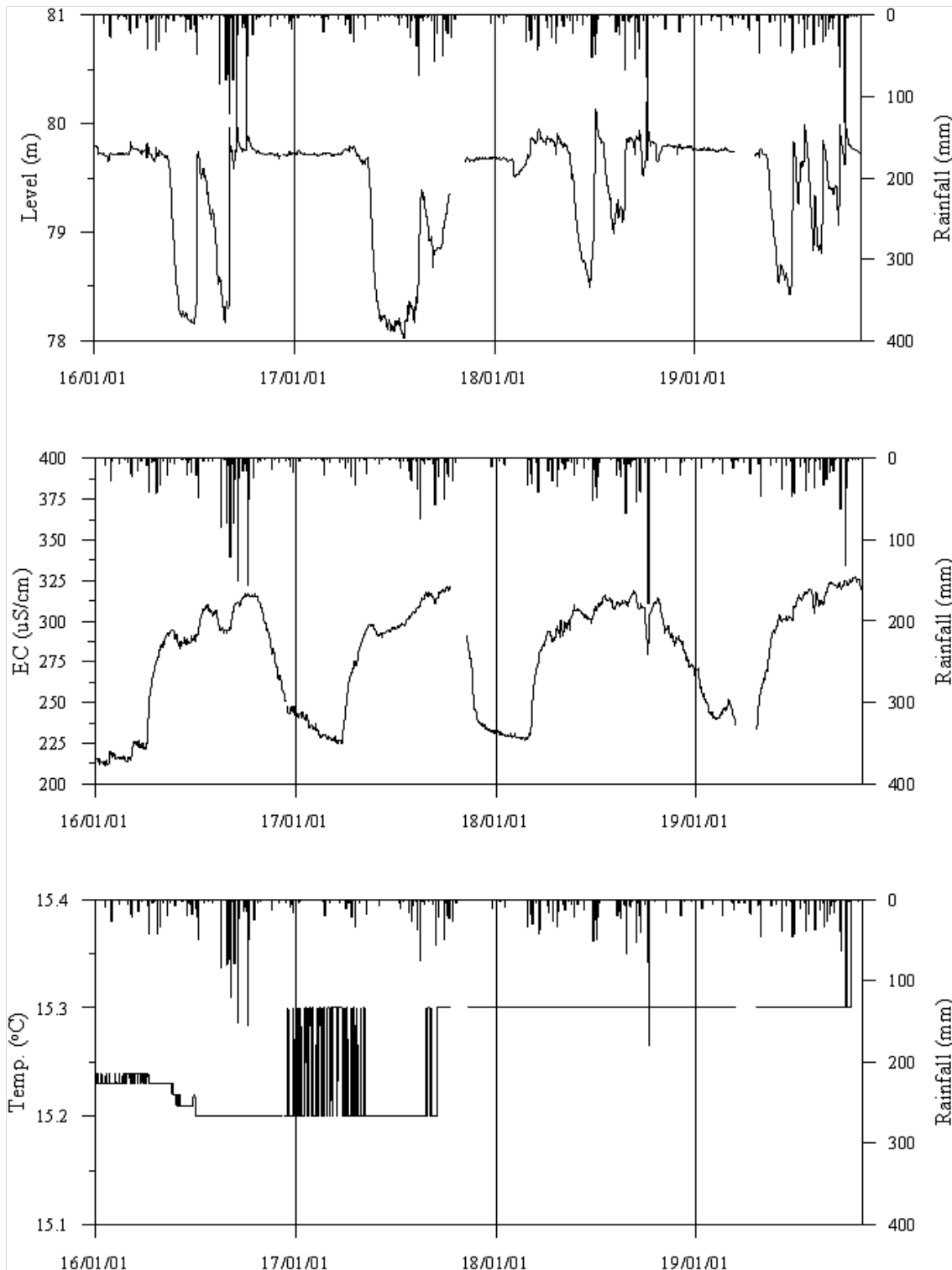
<포항2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



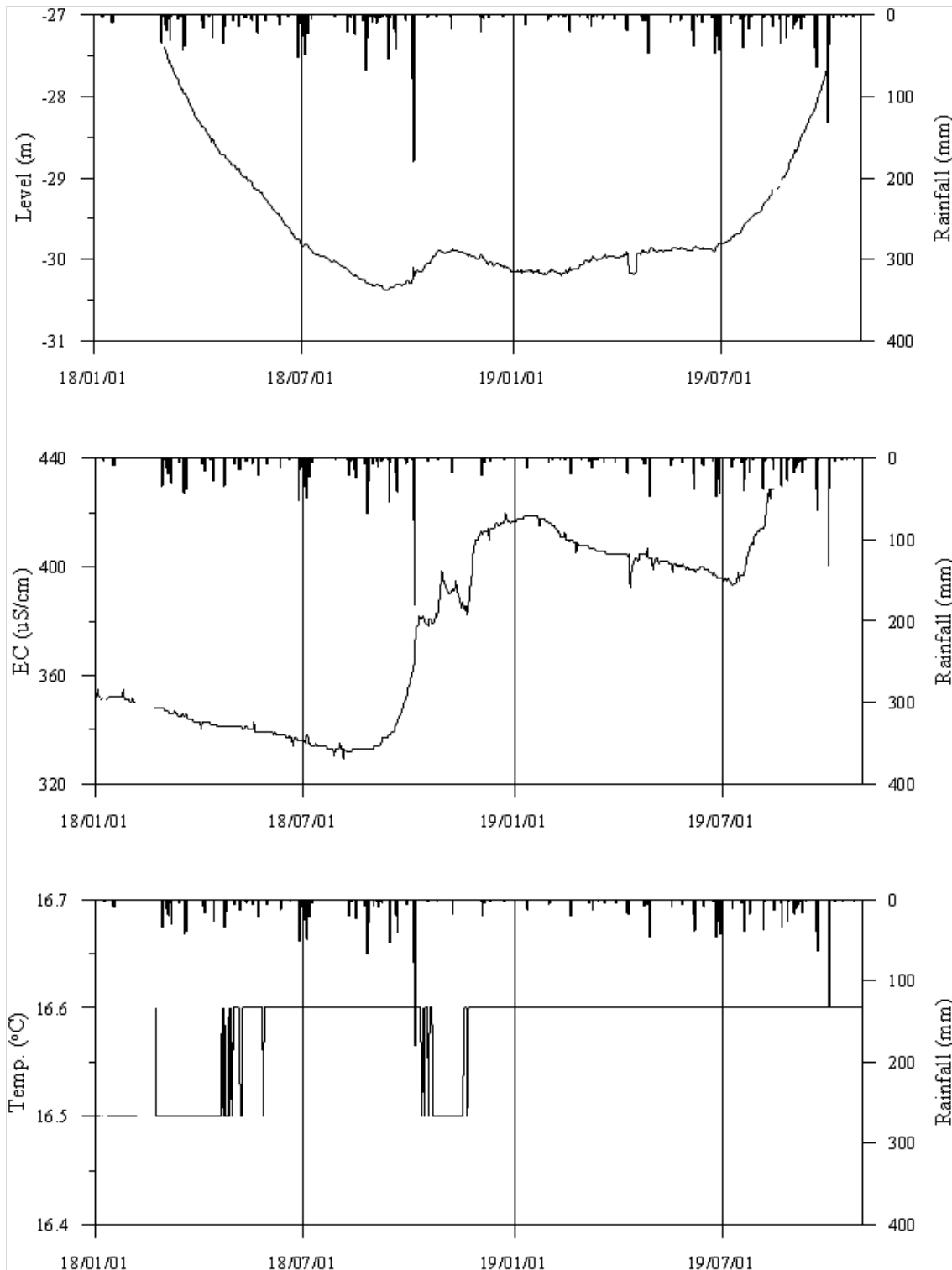
<포항3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포항4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<포항5 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<포항6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 포항1 관측공은 포항시 남구 호미곶면 대보리의 대보저수지 상류에 위치한다. 관측공 상류부에 대규모 요양시설이 조성 중이어서 향후 지하수 이용에 따른 수량 및 수질 변화를 초래할 것으로 예상되고, 대보저수지의 수질 및 수량변화에 따른 지하수의 영향을 관측 가능할 것으로 판단되어 관측공을 설치하였다. 포항2 관측공은 포항시 남구 구룡포읍 삼정리에 위치한다. 관측공 주변으로는 상류부에 삼정저수지가 위치하며 남쪽으로는 논 농업이 발달되어 있다. 봄철 영농기 농업 용수공급에 따른 지하수 수량부족 우려와 농업용수로 지하수 이용량이 많아 지하수 수량·수질 변화 관측을 위해 설치하였다. 포항3 관측공은 포항시 북구 신광면 반곡리에 위치한다. 관측공 주변으로 넓게 발달한 농경지의 지하수 사용에 대한 지하수 수량·수질 관측에 적합하며, 해안지역에 위치하여 내륙지역과 지질을 달리하는 해수침투 관측정(곡강1, 곡강2)과 지하수 수량 및 수질에 대한 비교·분석을 위해 설치하였다. 포항4 관측공은 포항시 북구 청하면 청계리에 위치하고 있다. 관측공 주변으로 농업용수 및 생활용수 관정이 개발되어 있어 농어촌지역 용수사용 패턴에 따른 수량·수질 관측에 적합하며, 해안과 연결된 청하천의 시점부 해안과 내륙의 지하수 변화 양상을 관측하기 위해 설치하였다. 포항5 관측공은 포항시 북구 기계면에 위치한 기동저수지 상류부에 위치한다. 기계천 상류부에 위치하여 하천 상류부의 지하수 수계관측에 적합하며, 주변에 공업단지 및 축산시설 등이 존재하지 않아 지하수 오염비교 기준 관측공으로 활용하기 위해 설치하였다. 흥해읍 곡강리는 기존에 있던 곡강1, 곡강2 해수침투 관측공을 통해 지하수의 해수침투가 확인되는 지역으로, 포항6 관측공은 기존의 해수침투관측공보다 더욱 내륙에 위치(해안가로부터 약 2.2 km)하여, 해안가로부터 점이적인 해수침투의 변화를 모니터링 할 수 있는 지역으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 포항1 관측공의 전기전도도는 전 구간에서 240 ~ 300 $\mu S/cm$ 내외이며, 심도에 따른 전기전도도 변화는 거의 없는 것으로 나타났

다. 포항2 관측공에서는 심도 약 15~35 m에서 전기전도도가 약 $200 \mu S/cm$ 에서 약 $370 \mu S/cm$ 로 증가하는 전이대가 나타난다. 포항3 관측공의 전기전도도는 심도 약 35 m에서 약 $570 \mu S/cm$ 으로 증가하는 전이대가 있으며, 이후 소폭 감소하는 경향을 나타낸다. 포항4 관측공은 심도 약 30 m까지 전기전도도가 증가하다가 이후에는 약 $230 \sim 320 \mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다. 포항5 관측공의 전기전도도는 $210 \sim 330 \mu S/cm$ 범위로 심도가 깊어질수록 소폭의 감소 경향을 보인다. 포항6 관측공은 전구간 $260 \sim 400 \mu S/cm$ 범위를 나타내고 있다. 전체적으로 살펴보았을 때 미소한 변화이므로 영농을 위한 용수로 활용하는데 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 포항1, 2, 3, 4, 5 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 포항6 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당하며 이는 해안을 접하고 있기 때문에 염수가 일부 유입된 결과로 판단된다. 포항지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용할 수 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 포항1 관측공 지하수위는 강수에 의한 지하수위 상승과 하강이 뚜렷하고, 연간 1 m 내외의 변화를 보이며 유지하는 추세이다. 전기전도도는 2016년 하반기부터 2017년 중반기까지 약 $320 \mu S/cm$ 내외로 나타나, 전반적으로 $270 \sim 290 \mu S/cm$ 범위를 보이고 있다. 포항2 관측공에서는 지하수위가 강수량과 비례하는 관계이고, 전기전도도와는 반비례하는 경향을 나타내고 있다. 전기전도도는 완만하게 감소하는 추세이다. 포항3 관측공은 여름철 주변 지하수 이용에 따른 수위 감소가 관측되고, 전기전도도는 $600 \mu S/cm$ 내외로 유지하는 추세이다. 포항4 관측공은 2016년 중반기 이후 수위가 약 10 m 상승하여 이 후 유지되는 추세이고, 전기전도도는 이와 반비례하여 감소추세 후 다시 증가 추세이다. 포항5 관측공은 지하수 이용의 영향을 받아 약 2 m 내외의 증감을 보이고, 전기전도도는 강우과 비례하는 경향을 보인다. 포항6 관측공 지하수위는 특별한 패턴을 보이지 않으며, 전기전

도도는 증가 추세이다. 현재까지 뚜렷한 패턴을 보이지 않기 때문에, 향후 장기 관측을 통해 변동유형을 구분해야 할 필요가 있다.

- 5) 관리 방안 : 포항지구 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

2.8.9 구미지구

1. 위치

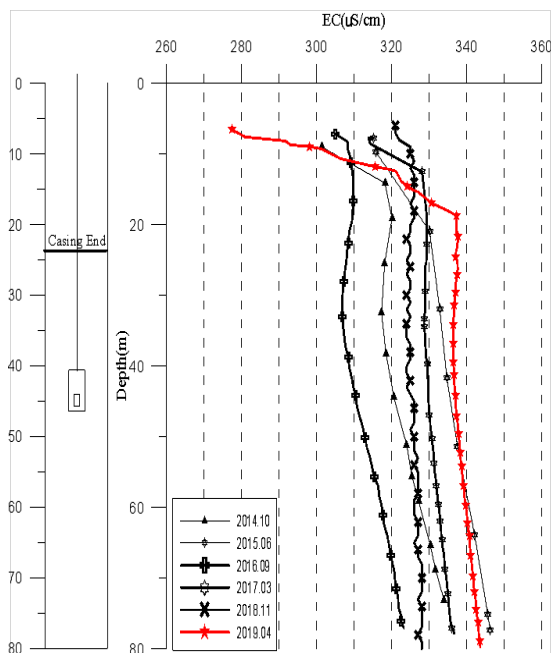
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
구미1	구미시 선산읍 화조리 27-1	139263.927	303582.039	37.083	2014	30.76
구미2	구미시 고아읍 봉한리 351	142664.555	298387.978	33.126	2014	28.21
구미3	구미시 해평면 문량리 530-1	145013.8911	297410.4469	34.449	2015	26.449
구미4	구미시 도개면 가산리 337-24	137236.3382	312540.4198	40.634	2015	33.034
구미5	구미시 선산읍 습례리 23	133657.6294	300861.824	45.834	2016	40.834
구미6	구미시 해평면 해평리 104-21	144837.9337	298545.6068	35.339	2016	28.339
구미7	구미시 산동면 성수리 625-47	145557.3878	295125.3712	31.591	2016	26.591

2. 지형 및 지질

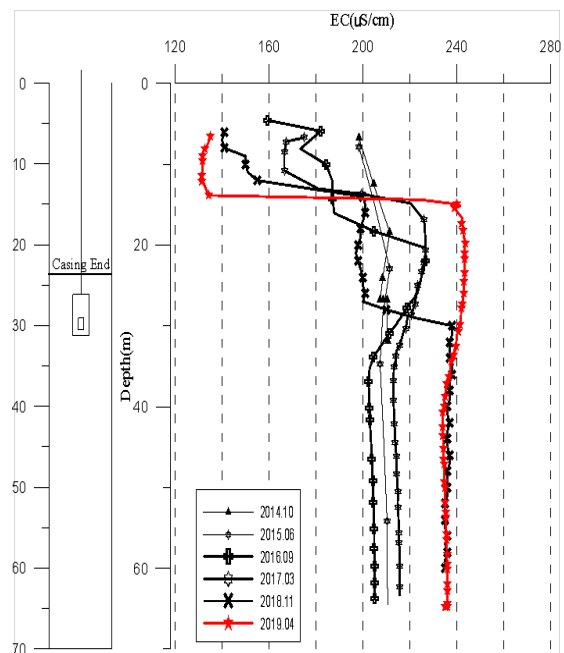
구미1 ~ 4 지구는 낙동강을 중심으로 주변에 대규모의 농경지가 존재한다. 주로 논 농업 중심이지만 비닐하우스 농업이 꾸준히 증가하는 지역이며, 축산시설도 산재하고 있다. 겨울철 시설원예에 따른 지하수 이용이 꾸준히 증가하는 지역으로 농업활동에 따른 지하수 수질·수량 변화를 대처할 필요가 있다. 구미5 관측공은 경북 구미시 선산읍 소재지에서 남서쪽으로 약 5 km 떨어진 지점에 위치하고 있으며, 관측공 주변에는 밭 농업이 주를 이루고 있다. 북쪽으로는 완경사를 이루는 산지가 분포하고 본 지구를 관통하는 하천은 관측공의 북동부 방향에서 낙동강으로 유입된다. 구성 지질은 중생대 쥐라기의 섬록암-섬장암질암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제 4기 충적층이 덮고 있다.

구미6 관측공은 경북 구미시 해평면 소재지에서 남서쪽으로 약 1.6 km 지점에 위치하고 있으며, 낙동강변을 따라 평탄한 농경지가 발달하여 일대에는 밭 농업이 주를 이루고 있다. 또한 북동쪽으로 자연취락이 발달하여 주거지가 많이 분포하고 있다. 지질은 중생대 유라기의 섬록암-섬장암질암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다. 구미7 관측공은 경북 구미시 산동면 소재지에서 남서쪽으로 약 3.8 km 떨어진 지점에 위치하고 있다. 낙동강변을 따라 평탄한 농경지가 발달하였고, 낮은 구릉성 산지가 주변을 둘러싸고 있다. 밭 농업이 주를 이루며 시설재배농가 또한 상당수 위치하고 있다. 지질은 선캄브리아기 퇴적암류인 화강암질편마암과 백악기 화강섬록암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

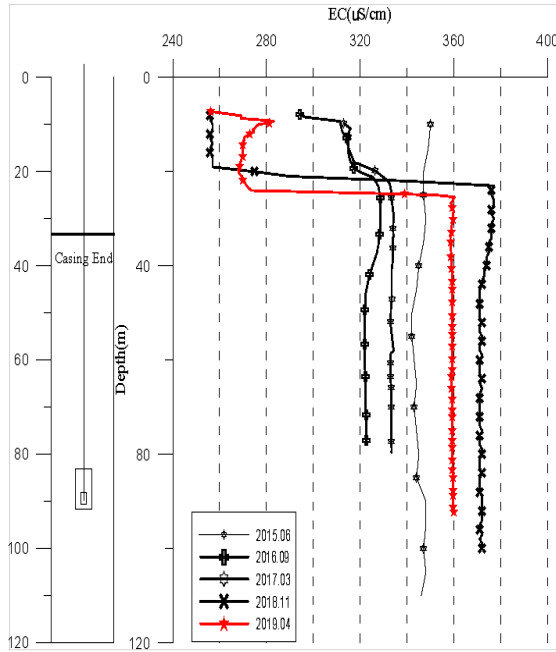
3. 지하수 검층



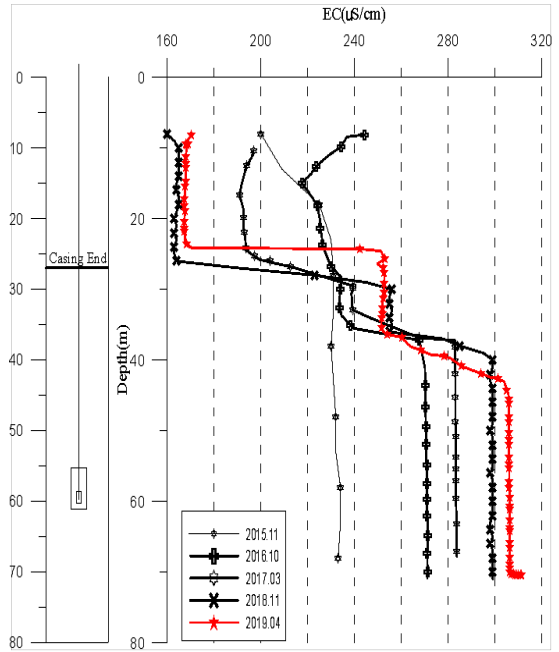
<구미1 관측공>



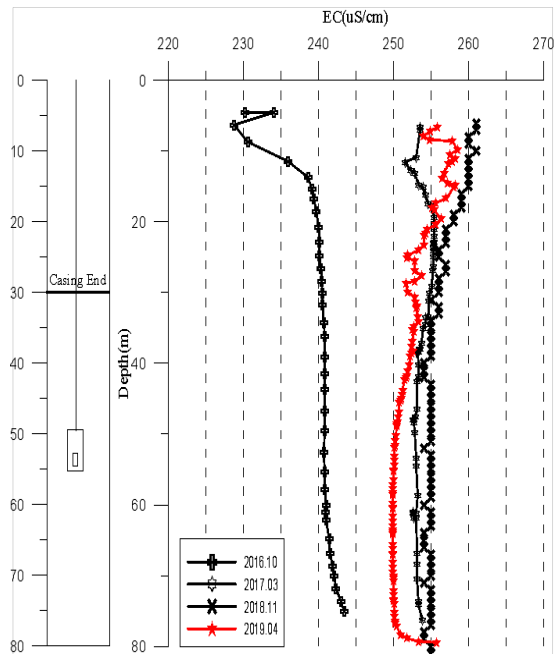
<구미2 관측공>



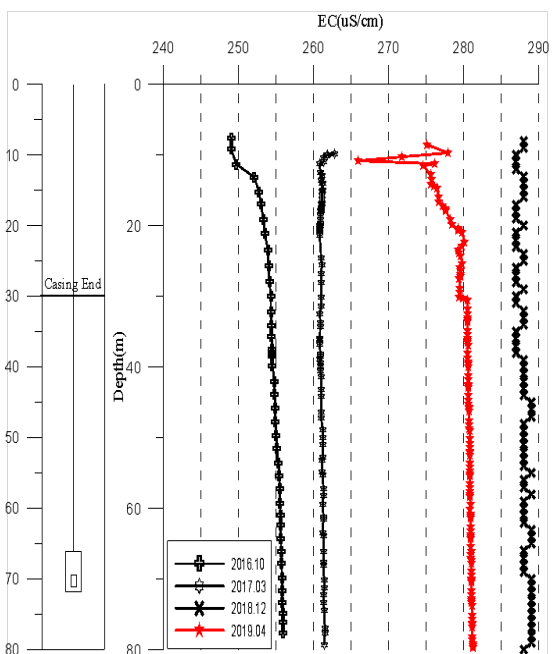
<구미3 관측공>



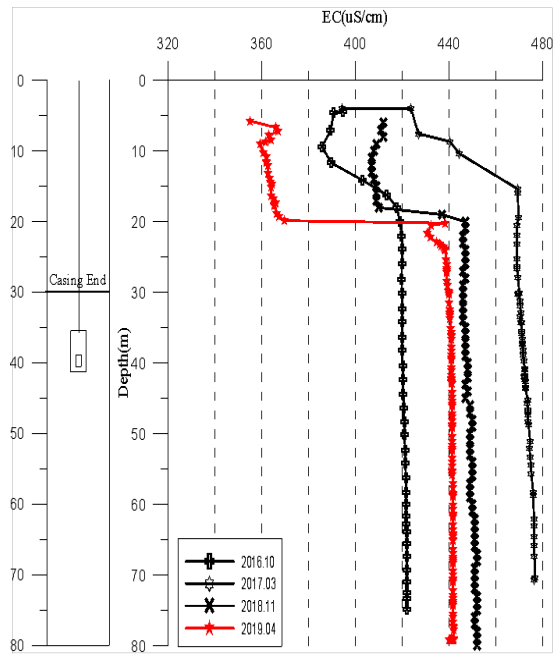
<구미4 관측공>



<구미5 관측공>



<구미6 관측공>



<구미7 관측공>

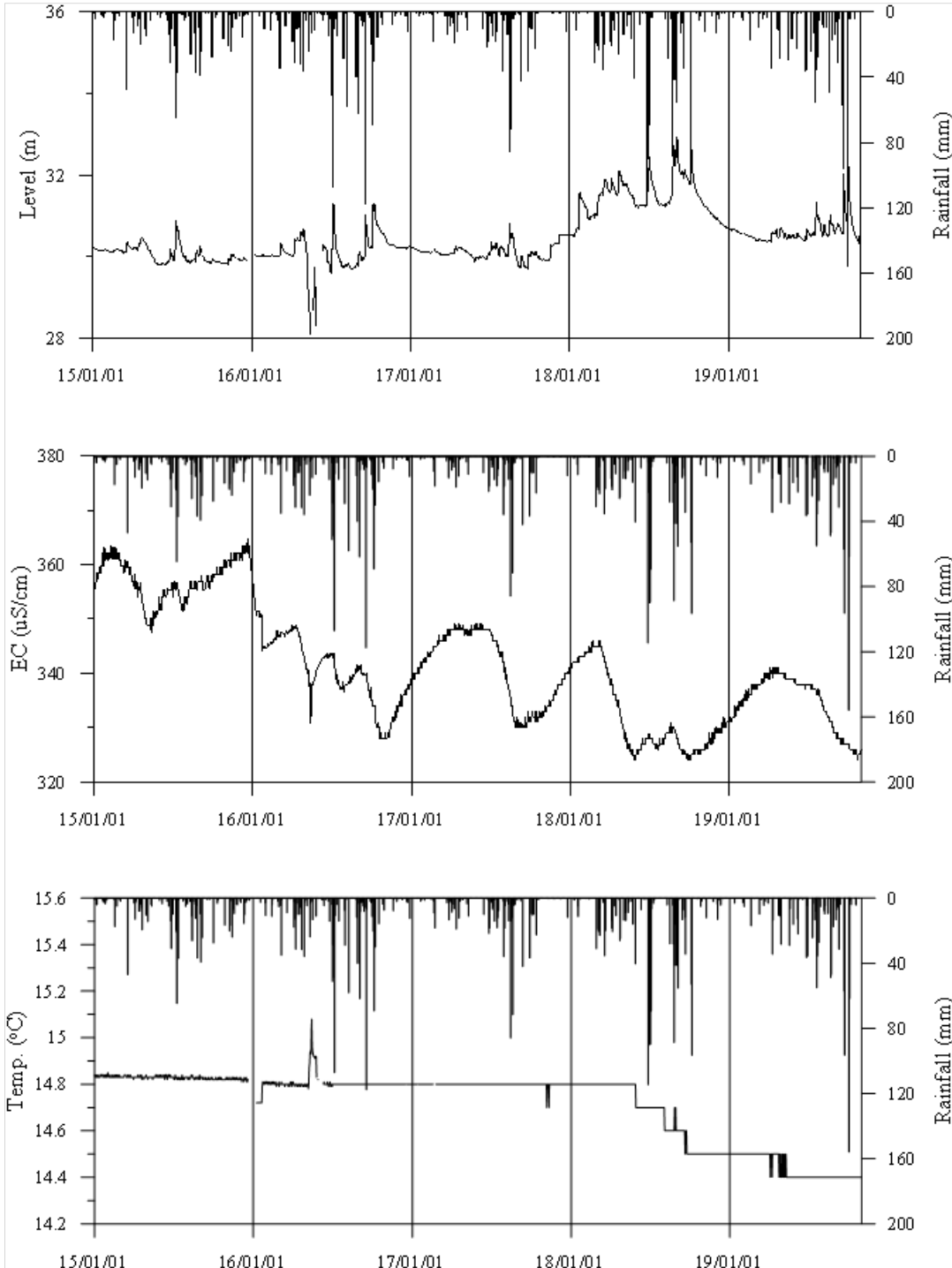
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

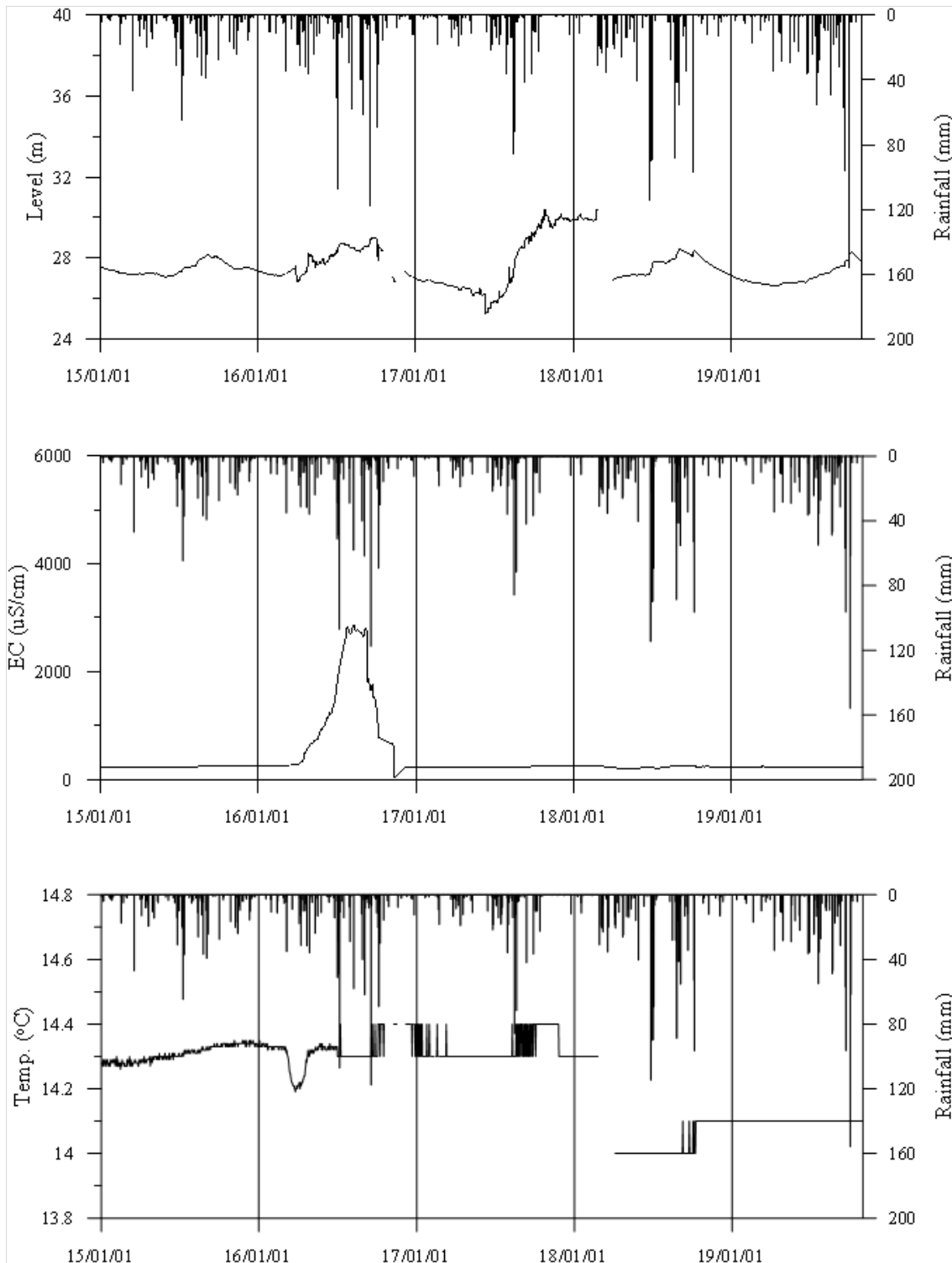
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
구미1	(2014.10)	35.05	6.25	1.36	35.05	0.62	6.57	195.20	N.D.
	(2015. 7)	41.76	5.71	1.38	33.70	0.04	6.13	219.60	0.25
	(2016. 4)	47.76	5.78	1.44	31.77	0.60	6.10	225.70	0.20
	(2017. 5)	36.47	5.87	1.30	28.54	0.05	5.39	173.85	20.79
	(2018. 6)	39.96	5.39	1.18	28.62	N.D.	5.37	186.05	0.11
	(2019. 4)	30.57	5.49	1.14	33.55	0.01	5.58	198.25	N.D.
구미2	(2014.10)	11.04	7.43	1.11	24.83	6.66	7.18	109.80	0.86
	(2015. 7)	11.36	6.49	1.26	28.51	8.02	7.09	118.95	3.02
	(2016. 4)	10.99	6.58	1.32	25.75	8.10	7.50	131.20	0.50
	(2017. 5)	8.36	7.01	1.24	23.44	8.22	8.33	100.65	0.07
	(2018. 6)	9.91	5.66	1.50	13.30	7.07	6.66	67.10	N.D.
	(2019. 4)	8.54	4.34	1.53	10.83	5.83	5.01	48.81	N.D.
구미3	(2015.11)	23.07	10.57	2.04	39.55	19.36	19.57	161.65	4.18
	(2016. 4)	37.60	8.42	1.95	31.71	18.6	18.8	167.80	0.10
	(2017. 5)	20.38	10.05	2.03	35.53	16.44	15.94	152.50	0.19
	(2018. 6)	22.00	9.39	2.22	18.29	15.61	15.31	103.70	N.D.
	(2019. 4)	22.19	9.15	2.13	22.34	15.59	14.84	112.85	N.D.
구미4	(2015.11)	14.61	7.49	1.48	21.27	9.73	9.44	112.85	N.D.
	(2016. 4)	14.30	7.99	2.36	26.10	11.00	10.90	137.30	0.10
	(2017. 5)	11.49	6.83	3.73	15.85	13.91	13.96	67.10	0.08
	(2018. 6)	13.02	5.58	5.69	9.69	12.94	13.05	51.85	N.D.
	(2019. 4)	13.96	5.08	7.35	8.12	11.41	12.27	54.90	N.D.
구미5	(2016.10)	11.00	8.10	2.00	30.60	4.21	7.48	132.70	0.84
	(2017. 5)	10.19	9.07	2.06	30.25	3.76	8.40	137.30	N.D.
	(2018. 6)	11.35	8.77	2.18	31.62	4.18	7.80	143.35	N.D.
	(2019. 4)	10.99	7.91	2.20	31.58	4.10	6.97	137.25	0.29
구미6	(2016.10)	16.50	12.60	1.80	46.10	25.00	22.93	183.00	0.18
	(2017. 5)	53.79	0.03	0.81	2.21	13.70	19.72	65.58	N.D.
	(2018. 6)	56.67	0.04	0.51	2.65	14.90	20.06	62.53	N.D.
	(2019. 4)	55.26	0.19	0.57	2.52	14.72	19.34	59.48	N.D.
구미7	(2016.10)	54.60	0.10	0.70	3.20	14.64	19.94	61.80	N.D.
	(2017. 5)	14.77	13.02	1.61	46.08	10.48	24.13	179.95	0.06
	(2018. 6)	17.44	12.05	2.47	44.67	5.23	23.49	179.95	N.D.
	(2019. 4)	19.94	12.58	2.25	43.23	0.13	21.64	192.15	N.D.

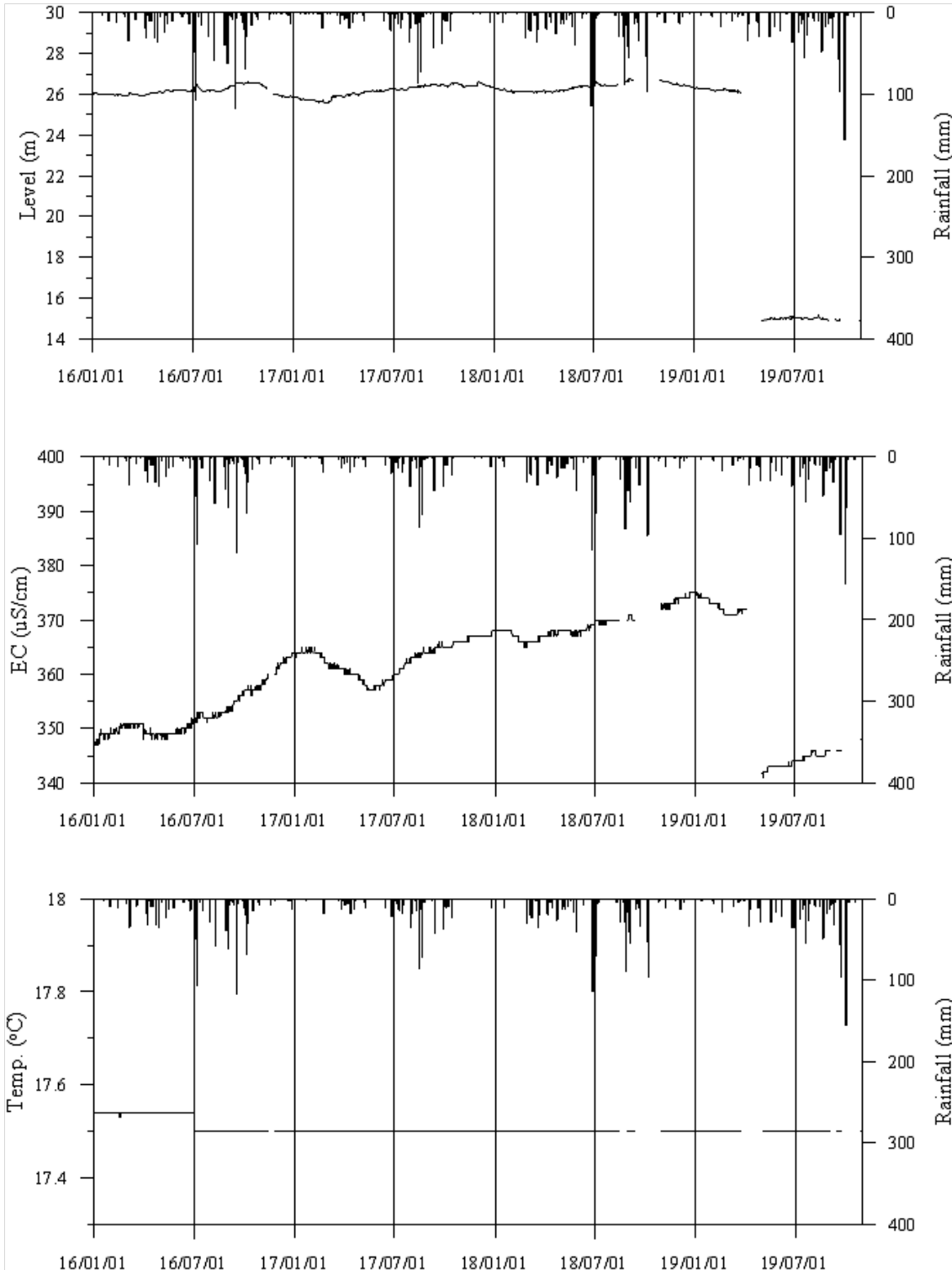
5. 장기관측 결과



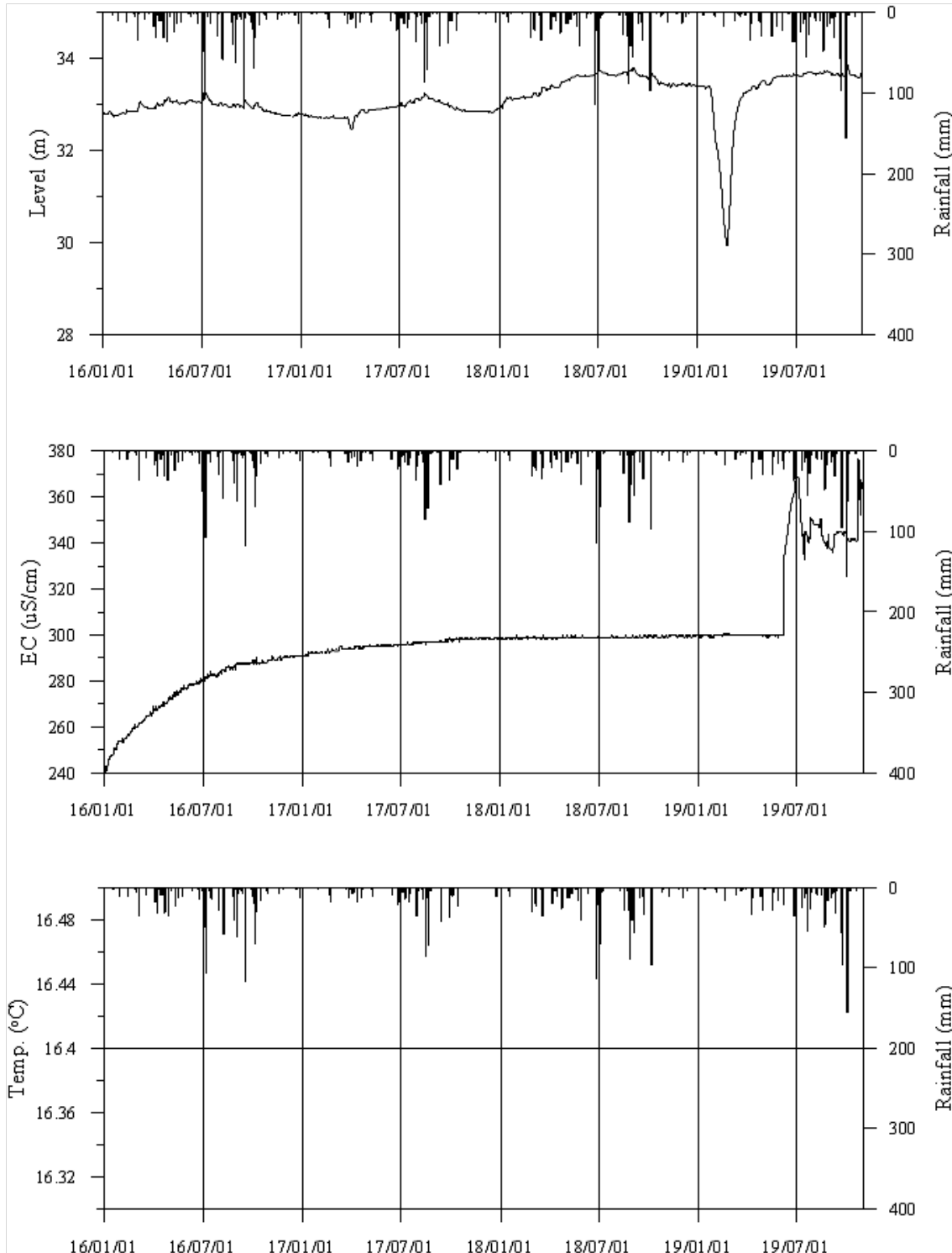
<구미1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



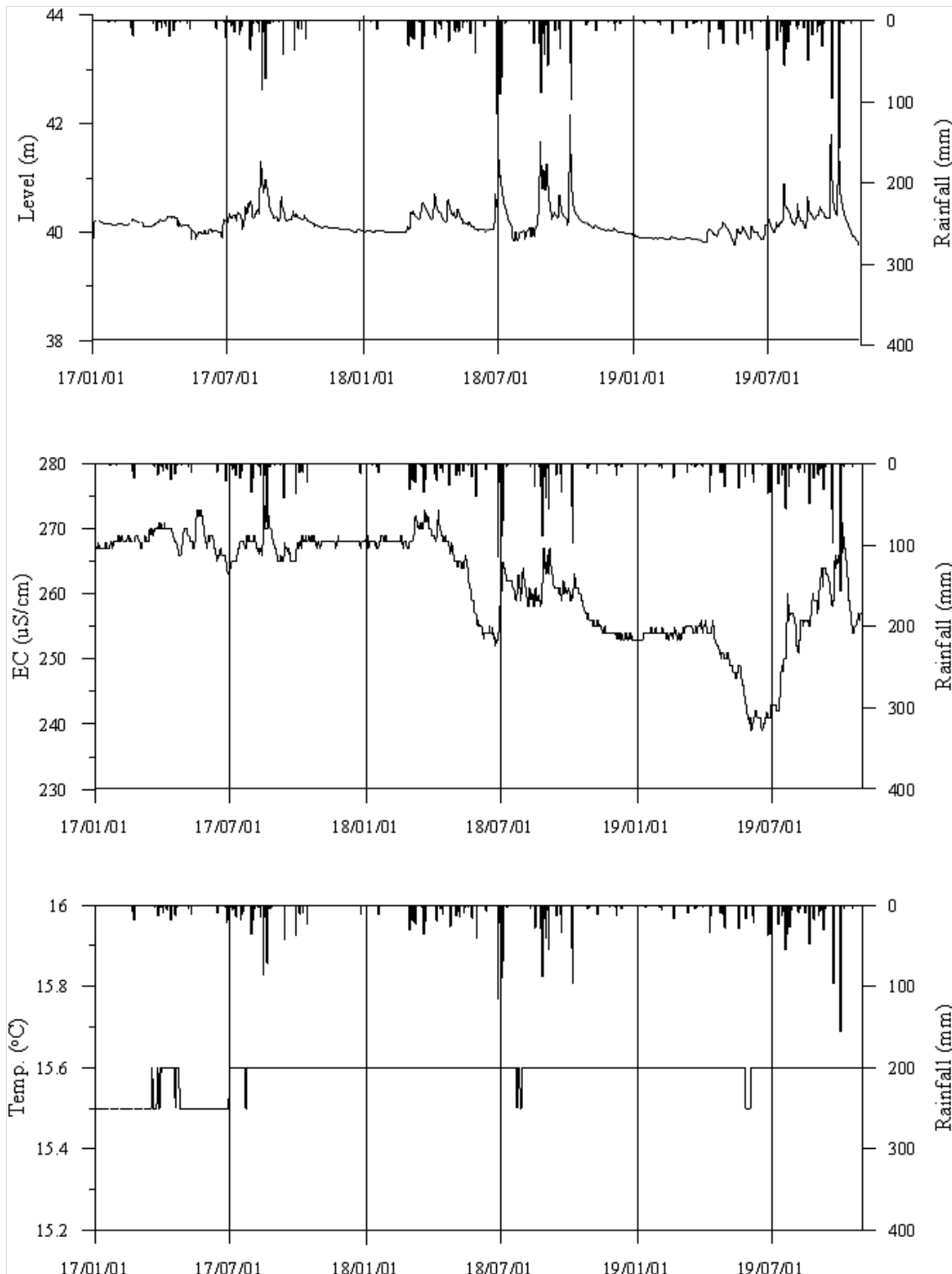
<구미2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



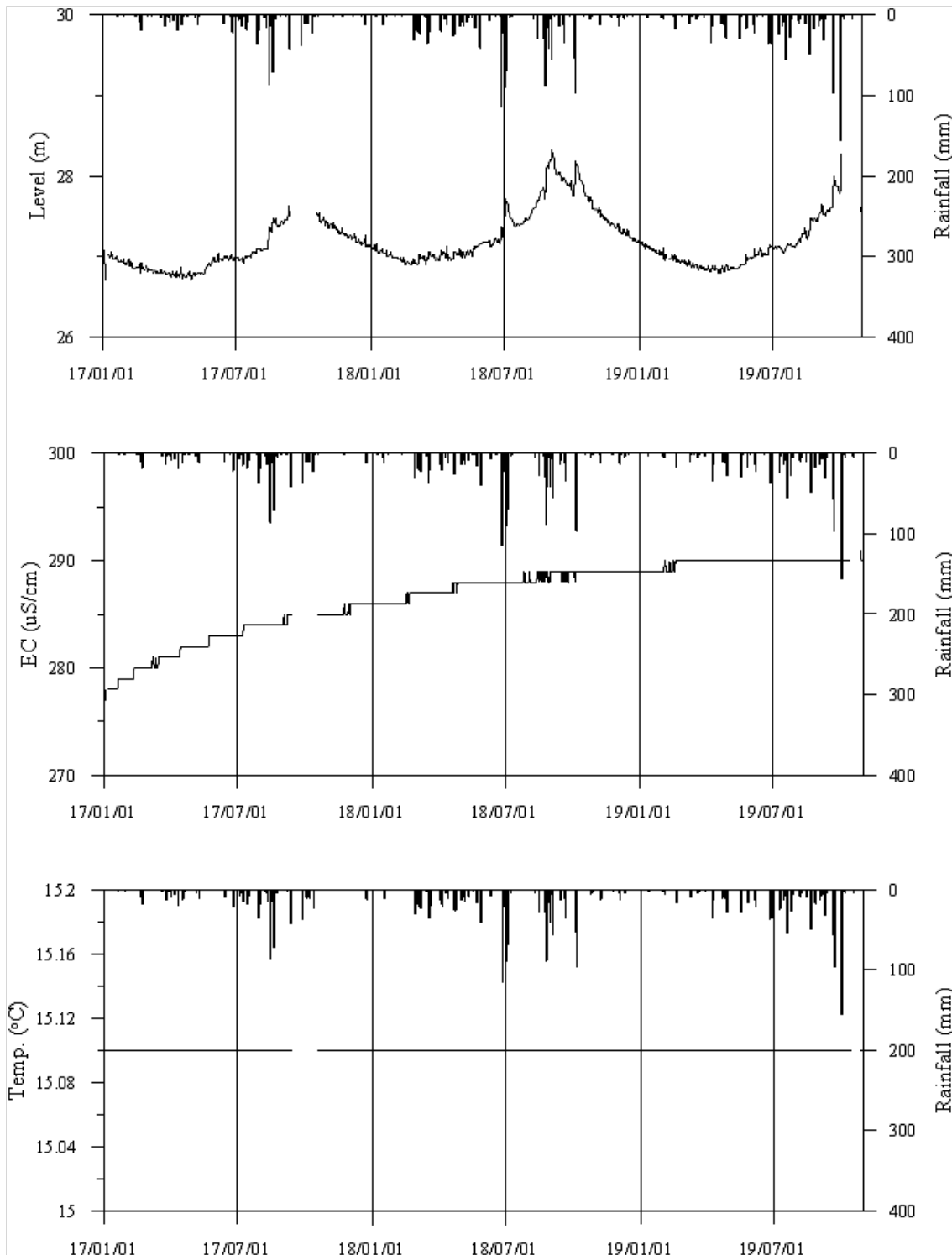
<구미3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



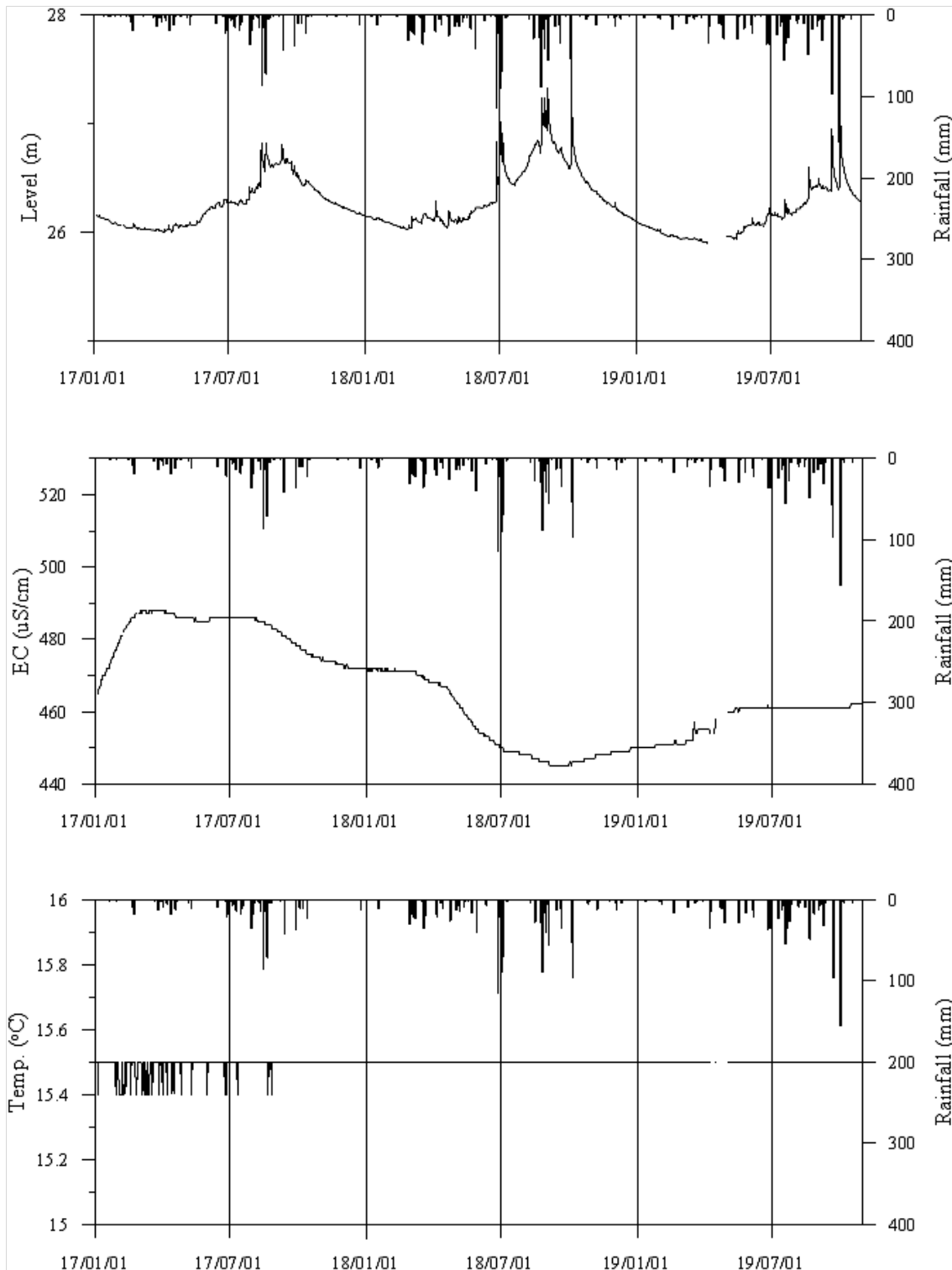
<구미4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<구미5 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<구미6 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<구미7 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 구미1 관측공은 남쪽으로 낙동강의 지류인 감천이 흐르며, 주로 논 농업 중심이나 시설농업단지가 꾸준히 증가하는 지역이다. 구미2 관측공 주변지역은 경지정리가 마무리된 농경지가 펼쳐져 있으며, 주로 논 농업 위주이며 일부 시설농업단지가 산재한다. 구미1, 2 지구는 지하수 이용이 꾸준히 증가하는 지역으로 농업활동에 따른 지하수 수질·수량 변화를 관측하고자 관측공을 설치하였다. 구미3 관측공은 구미시 해평면 문량리에 위치한다. 관측공 주변으로 낙동강이 흐르고 있어 하천수위에 따른 지하수 변동량을 관측할 수 있으며, 인근에 국가 공업단지가 위치해 있어 공단가동에 따른 지하수 수량·수질 변화를 관측하기 위해 설치하였다. 구미4 관측공은 구미시 도개면 가산리에 위치해 있다. 낙동강을 중심으로 농경지 및 시설단지가 발달해 있으며, 농업용 관정이 다수 분포하여 이에 따른 지하수 수량·수질 관측을 위해 설치하였다. 또한 농공단지 및 축산시설이 다수 분포하여 지하수 수질 변화 관측이 필요하다. 구미5 관측공은 남쪽으로 감천이 흐르고 있으며 하천 주변에 발달한 농경지는 주로 밭으로 이용되고 있다. 구미5 지구는 농경지의 지하수 수요량이 꾸준히 증가하는 지역으로 이에 따른 지하수 수량과 수질에 대한 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다. 구미6 관측공은 낙동강에 발달한 농경지역에 위치하며 농경지는 주로 밭으로 이용되고 있다. 낙동강변에 위치하여 하천수위에 따른 지하수 변동을 관측할 수 있고 인근에 농업용 관정이 다수 분포하여 이에 따른 지하수 수량과 수질의 변화를 관측하기 위하여 설치하였다. 구미7 관측공은 낙동강을 중심으로 시설재배단지가 발달한 곳에 위치하고 있으며 구미국가산업단지와 인접한 곳에 위치하고 있다. 이에 공단가동에 따른 지하수 수량·수질 변화 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 구미1 관측공의 전기전도도는 300 ~ 340 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따라 전기전도도가 증가하는 경향을 나타낸다. 구미2 관측공은 200 ~ 240 $\mu S/cm$ 범위이며 30 m 이후부터 공저까지 전기전도도가 일정한 경향을 나타낸다. 구미3 관측공의 전기전도도는 320 ~ 380 $\mu S/cm$ 범위이며,

심도에 따른 전기전도도의 변화는 없다. 구미4 관측공의 전기전도도는 180 ~ 300 $\mu S/cm$ 범위이며, 35m 지점에서 50 $\mu S/cm$ 증가한 후 공저까지 심도에 따른 전기전도도의 변화는 없다. 전체적으로 영농을 위한 용수로 사용하는데 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 구미5 관측공은 227 ~ 262 $\mu S/cm$ 범위이다. 구미6, 7 관측공은 각각 193 ~ 290 $\mu S/cm$ 와 355 ~ 478 $\mu S/cm$ 범위이며, 공저까지 일정한 전기전도도를 나타내고 있다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 구미1, 2, 3, 4, 6, 7 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 구미5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형으로 나타난다. 구미지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성 질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성 질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 구미1 관측공 지하수위는 강수에 의한 상승과 하강이 뚜렷하고 연간 3 m 내외의 변화가 있다. 전기전도도는 전반적으로 320 ~ 370 $\mu S/cm$ 범위이며 하강추세를 나타낸다. 반면 구미2 관측공 지하수위는 약 3 m 내외로 변동하는 추세이며, 전기전도도도 2016년 4월 250 $\mu S/cm$ 에서 8월 1,500 $\mu S/cm$ 로 상승하였다가 이 후 원래상태로 관측된다. 구미3 관측공은 지하수위가 강우와 비례적이며, 전기전도도는 담수영역이나 증가추세이다. 2019년 봄 이 후 구미3 관측공의 계측 기준점이 바뀌면서 지하수위는 15 m, 전기전도도는 340 $\mu S/cm$ 로 낮아진 후 꾸준히 유지하고 있다. 구미4 관측공은 2019년 2월을 제외하면 약 2 m 내외의 변동폭을 보이며 전기전도도 역시 꾸준히 담수영역에 도시된다. 그러나 2019년 여름철 이후 약 60 $\mu S/cm$ 이상의 증가가 관측되었으며, 이를 해석하기 위해서는 향후 꾸준한 관측이 필요하다. 구미 5, 6, 7 관측공 지하수위는 강수와 상관관계를 보이고, 수위변동폭은 대부분 2 m 이내이다. 전기전도도는 공통적으로 담수영역에 도시되나, 구미 5, 7 관측공의 전기전도도는 여름철 감소하는 특징을 보이고, 구미6 관측공의 전기전도도는 증가추세이다.

- 5) 관리 방안 : 구미지구 관측공은 지하수위의 특징적인 이상치를 보이지 않고, 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 꾸준히 감시할 계획이다.

2.8.10 경주지구

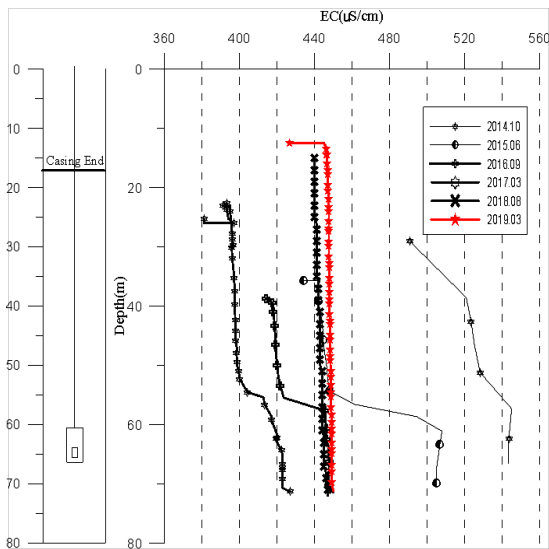
1. 위치

관측공	주소	좌표(TM)			개발년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
경주1	경주시 감포읍 팔조리 69-6	242618.347	254046.493	24.918	2014	1.51
경주2	경주시 양북면 와읍리 782	240111.716	254937.737	59.052	2014	58.53
경주3	경주시 강동면 인동리 863-3	222490.8496	276750.8609	8.664	2015	2.664
경주4	경주시 건천읍 송선리 1417	206771.6259	257744.6836	155.068	2015	150.268
경주5	경주시 서면 도리 845	206112.7151	268994.4019	117.322	2015	114.322

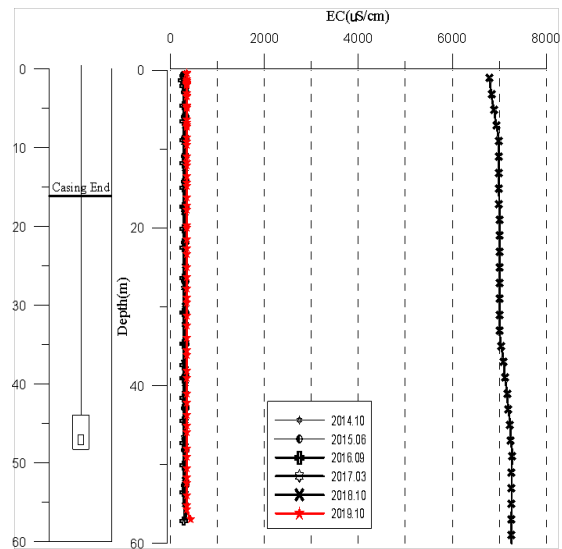
2. 지형 및 지질

경주지구는 시가지 지역의 확장에 따라 위락시설이 많이 들어서고 있다. 농경지 주변으로 펜션시설이 밀집되어 있으며, 양북온천과 농업용수로 지하수이용량이 많아 지하수위 고갈의 우려와 골프장 건설에 의한 지하수 수량 부족 우려가 있다.

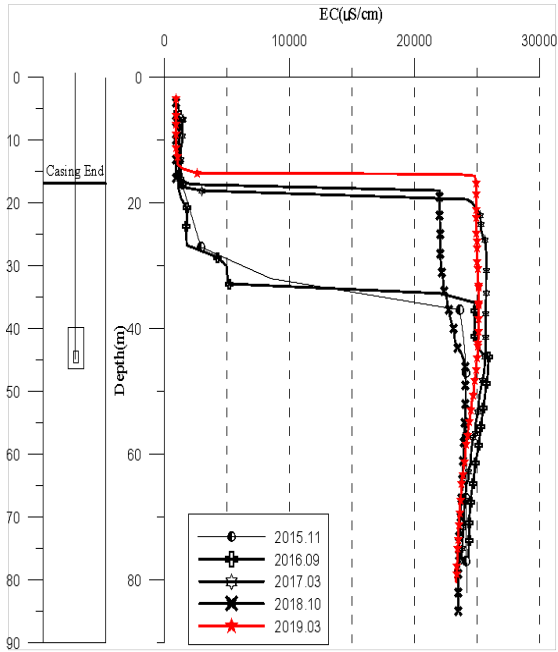
3. 지하수 검층



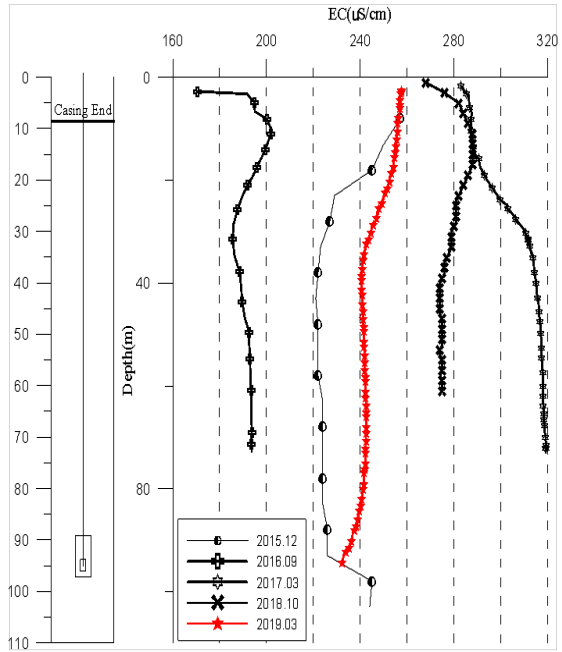
<경주1 관측공>



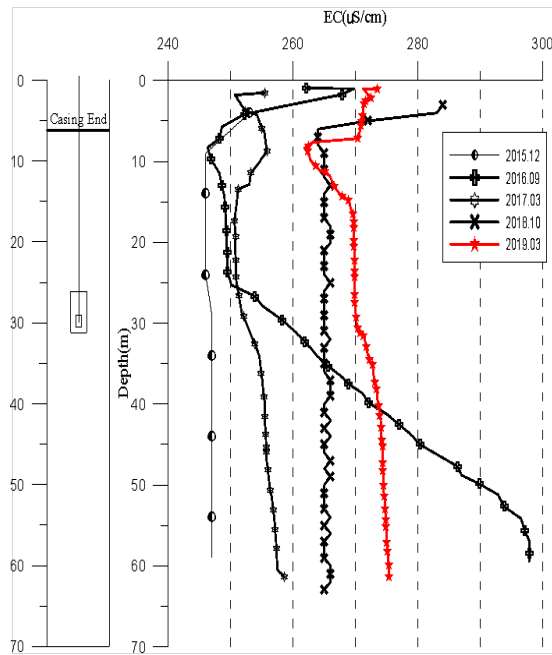
<경주2 관측공>



<경주3 관측공>



<경주4 관측공>



<경주5 관측공>

4. 지하수 수질 분석

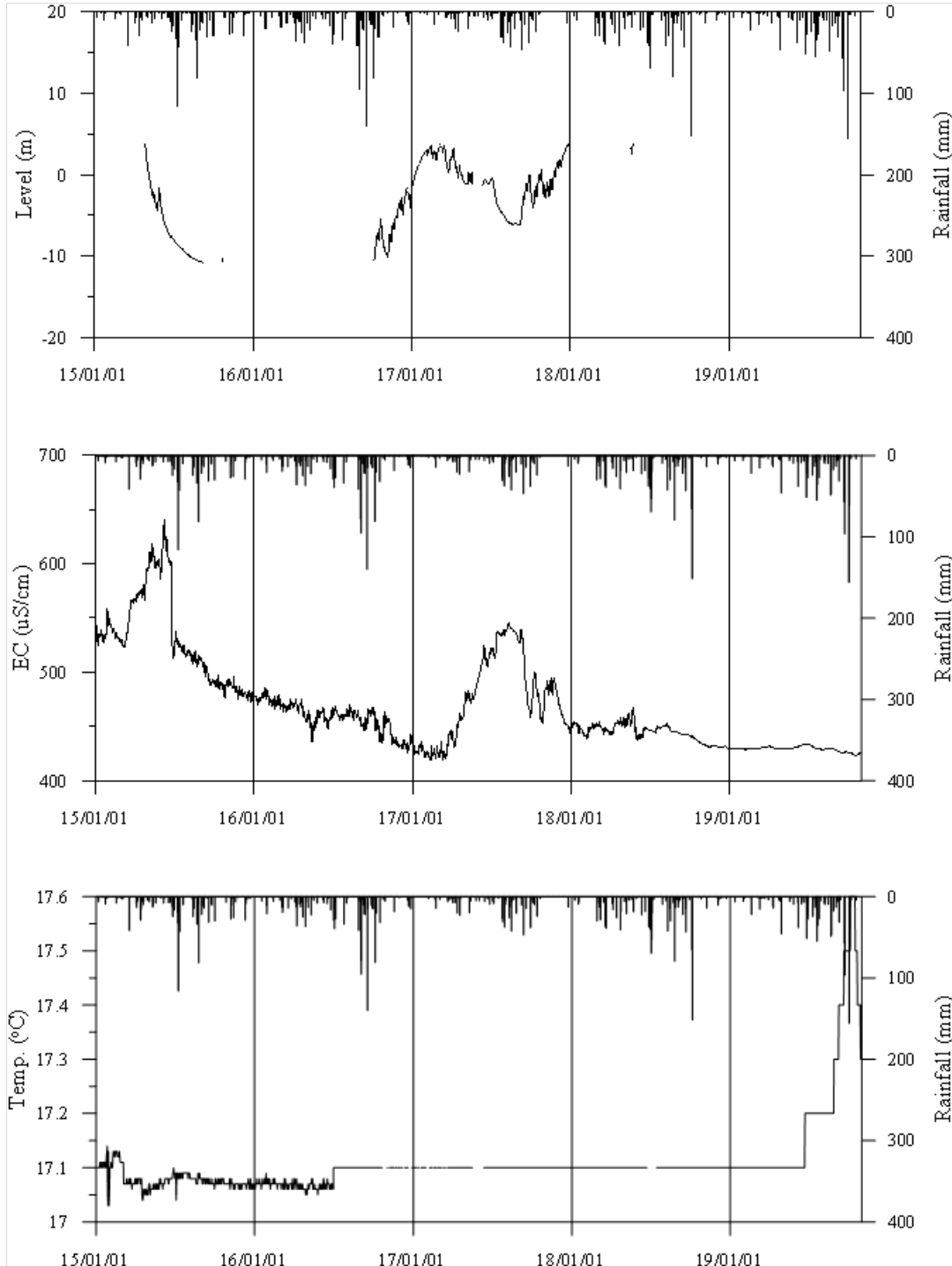
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

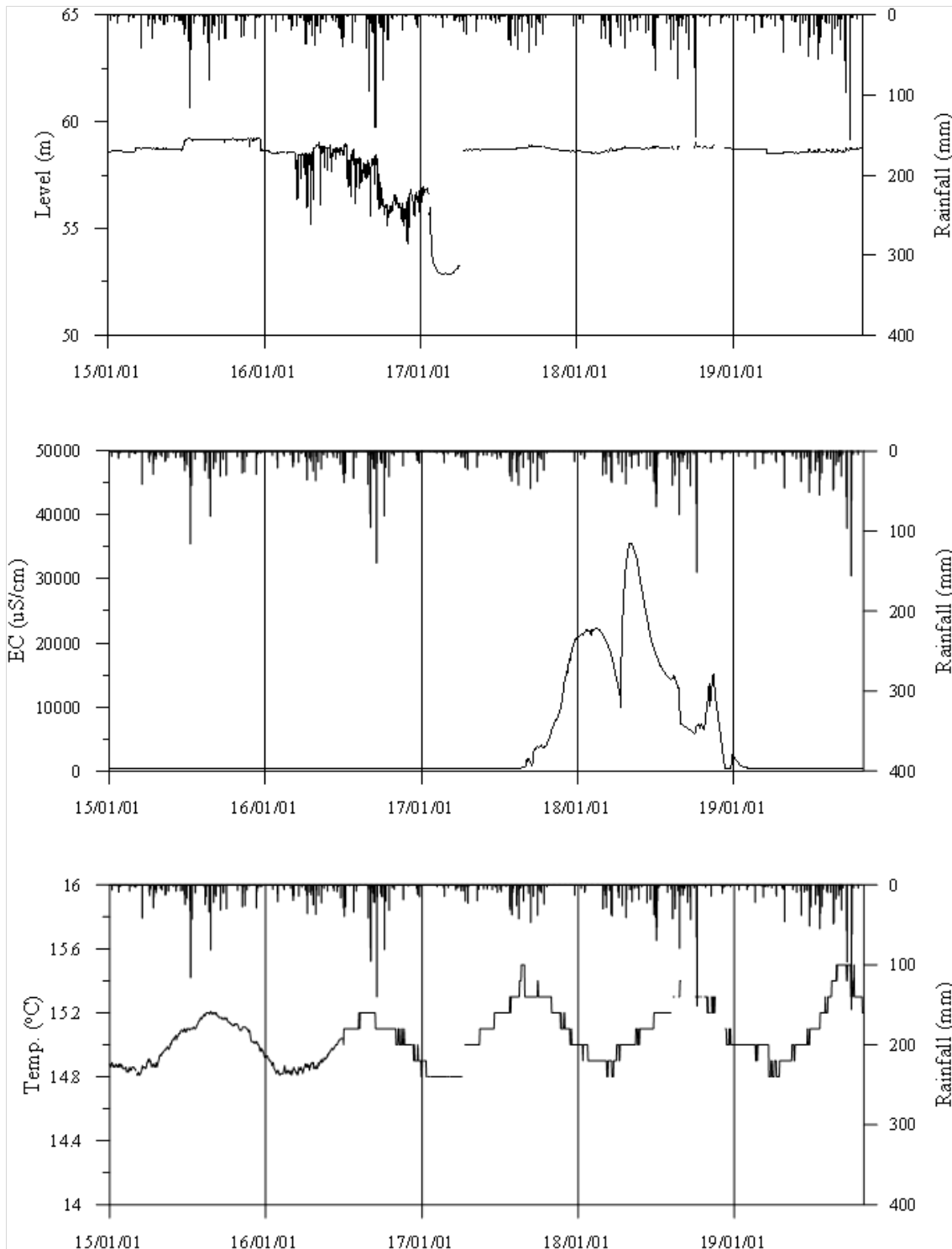
관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
경주1	(2014.10)	126.00	0.42	2.19	2.02	36.39	31.97	213.51	0.17
	(2015. 7)	115.98	0.27	2.01	1.35	9.02	36.92	213.50	0.24
	(2016. 4)	97.41	0.06	1.76	1.08	7.24	31.52	195.20	N.D.
	(2017. 5)	94.64	0.07	1.78	1.24	6.43	37.36	205.88	N.D.
	(2018. 6)	100.29	0.17	1.90	1.24	13.87	35.08	179.95	0.11
	(2019. 4)	97.73	0.28	1.57	1.19	14.03	32.21	167.75	N.D.
경주2	(2014.10)	51.05	4.36	3.25	13.30	17.27	20.08	128.10	N.D.
	(2015. 7)	55.37	4.24	3.56	13.74	17.45	19.60	140.30	0.04
	(2016. 4)	42.97	5.37	2.45	15.15	15.68	17.46	122.00	N.D.
	(2017. 5)	48.29	4.07	3.02	11.41	16.68	18.94	140.30	N.D.
	(2018. 6)	48.93	4.29	3.64	13.29	17.48	18.32	125.05	0.11
	(2019. 4)	52.35	2.94	3.25	10.63	17.62	16.49	152.50	N.D.
경주3	(2015.11)	452.52	85.19	13.93	333.37	321.39	1358.46	176.90	49.48
	(2016. 4)	280.51	59.24	13.66	208.57	271.30	711.30	237.90	4.70
	(2017. 5)	717.49	140.21	19.52	663.87	402.87	2314.02	201.30	0.64
	(2018. 6)	93.38	33.66	16.47	70.84	98.96	126.86	265.35	10.85
	(2019. 4)	66.40	24.84	12.59	57.31	56.24	93.67	240.95	1.65
경주4	(2015.11)	27.77	2.69	0.45	21.68	13.79	11.92	97.60	4.70
	(2016. 4)	11.34	6.41	1.00	30.40	4.80	10.00	109.80	23.30
	(2017. 5)	32.37	3.42	0.85	22.97	24.78	26.10	112.85	0.48
	(2018. 6)	14.96	3.74	0.45	24.45	8.95	7.35	91.50	6.16
	(2019. 4)	13.27	4.86	0.43	26.70	8.17	8.83	112.85	12.81
경주5	(2015.11)	46.68	7.10	1.15	36.27	54.71	8.26	161.65	3.52
	(2016. 4)	15.85	6.62	1.07	35.38	9.90	6.60	158.60	N.D.
	(2017. 5)	12.68	6.94	0.96	32.96	8.64	7.08	134.20	1.36
	(2018. 6)	18.10	6.56	0.81	33.86	15.84	5.74	137.25	1.46
	(2019. 4)	11.39	5.59	0.68	31.96	8.64	5.55	137.25	1.53

5.

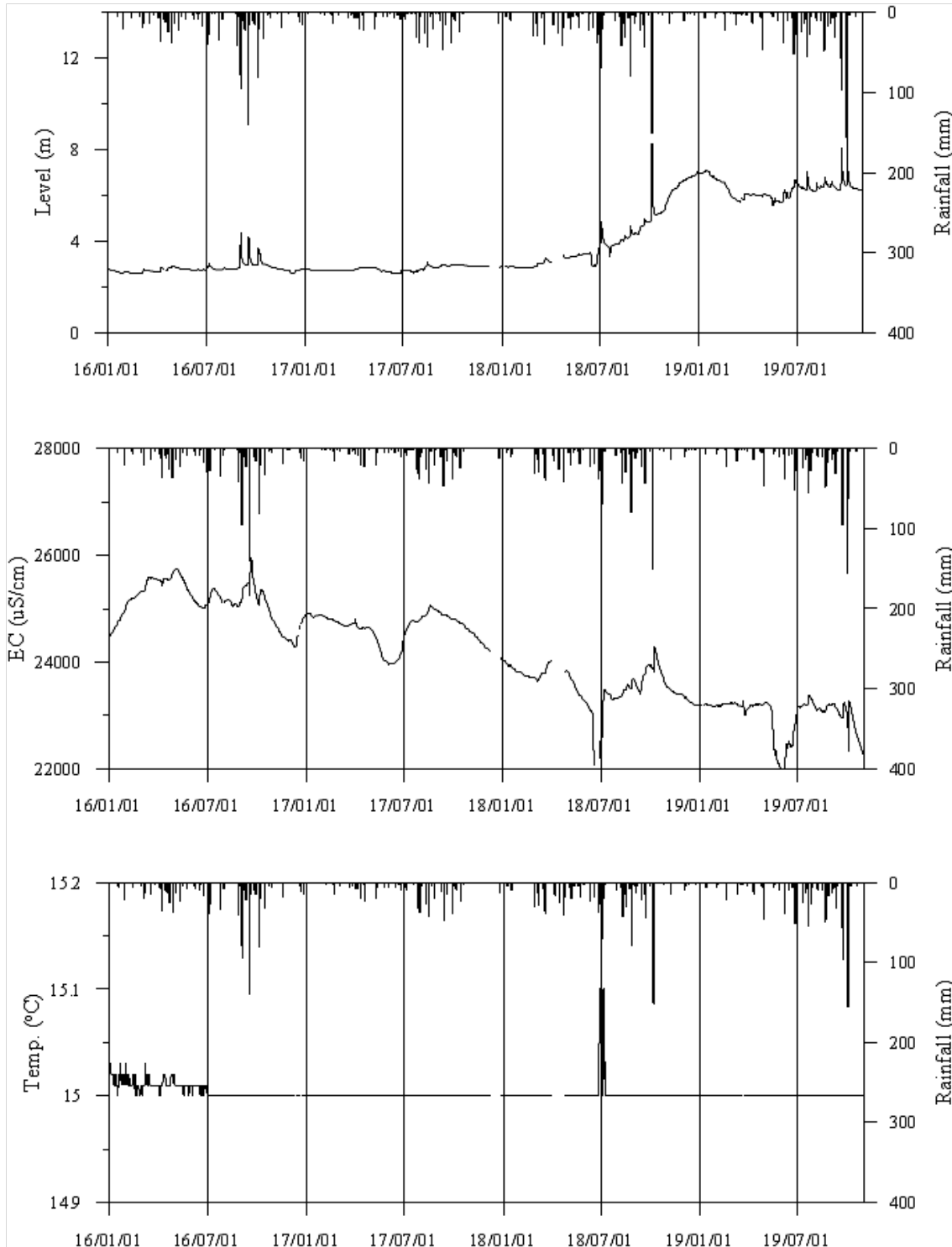
장기관측 결과



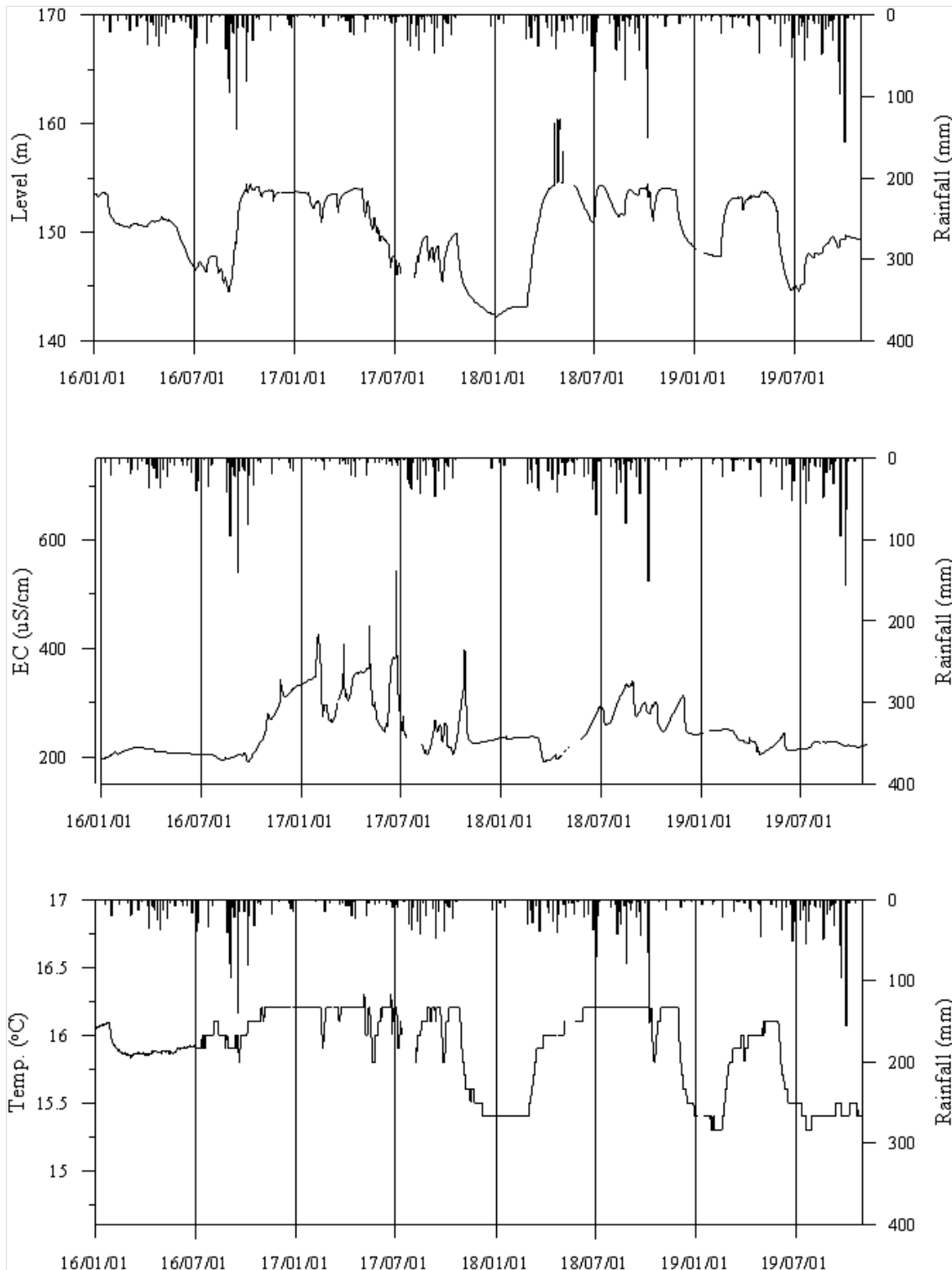
<경주1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<경주2 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

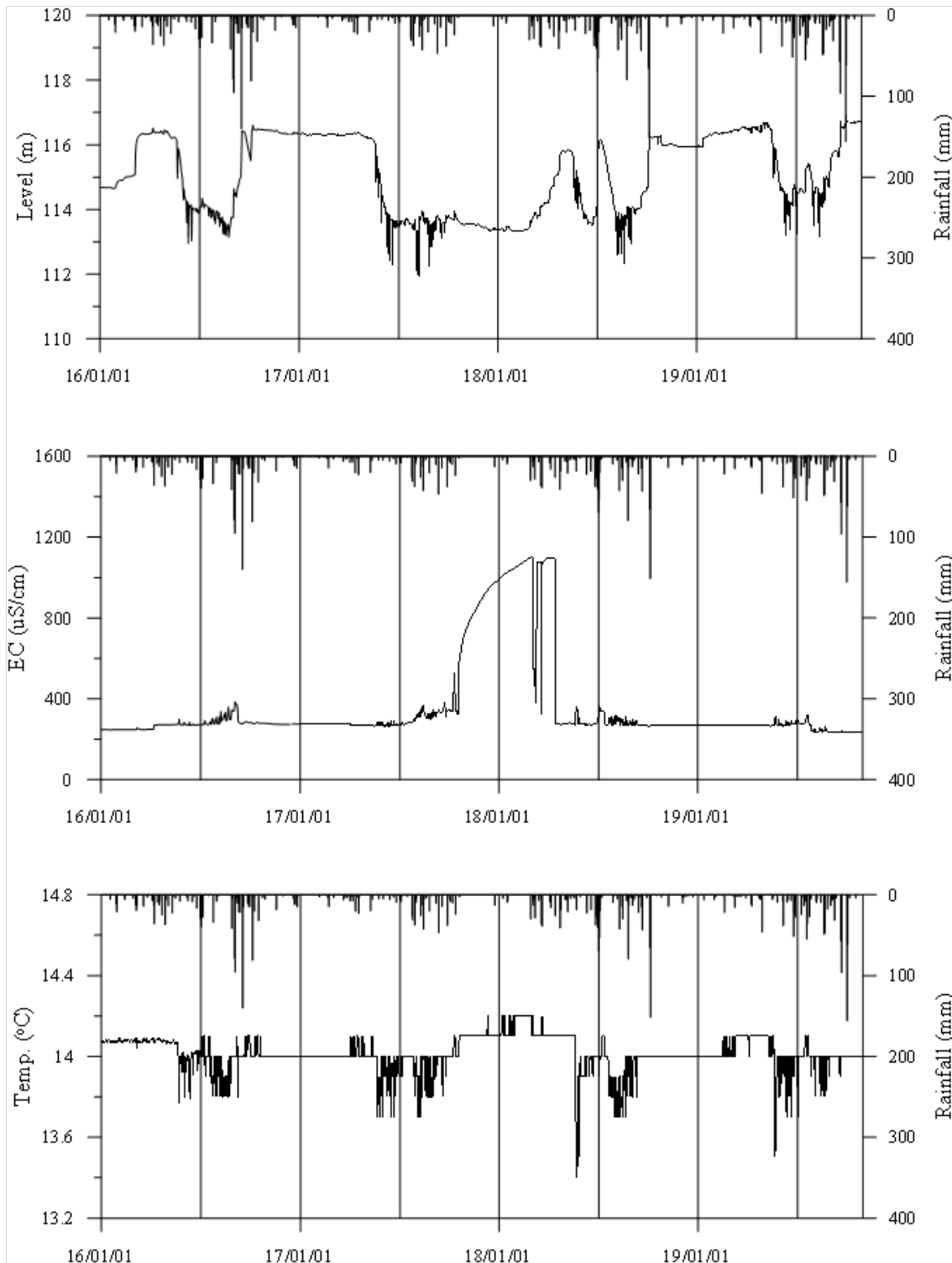


<경주3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<경주4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<경주5 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 경주1 관측공 주변에는 계단식 농경지가 형성되어 있고 주변으로 펜션시설이 밀집되어 있다. 시가지 지역의 확장에 따라 농어촌 지하수의 수량 및 수질에의 영향을 관측하고, 위락시설 및 농업에 따른 지하수로의 영향을 살펴보기 위하여 관측공을 설치하였다. 경주2 관측공은 양북온천과 농업용수로 지하수 이용량이 많아 지하수위 고갈의 우려와 골프장 건설에 의한 지하수 수량 변화를 관측하고자 관측공을 설치하였다. 경주3 관측공은 경주시 강동면 인동리에 위치한다. 관측공 주변으로 형산강이 인접해 있으며, 대규모 농경지가 발달해 있어 하천수위 변화 및 경작에 따른 지하수 수량·수질 변화를 관측하고자 설치하였다. 경주4 관측공은 경주시 건천읍 송선저수지 상류부에 위치한다. 관측공 주변으로 농업용수 및 생활용수를 사용하는 농가가 인접해 있어 계절별 지하수 사용 패턴 분석을 위해 지하수 관측이 필요하며, 축산농가가 인접해 있어 지하수 오염에 따른 지하수 수량·수질 변화를 관측하고자 설치하였다. 경주5 관측공은 경주시 서면 심곡저수지 상류부에 위치한다. 관측공 주변으로 농업용수 및 생활용수를 사용하는 농가가 인접해 있어 계절별 지하수 사용 패턴에 따른 지하수 수량·수질 변화를 관측하고자 설치하였다. 또한, 농업용 공공관정이 반경 100 m 내에 위치하여 농업용수 사용에 따른 지하수위 변화 분석이 가능하다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 경주1 관측공의 전기전도도는 400 ~ 450 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도 55 ~ 60 m 구간에 전기전도도가 소폭 증가하는 전이대가 있다. 경주2 관측공에서는 2014년 ~ 2017년까지 전 심도에서 꾸준히 약 300 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도값을 보였으나, 2018년 검층 시 약 7,000 $\mu S/cm$ 으로 상승하였다. 따라서 수질오염에 미치는 영향을 검토하기 위하여 매년 주기적인 검층이 필요할 것으로 판단된다. 경주3 관측공은 해수가 역류하는 형산강 인근에 위치하고 있어 전기전도도값이 해수의 약 50 %에 해당하는 약 25,000 $\mu S/cm$ 까지 증가하고 있다. 또한 심도 약 35 m에서 전기전도도가 약 5,000 $\mu S/cm$ 에서 약 25,000 $\mu S/cm$ 로 증가하는 전이대가 나타난다. 경주4 관측공의

전기전도도는 170 ~ 320 $\mu S/cm$ 범위이다. 경주5 관측공에서는 심도 약 60 m까지는 350 $\mu S/cm$ 내외의 전기전도도값을 보이다가 급격히 상승하여 약 1,300 $\mu S/cm$ 까지 증가한다.

- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 경주1, 2, 3, 4 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 따라서 경주1, 2 관측공 주변 지하수에는 나트륨을 포함한 하폐수 등이 유입되는 것으로 추정된다. 경주5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 경주지구의 질산염 농도는 2015년 경주3 관측공에서 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 또한 경주3 관측공의 염소이온 농도가 127 ~ 2,314 mg/L로 높게 나타나 형산강 염수체의 유입을 지시한다.
- 4) 장기 관측결과 : 경주1 관측공 지하수위는 20 m 내외에서 크게 변동하는 추세이며, 전기전도도는 수위와 비례하고, 전반적으로 감소하는 추세이다. 경주2 관측공 지하수위 변동폭은 1 m 이내로 거의 일정한 수위를 보이고 있었으나, 2016년 가을부터 2017년 봄철까지 약 8 m 의 강하를 보였다. 전기전도도도 강수와 상관관계가 높지 않지만, 2017년 하반기에 약 4,000 $\mu S/cm$ 까지 급격하게 상승하였다. 수온은 강수에 비례한다. 경주3 관측공은 지하수위가 2018년 이래로 꾸준히 증가추세를 보이며, 반대로 전기전도도는 꾸준히 감소추세이다. 그러나 전기전도도의 범위는 22,000~25,000 $\mu S/cm$ 범위로 염수의 특징을 보인다. 경주4 관측공에서는 강수량이 지하수위에 미치는 영향이 거의 없으며, 지하수위는 10 m 범위에서 크게 변동하는 경향이고, 하절기에 주변 지하수 이용에 의해 감소한다. 전기전도도는 200 ~ 500 $\mu S/cm$ 범위이다. 경주5 관측공의 지하수위 변동폭은 6 m 이내이고 하절기 주변 지하수 이용에 따라 감소한다. 전기전도도는 2017년 말 ~ 2018년 초를 제외하면 250 ~ 400 $\mu S/cm$ 범위로 나타나 담수 특징을 보인다.
- 5) 관리 방안 : 경주3 관측공에는 현재 형산강 염수유입에 따라 나트륨이 과다하게 부하되어 있다. 경주3 관측공 주변에서는 지하수 이용을 자제하고, 타수자원을 모색할 필요가 있다.

2.8.11 김천지구

1. 위치

관측공	주 소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
김천1	김천시 봉산면 예지리 747-8	114491.572	293455.052	80.15	2016	78.05
김천2	김천시 개령면 황계리 97-1	125450.633	294662.473	58.10	2016	53.30
김천3	김천시 아포읍 지리 6-1	133149.503	400474.852	46.54	2018	41.34
김천4	김천시 조마면 대방리 950-1	376752	302523	224	2019	218.9

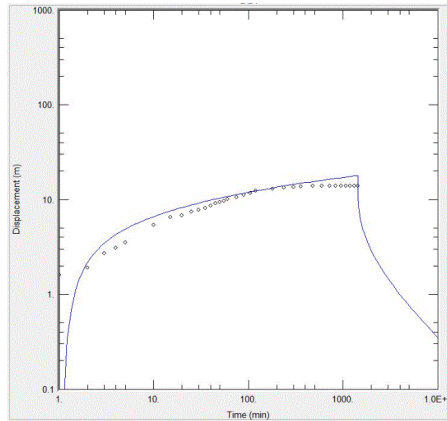
2. 지형 및 지질

김천1 관측공은 경북 김천시 봉산면 소재지에서 남서쪽으로 약 1 km 떨어진 지점에 위치하고 있으며, 관측공 주변에는 시설재배단지가 주를 이루고 있다. 김천1 관측공 남쪽으로 흐르는 직지사천은 동쪽방향으로 흘러 낙동강의 지류인 감천으로 유입된다. 지질은 선캄브리아기 편마암복합체와 중생대 쥐라기의 세립질 흑운모 화강암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 김천2 관측공은 경북 김천시 개령면 소재지에서 동남쪽으로 약 2.4 km 떨어진 지점에 위치하고 있다. 김천2 지구는 아천이 감천으로 합류되는 지점에 위치하고, 이 하천은 북동쪽으로 흘러 낙동강으로 유입된다. 일대의 지질은 선캄브리아기 편마암복합체와 시대미상의 각섬석화강섬록암 및 석영섬록질암이 기저를 이루고 있으며, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 김천3 관측공의 북쪽으로는 감천이 흐르고 있으며, 하천을 따라 논 경작지가 넓게 분포하고 있다. 김천4 관측공이 소재한 조마면 대방리는 김천시의 남쪽에 위치하고 있으며, 성주군 금수면과 인접하고 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

김천4 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

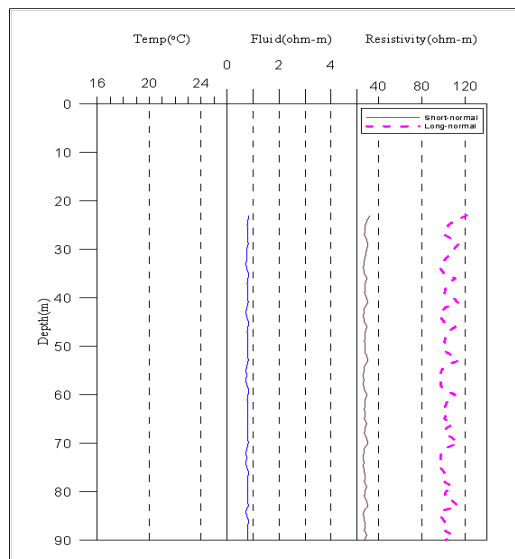
◎ 양수시험



<김천4 관측공 양수시험>

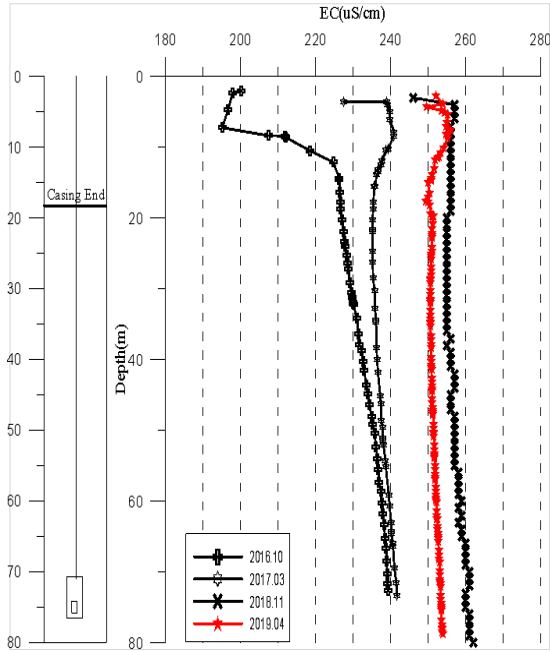
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
김천4	60	1.7955	2.44×10 ⁻⁵	85.0

◎ 물리검층

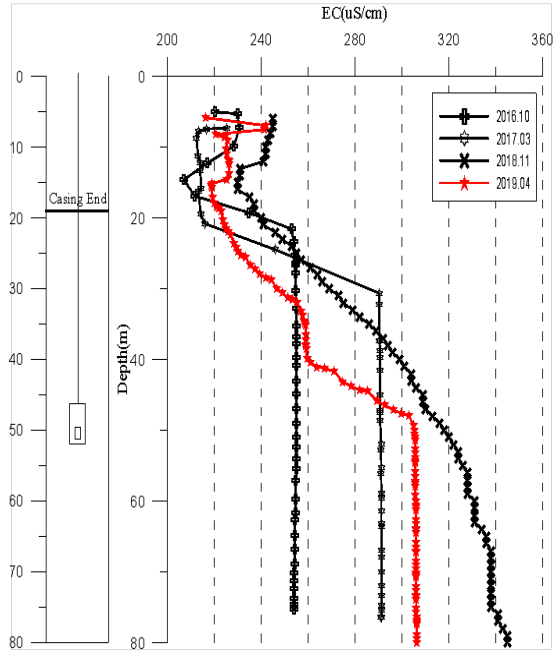


<김천4 관측공 물리검층>

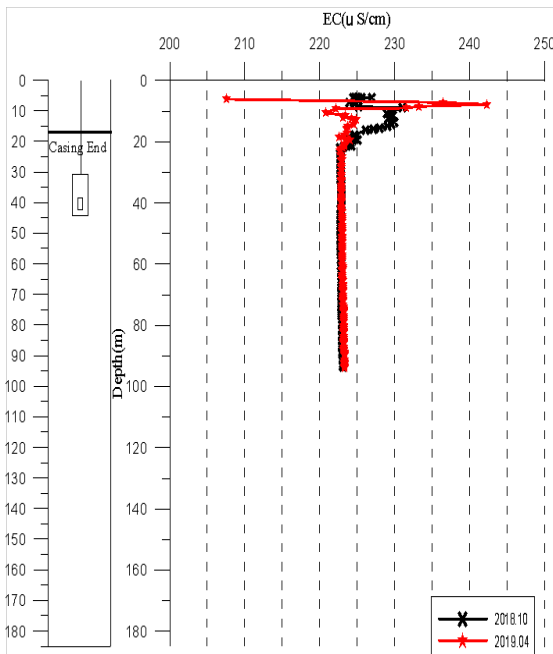
4. 지하수 검층



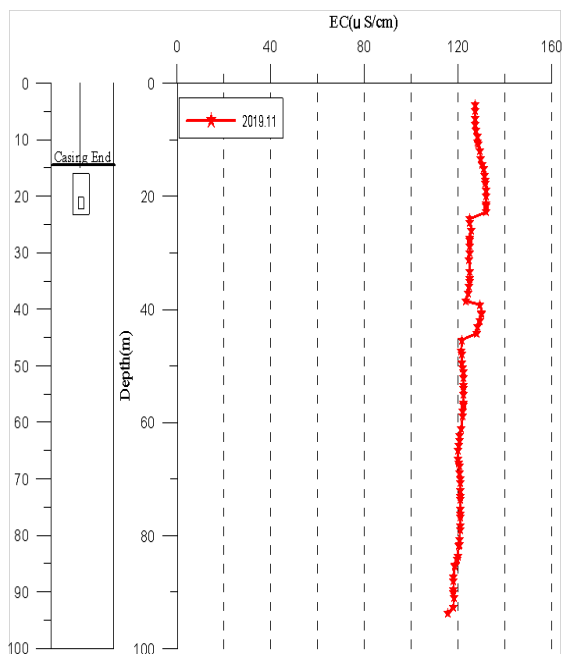
<김천1 관측공>



<김천2 관측공>



<김천3 관측공>



<김천4 관측공>

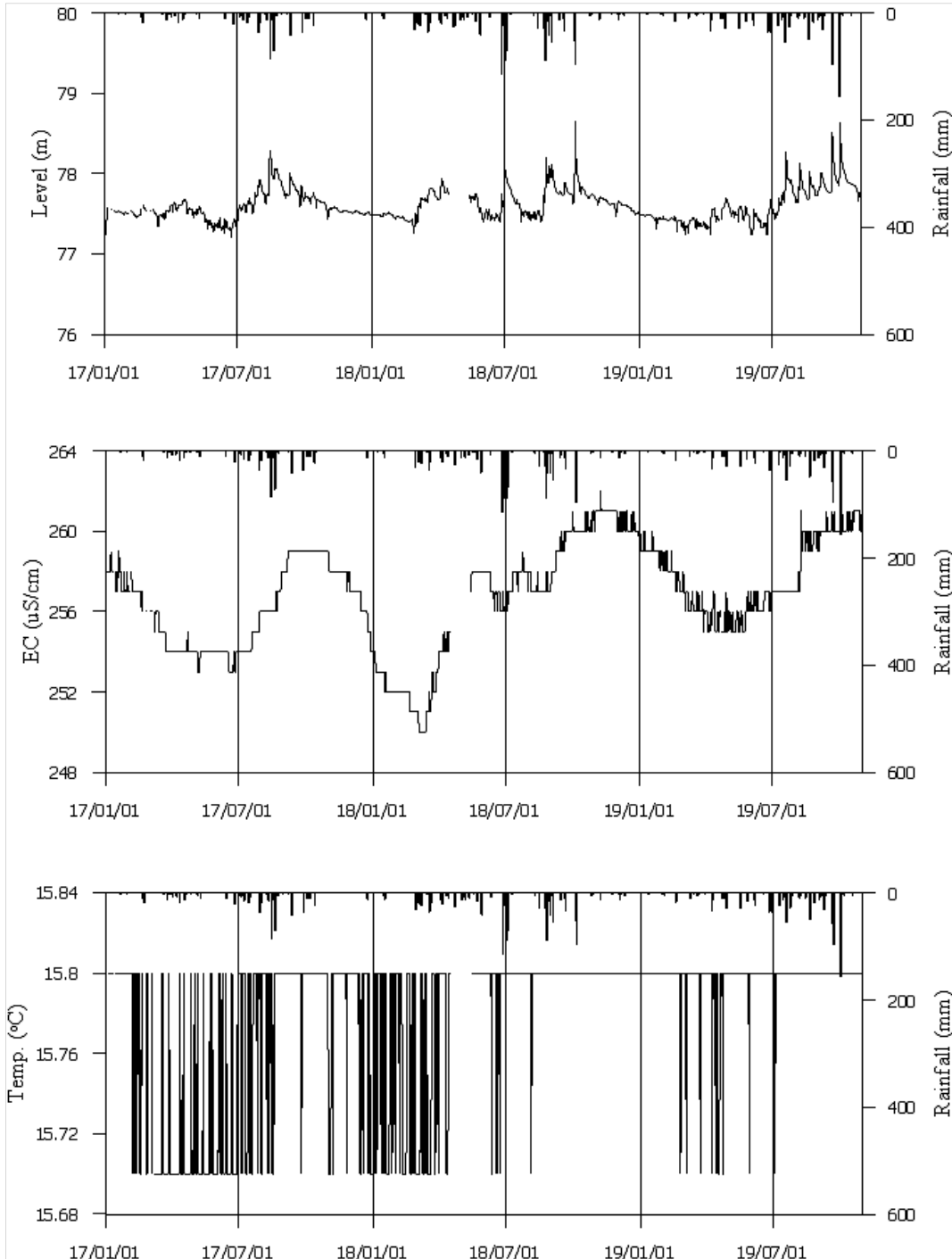
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

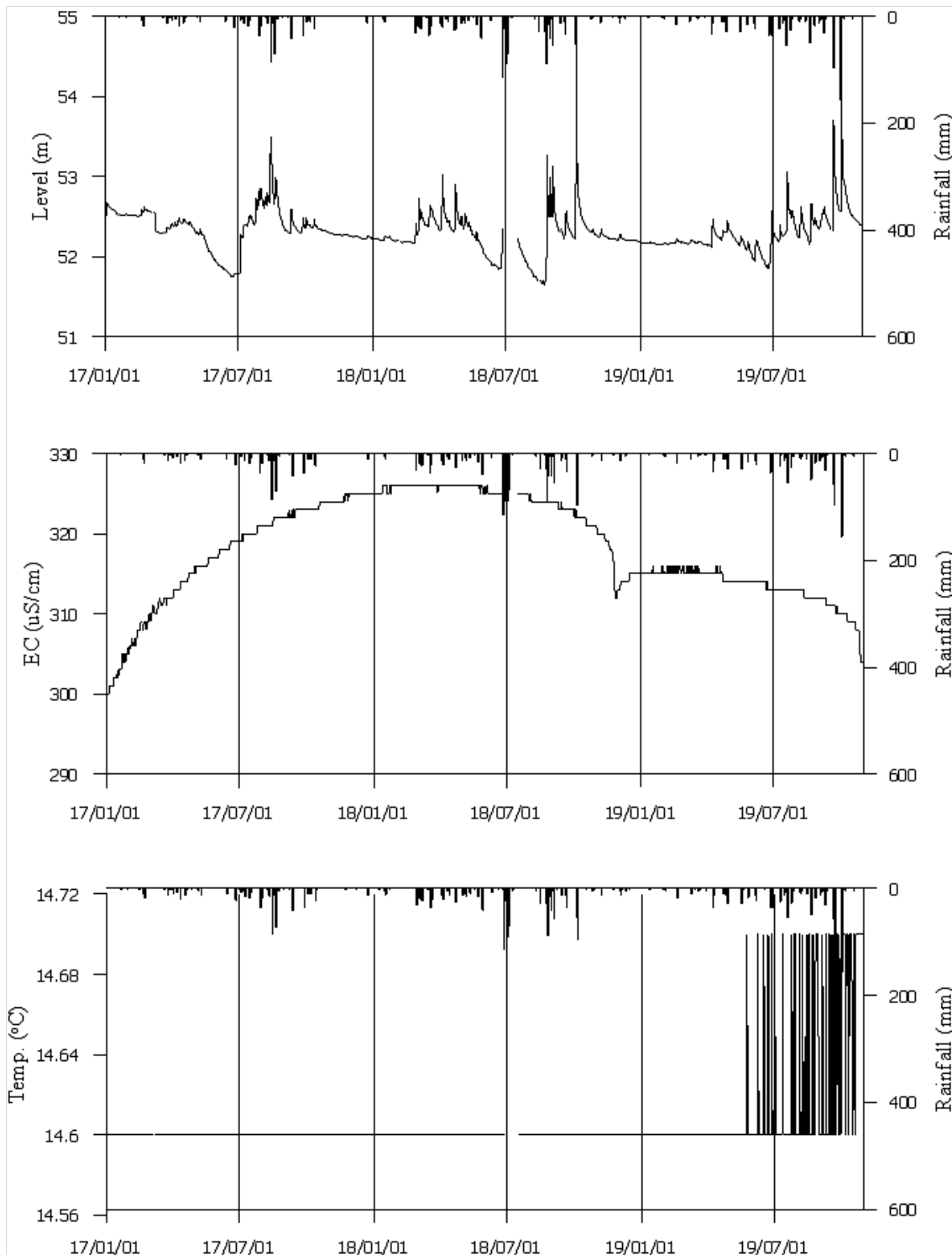
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
김천1	(2016.10)	13.10	5.70	2.10	26.80	3.49	8.87	122.00	N.D.
	(2017. 5)	10.11	6.84	2.08	28.36	6.21	11.53	109.80	0.09
	(2018. 6)	11.78	6.40	1.83	26.47	6.99	11.05	109.80	0.11
	(2019. 4)	11.43	6.18	2.01	29.23	6.91	10.48	118.95	N.D.
김천2	(2016.10)	15.10	5.50	1.70	26.60	14.69	15.52	97.60	5.06
	(2017. 5)	11.73	4.87	1.53	24.30	11.32	13.13	85.40	2.47
	(2018. 6)	13.97	4.23	1.28	22.78	11.47	12.49	85.40	2.58
	(2019. 4)	13.65	4.24	1.40	25.50	9.80	10.51	97.60	1.78
김천3	(2018.12)	16.477	6.565	1.404	21.973	2.049	2.317	125.05	N.D.
	(2019. 4)	18.39	6.34	1.36	23.05	2.42	3.39	128.10	N.D.
김천4	(2019.11)	3.99	2.27	0.99	10.40	3.07	3.38	42.70	-

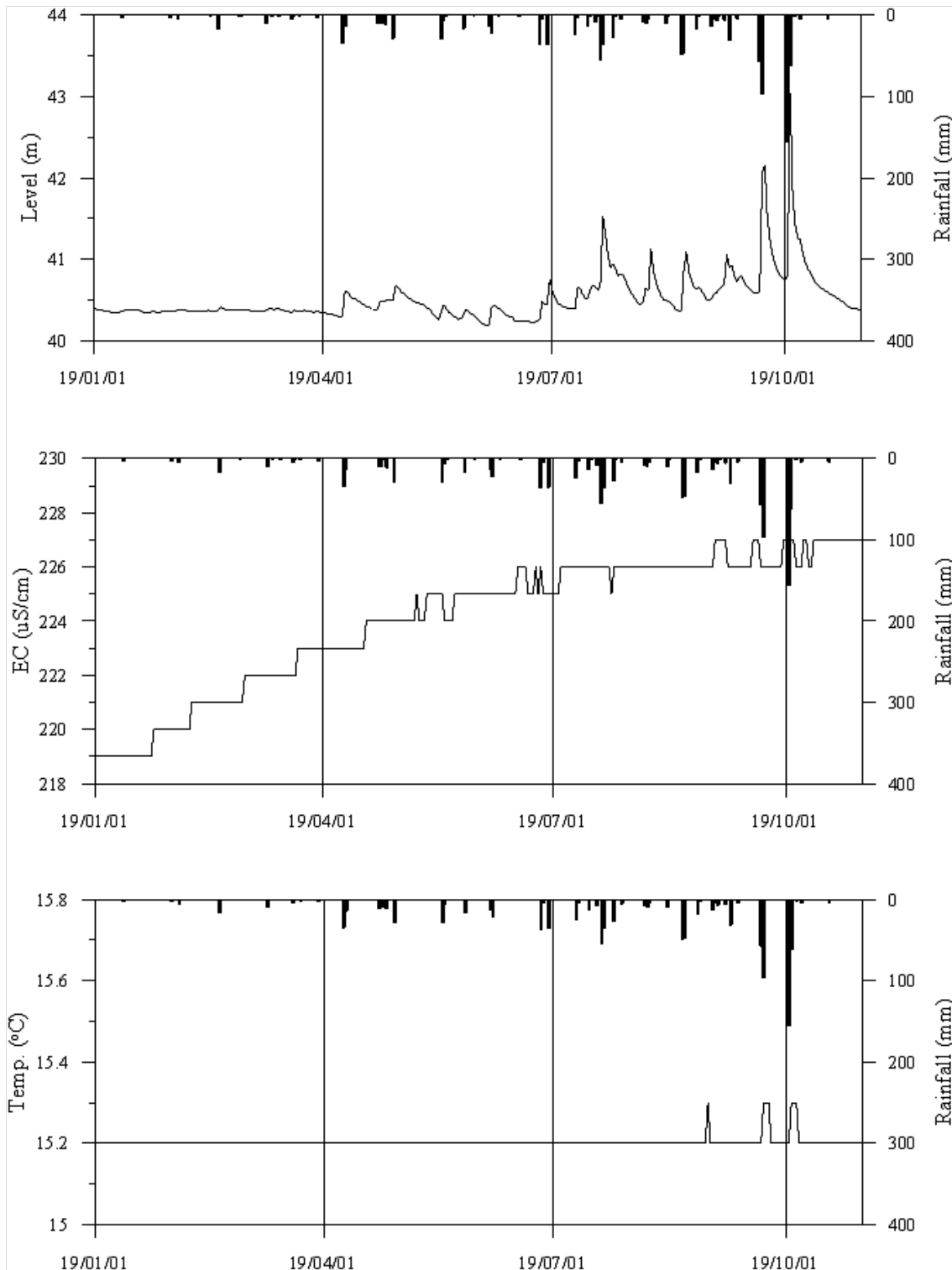
6. 장기관측 결과



<김천1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<김천2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<김천3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 김천1 관측공은 직지사천에 발달한 농경지역에 위치하며, 농경지는 주로 시설재배단지로 이용되고 있다. 관측공의 주변에는 시설재배가 넓게 이루어지고 있어 시설재배 단지의 조성으로 인한 농약과 비료 등의 대량 시비로 지하수 오염이 우려되고 지하수수요량 증가로 인한 수량관리가 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다. 김천2 관측공은 아천이 감천으로 합류되는 지점에 위치하고 있으며 넓게 분포되어있는 농경지를 비롯하여 인근에 위치한 농공단지로 인해 관정밀도가 높은 지역으로 지하수 수량에 대한 관측이 필요하다. 또한 산업단지가 자리하고 있으며 주변 오염원 분포밀도가 높고 오염 취약성도가 높은 지역으로 지하수 수질에 대한 관측 또한 필요한 지역으로 판단되어 관측공을 설치하였다. 김천3 관측공이 위치한 지리 일대는 2009년도 조사 시 축사시설 등 오염원 시설에 대한 관리가 필요한 지역으로 분류되었으며. 경작지의 계절별 경작에 따른 지하수의 변동과 축사시설을 비롯해 경작지에서 사용하는 비료, 농약 등으로 인한 지하수 수질오염의 우려가 있으므로 지하수 수량 및 수질 관측을 위하여 관측공 설치 지역으로 선정하였다. 김천4 관측공 설치지역은 지하수 이용량이 지속적으로 증가하고 있으며, 질산성질소의 수질기준 초과 등 수량 및 수질관리를 위한 관리대책이 필요할 것으로 조사되어 관측공 대상지구로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 김천4 관측공의 양수량은 $60 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $2.44 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 85.0 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 20 ohm-m, 장노말(64 ")은 90~120 ohm-m 로 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 김천1, 2, 3, 4 관측공은 각각 $194 \sim 241 \mu\text{S}/\text{cm}$, $206 \sim 290 \mu\text{S}/\text{cm}$, $220 \sim 230 \mu\text{S}/\text{cm}$, $120 \sim 140 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이며, 공저까지 일정한 전기전도도를 나타내고 있다.
- 4) 지하수수질분석 결과 : 이온분석 결과 김천1, 2, 3, 4 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 김천1, 2, 3, 4 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 gm/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88

mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 김천1, 2, 3 관측공 지하수위는 강수와 비례적이며, 공통적으로 담수영역이다. 김천1 관측공은 전기전도도가 약 $250 \mu S/cm$ 내외임에 비해, 김천2 관측공은 약 $300 \sim 330 \mu S/cm$, 김천3 관측공은 약 $220 \mu S/cm$ 내외이다.
- 6) 관리 방안 : 김천지구 관측공은 현재 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도 변동 등을 모니터링 할 계획이다.

2.8.12 칠곡지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
칠곡1	칠곡군 왜관읍 낙산리 741-7	146183.7119	270570.199	27.591	2016	20.39
칠곡2	칠곡군 왜관읍 금남리 808	146821.8558	267886.8352	26.317	2016	20.02
칠곡3	칠곡군 가산면 송학리 729-5	156512.278	388939.578	112.10	2018	108.10
칠곡4	칠곡군 지천면 창평리 629-1	375809	334379	80.0	2019	75.8

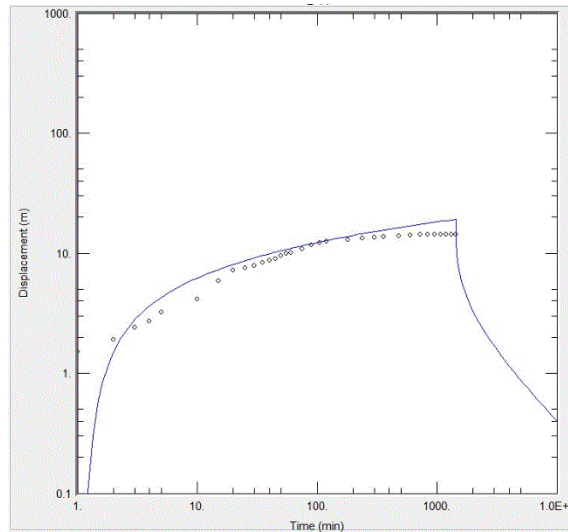
2. 지형 및 지질

칠곡1 관측공은 칠곡군 왜관읍 소재지에서 남쪽으로 약 6 km 떨어진 지점에 위치하며, 주변은 낮은 구릉성 산지로 둘러싸여 있다. 또한 관측공 서쪽으로 낙동강이 흐르고 있으며, 하천을 따라 시설재배 농가와 주거지가 발달하였다. 일대의 지질은 상부 대동계 낙동통 낙동층으로 이암, 사암 등이 기저를 이루고, 이를 신생대 제4기 충적층이 덮고 있다. 칠곡2 관측공은 칠곡군 왜관읍 소재지에서 남쪽으로 약 8.8 km 떨어진 지점에 위치하고 있다. 서쪽으로 낙동강이 흐르고 동쪽으로는 구릉지인 구봉산과 금무산이 자리 잡고 있으며, 하천을 따라 분포하는 농경지에서는 시설재배가 주를 이루고 있다. 일대의 지질은 상부 대동계 낙동통 하산동층으로 이암, 혈암, 사암 등이 기저를 이루고, 이를 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 덮고 있다. 칠곡3 관측공 설치지인 송학리 지역은 수질관리대상 지역으로 분류되어 있는 지역이다. 칠곡4 관측공 설치지인 창평리는 칠곡읍내를 기준으로 동남쪽에 위치한다.

3. 대수층 수리지질 현황

칠곡4 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

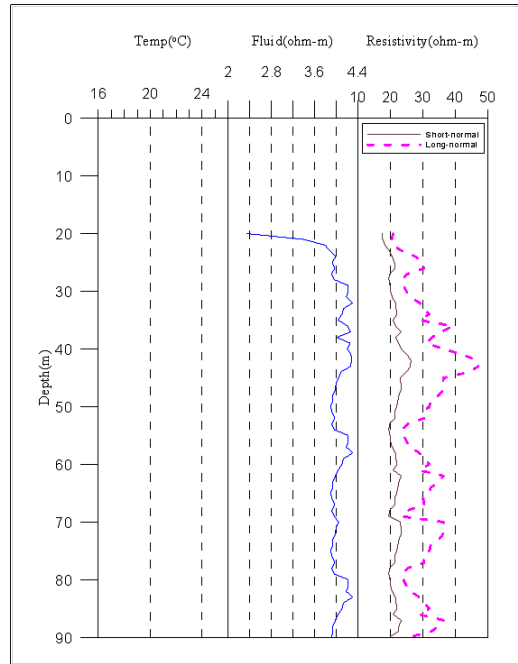
◎ 양수시험



<칠곡4 관측공 양수시험>

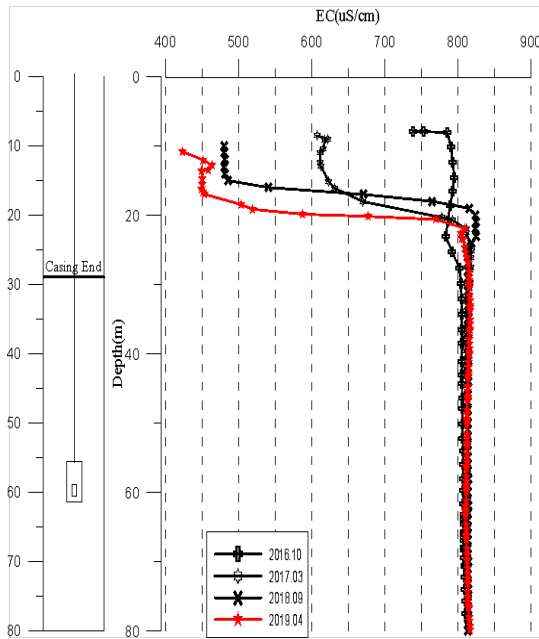
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
칠곡4	70	1.994	2.72×10 ⁻⁵	85

◎ 물리검층

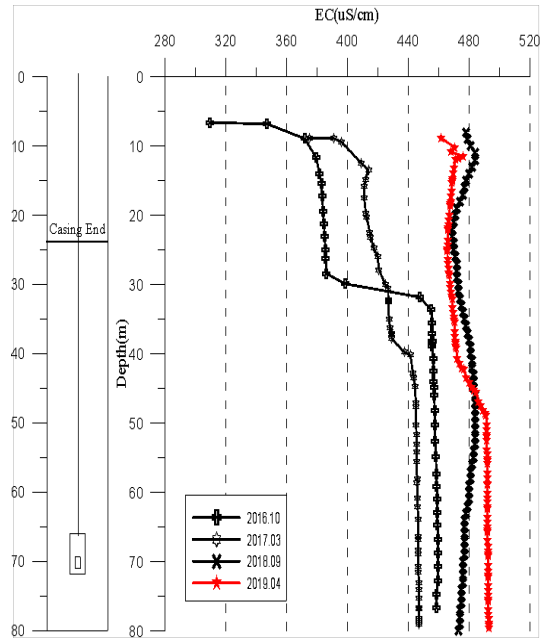


<칠곡4 관측공 물리검층>

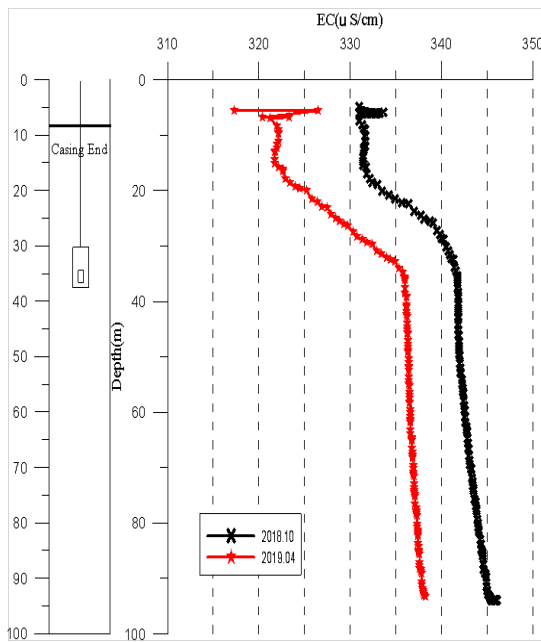
4. 지하수 검층



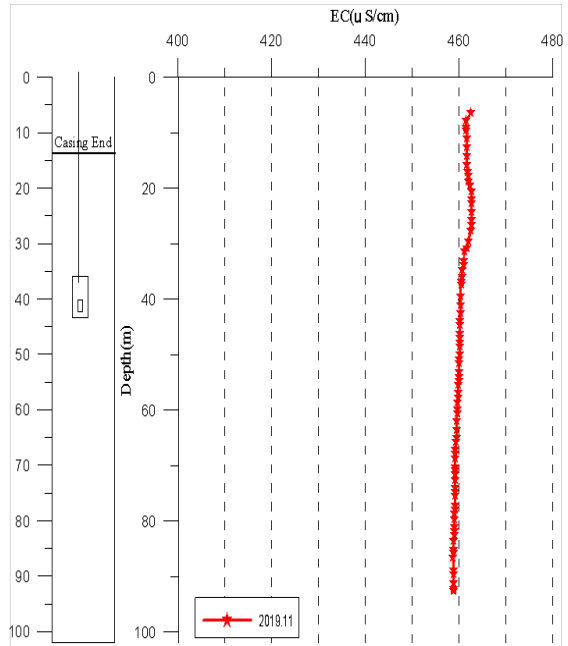
<칠곡1 관측공>



<칠곡2 관측공>



<칠곡3 관측공>



<칠곡4 관측공>

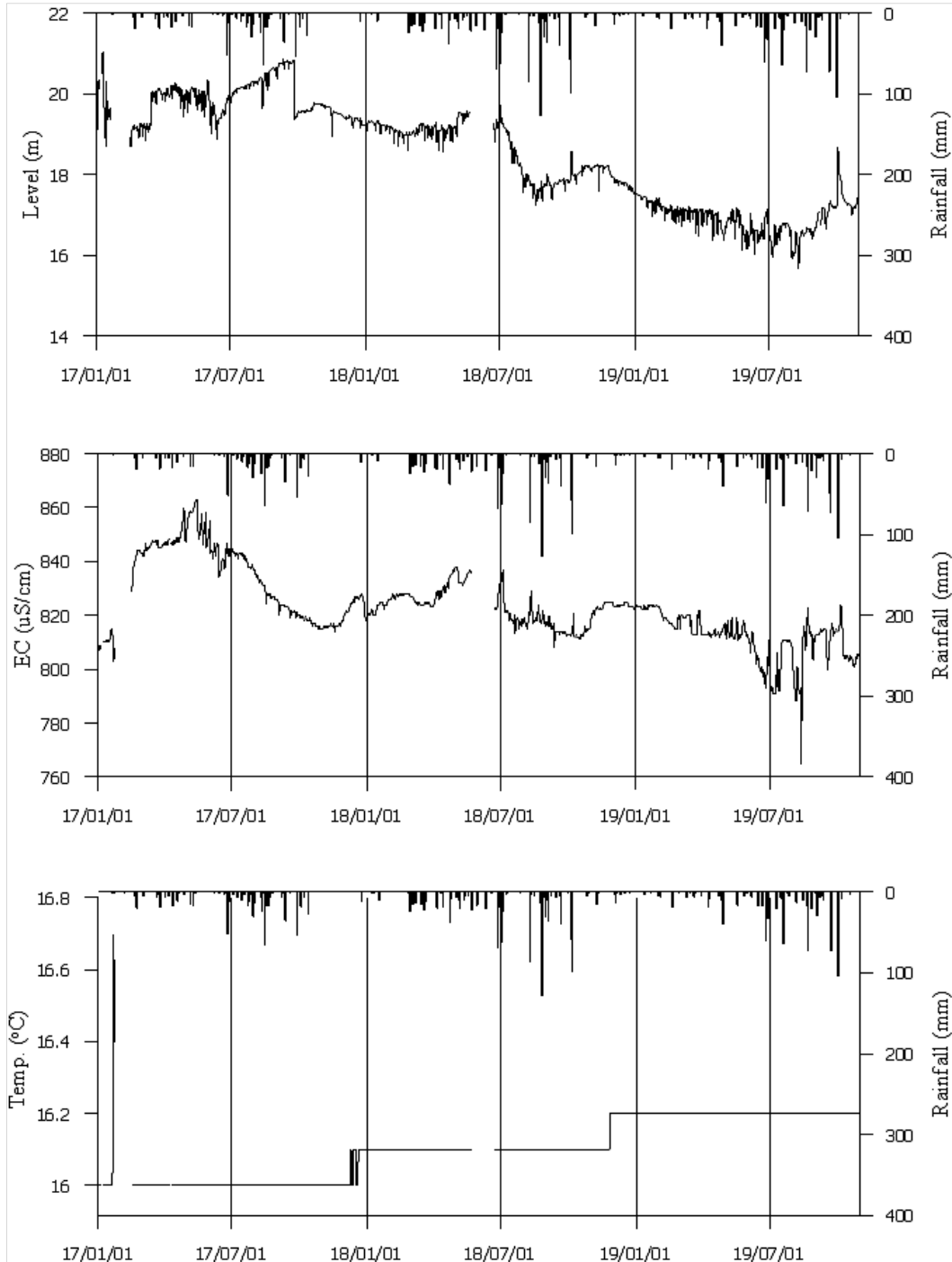
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

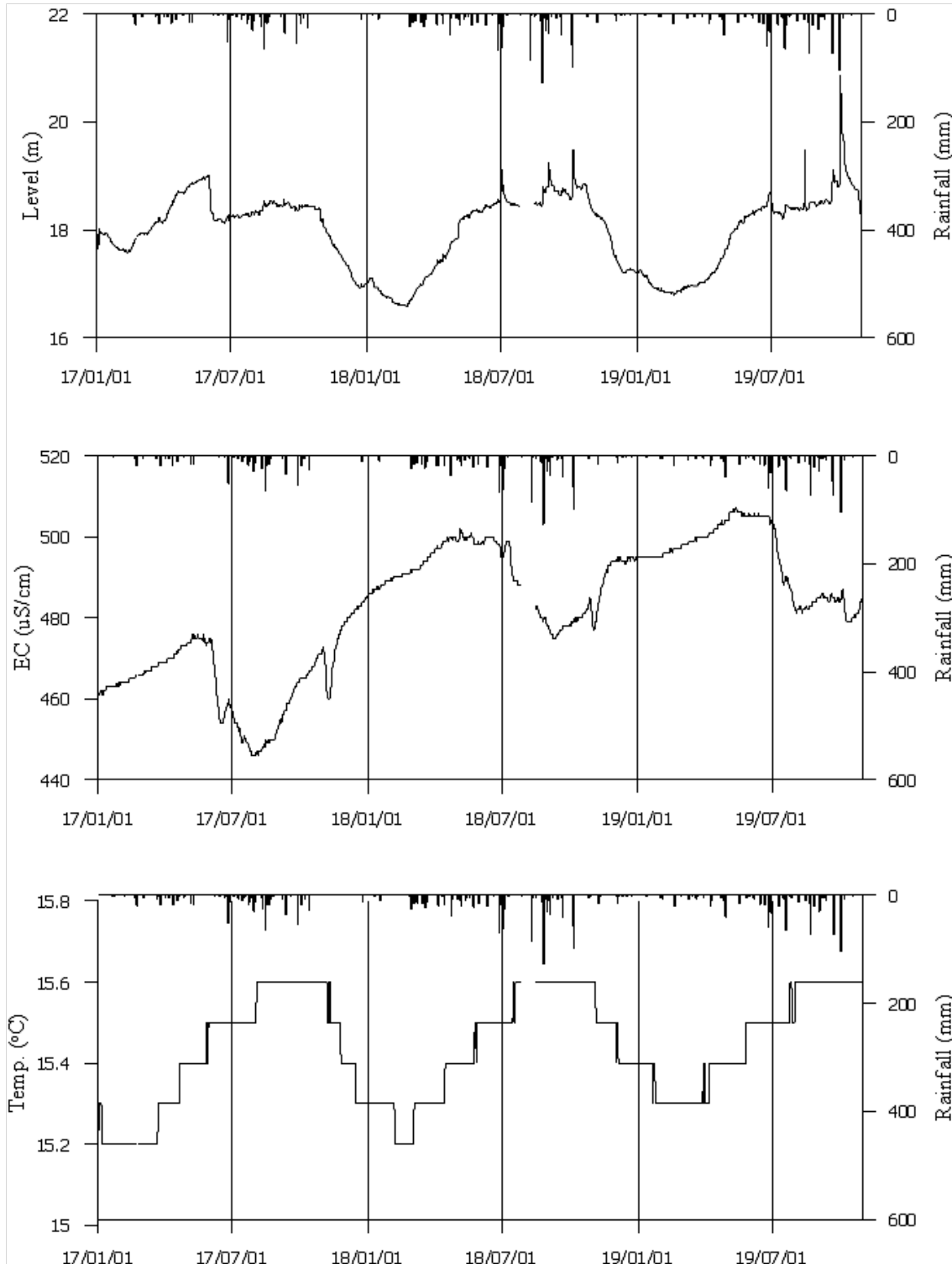
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
칠곡1	(2016.10)	28.50	33.30	3.40	89.40	31.70	111.87	263.80	41.96
	(2017. 5)	23.63	33.98	2.70	75.70	35.75	81.11	210.45	30.07
	(2018. 6)	26.04	28.00	3.41	21.82	24.96	82.84	88.45	1.31
	(2019. 4)	22.74	24.94	4.26	15.81	22.83	78.69	70.15	N.D.
칠곡2	(2016.10)	10.50	21.10	1.60	45.70	21.91	6.87	201.30	12.05
	(2017. 5)	7.37	20.60	1.33	48.26	21.32	8.14	181.48	22.62
	(2018. 6)	8.44	22.67	1.30	50.34	22.49	8.63	201.30	21.65
	(2019. 4)	9.24	23.61	1.37	57.00	22.95	8.44	225.70	21.85
칠곡3	(2018.12)	5.99	15.97	0.97	42.13	6.36	3.43	195.20	N.D.
	(2019. 4)	6.49	11.87	0.93	47.18	4.61	3.64	189.10	4.54
칠곡4	(2019.11)	11.34	18.89	1.94	60.58	14.33	11.62	240.95	

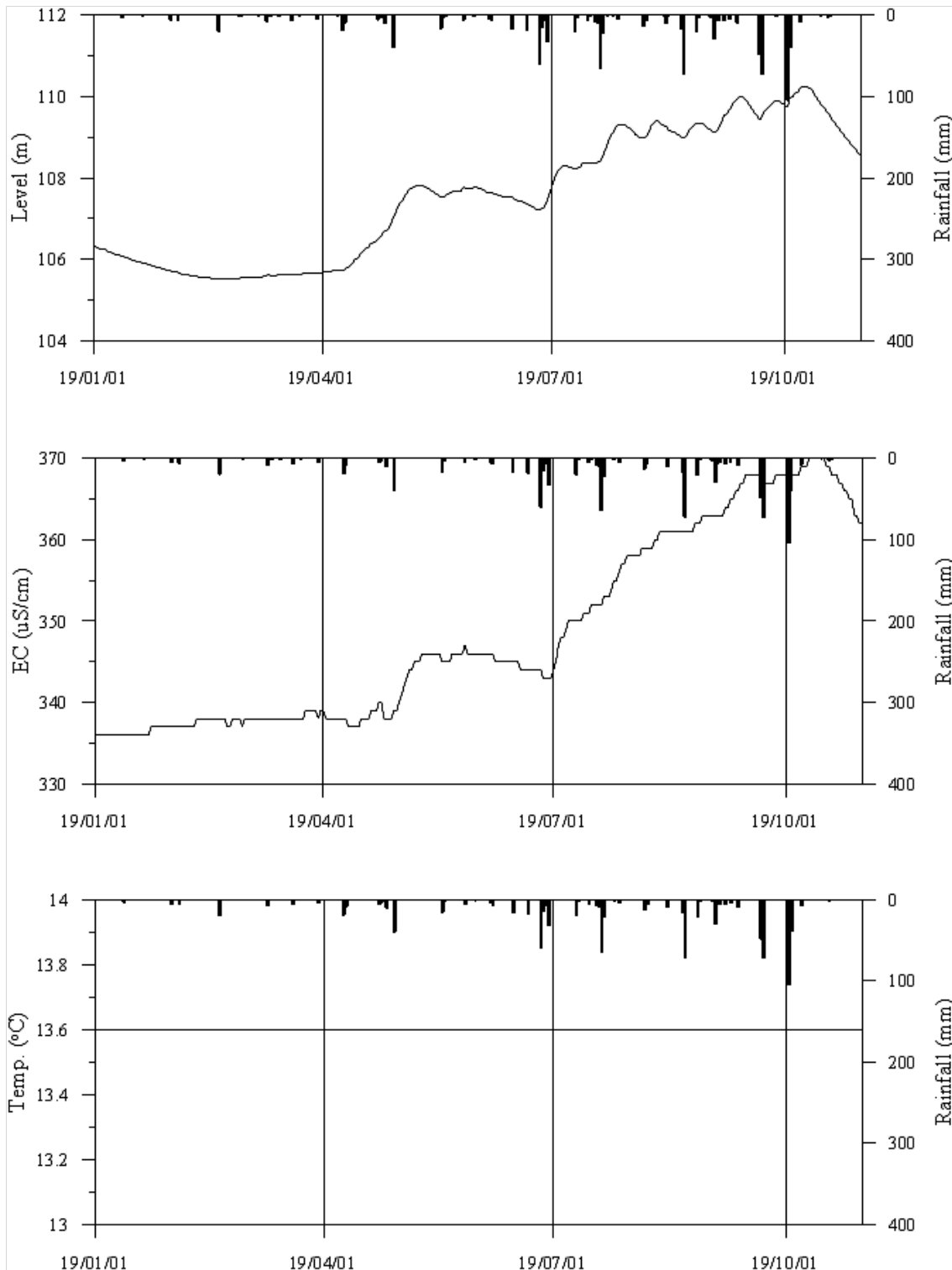
6. 장기관측 결과



<칠곡1 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<칠곡2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<칠곡3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 칠곡1 관측공은 낙동강을 중심으로 농경지와 산업단지가 발달한 곳에 위치하고 있다. 칠곡1지구 인근에 다수의 주거지와 왜관지방산업단지가 위치하고 있으며 이로부터 유래되는 오염원으로 인한 지하수 오염 및 수질관측이 필요할 것으로 판단되어 관측공을 설치하였다. 칠곡2 관측공은 주변에 시설재배를 위주로 하는 농경지가 발달되어 있다. 관측공 서쪽으로 낙동강이 흐르고 있어 하천수위 변화에 따른 지하수 변동을 관측할 수 있고, 칠곡1 관측공과 함께 산업단지 및 주거지의 거리에 따른 지하수 수량·수질의 변화를 관측할 수 있어 관측공을 설치하였다. 칠곡3 관측공은 2016년 선장지구 지하수자원관리조사 시 수질관리지역으로 분류되었으며 지하수오염원에 대한 관리가 필요한 지역으로 장기적인 지하수이용에 따른 지하수 수질오염 모니터링을 위하여 관측공 설치 대상지로 선정하였다. 칠곡4 관측공은 점차 도시화가 진행되고 있는 지역으로 공장폐수 및 생활오수로 인한 지하수수질오염인자가 증가하여 장기적인 수질관리 및 관측을 위한 관측공 대상 부지로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 칠곡4 관측공의 양수량은 $70 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $2.72 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 85 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")은 20~30 ohm-m, 장노말(64")은 20~50 ohm-m로 나타난다. 약 50, 70, 80 m 심도에서 단노말과 장노말이 동시에 감소하여 해당구간 공벽은 지하수로 포화되어 있음을 추정케 한다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 칠곡1, 2, 3, 4 관측공은 각각 $400 \sim 835 \mu\text{S}/\text{cm}$, $292 \sim 459 \mu\text{S}/\text{cm}$, $310 \sim 350 \mu\text{S}/\text{cm}$, $450 \sim 460 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이며, 공저까지 일정한 전기전도도를 나타내고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 칠곡1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당하는데, 이는 농업활동이나 생활하수 등의 인위적인 오염원에 의한 영향을 받은 것으로 보이며, 칠곡2, 3, 4 관측공은 오염되지 않은 천부 지하수인 Ca-HCO_3 유형에 해당한다. 칠곡1, 2, 3, 4 관측공의 질산염 농도는 먹는물

수질기준(44 gm/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질 기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.

- 5) 장기 관측결과 : 칠곡1, 2, 3 관측공 지하수위는 강수와 반응이 좋다. 칠곡1 관측공은 전기전도도가 약 $850 \mu S/cm$ 내외로 상대적으로 높은 편이어서 영농에 이용을 유의해야 한다. 칠곡2 관측공 전기전도도는 $450 \mu S/cm$ 내외이며 강수와 반비례 관계를 보인다. 칠곡3 관측공 전기전도도는 $350 \mu S/cm$ 내외이며 수위와 비례 관계를 보인다.
- 6) 관리 방안 : 칠곡1, 2, 3, 4 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나 장기적인 관측을 통하여 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링할 계획이다.

2.8.13 의성지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
의성1	의성군 다인면 송호리 1616-1	321837.52	428613.15	55.24	2017	51.25
의성2	의성군 단밀면 생송리 479	319938.96	418553.16	73.28	2017	72.73
의성3	의성군 단북면 이연리 1225-30	325013.91	420977.56	43.65	2017	38.10
의성4	의성군 금성면 탑리리 1371-1	351790.17	407360.84	98.21	2017	95.61
의성5	의성군 안사면 쌍호리 932-94	325993.16	435628.36	60.93	2017	55.93
의성6	의성군 가음면 양지리 61-2	176908.024	403767.011	135.26	2018	128.66
의성7	의성군 옥산면 신계리 562-1	183680.268	427550.879	252.51	2018	248.31
의성8	의성군 안평면 삼촌리 59	162816.053	425613.594	153.68	2018	149.68
의성9	의성군 사곡면 공정리 1767	185255.778	410202.632	166.05	2018	161.55
의성10	의성군 점곡면 동변리 547	428858	360516	201.0	2019	195.5

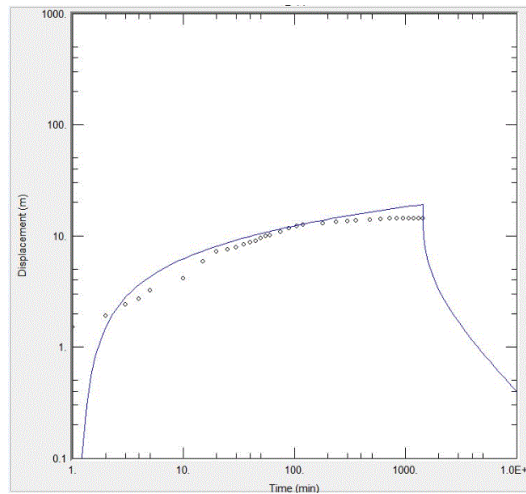
2. 지형 및 지질

의성군은 경상북도의 중앙에 위치하며, 북쪽은 안동시와 예천군에 접하고, 동쪽은 청송군, 남쪽은 군위군과 구미시, 서쪽은 상주시와 인접하고 있다. 경지가 많고 넓은 들을 형성하고 있는 곳은 가음, 금성면 일대와 봉양면에서 시작하여 비안, 구천, 단밀, 단북, 안계, 다인면에 이르는 넓은 들은 밭보다 논이 더 많은 곡창지대이며, 안계평야는 도내에서 우수한 평야로 꼽힌다. 그 이외의 면은 대개가 임야가 많고 평지가 협소한 곳이다

3. 대수층 수리지질 현황

의성10 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

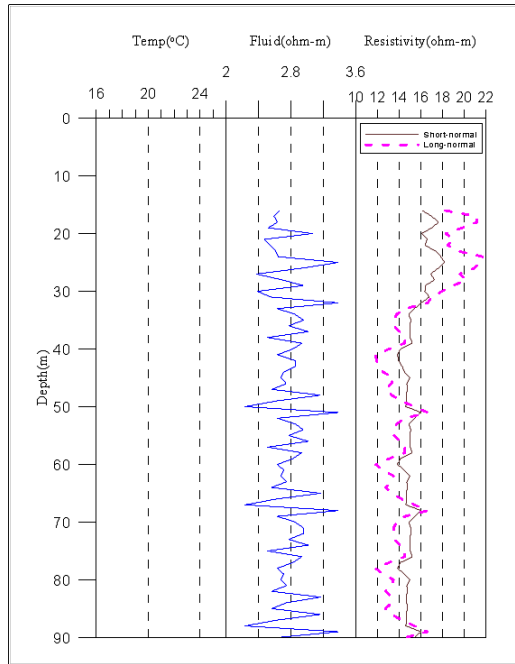
◎ 양수시험



<의성10 관측공 양수시험>

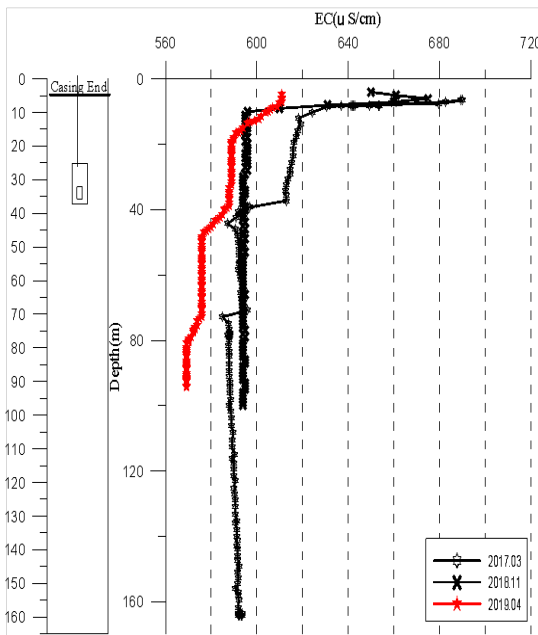
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
의성10	50	0.719	9.26×10 ⁻⁶	90.0

◎ 물리검층

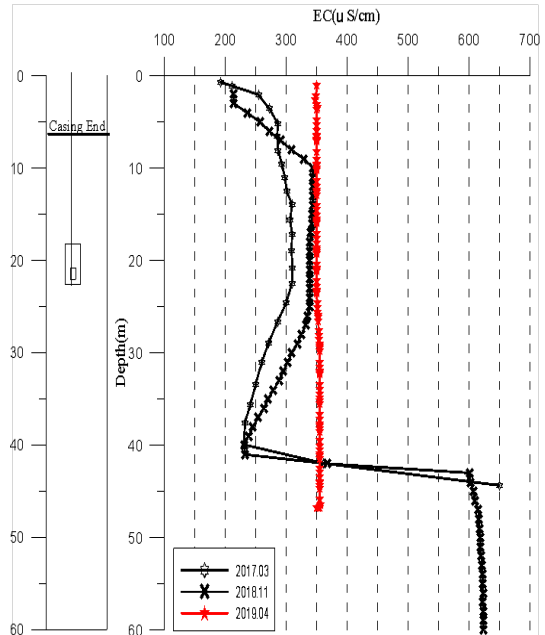


<의성10 관측공 물리검층>

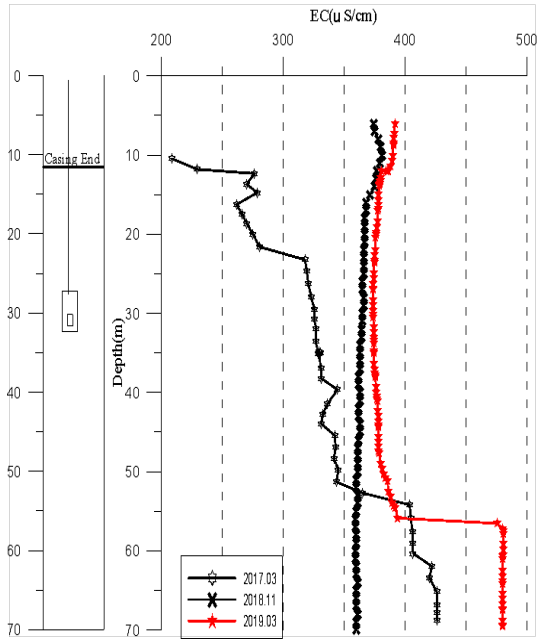
4. 지하수 검층



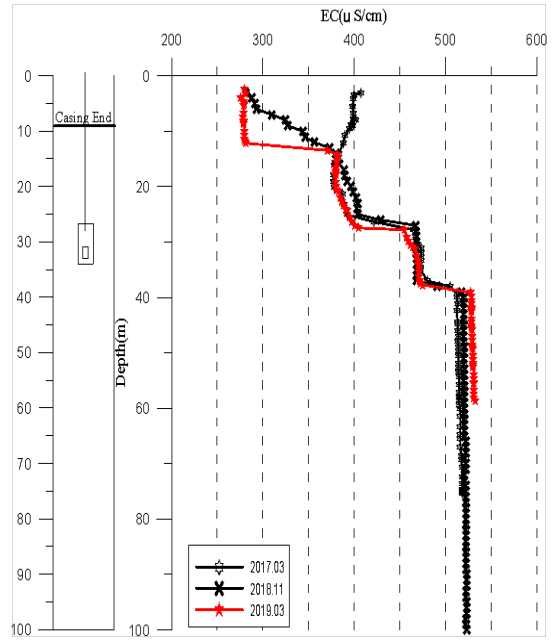
<의성1 관측공>



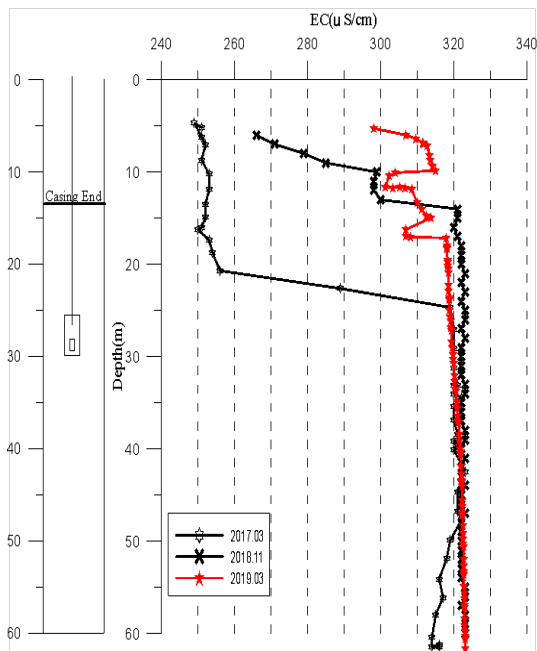
<의성2 관측공>



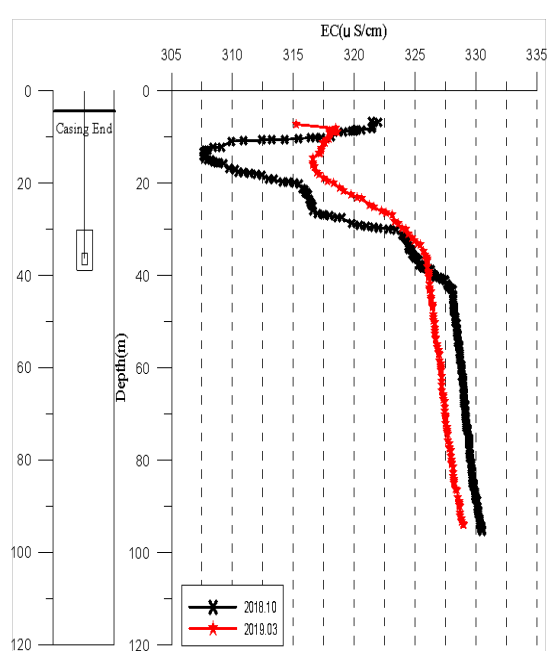
<의성3 관측공>



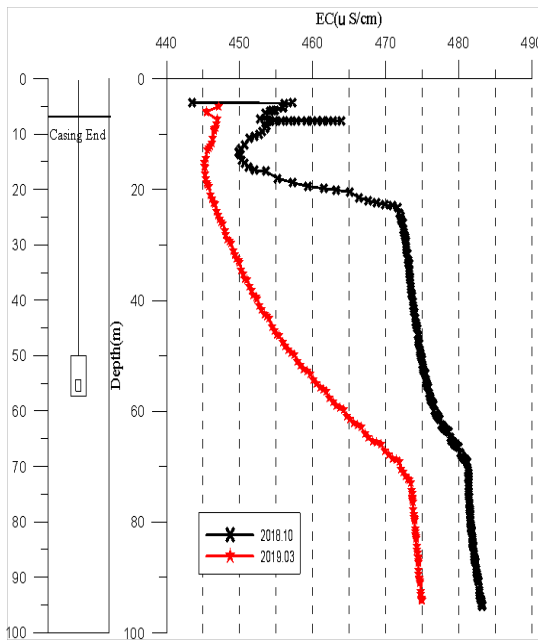
<의성4 관측공>



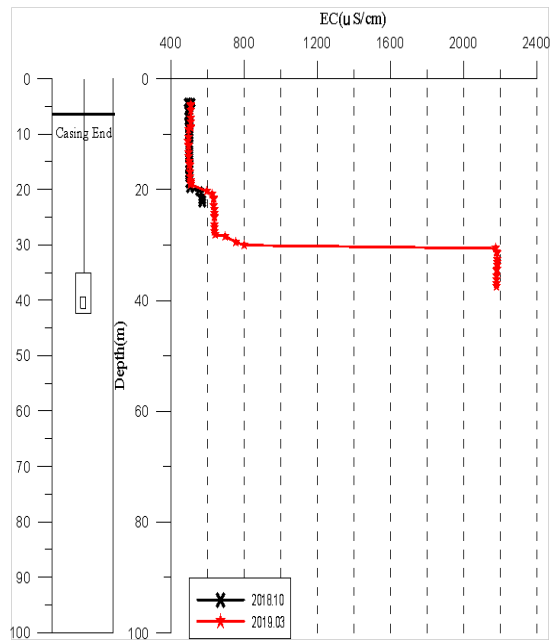
<의성5 관측공>



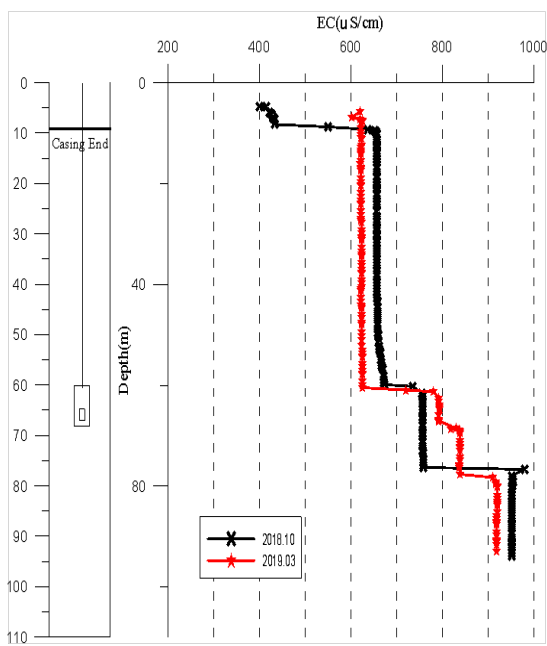
<의성6 관측공>



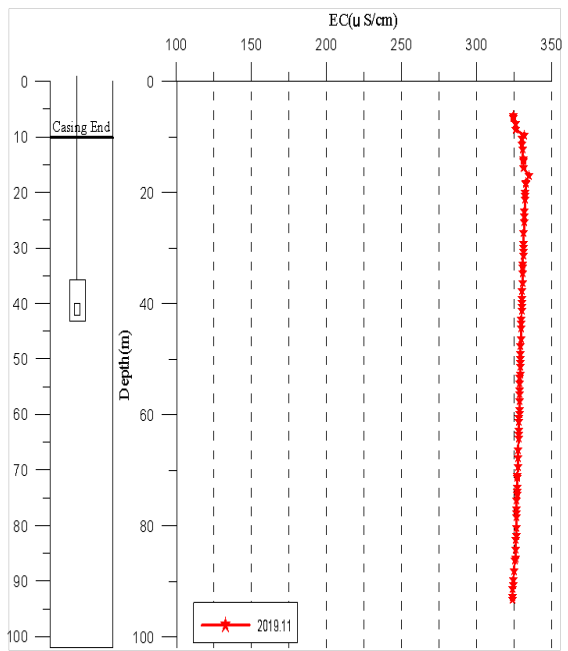
<의성7 관측공>



<의성8 관측공>



<의성9 관측공>



<의성10 관측공>

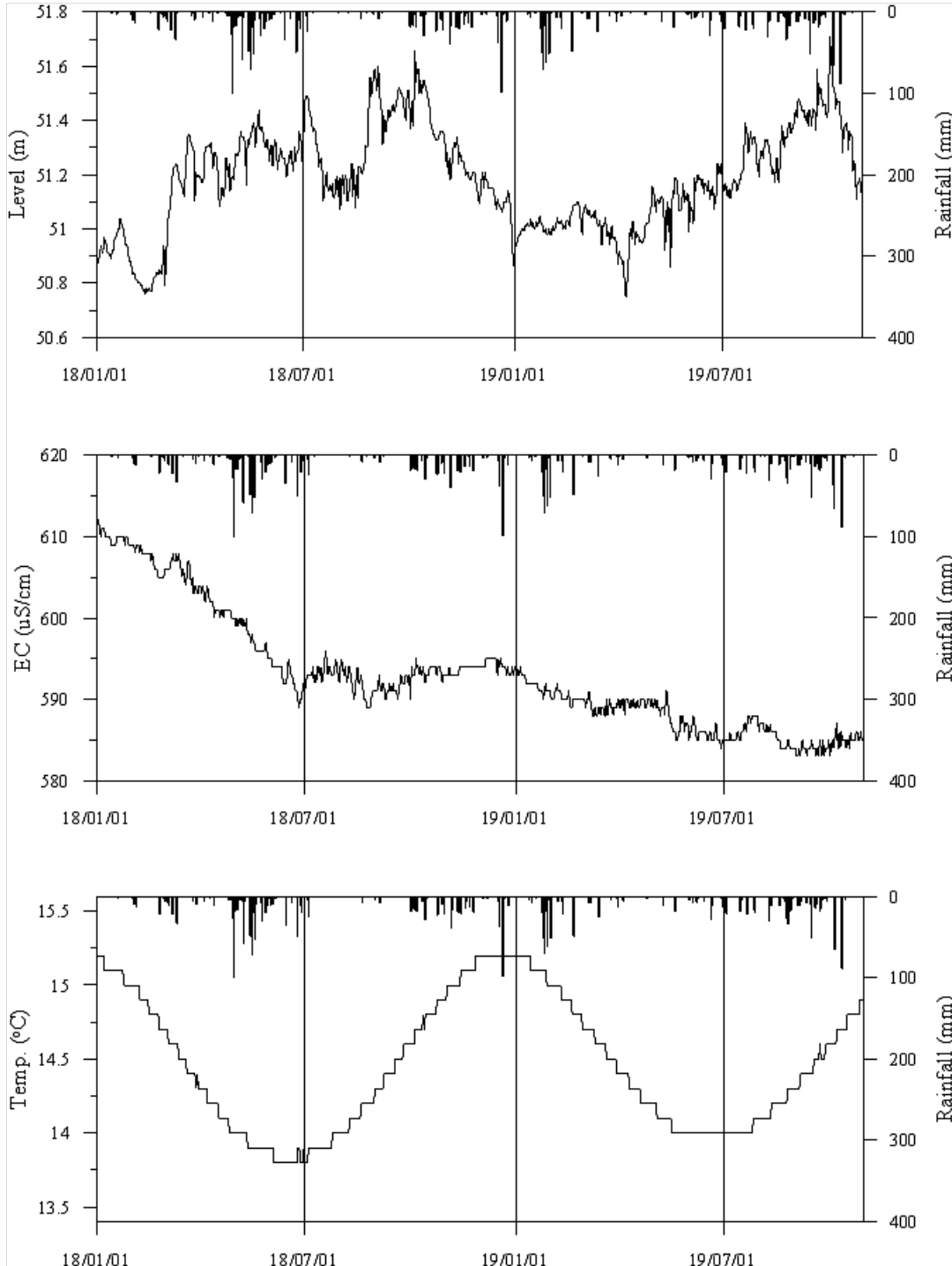
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

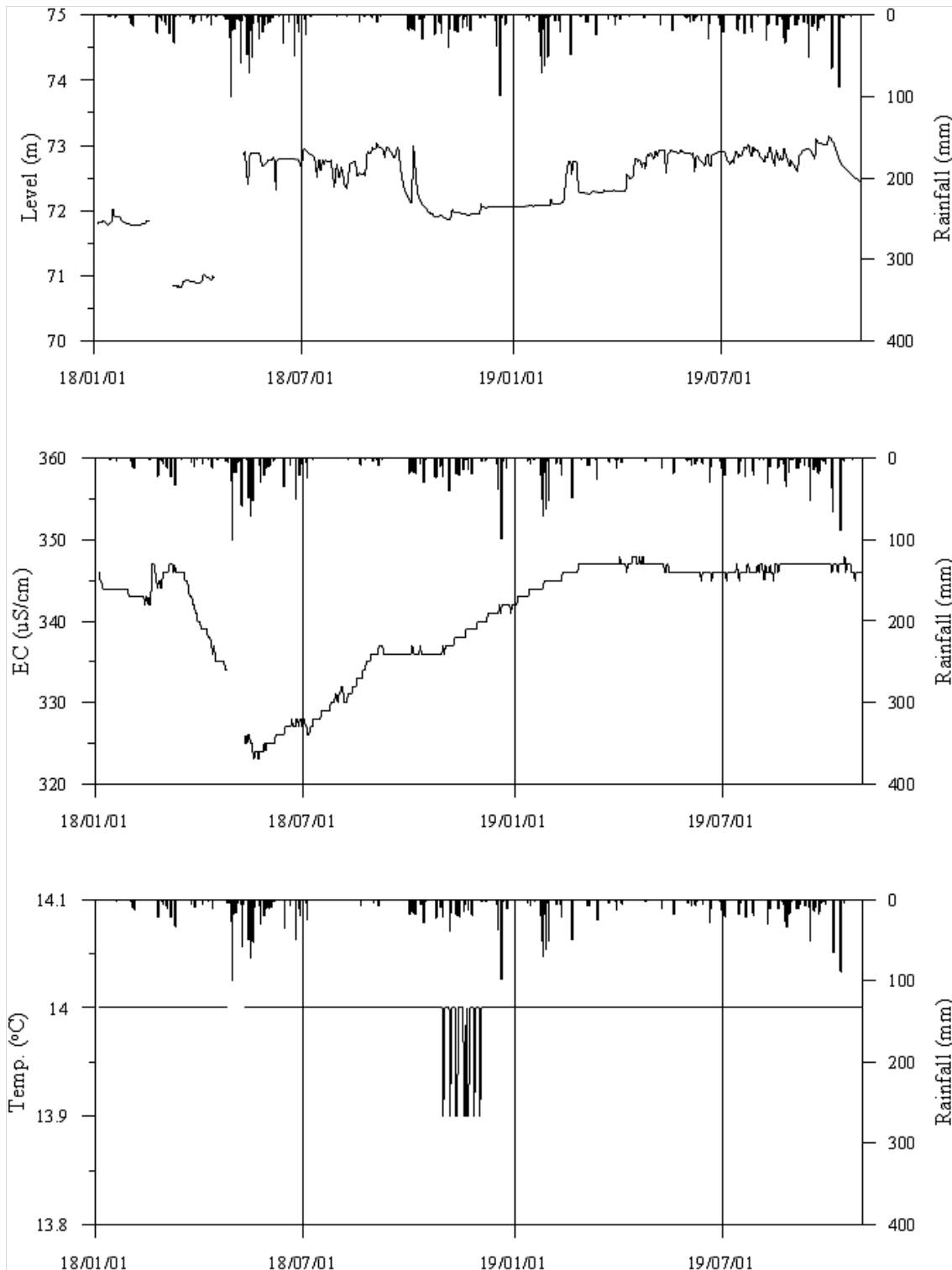
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
의성1	(2017.10)	37.43	6.80	1.82	63.76	30.51	50.96	134.20	65.36
	(2018. 6)	47.44	10.60	2.96	53.29	38.48	64.36	100.65	71.05
	(2019. 4)	40.69	10.55	2.84	58.13	35.98	58.09	100.65	67.34
의성2	(2017.10)	12.63	17.65	1.17	41.12	22.33	3.33	201.30	N.D.
	(2018. 6)	11.02	16.31	0.81	40.94	20.16	2.68	186.05	0.14
	(2019. 4)	10.62	15.94	0.84	43.25	17.62	2.36	192.15	0.04
의성3	(2017.10)	15.58	4.66	0.86	49.87	16.86	19.17	161.65	0.13
	(2018. 6)	13.64	7.61	1.49	36.83	14.08	28.02	140.30	N.D.
	(2019. 4)	11.07	6.68	1.28	36.01	14.46	27.04	118.95	N.D.
의성4	(2017.10)	44.86	22.80	4.54	166.21	465.03	8.80	115.90	N.D.
	(2018. 6)	12.04	15.46	1.38	41.37	33.16	34.23	140.30	14.16
	(2019. 4)	11.42	10.01	1.26	23.18	15.93	27.23	91.50	N.D.
의성5	(2017.10)	18.44	4.41	1.53	30.75	11.48	6.51	125.05	2.77
	(2018. 6)	32.62	5.16	2.11	30.52	17.09	7.36	152.50	3.44
	(2019. 4)	21.93	4.74	1.81	28.87	15.69	6.95	152.50	3.03
의성6	(2018.12)	142.64	8.21	1.81	20.75	121.10	5.81	280.60	N.D.
	(2019. 4)	13.16	9.75	0.89	35.26	20.24	3.23	134.20	9.22
의성7	(2018.12)	21.42	16.87	1.02	55.27	35.13	4.07	225.70	0.08
	(2019. 4)	9.61	11.45	1.22	63.14	24.12	4.10	225.70	3.20
의성8	(2018.12)	43.46	19.08	1.55	46.13	51.14	4.36	253.15	0.23
	(2019. 4)	9.30	10.90	1.13	76.01	51.37	9.43	228.75	5.97
의성9	(2018.12)	38.65	15.10	1.22	78.26	161.83	24.70	173.85	4.19
	(2019. 4)	23.60	16.67	1.05	69.16	124.15	13.36	186.05	0.77
의성10	(2019.11)	21.21	7.89	1.01	183.41	415.24	40.37	128.10	-

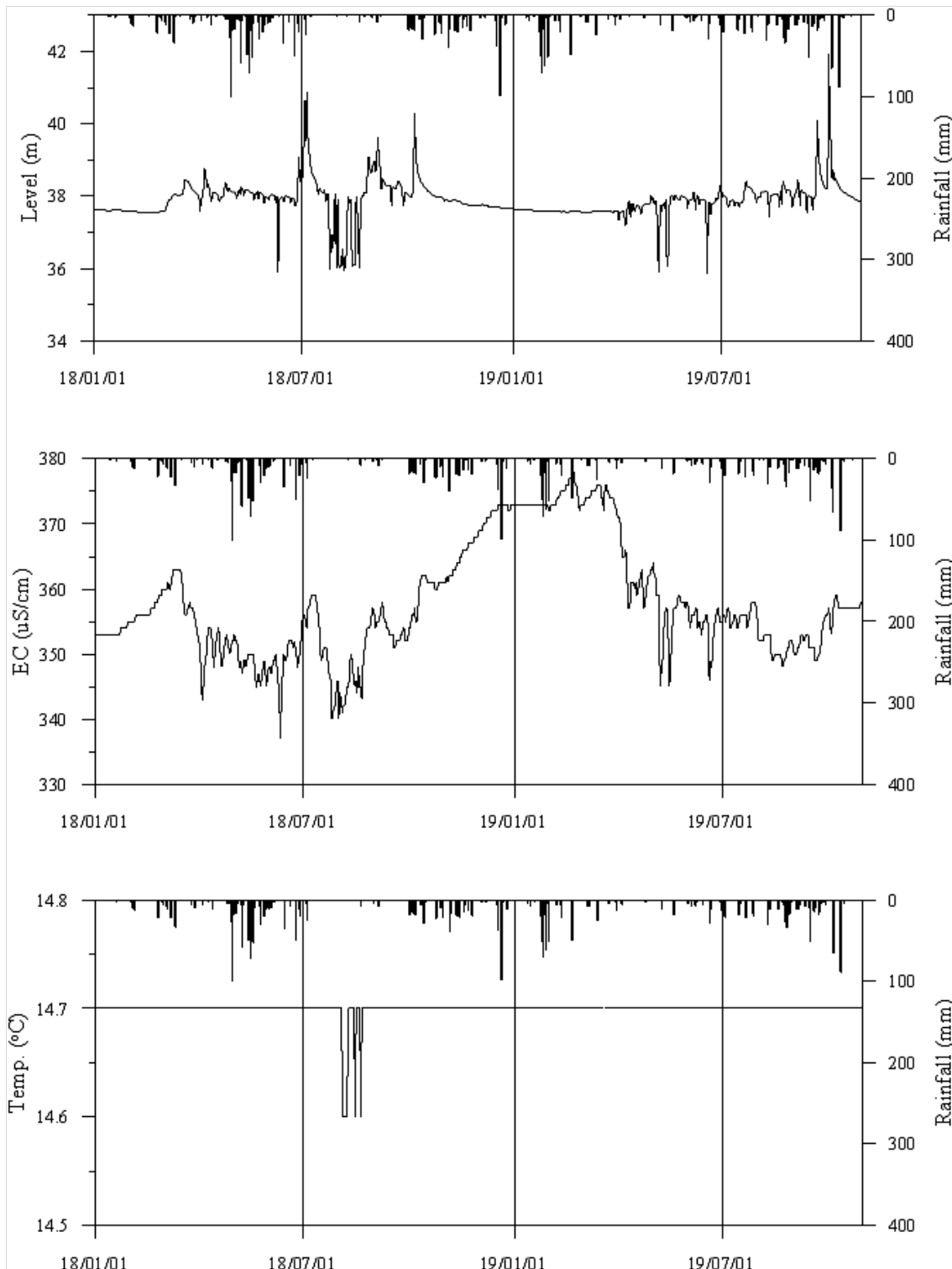
6. 장기관측 결과



<의성1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

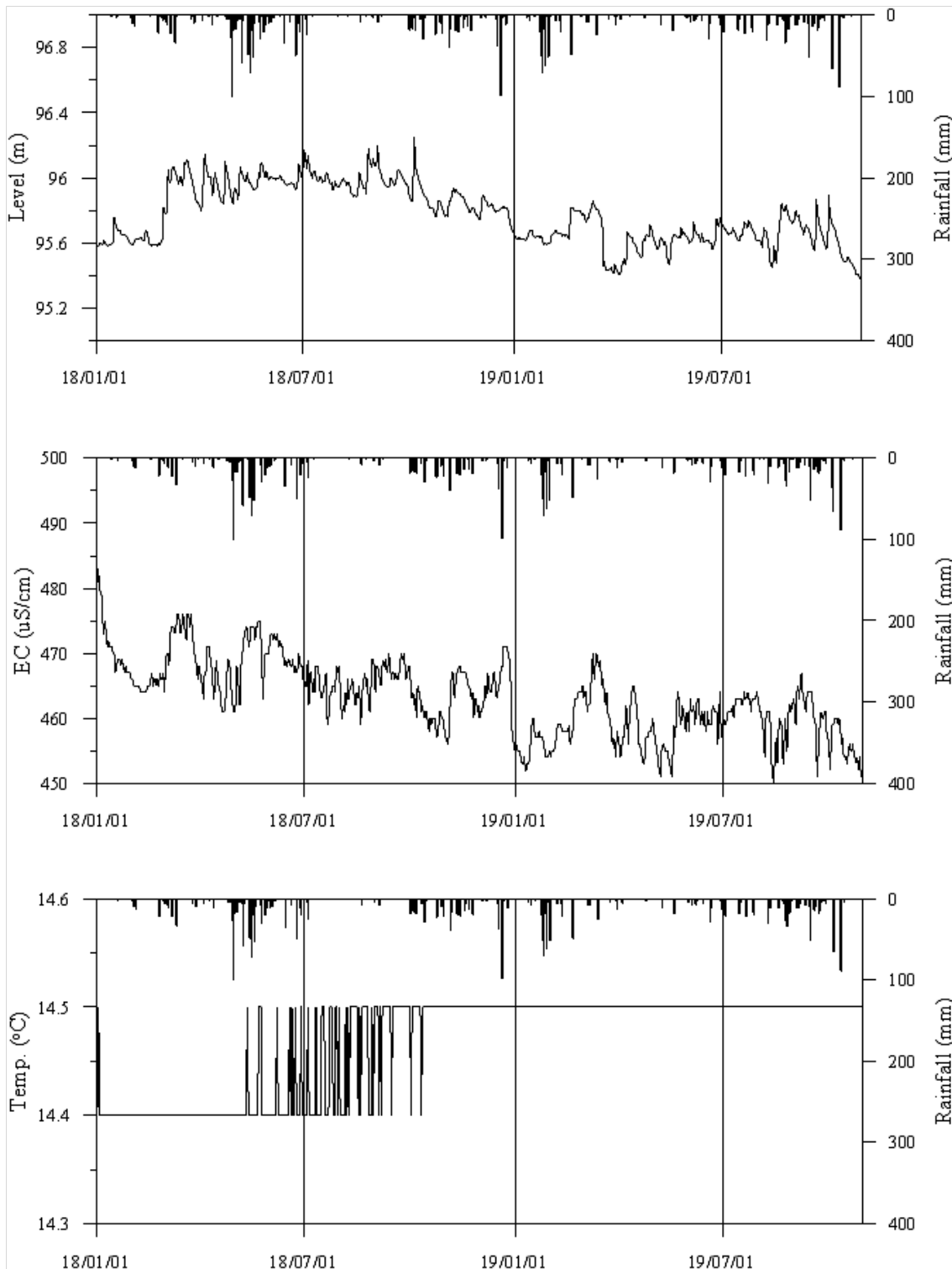


<의성2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

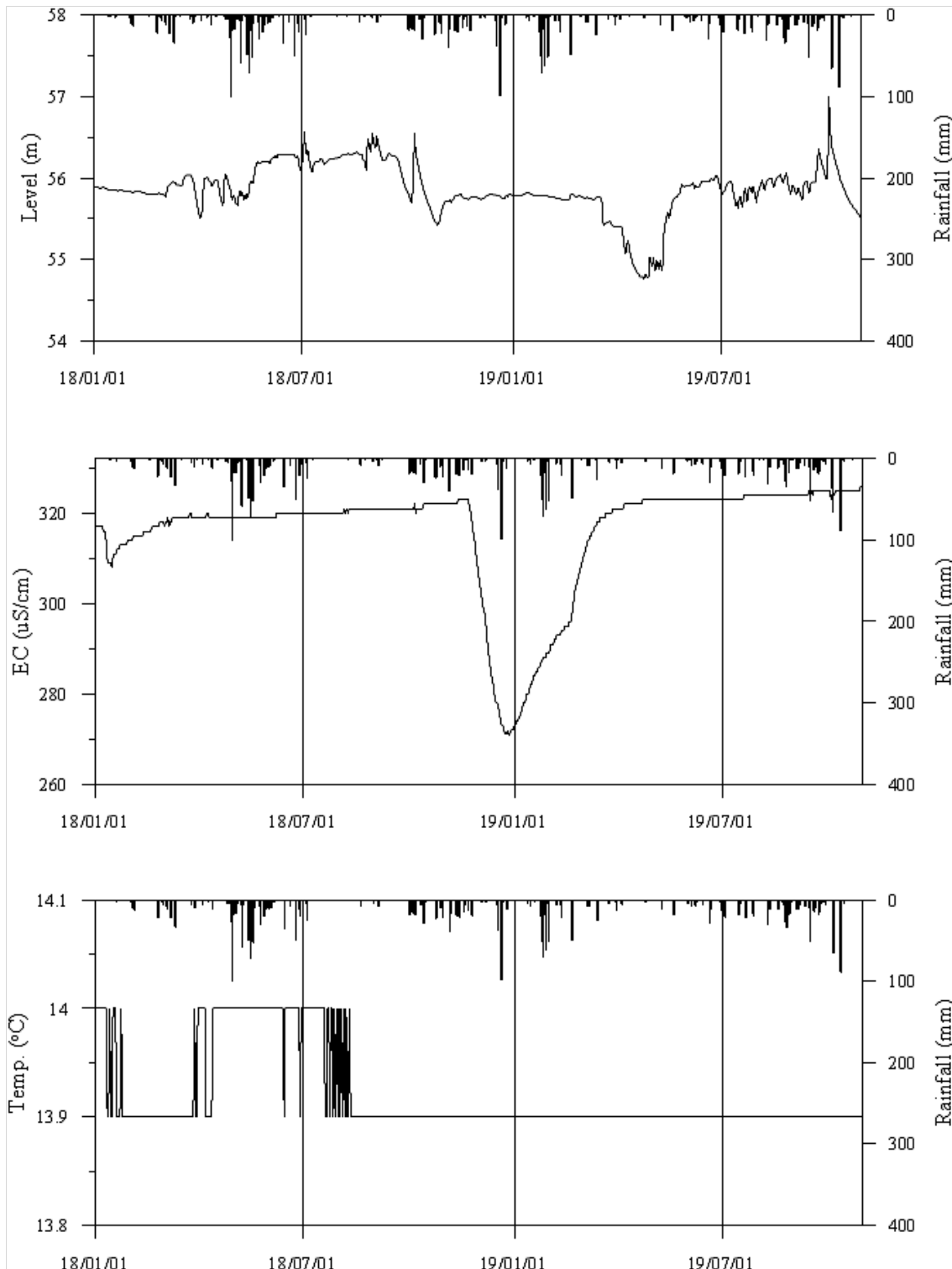


<의성3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>

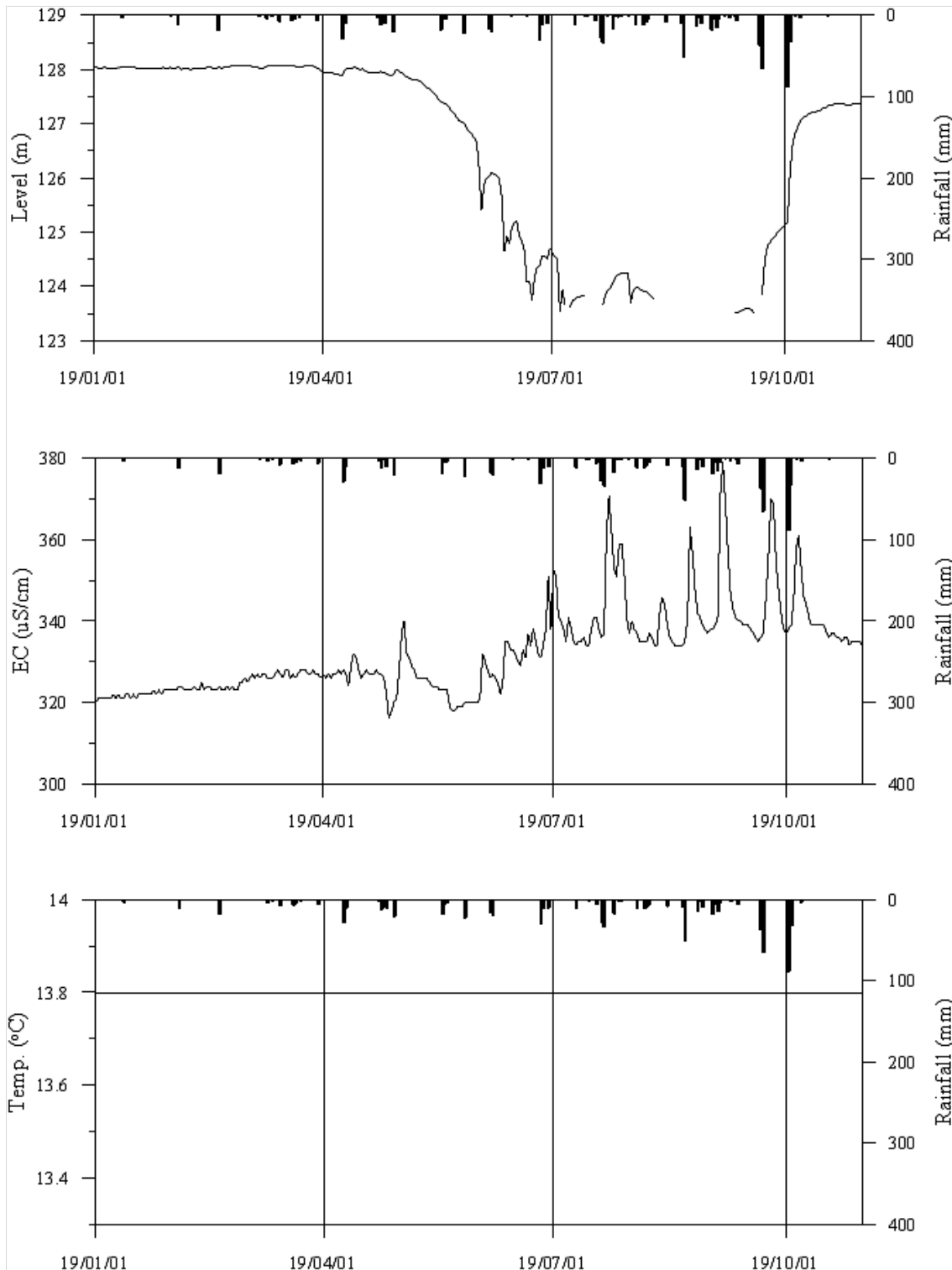
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



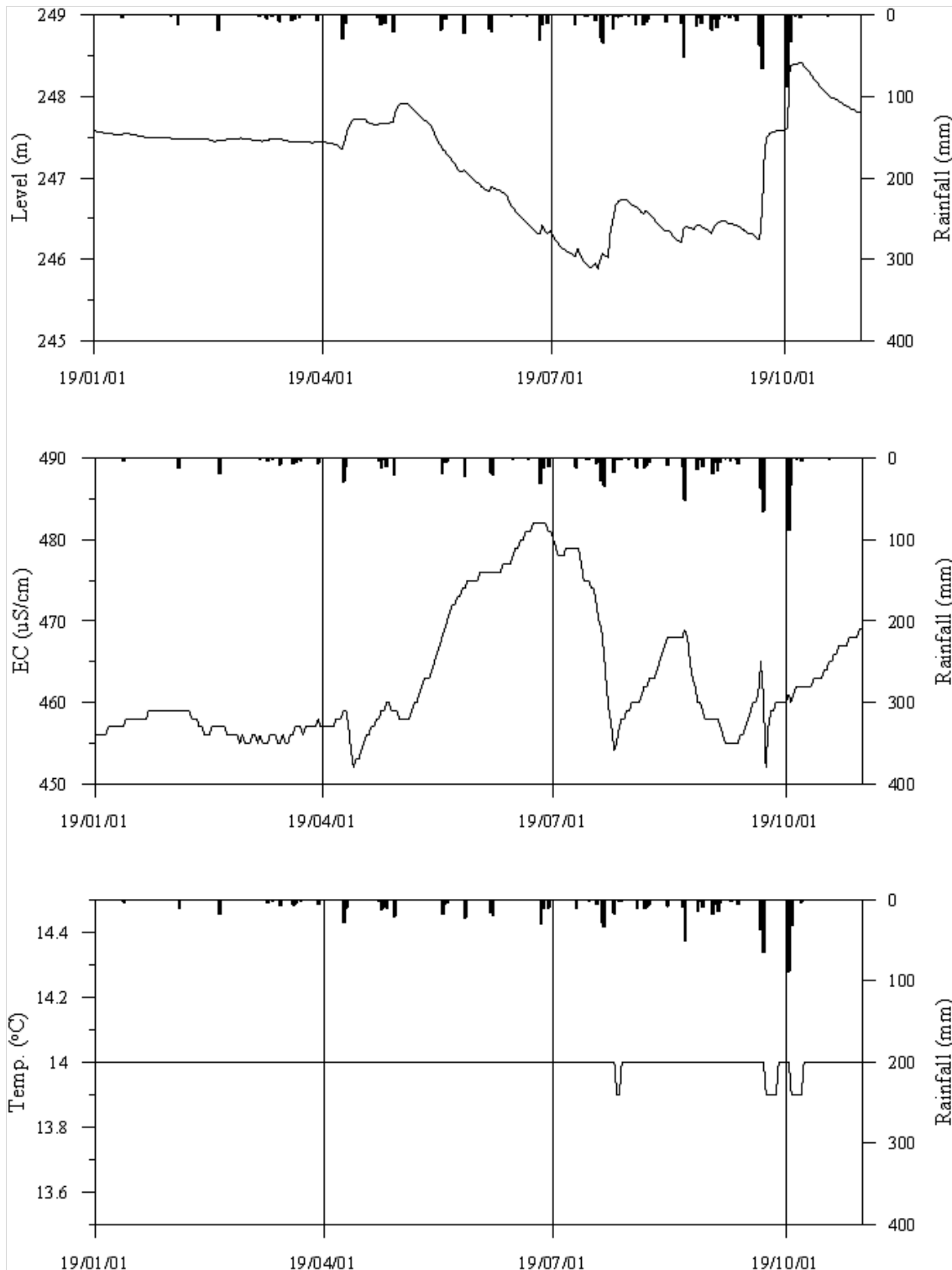
<의성4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<의성5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

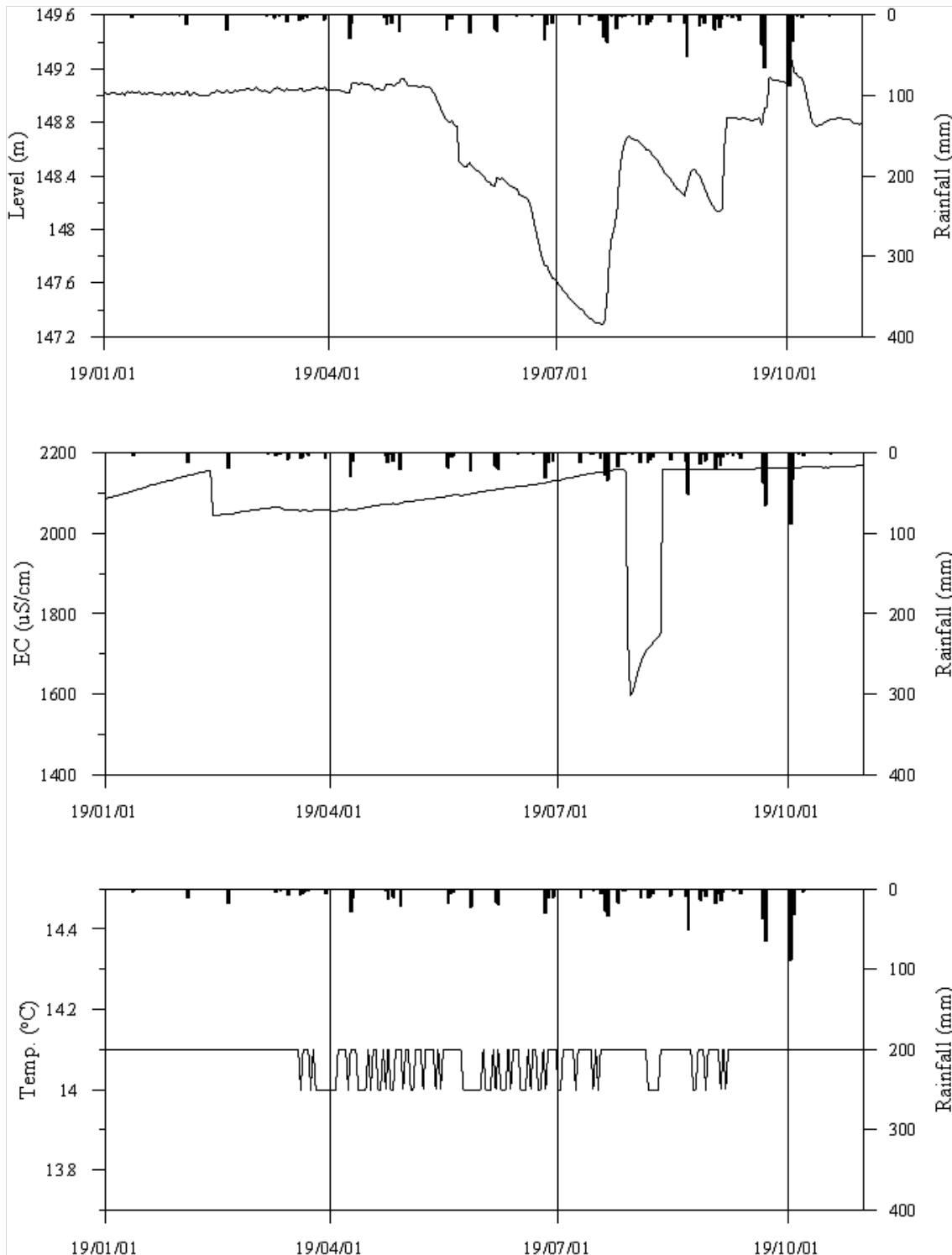


<의성6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

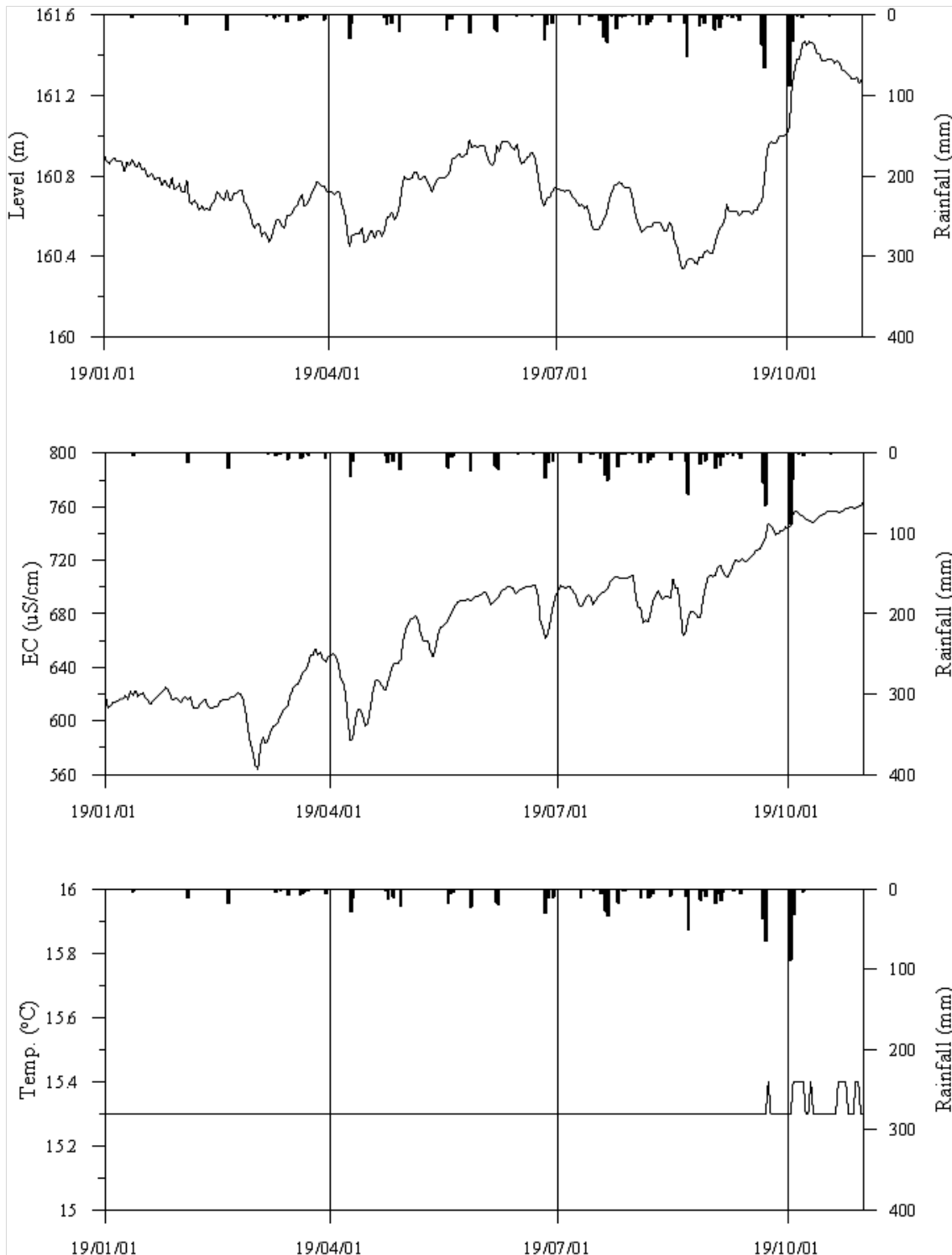


<의성7 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>

(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<의성8 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<의성9 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 의성1, 2, 3 관측공은 '16년 의단용수구역에 소재하고 있다. 의성1 관측공은 농공단지와 함께 인근에 면소재지가 위치하여 지하수오염원이 다수 존재함에 따라 지하수 수질 관측을 위해 설치되었다. 의성2 관측공은 비교적 오염원이 적고 높은 지대에 위치하여 상류부에서 함양되는 지하수의 수량 및 수질변화를 관측하기 위해, 의성3 관측공은 오염취약성도가 높고 질산성질소가 비교적 높게 나타나는 지역으로 이안리 일대의 지하수 수질 관측을 위해 설치하였다. 의성4 관측공이 설치된 탑리리 지역은 2016년 의금지구 지하수자원관리 조사 시 오염분포밀도가 높고 오염부하량이 많아 지하수정밀 조사 및 관측이 필요한 지역으로 조사되어 수질관리 필요지역으로 선정되었다. 따라서 탑리리 일대의 지하수 수질에 대한 꾸준한 모니터링이 필요한 지역으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 의성5 관측공 설치지역 북쪽으로 국가하천인 낙동강이 흐르고 있으며, 쌍호리 지역은 2016년 의신지구 농촌지하수관리 사업 시 오염취약성도가 높게 나타나는 지역으로 조사되어 수질관리 필요지역으로 선정되었다. 따라서 쌍호리 일대의 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다. 의성6 관측공은 남쪽으로 쌍계천이 흐르고 있으며 넓은 범위에 걸쳐 논 경작이 이루어지고 있다. 또한 인근에 면소재지가 위치하여 지하수오염원이 다수 존재한다. 이에 따라 경작과 인근 잠재오염원으로 인한 지하수의 수량 및 수질 변화를 관측할 필요성이 있으므로 대상지로 선정하였다. 의성7 관측은 비교적 오염원이 적고 높은 지대에 위치하여 상류부에서 함양되는 지하수의 수량 및 수질 변화를 관측할 수 있으며, 인근 관측지점에서의 지하수 수질을 비교하고 함양되는 지하수의 수량에 따른 지하수의 변화를 관찰할 수 있어 비교 기준 관측공으로 적합하여 관측공 설치지역으로 선정하였다. 의성8 관측공은 상류부에 지하수 수량 및 수질에 영향을 끼칠만한 잠재원이 거의 존재하지 않으며, 높은 지대에 위치하여 상류부에서 함양되는 지하수의 수량 및 수질에 대한 변화를 관측할 수 있다. 주변 지역의 오염원으로 인한 지하수의 오염여부

를 비교할 수 있는 배경수질을 파악할 수 있으므로 관측공 설치지역으로 선정하였다. 의성9 관측공의 남쪽으로는 남대천이 흐르고 있으며, 세천을 따라 밭 경작지가 넓게 분포하고 있다. 지역일대 넓게 분포한 경작지의 계절별 경작에 따른 지하수의 변동과 경작지에서 사용하는 비료, 농약 등으로 인한 지하수 수질오염의 우려가 있으므로 지하수 수량 및 수질 관측을 위해 설치하였다. 의성10 관측공 설치지는 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량이 지구 평균보다 높은 값을 보이며 이에 따라 장기적인 수량관측을 위한 관측공 대상 부지로 선정하였다.

- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 의성10 관측공의 양수량은 50 m³/d 이며, 수리전도도는 9.26×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 90 m)이다. 노말비저항 검층 결과, 의성6 관측공은 단노말(16 ")과 장노말(64 ")이 20 ohm-m 이하로서 공통적으로 전 구간에서 유사하게 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 의성1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 약 70 m 심도까지 690 $\mu S/cm$ 에서 560 $\mu S/cm$ 로 감소하고 이후 일정한 값을 보인다. 의성2 관측공의 전기전도도는 40 m 심도까지 290 $\mu S/cm$ 내외를 보이며, 40 m 심도에서 전기전도도가 약 680 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 의성3 관측공의 전기전도도는 점진적으로 증가하여 공저에서 전기전도도가 약 480 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 의성4 관측공의 전기전도도는 25 m 심도까지 400 $\mu S/cm$ 내외를 보이며, 25 m 심도에서 전기전도도가 약 550 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 의성5 관측공의 전기전도도는 20 m 심도까지 250 $\mu S/cm$ 내외를 보이며, 10~20 m 심도에서 전기전도도가 약 320 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 의성6 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 약 40 m 심도까지 300 $\mu S/cm$ 에서 330 $\mu S/cm$ 로 증가하고 이후 일정한 값을 보인다. 의성7 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 약 20 m 심도까지 450 $\mu S/cm$ 에서 470 $\mu S/cm$ 로 증가하고 이후 일정한 값을 보인다. 의성8 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 약 20 m 심도까지 500 $\mu S/cm$ 내외의 값을 보이며 이 후 약 30 m 심도 이후 약 2,200 $\mu S/cm$ 까지 증가한다. 의성9 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 약 65 m 심도까지 650 $\mu S/cm$ 에서 750 $\mu S/cm$ 로 증가하고, 약

80 m 심도까지 $750 \mu S/cm$ 에서 $950 \mu S/cm$ 로 증가하고 이후 일정한 값을 보인다. 의성10 관측공의 전기전도도는 전구간에서 약 $330 \mu S/cm$ 내외의 값을 보인다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 의성1 관측공은 (Na+K)-Cl 형이며, 의성2, 3, 6, 7, 8, 9 관측공은 오염이 거의 없는 Ca-HCO₃ 유형으로 분류되며, 의성 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로, 의성 10 관측공은 Ca-Cl 유형에 해당한다. 의성지구 질산염 농도는 의성1 관측공에서 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하나 농업용수 수질기준 (88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 의성1 관측공 주변 지표오염원의 대수층 유입을 방지해야 한다. 이 외 의성 2~10 관측공에서는 질산성질소에 의한 오염이 나타나지 않았다.
- 5) 장기 관측결과 : 의성1, 2, 3, 4 관측공 지하수위는 강수와 반응이 좋다. 의성5 관측공 지하수위는 강수와 반응이 상대적으로 둔한 편이나 강우반응이 관찰된다. 의성1 관측공은 전기전도도가 약 $600 \mu S/cm$ 내외로 상대적으로 높은 편이어서 영농에 이용을 유의해야 한다. 의성2, 3 관측공 전기전도도는 각 $340 \mu S/cm$, $350 \mu S/cm$ 내외이며, 의성4 관측공은 상대적으로 전기전도도가 높아 $470 \mu S/cm$ 내외를 보인다. 의성5 관측공 전기전도도는 $320 \mu S/cm$ 내외이다. 의성 6, 7, 8, 9 관측공은 강수에 의해 지하수위 증가가 발생하나, 하절기에는 주변 지하수 이용에 따른 지하수위의 감소가 발생한다. 의성6 관측공의 전기전도도는 강우발생시 증가하고, 의성7 관측공의 전기전도도는 약 $440 \mu S/cm$ 내외에서 변동하며, 의성8 관측공의 전기전도도는 $2,000 \mu S/cm$ 내외로서 하폐수의 유입이 우려된다. 의성9 관측공의 전기전도도는 증가추세이며, 일반적인 지하수에 비해 전기전도도가 높은(약 $700 \mu S/cm$ 이상) 편이다.
- 6) 관리 방안 : 의성지구 지하수는 현재 농업을 위한 수질과 수량을 보유하고 있어 농업용수이지만, 의성1 관측공 주변에서는 질산염 오염이 나타나고, 의성8 관측공 주변에는 상대적으로 전기전도도가 높게 나타나 지표오염원의 관리에 유의해야 한다. 또한 장기관측을 통해 지하수위변동과 전기전도도의 변화관측을 통한 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.8.14 예천지구

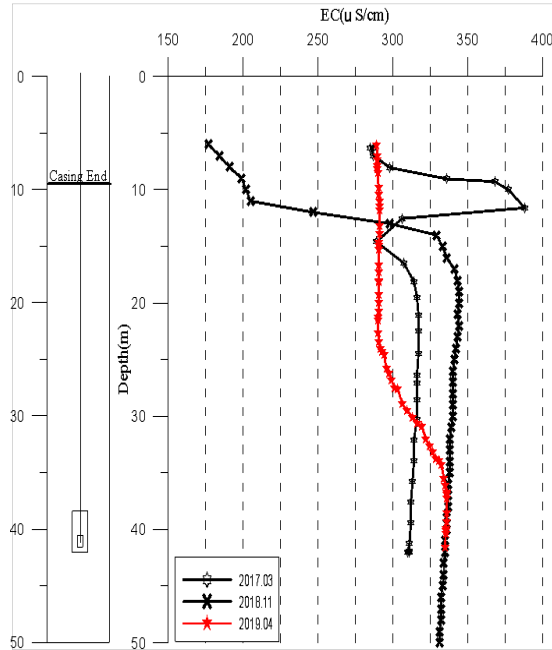
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
예천1	예천군 지보면 마전리 309	323704.06	438304.45	71.60	2017	66.50

2. 지형 및 지질

예천군은 경상북도의 서북쪽에 위치하며, 동쪽은 안동시·영주시, 남쪽은 의성군·상주시, 서쪽은 문경시와 접하고 북쪽은 충청북도 단양군과 경계를 이룬다. 동 북쪽에는 소백산맥의 산악지대로 형성되어 있고 서남쪽에는 낙동강과 내성천변에 일부 평야를 이루고 있다. 북부에는 소백산맥 및 그 지맥이 뻗어내려 산지가 많고, 중부와 남부에는 저지 및 분지가 발달하여 북고남저의 지세를 보이며, 낙동강·내성천 유역을 형성한다.

3. 지하수 검층



<예천1 관측공>

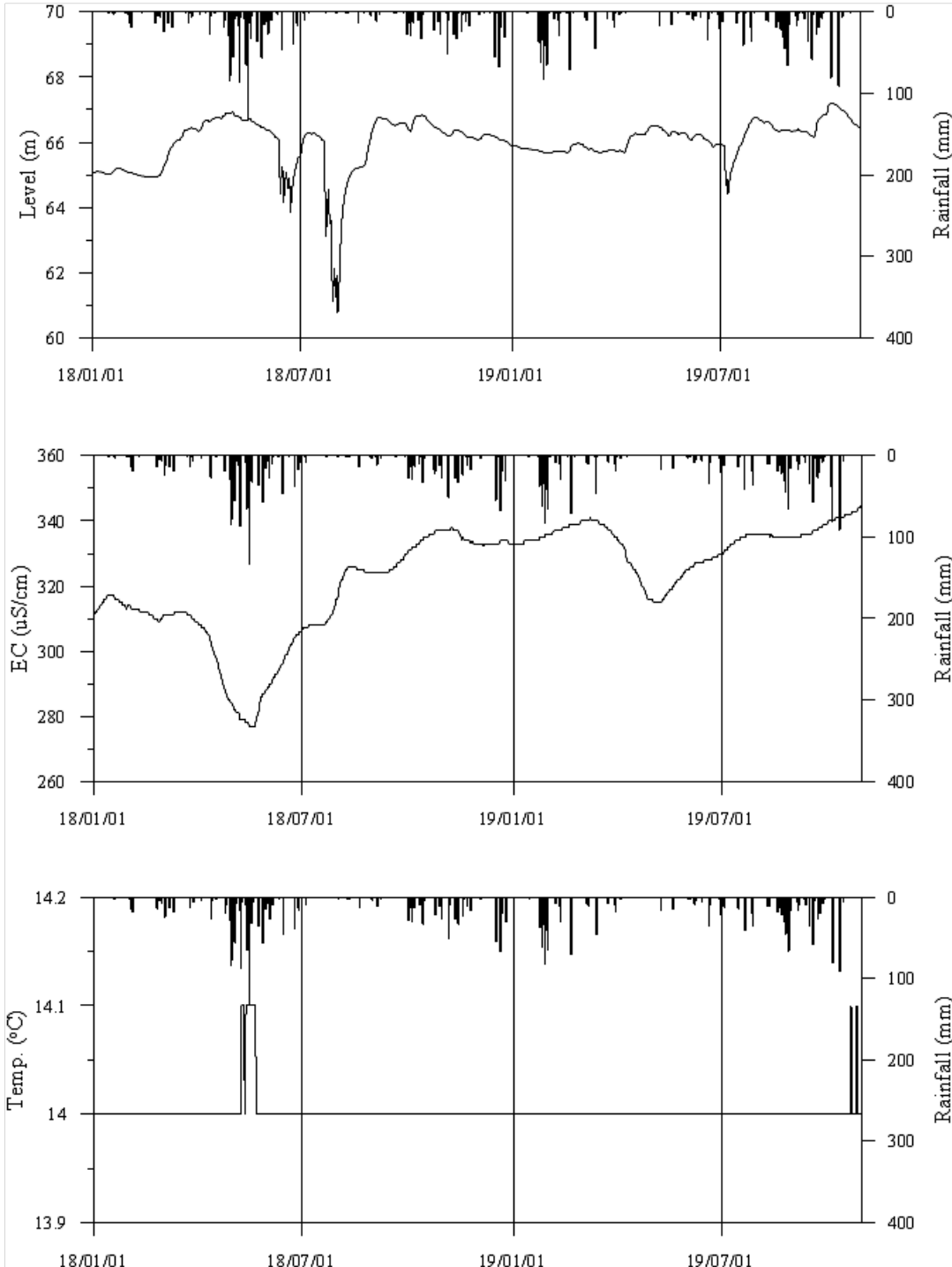
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
예천1	(2017.10)	17.95	13.72	1.82	26.63	8.52	7.23	158.60	4.74
	(2018. 6)	13.01	9.97	8.29	20.53	12.87	26.92	85.40	N.D.
	(2019. 4)	13.28	11.05	4.83	27.08	12.26	28.74	100.65	0.45

5. 장기관측 결과



<예천1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 예천1 관측공 하류부로 국가하천인 낙동강이 흐르고 있으며, 마전리 지역은 2016년 의신지구 농촌지하수관리 사업 시 오염취약성도가 높게 나타나는 지역으로 조사되어 수질관리 필요지역으로 선정되었다. 따라서 마전리 일대의 지하수 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 예천1 관측공의 전기전도도는 케이싱 하부 심도부터 공저까지 약 150 ~ 400 $\mu S/cm$ 범위로 나타난다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 예천1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 예천1 관측공 지하수위는 강수와 반응이 상대적으로 둔한 편이고 여름철 주변 지하수 이용에 따른 수위강하가 관찰된다. 예천1 관측공은 전기전도도가 약 300 $\mu S/cm$ 내외를 보이며 증가추세이다.
- 5) 관리 방안 : 예천1 관측공 주변 지하수는 현재 농업을 위한 수질과 수량을 보유하고 있어 농업용수로 상시 이용이 가능하다. 그러나 과잉양수 및 지하수 오염물질 유입 등을 사전에 차단하여 건전하고 지속가능한 지하수 개발·이용을 도모할 필요가 있다.

2.8.15 청도지구

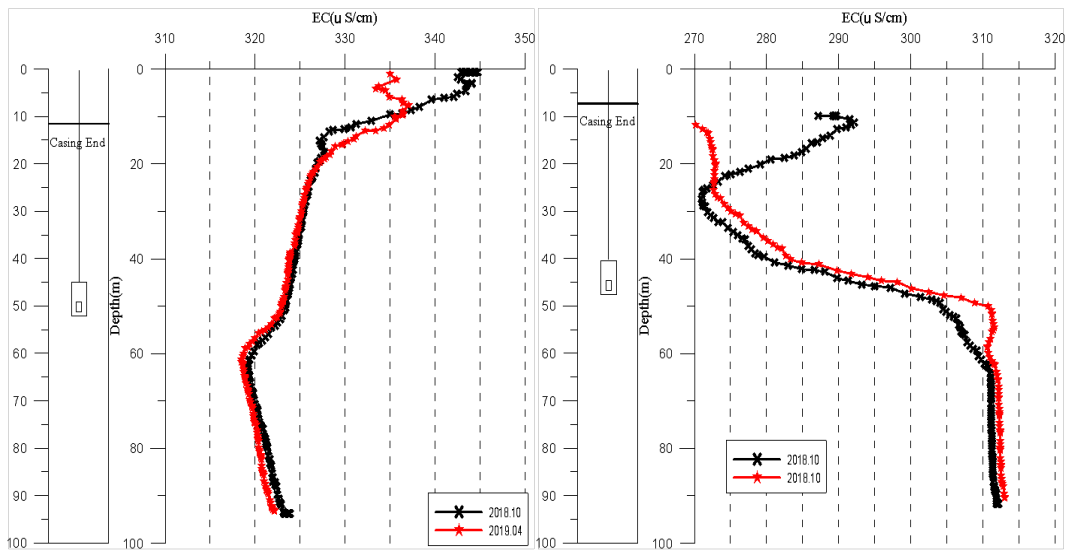
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
청도1	청도군 이서면 수야리 898-2	167983.837	343058.078	143.09	2018	142.79
청도2	청도군 이서면 칠엽리 723	166520.227	341665.864	134.17	2018	127.17
청도3	청도군 금천면 김전리 1318	186282.674	347567.904	195.74	2018	193.74
청도4	청도군 금천면 박곡리 780-1	194456.308	340794.519	171.38	2018	171.18

2. 지형 및 지질

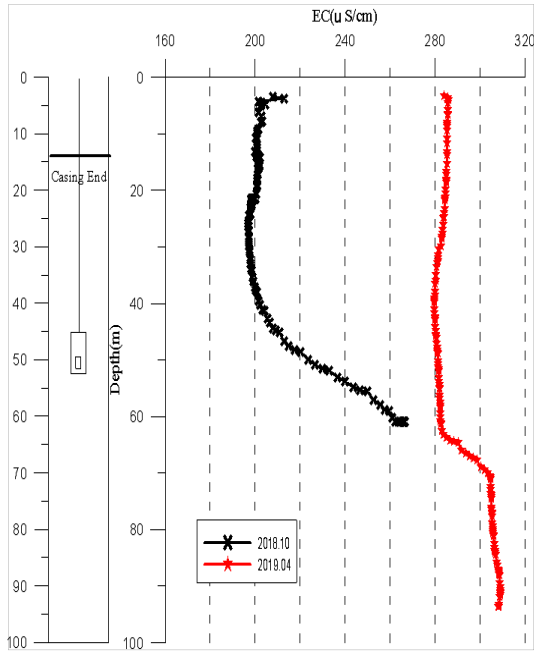
청도군은 경상북도 최남단에 위치하며 북으로는 대국광역시 달성군, 경산시과 동쪽으로는 경주시와 경상남도 울산시, 남쪽으로는 밀양시, 서쪽으로는 창녕군과 접하고 있다. 지질은 경상계 분포 지역 중 서남쪽에 위치하며 신라통에 해당하며, 신라통에 관입하여 발달한 불국사 화강암류가 주로 분포한다.

3. 지하수 검층

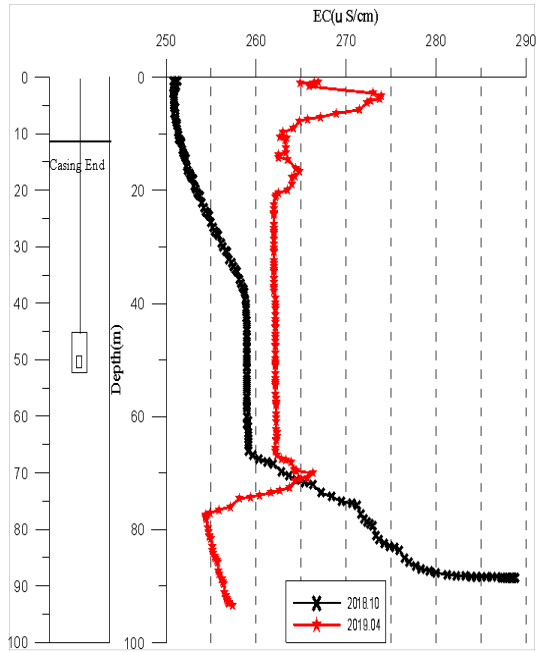


<청도1 관측공>

<청도2 관측공>



<청도3 관측공>



<청도4 관측공>

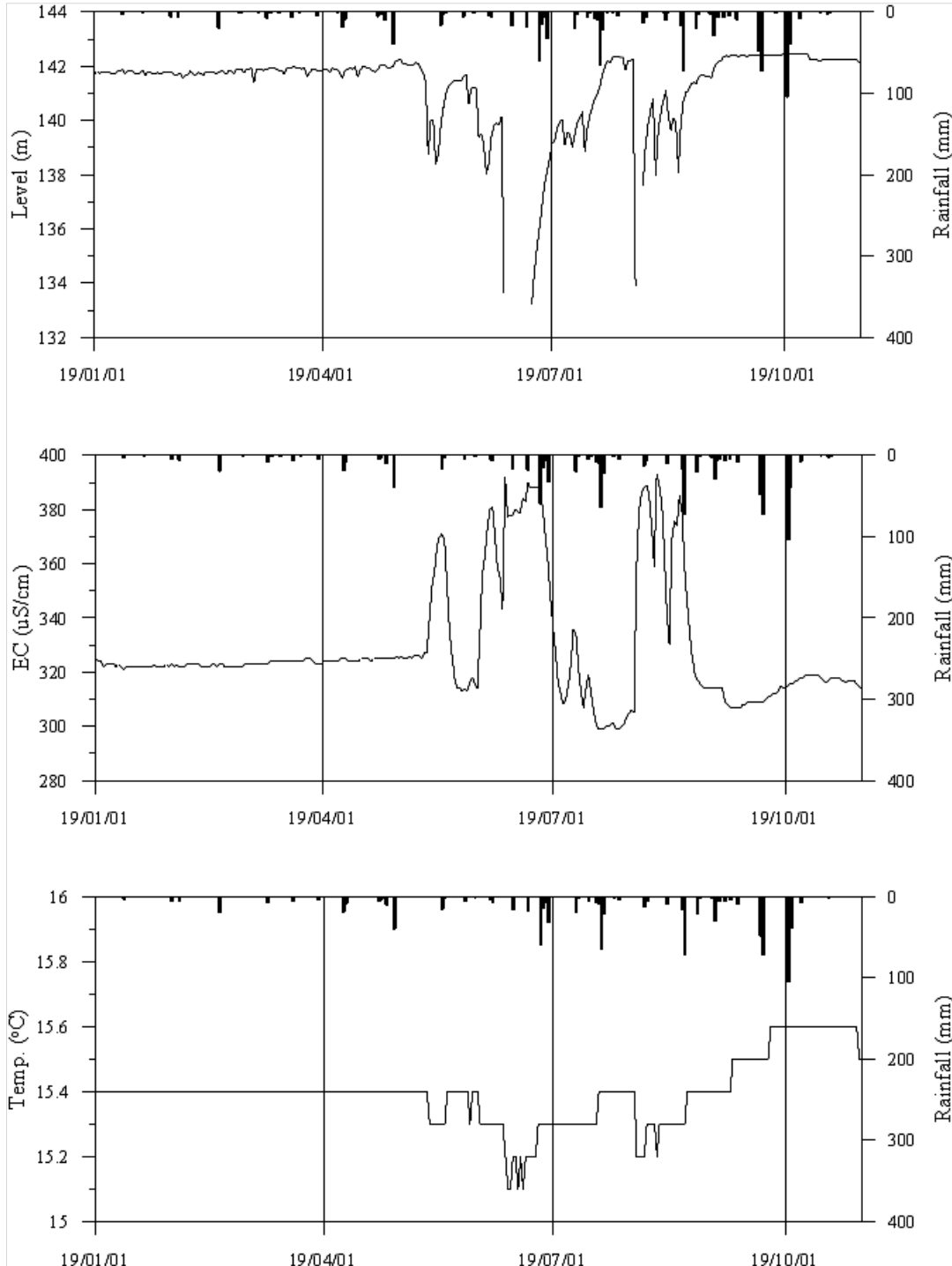
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

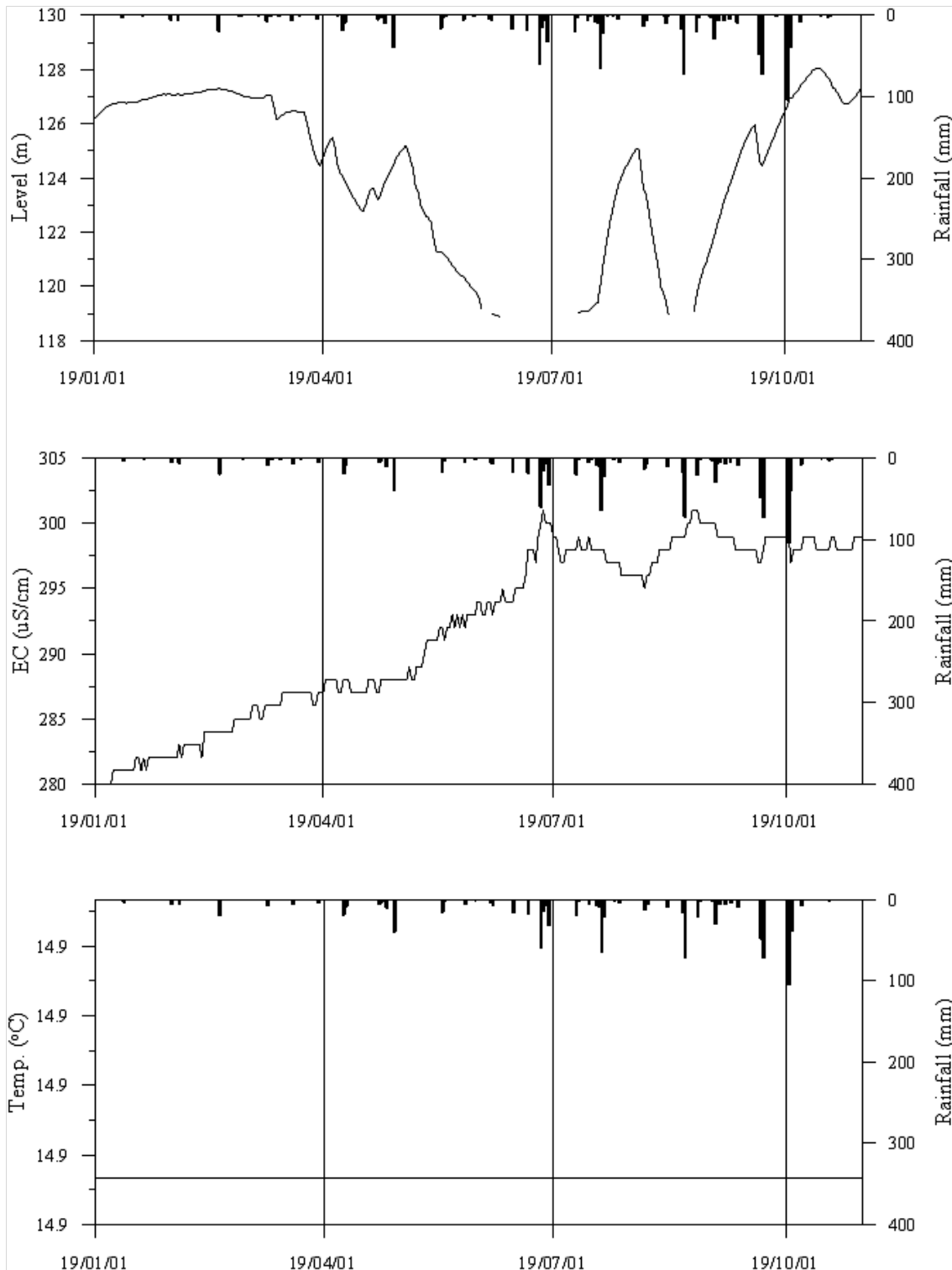
(단위 :mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
청도1	(2018.12)	14.72	9.63	0.63	34.08	15.00	7.60	137.25	7.25
	(2019. 4)	18.19	9.45	0.68	38.91	16.04	7.92	152.50	8.11
청도2	(2018.12)	13.25	8.72	0.71	36.68	7.33	6.61	161.65	3.20
	(2019. 4)	13.72	6.49	0.60	37.56	6.50	5.99	149.45	3.13
청도3	(2018.12)	11.62	5.22	0.53	17.27	7.72	6.73	79.30	18.06
	(2019. 4)	30.29	5.60	0.68	21.00	11.22	5.87	125.05	12.44
청도4	(2018.12)	16.77	1.70	1.03	28.64	51.50	5.84	57.95	N.D.
	(2019. 4)	16.01	2.00	0.78	35.40	61.72	4.15	64.05	N.D.

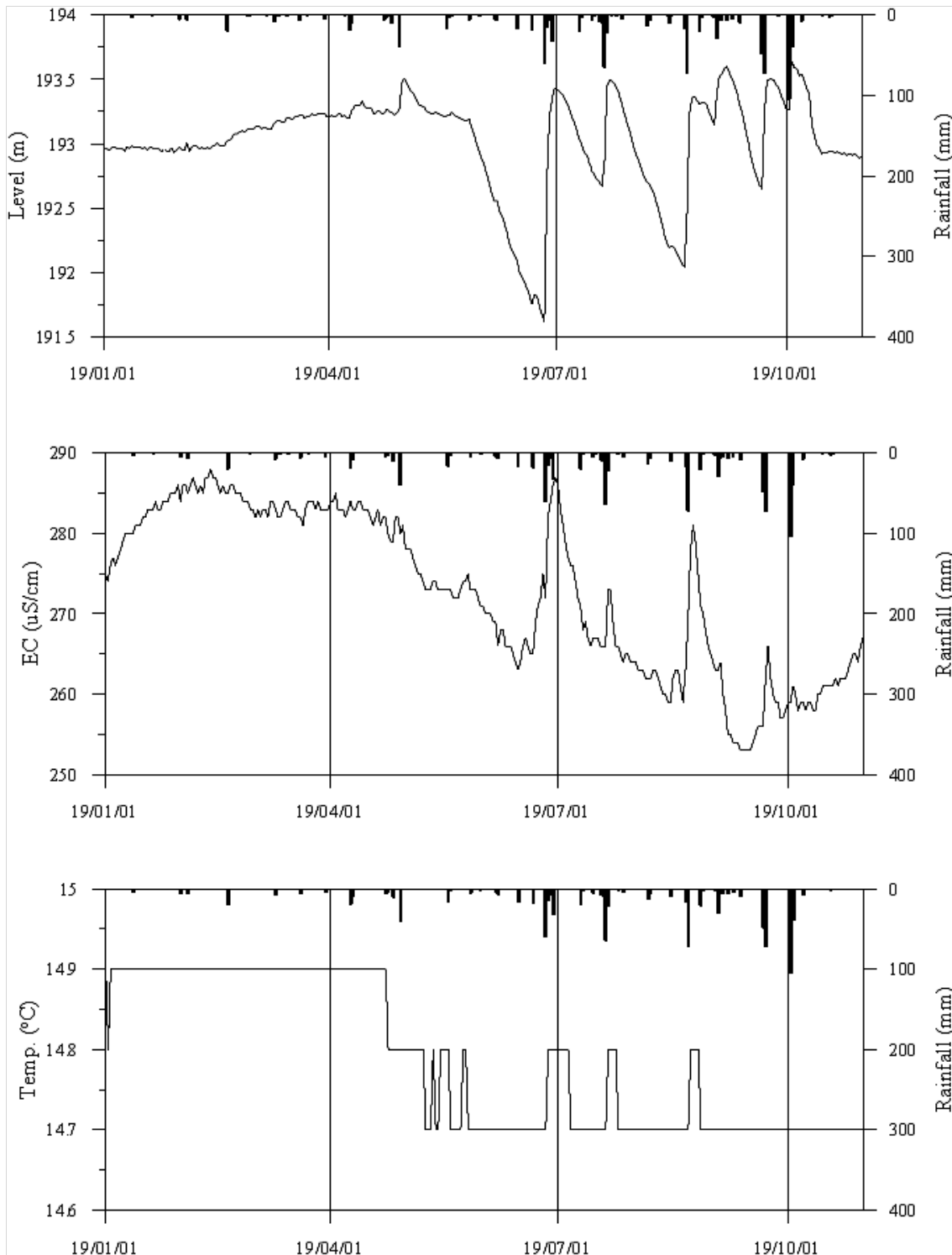
5. 장기관측 결과



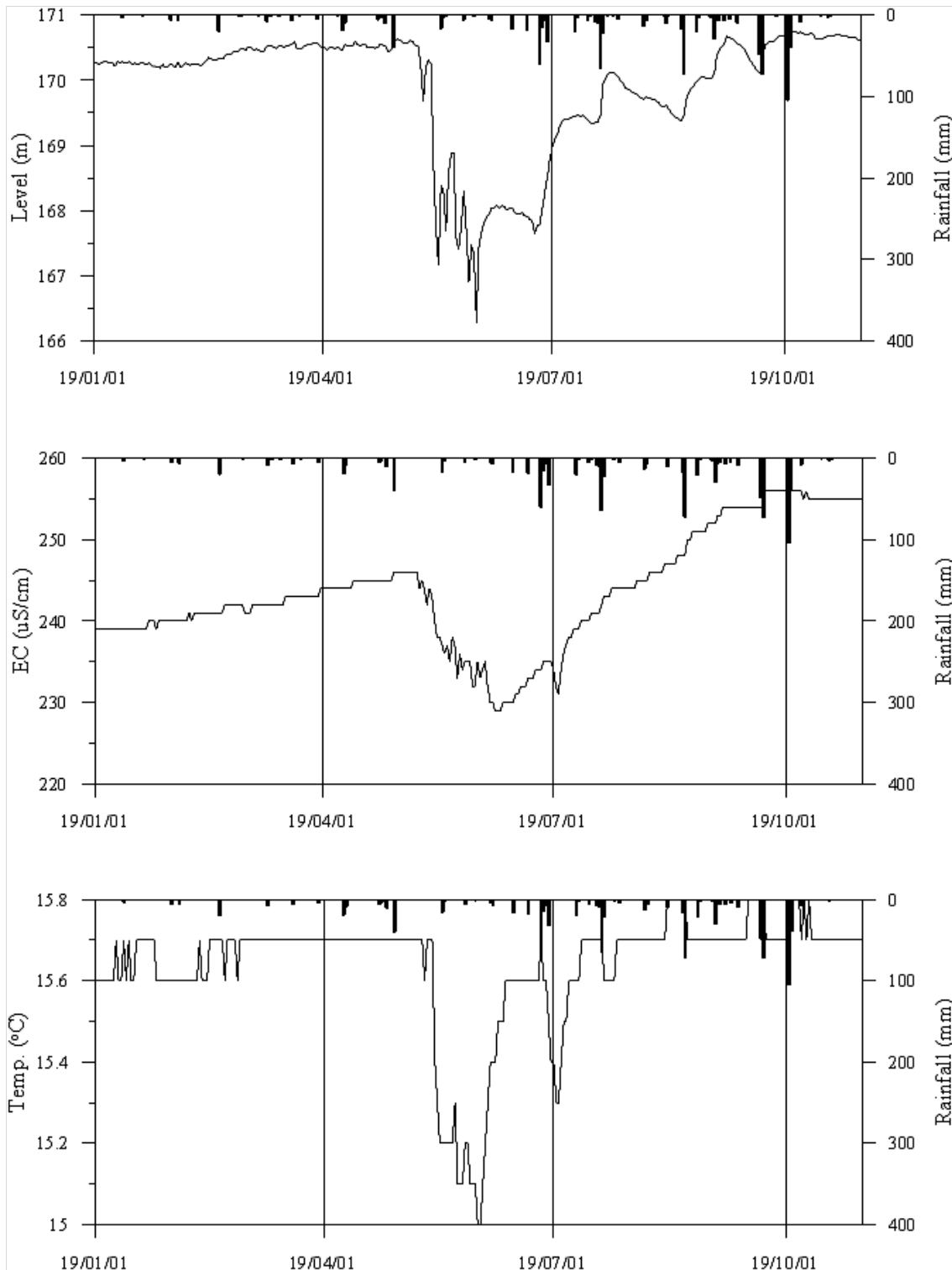
<청도1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청도2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청도3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<청도4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31.)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 청도1 관측공이 설치된 이서면 수야리 일대는 논 경작지가 넓게 분포하고 있으며, 같은 수계 내 골프장, 면소재지 등이 위치하여 다수의 지하수 오염원이 존재한다. 계절별 경작에 따른 수량변화 및 잠재오염원으로 인한 지하수 수질의 변화를 확인하기 위하여 설치 대상지로 선정하였다. 청도2 관측공 일대는 넓은 논 경작지와 골프장을 비롯한 다수의 지하수 오염원이 존재하여 장기적인 지하수 수량과 수질에 대한 모니터링이 필요할 것으로 판단되며, 청도1 관측공과 인접한 지역으로 지하수 수량 및 수질을 비교·분석할 수 있는 위치이므로 관측공 설치 대상지로 선정하였다. 청도3 관측공이 설치된 금천면 김전리는 2017년 청운지구 지하수자원관리조사 시 수질관리 필요지역으로 분류된 갈지리와 인접한 지역으로, 생활용수 및 농업용수 사용에 따른 지하수 수량 관측이 필요하며 골프장 및 생활 주거지에서 유래된 생활오수 등으로 인한 수질오염의 우려가 있어 지하수 수질 관측을 위하여 설치하였다. 청도4 관측공이 설치된 금천면 박곡리는 2017년 청운지구 지하수자원관리조사 시 수량 및 수질관리지역으로 분류된 신지리와 접해 있는 지역으로 관정밀도가 높은 신지리의 영향으로 인접지역 지하수의 사용에 따른 박곡리 내 지하수의 수량과 수질에 대한 모니터링이 필요할 것으로 판단되어 관측공 부지로 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 청도1, 2, 3, 4 관측공의 전기전도도는 각 310~350 $\mu S/cm$, 270~320 $\mu S/cm$, 190~320 $\mu S/cm$, 250~290 $\mu S/cm$ 범위로 담수영역에 도시된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 청도1, 2, 3, 4 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃으로 나타났다. 청도3 관측공은 나트륨을 포함한 외부오염물질의 영향을 상대적으로 받고 있는 것으로 추정된다. 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나, 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 청도1 관측공 지하수위는 주변 지하수의 이용에 따라 여름철에 약 10 m 강하가 발생하고 수온도 강하한다. 전기전도도는 수위와 반비례하여 이 기간동안 약 $300 \mu S/cm$ 에서 약 $400 \mu S/cm$ 로 증가한다. 청도2 관측공 지하수위는 주변 지하수의 이용에 따라 여름철에 약 10 m 강하가 발생한다. 전기전도도는 꾸준히 증가추세이나 약 $300 \mu S/cm$ 내외로 담수영역이다. 청도3 관측공 지하수위는 주변 지하수의 이용에 따라 여름철에 약 2 m 강하가 발생한다. 전기전도도는 수위와 비례하여 이 기간동안 약 $270 \mu S/cm$ 내외에서 증감한다. 청도4 관측공 지하수위는 주변 지하수의 이용에 따라 여름철에 약 5 m 강하가 발생하고 수온도 강하한다. 전기전도도는 수위와 비례하여 이 기간동안 약 $240 \mu S/cm$ 내외에서 증감한다.
- 5) 관리 방안 : 청도지구는 수량이 풍부하고 수질이 깨끗한 청정지하수 영역에 속하지만, 장기적인 지하수 수량 및 수질의 변화 관찰로 외부로부터의 영향을 분석할 필요가 있다.

2.8.16 경산지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
경산1	경산시 와촌면 신한리 4	376129	361938	106	2019	88.7

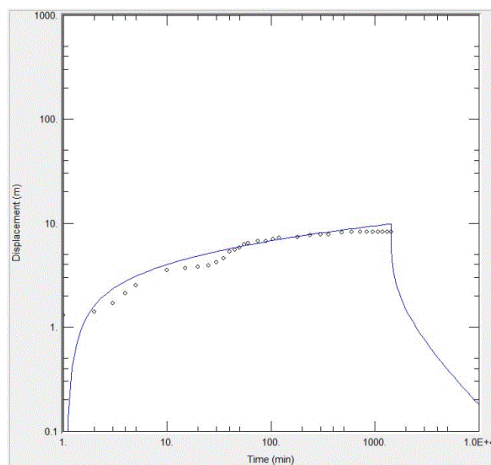
2. 지형 및 지질

경산1 관측공이 위치한 경산시 와촌면 신한리는 경산시의 북쪽에 위치하고 있으며, 영천시 청통면과 인접하고 있다. 경산1 관측공은 축사 등 잠재오염원 시설이 많이 존재하여 장기적인 수질관리를 위한 관측공 대상 부지로 선정하였다.

3. 대수층 수리지질 현황

경산1 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

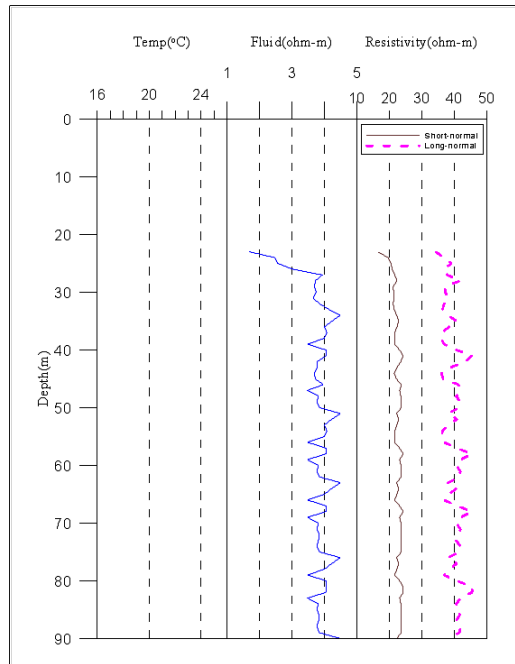
◎ 양수시험



<경산1 관측공 양수시험>

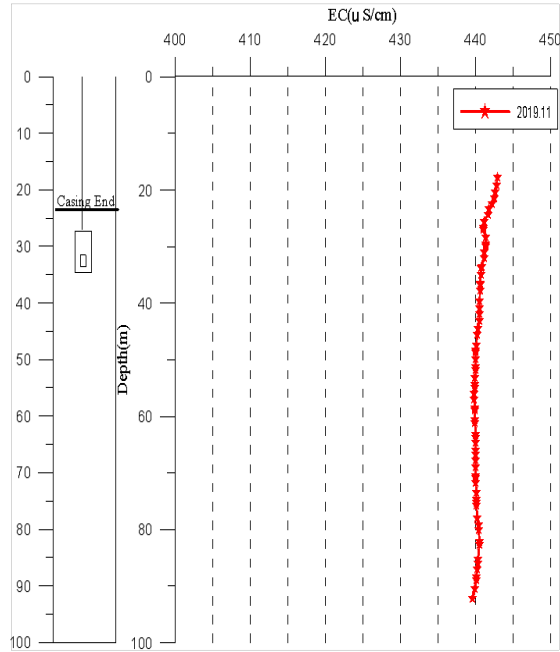
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
경산1	80	4.48	5.41×10^{-5}	96.0

◎ 물리검층



<경산1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<경산1 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
경산1 (2019.11)	10.68	11.01	1.33	51.40	13.33	5.95	192.15	2.80

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 경산1 관측공 설치지는 영금지구에 해당하는 지역이며, 용수구역 구분상 경산시가 일부 포함된다. 해당 지역은 축사 등 잠재오염원 시설이 많이 존재하여 장기적인 수질관리를 위한 관측공 대상 부지로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 경산1 관측공의 양수량은 80 m³/d 이며, 수리전도도는 5.41×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 96 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 20~30 ohm-m, 장노말(64 ")은 40 ohm-m 내외로 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 경산1 관측공은 전 구간 440 $\mu S/cm$ 내외 범위이며, 공저까지 일정한 전기전도도를 나타내고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 경산1 관측공은 오염되지 않은 천부 지하수인 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 경산1 관측공의 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 gm/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.
- 5) 관리 방안 : 경산1 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나 장기적인 관측을 통하여 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

2.8.17 영양지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영양1	영양군 청기면 당리 109-1	467621	384234	499	2019	486.9
영양2	영양군 일월면 도곡리 108	464676	386933	350	2019	344.9
영양3	영양군 입암면 홍구리 38-3	440941	386324	173	2019	166.4
영양4	영양군 영양읍 하원리 18-2	463923	391899	248	2019	241.7
영양5	영양군 수비면 계리 154	467681	394651	380	2019	374.5

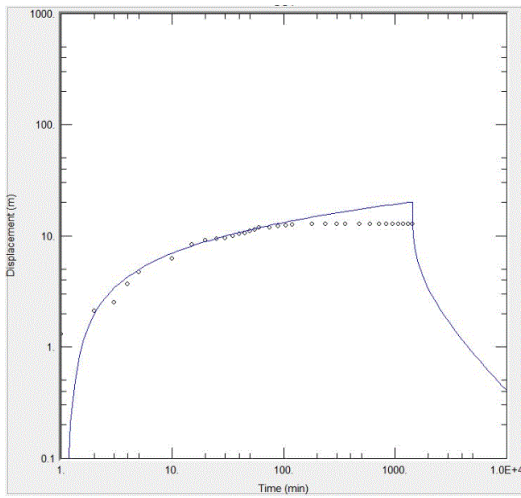
2. 지형 및 지질

영양1 관측공이 위치한 영양군 청기면 당리는 영양군의 북서쪽에 위치하고 있으며, 서쪽으로 봉화군 재산면과 인접하고 있다. 영양2 관측공이 위치한 영양군 일월면 도곡리는 영양군의 북쪽에 위치하고 있으며, 서쪽으로 청기면, 동쪽으로 수비면이 위치하고 있다. 영양3 관측공이 위치한 영양군 입암면 홍구리는 영양군의 남쪽에 위치하고 있으며, 청송군 진보면과 인접하고 있다. 영양4 관측공이 위치한 영양군 영양읍 하원리는 영양군의 소재지 인근이며, 영양군의 중심부에 위치한다. 영양5 관측공이 위치한 영양군 수비면 계리는 영양군의 북동쪽에 위치하고 있으며, 울진군 온정면과 인접하고 있다. 또한, 일월산 자락으로 대부분 산간지대이다.

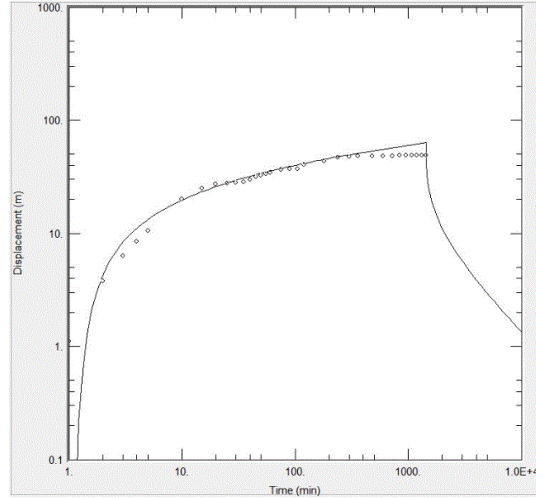
3. 대수층 수리지질 현황

영양 1,2,3,4,5 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

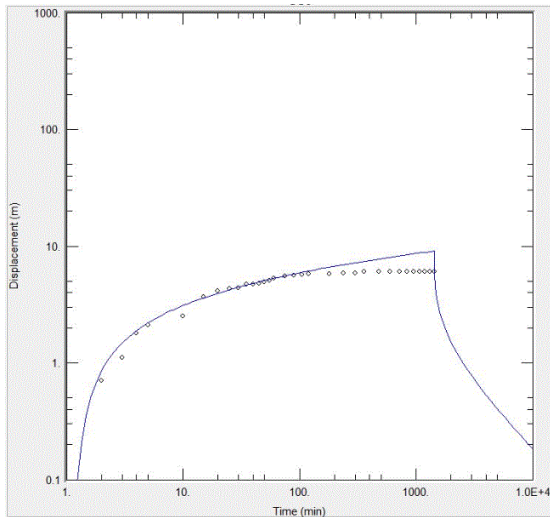
◎ 양수시험



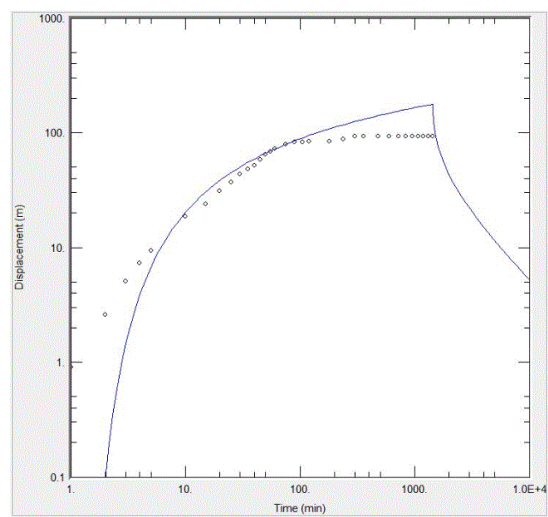
<영양1 관측공 양수시험>



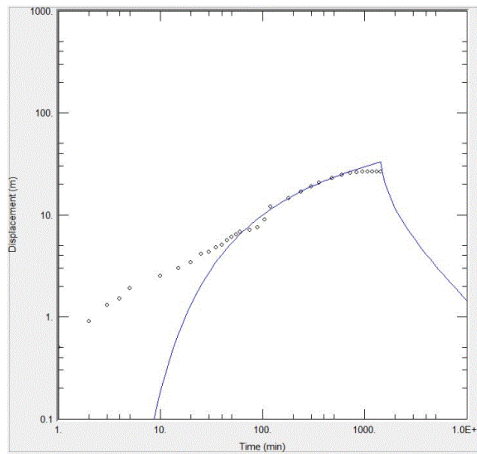
<영양2 관측공 양수시험>



<영양3 관측공 양수시험>



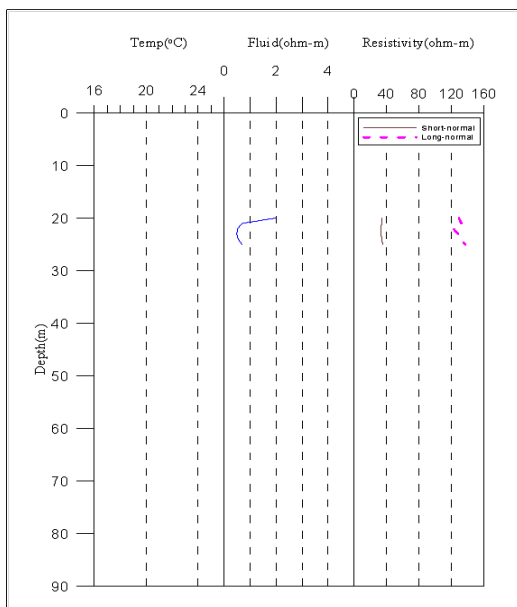
<영양4 관측공 양수시험>



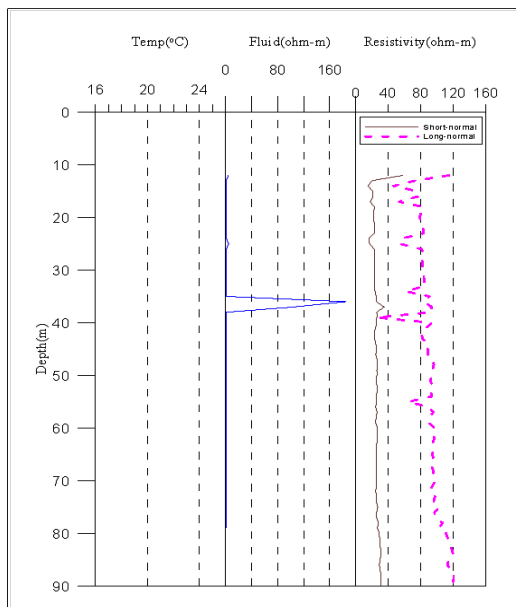
<영양5 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
영양1	50	0.6773	8.33×10^{-6}	94
영양2	70	0.6164	4.40×10^{-6}	164
영양3	50	3.655	2.21×10^{-4}	191
영양4	50	0.1533	9.26×10^{-7}	184
영양5	50	0.5255	4.28×10^{-6}	141

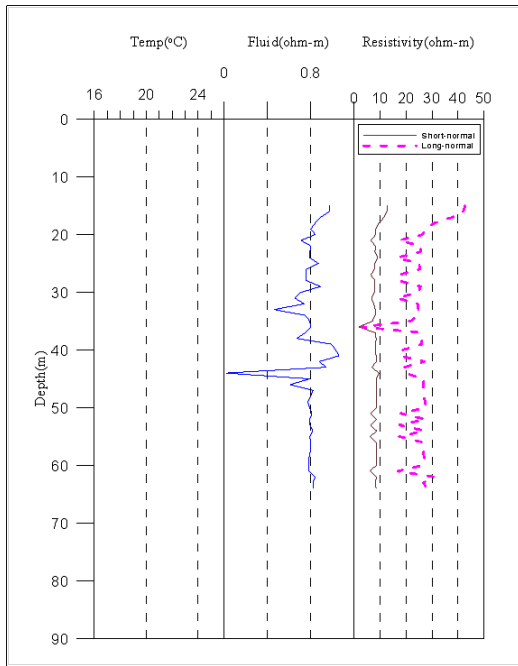
◎ 물리검층



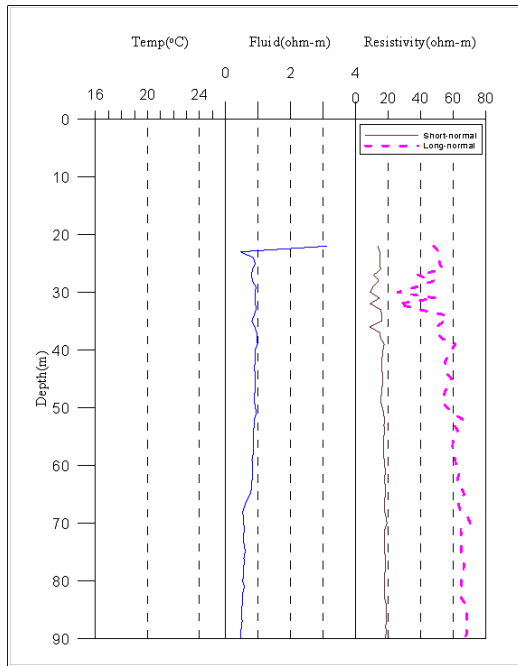
<영양1 관측공 물리검층>



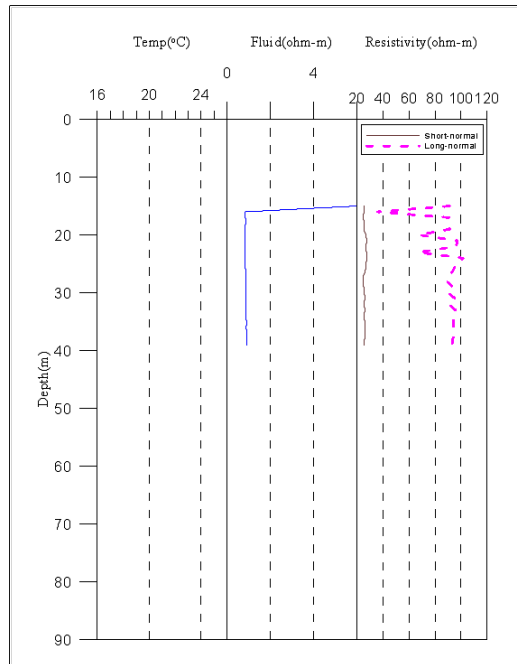
<영양2 관측공 물리검층>



<영양3 관측공 물리검층>

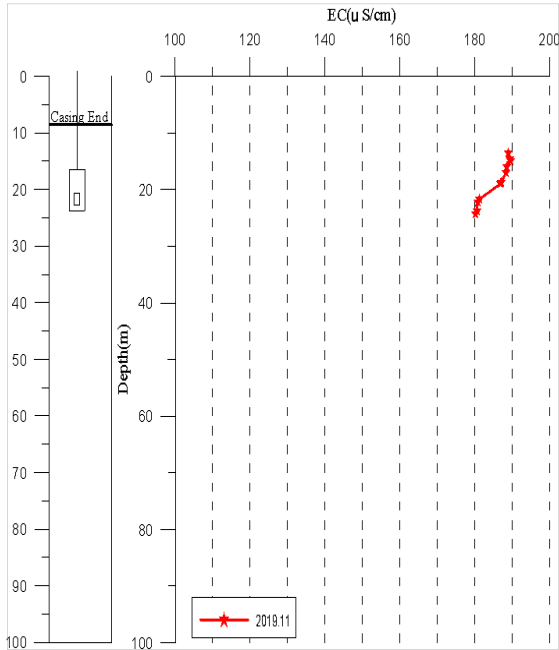


<영양4 관측공 물리검층>

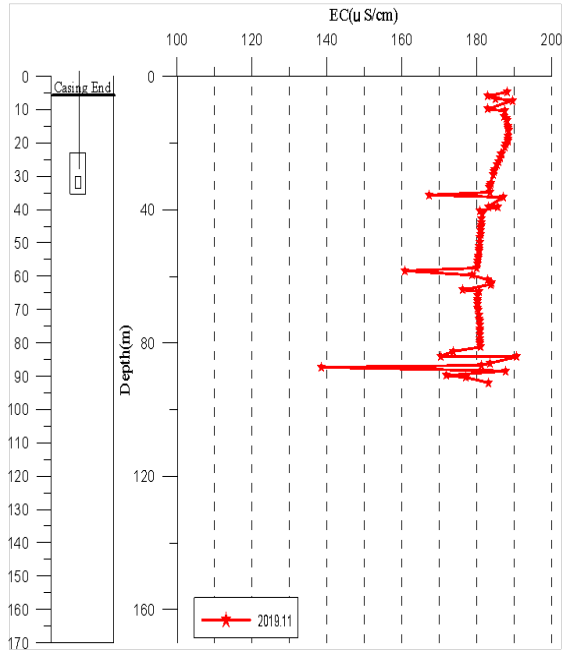


<영양5 관측공 물리검층>

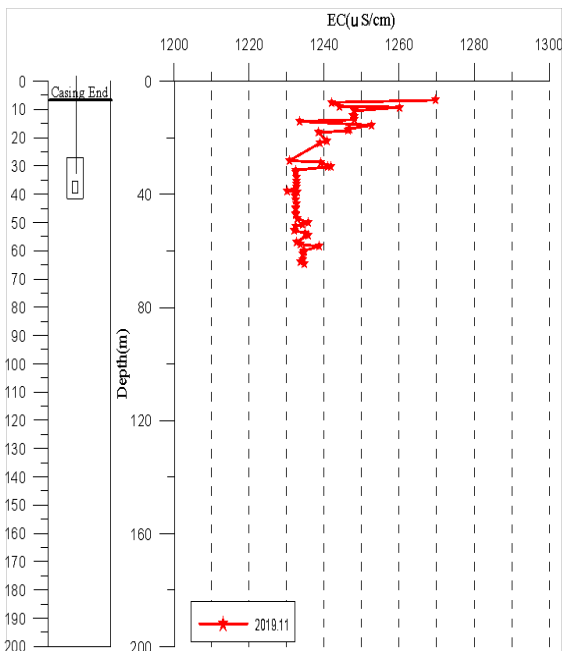
4. 지하수 검층



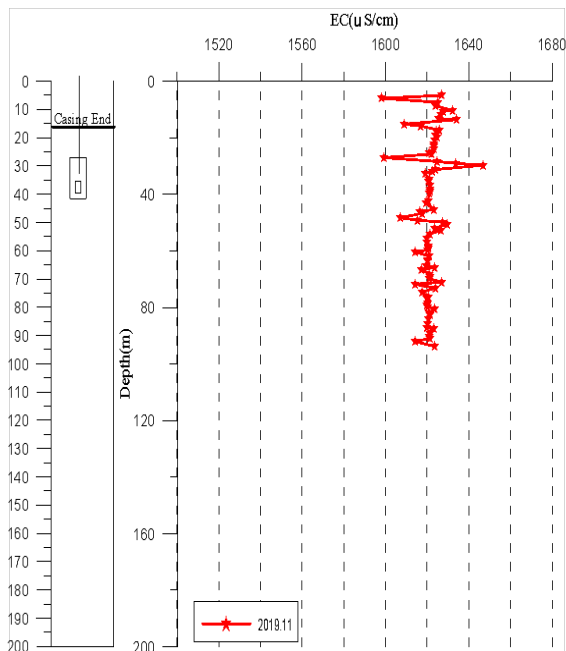
<영양1 관측공>



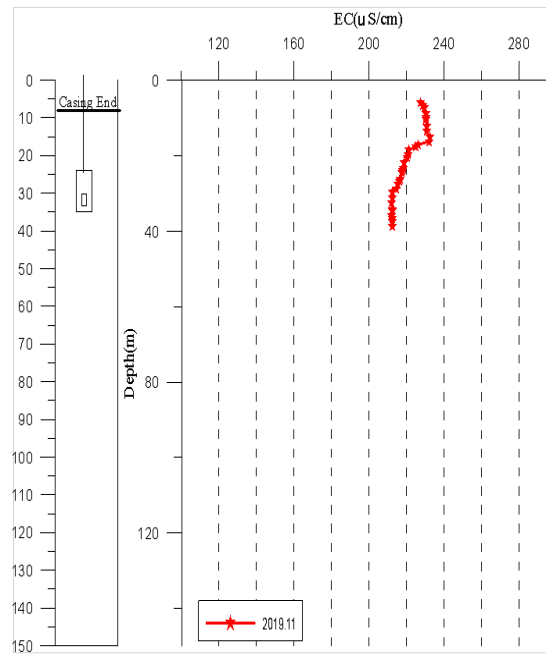
<영양2 관측공>



<영양3 관측공>



<영양4 관측공>



<영양5 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
영양1 (2019.11)	3.06	2.48	0.96	22.23	5.40	2.75	67.10	4.70
영양2 (2019.11)	15.84	15.57	0.91	55.14	4.64	3.79	250.10	2.39
영양3 (2019.11)	49.60	16.24	1.91	63.53	91.74	19.84	192.15	38.52
영양4 (2019.11)	22.91	22.50	1.75	47.25	4.68	7.80	286.70	1.56
영양5 (2019.11)	3.93	2.78	1.20	14.83	9.19	4.01	51.85	1.70

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영양1 관측공이 설치된 지역은 해당 지역의 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도는 영석지구 평균보다 조금 낮은 수치를 보이며 질산성질소의 경우 영석지구 평균보다 높은 값을 보인다. 영양 2, 3 관측공이 설치된 지역은 해당지역의 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도는 영영지구 평균보다 높은 수치를 보이며 질산성질소 또한 영영지구 평균보다 높은 값을 보인다. 영양4 관측공이 설치된 지역은 해당 지역의 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도는 영영지구 평균보다 조금 낮은 수치를 보이며 질산성질소의 경우 영영지구 평균보다 높은 값을 보인다. 영양5 관측공이 설치된 지역은 해당 지역의 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도는 울기지구 평균보다 조금 낮은 수치를 보이며 질산성질소의 경우 울기지구 평균보다 높은 값을 보인다. 따라서 장기적인 수량변화 및 수질변화 관측을 위하여 영양1, 2, 3, 4, 5 관측공 부지로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 영양1, 2, 3, 4, 5 관측공의 양수량은 각 50, 70, 50, 50, 50 m^3/d 이며, 수리전도도는 각 $8.33 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 94 m), $4.40 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 164 m), $2.21 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 191 m), $9.26 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 184 m), $4.28 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ (대수층 두께 141 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 영양1 관측공은 단노말(16")은 40 ohm-m 내외, 장노말(64")은 120 ohm-m 내외로 나타난다. 영양2 관측공은 단노말(16")은 20~80 ohm-m, 장노말(64")은 20~120 ohm-m로 나타난다. 영양3 관측공은 단노말(16")은 1~15 ohm-m, 장노말(64")은 20~70 ohm-m로 나타난다. 영양4 관측공은 단노말(16")은 10~20 ohm-m, 장노말(64")은 20~70 ohm-m로 나타난다. 영양5 관측공은 단노말(16")은 20~40 ohm-m, 장노말(64")은 30~100 ohm-m로 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 영양1, 2, 3, 4, 5 관측공은 각각 180 ~ 200 $\mu\text{S/cm}$, 140 ~ 190 $\mu\text{S/cm}$, 1,230 ~ 1,270 $\mu\text{S/cm}$, 1,600 ~ 1,650 $\mu\text{S/cm}$, 200 ~ 240 $\mu\text{S/cm}$, 범위이다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영양1, 2, 4, 5 관측공은 오염되지 않은 천부 지하수인 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 영양3 관측공은 농업활동이나 생활하수 등의 인위적인 오염원에 의한 영향을 반영하는 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 영양1, 2, 3, 4, 5 관측공의 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.
- 5) 관리 방안 : 영양2, 4 관측공은 지하수 오염이 나타나 이용에 주의가 필요하며, 장기적인 관측을 통하여 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

2.8.18 영주지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
영주1	영주시 부석면 보계리 529-2	483165	345569	233	2019	229.5

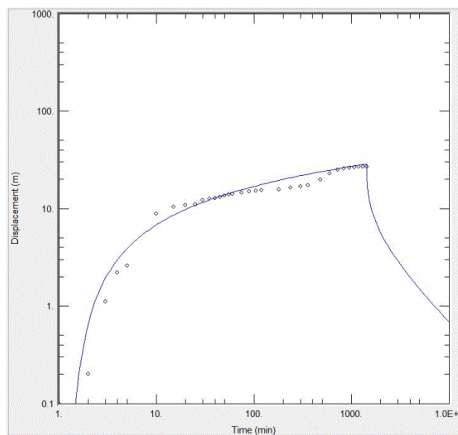
2. 지형 및 지질

영주1 관측공이 설치된 영주시 부석면 보계리는 농경지의 비율이 높은 지역으로 지하수의 수질이 불량하고 수량이 부족하다는 평가가 우세한 지역이다. 이러한 문제점을 모니터링하기 위해 영주1 관측공을 설치하였다.

3. 대수층 수리지질 현황

영주1 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

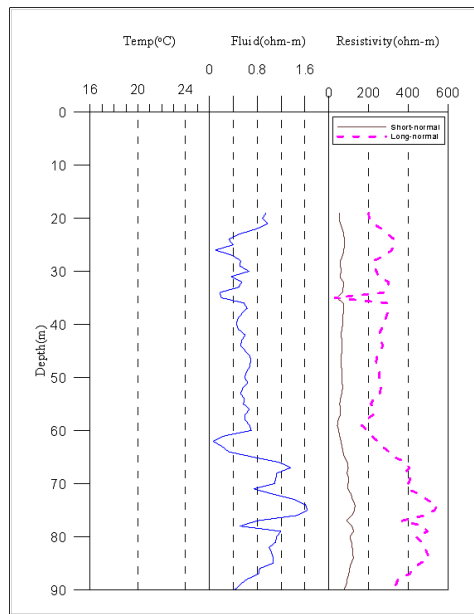
◎ 양수시험



<영주1 관측공 양수시험>

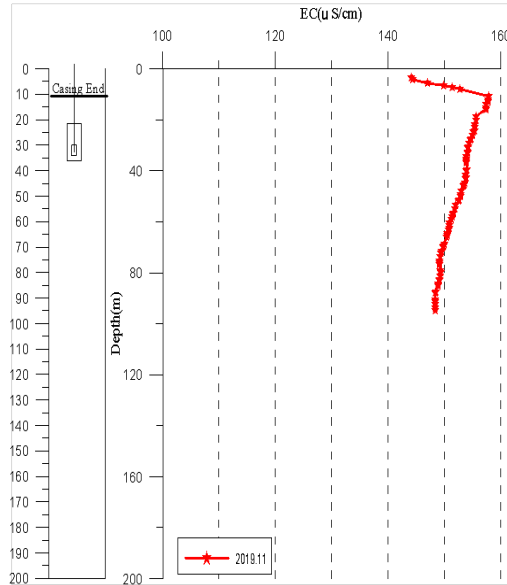
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
영주1	200	3.826	2.36×10 ⁻⁵	188

◎ 물리검층



<영주1 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<영주1 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
영주1 (2019.11)	21.07	0.27	0.57	4.35	2.08	1.81	53.38	1.64

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 영주1 관측공은 농경지의 비율이 높은 지역으로 지하수의 수질이 불량하고 수량이 부족하다는 행정기관의 의견을 참고하여 관측공 설치 지구로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 영주1 관측공의 양수량은 200 m³/d 이며, 수리전도도는 2.36×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 188 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")은 50~150 ohm-m, 장노말(64")은 50~600 ohm-m로 나타난다. 약 35, 60 m 심도에서 단노말과 장노말이 동시에 감소하여 해당구간 공벽은 지하수로 포화되어 있음을 추정케 한다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 영주1 관측공은 각각 140 ~ 160 $\mu S/cm$ 범위 전기전도도를 나타내고 있다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 영주1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 이는 농업활동이나 생활하수 등의 인위적인 오염원에 의한 영향을 받은 것으로 보인다. 영주1 관측공의 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 gm/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.
- 5) 관리 방안 : 영주1 관측공은 현재는 하폐수의 영향을 받는 것으로 보이나, 전기전도도는 상대적으로 낮아 지하수 오염은 나타나지 않는다. 장기적인 관측을 통하여 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

2.8.19 울진지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
울진1	울진군 온정면 외선미리 39-9	464750	408155	175	2019	168.4
울진2	울진군 매화면 기양리 1529	479125	410333	49	2019	44.3
울진3	울진군 북면 덕구리 57-1	500656	405827	58	2019	52.4

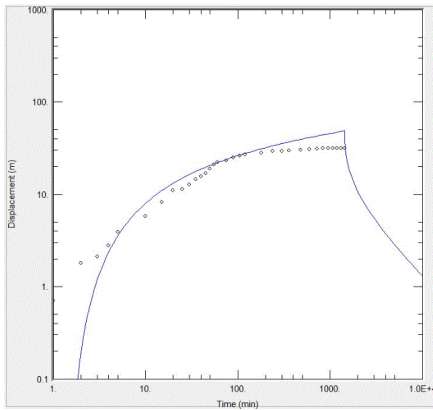
2. 지형 및 지질

울진1 관측공이 위치한 온정면 외선미리는 울진군의 동쪽에 위치하고 있으며, 영양군 수비면과 인접하고 있다. 울진2 관측공이 위치한 매화면 기양리는 북으로 울진군 근남면, 남으로 울진군 기성면과 인접한다. 울진3 관측공이 위치한 북면 덕구리는 울진군 북쪽지역으로 강원도 삼척시와 인접하고 있다. 울진군은 대부분 산간지대이다.

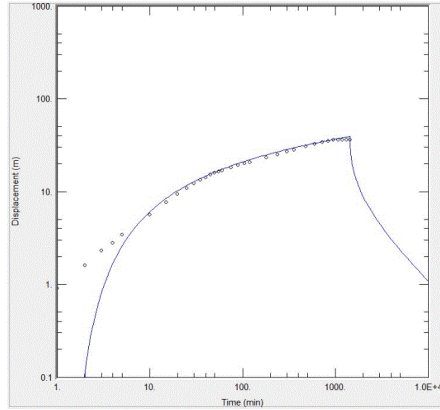
3. 대수층 수리지질 현황

울진 1, 2, 3 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

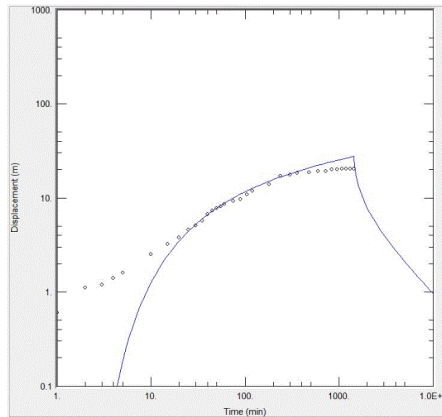
◎ 양수시험



<울진1 관측공 양수시험>



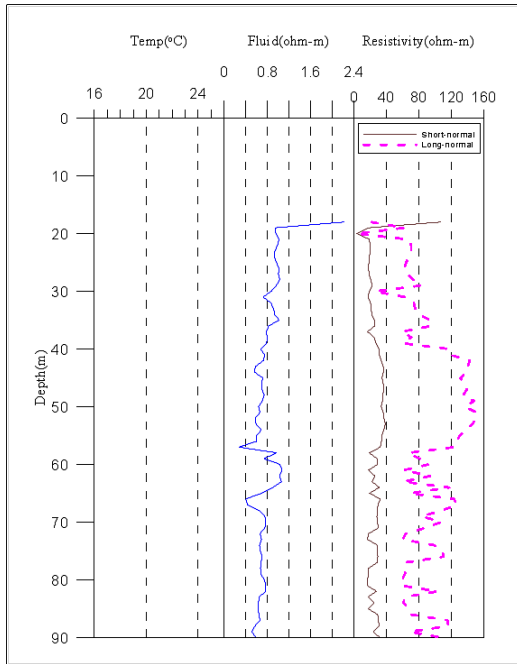
<울진2 관측공 양수시험>



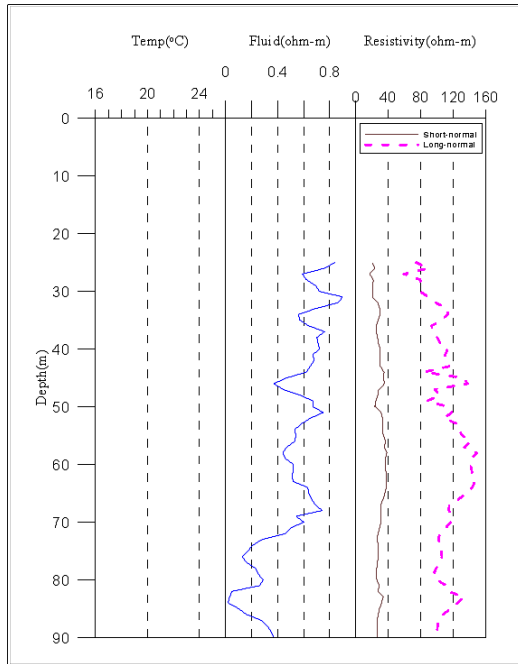
<울진3 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
울진1	50	0.5753	3.59×10 ⁻⁶	188
울진2	100	1.0371	1.46×10 ⁻⁵	82
울진3	50	0.8839	9.26×10 ⁻⁶	111

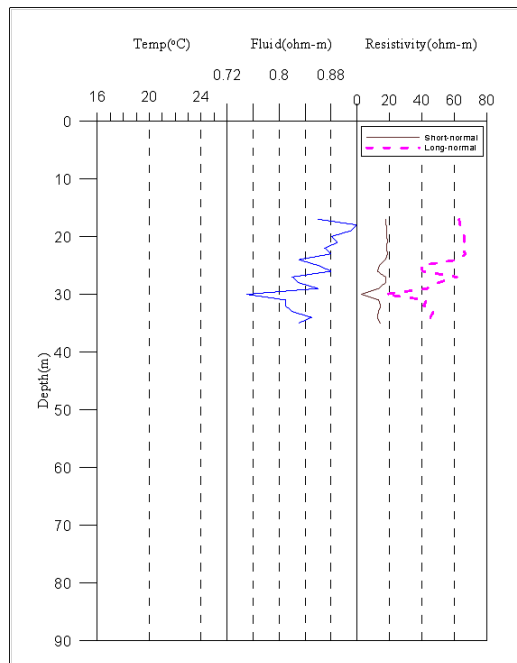
◎ 물리검층



<울진1 관측공 물리검층>

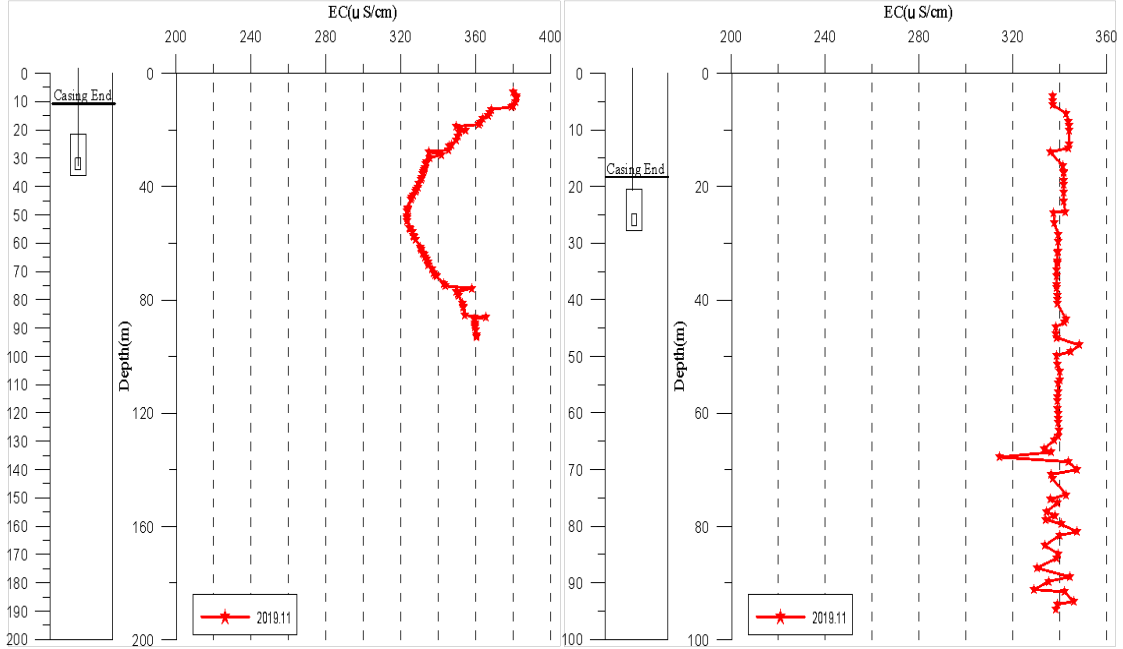


<울진2 관측공 물리검층>



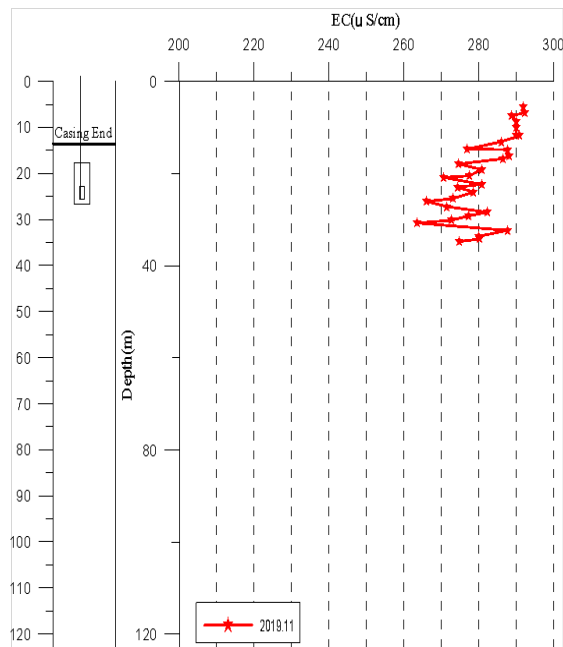
<울진3 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<울진1 관측공>

<울진2 관측공>



<울진3 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
울진1	(2019.11)	8.19	6.26	0.63	45.19	15.22	10.27	137.25	4.32
울진2	(2019.11)	4.99	3.71	0.94	62.07	5.15	9.95	179.95	8.52
울진3	(2019.11)	53.87	0.13	0.52	1.89	9.03	8.96	35.10	n.d.

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 울진1, 2 관측공은 해당 지역의 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도는 울기지구 평균보다 높은 수치를 보인다. 따라서 장기적인 수량변화 및 수질 변화 관측을 위한 관측공 부지로 선정하였다. 울진3 관측공은 해당 지역의 평균 개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도는 울원지구 평균보다 낮은 값을 보이며, 질산성질소 기준초과 지점도 존재하지 않는다. 하지만 축사 등 오염시설의 수가 지구내 다른 지역 보다 많아 장기적인 수질변화 관측을 위한 관측공 부지로 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 울진1, 2, 3 관측공의 양수량은 각 50, 100, 50 m^3/d 이며, 수리전도도는 각 3.59×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 188 m), 1.46×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 82 m), 9.26×10^{-6} cm/sec(대수층 두께 111 m) 이다. 울진1 관측공은 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 10~40 ohm-m, 장노말(64 ")은 10~160 ohm-m로 나타난다. 울진2 관측공은 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 20~40 ohm-m, 장노말(64 ")은 40~160 ohm-m로 나타난다. 울진3 관측공은 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16 ")은 10~20 ohm-m, 장노말(64 ")은 20~70 ohm-m로 나타난다. 울진1 관측공은 약 60~70 m 심도에서, 울진2 관측공은 약 50 m 심도에서, 울진3 관측공은 약 30 m

심도에서 단노말과 장노말이 동시에 감소하여 해당구간 공벽은 지하수로 포화되어 있음을 추정케 한다.

- 3) 지하수 검층 결과 : 울진1, 2, 3 관측공 전기전도도는 각각 $320 \sim 400 \mu S/cm$, $300 \sim 380 \mu S/cm$, $260 \sim 300 \mu S/cm$ 범위이며, 모두 담수영역이다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 울진1, 2 관측공은 오염되지 않은 천부 지하수인 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 울진3 관측공은 농업활동이나 생활하수 등의 인위적인 오염원에 의한 영향을 받은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당한다. 울진1, 2, 3 관측공의 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.
- 5) 관리 방안 : 울진1, 2, 3 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나 장기적인 관측을 통하여 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 계획이다.

부록 2.9 경상남도

2.9.1	김해지구	.....	부록	-	1017
2.9.2	진주지구	.....	부록	-	1027
2.9.3	사천지구	.....	부록	-	1041
2.9.4	하동지구	.....	부록	-	1052
2.9.5	합천지구	.....	부록	-	1063
2.9.6	밀양지구	.....	부록	-	1072
2.9.7	거창지구	.....	부록	-	1084
2.9.8	거제지구	.....	부록	-	1092
2.9.9	창녕지구	.....	부록	-	1099
2.9.10	산청지구	.....	부록	-	1110
2.9.11	양산지구	.....	부록	-	1121
2.9.12	남해지구	.....	부록	-	1127
2.9.13	의령지구	.....	부록	-	1136
2.9.14	함안지구	.....	부록	-	1148
2.9.15	함양지구	.....	부록	-	1157
2.9.16	고성지구	.....	부록	-	1162

부록 2.9 경상남도

2.9.1 김해지구

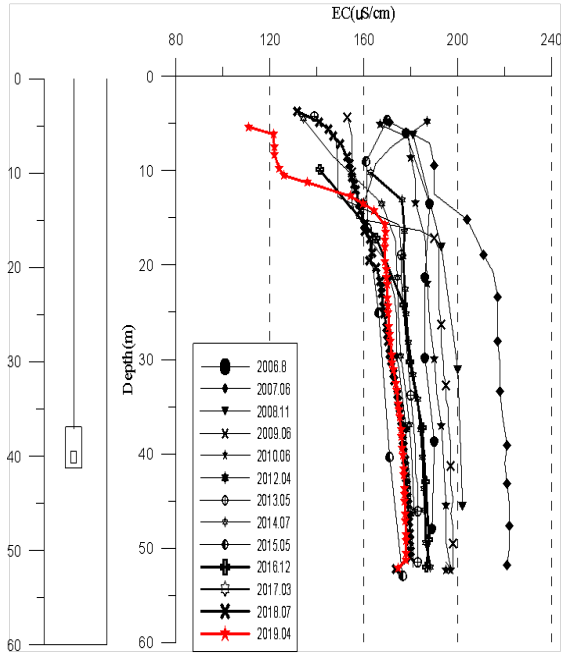
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
김해1	김해시 상동면 감노리 317-9	192521.58	205843.25	10.71	2003	5.57
김해2	김해시 진영읍 죽곡리 54-3	179282.19	198348.89	9.06	2003	-5.33
김해3	김해시 장유면 삼문리	182097.16	188436.01	28.60	2005	19.21
김해4	김해시 대동면 초정리 997-4	197759.6085	192797.0984	2.526	2016	-0.47

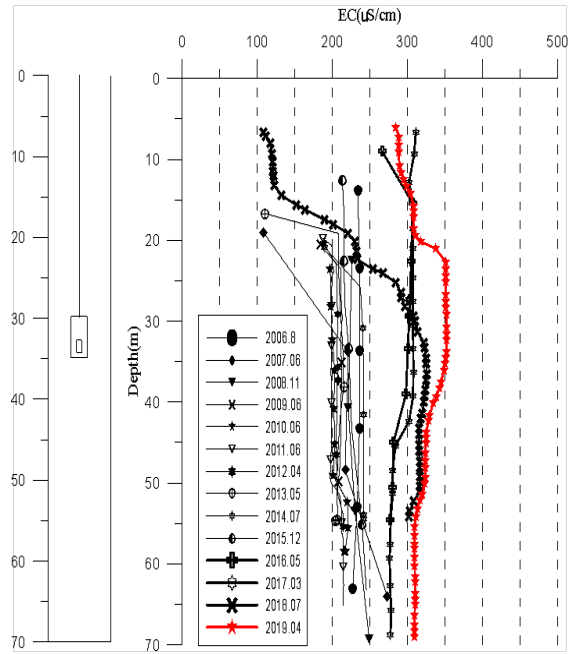
2. 지형 및 지질

김해지구는 김해시 상동면 감노리, 진영읍 농공단지, 삼문동 체육센터, 대동면 초정리에 위치해 있으며, 김해1과 김해2 관측공은 기설관정을 이용하는 반면 김해3 관측공은 2005년, 김해4 관측공은 2016년 신규로 개발된 관정이다. 김해지역은 최근 5년간 급격한 도시화로 인하여 인구가 증가하고 있으며, 농경지는 줄어들고 있다. 김해4 관측공은 대동면 일대 화훼단지가 크게 발달하고 있으며, 낙동강변에 위치하고 있어 염해 피해가 발생되고 있는 곳이다. 지하수 사용으로 인한 추가적인 피해를 확인하기 위하여 관측공을 설치하였다. 지질 특성은 김해1, 4 관측공은 낙동강변에 위치하고 있으며, 백악기 유문암질 응회암류, 밀양 안산암, 김해2 관측공은 백악기 섬록암, 주산안산암질암, 응회암, 진동층 등, 김해3 관측공은 백악기 흑운모화강암, 주산암산암질암, 함각력 안산암 등으로 구성되어 있다.

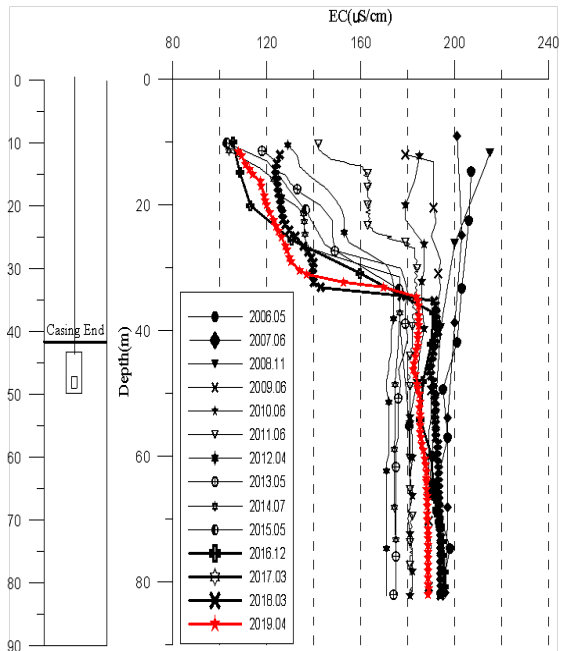
3. 지하수 검층



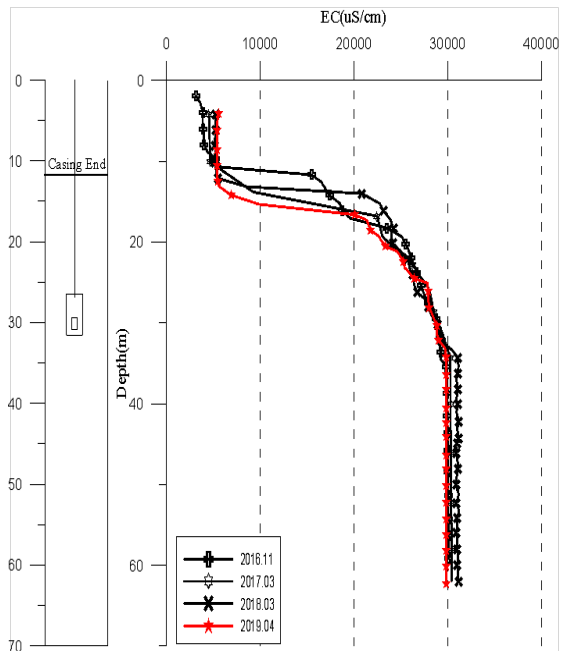
<김해1 관측공>



<김해2 관측공>



<김해3 관측공>



<김해4 관측공>

4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

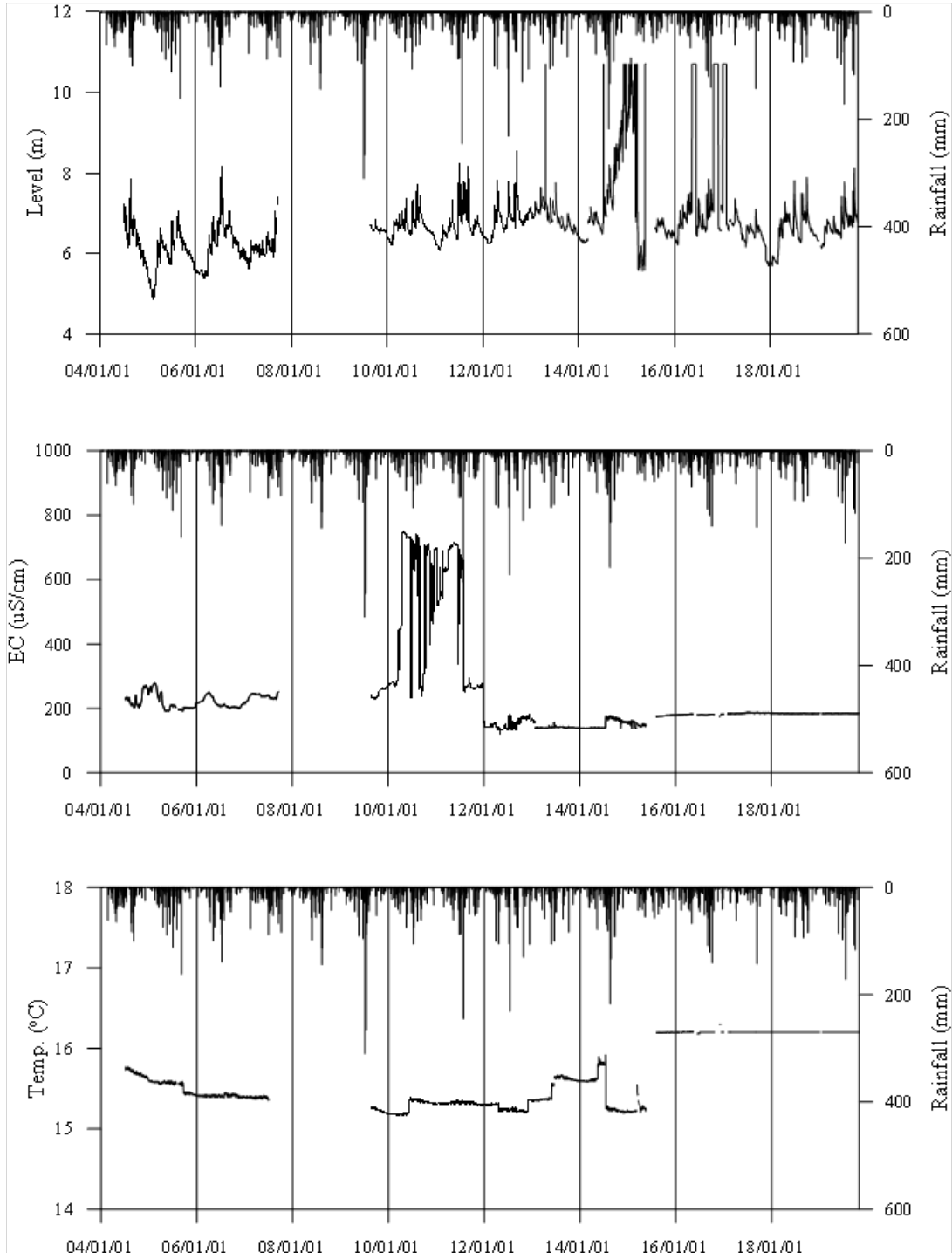
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
김해1	(2007.10)	20.41	3.01	5.43	12.67	6.29	25.39	70.15	1.41
	(2008.11)	8.28	1.93	1.29	18.95	7.57	12.84	64.05	7.12
	(2009. 6)	12.66	2.50	1.53	21.56	6.82	16.78	67.10	1.44
	(2010. 6)	11.20	2.22	1.28	25.09	8.22	11.83	82.35	5.84
	(2011.10)	13.79	2.64	2.53	17.56	10.34	16.65	73.22	1.67
	(2012. 4)	19.61	1.96	3.24	15.56	12.43	13.42	70.15	2.64
	(2013. 5)	8.82	2.05	1.07	19.02	6.12	8.11	76.25	0.45
	(2014. 7)	12.58	2.34	1.43	25.51	8.03	11.83	82.35	4.09
	(2015.10)	10.60	2.15	1.27	22.02	13.09	6.62	68.34	4.88
	(2016. 5)	13.16	2.02	1.26	24.18	8.66	7.22	83.88	3.70
	(2017. 3)	11.84	2.05	1.15	25.45	8.66	6.70	85.40	2.06
(2018. 6)	9.85	1.22	0.75	12.39	3.59	8.31	51.85	N.D.	
(2019. 4)	10.39	1.58	1.46	13.56	4.75	5.83	64.05	N.D.	
김해2	(2007.10)	9.12	3.36	2.79	17.91	7.46	5.55	73.20	3.21
	(2008.11)	15.78	4.18	1.11	18.35	8.18	10.47	100.65	2.94
	(2009. 6)	13.43	5.88	1.21	21.21	0.27	7.36	106.75	N.D.
	(2010. 6)	19.98	4.38	1.04	22.01	10.64	8.28	112.85	3.76
	(2011.10)	3.15	1.66	2.99	10.08	3.50	1.95	35.15	8.69
	(2012. 4)	20.81	4.64	1.25	25.37	10.24	8.09	115.90	6.94
	(2013. 5)	18.14	4.25	1.13	17.24	11.01	8.73	97.60	4.14
	(2014. 7)	24.17	5.96	1.48	27.19	9.89	17.36	115.90	4.47
	(2015. 6)	13.11	6.98	1.50	30.01	22.82	11.13	129.92	3.60
	(2016. 5)	22.17	8.40	1.55	34.02	25.57	12.97	131.15	3.13
	(2017. 3)	20.58	8.09	1.52	34.05	25.53	14.44	125.05	1.25
(2018. 6)	5.50	2.82	1.19	18.08	6.67	4.57	64.05	0.52	
(2019. 4)	16.22	6.90	3.93	35.60	20.42	9.65	146.40	7.70	

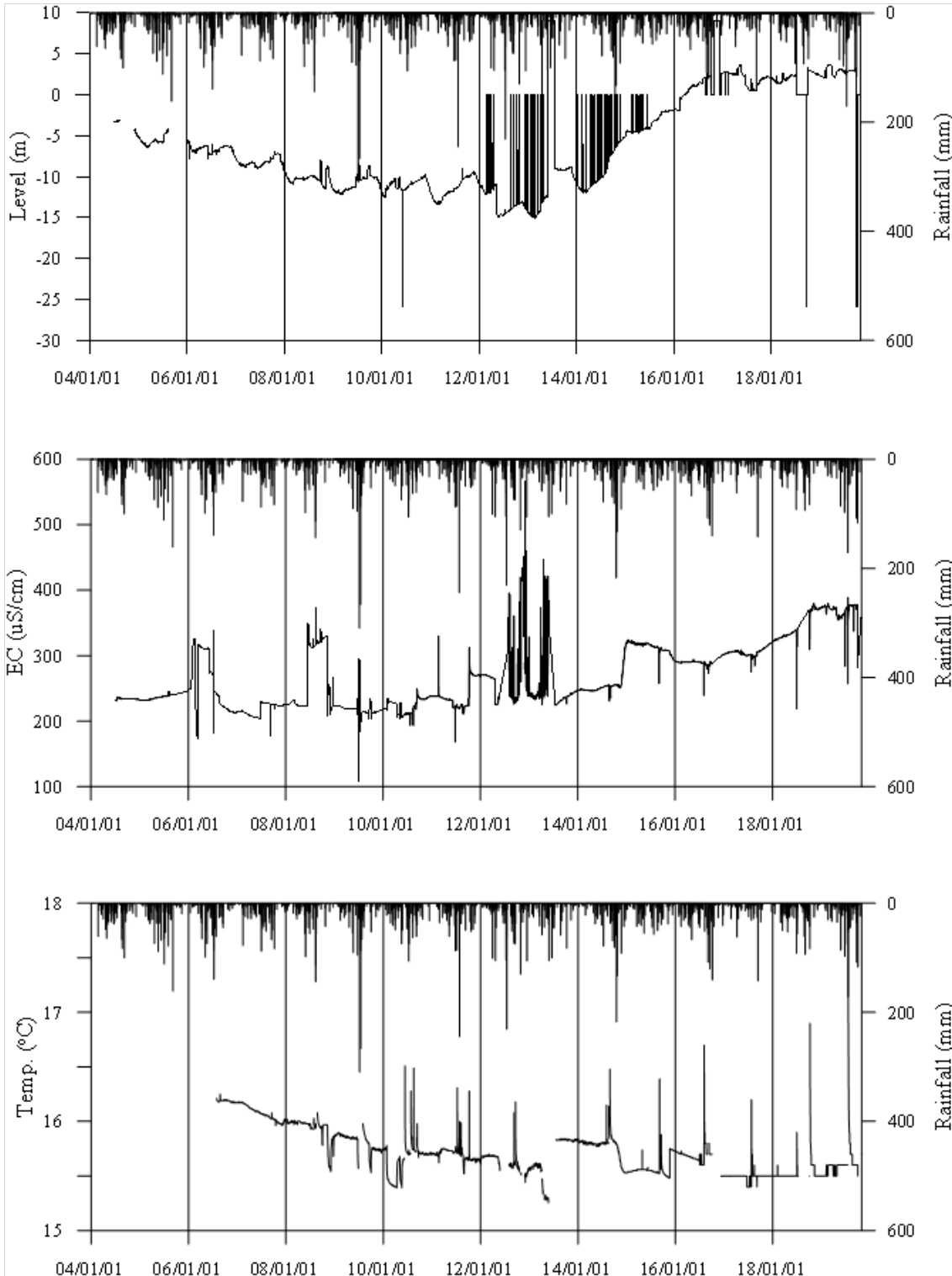
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
김해3	(2007.10)	11.31	6.14	1.53	22.24	1.47	5.15	128.10	N.D.
	(2008.11)	12.65	5.22	1.01	17.03	0.42	10.46	106.75	0.06
	(2009. 6)	18.34	4.67	1.22	22.46	8.99	8.81	97.60	3.46
	(2010. 6)	12.34	5.65	0.95	21.42	0.77	8.70	100.65	N.D.
	(2011.10)	14.14	5.69	1.45	12.22	0.55	10.17	86.64	0.77
	(2012. 4)	13.37	5.23	1.07	18.07	N.D.	6.87	97.60	N.D.
	(2013. 5)	11.43	4.61	0.95	9.97	0.37	6.94	73.20	N.D.
	(2014. 7)	15.65	4.07	1.35	6.93	0.46	11.64	57.95	0.02
	(2015. 6)	10.50	4.26	1.26	9.39	1.88	0.14	73.32	0.85
	(2016. 5)	13.59	5.50	1.18	17.07	0.80	7.40	109.80	0.60
	(2017. 3)	14.11	5.45	0.93	16.69	0.52	7.04	103.70	0.41
	(2018. 6)	12.08	3.76	0.56	8.73	0.33	7.07	61.00	N.D.
(2019. 4)	13.92	2.88	1.35	6.33	0.40	7.05	57.95	N.D.	
김해4	(2016.12)	2951.25	349.84	75.26	490.26	267.50	5574.11	530.70	30.02
	(2017.3)	3683.00	534.00	67.00	937.00	733.32	8642.24	375.15	449.73
	(2018.6)	3514.48	440.79	44.40	386.74	307.31	7305.44	372.10	N.D.
	(2019. 4)	2657.45	241.95	63.75	234.29	175.20	4508.84	494.10	98.37

5.

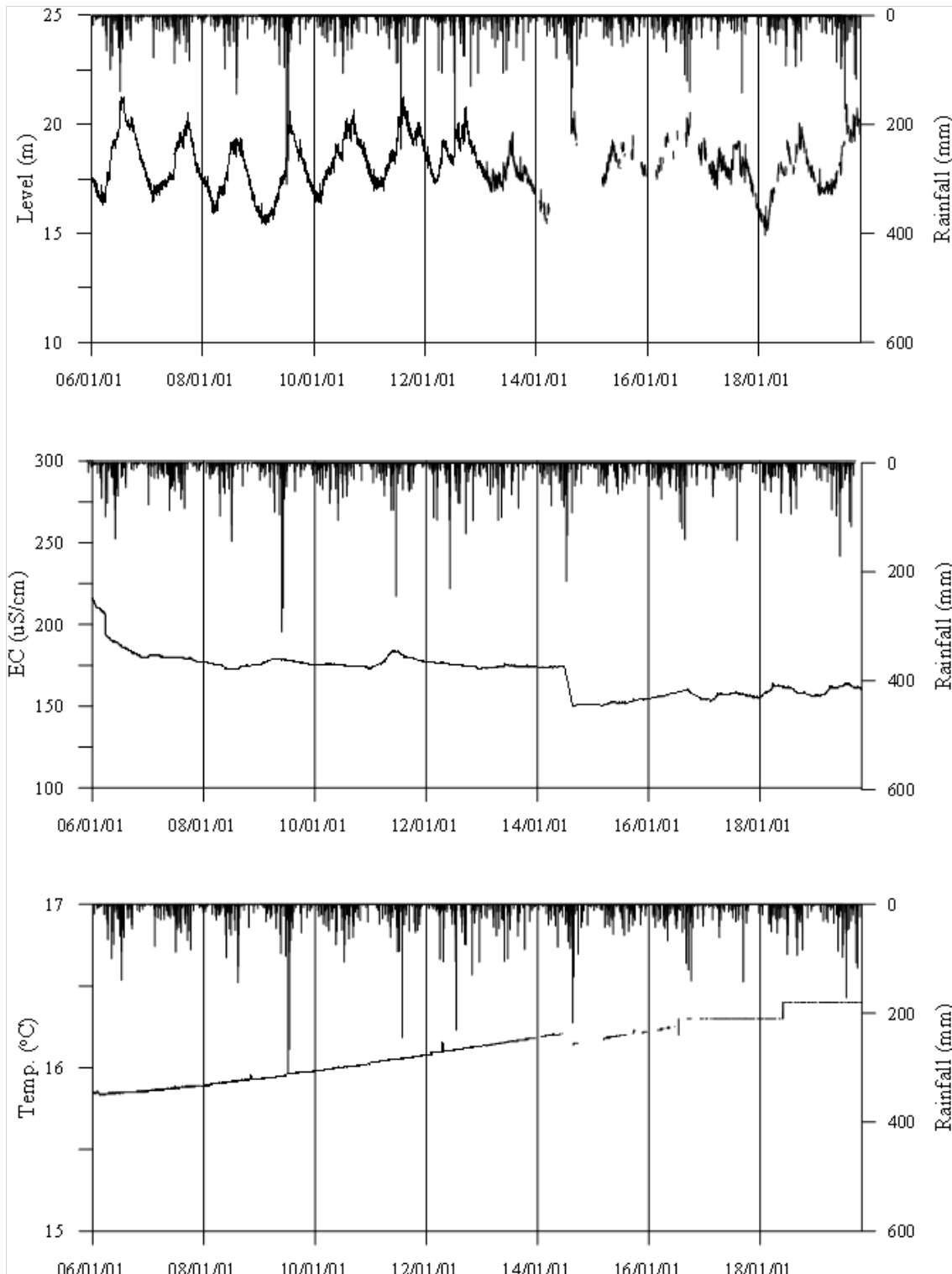
장기관측 결과



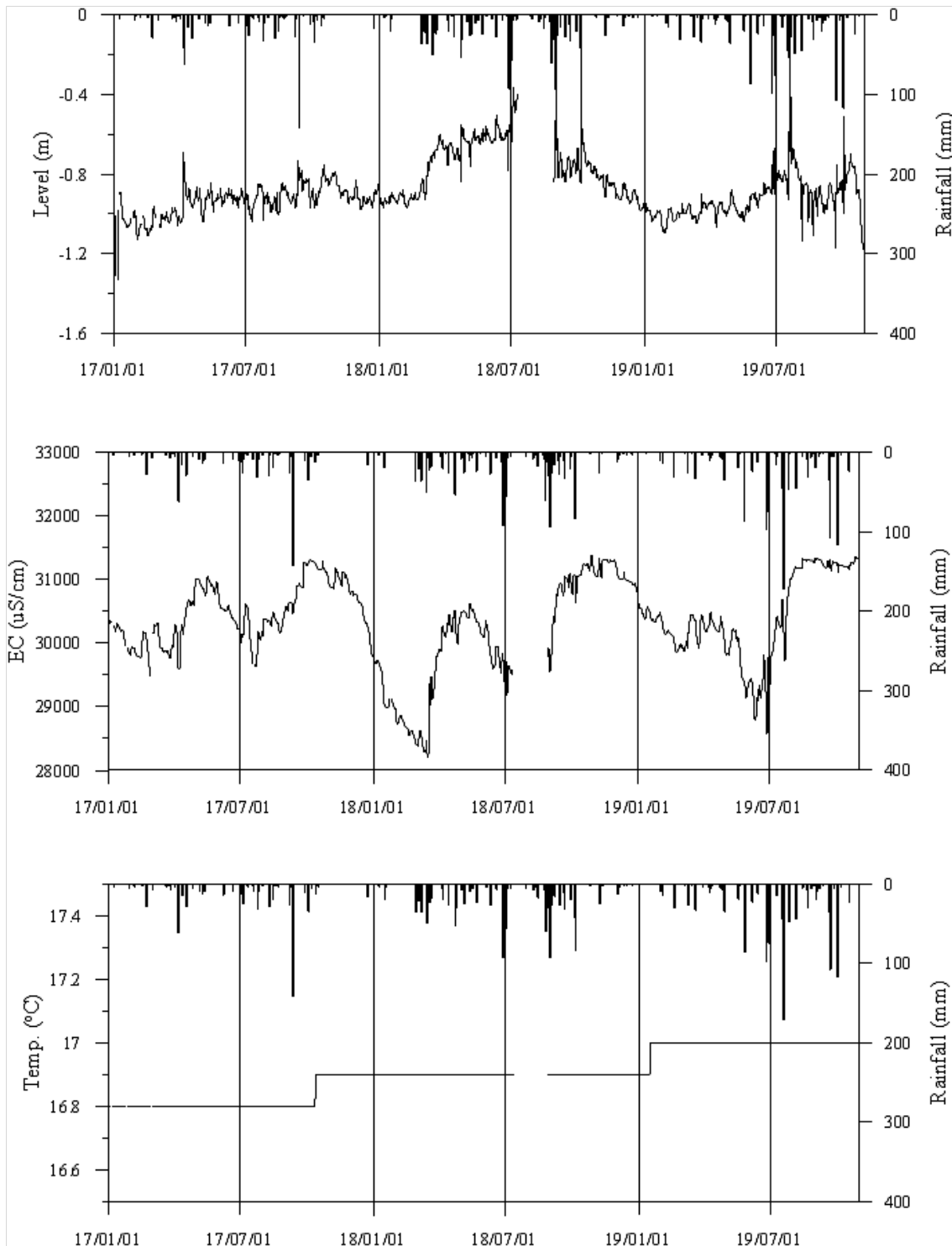
<김해1 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<김해2 관측공의 장기관측자료 (2004.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<김해3 관측공의 장기관측자료 (2006.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<김해4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 김해 1, 2, 3 관측공은 김해시 농촌지하수관리조사 완료 후 지하수 이용량이 많고, 주변 청문조사에 의해 향후 오염 가능성이 큰 지역을 선정하여 설치하였다. 김해1, 2 관측공은 기존관정을 사용한 관측공으로 주위 시설관정 개소수가 많으며 공단 등이 위치하여 사용량이 비교적 많고 상대적으로 수질오염의 위험에 노출된 위치에 속한다. 김해3 관측공은 신규 대규모 주거단지에 위치하여 사용량이 많고 생활용 오폐수의 오염가능성이 상대적으로 큰 곳에 설치하여 향후 대수층을 통한 수량, 오염 등을 관측코자 하였다. 김해4 관측공은 대동면 일대 화훼단지가 크게 발달하여 있으며, 낙동강변에 위치하고 있어 염해 피해가 발생되고 있는 곳이다. 지하수사용으로 인한 추가적인 염해 피해를 확인하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 전기전도도 검층 결과 김해1, 2, 3 관측공 모두 심도별 전기전도도 증가현상은 나타나지 않으며, 모두 $350 \mu S/cm$ 이하로 나타난다. 김해4 관측공은 케이싱 하부인 12 m에서 전기전도도가 $5,000 \mu S/cm$ 로 나타났지만, 이후 급격히 상승하여 35 m 구간까지 $30,000 \mu S/cm$ 내외로 나타났다. 따라서 이 구간을 통한 해수침투의 영향이 있는 것으로 판단된다.
- 3) 지하수 수질분석 결과 : 이온분석 결과 김해1, 2, 3 관측공 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형이며, 김해4 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당한다. 김해4 관측공 질산염 농도는 2017년 및 2019년에 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하였다. 또한 김해4 관측공은 해수가 유입된다. 결과적으로 김해4 관측공 주변 지하수는 영농에의 이용을 규제하고, 타수자원 활용이 필요하다.
- 4) 장기 관측결과 : 김해1 관측공은 강수에 의한 지하수위 상승과 하강이 뚜렷하고 연간 5 m 이내의 변화가 있으며, 2010 ~ 2011년을 제외하면 전기전도도는 $200 \mu S/cm$ 내외이다. 김해2 관측공은 강수에 의한 지하수위 변화가 나타나고 2014년 이전까지 감소하다 그 이후 증가하는 추세이다. 전기전도도는 지하수위에 반비례하고, 평균 $264 \mu S/cm$ 이며 2014년 이후 증가 추세이다.

김해3 관측공 또한 강수와 비례하며, 연간 수위변화는 8 m 이내이다. 평균 전기전도도는 $175 \mu S/cm$ 로 연중 큰 변화는 없다. 김해4 관측공 지하수위는 강우반응이 좋고, 전기전도도는 해수유입에 따라 약 $30,000 \mu S/cm$ 내외로 나타나 암반지하수를 영농에 이용을 금지하여야 한다.

- 5) 관리 방안 : 김해지구의 경우 김해4 관측공은 현재 해수에 의해 심각하게 오염된 상태로서 관측공 주변 지하수를 영농에 활용하는 것은 불가능하다. 따라서 타 수자원을 통한 농업용수 공급이 바람직하다. 김해4 관측공 역시 해수에 의한 오염 가능성이 크게 나타남에 따라, 장기관측을 통한 지하수 수질 변화에 대한 모니터링이 필수적이다.

2.9.2 진주지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
진주1	진주시 문산읍 옥산리 371-1	122808.206	184730.371	27.28	2007	23.68
진주2 (구)	진주시 수곡면 효자리 230-3	285221.180	188517.703	56.06	2007	54.47
진주2 (신)	진주시 수곡면 원내리 96-2	287306.7713	185501.6446	48.316	2016	44.52
진주3	진주시 가좌동 780	117918.354	185502.351	37.44	2007	-3.734
진주4	진주시 대곡면 월아리 75-1	121508.7805	194275.1404	17.993	2016	9.99
진주5	진주시 사봉면 마성리 502-4	312432.99	292381.38	21.77	2017	15.77
진주6	진주시 집현면 봉강리 295	193634.381	300266.378	20.67	2018	17.47
진주7	진주시 금산면 가방리 1214	304569.6088	293799.3731	19.343	2019	15.973

* 진주2관측공은 도로부지 편입에 따라 진주2(신)으로 2016년 이전 설치

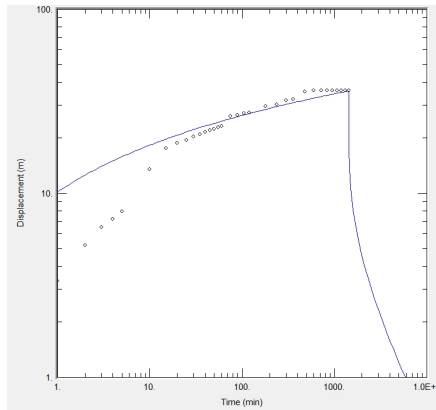
2. 지형 및 지질

진주시는 중앙부에 흐르는 남강이 시가지를 북부와 남부로 양분하는 형세이다. 북쪽에 비봉산(139 m), 남쪽에 망진산(172 m), 동쪽에 선학산 등 100 m 내외의 낮은 산들이 외각지구에 위치하여 저지대의 평평한 시가지를 둘러싸는 형세를 취하며, 단지 동쪽과 남쪽은 남강유역의 평야부로 이루어져 있다. 시가지를 동서남북에서 둘러싸는 형세의 주변부는 북부·서부·동남부지역에 소백산맥의 지맥이 뻗어 내리고 있어 산지부가 나타나고 중앙부와 남부지역은 평지부와 낮은 구릉성 저평지가 펼쳐져 있다. 지질은 중생대 백악기의 함안층, 신라역암층, 유라기의 칠곡층, 진주층과 마동층 그리고 이들을 부정합으로 피복하고 있는 신생대 제4기 충적층으로 구분된다.

3. 대수층 수리지질 현황

진주7 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

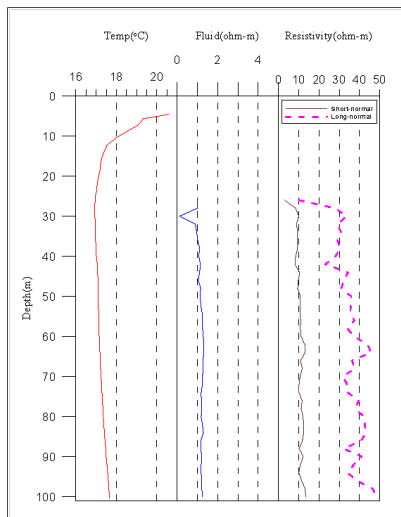
◎ 양수시험



<진주7 관측공 양수시험>

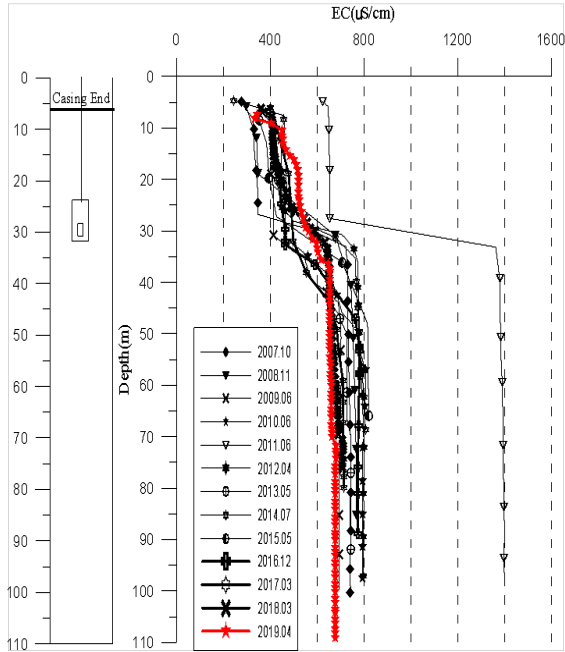
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
진주7	165	3.688	4.26×10 ⁻⁵	100

◎ 물리검층

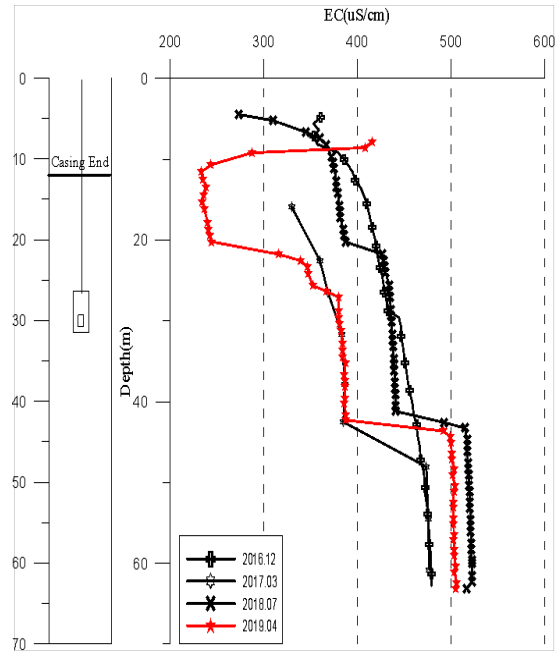


<진주7 관측공 물리검층>

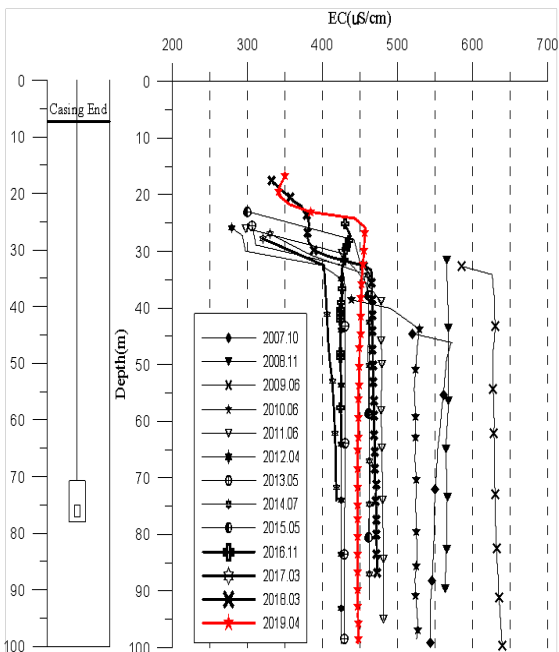
4. 지하수 검층



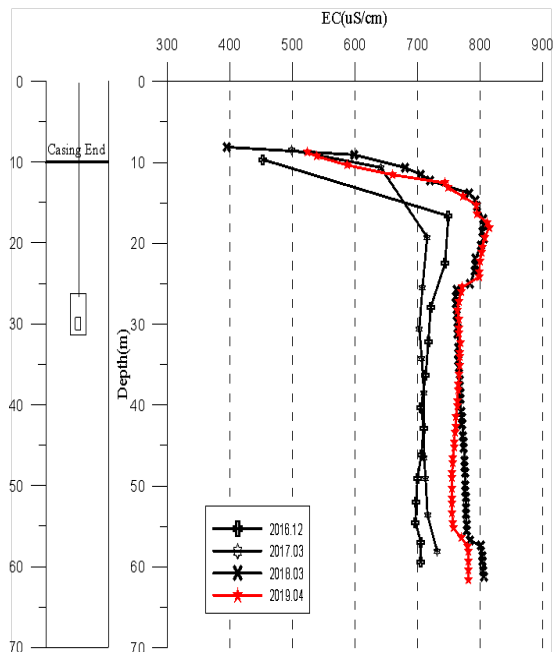
<진주1 관측공>



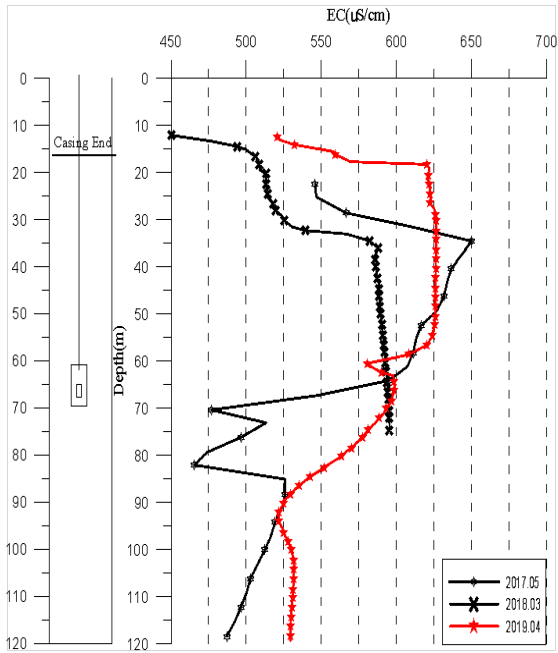
<진주2 관측공>



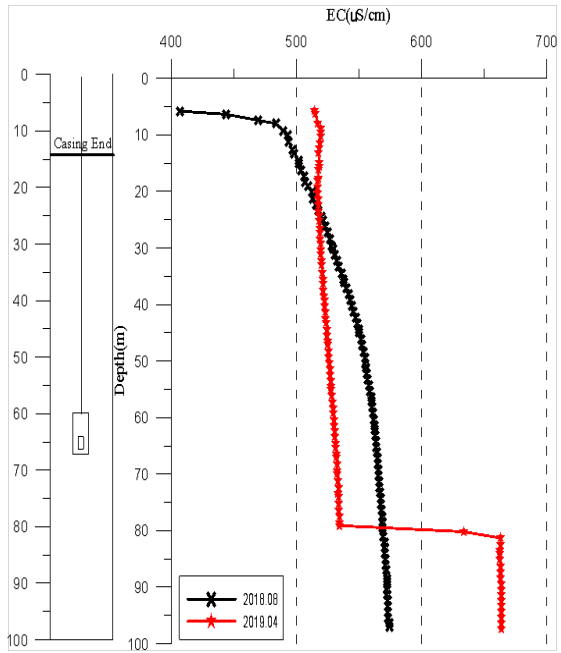
<진주3 관측공>



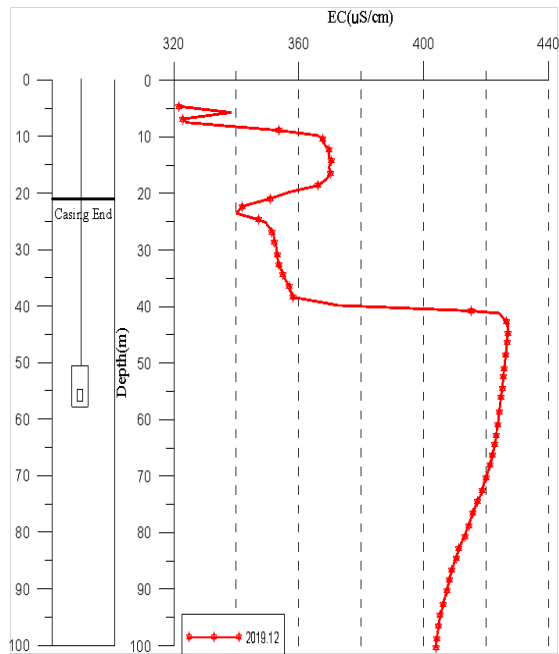
<진주4 관측공>



<진주5 관측공>



<진주6 관측공>



<진주7 관측공>

5. 지하수 수질 분석

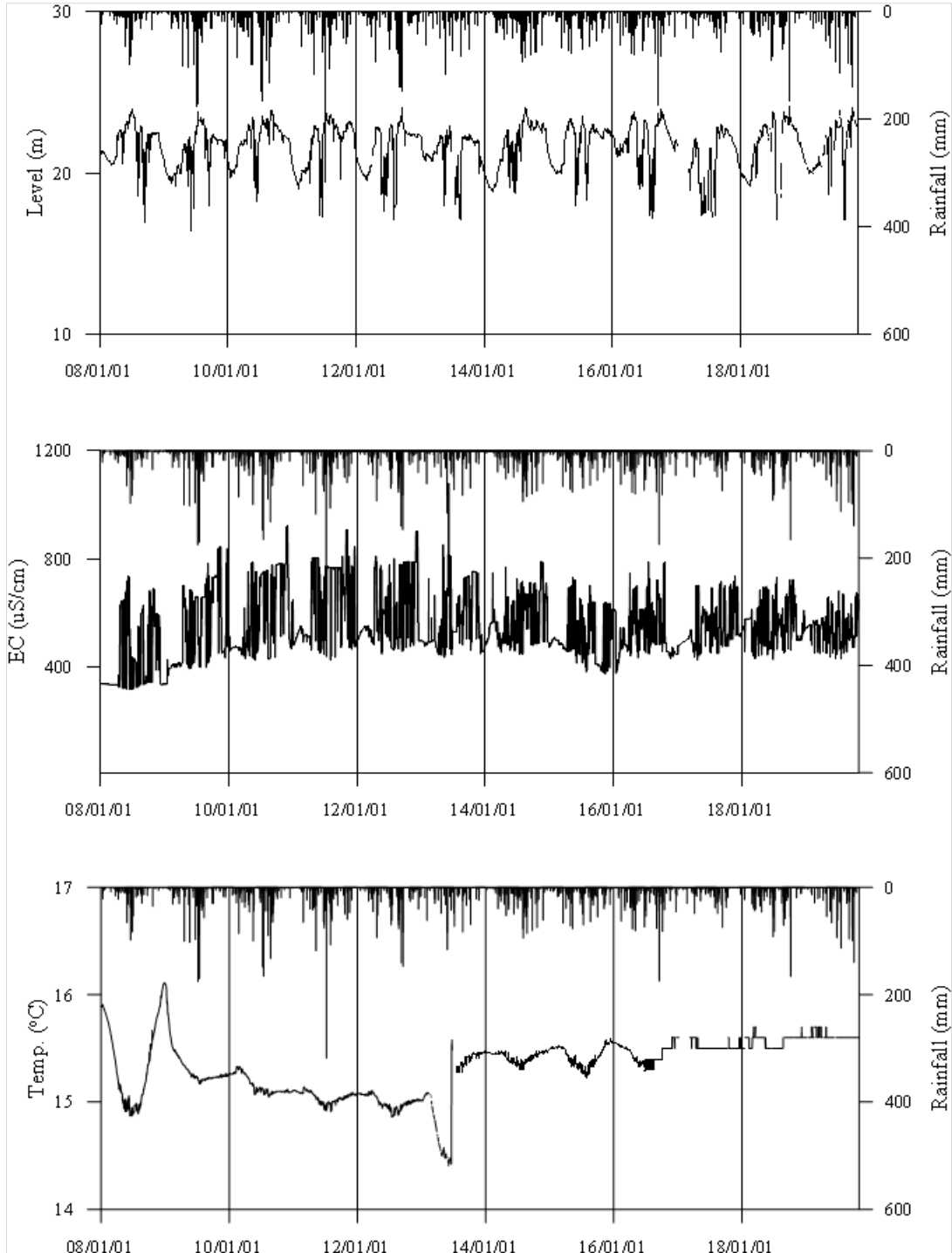
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

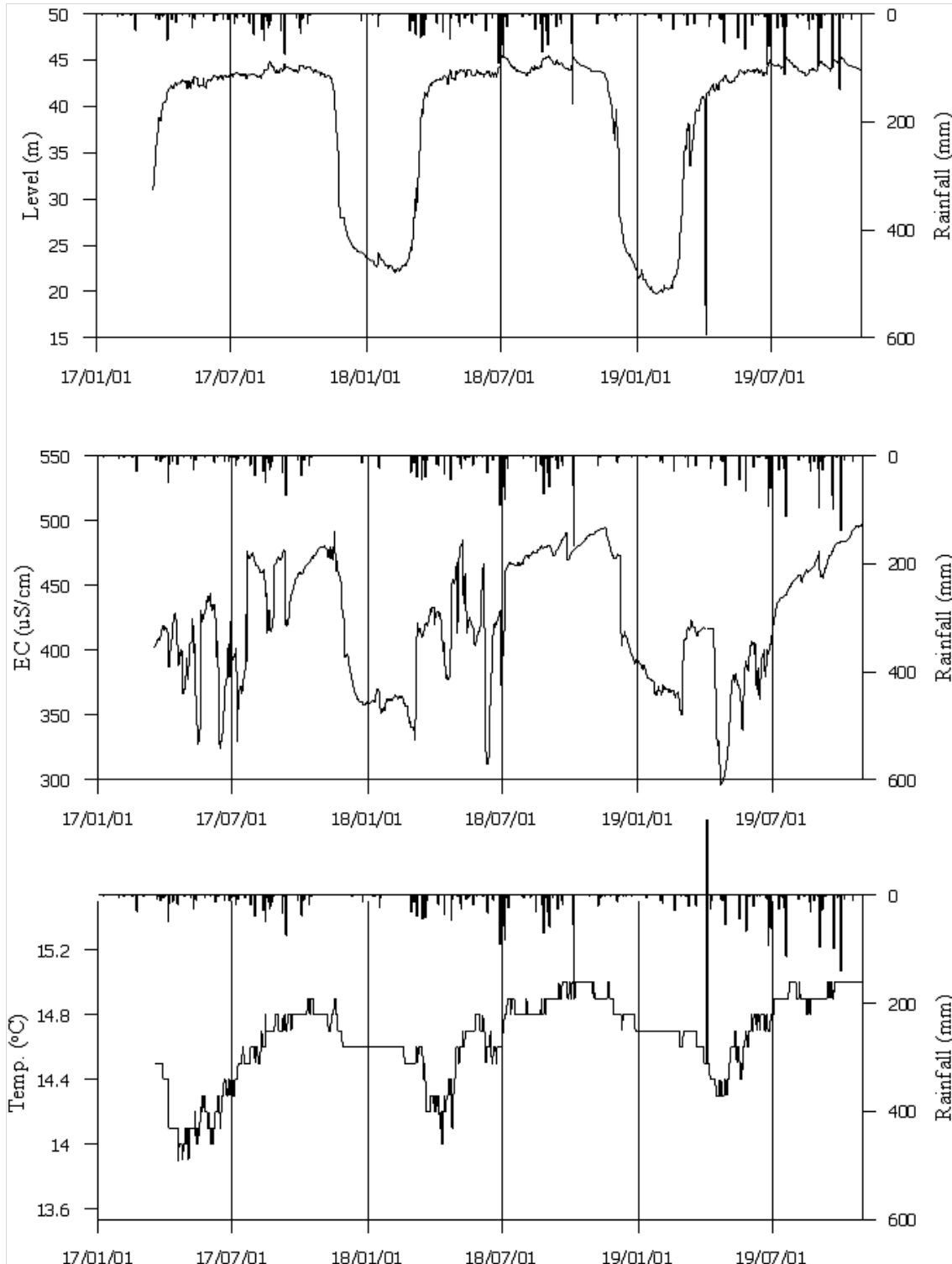
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
진주1	(2007.10)	20.37	12.37	4.23	26.57	35.56	19.64	115.90	22.45
	(2008.11)	19.74	12.30	3.69	33.36	31.11	24.24	128.10	29.03
	(2009. 6)	24.86	16.96	3.55	35.54	40.28	29.28	137.25	14.43
	(2010. 6)	25.38	19.35	3.41	43.02	39.11	33.19	164.70	24.09
	(2011.10)	22.25	18.03	5.54	35.05	35.68	30.12	125.69	36.51
	(2012. 4)	24.10	20.64	3.90	57.64	34.11	42.10	143.35	105.26
	(2013. 5)	22.74	19.39	3.44	46.28	27.53	43.29	146.40	59.02
	(2014. 7)	25.94	18.47	5.47	41.54	33.13	40.27	122.00	37.16
	(2015. 6)	18.51	19.45	4.72	52.99	12.61	60.47	139.75	24.17
	(2016. 5)	26.32	21.34	2.96	73.22	19.93	49.05	158.60	114.04
	(2017. 3)	27.67	17.65	4.40	39.84	32.62	36.47	146.40	59.44
	(2018. 6)	22.11	15.36	4.75	35.29	27.41	30.25	131.15	29.98
(2019. 4)	18.65	13.38	6.62	29.42	25.01	22.70	103.70	24.07	
진주2 (신)	(2016.12)	11.48	10.86	1.67	64.05	40.00	16.33	103.70	81.05
	(2017. 3)	9.56	8.81	0.91	55.69	45.27	18.19	94.55	59.44
	(2018. 6)	9.87	5.71	2.26	39.24	23.20	7.07	115.90	18.72
	(2019. 4)	15.41	5.80	1.89	31.51	22.55	15.70	85.40	13.41

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
진주3	(2007.10)	19.67	15.87	1.45	76.78	90.75	18.23	195.20	4.02
	(2008.11)	17.48	16.28	1.20	74.56	75.94	18.40	247.05	4.91
	(2009. 6)	20.09	18.62	1.30	93.51	107.51	18.98	228.75	5.30
	(2010. 6)	18.57	15.89	1.01	71.51	68.42	17.31	256.20	2.91
	(2011.10)	8.57	9.75	1.38	50.75	0.33	12.91	167.18	15.93
	(2012. 4)	19.36	14.72	1.18	66.58	49.00	16.94	192.15	14.55
	(2013. 5)	14.10	12.69	1.06	51.22	41.72	13.89	170.80	9.99
	(2014. 7)	19.49	14.28	1.35	64.20	44.46	30.67	179.95	4.97
	(2015. 6)	10.24	12.20	1.10	61.64	37.57	11.96	198.67	6.20
	(2016. 5)	16.56	13.04	1.27	56.24	36.63	13.18	204.35	5.60
	(2017. 3)	9.53	8.54	0.96	54.07	42.44	9.22	140.30	7.78
	(2018. 6)	12.62	11.12	0.94	42.05	52.45	11.96	122.00	5.67
(2019. 4)	7.53	7.94	0.83	42.60	44.91	3.49	109.80	2.60	
진주4	(2016.12)	11.27	9.86	2.04	38.91	15.98	10.91	140.30	4.37
	(2017. 3)	24.05	16.27	1.92	120.13	1.04	24.71	454.45	N.D.
	(2018. 6)	20.56	12.07	1.38	67.54	0.56	23.50	271.00	N.D.
	(2019. 4)	20.99	12.79	1.41	99.93	0.87	22.09	356.85	N.D.
진주5	(2017. 3)	439.09	15.27	20.16	32.18	52.51	542.41	265.35	N.D.
	(2018. 6)	18.76	12.15	1.30	71.22	3.34	6.12	332.45	1.24
	(2019. 4)	19.12	15.48	1.44	76.35	0.16	6.64	320.25	0.13
진주6	(2018.10)	35.50	14.68	1.42	40.64	2.51	19.43	204.35	N.D.
	(2019. 4)	29.72	12.27	1.11	56.32	6.43	20.65	240.95	N.D.
진주7	(2019.12)	16.38	9.54	1.91	39.00	33.64	21.71	128.33	10.73

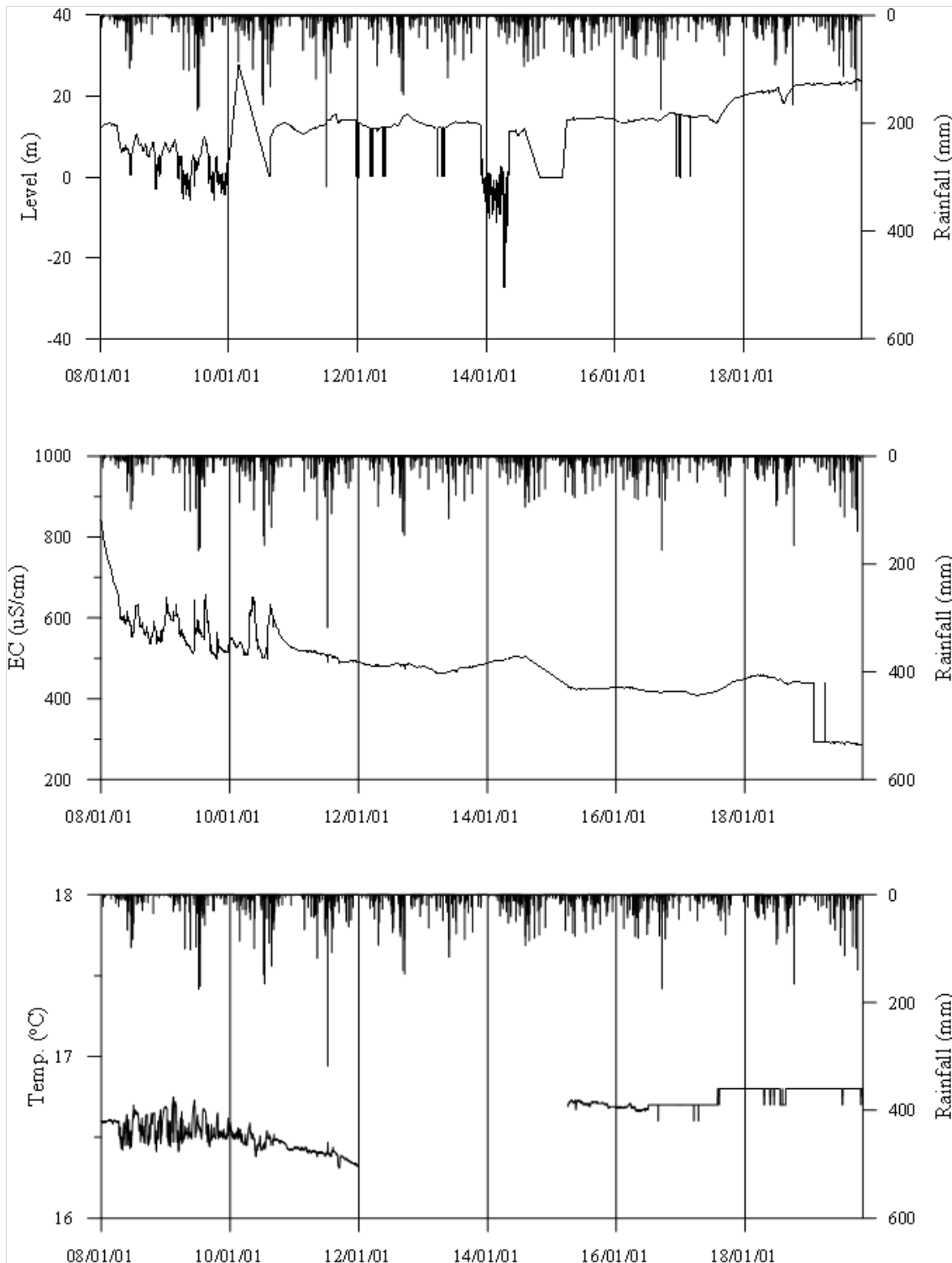
6. 장기관측 결과



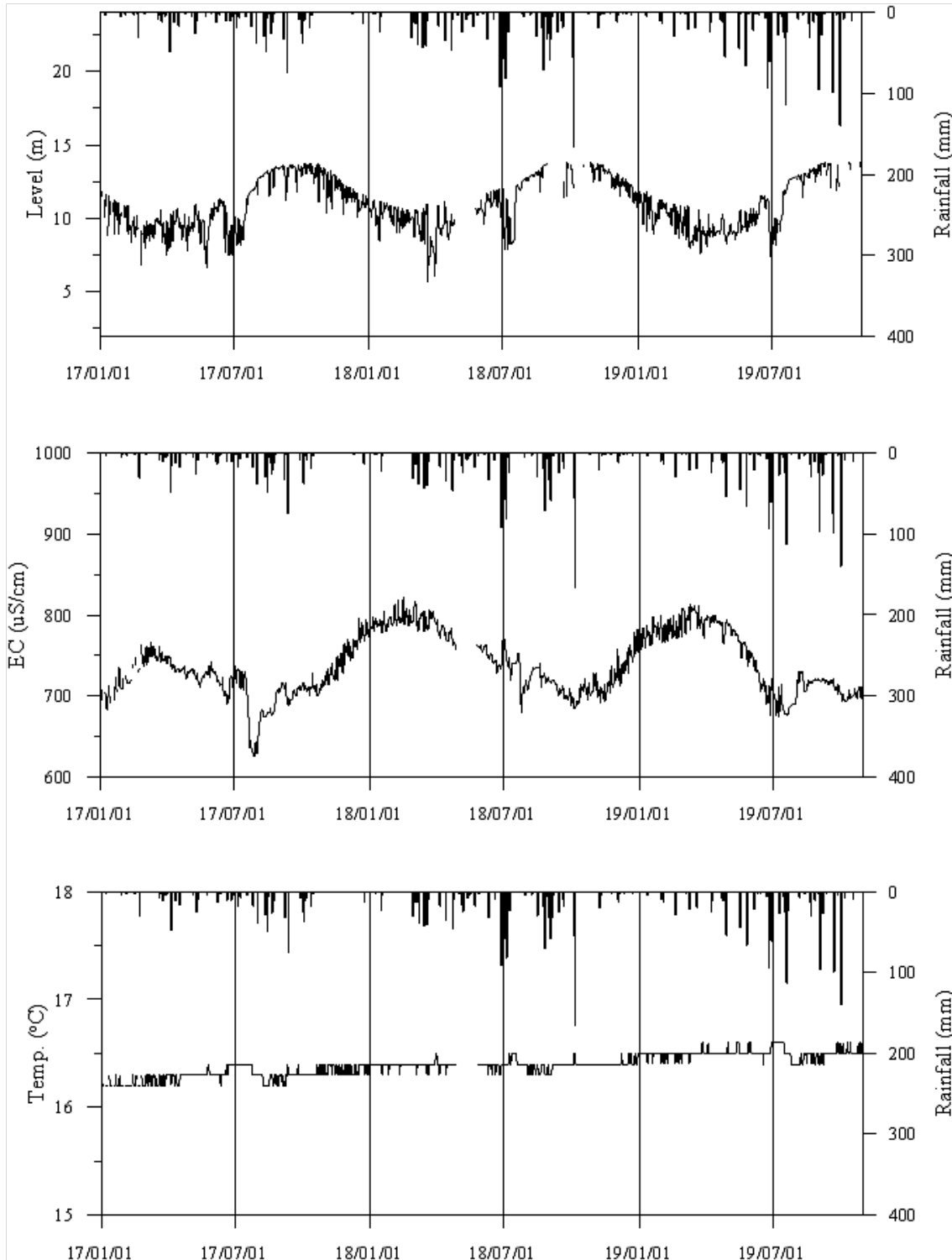
<진주1 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



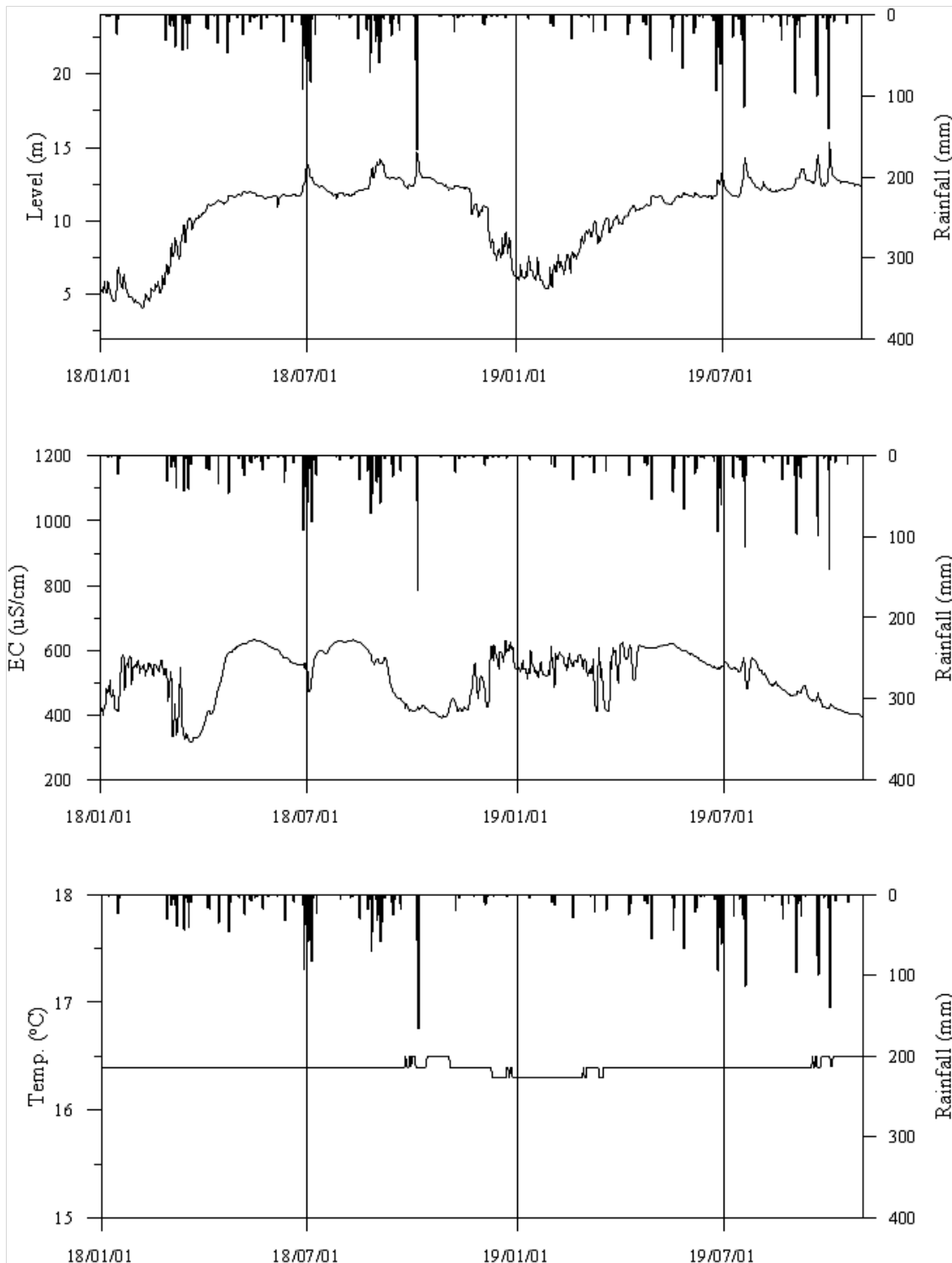
<진주2(신) 관측공의 이동설치 후 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



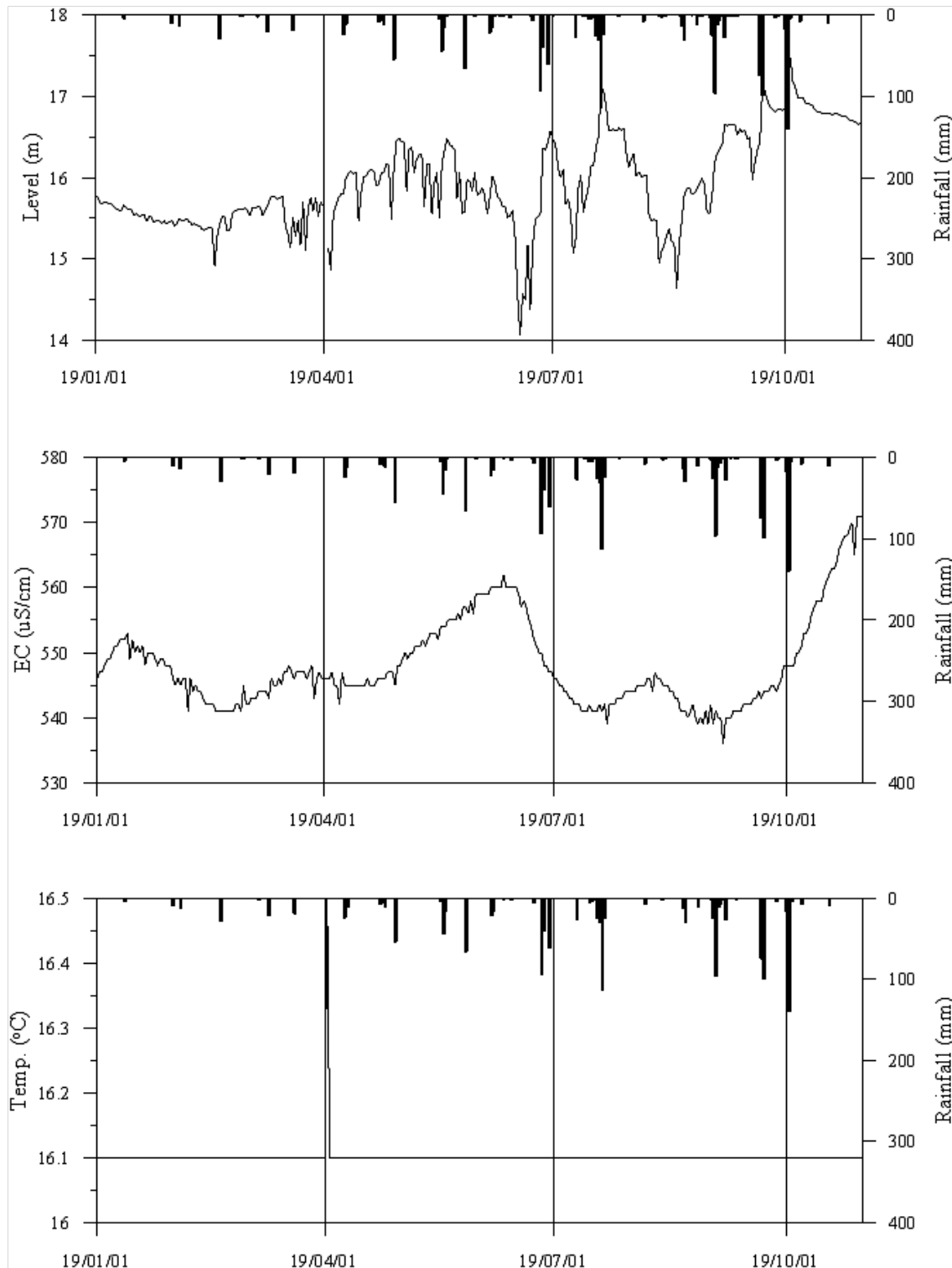
<진주3 관측공의 장기관측자료 (2008.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진주4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진주5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<진주6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 진주1, 3 관측공은 진주시 농촌지하수관리조사 완료 후 지하수 이용량이 많고, 오염 가능성이 높은 지역을 선정하여 설치하였다. 진주2(구) 관측공은 도로확장에 따른 도로부지 편입에 따라, 진주2(신)으로 2016년 이전 설치하였다. 진주4 관측공은 진주시 농촌지하수관리조사 완료 후 지하수 이용량이 많고, 오염 가능성이 높은 지역을 선정하여 설치하였다. 진주5 관측공은 주변에 농경지가 분포하고 있으며, 진지지구 농촌지하수관리보고서에 의하면 사봉면 마성리 일원은 수질관리가 필요한 지역이다. 이에 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다. 진주6 관측공이 위치한 집현면 봉강리 일대에 농경지가 넓게 분포하고 있다. 진주시 농촌지하수관리보고서의 지하수 수질환경 분석 결과 봉강리에서 EC 값이 높고, 오염원의 개수가 많으며, DRASTIC 지수가 높아 수질 관리를 위한 관측공을 설치하였다. 진주7 관측공이 설치된 금산면 가방리 일원에는 시설재배단지가 많이 분포하고 있어, 지하수이용량 및 관정수가 많아 지하수의 수량의 지속적인 관리가 필요한 지역이다. 이에 수량에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 진주7 관측공의 양수량은 $165 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $4.26 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 100 m)이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")은 10 ohm-m 내외, 장노말(64")은 10 ~ 50 ohm-m 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 진주1 관측공은 전기전도도 검층 결과 심도 약 25 m에서 전기전도도가 약 $400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 최대 $1,400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 증가한다. 진주2(신) 관측공은 약 $230 \sim 530 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이다. 진주3 관측공은 심도 약 30 m에서 소폭 증가하여 하부 구간은 $400 \sim 650 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위의 값을 보인다. 진주4 관측공은 약 $452 \sim 800 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이다. 진주5 관측공은 심도가 깊어질수록 전기전도도가 감소하고, 약 $460 \sim 660 \mu\text{S}/\text{cm}$ 범위이다. 진주 2, 5, 6 관측공은 일반적인 농어촌 지하수의 전기전도도보다 2.0~3.0배 정도 높게

나타나, 이온함량이 상대적으로 높은 것으로 분석된다. 진주 6 관측공은 심도에 따라 전기전도도가 증가 추세이며, 80 m 심도에서 약 $550 \mu S/cm$ 에서 약 $670 \mu S/cm$ 로 증가한다. 진주7 관측공은 전구간 $440 \mu S/cm$ 이하로서 담수를 보인다.

- 4) 지하수 수질분석 결과 : 이온분석 결과, 진주 1, 2(신), 6, 7 관측공 모두 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 진주3, 4, 5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형이다. 진주1, 2(신) 관측공은 간헐적으로 질산염 농도가 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 내지 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)도 초과하여 영농에 부적합한 상태였다. 청정 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약 살포 등)의 대수층 유입을 차단하여야 하며, 수질관리에 만전을 기해야 한다.
- 5) 장기 관측결과 : 진주1 관측공은 2월부터 6월까지 지하수위가 상승하나 6월 이후 지하수 이용량 감소에 따라 지하수위가 급감하는 현상이 나타나며 전기전도도의 값은 지하수위와 비례하여 변화한다. 지하수위 변화는 10 m 이내이다. 진주2(신) 관측공은 지하수위가 겨울철 지하수위가 약 20 m 이상 감소하고, 전기전도도가 약 $150 \mu S/cm$ 감소하는데, 이는 주변 비닐하우스에서 수막재배에 의한 영향으로 지하수위가 감소하고 주변하천수가 유입되어 전기전도도가 감소된 것으로 판단된다. 진주3 관측공은 지하수위와 전기전도도가 비례한다. 지하수위 변화는 40 m 이내인데, 특히 겨울철에 지하수가 감소하는 것은 수막재배의 영향으로 판단된다. 전기전도도의 장기적인 추세는 소폭 감소하는 경향이 나타났다. 진주4 관측공은 지하수위 변동폭이 약 10 m이며 주변 지하수 이용의 영향을 연중 받는 것으로 판단된다. 전기전도도는 약 $700 \mu S/cm$ 내외이다. 진주5, 6 관측공의 지하수위는 강우에 민감하게 반응하며, 전기전도도는 강우와 반비례한다.
- 6) 관리 방안 : 진주지구 관측공은 진주지역에서 수질 및 지하수의 고갈이 나타날 가능성이 있는 지구에 설치하였다. 진주1, 2(구) 관측공은 질산염의 오염이 확인된 바, 장기관측을 통해 오염물질의 유입을 모니터링 할 필요가 있다.

2.9.3 사천지구

1. 위치

관측공	주 소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
사천1 (구)	사천시 축동면 반용리 676	111815.53	178597.10	27.17	2008	-3.73
사천1 (신)	사천시 곤양면 송전리 172-1	288351.9409	274075.969	146.82	2019	144.02
사천2	사천시 사천읍 사주리 70	116165.9014	175861.4345	9.62	2015	3.861
사천3	사천시 서포면 구평리 860-1	289024.4512	168379.1072	14.32	2016	13.320
사천4	사천시 사남면 초전리 935-15	183507.306	145633.073	4.25	2018	-2.25
사천5	사천시 곤명면 정곡리 883-1	288213.8281	282568.3173	49.99	2019	38.67
사천6	사천시 서포면 외구리 1212-3	289095.9507	271084.3193	5.74	2019	1.88

※사천1(구)은 2019년 사천1(신)로 이설

2. 지형 및 지질

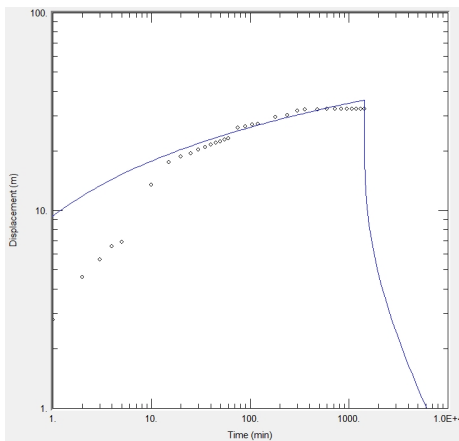
사천지구는 진주시와 접하고 있고 지리산에서 뺏어내린 산악으로 형성되어 있으며 해안평야가 남북으로 펼쳐져 있다. 해안은 리아스식 해안을 이루고 있으며, 조석간만의 차가 심하고 해양성 기후의 영향으로 여름은 서늘하고 겨울은 온화하다. 지질은 중생대 백악기 진주층이 주를 이루고 제4기 충적층이 이를 부정합으로 덮고 있다. 진주층은 암회색 및 흑색 셰일, 사암, 회질암으로 구성되어 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

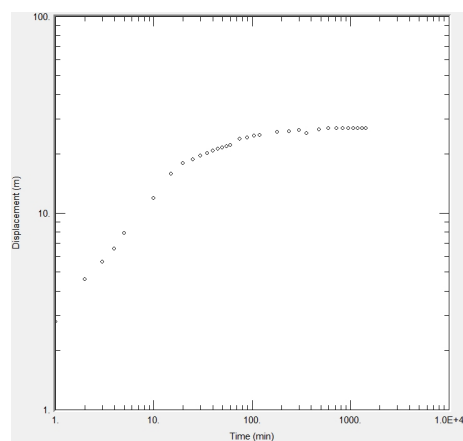
사천1(신), 5, 6 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수 시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

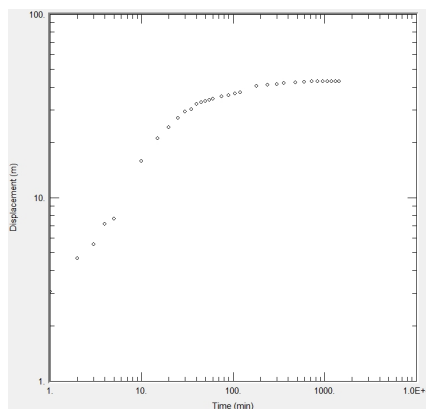
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리진도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
사천1(신)	160	3.796	4.39×10^{-5}	100.0
사천5	180	4.627	5.36×10^{-5}	100.0
사천6	140	2.117	2.45×10^{-5}	100.0



<사천1(신) 관측공 양수시험>

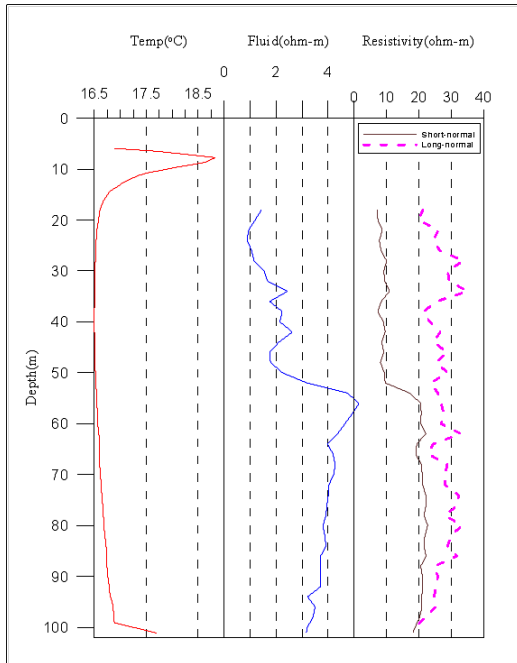


<사천5 관측공 양수시험>

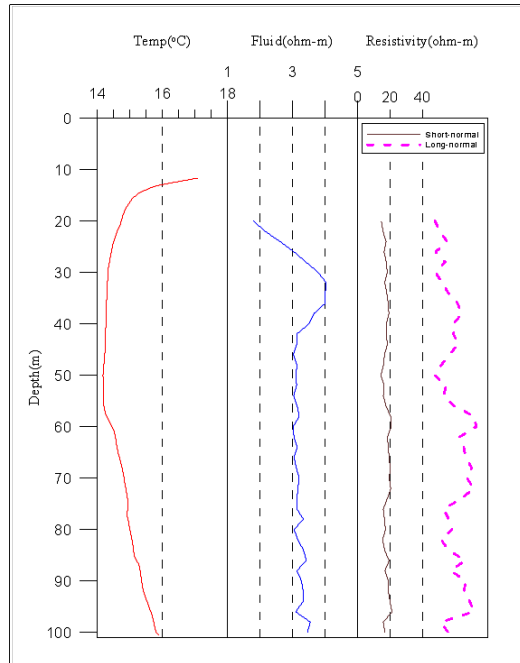


<사천5 관측공 양수시험>

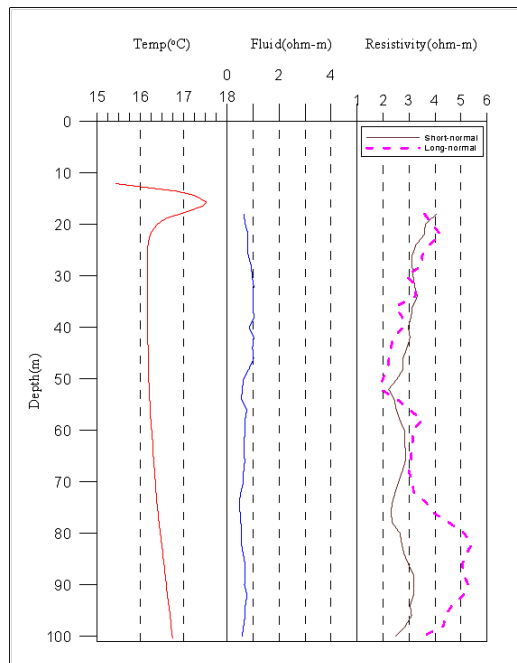
◎ 물리검층



<사천1(신) 관측공 물리검층>

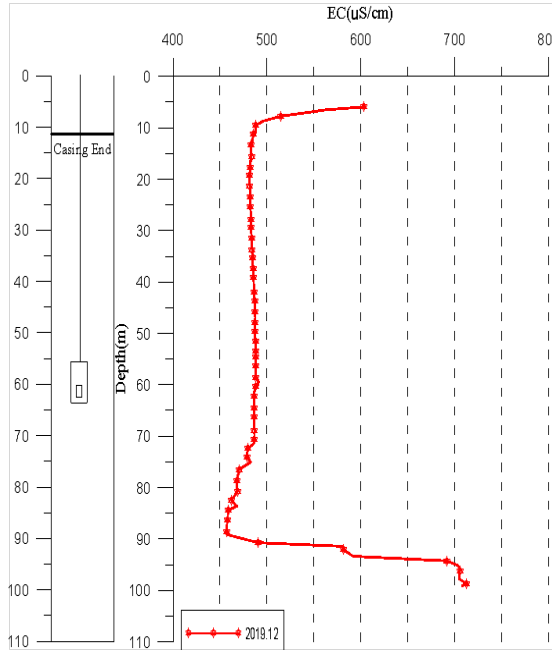


<사천5 관측공 물리검층>

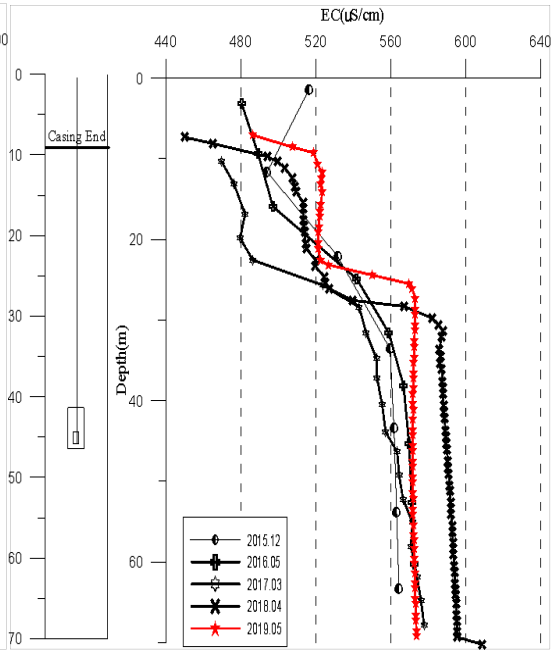


<사천6 관측공 물리검층>

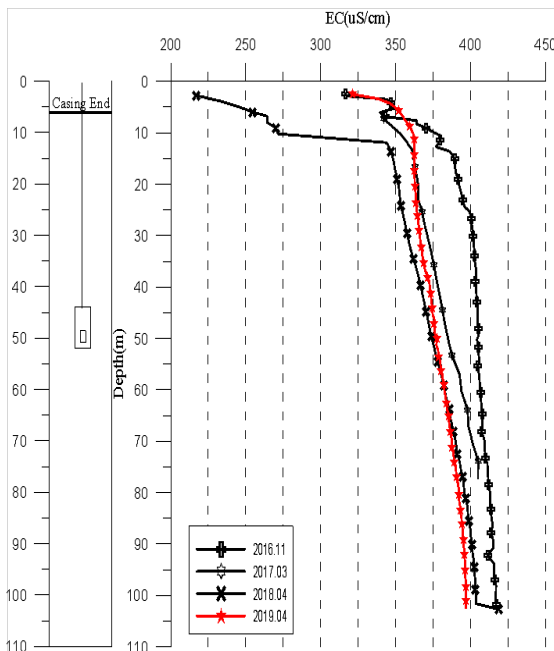
4. 지하수 검층



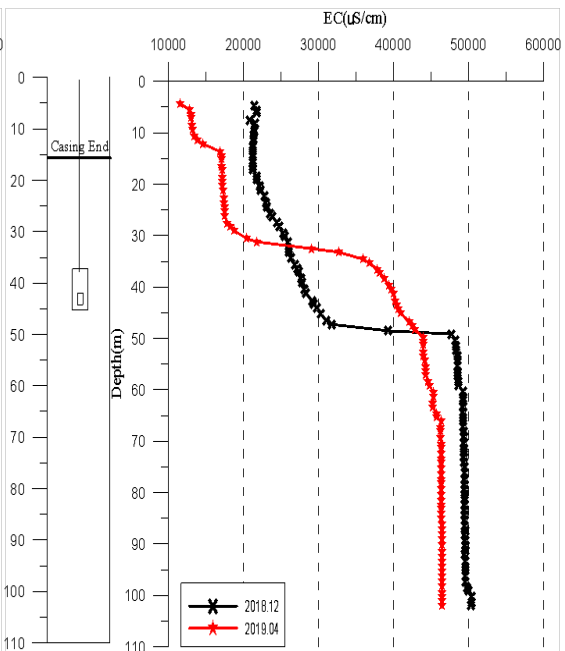
<사천1(신) 관측공>



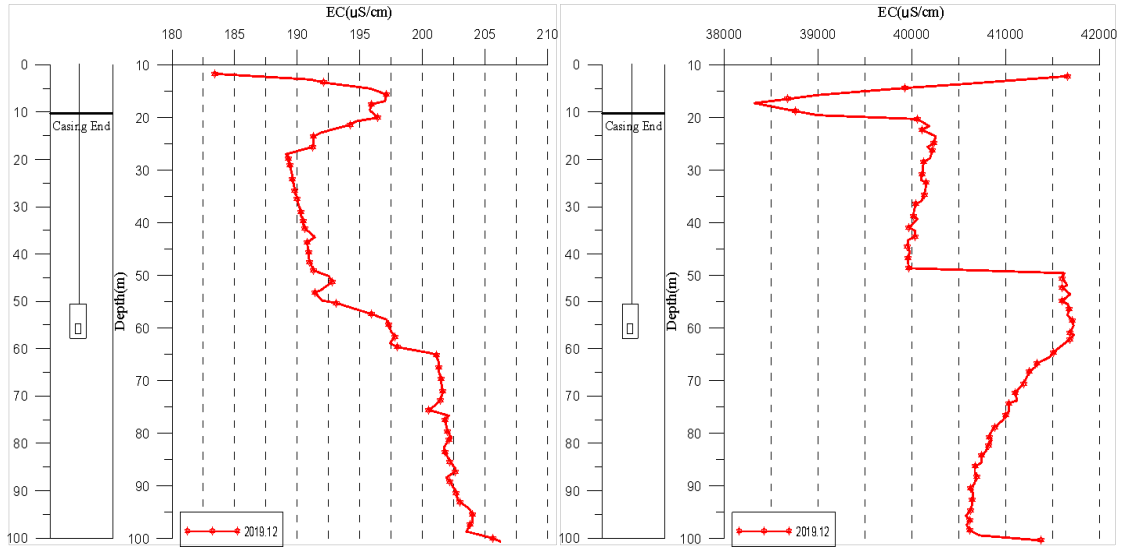
<사천2 관측공>



<사천3 관측공>



<사천4 관측공>



<사천5 관측공>

<사천6 관측공>

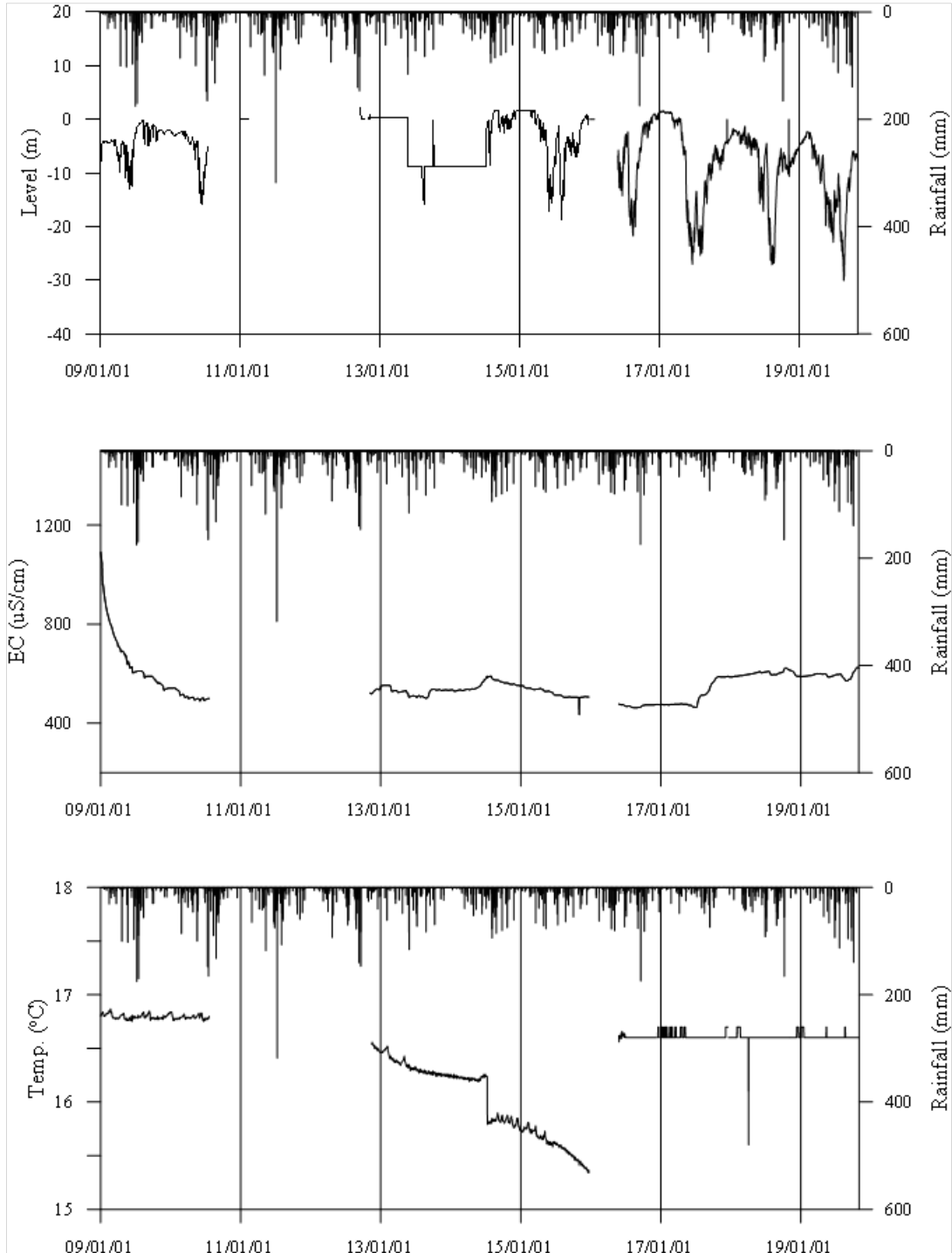
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

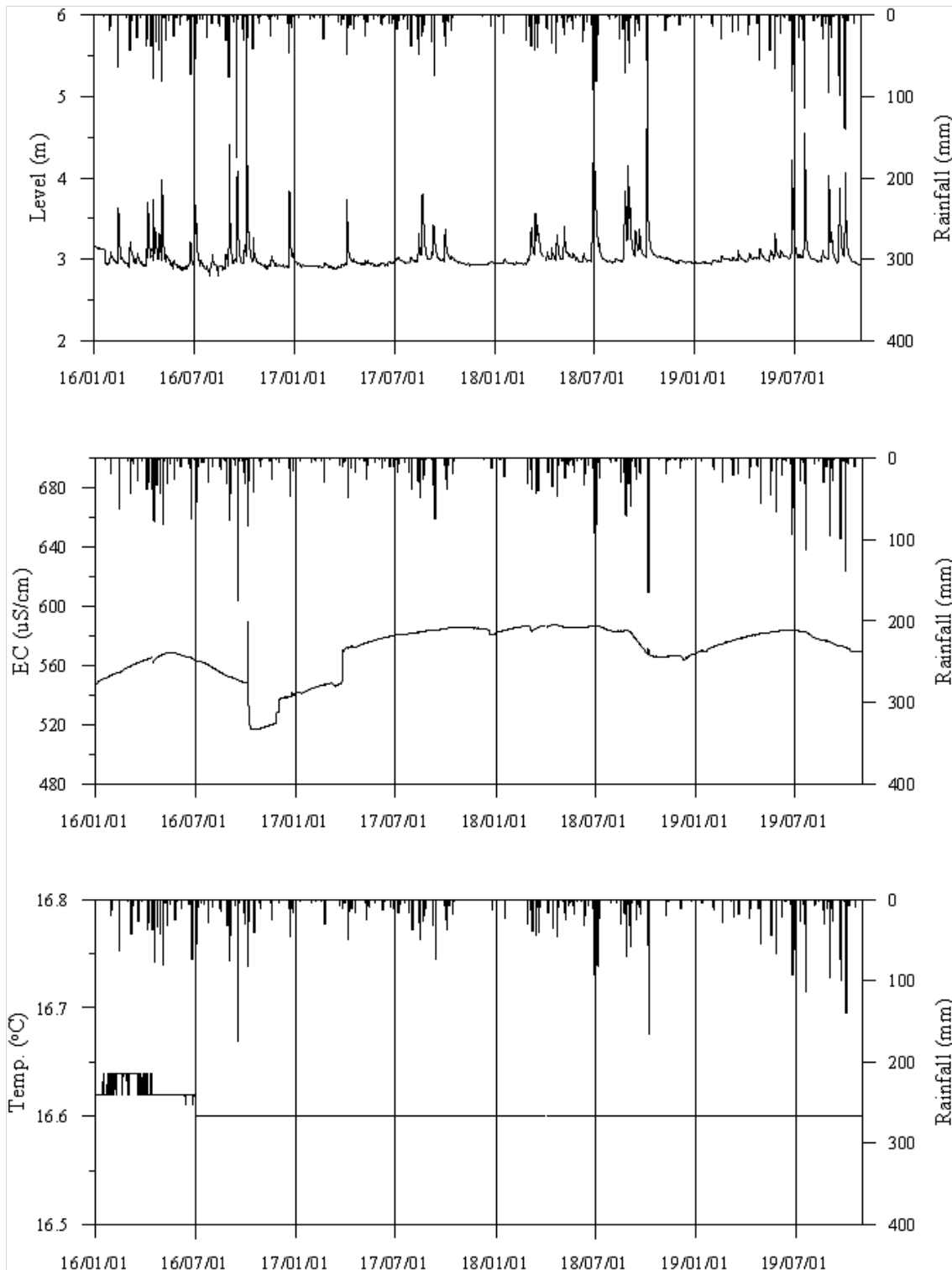
(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
사천1 (신)	(2019. 4)	46.36	14.74	3.02	66.52	13.36	40.99	269.73	1.62
사천2	(2015.11)	13.95	10.24	2.87	79.14	255.01	101.94	124.47	31.93
	(2016. 5)	110.93	4.59	2.02	21.84	42.00	30.70	274.50	0.60
	(2017. 3)	19.30	11.24	1.28	81.05	49.76	27.24	222.65	5.24
	(2018. 6)	65.71	6.89	1.38	35.63	46.54	26.47	192.15	1.71
	(2019. 4)	19.09	8.03	0.77	67.31	44.26	21.85	204.35	0.73
사천3	(2016.12)	10.85	8.14	0.77	58.76	15.26	18.91	140.30	39.22
	(2017. 3)	12.53	7.52	0.69	56.39	18.33	19.50	140.30	36.50
	(2018. 6)	10.41	7.32	0.65	53.11	18.45	18.58	118.95	35.52
	(2019. 4)	10.84	6.95	0.46	49.13	18.19	16.43	115.90	30.97
사천4	(2018.10)	6,679.30	1,049.20	67.2	2705.4	1,146.60	17,132.90	44.00	N.D.
	(2019. 4)	3378.77	360.44	87.53	581.63	875.98	6257.26	140.30	43.91
사천5	(2019.12)	8.40	4.59	1.51	30.16	10.45	9.37	81.64	10.89
사천6	(2019.12)	332.39	731.41	392.58	432.54	1880.07	12141.62	203.48	33.03

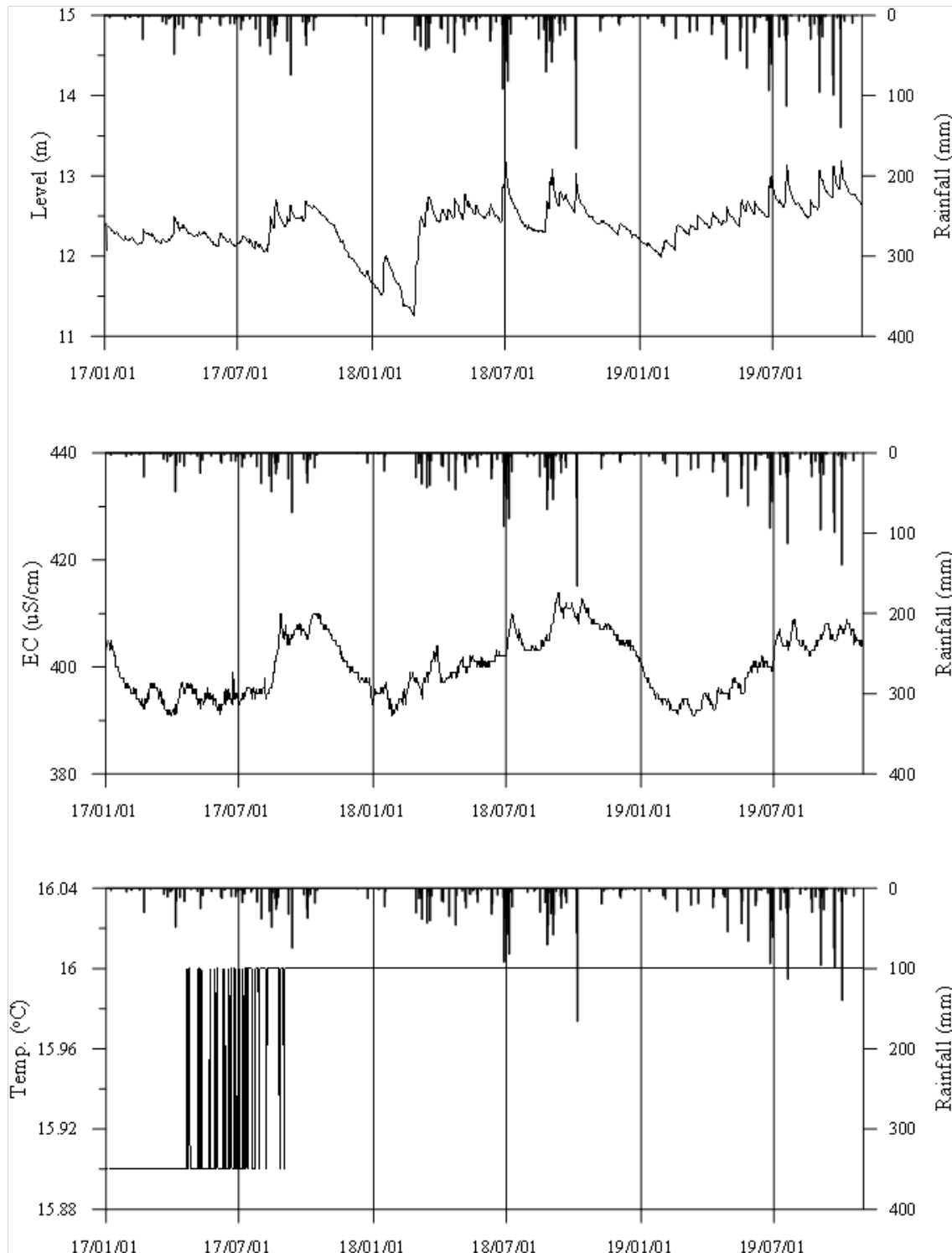
6. 장기관측 결과



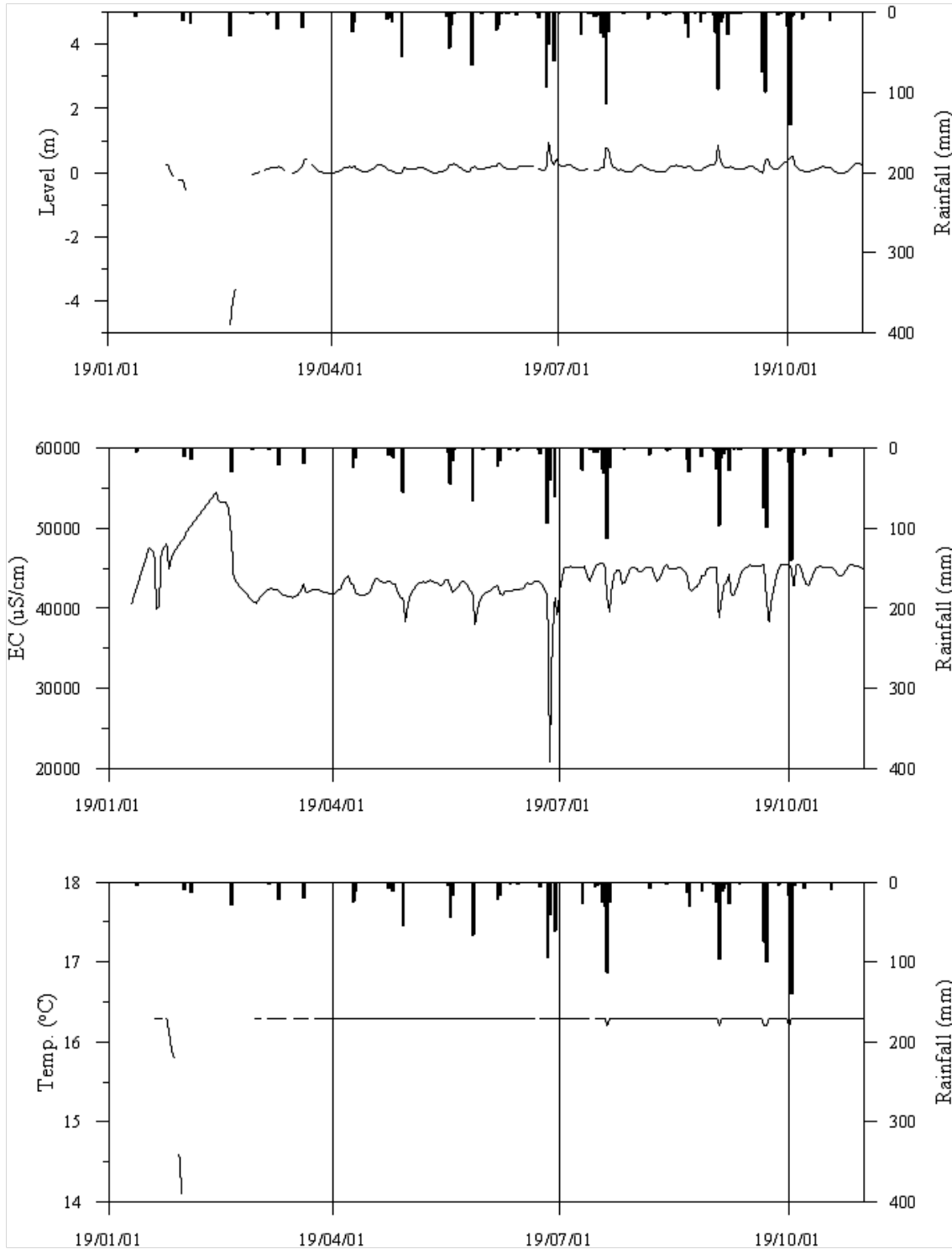
<사천1(구) 관측공의 장기관측자료 (2009.1.1 ~ 2019.10.31)>
(a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<사천2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<사천3 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<사천4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 사천1(신) 관측공이 설치된 곤양면 송전리 일원에는 농경지가 많이 분포하고 있으며, 곤양면에서 지하수공당이 용량이 많으며 주변에 바닷가가 있어 조수간만 현상에 따른 염수 유입 현상을 장기적으로 관측이 필요하여 선정하였다. 사천시 사천읍 사주리에 위치하는 사천2 관측공은 사천강 중심으로 발달한 농경지와 도시개발이 이루어진 중심부에 설치되었다. 사천3 관측공은 지하수 관정수 및 이용량이 많으며 넓은 농경지가 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변 지역의 수질 및 수량변화를 예측코자 설치하였다. 사천4 관측공은 사용지구 농촌지하수관리보고서에서 DRASTIC 지수가 높은 지역으로 지하수 수질에 대한 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다. 사천5 관측공이 설치된 곤명면 정곡리 일원에는 시설재배단지가 많이 분포하고 있어, 지하수이용량 및 관정수가 많아 지하수의 수량의 지속적인 관리가 필요여 설치하였다. 사천6 관측공이 설치된 서포면 외구리 일대는 농경지가 많이 분포하고 있으며, 농촌지하수관리보고서에서 외구리는 지하수이용량이 많으며, 지하수 수질환경 분석 결과 DRASTIC INDEX가 높은 지역으로 관측공 설치 필요여 설치하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 사천1(신) 관측공의 양수량은 $160 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $4.39 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 100 m)이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64")은 40 ohm-m 이하로 나타났고 변화가 유사하다. 사천5 관측공의 양수량은 $180 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $5.36 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 100 m)이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64")은 각 20, 80 ohm-m 이하로 나타났고 변화가 유사하다. 사천6 관측공의 양수량은 $140 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $2.45 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 100 m)이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64")은 5 ohm-m 이하로 나타났고 관정주변 지층은 전구간 염수로 포화되어 있다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 사천1(신) 관측공의 전기전도도는 심도 90 m 까지 약 450 ~ 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위였으나, 90 m 전이대 이후 약 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 까지 증가하였다.

사천2 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하 약 460 ~ 600 $\mu S/cm$ 범위로 서 심도에 따른 변화가 크지 않은 것으로 나타났다. 사천3 관측공은 약 140 ~ 417 $\mu S/cm$ 범위에서 심도 증가에 따라 미약한 증가가 나타나지만, 내륙지역의 일반적인 지하수의 유형으로 판단된다. 사천4 관측공은 전기전도도 검층 결과, 염수의 침입이 발생한 곳에 설치되어 약 10,000 ~ 50,000 $\mu S/cm$ 범위에서 심도 증가에 따라 급격한 증가가 나타난다. 특히 약 30 ~ 50 m 심도에서는 전이대가 관찰된다. 사천5 관측공의 전기전도도는 전구간 210 $\mu S/cm$ 이하이며 담수영역에 해당한다. 사천6 관측공의 전기전도도는 전구간 40,000 ~ 42,000 $\mu S/cm$ 범위이며 전구간 염수로 포화되어 있다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 사천1(신) 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 사천2, 3, 5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당하며, 사천 4, 6 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당하며, 염수로 포화되어 있다. 사천지구 관측공 질산염 농도는 매년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 사천1(구) 관측공의 지하수위 변동폭은 약 15 m 내외이고 하절기 주변지하수 양수의 영향을 많이 받으며, 지하수위는 감소 추세에 있다. 전기전도도는 관측공 개발 이후 500 $\mu S/cm$ 내외이다. 사천2 관측공의 지하수위 변동폭은 약 2 m 이고 강수반응이 민감하며, 전기전도도는 560 $\mu S/cm$ 내외이다. 사천3 관측공의 지하수위는 강수반응이 좋고 변동폭이 약 2 m 내외이다. 전기전도도는 400 $\mu S/cm$ 내외이다. 사천4 관측공의 지하수위는 강수반응이 좋고 변동폭이 약 1 m 내외이다. 전기전도도는 약 40,000 ~ 50,000 $\mu S/cm$ 범위로 염수가 포화되어 있다.
- 6) 관리 방안 : 사천지구는 넓은 도서지역이며, 산업화에 따른 수질오염을 고려하여 설치하였다. 또한, 현재 수질은 양호하지만, 향후 장기간의 관측을 통해 관측공 주변 지하수 수질 및 수량 특성을 규명할 필요가 있다. 사천4 관측공 주변 대수층은 염수로 포화되어 지하수 이용을 규제하여야 한다.

2.9.4 하동지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
하동1	하동군 하동읍 비파리 59-2	269703.314	173749.778	5.714	2009	0.63
하동2	하동군 고전면 신월리 1202-13	271967.140	170795.068	2.314	2009	0.11
하동3	하동군 고전면 대덕리 468-5	274325.75	268027.86	1.53	2017	1.03
하동4	하동군 옥종면 청룡리 산1-11	186730.58	97045.421	134.81	2018	130.28
하동5	하동군 고전면 신월리 1391-4	271872.6126	269897.8861	5.535	2019	3.445
하동6	하동군 고전면 전도리 707-2	271765.3457	266439.0984	5.83	2019	2.90

※ 해수침투 관측망과 지구명 중복으로 하동3을 하동1로, 하동4를 하동2로, 하동5를 하동3으로 정정

2. 지형 및 지질

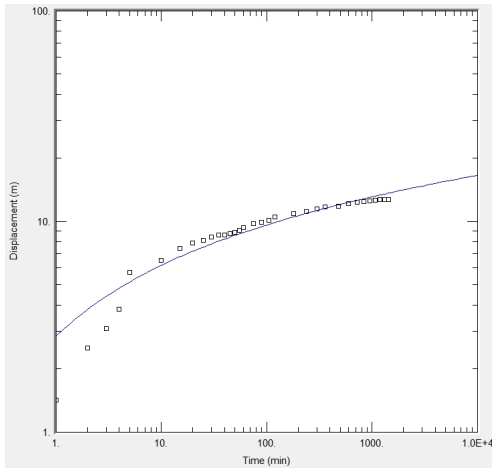
하동지구는 하동군 하동읍과 고전면에 위치한 지구로, 북쪽의 진안고원에서 발원하여 남동쪽으로 흐르는 섬진강이 군의 서쪽 경계를 이루면서 남해로 흘러든다. 지질은 중생대 백악기에 관입한 화강암·화강편마암·화산암류가 복잡한 산악 지형을 형성하며, 하천유역의 저지대에는 퇴적에 의한 충적층이 주로 나타난다.

3. 대수층 수리지질 현황

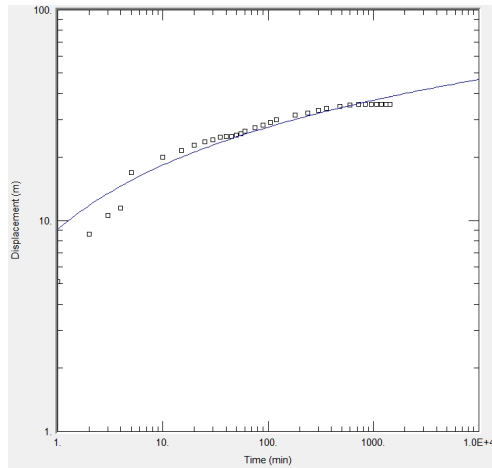
하동5, 6 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

◎ 양수시험

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수(m ² /d)	수리전도도(cm/sec)	대수층두께(m)
하동5	65	1.356	1.86×10^{-5}	84
하동6	250	10.620	1.80×10^{-4}	68

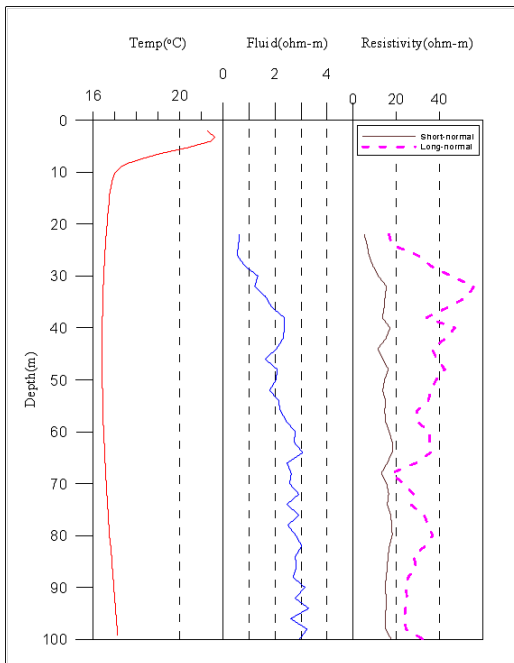


<하동5 관측공 양수시험>

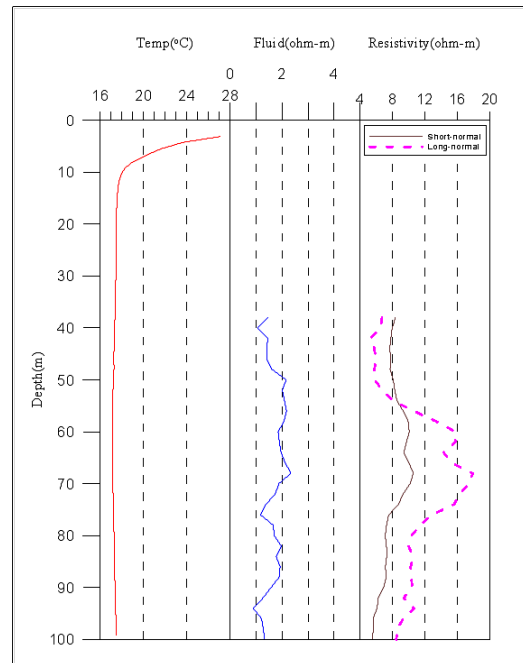


<하동6 관측공 양수시험>

◎ 물리검층

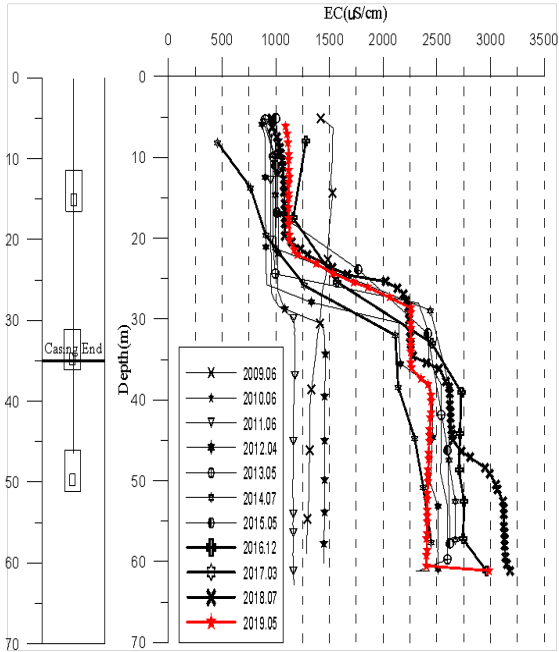


<하동5 관측공 물리검층>

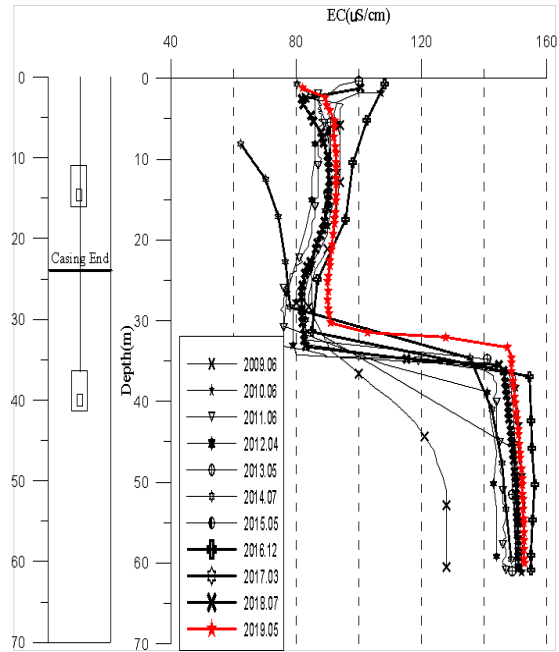


<하동6 관측공 물리검층>

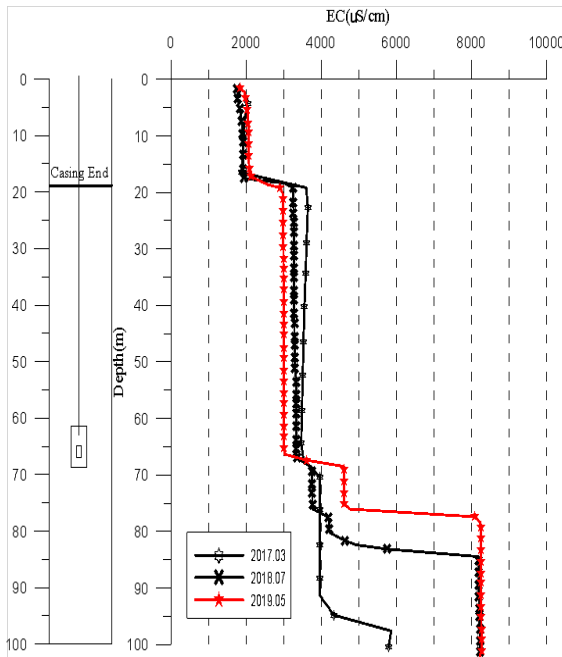
4. 지하수 검층



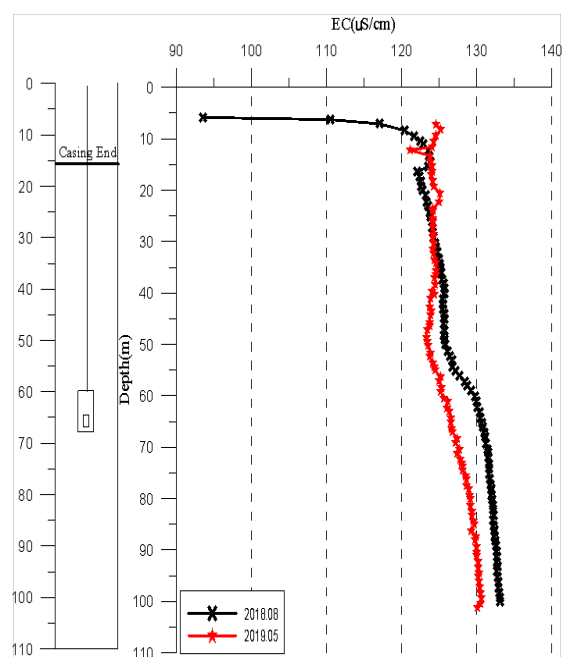
<하동1 관측공>



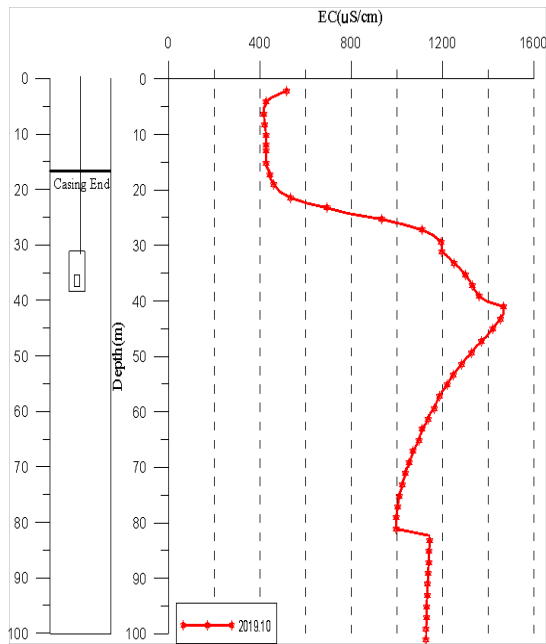
<하동2 관측공>



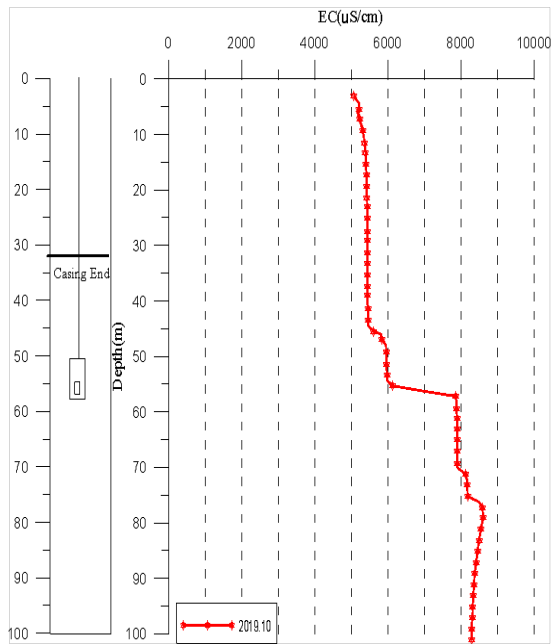
<하동3 관측공>



<하동4 관측공>



<하동5 관측공>



<하동6 관측공>

5. 지하수 수질 분석

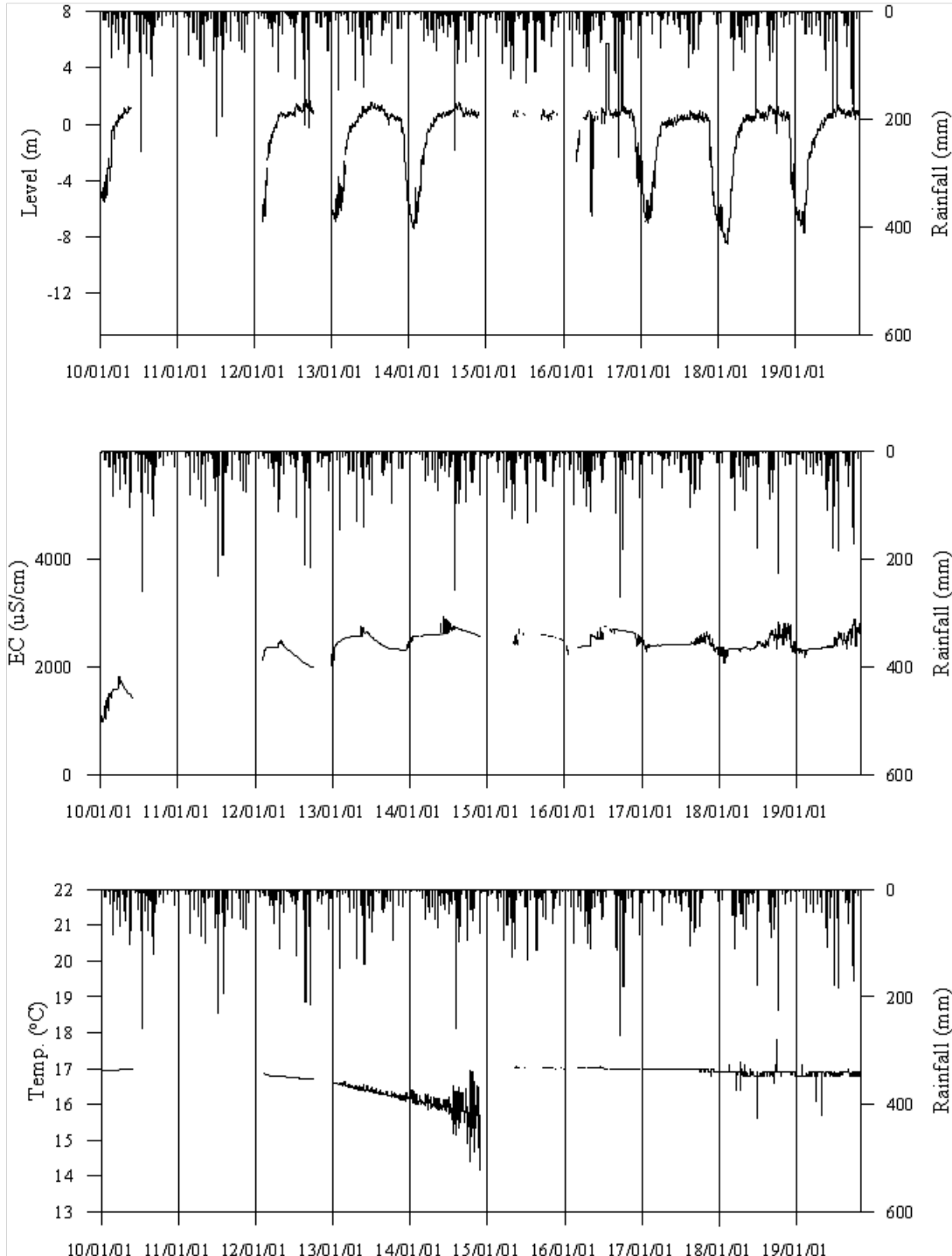
◎ 이온분석 결과

(단위 :mg/L)

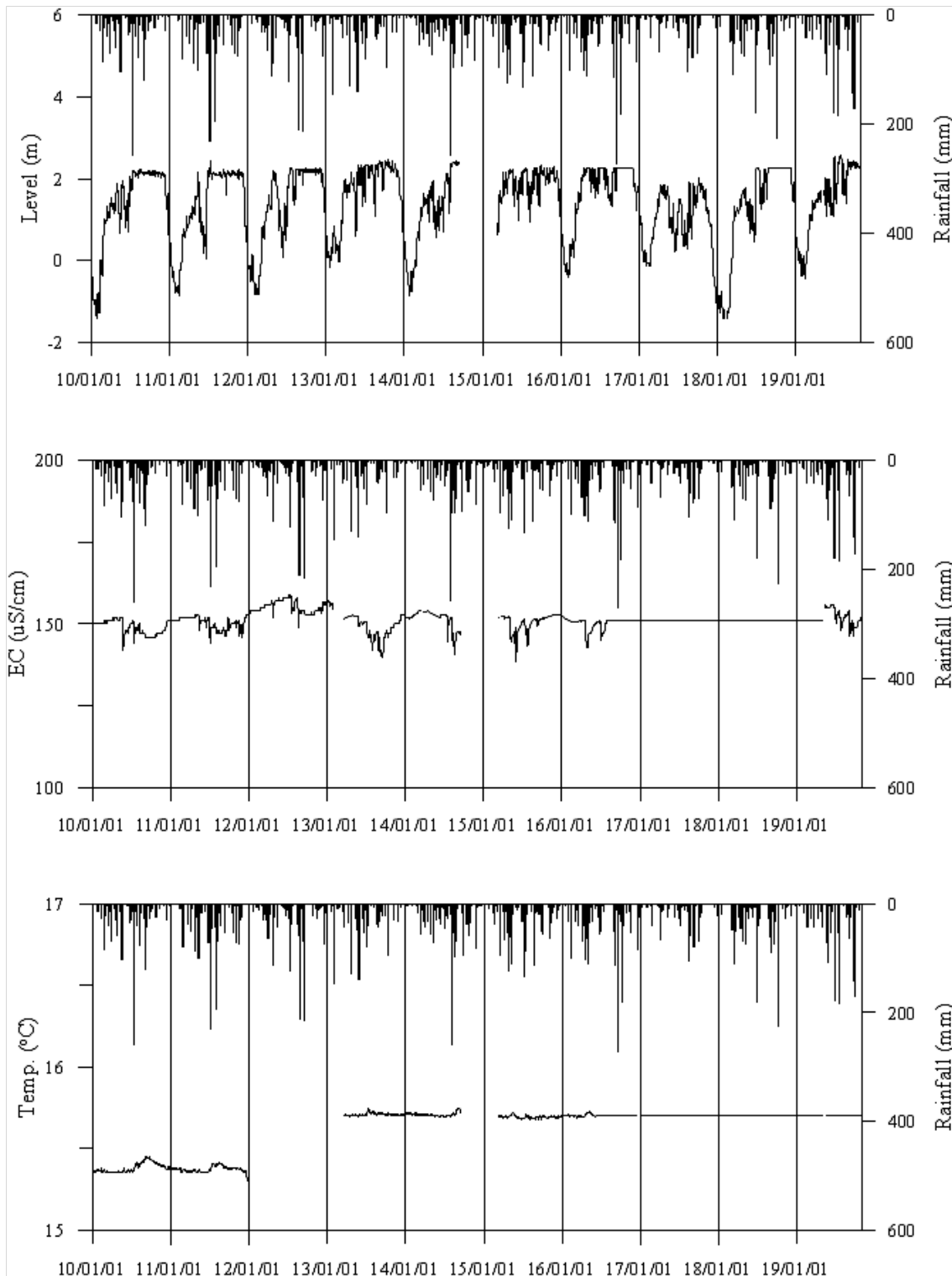
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
하동1	(2009. 6)	249.47	14.36	3.98	30.05	19.69	433.24	70.15	N.D.
	(2010. 6)	212.24	8.58	4.20	22.99	16.96	329.12	97.60	0.55
	(2011.10)	153.54	6.63	2.54	13.82	14.15	282.49	20.54	2.34
	(2012. 4)	245.21	24.01	5.16	69.49	25.81	512.52	112.85	N.D.
	(2013. 5)	365.18	25.85	4.21	54.80	26.57	731.51	100.65	N.D.
	(2014. 7)	411.44	27.28	3.99	65.44	43.74	781.32	48.80	N.D.
	(2015. 6)	162.02	8.12	5.12	19.68	16.86	276.05	62.77	0.85
	(2016. 5)	304.30	22.43	7.62	54.34	35.22	528.32	97.60	0.45
	(2017. 3)	376.58	18.18	3.63	38.23	34.82	525.24	128.10	41.41
	(2018. 6)	205.84	5.91	2.39	7.08	5.55	304.78	54.90	N.D.
(2019. 4)	286.55	10.58	2.26	20.97	16.38	406.56	85.40	6.64	

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
하동2	(2009. 6)	6.40	2.04	1.01	6.46	3.79	3.16	41.18	0.68
	(2010. 6)	6.26	2.01	0.83	8.59	4.50	3.15	45.75	N.D.
	(2011.10)	7.55	2.30	1.02	5.60	4.29	8.88	18.81	4.69
	(2012. 4)	8.30	2.20	0.91	9.25	4.89	3.21	54.90	N.D.
	(2013. 5)	6.60	2.13	0.91	10.28	5.65	3.61	51.85	0.58
	(2014. 7)	10.25	2.47	0.90	7.78	4.41	7.12	42.70	0.74
	(2015. 6)	5.83	2.09	0.70	6.66	3.79	3.00	44.86	0.88
	(2016. 5)	7.33	2.03	1.09	16.28	8.14	2.67	64.05	0.46
	(2017. 3)	7.98	1.99	0.69	6.02	3.30	3.11	45.75	0.38
	(2018. 6)	7.15	2.11	0.75	7.80	3.36	3.29	45.75	3.49
	(2019. 4)	7.49	1.99	0.81	6.30	3.45	3.41	42.70	1.10
하동3	(2017. 3)	19.99	14.41	7.26	93.38	3.50	5.91	390.40	0.17
	(2018. 6)	403.19	14.44	25.08	31.30	33.19	553.28	213.50	60.96
	(2019. 4)	347.43	11.85	14.54	24.88	42.37	485.27	219.60	N.D.
하동4	(2018.10)	3.72	3.14	0.62	15.85	1.31	4.37	54.90	14.44
	(2019. 4)	6.25	2.88	0.29	16.33	1.21	6.63	48.80	13.18
하동5	(2019.10)	99.70	1.02	5.85	1.33	29.88	42.80	157.84	7.80
하동6	(2019.10)	1496.34	35.87	31.83	22.46	49.87	2358.61	547.63	0.00

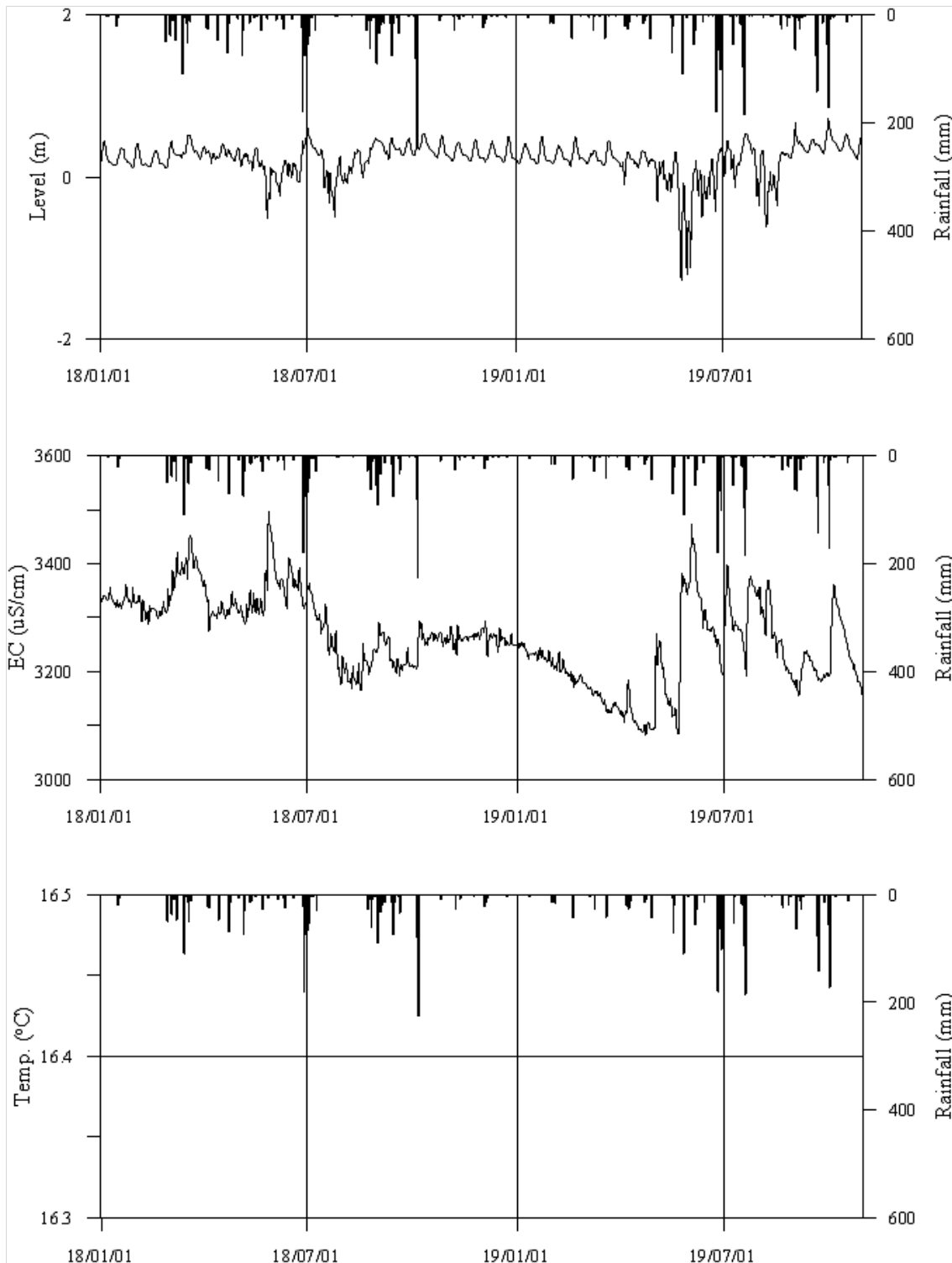
6. 장기관측 결과



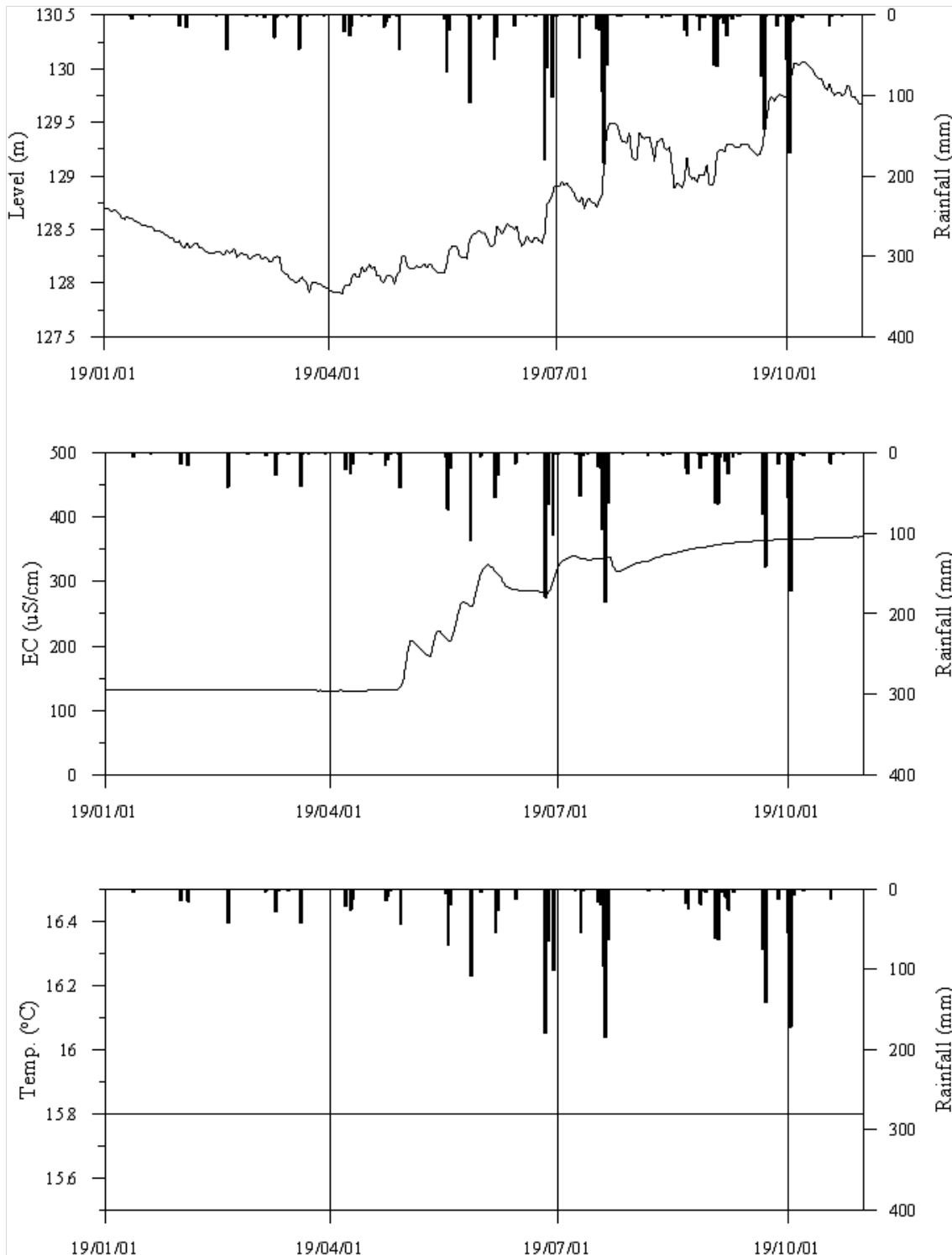
<하동1 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<하동2 관측공의 장기관측자료 (2010.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<하동3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<하동4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 하동1, 2 관측공은 해수 역류에 따른 해수침입의 이동과 확산을 관측하기 위해 위치를 선정하였다. 하동3 관측공이 설치된 고전면 대덕리 일원은 농경지가 넓게 분포하고 있으며, 하금지구 농촌지하수관리 보고서에 의하면 수량관리가 필요한 지역으로 선정하였다. 하동4 관측공이 위치한 옥종면 청룡리 지역은 오염원 개수가 상대적으로 많이 분포하고 있는 지역으로 수질의 지속적인 관리가 필요한 지역으로 판단되어 설치하였다. 하동5 관측공이 설치된 고전면 신월리 일대는 농경지역이 많이 분포하고 있으며, 농촌지하수관리보고서에서 신월리는 관정밀도가 높아 지하수 수량관리 필요지역으로 판단되어 선정하였다. 하동6 관측공은 고전면 전도리 일대에는 농경지역이 많이 분포하고 있으며, 특히 전도리 지역은 오염원 개수가 상대적으로 많이 분포하고 있는 지역으로 수질의 지속적인 관리가 필요한 지역이다. 이에 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 하동5 관측공의 양수량은 $65 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.86 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 84 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 각 20, 60 ohm-m 이하로 전구간 값이 유사하게 나타났다. 하동6 관측공의 양수량은 $250 \text{ m}^3/\text{d}$ 이며, 수리전도도는 $1.80 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ (대수층 두께 68 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과, 단노말(16")과 장노말(64") 값은 각 8, 18 ohm-m 이하로 전구간 변화 패턴이 유사하게 나타났다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 하동1 관측공은 농촌지하수관리 관측공이나 해안가에 인접하여 해수침투의 영향을 받는다. 전기전도도 검층결과, 심도 약 20 ~ 35 m 구간에서 전이대가 나타나 전기전도도는 약 $1,200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 $2,750 \mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 상승하며, 하동2 관측공은 약 33 ~ 35 m 구간에서 전이대가 나타나지만, 미미한 증가(약 $80 \mu\text{S}/\text{cm}$ 내외)이므로 큰 의미는 없다. 하동3 관측공은 케이싱 하부에서 약 $2,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 약 $3,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지, 이후 약 70 m 구간에서 약 $3,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 약 $4,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 까지, 이후 95 m 구간에서 약 $5,700$

$\mu S/cm$ 까지 전기전도도가 증가하여, 농업용수로 사용 불가능함을 보였다. 하동4 관측공은 케이싱 하부 전구간 약 $150 \mu S/cm$ 이하로서 담수영역임을 보였다. 하동6 관측공은 케이싱 하부에서 약 45 m 심도까지 전기전도도가 $400 \mu S/cm$ 에서 $1,500 \mu S/cm$ 까지 증가하였고, 이 후 80 m 심도까지 약 1,000으로 감소하였다. 이 후 100 m 심도까지 약 $1,100 \mu S/cm$ 까지 증가하였다. 하동7 관측공은 약 50 m 심도까지 전기전도도가 약 $5,500 \mu S/cm$ 내외 였으나, 이후 전이대가 나타나 공저까지 약 $9,000 \mu S/cm$ 까지 증가하였다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 하동1, 3, 6 관측공은 (Na+K)-Cl 유형이며, 하동2, 4, 5 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형이다. 하동1, 3, 6 관측공은 염소이온 농도가 높아 해수의 영향을 받고 있는 것으로 판단되며, 하동2, 4, 5 관측공은 현재 해수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 하동3 관측공은 섬진강을 따라 염수가 유입되므로 이용을 규제할 필요가 있다. 하동4 관측공은 특별한 오염이 나타나지 않는다. 하동3 관측공 질산염 농도는 2018년 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였으나 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 하동3 관측공에 대해서는 질산염에 의한 오염을 주시할 필요가 있다.
- 5) 장기 관측결과 : 하동1, 2 관측공은 동절기 지하수위 하강, 하절기 지하수위 상승을 반복하는 것으로 나타났다. 하동1, 2 관측공은 비닐하우스 밀집지역으로 수막재배 등으로 겨울철 지하수 양수에 따라 지하수위 감소 현상이 발생하였다. 연중 지하수위 변동은 하동1, 2 관측공 각각 약 9 m, 4 m 이내이고, 하동1, 2 관측공의 전기전도도는 연중 유사하다. 하동3 관측공은 강우반응이 좋고 강우와 전기전도도는 비례한다. 하동4 관측공은 강우반응이 좋고, 전기전도도는 증가추세이나, 관측기간이 짧아 향후 장기관측을 통해 관측공 특성에 대한 규명이 필요하다.
- 6) 관리 방안 : 하동지구는 해수침투가 진행되고 있으므로 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 전이대 구간 파악 등을 통한 해수침투 현상을 모니터링 할 계획이다.

2.9.5 합천지구

1. 위치

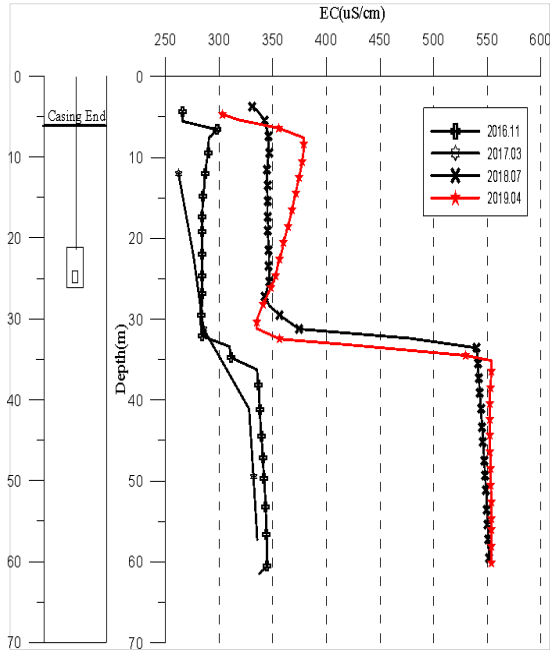
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
합천1 (구)	합천군 삼가면 두모리 37	118291.37	213061.58	83.98	2010	80.05
합천1 (신)	합천군 삼가면 양전리 154-2	121857.5776	214157.8285	94.466	2016	90.97
합천2	합천군 울곡면 제내리 921-111	129027.6371	232355.6083	22.394	2015	19.744
합천3	합천군 초계면 관평리 4-1	134112.0069	228596.0947	21.118	2016	13.72
합천4	합천군 쌍책면 상포리 709	315921.49	332073.54	18.52	2017	7.82

* 합천1 관측공이 도로부지로 편입되어, 2016년 합천1(신) 관측공으로 이전 설치

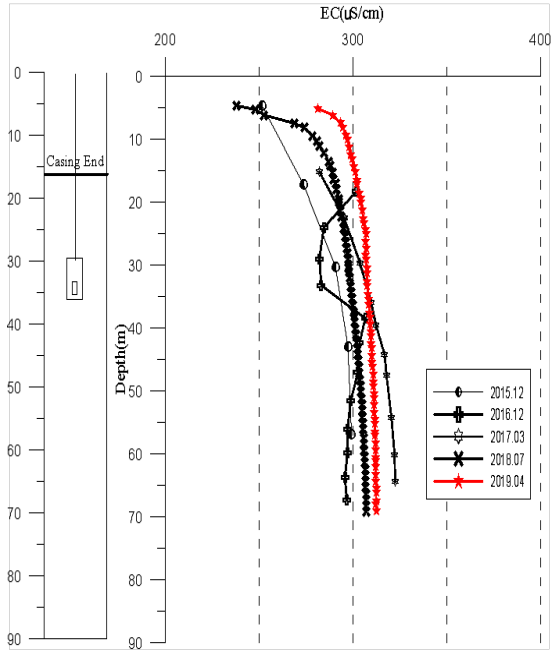
2. 지형 및 지질

합천지구는 경상남도의 서북부에 위치하며 동남쪽으로는 창녕군과 의령군, 서쪽으로는 거창군, 산청군과 접하며, 북쪽으로는 경상북도 고령군, 성주군에 접하고 있다. 동부를 제외하고는 높고 험한 산지가 중첩하며, 동부는 낙동강이 흐르고 있다. 지질은 북서부 가야산 일대는 화강편마암, 동남부 일대는 중생대 경상계 낙동통의 지층으로 혈암, 이암, 사암, 역암 등의 지층이 나타나고 있다.

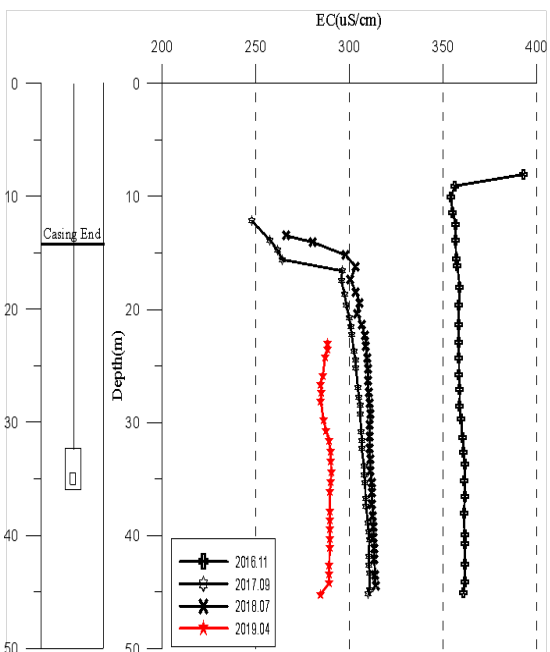
3. 지하수 검층



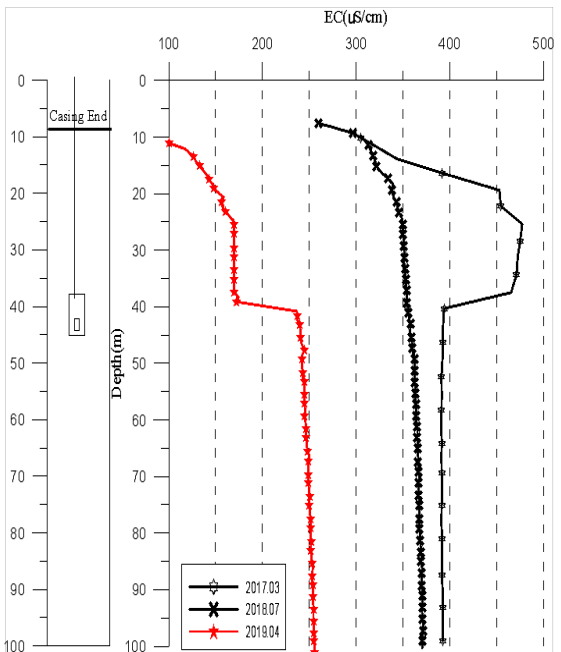
<합천1 관측공>



<합천2 관측공>



<합천3 관측공>



<합천4 관측공>

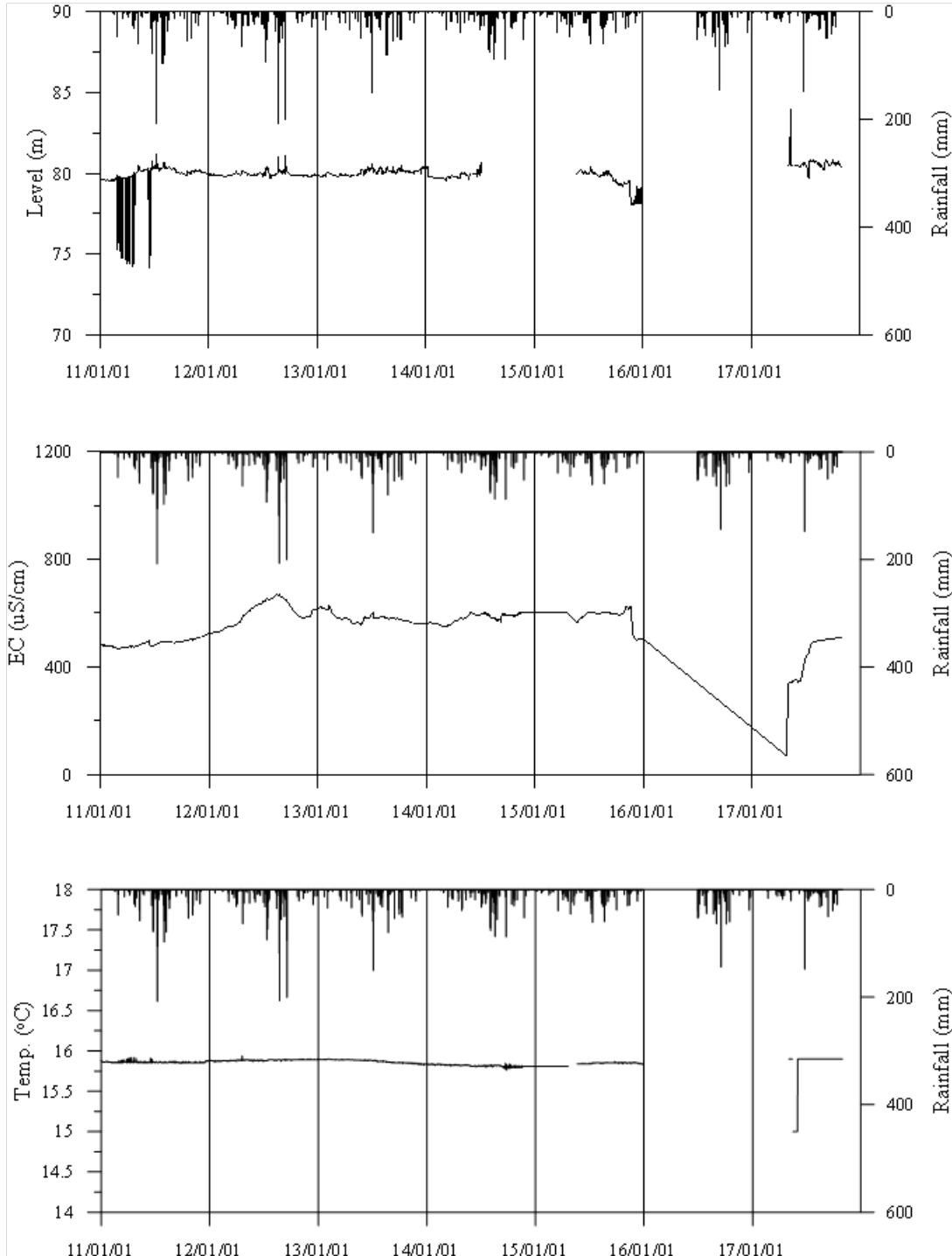
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

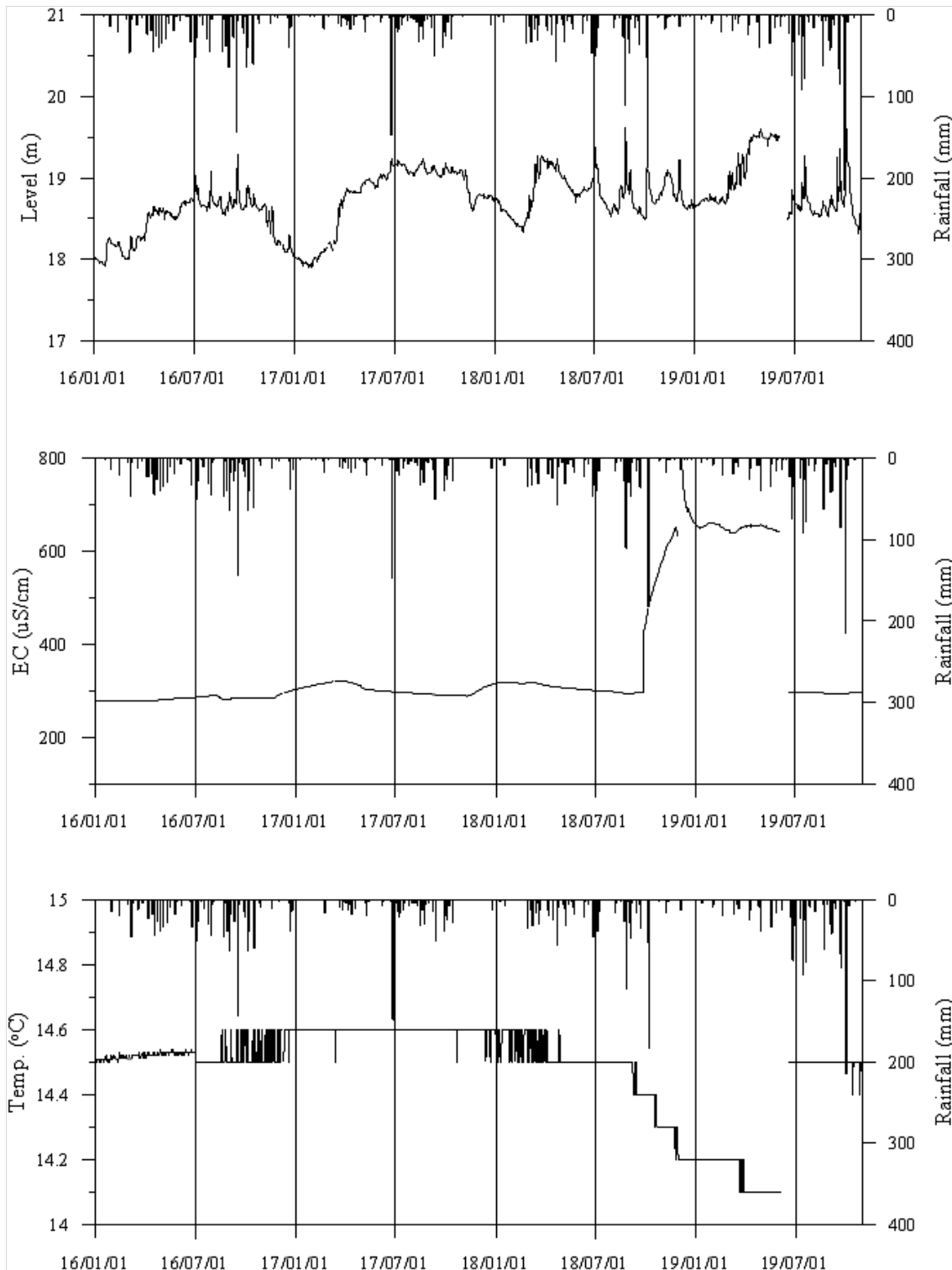
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
합천1 (구)	(2010.10)	17.74	13.75	1.83	83.80	23.89	29.91	289.75	0.73
	(2011.10)	26.38	12.82	1.74	51.96	43.05	7.87	244.06	9.07
	(2012. 4)	21.63	16.93	1.48	79.46	19.56	37.02	277.55	N.D.
	(2013. 5)	11.40	14.94	1.34	66.67	23.07	31.60	256.20	0.13
	(2014. 7)	21.67	16.39	1.56	76.84	19.52	45.11	234.85	0.07
	(2015. 6)	21.72	16.79	1.54	69.85	13.72	40.12	262.64	0.09
합천1 (신)	(2016.12)	11.27	9.86	2.04	38.91	15.98	10.91	140.30	4.37
	(2017. 3)	11.23	9.02	1.97	40.80	19.06	13.90	143.35	6.88
	(2018. 6)	13.63	11.89	6.75	54.78	43.13	30.81	88.45	64.01
	(2019. 4)	10.24	8.77	5.84	38.56	32.89	18.09	85.40	23.20
합천2	(2015.11)	9.39	6.23	1.73	34.14	129.19	110.85	57.58	166.05
	(2016. 5)	9.41	7.86	1.32	39.11	21.35	11.43	122.00	N.D.
	(2017. 3)	12.69	8.19	1.22	48.12	14.11	11.91	167.75	0.43
	(2018. 6)	9.91	7.11	0.92	42.86	12.06	9.44	146.40	N.D.
	(2019. 4)	11.16	7.67	1.10	35.88	10.09	8.28	152.50	N.D.
합천3	(2016.12)	37.96	7.58	1.84	37.13	14.61	13.64	189.10	0.28
	(2017. 3)	15.43	7.96	1.16	34.57	37.55	30.15	73.20	N.D.
	(2018. 6)	13.82	7.32	0.98	26.05	36.35	25.00	54.90	N.D.
	(2019. 4)	14.00	7.87	1.21	24.66	39.69	25.48	45.75	N.D.
합천4	(2017. 3)	41.36	10.90	1.89	24.49	17.18	7.73	186.05	0.89
	(2018. 6)	5.85	3.93	0.70	12.48	9.88	3.39	57.95	5.46
	(2019. 4)	4.01	3.82	0.94	11.02	8.83	3.25	39.65	2.46

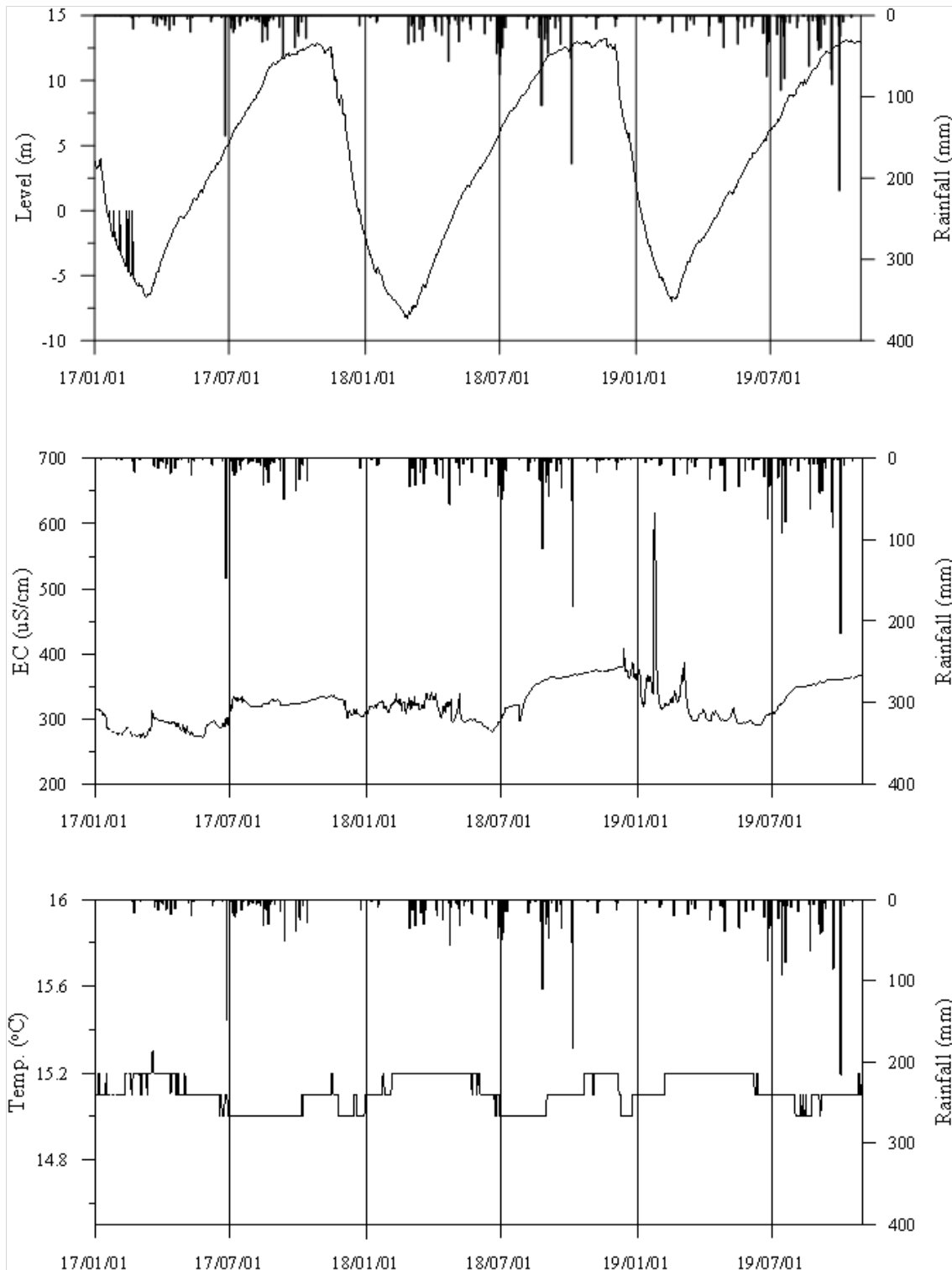
5. 장기관측 결과



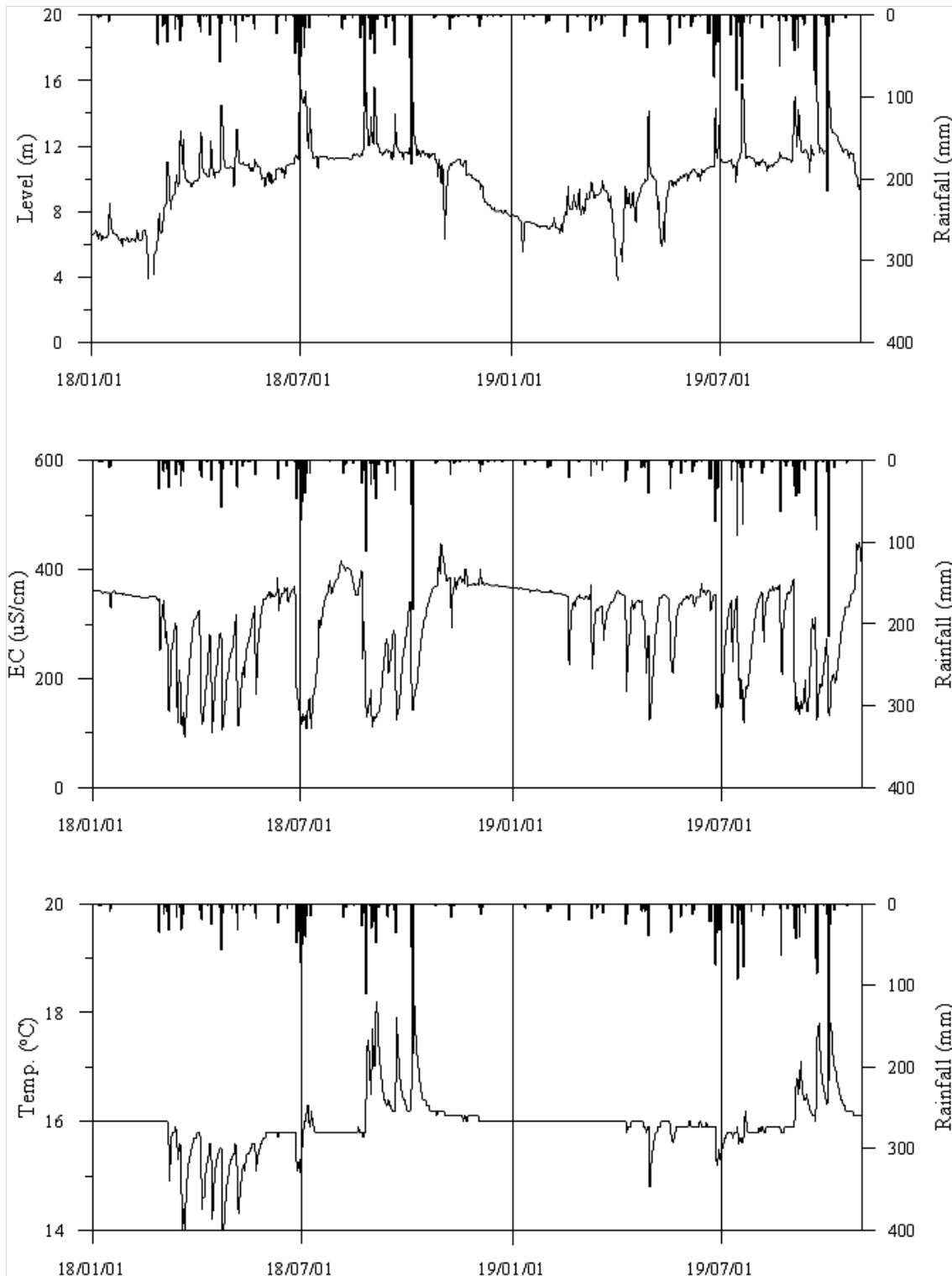
<합천1(신) 관측공의 이동설치 후 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<합천2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<합천3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<합천4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 합천1(신) 관측공은 기존 합천1(구) 관측공 위치가 도로부지로 편입되는 관계로 이전 설치된 관측공으로, 삼가면 양전리의 주거지역과 농경지가 인접하고 향후 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점에 대하여 이동 설치하였다. 합천2 관측공은 황강을 중심으로 조성된 시설재배단지 중심부에 설치되었다. 시설재배단지에서 겨울철 수막재배로 인한 지하수 이용량이 높은 곳으로 관정밀도가 높고, 주민민원이 자주 발생하는 지역이므로 시설재배단에 의한 지하수 수량변화를 관측하고자 관측공을 설치하였다. 합천3 관측공은 초계면 관평리에 위치하며 주거지역과 농경지가 인접하고 향후 주변지역 지하수오염이 예상되는 지점에 설치하였다. 합천4 관측공이 설치된 합적지구 농촌지하수관리보고서에 의하면 수량관리가 필요한 지역이어서, 수량에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 합천1(신) 관측공은 약 95 ~ 550 $\mu S/cm$ 범위이며, 합천2 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 260 ~ 330 $\mu S/cm$ 범위로서 심도에 따른 전기전도도 변화는 크게 나타나지 않는다. 합천3 관측공은 약 250 ~ 360 $\mu S/cm$ 범위이다. 합천4 관측공은 심도 공저까지 500 $\mu S/cm$ 이하 범위로 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 합천1(신), 2, 4 관측공은 모두 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 합천3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형으로 나타나는데, 이는 낙동강에 접하고 있기 때문에 염수가 일부 유입된 결과로 판단된다. 합천2 관측공은 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하는 것으로 분석되었다. 따라서 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 합천1(신) 관측공의 지하수위는 강우에 비례적이고, 변동폭은 1 m 이내이다. 전기전도도는 500 $\mu S/cm$ 내외로서 증가추세이다. 합천2 관측공의 지하수위는 강우에 민감하고, 전기전도도는 300 $\mu S/cm$ 내외이다.

합천3 관측공의 지하수위는 강우와 반응이 무관하고, 전기전도도는 $320 \mu S/cm$ 내외이며, 강우발생시 전기전도도가 증가한다. 합천4 관측공의 지하수위는 강우에 민감하고, 전기전도도는 $300 \mu S/cm$ 내외이며 강우발생시 전기전도도가 감소한다.

- 5) 관리 방안 : 합천지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 현재 전기전도도 값이 높지 않지만, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 지하수질의 변화를 모니터링할 계획이다.

2.9.6 밀양지구

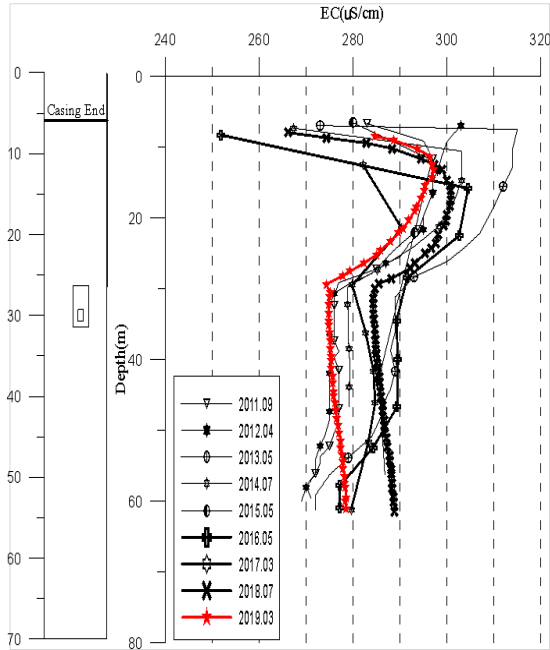
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
밀양1	밀양시 무안면 마흘리 1248	173241.085	221038.411	69.83	2011	63.68
밀양2	밀양시 무안면 마흘리 1232	171314.844	222233.839	34.21	2011	32.31
밀양3	밀양시 하남읍 수산리 473-6	173523.968	208429.879	8.54	2013	-4.08
밀양4	밀양시 상남면 연금리 472-4	178633.723	214418.012	9.38	2016	5.88
밀양5	밀양시 삼랑진읍 용성리 1332	181888.835	215715.006	2.59	2016	-0.41
밀양6	밀양시 삼랑진읍 삼랑리 678-12	310243.339	182681.02	8.67	2018	-7.33

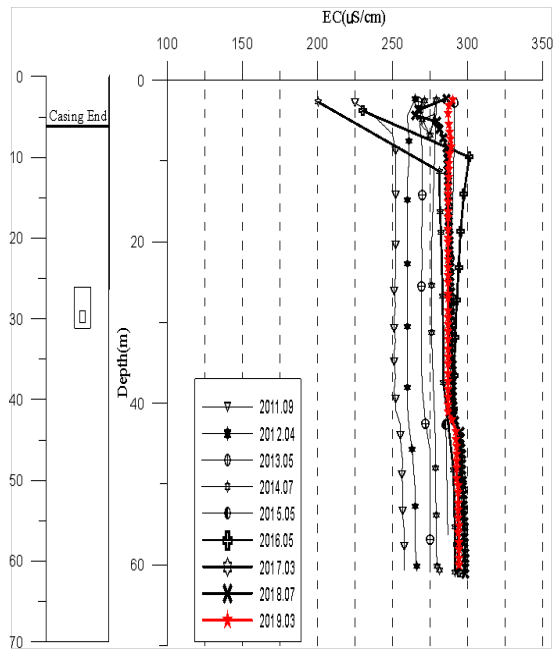
2. 지형 및 지질

밀양지구는 울산광역시 울주군과 경북 청도군 경계부에 위치하며, 남으로는 낙동강이 유하하여 동북쪽이 높고 서남쪽이 낮으며 동서의 길이가 남북의 길이보다 큰 지형 형태를 이루고 있다. 서북쪽은 밀양의 진산인 화악산이 우뚝 솟아 서북풍을 막아 준다. 동북쪽으로는 재약산을 중심으로 가지산을 주산으로 하고, 남쪽은 천태산, 서쪽으로 운문산, 구만산, 철마산이 산맥으로 쉼여 있다. 지질은 백악기 응회암 및 화강암류를 쇄설성 퇴적암류가 피복하고 있으며 그 위를 부정합으로 덮고 있는 신생대 제4기 충적층이 산재되어 나타난다.

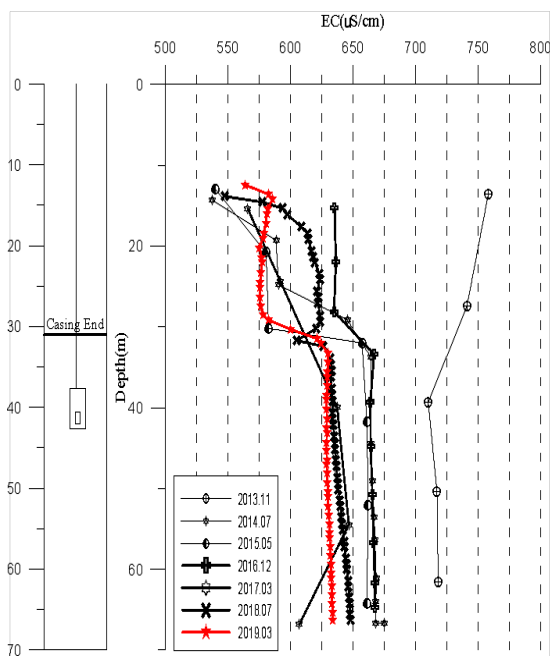
3. 지하수 검층



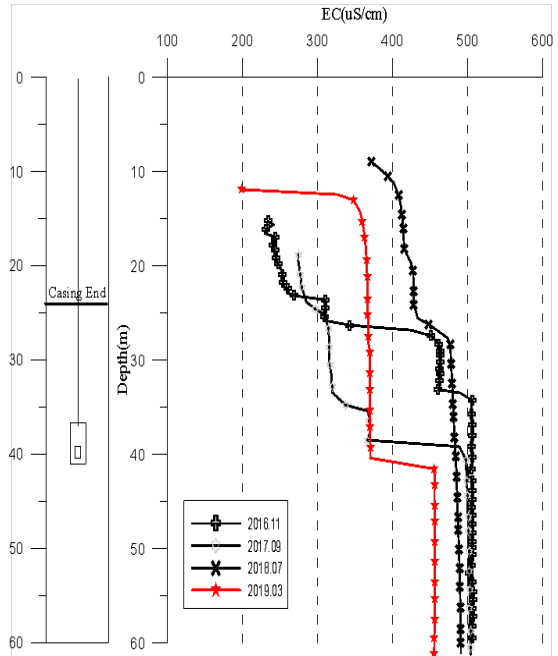
<밀양1 관측공>



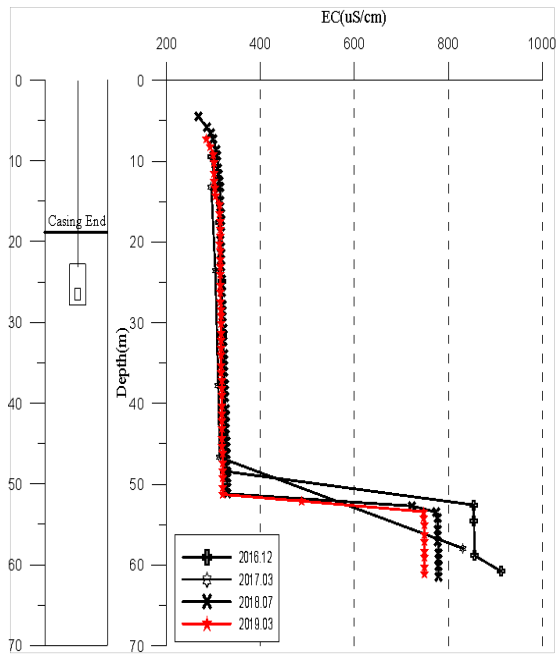
<밀양2 관측공>



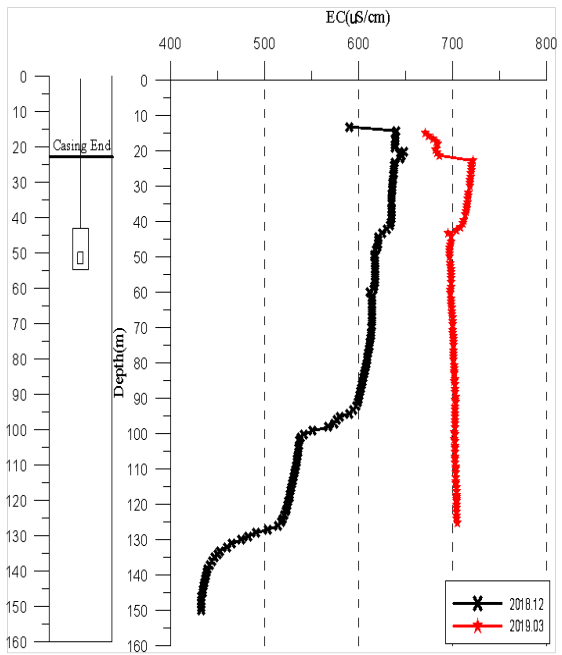
<밀양3 관측공>



<밀양4 관측공>



<밀양5 관측공>



<밀양6 관측공>

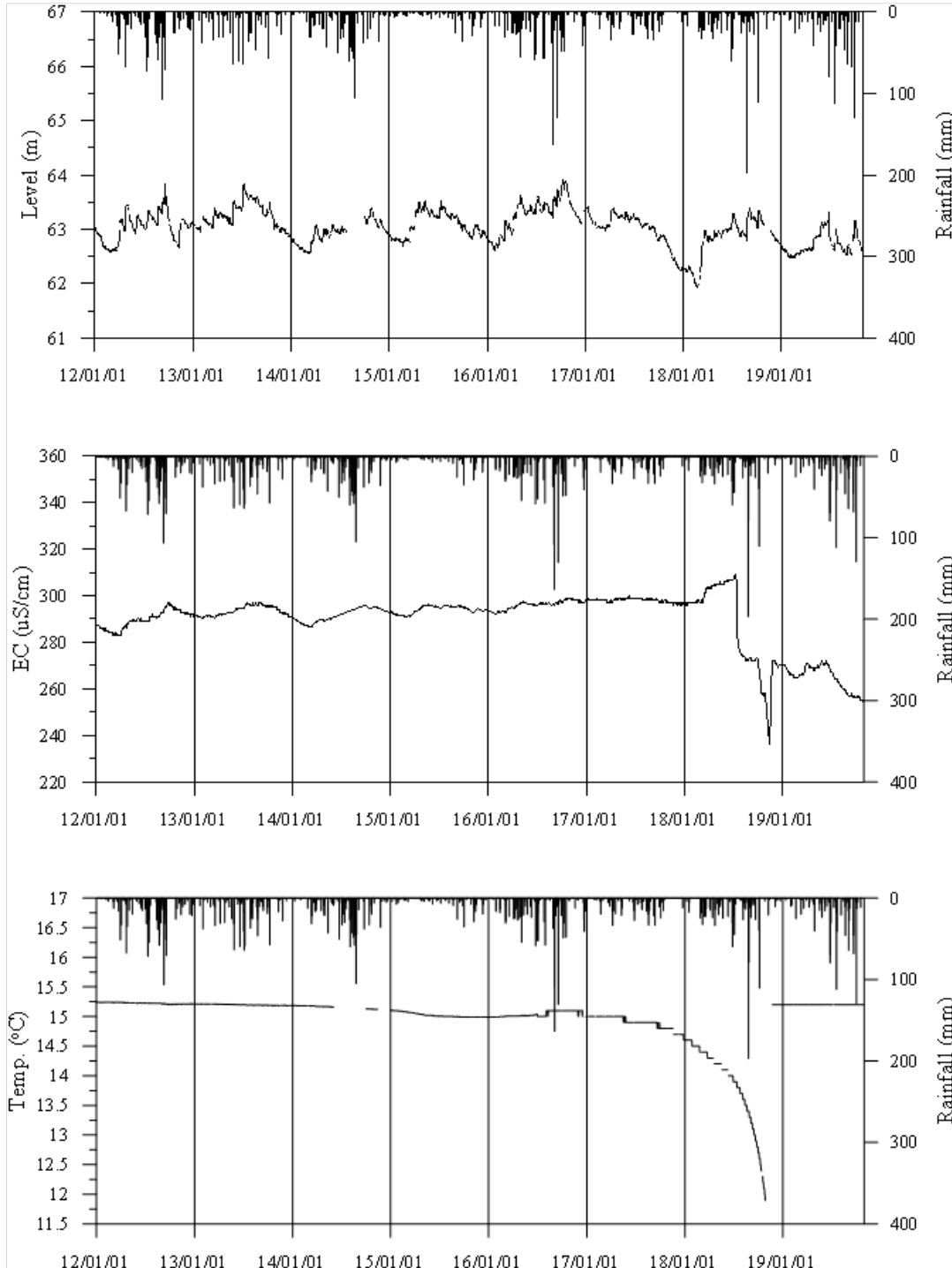
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

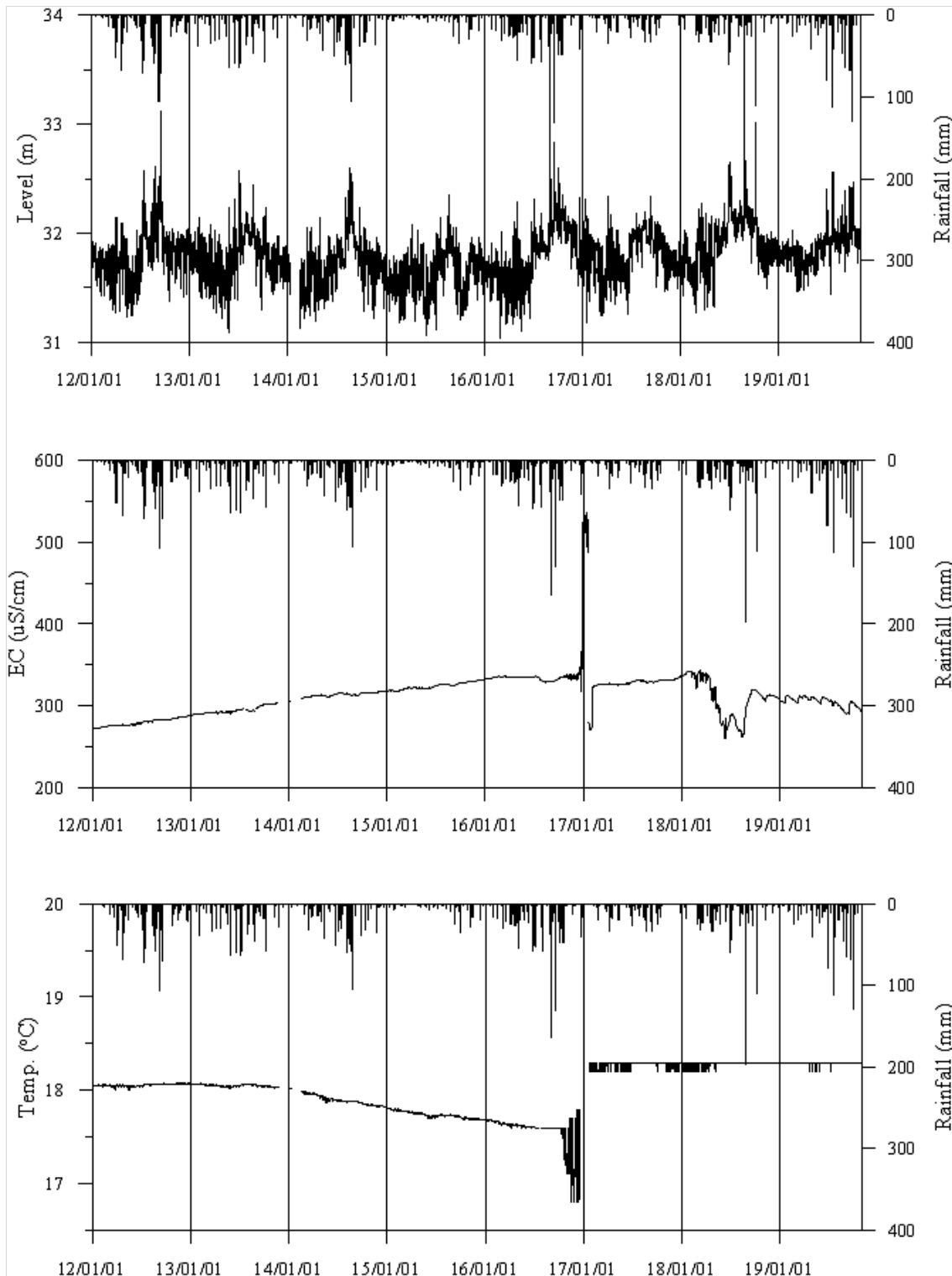
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
밀양1	(2011. 9)	8.46	16.88	0.74	37.07	7.08	8.25	173.85	9.65
	(2012. 4)	10.18	16.94	0.68	36.22	7.82	7.69	170.80	8.72
	(2013. 5)	10.18	15.73	0.52	31.32	7.60	9.15	186.05	7.17
	(2014. 7)	11.77	16.71	0.61	33.30	8.90	13.17	155.55	8.71
	(2015. 5)	8.93	16.67	0.59	35.18	11.07	19.71	167.04	8.95
	(2016. 5)	11.18	15.55	0.93	31.90	4.60	4.09	170.80	5.19
	(2017. 3)	10.60	18.60	0.55	35.52	8.34	6.72	189.10	7.78
	(2018. 6)	10.03	14.37	0.50	30.06	10.15	7.94	146.40	6.43
(2019. 4)	9.61	15.65	0.30	28.92	9.87	7.16	143.35	7.55	
밀양2	(2011. 9)	11.29	4.93	1.17	42.75	26.07	8.52	125.05	4.15
	(2012. 4)	13.23	5.19	0.52	42.67	26.49	8.41	122.00	4.37
	(2013. 5)	11.93	4.43	0.36	34.07	24.24	8.79	118.95	4.86
	(2014. 7)	15.42	5.27	0.39	43.23	30.43	15.03	112.85	4.86
	(2015. 5)	10.11	4.76	0.49	41.91	26.55	13.01	114.25	5.10
	(2016. 5)	12.20	5.06	0.79	41.62	25.99	8.87	118.95	4.36
	(2017. 3)	13.65	5.25	0.36	42.81	27.94	10.06	118.95	4.20
	(2018. 6)	13.76	4.51	0.35	37.83	31.87	10.60	97.60	4.15
(2019. 4)	12.79	4.47	0.11	39.12	30.43	9.20	103.70	3.55	
밀양3	(2013.11)	35.00	16.35	4.34	77.08	13.50	80.48	298.90	4.90
	(2014. 7)	43.18	23.11	8.20	41.08	1.54	92.59	204.35	2.77
	(2015. 5)	29.64	20.02	6.13	50.41	5.03	69.72	206.38	16.87
	(2016. 5)	33.47	17.32	2.70	77.90	9.40	52.25	301.95	2.76
	(2017. 3)	40.03	24.88	6.38	48.50	3.63	78.65	234.85	7.91
	(2018. 6)	36.93	22.85	7.13	41.19	0.96	83.60	173.85	2.76
밀양4	(2016.12)	20.05	16.95	1.53	45.03	16.59	41.22	170.80	5.68
	(2017. 3)	21.57	15.66	1.17	30.82	12.17	37.81	125.05	12.42
	(2018. 6)	26.97	19.26	1.34	28.64	15.64	52.14	118.95	11.10
밀양5	(2019. 4)	21.94	15.64	1.01	26.03	13.38	40.48	109.80	10.36
	(2016.12)	12.86	5.06	1.54	50.23	19.19	7.17	176.90	0.54
	(2017. 3)	13.36	6.63	0.96	51.36	19.32	7.52	167.75	0.42
밀양6	(2018. 6)	12.54	6.01	0.97	35.37	16.63	6.36	125.05	N.D.
	(2019. 4)	12.08	6.08	2.69	43.16	18.30	6.70	149.45	N.D.
	(2018.10)	41.6	7.9	1.1	36.9	27.5	22.9	131.4	51
(2019. 4)	14.91	13.00	1.39	86.86	20.34	18.75	256.20	24.00	

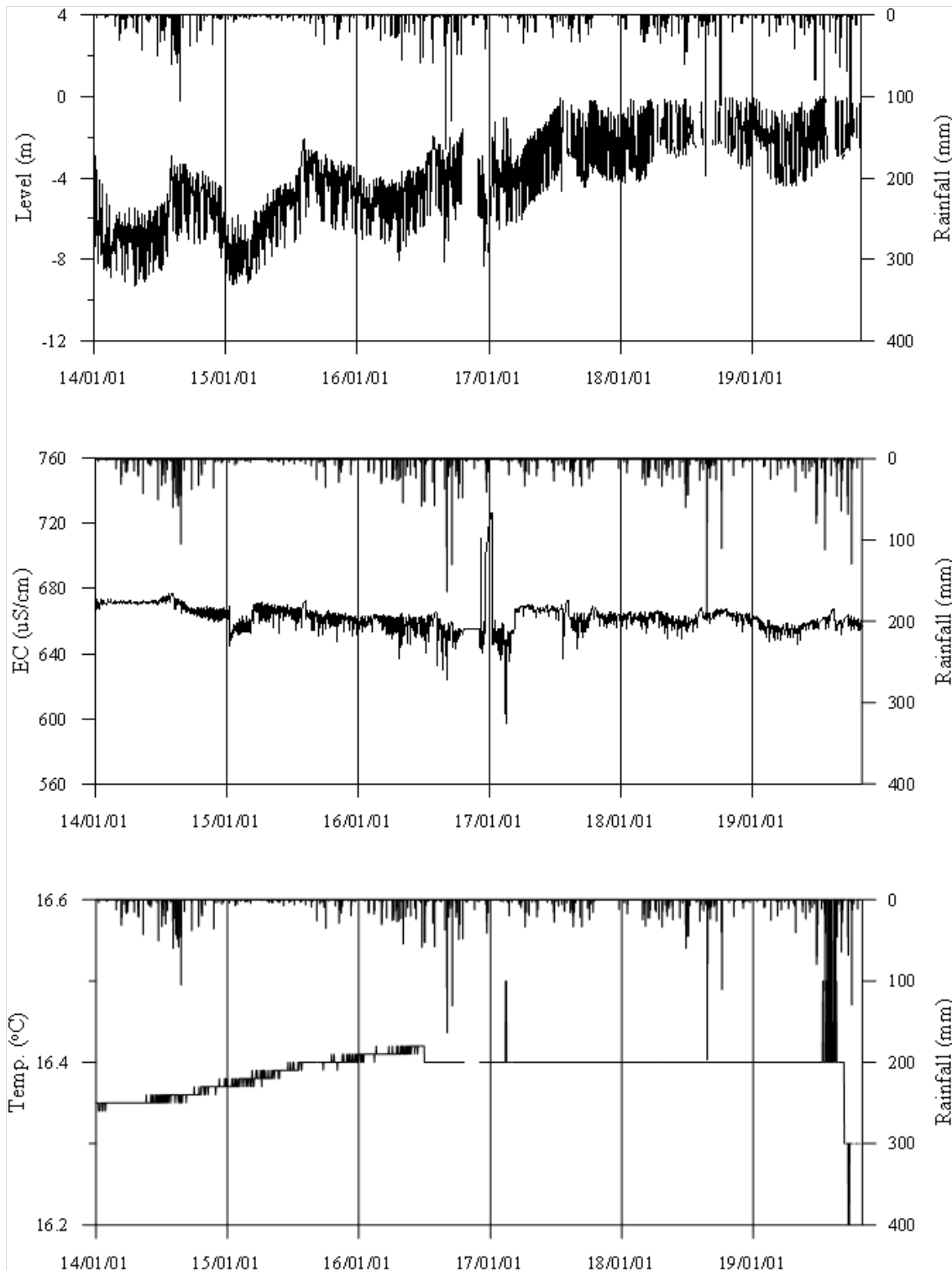
5. 장기관측 결과



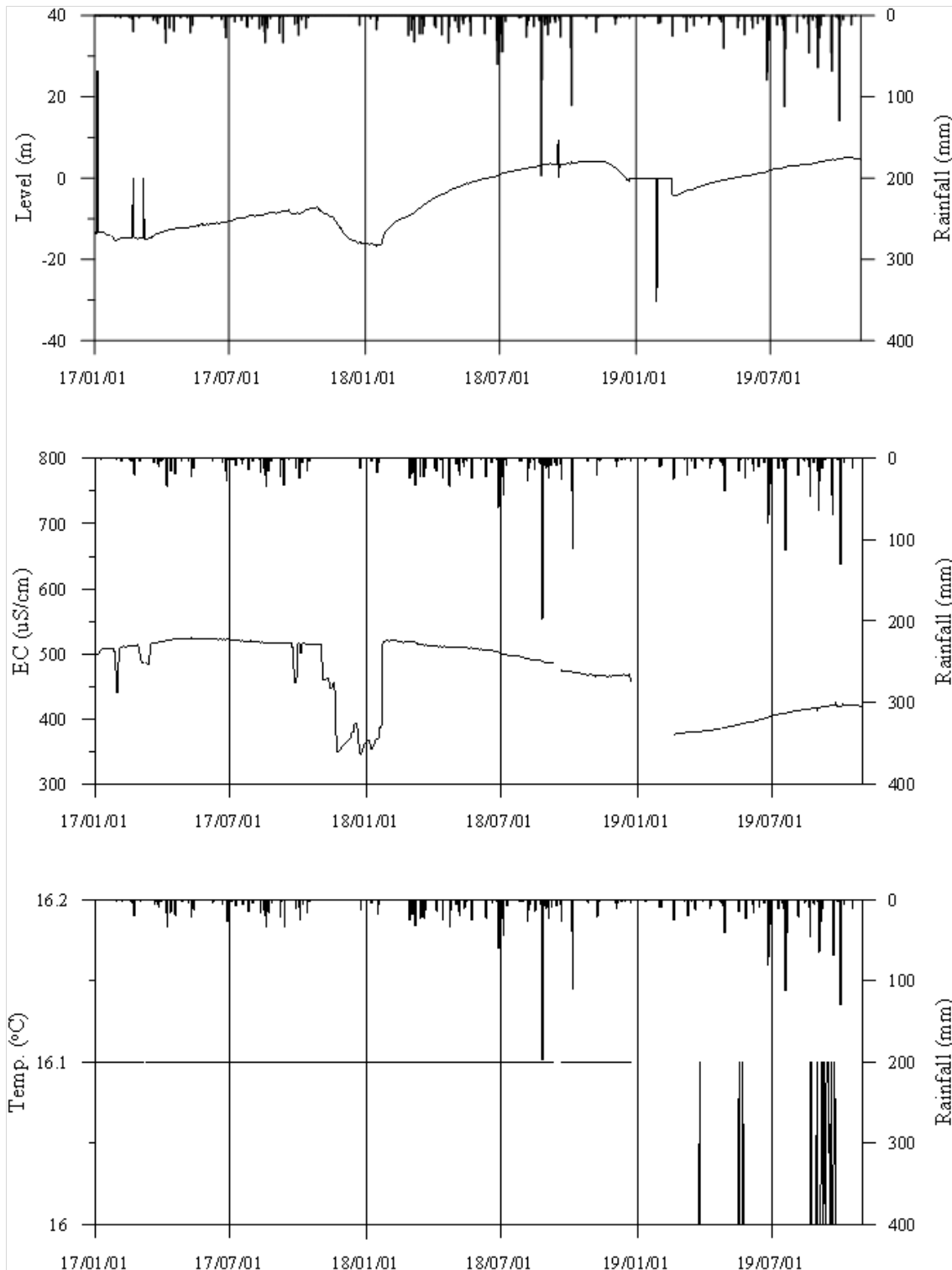
<밀양1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



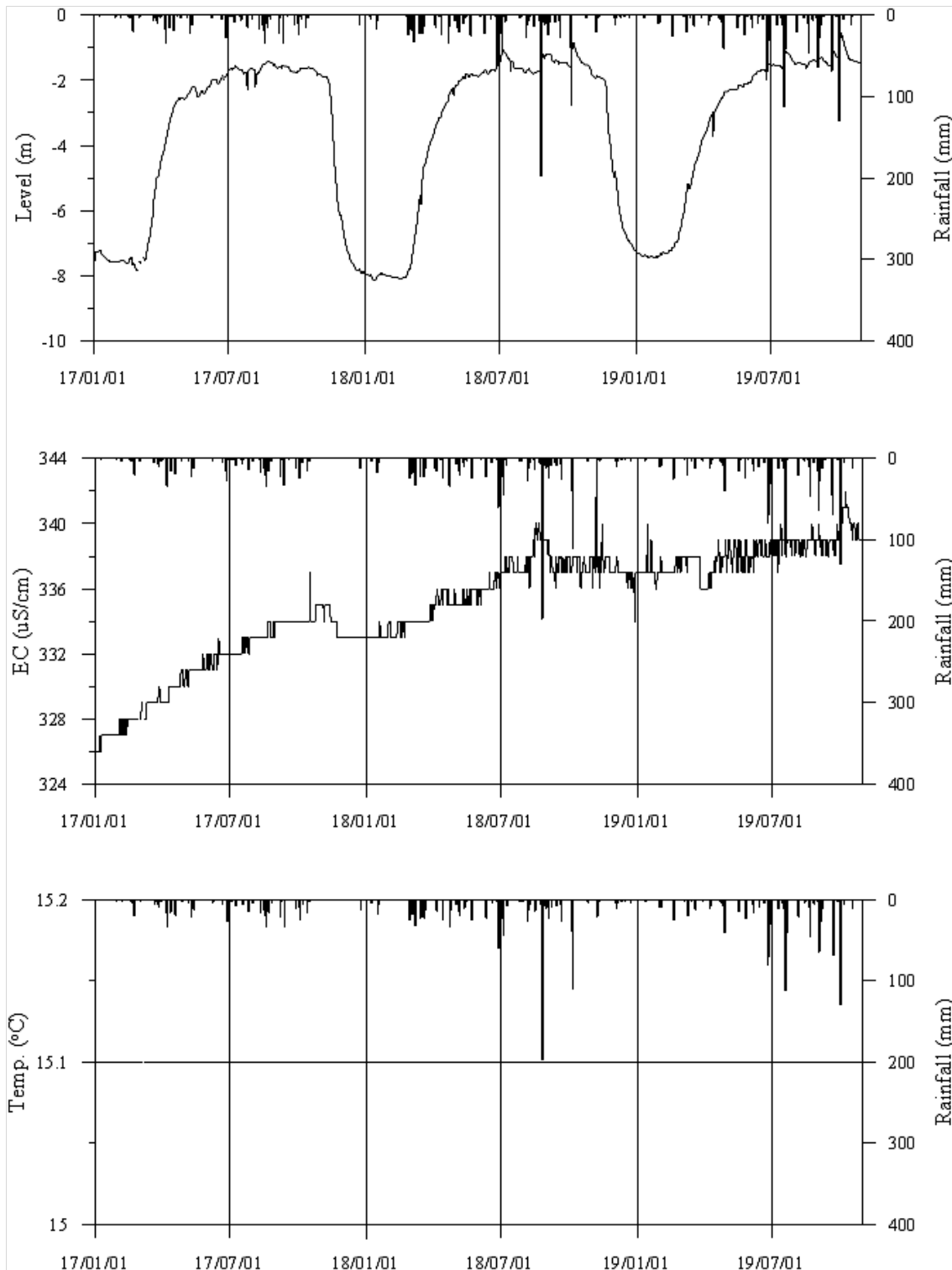
<밀양2 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



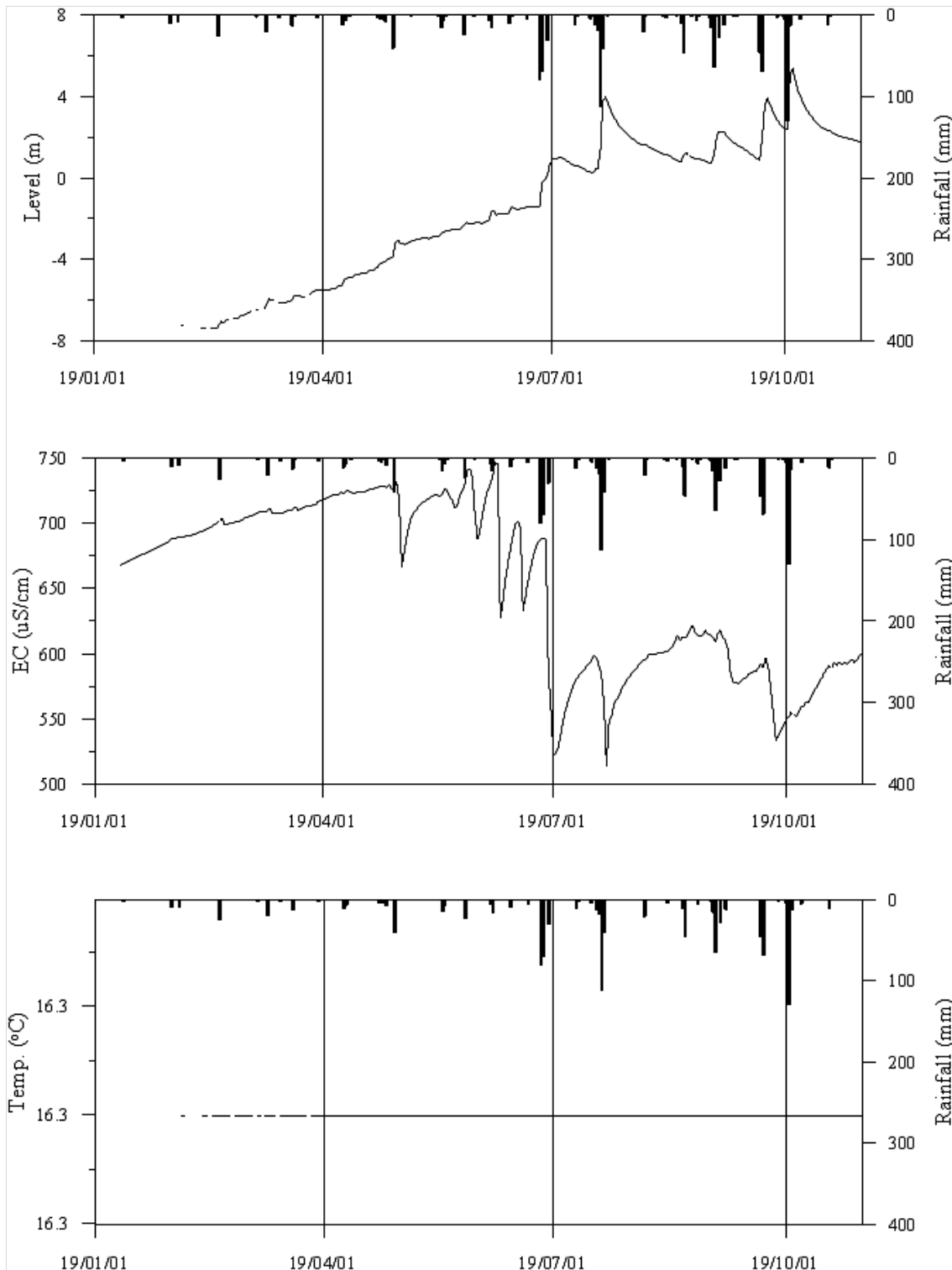
<밀양3 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<밀양4 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<밀양5 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<밀양6 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 밀양지구는 오염 부하량이 높은 지역으로 현재의 수질은 생활용 수질기준을 만족하고 있다. 그러나 농경지가 넓게 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의하여 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변 지역의 수질 및 수량변화를 예측코자 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 밀양1, 2 관측공의 전기전도도는 약 $300 \mu S/cm$, $270 \mu S/cm$ 내외로 심도에 따른 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 밀양3 관측공의 경우 심도 약 30 m에서 전기전도도가 약 $580 \mu S/cm$ 에서 약 $660 \mu S/cm$ 로 증가하며, 그 이하 심도에서 전기전도도 변화는 거의 없다. 이는 일반적인 농어촌 지하수의 전기전도도보다 1.5 ~ 2배 정도 높게 나타나는 것으로, 지하수 내의 이온함량이 상대적으로 높은 것으로 분석된다. 밀양4 관측공은 $109 \sim 507 \mu S/cm$ 범위이며, 밀양5 관측공은 $295 \sim 912 \mu S/cm$ 범위로 나타났다. 이는 일반적인 농어촌 지하수의 전기전도도보다 3배 정도 높는데, 이 역시 지하수 내의 이온함량이 상대적으로 높기 때문으로 해석된다. 밀양6 관측공은 $400 \sim 700 \mu S/cm$ 범위로 나타났는데, 이 역시 이온함량이 상대적으로 높기 때문으로 해석된다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 밀양1, 2, 5, 6 관측공 공통적으로 $Ca-HCO_3$ 유형이다. 반면 밀양3, 4 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형인데, 이는 지표기원 오염물질이 지하수 내로 유입의 영향으로 판단된다. 밀양6 관측공의 2018년 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하였지만 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 밀양6 관측공 주변 지하수계는 분뇨 등에 기인한 오염물질의 유입이 유력하므로, 지하수를 음용수로 이용하는 것을 금지해야 하며, 향후 꾸준한 관측을 통해 수질변화를 모니터링 할 필요가 있다.
- 4) 장기 관측결과 : 밀양1, 2 관측공 지하수위는 강수에 의한 증감이 뚜렷하며, 연간 지하수위 변화는 공통적으로 2 m 이내이다. 밀양1 관측공 전기전도도 값은 지하수위 변화와 비례하며 2018년 여름 이후 약 $50 \mu S/cm$ 하강하였다.

밀양2 관측공은 낙동강에 인접하여 낙동강 조수위의 영향을 받으며, 강수에 민감하다. 전기전도도는 $300 \mu S/cm$ 내외에서 증감한다. 밀양3 관측공의 지하수위 변화는 강수에 의한 영향을 받으며 뚜렷하지 않으며, 낙동강에 인접하여 낙동강 수위변화에 민감하게 변화하는바 수위와 전기전도도 모두 조석의 영향을 반영한다. 수위는 증가추세이고, 전기전도도는 감소추세이다. 밀양4, 5 관측공의 지하수위는 겨울철 지하수위의 급격한 감소를 보이는데, 이는 주변 비닐하우스 등에서 수막재배 용수로 지하수를 이용하기 때문으로 추정된다. 밀양4 관측공의 경우, 겨울철 전기전도도는 감소하여 이러한 추정을 뒷받침한다. 밀양6 관측공의 지하수위는 강수에 민감하며 증가추세에 있고, 이와는 반대로 전기전도도는 감소추세에 있다. 그러나 관측기간이 짧기 때문에 좀 더 장기관측을 통해 특성을 규명할 필요가 있다.

- 5) 관리 방안 : 밀양지구의 관측공 중 밀양4, 5 관측공은 주변 양수의 영향을 크게 받고 있고, 밀양6 관측공은 지하수 오염이 나타나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입, 그리고 하천수의 영향 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.9.7 거창지구

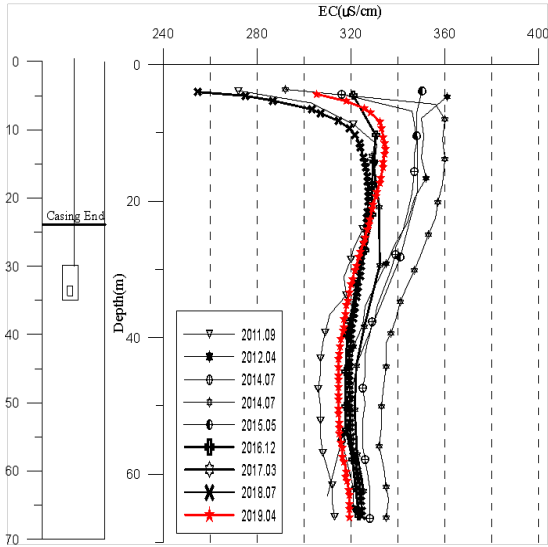
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
거창1	거창군 남상면 오계리 949	281636.136	236828.457	240.82	2011	237.57
거창2	거창군 가조면 장기리 1394-30	289562.064	247767.181	289.54	2015	285.94
거창3	거창군 웅양면 죽림리 930	256280.063	100981.240	349.49	2018	346.31

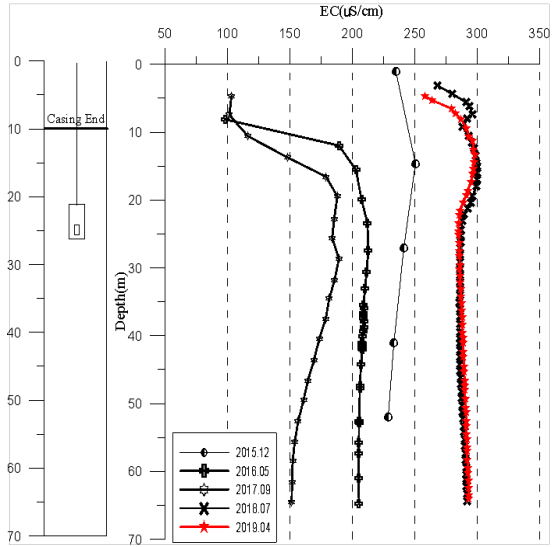
2. 지형 및 지질

거창지구는 북쪽에 덕유산, 삼봉산, 수도산, 단지봉이 이어져 있으며, 서쪽에 기백산, 금원산 등 1,500 m에 가까운 높은 산들이 펼쳐져 있다. 동쪽에는 두리봉, 의상봉, 비계산, 오도산, 숙성산이 뻗어 있고, 남쪽에는 비교적 낮은 700 ~ 800 m의 산들로 둘러싸인 산간분지이다. 지질은 중생대 트라이아이스기, 쥐라기, 백악기의 화강암층과 선캄브리아기의 편마암층으로 구분된다.

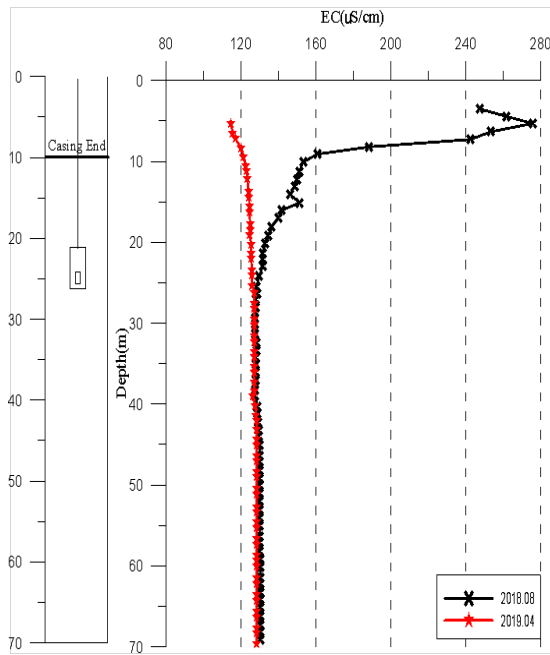
3. 지하수 검층



<거창1 관측공>



<거창2 관측공>



<거창3 관측공>

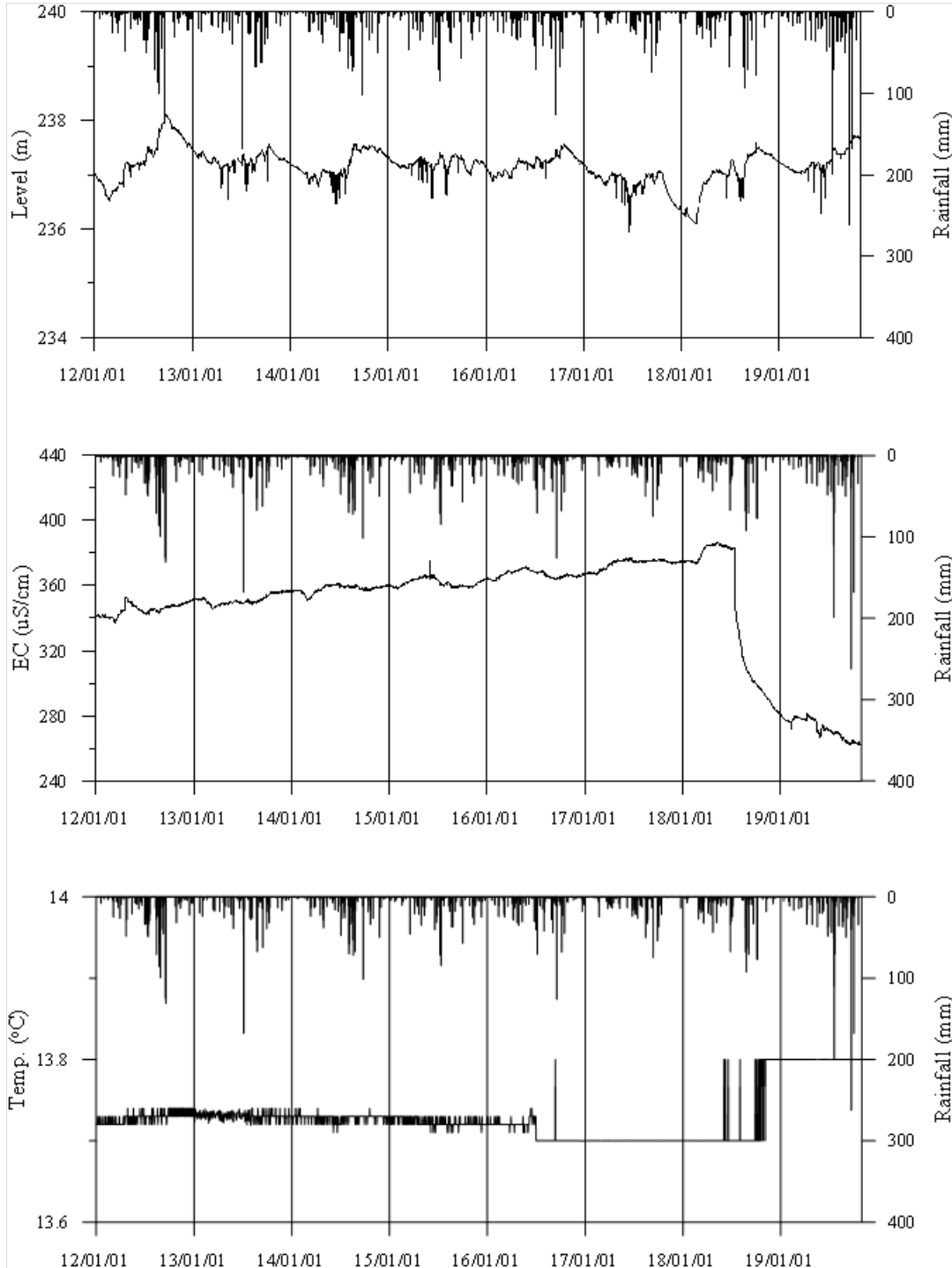
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

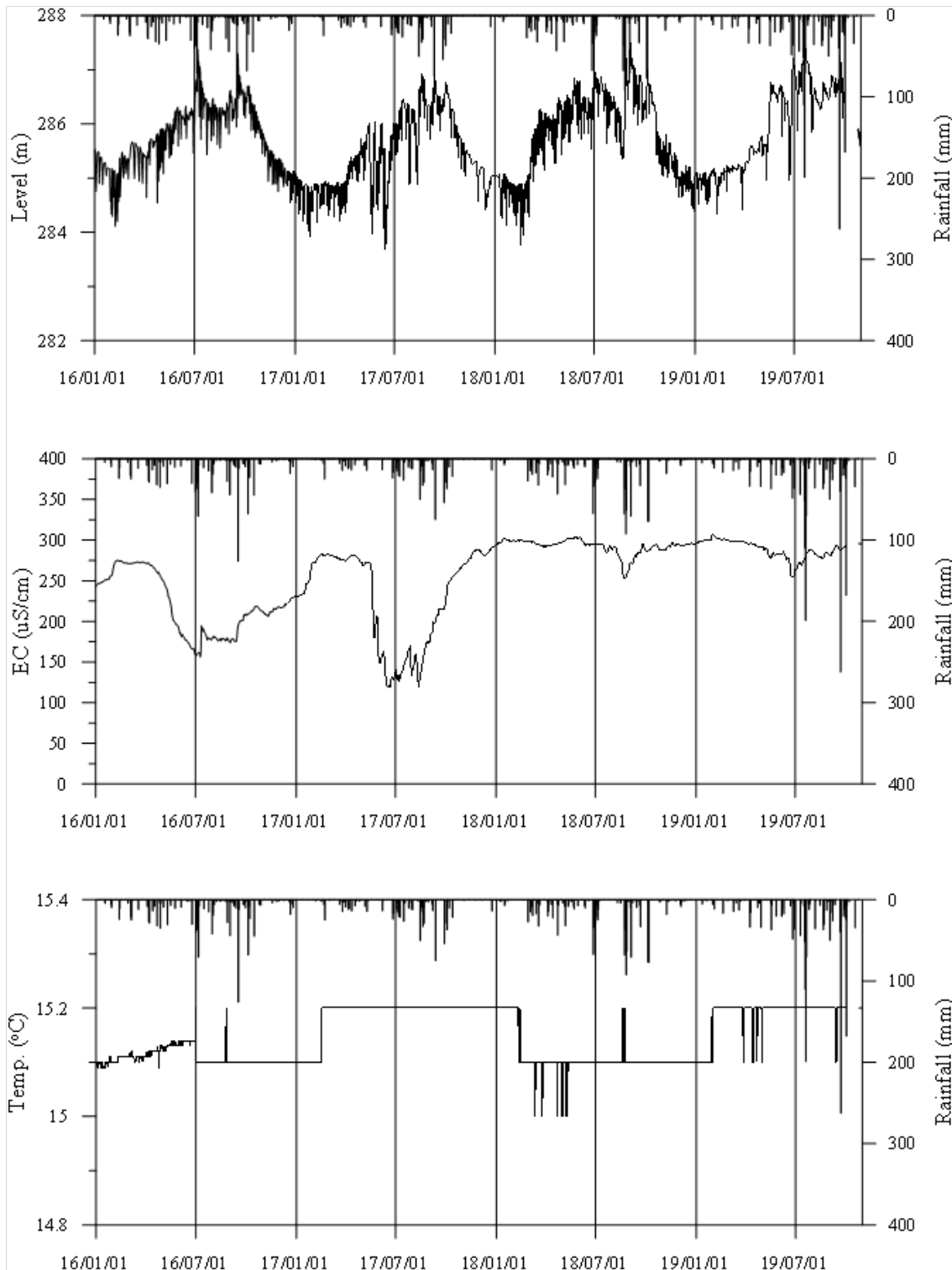
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
거창1	(2011. 9)	13.59	6.16	1.34	42.36	14.76	26.74	115.90	30.66
	(2012. 4)	18.53	7.57	1.46	44.86	15.31	32.61	106.75	31.18
	(2013. 5)	14.66	6.39	0.96	37.26	15.10	25.71	112.85	27.91
	(2014. 7)	18.18	6.96	1.10	45.42	15.67	28.11	112.85	30.28
	(2015. 6)	11.85	6.49	0.89	44.62	15.27	22.64	117.86	25.34
	(2016. 5)	17.15	6.36	1.12	39.87	15.59	20.98	112.85	25.30
	(2017. 3)	16.21	7.00	0.87	42.94	16.73	22.31	125.05	26.98
	(2018. 6)	14.37	5.50	0.54	40.90	17.10	20.16	100.65	24.11
(2019. 4)	15.30	6.05	0.80	40.05	17.64	18.49	115.90	24.00	
거창2	(2015.11)	9.73	3.56	2.31	22.79	33.51	34.06	48.20	68.79
	(2016. 5)	13.94	5.01	1.74	34.90	5.21	4.96	134.20	13.54
	(2017. 3)	13.62	5.97	1.95	42.52	6.99	7.41	146.40	16.17
	(2018. 6)	5.12	5.12	0.91	36.43	8.66	7.94	109.80	20.69
	(2019. 4)	13.82	6.26	1.76	40.46	10.09	7.73	131.15	25.29
거창3	(2018.10)	7.51	2.76	1.57	13.62	5.63	3.51	48.80	8.70
	(2019. 4)	9.08	2.84	2.74	13.90	6.07	3.57	54.90	8.81

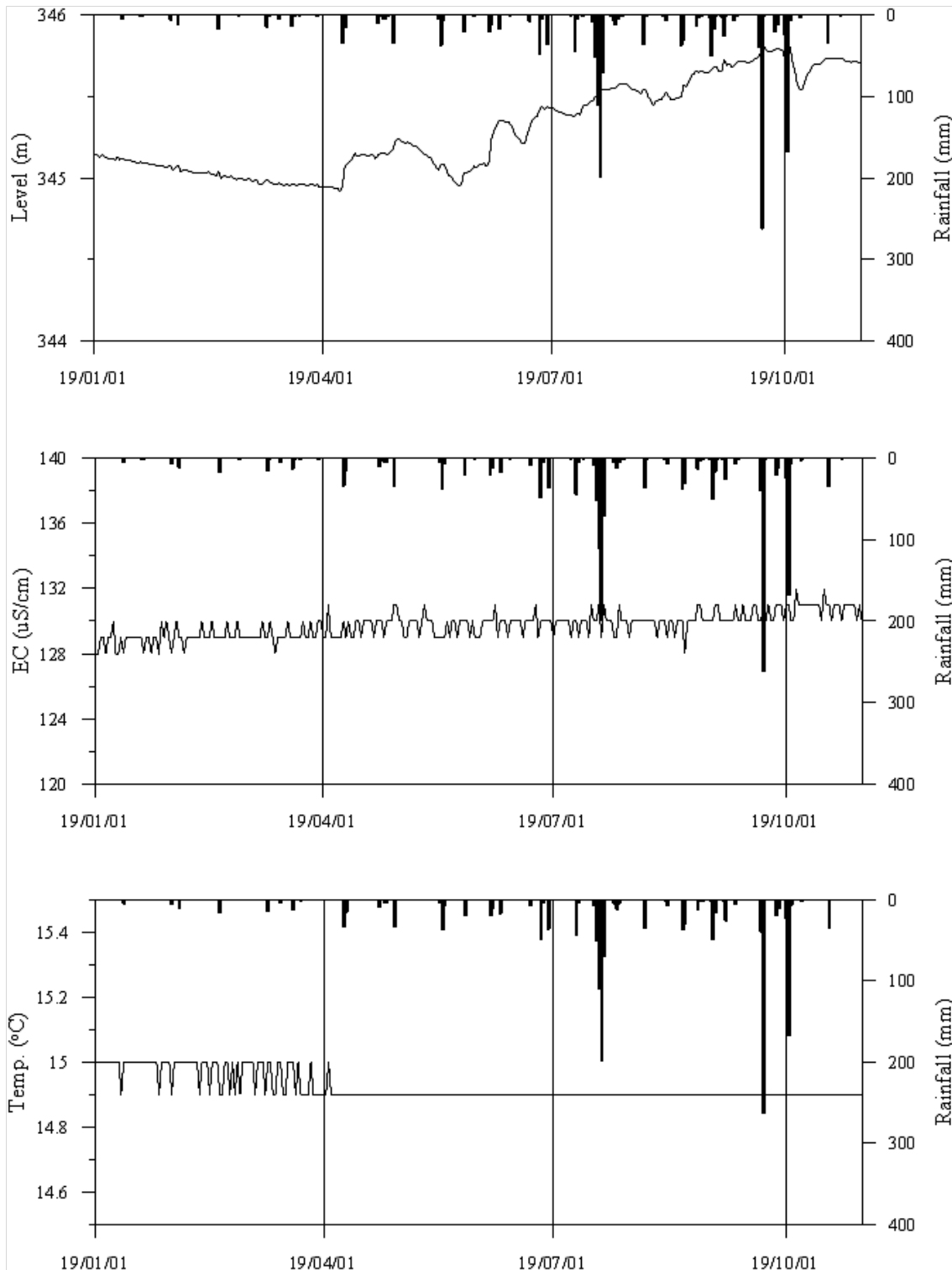
5. 장기관측 결과



<거창1 관측공의 장기관측자료 (2012.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<거창2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<거창3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 거창군 농촌지하수관리사업의 거창1 관측공 설치지역은 거창군 남상면 오계리로 현재의 수질은 생활용 수질기준을 만족하고 있으나, 넓게 농경지가 분포하고 있어 비료 및 농약의 시비에 의한 오염가능성이 높은 지역으로 향후 대수층을 통한 주변지역의 수질 및 수량변화를 예측하고자 관측공을 설치하였다. 거창군 가조면 장기리에 위치하는 거창2 관측공은 가천천을 중심으로 조성된 농경지 중심부에 설치하였다. 경지정리가 마무리 된 농경지가 주를 이루며 산발적으로 시설재배단지가 조성되어 있다. 거창2 관측공은 거고지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수질관리 필요지역이다. 이에 지하수 수질에 대한 관측이 필요하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 거창1 관측공의 전기전도도는 약 $340 \mu S/cm$ 내외이며, 심도에 따른 전기전도도 변화가 거의 없이 일정하게 나타난다. 거창2 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 $240 \mu S/cm$ 범위 이내로서 심도의 증가에 따라 미미하게 감소하는 경향을 나타낸다. 거창3 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 $140 \mu S/cm$ 범위 내외이나, 75 m 심도 이하에서 약 $600 \mu S/cm$ 까지 증가하는 경향을 나타낸다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 거창1, 2, 3 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당한다. 거창2 관측공의 질산염 농도는 2015년에 먹는물 수질기준 (44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L)을 초과하나 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만이었으며, 이 후 꾸준히 먹는물 수질기준 미만으로 검출되었다. 관측공 주변 지하수자원의 보전을 위해 질산성질소 오염원(축산분뇨, 하폐수 무단방류, 비료 및 농약살포 등) 관리에 만전을 기해야 한다.
- 4) 장기 관측결과 : 거창1 관측공의 연간 지하수위 변화는 강수에 의한 상승과 감소 현상이 뚜렷하게 나타나며 지하수위 변동폭은 2 m 이내이다. 전기전도도는 꾸준히 증가하는 추세가 나타났지만 2018년 여름철 이후 약 $50 \mu S/cm$ 감소하였다. 소폭의 증감이므로 농업용수 이용에는 직접적으로 관계가 없을

것으로 판단된다. 거창2 관측공은 강수와는 상관관계를 보이며, 수위 변동폭은 2 m 이내이다. 전기전도도는 $200 \mu S/cm$ 내외에서 증감하는데 강수 및 수위와 반비례관계에 있다. 거창3 관측공은 강수에 비례하며 증가 추세이다. 전기전도도는 $130 \mu S/cm$ 내외로 매우 낮아 담수영역임을 보인다.

- 5) 관리 방안 : 거창지구의 관측공은 질산염 농도가 먹는물 기준을 초과한 경우가 있으므로, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.9.8 거제지구

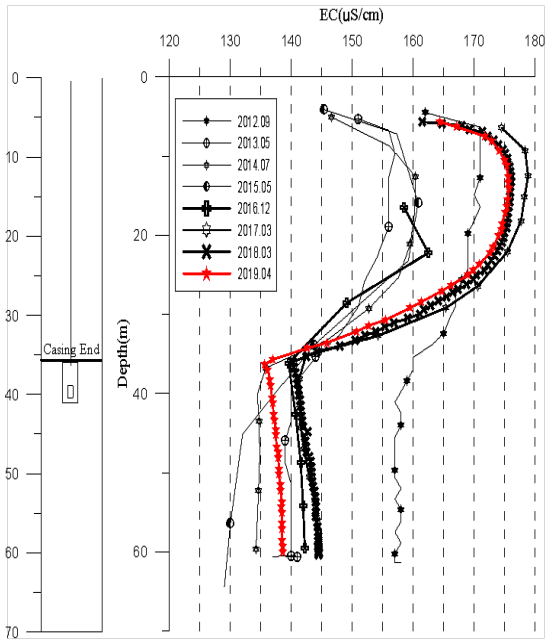
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
거제1	거제시 거제면 옥산리 931	161955.70	152018.76	25.07	2012	20.75
거제2	거제시 거제면 서상리 127-2	163449.8668	151083.6434	54.53	2013	46.41
거제3	거제시 양정동 197	167864.110	152325.615	43.38	2014	42.00

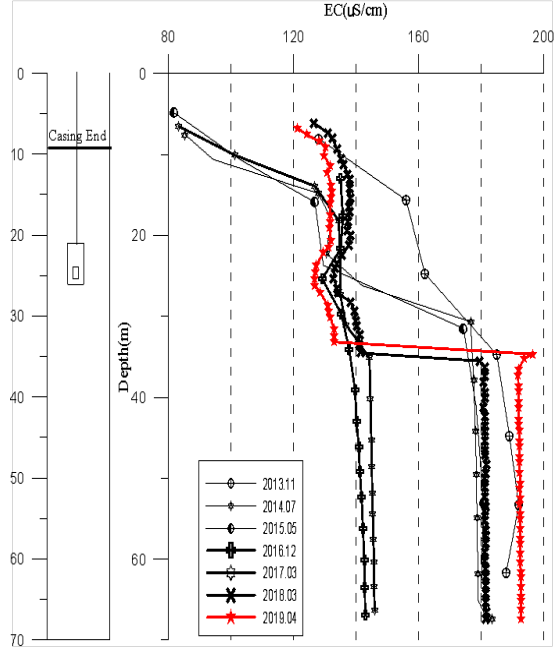
2. 지형 및 지질

거제지구는 북북동 남남서와 북서서 남동동 방향으로 산맥이 뻗어있고, 남부면 갈곶리 일대의 해안선과 도서는 해식지형이 잘 발달되어 경치가 빼어난 절경을 이루고 있다. 지질은 백악기 응회암 및 화강암류를 채설성 퇴적암류가 피복하고 있으며, 그 위를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

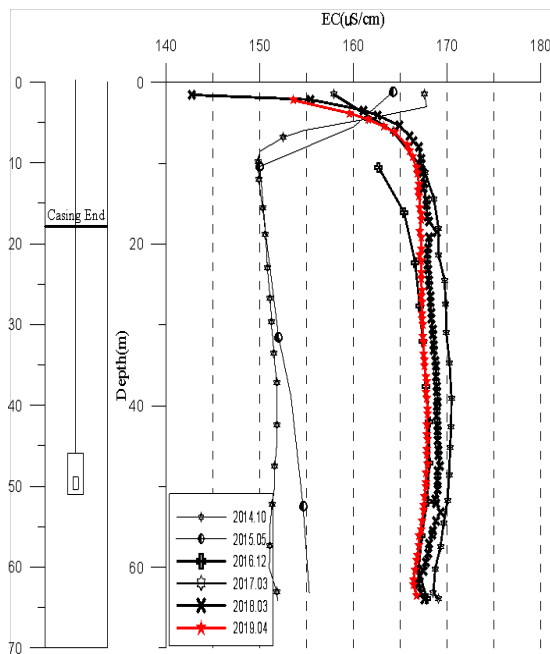
3. 지하수 검층



<거제1 관측공>



<거제2 관측공>



<거제3 관측공>

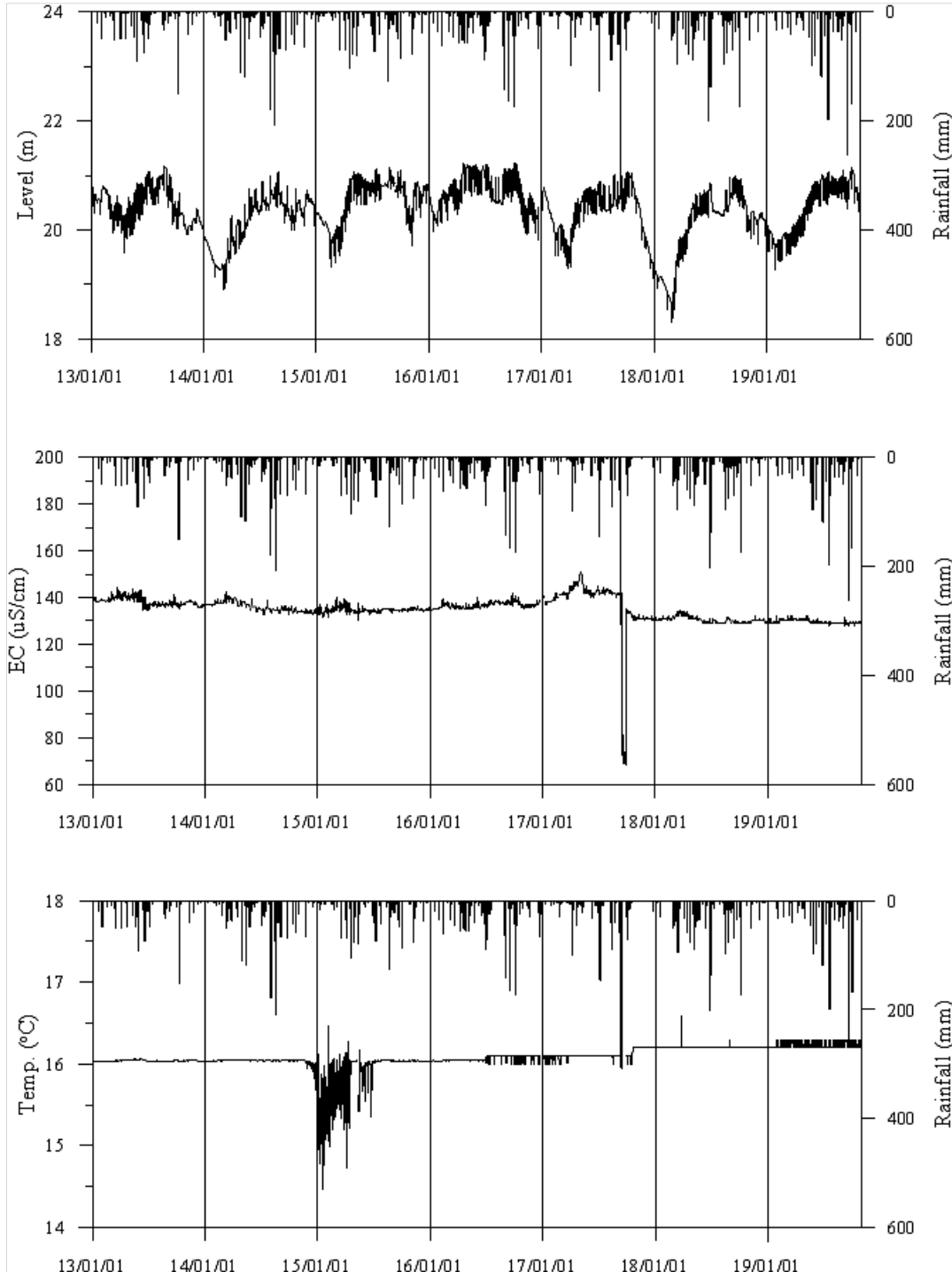
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

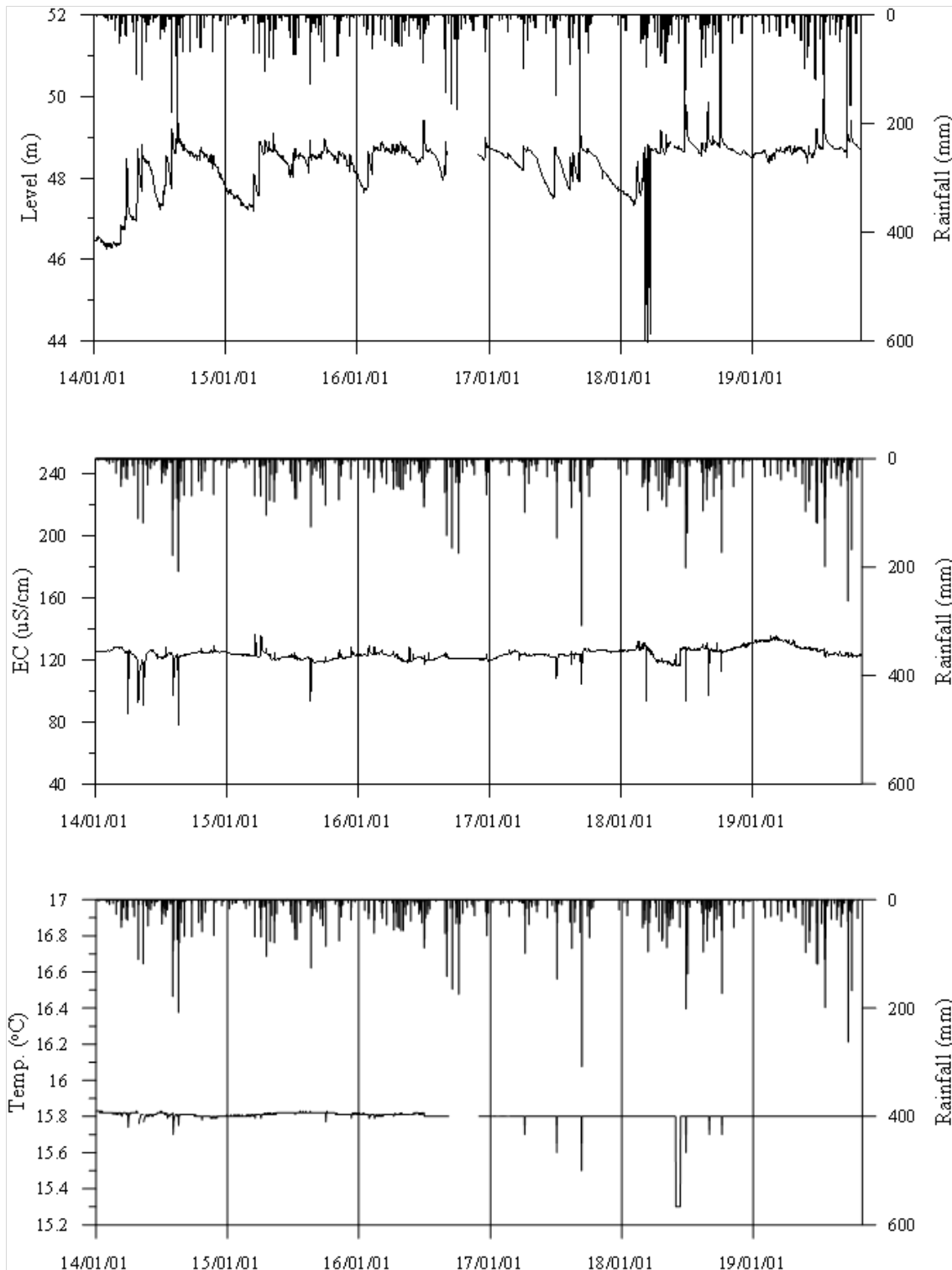
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
거제1	(2012. 9)	15.96	4.18	1.77	17.08	1.58	8.02	88.45	6.24
	(2013. 5)	9.69	2.56	1.03	8.60	0.83	8.45	64.05	8.10
	(2014. 7)	13.94	3.18	1.34	12.37	0.86	9.20	64.05	7.95
	(2015. 6)	9.17	2.79	1.54	11.79	1.19	7.47	73.80	7.73
	(2016. 5)	12.60	2.70	1.20	10.60	0.78	6.76	70.20	6.80
	(2017. 3)	13.69	3.03	1.14	11.25	0.80	8.44	67.10	8.60
	(2018. 6)	10.87	2.77	0.88	10.97	0.89	8.01	61.00	8.13
(2019. 4)	13.43	3.07	1.27	11.69	0.86	8.18	67.10	8.75	
거제2	(2013.11)	9.07	1.95	0.49	16.83	4.22	8.67	70.15	0.90
	(2014. 7)	9.21	2.64	0.54	8.79	2.56	9.80	39.65	1.68
	(2015. 6)	6.05	2.05	0.94	8.67	3.33	8.57	33.71	1.34
	(2016. 5)	6.30	1.90	0.50	7.90	2.99	6.27	33.55	1.87
	(2017. 3)	9.67	2.05	0.45	18.05	5.96	7.44	64.05	1.67
	(2018. 6)	7.66	1.78	0.32	16.39	6.88	6.91	51.85	0.25
	(2019. 4)	8.57	1.76	0.50	17.29	5.82	6.68	57.95	0.80
거제3	(2014.10)	17.65	2.70	0.75	19.12	10.81	5.07	88.45	N.D.
	(2015. 6)	13.09	2.21	1.06	17.98	11.63	5.09	80.66	0.00
	(2016. 5)	15.30	2.00	0.60	17.80	10.42	3.67	82.35	N.D.
	(2017. 3)	17.02	2.03	0.61	18.96	11.76	5.60	79.30	0.41
	(2018. 6)	15.72	2.02	0.42	16.59	11.48	5.37	70.15	0.11
	(2019. 4)	15.86	2.00	0.42	18.54	11.37	5.33	76.25	0.16

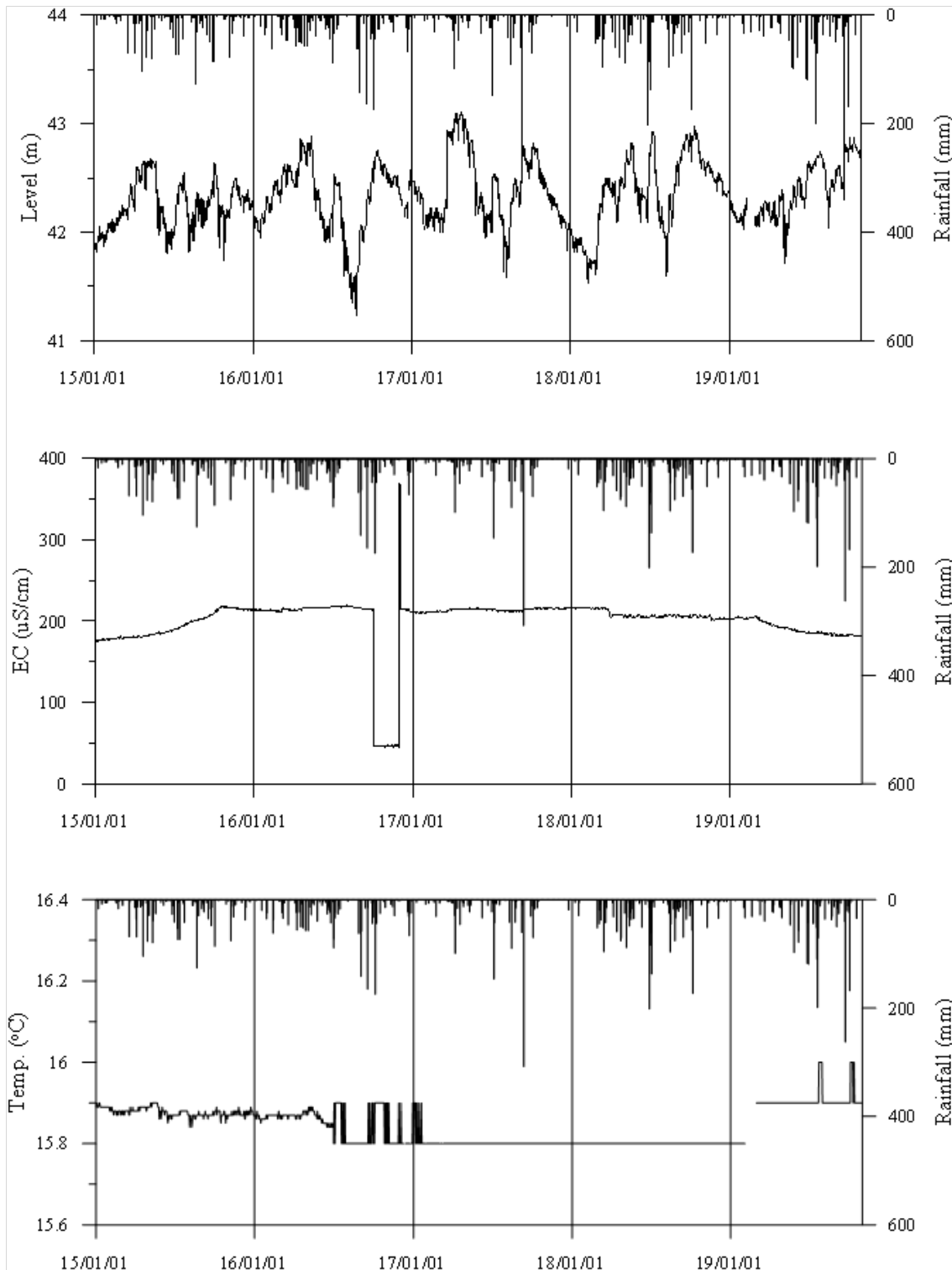
5. 장기관측 결과



<거제1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



<거제2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<거제3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 거제지구는 '11년 거제시 농촌지하수관리조사를 완료하고 지하수 개발·이용 실태, 부존특성 등을 분석한 결과, 거제면 옥산리의 지하수 총 이용량은 187,000 m³/년 이며 관정밀도는 11.9 공/km²이다. 또한, DRASTIC 지수가 120점, 단위면적당 부하량이 16.9 kg/일/km²로 현재 문제가 있는 지역은 아니다. 그러나 향후 대수층을 통한 주변지역의 수량 및 수질변화를 예측하기 위하여 지구를 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 거제1, 2 관측공 모두 전 구간 각각 약 170 $\mu S/cm$, 약 200 $\mu S/cm$ 이하의 전기전도도를 나타낸다. 거제3 관측공의 전기전도도는 심도 약 10 m 이후부터 약 170 $\mu S/cm$ 로 일정하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 거제1, 2, 3 관측공은 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 거제지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 거제1 관측공의 지하수위 변동 폭은 2 m 내외이며, 강수에 비례적으로 반응하고 주기적인 변동 특성을 보인다. 전기전도도는 138 $\mu S/cm$ 내외의 값을 나타내며, 강수량에 반비례하는 경향을 보인다. 거제2 관측공의 지하수위 변동폭은 3 m 이내이며 강수에 비례적으로 반응하며, 상승하는 추세이다. 전기전도도 및 수온은 연중 변화없이 거의 일정하게 나타나고 있다. 거제3 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 이내이며 강수에 비례적으로 반응하고, 전기전도도는 약 200 $\mu S/cm$ 내외이다.
- 5) 관리 방안 : 거제지구의 관측공은 현재는 지하수 오염이 나타나지 않으나, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 오염물질의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.9.9 창녕지구

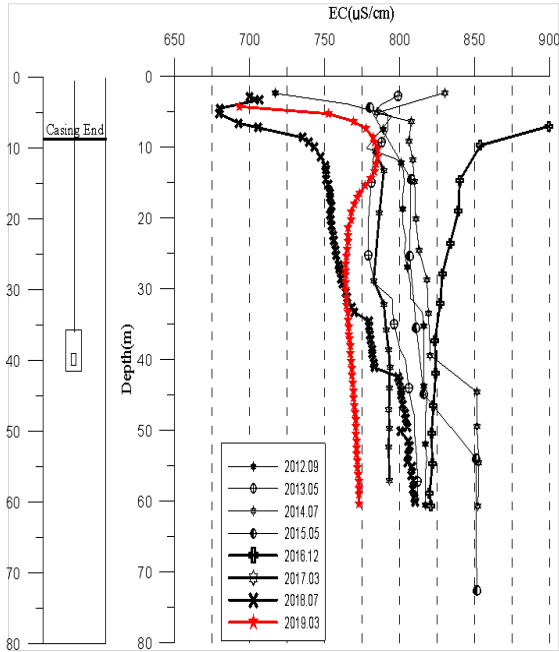
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
창녕1	창녕군 대지면 효정리 613	152021.99	227951.16	22.06	2012	20.34
창녕2	창녕군 영산면 월령리 1428	153996.3279	212495.4911	6.83	2012	4.97
창녕3	창녕군 남지읍 마산리 573-4	152533.014	211836.998	11.01	2014	0.81
창녕4	창녕군 이방면 거남리 355-1	234063.581	144092.854	13.1	2018	9.12
창녕5	창녕군 길곡면 마천리 803	310896.205	162237.329	8.49	2018	4.49

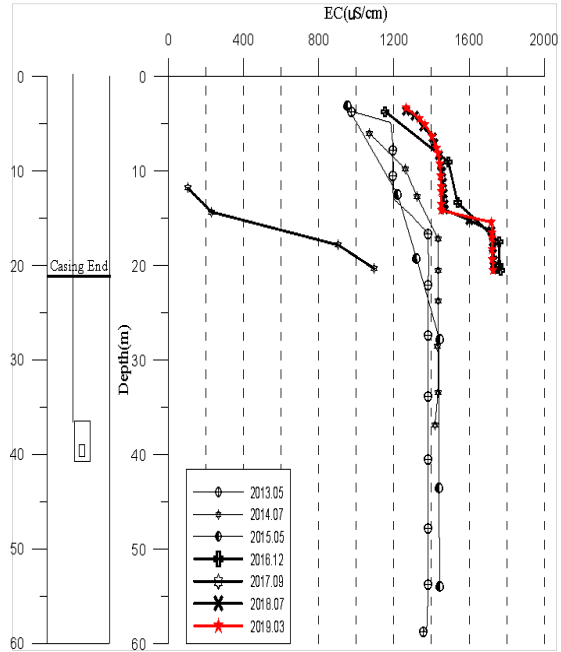
2. 지형 및 지질

창녕지구는 경상남도 중앙 북단에 위치하고, 동부 산악지대와 서부 낙동강변의 비옥한 토지로 전형적인 동고서저 지형을 나타낸다. 지질은 백악기 응회암 및 쇄설성 퇴적암류로 구성되어 있으며, 화강암류가 관입하고 있다. 이를 신생대 제4기 충적층이 부정합으로 덮고 있다.

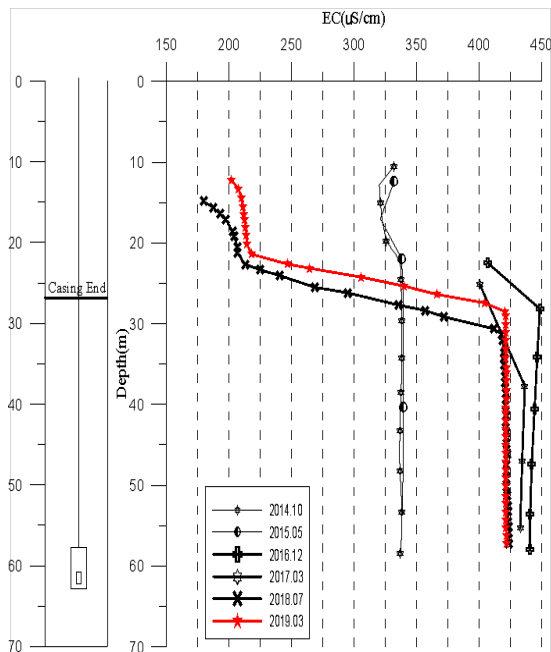
3. 지하수 검층



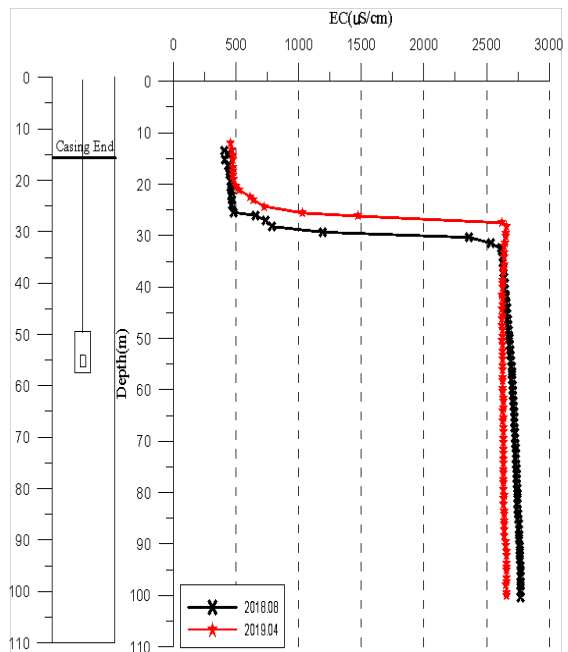
<창녕1 관측공>



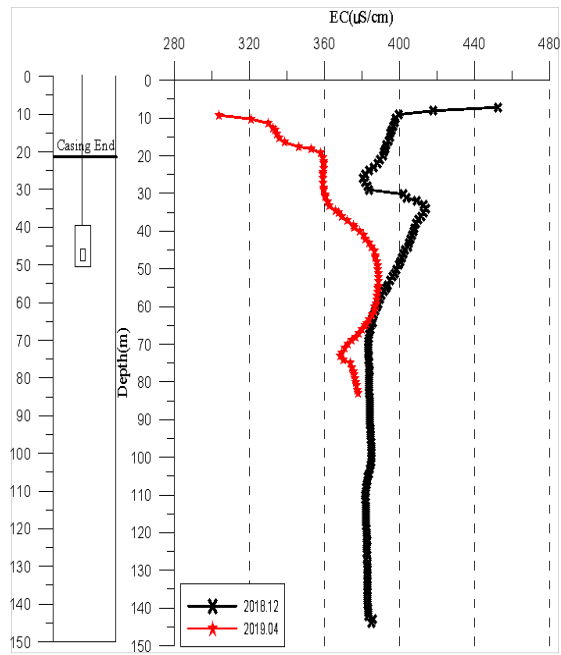
<창녕2 관측공>



<창녕3 관측공>



<창녕4 관측공>



<창녕5 관측공>

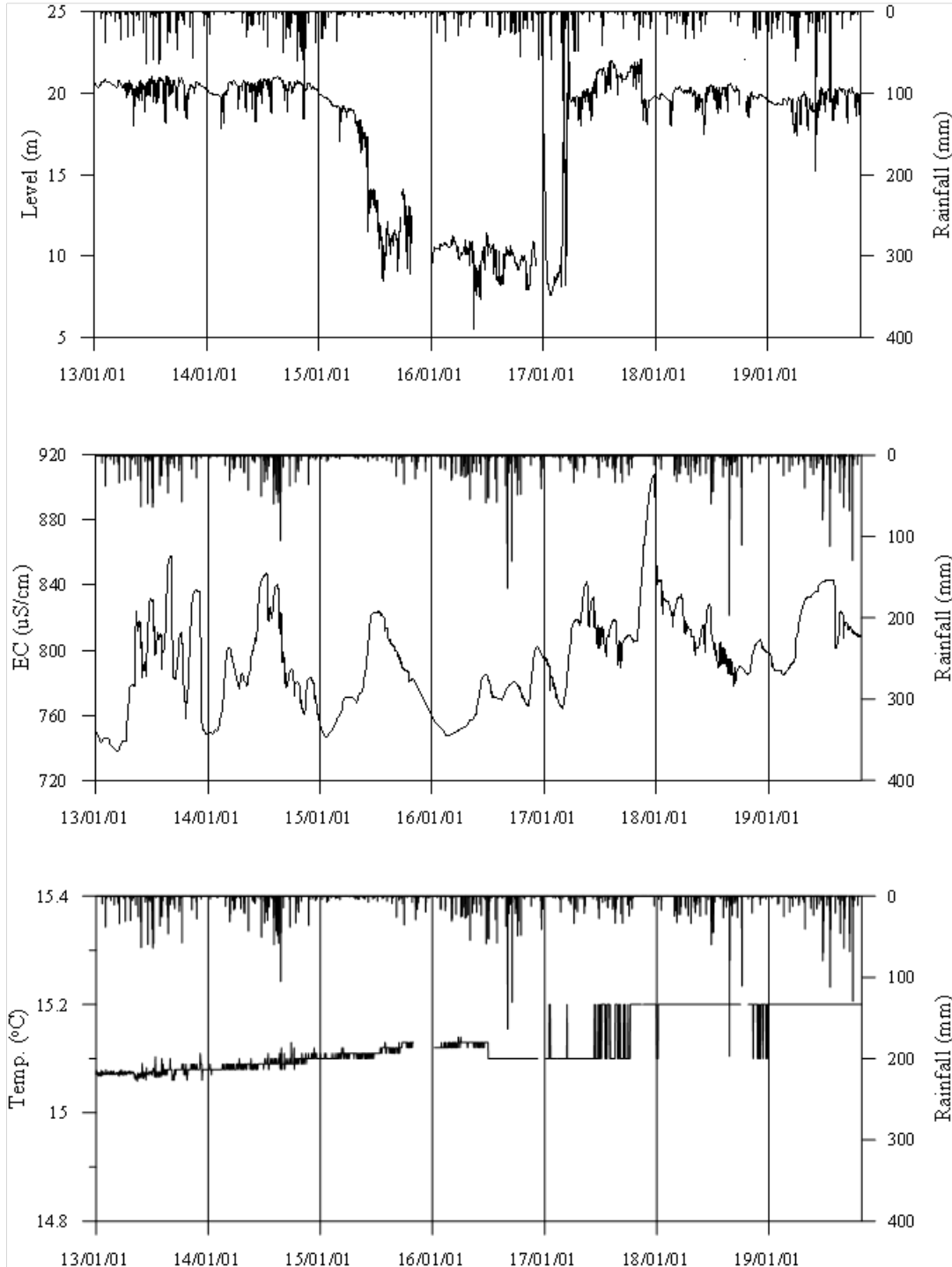
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

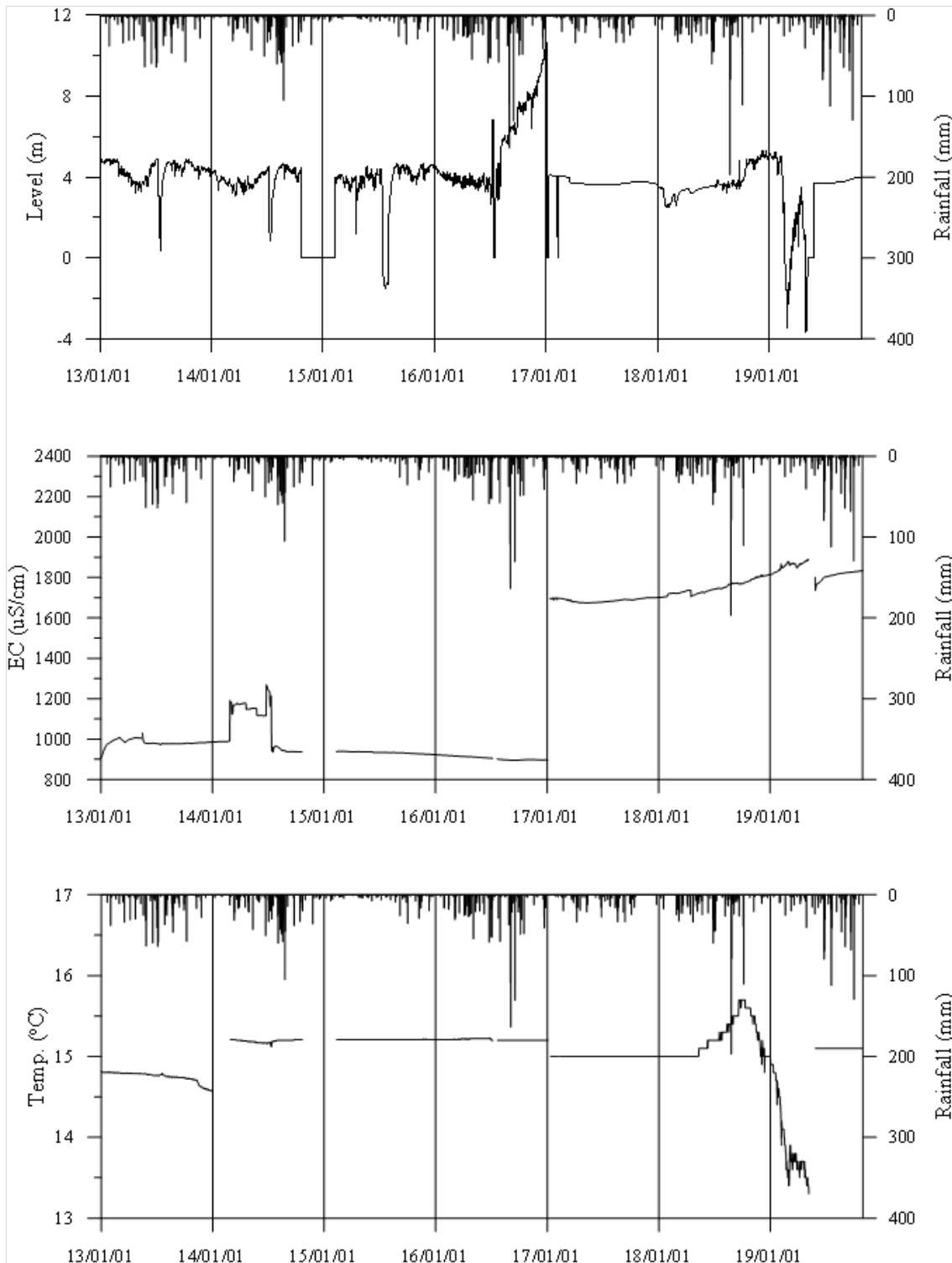
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
창녕1	(2012. 9)	36.58	30.71	1.22	109.21	81.24	54.42	331.81	N.D.
	(2013. 5)	25.03	28.39	1.14	95.48	99.51	71.17	289.75	5.26
	(2014. 7)	33.34	31.38	1.46	100.24	87.28	78.78	253.15	2.77
	(2015. 6)	21.36	34.24	1.28	113.95	94.78	74.15	298.20	1.66
	(2016. 5)	22.55	29.46	1.43	96.85	72.46	55.37	271.45	4.27
	(2017. 3)	31.99	33.77	1.23	100.31	93.68	75.03	253.15	11.22
	(2018. 6)	27.16	22.69	1.08	70.51	76.71	67.67	210.45	4.68
	(2019. 4)	28.49	26.93	1.06	93.46	93.73	66.41	216.55	4.62
창녕2	(2013. 5)	335.94	9.98	4.74	24.58	0.88	71.52	875.35	0.12
	(2014. 7)	282.73	14.07	8.22	18.36	N.D.	93.54	802.15	19.09
	(2015. 6)	26.72	30.62	3.31	59.69	8.78	24.70	401.26	0.98
	(2016. 5)	305.99	17.80	38.30	19.07	0.03	68.37	823.50	0.77
	(2017. 3)	275.60	18.45	27.28	17.36	N.D.	79.14	701.50	15.80
	(2018. 6)	290.47	19.93	34.32	15.07	10.86	78.09	811.30	18.87
	(2019. 4)	262.45	20.39	29.41	16.92	0.08	71.07	753.36	5.89
창녕3	(2014.10)	22.13	8.68	1.51	57.63	8.88	23.48	204.35	0.19
	(2015. 6)	12.36	6.43	2.03	21.95	9.80	16.25	90.30	2.07
	(2016. 5)	18.69	8.44	1.68	54.41	0.29	8.43	222.65	N.D.
	(2017. 3)	23.41	9.73	1.18	57.75	0.43	18.48	237.90	0.43
	(2018. 6)	18.52	7.86	1.25	32.65	0.73	15.74	146.40	0.18
	(2019. 4)	20.45	6.72	3.07	13.23	3.83	20.49	82.35	0.10
창녕4	(2018.10)	21.11	15.43	1.08	54.21	96.94	14.81	112.85	12.57
	(2019. 4)	63.87	28.75	1.29	192.65	584.62	8.98	97.60	1.26
창녕5	(2018.10)	24.6	11.7	2.1	36.9	14.6	18.4	168.2	2.8
	(2019. 4)	14.47	10.82	1.49	42.15	6.51	7.37	183.00	N.D.

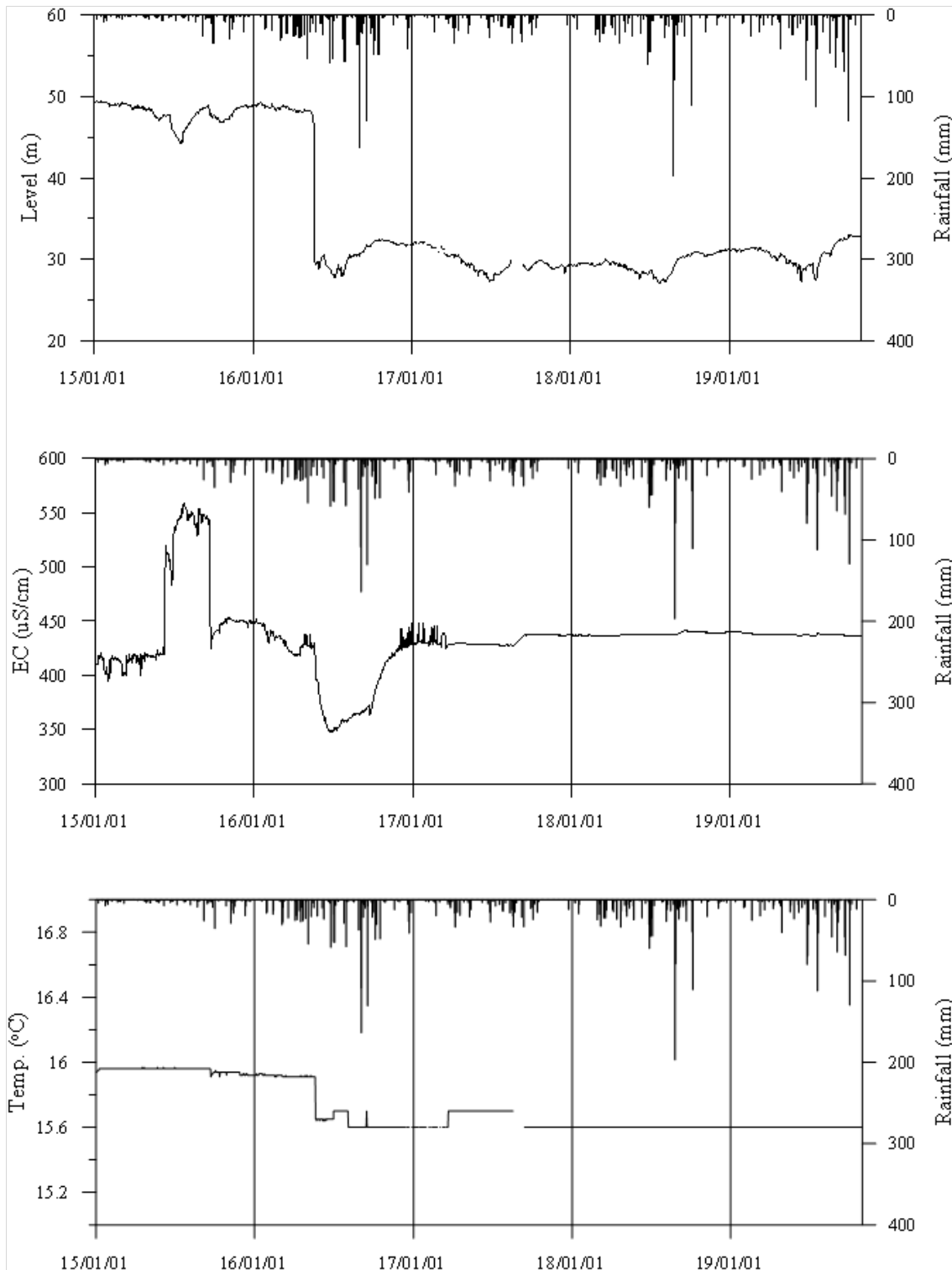
5. 장기관측 결과



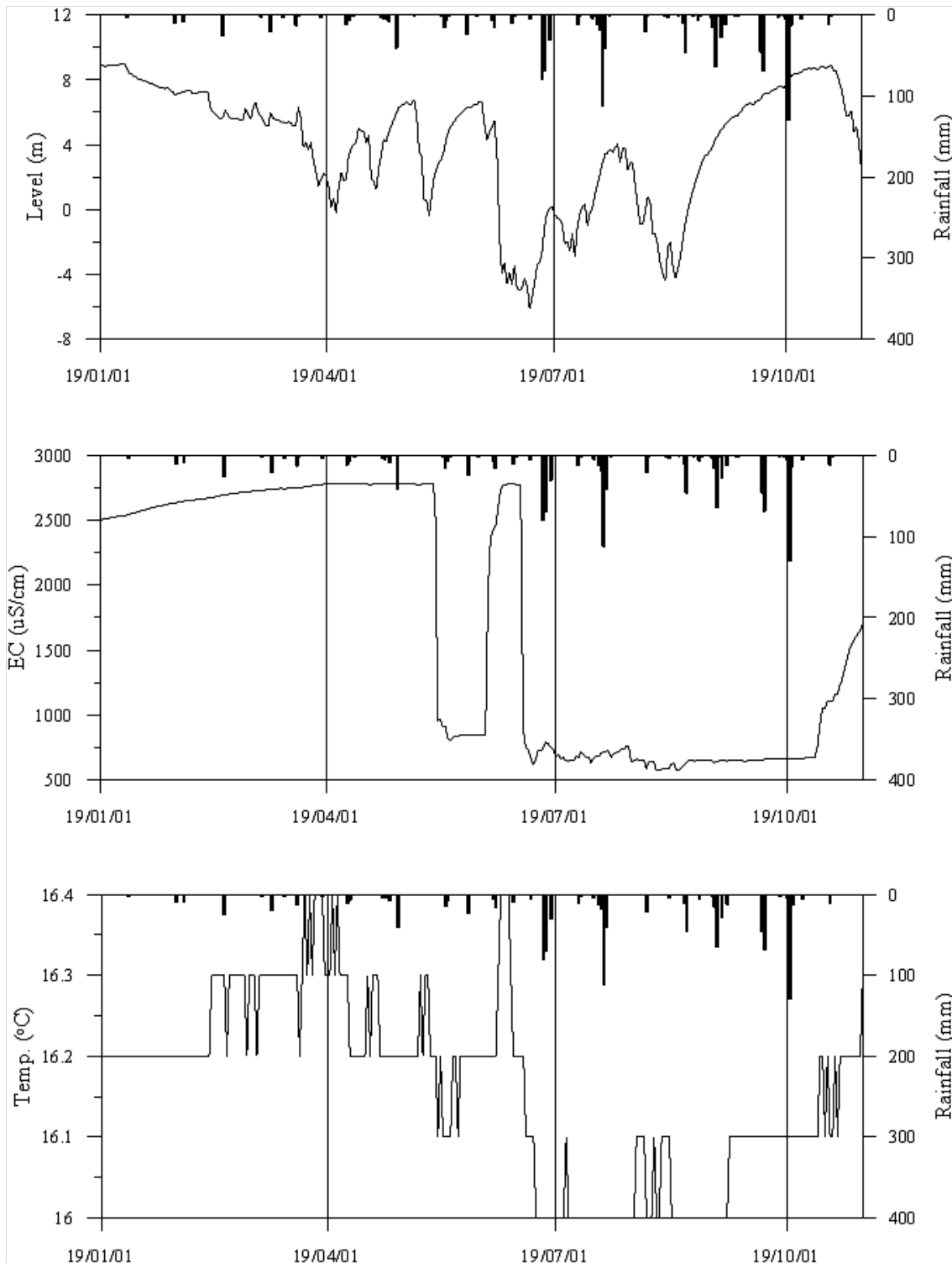
<창녕1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a) 지하수위, (b) 전기전도도, (c) 수온



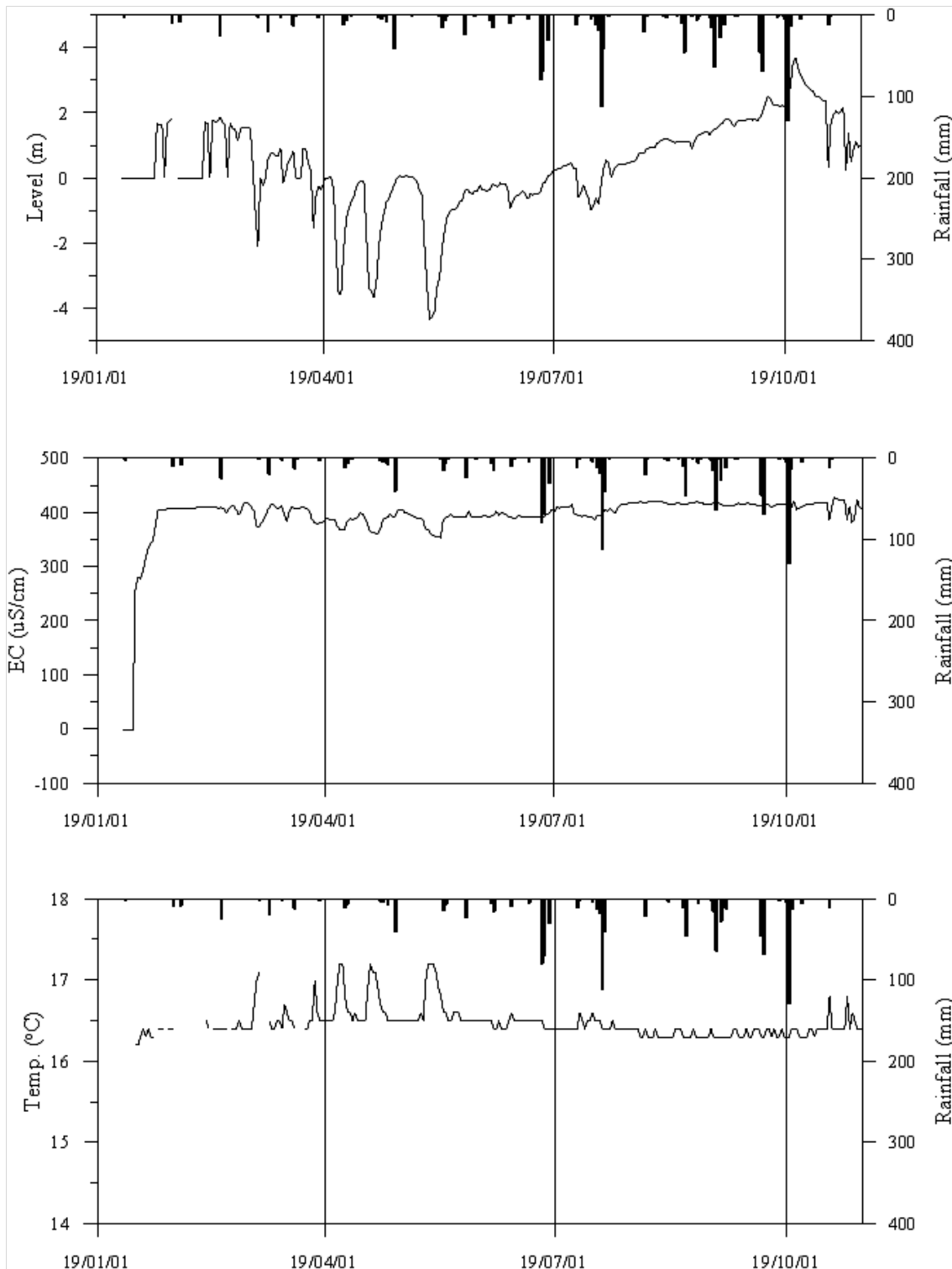
<창녕2 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<창녕3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<창녕4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<창녕5 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 창녕지구는 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고, 지하수 수량 및 수질 등의 지하수 장애를 미리 감지하고 대처하기 위하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 창녕1 관측공의 전기전도도는 약 $900 \mu S/cm$ 이내로 심도가 깊을수록 전기전도도 값이 감소하는 경향을 보이고, 창녕2 관측공의 심도 약 $1,800 \mu S/cm$ 이하로 나타난다. 창녕3 관측공의 전기전도도는 전 구간에서 약 $450 \mu S/cm$ 이하로 심도가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다. 창녕4 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 약 $2,700 \mu S/cm$ 내외를 보였고, 창녕5 관측공은 전 구간에서 약 $300 \sim 450 \mu S/cm$ 범위로 나타났다. 창녕2, 4 관측공은 이온함량이 높은 기수의 유입이 이루어지고 있다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 창녕1, 5 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 창녕2, 3 관측공의 경우 $(Na+K)-HCO_3$ 유형으로 나타났다. 창녕4 관측공의 경우, $Ca-Cl$ 유형으로 나타났다. 창녕2, 3 관측공의 경우 염소 이온 농도는 낮은 반면 나트륨 이온 농도가 높게 나타남에 따라 나트륨을 과다 포함한 비료, 분뇨, 하수 등이 하천수에 유입된 것으로 추정된다. 창녕지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 창녕1, 2 관측공의 장기 관측결과 지하수위는 강수에 반비례적으로 변화하며, 창녕1 관측공에서는 2015년 하반기부터 2017년 상반기까지 지하수위가 약 10 m 정도가 하강한 후 원래 수준으로 회복하였다. 창녕1 관측공의 전기전도도는 강수와 상관관계가 일부분 있으나, 창녕2 관측공은 강수와 뚜렷한 상관관계가 없다. 창녕3 관측공의 지하수위는 2016년 5월에 갑자기 약 20 m 가 하강하여 이 후부터 지속되는 추세이다. 전기전도도는 담수 영역에 해당된다. 창녕4 관측공은 여름철 주변 지하수 이용으로 인해 지하수

위가 감소하였고, 전기전도도가 동반하락 하고 있다.

- 5) 관리 방안 : 창녕지구는 수량 및 수질관리가 필요한 지역에 설치한 관측공으로 현재 일반적인 지하수의 전기전도도보다 값이 높으므로 장기관측을 통한 지하수 수질변화 모니터링이 필요하다.

2.9.10 산청지구

1. 위치

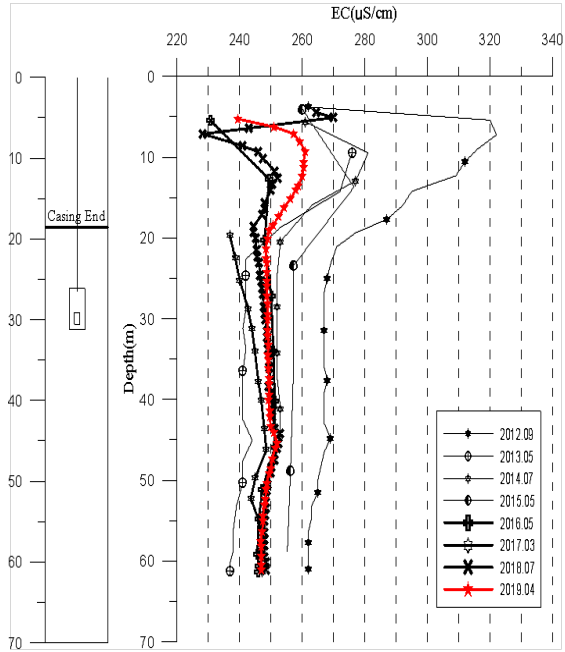
관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
산청1	산청군 오부면 오전리 586	280469.60	222282.39	201.44	2012	198.02
산청2	산청군 차황면 법평리 674	286867.89	220432.6492	495.01	2013	490.61
산청3	산청군 신안면 문대리 735-84	290812.132	203247.882	52.91	2014	50.22
산청4	산청군 단성면 강누리 557-2	286958.7885	202157.9632	54.43	2015	44.926
산청5 (신)	산청군 단성면 창촌리 834-44	296296.049	99740.7	84.88	2018	80.88

* 산청5 관측공은 토지소유주의 이설요청에 의거 2018년 이설

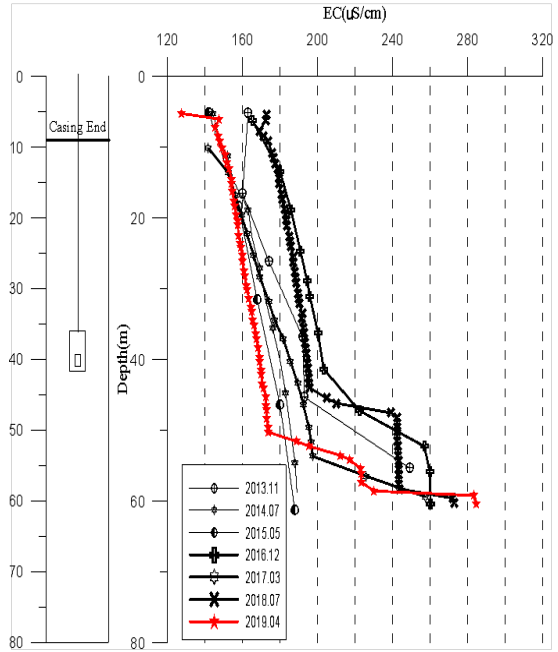
2. 지형 및 지질

산청군은 준엄한 산령으로 둘러싸여 있고, 지세는 지리산 천왕봉을 기점으로 남북으로 뻗어 하동군, 함양군과의 경계를 이루고 합천군과는 황매산을 분수령으로 한 분지지형이다. 지질은 중생대 백악기에 형성된 경상계 낙동층으로 편마암과 화강암을 기반암으로 사암, 역암 등이 분포하며 그 위를 신생대 제4기의 충적층이 피복하고 있다.

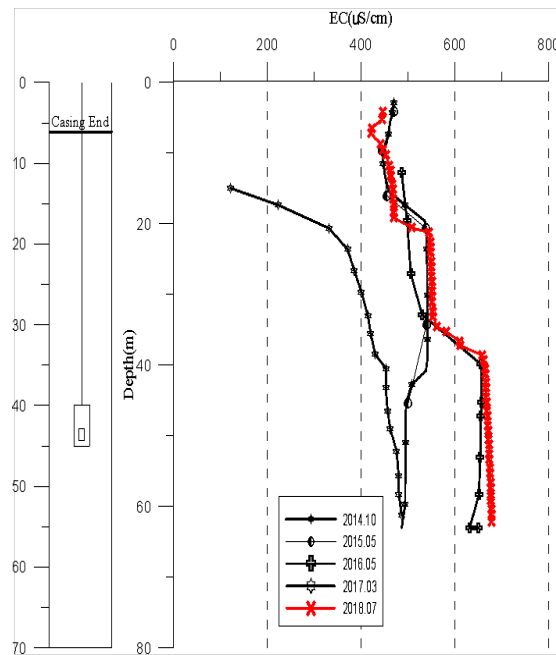
3. 지하수 검층



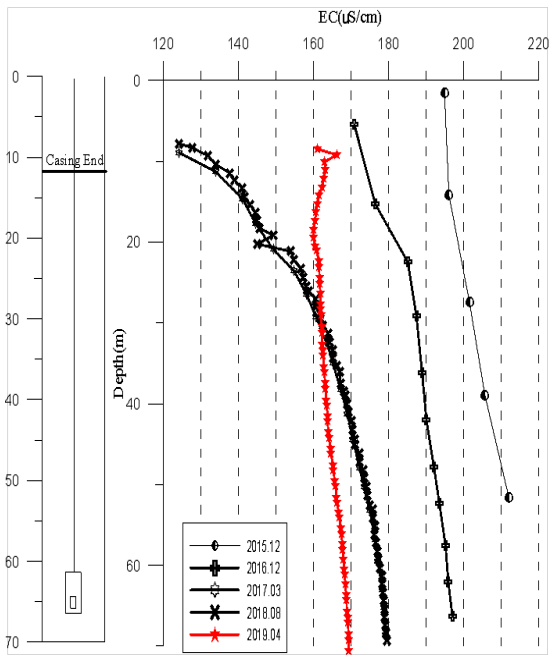
<산청1 관측공>



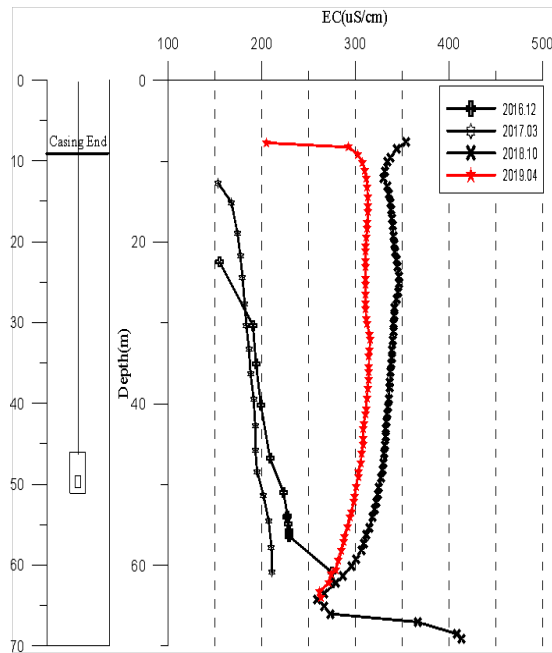
<산청2 관측공>



<산청3 관측공>



<산청4 관측공>



<산청5 관측공>

4. 지하수 수질 분석

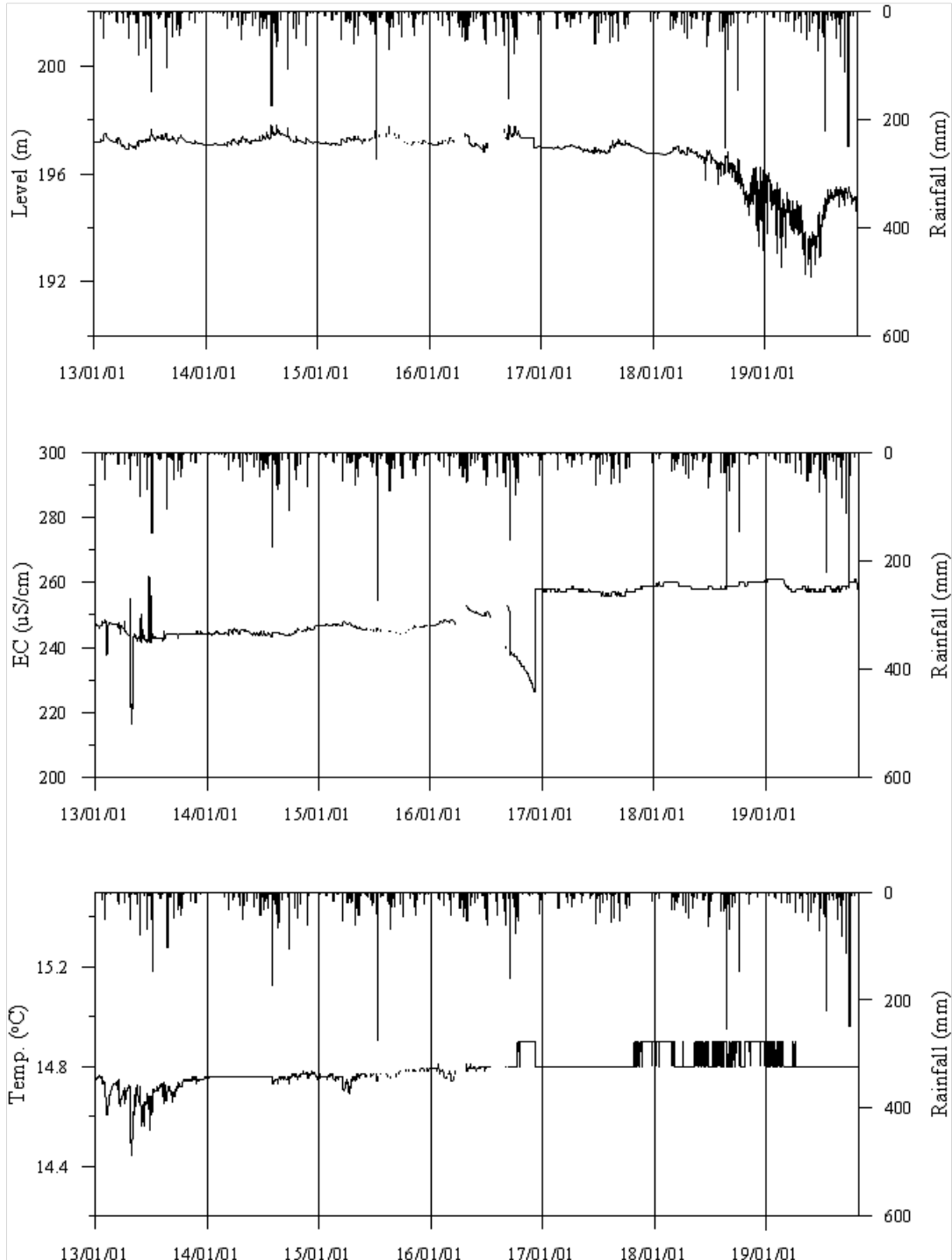
◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

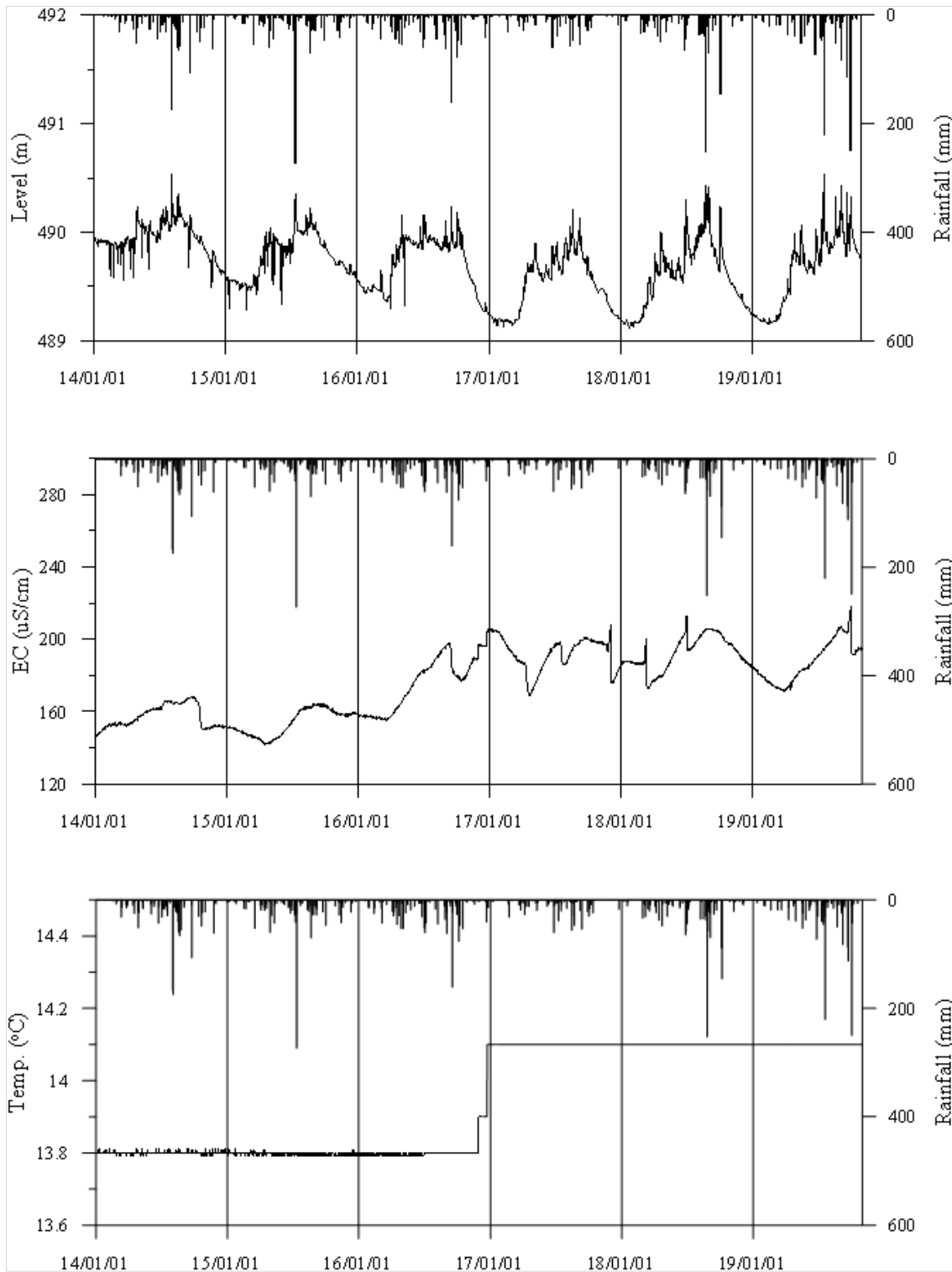
관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
산청1	(2012. 9)	15.65	7.43	0.87	34.97	8.18	23.01	111.89	25.77
	(2013. 5)	11.22	6.17	0.87	24.10	7.04	19.97	76.25	24.52
	(2014. 7)	14.02	6.99	0.90	30.31	7.73	24.32	73.20	28.43
	(2015. 6)	9.21	6.42	0.79	31.15	7.31	19.42	77.98	23.07
	(2016. 5)	13.89	6.58	1.11	29.01	7.66	18.58	85.40	23.11
	(2017. 3)	14.80	7.04	0.87	30.51	8.11	20.90	88.45	24.60
	(2018. 6)	12.31	6.41	0.78	29.42	8.24	20.03	76.25	24.88
(2019. 4)	13.69	6.30	0.79	28.32	7.56	18.41	79.30	23.92	
산청2	(2013.11)	5.43	5.37	0.87	14.61	5.09	4.75	70.15	7.00
	(2014. 7)	5.39	7.23	0.87	19.18	5.96	5.55	76.25	8.88
	(2015. 6)	4.61	5.77	0.73	15.63	5.19	4.17	62.85	8.24
	(2016. 5)	5.77	6.61	1.02	16.23	5.64	4.58	73.20	7.94
	(2017. 3)	6.36	7.41	0.92	17.39	6.96	5.06	76.25	8.59
	(2018. 6)	4.92	6.61	0.77	15.90	7.24	5.08	64.05	8.89
	(2019. 4)	6.25	6.62	0.93	15.78	7.02	5.18	64.05	8.37

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
산청3	(2014.10)	24.85	20.00	1.50	86.28	37.87	21.34	305.00	1.60
	(2015. 6)	15.35	17.09	1.29	75.32	37.48	19.49	254.90	4.70
	(2016. 5)	23.90	14.77	1.22	67.29	40.73	20.53	247.05	3.67
	(2017. 3)	24.29	13.10	0.92	67.18	42.25	22.18	216.55	0.86
	(2018. 6)	22.45	11.24	0.91	50.70	41.84	17.68	161.65	14.68
	(2019. 4)	20.52	10.93	0.64	55.45	37.49	16.22	176.90	6.33
산청4	(2015.11)	8.76	4.36	1.01	24.63	50.13	74.16	58.58	32.54
	(2016. 5)	12.99	3.32	1.18	20.52	6.40	6.82	91.50	2.60
	(2017. 3)	13.10	3.47	0.58	21.67	4.23	7.09	103.70	0.42
	(2018. 6)	9.78	2.72	0.53	17.73	3.83	7.60	76.25	0.36
	(2019. 4)	10.25	2.61	0.42	17.77	3.22	7.06	70.15	0.75
산청5 (신)	(2018.10)	8.64	6.12	1.19	39.96	9.28	7.61	131.15	4.81
	(2019. 4)	10.67	5.86	1.42	42.31	9.09	7.70	155.55	0.63

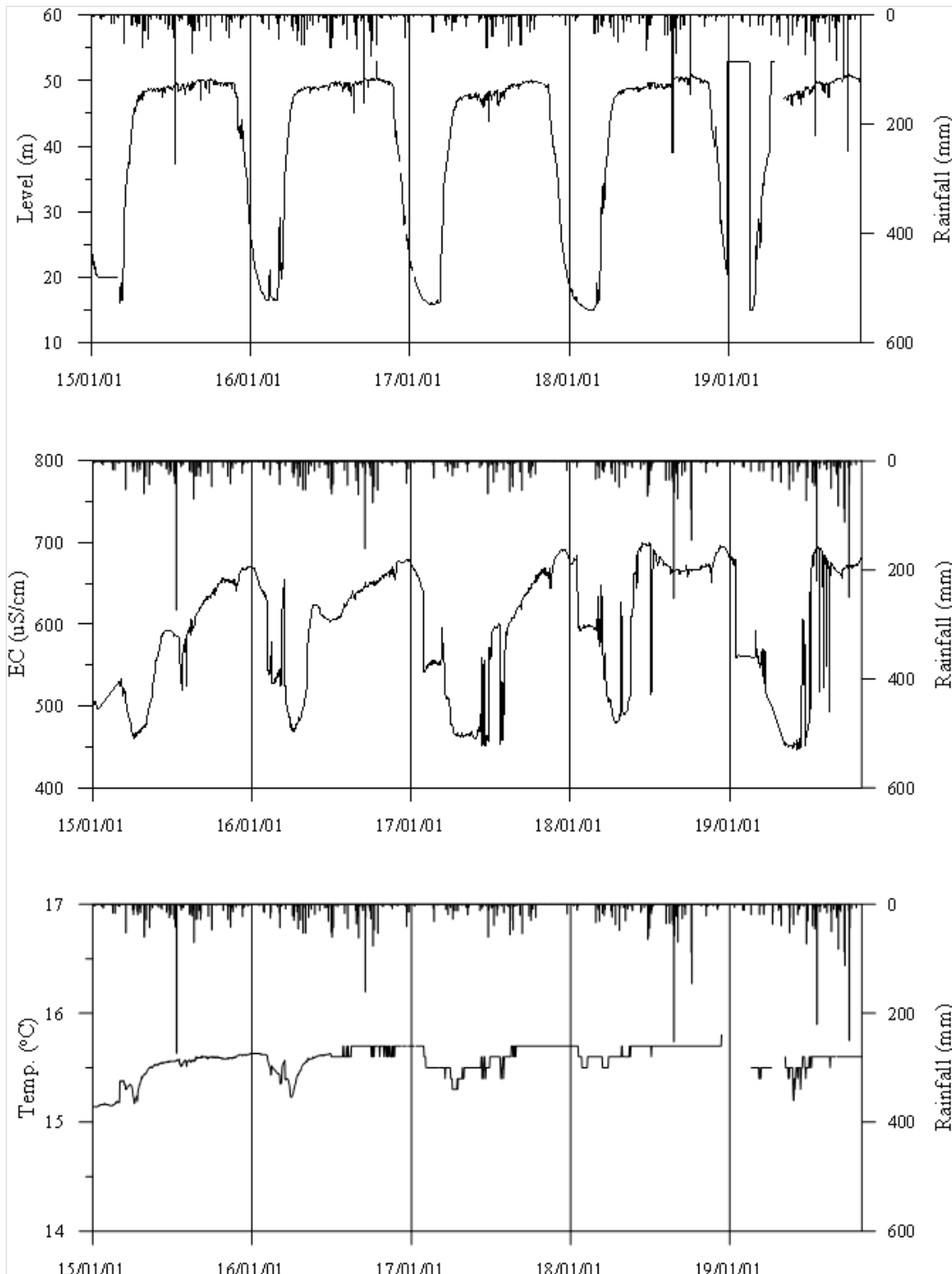
5. 장기관측 결과



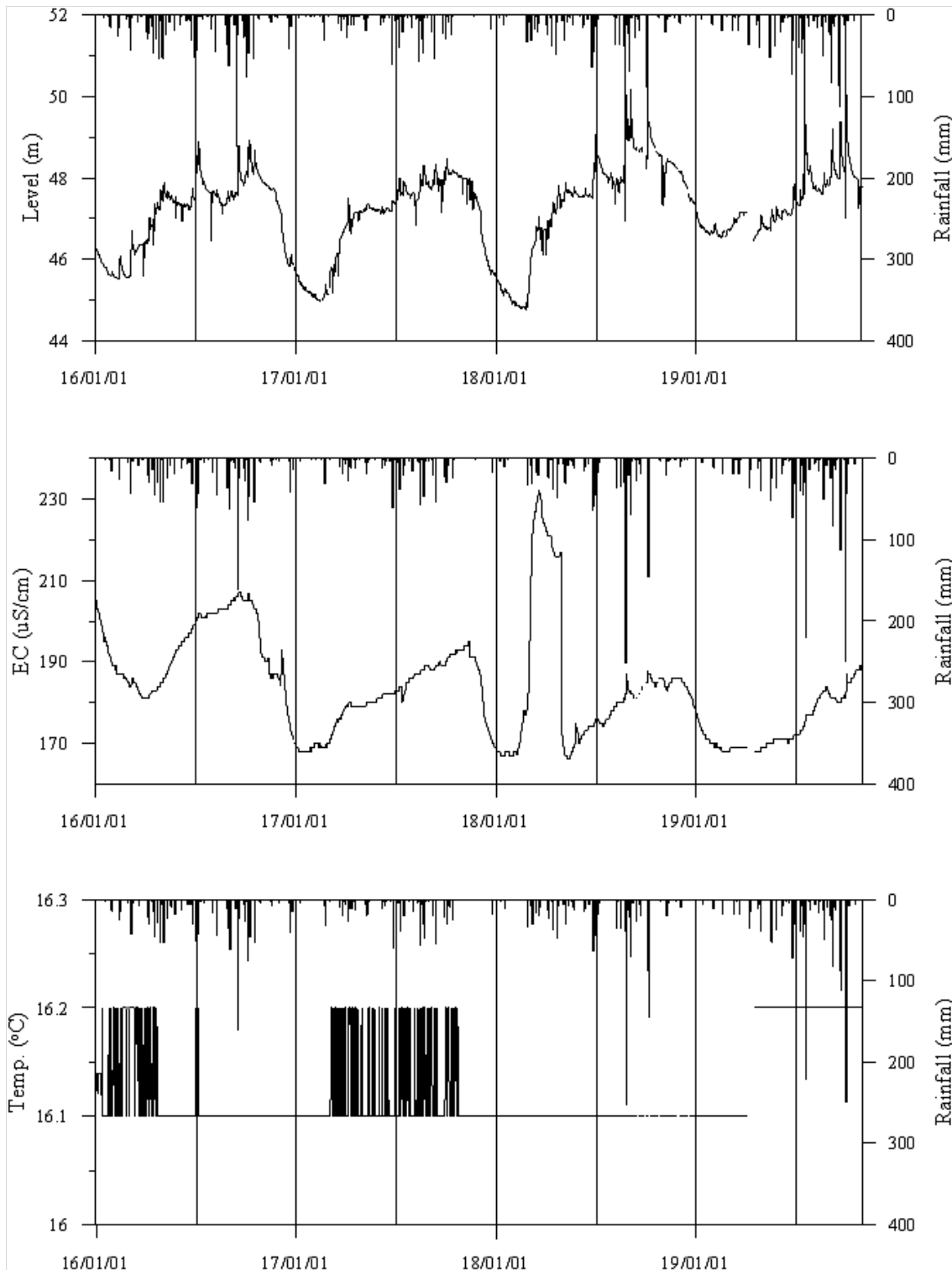
<산청1 관측공의 장기관측자료 (2013.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



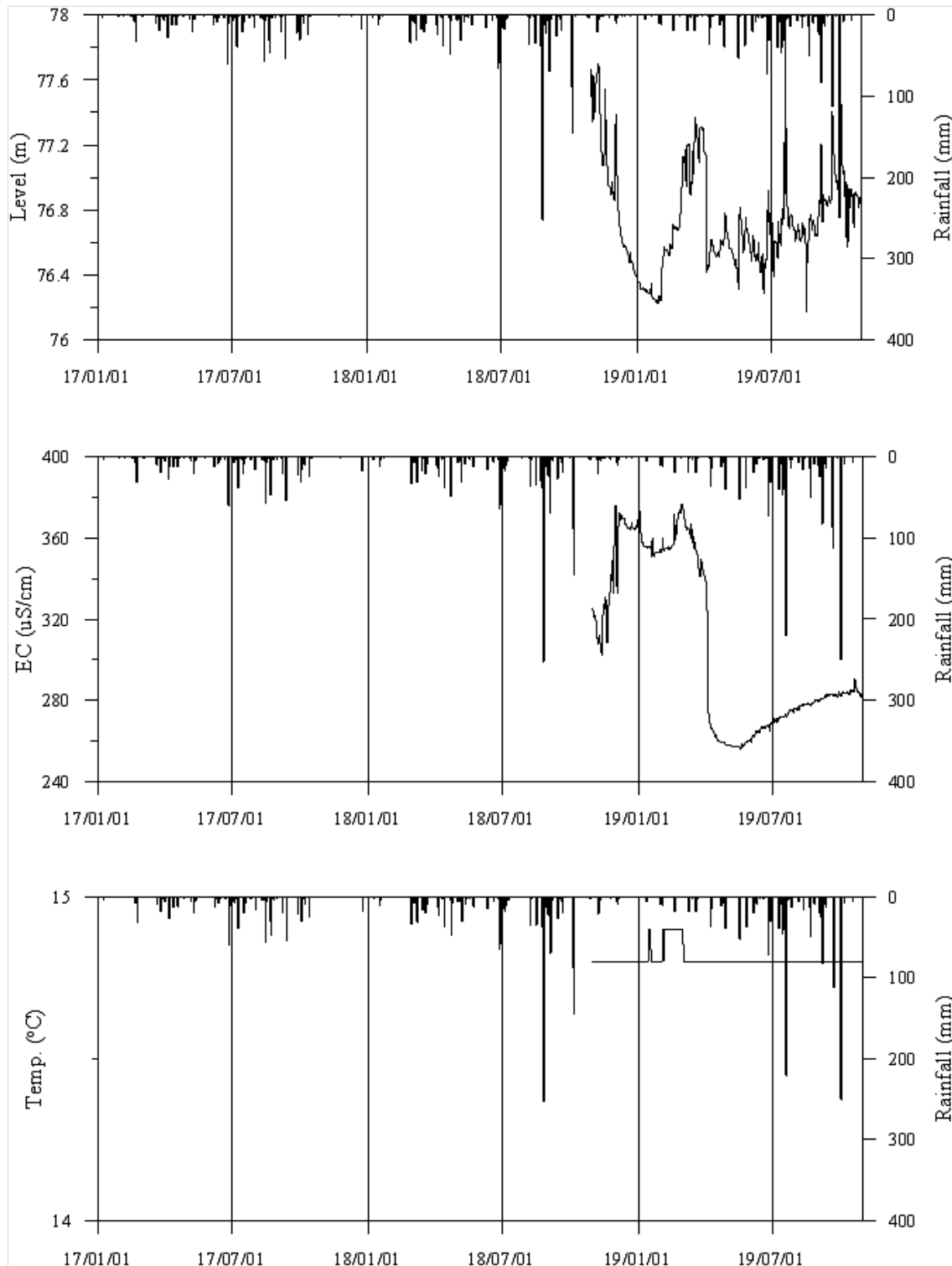
<산청2 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<산청3 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<산청4 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<산청5 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 산청지구는 지하수 보전 및 관리를 위한 기초 수문자료를 수집하고, 지하수 수량 및 수질 등의 장애를 미리 감지하고 대처하기 위하여 관측공을 설치하였다. 산청군 단성면 강누리에 위치한 산청4 관측공은 남강을 중심으로 조성된 농경지 및 하우스 시설재배단지에 설치하였다. 농경지 및 하우스 시설재배단지는 지하수 사용량이 많은 지역으로서 지하수 수량변화를 관측하기 위하여 위함이다. 산청군 단성면 창천리에 위치한 산청5 관측공은 남강을 중심으로 조성된 농경지에 설치하였다. 이 지역은 지하수 사용량이 많은 지역으로서 지하수 수량변화를 관측하기 위하여 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 산청1 관측공의 전기전도도는 케이싱 심도 이하에서 270 $\mu S/cm$ 이내로서 심도에 따른 전기전도도 변화는 크게 나타나지 않는다. 산청2 관측공은 140 ~ 260 $\mu S/cm$ 범위로 관측공 심도 증가에 따른 전기전도도가 약간 상승하지만, 낮은 전기전도도에서의 변화이기 때문에 영농에 큰 지장이 없는 것으로 판단된다. 산청3 관측공은 약 650 $\mu S/cm$ 이하이며, 산청4 관측공은 120 ~ 220 $\mu S/cm$ 범위이며, 산청5 관측공은 150 ~ 420 $\mu S/cm$ 범위로, 산청3을 제외하고는 대체로 담지하수의 전기전도도값이 나타났다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 산청1, 4 관측공 공통적으로 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 산청2, 3, 5 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 산청지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 산청1 관측공의 지하수위 변동폭은 2018년 중반까지 1 m 내외였으나 이후 주변 지하수 이용의 영향을 받아 2019년에는 약 4 m 내외의 수위강하가 발생하였다. 그리고 지하수위는 강수와 비례적인 관계에 있다. 산청1 관측공의 전기전도도는 강수와 별다른 관계를 보이지는 않지만 증

가추세이며, 수온은 강수와 반비례적인 관계를 보인다. 산청2 관측공의 지하수위는 강우와 비례관계가 있고 전기전도도는 증가추세이다. 산청3, 4, 5 관측공의 지하수위는 주변 비닐하우스에서의 지하수 이용에 따라 동절기에 약 15 ~ 30 m 이하 감소하는 추세를 보인다. 산청3 관측공의 전기전도도는 증가추세이다. 산청4, 5 관측공의 전기전도도는 담수영역으로 약 150 ~ 700 $\mu S/cm$ 범위이다.

- 5) 관리 방안 : 산청지구는 넓은 도서지역에 해당되며, 겨울철 과잉양수에 따른 수위저하를 고려하여 설치하였다. 또한 현재 수질은 양호하지만 향후 겨울철 과잉양수를 꾸준한 모니터링을 통하여, 겨울철 지하수 고갈에 대한 우려를 사전에 해소할 필요가 있다.

2.9.11 양산지구

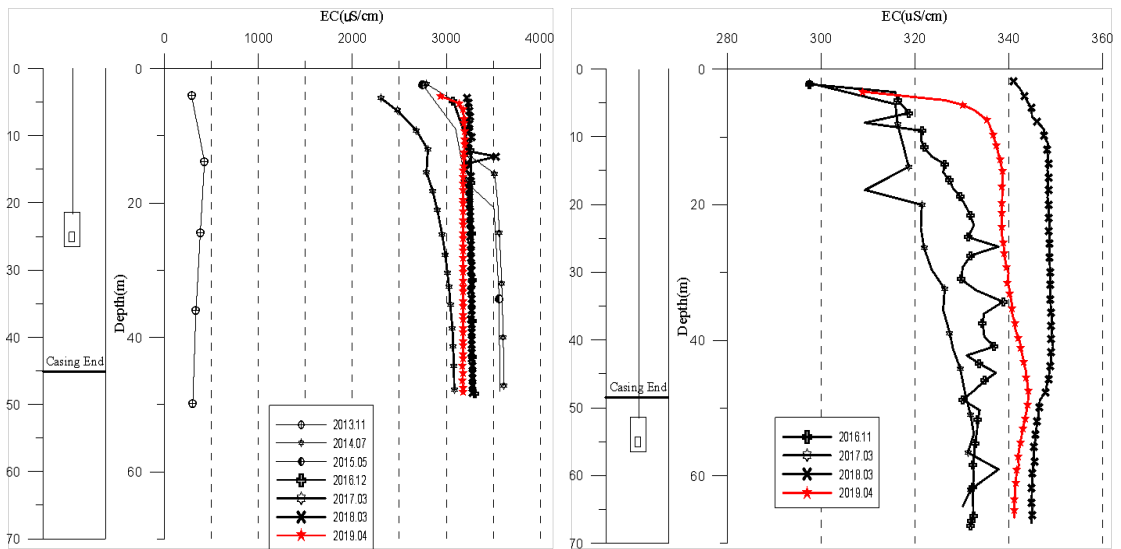
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
양산1	양산시 원동면 화계리 2824	197275.8015	204027.4938	4.951	2013	2.05
양산2	양산시 물금읍 증산리 91-10	200667.7252	200329.8038	1.295	2016	0.80

2. 지형 및 지질

양산지구는 낙동강 하류부에 위치하며, 관측공 주변으로 경지정리가 완료된 농경지가 분포한다. 농경지의 약 20%는 비닐하우스이며, 나머지는 논농업을 주로 하고 있다. 양산1 관측공은 논농업 및 시설농업 복합지에서의 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다. 지질은 백악기 경상누층군, 불국사화강암 등으로 구성되어 있다.

3. 지하수 검층



<양산1 관측공>

<양산2 관측공>

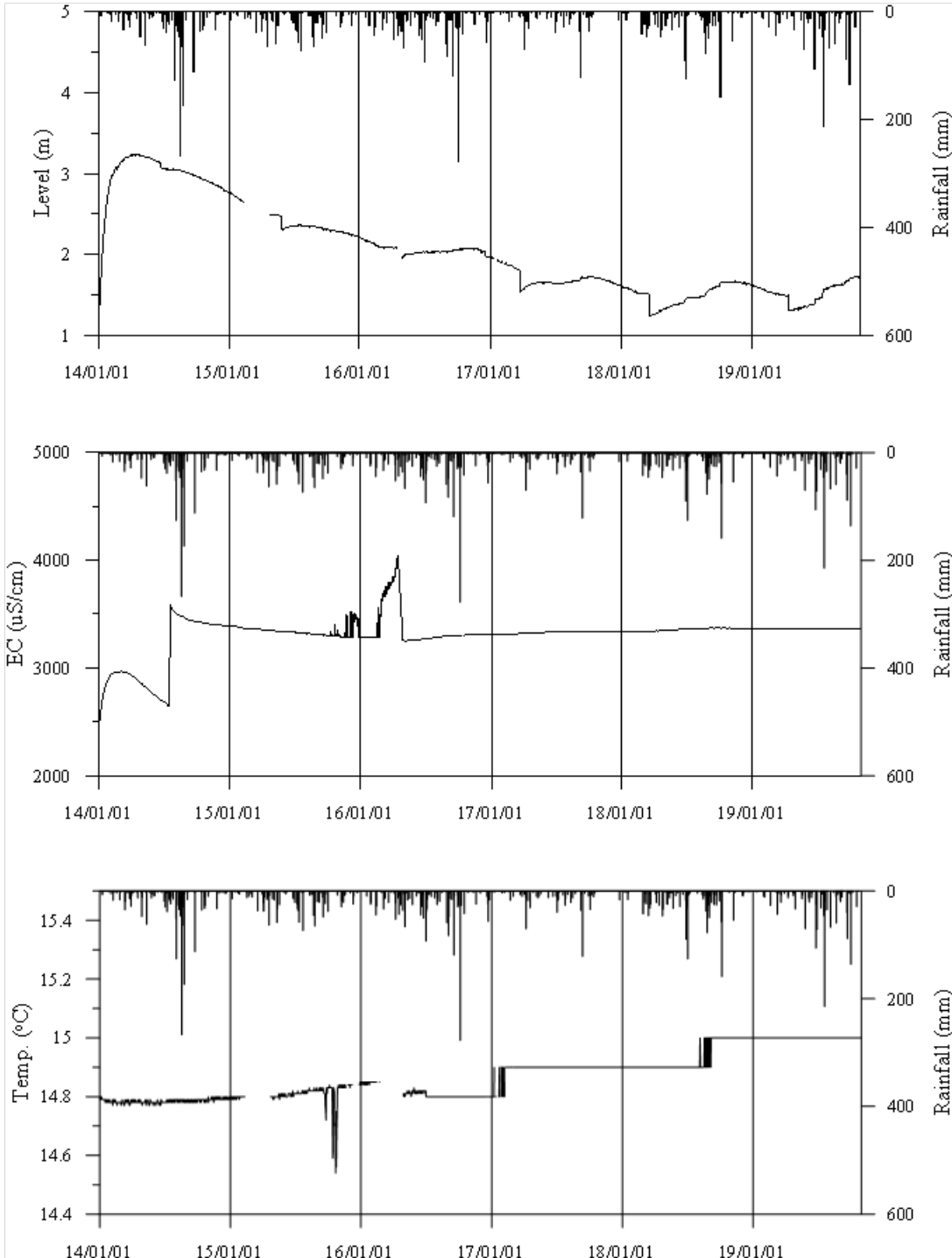
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

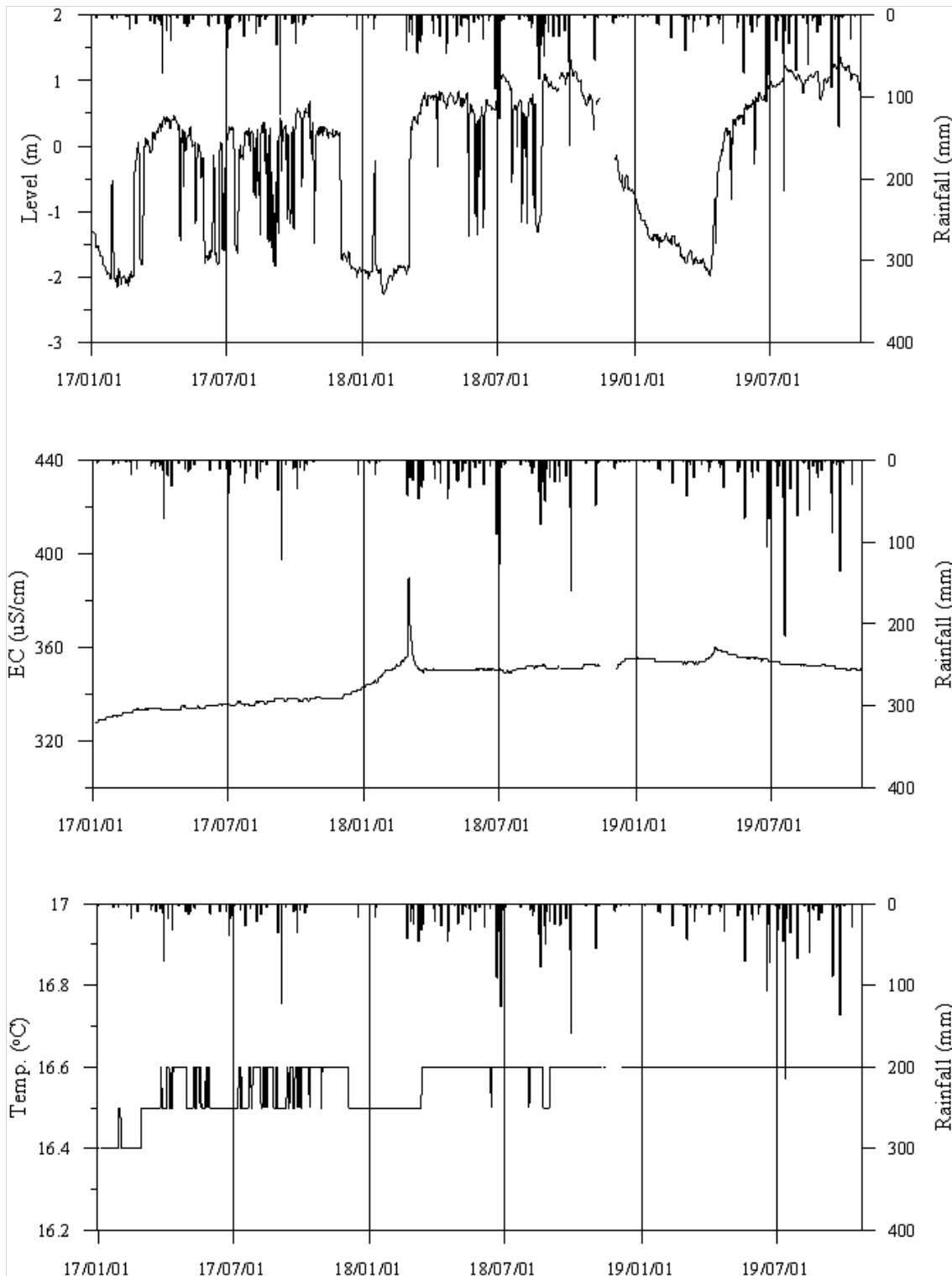
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
양산1	(2013.11)	60.56	5.98	3.92	5.42	11.97	67.82	64.05	0.51
	(2014. 7)	643.53	84.03	42.31	30.46	12.53	1074.16	457.50	12.30
	(2015. 5)	396.32	72.40	46.07	11.39	0.67	780.55	206.81	0.99
	(2016. 5)	614.78	64.46	58.88	7.60	131.70	978.70	117.50	260.80
	(2017. 3)	581.55	52.26	53.93	7.54	21.26	993.67	163.19	46.49
	(2018. 6)	565.39	45.58	49.34	7.33	N.D.	912.12	140.30	11.88
	(2019. 4)	471.98	36.73	39.34	6.02	1.18	815.67	97.60	N.D.
양산2	(2016.12)	31.18	11.12	5.06	13.69	4.74	32.85	143.35	0.27
	(2017. 3)	36.61	12.54	5.99	14.04	4.77	35.80	143.35	0.44
	(2018. 6)	32.60	11.34	6.38	13.53	4.37	37.35	109.80	11.17
	(2019. 4)	31.08	11.21	6.90	12.98	2.69	36.00	118.95	0.12

5. 장기관측 결과



<양산1 관측공의 장기관측자료 (2014.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<양산2 관측공의 장기관측자료 (2017.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 양산지구는 낙동강 하류부에 위치하며, 관측공 주변으로 경지정리가 완료된 농경지가 분포한다. 농경지의 약 20%는 비닐하우스이며, 나머지는 논농업을 주로 하고 있다. 양산1관측공은 논농업 및 시설농업 복합지에서의 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였으며, 양산2 관측공은 논농업 상류부에서의 도시화로 인한 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 양산1 관측공의 전기전도도는 2013년 250 ~ 450 $\mu S/cm$ 범위였으나, 2014년 이후 3,500 $\mu S/cm$ 내외로 급격하게 증가하였다. 이는 낙동강 하천수의 유입에 의한 것으로 추정되며, 오염 여부를 포함한 다양한 가능성에 대한 정밀 조사가 필요한 것으로 판단된다. 양산2 관측공은 214 ~ 360 $\mu S/cm$ 범위이며, 일반적인 지하수 범위로 관측되었다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 양산1 관측공은 (Na+K)-Cl 유형, 양산2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당한다. 이는 낙동강에서 지하수 대수층으로 유입되는 염분의 영향으로 판단된다. 양산1 관측공 질산염 농도는 2016년 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)을 초과하였고, 2017년에는 먹는물 수질기준을 초과하여 검출되었다. 양산1 관측공은 염분과다, 질산성질소 과다가 발견되어 영농에 지하수 이용이 불가능할 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 양산1 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 내외이며, 강수에 큰 영향을 받지 않는다고 감소추세이다. 전기전도도도 강수와 별다른 관계를 보이지는 않지만, 2014년 7월에 약 2,700 $\mu S/cm$ 에서 약 3,600 $\mu S/cm$ 로 증가한 후 다시 하강하여 원래 전기전도도로 유지되는 경향을 나타낸다. 수온은 강수에 큰 영향을 받지 않으며 대부분 일정한 값을 나타낸다. 양산2 관측공의 지하수위 변동폭은 약 2 m 이며, 강수와 상관관계가 적다. 전기전도도는 340 $\mu S/cm$ 내외이다.

- 5) 관리 방안 : 양산1 관측공은 질산성질소 지하수 오염, 염분농도 과다이므로 이용을 규제할 필요가 있다. 양산2 관측공은 현재 지하수 오염이 진행되지 않았다고 판단되나, 상류의 급작스런 도시화로 인하여 향후 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하여 지하수 오염에 대비하여야 한다.

2.9.12 남해지구

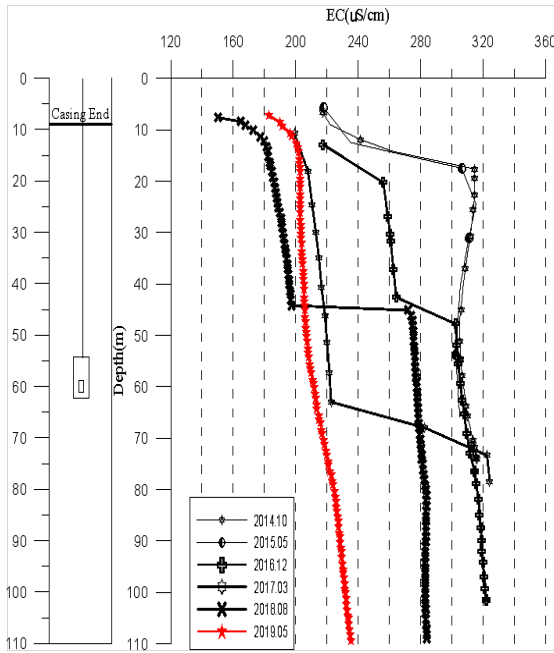
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
남해1	남해군 고현면 남치리 804	280848.693	156759.415	70.49	2014	64.50
남해2	남해군 남해읍 평현리 2237-1	280052.2748	146674.754	52.797	2015	46.367
남해3	남해군 이동면 용소리 1535	283934.0299	141826.1303	10.597	2015	7.497
남해4	남해군 이동면 초읍리 1571	284569.59	247418.44	43.74	2017	36.24

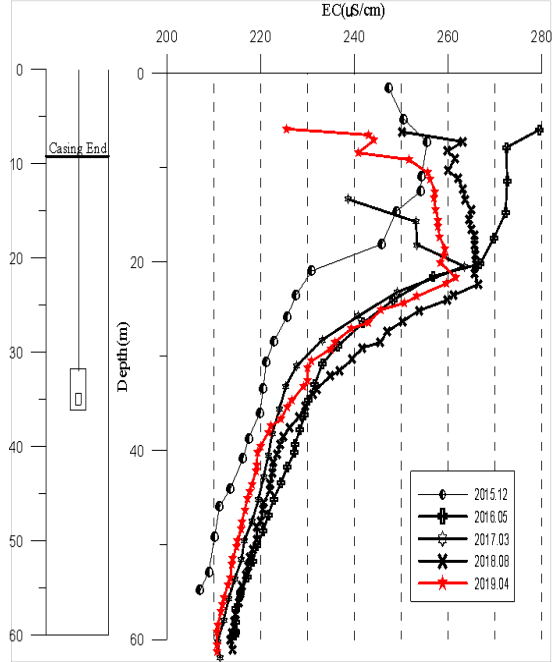
2. 지형 및 지질

남해지구는 전라남도 여수시, 광양시, 경상남도 하동군, 사천시와 인접하고 있다. 남해지구의 주 수원공으로는 남지저수지, 대곡저수지, 노구저수지 등이며, 망운산(786 m)이 남해군 중심부에 최고봉을 이룬다. 논농업을 주로 하고 있으며, 대부분 농경지가 산간지역에 산재되어 있다.

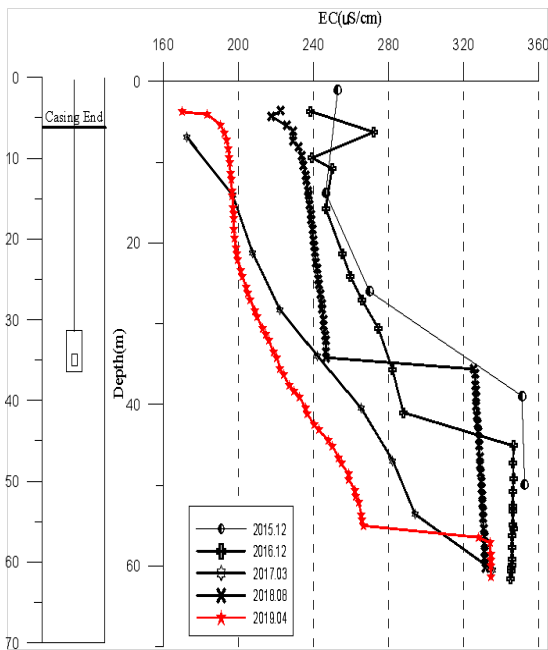
3. 지하수 검층



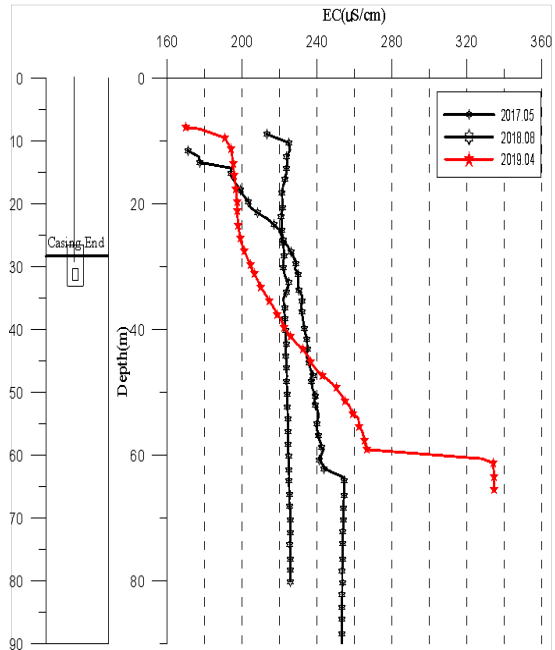
<남해1 관측공>



<남해2 관측공>



<남해3 관측공>



<남해4 관측공>

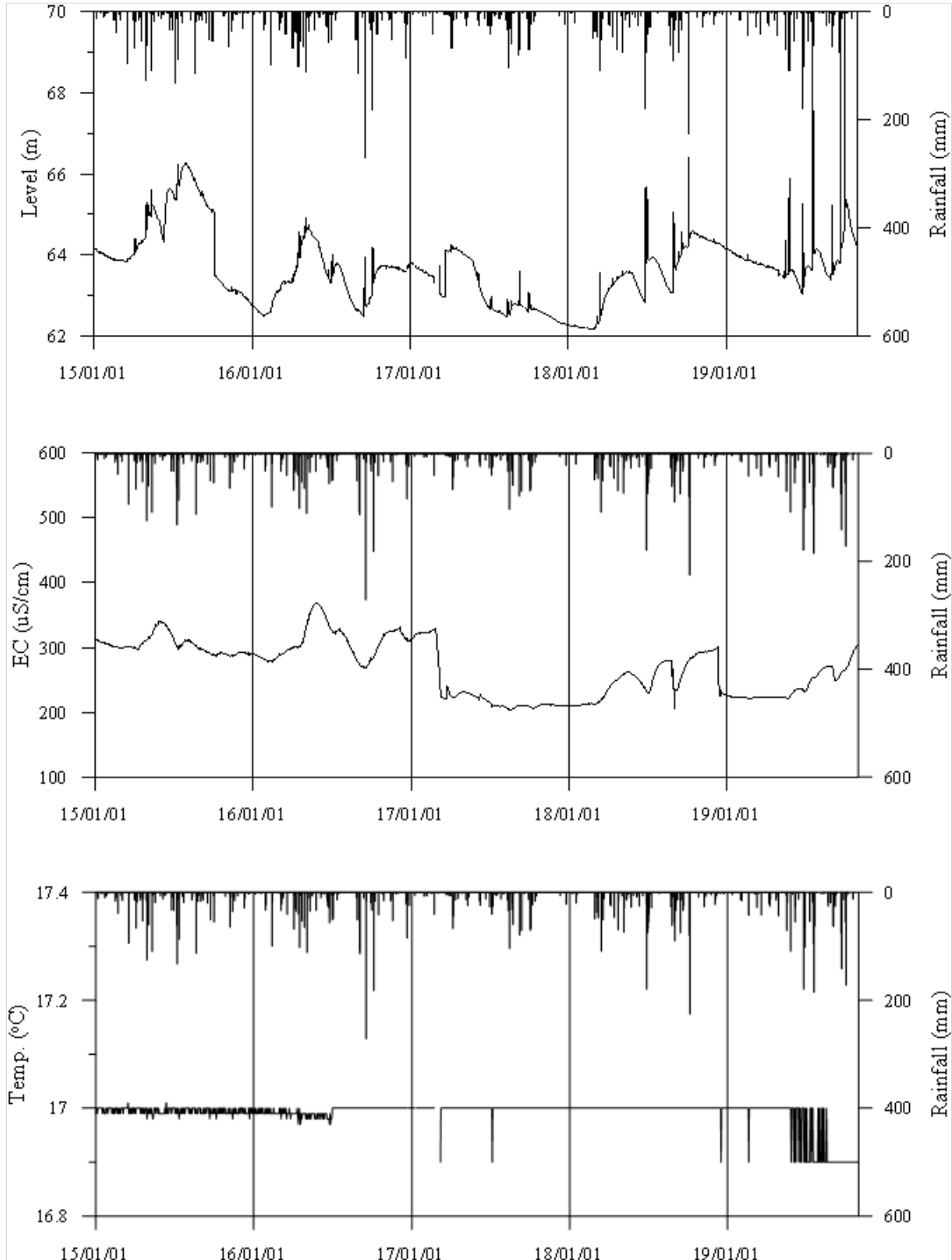
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

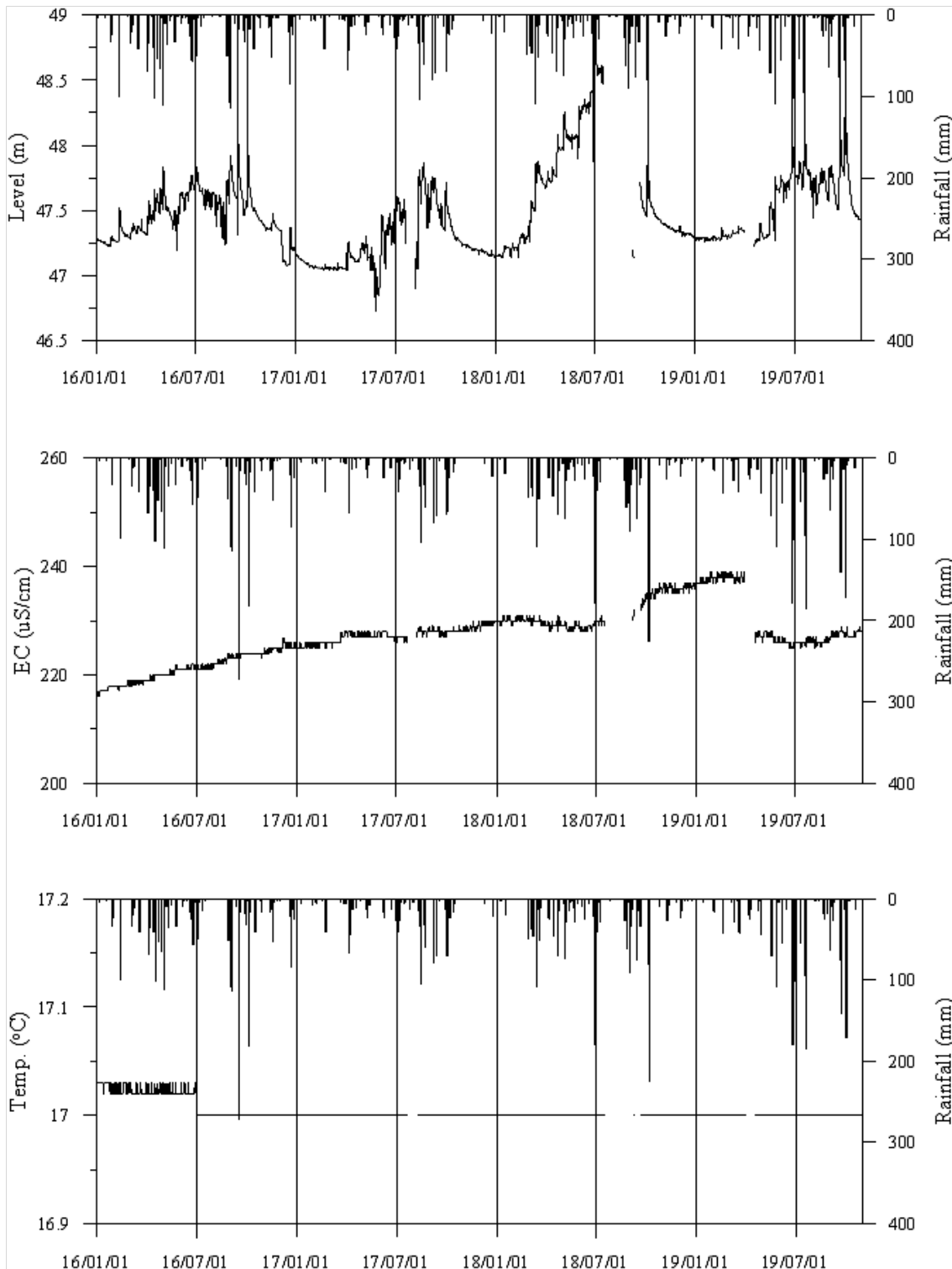
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
남해1	(2014.10)	13.64	8.25	3.82	33.90	13.91	6.92	152.50	1.58
	(2015. 6)	23.59	10.03	3.59	37.68	17.79	39.58	174.68	4.81
	(2016. 5)	10.52	9.63	3.34	47.83	16.62	5.70	202.83	3.44
	(2017. 3)	7.55	6.91	2.09	24.24	6.95	6.38	103.70	0.85
	(2018. 6)	5.16	6.27	0.65	23.56	8.46	5.67	97.60	N.D.
	(2019. 4)	7.05	5.52	1.90	20.64	7.13	5.90	91.50	1.80
남해2	(2015.11)	10.21	4.55	1.12	32.63	68.17	80.69	63.46	32.31
	(2016. 5)	14.28	4.38	0.54	35.76	7.45	8.15	125.05	16.99
	(2017. 3)	13.39	4.49	0.63	39.76	8.62	9.47	125.05	14.36
	(2018. 6)	9.78	4.19	0.19	37.37	9.68	8.92	115.90	14.07
	(2019. 4)	14.26	4.03	0.29	38.06	9.96	9.01	115.90	13.78
남해3	(2015.11)	9.37	8.32	1.42	21.73	57.11	179.20	41.49	31.12
	(2016. 5)	12.62	7.20	0.92	25.90	5.88	15.70	77.78	29.02
	(2017. 3)	12.27	7.34	0.62	21.13	6.91	17.77	45.75	40.97
	(2018. 6)	8.24	6.18	0.21	16.86	6.87	15.57	45.75	31.21
	(2019. 4)	11.87	6.67	0.39	18.23	7.19	15.68	39.65	34.27
남해4	(2017. 3)	9.48	10.42	0.91	19.39	2.85	7.82	109.80	N.D.
	(2018. 6)	7.93	9.97	0.25	20.90	3.07	8.05	109.80	N.D.
	(2019. 4)	10.37	9.72	0.51	22.28	2.42	8.80	112.85	0.25

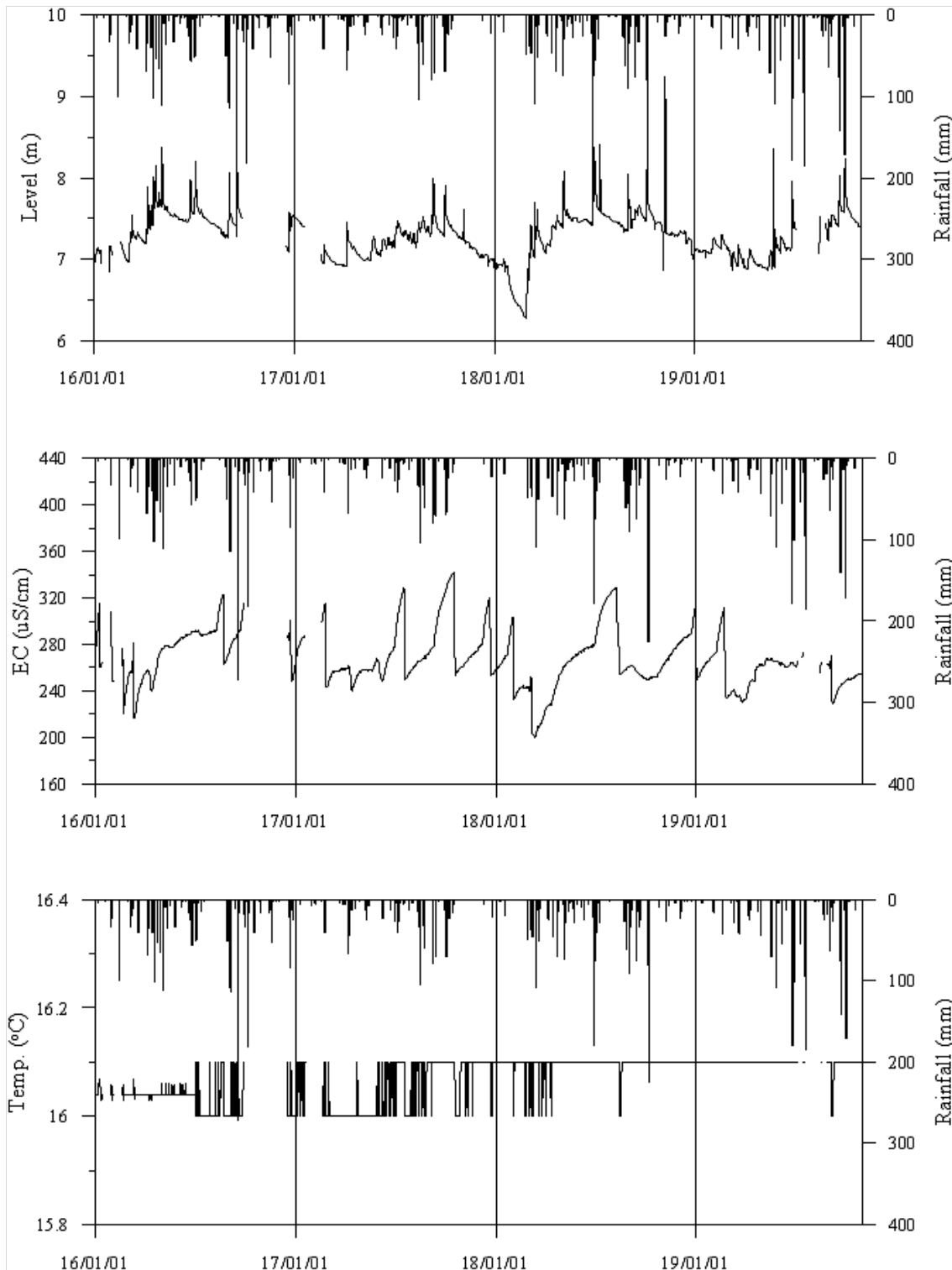
5. 장기관측 결과



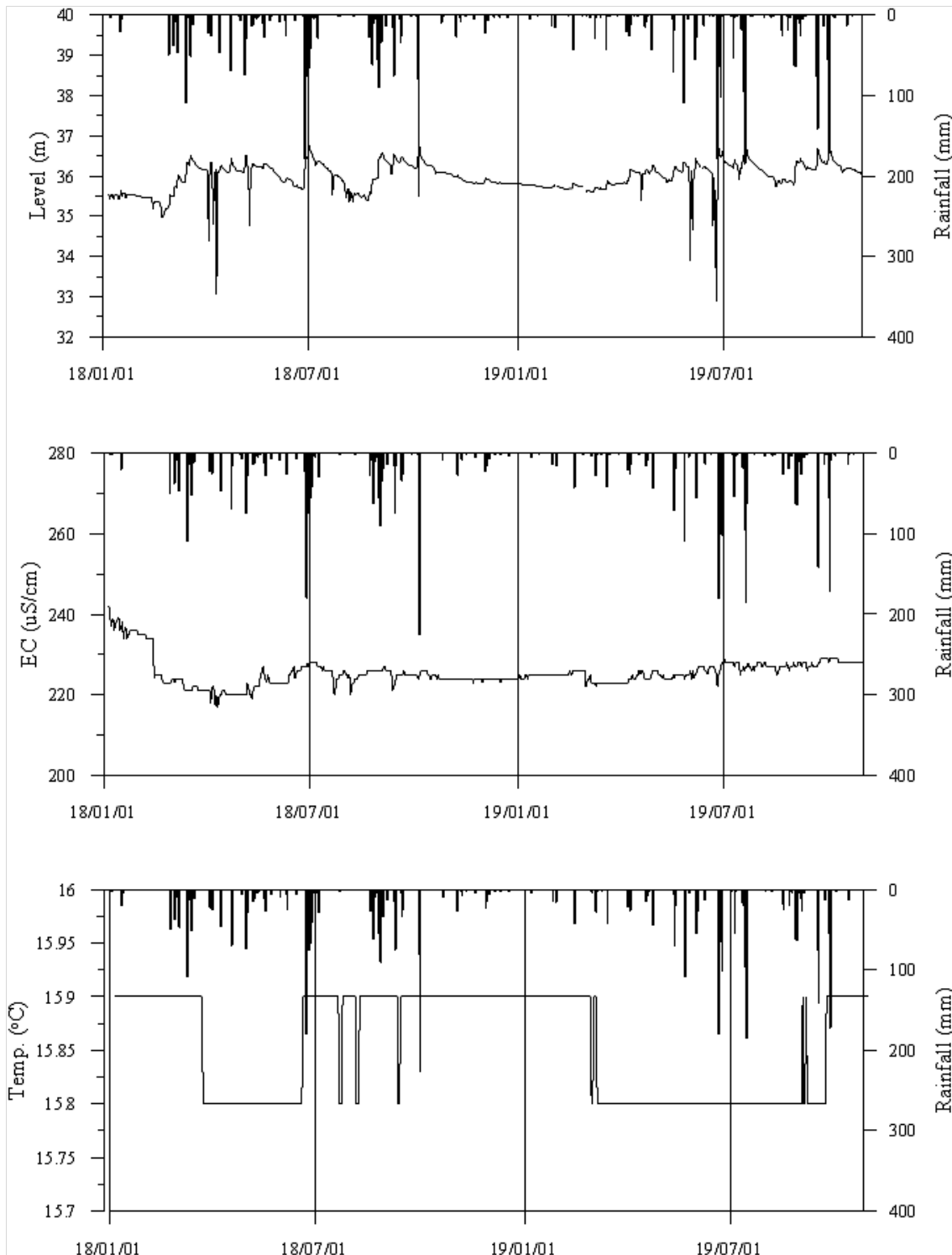
<남해1 관측공의 장기관측자료 (2015.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남해2 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남해3 관측공의 장기관측자료 (2016.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<남해4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 남해1 관측공은 남해군 고현면 남치리 중심부 산간지역에 위치한다. 농어업 현황으로는 논농업을 주로 하고 있으며, 도서지역 논농업에 대한 지하수 수량 및 수질의 변화를 관측하고자 설치하였다. 남해군 남해읍 평현리에 위치하는 남해2 관측공은 봉원저수지에서 서상천으로 합류하는 관로를 따라 조성된 농경지 중심부에 설치되어 있다. 경지정리가 마무리 된 농경지가 주를 이루며, 측사가 산발적으로 설치되어 있다. 남해군 이동면 용소리에 위치하는 남해3 관측공은 이동면 해안을 따라 발달한 농경지에 설치되었는데 산발적으로 양식장이 많이 설치되어 있다. 남해4 관측공이 설치된 초음리 일원은 해안가 인근에 농경지가 분포하고 있으며, 남이2지구 농촌지하수 관리보고서에 의하면 수량 및 수질관리가 필요한 지역이다. 이에 각 항목에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 위치를 선정하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 남해1 관측공의 전기전도도는 최대 약 $330 \mu S/cm$ 이고, 심도 약 45 ~ 70 m에서 약 $40 \mu S/cm$ 가 증가하는 전이대가 있으며 이후 하부로 갈수록 소폭의 증가 추세를 보이고 있다. 남해2 관측공의 전기전도도는 최대 약 $280 \mu S/cm$ 로서 하부로 갈수록 지속적으로 감소해 공저에서는 약 $215 \mu S/cm$ 의 값을 나타낸다. 남해3 관측공의 전기전도도는 심도 약 41 m까지 완만한 증가 경향을 나타내다가 심도 41 ~ 42 m 구간에서 약 $60 \mu S/cm$ 가 증가하는 전이대 구간이 나타나고 이후 유지하는 추세를 보이고 있다. 남해4 관측공은 약 180 ~ 340 $\mu S/cm$ 범위로 담수영역에서 증감을 보인다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 남해1, 4 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형에 해당한다. 남해2, 3 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형에 해당한다. 남해지구 관측공 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되었다. 따라서 현재까지 음용 및 영농을 위한 용수로 사용 시 질산염에 의한 오염은 거의 없는 것으로 분석되었다.

- 4) 장기 관측결과 : 남해1 관측공의 지하수위 변동폭은 4 m 이내이며, 강수와 일정한 상관관계를 가진다. 전기전도도는 약 $100 \mu S/cm$ 범위 내에서 증감하고 있으나 최대가 약 $370 \mu S/cm$ 로 나타남에 따라 농업용수로 활용이 가능하다. 남해2 관측공은 지하수위 변동폭이 2 m 범위 이내에서 강수에 의해 증감을 반복하고 있다. 전기전도도는 거의 일정하게 소폭으로 상승하는 경향을 보이나, 최대값이 $240 \mu S/cm$ 미만이다. 남해3 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 이내이며, 전기전도도는 $250 \mu S/cm$ 내외에서 증감을 거듭하고 있다. 남해4 관측공의 지하수위 변동폭은 5 m 이내이며, 전체적으로 강우에 민감하다. 전기전도도는 $220 \mu S/cm$ 내외에서 증감을 거듭하고 있다.
- 5) 관리 방안 : 남해지구는 도서지역이고, 과잉양수에 따른 수질저하를 고려하여 설치하였다. 현재 수질은 양호하지만, 향후 장기간의 관측을 통하여 관측공 주변 지하수 수질 및 수량 특성을 규명할 필요가 있다.

2.9.13 의령지구

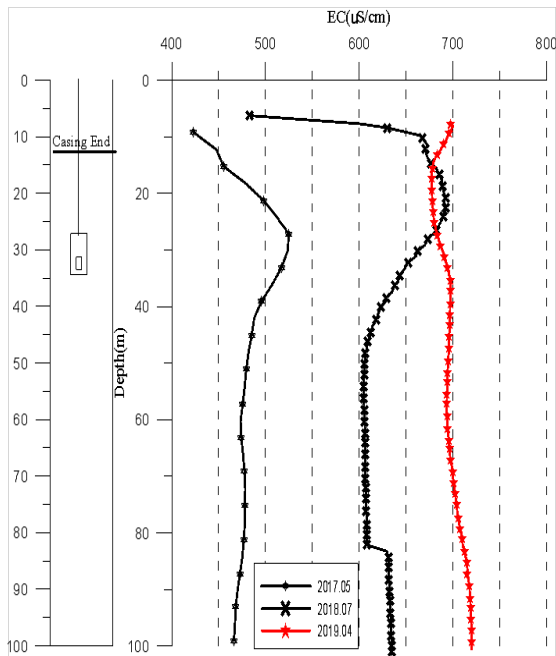
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
의령1	의령군 부림면 감암리 64-26	321899.94	321829.26	9.19	2017	3.89
의령2	의령군 낙서면 정곡리 504-2	327439.43	320108.25	10.73	2017	3.43
의령3	의령군 공류면 압곡리 817-72	313549.11	316407.18	107.31	2017	102.59
의령4	의령군 의령읍 무전리 19	317268.62	303825.99	10.05	2017	5.60
의령5	의령군 지정면 오천리 979	329154.83	310628.77	-0.97	2017	-10.13
의령6	의령군 화정면 상이리 64-4	314443.37	296523.60	14.84	2017	6.32

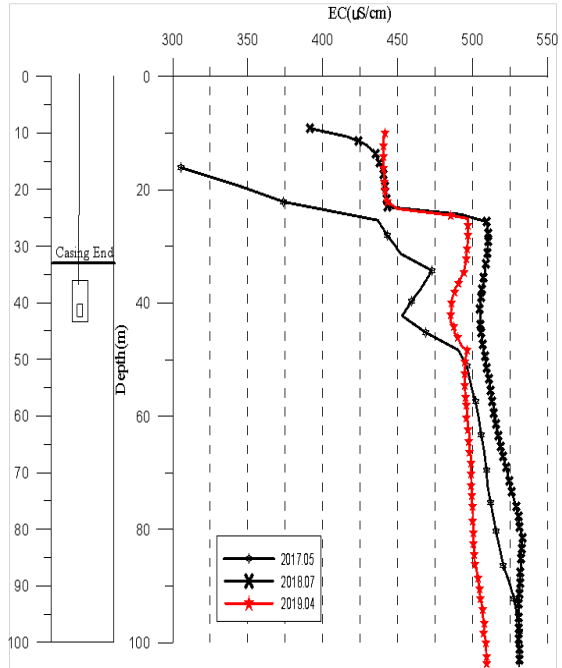
2. 지형 및 지질

의령군은 낙동강의 본류와 지류(남강)가 합류하는 지대에 위치하고 있어 강을 접한 남쪽은 비옥한 토지로 광야가 전개되고 있다. 남부는 남강을 사이에 두고 함안군, 진주시와 경계를 이루며 동부는 낙동강을 경계로 창녕군과 접하고 서부는 산청군, 서북부는 함천군과 연결되어 있다. 의령군은 낙동강과 남강이 만나는 곳에 위치하고 있어 비옥한 평야와 산간지대에는 분지가 발달하여 대체로 농업생산 여건이 좋다.

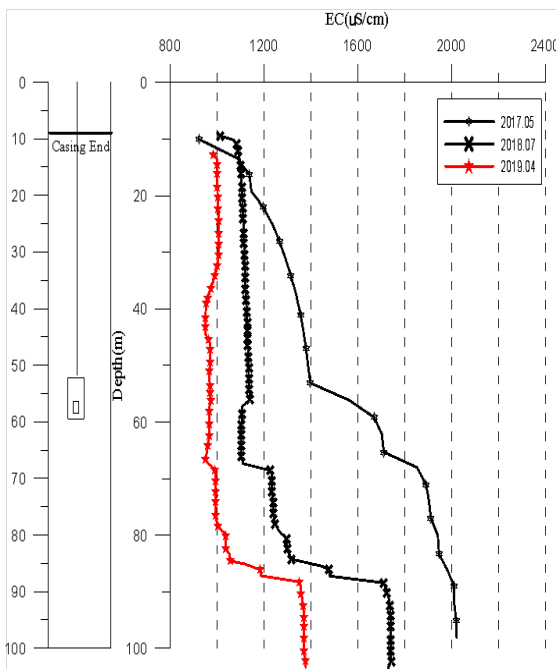
3. 지하수 검층



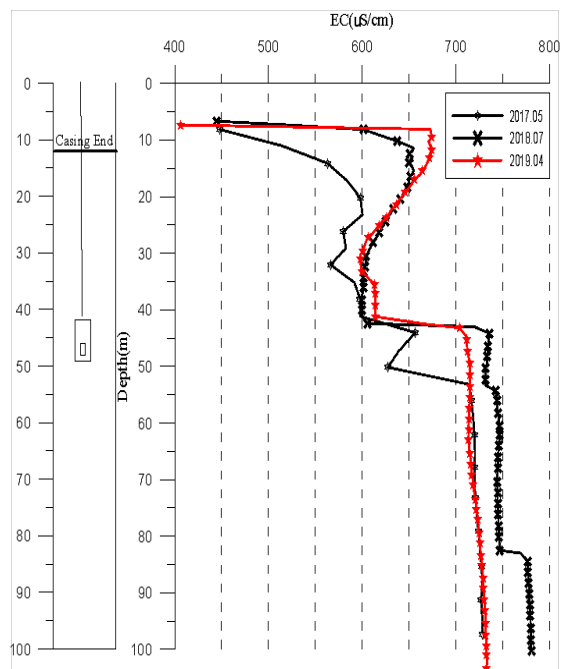
<의령1 관측공>



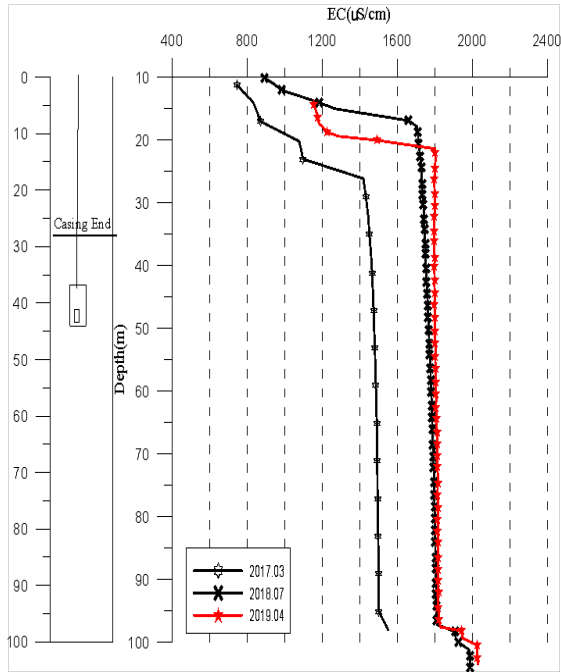
<의령2 관측공>



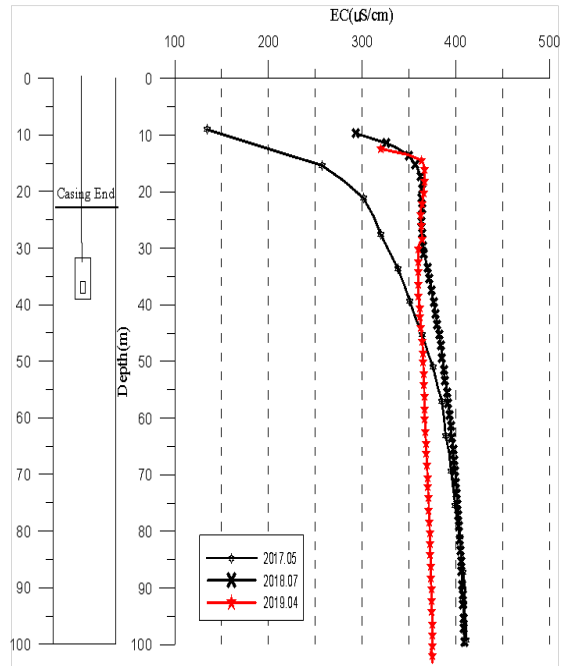
<의령3 관측공>



<의령4 관측공>



<의령5 관측공>



<의령6 관측공>

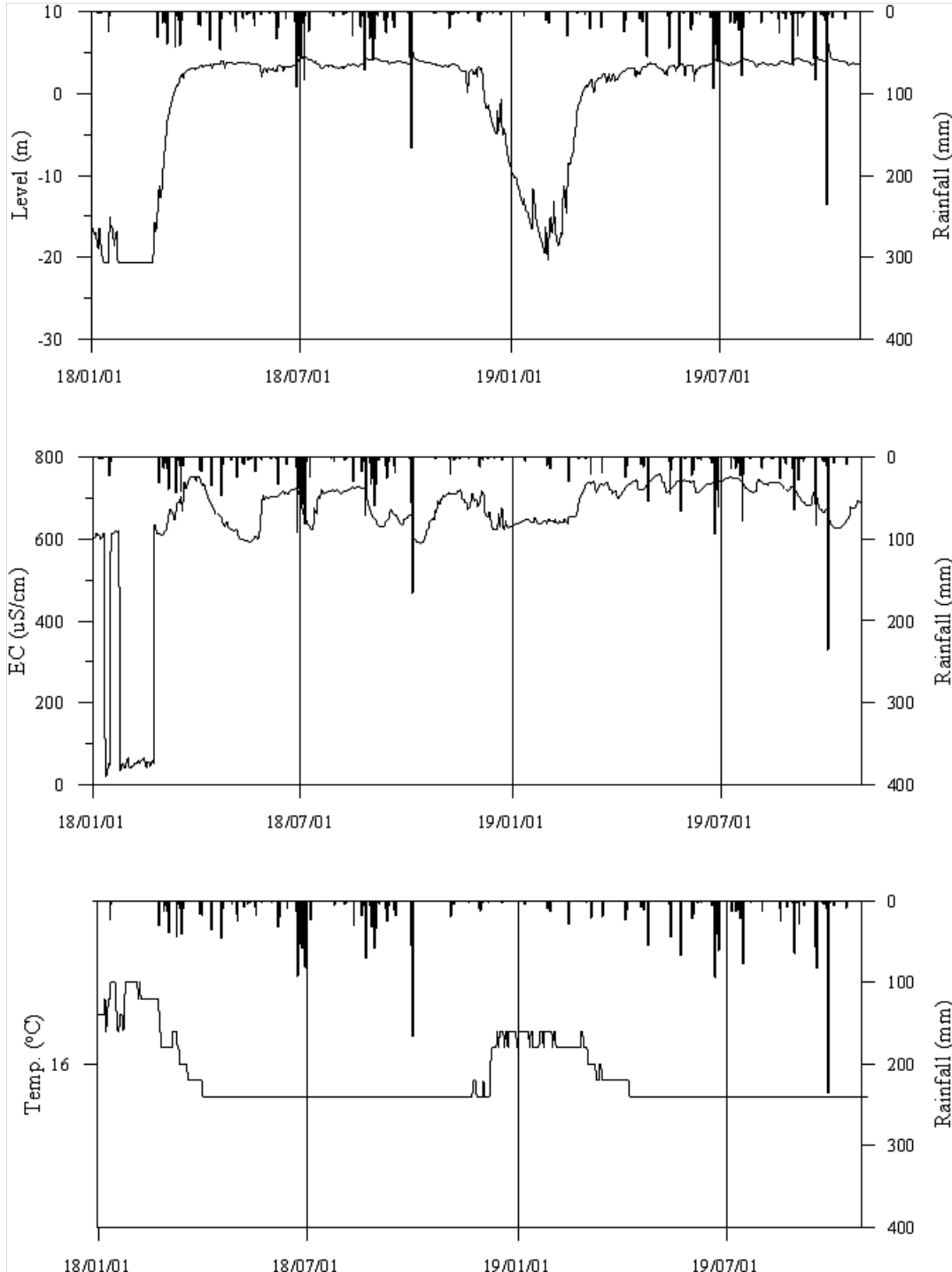
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

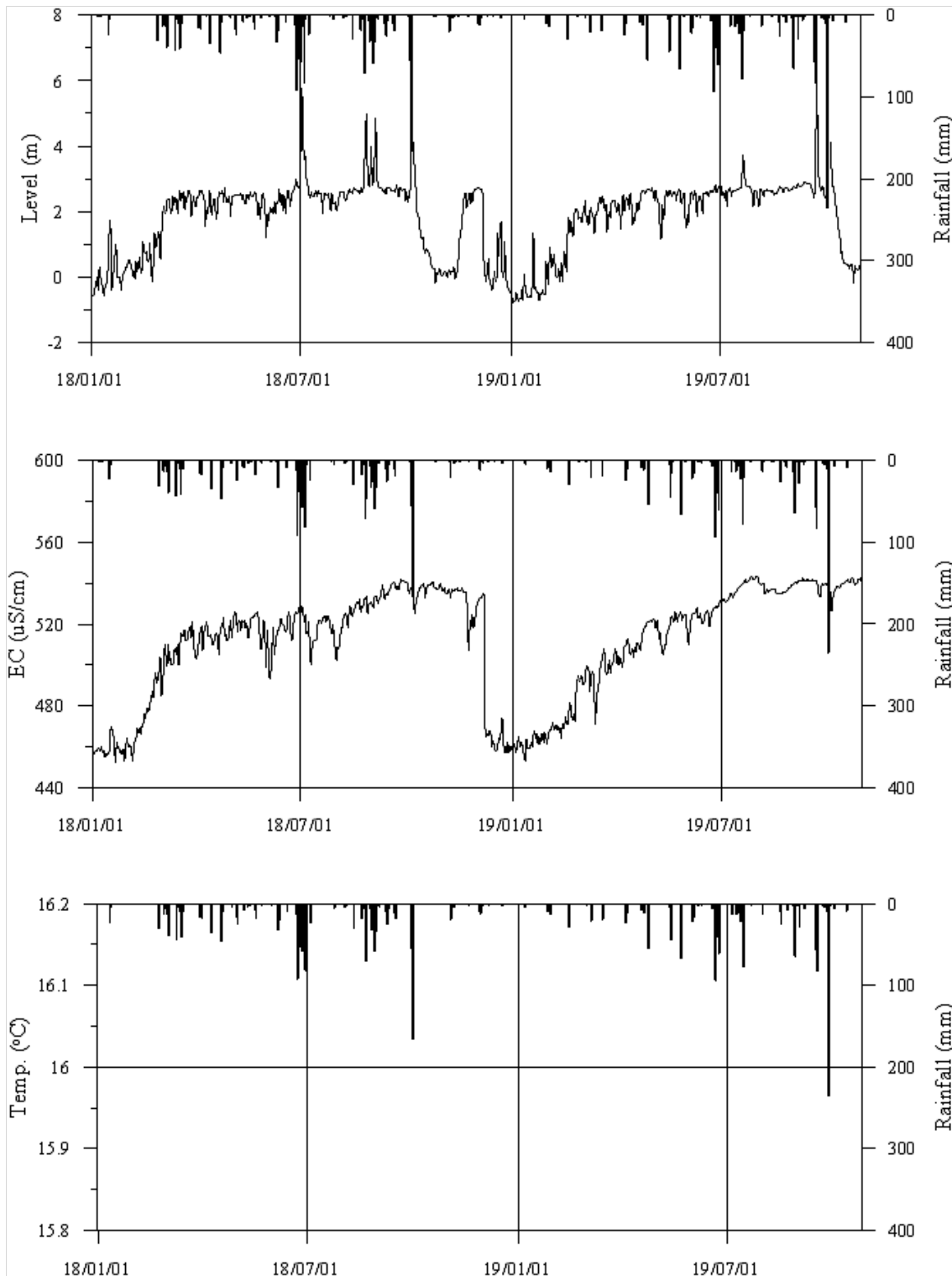
(단위 :mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
의령1	(2017. 3)	17.65	9.78	0.65	63.93	75.37	15.13	189.10	3.64
	(2018. 6)	23.62	25.23	1.22	62.49	50.07	19.09	286.70	N.D.
	(2019. 4)	25.14	27.09	1.13	67.59	53.30	19.03	286.70	0.96
의령2	(2017. 3)	19.08	15.81	1.10	50.64	41.56	37.65	189.10	N.D.
	(2018. 6)	22.44	17.51	1.20	47.62	24.22	33.37	219.60	N.D.
	(2019. 4)	20.51	17.12	1.17	43.30	15.74	29.67	176.90	0.06
의령3	(2017. 3)	10.62	3.35	1.05	96.03	203.03	4.24	57.95	6.33
	(2018. 6)	23.55	4.83	0.76	210.87	573.42	4.86	57.95	2.46
	(2019. 4)	14.99	3.00	0.38	110.62	275.26	3.77	39.65	1.90
의령4	(2017. 3)	18.47	12.58	1.66	89.07	8.56	33.73	332.45	12.63
	(2018. 6)	21.10	15.05	1.33	98.18	5.05	38.00	341.60	2.49
	(2019. 4)	23.09	14.59	0.99	90.44	6.21	36.47	301.95	1.80
의령5	(2017. 3)	95.09	20.57	2.92	88.56	124.29	78.31	381.25	4.72
	(2018. 6)	92.37	44.07	1.92	205.23	399.14	228.19	146.40	N.D.
	(2019. 4)	83.34	32.56	1.53	156.18	265.67	193.37	210.45	2.24
의령6	(2017. 3)	11.45	8.16	0.98	46.70	3.32	5.19	213.50	N.D.
	(2018. 6)	12.09	8.36	0.91	52.54	3.66	6.50	240.95	N.D.
	(2019. 4)	11.42	7.87	0.77	47.89	5.43	6.83	179.95	0.11

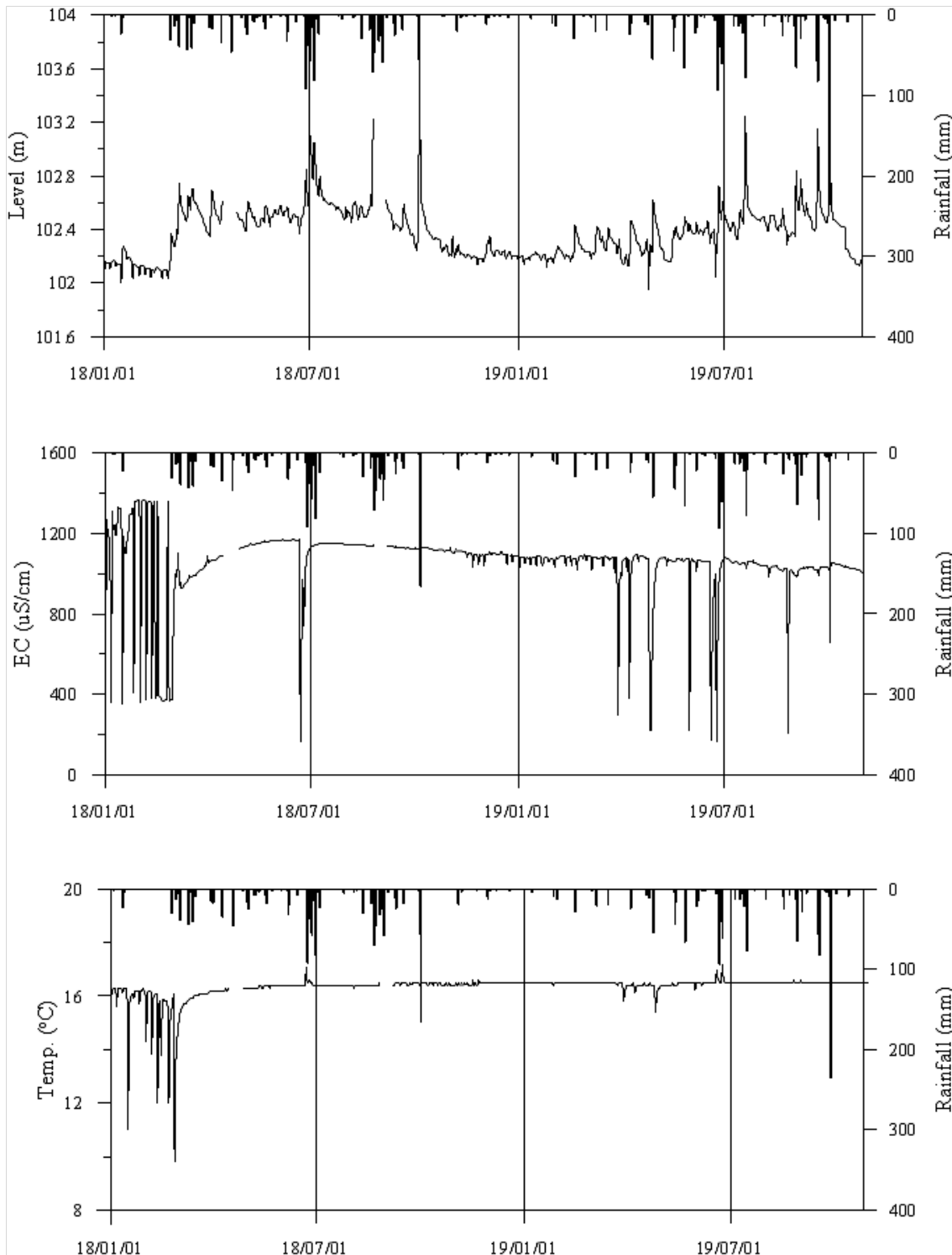
5. 장기관측 결과



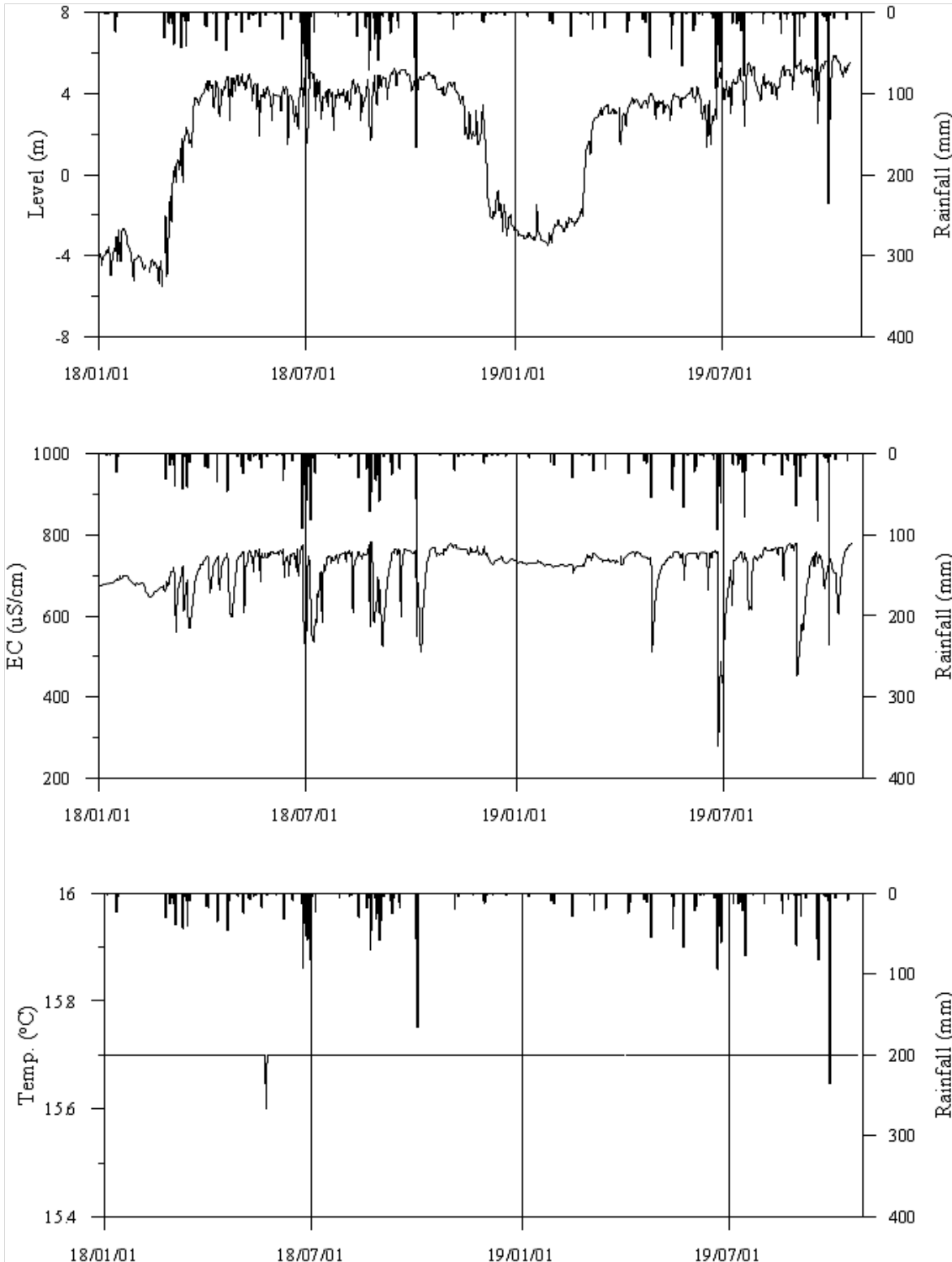
<의령1 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



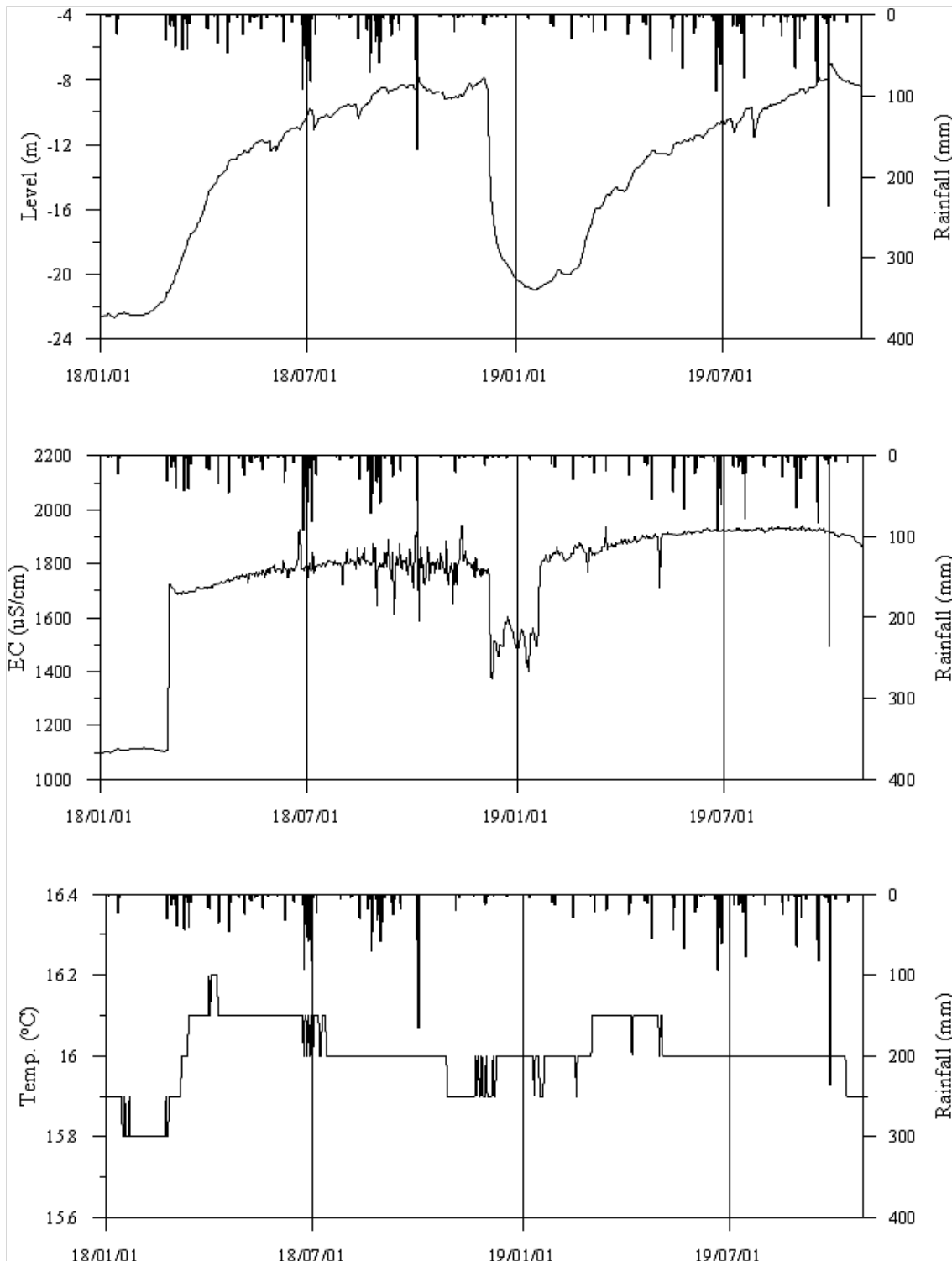
<의령2 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2018.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



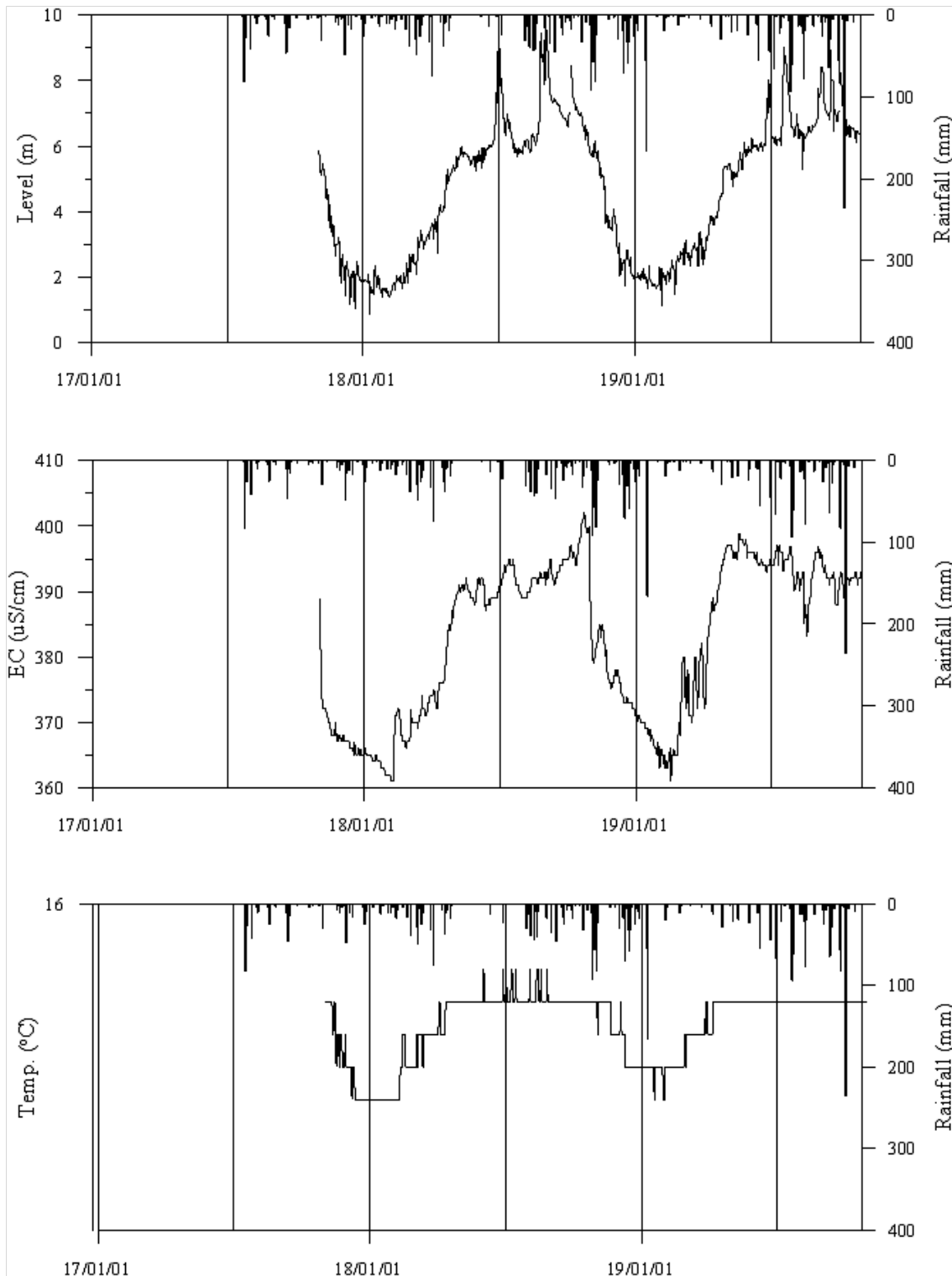
<의령3 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<의령4 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<의령5 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<의령6 관측공의 장기관측자료 (2018.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 의령1, 2, 3 관측공은 '16년 의부지구 용수구역에 소재하며, 의령1은 충적층 경작지로 인해 관정밀도가 높고 단위면적당 이용량이 높으며, 의령2는 관정밀도와 단위면적당 이용량, 이용량/개발가능량이 심각한 수준이며 시설하우스 분포가 많다, 또한 의령3은 충적층이 발달해 있으며 DRASRIC 지수가 높아 수량관리가 필요한 지역으로 각 위치별 지하수 수량 및 수질 관측을 위해 설치하였다. 의령4, 5, 6 관측공은 '16년 의정지구 용수구역에 소재하며, 의령4는 관정밀도 및 단위면적당 이용량, 이용량/개발가능량, 오염원 분포밀도가 높으며, 의령5는 충적층을 따라 발달한 비닐하우스 등 오염원 분포밀도가 높은 곳이다. 의령6은 충적층이 매우 발달해 있으며 관정밀도, 단위면적당 이용량, 이용량/개발가능량이 높아 수량관리가 필요한 지역으로 각 위치별 지하수 수량 및 수질 관측을 위해 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 의령1, 2, 3, 4, 5, 6 관측공의 전기전도도는 각 $750 \mu S/cm$, $540 \mu S/cm$, $2,000 \mu S/cm$, $800 \mu S/cm$, $2,000 \mu S/cm$, $420 \mu S/cm$ 이하이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 심도가 증가할수록 전기전도도가 증가하는 경향을 보인다. 검층결과로 살펴볼 때, 의령3, 5 관측공 주변 지하수는 가급적 영농에 사용하지 않는 것을 권고한다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 의령1, 4, 6 관측공은 $Ca-HCO_3$ 유형이며, 의령2 관측공은 $(Na+K)-HCO_3$ 유형이며, 의령3 관측공은 $Ca-Cl$ 유형, 의령5 관측공은 $(Na+K)-Cl$ 유형으로 나타났다. 의령1, 4, 6 관측공은 일반적인 지하수 수질에 해당하고, 나머지 의령 2, 3, 5 관측공은 오염원의 영향을 받고 있다. 의령지구 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L ; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다. 다만 의령3, 5 관측공은 전기전도도가 높아 영농에 직접 사용은 어려울 것으로 판단된다.
- 4) 장기 관측결과 : 의령1 관측공의 지하수위 변동폭은 2018년 관측초기를 제외하면 약 20 m 이내이며, 겨울철 수막재배에 따른 지하수위 강하를 반영한다.

전기전도도는 약 $650 \mu S/cm$ 내외에서 증감하고 있으며 강우에 반비례적인 관계를 보인다. 의령2 관측공은 지하수위 변동폭이 8 m 이내이며 겨울철 수막재배에 따른 지하수위 강하를 반영한다. 전기전도도는 최대값이 $540 \mu S/cm$ 으로 겨울철 수위강하에 따라 동반 하강한다. 의령3 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 이내이며, 전체적으로는 강우와 비례하는 추세이다. 전기전도도는 $1,000 \mu S/cm$ 내외에서 강우와 반비례하며 증감을 거듭하고 있다. 의령4 관측공의 지하수위 변동폭은 8 m 이내이며 겨울철 수막재배에 따른 지하수위 강하를 반영한다. 전기전도도는 $700 \mu S/cm$ 내외에서 내외에서 강우와 반비례하며 증감을 거듭하고 있다. 의령5 관측공의 지하수위 변동폭은 11 m 이내이며 겨울철 수막재배에 따른 지하수위 강하를 반영한다. 전기전도도는 $1,800 \mu S/cm$ 내외이며, 겨울철 지하수위 강하에 따라 동반 감소한다. 의령6 관측공 지하수위 변동폭은 6 m 이내이며 겨울철 수막재배에 따른 지하수위 강하를 반영한다. 전기전도도는 $400 \mu S/cm$ 내외이며, 겨울철 지하수위 강하에 따라 동반 감소한다.

- 5) 관리 방안 : 의령지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고 현재는 의령3, 5 관측공에서 상대적으로 높은 전기전도도를 보여, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측으로 수막재배에 의한 영향 등을 모니터링 할 필요가 있다.

2.9.14 함안지구

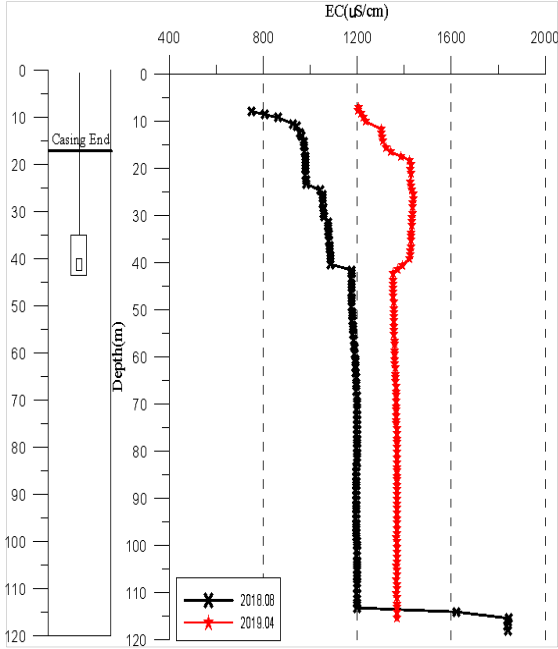
1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
함안1	함안군 칠서면 이룡리 530	208050.015	154998.674	8.122	2018	4.042
함안2	함안군 칠북면 덕남리 112-9	209047.073	156731.674	7.722	2018	6.382
함안3	함안군 가양면 산서리 700-233	200328.297	145209.807	8.751	2018	4.791
함안4	함안군 군북면 월촌리 36-2	200486.196	137983.581	9.866	2018	7.226

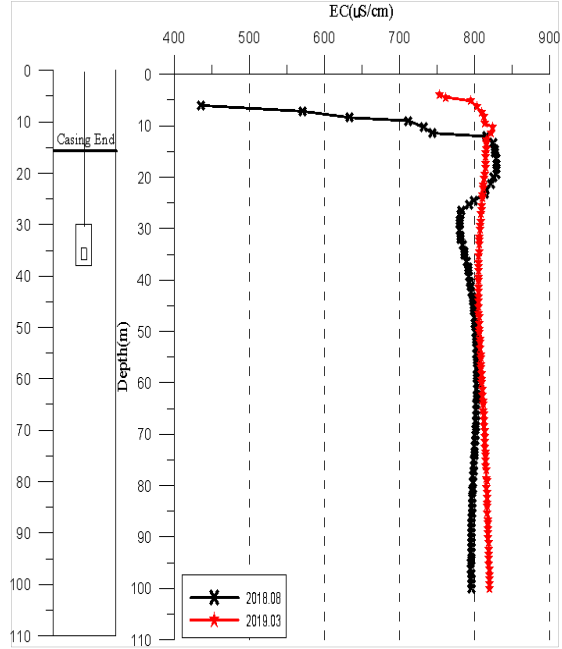
2. 지형 및 지질

함안군은 북쪽으로 낙동강, 남강을 끼고 창녕군, 의령군과 접하고 동쪽으로 창원시, 남쪽으로 진주시, 서쪽으로 의령군에 접한다. 남부에 여향산, 오봉산, 방어산 등 비교적 높은 산들이 솟아 있으나 군 전체는 대체로 구릉지대가 많다. 하천은 남쪽의 여러 산에서 발원하여 북쪽으로 흘러 낙동강 및 남강에 합류한다. 지질은 군 전역이 중생대 백악기에 형성된 경상계 신라통의 퇴적암이 주를 이루나 산지부에는 화강암계의 지층도 분포한다.

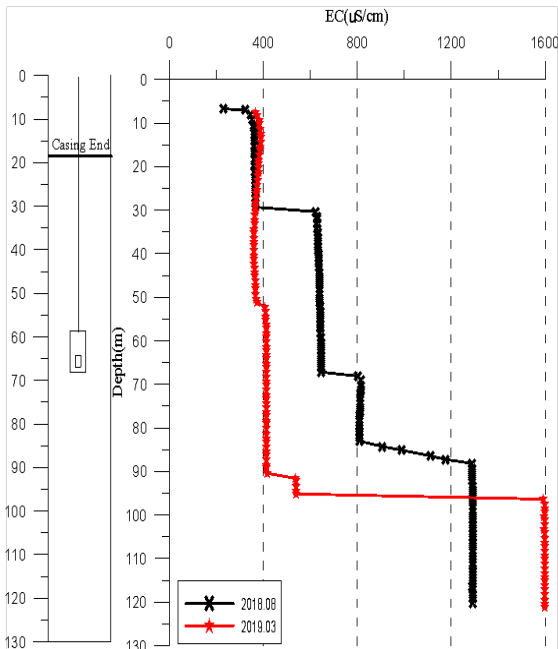
3. 지하수 검층



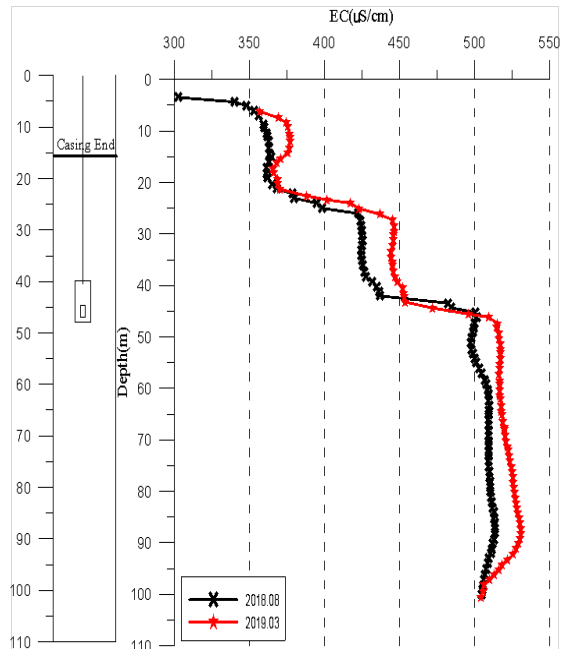
<함안1 관측공>



<함안2 관측공>



<함안3 관측공>



<함안4 관측공>

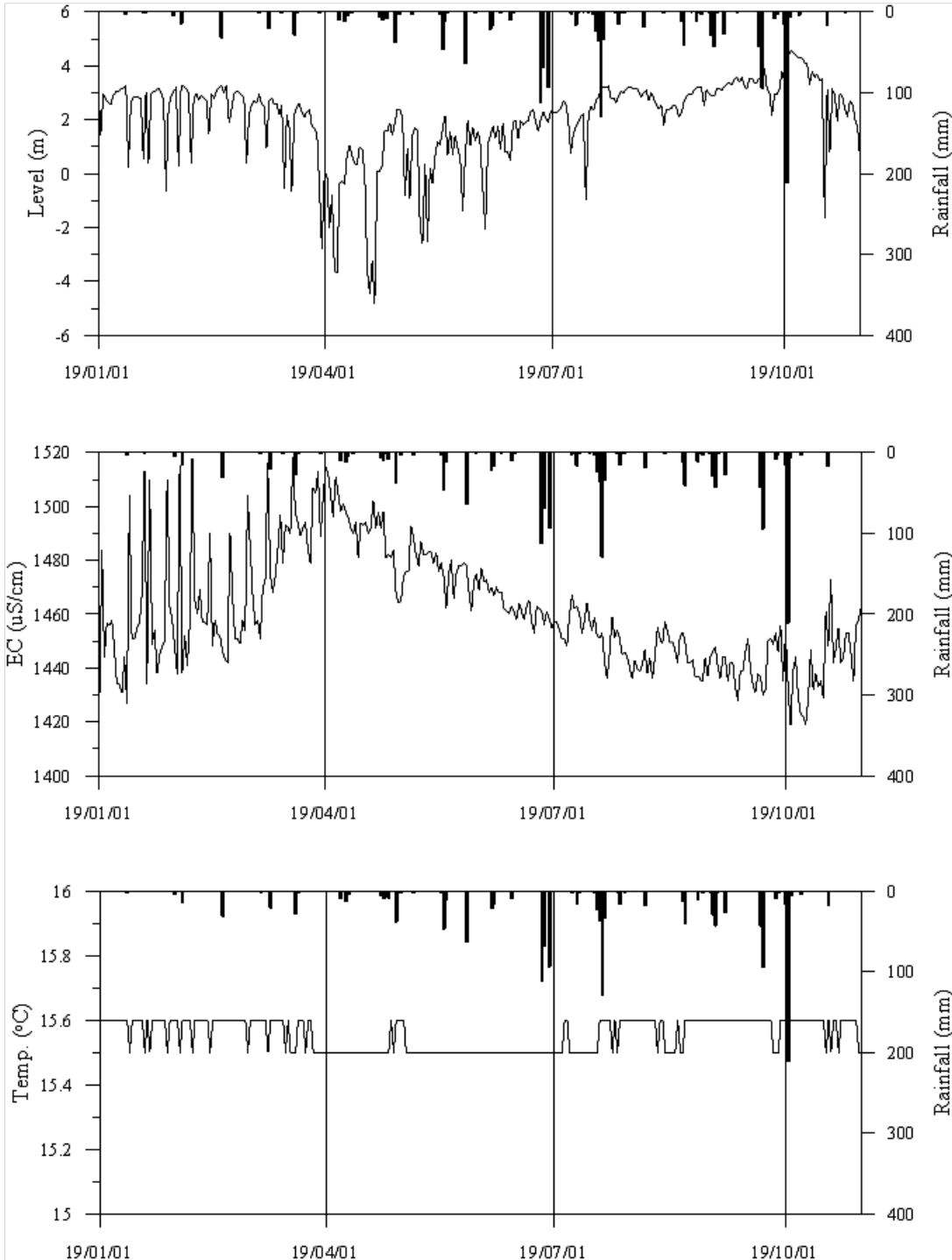
4. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

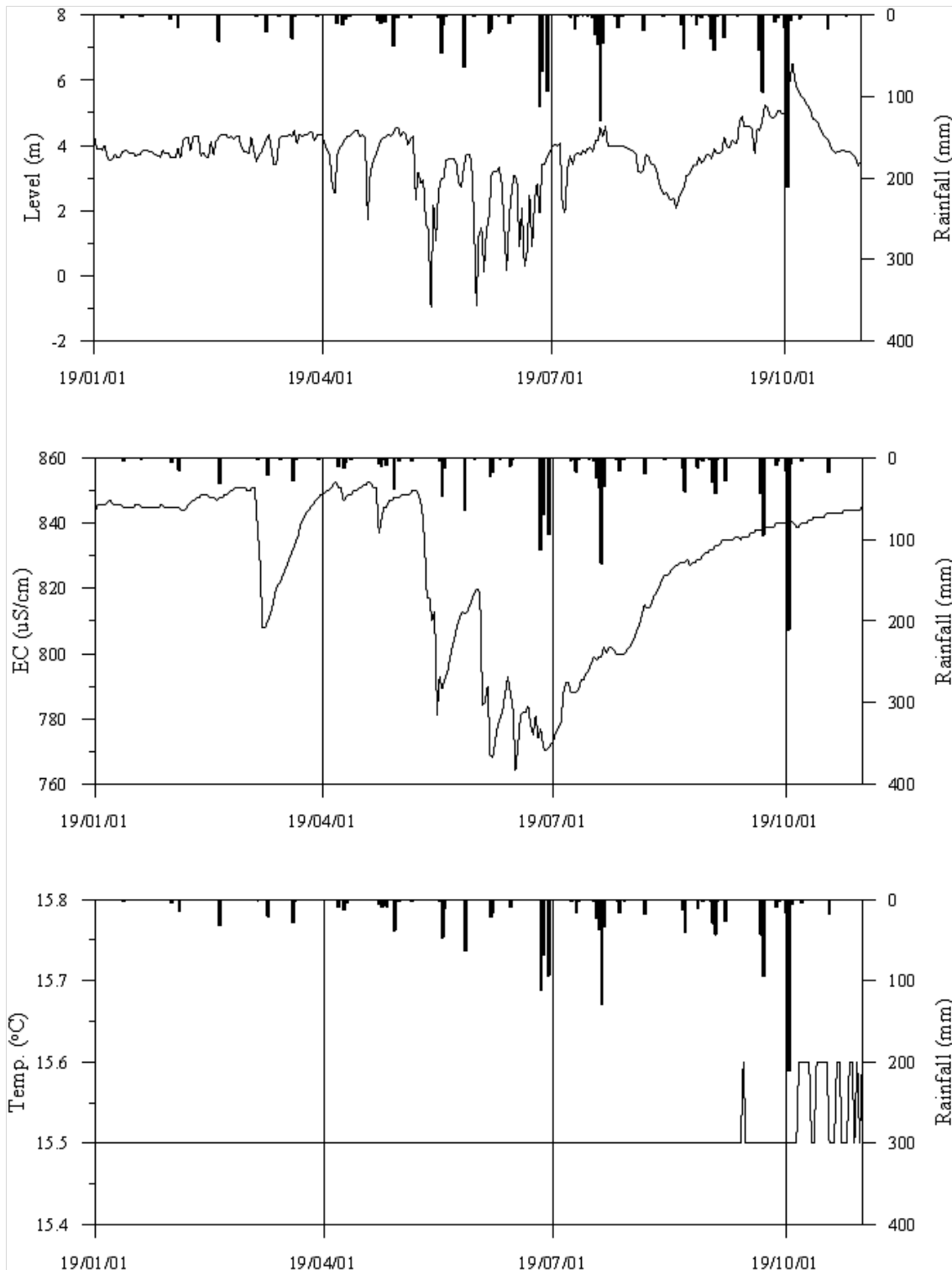
(단위 : mg/L)

관측공(년도)		Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
함안1	(2018.10)	99.05	27.27	6.91	189.87	347.83	44.32	423.95	N.D.
	(2019. 4)	202.23	19.11	3.85	49.41	1.87	8.55	738.10	10.93
함안2	(2018.10)	24.56	27.37	3.26	73.27	28.07	16.05	326.35	3.38
	(2019. 4)	22.36	38.64	5.84	75.58	28.21	18.75	387.35	0.43
함안3	(2018.10)	64.74	1.32	4.74	84.10	290.42	8.51	67.10	10.46
	(2019. 4)	14.23	5.40	1.17	51.95	18.67	17.26	164.70	11.02
함안4	(2018.10)	16.61	17.25	1.19	53.15	24.61	91.94	79.30	5.60
	(2019. 4)	13.00	9.00	0.87	42.91	15.25	44.85	100.65	N.D.

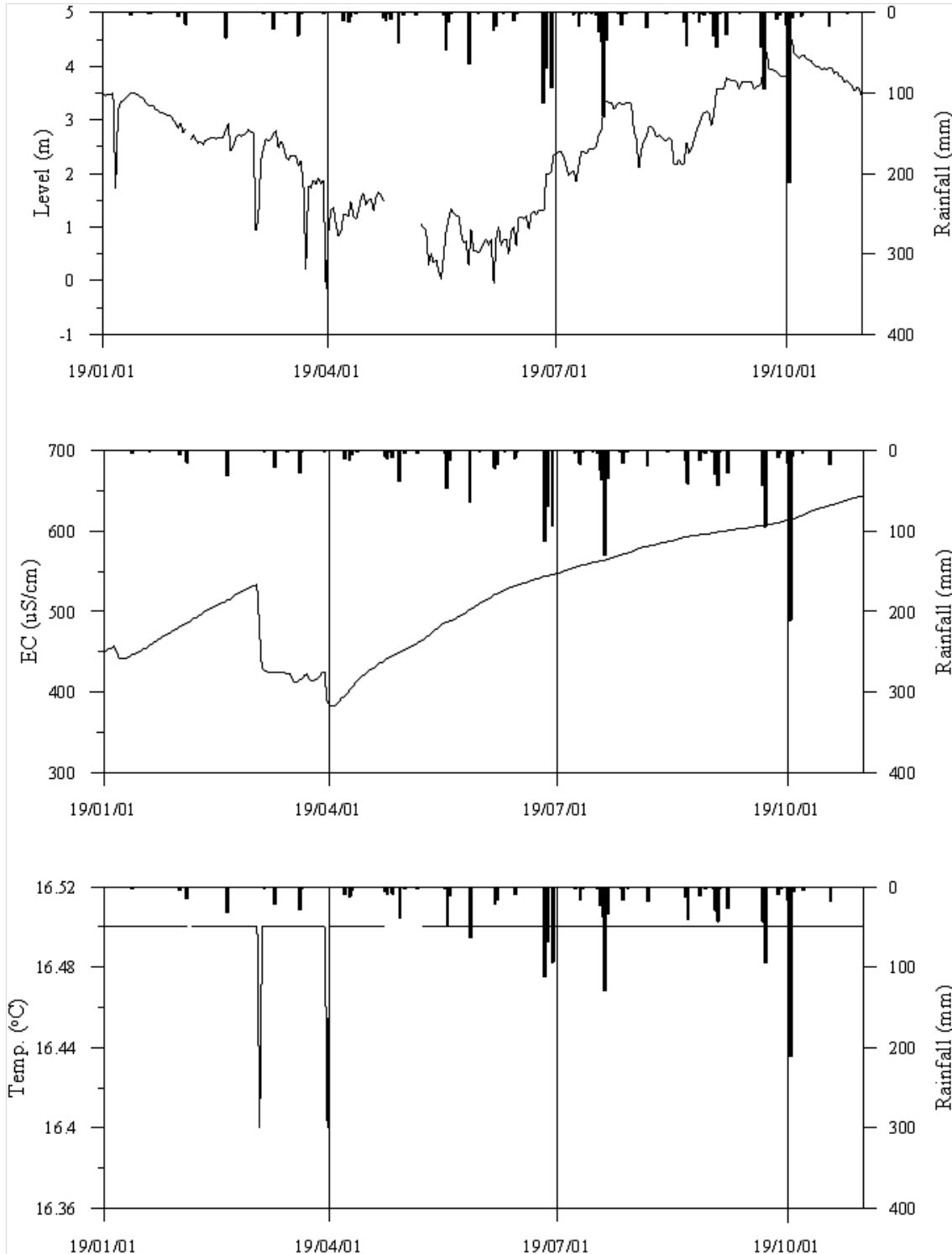
5. 장기관측 결과



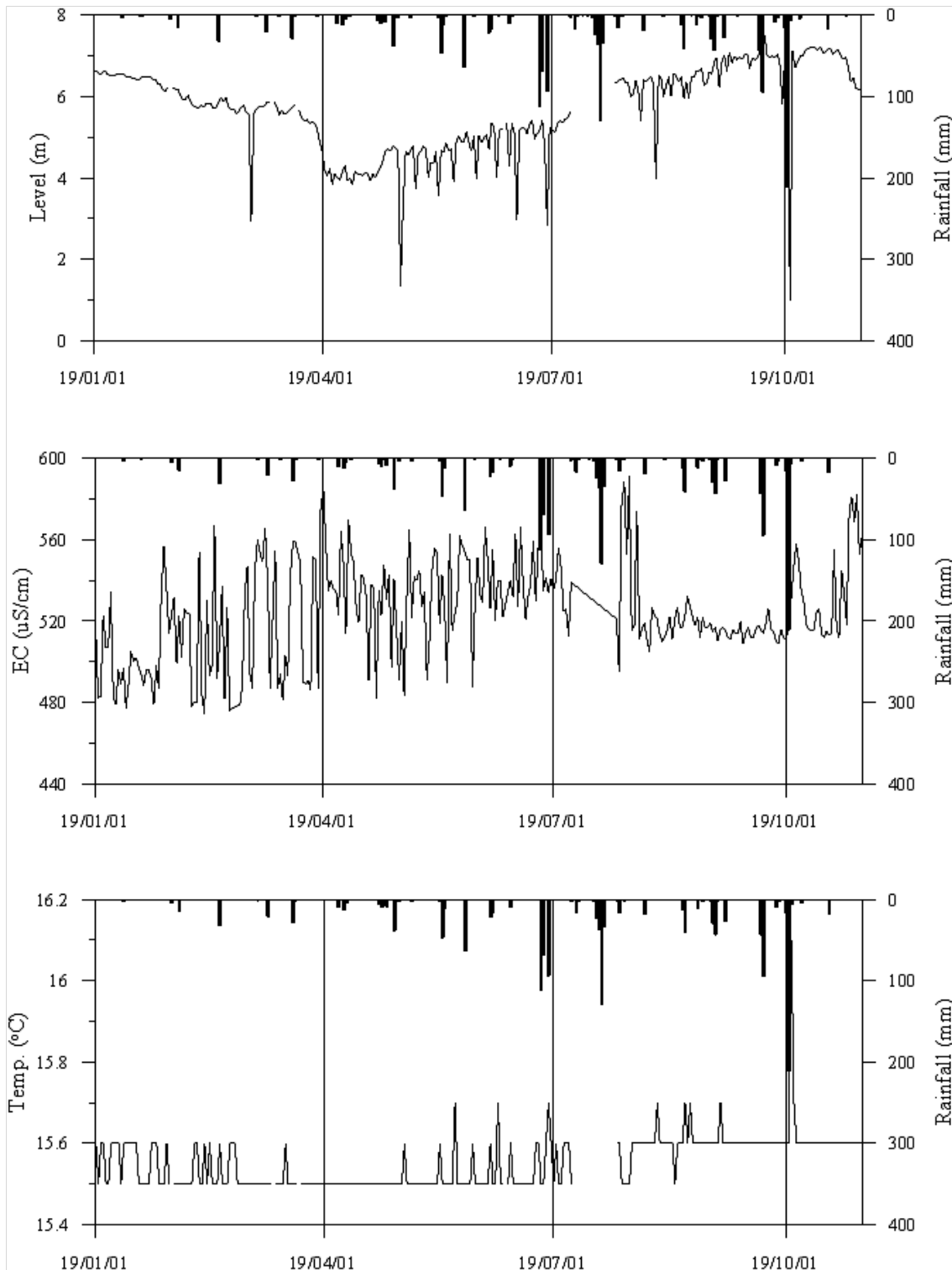
<함안1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<함안2 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<함안3 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온



<함안4 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

6. 현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 함안1 관측공 설치지는 함철지구 농촌지하수관리보고서에서 이용되는 지하수 수질관리 필요지역이고, 이에 수량에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다. 함안2 관측공 설치지는 지자체 및 인근 지하수 이용자들의 청문조사 결과 수량 및 수질관리 필요지역이며, 이에 수량 및 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다. 함안3 관측공 설치지는 함법지구 농촌지하수관리보고서에서 지하수 수질 관리지역으로 농촌지역의 수질관리를 위하여 관측공을 설치하였다. 함안4 관측공 설치지는 인근의 농경지와 함께 공업단지가 조성되어 있어 수량 및 수질관리가 필요한 지역으로 선장하여 관측공을 설치하였다.
- 2) 지하수 검층 결과 : 함안1 관측공의 전기전도도는 $800 \sim 1,600 \mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 깊이와 관계없이 유사하다. 함안2 관측공의 전기전도도는 $750 \sim 850 \mu S/cm$ 범위로서, 깊이와 관계없이 유사하다. 함안3 관측공의 전기전도도는 $200 \sim 1,400 \mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 30, 70, 90 m 구간에서 증가하는 경향을 나타낸다. 함안4 관측공의 전기전도도는 $300 \sim 550 \mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 25, 45 m 구간에서 증가하는 경향을 나타낸다. 검층결과 함안1, 3 관측공 주변 지하수는 상대적으로 전기전도도가 높아 수도작만 주로 활용이 가능하다.
- 3) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과 함안1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형으로 나타나며, 함안2, 3, 4 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당한다. 함안1, 2, 3, 4 관측공 모두 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L)미만으로 검출되었다.
- 4) 장기 관측결과 : 함안1, 2, 3, 4 관측공의 지하수위 변동폭은 각 8, 5, 4, 6 m 이내이며, 강수와는 비례관계를 보이고, 여름철 주변 지하수 이용에 따른 지하수위 강하를 공통적으로 보인다. 전기전도도는 함안1의 경우 지하수위와

반비례 관계이며 약 $1,450 \mu S/cm$ 내외에서 증감하고 있다. 함안2의 경우 전기전도도는 지하수위와 비례관계이며 약 $800 \mu S/cm$ 내외에서 증감하고 있다. 함안3의 경우, 전기전도도는 지하수위와 비례관계이며 약 $550 \mu S/cm$ 내외에서 증감하고 있다. 함안4의 경우 전기전도도는 지하수위와 반비례 관계이며 약 $520 \mu S/cm$ 내외에서 증감하고 있다. 함안1, 2, 3, 4 관측공 공통적으로 관측기간이 1년 미만이므로 좀 더 장기간의 관측을 통해 그 특성을 규명하여야 한다.

- 5) 관리 방안 : 함안지구는 수량과 수질관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기 관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화 관측을 통한 강으로부터 염분의 유입 등을 모니터링 할 필요가 있다. 함안1, 2 관측공은 내륙의 일반적인 지하수 전기전도도에 비해 관측값이 높으므로 지하수 이용에 유의하여야 한다.

2.9.15 함양지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
함양1	함양군 지곡면 보산리 661-1	229296.944	86417.717	237.657	2018	237.537
함양2	함양군 함양읍 용평리 251	267270.7869	324830.8632	155.401	2019	154.831

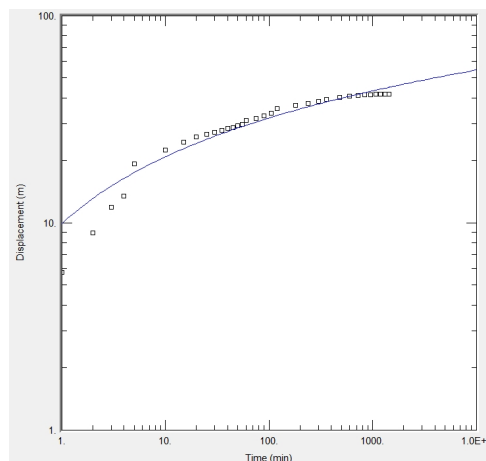
2. 지형 및 지질

경상남도 서북단에 있는 함양군은 남동쪽으로 산청군, 북동쪽으로 거창군, 북서쪽으로 전라북도 장수군, 남쪽으로 하동군, 남서쪽으로 전라북도 남원시와 접한다. 위천, 남계천, 옥계천, 임천강의 여러 하천이 산간 침식분지를 형성하고 있다. 지질은 주로 편마암이 대중을 이루고 북, 중부에서는 화강암을 볼수 있다.

3. 대수층 수리지질 현황

함양2 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

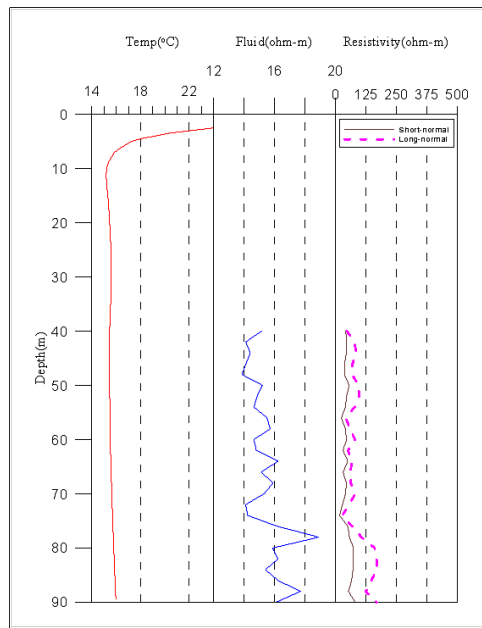
◎ 양수시험



<함양2 관측공 양수시험>

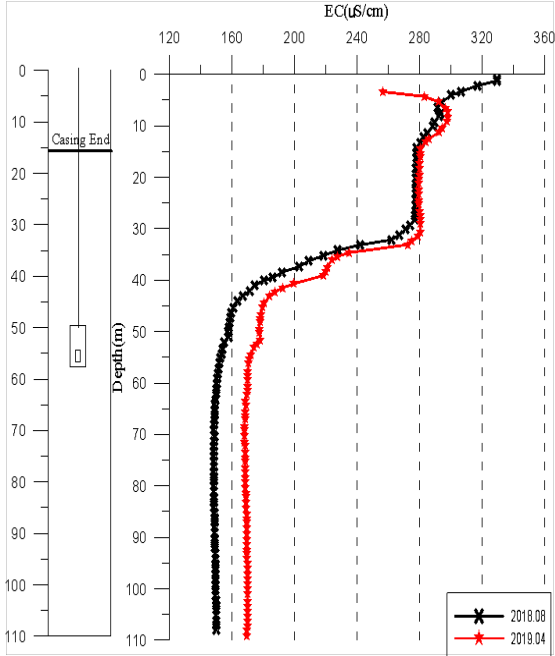
관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
함양2	185	3.011	5.44×10 ⁻⁵	64

◎ 물리검층

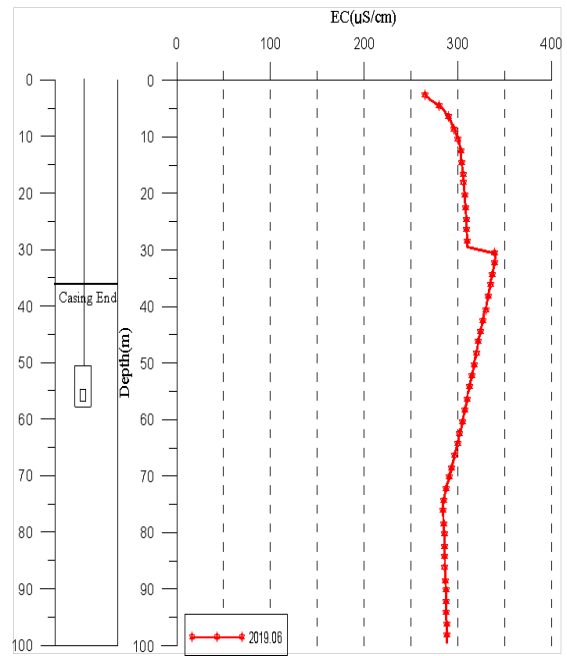


<함양2 관측공 물리검층>

4. 지하수 검층



<함양1 관측공>



<함양2 관측공>

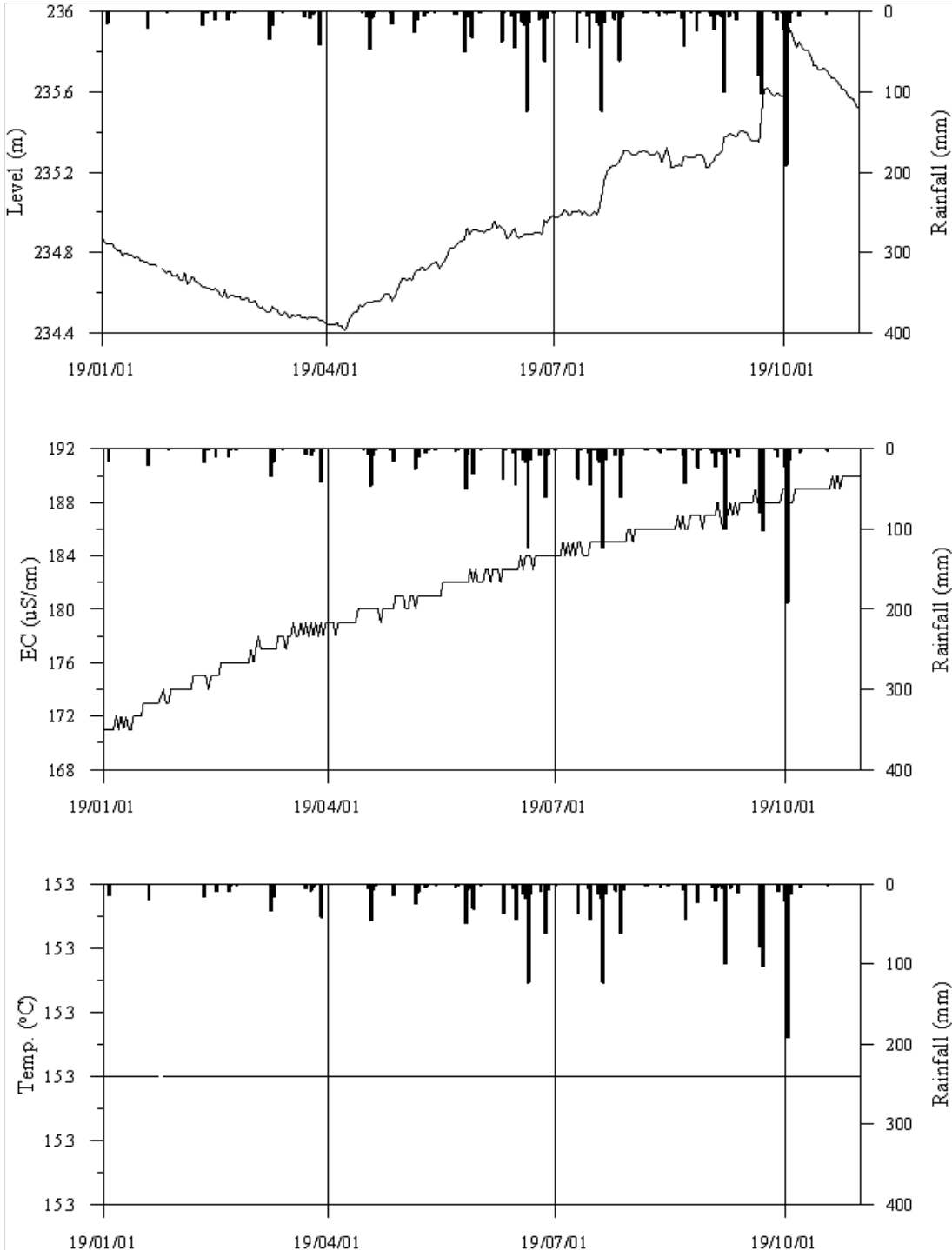
5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	
함양1	(2018.10)	12.44	8.09	1.58	34.29	10.11	16.78	100.65	22.46
	(2019. 4)	13.69	8.07	1.58	30.65	10.12	14.95	112.85	21.13
함양2	(2019. 6)	11.89	4.77	1.82	42.14	5.53	15.94	125.64	2.74

6. 장기관측 결과



<함양1 관측공의 장기관측자료 (2019.1.1 ~ 2019.10.31)>
 (a)지하수위, (b)전기전도도, (c)수온

7.

현황 및 대책

- 1) 위치선정 : 함양1 관측공 설치지는 지하수의 이용량이 많고 함양지구 농촌 지하수관리보고서에서 지곡면 전체적으로 수량관리가 필요하다고 판단되어 이에 지하수 수량에 대한 관측이 관측공을 설치하였다. 함양2 관측공 설치지인 함양읍 용평리 일대에는 농경지역이 많이 분포하고 있으며, 함양지구 농촌지하수관리보고서에서 용평리는 단위면적당 이용량이 높고 잠재오염원 밀도가 높아 지하수수량 및 수질 관리 필요지역이다. 이에 수량 및 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 함양2 관측공의 양수량은 각 185 m³/d 이며, 수리전도도는 5.44×10^{-5} cm/sec(대수층 두께 약 64 m) 이다. 노말 전기비저항 검층 결과 단노말(16 ")과 장노말(64 ") 값은 유사하여 50~150 ohm-m 범위로 나타난다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 함양1 관측공의 전기전도도는 140~340 $\mu S/cm$ 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 35 m 내외 구간에서 약 140 $\mu S/cm$ 감소하는 경향을 나타낸다. 함양2 관측공의 전기전도도는 300 $\mu S/cm$ 내외이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 크게 나타나지 않는다.
- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 함양1 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형에 해당하며, 함양2 관측공은 Ca-HCO₃ 유형에 해당된다. 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 미만으로 검출되어 영농을 위한 용수로 사용 시 별다른 문제가 없는 것으로 분석되었다.
- 5) 장기 관측결과 : 함양1 관측공의 지하수위 변동폭은 2 m 이내이며, 강수와는 비례관계를 보이고, 여름철 주변 지하수 이용에 따른 지하수위 강하를 공통적으로 보인다. 전기전도도는 증가추세이다. 그러나 관측기간 1년 미만이므로, 향후 장기 관측을 통해 변동특성을 규명할 필요가 있다.
- 6) 관리 방안 : 함양지구는 수량관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

2.9.16 고성지구

1. 위치

관측공	주소	좌 표(TM)			개발 년도	개발당시 지하수위(m)
		Easting(Y)	Northing(X)	Z		
경남고성1	고성군 고성읍 죽계리 6-104	274963.8253	309663.999	60.917	2019	54.89
경남고성2	고성군 영현면 침점리 450-1	268119.2104	323527.3979	2.328	2019	1.02
경남고성3	고성군 거류면 가려리 636-133	267524.8228	323140.8409	4.2	2019	-0.33

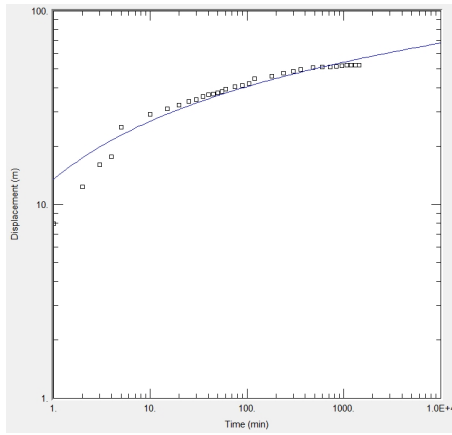
2. 지형 및 지질

경상남도 남부연안의 중앙부 최남단에 위치한 고성군은 행정구역상 동으로는 바다를 끼고 있으며, 서로는 사천시, 남으로는 통영, 거제시, 동북은 창원시, 서북은 진주시와 접하고 있다. 해안도서와 만이 많은 리아스식 해안을 지니며 소하천변에 크고 작은 들이 조성되어 있는 농어업의 적지이다.

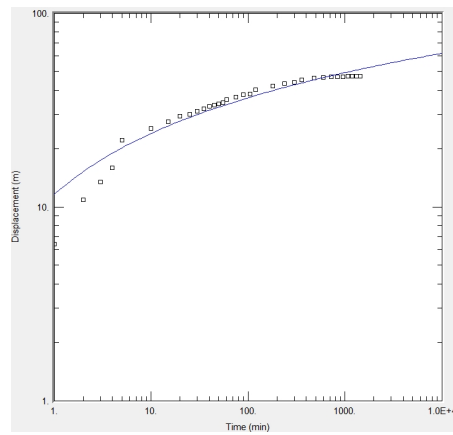
3. 대수층 수리지질 현황

경남고성 1, 2, 3 관측공에 대한 수리지질 특성을 파악하기 위한 현장조사로 양수시험과 물리검층을 실시하였다.

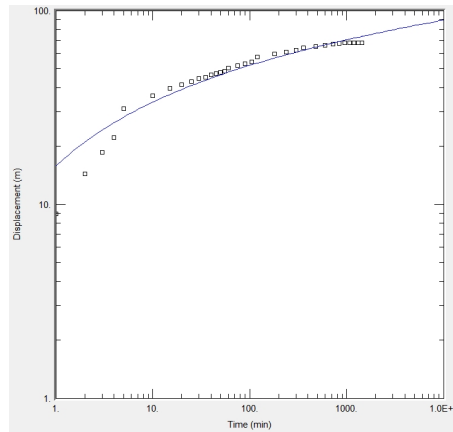
◎ 양수시험



<경남고성1 관측공 양수시험>



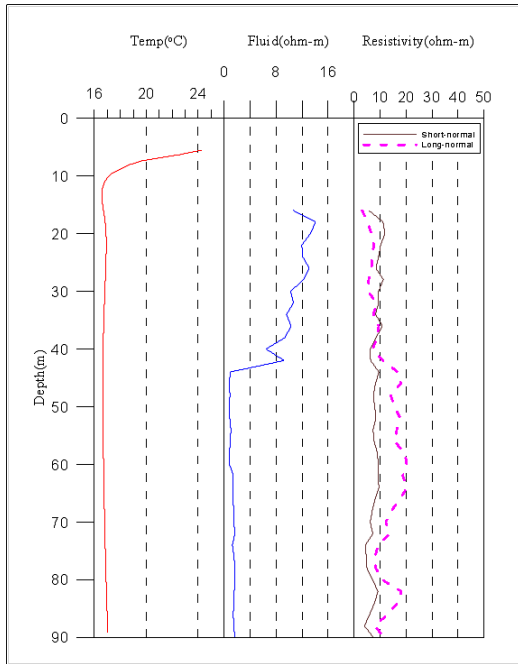
<경남고성2 관측공 양수시험>



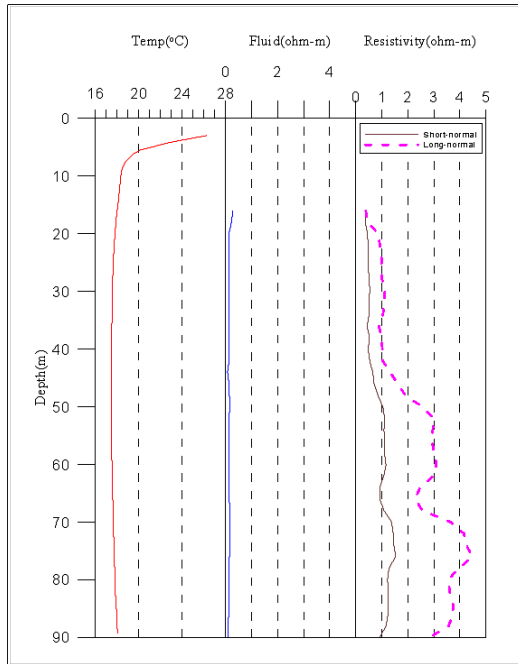
<경남고성3 관측공 양수시험>

관측공	양수량(m ³ /d)	투수량계수 (m ² /d)	수리전도도 (cm/sec)	대수층두께(m)
경남고성1	50	0.6673	8.48×10 ⁻⁶	91
경남고성2	50	0.7217	9.17×10 ⁻⁶	91
경남고성3	50	0.4948	6.29×10 ⁻⁶	91

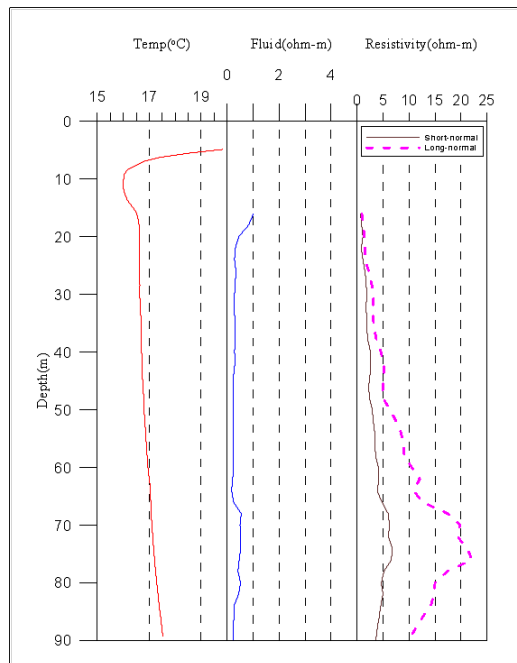
◎ 물리검층



<경남고성1 관측공 물리검층>

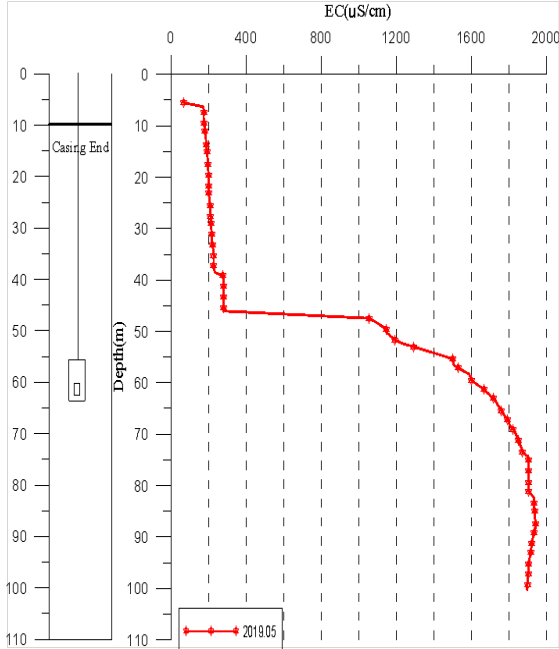


<경남고성2 관측공 물리검층>

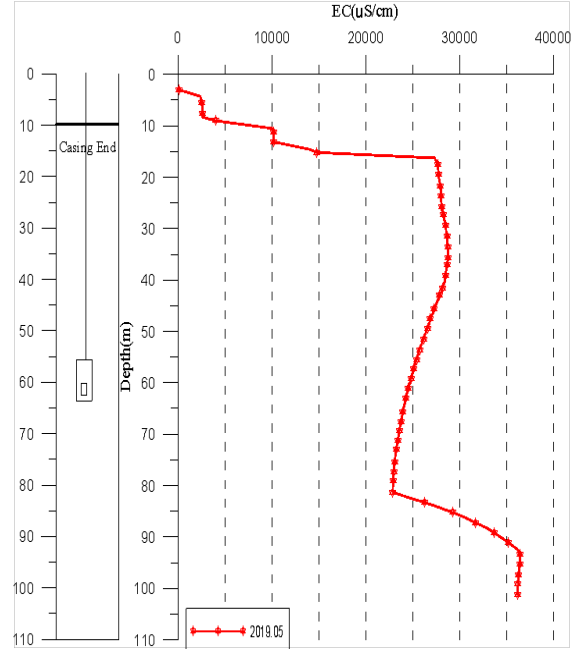


<경남고성3 관측공 물리검층>

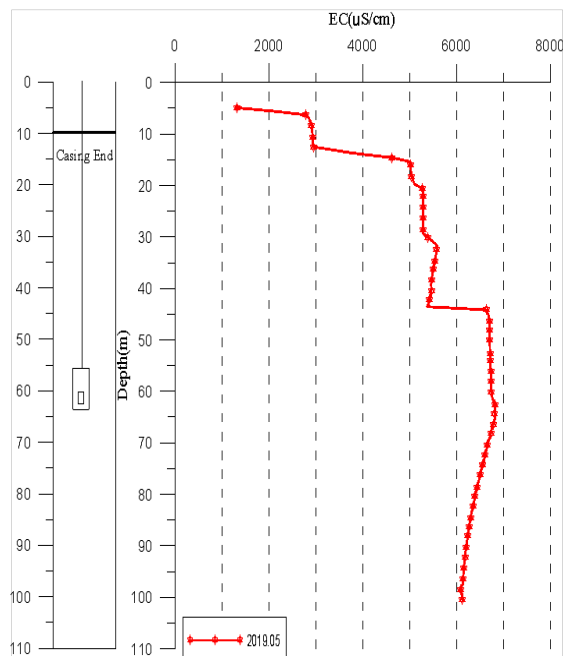
4. 지하수 검층



<경남고성1 관측공>



<경남고성2 관측공>



<경남고성3 관측공>

5. 지하수 수질 분석

◎ 이온분석 결과

(단위 : mg/L)

관측공(년도)	Na^+	Mg^{2+}	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-
경남고성1 (2019. 5)	15.44	1.93	0.78	180.97	390.45	3.90	50.52	2.66
경남고성2 (2019. 5)	2059.80	302.92	38.58	562.49	0.00	119.08	498.27	4069.40
경남고성3 (2019. 5)	402.57	24.49	12.46	39.37	0.00	309.99	202.46	603.98

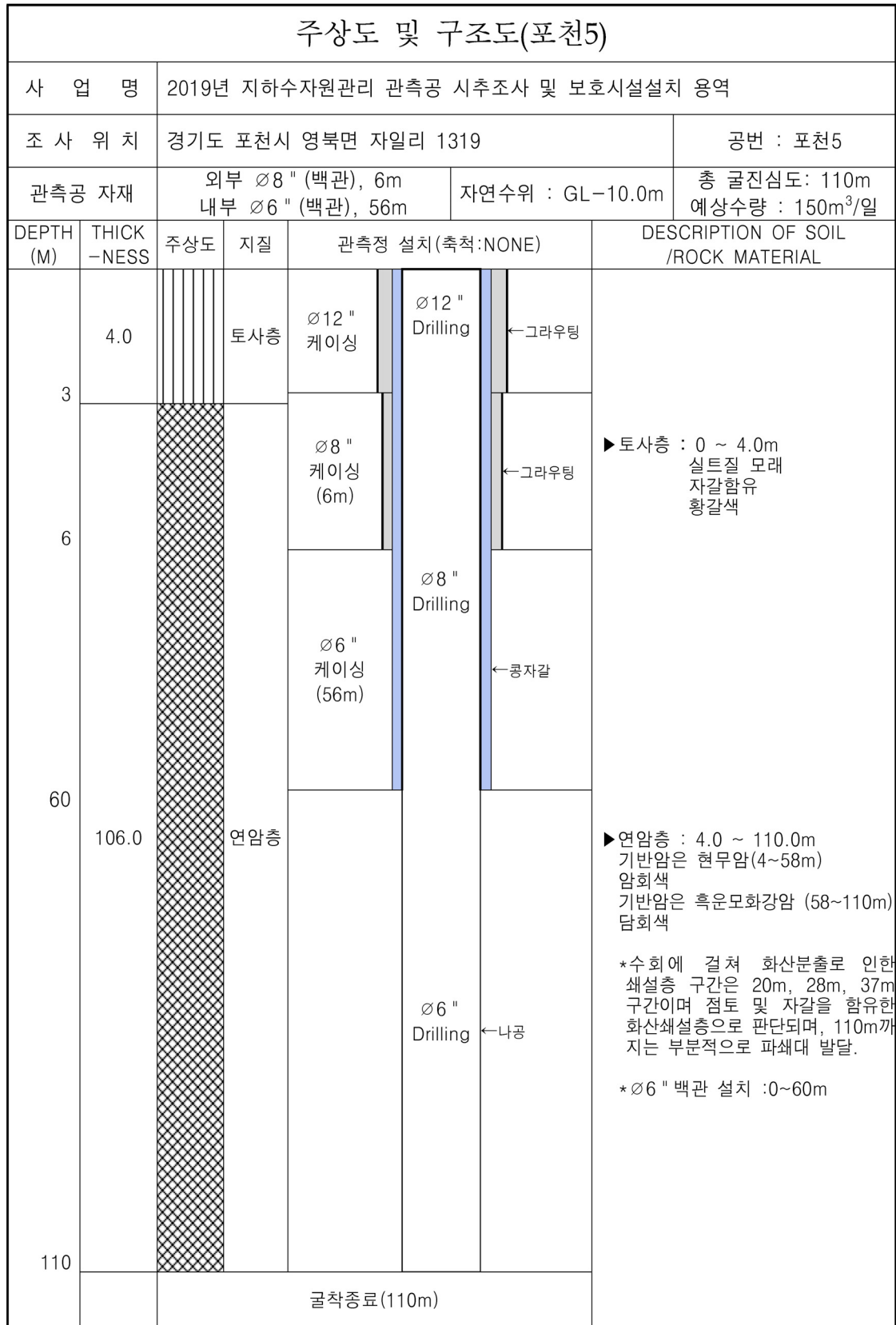
6. 현황 및 대책

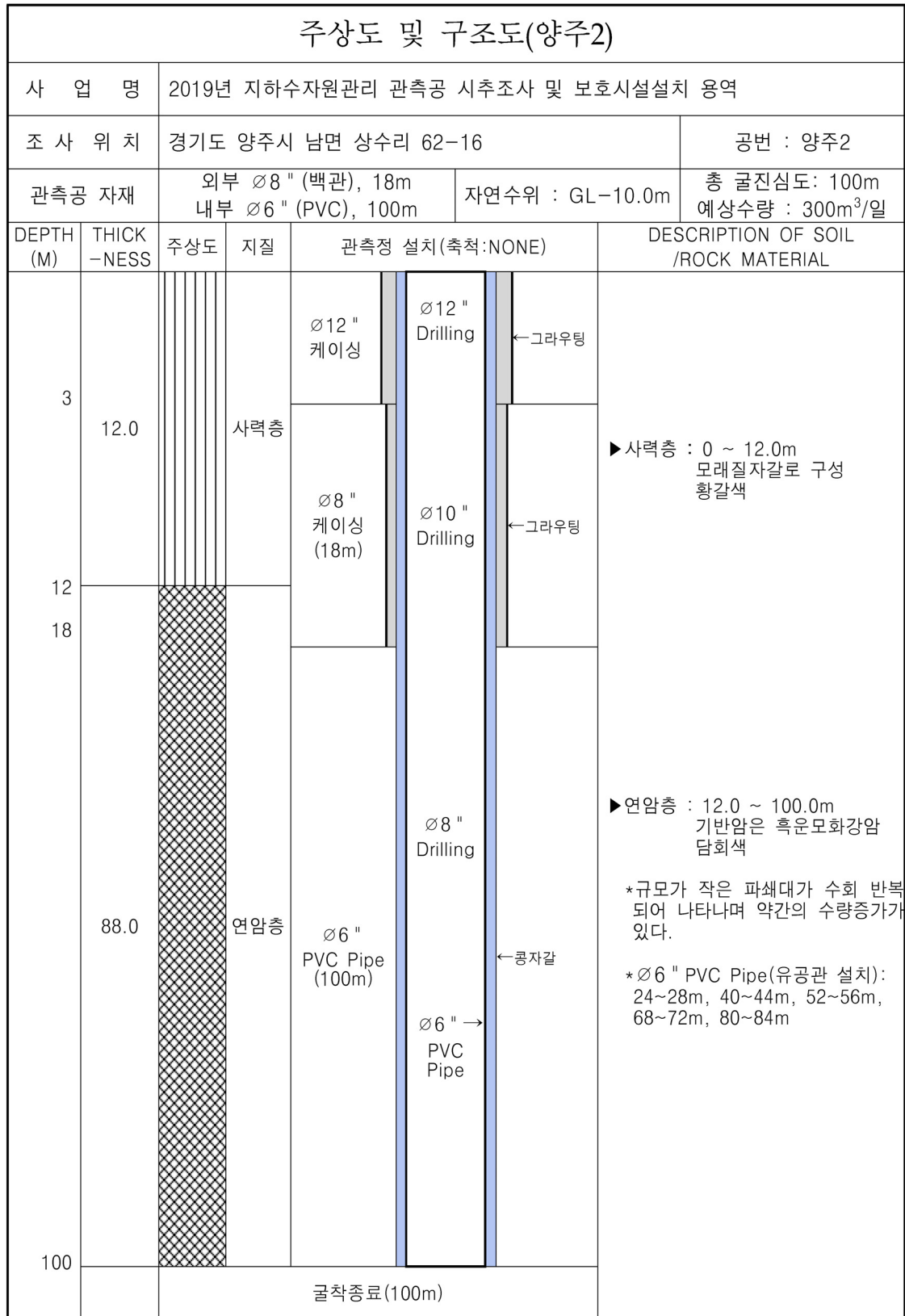
- 1) 위치선정 : 경남고성1 관측공이 설치된 고성읍 죽계리 일대에는 농경지역이 많이 분포하고 있으며, 죽계리는 고성읍의 평균 단위면적당 오염부하량보다 높은 수치를 보이고 있다. 또한 바닷가와 인접하고 있어 조수간만 현상에 따른 염수 유입 현상을 장기적으로 관측이 필요하다. 이에 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다. 경남고성2 관측공이 설치된 영현면 침점리 일대에는 농경지역이 많이 분포하고 있으며 단위면적당 이용량이 높으며, 오염원 개수가 상대적으로 많이 분포하고 있는 지역으로 수량 및 수질의 지속적인 관리가 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다. 경남고성3 관측공이 설치된 거류면 가려리 일대에는 농경지역이 많이 분포하고 있으며, 가려리는 바닷가와 인접하고 있어 조수간만 현상에 따른 염수 유입 현상을 장기적으로 관측이 필요하다. 이에 수질에 대한 관측이 필요한 지역으로 판단되어 선정하였다.
- 2) 양수시험 및 물리검층 결과 : 경남고성1, 2, 3 관측공의 양수량은 각 50, 50, 50 m³/d 이며, 수리전도도는 각 8.48×10⁻⁶ cm/sec(대수층 두께 약 91 m) 9.17×10⁻⁶ cm/sec(대수층 두께 약 91 m) 6.29×10⁻⁶ cm/sec(대수층 두께 약 91 m)이다. 노말 전기비저항 검층 결과 단노말(16")과 장노말(64") 값은 유사하여 각 20, 5, 25 ohm-m 이하로 나타난다. 특히 경남고성2 관측공의 노말 전기비저항 값은 매우 낮아 관정 주변 대수층이 염수로 포화되어 있음을 보인다.
- 3) 지하수 검층 결과 : 경남고성1 관측공의 전기전도도는 200 ~ 2,000 μS/cm 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 45 m 전이대 구간에서 약 1,700 μS/cm 증가하는 경향을 나타낸다. 경남고성2 관측공의 전기전도도는 100 ~ 36,000 μS/cm 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 15, 80 m 전이대 구간에서 각 28,700, 10,000 μS/cm 증가하는 경향을 나타낸다. 경남고성3 관측공의 전기전도도는 1,000 ~ 7,000 μS/cm 범위이며, 심도에 따른 전기전도도의 변화는 지표 하 10, 40 m 전이대 구간에서 각 2,000, 1,600 μS/cm 증가하는 경향을 나타낸다.

- 4) 지하수 수질 분석 결과 : 이온분석 결과, 경남고성1 관측공은 Ca-Cl 유형, 경남고성2 관측공은 (Na+K)-HCO₃ 유형, 경남고성3 관측공은 (Na+K)-Cl 유형에 해당된다. 경남고성2, 3 관측공의 질산염 농도는 먹는물 수질기준(44 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 10 mg/L) 및 농업용수 수질기준(88 mg/L; 질산성질소 농도로 환산 시 20 mg/L) 이상으로 검출되어 농업용수 이용을 금지하여야 한다.
- 5) 관리 방안 : 경남고성 지구는 수량 및 수질 관리가 필요한 지역에 설치하였고, 장기관측을 통해 지하수위 변동과 전기전도도의 변화를 모니터링 할 필요가 있다.

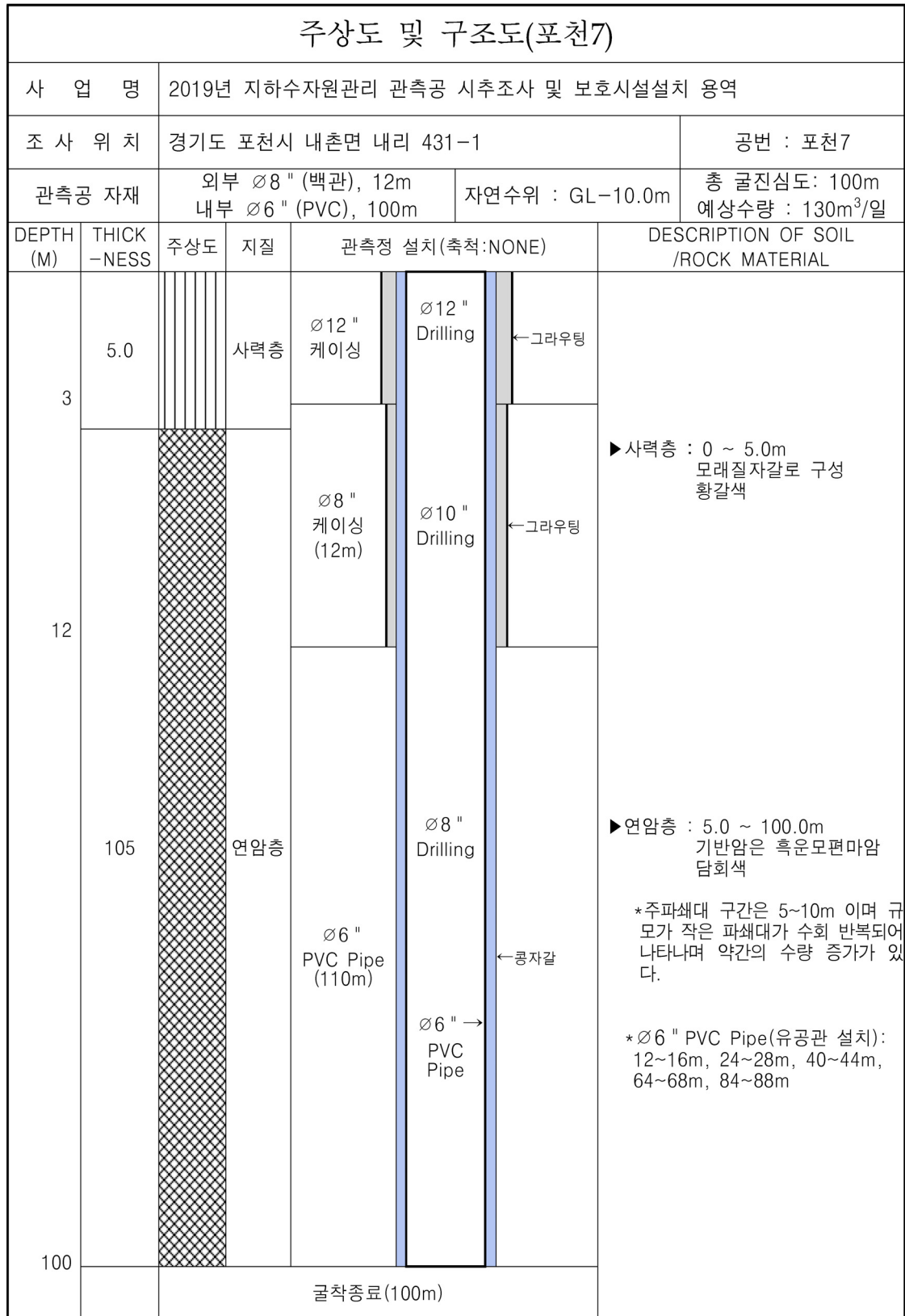
부록 3

신규 관측공 주상도





주상도 및 구조도(포천6)					
사업명	2019년 지하수자원관리 관측공 시추조사 및 보호시설설치 용역				
조사위치	경기도 포천시 일동면 기산리 530-6			공번 : 포천6	
관측공 자재	외부 $\varnothing 8"$ (백관), 12m 내부 $\varnothing 6"$ (PVC), 110m		자연수위 : GL-10.0m		총 굴진심도: 110m 예상수량 : 20m ³ /일
DEPTH (M)	THICK-NESS	주상도	지질	관측정 설치(축척:NONE)	DESCRIPTION OF SOIL /ROCK MATERIAL
3	5.0		토사층	$\varnothing 12"$ 케이싱 $\varnothing 12"$ Drilling ←그라우팅	▶토사층 : 0 ~ 5.0m 토사층 담갈색 ▶연암층 : 5.0 ~ 110.0m 기반암은 흑운모화강암 담회색 *규모가 작은 파쇄대가 수회 반복 되나 수량증가는 미미함. * $\varnothing 6"$ PVC Pipe(유공관 설치): 12~16m, 48~52m, 80~84m, 100~104m, 104~108m
12				$\varnothing 8"$ 케이싱 (12m) $\varnothing 10"$ Drilling ←그라우팅	
105			연암층	$\varnothing 8"$ Drilling $\varnothing 6"$ PVC Pipe (110m) ←공자갈 $\varnothing 6"$ → PVC Pipe	
110		굴착종료(110m)			



농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		홍천6 지구	공번: BH - 1		
위치	강원도 홍천군 두촌면 역내리 375				
조사	한국농어촌공사 강원지역본부				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	6 m
자연 수위	4 m	안정수위	8 m		
특기 사항	관측공 양수량: 60 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		|| || || ∅ 8" ||			
1	1.0	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	토 사	
2	1.0	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	사 층	
5	3.0	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	사 력 층	
	95.0	V V V V V	V V V V V	연 암	⊙ 기반암 : 편마암 ⊙ 대수층 구간 : 20~25m
		V V V	V V V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V	V V V		
100		V V V V	V V V V		

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		홍천7 지구		공번: BH - 1	
위치	강원도 홍천군 서석면 상군두리 295-5				
조사	한국농어촌공사 강원지역본부				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	11 m
자연 수위	2.12 m	안정수위	10.6 m		
특기 사항	관측공 양수량: 50 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		|| || ∅ 8" || ||			
1	1.0	[토사층 패턴]		토 사	
2	1.0	[토사층 패턴]		사 층	
10	8.0	[사력층 패턴]		사 력 층	
	90.0	[연암 패턴]		연 암	○기반암 : 화강암 ○대수층 구간 : 30~36m
100		[연암 패턴]			

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 : 농촌지하수 관측정 착정공사					
지구명 : 영월1 지구		공번: BH - 1			
위치	강원도 영월군 주천면 주천리 993-2				
조사	한국농어촌공사 강원지역본부 이용삼				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	250mm	심도	47 m	철재케이싱	33 m
자연 수위	6.5 m	안정수위	33.69 m		
특기 사항	관측공 양수량: 64 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		Ø 8"			
3	3.0	●●●●●●	●●●●●●	사 층	
10	7.0	○●○●○●	○●○●○●	사 력 층	
	37.0	V V V V V	V V V V V	연 암	○기반암 : 석회암 ○대수층 구간 : 33~47m
		V V V	V V V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V	V V V V		
47		V V V V	V V V V		
		V V V	V V V		

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		영월2 지구	공번: BH - 1		
위치	강원도 영월군 한반도면 쌍용리 1281-2				
조사	한국농어촌공사 강원지역본부 이용삼				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	250mm	심도	101 m	철재케이싱	21 m
자연 수위	2.8 m	안정수위	29.26 m		
특기 사항	관측공 양수량: 70 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		|| Ø 8" ||			
3	3.0	⋯⋯⋯⋯	⋯⋯⋯⋯	토 사	
6	3.0	⊙⊙⊙⊙	⊙⊙⊙⊙	사 력 층	
	95.0	V V V V V	V V V V V	연 암	○기반암 : 석회암 ○대수층 구간 : 32~33m, 78~79m, 82~83m
		V V V	V V V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
101		V V V	V V V		

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		화천3 지구	공번: BH - 1		
위치	강원도 화천군 상서면 파포리 881				
조사	한국농어촌공사 강원지역본부 이용삼				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200mm	심도	101 m	철재케이싱	18 m
자연 수위	2.3 m	안정수위	40.71 m		
특기 사항	관측공 양수량: 65 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
1	1.0			토 사	
8	7.0			사 력 층	
17	9.0			풍 화 대	
101	84.0			연 암	○기반암 : 편마암 ○대수층 구간 : 19~22m

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		화천4 지구	공번: BH - 1		
위치	강원도 화천군 간동면 오음리 599-4				
조사	한국농어촌공사 강원지역본부				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200mm	심도	105 m	철재케이싱	29 m
자연 수위	2.05 m	안정수위	54.34 m		
특기 사항	관측공 양수량: 26 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		 ∅ 8" 			
1	1.0	●●●●●	●●●●●	사 층	
4	3.0	○●○●○	○●○●○	사 력 층	
28	24.0	~ ~ ~ ~ ~	~ ~ ~ ~ ~	풍 화 대	
105	77.0	V V	V V	연 암	○기반암 : 반상화강암 ○대수층 구간 : 30~33m, 55~60m, 85~90m

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		양구3 지구	공번: BH - 1		
위치	강원도 양구군 방산면 현리 514				
회사	한국농어촌공사 강원지역본부				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200mm	심도	110 m	철재케이싱	18.5 m
자연 수위	8.71 m	안정수위	55.94 m		
특기 사항	관측공 양수량: 15 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		|| || ∅ 8" || ||			
2	2.0	▲▲▲▲▲		토 사	
11	9.0	●●●●●		사 층	
18	7.0	○●○●○		사 력 층	
	92.0	V V V V V	V V V V V	연 암	○기반암 : 편마암 ○대수층 구간 : 75~100m
		V V V	V V V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
110		V V V V	V V V V		

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수관리 관측공 조사			
지구명 :		청주3 지구	공번: BH - 1		
위치	충청북도 청주시 상당구 가덕면 행정리 454				
조사	한국농어촌공사 충북지역본부 이동일				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	16 m
자연 수위	2.59	안정수위	4.73 m		
특기 사항	관측공 양수시험 양수량 310 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		|| || Ø 8" || ||			
1	1.0	.....	.....	토 사	
7	6.0	.....	.....	사 층	
10	3.0	..O..O..	..O..O..	사 력 층	
16	6.0	~~~~~	~~~~~	풍 화 대	
	84.0	V V V V V	V V V V V	연 암	기반암: 청주화강암 반상 흑운모 화강암 대수층: 씨징물량 18~25m 700 m ³ /day 66~70m 300 m ³ /day
		V V V	V V V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
100		V V V V V	V V V V V		

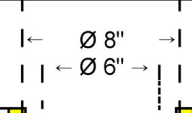
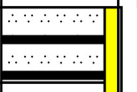

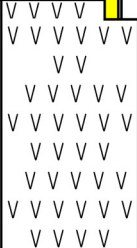
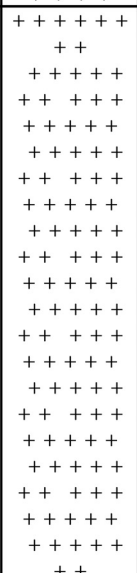
농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수관리 관측공 조사			
지구명 :		청주4 지구	공번: BH - 1		
위치	충청북도 청주시 상당구 남일면 신송리 486-8				
조사	한국농어촌공사 충북지역본부 이동일				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	12 m
자연 수위	3.01 m	안정수위	17.18 m		
특기 사항	관측공 양수시험 양수량 80 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		 ∅ 8" 			
1	1.0	토 사	
6	5.0	사 층	
8	2.0	○:○:○:○	○:○:○:○	사 력 층	
12	4.0	~ ~ ~ ~	~ ~ ~ ~	풍 화 대	
	88.0	V V	V V	연 암	기반암: 반상화강암 대수층: 씨징물량 42m 50 m ³ /day 70~100m 30 m ³ /day
100		V V V V V	V V V V V		

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수관리 관측공 조사			
지구명 :		제천3 지구		공번: BH - 1	
위치	충청북도 제천시 금성면 월림리 481-6				
조사	한국농어촌공사 충북지역본부 이동일				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	18 m
자연 수위	2.86 m	안정수위	37.29 m		
특기 사항	관측공 양수시험 양수량 210 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
1.5	1.5			토 사	
6	4.5			사 층	
12	6.0			사 력 층	
18	6.0			풍 화 대	
	102.0			연 암	기반암: 흑운모화강암 대수층: 씨징물량 60m 250 m ³ /day 90m 100 m ³ /day
120					

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수관리 관측공 조사			
지구명 :		제천4 지구	공번: BH - 1		
위치	충청북도 제천시 백운면 방학리 1085				
조사	(주)충북아쿠아개발				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	26 m
자연 수위	2.98 m	안정수위	19.85 m		
특기 사항	관측공 양수시험 양수량 240 m ³ /day				
심도	층후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		Ø 8"			
2	2.0	.....	.....	토 사	
3	1.0	.....	.....	사 층	
9	6.0	○:○:○:○	○:○:○	사 력 층	
		~ ~ ~ ~	~ ~ ~		
	17.0	~ ~ ~ ~	~ ~ ~ ~	풍 화 대	
26		~ ~ ~ ~	~ ~ ~		
		V V V V V	V V V V V	연 암	기반암: 흑운모화강암 대수층: 씨징물량 28~32m 200 m ³ /day 70~78m 100 m ³ /day
		V V V	V V V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
		V V V V	V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V V V V V	V V V V V		
		V	V		
100		V V V V V	V V V V V		
		V	V		

농촌지하수 관측정 착정주상도						
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사				
지구명 :		당진1 지구		공번: BH - 1		
위치	충청남도 당진시 송악읍 전대리 575-5					
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복					
착정 장비명	고성능 착정기					
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	21 M	
자연 수위			안정수위			
특기 사항	관측공		양수량: 250 m ³ /day			
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고	
		← Ø 8" → | | ← Ø 6" → | |				
8	8		P P P		토 사	
20	12		P P P		풍 화 대	
41	21		P = S = = S = = S = = S =		연 암	- 기반암: 혼성편마암 - 대수층 균열 구간: 24~41m(250m ³ /day)
100	59		P		보 통 암	

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		당진2 지구	공번: BH - 1		
위치	충청남도 당진시 송산면 삼월리 87-2				
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	21 M
자연 수위			안정수위		
특기 사항	관측공		양수량:	240 m ³ /day	
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
6	6			토 사	
20	14			풍 화 대	
36	16			연 암	- 대수층 균열 구간: 20~22m(150m ³ /day) 36m(70m ³ /day)
100	64			보 통 암	- 대수층 균열 구간: 72m(70m ³ /day) - 기반암: 송악편암

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		당진3 지구		공번: BH - 1	
위치	충청남도 당진시 고대면 성산리 67-5				
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	15 M
자연 수위			안정수위		
특기 사항	관측공		양수량: 50 m ³ /day		
심도	층 후	주 상 도	지질 및 구조	비 고	
					
7	7		토 사	- 머드	
14	7		풍 화 대		
39	25		연 암	- 대수층 균열 구간: 24m(25m ³ /day) 38m(25m ³ /day)	
100	61		보 통 암	- 기반암: 송악편암	

농촌지하수 관측정 착정주상도						
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사				
지구명 :		서산3 지구		공번: BH - 1		
위치	충청남도 서산시 대산읍 운산리 1-172					
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복					
착정 장비명	고성능 착정기					
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	9 M	
자연 수위			안정수위			
특기 사항	관측공		양수량: 50 m ³ /day			
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고	
3	3			토 사		
8	5			풍 화 대		
25	17			연 암	- 기반암: 편마암 - 대수층 균열 구간: 24~25m(25m ³ /day)	
100	75			보 통 암	- 대수층 균열 구간: 36~37m(25m ³ /day)	

농촌지하수 관측정 착정주상도						
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사				
지구명 :		청양4 지구		공번: BH - 1		
위치	충청남도 청양군 장평면 구룡리 495					
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복					
착정 장비명	고성능 착정기					
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	36 M	
자연 수위			안정수위			
특기 사항	관측공		양수량: 140 m ³ /day			
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고	
		|← Ø 8" →| || ← Ø 6" → ||				
12	12		P		토 사	
18	6		P		사 력 층	
35	17		P		풍 화 대	
64	29		P		연 암	- 대수층 균열 구간: 36~45m(90m ³ /day) 45~64m(50m ³ /day)
100	36				보 통 암	- 기반암: 운모편암

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사 업 명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지 구 명 :		청양5 지구		공번: BH - 1	
위 치	충청남도 청양군 목면 화양리 1352				
조 사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현, 강신복				
착정 장비명	고성능 착정기				
착 정 구 경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	18 M
자 연 수 위			안정수위		
특 기 사 항	관측공		양수량: 190 m ³ /day		
심도	층 후	주 상 도	지질 및 구조	비 고	
14	14		토 사		
17	3		풍 화 대		
23	6		연 암		
100	77		보 통 암	- 대수층 균열 구간: 24~41m(190m ³ /day) - 기반암: 사암, 역암	

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		논산3 지구	공번: BH - 1		
위치	충청남도 논산시 상월면 속진리 875				
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	12 M
자연 수위			안정수위		
특기 사항	관측공		양수량:	56 m ³ /day	
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
3	3			토 사	
4	1			사 층	
11	7			풍 화 대	
	89			연 암	- 대수층 균열 구간: 45~46m(56m ³ /day)
100					- 기반암: 화강섬록암

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		공주5 지구	공번: BH - 1		
위치	충청남도 공주시 계룡면 유평리 279-3				
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200~150mm	심도	100 M	철재케이싱	14 M
자연 수위			안정수위		
특기 사항	관측공		양수량:	300 m ³ /day	
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
4	4			토 사	
5	1			사 층	
13	8			풍 화 대	
100	87			연 암	- 대수층 균열 구간: 16~20m, 64~62m, 72~75m - 기반암: 화강암

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		홍성5 지구		공번: BH - 1	
위치	충청남도 홍성군 갈산면 내갈리 179				
조사	한국농어촌공사 충남지역본부 손지현				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200~150mm	심도	127 M	철재케이싱	12 M
자연 수위	안정수위				
특기 사항	관측공		양수량: 200 m ³ /day		
심도	층 후	주 상 도	지질 및 구조	비 고	
5	5		토 사		
6	1		사 층		
11	5		풍 화 대		
127	116		연 암	- 기반암: 화강편마암 - 대수층 균열 구간: 120~125m	

시 추 주 상 도

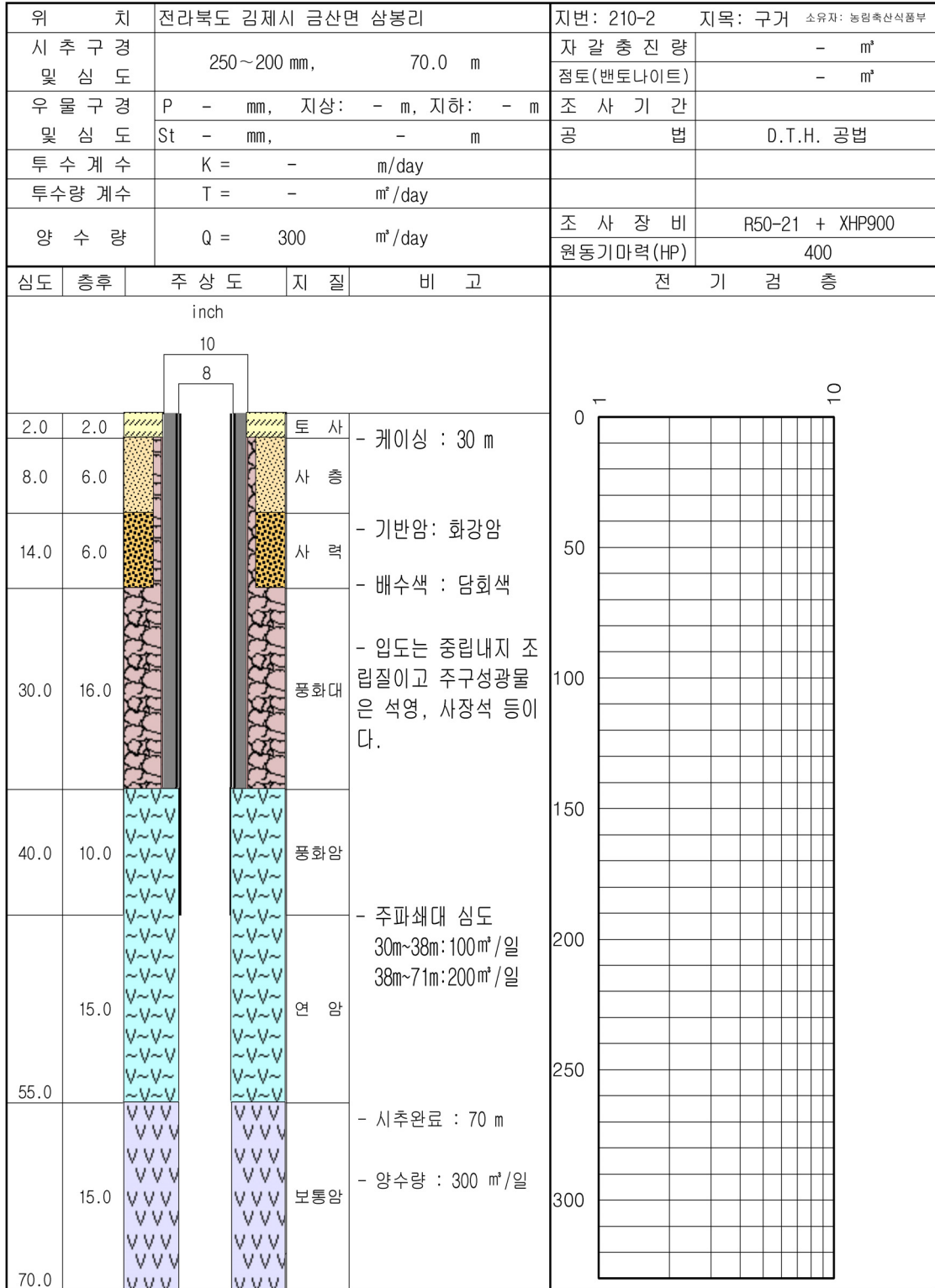
지질직: 김 승 현

지구명 : 김금지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



시 추 주 상 도

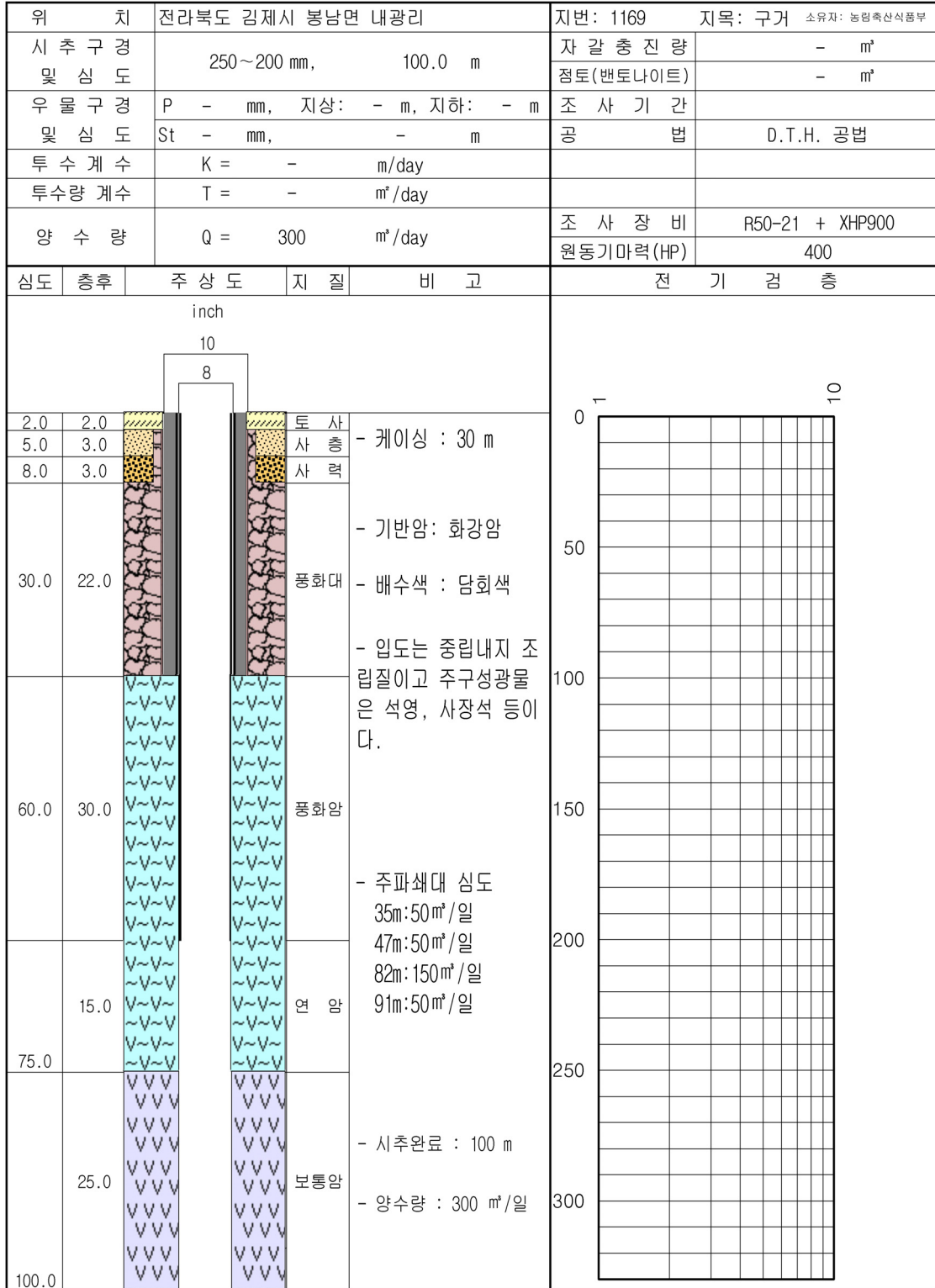
지질직: 김 승 현

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m

지구명 : 김금지구



시 추 주 상 도

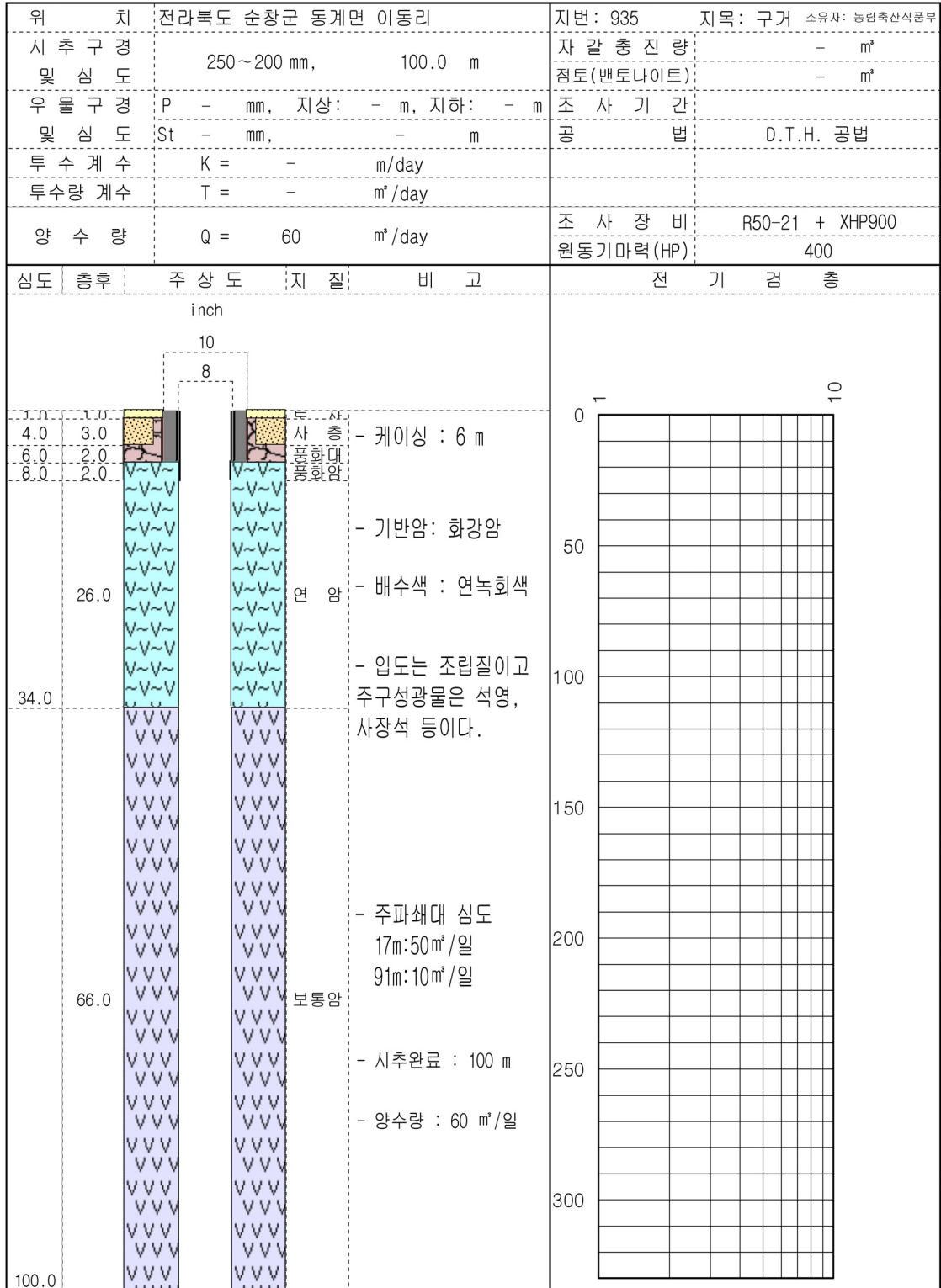
지질직: 김 승 현

지구명 : 순동지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



시 추 주 상 도

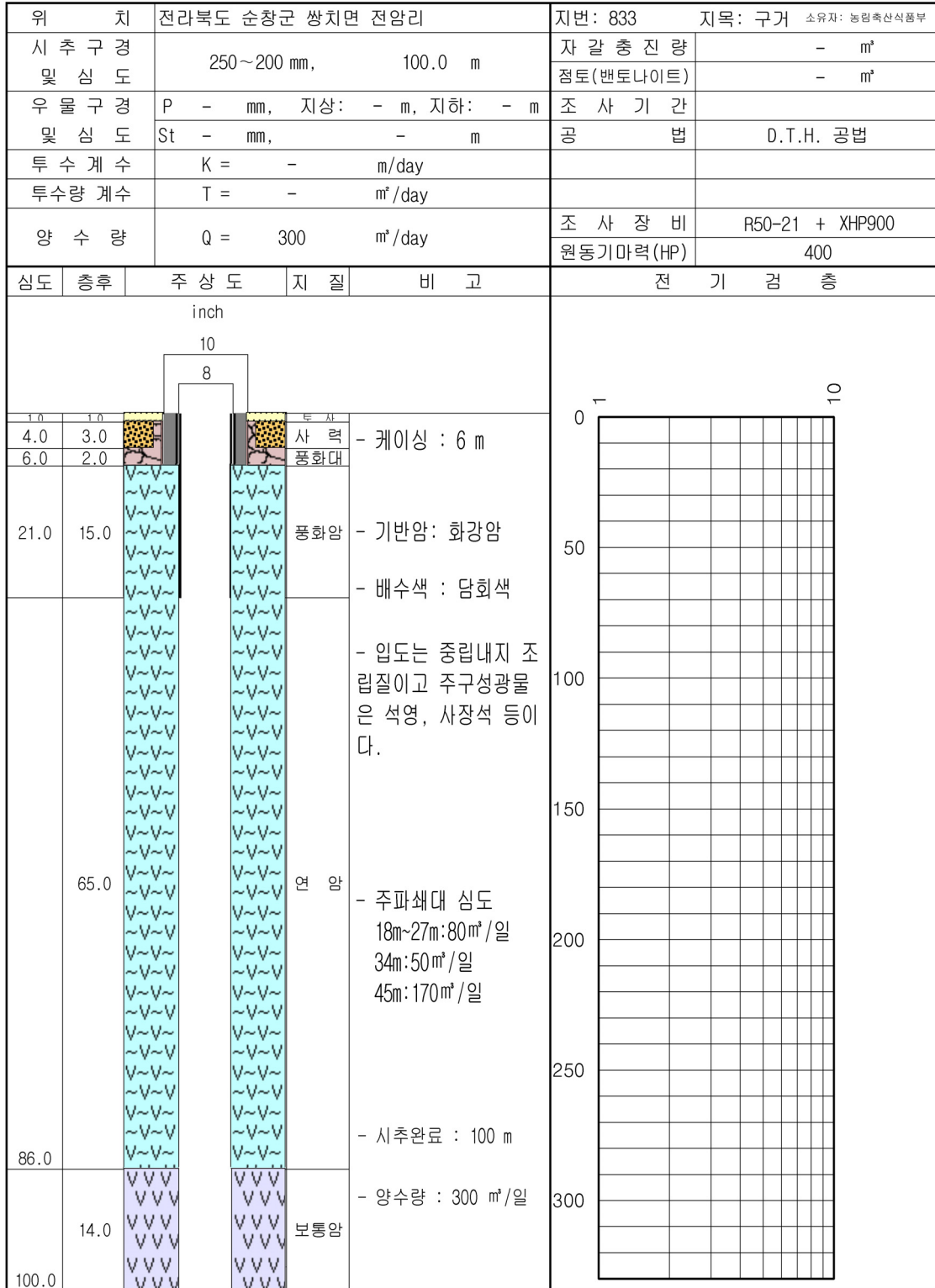
지질직: 김 승 현

지구명 : 순창지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



시 추 주 상 도

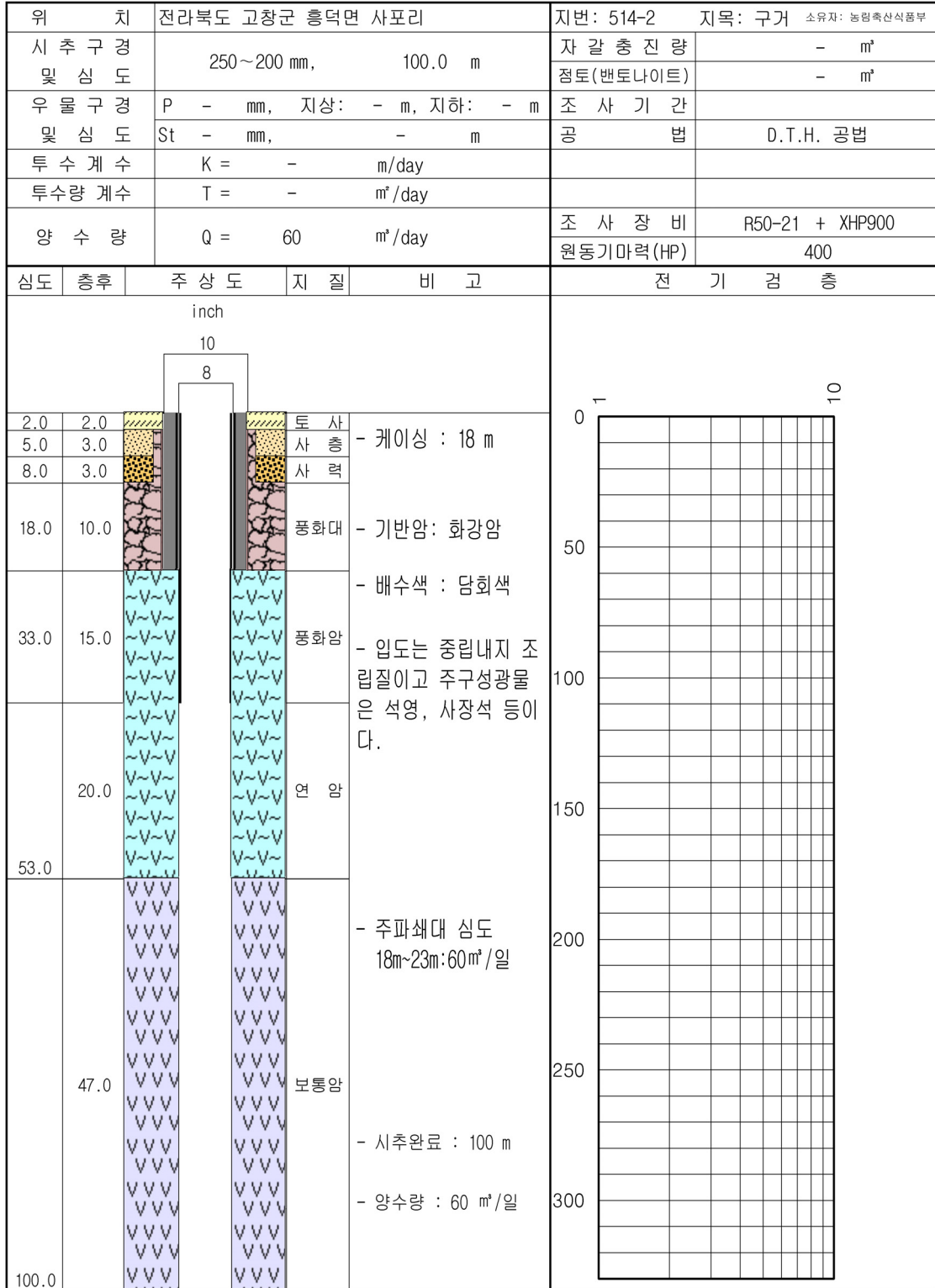
지질직: 김 승 현

지구명 : 고신지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



시 추 주 상 도

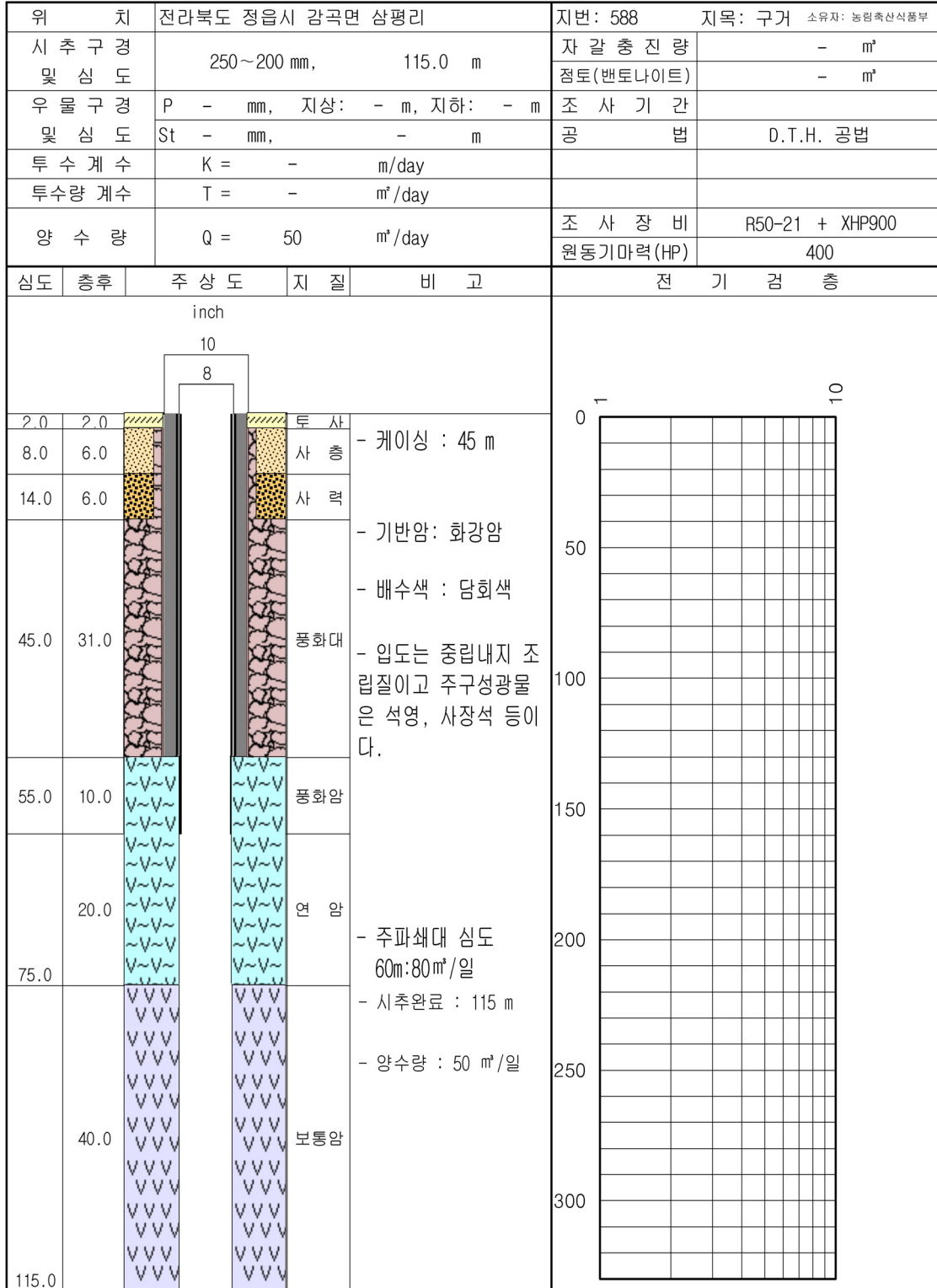
지질직: 김 승 현

지구명 : 정감지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



시 추 주 상 도

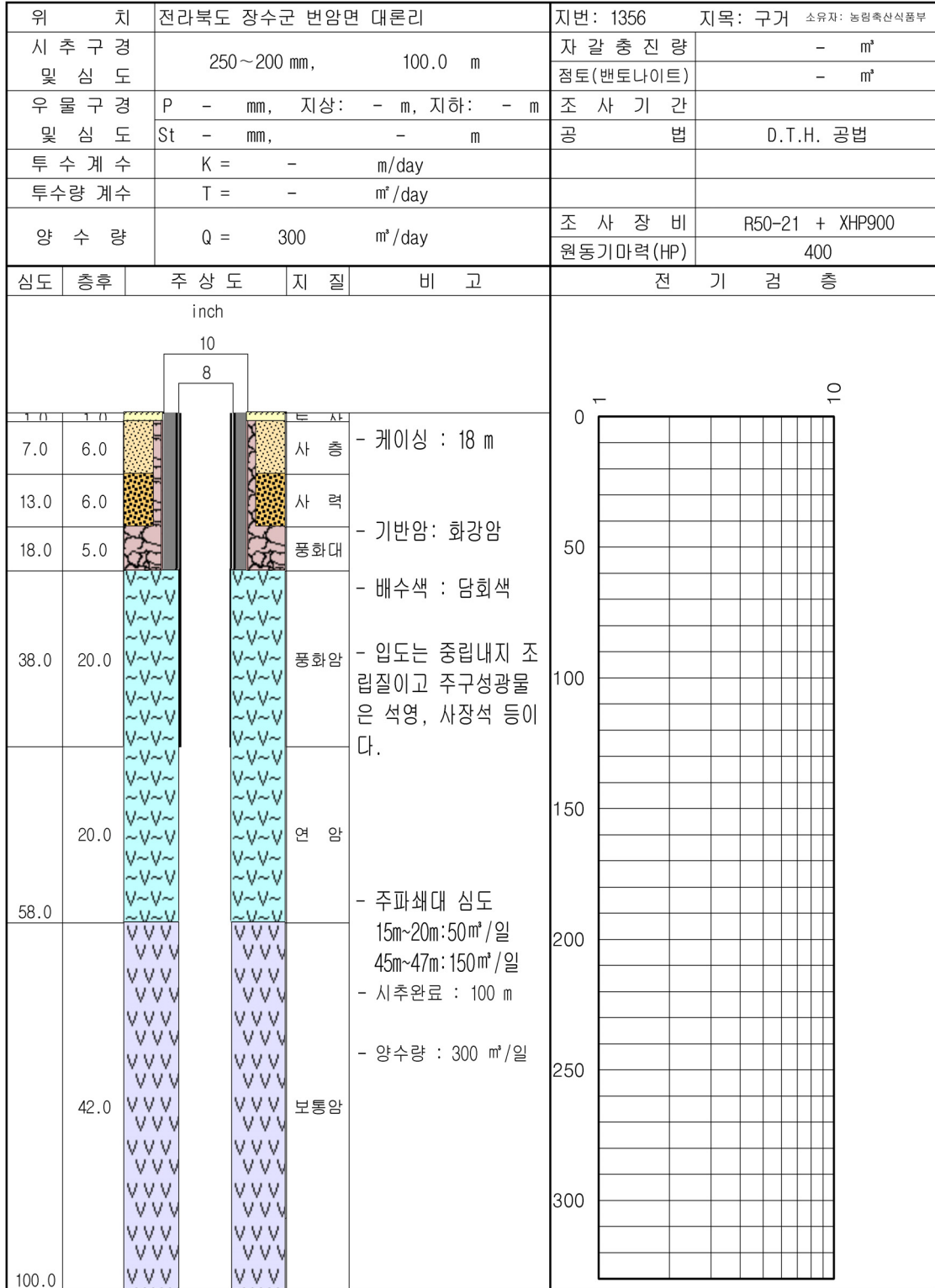
지질직: 김 승 현

지구명 : 장번지구

운전자: 박 정 진

공번: BH-1

지반고: m



시 추 주 상 도

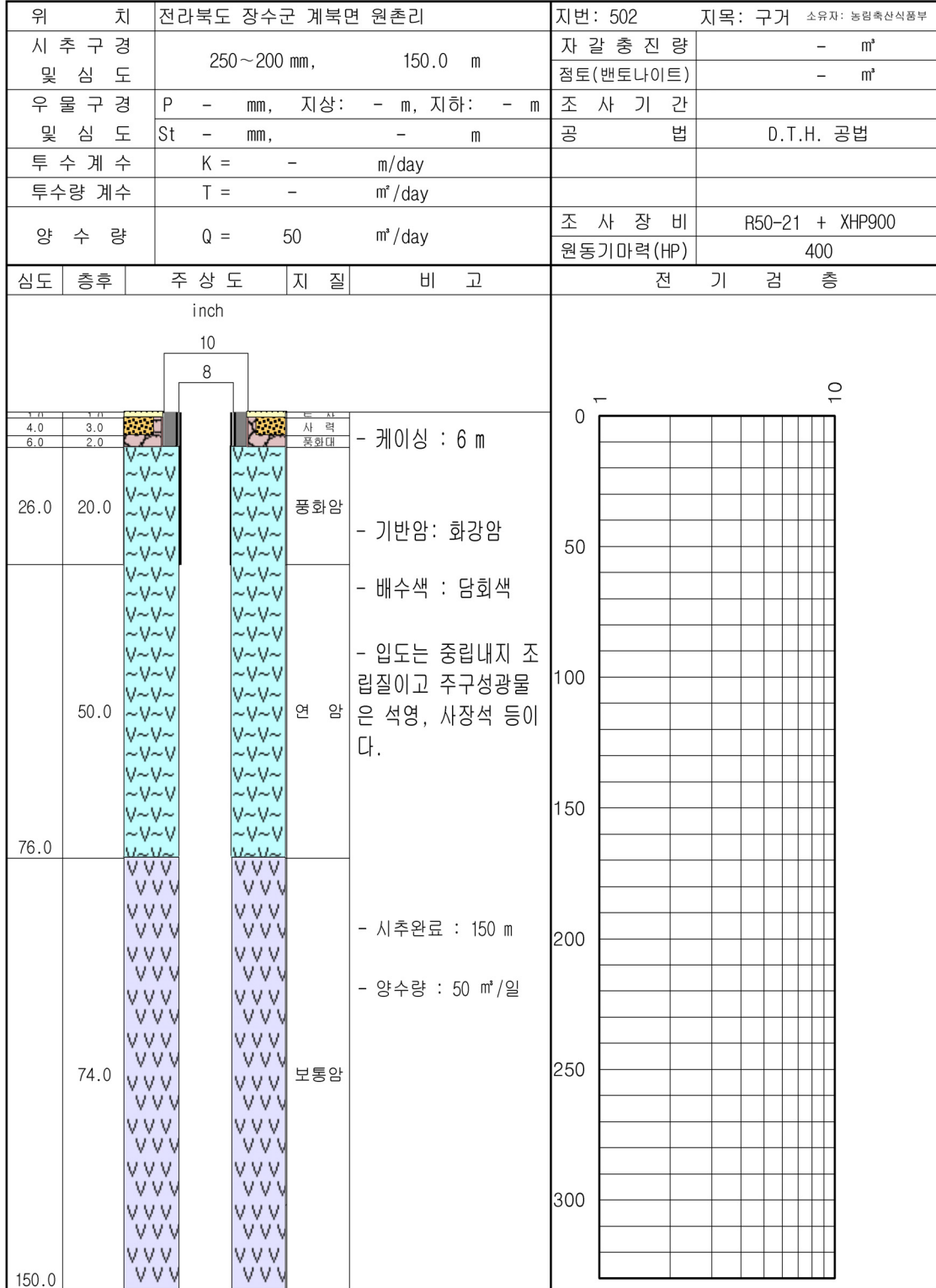
지질직: 김 승 현

지구명 : 장계지구





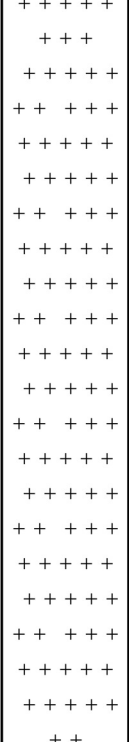
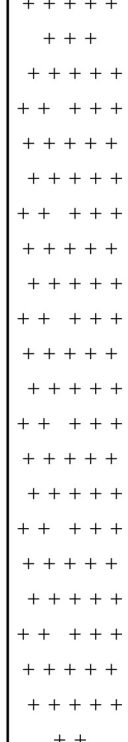
운전자: 박 정 진

공번: BH-1



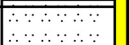
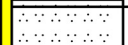


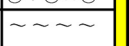
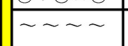
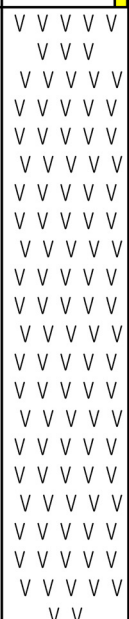
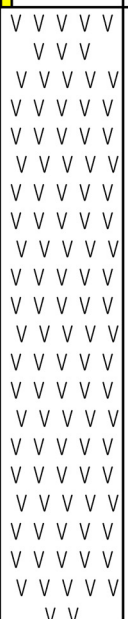
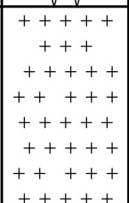
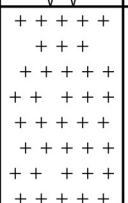
지반고: m



농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		보성7 지구	공번: BH - 1		
위치	전라남도 보성군 조성면 매현리 501-3				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이스	51 m
자연 수위	2.8 m	안정수위	14.2 m		
특기 사항	관측공 양수량: 55 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
2	2.0	~~~~~	~~~~~	사 력 층	
50	48.0	△△△△△	△△△△△	토 사 층	
51	1.0	~~~~~	~~~~~	풍 화 대	
54	3.0	V V V V V V V V	V V V V V V V V	연 암	
100	46.0	+++++ +++ +++++ ++ +++ +++++	+++++ +++ +++++ ++ +++ +++++	보 통 암	기반암 : 반상변정질편마암 대수층 : 51m 55m ³ /day

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 : 농촌지하수 관측정 착정공사					
지구명 : 장흥5 지구			공번 : BH - 1		
위치	전라남도 장흥군 장평면 축내리 785-3				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	70 m	철재케이싱	8 m
자연 수위	4.6 m	안정수위	57.2 m		
특기 사항	관측공 양수량 : 50 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
7	7.0			토사층	
8	1.0			풍화대	
70	62.0			보통암	기반암 : 장평응회암 대수층 : 64m 50m ³ /day

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 : 농촌지하수 관측정 착정공사					
지구명 : 장흥6 지구			공번 : BH - 1		
위치	전라남도 장흥군 장흥읍 해당리 4				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	50 m	철재케이싱	35 m
자연 수위	4.4 m	안정수위	43.83 m		
특기 사항	관측공 양수량 : 50 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
6	6.0			토사층	
27	21.0			해상퇴적층	
30	3.0			사력층	
35	5.0			풍화대	
50	15.0			연암	기반암 : 화강암 대수층 : 36m~40m 50m ³ /day

농촌지하수 관측정 착정주상도						
사업명 : 농촌지하수 관측정 착정공사						
지구명 : 영암5 지구			공번 : BH - 1			
위치		전라남도 영암군 도포면 성산리 1478-5				
조사		한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명		고성능 착정기				
착정 구경		200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	6 m
자연 수위		3.4 m	안정수위	33.8 m		
특기 사항		관측공 양수량 : 50 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고	
		∅ 8"				
2	2.0			토 사 층		
3	1.0			사 층		
5	2.0			사 력 층		
6	1.0			풍 화 대		
85	79.0			연 암	기반암 : 흑운모화강암 대수층 : 7m~10m 20m ³ /day 20m~25m 30m ³ /day	
100	15.0			보 통 암		

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		해남10 지구	공번: BH - 1		
위치	전라남도 해남군 황산면 한자리 산16-9				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	106 m	철재케이싱	6 m
자연 수위	22.0 m	안정수위	28.0 m		
특기 사항	관측공 양수량: 50 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
4	4.0	[Symbol]		토사층	
6	2.0	[Symbol]		연암	
106	100.0	[Symbol]		보통암	기반암 : 응회암 대수층 : 40m 50m ³ /day

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		해남12 지구	공번: BH - 1		
위치	전라남도 해남군 북일면 용일리 1396				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	12 m
자연 수위	3.2 m	안정수위	6.71 m		
특기 사항	관측공 양수량: 60 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
3	3.0			토 사 층	
5	2.0			사 층	
7	2.0			사 력 층	
12	5.0			풍 화 대	
100	88.0			연 암	기반암 : 반상변정편마암 대수층 : 75m 60m ³ /day

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		영양3 지구		공번: BH - 1	
위치	충청북도 영양군 입암면 흥구리 38-3				
조사	한국농어촌공사 경북지역본부 정용모				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	200 m	철재케이싱	9 m
자연 수위	6.6 m	안정수위	12.6 m		
특기 사항	관측공 양수량: 50 m ³ /day				
심도	층후	주상도	지질 및 구조	비고	
		∅ 8"			
4	4.0		토사		
6	2.0		사층		
9	3.0		풍화대		
200	191.0		연암	기반암 : 퇴적암 대수층 : 100m 20m ³ /day 192m 30m ³ /day	

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		울진2 지구		공번: BH - 1	
위치	충청북도 울진군 매화면 기양리 1529				
조사	한국농어촌공사 경북지역본부 정용모				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	18 m
자연 수위	4.7 m	안정수위	40.8 m		
특기 사항	관측공 양수량: 100 m ³ /day				
심도	층후	주상도	지질 및 구조	비고	
		∅ 8"			
3	3.0	[토사층 패턴]	토사		
6	3.0	[사층 패턴]	사층		
18	12.0	[풍화대 패턴]	풍화대		
100	82.0	[연암 패턴]	연암	기반암 : 퇴적암 대수층 : 24m 50m ³ /day 36m 30m ³ /day 57m 20m ³ /day	

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		영주1 지구		공번: BH - 1	
위치	충청북도 영주시 부석면 보계리 529-2				
조사	한국농어촌공사 경북지역본부 정용모				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	200 m	철재케이싱	12 m
자연 수위	3.5 m	안정수위	30.2 m		
특기 사항	관측공 양수량: 200 m ³ /day				
심도	층후	주 상 도	지질 및 구조	비 고	
		∅ 8"			
4	4.0		토 사		
6	2.0		사 층		
12	6.0		풍 화 대		
200	188.0		연 암	기반암 : 퇴적암 대수층 : 63m 100m ³ /day 97m 50m ³ /day 190m 50m ³ /day	

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		상주9 지구	공번: BH - 1		
위치	경상북도 상주시 화동면 어산리 138-1				
조사	한국농어촌공사 경북지역본부 정용모				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	110 m	철재케이싱	9 m
자연 수위	2.8 m	안정수위	74.0 m		
특기 사항	관측공 양수량: 50 m ³ /day				
심도	층후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
3	3.0			토 사	
4	1.0			사 층	
9	5.0			풍 화 대	
110	101.0	V V	V V	연 암	기반암 : 퇴적암 대수층 : 21m 30m ³ /day 52m 10m ³ /day 67m 10m ³ /day

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 :		농촌지하수 관측정 착정공사			
지구명 :		청송6 지구	공번: BH - 1		
위치	경상북도 청송군 주왕산면 부일리 964				
조사	한국농어촌공사 경북지역본부 정용모				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	6 m
자연 수위	16.6 m	안정수위	25.0 m		
특기 사항	관측공 양수량: 200 m ³ /day				
심도	층후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
3	3.0			토 사	
4	1.0			사 층	
6	2.0			풍 화 대	
100	94.0			연 암	기반암 : 퇴적암 대수층 : 60m 100m ³ /day 87m 50m ³ /day 91m 50m ³ /day

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 함양군 함양읍 용평리 251						표고	EL. m		
조사지					개발년도	2019				
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	충적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	250mm	자 갈	총진량		
	암 반:D.T.H	빗트	암 반:BUTTON			150mm				
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	m m m	스트 레 나	소 켓	개	스트레나 개 공 율	%	케이싱 심 도	32m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고			
3.0	3.0	← φ 10 →			← φ 6 →					
7.0	4.0	Casing			Grouting					
12.0	5.0	토사층			토사층					
31.0	19.0	사층			사층					
32.0	1.0	사력층			사력층					
		풍화암층			풍화암층					
		기반암: 함양 화강암			기반암: 함양 화강암					
	68	대수층			대수층					
		75m: 150m³/일			75m: 150m³/일					
		90m: 100m³/일			90m: 100m³/일					
100		총간이수량: 250m³/일			총간이수량: 250m³/일					

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 고성군 영현면 침점리 450-1						표고	EL. m			
조사자					개발년도	2019					
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	총적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	300mm	자 갈	총진량			
	암 반:D.T.H	비트	암 반:BUTTON			200mm					
우 물 자 재	파이프	지상 계 지하	m m	스트 레너	m m	소 켓	개	스트레너 개공율	%	케이싱 심 도	9m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고				
3.0	3.0				토사층						
5.0	2.0				사층						
7.0	2.0				사력층						
8.0	1.0				풍화암층						
9.0	1.0				기반암: 화강섬록암						
91					대수층		69m: 30m³/일 88m: 20m³/일 총간이수량: 50m³/일				
100											

착정 (시 추) 작업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 고성군 거류면 가려리 636-133						표고	EL. m	
조사자					개발년도	2019			
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	총적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	300mm	자 갈		
	암 반:D.T.H	비트	암 반:BUTTON			200mm				총진량
우 물 자 재	파이프	지상	m	스트	개	스트레너	%	케이싱	9m
		지하	m	레너						소	개 공 율	심 도
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고		
2.0	2.0	토사층			토사층				
4.0	2.0	사층			사층				
7.0	3.0	사력층			사력층				
8.0	1.0	풍화암층			풍화암층				
9.0	1.0	기반암: 섬록암			기반암: 섬록암				
	91	대수층			대수층		34m: 50m³/일		
100		총간이수량: 50m³/일			총간이수량: 50m³/일				

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 하동군 고전면 신월리 1391-4						표고	EL. m			
조사지					개발년도		2019				
착 정 공 법	토사층:ROTARY		사용		충적층:3 Wing		착정구경 및 심 도		250mm		자 갈 충진량
	암 반:D.T.H		빗트		암 반:BUTTON				150mm		
우 물 자 재	파 이 프	지상 m		스트		소		스트레나		케이싱	
		지하 m		레나		켓		개 공 율		% 심 도	
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조				지질 및 구조				비 고	
9.0	9.0					토사층 사층 사력층 풍화암층 기반암: 화강암 대수층 25m: 30m ³ /일 46m: 35m ³ /일 총간이수량: 65m ³ /일					
10.0	1.0										
12.0	2.0										
15.0	3.0										
16.0	1.0										
84	84										
100											

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 하동군 고전면 전도리707-2					표고	EL. m		
조사지					개발년도	2019			
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	충적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	250mm	자 갈	충진량	
	암 반:D.T.H	빗트	암 반:BUTTON			150mm			
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	스 트 레 나	소 켓	개	스 트 레 나 개 공 율	%	케이싱 심 도	32m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고		
26.0	26.0				토사층				
27.0	1.0				사층				
29.0	2.0				사력층				
31.0	2.0				풍화암층				
32.0	1.0				기반암: 화강암				
68		대수층		38m: 150m³/일 47m: 100m³/일					
100		화강암		총간이수량: 250m³/일					

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 진주시 금산면 가방리 1214					표고	E.L. m				
조사자					개발년도	2019					
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	충적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	300mm	자 갈 충진량				
	암 반:D.T.H	비트	암 반:BUTTON			200mm		100m			
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	m m	스트 레나	m	소 켓	개	스트레나 개 공 율	%	케이싱 심 도	22m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조			비 고			
2.0	2.0				토사층 사층 사력층 풍화암층 기반암: 편마암 대수층 33m: 30m ³ /일 36m: 50m ³ /일 57m: 20m ³ /일 78m: 50m ³ /일 총간이수량: 150m ³ /일						
14.0	12.0										
15.0	1.0										
21.0	6.0										
22.0	1.0										
86	86										
108	108										

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 사천시 곤명면 정곡리 883-1					표고	EL. m		
조사자					개발년도	2019			
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	총적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	300mm	자 갈	총진량	
	암 반:D.T.H	빗트	암 반:BUTTON			200mm			
우 물 자 재	파이프	지상 계	m	스트레나	소켓	개	스트레나	케이싱	14m
		지하 계	m				개 공 율		
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조			비 고	
2.0	2.0				토사층 사층 사력층 풍화암층 기반암: 편마암 대수층 21m: 30m³/일 33m: 20m³/일 45m: 20m³/일 54m: 50m³/일 97m: 50m³/일 총간이수량: 180m³/일				
5.0	3.0								
10.0	5.0								
13.0	3.0								
14.0	1.0								
100	86								

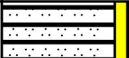
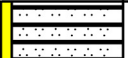

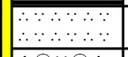


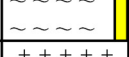
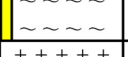
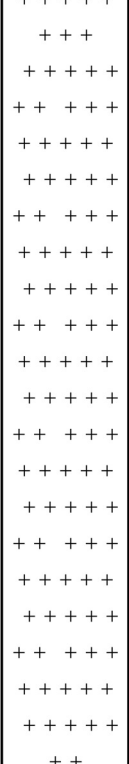
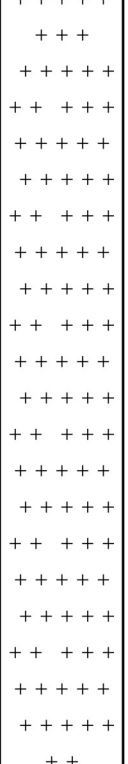


착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 사천시 서포면 외구리 1212-3						표고	E.L. m						
조사지					개발년도		2019							
착 정 공 법	토사층:ROTARY		사용		충적층:3 Wing		착정구경 및 심 도		250mm		자 갈 충진량			
	암 반:D.T.H		빗트		암 반:BUTTON				150mm			100m		
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	m m m	스트 레나	소 켓		개		스트레나 개 공 율	%	케이싱 심 도	12m		
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조			비 고						
2.0	2.0				토사층									
5.0	3.0											사층		
10.0	5.0											사력층		
11.0	1.0											풍화암층		
12.0	1.0											기반암:화강 편마암		
	88	대수층			40-41m: 80m³/일 59-60m: 40m³/일									
100		총간이수량: 120m³/일												

부록 4

이동 설치 관측공 주상도

농촌지하수 관측정 착정주상도					
사업명 : 농촌지하수 관측정 착정공사					
지구명 : 담양3 지구		공번 : BH - 1			
위치	전라남도 담양군 봉산면 삼지리 221-20				
조사	한국농어촌공사 전남지역본부 강승대				
착정 장비명	고성능 착정기				
착정 구경	200 m/m	심도	100 m	철재케이싱	10 m
자연 수위	3.93 m	안정수위	35.33 m		
특기 사항	관측공 양수량 : 50 m ³ /day				
심도	층 후	주 상 도		지질 및 구조	비 고
		∅ 8"			
4	4.0			토 사 층	
5	1.0			사 층	
7	2.0			사 력 층	
10	3.0			풍 화 대	
	90.0			보 통 암	기반암 : 화강암질편마암 대수층 : 11m~12m 20m ³ /day 28m~30m 30m ³ /day
100					

착 정 (시 추) 작 업 공 보

사업명 : 2019년 지하수자원관리사업 농촌지하수관측공 설치공사

위 치	경남 사천시 곤양면 송전리 172-1					표고	E.L. m			
조사지					개발년도	2019				
착 정 공 법	토사층:ROTARY	사용	충적층:3 Wing		착정구경 및 심 도	250mm	자 갈	총진량		
	암 반:D.T.H	빗트	암 반:BUTTON			150mm				
우 물 자 재	파 이 프	지상 계 지하	m m	스트 레 나	소 켓	개	스트레나 개 공 율	%	케이싱 심 도	12m
심도 (m)	층후 (m)	우물의 구조			지질 및 구조		비 고			
3.0	3.0				토사층 사층 사력층 풍화암층 기반암:화강 편마암					
5.0	2.0									
###	5.0									
###	1.0									
###	1.0									
88	88	대수층 39-41m: 100m ³ /일 60-62m: 30m ³ /일 90-92m: 30m ³ /일			총간이수량: 160m ³ /일					
100	100									