

## 국가 기후변화 표준 시나리오[지역 기후 모델/통계적 상세화]

### □ 개요

- 생산기관: 기후변화 대비 수자원 적응기술 개발 연구단(AR5 기반 표준 기후/수문 시나리오 생산)
- 공간영역: 한반도 60개 ASOS 관측소
- 사용모델: IPCC 채택 13 전지구기후모형(GCM)

### □ 생산 목적

- 수자원 분야 기후변화 적응 정책 수립에 활용하기 위한 공인된 일단위 기후변화 시나리오 상세화 자료 생산

### □ 세부 내용

- 26개 GCM에 대한 3개 변수(강수량, 최고기온, 최저기온) 및 26개 GCM 중 10개 GCM에 대한 추가변수(풍속, 상대습도, 일사량) 자료 수집
- 한반도 Historical 30년(1976~2005) 관측 자료가 존재하는 60개 ASOS 지점 선정
- 공간적 상세화(Spatial Disaggregation) 수행 이후 극값을 포함한 모든 분위수에 대한 장기추세를 유지하면서 편이보정을 수행할 수 있도록 고안된 Quantile Delta Mapping(QDM)을 활용하는 NCL 및 Fortran 기반 SDQDM 기법 적용 및 상세화 자료 생산
- 한반도 영역에 대한 원시 GCM 및 상세화 자료의 재현성 평가 및 미래 기간에 대한 불확실성 평가를 통한 13개 대표 GCM 선정

표 1. 상세화 적용 기상청 종관기상관측소(ASOS) 리스트

번호	관측소 ID	관측점명	북위	동경	번호	관측소 ID	관측점명	북위	동경
1	90	속초	38°15′	128°33′	31	202	양평	37°29′	127°29′
2	100	대관령	37°40′	128°43′	32	203	이청	37°15′	127°29′
3	101	춘천	37°54′	127°44′	33	211	인제	38°03′	128°10′
4	105	강릉	37°45′	128°53′	34	212	홍천	37°41′	127°52′
5	108	서울	37°34′	126°57′	35	221	제천	37°09′	128°11′
6	112	인천	37°28′	126°37′	36	226	보은	36°29′	127°44′
7	114	원주	37°20′	127°56′	37	232	천안	36°46′	127°07′
8	119	수원	37°16′	126°59′	38	235	보령	36°19′	126°33′
9	127	충주	36°58′	127°57′	39	236	부여	36°16′	126°55′
10	129	서산	36°46′	126°29′	40	238	금산	36°06′	127°28′
11	130	울진	36°59′	129°24′	41	243	부안	35°43′	126°42′
12	131	청주	36°38′	127°26′	42	244	임실	35°36′	127°17′
13	133	대전	36°22′	127°22′	43	245	정읍	35°33′	126°51′
14	135	추풍령	36°13′	127°59′	44	247	남원	35°24′	127°19′
15	138	포항	36°01′	129°22′	45	256	주암	35°04′	127°14′
16	140	군산	36°00′	126°45′	46	260	장흥	34°41′	126°55′
17	143	대구	35°53′	128°37′	47	261	해남	34°33′	126°34′
18	146	전주	35°49′	127°09′	48	262	고흥	34°37′	127°16′
19	152	울산	35°33′	129°19′	49	272	영주	36°52′	128°31′
20	156	광주	35°10′	126°53′	50	273	문경	36°37′	128°08′
21	159	부산	35°06′	129°01′	51	277	영덕	36°31′	129°24′
22	162	통영	34°50′	128°26′	52	278	의성	36°21′	128°41′
23	165	목포	34°49′	126°22′	53	279	구미	36°07′	128°19′
24	168	여수	34°44′	127°44′	54	281	영천	35°58′	128°57′
25	170	완도	34°23′	126°42′	55	284	거창	35°40′	127°54′
26	184	제주	33°30′	126°31′	56	285	합천	35°33′	128°10′
27	188	성산	33°23′	126°52′	57	288	밀양	35°29′	128°44′
28	189	서귀포	33°14′	126°33′	58	289	산청	35°24′	127°52′
29	192	진주	35°09′	128°02′	59	294	거제	34°53′	128°36′
30	201	강화	37°42′	126°26′	60	295	남해	34°48′	127°55′

표 2. 사용 Global Climate Models (GCMs) 설명

No	GCMs	Resolution (degree)	Institution	Variables of Historical & RCP4.5 & RCP8.5					
				PR	TX	TN	WD	SR	RH
1	CanESM2	2.813 x 2.791	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	○	○	○	○	○	○
2	CESM1-BGC	1.250 x 0.942	National Center for Atmospheric Research	○	○	○			
3	CMCC-CM	0.750 x 0.748	Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	○	○	○			
4	CMCC-CMS	1.875 x 1.865		○	○	○			
5	CNRM-CM5	1.406 x 1.401	Centre National de Recherches Meteorologiques	○	○	○	○	○	○
6	GFDL-ESM2G	2.500 x 2.023	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	○	○	○	○	○	○
7	HadGEM2-AO	1.875 x 1.250	Met Office Hadley Centre	○	○	○			
8	HadGEM2-ES	1.875 x 1.250		○	○	○	○	○	○
9	INM-CM4	2.000 x 1.500	Institute for Numerical Mathematics	○	○	○	○	○	○
10	IPSL-CM5A-LR	3.750 x 1.895	Institut Pierre-Simon Laplace	○	○	○	○	○	○
11	IPSL-CM5A-MR	2.500 x 1.268	Institut Pierre-Simon Laplace	○	○	○	○	○	○
12	MRI-CGCM3	1.125 x 1.122	Meteorological Research Institute	○	○	○	○	○	○
13	NorESM1-M	2.500 x 1.895	Norwegian Climate Centre	○	○	○			

## □ 미래 기후변화 전망정보

### ○ 강수량

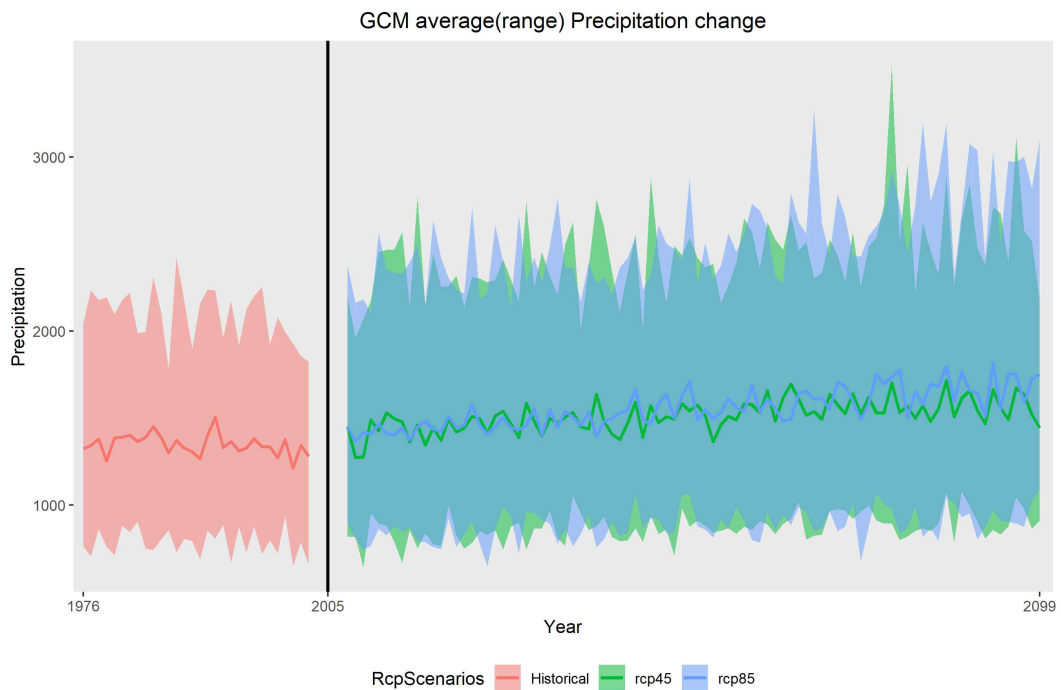
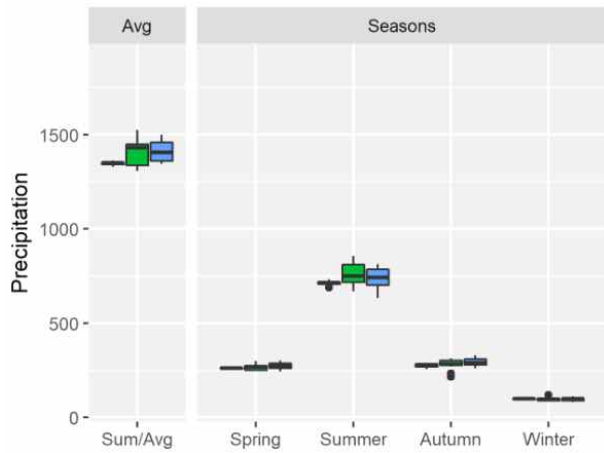
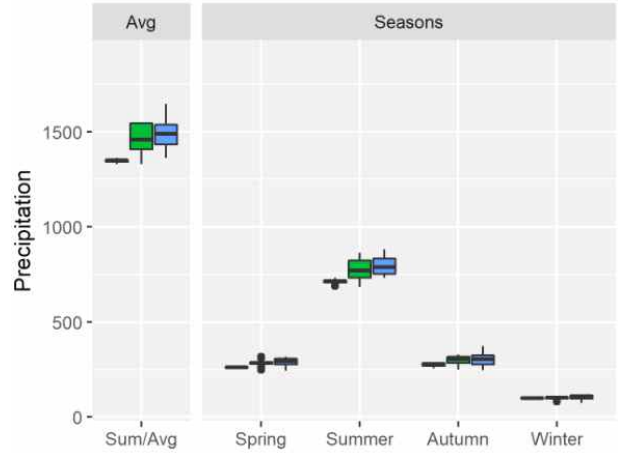


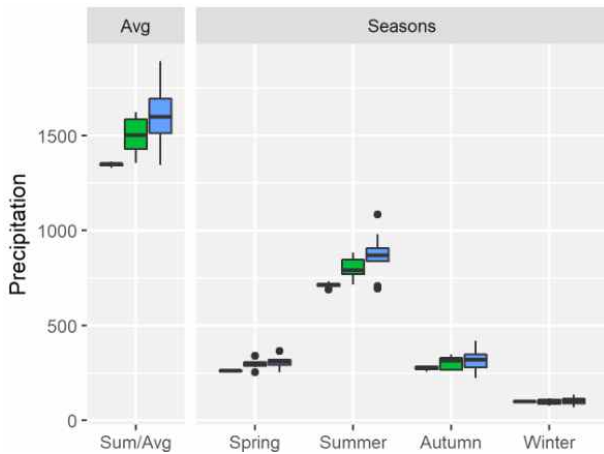
Figure 1. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 연강수량 전망



(a) 근미래 : 2010~2040



(b) 중간미래: 2041~2070



(c) 먼미래: 2071~2100

범례

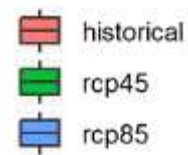
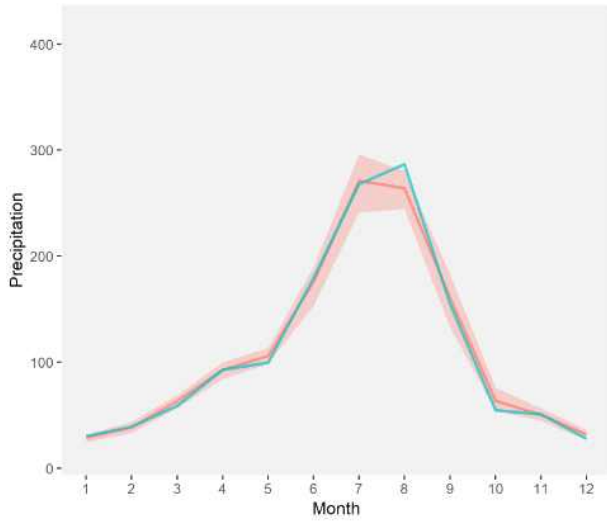
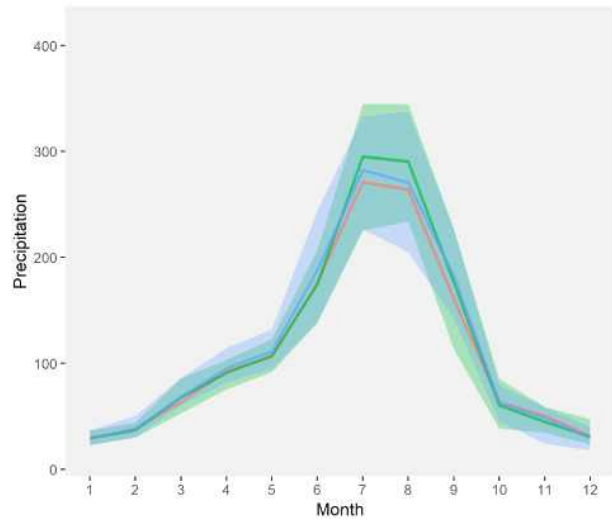


Figure 2. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 계절별 강수량 전망



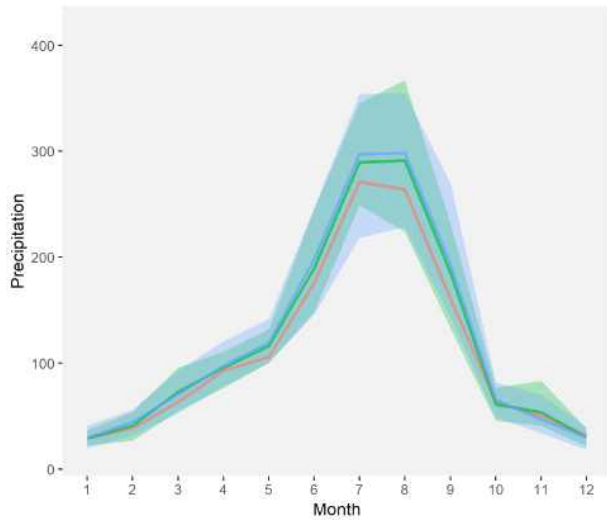
Categori historical OBS

(a) 과거 재현성 평가



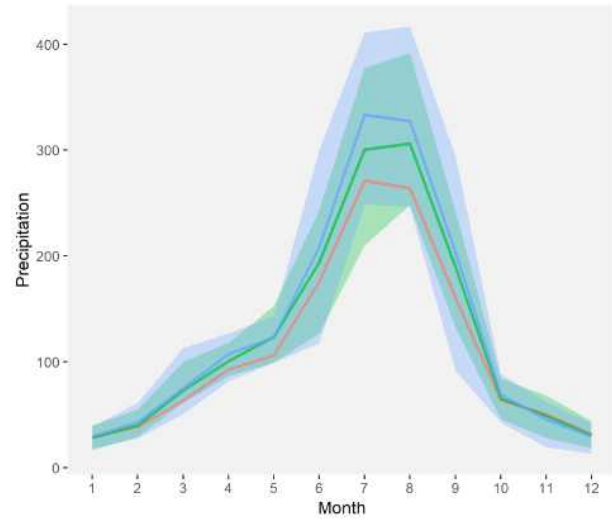
Categori historical rcp45 rcp85

(b) 근미래: 2010~2039



Categori historical rcp45 rcp85

(c) 중간미래: 2040~2069



Categori historical rcp45 rcp85

(d) 먼미래: 2070~2099

Figure 3. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 월별 강수량 전망

○ 최고온도

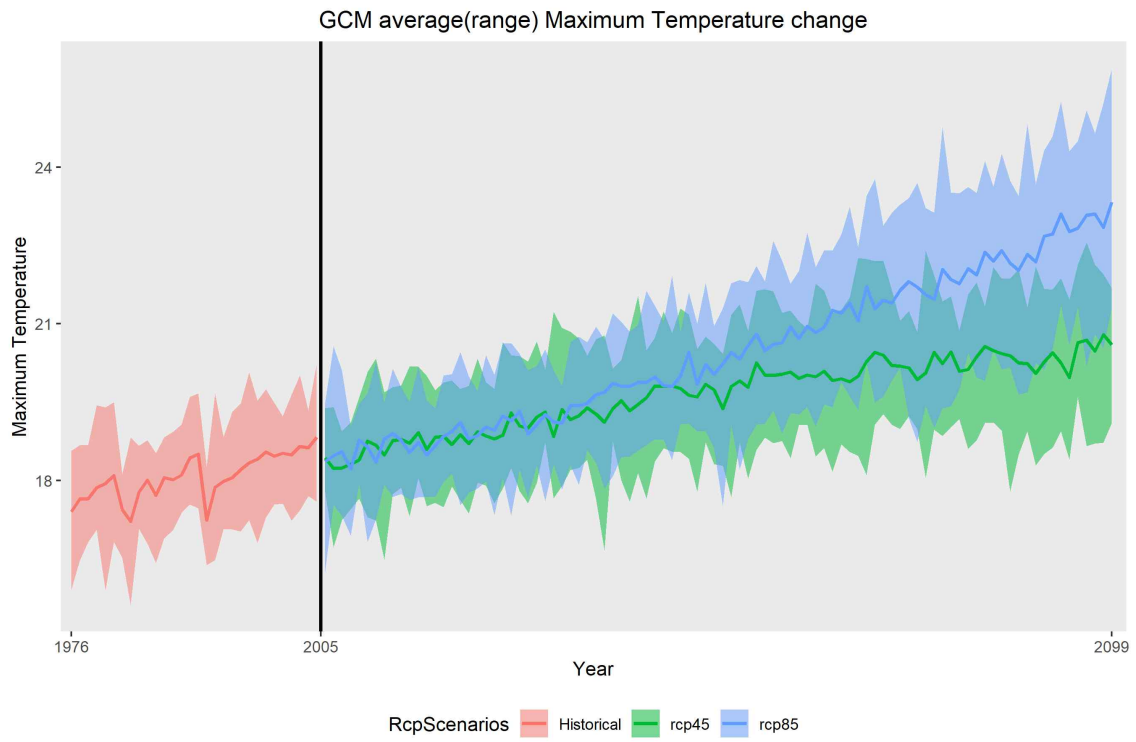
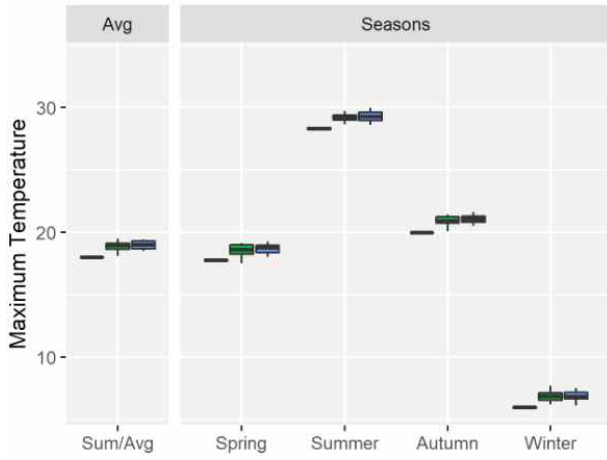
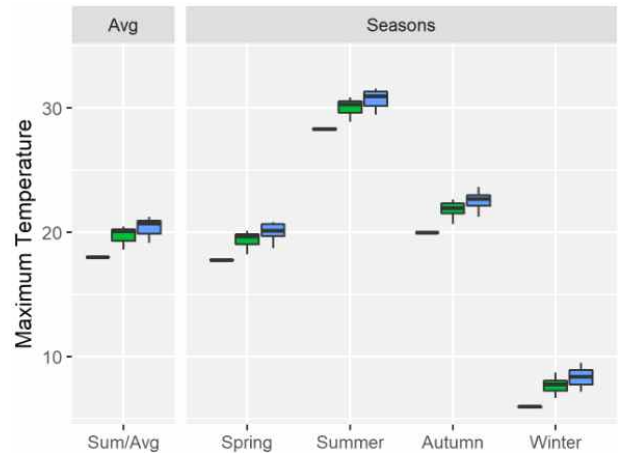


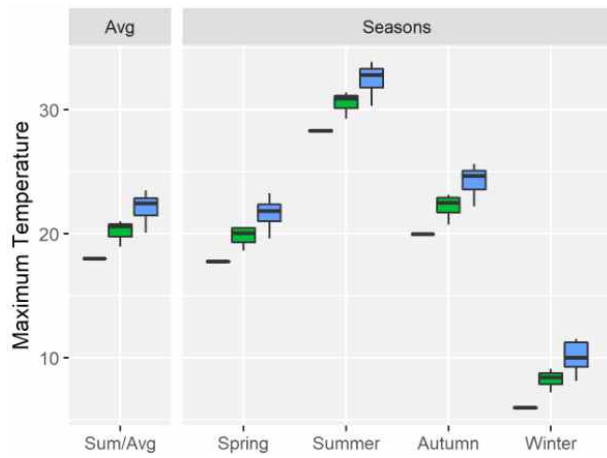
Figure 4. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 최고기온 전망



(a) 근미래 : 2010~2040



(b) 중간미래: 2041~2070



(c) 먼미래: 2071~2100

범례

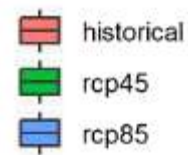
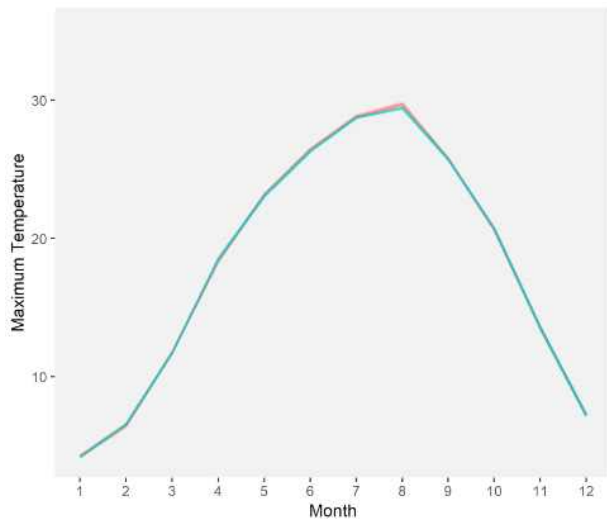
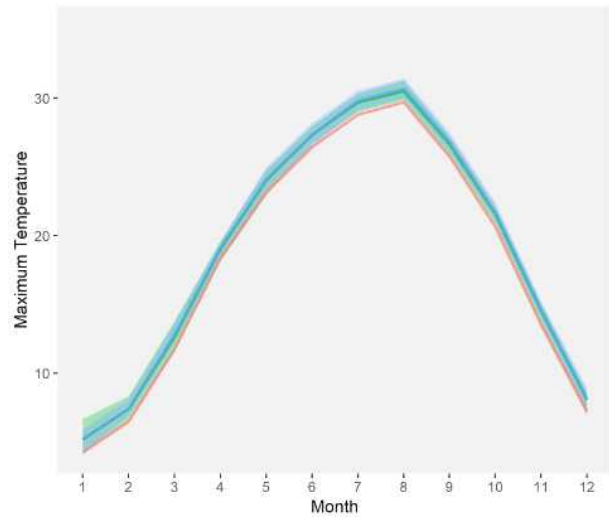


Figure 5. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 계절별 최고기온 전망



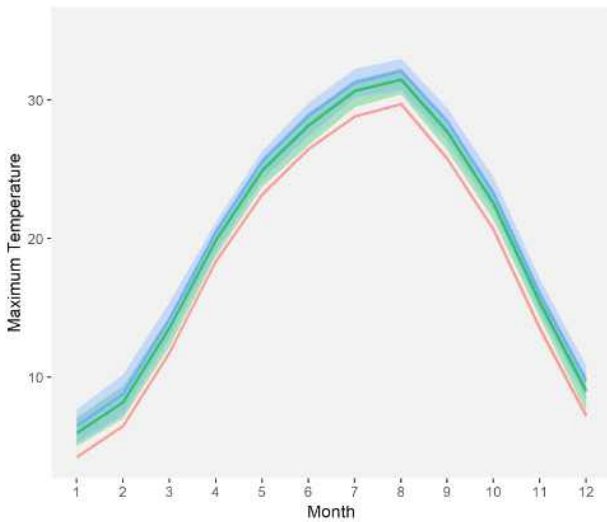
Category historical OBS

(a) 과거 재현성 평가



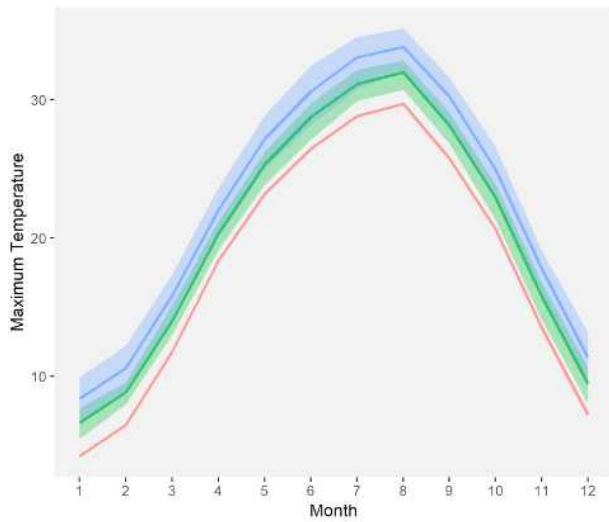
Category historical rcp45 rcp85

(b) 근미래: 2010~2039



Category historical rcp45 rcp85

(c) 중간미래: 2040~2069



Category historical rcp45 rcp85

(d) 먼미래: 2070~2099

Figure 6. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 월별 최고기온 전망



○ 최저온도

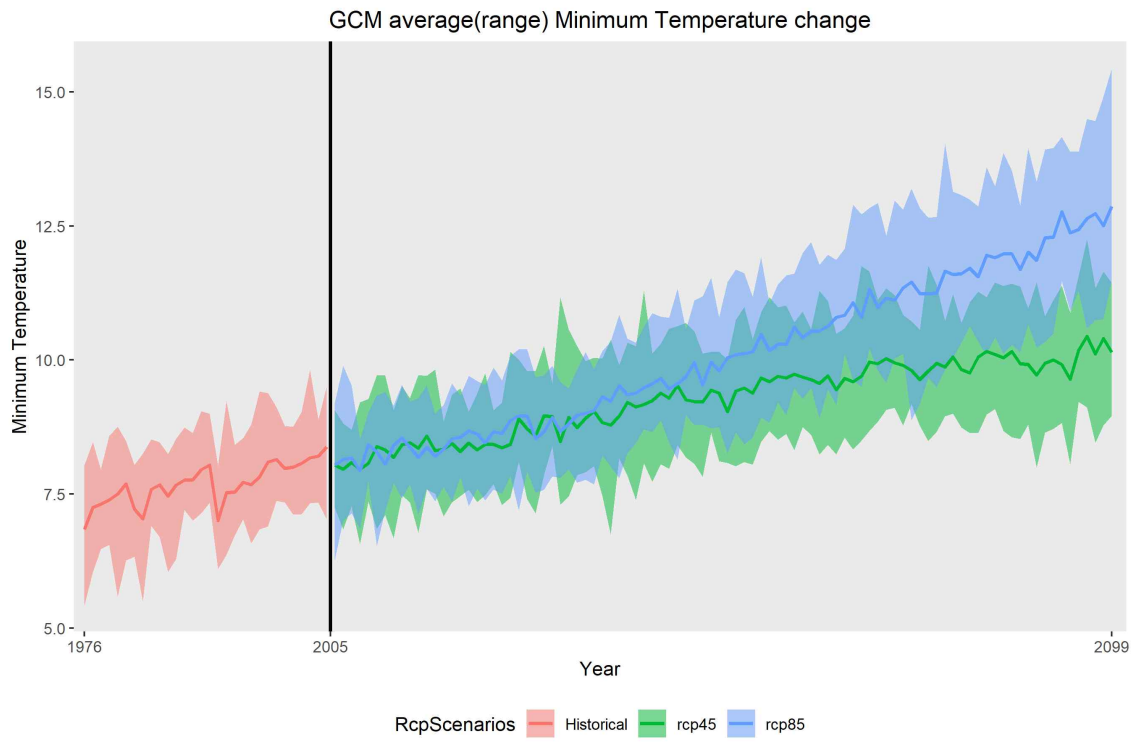
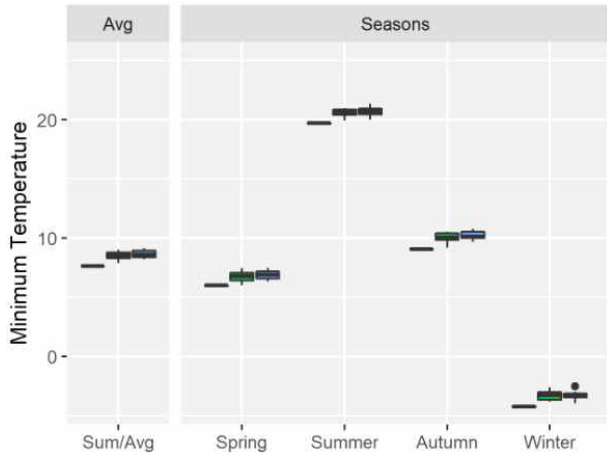
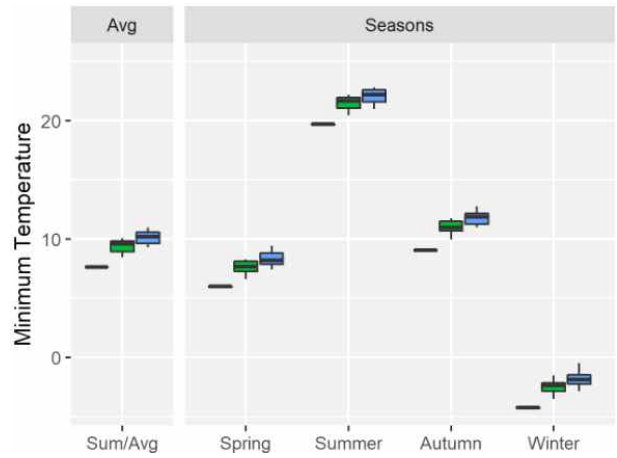


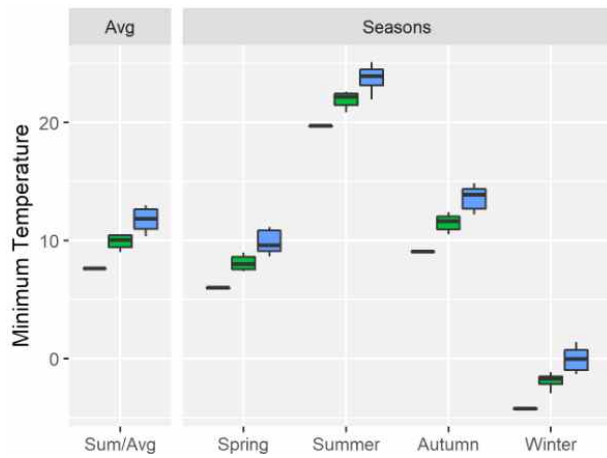
Figure 7. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 최저기온 전망



(a) 근미래 : 2010~2040



(b) 중간미래: 2041~2070



(c) 먼미래: 2071~2100

범례

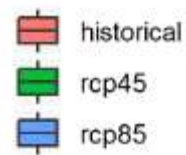
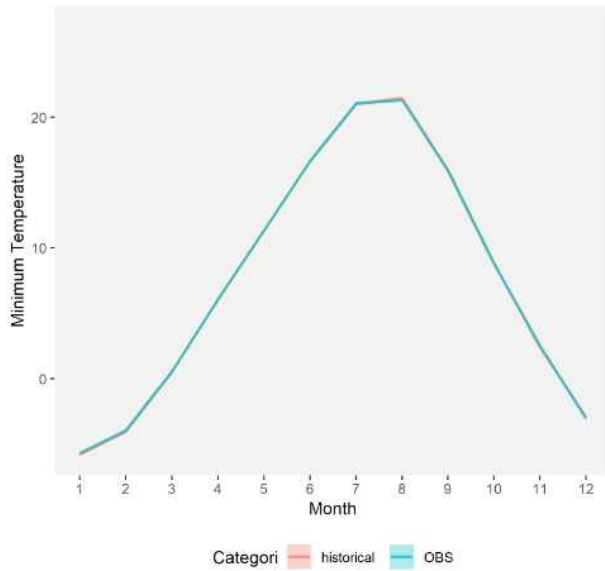
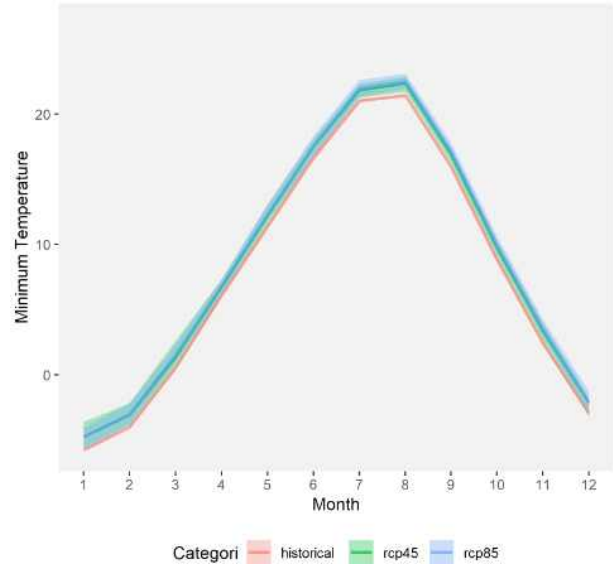


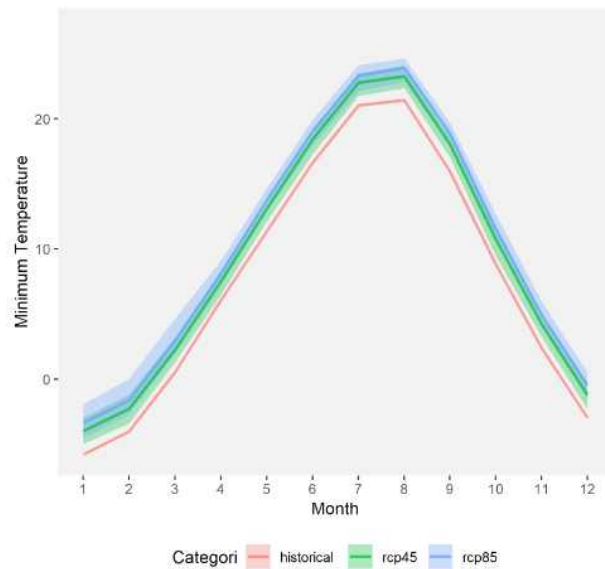
Figure 8. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 계절별 최저기온 전망



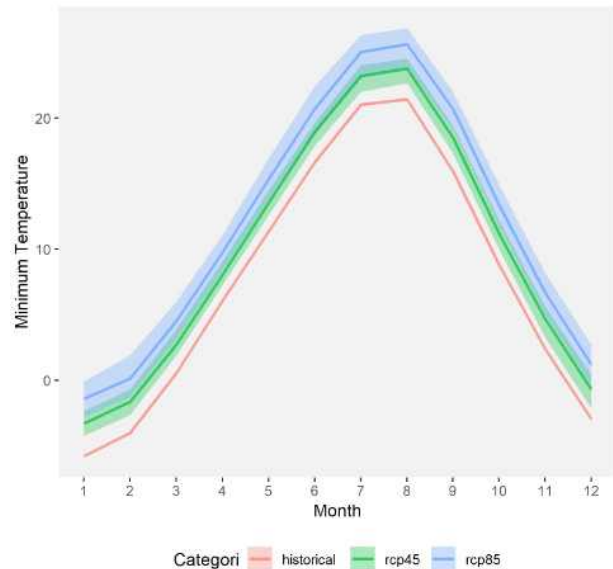
(a) 과거 재현성 평가



(b) 근미래: 2010~2039



(c) 중간미래: 2040~2069



(d) 먼미래: 2070~2099

Figure 9. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 월별 최저기온 전망

## □ 관련 사업

### ○ 자료 생산

- 기후변화 대비 수자원 적응기술 개발/AR5 기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문 시나리오 생산 및 평가기술 개발

(세종대학교 산학협력단/APEC기후센터, 2014.09.15.~2019.06.14.)

## □ 국가 기후변화 표준 시나리오 활용 현황

- 기상청 국가 기후변화 표준 시나리오 활용 현황
  - 기상청 생산 GCM 자료인 HadGEM-AO 전망 자료를 SQM 상세화 입력자료로 사용
- 신청 시나리오 활용 현황
  - 기후변화 적응 댐 재개발 실행프레임워크 개발
  - 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발
  - 기후변화 대응 저수지 운영 기준 및 기술 개발
  - 기후변화 대응 물 공급 예비율 정립 기술 개발
  - 기후변화 대응을 위한 가뭄 시 댐 군의 용수제한공급 방안 연구
  - 유역 및 권역별 Emergency Plan 수립
  - 전국 수량, 수질, 유역환경을 고려한 유역건전성 평가 기술 개발
  - 기후변화 적응 수자원 취약성 통합평가 시스템 개발

## □ 관련 보고서 및 논문

- 상세화 자료 생산 기법 관련 보고서 및 논문
  - 생산 기법 설명 보고서

No.	보고서 제목	발주처	연구기간	내용 설명
1	수자원의 기후변화전망 활용을 위한 AR5 기후모델의 성능평가 및 상세 기후 및 수문 시나리오 생산기술 개발	국토교통부	2017	상세화 기법 이론 및 적용성 평가

### - 상세화 기법 설명 논문

No.	논문 정보	구분 국내/SCI	내용 설명
1	음형일, 2016, 기후변화 적응전략 수립을 위한 상세화모형의 적용, 물과미래, 49(12): 41-46	기타	BCSD의 여러 편이보정 기법(QM, QDM)의 장기추세 왜곡현상 비교를 통한 QDM의 장점 제시
2	Eum, H. I., Cannon, A. J., & Murdock, T.	SCI	4가지 통계학적 상세화 기법

	Q., 2017. Intercomparison of multiple statistical downscaling methods: multi-criteria model selection for South Korea. Stochastic environmental research and risk assessment, 31(3): 683-703		(BCSD, BCCA, MACA, BCCl)을 이용하여 한반도 기후 재현성 평가
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------

○ 상세화 자료 활용 관련 보고서 및 논문

- 활용 보고서

No.	보고서 제목	발주처	연구 기간	전망 기간	사용 변수
1	기후변화 대비 수자원시설물의 물공급 예비율 기술 개발	국토교통부	2017	2010~2100	강수량, 유입량

- 활용 논문

No.	논문 정보	사용 RCP	전망 기간	사용변수
1	정세용, 박형석, 2017. 극한 사상에 대한 탁수저감 및 관리기술 개발 소개, 물과미래, 50(6): 50-57	RCP4.5	2013~2099	강수량, 최고기온, 최저기온
2	도연수, 김광섭, 2018. AR5 기후변화 시나리오에 따른 소양강댐 유역 댐 유입량 및 증발산량의 변화 분석, 한국농공학회논문집, 60(1): 89-99	RCP4.5, RCP8.5	2011~2099	강수량, 최고기온, 최저기온
3	장호원, 조형원, 김태웅, 이주현, 2017. 고기후 자료를 포함한 장기연속 강수량자료에 의한 서울지역의 극한가뭄 시나리오 개발, 대한토목학회지, 37(4): 659-668	RCP8.5	2016~2099	강수량
4	홍현표, 박서연, 김태웅, 이주현, 2018. 미래 극한 가뭄전망을 위한 CMIP5 GCMs 평가, 한국수자원학회지, 51(7): 617-627	RCP4.5, RCP8.5	2011~2099	강수량
5	Seo, S.B., Kim, Y.-O., Kim, Y., and Eum, H.-I., 2018. Selecting climate change scenarios for regional hydrologic impact studies based on climate extreme indices, ClimateDynamics, doi:10.1007/s00382-018-4210-7	RCP4.5	2016~2045	강수량, 최고기온, 최저기온
6	Seo, S.B., Kim, Y.-O., 2018. Impact of spatial aggregation level of climate indicators on a national-level selection for representative climate change scenarios, Sustainability, 10(7)doi:10.3390/su10072409	RCP4.5, RCP8.5	2016~2075	강수량, 최고기온, 최저기온
7	박지훈, 조재필, 이은정, 정임국, 2017. CMIP5 GCMs과 추정방법에 따른 우리나라 기준증발산량평가, 한국농촌계획학회지, 23(4):153-168	10 CMIP5 GCMs, RCP4.5 & RCP8.5	2011~2099	최고기온, 최저기온, 풍속, 상대습도, 일사량

8	Eum, H. I., & Cannon, A. J., 2017. Intercomparison of projected changes in climate extremes for South Korea: application of trend preserving statistical downscaling methods to the CMIP5 ensemble. International Journal of Climatology, 37(8): 3381-3397	20 CMIP5 GCMs, RCP4.5 & RCP8.5	2006~2095	강수량, 최고기온, 최저기온
---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------	-----------------

## □ 기타사항

### ○ 관련 행사

- 국내 통계적 Downscaling 전문가 포럼, 제1회 기후변화 수자원 적응기술 포럼, 2012.03.27., 서울 메이필드 호텔
- 국내 통계적 상세화기법 적용사례 진단 및 개선 / 표준화 방안 제시, 제4회 기후변화 수자원 적응기술 포럼, 2015.08.10.~11. 부산 APEC 기후센터
- 국내 통계적 Downscaling 전문가 포럼, 제8회 기후변화 수자원 적응기술 포럼, 2016.05.12., 서울 LW컨벤션 다이아몬드홀