

국가 기후변화 표준 시나리오(지역 기후 모델/통계적 상세화)

□ 개요

- 생산기관: APEC 기후센터(APCC)
- 공간영역: 한반도 60개 종관기상관측소(ASOS)
- 사용모델: IPCC 채택 29 전지구기후모형(GCM)

□ 생산 목적

- 농업 및 수자원 등 부문별 기후변화 적응 정책 수립에 활용하기 위한 공인된 일단위 기후변화 시나리오 상세화 자료 생산

□ 세부 내용

- IPCC 채택 29개 GCM에 대한 3개 변수(강수량, 최고기온, 최저기온) 및 29개 GCM 중 10개 GCM에 대한 추가변수(풍속, 상대습도, 일사량) 자료 수집

표 1. 사용 Global Climate Models (GCMs) 설명

No	GCMs	Resolution (degree)	Institution	Variables for RCP4.5 & RCP8.5					
				PR	TX	TN	WD	SR	RH
1	BCC-CSM1-1	2.813 x 2.791	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	○	○	○	○	○	○
2	BCC-CSM1-1-m	1.125 x 1.122		○	○	○			
3	CanESM2	2.813 x 2.791	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	○	○	○	○	○	○
4	CCSM4	1.250 x 0.942	National Center for Atmospheric Research	○	○	○			
5	CESM1-BGC	1.250 x 0.942		○	○	○			
6	CESM1-CAM5	1.250 x 0.942		○	○	○			
7	CMCC-CM	0.750 x 0.748	Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	○	○	○			
8	CMCC-CMS	1.875 x 1.865		○	○	○			
9	CNRM-CM5	1.406 x 1.401	Centre National de Recherches Meteorologiques	○	○	○			
10	CSIRO-Mk3-6-0	1.875 x 1.875	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation in collaboration with the Queensland Climate Change Centre of Excellence	○	○	○			
11	FGOALS-g2	2.8125 x 3	I.A.S.G. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences; and CESS, Tsinghua University	○	○	○			
12	FGOALS-s2	2.813 x 1.659	I.A.S.G. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences	○	○	○			
13	GFDL-CM3	2.5 x 2	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	○	○	○			
14	GFDL-ESM2G	2.500 x 2.023		○	○	○	○	○	○
15	GFDL-ESM2M	2.500 x 2.023		○	○	○	○	○	○
16	HadGEM2-AO	1.875 x 1.250	Met Office Hadley Centre	○	○	○			
17	HadGEM2-CC	1.875 x 1.250		○	○	○	○	○	○
18	HadGEM2-ES	1.875 x 1.250		○	○	○	○	○	○
19	INM-CM4	2.000 x 1.500	Institute for Numerical Mathematics	○	○	○	○	○	○
20	IPSL-CM5A-LR	3.750 x 1.895	Institut Pierre-Simon Laplace	○	○	○	○	○	○
21	IPSL-CM5A-MR	2.500 x 1.268		○	○	○			
22	IPSL-CM5B-LR	3.750 x 1.895		○	○	○			
23	MIROC-ESM-CHEM	2.813 x 2.791	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute and National Institute for Environmental Studies	○	○	○	○	○	○
24	MIROC-ESM	2.813 x 2.791		○	○	○	○	○	○
25	MIROC5	1.406 x 1.401		○	○	○			
26	MPI-ESM-LR	1.875 x 1.865	Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M)	○	○	○			
27	MPI-ESM-MR	1.875 x 1.865		○	○	○			
28	MRI-CGCM3	1.125 x 1.122	Meteorological Research Institute	○	○	○			
29	NorESM1-M	2.500 x 1.895	Norwegian Climate Centre	○	○	○			

○ 한반도 Historical 30년(1976~2005) 관측 자료가 존재하는 60개
ASOS 지점 선정

표 2. 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′

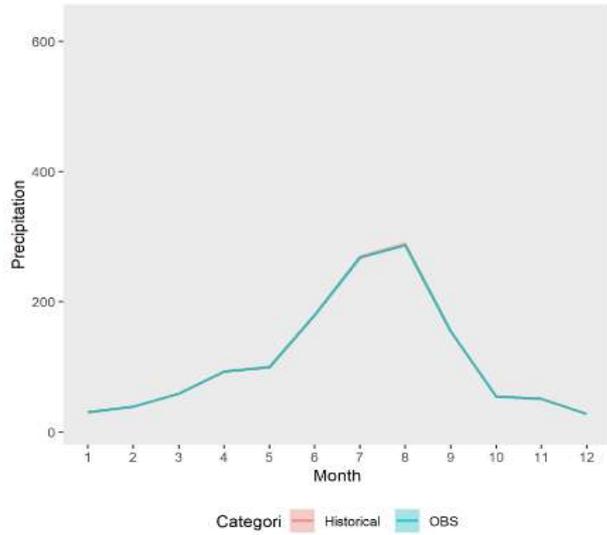
- 관측소별 월별 관측과 GCM 사이의 편이를 Empirical Quantile Mapping 기법을 사용하여 30년 기후 평균과 분포(distribution)를 동시에 보정하는 Simple Quantile Mapping (SQM) 상세화 기법 적용
- 오픈소스 기반 통계 언어인 R 을 이용한 상세화 패키지(rSQM) 개발 및 The Comprehensive R Archive Network (CRAN)에 등록 (rSQM 링크: <https://cran.r-project.org/web/packages/rSQM/index.html>)
- 사용자 참여형 상세화 플랫폼인 APCC Integrated Modeling Solution (AIMS)에 rSQM 탑재를 통한 29개 GCM에 대한 상세화 자료 생산 (AIMS 링크: <https://aims.apcc21.org/>)

□ 미래 기후변화 전망정보

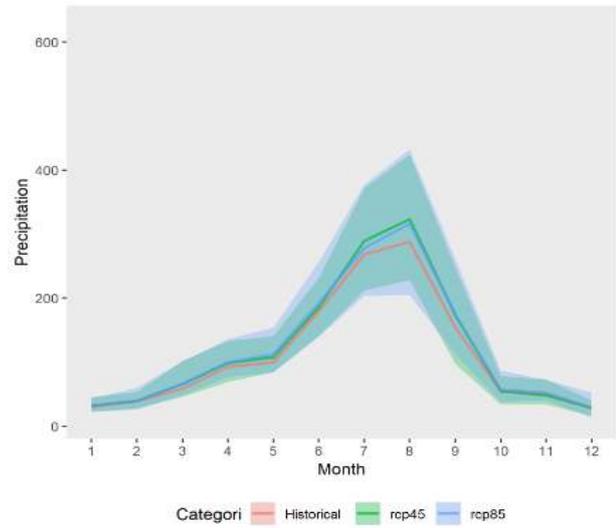
- 강수량



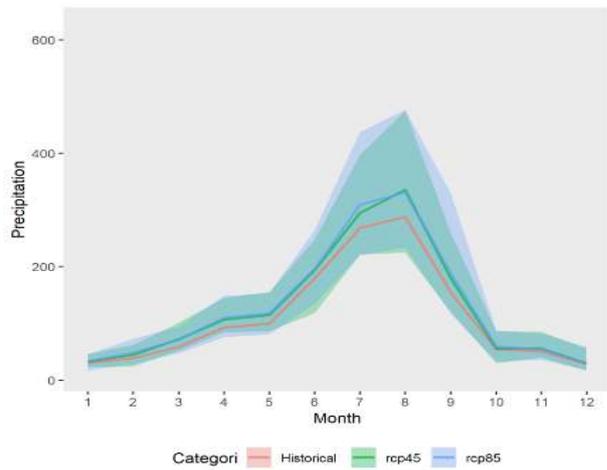
Figure 1. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 연강수량 전망



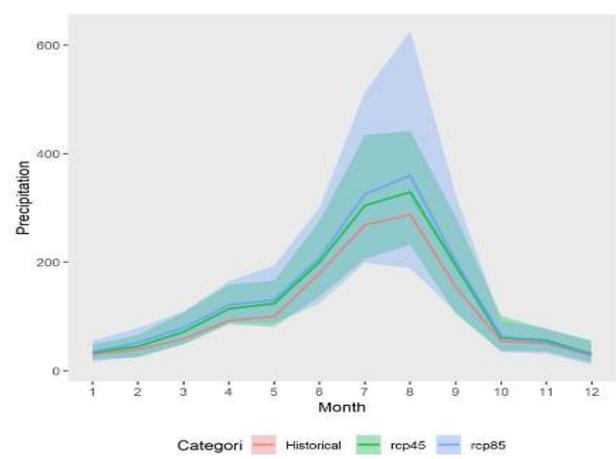
(a) 과거 재현성 평가



(b) 근미래: 2010~2039



(c) 중간미래: 2040~2069



(d) 먼미래: 2070~2099

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

○ 최고온도

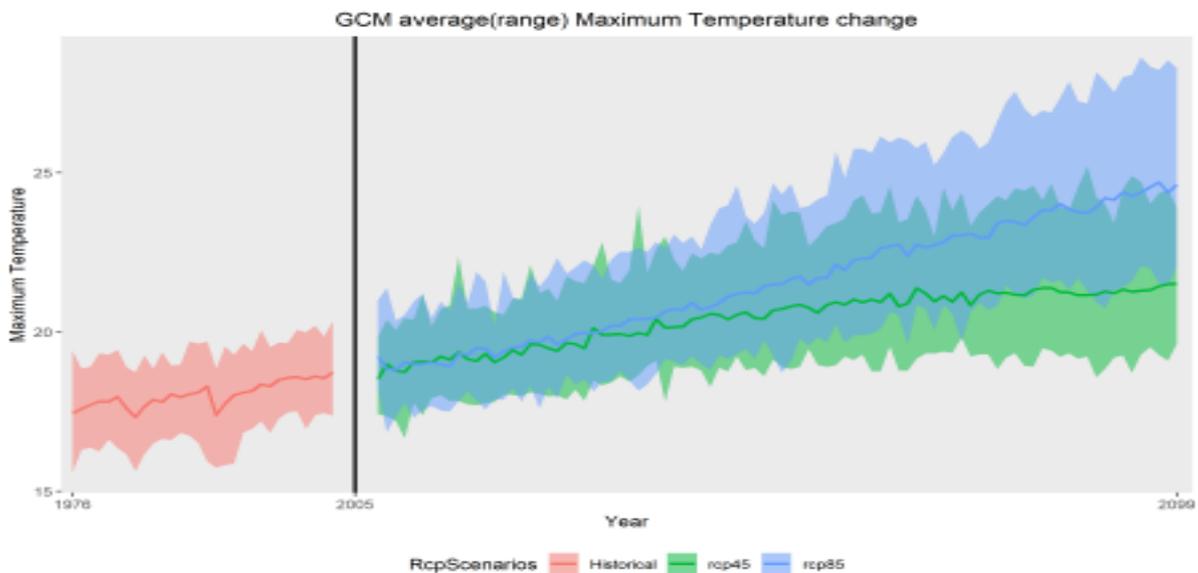
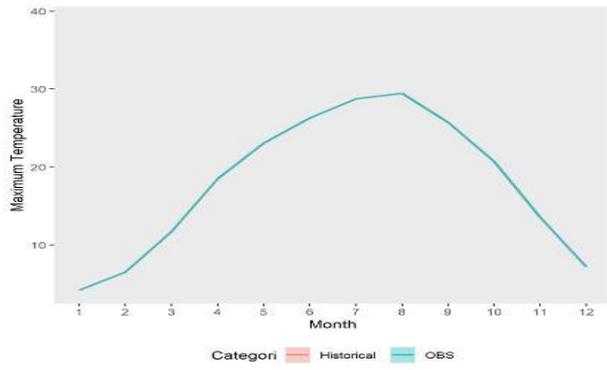
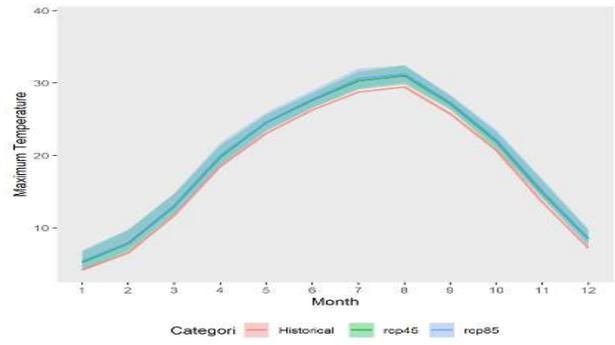


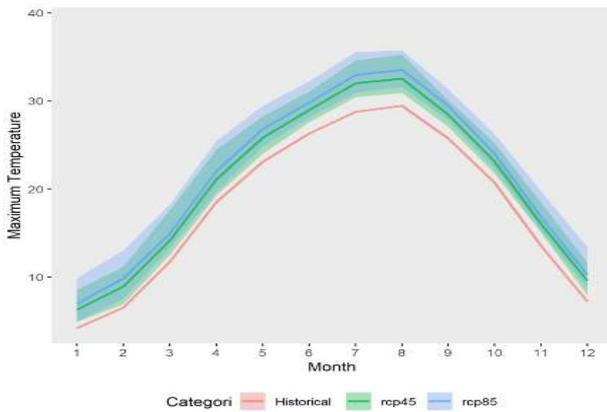
Figure 3. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 최고기온 전망



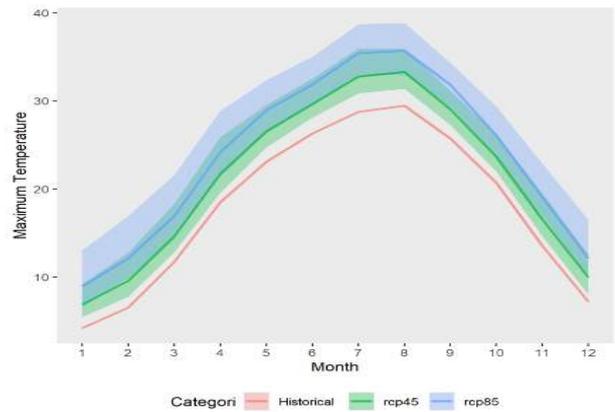
(a) 과거 재현성 평가



(b) 근미래: 2010~2039



(c) 중간미래: 2040~2069



(d) 먼미래: 2070~2099

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

○ 최저온도

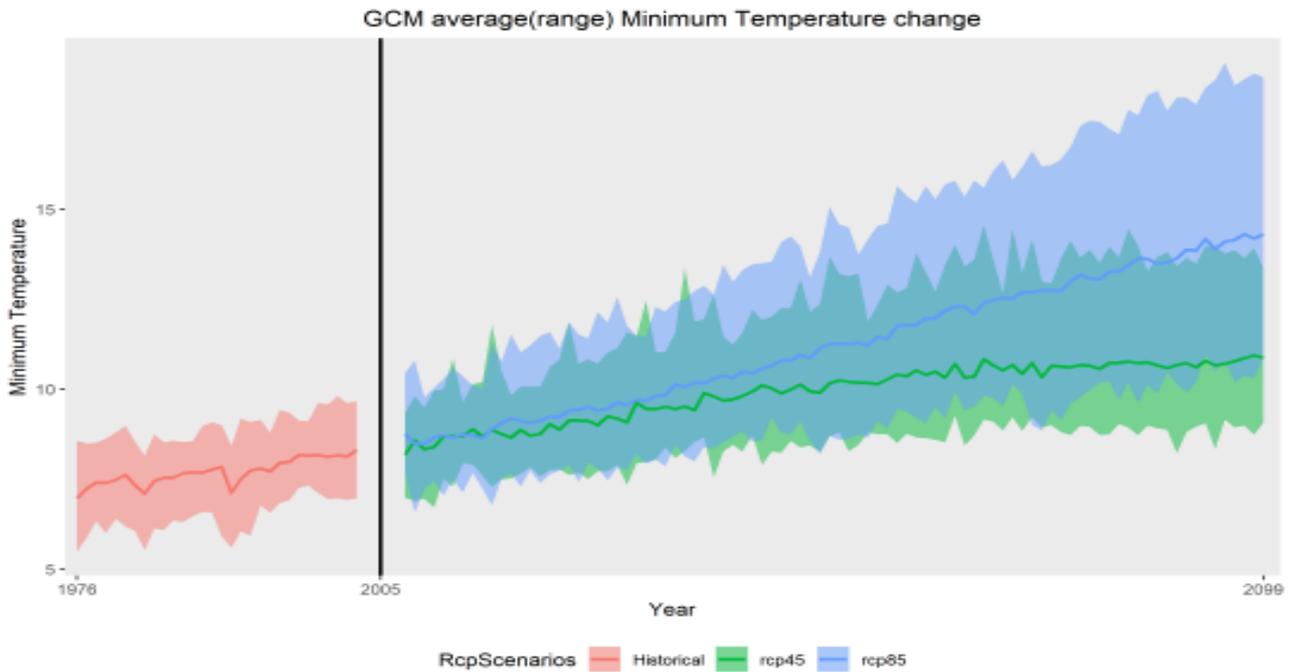
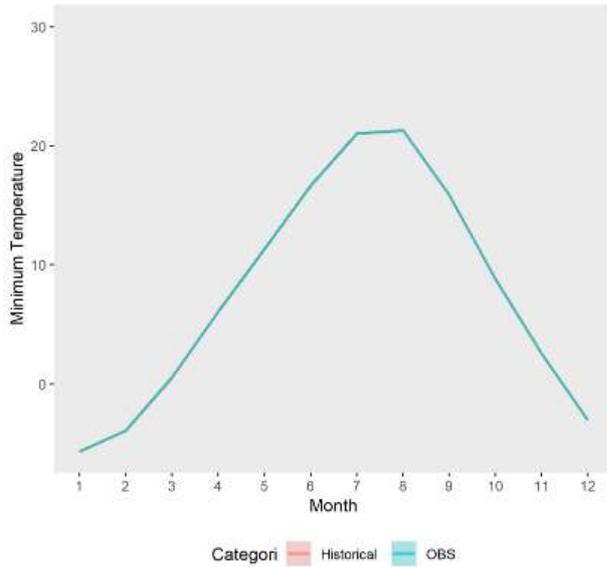
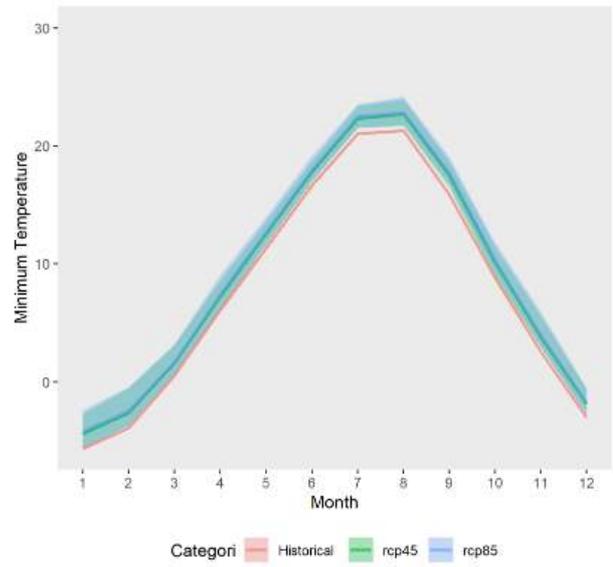


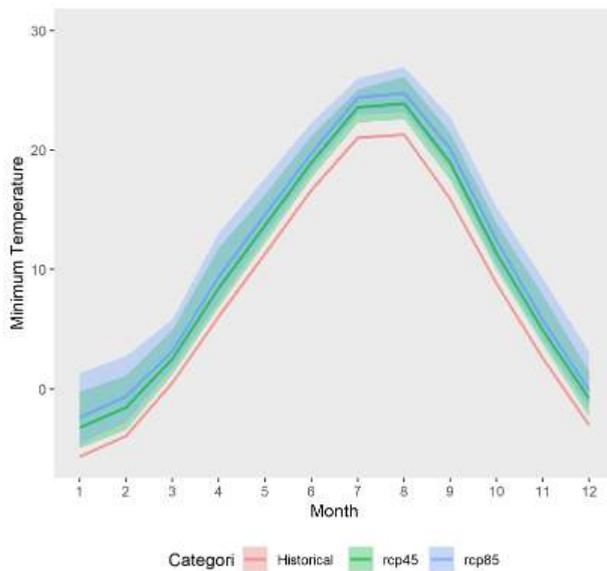
Figure 5. 기후변화 시나리오에 따른 한반도 60개 관측소 평균 최저기온 전망



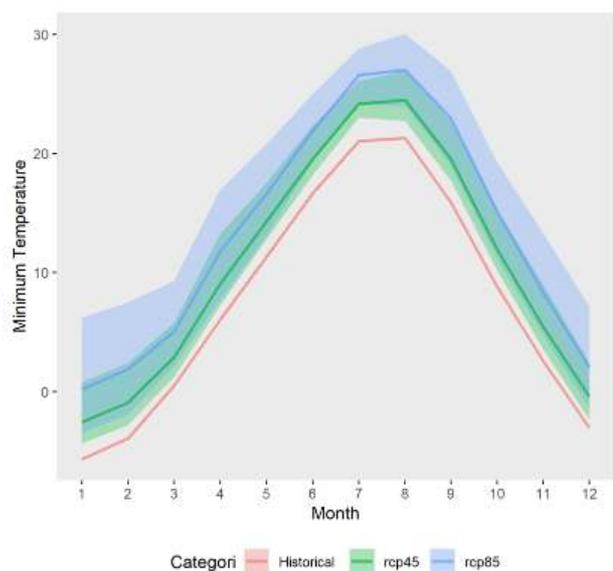
(a) 과거 재현성 평가



(b) 근미래: 2010~2039



(c) 중간미래: 2040~2069



(d) 먼미래: 2070~2099

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

□ 관련 사업

○ 자료 생산

- 아태 기후정보서비스 및 연구개발 (APEC기후센터)

□ 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

- 한국농어촌공사 관리 대상 전체 농업용 저수지에 대한 기후변화 영향평가에 활용 (2014~2016년)
- 새만금유역의 기후변화에 따른 미래 농업비점오염원 특성 변화 분석에 활용 (한국농어촌공사, 2013년)
- 기후변화에 따른 농경지 양분유출 실태조사 및 영향평가 연구에 활용 중(농촌진흥청, 2017년)

□ 관련 보고서 및 논문

○ 상세화 자료 생산 기법 관련 보고서 및 논문

- 생산 기법 설명 보고서

No.	보고서 제목	발주처	연구기간	내용 설명
1	조재필, 2013. 불확실성을 고려한 농업용 저수지의 기후변화 영향 평가. APEC기후센터	APEC기후센터	2013	상세화 기법 프로토타입 개발 및 적용
2	조재필, 정임국, 조원일, 강대인, 이준혁, 2017. APCC 계절예측 및 기후변화 시나리오 통계적 상세화 플랫폼 개발. APEC 기후센터	APEC기후센터	2017	rSQM 모듈의 AIMS 플랫폼 탑재

- 상세화 기법 설명 논문

No.	논문 정보	구분 국내/SCI	내용 설명
1	Cho, J., G. Ko, K. Kim, and C. Oh. 2016. Climate change impacts on agricultural drought with consideration of uncertainty in CMIP5 scenarios. Irrigation and Drainage. DOI: 10.1002/ird.2035	SCIE	상세화 기법 간략한 소개 및 적용

2	조재필, 정임국, 조원일, 이은정, 강대인, 이준혁, 2018a. 기후변화 적응을 위한 사용자 중심의 기후서비스체계 제안 및 사용자인터페이스 플랫폼 개발. 한국기후변화학회지 9, 1-12.	비SCI	상세화 플랫폼 (rSQM 포함)
3	R 공식 패키지 ○ Quantile Mapping: https://cran.r-project.org/web/packages/qmap/index.html ○ rSQM: https://cran.r-project.org/web/packages/rSQM/index.html	기타	Quantile Mapping 알고리즘 및 CMIP5 기후변화 시나리오의 적용 프로세스

○ 상세화 자료 활용 관련 보고서 및 논문

- 활용 보고서

No.	보고서 제목	발주처	연구 기간	전망 기간	사용 변수
1	불확실성을 고려한 농업용 저수지의 기후변화 영향 평가	APEC기 후센터	2013	2011~2040	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 상대습도, 일사량
2	새만금 장래수질 특성 분석 및 농업비점오염원 기작을 고려한 새만금 유역 모델링 연구	한국농어촌공사	2013	2011~2040	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 상대습도, 일사량
3	기후변화에 따른 농업용수 통합 영향평가 시스템 개발(I)	한국농어촌공사	2014	2011~2040	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 상대습도, 일사량
4	기후변화에 따른 농경지 양분유출 실태조사 및 영향평가 연구	농촌진흥청	2017	2011~2100	강수량, 최고기온, 최저기온

- 활용 논문

No.	논문 정보	사용 RCP	전망 기간	사용변수
1	Cho, J., G. Ko, K. Kim, and C. Oh. 2016. Climate change impacts on agricultural drought with consideration of uncertainty in CMIP5 scenarios. Irrigation and Drainage. DOI: 10.1002/ird.2035	RCP4.5	2013~2099	강수량, 최고기온, 최저기온
2	Cho, J., C. Oh, J. Choi, and Y. Cho. 2016. Climate change impacts on agricultural non-point source pollution with consideration of uncertainty in CMIP5. Irrigation and Drainage. DOI: 10.1002/ird.2036	RCP4.5 RCP8.5	2011~2099	강수량, 최고기온, 최저기온
3	Rhee, J., J. Cho. 2015. Future changes in drought characteristics: Regional analysis for South Korea under CMIP5 projections. Journal of Hydrometeorology. doi: 10.1175/JHM-D-15-0027.1	RCP8.5	2016~2099	강수량
4	Kim, K.H., J. Cho. 2015. Predicting potential epidemics of rice diseases in Korea using multi-model ensembles for assessment of climate change impacts with uncertainty information. Climate Change, DOI 10.1007/s10584-015-1503-2	RCP4.5, RCP 8.5	2011~2099	강수량
5	Kim, K. H., J. Cho, Y.H. Lee, and W.S. Lee., 2015.04. Predicting potential epidemics of rice leaf blast and sheath blight in South Korea under the RCP 4.5 and RCP 8.5 climate change scenarios using a rice disease epidemiology model, EPIRICE. Agricultural and Forest Meteorology 203: 191-207	RCP4.5	2016~2045	최고기온, 최저기온, 강수량
6	Kim, C.G., Cho, J., Kim, N.W., 2018. Assessing hydrologic impact of climate change in Jeju Island using multiple GCMs and watershed modeling. 한국수자원학회 논문집 51, 11-18.	RCP8.5	2010~2099	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도
7	곽용석, 조재필, 정임국, 김도우, 장상민, 2018. 유효가뭄지수 (EDI) 를 이용한 한반도 미래 가뭄 특성 전망. 한국기후변화학회지 9, 31-45	RCP4.5 RCP8.5	2010~2100	강수량
8	김광형, 정여민, 조운섭, 정유란, 2016. 기후변화에 따른 국내 키위 품종 “해금”의 개화시기 변동과 전망에 대한 불확실성: 전남 키위 주산지역을 중심으로. Korean J. Agric. For. Meteorol. 18, 42-54	RCP4.5 RCP8.5	2021~2040	최고기온, 최저기온
9	김철겸, 박지훈, 조재필, 2018. GCM 및 상세화기법 선정을 고려한 충주댐 유입량 기후변화 영향 평가. 한국기후변화학회지 9, 47-58	RCP4.5 RCP8.5	2010~2099	강수량, 최고기온, 최저기온

10	남원호, 홍은미, 최진용, 조재필, 2015. 기후학적 물수지를 적용한 기후변화에 따른 농업기상지표 변동예측의 불확실성. 한국농공학회논문집 57, 1-13	RCP4.5 RCP8.5	2011~2100	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도
11	박지훈, 조재필, 이은정, 정임국, 2017. CMIP5 GCMs 과 추정 방법에 따른 우리나라 기준증발산량 평가. 농촌계획 23, 153-168.	RCP4.5 RCP8.5	2010~2099	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도
12	윤선권, 장상민, 이진영, 조재필, 2017. 도심지 토사재해 위험지역 기후변화에 따른 미래 극치강우 분석. 1 한국방재학회 논문집 17, 355-367.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2100	강수량
13	윤선권, 조재필, 2015. CMIP5 GCMs 의 근 미래 한반도 극치강우 불확실성 전망 및 빈도분석. 한국수자원학회 논문집 48, 817-830.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2040	강수량
14	윤선권, 조재필, 문영일, 2014. RCPs 시나리오 자료를 이용한 비매개변수적 갈수빈도 해석. 대한토목학회논문집 34, 1125-1138.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2100	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도
15	정유란, 조재필, 이은정, 2015. 상세화된 CMIP5 기후변화전망의 다중모델앙상블 접근에 의한 농업기후지수 평가. Korean J. Agric. For. Meteorol. 17, 108-125.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2040	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도
16	조재필, 정임국, 조원일, 황세운, 2018b. 사용자 중심의 기후변화 시나리오 상세화 기법 개발 및 한반도 적용. 한국기후변화학회지 9, 13-29.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2040	강수량, 최고기온, 최저기온
17	조재필, 황세운, 고희광, 김광용, 김정대, 2015. SWAT 모형과 CMIP5 자료를 이용한 기후변화에 따른 농업용 저수지 기후변화 영향 평가. 한국농공학회논문집 57, 1.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2040	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도
18	최순균, 정재학, 조재필, 허승오, 최동호, 김민경, 2018. 불확실성을 고려한 논벼 증발산량 기후변화 영향 평가. 한국기후변화학회지 9, 143-156.	RCP4.5 RCP8.5	2011~2100	강수량, 최고기온, 최저기온, 풍속, 일사량, 상대습도

□ 기타사항

○ 관련 행사

- 국내 유관기관 관계자 대상 사용자 중심의 기후정보의 통계적 상세화 교육, 2017.09.28. ~ 29., APEC기후센터

(<http://www.ecomedia.co.kr/news/newsview.php?ncode=1065587527125620>)