

## 국가 기후변화 표준 시나리오[지역 기후 모델/통계적 상세화]

### □ 개요

- 생산기관: 국립농업과학원
- 공간영역: 한반도 남한영역
- 사용모델: SQM-Grid (Grid based Simple Quantile Mapping)

### □ 생산 목적

- 농업 및 수자원 등 부문별 기후변화 적응 정책 수립에 있어서 불확실성을 고려할 수 있도록 다중모형 기반의 상세화 자료 제공
- 전국단위 기후변화 적응 정책 수립에 있어서 공간적인 변동성이 중요한 경우 활용 가능한 격자기반 고해상도 상세화 자료 제공
- 응용분야 모델링에 있어서 재현기간 대비 미래기간의 상대적인 변화율에 대하여 기후변수들의 물리적인 값이 중요한 경우 활용 가능하도록 통계적 상세화 기법 기반 보정된 상세화 자료 제공

### □ 세부 내용

- 통계적 보정은 Empirical Quantile Mapping 기법을 사용하여 월별로 30년 기후 평균과 분포(distribution)를 동시에 보정하는 Simple Quantile Mapping (SQM) 상세화 기법을 격자형 자료를 기반으로 계산할 수 있도록 개발된 SQM-Grid 기법 활용
- 통계적 보정을 위해 필요한 관측장으로 CMIP5 재현기간(Historical)인 1976~2005(30년) 관측 자료가 존재하는 60개 ASOS 지점을 입력으로하여 고도, 경사향, 해안으로부터의 거리등을 고려하여 IGISRM 기법<sup>1)</sup>을 이용하여 생산된 3km 해상도의 격자형 자료 활용

1) (IGISRM)은 PRISM 기법의 영항받지 않은 고고리즘을 개선한 기법으로서 자료 생산 시 발생할 수 있는 이상치에 대해 통계적으로 후처리하는 절차를 포함

- 미래 기후변화 전망 자료는 IPCC AR5에 활용된 CMIP5 자료 중 29개 GCM에 대하여 재현기간(1976~2005) 및 Core RCP 시나리오 2종(RCP4.5 및 RCP8.5)의 미래기간(2006~2100)에 대하여 수집된 3개 변수(강수량, 최고기온, 최저기온) 자료<sup>2)</sup> 활용 (표 1)

표 1. 사용 Global Climate Models (GCMs) 설명

No	GCMs	Resolution (degree)	Institution
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	LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences; and CESS, Tsinghua University
12	FGOALS-s2	2.813 x 1.659	LASG, 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	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute and National Institute for Environmental Studies
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

2) 2018년도에 인증을 받은 APCC의 SQM 통계적 상세화 자료와 동일한 자료로 APCC Data Service System (ADSS)를 통해 제공하고 있는 남한(South Korea) 자료 사용

- 제공 자료는 ASCII 포맷의 3 km 해상도의 격자에 대해 재현기간 및 미래기간에 대한 보정된 3개 기후변후의 일단위 자료에 더하여 적응정책 수립에 필요한 기후노출인자로 21개 극한기후지수(Climature Extreme Indices)에 대한 29개 GCM의 단순평균인 Multi-Model Ensemble (MME) 기반 자료 제공 (표 2)

표 2. MME기반 제공 극한기후지수(Climature Extreme Indices) 리스트

Index	Variable	Description	Unit
SU	TMAX	Annual count of days when TMAX >25°C	Days
ID		Annual count of days when TMAX <0°C	Days
TXn		Annual minimum value of TMAX	°C
TXx		Annual maximum value of TMAX	°C
WSDI		Annual count of days with at least 6 consecutive days when TMAX >90th percentile	Days
FD	TMIN	Annual count of days when TMIN <0°C	Days
		Annual count of days when TMIN >20°C	Days
TNn		Annual minimum value of TMIN	°C
TNx		Annual maximum value of TMIN	°C
CSDI		Annual count of days with at least 6 consecutive days when TMIN <10th percentile	Days
DTR	TMAX & TMIN	Annual mean difference between daily maximum temperature TMAX and TMIN	°C
GSL	TAVG	Annual count between first span of at least 6 days with daily mean temperature TG>5°C and first span of 6 days with TG<5°C .	Days
CDD	PRCP	Maximum number of consecutive days with daily PRCP <1mm	Days
CWD		Maximum number of consecutive days with daily PRCP ≥ 1mm	Days
PRCPTOT		Annual total PRCP in wet days (daily PRCP ≥ 1mm)	mm
Rx1day		Annual maximum 1-day precipitation	mm
Rx5day		Annual maximum 5-day precipitation (PRCP)	mm
SDII		Annual precipitation divided by the number of wet days	mm/day
R10mm		Annual count of days when PRCP ≥ 10mm	Days
R20mm		Annual count of days when PRCP ≥ 20mm	Days
Rnmm		Annual count of days when PRCP ≥ nmm, nn is a user defined threshold (default threshold is 1)	Das

## □ 미래 기후변화 전망정보

- 미래기간에 대한 기후변화 전망은 동일한 GCM, 통계적 기법, 관측자료(60개 ASOS 기반 격자자료)를 사용하여 아래와 같이 SQM 기반 결과와 유사한 경향을 보임
  - 다중모형앙상블(Multi-Model Ensemble, MME) 기반의 강수량 전망은 다수의 모형들이 과거기간 대비 강수량의 증가를 전망하고 있지만 일부 모형들의 경우는 감소는 방향으로 전망하고 있어 모형 선정에 따른 불확실성 범위가 넓은 결과를 보였으며, 다중모형평 균을 이용한 미래 전망의 경우 RCP4.5 및 RCP8.5 시나리오 모두 먼미래로 갈수록 연강수량이 증가하는 경향을 보임 (그림 1)
  - 강수량은 근미래(2011~2040)에서 중간미래(2041~2070) 및 먼미래(2071~2100)로 갈수록 증가폭이 크게 나타났으며, RCP4.5 시나리오보다 RCP8.5 시나리오에서 증가폭이 크게 나타남
  - 한반도 평균 최고기온 및 최저기온의 경우 선정된 GCM 모두 과거기간과 비교하여 모든 미래기간 및 RCP 시나리오에 대하여 증가하는 일관된 전망 결과를 보여 모형 선정에 따른 불확실성 범위가 좁은 결과를 보임
  - 최고기온의 경우 강수량과 마찬가지로 근미래에서 먼미래(2071~2100)로 갈수록 증가폭이 크게 나타났으며, RCP4.5 시나리오보다 RCP8.5 시나리오에서 증가폭이 크게 나타남

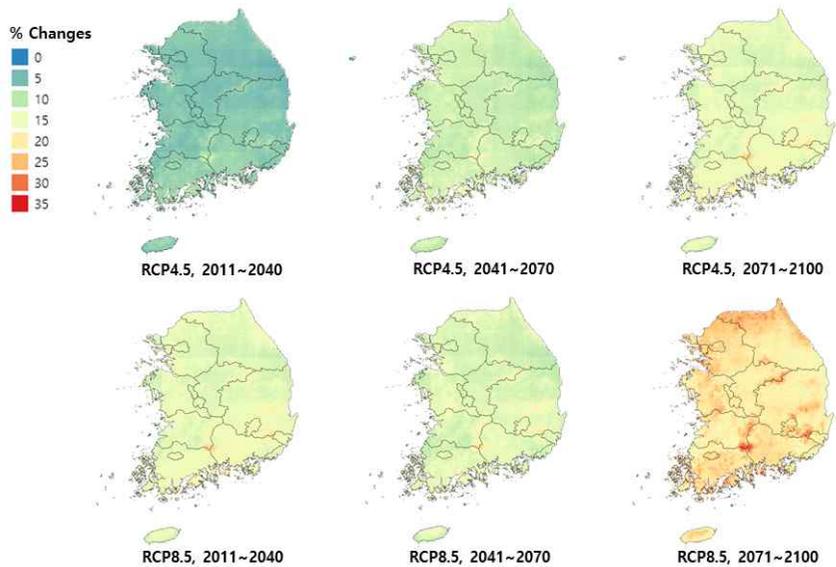


그림 1. 재현기간(1976~2005)대비 미래기간 및 RCP 시나리오별 연강수량의 증가율의 공간적 분포

○ 상세화 자료의 미래기간에 대한 재현성 평가 결과 관측자료와 유사한 결과를 보임 (불확실성이 큰 강수량자료의 경우 연강수량은 편차가 가장 큰 격자에서 1.91% 차이를 보임) (그림 2)

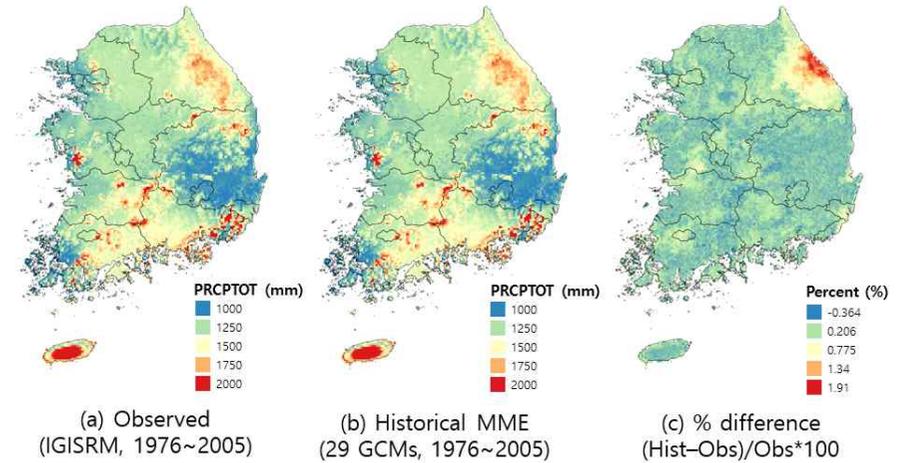


그림 2. 연강수량의 공간재현성 평가 결과

○ 극한기후지수 중 홍수 취약성과 밀접한 5일최대강수량(Rx5day)의 경우 미래 기간으로 갈수록 증가폭이 크며, RCP8.5 시나리오가 RCP4.5 시나리오 보다 높은 증가 경향을 보임. RCP8.5 먼미래기간의 경우 지역적으로 증가율이 지역별로 12%~46%의 변동성을 보임 (그림 3)

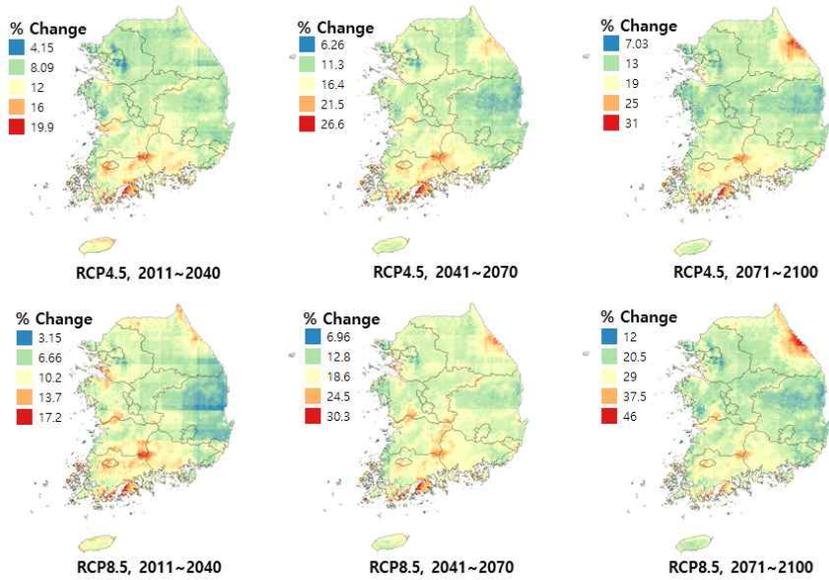


그림 3. MME기반 5일최대강수량(Rx5day)의 미래 변화량

○ 극한기후지수 중 연최고기온(TXx)의 경우 강수량과 마찬가지로 미래 기간으로 갈수록 증가폭이 크며, RCP8.5 시나리오가 RCP4.5 시나리오 보다 높은 증가 경향을 보임. RCP8.5 먼미래기간의 경우 지역적으로 증가율이 지역별로 3%~7%의 변동성을 보임 (그림 4)

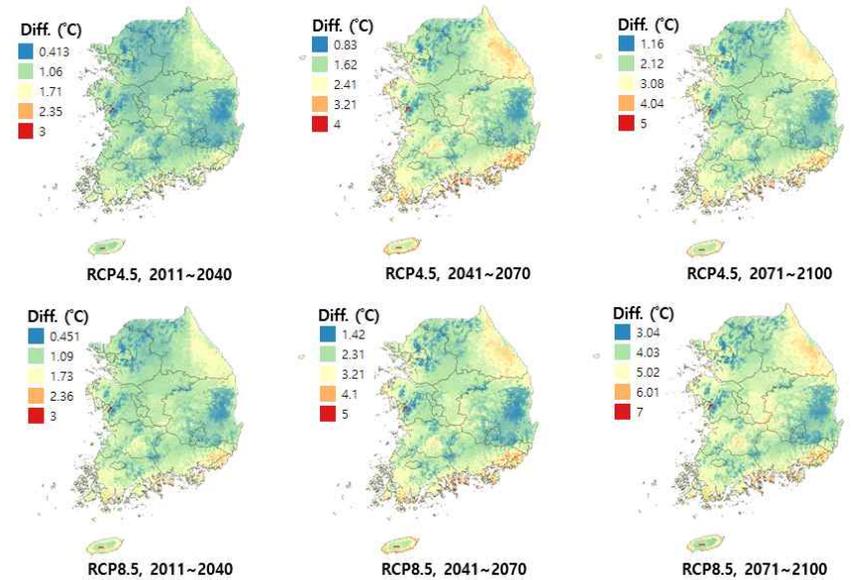


그림 4. MME기반 연최고기온(TXx)의 미래 변화량

**□ 관련 사업**

- 농촌진흥청에서 수행하고 있는 “기후변화에 따른 농경지 양분유출 실태조사 및 영향평가 연구” 중 전국 농에서의 기후변화에 따른 양분유출 취약성 평가를 위해 APEC기후센터와 공동으로 수행하고 있는 “중.장기 기후정보를 활용한 논외 양분유출 예측 및 관리 기술 개발” 2차년도(2018)의 연구 결과로 생산된 자료임

**□ 국가 기후변화 표준 시나리오 활용 현황**

- 기상청 국가 기후변화 표준 시나리오 활용 현황
  - 기상청 생산 GCM 자료인 HadGEM-AO 전망 자료를 SQM-Grid 상세화 입력자료로 사용
- 신청 시나리오 활용 현황
  - 진행 중인 농촌진흥청의 “기후변화에 따른 농경지 양분유출 실태조사 및 영향평가 연구” 에 활용 중

**□ 관련 보고서 및 논문**

- 상세화 자료 생산 기법 관련 보고서 및 논문

No.	보고서/논문 제목	발주처/학회지	연구기간/발행연도	내용 설명
1	고해상도 격자 기후자료 내 이상 기후변수 수정을 위한 통계적 보간법 적용.	기후변화학회지	2015	IGISRM 기법의 이상치 보정을 위한 후처리 기법
2	High-resolution Climate Data from an Improved GIS-based Regression Technique for South Korea.	KSCE Journal of Civil Engineering.	2018	3km 격자기반 관측장 생산을 위한 IGISRM 기법 개발
3	Action on Climate Change in South Asia	ADB(SARD)	2018	SQM-Grid 적용 기법 개발 (ADB회원국에 대한 격자형 시나리오 상세화 자료 생산 절차)

- 상세화 자료 활용 관련 보고서 및 논문

No.	보고서/논문 제목	발주처/학회지	연구기간/발행연도	내용 설명
4	중.장기 기후정보를 활용한 논외 양분유출 예측 및 관리 기술 개발	농촌진흥청	2017~2019	한반도 양분유출 취약성 분석을 위한 기후노출인자 민감도 분석

**□ 기타사항**

- 없음