

발간등록번호

11-1360000-001756-01



2022

기후변화 시나리오

활용사례집

제1장 기후변화 시나리오 소개	3
제2장 미래 기후변화 전망	9
제3장 기후변화 시나리오 활용사례	13
1. 지자체 기후위기 적응대책(서울, 부산, 광주)	
2. 부문별 시나리오 활용사례	
1) 농업 부문	
2) 물관리 및 재난·재해 부문	
3) 산림 및 생태계 부문	
4) 기타 부문(토지, 보건, 수산 등)	
제4장 기후변화 시나리오 활용법	49
부록	57

2022

기후변화 시나리오

활용사례집

제1장
기후변화
시나리오
소개

제 1 장 기후변화 시나리오 소개

1. 기후변화 시나리오 정의

- 기후변화 시나리오는 온실가스, 에어로졸, 토지이용 변화 등의 인위적인 원인으로 발생한 복사강제력 변화를 지구시스템 모델에 적용하여 산출한 미래 기후변화 전망정보(기온, 강수량, 바람, 습도 등)임.
- 기후변화 시나리오는 기후변화로 인한 영향을 평가하고 피해를 최소화하기 위해 활용할 수 있는 선제적인 정보로 ‘광범위하고 다양하게 나타나는 미래’에서 불확실성을 잘 이해하여 신뢰할 수 있는 의사결정을 돕는 것임.

2. 기후변화 시나리오의 종류

- 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)는 1988년에 설립된 이후, 수년 주기로 평가보고서(AR, Assessment Report)를 발간하고 있으며, 2021년 발간된 제6차 평가보고서는 SSP 시나리오를 기반으로 미래 기후변화를 전망함.

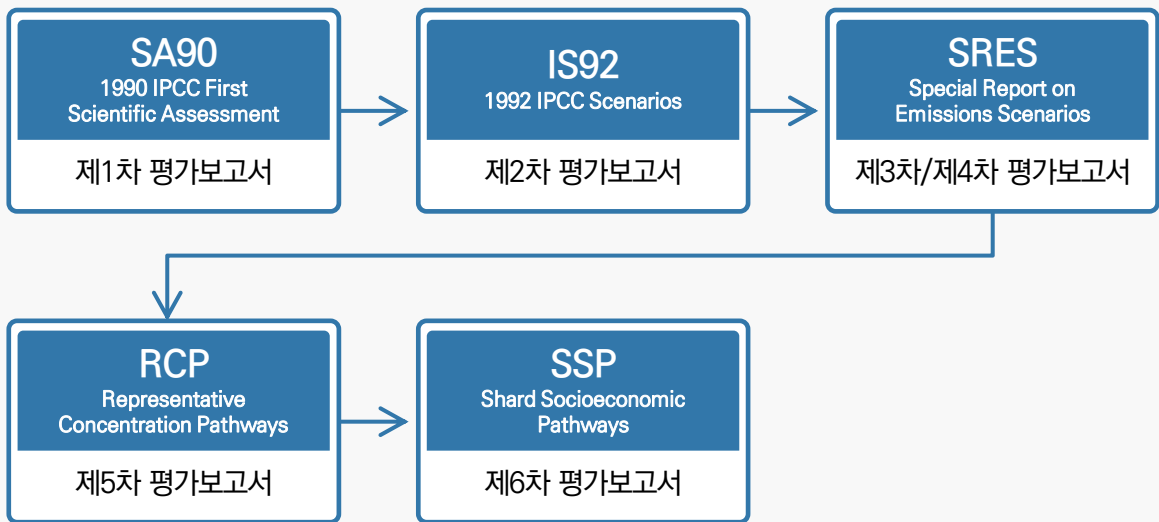


그림 1-1. IPCC의 기후변화 시나리오 종류

- SSP(Shared Socio-economic Pathways)는 2100년 기준 복사강제력 정도(기존 RCP 개념)와 함께 기후변화 적응과 온실가스 감축 여부에 따라 인구, 경제, 토지이용, 에너지 사용 등 미래의 사회경제 지표의 정량적인 변화 내용을 포함하여 5개 그룹으로 구성됨(O'Neill *et al.*, 2014; 2017)

- SSP1과 SSP5는 사회가 발전되면서 온실가스 감축을 잘하거나(1), 못한(5) 경우
- SSP3과 SSP4는 사회 발전이 더디나 온실가스 감축을 잘하거나(4), 못한(3) 경우
- SSP2는 다른 사회경제경로의 중간단계 정도의 발전 및 감축을 이룬 경우



- 제6차 평가보고서의 표준 온실가스 경로는 SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 4종으로 첫 번째 숫자는 기후변화 적응 및 완화를 위한 사회·경제적 노력, 두 번째 숫자는 2100년 기준의 복사강제력을 나타냄.

표 1-1. SSP 시나리오(4종)

종류	의미
SSP1-2.6	재생에너지 기술 발달로 화석연료 사용이 최소화되고 친환경적으로 지속가능한 경제성장을 가정
SSP2-4.5	기후변화 완화 및 사회경제 발전 정도가 중간단계를 가정
SSP3-7.0	기후변화 완화 정책에 소극적이며 기술개발이 늦어 기후변화에 취약한 사회구조를 가정
SSP5-8.5	산업기술의 빠른 발전에 중점을 두어 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발 확대를 가정

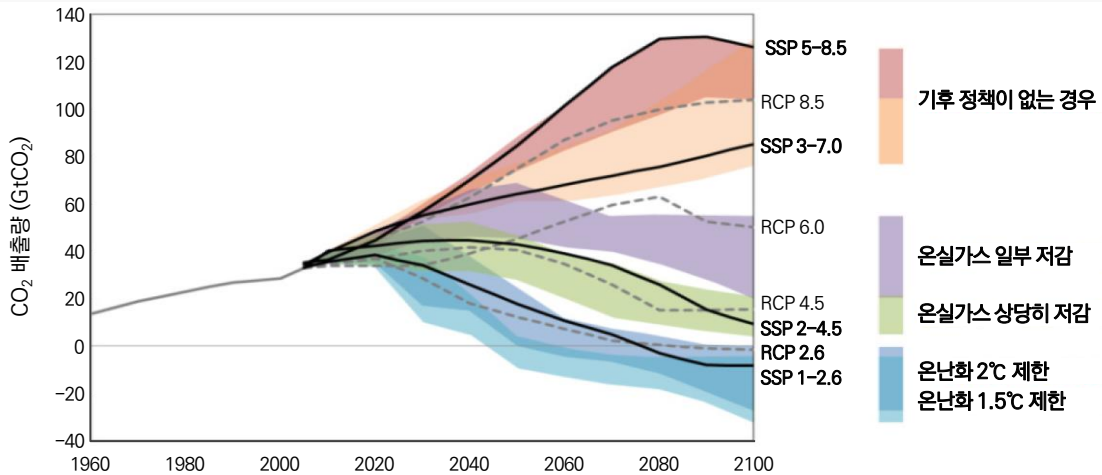


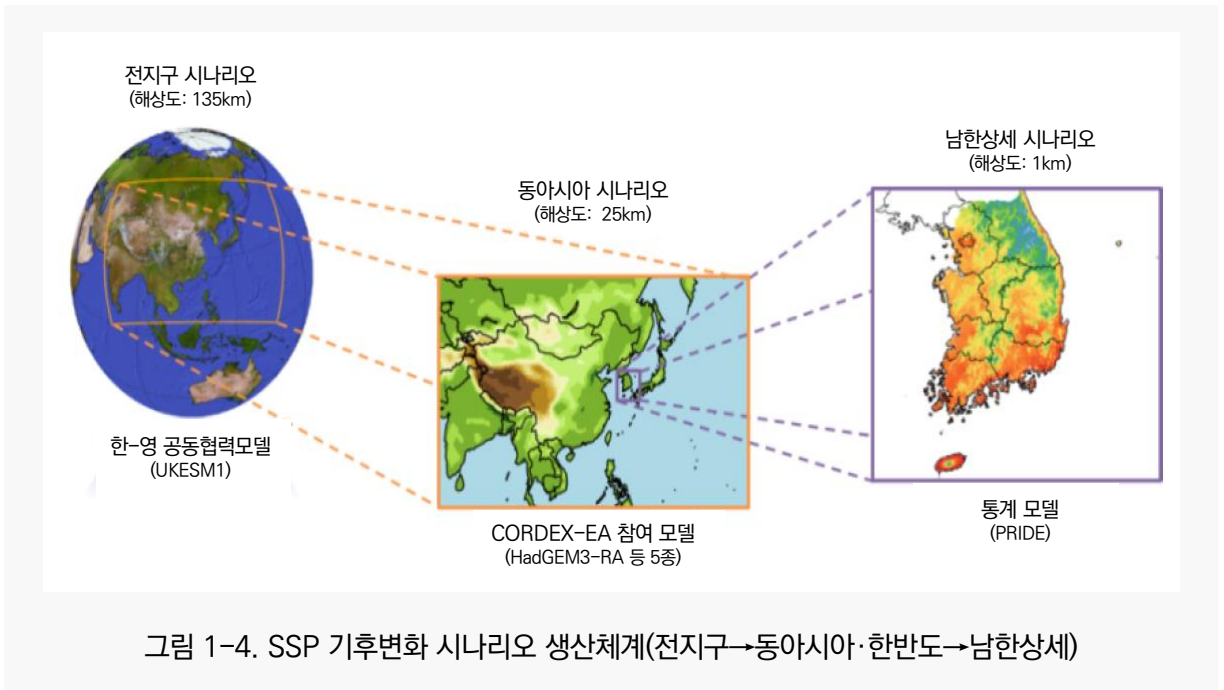
그림 1-3. 과거(1960~2005) 및 미래(2006~2100)에 대한 기후변화 시나리오의 온실가스 배출 경로 과거(회색 실선), SSP(검정 실선)(기상청, 2020)

3. 기후변화 시나리오의 산출방법

- 전지구 기후변화 시나리오
 - IPCC 국제 기후변화 시나리오 비교·검증 프로젝트(CMIP6)의 국제표준 규격에 따라 135km 공간해상도의 전지구 기후변화 시나리오를 산출함(국립기상과학원, 2019; 2020).
 - SSP 전지구 기후변화 시나리오는 K-ACE와 UKESM1 2종의 모델을 활용하여 산출하였으며 K-ACE는 국립기상과학원 자체 개발한 모델이며, UKESM1은 한-영 기상청 간 과학협력의 일환으로 공동 활용 중인 모델임.
 - 기후변화 시나리오 산출의 첫 번째 단계인 산업화 이전의 기후조건을 적용한 규준실험 수행 후, 과거 기후 기간(1850~2014년)에 대해 각 모델별 3개씩 총 6개의 앙상블 자료를 산출함. 각 모델별로 수행된 과거기후 모의 앙상블 자료 마지막 값(2014년)을 초기조건으로 하여 SSP 강제력에 따른 미래전망(2015~2100년) 앙상블 자료를 산출함.
- 동아시아·한반도 기후변화 시나리오
 - 지역 기후변화 시나리오는 전지구 시나리오에서 표현하기 힘든 작은 규모의 대기현상과 지형효과 등이 반영된 것임. UKESM1 기반의 전지구 시나리오(135km)를 입력자료로 사용하여 역학적 상세화를 통해 25km 공간해상도의 동아시아·한반도 시나리오를 산출함(국립기상과학원, 2020; 2021).
 - 기후변화 예측모델이 가지는 불확실성을 줄이기 위하여 5종(HadGEM3-RA, WRF, CCLM, RegCM4, GRIMs)의 지역기후 예측모델을 활용하여 앙상블 자료를 산출하였으며, 이를 평균하여 동아시아·한반도 미래 기후변화를 전망함
 - 동아시아·한반도 시나리오의 과거기후 산출 기간은 1979~2014년, 미래 시나리오 산출 기간은 2015~2100년임.

• 남한상세 기후변화 시나리오

- 동아시아·한반도 시나리오(25km)를 기반으로 통계적 상세화를 통해 육상 지역에 대한 1km 공간해상도의 남한상세 시나리오를 산출함(국립기상과학원, 2021)
- 우리나라의 복잡한 지형조건을 고려하여 거리, 고도, 해양도, 지향면 등을 적용한 통계모델(PRIDE)을 활용하여 수평해상도 1km의 고해상도 시나리오를 생산함
 - (1단계) 기상청 관측자료(ASOS, AWS 총 605개소)에 MK-PRISM 기법을 적용하여 수평해상도 1km의 격자형 관측자료(2000~2019년)¹⁾를 생산함.
 - (2단계) 수평해상도가 25km인 동아시아·한반도 시나리오의 현재기후(2000~2019년)와 미래 전망자료(2021~2100년)를 1km 해상도로 객관분석한 후, 각 격자별로 미래 전망과 현재 기후의 편차값인 미래 전망 편차를 추출함.
 - (3단계) 수평해상도 1km의 격자형 관측자료와 미래 전망 편차를 더하여 고해상도의 남한상세 기후변화 시나리오를 생산함.



• 행정구역 기후변화 시나리오

- 남한상세 시나리오(1km)를 활용하여 광역시도, 시군구, 읍면동 등 행정구역 자료로 변환함.
 - (읍면동) 남한상세 1km 격자자료에서 해당 읍면동 기상청 동네예보 지점이 포함되는 격자값을 대푯값으로 설정함.
 - (시군구) 해당 시군구 내 포함되어 있는 읍면동 값들을 산술평균하여 산출함.
 - (광역시도) 해당 광역시도 내 포함되어 있는 시군구 값들을 산술평균하여 산출함.
- 전국값(남한평균값)은 1km 격자자료 산출결과(남한상세 기후변화 전망보고서)를 이용하고, 행정구역 자료 기반의 전국값은 별도 산출하지 않음.

1) 기상청 관측자료에 거리, 고도, 해양도, 지향면 등을 고려하여 생산한 1km 격자형 관측자료로 남한상세 및 행정구역 시나리오의 현재 기후값(2000~2019년)에 해당됨

2022
기후변화 시나리오
활용사례집

제2장
미래 기후
변화 전망

제 2 장 미래 기후변화 전망

- 기상청은 「전지구 기후변화 전망보고서」, 「한반도 기후변화 전망보고서」, 「남한상세 기후변화 전망보고서」 발간을 통해 해상도 및 영역별로 미래 기후변화를 전망하였음.
- 미래전망은 기간별로 21세기 전반기(2021~2040년), 21세기 중반기(2041~2060년), 21세기 후반기(2081~2100년)로 구분하였으며 평균기온과 강수량에 대한 영역별 주요 수치를 제시함(표 2-1).
 - ※ 제5차 평가보고서(RCP)의 21세기 전/중/후반기 구분 기준이 다름.

1. 전지구 기후변화 전망

- 21세기 후반기 전지구 연평균기온은 온실가스 배출 정도에 따라 현재(1995~2014년) 대비 1.9~5.2℃ 상승할 것으로 전망됨.
 - 기온 상승폭은 육지(2.5~6.9℃)가 해양(1.6~4.3℃)보다 크게 나타나며, 북극의 기온 상승은 육지에 비해 2배 정도(6.1~13.1℃) 클 것으로 전망됨.
 - 21세기 후반기 대륙별 기온 상승 폭은 약 1.7~7.8℃로, 주요 도시의 기온도 크게 상승할 것으로 전망됨.
- 21세기 후반기 전지구 평균 강수량은 온실가스 배출 정도에 따라 현재(1995~2014년) 대비 5~10% 증가할 것으로 전망됨.
 - 강수량 증가는 지역별로 차이가 있으나, 적도와 60도 이상의 북반구 고위도 지역에서 증가 경향(7~17%)이 크게 나타남.

2. 한반도 기후변화 전망

- 21세기 후반기 한반도 연평균기온은 온실가스 배출 정도에 따라 현재(1995~2014년) 대비 2.6~7.0℃ 상승할 것으로 전망됨.
 - 모든 시나리오에서 21세기 전반기까지 연평균기온 상승 폭이 비슷하지만 고탄소 시나리오(SSP5-8.5)는 21세기 중반기부터 급격히 상승함.
 - 고탄소 시나리오 (SSP5-8.5)에서 한반도 육지 연평균기온 상승폭은 전지구 육지 평균 상승폭(6.9℃)과 비슷함. 또한 한반도의 기온 상승에 대한 모델 앙상블의 범위는 동아시아와 전지구에 비해 더 큼.
- 21세기 후반기 한반도 평균 강수량은 온실가스 배출 정도에 따라 현재 대비 3~15% 증가할 것으로 전망됨.
 - 모든 시나리오에서 21세기 전반기 강수량은 현재와 비슷하고 21세기 후반기 고탄소 시나리오를 중심으로 증가할 것으로 전망되며, 강수량 변화 경향은 지역에 따라 편차가 심함.
 - 고탄소 시나리오 (SSP5-8.5)에서 한반도의 육지 강수량 증가율은 동아시아 육지 평균(17%) 보다 작고, 전지구 육지 평균 (7%)보다 큼.

3. 남한 기후변화 전망

- 21세기 후반기 우리나라 연평균기온은 온실가스 배출 정도에 따라 현재(2000~2019년) 대비 2.3~6.3℃ 상승할 것으로 전망됨.
 - 모든 시나리오에서 연평균기온은 21세기 전반기까지 상승폭이 비슷하지만 고탄소 시나리오 (SSP5-8.5)는 21세기 중반기부터 급격하게 상승함.
- 21세기 후반기 우리나라 평균 강수량은 온실가스 배출 정도에 따라 현재 대비 3~18% 증가할 것으로 전망됨.
 - 모든 시나리오에서 21세기 전반기에 현재 대비 평균 강수량은 큰 변화가 없고 21세기 후반기에 고탄소 시나리오에서 급증할 것으로 전망됨.

표 2-1. 현재 및 미래 평균기온(℃) 및 강수량(mm) 변화

구분		전지구(135km)		한반도(25km)		남한상세(1km)	
		기온	강수량	기온	강수량	기온	강수량
현재 (전지구/한반도: 1995~2014, 남한: 2000~2019)		14.4	1051.5	11.2	1195.2	11.9	1328.1
21세기 전반기 (2021~ 2040)	SSP1-2.6	+1.2	+31.6	+1.6	-14.4	+1.3	+38.5
	SSP5-8.5	+1.3	+31.6	+1.8	-27.8	+1.5	-9.4
21세기 중반기 (2041~ 2060)	SSP1-2.6	+1.7	+42.1	+1.8	+36.6	+1.6	+61.4
	SSP5-8.5	+2.4	+52.6	+3.2	+48.5	+2.9	+88.0
21세기 후반기 (2081~ 2100)	SSP1-2.6	+1.9	+52.6	+2.6	+37.7	+2.3	+45.7
	SSP5-8.5	+5.2	+105.2	+7.0	+184.0	+6.3	+243.3

2022

기후변화 시나리오

활용사례집

제3장

기후변화
시나리오
활용사례

제 3 장 기후변화 시나리오 활용사례

1. 지자체 기후위기 적응대책

- 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제40조 및 같은 법 시행령 제43조에 따라 각 지자체는 지방 기후위기 적응대책을 5년마다 수립·시행하여야 함.

〈기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법〉

제40조(지방 기후위기 적응대책의 수립·시행) ① 시·도지사, 시장·군수·구청장은 기후위기적응대책과 지역적 특성 등을 고려하여 **관할 구역의 기후위기 적응에 관한 대책(이하 “지방기후위기적응대책”이라 한다)을 5년마다 수립·시행**하여야 한다.

② 시·도지사, 시장·군수·구청장은 지방기후위기적응대책을 수립하거나 변경하는 경우에는 지방위원회의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 심의를 생략할 수 있다.

③ 지방기후위기적응대책이 수립 또는 변경된 경우 시·도지사는 이를 환경부장관에게, 시장·군수·구청장은 이를 환경부장관 및 관할 시·도지사에게 각각 제출하여야 하며, 환경부장관은 제출받은 지방기후위기 적응대책을 종합하여 위원회에 보고하여야 한다.

④ 시·도지사 및 시장·군수·구청장은 지방기후위기적응대책의 추진상황을 매년 점검하고 그 결과 보고서를 작성하여 지방위원회의 심의를 거쳐 시·도지사는 환경부장관에게, 시장·군수·구청장은 환경부장관 및 관할 시·도지사에게 각각 제출하여야 하며, 환경부장관은 이를 종합하여 위원회에 보고하여야 한다.

- 제3차 국가 기후변화 적응대책(2021~2025)이 수립됨에 따라 2021년에 광역지자체 16곳에서 기후 위기 적응대책 세부시행계획을 수립하였으며 기초지자체는 2023년부터 수립 예정임.
- ‘지방 기후위기 적응대책 수립 및 이행평가 지침’(환경부, 2022)에 따라 지역의 기후변화 현황 및 미래 전망을 포함하여야 하며, 기상청에서 제공하는 기상관측자료 및 기후변화 시나리오 등을 바탕으로 기후요소 및 극한기후지수에 대한 현황과 전망을 조사·분석하도록 되어 있음.
 - 또한, 기후변화 현황과 전망 결과와의 비교 검토를 통하여 지역의 기후변화 경향 및 기후취약요소, 시군구별 기후특성 및 잠재적 기후취약지역 등을 파악하여 대책 수립에 반영하여야 함.
 - 지역의 기후변화 영향 및 취약성 평가를 위해 환경부는 기후변화 영향평가 모형(MOTIVE*)과 취약성 평가도구(VESTAP**)를 제공하고 있으며 이 도구에 기상청 시나리오가 활용되고 있음.

* Model Of inTegrated Impact and Vulnerability Evaluation for climate change

** Vulnerability assessment Tool to build climate change Adaptation Plan

• 지자체 기후위기 적응대책 세부시행계획의 시나리오 활용 사례

제3차 서울특별시 기후위기 적응대책 세부시행계획(2022~2026)

2 · 기후 전망

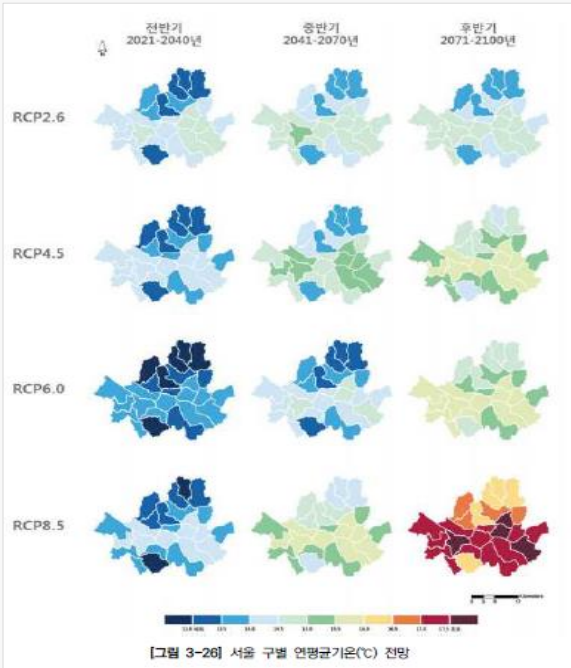
1) 기온 전망

- RCP 시나리오에 의한 서울시 미래 기온 변화 전망에 따르면, 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 RCP4.5 시나리오에서는 21세기 후반기(2071~2100년)의 평균기온이 15.3℃로 예측되고, 현재 추세로 온실가스가 저감 없이 배출되는 RCP8.5 시나리오에서는 17.1℃로 예측됨
- 이는 과거 2001~2010년 평균기온인 13℃ 보다 각각 2.3℃, 4.1℃ 상승하는 것으로, 온실가스 저감 정책 실현 여부에 따라 평균기온의 상승폭이 달라짐을 의미함
- 과거 대비 21세기 후반기 서울의 연평균 일최고기온 변화를 살펴보면 2001~2010년 10년간 17.7℃에서 RCP2.6 시나리오 기준 1.5℃ 상승하여 19.2℃가 될 것으로 예측하고, RCP8.5 시나리오 기준 4.4℃ 상승하여 22.1℃에 달할 것으로 예측함
- 연평균 일최저기온은 2001~2010년 10년간 8.9℃에서 21세기 후반기에 RCP2.6 시나리오 기준 1.3℃ 상승하여 10.2℃가 될 것으로 예측하고, RCP8.5 시나리오 기준 3.9℃ 상승하여 12.8℃에 달할 것으로 예측함
- RCP8.5 시나리오의 예측 결과에 의하면, 과거(2001~2010년) 대비 21세기 후반기 연평균 일최고기온 상승폭이 연평균 일최저기온보다 0.5℃ 가량 더 높음

【표 3-13】 서울 기온 전망

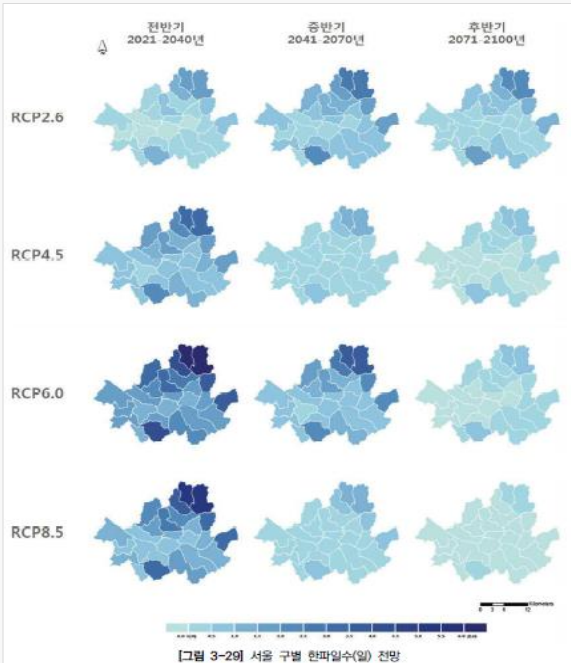
항목	RCP	과거 2001~2010	현사정 2021~2030	전반기 2021~2040	중반기 2041~2070	후반기 2071~2100
연평균기온 (℃)	RCP 2.6	13.0	13.9	14.2	14.5	14.4
	RCP 4.5	13.0	13.6	13.9	14.7	15.3
	RCP 6.0	13.0	13.2	13.4	14.0	15.4
	RCP 8.5	13.0	13.6	13.8	15.2	17.1
일최고기온 (℃)	RCP 2.6	17.7	18.7	18.9	19.2	19.2
	RCP 4.5	17.7	18.4	18.8	19.4	20.1
	RCP 6.0	17.7	18.0	18.2	18.8	20.2
	RCP 8.5	17.7	18.5	18.7	20.1	22.1
일최저기온 (℃)	RCP 2.6	8.9	9.7	10.0	10.3	10.2
	RCP 4.5	8.9	9.3	9.5	10.5	11.0
	RCP 6.0	8.9	8.9	9.2	9.8	11.3
	RCP 8.5	8.9	9.2	9.5	11.0	12.8

자료: 기상청, 2018, 서울특별시 기후변화 전망본도시



3) 극한기후 전망

- RCP 시나리오에 따른 서울시 폭염일수 전망
 - 인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복가능한 RCP 2.6 시나리오에서 서울시 폭염일수는 21세기 중반기(2041~2070년) 현재 11.1일 대비 17.9일 증가한 29.0일, 후반기(2071~2100년)에는 12.4일 증가하여 23.5일이 될 것으로 전망됨
 - 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 RCP 4.5 시나리오에서는 현재 대비 21세기 중반기에 14.3일, 후반기에 26.5일 증가할 것으로 전망됨
 - 온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 RCP 6.0 시나리오에서는 현재 대비 21세기 중반기 13.3일, 후반기에는 28.7일 증가할 것으로 예측됨
 - 현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 RCP 8.5 시나리오에서는 현재 대비 21세기 중반기에 33.2일, 후반기 57.6일 큰 폭으로 증가할 것으로 전망됨
- 서울시 열대야 발생일수의 변화는 현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우(RCP 8.5)를 RCP 2.6 시나리오와 비교하면 현재 8.2일 대비 21세기 후반기 RCP 2.6 시나리오에서 11.1일 증가, RCP 8.5 시나리오 기준 52.7일 증가할 것으로 전망함
- 특히, 기온 상승으로 인한 폭염과 열대야 발생일수의 증가가 두드러지게 나타남.
 - RCP 8.5 시나리오 기준 현재 대비 21세기 후반기 폭염일수와 열대야일수의 증가폭은 각각 57.6일, 52.7일 정도 늘어날 것으로 전망함
 - RCP 2.6 시나리오 기준으로는 폭염일수와 열대야일수의 증가폭이 각각 12.4일, 11.1일 늘어날 것으로 전망됨
- 서울시 여름일수는 현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우(RCP 8.5)를 RCP 2.6 시나리오와 비교하면 현재 121.9일 대비 21세기 후반기에 RCP 2.6 시나리오에서 13.7일 증가한 135.6일, RCP 8.5 시나리오 기준 46.9일 증가한 168.8일이 될 것으로 전망함
- 서울시 서리일수 변화는 현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우(RCP 8.5)를 RCP 2.6 시나리오와 비교하면 현재 87.7일 대비 21세기 후반기 서리일수는 RCP 2.6 시나리오에서 10.4일 감소하여 77.3일, RCP 8.5 시나리오 기준 28.9일 감소하여 58.8일이 될 것으로 전망함

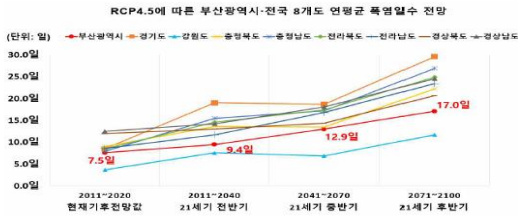


제3차 부산광역시 기후위기 적응대책 세부시행계획(2022~2026)

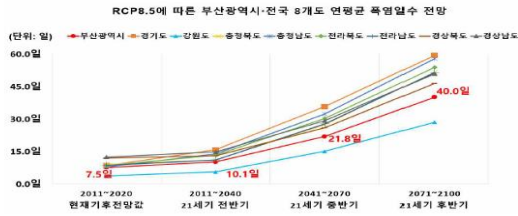


□ 연평균 폭염일수 전망

- 부산광역시 및 전국 8개도의 연평균 폭염일수는 RCP4.5 시나리오의 경기도, 강원도를 제외한 모든 시나리오에서 지속적으로 상승하는 추세를 나타내고 있음
- RCP4.5 시나리오 기준 부산시의 21세기 현재 연평균 폭염일수 7.5일에서 21세기 후반기까지 9.5일 상승한 17.0일로 전망됨
- RCP6.5 시나리오 기준 부산시의 21세기 현재 연평균 폭염일수 7.5일에서 21세기 후반기까지 32.5일 상승한 40.0일로 전망됨



〈그림 67〉 RCP4.5에 따른 부산광역시·전국 8개도 연평균 폭염일수 전망



〈그림 68〉 RCP6.5에 따른 부산광역시·전국 8개도 연평균 폭염일수 전망



○ 2040년대 연평균 강수량은 영도구, 사하구, 강서구, 사상구를 제외한 나머지 행정구역에서 증가할 것으로 전망됨

- 현재 기후값 대비 연평균 강수량 증감폭은 -53.8~179.8mm로 전망되며, 기장군의 증가폭이 179.8mm로 가장 높고, 강서구의 감소폭이 -53.8로 가장 높을 것으로 전망됨
- 기장군은 1,713.5mm로 가장 많은 연평균 강수량을 나타낼 것으로 전망되며, 강서구는 1,479.9mm로 가장 적은 연평균 강수량을 나타낼 것으로 전망됨

연평균 강수량



구분	중구	사구	동구	영도구	부산진구	동래구	남구	북구
연평균강수량 (현재)	1,567.3	1,626.6	1,598.3	1,495.1	1,588.2	1,607.8	1,568.8	1,604.8
(변차)	(+33.6)	(+92.9)	(+64.6)	(-38.6)	(+54.5)	(+74.1)	(+35.1)	(+71.1)
구분	해운대구	사하구	금정구	강서구	연제구	수영구	사상구	기장군
연평균강수량 (현재)	1,695.3	1,521.1	1,713.3	1,479.9	1,573.5	1,581.8	1,520.9	1,713.5
(변차)	(-161.6)	(-12.6)	(+179.6)	(-53.8)	(+39.8)	(+48.1)	(-12.8)	(+179.8)

〈그림 86〉 RCP4.5에 따른 2040년대 부산광역시 행정구역별 연평균 강수량 전망

154 제3차 부산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획(2022~2026)



□ 부산광역시 구·군별 RCP 4.5에 따른 2040년대 극한기후 전망 분석

- 2040년대 급경구, 동래구, 중구에서 극한기후 최고 및 최저치를 기록할 것으로 전망됨
- 급경구는 호우일수가 가장 많을 것으로 전망되며, 평균 강수량 전망에서도 기장군에 이어 두 번째로 높을 것으로 전망됨에 따라, 침수 등 재난·재해에 대비해야 할 것으로 판단됨
- 동래구는 여름일수와 폭염일수가 가장 많을 것으로 전망되며, 앞서 언급한 평균최고기온 또한 가장 높게 전망됨으로 폭염에 대한 대비책을 강구해야 할 필요성이 있음
- 중구는 최대무강수 지속기간과 열대야일수가 가장 많을 것이며, 서리 및 결빙일수는 가장 적을 것으로 전망되어 중구의 지구온난화는 더욱 심화될 것으로 판단됨



〈그림 97〉 RCP4.5에 따른 2040년대 부산광역시 행정구역별 극한기후 전망



3) 전국 17개 시·도 및 부산광역시 행정구역별 2040년대 기후변화 전망 비교분석

□ RCP4.5에 따른 전국 17개 시·도별 2040년대 기온 및 강수량 전망

- 2040년대 부산광역시의 연평균기온은 15.4℃로 전망되며 이는, 전국 17개 시·도 중 두 번째로 높을 것으로 조사됨
- 연평균최고기온은 19.8℃로 전망되며, 전국에서 세 번째로 높을 것으로 조사됨
- 연평균최저기온은 11.5℃로 전망되며, 전국에서 두 번째로 높을 것으로 조사됨
- 강수량은 1,610.4mm로 전망되며, 전국 17개 시·도 중 세 번째로 높을 것으로 조사됨

〈표 97〉 RCP4.5 시나리오에 따른 2040년대 시·도별 기온 및 강수량 전망

행정구역	연평균기온 (현재, °C)	연평균최고기온 (현재, °C)	연평균최저기온 (현재, °C)	강수량 (현재, mm)
전국	14.1(+1.3)	19.7(+1.4)	9.5(+1.4)	1,468.4(+109.9)
서울특별시	14.1(+1.1)	18.8(+1.1)	10.0(+1.1)	1,328.3(-59.0)
부산광역시	15.4(+1.0)	19.8(+1.0)	11.5(+0.9)	1,610.4(+76.7)
대구광역시	14.3(+1.1)	20.0(+1.0)	9.3(+1.0)	1,315.6(+92.4)
인천광역시	13.3(+1.3)	17.8(+1.3)	9.3(+1.1)	1,172.1(-22.3)
광주광역시	14.8(+1.2)	20.4(+1.2)	10.0(+1.1)	1,550.0(+134.8)
대전광역시	13.4(+1.0)	19.3(+1.1)	8.4(+1.0)	1,482.4(+197.3)
울산광역시	14.4(+1.0)	19.5(+1.0)	9.8(+0.9)	1,560.4(+115.5)
세종특별자치시	13.1(+1.1)	19.1(+1.0)	7.8(+0.9)	1,354.5(+116.3)
경기도	12.3(+1.1)	18.2(+1.1)	7.3(+1.1)	1,372.9(-68.8)
강원도	9.9(+1.0)	15.8(+1.0)	4.8(+1.0)	1,502.8(+10.8)
충청북도	11.9(+1.0)	18.3(+1.1)	6.4(+1.0)	1,404.9(+53.5)
충청남도	13.1(+1.1)	18.7(+1.1)	8.2(+1.0)	1,385.5(+119.6)
전라북도	12.9(+1.1)	18.9(+1.2)	7.8(+1.0)	1,561.0(+145.0)
전라남도	14.3(+1.1)	19.6(+1.2)	9.7(+1.0)	1,608.4(+132.0)
경상북도	12.4(+1.0)	18.5(+0.9)	7.0(+1.0)	1,364.1(+72.5)
경상남도	13.8(+1.0)	19.6(+1.0)	8.7(+0.9)	1,715.9(+119.1)
제주특별자치도	15.6(+1.2)	19.2(+1.1)	12.1(+1.1)	2,107.9(-61.0)

자료: 기상청, 기후정보포털 기후변화시나리오

제3차 광주광역시 기후위기 적응대책 세부시행계획(2022~2026)

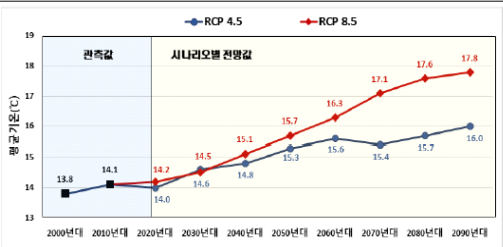
□ 광주광역시 전망

- 21세기 후반기 광주광역시 연평균기온은 RCP 시나리오에 따라 현재 수준(14.3 9℃, 2011~2020년 평균) 대비 1.41~3.31℃ 상승할 전망
- 향후 80년간 연평균기온은 RCP 4.5 시나리오(온실가스 상당 부분 감축)의 경우 10년 주기로 0.17℃씩, RCP 8.5 시나리오(현재 추세대로 온실가스 배출)의 경우 10년 주기로 0.41℃씩 상승 전망
- 21세기 후반기 연평균 최고기온은 현재 수준(19.69℃) 대비 1.81~4.01℃ 상승 전망이며, 연평균 최저기온은 현재 수준(10.16℃) 대비 0.74~2.44℃ 상승 전망

[표 3-92] 시나리오에 따른 광주광역시 평균기온 21세기 전망

구분	21세기 전망					
	2021~2040년(전반기)		2041~2060년(중반기)		2081~2100년(후반기)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
평균기온(℃)	14.3	14.3	15.0	15.4	15.8	17.7
최고기온(℃)	20.1	20.0	20.7	21.2	21.5	23.7
최저기온(℃)	9.4	9.4	10.2	10.5	10.9	12.6

※ 자료 : 기상청 기후정보포털(https://climate.go.kr)

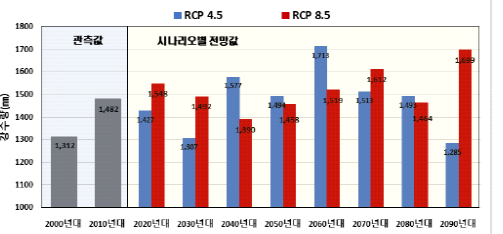


※ 자료 : 기상청 기후정보포털(https://climate.go.kr)

[그림 3-111] 기후변화 시나리오에 따른 광주광역시 10년 단위 평균기온 전망

□ 광주광역시 전망

- 21세기 말 광주광역시 연강수량은 현재 수준(1,482mm, 2011~2020년 평균) 대비 -197~+216mm 분포를 보이며 물로 인한 재난재해가 증가할 것으로 전망
- 향후 80년간 연강수량은 RCP 4.5 시나리오의 경우 10년 주기로 -24.6~+29.5mm 정도의 증감을 반복하고, RCP 8.5 시나리오의 경우 증감을 반복하다 21세기 말 강수량은 크게 증가할 것으로 전망



※ 자료 : 기상청 기후정보포털(https://climate.go.kr)

[그림 3-119] 기후변화 시나리오에 따른 광주광역시 10년 단위 평균강수량 전망

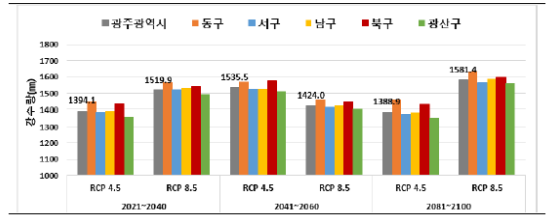
□ 자치구별 전망

- 21세기 후반기 연강수량은 RCP 4.5 시나리오 적용 시 동구가 1,461.0mm로 가장 많고 서구가 1,377.9mm로 가장 적으며, RCP 8.5 시나리오 역시 동구가 1,633.3mm로 가장 많고 광산구가 1,563.2mm로 가장 적은 것으로 전망
- 광주광역시 연강수량 보다 많은 자치구는 동구, 북구가 해당되며, MOTIVE에서 제공하는 전망 분석을 살펴보면 RCP 8.5 시나리오 적용 시 광주광역시 모든 자치구는 21세기 말 강수량이 1,000~1,500mm 사이로 전망됨
- MOTIVE 분석결과 2030년대 RCP 4.5 시나리오 적용 시 서구를 제외한 모든 자치구에서 강수량 1,000~1,500mm를, RCP 8.5 시나리오 적용 시 모든 자치구는 1,500~2,000mm로 전망되며 시나리오에 따른 강수량 차이가 클 것으로 보임

[표 3-96] 자치구별 시나리오에 따른 평균강수량 21세기 전망

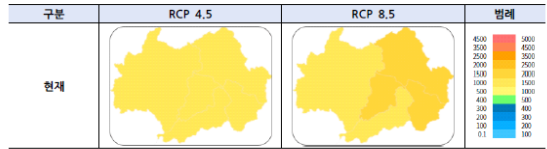
구분	21세기 전망					
	2021~2040년(전반기)		2041~2060년(중반기)		2081~2100년(후반기)	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
광주광역시(mm)	1,394.1	1,519.9	1,535.5	1,424.0	1,388.9	1,581.4
동구(mm)	1,451.4	1,567.9	1,571.5	1,461.0	1,461.0	1,633.3
서구(mm)	1,387.9	1,520.6	1,527.6	1,413.7	1,377.9	1,564.8
남구(mm)	1,397.0	1,532.4	1,528.5	1,424.9	1,386.0	1,587.0
북구(mm)	1,434.2	1,544.0	1,575.5	1,451.1	1,432.1	1,597.9
광산구(mm)	1,360.5	1,492.9	1,509.7	1,403.2	1,353.0	1,563.2

※ 자료 : 기상청 기후정보포털(https://climate.go.kr)



※ 자료 : 기상청 기후정보포털(https://climate.go.kr)

[그림 3-120] 기후변화 시나리오에 따른 자치구별 강수량 21세기 전망



□ 광주광역시 2020~2100년 미래기후

- RCP 8.5 시나리오에 따르면 광주광역시 평균기온은 21세기 후반기 현재보다 3.6℃ 상승한 17.7℃, 평균최고기온은 4.3℃ 상승한 23.7℃, 평균최저기온은 2.8℃ 상승한 12.6℃ 예상
- 광주광역시 강수량은 RCP 8.5 시나리오 적용 시 현재보다 200.4mm 증가한 1581.4mm로 예상
- 광주광역시 폭염일수 전망은 RCP 8.5 시나리오 적용 시 현재 15.6일에서 21세기 후반기 76.7일로 61.1일 약 5배 증가 예상
- 열대야일수 역시 16.1일에서 64.2일로 약 4배 이상 증가할 것으로 예상
- RCP 8.5 시나리오에 따른 광주광역시 결빙일수 전망은 현재 평균 3.7일에서 21세기 말 0.2일로 0℃ 미달인 날이 거의 존재하지 않을 것으로 예상

[표 3-100] 자치구별 시나리오에 따른 미래기후 전망

구분	현재 (1991~2020)	미래기후 전망				
		시나리오	전반기 (2021~2040)	중반기 (2041~2060)	후반기 (2081~2100)	경향성 (10년당)
평균기온 (℃)	14.1	RCP 4.5	14.3	15.0	15.8	+0.19
		RCP 8.5	14.3	15.4	17.7	+0.43
최고기온 (℃)	19.4	RCP 4.5	20.1	20.7	21.5	+0.18
		RCP 8.5	20.0	21.2	23.7	+0.46
최저기온 (℃)	9.8	RCP 4.5	10.3	10.9	10.7	+0.05
		RCP 8.5	9.4	10.5	12.6	+0.4
강수량 (mm)	1381	RCP 4.5	1394.1	1535.5	1388.9	-0.65
		RCP 8.5	1519.9	1424.0	1581.4	+7.69
폭염일수 (일)	15.6	RCP 4.5	20.6	26.8	38.5	+2.24
		RCP 8.5	21.5	38.7	76.7	+6.90
열대야일수 (일)	16.1	RCP 4.5	11.5	19.5	30.5	+2.38
		RCP 8.5	12.0	27.0	64.2	+6.53
결빙일수 (일)	3.7	RCP 4.5	3.4	2.3	0.9	-0.31
		RCP 8.5	4.3	2.6	0.2	-0.51

※ 자료 : 기상청 기후정보포털(https://climate.go.kr)

2. 부문별 시나리오 활용사례

- 본 보고서에서는 우리나라를 대상으로 농업, 물관리 및 재난·재해, 산림 및 생태계 기타 등 4개 부문의 2018년 이후 연구결과를 조사하였으며, 그 중 SSP 시나리오를 활용한 연구를 취합하여 제시함(총 63개 연구).

표 3-1. 연구사례 분석을 통한 부문별 우리나라 기후변화 영향 조사

부 문	내 용
농업	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화로 인한 작물의 재배지 변화, 재배 환경 변화 등을 SSP 시나리오 자료로 분석한 내용이 주를 이루고 있음. • 기후변화로 인한 기초적인 연구와 함께, 이로 인한 재배면적 이동과 변화, 병충해 예측 등의 활용 연구도 함께 진행되고 있음. • 연구결과에 따르면, 기후변화로 인해 증발산량이 증가하면서 논에 대한 필요수량이 증가할 것으로 전망됨.
물관리 및 재난·재해	<ul style="list-style-type: none"> • SSP 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 유역별 유량 변화, 확률 강우량, 강우분포 등을 산출하여 기후변화로 인한 미래 수자원 변화를 전망하는 연구들이 수행되었음. • 기후변화로 인해 강우량의 변동성이 증가하며, 홍수와 가뭄 위험도가 모두 증가할 것으로 전망됨.
산림 및 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • SSP 기후변화 시나리오를 이용하여 다양한 수종의 적지분포(서식지) 변화 전망과 곤충 및 병충해의 분포, 종의 다양성 변화 전망 및 기후변화 취약성에 대한 연구가 수행되었음. • 기후변화의 영향으로 외래식물의 서식지 분포가 크게 확대될 것으로 전망됨.
기타	<ul style="list-style-type: none"> • SSP 기후변화 시나리오 자료를 이용한 보건, 수산업, 경제, 토지 부문 등의 연구가 이루어지고 있음. • 연구결과에 따르면, 고령인구의 증가로 인해 고온에 대한 취약성이 증가할 것으로 전망됨.

1) 농업 부문

APEX-paddy 모델을 활용한 SSPs 시나리오에 따른 논 필요수량 변동 평가
(최순균 외, 2021)

- 김제 지역을 대상으로 APEX-paddy 모델을 활용하여 SSPs 시나리오에 따른 논 필요수량의 변화를 다중 GCM 앙상블을 통해 예측하여 김제 지역에서의 SSP2-4.5, SSP5-8.5 시나리오에 대한 벼농사 관개용 물 수요의 전망을 평가함.
- 연구결과
 - 논에 대한 필요 수량이 미래로 갈수록 증가하는 것으로 나타남. 필요수량이 21세기 후반기(2071~2100년)에 SSP2-4.5 시나리오에서는 7.5% 증가하며, SSP5-8.5 시나리오에서는 9.7% 증가함(그림 3-1).

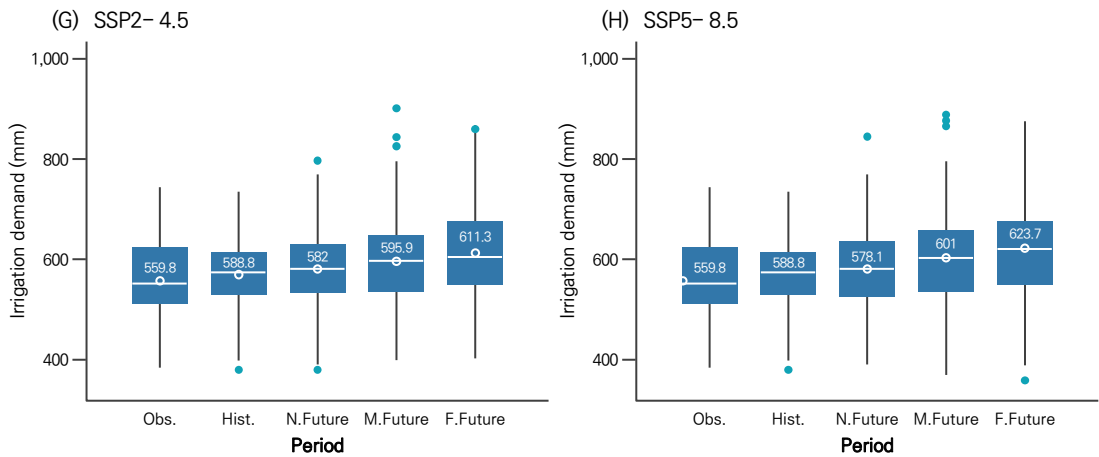
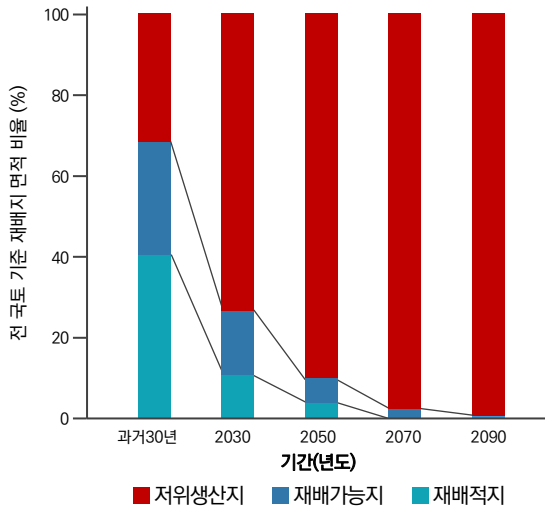


그림 3-1. 기후변화에 따른 논 필요 수량 변화(최순균 외, 2021)

기후변화 시나리오를 반영한 6대 주요 과일의 총 재배지 변동 예측

(국립원예특작과학원, 2022)

- SSP5-8.5 시나리오를 활용해 농업용 미래 상세 전자기후도를 제작하고 남한의 농업환경에 맞는 작물별 재배지 변동 예측 지도를 개발함.
- 2090년까지 10년 단위로 예측한 결과, 사과는 지속적으로 감소했고 배, 복숭아, 포도는 약 2050까지 소폭 상승한 후 감소했으며, 단감과 감귤은 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.
- 과거 RCP8.5로 분석한 자료와 비교했을 때, 재배 가능지가 북부나 산지로 약 10~20년 정도 빠르게 이동할 것으로 나타났으며 재배 가능지의 감소와 확대 속도 또한 더 빨라질 것으로 분석됨.
- 연구결과
 - 사과, 배, 복숭아 포도, 단감, 감귤의 과일 6종에 대한 연구 결과를 제공하며, 각 과일에 대한 재배지 변동 예측 결과 그래프, 표, 예측지도를 제공함.
 - 사과의 경우 SSP5-8.5 시나리오에서 재배가능지가 감소하여 2090년대에는 고품질 재배가능지가 없어질 것으로 예측됨.



시나리오	연대	전 국토 기준 기후학적 재배지 예측 (천ha, %)			
		총 재배가능지			저위생산지
		재배적지	재배가능지	저위생산지	
SSP5	과거 30년	6,724 (68.7)	4,010 (40.9)	2,715 (27.7)	3,070 (31.3)
	2030년대	2,468 (24.8)	1,081 (10.9)	1,387 (13.9)	7,481 (75.2)
	2050년대	832 (8.4)	354 (3.6)	478 (4.8)	9,117 (91.6)
	2070년대	106 (1.1)	23 (0.2)	83 (0.8)	9,844 (98.9)
	2090년대	4 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.0)	9,945 (100.0)
RCP 8.5	과거 30년	6,724 (68.7)	4,010 (40.9)	2,715 (27.7)	3,070 (31.3)
	2030년대	2,691 (27.5)	1,123 (11.5)	1,569 (16.0)	7,093 (72.5)
	2050년대	1,028 (10.5)	448 (4.6)	580 (5.9)	8,756 (89.5)
	2070년대	293 (3.0)	81 (0.8)	212 (2.2)	9,492 (97.0)
	2090년대	89 (0.9)	18 (0.2)	71 (0.7)	9,695 (99.1)

그림 3-2. 사과의 미래 재배지 변동 예측 결과(국립원예특작과학원, 2022)

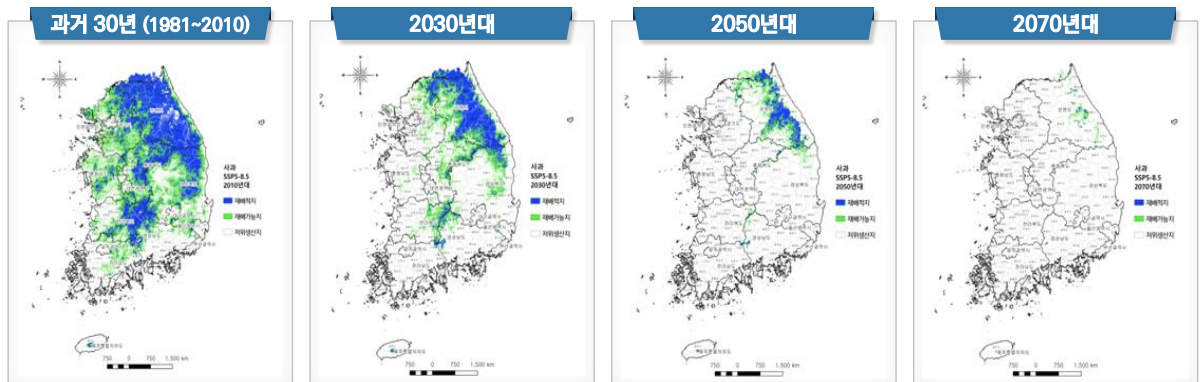


그림 3-3. 사과의 미래 재배지 변동 예측지도(국립원예특작과학원, 2022)

Comparison of projected rice blast epidemics in the Korean Peninsula between the CMIP5 and CMIP6 scenarios

(Lee *et al.*, 2022)

- SSP와 RCP 시나리오의 기후모델인 GCMs를 이용하여 한반도 내 도열병균에 대한 전염병을 시뮬레이션하여 비교 분석함.
- 도열병균은 벼에 기생하여 열병을 일으키는 진균을 의미하며, 본 연구를 통해 도열병균이 창궐할 수 있는 고위험군 지역에 대한 대응방법 마련의 필요성을 부각시킴.
- 연구결과
 - 도열병균의 분포 전망은 RCP4.5와 RCP8.5 시나리오에서 감소하며 SSP2-4.5와 SSP5-8.5 시나리오에서 더욱 감소하는 것으로 나타남(그림 3-4(a)).
 - 다만, 북한에서는 2040년까지 도열병균의 전염병이 증가할 전망인 것으로 분석됨(그림 3-4(b)).

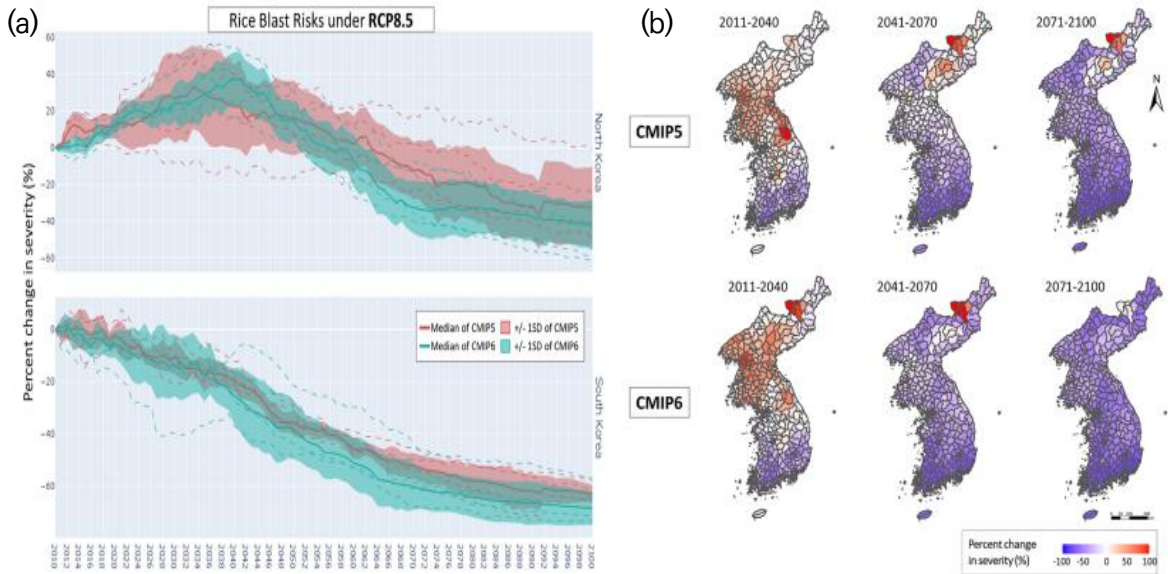


그림 3-4. RCP8.5 및 SSP5-8.5 시나리오에 대한 한반도 내 도열병균 전망자료 (Lee *et al.*, 2022)

기후변화에 따른 작물 재배면적 할당 및 이동 변화 분석

조성주, 김화년(2022)

- 과거 기후가 한국의 농작물 생산 면적 배분을 변화시켰는지 분석하고 기후요소를 고려한 지역별 재배면적 변화를 추정하여 향후 기후변화가 국내 농업에 미치는 전체적인 영향에 대한 시사점을 제공함. 기후변화로 인해 주산지의 개념이 약해지고 지역별 재배 할당이 변화됨에 따라, 지자체에서는 생산량 예측과 출하 조절 및 타지자체의 작물 생산량을 고려하여 수급을 조절할 필요가 있다고 분석됨.

CMIP6와 CMIP5의 다중모델 앙상블 기반 미래 농업기상재해 특성 비교

남원호, 김태곤(2020)

- 국가 기후변화 표준시나리오 인증을 받은 CMIP5 기반의 상세 자료 및 CMIP6 기반의 다중모델 앙상블 자료를 이용하여, 미래 농업기상재해의 시·공간적인 특성을 비교 평가함.

AR6 SSP 시나리오에 따른 농경지 질소 및 인 부하량 기후변화 영향평가

최순균 외(2021)

- 농경지에 과도하게 투입된 양분은 수생태계 측면에서 비점오염의 원인임. APEX/APEX-Paddy 모델을 바탕으로 기후지표와 양분유출과의 관계를 상정하고 156개 광역시군에 대해 양분유출량을 평가함.

신 기후변화 시나리오 SSP에 근거한 남한의 여름배추 재배지 변동 예측

신민지 외(2021)

- 여름배추 재배 적합지역이 감소할 것으로 예측됨에 따라 SSP 시나리오를 활용한 재배지 변동과 면적을 분석함. 본 논문의 결과는 기후변화에 대응한 재배지 이동, 재배관리 등 영농 의사결정 및 정책 수립에 활용될 수 있음.

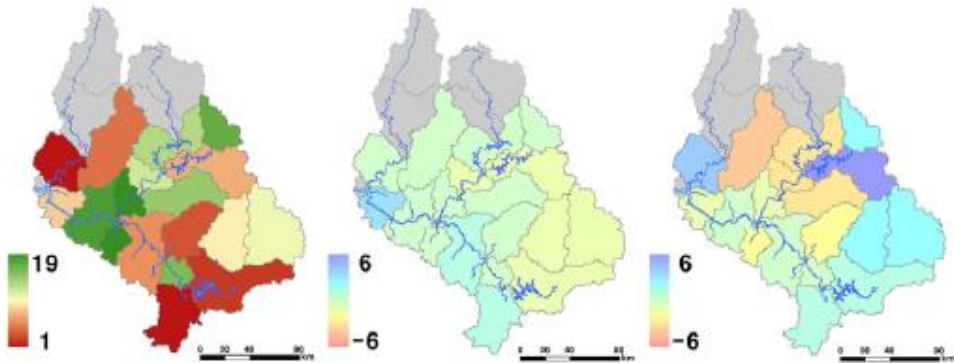
2) 물관리 및 재난·재해 부문

기후 및 사회·경제 변화를 고려한 한강 유역의 물이용 취약성 평가

(박혜선 외, 2017)

- RCP와 SSP 시나리오를 적용하여 미래 물이용에 대한 취약성 평가를 진행하고자 하였으며, 단기 미래(2020)와 중기 미래(2050)에 대한 중권역별 물이용 취약성 순위를 도출함.
- 한강 유역을 대상으로 19개의 유효 중권역을 선정하여, 유역별 물이용 관련 지표를 세분화하여 취약성 평가를 수행함.
- 연구결과
 - 기후변화 시나리오에 따라 한강 유역 내 경기도 및 충청남/북도 북쪽의 취약성이 높으며, 강원도 동쪽에서 취약성이 낮음(그림 3-5).
 - SSP1보단 SSP3 시나리오 적용 시 취약성이 높아지며, 단기 미래(2020)보다 중기 미래(2050)로 갈수록 취약성 완화 지역이 악화 지역보다 많은 결과를 보임.

Climatic Change



Climatic Change and SSP2

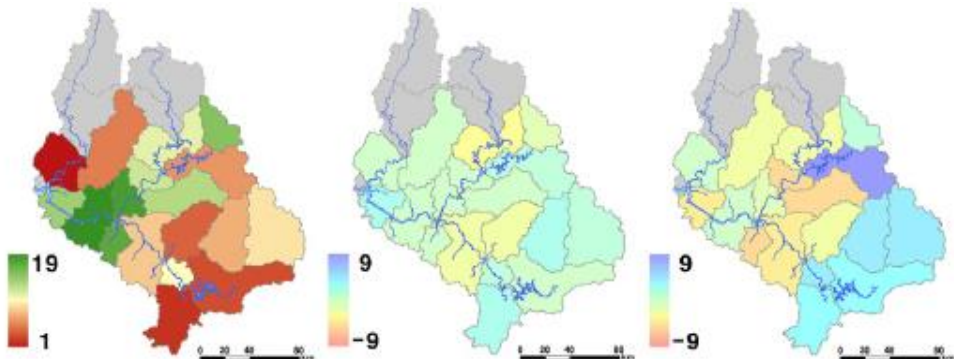


그림 3-5. 19개 한강유역별 물이용 취약성 비교(박혜선 외, 2017)

기후변화 적응을 위한 우리나라 수문학적 가뭄 위험도 평가

(서정호 외, 2022)

- IPCC의 재난 위험도 분석 프레임워크에 따라 가뭄위험도 평가 요소를 위해성, 노출도, 취약성으로 나누고 이에 맞는 각 지표를 선정하여 우리나라 중권역 단위의 가뭄 위험도를 정량화 함.
- 미래 가뭄 위험도 평가를 위해 근미래(2030~2050년)와 먼미래(2080~2099년)의 기후변화 시나리오별 가뭄 위험도를 살펴보고 이를 과거(1986~2005년)와 비교 분석함.
- 연구결과
 - 미래 시나리오에 따른 가뭄 위험도는 시간에 따라 전 유역에 걸쳐 먼미래에 크게 상승함.
 - 가뭄 위험도의 요소별 기여도와 순위 분석을 통해 미래 가뭄 위험도 상승에 대해 가뭄 위해성의 기여도가 전반적으로 크고 유역별로 상승 요인이 다름.

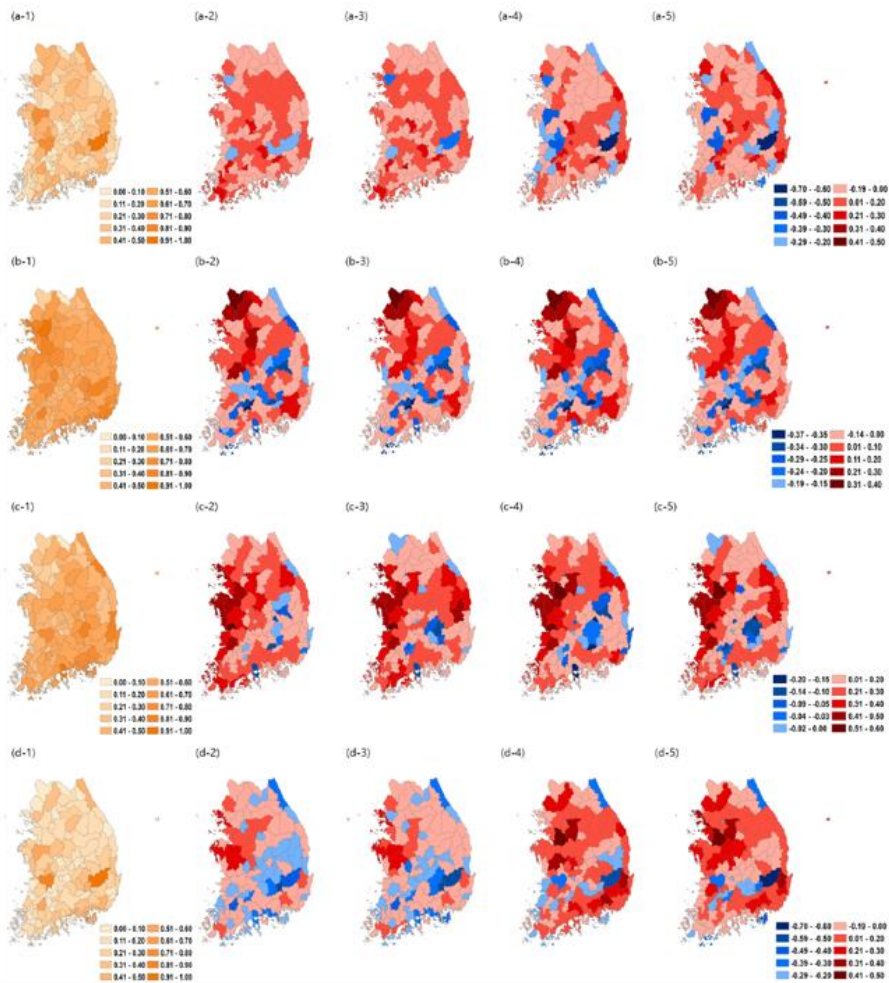


그림 3-6. 기후변화 시나리오별 근미래와 먼미래의 가뭄위해성과 가뭄노출도, 가뭄취약성의 전망(서정호 외, 2022)

CMIP5 및 CMIP6 GCM 기반 무한천 유역 농경지 미래 침수 위험도 분석

(전상민 외, 2020)

- RCP와 SSP 시나리오에 따른 농지의 침수위험성을 평가함.
- 하천 모델링 시스템을 이용하여 충청남도에 위치한 무한천에 대해 침수를 모의함.
- 연구결과
 - 미래로 갈수록 설계홍수량의 최대 전망은 증가하지만, 최소 전망의 경우 2025s와 2055s에는 과거보다 더 작고, 2085s에 과거보다 다소 높은 수준을 보임(그림 3-7).

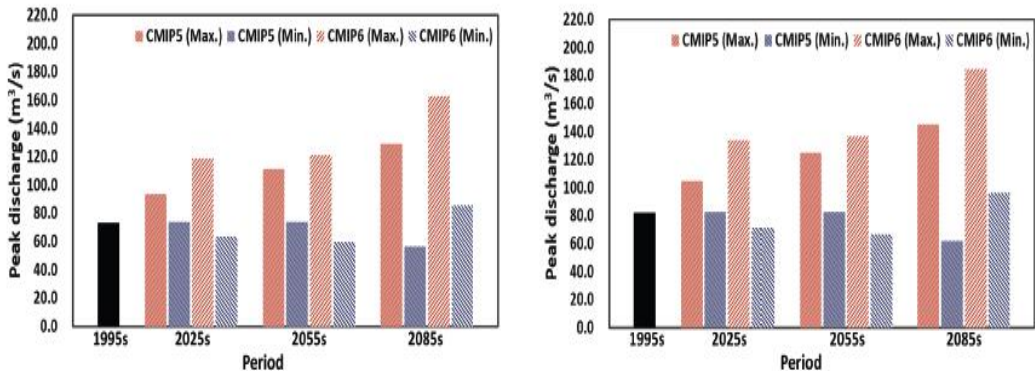


그림 3-7. 기후변화에 따른 설계홍수량의 변화 : 200년 빈도(왼쪽), 500년 빈도(오른쪽) (전상민 외, 2020)

- 목강천의 모든 하류 유역에서 미래 전망에 대한 침수 위험이 모두 증가하였으며, SSP 시나리오를 사용한 경우 침수 위험이 크게 증가함(그림 3-8).

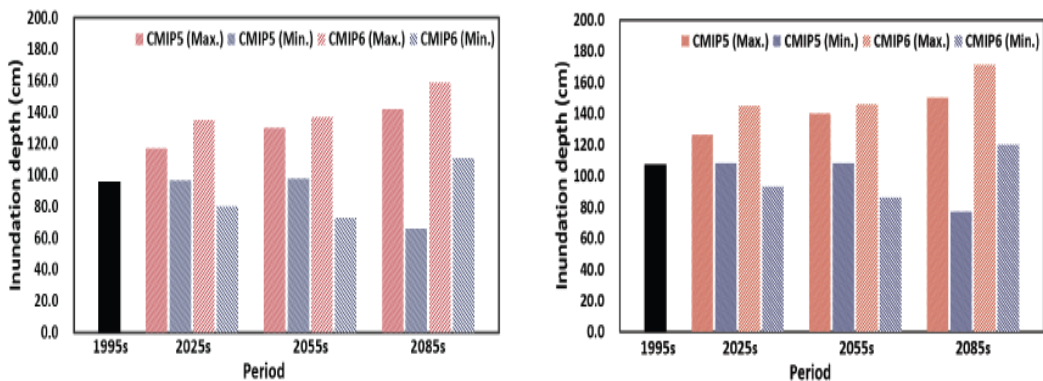


그림 3-8. 기후변화에 따른 농경지 침수 위험도 변화 : 200년 빈도(왼쪽), 500년 빈도(오른쪽) (전상민 외, 2020)

기후 및 토지이용 변화 시나리오 기반 한반도 미래 수문학적 및 생태학적 가뭄 전망

(이재형 외, 2020)

- RCP2.5, RCP8.5 시나리오 기반의 기후변화자료와 SSP 시나리오 기반의 지표면 변화 자료를 활용하여 수문학적 및 생태학적 가뭄 전망을 평가함.
- 임계수준방법을 적용하여 미래 수문학적 가뭄과 생태학적 가뭄을 정의하고 각 시나리오별 가뭄의 기간과 강도 특성을 평가함.
- 연구결과
 - 수문학적 가뭄의 경우 도시화 지역의 평균 가뭄기간은 3.4%로 경작지와 혼합림에 비해 짧은 가뭄기간을 보임. 생태학적 가뭄은 그림 3-9와 같이 분포 차이가 있으며 혼합림은 13% 이하의 가뭄기간, 경작지는 20% 정도로 나타남.

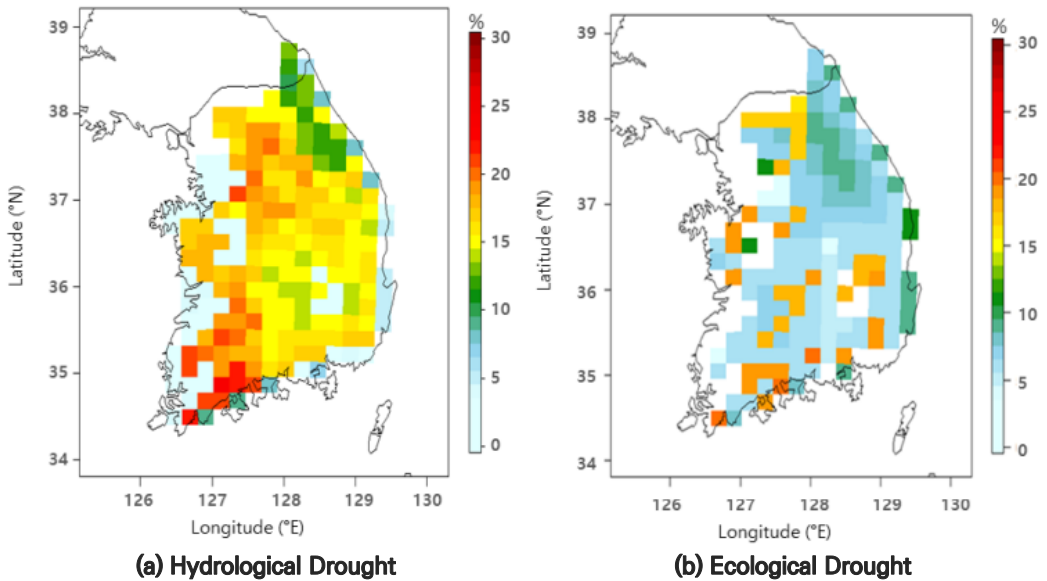


그림 3-9. 수문학적 및 생태학적 가뭄의 지역 분포도 비교(이재형 외, 2020)

최근 풍수해 피해 동향과 향후 변화 전망

(김호준 외, 2020)

- 행정안전부에서 발간한 재해연보와 ASOS 지점의 월강수량 자료를 통해 최근의 홍수피해와 가뭄 피해의 동향을 제시함.
- 홍수 전망은 AR5 RCP 시나리오를 기반의 극한강우 시나리오 생산기술을 개발하여 자체 기술에 대한 소개를 진행하였으며, 가뭄 전망은 SSP 시나리오를 활용하여 산업화기간(1881~1910년)을 기준으로 우리나라 근미래의 가뭄 발생을 전망함.
- 연구결과
 - SSP2-4.5의 근미래는 대부분 가뭄발생이 없으며, SSP3-7.0의 근미래에서는 우리나라 서쪽의 일부 육지를 제외하고는 가뭄 심도 또는 지속기간의 증가를 전망함.
 - SSP1-2.6과 SSP5-8.5의 근미래에서는 낙동강 남부 지역에서 가뭄의 심도 및 지속기간의 증가가 나타날 것으로 전망됨.

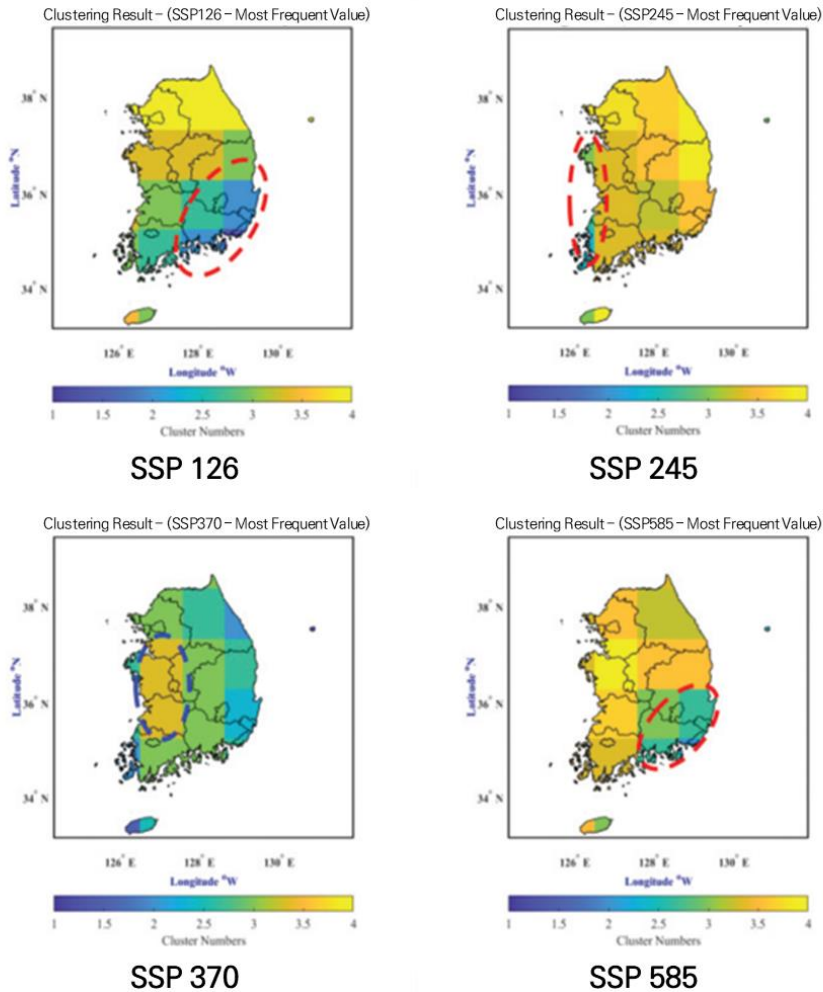


그림 3-10. CMIP6 기준에 따른 우리나라 근미래 가뭄 변화(김호준 외, 2020)

Calculation of a climate change vulnerability index for Nakdong watersheds considering non-point pollution sources

Kim *et al.*(2022)

- 낙동강의 22개 하류유역의 기후노출, 민감도, 적응능력, 비점오염 등을 통해 기후변화취약성지수를 설정하고 유역별 취약성을 평가함.

발전용댐 이수능력 평가 연구(II): 확률론적 유입량을 고려한 발전용댐 용수공급능력 범위 산정

정기문 외(2022)

- 다양한 기후 및 사회경제 변화를 반영한 확률론적 댐 유입량 및 이를 활용한 발전용댐 용수공급능력의 범위를 산정하는 방법을 제시하였으며, 국내 한강수계에 위치한 발전용댐을 대상으로 분석을 수행함.

경기도 내 소규모 저수지 재해대응능력 평가 및 운영방안

봉태호 외(2021)

- 시·군 저수지의 현황을 살펴보고 안전성 및 유지관리에 대한 문제점을 분석하여 이에 따른 유지관리방안을 제안함. 또한, CMIP6 기반 미래기상자료(강우)를 구축하여 수문환경 변화를 분석함.

미래 기후변화를 고려한 보령댐 비상도수시설 운영방안 연구

임건목 외(2021)

- 보령댐의 SSP1-2.6, SSP5-8.5 시나리오에 대한 수자원 수요에 대한 대응능력을 평가함. 두 시나리오에 대해 보령댐의 평균 diversion rate는 각각 39,600m³/일, 39,900m³/일로, 적절한 수준으로 평가됨.

Spatial assessment of water-use vulnerability under future climate and socioeconomic scenarios within a river basin

Kim *et al.*(2020)

- RCP 시나리오에 기반한 기후변화 및 SSP 시나리오에 기반한 기후변화 적응 및 완화 정책을 고려하여 한강 유역의 수자원 이용의 취약성에 대해 분석함. 수자원에 대한 수용가능용량수준, 노출성, 민감도의 3종에 대한 요소를 고려하여 취약성을 평가함.

Robust Siting of Permeable Pavement in Highly Urbanized Watersheds Considering Climate Change Using a Combination of Fuzzy-TOPSIS and the VIKOR Method

Chae *et al.*(2022)

- SSP2-4.5와 SSP5-8.5 시나리오를 이용하여 목강천 주변의 27개 하위 유역에 대한 투수성 포장의 우선도를 분석함. 그 결과, 상류 지역보다 더 도시화된 하류 지역이 투수성 포장에 대한 우선도가 높은 것으로 평가됨.

Differences in extremes and uncertainties in future runoff simulations using SWAT and LSTM for SSP scenarios

Song *et al.*(2022)

- SSP2-4.5, SSP5-8.5 시나리오를 활용하여 홍수범람 전망에 대한 극한값 및 불확실성에 대한 SWAT 및 LSTM모델의 차이에 대해 분석함. 그 결과, LSTM이 SWAT보다 극한측정에 있어 좋은 성능을 나타내고 낮은 불확실성을 나타내는 것으로 평가됨.

**기후변화 시나리오에 따른 소규모 저수지의 홍수 취약성 평가
- 경기도 내 저수지를 중심으로 -**

허준 외(2022)

- 기후변화에 따른 기상 여건 변화가 경기도 내 소규모 저수지 재해대응능력에 미치는 영향을 살펴보기 위해 SSP5-8.5 시나리오를 사용하여 취약성 평가를 수행함. 그 결과, 미래기간으로 갈수록 연강수량이 증가함에 따라 취약 및 매우 취약에 해당하는 저수지 합이 과거에 비해 증가하는 것으로 나타남.

Uncertainties in evapotranspiration projections associated with estimation methods and CMIP6 GCMs for South Korea

Song *et al.*(2022)

- 11개의 CMIP6 GCM을 이용하여 SSP2-4.5와 SSP5-8.5 시나리오에서의 우리나라의 잠재적 증발산량(PET, Potential Evapo-Transpiration))을 분석함. 그 결과, 지역적인 편차는 존재하나, 잠재적 증발산량은 근미래(2031~2060)와 먼미래(2071~2100) 기간에 대해서 모두 증가함.

기후변화 시나리오를 반영하는 Sponge City를 위한 순환개선계획 수립 절차의 적용

교육부(2021)

- 10개의 CMIP6 GCM을 이용하여 SSP2-4.5와 SSP5-8.5 시나리오의 미래 기후 환경에서의 도시 유역 내 물 순환 개선을 위한 투수성 포장 시설의 최적 부지 우선순위 산정 절차를 수립함. 연평균 강수량은 미래기간으로 갈수록 증가했으며, 인구밀도가 높고 불투수 면적이 높은 유역에 대한 우선순위가 높은 것으로 분석됨.

Comparison of Projection in Meteorological and Hydrological Droughts in the Cheongmicheon Watershed for RCP4.5 and SSP2-4.5

Kim *et al.*(2021)

- RCP4.5와 SSP2-4.5 시나리오를 활용하여 청미천 유역의 미래 가뭄 특성을 예측함. 가뭄특성 예측에는 기상가뭄지수 2종과 수문가뭄지수 1종이 사용됐으며, 시나리오에 따라 각 요인의 정도가 매우 다르게 나타남.

기후변화 적응을 위한 풍수해 위험도 관리 방안 가뭄재해를 중심으로

서정호 외(2021)

- 미래 기후변화 시나리오에 의한 가뭄 영향을 평가, 전망하고 가뭄 위험도의 감소를 위한 대안 수립의 필요성에 따라 기후변화 시나리오에 따른 지역적 가뭄 위험도를 평가하고, 이를 저감하기 위한 방안을 제시함.

Future Hydrological Drought Analysis Considering Agricultural Water Withdrawal Under SSP Scenarios

Kim *et al.*(2022)

- SSP 시나리오에서 농업용수확보를 고려한 수문학적 가뭄의 전망을 분석함. 연구 결과, 가뭄의 빈도는 21세기 후반기(2061-2100년)보다 21세기 전반기(2021-2060년)에 더 자주 발생하며 농업용수확보를 고려할 경우 그 정도가 더욱 심각해짐. 또한, SSP2-4.5보다 SSP5-8.5에서 보다 심각해질 것으로 전망됨.

New Drought Projections Over East Asia Using Evapotranspiration Deficits From the CMIP6 Warming Scenarios

Kim *et al.*(2021)

- CMIP6의 SSP 시나리오를 활용하여 동아시아의 증발산 결손에 의한 가뭄 위험을 예측함. 중간단계의 배출 시나리오에서 증발수요의 증가경향이 증발산량의 증가경향보다 커질 것임. 이는 산불과 농업적 위험을 증가시킬 것으로 전망됨.

Assessment of Future Drought Index using SSP scenario in rep. of Korea

An *et al.*(2022)

- SSP1-2.6, SSP5-8.5 시나리오를 활용하여 강수량 지수인 SPI와 가뭄 지수인 RDI를 계산하고 분석함. 분석 결과, SSP1-2.6 시나리오에 비해 SSP5-8.5 시나리오에서 가뭄발생횟수가 줄어 들고 가뭄지수(가뭄의 정도)가 증가할 것으로 나타남.

Differences in multi-model ensembles of CMIP5 and CMIP6 projections for future droughts in South Korea

Song *et al.*(2022)

- CMIP5의 RCP 시나리오와 CMIP6의 SSP 시나리오를 기반으로 계산한 가뭄지수 SPI, SPEI를 고려하여 미래가뭄예측의 불확정성을 정량화함. 가뭄예측의 신뢰 수준은 RCP 시나리오보다 SSP 시나리오에서, 21세기 전반기보다 21세기 후반기에서 더 높은 것으로 분석됨.

Deep Learning-Based Projection of Occurrence Frequency of Forest Fires under SSP Scenario: Exploring the Link between Drought Characteristics and Forest Fires

Jang *et al.*(2022)

- 딥러닝 기반 모델의 예측변수로 표준강수지수, 상대습도, 풍속을 이용하여 산불의 발생 빈도를 추정하고 가뭄과 산불의 연관성을 연구함. 결과적으로, SSP 시나리오에 따른 2071-2100년에 산불이 증가할 것이며 특히 7월에 현재 대비 15%가량 증가할 것으로 전망됨.

SSP 기후변화 시나리오에 따른 농업용 저수지 홍수조절능력 분석

김지혜 외(2021)

- SSP5-8.5 시나리오를 이용하여 기후변화에 따른 농업용 저수지의 홍수조절능력을 분석하고, 전국 18개의 농업용 저수지를 대상으로 최대 유입량, 최대 방류량, 최고 저수위, 설계 유입량, 설계 방류량, 설계 저수위를 조사하여 홍수 조절 능력을 평가함. 미래 기준으로 14개 저수지에서 최대 유입량이 설계 홍수량을 초과하게 될 것이며, 17개 저수지에서 최대 방류량이 설계 방류량을 초과할 것으로 나타나 미래의 홍수 위험에 대한 대비가 필요함.

미래 기후 시나리오를 고려한 도시 유역 홍수 피해 저감을 위한 투수성 포장 시설 대상 유역 우선순위 선정

채승택 외(2022)

- 미래 기후 환경에서 도시 유역의 홍수 피해 저감 효율을 극대화하기 위해 투수성 포장 시설을 설치하기 위한 지역의 우선순위를 정하는 데에 목적을 갖고, 과거에 비해 도시화가 많이 진행된 목감천 유역을 대상유역으로 선정하여 SSP2-4.5, SSP5-8.5 시나리오로 전망된 연구 대상지의 미래 월강수량 자료를 추정함 27개의 목감천 유역에 대한 SSP2-4.5, SSP5-8.5 시나리오에 따른 가까운 미래와 21세기 후반기의 우선순위를 정한 결과, 하류유역의 지역이 주로 우선순위가 높은 것으로 집계됨.

기후변화와 강우분포 및 CN에 따른 미래 홍수량 평가

곽지혜 외(2020)

- SSP, RCP 시나리오를 기반으로 한 modified Huff와 CN 변수가 홍수량에 미치는 영향을 평가하기 위해 RCP4.5, RCP8.5 시나리오와 SSP2-4.5, SSP5-8.5 시나리오를 이용하여 충청남도의 예당 저수지 유역에 대해 2010-2039년, 2040-2069년, 2070-2099년의 전망치를 분석함. RCP4.5, RCP8.5 시나리오에서 SSP2-4.5, SSP5-8.5 시나리오로 변경될 경우 홍수량이 각각 15%, 13% 증가하며, 확률강수량의 재현 기간이 길수록 Huff 분포에 의한 홍수량 증가율은 늘어나는 경향을 보이며, CN값 변화와 비교하였을 때, 약 13-16배가량 큰 것으로 나타남.

기후변화에 따른 한강유역 미래 물순환 건강성 평가

김시내 외(2020)

- HSPF 모형으로 유역 물수지 분석을 수행하고 SSP5-8.5 시나리오를 통해 장래 변화를 분석하고 평가함. 대상유역은 한강유역을, 과거 대비 현재(1970-2015) 및 미래(2054-2099)의 물순환 변화를 예측함.

SPI와 SPEI을 이용한 SSP 시나리오에 대한 미래 가뭄 예측

송영훈 외(2021)

- SSP2-4.5와 SSP5-8.5의 기후 요소를 토대로 가뭄 연구에 사용되는 지표인 SPI와 SPEI의 전망치를 분석함. 연구 결과, SPI는 근미래(2025-2060)보다 먼미래(2065-2100)에서 전국적으로 가뭄이 줄어든 반면, SPEI는 대부분 극한 가뭄이 발생함.

Selection of CMIP6 Global Climate Models for long-term hydrological projections

Huong *et al.*(2022)

- 남한 내 주요 하천의 유역 시스템에 대한 강수 모델 적합성을 판정하기 위해 CMIP6에서 발행된 25개의 GCM을 평가함.

3) 산림 및 생태계 부문

SSPs 시나리오에 따른 미국취송이 적합 서식지 분포 예측

(오영주 외, 2021)

- 국내 귀화식물인 미국취송이의 적합 서식지의 분포에 영향을 미치는 요인을 파악하고 기후변화 시나리오에 따른 서식지 분포를 예측함.
- 서식 적합성에 따라 5단계(None, Low, General, Medium, High)로 나눔.
- 연구결과
 - 비적합지 및 낮은 적합지의 면적 비율은 미래로 갈수록 급격히 감소하고, 높은 적합지 면적 비율은 미래로 갈수록 급격히 증가함(표 3-2).

표 3-2. 미래기간에 따른 미국취송이의 우리나라 서식지 면적 비율(오영주 외, 2021)

분류	과거	SSP2-4.5			SSP5-8.5		
		21세기 전반기	21세기 중반기	21세기 후반기	21세기 전반기	21세기 중반기	21세기 후반기
None	37.05	9.89	3.41	1.21	8.40	1.50	0.22
Low	25.26	13.68	3.21	2.10	10.30	2.04	0.19
General	16.25	16.46	3.44	1.78	16.90	1.79	0.40
Medium	15.02	16.85	10.11	2.31	16.51	2.27	0.84
High	6.43	43.12	79.83	92.60	47.88	92.40	98.36

→ 특히, SSP2-4.5 및 SSP5-8.5 시나리오의 미래기간에 미국취송이는 한라산과 강원도의 일부 고지대를 제외하고는 우리나라의 90% 이상에서 높은 적합성을 나타냄 (그림 3-11).

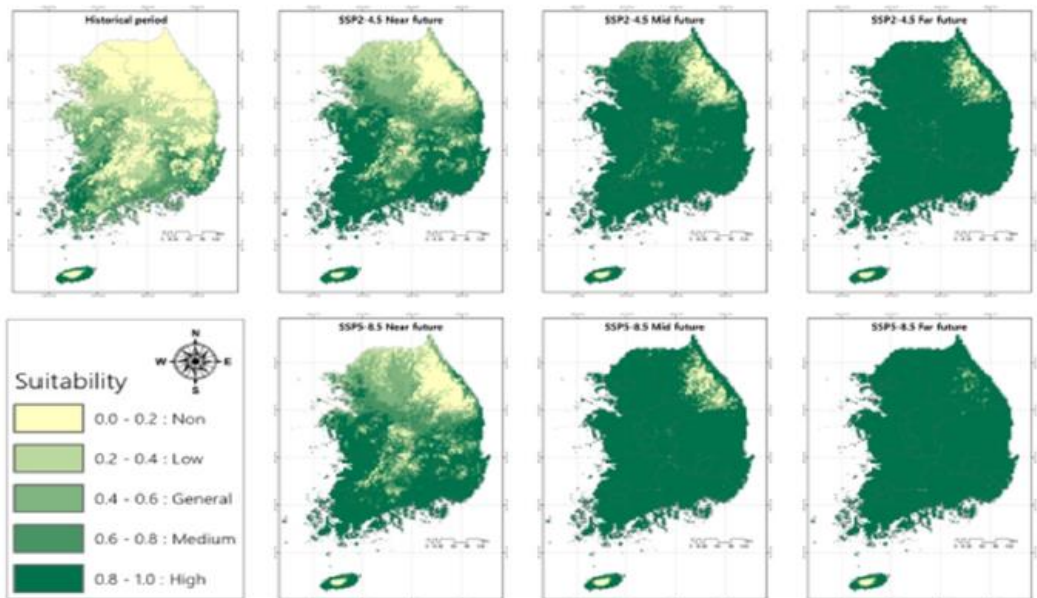


그림 3-11. 우리나라의 미국취송이 서식 적합도(오영주 외, 2021)

SSP 시나리오 상세화 자료 기반 생태기후지수를 활용한 고로쇠나무 분포 예측

(김휘문 외, 2022)

- SSP 시나리오 자료를 이용하여 국내 여건에 적합한 생태기후지수(BioClim) 자료를 생산하고, 종 분포모형을 구축함.
- 우리나라 남부 및 경상북도, 강원도 및 습한 지역에서 생육 환경이 적합한 고로쇠나무의 적합 서식지 분포를 예측함.
- 연구결과
 - 고로쇠나무의 높은 수준의 적합 서식지는 SSP1-2.6 시나리오에서 근미래 먼미래 각각 우리나라 면적의 0.01%, 0.02%, SSP5-8.5 시나리오에 각각 0.01%, 0.72%로 먼미래로 갈수록 점차 증가하는 경향을 보임(그림 3-12).

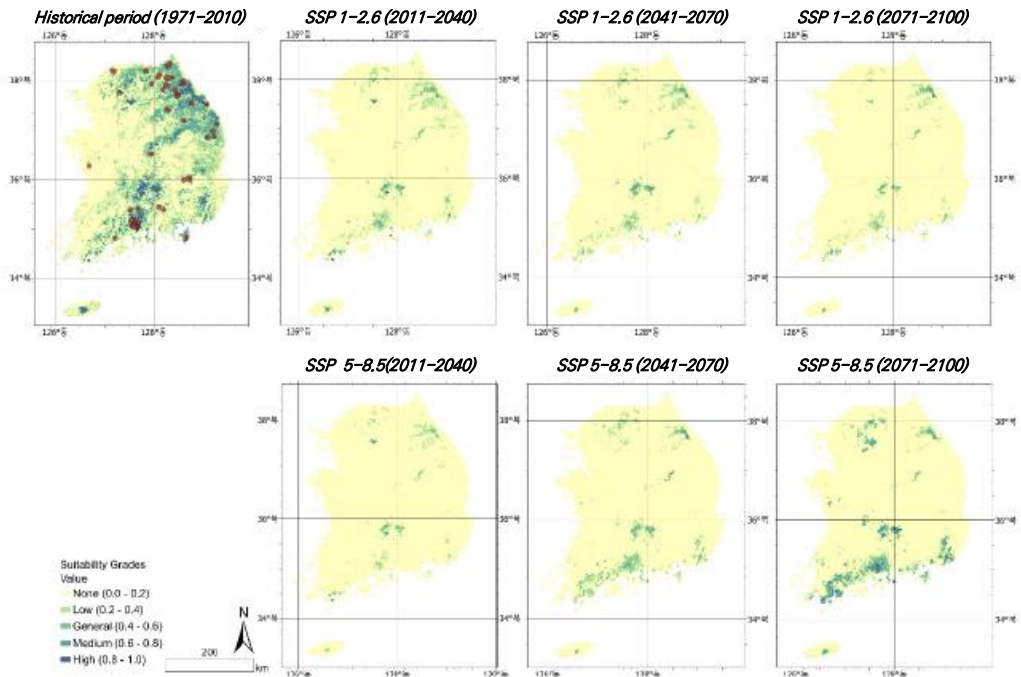


그림 3-12. SSP 시나리오에 따른 높은 수준의
고로쇠나무 적합 서식지 분포 예측(김휘문 외, 2022)

우리나라 겨울철 온난화가 미래 산림 분포의 변화에 미치는 영향

(민속주 외, 2022)

- 우리나라 기후형과 최저기온지수의 변화와 전망을 분석하여 식생에 미칠 미래기후환경을 파악하고자 함.
- 우리나라 60개 지점의 관측자료를 활용하여 과거 기후변화를 살펴보고, 해당 지점에 대한 미래 기온 전망을 IPCC 기준과 같이 근미래 / 중미래 / 먼미래로 구분하여 분석하고 격자 기후자료(MK-Prismv2.1, 2000~2019)와 비교하여 제시함.
- 연구결과
 - 우리나라 겨울철 기온의 변화와 미래 전망 결과를 살펴보면, 겨울철 연평균기온과 연평균최저기온 모두 통계적으로 유의하게 상승하였으며, 연평균 최저기온은 연평균기온보다 상승폭과 변동성이 큼(그림 3-13).
 - 미래 겨울철 평균기온은 먼미래의 저탄소 배출량 시나리오에서 3.0°C, 고탄소 배출량 시나리오에서 7.1°C까지 상승함.

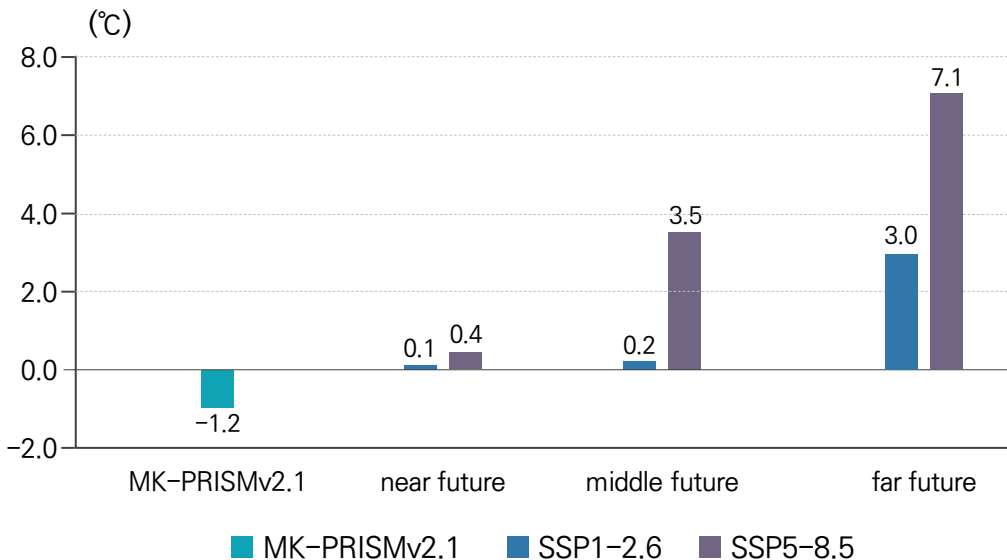


그림 3-13. 우리나라 겨울철 평균기온의 격자기후값과 근미래/중미래/먼미래의 전망치(SSP) (민속주 외, 2022)

- 동백나무는 현재 남해안을 포함한 남부지역과 동해안, 서해안, 그리고 제주도 중산간 지역에서 서식이 가능하며, 먼미래에는 잠재 서식지가 확대되어 SSP1-2.6에서는 서해안을 중심으로 인천까지 확대되고, SSP5-8.5에서는 더욱 북상하여 해안지역과 강원도 일부 지역을 제외한 지역에 분포하게 됨.
- 소나무는 현재 강원도 일부 지역과 남해안을 제외한 전국에서 서식 가능하나, 먼미래에는 잠재 서식지 면적비율이 감소하며, SSP5-8.5에서는 강원도 영서와 태백산맥과 소백산맥의 일부 지역에서만 서식 가능할 것으로 전망됨.
- 트레와다 기후구분 기준의 기후형 분포 변화를 살펴보면, 현재 Dca 기후형이 가장 넓게 나타나나 고탄소 시나리오(SSP5-8.5)의 먼미래로 갈수록 Cfa 기후형이 크게 확장될 것으로 전망됨.

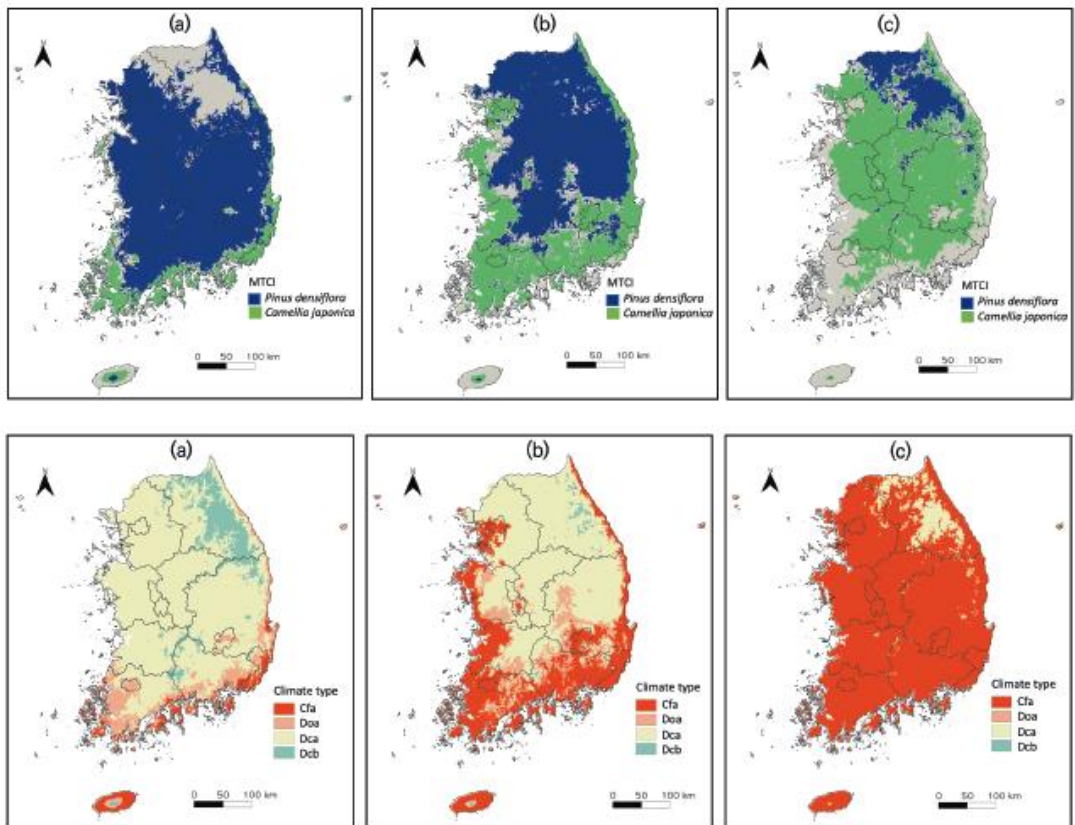


그림 3-14. MK-PRISMv2.1의 현재(a)와 SSP1-2.6(b), SSP5-8.5(c)의 먼미래에 최저기온지수에 따른 소나무와 동백나무의 잠재 서식지 변화(위)와 트레와다 기후구분 기준의 기후형 분포(아래) 변화(민숙주 외, 2022)

토지이용변화를 고려한 생태계 보호지역 선정기법 개발

(구경아·박선욱, 2020)

- 다양한 생태계 인자들과 토지이용변화를 고려한 지역규모 생태계 보호지역 선정기법을 개발하고 제주도에 적용하여 최종 중요도 지수(0~3)를 지도로 작성하였으며, 이를 SSP 시나리오를 토대로 예측한 미래 토지이용변화에 따라 훼손 우려지역을 선정하여 취약성 지수(0~3)를 제시함으로써 보호지역 우선 선정 지역을 제시함.
- 연구결과
 - 중요도 분석 결과, 제주도의 생태계 중요도 지수 1~3의 모든 지역이 현재보다 감소될 것으로 전망되며, SSP1보다 SSP3 시나리오 가정하에서 더 많이 감소할 것으로 예측됨.
 - 취약성 분석 결과, 생태계 훼손 정도가 가장 심각한 지수 3의 영역은 한라산을 중심으로 제주도 동쪽에 집중적으로 분포하며, 지수 2는 제주도 서쪽, 지수 1은 제주도 전역에 산재하여 분포할 것으로 전망됨.

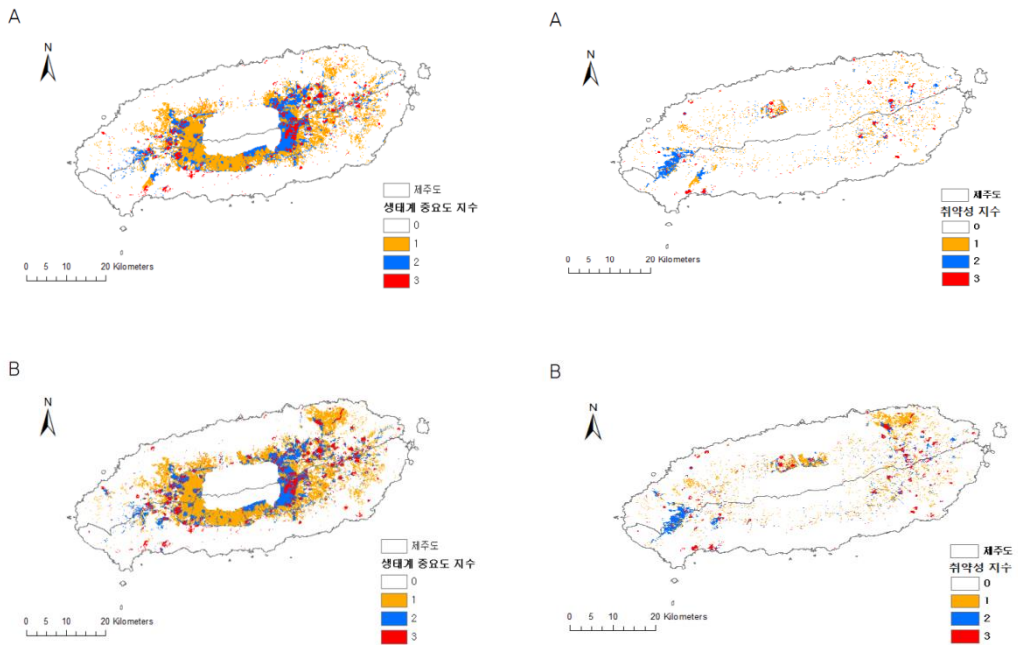


그림 3-15. SSP1(A)과 SSP3(B)의 2050년 생태계 중요도 지수(왼쪽) 및 취약성 지수(오른쪽) 분포도(구경아·박선욱, 2020)

전국 야생 벌목 분포에 대한 기후요인 영향 연구

(유동수 외, 2022)

- 한반도에서 출현하는 야생벌의 분포와 기후요인과의 관계를 검증하여 야생벌류의 출현현황을 파악하고, SSP2-4.5와 SSP5-8.5를 기반으로 BIOMOD 종분포 모형에 따른 남한 전역의 야생벌 서식지 분포 변화를 전망함.
- 연구결과
 - 한반도를 5가지 산림기후대로 분류하였으며, WorldClim에서 제공하는 7개 GCM 월별 최고/최저 기온과 강수량을 활용하여 19개 생물 기후적 변수를 생성하고 식물의 서식지 분포모델을 적용하여 야생벌의 잠재서식지를 예측함.
 - 야생벌의 분포는 북쪽으로 서식지 확산이 전망되며 SSP5-8.5의 결과가 SSP2-4.5보다 북상의 정도가 심한 것으로 보아, 지구온난화가 가중될 경우, 야생벌 서식지의 북위도 이동은 더욱 심화될 것으로 판단됨.

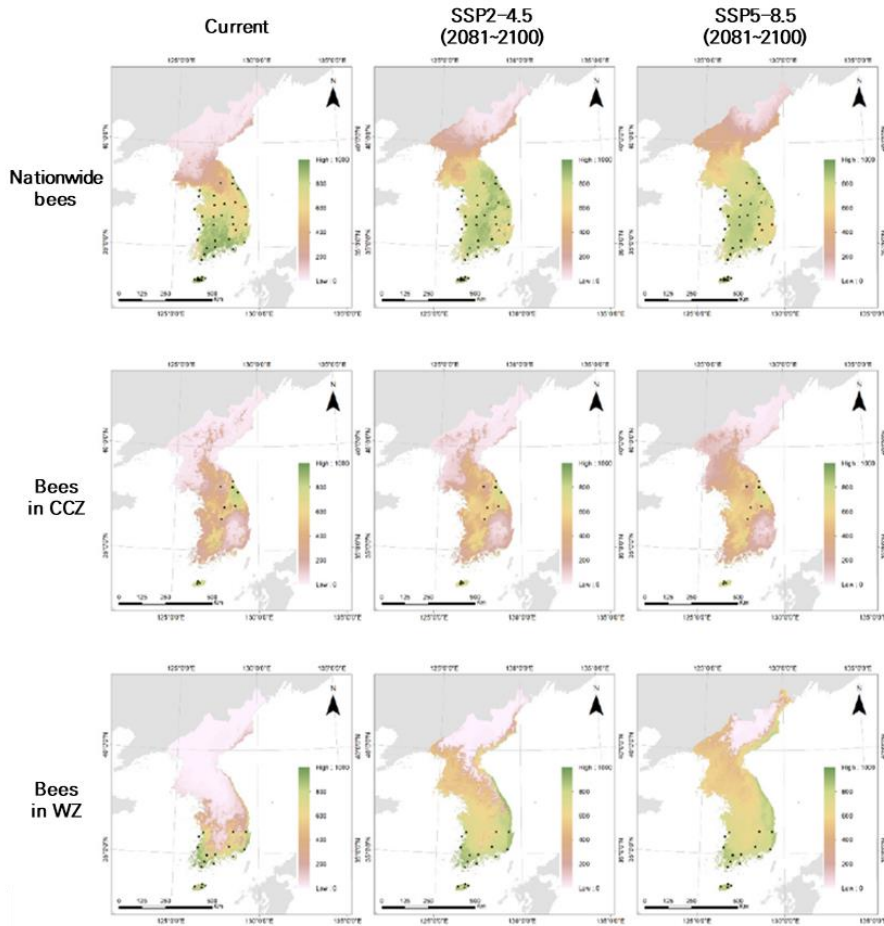


그림 3-16. BIOMOD 앙상블 모델을 이용한 SSP 시나리오별 먼미래의 야생벌 분포 전망(유동수 외, 2022)

북한의 토지이용과 2030년대 생태계서비스 가치변화 특성 및 전망

이훈종(2022)

- 추세연장 시나리오 기법을 통해 2030년대 초의 토지이용 변화를 예측함. SSP 시나리오 기반의 토지이용 변화 예측치를 활용해 추세연장 시나리오에 따른 토지피복의 변화율에 대한 정확도를 비교, 평가함.

Predicting Impacts of Climate Change on Northward Range Expansion of Invasive Weeds in South Korea

Hong *et al.*(2021)

- 최대 엔트로피 모델을 통해 남한의 RCP 시나리오 기반의 기후변화 및 SSP 시나리오 기반의 토지피복에 의한 침습성 잡초 16종의 서식지 분포 전망을 예측함. 분석 결과, 서식지 면적은 현재값 대비 RCP4.5 시나리오에서 2050년과 2070년에 각각 5배, 15배가량 증가할 것으로 전망됨.

The effect of interplays among climate change, land-use change, and dispersal capacity on plant redistribution

Koo *et al.*(2021)

- 남한의 온대상엽활엽수 5종을 사례로 기후변화, 토지사용변화, 확산능력에 따른 식물의 이동변화를 분석함. 해당 연구에서는 RCP4.5와 RCP8.5 시나리오를 기후변화 시나리오로, SSP1, SSP3 시나리오를 토지사용변화 시나리오로 사용함.

Potential distribution of Goldenrod (*solidago altissima* L.) during climate change in South Korea.

Park *et al.*(2020)

- 기후 및 지형 변수와 인간 활동 변수에 따른 남한 내 미역취(goldenrod)의 분포 전망을 연구함. SSP5-8.5 시나리오 기반의 분석에 따르면 남쪽에 분포한 서식지가 북쪽으로 확장됨에 따라 남한 면적의 16.2%에서 44.4%로 넓어질 것으로 전망됨.

**Risk map for the range expansion of Thrips palmi in Korea under climate change:
Combining species distribution models with land-use change**

Hong *et al.*(2019)

- 본 논문에서는 기후변화와 토지이용변화에 따른 외래종 총채벌레의 한반도 내 분포 전망에 대해 연구함. 총채벌레의 서식지는 모든 SSP 시나리오에 대해서 시간이 지남에 따라 증가하여 21세기 후반기에는 한반도 전역에 분포하여 농업 지역의 피해가 예상됨.

**Climate change induced habitat expansion of nutria
(Myocastor coypus) in South Korea**

Adhikari *et al.*(2022)

- 최대 엔트로피 알고리즘을 이용해 RCP 기반의 기후변화 시나리오 및 SSP 기반의 토지피복 시나리오에 대한 뉴트리아의 현재와 미래의 서식지를 연구함. 현재 뉴트리아의 서식지는 4069km²이며, RCP4.5 시나리오에서 2030년, 2050년, 2070년에 각각 5배, 13배, 15배가량 증가할 것으로 전망됨.

LANDIS-II를 활용한 대청댐 유역 식생천이 예측

문건수 외(2022)

- SSP2-4.5 시나리오를 활용하여 미래기간에 대한 대청댐 분지의 식생천이를 예측하고 분석함. 그 결과, 인공적으로 심어진 수종의 경우 기후변화에 대한 취약성이 높아 분포가 줄어들며, 온난한 지역의 수종의 경우 반대로 분포가 증가함.

**MaxEnt를 활용한 기후변화와 토지 피복 변화에 따른 멸강나방 및
흑명나방의 한국 내 분포 변화 분석과 예측**

박태철 외(2022)

- 멸강나방과 흑명나방은 중국 남부 양쯔강 유역에서 유입되는 해충으로, 벼 잎을 가해하여 생육을 저해시킴. SSPs와 RCP 시나리오를 적용하여 현재와 미래의 서식지 적합성 모형을 예측하였으며, 그 결과 시기에 따른 전체 면적에 큰 차이가 없지만, SSPs 시나리오에 따라 서해안 및 남해안의 분포 면적이 넓어짐.

지표생물의 생물계절 장기모니터링을 통한 기후변화 영향평가

농촌진흥청 국립농업과학원(2021)

- SSP2-4.5와 SSP5.8.5에 대한 미래기간별 자료를 이용하여 지표생물별 생물계절의 변동성을 예측함. 그 결과, 초본류, 곤충류, 조류 모두 미래기간으로 갈수록 개화시기(출현시기)는 빨라지고 개화기간(출현기간)은 짧아졌으며, 이는 해당 시기의 평균 기온과 상관관계가 높음.

기후변화 대응 생물다양성 평가 및 변화 예측 연구(1차년도)

환경부 국립생물자원관(2021)

- AR6에서 채택한 SSP 시나리오와 19개의 생물기후인자를 사용하여 백령도, 덕적군도, 울릉도의 식물종 서식 가능지와 미래 잠재 서식지를 예측하고 식물종에 따른 취약도와 증감 유형을 평가함. 그 결과, 연평균기온과 연강수량이 증가함에 따라 식물종의 감소 및 절멸이 예측됨. 또한 기후변화에 의해 식물다양성을 평가하는 PD 지수가 감소할 것으로 예측됨.

신기후체제 대응을 위한 리스크 기반 산림관리 모형 고도화 연구

산림청(2022)

- SSP5-8.5 시나리오를 이용하여 미래에 도래될 산림 기작기반의 리스크를 시공간적으로 평가함. 전반적으로 기후변화는 산림 리스크의 면적을 증가시키나 산림관리인 벌채와 적중 수준의 재조림 정도에 따라 리스크 면적이 감소됨. 특히 강원도의 경우 온대북부림이 크게 감소하며, 경상남도의 경우에는 난대림으로의 전환이 이루어짐.

기후변화 시나리오에 따른 서양금혼초 개화 생물계절 예측

김명현 외(2021)

- 서양금혼초의 개화 생물계절 자료를 통하여 기상과의 상관관계를 파악하고, 미래기후시나리오에 적용하여 향후 개화시기의 변동성을 예측함. SSP시나리오에 따른 서양금혼초의 개화 생물계절을 예측한 결과, 최초, 최대, 마지막 개화시기는 시나리오, 지역에 상관없이 시간의 경과에 따라 모두 빨라지는 경향을, 개화기간은 짧아지는 경향을 나타냄.

기후변화 시나리오에 따른 왜가리 출현 생물계절 예측

김명현 외(2021)

- 우리나라 논에 도래하는 여름철새인 왜가리 생물계절 자료를 통하여 기상과의 상관관계를 파악하고, 미래기후시나리오에 적용하여 향후 출현시기의 변동성을 예측함. SSP시나리오에 따른 왜가리의 출현 생물계절을 예측한 결과, 최초, 최대, 마지막 출현시기는 시나리오, 지역에 상관없이 시간의 경과에 따라 모두 빨라지는 경향을, 출현기간은 짧아지는 경향을 나타냄.

기후변화 시나리오에 따른 앵무새 출현 생물계절 예측

김명현 외(2021)

- 앵무새가 성충 출현 생물계절 자료를 통하여 기상과의 상관관계를 파악하고, 미래기후시나리오에 적용하여 향후 출현시기의 변동성을 예측함. SSP시나리오에 따른 앵무새의 성충 출현 생물계절을 예측한 결과, 최초, 최대, 마지막 출현시기는 시나리오, 지역에 상관없이 시간의 경과에 따라 모두 빨라지는 경향을, 출현기간은 짧아지는 경향을 나타냄.

SSP 시나리오에 따른 기후변화지표 식물 서식지 분포 변화

이민철 외(2022)

- 기후변화 생물지표종 100종 중 5종을 선정하여 출현 위치 자료를 수집하고 최근(1991-2020)과 SSP 시나리오에 따른 미래 서식지 분포를 예측함. 북방계 식물인 사스레나무, 큰잎쓴풀은 대체로 북쪽과 고지대로 이동하여 규모가 축소될 것이며, 남방계 식물인 개비자나무, 까치밥나무는 북쪽으로 이동하며 규모가 증가할 전망이다.

SSP 기후변화 시나리오와 Proto3 모형을 활용한 민달비름 분포 변화 예측

이용호 외(2021)

- SSP 시나리오와 미국의 외래잡초 위해성 평가 모형인 Proto3를 활용하여 외래잡초인 민달비름의 분포변화를 예측함. 2081-2100년대 대비 분포면적은 SSP1-2.6 시나리오에서 305km², SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 시나리오에서는 0km²로 예측됨.

기후변화 시나리오에 따른 큰이삭풀 분포 변화 예측 (2021)

김명현 외(2021)

- MaxEnt모델을 이용하여 기후변화 시나리오 (RCP 및 SSP)에 따른 큰이삭풀의 현재 및 미래 분포 적합지를 예측하고 지도화하였다. SSP5-8.5 시나리오에서 큰이삭풀의 분포 최고 적합지는 현재 대비 먼미래에서 약 5배 확대됨.

SSP 기후변화 시나리오에 의한 금창초 (*Ajugadecumbens* Thunb.)의 적합 서식지 분포 예측

오영주 외(2021)

- 남한의 남부지방에 주로 분포하는 금창초에 대해서 SSP 시나리오에 따른 미래 적합 서식지 분포를 예측함. 시간에 따라 서식지 면적은 넓어질 전망이며, SSP5 시나리오에서는 현재에 비해 2배 가까이 확장될 것으로 분석됨.

4) 기타 부문(토지, 보건, 수산 등)

사회 경제 경로 시나리오에 따른 토지이용 변화 시뮬레이션

(김호용, 2016)

- 기후변화 취약성 평가에 적용하기 위해 SSP 시나리오에 대한 스토리라인을 개발하고 스토리라인 별 토지이용변화를 예측함.
- 도시면적비율, 농지면적비율, 산지면적비율, 기타면적비율의 4종의 대리변수를 설정하였으며 SSP1, SSP2, SSP3의 3종의 시나리오를 설정함.
- 연구결과
 - SSP1은 2020년, SSP2는 2030년까지 도시 면적 비율이 소폭 증가하다가 더 이상의 변화가 나타나지 않음. SSP3에서는 도시 면적 비율이 2050년까지 지속적으로 증가하는 것으로 나타남(그림 3-17).



그림 3-17. SSP 시나리오에 따른 토지이용 변화(김호용, 2016)

Projection of Future Mortality Due to Temperature and Population Changes under Representative Concentration Pathways and Shared Socioeconomic Pathways

(Lee *et al.*, 2018)

- 우리나라의 7개 주요 도시에서 RCP 시나리오 기반 기온변화 및 SSP 시나리오 기반 인구변화와 사망률의 관계를 분석함.
- 연구결과
 - 기온 상승을 1.5°C 및 2.0°C로 억제할 경우, 사망률은 그렇지 않은 경우에 대비해 각각 35%, 21% 만큼 감소할 것으로 분석됨(그림 3-18).

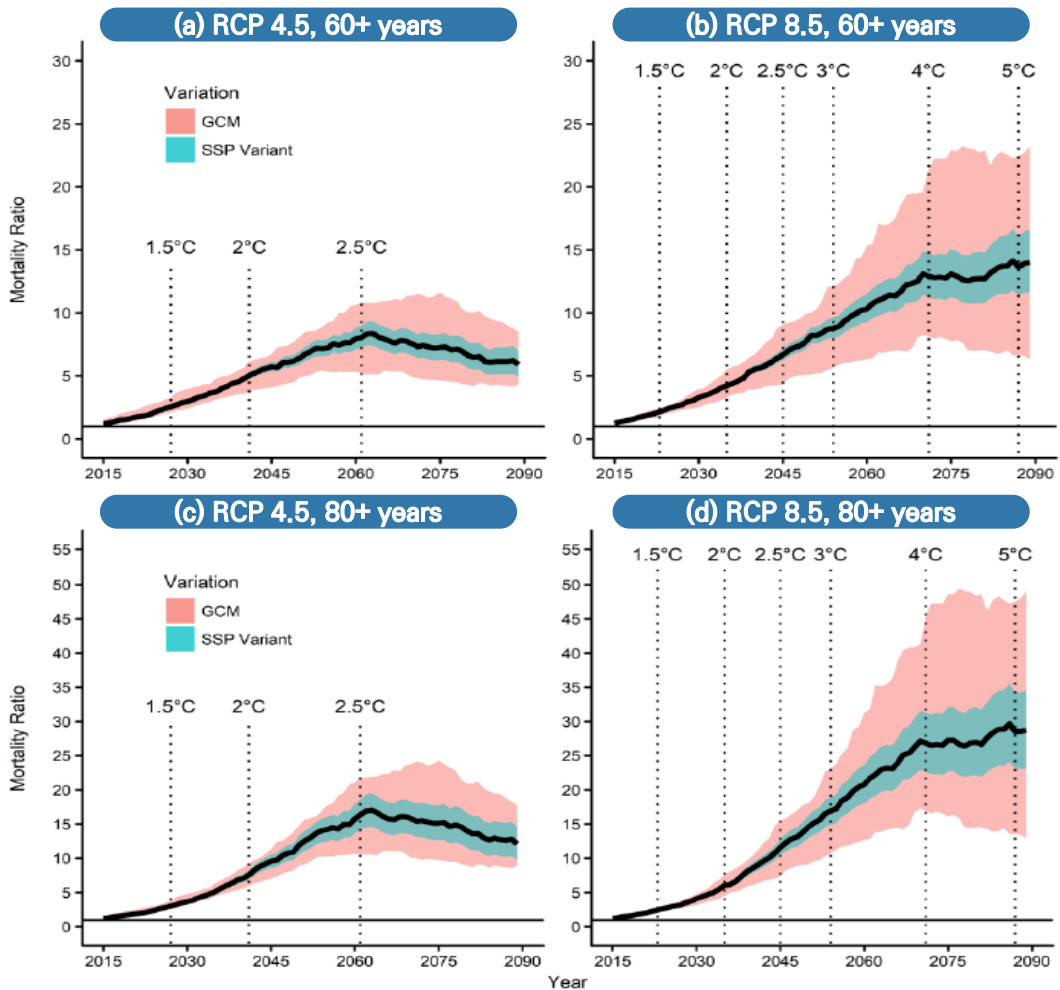


그림 3-18. 미래 기온 변화에 의한 사망률 전망
(Lee *et al.*, 2018)

한국 연근해 어항 예측능력 향상 연구

(국립수산과학원, 2021)

- 우리나라 주변의 중기 및 장기 해양환경 예측모형을 수립하고 평가하여 주요 어종의 어항변동 예측 모형을 수립함.
- 이러한 해양환경 변화를 기반으로 2020~2022년 분포 변화를 예측한 결과, 어종에 따라 서식지 적합도가 크게 낮아지거나 계절별 공간분포가 변화함.
- 연구결과
 - 2020년에서 2050년으로 갈수록 해면수온 온난화가 이루어지며, 2050년대에는 현재에 비해 1.5°C~3°C까지 우리나라 주변해역의 수온이 증가하는 것으로 예측됨(그림 3-19).
 - 혼합층 깊이 변화는 해역별로 차이가 있음. 황해와 동중국해는 뚜렷한 변화가 없으나, 동해는 러시아 연안에서 혼합층 깊이가 얕아지는 경향이, 중심부에서는 깊이가 깊어지는 경향이 뚜렷하게 나타나며 이는 2050년으로 갈수록 차이가 커지는 특징을 나타냄(그림 3-20).

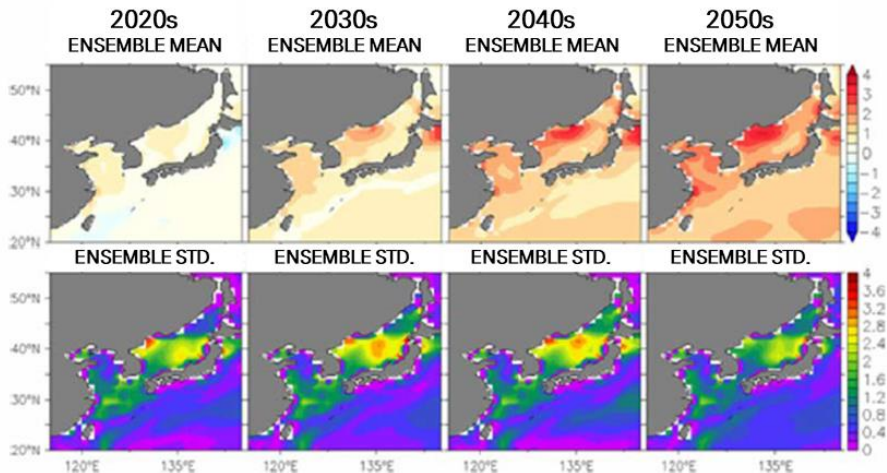


그림 3-19. 우리나라 주변해역 해면수온 전망(국립수산과학원, 2021)

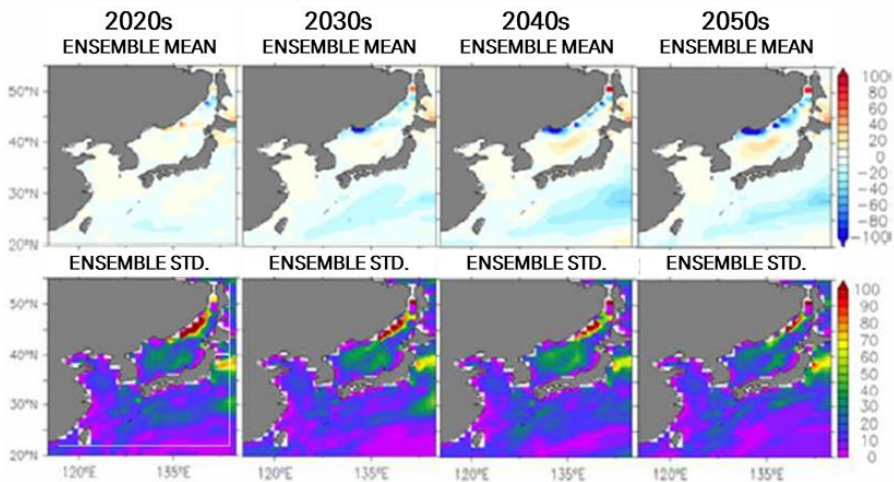


그림 3-20. 우리나라 주변해역 혼합층 깊이 전망(국립수산과학원, 2021)

Estimation of the Social Discount Rate(SDR) with Climate Change Uncertainty: The Case of Korea

Kang *et al.*(2019)

- SSP2, SSP3, SSP5 시나리오를 이용해 GDP 성장을 기반으로 한국 경제의 사회적 할인율(SDR)을 예측함. 그 결과, 한국 경제는 기후변화에 취약하여 다른 나라에 비해 기후변화에 의한 부정적 영향을 많이 받을 수 있으며 최악의 경우 GDP 성장률이 급격하게 감소할 것으로 예측됨.

Scenario Generator를 활용한 사회경제경로 시나리오 반영 미래 토지피복 추정

송철호 외(2018)

- Scenario Generator를 이용해 SSP 시나리오에서 미래 토지피복을 추정함. SSP1, 2, 3에서의 토지피복의 전망은 2030, 2050, 2100년에서 각각 도시지역이 확대되는 반면 농지와 산림은 축소됨. 이러한 변화는 SSP1, 2에 비해 SSP3 시나리오에서 심화될 예정임.

2022

기후변화 시나리오

활용사례집

제4장
기후변화
시나리오
활용법

제 4 장 기후변화 시나리오 활용법

1. 기후변화 전망보고서

- 기후변화 전망보고서는 모델 해상도 및 영역에 따라 전지구(135km), 한반도(25km), 남한(1km) 및 행정구역(광역시도 등)으로 구분되어 있으며 IPCC 제6차 평가보고서 대응을 위해 「전지구 기후변화 전망보고서」, 「한반도 기후변화 전망보고서」, 「남한상세 기후변화 전망보고서」를 발간함 (국립기상과학원, 2019;2021)
 - **[전지구]** K-ACE와 UKESM1 전지구 기후변화 예측모델을 사용하여 산출한 135km 해상도의 전지구 미래 기후변화 전망 수록
 - **[한반도]** 전지구 시나리오로 표현하기 힘든 작은 규모의 대기현상과 지형효과 등이 반영된 지역기후 예측모델로 산출한 25km 해상도의 동아시아, 한반도 미래 기후변화 전망 수록
 - **[남한상세]** 우리나라의 복잡한 지형 조건과 해안선 등을 반영하여 산출한 1km 해상도의 우리나라 미래 기후변화 전망 수록
 - **[행정구역별]** 남한상세 시나리오를 행정구역 값으로 변환하여, 지역별 상세 전망정보를 수록한 「지역 기후변화 전망보고서」는 2022년 12월부터 제작 및 발간 예정



그림 4-1. 기상청에서 발간한 전망보고서(SSP 시나리오) 종류

- SSP 기후변화 전망보고서의 분석 영역, 기간, 산출 변수 등은 다음과 같음.

표 4-1. 기후변화 전망보고서별 주요 정보

구분	전지구 기후변화 전망보고서	한반도 기후변화 전망보고서	남한상세 기후변화 전망보고서
해상도	135km	25km	1km
모델	K-ACE, UKESM1	HadGEM3-RA, WRF, CCLM, GRIMS, RegCM4	PRIDE
영역	전지구, 북/남반구, 주요 대륙별	동아시아 및 한반도	남한 평균 및 6개 권역별
현재 기후	1995~2014년		2000~2019년
미래 전망 기간	2021~2100년		
변수	기온(평균/최고/최저), 강수량, 해수면온도, 해수면고도, 해빙, 극한기후지수 14종	기온(평균/최고/최저), 강수량, 극한기후지수 12종	기온(평균/최고/최저), 강수량,극한기후지수 22종, 자연계절 변화
보고서 발간	전지구 기후변화 전망 보고서(2019년), 개정판(2020년)	한반도 기후변화 전망보고서(2020년), 개정판(2021년)	남한상세 기후변화 전망 보고서(2021년), 개정판(2022년 예정)
*SSP2종에 대한 전망보고서 발간 후, SSP4종 전망보고서 개정판 발간			

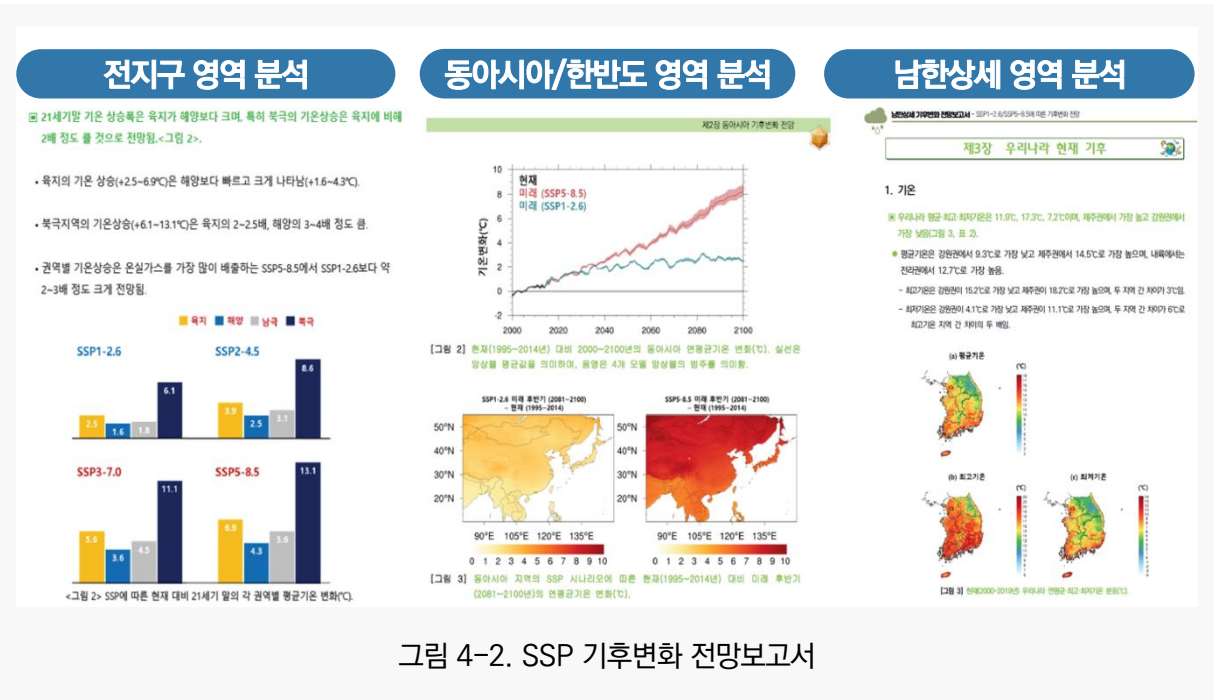


그림 4-2. SSP 기후변화 전망보고서

- 기후변화 전망보고서는 [기후정보포털(http://www.climate.go.kr/) > 열린마당 > 발간물 > 기후변화시나리오]에서 다운로드 가능(그림 4-3).

The screenshot shows the '열린마당' (Open Market) section of the Climate Information Portal. The '발간물' (Publications) category is highlighted, and a sub-menu item '기후변화 시나리오' (Climate Change Scenario) is also highlighted in red. Below this, a table lists various climate reports.

번호	제목	작성자	작성일	조회수
NOTICE	남한상세 기후변화 전망보고서	관리자	2021-12-30	1903
6706	한반도 주변해역의 기후변화	관리자	2022-08-31	302
6568	한반도 기후변화 전망보고서 2020 개정판	관리자	2021-10-29	2149
6511	우리나라 109년 기후변화 분석보고서	관리자	2021-04-30	6002
6489	한반도 기후변화 전망보고서 2020	관리자	2021-01-18	2928
6487	지구온난화 1.5도씨 특별보고서 해설서	관리자	2021-01-08	2863
6448	AR6 대응 전지구 기후변화 전망보고서(개정판)	관리자	2020-09-25	2023
6388	신규 기후변화 시나리오 교육-홍보 자료	관리자	2020-02-28	1177
6363	기후변화 시나리오 및 전망정보 서비스 개선 운영 알림	관리자	2019-12-23	1292
6357	AR6 대응 전지구 기후변화 전망보고서	관리자	2019-12-18	1809
5983	지역별 기후변화 상세 분석보고서(RCP2.6/6.0 기반)	관리자	2018-02-20	6033

그림 4-3. 기후변화 전망보고서 다운로드 안내

2. 기후정보포털

- 기상청 기후정보포털은 기후변화 과학에 대한 기초적인 정보뿐 아니라 기후위기 관련 정책 수립 및 기후변화영향평가 등을 위한 과학적 근거자료를 제공하기 위한 인터넷 기반의 기후정보 시스템임
- 기후정보포털은 ‘기후정책법령’, ‘기후변화감시’, ‘기후변화 시나리오’, ‘기후변화 영향정보’, ‘기후예측정보’로 구성되어 있음



그림 4-4. 기후정보포털의 주요 기능

- 기후변화 시나리오 관련 정보는 “기후변화 시나리오” 메뉴에서 확인할 수 있으며, 시나리오 소개, 미래 기후전망, 과거 기후변화, 다운로드로 구분됨.

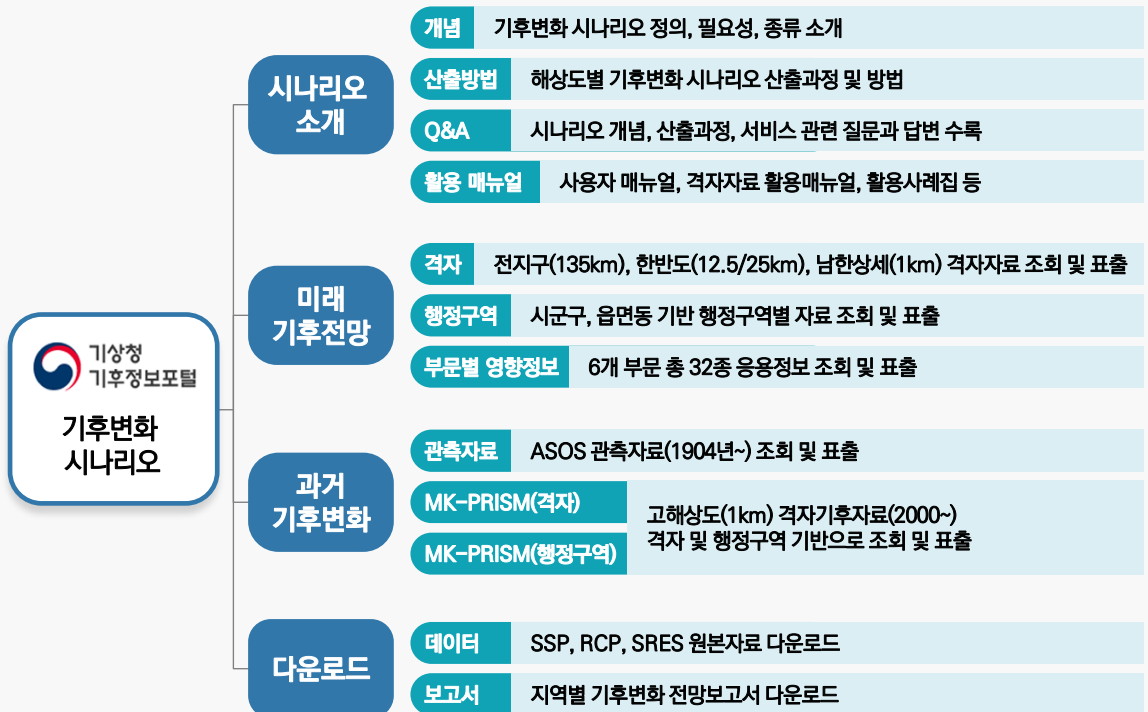


그림 4-4. 기후정보포털의 “기후변화 시나리오” 기능 개요

시나리오 소개

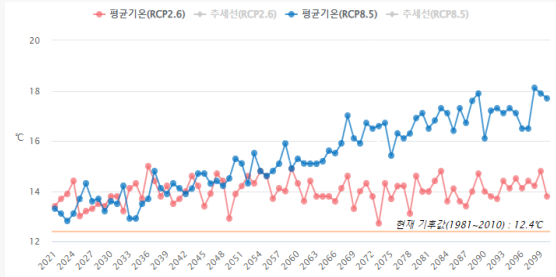
시나리오 개념, 종류, 산출방법 등 시나리오에 대한 소개 자료가 포함되어 있으며 Q&A와 활용매뉴얼 (사용자 매뉴얼, 자료활용 매뉴얼 등)을 확인할 수 있음.



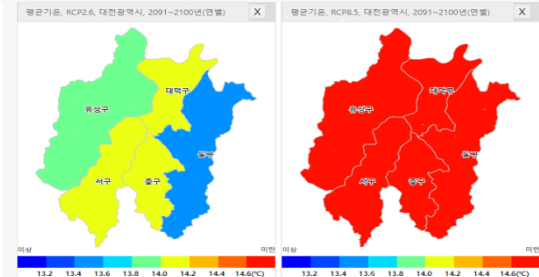
그림 4-5. 기후정보포털에서 제공하는 사용자 매뉴얼과 자료 활용 매뉴얼

미래 기후전망

격자(전지구, 한반도, 남한상세) 및 행정구역별 기후변화 시나리오(RCP, SSP) 및 부문별 영향정보(응용지수)를 조회하고 분석할 수 있음.



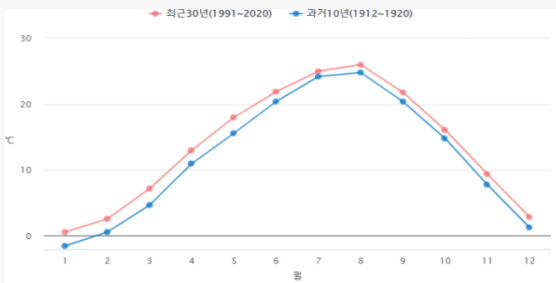
기본분석(시계열)



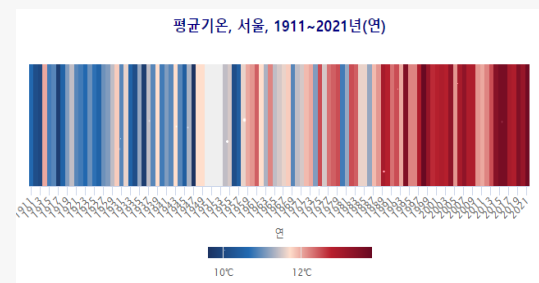
비교분석(분포도)

과거 기후변화

관측자료(ASOS), MK-PRISM(격자, 행정구역) 기반으로 우리나라 과거 및 현재 기후값과 편차를 조회하고 분석할 수 있음.



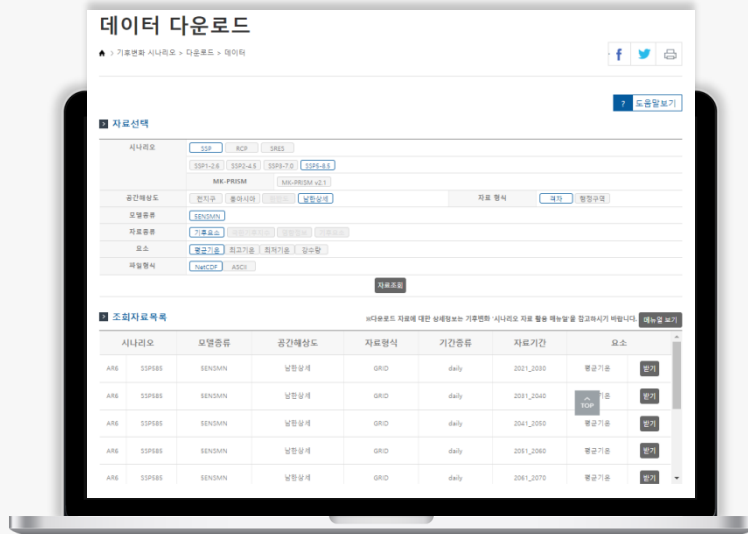
기본분석(최근-과거 비교)



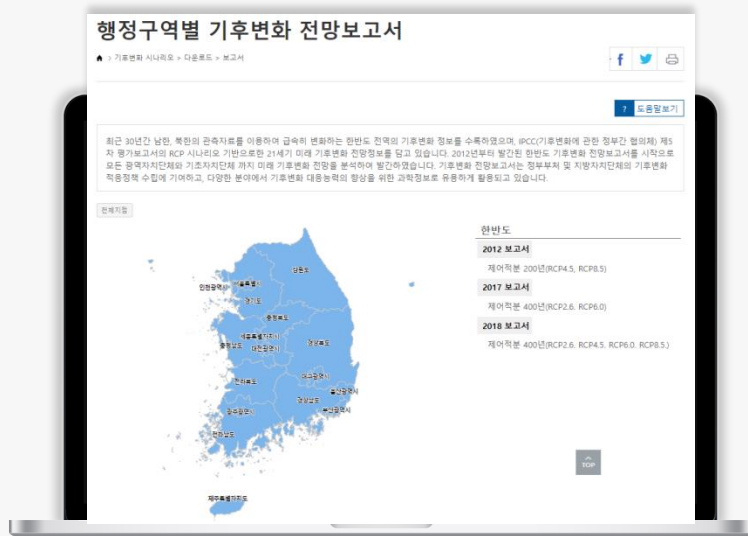
기타분석(히트맵)

다운로드

데이터와 보고서로 구분되며 사용자가 원하는 시나리오(SSP, RCP, SRES), 시·공간 해상도, 요소, 파일형식 등을 선택하여 대용량 자료를 다운로드 할 수 있으며, 한반도 및 행정구역별 기후변화 전망보고서(PDF)를 다운로드 할 수 있음.



데이터



보고서

2022

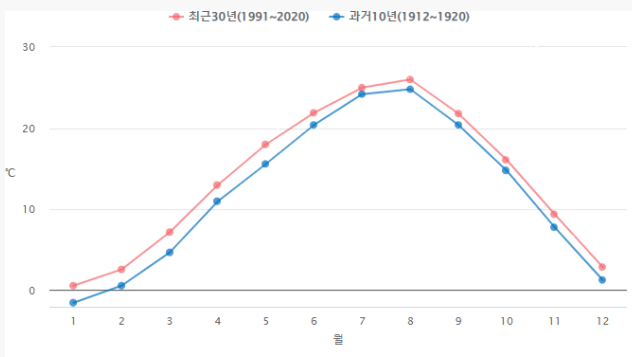
기후변화 시나리오

활용사례집

부록

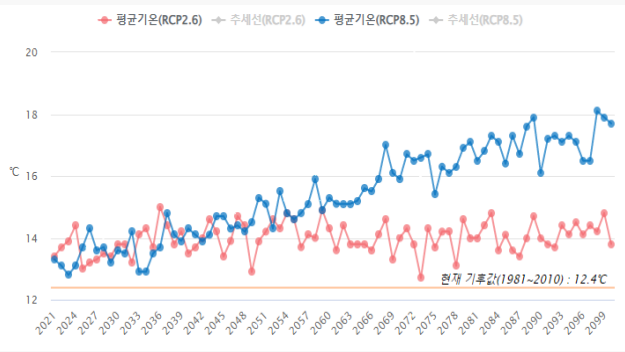
부록1. 기후변화 시나리오 분석기능 내용

최근-과거 비교



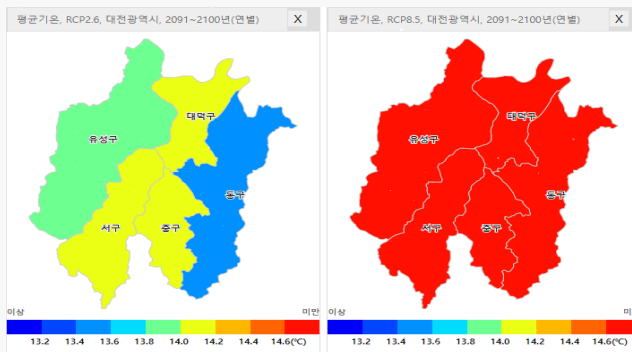
- 기후요소: (과거)기온, 강수량, 습도, 풍속, 신적설
- 기간: (과거) 1904년~
- 지점: (과거) ASOS 지점(95개)
- 기능: 최근(10/30년) 및 과거(10/30년) 기간 선택시 월별로 각 기후요소의 변화(그래프, 평균값, 편차값)를 조회할 수 있음

기본분석



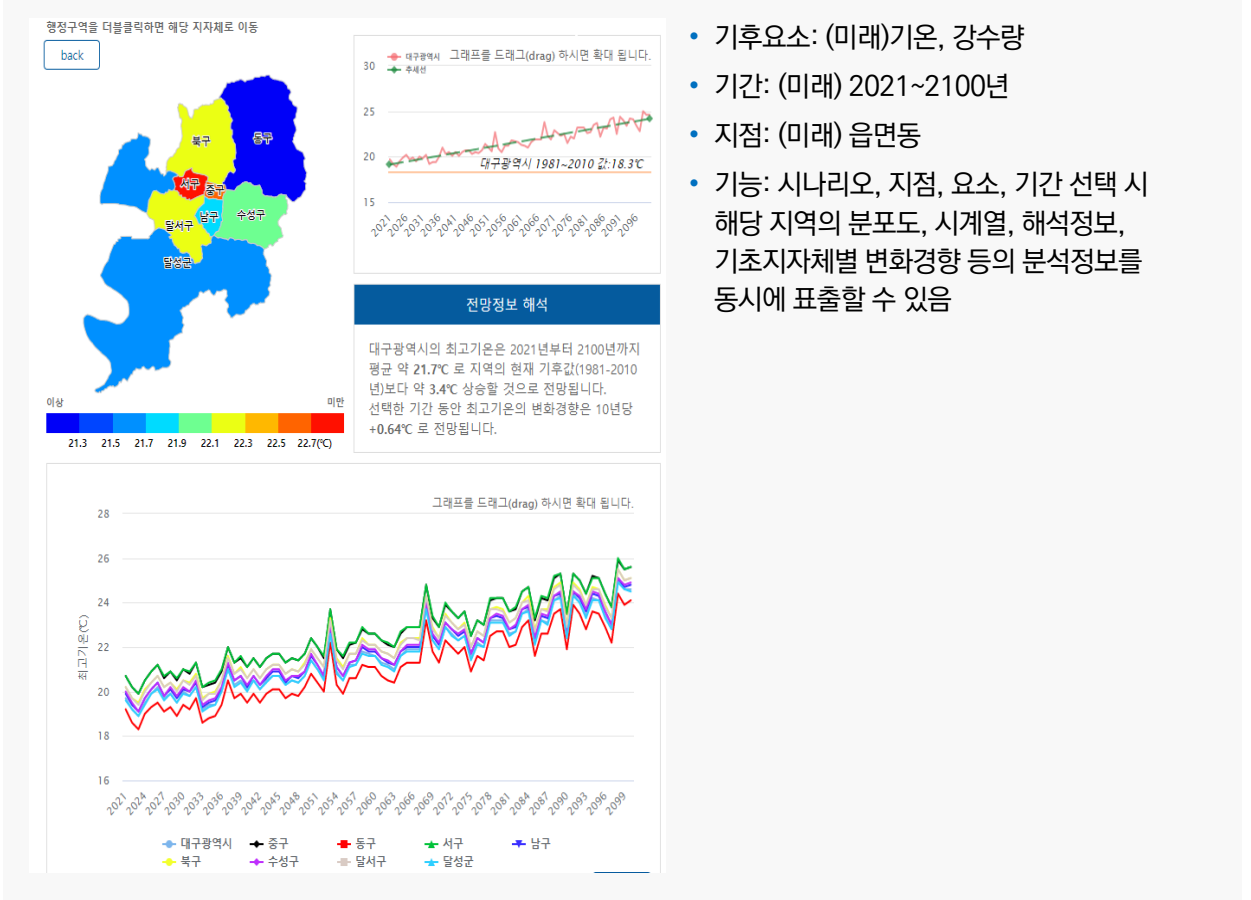
- 기후요소: (미래)기온, 강수량 (과거) 기온, 강수량, 습도, 풍속, 신적설
- 기간: (미래) 2021~2100년 (과거) 1904년~
- 지점: (미래) 읍면동 (과거) ASOS지점(95개)
- 기능: 기간 선택(10/30/100년/21세기) 시 변화 그래프 및 추세율(10년당 변화율) 표시

비교분석

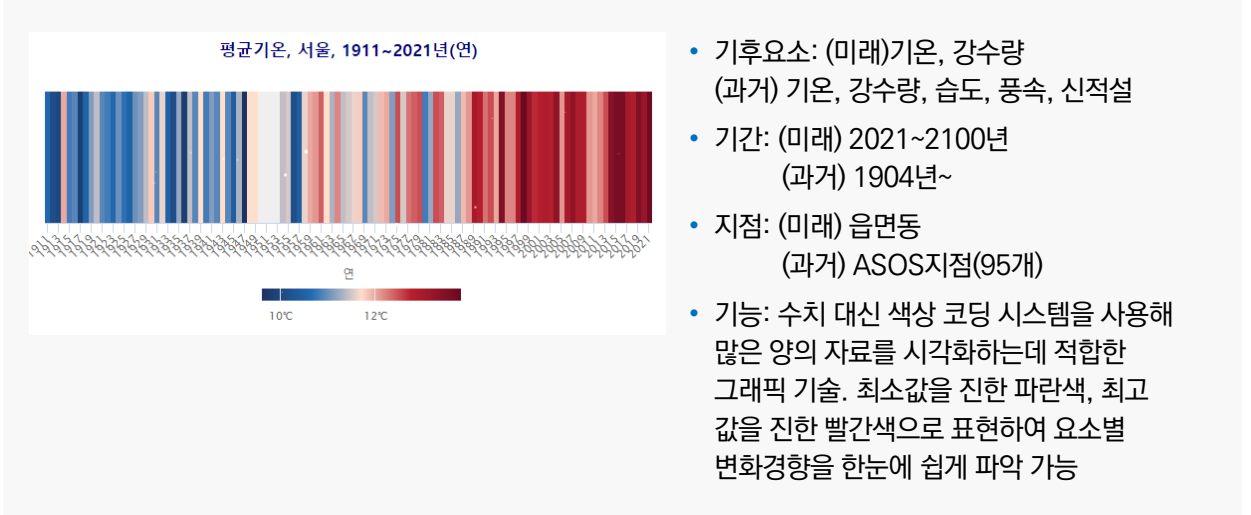


- 기후요소: (미래)기온, 강수량 (과거) 기온, 강수량, 습도, 풍속, 신적설
- 기간: (미래) 2021~2100년 (과거) 1904년~
- 지점: (미래) 읍면동 (과거) ASOS지점(95개)
- 기능: 두 종류의 지역, 시나리오 또는 기간에 대해 변화경향과 편차를 분포도로 비교분석 가능

기타분석 - ① 분석정보

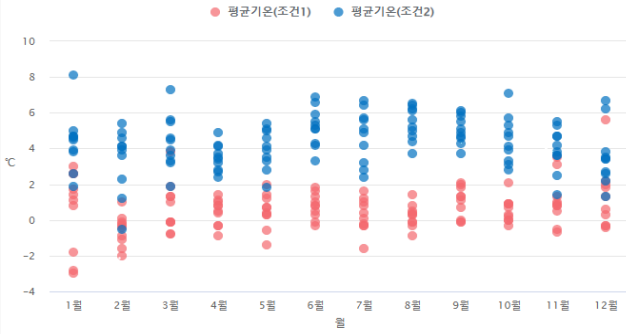


기타분석 - ② 히트맵



기타분석 - ③산점도

평균기온, RCP8.5, 서울특별시, 2021~2030년(월) (조건1)
 평균기온, RCP8.5, 서울특별시, 2091~2100년(월) (조건2)

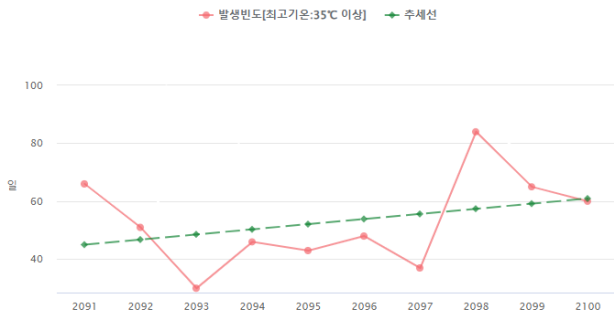


- 기후요소: (미래)기온, 강수량 (과거) 기온, 강수량, 습도, 풍속, 신적설
- 기간: (미래) 2021~2100년 (과거) 1904년~
- 지점: (미래) 읍면동 (과거) ASOS지점(95개)
- 기능: 지역별 또는 기간별로 값의 분포를 비교할 수 있는 기능

기타분석 - ④발생빈도

발생빈도[최고기온:35°C 이상], RCP8.5, 서울특별시, 2091~2100년(연별)

경향성: +17.70일/10년



- 기후요소: (미래)기온, 강수량 (과거) 기온, 강수량, 습도, 풍속, 신적설
- 기간: (미래) 2021~2100년 (과거) 1904년~
- 지점: (미래) 읍면동 (과거) ASOS지점(95개)
- 기능: 기후요소, 극한기후지수 등에 대해 원하는 기준값을 선택하여 발생빈도(연별 발생일수) 조회, 분석할 수 있는 기능

기타분석 - ⑤발생강도

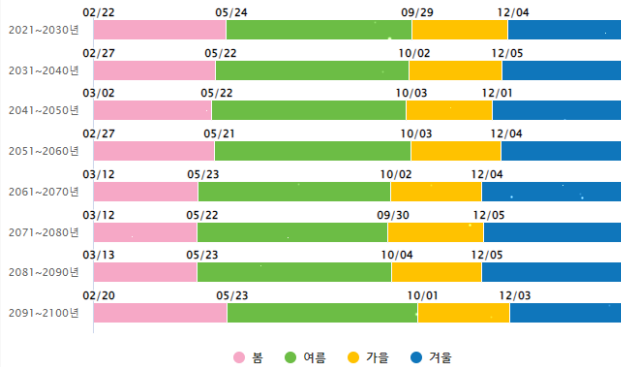
극한기후현상 발생강도(RCP8.5), 고온 극값, 서울특별시, 21세기전망

구분	과거	RCP8.5 (단위:°C)		
		21세기 전반기 (2021~2040)	21세기 중반기 (2041~2070)	21세기 후반기 (2071~2100)
5년	37.1	37.6	41.0	42.6
10년	37.7	38.2	41.8	43.7
20년	38.3	38.7	42.5	44.6
30년	38.5	39.0	42.8	45.1
50년	38.8	39.3	43.1	45.6
100년	39.2	39.6	43.5	46.3

- 기후요소: (미래)고온, 저온, 습윤
- 기간: (미래) 2021~2100년
- 지점: (미래) 읍면동
- 기능: 발생강도는 극값, 재현기간으로 나누어 분석. 극값은 일정기간에 발생할 수 있는 기후 요소의 최대값 또는 최소값을 의미하며 재현 기간은 특정 기후값이 몇 년에 한번 발생할 수 있는 현상인지를 나타내는 지수임

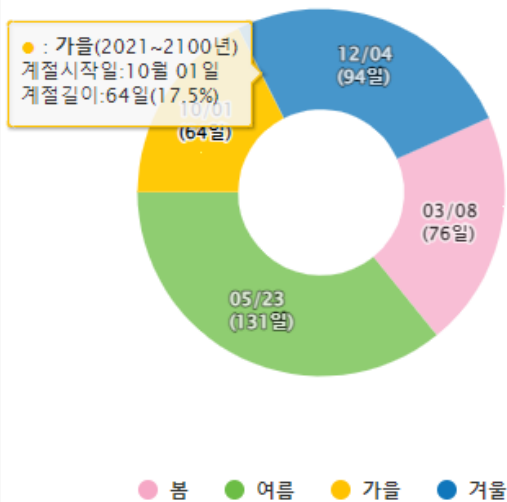
기타분석 - ⑥계절길이

계절길이, RCP2.6, 서울특별시, 10년, 전체



- 기후요소: 계절시작일, 계절길이
- 기간: (미래) 2021~2100년
(과거) 1904년~
- 지점: (미래) 읍면동
(과거) ASOS지점(95개)
- 기능: 계절시작일 및 계절길이를 기간별로 나누어 분석할 수 있으며 도넛그래프와 막대그래프로 표출할 수 있음

계절길이, RCP2.6, 서울특별시, 100년, 2021 ~ 2100년



- * 봄/여름: 일평균기온이 5/20℃ 이상 올라간 후 다시 내려가지 않는 첫날
- * 가을/겨울: 일평균기온이 20/5℃ 미만으로 내려간 후 다시 올라가지 않는 첫날

부록2. 기후변화 시나리오 제공 요소

○ 기후요소(4종)

번호	지수명	내용
1	평균기온	일 단위 기온을 평균한 값
2	최고기온	일 단위 기온 중 가장 높은 기온
3	최저기온	일 단위 기온 중 가장 낮은 기온
4	강수량	일 단위 강수량을 모두 합한 총 강수량

○ 극한기후지수(27종/기온 극한지수 20종, 강수 극한지수 7종)

번호	지수명	내용
1	폭염일수	일최고기온이 33℃ 이상인 날의 연중 일수
2	한파일수	일최저기온이 -12℃ 이하인 날의 연중 일수
3	온난일	일최고기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 연중 일수
4	온난일계속기간	일최고기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날이 최소 6일 이상 지속된 날의 연중 일수
5	최대온난일계속기간	일최고기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 연중 최대지속일수
6	온난야	일최저기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 연중 일수
7	한랭일	일최고기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 날의 연중 일수
8	한랭야	일최저기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 날의 연중 일수
9	한랭야계속기간	일최저기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 날이 최소 6일 이상 지속된 날의 연중 일수
10	최대한랭야계속기간	일최저기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 날의 연중 최대지속일수
11	일최고기온 연최대	일최고기온의 연중 최대값
12	일최고기온 연최소	일최고기온의 연중 최소값
13	일최저기온 연최대	일최저기온의 연중 최대값
14	일최저기온 연최소	일최저기온의 연중 최소값
15	서리일수	일최저기온이 0℃ 미만인 날의 연중 일수
16	결빙일수	일최고기온이 0℃ 미만인 날의 연중 일수
17	여름일수	일최고기온이 25℃ 이상인 날의 연중 일수
18	열대야일수	일최저기온이 25℃ 이상인 날의 연중 일수
19	식물성장기간	일평균기온이 5℃ 보다 높은 날이 6일 이상 지속된 첫 날부터 5℃ 미만인 날이 6일 이상 지속된 첫 날까지 사이의 연중 일수
20	일교차	일최고기온과 일최저기온 차이값의 연평균
21	1일최다강수량	연속된 24시간 동안 기록된 최대 강수량
22	5일최다강수량	5일 동안 기록된 최대 강수량
23	강수강도	연중 습윤일수(일강수량 1mm 이상)로 나누어진 연 총강수량
24	호우일수	일강수 80mm 이상 기록된 날의 연중 일수
25	최대무강수지속기간	연중 일강수량이 1mm 미만인 날의 최대 지속일수
26	95퍼센타일 강수일수	일강수량이 기준기간의 상위 95퍼센타일 보다 많은 날의 연중 일수
27	99퍼센타일 강수일수	일강수량이 기준기간의 상위 99퍼센타일 보다 많은 날의 연중 일수

부록3. 활용사례 참고문헌 리스트

○ 농업 부문 활용사례 (7건)

문헌 제목	저자명	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
APEX-paddy 모델을 활용한 SSPs 시나리오에 따른 논 필요수량 변동 평가	최순균 외	2021	SSP2-4.5, SSP5-8.5	GFDL-ESM (Geophysical Fluid Dynamcis Laboratory) 등 16개 GCM 모델
기후변화 시나리오 반영한 6대 주요 과일의 총 재배지 변동 예측	국립원에 특작과학원	2022	SSP5-8.5	확인 불가
Comparison of projected rice blast epidemics in the Korean Peninsula between the CMIP5 and CMIP6 scenarios	Lee <i>et al.</i>	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	5개 GCM 모델 (모델명 미제공)
기후변화에 따른 작물 재배면적 할당 및 이동 변화 분석	조성주, 김화년	2022	SSP1-2.6, SSP5-8.5	기상청
CMIP6와 CMIP5의 다중모델 앙상블 기반 미래 농업기상재해 특성 비교	남원호, 김태곤	2020	SSP1-2.6, SSP5-8.5	확인 불가
AR6 SSP 시나리오에 따른 농경지 질소 및 인 부하량 기후변화 영향평가	최순균 외	2021	SSP2-4.5, SSP5-8.5	확인 불가
신 기후변화 시나리오 SSP에 근거한 남한의 여름배추 재배지 변동 예측	신민지 외	2021	SSP5-8.5	확인 불가

○ 물관리 및 재난·재해 부문 활용사례 (28건)

문헌 제목	저자명	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
기후 및 사회·경제 변화를 고려한 한강 유역의 물이용 취약성 평가	박혜선 외	2017	SSP1, SSP2, SSP3	Chae, Y. (2016) (IIASA의 SSP 데이터베이스)
기후변화 적응을 위한 우리나라 수문학적 가뭄 위험도 평가	서정호 외	2022	SSP1, SSP2, SSP3	Chae et al. (2017) (IIASA의 SSP 데이터베이스)
CMIP5 및 CMIP6 GCM 기반 무한천 유역 농경지 미래 침수 위험도 분석	전상민 외	2020	SSP5-8.5	UKESM-1-0-LL (Met Office) INM-CM-5.0 (Institute for Numerical Mathematics)
기후 및 토지이용 변화 시나리오 기반 한반도 미래 수문학적 및 생태학적 가뭄 전망	이재형 외	2020	SSP2	RegCM4
최근 풍수해 피해 동향과 향후 변화 전망	김호준 외	2020	SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5	IPCC 「Global warming of 1.5°C」
Calculation of a climate change vulnerability index for Nakdong watersheds considering non-point pollution sources.	Kim <i>et al.</i>	2022	SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5	KACE-1-0-G
발전용댐 이수능력 평가 연구(II): 확률론적 유입량을 고려한 발전용댐 용수공급능력 범위 산정	정기문 외	2022	SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5	BCC-CSM2-MR, CanESM5 등 18개 GCM 모델
경기도 내 소규모 저수지 재해대응 능력 평가 및 운영방안	봉태호 외	2021	SSP5-8.5	ACCESS-CM2
미래 기후변화를 고려한 보령댐 비상 도수시설 운영방안 연구	임건목 외	2021	SSP1-2.6, SSP5-8.5	기상청 기후정보포털
Spatial assessment of water-use vulnerability under future climate and socioeconomic scenarios within a river basin	Kim <i>et al.</i>	2020	SSP1, SSP2, SSP3	KEITI (한국환경산업기술원), 2016
Robust Siting of Permeable Pavement in Highly Urbanized Watersheds Considering Climate Change Using a Combination of Fuzzy-TOPSIS and the VIKOR Method	Chae <i>et al.</i>	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	ACCESS-ESM1-5 등 10개 GCM 모델

문헌 제목	저자명	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
Differences in extremes and uncertainties in future runoff simulations using SWAT and LSTM for SSP scenarios	Song <i>et al.</i>	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	CanESM5 등 11개 GCM 모델
기후변화 시나리오에 따른 소규모 저수지의 홍수 취약성 평가 - 경기도 내 저수지를 중심으로 -	허준 외	2022	SSP5-8.5	ACCESS-CM2 등 20개 GCM 모델
Uncertainties in evapotranspiration projections associated with estimation methods and CMIP6 GCMs for South Korea	Song <i>et al.</i>	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	CanESM5 등 11개 GCM 모델
기후변화 시나리오를 반영하는 Sponge City를 위한 순환개선계획 수립 절차의 적용	교육부	2021	SSP2-4.5, SSP5-8.5	ACCESS-ESM1-5 등 10개 GCM 모델
Comparison of Projection in Meteorological and Hydrological Droughts in the Cheongmicheon Watershed for RCP4.5 and SSP2-4.5	Kim <i>et al.</i>	2021	SSP2-4.5	ACCESS-CM2
기후변화 적응을 위한 풍수해 위험도 관리 방안 가뭄재해를 중심으로	서정호 외	2021	SSP1, SSP2, SSP3	NorESM-1 RegCM
Future Hydrological Drought Analysis Considering Agricultural Water Withdrawal Under SSP Scenarios	Kim <i>et al.</i>	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	ACCESS ESM 1-5 등 12개 GCM 모델
New Drought Projections Over East Asia Using Evapotranspiration Deficits From the CMIP6 Warming Scenarios	Kim <i>et al.</i>	2021	SSP2-4.5, SSP5-8.5	7개 GCM 모델 (모델명 미제공)
Assessment of Future Drought Index using SSP scenario in rep. of Korea	An <i>et al.</i>	2022	SSP1-2.6, SSP5-8.5	기상청 기후정보포털
Differences in multi-model ensembles of CMIP5 and CMIP6 projections for future droughts in South Korea	Song <i>et al.</i>	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	ACCESS-ESM1-5 등 10개 GCM 모델
Deep Learning-Based Projection of Occurrence Frequency of Forest Fires under SSP Scenario: Exploring the Link between Drought Characteristics and Forest Fires	Jang <i>et al.</i>	2022	SSP5-8.5	GFDL-ESM4 등 18개 GCM 모델

문헌 제목	저자명	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
SSP 기후변화 시나리오에 따른 농업용 저수지 홍수조절능력 분석	김지혜 외	2021	SSP5-8.5	ACCESS-CM2 CNRM-CM6-1 등 6개 GCM 모델
미래 기후 시나리오를 고려한 도시 유역 홍수 피해 저감을 위한 투수성 포장 시설 대상 유역 우선순위 선정	채승택 외	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	ACCESS-ESM-1-5 GFDL-ESM4 등 6개 GCM 모델
기후변화와 강우분포 및 CN에 따른 미래 홍수량 평가	곽지혜 외	2020	SSP2-4.5, SSP5-8.5	UKESM-1-0-LL INM-CM-5.0
기후변화에 따른 한강유역 미래 물순환 건강성 평가	김시내 외	2020	SSP5-8.5	UKESM1-0-LL
SPI와 SPEI를 이용한 SSP 시나리오에 대한 미래 가뭄 예측	송영훈 외	2021	SSP2-4.5, S SP5-8.5	확인 불가
Selection of CMIP6 Global Climate Models for long-term hydrological projections	Huong <i>et al.</i>	2022	-	확인 불가

○ 산림 및 생태계 부문 활용사례 (23건)

문헌 제목	저자명	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
SSPs 시나리오에 따른 미국쥐손이 적합 서식지 분포 예측	오영주 외	2021	SSP2-4.5, SSP5-8.5	GFDL-ESM4 MRI-ESM2-0 등 11개 GCM 모델
SSP 시나리오 상세화 자료 기반 생태 기후지수를 활용한 고로쇠나무 분포 예측	김휘문 외	2022	SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5	농촌진흥청 GFDL-ESM4 등 18개 GCM 모델
우리나라 겨울철 온난화가 미래 산림 분포의 변화에 미치는 영향	민숙주 외	2022	SSP1-2.6, SSP5-8.5	기상청 기후정보포털
토지이용변화를 고려한 생태계 보호 지역 선정기법 개발	구경아, 박선욱	2020	SSP1, SSP3	송철호 외(2018) (IMAGE 등 5개 GCM 모델)
전국 야생 벌목 분포에 대한 기후요인 영향 연구	유동수 외	2022	SSP2-4.5, SSP5-8.5	BCC-CSM2-MR 등 7개 GCM 모델
북한의 토지이용과 2030년대 생태계 서비스 가치변화 특성 및 전망	이훈중	2020	SSP3	Riahi et al.(2017) (AIM/CGE 등 6개 GCM 모델)
Predicting Impacts of Climate Change on Northward Range Expansion of Invasive Weeds in South Korea	Hong <i>et al.</i>	2021	SSP1	Song et al. (2018) (IMAGE 등 5개 GCM 모델)
The effect of interplays among climate change, land-use change, and dispersal capacity on plant redistribution	Koo <i>et al.</i>	2022	SSP1, SSP3	Chae, Y. (2016) (IIASA의 SSP 데이터 베이스(Version 0.93))
Potential distribution of Goldenrod (<i>solidago altissima</i> L.) during climate change in South Korea.	Park <i>et al.</i>	2020	SSP2-4.5, SSP5-8.5	BCC-CSM2-MR
Risk map for the range expansion of Thrips palmi in Korea under climate change: Combining species distribution models with land-use change	Hong et al.	2019	SSP1, SSP2, SSP3	Kim. (2016) (SSP 시나리오별 스토리라인을 셀룰러 오토마타(CA) 모델에 적용)
Climate change induced habitat expansion of nutria (<i>Myocastor coypus</i>) in South Korea	Adhikari <i>et al.</i>	2022	SSP1	Song et al. (2018) (IMAGE 등 5개 GCM 모델)
LANDIS-II를 활용한 대청댐 유역 식생천이 예측	문건수 외	2022	SSP2-4.5	유럽 중기예보센터 ERA5
MaxEnt를 활용한 기후변화와 토지 피복 변화에 따른 멸강나방 및 흑명나방의 한국 내 분포 변화 분석과 예측	박태철 외	2022	SSP1, SSP2, SSP3	Song et al. (2018) (IMAGE 등 5개 GCM 모델)

문헌 제목	저자명	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
지표생물의 생물계절 장기모니터링을 통한 기후변화 영향평가	농촌진흥청 국립농업과학원	2021	SSP2-4.5, SSP5-8.5	GFDL-ESM4 등 11개 GCM 모델
기후변화 대응 생물다양성 평가 및 변화 예측 연구(1차년도)	환경부 국립생물 자원관	2021	SSP1-2.6, SSP2-4.5 SSP3-7.0, SSP5-8.5	BCC-CSM2-MR 등 6개 GCM 모델
신기후체제 대응을 위한 리스크 기반 산림관리 모형 고도화 연구 최종보고서	산림청	2022	SSP5-8.5	기상청
기후변화 시나리오에 따른 서양금혼초 개화 생물계절 예측	김명현 외	2021	-	확인 불가
기후변화 시나리오에 따른 왜가리 출현 생물계절 예측	김명현 외	2021	-	확인 불가
기후변화 시나리오에 따른 애물땡땡이 출현 생물계절 예측	김명현 외	2021	-	확인 불가
SSP 시나리오에 따른 기후변화지표 식물 서식지 분포 변화	이민철 외	2022	-	확인 불가
SSP 기후변화 시나리오와 Proto3 모형을 활용한 민털비름 분포 변화 예측	이용호 외	2021	SSP1-2.6, SSP2-4.5 SSP3-7.0, SSP5-8.5	확인 불가
기후변화 시나리오에 따른 큰이삭풀 분포 변화 예측	김명현 외	2021	SSP5-8.5	확인 불가
SSP 기후변화 시나리오에 의한 금창초 (Ajugadecumbens Thunb.)의 적합 서식지 분포 예측	오영주 외	2021	SSP1, SSP2 SSP3, SSP5	확인 불가

○ 기타 부문 활용사례 (5건)

문헌 제목	수록 학회 또는 1저자 소속기관	발행 시기 (연도)	사용한 SSP 시나리오	SSP 시나리오 출처
(토지) 사회경제 경로 시나리오에 따른 토지이용 변화 시뮬레이션	김호용	2016	SSP1, SSP2, SSP3	SSP 시나리오별 스토리라인을 셀룰러 오토마타(CA) 모델에 적용
(보건) Projection of Future Mortality Due to Temperature and Population Changes under Representative Concentration Pathways and Shared Socioeconomic Pathways	Lee <i>et al.</i>	2018	SSP1, SSP2, SSP3	SSP 시나리오에 따른 인구전망자료 (한국환경연구원)
(수산) 한국 연근해 어획 예측능력 향상 연구	국립수산과학원	2020	SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5	ACCESS-CM2 등 7개 GCM 모델
(경제) Estimation of the Social Discount Rate (SDR) with Climate Change Uncertainty: The Case of Korea	Kang <i>et al.</i>	2019	SSP2, SSP3, SSP5	Lewandowsky <i>et al.</i> (2017) (IIASA의 SSP 데이터베이스)
(토지) Scenario Generator를 활용한 사회경제경로 시나리오 반영 미래 토지 피복 추정	송철호 외	2018	SSP1, SSP2, SSP3	IMAGE 등 5개 GCM 모델

2022 기후변화 시나리오 활용사례집

발행일: 2022년 12월

발행처: 기상청 기후변화감시과

주 소: 대전광역시 서구 청사로 189

누리집: 기후정보포털(www.climate.go.kr)

ISBN: 979-11-6988-001-5(95450)



공공누리 저작물 표시

본 보고서의 내용 사용시 출처를 표시해야 하며 비영리 목적으로만 이용할 수 있습니다.
