

발간 등록 번호

11-1360000-000801-01

기후변화 시나리오 이해 및 활용사례집

Case Studies to understand and take
advantage of climate change scenarios

02

미래 기후변화 전망

RCP 기반 전지구 기후변화 전망 |101|
RCP 기반 우리나라 기후변화 전망 |121|

21세기 우리나라가 주목해야 할 시나리오 는?

기후변화 시나리오

01

기후변화 시나리오의 소개 |04|

새로운 기후변화 시나리오 개발 |05|

온실가스 시나리오 |06|

(SRES 시나리오와 RCP 시나리오의 차이점)

기후변화 시나리오 산출 과정 |08|

03

기후변화 시나리오
웹 제공 시스템
웹 제공 시스템 |18|
제공정보 현황 |19|

05

기후변화 시나리오
관련 연구 목록 |34|

04

기후변화 시나리오 활용사례 |20|

지역기후변화 백서 |21|

서울시 기후변화 적응정책 수립 활용사례 |22|

(보건) 기후변화에 따른 제주도 식중독 발생 변화 |23|

(식량) 벼·보리 생산량과 기후변화 영향 |24|

(농업) 외래 병해충 발생 기상환경정보시스템 |26|

(수자원) 기후변화 시나리오를 활용한 미래 수자원 평가 |28|

(재해) 기후변화 시나리오를 이용한 방재기준 가이드라인 구축 |29|

(해양) 연안지역 기후변화 영향평가 |30|

(산림) 산림생태계 기후변화 영향 예측 |32|

(해외사례) 미국 수자원 평가지도 |33|

21세기를 살고 있는 현재
가장 관심을 갖아야 하는 것이 과학 분야,
특히 기후변화 시나리오다.

50년, 100년 후에 우리나라 기후는 어떨까?
미래에 한반도 지역의 온대 기후가 아열대 기후로 바뀐다는 말이 사실일까?
모든 이가 공감하듯이 제주감귤, 대구사과가
다른 지역을 대표하는 ○○감귤, ○○사과로 바뀌는 걸까?



기후가 변하고 있다

사람으로 치면 날씨가 그날그날의 기분을 나타내는 거라면, 기후는 그 사람의 타고난 성격이라고 표현할 수 있다. 사람의 타고난 성격은 바꾸기 힘들다고 하는데, 요즘 기후는 눈에 띄게 그 성질이 변하고 있다. 지난 100년간 우리나라 기온은 1.8℃가 상승해 전지구 기온 상승보다 2배나 높은 수치를 보였고, 1971년 이후 최근 40년간 1.4℃가 상승하여 최근 들어 기온상승 속도가 더 빨라지고 있음을 알 수 있다. 이와 더불어 폭염, 가뭄, 폭설 등의 극한 기후현상이 일상화되고 그 강도도 강해지는 추세이다. 예를 들어 서울의 경우 보통 여름 3개월 동안 평균 890mm 정도의 비가 내리는데, 2011년 7월 26일부터 28일 사이 588mm의 비가 내려 여름철 강수량의 70% 가까이 단 3일 만에 내리는 등 전에 볼 수 없었던 극한현상들이 빈번해 지고 있다.

50년 뒤 기후를 기상청은 알고 있다!

기후변화는 우리의 삶에 다양한 영향을 미치고 있다. 일년에도 몇 번씩 이상기상을 접하고 있으며, 사과재배지의 북상, 동해안 명태잡이 산업의 위기 등 기후변화의 영향은 다양한 분야에서 나타나고 있다. 앞으로 기후변화가 더 심해지면 과연 우리의 삶은 어떻게 변화하게 될 것인지 자연 앞에서 막연하기만하다. 따라서 기상청에서는 기후변화 시나리오를 통해 이런 미래 기후변화 양상에 대한 불안감을 해소하고, 우리가 어떻게 미래를 준비해야 하는지에 대한 해답을 제시하고자 한다. 기후변화 시나리오란 온실가스, 에어로졸의 변화 등의 인위적인 원인에 따른 기후변화를 조사하기 위해 기후변화 모델을 이용하여 계산한 미래 기후(기온, 강수, 습도, 바람 등) 예측정보이다. 이는 미래에 기후변화로 인한 영향을 평가하고 피해를 최소화하는데 활용할 수 있는 선제적인 정보이다.

기후변화 시나리오는 전 세계 공조의 산물이다.

기후변화는 우리나라만의 문제가 아니기 때문에, 기후변화 시나리오도 우리나라 단독으로 제시할 수 있는 것이 아니다. 따라서 이를 위해 WMO와 UNEP이 전세계 190여 개국으로 구성된 '기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)'를 설립하였으며(1988), 5~6년에 한번씩 회원국들과 함께 미래 기후변화 전망을 발표하고 있다. IPCC는 지난 2007년 제 4차 평가보고서를 발간한 이후 다양한 기술발전을 반영하여 2013년에 새로운 미래 기후전망을 제시할 예정이다. 미래 기후변화 시나리오를 만드는 것은 고도의 과학기술과 전산자원을 필요로 하므로 전세계에서 우리나라를 비롯하여 단 14개국만이 참여하고 있다. 본 사례집에서는 2007년에 발표된 기존 시나리오와 새로운 기후변화 시나리오의 차이점을 소개하고, 새로운 기후변화 전망결과를 제시할 것이다.

과학계 근거한 합리적인 기후변화 대응정책이 필요하다.

미래 기후전망은 단순히 미래에 기온이 몇도 상승하고, 강수량이 얼마 증가하느냐를 제시하는 것에서 끝나는 것이 아니다. 기후변화 시나리오는 미래 기후변화의 영향과 취약성을 평가할 수 있는 다양한 요소와 지역적 정보를 가지고 있으므로, 농업·산림·재해 등 여러 분야에서 활용하고 있다. 따라서, 본 사례집에서 소개하는 시나리오를 활용한 다양한 영향·취약성 평가 결과는 기후변화로 인한 적응정책 수립의 방향을 제시하는데 과학적이며, 핵심적인 정보가 될 것이다.

기후변화 시나리오의 소개

새로운 기후변화 시나리오 개발
온실가스 시나리오
(SRES 시나리오와 RCP 시나리오의 차이점)
기후변화 시나리오 산출 과정

(기상청 한반도기상기후팀 / 국립기상연구소 기후연구과 / 공주대학교 대기과학과 김맹기 교수)



새로운 기후변화 시나리오 개발

>> 기후변화에 관한 정부 간 협의체 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)

1988년 설립된 이후 5~6년 주기로 기후변화 평가보고서를 발간하면서 꾸준히 인간활동에 의한 기후변화와 그 영향에 대한 과학적인 증거들을 제시하고 기후변화 문제를 해결하기 위한 조치를 마련하였다.

IPCC의 주요 작업 중의 하나는 온실가스 배출 또는 농도 시나리오에 따른 잠재적인 미래 기후변화 시나리오를 개발하고 기후변화 대응 전략을 평가하는 것이다.

>> RCP, 새로운 온실가스 시나리오의 탄생

2007년 9월 네덜란드에서 열린 기후변화 전문가 회의에서 약 130여명의 관련 연구자와 사용자는 IPCC 5차평가보고서를 위한 새로운 온실가스 시나리오인 대표농도경로(Representative Concentration Pathways:RCP)를 확정하고, 기후모델링, 통합평가 모델링, 영향·적응·취약성 커뮤니티에 의한 시나리오 개발 체계를 수립하였다.

>> 기후변화 시나리오 개발과 국제 공조

전지구 규모 CMIP5(the fifth phase of the Coupled Model Intercomparison Project)

기후모델링 커뮤니티는 새로운 기후변화 시나리오 개발 전략에 따라 세계기후연구프로그램(WCRP) 사업의 일환으로 5단계 결합모델 상호비교 프로젝트를 기획하고 2009년부터 기후변화 대응을 위한 필수 자료인 전지구 규모 기후변화 시나리오를 개발하여 비교검증하고 있다. 한국(기상청 국립기상연구소)과 G7을 포함한 14개국 21개 기관이 참여 중에 있다.

동아시아 규모 CORDEX (COordinated Regional Climate Downscaling EXperiment)

지역기후에 대한 각 나라별 관심 증대에 따라 IPCC 5차 평가보고서에는 지역 기후변화 시나리오에 대한 내용이 포함되는데, 이를 위하여 세계기후연구프로그램(WCRP) 사업의 일환으로 지역 기후변화 시나리오 개발을 위한 국제적인 통합 지역상세화 실험 프로젝트를 기획하고 2009년부터 실행 중에 있다.

>> 기상청의 역할

기상청은 SRES 온실가스 배출 시나리오에 기반한 기후변화 시나리오를 개발하여 IPCC 4차 평가보고서 작성에 기여하였고, 기후변화 대응을 위해 기후변화 시나리오를 제공하고 있다. IPCC 5차 평가보고서를 위한 새로운 기후변화 시나리오 개발을 위한 국제 사업에 참여하여 RCP에 기반한 전지구/지역 기후변화 시나리오 개발과 더불어 국가 차원의 기후변화 대응을 위한 국가 표준 기후변화 시나리오를 개발하고 있다.



온실가스 시나리오

(SRES 시나리오와 RCP 시나리오의 차이점)

IPCC는 4차 평가보고서('07)에 사용된 SRES 온실가스 시나리오 대신, 5차 평가보고서('13)를 위해 새로운 온실가스 시나리오인 RCP를 도입하였다. SRES는 인위적인 기후변화 요인 중에서 온실가스와 에어로졸의 영향에 의한 강제력만 포함하였다면, RCP는 토지이용변화에 따른 영향까지 포함하고 있다.

>> SRES : Special Report on Emission Scenario

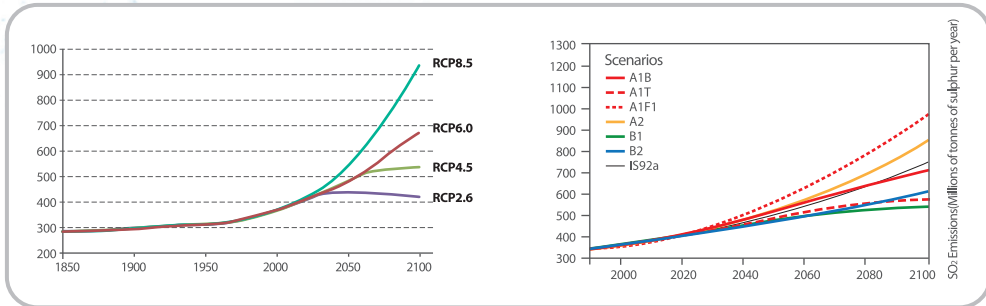
>> RCP : Representative Concentration Pathways

대표농도경로(RCP)

IPCC 5차 평가보고서에서는 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정하였다, 여기서 하나의 대표적인 복사 강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 '대표(Representative)'라는 표현을 사용한다. 그리고 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 '경로(Pathways)'라는 의미를 포함한다.

☑ SRES 시나리오(1990년대 말 개발)와 RCP 시나리오(2010년 개발) 비교

RCP 시나리오는 최근 온실가스 농도 변화 경향을 반영하였으며 최근 예측모델에 맞게 해상도 등을 업데이트 하였다. RCP에서 4가지 대표 온실가스 농도는 2.6, 4.5, 6.0, 8.5를 사용하였다.



【RCP 시나리오(좌)와 SRES(우) 시나리오의 온실가스 농도변화 비교】

시나리오 종류	새로운 시나리오(RCP)				기존 시나리오(SRES)		
	2.6	4.5	6.0	8.5	B1	A1B	A2
PPM 농도							
CO ₂ 기준(ppm)	421	538	670	936	550	720	830

온실가스 농도 산출과정에서 사회경제적 가정을 미래사회 구조 기반에서 기후변화 대응정책 수행 여부로 변경하였다.

RCP 시나리오 기후변화 대응정책과 연계하여 선정	SRES 시나리오 미래 사회구조를 중심으로 선정
RCP2.6 : 인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우	
RCP4.5 : 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우	B1(지속발전형 사회) : 지역간 격차가 적고, 인구감소, 청정자원 절약기술 도입
RCP6.0 : 온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우	A1B(고성장 사회) : 화석에너지와 비화석 에너지원 균형, 신기술, 고효율화 기술 도입
RCP8.5 : 현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우(BAU 시나리오)	A2(다원화 사회) : 인구증가, 경제성장은 낮고, 환경에의 관심도 상대적으로 낮음

RCP 시나리오 숫자의 의미

RCP 시나리오의 숫자는 복사강제력, 즉 온실가스 등으로 에너지의 평형을 변화시키는 영향력의 정도를 의미하는 양으로서 단위는 W/m²이다. 지상에 도달되는 태양복사가 약 238W/m² 이므로 RCP 8.5/6.0/4.5/2.6의 복사강제력은 입사 태양복사량의 약 3.6%, 2.5%, 1.9%, 1.1%에 해당된다.

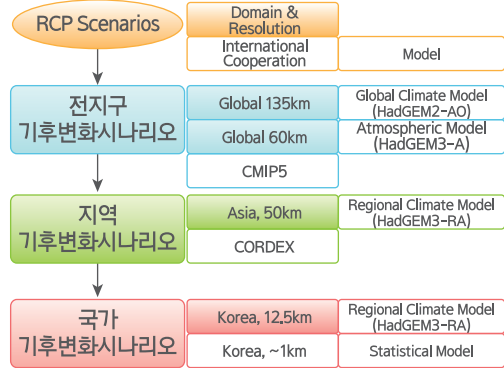
☀ 기후변화 시나리오 산출 과정

[1단계] IPCC RCP 온실가스 시나리오 사용

[2단계] 전지구 기후변화모델에 인위적 기후변화 강제력을 적용하여 전지구 기후변화 시나리오 산출

[3단계] 지역기후모델을 이용한 역학적 상세화로 한반도 기후변화 시나리오 산출

[4단계] 한반도 기후변화 시나리오에 통계적 상세화 기법을 적용하여 남한 상세 기후변화 시나리오 산출



【영역별 기후변화 시나리오 산출 단계 및 해상도, 사용하는 기후모델】

☑ 전지구 기후변화 시나리오 산출

기상청은 CMIP5 국제사업의 표준 실험체계를 통해 전지구 기후변화 시나리오 산출을 위해서 영국 기상청 해들리센터의 기후변화예측모델인 HadGEM2-AO를 도입하여 기상청 슈퍼컴퓨터에 설치하였다. 이 모델의 대기의 수평해상도는 135km이다. 미래 기후변화 전망을 평가하기 위해서 기본적으로 1850년대 온실가스 농도로 고정하여 최소 500년 이상 적분하는 제어적분 실험을 수행하였으며, 1850년부터 2005년까지 관측된 자연과 인위적인 강제력에 대한 과거기후 모의실험 후 RCP 시나리오에 따라 2100년까지 미래 기후변화를 전망하였다.



☑ **한반도 지역 기후변화 시나리오 산출**

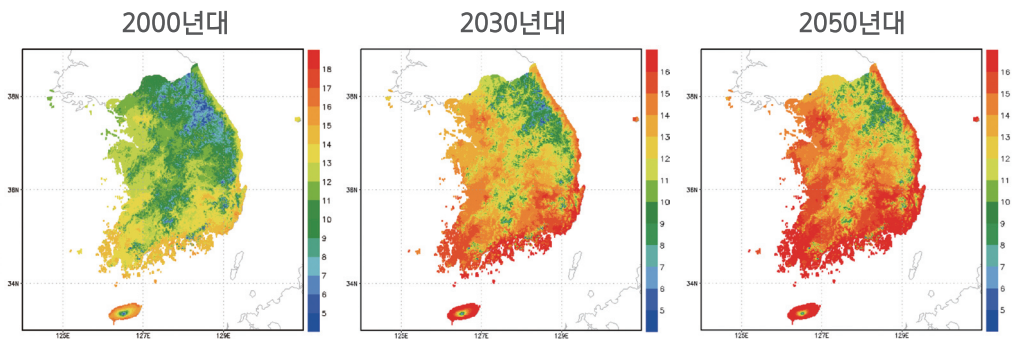
전지구 기후변화 시나리오 산출과 함께 아시아 지역 기후변화 시나리오 개발을 CORDEX 국제사업과 연계하여 진행하고 있으며, 국내 기후변화 대응 지원을 위하여 한반도 지역 기후변화 시나리오를 개발하였다. 이러한 지역 기후변화 시나리오 산출에는 영국 기상청 해들리센터 지역기후모델인 HadGEM3-RA가 사용되며, 아시아 영역에 대해서는 50km 해상도, 한반도 영역에 대해서는 12.5km 해상도를 갖고 있다. 실험 종류는 과거기후모의(1950~2005년)와 RCP에 기반한 미래 2100년까지 기후변화 전망 실험이며, 입력자료로 135km 격자 규모의 전지구 기후변화 시나리오가 사용되었다. 상세화된 지역기후변화 시나리오는 전지구 기후모델에서 표현할 수 없는 복잡한 지형의 효과가 잘 반영된다.

☑ **남한 상세 기후변화 시나리오 산출**

남한 상세(1km) 기후변화 시나리오는 지역기후모델을 통해 생산된 한반도(12.5km) 기후변화 시나리오를 바탕으로 통계적 상세화 과정을 통해 생산된다. 관측자료(2000~2010)를 PRIDE 모델에 적용하여 1km 해상도의 관측격자 자료를 생산하여 기후값으로 사용하였다. 그리고 12.5km 한반도 시나리오 자료에서 각 격자점별로 계절 변동(Seasonal cycle)을 제거한 편차(Anomaly) 자료를 추출한다. 관측에서 얻은 기후값에 지역기후모델의 편차를 더하면, 모델 계통오차가 제거된 새로운 1km 격자형 시나리오 자료가 생산된다.

PRIDE 모델

PRIDE 모델은 PRISM based Downscaling Estimation Model의 약자이며, 기후를 결정하는데 중요한 역할을 하는 DEM(Digital Elevation Model) 고도, 거리, 지향면(topographic facet), 해양도(coastal proximity)의 영향을 고려하여 고해상도 격자 자료를 산출하는 PRISM (Parameter-elevation Regression on Independent Slopes Model)을 남한 1km 격자에 적합하게 수정한 한국형 PRISM이다.



【현재(2000~2010년)와 미래(2030년대, 2050년대)의 1km 해상도 평균기온분포】

☑ **남한 상세 기후변화 시나리오 생산 일정**

	'11.6	'11.10	'11.12	'12.4	'12.7	'12.12	'13 상반기	'14 상반기
전지구 (135km)	RCP 4.5, 8.5			RCP 2.6, 6.0				
한반도 (12.5km)		RCP 4.5, 8.5			RCP 2.6, 6.0	RCP 4.5, 8.5	RCP 4.5, 8.5	RCP 2.6, 6.0
남한상세 (1km)			RCP 8.5	RCP 4.5		RCP 2.6, 6.0	RCP 4.5, 8.5	RCP 2.6, 6.0

미래 기후변화 전망

RCP 기반 전지구 기후변화 전망
RCP 기반 우리나라 기후변화 전망

(국립기상연구소 기후연구과)



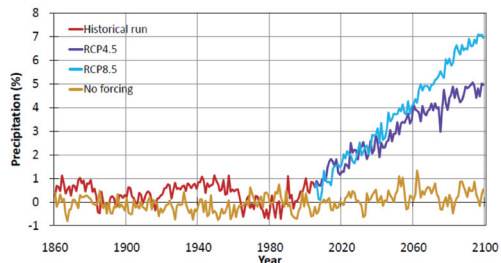
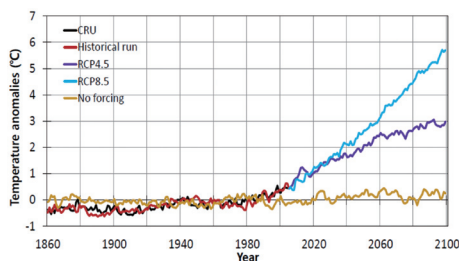
전지구 기후변화 전망

기후변화를 완화하기 위한 노력없이 현재 추세대로 온실가스를 계속 배출하여 2100년에 이산화탄소 농도가 940ppm에 도달한다면(RCP 8.5), 21세기말 (2070-2099년)에 전지구 평균 기온은 4.8℃ 상승, 강수량은 6.0% 증가가 전망된다. 그러나 어느 정도 저감 노력이 실현된다면(RCP4.5), 2.8℃ 기온 상승과 4.5% 강수량 증가가 전망되어, 저감 노력에 따라 전지구 기온 상승률은 더 낮아질 것이다

[21세기말 전지구 평균 기온, 강수량, 해수면 상승 전망]

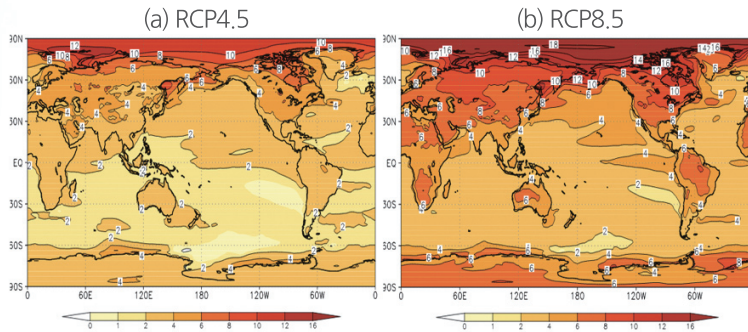
RCP 시나리오		RCP4.5 (540 ppm ¹)	RCP8.5 (940 ppm)
전지구평균	기온 (℃)	+2.8℃ ²	+4.8℃
	강수량 (%)	+4.5%	+6.0%
	해수면고도 ³	72.7cm	90.0cm

1. 2100년 이산화탄소 농도
2. 30년(1971-2000년) 기준기간 대비 미래 30년(2070-2099)값
3. 준경험적 방식에 의한 해수면고도 변화 전망치로 열팽창과 육빙녹음 효과를 모두 포함함

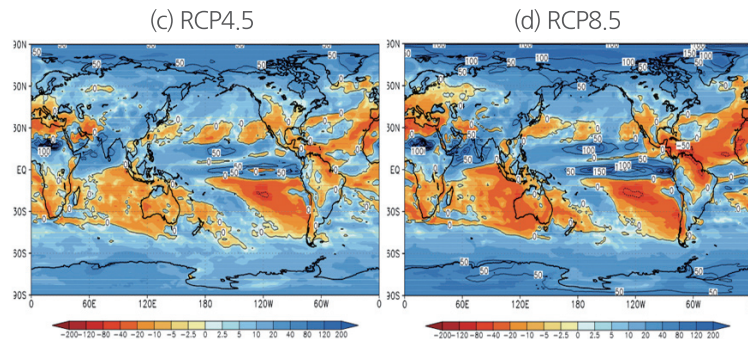


【1971-2000년 대비 1860-2099년까지 전지구 평균 기온(좌)과 강수량(우) 변화】

기온은 지역에 따라 차이는 있으나 대부분 상승할 것으로 전망되며, 강수량은 지역에 따라 증가 또는 감소가 예상되는데, 아시아 지역은 증가하나 호주, 유럽 남부와 북부 아프리카 등은 감소할 전망이다. 우리나라를 포함한 동아시아 육지 지역은 전지구보다 높은 3.7°C (RCP4.5), 6.5°C (RCP8.5) 기온 상승과 12.3% (RCP4.5), 15.2% (RCP8.5)의 강수량 증가가 전망된다.



【20세기말 (1971-2000년) 대비 21세기말 (2070-2099년) 기온변화(°C)】



【20세기말 (1971-2000년) 대비 21세기말 (2070-2099년) 강수량 변화(%)】

해수면 온도 증가도 예상되며, 특히 아시아와 북미 대륙 동안에서 상대적으로 크게 증가하여 우리나라 주변 해역은 온실가스 시나리오에 따라 2.9°C (RCP4.5), 4.7°C (RCP8.5) 증가가 전망되었다. 해수면 고도 변화는 연안지대 침식 및 재해 등으로 인하여 주요 관심의 대상으로서, 육빙녹음과 열팽창에 의한 해수면 고도 변화는 21세기말에 온실가스 배출량에 따라 73cm (RCP4.5)와 90cm (RCP8.5)의 상승이 예상되었다. 북극 해빙 면적의 변화는 기후변화를 탐지하는 대표적인 인자로서, 온실가스 배출 시나리오에 따라 크게 면적이 감소할 것으로 전망되는데, 21세기 말에 지금의 56% (RCP4.5)와 31% (RCP8.5) 수준으로 감소할 것으로 전망된다.

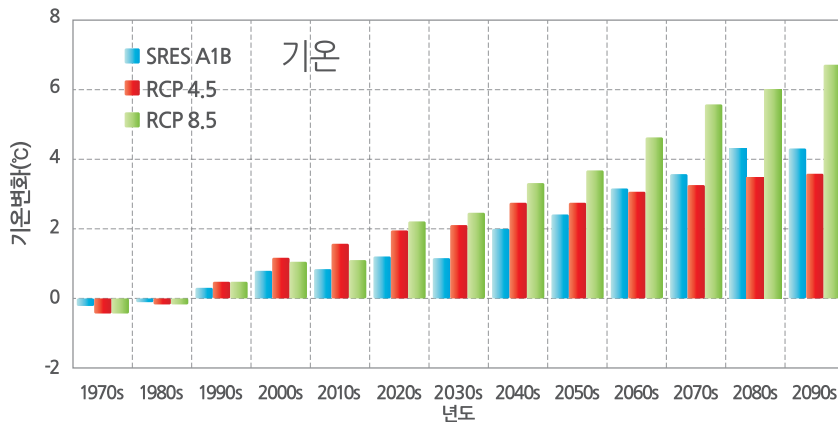


우리나라 기후변화 전망

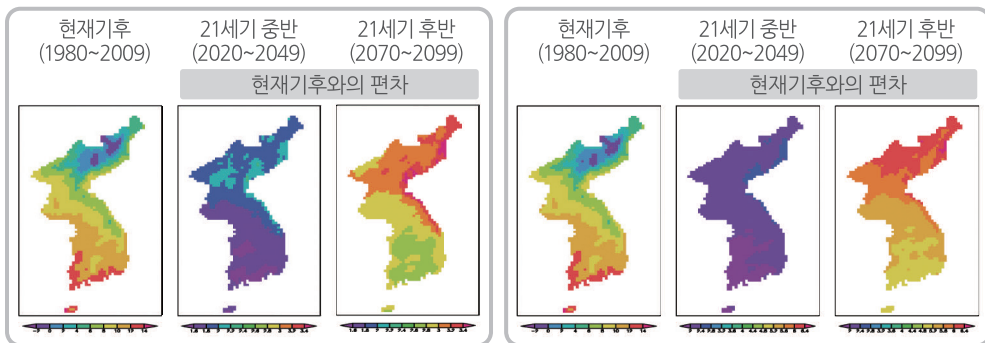
☑ 기온변화 전망

한반도에서 기온의 경우에는 증가 추세가 뚜렷이 나타나며, 현재와 비교하여 RCP4.5 시나리오 하에서는 21세기 후반에 약 3.0℃, RCP8.5 시나리오 하에서는 5.6℃ 까지 상승할 것으로 전망된다. 계절별로는 겨울의 기온상승이 가장 크게 나타난다.

기온의 상승폭은 지역에 따라 전반적으로 비슷하지만 남부 지역보다는 중북부 지역에서 커 현재기후가 따뜻한 지역보다는 추운 지역의 기온 상승이 뚜렷한 편이다. 봄철에는 두 시나리오 모두 남서부보다는 북동부 지역의 기온 상승이 두드러지는데, 그 상승폭이 RCP8.5 시나리오에서 더 크다. 여름철에는 내륙지역보다 해안지역에서의 기온 상승이 크며, 가을과 겨울에는 남부지역보다는 북부지역의 기온 상승이 크다. 기온의 미래변화를 비교해 보면 경년 변동성 및 공간 변동성이 상대적으로 작아지는 반면 점진적인 증가 추세는 매우 강하다.



【(1971~2000년) 대비 10년 평균 기온의 변화】



【RCP 4.5시나리오에 의해 모의된 연평균 기온(°C)의 변화】

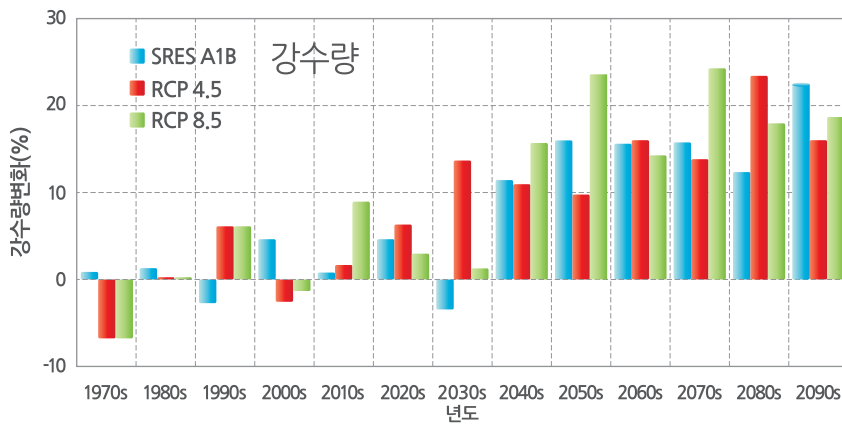
【RCP 8.5시나리오에 의해 모의된 연평균 기온(°C)의 변화】

☑ 강수량 변화 전망

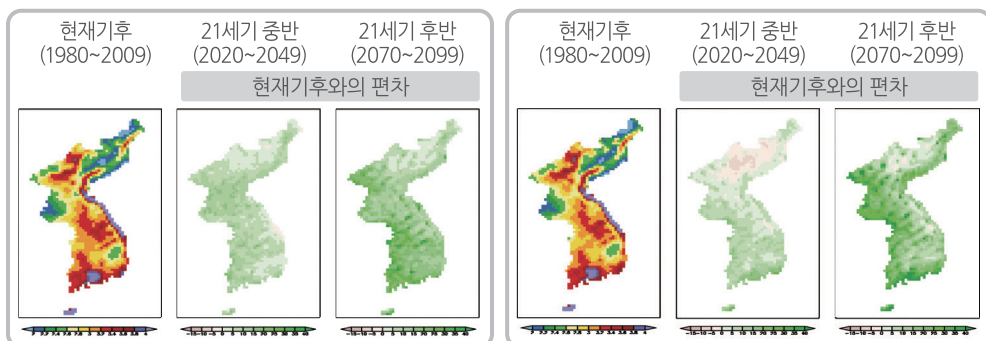
강수의 증가 추세는 기온에 비해 약하게 나타나며, 21세기 후반에는 RCP4.5 시나리오 하에서는 15.8%, RCP8.5 시나리오 하에서는 18.7% 증가할 것으로 전망된다. RCP8.5에서는 봄철과 겨울철 강수 증가량이 큰 반면 RCP4.5에서는 여름철과 가을철 강수 증가량이 크다. 그러나 두 시나리오 모두 겨울철의 증가 추세가 다른 계절에 비해 월등히 높다.

강수의 경우에는 계절별 지역 차이가 더욱 두드러진다. 봄철에는 한반도 대부분 지역의 강수가 증가할 것으로 전망되나, 일부 동해안 지역은 다소 감소할 것으로 전망된다. 여름철의 경우에는 지역적 차이가 더욱 크며, 대체로 남부 지역에 강수 증가가 나타나고 내륙 일부 지역은 강수량 감소가 전망된다. 가을철에는 중남부 내륙 지역은 다소 감소할 것으로 전망되고, 북부지역은 뚜렷이 증가할 것으로 전망된다. 겨울철에는 대체로 한반도 전역의 강수가 증가할 것으로 전망되며, 특히 RCP8.5 시나리오의 경우에는 남해안 일부 지역 및 중북부 지역의 강수량이 현재의 두 배 이상으로 증가할 것으로 전망된다.

강수의 경우 기온과 다르게 경년·공간 변동성이 크고 증가 추세는 상대적으로 약하다. 그러므로 강수에 대한 미래 전망은 기온과 비교해 불확실성이 크다고 할 수 있다.



【(1971~2000년) 대비 10년 평균 강수량의 변화】



【RCP 4.5 시나리오에 의해 모의된 연평균 강수량(%)의 변화】 【RCP 8.5 시나리오에 의해 모의된 연평균 강수량(%)의 변화】



RCP 시나리오			RCP4.5		RCP8.5	
			2020~2049	2070~2099	2020~2049	2070~2099
한반도 평균	기온 (°C)	연평균	1.8	3.0	2.2	5.6
		봄	1.5	2.6	2.0	5.1
		여름	1.4	2.9	2.1	5.4
		가을	1.7	3.0	2.1	5.6
		겨울	2.7	3.4	2.5	6.3
	강수량 (%)	연평균	8.4	15.8	5.2	18.7
		봄	6.0	10.2	5.7	17.7
		여름	8.9	16.3	2.9	14.6
		가을	12.1	23.2	0.5	12.8
		겨울	14.3	27.5	45.9	81.4

【현재(1980~2009년) 대비 미래 한반도 평균 기온 및 강수량 전망】

극한기후 변화 전망

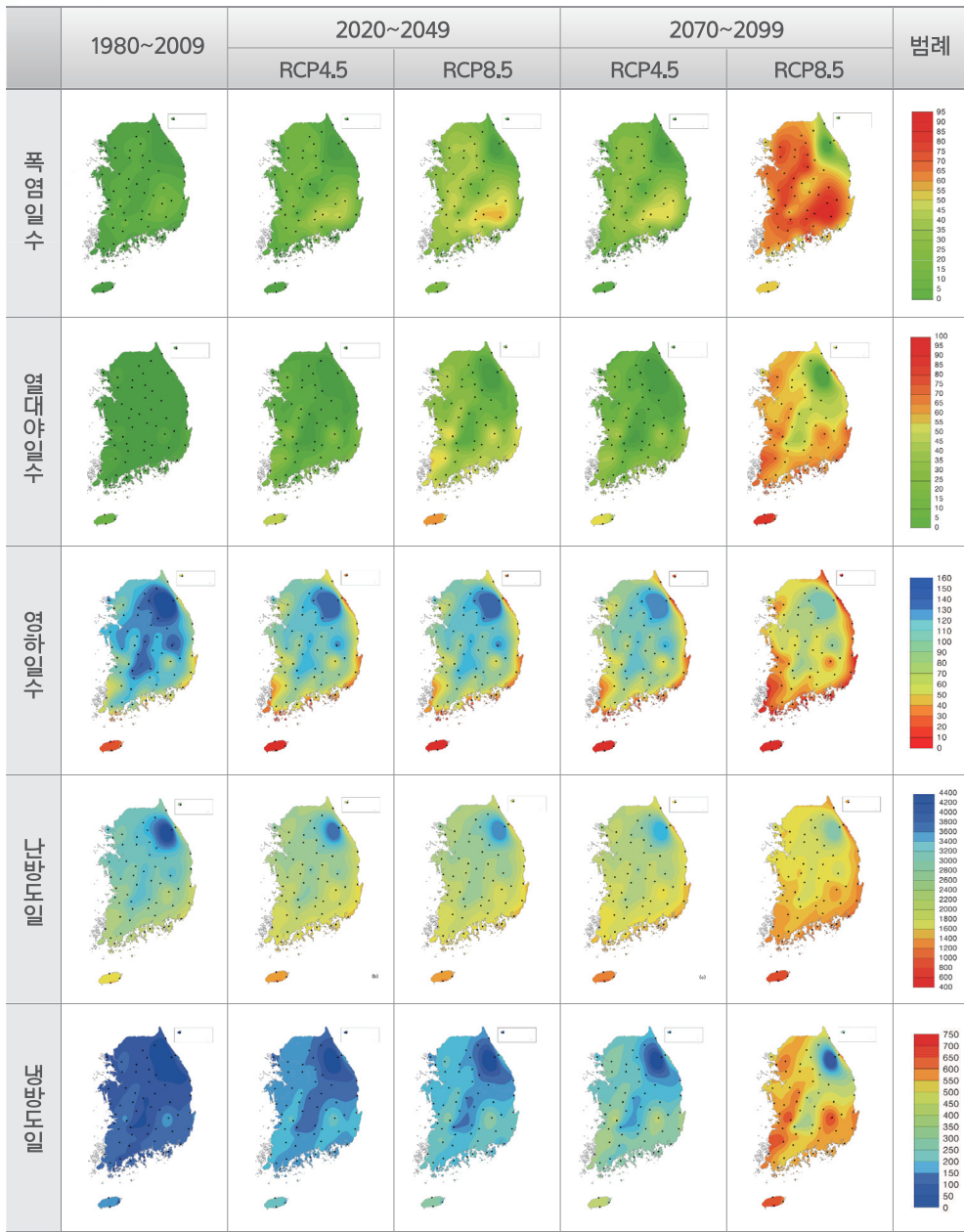
최근 들어 폭염, 열대야, 집중호우 등 극한 기후 현상은 강도의 증가뿐 아니라 그 발생빈도도 잦아지고 있다. 미래에는 현재보다 발생 빈도수가 더욱 증가할 것이라고 예상되고 있다.

요소	현재(1980~2009) 연평균일	RCP4.5		RCP8.5	
		2020~2049	2070~2099	2020~2049	2070~2099
폭염일수	9.0일	16.5일	29.6일	23.0일	64.7일
		1.8배	3.3배	2.6배	7.2배
열대야일수	4.0일	14.8일	32.2일	20.6일	59.9일
		3.7배	8.1배	5.2배	15.0배
영하일수	98.0일	76.6일	68.3일	76.6일	44.5일
		0.8배	0.7배	0.8배	0.5배
난방도일	2,609.9도일	2,177.8도일	1,971.2도일	2,140.8도일	1,517.6도일
		0.8배	0.8배	0.8배	0.6배
냉방도일	95.6도일	171.7도일	291.6도일	223.8도일	531.7도일
		1.8배	3.1배	2.3배	5.6배

【현재(1980~2009년) 대비 미래 극한 기후의 변화】



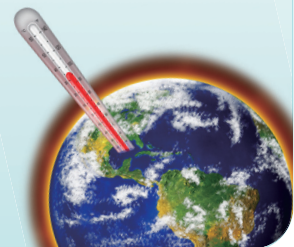
미래 기후변화
전망





극한 기후의 정의

- 폭염일은 일 최고기온 33℃ 이상인 날로 정의되며, 열대야일은 일 최저기온이 25℃ 이상인 날, 영하일은 일 최저기온 0℃ 이하인 날로 정의된다.
- 난방도일은 1년 중 일 평균기온이 18℃ 이하인 날을 골라 기준이 되는 18℃ 기온에서 그날의 일 평균기온을 뺀 값을 적산시킨 값이다. 이것은 일반적으로 일 평균기온이 18℃ 이하가 되면 사람들이 난방을 시작한다는 개념이고, 난방도일 값이 더 크다는 것은 난방의 필요가 크다는 것으로 기온이 상대적으로 낮음을 의미한다.
- 냉방도일은 24℃ 이상인 날의 기온과 24℃와의 차를 합한 값으로 일반적으로 일 평균기온이 24℃ 이상이 되면 냉방을 시작한다는 개념에서 설정된다. 냉방도일 값이 더 크다는 것은 냉방의 필요가 크다는 것으로 기온이 상대적으로 높다는 것을 의미한다.

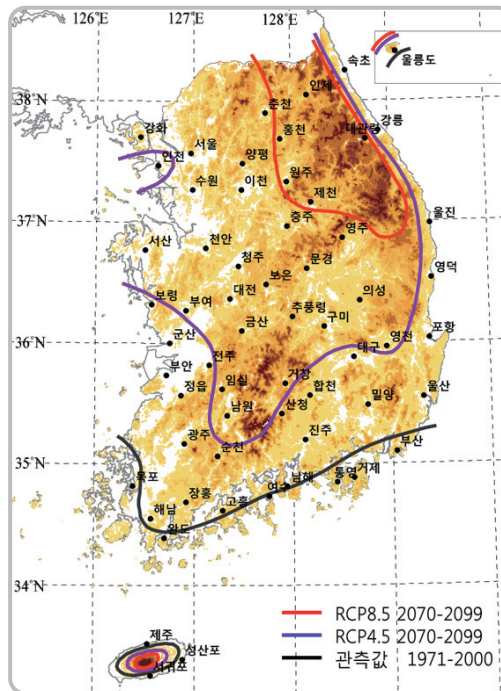


☑ **아열대 기후구의 변화 전망**

현재의 아열대 기후지역을 파악하기 위하여 평년값 (1971~2000년)에 트레와다의 기준을 적용하면 제주도와 부산, 거제, 통영, 목포, 완도, 여수 관측지점을 중심으로 한 남해안 지역이 아열대 기후지역에 포함된다.

RCP4.5 시나리오에 의하면 미래(2070~2099년)에 아열대 기후지역이 서해안으로는 보령까지 확대되며, 대도시 해안 지역인 인천도 아열대 기후구에 포함된다. 내륙으로는 아열대 기후지역이 전주, 광주, 순천, 산청, 합천, 대구까지 확대되며, 동해안으로는 속초까지 확대된다.

RCP8.5 시나리오에 의하면 미래(2070~2099년)에 관측지점 중 해발고도가 가장 높은 대관령을 중심으로 한 인제, 홍천, 원주, 제천 등을 제외한 전 지역이 아열대 기후지역에 포함될 것으로 전망된다.



【아열대 기후 지역의 미래 변화 전망】

※ 실선은 각각 관측 자료에서 구한 현재 (1971~2000)의 아열대지역 경계 (검정색)와 RCP 시나리오에서 전망한 2070~2099년의 아열대 지역 경계(RCP4.5: 보라색, RCP8.5: 붉은색)를 의미

트레와다 아열대기준

- 최근 우리나라는 기온 상승으로 작물, 과수, 어류, 산림 등의 이동이 나타나면서 기후가 아열대화 될 가능성이 제기되고 있다. 이에 따라 현재 육상 및 해양 생태계 분포 특성과 비교적 유사한 분포를 보이는 트레와다의 기준을 이용하여 아열대 기후지역의 변화를 전망하였다 (권영아 등, 2007). 트레와다는 최한월 평균기온이 18℃ 이하이면서 월평균기온이 10℃ 이상인 달이 8~12개월인 것으로 아열대를 정의하였다 (Trewartha and Horn, 1980).

※ ‘미래기후변화 전망’ 출처 : IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 기후변화 시나리오 보고서 2011. 국립기상연구소. 2011

기후변화 시나리오 웹 제공 시스템

기후변화 시나리오 웹 제공 시스템
제공정보 현황

(기상청 한반도기상기후팀)



기후변화 시나리오 웹 제공 시스템

기상청은 2010년부터 기후변화 시나리오 정보를 기후변화정보센터(<http://www.climate.go.kr>) 홈페이지를 통해 제공하고 있다.

[메뉴 : 기후변화예측 → 기후변화시나리오 제공]

- 1) 시나리오 자료 소개 : 기후변화 시나리오 자료에 대한 설명
- 2) 자료 조회 : 온실가스 시나리오 별로 전지구, 한반도, 남한 상세 자료를 그래픽과 시계열 형태로 조회
- 3) 자료 요청(회원) : 기후변화 시나리오의 원본 자료를 ASCII, Binary, ESRI ASCII GIRD 형태로 제공
- 4) 요청목록 및 다운로드(회원) : 사용자가 요청한 자료의 처리상황과 승인된 요청자료의 다운로드

[자료 조회 화면]



☑ 제공 파일의 종류

아스키(ASCII) : 텍스트로만 되어 있는 파일 또는 아스키코드의 문자로만 되어있는 문서파일. 텍스트 파일, 텍스트 전용 파일 또는 아스키 텍스트 파일이라고도 한다. 영문자와 숫자, 공백문자, 구두점, 되돌림 문자, 탭 문자, 파일 끝 마커를 포함하는 경우도 있으나 서식작성 정보는 포함하지 않는다.

바이너리(Binary) : 바이너리 파일은 컴퓨터 파일로 컴퓨터 저장과 처리 목적을 위해 바이너리 형식으로 인코딩된 데이터를 포함한다. 인간이 판독할 수 있는 텍스트로 구성된 문서 파일과는 달리, 이진수 데이터 또는 실행 명령어들로 구성된 파일, 바이너리 파일은 프로그램만이 판독할 수 있는 형식으로 되어 있으며, 대부분의 경우 특정 프로그램이 판독하기 쉬운 형식으로 압축되거나 구조화되어 있다.

ESRI ASCII GRID : ESRI 사에서 개발된 소프트웨어인 ArcGIS, ArcVIEW 등의 프로그램에서 사용할 수 있도록 한 파일 포맷 형태

CTL 파일 : Data(바이너리 파일) 환경설정 파일, Data 파일의 시간적, 공간적, 변수별 정보를 포함하고 있어 Data 파일의 속성을 파악할 수 있다.

 제공정보 현황

☑ 기존 기후변화 시나리오 정보 제공 내역

구분	전지구 전망자료	한반도 전망자료	고해상도 전망자료	기후 극한지수	응용기후자료 (농림분야, 남한)	응용기후자료 (농림분야, 북한)
온실가스 시나리오	20C3M, A1B, B1, A2	A1B	A1B	A1B	A1B	A1B
공간범위	경도: 0~360 위도: -87.159~87.159	경도: 122.935~131.447 위도: 32.968~43.426 (동아시아 열역)	남한 지역	남한 지역	남한 지역	북한 지역
시간범위	1860 ~ 2100	1971 ~ 2100	2000 ~ 2100	2000 ~ 2100	1971 ~ 2100 (10년 단위)	1971 ~ 2100 (10년 단위)
공간 해상도	약 400km	약 27km	10km	10km (강수 관련 27km)	30m (강수정보 270m)	30m (강수정보 270m)
시간 해상도	월	일, 월	일, 월	월, 년	월	월
정보 종류	기온 (최고, 최저, 평균), 강수, 상대습도	기온 (최고, 최저, 평균), 강수, 상대습도	기온 (최고, 최저, 평균), 강수	기온지수(11종), 강수량지수(9종)	기온(최고, 최저), 강수, 이차기후도, 분석기후도	기온(최고, 최저), 강수, 이차기후도, 분석기후도
제공 년도	2005년	2007년	2011년 1월	2011년 1월	2008년	2011년 3월

☑ 새로운 기후변화 시나리오 정보 제공(2012년부터 순차적으로 제공)

구분	전지구 전망자료	한반도 전망자료	남한상세 전망자료	기후 극한지수
온실가스 시나리오	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5	RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5
공간범위	경도: 0~360 위도: -90~90	경도: 111.0~144.625 위도: 26.5~48.875	남한 지역	남한 지역
시간범위	1860 ~ 2099	2011 ~ 2099	2011 ~ 2099	2011 ~ 2099
공간 해상도	약 135km	약 12.5km	1km	1km
시간 해상도	월	일, 월	일, 월	월, 년
정보 종류	기온(최고, 최저, 평균), 강수, 상대습도, 바람 등	기온(최고, 최저, 평균), 강수, 상대습도, 바람 등	기온(최고, 최저, 평균), 강수	기온지수(11종), 강수량지수(9종)

※ 분야별(수자원, 보건 등) 응용기후정보 및 각 시나리오별 양상별 자료는 2013년 초부터 제공가능

기후변화 시나리오 활용사례

활용사례 1. 지역기후변화 백서

활용사례 2. 서울시 기후변화 적응정책 수립 활용사례

활용사례 3. (보건) 기후변화에 따른 제주도 식중독 발생 변화

활용사례 4. (식량) 벼·보리 생산량과 기후변화 영향

활용사례 5. (농업) 외래 병해충 기상환경정보시스템

활용사례 6. (수자원) 기후변화 시나리오를 활용한 미래 수자원 평가

활용사례 7. (재해) 기후변화 시나리오를 이용한 방재기준 가이드라인 구축

활용사례 8. (해양) 연안지역 기후변화 영향평가

활용사례 9. (산림) 산림생태계 기후변화 영향 예측

활용사례 10. (해외사례) 미국 수자원 평가지도

지역기후변화 백서



건국대학교 지리학과 최영은 교수

사용목적

기상청은 우리나라 전체를 포함하여 광역·시·도 단위와 시·군·구 단위의 지역범위에서 일관성 있고, 체계적인 기후변화정보를 제공하기 위해 한반도 기후변화백서와 지역기후보고서를 작성하였다.

사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(10km) 중 기온, 강수량

활용내용

지역기후변화백서에 포함되어 있는 주요 내용은 기온, 강수량을 포함한 다양한 기후요소에 대한 현재 기후특성(1981~2010년), 기후변화의 경향(1973~2010년), 미래 기후의 전망(2011~2100년) 등이다.

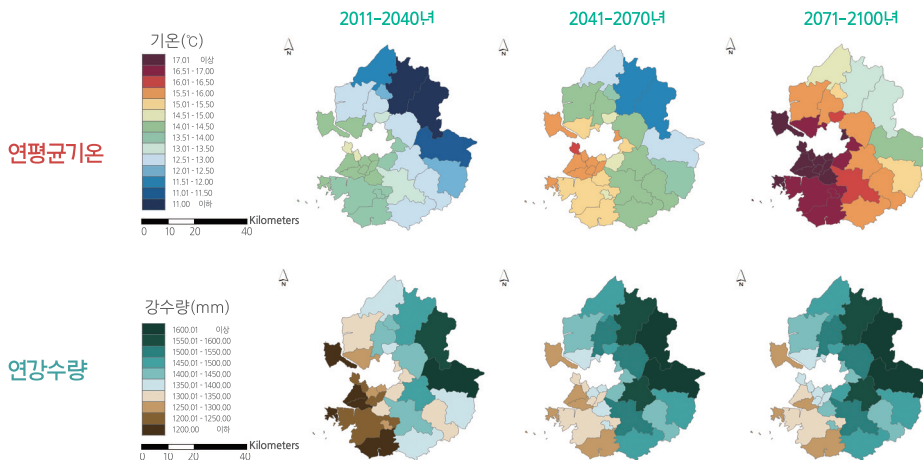


그림은 상세기후변화시나리오를 이용하여 시·군·구별 연평균기온과 연강수량의 30년별 미래전망을 경기도를 사례로 제시한 것이다. 2011~2040년대 경기도에서 연평균기온의 전망은 10~15℃ 범위 내에 존재하지만, 2041~2070년대가 되면 11℃ 이하의 온도대는 사라지고, 경기 서부와 남서부의 많은 지역에서 16℃ 온도대가 나타나는 것으로 전망된다. 2071~2100년대가 되면 13℃이하의 지역이 사라지고, 17℃를 넘는 지역이 광범위하게 나타난다. 경기도의 미래 30년별 연강수량 전망을 살펴보면 전체적으로 2070년까지는 강수량이 증가하고 그 이후에는 변화가 없는 것으로 전망된다.

이와 같은 분석자료는 각 광역지자체 단위의 기후변화적응정책 수립 지원에 활용될 것이다. 에너지 공급, 도시계획, 수자원 관리, 기후관련 자연재해 경감에 효과적으로 대응하기 위해서는 적절한 기후변화 적응 및 완화 방안이 필요하고, 이를 위한 기초자료로서 상세기후변화시나리오는 필수적이다.

참고자료

한반도 기후변화백서(기상청, 2011), 지역기후변화보고서(서울, 인천·경기, 대전·충남, 충북, 강원영동, 강원영서, 광주·전북, 전남, 대구·경북, 부산·경남, 제주)(기상청, 2011)



【경기도를 사례로 본 연평균기온과 연강수량의 30년별(2011~2040년, 2041~2070년, 2071~2100년) 미래전망(기상청 SRES A1B 10km 상세기후변화시나리오)】

서울시 기후변화 적응정책 수립 활용사례



한국환경정책평가연구원 김재욱 연구원

■ 사용기관

서울대학교 조경·지역시스템공학부

■ 사용목적

본 연구는 한국환경정책평가연구원의 '서울시 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립' 연구 용역으로 수행되었다. 서울시를 대상으로 한 격자단위의 미래기후를 예측하여 수록하였으며, 서울시의 '지자체 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립·지원'시에 활용될 예정이다.

■ 사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(27km) 한반도 자료(1971~2100) 중 월별 기온, 강수량

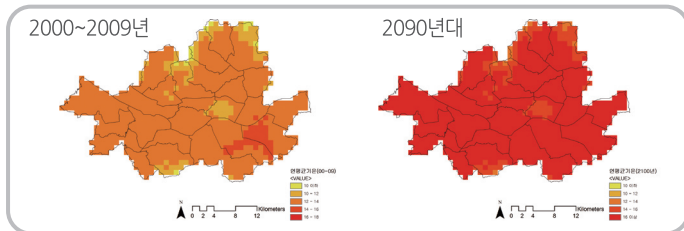


■ 활용내용

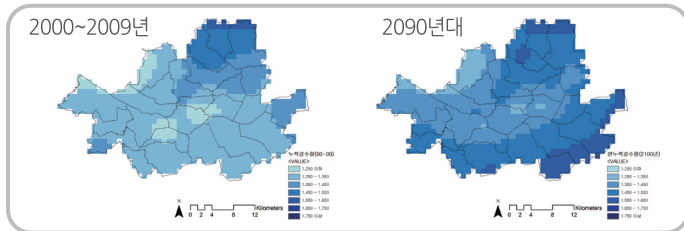
현재 및 미래 기후 상세화 과정

서울시의 미래기후에 의한 영향을 평가하기 위하여 2000~2009년을 기준으로(기상관측소 및 자동기상관측자료 사용) A1B시나리오를 사용하여 2030년대, 2050년대, 2090년대 기온(연평균 기온, 연최고·최저기온, 여름철·겨울철 최고기온)과 강수량(연평균 누적 강수량, 강우강도)을 분석하였다.

【연평균기온 분포 변화】



【누적강수량 분포 변화】



현재 및 미래 기후 상세화 결과

서울시의 최근 10년간(2000~2009) 관측된 연평균 최고기온은 14.2°C, 연평균 최저기온은 8.4°C이며, 강수량은 1,183~1,581mm 를 기록하였다. 미래의 전망을 살펴보면 다음과 같다.

- 2030년(2026~2035)의 평균기온은 현재보다 0.7°C 상승 예상되며, 강수량은 21.4% 증가 예상
- 2050년(2046~2055)의 평균기온은 현재보다 1.9°C 상승 예상되며, 강수량은 63.4% 증가 예상
- 2090년(2096~2100)의 평균기온은 현재보다 4.1°C 상승 예상되며, 강수량은 48.4% 증가 예상

■ 참고자료

- 서울특별시 기후변화 영향평가 및 적응대책 세부시행계획 수립: 건강 재난 분야(환경부, 한국환경정책·평가연구원, 국가기후변화 적응센터, 2010)

(보건) 기후변화에 따른 제주도 식중독 발생 변화



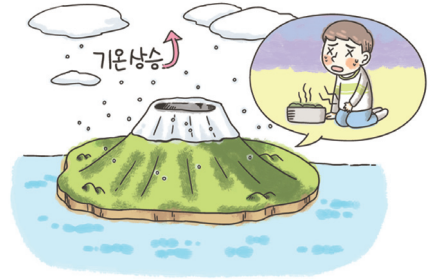
서울대학교 보건대학원 한현진

■ 사용기관

서울대학교 보건대학원

■ 사용목적

본 연구는 기후변화로 인한 보건분야 건강영향에 대한 학술연구로, 기후 변화 시나리오를 활용한 미래의 식중독으로 인한 질병부담에 대한 기초 연구에 활용되었다. 제주지역의 미래의 식중독 질병 발병 추이와 특성 변화를 전망하여 사전에 대비할 수 있는 정책의 근거를 제시하고자 하였다.



■ 사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(27km) 한반도 자료(2001-2090) 중 일별 기온, 상대습도

■ 활용내용

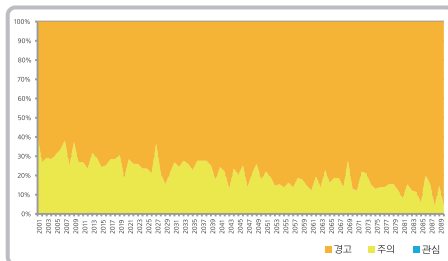
식중독 발병의 원인

식중독 발병의 원인이 되는 병원체(세균, 바이러스, 기생충 등)의 증식·생존 및 전파경로는 기후 요인에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Food and Agricultural Organization of the United Nation, 2008). 기후변화로 인한 기온상승은 식중독의 발생을 증가시킬 것으로 전망되는 가운데(WHO, 2010), 우리나라는 1990년대까지 5~9월에 발생한 식중독이 전체의 80~90%를 차지하였으나 최근에는 겨울철 식중독환자가 증가하는 추세에 있다.

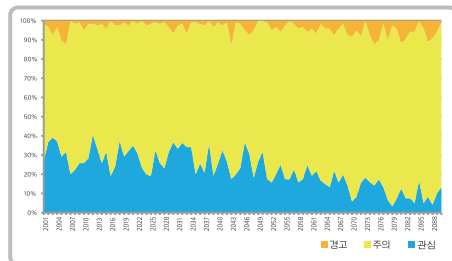
제주도의 식중독 발생 변화 예측

식중독지수는 3~4시간 이내 음식물이 부패하는 식중독 '위험', 음식물이 4~6시간 내에 부패하는 식중독 '경고', 6~11 시간 내 식중독 발생 우려가 되는 식중독 '주의', 가장 낮은 단계인 '관심'의 4 단계로 분류된다.

2001년~ 2090년까지의 제주 지역의 일평균 식중독 지수를 계절별로 추정한 결과 전반적으로 식중독 발생 위험이 증가하여 향후 식중독으로 인한 제주 지역의 질병부담이 가중될 것으로 전망된다. 특히 2061~2090년의 겨울철 식중독 위험은 2001~2030년 구간에 비해 '경고' 단계의 발령일수가 2배로 증가하고 '주의' 단계의 발령일수는 20% 이상 증가할 것으로 예상되어 겨울철도 식중독에 대한 적극적 대비가 필요할 것으로 예상된다. 이에 따라 여름철에 집중된 식중독 예방 활동을 상시체계로 접근한 정책으로 전환할 필요성이 있다. 본 연구는 병원체의 특성, 질병모형 등을 정밀하게 반영하지 못한 일반적인 확률적 전망이라는 한계점이 있으므로 향후 이를 보완한 연구가 필요하다.



【제주도 지역의 여름철 식중독 지수 전망(2001~2090)】



【제주도 지역의 겨울철 식중독 지수 전망(2001~2090)】

■ 참고자료

- 본 연구는 기후변화특성화대학원 프로그램 지원에 의해 수행
- Asia Pacific Academic Consortium for Public Health Conference (APACPH: 24~27 Nov, 2010)

(식량) 벼·보리 생산량과 기후변화 영향

활용사례 4

농촌진흥청 국립농업과학원 심교문 박사

◆ 사용기관

국립농업과학원 기후변화생태과

◆ 사용목적

본 연구는 농촌진흥청의 '농업부문 기후변화 영향 평가' 연구 수행의 일환으로 추진되었다. 기후변화에 따른 지역 및 농업지대별 미래 벼·보리의 잠재생산량 변화를 추정하는 것으로 '우리나라 기후변화의 경제학적 분석' 최종보고서에 수록하였으며, 국가 차원의 최적의 적응정책 수립 시 활용예정이다.



◆ 사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(27km) 한반도 자료(2011~2100) 중 월별 기온(최고, 최저), 강수량

◆ 활용내용

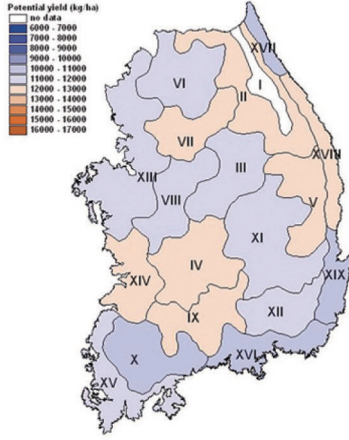
우선 A1B 기후변화 시나리오 자료[(27km 격자, 월별 기온(최고, 최저)과 강수량의 평년(1971~2000년 편차))를 이용하여 각 생육모의지역(수원 등 57개 지점)의 월별 편차자료를 추출하였다.그다음 미래 3개 기간(2011~2040, 2041~2070, 2071~2100)의 30년 평균값을 계산하고, 이를 다시 일별 편차자료로 변환한 후, 현재 평년값(1971~2000)에 가감하여 지역별 미래의 일 기상자료를 생산하였다.이를 입력자료로 사용하여 작물모형을 시뮬레이션(혹은 모의)한 결과, 벼·보리의 잠재생산량 변화는 다음과 같다.

벼의 경우 이산화탄소 농도의 변화 없이 온도만 상승하면 잠재생산량이 감소하고, 반대로 온도의 변화 없이 이산화탄소 농도만 증가하면 잠재생산량은 증가하며, 둘 다 모두 고려하였을 경우 잠재생산량이 감소하는 반면 보리의 경우 벼와 유사하지만 온도와 이산화탄소가 모두 증가하였을 경우 잠재생산량이 벼와 다르게 증가하는 것으로 예측되었다.

◆ 참고자료

- 우리나라 기후변화의 경제학적 분석 최종보고서 (2011년, 환경부)
- 기후변화교과서 (2011년, 도요새)
- 지구온난화에 따른 벼 생육 및 생산성 변화 예측 (2010년, 한국기후변화학회지)
- A1B 기후변화시나리오에 따른 미래겉보리의 잠재생산성 변화 예측 (2011년, 한국기후변화학회지)

벼 (화성벼)

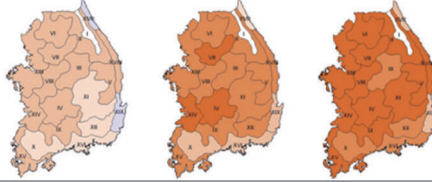


[1971-2000]

온도효과 (온도변화, CO2 고정)



CO2 효과 (온도고정, CO2 변화)



온난화 효과 (온도변화, CO2 변화)



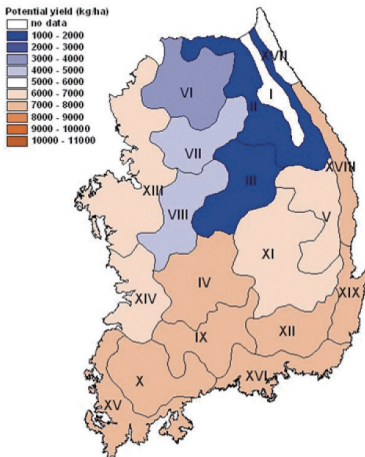
[2011-2040]

[2041-2070]

[2071-2100]

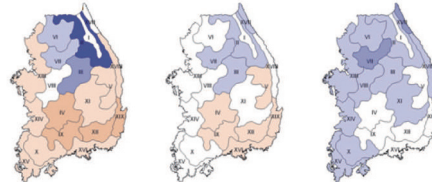
【벼의 미래 잠재생산량 변화 예측】

보리 (올보리)

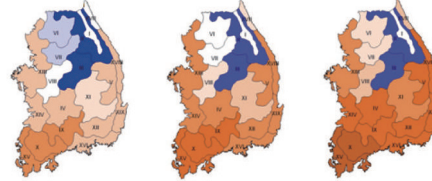


[1971-2000]

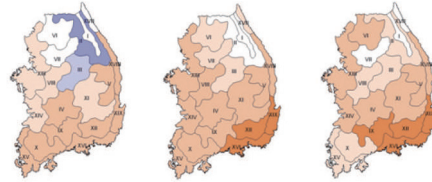
온도효과 (온도변화, CO2 고정)



CO2 효과 (온도고정, CO2 변화)



온난화 효과 (온도변화, CO2 변화)



[2011-2040]

[2041-2070]

[2071-2100]

【보리의 미래 잠재생산량 변화 예측】

(농업) 외래 병해충 기상환경정보시스템

활용사례 5

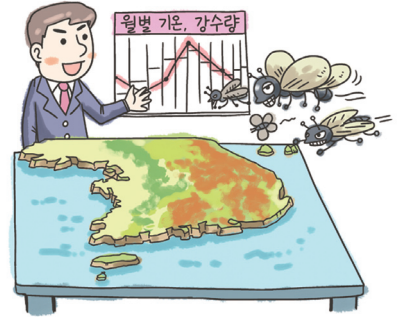
서울대학교 농업생명과학대학 박은우 교수팀

■ 사용기관

서울대학교 농업생명과학대학, (주) 에피넷

■ 사용목적

본 연구는 농림수산검역검사본부 식물검역부(구 국립식물검역원) 2010년 식물검역기술개발사업 '외래병해충 발생 예측정보 시스템 개발'을 통해 이루어졌다. 국외로부터 국내유입 가능성 있는 외래 병해충 발생 가능성을 미리 파악하고 효과적으로 방제하기 위해 실용적으로 활용 가능한 웹기반 병해충 기상환경정보시스템을 구축하고자 하였다.



■ 사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(27km) 한반도 자료(2001-2090) 중 월별 기온, 강수량, 상대습도

■ 활용내용

기후변화시나리오 상세화

한반도(27km) 기후변화 시나리오의 격자점 위치(경위도 및 직각 좌표계값), 년월 평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 상대습도로 구성된 데이터베이스를 구축하였다. 이는 2011~2100년까지 총 90년×127개×48(가로격자수)×96(세로격자수) = 4,976,640개의 격자점별 기후자료를 DB화한 것이다. 해상도 27km 격자급 자료를 DEM(Digital Elevation Model)에 근거하여 IDW(Inverse Distance Weighting)와 고도보정을 통해 1km 격자급으로 상세화하였다.

시스템 구축

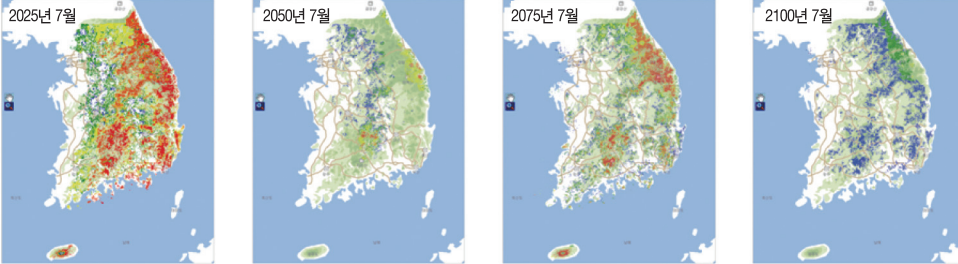
2011년부터 2100년까지 총 90년간 한반도 영역을 대상으로 미래 외래 병해충 발생 예측 위험지도를 다음과 같이 작성하였다.

- 대상 외래병해충 : 참나무 역병, 감굴그린병 매개충
- 월별 기후자료 입력 -> 기후 조건에 따른 미래 병해충 발생 예측 모형 구동 -> 위험단계별 색상표를 적용하여 예측결과 이미지(위험지도)를 생성
- 참나무 역병의 경우 수치임상도 GIS자료를 이용하여 참나무 종 서식이 가능한 지역만을 대상으로 위험지도 생성
- 위험지도상에 특정 격자점 및 영역 선택 시 선택 구간에 대한 미래 기후정보 및 위험단계별 발생 면적에 대한 통계치 제공
- 사용자가 입력하는 특정주기(기본 10년)별로 미래 병해충 발생 예측 지도를 검색하는 화면 구성



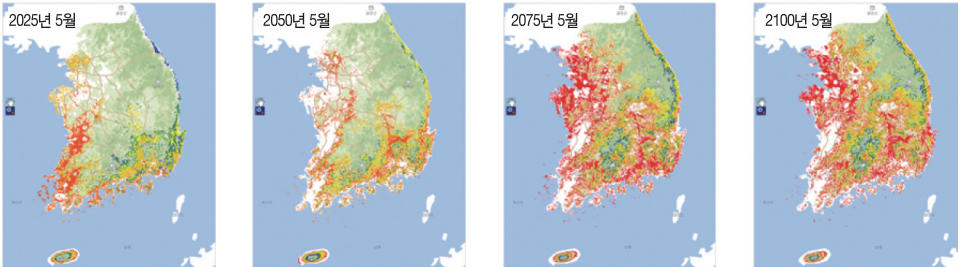
>>참나무 역병

■ 아주낮음 ■ 낮음 ■ 보통 ■ 높음 ■ 아주높음



>>감굴그린병 매개충

■ 1령충 ■ 2령충 ■ 3령충 ■ 4령충 ■ 5령충 ■ 성충발생



【시나리오자료를 활용한 외래병해충 예측 지도 작성】

1. 지역별 상세

우측의 조회 단계를 선택하시고 지도상에서 조회하고자 하는 영역을 마우스 드래그로 선택하시거나 오른쪽 구역에서 설정하신 채 속성보기를 클릭하시면 차면 선택하신 영역에 대한 속성이 표시됩니다.

지역명: [지도조회] [지도조회]

범위: ■ 아주낮음 ■ 낮음 ■ 보통 ■ 높음 ■ 아주높음

구분도: 1 2 3 4 5 6 7 8

시나리오: 전체 | 확대 | 축소 | 이동

년월 선택: 2010년 8월 15일 | 자료조회

영역선택: 위도: 37.769 - 38.085 | 경도: 128.23 - 128.575

속성정보보기

항목	내용
1.병해충명	참나무역병
2.선택년월	2010년 08월 15일
3.선택영역	경도범위: 128.23-128.575 위도범위: 37.769-38.085 면적 (선택/산림지):km2: 4536/3412.8
4.기후정보 (영역통계)	평균기온: 23.2°C 최고기온: 26.3°C 최저기온: 20.4°C 평균습도: 78.3% 강수량: 58.9mm
5.발생위험률 (산림지대비)	아주낮음: 46.4% 낮음: 16.6% 보통: 7% 높음: 2.7% 아주높음: 0%

원본자료 내려받기

제공자료: 기후(5요소), 병해충발생위험

자료설명: 원본자료의 대상은 좌측에 선택하신 년월과 공간영역에 대한 자료이며 히스키(hex) 파일 형태로 제공되고 있습니다. 기후자료는 평균기온부터 강수량까지 5개 요소별로 각각 파일이 생성됩니다. 생성된 파일이 여러개이므로 한개의 파일로 압축하여 제공하고 있으니 압축 해제 후 활용하시기 바랍니다.

자료내려받기

【웹 GIS 형태의 상세 내용 보기 화면】

참고자료

- 외래병해충 기상환경정보시스템 웹사이트(<http://npqs.epinet.co.kr/>)



(수자원) 기후변화 시나리오를 활용한 미래 수자원 평가

활용사례 6

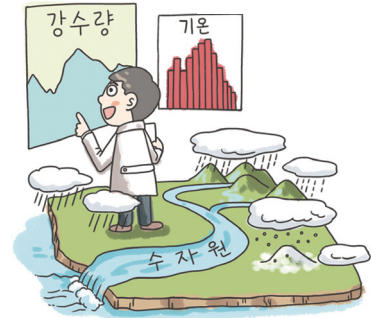
한국건설기술연구원 수자원연구실

사용기관

한국건설기술연구원 수자원연구실

사용목적

본 연구에서는 국토해양부 '기후변화 대비 국가 물 안보 확보 방안' 연구 영역의 일환으로 기후변화로 인한 유역별 강수량 변동, 하천유출량 변동 등을 평가하고 미래 물 수급 안정성에 대한 분석을 수행하였다. 이는 국토 해양부 '기후변화 대응 미래 수자원 전략' 수립에 활용된다.



사용자료

기상청 SRES A2 전지구 시나리오(400km)를 한반도 규모(27km)로 상세화한 자료(2001-2090) 중 월별 기온, 강수량

활용내용

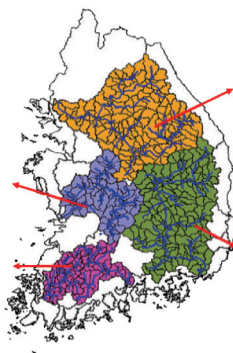
기후변화로 인한 우리나라 연평균 기온 및 강수량 변동 분석 결과, 2090년까지 기온은 최대 3.1°C 증가하고 강수량은 최대 35mm 증가가 전망된다.

강수량의 월별 분포를 살펴보면, 6~8월 강수량이 감소하는 것으로 나타났으며, 농업용수 등 6월 물 소비량이 많은 우리나라 여건상 미래 가뭄으로 인한 물 부족 위험도 증가한다.

유역별 하천유출량 변동을 평가한 결과, 한강유역에서만 약 5%의 연유출량 증가가 예상되며, 나머지 3개 유역(낙동강, 금강, 영산강)에서는 최대 13%까지 감소할 것으로 전망된다. 한강유역에 대해 기후변화를 고려한 하천유출량과 현재의 물 소비량을 이용한 물수지 분석을 수행한 결과, 물 부족량이 기후변화로 인해 현재 대비 1.8~3.5배 증가하는 등 물 부족 위험성 증가가 전망된다.

금강권역 : 연유출량 13% 감소

시기	강수량 (Q355)	저수량 (Q275)	평수량 (Q185)	풍수량 (Q95)
2001-2030년	-16.5%	-13.7%	-11.4%	+18.4%
2031-2060년	-34.4%	-28.8%	-22.8%	+8.1%
2061-2090년	-34.4%	-28.7%	-21.8%	+10.9%



한강권역 : 연유출량 5% 증가

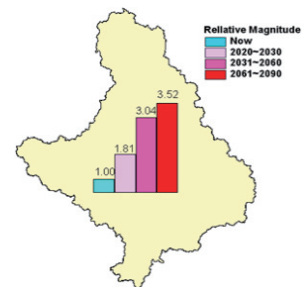
시기	강수량 (Q355)	저수량 (Q275)	평수량 (Q185)	풍수량 (Q95)
2001-2030년	+39.7%	+29.4%	+25.1%	-7.9%
2031-2060년	+33.6%	+23.6%	+20.6%	-5.1%
2061-2090년	+37.6%	+28.2%	+24.5%	-3.7%

영산강권역 : 연유출량 11% 감소

시기	강수량 (Q355)	저수량 (Q275)	평수량 (Q185)	풍수량 (Q95)
2001-2030년	-25.1%	-23.1%	-21.7%	-23.2%
2031-2060년	-34.5%	-31.1%	-31.7%	-31.1%
2061-2090년	-15.3%	-10.9%	-12.7%	-12.9%

낙동강권역 : 연유출량 3% 증가

시기	강수량 (Q355)	저수량 (Q275)	평수량 (Q185)	풍수량 (Q95)
2001-2030년	+1.3%	+0.7%	-0.6%	-2.2%
2031-2060년	-11.4%	-11.3%	-11.8%	-12.8%
2061-2090년	-6.1%	-5.6%	-6.3%	-4.2%



【 기후변화로 인한 유역별 하천유출량 변화】

【 한강유역의 물 부족량 변화 전망】

참고자료

- 국토해양부, 기후변화 대비 국가 물 안보 확보 방안(1~4차년도)
- 국토해양부, 기후변화 대응 미래 수자원 전략

(재해) 기후변화시나리오를 이용한방재기준 가이드라인 구축

활용사례 7

국립방재연구원 정태성박사

사용기관

행정안전부, 국립방재연구원, 소방방재청

사용목적

본 연구는 소방방재청 '기후변화를 고려한 방재기준가이드라인' 연구용역의 일환으로 시도단위 미래 기후변화 전망을 분석하여 방재시설물의 재해안전도 확보 및 지속가능한 개발을 위한 방재정책수립, 방재시설물 계획·설계 시에 활용된다.



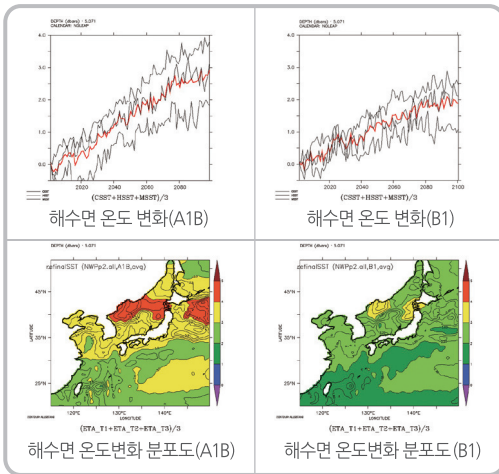
사용자료

기상청 SRES A2(강수량), A1B(강수량, 풍속, 해수면 온도), B1(강수량, 해수면 온도) 전지구 시나리오(1971-2100)를 CNCM3 모형을 이용하여 시나리오별 결과에 대한 앙상블 값 계산·활용

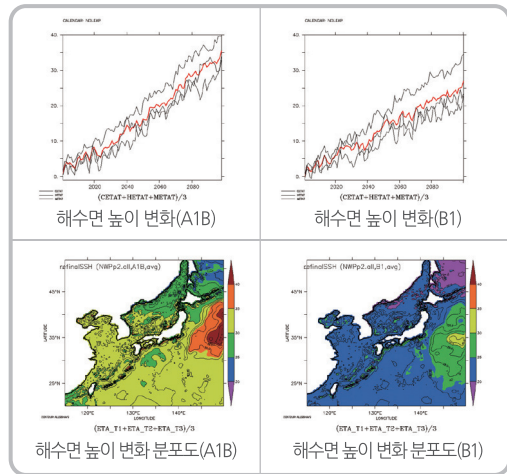
활용내용

본 연구에서는 기후변화의 영향을 검토하여 방재시설물의 재해안전도 확보를 위한 가이드라인을 개발하고 강우, 적설, 강풍, 해수면 상승 분야에 대한 기후변화 영향을 평가하기 위한 절차 및 방법론을 구체적으로 제시하였다. 미래 기후변화의 영향을 검토하기 위하여 본 가이드라인에서는 정량화 지표(확률강우량도, 적설하중도, 기본풍속도, 해수면 상승 예측도)를 산정하고 목표기간별 증가량을 제시함으로써 매년 기후모형 자료를 이용하여 기후변화 영향을 평가하는 번거로움을 제거하였다. 즉, 본 가이드라인에서 제시하고 있는 목표기간별 증가량을 검토하는 방법으로 i) 대상지역 방재시설물 설계기준 마련, ii) 방재시설물별 설계기준 강화방안 마련, iii) 경제적 타당성 검토 등이 가능하다.

해수면 온도 상승에 영향을 받는 태풍 강도 변화 등의 연구 결과는 예·경보시스템 개발을 위한 가이드라인으로써 활용 가능하고, 태풍 강도 증가에 따른 해일 범람 예측결과는 침수예상도 작성 등과 같은 응급대응시스템을 구축하는데 활용이 가능하다. 본 연구에서는 이러한 결과와 더불어 구조적·비구조적 대책을 융합한 통합재해저감대책(Integrated Disaster Reduction Measures)의 필요성을 제기하기도 하였다. 본 가이드라인은 기후변화를 고려하여 방재대책을 수립하기 위한 정책입안 및 수행 또는 실무에서 구체적인 기후변화 대응 및 적응 전략을 마련할 경우에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대된다.



【 해수면 온도변화 시계열 및 분포도 】



【 해수면 높이 변화 시계열 및 분포도 】

참고자료

- 소방방재청, 2011, 기후변화를 고려한 방재기준가이드라인

(해양) 연안지역 기후변화 영향평가

활용사례 8

국토연구원 심우배 박사

■ 사용기관

국토연구원

■ 사용목적

본 연구는 '국가 표준 기후변화 시나리오 활용방안 연구-연안도시 대응 방안 사례 연구' 연구용역의 일환이다. 국가 기후변화 시나리오를 활용하여 연안도시 사례지역에 대한 기후변화 영향 및 침수지역 분석을 실시하고, 침수지역 분석을 위해 기상청의 기후변화 시나리오 적용성을 검토하며, 연안도시의 효과적인 기후변화 적응방안을 마련하고자 한다.

■ 사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(27km) 한반도자료(1971-2100)



■ 활용내용

연구방법

국가기후변화시나리오 등을 활용하여 사례지역(부산시 수영구 일대)에 대해 해양 및 내륙 유출 수치모델링을 통해 2100년에 대한 해수면 상승과 유출량, 홍수위를 예측하였다.

해수면 상승은 기존 관측값으로부터 회귀분석, IPCC 및 KEI 연구결과, 이전의 최대관측자료, 국가 기후변화 시나리오(A1B) 등 5가지 경우에 대해 적용하였고, 강우-유출에 의한 침수분석은 국가 기후변화 시나리오와 해수면 상승 5가지 경우를 중첩하였다.

기후변화 영향을 고려한 2100년 침수지역 분석 결과

해수면 상승 분석 결과, 2002년 태풍 매미 내습시가 가장 큰 침수피해가 발생하였고, 주로 광안리 해수욕장 등 해안변 저지대가 취약하다. 강우-유출에 의한 침수분석 결과, 광안2동(광안리해수욕장 주변) 및 민락동, 수영동 및 망미2동 주변지역이 취약한 것으로 나타났고, 특히, 태풍 매미 시의 해수면 상승과 강우가 중첩되는 경우에는 수영동 및 망미2동의 수영장 제방이 월류하는 것으로 나타났다.

사례지역의 주요 적응방안

하수관 및 수영장 통수능력 증대, 수영장 배수문 신설, 장기적으로 광안리 해수욕장 상가의 이전 및 오픈스페이스 조성(공원 등), 수영동 및 망미2동의 경우 주거환경정비사업 등과 연계하여 상습침수 해소(저영향개발(LID) 적극 적용)가 필요하다.

연안도시의 효과적인 적응방안

방어(Protection), 순응(Adaptation), 후퇴(Retreat) 전략을 단기·장기적으로 적절하게 조합하여 대응해야 하고, 특히, 장기적으로 해수면 상승을 고려하여 도시계획의 토지이용과 연계한 연안지역의 개발제한, 갯벌, 사주 등 완충공간의 보전방안 마련 필요하다.

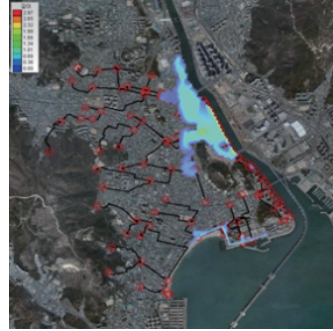
>> 기후변화 영향을 고려한 2100년 침수지역 분석 결과



①(강우-유출)만에 의한 침수예상지역



②유출+해수면상승(회귀분석,25cm)



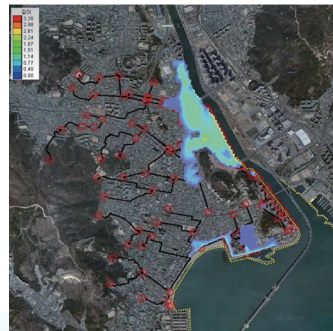
③유출+해수면상승(IPCC, 69cm)



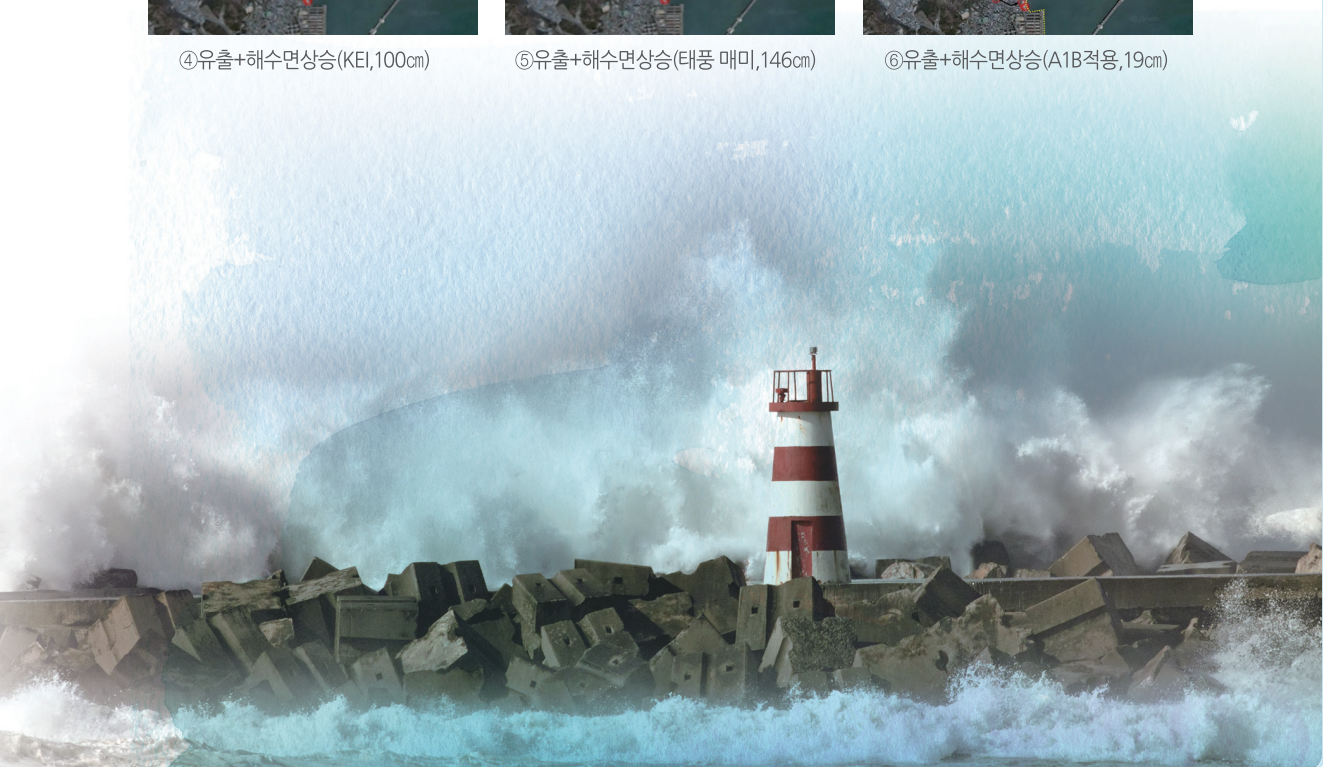
④유출+해수면상승(KEI,100cm)



⑤유출+해수면상승(태풍 매미,146cm)



⑥유출+해수면상승(A1B적용,19cm)



(산림) 산림생태계 기후변화 영향 예측



국립산림과학원 임종환 박사

사용기관

국립산림과학원 산림생태연구과

사용목적

본 연구는 국립산림과학원 '기후변화에 따른 산림생태계 영향평가 및 적응연구' 사업의 일환이다.

사용자료

기상청 SRES A1B 시나리오(27km) 한반도자료(1971-2100) 중 일별 평균기온



활용내용

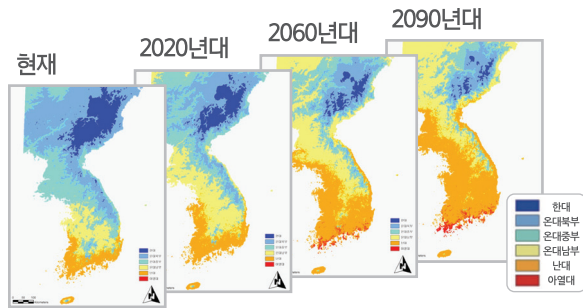
기후변화 시나리오 상세화

1971년에서 2000년까지 관측된 관측값과 SRES A1B 한반도 기후변화 시나리오와의 편차자료를 생성하고 Spline 함수를 이용한 공간내삽으로 1km 해상도 자료 구축하였다. 이를 1km 격자의 지형기후모델(1km)의 평년값과 결합하여 상세한 자료를 만들었다.

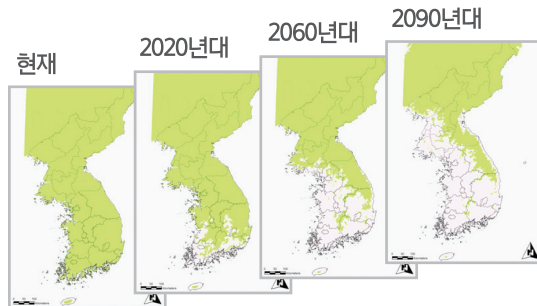
기후변화에 따른 식생변화 예측

한반도 식생대 분포와 기온변수와의 관계식을 이용하여 기후변화에 따른 식생변화를 예측하였다. 일평균기온으로부터 월평균기온 계산 및 연 온량지수를 산출하였고, 우리나라 산림식생대(한대, 온대 북부, 온대 중부, 온대 남부, 난대)의 온량지수 범위자료를 이용하여 기후변화에 따른 변화를 예측 한 후 2020년대, 2060년대, 2090년대의 식생대 변화를 보였다. 식생기후대의 변화와 소나무 최적생육범위의 미래 변화는 그림과 같다.

【기후변화 시나리오(A1B)에 따른 식생기후대의 변화, 국립산림과학원】



【기후변화 시나리오(A1B)에 따른 소나무 최적 생육범위, 국립산림과학원】



참고자료

- 임종환 등. 2009. 기후변화에 따른 산림생태계 변화 연구. 국립산림연구사업보고서

(해외사례) 미국 수자원 평가지도

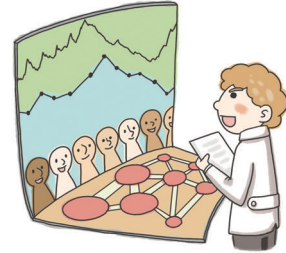
활용사례 10

건국대학교 지리학과 최영은 교수

활용내용

연구배경

전세계적으로 인구가 급속하게 증가하고, 경제가 성장함에 따라 안전한 수자원 확보는 인류가 반드시 해결해야 할 과제이다. 여기에 기후변화로 인해 강수량 변동성이 커질 것이라는 미래 전망으로 물에 대한 스트레스가 가중되고 있다. 따라서 기후변화로 인한 강수량 변화를 포함하여 미래 수자원 가용성에 대한 보다 상세하고 정확한 평가가 절실하다.



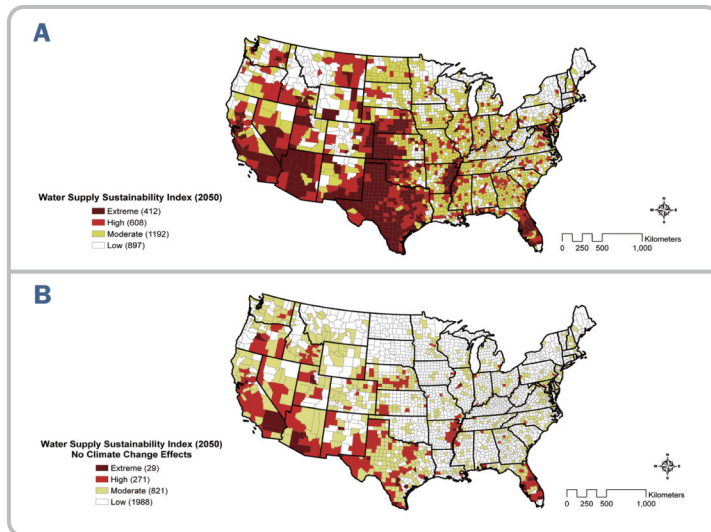
연구방법

미국의 천연자원보호위원회(Natural Resource Defense Council)는 미래 기후변화시나리오를 이용하여 물공급 지속가능성 지수를 산출하고, 미래 수자원 공급 전망을 예측하였다. 물공급 지속가능성지수는 물 사용량과 기온, 강수량을 사용하여 산출되는 지수로 위험도에 따라 '매우 위험', '위험', '약간 위험', '낮음' 4단계로 구분된다. 미래 물공급 지속가능성지수는 기후변화의 영향을 고려했을 때와 고려하지 않았을 때 크게 달라졌다.

연구결과

그림과 같이 기후변화를 배제하고 20세기 기후상태만을 고려하여 산출한 2050년 미국 물공급 지속가능성 지수를 보면 본토 3109개 카운티 중에 '매우 위험'에 해당하는 카운티는 29개인 0.9%, '위험'은 271개인 8.7%로 미래 수자원 공급에 취약한 카운티는 전체의 9.6%에 해당된다. 나머지 대부분의 지역은 '약간 위험'이거나 '낮음'으로 평가된다.

하지만 기후변화시나리오를 이용하여 기후변화의 영향을 고려했을 때 '매우 위험'이나 '위험'에 해당하는 지역의 범위는 확대된다. 2050년에 '매우 위험'이 412개인 13.3%, '위험'이 608개인 19.5%로 기후변화에 취약한 카운티가 1,020개인 32.8%로 증가한다. 특히 애리조나, 텍사스, 플로리다 주 전역과 네브래스카, 오클라호마 주 대부분의 지역이 기후변화로 인해 수자원 공급에 매우 취약해지는 것으로 전망되고 있다.



【미래 기후변화시나리오를 사용했을 때(a)와 20세기 기후상태를 고려했을 때(b)로 구분하여 4단계로 제시한 2050년 미국 물공급 지속가능성지수의 분포(매우 위험: extreme, 위험: high, 약간 위험: moderate, 낮음: low)】

기후변화시나리오 관련 연구 목록

농업분야

- 한국농림기상학회, 2011: 한국의 2011-2100년 기후변화가 고추 탄저병 살균제 살포에 미치는 영향, 한국농림기상학회지, 13(1), 10-19
- 조성진, 조창현, 2011: 농경사회의 기후변화 영향 및 적응에 관한 ABMS 활용 연구, 기후연구, 6(2), 89-99
- Nkomozepe Temba, Chung Sang-Ok, 2011: 기후변화가 짐바브웨 옥수수 수확량에 미치는 영향 모의, 한국농공학회 논문집, 53(3), 65-73
- 한국농림기상학회, 2010: 대기-해양-지면-해빙 접합 대순환 모형으로 모의된 이산화탄소 배증 시 한반도 농업기후지수 변화 분석, 한국농림기상학회지, 12(1), 11-22
- 한국토양비료학회, 2010: 우리나라 강우량 변화 시나리오에 따른 밭토양의 토양 유실량 변화 예측, 한국토양비료학회지, 43(6), 789-792
- 한국환경농학회, 2010: 기후변화에 따른 농업부문 영향분석과 대응전략, Korean Journal of Environmental Agriculture, 3-29
- 정유란, 김진희, 김수옥, 서희철, 윤진일, 2009: 겨울기온 상승에 따른 복숭아 나무 '장호원황도' 품종의 결과지에 대한 동상해위험 공간분석: III. 고해상도 기후시나리오에 근거한 동해위험의 미래분포, 한국농림기상학회지, 11(4), 221-232
- 김수옥, 정유란, 김승희, 최인명, 윤진일, 2009: 미래 시나리오 기후조건하에서의 사과 '후지' 품종 재배적지 탐색, 한국농림기상학회지, 11(4), 162-173
- 이충근, 윤영환, 김준환, 손지영, 이은영, 김연규, 2009: 작물모형 이용 미래 기후변화 시나리오에 따른 한반도 쌀 수량성 변화 분석, 한국작물학회 추계학술발표회, 5-192
- Hong E.M., Choi J.Y., Lee S.H., Yoo S.H., Kang M.S., 2009: Estimation of Paddy Rice Evapotranspiration Considering Climate Change Using LARS-WG, Journal of The Korean Society of Agricultural Engineer, 51(3), 25-35
- 한국농림기상학회, 2008: 남한의 겨울기온 상승 예측에 따른 포도 "캠벨얼리" 품종의 단기 내동성 변화 전망, 한국농림기상학회지, 10(3), 94-101
- 한국농림기상학회, 2008: 최저기온과 휴면심도 기반의 동해위험도를 활용한 "Campbell Early" 포도의 내동성 지도 제작, 한국농림기상학회지, 10(4), 121-131
- 김수옥, 김진희, 윤진일, 2008: 도시효과를 반영한 고해상도 기후시나리오 제작 및 활용: 남한전역 생장도일 분포 변화, 한국농림기상학회-한국생물환경조절학회 정기총회 및 공동학술발표대회 자료집, 17(1), 2-561
- 한국작물학회, 2007: 기후시나리오 공간분해능 개선에 따른 우리나라 벼농사지대의 생산성 재평가, 한국작물학회지, 제52권 별책1호, 50-64
- Josef Schmidhuber and Francesco N. Tubiello, 2007: Global food security under climate change, PNAS

산림분야

- 한국임학회, 2011: 기후변화 시나리오에 따른 산림분포 취약성 평가, 한국임학회지, 100(2), 256-265
- 이상혁, 최재용, 이유미, 2011: 기후변화에 따른 우리나라 미선나무의 분포변화 예측, 농업과학연구, 38(2), 191-404
- 성선용, 2011: 기후변화에 따른 산림생태계의 탄소순환과 수자원 변화예측, 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 생태조경학전공 석사학위논문
- 박상병, 2011: 기후변화가 임지 생산력에 미치는 영향, 경상대학교 산림자원과 석사전공
- Sungho Choi, Woo-Kyun, Hanbin Kwak, So-Ra Kim, Seongjin Yoo, Hyun-Ah Choi, Suumin Park and Jong-Hwan Lim, 2011: Vulnerability Assessment of Forest Ecosystem to Climate Change in Korea Using MC1 Model, J.for.Plann, 16:149-161(2011)
- CHOI Sungho, LEE Woo-Kyun, SON Yowhan, YOO Seongjin, LIM Jong-Hwan, 2010: Changes in the distribution of South Korean forest vegetation simulated using thermal gradient indices, SCIENCE CHINA, July 2010 Vol.53 No.7: 784-797
- 김수옥, 김진희, 윤진일, 2008: 도시효과를 반영한 고해상도 기후시나리오 제작 및 활용: 남한전역 생장도일 분포 변화, 한국농림기상학회-한국생물환경조절학회 정기총회 및 공동학술발표대회 자료집, 17(1), 2-561

수자원분야

- 한국환경영향평가학회, 2011: 기후변화시나리오에 따른 댐유역의 장기 수질변화 예측, 환경영향평가, 20(2), 107-121
- 한국하천호수학회, 2011: 우리나라 15개 다목적댐 유역별 A1B 기후변화 시나리오 분석, 한국하천호수학회지, 44(2), 187-194
- 정건희, 전면호, 김형수, 김태웅, 2011: 기후변화를 고려한 한강유역 저수지의 적응능력 평가, 대한토목학회논문집, 439-447
- 배덕효, 정일원, 이병주, 이문환, 2011: GCM과 수문모형의 불확실성을 고려한 기후변화에 따른 한반도 미래 수자원 전망, 한국수자원학회논문집, 44(5), 389-406
- 엄명진, 남우성, 신주영, 주경원, 허준행, 2011: 기후변화에 따른 한강유역의 홍수 유출량 분석, 한국수자원학회 학술발표회
- 한국지리정보학회, 2011: GIS를 이용한 기후변화 연동 지하수 함양량 산정 모델 개발 및 검증, 한국지리정보학회지, 14(3), 36-51
- 김동일, 최현구, 박태원, 한건연, 2011: 기후변화와 저수지 건설에 따른 수질분석, 한국수자원학회 학술발표회
- 김수전, 2011: 기후변화가 유역의 수자원 및 생태서식환경 변화에 미치는 영향 평가, 인하대학교 토목공학과 박사논문
- 한국수자원학회, 2011: TRMM과 국가표준 기후변화시나리오(A1B)를 활용한 토양수(Green Water) 분포특성 분석, 한국수자원학회 학술발표회
- 신주영, 주경원, 김수영, 허준행, 2011: 기후변화에 따른 서울지역의 강우-지속기간-빈도 관계 평가, 한국수자원학회 학술발표회
- 문영일, 윤선권, 권석주, 전시영, 2011: 기후변화를 고려한 도시유역 미래확률강수량 산정에 관한연구, 한국수자원학회 학술발표회
- 이문환, 정일원, 배덕효, 2011: 기후변화에 따른 국내 홍수 취약성 평가, 한국수자원학회논문집, 44(8), 653-666
- 손민우, 성진영, 정은성, 전경수, 2011: 기후변화를 고려한 홍수취약성지표의 개발, 한국수자원학회논문집, 44(3), 231-248
- 김동찬, 이상훈, 배덕효, 2011: 기후변화에 의한 도시유역의 수문 변동성 평가, 한국수자원학회 학술발표회
- 유승환, 최진용, 홍은미, 남원호, 2011: 기후변화에 따른 논벼 수요량 변화 분석, 한국수자원학회 학술발표회
- 손태석, 김미은, 주재승, 임지에, 신현석, 2011: 기후변화에 따른 낙동강 유역의 유출 분석 및 전망, 한국수자원학회 학술발표회
- 박진혁, 권현한, 채효석, 노선희, 2011: A1B시나리오 기반 RCM과 SWAT모형을 이용한 댐유역 유출량 전망, 한국수자원학회 학술발표회
- 이경주, 권현한, 2011: 미래 기후변화에 따른 재해위험도 예측, 한국수자원학회 학술발표회
- 박종윤, 조형경, 신형진, 유영석, 장철희, 김성준, 2011: 미래 기후변화가 하천 및 호소수질에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회 학술발표회
- 남우성, 엄명진, 신주영, 주경원, 허준행, 2011: Scaling invariance와 NSRPM을 이용한 기후변화에 따른 한강유역의 확률강수량 추정, 한국수자원학회 학술발표회
- 김병식, 김보경, 권현한, 서병하, 2011: IHA를 이용한 기후변화가 유역의 유향과 수생태계에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회 학술발표회 초록집
- 강부식, 문수진, 김경중, 2011: 다지점 인공신경망을 이용한 한강수계 기후전망, 한국수자원학회 학술발표회
- 송창준, 2011: 기후변화를 고려한 도시배수시스템 취약성 분석과 대응방안으로서 LID 기법 적용성 평가 - 굴포천 유역을 대상으로 -, 인하대학교 토목공학과 석사논문
- 이건행, 2011: 기후변화와 불확실성을 고려한 예상홍수피해액 산정, 인하대학교 토목공학과 박사논문
- 김영호, 2011: 기후변화를 고려한 한반도 주요지점의 확률강수량 산정, 홍익대학교 수리학과 박사논문
- 정유림, 2011: SRES AIB 시나리오를 이용한 한반도 수계별 강수 변화 모의, 부경대학교 환경대기과학과 석사논문

- 공소연, 2011: 미래 기후변화에 따른 남한지역 육지표면에서의 에너지 및 물 순환 특성 변화에 대한 수치모델 연구, 이화여자대학교 환경공학과 석사논문
- 서린, 2011: 기후변화를 고려한 목표연도 확률강수량 산정 기법 개발 및 불확실성 분석, 한양대학교 건설환경공학과 석사논문
- 이동근, 성선용, 정휘철, 2010: 기후변화 시나리오 및 토지이용변화에 따른 유출수 변화량 산정, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」, 45(5)
- 이명진, 이정호, 전성우, 홍현정, 2010: 기후변화 연동 지하수 함양량 산정 모델 개발 및 정책방향 고찰, 환경정책연구 제9 권 제2호 통권25호 (2010년 여름), 157-184
- 이경주, 최민영, 이준학, 허준행, 2010: 기후변화 시나리오에 따른 소양강 유역 강수량 규모축소에 관한 연구, 대한토목학회 정기학술대회
- 박근애, 이용준, 신형진, 김성준, 2010: SLURP 모형을 이용한 기후, 식생, 토지이용변화가 농업용 저수지유역과 하천유역에 미치는 기여도 평가 I (모형의 입력자료 구축), 대한토목학회논문집, 107-120
- 박근애, 이용준, 신형진, 김성준, 2010: SLURP 모형을 이용한 기후, 식생, 토지이용변화가 농업용 저수지유역과 하천유역에 미치는 기여도 평가II (모형의 검·보정 및 적용), 대한토목학회논문집, 121-135
- 박민지, 신형진, 박근애, 김성준, 2010: SWAT 모형을 이용한 소양강댐 유역의 미래 수자원 영향 평가, 대한토목학회논문집, 337-346
- 한국수자원학회, 2010: Multi-GCMs의 기후시나리오를 이용한 홍수특성변화 평가, 한국수자원학회논문집, 43(9), 789-799
- 한국지리정보학회, 2010: 기후변화에 따른 안동, 임하호 유역의 부유사량 분석, 한국지리정보학회지, 13(1), 1-15
- 한국환경농학회, 2010: 기후변화 대응을 위한 물환경 관리전략 및 정책방향: 토사발생 취약성과 수온 추세 분석, 워크샵자료, 125-158
- 안종호, 한대호, 2010: 기후변화에 따른 지표수의 수온 영향평가, 한국물환경학회지, 26(1), 133-139
- 이정호, 2010: 기후변화 예측을 고려한 지하수 함양량 산정 기법, 환경포럼, 14(1), 1-8
- 박경신, 정은성, 김상욱, 이길성, 2010: 기후변화를 고려한 소규모 하수처리장 건설에 대한 영향 분석, Journal of Korean Society on Water Quality, 26(2), 268-278
- 손태석, 이상도, 김상단, 신현석, 2010: 유역기반 모형을 이용한 기후변화에 따른 낙동강 유역의 하천유량 영향 분석, 한국수자원학회논문집, 43(10), 865-881
- 김수전, 김병식, 전환돈, 김형수, 2010: 고해상도 RCM 자료를 이용한 기후변화가 한강유역의 수자원(이수적 측면)에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회논문집, 43(3), 295-308
- 김병식, 김수전, 김형수, 전환돈, 2010: 기후변화와 토지피복변화를 고려한 한강 유역의 수자원 영향 평가, 한국수자원학회논문집, 43(3), 309-323
- 최대규, 안재현, 조덕준, 김상단, 2010: 토양수분 확률밀도함수로 살펴본 가뭄발생에 대한 기후변화의 영향, 한국수자원학회논문집, 43(8), 709-720
- 최영돈, 2010: 기후변화에 따른 농업용수공급패턴의 변화로 인한 이수안전도변화분석, 부산대학교 토목공학과 석사논문
- 김경욱, 2010: 기후변화에 따른 우이천 유역의 유출량 산정에 관한 연구, 서울시립대학교 토목공학과 석사논문
- 경민수, 2010: 기후변화가 표준강수지수 및 확률강수량에 미치는 영향 평가, 인하대학교 토목공학과 박사논문
- 최경순, 2010: 기후변화에 따른 수자원 민감도 분석:대청댐 유역을 중심으로, 목포대학교 토목공학과 박사논문
- 나양선, 2010: 기후변화에 따른 설계 강우 및 홍수변화에 관한 연구, 세종대학교 토목공학과 석사논문
- 윤동균, 2010: 기후변화가 논 필요수량에 미치는 영향, 경북대학교 농업토목공학과 박사논문
- 이창환, 2010: 기후변화를 고려한 비정상성 강우빈도해석 방법 연구, 한양대학교 건설환경공학과 석사논문
- 최대규, 2010: 미래기후변화에 대한 영향분석 및 유역단위의 수자원 영향평가, 부경대학교 환경공학과 석사논문

- 유승환, 2009: 기후변화에 따른 미래 농업가뭄 특성 분석, 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 지역시스템공학전공 박사학위논문
- 박종철, 2009: 환경변화가 구량천 유역의 물수지에 미치는 영향 예측, 한국지형학회지, 16(3), 113-126
- 예령, 정세웅, 오동근, 윤성완, 2009: 기후변화에 따른 대청호 유역의 물 순환 및 토양 유실량 영향, 한국물환경학회지, 25(6), 821-831
- 김수전, 전환돈, 김병식, 김형수, 2009: 기후변화를 고려한 한강유역의 미래 물 부족 평가, 한국수자원학회 학술발표회 초록집
- 이근상, 김정열, 안소라, 김영성, 2009: 기후변화에 따른 안동·임하호 유역의 유사발생량 분석, 대한토목학회 정기 학술대회
- 박경신, 정은성, 김상욱, 이길성, 2009: 기후변화 및 도시화에 따른 유형곡선 및 BOD 농도지속곡선 변화, 한국수자원학회논문집, 42(12), 1091-1102
- 박경신, 정은성, 김상욱, 이길성, 2009: 기후변화 및 도시화를 고려한 수자원관리 대안의 효과 분석, 한국수자원학회논문집, 42(12), 1103-1111
- 최대규, 김문성, 김남원, 김상단, 2009: CGCM 미래기후정보를 이용한 기후변화가 병성천 유역 수문 및 수질반응에 미치는 영향분석, 한국수자원학회논문집, 42(11), 921-931
- 권현한, 김병식, 김보경, 윤석영, 2009: 기후변화에 따른 극치강수량의 시공간적 특성 변화 분석, 한국수자원학회 학술발표회 초록집
- 나양선, 이병주, 손경환, 배덕호, 김광천, 2009: 기후변화를 고려한 홍수위 변화 분석에 관한 연구, 대한토목학회 정기 학술대회, 1-3790
- 배덕호, 정일원, 이병주, 전태현, 2009: MME(Multi-Model Ensemble)를 활용한 국가 수자원 기후변화 영향평가, 한국수자원학회 학술발표회 초록집
- 안소라, 박민지, 박근애, 김성준, 2009: 기후변화가 경안천 유역의 수문요소에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회논문집, 42(1), 33-50
- 박종윤, 박민지, 안소라, 박근애, 김성준, 2009: SWAT 모형을 이용한 미래 기후변화가 충주댐 유역의 수문학적 거동 및 하천수질에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회 학술발표회 초록집
- 경민수, 김병식, 김형수, 2009: 기후변화가 한반도 가뭄에 미치는 영향평가, 한국수자원학회 학술발표회 초록집
- 박종윤, 박민지, 안소라, 김성준, 2009: 기후변화가 충주댐 유역의 하천수질에 미치는 영향평가를 위한 유역 모델링, 한국수자원학회논문집, 42(10), 877-889
- 국토해양부 한국건설기술연구원 수자원연구실, 2009: 기후변화 대비 국가 물 안보 확보 방안(2차년도), 연구보고서
- 박종윤, 2009: SWAT 모형을 이용한 미래 기후변화가 수문학적 거동 및 하천수질에 미치는 영향 평가, 건국대학교 사회환경시스템공학 석사논문
- Chung, S.O. (Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea), 2009: 기후변화가 낙동강 권역의 논 관개용수 수요량에 미치는 영향, Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers, 51(2), 35-41
- 권현한, 김병식, 김보경, 2008: 기후변화에 따른 수자원 영향 평가를 위한 Regional Climate Model 강수 계열의 특성 분석, 대한토목학회논문집, 525-533
- 안소라, 이용준, 박근애, 김성준, 2008: 미래토지이용 및 기후변화에 따른 하천유역의 유출특성 분석, 대한토목학회논문집, 215-224
- 안소라, 박민지, 박근애, 김성준, 2008: 기후변화에 따른 A1B 시나리오의 유출 및 증발산량 영향 평가, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 한국방재학회, 2008: 기후변화에 따른 대청댐 상류유역의 유출 민감도 분석, 한국방재학회 정기총회 및 학술발표대회
- 권현한, 김병식, 윤석영, 2008: 고해상도의 강수변화 시나리오와 CWGEN을 이용한 극한 강우 특성에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집

- 김병식, 김보경, 경민수, 김형수, 2008: 기후변화가 극한강우와 I-D-F 분석에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회논문집, 41(4), 379-394
- 정일원, 이병주, 김광천, 배덕호, 2008: 기후변화에 따른 홍수피해 취약성 평가, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 정상만, 서형덕, 김형수, 한규하, 2008: 기후인자의 변화에 따른 대청댐유역의 유출민감도 모의평가 :4th IPCC 보고서의 결과를 기준으로, 한국수자원학회논문집, 41(11), 1095-1106
- 김병식, 김보경, 권현한, 윤석영, 2008: 고해상도의 RCM 자료를 이용한 기후변화가 강우빈도 분석에 미치는 영향, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 박민지, 신형진, 안소라, 김성준, 2008: 미래 기후 식생 토지이용 변화를 고려한 총주댐 기후, 식생, 유역의 수문변동 파악을 위한 SWAT-K 모형의 적용, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 이용준, 안소라, 강부식, 김성준, 2008: SWAT 모형을 이용한 미래 기후변화 및 토지이용 변화에 따른 안성천 유역 수문 : 수질 변화 분석 (II), 대한토목학회논문집, 28(6B), 665-673
- 전태현, 2008: 상류 댐 유역의 수문요소 변동성 및 기후변화 활용, 세종대학교 토목환경공학과 석사논문
- 정일원, 2008: 혼합 상세화 기법을 적용한 국내 수자원의 기후변화 영향평가, 세종대학교 토목환경공학과 박사논문
- 박근애, 2008: 미래 기후변화가 농업수자원에 미치는 영향 연구, 건국대학교 지역건설환경공학과 박사논문
- 대한원격탐사학회, 2008: Assessment of Future Climate Change Impact on DAM Inflow using SLURP Hydrologic Model and CA-Markov Technique, 대한원격탐사학회지, 24(1), 25-33
- So-Ra Ahn, Rim Ha, Yong-Jun Lee, Geun-Ae Park, and Seong-Joon Kim, 2008: Evaluation of Future Climate Change Impact on Streamflow of Gyeongancheon Watershed Using SLURP Hydrological Model, Korean Journal of Remote Sensing, 24(1), 45-55
- 최성규, 2007: 기후변화 시나리오에 따른 다목적댐의 가용수자원 평가 및 최적운영 방안에 대한 연구, 아주대학교 건설교통공학 석사논문
- 정일원, 배덕호, 임은순, 2007: 수자원에 대한 기후변화 영향평가를 위한 고해상도 시나리오 생산(I): 유역별 기후시나리오 구축, 한국수자원학회논문집, 40(3), 191-204
- 정일원, 배덕호, 임은순, 2007: 수자원에 대한 기후변화 영향평가를 위한 고해상도 시나리오 생산(II): 유역별 유출시나리오 구축, 한국수자원학회논문집, 40(3), 205-214
- 경기개발연구원, 2007: 기후변화가 한강수계에 미치는 영향과 대응방안, 경기논단
- 배덕호, 2007: 21세기 프론티어연구개발사업;수자원의 지속적 확보기술개발사업:기후변화에 의한 수자원 영향평가 체계 구축, 세종대학교 연구보고서
- 서울대학교, 2007: 기후변화에 의한 물순환의 예측 및 영향 평가, 서울대학교 연구보고서

환경 및 기상분야

- 이재범, 송창근, 홍성철, 최진영, 문경정, 이현주, 홍유덕, 2011: IPCC SRES 시나리오에 따른 미래 대기환경 전망, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 4-419
- 한국지리정보학회, 2011: GIS를 활용한 KMA-RCM의 규모 상세화 기법 개발 및 검증, 한국지리정보학회지, 14(3), 136-149
- 한국태양에너지학회, 2011: PRECIS를 이용한 우리나라 기후변화 기상자료의 생성, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회
- 국립환경과학원, 2011: 기후와 대기환경 동시 예측 시스템 구축, IPCC 미래 기후변화 시나리오에 따른 대기질 전망, 국립환경과학원 보도자료(동향자료)
- 이상훈, 이문환, 김동찬, 배덕호, 2011: 기후변화에 따른 도시지역 미래 기후전망, 한국수자원학회 학술발표회
- 송창우, 2011: 기후변화를 고려한 강우량의 지역빈도해석, 인하대학교 토목공학과 석사논문
- 이임열, 2011: 기후변화 영향 검토를 위한 기상인자와 수질인자의 상관성 분석, 인하대학교 수문통계학 논문
- 정여민, 이화은, 이순환, 최현정, 전원배, 2010: 기후변화에 따른 기온상승이 한반도 동남지역 국지 기상장과 오존 분포에 미치는 영향에 관한 수치모의, 한국환경과학회지, 19(12), 1431-1445

- 현우경, 백희정, 권원태, Akio Kitoh, 2010: 고해상도 기후변화 시나리오를 활용한 한반도 미래 극한 강수 분석, 한국기상학회 봄 학술대회 논문집
- 이동욱, 부양수, 박경호, 2010: 기후변화에 따른 제주지역의 해수면상승 시나리오, 대한토목학회 정기학술대회
- 김현수, 정주희, 오인보, 김유근, 2010: 도시성장모형을 적용한 수도권 미래 기후변화 예측, 한국대기환경학회지, 26(4), 367-379
- 김재철, 이종범, 최성호, 2010: 지역기후모델의 기후시나리오 결과에 MC1모델의 토지피복자료를 적용한 한반도 지역 장래기후 변화 모사, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집
- 이창환, 김태웅, 경민수, 김형수, 2010: BCM2 모의 결과를 반영한 목표연도 확률강우량 산정, 대한토목학회논문집, 269-276
- 서지현, 선우영, 정부전, 최기철, 우정현, 윤대옥, 박록진, 송창근, 2010: IPCC시나리오에 따른 전 지구 미래 대기오염물질 배출량 산정 및 분석, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집
- 정부전, 우정현, 최기철, 김민중, 박록진, 송창근, 선우영, 2010: IPCC SRES 미래 시나리오에 따른 아시아 배출 특성 및 오존 생성 잠재력 분석, 한국대기환경학회 추계학술대회, 4-490
- 이효신, 조천호, 2010: ECHO-G A2 강수 시나리오의 통계적 · 역학적 상세화 결과 비교 분석, 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 3-546
- 최우영, 2010: 기후변화에 따른 주암호 유역의 비점오염부하 추정, 전남대학교 지역 · 바이오시스템공학과 석사논문
- 고아라, 2010: Projections of Tropical Cyclones in a warming world : Experiments with high-resolution global model, 부경대학교 환경대기과학과 석사논문
- 김보경, 김병식, 2009: B2 기후변화시나리오와 극한지수를 이용한 기후변화가 극한 강우 발생에 미치는 영향분석, 대한토목학회논문집, 23-33
- 한국지역지리학회, 2009: 기후변화 시나리오에 따른 충남지역의 해수면 상승 취약성 평가, 학술대회, 33-38
- 대한환경공학회, 2009: 광주지역 기온변화 예측과 CO₂, CO, 상대습도와의 상관성분석, 대한환경공학회지, 31(11), 1041-1050
- 경민수, 이용원, 김형수, 김병식, 2009: 기후변화가 서울지역의 기온 및 가뭄에 미치는 영향 평가: AR4 SRES A2 시나리오를 기반으로, 대한토목학회논문집, 181-191
- 경민수, 이정기, 김형수, 2009: 일 강수발생모형을 이용한 월 단위 GCM의 축소기법에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 441-452
- 장동호, 김장수, 2009: 충남 연안 지역에서 기후변화에 의한 해수면 상승에 따른 취약성평가, 한국지형학회지, 16(2), 1-13
- 신진호, 이효신, 권원태, 김민지, 2009: 한반도 미래 기온 변화 예측을 위한 ECHO-G/S시나리오의 통계적 상세화에 관한 연구, Atmosphere, 19(2), 107-125
- 이길성, 박경신, 성진영, 정은성, 2009: 통계학적기법을 이용한 기후변화 시나리오의 축소화, 대한토목학회 정기 학술대회, 1-3790
- 이봉기, 2009: 인공신경망을 이용한 유역단위 기후변화 상세시나리오 추정, 단국대학교 토목환경공학과 수공학전공 석사논문
- 김문성, 김상단, 2009: CGCM 기후변화 시나리오에 따른 낙동강유역 유황분석, 대한토목학회 정기 학술대회, 1-3790
- 권진욱, 2009: 한반도 기후변화 추세분석 및 Random Cascade 모형을 이용한 GCM 기후변화 모의 스케일 상세화, 단국대학교 토목환경공학과 수자원전공 석사논문
- 경민수, 이용원, 김형수, 벨리 시바쿠마르, 2008: 기후변화가 한반도 평균기온에 미치는 영향 평가: AR4 SRES(A2) 시나리오를 중심으로, 대한토목학회 정기학술대회
- 김민지, 신진호, 이효신, 권원태, 2008: 동아시아 지역의 AOGCM 불확실성 평가 및 미래기후전망, Atmosphere, 18(4), 507-524

- 최광용, 권원태, 2008: 현재와 미래 우리나라 겨울철 강수형태 변화, 대한지리학회지, 43(1), 1-19
- 한국물환경학회, 2008: A1B 기후변화 시나리오에 따른 대청댐 유역 토양 유실량 예측, 공동 추계학술발표회, 33-34
- 권영아, 권원태, 부경은, 2008: A1B시나리오 자료를 이용한 우리나라 자연 계절 시작일 및 지속기간의 공간 분포 변화 전망, 43(1), 36-51
- 이관호, 2008: 건물 및 재생에너지에 관한 미래의 기후변화 예측, 한국태양에너지학회 논문집, 28(1)
- 문자연, 김문현, 최다희, 부경은, 권원태, 2008: Time Slice 실험으로 모의한 동아시아 여름몬순의 변화, Atmosphere, 18(1), 55-70
- 우수민, 오재호, 고아라, 2008: IPCC AR4 기후변화 시나리오에 따른 고해상도 전구모델 GME를 이용한 Time-Slice 실험, 한국기상학회 가을 학술대회 논문집
- 김보경, 김병식, 배영혜, 2008: 기후변화가 한반도의 극한 사상 변동에 미치는 영향, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 이미선, 박중윤, 정인균, 김성준, 2008: 기후변화에 따른 공간해상도별 토양유실량 평가, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 대한지리학회, 2007: A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 자연 계절 시작일 및 지속기간 변화 전망, 대한지리학회지, 42(6), 835-850
- 권영아, 권원태, 부경은, 최영은, 2007: A1B시나리오 자료를 이용한 우리나라 아열대 기후구 전망, 대한지리학회지, 42(3), 355-367
- 권영아, 권원태, 부경은, 2007: A1B 시나리오 자료를 이용한 자연계절의 공간 분포 변화 전망, 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 24-499
- 하림, 신형진, 박근애, 김성준, 2007: NOAA 및 MODIS NDVI와 기후변화 시나리오 기온자료를 이용한 미래 식생정보 예측을 위한 기법의 제안, 대한토목학회 정기학술대회
- 하림, 신형진, 박근애, 김성준, 2007: NOAA AVHRR 위성영상과 기후변화 시나리오에 의한 기상자료를 이용한 미래 식생정보 예측 기법 개발, GIS 공동추계학술대회 논문집, 3-460
- 조경숙, 2007: 기후시나리오 공간분해능 개선에 의한 작물생태계 영향평가, 경희대학교 농업기상학 박사논문

경제분야

- 한국농업경제학회, 2011: 동태 실증수리계획법(PMP)을 이용한 기후변화의 경제적 효과 분석: 쌀 생산성 변화를 중심으로, 농업경제연구, 52(2), 51-76
- 임근욱, 권영아, 권원태, 부경은, 2010: 골프 시즌에 대한 기후변화에 영향, 관광-레저연구, 22(5), 399-417
- 허인혜, 이승호, 2008: 기후변화가 우리나라의 스키 산업에 미치는 영향(용평 스키장을 사례로), Journal of the Korean Geographical Society, 43(5), 715-727
- 배덕효, 이병주, 정일원, 2008: 기후변화에 의한 건설시공환경 변화 분석, 대한토목학회논문집, 513-521

기타분야

- 채수미, 윤석준, 2011: 기후변화로 인한 설사질환의 질병부담, 보건복지포럼
- 순천향대학교, 2011: 기후변화의 대기오염, 호흡기 및 알레르기질환 발생 상관성에 관한 조사연구, 질병관리본부 연구용역사업 최종보고서
- 한국환경농학회, 2010: 기후변화에 따른 식품안전관리 및 국가 대응을 위한 아젠다 개발, 워크샵자료, 91-121
- 이재경, 김명오, 이경택, 2009: 기후변화 시나리오의 조합기법에 관한 연구, 대한토목학회 정기학술대회
- 박동천, 송화철, 2009: 이산화탄소 증가의 환경영향을 고려한 콘크리트 중성화에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 25(9)
- 김지혜, 김의중, 서승직, 2006: 기후 시나리오에 의한 온난화에 따른 건물의 부하변화예측, 한국태양에너지학회 추계학술발표대회 논문집, 3-348

기후변화 시나리오 이해 및 활용사례집

본 책자는 국가 기후변화 시나리오에 대한 이해를 돕고 다양한
활용사례를 제시하고자 만들어졌습니다.



기상청
Korea
Meteorological
Administration

서울특별시 동작구 기상청길 45
www.kma.go.kr

발행처 기상청 기후과학국 한반도기상기후팀 | 발행일 2011년 12월 | 디자인&인쇄 미래미디어 (02)815-0407

「기후변화 시나리오 이해 및 활용사례집」은 저작권법에 의해 보호받고 있으므로 무단 복제 및 전제를 할 수 없으며,
이 책의 전부 또는 일부 내용을 재사용하려면 저작권자인 기상청의 사전 동의를 받아야 합니다.



기상청 Korea
Meteorological
Administration

서울특별시 동작구 기상청길 45

www.kma.go.kr

대표전화 : 02-2181-0900