



2018

기후변화 시나리오 활용사례집

-
- 1장 기후변화 시나리오 기반 전망 정보 생산 방법
 - 2장 기후변화 영향조사 및 시나리오 기반 전망정보 활용 사례
 - 3장 기후변화 시나리오 기반 전망 정보 활용 방법

1장 기후변화 시나리오 기반 전망 정보 생산 방법

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. 기후변화 시나리오란? | 1 |
| 1) 기후변화 시나리오의 필요성과 목표 | 1 |
| 2) IPCC 평가보고서와 기후변화 시나리오의 역사 | 1 |
| 3) 기후변화 시나리오의 구성과 개발 절차 | 2 |
| 4) 기후변화시나리오별 경로와 특성 | 3 |
| 2. 기후변화 시나리오 기반 전망 정보 생산 | 6 |
| 1) 자료 통계 처리 기준 및 방법 | 6 |
| 2) 지도 작성 과정 | 11 |

2장 기후변화 영향조사 및 시나리오 기반 전망정보 활용 사례

| | |
|--------------------------|----|
| 1. 기후변화 영향조사 | 13 |
| 2. 지자체 차원의 활용 사례 | 18 |
| 3. 부문별 활용 사례 | 21 |
| 1) 보건 및 재난·재해 부문 | 21 |
| 2) 농업 부문 | 26 |
| 3) 해양·수산업 및 물관리 부문 | 34 |
| 4) 산림 및 생태계 부문 | 43 |

3장 기후변화 시나리오 기반 전망 정보 활용 방법

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. 전망정보 제공 현황 및 내용 | 49 |
| 1) 기후변화 전망보고서 제공 현황 | 49 |
| 2) 기후변화 전망보고서에 포함된 내용 | 50 |
| 2. 기후변화 전망정보의 활용 방법 | 53 |
| 1) 한반도 기후변화 전망분석서 | 53 |
| 2) 광역지자체별 기후변화 상세 분석보고서 | 55 |
| 3. 기후정보포털 활용 방법 | 57 |
| 1) 기후변화 시나리오 조회 | 57 |
| 2) 기후변화 시나리오 다운로드 | 59 |
| 3) 기후변화 전망보고서 다운로드 | 60 |

1장

기후변화 시나리오 기반 전망 정보 생산 방법

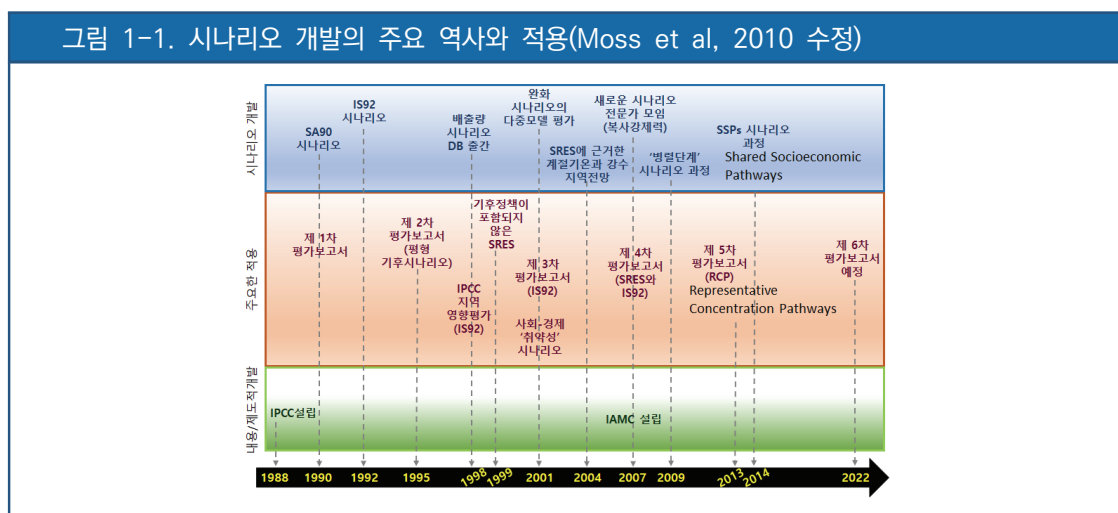
1. 기후변화 시나리오란?

1) 기후변화 시나리오의 필요성과 목표

- 2018년 10월 8일 인천에서 채택된 1.5℃ 지구온난화 특별보고서는 현재와 1.5℃ 온난화, 1.5℃ 온난화와 2.0℃ 온난화의 결과를 비교하기 위해 전지구 배출 경로(Stylized net global CO₂ emission pathways) 시나리오를 사용하였음(IPCC, 2018).
- 상세한 미래 기후전망을 생산하는데 필요한 최신 기후모델의 성능이 급속하게 개선됨. 이런 기후모델을 운영하기 위해서는 상세한 사회경제시나리오, 배출량시나리오, 복사강제력 시나리오가 필요함. 또한 다양한 기후정책의 영향과 적응의 역할이 미래의 기후에 어떤 영향을 미치는지 상세하게 전망할 수 있는 시나리오가 필요함. 기후변화 시나리오는 미래에 기후변화로 인한 영향을 평가하고 피해를 최소화하는데 활용할 수 있는 선제적인 정보로 활용될 수 있음.
- 기후변화 시나리오의 목표는 단순히 미래를 예측하는 것이 아니라 '광범위하고 발생할 수 있는 모든 범위의 미래'를 고려하여 신뢰(robust)할 수 있는 의사결정을 위해서 불확실성을 이해하는 것.

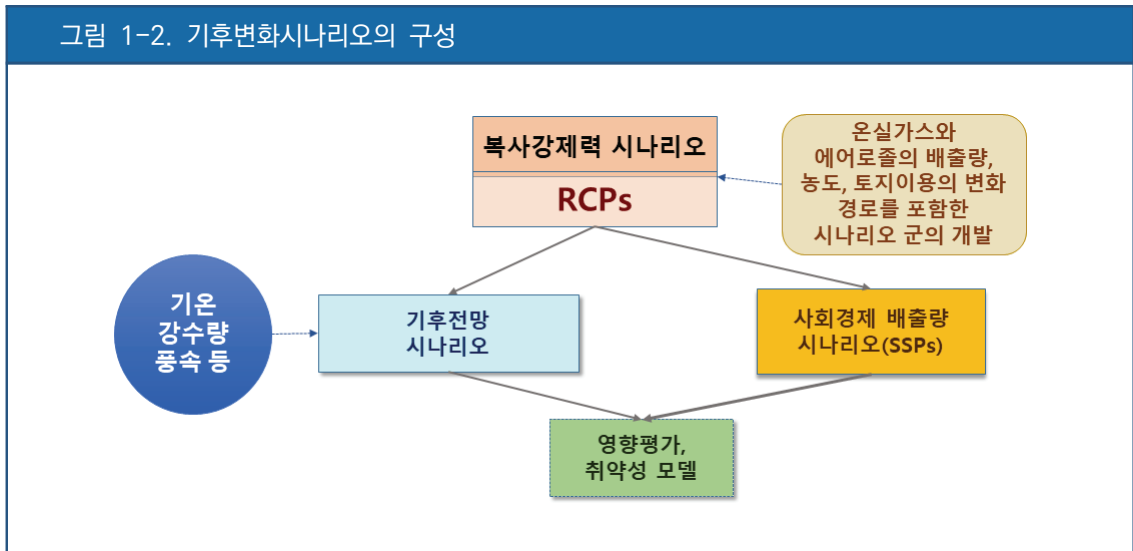
2) IPCC 평가보고서와 기후변화 시나리오의 역사

- IPCC는 지구온난화와 그 영향, 적응, 완화를 위한 미래 전망을 제시하기 위해 초기의 간단한 시나리오부터 제5차 평가보고서의 대표농도경로 시나리오까지 다양한 기후변화 시나리오를 사용해 왔음. IPCC 제1차 평가보고서의 SA90 시나리오를 시작으로 IS92, SRES, RCP 등이 제공되었고, 제6차 평가보고서에서 RCPs, SSPs, SPAs 시나리오를 포함한 통합 시나리오를 사용할 예정임(그림 1-1).

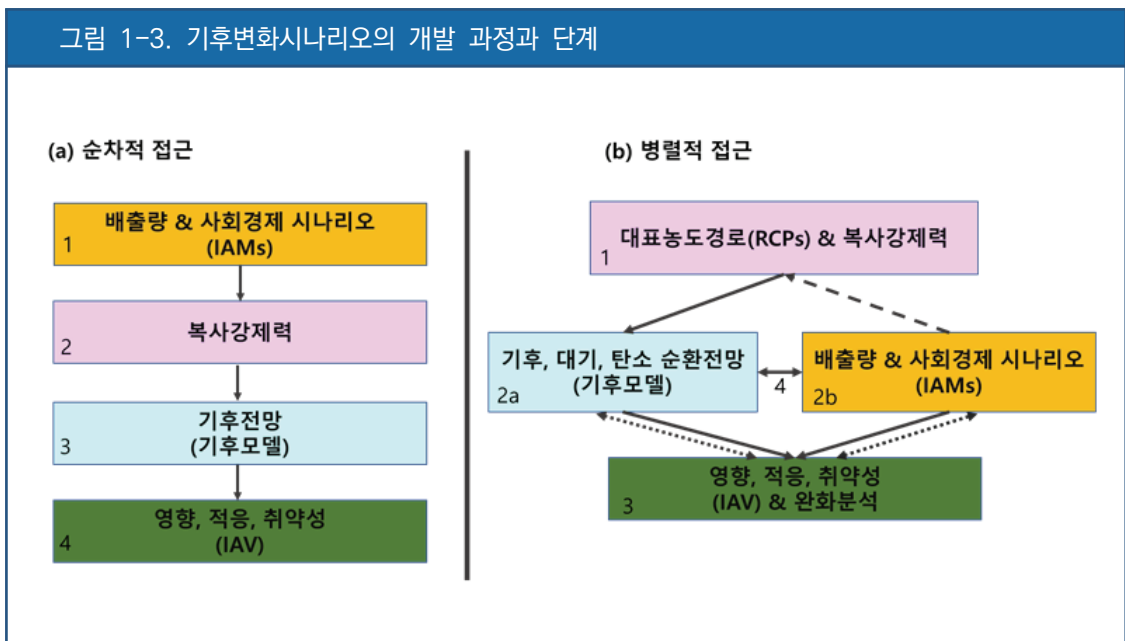


3) 기후변화 시나리오의 구성과 개발 절차

□ 기후변화 시나리오는 범위가 넓어서 사회경제시나리오, 배출량시나리오, 기후모델 시나리오, 적응·취약성 시나리오, 복사강제력 시나리오 등으로 구성되고 서로 중복되는 부분이 존재함. 기상청에서 제공되는 기후변화 전망보고서에서는 복사강제력 시나리오인 RCP 시나리오를 사용하여 다양한 기후요소와 기후지수의 전망값을 생산함(그림 1-2).



□ IPCC 제4차 평가보고서까지는 기후변화시나리오의 개발을 위해서 순차적 접근 방법을 사용하였음. 배출량 시나리오와 사회경제 시나리오가 먼저 결정되고 난 후에 복사강제력 시나리오가 개발되고, 그 이후에 기후전망 시나리오를 생산, 이를 기반으로 영향, 적응, 취약성 평가가 이루어졌음. IPCC 제5차 평가보고서는 병렬적 접근 방법을 사용하여 기후 모델링팀과 사회경제시나리오팀이 대표농도경로와 복사강제력 시나리오를 선정하여 기후 전망과 사회경제시나리오의 개발이 동시에 진행되었음(그림 1-3).



4) 기후변화시나리오별 경로와 특성

(1) RCP 시나리오의 경로와 특성

□ RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5 등 4개의 대표농도경로 시나리오는 IPCC 제5차 평가보고서(2014)에서 처음 사용되었음. 다양한 2100년의 복사강제력 시나리오를 기준으로 대표농도경로가 선정됨 (그림 1-4, 표 1-1).

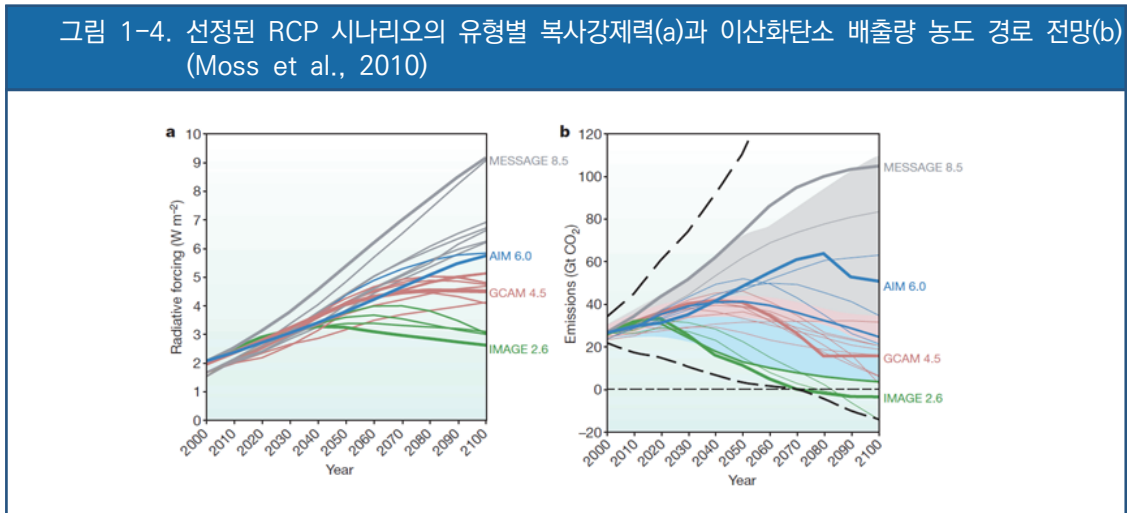


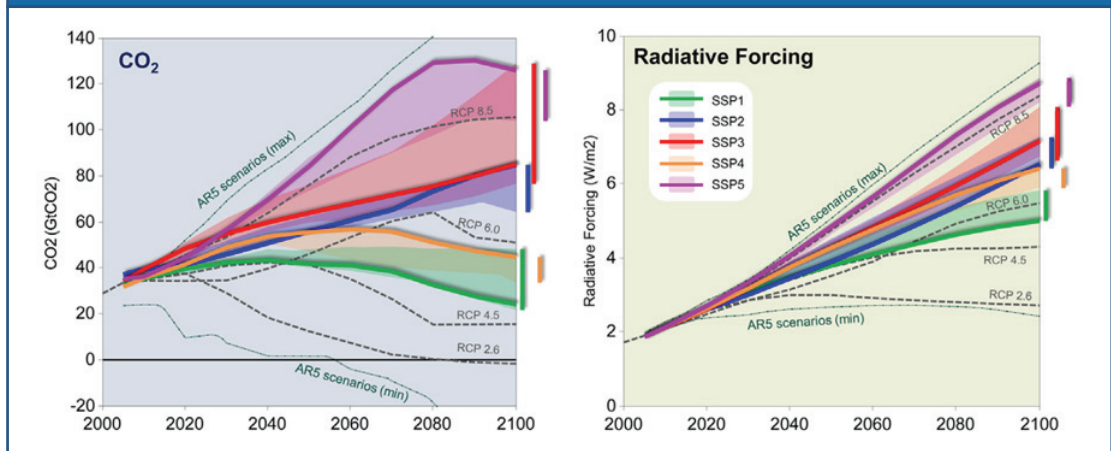
표 1-1. RCP 시나리오별 설명 및 2100년 기준 CO₂ 농도

| 종류 | 시나리오 설명 | 2100년 기준 CO ₂ 농도(ppm) | 출처, 개발 국가 |
|--------|---------------------------------|----------------------------------|--|
| RCP2.6 | 인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우 | 420 | (Riahi et al. 2007)—MESSAGE, 오스트리아 |
| RCP4.5 | 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우 | 540 | (Fujino et al. 2006; Hijioka et al. 2008)—AIM, 일본 |
| RCP6.0 | 온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우 | 670 | (Smith and Wigley 2006; Clarke et al. 2007; Wise et al. 2009)—GCAM, 미국 |
| RCP8.5 | 현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우 | 940 | (van Vuuren et al. 2006; Van Vuuren et al., 2007;)—IMAGE, 네덜란드 |

(2) SSP 시나리오의 경로와 특성

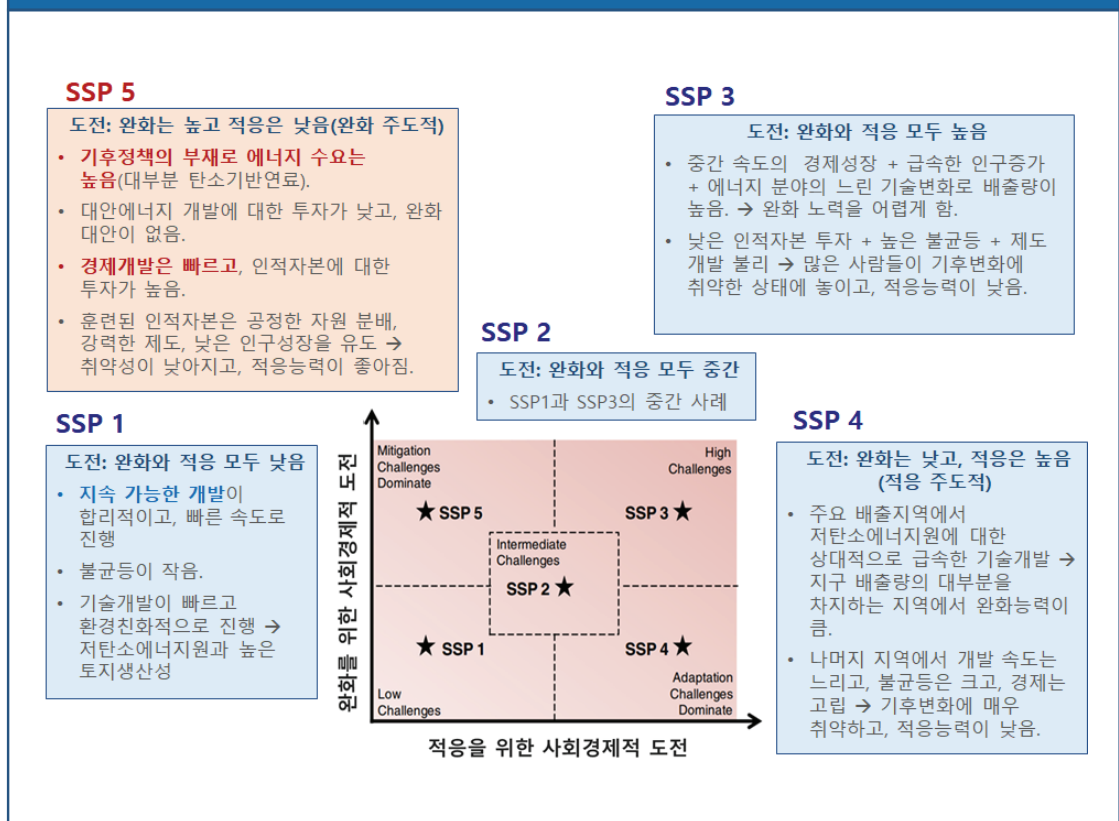
□ 공통사회경제 경로(Shared Socioeconomic Pathways)는 21세기에 사회와 자연시스템의 발달로 나타날 수 있는 가능성을 포함하며, 정량적인 척도와 스토리라인으로 구성됨. 기후 변화와 기후정책에 의해서 영향을 받은 사회경제와 환경조건을 포함할 수 있는 통합시나리오를 생산하고자 개발되었으며, 결과적으로 완화와 적응을 위해서 필요한 도전과 노력을 이용. SSP5 시나리오는 RCP8.5 시나리오보다 이산화탄소 배출량이 더 많은 시나리오이며, SSP1 시나리오는 RCP4.5 시나리오와 RCP6.0 시나리오사이의 이산화탄소 배출량 경로를 가정함. 최선의 시나리오인 SSP1 시나리오의 경우에도 RCP2.6 시나리오와 RCP4.5 시나리오보다 복사강제력이 큰 것으로 가정함(그림 1-5).

그림 1-5. SSP 시나리오에서 이산화탄소 배출량과 복사강제력 경로(O'Neill et al., 2014)



□ SSP1 시나리오는 지속가능한 개발이 빠른 속도로 진행되어, 저탄소에너지원이 사용되는 환경친화적인 상태를 가정하고 이 시나리오에서는 완화와 적응을 위한 노력과 비용이 그리 크지 않음. 하지만 SSP3 시나리오의 경우에는 인구는 급속하게 성장하지만, 에너지 분야의 기술이 느리게 성장하여 완화를 위한 노력과 비용이 커지고, 낮은 인적 투자와 불균등이 심화되어 적응을 위한 노력과 비용도 커짐. SSP2 시나리오는 SSP1과 SSP3의 중간 사례에 해당되고, SSP4 시나리오는 주요 배출지역에서 기술 개발로 완화능력은 크지만, 경제성장의 불균등으로 기후변화에 대한 적응능력이 낮음. SSP5 시나리오는 높은 경제성장으로 적응 능력은 높으나 기후정책의 부재로 완화를 위한 노력과 비용이 커짐(그림 1-6).

그림 1-6. SSP 시나리오의 구성과 내용(O'Neill et al., 2014)



(3) 지구온난화 1.5°C 특별보고서에 사용된 전지구 배출 경로(Stylized net global CO₂ emission pathways) 시나리오의 경로와 특성

□ 1.5°C 온난화가 가능한 전지구 배출 경로(Stylized net global CO₂ emission pathways)를 가정하는 시나리오로 이산화탄소배출량과 비이산화탄소복사강제력을 급속하게 줄인 경로 시나리오의 경우에는 1.5°C로 도달이 가능함(그림 1-7). P1, P2, P3 시나리오는 1.5°C 도달이 가능하지만, P4 시나리오에서는 어려움(표 1-2).

그림 1-7. 현재와 1.5°C, 2.0°C 온난화 비교 (IPCC, 2018)

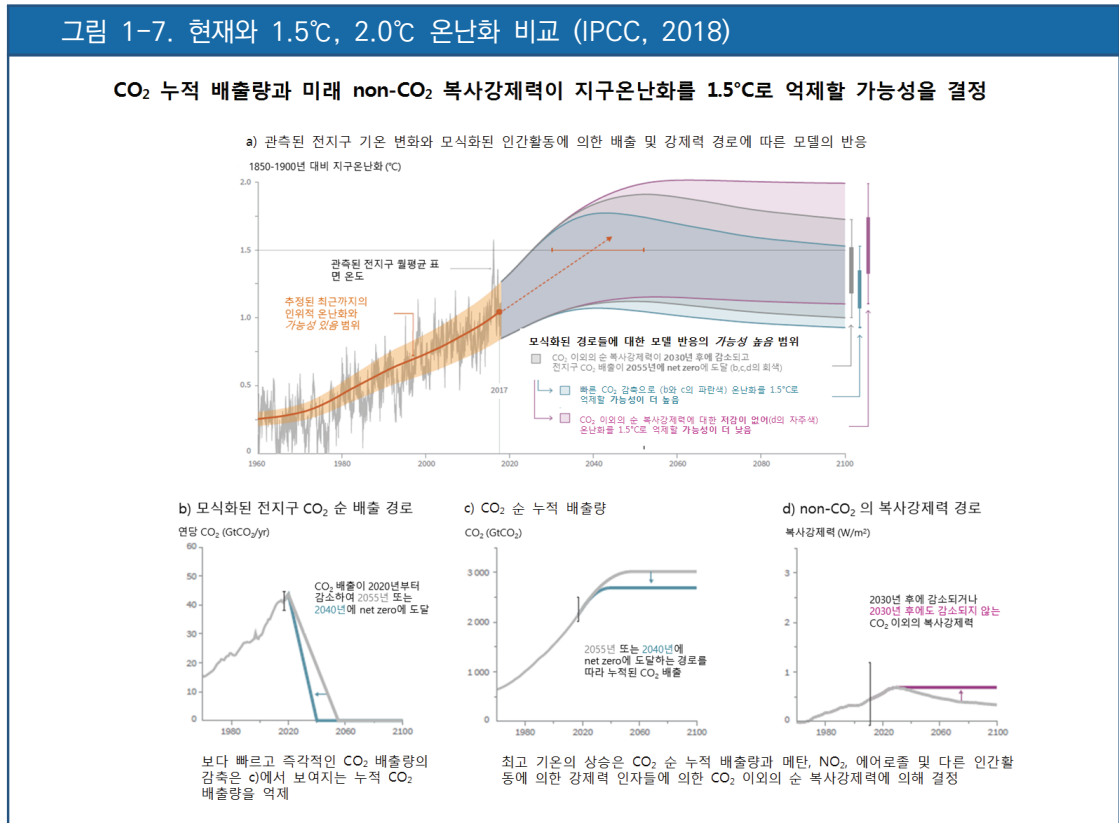


표 1-9. 전지구 배출 경로 시나리오별 특성 및 가정(IPCC, 2018)

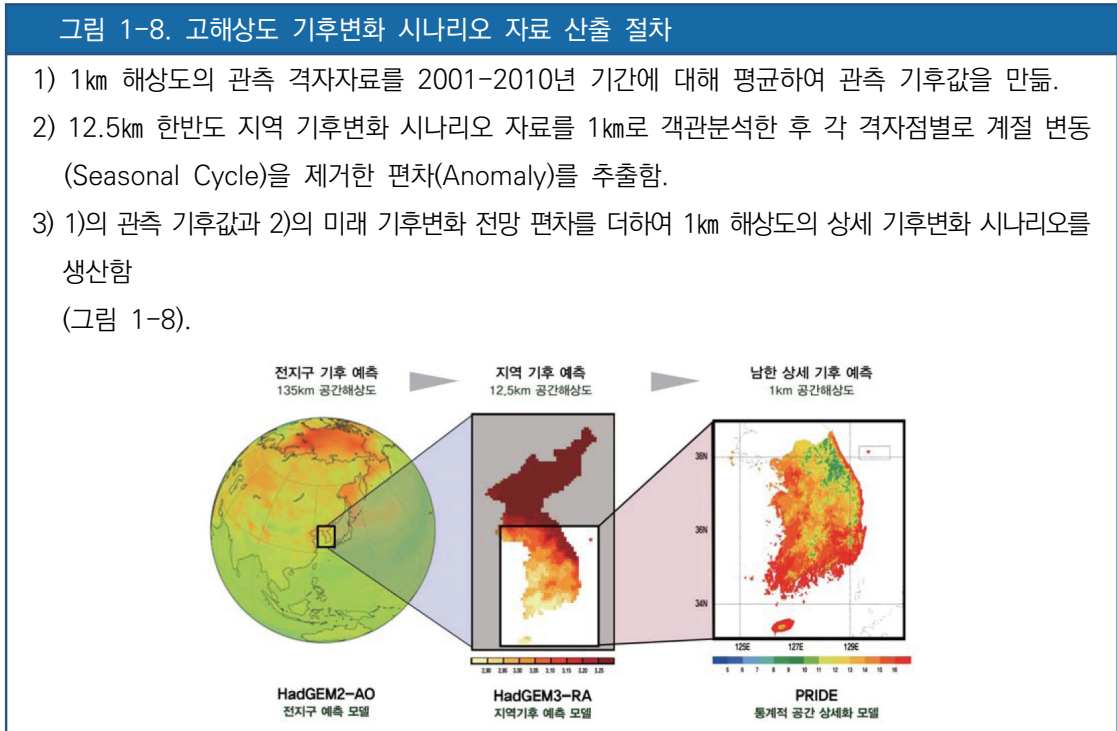
| 시나리오 종류 | 특성 및 가정 |
|---------|--|
| P1 | 사회, 경제 및 기술 혁신으로 2050년까지 에너지 수요량이 낮아지는 시나리오. 에너지 사용량이 줄어들면서 급속한 탈탄소화가 이루어짐. 조림이 유일한 CDR(Carbon Dioxide Removal) 방안으로 사용되고, 화석연료의 CCS(Carbon Capture and Storage)나 BECCS(Bioenergy with Carbon Capture and Storage)는 사용하지 않음. |
| P2 | 에너지 강도, 인류발달, 경제수렴, 국제협력력을 포함하는 지속가능성과 건강한 소비패턴, 저탄소기술혁신, 토지관리시스템의 효율성에서 진전이 생기고, BECCS가 사회에서 제한적으로 채택됨. |
| P3 | 사회와 기술개발이 과거 패턴을 따르는 중도시나리오. 배출량 저감은 주로 에너지와 제품의 생산 방법을 변경하여 달성하고, 수요 감소로 인한 저감은 작음. |
| P4 | 경제성장과 지구화로 운송 연료와 축산 제품으로 인한 에너지 수요가 높아서 온실가스 집약적인 삶의 방식이 지배적인 자원과 에너지 집약적 시나리오. 배출량 저감은 BECCS의 사용을 통한 강력한 CDR의 사용과 같은 기술적인 방안으로 주로 이루어짐. |

2. 기후변화 시나리오 기반 전망 정보 생산

- 영국기상청의 HadGEM2-AO 모델을 사용하여 약 135km 해상도의 전지구 기후변화 시나리오를 산출하고, 영국기상청 지역기후모델인 HadGEM3-RA 모델을 사용하여 한반도에 대한 12.5km 해상도의 지역 기후변화 시나리오를 산출함. 고해상도(1km) 우리나라 상세 기후변화 시나리오는 아래와 같은 과정을 거쳐 생산함.

그림 1-8. 고해상도 기후변화 시나리오 자료 산출 절차

- 1) 1km 해상도의 관측 격자자료를 2001-2010년 기간에 대해 평균하여 관측 기후값을 만듦.
- 2) 12.5km 한반도 지역 기후변화 시나리오 자료를 1km로 객관분석한 후 각 격자점별로 계절 변동(Seasonal Cycle)을 제거한 편차(Anomaly)를 추출함.
- 3) 1)의 관측 기후값과 2)의 미래 기후변화 전망 편차를 더하여 1km 해상도의 상세 기후변화 시나리오를 생산함
(그림 1-8).



1) 자료 통계 처리 기준 및 방법

- 기후변화 시나리오 전망 정보는 기온과 강수량 이외에 8개 기온 관련 극한기후지수(열대야일수, 폭염일수, 서리일수, 결빙일수, 여름일수, 식물성장가능기간, 한파일수, 일교차)와 4개 강수량 관련 기후지수(강수량강도, 호우일수, 최대무강수지속기간, 5일최다강수량) 등으로 구성(표 1-3)

- 기후변화 시나리오 전망 정보의 통계값 산출은 기상청의 기후통계지침(2017)의 기준을 따름(표 1-4).

- 본 보고서에서 평균값은 산술평균을 가리키며, 값(X_i)의 총 합을 자료수(n)로 나눈 것을 말함. 평균값(\bar{X})은 아래 식으로 산출되고,

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{n-1} + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

합계값(X)은 정해진 기간에 대한 관측값(X_i)의 총합을 가리키며 아래 식으로 산출됨.

$$X = X_1 + X_2 + \dots + X_{n-1} + X_n = \sum_{i=1}^n X_i$$

표 1-3. 미래기후 전망 생산을 위해 사용된 기온 및 강수 관련 극한기후지수의 정의

| 요소 | 극한기후지수 | 기준 | 단위 |
|----|--|---|------|
| 기온 | 열대야일수 (Tropical Nights) | 일최저기온이 25℃ 이상인 날의 연중 일수 | 일 |
| | 폭염일수 (Heat Wave Days) | 일최고기온이 33℃ 이상인 날의 연중 일수 | 일 |
| | 서리일수 (Frost Days) | 일최저기온이 0℃ 미만인 날의 연중 일수 | 일 |
| | 결빙일수 (Ice Days) | 일최고기온이 0℃ 미만인 날의 연중 일수 | 일 |
| | 여름일수 (Summer Days) | 일최고기온이 25℃ 이상인 날의 연중 일수 | 일 |
| | 식물성장가능기간 (Growing Season Length) | 일평균기온이 5℃ 보다 높은 날이 6일 이상 지속된 첫 날부터 일평균기온이 5℃ 미만인 날이 6일 이상 지속된 첫 날까지 사이의 연중 일수 | 일 |
| | 한파일수 (Cold Wave Days) | 일최저기온이 -12℃ 이하인 날의 연중 일수 | 일 |
| | 일교차 (Diurnal Temperature Range) | 일최고기온과 일최저기온 차이 값의 연평균 | ℃ |
| 강수 | 강수강도 (Simple Daily Intensity Index) | 연중 습윤일수(일강수량이 1.0mm 이상인 날)로 나누어진 연 총강수량 | mm/일 |
| | 호우일수 (Heavy Rain Days) | 일강수량이 80mm 이상인 날의 연중일수 | 일 |
| | 최대무강수지속기간 (Maximum Length of Dry Spell) | 연중 일강수량 1mm 미만인 날의 최대 지속 일수 | 일 |
| | 5일최다강수량 (Maximum Consecutive 5-day Precipitation) | 연중 5일 연속으로 내린 강수량중 최다값 | mm |

표 1-4. 기후지수별 기후값 산출 방법

| 종류 | | 산출방법 |
|----|----------|---|
| 기온 | 연 | 평균기온: 12개월의 월평균기온을 평균하여 연평균기온 산출한 후, 30년(10년) ¹⁾ 의 연평균기온을 누년 평균하여 기후값 산출 |
| | | 최고기온: 12개월의 월최고기온을 평균하여 연최고기온 산출한 후, 30년(10년)의 연최고기온을 누년 평균하여 기후값 산출 |
| | | 최저기온: 12개월의 월최저기온을 평균하여 연최저기온 산출한 후, 30년(10년)의 연최저기온을 누년 평균하여 기후값 산출 |
| 계절 | 평균기온 | 3개월의 월평균기온을 평균하여 계절평균기온 산출한 후, 30년(10년)의 계절평균기온을 누년 평균하여 기후값 산출(봄은 3, 4, 5월, 여름은 6, 7, 8월, 가을은 9, 10, 11월, 겨울은 12월, 익년 1, 2월로 정의) |
| | | 연강수량: 12개월의 월강수량을 합하여 연강수량 값 산출한 후, 30년(10년)의 연강수량을 누년 평균하여 기후값 산출 |
| 강수 | 계절강수량 | 3개월의 월강수량을 합하여 계절강수량 값 산출한 후, 30년(10년)의 계절강수량을 누년 평균하여 기후값 산출 |
| | 극한 기후 지수 | 기온 관련: 일자료를 이용하여 각 극한기후지수별 기준에 따라 산출한 후, 30년(10년)의 극한기후지수를 누년 평균하여 기후값 산출 |
| | | 강수 관련: 일자료를 이용하여 각 극한기후지수별 기준에 따라 산출한 후, 30년(10년)의 극한기후지수를 누년 평균하여 기후값 산출 |

1) 한반도 기후변화 전망보고서는 30년(1981-2010년) 평균값을, 광역시도별 기후변화 전망보고서는 10년(2001-2010년) 평균값을 기후값으로 정의

- 모든 통계값 산출 시, 소수 둘째자리에서 반올림하여 첫째자리까지 산출
- 기후변화 시나리오 미래 전망은 10년과 30년 단위로 산출
 - 10년 단위로 8개 평균값 산출: 2021-2030, ..., 2091-2100년
 - 30년 단위로 3개 평균값 산출(전반기는 20년): 21세기 전반기(2021-2040년), 중반기(2041-2070년), 21세기 후반기(2071-2100년)

(1) 한반도 기후변화 전망 보고서의 자료 산출

- 12.5km 공간해상도의 지역기후 예측모델로 전망한 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 북한을 포함한 한반도 기후변화 전망 정보 산출
- 모델 기후값(Normal) 산출
 - 한반도 기후변화 전망 보고서에서 사용하는 기후값은 최근 30년(1981-2010년)의 모델평균으로 정의
 - 1981-2005년은 과거기후 재현값(historical run) 자료를, 2006-2010년은 각 시나리오별 전망값을 이용하여 30년 평균한 모델 기후값을 산출하기 때문에 RCP시나리오별 모델 기후값이 다름.
- 편차 및 편차비 산출
 - 한반도의 미래 기후변화 전망의 공간분포를 제시하기 위해 모델의 편차값(강수량의 경우 편차비)을 산출함(표 1-5).

표 1-5. 모델 편차값 및 편차비 산출 방법

$$\text{모델 편차값} = \text{모델 전망값} - \text{모델 기후값}$$

$$\text{모델 편차비} = (\text{모델 전망값} - \text{모델 기후값}) / \text{모델 기후값} \times 100 (\%)$$

- 한반도, 남한, 북한의 시나리오 전망값 산출 방법
 - 한반도, 남한, 북한 평균 전망값은 모델 자료의 구조적 오차로 발생하는 cold bias를 제거하기 위해 관측자료를 이용한 보정 값으로 제시됨. 모델 전망값으로부터 모델 기후값을 빼서 모델 편차값 산출한 후, 관측 기후값을 더하여 산출
 예) 한반도의 21세기 후반기 폭염일수 전망(RCP8.5) :
 $27.8\text{일} = 21.9\text{일}(\text{모델 전망값}) - 1.4\text{일}(\text{모델 기후값}) + 7.3\text{일}(\text{관측 기후값})$
- 한반도, 남한, 북한의 평균값 산출
 - 한반도, 남한, 북한의 평균값 산출 시 각 격자의 평균값을 산출한 후, 각 행정구역에 해당하는 격자의 총합을 격자수로 나누어 산출
 - 전체 격자(81×97) 대상으로 산출한 자료를 ArcMap10.1의 Clip 방법을 이용하여 한반도/남한/북한 베이스맵(Basemap) 경계에 맞게 추출(그림 1-9)
 - 추출된 격자 값을 평균하여 한반도, 남한, 북한의 평균값을 산출
 예) 한반도 격자 추출

그림 1-9. 한반도 해당 격자 추출 전(좌)과 후(우)



(2) 광역시도 기후변화 전망 보고서의 자료 산출

- 17개 광역시도의 전망 정보는 1km 공간해상도의 지역기후 예측모델로 예측한 기후변화 시나리오 자료를 이용
- 현재 기후값 산출
 - 현재 기후값은 고해상도 격자형 관측 자료를 이용한 2001-2010년의 10년 평균값임.
- 격자자료의 행정구역별 자료화
 - 면적을 가중인자로 하는 Thiessen's weighting method을 사용하여 격자별 가중치를 적용한 후, 행정구역 내에 포함되는 격자에 격자별 가중치를 곱하여 행정구역별 자료 산출(표 1-6)

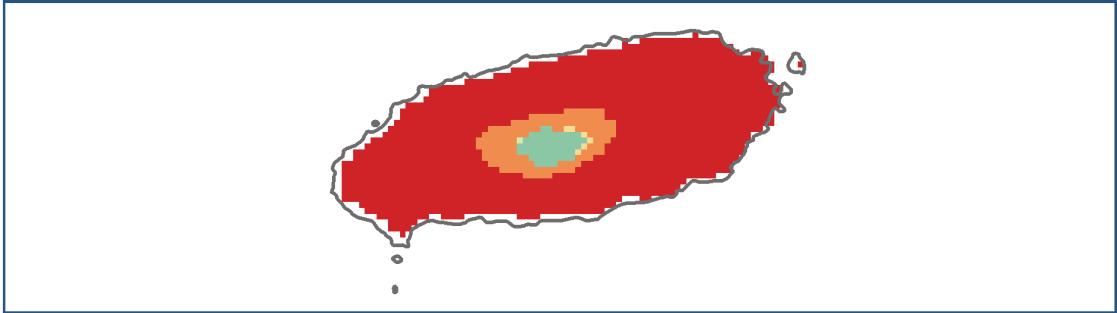
표 1-6. 격자별 가중치 및 행정구역의 기후값 산출 방법

격자별 가중치 = 격자 내 해당 구역의 넓이 / 해당 구역 전체 넓이

해당 행정구역의 기후값 = $\sum(\text{구역 내에 포함되는 격자의 기후 데이터} \times \text{격자별 가중치})$

예) 각 격자의 기후값을 x_1, x_2, \dots, x_n , 각 행의 격자와 지역이 겹쳐지는 부분의 넓이를 A_1, A_2, \dots, A_n 라고 하고, $S = A_1 + A_2 + \dots + A_n$ 라고 가정하면 이때 제주특별자치도의 기후값은 구역 내에 포함되는 격자의 기후 데이터(x_i)와 격자별 가중치($\frac{A_i}{S}$)의 곱들의 합으로 이루어지므로, $x_1 \times \frac{A_1}{S} + x_2 \times \frac{A_2}{S} + \dots + x_n \times \frac{A_n}{S}$ 이 됨(그림 1-10).

그림 1-10. 제주특별자치도 산출에 적용되는 격자



□ 기온, 강수량 및 강수 관련 기후지수 산출

- 연·계절별 평균/최고/최저기온은 전망값과 편차(전망값-기후값)를 10년(2021-2030년, ..., 2091-2100년), 30년(2021-2040년, 2041-2070년, 2071-2100년) 단위로 평균하여 산출(전반기는 20년)
- 강수량 및 강수 관련 극한기후지수는 전망값과 편차비((전망값-기후값)/기후값)를 10년(2021-2030년, ..., 2091-2100년), 30년(2021-2040년, 2041-2070년, 2071-2100년) 단위로 평균하여 산출(전반기는 20년)

□ 행정구역별 계절길이 산출

- 행정구역별 계절길이는 아래의 기준을 적용하여 산출(표 1-7)
- 계절길이 산출시 일평균기온을 9일 이동평균한 자료를 사용

표 1-7. 계절 시작일과 계절길이 정의

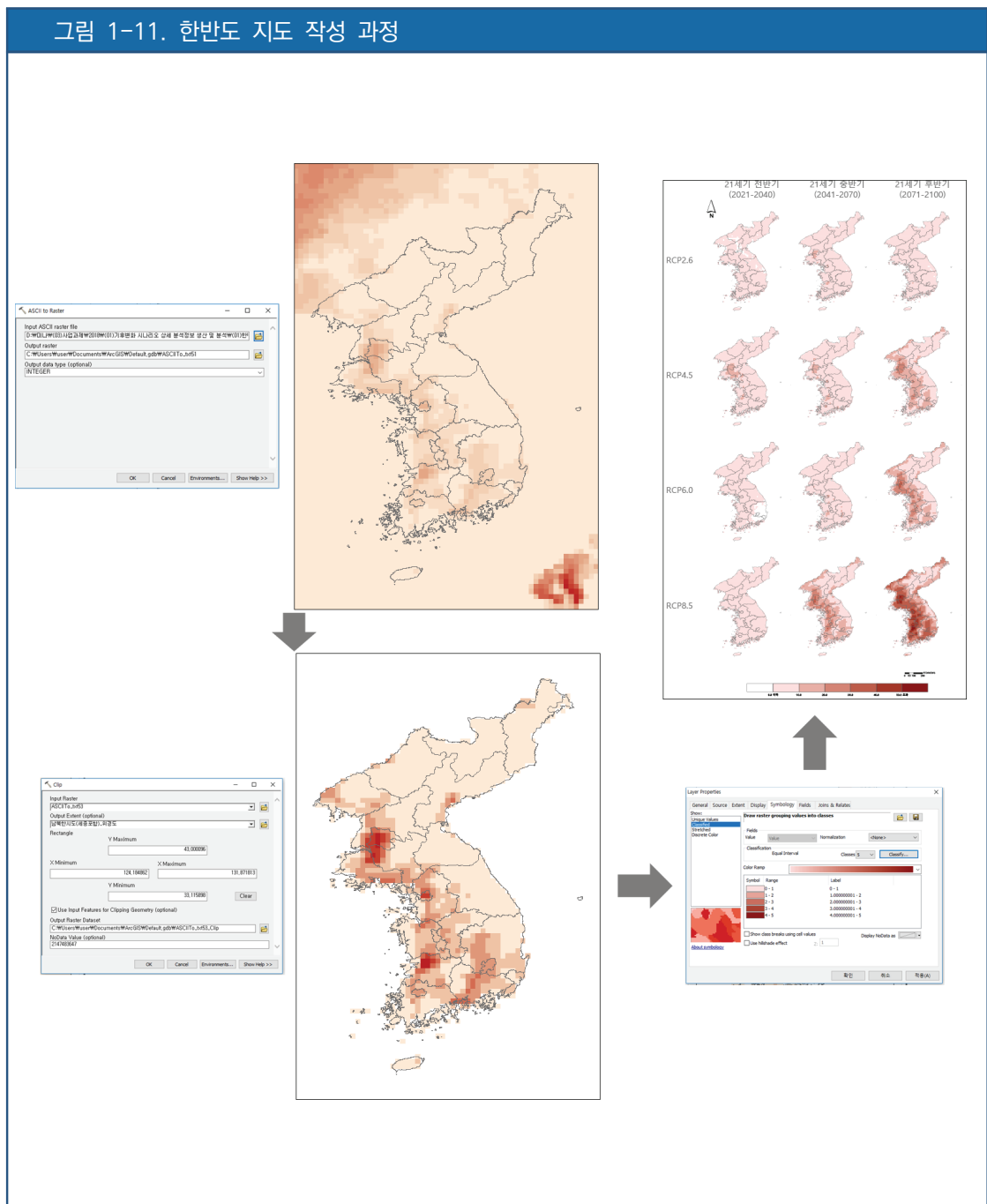
| 계절 | 계절 시작일 정의 | 계절길이 정의 |
|----|-------------------------------------|----------------------|
| 봄 | 일평균기온이 5℃ 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날 | 봄 시작일부터 여름 시작일 전날까지 |
| 여름 | 일평균기온이 20℃ 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날 | 여름 시작일부터 가을 시작일 전날까지 |
| 가을 | 일평균기온이 20℃ 미만으로 떨어진 후 다시 올라가지 않는 첫날 | 가을 시작일부터 겨울 시작일 전날까지 |
| 겨울 | 일평균기온이 5℃ 미만으로 떨어진 후 다시 올라가지 않는 첫날 | 겨울 시작일부터 봄 시작일 전날까지 |

2) 지도 작성 과정

(1) 한반도 기후변화 전망 보고서 작성

- 자료 통계 처리 기준 및 방법을 통해 산출된 자료를 ArcGIS10.1 프로그램의 ASCII to Raster tool을 사용하여 격자 자료로 변환(그림 1-11)
- Clip tool을 이용하여 한반도에 포함되는 격자만을 추출
- Properties-Classified에서 범례 설정 및 단계 구분도 작성
- 지도 작성 후 Adobe Illustrator CS6 프로그램에서 RCP 4종 시나리오의 21세기 전반기, 중반기, 후반기 총 12개 지도, 방위, 축척, 범례 위치 조정 및 JPG 파일로 추출

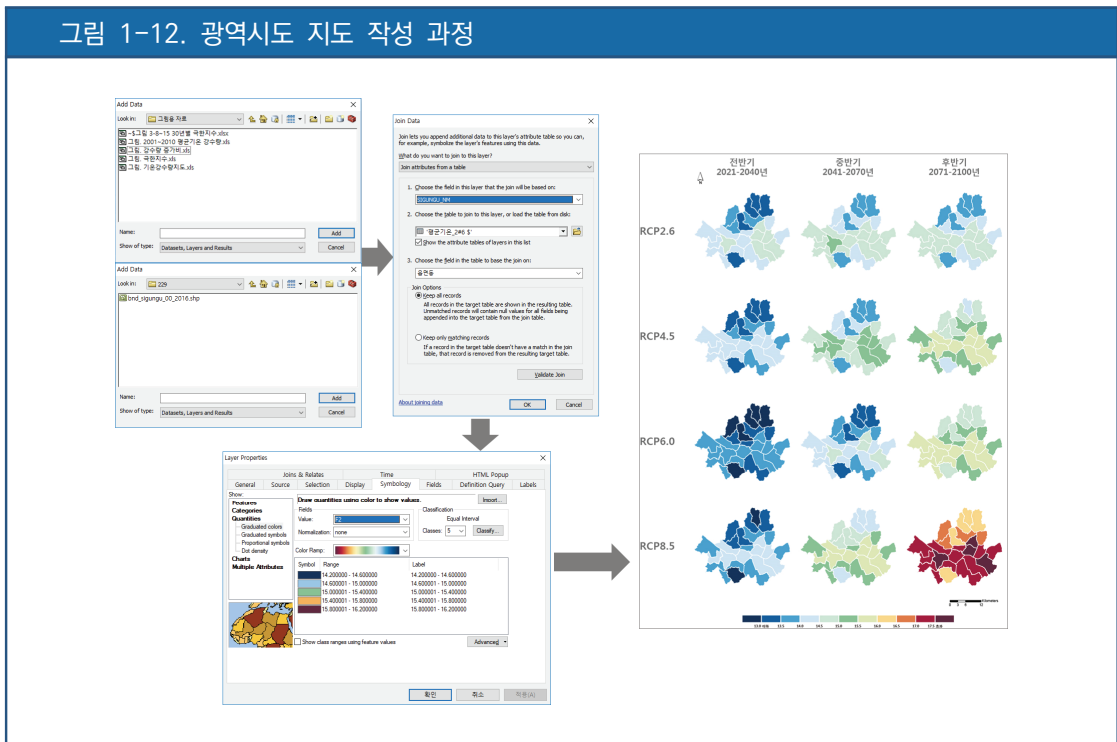
그림 1-11. 한반도 지도 작성 과정



(2) 광역시도 기후변화 전망 보고서 작성

- ArcGIS 10.1 프로그램에서 Add Data로 자료 통계 처리 기준 및 방법을 통해 산출된 자료와 해당 행정구역의 베이스맵 불러오기(그림 1-12)
- 베이스맵에 산출된 자료 붙이기(Joins and Relates-Join)
- Properties-Symbology-Quantities-Graduated colors에서 범례 설정 및 단계 구분도 작성
- 지도 작성 후 Adobe Illustrator CS6 프로그램에서 RCP 4종 시나리오의 21세기 전반기, 중반기, 후반기 총 12개 지도, 방위, 축척, 범례 위치 조정 및 JPG 파일로 추출

그림 1-12. 광역시도 지도 작성 과정



2장

기후변화 영향조사 및 시나리오 기반 전망정보 활용 사례

1. 기후변화 영향조사

□ 기후변화 시나리오를 이용하여 우리나라를 대상으로 부문별 기후변화 영향을 평가한 다양한 논문을 수집·분석하였으며, 각 부문에 대한 주요 연구 결과는 다음 표와 같음(표 2-1).

표 2-1. 연구사례 분석을 통한 부문별 우리나라 기후변화 영향 조사

| 부문 | 내용 |
|-----------------|---|
| 보건 및 재난·재해 | <ul style="list-style-type: none"> 보건 분야에서는 주로 기후변화에 의한 열스트레스 증가와 그로 인한 질병(온열질환, 뇌졸중 등) 혹은 사망 위험도 변화에 대한 연구와 함께 이러한 질병부담에 대한 사회경제적 영향평가에 관한 연구가 진행되었음. RCP 시나리오 자료를 활용하여 재난·재해 분야에서는 주로 산사태를 비롯하여 산불, 홍수 위험도 전망에 대한 연구가 진행되었음. 연구 결과에 따르면 산사태, 홍수의 위험도는 증가하지만 산불은 2020년대 까지만 증가하며 열스트레스로 인한 질병률과 사망률은 모두 증가할 것으로 전망됨. |
| 농업 | <ul style="list-style-type: none"> RCP 시나리오 자료를 활용하여 기후변화로 인한 작물별 재배적지 변화, 작물의 재배 한계선 확장과 감소, 작물 생산성 변화가 주를 이루고 있음. 기후변화로 인한 기초적인 변화 연구와 함께, 이로 인한 작물 재배치, 고온, 동해, 가뭄, 홍수, 병해충에 대한 피해 위험성 평가, 피해 저감 기술과 식량 안보체계 구축 등의 활용 연구도 함께 진행되고 있음. 연구 결과에 따르면 작물별로 차이는 있지만 미래 기후변화로 인해 고온, 동해, 가뭄, 홍수로 인한 피해가 증가하여 작물마다 재배적지가 다른 지역으로 이동할 것으로 전망됨. |
| 해양·수산업 및 물관리 | <ul style="list-style-type: none"> RCP 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 유역별 지하수위, 유출량, 유입량, 최대강우량 등을 산출하여 기후변화로 인한 미래 수자원 변화를 전망하는 연구들이 다수 수행되었음. 기후변화로 인해 강우량의 변동성이 증가하여 극한강수 발생빈도가 증가하며, 홍수와 가뭄 위험도가 모두 증가할 것으로 전망됨. |
| 산림 및 생태계 | <ul style="list-style-type: none"> RCP 기후변화 시나리오를 이용하여 다양한 수종의 적지분포(서식지) 변화 전망과 곤충 및 병해충의 활동시기, 발생분포, 종의 다양성 변화 전망에 대한 연구가 수행되었음. 기후변화의 영향으로 21세기 후반으로 갈수록 난·온대림의 서식지는 확장될 것으로 전망됨. |

□ 기후변화로 인해 미호천 지역의 극한홍수의 위험성이 증가함(김병식·하성룡, 2013).

- 미래로 갈수록 극한강수의 평균과 변동성이 증가하고, 큰 극한강수의 발생 빈도가 잦아짐 (그림 2-1).
- 빈도별 설계홍수량은 50년 빈도의 경우 약 10~22% 증가, 100년 빈도의 경우 약 10~24%, 200년 빈도의 경우 30~43% 증가함(표 2-2).

그림 2-1. RCP8.5 시나리오 기반 극한 강수량의 위치, 규모, 형상 매개변수의 변화 (김병식·하성룡, 2013)

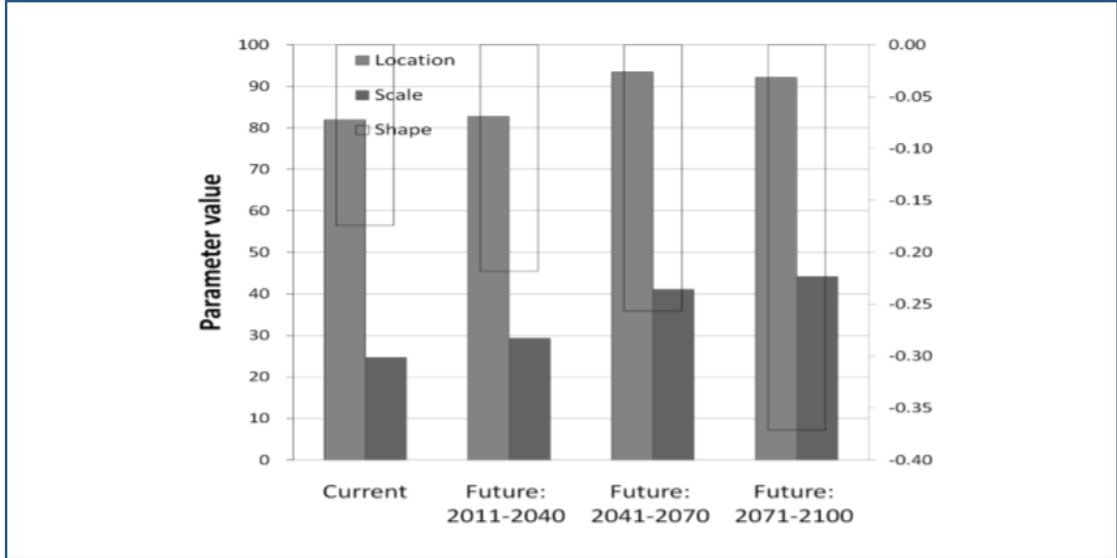


표 2-2. 기후변화에 따른 설계홍수량의 변화(김병식·하성룡, 2013)

| 빈도 | 2011-2040년 | 2041-2070년 | 2071-2099년 |
|------|------------|------------|------------|
| 50년 | ▲22.39 | ▲12.75 | ▲10.05 |
| 100년 | ▲23.96 | ▲13.84 | ▲10.26 |
| 200년 | ▲42.68 | ▲34.22 | ▲30.80 |

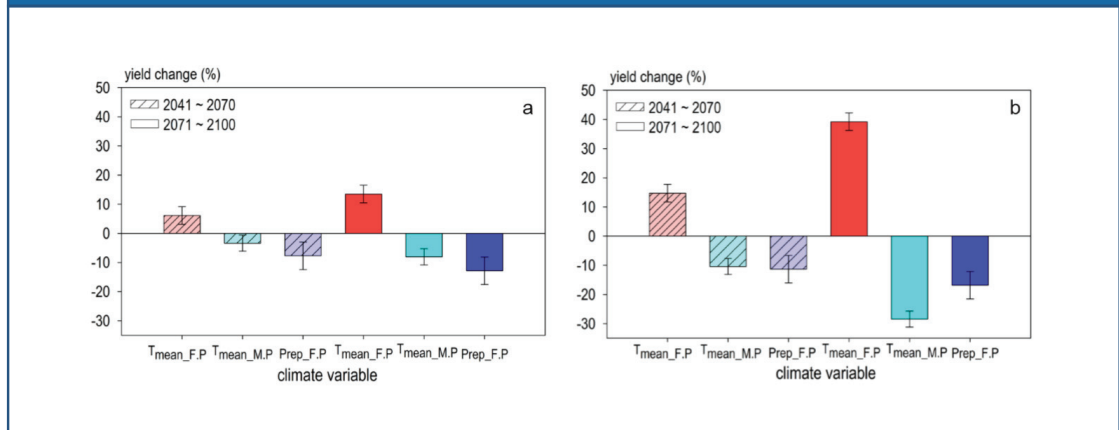
□ 기후변화로 인해 작물의 생산량의 변화함: 경남의 단감 생산성은 감소할 것으로 전망됨 (허인혜·이승호, 2017).

- RCP4.5/8.5 시나리오에 따르면 21세기 중반기와 후반기의 봄·가을철 평균기온이 상승하고 가을철 강수량은 증가할 것으로 전망됨(표 2-3).
- 미래 단감 생산성은 감소하지만 RCP8.5 시나리오의 21세기 후반기는 가을철 평균기온의 상승으로 그 감소폭이 줄어들(그림 2-2).

표 2-3. RCP4.5/8.5 시나리오 기반 1998-2015년 대비 경남 기후값의 변화(허인혜·이승호, 2017에서 발췌)

| 기간 | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
|------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | 가을철 평균기온 변화 (°C) | 봄철 평균기온 변화 (°C) | 가을철 강수량 변화 (mm) | 가을철 평균기온 변화 (°C) | 봄철 평균기온 변화 (°C) | 가을철 강수량 변화 (mm) |
| 2041-2070년 | 0.2 | 0.7 | 95.2 | 0.9 | 1.6 | 127.9 |
| 2071-2100년 | 0.8 | 1.3 | 142.0 | 2.9 | 3.9 | 178.3 |

그림 2-2. RCP4.5/8.5 시나리오 기반 경남의 2071-2100년 단감 생산량 변화 (허인혜·이승호, 2017)



□ 기후변화로 인해 유량이 변화함에 따라 수생태계가 받는 스트레스가 변화함(차우영, 2017).

- 경향성의 차이가 있지만 금호강의 미래 유량은 현재보다 증가할 것으로 전망됨(그림 2-3).
- 전반적인 유량 증가로 인해 수생태계가 받는 공간적은 제약으로 인한 스트레스는 감소할 것으로 전망됨.
- 극한사상이 발생하는 시기 및 지속시간의 변화 등으로 인한 수생태계의 스트레스는 증가할 것으로 전망됨(표 2-4).

그림 2-3. RCP 시나리오 기반 금호강의 미래 유량 변화(차우영, 2017)

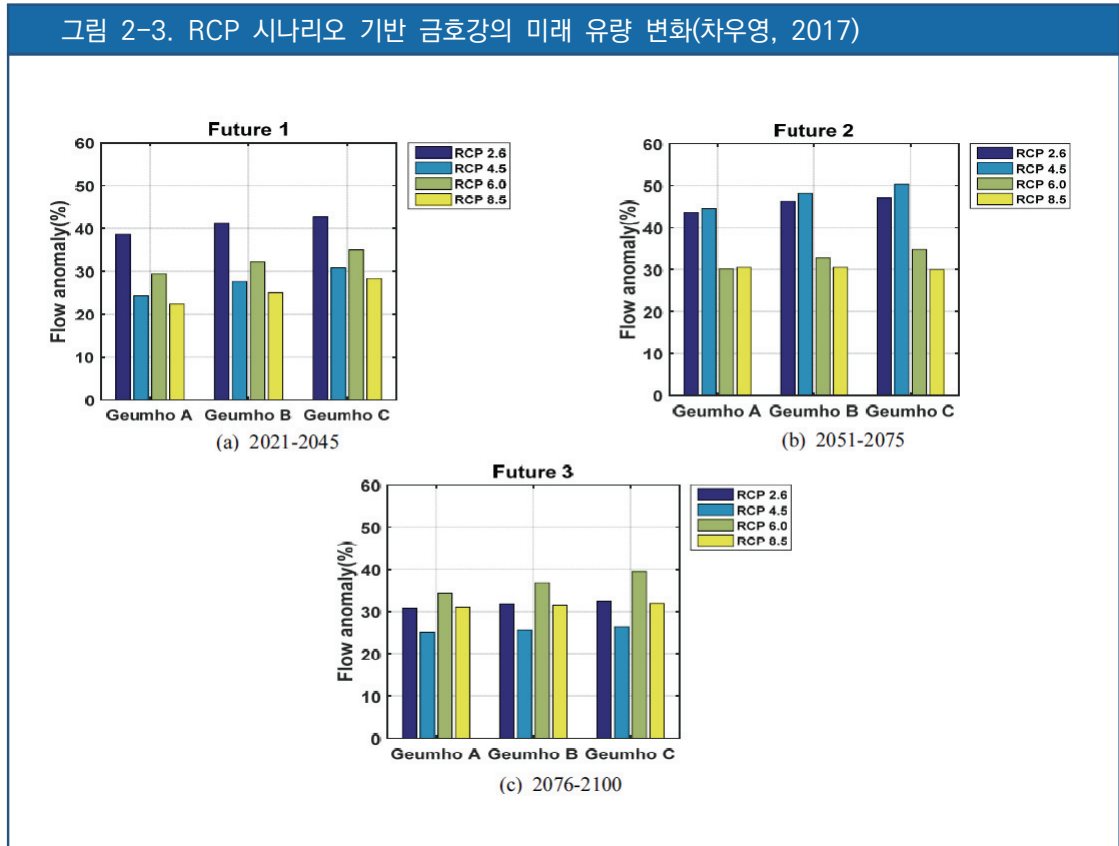
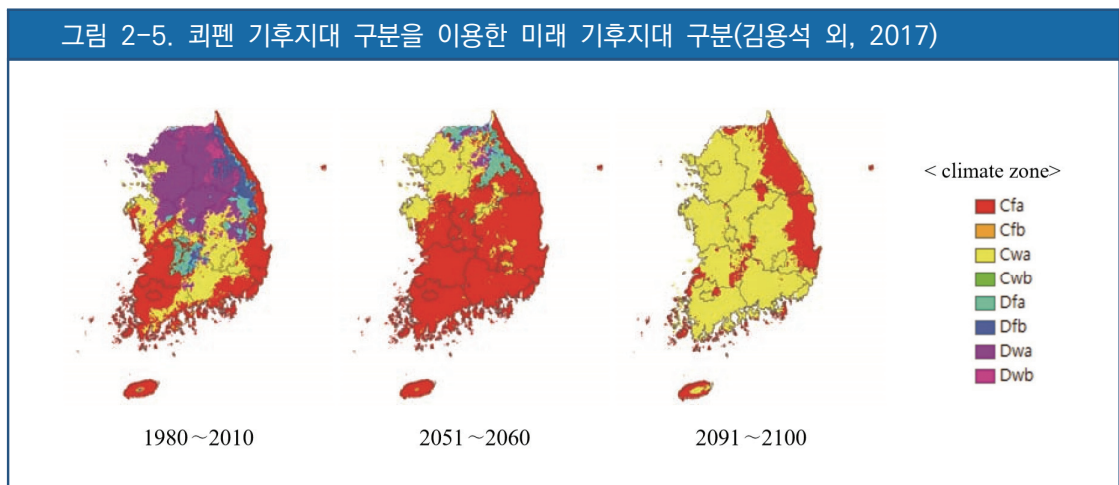
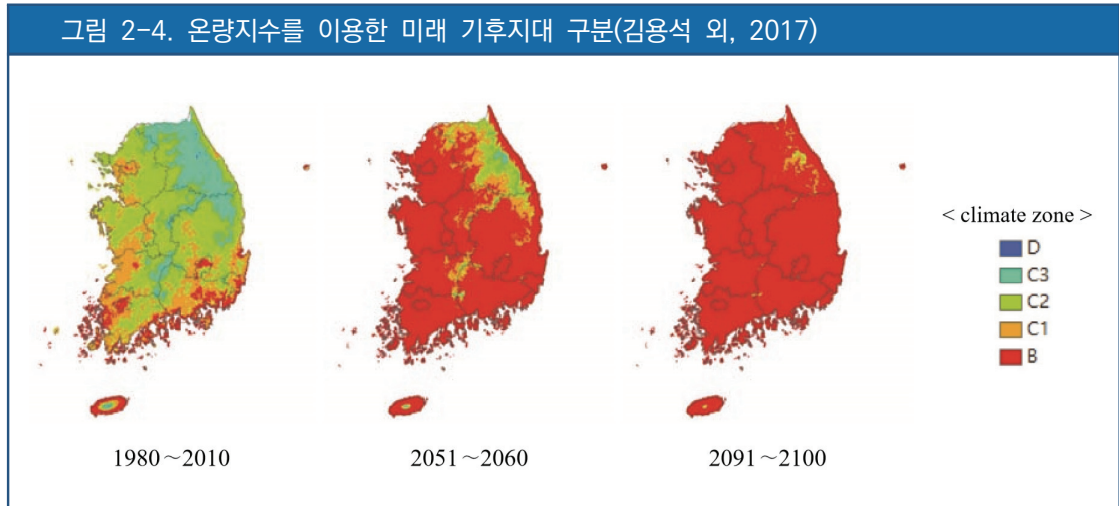


표 2-4. 기후변화에 따른 설계홍수량의 변화(차우영, 2017에서 발췌)

| 금호강 하류 | 현재 | 2021-2045년 | 2051-2075년 | 2076-2100년 | 스트레스 |
|---------------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| 8월 평균 일 유량 | 105.24 | 160.24 (153-96~172.72) | 166.45 (149.10~174.75) | 156.18 (139.78~185.08) | 감소 |
| 연 최대 7일 평균 유량 | 425.35 | 610.54 (562.64~641.56) | 609.56 (551.62~648.12) | 557.66 (502.58~597.92) | 증가 |
| 풍수량 이상 지속기간 | 4.32 | 5.09 (4.71~5.35) | 5.27 (4.83~5.79) | 5.23 (4.98~5.56) | 증가 |

□ 기후변화로 인해 기후지역이 변화함(김용석 외, 2017).

- 온량지수에 의한 기후지대를 구분하였을 경우, 21세기 후반으로 갈수록 기온이 증가하여 전국적으로 난온대의 기후특성이 나타날 것으로 전망됨(그림 2-4).
- 쾨펜의 기후지대 구분에서는 기온의 꾸준한 증가와 강수량의 연중 빈도 차이에 의해 아열대 기후형인 Cfa와 Cwa의 기후특성이 주로 나타날 것으로 예상됨(그림 2-5).



2. 지자체 차원의 활용 사례

□ 기후변화 적응대책 및 세부시행계획

- 저탄소 녹색성장 기본법 제48조 제 4항 및 동법 시행령 제38조 제2항에 의거하여 각 지자체별로 5년마다 기후변화 적응대책 세부 시행계획을 수립하고 있음.

〈저탄소 녹색성장 기본법 제48조 및 시행령 제38조 제2항〉

제48조(기후변화영향 및 적응대책의 추진) ④ 정부는 기후변화로 인한 피해를 중이기 위하여 사전 예방적 관리에 우선적인 노력을 기우어야 하며 대통령령으로 정하는 바에 따라 기후변화의 영향을 완화시키거나 건강·자연재해 등에 대응하는 적응대책을 수립·시행

시행령 제38조(기후변화영향 및 적응대책의 수립·시행 등) ① 환경부 장관은 법 제48조제4항에 따라 기후변화적응대책을 관계 중앙행정기관의 장과 협의 및 위원회의 심의를 거쳐 5년 단위로 수립·시행

② 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)은 제1항에 따른 기후변화 적응대책에 따라 소관 사항에 대하여 기후변화 적응대책 세부 시행계획을 수립·시행한다.

③ 환경부장관은 제2항에 따른 세부 시행계획 시행의 적정성 등을 확인하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수·구청장에 대하여 매년 그 실적을 점검할 수 있다. <신설 2012.12.27.>

④ 환경부장관은 제1항에 따른 기후변화 적응대책 및 제2항에 따른 세부 시행계획의 수립·시행을 위하여 관계 중앙행정기관의 고위공무원단에 속하는 공무원으로 구성된 협의체를 구성·운영할 수 있다. <신설 2012.12.27.>

⑤ 환경부장관은 제2항에 따른 세부 시행계획의 수립·시행 및 제3항에 따른 실적 점검을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수·구청장에게 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다. <신설 2012.12.27.>

- 2010년 국내 최초의 5년 단위 계획인 「제1차 국가 기후변화 적응대책(2011~2015년)」이 수립되었으며, 기상청 RCP 시나리오 전망을 반영하여 2012년에 수정·보완을 추진하였음. 2015년에 1차 적응대책이 완료됨에 따라 「제2차 국가 기후변화 적응대책(2016~2020년)」이 수립됨(표 2-5).

표 2-5. 제2차 국가 기후변화 적응대책 주요 추진방향(제2차 국가 기후변화 적응대책 요약본)

| 추진방향 | 1차 대책 | → | 2차 대책 |
|---------|---|---|---|
| 구성 | <ul style="list-style-type: none"> • 14개 부처 • 농수산, 국토 9개 부문 | → | <ul style="list-style-type: none"> • 20개 부처 • 4개 정책부문, 1개 정책기반 |
| 과학기반 | <ul style="list-style-type: none"> • 분야별 주요대책 중심 | → | <ul style="list-style-type: none"> • 87개 우선순위의 기후리스크 기반 (관광 등 신규대책 마련) |
| 기후변화 정보 | <ul style="list-style-type: none"> • 부문별 취약성 평가 • 부처별 정보관리 | → | <ul style="list-style-type: none"> • 통합 취약성 평가 • 기후변화 정보 통합·연계 제공 |
| 사회 안전망 | <ul style="list-style-type: none"> • 차별화된 적응대책 미흡 | → | <ul style="list-style-type: none"> • 취약계층·지역 관리강화 |
| 정책기반 | <ul style="list-style-type: none"> • 연간실적점검 | → | <ul style="list-style-type: none"> • 지표설정, 종합평가 |

- 국가 기후변화 적응대책 수립의 후속조치로 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획, 2012년부터 17개 광역지자체별 기후변화 적응대책 세부시행계획, 2013년부터 기초지자체별 적응대책 세부시행계획이 수립됨.

- VESTAP은 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립을 지원하기 위한 도구로 국립환경과학원이 개발 및 배포한 CCGIS(Climate Change adaptation toolkit based on GIS) 및 LCCGIS(Local Climate Change adaptation toolkit based on GIS)에 기반하여 개발되었음. 2014년 11월부터 기초지자체의 기후변화 취약성 평가를 지원하였고, 2015년 12월부터 광역지자체 기후변화 취약성 평가를 지원하고 있음. 현재 7개 부문(건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산, 물관리, 생태계) 32개 취약성 평가항목을 제시함.
- 서울특별시의 제2차 기후변화 적응대책 세부시행계획(서울특별시, 2017)

▷ 기상청 기후정보포털에서 제공한 남한상세 1km 격자의 RCP4.5/8.5시나리오 자료를 활용하여 서울특별시의 연대별 기온 및 강수량의 미래 전망값을 제공함(표 2-6).

표 2-6. RCP 8.5 시나리오에 따른 서울시 기후 전망(서울특별시, 2017)

| 기간 | 기온 | | | |
|-----------|----------|------------|------------|-----------|
| | 평균기온(°C) | 평균최고기온(°C) | 평균최저기온(°C) | 평균강수량(mm) |
| 2001-2010 | 13.0 | 17.7 | 8.8 | 1379.1 |
| 2011-2020 | 13.2 | 17.8 | 9.1 | 1736.4 |
| 2021-2030 | 14.2 | 18.9 | 10.1 | 1634.1 |
| 2031-2040 | 14.3 | 19.0 | 10.2 | 1521.0 |
| 2041-2050 | 15.1 | 19.6 | 11.1 | 1846.4 |
| 2051-2060 | 15.6 | 20.1 | 11.6 | 1999.9 |
| 2061-2070 | 16.5 | 21.2 | 12.5 | 1845.3 |
| 2071-2080 | 17.4 | 22.0 | 13.4 | 1830.3 |
| 2081-2090 | 17.9 | 22.6 | 13.8 | 1863.7 |
| 2091-2100 | 18.5 | 23.2 | 14.5 | 1804.1 |

출처 : 기상청 기후정보포털, 남한상세(1km) RCP 8.5(제어적분 200년)

▷ 서울·인천·경기도 기후변화 전망보고서(기상청, 2012)에서 제공하는 21세기 전·중·후반기의 극한기후지수 미래 전망값을 제공함(표 2-7).

표 2-7. RCP 시나리오에 따른 서울시 극한기후 전망(서울특별시, 2017)

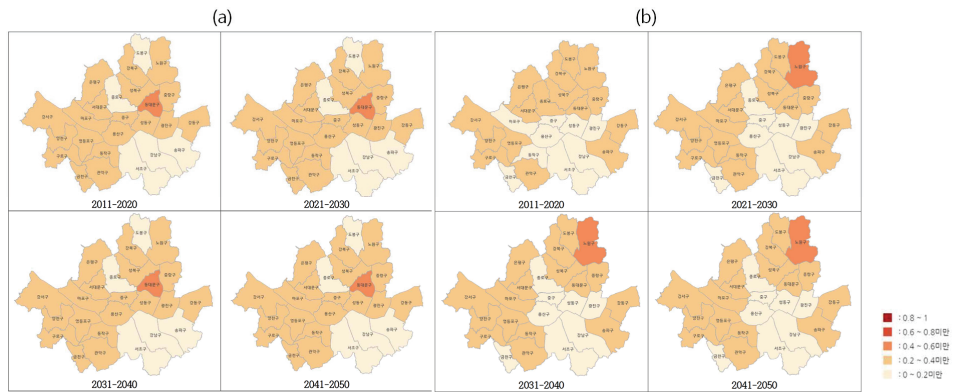
| 극한기후 | 현재 기후값* | 시나리오 | 21세기 전반기 (2011~2040년) | 21세기 중반기 (2041~2070년) | 21세기 후반기 (2071~2100년) | 경향성 (일/10년) |
|-------|---------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 서리일수 | 87.7 | RCP8.5 | -2.4 | -22.3 | -43.3 | -6.50 |
| | | RCP4.5 | -0.9 | -6.5 | -11.8 | -1.74 |
| 결빙일수 | 18.3 | RCP8.5 | -4.2 | -13.3 | -17.0 | -2.09 |
| | | RCP4.5 | -6.4 | -9.1 | -12.4 | -0.96 |
| 여름일수 | 121.8 | RCP8.5 | 9.5 | 28.1 | 47.5 | 6.54 |
| | | RCP4.5 | 4.2 | 20.9 | 24.4 | 3.25 |
| 열대야일수 | 8.2 | RCP8.5 | 9.7 | 33.7 | 63.8 | 8.82 |
| | | RCP4.5 | 5.4 | 18.6 | 29.0 | 3.25 |
| 폭염일수 | 11.1 | RCP8.5 | 10.9 | 27.5 | 62.3 | 8.49 |
| | | RCP4.5 | 4.0 | 13.3 | 20.7 | 2.53 |

* 2001-2011년 평균값

출처 : 기상청, 2012a

▷ 웹(Web)기반 기후변화 취약성 평가도구 시스템인 VESTAP(Vulnerability assESment Tool to build climate change Adaptation Plan)에 RCP4.5/8.5 시나리오를 적용하여 부문별 취약성 평가를 수행함(그림 2-6).

그림 2-6. 폭염(a)과 한파(b)에 의한 건강 취약성(RCP 8.5 시나리오)(서울특별시, 2017)



3. 부문별 활용 사례

1) 보건 및 재난·재해 부문

□ 기후변화 관련 급·만성질환 건강기후도 개발(질병관리본부, 2015)

- 기후변화에 따른 보건 부문의 대응마련을 위해 우선순위 급·만성 질환(온열질환, 급성심근경색, 뇌졸중)을 선정하고, 이러한 질병을 대상으로 기상조건을 이용한 환자 발생 예측 모델을 개발함.
- 질병 발생의 지역별 차이를 효과적으로 제시하기 위해 GIS를 활용한 건강기후도를 개발하고, 여름철 기상정보를 활용하여 현재와 미래의 기후 취약지역을 선정하여 제시함.
- 미래 여름철 기후 취약지역 선정을 위해 RCP 4.5/8.5 남한상세시나리오(1km) 시·군·구 단위의 기온자료를 활용함.
- 연구 결과

- ▷ 시나리오 자료를 활용하여 시·군·구별 미래 냉방도일을 산출하고 이를 통해 미래 기후 취약지역을 선정함.
- ▷ RCP 4.5/8.5 시나리오에 따른 미래 냉방도일을 20년 단위(2001-2020, 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100)로 산출함. 모든 기간에서 냉방도일이 상위 20%에 해당하는 지역을 취약지역으로 제시함(그림 2-7, 8).

그림 2-7. (RCP 4.5 시나리오) 냉방도일을 이용한 미래 취약지역 선정(질병관리본부, 2015)

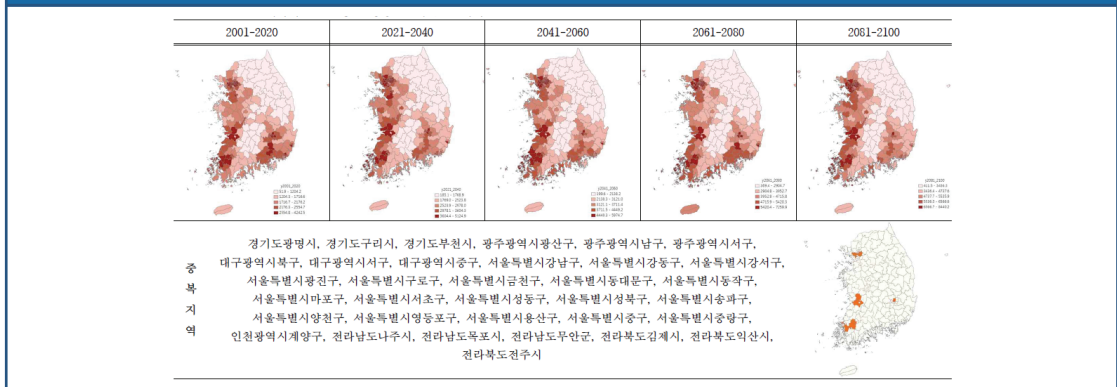
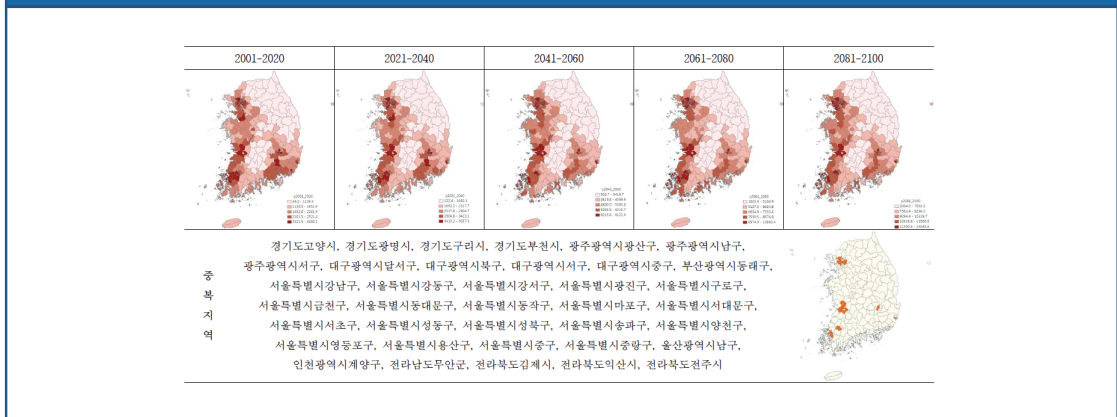


그림 2-8. (RCP 8.5 시나리오) 냉방도일을 이용한 미래 취약지역선정(질병관리본부, 2015)



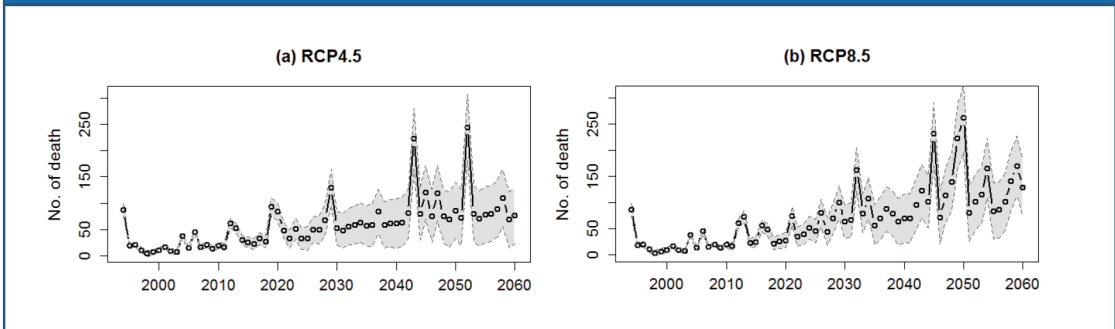
□ 폭염정보 수집·연계를 통한 폭염위험지도 작성 및 활용방안(국립재난안전연구원, 2014)

- 우리나라 폭염피해 발생 현황 및 특성을 통해 폭염발생 빈도와 고령화가 폭염사망자 수에 미치는 영향을 모형화하고, 이를 미래 기후변화 시나리오(RCP4.5/8.5) 및 인구변화 시나리오에 적용하여 2060년까지의 미래 폭염피해를 정량적으로 추정함.
- 우리나라 폭염피해 현황 및 전망 분석을 토대로 폭염위험지도 구축방안을 제시함.
- 기상청에서 제공하는 RCP4.5/8.5 남한상세 시나리오(1km)의 최고기온 자료를 활용함.
- 연구결과

▷ 2010년대에 비해 2040년대 폭염 사망자수는 RCP 4.5 시나리오의 경우 5배, RCP 8.5의 경우 7.2배 증가될 것으로 전망됨(그림 2-9).

▷ RCP4.5/8.5 시나리오에서 공통적으로 2050년경 약 250여명의 대규모 인명피해가 발생할 것으로 전망됨.

그림 2-9. 기후변화 시나리오와 인구변화 시나리오에 따른 미래 폭염사망자 발생 전망 (국립재난안전연구원, 2014)



□ 기후변화로 인한 건강피해 부담 및 사회경제적 영향평가 관련 연구(보건복지부, 2014)

- 온도, 강수량 및 기타 기상요인의 변화가 수백만 명의 사람들 중 특히 적응력이 낮은 인구집단의 건강에 영향을 미칠 것으로 예측되고 있음. 본 연구는 기후변화로 인한 국가적 수준에서 건강영향을 평가하고 이를 질병부담 및 경제적 부담으로 산출하여 기후변화와 관련한 정책수립의 근거로 제공하는 것을 목적으로 함.
- 국내를 기준으로 기후변화로 인해 발생하는 건강영향을 평가하고, 기후변화로 인해 발생할 수 있는 질병부담을 국가수준으로 산출하며, 기후변화로 인한 경제적 비용을 국가수준에서 산출함.
- 연구자료: 기상청의 RCP 4.5와 8.5 시나리오 자료를 사용함.
- 연구 결과

▷ 질병부담값은 장애보정생존년(Disability-Adjusted Life Year, DALY)으로 정의되며 인구 1,000명 기준으로 산출되고, 2020(2016~2025)년, 2030(2026~2035)년, 2050(2046~2055)년에 대해 제시함(표 2-8).

▷ 미래에는 기후변화로 인한 기온상승과 더불어 인구집단의 노령화로 인해 폭염에 의한 초과 사망자가 증가할 수 있음.

- 현재 폭염 및 이상기후로 인한 총 사망의 질병부담은 0.49이며, RCP 8.5에서는 2050년대에 1.72로 상승함.
- 온열질환은 큰 변화를 보이지 않으며, 심혈관계 질환은 현재 1.24이며, RCP 8.5에서는 2050년에 3.66까지 상승할 것으로 전망됨.

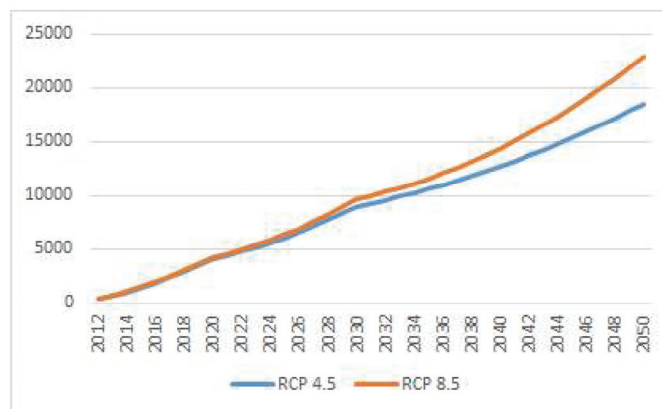
표 2-8. 미래 시나리오기반 기후변화로 인한 위험요소에 따른 질병부담 예측(보건복지부, 2014)

(단위: ASR DALY/1,000)

| 질병 | 현재질병부담 | 기후변화 시나리오 | 미래질병부담 | | |
|-------|--------|-----------|--------|-------|-------|
| | | | 2020년 | 2030년 | 2050년 |
| 총 사망 | 0.49 | RCP4.5 | 0.48 | 0.71 | 0.77 |
| | | RCP8.5 | 0.48 | 0.71 | 1.72 |
| 온열질환 | 0.01 | RCP4.5 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| | | RCP8.5 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 심혈관질환 | 1.24 | RCP4.5 | 1.36 | 1.63 | 1.76 |
| | | RCP8.5 | 1.22 | 1.82 | 3.66 |

- ▷ 현재 집중호우로 인한 질병부담은 0.231이며 2050년에 RCP4.5에서는 0.339, RCP8.5에서는 0.308로 상승할 것으로 전망됨.
- ▷ 매개체감염병과 수인성 및 식품매개질환 등은 유효숫자가 작기는 하지만 기온상승으로 인한 미래로 갈수록 질병부담이 증가할 것으로 전망됨.
- ▷ 2011년 기준 기후 관련 총 건강 영향 비용은 약 8천9백억으로 산출되었고, 시나리오에 따른 미래 시점별 누적 비용에서는 RCP8.5에서 2020년에 15.1조원, 2030년 35.7조원, 2050년 96.1조원으로 산출되었음(그림 2-10).

그림 2-10. 기후변화 관련 온열질환 누적비용(보건복지부, 2014)



□ 기후변화를 고려한 방재기준 가이드라인(소방방재청, 2013)

- 중앙재난안전대책본부(소방방재청)는 2011년12월 “기후변화 시나리오(SRES)를 고려한 방재 기준가이드라인“을 마련하였음. 2013년에 RCP 시나리오가 발표되면서 “기후변화 시나리오(RCP)를 고려한 방재기준가이드라인“로 개정안을 발표하였음.
- RCP 시나리오를 고려하여 기후변화로 인해 재해를 유발하는 강우 등 각종 기상인자와 해수면 상승을 정량적으로 분석하고, 그에 따른 방재시설물의 방재기준을 제고하기 위한 지침을 제공하고자 함.
- 연구결과

- ▷ RCP4.5/8.5 시나리오(12.5km)를 반영하여 미래 기후변화에 따른 확률강수량, 확률적설량, 기본풍 속도, 해수면 상승고 등을 산정(그림 2-11, 12, 13)
- ▷ RCP8.5 시나리오에서 미래 확률강우량은 최대 80% 이상 증가함.

그림 2-11. 미래 목표기간별 확률강우량의 증가율(RCP 8.5, 지역빈도해석, 100년 빈도) (소방방재청, 2013년에서 발췌)

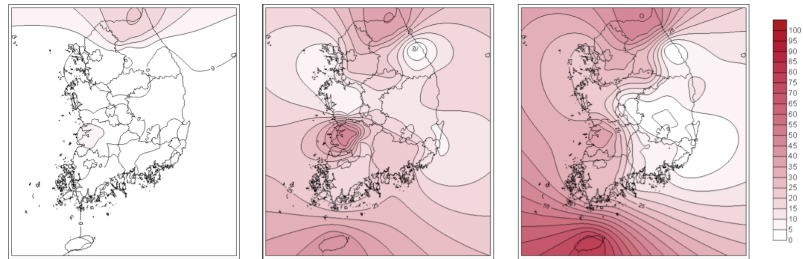


그림 2-12. RCP 8.5 기후변화 시나리오에 의한 기본풍속도(지점빈도해석, 10분 평균풍속, 100년 빈도) (소방방재청, 2013년에서 발췌)

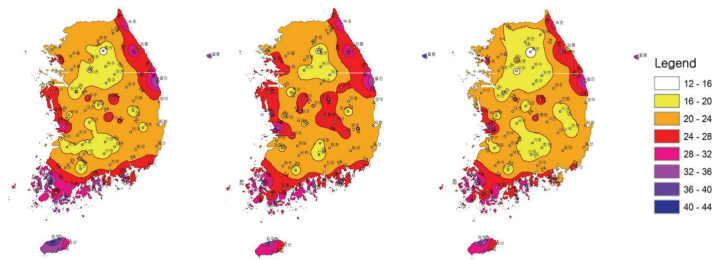
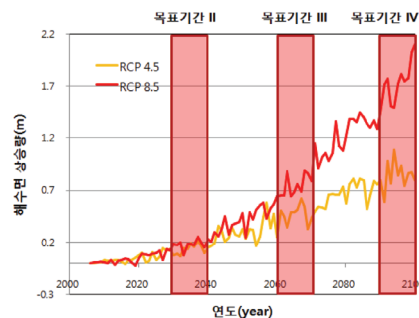


그림 2-13. RCP별 목표기간별 해수면 상승고(소방방재청, 2013년에서 발췌)



| 기후변화 취약성 평가 분석도구 개발에 관한 연구: 충남지역 산불 취약성을 중심으로(2017) | | 기후변화 리스크의 위험성과 확장성 분석: 산사태리스크를 중심으로(2017) | |
|---|-----------------|--|---------------|
| 윤수향, 이상신 | 한국기후변화학회지, 8(3) | 이동근 외 | 리스크관리연구, 8(2) |
| 기후변화 취약성 평가 분석도구가 갖는 한계점을 분석하여 신규로 prototype을 개발했고, 이를 바탕으로 충남 전역의 2010년대, 2020년대, 2050년대 산불에 대한 취약성 정보를 제공하였음. | | RCP4.5/8.5 시나리오를 이용하여 기후변화에 따른 산사태 위험지역 면적과 피해규모를 추정함. 21세기 후반기(2071-2100년)에는 과거(2006년) 보다 산사태 발생 위험지역이 150% 늘어나고, 피해 규모도 200% 수준으로 증가할 것으로 추정됨. | |
| RCP 8.5 기후변화시나리오를 이용한 기후변화가 미호천 유역의 설계홍수량에 미치는 영향 평가(2013) | | 기후변화 대응을 위한 RCP 시나리오 기반 국내 열지수와 불쾌지수 예측(2013) | |
| 김병식, 하성룡 | 한국습지학회지, 15(1) | 이수지 외 | 대기, 23(2) |
| RCP 8.5 시나리오를 이용하여 기후변화가 반영된 설계강우량을 산정하고, 설계홍수량에 미치는 영향을 파악함. 설계홍수량은 50년 빈도가 약 7~10%, 100년 빈도가 약 7~9%, 200년 빈도가 4~11% 증가하는 등 기후변화가 미래 미호천 유역의 극한홍수 위험성을 증가시킬 것으로 전망됨. | | RCP4.5/8.5 시나리오 자료를 기반으로 향후 100년간의 우리나라 여름철 열지수와 불쾌지수의 변화를 예측함. RCP4.5 시나리오의 경우 특히 8월에 강한 증가 경향이 나타났고 RCP8.5 시나리오의 경우 모든 달에 증가 경향이 나타남. | |

2) 농업 부문

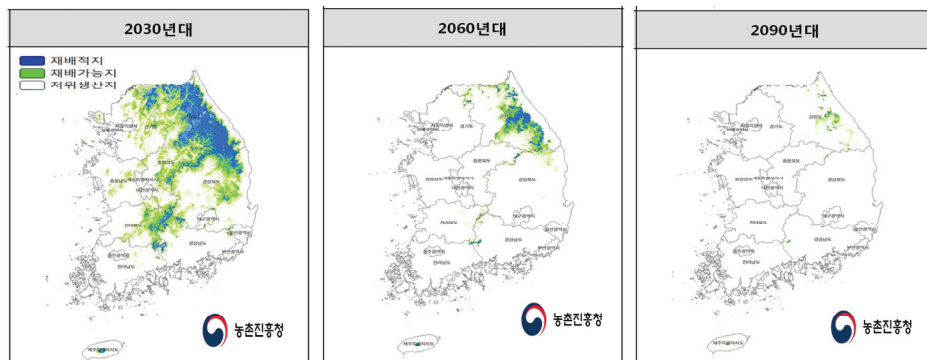
□ 기후변화에 따른 주요 농작물 주산지 이동현황(통계청, 2018)

- 기온상승으로 주요 농작물의 주산지가 남부지방에서 충북, 강원 지역 등으로 북상하고 있으며, 미래에도 계속해서 기온이 상승할 것으로 전망됨.
→ RCP 4.5와 8.5 시나리오에서 미래에 재배가능적지가 어떻게 변할 것인지에 대해 전망하여 작물별로 발생될 문제점 및 대책마련, 피해 최소화를 위한 종합대책 수립에 기초자료로 사용하고자함.
- 연구자료: 기상청의 RCP 4.5와 8.5 시나리오 자료를 사용함.
- 연구 결과

▷ 강원도 산간을 제외한 남한 대부분의 지역이 21세기 후반기에 아열대 기후로 변경되고, 주요 농작물 재배가능지가 북상할 것으로 예측됨.

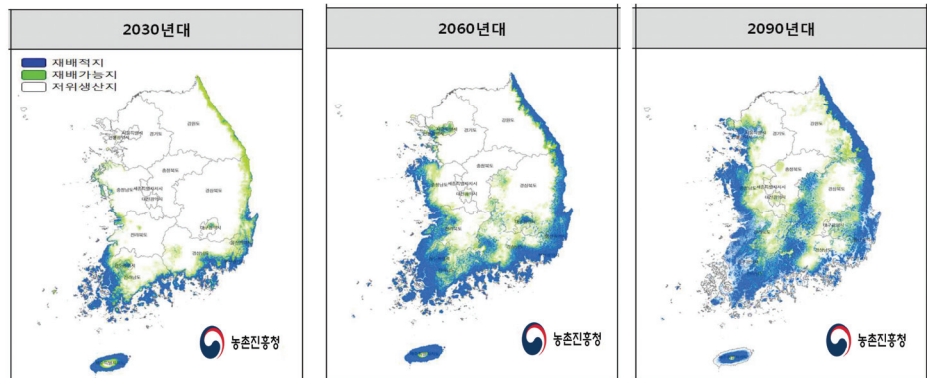
- 사과, 복숭아, 포도, 인삼 등은 재배가능지가 점차 감소할 전망(그림 2-14)
- 감귤, 단감 등은 재배한계선이 상승하여 재배가능지가 늘어날 전망(그림 2-15)

그림 2-14. RCP 8.5 시나리오에 따른 사과 재배가능지(재배적지) 변동 예측 (통계청, 2018)



자료원: 농촌진흥청 온난화대응농업연구소

그림 2-15. RCP 8.5 시나리오에 따른 단감 재배가능지(재배적지) 변동 예측 (통계청, 2018)



자료원: 농촌진흥청 온난화대응농업연구소

□ 기후변화 신시나리오의 축산분야 적용 및 활용기술(국립축산과학원, 2017)

- 축산부문 전자기후도 제작 및 홈페이지 구축을 통해 미래 기후변화로 인한 축산부문 피해예방 기반을 확충하고자 함.
- 기후변화에 따른 축종별 영향 예측을 위해 RCP8.5 시나리오를 이용한 온습도지수(THI)를 산출하여 미래 상세 전자기후도를 제작함.
- 기상청에서 제공하는 RCP8.5 남한상세 시나리오(1km)의 일평균/최고/최저기온 및 강수량 자료와 한반도 기후변화 시나리오(12.5km)의 상대습도 자료를 활용함(상대습도의 경우, 공간 내삽방법을 이용한 보간 추정을 통해 1km 해상도로 조정하여 사용함).
- 연구결과

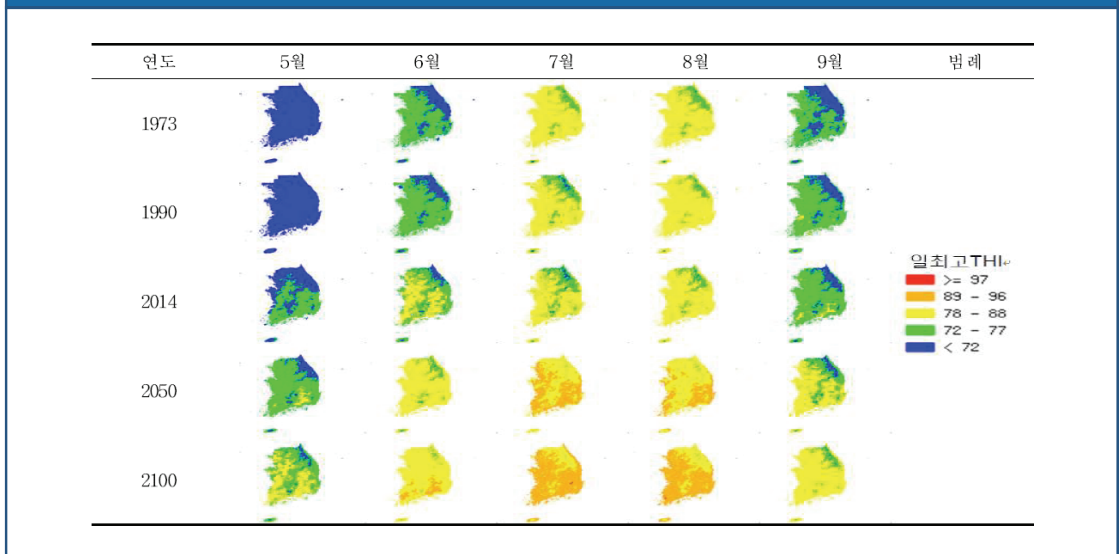
▷ 한육우, 젖소, 돼지, 닭 등 축종별 온습도지수를 산출하고, 온습도지수에 따른 가축 스트레스 기준을 기존 연구를 바탕으로 5단계(안정/주의/경보/위험/위급)로 구분하여 전자기후도를 제작함(표 2-9, 그림 2-16).

표 2-9. THI* 기반 수태지 열 스트레스 단계 구분(국립축산과학원, 2017)

| 단계 | 지수범위 | 단계별 상태 |
|----|-------|---|
| 위급 | >96 | - 폐사 발생 |
| 위기 | 89~96 | - 사료섭취량 20% 이상 및 극심한 체중 감소, 다호흡 현상 발생, 호흡량및 체온 증가로 인한 체내 호르몬 변화 |
| 경보 | 78~88 | - 사료섭취량 및 체중 감소, 호흡수 및 체온 상승 |
| 주의 | 72~77 | - 약간의 스트레스 |
| 안정 | < 72 | - 젖소 사육을 위한 적정 환경 |

* $THI = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26.8)]$

그림 2-16. 젖소 일 최고 THI 월 평균값의 월연도별 비교(국립축산과학원, 2017)

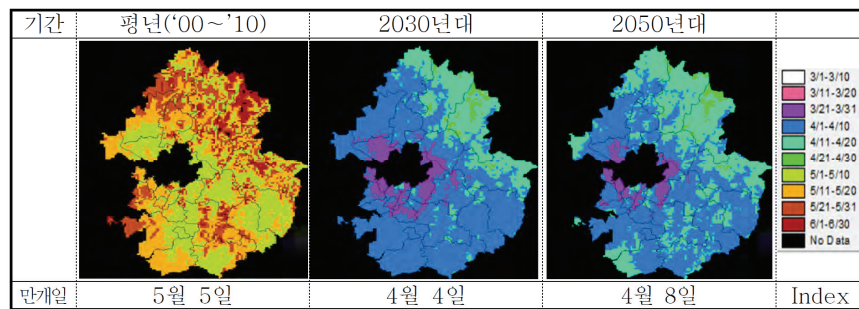


□ 기후변화 시나리오에 의한 전자 기후도 작성 및 작물 재배치에 관한 연구
(농업기술원, 2015)

- 생육시기(발아기 및 만개기 등)와 기상요소와의 상관관계를 분석한 후, 도출된 상관관계에 기후변화 시나리오를 적용하여 미래 재배적지 변화를 분석하고 기상환경 변화에 따른 농작물의 생육과 수량의 변동성을 파악하고자 함.
- 경기도에 재배되고 있는 주요 작물의 생육시기의 기후관측자료를 이용하여 평년기후(2000-2010년)를 생산하고 전망자료는 RCP 8.5 시나리오의 일별, 월별 평균/최고/최저기온과 강수량 자료를 활용
- 연구 결과

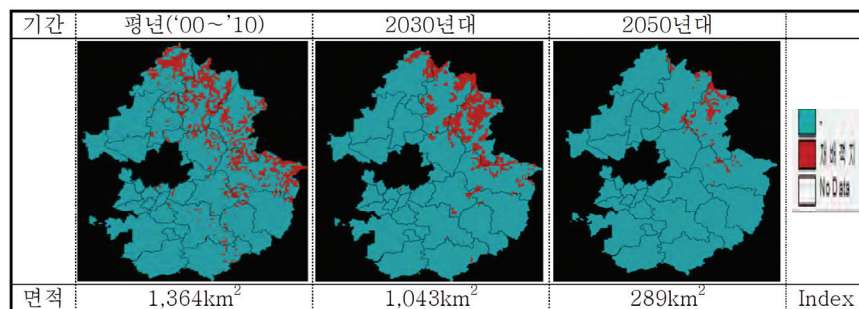
▷ 사과와 만개기는 일평균기온 0°C 미만 최종출현일과 높은 상관관계를 보였으며, 이 회귀식을 근거로 사과와 만개기 변화를 예측하였을 때 평년에 비해 2030년대 및 2050년대에는 각각 평균 31일, 35일 빨라질 것으로 전망됨(그림 2-17).

그림 2-17. RCP 8.5 시나리오에 따른 사과 평균 만개일 및 만개기 공간분포 변화(농업기술원, 2015)



▷ 사과 재배적지는 상해위험도 및 연평균기온 8-11°C와 생육기(4-10월) 온도 15-18°C를 충족하는 지역으로 산출하였음. 사과 재배적지 면적은 2030년대에는 평년 대비 약 24% 줄고, 2050년대에는 약 79% 줄어드는 것으로 나타나 가평군 및 양평군의 일부 지역을 제외한 경기도 전역이 사과 재배적지에서 벗어날 것으로 예측됨(그림 2-18).

그림 2-18. RCP 8.5 시나리오에 따른 사과 재배적지 면적 및 공간분포 변화 전망(농업기술원, 2015)



□ 벼 생육모형 ORYZA2000을 이용한 기후변화에 따른 벼 수량성, 재배적지 및 적응 기술 평가(국립식량과학원, 2017)

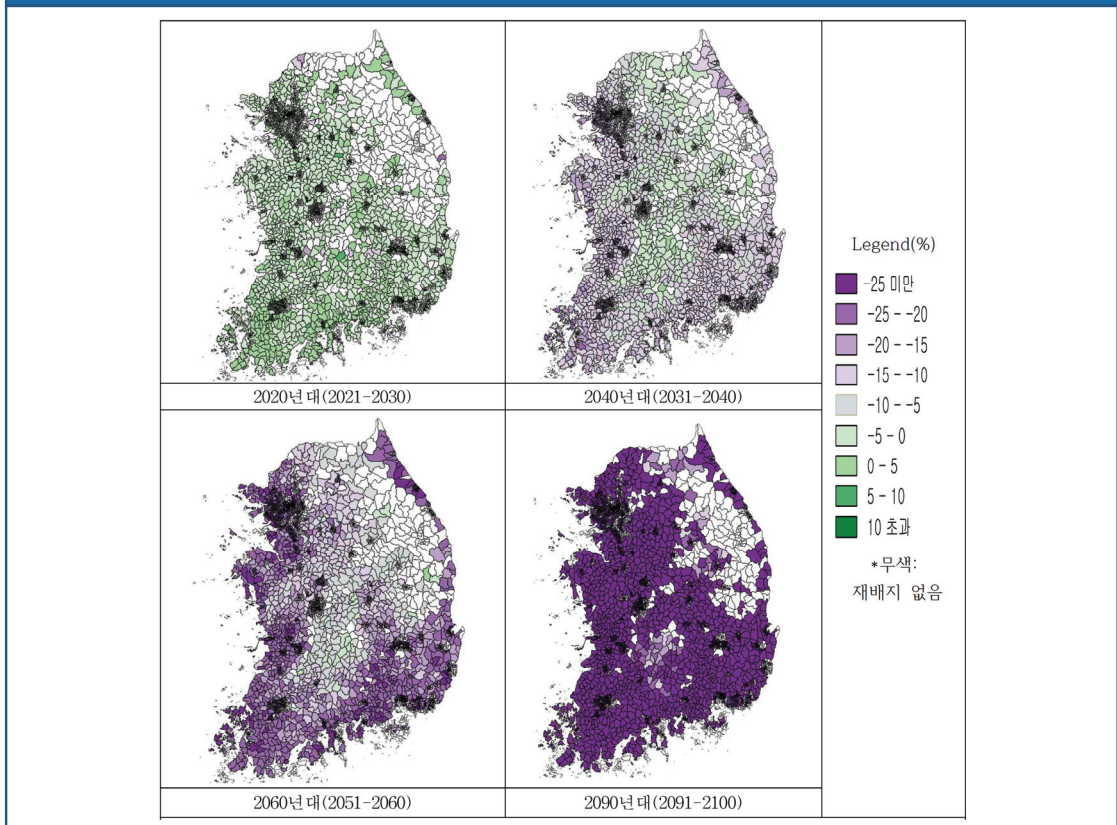
- 기후변화에 의해 발생할 수 있는 국제 곡물생산성 변화는 국제 곡물 가격 변동성을 증가시켜 식량안보에 큰 위협이 될 수 있기 때문에 우리나라 주곡인 쌀의 기후변화에 따른 영향평가가 필수적임.
→ 작물모형을 이용하여 미래 기후변화에 따른 벼의 생산성 영향평가를 하고 예측 결과를 활용한 경감대책에 대해 논의함.
- 연구자료: 기상청의 RCP8.5 시나리오 자료를 사용함.
- 연구 결과

▷ 벼 생태형별 수량의 변동

중만생종은 우리나라 재배면적의 80% 이상을 차지한다고 추산되는 주요 생태형으로, 단위면적당 수량은 2040년대부터 평야지의 수량이 감소하기 시작하여 2060년대에 이르러서는 특히 해안평야 지대의 대부분 지역에서 수량이 20% 이상 감소하게 되며 2090년대에 이르러서는 현재 벼를 재배하는 대부분 지역에서 25% 이상의 수량 감소가 발생하게 됨.

중생종은 중만생종과 비슷한 감소 패턴이 나타나며, 조생종은 2040년대부터 대부분 평야지대에서 수량 감소가 명확해지며 2060년대에 이르러서는 대부분의 평야지에서 25% 이상 감소하여 다른 생태형에 비해 이른 시기부터 큰 수량 감소가 보임(그림 2-19).

그림 2-19. RCP 시나리오를 이용한 조생종의 단위 수량 변화(국립식량과학원, 2017)

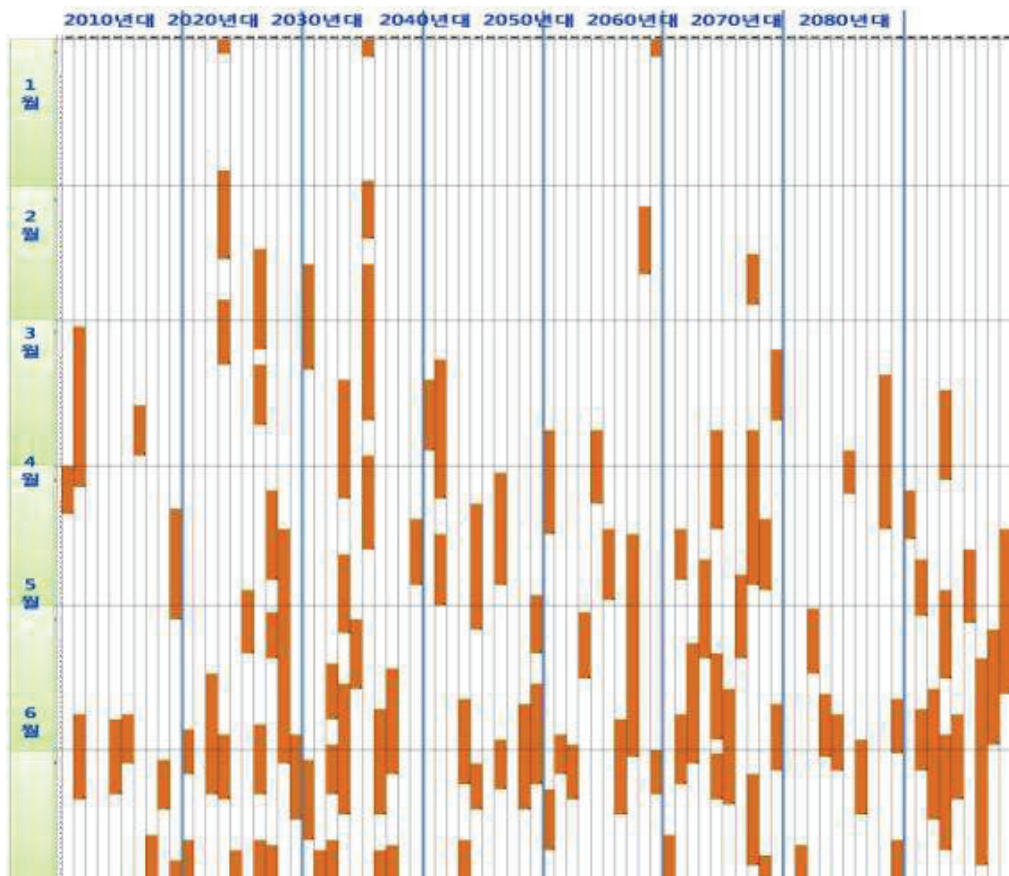


□ 기후변화 신시나리오(8.5)에 따른 밭작물 생산에 미치는 작물과 환경요인 평가 프로토콜 개발(농촌진흥청, 2014)

- 기후변화에 따른 우리나라 작물 안정생산기반을 위협하는 요소는 복합적이고 상호 연계되어 있어 이에 따른 우리나라 작물 재배지역에 대한 변화가 예측되며 이러한 위기를 극복할 적극적 대응이 필요한 상황임.
- 기후변화에 따른 기상재해 분석, RCP8.5에 근거한 작물의 기상재해 유형별 예측, 기후변화 신시나리오에 따른 콩, 옥수수, 감자, 고구마의 적기, 적작 예측을 위한 평가기술 개발을 수행함.
- 연구자료: 기상청의 RCP 8.5 시나리오 자료를 사용함.
- 연구 결과

▷ RCP8.5시나리오 자료 및 기상자료를 활용한 수원지역 미래 농경지 한발 예측을 2011년부터 2099년 까지 분석하여 일별 한발 위험성 예측달력을 제작하였으며, 분석 결과 10월 빈도가 높고 초기 생육기인 5, 6월에도 많이 발생함(그림 2-20).

그림 2-20. 작물 초기 생육기 한발 예측 달력(농촌진흥청, 2014)



□ 기후변화에 따른 제주 농업 생산량 변화 예측과 정책적 활용: 보리와 콩을 대상으로 (제주연구원, 2014)

- 기후가 변함에 따라 직접적으로 생육이 변하게 될 농작물의 경우 가장 우선적으로 model 연구를 통해 미래 영향 예측이 필요함.
→ 제주에서 재배되는 식량작물 중 가장 생산량이 많은 보리와 콩을 대상으로 미래 농업 생산량을 예측함.
- 연구자료: 기상청의 RCP8.5 시나리오 자료를 사용
- 연구 결과

- ▷ 보리는 2030년대에는 감소하다가 2060년대에는 증가, 2090년대에는 다시 감소할 것으로 예상됨. 이는 기후시스템이 장기적으로는 보리생산에 부정적 영향을 미치나 특정 시점에서 보리생육에 적절한 기후로 나타나는 것으로 이해할 수 있음(그림 2-21).
- ▷ 콩은 2030년대에 큰 폭으로 증가하였다가 2060년대까지는 증가세를 유지하고, 2090년대에는 감소세로 변하여 현재와 비슷한 조건을 가질 것으로 예상됨(그림 2-22).

그림 2-21. RCP 8.5 시나리오에 따른 2090년대 제주지역 보리 생산량 변화 모의 결과, (a) 제주 농업면적, (b) 읍면동 단위(제주연구원, 2014)

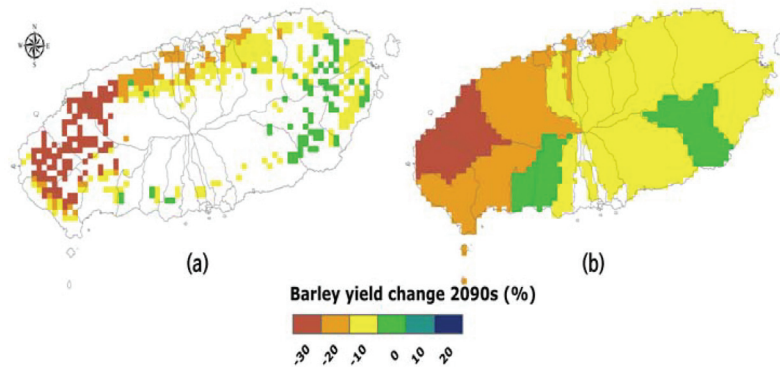
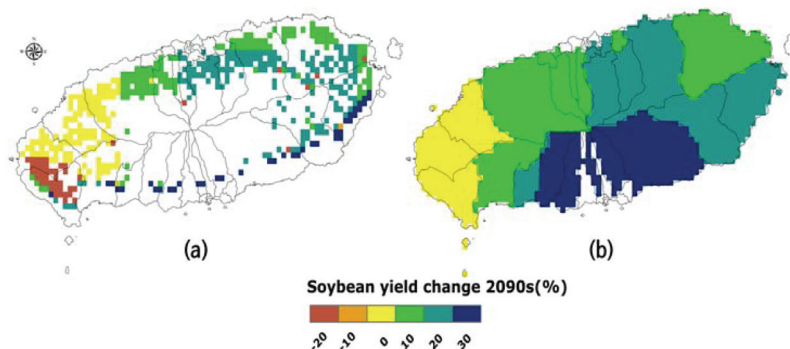


그림 2-22. RCP 8.5 시나리오에 따른 2090년대 제주지역 콩 생산량 변화 모의 결과, (a) 제주 농업면적, (b) 읍면동 단위(제주연구원, 2014)



| | | | |
|---|-------------------|---|------------------|
| 기후가 고랭지배추 생산에 미치는 영향 -강원도를 사례로-(2018) | | RCP 8.5 기후변화시나리오에 근거한 온주밀감과 '부지화'의 잠재적 재배지 변화(2017) | |
| 이승호, 허인혜 | 대한지리학회지, 53(3) | 문영일 외 | 한국농림기상학회지, 19(4) |
| RCP4.5/8.5 시나리오를 사용하여 미래 고랭지배추의 단위면적당 생산량 변화율을 전망함. 완전고랭지의 미래 고랭지배추 단위면적당 생산량은 감소하는 반면 준고랭지의 경우 최저기온의 상승과 강수일수의 증가로 생산량이 증가할 것으로 전망됨. | | 1981-2010년을 기준으로 RCP8.5 시나리오를 이용하여 2090년까지 온주밀감과 부지화의 잠재적 재배지 변화를 예측함. 온주밀감의 재배 적지는 감소하고 부지화 감귤의 재배 적지는 증가, 2090년대에는 강원도 지역까지 재배 가능함. | |
| 기후변화시나리오(RCP8.5, 4.5)에 따른 여름철 옥수수 생식생장기 고온피해 위험성 평가(2017) | | 기후가 단감 생산에 미치는 영향-경상남도를 사례로-(2017) | |
| 서명철 외 | 한국도양비료학회지, 50(1) | 허인혜, 이승호 | 기후연구, 12(2) |
| RCP8.5와 RCP4.5를 이용하여 미래 옥수수의 생식생장기일 때 고온에 따른 생육피해 위험성에 대한 지수를 설정함. 경상도 내륙지역, 전북과 경기 서부지역이 연간 고온해 위험일수 지표가 높게 나타남, 2030년대부터 옥수수 고온해 위험성이 일반화되며, 2070년대부터는 일부 강원지역 등 중북부 내륙지역을 제외하고 전국 대부분이 고온해 위험성이 높게 나타나는 것으로 전망됨. | | RCP4.5/8.5 시나리오를 사용하여 미래 경남의 단감 생산성 변화율을 전망함. 두 시나리오에서 미래 단감 생산성은 감소할 것으로 전망되나 RCP8.5 시나리오 기반 21세기 후반기엔 봄철 평균기온의 뚜렷한 상승으로 그 폭이 줄어들 것으로 전망됨. | |
| 기후변화에 따른 국내 키위 품종 '해금'의 개화시기 변동과 전망에 대한 불확실성: 전남 키위 주산지역을 중심으로(2016) | | 기후변화 시나리오에 따른 미래 참다래 궤양병 피해 예측(2016) | |
| 김광형 외 | 한국농림기상학회지, 18(1) | 도기석 외 | 한국농림기상학회지, 18(2) |
| 국내 육종 골드키위 품종인 해금의 개화시기를 생물계절모형에 의해 예측하고 기후변화에 의한 개화시기와 지리적 변화를 전망함. RCP 4.5와 RCP 8.5의 6개 GCMs의 평균 미래 개화시기는 전남은 현재보다 10일 이상 단축, 현재와 같은 개화시기는 전북 및 충남 해안지역 등 북쪽으로 약 150km 이상까지 확대 전망 | | 고해상도 RCP 4.5/8.5 시나리오를 활용하여 참다래에 피해를 주고 있는 궤양병의 미래 피해를 예측함. RCP4.5/8.5 시나리오의 2020년대와 2050년대에서 궤양병의 최대병주율은 제주도와 남해안 일부 지역을 제외한 대부분의 지역에서 75% 이상으로 나타날 것으로 전망됨. | |
| 미래 서울의 여름날씨 전망과 도시농업에의 영향(2015) | | 상세화된 CMIP5 기후변화전망의 다중모델앙상블 접근에 의한 농업기후지수 평가(2015) | |
| 김진희, 윤진일 | 한국농림기상학회지, 17(2) | 정유란 외 | 한국농림기상학회지, 17(2) |
| 2041~2070년 기간의 서울지역 여름(6월1일~9월30일) 날씨를 RCP8.5 기반 일 최고기온과 최저기온 측면에서 전망하고, 이것이 도시농업의 주작목인 고추의 생육에 미치는 영향을 평가함. | | RCP 시나리오 자료를 이용하여 가까운 미래에 대한 한반도 농업기후지수의 공간적 분포와 시간적 변화를 평가함. | |
| 토양수분모형을 이용한 미래 주요 발작물 소비수량 및 관개용수량 전망-전라남도 지역을 중심으로-(2015) | | 기후변화 시나리오에 근거한 전주지역의 농업가뭄 전망(2015) | |
| 홍은미 외 | 한국농공학회 논문집, 56(5) | 김대준, 윤진일 | 한국농림기상학회지, 17(4) |
| 토양수분모형을 이용한 미래 기후변화에 따른 가뭄기간 및 심도 변화 분석 결과, 옥수수, 콩, 감자, 고추, 봄배추는 재배 기간동안 가뭄상상별 평균 가뭄기간 및 강도가 증가하였다. 특히, 감자는 발작물 중에 평균 가뭄기간 증가율이 가장 높았음. | | RCP8.5 시나리오를 사용하여 전주지역을 대상으로 농업 가뭄지수를 산출함. 여름작물 재배기간의 가뭄은 지속적으로 늘어나는 반면 봄과 겨울의 토양수분상태는 지금보다 개선되어 가뭄빈도 역시 줄어들 것으로 전망됨. | |

| | | | |
|---|------------------|--|------------------|
| Risk assessment of drought for regional upland soil according to rcp8.5 scenario using soil moisture evaluation model(2013) | | The Influence of Shifting Planting Date on Cereal Grains Production under the Projected Climate Change(2013) | |
| 서명철 외 | 한국도양비료학회지, 45(6) | 김대준 외 | 한국농림기상학회지, 15(1) |
| 토양수분 추정모형을 남한상세 RCP 시나리오 자료를 이용하여 미래 우리나라 밭 토양의 한발 강도 및 지역별 변이를 평가하였고 미래 기후변화에 대응한 작물의 적응대책을 위한 기초자료를 작성함. | | 기후변화에 대처할 수 있는 재배기술 중 하나인 파종시기 이동이 주요 식량작물의 수량 변동과 어떤 관계가 있는지 작물 모형에 의해 전망함. 벼의 경우 조생종은 조기파종에 의해, 중만생종의 경우 지연파종에 의해 수량저하 현상을 어느정도 완하시킬 수 있었음. | |
| 기온, 강수량, 이산화탄소농도 변화에 따른 CERES-Barley 국내품종의 종실수량 반응(2013) | | 농업지대 봄 가뭄에 대한 취약성 평가(2013) | |
| 김대준 외 | 한국농림기상학회지, 15(4) | 이용호 외 | 한국기후변화학회지, 4(4) |
| 미래기후전망에 근거한 국내 보리 품종의 민감도 변화 실험을 통해 기온, 강수량, 이산화탄소 농도의 변화가 작물 생산량에 미치는 상대적 영향을 분석함. 이산화탄소농도 변화에 가장 민감하게 반응을 보였고, 강수량 변동에 대한 반응이 가장 약했으며, 온도변화에 대해서는 품종별로 차이가 뚜렷함. | | CCGIS를 이용하여 우리나라의 봄 가뭄에 대한 취약성을 평가하고 SRES 시나리오와 RCP8.5에 의한 봄 가뭄에 대한 취약성 평가를 수행함. | |
| 기후변화로 인한 한국 쌀(정곡) 생산 변화에 관한 연구 : RCP 8.5 시나리오를 중심으로(2012) | | RCP8.5 기후변화 시나리오에 따른 애멸구 월동 개체군의 성충 발생시기 및 연간 세대수 변화 예측(2012) | |
| 남영식 외 | 농업경제연구, 53(4) | 정명표외 | 한국응용곤충학회지, 52(4) |
| 지구온난화로 인한 기후변화가 미래 국내 벼 단수 및 생산에 어떤 영향을 미치는지 분석하였음. 2012년부터 2099년까지의 미래 단수를 예측하였고, 그 결과 장기적 미래에 전체적으로 단수가 감소하는 결과를 확인함. | | 과거 관측값을 바탕으로 평년(1981~2010)의 애멸구의 우화시기와 세대수를 추정하였으며, RCP8.5 시나리오를 바탕으로 2020년대, 2050년대와 2090년대 애멸구의 우화시기와 세대수를 예측함. | |
| 신 기후변화시나리오 RCP8.5에 근거한 복숭아 주산지 세 곳의 동해위험도 평가(2012) | | 신 기후변화시나리오에 따른 한반도 내 겨울보리 재배적지 이동(2012) | |
| 김수옥 외 | 한국농림기상학회지, 14(3) | 김대준 외 | 한국농림기상학회지, 14(4) |
| 동해위험지수를 이용하여 복숭아 주산지 3곳의 동해 위험변화를 RCP8.5시나리오를 이용하여 전망함. 미래로 갈수록 3개 주산지 모두에서 동해 발생빈도가 줄어들어 2080년대에 이르러서는 현재에 비해 1/4~1/10에 불과할 것으로 예상되었다. 반면 위험도 80% 이상의 심각한 동해는 미래에도 계속 발생할 것으로 예상됨. | | 한반도 내 모든 농경지에서 겨울보리의 안전재배가 가능할 것으로 추정됨. 2020년대에는 강원도와 북한 남부 대부분 지역에서 겉보리 재배가 가능해지며 남한 전역에서는 쌀보리 재배가 가능해질 것이고, 2040년대에는 북한 평야지대 거의 모든 벼논에서 쌀보리 이모작이 가능해질 것으로 예상됨. | |

3) 해양·수산업 및 물관리 부문

□ 충청남도 기후변화 시나리오에 따른 가뭄분석(충남연구원, 2016)

- 충남지역의 가뭄예측과 이를 기반으로 도내 시·군별 가뭄관리 우선 지역을 선정하여 기후변화에 따른 도내 가뭄정책 수립시 활용 가능한 기초자료 제공과 충청남도 차원의 기후변화 적응역량 강화를 위한 극한가뭄 중장기 대책을 제시
- 미래 시·군별 가뭄지수(SPI)를 산출하기 위하여 RCP 8.5 시나리오의 일별 강수량 전망 자료 활용
- 연구 결과

- ▷ 현재자료와 2030년대, 2080년대 장단기 SPI 결과를 비교한 결과 단기 SPI에서는 약한 가뭄(SPI -0.5 내외)의 발생빈도가 증가하지만 보통가뭄(SPI -1.0 내외)의 발생빈도는 줄어듦. 하지만 장기 SPI에서는 약한가뭄 및 보통의 가뭄 발생빈도가 증가하는 경향이 나타나, 미래로 갈수록 장기간 가뭄의 발생이 늘어날 것으로 전망(표 2-10)
- ▷ SPI 지수를 기반으로 충청남도 내 시·군별 가뭄관리지수를 산출하고 가뭄관리 우려대상 지자체를 선정한 결과, 서산, 태안, 예산, 보령 등이 가뭄의 취약성이 높은 지역으로 전망됨(표 2-11, 그림 2-23).

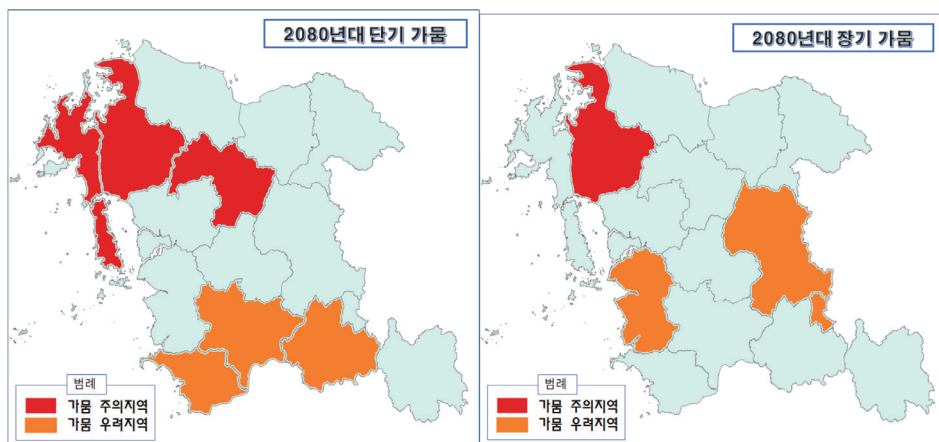
표 2-10. 2080년대(2071-2100년) 시·군별 기간별 가뭄심도별 연평균 발생 개월
(충남연구원, 2016에서 발췌)

| 구분 | 기간 | 약한가뭄 → | | 보통가뭄 → | | 강한가뭄 | |
|-----|---------------|--------|------|--------|--------|--------|------|
| | | ≥ -0.5 | ≥ -1 | ≥ -1.5 | ≥ -2.0 | < -2.0 | |
| 천안 | 단기 ↓ 장기 | 3-SPI | 5.17 | 1.97 | 0.13 | 0 | 0 |
| | | 6-SPI | 4.97 | 3 | 0.73 | 0.23 | 0 |
| | | 9-SPI | 6.43 | 3.07 | 0.43 | 0 | 0 |
| | | 12-SPI | 6.5 | 3.47 | 0 | 0 | 0 |
| 공주 | 단기 ↓ 장기 | 3-SPI | 1.5 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| | | 6-SPI | 5.47 | 0.8 | 0.43 | 0 | 0 |
| | | 9-SPI | 6.13 | 2.2 | 1.3 | 0 | 0 |
| | | 12-SPI | 5.67 | 3.43 | 0 | 0.37 | 0 |
| 보령 | 단기 ↓ 장기 | 3-SPI | 0.83 | 0.67 | 0 | 0 | 0 |
| | | 6-SPI | 5.23 | 1.6 | 0 | 0 | 0 |
| | | 9-SPI | 8.03 | 0.17 | 1.73 | 0 | 0 |
| | | 12-SPI | 7.33 | 2.9 | 0 | 0.3 | 0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| 태안 | 단기 ↓ 장기 | 3-SPI | 4.5 | 4.27 | 2.2 | 1.27 | 0.13 |
| | | 6-SPI | 5.4 | 5.43 | 2.5 | 0.5 | 0.4 |
| | | 9-SPI | 6.2 | 6.63 | 2.5 | 0.5 | 0.03 |
| | | 12-SPI | 7.1 | 6.9 | 2.93 | 0 | 0 |

표 2-11. 시·군별 가뭄관리지수 순위(충남연구원, 2016에서 발췌)

| 구분 | 2080년대 | | | |
|----|--------|----|-------|----|
| | 단기 | | 장기 | |
| | 지수 | 순위 | 지수 | 순위 |
| 천안 | 1.045 | 8 | 0.383 | 3 |
| 공주 | 0.464 | 14 | 0.199 | 11 |
| 보령 | 0.778 | 10 | 1.129 | 1 |
| 아산 | 0.718 | 11 | 0.374 | 4 |
| 서산 | 1.811 | 1 | 0.556 | 2 |
| 논산 | 1.263 | 7 | 0.137 | 13 |
| 계룡 | 0.45 | 15 | 0.137 | 13 |
| 당진 | 0.64 | 12 | 0.284 | 9 |
| 금산 | 0.636 | 13 | 0.126 | 15 |
| 부여 | 1.408 | 6 | 0.199 | 11 |
| 서천 | 1.761 | 2 | 0.349 | 6 |
| 청양 | 0.891 | 9 | 0.206 | 10 |
| 홍성 | 1.478 | 5 | 0.338 | 8 |
| 예산 | 1.569 | 4 | 0.359 | 5 |
| 태안 | 1.571 | 3 | 0.347 | 7 |

그림 2-23. 2080년대 가뭄관리 요구 지자체(충남연구원, 2016)



□ 기후변화 영향에 따른 강원도 수자원 전망 및 확보방안(한국기후변화연구원, 2016)

- 최근 이상기후로 매년 강수량 및 강우강도의 규모가 커지면서 연간 하천유출량은 증가하고 있으나 강수량이 연중 5~8월 사이에 집중되어 있어 이 기간에는 홍수로 인한 재난/재해 피해가 증가하고, 나머지 기간에는 물부족 현상이 나타나고 있음. 강원도는 유역의 대부분이 전형적인 산지하천의 특성을 보여 높은 하상계수로 인한 수자원 관리에 매우 취약하기 때문에 기후변화 대응을 통한 수자원관리가 필요함.
- 기후변화 시나리오에 따른 강원도의 수자원량을 산정 및 전망하고, 강원도 주요 지방하천의 재현기간별 갈수빈도를 해석함. 또한 농업용수, 생활용수, 공업용수 등을 예측하고, 수자원 관리를 위한 이수확보 방안을 제시함.
- 연구자료: 기상청의 RCP4.5/8.5 시나리오 자료를 사용함.
- 연구 결과

- ▷ RCP 4.5/8.5 시나리오의 미래 강수량 전망 자료를 이용하여 강원도내 주요 하천의 수량을 예측하였으며, 계측유역에 대하여 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량 등의 유량을 전망함.
- ▷ 갈수기 기간의 하천유량에 대해 통계학적인 방법을 이용하여 재현기간별 갈수량을 산정함(표 2-12, 13).

표 2-12. 재현기간별 갈수량 산정(한국기후변화연구원, 2016)

단위 : 천톤/day

| 연번 | 하천명 | 재현기간 | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 5년 | 10년 | 30년 | 50년 | 80년 |
| 1 | 강릉남대천 | 91.5 | 70.9 | 53 | 47.5 | 43.4 |
| 2 | 남한강 상류 | 2,580.6 | 2,157.6 | 1,698.1 | 1,552.3 | 1,439.0 |
| 3 | 내린천 | 36 | 28.8 | 22.2 | 20 | 18.4 |
| 4 | 삼척 오십천 | 30.1 | 22.3 | 16.0 | 14.2 | 12.8 |
| 5 | 양양 남대천 | 124.8 | 67.5 | 48.6 | 43.1 | 39.1 |
| 6 | 옥동천 | 23.7 | 19.2 | 15.0 | 13.6 | 12.5 |
| 7 | 의암댐 | 17.9 | 14.1 | 10.6 | 9.6 | 8.8 |
| 8 | 인북천 | 33.9 | 26.5 | 19.9 | 17.9 | 16.4 |
| 9 | 주천강 | 160.6 | 129.8 | 100.6 | 91.2 | 84.1 |
| 10 | 평창강 | 101.2 | 81.3 | 62.7 | 56.8 | 52.3 |
| 11 | 평창강 합류점 | 115.0 | 90.5 | 68.4 | 61.6 | 56.4 |
| 12 | 평화댐 | 47.5 | 36.2 | 26.6 | 23.7 | 21.6 |
| 13 | 홍천강 | 57.8 | 46.6 | 36.0 | 32.6 | 30.0 |
| 14 | 화천댐 | 34.7 | 27.4 | 20.9 | 18.8 | 17.2 |
| 15 | 화천댐 상류 | 22.2 | 17.2 | 12.8 | 11.5 | 10.5 |
| 16 | 횡성댐 | 56.0 | 43.4 | 32.5 | 29.1 | 26.6 |

표 2-13. 용수 수요량을 제외한 춘천시 가용 수자원량(한국기후변화연구원, 2016)

| 지역 | 구분 | 현 재 | | | 전 망 | | | | | |
|-----|-----|-------------|---------|---------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | 2011년~2015년 | | | 2016년~2020년 | | | 2021년~2025년 | | |
| | | 농업 용수 | 생활 용수 | 공업 용수 | 농업 용수 | 생활 용수 | 공업 용수 | 농업 용수 | 생활 용수 | 공업 용수 |
| 춘천시 | 1월 | -2,499.8 | 155.9 | 177.7 | -2,217.1 | 321.7 | 354.8 | -2,070.5 | 292.4 | 333.2 |
| | 2월 | -2,329.7 | 326.0 | 347.8 | -2,359.2 | 179.6 | 212.7 | -1,930.3 | 432.6 | 473.4 |
| | 3월 | -1,700.7 | 955.0 | 976.8 | -1,817.6 | 721.2 | 754.3 | -1,066.5 | 1,296.4 | 1,337.2 |
| | 4월 | 547.3 | 3,203.0 | 3,224.8 | -725.5 | 1,815.3 | 1,848.4 | 615.3 | 2,978.2 | 3,019.0 |
| | 5월 | 489.3 | 3,145.0 | 3,166.8 | 681.5 | 3,220.3 | 3,253.4 | -35.0 | 2,327.9 | 2,368.7 |
| | 6월 | 2,008.1 | 4,663.8 | 4,685.6 | 534.9 | 3,073.7 | 3,106.8 | 567.3 | 2,930.2 | 2,971.0 |
| | 7월 | 5,962.5 | 8,618.2 | 8,640.0 | 11,375.8 | 13,914.6 | 13,947.7 | 8,489.8 | 10,852.7 | 10,893.5 |
| | 8월 | 3,833.9 | 6,489.6 | 6,511.4 | 5,930.1 | 8,468.9 | 8,502.0 | 4,808.9 | 7,171.8 | 7,212.6 |
| | 9월 | -194.5 | 2,461.2 | 2,483.0 | 224.7 | 2,763.5 | 2,796.6 | -128.7 | 2,234.2 | 2,275.0 |
| | 10월 | -1,903.1 | 752.6 | 774.4 | -1,256.2 | 1,282.6 | 1,315.7 | -1,158.8 | 1,204.1 | 1,244.9 |
| | 11월 | -1,577.9 | 1,077.8 | 1,099.6 | -2,243.9 | 294.9 | 328.0 | -1,635.7 | 727.2 | 768.0 |
| | 12월 | -2,186.5 | 469.2 | 491.0 | -2,084.7 | 454.1 | 487.2 | -1,539.3 | 823.6 | 864.4 |
| | 평균 | 37.4 | 2,693.1 | 2,714.9 | 503.7 | 3,042.5 | 3,075.6 | 409.7 | 2,772.6 | 2,813.4 |

□ 기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망(국토교통부, 2013)

- 한반도 4대강 유역에 대한 장기, 중단기 기후변화 시나리오, 확률강우량, 가뭄지수, 물부족 전망 결과를 도출하여 미래 수자원 변화를 정량적으로 전망하고, 기후변화에 따른 기상/수문의 영향을 정량적으로 분석하였음.
- 우리나라의 미래 극한강수 전망을 위해 기상청의 RCP4.5/8.5 한반도 기후변화 시나리오 (12.5km) 자료 사용함.

▷ RCP4.5/ 8.5 기후변화 시나리오를 이용하여 남한 지역의 극한강수 변화를 분석한 결과, 현재보다 강한 강도의 극한강수의 발생이 빈번해 질 것으로 전망됨. 또한 현재 20년 재현기간의 강수가 21세기 말에는 RCP4.5에서는 4.3년, RCP8.5에서는 3.4년의 주기로 발생할 것으로 전망됨 (그림 2-24, 25).

그림 2-24. 현극한강수의 현재, 근 미래 및 먼 미래 기간에 따른 확률밀도 함수(국토교통부, 2013)

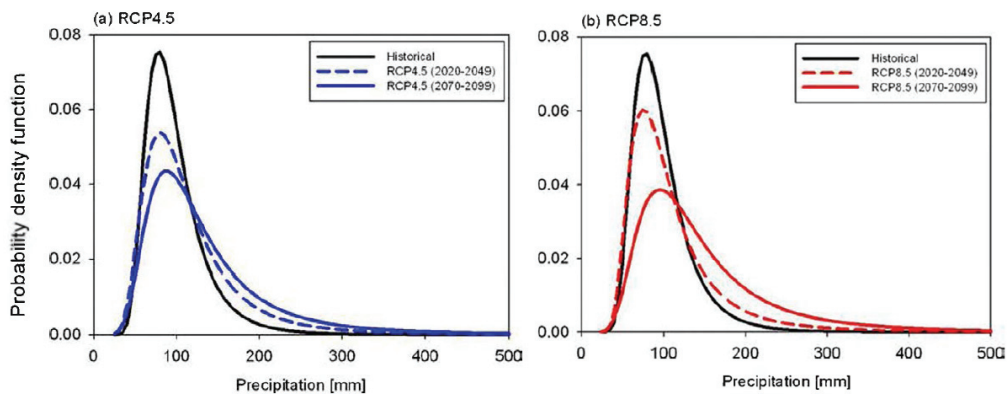
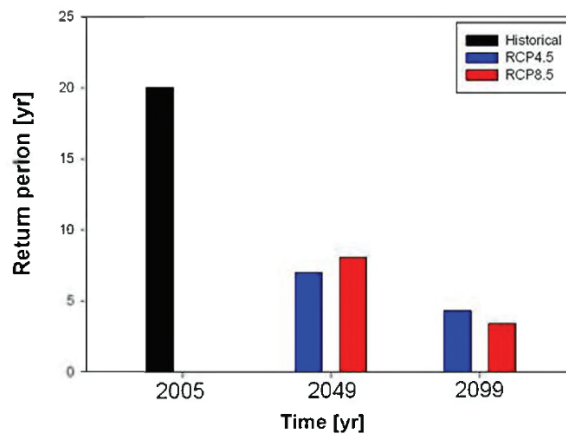


그림 2-25. 20년 재현빈도 강수의 미래 변화(국토교통부, 2013)



□ 기후변화 대응 물안보 위기관리 정책 연구(한국환경정책평가연구원, 2012)

- 극대 홍수, 극대 가뭄, 물공급 중단 등 기후변화에 의한 물안보 위기 시나리오를 구성하고, 위기 시나리오의 발생 가능성과 파급 영향을 분석하여, 이에 대비할 수 있는 물안보 위기관리 정책을 도출하고자 함.
- RCP8.5 시나리오(12.5km 해상도)의 강수량 자료를 사용하였음.

- ▷ 한강유역에서 기준기간(2010년) 이전에 비해 미래 기간(~2100년)에는 댐 유역의 빈도별 강우량이 증가하며, 이에 따라 댐유역의 빈도별 홍수량도 증가할 것으로 전망됨(표 2-14).
- ▷ 또한 미래로 갈수록 큰 가뭄의 발생 빈도도 잦아지는 것으로 나타났는데, 이는 미래로 갈수록 온도가 증가함에 따라 증발산량이 많아지기 때문일 것으로 판단됨(그림 2-26).
- ▷ 달천, 흥천강, 경안천 유역에서는 미래에 물부족 현상이 발생할 것으로 전망됨(그림 2-27).

표 2-14. 기준기간 및 목표기간에 대한 댐 유역별 유역평균강우량
(한국환경정책평가연구원, 2012)

| | 빈도 | 기준기간 (2010년 이전) | Future 1 (2011~2040년) | Future 2 (2041~2070년) | Future 3 (2071~2100년) |
|------|------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 충주댐 | 100년 | 544.09 | 645.68 | 813.71 | 1109.87 |
| | 200년 | 621.24 | 775.05 | 701.57 | 869.97 |
| 소양강댐 | 100년 | 554.87 | 590.62 | 616.32 | 626.02 |
| | 200년 | 631.84 | 667.33 | 691.11 | 697.77 |
| 팔당댐 | 100년 | 558.60 | 838.90 | 805.25 | 1036.83 |
| | 200년 | 648.95 | 1106.63 | 982.29 | 1321.23 |

그림 2-26. -1보다 작은 가뭄 심도의 발생 빈도수
(한국환경정책평가연구원, 2012)

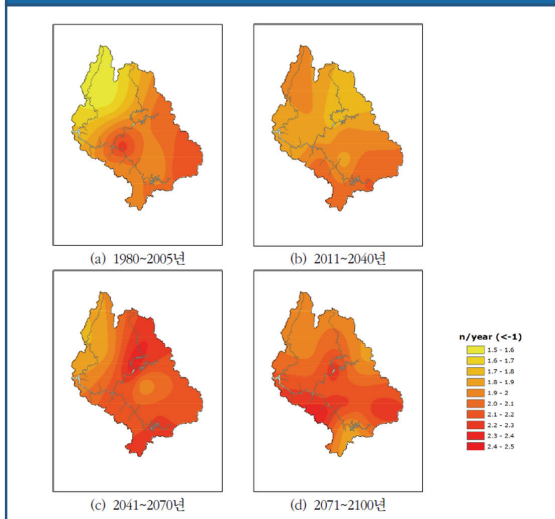
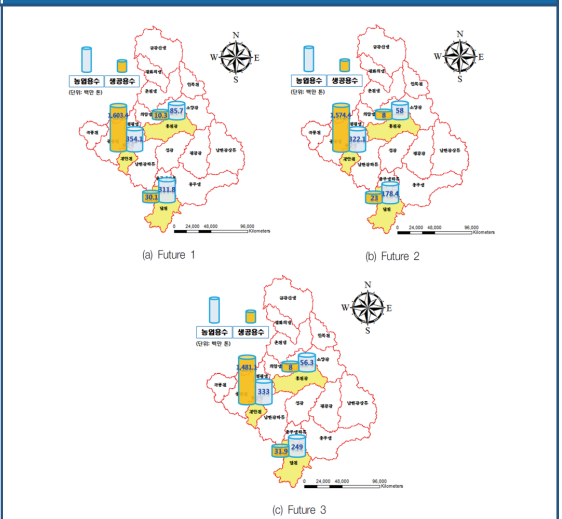


그림 2-27. 기준수요 시나리오에 따른 중권역별 물부족 발생량
(한국환경정책평가연구원, 2012)



| | | | |
|---|-------------------|--|---------------------|
| SWAT을 이용한 미래기후변화에 따른 금강유역의 지하수위 거동 평가(2018) | | 기상청 AR5 1-km 해상도 RCP 자료를 이용한 미래 가능최대강수량 분석(2017) | |
| 이지완 외 | 한국수자원학회논문집, 51(3) | 심규범 외 | 한국방재학회, 17(4) |
| 용담댐 유역의 미래 기후변화에 따른 수문영향을 평가하고자 RCP4.5/8.5 시나리오를 이용하여 미래 기상 자료를 생산하고, 유출 및 토양수분 자료를 통해 보정된 SWAT 모형을 이용하여 미래 수문요소별 변동성의 규모 및 시기 분석과 함께 유역 물수지 변화 분석을 수행함. | | 기상청의 주요 관측지점(22개)를 대상으로 가능최대 강수량(PMP)를 산출하고, RCP 2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오 자료를 이용하여 미래의 PMP를 산출하여 과거 대비 미래의 PMP 변화율을 분석함. | |
| AR5 RCP 시나리오에 따른 금호강 유역 수문변화지표 분석(2017) | | RCP 4.5 기후변화 시나리오 기반의 낙동강 유역의 강우-유출 탄성도 분석(2017) | |
| 차우영 | 한국방재학회논문집, 17(4) | 장영수 외 | 한국산학기술학회논문지, 18(12) |
| RCP 시나리오를 바탕으로 SWAT를 이용하여 금호강 유역의 미래 유량을 모의하여 기후변화에 따른 수문변화지표(IHA)를 분석함. 극한사상이 발생하는 시기 및 지속시간의 변화, 고유량 및 저유량의 빈도 및 지속시간의 변화, 일 하천 유량의 변동폭 등이 현재와는 많이 달라지는 것으로 분석되어 이에 따른 수생태계가 받는 스트레스는 현재보다 증가할 것으로 전망됨. | | RCP 4.5 시나리오(200년 제어적분)를 이용하여 낙동강 권역의 강우-유출 탄성도를 분석함. 21세기 후반기로 갈수록 탄성도가 감소하여 점차 열대기후화 될 것으로 전망됨. | |
| 기후변화를 고려한 홍수방재시설물의 경제성분석 : 임진강 유역사례(2017) | | 기상 관측자료 및 RCP 기후변화 시나리오를 고려한 용담댐 유입하천의 유량 및 수온변화 전망(2016) | |
| 김경석, 오승익 | 한국건설관리학회지, 18(2) | 이혜숙 외 | 한국물환경학회지, 32(2) |
| RCP4.5/8.5 기후시나리오를 활용하여 미래의 임진강 유역 홍수피해를 예측하고, 실물옵션 기반 경제성분석 방법을 제시하였으며, 임진강유역의 홍수방지시설물 투자사업의 사례연구를 통해 경제성분석을 실시하였음. | | RCP 기후변화 시나리오에 의한 미래 기후변화와 이에 따른 용담댐 유입하천의 유량 및 수온변화를 전망함. 하천유량과 수온 모두 2040s(2021-2060년)보다 2080s(2061-2100년)에 증가율이 높을 것으로 전망됨. | |
| 기후변화를 고려한 남강댐 유역의 홍수량 재산정(2016) | | 미래기후예측모형에 따른 가뭄전망 결과 비교(2016) | |
| 이현승 외 | 한국수자원학회논문집, 47(3) | 김정호 외 | 한국방재학회논문집, 16(2) |
| RCP4.5/8.5 시나리오를 이용하여 기후변화의 영향을 고려한 남강대 유역의 홍수량을 재산정함. 홍수량은 200년 빈도와 10,000년 빈도 모두 현재시점에서보다 미래시점(2050년)에서 더 크게 산정되었으며, RCP 8.5시나리오를 했을 때 가장 큰 값을 보여 남강댐지역의 안정성이 기후변화에 취약함을 나타냄. | | 5개 지역기후모형(HadGEM3-RA, RegCMv4, SNUMM5v3, GRIMs, WRFv34)을 사용하여 한반도에서의 미래 가뭄을 표준가뭄지수(SPI)를 사용하여 예측하고, 각 모형의 결과를 상호 비교하였음. | |
| RCP 8.5 기후변화 시나리오의 강수량 변화에 따른 미래 PMPs의 전망(2016) | | RCP 시나리오별 한반도 가뭄특성(2016) | |
| 이옥정 외 | 한국수자원학회논문집, 49(2) | 김정호 외 | 한국수자원학회논문집, 49(4) |
| 과거자료를 이용하여 1981~2005년의 PMP 산정 및 기상청 RCP 8.5 일 강우량 자료를 이용하여 미래 강우변동에 따른 PMPs의 변화를 분석하였음. 미래 PMPs 산출결과, 현재보다 증가하며 먼 미래로 갈수록 증가율이 커질 것으로 전망됨. | | RCP2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오별 표준가뭄지수의 특성을 정량적으로 비교하고 가뭄발생 횟수와 지속기간을 공간적인 측면에서 상호 비교함. RCP2.6시나리오에서 비교적 가뭄발생이 적고, RCP8.5에서 가뭄발생이 상대적으로 높을 것으로 전망됨. | |

| | | | |
|--|--------------------|---|-------------------|
| 기후변화 대응을 위한 경안천 유역의 홍수저감 대안 선정(2016) | | AR5 RCPs에 따른 우리나라 1일 가능최대강우량 산정(2015) | |
| 한대건 외 | 한국습지학회지, 18(1) | 심규범 외 | 한국방재학회논문집, 15(4) |
| 기후변화로 인해 증가하는 홍수피해액을 정량적으로 분석하고 구조물적 홍수저감대안을 설정하여 대안 설정 전·후에 대한 홍수저감효과 분석 및 홍수피해경감액을 산정하였으며, 경제성분석을 통해 기후변화 적응을 위한 적정 홍수저감 대안을 선정함. RCP8.5 시나리오에 따르면 미래의 확률강우량이 증가하고 이로 인해 홍수량이 증가할 것으로 전망됨. | | 우리나라 14개 지점을 대상으로 RCP 2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오의 일강수량 자료를 이용하여 1일 가능최대강수량(PMP)을 산정하고, 2100년까지 PMP의 경향성 및 변화율을 분석함. 수도권과 부산권 지역이 다른 지역에 비해 PMP 증가율이 클 것으로 전망됨. | |
| 지역기후모형별 일 강수자료의 정량적 특성과 공간분포 경향(2015) | | RCP 기후변화 시나리오를 활용한 한반도 연최대 일강우 분석(2015) | |
| 김정호 외 | 한국방재학회논문집, 15(4) | 권민성 외 | 한국방재학회논문집, 15(1) |
| 5개(HadGEM3-RA, RegCM4, SNURCM, GRIMs, WRF)의 지역기후모형의 RCP4.5/8.5 시나리오 일강수자료를 이용하여 강수전망의 특성과 공간적 경향을 비교함. | | RCP 2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오의 일강우 자료를 분석하고, 현재 기준의 강우 분포형에 시나리오 연최대 일강우를 적용하여 재현기간을 산정함으로써 기후변화 시나리오를 통해 미래 극한 강우의 강도를 전망함. | |
| 지역기후모형별 남한 상세 기후변화 시나리오 일 강수자료의 보정 전·후 전망특성(2015) | | 기상청 1-km 해상도 RCP 시나리오에 따른 가뭄심도-지속기간-재현기간 분석(2015) | |
| 김정호 외 | 한국방재학회논문집, 15(4) | 박영우 외 | 한국방재학회논문집, 15(3) |
| 4개의 지역기후모형(RegCM4, SNURCM, GRIMs, WRF)을 활용한 남한상세 기후변화 양상별 시나리오의 일 강수자료를 보정하고 보정된 자료의 전망 결과를 정량적, 공간적으로 비교 검토하였음. | | 현재 및 미래기후에서의 가뭄심도-지속기간-재현기간 곡선의 비교를 통하여 극한 가뭄사상에 대한 기후변화의 영향을 살펴봄. RCP 2.6, 4.5는 대체적으로 미래 가뭄이 현재보다 더 심해지며 RCP 6.0은 현재보다 미래의 가뭄이 더 약해지고 RCP 8.5은 미래 가뭄이 현재와 비슷한 양상을 보일 것으로 전망됨. | |
| RCP 시나리오 기반 밀양댐 미래 유입량 산정 및 결과분석(2015) | | RCP 기후변화 시나리오에 따른 임하댐 유역의 미래 수문순환 전망(2015) | |
| 추태호 외 | 한국산학기술학회논문지, 16(5) | 장선숙 외 | 한국지리정보학회지, 18(1) |
| RCP 4.5/8.5 시나리오를 검·보정한 SWAT모형에 적용하여 밀양다목적댐 유역의 미래 유입량을 산정하고 이에 대한 분석 결과를 바탕으로 밀양댐 운영의 적절성을 평가하고 미래 방향을 제시함. 미래로 갈수록 겨울철 강우량이 증가하여 현재 하절기에 강우가 집중되어 나타나는 봉우리 패턴에서 완만한 패턴으로 변화할 것으로 전망됨. | | 본 연구는 SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모형을 이용하여 임하댐 유역을 대상으로 RCP 4.5/8.5 기후변화 시나리오에 따른 미래 수문순환 영향을 평가함. 강수량과 기온의 증가로 증발산, 토양수분, 지표유출, 중간유출, 회귀유출 등이 증가함에 따라 총 하천유출량이 증가할 것으로 전망됨. | |
| 대표농도경로 시나리오에 의한 미래 강수량의 지역빈도해석(2015) | | 기후변화와 유역유출특성을 고려한 미래하천환경 평가(2015) | |
| 김덕환 외 | 한국습지학회지, 17(1) | 안정민 외 | 한국수자원학회논문집, 47(3) |
| 고해상도 RCP 4.5/8.5 시나리오의 강수량 자료를 지역빈도해석을 실시함. 21세기 말에 전국의 확률강수량이 현재의 관측 확률강수량에 비해 25~27% 상승할 것으로 전망되고, 특히 제주도 지역이 가장 크게 증가할 것으로 전망됨. | | RCP 기후변화 시나리오를 이용하여 기후변화와 유역유출특성에 따른 미래 하천의 환경영향을 평가함. RCP8.5 시나리오의 강수량 자료를 통해 섬진강댐과 주암댐의 미래 유입량, 저수지 수위, 수질 등을 전망함. | |

| | | | |
|--|-------------------|---|--------------------|
| The Estimation of Water Balance at Regional Upland According to RCP8.5 Scenario from 2011 to 2020(2015) | | 미래 기후변화에 따른 제주도의 사면과 해발고도별 가뭄 예측(2015) | |
| Shin et al | 한국토양비료학회지, 47(1) | 박종철 외 | 한국환경과학회지, 23(4) |
| 토양수분 추정모형을 이용하여 RCP8.5 시나리오 자료를 시뮬레이션하여 2011-2020년까지 국내 농경지 토양의 지역별 물수지 변동을 예측하여 향후 기후변화에 대응하여 작물의 적정 물관리 대책을 위한 기초자료로 제공함. | | 남한상세 기후변화 시나리오 자료(1km)자료를 이용하여 제주도에서 사면과 해발고도에 따른 미래(2015~2044년) 가뭄 발생 차이를 분석하여 제주도의 가뭄 대처 계획 수립에 필요한 기초 정보를 제공함. 제주도의 서부와 북부 권역, 특히 해발고도 200m 이하의 권역이 다른 권역에 비해 가뭄이 심해질 것으로 전망됨. | |
| RCP 8.5 기후변화시나리오를 이용한 기후변화가 영산강유역의 장기유출에 미치는 영향 평가(2015) | | 비매개변수 기법을 이용한 강우자료의 일단위에서 시간단위로의 시간 상세화(2015) | |
| 정세진 외 | 한국위기관리논집, 10(2) | 이태삼 외 | 한국방재학회논문집, 14(4) |
| 기후변화가 수문순환과정에 미치는 영향을 분석하고 이를 통해 기후변화가 유역규모의 수자원에 미치는 영향을 전망함. RCP8.5시나리오를 이용하여 장기유출 분석을 수행한 결과, 미래로 갈수록 영산강유역의 유출량이 증가할 것으로 전망됨. | | 수문 기상학적 영향조사를 위해 시간적으로 고해상도의 강우자료가 필요함. 비모수적 시간 상세화 기법을 적용하여 부산·경남 지방의 RCP4.5/8.5 시나리오 일강우자료를 시간단위로 재생산한 후 미래 강우의 공간적 분포와 시간적 패턴을 분석함. | |
| 기후변화 시나리오를 이용한 도시지역 빗물펌프장의 미래 필요용량 산정(2013) | | 기후변화에 의한 한강유역 홍수유출량 영향 분석(2013) | |
| 강나래 외 | 한국방재학회논문집, 13(2) | 김병식 | 한국위기관리논집, 9(11) |
| RCP 시나리오를 이용하여 인천광역시의 미래기간에 대한 목표기간별 확률강우량의 변화를 추정함. 이를 토대로 미래에 증가되는 빗물펌프장 용량을 추정하여 현 시설물의 필요용량을 산정함. | | 기후변화가 한강 유역의 홍수유출량에 미치는 영향을 파악하고자 함. RCP8.5 시나리오를 이용하여 미래 강우량에 따른 한강 유역의 홍수유출량을 분석함. 미래 홍수유출량이 증가되어 홍수기 치수대책에 어려움이 가중될 것으로 판단됨. | |
| 표준강수 증발산량지수와 대표농도경로를 이용한 남한지역 미래 가뭄의 변화전망(2013) | | 기후변화 시나리오하의 기후 및 토지피복 변화가 유역 내 유출량에 미치는 영향 분석(2013) | |
| 김병식 외 | 한국방재학회논문집, 13(2) | 김진수, 최철웅 | 한국지형공간정보학회지, 21(2) |
| 미래 기후변화가 한반도 가뭄발생에 미치는 영향을 평가하기 위해 표준강수 증발산량지수를 이용하여 가뭄발생을 평가함. RCP8.5 시나리오에 따르면 미래의 기온 상승으로 인해 강수량에 대한 증발산량이 증가하여 가뭄 위험도가 커질 것으로 전망됨. | | RCP 시나리오하의 미래 기후 및 토지피복 변화가 유역 내 유출량에 미치는 영향을 분석하고자 함. RCP4.5/8.5 시나리오를 이용하여 기후변화만을 고려했을 때, 미래 유출량은 봄과 겨울에 증가하고, 여름과 가을에 감소할 것으로 전망됨. | |
| RCP 기후변화 시나리오를 고려한 금강유역의 미래 용수공급 변화전망(2013) | | 가강수량 특성을 이용한 극치호우의 기후변화 예측(2013) | |
| 노선희 외 | 한국수자원학회논문집, 46(5) | 박민규 외 | 한국방재학회논문집, 13(1) |
| 기후변화에 따른 금강유역의 미래 유출량을 산정해댐별 용수공급 변화량을 산정함. RCP4.5에 따르면 47.76%, RCP8.5에 따르면 36.52% 가량 유출량이 증가할 것으로 전망됨. | | RCP 8.5 기후변화 시나리오를 고려하여 극치호우로서 가능최대강수량의 변화를 예측함. 국내 가능최대강수량의 규모가 100년 이후 약 40% 정도 까지 증가할 수 있는 것으로 전망됨. | |

| | | | |
|--|------------------|--|-------------------|
| RCP4.5 시나리오에 따른 IDF 곡선 분석: 우리나라 30개 저수지를 대상으로(2013) | | 기후변화 영향을 고려한 도시지역의 확률강우량 전망(2013) | |
| 박지훈 외 | 한국방재학회논문집, 13(6) | 손아롱 외 | 한국수자원학회논문집, 46(6) |
| 우리나라 30개 저수지의 미래 IDF(Intensity Duration Frequency) 곡선을 산정하여 기후변화로 인한 영향을 분석함. 한강유역, 금강유역, 영산강유역의 강우강도는 현재(1990년대)에 비해 21세기 후반기(2071-2100년)에 크게 증가하고, 낙동강유역의 강우강도는 현재에 비해 21세기 중반기(2041-2070년)에 크게 증가할 것으로 전망됨. | | 기후변화 시나리오를 이용하여 기후변화 영향 및 강우의 시·공간적 특성을 고려한 확률강우량을 예측하여 향후 치수대책 수립을 위한 기초자료를 제공함. 2100년의 확률 강우량은 RCP4.5 시나리오에서 약 8%, RCP8.5 시나리오에서 약 10% 증가할 것으로 전망됨. | |
| 미래 강수량 자료만을 이용한 SWAT모형의 유출 예측(2013) | | SWAT 모형을 이용한 미래 기후변화가 설마천 혼효림 유역의 증발산과 토양수분에 미치는 영향 평가(2013) | |
| 이지민 외 | 한국물환경학회지, 29(1) | 안소라 외 | 한국수자원학회논문집, 46(6) |
| 기후변화에 의해 발생하는 급격한 유출변화로 홍수와 가뭄의 취약성이 증가됨으로서 수자원 문제에 대응하기 위한 정량적 평가가 필요함. 홍천강 유역을 대상으로 SWAT 모형과 RCP8.5 강수 시나리오 자료를 이용하여 미래 유출량을 전망함. | | SWAT 모형을 이용하여 설마천 혼효림 유역을 대상으로 RCP 기후변화 시나리오에 따른 수문순환 영향을 평가함. RCP4.5/ 8.5 시나리오 모두 미래유출량과 증발산비는 증가하고 유출률과 토양수분은 감소할 것으로 전망됨. | |
| 지역 평균해수면을 고려한 태안지역의 해수면 상승에 따른 침수 취약성 평가(2013) | | 반경험식법을 이용한 미래 해수면 상승 예측(2013) | |
| 김장수, 장동호 | 기후연구, 8(3) | 김태윤, 조광우 | 해양환경안전학회지, 19(1) |
| RCP8.5 시나리오를 고려하여 태안지역의 지역 해수면 상승 시나리오를 작성, 침수 취약지를 선정함. 태안군의 안면읍, 고남면, 남면, 근흥면, 소원면, 이원면 지역이 침수 취약지역으로 전망됨. | | RCP 4종 시나리오를 적용하여 얻어진 2100년까지의 대기온도 상승값을 해수면 상승 계산방법 중에 하나인 반경험식법에 적용하여 해수면 상승치를 예측함. RCP2.6/4.5/6.0/8.5 시나리오의 2100년도 해수면 예상 상승치는 각각 0.87m, 1.21m, 1.02m, 1.36m로 시나리오간 최대 0.5m의 차이가 나타남. | |
| RCP 시나리오를 고려한 극치통계분석 및 빈도해석(2013) | | 강원도 평창군의 지하수 현황과 전망(2012) | |
| 김덕환 외 | 한국습지학회지, 15(4) | 이진용 외 | 지질학회지, 48(5) |
| RCP4.5/8.5 시나리오를 이용하여 미래 기후변화에 따른 확률강수량을 산정함. RCP8.5 시나리오에 따르면 Target II (2006-2040) 기간까지는 증가 경향이 나타나지 않지만, Target III (2041-2070) 기간 이후에 최대 45%까지 증가할 것으로 전망됨. | | 강원도 평창군의 지하수 이용실태를 확인하고, RCP4.5/8.5 기후변화 시나리오의 기온 및 강수량 변화를 통해 평창군의 미래 지하수 변화를 전망함. 평창군의 기온이 지속적으로 상승하고 폭우의 발생 빈도의 증가 및 강설의 감소로 인해 지하수 함량이 줄어들 것으로 전망됨. | |
| 저영향개발(LID) 적용에 따른 도시지역 유출 분석(2012) | | RCP 기후변화 시나리오 기반의 미래 극한강수의 비정상성 빈도해석(2012) | |
| 배재영 외 | 국도계획, 47(6) | 성장현 외 | 한국방재학회논문집, 12(2) |
| 재개발계획이 확정되어 착공된 주택지구를 대상으로 저영향개발(LID) 적용 전후의 지표유출량 변화 모형에 RCP 시나리오를 적용하여 미래 기후에 대해 LID 적용 도시 재개발이 가지는 물순환 효율성을 도출하였음. | | 본 연구에서는 기후변화가 한반도의 미래 극한강수의 발생에 미치는 영향을 전망하기 위해 RCP4.5/8.5 시나리오에 따른 여름철 강수량을 고려하여 비정상성 빈도해석을 수행함. 미래에 남한지역의 극한강수가 증가하며, 치수안전도가 저하될 것으로 전망됨. | |

4) 산림 및 생태계 부문

□ 기후변화 시나리오 RCP 4.5와 8.5에 따른 절지동물 풍부도와 다양성의 변화 예측(국립산림과학원, 2016)

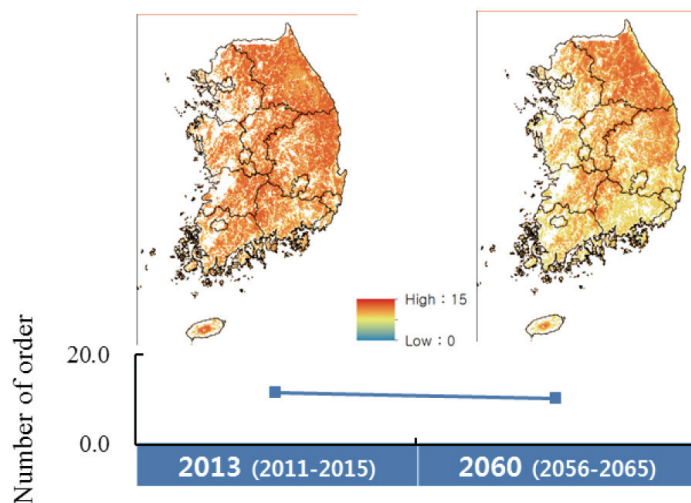
- 전국 366개 조사지(산림)에서 2006-2009년 동안 조사한 절지동물 조사자료를 이용하여 기후 변화로 예상되는 절지동물의 풍부도 및 다양성 변화를 예측함.
- 조사지의 평균기온을 7개의 기온대로 구분한 후, 각 기온대별 풍부도와 다양성 평균치를 계산함. 기온에 따른 풍부도 평균값을 이용하여 미래(2056~2065년) 기온에 따른 절지동물의 풍부도 및 다양성 변화를 제시함.
- RCP4.5/8.5 남한상세시나리오(1km)의 연평균기온 자료 사용
- 연구결과

- ▷ RCP 4.5/8.5 시나리오에 따른 2060년대(2056-2065년)의 평균기온을 값을 통해 절지동물의 풍부도 및 다양성 값을 산출함(표 2-15).
- ▷ 절지동물의 다양성(목수)는 RCP4.5에서 5%, RCP8.5에서 13% 감소하고, 풍부도(개체수)는 RCP4.5에서 13%, RCP8.5에서 36% 감소하여 풍부도와 다양성 모두 현재(2011-2015년) 대비 미래(2056-2065년)에 감소할 것으로 전망됨(그림 2-28).

표 2-15. RCP4.5/8.5 시나리오에 따른 절지동물 풍부도와 다양성 변화 전망
(국립산림과학원, 2016에서 발췌)

| 분류 | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
|---------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|
| | 2011-2015 | 2056-2065 | 변화(%) | 2011-2015 | 2056-2065 | 변화(%) |
| 절지동물목수 | 11,360 | 10,774 | -5.2 | 11,723 | 10,185 | -13.1 |
| 절지동물개체수 | 47,382 | 41,153 | -13.1 | 56,768 | 36,247 | -36.1 |

그림 2-28. 현재와 미래(RCP8.5 시나리오 기반) 절지동물목수 분포(국립산림과학원, 2016)



□ 기후변화에 따른 산림생태계 영향평가 및 적응 연구(국립산림과학원, 2015)

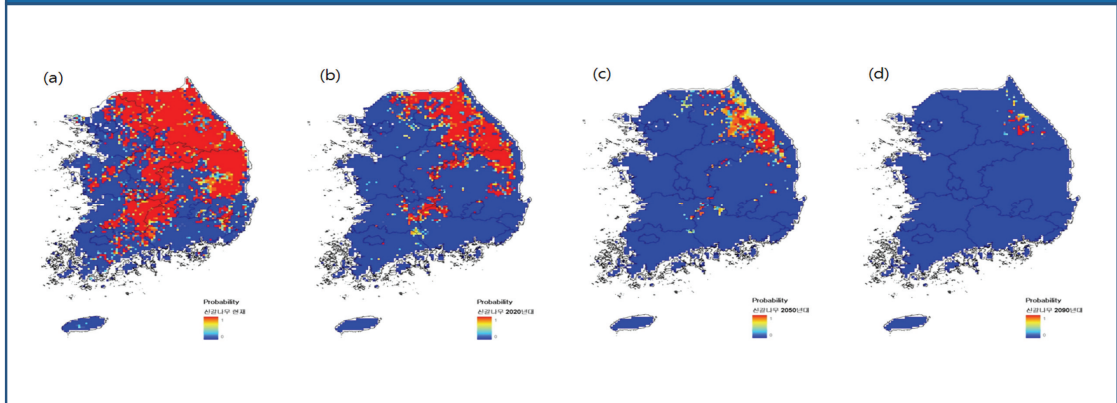
- 국가산림자원조사 자료와 식생분포 모형에 기반하여 보다 신뢰도가 높은 산림식생분포도를 작성하고 기후변화에 따른 변화를 예측하여 산림의 기후변화 적응능력을 높이기 위한 산림관리 의사결정을 지원하고자 함.
- RCP4.5/8.5 시나리오(1km 해상도)의 기온(연평균기온, 1월 평균기온, 8월평균기온, 생육기 평균기온, 8월과 1월 평균기온차), 강수량(연간강수량, 생육기강수량), 일사량 자료를 활용하였음 (2020년대, 2050년대, 2090년대; 각 10년 평균값).
- 연구 결과

▷ RCP8.5 시나리오에 따르면, 신갈나무의 분포범위는 현재 남서부 일부지역을 제외한 거의 전 지역으로 나타나지만 2090년대에는 남한 지역에서 생육적지가 거의 사라질 것으로 전망됨 (표 2-16, 그림 2-29).

표 2-16. 신갈나무의 잠재분포 확률(국립산림과학원, 2013에서 발췌)

| 수종 | 2020년대 | | | 2050년대 | | | 2090년대 | | | 모형의 신뢰수준 |
|------|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|----------|
| | 남부 | 중부 | 북부 | 남부 | 중부 | 북부 | 남부 | 중부 | 북부 | |
| 신갈나무 | × | △ | ○ | × | × | △ | × | × | × | 적정 |

그림 2-29. 신갈나무의 잠재분포 변화 (a) 현재, (b) 2020s, (c) 2050s, (d) 2090s



□ 기후변화에 따른 주요 수종의 적지분포 변화 예측(국립산림과학원, 2014)

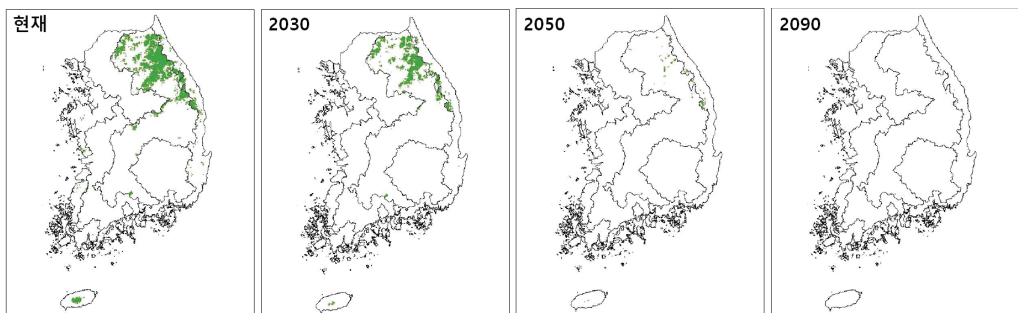
- 우리나라에 분포하는 주요 수종을 대상으로 RCP4.5/8.5 기후변화 시나리오에 의한 생태권역 및 전국 단위의 연도별 적지 분포 변화를 예측함. 기후변화에 따른 주요 수종별 적지 분포의 변화 정보 생산을 통해 기후변화와 관련된 산림정책 수립에 필요한 기초 자료를 제공함.
- 생태권역별·수종별 지위지수 추정식에 포함된 기후인자 변수에 기후변화 시나리오를 적용하여 2100년까지의 연도별 적지면적과 적지분포를 전망함.
- 기상청에서 제공하는 RCP4.5/8.5 기후변화 시나리오 자료를 사용
- 연구 결과

▷ 난대수종인 삼나무와 편백을 제외한 나머지 수종의 적지면적이 시간이 경과할수록 감소할 것으로 전망됨. 이러한 감소경향은 RCP8.5 시나리오에서 더 뚜렷함(표 2-17, 그림 2-30).

표 2-17. RCP4.5/8.5 시나리오에 따른 산악권역 강원지방소나무의 연도별 적지면적 추정 결과 (국립산림과학원, 2014 수정)

| 연도 | RCP 4.5 | | RCP 8.5 | |
|------|-------------|--------|-------------|--------|
| | Polygon의 개수 | 면적(ha) | Polygon의 개수 | 면적(ha) |
| 현재 | 1,575 | 33,162 | 1,575 | 33,162 |
| 2020 | 1,409 | 29,985 | 311 | 7,300 |
| 2030 | 1,018 | 22,680 | 693 | 15,389 |
| 2040 | 1,217 | 26,021 | 272 | 6,542 |
| 2050 | 1,181 | 25,516 | 12 | 300 |
| 2060 | 914 | 20,163 | 50 | 1,344 |
| 2070 | 339 | 7,994 | 5 | 148 |
| 2080 | 135 | 3,503 | 0 | 0 |
| 2090 | 136 | 4,240 | 0 | 0 |
| 2100 | 210 | 5,333 | 0 | 0 |

그림 2-30. RCP8.5 시나리오에 따른 강원지방소나무의 적지분포 전망 (국립산림과학원, 2014에서 발췌)



□ 기후변화 대응 산림재해 변화 예측 및 대응전략 개발(국립산림과학원, 2013)

- 기후변화의 지역적 편차를 분석하고, 산불 발생 분포의 변동에 미치는 영향을 분석하는데 RCP 4.5/8.5 시나리오를 사용
- 연구 결과

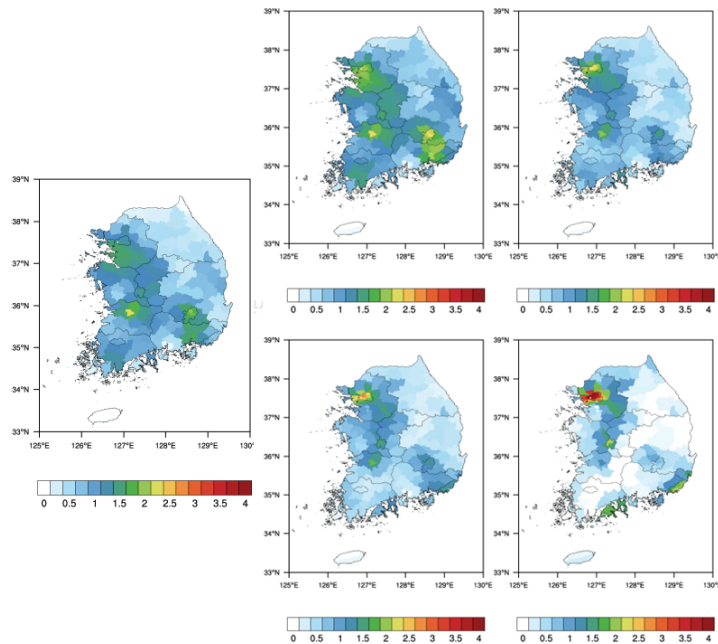
- ▷ RCP8.5 시나리오에 따르면 2020년까지 전국적인 산불 발생빈도의 증가가 예상되고. 특히 강원권역에서 50% 정도의 산불이 증가할 것으로 전망됨. 반면 2030년에서 2100년까지는 산불이 전국적으로 감소할 것으로 전망됨. 특히, 호남과 영남지역의 산불 발생 감소가 뚜렷할 것으로 예상되는데 이는 상대습도의 증가로 인한 결과로 예상됨. 반면 경기권역에서는 산불이 크게 증가할 것으로 전망되는데, 이는 해당 권역에서 나타나는 RCP 8.5 시나리오 내 큰 기온 상승이 산불 발생 증가에 영향을 끼치는 것으로 보임(표 2-18, 그림 2-31).
- ▷ 장기적인 추세로는 지구온난화에 따른 기온 상승보다는 상대습도의 증가로 인해 의해 산불이 감소될 것으로 보이지만, 단기적으로 RCP 8.5 시나리오에서 산불이 증가할 것으로 전망되어 이에 대한 대책이 수립되어야함.

표 2-18. RCP 8.5 산불 증감(국립산림과학원, 2013)

| 지역 | 2020년 | | 2030년 | | 2050년 | | 2100년 | |
|----|-------|---|-------|---|-------|-----|-------|-----|
| 전국 | +25% | 0 | -12% | 0 | -19% | 0 | -39% | +++ |
| 경기 | +27% | 0 | 5% | 0 | 1% | 0 | 5% | 0 |
| 강원 | +55% | 0 | -16% | 0 | 2% | 0 | -21% | 0 |
| 호남 | +15% | 0 | -20% | 0 | -35% | +++ | -60% | +++ |
| 영남 | +29% | 0 | -12% | 0 | -15% | 0 | -38% | +++ |

* t-test 결과 0 : >70%, + : >90%, ++ : >95%, +++ : >99%, ++++ : > 99.9%

그림 2-31. RCP 8.5 산불(2, 3, 4월 평균) (왼쪽) 2011년, (위 왼쪽) 2020년, (위 오른쪽) 2030년, (아래 왼쪽) 2050년, (아래 오른쪽) 2100년(국립산림과학원, 2013)



| | | | |
|--|------------------|--|--------------------|
| 기후변화시나리오를 이용한 우리나라의 기후시대 변화 연구(2017) | | 격자형 기후변화 시나리오 자료를 활용한 한반도의 증발산량 전자 기후도 생산 및 분석(2017) | |
| 김용석 외 | 한국농림기상학회지, 19(2) | 유병현 외 | 한국농림기상학회지, 19(2) |
| RCP 8.5 시나리오를 바탕으로 제작된 농업용전자기 후도를 이용하여 온량지수와 콤편의 기후구분을 수행하고 기후시대의 변화를 분석함. 온량지수에 의한 기후시대를 구분하였을 경우 21세기 후반으로 갈수록 기온이 증가하여 전국적으로 난온대의 기후특성이 나타나고, 콤편의 기후시대 구분에서는 Cfa와 Cwa 기후특성이 주로 나타날 것으로 전망됨. | | RCP 8.5 시나리오를 이용해 잠재 증발산량(PET)과 가뭄지수(DI) 전자기후도를 생산하고 분석함. 현재 조건에서 습윤 지역으로 분류되던 충청남도 지역이 21세기 중반 이후에는 아습윤 지역으로 바뀌는 등 21세기 후반으로 갈수록 한반도내 잠재 증발산량은 전반적으로 증가할 것으로 전망됨. | |
| 국립공원의 기후변화 취약성 평가(2016) | | 기후변화에 따른 송악의 잠재서식지 분포 변화 예측(2016) | |
| 김종천, 김태근 | 생태와 환경, 49(1) | 박선욱 외 | 한국기후변화학회지, 7(3) |
| 기후변화 취약성 평가 도구(LCCGIS)의 기후노출에 RCP 8.5 시나리오를 적용하여 미래 국립공원의 기후변화 취약성을 분석함. 현재(2010년대) 기후노출은 설악산, 오대산, 지리산, 치악산국립공원이 상대적으로 큰 반면 미래(2050년대)에는 지리산, 오대산, 설악산, 한려해상이 클 것으로 전망됨. | | 한반도 남부 해안지역에 주로 분포하는 송악을 대상으로 RCP 4.5/8.5 시나리오 기반 기후변화에 따른 잠재서식지 분포 변화를 예측함. 송악의 잠재서식지는 동해안에서 0.5~1.0°, 서해안에서 2.0~2.2° 북상하였고, 남해내륙으로 확장될 것으로 전망됨. | |
| RCP 8.5 기후변화 시나리오를 적용한 논 서식 애물똥쟁이(<i>Sternolophus rufipes</i>)와 잔물똥쟁이(<i>Hydrochara affinis</i>)의 비행시기 예측(2016) | | RCP 기후변화 시나리오에 따른 우리나라 구상나무 잠재 분포 변화 예측(2016) | |
| 최순군 외 | 한국농림기상학회지, 18(1) | 구경아 외 | 한국환경복원기술학회지, 19(6) |
| 고해상도 RCP 8.5 시나리오 사용하여 기후변화에 의한 잔물똥쟁이와 애물똥쟁이의 비행시기 변화를 전망함. 2020년대에 비하여 2080년대는 비행시작시기가 15일 이상 앞당겨졌고, 내륙보다 해안, 도심보다 도외지, 평야보다 곡간지 논 비행시기의 변화가 크게 나타남. | | RCP시나리오4종과 대표적인 종분포 모형5개 등 미래 기후변화 불확실성을 고려한 우리나라 구상나무 분포 변화를 예측하였음. 미래에는 구상나무의 잠재 분포지가 확대될 것으로 예측되었는데 이는 기온 상승으로 인한 스트레스를 강수량의 증가가 상쇄하기 때문인 것으로 판단됨. | |
| MaxEnt를 활용한 청비름(<i>Amaranthus viridis</i>)의 기후변화 시나리오에 의한 서식지 분포 변화 예측(2016) | | 기후변화 시나리오에 의한 외래식물 실망초의 서식지 분포 예측(2015) | |
| 이용호 외 | 한국환경생물학회, 34(4) | 이용호 외 | 한국기후변화학회지, 6(3) |
| 외래식물인 청비름의 현재 잠재 서식지와 RCP 4.5/8.5에 의한 미래의 분포 확산을 MaxEnt모델을 활용하여 예측하였음. RCP4.5에서는 확산이 크게 나타나지 않으나, RCP8.5에서는 잠재 서식지가 전국적으로 확산될 것으로 예상되며 2090년대에는 현재보다 4.8배 증가할 것임. | | 외래식물인 실망초의 현재 잠재 서식지와 RCP4.5/8.5에 의한 미래의 분포 확산을 MaxEnt모델을 활용하여 예측하였음. 실망초는 미래로 갈수록 서식지가 확산되며 RCP8.5에서는 2100년대 잠재 서식지가 현재에 비해 약 7.69배 증가할 것으로 예상됨. | |

| | | | |
|---|------------------|---|------------------|
| RCP4.5와 8.5 시나리오를 이용한 온량지수 변화에 따른 서울시 적응 가능한 식물종 연구(2015) | | 잣나무 연륜생장과 기후요소와의 상관관계 분석 및 성장예측(2015) | |
| 공석준 외 | 한국습지학회지, 17(3) | 정준모 외 | 한국농림기상학회지, 17(2) |
| 고해상도 RCP 4.5/8.5 시나리오를 이용하여 미래 서울시의 온량지수 변화와 삼림대의 변화를 예측하고, 온량지수 분포 변화에 따른 적응 가능한 식물종을 분석함. 본 연구에 따르면 서울시의 삼림대는 2050년 이후에 난온대림으로 변화하고, 굴참나무, 소나무와 같이 온량지수 분포범위가 넓은 종들이 미래에도 적응 가능할 것으로 전망됨. | | RCP 4.5/8.5 시나리오로 기후변화에 따른 잣나무의 연륜생장 변화를 예측함. 해발고도가 높은 지역의 연륜생장은 증가한 반면, 해발고도가 낮은 지역의 연륜생장은 감소할 것으로 전망됨. | |
| 기후변화 시나리오에 의한 중부지방소나무의 연도별 적지분포 변화 예측(2014) | | 기후변화에 의한 눈잣나무의 서식지 분포 예측(2014) | |
| 고성윤 외 | 한국농림기상학회지, 16(1) | 박현철 외 | 환경영향평가, 23(5) |
| 우리나라에 분포하는 중부지방소나무의 생태권역별 지위지수 추정식을 개발하고 기후변화에 따른 적지면적 및 적지분포의 연도별 변화를 예측하기 위해 RCP4.5/8.5 시나리오를 사용함. 본 연구에 의하면 유사한 다른 연구 결과와는 다르게 중부지방소나무의 분포와 적지면적은 크게 감소하지 않을 것으로 전망됨. | | 국립생물자원원에서 선정한 기후변화생물지표 중에서 남한의 설악산에 제한적으로 분포하는 눈잣나무의 기후변화에 의한 잠재 서식지 예측하기 위하여 RCP 4.5/8.5 시나리오를 사용. 미래 눈잣나무의 개체군은 축소하거나 소멸되어 분포 지역이 한반도의 남방 한계선까지로 예상됨. | |

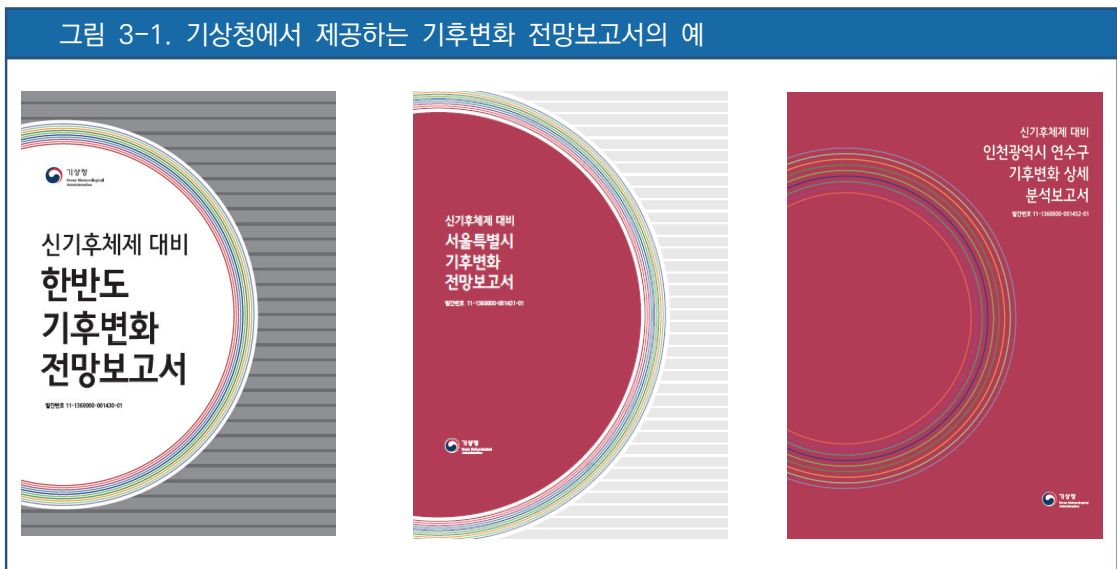
3장

기후변화 시나리오 기반 전망 정보 활용 방법

1. 전망정보 제공 현황 및 내용

1) 기후변화 전망보고서 제공 현황

- 기상청에서는 ‘한반도 기후변화 전망보고서’, ‘광역지자체 기후변화 전망보고서’, ‘기초지자체 기후변화 상세분석보고서’를 생산하여 제공하고 있음(그림 3-1, 표 3-1).



- 기후변화 전망보고서는 2012년부터 생산되었으며, 현재까지 제공된 보고서의 범위는 아래와 같음(표 3-1).

표 3-1. 기후변화 전망보고서별 분석 범위 및 사용된 기후변화 시나리오

| 종류 | 분석범위 | 기후변화 시나리오 | | 생산연도 |
|------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------|
| 한반도 기후변화 전망보고서 | 한반도, 남한, 북한 | 한반도 기후변화 시나리오 (12.5km 격자자료) | RCP4.5/8.5 (200년 제어적분) | 2012년 |
| | | 남한상세 기후변화 시나리오 (1km 기반 행정구역별 자료) | RCP2.6/6.0 (400년 제어적분) | 2017년 |
| | | | RCP2.6/4.5/6.0/8.5 (400년 제어적분) | 2018년 |
| 광역지자체 기후변화 전망보고서 | 광역지자체 (시·군·구 단위 정보 제공) | 남한상세 기후변화 시나리오 (1km 기반 행정구역별 자료) | RCP4.5/8.5 (200년 제어적분) | 2012년 |
| | | 남한상세 기후변화 시나리오 (1km 기반 행정구역별 자료) | RCP2.6/6.0 (400년 제어적분) | 2017년 |
| | | | RCP2.6/4.5/6.0/8.5 (400년 제어적분) | 2018년 |
| 기초지자체 기후변화 전망보고서 | 시·군·구 행정구역 (읍·면·동 단위 정보 제공) | 남한상세 기후변화 시나리오 (1km 기반 행정구역별 자료) | RCP4.5/8.5 (200년 제어적분) | 2012-2016년 |
| | | | RCP2.6/6.0 (400년 제어적분) | 2017년 |

2) 기후변화 전망보고서에 포함된 내용

(1) 한반도 기후변화 전망보고서

□ 한반도 기후변화 전망보고서는 관측자료 기반의 관측 기후변화 특성과 기후변화 시나리오 기반의 한반도(12.5km) 미래 기후변화 및 남한 행정구역별(1km) 미래 기후변화 전망 정보를 제공함.

- 관측자료를 이용한 한반도 관측 기후변화 특성 정보
→ 주요 기후요소의 연·계절별 분포도 및 특성 제시

- 기후요소: 평균기온, 강수량, 상대습도, 풍속 등 4종
- 극한기후지수: 폭염일수, 열대야일수, 호우일수 등 3종

→ 최근 30년(1981-2010년) 기후요소의 변화율 분포도 및 특성

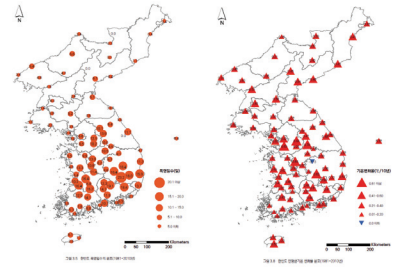
- 기후요소 : 평균기온, 강수량 등 2종

- 한반도 기후변화 시나리오(12.5km)를 이용한 한반도 미래 기후변화 전망 정보
→ 북한을 포함한 한반도 전체에 대한 미래기후의 공간분포 특성

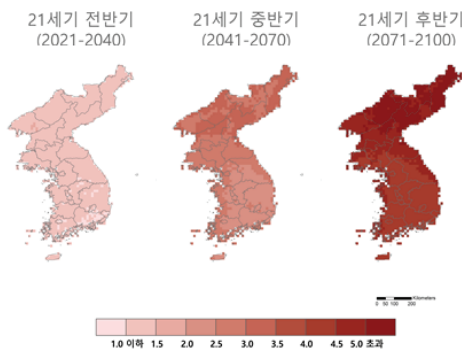
- 4개 기후요소(평균/최고/최저기온, 강수량, 상대습도, 풍속), 기온 및 강수량 관련 12개 극한기후지수

→ 한반도, 남한, 북한의 미래기후 시간변화 특성을 10년 단위로 제시

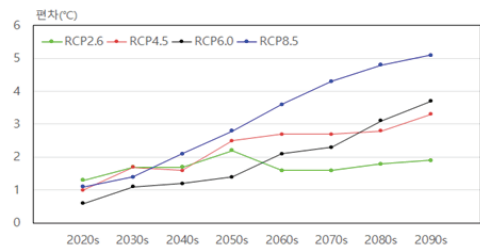
- 연과 계절 평균기온 및 강수량의 변화경향을 10년 단위로 제시



예) 폭염일수와 연평균기온 변화율 분포(1981-2010년)



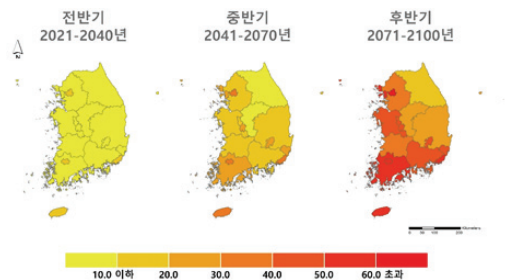
예) RCP8.5 시나리오에 기반한 21세기 연평균기온 편차 전망



예) 한반도 21세기 연평균기온 편차 전망 시계열

- 남한 행정구역별 미래 기후변화 전망
→ 17개 광역지자체별 미래 기후변화 전망 자료

- 기후요소(평균기온, 강수량 등 2종), 기온 및 강수량 관련 12개 극한기후지수



예) RCP8.5 시나리오에 기반한 21세기 남한 열대야일수 전망

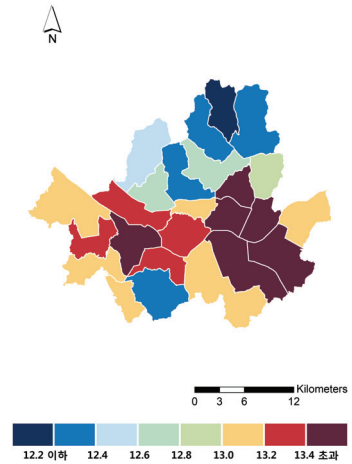
(2) 광역시도 기후변화 전망보고서

□ 광역시도 기후변화 전망보고서는 관측자료 기반의 관측 기후변화 특성과 기후변화 시나리오 기반의 광역시도별(1km) 미래 기후변화전망 정보를 제공함.

- 광역시도별 관측자료(2001-2010년)를 이용한 관측 기후변화 특성 정보
→ 주요 기후요소의 연·계절별 분포도 및 특성 제시

- 기후요소: 평균기온, 강수량 등 2종

- 우리나라 서북부에 위치한 서울특별시의 연평균기온은 13.0℃로 우리나라 연평균기온(12.8℃)보다 0.2℃ 높음.
- 서울특별시에서 연평균기온이 가장 높은 지역은 송파구, 동대문구, 영등포구와 성동구(13.6℃)이고, 가장 낮은 지역은 도봉구(12.2℃)이며, 그 차이는 1.4℃임.



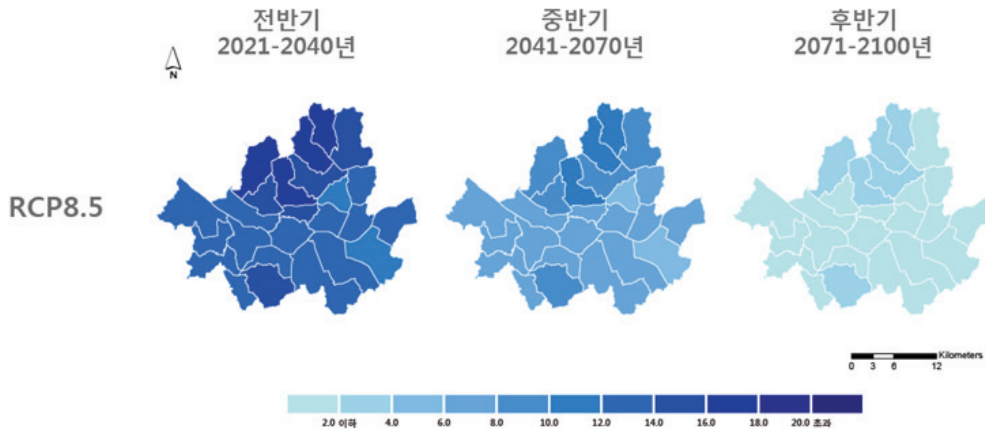
예) 서울특별시의 구별 연평균기온 (℃) 분포도 (2001-2010년)

예) 서울특별시의 일평균·최고·최저기온 및 극한기후지수(2001-2010년)

| | 기온(℃) | | | 열대야일수(일) | 폭염일수(일) |
|-------|-------|------|-----|----------|---------|
| | 일평균 | 일최고 | 일최저 | | |
| 서울특별시 | 13.0 | 17.7 | 8.9 | 8.2 | 11.1 |
| 강남구 | 13.5 | 18.1 | 9.5 | 10.9 | 13.7 |
| 강동구 | 13.2 | 18.3 | 8.7 | 8.4 | 17.5 |
| 강북구 | 12.3 | 17.2 | 8.1 | 5.0 | 9.1 |
| 강서구 | 13.2 | 17.9 | 9.1 | 9.0 | 11.1 |
| 관악구 | 12.3 | 17.2 | 8.2 | 4.4 | 5.6 |
| 광진구 | 13.5 | 18.0 | 9.4 | 11.1 | 13.9 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 성북구 | 12.8 | 17.5 | 8.7 | 7.2 | 10.8 |
| 송파구 | 13.6 | 18.3 | 9.5 | 11.9 | 15.1 |
| 양천구 | 13.3 | 17.9 | 9.4 | 11.1 | 11.8 |
| 영등포구 | 13.6 | 18.0 | 9.8 | 12.7 | 11.9 |
| 용산구 | 13.4 | 17.9 | 9.5 | 10.8 | 12.1 |
| 은평구 | 12.6 | 17.3 | 8.5 | 5.3 | 7.7 |
| 종로구 | 12.4 | 16.9 | 8.4 | 4.8 | 6.0 |
| 중구 | 13.1 | 17.7 | 9.1 | 8.1 | 10.3 |
| 중랑구 | 12.9 | 17.8 | 8.6 | 7.2 | 11.4 |

- 기후변화 시나리오(1km)를 이용한 광역시도별 미래 기후변화 전망 정보
 - RCP 4종 시나리오 기반 광역시도별 21세기 전반기, 중반기, 후반기의 연평균 분포도 제시 및 공간 분포 특성 기술

- 9개 기후요소(연·계절별 평균/최고/최저기온, 강수량 변화율)
- 기온 및 강수량 관련 12개 극한기후지수



예) 서울특별시의 구별 결빙일수(일) 분포도

- 현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우(RCP8.5), 21세기 후반기(2071~2100년)에 서울특별시 결빙일수는 현재보다 16.7일 적게 나타날 것으로 전망됨.
- 온실가스 감축으로 지구 스스로가 회복 가능한 경우(RCP2.6), 현재 추세로 온실가스가 배출되는 경우와 비교하여 결빙일수 감소폭이 작을 것으로 전망됨.

예) 서울특별시의 결빙일수(일) 전망(RCP8.5)

| | 2001-2010 | 2021-2030 | 2031-2040 | 2071-2080 | 2081-2090 | 2091-2100 | 전반기 (2021-2040) | 중반기 (2041-2070) | 후반기 (2071-2100) |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 서울특별시 | 18.3 | 15.2 | ... | 2.2 | 1.8 | 0.7 | 14.1 | 7.8 | 1.6 |
| 강남구 | 17.0 | 13.5 | ... | 1.6 | 1.3 | 0.4 | 12.5 | 6.6 | 1.1 |
| 강동구 | 16.7 | 13.7 | ... | 1.5 | 1.1 | 0.3 | 12.6 | 6.5 | 1.0 |
| 강북구 | 22.0 | 19.0 | ... | 3.8 | 3.2 | 1.7 | 17.8 | 11.2 | 2.9 |
| 강서구 | 16.7 | 13.5 | ... | 1.8 | 1.4 | 0.3 | 12.6 | 6.5 | 1.2 |
| 관악구 | 19.9 | 17.1 | ... | 3.2 | 2.6 | 1.3 | 16.0 | 9.6 | 2.4 |
| 광진구 | 17.1 | 13.5 | ... | 1.6 | 1.3 | 0.4 | 12.6 | 6.6 | 1.1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 성북구 | 19.8 | 16.9 | ... | 2.8 | 2.3 | 1.1 | 15.7 | 9.2 | 2.1 |
| 송파구 | 16.0 | 12.1 | ... | 1.3 | 0.9 | 0.3 | 11.2 | 5.7 | 0.8 |
| 양천구 | 17.4 | 14.1 | ... | 2.0 | 1.6 | 0.5 | 13.0 | 6.9 | 1.3 |
| 영등포구 | 17.4 | 14.1 | ... | 1.9 | 1.6 | 0.5 | 13.1 | 6.8 | 1.3 |
| 용산구 | 18.1 | 15.1 | ... | 2.1 | 1.7 | 0.5 | 13.9 | 7.5 | 1.4 |
| 은평구 | 20.4 | 17.4 | ... | 2.9 | 2.4 | 1.1 | 16.1 | 9.4 | 2.1 |
| 종로구 | 22.5 | 19.1 | ... | 3.7 | 3.2 | 1.7 | 17.8 | 11.1 | 2.8 |
| 중구 | 18.6 | 15.8 | ... | 2.2 | 1.8 | 0.6 | 14.4 | 7.8 | 1.5 |
| 중랑구 | 17.8 | 15.3 | ... | 1.9 | 1.6 | 0.4 | 14.0 | 7.6 | 1.3 |

2. 기후변화 전망정보의 활용 방법

1) 한반도 기후변화 전망분석서

□ 시나리오에 따른 한반도/남한/북한의 21세기 기후변화 전망의 활용 방법

표 4.1 RCP2.6(RCP6.0)에 따른 한반도 21세기 기후변화 전망

| 구분 | 현재 기후값 (1981-2010) | 21세기 전반기 (2021-2040) | 21세기 중반기 (2041-2070) | 21세기 후반기 (2071-2100) | 경향성 (10년당) |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 평균기온(°C) | 11.0 | 12.5 (11.8) | 12.8 (12.6) | 12.8 (14.0) | 0.20 (0.33) |
| 최고기온(°C) | 16.6 | 18.0 (17.5) | 18.4 (18.2) | 18.4 (19.7) | 0.20 (0.34) |
| 최저기온(°C) | 6.2 | 7.7 (7.0) | 8.0 (7.7) | 8.0 (9.2) | 0.20 (0.33) |
| 일교차(°C) | 10.4 | 10.3 (10.4) | 10.4 (10.4) | 10.4 (10.4) | 0.00 (0.00) |
| 강수량(mm) | 1,162.2 | 1,232.3 (1,164.3) | 1,228.4 (1,187.7) | 1,226.5 (1,241.1) | 7.14 (8.77) |
| 풍속(%) | 1.9 | 1.9 (1.9) | 1.9 (1.9) | 1.9 (1.9) | 0.00 (0.00) |
| 상대습도(%) | 70.2 | 70.1 (69.9) | 69.9 (69.6) | 69.6 (69.3) | -0.07 (-0.10) |
| 폭염일수(일) | 7.3 | 8.1 (8.7) | 10.2 (11.4) | 9.5 (17.2) | 0.24 (1.10) |
| 열대야일수(일) | 2.8 | 4.4 (3.8) | 7.1 (6.2) | 6.2 (13.3) | 0.38 (1.17) |
| 여름일수(일) | 96.4 | 112.8 (107.5) | 120.4 (115.8) | 118.2 (135.1) | 2.42 (4.30) |
| 한파일수(일) | 16.9 | 6.0 (12.6) | 6.5 (7.8) | 5.2 (0.0) | -1.30 (-1.88) |
| 결빙일수(일) | 21.0 | 6.4 (13.9) | 7.7 (8.8) | 5.6 (0.0) | -1.71 (-2.33) |
| 서리일수(일) | 109.6 | 99.9 (102.4) | 97.2 (98.3) | 97.7 (96.9) | -1.32 (-2.52) |
| 식물성장가능기간(일) | 245.2 | 255.3 (253.7) | 257.7 (257.3) | 257.8 (268.9) | 1.32 (1.38) |
| 최대우강수지속기간(일) | 36.0 | 35.2 (36.5) | 37.2 (36.4) | 37.6 (38.6) | 0.18 (0.29) |
| 호우일수(일) | 2.0 | 2.1 (2.0) | 2.1 (2.2) | 2.1 (2.4) | 0.01 (0.04) |
| 5일최다강수량(mm) | 207.0 | 212.6 (203.3) | 218.3 (223.0) | 224.4 (236.3) | 1.93 (3.26) |
| 강수강도(mm/일) | 15.1 | 15.6 (15.1) | 15.8 (15.5) | 15.8 (16.1) | 0.08 (0.11) |

- 12.5km 격자자료를 기반으로 산출한 한반도/남한/북한의 기후요소별 전망값을 제시
- 각 요소별 현재 기후값은 1981-2010년의 관측 평균값을, 21세기 전반기/중반기/후반기는 각 시나리오 모델에서 산출된 전망값을 나타냄.

□ 시나리오에 따른 한반도 기후변화 전망의 공간분포

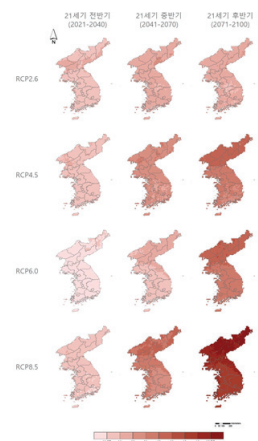
Tip !

- 현재부터 21세기 후반기까지의 변화경향을 파악하려면 21세기 후반기와 현재 관측 기후값의 차이를 10년당 변화값으로 환산하여 산출한 "경향성" 값을 이용
예) 21세기 후반기까지 한반도 연평균기온은 +0.2°C/10년의 상승률을 보임.
- 전망값과 현재 기후값 차이를 통해 변화폭을 산출할 수 있음.
예) 한반도의 21세기 후반기 기온 상승폭
 - RCP2.6 : 12.8°C - 11.0°C = 1.8°C, • RCP4.5 : 13.9°C - 11.0°C = 2.9°C
 - RCP6.0 : 14.0°C - 11.0°C = 3.0°C, • RCP8.5 : 15.7°C - 11.0°C = 4.7°C

- 12.5km 격자자료를 기반으로 21세기 전반기/중반기/후반기의 요소별 전망(편차값) 분포도
- 각 요소별 편차는 전망값과 모델 기후값(1981-2010년)의 차이로 산출함.

Tip !

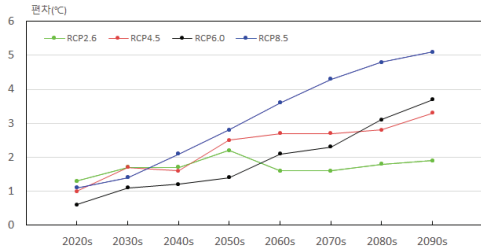
- 분포도를 통해 지역별 변화경향의 차이를 확인할 수 있음.
예) 개마고원을 포함하는 한반도 북부의 산악지역과 북동 해안 지역에서 기온의 상승경향이 더 뚜렷하게 나타남.
- 21세기 전반기/중반기/후반기의 변화경향(가로방향)과 시나리오별 변화경향(세로방향)의 차이를 확인할 수 있음.
예) 21세기 후반기에 한반도 연평균기온은 RCP8.5에서 가장 큰 폭으로 상승할 것으로 전망됨.
- 각 시나리오별 전망 분포도는 편차값을 이용하여 작성된 것으로 해석할 때 주의가 필요함.
예) 21세기 후반기에 한반도 북부의 연평균기온은 현재보다 5.0°C 이상 상승할 것으로 전망됨.



예) 한반도 연평균기온 편차(°C) 전망

□ 시나리오에 따른 한반도 기후변화 시계열 전망

- 12.5km 격자자료를 기반으로 한반도/남한/북한의 평균값을 산출하여 10년 단위의 전망값(기온 및 강수량)을 시계열 그래프로 제시



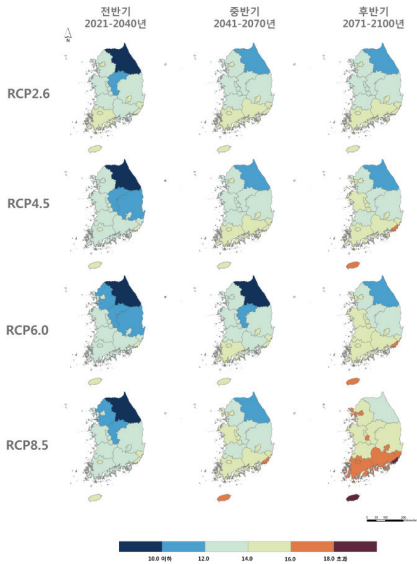
예) 한반도 연평균기온 편차(°C) 전망 시계열

Tip !

- 2021년부터 2100년까지 10년 단위 평균값을 이용하여 보다 상세하게 시간에 따른 변화를 확인할 수 있음.
예) 2050년대까지는 4개의 시나리오가 뚜렷한 차이를 보이지 않지만, 21세기 후반으로 갈수록 기온 차이가 커짐. RCP2.6 시나리오는 2060년대 이후 안정화되고, RCP8.5 시나리오는 2100년까지 정점에 도달하지 않고 계속 상승 상태가 됨.
- 시계열 그래프는 편차값을 이용하여 작성된 것으로 현재 기후 대비 변화폭(울)의 변화를 나타낸 것임.

□ 남한 행정구역별 미래 기후변화 전망

- 남한상세 기후변화 시나리오(1km) 자료를 기반으로 생산된 남한 17개 광역시도별 미래 기후요소별 전망값을 분포도와 표(부록)로 제시



예) 남한 광역시도별 연평균기온(°C) 전망

Tip !

- 광역시도별 전망값의 비교가 가능함.
예) 21세기 후반기(2071-2100년)에 연평균기온은 제주특별자치도와 부산광역시에서 가장 높으며, 강원도가 가장 낮을 것으로 전망됨.
- 각 광역시도별 상세 전망 분포를 파악하기 위해서는 “광역지자체 기후변화 전망보고서”를 참조

2) 광역지자체별 기후변화 상세 분석보고서

□ 시나리오에 따른 광역지자체별 21세기 기후변화 전망

표 3-4. 서울특별시의 연평균기온 전망과 현재 기후값 대비 편차(°C)(RCP8.5)

| | 2001-2010 | 2021-2030 | 2031-2040 | 2041-2050 | 2051-2060 | 2061-2070 | 2071-2080 | 2081-2090 | 2091-2100 | 전반기 (2021-2040) | 중반기 (2041-2070) | 후반기 (2071-2100) |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 서울특별시 | 13.0 | 13.6 | 14.0 | 14.6 | 15.2 | 15.8 | 16.7 | 17.2 | 17.3 | 13.8 | 15.2 | 17.1 |
| | | +0.6 | +1.0 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.7 | +4.2 | +4.3 | +0.8 | +2.2 | +4.1 |
| 강남구 | 13.5 | 14.0 | 14.4 | 15.0 | 15.7 | 16.2 | 17.1 | 17.6 | 17.8 | 14.2 | 15.6 | 17.5 |
| | | +0.5 | +0.9 | +1.5 | +2.2 | +2.7 | +3.6 | +4.1 | +4.3 | +0.7 | +2.1 | +4.0 |
| 강동구 | 13.2 | 13.7 | 14.1 | 14.7 | 15.3 | 15.9 | 16.8 | 17.3 | 17.4 | 13.9 | 15.3 | 17.1 |
| | | +0.5 | +0.9 | +1.5 | +2.1 | +2.7 | +3.6 | +4.1 | +4.2 | +0.7 | +2.1 | +3.9 |
| 강북구 | 12.3 | 12.9 | 13.3 | 13.9 | 14.5 | 15.1 | 16.0 | 16.5 | 16.7 | 13.1 | 14.5 | 16.4 |
| | | +0.6 | +1.0 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.7 | +4.2 | +4.4 | +0.8 | +2.2 | +4.1 |
| 강서구 | 13.2 | 13.7 | 14.2 | 14.8 | 15.4 | 16.0 | 16.9 | 17.4 | 17.5 | 14.0 | 15.4 | 17.3 |
| | | +0.5 | +1.0 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.7 | +4.2 | +4.3 | +0.8 | +2.2 | +4.1 |
| 관악구 | 12.3 | 12.8 | 13.2 | 13.8 | 14.4 | 15.0 | 15.9 | 16.4 | 16.5 | 13.0 | 14.4 | 16.3 |
| | | +0.5 | +0.9 | +1.5 | +2.1 | +2.7 | +3.6 | +4.1 | +4.2 | +0.7 | +2.1 | +4.0 |
| 광진구 | 13.5 | 14.0 | 14.4 | 15.0 | 15.6 | 16.2 | 17.1 | 17.6 | 17.7 | 14.2 | 15.6 | 17.5 |
| | | +0.5 | +0.9 | +1.5 | +2.1 | +2.7 | +3.6 | +4.1 | +4.2 | +0.7 | +2.1 | +4.0 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 용산구 | 13.4 | 13.9 | 14.3 | 14.9 | 15.6 | 16.2 | 17.0 | 17.6 | 17.7 | 14.1 | 15.6 | 17.5 |
| | | +0.5 | +0.9 | +1.5 | +2.2 | +2.8 | +3.6 | +4.2 | +4.3 | +0.7 | +2.2 | +4.1 |
| 은평구 | 12.6 | 13.2 | 13.6 | 14.2 | 14.8 | 15.4 | 16.3 | 16.8 | 17.0 | 13.4 | 14.8 | 16.7 |
| | | +0.6 | +1.0 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.7 | +4.2 | +4.4 | +0.8 | +2.2 | +4.1 |
| 종로구 | 12.4 | 13.0 | 13.3 | 14.0 | 14.6 | 15.2 | 16.0 | 16.6 | 16.7 | 13.2 | 14.6 | 16.5 |
| | | +0.6 | +0.9 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.6 | +4.2 | +4.3 | +0.8 | +2.2 | +4.1 |
| 중구 | 13.1 | 13.7 | 14.1 | 14.7 | 15.3 | 15.9 | 16.8 | 17.3 | 17.5 | 13.9 | 15.3 | 17.2 |
| | | +0.6 | +1.0 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.7 | +4.2 | +4.4 | +0.8 | +2.2 | +4.1 |
| 중앙구 | 12.9 | 13.5 | 13.9 | 14.5 | 15.1 | 15.7 | 16.5 | 17.1 | 17.2 | 13.7 | 15.1 | 16.9 |
| | | +0.6 | +1.0 | +1.6 | +2.2 | +2.8 | +3.6 | +4.2 | +4.3 | +0.8 | +2.2 | +4.0 |

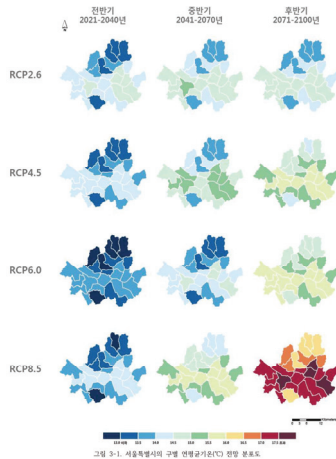
- 1km 격자자료를 기반으로 시·군·구 또는 읍·면·동 단위로 산출한 광역지자체의 기후요소별 전망값을 제시
- 각 요소별 현재 기후값은 2001-2010년의 관측 평균값임.
- 4종의 시나리오(RCP2.6/4.5/6.0/8.5)에서 산출된 전망값을 2020년대부터 10년별과 함께 21세기 전반기(2021~2040년), 중반기(2041~2070년), 후반기(2071~2100년)에 대해 제공함.

Tip !

- 전망값과 현재 기후값 차이를 통해 변화폭을 산출할 수 있음.
 예) RCP8.5시나리오에서 서울특별시 21세기 전반기, 중반기, 후반기의 기온 상승폭
 - 전반기 : 13.8℃ - 13.0℃ = 0.8℃, • 중반기 : 15.2℃ - 13.0℃ = 2.2℃
 - 후반기 : 17.1℃ - 13.0℃ = 4.1℃,
- 광역지자체 내에서 지역별로 미래 전망값의 변화폭을 산출할 수 있음.
 예) RCP8.5시나리오에서 서울특별시 21세기 후반기의 지역별 기온 상승폭
 - 강남구 : 17.5℃ - 13.5℃ = 4.0℃, • 강동구 : 17.1℃ - 13.2℃ = 3.9℃
 - 강북구 : 16.4℃ - 12.3℃ = 4.1℃,

□ 시나리오에 따른 광역지자체별 기후변화 전망의 공간분포

- 1km 격자자료를 기반으로 시·군·구 또는 읍·면·동 단위로 산출한 21세기 전반기/중반기/후반기의 요소별 전망값(절대값) 분포도
- 광역지자체의 기후요소 전망값은 한반도전망보고서와 달리 요소별 절대값을 제공함.



예) 서울특별시 구별 연평균기온(°C) 전망

Tip !

- 분포도를 통해 지역별 기후요소의 차이를 확인할 수 있음.
 예) 서울특별시에서 고도가 높은 북부지역의 기온이 낮고 한강을 중심으로 기온이 높게 나타남.
- 21세기 전반기/중반기/후반기별 전망(가로방향)과 시나리오별 전망(세로방향)의 차이를 확인할 수 있음.
 예) 21세기 중반기에는 RCP2.6보다 RCP6.0의 기온이 더 낮을 것으로 전망됨.
- 편차값이 아닌 절대값을 제공하기 때문에 극한기후지수의 절대적 발생분포를 확인할 수 있음.
 예) RCP8.5시나리오에 따르면 서울특별시 모든 지역에서 21세기 후반기에 여름일수가 160일 이상일 것으로 전망됨.

□ 시나리오에 따른 광역지자체의 계절길이 전망

- 1km 격자자료를 기반으로 시·군·구 또는 읍·면·동 단위로 산출한 지역별 21세기 전반기/중반기/후반기의 계절길이와 계절시작일 전망을 제공함.

예) 서울특별시의 계절길이 전망

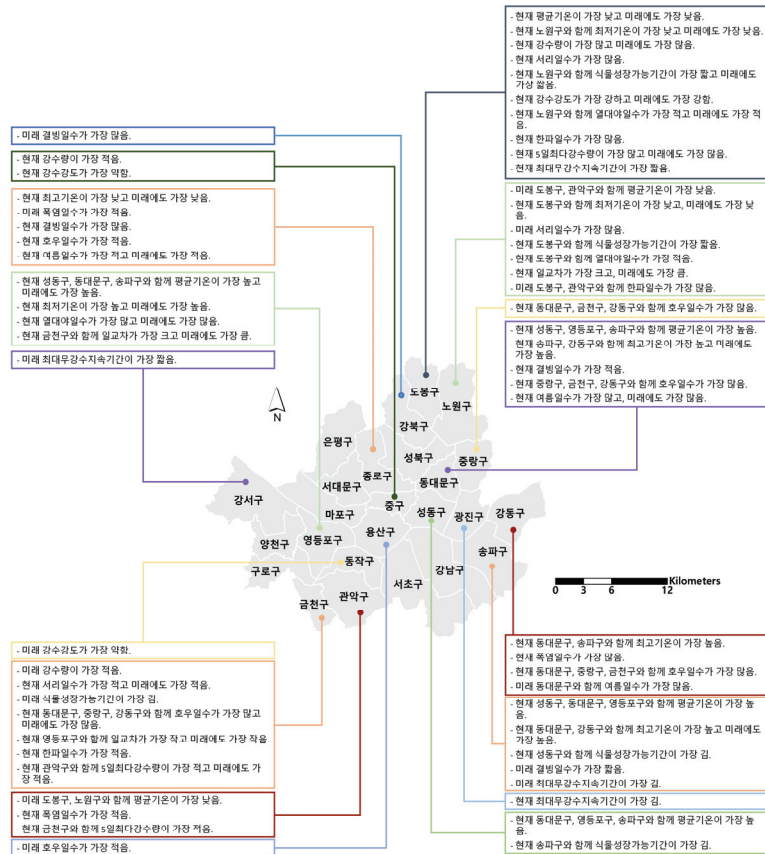
| 계절 | 현재 (2001-2010) | 시나리오 | 전반기 (2021-2040) | 중반기 (2041-2070) | 후반기 (2071-2100) |
|----|----------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 봄 | 75 (3월 12일) | RCP2.6 | 87(2월 25일) | 83(2월 28일) | 73(3월 11일) |
| | | RCP4.5 | 71(3월 12일) | 83(2월 25일) | 81(2월 24일) |
| | | RCP6.0 | 75(3월 11일) | 74(3월 9일) | 84(2월 24일) |
| | | RCP8.5 | 70(3월 13일) | 81(2월 25일) | 74(2월 16일) |
| | | RCP2.6 | 131(5월 23일) | 133(5월 22일) | 131(5월 23일) |
| 여름 | 124 (5월 26일) | RCP2.6 | 132(5월 22일) | 136(5월 19일) | 143(5월 16일) |
| | | RCP4.5 | 126(5월 25일) | 132(5월 22일) | 145(5월 19일) |
| | | RCP6.0 | 131(5월 22일) | 142(5월 17일) | 168(5월 1일) |
| | | RCP8.5 | 65(10월 1일) | 63(10월 2일) | 64(10월 1일) |
| | | RCP2.6 | 62(10월 1일) | 65(10월 2일) | 63(10월 6일) |
| 가을 | 65 (9월 27일) | RCP2.6 | 66(9월 29일) | 63(10월 2일) | 56(10월 11일) |
| | | RCP4.5 | 64(9월 30일) | 60(10월 6일) | 56(10월 16일) |
| | | RCP6.0 | 82(12월 5일) | 86(12월 4일) | 97(12월 4일) |
| | | RCP8.5 | 100(12월 2일) | 81(12월 6일) | 78(12월 8일) |
| | | RCP2.6 | 98(12월 3일) | 96(12월 3일) | 80(12월 6일) |
| 겨울 | 101 (12월 1일) | RCP2.6 | 100(12월 3일) | 82(12월 5일) | 67(12월 11일) |

Tip !

- 광역시도별 계절길이와 계절시작과 종료일의 변화 경향을 알 수 있음.

예) RCP 8.5시나리오에 따르면 서울특별시는 21세기 후반기에 5월 1일부터 10월 15일까지 여름에 해당할 것으로 전망됨.

□ 광역지자체의 시·군·구별 기후변화 전망 요약



예) 서울특별시의 구별 기후변화 전망 요약(RCP8.5, 2071~2100)

- 광역지자체별로 지도위에 시·군·구별 기후변화 전망을 요약하여 제공함.

3. 기후정보포털 활용 방법

1) 기후변화 시나리오 조회

□ 기후정보포털의 기후변화시나리오 탭을 통해 격자/행정구역 기반 시나리오를 조회·분석할 수 있음.

- 격자 기반 시나리오의 경우, 사용자가 원하는 해상도, 시나리오, 모델, 요소, 기간, 범례 색상 등을 설정하여 원하는 자료(분포도, 시계열 등)를 조회할 수 있음.

그림 3-2. 격자 기반 시나리오 조회_사용자 분석 시스템 화면

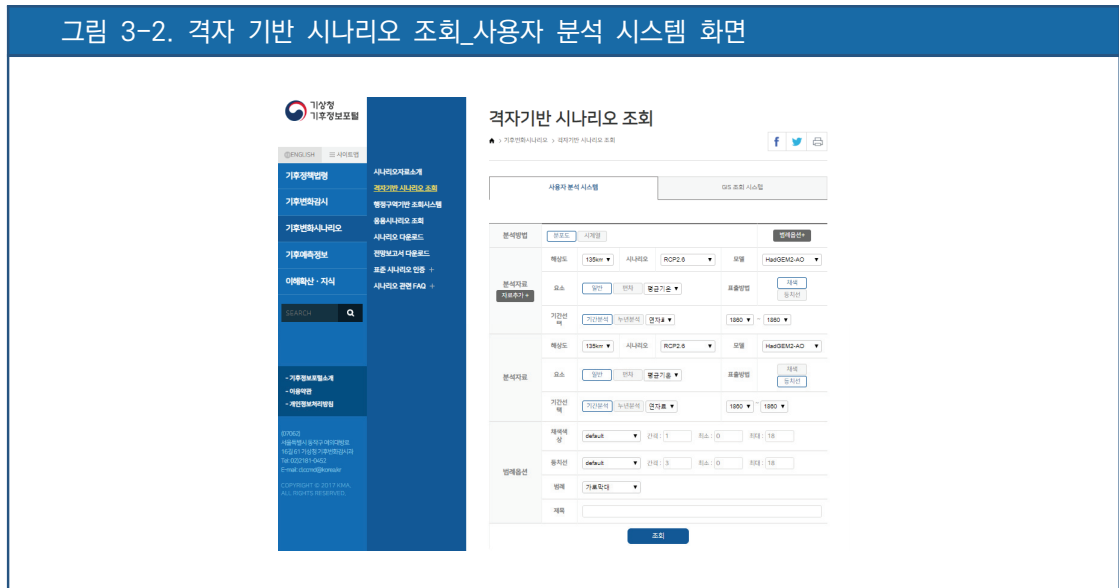
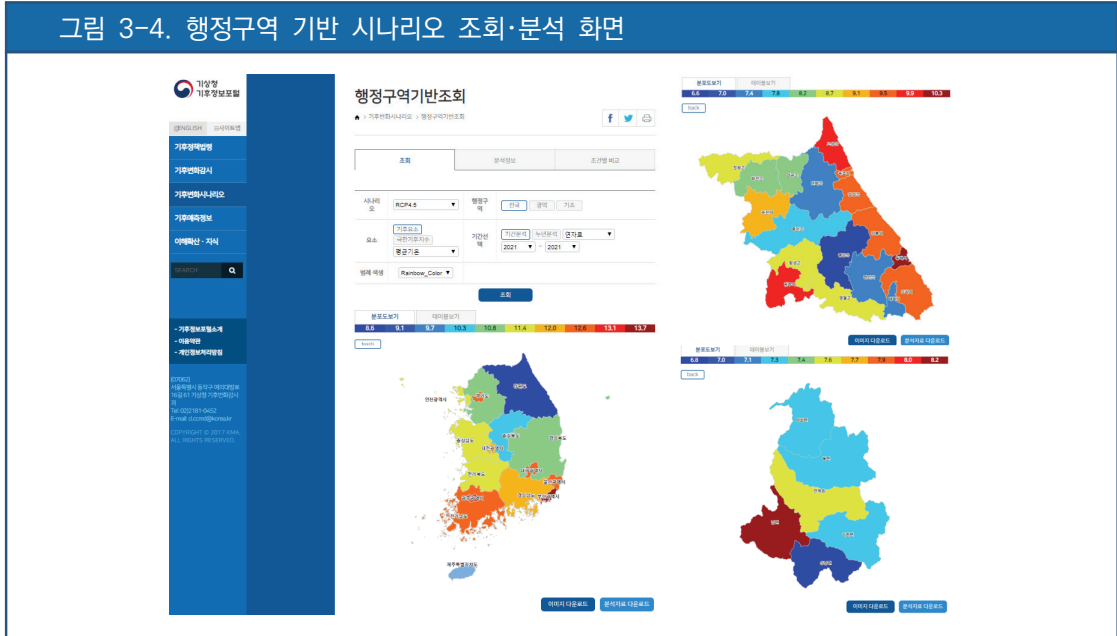


그림 3-3. 격자 기반 시나리오 조회_GIS 조회 시스템 화면



- 행정구역 기반 시나리오의 경우, 사용자가 원하는 시나리오, 행정구역 단위, 요소, 기간, 범례 색상 등을 설정하여 원하는 자료(분포도, 시계열 등)를 조회할 수 있고, 조건별 비교 탭을 이용하여 4중 RCP 시나리오간, 행정구역간 비교가 가능함.

그림 3-4. 행정구역 기반 시나리오 조회·분석 화면



- 5종의 응용부문과 관련된 응용정보 또한 조회 및 다운로드가 가능

그림 3-5. 응용시나리오_보건부문 화면



2) 기후변화 시나리오 다운로드

- 신청정보(활용용도 및 부문, 소속, 이메일, 정보동의)를 입력한 후 다운받고자 하는 자료(시나리오, 자료종류, 요소, 저장형식을 선택)를 조회하고, 조회된 자료목록 중 원하는 자료를 신청하여 메일로 제공받을 수 있음.

그림 3-6. 기후변화 시나리오 다운로드 화면

The screenshot shows the '시나리오 다운로드' (Scenario Download) page. The left sidebar contains navigation links such as '시나리오자료소개', '각자기반 시나리오 조회', and '시나리오 다운로드'. The main content area has a search bar and a '시나리오 다운로드' section with various filters. Below the filters, there are two tables: '조회자료목록' (Search Results) and '신청자료목록' (Application Results).

시나리오 다운로드

▲ > 기후변화시나리오 > 시나리오 다운로드

1 신청정보

활용용도: 정책수립
 활용분야: 농업
 소속: 공무원
 이메일: [input] 인증 [input] 인증확인
 정보동의: 동의 미동의

2 자료선택

시나리오: 제어적분 200년 제어적분 400년 SRES
 자료종류: 전지구 한반도 남한상세 극한기후자수 행정구역별 응용정보
 요소: 평균기온 최고기온 최저기온 강수량 상대습도 풍속
 배포형태: Binary Ascii Binary 추출 Ascii 추출 ESRI ASCII GRID 추출
 자료조회

3 조회자료목록

| 기간 | 자료종류 | 요소명 | 파일이름 |
|-----------------|------------|------|---|
| 1950~2005(월 평균) | HadGEM3-RA | 과거모의 | IC200_HIST_korea_HadGEM3RA_rhum_daily_1950_2005 [추가] |
| 1950~2005(월 평균) | HadGEM3-RA | 과거모의 | IC200_HIST_korea_HadGEM3RA_rhum_monthly_1950_2005 [추가] |

4 신청자료목록

| 기간 | 자료종류 | 요소명 | 파일이름 |
|----------------|------------|------|---|
| 1950~2005(월평균) | HadGEM3-RA | 과거모의 | IC200_HIST_korea_HadGEM3RA_rhum_daily_1950_2005 [삭제] |

신청완료

3) 기후변화 전망보고서 다운로드

- 기후변화 전망보고서는 기후변화시나리오-전망보고서 다운로드 탭에서 행정구역 기반으로 조회하여 다운로드 받을 수 있음.

그림 3-7. 기후변화 시나리오 다운로드 화면

The screenshot shows the 'Climate Scenario Download' page on the Korea Meteorological Administration website. The page is titled '기후정보포털' (Climate Information Portal) and '전망보고서 다운로드' (Download Outlook Report). It features a navigation menu on the left with options like '기후정책법령', '기후변화감시', '기후변화시나리오', '기후예측정보', and '이해학산·자식'. The main content area includes a map of South Korea with administrative regions highlighted in blue. A sidebar on the right lists download options for '충청북도' (Chungcheongbuk-do) and '괴산군' (Goesan-gun) for the years 2017 and 2013. The page also contains a search bar, contact information, and a footer with a disclaimer and a '참여하기' (Participate) button.

2018 기후변화 시나리오 활용사례집

발행일 2018년 12월
발행처 기상청 기후변화감시과
연구기관 건국대학교
최영은, 박미나, 김유진, 김민기, 김다현, 서상원
주소 07062 서울특별시 동작구 여의대방로 16길 61
누리집 www.climate.go.kr



공공누리 저작물 표시

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

2018

기후변화 시나리오
활용사례집