


한반도 기후변화 전망보고서

발간번호 11-1360000-000861-01



**한반도
기후변화
전망보고서**

발간사

최근들어 전 세계적으로 빈번히 발생하고 있는 집중호우, 태풍, 가뭄, 폭설, 홍수 등의 이상기후 현상 및 이에 따른 자연재해는 대규모의 인적 피해와 경제적 손실을 가져오며, 그 규모와 피해액도 꾸준히 증가하는 추세입니다. 2011년 IPCC에서 승인된 「극한현상 및 재해의 위험관리 특별보고서(SREX) 요약집」에 따르면 21세기 후반 폭염 증가 가능성은 90%가 넘고, 집중호우 빈도증가 가능성은 66% 이상에 달하고 있습니다. 이러한 극한기후현상의 증가는 물관리, 식량안보, 보건, 산업 등 다양한 분야에 영향을 주는 요인으로 작용할 것입니다.

전지구적 관측 자료를 분석한 결과에 따르면, 기후변화 현황과 그에 따른 영향, 취약성, 피해는 지역에 따라 다르게 나타나고 있어서 지역적인 기후변화 현황 및 영향을 평가하는 것은 매우 중요합니다. 또한, 미래에 예상되는 대규모 자연재해에 대비하고 기후변화에 효율적으로 대처하기 위해서는 한반도의 미래 기후변화 전망뿐만 아니라 지역별 상세 기후변화 전망에 대한 과학적이고 일관된 정보가 제공되어야 합니다.

정부부처 및 지방자치단체의 일관된 기후변화 적응대책 수립을 지원하기 위해서는 시군구까지 상세화된 국가표준의 미래 기후변화 전망정보 제공이 필요합니다. 이러한 사회적 필요와 시대적 요구에 부응하고자, 기상청은 한반도 전체 및 각 지역별로 미래 기후변화 경향을 한눈에 살펴보고, 이를 정책수립에 활용할 수 있도록 9권의 지역별 기후변화 전망보고서와 함께 한반도 전체의 기후변화 전망정보를 집약한 「한반도 기후변화 전망보고서」를 발간하게 되었습니다. 이 보고서에는 최근 30년간 남한과 북한의 관측자료를 이용하여 급속히 변화하는 한반도 전역의 기후변화 정보를 수록하였으며, 새로운 기후변화 시나리오를 기반으로 한 21세기 한반도의 미래 기후변화 전망 내용을 담고 있습니다.

이 보고서가 정부부처 및 지방자치단체의 기후변화 적응정책 수립에 기여하고, 다양한 분야에서 기후변화 및 자연재해 대비능력의 향상을 위한 과학정보로 유용하게 활용되길 기대합니다.

한반도 기후변화 전망보고서

목차 contents

표 목차	6
그림 목차	7
요약문	10

1 서론	15
-------------	----

2 분석자료와 방법	25
1. 관측자료 및 분석 방법	26
2. 기후변화 예측자료 및 분석 방법	31

3 관측 기후변화 특성	43
1. 한반도 기후의 공간 특성	44
2. 시간변화 특성	64

한반도 기후변화 전망보고서

4	미래 기후변화 전망	69
	1. 미래 기후의 공간변화 특성	70
	2. 미래 기후의 시간변화 특성	88

5	남한 행정구역별 미래 기후변화 전망	97
----------	---------------------	----

6	기후변화 전망의 활용방안	111
----------	---------------	-----

참고문헌	117
------	-----

부록	119
----	-----

표 목차

- 21 표 1.1 현재(1981-2010년)대비 21세기 후반기(2071-2100년) 전지구 평균기온, 강수량, 해수면 상승 전망
- 27 표 2.1 한반도 기후분석 72개 관측지점 정보
- 30 표 2.2 기온관련 극한지수 정의
- 30 표 2.3 강수량관련 극한지수 정의
- 34 표 2.4 RCP 시나리오의 종류와 특성
- 44 표 3.1 한반도의 연평균 및 계절별 평균 기후요소 평년값
- 45 표 3.2 남한의 연평균 및 계절별 평균 기후요소 평년값
- 46 표 3.3 북한의 연평균 및 계절별 평균 기후요소 평년값
- 64 표 3.4 최근 30년간(1981-2010년) 한반도 전체, 남한, 북한의 연평균과 계절평균 기온 및 강수량의 변화추세
- 72 표 4.1 RCP 4.5(8.5)에 따른 한반도 21세기 기후변화 전망
- 74 표 4.2 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한의 21세기 기후변화 전망
- 77 표 4.3 RCP 4.5(8.5)에 따른 북한의 21세기 기후변화 전망
- 146 표 A1 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도별 연평균 기온 전망
- 147 표 A2 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도별 연평균 강수량 전망
- 148 표 A3 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 서리일수 변화 전망
- 148 표 A4 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 여름일수 변화 전망
- 149 표 A5 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 결빙일수 변화 전망
- 149 표 A6 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 열대야일수 변화 전망
- 150 표 A7 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 식물성장기간 변화 전망
- 150 표 A8 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 폭염일수 변화 전망
- 151 표 A9 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 강수강도 변화 전망
- 151 표 A10 RCP 4.5(8.5)에 따른 남한 16개 광역시도의 연평균 호우일수 변화 전망

그림 목차

- 18 그림 1.1 SRES 시나리오와 RCP 시나리오에 사용된 기상청 기후변화 예측모델의 공간해상도 비교
- 21 그림 1.2 RCP 4.5/8.5에 따른 2100년까지의 전지구 평균기온의 연별 변화 경향
- 23 그림 1.3 21세기 후반기(2071-2100년) 동아시아 기온변화 전망
- 23 그림 1.4 21세기 후반기(2071-2100년) 동아시아 강수량 변화 전망
- 26 그림 2.1 우리나라의 지형 및 72개 한반도 기후 분석지점 위치
- 31 그림 2.2 한반도 기후변화 예측자료 생산 과정 개요
- 34 그림 2.3 SRES 시나리오와 RCP 시나리오의 기법 비교
- 34 그림 2.4 RCP 시나리오에 따른 이산화탄소 농도의 미래 변화 전망
- 37 그림 2.5 전지구 기후모델과 지역기후모델의 현재 기후모의 재현성능 비교
- 40 그림 2.6 GIS 기법을 이용하여 변환되는 남한지역 시군구 단위 행정구역별 기후전망 자료 생산 과정
- 41 그림 2.7 기상청 기후변화정보센터 웹페이지 현황
- 49 그림 3.1 한반도 연평균 기온 공간분포(1981-2010년)
- 51 그림 3.2 한반도 연평균 강수량 공간분포(1981-2010년)
- 53 그림 3.3 한반도 연평균 상대습도의 공간분포(1981-2010년)
- 55 그림 3.4 한반도 연평균 운량의 공간분포(1981-2010년)
- 57 그림 3.5 한반도 연평균 풍속의 공간분포(1981-2010년)
- 59 그림 3.6 한반도 연평균 열대야일수의 공간분포(1981-2010년)
- 61 그림 3.7 한반도 연평균 폭염일수의 공간분포(1981-2010년)
- 63 그림 3.8 한반도 연평균 호우일수의 공간분포(1981-2010년)
- 65 그림 3.9 한반도 평균 기온 변화율 공간분포
- 67 그림 3.10 한반도 평균 강수량 변화율 공간분포
- 79 그림 4.1 RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 연평균 기온 변화
- 81 그림 4.2 RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 연평균 강수량 변화
- 83 그림 4.3 RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 해수면 고도 변화
- 84 그림 4.4 RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 열대야 일수 변화

- 85 그림 4.5 RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 폭염일수 변화
- 87 그림 4.6 RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 호우일수 변화
- 89 그림 4.7 21세기 한반도 평균기온 및 강수량의 시간적 변화
- 91 그림 4.8 21세기 남한과 북한의 평균기온 및 강수량 변화
- 93 그림 4.9 21세기 한반도 평균기온 및 강수량의 계절별 변화
- 95 그림 4.10 21세기 한반도 아열대 기후구 변화 전망
- 99 그림 5.1 남한 연평균 기온 전망
- 100 그림 5.2 남한 연평균 강수량 전망
- 101 그림 5.3 남한 연평균서리일수 전망
- 102 그림 5.4 남한 연평균여름일수 전망
- 103 그림 5.5 남한 연평균 결빙일수 전망
- 104 그림 5.6 남한 연평균 열대야일수 전망
- 105 그림 5.7 남한 연평균 식물성장기간 전망
- 106 그림 5.8 남한 연평균 폭염일수 전망
- 107 그림 5.9 남한 연평균 강수강도 전망
- 108 그림 5.10 남한 연평균 호우일수 전망
- 120 그림 A1.1 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 기온 분포
- 121 그림 A1.2 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 강수량 분포
- 122 그림 A1.3 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 상대습도 분포
- 123 그림 A1.4 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 운량 분포
- 124 그림 A1.5 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 풍속 분포
- 125 그림 A1.6 남한 계절별 평균기온 및 강수량의 연별 변화
- 126 그림 A2.1 봄철 평균기온 변화 전망
- 127 그림 A2.2 여름철 평균기온 변화 전망
- 128 그림 A2.3 가을철 평균기온 변화 전망
- 129 그림 A2.4 겨울철 평균기온 변화 전망

- 130 그림 A2.5 연평균 일최고기온 변화 전망
- 131 그림 A2.6 여름철 평균 일최고기온 변화 전망
- 132 그림 A2.7 겨울철 평균 일최고기온 변화 전망
- 133 그림 A2.8 연평균 일최저기온 변화 전망
- 134 그림 A2.9 여름철 평균 일최저기온 변화 전망
- 135 그림 A2.10 겨울철 평균 일최저기온 변화 전망
- 136 그림 A2.11 봄철 평균 강수량 변화 전망
- 137 그림 A2.12 여름철 평균 강수량 변화 전망
- 138 그림 A2.13 가을철 평균 강수량 변화 전망
- 139 그림 A2.14 겨울철 평균 강수량 변화 전망
- 140 그림 A2.15 연평균 서리일수 변화 전망
- 141 그림 A2.16 연평균 여름일수 변화 전망
- 142 그림 A2.17 연평균 결빙일수 변화 전망
- 143 그림 A2.18 연평균 식물성장기간 변화 전망
- 144 그림 A2.19 연평균 강수강도 변화율 전망

요약문

본 보고서는 21세기 한반도 기후변화에 대한 상세 전망을 제공함으로써, 미래에 발생할 수 있는 대규모 자연재해에 대비하고 분야별 및 행정단위별, 그리고 지방자치단체의 대응 및 적응 정책 수립을 지원하기 위해 작성됨.

◆ 한반도 기후의 관측된 변화 특성

한반도의 연평균 기온 변화 경향

- 지난 30년간(1981-2010년) 한반도의 연평균 기온은 1.2°C 상승(0.41°C/10년 추세)했으며, 모든 계절에서 증가하는 경향을 보였음.
 - 연평균 기온의 증가경향은 겨울철과 가을철에 최대, 여름철과 봄철에 최소로 나타남.
- 연평균 기온의 상승경향은 북한이 0.45°C/10년으로 남한의 0.36°C/10년 보다 1.3배 크게 나타남.
 - 남북한의 기온 상승경향은 특히 여름철에 최대 차이를 보여 북한의 여름철 기온의 온난화가 뚜렷이 나타나는 특징을 보이고 있음.

한반도 연평균 강수량 변화 경향

- 한반도의 연평균 강수량은 지난 30년간(1981-2010년) 78mm 내외로 약하게 증가하는 경향성을 보이고 있으나, 이는 한반도 연강수량의 7% 이내 수준으로 통계적으로 유의한 수준은 아니었음.
 - 이러한 증가 경향은 남한 지역의 여름철 강수량 증가가 주요하게 기여했으며, 동 기간 북한의 연평균 강수량은 오히려 약하게 감소하는 경향을 보였음.

◆ 한반도 미래 기후변화 전망

- 한반도 미래 기후변화를 전망해 보면 과거 30년간의 관측자료에서 나타나는 온난화 경향이 2100년까지 꾸준히 지속될 것으로 예상함.
 - 온실가스 저감 시나리오(RCP 4.5)는 2100년까지 0.33°C/10년 수준으로 과거 30년의 한반도 기온상승 경향보다는 다소 완화된 수준의 한반도 온난화를 전망.
 - 반면, 온실가스 고배출 시나리오(RCP 8.5)에서는 0.63°C/10년의 기온상승률을 전망하여 과거 30년간 기온상승률의 1.6배로 더욱 가속화될 전망.
 - RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오에 따른 한반도의 연평균 기온 상승폭은 동일한 기간(2071-2100년) 전지구 평균 상승 경향의 1.2배, 동아시아 지역 평균 상승 경향의 1.4배 정도 상회할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에서는 21세기 전반기(2011~2040년) +1.4°C, 중반기(2041~2070년)에 +2.4°C, 후반기(2071~2100년)에 +3.0°C 상승이 전망되어, 21세기 중반기 이후 온실가스 농도 안정화에 따라 기온 상승 경향이 둔화되는 특성을 보임.
 - 21세기 후반기의 한반도 연평균 기온은 14.0°C로 전망되어, 이러한 기온은 현재 기후에서 부산을 중심으로 한 한반도 남동해안 지역의 연평균 기온에 해당.

- RCP 8.5 시나리오는 21세기 중반이후 온난화가 더욱 가속화되어 21세기 후반기(2071~2100년) 연평균기온이 16.7°C로 전망. 21세기 후반기 평양의 연평균 기온이 현재 서귀포의 기온(16.6°C)과 유사함.
 - 21세기 전반기까지는 RCP 4.5 시나리오와 유사한 상승경향을 보임.
- 연평균 기온의 상승경향은 남한보다 북한에서 상대적으로 크게 나타나며, 이러한 경향성은 과거 30년간(1981-2010년) 진행되어 온 남한과 북한의 기온상승 경향과 잘 부합됨.
 - 한반도 북부의 온난화는 지구온난화에 따른 북동아시아 대륙 전반의 기온 상승 경향과 밀접한 관계가 있음.
 - 국지적으로는 해수온도 증가와 동해상 난류의 복상에 따라 동해 연안지역의 기온 증가 경향이 상대적으로 뚜렷하게 나타남.
- 연평균 일최고 기온과 연평균 일최저 기온 또한 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두에서 뚜렷한 상승경향을 보임.
 - 연평균 일최저 기온의 상승폭이 커서 일교차는 현재 기후에 비해 점차 감소할 것으로 전망.
- 한반도의 연평균 강수량은 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 공통적으로 21세기 중반기 이후 자연적인 변동을 넘어 뚜렷한 증가 경향을 보일 것으로 전망함.
- RCP 4.5 시나리오에서는 현재 연평균 강수량 대비 21세기 전반기에 +6.2%, 중반기 +10.5%, 후반기에 +16.0% 증가할 것으로 전망됨.
 - 21세기 후반기 한반도 강수량 증가폭은 동일 기간 전지구 평균 증가폭의 약 3.9배, 동아시아 지역 평균 증가의 3.5배로 크게 나타남.
- RCP 8.5 시나리오에서는 현재 연평균 강수량 대비 21세기 전반기 +3.3%, 중반기 +15.5%, 후반기 +17.6% 증가할 것으로 전망됨.
 - 21세기 후반기 한반도 강수량 증가폭은 동일한 기간 전지구 평균 증가폭의 3.0배, 동아시아 평균 증가폭의 2.9배에 해당.

요약문

◆ 한반도 주변 해수면 고도 전망

- RCP 4.5와 8.5 시나리오에 의한 21세기 후반기의 한반도 연평균 강수량은 현재 기후에서 전남과 경남 및 한반도 중부의 연평균 강수량에 해당됨.
 - 연강수량의 증가 경향은 남한지역의 상승 경향이 북한지역의 상승 경향보다 두드러질 것으로 판단되지만, 지역적으로 많은 편차를 보일 것으로 전망됨.
 - 한반도 강수량의 전반적인 증가는 온난한 기후에서의 대규모 몬순 순환 변화와 이에 따른 해양에서 대륙으로의 수증기 수송 증가 맥락에서 동아시아의 증가 경향과 부합됨.
- 한반도의 연평균 풍속, 상대습도, 운량 등은 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 유의한 수준의 변화는 없을 것으로 전망됨.
- 한반도 주변 해수면은 모든 해안에서 높아질 것으로 전망함.
 - 동해안의 해수면 고도 상승 추세는 남해와 서해에 비해 상대적으로 크게 나타남.
- RCP 4.5 시나리오는 한반도 주변 해수면 상승폭이 21세기 후반기(2071–2100년)에 남해안과 서해안에서 53cm, 동해안에서 74cm 상승할 것으로 전망함.
 - 이는 동기간 전지구 해수면 상승폭 70.6cm에 비견되는 수준임.
- RCP 8.5 시나리오에 의한 해수면 상승폭은 21세기 후반기에 남해안과 서해안에서 65cm, 동해안에서 99cm에 이를 것으로 전망됨.
 - 동해안의 상승폭은 동 기간 지구 평균 해수면 상승폭 88.5cm과 비교하여 1.1배 수준임.

◆ 극한기후 변화 전망

- 현재 기후에서 한반도 남해안에 국한되는 아열대 기후구는 21세기에 경계가 점차 북상 할 것으로 전망함.
 - RCP 4.5 시나리오 상에서는 전남북과 충남 서해안, 경기와 황해 서부 해안 지역으로 확장될 것으로 전망.
 - RCP 8.5 시나리오에서는 강원도와 경기 서북부를 제외한 대부분의 남한 지역과 황해도 서부가 아열대 기후구로 정의될 것으로 전망.
- 한반도의 온난화 전망에 따라 폭염일수, 열대야일수와 같은 기온 관련 극한 지수의 급격한 증가 경향이 전망됨.
- 폭염일수는 현재 연간 7.3일 수준에서 RCP 4.5의 경우에는 21세기 전반기 8.8일, 중반기 11.1일, 후반기 13.1일 수준으로 증가할 것으로 전망됨.
 - RCP 8.5 시나리오의 경우는 10년당 2.5일 증가의 추세로 21세기 후반기에는 연간 30.2일 수준으로 크게 증가.
- 열대야일수는 현재 한반도 평균 연간 2.8일 수준에서 RCP 4.5의 경우에는 21세기 전반기 4.1일, 중반기 9.0일, 후반기 13.6일 수준으로 크게 증가할 것으로 전망됨.
 - RCP 8.5는 +3.8일/10년의 추세로 더욱 급속히 증가하여 21세기 후반기에는 연간 37.2일로 크게 증가할 전망됨.
- 호우일수는 현재 기후보다 RCP 4.5 와 RCP 8.5 모두에서 증가할 것으로 전망됨.
 - 현재 기후의 연간 호우일수 2.0일 수준에서 21세기 후반기에 2.8일 정도로 30% 이상 증가하는 것으로 나타남.

한반도
기후변화
전망보고서

01

서론

I 서론

◆ 발간배경

한반도 상세 기후변화 전망의 필요성

- 한반도에서 최근 빈발하고 있는 기록적인 호우, 태풍의 강도 증가, 폭설과 한파의 잦은 내습, 강풍 피해 등은 인간 활동에 따른 대기 중 온실가스 농도 증가에 의한 전지구적인 기후 변화의 일부임(IPCC, 2007).
 - 이러한 이상 기상 및 이상 기후 현상의 증가 추세는 미래에 예상되는 전지구 및 한반도 온난화에 따라 더욱 심화될 것으로 예상됨.
- 한반도의 기후변화 경향은 이미 기상-생태-환경-수자원 등 광범위한 부문에서 감지되고 있으며(기상청, 2011a, 2011b), 아울러 지역적으로 다양하게 전개되고 있음.
 - 따라서, 미래의 한반도 기후변화 경향 또한 지역적으로 다양하게 전개될 것으로 예상됨.
- 기후변화에 따라 예상되는 대규모 자연재해를 대비하고 기후변화에 효율적으로 대처하기 위해서는 체계적이고 과학적인 기상·기후 예측 정보의 활용이 중요함.
 - 특히 첨단 과학기술로 예측한 한반도 지역별 상세 기후변화 전망은 향후 기후변화에 대비하기 위한 분야별 및 지자체 대응 및 적응 정책수립을 지원하기 위한 중요한 정보.

보고서 발간 배경 및 목적

- 최근 기상청은 과거 수집된 기상 관측 자료를 기초로 남한 지역을 대상으로 『한국 기후변화 백서』(기상청, 2011a), 북한지역을 대상으로 『북한기상 30년보』(기상청, 2011b)를 발간하여, 한반도에서 과거부터 현재까지 진행되고 있는 기후변화의 경향성에 대한 정보를 제공하고 있음.
- 기상청과 국립기상연구소는 제5차 국가간기후변화협약체(IPCC)의 기후변화 평가 기준에 따른 새로운 온실가스 시나리오를 기초로 2100년까지의 전지구 및 한반도 지역 기후변화 예측자료(12.5km 공간해상도)를 생산하였음(국립기상연구소, 2011).
 - 분야별 및 지자체 기후변화 적응대책 수립지원을 위하여, 남한 지역을 대상으로 1km 공간해상도의 상세 지역기후 예측자료를 산출함.
- 본 보고서 발간의 주요 목적은 남한과 북한의 기상관측 자료를 통합하고, 최근 30년간(1981-2010년) 급속히 변화하는 한반도 전역의 변화경향을 대표할 수 있는 관측 기후변화 정보를 제공하기 위함임.
 - 또한, 이러한 경향성에 대한 공간적으로 세밀화 된 미래(2011-2100년) 기후 예측 전망을 제공하고자 함.

◆ 과거 기후변화 예측 전망과의 차이점

- 보고서는 한반도에서의 관측 및 상세 미래 예측정보를 바탕으로, 지역기후의 과거와 미래 변화경향에 대한 시공간적 특성을 일목요연하게 파악할 수 있도록 하여, 분야별 및 지방자치단체별 기후변화 적응대책 수립에 필요한 실용적인 정보로 활용되고자 함.

새로운 한반도 지역 기후변화 시나리오

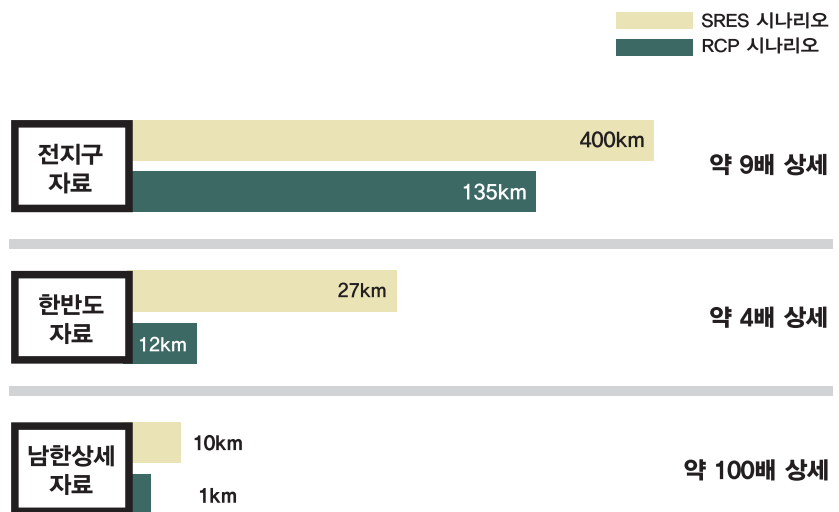
- IPCC는 가장 최근에 공개한 4차 평가보고서(2007)를 포함, 수 년 주기로 갱신된 전지구 및 지역별 미래 기후변화 예측 전망을 산출하여 왔음.
 - 이것은 기후변화 과학과 기후예측 기술의 발전에 따라 기존의 시나리오 보다 불확실성이 적고, 보다 신뢰할 수 있는 기후변화 정보를 제공하기 위함.
- 2013년 말 제공될 IPCC 5차 평가보고서는 새로운 온실가스 농도 전망 기법인 대표농도경로(Representative Concentration Pathways; RCP)를 사용하고 있음.
 - 기상청은 달라진 온실가스 농도 전망을 기초로 전지구 및 한반도 기후변화 예측자료를 2011년부터 새롭게 생산함.
- 새로운 기후변화 예측정보는 기존의 4차 평가보고서에 의한 시나리오 산출 방법과 비교하여 크게 두 가지 부분의 차이점과 개선점이 있음.

1) 온실가스 농도 전망

- 새로운 기후변화 예측 정보는 IPCC가 2013년 말 공개할 5차 평가보고서의 예측실험 방법에 대한 가이드라인을 기후예측 모델에 충실히 적용함(상세내용 2.2 참조),
 - 향후 국외 타 예측기관들이 생산하는 기후변화 예측 전망과 상호비교가 가능.
 - 또한 타 기관들의 예측자료가 공개되는 시점에서 한반도 영역에 대한 다중모델 기후예측 정보를 토대로 시나리오에 대한 추가적 보완이 가능함.
- 새로운 예측기법에서는 미래 기후예측을 위한 필수 입력조건인 대기중 온실가스 농도의 미래 변화를 대표농도경로 시나리오에 근거하여 전지구 기후모델의 입력자료로 사용.
 - 이것은 IPCC 4차보고서(2007)에서 사용했던 SRES(Special Report on Emission Scenario) 온실가스 농도의 절대값과 시간적 변화 경향이 크게는 유사하지만 정확히 일치하지 않음.

- 새로운 온실가스 농도 전망은 다양한 사회경제 전망에 따라 복잡하게 결정되었던 기존의 온실가스 시나리오 산출방법을 단순화한(상세내용 2.2 참조), 보다 효율적인 평가보고서 작성 체계를 위한 기법.
- 따라서 온실가스 농도 증가에 따른 지구 기후시스템의 온난화라는 물리적 경향성 차원에서 기존의 전망과 정성적으로는 동일하나, 정량적인 예측값에 있어서 다름.
- 본 보고서는 RCP 4.5 및 RCP 8.5(미래 온실가스 증가가 2100년경 지구기후 시스템에 각각 4.5, 8.5W/m²의 직접적 온실효과를 유발한다고 가정) 시나리오에 따른 한반도에서의 미래 기후변화 경향을 기술함.
- 현재 기후(2005년 기준)에서 인위적 온실가스 농도 증가에 의한 온실효과 기여도는 1.6W/m² 규모로 추정(IPCC 2007).

그림 1.1
SRES 시나리오(4차 보고서)와 RCP 시나리오(5차보고서)에 사용된 기상청 기후변화 예측모델의 공간해상도 비교



2) 기후예측 기법 개선

- 본 보고서에 사용된 기후예측모델은 영국 기상청 해들리 센터(United Kingdom Met Office Hadley Center)가 개발한 HadGEM2-AO 전지구 기후모델로서 전지구 영역에 대하여 135km 공간 해상도의 2100년 이후까지의 상세 기후정보를 제공함.
 - 이것은 갈수록 성능이 개선되고 있는 대용량 슈퍼컴퓨터의 발전을 반영하며, 기후예측모델의 공간해상도가 증가할수록 예측정보의 신뢰성은 일반적으로 증가함.
 - 또한 한반도가 위치한 동아시아 지역에서의 상세 예측 정보 산출을 위하여 동일한 모델을 HadGEM3-RA 지역기후모델로 개발하고, 12.5km 간격의 고해상도 예측정보를 생산하여 이를 전지구 모델에 접합.
- 한반도 지역에서의 상세 기후변화 예측정보를 산출하기 위하여, GIS 기반 객관분석을 응용한 통계적 공간상세화 기법이 적용하였으며, 이에 따라 1km 공간해상도의 남한 상세 예측정보가 생산됨(그림 1.1).

새로운 기후변화 전망의 신뢰성

- 본 보고서에서 제시하는 미래 한반도 기후변화 전망은 과거 기상청(2011c) 및 국립환경과학원(2010)에서 각각 발표한 전망과는 다름.
 - 이것은 온실가스 전망에 대한 예측과 기후예측 기법의 차이에 기인함(‘제2장 분석자료와 방법’ 참조).
- 새로운 한반도 기후변화 전망에 사용된 HadGEM 기후모델은 Reichler and Kim(2008)의 기후모델 비교평가 결과에 의하면 현재 기후에 대한 예측 재현 성능이 다른 세계의 우수 기후예측모델에 비하여 매우 우수한 것으로 나타남.
 - 특히 한반도를 포함한 동아시아와 환태평양 지역에서의 재현 성능이 우수하며, 따라서 기후변화의 미래 전망에 대한 신뢰성이 상대적으로 높을 것으로 예상.
- 그러나, 기후예측모델들의 불완전성과 미래 기후예측 기법의 불확실성 등을 감안하는 경우 완벽한 정보가 아님에 유의해야 함.
 - 특히 지역적인 기후변화 예측전망에는 상당한 불확실성이 존재할 수 있음.
 - 이러한 전망의 불확실성은 향후 IPCC 5차 평가보고서를 위한 타 기후예측모델들의 예측자료가 취합되면 다소 보완될 전망.

◆ 전세계 및 동아시아 기후변화 전망

전세계적 기후변화 경향에 대한 새로운 전망치

- 대기 중 이산화탄소 농도는 꾸준히 증가 추세에 있으며, 2011년 현재 대기 중 이산화탄소 농도는 392ppm 수준임(미국해양대기청 NOAA 추산).
 - 금세기 말인 2100년 경, 대기 중 이산화탄소 농도는 RCP 4.5 시나리오(중배출 시나리오)에 따르면 현재 기후 대비 약 1.4배(540ppm), RCP 8.5 시나리오(고배출 시나리오)에 따르면 약 2.4배(940ppm)로 전망(표 1.1)
- 온실가스 농도 증가에 따라 지구 평균기온은 지속적으로 상승할 것으로 전망(그림 1.2) 되며, 기온의 상승 경향은 RCP 8.5 시나리오에서 더욱 뚜렷하게 전망됨.

전망에 사용된 전지구 기후예측모델은 현재의 기후변화 및 온난화 경향을 비교적

 - 현실적으로 재현하고 있으며, 미래의 기온 상승경향은 자연적 변동의 범위를 넘어 뚜렷하게 증가하는 경향을 보임.
- 21세기 후반기(2071-2100년), 전지구 평균 기온은 현재 기후(1981-2010년) 대비 각각 2.5°C(RCP 4.5), 4.6°C(RCP 8.5) 상승할 것으로 전망.
 - 강수량은 각각 4.1%(RCP 4.5), 5.9%(RCP 8.5) 증가할 것으로 전망.
 - 해수면 상승은 RCP 4.5에서는 70.6cm, RCP 8.5에서는 88.5cm 상승할 것으로 각각 전망함(표 1.1).

표 1.1

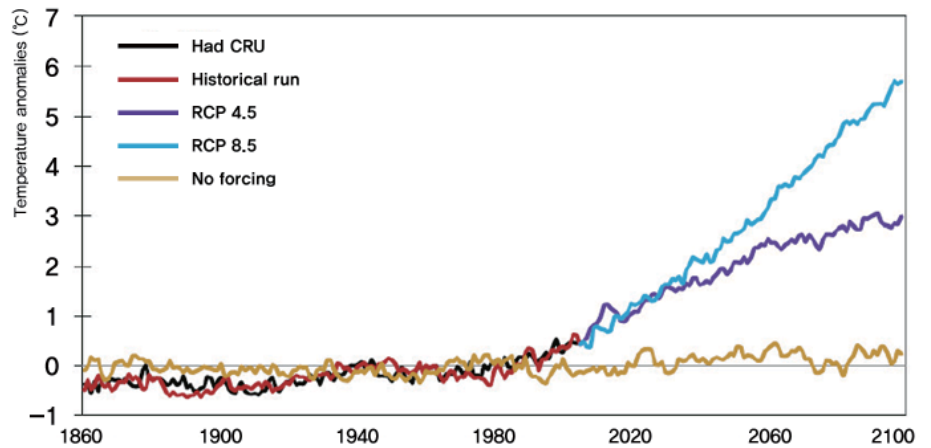
현재(1981-2010년)대비 21세기
후반기(2071-2100년) 전지구 평균기온,
강수량, 해수면 상승 전망

RCP 시나리오	RCP 4.5	RCP 8.5
이산화탄소 농도(2100년경)	540ppm	940ppm
기온	+2.5°C	+4.6°C
강수량	+4.1%	+5.9%
해수면 상승	+70.6cm	+88.5cm

그림 1.2

RCP 4.5/8.5에 따른 2100년까지의
전지구 평균기온의 연별 변화 경향

- HadCRU(검은선)는 20세기 말까지의 관측자료.
- Historical Run(빨간선)은 HadGEM 기후모델의 관측기후 재현 자료. RCP 4.5(보라색 선)와 RCP 8.5(파란선)는 온실가스 농도 증가에 의한 HadGEM의 기온 예측전망. No forcing(노란선)은 온실가스의 농도 변화가 없는 경우의 자연적인 전지구 기온 변동 경향.



동아시아 지역 기후변화 전망

- 21세기 후반기(2071-2100년), 한반도를 포함한 동아시아 지역 전체의 평균기온은 현재 기후(1981-2010년) 대비 각각 2.2°C(RCP 4.5), 4.2°C(RCP 8.5) 상승할 것으로 전망(그림 1.3).
 - 같은 기간 동아시아 지역 전체의 평균강수량은 각각 4.6%(RCP 4.5), 6.0%(RCP 8.5) 증가할 것으로 전망(그림 1.4).
- 동아시아 지역에서는 온도가 낮은 고위도 쪽으로 갈수록 미래의 온도 상승 경향이 크게 나타나고 있음(그림 1.3).
 - 우리나라에 근접한 만주, 연해주, 캄차카 반도 연안 등의 극동아시아에서 기온 상승 경향이 크게 나타남.
 - 중아시아 티벳 고원 지역의 상승 경향 또한 타 지역에 비해 두드러지게 나타나고 있음.
- RCP 4.5와 RCP 8.5를 비교하면, 지역별 온도 상승 경향의 분포는 유사하나, RCP 8.5 고배출 시나리오에서 기온상승 경향의 강도가 전반적으로 더욱 강하며, 해양에서의 기온 상승경향 또한 뚜렷하게 나타나고 있음.
- 강수량 전망의 경우, 동아시아 지역의 변화 경향성은 전반적으로 증가할 것으로 예상(그림 1.4).
 - 특히 중위도 및 고위도 대륙에서 증가 경향이 두드러지며, 이것은 지구 온난화에 따라 대기 중 수증기 증가와 해양에서 대륙으로의 수증기 수송이 강화되는 것에 기인한 것으로 판단됨.
- 그러나, 동아시아 육지에서의 강수량 증가 경향에는 지역별 편차가 크며, 일부 지역에서는 감소 경향이 나타남.
 - RCP 4.5와 RCP 8.5를 비교하면, 지역별 변화 경향의 분포는 흡사하나, RCP 8.5 시나리오에서 상대적으로 보다 강한 변화 경향을 나타냄.
- RCP 8.5 시나리오에 따르면, 한반도가 위치한 극동아시아에서 중국과 한반도는 강수량이 증가 경향, 일본에서는 강수량의 감소 경향을 나타냄.
 - RCP 4.5 시나리오에서도 한반도 지역의 강수량은 증가할 것으로 전망.

그림 1.3
21세기 후반기(2071-2100년) 동아시아
기온변화(°C) 전망

- 표시값은 기준기간(1981-2010)
대비 편차.

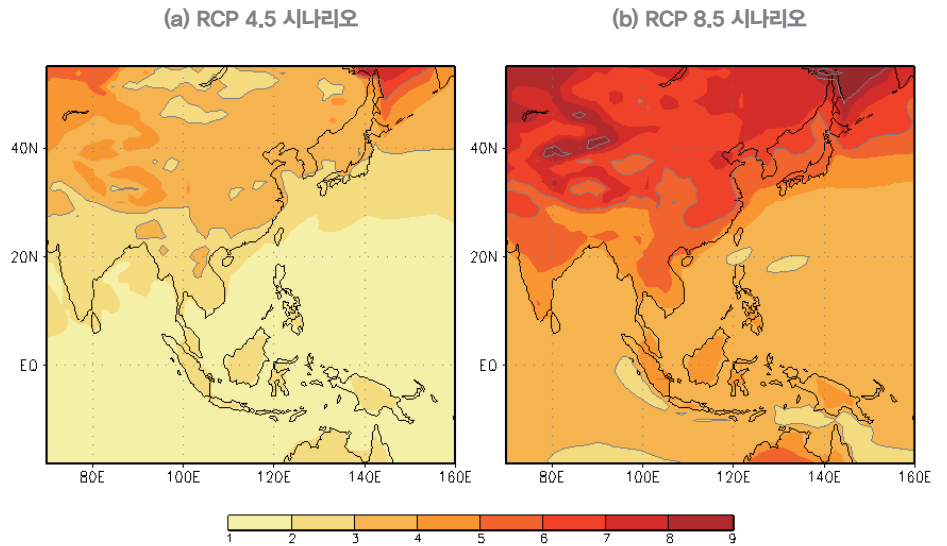
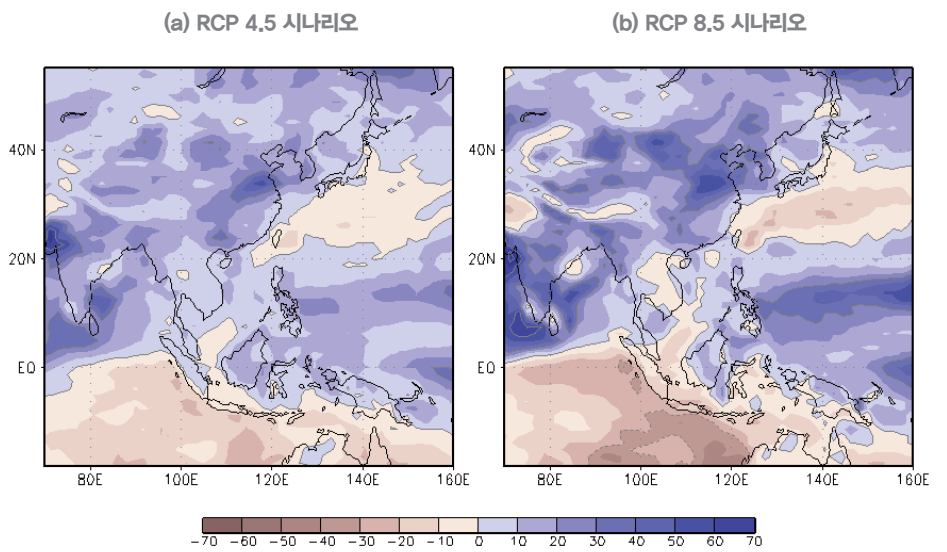


그림 1.4
21세기 후반기(2071-2100년)
동아시아 강수량변화(%) 전망

- 표시값은 기준기간(1981-2010)
대비 변화율.



한반도
기후변화
전망보고서

02

분석자료와 방법

1. 관측자료 및 분석 방법
2. 기후변화 예측자료 및 분석 방법

02 분석자료와 방법

1. 관측자료 및 분석 방법

◆ 관측 기후자료의 수집

한반도 대표 관측 지점 선정

- 한반도를 대표하는 기후특성 및 최근 30년간의 변화 경향(3장)을 기술하기 위하여 본 보고서에서는 남한과 북한의 육상 기상관측 72개 지점(남한 45개 지점, 북한 27개 지점)을 선정함.
 - 한반도의 지형 및 72개 지점의 위치는 그림 2.1과 같음.
 - 72개 관측지점의 WMO 등재 지점 번호, 지점명, 위경도 좌표, 해발 고도는 표 2.1에 제시함.
- 남한 45개 관측 지점은 한반도 기후요소의 전국 평균값 산출을 위하여 기상청 기준에 따라 선정된 관측 지점이 해당됨(기상청, 2011c).
- 북한 27개 관측점은 북한이 세계기상기구(WMO)에 자료를 제공하는 관측지점(국제 종관관측소)이 해당됨(기상청, 2011a).

그림 2.1
우리나라의 지형 및 72개 한반도 기후
분석지점 위치

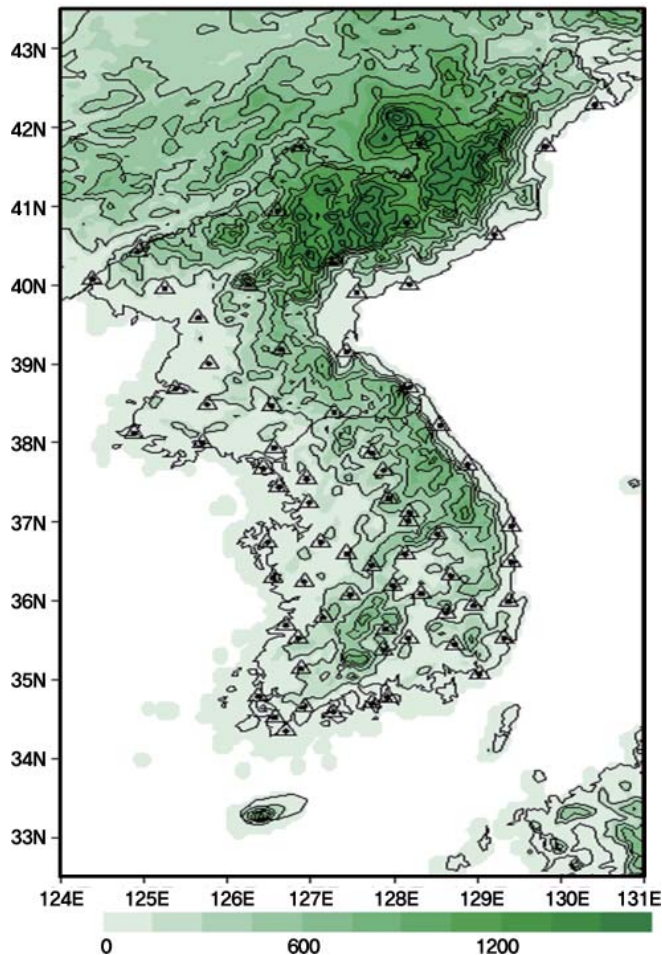


표 2.1
한반도 기후분석 72개 관측지점 정보

지점번호	지점명	북위(N)	동경(E)	해발고도(m)
3	선봉	42° 19'	130° 24'	3
5	삼지연	41° 49'	128° 18'	1386
8	청진	41° 47'	129° 49'	43
14	중강	41° 47'	126° 53'	332
16	해산	41° 24'	128° 10'	714
20	강계	40° 58'	126° 36'	306
22	풍산	40° 49'	128° 09'	1206
25	김책	40° 40'	129° 12'	23
28	수풍	40° 27'	124° 56'	83
31	장진	40° 22'	127° 15'	1081
35	신의주	40° 06'	124° 23'	7
37	구성	39° 59'	125° 15'	99
39	회천	40° 10'	126° 15'	155
41	함흥	39° 59'	127° 33'	38
46	신포	40° 02'	128° 11'	19
50	안주	39° 37'	125° 39'	27
52	양덕	39° 13'	126° 39'	279
55	원산	39° 11'	127° 26'	36
58	평양	39° 02'	125° 47'	38
60	남포	38° 43'	125° 23'	47
61	경전	38° 44'	128° 11'	35
65	사리원	38° 31'	125° 46'	52
67	신계	38° 30'	126° 32'	100
68	웅연	38° 09'	124° 53'	5
69	해주	38° 02'	125° 42'	81
70	개성	37° 58'	126° 34'	70
75	평양	38° 25'	127° 17'	371
90	속초	38° 15'	128° 33'	18,1
101	춘천	37° 54'	127° 44'	77.7
105	강릉	37° 45'	128° 53'	26,0
108	서울	37° 34'	126° 57'	85,8
112	인천	37° 28'	126° 37'	68,2
114	원주	37° 20'	127° 56'	148,6
119	수원	37° 16'	126° 59'	34,1
129	서산	36° 46'	126° 29'	28,9
130	울진	36° 59'	129° 24'	50,0
131	청주	36° 38'	127° 26'	57,2
135	추풍령	36° 13'	127° 59'	244,7
138	포항	36° 01'	129° 22'	2,3
143	대구	35° 53'	128° 37'	64,1
146	전주	35° 49'	127° 09'	53,4
152	울산	35° 33'	129° 19'	34,6
156	광주	35° 10'	126° 53'	72,4
159	부산	35° 06'	129° 01'	69,6
165	목포	34° 49'	126° 22'	38,0
168	여수	34° 44'	127° 44'	64,6
170	완도	34° 23'	126° 42'	35,2
201	강화	37° 42'	128° 02'	47,0
211	인제	38° 03'	128° 10'	200,2
212	홍천	37° 41'	127° 52'	140,9

표 2.1 (계속)

지점번호	지점명	북위(N)	동경(E)	해발고도(m)
221	제천	37° 09'	128° 11'	263.6
226	보은	36° 29'	127° 44'	175.0
232	천안	36° 46'	127° 07'	21.3
235	보령	36° 19'	126° 33'	15.5
236	부여	36° 16'	126° 55'	11.3
238	금산	36° 06'	127° 28'	170.4
243	부안	35° 43'	126° 42'	12.0
245	정읍	35° 33'	126° 51'	44.6
260	장흥	34° 41'	126° 55'	45.0
261	해남	34° 33'	126° 34'	13.0
262	고흥	34° 37'	127° 16'	53.1
272	영주	36° 52'	128° 31'	210.8
273	문경	36° 37'	128° 08'	170.6
277	영덕	36° 31'	129° 24'	42.1
278	의성	36° 21'	128° 41'	81.8
279	구미	36° 07'	128° 19'	48.9
281	영천	35° 58'	128° 57'	93.6
284	거창	35° 40'	127° 54'	221.4
285	함천	35° 33'	128° 10'	33.1
288	밀양	35° 29'	128° 44'	11.2
289	산청	35° 24'	127° 52'	138.1
295	남해	34° 48'	128° 36'	45.0

◆ 기후자료의 처리

기후분석 변수

- 육상관측은 기온(일평균, 일최고, 일최저), 강수량, 바람(풍속), 상대습도, 운량 등 총 6개 기후 분석 변수를 선정함.
 - 기온은 °C, 강수량은 mm, 일강수량 mm/day, 풍속은 m/s, 상대습도는 %, 운량은 할(1-10) 단위를 사용함.
- 해수면 고도 관측의 경우에는 국립해양조사원 자료를 인용.
 - 해수면 고도는 cm 단위를 사용함.

기후평균의 정의와 분석 기간

- 본 보고서에서는 미래 기후변화 전망 산출을 위한 기준 기후를 최근 30년(1981-2010년)으로 정의.

기후 자료 처리

- 일별(daily) 관측자료를 사용하였으며, 자료의 수집률이 상대적으로 적은 북한 자료의 경우 일별, 월별, 연별 관측자료의 수집률이 80% 이상인 경우만 사용함.
- 각 기후요소의 기후 평균값은 최근 30년간의 일별 자료를 계절 평균, 연평균으로 계산한 후, 최근 30년간의 평균값을 산출함.
- 계절의 정의는 봄 3-5월, 여름 6-8월, 가을 9-11월, 겨울 12-익년 2월의 평균으로 정의함.
- 기후변화 추세를 산출하는 경우, 기온의 경우는 기준 기후값 대비 편차(anomaly)를 주로 사용함.
 - 강수량의 경우에는 기준 기후값 대비 편차를 다시 기준 기후값으로 나누어, 기준 기후값 대비 정규화된 퍼센티지(%) 비율로 환산하여 사용함.
- 기후요소의 시간별 추세분석의 경우, 최근 30년(1981-2010년)간의 연별 평균값을 선형회귀 직선에 통계 적용한 후 그 기울기로 정의함.

◆ 극한지수 정의 및 분석

극한지수 정의

- 본 보고서에서는 기온과 연관된 6종의 극한지수(서리일수, 여름일수, 결빙일수, 열대야일수, 식물성장기간, 폭염일수)와 강수량과 연관된 2종의 극한지수(강수강도, 호우일수)를 사용함(표 2.2와 표 2.3에 각각 정의함).
- 서리일수는 한랭한 계절에 서리가 관측될 수 있는 조건에 대응되며, 식물의 생장 및 작물 재배와 연관됨.
 - 본 보고서에서는 서리일수는 일최저기온이 영하로 내려가는 연간 일수로 정의함.
 - 결빙일수 역시 한랭한 계절에 대해 적용할 수 있으며, 일최고기온이 영하로 내려가는 연간 일수로 정의함.
- 여름일수는 온난한 계절에 적용되며, 일최고기온이 25°C 이상이 되는 연간 일수로 정의. 농업, 에너지 사용, 레저 활동 가능 시간 등과 관련된 극한지수임.
 - 열대야일수는 일최저기온이 25°C 이상 되는 연간 일수로 정의되며, 여름철 야간 기온의 고온 정도를 나타내어 여름철 야간 에너지 사용 등과 관련이 있음.
 - 폭염일수는 온난한 기후에서의 극한 경향을 나타내는 지표로서, 주간에 발생하는 일최고 기온이 33°C 이상 고온이 되는 연중 일수를 나타냄. 열파 발생에 따른 보건, 대기환경, 주간 에너지 사용량 등과 관련됨.

- 식물성장기간은 식물의 성장에 적합한 상태가 지속되는 연간 일수로서 일평균 기온으로 정의되며, 농업 부문 및 작황 예측과 관련됨.
- 관측자료에서 강수의 유무는 일강수량 1mm를 기준으로 이를 넘는 경우에는 강수일로 정의하고, 80mm가 넘는 경우에는 호우 사례로 분류함.
 - 강수강도와 호우일수는 강수량의 극값을 나타내는 지표들로서 홍수 및 수자원 예측과 관련됨.

표 2.2
기온관련 극한지수 정의

지수	정의	단위
서리일수	일최저기온이 0°C 미만인 날의 연중 일수	일
여름일수	일최고기온이 25°C 이상인 날의 연중 일수	일
결빙일수	일최고기온이 0°C 미만인 날의 연중 일수	일
열대야일수	일최저기온이 25°C 이상인 날의 연중 일수	일
식물성장기간	일평균기온이 5°C 보다 높은 날이 적어도 6일 이상 지속된 첫 날부터 일평균기온이 5°C 미만인 날이 적어도 6일 이상 지속된 첫 날까지 사이의 연중 일수	일
폭염일수	일최고기온이 33°C 이상인 날의 연중 일수	일

표 2.3
강수관련 극한지수 정의

지수	정의	단위
강수강도	연중 습윤일수(일강수량이 1.0mm 이상인 날)로 나누어진 연 총강수	mm/일
호우일수	일강수량이 80mm 이상인 날의 연중일수	일

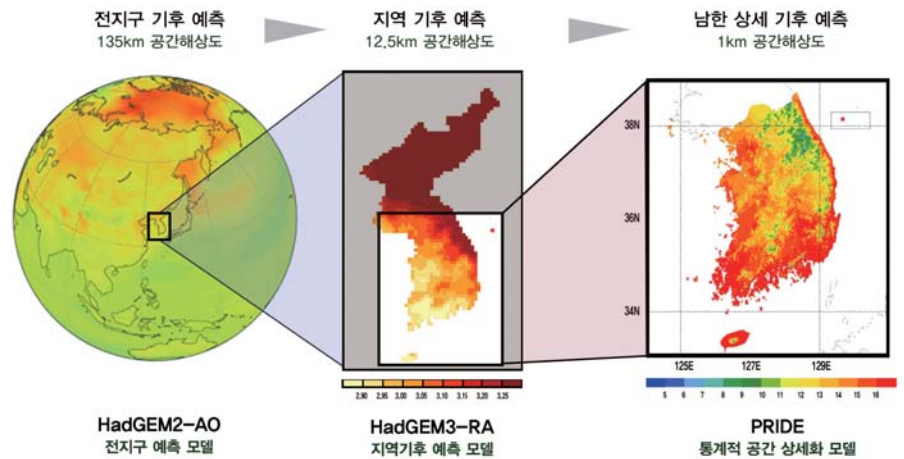
2. 기후변화 예측자료 및 분석 방법

◆ 개요

한반도 상세 기후변화 전망 산출 과정

- 기상청과 국립기상연구소(2011)는 IPCC 5차 평가보고서를 준비하고, 한반도의 상세 기후변화 전망을 산출하기 위하여 전지구 기후예측 모델-지역기후 예측모델-통계적 공간 상세화 모델을 결합한 다단계의 한반도 기후변화 전망자료를 2012년 산출 하였음(그림 2.2).
- 본 보고서에서는 12.5km 공간해상도를 가지는 지역기후 예측모델의 한반도 영역 자료를 이용하여 한반도의 미래 기후변화 전망을 기술함(4장).
 - 또한 통계적 공간상세화 기법을 적용하여 산출된 남한 지역 1km 공간해상도 자료를 이용하여, 16개 광역시도에서의 기후변화 전망을 기술함(5장).
- 남한지역 시군구 및 읍면동 행정단위별 상세 기후변화 전망은 본 보고서와 함께 출간되는 9개 권역 “지역별 기후변화 전망보고서” 참조.
 - 9개 권역: 서울·인천·경기도/강원도/충청북도/대전·충청남도/
대구·경상북도/부산·울산·경상남도/전라북도/광주·전라남도/제주도

그림 2.2
한반도 기후변화 예측자료 생산 과정
개요



◆ RCP 미래 온실가스 농도 전망

IPCC 5차 평가보고서에 사용되는 미래 온실가스 농도 전망

- 미래 기후변화를 예측하기 위해서는 온실가스 배출 전망이 필요하며, 배출 전망에 따른 대기 중 온실가스 농도는 기후예측 모델의 온실효과 변화(복사강제력)를 나타내는 필수 입력 자료임.
- IPCC 5차 평가보고서에서는 대표농도경로(RCP ; Representative Concentration Pathways) 전망을 이용하여 대기 중 온실가스 농도를 추정함.
 - RCP 온실가스 배출 시나리오는 IPCC 4차보고서(2007)의 SRES(Special Report on Emission Scenario) 온실가스 배출 시나리오 기법과는 구별됨(그림 2.3).
- SRES 기법(그림 2.3a)에서는 미래의 사회-경제 전망을 기초로 온실가스 배출 시나리오가 결정됨.
 - 온실가스 배출량 시나리오가 결정되면 대기 중 온실가스 농도를 복사 강제력으로 하여 기후예측 모델의 장기 기후 시뮬레이션이 수행되고, 이에 따른 기후변화 영향, 적응, 취약성 평가가 순차적으로 이루어 졌음.
- RCP 기법(그림 2.3b)에서는 기후모델들의 예측에 소요되는 방대한 슈퍼컴퓨터 계산량과 소요시간을 고려하여 병렬적인 방법을 취하게 됨.
 - 기존 연구를 바탕으로 온실가스 농도의 다양한 대표적 경로를 먼저 결정하고, 이를 이용하여 기후모델의 시뮬레이션을 수행함.
 - 동시에 새로운 사회-경제 시나리오를 개발하고, 이에 따른 온실가스 배출 전망을 독립적으로 산출함.
 - 기후예측모델의 예측정보와 사회-경제 전망에 따른 배출량 정보를 이용하여 기후변화와 사회-경제 시나리오를 통합하고, 이를 이용하여 기후변화에 따른 영향, 적응, 취약성의 평가와 저감 정책을 결정.
- RCP 시나리오는 보다 효율적인 평가보고서 작성 체계를 위하여 온실가스 시나리오 산출 방법을 단순화한 것임.
 - 온실가스 농도 증가에 의해 유도되는 지구 기후시스템의 온난화를 예측하는 측면에서는 기존의 SRES 시나리오와 동일하나, 정량적인 온실가스의 예상 농도가 SRES 시나리오와 차이가 있음.

RCP 시나리오의 종류 및 특성

- 현재 다수의 RCP 온실가스 전망에 따른 미래 기후예측 전망이 우리나라 기상청을 포함한 세계 각국의 기관들에 의해 산출되고 있음.
 - 그림 2.4는 RCP 시나리오 별 1850-2100년 기간 온실가스 농도의 시간적 변화를 나타냄.
- 각각의 RCP 시나리오는 미래의 사회-경제 전망의 양상에 따라 각기 다른 온실가스 농도의 시간별 기울기를 나타내고 있음.
- 본 보고서는 이 중 RCP 4.5 및 RCP 8.5 시나리오(미래 온실가스 증가가 2100년경 지구기후 시스템에 각각 4.5, 8.5W/m²의 추가적인 가열 효과를 유발한다고 가정)에 따른 한반도에서의 미래 기후변화 경향을 기술함.
 - 현재 기후(2005년 기준)에서 인위적 온실가스 농도 증가에 의한 온실효과 기여도는 1.6W/ m² 규모로 추정(IPCC, 2007).
 - RCP 8.5는 가장 강한 온난화를 야기하는 고배출 온실가스 시나리오로서, 미래에 특별한 저감 정책이 없을 경우를 상정하여 온실가스 농도가 급격히 상승하며(그림 2.4), 이것은 SRES 4차 보고서 기법의 A2와 A1F1 시나리오의 중간에 해당함(RCP 8.5는 4차 보고서에서 많이 활용되었던 A1B 시나리오에 비해 온실가스 농도가 더욱 많은 고배출 시나리오임에 유의).
 - RCP 4.5의 경우에는 온실가스 저감 정책의 실현에 따라 점진적으로 안정화 되는 시나리오로서, SRES B1 시나리오에 해당(표 2.4).
- 본 보고서에서는 RCP 8.5를 고배출 시나리오로, RCP 4.5를 중배출 시나리오로 각각 정의함.

그림 2.3
SRES 시나리오와 RCP 시나리오의
기법 비교

- IPCC & Moss 등(2008).

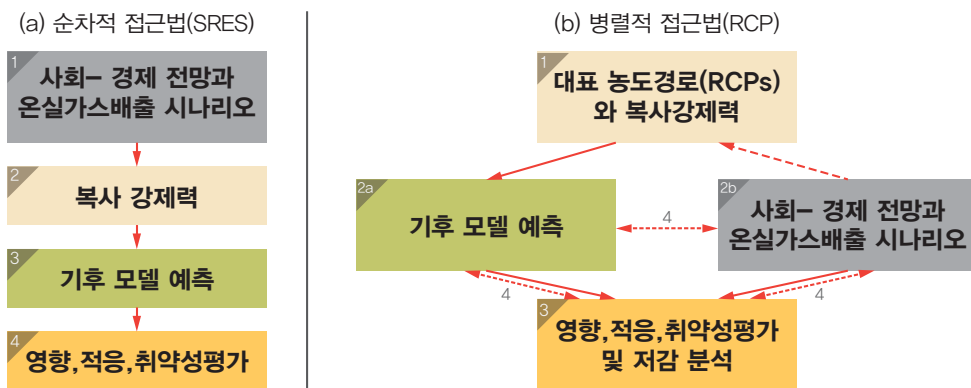


그림 2.4
RCP 시나리오에 따른 이산화탄소
농도의 미래 변화 전망

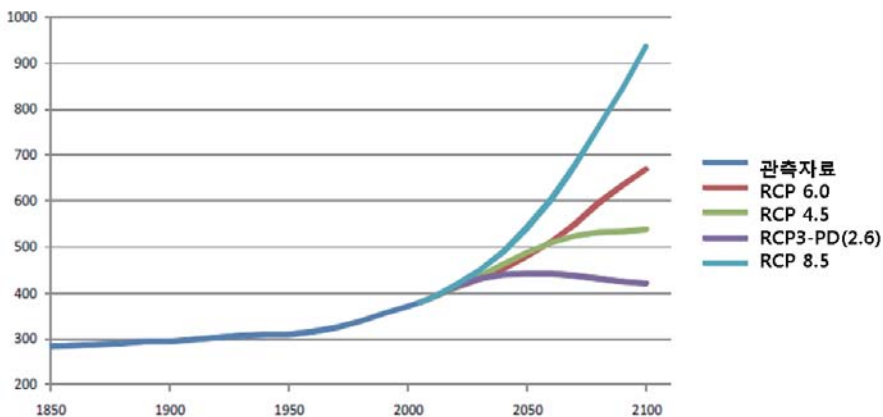


표 2.4
RCP 시나리오의 종류와 특성

- 온실가스 농도는 이산화탄소 상당
농도로서 모든 온실가스의 기여
효과를 이산화탄소 농도로 환산함.

시나리오	복사강제력	온실가스 농도*	경로형태	SRES와의 비교
RCP 8.5	> 8.5W/m ² (2100년)	> 1,270ppm(2100년)	상승	A2~A1F1
RCP 6.0	~6W/m ² (2100년)	~850ppm(2100년)	안정	A1B
RCP 4.5	~4.5W/m ² (2100년)	~650ppm(2100년)	안정	B1
RCP3-PD(2.6)	2100년 이전~3W/m ² 최고치 이후 감소	2100년 이전~490ppm 최고농도 이후 감소	상승 후 감소	

◆ 전지구 기후변화 예측자료 생산

HadGEM2-AO 전지구 기후예측 모델

- 전지구 기후변화 예측자료 생산을 위하여 사용된 기후모델은 영국 기상청 해들리센터에서 개발한 HadGEM2-AO(Hadley center Global Environment Model version 2; Atmosphere-Ocean coupled model)로서 대기-해양-해빙-에어로솔 과정들이 상호 결합된 최신 기후모델임.
- 대기모델의 공간해상도는 가변적이며, 본 보고서를 위하여 생산된 예측 자료는 수평적으로 ~135km 간격, 연직으로는 38층(최상층은 지상에서 ~40km 고도) 모델에 기반함.
- 해양모델의 공간 해상도 역시 가변적이며, 본 보고서에 사용한 기후모델은 동서 방향으로 1° 간격(360개 격자), 남북으로 1/3° ~1° (216개 격자)로 적도에서 최대 조밀함.
 - 연직으로는 표층 부근에서 5m 간격으로 조밀하게 해양 혼합층 과정을 고려하며, 수심이 깊어짐에 따라 연직 해상도는 감소함.
- 해빙모델은 해양모델과 동일한 격자체계를 가지고 결빙 및 녹음 현상계산을 위한 열역학 과정과 해빙의 이동을 다루는 역학과정이 포함됨.
- HadGEM2-AO에는 에어로솔 과정이 결합되어 있으며, 이산화황(sulfur dioxide), 검댕(black carbon), 유기탄소(organic carbon), 바이오매스 연소(biomass burning), 먼지(dust), 해염(sea salt) 등의 인위적, 자연적 에어로솔의 공간변동을 명시적으로 고려함.

전지구 기후변화 예측 자료 생산

- 본 보고서에서는 HadGEM2-AO 모델을 이용하여 RCP 4.5 및 RCP 8.5 시나리오에 따른 135km의 공간해상도 기후변화 예측자료를 산출함.
 - 생산된 각각의 기후변화 예측자료는 다시 한반도 영역의 제한된 지역을 대상으로 하는 고해상도 지역기후 모델의 입력 조건으로 사용됨(그림 2.2).
- 전지구 기후변화 예측 실험에서는 온실가스 농도와 더불어, 지구 기후시스템에 주요한 영향을 주는 미래 에어로솔 농도 및 지면 피복의 변화를 고려함(국립기상연구소, 2011).
 - 에어로솔의 경우 이산화황, 검댕, 유기탄소, 바이오매스 연소 등이 대기 중으로 배출되는 양은 Jones et al.(2011)의 배출량 자료를 이용하였으며, 먼지, 해염입자 등의 농도는 모델에서 명시적으로 계산함.

◆ 지역기후 모델을 이용한 한반도 기후변화 예측자료 생산

- 지표 피복의 변화 과정은 Loveland et al.(2000)의 기후값과, CMIP5(Coupled Model Intercomparison Project 5)의 HYDE3(History Database of the Global Environment) 자료를 사용함.
 - 미래 시나리오마다 설정한 농업 및 산업 분야 전망에 따라, RCP 8.5의 경우 21세기 후반기 초지 면적이 증가, RCP 4.5의 경우에는 초지 면적이 감소할 것으로 전망됨.
- 전지구 기후예측 모델은 먼저 1860-2005년 기간에 대해 과거 기후 재현 실험(historical run)을 마친 후, 2006년 이후 부터는 RCP 4.5, RCP 8.5의 온실가스 배출 시나리오에 따라 기후변화 예측실험을 수행함.

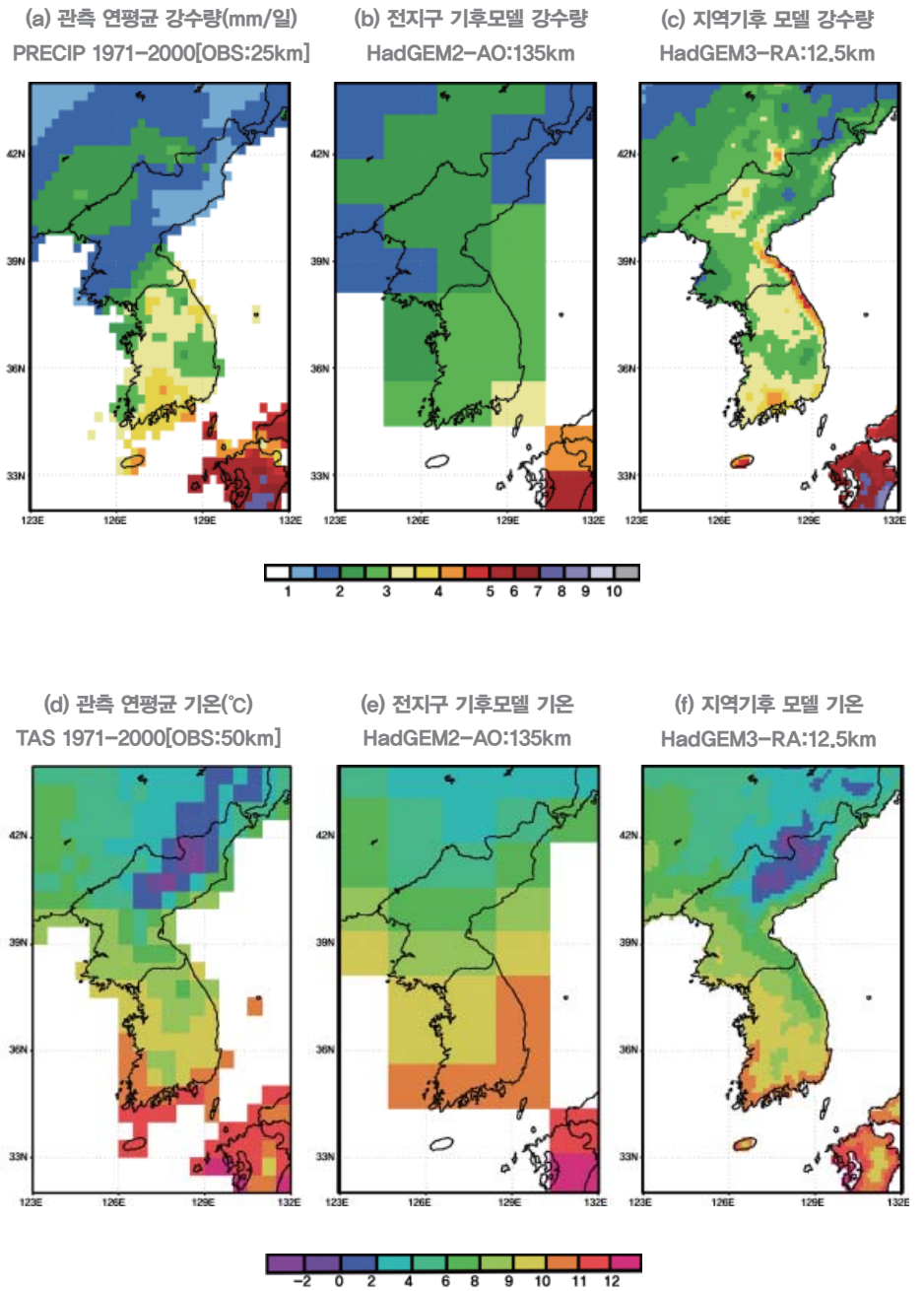
HadGEM3-RA 지역기후 모델

- 한반도 영역에서의 상세 기후변화 전망을 예측하기 위하여 HadGEM3-RA (Atmospheric Regional climate model of Hadley centre Global Environment Model version 3)을 사용함.
- HadGEM3-RA는 HadGEM2-AO 전지구 기후예측 정보를 공간적으로 상세화(downscaling) 하여, 우리나라 영역에 대한 12.5km 격자 해상도의 지역 기후변화 시나리오 자료를 산출함(지형적 특성에 따른 국지적 기후특성을 반영할 수 있는 장점을 가짐).
- HadGEM3-RA 지역기후 모델은 기본적으로 대기 대순환 과정과 지면 과정의 상호작용만을 고려하며, 해양과정은 전지구 모델의 예측결과를 이용함.
 - 지역기후 모델의 역학체계 및 물리과정은 기본적으로 HadGEM2-AO의 전지구 모델과 기본적으로 동일함.

지역 기후변화 예측 실험

- 고해상도 지역 기후변화 예측실험은 앞서 기술한 전지구 기후변화 예측실험과 유사하게, 과거 기후 재현 실험(1950~2005년)후, 2종의 기후변화 시나리오(RCP 8.5/4.5)에 대해 미래 기후변화 전망(2006~2100년)을 산출함.
- 역학적 공간 상세화 기법은 전지구 기후모델이 생산하는 낮은 공간 해상도의 정보를 지역기후 모델을 이용하여 고해상도 정보로 재생산하는 것을 말함.
 - 이 때, 지역기후 모델의 예측정보는 전지구 기후모델의 예측정보와 전체적인 경향성에서 최대한 일관성을 유지하는 것이 이상적임.
 - 예측자료 비교 결과, 전지구 기후모델과 지역기후 모델은 한반도 영역에서 매우 유사한 기후평균 구조를 재현하고 있으며, 관측과도 잘 일치하는 특성을 보임(그림 2.5).

그림 2.5
전자기 기후모델과 지역기후모델의 현재
기후모의 재현성능 비교



◆ 예측자료의 처리

기후모델 예측자료의 처리

- 미래 기후에 대한 신뢰성 있는 예측을 위해서는 기후모델이 현재의 관측된 기후 특성을 최대한 근접하게 재현하는 것이 이상적임.
 - 그럼에도 불구하고 나타날 수 있는 기후모델의 구조적인 오차는 미래 기후변화 전망에도 동일하게 포함될 수 있음.
 - 이러한 구조적 오차를 제거하기 위하여, 기후예측 모델이 모의하는 미래 예측 기후값에서 현재의 기후 재현값을 소거하는 경우, 온실가스의 인위적 증가에 따른 미래 기후변화 정보를 편차(anomaly)의 형태로 추출하게 됨.
- 본 보고서에서는 한반도 영역에서 지역기후 모델이 산출되는 12.5km 상세 기후변화 예측자료의 구조적 오차를 제거하기 위하여, HadGEM3-RA 모델의 과거기후 재현 실험(historical run) 자료를 사용함.
 - 이 때, 모델의 기후평균 기간은 관측자료의 분석과 동일하게, 1981-2010년 30년간으로 결정함(2006년부터 RCP 4.5와 RCP 8.5의 온실가스 농도가 다르므로 2006-2010년 기간은 각 시나리오별 기후모델 자료를 생산).
- 4장에서는, 기후모델의 예측 자료를 예측 초기로부터의 경과 기간에 따라 21세기 전반기 30년(2011-2040년), 중반기 30년(2041-2070년), 후반기 30년(2071-2100년)으로 분류하여 제시함.
- 본 보고서에서 기후변수의 절대적인 예측값을 제공하는 경우
 - 1) 모델 예측기후로부터 모델의 과거기후를 제거한 편차장을 먼저 산출함.
 - 2) 관측된 기후 평균값을 더하여 계산함.
- 관측자료의 분석 기법과 동일하게 기후변화에 따른 추세를 산출하는 경우, 기온의 경우는 모델 기후값 대비 편차장을 제시함.
 - 강수량의 경우에는 모델 기후 평균 강수량 대비 편차를 다시 모델 기후 평균 강수량으로 나누어, 기후값 대비 퍼센티지(%) 비율로 제시함.
- 기후요소의 시간별 추세분석의 경우, 연별 평균값을 선형회귀 직선에 통계 적용한 후 그 기울기로 정의함.

◆ 극한지수 계산

기후분석 변수

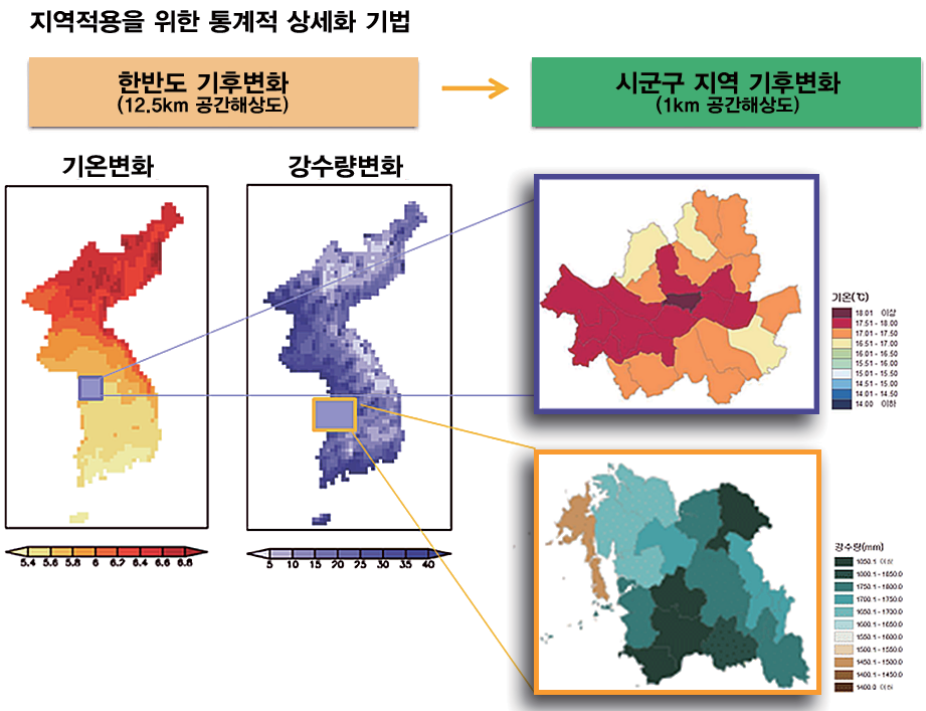
- 본 보고서의 4장과 부록에서 제시되는 미래 기후변화에 따른 극한지수의 변화 경향은 모델 출력값을 그대로 사용하는 경우 구조적 오차가 포함될 수 있음.
 - 관측자료의 분석에서 사용했던 극한지수 계산법을 모델 자료에 동일하게 적용하는 경우 일부 극한지수의 구조적 오차를 발견하고 이를 보정함.
- 기온 관련 극한지수의 경우에는 관측 자료에서 사용하는 절대값 기준을 동일하게 사용하여, 현재 기후와 미래 기후에 대해 계산한 후, 변화량(편차)을 구하였음.
- 강수 관련 극한지수의 경우에는 관측 자료에서 사용했던 강수의 유무는 일강수량 1mm 기준을 동일하게 사용하였음.
 - 관측에서 호우사례 기준 80mm/일은 모델에서 60mm/일에 해당하므로 이 기준을 적용함(강수강도가 관측에 비해 약한 기후모델의 구조적 편향을 고려함).

◆ 남한 16개 광역시도별 기후변화 전망 자료 산출

통계적 공간 상세화 기법

- 본 보고서의 5장과 부록에서는 남한 16개 광역시도별 미래 기후변화 전망 자료를 제시함.
- 남한 광역시도별 기후변화 자료는 12.5km 해상도 지역기후모델 예측 정보를 통계적 기법에 의해 다시 1km 격자 단위로 공간적으로 상세화 함(그림 2.2).
 - 통계적 공간 상세화 기법은 저해상도 기후모델 예측 정보를 높은 공간해상도를 가지는 해발 고도, 지형 지향성, 해안선 접근도 등의 국지적 정보를 이용하여 1km 격자체계에 통계적으로 투영함.
 - 변환된 1km 격자 정보는 다시 GIS 기법을 이용하여 시군구 및 읍면동 단위의 행정구역 단위 자료로 변환(그림 2.6).

그림 2.6
GIS 기법을 이용하여 변환되는
남한지역 시군구 단위 행정구역별
기후전망 자료 생산 과정



◆ 한반도 상세 기후변화 전망 추가 정보 및 자료 접근

- RCP 4.5, 8.5 시나리오에 따른 12.5km 해상도 기후 예측자료와 1km 해상도 자료는 모두 기상청 기후변화정보센터 홈페이지(<http://www.climate.go.kr/index.html>)에서 내려받기가 가능함(그림 2.7).

그림 2.7
기상청 기후변화정보센터 웹페이지 현황

웹기반 자료서비스 (기상청 기후변화정보센터) <http://www.climate.go.kr/index.html>



한반도
기후변화
전망보고서

03

관측 기후변화 특성

1. 한반도 기후의 공간 특성
2. 시간변화 특성

03 관측 기후변화 특성

1. 한반도 기후의 공간 특성

◆ 개요

한반도 기후평년값(1981-2010년)

- 남북한 전역을 대표하는 한반도 연평균 기온은 11.0°C, 연평균 강수량은 1,162.2mm 임(표 3.1).
 - 한반도의 기후는 사계절의 변화가 뚜렷하며, 계절별 평균 기온은 여름(22.7°C) > 가을(12.7°C) > 봄(10.4°C) > 겨울(-1.7°C)의 순서로 나타남.
 - 한반도 기후의 연평균 일교차는 10.4°C 정도로, 봄철에 최대 일교차(11.7°C)를 보임.
- 강수량은 계절별로 크게 차이가 있으며, 여름(655.5mm) > 가을(230.5mm) > 봄(203.6mm) > 겨울(72.7mm)의 순서로 나타남.
 - 여름철 강수량이 연평균 강수량의 56.4%에 이르며, 겨울철 강수량은 연평균 강수량의 6.3% 수준.
- 한반도의 지상 풍속은 1.7 – 2.1m/s 정도로 계절 변화가 작으며, 연평균 풍속은 1.9m/s 정도로 나타남(시속 6.8km).
- 상대습도는 연중 70.2% 정도이며, 무더운 해양성 기단의 영향을 받는 여름에 78.8%로 최대가 나타남.
 - 상대습도의 최저는 이동성 고, 저기압의 영향을 받는 봄철(64.7%)과 차가운 대륙성 기단의 영향을 받는 겨울철(65.5%)에 나타남.
- 한반도 기후평균 운량은 5.2할 수준이며, 여름철에 운량이 최대로 증가하고(6.9할), 겨울철에 운량이 최소 경향을 보임(3.9할).
 - 봄철과 가을철에는 5할 정도의 운량을 보임.

표 3.1
한반도의 연평균 및 계절별 평균
기후요소 평년값(1981-2010년 기준)

구분	연	봄	여름	가을	겨울
평균기온(°C)	11.0	10.4	22.7	12.7	-1.7
일최고기온(°C)	16.6	16.5	27.5	18.6	3.8
일최저기온(°C)	6.2	4.8	18.8	7.7	-6.6
강수량(mm)	1,162.2	203.6	655.5	230.5	72.7
풍속(m/s)	1.9	2.1	1.6	1.7	2.0
상대습도(%)	70.2	64.7	78.8	71.7	65.5
운량(할)	5.2	5.1	6.9	4.8	3.9

남한의 기후

- 남한의 연평균기온은 12.5°C 이며, 계절별 평균기온은 여름(23.6°C) > 가을(14.1°C) > 봄(11.7°C) > 겨울(0.6°C)의 순서로 나타남(표 3.2).
 - 남한 기후의 연평균 일교차는 10.4°C 이고, 봄철에 최대 일교차(11.9°C), 여름철에 최소 일교차(8.7°C)를 보임.
- 남한의 평균연 강수량은 1,307.7mm 로 한반도 전체 연평균 강수량(1,162.2mm) 보다 12.5% 많고, 북한 지역 연평균 강수량(919.7 mm) 보다 42.2% 많은 수준임.
 - 남한의 여름철 강수량은 연 강수량의 55.3 % 정도로 한반도 평균 경향과 유사함.
 - 계절별로 여름(723.2mm) > 가을(259.7mm) > 봄(236.6mm) > 겨울(88.5mm)의 순서로 나타남. 겨울철 강수량은 연평균 강수량의 6.8% 수준임.
- 남한의 지상 풍속은 초속 1.8 - 2.3m/s 정도로 한반도 평균에 비해 약간 높으며, 연평균 풍속은 초속 2.0m 정도로 나타남(시속 7.2km).
- 남한의 상대습도는 연중 68.6% 정도이며, 여름에 77.0%로 최대, 봄(63.2%)과 겨울(63.5%)에 최소로 나타남.
- 남한의 기후평균 운량은 5할 수준으로 한반도 평균에 비해 적으며, 여름철에 운량이 최대로 증가하고(6.5할), 겨울철에 최소로 감소(4.0할).

표 3.2
남한의 연평균 및 계절별 평균
기후요소 평년값 (1981-2010년 기준)

구분	연	봄	여름	가을	겨울
평균기온(°C)	12.5	11.7	23.6	14.1	0.6
일최고기온(°C)	18.1	17.9	28.4	20.1	6.1
일최저기온(°C)	7.7	6.0	19.7	9.2	-4.1
강수량(mm)	1,307.7	236.6	723.2	259.7	88.5
풍속(m/s)	2.0	2.3	1.8	1.8	2.2
상대습도(%)	68.6	63.2	77.0	70.9	63.5
운량(할)	5.0	4.9	6.5	4.6	4.0

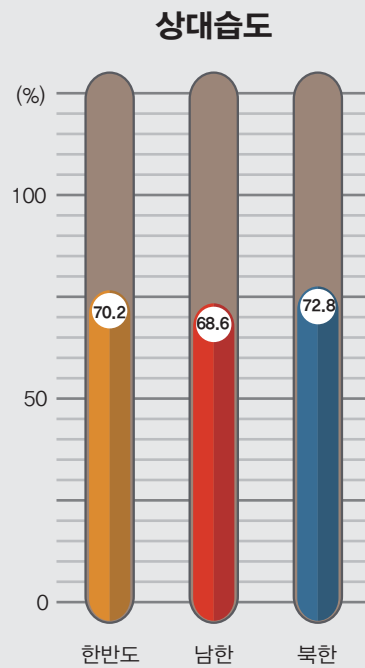
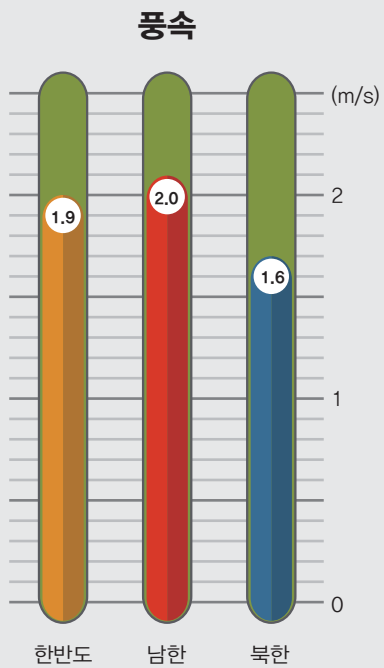
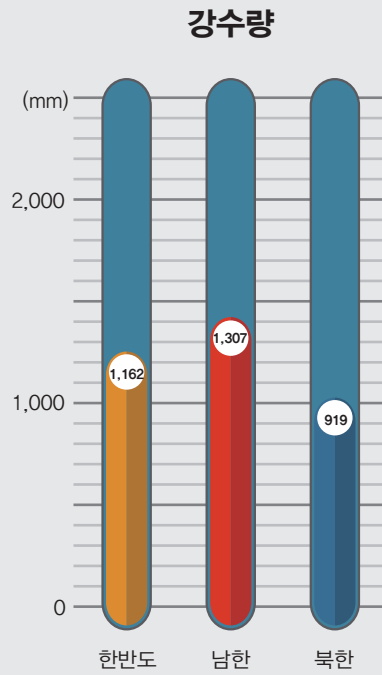
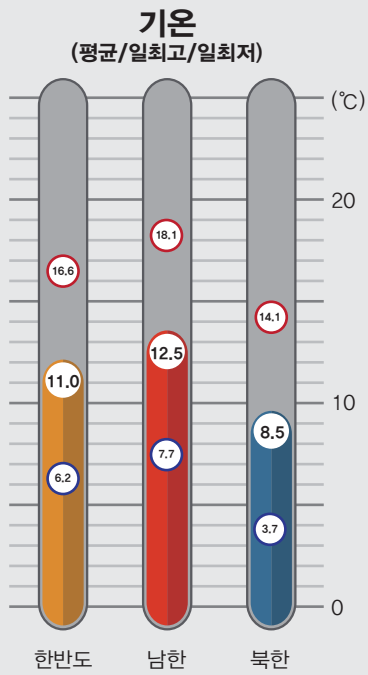
북한의 기후

- 북한의 연평균기온은 8.5°C, 계절별 평균기온은 여름(21.2°C) > 가을(10.2°C) > 봄(8.2°C) > 겨울(-5.6°C)의 순서로 나타남(표 3.3).
 - 북한 기후의 연평균 일교차는 10.4°C 이고, 봄철에 최대 일교차(11.4°C), 여름철에 최소 일교차(8.7°C)로 남한의 경향과 유사함.
- 북한의 연평균강수량은 919.7mm로 남한의 70.3% 수준임.
 - 여름철 강수량은 연평균강수량의 59% 정도로 남한에 비해 여름철 강수 집중 경향이 상대적으로 큼.
 - 겨울철 강수량은 연평균 강수량의 5% 수준으로 남한에 비해 겨울철 강수량의 연평균강수량 기여도가 적음.
 - 계절별로 여름(542.7mm) > 가을(181.9mm) > 봄(148.6mm) > 겨울(46.4mm)의 순서로 나타남.
- 북한의 평균 지상 풍속은 계절별로 1.4 - 1.9m/s 정도로 변화하며, 연평균 풍속은 초속 1.6m 정도(시속 5.7km)로서, 남한에 비해 느리게 나타남.
- 북한의 상대습도는 연중 72.8% 정도로 남한 지역에 비해 다소 높으며, 여름에 81.9%로 최대, 봄에 최소(67.3%)로 나타남.
- 북한의 기후평균 운량은 5.5할 수준으로 남한에 비해 높게 나타나며, 여름철에 운량이 최대로 증가하고(7.5할), 겨울철에 최소로 감소함(3.8할).
 - 계절별 운량 변화는 남한에 비해 큰 것으로 나타남.

표 3.3
북한의 연평균 및 계절별 평균
기후요소 평년값(1981-2010년 기준)

구분	연	봄	여름	가을	겨울
평균기온(°C)	8.5	8.2	21.2	10.2	-5.6
일최고기온(°C)	14.1	14.2	26.0	16.1	0.0
일최저기온(°C)	3.7	2.8	17.3	5.2	-10.7
강수량(mm)	919.7	148.6	542.7	181.9	46.4
풍속(m/s)	1.6	1.9	1.4	1.5	1.6
상대습도(%)	72.8	67.3	81.9	73.1	69.0
운량(할)	5.5	5.5	7.5	5.0	3.8

● 한반도, 남한, 북한의 기후요소 평년값



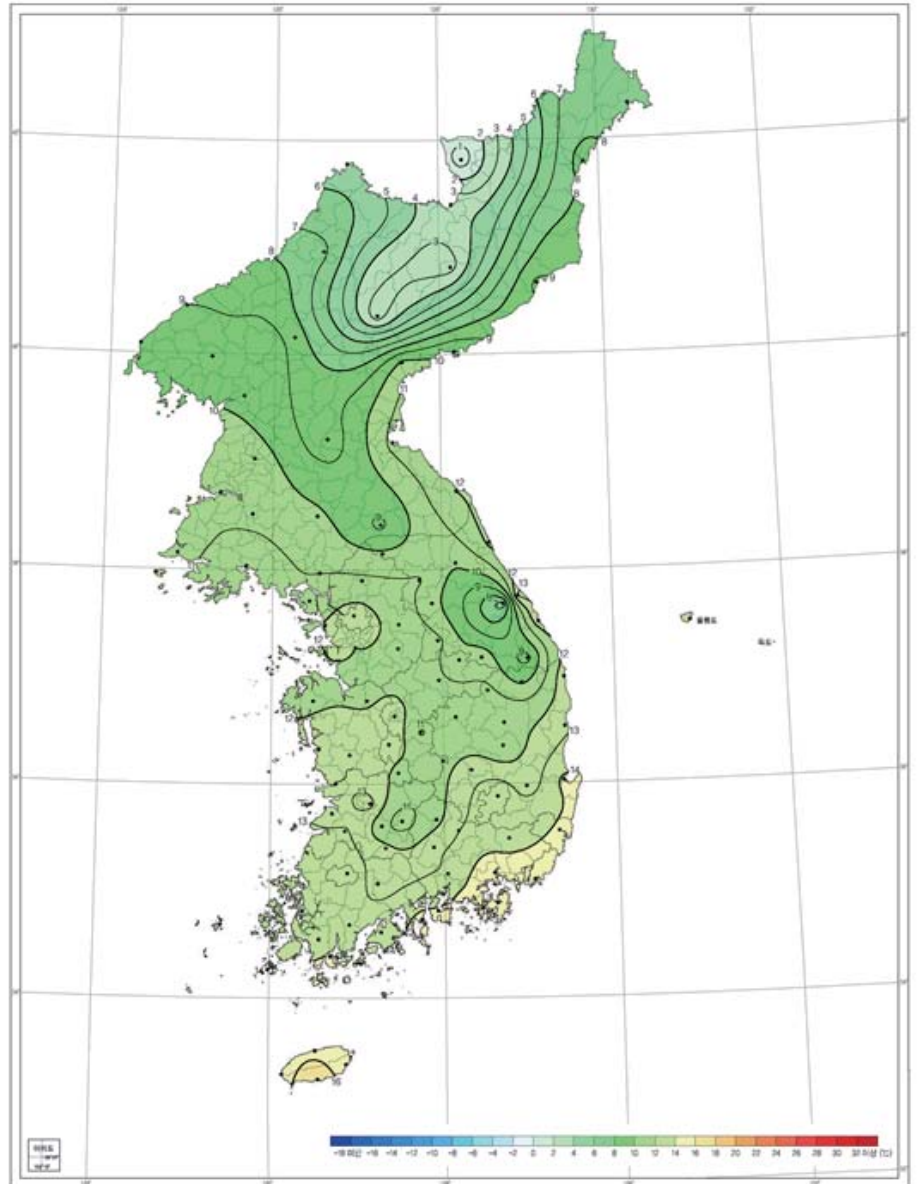
◆ 한반도 기후의 공간분포

한반도 연평균 기온의 공간분포

- 한반도는 지정학적으로 북반구 중위도, 유라시아 대륙의 북동쪽에 위치하며, 동경 124-132, 북위 33-43에 위치함.
 - 동서 폭이 300km 정도로 좁은 반면, 남북으로 1,100km 로 길어, 평균 기온의 공간적 분포는 위도별 변화가 크게 나타남.
 - 또한 해발 고도, 해안선에서의 거리 등의 영향을 반영함.
- 한반도 연평균 기온은 위도의 영향에 따라 남고북저, 해발고도에 따라 한반도 중부와 북부에서는 서고동저 분포를 보임.
 - 한반도에서 연평균 기온이 가장 높은 곳은 제주도 남단의 서귀포, 가장 낮은 곳은 개마고원 북단의 삼지연으로 나타남.
- 기온의 최저 지역은 해발고도가 높은 개마고원 지역이며, 백두대간을 따라 남쪽으로 태백산맥과 소백산맥에 걸쳐 나타나는 특징을 보임.
 - 남한에서는 해발고도가 높은 대관령이 가장 낮은 기온을 보임.
- 지형이 상대적으로 낮은 남한에서는 위도가 상대적으로 높은 남동해안이 남서해안에 비해 연평균 기온이 높게 나타남.
 - 부산을 중심으로 한 남동해안의 연평균 기온은 제주도를 제외한 한반도에서 가장 높게 나타나며, 이것은 남동해안을 경유하는 온난한 해류의 영향 때문임.

그림 3.1
한반도 연평균 기온 공간분포 (1981-2010년)

- 출처: 한국기후도



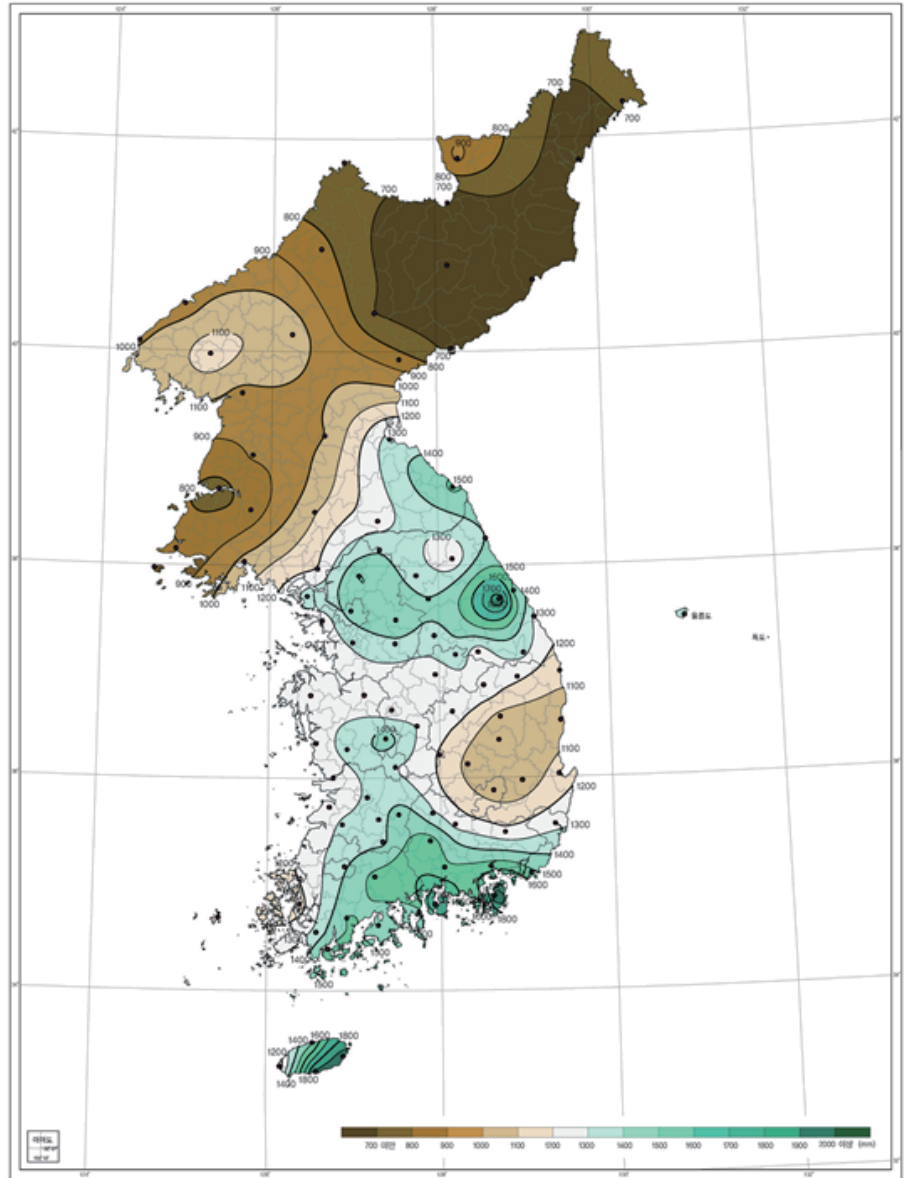
0 50 100 200 Kilometers

한반도 연평균 강수량의 공간분포

- 한반도의 연평균 강수량 분포는 지역별 편차가 크게 나타나며, 지형과 지배적인 강수 과정에 따라 복잡하게 나타남.
- 한반도의 연강수량은 전반적으로 위도별 감소 경향을 보임. 한반도의 기후 특성상, 여름철 남동풍 계열의 바람이 해양으로부터 활발하게 수증기를 공급해 주는 남해안에서 강수량 최대(1,600mm 이상)가 나타남.
 - 여름철 장마전선의 활동과 태풍 등은 북한 보다는 남한에서 강수량을 증가시키는 원인으로 작용함.
 - 남한지역은 태백산맥과 소백산맥으로 둘러싸인 영남 내륙을 중심으로 연강수량이 1,100mm 이하인 건조 지역이 형성됨.
 - 한반도에서 연강수량이 가장 많은 곳은 제주도의 성산과 서귀포(1,900mm 이상)임.
 - 강수량이 가장 적은 곳은 개마고원 북쪽의 해산과 청진으로 나타남(700mm 이하).
- 태백산맥의 동쪽에 위치한 강릉, 대관령 등은 해양과 지형의 영향에 따라 국지적으로 강수량이 높게 나타나며, 서울을 중심으로 한 한반도 중부 지역과 함께 강수대를 동서로 형성함.
- 북한의 연평균강수량은 북쪽으로 갈수록, 해발 고도가 높아질수록 감소하는 경향을 보임.
 - 한반도 북부에서는 서고동저의 형태를 보이며, 구성, 신의주를 중심으로 하는 평안북도가 지형이 높은 함경도에 비해 강수량이 상대적으로 많게 나타남.
 - 남포를 중심으로 한 평안남도와 황해도 북부는 낮은 지형과 해양의 영향에도 불구하고 연강수량이 적게 나타나며, 내륙으로 갈수록 증가하는 경향을 보임.
- 동해안의 장전, 원산 등은 지형적 강수와 해류의 영향으로 북한지역에서는 강수량 최대지역임.

그림 3.2
한반도 연평균 강수량 공간분포
(1981-2010년)

- 출처: 한국기후도

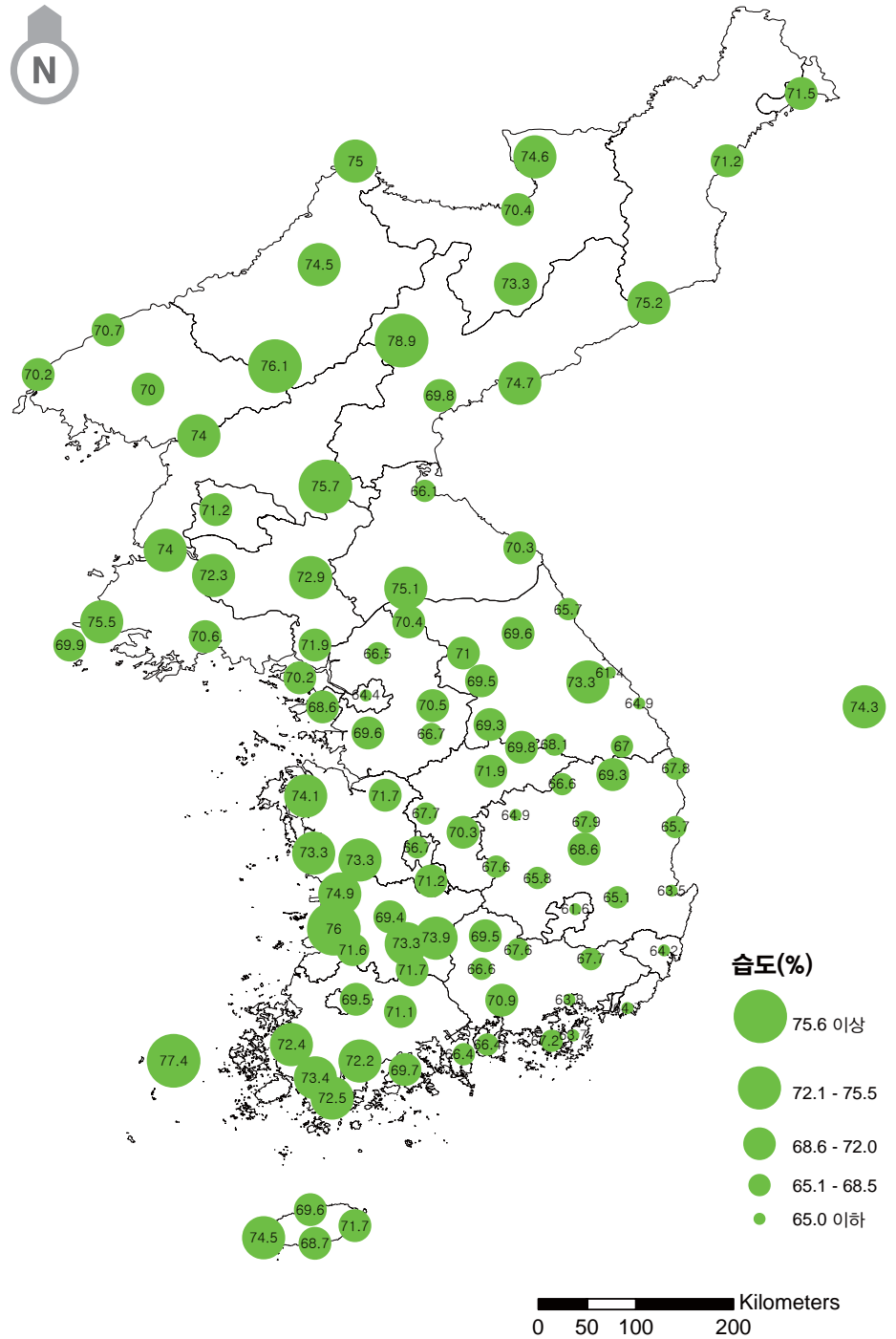


0 50 100 200 Kilometers

한반도 연평균 상대습도의 공간분포

- 한반도의 연평균 상대습도는 평균 70%를 전후로 지역별로 60–80% 범위 이내에서 변화함.
 - 상대습도는 개마고원에 위치한 장진에서 78.9%로 최대, 동해안의 강릉에서 61.4%로 최저로 나타남.
- 북한의 상대습도는 남한에 비해 높고, 고도가 높고 기온이 낮은 내륙지역에서 상대적으로 높은 특징을 보임.
 - 북한에서는 동해안의 원산에서 상대습도가 66.1%로 최소.
- 남한의 상대습도는 서고동저의 특징을 보이며, 서해안 지역에서 상대적으로 높고 내륙으로 갈수록 상대습도가 낮아지는 경향을 보임.
 - 특히 태백산맥과 소백산맥의 음영지역에 해당하는 경북과 영남 내륙지역에서 상대적으로 낮아, 공기의 건조도가 상대적으로 높게 나타나는 특징을 보임.
- 해안에 위치한 부산, 울산, 포항, 강릉 등은 해양의 영향에도 불구하고 낮은 상대습도를 보임.
 - 대구, 서울, 광주, 전주 등 내륙도시의 상대습도 주변의 관측점에 비해 낮게 나타나고 있어, 도시 발달 등에 따른 국지적 건조 기후의 특징으로 파악됨.
- 북한의 상대습도는 해안선에서의 거리, 도시화 등에 의한 영향 등은 크지 않은 것으로 나타남.

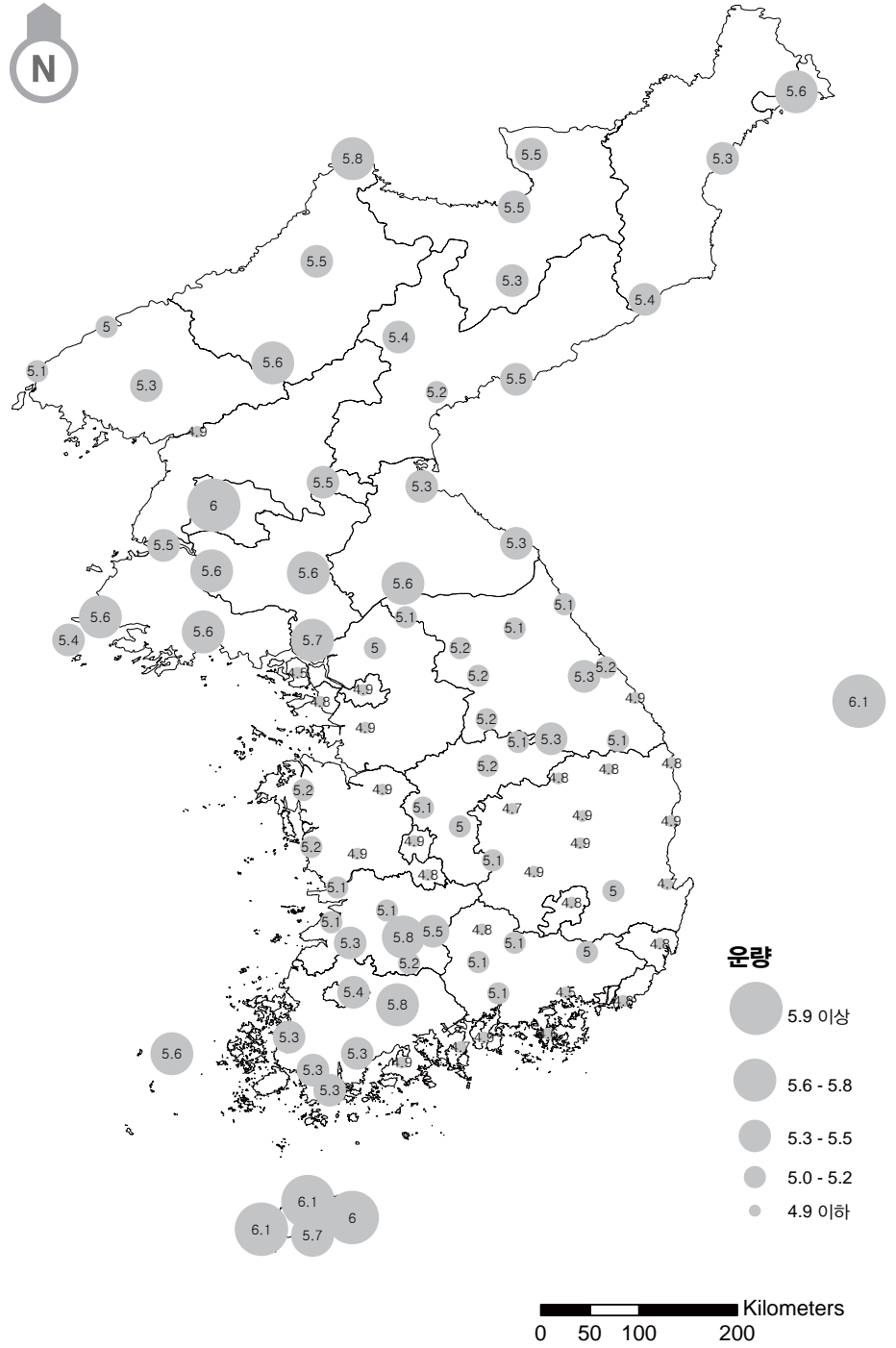
그림 3.3
한반도 연평균 상대습도의
공간분포(1981-2010년)



한반도 연평균 운량의 공간분포

- 연평균 운량은 공간별 편차를 보이며, 제주도와 울릉도 등의 도서지역에서 일반적으로 크게 나타남.
- 한반도 남부의 경우 운량은 상대습도의 경향과 유사하게 서고동저의 경향을 보이며, 남서부에서 크고, 동쪽과 내륙으로 갈수록 감소하는 특성을 보임.
 - 도시가 발달한 서울, 부산, 대구, 광주, 울산, 인천, 대전 등에서는 연평균 운량이 주변에 비해 상대적으로 적게 나타나고 있음.
 - 도시의 건조한 상대습도 등도 운량의 공간분포에 영향을 주고 있는 것으로 나타남.
 - 한반도 중부 지역의 경우에는 강원도와 동해안에서 상대적으로 높게 나타남.
- 북한지역의 연평균 운량은 남한에 비해 일반적으로 높게 관측됨.
 - 북한의 경우 평양, 황해도 남부에서 운량이 높게 관측되며, 평안북도 신의주, 수봉, 안주 등에서 상대적으로 낮게 나타남.

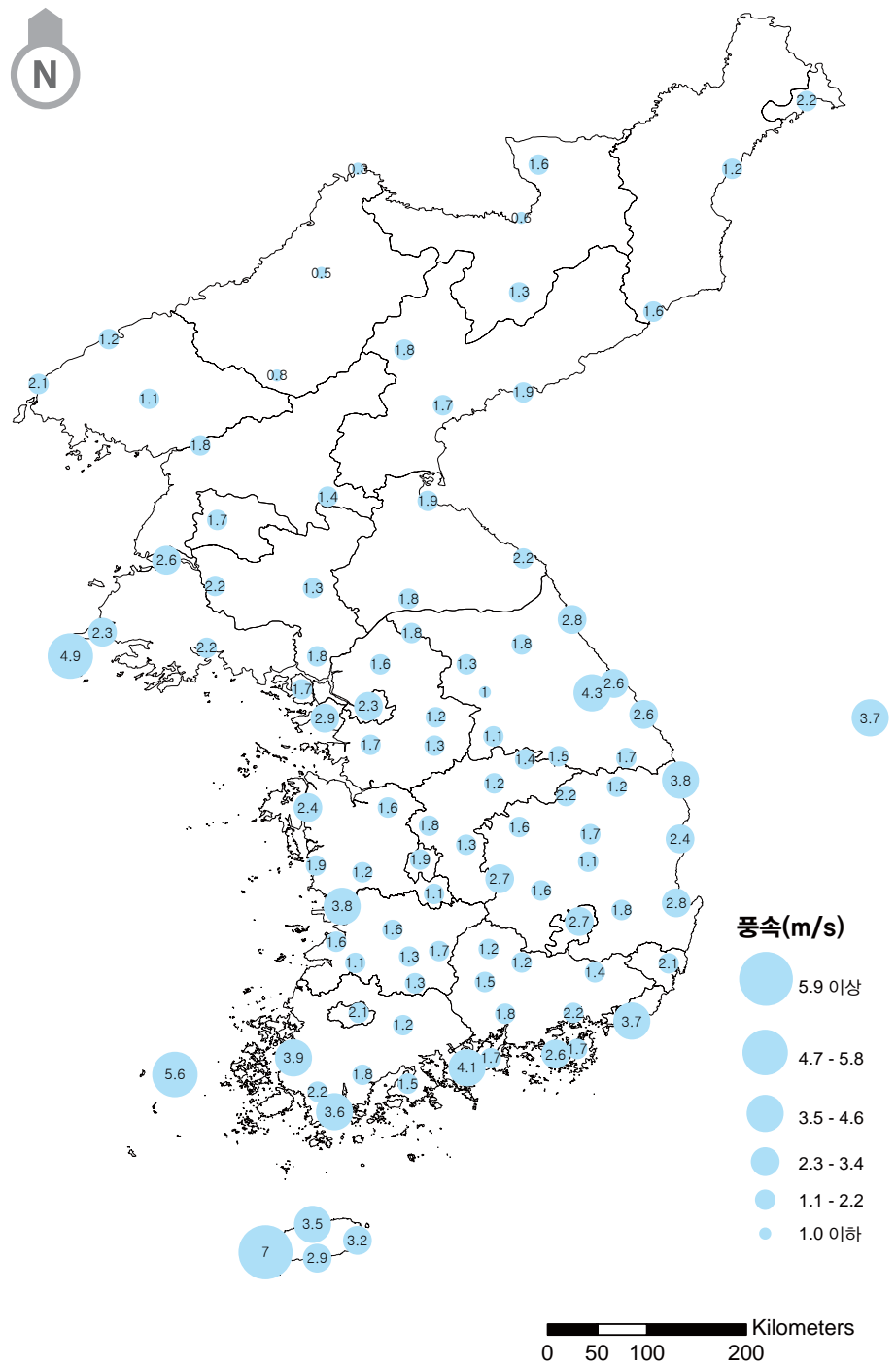
그림 3.4
한반도 연평균 운량의 공간분포(1981-2010년)



한반도 연평균 풍속의 공간분포

- 한반도에 부는 바람은 계절풍, 지리적 위치, 지표면 특성 등에 따라 지역별로 다양한 형태를 보임.
 - 해안 지역이나 산악 지역에서는 온도차에 의한 해륙풍과 산곡풍 등의 국지적인 대기의 순환에 따른 영향과 태풍이나 폭풍 등의 이동경로에 영향을 받기도 함.
 - 제주도에서도 국지적 환경에 따라 서쪽 고산과 남쪽 서귀포는 각각 7m/s, 2.9m/s로 지점별 편차가 크게 나타남.
- 연평균 풍속의 최대는 제주 고산(7m/s)에서 최대, 한반도 북단 내륙에 위치한 북한의 중강(0.3m/s)에서 최소를 나타냄.
- 한반도의 연평균 풍속은 전반적으로 해안선으로부터의 거리에 따라 영향을 받으며, 해안지역에서 상대적으로 강한 풍속은 내륙으로 갈수록 약해지는 특성을 보임.
 - 해안가에서는 해륙풍의 발달에 따른 풍속의 증가, 내륙에서는 복잡한 지형과 거친 지면 특성으로 인하여 풍속의 감소 효과를 반영.
 - 이러한 특성은 북한보다는 남한에서 뚜렷하게 나타남.
- 연평균 풍속은 북한보다는 남한에서 상대적으로 크게 나타나고 있음.

그림 3.5
한반도 연평균 풍속의 공간분포
(1981-2010년)

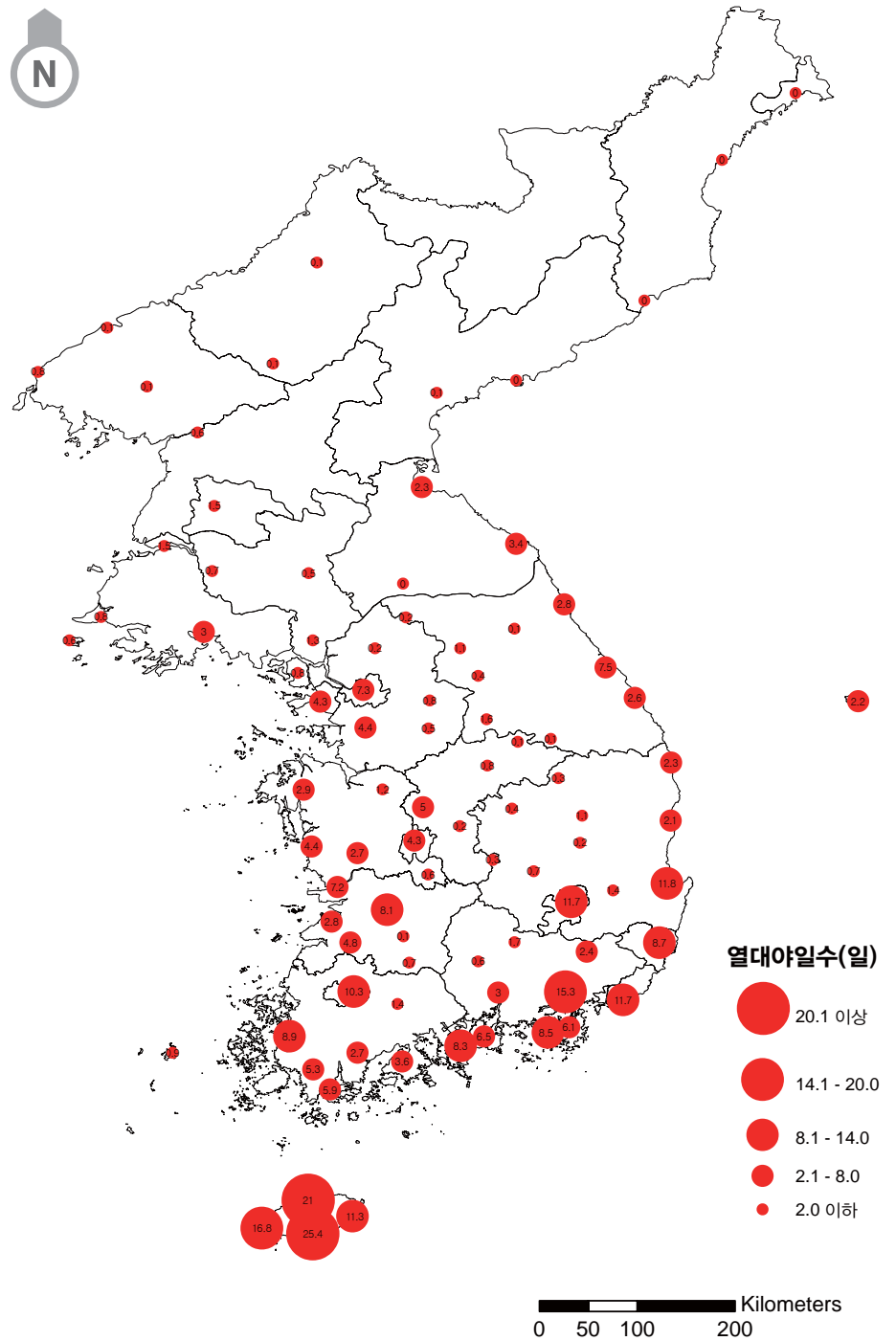


◆ 극한기후의 공간분포

한반도 연평균 열대야일수의 공간분포

- 열대야일수는 일최저기온이 25°C 이상인 날로 정의되며, 야간에 기온이 높은 지역에서 열대야일수가 증가함.
- 한반도의 연평균 열대야일수는 여름철 기온이 높은 남한에서 북한지역보다 높게 나타남.
- 남한에서 연평균 열대야일수는 서귀포가 25.4일, 내륙에서는 창원이 15.3일로 최대이며, 연간 10일 이상을 넘는 지역은 포항, 대구, 부산, 광주 등으로 나타남.
 - 그 외에, 목포, 전주, 강릉, 서울 등에서 연간 7일 이상의 발생빈도를 보임.
- 남한의 연평균 열대야일수는 최저기온이 높게 유지되는 남부 지역과 도시가 발달한 지역에서 높게 나타나고 있음.
 - 도시 지역에서도 도시화의 발달 정도에 따라 도심과 교외의 최저기온 차는 크게 나타날 수 있어, 관측소의 위치에 따른 공간적 오차가 발생할 수 있음.
- 북한지역의 연평균 열대야는 평안도와 함경도 이북에는 연간 1일 미만으로 열대야 발생이 매우 적게 나타남.
 - 온도가 높아지는 황해도와 강원도에서는 장전에서 3.4일 정도로 열대야 발생이 북한지역에서 최대를 보이고 있음.
 - 해주(3.0일), 원산(2.3일) 등이 연간 1일 이상의 열대야 발생 빈도를 보임.
- 북한의 연평균 열대야일수는 최저기온이 남한에 비해 낮게 유지되고, 도시발달에 따른 영향은 크게 나타나지 않고 있어 발생일수가 비교적 낮음.

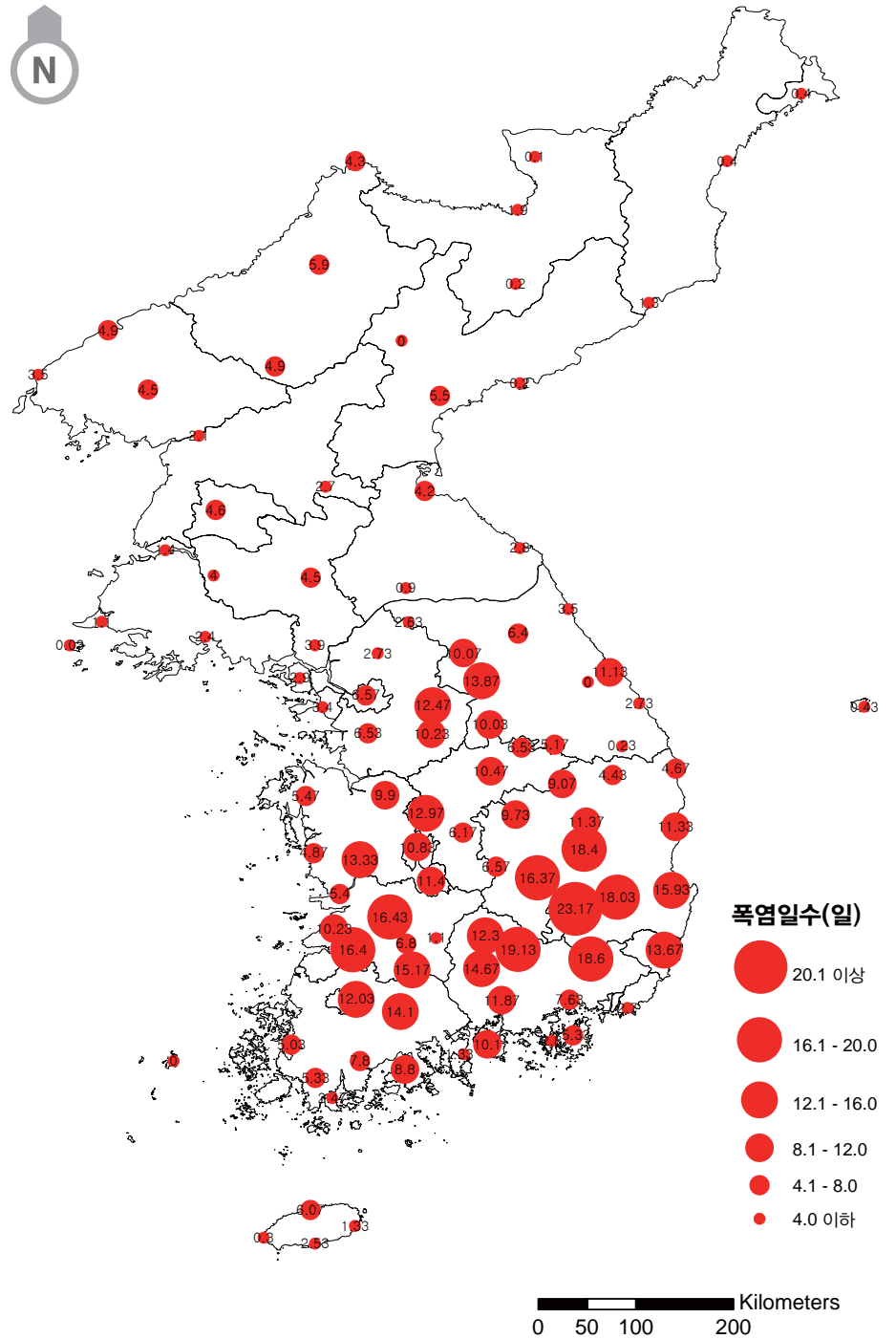
그림 3.6
한반도 연평균 열대야일수의 공간분포
(1981-2010년)



한반도 연평균 폭염일수의 공간분포

- 폭염일수는 일최고 기온이 33°C 이상인 날의 연간 일수로 정의되며, 이에 따라 주간에 기온이 높은 지역에서 최대를 보임.
 - 한반도의 연평균 폭염 일수는 기온이 높은 남한에서 북한지역보다 상대적으로 높게 나타남.
- 남한에서의 연평균 폭염일수는 대구에서 23.2일로 최대로 나타남. 남한에서 연평균 폭염일수가 많은 지역은 전북과 경남북 내륙 등으로 연간 16~23일 정도로 나타남.
 - 남한 중부 영서지역(춘천, 홍천, 원주)은 국지적으로 연간 폭염일수가 10일 이상으로 나타나고 있음.
 - 내륙 지역에서 주간에 최고 기온이 증가하는 기후특성을 반영하고 있음(핀현상에 따른 풍하측에서의 단열 상승효과 또한 폭염일수의 증가에 영향을 줄 것으로 판단됨).
 - 최대 인구밀집 지역인 서울과 수도권에서는 폭염일수가 연간 6.6일로 나타남.
- 북한지역의 연간 폭염일수는 내륙으로 갈수록 증가하는 반면, 개마고원 등의 고원에서는 폭염일수의 빈도가 매우 적게 나타남.
 - 북한의 폭염일수 최대지역은 내륙의 강계에서 5.9일이며 동해안의 함흥 5.5일, 평안북도의 수봉, 희천 등이 연간 4.9일로 큰 값을 보임.
 - 해발고도가 상대적으로 낮은 북한의 북서부 지역에서는 내륙으로 갈수록 폭염 발생빈도가 높게 나타남.

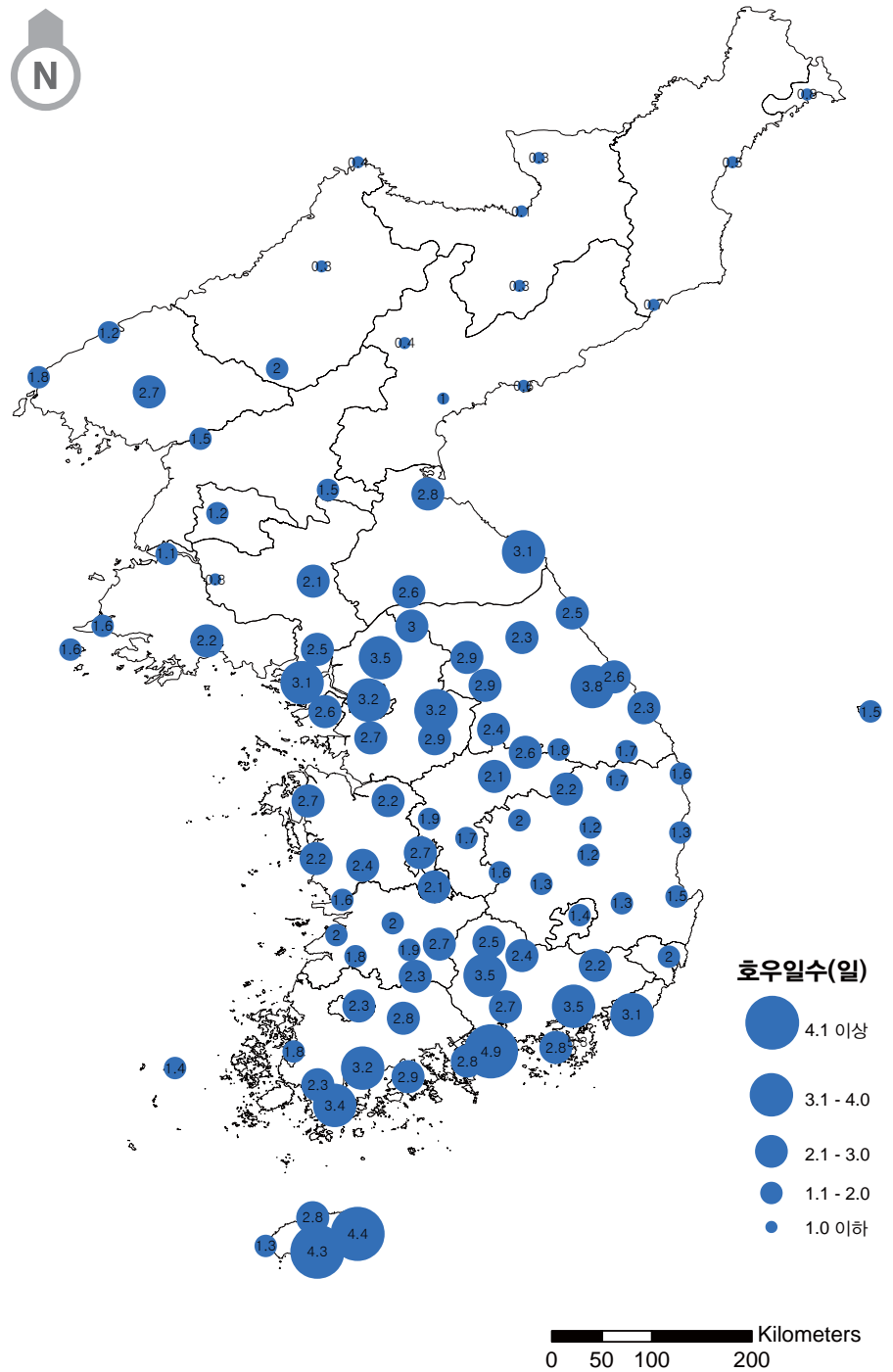
그림 3.7
한반도 연평균 폭염일수의 공간분포
(1981-2010년)



한반도 연평균 호우일수의 공간분포

- 호우일수는 일강수량이 80mm 이상인 날의 연간 일수로 정의함.
 - 한반도 호우일수의 공간분포는 연평균강수량의 공간분포와 유사하게 나타나고 있음.
- 연평균 호우일수 최대지역은 경남 남해로 연간 4.9일이며, 최소는 경북 의성으로 연간 1.2일로 나타남.
 - 연강수량이 적은 경북의 대부분 지역에서는 연간 호우일수가 1.5일 수준으로 낮게 나타남.
- 연평균 호우일수는 강수량이 많은 남한지역에서 북한보다 상대적으로 높게 나타나고 있음.
 - 남해안과 경남 내륙의 동서축과 서울을 중심으로 하는 중부지역의 동서축으로 구별됨.
 - 여름철 장마, 국지성 집중호우의 동서축으로의 이동경향을 반영함.
 - 또한 여름철 장마전선과 태풍의 주요 이동경로인 제주도 역시 크게 나타남.
- 북한의 호우일수는 동해안의 장진에서 3.1일로 최대치를 보이며, 개마고원의 풍상측인 평안북도 구성에서 연간 2.7일 정도로 높게 나타남.

그림 3.8
한반도 연평균 호우일수의 공간분포
(1981-2010년)



2. 시간변화 특성

◆ 연별 변화 경향

한반도의 연평균 기온 변화 경향

- 한반도의 지난 30년간(1981-2010년) 연평균 기온은 1.2°C 상승 추세임(0.41°C/10년).
 - 모든 계절에서 기온의 증가경향을 보이며, 지난 30년간 겨울철 기온은 1.7°C, 가을철 1.5°C, 봄철 0.8°C, 여름철 0.7°C 상승한 것으로 나타남.
- 북한의 연평균 기온은 지난 30년간 1.4°C 상승(0.45°C/10년 추세)하여, 남한의 1.1°C 상승(0.36°C/10년) 경향보다 온도상승 현상이 뚜렷함.
- 남북한의 기온 상승경향은 특히 여름철에 큰 차이를 보이고 있으며, 북한의 여름철 기온 상승이 0.39°C/10년으로 크게 나타나고 있음.

한반도 연평균 강수량 변화 경향

- 한반도의 지난 30년간 강수량의 변화는 연별 변동의 폭이 커서 통계적으로 유의한 추세를 감지할 수는 없었음.
- 다만, 한반도 강수량은 지난 30년간(1981-2010년) 78mm(10년당 25.87mm 상승 추세) 정도 약하게 증가한 것으로 나타남(한반도 연강수량의 7% 미만).
 - 이러한 증가 경향은 남한지역 강수량 증가가 주요한 원인이었음.
 - 동기간 북한의 강수량은 오히려 약하게 감소하는 경향을 보임.
- 한반도 강수량의 계절별 변화 경향은 여름철에 최대로 나타난 반면 가을철에는 약하게 감소하는 경향을 보임.
 - 이러한 경향성은 북한보다는 강수량이 상대적으로 많은 남한에서의 변동 영향과 관련이 있음.

표 3.4
최근 30년간(1981-2010년)
한반도 전체, 남한, 북한의 연평균과
계절평균 기온 및 강수량의 변화추세

- 주: 기온 단위는 °C/10년, 강수량
단위는 mm/10년(*신뢰수준 95%,
**신뢰수준 99%).

구분		연	봄	여름	가을	겨울
평균기온	한반도	0.41**	0.25	0.24	0.49**	0.56*
	남한	0.36**	0.23	0.11	0.43**	0.57*
	북한	0.45**	0.28	0.39	0.52**	0.47
강수량	한반도	25.87	10.34	28.07	-7.70	2.20
	남한	54.28	16.95	46.26	-11.85	1.99
	북한	-25.19	-3.20	-5.54	-3.24	-1.40

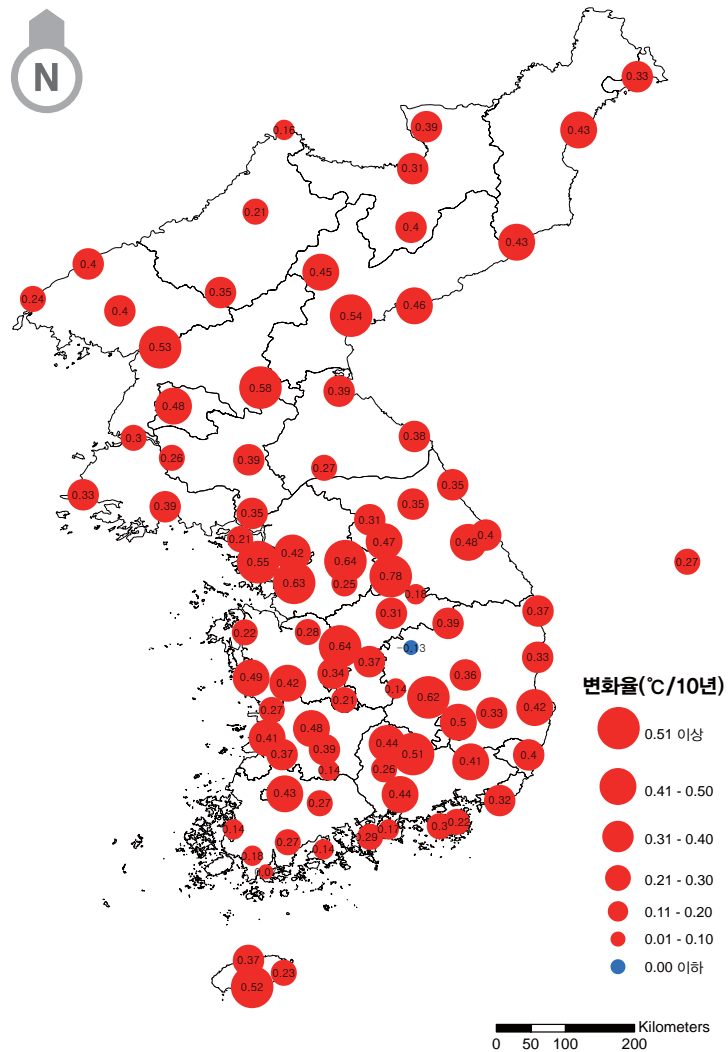
◆ 연별 변화 경향의 지역별 공간분포

한반도의 연평균 기온 변화율 공간분포

- 한반도 연평균 기온의 변화경향은 한 지점(문경)을 제외한 모든 관측점에서 상승하고 있는 것으로 나타남.
 - 그러나 기온상승의 경향은 공간적으로 큰 편차를 보이고 있음.
- 남한의 경우에는 수도권과 영서, 영남 내륙 등에서 크게 나타나고 있음. 호남의 남서 해안에서는 상승경향이 미미함.
- 북한의 경우에는 평안남도 내륙, 그리고 원산을 중심으로 한 함경도 해안지역에서 비교적 크게 나타남.

그림 3.9
한반도 평균기온 변화율 공간분포

- 단위는 °C/10년.



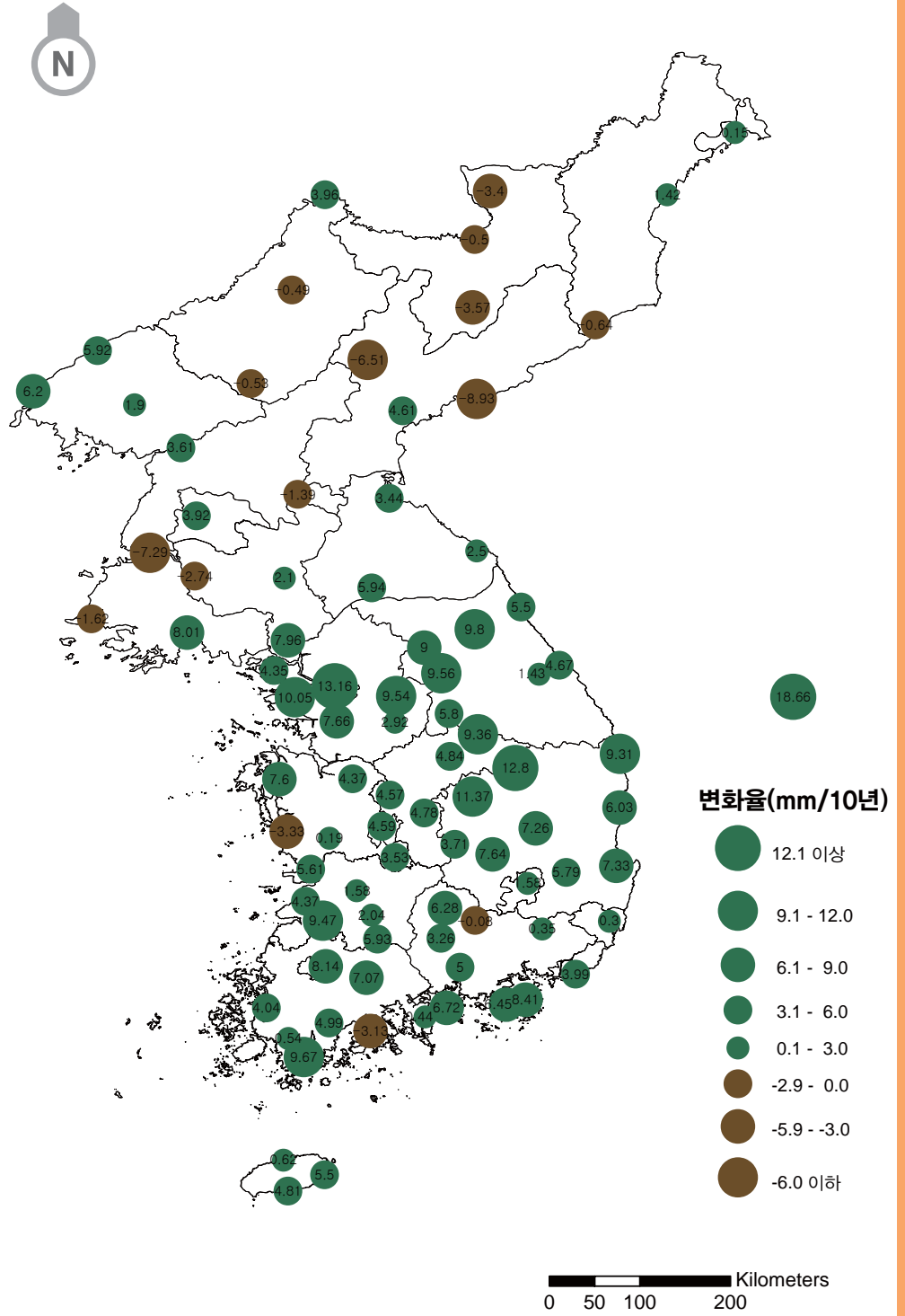
한반도 평균 강수량 변화율 공간분포

- 남한 대부분의 영역에서는 평균 강수량 증가 경향이 나타나고 있으나 지역별 편차가 있음.
 - 특히 수도권과 중부 지역에서 강수량의 증가경향이 크게 나타나고 있음.
 - 중부 영서 지역은 영동지역에 비해 상대적으로 강수가 큰데 여름철 장마와 집중호우 등의 영향이 큼.
 - 대표적 건조지역인 경북에서도 과거 30년간 강수량 증가 경향이 뚜렷하게 보임.
 - 반면 충청 남부와 남서해안에서는 강수량의 증가가 약하거나, 오히려 감소하는 경향을 보이고 있음.
- 북한지역의 강수량은 감소하는 지역들과 증가하는 지역들이 혼재되어 나타나고 있음.
 - 함경도, 개마고원, 평안도 서부 등에서는 강수량 감소 경향을 보이고 있음.

한반도 해수면 고도의 변화

- 지난 43년간(1964~2006년) 한반도 주변 해역의 해수면 상승은 약 8cm로 세계 평균보다 약간 높은 1.9mm/yr의 상승률을 보임.
 - 특히 제주지역이 높아 연평균 상승률 5.1mm/yr로 약 22cm 상승(국립해양조사원 2008년 자료).
- 해역별로는 남해안 14.6cm(3.4mm/yr), 동해안 6.0cm(1.4mm/yr), 서해안 4.3cm(1.0mm/yr) 상승으로 남해안이 상대적으로 높게 나타남.
 - 이러한 특징은 남해의 해수면 온도가 상대적으로 크게 증가한 결과와 관련됨.

그림 3.10
한반도 평균 강수량 변화율 공간분포



한반도
기후변화
전망보고서

04

미래 기후변화 전망

1. 미래 기후의 공간변화 특성
2. 미래 기후의 시간변화 특성

04 미래 기후변화 전망

1. 한반도 기후의 공간 특성

◆ 한반도 기후변화 전망

한반도 연평균 기온 변화 경향

- 한반도 연평균 기온은 온실가스 증가에 의해 21세기 후반기 까지도 지속적으로 상승할 것으로 전망함.
- RCP 4.5 시나리오에서는 연평균 기온이 21세기 전반기에 +1.4°C, 중반기에 +2.4°C, 후반기에 +3.0°C 상승을 전망함(표 4.1).
 - RCP 4.5 시나리오의 경우에는 21세기 전반기까지는 RCP 8.5와 유사한 기온상승 경향을 보이다가 21세기 중반기 이후 온실가스 농도 안정화에 따라 기온 상승 경향이 둔화됨.
 - RCP 4.5에서는 21세기 후반기 14.0°C를 전망하고 있으며, 이러한 기온은 현재 한반도 남동해안(울산-부산-경남) 지역의 기온에 해당.
- RCP 8.5 시나리오에서는 현재 11.0°C 수준에서, 21세기 전반기에 +1.5°C, 중반기에 +3.4°C, 후반기에는 +5.7°C로 온난화가 더욱 가속화될 것으로 전망함.
 - 21세기 후반기의 연평균 기온은 RCP 8.5에서 16.7°C 정도로 전망되며, 이러한 기온은 현재 제주도 남단의 연평균 기온에 해당.
- RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오에 따른 한반도의 평균 기온 상승폭은 동일한 기간(2071-2100년) 전지구 평균 상승 경향의 1.2배, 동아시아 지역 평균 상승경향의 1.4배 수준임.
- 일최고 기온과 일최저 기온 또한 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두에서 뚜렷한 상승경향을 보임.
 - RCP 8.5 시나리오에서의 일최고 기온은 현재 기후값 16.6°C 수준에서, 21세기 전반기에 +1.5°C, 중반기에 +3.3°C, 후반기에 +5.6°C 증가할 것으로 전망함.
 - 일최저 기온의 경우는 RCP 8.5 시나리오에서 현재 기후값 6.2°C 수준에서, 21세기 전반기에 +1.5°C, 중반기에 +3.5°C, 후반기에 +5.8°C 증가하는 것으로 전망함.
 - 일최저 기온 상승 경향은 일최고 기온 상승 폭보다 높게 나타나, 미래 온난화 기후에서의 일교차가 현재 기후에 비해 점차 감소할 것으로 전망함.

한반도 연평균 강수량 변화 경향

- RCP 4.5와 8.5 시나리오에 의한 21세기 후반기의 한반도 평균 강수량은 각각 1,348.1mm, 1,366.9mm로 현재 기후에서 전남과 경남 및 한반도 중부의 연 평균 강수량에 해당됨.
 - RCP 4.5(RCP 8.5) 시나리오에 따른 한반도 강수량의 현재 기후대비 증가폭은 동일한 기간(2071–2100년), 전지구 평균 증가의 약 3.9배(3.0배), 동아시아 지역 평균 증가의 3.5배(2.9배)로 크게 나타남.
 - 한반도 강수량의 전반적인 증가는 온난한 기후에서의 대규모 몬순 순환 변화와 이에 따른 해양에서 대륙으로의 수증기 수송 증가 맥락에서 동아시아의 증가 경향과 부합(그림 1.4 참조).
- 연평균 강수량의 경우, RCP 4.5 시나리오에서는 현재 기후 대비 21세기 전반기에 +6.2%, 중반기 +10.5%, 후반기에 +16.0% 증가하는 것으로 나타남.
 - 21세기 전반기에는 오히려 RCP 8.5 시나리오에 비해 강수 증가가 뚜렷하나 후반기에는 다소 적게 나타남.
 - 강수량은 장주기 변동성에 의해 21세기 동안 비선형적 변화 경향을 보일 것으로 전망되나, 시나리오에 관계없이 미래의 온난한 기후에서 전반적인 강수량 증가 경향을 보이는 것은 동일함.
- RCP 8.5 시나리오에서는 현재 연평균 강수량 대비 21세기 전반기에 +3.3%, 중반기 +15.5%, 후반기에 +17.6% 증가하는 것으로 나타남.
 - 강수량 증가 경향은 21세기 전반기에서 중반기로 접어들 때 크게 증가하는 경향을 보이며, 중반기에서 후반기로 진행됨에 따라 증가 경향이 완화되는 특징을 보임.
 - RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 현재 기후의 연간 호우일수 2.0일 수준에서 21세기 후반기에 2.8일 정도로 30% 이상 증가하는 것으로 나타남.

한반도 기타 기후요소 변화 경향

- 한반도의 연평균 풍속, 상대습도, 운량 등은 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두에서 유의한 수준의 변화는 없을 것으로 전망됨.
 - 그러나 한반도의 온난화 전망에 따라 폭염일수, 열대야일수와 같은 기온 관련 극한 지수의 급격한 증가 경향이 전망됨.
- 폭염일수는 현재 연간 7.3일 수준에서 RCP 4.5의 경우에는 21세기 전반기 8.8일, 중반기 11.1일, 후반기 13.1일 수준으로 증가하는 것으로 전망됨.
 - RCP 8.5 시나리오에 따르면 폭염일수는 +2.54일/10년의 추세로 더욱 급속하게 증가하여 21세기 전반기에 10.2일, 중반기에 15.2일, 후반기에 30.2일로 전망.
- 열대야일수는 현재 한반도 평균 연간 2.8일 수준에서 RCP 4.5의 경우에는 21세기 전반기 4.1일, 중반기 9.0일, 후반기 13.6일 수준으로 증가할 것으로 전망.
 - RCP 8.5는 +3.82일/10년의 추세로 더욱 급속히 증가하여 21세기 후반기 37.2일에 이를 것으로 전망.
- 미래 기후에서의 강수 강도를 나타내는 호우일수는 현재 기후보다 RCP 4.5 와 RCP 8.5 모두에서 증가할 것으로 전망되었으나, 시나리오별로는 큰 차이는 없는 것으로 나타남.
 - RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 현재 기후의 연간 호우 일수 2.0일 수준에서 21세기 후반기에 2.8일 정도로 30% 이상 증가하는 것으로 나타남.

표 4.1

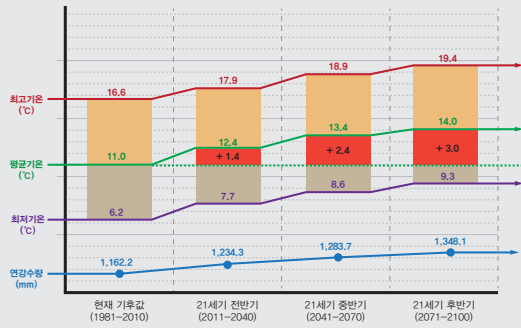
RCP 4.5에 따른 한반도 21세기 기후변화 전망(괄호안은 RCP 8.5에 따른 변화)

- 단위는 기온 °C, 강수량 mm, 풍속 m/s, 상대습도 %, 운량 할(1-10), 폭염, 열대야, 호우일수는 연간 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재 기후값(1981-2010)의 차이를 10년당 변화값으로 환산함.

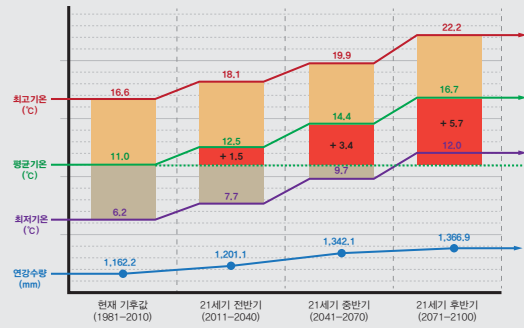
구분	현재 기후값 (1981-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (10년당)
평균기온	11.0	12.4 (12.5)	13.4 (14.4)	14.0 (16.7)	0.33 (0.63)
일최고기온	16.6	17.9 (18.1)	18.9 (19.9)	19.4 (22.2)	0.31 (0.62)
일최저기온	6.2	7.7 (7.7)	8.6 (9.7)	9.3 (12.0)	0.34 (0.64)
강수량	1,162.2	1,234.3 (1,201.1)	1,283.7 (1,342.1)	1,348.1 (1,366.9)	20.66 (22.74)
풍속	1.9	1.9 (1.9)	1.9 (1.9)	1.8 (1.9)	-0.01 (0.00)
상대습도	70.2	70.1 (70.0)	69.8 (70.4)	70.4 (70.3)	0.02 (0.01)
운량	5.2	5.2 (5.2)	5.2 (5.2)	5.2 (5.2)	0.00 (0.00)
폭염일수	7.3	8.8 (10.2)	11.1 (15.2)	13.1 (30.2)	0.64 (2.54)
열대야일수	2.8	4.1 (5.7)	9.0 (16.6)	13.6 (37.2)	1.20 (3.82)
호우일수	2.0	2.3 (2.1)	2.6 (2.8)	2.7 (2.8)	0.08 (0.09)

● RCP 시나리오에 따른 21세기 한반도, 남한, 북한의 기온 및 강수량 변화 전망

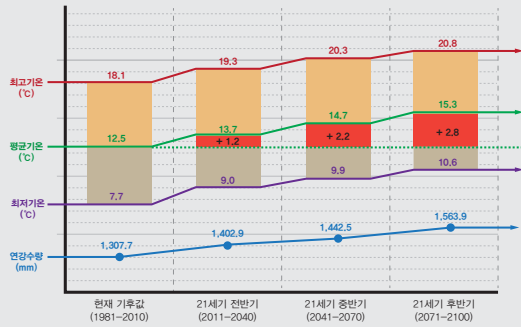
한반도(RCP 4.5)



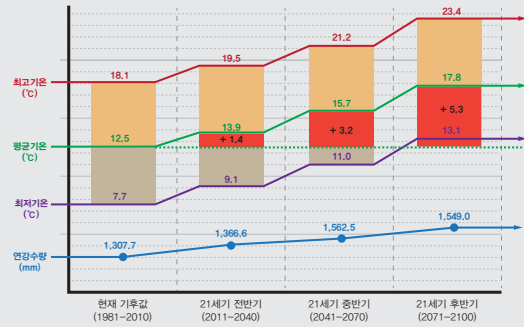
한반도(RCP 8.5)



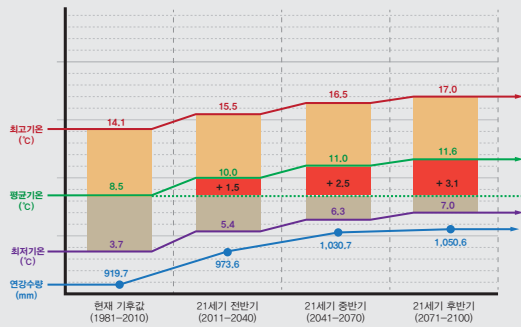
남한(RCP 4.5)



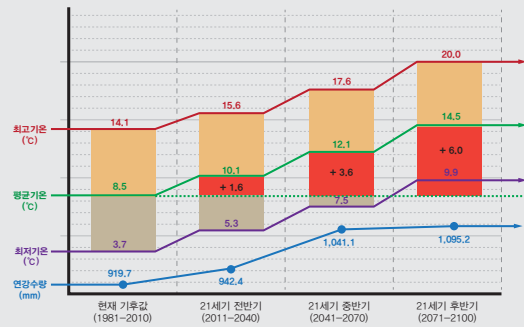
남한(RCP 8.5)



북한(RCP 4.5)



북한(RCP 8.5)



◆ 남한의 기후변화 전망

- 남한의 연평균 기온 역시 한반도 연평균기온의 상승경향에 따라 지속적으로 상승할 것으로 전망됨(표 4.2).
 - RCP 8.5 시나리오에서는 현재 12.5°C 수준에서, 21세기 전반기에 +1.4°C, 중반기에 +3.2°C, 후반기에는 +5.3°C로 꾸준히 상승할 것으로 전망됨.
 - 이러한 기온 상승 경향은 한반도 전체 연평균 기온상승 경향에 비해 다소 적게 나타남.
- 21세기 후반기의 연평균 기온은 RCP 8.5에서 17.8°C 정도로 전망되며, 이러한 기온은 현재 기후에서는 제주도를 포함한 한반도 전역의 어떤 연평균 기온보다 높음.
- RCP 4.5 시나리오에서는 RCP 8.5 시나리오 보다 적은 기온상승 전망을 보이며, 21세기 전반기에 +1.2°C, 중반기에 +2.2°C, 후반기에 +2.8°C 상승을 전망하고 있음.
 - 동일한 시나리오 상에서의 한반도 평균 경향에 비해 남한 지역의 상승 경향이 적게 나타남.
 - RCP 4.5에서는 21세기 후반기 15.3°C를 전망하는데 이러한 기온은 현재 제주도의 연평균 기온에 해당됨.

표 4.2

RCP 4.5에 따른 남한의 21세기 기후변화 전망(팔호안은 RCP 8.5에 따른 변화)

- 단위는 기온 °C, 강수량 mm, 풍속 m/s, 상대습도 %, 운량 할(1-10), 폭염, 열대야, 호우일수는 연간 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재 기후값(1981-2010)의 차이를 10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (1981-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (10년당)
평균기온	12.5	13.7 (13.9)	14.7 (15.7)	15.3 (17.8)	0.31 (0.59)
일최고기온	18.1	19.3 (19.5)	20.3 (21.2)	20.8 (23.4)	0.30 (0.59)
일최저기온	7.7	9.0 (9.1)	9.9 (11.0)	10.6 (13.1)	0.32 (0.60)
강수량	1,307.7	1,402.9 (1,366.6)	1,442.5 (1,562.5)	1,563.9 (1,549.0)	28.47 (26.81)
풍속	2.0	2.0 (2.0)	1.9 (2.0)	1.9 (2.0)	-0.01 (0.00)
상대습도	68.6	68.9 (68.5)	68.6 (69.4)	69.1 (69.7)	0.06 (0.12)
운량	5.0	5.0 (5.0)	5.0 (5.0)	5.0 (5.0)	0.00 (0.00)
폭염일수	10.1	11.7 (13.9)	15.3 (20.7)	17.9 (40.4)	0.87 (3.37)
열대야일수	3.8	6.1 (8.9)	14.8 (25.5)	22.1 (52.1)	2.03 (5.37)
호우일수	2.3	2.6 (2.3)	2.8 (3.3)	3.3 (3.2)	0.11 (0.10)

- 일최고 기온과 일최저 기온 또한 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두에서 뚜렷한 상승경향을 보임.
 - 일최고 기온의 경우 RCP 8.5 시나리오에 따라 21세기 후반기에는 현재 기후대비 +5.3°C 증가할 것으로 전망됨.
 - 일최저 기온의 경우 +5.4°C 증가할 것으로 전망되어, 일최저 기온의 상승폭이 다소 높은 것으로 나타남.
- 연평균 강수량의 경우, RCP 8.5 시나리오에서는 현재기후 대비 21세기 전반기에 +4.5%, 중반기 +19.5%, 후반기에 +18.5% 증가하는 것으로 나타나, 21세기 중반기 까지 크게 증가한 후, 21세기 후반기 까지는 비슷한 수준으로 유지될 것으로 전망됨.
 - RCP 8.5 시나리오에 의한 21세기 후반기의 남한 평균 강수량은 1,549mm 로 현재 기후에서 다우 지역으로 나타나는 남해안의 강수량에 상응.
 - RCP 4.5 시나리오 또한 21세기 후반기 남한 평균 강수량이 1,563.9mm 수준으로 RCP 8.5의 증가경향에 비해 더 높게 나타남.
 - 남한 지역 강수량의 전반적인 증가는 온난한 기후에서의 남쪽으로부터의 증가된 수증기 수송과 관련되는 것으로 전망됨.
- 남한지역의 연평균 풍속, 상대습도, 운량 등은 현재 기후에서 크게 변화가 없을 것으로 전망함.
- 남한지역의 폭염일수는 RCP 8.5에 따르면 현재 연간 10.1일 수준에서 21세기 전반기에 13.9일, 중반기에 20.7일, 후반기에 40.4일로 한반도 평균보다 더 급속하게 증가(+3.4일/10년 추세) 할 것으로 전망됨.
- 열대야일수의 경우 RCP 8.5에 따르면 현재 평균 연간 3.8일 수준에서 21세기 전반기에는 8.9일, 중반기 25.5일, 후반기 52.1일로 급속히 증가할 것으로 전망됨.
 - 한편 RCP 4.5의 경우에는 21세기 후반기 22.1일 수준으로 역시 크게 증가할 것으로 전망되며, 이러한 급격한 열대야일수 상승 경향은 한반도 전체 평균에 비해 큰 수준.
- 호우일수는 현재 기후보다 RCP 4.5 와 RCP 8.5 모두에서 증가할 것으로 전망됨.
 - RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 현재 기후의 연간 호우일수 2.3일 수준에서 21세기 후반기에 3.3일, 3.2일로 각각 증가할 것으로 전망됨.

◆ 북한의 기후변화 전망

- 북한의 연평균 기온 역시 한반도 연평균 기온의 상승경향에 따라 지속적으로 상승할 것으로 전망됨(표 4.3).
 - RCP 8.5 시나리오에서는 현재 8.5°C 수준에서, 21세기 전반기에 +1.6°C, 중반기에 +3.6°C, 후반기에는 +6.0°C로 꾸준히 상승할 것으로 전망됨.
 - 이러한 기온 상승 경향은 한반도 전체 평균기온 상승 경향에 비해 높게 나타남.
- 21세기 후반기의 연평균기온은 RCP 8.5에서 14.5°C 정도로 전망되며, 이러한 기온은 현재 부산 지역에서 나타나는 연평균기온에 해당함.
 - RCP 4.5에서는 21세기 후반기 11.6°C 수준으로 현재 기후에서 경기도 북부지역의 연평균 기온에 해당됨.
- RCP 4.5 시나리오에서는 RCP 8.5에 비해 상대적으로 낮은 기온상승 전망을 보이며, 21세기 전반기에 +1.5°C, 중반기에 +2.5°C, 후반기에 +3.1°C 상승을 예상함.
 - 동일한 시나리오 상에서의 한반도 평균 경향보다 북한 지역의 기온 상승 경향이 역시 크게 나타남.
- 일최고 기온과 일최저 기온은 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두에서 뚜렷한 상승경향을 보임.
 - 일최고 기온의 경우 RCP 8.5 시나리오에 따라 21세기 후반기에는 현재 기후대비 +5.9°C 증가할 것으로 전망됨.
 - 일최저 기온의 경우 RCP 8.5 시나리오에서 +6.2°C 증가할 것으로 전망되어, 일최저 기온의 상승폭이 높을 것으로 나타남.
- 강수량의 경우, RCP 8.5 시나리오에서는 현재기후 대비 21세기 전반기에 +2.4%, 중반기 +13.1%, 후반기에 +19.0% 증가하는 것으로 나타남.
 - 한반도 평균적인 상승 경향과 비교할 때, 21세기 전반기와 중반기에는 상대적으로 적지만, 후반기에는 한반도 평균 강수량 상승 경향보다 크게 나타남.
- RCP 8.5 시나리오에 의한 21세기 후반기의 북한 평균 강수량은 1,095.2mm 로 현재 기후에서 북한 남부 지역에서의 또는 평안북도의 다우 지역에 해당됨.
 - RCP 4.5 시나리오에서는 21세기 후반기 북한 평균 강수량이 1,050.6mm 수준으로 증가함.

표 4.3

RCP 4.5에 따른 북한의 21세기
기후변화 전망(팔호안은 RCP 8.5에
따른 변화)

- 단위는 기온 °C, 강수량 mm, 풍속 m/s, 상대습도 %, 운량 할(1-10), 폭염, 열대야, 호우일수는 연간 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재 기후값(1981-2010)의 차이를 10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (1981-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (10년당)
평균기온	8.5	10.0 (10.1)	11.0 (12.1)	11.6 (14.5)	0.34 (0.67)
일최고기온	14.1	15.5 (15.6)	16.5 (17.6)	17.0 (20.0)	0.32 (0.66)
일최저기온	3.7	5.4 (5.3)	6.3 (7.5)	7.0 (9.9)	0.37 (0.69)
강수량	919.7	973.6 (942.4)	1,030.7 (1,041.1)	1,050.6 (1,095.2)	14.54 (19.50)
풍속	1.6	1.6 (1.6)	1.6 (1.6)	1.5 (1.6)	-0.01 (0.00)
상대습도	72.8	72.5 (72.6)	72.0 (72.5)	72.7 (72.2)	-0.01 (-0.07)
운량	5.5	5.5 (5.5)	5.5 (5.5)	5.4 (5.5)	-0.01 (0.00)
폭염일수	2.8	4.2 (5.0)	5.5 (8.6)	7.0 (19.9)	0.47 (1.90)
열대야일수	0.6	1.1 (1.7)	3.1 (8.1)	5.5 (24.0)	0.54 (2.60)
호우일수	1.3	1.6 (1.4)	2.1 (1.9)	1.8 (2.0)	0.06 (0.08)

- 북한지역의 연평균 풍속, 상대습도, 운량 등은 현재 기후와 비교하여 크게 변화하지 않을 것으로 전망됨.
- 북한 지역의 폭염일수는 RCP 8.5에 따르면 현재 연간 2.8일 수준에서 21세기 전반기에 5.0일, 중반기에 8.6일, 후반기에 19.9일로 급속하게 증가할 것으로 전망됨.
- 열대야 일수의 경우 RCP 8.5에 따르면 현재 평균 연간 0.6일 수준에서 21세기 전반기에는 1.7일, 중반기 8.1일, 후반기 24.0일로 급속히 증가할 것으로 전망됨.
 - RCP 4.5의 경우에도 21세기 후반기 5.5일 수준으로 증가할 것으로 전망됨.
- 호우일수는 RCP 8.5 와 RCP 4.5 모두에서 현재 기후보다 증가할 것으로 전망됨.
 - RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 모두 현재 기후의 연간 호우일수 1.3일 수준에서 21세기 후반기에 1.8일, 2.0일로 각각 증가하는 것으로 나타남.

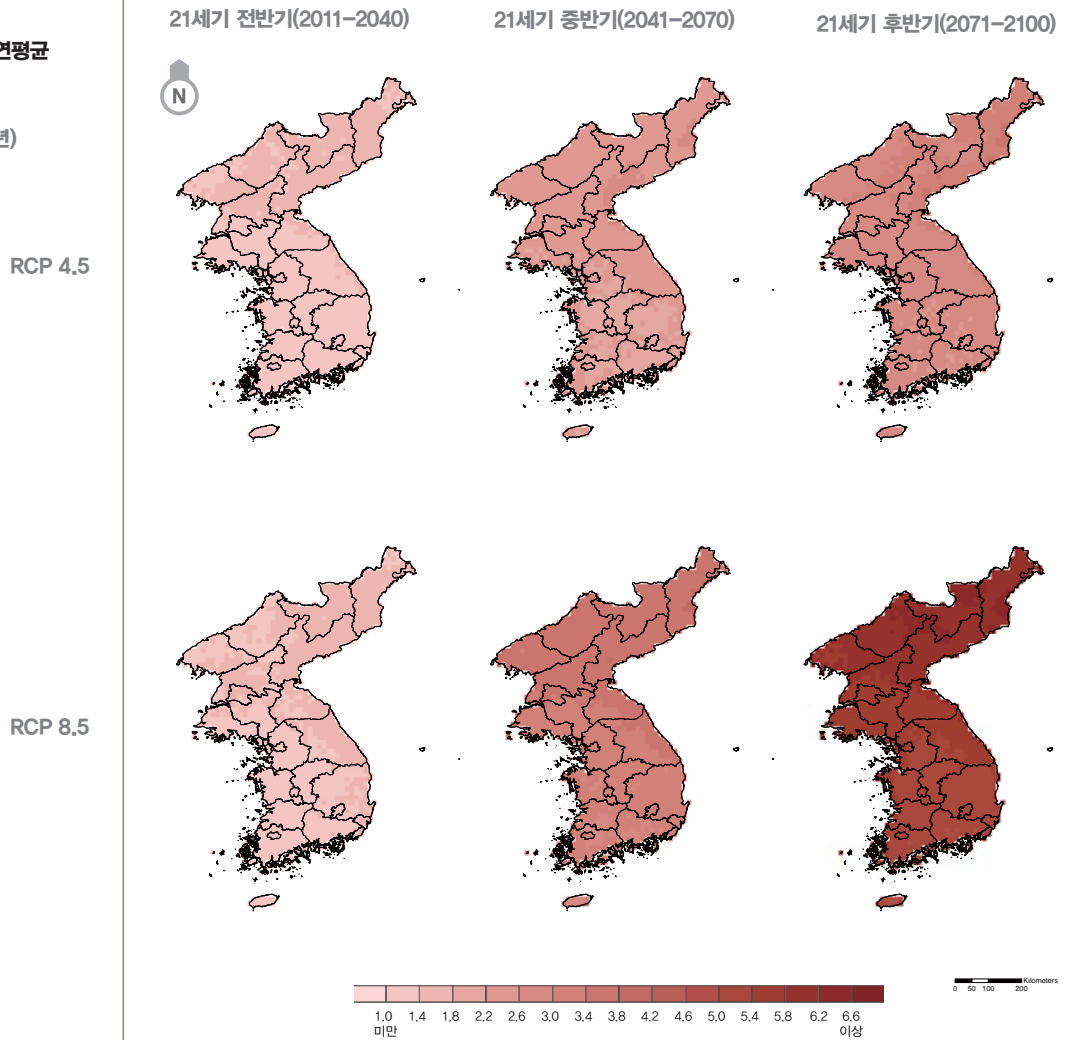
◆ 한반도 기후변화 전망의 공간분포

연평균 기온 변화의 공간분포

- 연평균 기온은 21세기 전반기, 중반기, 후반기에 걸쳐 한반도 모든 영역에서 상승 경향을 보이고 있음(그림 4.1).
- RCP 4.5 시나리오와 RCP 8.5 시나리오에 따른 연평균 기온의 공간적 변화 양상은 유사하나, 고배출 시나리오인 RCP 8.5에서 온난화 경향이 더욱 가속화 되는 특성을 보임.
 - 지리적으로는 개마고원을 포함하는 한반도 북부의 산악지역과 북동 해안에서 기온상승 경향이 더 클 것으로 전망.
- 대륙과 인접한 지역인 한반도 북부의 온난화는 북동아시아 전반에 걸친 기온 상승 경향과 부합됨(그림 1.3).
 - 또한 해수온도 증가와 동해상 난류의 복상에 따른 동해 연안지역의 기온 증가 경향이 상대적으로 뚜렷함.
- 북부 산악 지역의 급속한 온난화는 고산 지역에서의 생태계 취약성과 겨울철 적설량 감소, 눈녹음 시기 변화 등에 따른 수자원 관리 체계의 취약성을 초래할 수 있음.

그림 4.1
RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 연평균
기온 변화

- 변화값은 현재(1981-2010년)
대비 편차값 (°C).



연평균 강수량 변화의 공간분포

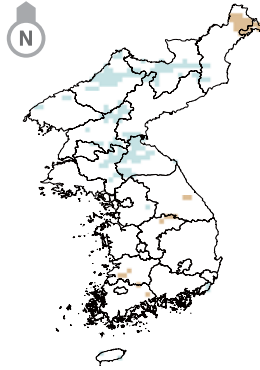
- 연평균 강수량의 현재 강수량 대비 상대적 증가율은 온난화 경향에 따라 한반도 중부 내륙과 북한지역에서 점진적으로 더 크게 증가하는 경향성을 보임.
 - 한반도의 대표적 건조지역인 동북부 고원지역에서는 현재 강수량 대비 최대 50%의 증가경향이 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오의 경우에는 21세기 전반기에 북한을 중심으로 한반도 대부분에서 약하게 증가하는 경향을 보이다, 중반기에는 한반도 중부, 충청 및 중부 내륙지역, 북한 서남부, 개마고원 등에서 뚜렷한 증가 경향을 보임.
 - 영동지역에서는 국지적인 강수량 감소의 경향이 나타남.
 - 21세기 후반기의 경우에는 북한 전역의 강수량 증가 경향이 뚜렷하며, 대부분의 지역에서 강수량이 현재 대비 증가하는 것으로 전망됨.
- RCP 8.5 시나리오의 경우에는 21세기 전반기에는 강수량 증가와 감소지역이 혼재되어 나타남.
 - 한반도 남서부에서는 국지적인 강수량 감소 지역이 나타나며, 황해도에서는 국지적인 증가 경향이 나타남.
 - 21세기 중반기에는 RCP 4.5에 비해 강수량의 증가 경향이 북한지역을 중심으로 더욱 뚜렷하게 나타나며, 남한 서남부의 강수량 감소 지역을 제외한 한반도 대부분의 지역에서 증가 경향이 나타남.
 - 21세기 후반기에는 북한 및 한반도 중부 지역에서의 강수 증가 경향이 더욱 뚜렷한 반면, 경북 및 강원 해안지역을 중심으로 강수량의 감소 경향이 심화됨.

그림 4.2
RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 연평균
강수량 변화

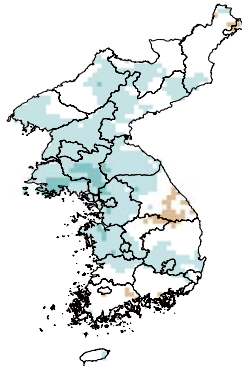
- 변화값은 현재(1981-2010년)
대비 변화율(%)

RCP 4.5

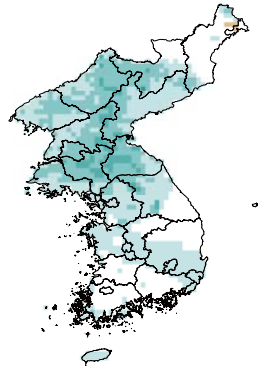
21세기 전반기(2011-2040)



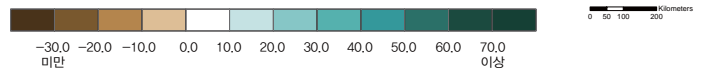
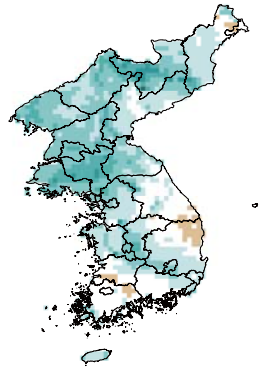
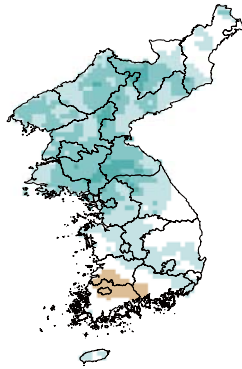
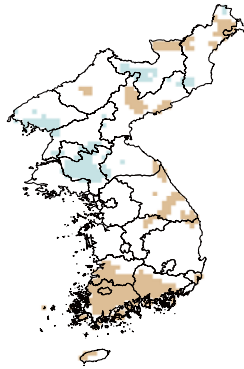
21세기 중반기(2041-2070)



21세기 후반기(2071-2100)



RCP 8.5

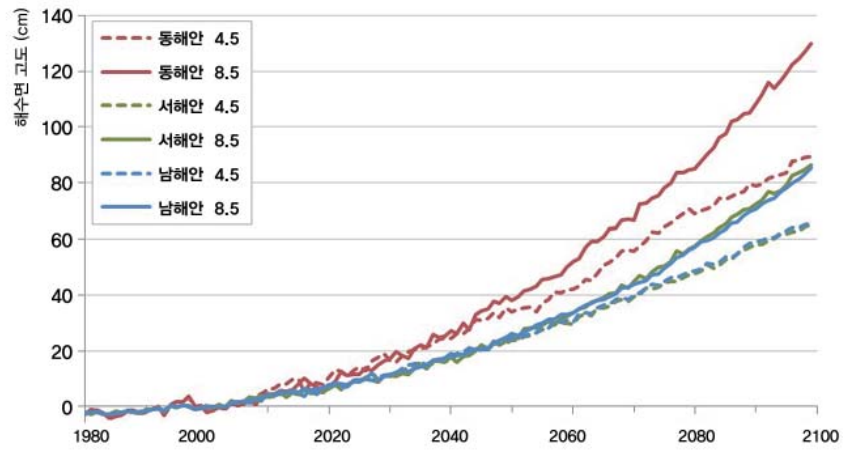


한반도 주변 해수면 고도의 변화

- 한반도 주변 해수면은 모든 해안에서 높아지는 것으로 나타나고 있음.
 - 동해안의 해수면 고도 상승 추세는 남해와 서해에 비해 상대적으로 크게 나타나며, 남해와 서해의 해수면 고도 상승 경향은 비슷한 수준으로 나타남(그림 4.3).
- 한반도 주변의 해수면 상승은 RCP 4.5(8.5) 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에 남해안과 서해안이 53cm(65cm), 동해안 74cm(99cm) 상승할 것으로 전망됨.
 - 이는 동 기간 전지구 해수면 상승폭 70.6cm(88.5cm)에 비견되는 수준.
- 해수면 고도는 시간에 따라 더욱 가파르게 상승하여, RCP 4.5(8.5) 시나리오에 따르면 2100년 경에는 남해안과 서해안이 현재보다 약 65cm(85cm) 상승, 동해안이 약 90cm(130cm) 상승할 것으로 전망됨.
 - 동해안의 해수면 상승이 다른 해안에 비해 상대적으로 두드러진것은 지구적 온난화에 따른 쿠로시오 난류의 열수송 증가와 이에 따른 한반도 동해를 경유하는 난류의 온도 상승영향이 큰 탓으로 파악됨.
- 기후변화 예측에 사용된 HadGEM2-AO는 열팽창과 육빙 녹음에 따른 담수 유입 효과를 모두 고려하였으며(국립기상연구소, 2011), 기후 온난화에 따라 빙하 녹음 효과가 21세기 중반기 이후에는 해수면 고도 상승을 더욱 가파르게 만들 것으로 예상함.
 - 해수면 고도의 가파른 상승에 따른 해안 침식 및 해안 구조물 안정성 저하 등 해안지역의 기후변화 취약성 노출이 예상.

그림 4.3
RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 해수면
고도 변화

- 해수면고도(cm)는 1981-
2010년 기후값 대비 편차.

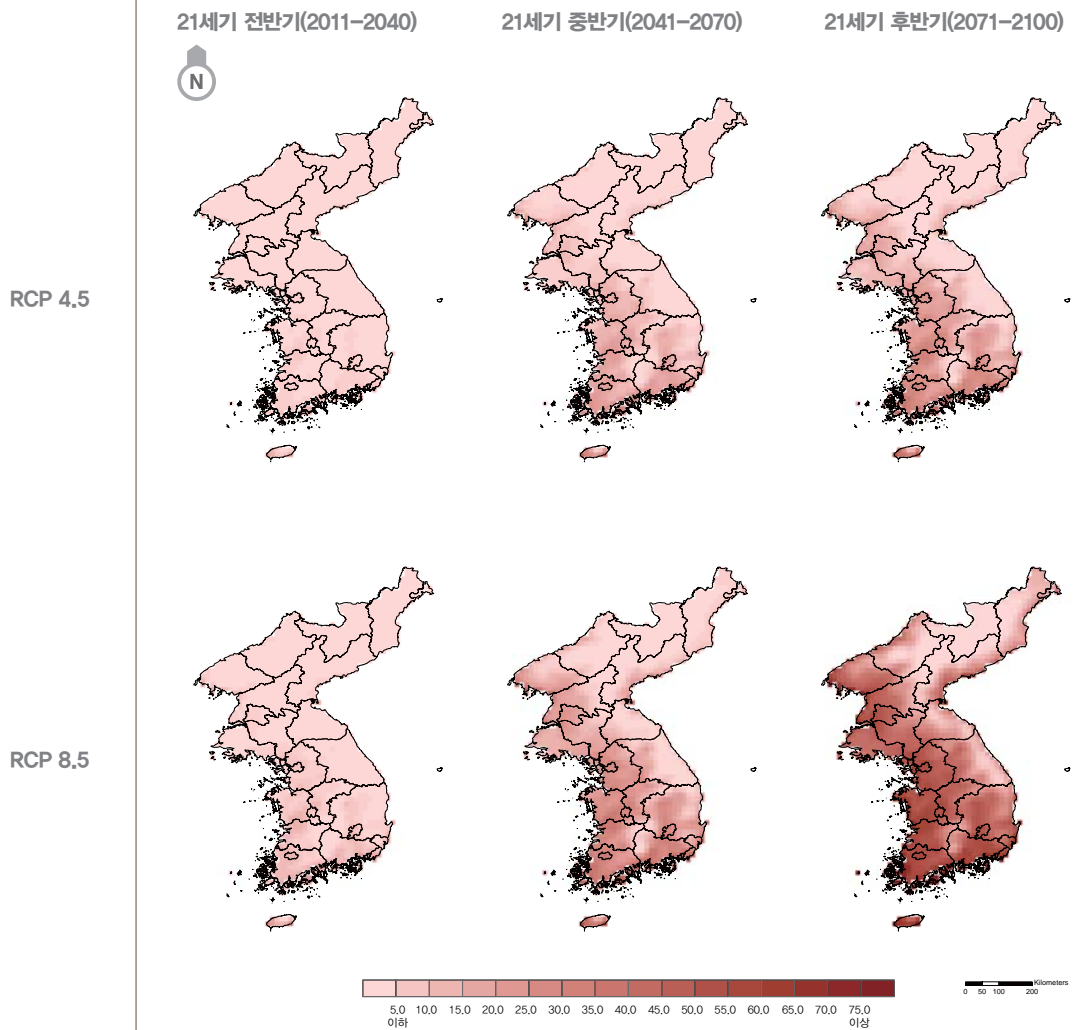


◆ 한반도 극한기후 변화 전망의 공간분포

열대야일수 변화의 공간분포

- 열대야일수 증가 경향은 RCP 8.5 시나리오에서 더욱 가속화 되는 특성을 보이고 있음.
 - 열대야일수는 최저기온이 높고 해발고도가 낮은 저지대에서 급속히 증가.
- 기후변화가 심화됨에 따라 열대야 발생 지역은 고도가 높은 산악지역으로 점차 확장될 것으로 전망(그림 4.4).

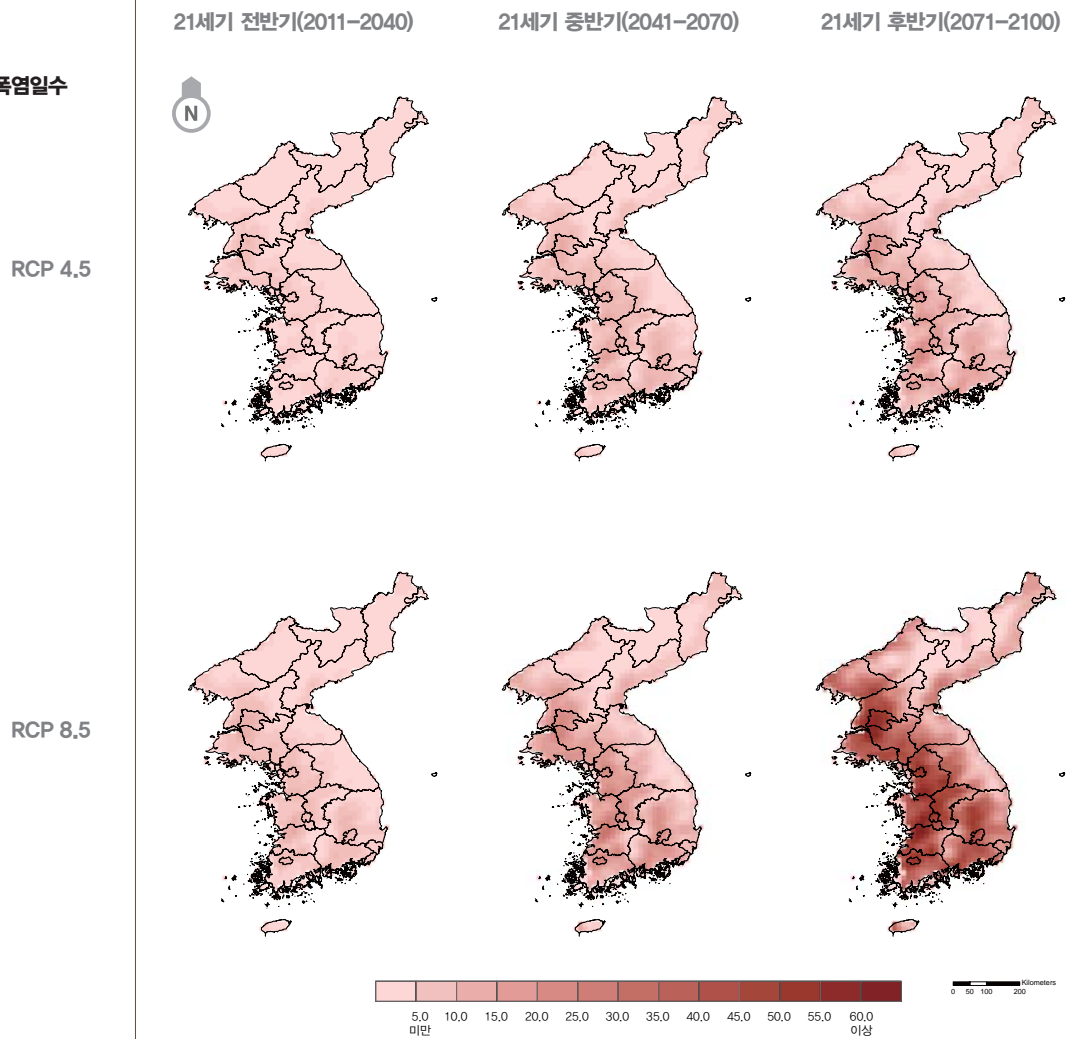
그림 4.4
RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 열대야일수 변화



폭염일수 변화의 공간분포

- 폭염일수 증가 경향은 RCP 8.5 시나리오에서 더욱 가속화 되는 특성을 보이고 있음.
 - 폭염일수는 최고기온이 상대적으로 높은 저지대를 중심으로 급속히 증가.
- 기후변화가 심화됨에 따라 고도가 높은 산악지역에서의 최고기온 상승으로 폭염일수가 전반적으로 증가하는 것으로 나타남(그림 4.5).

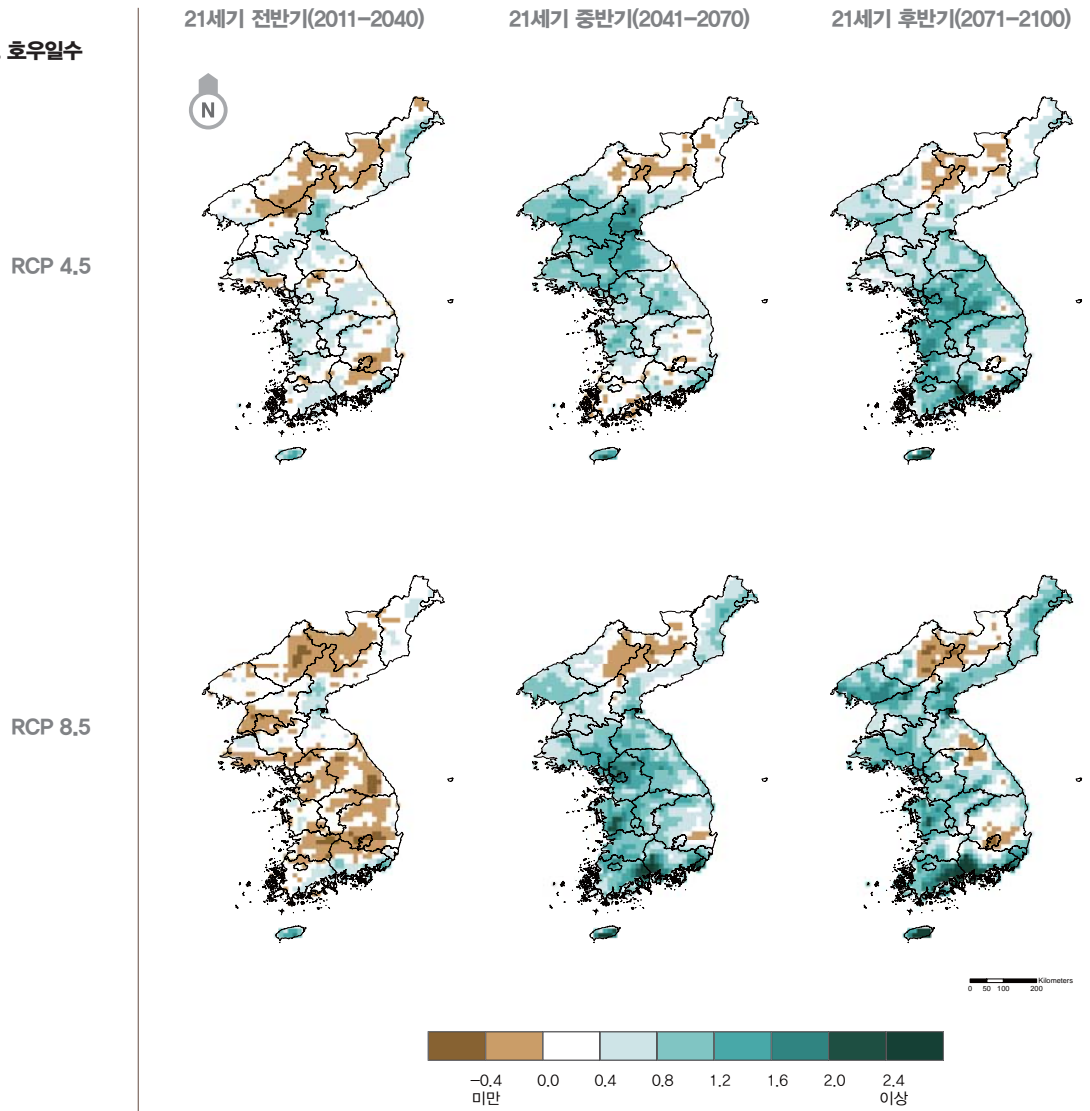
그림 4.5
RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 폭염일수 변화



호우일수 변화의 공간분포

- 호우일수의 변화는 시기별, 지역별, 시나리오별 편차가 클 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오의 경우, 호우일수는 21세기 전반기에는 지역별 증가와 감소 경향이 혼재하는 것으로 나타나지만, 중반기로 진행되며 호우일수 증가 지역이 점차 지배적으로 나타남.
 - 21세기 후반기에는 개마고원 및 경남 내륙 등 일부 지역을 제외한 한반도 영역에서 호우일수가 증가할 것으로 전망.
- RCP 8.5 시나리오의 경우, 21세기 전반에는 남해안과 원산만 연안 지역을 제외한 대다수의 지역에서 호우일수가 약하게 감소할 것으로 전망됨.
 - 기후변화가 더욱 심화되는 21세기 중반기에는 개마고원 및 영남 내륙 일부를 제외한 한반도 대부분의 지역에서 호우일수가 뚜렷하게 증가할 것으로 전망되며, 이러한 경향성은 21세기 후반기까지 유지될 것임.
- RCP 4.5와 8.5는 호우일수 변화의 공간적 양상이 21세기 중반기 이후 유사하며, 특히 남해안 지역에서의 호우일수 증가가 공통적으로 전망됨.

그림 4.6
RCP 4.5/8.5에 따른 한반도 호우일수
변화



2. 미래 기후의 시간변화 특성

◆ 한반도 평균 기온과 강수량의 시간적 변화

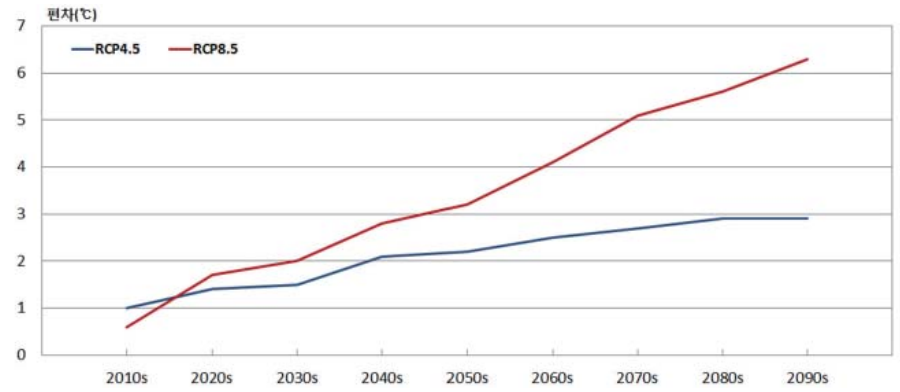
한반도 평균기온 및 강수량의 시간적 변화 특성

- 21세기 한반도 평균기온의 10년 단위 변화경향(그림 4.7a)은 전지구 온실가스 농도의 증가(그림 2.4 참조)에 따라 10년당 0.7°C의 상승률로 지속적으로 증가하는 경향을 보임(RCP 8.5).
- RCP 4.5 시나리오의 경우, 21세기 중반기의 온실가스 농도 안정화 경향(그림 2.4 참조)에 따라 2040년대까지는 빠른 기온 상승을 보이다가 이후 기온상승 경향이 둔화될 것으로 전망됨.
- 한반도 강수량의 시간변화 경향(그림 4.7b)은 기온 상승경향과는 달리, 강수량의 수 십년 주기 변동과 증가 경향이 복합적으로 나타남.
 - RCP 4.5의 경우에는 2020년대 이후부터 강수량의 장주기 변동과 함께 전반적으로 시간에 따라 꾸준히 증가할 것으로 전망됨.
 - RCP 8.5의 경우에는 2010년대 강수량의 현저한 증가 이후 2030년대 까지는 시간에 따라 감소하다 2040년대에 급격히 증가하고, 이후 21세기 후반기까지는 큰 변동 폭을 가지며 진동할 것으로 전망.
- RCP 시나리오에 따라 21세기 전반기의 변화 경향은 두 시나리오가 상이하게 전망하고 있으나, 21세기 중반기 이후에는 현재 기후 대비 강수량의 전반적 증가를 두 시나리오 모두 동일하게 전망하고 있음.
 - 강수량 증가의 절대값은 시나리오 간 차이가 크지 않음(RCP 8.5에서 약간 크게 나타남. (표 4.1) 참조).

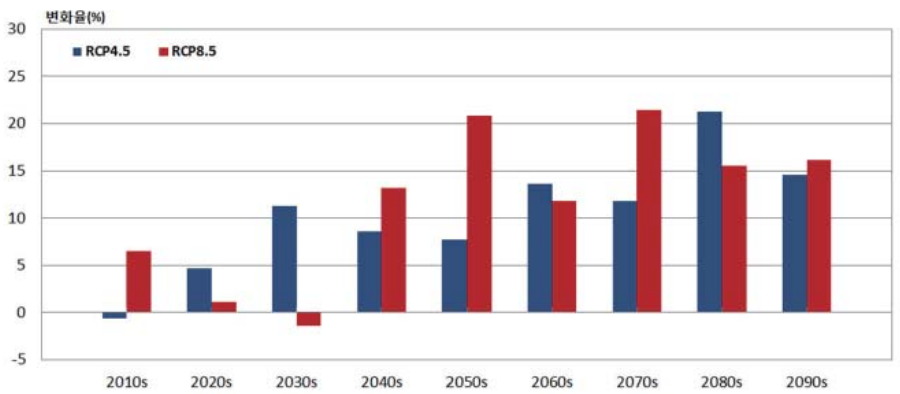
그림 4.7
21세기 한반도 평균기온 및 강수량의
시간적 변화

- 평균 기온과 강수량 값은 각각
현재(1981-2010) 대비 편차(°C) 및
변화율(%)로 10년 단위로 표시.

(a) 평균 기온



(b) 강수량



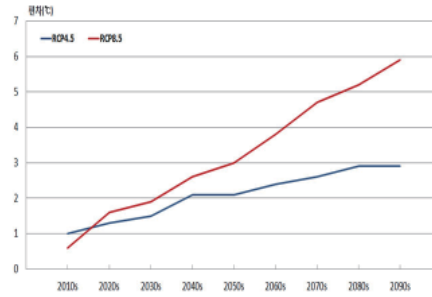
남한과 북한의 시간적 변화 특성 비교

- 평균기온 상승 경향은 북한에서 상대적으로 크게 나타나며(그림 4.8a와 4.8b 비교), 이러한 경향은 RCP 8.5 시나리오에서 더욱 뚜렷하게 확인됨.
 - 남한과 북한 기온의 10년 단위 구간별 변화 추세는 전반적으로 동조되어 있어, 기온의 장기 변화 경향이 한반도보다 큰 범위의 공간 규모에 의해 영향을 받음.
- 강수량의 경우(그림 4.8c와 4.8d 비교)에는 남한 지역의 상승 경향이 더욱 뚜렷하게 전망됨.
- 강수량 증가 경향은 점진적이지 않으며, 수 십년 주기의 장주기 변동과 함께 복잡하게 나타남.
 - 남한과 북한의 강수량 변화를 비교하는 경우 기온과는 달리 약한 동조 경향을 보이고 있어, 기후변화가 유도하는 한반도 강수량 변화가 공간적으로 다양한 현상들에 의해 영향을 받는 것을 나타냄.

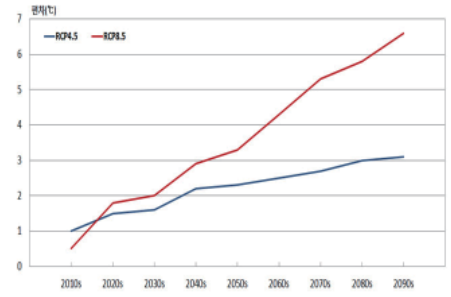
그림 4.8
21세기 남한과 북한의 평균 기온 및 강수량 변화

- 평균 기온과 강수량 값은 각각 현재(1981-2010) 대비 편차(°C) 및 변화율(%)로 10년 단위로 표시.

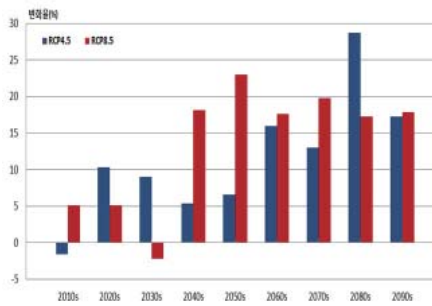
(a) 남한 평균 기온



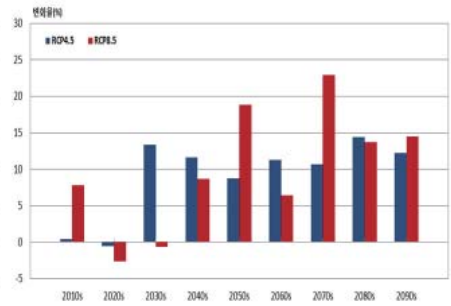
(b) 북한 평균 기온



(c) 남한 강수량



(d) 북한 강수량



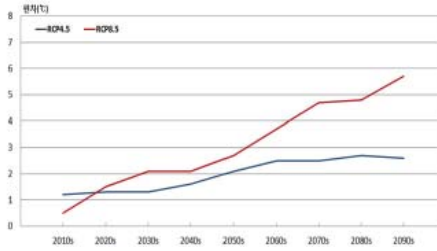
평균 기온 및 강수량의 계절별 변화 특성 비교

- 한반도 기온은 모든 계절에서 상승하는 것으로 전망되며, RCP 8.5 시나리오에서 더욱 뚜렷하게 나타남.
 - 겨울철과 가을철의 기온 상승 경향이 타 계절에 비해 상대적으로 크며, 각각 2030년대, 2050년대 이후 뚜렷한 증가 추세를 보임.
 - 반면 여름철 기온상승 경향은 상대적으로 적게 나타남.
- 기온 상승값의 시나리오 별 차이는 겨울철에 최대로 나타나, 향후 온실가스 배경 농도의 증가 추세에 따라 겨울철 기온에 대한 전망이 매우 큰 불확실성을 가짐.
- 강수량 변화는 건조기인 겨울철에 기후변화의 시그널이 가장 뚜렷하여 현재 기후대비 변화량이 최대로 전망됨.
 - RCP 4.5의 경우 겨울철 강수량 시간적 변동이 21세기 후반기로 갈수록 크게 나타남.
 - 반면, RCP 8.5의 경우에는 거의 선형적으로 강수량이 증가함.
- 봄철 강수량의 경우, 기후변화의 시그널이 약하거나(RCP 4.5), 시간별 변동이 양과 음의 부호를 반복하며 크게 나타남(RCP 8.5).

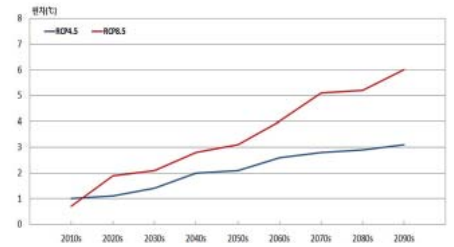
그림 4.9
21세기 한반도 평균기온 및 강수량의
계절별 변화

- 각각 현재(1981-2010) 대비
편차(°C) 및 변화율(%)로
10년 단위로 표시.

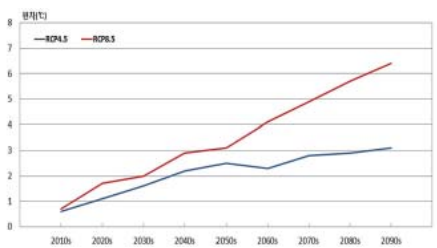
(a) 봄 평균 기온



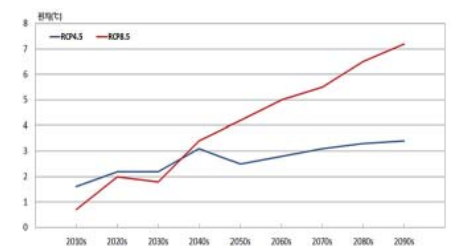
(b) 여름 평균 기온



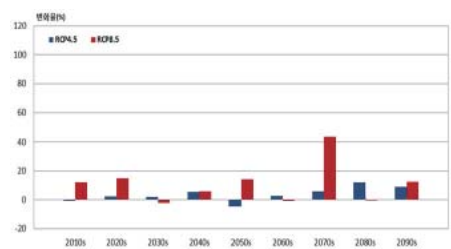
(c) 가을 평균 기온



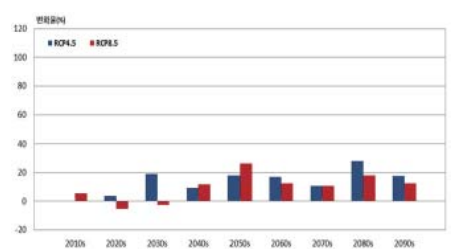
(d) 겨울 평균 기온



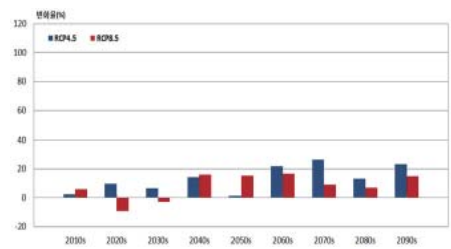
(e) 봄 강수량



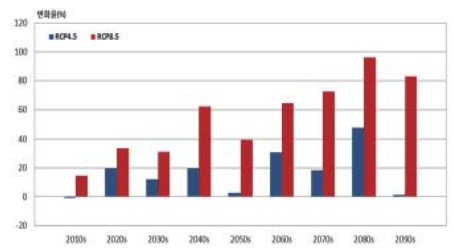
(f) 여름 강수량



(g) 가을 강수량



(h) 겨울 강수량



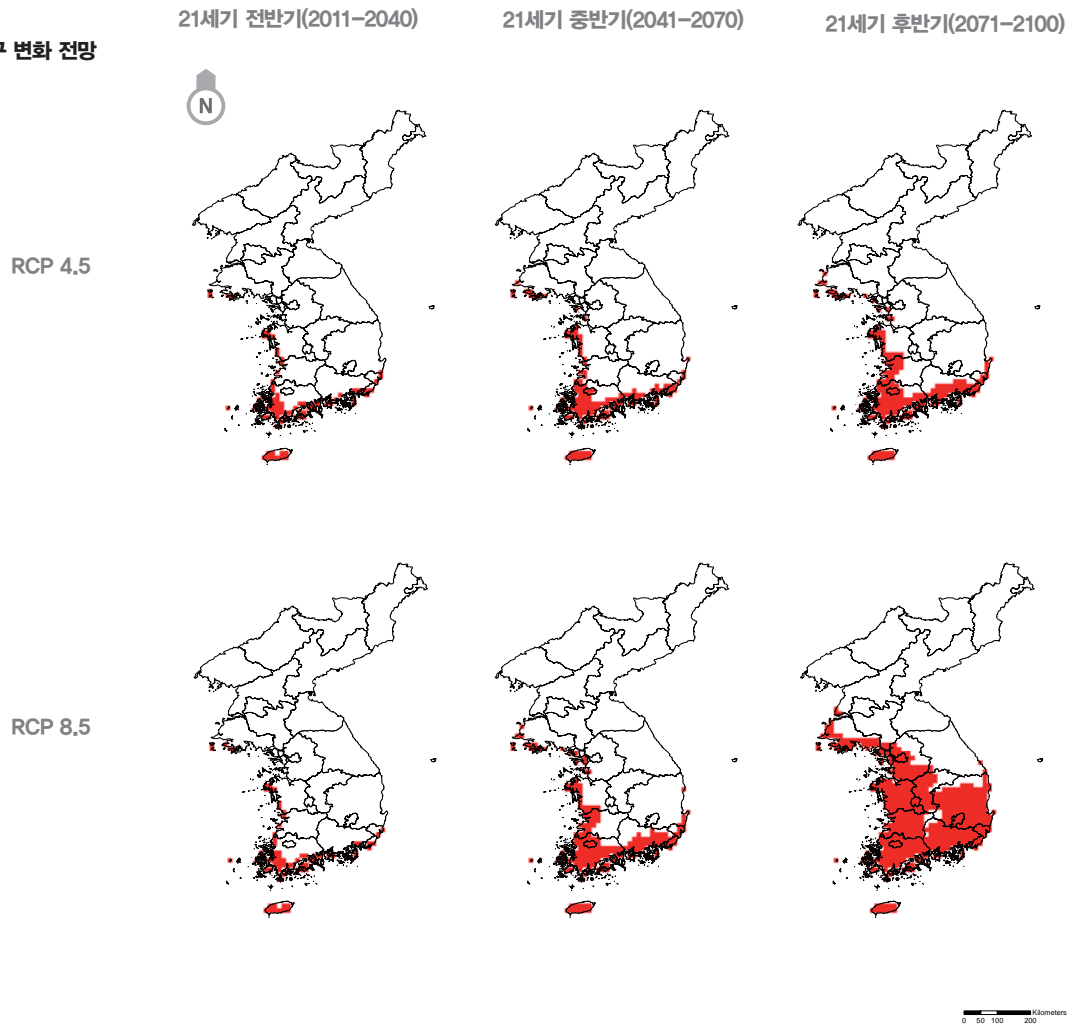
- 트레와다 아열대 기후구란?

최한월의 평균기온이 18°C이하이면서 월평균기온이 10°C이상인 달이 8개월 이상인 경우.

아열대 기후구의 미래 변화

- 트레와다 기후 분류에 의하면, 현재 한반도는 제주도와 부산과 목포를 연결하는 남해안은 습윤 아열대 기후구(여름철이 고온 다습한 특징)로, 이를 제외한 나머지 대부분의 지역은 대륙성 기후구로 분류됨.
 - 향후 온난화가 가속화됨에 따라 아열대 기후구의 경계가 점진적으로 북상할 것으로 전망.
- RCP 4.5 시나리오의 경우, 21세기 후반기에는 전남북과 충남 서해안, 경기와 황해 서부 해안 지역, 경남으로 아열대 기후구가 북상할 것으로 전망함.
- RCP 8.5 시나리오의 경우, 강원도 산간을 제외한 남한 대부분의 지역이 21세기 후반기에 아열대 기후로 정의될 것으로 전망함.

그림 4.10
21세기 한반도 아열대 기후구 변화 전망



한반도
기후변화
전망보고서

05

남한
행정구역별
미래
기후변화
전망

05 남한 행정구역별 미래 기후변화 전망

◆ 개요

- 본 장에서는 남한 지역의 상세 지역기후 전망 산출을 위해 통계적으로 공간 상세화된 1km 격자 해상도 자료를 이용, 남한 16개 광역시도의 행정구역별 미래 기후변화 전망을 제시함.
- 전망값의 정확한 수치는 부록 3의 표 A1-A10에 제시함.

남한 16개 광역시도별 연평균 기온 전망

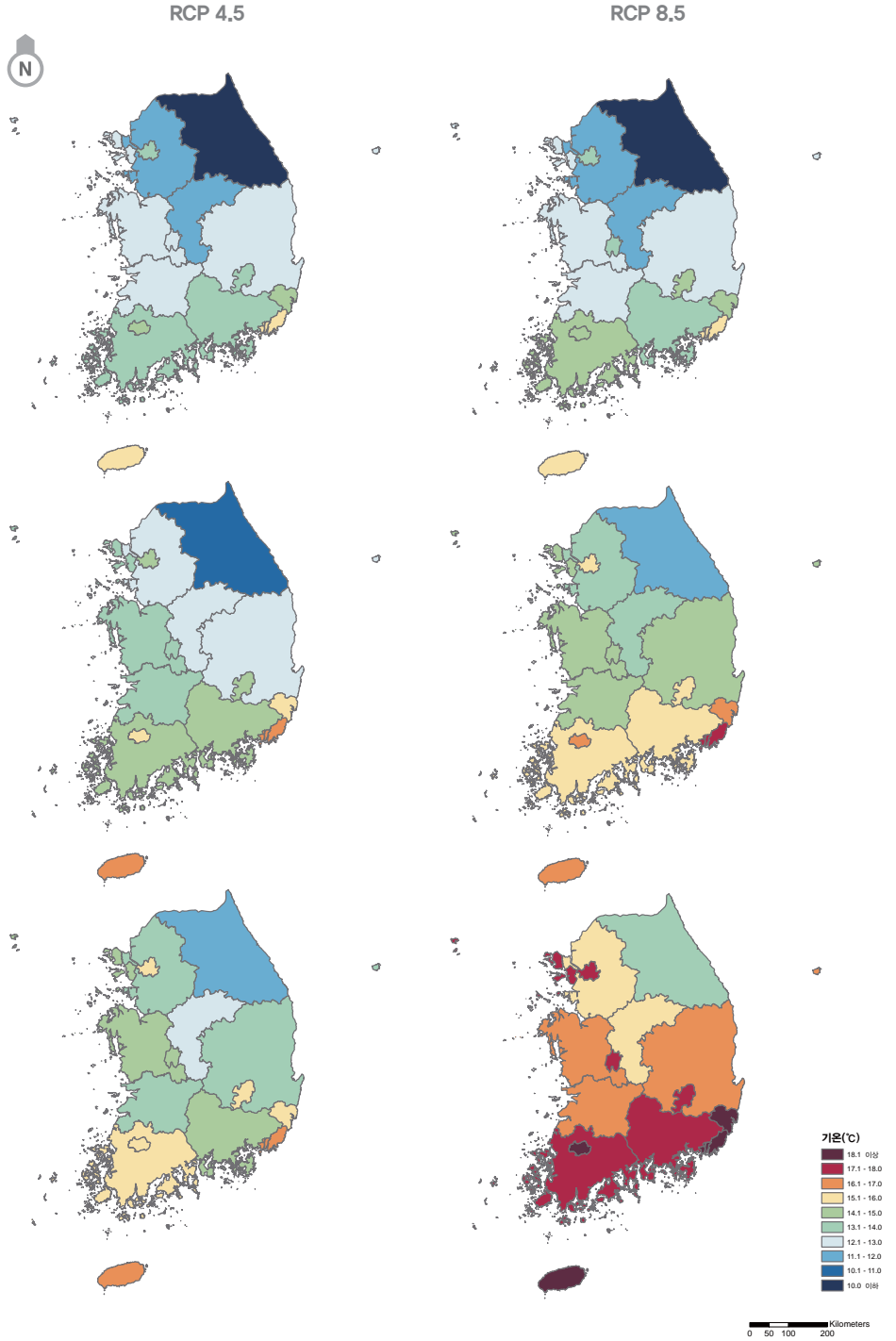
- 현재 기후(2001-2010년) 에서 연평균 기온 최고는 제주와 부산(14.4°C), 최저는 강원(7.9°C)임.
 - 연평균 기온은 21세기에 모든 지역에서 예외 없이 상승할 것으로 전망.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 제주와 부산이 16.7°C, 강원이 11.2°C가 될 것으로 전망함.
 - 연평균 기온 상승 경향 최대는 인천과 울산(10년당 0.3°C), 최저는 광주와 대전(10년당 0.26°C)으로, 지역별 상승 경향의 차이가 크지 않음.
- RCP 8.5 시나리오에 의하면, 21세기 후반기 연평균 기온 최고는 부산(19.2°C)으로 10년당 0.6°C 상승할 것으로 전망됨.

그림 5.1
남한 연평균 기온 전망

21세기 전반기 (2011-2040)

21세기 중반기 (2041-2070)

21세기 후반기 (2071-2100)



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 강수량 전망

- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 강수량 최고는 제주(2,168.1mm), 최저는 인천(1,199.2mm)임.
 - 연평균 강수량은 21세기에 전 지역에서 상승할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 강수량 최고는 제주 2,709.7mm, 최저는 대구 1,546.1mm로 전망.
 - 연평균 강수량 증가 경향 최대는 광주(10년당 76.64mm), 최저는 대구(10년당 40.16mm)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 강수량 최고는 제주(2,924.5mm)로 10년당 94.55mm 증가할 것으로 전망됨.

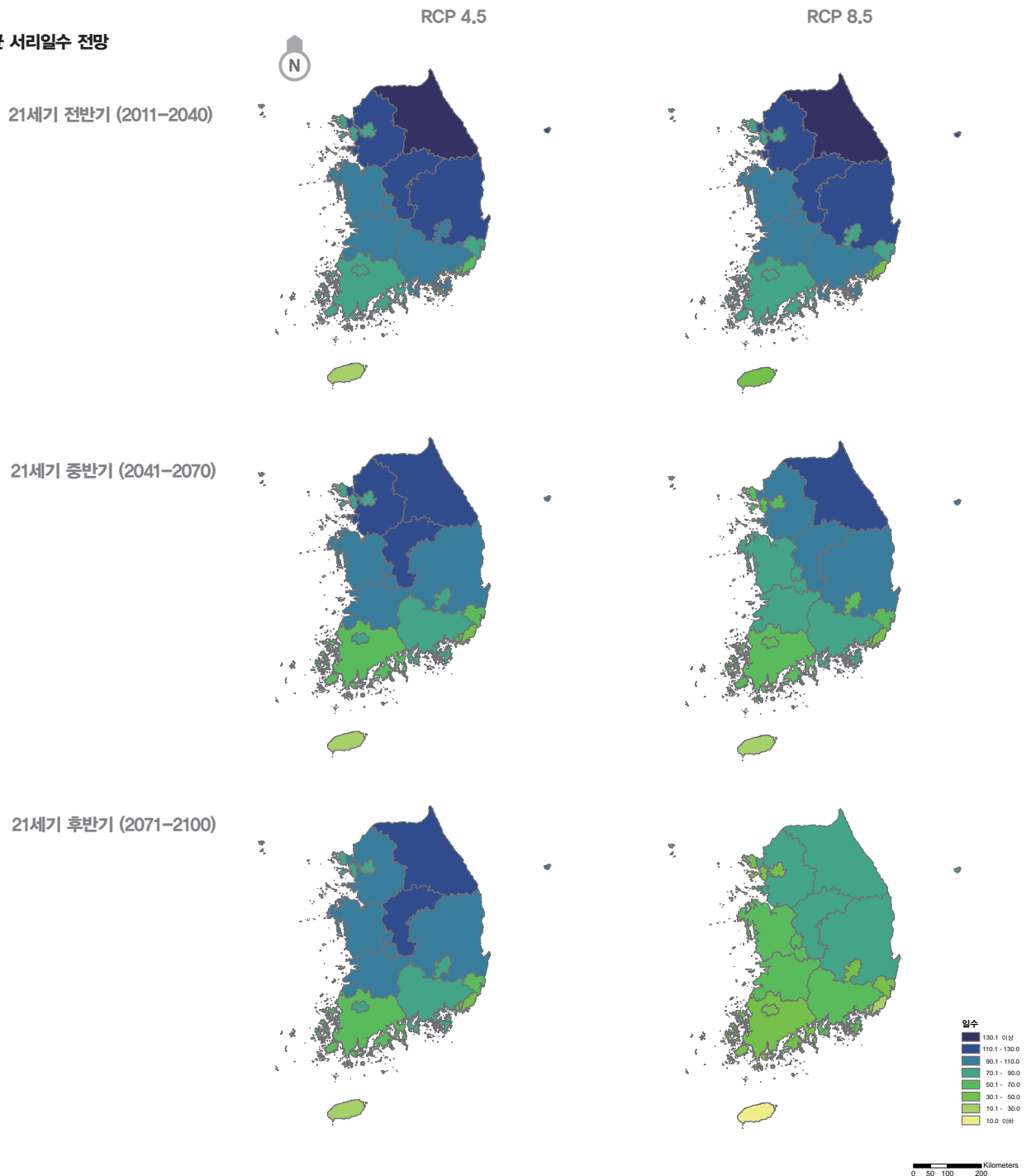
그림 5.2
남한 연평균 강수량 전망



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 서리일수 전망

- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 서리일수 최다는 강원(연간 144.1일), 최소는 제주(35.1일)임.
 - 연간 서리일수는 21세기에 전 지역에서 감소할 것으로 전망함.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 서리일수 최다는 강원 117.5일, 최소는 제주 18.1일로 전망함.
 - 연평균 서리일수 감소 경향 최대는 강원(10년당 -3.33일), 최소는 서울(10년당 -1.48일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 서리일수 최다는 강원(89.2일)으로 10년당 6.86일씩 감소할 것으로 전망됨.

그림 5.3
남한 연평균 서리일수 전망



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 여름일수 전망

- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 여름일수 최다는 광주(연간 130.5일), 최소는 강원(74.6일)임.
 - 연간 여름일수는 21세기에 전 지역에서 증가할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 여름일수 최다는 광주 154.9일, 최소는 강원 99.1일로 전망됨.
 - 연평균 여름일수 증가 경향 최대는 부산(10년당 5.08일), 최소는 서울과 광주(10년당 3.05일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 여름일수 최다는 광주(177.7일)로 10년당 5.9일씩 증가할 것으로 전망됨.

그림 5.4
남한 연평균 여름일수 전망

21세기 전반기 (2011-2040)

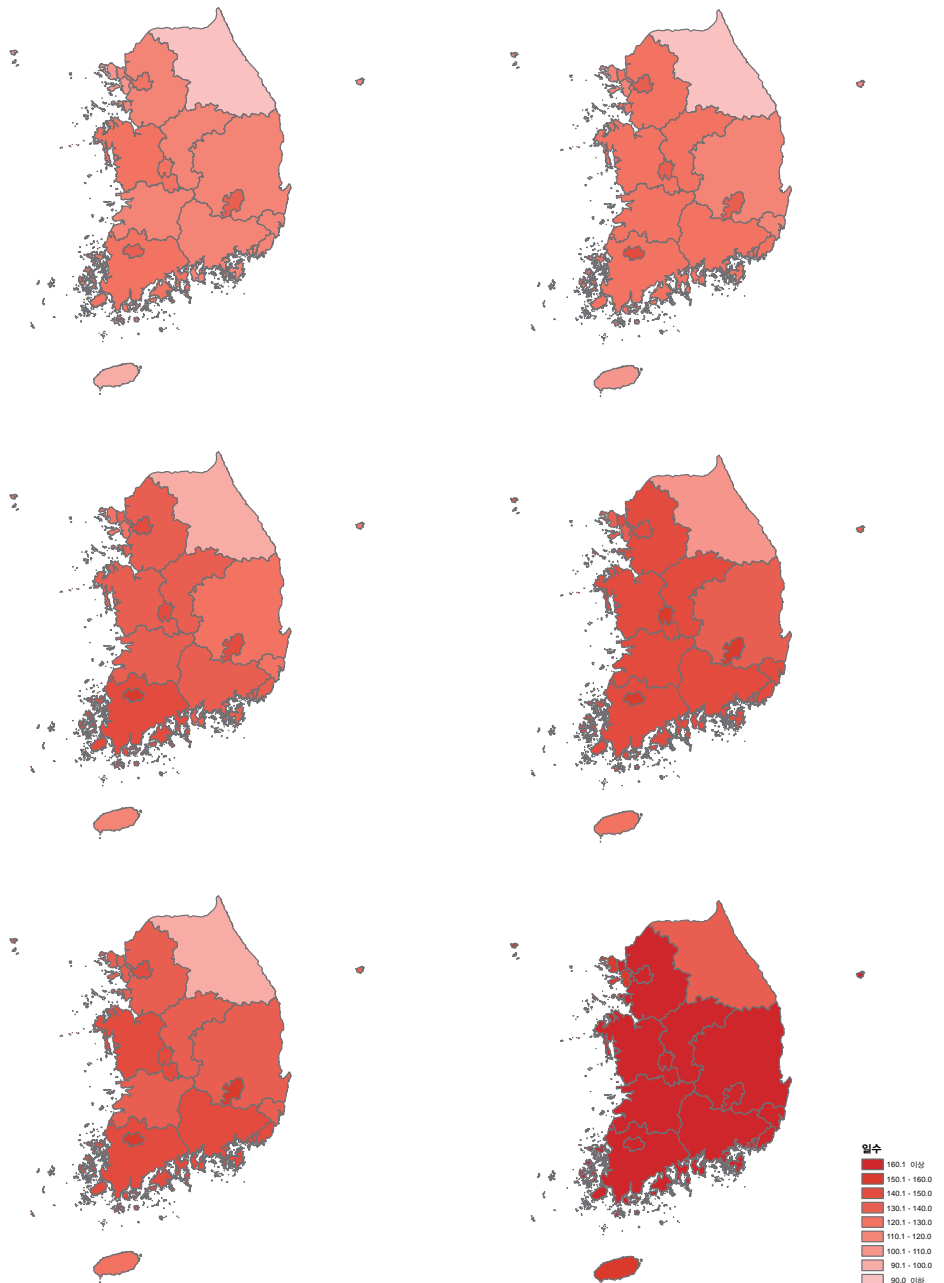


RCP 4.5

RCP 8.5

21세기 중반기 (2041-2070)

21세기 후반기 (2071-2100)



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 결빙일수 전망

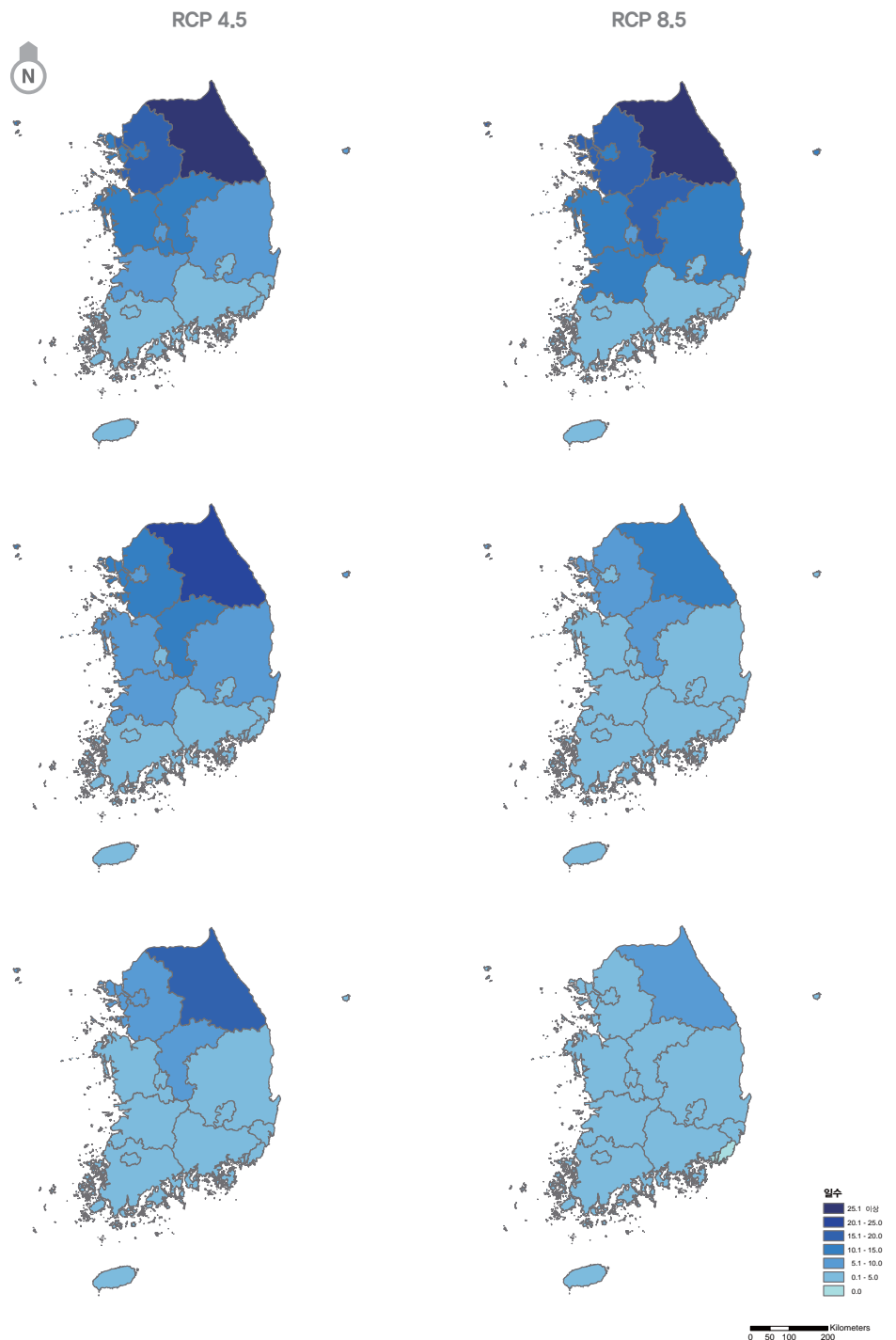
- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 결빙일수 최다는 강원(연간 36.4 일), 최소는 부산(1.4일)임.
 - 연간 결빙일수는 21세기에 전 지역에서 감소할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 결빙일수 최다는 강원 17.4일, 최소는 부산 0.1일로 전망됨.
 - 연평균 결빙일수 감소 경향 최대는 강원(10년당 -2.38일), 최소는 부산(10년당 -0.16일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 결빙일수 최다는 강원(6.3일)으로 10년당 3.76일씩 감소할 것으로 전망됨.

그림 5.5
남한 연평균 결빙일수 전망

21세기 전반기 (2011-2040)

21세기 중반기 (2041-2070)

21세기 후반기 (2071-2100)



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 열대야일수 전망

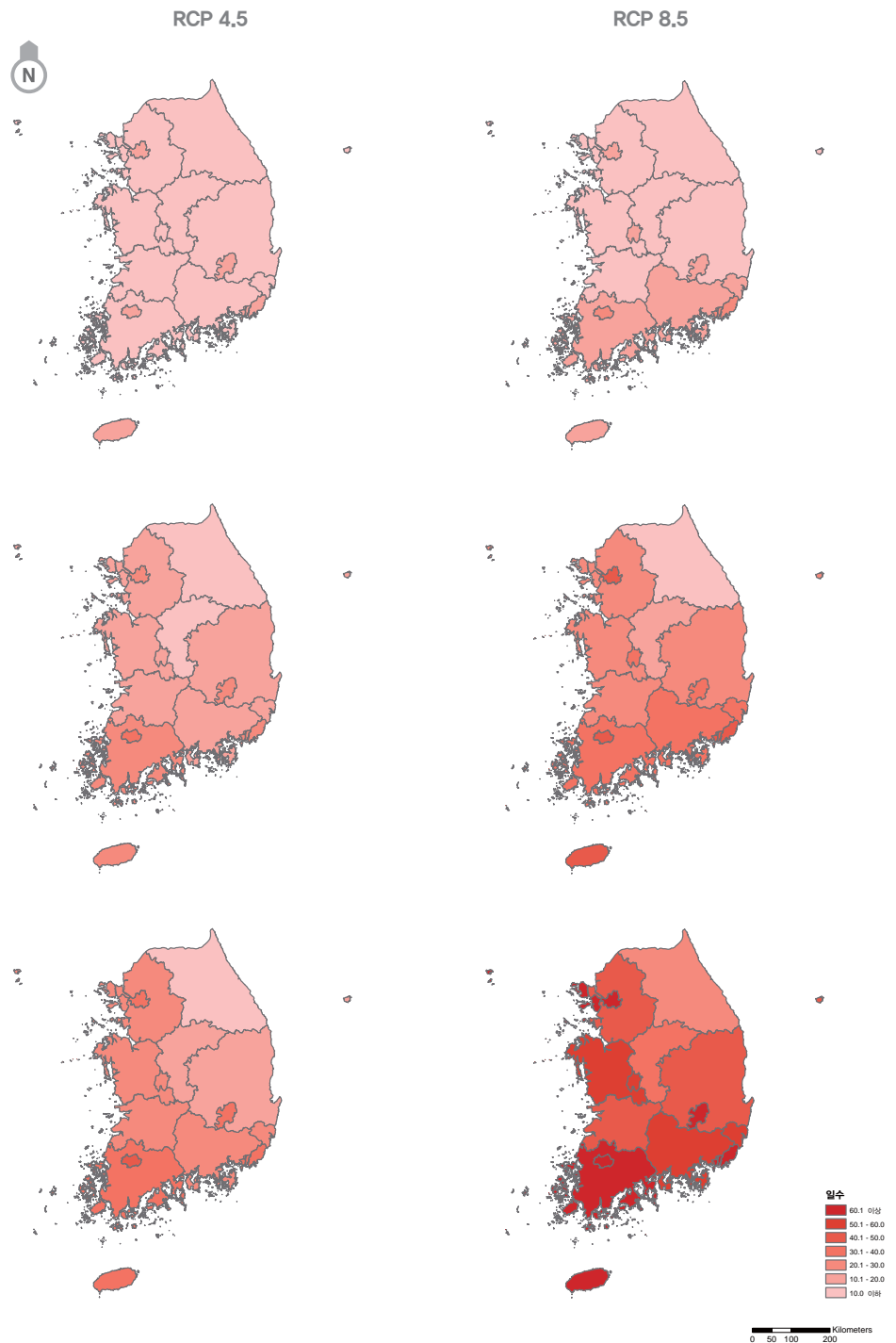
- 현재 기후(2001-2010년) 에서 연평균 열대야일수 최다는 제주(연간 9.5일), 최소는 강원(0.2일)임.
 - 연평균 열대야 일수는 21세기에 전 지역에서 증가할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 열대야일수 최다는 광주 41.9일, 최소는 강원 6.2일로 전망함.
 - 연평균 열대야일수 증가 경향 최대는 광주(10년당 4.33일), 최소는 강원(10년당 0.75일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 열대야일수 최다는 부산(72.3일)으로 10년당 8.06일씩 증가할 것으로 전망됨.

그림 5.6
남한 연평균 열대야일수 전망

21세기 전반기 (2011-2040)

21세기 중반기 (2041-2070)

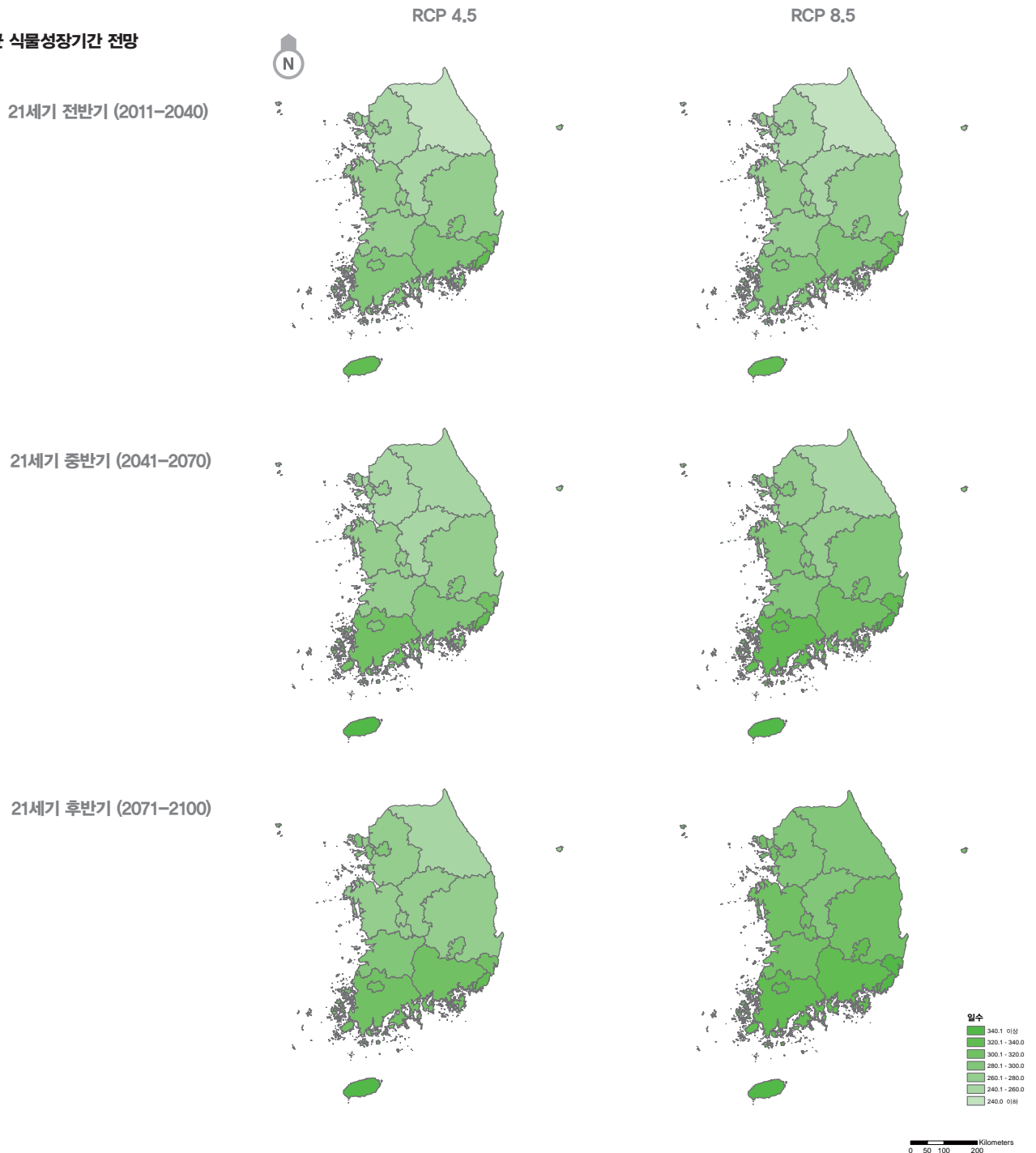
21세기 후반기 (2071-2100)



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 식물성장기간 전망

- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 식물 성장기간 최장은 제주(연간 322.9일), 최단은 강원(230.1일)임.
 - 연평균 식물 성장기간은 21세기에 전 지역에서 증가할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 식물 성장기간 최장은 제주 344.5일, 최단은 강원 251.5일로 전망함.
 - 연평균 식물성장기간 증가 경향 최대는 부산(10년당 3.3일), 최소는 광주(10년당 1.70일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 식물성장기간 최장은 제주(354.9일)로 10년당 4일씩 증가할 것으로 전망됨.

그림 5.7
남한 연평균 식물성장기간 전망



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 폭염일수 전망

- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 폭염일수 최대는 대구(연간 22일), 최소는 제주(1.6일)임.
 - 연평균 폭염일수는 21세기에 전 지역에서 증가할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 폭염일수 최대는 대구 37.2일, 최소는 강원 10.4일로 전망함.
 - 연평균 폭염일수 증가 경향 최대는 서울(10년당 2.59일), 최소는 강원(10년당 0.86일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 폭염일수 최대는 광주(77.3일)로 10년당 7.66일씩 증가할 것으로 전망됨.

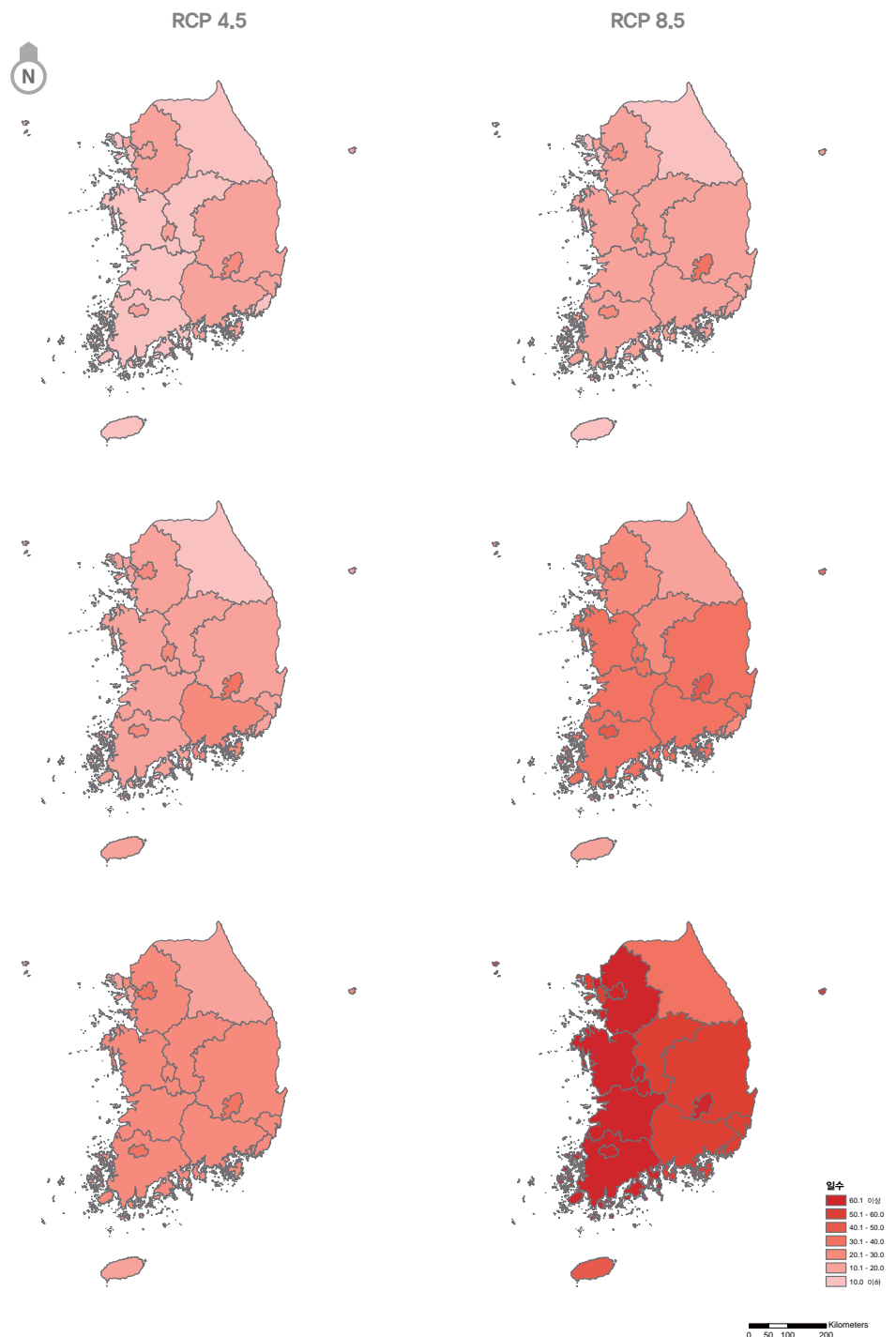
그림

5.8 남한 연평균 폭염일수 전망

21세기 전반기 (2011-2040)

21세기 중반기 (2041-2070)

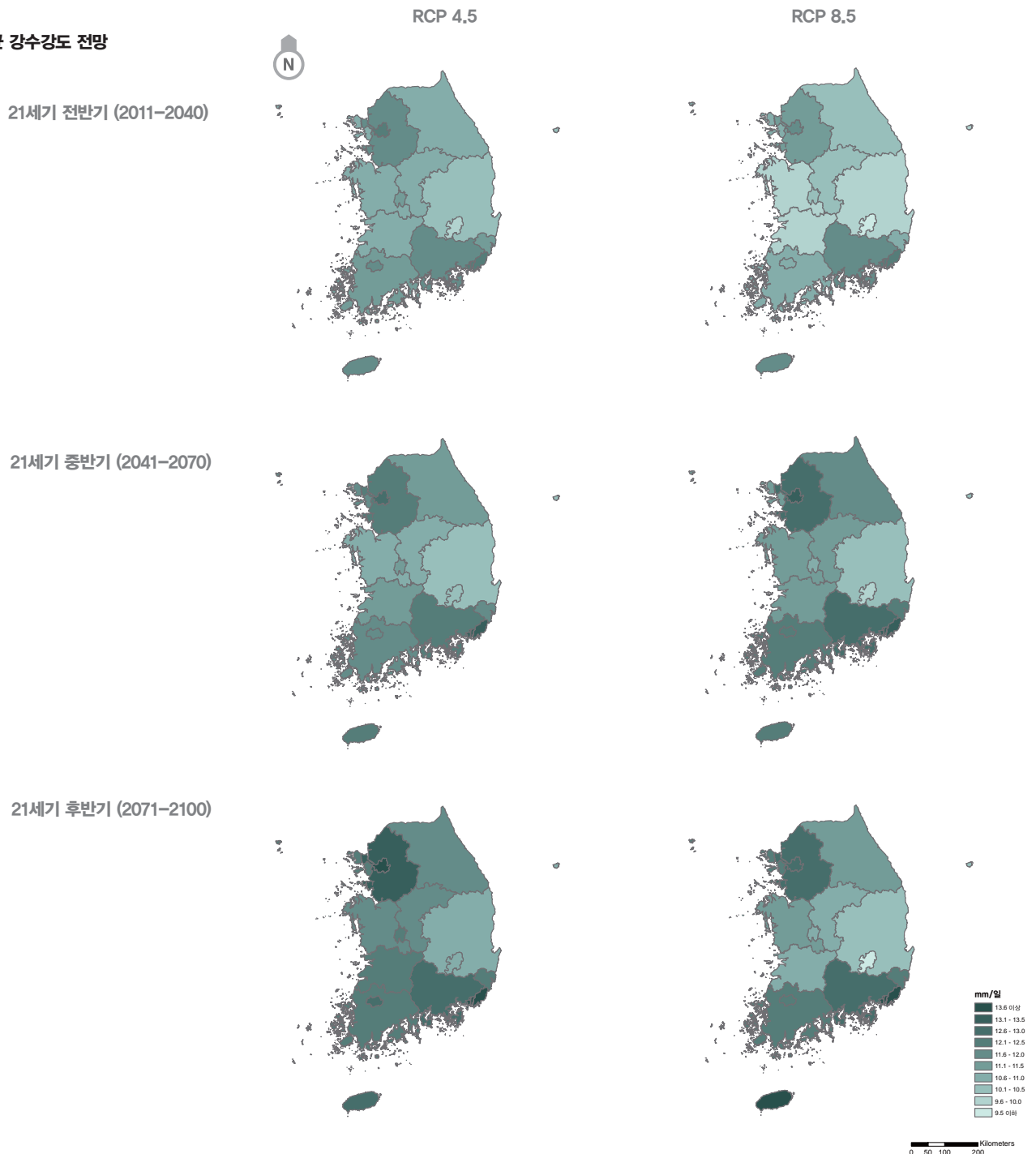
21세기 후반기 (2071-2100)



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 강수량 전망

- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 강수량은 9.3-11.3mm/일 수준임.
 - 연평균 강수량은 21세기에 대부분의 지역에서 증가할 것으로 전망.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 강수량 최대는 서울 13.8mm/일, 최소는 대구 10.7mm/일로 전망함.
 - 연평균 강수량 증가 경향은 0.18mm/일(대구), 0.38mm/일(서울) 수준임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 강수량 최대는 부산(14.0mm/일)과 제주(13.8mm/일)에서 나타날 것으로 전망됨.
 - 대구(9.5mm/일), 경북(10.1mm/일) 등에서 최소로 나타날 것으로 전망함.

그림 5.9
남한 연평균 강수량 전망



◆ 남한 16개 광역시도별 연평균 호우일수 전망

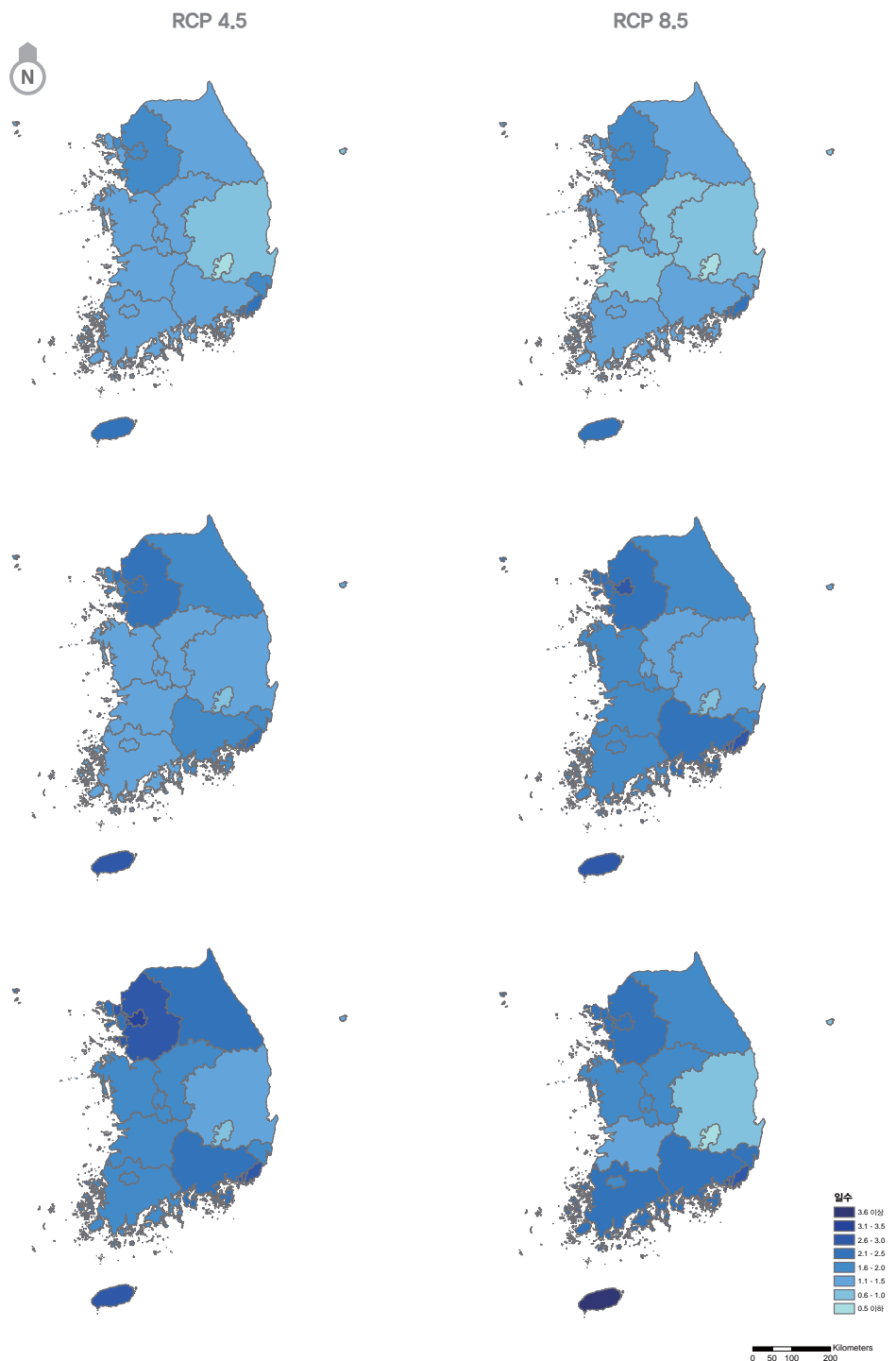
- 현재 기후(2001-2010년)에서 연평균 호우일수는 0.6-1.9일 수준임.
 - 연간 호우일수는 21세기에 대부분의 지역에서 증가할 것으로 전망됨.
- RCP 4.5 시나리오에 따르면, 21세기 후반기(2071-2100년)에는 연평균 호우일수 최대는 서울 3.2일, 최소는 대구 0.7일로 전망함.
 - 연평균 호우일수 증가 경향 최대는 서울(10년당 0.25일), 최소는 대구(10년당 -0.01일)임.
- RCP 8.5에 의하면, 21세기 후반기 연평균 호우일수 최대는 제주(3.8일)로 10년당 0.34일씩 증가할 것으로 전망됨.

그림 5.10
남한 연평균 호우일수 전망

21세기 전반기 (2011-2040)

21세기 중반기 (2041-2070)

21세기 후반기 (2071-2100)



한반도
기후변화
전망보고서

06

기후변화
전망의
활용방안

06 기후변화 전망의 활용방안

◆ 기후변화 전망의 한계 및 불확실성

기후변화 전망의 한계

- 미래 기후변화 전망에서 중요한 요소 중 하나인 온실가스 농도의 미래 변화 전망은 다양한 사회-경제적 인간활동 변화예측, 에너지 사용 패턴 변화, 온실가스 저감 정책 등에 의해 가변적일 수 있어 많은 불확실성을 내포하고 있음.
 - 선진국들은 온실가스 주요 배출국이 의무감축에 참여하지 않는 한 2차 공약기간을 설정하지 않겠다고 주장하고, 개도국들은 선진국 의무감축과 개도국 자발적 감축이라는 이원적 체제를 유지되어야 한다고 주장함에 따라 국제적 감축 합의가 어려워지고 있음.
- 기후예측 모델의 불완전성에 따른 계통적 오차, 공간 해상도의 한계 등으로 인하여 전망된 기후요소 중 극값의 변화 범위는 일반적으로 과소평가될 수 있음.
 - 본 보고서에서 전망되는 극한 기후지수의 변화 경향은 이러한 차원에서 절대적 변화에 대한 신뢰성은 다소 낮음(변화 경향성에 대한 전망이 보다 신뢰할 수 있다고 할 수 있음).

단일 기후모델 사용에 따른 불확실성

- 본 보고서에서 사용된 전지구 기후예측 모델은 최신 기후모델 비교 평가 결과에서 상당히 우수한 신뢰성 있는 모델로 평가되었음.
 - 특히 한반도를 포함한 동아시아와 환태평양 지역에서의 재현 성능이 우수하며, 따라서 기후변화의 미래 전망에 대한 신뢰성이 상대적으로 높을 것으로 예상됨.
- 대부분의 기후예측 모델들은 완벽하지 않으며 고유의 불완전성과 구조적 오차를 가지고 있음.
 - 때문에, 다수의 기후예측 모델들이 산출하는 예측 정보를 통합한 다중 모델 앙상블 기법이 미래 기후변화의 신뢰할 수 있는 전망과 아울러 정보의 불확실성을 평가하는 데 매우 유용하게 사용됨.
- 그러므로 본 보고서에서 제시하는 전망의 불확실성은 향후 IPCC 5차 평가보고서를 위한 타 기후예측 모델들의 예측자료가 취합됨에 따라 점차 보완될 것으로 예상함.

◆ 기후변화 전망 활용방안

- 본 보고서가 전망하는 21세기 한반도의 미래 기후는 대부분 한반도에서 지난 30년간(1981~2010년) 관측된 기후변화 경향성과 일치하며, 향후 지구 온난화에 따라 더욱 뚜렷하고 심화될 것으로 전망함.
- 본 보고서의 한반도 미래 기후변화 전망은 환경부(2010)가 정의한 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계 등 7개 분야의 기후변화 취약성 평가와 적응대책 수립, 그리고 산업/에너지 등 기후변화 적응기반 대책 수립을 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대됨.

건강/보건 분야

- 미래 한반도 온난화는 평균기온의 상승과 함께 폭염, 열대야 같은 극한기상 현상의 빈발한 출현을 전망하고 있음.
 - 극한기상 현상의 빈발은 특히 인구가 밀집한 광역 대도시들의 취약계층 피해방지 대책(건강관리지침 및 폭염대응 매뉴얼, 무더위 쉼터 운영 등) 및 기타 보건대책 수립을 위한 기초 자료 및 근거로 활용.
 - 대도시별 상세 기온 상승 전망 및 열대야일수, 폭염일수 전망은 기후변화 적응형 건축물 설계, 친환경 도시계획 체계를 위한 기초 정보로 활용.
 - 본 보고서에서는 아울러 한반도의 연강수량 증가와 점진적인 아열대 기후로의 진입을 전망하고 있어, 향후 증가할 것으로 예상되는 말라리아 등 열대성 질병에 대한 지자체별 보건 대응책 마련에 활용될 것으로 기대됨.

재난/재해 분야

- 본 보고서가 제시하는 모든 시나리오에서 한반도의 미래 강수량과 강수강도, 호우일수 증가를 전망하고 있음.
 - 제공되는 지역별 세부 전망값은 지자체의 풍수해에 따른 잠재적인 취약지역의 세부 분류를 위한 기초자료로 활용.
 - 미래 강수량 전망값은 유역기반 수문예측을 위한 주요 입력자료로 활용되며, 추가적 연구를 통하여 풍수해 대응을 위한 도시 하수관거 및 우수유출 저감시설 개선 기준 마련, 풍수해 보험 설계 등의 부가자료 생산이 가능함.
 - 또한 태풍경로분석, 해수면 상승에 의한 침식, 사회기반시설 취약성 분석, 산사태 위험지역 설정 등에 미래 기후전망값을 활용하여 적응대책을 강구할 수 있음.

농업 분야

- 본 보고서가 제공하는 지역별 기온 및 강수량, 식물성장기간, 서리일수 변화의 상세 계절별 전망은 농작물 관리 및 관개설비와 관련된 취약성 평가, 농작물 피해 예방 및 작황 예측 등의 의사결정의 기초 정보로 활용이 가능함.
 - 특히 기후변화 적응 작물의 개발 및 보급 등에 대한 근거자료로 활용이 가능할 것으로 기대됨.
 - 기후변화에 따른 농작물 병해충 및 가축 전염병 발생, 이상기온에 의한 농작물 영향 등의 연구에 활용 할 수 있음.

산림 분야

- 본 보고서의 미래 기온 및 강수량 변화 전망은 산림자원의 취약성 평가 및 생산성 예측의 기초자료로 활용될 것으로 전망함.
 - 본 보고서에서는 한반도 산악지역의 뚜렷한 온난화 경향을 전망하고 있어, 고산 지역의 산림자원 취약성 평가를 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대.
 - 산불예방, 아열대성 해충발생, 산림 수종변화 예측 등의 관련 연구에 활용할 수 있음.

해양/수산업 분야

- 본 보고서는 한반도 연안 해수면의 지속적 상승과 함께 남해안과 중부 수도권을 중심으로 호우일수 증가의 경향을 전망하고 있음.
 - 평균적인 해수면 고도 상승은 장기적인 해안 침식의 위협과 함께, 태풍이나 집중호우가 수반되어 저지대의 침수 및 범람 피해를 유도할 수 있음.
 - 본 보고서의 상세 전망치는 향후 침수 피해 취약지역 분류, 해안 방재 시설물 및 구조물(제방, 방파제, 교량 등)의 방재 기준 및 설계 지침으로 활용.
 - 한반도 주변 해수온도 상승으로 냉수성 어종의 감소와 온수성 어종의 신규 출현 및 확장이 예상됨에 따른 대응방안을 마련하는데 활용함.
 - 남해안, 서해안, 동해안에서 양식에 의해 수확되는 수산물의 변화를 예측 할 수 있음.
 - 신규 어종의 출현을 전망하고 이에 대한 어획기술을 사전에 개발하면 긍정적인 활용방법이 될 수있음.

물관리 분야

- 본 보고서가 제시하는 12.5km 공간범위의 강수량 전망값과 “지역별 기후변화 전망보고서”가 제시하는 1km 공간범위의 강수량 전망값은 한반도의 주요 하천과 소하천을 대상으로 한 수자원 유입/유출 예측의 주요 입력 자료로 활용이 가능함.
 - 본 보고서에서는 적설량에 대한 미래 전망을 별도로 제시하고 있지 않으나, 계절별 기온 및 강수량을 이용한 미래 적설량 예측에 활용이 가능함.
 - 본 보고서의 주요결과로부터 미래 한반도 온난화에 따른 고산지역의 겨울철 적설량 감소가 예상되며, 이로 인한 눈녹음 양의 감소, 눈녹음 시기 변화 등은 주요 하천으로의 유입량의 주요한 변화를 야기할 수 있음.
 - 이에 따른 수자원 관리의 영향 및 취약성 평가에 대한 주요 입력자료로 활용이 기대됨.
 - 또한, 미래의 강수강도, 호우일수 전망은 홍수에보시스템 구축을 위한 기초자료로 활용되며, 홍수로 인한 재난 및 긴급사태 대비, 안전설비를 위한 시설물 관리 등의 계획 수립에 활용.

생태계 분야

- 미래 기온 및 강수량의 전망은 자연, 산림, 농업, 해양 부문별의 다양한 생태계 및 지표종 모니터링 및 미래 기후변화 취약성 평가의 주요 입력자료로 활용이 예상됨.
 - 이상기후에 따른 식물의 개화시기 및 양서류 산란시기 변화 발생 등에 대한 연구에 활용 가능.
 - 한반도 산림 식생 변화를 전망하여 지자체 별로 수종 선택에 도움이 됨.
 - 해수면 상승으로 인한 연안지역 사구생태계 훼손 및 손실, 해양생물 구조와 종 조성의 변화 등에 대한 연구에 활용.

산업/에너지 분야

- 한반도 미래 기온 전망, 폭염일수, 열대야 일수 등에 대한 전망은 에너지 부문의 냉난방 에너지 수요 예측 및 원자재 구매 계획, 설비 및 자원관리, 비상 긴급사태 대비 등 중장기 계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있음.
 - － 연간 및 계절별 강수량 및 호우일수 전망은 수자원 관리 및 공급계획 등에 활용이 가능.
 - － 한반도 기온의 계절별 전망, 여름일수, 결빙일수에 대한 전망 등은 스키장/수영장/놀이공원 등 계절산업 수요 예측의 기초정보로 활용 가능함.
 - － 생활가전, 의류/패션 등의 기후 노출이 심한 산업의 기후변화 민감도 분석 및 신산업 발굴 등에 활용.
 - － 기후변화에 효율적으로 적응 할 수 있는 워비즈 및 쿨비즈, 조경산업, 기상 서비스 수요 등의 파악에 도움이 됨

기타 기후변화 전망에 대한 활용방안 및 구체적 사례들은 본 보고서와 함께 발간되는 “기후변화 활용 사례집”에 제시됨.

참고문헌

- 국립기상연구소, 2011: 기후변화 시나리오 보고서 2011, 117pp.
- 국립환경과학원, 2010: 한국 기후변화 평가 보고서 2010. 623pp.
- 기상청, 2011a: 북한기상 30년보, 302pp.
- 기상청, 2011b: 지역기후변화보고서(11종) [<http://www.climate.go.kr/home/bbs/view.php?code=25&bname=publicity&vcode=4656&skind=&sword=&category1=&category2=>]
- 기상청, 2011c: 한국기후변화백서, 97pp. [http://www.climate.go.kr/home/cc_data/2011_WP_CC/2011_WP_CC.pdf]
- 환경부, 2010: 저탄소 녹색성장 기본법 시행에 따른 국가 기후변화 적응대책. 기후대기정책관, 19pp.
- IPCC, 2007: Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contributions of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M. Averyt K. B., Tignor M. Miller H. L.(eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Jones, C. D. et al., 2011: The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations, Geosci. Model Dev. Discuss., 4, 689-763.
- Loveland, T. R., Reed, B. C., Brown, J. F., Ohlen, D. O., Zhu, Z., Yang, L., and Merchant, J. W., 2000: Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover 5 from 1 km AVHRR data, Int. J. Remote Sens., 21, 1303,1330.
- Moss, R., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J. F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakicenovic, B. O'Neill, R. Pichs, Keywan Riahi, Steven Rose, Paul Runci, Ron Stouffer, Detlef van Vuuren, John Weyant, Tom Wilbanks, J. P. van Ypersele, and M. Zurek, 2008: Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 132 pp.
- Reichler T. and J. Kim, 2008: How well do coupled models simulate today's climate? Bull. Amer. Meteor. Soc., 89, 303-311.
- Trewartha, G. T., and L. Horn, 1980: An introduction to climate, 5th(eds.), McGraw-Hill, New York.

한반도
기후변화
전망보고서

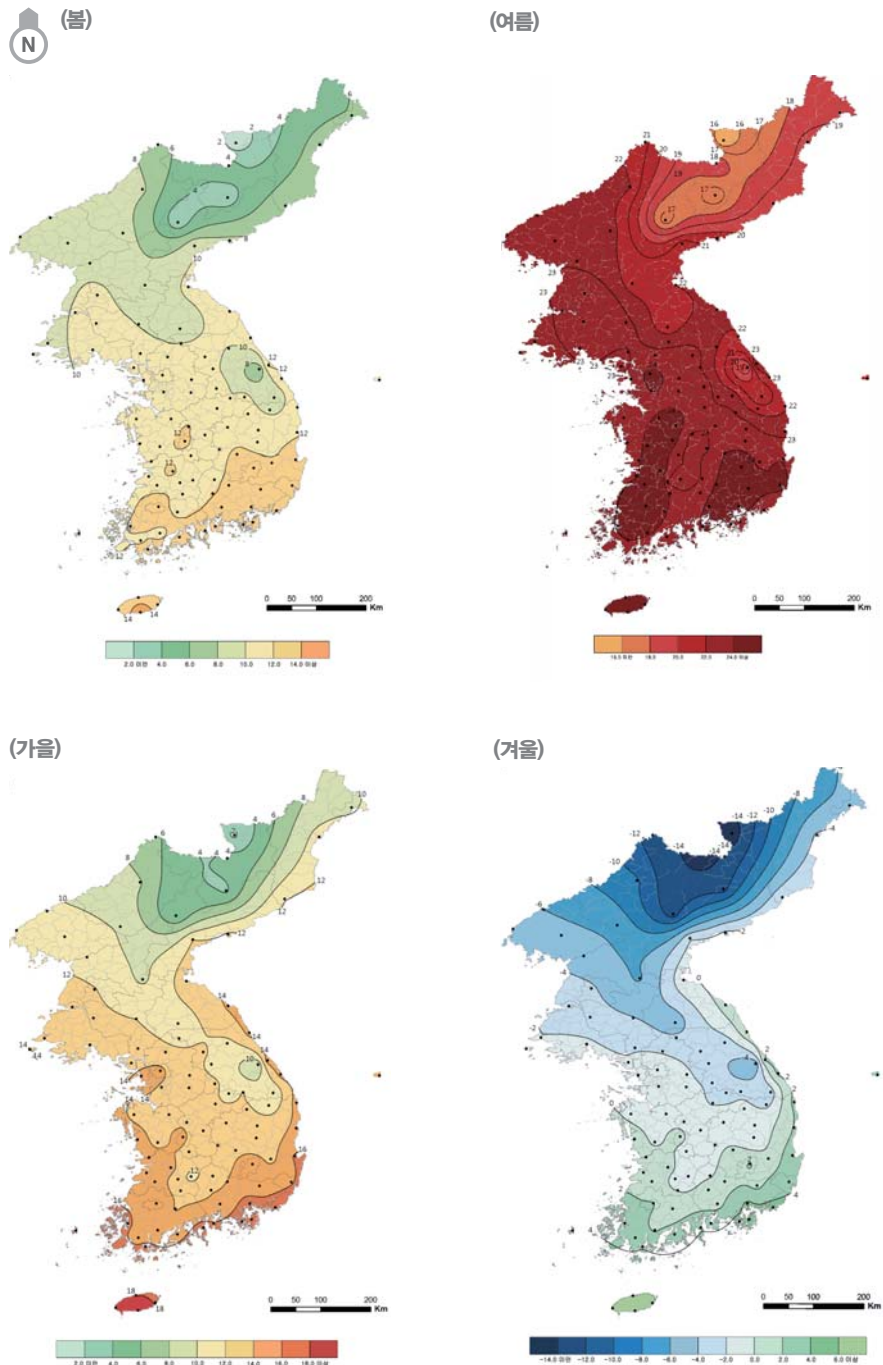
부록

부록 (APPENDIX)

부록 1 한반도 기후 분포

◆ 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 기온 분포

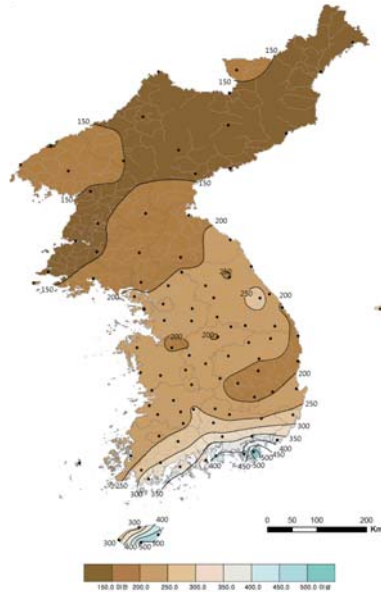
그림 A1.1
한반도 기후(1981-2010년)의
계절별 평균 기온 분포



◆ 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 강수량 분포

그림 A1.2
한반도 기후(1981-2010년)의 계절별
평균 강수량 분포

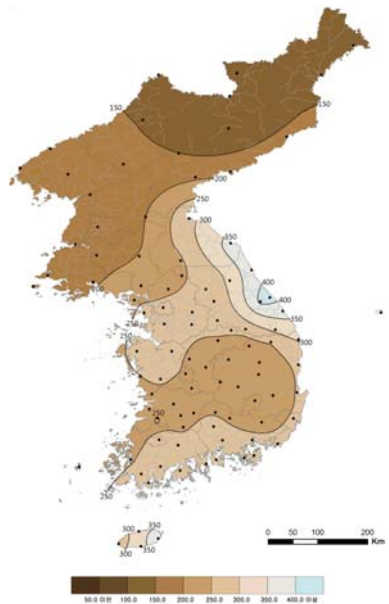
(봄)



(여름)



(가을)

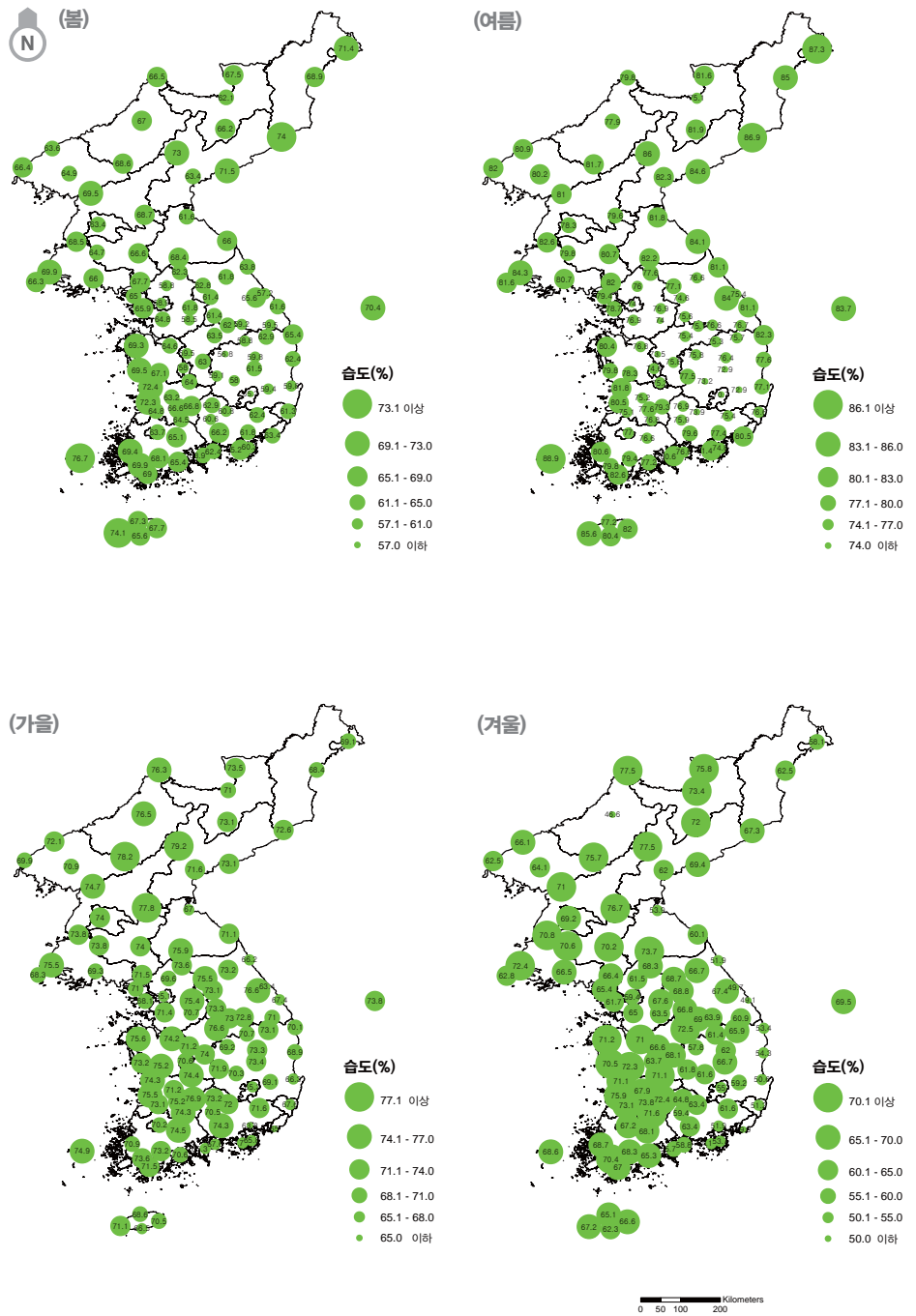


(겨울)



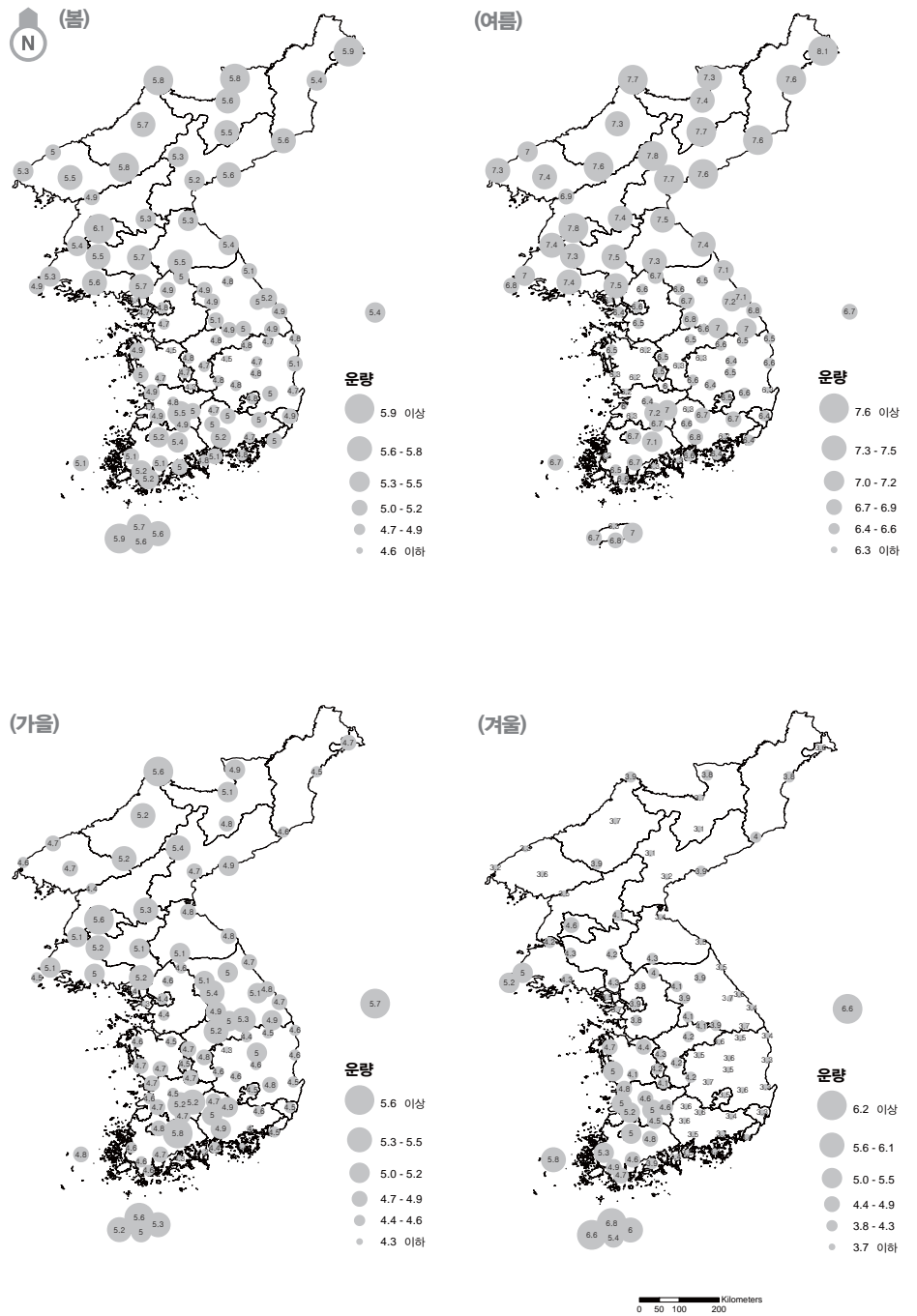
◆ 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 상대습도 분포

그림 A1.3
한반도 기후(1981-2010년)의 계절별
평균 상대습도 분포



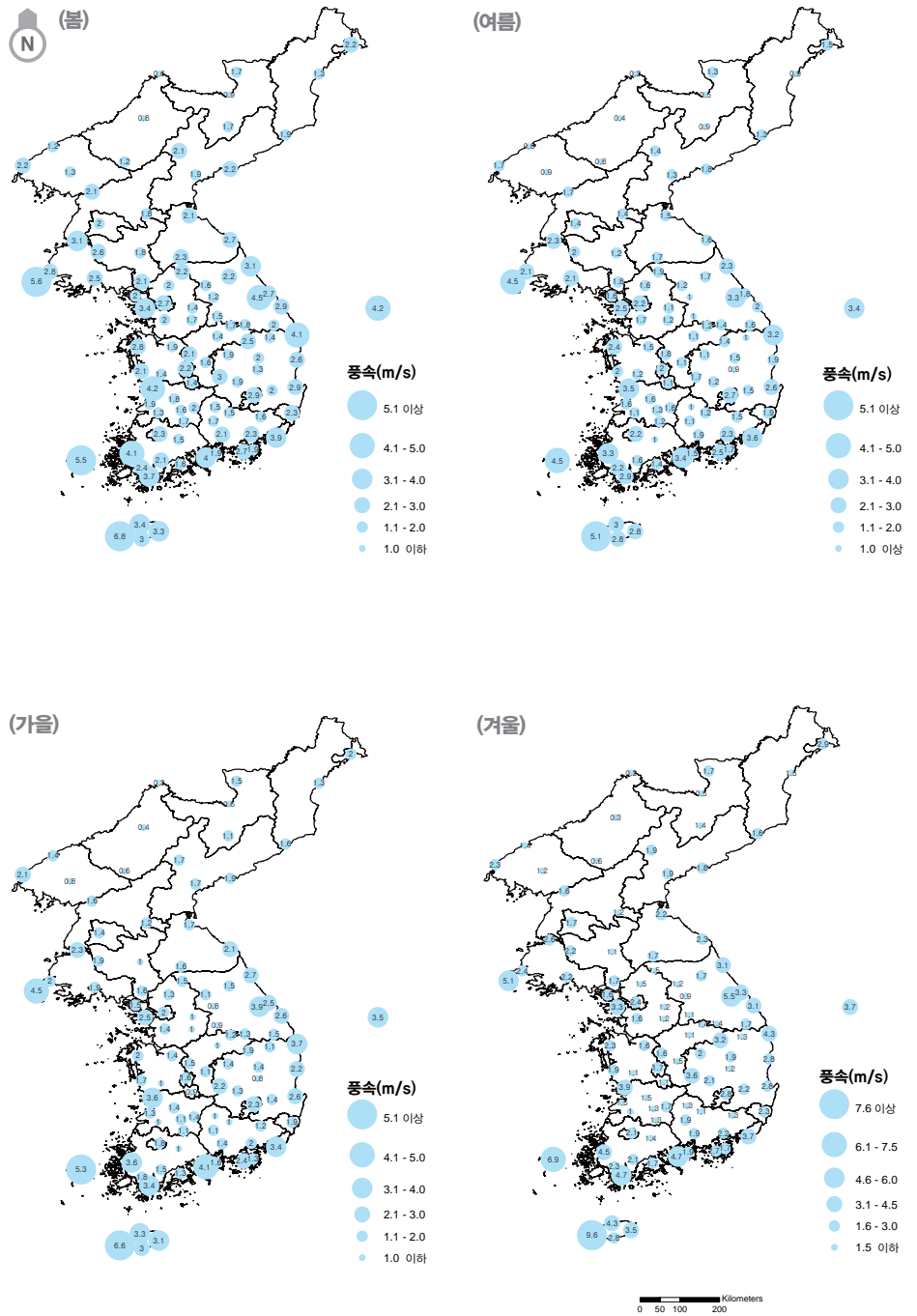
◆ 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 운량 분포

그림 A1.4
한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 운량 분포



◆ 한반도 기후(1981-2010년)의 계절별 평균 풍속 분포

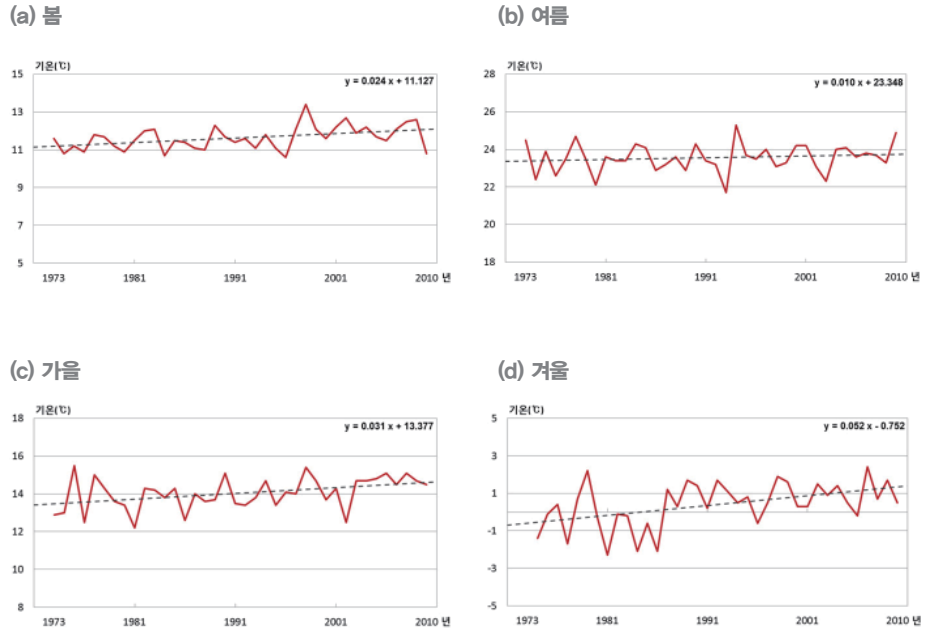
그림 A1.5
한반도 기후(1981-2010년)의
계절별 평균 풍속 분포



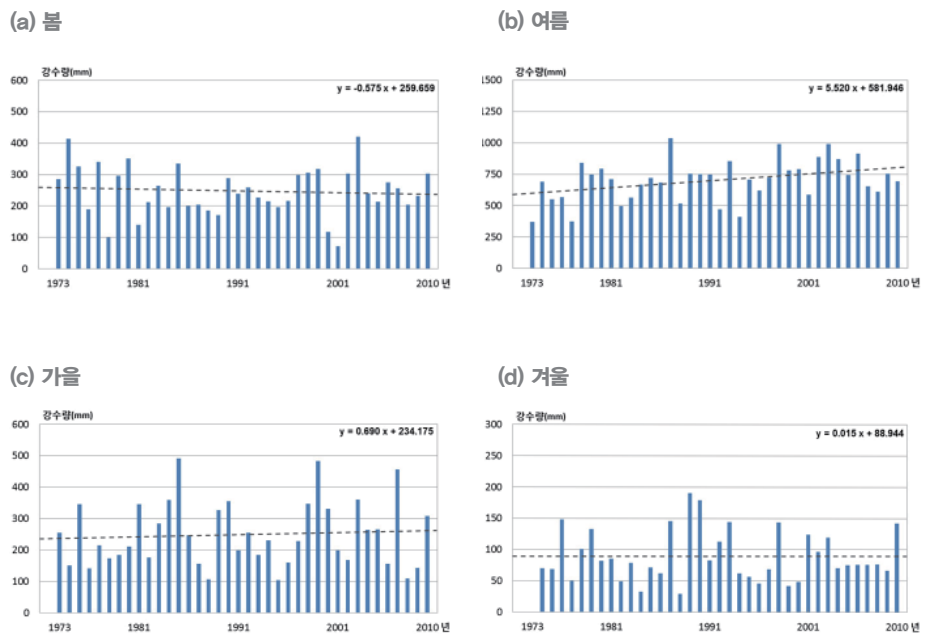
◆ 남한의 계절별 평균기온 및 강수량의 연별 변화 경향

그림 A1.6
남한 계절별 평균 기온 및 강수량의 연별 변화

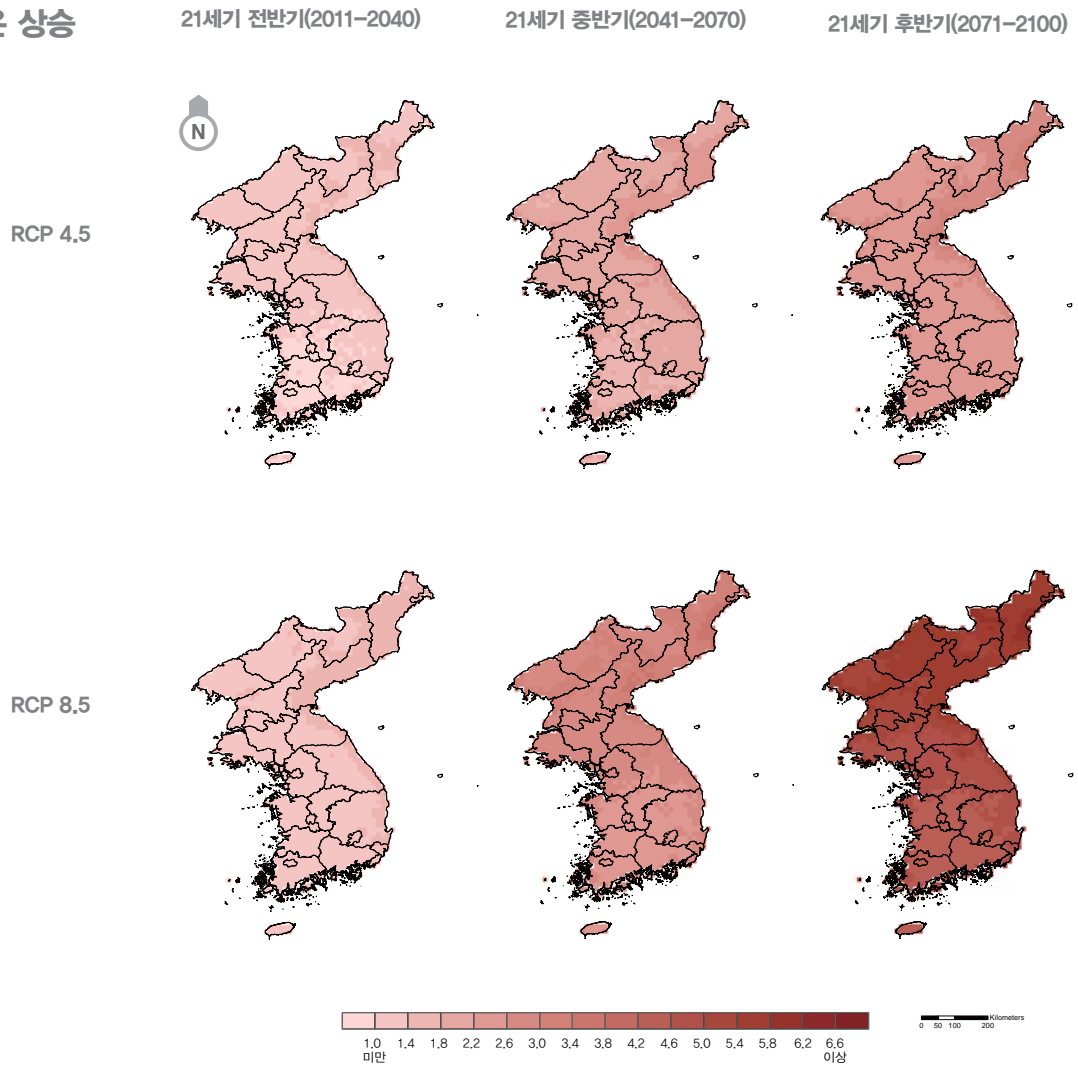
남한의 계절별 평균기온 연별 변화 (1973-2010년)



남한의 계절별 강수량 연별 변화 (1973-2010년)



부록 2 한반도 기후변화 전망

◆ 계절별 평균 기온 상승
변화 전망그림 A2.1
봄철 평균기온 변화 전망

◆ 자료 설명

- 본 부록에서는 한반도 12.5km RCP 시나리오로부터 추출한 미래 기후변화 전망과 극한지수의 변화 전망을 제시함.
- 기온 변화값은 현재기후(1981-2010년) 대비 편차, 강수량 변화값은 현재기후(1981-2010년)대비 퍼센티지(%) 변화율로 표시함.

그림 A2.2
여름철 평균기온 변화 전망

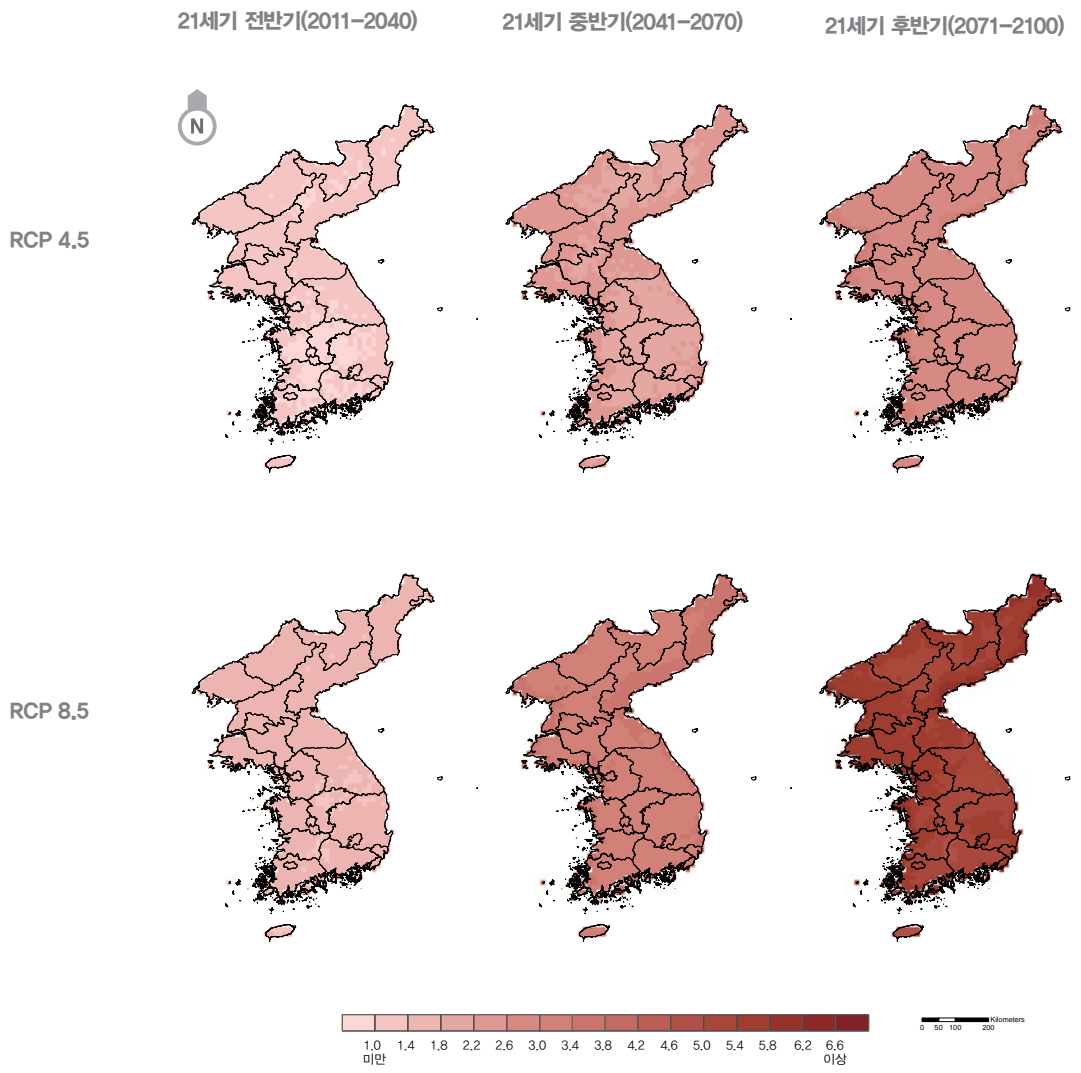


그림 A2.3
가을철 평균기온 변화 전망

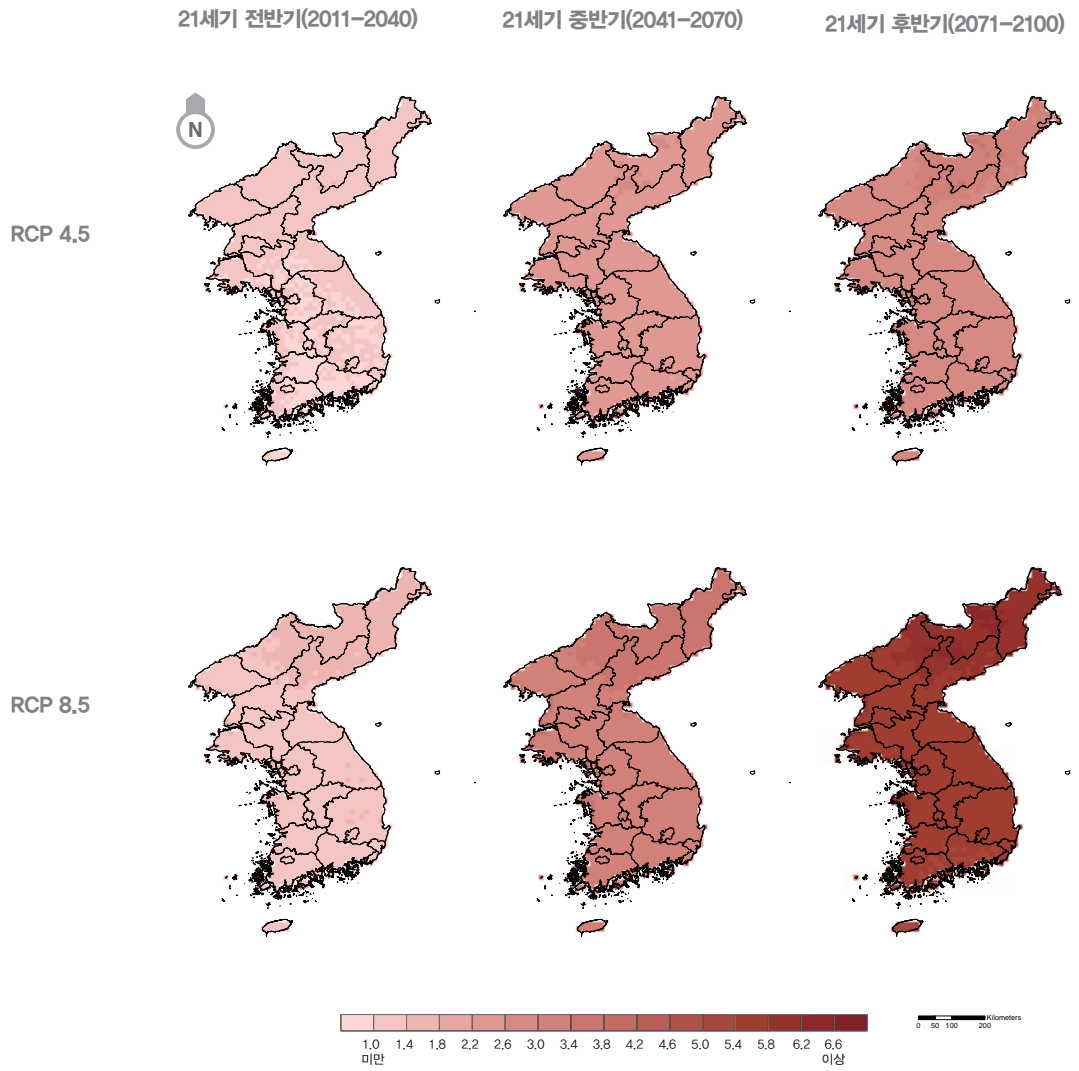


그림 A2.4
겨울철 평균기온 변화 전망

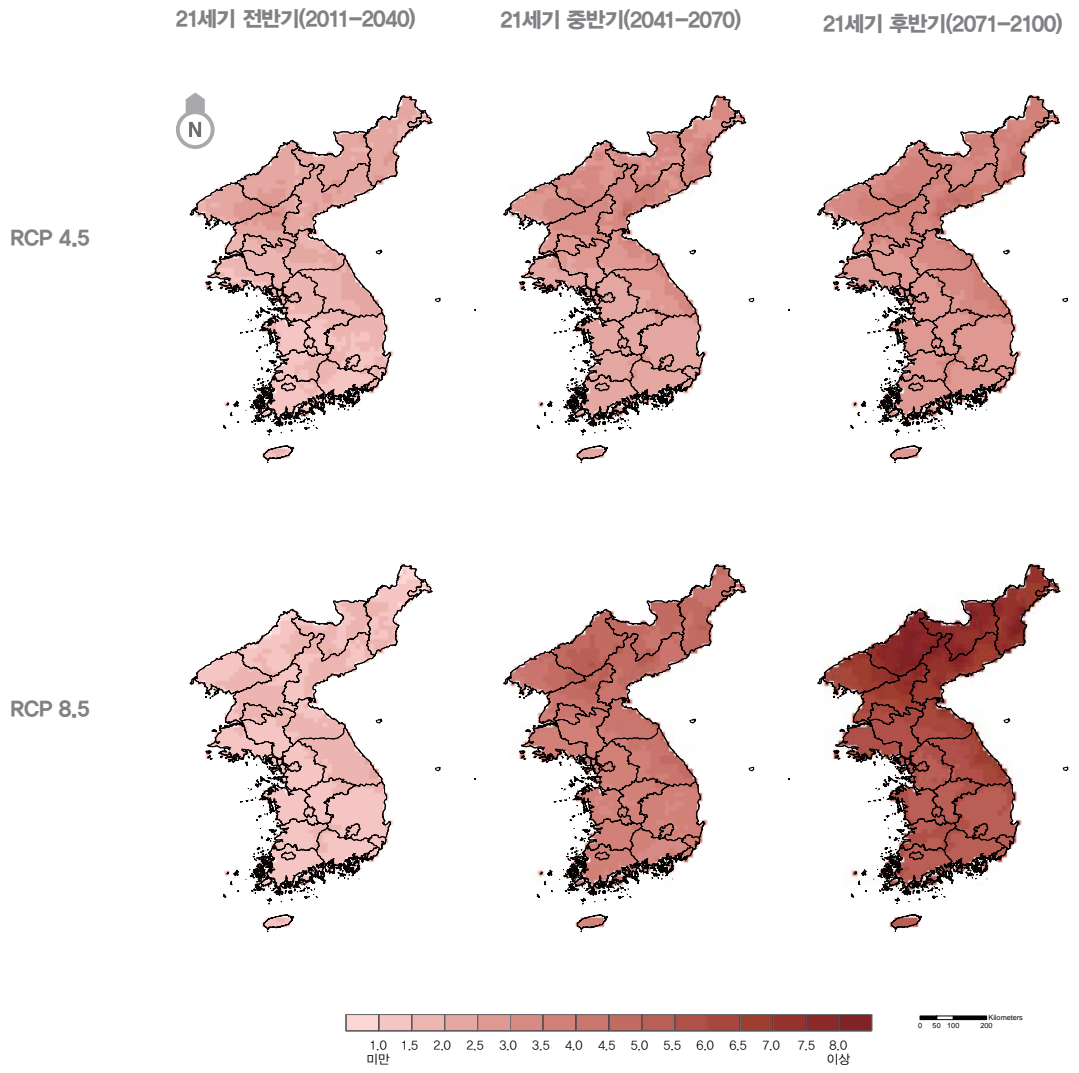


그림 A2.5
연평균 일최고기온 변화 전망

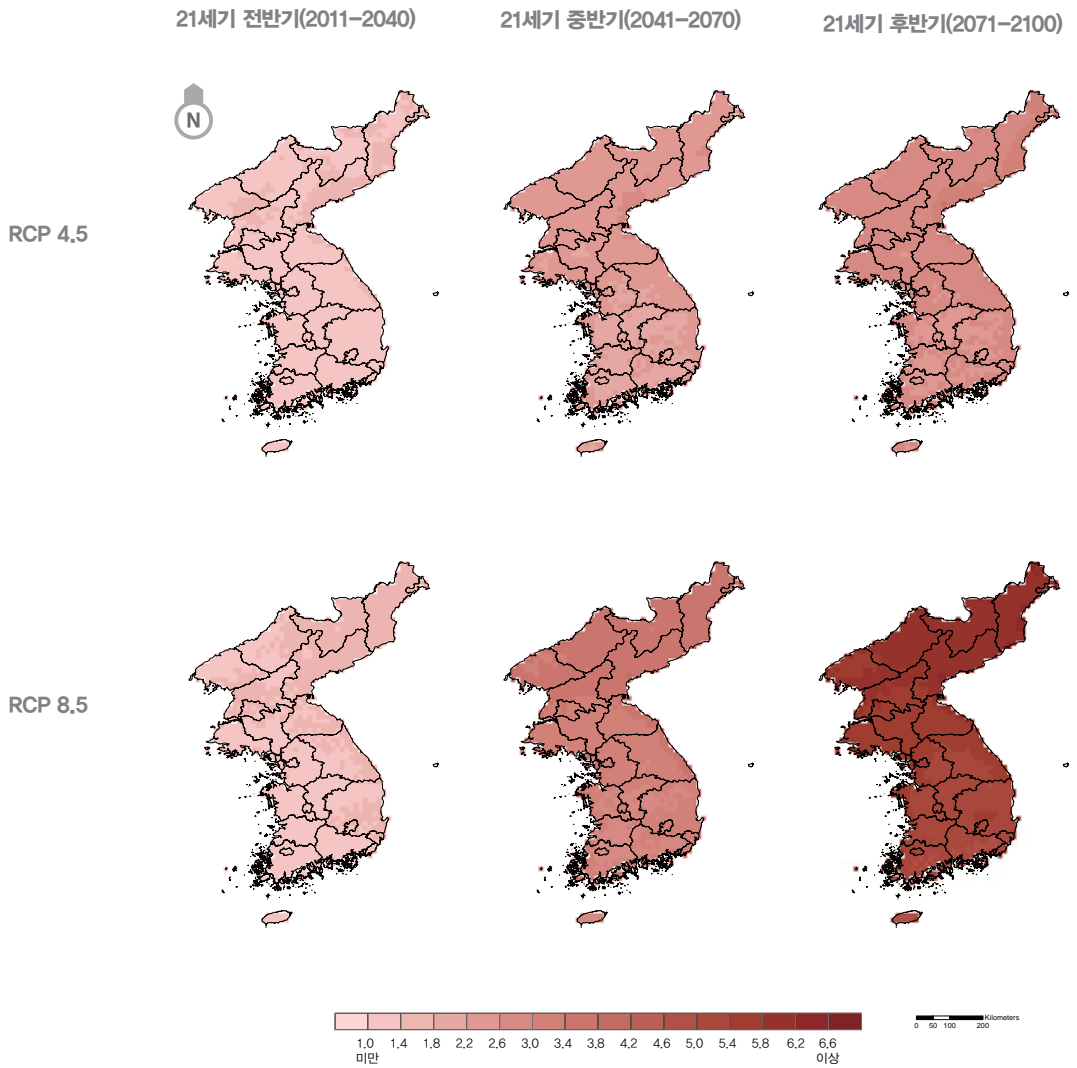


그림 A2.6
여름철 평균 일최고기온 변화 전망

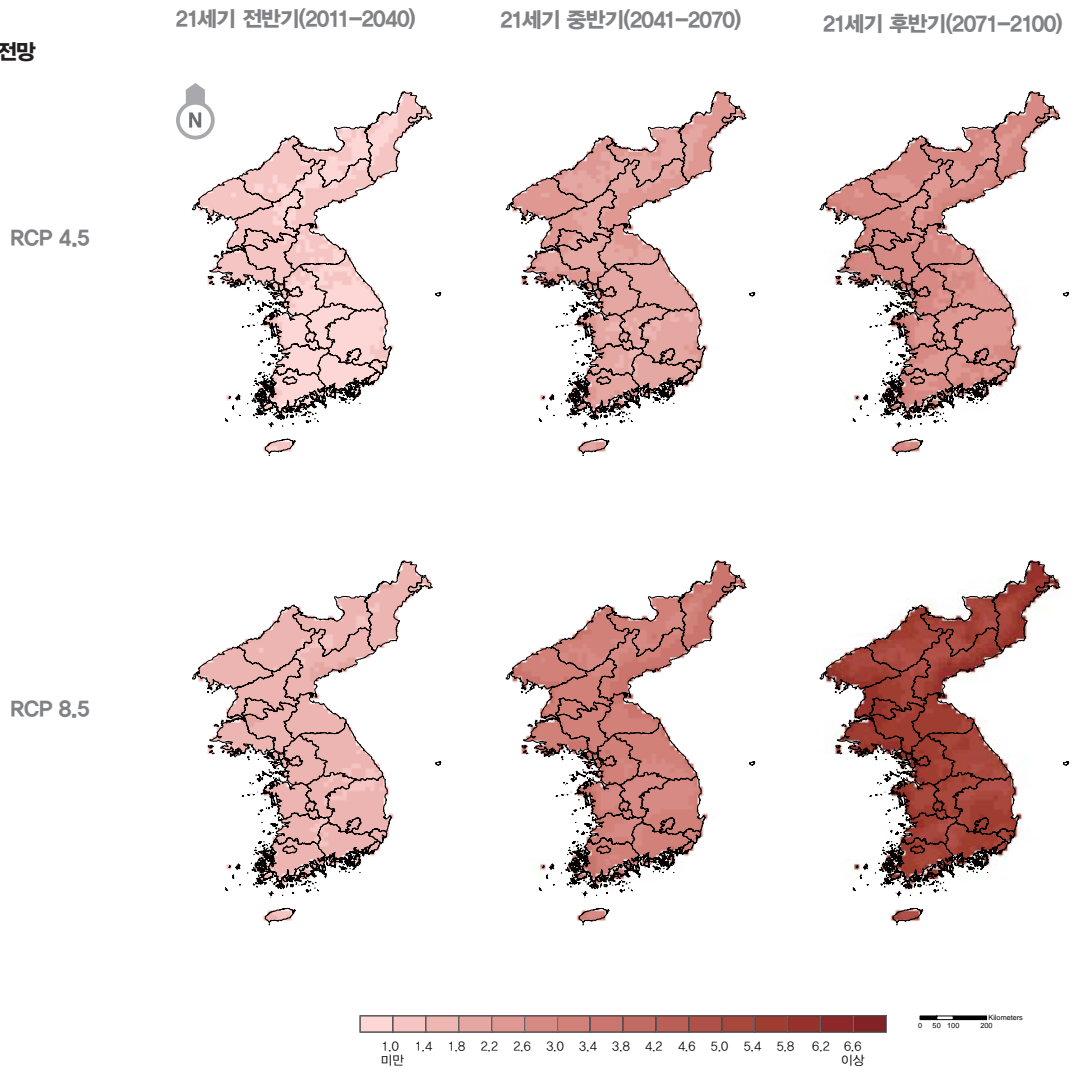


그림 A2.7
겨울철 평균 일최고기온 변화 전망

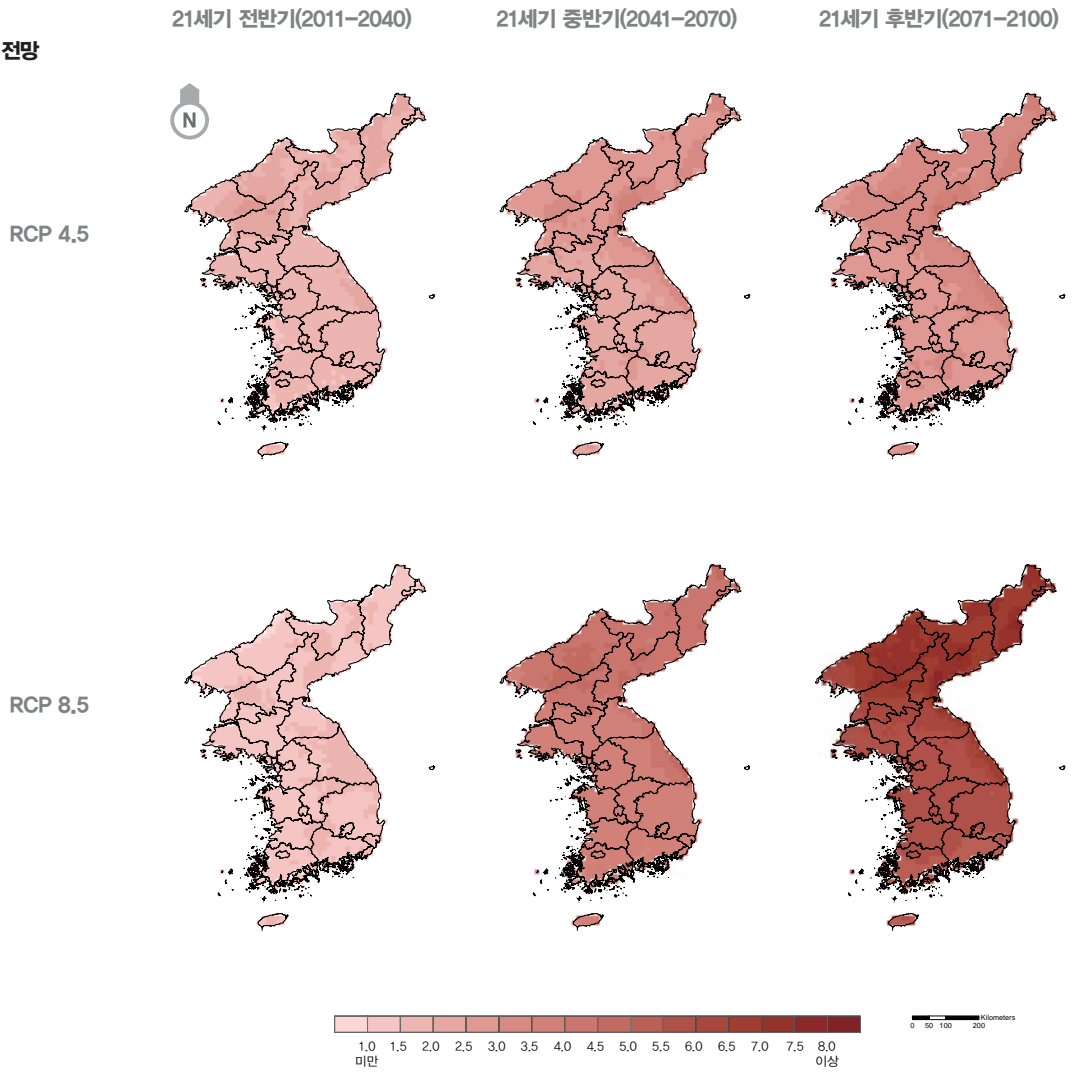


그림 A2.8
연평균 일최저기온 변화 전망

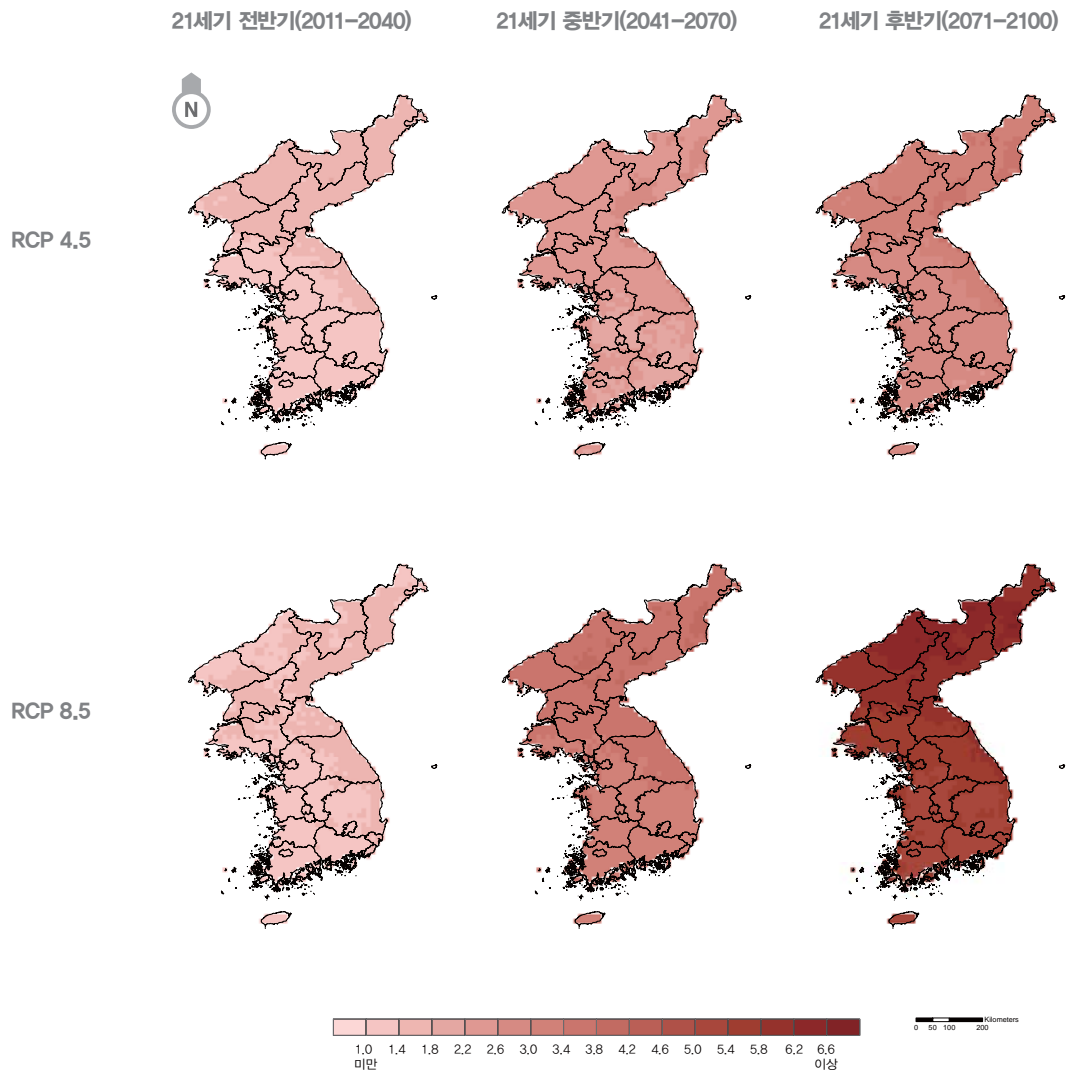


그림 A2.9
여름철 평균 일최저기온 변화 전망

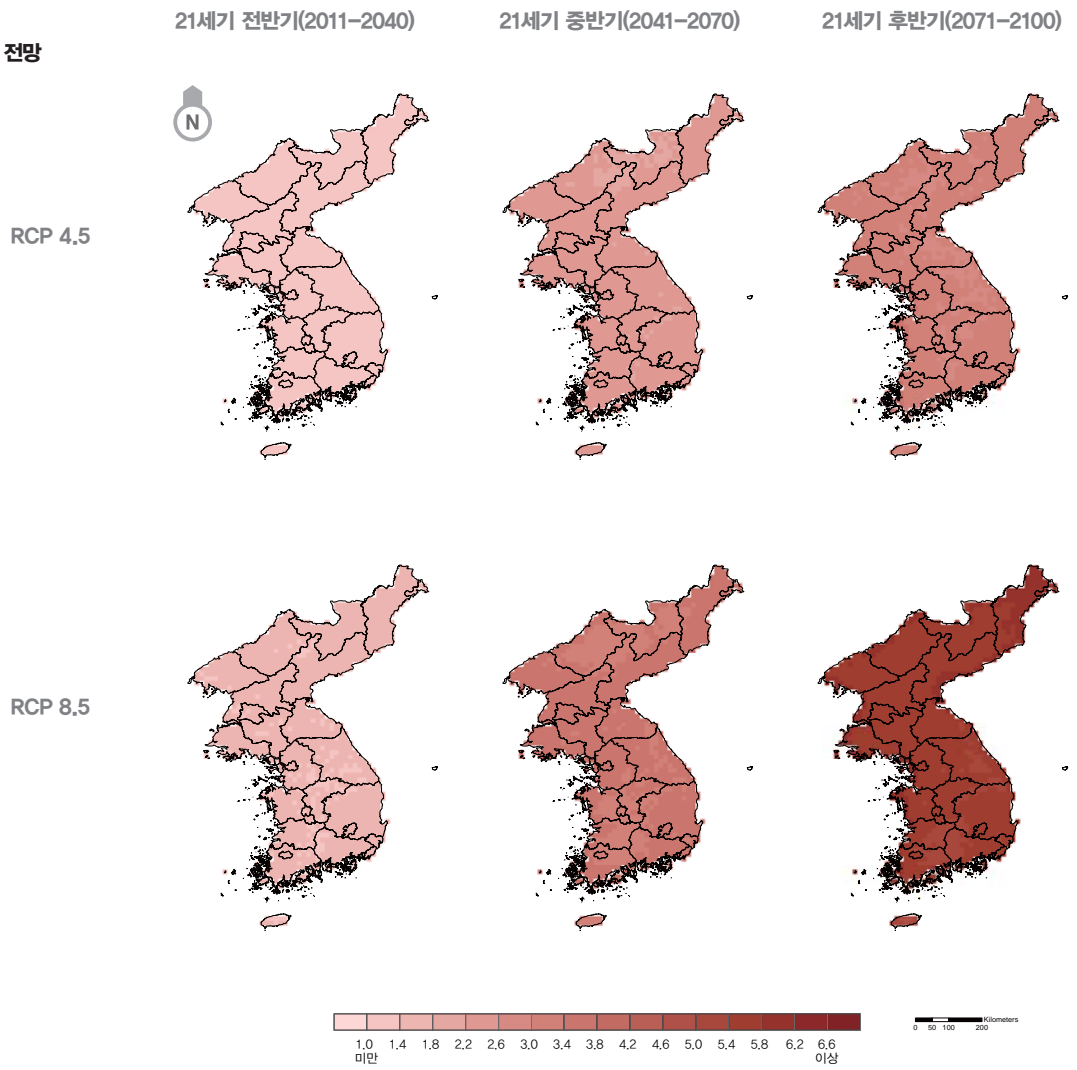
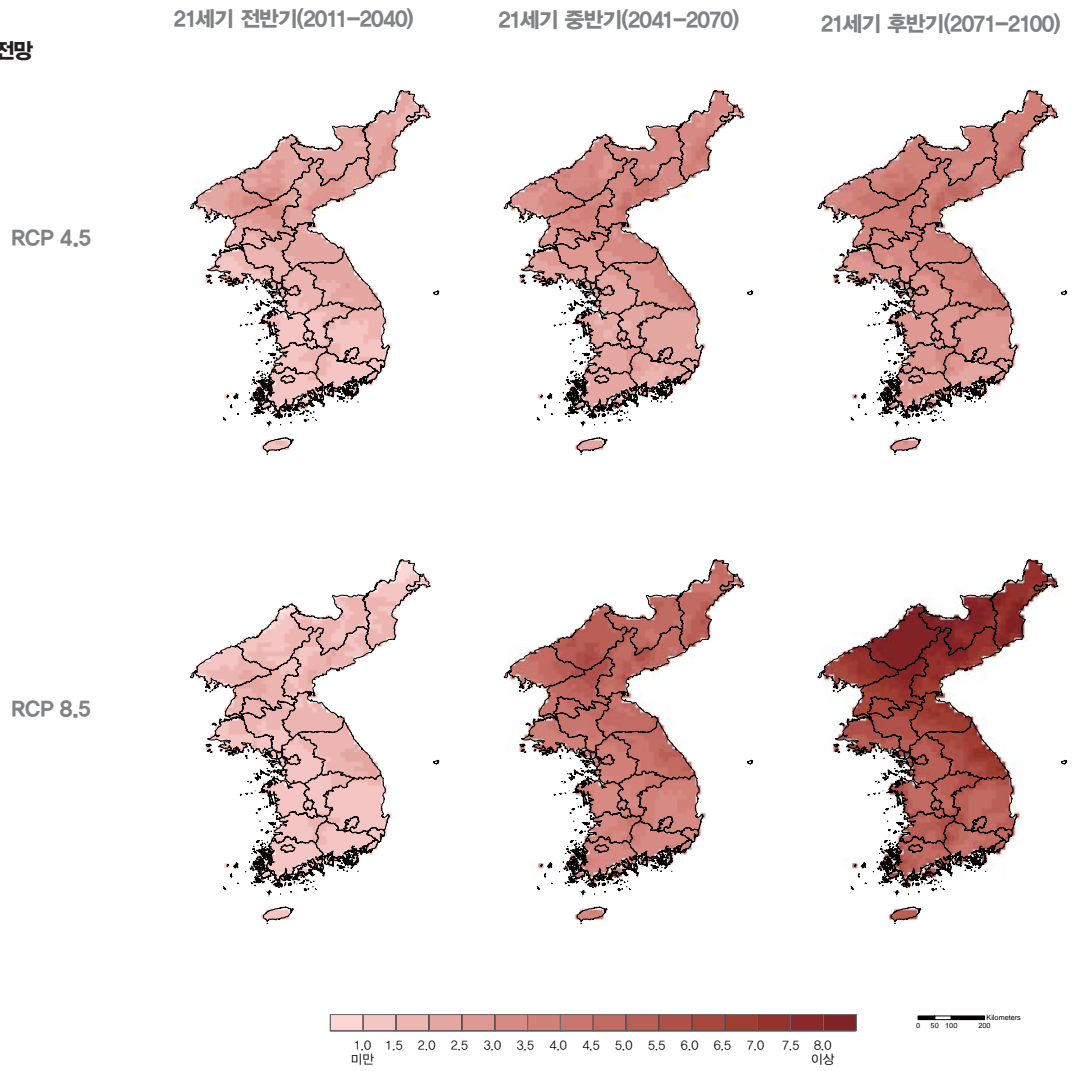


그림 A2.10
겨울철 평균 일최저기온 변화 전망



◆ 계절별 평균 강수량
변화 경향

그림 A2.11
봄철 평균 강수량 변화 전망

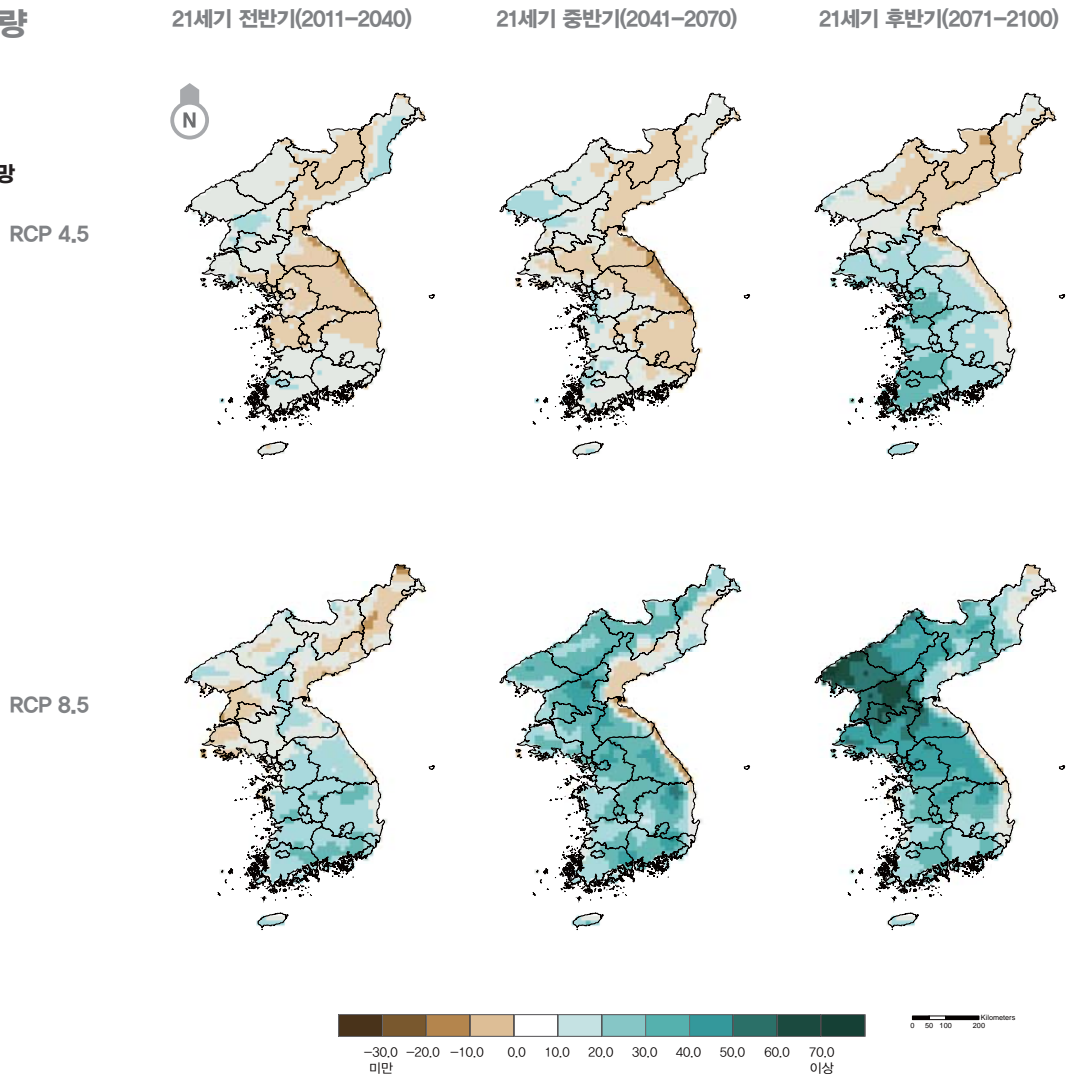


그림 A2.12
여름철 평균 강수량 변화 전망

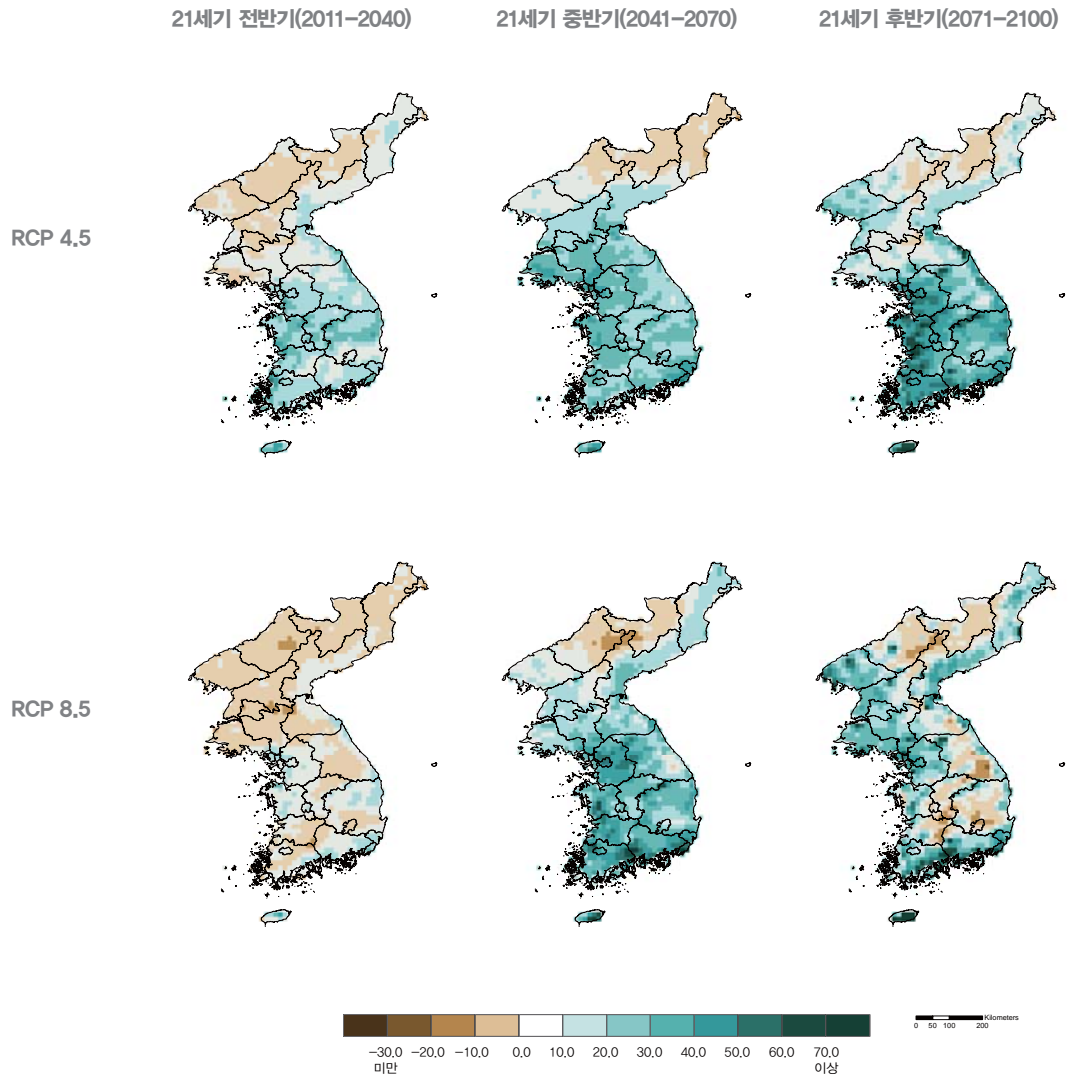


그림 A2.13
가을철 평균 강수량 변화 전망

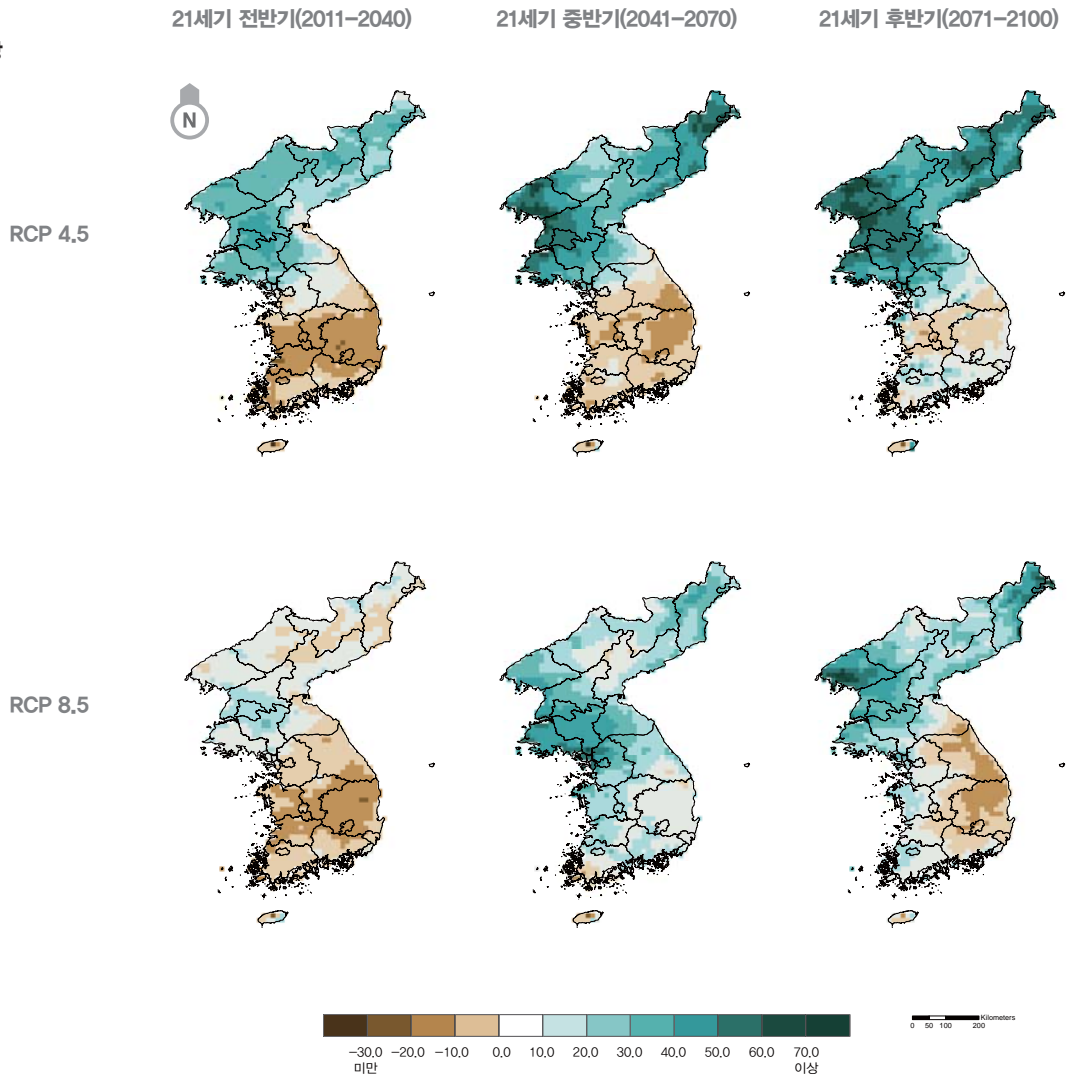
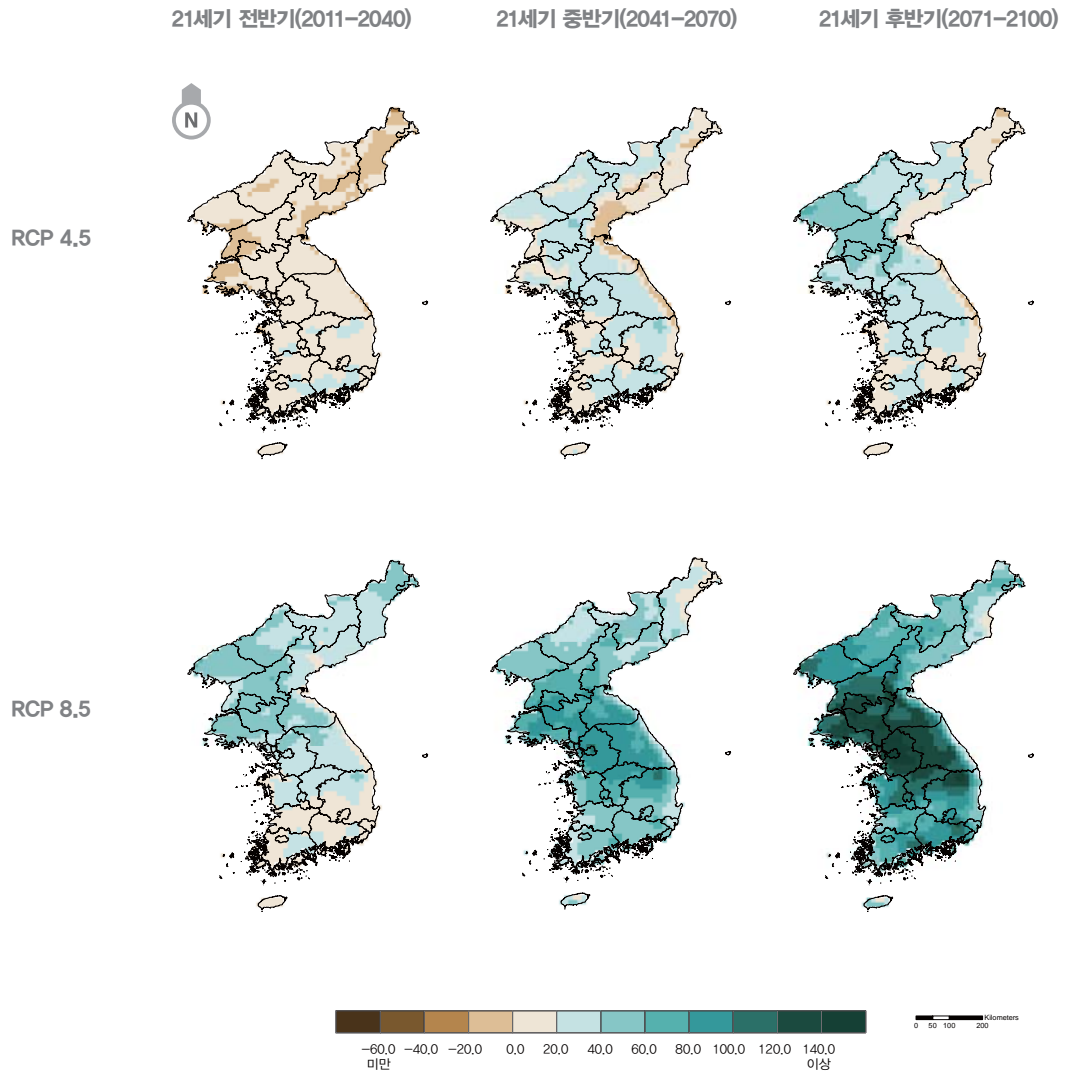


그림 A2.14
겨울철 평균 강수량 변화 전망



◆ 한반도 극한기후 변화 전망의 공간분포

그림 A2.15
연평균 서리일수 변화 전망

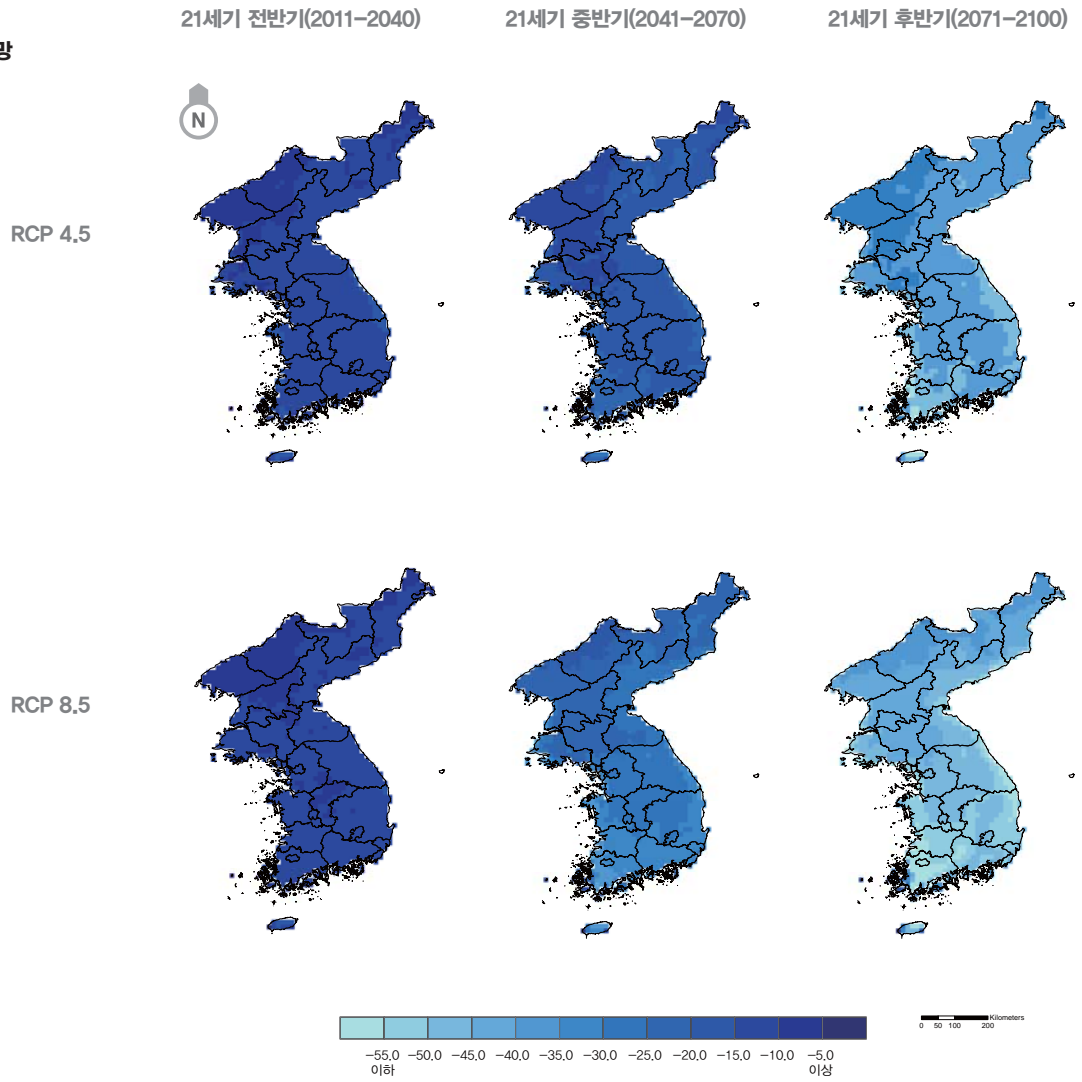


그림 A2.16
연평균 여름일수 변화 전망

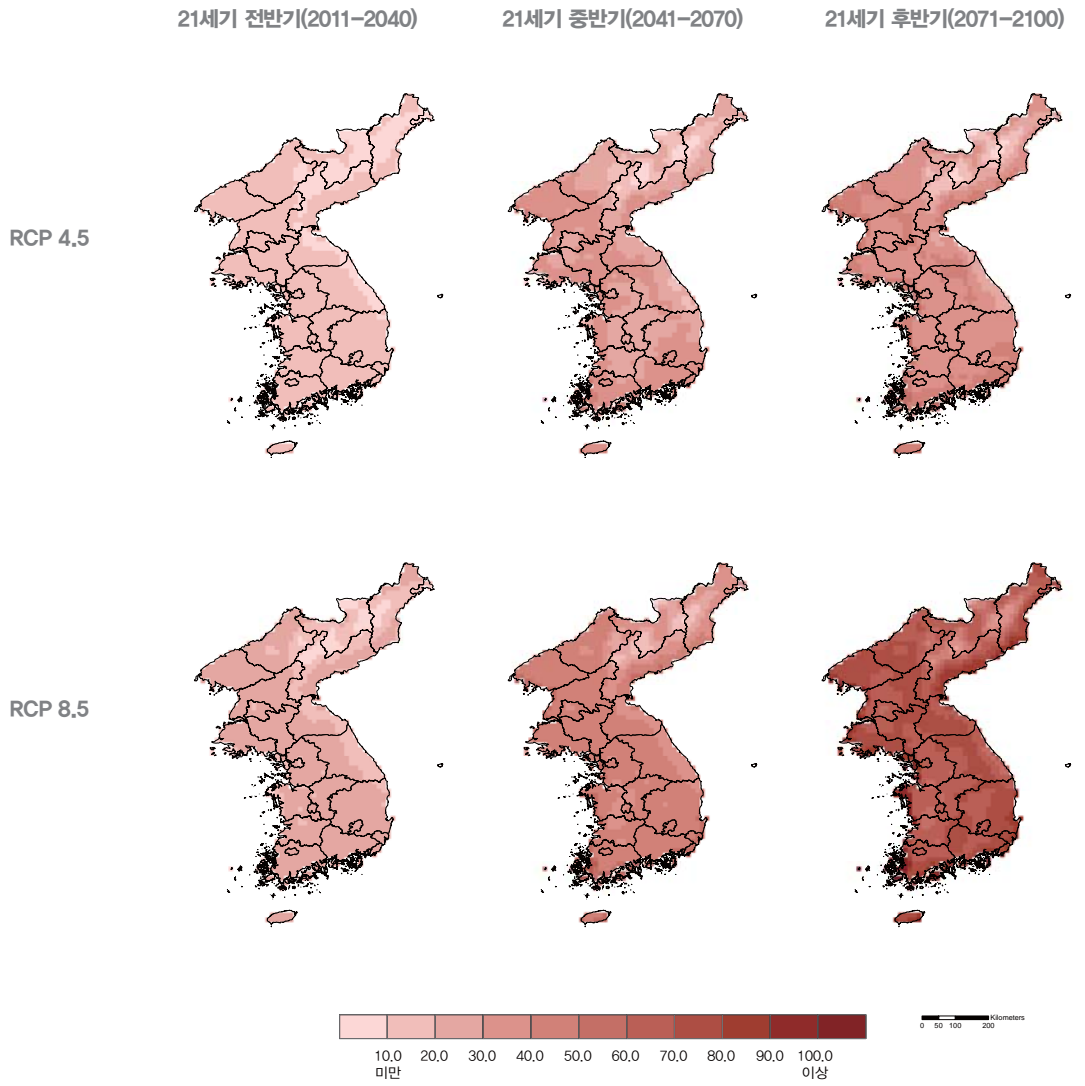


그림 A2.17
연평균 결빙일수 변화 전망

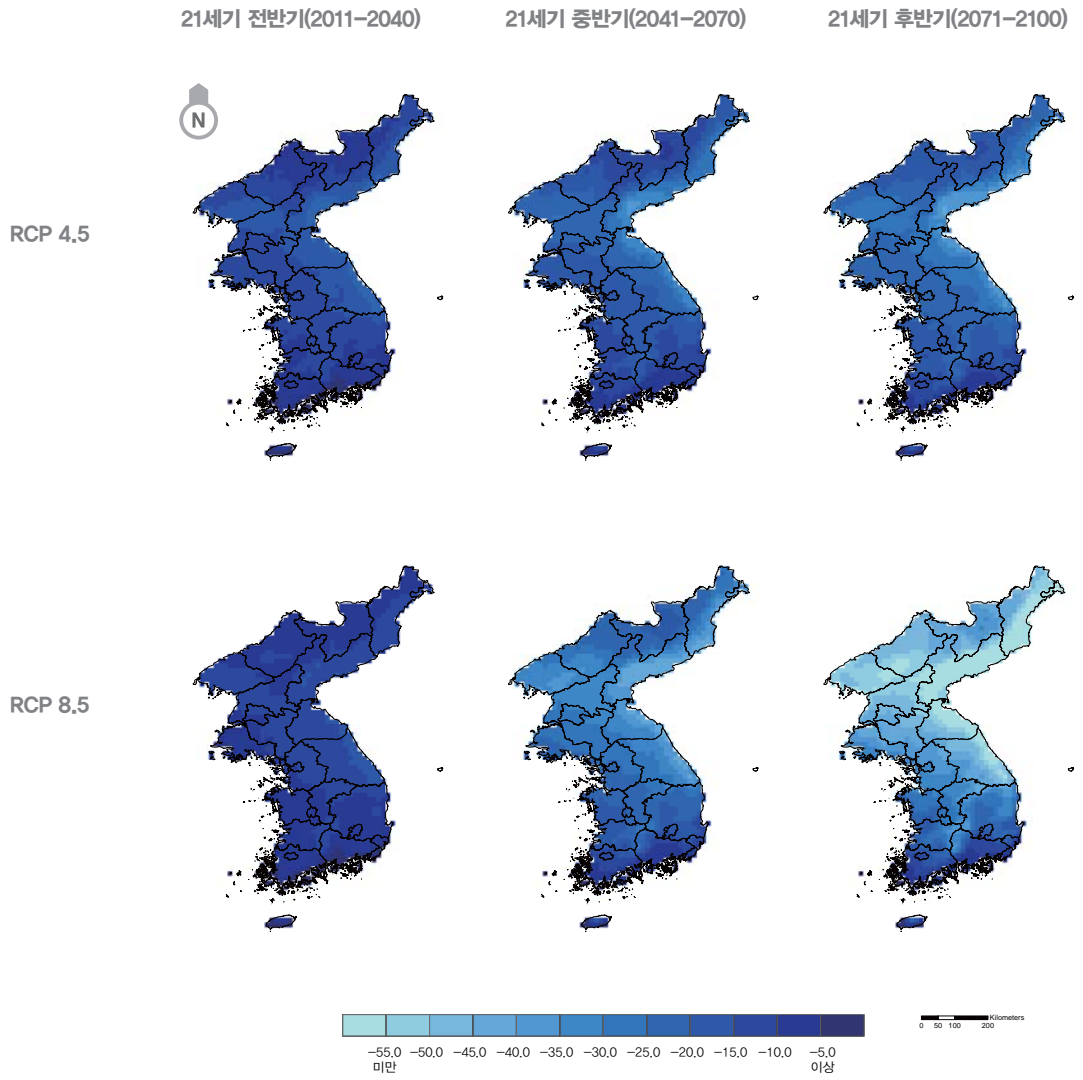


그림 A2.18
연평균 식물성장기간 변화 전망

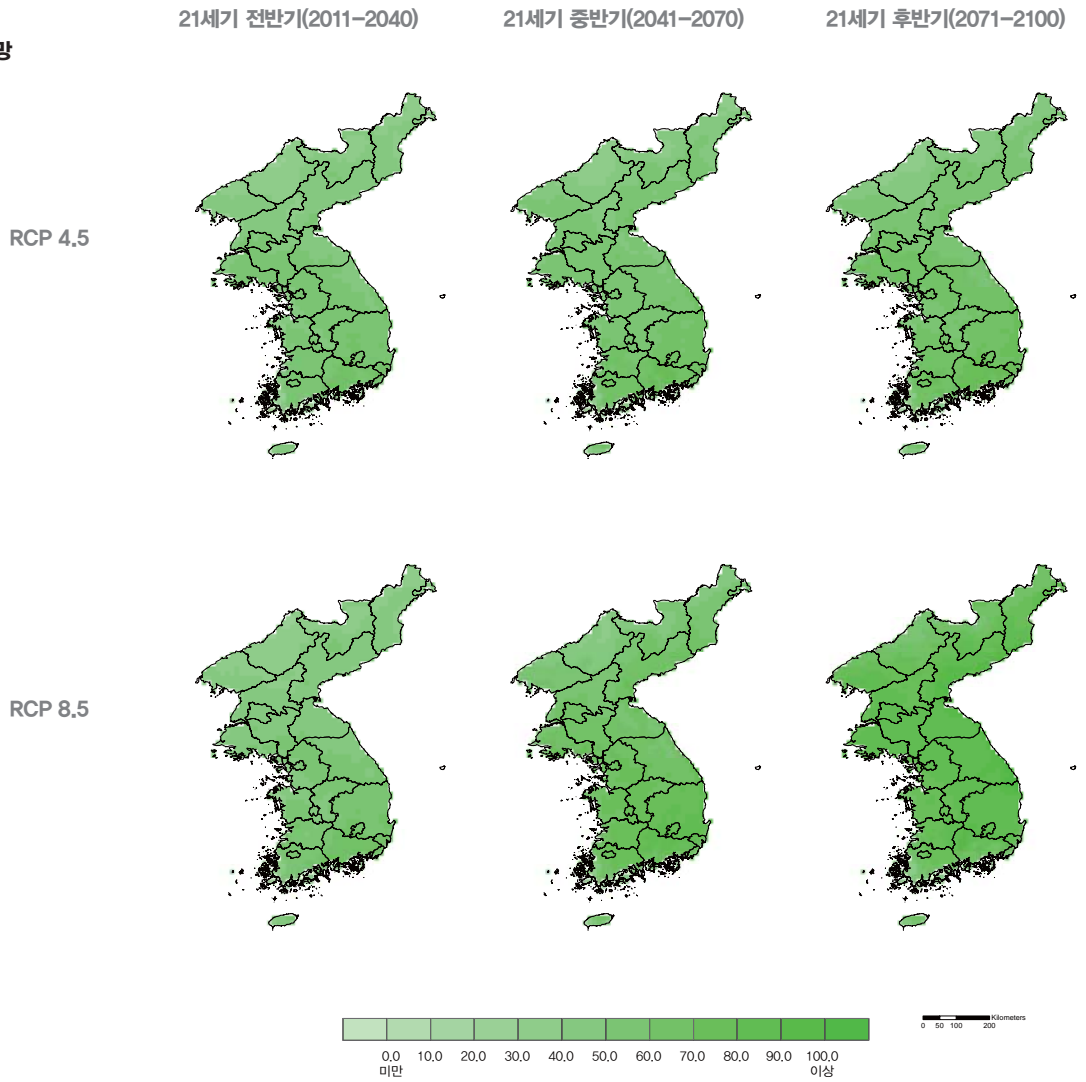
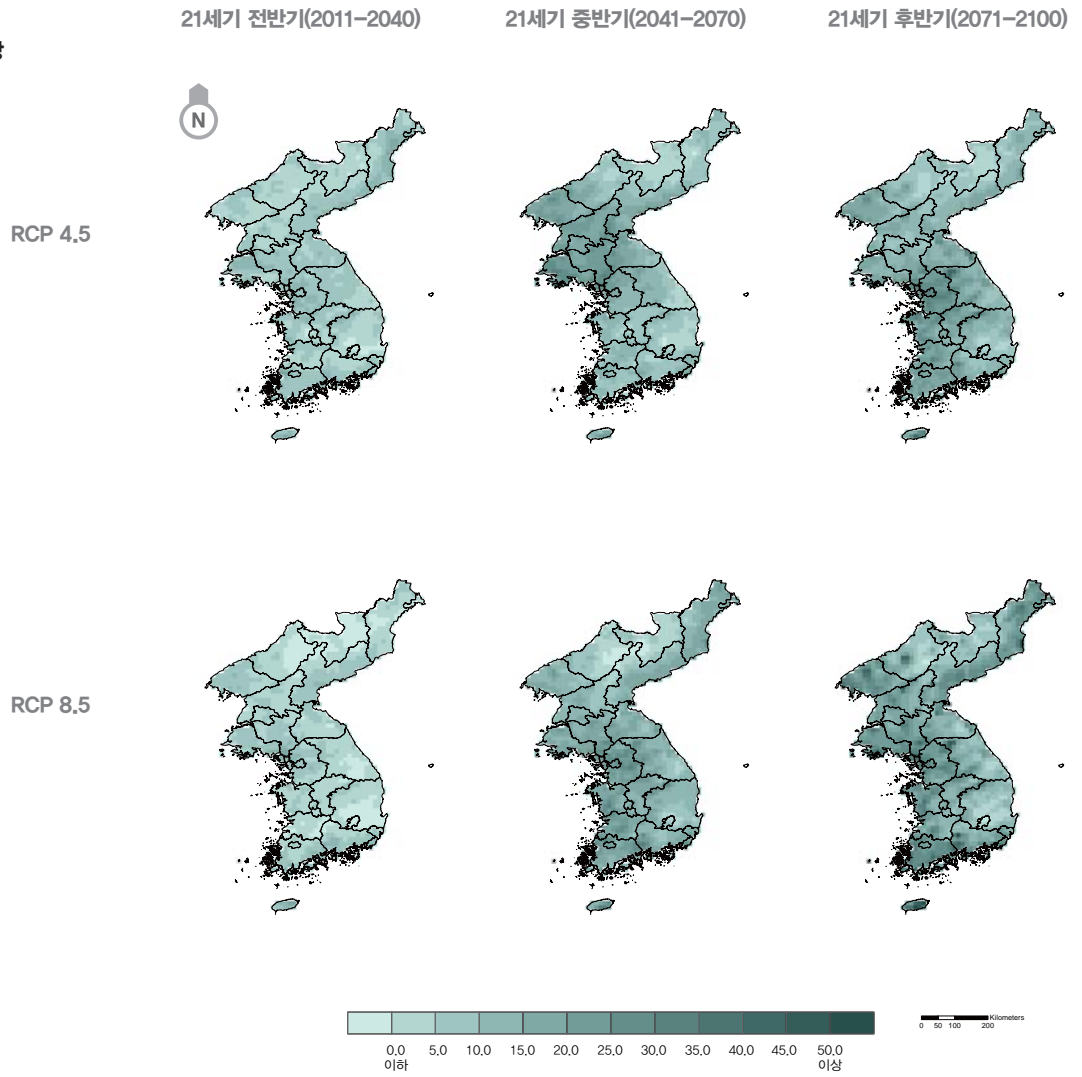


그림 A2.19
연평균 강수량 변화율 전망



부록 3 남한 행정구역별 기후 변화 전망

◆ 자료 설명

- 본 부록에서는 한반도 1km RCP 시나리오로부터 추출한 남한 16개 광역시도별 미래 기후변화 전망과 극한지수의 변화 전망을 제시함.
- 기후변화 경향의 공간 분포는 제 5 장 남한 행정구역별 미래 기후변화 전망을 참조함.

표 A1
RCP 4.5 시나리오에 따른 남한 16개
광역시도별 연평균기온 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 전망값은 절대값과 편차를 함께 나타내었으며, 단위는 °C.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재 기후값(2001-2010)의 차이를 10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	미래기후	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (°C/10년)
서울	13.0	절대값	13.6 (13.8)	14.6 (15.7)	15.2 (17.9)	0.28 (0.61)
		편차	+0.6 (+0.8)	+1.6 (+2.7)	+2.2 (+4.9)	
부산	14.4	절대값	15.1 (15.4)	16.1 (17.2)	16.7 (19.2)	0.29 (0.60)
		편차	+0.7 (+1.0)	+1.7 (+2.8)	+2.3 (+4.8)	
대구	13.2	절대값	13.9 (14.2)	14.8 (15.9)	15.4 (18.0)	0.28 (0.60)
		편차	+0.7 (+1.0)	+1.6 (+2.7)	+2.2 (+4.8)	
인천	12.0	절대값	12.8 (12.8)	13.8 (14.8)	14.4 (17.1)	0.30 (0.64)
		편차	+0.8 (+0.8)	+1.8 (+2.8)	+2.4 (+5.1)	
광주	13.6	절대값	14.2 (14.4)	15.1 (16.1)	15.7 (18.2)	0.26 (0.58)
		편차	+0.6 (+0.8)	+1.5 (+2.5)	+2.1 (+4.6)	
대전	12.4	절대값	13.0 (13.3)	13.9 (15.0)	14.5 (17.1)	0.26 (0.59)
		편차	+0.6 (+0.9)	+1.5 (+2.6)	+2.1 (+4.7)	
울산	13.4	절대값	14.2 (14.5)	15.2 (16.3)	15.8 (18.3)	0.30 (0.61)
		편차	+0.8 (+1.1)	+1.8 (+2.9)	+2.4 (+4.9)	
경기	11.2	절대값	11.8 (12.0)	12.8 (13.9)	13.4 (16.0)	0.28 (0.60)
		편차	+0.6 (+0.8)	+1.6 (+2.7)	+2.2 (+4.8)	
강원	8.9	절대값	9.7 (9.9)	10.7 (11.7)	11.2 (13.9)	0.29 (0.63)
		편차	+0.8 (+1.0)	+1.8 (+2.8)	+2.3 (+5.0)	
충북	10.9	절대값	11.5 (11.7)	12.4 (13.5)	13.0 (15.6)	0.26 (0.59)
		편차	+0.6 (+0.8)	+1.5 (+2.6)	+2.1 (+4.7)	
충남	12.0	절대값	12.6 (12.8)	13.6 (14.6)	14.2 (16.8)	0.28 (0.60)
		편차	+0.6 (+0.8)	+1.6 (+2.6)	+2.2 (+4.8)	
전북	11.8	절대값	12.4 (12.6)	13.4 (14.4)	14.0 (16.5)	0.28 (0.59)
		편차	+0.6 (+0.8)	+1.6 (+2.6)	+2.2 (+4.7)	
전남	13.2	절대값	13.9 (14.1)	14.8 (15.8)	15.4 (17.9)	0.28 (0.59)
		편차	+0.7 (+0.9)	+1.6 (+2.6)	+2.2 (+4.7)	
경북	11.4	절대값	12.1 (12.4)	13.0 (14.1)	13.6 (16.2)	0.28 (0.60)
		편차	+0.7 (+1.0)	+1.6 (+2.7)	+2.2 (+4.8)	
경남	12.8	절대값	13.5 (13.8)	14.4 (15.5)	15.0 (17.5)	0.28 (0.59)
		편차	+0.7 (+1.0)	+1.6 (+2.7)	+2.2 (+4.7)	
제주	14.4	절대값	15.1 (15.3)	16.1 (17.0)	16.7 (19.0)	0.29 (0.58)
		편차	+0.7 (+0.9)	+1.7 (+2.6)	+2.3 (+4.6)	

표 A2
RCP 4.5 시나리오에 따른 남한 16개
광역시도별 연평균 강수량 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 전망값은
절대값(mm)과 변화율(%)을 함께
나타냄.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재
기후값(2001-2010)의 차이를 10년당
변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	미래기후	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (mm/10년)
서울	1387.0	절대값	1,627.7 (1,628.0)	1,712.7 (1,905.8)	1,850.9 (1,843.4)	57.99 (57.05)
		변화율	+17.4 (+17.4)	+23.5 (+37.4)	+33.4 (+32.9)	
부산	1532.1	절대값	1,917.9 (1,950.2)	2,031.3 (2,142.5)	2,122.6 (2,249.8)	73.81 (89.71)
		변화율	+25.2 (+27.3)	+32.6 (+39.8)	+38.5 (+46.8)	
대구	1224.8	절대값	1,418.7 (1,331.4)	1,481.8 (1,479.2)	1,546.1 (1,421.3)	40.16 (24.56)
		변화율	+15.8 (+8.7)	+21.0 (+20.8)	+26.2 (+16.0)	
인천	1199.2	절대값	1,393.7 (1,430.1)	1,528.0 (1,578.2)	1,617.1 (1,658.0)	52.24 (57.35)
		변화율	+16.2 (+19.3)	+27.4 (+31.6)	+34.8 (+38.3)	
광주	1415.5	절대값	1,800.8 (1,708.9)	1,853.1 (1,958.9)	2,028.6 (1,922.4)	76.64 (63.36)
		변화율	+27.2 (+20.7)	+30.9 (+38.4)	+43.3 (+35.8)	
대전	1286.7	절대값	1,587.0 (1,547.0)	1,614.2 (1,695.9)	1,747.6 (1,668.4)	57.61 (47.71)
		변화율	+23.3 (+20.2)	+25.5 (+31.8)	+35.8 (+29.7)	
울산	1447.8	절대값	1,761.5 (1,751.4)	1,849.4 (1,929.9)	1,915.5 (1,975.4)	58.46 (65.95)
		변화율	+21.7 (+21.0)	+27.7 (+33.3)	+32.3 (+36.4)	
경기	1437.3	절대값	1,700.8 (1,678.2)	1,775.2 (1,920.1)	1,922.9 (1,881.6)	60.70 (55.54)
		변화율	+18.3 (+16.8)	+23.5 (+33.6)	+33.8 (+30.9)	
강원	1491.5	절대값	1,736.7 (1,684.7)	1,772.3 (1,869.8)	1,885.3 (1,793.9)	49.23 (37.80)
		변화율	+16.4 (+13.0)	+18.8 (+25.4)	+26.4 (+20.3)	
충북	1351.4	절대값	1,615.9 (1,547.5)	1,633.0 (1,740.1)	1,785.2 (1,668.9)	54.23 (39.69)
		변화율	+19.6 (+14.5)	+20.8 (+28.8)	+32.1 (+23.5)	
충남	1264.2	절대값	1,564.9 (1,526.1)	1,614.9 (1,703.7)	1,764.5 (1,691.1)	62.54 (53.36)
		변화율	+23.8 (+20.7)	+27.7 (+34.8)	+39.6 (+33.8)	
전북	1417.4	절대값	1,719.8 (1,618.0)	1,786.8 (1,868.7)	1,923.5 (1,785.8)	63.26 (46.05)
		변화율	+21.3 (+14.2)	+26.1 (+31.8)	+35.7 (+26.0)	
전남	1476.0	절대값	1,835.5 (1,759.0)	1,868.2 (1,989.4)	2,034.1 (2,055.9)	69.76 (72.49)
		변화율	+24.4 (+19.2)	+26.6 (+34.8)	+37.8 (+39.3)	
경북	1291.6	절대값	1,528.7 (1,473.5)	1,559.7 (1,635.7)	1,661.3 (1,581.7)	46.21 (36.26)
		변화율	+18.4 (+14.1)	+20.8 (+26.6)	+28.6 (+22.5)	
경남	1596.8	절대값	1,954.7 (1,921.5)	2,014.2 (2,139.8)	2,131.0 (2,168.8)	66.78 (71.50)
		변화율	+22.4 (+20.3)	+26.1 (+34.0)	+33.5 (+35.8)	
제주	2168.1	절대값	2,479.2 (2,456.1)	2,561.1 (2,642.6)	2,709.7 (2,924.5)	67.70 (94.55)
		변화율	+14.3 (+13.3)	+18.1 (+21.9)	+25.0 (+34.9)	

표 A3
RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도의
연평균 서리일수 변화 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 단위는 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와
현재 기후값(2001-2010)의 차이를
10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)		21세기 중반기 (2041-2070)		21세기 후반기 (2071-2100)		경향성 (10년당)	
서울	87.7	86.8	(85.3)	81.2	(65.4)	75.9	(44.4)	-1.48	(-5.41)
부산	54.4	50.5	(49.5)	44.0	(30.2)	38.8	(15.9)	-1.95	(-4.81)
대구	94.9	90.7	(89.3)	84.5	(69.3)	79.1	(49.0)	-1.98	(-5.74)
인천	96.3	89.3	(87.7)	81.9	(66.4)	76.2	(43.3)	-2.51	(-6.63)
광주	89.8	84.9	(84.2)	76.2	(60.6)	70.4	(34.6)	-2.43	(-6.90)
대전	110.8	104.5	(103.2)	98.7	(84.2)	92.4	(60.4)	-2.30	(-6.30)
울산	80.1	73.4	(71.7)	67.0	(51.5)	61.3	(33.3)	-2.35	(-5.85)
경기	123.7	116.9	(116.6)	111.8	(99.7)	105.5	(77.6)	-2.28	(-5.76)
강원	144.1	131.9	(132.9)	124.1	(113.5)	117.5	(89.2)	-3.33	(-6.86)
충북	133.8	125.1	(125.1)	119.4	(107.5)	112.7	(83.6)	-2.64	(-6.28)
충남	114.5	106.6	(106.0)	99.6	(86.0)	92.9	(61.5)	-2.70	(-6.63)
전북	117.7	108.1	(108.2)	100.2	(86.7)	93.8	(61.3)	-2.99	(-7.05)
전남	87.9	78.1	(78.0)	69.1	(54.4)	62.6	(31.8)	-3.16	(-7.01)
경북	122.9	113.0	(112.9)	107.0	(93.5)	100.3	(70.1)	-2.83	(-6.60)
경남	100.6	92.6	(92.2)	85.9	(72.1)	80.5	(51.4)	-2.51	(-6.15)
제주	35.1	29.8	(30.1)	22.6	(15.7)	18.1	(6.8)	-2.13	(-3.54)

표 A4
RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도의
연평균 여름일수 변화 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 단위는 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와
현재 기후값(2001-2010)의 차이를
10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)		21세기 중반기 (2041-2070)		21세기 후반기 (2071-2100)		경향성 (10년당)	
서울	121.8	126.0	(131.3)	142.7	(149.9)	146.2	(169.3)	3.05	(5.94)
부산	100.8	113.8	(124.1)	134.2	(144.6)	141.4	(170.1)	5.08	(8.66)
대구	122.2	130.3	(139.2)	149.0	(155.6)	152.4	(177.3)	3.78	(6.89)
인천	99.2	109.1	(112.8)	128.3	(135.3)	133.3	(157.0)	4.26	(7.23)
광주	130.5	135.1	(142.9)	152.8	(158.7)	154.9	(177.7)	3.05	(5.90)
대전	123.4	128.0	(136.7)	145.8	(153.1)	149.8	(173.0)	3.30	(6.20)
울산	100.7	110.4	(119.6)	129.1	(140.7)	136.0	(166.0)	4.41	(8.16)
경기	113.7	117.7	(124.4)	135.0	(143.3)	139.1	(163.9)	3.18	(6.28)
강원	74.6	75.7	(83.7)	91.8	(105.8)	99.1	(133.6)	3.06	(7.38)
충북	110.4	113.8	(122.8)	131.6	(141.3)	136.9	(163.7)	3.31	(6.66)
충남	114.5	120.8	(127.4)	138.7	(145.5)	142.9	(165.6)	3.55	(6.39)
전북	112.5	115.8	(125.1)	134.0	(143.4)	138.8	(164.7)	3.29	(6.53)
전남	113.5	120.9	(129.5)	140.5	(148.1)	144.7	(169.5)	3.90	(7.00)
경북	104.5	110.2	(119.8)	128.3	(138.7)	134.1	(163.3)	3.70	(7.35)
경남	111.0	117.7	(127.3)	136.8	(145.9)	142.4	(169.0)	3.93	(7.25)
제주	89.4	99.2	(105.4)	118.3	(128.2)	125.0	(156.2)	4.45	(8.35)

표 A5

RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도의
연평균 결빙일수 변화 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 단위는 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와
현재 기후값(2001-2010)의 차이를
10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)		21세기 중반기 (2041-2070)		21세기 후반기 (2071-2100)		경향성 (10년당)	
서울	18.3	11.9	(14.1)	9.2	(5.0)	5.9	(1.3)	-1.55	(-2.13)
부산	1.4	0.7	(0.7)	0.2	(0.1)	0.1	(0.0)	-0.16	(-0.18)
대구	6.8	4.6	(4.8)	2.8	(1.5)	1.7	(0.4)	-0.64	(-0.80)
인천	19.6	13.5	(15.8)	10.5	(5.8)	6.8	(1.5)	-1.60	(-2.26)
광주	5.4	3.8	(4.5)	2.3	(1.4)	1.0	(0.2)	-0.55	(-0.65)
대전	12.3	7.7	(8.3)	4.9	(2.8)	2.8	(0.6)	-1.19	(-1.46)
울산	4.3	3.1	(3.3)	2.0	(1.1)	1.3	(0.3)	-0.38	(-0.50)
경기	22.9	16.4	(18.5)	13.5	(7.9)	9.4	(2.7)	-1.69	(-2.53)
강원	36.4	26.1	(28.7)	21.7	(14.7)	17.4	(6.3)	-2.38	(-3.76)
충북	20.4	14.2	(15.7)	10.9	(6.5)	7.5	(2.2)	-1.61	(-2.28)
충남	14.7	10.2	(11.0)	7.1	(3.9)	4.2	(0.9)	-1.31	(-1.73)
전북	13.6	9.5	(10.5)	6.7	(4.4)	4.2	(1.3)	-1.18	(-1.54)
전남	5.6	3.6	(4.0)	2.3	(1.4)	1.2	(0.3)	-0.55	(-0.66)
경북	13.8	9.1	(10.3)	6.7	(4.0)	4.5	(1.3)	-1.16	(-1.56)
경남	6.1	4.0	(4.2)	2.8	(1.7)	1.8	(0.6)	-0.54	(-0.69)
제주	4.5	2.5	(2.7)	1.7	(1.1)	1.0	(0.3)	-0.44	(-0.53)

표 A6

RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도의
연평균 열대야일수 변화 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 단위는 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와
현재 기후값(2001-2010)의 차이를
10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)		21세기 중반기 (2041-2070)		21세기 후반기 (2071-2100)		경향성 (10년당)	
서울	8.2	13.6	(17.9)	26.8	(41.9)	37.2	(72.0)	3.63	(7.98)
부산	7.8	11.8	(20.4)	27.2	(43.7)	37.6	(72.3)	3.73	(8.06)
대구	6.1	13.2	(18.2)	24.3	(38.3)	32.5	(60.5)	3.30	(6.80)
인천	2.0	6.1	(7.4)	17.1	(29.3)	25.6	(61.6)	2.95	(7.45)
광주	7.3	15.7	(20.5)	31.1	(43.1)	41.9	(68.6)	4.33	(7.66)
대전	1.6	7.0	(11.6)	19.5	(31.9)	26.9	(58.0)	3.16	(7.05)
울산	4.0	7.9	(12.4)	19.1	(32.1)	27.8	(58.6)	2.98	(6.83)
경기	1.4	5.1	(7.4)	13.7	(23.9)	20.4	(48.7)	2.38	(5.91)
강원	0.2	1.1	(1.7)	3.8	(8.3)	6.2	(21.4)	0.75	(2.65)
충북	0.3	2.7	(4.5)	9.7	(17.9)	14.6	(39.6)	1.79	(4.91)
충남	1.8	5.8	(8.7)	17.1	(27.9)	24.9	(55.5)	2.89	(6.71)
전북	2.3	6.9	(9.3)	16.5	(24.8)	23.1	(48.5)	2.60	(5.78)
전남	4.9	9.5	(14.3)	23.4	(35.6)	32.6	(62.6)	3.46	(7.21)
경북	0.8	4.2	(6.5)	11.0	(20.6)	16.7	(41.2)	1.99	(5.05)
경남	2.7	7.7	(12.1)	18.3	(30.4)	26.0	(53.5)	2.91	(6.35)
제주	9.5	16.1	(20.0)	29.8	(40.5)	38.6	(65.8)	3.64	(7.04)

표 A7
RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도의
연평균 식물성장기간 변화 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 단위는 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재 기후값(2001-2010)의 차이를 10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (10년당)
서울	268.5	273.5 (276.3)	279.5 (299.0)	282.9 (318.3)	1.80 (6.23)
부산	312.8	324.6 (326.7)	333.3 (348.7)	339.2 (352.2)	3.30 (4.93)
대구	278.7	284.7 (284.9)	291.0 (314.7)	297.4 (331.1)	2.34 (6.55)
인천	256.6	267.9 (269.9)	276.1 (294.8)	280.7 (317.5)	3.01 (7.61)
광주	290.5	294.1 (291.5)	298.6 (324.4)	304.1 (339.8)	1.70 (6.16)
대전	265.2	268.3 (272.3)	275.0 (295.6)	279.1 (317.9)	1.74 (6.59)
울산	293.8	304.7 (307.7)	311.0 (333.2)	319.2 (342.2)	3.18 (6.05)
경기	250.2	252.4 (254.4)	256.8 (273.5)	263.5 (298.2)	1.66 (6.00)
강원	230.1	237.6 (235.3)	242.3 (257.9)	251.5 (284.0)	2.68 (6.74)
충북	248.0	249.5 (252.0)	253.8 (273.2)	261.7 (299.3)	1.71 (6.41)
충남	258.1	262.9 (267.5)	269.7 (290.8)	277.7 (315.3)	2.45 (7.15)
전북	261.7	265.6 (269.0)	273.4 (297.5)	281.0 (318.7)	2.41 (7.13)
전남	286.3	294.6 (295.1)	303.6 (325.7)	311.0 (339.9)	3.09 (6.70)
경북	254.8	262.1 (263.3)	268.8 (289.6)	276.2 (312.9)	2.68 (7.26)
경남	277.8	286.4 (287.3)	294.5 (316.6)	301.2 (332.4)	2.93 (6.83)
제주	322.9	329.9 (330.8)	340.7 (348.3)	344.5 (354.9)	2.70 (4.00)

표 A8
RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도의
연평균 폭염일수 변화 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 단위는 일수.
- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재 기후값(2001-2010)의 차이를 10년당 변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)	21세기 전반기 (2011-2040)	21세기 중반기 (2041-2070)	21세기 후반기 (2071-2100)	경향성 (10년당)
서울	11.1	15.1 (22.0)	24.4 (38.6)	31.8 (73.4)	2.59 (7.79)
부산	7.5	9.7 (14.3)	15.7 (28.7)	21.5 (54.3)	1.75 (5.85)
대구	22.0	22.8 (30.7)	32.1 (47.3)	37.2 (77.0)	1.90 (6.88)
인천	3.3	5.6 (8.3)	11.3 (22.2)	16.9 (53.7)	1.70 (6.30)
광주	16.0	15.1 (24.0)	25.4 (42.0)	32.6 (77.3)	2.08 (7.66)
대전	11.9	12.4 (20.5)	22.0 (37.2)	29.0 (71.6)	2.14 (7.46)
울산	11.8	13.8 (18.9)	19.8 (31.9)	25.2 (55.4)	1.68 (5.45)
경기	8.3	11.2 (15.8)	18.2 (29.5)	24.0 (62.0)	1.96 (6.71)
강원	3.5	4.9 (6.7)	8.4 (13.9)	10.4 (30.3)	0.86 (3.35)
충북	8.9	9.1 (14.1)	16.1 (26.8)	21.0 (57.4)	1.51 (6.06)
충남	7.9	9.6 (15.5)	17.2 (30.4)	23.7 (63.6)	1.98 (6.96)
전북	8.4	9.2 (15.6)	17.1 (30.5)	22.8 (60.4)	1.80 (6.50)
전남	8.5	8.5 (13.9)	16.4 (30.4)	22.7 (60.9)	1.78 (6.55)
경북	11.9	13.0 (18.5)	19.7 (30.5)	23.5 (56.4)	1.45 (5.56)
경남	12.4	13.4 (18.6)	20.6 (33.3)	25.5 (59.5)	1.64 (5.89)
제주	1.6	4.8 (7.2)	10.8 (19.5)	15.6 (41.2)	1.75 (4.95)

표 A9

RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도별
연평균 강수량도 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 전망값은 절대값과
편차를 함께 나타내었으며, 단위는
mm/일.

- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재
기후값(2001-2010)의 차이를 10년당
변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)		21세기 전반기 (2011-2040)		21세기 중반기 (2041-2070)		21세기 후반기 (2071-2100)		경향성 (10년당)	
서울	11.2	(10.8)	12.2	(11.6)	12.7	(13.3)	13.8	(12.9)	0.38	(0.21)
부산	11.3	(11.0)	12.5	(12.3)	13.2	(13.5)	13.7	(14.0)	0.34	(0.34)
대구	9.6	(9.3)	10.0	(9.1)	10.4	(10.0)	10.7	(9.5)	0.18	(-0.01)
인천	9.9	(9.6)	10.7	(10.6)	11.7	(11.5)	12.5	(12.1)	0.36	(0.28)
광주	10.4	(10.1)	11.7	(10.9)	12.0	(12.3)	12.9	(12.2)	0.35	(0.23)
대전	10.6	(9.7)	11.1	(10.1)	11.4	(11.0)	12.3	(10.9)	0.33	(0.04)
울산	10.9	(10.4)	11.5	(11.0)	12.0	(12.1)	12.3	(12.2)	0.24	(0.16)
경기	10.6	(10.6)	11.9	(11.4)	12.3	(12.8)	13.3	(12.6)	0.34	(0.25)
강원	10.0	(10.0)	11.0	(10.5)	11.2	(11.6)	11.8	(11.2)	0.23	(0.15)
충북	10.1	(9.7)	10.9	(10.1)	11.0	(11.1)	12.0	(10.8)	0.29	(0.09)
충남	9.9	(9.3)	10.7	(10.0)	11.0	(11.1)	12.0	(11.2)	0.34	(0.16)
전북	10.0	(9.4)	10.8	(9.8)	11.3	(11.2)	12.1	(10.8)	0.34	(0.10)
전남	10.2	(10.1)	11.3	(10.7)	11.6	(12.1)	12.4	(12.5)	0.29	(0.29)
경북	9.7	(9.3)	10.3	(9.6)	10.5	(10.5)	11.0	(10.1)	0.21	(0.05)
경남	11.0	(10.9)	11.9	(11.6)	12.3	(12.8)	12.8	(12.9)	0.24	(0.24)
제주	10.8	(10.7)	11.9	(11.6)	12.3	(12.5)	13.0	(13.8)	0.29	(0.38)

표 A10

RCP 4.5에 따른 남한 16개 광역시도별
연평균 호우일수 전망

- (괄호 안은 RCP 8.5). 전망값은 절대값과
편차를 함께 나타내었으며, 단위는 일수.

- 10년당 경향성은 21세기 후반기와 현재
기후값(2001-2010)의 차이를 10년당
변화값으로 환산함.

구분	현재 기후값 (2001-2010)		21세기 전반기 (2011-2040)		21세기 중반기 (2041-2070)		21세기 후반기 (2071-2100)		경향성 (10년당)	
서울	1.5	(1.2)	1.9	(1.9)	2.2	(2.7)	3.2	(2.4)	0.25	(0.11)
부산	1.9	(1.3)	2.1	(2.2)	2.5	(2.7)	3.0	(3.0)	0.21	(0.14)
대구	0.9	(0.8)	0.5	(0.4)	0.8	(0.9)	0.7	(0.5)	-0.01	(-0.05)
인천	1.2	(1.1)	1.4	(1.5)	1.9	(2.1)	2.5	(2.3)	0.18	(0.14)
광주	1.2	(0.7)	1.5	(1.2)	1.5	(1.9)	2.0	(1.7)	0.16	(0.06)
대전	0.9	(0.6)	1.3	(1.2)	1.2	(1.5)	1.7	(1.6)	0.14	(0.09)
울산	1.6	(1.3)	1.6	(1.5)	1.9	(1.8)	1.8	(2.1)	0.06	(0.06)
경기	1.2	(1.1)	1.8	(1.7)	2.1	(2.5)	2.8	(2.3)	0.21	(0.14)
강원	1.1	(0.9)	1.5	(1.4)	1.8	(1.9)	2.1	(1.7)	0.15	(0.08)
충북	1.0	(0.8)	1.4	(1.0)	1.3	(1.4)	1.9	(1.6)	0.14	(0.08)
충남	1.1	(0.7)	1.4	(1.2)	1.5	(1.6)	2.0	(1.9)	0.16	(0.10)
전북	0.8	(0.6)	1.2	(1.0)	1.3	(1.7)	1.8	(1.4)	0.15	(0.08)
전남	1.2	(0.7)	1.4	(1.2)	1.5	(1.9)	2.0	(2.2)	0.16	(0.13)
경북	0.9	(0.8)	1.0	(0.8)	1.1	(1.2)	1.4	(1.0)	0.08	(0.01)
경남	1.4	(1.2)	1.5	(1.4)	1.6	(2.2)	2.1	(2.1)	0.11	(0.09)
제주	1.1	(1.3)	2.1	(2.1)	2.6	(2.8)	2.7	(3.8)	0.18	(0.34)

◆ 한반도 기후전망 보고서

◆ 발행일	2012년 12월 31일
◆ 발행처	기상청
◆ 연구기관	(사)환경과문명 정회성 김태용 문대성 허태욱 신창호 이윤미 건국대학교 최영은 권재일 이한수 전상희 조성래 공주대학교 김맹기 김 성 김진욱 상 정 이대희 울산과학기술대학교 이명인 김동민 김혜림
◆ 검수기관	기상청 기후과학국 한반도기상기후팀
◆ 주소	156-720 서울특별시 동작구 여의대방로길 16길 61
◆ 홈페이지	www.kma.go.kr / www.climate.go.kr
◆ 편집·인쇄	총괄: 문대성 / 디자이너: 김은혜



기상청 Korea Meteorological Administration