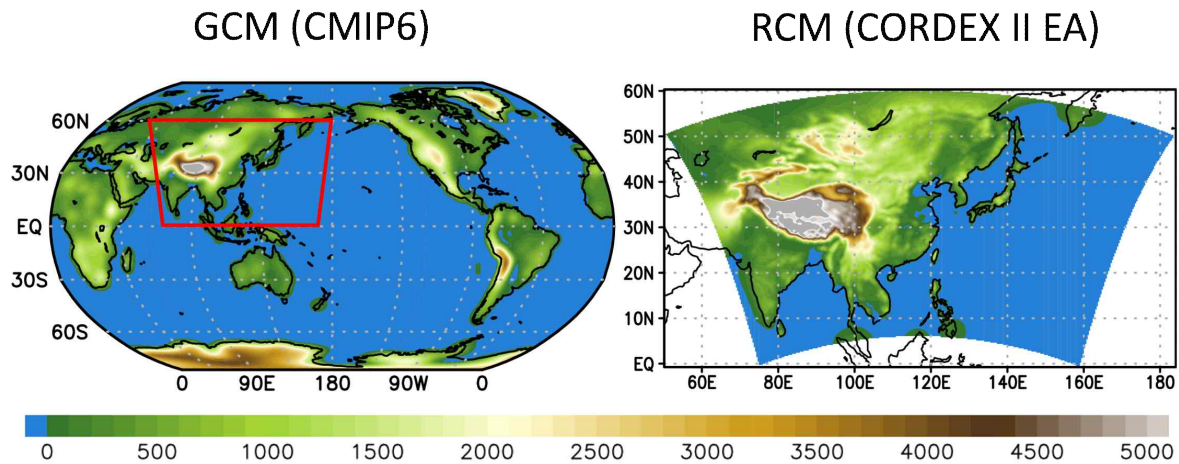


국가 기후변화 표준 시나리오(지역 기후변화 시나리오)

□ 개요

- 생산기관: 공주대학교
- 공간영역: CORDEX 동아시아 2단계 영역



- 사용모델: GRIMs

□ 생산 목적

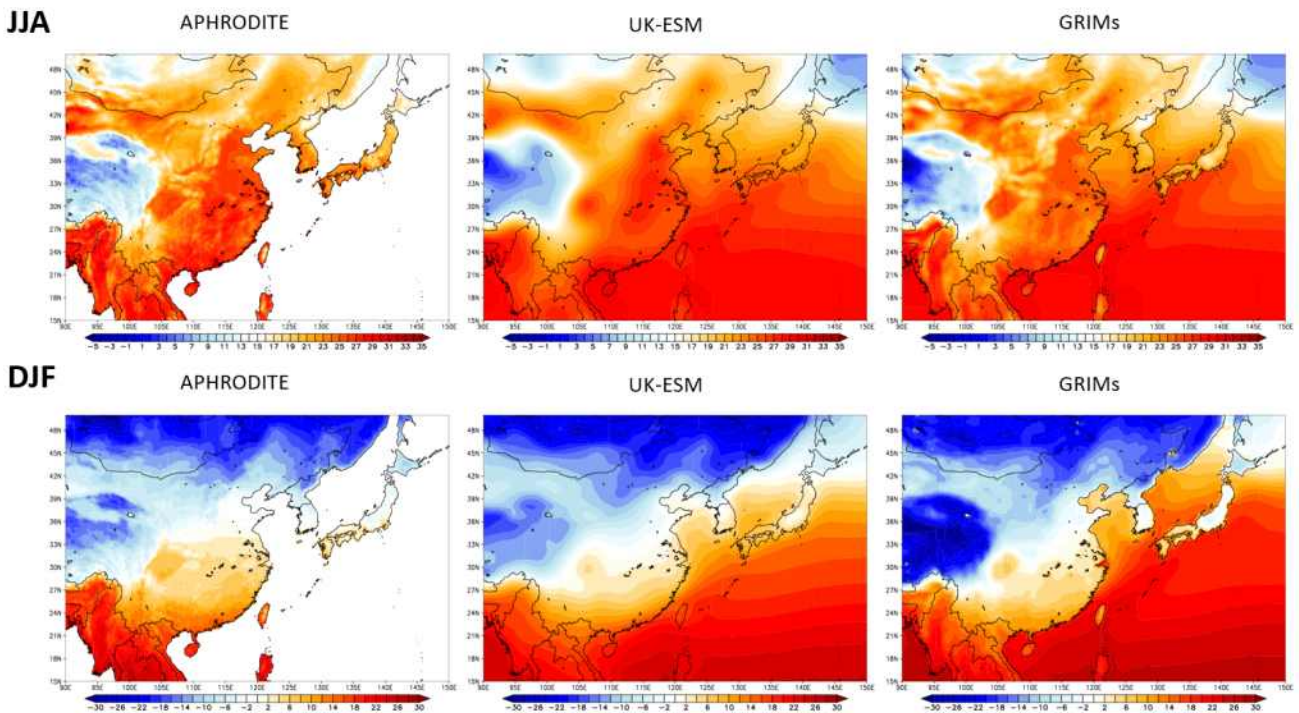
- 국가 기후변화 적응대책 수립 및 IPCC AR6에 기여하기 위하여 국제 표준체계에 따른 동아시아 기후변화 상세 시나리오를 산출함.

□ 세부 내용

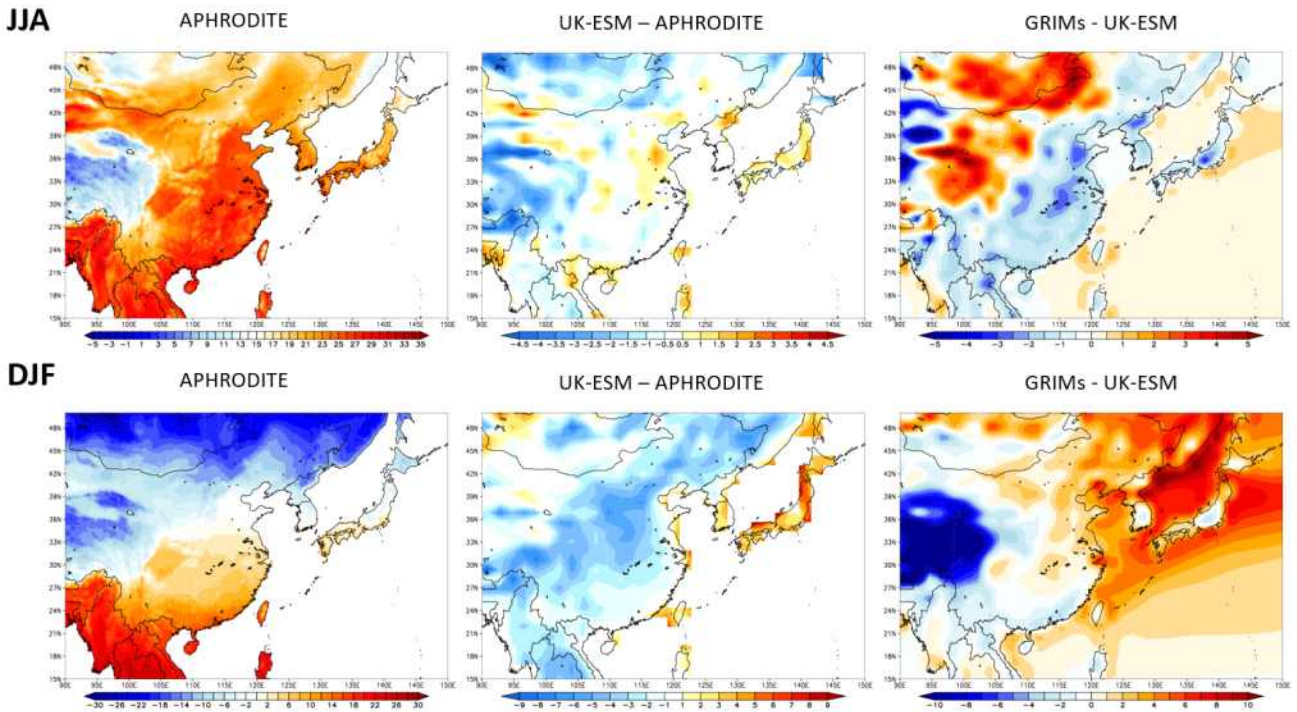
- CORDEX 동아시아 1단계 영역에서 활용되었으며, 국내 연구자들의 원천기술을 기반으로 개발되어 공군에서 현업 전구모델로 운영되고 있는 GRIMs 모델의 경계조건으로 UK-ESM을 처방하여 과거기후(1979~2014년)와 SSP 주요 시나리오 4종(1-2.6, 2-4.5, 3-7.0, 5-8.5)에 따른 미래(2015~2100년) 기후변화 전망 자료를 산출함.
- 생산된 25km 수평 해상도의 시나리오의 시간분해능은 3시간, 일, 월 간격이며, 지역기후 국제프로젝트인 CORDEX의 기준에 따라 강수량, 기온, 풍속 등 주요 기후요소를 산출함.

○ 과거 재현성 평가

- 현재(1979~2014년), 신규 시나리오에서 산출된 동아시아 여름철 지면 온도의 경우 티벳 고원 및 몽골과 같이 고도가 높은 지역에서는 관측 대비 1~3°C 가량 낮게 나타났으나, 한반도 및 일본과 대만, 필리핀에서는 1°C 정도 높게 표현됨. GRIMs 모델의 경우 여름철 UKESM에서 나타난 편이를 개선하여 관측과 가깝게 표현하는 것을 확인하였음.
- 겨울철의 경우 UKESM은 일본 및 남한 지역을 제외한 대부분의 육상 지역에서 관측보다 낮은 지면 온도를 나타내었음. GRIMs 모델의 경우 티벳 지역을 제외하고, 북만주 지역 및 남한과 일본 지역에서 나타났던 UKESM의 편이를 관측에 가깝게 개선하였음.

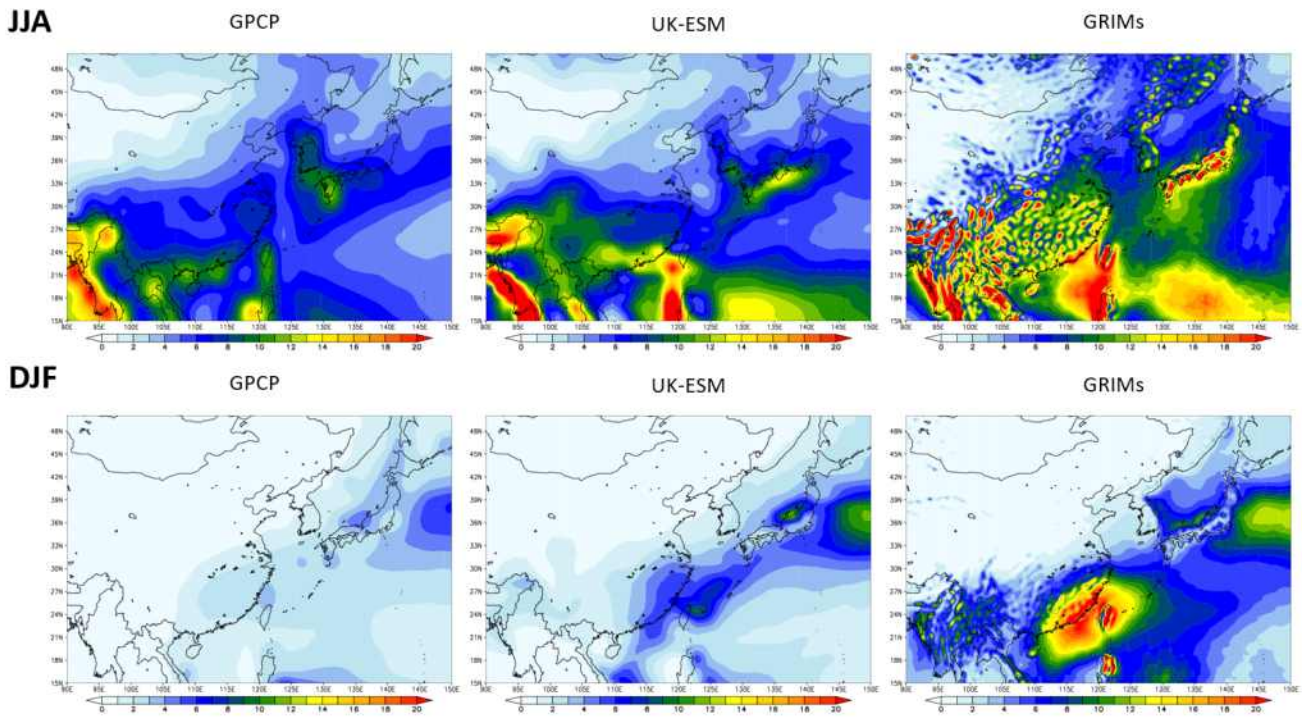


<과거기후(1979~2014년) 여름철(위) 및 겨울철(아래) 관측자료의 지표온도(K) (APHRODITE, 좌), 지역기후모델의 입력자료로 활용된 전구모델에서의 지표온도 (UK-ESM, 중), 지역기후모델의 지표온도 (GRIMs, 우).>

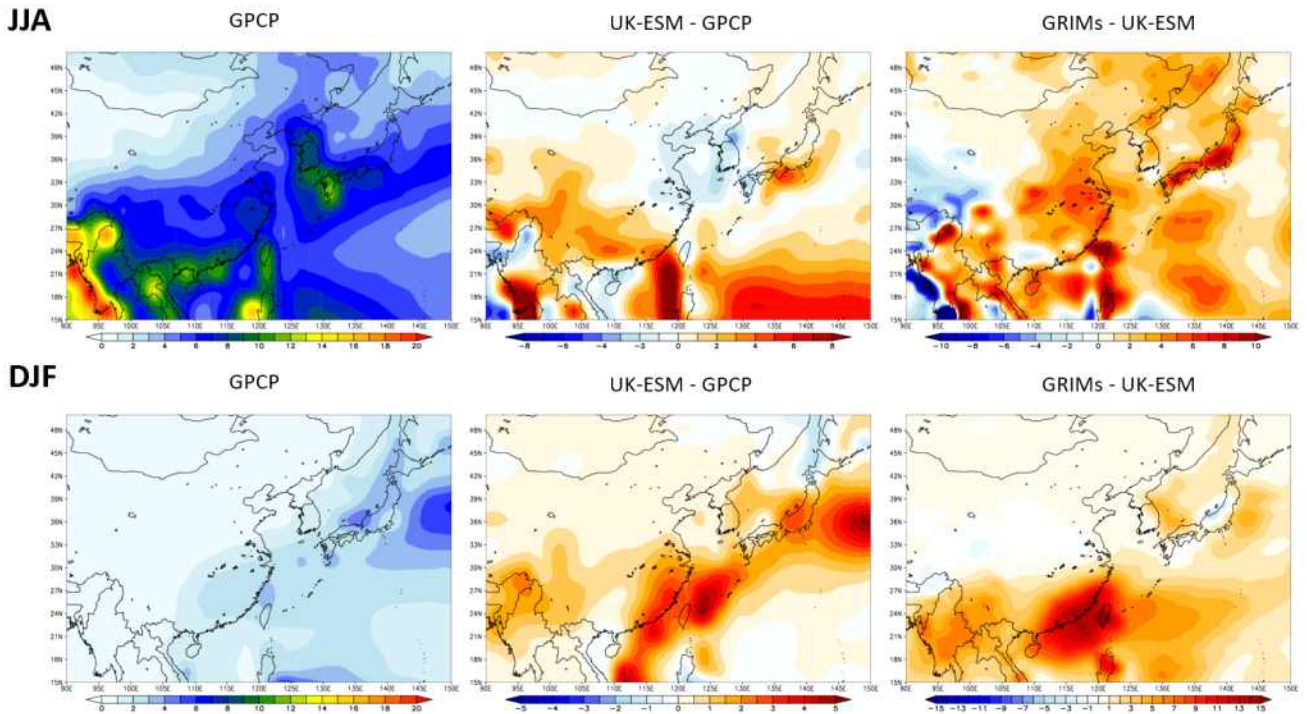


<과거기후(1979~2014년) 여름철(위) 및 겨울철(아래) 관측자료의 지표온도(K) (APHRODITE, 좌), 관측자료와 전구모델에서의 지표온도 차이 (UK-ESM - APHRODITE, 중), 전구모델과 지역기후모델 지표온도 차이 (GRIMs - UK-ESM), 우.>

- 현재(1979~2014년) 기간에 대해 동아시아 지역에서는 여름철 인도 몬순과 관련하여 인도차이나 동부 지역에 강한 강수가 나타나며 동중국-한반도-일본지역을 따라 동아시아 여름 몬순과 관련한 강수대가 위치함. UKESM과 GRIMs 모델 모두 해당 강수패턴을 비교적 잘 표현하였음. UKESM의 경우 서해를 중심으로 중국의 동부해안 및 한반도에 걸쳐 관측에 비해 낮은 강수량을 모의하였으나, GRIMs 모델을 사용한 역학적 상세화 결과에서 UKESM에 비해 많은 강수량을 표현하였음. 다만 중국 화남지역 및 일본열도지역을 따라 국지적으로 높은 강수량을 나타내는 지역이 표현되었음.
- 동일 기간에 동아시아 겨울철 강수량의 경우 GRIMs 모델에서 중국 남부해안가 지역에 과도한 강수가 표현되었음.



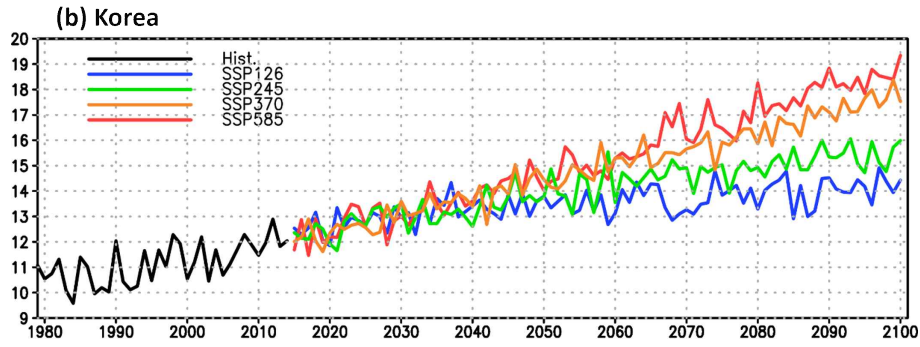
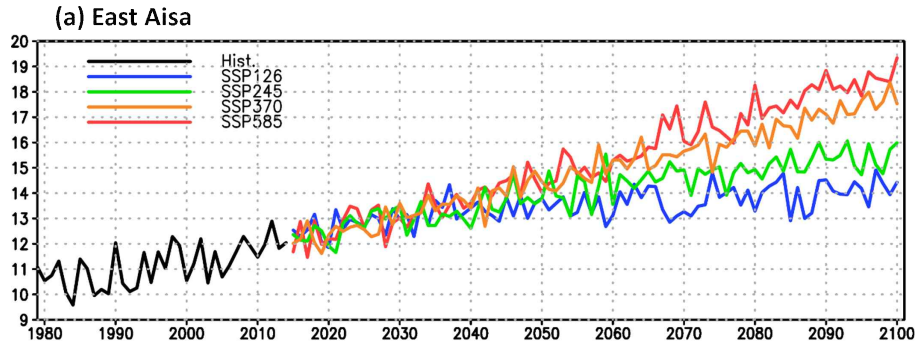
<과거기후(1979~2014년) 여름철(위) 및 겨울철(아래) 관측자료의 강수량(mm day^{-1}) (GPCP, 좌), 지역기후모델의 입력자료로 활용된 전구모델에서의 강수량 (UK-ESM, 중), 지역기후모델의 강수량 (GRIMs, 우).>



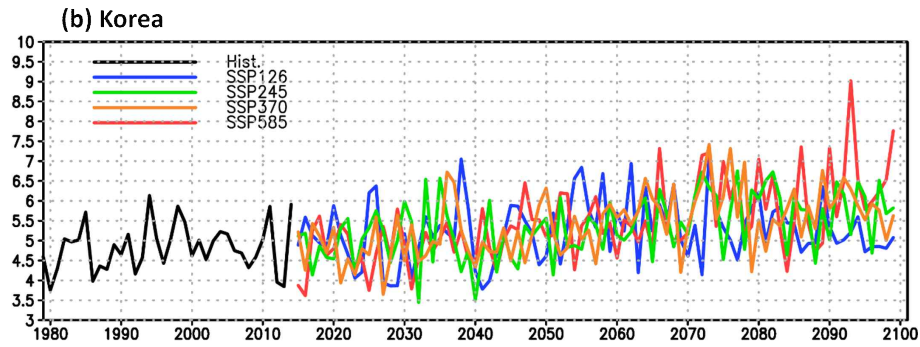
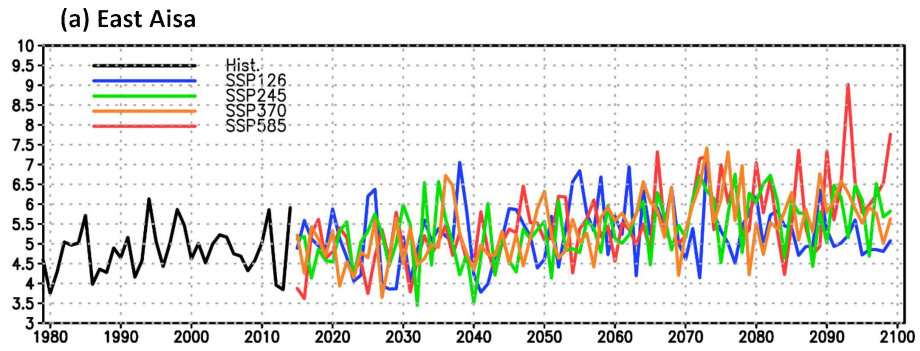
<과거기후(1979~2014년) 여름철(위) 및 겨울철(아래) 관측자료의 강수량(mm day^{-1}) (GPCP, 좌), 관측자료와 전구모델에서의 강수량 차이 (UK-ESM - GPCP, 중), 전구모델과 지역기후모델 강수량 차이 (GRIMs - UK-ESM, 우).>

○ 미래 기후변화 전망

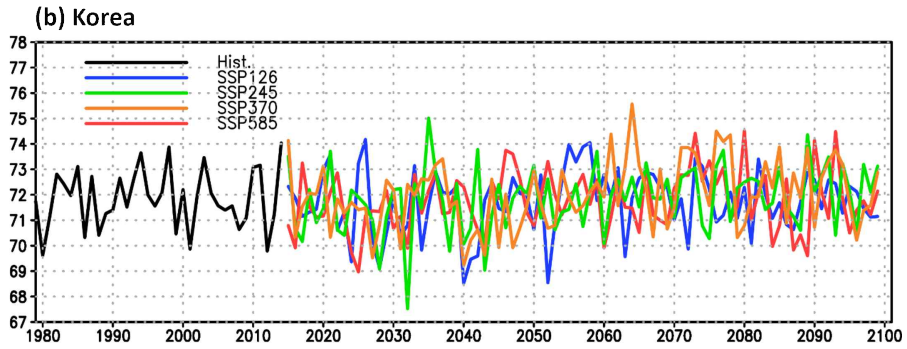
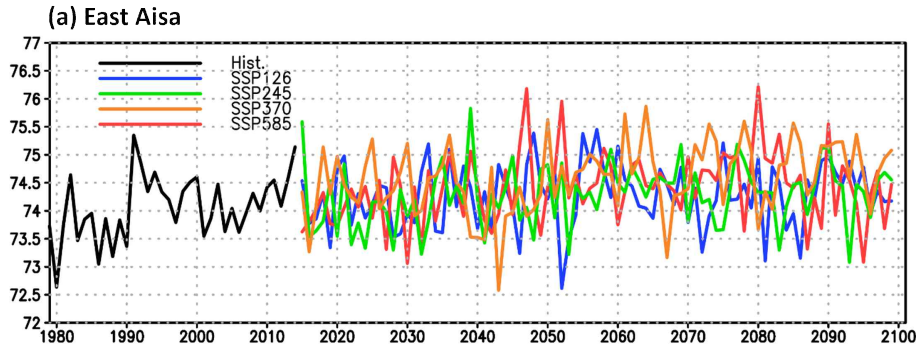
- 기후변화 시나리오의 역학적 상세화 결과 중 2m 온도의 경우 동아시아 영역에 대해 현재의 기온분포가 9.5~12.9℃의 범위를 갖는 것과 비교해 증가하는 것으로 나타남. 특히 21세기 후반(2076~2100)으로 갈수록 각 시나리오별 차이는 점차 증가하여 SSP126 시나리오에서 12.9~15℃ 분포를 나타내지만 SSP585 시나리오의 경우 16.9~19.4℃의 분포를 보여 각 기간의 최고기온은 현재 대비 2.1℃ 및 6.5℃가 증가하는 것으로 나타남.
- 21세기 후반 여름철 강수량 변화는 급격한 지구온난화 시나리오일수록 현재 기후값 대비 소폭의 강수량의 증가가 나타남. SSP585 시나리오에서 강수량의 증가와 함께 확인되는 것은 강수의 연변동이 크게 표현되며 극한값이 발생하는 해의 강수량 최댓값이 매년 기록을 갱신 할 정도로 높은 강우강도가 나타남.
- 여름철 평균 2m 기온의 경우 21세기 중반(2026~2050)은 4종의 기후변화 시나리오별 차이가 크지 않아 동아시아 전역의 평균값으로는 현재 기후값 대비 2.3~2.7℃의 증가를 보였으나, 21세기 후반(2076~2100)은 동아시아 전역 평균값이 현재 기후값 대비 3.0~6.8℃ 증가를 보이는 등 극한 기후변화시나리오에서 더욱 높은 기온 증가가 나타남. 특히 한반도의 경우 동아시아 평균값보다 0.3℃가량 높은 온도 증가가 표현됨.
- 여름철 평균 강수량의 경우 21세기 중반(2026~2050)은 동아시아 전역의 평균값 기준 현재의 7.0 mm day⁻¹에 비해 0.5~0.7 mm day⁻¹증가하는 것으로 나타남. 21세기 후반으로 갈수록 극한 기후변화 시나리오에서 강수량의 증가가 크게 나타나며 동아시아 평균 현재 기후값 대비 0.6~2.0 mm day⁻¹ 강수량의 증가가 나타남.



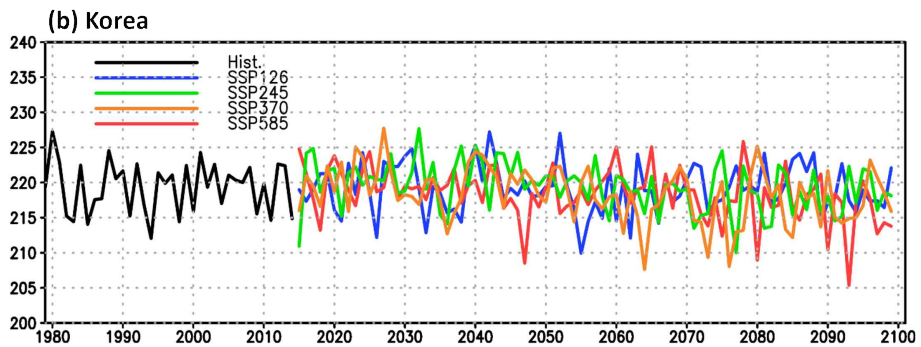
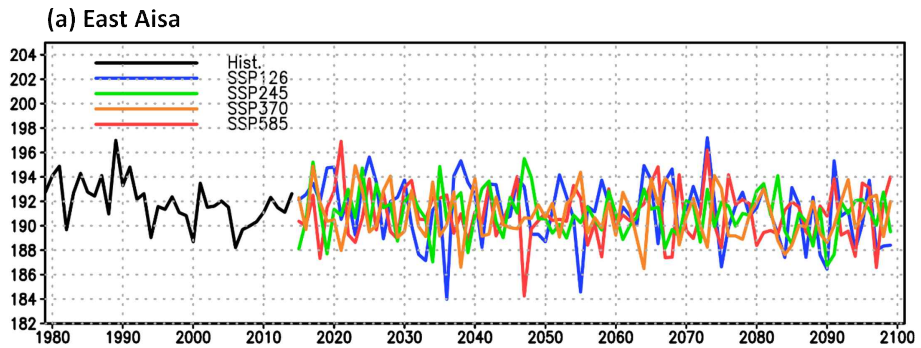
<SSP 4종 시나리오 기반, 현재와 미래 기간(1985~2100년), 동아시아(위)와 한반도(아래) 지역에서 지역기후 모델 GRIMs의 평균 2m 기온(°C) 변화.>



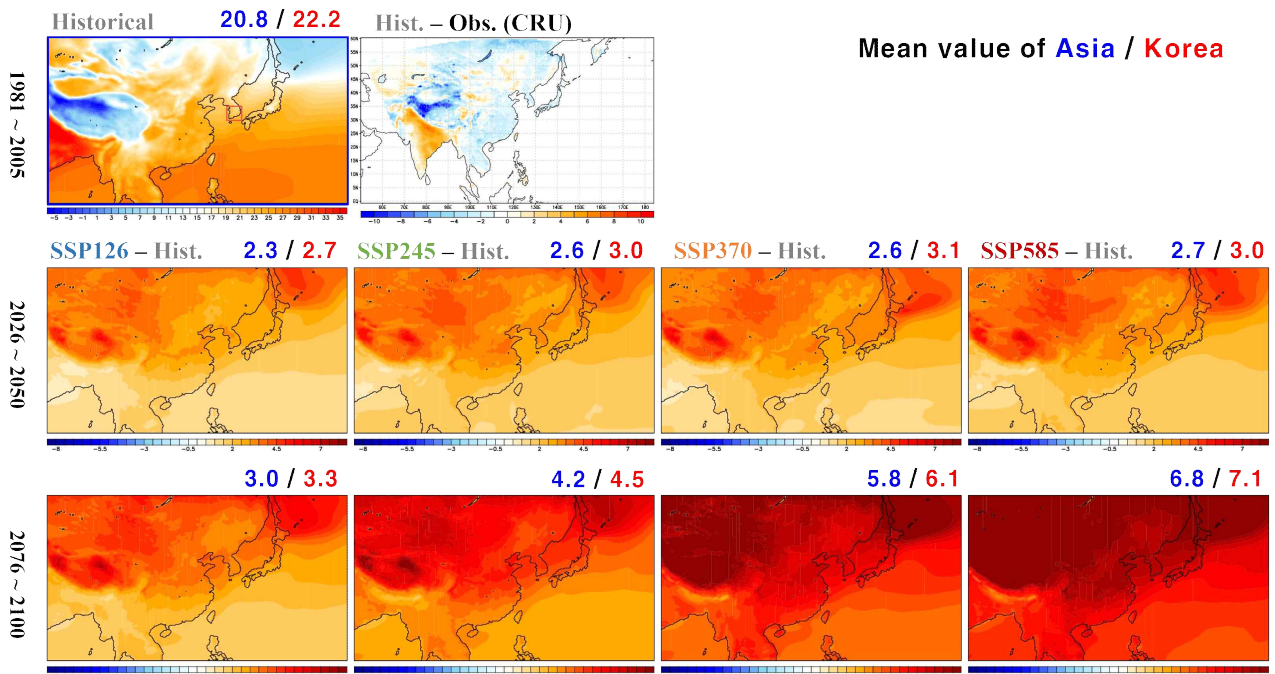
<SSP 4종 시나리오 기반, 현재와 미래 기간(1985~2100년), 동아시아(위)와 한반도(아래) 지역에서 지역기후 모델 GRIMs의 평균 강수량(mm day⁻¹) 변화.>



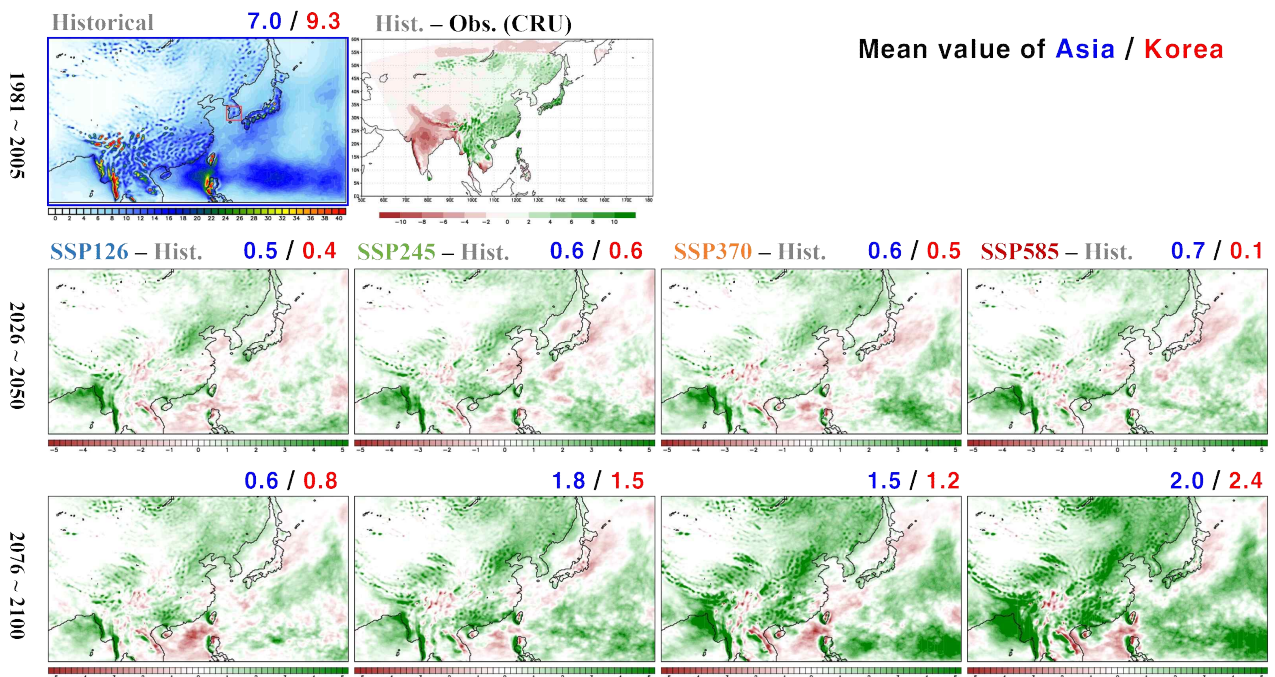
<SSP 4종 시나리오 기반, 현재와 미래 기간(1985~2100년), 동아시아(위)와 한반도(아래) 지역에서 지역기후 모델 GRIMs의 상대습도(%) 변화.>



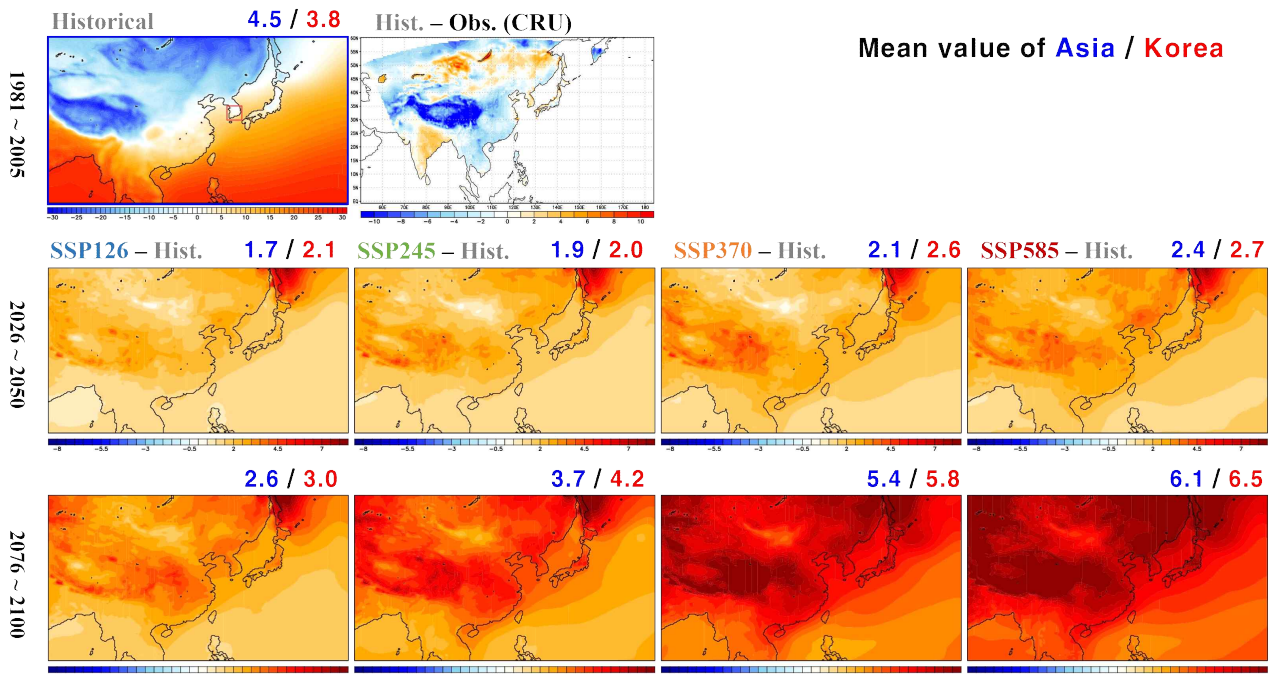
<SSP 4종 시나리오 기반, 현재와 미래 기간(1985~2100년), 동아시아(위)와 한반도(아래) 지역에서 지역기후 모델 GRIMs의 하향단파복사 ($W m^2$) 변화.>



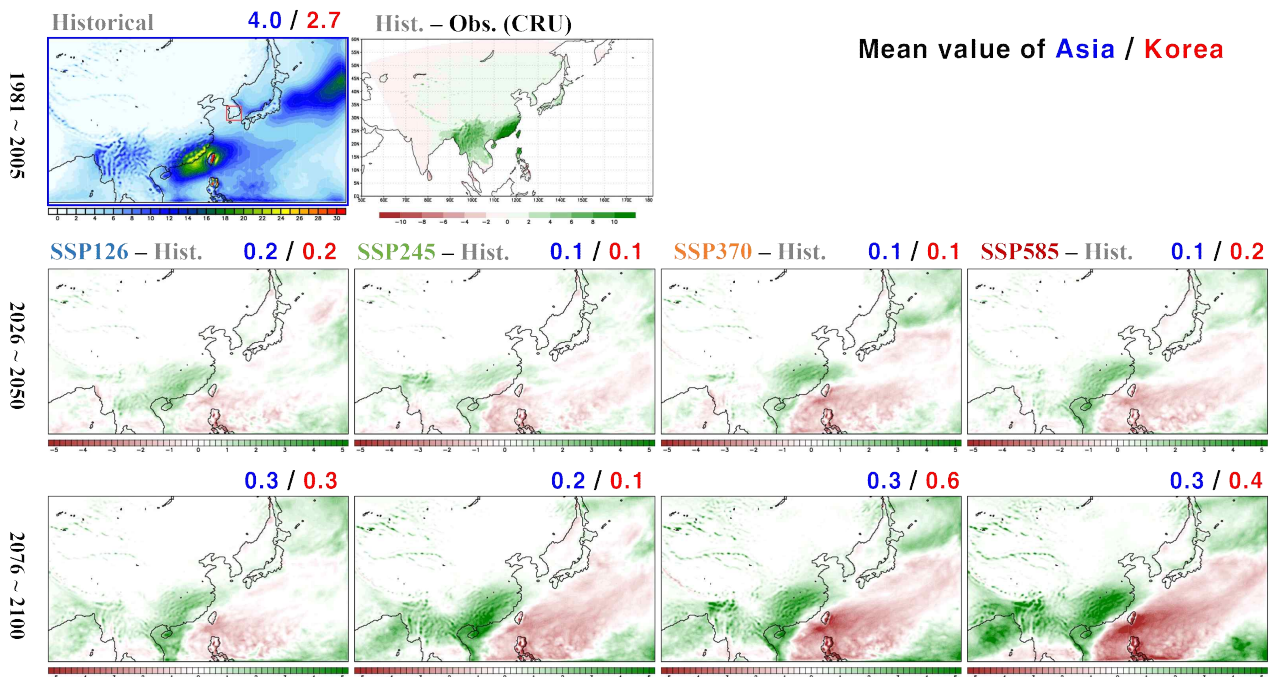
<현재(1979-2014)와 지역기후 모델 GRIMs의 여름철 평균 2m 기온 분포 (°C) 및 현재에 대한 미래 시나리오 4종(2065-2100; SSP1-26, SSP2-45, SSP3-70, SSP5-85) 에서의 여름철 평균 2m 기온 분포의 변화. 파란색은 아시아 지역에 대해, 붉은색은 남한 영역에 대해 평균한 값임.>



<현재(1979-2014)와 지역기후 모델 GRIMs의 여름철 평균 강수량 분포(mm d⁻¹) 및 현재에 대한 미래 시나리오 4종(2065-2100; SSP1-26, SSP2-45, SSP3-70, SSP5-85) 에서의 여름철 평균 강수량 변화. 파란색은 아시아 지역에 대해, 붉은색은 남한 영역에 대해 평균한 값임.>



<현재(1979-2014)와 지역기후 모델 GRIMs의 겨울철 평균 2m 기온 분포 (°C) 및 현재에 대한 미래 시나리오 4종(2065-2100; SSP1-26, SSP2-45, SSP3-70, SSP5-85) 에서의 겨울철 평균 2m 기온 분포의 변화. 파란색은 아시아 지역에 대해, 붉은색은 남한 영역에 대해 평균한 값임.>



<현재(1979-2014)와 지역기후 모델 GRIMs의 겨울철 평균 강수량 분포(mm d⁻¹) 및 현재에 대한 미래 시나리오 4종(2065-2100; SSP1-26, SSP2-45, SSP3-70, SSP5-85) 에서의 겨울철 평균 강수량 변화. 파란색은 아시아 지역에 대해, 붉은색은 남한 영역에 대해 평균한 값임.>

□ 시나리오 활용 현황

- 문재인 정부 국정과제(61-2) “기후변화 적응능력 제고”와 관련된 제3차 기상업무발전 기본계획, 제3차 기후업무발전 기본계획과 연계됨.
- 기상업무지원기술개발연구의 자체 R&D 연구과제 및 기상청 기후·응용 R&D “국가 기후변화대응정책 지원을 위한 지역기후 상세화 기법 고도화 및 상세 기후변화정보 산출”과 연계됨.
- 기상업무지원기술개발연구의 자체 R&D 연구과제 및 기상청 기후·응용 R&D “AR6 기반 상세 기후변화 정보 생산 기반기술 개발”과 연계됨.

□ 관련 논문 및 보고서 등

- CORDEX-EA Phase 2 다중 지역기후모델을 이용한 한반도 미래 극한 기후 전망(대기, '21.12.)
- SSP 시나리오 기반 CORDEX-동아시아 2단계 다중 기후모델의 동아시아 지역 모의 성능평가 및 미래 전망 분석(기후변화학회지, '22.06.)
- 기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 사업 “GRIMs 지역 기후모델을 이용한 SSP 시나리오 기반 동아시아 상세 기후변화정보 산출” 최종보고서(기상청 한국기상산업기술원, '23.04.)

□ 기타사항

- GRIMs 기반 새로운 동아시아 기후변화 시나리오는 CORDEX 동아시아 자료뱅크와 연계된 ESGF 데이터 노드에서 제공 예정.