

TRAVEL REPORT FORM

출장보고서

결재	선임연구원	과장	부서장	원장
	12/23	12/24	12/24	12/26
	박지훈	김형진	유진호	권원태
협조	과장			
	12/24			
	이우섭			

I. Travel Overview 출장개요

1. Traveler(s) 출장자

Department 소속	Position 직위(직급)	Name 성명	Note 비고
기후분석과	선임연구원	김선태	
예측기술과	선임연구원	박지훈	

2. Travel Period 출장기간

- 김선태: 2019.12.08. (일) - 2018.12.14. (토)
- 박지훈: 2019.12.08. (일) - 2018.12.16. (월)

3. Occasion and destination 행사 및 출장지

- 행사명: 2019 AGU Fall meeting 참석
- 장소: 모스크 센터, 샌프란시스코, 미국
- 출장세부일정

일시	출발지	도착지	업무수행 내용	비고
12/8	부산	샌프란시스코	이동 및 학회 등록	김선태, 박지훈
12/9-13	샌프란시스코		학회발표회 참석	12/9 박지훈 연구발표
12/11	샌프란시스코		KASA night 참석	김선태 (APEC 기후센터 연구 소개 발표)
12/13-14	샌프란시스코	부산	이동	김선태
12/14-16	샌프란시스코	부산	이동	박지훈

II. Major Activities 주요업무 수행내용

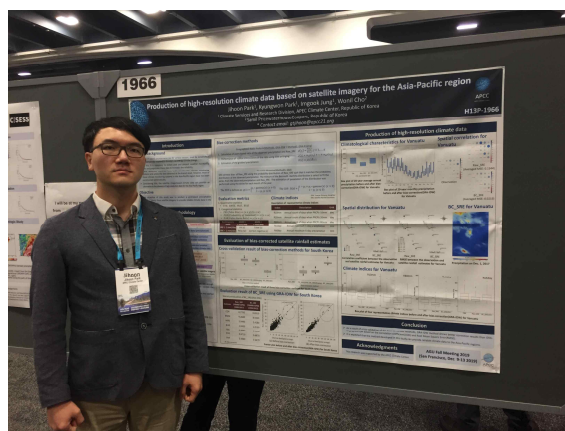
1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

가. 개요

- 미국 지구물리 연합(American Geophysics Union) 미팅은 매년 12월에 미국에서 열리는 가장 많은 지구 및 우주 과학자들이 모이는 학술 대회로서, 기후과학, 수자원 등에서 세계적인 과학자들의 연구들이 발표되며, 아울러 지구 과학 분야의 세계적인 동향들을 파악할 수 있는 중요한 학술 대회임. 올해는 학회 100주년이었고, 지구/우주 물리 연구 관련 세계적인 석학들의 특강 등 다양한 프로그램들이 있었음.

나. 주요 업무 수행 사항

- APEC 기후센터 출장자 발표 세션 및 발표 제목
 - 박지훈 선임연구원은 아태지역을 대상으로 위성영상 기반 고해상도 기후자료 생산에 대한 연구 내용을 발표하였음.
 - 발표 세션: H13P Space-Based Precipitation Observations, Estimation, and Applications: A Centennial Perspective IV Posters
 - 발표 제목: Production of high-resolution climate data based on satellite imagery for the Asia-Pacific region (H13P-1966)
 - 발표 일시: 12월 09일 (월) 13:40-18:00, Moscone South-Poster Hall
 - 발표 내용: 아시아-태평양 지역을 대상으로 고해상도 격자기반 기후자료를 생산하는 방법과 결과에 대해 발표함. 원시위성자료와 편의보정된 위성자료를 제공하였음. 3가지의 편의보정 기법을 적용하여 최적의 결과를 보여주는 기법을 선정함. 바누아투를 대상으로 강수량 자료를 생산하여 결과를 제시함.
 - Feedbacks: 바누아투의 장기간의 격자기반 기후자료를 생산하여 제공하는 것에 대해 관심을 보였음. 사용한 위성자료 종류(GPM IMERG V06B), 원시위성자료 구축 방법(해상도를 통일 방법), 편의보정 기법(GRA의 전체적인 설명, QM에서 사용한 분포의 종류)에 대해 구체적으로 문의함. 또한 편의보정된 위성자료의 통계량(특히 공간상관분석 방법과 결과)에 대해 관심이 많았음. 추후 공식적인 자료를 배포해주기를 요청함.



※ 붙임 1. 박지훈 발표자료

○ KASA (Korean Atmospheric Scientists in America) night 행사 참석(김선태 선임연구원)

- 2017년부터 매년 AGU 미팅에서 기상청, APEC 기후센터, 기상과학원, 한국형수치예보개발사업단 공동으로 개최되는 모임으로서, 재미 대기과학자들과의 상호교류 및 연구 성과 공유를 위한 행사임.
- 한 개의 키노트 발표(발표자: UNIST 이명인 교수, 제목: global warming and heatwaves)와 각 기관에서 3개의 구두 발표와 재미 과학자들의 포스터 발표가 있었음.
 - 키노트 발표에서 최근 한반도 폭염 발생에 스칸디나비아 원격 상관 패턴의 영향이 강화되었으며, 이는 최근 유럽 지역의 토양 수분 부족 추세와 관련 가능성을 제시하였음. 계절 예측 관련해서 토양 수분 및 원격상관 패턴 변화를 어떻게 활용해야 할지 등의 발표 주제 관련하여 토론이 이루어졌음. 동경대 교수 김형준 교수는 지면 과정의 연구들을 위해서 지면 모델의 다양한 실험 자료들이 준비 되어있으며, 많이 활용 되었으면 좋겠다는 제안이 있었음.
 - APEC 기후센터(발표자: 김선태 선임연구원, 붙임 2 참조)에서는 “Introduction to APEC Climate Center”라는 발표 제목으로 올해 수행된 주요 연구결과들을 발표하였음.



KASA 회장 개회사



KASA night 전경



키노트 강의

○ 기후연구관련 주요 연구동향 파악

1. 티벳 고원의 지역 및 전지구 기후에 미치는 영향
 - 전지구 극한 기상 및 기후에 영향을 미치는 역할을 하는 티벳 고원 역학 관련 관측 및 모델 연구 결과들이 발표되었음.
 - 티벳에서 지면-대기 상호 작용, 구름-강수, 경계층, 대류권-성층권 상호작용 관련 물리적인 과정들에 관한 연구들이 발표되었음.
 - 로스비 파동 전파와 관련된 티벳 고원의 위치가 여름몬순 강도에 미치는데, 티벳 고원이 남쪽으로 위치 될수록 남아시아 여름 몬순은 강화되고 동아시아 몬순은 약화됨. 티벳 고원이 북쪽으로 위치될수록 로스비 파동 반응이 강화 되어 북유럽에서 강수는 감소되고, 지중해 근처에서는 강수가 강화됨.
 - 티벳 고원 눈덮힘은 북반구 극한 기후 발생에 강하게 영향을 미침. 여름철 티벳 눈덮힘은 유라시아를 관통하는 남유럽-북동 아시아 원격상관 패턴과 관련되어 남유럽-북동아시아 폭염 발생의 원인이 됨.
 - 티벳 고원 봄철 눈덮힘은 거의 전지구 및 전계절의 대기 순환에 영향을 미침. 눈덮힘은 음의 대서양 진동 및 서 태평양 원격상관 패턴 발생과 관련이 있음. 태평양의 무역풍과, 적도 태평양의 열대 수렴대 및 해들리 순환이 강화됨.

-
- 봄철 티벳 고원의 지면 기온이 동아시아 여름철 극한 강수에 영향을 미치며, 계절내 예측 향상을 위한 필수적인 요소로서 확인됨. 티벳 고원 양의 지면 기온은 대기로의 현열을 강화시키며, 강한 대기 heat source 역할을 하게 됨. 이 때문에 상층의 양의 지위고도 편차가 발달함. 이어서 로스비 파동 형태로 동쪽으로 전파되어 동아시아 지역에 수분 수렴의 강화에 기여하여 강수가 증가함. 봄철에 티벳 고원의 지면온도가 낮았을 때, 여름철 동아시아 지역 강수는 반대로 감소하였음.

2. 모델 평가 기술

- ENSO 위상 간 변화는 강도, 주기, 종류를 결정하는 중요한 요소이며, 기후 모델들에서 평가할 수 있는 방법(예, episodic ENSO, cyclic ENSO, and multi-year ENSO 등)을 제시하였음. 위상 간 변화의 모델 성능이 전지구 예측성에도 영향을 미침.
- CMIP 모델 결과들을 비교할 수 있는 PCMDI Metric Package가 소개 됨. 파이선 프로그램으로 github.com에 공개되어있음. 예를 들면 EOF 기반 주요 대기/해양 진동 모드들(예, NAO, PDO, ENSO 등)의 변동성 및 원격상관 패턴의 평가 및 관측과 성능 비교가 가능하며, 아울러 CMIP3에서 CMIP6까지 성능이 어떻게 변화 했는가 하는 것도 가능하도록 시각화 함.
- 모델 성능의 과정기반 진단(Process-oriented diagnostics, POD) 프로그램이 진행되고 있고, 관련된 metric 프로그램도 공개되어있는 상황임. 구름 물리과정, 열대 저기압, ENSO 원격상관, MJO 수분, 대류, 복사 과정, 강수 일변화, 빙하, 북미 몬순 등 관련 역학/물리 과정들의 모델 성능을 평가할 수 있는 프로그램들임.

3. 대양 간 상호 작용에 관한 연구

- Decadal 예측의 중요한 성분은 태평양에서 PDO(Pacific Decadal Oscillation)와 대서양에서의 AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation)임. 두개의 성분이 서로 영향을 미치기 때문에, decadal 시간 규모에서 해수면 온도의 예측에 활용 될 수 있으며, 기후 모델에서 이들의 모의 성능은 태평양 및 대서양에서의 해수면 온도의 예측성 향상을 위해서 중요함.
- 대기-해양 coupling 과정을 통해서 인도양, 태평양, 대서양에서의 기후 변동 모드들이 서로 상호 작용함. 봄철 따뜻한 북대서양 해수면 온도는 태평양의 CP 타입 라니냐발달에 기여할 수 있으며, 여름철 대서양 엘니뇨(라니냐)는 태평양에서 EP 타입 라니냐(엘니뇨) 발달에 영향을 미칠 수 있음. 양의 AMO 위상에서 CP 타입 엘니뇨 발생이 증가함.
- 지구 온난화에 의해서 열대 대서양의 열대 태평양의 영향이 감소될 가능성이 제시됨. 대서양에서 가열에 의한 상승기류가 지구 온난화에 의한 대류권 안정도의 증가로 인해 감소하기 때문에 대서양의 ENSO에의 영향이 제한된다고 제시함. 이는 ENSO 예측에서 대서양의 해수면 온도를 예측 인자를 활용하는 측면에서 지구 온난화 증가하면 ENSO 예측이 더 어려워질 것 이라고 결론을 내림.
- ENSO peak 이후 봄철 인도양과의 상호작용 결과(Indo-Pacific Ocean Capacitor mode)를 활용하면, ENSO 이후 이듬해 여름철 아시아 계절 예측 향상에 도움을 줄 수 있다는 것을 제시함. 특히 5월 초기 조건으로 아시아 여름철 기후 예측성 향상 가능성을 보여줌

4. 계절내 및 계절 예측 연구

- 계절내 실험(Sub X) 프로젝트는 계절 내 예측성 향상을 위해 제안된 다중 모델 계절내 예측 연구이며, 예측 자료는 공개되어 있음. 7개의 다중 앙상블 모델은 온도와 강수에서 3주의 예측성을 보였음. 특히 계절내 예측의 중요한 source인 NAO는 2주의 예측성, MJO는 4주의 예측성을 보였음. Sub X는 현재 미국 기후 예측 센터 (Climate Prediction Center, CPC)에 예측정보를 제공하고 있으며, 아울러 열대 사이클론과 관련된 극한 강수의 예측정보도 제공하고 있음.
- 북미 한파를 10일 이전에 예측할 수 있는 성층권에서 예측인자가 있는데, 성층권에서 지 위고도 쌍극자 모드임. 쌍극자 모드 발생 이후 북미에서 한파가 발생 할 수 있다는 것이 분석 되었으며, 북미 한파 관련 예측성 향상을 위해서 활용 될 수 있음.
- 모델의 눈덮힘 초기화가 지역 기온의 예측성능 향상에 상당한 기여를 했으며, 특히 성층권과의 coupling 과정이 향상되어 계절내 및 계절 예측의 성능이 향상되었음.

5. 열대 해양과 대기의 원격상관에 관한 연구

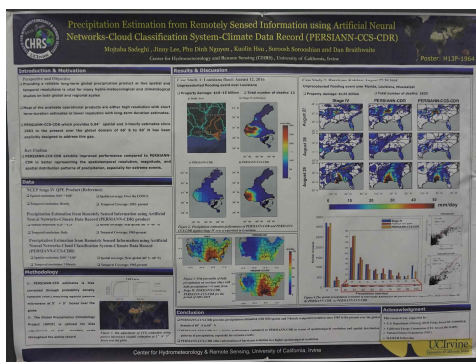
- ENSO관련 대기 원격상관 연구는 계절 예측을 위한 중요한 디딤돌이 됨. 그러나 ENSO의 다양성 즉 ENSO 타입 별 대기 반응과 관련 원격상관, 그리고 이들의 계절 예측에 활용에는 여전히 도전적인 연구 주제임.
- 관측에서 엘니뇨 이벤트 중 30%가 2년 동안 지속되었으며, 지역 기후 영향을 가중시킴. 관측 및 모델 연구는 엘니뇨 onset 시기는 엘니뇨 지속 기간에 영향을 줄 수 있다고 제시함. 즉 이른 시기(봄철)에 발달한 엘니뇨는 다가오는 겨울철에 peak에 도달하고, 빠르게 쇠퇴하며, 반면에 늦은 시기(여름철)에 발달을 시작한 엘니뇨는 다가오는 겨울철에 peak에 도달한 후 이듬해 봄철에 약해지다가 다시 여름철에 다시 발달하여 2년 이상 지속됨.
- ENSO의 패턴에서 다양성(예, 동태평양, 중앙 태평양 타입 ENSO)의 문제를 극복할 수 있는 “ENSO longitude index”가 제안됨. 제안된 지수는 대기 원격상관에서 중요한 ENSO관련 열대 대류의 위치를 추적할 수 있고, 아울러 ENSO 관련 대기 반응의 비선형성, 기후 변화 아래 해수면 온도 평균장 변화의 영향까지 고려할 수 있다고 제시함.
- ENSO 관련 피드백 과정들을 정량화 할 수 있는 새로운 지수가 제안됨. 기존의 비슷한 지수(예: BJ 안정도 지수)를 향상 시킨 버전이며 새로운 지수 계산에서 비선형 및 sub-grid 규모의 과정까지 고려할 수 있음.
- ENSO의 spring predictability barrier 문제를 해결하려는 연구들이 있었음. 특히 열대 지역에서 ENSO 발달 인자 뿐만 아니라, 중위도와 열대 태평양의 상호작용을 고려했을 때, 더 긴 시간에서 ENSO의 예측성을 향상 시킬 수 있는 연구 결과가 제시됨.

○ 위성영상 관련 주요 연구동향 파악

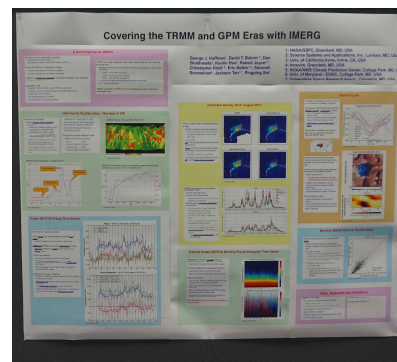
- 가뭄계절예측과 불확실성에 대한 발표
: 가뭄계절예측 결과, 예측성을 높이기 위한 노력, 해상도에 따른 불확실성 평가 결과를 발표함. NMME를 사용하였고, EDgE(End-to-end Demonstrator for improved decision making in the water sector in Europe) 프로젝트의 일환으로 수행되었음. 계절예측을 위한 EDgE의 노력으로 1. Climate forcing data, 2. Downscaling and Merging,

Hydrological model, Sectorial Climate impact에 대해 발표함.

- 인공신경망을 이용한 위성자료 강수량 추정에 대한 발표
: 인공신경망을 Cloud classification에 적용하여 강수량을 추정하는 내용을 발표함. 위성 자료는 PERSIANN-CCS-CDR을 사용함. APCC에서 개발한 GridSat 자료 기반 강수량을 추정하는 기법에 추가적으로 적용할 수 있을 것으로 판단됨.
- 위성자료(TRMM, GPM)에 IMERG 알고리즘을 적용하는 내용에 대한 발표
: IMERG V06B에 대한 소개를 하는 내용으로 IMERG 알고리즘에 대한 간략한 설명과 편의보정의 결과를 나타냄. TRMM TMPA로 종료되니 향후 TRMM도 IMERG를 적용하여 사용해야 함. 향후 이러한 점을 고려해서 장기간의 격자 기후자료를 업데이트 할 필요가 있음.

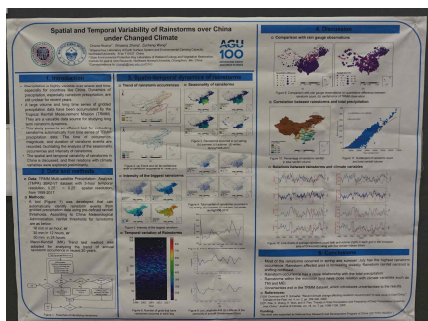


인공신경망 이용한 강수량 추정

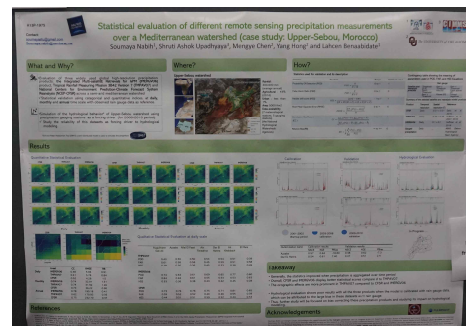


IMERG 알고리즘

- 강우사상의 공간적 시간적 변동성 분석에 대한 발표
: TRMM 3B42-V7(3-hour/0.25°)을 이용해서 강우사상에 대한 경향성, 계절성, 강도, 시간적 변동성 등을 분석한 결과를 보여줌. APCC에서 생산한 강수격자자료에도 적용할 수 있을 것으로 판단됨.
- 지중해 유역에 대한 위성강우자료에 적용에 대한 발표
: TRMM TMPAV7, GPM IMERGV06 등을 사용하여 강수량에 대한 통계적 평가를 수행하고 이를 수문모형의 forcing driver로 적용하여 위성강우자료의 신뢰성을 분석하였음. 본 발표에서 사용한 통계량을 살펴보았을 때 APCC에서 생산한 강수격자자료의 신뢰성이 높은 것으로 판단되며 본 연구와 같이 수문모델에 적용하여 위성강우자료의 신뢰성을 분석할 필요가 있음. 이러한 접근은 위성강우자료의 적용성을 높일 수 있는 방안으로 사료됨.



강우사상의 공간적 시간적 변동성 분석



지중해 유역 위성강우자료에 적용

- 위성자료와 재분석자료가 수문과정에 미치는 영향에 대한 발표
: 10개 위성자료 기반 강수량 자료, 7개의 재분석자료기반 강수량 자료, 6개의 기온 자료 등을 이용하여 수문과정에 미치는 영향을 평가하였음. 공간시간 변동성을 재생산하는데 단독으로 좋은 dataset은 없음. 기온에 대해서 좋은 성능을 보이는 dataset은 공간패턴에 대해서 낮은 성능을 보임. 몇몇의 지역맞춤형으로 생산된 dataset은 전구 dataset보다 좋은 성능을 보임. 이러한 점을 고려하여 강수량, 기온 등에 변수 등에 대해 보정을 수행하는 것이 수문과정의 예측성능을 개선할 수 있는 방법으로 제시함.
- 농업 위험도 관리를 위한 S2S 예측 자료의 적용성 평가에 대한 발표
: 확률론적 S2S 강수량 예측자료를 이용하여 홍수가 발생하기 쉬운 지역을 대상으로 위험도 평가를 수행. 예측자료의 활용성 측면에서 참고할만한 내용이라 판단됨. 장기적으로 APCC에서 생산하는 S2S 자료도 이와 같은 적용사례를 도출할 수 있을 것으로 판단됨.
- 강수량 극값을 추정하는 데 있어 관측자료의 불확실성에 대한 발표
: 다양한 관측자료(in situ, satellite with correction, satellite uncorrected, reanalysis)에 대한 극한강수량의 불확실성을 평가함. 극한값을 R95p로 정의하고 일자료, 1°를 기준으로 평가하였음. 연강수량보다 연극한강수량이 더 큰 불확실성을 나타냄. 위성자료는 in situ 자료와 비교하면 극한강수량을 잘 맞는 것으로 분석됨. 재분석자료는 열대지방에서 극한강수량이 불균일하게 나타나는 것으로 분석됨. 극한 강수량을 보다 잘 추정하기 위해서는 in situ와 위성자료의 앙상블을 사용하는 것을 추천함. 이러한 결과를 고려하였을 때 현재 APCC에서 지점관측자료기반 보정된 위성강수격자자료를 생산하는 것이 방향성 측면에서 적절하며 후속 연구를 통해 개선된 자료를 생산할 필요가 있음.

2. Relevance to APEC Climate Center's Activities 결론 및 소감

- 2019 AGU FALL MEETING 국제학술회의에서 약 20,000명이 넘는 연구자가 참석하여 다양한 주제의 연구 및 활용사례를 발표하였음. 본 국제학술회의를 통해 학교, 연구기관 등의 연구자들의 기후과학 및 응용분야의 국제적인 연구 동향을 파악함
- 가장 큰 최근 이슈인 세 개의 대양(인도-태평양-대서양)간 상호작용이 지역 및 전지구 기후에 미치는 영향에 관련된 다양한 연구들이 발표 되었으며, 그 상호작용이 해수면 온도 예측성에 영향을 미치므로 계절 예측 향상을 위해서 활용될 수 있을 것으로 보임.
- 계절예측 모델의 예측성에 많은 영향을 미치는 열대 해양의 대기 원격상관 관련 현재까지 50년 연구 성과들이 공유하는 세션이 있었음. 발표에서 제안된 지수(예 ENSO longitude index 등)들은 원격상관 관련 모델 성능 평가 및 관련된 전지구 예측성에 미치는 연구에 활용 될 수 있음.
- PCMDI 등 모델 성능 평가관련 프로그램들이 공개되어 있음. 내년 모델 성능 평가 메트릭 구성에 참고할 필요가 있음.
- ENSO 위상간 변화를 평가 할 수 있는 메트릭이 제시되었는데, ENSO의 중위도 기후와 원격상관 예측성능 평가에 활용될 수 있을 것으로 보임

- 아시아 계절에 영향을 미치는 티벳 고원의 역학 및 물리적 특성 관련된 연구 결과들은 이상 기후 및 계절 예측에 활용 가능할 것으로 보임.
- 이상기후 발생 유사성 분석에서 self-organizing map (SOM) 기계학습 기법이 사용한 연구 사례들이 많았음. 내년 이상기후 유사성 분석에서 활용될 수 있음.
- 최근 발사되어 운영하고 하고 있는 위성 자료와(GPM IMERG V07B)에 대한 발표와 기존의 위성자료인 TRMM TMPA에 발표가 주로 이루어짐. 특히 장기간에 격자 기후 자료를 생산하는 것에 대해 개인 연구자 및 기관(NASA)에서도 관심이 많았음. 현재 NASA에서 MERRA2를 공간적으로 상세화한 다음 보정한 자료를 생산 중에 있음. MERRA2 생산 시에 관측자료가 사용되기는 하지만 지역적으로 차이가 있어 보정이 필요한 실정임. 현재 이러한 격자 기후자료를 생산하는데 관심이 많으며 기후 관련 분야로의 활용성을 고려했을 때 지속적인 연구와 개선된 결과를 도출할 필요성이 있음.
- 장기간의 격자 기후자료를 생산하는 것에서 더 나아가 지역 단위의 기후 특성을 분석하는데 활용도가 높을 것으로 판단됨. 특히 위성자료를 이용하여 precipitation extreme을 분석하는 연구가 수행 중에 있음. 위성자료 종류, 해상도 등에 따른 극값의 불확실성을 평가하여 결과를 제시함. 또한 위성자료 기반의 강수량 자료를 이용하여 일단위/월단위 강수량의 강도를 분석하는 연구가 수행되었음.
- 장기간의 격자 기후자료를 생산하여 제공하는 것에 더하여 극값의 정보를 추가로 제공하는 것은 보다 활용성을 제공할 수 있는 방안으로 판단됨. 현재 APCC에서 2019년 연구결과를 통해 남한의 기후지수에 대해서는 분석하였으며 추가로 위성자료 종류, 해상도에 따른 극값의 불확실성을 분석하면 국내 기여도를 증진할 수 있을 것으로 사료됨.
- 격자 기후자료의 성능을 평가하기 위해 수문과정 등에 기후 민감분야에 적용한 결과를 발표한 연구가 많았음. 추가적으로 이러한 연구를 수행하면 격자 기후자료가 가지는 추가가치를 발굴해낼 수 있으며, 국내에서 기후전문센터로의 위치를 더욱 공고히 할 수 있을 것이라 판단됨.
- 이번 발표에서 제안한 편의보정 기법에 대해 추후 지속적이 개선이 필요할 것으로 판단됨. 각 국가마다 기후특성이 다른데 편의보정이 이러한 특성을 모두 고려하는지에 대해 심층적인 분석을 수행할 필요가 있음.

3. Suggestions and Remarks 건의사항

III.References (Presented and Collected Materials) 주요 수집자료

(with attachment of any information or report in case of attendance of conferences, workshops and meetings) 학술대회, 워크숍, 회의 등 참석 시 관련 정보 및 문서 첨부

Production of high-resolution climate data based on satellite imagery for the Asia-Pacific region

Jihoon Park¹, Kyungwon Park¹, Imgook Jung¹, Wonil Cho²

¹ Climate Services and Research Division, APEC Climate Center, Republic of Korea

² Samil PricewaterhouseCoopers, Republic of Korea

* Contact email: gtjihoon@apcc21.org

Introduction

Study background

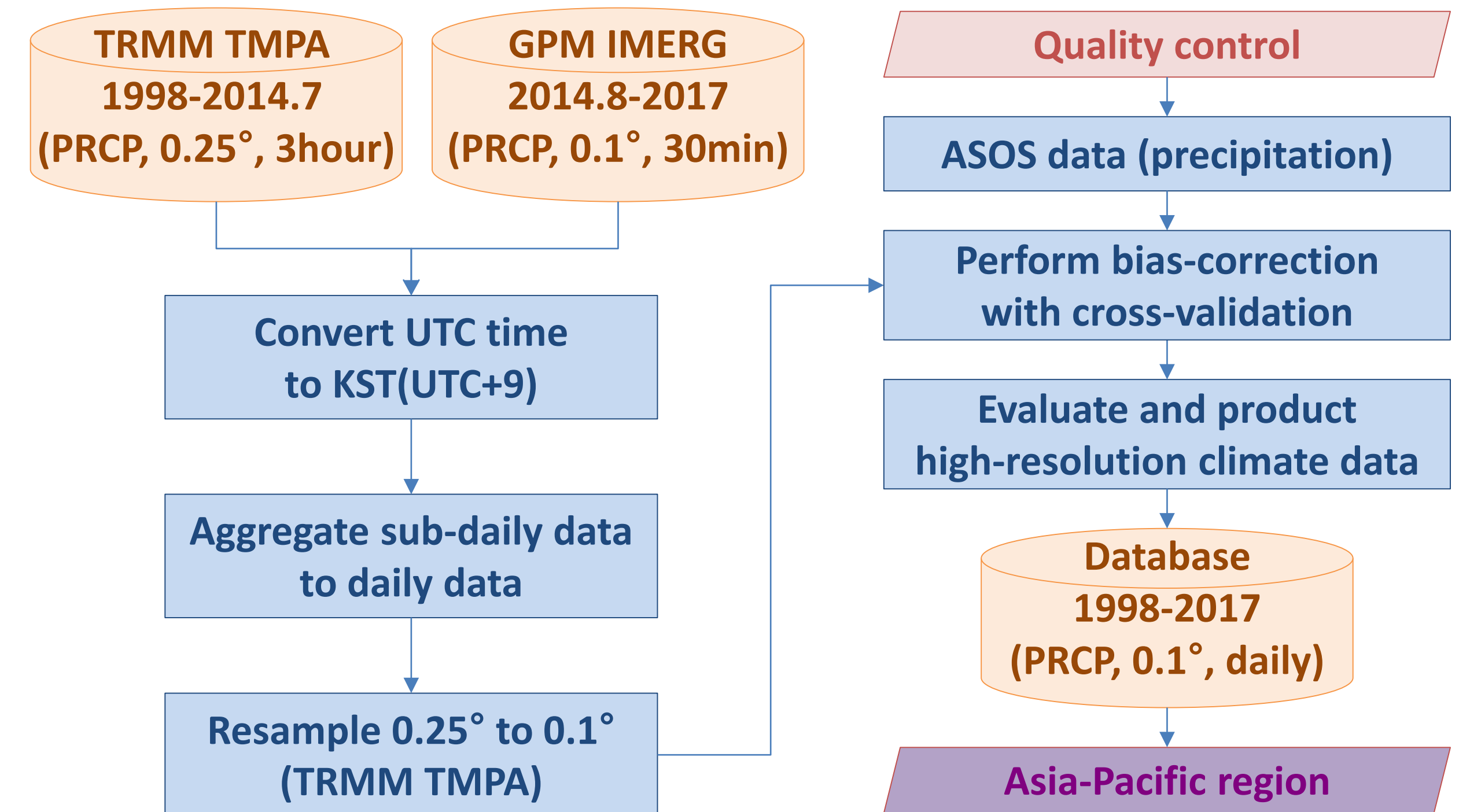
- Research-based countermeasures for various sectors must be established to preemptively respond to disasters caused by climate change.
- For this, it is necessary to collect past and present weather monitoring data and preprocess these data to increase the reliability.
- Many advanced countries have built considerable climate monitoring systems and utilize the data obtained at the branch level. However, most of these climate monitoring systems in the Asia-Pacific region have not been constructed systematically.
- Considering this, the satellite image-based climate data can provide an alternative to the absence of high-resolution data for the Asia-Pacific region.

Objective

- The objective of this study was to produce a grid-based precipitation data(0.1°/daily) from satellite imagery to provide reliable climate data in the Asia-Pacific region.

Data and Methodology

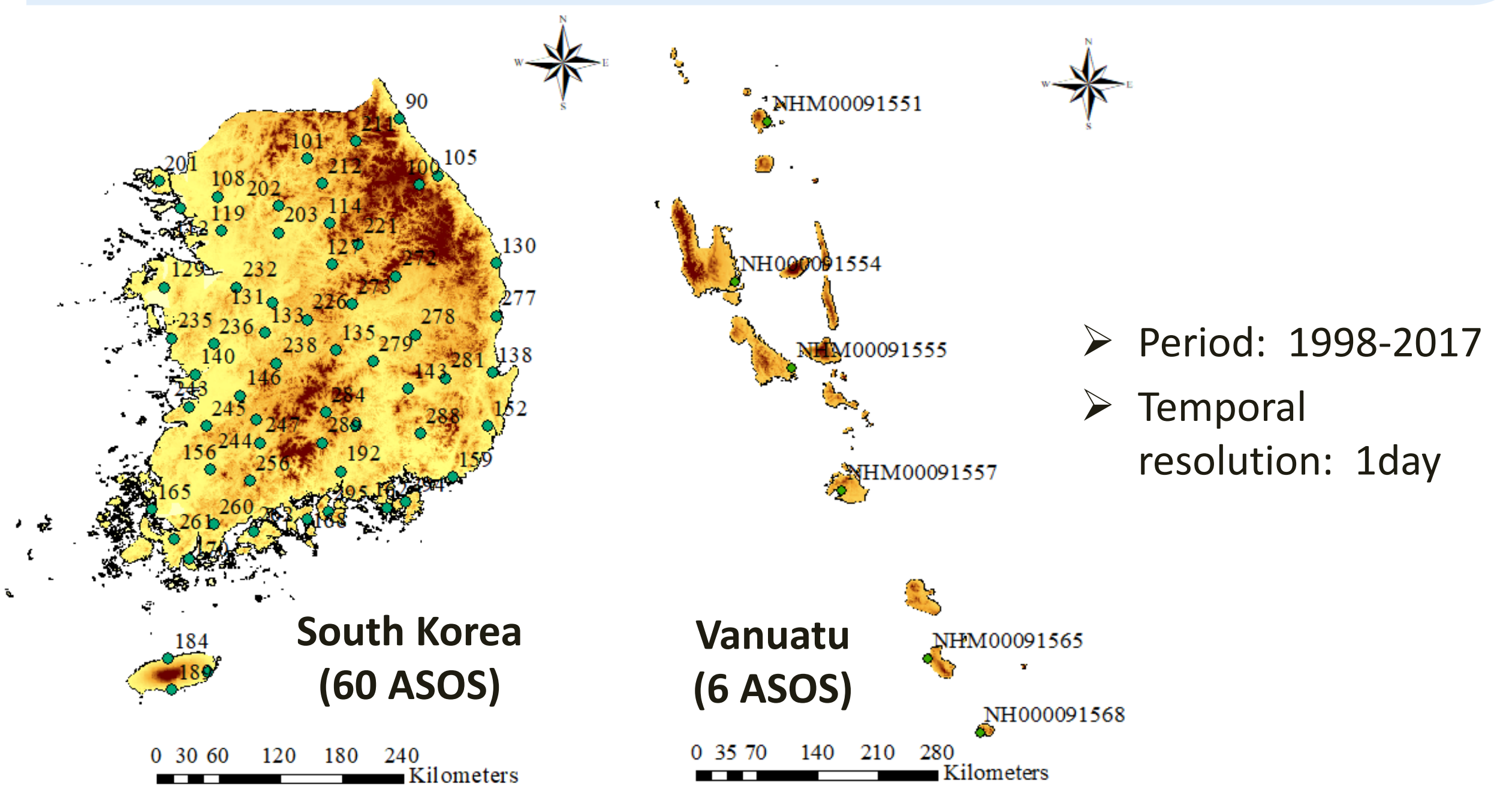
Flow chart of this study



Flow chart of production of high-resolution climate data based on satellite imagery
- TRMM: the Tropical Rainfall Measurement Mission
- GPM: the Global Precipitation Measurement

Target area

- South Korea and Vanuatu was selected as target areas.
- The reason for setting the two target areas is that there are enough Automated Synoptic Observing System(ASOS) in Vanuatu to validate the bias-correction method.
- Thus, the bias-correction method was validated in South Korea and applied to Vanuatu to produce the final high-resolution climate data.



Bias-correction methods

Geographical Ratio Analysis(Method1. GRA-IDW / Method2. GRA-Kriging)

1. Calculation of point-based ratio of the observed precipitation and Raw_SRE $\rho(s_j) = \frac{R(s_j)}{\hat{R}(s_j)}, j = 1, \dots, d$
2. Performance of spatial interpolation of the ratio using IDW or Kriging $\rho(s) = w_1\rho(s_1) + \dots + w_d\rho(s_d)$
3. Estimation of the gridded precipitation $R(s) = \rho(s)\hat{R}(s)$

Quantile Mapping(Method3. QM)

QM corrects bias of Raw_SRE using the probability distribution of Raw_SRE such that it matches the probability distribution of the observed precipitation. The mixture of the Bernoulli-Gamma distribution is select to fit the series from the observed precipitation and Raw_SRE. The estimation of parameters of the distribution was performed using the series for each month of the year.

The PDF is defines as: $g(x) = \begin{cases} p_i * \text{gamma}(x) & (x > 0) \\ 1 - p_i & (x \leq 0) \end{cases}$ The CDF: $G(x) = \begin{cases} 1 - p_i + p_i * \text{gamma}(x) & (x > 0) \\ 1 - p_i & (x \leq 0) \end{cases}$

- IDW: Inverse Distance Weighted
- SRE: Satellite Rainfall Estimates

Evaluation metrics

1. Quantitative statistics
 - COR, RMSE, MAE, BIAS
2. Categorical statistics
 - $FBS(\text{False Bias}) = (x + y)/(x + w)$
 - $POD(\text{Probability of Detection}) = x/(x + w)$
 - $FAR(\text{False Alarm Ratio}) = y/(x + y)$

Contingency table	ASOS ≥ 1 mm/day	ASOS < 1 mm/day
SRE ≥ 1 mm/day	Hit (x)	False (y)
SRE < 1 mm/day	Miss (w)	Correct negative (z)

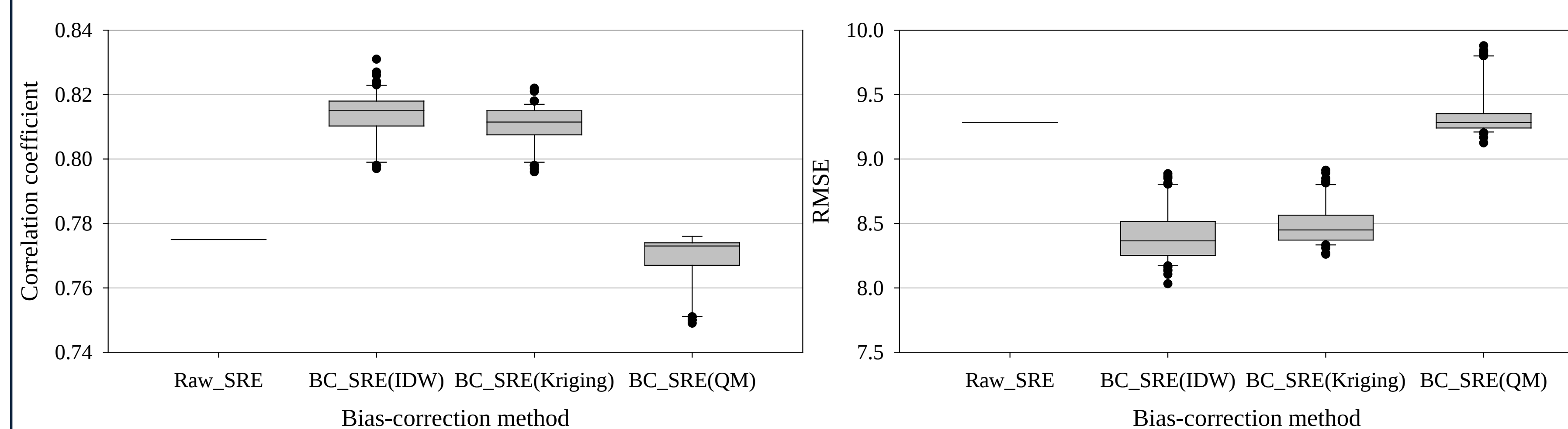
Climate indices

Description of representative climate indices

Index	Description	Unit
R10mm	Annual count of days when PRCP ≥ 10mm	day
R20mm	Annual count of days when PRCP ≥ 20mm	day
R80mm	Annual count of days when PRCP ≥ 80mm	day
Rx1day	Annual maximum 1-day precipitation	mm
Rx5day	Annual maximum 5-day precipitation	mm

Evaluation of bias-corrected satellite rainfall estimates

Cross-validation result of bias-correction methods for South Korea

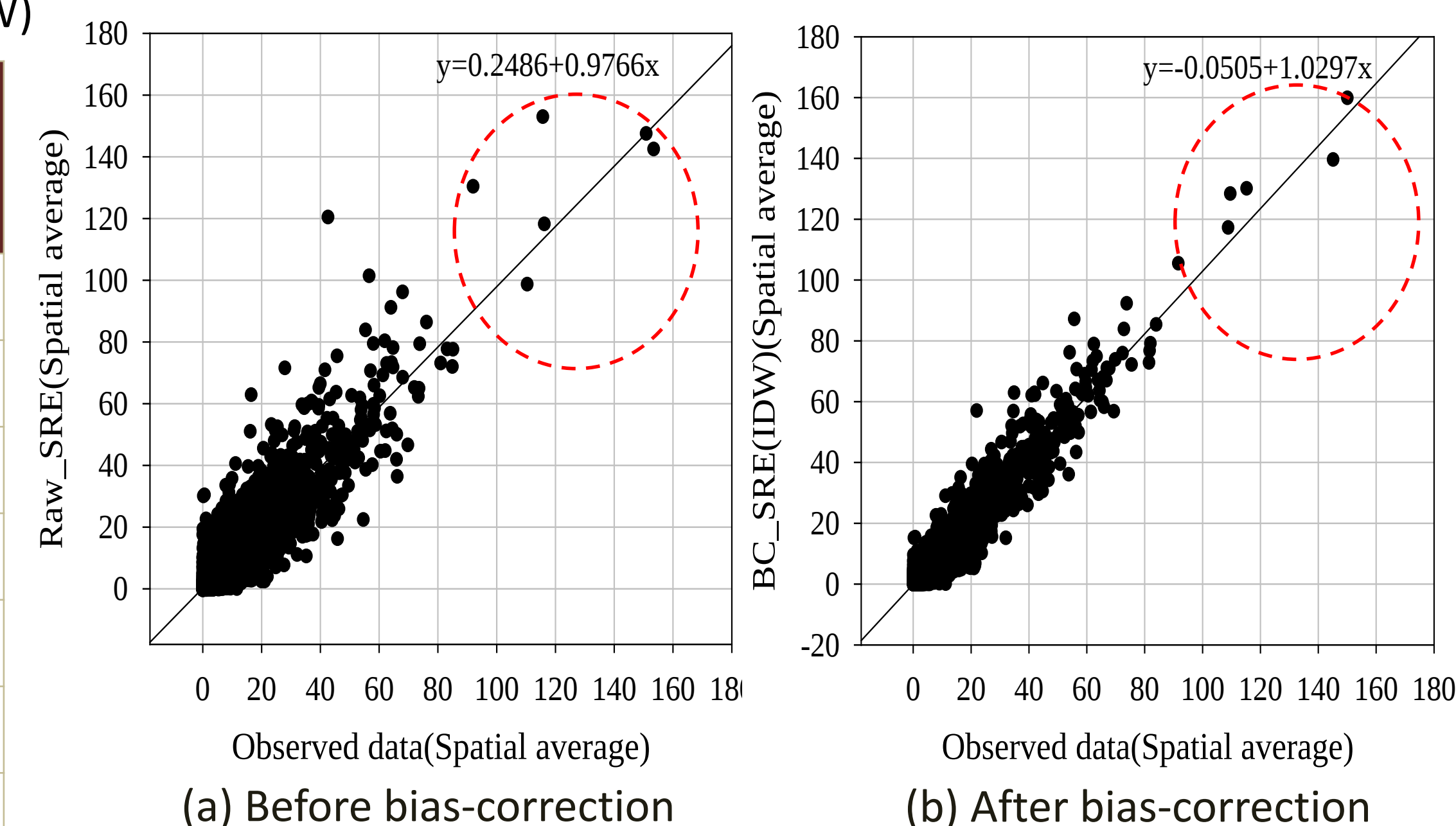


Cross-validation result of three bias-correction methods for South Korea

Evaluation result of BC_SRE using GRA-IDW for South Korea

Statistics evaluation of BC_SRE(GRA-IDW)

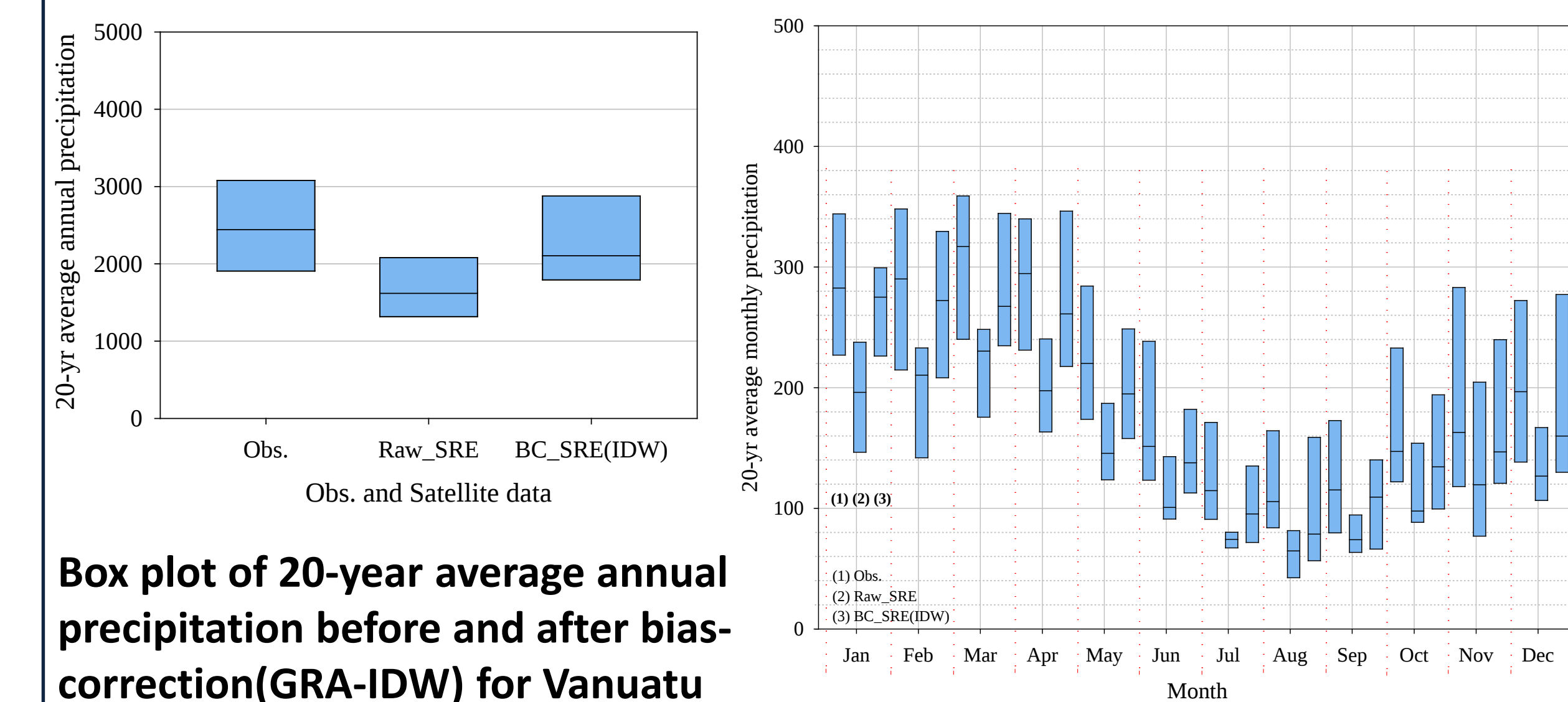
Statistics	Raw_SRE (TRMM+GPM) (1998-2017)	BC_SRE (TRMM+GPM) (1998-2017)
COR	0.7750	0.8310
RMSE	9.2840	8.0320
MAE	2.9490	2.4180
BIAS	1.0420	1.0160
FBS	0.9680	0.9130
POD	0.6710	0.6870
FAR	0.3060	0.2470



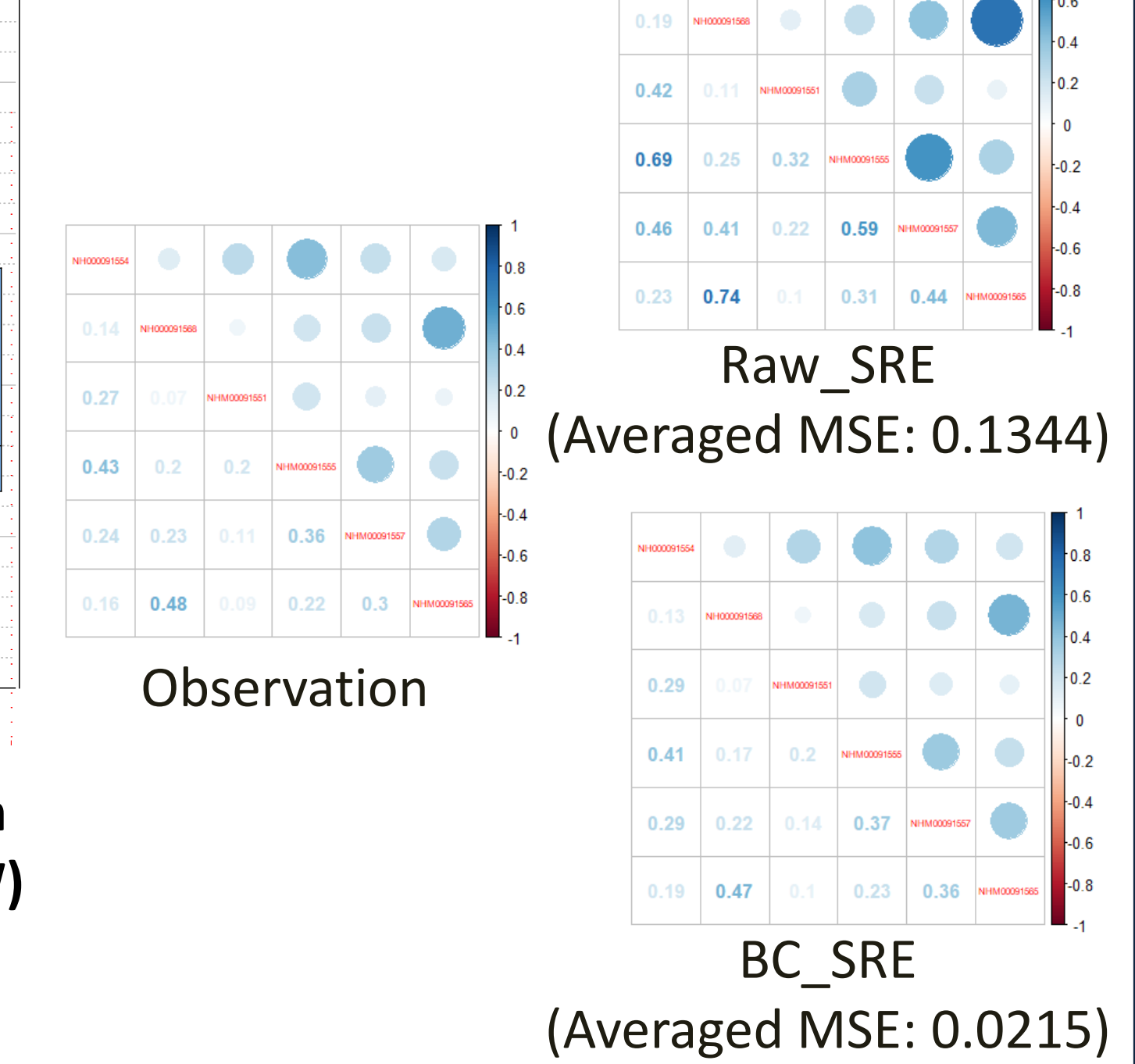
- BC: Bias-corrected

Production of high-resolution climate data

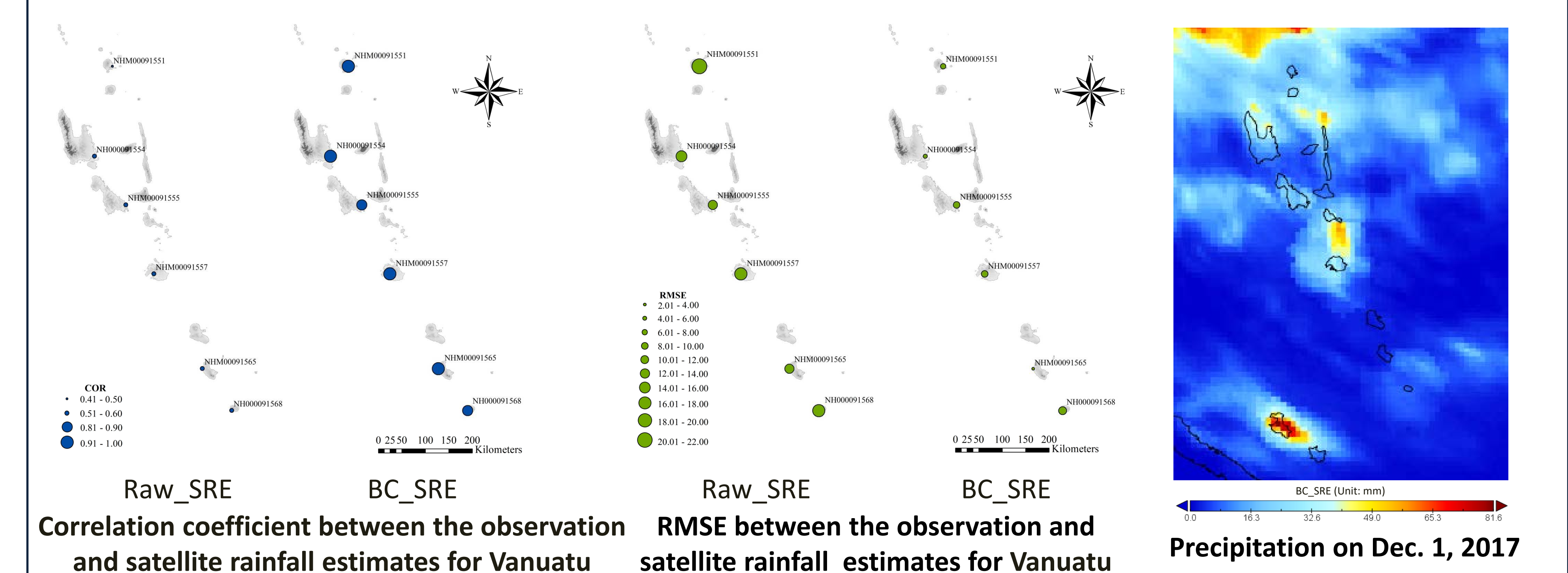
Climatological characteristics for Vanuatu



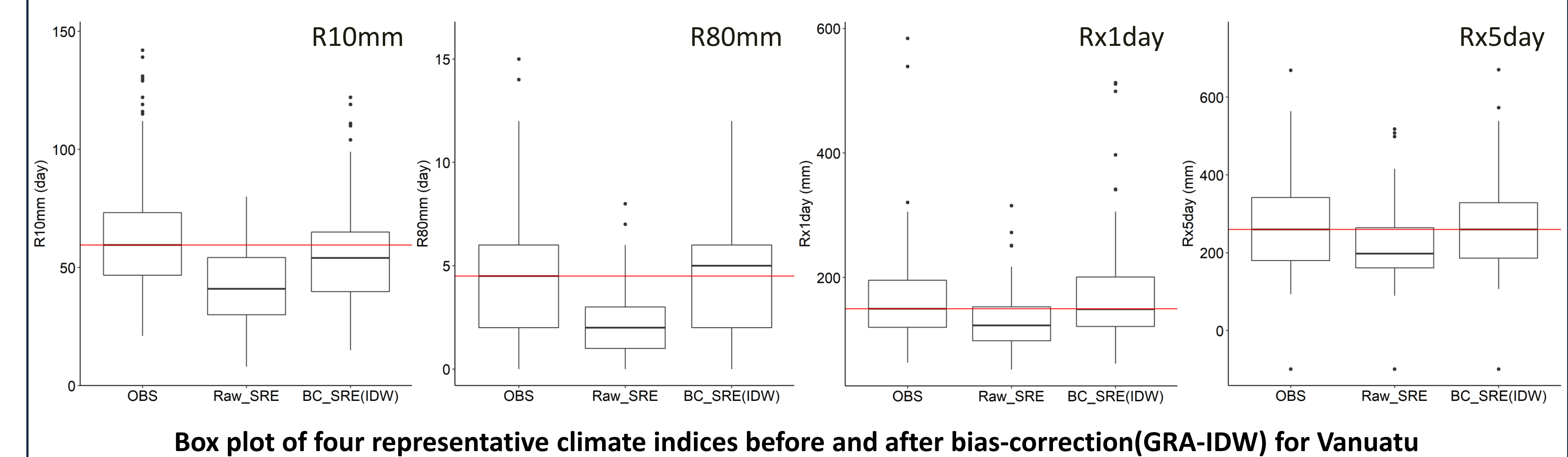
Spatial correlation for Vanuatu



Spatial distribution for Vanuatu



Climate indices for Vanuatu



Conclusion

- As a result of cross-validation of the bias-correction methods, GRA-IDW method shows better correction results than GRA-Kriging and QM based on the correlation coefficient(COR) and Root Mean Square Error(RMSE).
- It is expected that the method developed in this study can provide reliable climate data to the Asia-Pacific regions.

Acknowledgments

This research was supported by the APEC Climate Center.

AGU Fall Meeting 2019
(San Francisco, Dec 9-13 2019)

The Korean Atmospheric Scientists in America (KASA) Night

Dec 11, 2019 | San Francisco, USA

Introduction to APEC Climate Center

Seon Tae Kim



Overview of the APCC

APCC는 아태지역의 이상기후 감시 및 최적의 예측정보를 생산, 제공함으로써 이상기후로 인한 아태지역 자연재해 피해경감 및 기후정보의 사회 경제적 창출을 위해 2005년 APEC 회원국 합의에 따라 설립



APCC는 국내적으로는 공공기관, 국제적으로는 APEC이 승인한 준국제기구로 인정받으며, 한국정부의 자체지원을 통해 설립, 운영되기로 합의됨 (기상청 R&D 출연금)

Functions of the APCC

2005/SOM1/003rev1 자료에서 발췌

- **고품질 기후예측 시스템 개발**

Developing a value-added reliable real-time climate prediction system, through a state-of-the-art multi-model climate prediction system utilizing model predictions from member economies

- **기후정보 데이터 센터로써 회원국에 정보 제공**

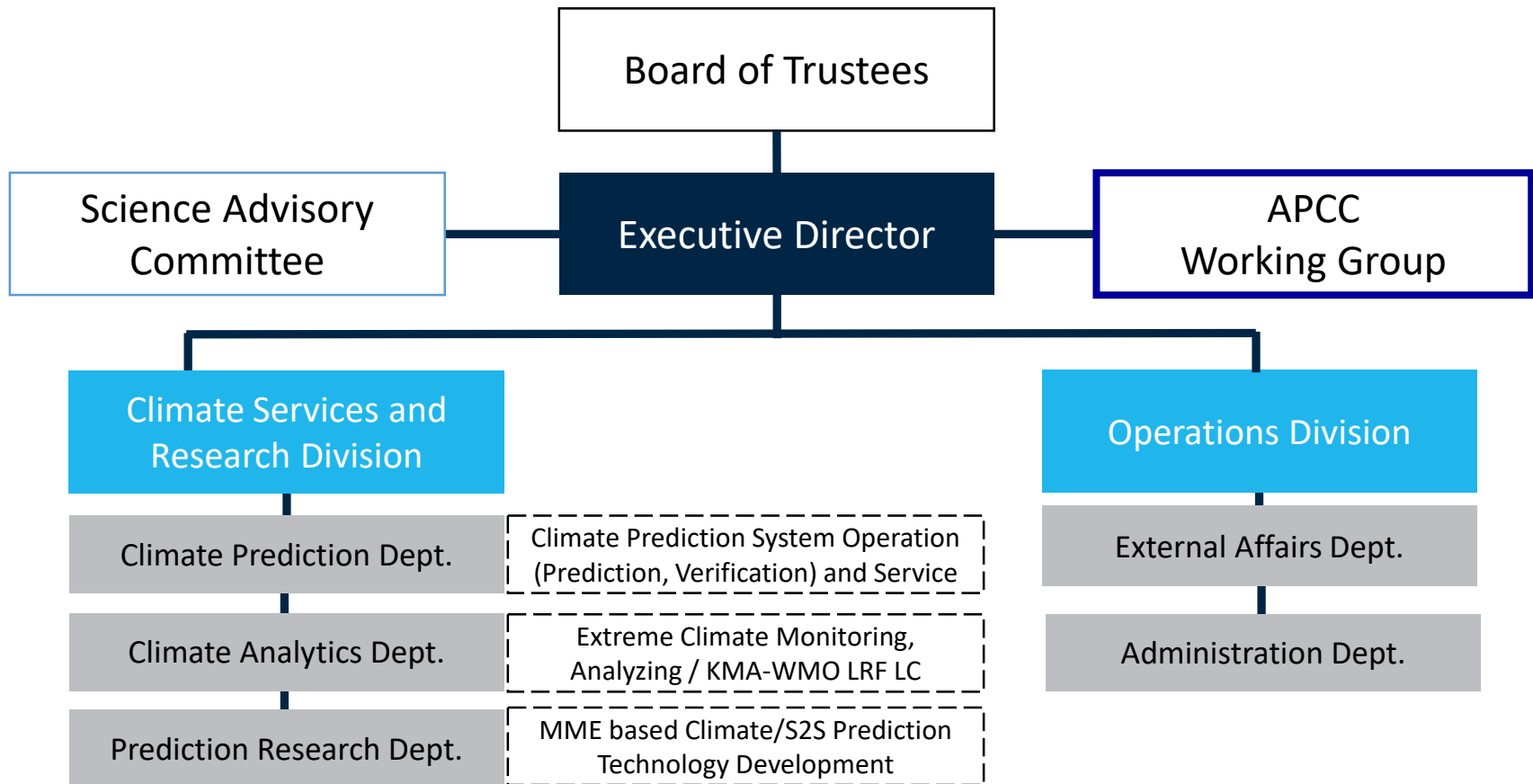
Acting as a center for climate data and related information with open access to member economies

- **회원국 역량배양**

Helping build the capacity of member economies in producing and using reliable climate predictions



Structure of the APCC



❖ Total : 66 (Including 34 Ph.D.)



Operational Climate prediction

Forecast products include:

- Monthly 3-month and 6-month lead climate prediction information based on Multi-Model Ensemble system
- BSISO Forecast: narrowing down from seasonal to intraseasonal forecasting

• Summary

TOP

Climate Outlook for December 2019 - May 2020

(Issued: 20 Nov, 2019)

- During October 2019, weak positive Niño3.4 index was observed with weak positive sea surface temperature anomalies over the central equatorial Pacific.
- The latest APCC ENSO outlook suggests the probability for ENSO neutral conditions is likely to be dominant (~70%) during December 2019 – February 2020 and the probability for neutral conditions is likely to gradually decrease to 54% through March – May 2020.
- Positive temperature anomalies are likely to prevail over most of the globe, especially over the subtropical North Pacific, southern South Pacific, subtropical North Atlantic, western Indian Ocean, Arctic, and the Antarctic Ocean for December 2019 – May 2020.
- Above normal precipitation anomalies are predicted for the western Indian Ocean and the central off-equatorial North Pacific, while below normal precipitation anomalies are expected for eastern off-equatorial South Pacific and eastern subtropical South Pacific for December 2019 – May 2020. Near normal precipitation anomalies are predicted for the central and eastern equatorial Pacific for the same period.

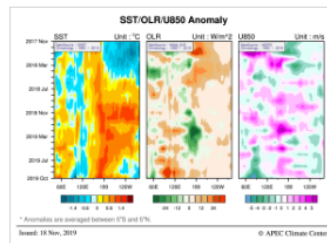
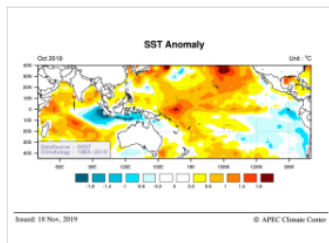
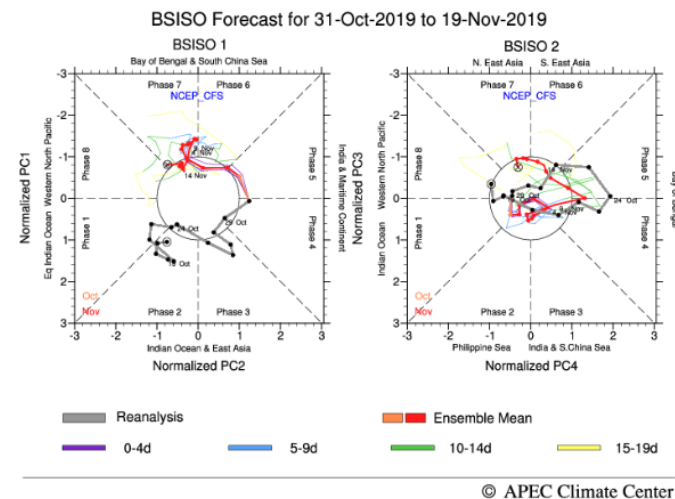


Fig. 1. (Left) monthly mean observed sea surface temperature (SST) anomalies for October 2019 and (right) time longitude cross section of the observed monthly mean SST anomalies, outgoing longwave radiation (OLR) anomalies, and zonal wind anomalies at 850hPa (U850) along the equator (5°S-5°N) in the Indian and Pacific Oceans (40°E-80°W) for November 2017 - October 2019.

CFS	GFS	ECM	CWB	BOM
-----	-----	-----	-----	-----



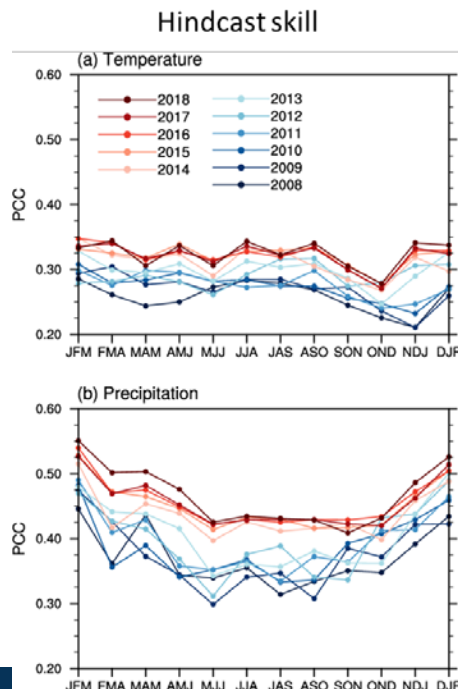
Starting from November 2019, the official seasonal climate outlook release data from the 25th to the 20th of every month.

Operational Climate Prediction

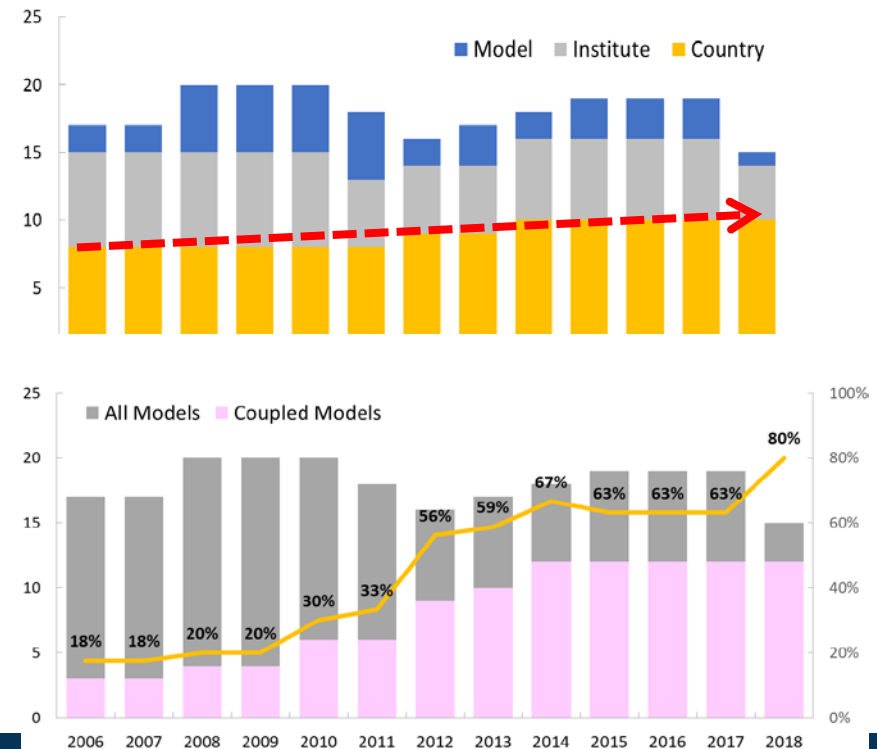
APCC has developed a climate prediction system based on a Multi-Model Ensemble (MME) technique, which collects seasonal forecast data from 14 institutes in 10 economies

- Producing skillful real-time climate forecasts and developing a value-added reliable climate prediction system based on a Multi-Model Ensemble (MME) technique.

Hindcast Skill (83-05) of Each Year's Operational MME Prediction System

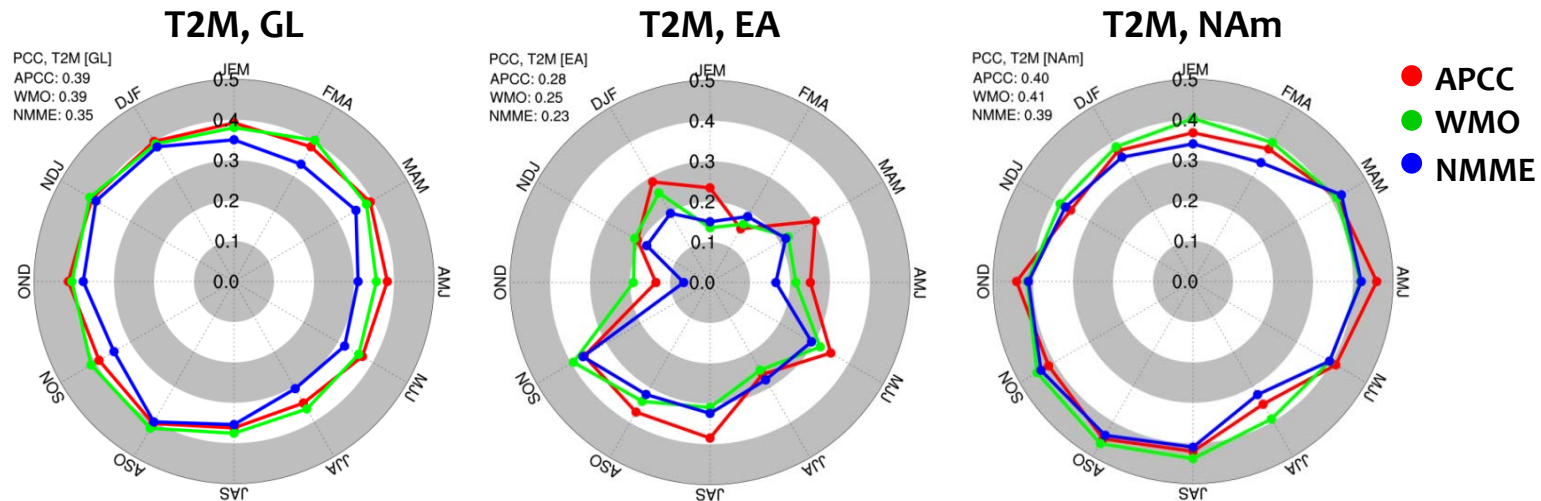


Multi-Institutional Cooperation in the APCC MME Prediction



Operational Climate Prediction

- The general skills of global temperature in APCC and WMO MMEs are quite comparable while NMME shows slightly lower skill than other two groups.
- The lower skill in NMME may be due to a smaller number of participating models.
- Overall, APCC MME shows comparable to or slightly higher skill than other two MME groups.

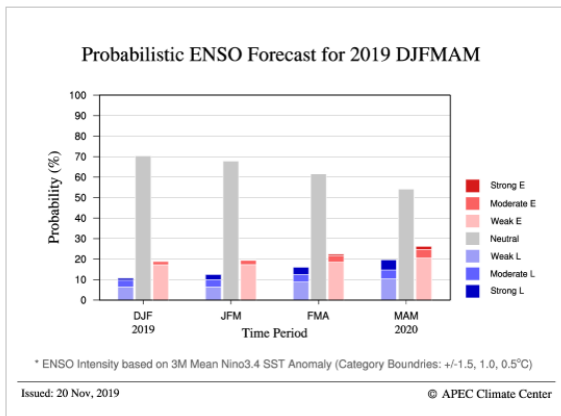
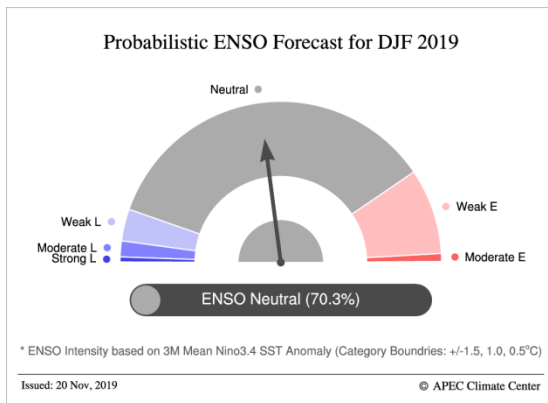




Operational Climate Prediction

More Forecast products

- Probabilistic MME forecasts of the status and intensity of ENSO
- 3-6 month seasonal climate outlook for the East Asia region

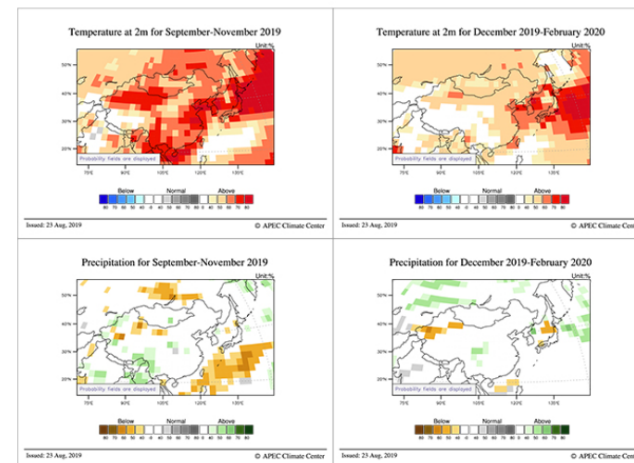


APEC기후센터 동아시아 장기기후예측정보(기후 전망) 제공 서비스 개시

APEC기후센터는 기존에 센터가 전 세계에 제공해오고 있는 6개월 장기기후예측정보(기후전망)에 대한 국내 기후정보사용자의 활용 증대 및 국내 기여 강화를 위해 동아시아 지역에 대한 장기기후예측정보 제공 서비스를 2019년 9월부터 개시하였다.

동아시아 장기기후예측정보는 국내 기후정보사용자들을 위해 국문으로만 매달 25일 APEC기후센터의 홈페이지를 통해 갱신·제공된다. (동아시아 장기기후예측정보 웹사이트 주소 <https://apcc21.org/ser/eastasia/outlook.do?lang=ko>)

참고로 APEC 기후센터는 회원국들의 요청에 따라 2013년 하반기부터 기존 3개월에서 6개월 기간으로 확대하여 '전 지구 장기기후예측정보'를 제공해오고 있다. 향후 6개월 동안의 장기기후예측정보는 자연재해저감 대책수립을 위한 정책 의사결정 수단으로서 뿐 만 아니라 지역별 농산물 생산량 조절, 수자원 확보 관리 등 각 분야의 중장기 계획 수립에 유용하게 활용될 수 있다.

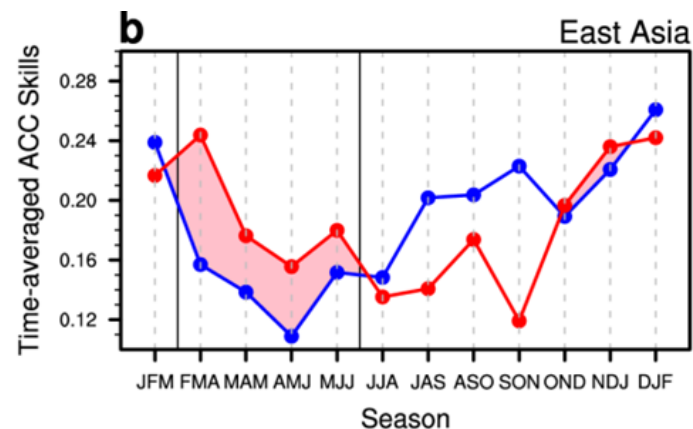
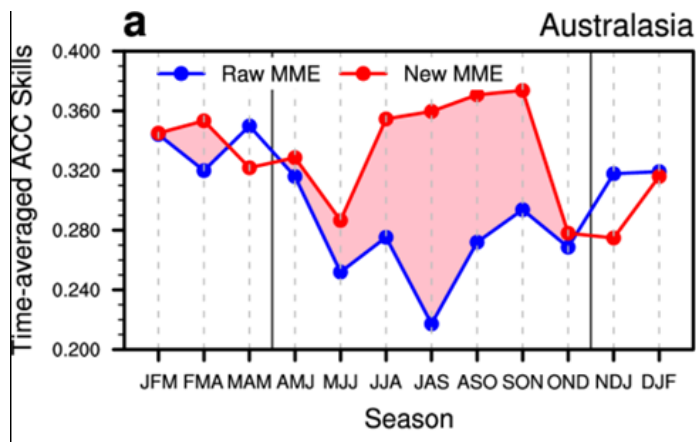




Improvement of APCC MMEs' Skills

Objective forecast system development targeting Regional seasonal forecasts.

- Selection of climate models based on the performance of simulating ENSO and its impact

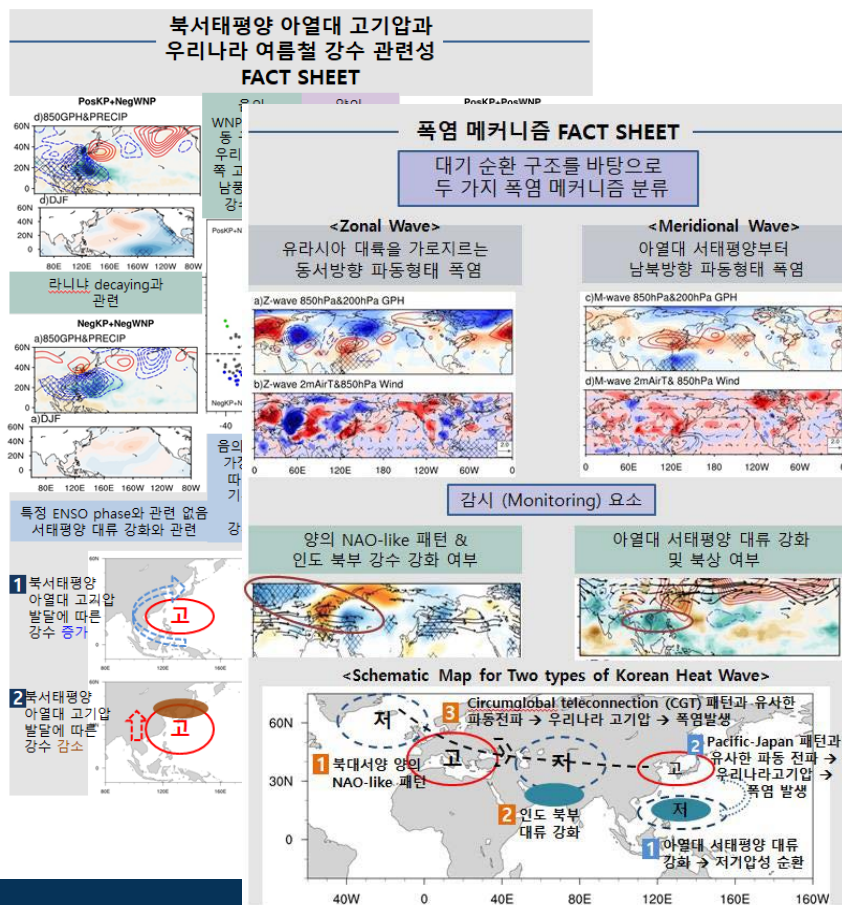




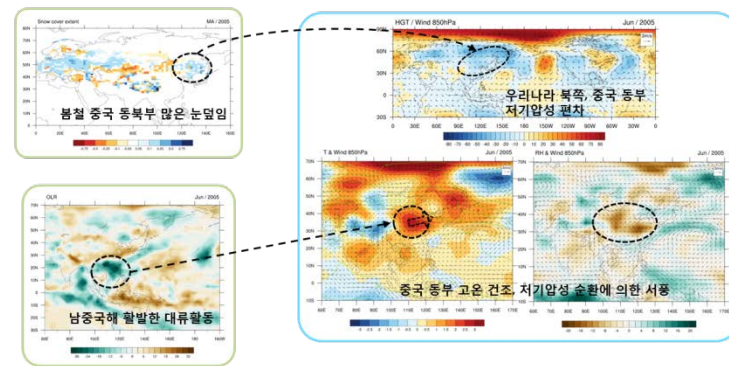
Operational Support to Long-range forecasts

Support to decision-making of KMA forecasters.

- Factsheet to explain the mechanism of and case studies on some climate events



:: 여름철 사례 :: 2005년 6월 ::



- 평균기는 22.4°C (AN +1.2) / 평균 최고기는 27.8°C (+1.3) / 평균 최저기는 18.0°C (+1.3)
- 북쪽에 강한 고기압성 편차, 중위도 유라시아에 저기압성 편차 위치 (음의 북극진동 -0.4)
- 하층 우리나라 북쪽, 중국 동부지역에 위치한 저기압성 편차 + 중국 동부지역 고온 건조 → 저기압성 순환에 의한 서풍으로 고온 건조한 공기 우리나라로 유입
- 남중국해 강한 대류활동의 영향으로 중국 동부지역 하층 온도 상승
- 봄철 중국 동북부 지역 평년보다 많은 눈덮임 → 다량의 토양수분 → 저기압성 편차 유도에 영향

Extreme Climate Monitoring

Extreme climate monitoring and analysis

- Web service for monitoring extreme climate events over East Asia
- Monitoring and Analyzing global extreme climate events for each month.
- Utilizing social data for monitoring impacts (text mining)

• 월별 이상기후 현황

번위로

2019년 10월 이상기후 현황

2019년 11월 12일 발표

- 이상 고온 일수는 한반도의 동부 지역에서 5일 정도 나타났으며, 중국 서부와 히말라야 인근에서도 많이 발생했음.
- 한반도에서 10월에 발생한 최대 강수 사상은 재현 기간이 100년 이상이었음.
- 1개월 표준 강수 지수와 표준 증발량 부족 지수가 중국 일부 지역에서는 Exceptional dry 상태를 보임.

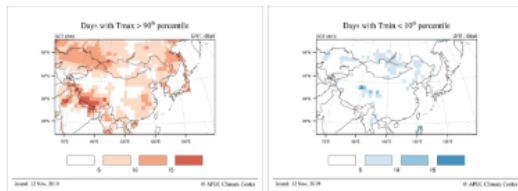


그림 1. 월간 이상 고온 (왼쪽) 및 이상 저온 (오른쪽) 발생일수

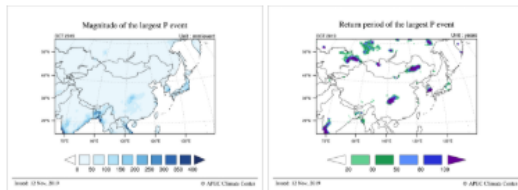
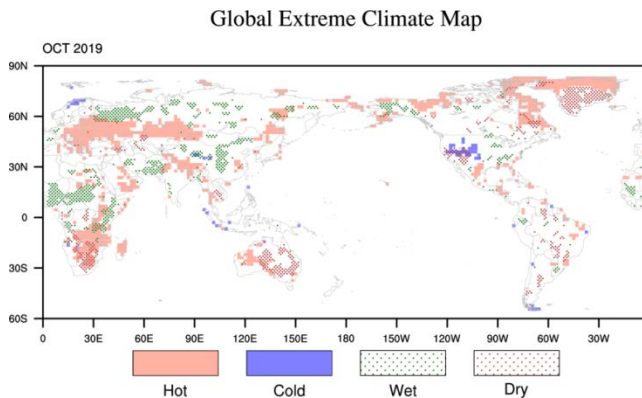
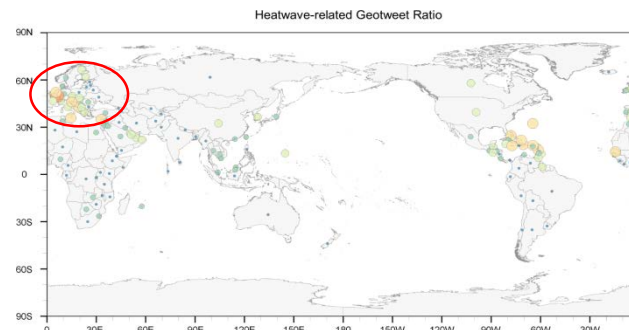
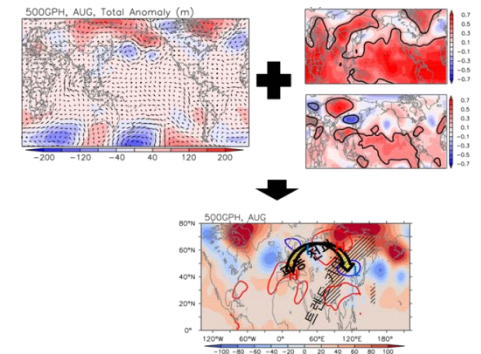


그림 2. 월간 최대 강수 사상 (왼쪽) 및 재현 기간 (오른쪽)



Hot Tx90 days > 10, Cold : Tm10 days >10, Wet : SPI > 1.3, Dry : SPI < -1.3



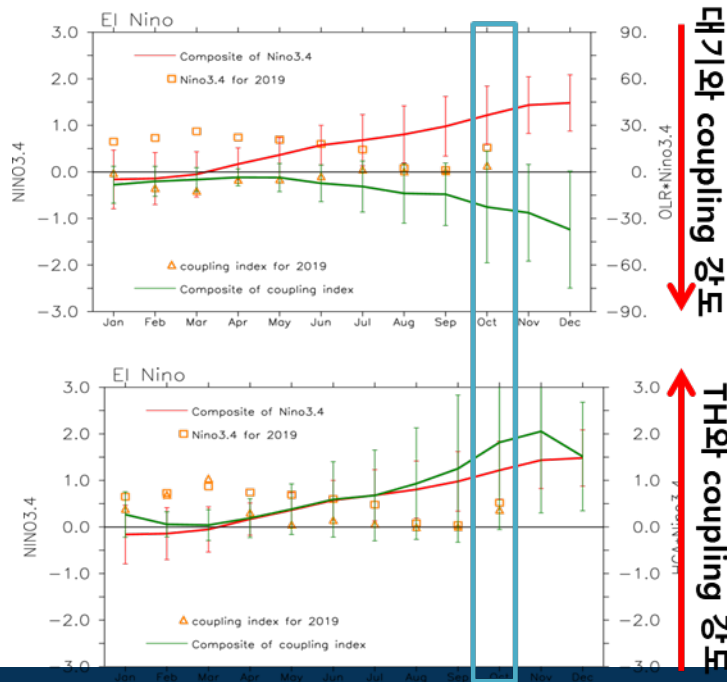
Tracking public response to heat waves



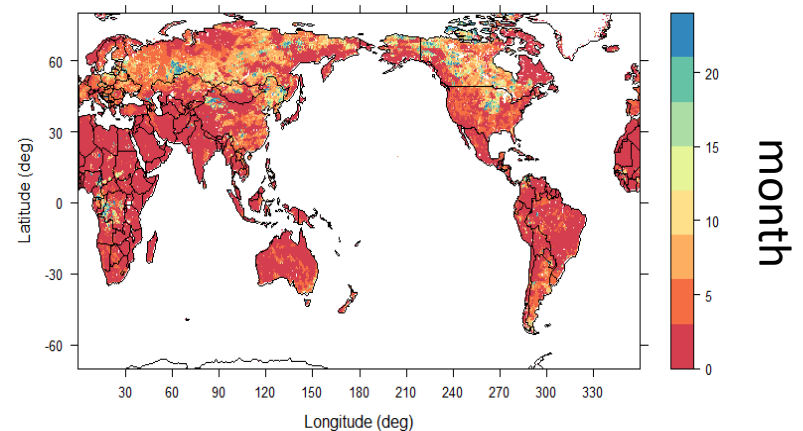
Development of Climate Monitoring Indices

Climate Monitoring Products:

- Monitoring ENSO-related air-sea coupling
- Multi-timescale standardized drought indices (SPEI, SEDI)
 - Storage capacity of lands is heterogeneous!



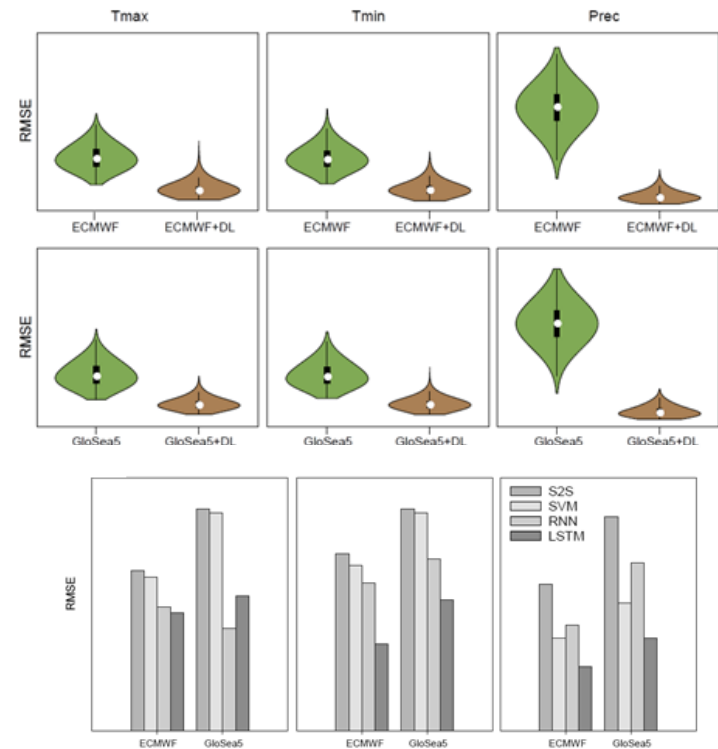
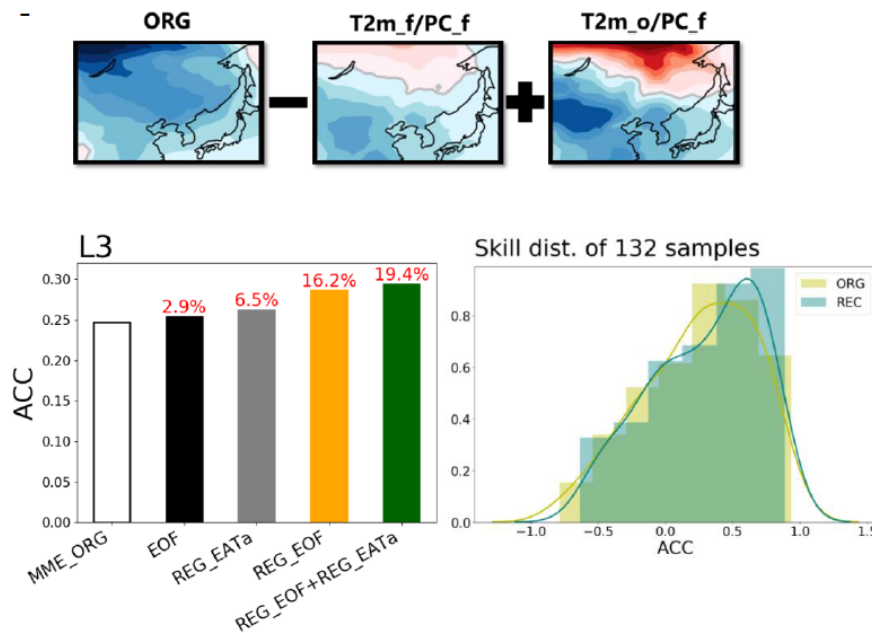
SPEI Timescale for root-zone soil moisture



Subseasonal forecast

How to 'utilize' dynamical model prediction

- Assessment of GCM's forecast skill : low predictability at week 3&4
- Find 'window of opportunity' : Developing Forecast Guideline
- Post-processing of forecast : Empirical relation based forecast field correction, Machine learning



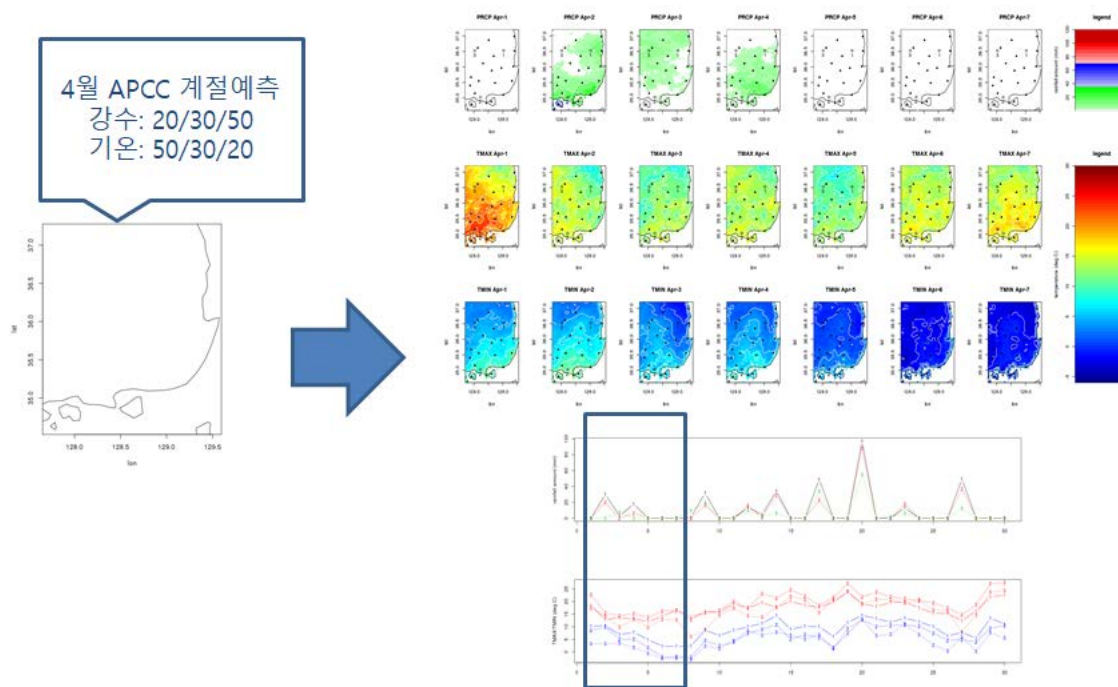
Support Vector Machine (SVM)
 Recurrent Neural Network (RNN)
 Long Short Term Memory (LSTM)



Application

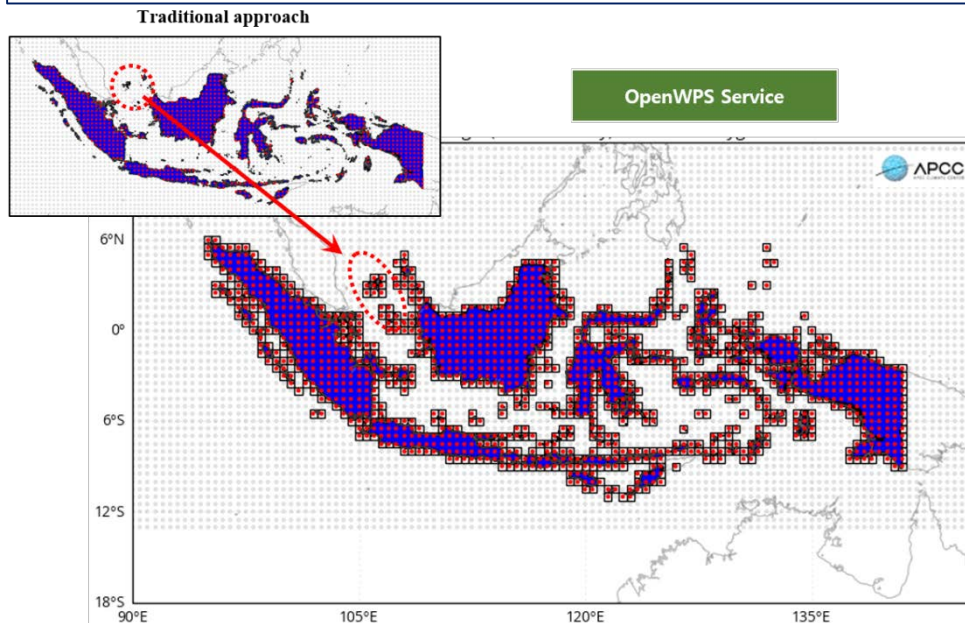
Downscaling data:

- Apply Downscaling technique to seasonal forecast data
- For obtaining high-resolution grid data.



Climate Information Services

- **ADSS** (APCC Data Service System) : DATA provision
- **CLIPS** (Climate information Processing system) : Data provision with user manipulation
- **OpenWPS** (Open Web processing services) : Data handling S/W (Open Geospatial standards, e.g. Complex area masking)
- **CLIK** (Climate Information Toolkit) : User interactive Seasonal forecast and pointwise downscaling
- **AIMS** (APCC Integrated Modeling Solution) : Downscaling tool for sectoral application

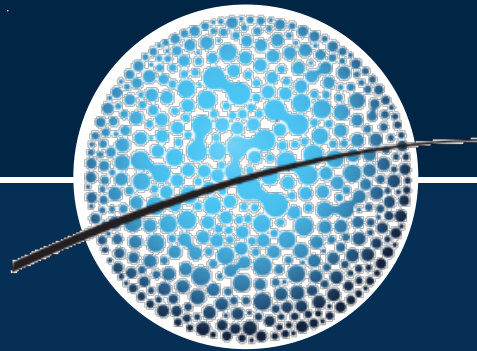


Climate Information service Platform

- Cloud computing based
- More effective
- Combined function

Outreach and projects

- 1 in-country training on CLIK (chile)
- Self-funded training and collaboration
 - Philippines (Downscaling)
 - Sri Lanka (CLIK)
- International projects
 - GCF : The climate information services for resilient development project in VANUATU
 - FAO : Improve understanding of the impacts of climate trends on crop production systems and food security in Asia



Thanks you

[2019 AGU 학회 세부 일정]

○ 박지훈 선임연구원

- 출장신청서 작성일 기준 AGU 학회 일정표가 정해지지 않아 학회기간동안 참석예정인 세션이름을 포괄적으로 기재함

날 짜		세부 일정
12/9(월)	오전	• Oral/Poster session 참석: U022 - World Climate Research Programme - Climate Research for the 21st Century: from Challenges and Opportunities to Implementation
	오후	• Oral/Poster session 참석: A002 - Advanced Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Surface • Oral/Poster session 참석: A003 - Advances and Challenges for Subseasonal to Seasonal Prediction
12/10(화)	오전	• Oral/Poster session 참석: A004 - Advances in Atmospheric Remote Sensing Techniques and Theories • Oral/Poster session 참석: A014 - Challenges in Climate Prediction: Seasonal-to-Decadal Climate Predictability and the Earth System Dimension
	오후	• Oral/Poster session 참석: A015 - Advances in Radar Remote Sensing of Clouds and Precipitation: Observations, Data Processing, Weather and Water Model Applications
12/11(수)	오전	• Oral/Poster session 참석: A048 - CMIP6 Climate Model Evaluation
	오후	• Oral/Poster session 참석: A068 - Extreme precipitation in past, present and future climates
12/12(목)	오전	• Oral/Poster session 참석: A069 - Extreme Weather Events: Forecast skill, Uncertainty Quantification and Impact Modeling
	오후	• Oral/Poster session 참석: A075 - Ground-Based Atmospheric Monitoring Networks
12/13(금)	오전	• Oral/Poster session 참석: A116 - Seasonal to Multi-Seasonal Earth System Prediction and its Applications • Oral/Poster session 참석: H116 - Remote Sensing Applications for Water Management and Extremes Prediction
	오후	• <u>Poster session 발표: H123 - Space-based Precipitation Observations, Estimation and Applications: a Centennial Perspective</u>

[2019 AGU 학회 세부 일정]

날 짜		세부 일정
12/9(월)	오전	• Oral session 참석 : A11F Land-Atmosphere interactions of the Tibetan Plateau and their impacts on weather and climate I • Oral session 참석 : A12F Land-Atmosphere interactions of the Tibetan Plateau and their impacts on weather and climate II
	오후	• Poster session 참석 : A13I Advances and challenges for subseasonal to seasonal prediction III posters • Poster session 참석 : A13P CMIP6 climate model evaluation II posters • Poster session 참석 : A13R Land-Atmosphere interactions of the Tibetan Plateau and their impacts on weather and climate III posters
12/10(화)	오전	• Poster session 참석 : A21J climate variability in the Atlantic Ocean: Observations, Modeling, and Theories Posters. • Poster session 참석 : A21M Drivers of tropical Pacific decadal variability Posters • Oral session 참석 : A22B Jacob Bjerknes lecture
	오후	• Oral session 참석 : Dynamics of interbasin interaction from seasonal to centennial timescales I • Oral session 참석 : GC24A Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific: Fifty years of progress on the role of tropical oceans in climate and its predictability I
12/11(수)	오전	• Oral session 참석 : A32F Bridging the gap from climate to extreme weather: observations, theory, and modeling I • Poster session 참석 : A31S Seasonal to multiseasonal earth system prediction and its application posters. • Poster session 참석 : GC31D Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific: Fifty years of progress on the role of tropical oceans in climate and its predictability II posters
	오후	• Oral session 참석 : A33E Monsoon: formation, variability, and changes in the future I • Poster session 참석 : A33K Bridging the gap from climate to extreme weather: observations, theory, and modeling II posters

		재미대기과학자의 밤(The KASA Night)에 참석하여 APCC 기관소개
12/12(목)	오전	Poster session 참석 : A41O Extratropical and high-latitude storms, teleconnections, extreme events, and the rapidly changing polar climate III posters
	오후	- Oral session 참석 : A43B Extratropical and high-latitude storms, teleconnections, extreme events, and the rapidly changing polar climate I - Oral session 참석 : A44C Extratropical and high-latitude storms, teleconnections, extreme events, and the rapidly changing polar climate II