

TRAVEL REPORT FORM

출장보고서

결 재	선임연구원	과장	본부장	원장
	11/12	11/12	11/12	11/13
협 조	유진호	이우섭	김형진	신도식

I. Travel Overview 출장개요

1. Traveler(s) 출장자

Department 소속	Position 직위(직급)	Name 성명	Note 비고
기후분석과	선임연구원(선임연구원)	유진호	

2. Travel Period 출장기간

- 2024년 11월 3일 - 11월 10일

3. Occasion and destination 행사 및 출장지

- 행사 : WGNE39-WGSIP25 Annual Meeting
- 출장지 : Toulouse, France

II. Major Activities 주요업무 수행내용

1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

- 출장자는 WCRP(World Climate Research Program)의 core project 중 하나인 ESMO (Earth System Modeling and Observation)의 기후예측분야 실무그룹 (WGSIP, Working Group on Subseasonal to Interdecadal Prediction) 위원으로 프랑스 기상청에서 개최된 25차 WGSIP 정기회의 및 WGNE-WGSIP 합동 회의에 참석하여 세계 주요 기관의 기후 예측 관련 연구 및 서비스 진행 현황을 공유하고 APCC의 관련 활동을 소개함
- 프랑스에서는 기후서비스를 위한 기후모델의 획기적 진보 (TRACCS)라는 대규모 국가 사업(8년간 약 5천만 유로 규모)을 추진하고 있으며, 기후예측 모델의 개선 뿐 아니라 서비스 개선을 위한 사용자와의 소통 및 신규 연구자 지원을 통한 지속가능한 모델링 역량 배양 등을 목표로 함
- WWRP, WPS, EPESC 등 연관된 프로그램들에 관한 소개 : 전세계 많은 지역에서 기후모델의 예측과 관측 경향이 모순을 보이는 곳들이 있으며 (동아시아 습도 포함) 센터의 기후변화 분야 연구에 관련된 EPESC 활동을 주목할 필요가 있음

○ 초기조건

- CMP 실험 뿐 아니라 계절 기후예측 모델의 경계조건 (온실기체 등), 초기조건과의 일관성, 재분석 자료의 quality 등에 관한 문제제기가 있음
- 해양 초기조건 : 해양 심층에 대한 충분한 spin-up (약 4000년)은 현실적으로 가능하지 않으며, 각 기관별 해양 초기화 기법에 대한 consensus가 없고 계산자원 등의 현실적 제약을 고려한 ad-hoc 방식임. 이러한 문제는 고해상도 해양모델 (10km)의 경우 더욱 심각함
- 지면-대기 초기화 : 복잡한 모형보다 LSTM등 data driven 모형이 대기-지면간 flux를 더 잘 표현함 : 모델에 대한 평가는 이러한 metric을 중심으로 이루어질 필요가 있음. Soil map의 정확한 표현, Irrigation의 고려 등이 필요하며, Monin-Obukov 상사 이론은 지표 잠열속 표현에 큰 문제를 야기시킴.
- 대기-해양 결합 초기화 : 결합 초기화를 적용하는 기관들이 늘고 있으며 결합 초기화의 장점을 예측 성능 등을 통해 분석한 연구들이 나타나고 있음. Initial shock 및 drift가 예측에 미치는 영향을 검증할 metric이 필요함

○ Seamless prediction

- Predictable Component Analysis, Liang-Kleeman causality framework 등을 통해 subseasonal forecast에서의 예측가능한 성분 또는 예측성의 근원을 찾고 이를 바탕으로 weather 또는 subseasonal forecast의 validity가 유지 혹은 seasonal forecast와 같은 storyline을 가지는 지를 파악하여 서로다른 forecast를 merge하는데 사용 (예: subseasonal forecast에서 SST의 효과가 커지는 시점 ~ 계절예측의 병행 활용을 고려할 수 있는 시점)
- MJO TF : MJO propagation 속도에 따라 teleconnection이 달라질 수 있음. Warm pool의 eastern edge의 영향에 대한 집중 연구 추진 예정 (TEPEX)

○ 모델 분석 및 개선

- Complex network을 이용한 비선형 원격상관의 진단, 23년 SON 브라질 호우에 관한 분석 (LBM 및 global model 활용), Aerosol의 단기 및 s2s 예측 영향 진단을 위한 re-forecast 실험 등이 진행 중임.
- 성층권 S2S 예측 성능의 분석 (저위도는 높으나 고위도는 낮음), SNAP(Stratospheric Network for the Assessment of Predictability) 분석 결과 - 모델의 성층권과 대기권의 커플링이 약함. Fresh water river 표현을 통한 몬순 예측의 긍정적인 영향 등이 소개됨.

○ bias correction : online bias correction

- Corrective Machine learning 기법의 적용 (AI 모델), Adaptive Parameter Tuning (DWD 적용), Nudging의 적용 (ECMWF: AI 모델 결과를 활용, ECCO, GFDL : 관측 climatology 활용)
- 대기해양 결합모델 개발 초기의 flux correction과 다를 것 없다는 비판이 있음

○ WGSIP 회원 기관 별 update

- CNRM(프랑스) : 모델 개선 및 Ensemble clustering을 이용한 계절예측 시나리오 생산, 계절예측에 나타나는 trend 분석, 지면 초기화 연구 등 진행 (causality in s2s forecast, teleconnection, Seasonal forecast with AI, Extreme event seasonal forecast 등이 계획됨)

- APCC(한국) : APCC MME evolution 및 계획에 대한 소개, Subseasonal to Seasonal MME 연구 및 Testbed와 CrEMA 관련 연구 결과 소개
- UKMO(영국) : UNSEEN 지원을 위한 앙상블 멤버 증가 예정 (25년 100개), 성층권 connection을 통한 장기 예측성 분석, DePreSys 예측 성능 분석 소개, WMO 근미래 선도센터 활동 소개
- BoM(호주) : AI (Graphcast) 모델의 S2S 적용성 검토, 오존층 변동성 연구 등 소개. 기상청의 ML 활용 전략 수립 예정, weather와 s2s forecast의 blending 방안 개발
- ECMWF(유럽연합) : 20년간의 S2S 성능 분석 (week2는 향상, week3,4는 뚜렷하지 않음), SEAS6 개발 진행중이며 2025년도에 약 2배 이상의 앙상블수 및 빈도로 생산 예정, AI모델 (AIFS)의 s2s 예측 적용을 위한 연구가 진행중이며, 계절예측은 아직 초기 단계임.
- ICCP(한국) : CESM을 이용한 3차원 해양 anomaly 자료동화를 이용해 multi-year 예측 실험진행 중. Nino3.4 지역 SST의 예측성(ACC=0.5 ~12개월)에 비해 강수 예측성(~4개월)은 낮음. 2022년 파키스탄 홍수에 대한 BSISO영향 및 기계학습을 이용한 계절내 예측 연구 진행중
- UCL(벨기에) : 2015년 이후, 북극 해빙 면적은 정체, 남극은 급격히 감소 중. 샘플이 부족한 극한 기후 모의를 위해 “rare event algorithm” 을 적용. Sea ice loss에 대한 모델간 편차가 매우 큼
- ECCC(캐나다) : 계절예측 시스템 업그레이드 (2024) - CanESM3의 예측성능은 다소 개선되었으나, Nino지수의 계절성이 약화되면서 Nino지수 예측성능은 감소, CanSIPv4는 2026년 예정. 사용자와의 소통을 통해 기후 서비스를 위한 product 생산 진행중.
- NASA(미국) : GEOS-S2S-3 시스템의 개선된 성능 평가결과 공유. hindcast period (91-24)
- BSC(스페인) : 다양한 시간 규모를 포함한 기후서비스 생산을 추구, calibration 및 post-processing, (e.g. SUNSET project), trend, projection constraining, causality analysis 등 수행
- CIMA(아르헨티나) : CLIMAX(2wks 강수), SISSA(Drought), SIGRIFSA(산불) 등 사용자 대상 기후서비스 관련 사업 및 extreme, river basic 예측 연구 수행
- CMA(중국) : CMA-CPSv3, CMMEv2 (9개 모델, NCEP, ECMWF, JMA 포함), CMA-AIM-S2S-Fengshun 모델 (S2S를 위한 AI 예측모델) 소개
- JMA (일본) : JMA/MRI-CPS3 및 개선 연구 (prognostic ozone, snow scheme, 고해상도 해양자료동화) 등 소개 (CPS4는 25년 중 도입 예정), Causality 분석을 이용한 snow-teleconnection 분석 결과 공유
- ICPAC (케냐) : 동아프리카 지역 기후예측 및 서비스 활동 소개, AI를 이용한 강수 및 S2S 예측시스템 개발 계획 소개

○ 주요 안건 및 논의사항

- ToR 개정 : 과거 초기의 협소한 수치 실험 중심의 목적에서 기후예측 연구와 서비스를 포괄하는 종합적인 목적으로 전환하고 일부 규정들을 현실화 함.
- DCPD : CMIP7 실험 protocol에 연계하여 계획수립 중 (A: 과거재현, B:예측, C:민감도 실험). 실험 A,B의 규모 축소 요구가 있으며, 민감도 실험에 대한 consensus building 중
- WMO ET-OCPS와의 협업 : 과거 계절예측에 대한 Operational guidance를 집필했던 것 처럼 MME에 대한 짧은 guidance 제작에 관한 협조를 요청
- S2S Panel 설립 : S2S project의 종료 이후, 지속적인 연구 활성화를 위한 별도의 S2S Panel에 관한 논의 진행, funding 및 WCRP/ESMO/WGSIP간 거버넌스 문제에 대해 논

의 하였으며 추후 투표로 결정하기로 함

- Extreme Project : UNSEEN method 활용, Extreme workshop (with APCC), ENSO extreme probability estimation 연구, Marine heat wave 연구 등, 지속 여부 및 EPESC WG3와의 coordination 필요성 제기
- Monsoon project : 아시아 몬순에 관한 APCC, CMA, JMA 연구 소개, 전지구 몬순에 관한 활동으로의 확장 필요성 제기
- Ocean Temperature 및 Trend : Marine heat wave, Mixed Layer depth, Sea Surface Height 예측에 MME가 효과 있음. 모델별로 trend는 상이하나 CanESM의 경우 Ensemble member의 above normal/below normal 분포는 관측의 분포와 크게 다르지 않음. (항상 warm으로 예측되는 것이 trend 이외의 다른 model의 flaw는 아닐 수 있음)
- I4D (Information for decision making) : 수요기반 calibration, 예측 정보 생산(보건 등), 다양한 섹터 및 context의 기후서비스 조율(orchestration), 보험 등 financial service까지 고려
- CHFP : 2007년 발족한 이래 지속적으로 확장 (EU의 DEMETER 및 ENSEMBLES까지 포함), 현재 host인 CIMA에서 더 이상 host할 수 없는 상황임 : APCC에서 host하고, ET-OCPS와의 협의를 통해 오래된 LC-LRFMME hindcast도 포함하기로 함(GPC의 승인 후). 상이한 hindcast 기간 모델의 예측성을 어떻게 평가할지에 대한 과학적 질문이 남음 (Delsole and Tippet, 2016: Forecast comparison based on random walk 방법 등 고려)
- Land initialization : 지면 초기화의 S2S 예측성에 관한 상이한 최근 연구 존재 (Richter et al. 2024 vs Shi et al. 2024) - 지면효과의 유효성에 대해 검증 필요
- Operational Needs : Operational Center (GPC) 로부터의 중요한 연구주제에 관한 설문 결과 1) AI/ML, 1) Understanding source of Predictability across scales, 2) a priori identification of windows of opportunity, 3) methods for constructing ensemble, multi-systems, and sub-sampling. 3) Optimal MME and model selection, 5) Earth system component inclusion and understanding, 6) Verification of new products (extremes, TC)

○ WGSIP외부 관련 활동

- APARC : 성층권 예측성 (SNAP), QBO, 역학적으로 야기된 극한현상(LEADER) 규명 등의 활동과 연계 가능함
- CLIC : Sea ice MIP, Arctic-Midlatitude Climate Linkage 등의 프로그램과 협업 가능. Cryosphere data 수집, 배포에 관한 논의 진행 중 (CMIP 및 그 외 modeling 활동에 관해서)
- CLIVAR : tropical basin간 상호작용 및 Marine heat wave에 관한 연구 활동 소개
- GEWEX : LS4P (Land temperature, Snow pack on S2S prediction) : 티벳 영향 규명 39개 기관참여, phase-2 진행중
- RIFS : 기후정보의 의사결정 활용 지원을 위한 다양한 활동(Working Group on Robust information, Extreme platform, cordex 등) 및 협력 확장 소개
- C3S : 4만여 사용자, 166PB 자료다운로드, 관측(ECV) 및 재분석자료, ERA6는 2025년~2028년에 걸쳐 최근 기간부터 차례로 생산 예정, 계절예측은 토양수분, 해빙 지도 및 10m 바람 추가, Jupiter notebook을 이용한 검증 및 최고/최저 기온 정보 제공 도구, 추가 분석 정보 제공. CMIP6, CORDEX 등도 ESGF 연계해 제공, Earthkit 이라는 데이터서비스 도구 제공

- Land : 2개의 지면 관련 EU 프로젝트 (CONFESS, CERISE 소개) : LULC와 vegetation (LAI) 효과 검증, 지면 초기화를 위한 연구
- ASPECT : Seamless climate prediction (seasonal to decadal) : 사용자 연계를 통한 이음새 없는 기후예측 정보 생산 및 지원
- I4C : 사회전환을 위한 근미래 전망향상, 서로다른 time-scale을 가진 예측정보의 blending, 사용자와의 co-production
- LC-ADCP : 근미래 예측 선도센터 활동 소개, 향후 10년까지 예측 생산 검토중, Current Global Warming Level(CGWL)에 관측과 근미래 예측의 병합 검토

○ 향후 계획

- ToR 및 새 회원 및 co-chair 구성 마무리
- CHFP DB 및 웹사이트 update
- MME 가이드선 writing team 구성
- S2S panel ToR 개발
- 2026 S2S/S2D conference committee 구성 (2026년 가을, 영국)
- 향후 5년간 WGSIP 주요 활동 분야에 관한 concept paper 개발 (AI, source of predictability, Ensemble information across time scales, etc)
- WGSIP-26 및 ECS school 계획 (2026년 초)



<WGNE 및 WGSIP 회의 참석자>

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

- 기후예측 관련 글로벌 연구개발 현황에 관한 좋은 review가 되었음
- AI/ML의 활용에 관한 연구가 빠르게 확산되고 있고 cross-timescale merging 역시 이슈가 되고 있음. 한편으론, 여전히 전통적인 predictability source와 windows of opportunity에 대한 연구 수요가 있음을 확인함

-
- CHFP의 APCC 이관을 통해 기후예측 연구 그룹과의 접점을 확대하고 계절예측 분야에서 Data hub로서의 APCC 역할을 강화하기를 기대함
 - WGSIP에서 추진되는 협력 연구활동과 APCC 내부 연구활동의 연계를 강화하여 국제공동연구를 활성화 시킬 필요가 있음

3. Suggestions and Remarks 건의사항

- CHFP의 APCC 이관을 위한 후속 조치 필요 (정보서비스 담당자 등과 협의)

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

- 행사 agenda 및 발표자료 73건