국외 출장 결과보고서

결 재	담당자	팀장	팀장	팀장	실장	사업단장
	8월 28일	8월 29일	8월 29일	8월 29일	8월 29일	8월 29일
	한지영	배수야	남현	이은희	박래설	이우진

1. 출장개요

출장목적	AOGS 20th Annual Meeting 참석 및 발표		
출장일정	2023. 7. 29.~2023. 8. 5. (7박 8일)		
성명		**소속**	**직급(직위)**
박래설		수치모델실	책임급연구원(실장)
김소영		물리과정팀	책임급연구원
한지영		물리과정팀	책임급연구원
조수정		모델검증팀	원급연구원
공해진		모델역학팀	원급연구원
방문기관 (또는 회의장소)	싱가포르, SUNTEC		
출발지	인천	**도착지**	싱가포르

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

o 2023년 7월 30일부터 8월 4일까지 싱가포르에서 개최되는 AOGS 20th Annual Meeting에 참석하여 관련 분야의 최신 연구 동향을 파악하고, 각국의 전문가들과 교류함으로써 사업단의 연구성과 및 비젼 등을 공유하고자 한다. 또한 사업단의 연구성과를 발표하고, 논의를 통해 사업단에 활용할 수 있는 유용한 정보 및 의견들을 수집하여 KIM의 역학코어와 물리과정을 개발하고 검증하는데 이를 활용하고자 한다.

나. 주요 업무 수행 사항

o CCRS (Center for Climate Research at Singapore) 방문

- 사업단 및 CCRS의 개발 현황 및 계획을 상호 공유하고 관련 주요 문제들을 논의하였다. CCRS 기관장인 Dale Baker와 양 기관의 업무 협조 가능성에 대해 타진하고, 이후 CCRS 기관을 견학하는 등 친목을 도모하였다.

o Aerosol, Clouds, Radiation, Precipitation, and Their Interactions 세션에서 ‘Diagnoistic cloud fraction scheme based on cloud hydrometeors’를 주제로 발표

- 사업단에서 개발 중인 구름양 진단방안의 성과 및 계획을 발표하였고, 각 기관의 전문가와

관련 논의를 진행하였다. 영국 기상청에서도 진단방안을 구상하였으나 아격자 수상에 대한 처리 방법이 없어서 어려웠던 점에 대해 KIM의 경우는 아격자수상이 진단되어 아격자를 고려한 구름양 진단방안 개발이 가능함을 언급하였다.

o Aerosol, Clouds, Radiation, Precipitation, and Their Interactions 세션에서 'Cloud vertical overlap for radiation processes in the Korean Integrated Model을 주제로 발표
  - KIM에 업데이트한 위도, 계절, 바람연직시어 의존성을 포함한 일반화된 구름 수직겹침을 소개하고, 모델의 예측성에 미치는 영향에 대해 발표하였다.
  - 개발 내용이 KIM 성능 향상에 긍정적이며, 그 영향이 적지 않다는 의견을 확인하였다.
  - 구름 수직겹침 뿐 아니라 수평 분포 처리에 대한 질문이 있었다. 구름 안에서의 응결물 수평 분포 및 이에 대한 겹침도 복사 수지에 중요하므로, 사업단에서 추후 고려해야 할 요소이다.

o Middle Atmosphere (AS40) 세션에 참석하여, 고층대기 현상과 성층권-대류권 상호작용에 대한 최신 연구 동향을 파악
  - 연직상단이 높은 모델이 낮은 연직상단 모델에 비해 성층권 돌연승온을 잘 모의한다는 연구 발표, 준이년주기진동(QBO) 현상이 북반구 아열대 몬순 시스템에 영향을 준다는 연구 결과 발표 등이 있었다.

o Understanding and Predicting Precipitation Extremes Through Intergrative Analyses of Observation, Numerical Models, and Deep Learning 세션에서 'A comparison of precipitation forecasts with different scale-aware cumulus parameterizations over South Korea'를 주제로 발표
  - 다양한 해상도에서 실험이 가능한 지역모델을 이용하여 KSAS를 비롯한 격자적응 적운대류 물리과정 모수화들의 해상도별 강수 모의 특성 및 예측 성능을 비교하고, 이를 바탕으로 KSAS 격자적응 모수화의 문제점을 파악하고 개선한 결과를 발표하였다.
  - UNIST 재해기상예측 연구실에서도 격자적응 적운대류 모수화들의 한반도 강수 예측 성능을 비교한 바 있는데, 발표에서 보인 바와 같이 KSAS가 타 격자적응 적운대류 모수화에 비해 아격자 강수를 과대하게 모의하는 경향이 있음을 공유하였다. 이는 현업 전구날씨예측 모델인 KIM의 안정성 문제 때문에 적운대류 모수화의 기여도가 높게 설정돼 있기 때문으로 개선한 방법 등을 적용하여 적운대류 모수화의 기여도를 낮출 필요가 있다는 의견을 전달하였다.
  - 해상도가 증가하더라도 강수 예측 성능이 향상되지 않는다는 결과가 관심을 받았으며, 실험간 강수 예측 성능 차이가 유의미한지 판단하기 위해 유의성 검증 추가가 필요하다는 의견을 받았다.

o Understanding and Predicting Precipitation Extremes Through Intergrative Analyses of Observation, Numerical Models, and Deep Learning 세션에서 'Numerical simulation of heavy rainfall events over the Korean Peninsula during summer of 2022'를 주제로 발표

- 사업단에서 개발하고 있는 한국형 수치 예보 모델인 KIM의 강수 예측 성능 검증 결과와 강수 예측 성능 향상을 위한 구름 물리과정 민감도 실험에 대한 분석 결과를 발표하였다. 악기상 사례에 대한 분석을 중심으로 연구 동향을 파악하고, 강수 검증에 활용할 수 있는 다양한 관측자료에 대한 정보를 수집하였다.

o Understanding and Predicting Precipitation Extremes Through Intergrative Analyses of Observation, Numerical Models, and Deep Learning 세션에서 'Evaluation of the SMoothed Hybrid sigma-pressure (SMH) coordinate in KIM'을 주제로 발표

- 현재 사업단 모델의 연직 격자체계에서 시도하고 있는 평활 지면 추적 좌표계를 고해상도 수치모델링 결과를 통해 환류하였다. 도쿄도립대학에서 호수 관성파를 연구하고 있는 교수님과 연구에 관해 이야기 나누었고, 중심 내용은 대기에서와 유사하게 호수에서도 파동이 전파되고 이것이 경계에서 반사되는데 전파는 기법 사용을 통해 통제할 수 있으나 반사되어 돌아오는 파동과 이로 인한 모델 성능 저하는 간단하지 않다는 것이었다.

3. 출장성과・시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과・시사점

o 싱가포르 모델 개발 기관과의 향후 협동 연구에 대한 가능성을 논의함으로써 국제공동연구를 위한 발판을 마련하였다.

o 구름양 진단방안의 사업단 개발 현황을 공유함으로써 개발 방향의 적절성을 확인하고, 향후 개발을 지속할 동기를 부여하였다.

o 복사물리과정의 구름 수직겹침 상세회 기술 개발 방향이 적절했다는 관련 분야 연구자의 견해를 확인하였고, 향후 추가로 보완할 수 있는 부분에 대한 의견을 수집하였다.

o 성층권 돌연승온, 준이년주기즌동 등의 현상을 잘 모의하는 것이 대류권 현상의 현실적인 예측에 중요한 요소임을 파악하고, 검증 방법 등의 정보를 수집하였다.

o WRF의 KSAS 적운대류 물리과정 모수화에 대한 개선 및 개발 요구가 있는 것을 확인하였다. 사업단에서도 KIM 지역모델 개발 연구가 진행되고 있기에, 한반도 및 동아시아 지역에 최적화된 지역모델 버전의 KSAS 적운대류 물리과정 모수화를 개발할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

o 폭염, 태풍, 집중호우 등과 같은 악기상 사례를 분석한 발표를 통해 각 사례와 관련되는 종관 현상(제트축 위치 변화, 고기압 확장, 블로킹 등)을 이해하고, 온난화로 인한 해수면 온도 상승에 영향을 받는 대기 순환을 고려하여 최근 사례를 진단하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

o 모델 강수 검증에 이용되는 IMERG 강수 관측자료는 자료 업데이트 계획 중에 있어, 현재 보유하고

있는 자료의 업데이트가 필요하다. 그리고 일본 JAXA에서 WMO 프로젝트의 일환으로 위성과 우량계 관측자료 기반으로 개발한 전 지구 강수 자료(GSMaP) 또한 강수 검증에 유용할 것으로 생각된다.

o 다양한 모델을 이용한 수치모델링 실험 및 분석 연구가 있었으나 연구자들이 연진좌표계 그 자체에 대해서 격자지점 이상으로 어떻게 접근하고 분석할 수 있을지에 대한 근본적인 의문이 존재했다. 이는 모델의 해상도나 운영 규모에 관계 없이 정형화된 연직 구조 등에 대한 파악이 보다 필요하다는 것을 시사하며 앞으로의 고해상도 지형 반영을 위한 연직 좌표계 및 고해상도 수치모델링의 연직 특성이 보다 연구될 필요성이 있음을 확인하였다.

나. 향후 업무 활용 계획

o 아격자 수상량의 중요성에 대해 인식하고, 사업단 모델에서 아격자 수상량을 조금 더 정교화할 수 있는 방법을 모색함으로써 구름 모의 성능 개선을 도모하고자 한다.

o 구름 안에서의 수평분포 등 추가 고려할 사항의 중요성 및 가능한 영향을 확인하고, 추가 성능 개선 및 업데이트에 참고할 계획이다.

o 고층대기 현상 및 영향에 대한 타기관 연구 결과 및 검증 방법 등을 참고하여, 사업단에서 진행중인 격자적응 비산악중력파 물리과정 개발 및 검증에 활용할 수 있다.

o 격자적응 기법 포함 적운대류 물리과정 모수화의 한반도 및 동아시아 악기상 예측 성능을 평가하고 문제점을 제시한 연구를 조사하고 전문가의 의견을 수집하여 지역모델 버전의 KSAS 적운대류 물리과정 모수화 개발을 위해 개선이 필요한 부분을 파악하는데 활용할 계획이다.

o 다양한 강수 관측자료를 활용하여 한반도 외 전 지구 영역에 대해 모델에서 모의되는 강수 예측 성능을 검증하고, 과거 사례와 비교했을 때 최근 강수 현상에 영향을 주는 요인에 대해 분석이 필요할 것으로 생각된다.

o 평활 지면 추적 좌표계를 활용하여 고해상도 지형자료 활용가능성을 모색할 수 있을 것으로 보이며 고해상도 지형자료에서 나타나는 상층 전파 파동 특성을 파악하고자 기대한다.