

# 국외 출장 결과보고서

|   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| 결 | 담당자    | 실장     | 사업단장   |
|   | 5월 19일 | 5월 19일 | 5월 20일 |
| 재 | 오테진    | 김정한    | 박훈     |

## 1. 출장개요

|                   |                                  |                |             |
|-------------------|----------------------------------|----------------|-------------|
| 출장목적              | EGU26 General Assembly 참석 및 발표   |                |             |
| 출장일정              | 2026. 5. 3.~2026. 5. 10. (6박 8일) |                |             |
| 성명                |                                  | 소속             | 직급(직위)      |
| 오테진               |                                  | 운영체계실    자료응용팀 | 책임급연구원 (팀장) |
| 방문기관<br>(또는 회의장소) | Austria Center Vienna            |                |             |
| 출발지               | 인천                               | 도착지            | 오스트리아 비엔나   |

## 2. 업무수행내용

### 가. 출장 배경 및 목적

- 유럽지구과학연맹(European Geosciences Union, EGU) 총회는 기상, 기후, 지구 시스템 과학 분야의 전 세계 연구자들이 모이는 세계 최대 규모의 권위 있는 학술대회이다. 최근 기상 및 지구과학 분야에서는 인공지능 기술을 접목한 수치예보 모델의 혁신이 핵심 화두로 자리 잡고 있다. 특히, 이번 EGU26에서 진행되는 NP5.1 - Statistical methods in an era of AI in geosciences: Forecasting, verification, and interpretability 세션은 AI 기상 예측 모델의 성능 개선뿐만 아니라, 현업 적용을 위한 핵심인 결과 검증 및 물리적 해석 가능성을 집중적으로 다루었다. 출장자는 오스트리아 비엔나에서 개최되는 이번 학회에 참석하여 인공지능을 활용한 강수 예측 연구 성과를 발표하였다. 이번 학회 참석을 통해 사업단의 AI 강수 예측 기술을 국제 무대에 알리고, 전 세계 선도 기관들의 AI 하이브리드 모델링 및 검증 기술 동향을 파악하여 장기적인 사업단 연구 방향의 완성도를 높이하고자 하였다.

### 나. 주요 업무 수행 사항

- EGU 2026 총회 참석 및 최신 기술 동향 파악
  - 오스트리아 빈에서 개최된 EGU 26에 참석하여 기상/기후 분야의 AI 및 기계학습(ML) 적용, 하이브리드 모델링, 통계적 검증 등 최신 연구 동향을 파악함
  - NP5.1 (Geosciences 분야의 AI 시대 통계적 방법론), M2 AS5.1, NP4.2 등 주요 세션에 참석하여 글로벌 연구 기관들의 AI-NWP 시스템 개발 및 검증 사례를 수집함

- KIAPS AI 기반 강수 예측 연구 성과 발표 및 전문가 피드백 수렴
  - NP5.1 세션에서 "Development of AI-based Precipitation Forecasting at KIAPS"를 주제로 구두 발표 수행
  - 파운데이션 모델을 활용한 강수 예측 및 강수 예측의 강도 및 해상도 부족 문제 확인, 손실함수에 격자 면적 가중치 적용, 파워 스펙트럼 분석 필요성 등 모델 개선을 위한 심도 있는 피드백을 확보함

### 3. 출장성과·시사점 및 향후 업무 활용 계획

#### 가. 출장성과·시사점

- 사업단 성과 홍보 및 글로벌 기술 동향 파악
  - EGU에 참석한 전문가들을 대상으로 사업단의 인공지능 연구개발 현황을 홍보하였으며, 전 세계 선진 기관들이 기상/기후 예측성 개선을 위해 인공지능을 어떻게 활용하고 실질적인 성과를 내고 있는지 파악함
- AI 기반 예측 모델의 한계점과 극복 방안 확인
  - 여러 발표를 통해 현재 AIWP(인공지능 기상예측) 모델들이 RMSE, PCC 등 전반적인 평가지표에서는 전통적인 물리 기반 수치모델보다 우수하지만, 과도한 강수 평활화, 낮은 해상도, 강한 강수의 강도를 모의하는 데는 한계가 있음이 공통적으로 지적됨
  - 특히 극한 기상 현상(기록적인 폭우 등)에 대해서는 여전히 물리 기반 수치모델이 더 신뢰성 높은 결과를 보이고 있음
  - 이를 극복하기 위해 ECMWF의 AIFS v2는 다중 스케일 손실 함수를 도입하여 성능을 개선했으며, 이는 사업단의 인공지능 기반 강수 예측 모델 고도화에 중요한 시사점을 제공
- 물리-AI 하이브리드 모델링 및 물리모수화 개발 현황
  - 기호적 회귀분석(Symbolic regression)을 활용한 ICON-A-MLe의 구름양 편향 75% 감소, 기계 학습 기반 오존 파라미터화(mloz), 미분 불가능한 모델에 대한 앙상블 칼만 역산(EKI) 및 신경망 ODE 에뮬레이터 적용 등 데이터 기반 파라미터화 기술이 빠르게 성숙하고 있음
- AI 모델의 계산 효율성에 대한 재평가 및 검증
  - AI 기후 모델이 단순히 계산 속도가 빠른 것으로 알려져 있으나, 시간 간격(dt)과 효과적 복잡도를 고려할 경우 기존 GPU 기반 역학 모델과 비교해 본질적으로 더 효율적이지는 않다는 분석이 제기됨
  - 대신 인공지능 모델은 특정 목적을 염두에 둔 훈련이 가능하며 이를 통한 예측과 다운스케일링에서 압도적인 장점을 지님

- 많은 인공지능 모델들이 재분석장을 기반으로 훈련이 되지만 최근 들어서는 강수와 같은 일부 변수들은 관측장도 활용하여 훈련과 검증을 하는 사례들이 늘고 있음

#### 나. 향후 업무 활용 계획

- 이번 구두 발표 세션에서 인공지능기반 강수 후처리보정 모델을 훈련시킬 때 수치모델의 강수 예측장을 빼고 훈련했을 때 더 좋은 예측성을 보였다는 연구결과를 발표하였다. 이는 수치모델 강수 예측장을 포함시킬 경우 인공지능 모델이 수치모델 강수 예측장을 과도하게 의존하여 다른 변수들간의 상관관계를 학습하는데 방해가 된 것으로 추정하고 있다. 이에 대한 피드백중 하나는 수치모델 강수 예측장을 훈련자료에 포함시키되 훈련초기는 강수 예측장을 노이즈 처리를 하고 훈련 후반으로 갈수록 노이즈 강도를 줄여갈 경우 인공지능 모델이 다변수간 상관관계도 파악하면서 강수 예측장 변수도 활용할 수 있지 않겠느냐는 지적이었다. 타당한 지적으로 보여 이 기능을 추가하여 개발할 계획이다.
- 모델 훈련 방식 뿐만 아니라 모델 예측 결과에 대한 보다 상세한 추가 분석이 필요함을 느꼈으며 구체적으로는 강수 파워스펙트럼 분석, 편향 및 빈도(FBI) 분석, 일누적 강수량 비교, AI/KIM/관측 산점도 분석 등을 선행시간 및 강수 강도별로 추가 분석을 수행할 계획이다.
- 후처리보정모델이 CNN 기반 모델이기 때문에 훈련 입력데이터와 다른 수평 해상도를 갖더라도 추론이 가능한 점을 이용하여 검증시 예측창들을 합치는 형태가 아닌 북반구 중위도 전체를 한꺼번에 예측하도록 하는 기능을 추가할 계획이다.