

국외 출장 결과보고서

결 재	담당자	실장	사업단장
	5월 12일	5월 12일	5월 12일
	김정규	최인진	이우진

1. 출장개요

출장목적	수치예보기술 개발을 위한 국외 기관 거버넌스 구조와 정책동향 조사		
출장일정	2023. 3. 21.~2023. 3. 30. (8박 10일)		
성명		소속	직급(직위)
고광근		융합전략실	선임급행정원
김정규		융합전략실	선임급행정원
방문기관 (또는 회의장소)	영국 : 레딩, 유럽중기예보센터(ECMWF) / 엑서터, 영국 기상청(Met Office)		
	미국 : 워싱턴 DC, 국가환경예측센터(NCEP)		
출발지	서울, 인천	도착지	① 영국, 레딩 ② 미국, 워싱턴 DC

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- 유럽연합, 영국, 미국 등의 기상 선진국들은 자체적인 수치예보모델 개발을 통하여 현업에 적용하고, 개선을 위한 지속적인 연구개발 중에 있음. 이에 예보 정확도 향상을 위해 우리나라 수치예보모델의 지속적인 개선(연구개발)이 필요하며, 이를 위한 조직형태를 모색하기 위해 기상 선진국들의 선진 기술개발 패러다임을 반영할 필요가 있음
- 국외 주요 기관인 NOAA/NCEP(미국)과 유럽연합의 ECMWF(영국), 영국의 Met Office(영국)를 방문하여 수치예보모델 기술개발을 위한 유기적인 조직구조를 파악하고, 정책과 전략 등 지속적인 연구개발을 위한 사례조사를 실시하고자 함
- 우리나라의 수치예보모델 개발을 현황을 설명하고, 향후 사업단의 지속가능한 전략적 방향과 사업 관리 방안 등에 대한 조언을 얻고 대안들을 함께 논의하고자 함

나. 주요 업무 수행 사항

나-1. 주요 업무 사항

- 기상선진국인 유럽연합(EU), 영국, 미국의 수치예보모델 관련한 전문가들을 대상으로 수치예보모델 기술개발을 위한 정책적, 전략적 동향을 조사
- 수치예보모델개발의 선도기관인 유럽중기예보센터(ECMWF), 영국 기상청(Met Office), 미국 국립환경예보센터(NCEP)를 방문하여 아래의 주제에 대해 전문가 인터뷰를 진행
 - 수치모델 개발을 위한 조직 구조 및 인력

- 지속적인 수치모델 개발을 위한 주요 정책 및 전략
- 수치모델 개발 및 유지관리를 위한 조직구조 및 기상청과의 역할관계
- 수치모델 개발을 위한 인적자원 관리

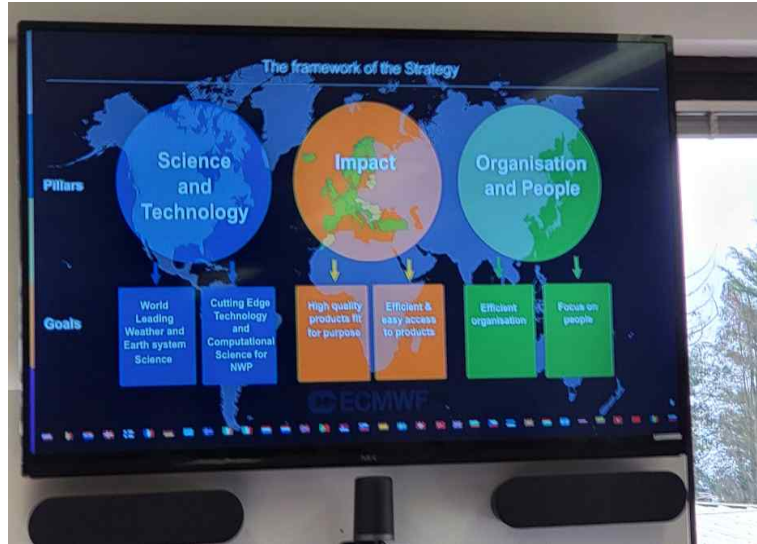
나-2. 일정별 업무 수행 내용

방문일자	2023년 3월 22일(수)
방문기관	유럽중기예보센터 (ECMWF)
기관 참석자	Fabio Venuti (Head of Cabinet) Andy Brown (Director of Research)
주요 질의응답	Q. 현재 ECMWF 조직 및 인력은 어떻게 구성되어 있는가? A. ECMWF는 23개 회원국과 12개 협력국으로 구성되어 있으며, 연구 (Research), 예보(Forecast), 프로그램(Programme), 컴퓨팅(Computing) 및 관리 부서로 운영되고 있다. 영국 레딩(Reading)에 본부(HQ)가 있고, 이탈리아 볼로냐(Bologna)에 데이터센터를 '21년 9월부터 가동 중이며, 코페르니쿠스 프로그램(Copernicus Programme)*을 포함한 유럽연합과의 파트너십을 강화하기 위하여 독일 본(Bonn)에도 Multi-site를 구축하였다. 현재, 비용 및 규모 등의 상황으로 레딩의 본부(HQ)를 영국 정부와 협의하여 레딩 대학교 이전하는 것을 계획 중이다. * Copernicus : 코페르니쿠스는 유럽연합이 기후 변화를 연구하기 위해 만든 기관으로 위성 관측 및 현장(in-situ)데이터를 바탕으로 분석한 정보 서비스 제공 A. 사무총장은 이사회에 의해 임명되며 현재 ECMWF의 사무총장직은 수치예보기술 전문가인 플로렌스 라비에르(Florence Rabier)가 맡고 있고, 자문위원회는 이사회에 자문을 제공하는 역할을 수행하며, 과학자문위원회(SAC), 재무위원회(FC), 정책자문위원회(PAC), 기술자문위원회(TAC) 등 7개 위원회가 운영되고 있다. Q. 예산 확보 및 지출 구성은 어떻게 되는가? A. ECMWF는 주로 회원국 및 협력국의 기부(Contribution) 및 외부 펀딩으로 운영되고 있다. 지출은 주로 인건비(연금 및 퇴직금 포함) 및 건물 유지비, 컴퓨팅 자원, Copernicus 활동비 등으로 구성된다. Q. ECMWF의 비전과 전략은 어떻게 되는가? A. ECMWF의 비전은 안전하고 번영하는 사회를 위해 유럽 기상 인프라 및 기관들과 긴밀히 협력하여 최첨단 과학 및 세계 최고의 날씨 예측과 지구시스템 모니터링을 수행하는 것이다. 이를 위해 우리의 전략은 ① Science & Technology, ② Impact, ③ Organisation & People의 3 pillars로 구성되어 있다. ① 최첨단의 기술 개발로 Weather & Earth system science 분야의 선도적인 역할을 하고, ② 훌륭한 산출물들이 회원국 및 협력국, 유저들에게 잘 이용될 수 있도록 해야 하며, ③ 유연하고 미래 지향적인 혁신 조직이 되기

위해 최고의 전문가를 채용하는 것으로 정책적 방향으로 삼고 있다.

Q. ECMWF의 최신 미래전략의 주요 내용은 무엇인가?

A. ECMWF 2016-2025 미래전략에서는 생명 및 시설보호와 경제 진행을 위해 5대 전략 분야(기상과학 고도화, 전지구 예측 전달, 고성능 컴퓨터의 유지, 연구지원, 회원국 및 협력관계에 정보 제공)을 설정하고 이를 고도화하기 위한 지구시스템모델링과 통합 앙상블 예측 시스템 구축에 대한 목표를 제시한 바 있다.



방문일자	2023년 3월 23일(목)
방문기관	유럽중기예보센터 (ECMWF)
기관 참석자	Matthieu Chevallier (Head of Evaluation section) Jen Alfs (Head HR)
주요 질의응답	Q. 현재 ECMWF 인력은 어떻게 구성되어 있는가? A. 현재 430명 가량이 근무중이며, 박사급 인력은 대략 40% 정도의 비율로 수치모델개발에 직접적인 관련이 있는 인력은 250명 가량이다.

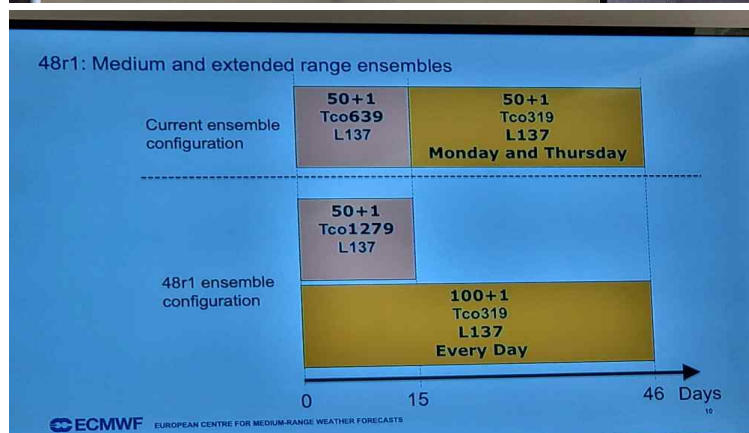
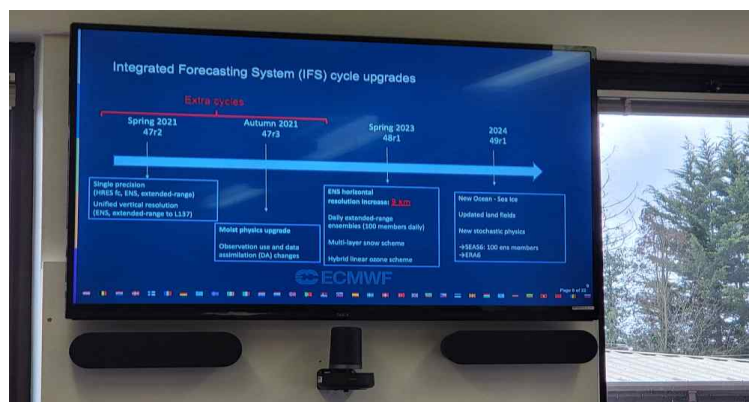
Q. 인적자원 관리에서 중요하게 생각하는 것은 무엇인가?

A. 연구자들을 위한 최적의 환경을 조성하는 것과 그들의 커리어 향상에 도움이 되고자 한다. 연구자들의 커리어 향상은 곧 센터에 성과에 기여하게 되며, ECMWF의 목표와 개인(staff)의 목표가 연결되도록 공유가치(shared value)와 공통목표(common goals)를 가지고 함께 일할 수 있도록 환경을 조성하고 있다. 또한 직원들의 공식적/비공식적인 커피타임을 독려하는데, 부서·직책·주제를 뛰어넘어 자유로운 분위기의 대화는 내부 결속력 향상 및 아이디어 발굴에 많은 도움이 되고 있다.

A. 교육 및 훈련(Training)도 ECMWF가 중요하게 생각하는 전략 중 하나다. 회원국 및 협력국의 직원들에게 다양한 방식과 포맷으로 기상학 기반의 다양한 교육을 진행하고 있으며, 이는 ECMWF의 지속가능한 발전에 도움이 된다.

Q. 전문인력 충원에 어려움은 없는지?

A. 최근 머신러닝과 인공지능 기술 향상을 위해 전문가를 모집하고 있는데 그 부분에서 어려움이 있다. 마이크로소프트나 구글 같은 민간기업에서 더 좋은 조건을 제시하기 때문으로 보인다.



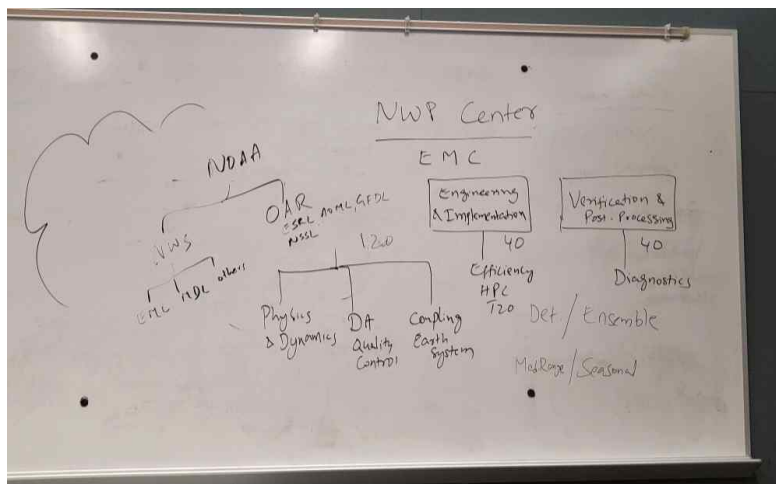
방문일자	2023년 3월 24일(금)
방문기관	영국 기상청 (Met Office)
기관 참석자	현유경 사무관 (국립기상과학원에서 파견 중)
주요 질의응답	Q. Met Office 조직 및 인력 구성은? A. 전체 인력은 2,200명 가량이며, 이 중 250여명이 수치예보 업무를 담당하고 있다. 이 중 50% 이상의 인력이 소프트웨어 엔지니어로 구성되어 있다. Met Office는 기존 ‘사업·에너지·산업전략부’ 소속이 었다가, 현재는 ‘23년 2월 설립된 ‘과학·혁신·기술부’ 소속이다. A. ‘Science & Technology’ 조직의 ‘Climate Science’, ‘Weather Science’, ‘Foundation Science’ 부서에서 수치예보 및 모델개발과 관련된 업무를 수행하고 있다. Q. Met Office의 재원 구성은 어떻게 되는가? A. 영국 기상청의 전체 예산은 ‘22년 기준으로 약 2억 6000파운드, 한화로 4,300억원 정도이다. Q. Met Office의 비전과 전략은 무엇인가? A. 영국 기상청의 비전은 안전하고 번영하기 위한 더 나은 결정을 내릴 수 있도록 지원하며, 변화하는 세계에서 기상 및 기후 과학과 서비스 분야의 글로벌 리더가 되는 것이다. A. 영국 기상청의 전략은 ① People and Culture, ② Science, Technology and Operations, ③ Impact and Benefit의 3 Strategic Anchors로 구성되어 있다. ① Met Office는 일하기 좋은 환경을 조성해주고 유연한 근무제도를 도입함으로써 직원들에게 일하기 좋은 조건을 만들어주고 있다. 전염병 유행으로 매우 힘든시기를 보냈지만, 대다수의 직원들의 직업만족도가 매우 높았다. ② 현재 Met Office는 머신러닝과, AI, Digital Twin 등을 통해 차세대 모델 역량 노력과 동시에 가속되는 기후변화에 대응하기 위해 ‘Net Zero(온실가스 배출량 zero)’와 같은 활동을 위해 노력하고 있다. ③ 슈퍼컴퓨팅 역량 등을 향상시켜 met Office의 기상·기후 서비스가 정부, 산업계, 국민들을 포함하여 사회 경제적으로 긍정적인 영향을 줄 수 있도록 노력 중이다. A. 또한 영국 기상청은 호주, 인도, 싱가포르, 뉴질랜드 등과 통합모델 (UM) 파트너십을 구축해 수치예보모델 개발과 관련한 전략적 방향을 공유하고 있다. Q. Met Office의 최신 미래전략의 주요 내용은 무엇인가? A. 영국 기상청은 2027년까지 슈퍼컴퓨터의 발전과 소프트웨어 인프라의 발전 추세를 반영한 차세대 수치예보시스템 개발을 추진 중이다. 또한 도시, 대기질, 탄소 및 질소 사이클에 중점을 두고 환경 예측 능력을 확장하고자 하고 있다.



방문일자	2023년 3월 27일(월)
방문기관	미국 국립환경예보센터(NCEP), Washington DC., USA
기관 참석자	Vijay Tallapragada (Chief, Modeling Center & Assimilation Branch, EMC)
주요 질의응답	Q. 조직 및 인력 구성은 어떻게 되어 있는가? A. 1954년 미국 기상청(NWS)과 군기상청이 JNWPU (Joint Numerical Weather Prediction Unit)를 설립하고 JNWPU에 수치기상예측(NWP) 예보 생산 역할을 부여하였으며, NAWAC (National Weather Analysis Center)가 1958년 합병되어 NCEP의 전신인 NMC (National Meteorological Center)가 조직되었다. 1995년 10월 NMC가 현재의 국립환경예측센터(NCEP, National Centers for Environmental Prediction)로 명칭을 변경하고 항공기상센터(AWC), 기후예측센터(CPC), 수문기상예측센터(HPC), 해양예측센터(OPC), 폭풍예측센터(SPC), 열대예측센터(TPC) 등이 NCEP센터 등으로 구성되었다. A. NCEP은 기상예측 관련 업무를 수행하는 8개 하위센터와 NCO라고 하는 운영국으로 구성되어 있다. 그 중 EMC (환경모델링센터)는 수치예보시스템의 주요 개발주체로, 예보와 관련된 니즈에 대응하기 위해 해양·대기·지표면·허리케인 및 대기질에 대한 수치예보시스템을 개발중이다. A. EMC는 21개의 예측모델을 운영중이며, ① Modeling & Data assimilation (MDAB), ② Verification, Post-processing & Product Generation (VPPGB), ③ Engineering & Implementation (EIB), 3개의

A. EMC는 200명 가량의 연구원이 근무하고 있으며(대략 ①120명, ②40명, ③40명), 50% 이상이 박사학위 소지자이다.

A. Open Innovation 및 Community Model로 수치예보모델을 지속적으로 개발 및 개선하고 있다. 연구자 커뮤니티에서 나온 혁신적인 아이디어(Basic R&D)가 개념증명(Proof of Concept), 최종 검증(Testing) 등의 단계를 걸쳐 최종 현업화로 활용될 수 있도록 노력하고 있다. Operation 되기 전부터 오픈소스로 개발하여 유저들이 다운받아 검증하고, 개선점을 피드백하여 지속적인 문제발견 및 개선이 가능하다.

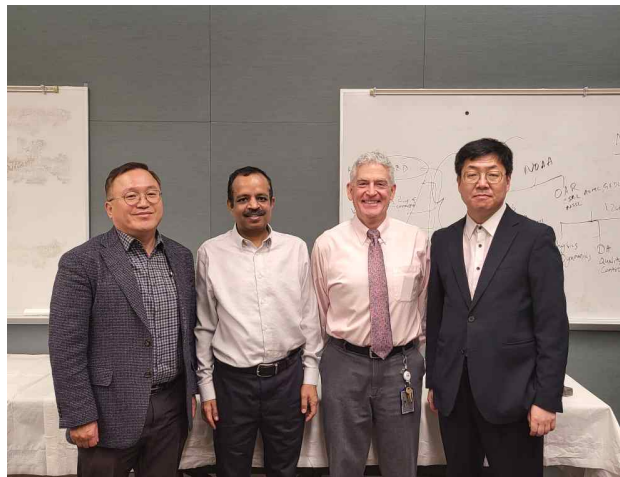


방문일자	2023년 3월 28일(화)
방문기관	미국 국립환경예보센터(NCEP), Washington DC., USA
기관 참석자	Brian Gross (Director, Environmental Modeling Center, NCEP)
주요 질의응답	Q. NCEP의 주요 전략은 어떻게 되는가?

A. 우리의 전략은 ① People and Culture, ② Operations, ③ Science & Technology, ④ Global Partnerships의 4 focus area로 구성되어 있다. ① 국민의 생명과 재산을 지키고자 하는 우리의 사명(Mission)은 일하는 직원들을 통해서 달성할 수 있다. 교육 훈련, 워라밸(work-life balance), 정신건강 케어 등을 통해 건강한 조직문화(환경)을 만들려고 한다. 직원의 채용과 유지를 위해 노력하고, Agile Workforce를 통해 생산성과 효율성을 높이려고 한다. ② 유관기관 및 이해관계자들과 협력관계 강화를 통해 운영 역량을 강화시키고, 우리의 Operational Forecast를 최적화하고자 한다. 따라서 기존 커뮤니티뿐 아니라 접근성이 취약한 커뮤니티에도 데이터 접근성을 높이려고 노력 중이다. ③ 예보와 산출물을 위해 과학적 기반을 단단히 하고자 하며, 전산자원의 한계에 따라 기술적 우선순위에 따라 효율적으로 처리 하려고 한다. ④ 국제적인 협력관계를 지속적으로 확장할 계획이다.

Q. 향후 연구개발 계획은 어떠한가?

A. NCEP의 전략계획(2022-2027)에 따르면 현업모델 예측 정확도를 향상 시키기 위해, NOAA의 통합예측시스템(UFS)에 기여하는 외부 파트너와 협력할 것이다. 세계적인 추세에 맞춰 머신러닝과 AI를 활용하고 후처리 기술을 확장하여 서비스 대상자 및 이해관계자들에게 고품질의 산출물을 제공하고자 한다. 글로벌 및 지역 앙상블 구현을 지원하기 위해 향후 자원 증가 및 클라우드 리소스에 대한 아키텍처 계획을 구상 중에 있다.



3. 출장성과 · 시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과 · 시사점

- 영국기상청은 정부가 주도적으로 수치모델개발진행이 되고 있으며, 미국은 오픈소스 형태로 수치 예보모델을 초기버전을 외부연구자들에게 자유롭게 사용하여 그 결과를 정부기관이 분석하여 모델을 수정, 보완하는 형태로 개발방식의 차이를 나타냄
- 유럽연합 ECMWF, 영국기상청, 미국 NCEP 모든 기관에서 수치예보개발에서부터 현업화에 이르

는 전과정을 하나의 기관에서 관장하여 연구개발을 진행하고 있어 우리나라와 차이를 나타냄

- 인력구성에서도 ECMWF와 영국기상청은 연구개발 인력의 50% 정도를 시스템엔지니어링을 전공한 인력으로 구성한 반면, 미국 NCEP은 연구개발인력의 90%가 대기과학 전공자로 차이를 나타냄
- 모든 방문기관에서 인력의 전문성이 수치예보모델개발에서 제일 중요한 요인으로 꼽았으며, AI, Big Data 등 최신 IT기술의 발전으로 이러한 기술들을 수치모델에 접목하기 위한 노력을 하고 있음