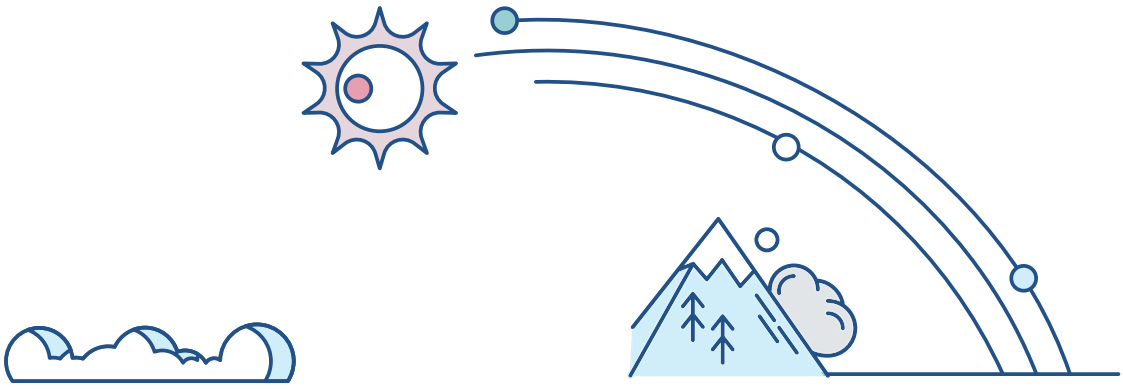
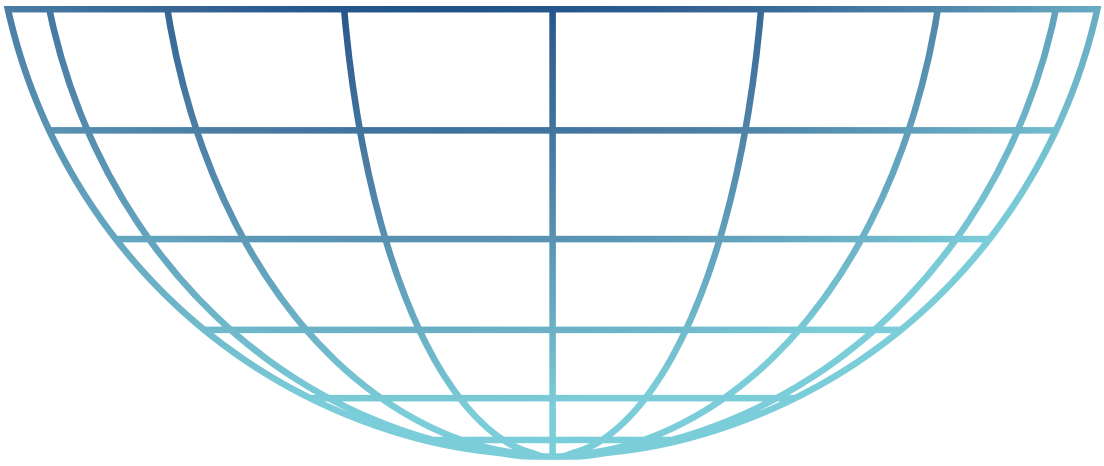


아시아·태평양경제협력체 기후센터

2025년도 연차보고서 APCC



APCC
아시아·태평양경제협력체 기후센터

아시아·태평양경제협력체 기후센터

2025년도 연차보고서

APCC
아시아·태평양경제협력체 기후센터

발간사

기후위기 시대, 신뢰와 혁신으로 답하겠습니다!

2025년은 전 지구적으로 역대 세 번째로 더운 해를 기록하며 기후위기가 우리의 일상을 위협하고 있음을 다시금 확인시켜 준 해였습니다. 하지만 동시에 대한민국이 APEC 의장국을 맡고, 아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)가 설립 20주년을 맞이하여 기후위기 극복을 위한 국제적 연대를 이끌어낸 뜻깊은 해이기도 합니다.

지난 20년이 아태지역의 기후정보 허브로서 기반을 다지는 시간이었다면, 2025년은 '디지털 혁신'을 통해 서비스의 품질을 한 단계 높이는 도약의 해였습니다.

첫째, 기후전망을 만드는 방식을 새롭게 바꿨습니다. 사람의 경험에 의존하던 기존 방식을 인공지능(AI) 기술을 도입해 데이터와 규칙 기반의 '자동화 시스템'으로 전환하여, 언제나 일관성 있고 믿을 수 있는 기후정보를 생산하게 되었습니다.

둘째, 기후정보 이용자가 더 쉽게 정보를 찾을 수 있도록 문턱을 낮췄습니다. 여러 곳에 흩어져 있던 기후정보 사이트를 하나로 통합하여, 누구나 한곳에서 편리하게 필요한 정보를 이용할 수 있는 수요자 중심의 환경을 만들었습니다.

셋째, 예측의 빈틈을 메우고 기술력을 높였습니다. 기존 장기예보의 한계를 넘어 2주에서 60일 뒤의 날씨를 예측하는 '계절내-계절(S2S) 예측' 기술을 확보하고, 인공지능(AI)을 활용해 이상기후를 미리 감지하는 기술을 고도화했습니다.

마지막으로, 튼튼해진 법적 기반 위에서 기후변화 대응력을 강화했습니다. '기후변화감시예측법' 시행에 발맞춰, 국가기후변화 표준 시나리오를 활용해 농업 현장 등에서 바로 쓸 수 있는 실효성 있는 영향 정보를 생산함으로써 국가 차원의 위기 대응을 든든히 뒷받침했습니다.

APCC는 이제 막 시작된 7단계(2025~2027) 사업을 통해 우리가 개발한 기술이 연구실을 넘어 실제 현장에서 쓰일 수 있도록 실용화하는 데 집중하겠습니다. 지난 20년의 성장을 발판 삼아, 앞으로도 기후위기로부터 인류의 안전을 지키는 든든한 방파제가 되겠습니다.

APCC의 변화와 혁신을 위해 애써주신 임직원 여러분, 그리고 변함없는 응원을 보내주신 기상청과 유관기관 관계자분들께 깊이 감사드립니다.

아시아·태평양경제협력체 기후센터 원장 직무대행

김 형 진

ASIA-PACIFIC ECONOMIC COOPERATIONCLIMATE CENTER

APCC
아시아·태평양경제협력체 기후센터

Contents

04 **발간사**

08 **2025년 아태 지역 이상기후**

14 **2025년도 APCC 대표성과**
1. 기후전망을 생산하는 새로운 방식, 데이터 · 규칙 기반 시스템화
2. 감축에서 강화로: 정부 웹 총량제 속 APCC 기후정보서비스의 새로운 도약
3. 계절예측의 공백을 메우다: 계절내-계절 통합 활용 체계 구축
4. 동아시아 이상기후 연구의 진입장벽 낮췄다:'EastAsiaClimateExtremes'공개 저장소 오픈
5. 농업 기후 영향 정보의 활용성 극대화: 현장 적용을 위해 강화된 5종 지표
6. DCPP 예측 모델의 동아시아 폭염 및 가뭄 예측성 평가

30 **2025년도 APCC 연구·사업**
1. 아태지역 실시간 고품질 기후예측시스템 운영 및 기술개발
   1-1. 아태지역 기후정보 서비스 운영 및 개선
   1-2. 동아시아 이상기후 감시·분석 및 예측 체계 개선
   1-3. 인공지능 기반 기후예측 객관화 기술 개발
   1-4. 기후예측 모델 검증 및 활용 체계 개선
2. 녹색기후기금(GCF) 지원 사업
   2-1. 유엔환경계획 (UNEP) 과의 협력사업

50 **APCC 소개**

54 **2025년도 APCC 주요뉴스**

66 **부록**
1. APCC 기후정보서비스
2. APCC 다중모델 앙상블 소개
3. 여름철 계절내 진동 (BSISO) 소개
4. 연구논문 목록



01

아시아·태평양경제협력체 기후센터

2025년
아태 지역 이상기후

2025년 아·태 지역 이상기후

2025년 아·태 지역 이상기후

세계기상기구(WMO) 보고서에 따르면 2025년은 기상 관측 사상 역대 세 번째로 기온이 높은 해로 기록되었다. 전 지구 평균 지표면 온도는 1850~1900년 평균보다 1.44°C(±0.13°C) 높았다. 특히 지난 3년 평균 기온은 산업화 이전보다 1.48°C(±0.13°C) 높아, 역대 가장 따뜻한 3년을 기록한 것으로 나타났다. 2025년은 라니냐가 발달했음에도 불구하고 대기 중 온실가스의 지속적인 축적으로 인해 지구 온난화 추세가 이어졌다.

코페르니쿠스 기후변화 서비스(C3S)는 현재의 온난화 속도를 고려할 때, 파리협정의 목표치인 1.5°C에 10년 내로 도달할 수 있다고 경고하고 있다. 이는 협정 체결 당시 예측했던 시점보다 10년 이상 빠른 수치이다. 이와 같은 지속적인 지구 온난화는 폭염, 폭설, 집중호우 등 극한 기상현상을 심화시켰으며, 아태지역 국가들에 심각한 물적·인적 피해를 초래하였다.

북미 한파

2025년 1월 두 차례의 강한 한파가 발생하였으며, 그 영향으로 미국의 1월 평균기온은 –1.6°C를 기록해 1988년 이후 가장 추운 1월로 집계되었다. 특히 1월 21일 최저 체감온도는 시카고 오헤어 공항 –33.3°C, 록퍼드 –36.1°C까지 하강하였고, 1월 22일에는 루이지애나주 라파예트 –15.6°C, 뉴이베리아 –16.7°C가 관측되어 각각 1893년, 1948년 관측 이래 최저기온을 경신하였다.

동시에 멕시코 연안을 따라 폭설을 동반한 폭풍이 발생하면서 루이지애나, 뉴올리언스, 앨라배마 등 저위도 지역에서 15~30cm의 누적 강설이 관측되었다(그림 1). 1월 초 북극에서 형성된 한랭전선이 캐나다에서 남하하여 강력한 블리자드와 결합하였고, 이후 제트기류 약화와 함께 극 소용돌이(polar vortex)가 교란되면서 찬 공기가 미국 중남부와 멕시코 연안까지 남하하였다. 이 과정에서 저기압의 영향으로 북상한 고온 다습한 공기가 한랭 기단과 충돌하여 저위도 지역에서 이례적인 폭설이 발생하였다. 이러한 극 소용돌이의 약화는 기후변화, 특히 북극의 고온 현상과 연관된 것으로 분석된다(그림 2).

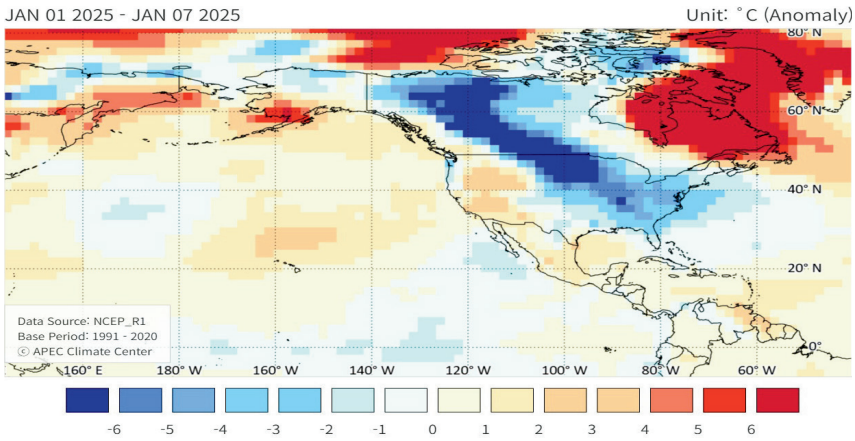


그림 1 2025년 1월 1일~7일 평균 지표면 기온 평년 편차 분포

2025년 아·태 지역 이상기후

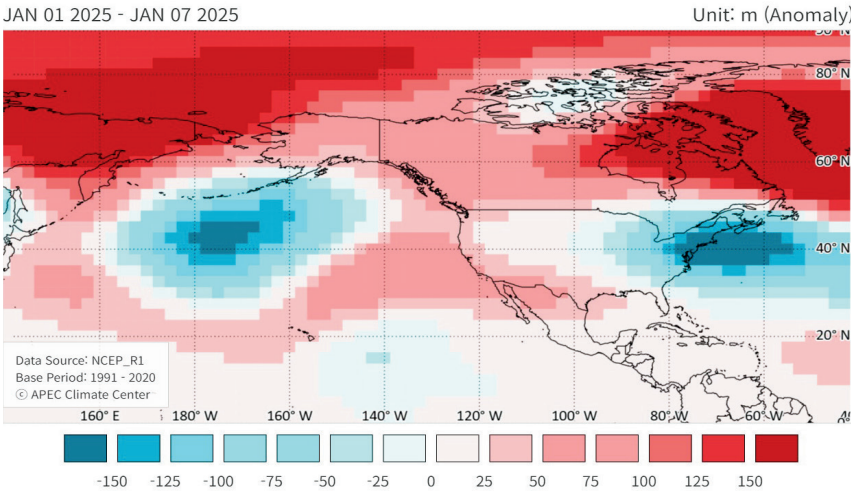


그림 2 2025년 1월 1일~7일 평균 500hPa 지위고도 평년 편차 분포

일본 폭설

2025년 2월 초, 일본 북부 홋카이도에서 큐슈에 이르는 광범위한 지역에서 기록적인 한파와 함께 폭설이 발생하였다. 특히 2월 3~4일, 홋카이도 남동부 도카치 평야의 오비히로시에서 12시간 동안 120cm의 강설이 기록되었으며, 이는 일본 관측 사상 12시간 기준 최대 강설량에 해당한다(그림 3).

폭설로 인해 항공기 30여 편이 결항하여 약 2,230명의 승객이 불편을 겪었으며, 고속도로 및 주요 도로 폐쇄, 열차 운행 중단, 370여 개 학교의 임시 휴교 등이 잇따랐다. 시베리아에서 동아시아로 이동한 찬 공기가 한반도 북부 산맥을 기준으로 분리된 후 동해 상공에서 수렴하였으며, 상대적으로 따뜻한 해수면과의 대기-해양 상호작용을 통해 강력한 구름대를 형성하며 폭설을 유발하였다(그림 4).

아울러 홋카이도 연안에서 해수면 온도 상승을 동반한 해양 열파(marine heatwave)가 지속되었으며, 수치모델 실험 결과 해양 열파가 지상 전선의 형성과 대류 불안정 강화를 통해 강수량을 약 50% 증가시킨 것으로 분석되었다[1].

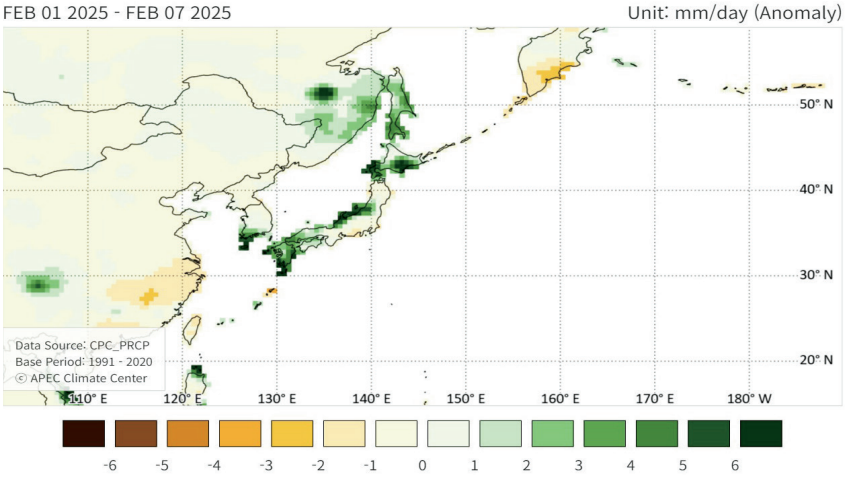


그림 3 2025년 2월 1일~7일 평균 강수량 평년 편차 분포

1) Hirata, H., K. Tamura, T. Morioka, and T. Sato, 2025

Mechanisms behind the record-breaking snowfall in Obihiro, Hokkaido, Japan, in February 2025: Roles of atmospheric environment and a marine heatwave. SOLA, 1-9, 21.

2025년 아·태 지역 이상기후

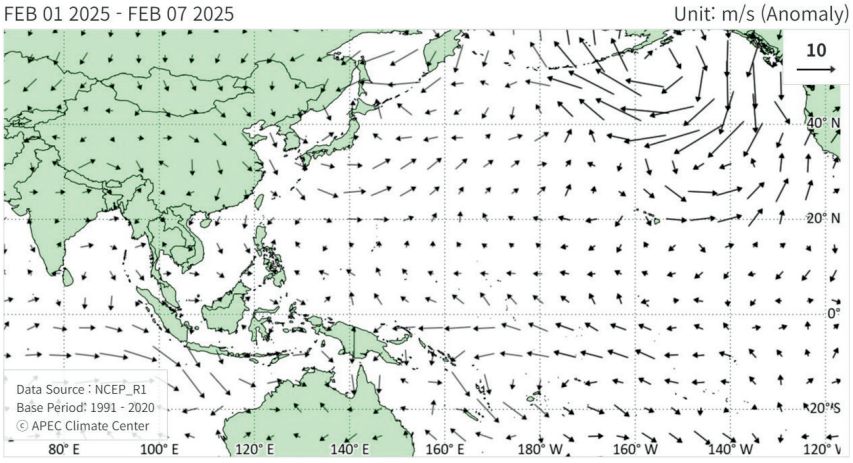


그림 4 2025년 2월 1일~7일 평균 하층 바람장 평년 편차 분포

미국 폭염

2025년 6월, 이른 폭염이 미국 중서부에서 시작되어 동부로 확산되었으며, 6월 22~25일 사이에만 약 1억 명 이상이 폭염의 영향을 받았고 총 726개 카운티에서 역대 최고기온 기록이 경신되었다. 뉴욕은 38.9°C를 기록해 6월 관측 사상 최고치를 경신하였고, 보스턴(37.8°C)과 볼티모어(40.6°C) 등 동부 대도시 전반에서 이례적인 고온이 나타났다. 높은 습도가 동반되면서 뉴욕과 필라델피아 등 주요 도시의 체감온도는 43.3°C를 상회하였다.

극심한 고온으로 인해 일부 지역에서 고속도로 아스팔트가 팽창하여 솟아오르는 '블로우업(Blow-up)' 현상이 발생하였으며, 온열질환자가 급증하여 사회적 피해가 확산되었다. 강한 고기압이 특정 지역에 장기간 정체되면서 뜨거운 공기를 지표면에 가두는 열돔(heat dome)이 형성되었고, 이 열돔이 중서부에서 동부로 이동하며 폭염 피해가 확대되었다(그림 5).

이번 폭염은 기후변화로 인해 발생 확률이 3~5배 증가한 사건으로 평가되며, 인류 활동에 의한 기후변화가 고온과 다습이 결합된 '습한 폭염'을 더욱 강화하고 있는 것으로 보고되었다[2].

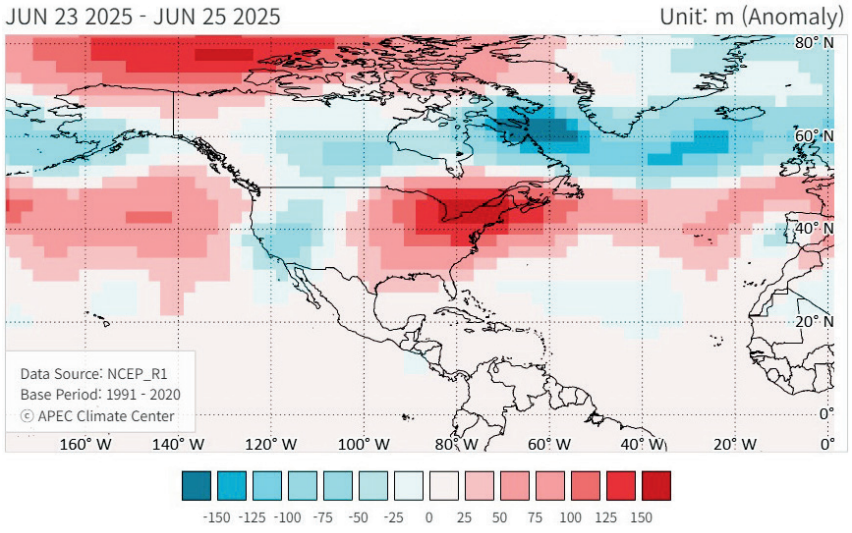


그림 5 2025년 6월 23일~25일 평균 500hPa 지위고도 평년 편차 분포

2) Faranda, D., and T. ALberti, 2025

High temperatures in the June 2025 Eastern USA heatwave exacerbated by human-driven climate change. CLimaMeter. Institut Pierre Simon LapLace, CNRS. https://doi.org/10.5281/zenodo.15746087.

2025년 아·태 지역 이상기후

동남·남아시아 폭우

태국 남부의 핫야이(Hat Yai)에서 3일 동안 약 630mm, 하루 최대 335mm의 기록적인 폭우가 발생하였으며, 이는 300년 만의 최대 강수량으로 기록되었다. 인도네시아 수마트라에서는 사이클론 'Senyar'의 상륙 및 정체로 홍수와 산사태가 발생해 수백 명의 사망자가 보고되었고, 스리랑카 또한 사이클론 'Ditwah'로 인한 대규모 홍수 피해를 입었다. 이번 호우는 동남·남아시아를 동시에 강타한 열대저기압 및 사이클론과 몬순 강우가 결합된 복합 재난의 성격을 띠었다.

태국 기상청(TMD)에 따르면, 이번 폭우는 첫째, 태국과 말레이시아 상공의 활발한 저기압성 순환에 따른 강한 저층 수렴과 상승(그림 6), 둘째, 중국 내륙 고기압에서 유입된 강한 북동풍이 따뜻한 해수면을 지나며 수증기를 공급받은 뒤 태국 남부 지형과 만나 상승 기류가 강화된 결과로 분석되었다(그림 7).

특히 11월 말라카 해협과 인도네시아 북서부에서 형성된 이례적인 사이클론 Senyar가 정체 및 발달하며 강한 저층 수렴을 유도하고 장시간 강수대를 유지시켰다. 이는 최근 발달한 라니냐와 관련하여 서태평양 및 해양대륙(MC) 지역의 해수면 온도가 상승하고 대류 활동이 강화된 결과이며, MJO(Madden-Julian Oscillation) 지수가 서태평양 부근에 정체됨에 따라 열대저기압 발생 가능성이 높아진 것으로 분석된다.

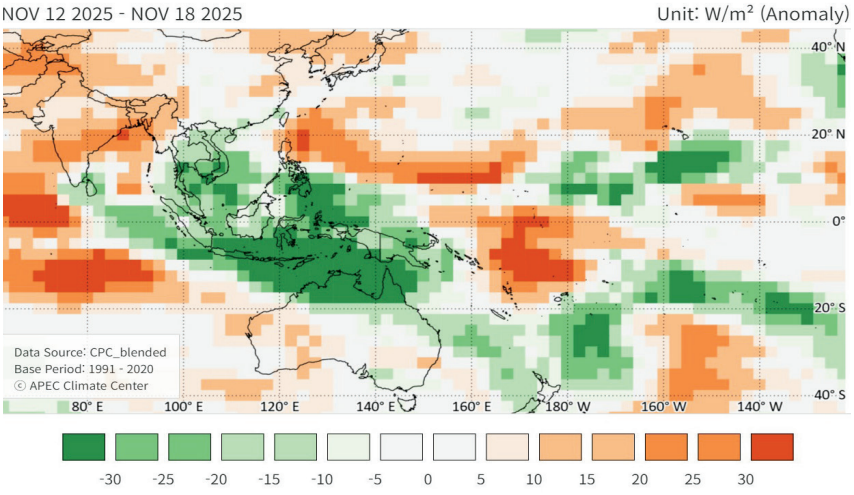


그림 6 2025년 11월 12일~18일 평균 상향장파복사 평년 편차 분포

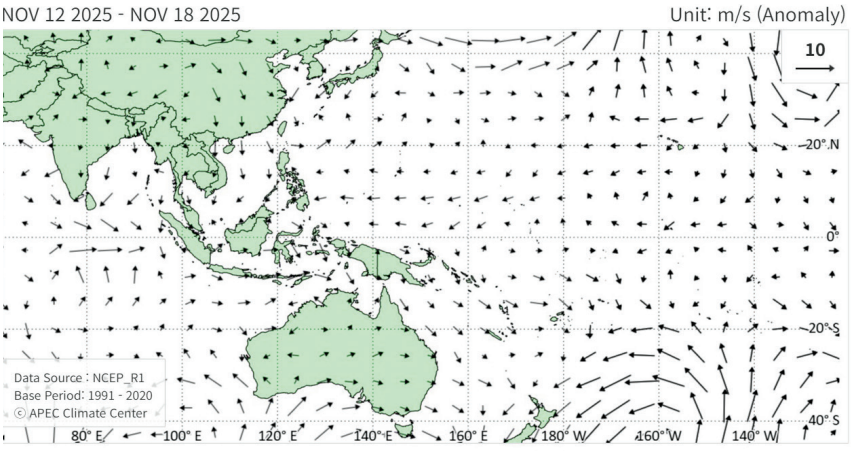


그림 7 2025년 11월 12일~18일 평균 하층 바람장 평년 편차 분포



02

아시아·태평양경제협력체 기후센터

2025년도
APCC 대표성과

2025년도 APCC 대표성과

2025년도
APCC
대표성과

1. 기후전망을 생산하는 새로운 방식, 데이터 규칙 기반 시스템화

● 유진호 선임연구원(jhyoon@apcc21.org)

기후전망(Climate Outlook)은 계절 규모의 기후 변동성을 분석하여 미래의 기상 리스크에 선제적으로 대응하기 위한 핵심 의사결정 지원 수단이다. 특히 태평양 도서국과 같이 기후 취약성이 높은 지역에서는 국가 차원의 기후 적응 전략 수립과 지역사회 의사결정을 뒷받침하는 중요한 공공 서비스로 활용되고 있다. 이러한 기후전망은 단순한 예측 결과를 넘어, 다양한 기후 자료의 종합적 해석과 전문적인 서술을 통해 정책과 현장에 전달되는 고도의 정보 산출물이라는 점에서 그 중요성이 크다.

그러나 기존의 기후전망 생산 과정은 전문 인력의 경험과 정성적 판단에 상당 부분 의존하는 구조를 가지고 있었으며, 매월 반복되는 방대한 데이터 분석과 문서 편집 과정에서 일관성과 재현성을 안정적으로 유지하는 데 한계가 존재하였다. 담당자에 따라 해석과 서술의 개별 편차가 발생할 가능성이 있었고, 분석·서술·편집이 분절적으로 수행되면서 전체 생산 과정이 체계적으로 관리되기 어려운 측면도 있었다. 이러한 구조적 한계를 극복하고 기후 정보 서비스의 지속가능성과 신뢰성을 강화하기 위해, 태평양 지역 기후전망 생산 전 과정을 데이터와 규칙 기반의 자동화 구조로 전환하는 작업이 추진되었다.

과업에서는 먼저 태평양 지역의 기후학적·지리적 특성을 반영한 정량적 신호 검출과 지역 매칭 체계를 구축하였다. 과거 5년간의 기후전망 문서를 체계적으로 분석하여 실제로 반복적으로 사용되어 온 지역 구분과 표현 방식을 정리하고, 이를 바탕으로 태평양 도서국 인근을 17개 핵심 하위 지역(subregion)으로 표준화하였다. 또한 확률 예측장에서 도출되는 수치 정보를 기존 전망 문서에서 사용해 온 전문적 표현 체계와 일대일 대응 구조로 정립함으로써, 데이터에 기반한 일관된 기후 해석이 가능하도록 하였다. 확률 임계값과 공간적 면적 비율을 결합한 우선순위 판정 로직을 적용하여, 작성자의 주관적 판단 없이도 신뢰 가능한 신호 선택이 이루어지도록 설계하였다.

이와 함께, 외부 네트워크 연결이 제한된 내부 시스템 환경에서도 안정적으로 운용 가능한 오프라인 대규모언어모델[1]LLM) 기반 서술 자동화를 구현하였다. 태평양 지역 기후전망의 특성과 기존 문서 스타일을 반영할 수 있도록 경량 언어모델을 적용하고, 신호 검출 결과를 구조화된 형태로 입력하는 'Prompt Header' 방식을 도입하여 모델의 자의적 해석을 최소화하였다. 이를 통해 확률 예측, 해수면온도 이상, ENSO 관련 정보 등 다양한 기후 신호가 일관된 문체와 논리 구조를 갖춘 자연어 서술로 자동 생성될 수 있는 기반을 마련하였다.

마지막으로, 데이터 전처리, 신호 탐지, 언어모델 기반 서술 생성, [2]LaTeX 기반 문서 조립에 이

1) LLM (Large Language Model)
대규모 텍스트를 학습해 문서작성, 요약, 번역 등을 수행하는 인공지능 언어모델

2025년도 APCC 대표성과

르는 전 과정을 하나의 자동화 파이프라인으로 통합하였다. 기존 태평양 지역 기후전망이 유지해 온 문서 구성과 시각적 형식을 그대로 재현하는 자동 컴파일 체계를 구축하여, 단일 스크립트 실행만으로 데이터 입력부터 최종 PDF 산출까지의 전 과정이 순차적으로 완료되도록 구현하였다. 이를 통해 기후전망 생산 과정 전반이 명시적이고 재현 가능한 워크플로우로 정리되었으며, 분석과 서술, 문서화가 유기적으로 연결된 체계적 생산 구조가 확립되었다.

이러한 자동화 체계의 구축은 태평양 지역 기후전망 서비스의 일관성과 신뢰성을 한층 강화하는 성과로 이어졌다. 정량적 기준과 명시적 규칙에 기반한 생산 구조는 동일한 데이터에 대해 항상 동일한 해석과 서술이 이루어지도록 보장함으로써, 기후전망을 장기적으로 비교·활용 가능한 정보 자산으로 발전시키는 토대를 마련하였다. 또한 기후전망 생산에 내재된 분석 논리와 판단 기준을 시스템 내부에 구조화함으로써, 개인의 경험에 의존하던 전문성이 조직 차원의 지속 가능한 운영 역량으로 정착되었다. 이는 향후 태평양 지역을 넘어 다양한 기후정보 서비스로 확장 가능한 기반을 제공하며, 데이터 기반 기후 정보 거버넌스 강화를 위한 중요한 전환점으로 평가될 수 있다.

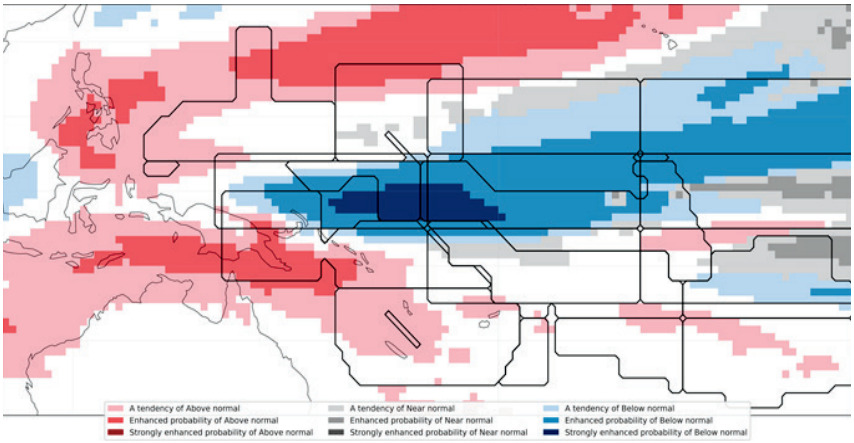


그림 8 지역 마스크와 함께 표출된 예측신호의 예

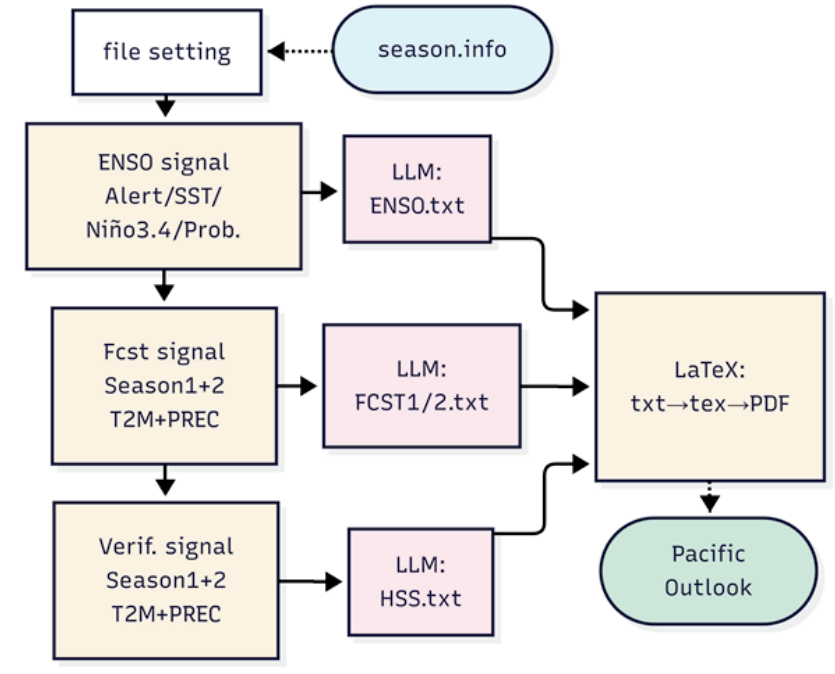


그림 9 기후전망 자동화 통합 프로세스

2) LaTeX:

수식과 문서 서식을 정밀하게 표현할 수 있는 문서 조판 시스템

2025년도
APCC
대표성과

2. 감축에서 강화로: 정부 웹 총량제 속 APCC 기후정보서비스의 새로운 도약

● **김상철 연구원**(sclow@apcc21.org) ● **신지현 연구원**(jhshin@apcc21.org),
● **정주형 연구원**(joohyung@apcc21.org)

정부 웹 총량제는 공공기관의 웹사이트 수를 체계적으로 관리하여 정보의 중복을 방지하고 운영 효율성을 높이기 위한 정책이다. APCC는 그동안 전문적인 기후정보를 제공하기 위해 기능별로 세분화된 서비스 체계를 운영해 왔으나, 이는 서비스 간 연계성과 이용자 접근성 측면에서 개선 필요성이 제기되기도 했다. APCC는 이번 정책 이행을 단순한 사이트 '감축'의 과정이 아닌, 기후정보서비스를 플랫폼 중심으로 통합·고도화하는 전환점으로 삼았다. 급변하는 디지털 환경과 높아진 이용자 요구에 부응하기 위해, 개별 서비스 중심에서 벗어나 통합적이고 일관된 사용자 경험(UX) 중심의 체계를 구축함으로써 지속 가능한 서비스 운영 기반을 마련하였다.

APCC는 수년에 걸쳐 기후정보서비스를 단계적으로 정비하여, 2025년 최종적으로 홈페이지와 기후정보도구(CLIK)를 하나의 플랫폼으로 통합 완료하였다. 이번 통합은 단순한 메뉴 구성의 병합을 넘어, 최신 기술 구조를 바탕으로 서비스 운영 방식 전반을 재설계한 '디지털 전환'의 결과이다.

◎ 통합 플랫폼 구축: 서로 다른 환경의 기후서비스를 단일 기반 위에서 제공하여 운영 효율성 극대화.
◎ 사용자 경험(UX) 혁신: 홈페이지와 기후정보도구(CLIK)의 서비스 흐름을 통일하여 단절 없는 정보 접근 환경 구현(그림 10).
◎ 미래 확장성 확보: 레거시 구조를 전면 재정비하여 향후 신규 서비스 추가 시에도 신속한 연계가 가능한 유연한 시스템 구축(그림 11)

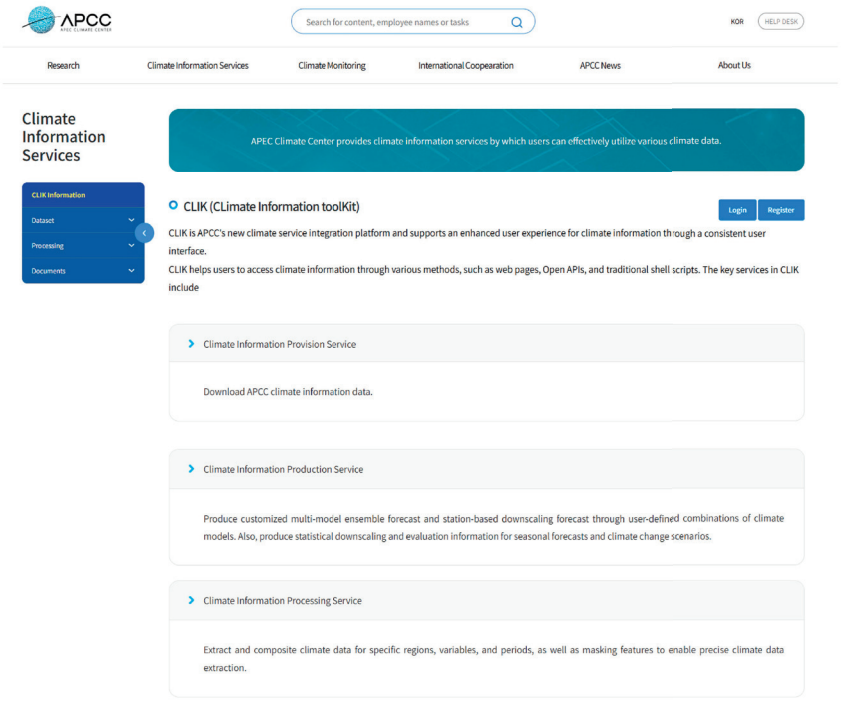


그림 10 홈페이지와 통합된 기후정보도구 (CLIK)

용어 해설

1) PaaS-TA (Platform as a Service-Technical Architecture):
한국지능정보사회진흥원(NIA)이 개발한 오픈소스 기반 개방형 PaaS 클라우드 플랫폼. 클라우드 인프라를 제어하며 애플리케이션 개발·배포·운영을 지원

2) K-PaaS (Korean Platform as a Service):
K-PaaS표준모델(오픈소스)을 기반으로 적합성을 인증받은 클라우드 플랫폼 서비스와 솔루션을 통칭. PaaS-TA의 후속 표준으로, 민간 주도 클라우드 네이티브 생태계 활성화를 목표

3) aaS (Infrastructure as a Service):
클라우드 컴퓨팅의 분류 중 하나로, 사용자에게 실제 전산자원 인프라를 제공하는 것과 동일하게 가상의 하드웨어, 운영체계 및 라이브러리를 서비스하는 방식

4) SSO (Single Sign-On):
사용자가 하나의 ID와 비밀번호로 여러 애플리케이션이나 웹사이트에 로그인할 수 있도록 하는 인증 기술

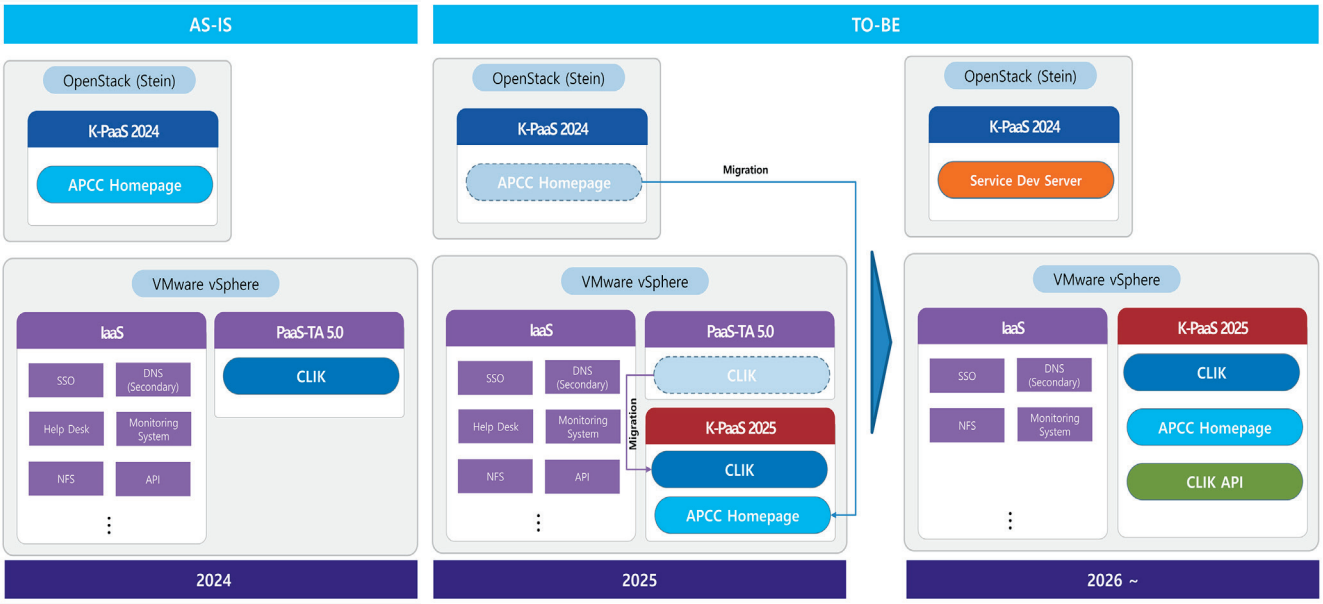


그림 11 기후정보서비스 시스템 구성도

통합된 APCC 기후정보서비스는 일반 국민부터 전문가까지 모든 이용자의 접근성을 획기적으로 높일 것으로 기대된다. 단일화된 환경에서 기후예측부터 분석도구까지 원스톱 이용이 가능해짐에 따라 서비스 신뢰도가 대폭 강화되었다. 또한, 운영 측면에서 중복 비용과 인력 부담을 줄여 공공 서비스의 관리 효율화를 실현하였다. 이번 사례는 정부 정책에 따른 '감축'을 서비스 품질의 '강화'로 연결한 대표적인 혁신 모델로, 기후정보가 정책, 산업, 일상 등 사회 전반에서 더욱 가치 있게 활용되는 토대가 될 것이다.

2025년도
APCC
대표성과

3. 계절예측의 공백을 메우다: 계절내-계절 통합 활용 체계 구축

● **함수련 선임연구원**(suryun01@apcc21.org)
● **민영미 선임연구원**(ymmin@apcc21.org)
● **송봉근 선임연구원**(songbg@apcc21.org)
● **양신일 선임연구원**(siyang@apcc21.org)
● **윤순조 선임연구원**(sjyoon@apcc21.org)

아태기후센터(APCC)는 2017년부터 기상청의 1개월 전망 업무를 지원하기 위해 최신 계절내예측 정보를 수집하고 이를 가공하여 제공하는 협력 체계를 공고히 해오고 있다. 이 연구에서는 기상청 1개월 전망 지원을 위한 계절내(Subseasonal to Seasonal, S2S)예측 시스템과 딥러닝 기술을 적용한 기온 확률예측 시스템을 운영하였으며, 시스템 운영의 효율성 제고를 위해 자료 수집 및 예측 생산 서버의 이전과 개선 업무를 수행하였다. 또한, 사례 분석을 통해 단순 월평균 값만으로는 파악하기 어려운 상세한 기상 변동성에 대한 예측 성능을 검증하였다. 이를 통해 월내 변동성 파악을 위해 계절내예측 정보가 높은 유효성을 가지고 있음을 확인하였다. 그러나 현재 생산하는 결과만으로는 차별화된 계절내예측 정보를 생산하기에 한계가 있으며, APCC 홈페이지를 통해 제공되는 계절예측 정보를 보완하기에는 충분하지 않은 측면이 있다. 이에 급변하는 기후 특성을 고려하고 계절예측 정보의 한계를 극복하기 위해 APCC는 자체적인 계절내예측 시스템을 구축하여 그 활용 가치를 제고하고자 하였다.

전 세계 다양한 계절내예측 정보를 체계적으로 수집·표준화하였으며, 기후값 및 다양한 예측력 평가를 통해 계절내예측에서의 다중모델앙상블(Multi-Model Ensemble, MME) 활용성을 확인하였다. 또한 다양한 모델 자료와 APCC 자체 모델을 그룹으로 구성하여 예측력을 비교·검증하고, 모델 간 상대적인 예측력 평가 및 MME 기여 정도를 정량적으로 분석하였다. 또한, 변수별 통계적 특성에 최적화된 확률예측 방법론을 선정하기 위해 기온과 강수에 대한 모수화 방법을 검증하였다. 그 결과, 기온과 강수량 모두에서 모수화 방법이 비모수적 방법 대비 정량적 예측 성능에서 우위를 점하였으며, 앙상블 부족으로 인한 공간적 노이즈를 개선할 수 있음을 확인하였다. 이러한 연구 결과들을 기반으로 APCC 계절내예측 시스템에 필요한 모델 구성 및 확률 방법을 정립하고, APCC 자체 모델인 SCoPS(Seamless Coupled Prediction System)를 포함한 총 10개 모델의 예측 자료를 매주 수집하여 계절내예측 정보를 생산할 수 있는 MME 계절내예측 시스템을 구축하였다. MME 예측에는 단정예측을 위한 SCM(Simple Composite Method)과 확률예측을 위한 Hybrid Gamma 기법이 사용되며, 이 시스템을 통해 매주 월요일 예측 시작일 기준의 4주 예측 정보가 생산 및 표출된다. 또한, 계절내예측 정보의 다양화와 활용성을 위해 계절내-계절(월) 정보를 자연스럽게 연결하는 심리스(Seamless) 콘텐츠를 발굴하였다. 월/주간 통합 확률 분포 및 주간 변동 정보를 비롯한 즉시 서비스 가능한 콘텐츠와 월내 극한 발생 확률 등의 정보를 포함하는 기술 개발이 필요한 콘텐츠를 단계적으로 제시하여, 향후 APCC에서 계절내-계절 간 연계 정보 서비스를 제공할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다.

한편, APCC 계절내예측 시스템의 참여 모델로 SCoPS를 포함하기 위해서는 SCoPS 계절내예측 자료를 매주 생산해야 한다. 이에 따라 월 단위로 운영되던 기존 체계를 매주 60일 예측장을 생산하는 실시간 계절내예측 시스템으로 구축하였다. SCoPS의 개발 시점이 오래된 점과 다른 참여 모델과의 성능 비교에서의 한계 등을 고려하였을 때 계통적 오차를 줄이는

2025년도 APCC 대표성과

방안이 필요하다고 판단되어, SCoPS 초기장의 오차를 감소시키고 계절내예측의 정확도를 향상하고자 하였다. 계절내예측에 중요한 요소인 지면 관련 초기 오차를 감소시키기 위해 SCoPS를 위한 토양 수분 초기화 기술을 개발하고 그 효과를 정량적으로 평가하였다. 또한, 해양 및 대기 초기 조건을 개선하고, 그 영향이 계절내-계절 규모 예측 성능에 미치는 효과를 분석하였다. 이러한 결과들을 기반으로 새롭게 구축된 APCC 계절내예측 시스템을 활용하여 유용한 정보를 제공하기 위한 시험운영을 시작하였다. 추후 주별 예측 정보 제공을 위한 표출 체계 및 활용성 높은 콘텐츠들을 선정하여 정식 서비스를 목표로 하고 있으며, 초기 자료가 개선된 SCoPS 및 월내 극한 확률 등의 새로운 콘텐츠들이 계속해서 적용될 것이다.

계절내예측은 2주에서 8주 사이의 예측 정보를 제공하는 영역으로, 재해 예방, 농업 관리, 수문·에너지 운영 등 다양한 분야에서 활용 가치가 빠르게 증가하고 있다. 그러나 예측 기간의 특성상 초기장 민감도와 외부 강제력 신호가 모두 약해 예측 난이도가 높은 영역이기도 하다. 새롭게 개발된 APCC 계절내예측 시스템은 지속적인 운영 및 성능 개선을 통해 아태 지역 기후 정보 서비스의 핵심적인 역할을 수행할 것이며, 특히 확장된 계절내예측 정보는 예측 정보를 기반으로 하는 재난 방지 및 기후 리스크 관리에 크게 기여할 것으로 기대된다.

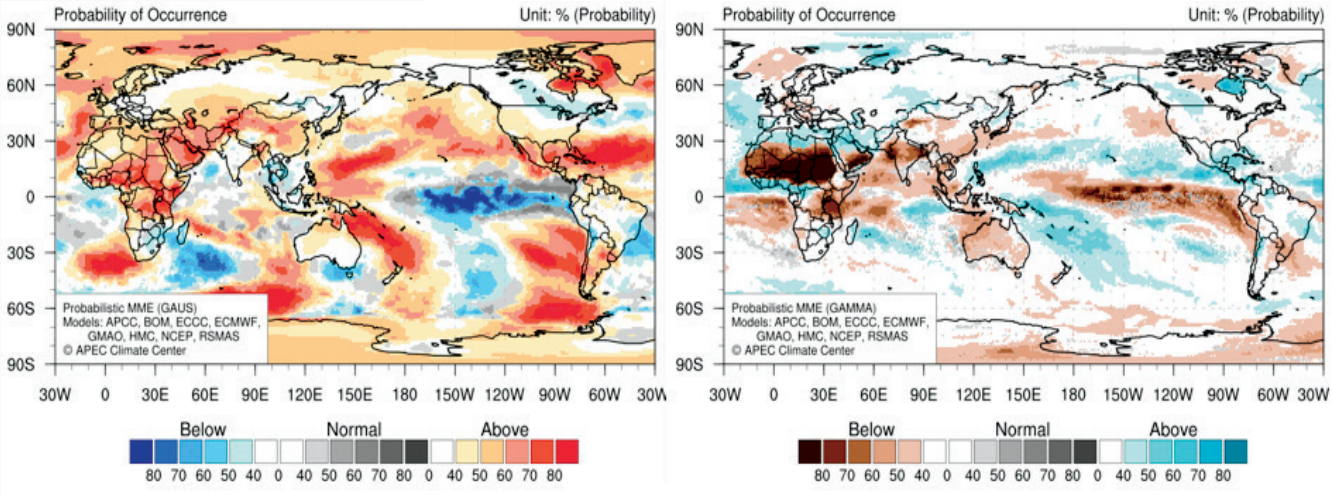


그림 12 계절내예측 시스템에서 생산된 3-4주 기온, 강수 확률 예측 결과

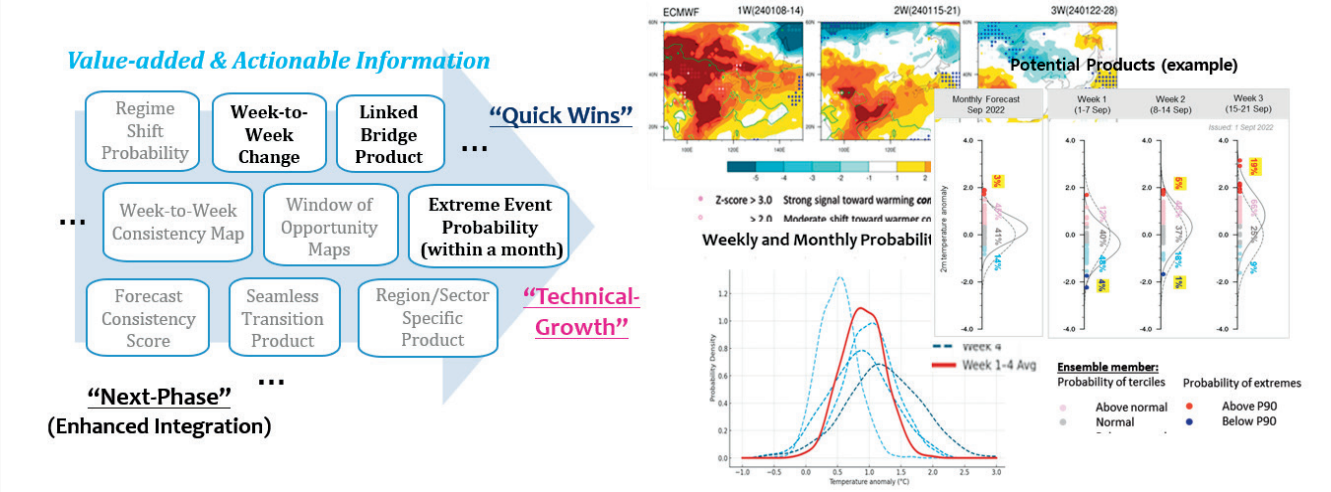


그림 13 계절내와 계절을 연계할 수 있는 예측 콘텐츠의 예시

2025년도
APCC
대표성과

4. 동아시아 이상기후 연구의 진입장벽 낮췄다 : ‘EastAsiaClimateExtremes’공개 저장소 오픈

● 이윤영 선임연구원(yyalee@apcc21.org) ● 김미애 선임연구원(miaekim@apcc21.org)
● 정유란 선임연구원(uchung@apcc21.org)

이상기후 예측을 위한 인공지능(AI) 모델 개발에 있어 가장 중요하고 기초적인 단계는 학습 대상이 되는 이상기후 자료를 체계적으로 구축하는 것이다. 그러나 이상기후는 기상 요소별로 정의 방식이 다양하고 연구 목적이나 지역에 따라 기준이 상이하여, 초기 단계의 자료 구축에 많은 어려움이 따른다. 이에 따라 목표로 하는 주요 이상기후 현상을 체계적으로 정리하고 분류한 [1]인벤토리의 필요성이 대두되었다. 이러한 인벤토리 구축은 향후 인공지능 기반 예측 연구의 재현성과 활용도를 높이는 데 필수적이며, 학계 및 유관기관 연구자들의 자료 접근 진입장벽을 낮춤으로써 동아시아 이상기후 연구의 질적·양적 확장을 도모할 수 있다는 점에서 중요한 의의를 지닌다.

본 연구 성과는 동아시아 지역(21~48°N, 114~141°E)을 대상으로 한 이상기후 데이터와 분석 코드를 체계화하여 ‘EastAsiaClimateExtremes’라는 [2]GitHub 저장소(https://github.com/yyalexlee/EastAsiaClimateExtremes)를 통해 공유 시스템을 구축한 것이다. 주요 내용은 다음과 같다.

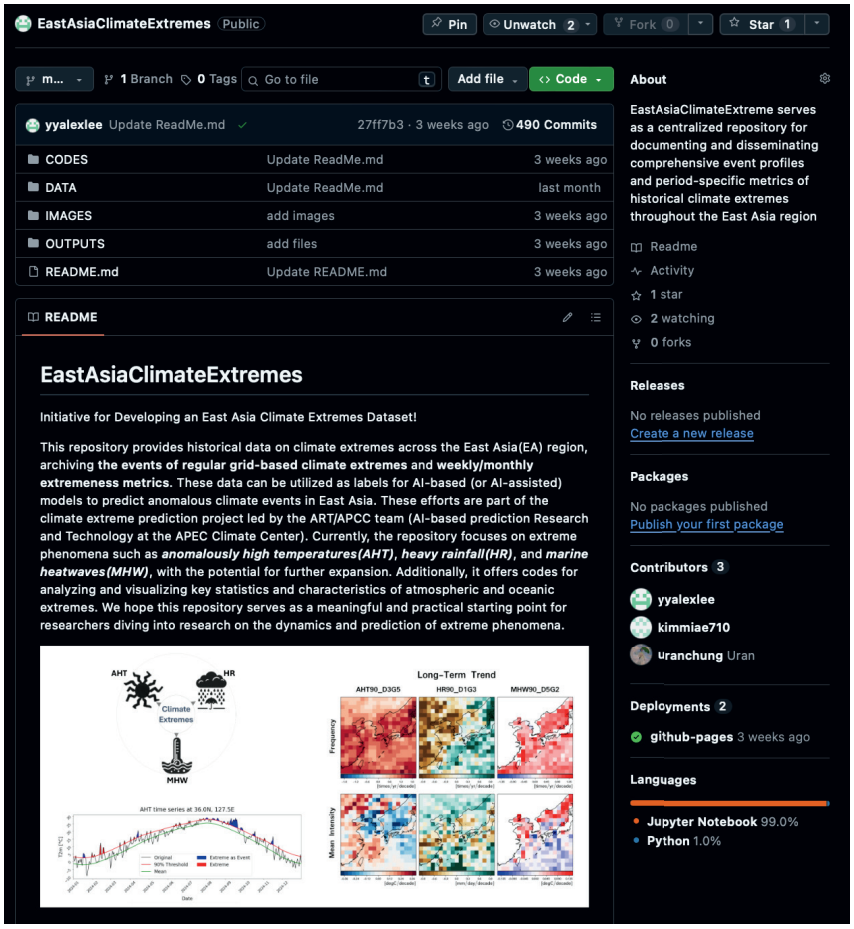


그림 14 “EastAsiaClimateExtreme” GitHub 페이지 스크린샷 (https://github.com/yyalexlee/EastAsiaClimateExtremes)

용어 해설

1) 이상기후 인벤토리:

특정 범위(공간, 기간) 내에서 발생하는 기상 이변 현상 등을 규명하고, 그 데이터를 표준화된 방식에 따라 산정하여 구축한 ‘종합 정보 목록 시스템’을 의미함.

2) GitHub 저장소(Repository):

프로젝트의 소스 코드와 변경 내역을 저장하고 공유하는 웹 기반의 저장 공간.

Data Description

0. Spatial/Temporal Coverage

	Domain	Resolution
Space	21-48N, 114-141E	1.5deg
Time	1940-2024(ERA5), 1982-2024(OISST), ECMWF-hindcast version 2016 & 2024	Daily / Weekly

1. Climate Data

	Description
Frequency	Daily/Weekly
Variables	2m Air Temperature(T2M), Sea Surface Temperature(SST), Total Precipitation(TP)
Type	Original Timeseries, Climatological Long-Term Mean, 90/95th Percentile Thresholds(p90/p95)
Resources	ERA5, OISST(only for SST) and ECMWF-hindcast
Ref. Period	1991-2020(ERA5/OISST, WMO recommendation), 2004-2023(for ver.2024 of ECMWF-hindcast), 1996-2015(for ver.2016 of ECMWF-hindcast)
Location	EastAsiaClimateExtremes/DATA/1.Daily_ERA5_OISST/, 2.Weekly_ERA5/, 3.Daily_ECMWFhindcasts/

2. Event Profile & Extremeness Metrics

- List of Events: *AHT, HR, MHW*
- Location: EastAsiaClimateExtremes/DATA/0.ExtremeEvents_WeeklyMonthly/

Event Profile	Description	Extremeness Metrics (Weekly/Monthly)	Description
Extreme Thresholds	p90, p95	**Extreme Days**	Number of days in the period when *T2M_e/TP_e/SST_e* exceed zero
Event Criteria	D3G5, D5G2 for *AHT/MHW* and D1G3, D3G3 for *HR*	**Max. Intensity**	Peak *T2M_e/TP_e/SST_e* observed during the period
Event Meta	*Start/End Date, Frequency, Duration, Mean/Peak Intensity* and so forth	**Impact Factor**	Cumulative *T2M_e/TP_e/SST_e* over the period

> *T2M_e = T2M - thr; TP_e = TP - thr; SST_e = SST - thr*
> *e.g., D3G5 represents minimum three-day **D**uration, permitting **G**aps of up to five days*

EastAsiaClimateExtremes / CODES / TART_visualization1_output.ipynb

kimmiae710 Fix code — e5b2a77 · 2 weeks ago — Histo

Preview | Code | Blame — Raw

📈 Timeseries and Heatmap Visualization for Extreme Events

Updated 23-Nov-2025
Team ART(AI-based prediction Research and Technology)/APCC(APEC Climate Center)
Contact Miae Kim (miaekim@apcc21.org)

In this notebook, you will display timeseries of extreme phenomena such as anomalously high temperatures(AHT), heavy rainfall(HR), and marine heatwaves(MHW) for a specific grid point in East Asia.

⚙️ Requirements

"You can mount /content/drive/ to your Google Drive, where you will download data from the GitHub page(https://github.com/yyalexlee/EastAsiaClimateExtremes/tree/main)."

```
In [ ]: from google.colab import drive
        drive.mount('/content/drive')
```

```
Drive already mounted at /content/drive; to attempt to forcibly remount, call drive.mount("/content/drive", force_remount=True).
```

Download data

Create FIRST directories if needed with the following line OR by yourself.

```
In [ ]: #!mkdir -p /content/drive/MyDrive/APCC/Data/
```

Uncomment and run below.

```
In [ ]: #!wget --content-disposition "wget --content-disposition "https://www.dropbox.com/scl/fo/d3x654sonyblxni
```

Run the following line to unzip the data OR by yourself.

PATH_Data will be the path where the downloaded data is saved.

```
In [ ]: #!unzip -qq '/PATH_Data/DataFilesforEastAsiaClimateExtremes.zip' -d '/content/drive/MyDrive/APCC/Data/'
```

Set paths

CHANGE the following paths if needed!

그림 15 "EastAsiaClimateExtreme"가 제공하는 동아시아 이상기후 상세 메타 정보(좌)
그림 16 "EastAsiaClimateExtreme"가 제공하는 통계 분석, 가시화, 저장용 [3]주피터 노트북(Jupyter Notebook) 예시 코드(우)

◎ **동아시아 이상기후 장기 자료 구축:** ERA5, OISST 등 관측 기반 재분석 자료와 ECMWF-hindcast 모델 자료를 활용하여 이상고온, 폭우, 해양열파 등 주요 극한 현상을 장기간 격자 기반으로 정량화하고, 이를 온라인 공유 체계로 구축하였다.

◎ **격자점 기반 이상치 상세 지수 제공:** 일별 및 주별 기후 평년값과 90/95 백분위 임계값을 산출하고, 이를 바탕으로 추출된 발생 빈도, 지속기간, 평균 및 최대 강도, 영향지수 등 세부 프로파일과 주 단위 지수(extremeness metrics) 등 다양한 이상치 지수를 포괄한다.

◎ **분석 도구 제공 및 유연성 확보:** Python 기반의 Jupyter Notebook 형태를 통해 데이터 로드부터 극한 이벤트 계산, 저장, 그리고 시계열 그래프나 열지도(heatmap)와 같은 시각화까지 전체 워크플로를 재현할 수 있는 코드를 제공한다. 또한 사용자가 연구 도메인, 변수, 기간 등을 쉽게 변경할 수 있는 유연한 구조로 설계되어 사용자 편의성을 제고하였다.

이 시스템은 동아시아 이상기후 기작 분석 및 예측 정확도 향상 연구에 실질적으로 기여할 것으로 기대된다.

◎ **AI 연구 가속화:** 구축된 인벤토리는 AI 기반 기후 예측 모델의 학습 및 라벨링 자료와 검증 데이터셋으로 즉시 활용 가능하여 연구 효율성을 제고할 수 있다.

◎ **모델 평가 용이성:** 관측 기반 자료와 전지구 순환 모델 자료를 함께 제공함으로써, 인공지능 모델과 기존 역학 모델 간의 성능 비교 및 평가를 용이하게 한다.

◎ **연구 협업 인프라 제공:** 공개 저장소 형태의 배포와 재현 가능한 코드 제공은 연구자들이 '공동의 기준 데이터셋'을 바탕으로 하나의 플랫폼에서 협업할 수 있는 환경을 조성할 것으로 기대된다.

용어 해설

3) 주피터 노트북:

실행, 결과(그래프) 확인, 설명을 한 문서에서 처리하는 분석 도구

2025년도
APCC
대표성과

5. 농업 기후 영향 정보의 활용성 극대화: 현장 적용을 위해 강화된 5종 지표

● **신용희 선임연구원**(shin.yonghee@apcc21.org)

기후위기의 가속화로 농산물 재배 환경이 급변함에 따라, 기상청의 국가 기후변화 표준 시나리오(SSP)를 활용한 농업 부문 영향 정보의 중요성이 어느 때보다 증대되고 있다. 그러나 기존에 제공되던 8종의 농업 영향 정보 지수들은 현장의 실제 수요와 기술적 환경을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 예를 들어, '식물기간'이나 '작물기간'은 농업 현장에서 통용되지 않는 모호한 용어일 뿐만 아니라, 단순히 기준 온도 이상인 날짜를 합산하는 방식이어서 생육 환경의 다양성을 반영하기 어려웠다. 또한 기술적으로는 시나리오 데이터가 '일(Day)' 단위로 제공되는 반면, 기존의 'Chill Units(저온요구도)' 산출 모델(Utah 모델 등)은 '시간(Hour)' 단위 기상 자료를 필요로 하여 데이터 호환성에 상당한 제약이 존재해 왔다. 더불어 '냉방도일'과 같은 지표는 농가 경영비 부담으로 인해 실제 현장에서는 냉방 시설을 거의 가동하지 않는 현실을 반영하지 못해 실효성이 낮다는 지적이 있었다. 이에 이 연구에서는 국립한국농수산대학교, 국립축산과학원, 국립원예특작과학원 등 각 분야 전문가 자문을 통해 기존 지수의 문제점을 정밀 진단하고, 데이터 가용성과 농업 현장의 실질적 활용성을 동시에 확보할 수 있는 개선안을 마련하였다.

이번 성과는 단순한 기상 통계의 나열에서 탈피하여, 작물의 생물학적 특성을 반영한 정밀 예측 모델로 고도화했다는 점에서 학술적으로 중요한 의의를 지닌다. 특히 일 단위 데이터만으로도 과수의 휴면 타파와 개화 시기를 정교하게 예측할 수 있는 '생물계절모형(Cesaraccio et al.)'을 도입하였으며, 혼용되던 생육 지표를 '유효적산온도(GDD)'와 '작물재배가능기간(GSL)'으로 표준화하고 산출 기준을 명확히 정립하여, 기후변화 영향 평가의 객관성과 데이터 신뢰도를 제고하였다. 사회·경제적 측면에서는 스마트팜과 온실의 에너지 관리에 특화된 '시설 난방적산온도'를 개발하여 겨울철 난방비 절감과 온실가스 감축 효과를 산출할 수 있는 근거를 마련했다. 또한 기존의 단순 온습도지수를 개선한 '가축더위지수(THI)'는 축종별(소, 돼지, 닭)로 5단계(양호~폐사)의 위험 수준을 구체적으로 제시함으로써, 여름철 폭염으로 인한 가축 집단 폐사를 선제적으로 방지하고 농가 소득 보전과 국가 식량 안보 강화에 실질적으로 기여할 것으로 전망된다.

기존에 활용되던 농업 부문 8종의 영향 지수를 면밀히 분석하여, 중복되거나 현장 활용도가 낮은 지표를 효율적으로 재편하고 농업 현장의 실효성을 극대화한 5종의 핵심 지표로 개선하였다. 구체적인 성과는 다음과 같다.

1. 작물 생육 지표의 표준화 및 통합

기존에 개념이 중복되어 혼용되던 '생육온도일수'와 '유효적산온도'를 '유효적산온도(Growing Degree Days, GDD)'로 일원화하고, 단위를 비공식적인 '도일'에서 국제적으로 통용되는 '℃·일'로 표준화하여 데이터의 신뢰도를 높였다. 현장에서 통용되지 않던 모호한 개념인 '식물기간'과 '작물기간'을 폐지하고, 작물의 실제 생육 특성을 반영한 '작물재배가능기간(Growing Season Length, GSL)'을 도입했다. 특히 GSL은 '일평균기온 5°C 이상이 5일 이상 지속되는 시점'을 생육 시작일로, '5°C 이하가 5일 이상 지속되는 시점'을 종료일로 정의

2025년도 APCC 대표성과

하는 등 정량적인 산출 기준을 확립하여 기후변화에 따른 재배 기간 변동을 정밀하게 예측할 수 있는 기반을 구축하였다.

2. 시설농업 에너지 관리 효율화 및 과수 예측 모델 고도화

단순 기온 차이만 누적하던 '난방도일'을 스마트팜과 온실 등 시설원예 에너지 관리에 특화된 '시설 난방적산온도(Heating Degree Days, HDD)'로 구체화했다. 이는 작물별 생육한계온도(저온성 5°C, 고온성 10°C)를 기준으로 시설 내부의 적정 생육 조건을 유지하기 위한 난방 수요를 정확히 산출하여 농가의 난방비 절감 계획 수립을 지원한다. 반면, 비용 문제로 농가에서 거의 활용하지 않는 '냉방도일(CDD)'은 삭제하여 지표의 실효성을 제고하였다. 과수 분야에서는 기존 'Chill Units'이 시간(Hour) 단위 데이터를 필요로 하여 일(Day) 단위 기후 시나리오 적용이 불가능했던 문제를 해결하기 위해, 일 단위 기온 자료(최고/최저/평균)만으로 산출 가능한 Cesaraccio et al.(2004)의 생물계절모형을 적용했다. 이를 통해 'Chill Days(저온 축적값)'와 'Anti-Chill Days(고온 축적값)'를 도입함으로써 과수의 휴면 타파 시기뿐만 아니라 개화 시기까지 체계적으로 예측할 수 있게 되었다.

3. 가축 폐사 예방을 위한 축산 부문 대응력 강화

기존의 단순한 '온습도지수'를 축산 농가가 직관적으로 위험을 인지할 수 있도록 '가축더위지수(Livestock Heat Index, THI)'로 명칭을 변경하고 기능을 대폭 강화했다. 미국 육우 NRC(National Research Council)의 사양표준 공식을 적용하여 일평균기온과 습도에 따른 가축의 열 스트레스를 수치화하였으며, 단순히 지수 값만 제공하는 것이 아니라 축종별(소, 돼지, 닭) 임계값에 따라 '양호-주의-경고-위험-폐사'의 5단계 위험도 정보를 제공하도록 개선했다. 이를 통해 폭염 시 축산 농가가 가축 폐사를 막기 위한 선제적 대응 전략을 수립할 수 있도록 지원한다.

구분	기존 지수(8종)	개선 지수 (5종)	주요 변경 사항
통합	생육온도일수, 유효적산온도	유효적산온도 (GDD)	명칭 및 산출식 일원화
	식물기간, 작물기간	작물재배가능기간 (GSL)	생육 시작일 및 종료일 산출 기준 확립
구체화 / 개선	난방도일, 냉방도일 (폐지)	시설 난방적산온도 (HDD)	온실 에너지 관리 특화, 실효성 저하에 따른 냉방도일 폐지
	온습도지수	가축더위지수 (THI)	축종별 5단계 위험도 정보 제공
방식 변경	Chill Units (저온요구도)	저온 축적값 (Chill Days) 고온 축적값 (Anti-Chill Days)	일(Day) 단위 데이터 활용하는 생물계절 모형 적용

표 1 농업부문 영향지수 개선 전후 비교

2025년도 APCC 대표성과

이번에 개선된 5종의 영향 지수는 단순한 기상 통계의 나열을 넘어, 농업 현장의 생산성 향상과 경영 안정에 직결되는 실질적인 의사결정 지원 정보를 제공한다.

첫째, 데이터 기반의 정밀한 영농 계획 수립이 가능해진다. 표준화된 '유효적산온도(GDD)'와 정량적으로 산출된 '작물재배가능기간(GSL)'을 활용하면 작물의 발아부터 개화, 수확에 이르는 생육 단계별 적기를 정밀하게 예측할 수 있다. 이를 통해 농가는 적정 시비 및 관수 시기를 결정하여 농산물의 품질을 높일 수 있으며, 기후변화로 인한 재배 적지의 이동이나 이기작 가능 여부 등을 과학적으로 평가하여 미래 작부 체계를 선제적으로 준비할 수 있다.

둘째, 시설 농가의 에너지 효율화 및 경영비 절감에 기여한다. 새롭게 도입된 '시설 난방적산온도(HDD)'는 작물별 생육한계온도를 고려하여 겨울철 온실의 난방 에너지 수요를 정확히 예측해 준다. 이는 스마트팜과 시설원예 농가가 불필요한 난방을 줄여 에너지 비용을 획기적으로 절감하는 데 도움을 줄 뿐만 아니라, 국가적으로는 농업 부문의 온실가스 감축 효과를 정량적으로 평가할 수 있는 중요한 준거 자료가 된다.

셋째, 기상 재해로부터 농업 피해를 최소화할 수 있다. 일 단위 기상 자료를 반영한 'Chill Days(저온 축적값)'는 과수의 휴면 타파와 개화 시기를 정교하게 예측하여 봄철 이상 저온에 따른 냉해 피해에 미리 대비할 수 있게 한다. 또한 축종별(소, 돼지, 닭) 임계값을 반영한 '가축 더위지수(THI)'는 5단계(양호~폐사)의 구체적인 위험 정보를 제공하여, 여름철 폭염 시 가축의 스트레스를 낮추고 집단 폐사를 막는 등 축산 농가의 리스크 관리 능력을 대폭 강화한다. 결과적으로 이러한 고도화된 정보 서비스는 농가의 소득 안정과 직결되며, 기후위기 시대에 국가 식량 안보를 공고히 하는 데 기여할 것이다.

2025년도
APCC
대표성과

6. DCPP 예측 모델의 동아시아 폭염 및 가뭄 예측성 평가

● 정다은 연구원(downy@apcc21.org) ● 이현주 연구원(asteria1104@apcc21.org)

최근 동아시아 지역은 기후변화 가속화로 인해 폭염, 가뭄, 홍수 등 극한 수문 기상 재해의 빈도와 강도가 급격히 증가하고 있다. 이러한 기후 위기에 선제적으로 대응하고 사회·경제적 피해를 최소화하기 위해서는 수년에서 수십 년 규모의 중장기 예측 정보 확보가 필수적이다. 특히 세계기후연구계획(WCRP)의 핵심 과제인 [1]DCPP는 관측 데이터 기반의 초기 조건을 기후 모델에 반영하여 향후 10년의 기후를 전망하는 시스템으로, 전 지구적 기후 위험 관리에 있어 그 잠재력을 높게 평가받고 있다..

그러나 동아시아 지역을 대상으로 하는 DCPP의 폭염 및 가뭄 예측 성능에 대한 체계적인 진단 및 검증은 여전히 초기 단계에 국한되어 있다. 이에 본 연구는 DCPP 예측 시스템의 특성과 한계를 정밀하게 진단하여, 향후 예측 정보의 신뢰도를 높이고 편의 보정 기술 개발을 위한 핵심 기초 자료를 제공함으로써 실효성 있는 기후 재난 대응 체계 구축에 기여하고자 한다.

DCPP 예측 시스템 5종은 공통적으로 폭염 빈도 지수인 [2]온난일(TX90p) 및 [3]온난야(TN90p)를 예측할 때 동아시아 전반에서 양의 편향을 보였으며, 온난화에 대한 민감도가 높아 예측 선행 시간이 길어질수록 편향이 강화되는 경향을 노정(露呈)한 반면, 강도 지수인 [4]일최고기온 연최대(TXx) 및 [5]일최저기온 연최대(TNx)는 대체로 관측보다 작은 편향을 보였다. 폭염 지수에 대한 모델의 상승 추세는 관측 대비 과대 모의 되었으며, 특히 2000년대 이후 온난일(TX90p)과 온난야(TN90p)의 급격한 증가가 두드러졌다. 예측성 분석에서는 강도 지수보다 빈도 지수가 상대적으로 높은 예측성을 보였으며, 특히 MPI-ESM1-2-HR 모델은 폭염 빈도 지수에서 높은 상관관계와 낮은 오차를 나타냈다. 반면 CMCC-CM2-SR5는 모든 폭염 지수 예측에서 낮은 예측성을 보였으며, 온난야(TN90p) 예측의 상관관계는 음의 값을 기록하였다. 전반적으로 준수한 예측력을 보이는 모델은 별도의 보정 없이 예측값 활용이 가능하나, 강한 온난화 추세 및 편향을 지닌 모델의 경우 관측 추세를 활용한 보정 등을 거친 후 예측값을 활용할 수 있을 것이다.

가뭄 예측에 대해서는 단일 연도부터 최대 10년 평균 선행 기간까지 결정론적·확률론적 검증을 병행하여 시스템의 효용성을 진단하였다. 대부분의 모델에서 양의 강수 편의가 관측되었으나, 예측 성능은 단일 연도보다 다년 평균 예측 시 뚜렷하게 향상되었다. 이는 DCPP 모델이 특정 연도의 변동성 예측보다는 10년 단위의 장기 평균 상태를 예측하는 데 더 강점이 있음을 시사한다. 검증 방식에 따른 예측 성능을 살펴보면, 결정론적 검증에서는 MIROC6가 가장 우수한 성적을 거두었으며, 확률론적 검증에서는 CanESM5가 높은 성능을 나타냈다. 이러한 차이는 각 모델이 보유한 고유의 오차 특성에 기인한 것으로 분석된다. 따라서 DCPP 가뭄 예측 정보의 정확도를 향상시키기 위해 모든 모델에 일괄적인 보정 기법을 적용하기보다, 각 모델의 예측 특성과 오차 메커니즘을 고려한 개별 맞춤형 보정 기술 도입이 필수적이다.

용어 해설

1) DCPP:
Decadal Climate Prediction Project

2) TX90p (Warm days):
Number of days when daily maximum temperature is greater than the 90th percentile

3) TN90p (Warm nights):
Number of days when daily minimum temperature is greater than the 90th percentile

4) TXx:
Annual maximum value of daily maximum temperature

5) TNx:
Annual maximum value of daily minimum temperature

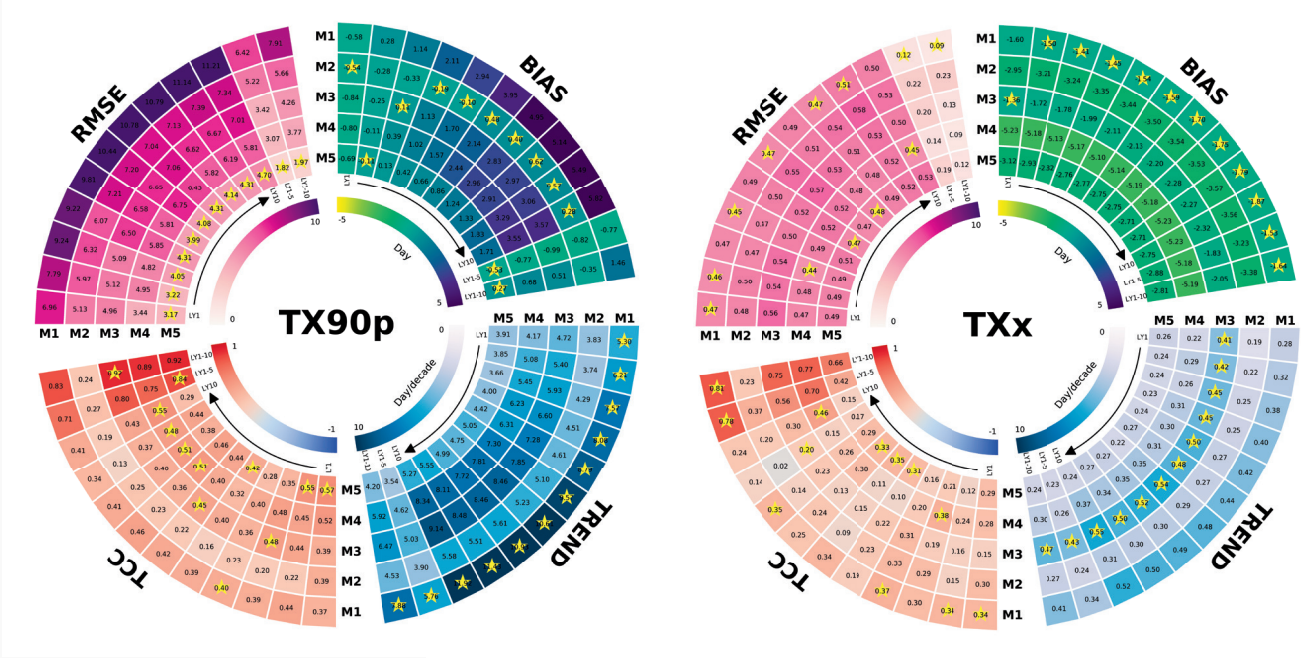


그림 17 ERA5 재분석 자료와 DCPP 모델 자료 간의 동아시아 지역 여름철(6-8월) 온난야(TX90p) 및 일최고기온 연최대(TXx)의 평균 편향, 추세, 시간 상관계수, 평균제곱근오차를 비교한 결과. M1, M2, M3, M4, M4는 각각 CanESM5, CMCC-CM2-SR5, HadGEM3-GC3.1-MM, IPSL-CM6A-LR and MPI-ESM1.2-HR 모델을 의미한다. 노란색 별표는 편향의 절댓값이 가장 작은 모델, 추세가 가장 큰 모델, 상관계수가 가장 높은 모델, 오차가 가장 작은 모델에 표시하였다.

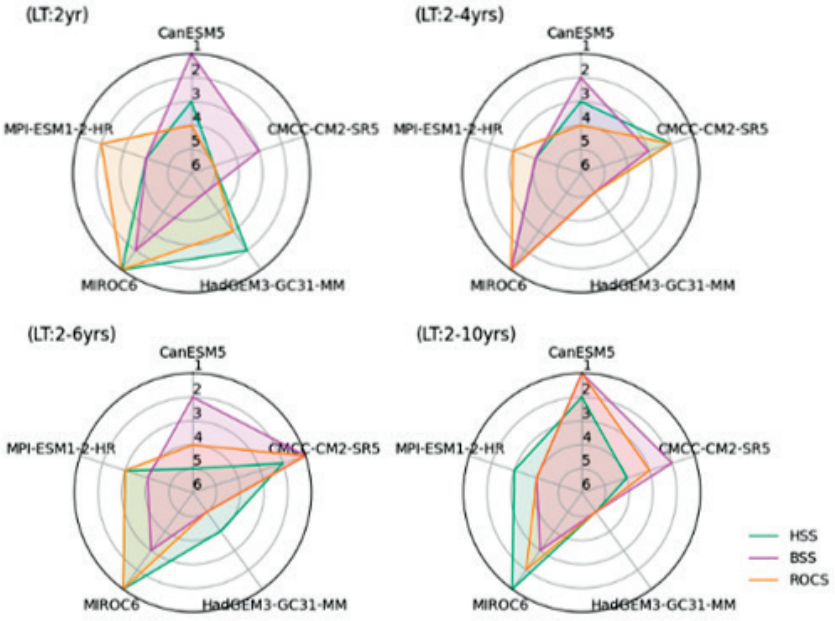


그림 18 선행 시간에 따른 DCPP 모델별 (CanESM5, CMCC-CM2-SR5, HadGEMF3-GC3.1-MM, MIROC6, MPI-ESM1.2-HR) 결정론적(HSS)/확률론적(BSS, ROCS) 검증 결과

2025년도 APCC 대표성과

Characteristics(Model)	Description	Strategy/Direction
Good ROCS/HSS but poor BSS (MIROC6, MPI-ESM1-2-HR)	Preserve rank information to keep high ROCS	**Quantile mapping** of SPI6 at each lead window
High BSS but modest ROCS/HSS (CanESM5, (partly CMCC-CM2-SR5))	Sharpening rather than further bias removal	**Down-weight** when they strongly disagree with high-ROCS models
Weak across all metrics (HadGEM3-GC31-MM)	Limited potential added value from bias correction	Heavily down-weight / only for quantifying **uncertainty**
Skillful (ROCS) for **longer averaging windows**	Time-scale aware (preserving low-frequency signal)	Treat **each lead window** with its own calibration parameters

그림19 DCPP 모델별 예측 특성 및 편의 보정 전략

본 연구는 동아시아 지역 내 이상기후 예측에 DCPP 시스템의 적용 가능성과 한계를 과학적으로 규명하였다. 특히 모델마다 상이한 오차 특성과 온난화 추세 반영 정도를 밝혀냄으로써, 향후 모델별 맞춤형 편의 보정 기술 개발을 위한 핵심 기초 자료를 제공하였다. 이는 기후예측 정보의 신뢰성을 근본적으로 제고하고, 보다 정교한 기후 재난 대응 체계 및 국가 기후정책 수립을 위한 과학적 토대가 될 것으로 기대된다.



03

아시아·태평양경제협력체 기후센터

2025년도
APCC 연구·사업

2025년도 APCC 연구·사업

아태지역 기후위기 대응을 위한 기후정보서비스 실용화 및 기후변화 연구개발 역량 강화

연차별 사업 목표	1차년도(2025)	2차년도(2026)	3차년도(2027)
	아태 기후·기후변화 정보 확장 기반 구축	아태 기후위기 대응 기술 실용화 및 정보생산체계 구축	아태 이상기후서비스 활성화 및 기후위기 대응 국제협력 선도

분류	사업종류	과제명
1. 아태지역 실시간 고품질 기후예측시스템 운영 및 기술개발	1-1. 아태지역 기후정보 서비스 운영 및 개선	사업1 : 이상기후 대응을 위한 계절예측의 실효성 향상
		사업2 : 이음새없는 예측을 위한 계절내-계절 통합 활용 기술 개발
		사업3 : 아태지역 계절예측정보서비스 고도화 및 계절내 예측정보 서비스 기반구축
	1-2. 동아시아 이상기후 감시·분석 및 예측 체계 개선	사업4 : 아태지역 수년~수십년(A2D) 이상기후전망을 위한 기술개발
		사업5 : 지역특화 기후변화 정보 생산기술 개발
	1-3. 인공지능 기반 기후예측 객관화 기술 개발	사업6 : 이상기후 예측을 위한 인공지능 기술 개발
	1-4. 기후예측 모델 검증 및 활용 체계 개선	사업7 : 기후예측모델 개선을 위한 검증체계 개발 및 테스트베드 확장
2. 녹색기후기금(GCF) 지원 사업	2-1. 유엔환경계획(UNEP)과의 협력 사업	사업 8 : 태평양 5개 도서국가의 회복력 향상을 위한 기후 정보 및 지식 서비스 강화 (GCF-UNEP)

2025년도
APCC
연구·사업

1. 아태지역 실시간 고품질 기후예측시스템 운영 및 기술개발

• 아태지역 기후위기 대응을 위한 기후정보서비스 실용화 및 기후변화 연구개발 역량 강화

1-1. 아태지역 기후정보 서비스 운영 및 개선

• 아태지역 이상기후 대응에 실질적으로 활용되는 계절 및 계절내 예측 생산

사업1. 이상기후 대응을 위한 계절예측의 실효성 향상

● 유진호 선임연구원(jhyoo@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 최근 기후변화로 인해 폭염, 홍수 등 극한 기후 현상이 빈번해짐에 따라, 기존의 3분위(평년보다 높음/비슷/낮음) 확률예측만으로는 이상기후 대응에 한계가 있어, 극한 및 물리량 관점에서 계절예측 정보를 해석·확장할 필요성이 증가하고 있음.
- 기존 MME 예측성 평가는 주로 과거 재예측(Hindcast) 자료를 중심으로 수행되어, 급격한 기후변화 경향이 반영된 실시간 예측(Real-time forecast)의 특성과 신뢰도에 대한 체계적인 이해가 미흡하였음.
- 이에 따라 APCC MME의 대규모 앙상블 예측자료를 활용하여 새로운 이상기후 대응 예측 콘텐츠를 모색하고, 주요 기후모드에 대한 진단을 통해 계절예측 정보의 해석 가능성과 활용성을 점진적으로 강화할 필요가 있음.

2) 주요내용

A. 이상기후 대응 예측 콘텐츠 개발

- 기후분포 분석 및 확률예측 검증: 관측 및 기후예측 자료의 분포 특성을 분석하고, 다양한 편향 보정(Bias Correction) 방법을 적용하여 이상치(Extreme) 및 물리량 관점의 계절예측 정보로 확장하기 위한 기초 분석 및 방법론을 정립함.
- 월 총 강수와 강수일수·강도 연계 분석: 월 총 강수량 변동에 대한 강수일수와 강수강도의 상관관계를 분석하여, 극한강수 특성을 이해하기 위한 지역별 강수 메커니즘 차이를 진단함.

B. 계절예측 MME 주요 기후모드 진단

- 해양 및 대기 기후모드 예측성 평가: 열대 태평양(ENSO), 북대서양, 인도양(IOD, IOB) 및 대기 지수(AO, NAO 등)에 대해 과거 재예측(Hindcast)과 실시간 예측 기간의 예측성을 진단함.
- 실시간 예측 자료 분석: 2012년 이후 축적된 실시간 예측 자료를 활용하여 실제 운영 환경에서의 기후모드 예측 특성을 분석하고, 과거 재예측 기반 평가와의 차이를 비교함.

C. 현업 기후예측 시스템 운영 및 개선

- MME 시스템 고도화: 부경대학교(PKNU) 모델 신규 참여 및 기존 모델(CWA, CMCC, METFR) 개선 사항을 반영하고, 과거 재예측 기후값 기간을 1993~2016년(24년)으로 확장하여 최근 기후 변동성을 보다 충실히 반영함.
- 기후전망(Outlook) 생산 자동화: 예측 신호 탐지, 텍스트 생성, 문서 조립 등 기후전망 생산 전 과정의 자동화를 통해 현업 운영의 효율성과 일관성을 제고함.

2025년도 APCC 연구·사업

- ENSO 경보 시스템 개선: ENSO의 발달 및 쇠퇴 과정을 고려하여 경보 기준을 단계적으로 정비함으로써, 현상(Event) 전개 양상을 보다 명확하게 전달할 수 있도록 개선함.
- BSISO 계절내예측 시스템 개선: 자체 입력 자료 처리 시스템을 구축하여 외부 자료 수집 환경 변화에 대응하고, 계절내예측 현업 운영의 안정성을 강화함.
- 산불·연무 조기경보 시스템(FHEWS) 고도화: 기존 지역 단위 정보를 보완하여 1×1도 격자 기반의 고해상도 산불 예측 정보를 시범적으로 생산하고, 현업 적용 가능성을 점검함.
- 국내외 협력: 기상청 3개월 전망 지원을 위한 자료 생산 및 협력 활동을 수행하고, WMO 계절예측 선도센터(LC-SPMME) 운영을 통해 전 세계 GPC 자료를 표준화하여 제공함.

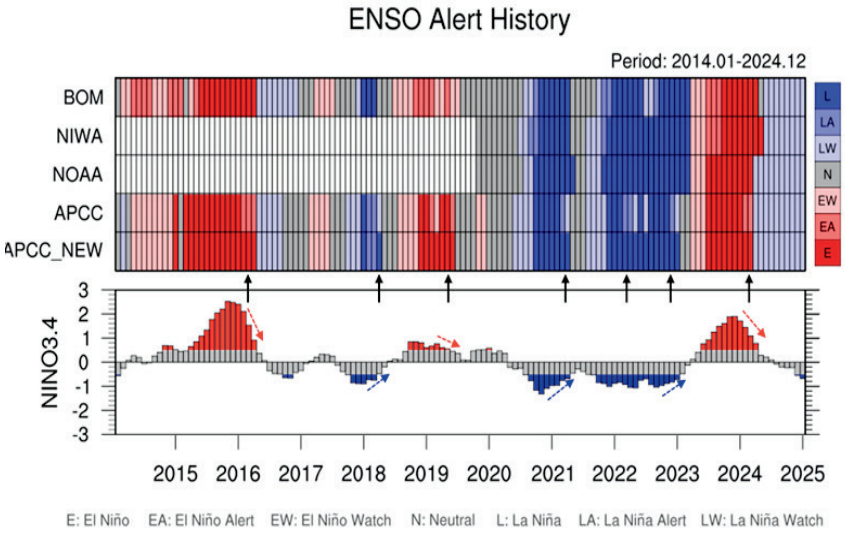


그림 20 여러 기관에서 발표한 ENSO 경보 및 APCC 신/구 경보 기록과 Nino3.4 and SOI 지수

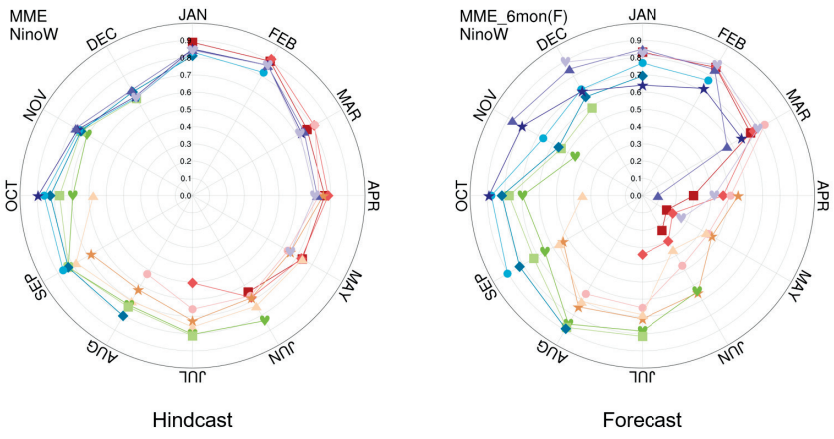


그림 21 MME 과거예측(좌)과 실시간 예측(우)의 서태평양 지역 월별 해수면온도 예측 성능

3) 기대효과

- 극한 기후(가뭄, 폭염 등)에 대한 임계값 및 물리량 관점의 예측 정보를 단계적으로 확충함으로써, 농업, 수자원, 재난 관리 등 분야의 선제적 의사결정과 이상기후 대응 역량 강화에 기여함.
- 주요 기후모드에 대한 예측 특성과 한계에 대한 정보를 제공하여, 예보관과 수요자가 MME 계절예측 정보를 보다 합리적으로 해석하고 활용할 수 있는 기반을 마련함.
- 참여 모델 확대, 기후값 기간 갱신, 업무 자동화 등 시스템 고도화를 통해 아태지역에 고품질 기후예측 정보를 안정적이고 효율적으로 제공할 것으로 기대됨.

2025년도
APCC
연구·사업

사업 2. 이음새없는 예측을 위한 계절내-계절 통합 활용 기술 개발

● 함수련 선임연구원 (suryun01@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 단기간에 발생하는 이상기후에 대한 조기 예측 및 선제적 대응을 위해, 기존 계절 예측의 한계를 극복하고 급격한 단기 변동성을 반영할 수 있는 주 단위 계절내 예측 정보 제공 체계를 개발할 필요가 있음.
- 매주 계절내 예측 정보를 수집하여 다중모델 앙상블(MME) 기반의 신뢰도 높은 계절내 예측 정보를 생산·제공하는 체계를 구축하고, 계절내-계절 예측 통합 활용 기술을 개발하여 이음새 없는(Seamless) 예측 체계로 확장하기 위한 기반을 마련하고자 함.

2) 주요내용

A. 계절내-계절 예측 통합 활용 체계 구축

- APCC S2S-MME 운영 시스템 구축
  - · MME 참여 모델 구성 및 표출 시스템 구축
  - · 계절내 예측을 위한 최적의 확률 예측 기법 비교 및 선정
  - · MME 계절내 예측 시스템 구축 및 실시간 시험 운영
  - · 이음새 없는 예측 정보 제공을 위한 예측성·활용성 기반의 계절내-계절 통합 콘텐츠 발굴
- 1·3개월 예측 정보 생산 및 제공
  - ·기상청 1개월 전망 지원을 위한 KMA S2S-MME 예측 자료 주간 생산 및 제공
  - ·동아시아 이상기후 감시 시스템 운영 및 홈페이지 정보 제공(매월)

B. APCC in-house model(SCoPS) 계절내예측 운영 및 개선

- SCoPS 계절내예측 운영 시스템 구축 및 실시간 주간 예측 자료 생산
  - ·계절내 예측 자료 생산 시스템 구축
- SCoPS 대기-해양 및 지면 초기자료 최적화 및 개선방안 도출
  - ·지면 초기화(Land Surface Initialization) 기술 개발 및 영향 평가
  - ·대기-해양 초기장에 따른 예측 오차 특성 분석

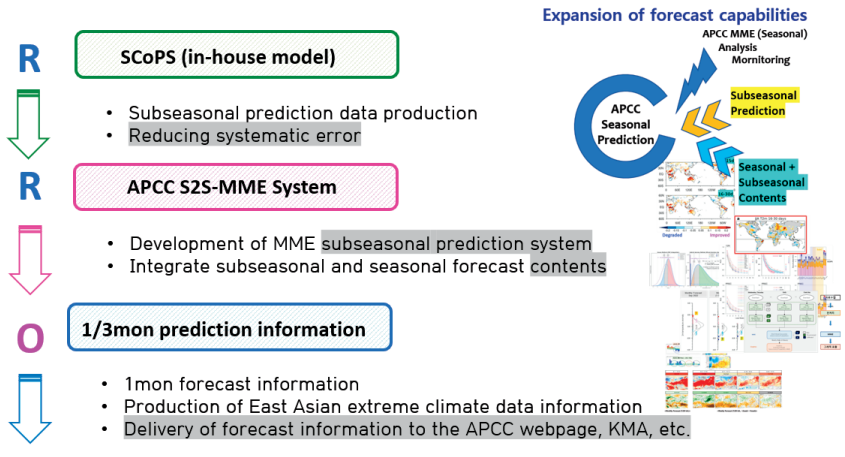


그림 22 계절내-계절예측 활용 체계 구축을 위한 과제 모식도

3) 기대효과

- 계절내예측 정보 제공을 통한 기상청 및 아태지역 중장기 예보 지원 역량 강화
- 계절내-계절 통합 예측 기술 제시를 통한 APCC 기후예측서비스의 독자성 및 글로벌 경쟁력 확보

사업 3. 아태지역 계절예측정보서비스 고도화 및 계절내예측정보서비스 기반 구축

● **김상철 연구원** (sclow@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 서비스 운영: 운영 계획을 기반으로 한 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 플랫폼 최신화를 통한 서비스 지속성을 확보하고자 함.
- 사용자 지원: 홈페이지와 기후정보도구를 단일 웹사이트 체계로 통합하여 사용자에게 일원화된 창구를 제공하고, 서비스 간 연계성과 확장 기반을 강화하고자 함.
  정책 대응: 정부의 웹사이트 총량제 정책을 준수하기 위해 분산된 서비스를 통합 사용자 인터페이스(UI)로 재구성하여 운영체계를 효율화하고자 함.
- 고해상도 검증 서비스: 고해상도 MME 계절예측 정보의 활용성 및 편의성 증진을 위해 사용자 맞춤형 검증 정보를 제공하는 시범 서비스를 개시하고자 함.
- 서비스 영역 확장: 플랫폼 기반의 계절내예측 정보 제공 환경을 선제적으로 마련하여 아태지역 기후 적응 지원 범위를 확대할 필요가 있음.

2) 주요내용

A. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 시범 서비스

- 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 설계 및 기술 개발
- 고해상도 MME 계절예측 검증 정보의 시범 서비스 시행 및 환류 (2026년 정식 서비스 예정)

B. APCC 기후정보서비스 안정적 운영 및 개선

- 기술지원 종료 예정 PaaS-TA[1] 플랫폼을 최신 K-PaaS[2]로 전환하여 클라우드 운영 환경 최신화
- 웹사이트 총량제 목표 달성을 위한 홈페이지-기후정보도구 통합 인터페이스 개선 및 단일 웹 주소 체계 구축
- 홈페이지 지역 상세화 신규 서비스 구축 및 정식 서비스 시행
- 기후정보서비스의 안정적 운영 관리
  · APCC 기후정보서비스(홈페이지, 기후정보도구)의 안정적 운영 및 현행화(상시)
  · 기후정보서비스의 효율적 관리를 위한 기후정보서비스 운영 계획 수립 및 정기 점검(월간)
  · 기후정보서비스 보안강화를 위한 보안 취약점 개선
  · 기후정보서비스 운영에 필요한 관련 업무 지원 (정보자원관리, 품질관리, 공공데이터, 데이터 기반 행정 등)

용어 해설

1) PaaS-TA (Platform as a Service-Technical Architecture):

한국지능정보사회진흥원(NIA)이 개발한 오픈소스 기반 개방형 PaaS 클라우드 플랫폼. 클라우드 인프라를 제어하며 애플리케이션 개발·배포·운영을 지원

2) K-PaaS (Korean Platform as a Service):

K-PaaS 표준모델(오픈소스)을 기반으로 적합성을 인증받은 클라우드 플랫폼 서비스와 솔루션을 통칭. PaaS-TA의 후속 표준으로, 민간 주도 클라우드 네이티브 생태계 활성화를 목표

2025년도 APCC 연구·사업

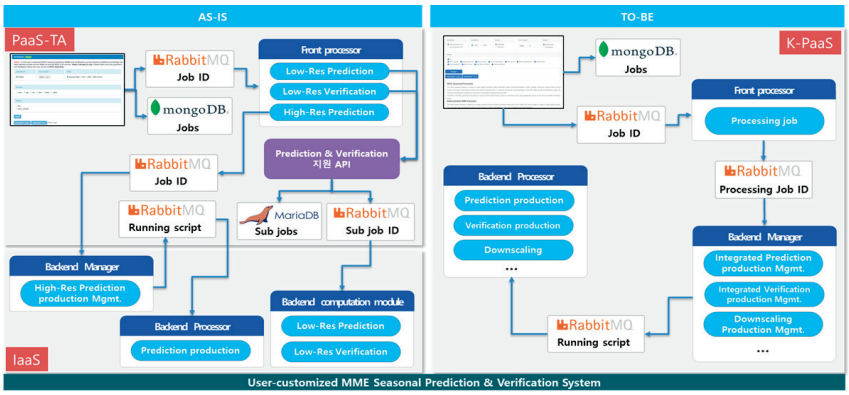


그림 23 사용자 맞춤형 MME 계절예측 및 검증 생산 체계

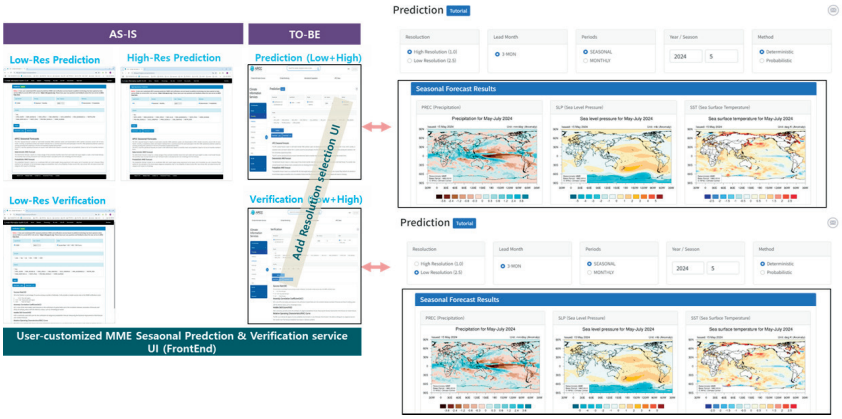


그림 24 사용자 맞춤형 MME 계절예측 및 검증 서비스 UI

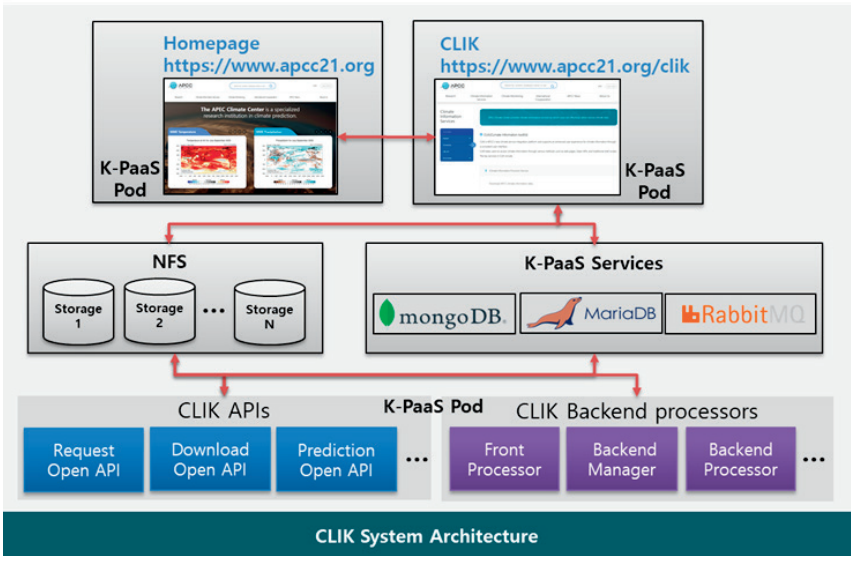


그림 25 통합 기후정보도구 시스템 구성도

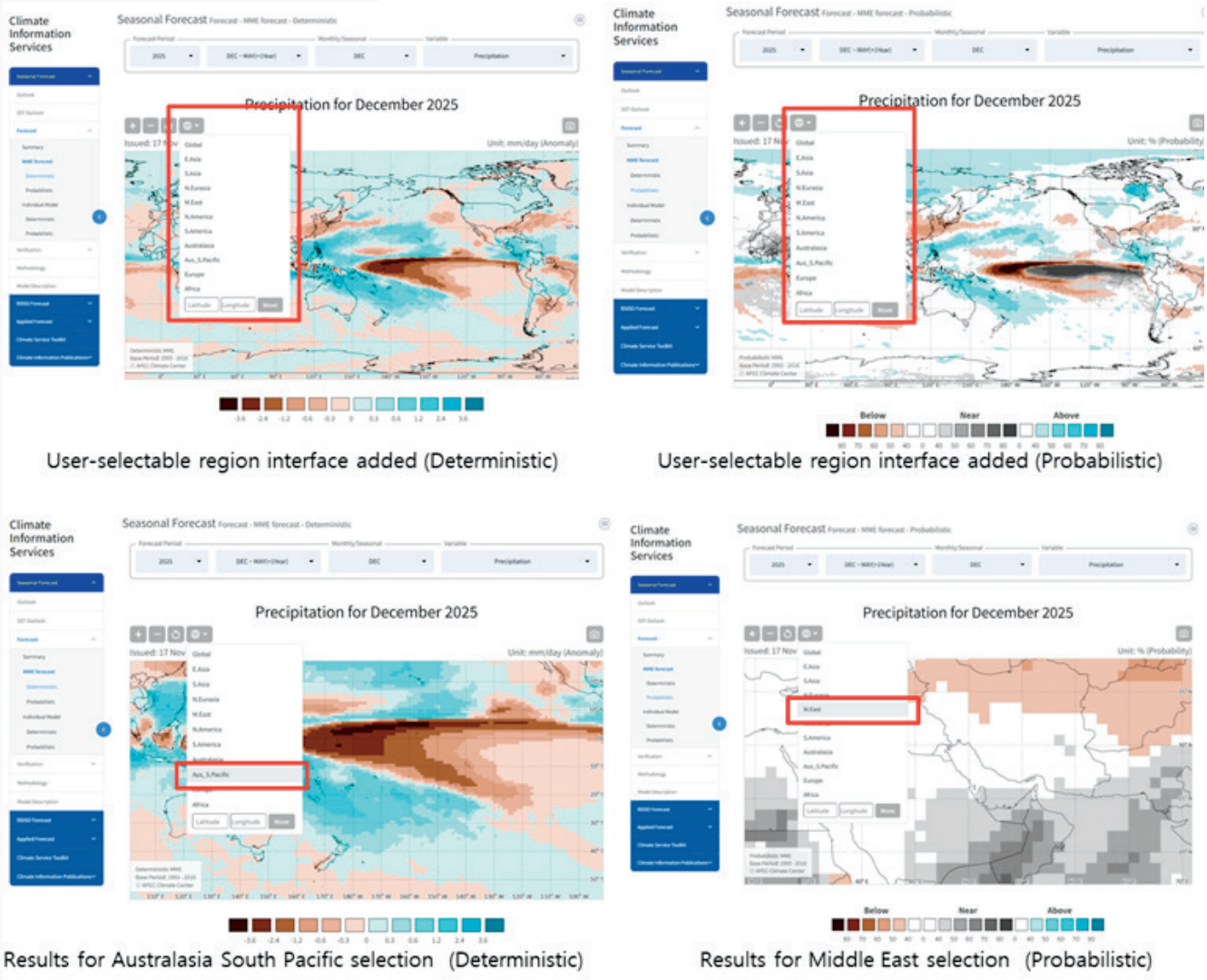


그림 26 홈페이지 지역 상세화 신규 서비스

3) 기대효과

- 홈페이지와 기후정보도구 통합을 통해 일관된 기후정보 전달 채널 제공
- 고해상도 MME 계절예측 검증 및 홈페이지 지역 상세화 서비스를 통해 기후예측정보 활용성 강화
- 서비스 통합 및 플랫폼 최신화를 통해 운영의 안정성, 확장성 확보 및 예산 절감 도모

2025년도
APCC
연구·사업

1-2. 동아시아 이상기후 감시·분석 및 예측 체계 개선

• 아태지역 기후변화 정보 품질 개선 및 활용 촉진을 위한 수년~수십년 이상기후 예측성 평가 및 고해상도 상세화 자료 생산

사업 4. 아태지역 수년~수십년(A2D) 이상기후전망을 위한 기술개발

● **김옥연 선임연구원** (oykim@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 인간 활동에 의한 기후변화로 인해 극단적 기후 재난 현상과 관련된 기후변동의 임계점이 위험 수준에 도달함.
- 아태지역 내 기후변화에 따른 극한기후 현상이 증가하고 있으며, 이와 관련된 사회·경제적 위험성도 증대됨에 따라, 기후변화 대응을 위한 적극적인 정책 결정을 지원하고자 극한기후 발생에 대한 신뢰성 있는 A2D 예측 정보가 요구됨.

2) 주요내용

A. 아태지역 A2D 극한기후 전망을 위한 스토리라인 개발

- 관측 기반 극한기후(High Impact Event, HIevent; 폭염/한파, 가뭄/폭우) 관련 대기·해양·지표 인자 선정
  - 통계 및 역학 분석을 통해 지역별 극한기후 특성과 관련된 대기·해양·지표 인자 추출 (A2D 기간 내 변동성, 빈도 등과의 상관관계 고려)
  - 극한기후와 주요 인자 간 관계의 민감도(기간, 강도 등) 및 원인 분석
  - 기간 및 강도 등에 따른 핵심 인자들의 우선순위 분석

B. 아태지역 A2D 극한기후 전망을 위한 편의보정 방법 개발

- A2D 기후자료의 극한기후 예측성(결정론적, 확률론적) 분석
  - A2D 규모 (연, 5년, 10년 등)의 지역별 극한기후 예측성 평가
  - 예측 성능이 우수한 극한기후 특성 선정(일정 기간 내 최댓값 평균, 빈도, 강도, 지속일수 등)

C. 극한기후 감시·분석 정보 제공 및 기후이슈 대응

- 아태지역 극한 기상/기후 이벤트 감시 및 원인 분석
- 관계 부처 이상기후 보고서 작성

2025년도 APCC 연구·사업

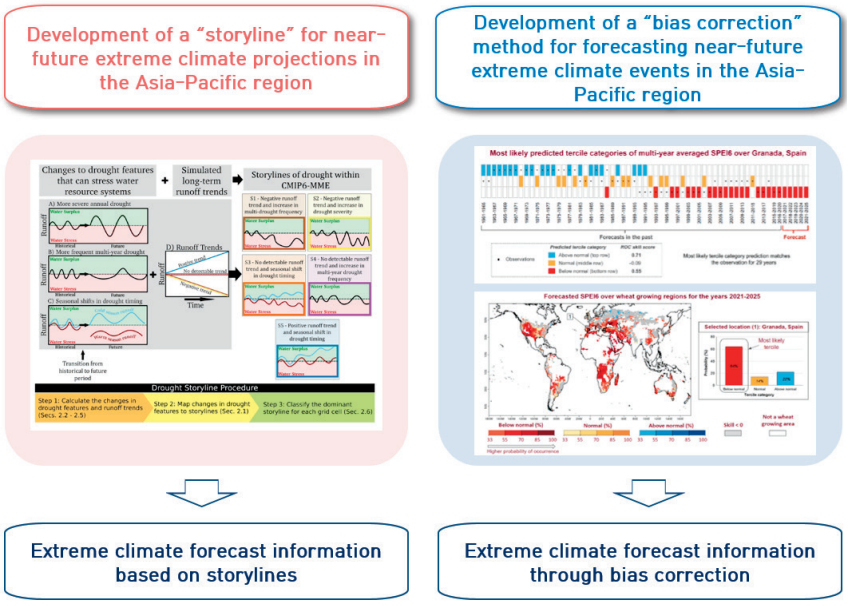


그림 27 연구 내용 개요

3) 기대효과

- DCPP 연구 수행 및 국제교류를 통한 연구진의 국제 공동연구 역량 강화
- 향후 DCPP 참여 기회 창출
- A2D 규모 기후 예측 기술 개발을 통한 신기후체제 대응의 과학적 기반 구축
- 농업, 수문 등 분야별 기후변화 대응 장기 정책 수립 시 기후 리스크 예측 정보로 활용 가능

사업 5. 지역특화 기후변화 정보 생산 기술 개발

● 이성규 선임연구원 (geoslegend@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 전 지구 기후모델(GCM)[1]은 공간 해상도의 한계로 지역 단위 재해 위험 평가와 정책 활용에 제약이 있어, 지역 기후특성을 반영한 고해상도 기후변화시나리오 상세화 기술개발이 필요함.
- 통계적·딥러닝 기반 상세화 기법을 통해 기후자료의 해상도 한계를 개선하고, 국가 기후변화 표준시나리오 평가를 바탕으로 지역별 기후전망정보를 제공하여 기후변화 적응 대책 수립 및 정책 대응 역량 강화에 기여하고자 함.

2) 주요내용

A. 위성기반 고해상도 격자자료 산출 및 알고리즘 개발 및 품질관리

- 다양한 위성(GPM IMERG, CMORPH, PERSIANN, CHIRPS) 자료를 활용한 학습 데이터셋 구축
- 기계학습 모델(XGBoost, Random Forest) 구축, 학습 결과 산출 및 인공지능 모델 최적화

용어 해설

1) 전 지구 기후모델(GCM, Global Climate Model):

대기, 해양, 육지, 빙권 등 지구 시스템의 주요 구성 요소 간 상호작용을 수치적으로 모의하여, 과거·현재·미래의 전 지구적 기후 변화를 과학적으로 전망하는 물리 기반 기후 예측 모델

2025년도 APCC 연구·사업

- 인공지능 기반 모델을 활용한 고해상도 강수 격자 자료 생산

※ 시범지역(제주도 지역)을 대상으로 정확도가 높은 위성 기반 강수 격자 자료를 산출하기 위해 기계학습 모델을 구축·학습하였으며, 전반적으로 높은 예측 성능을 확인함.

B. 다변수 상세화 기반기술 개발

- Ordinary Cokriging (OCOK), Simple Cokriging (SCOK), Universal Cokriging (UCOK) 기법을 적용하여 시범지역(제주도)에 대한 1km 해상도의 기온 및 강수 관측 격자자료 생산
- LOOCV (Leave-One-Out Cross-Validation)[2] 검증을 통해 각 Cokriging 기법별 기온 및 강수 예측 정확도(R2, RMSE) 분석

※ 지형 및 기후 특성이 복합적인 제주도 지역에서 UCOK 기법이 가장 높은 R^2와 가장 낮은 RMSE를 보여 전반적으로 가장 우수한 예측 성능을 보임

C. 기후변화 전망자료의 활용성 증대를 위한 인공지능 기반 상세화 기술 개발

- ERA-5 자료와 지형자료(DEM)를 이용하여 EDSR 모델을 기반으로 한 상세화 모델 구축 및 실험 수행
- 공간자료 보간법[3](최근접 이웃, 선형 보간, 쌍입방 보간), 상세화 배율(2배, 4배, 8배)을 고려한 데이터셋 구축 및 상세화 정확도 비교 분석
- 이미지 기반 평가 지표(PSNR, SSIM)와 ASOS 관측자료를 활용한 통계 지표를 이용하여 정확도 평가 수행

※ 지형자료를 결합한 딥러닝 기반 상세화 모델은 동아시아 지역에서 기온 상세화 성능을 유의미하게 향상시킴

D. 초고해상도(500m) 격자자료 분석 및 평가

- 고해상도 격자의 모의성능 평가: 공간 해상도(500m vs 1km)와 영향 반경(1.3km vs 2km)
- 공간적 합리성 검증(Moran' I) 및 모의성능 평가(KGE)
- 극한지수에 대한 미래 기후전망자료 생산 및 분석(1km vs 500m)

※ 500m 모델이 전반적으로 1km 모델보다 높은 정확도를 보였으며, 영향 반경의 변화보다 해상도 증가에 따른 예측성 향상이 더욱 뚜렷하게 나타남

E. 국가 기후변화 표준시나리오 기반 부문별 영향 정보 지수 개선안 마련

- 농업부문 영향지수 8종에 대한 활용 현황 점검 및 개념 재정의
- 농업부문 영향지수 8종에 대한 개선안 마련

※ 농업부문 영향지수 개선 관련 실무회의와 농업분야 전문가 자문회의 등을 통해 총 8종의 농업부문 영향지수를 '지수통합', '명칭변경', '부문변경', '용도변경' 등으로 구분하여 최종 5종의 개선안을 마련함

용어 해설

2) LOOCV (Leave-One-Out Cross-Validation)

관측 자료 중 하나를 제외한 나머지 자료로 예측을 수행하고 제외된 자료와의 비교를 반복함으로써 예측 성능을 검증하는 방법

3) 보간법 (interpolation):

이미 관측된 값들을 기반으로 그 사이에 존재하는 미관측 값을 추정하는 방법

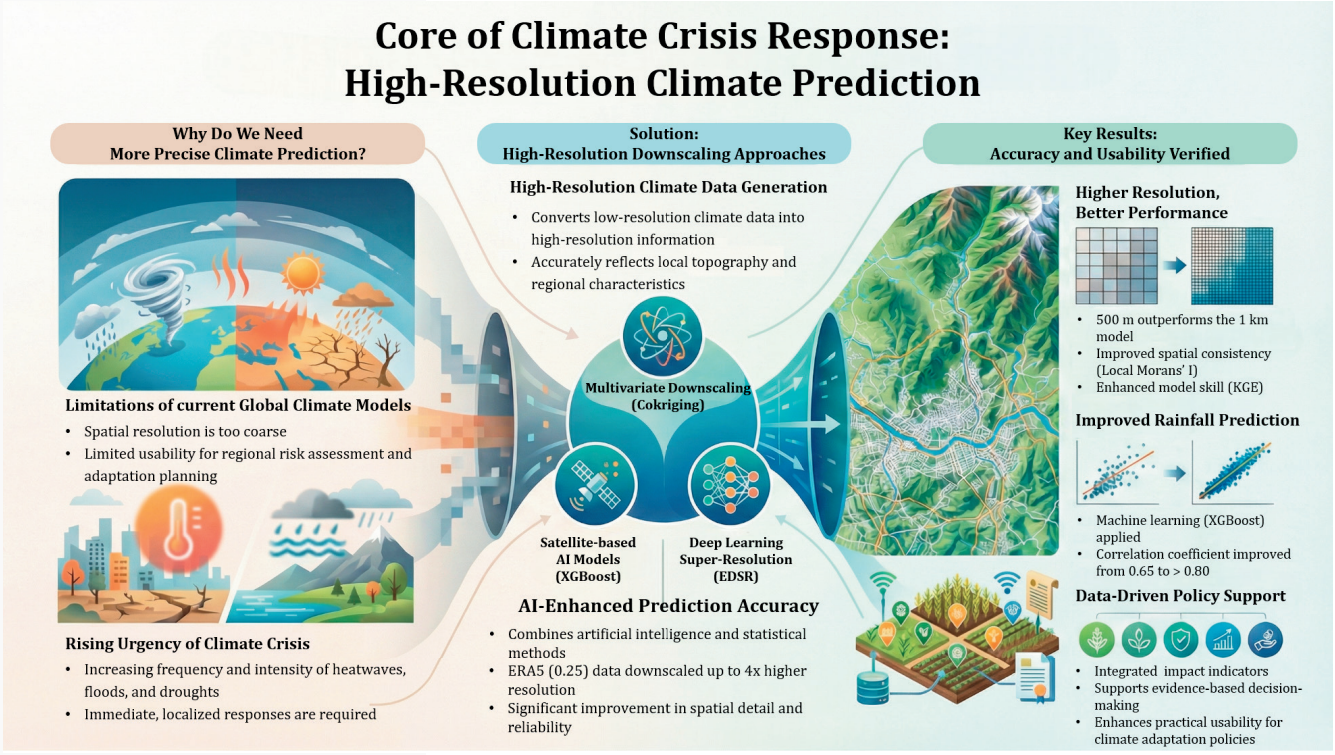


그림 28 지역특화 상세화 기반기술 개발 연구 요약

3) 기대효과

- 지역 기후 특성과 복잡한 지형을 반영할 수 있는 지역 특화 상세화 기술을 개발함으로써, 고해상도 기후 전망 격자 자료 생산을 위한 기술적 토대를 마련함.
- 상세화 기반 기술 구축과 국가 기후변화 표준 시나리오 적용 가능성에 대한 평가 체계를 마련하여, 지역별 기후변화 영향·적응 연구 및 기후 공시를 위한 기초 자료 활용 기반을 구축함.
- 지역 특화 상세화 기술의 축적을 통해 향후 기후변화 시나리오 자료의 정밀도를 높이고, 국가 및 지자체 수준의 기후변화 대응 정책 수립 역량 강화에 기여함.

2025년도
APCC
연구·사업

1-3. 인공지능 기반 기후예측 객관화 기술 개발

• 이상기후 예측정보 생산을 위한 인공지능 모델 개발

사업 6. 이상기후 예측을 위한 인공지능 기술 개발

● **이윤영 선임연구원** (yyalee@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 지구온난화로 빈발하는 이상기후 재난에 대한 선제적 대비 및 기후 위기 대응 역량 강화가 필수적임.
- 3~4주 선행 시점의 AI 기반 원형 모델을 개발하여 이상기후에 대한 기존 예보 시스템이 지닌 한계를 보완하고 계절내(Sub-seasonal) 예측 기술을 고도화하고자 함.

2) 주요내용

A. AI 기반 이상기후 계절내 예측 원형 모델 개발

- 이상고온(Anomalous High Temperature) 예측 모델 최적화
  - ECMWF 앙상블 예측 오차 보정 기술 개발: [1]딥러닝 기반 후처리 오차 보정을 통해 ECMWF S2S 모델의 성능 한계를 극복하는 원형 모델 구축
  - 라벨링 전략 및 모델 구조 민감도 실험 수행: 관측 기반의 이진/다중 클래스 라벨링 적용 및 [2]UNet과 [3]Attention UNet 간의 성능 비교 분석 수행
  - 최적 모델 도출 및 국지적 예측 성능 개선: '이진 라벨 + Attention UNet'최적 조합 도출을 통한 공간 패턴 재현성 확보 및 국지적 예측 성능 개선
- 폭우(Heavy Rainfall) 예측을 위한 시·공간 결합 모델 개발
  - [4]멀티태스크 러닝(Multi-task Learning) 기법 도입: 강수량과 극한 강수일수 동시 학습을 통해 강수의 시간적 변동성 분석 역량 및 예측 지표의 성능 제고
  - 계절내 변동성 반영을 위한 입력 변수 최적화: 10~60일 주기 및 장주기 필터링 변수 활용을 통한 계절내 변동성 분리 학습 및 예측력 향상
  - [5]ResNet-LSTM 결합 하이브리드 모델 구축: 공간(ResNet) 및 시계열(LSTM) 특화 구조를 결합하여 3~4주 선행 강수 패턴을 효과적으로 학습하는 시공간 통합 모델 구현
- 해양열파(Marine Heatwaves) 탐지를 위한 [6]SwinUNet 기반 모델 개발
  - 광역 해양·대기 정보를 활용한 SwinUNet 모델 개발: 다양한 해양·대기 변수를 학습하는 SwinUNet 모델 설계 및 3주 선행 고수온 예측 수행
  - 고수온 탐지 특화 손실 함수 및 학습 전략 최적화: 고수온 격자 가중치 부여 손실 함수 적용 및 학습 비율 최적화를 통한 탐지 성능 극대화
  - 이종 데이터 결합을 통한 성능 고도화: 하천 유량 정보 등 이종 데이터 결합을 통해 ECMWF를 상회하는 고수온 탐지 능력 확보

용어 해설

1) 딥러닝 (Deep Learning):
인간의 뇌 신경망을 모방한 인공지능 기법으로, 방대한 과거 기후 데이터 속에 숨겨진 복잡한 패턴과 규칙을 스스로 학습하여 미래의 기상 현상을 예측하는 기술

2) UNet:
UNet: 이미지의 공간적 특징을 추출하여 영역을 분할(Segmentation)하는 데 특화된 딥러닝 구조

3) Attention UNet:
이미지 내 중요한 특징을 집중적으로 학습하는 메커니즘(Attention)을 결합하여, 고온 발생 지역의 공간적 패턴 탐지 성능을 높인 모델

4) 멀티태스크 러닝 (Multi-task Learning):
강수량, 강수일수 등 연관된 여러 과제를 동시에 학습시켜 상호 보완을 통한 예측 정확도 향상 기법

5) ResNet-LSTM:
공간적 특징을 잘 잡는 기술(ResNet)과 시간적 흐름을 기억하는 기술(LSTM)을 결합, 시공간 패턴 인식에 특화된 딥러닝 구조

2025년도 APCC 연구·사업

B. 이상기후 분석 및 연구 기반 인프라 구축

- 동아시아 기후 극한현상 공개 저장소(EastAsiaClimateExtremes, https://github.com/yyalex-lee/EastAsiaClimateExtremes) 구축: GitHub 저장소 개설을 통한 동아시아 격자 기반 기후 극한현상 데이터 아카이빙 및 공유 체계 마련
- AI 학습용 표준 라벨링 데이터 및 분석 도구 제공: AI 모델 학습에 즉시 활용 가능한 일/주 단위 극한 지수(Extremeness Index) 산출 및 시각화 코드 제공

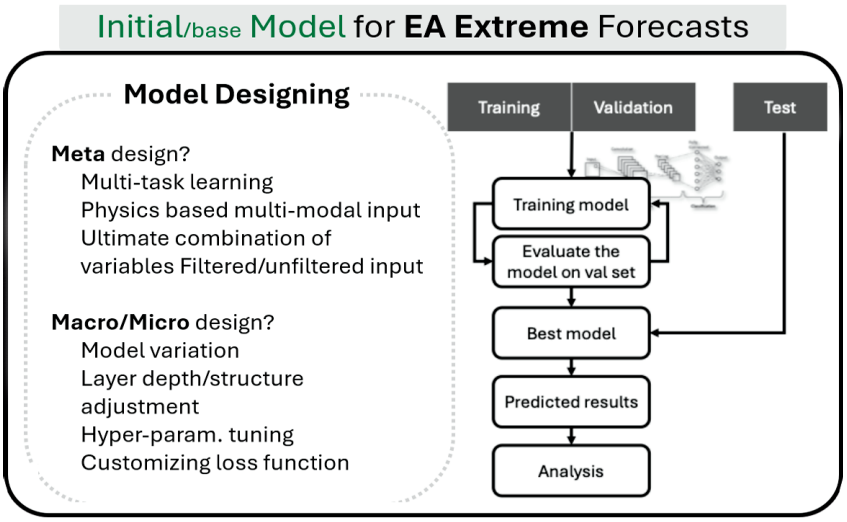


그림 29 이상기후 예측 원형 모델 도출을 위한 인공지능 모델 변형 실험 디자인 (우) 최적 인공지능 모델 도출 과정 도식

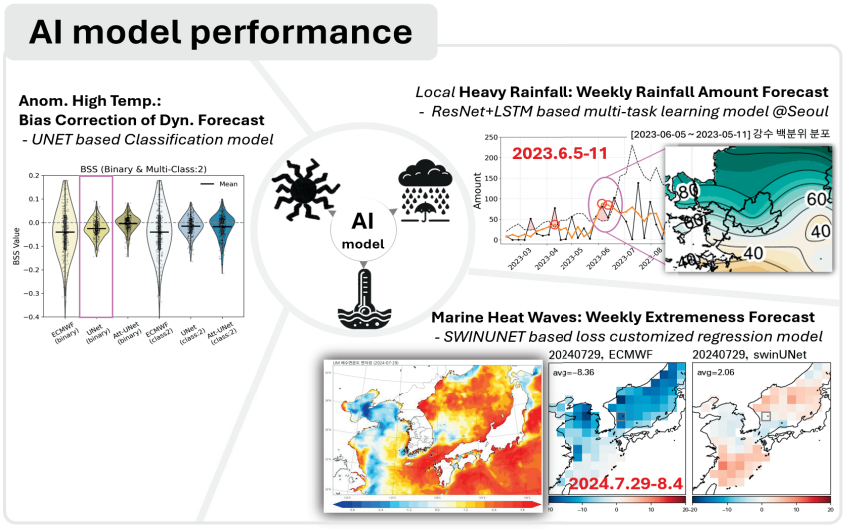


그림 30 동아시아 이상기후 예측용 인공지능 원형 모델 성능: (좌) 이상 고온, (우상) 폭우, (우하) 해양열파

3) 기대효과

- 이상기후 조기 경보 시스템의 정확도 향상 및 산업별 기후 리스크 관리 효율화를 통한 기후 서비스의 질적 수준 제고
- 확보된 AI 원형 모델을 토대로 향후 확률 예측 및 [7]설명 가능한 인공지능(XAI) 기술 적용을 위한 미래 기술 도입 기반 마련
- 데이터 및 코드 인벤토리 공개를 통해 후속 연구의 진입장벽을 완화하고, 다학제간 협력을 촉진하여 이상기후 연구 생태계 활성화

용어 해설

6) SwinUNet:

넓은 영역의 정보 처리에 효율적인 최신 기술(Swin Transformer)을 적용하여, 해양의 복잡한 온도 변화 탐지에 최적화된 모델

7) 설명 가능한 인공지능 (XAI):

AI가 내놓은 예측 결과의 원인과 근거를 사람이 이해할 수 있도록 시각적으로 제시하는 기술

2025년도
APCC
연구·사업

1-4. 기후예측 모델 검증 및 활용 체계 개선

• 기상청 현업 기후예측모델 성능 개선을 위한 고도화된 평가 체제 개발

사업 7. 기후예측모델 개선을 위한 검증체계 개발 및 테스트베드 확장

● **신선희 기후모델테스트베드팀장** (Sun-Hee Shin, ssh222@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 기상청 기후예측시스템의 예측성능 향상과 실무 활용성 제고를 위해서는 최신 기후모델 개선기술에 대한 적시적이며 체계적인 검증이 필수적임. 특히 연구개발 단계에서 도출된 새로운 알고리즘과 물리과정 개선 기법이 현업 예측시스템에 효과적으로 이관되기 위해서는, 기존 운영 모델과의 비교를 통한 정량적 성능 평가와 신뢰성 검증 체계가 수반되어야 함.
- 기후예측모델 테스트베드는 기상청 및 학계에서 개발된 기후예측모델 개선 기술을 신속하게 시험·평가할 수 있는 핵심 인프라로서, 새로운 기술의 예측성능과 물리적 타당성을 현업 시스템 관점에서 검증하는 역할을 수행함. 또한 실시간 예측자료를 활용한 특성 진단 및 평가 체계를 개발하고, 검증 요소의 확장과 구조 개선을 통해 검증체계의 범용성과 지속성을 강화함.

2) 주요내용

A. 기후예측모델 최신 기술의 선제적 검증 및 실용화 촉진을 위한 테스트베드 운영

- 기상청 기후예측시스템(GC3.2) 고해상도 자료의 예측 활용성 평가
  - · 현업 기후예측시스템의 고해상도 예측자료에 대한 기후 모의 성능 평가를 수행하고, 현업 예측 활용 가능성을 정량적으로 분석함.
  - · 여름철 이상강수 및 겨울철 이상기온 모의 성능을 기반으로 고해상도 예측자료의 계절예측 활용성 평가 및 고해상도 앙상블 예측시스템 현업화 근거 자료를 제공함.
- 고해상도 하천유출모델(TRIP) 현업 적용성 평가
  - · 고해상도 TRIP를 접합한 기후예측시스템(GC3.2)에 대해 준현업실험을 수행하고, 담수효과에 따른 예측성능 변화 및 대기/해양 반응을 분석하여 현업 적용 가능성 진단

B. 예측정보 신뢰성 확보를 위한 기후예측모델 검증체계 확장

- 기상청 기후예측시스템(GC3.2) 예측자료(Forecast) 성능 평가체계 개발
  - · 기후예측시스템 예측자료(Forecast)에 대한 단정/확률 예측 성능을 평가할 수 있는 자동화 체계 구축
  - · 계절 예측 성능 및 시스템 이슈에 대한 반응 특성 분석 실시
- 기상청 기후예측시스템(GC3.2) 예측자료(Forecast) 기후모드 예측특성 진단
  - · 여름철(전구 원격상관(CGT), 태평양-일본(PJ)) 및 겨울철(유라시아 패턴(EU), 북대서양 진동(NAO)) 주요 기후모드에 대한 예측 특성 진단 수행
  - · 과거재현(Hindcast)과 예측자료(Forecast) 간 모의 특성 비교를 통해 예측자료 신뢰성 제고
  - · 기후예측시스템 예측특성 기반 장기예보 활용방안 제시

2025년도 APCC 연구·사업

- 테스트베드 준현업실험 기반 계절 검증 자동화체계 개발
  · 테스트베드 준현업실험에 적용할 수 있는 북극기후 및 동아시아 여름/겨울몬순 진단 메트릭을 설계하고, 계절 검증 자동화 체계를 개발하여 일관된 성능 평가 환경 구축
  · 차기 기후예측시스템 도입을 대비하여 최신 버전(GC5.0)에 대한 과거재현 계절실험 자료를 수집/분석하고, 예측성능 및 물리적 프로세스 진단을 통해 현업화 근거 자료 제시

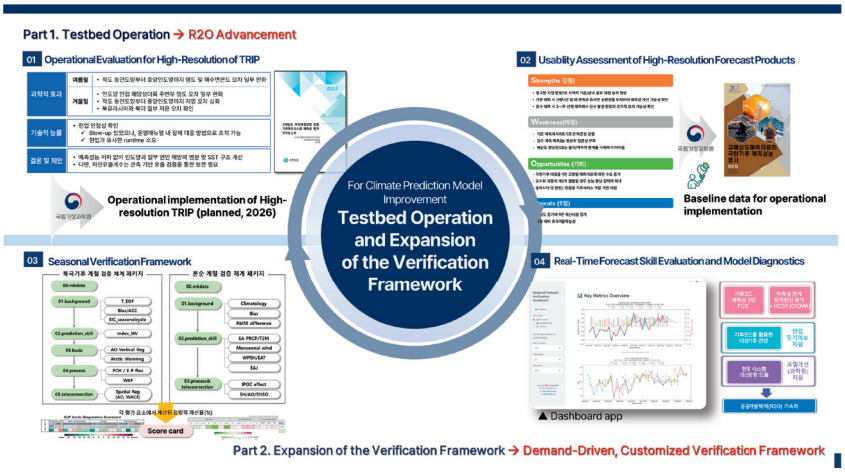


그림 31 기후예측 모델 개선을 위한 테스트베드 운영 및 검증 체계 확대

3) 기대효과

- 기후예측모델 개선 성과의 현업 적용 가능성을 정량적으로 평가함으로써, 기상청 기후예측시스템 현업화 의사결정을 지원하는 과학적 근거 마련
- 계절 및 기후모드에 유연하게 적용 가능한 검증/진단 체계 구축을 통해 기후예측모델 검증체계의 범용성과 지속성 강화
- 계절 기후모드 예측성능 향상을 통한 장기예보 정확도 제고 및 극한 기후현상 예측 역량 강화에 기여
- 기상청 및 관련 연구기관의 협력 강화를 통해 연구성과의 신속한 현업 반영 및 APCC 기후모델 진단평가 역량 제고

2025년도
APCC
연구·사업

2. 녹색기후기금 (GCF) 지원 사업

• APCC는 설립 이래 아시아·태평양 지역에서의 기후정보 제공 서비스 사업을 통해 얻은 기후 관련 전문성과 지식을 국제사회에서 인정받아 녹색기후기금(GCF) 지원사업에 참여하고 있음.

2-1. 유엔환경계획(UNEP)과의 협력사업

사업 8. 태평양 5개 도서국가의 회복력 향상을 위한 기후정보 및 지식 서비스 강화

● **유진호 선임연구원** (Jin Ho Yoo, jhyoo@apcc21.org)

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 태평양 도서국, 특히 5개 군소 도서국(쿡제도, 마셜제도, 니우에, 팔라우, 투발루)은 기후변화와 기후변동에 가장 취약한 국가이나, 이에 대비하기 위한 기후예측 역량은 매우 부족한 실정임.
- 태평양 도서국 맞춤형 기후예측 및 조기경보 기술체계를 개선하여 태평양 5개 도서국이 이상기후에 보다 효과적으로 대응할 수 있도록 지원하고자 함.
- 또한, 지속적인 교육프로그램 운영을 통해 태평양 5개 도서국 기상청의 기후예측 역량을 강화하고자 함.

2) 주요내용

A. 국가별 맞춤형 기후예측 응용정보 생산 기술 개발

- 도서국의 특성 및 기후예측 정보 활용 가능성을 바탕으로 기후 민감 분야의 의사결정 지원을 위한 기후예측 응용정보 선정 및 개발 착수
  - ·쿡 제도: 소하천 유량 예측
  - ·마셜제도 및 투발루: 가뭄 조기경보
  - ·팔라우: 저수지 댐 수위 예측
  - ·니우에: 산불 위험 예측

B. 태평양 도서국 기후예측 역량향상 지원

- 아태기후센터 방문연구 수행(1회)
  - · 9월 젊은과학자지원사업(YSSP) (1개월, 4개국 4인): 기후자료 분석 심화과정 – 대규모 기후변동과 지역기후 상관성

C. 조기경보 모바일 앱 프로토타입 개발 및 점검 (이화여자대학교 협력사업)

- 위성 정보를 이용한 집중호우 위험 제공 등 조기경보 모바일 앱 시험버전 배포 및 국가별 피드백 수렴
  - ·각국 기상청 및 유관기관 소통을 통한 신뢰도 및 기능 점검

2025년도 APCC 연구·사업

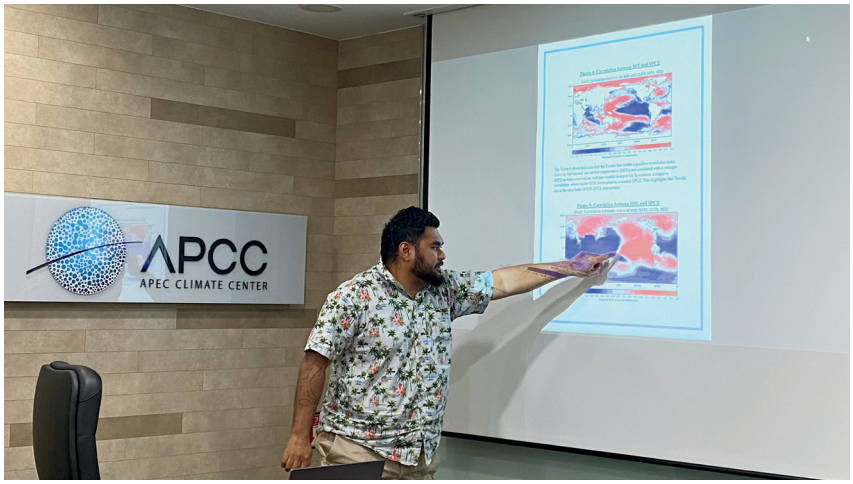


그림 32 YSSP 분석 결과 발표

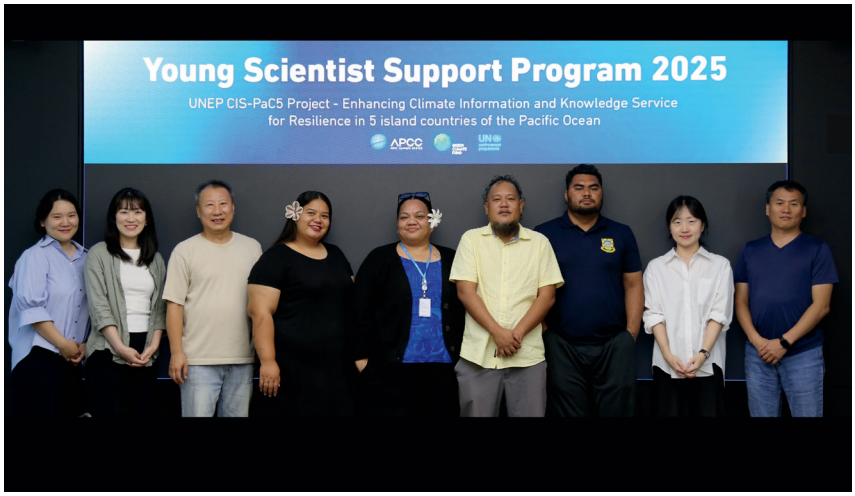


그림 33 YSSP 참가자들과 APCC팀

3) 기대효과

- 태평양 5개 도서국 기후예측 및 응용 역량 강화를 통한 국가별 기후서비스 질적 수준 향상
- 아태기후센터의 기후예측정보 활용성 확대 및 아태지역 기여도 강화


APCC



04

아시아·태평양경제협력체 기후센터

APCC 소개

기관 소개

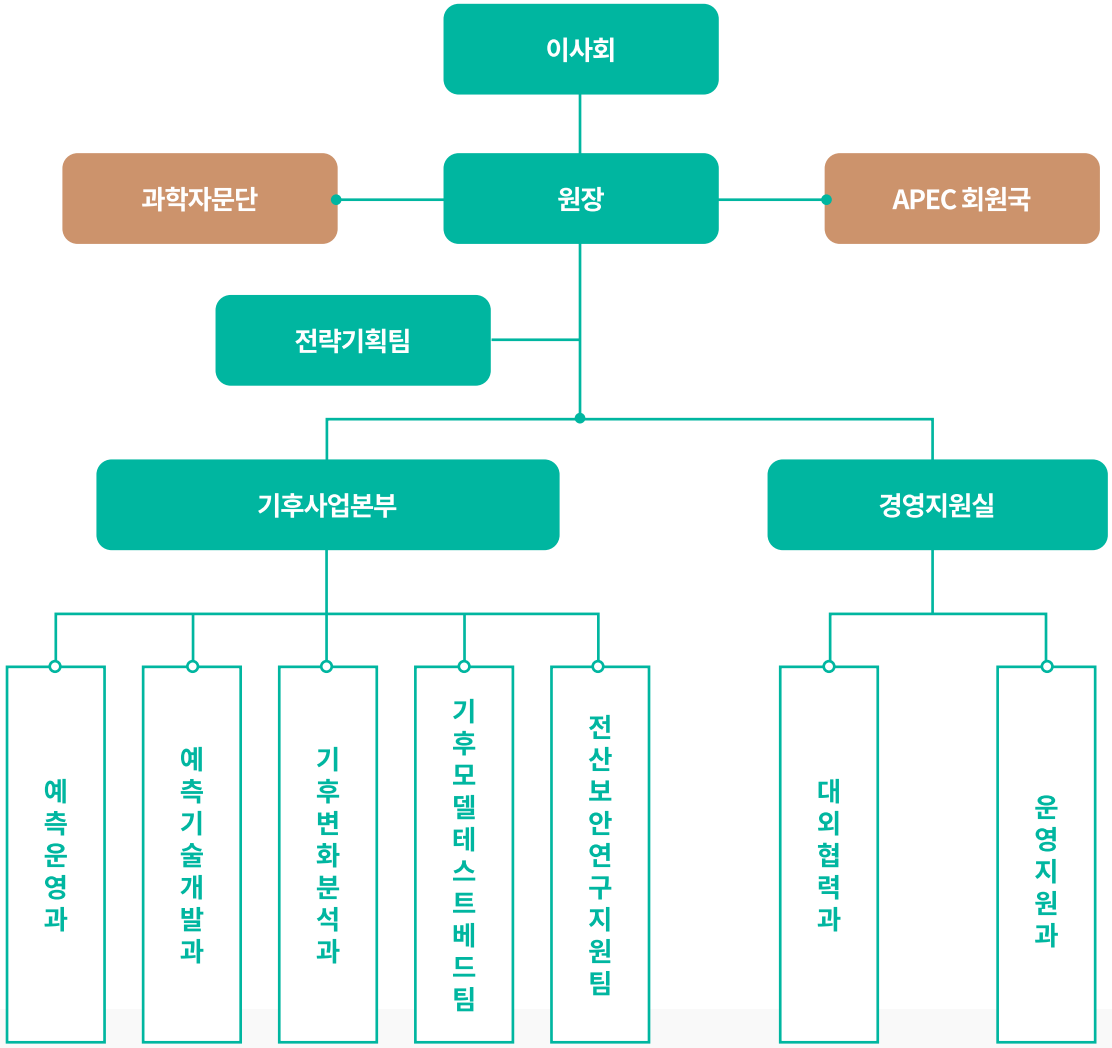


아시아·태평양경제협력체 기후센터

(아태기후센터, APCC)

아시아·태평양 지역의 기후·기후변화 감시 및 예측기술개발과 관련 기후정보 등의 활용 촉진을 위한 협력을 통해 기후변화로 인한 경제적 손실의 경감, 인명과 재산의 보호에 기여하여 우리나라를 포함한 아태지역의 번영 실현에 이바지하고자 함.

조직도



부서명	주요업무
전략기획팀	사업 기획 및 평가와 공공기관 경영 평가를 담당, 공공기관 ESG 경영 및 만족도 수요조사 그리고 사업실명제 등을 수행
예측운영과	MME 계절예측과 BSISO 및 SCoPS 계절예측을 운영하고, WMO 다중모델앙상블 선도 센터 및 ESGF의 운영 및 관리, APCC 홈페이지 운영을 담당하며 예측정보의 활용을 지원함. 또한 기상청의 3개월 전망을 지원함.
예측기술개발과	계절내 예측기술 및 시스템 개발, SCoPS 개선 및 개발, SCoPS 계절내예측 운영 및 AI 기후예측 기술을 개발하고 있고, 기상청의 1개월 전망을 지원함.
기후변화분석과	Decadal timescale 변동성 분석, 기후변화 탐지 및 원인 규명, 기후변화 영향 분석 및 시나리오 상세화를 수행하고 IPCC, UNFCC 등과의 국제협력을 담당함.
기후모델테스트베드팀	테스트베드 기반 기후예측모델 개선기술 평가 및 기후예측성능 검증과 기상청 기후예측모델 성능평가체계 고도화를 담당함.
전산보안연구지원팀	전산체계와 네트워크, 정보보안 운영 및 관리 그리고 전산체계 및 네트워크 사용자에 대한 지원을 담당함.



05

아시아·태평양경제협력체 기후센터

2025년도
APCC 주요뉴스

2025년도
APCC
주요뉴스

01

아시아태평양경제협력체 기후센터(APCC), 기상청 및 부산시와 함께 APCC 설립 20주년 기념 '2025년도 APEC 기후심포지엄' 개최

대한민국이 APEC 의장국을 수임한 뜻깊은 해인 2025년, 아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 설립 20주년을 맞이하여 2025년 8월 7일부터 9일까지 부산 벡스코에서 2025년 APEC 기후심포지엄을 성황리에 개최하였다. 'APEC 기후난제 대응 – 기후변화의 복합성과 대응방향 모색'을 주제로 열린 이번 행사는 기상청, 부산시와 공동으로 개최되었으며, 전 세계 26개국 180여 명의 기후학자, 정책 입안자, 국제기구 관계자들이 한 자리에 모여 기후위기 극복을 위한 과학적 해법과 정책적 연대를 모색하는 자리였다. 특히 이번 심포지엄은 센터 설립 20주년을 기념하여 지난 20년간 아시아·태평양 지역의 기후정보 허브로서 굳건히 자리매김한 성과를 돌아보고, 다가올 미래의 기후대응을 선도하겠다는 강력한 비전을 선포하는 장으로서 그 의의가 컸다.

이번 행사는 'APCC 설립 20주년 기념식'을 시작으로 막을 올렸으며, 김형진 원장 직무대행을 비롯해 장동언 기상청장, 이준승 부산시 행정부시장, Eduardo Pedrosa APEC 사무국장 등 주요 내빈들은 환영사를 통해 지난 2005년 부산에서 첫발을 디뎠던 APCC가 오늘날 아태지역의 대표적인 기후예측 전문기관으로 성장하기까지의 여정을 높이 평가했다. 이어진 비전 선포식에서는 주요 내빈들이 무대에 올라 LED 터치 퍼포먼스를 통해 지난 20주년의 성과를 바탕으로 향후 기후변화 대응의 중심에서 더욱 큰 역할을 수행하겠다는 결의를 다졌다. 또한, 국민과 함께하는 기후과학의 가치를 전하기 위해 마련된 '기후위기 숏폼 공모전' 시상식은 기후변화에 대한 대중적 인식을 제고하며 행사의 의미를 더했다. 짐 스키아(Jim Skea) IPCC 의장과 악셀 팀머만(Axel Timmermann) IBS 기후물리연구단장은 기조연설을 통해 "기후 적응의 한계를 극복하기 위해서는 과학적 예측의 정밀화와 더불어 보건, 빈곤 등 사회적 측면을 포괄하는 통합적 접근이 필수적"임을 역설하며 심포지엄의 학술적 깊이를 더했다.

이번 심포지엄의 본 세션은 기후과학의 최전선인 '기후예측과 원인 규명(Attribution)'과 실질적 해법인 '적응과 협력'이라는 두 가지 핵심 축으로 진행되었다. 첫 번째 세션에서는 기후모델의 불확실성을 줄이고 예측 신뢰도를 높이기 위한 다양한 시도가 공유되었다. 영국 기상청(Met Office)의 더그 스미스(Doug Smith) 박사는 모델 오류 보정의 중요성을 강조하였고, 포스텍 민승기 교수는 고해상도 시뮬레이션을 통해 인위적 온난화가 태풍과 극한 강수에 미치는 영향을 정량적으로 규명한 연구 결과를 발표하였다. 테드 셰퍼트(Ted Shepherd) 교수는 불확실한 미래 상황에서 합리적 의사결정을 지원하기 위한 '물리적 기후 스토리라인(Physical Climate Storylines)'이라는 혁신적인 접근법을 제시하여 큰 호응을 얻었다. 두 번째 세션에서는 기후과학이 보건, 농업, 기후금융 등 타 분야와 융합하여 어떻게 사회적 회복탄력성을 높일 수 있는지에 대한 구체적인 논의가 이어졌다. 서울대 김호 교수는 모든 정책에 보건을 고려하는 'HiAP(Health in All Policies)' 개념을 기후행동에 접목할 것을 제안하였으며, 아시아개발은행(ADB)의 마틴 오카타(Martin Okata) 박사는 기후 리스크를 개발 의사결정에 통합하고 재원 투자를 확대하는 방안을 발표하여 실질적인 이행 전략을 제시했다.

2025년도 APCC 주요뉴스 01

심포지엄의 대미를 장식한 패널 토론에서는 '통합과 협력'이 기후위기 대응의 핵심 열쇠임을 재확인했다. 전문가들은 기후변화 적응을 APEC의 상설 의제로 격상시키고, 회원국 간의 데이터 공유와 과학자 교류를 활성화해야 한다는 데 뜻을 모았다. 특히 별도로 마련된 'APEC 회원국 지식공유 세션'에서는 중국, 인도네시아, 태국, 베트남 등 회원국들이 기후정보 및 서비스를 활용한 각국의 기후 적응 모범사례를 발표하며 APCC가 구축해 온 협력 네트워크의 실효성을 입증해 보였다. 이번 2025년 APEC 기후심포지엄은 APCC가 단순한 기후정보 제공자를 넘어, 과학과 정책, 그리고 사회를 연결하는 가교이자 아태지역 기후공동체의 든든한 동반자임을 다시금 확인시켜주었다. APCC는 앞으로도 지난 20년의 성과에 안주하지 않고, 회원국들의 수요에 부합하는 맞춤형 기후서비스를 지속적으로 확대해 나갈 방침이다.



2025년도
APCC
주요뉴스

02

APCC, 페루 기상청과 협력하여 페루 지역사회의 기후회복력 강화를 위한 기후정보서비스 개선에 기여

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 설립 이후 APEC 회원국 간 기후정보 공유와 기후변화 대응 역량 강화를 목표로 다양한 국제협력 활동을 추진해 왔다. 최근에는 기후위기의 심화로 인해 단순한 기후자료 제공을 넘어, 지역사회가 실제로 활용할 수 있는 기후정보서비스와 현장 중심의 대응 역량 강화에 대한 수요가 점차 증대되고 있다.

이러한 흐름 속에서 APCC는 기상·기후 분야 민간 전문기업인 ㈜웨더피아와 컨소시엄을 구성하여, KOICA(한국국제협력단)가 추진하는 국별협력 사업을 통해 페루를 대상으로 한 기후정보서비스 협력 사업을 단계적으로 추진하였다. 본 사업은 APCC가 보유한 기후예측 및 기후정보서비스 분야의 전문성과 페루 현지의 정책·현장 수요를 연계하여, 농업 분야를 중심으로 지역사회의 기후회복력 강화를 지원하는 데 목적을 두고 있다.

1단계 사업은 2024년부터 2025년 5월까지 수행된 「페루 기후회복력 강화를 위한 기후정보서비스 고도화 및 기후변화 감시·예측 역량 강화」 사업으로, 페루의 기후회복력 강화를 위한 중장기 로드맵과 단계별 추진 방향을 도출하는 데 중점을 두었다.

사업 기간 동안 APCC는 페루 현지 조사를 통해 농업기후정보의 생산·전달·활용 전 과정을 점검하였다. 페루 기상청(SENAMHI), 농업 관련 기관, 지방정부, 지역 농민 등을 대상으로 한 면담과 설문조사를 통해, 기후정보가 농업 의사결정 과정에서 활용되는 실제 양상을 분석하고 주요 제약 요인을 규명하였다. 그 결과, 지역별 관측 인프라 여건의 차이, 정보 제공 시기와 형식의 한계, 농민 대상 설명과 교육의 필요성 등이 공통적인 과제로 확인되었다.

APCC는 이러한 현장 조사 결과와 페루 기상청의 정책적 방향을 종합하여, 향후 협력 사업에서 우선적으로 검토해야 할 과제와 단계별 추진 전략을 수립하였으며, 이를 바탕으로 후속 단계 사업을 위한 우선순위 후보사업 계획을 제시하였다.

1단계 사업에서 도출된 결과를 토대로, APCC 컨소시엄은 KOICA 국별협력 트랙 2(파일럿) 단계 사업에 선정되었다. 2단계 사업은 2025년 12월부터 본격적으로 시작되며, 앞선 조사와 기획 결과를 바탕으로 기후정보서비스를 현장에 적용하고, 이를 지속적으로 활용할 수 있는 기반을 마련하는 데 역량을 집중할 계획이다.

본 단계에서는 페루 내 3개 지역을 대상으로 농업기후정보 시스템을 실제로 구현하고, 기후정보를 생산·제공하는 페루 기상청과 이를 활용하는 농민 및 유관 기관의 실무 역량을 함께 강화함으로써 지역사회 차원의 기후회복력 제고를 목표로 한다.

2025년도 APCC 주요뉴스 02

「페루 지역사회 기후회복력 강화를 위한 기후정보서비스 개선」 사업은 2025년 12월부터 2027년 10월까지 약 2년에 걸쳐 추진될 예정이다. 주요 활동으로는 농업기후정보의 지역 맞춤형 개선, 농민 및 유관 기관 대상 교육과 소통 프로그램 운영, 자동기상관측장비(AWS) 설치 및 관측 환경 점검, 페루 기상청의 기상·기후 데이터 플랫폼 효율화, 그리고 기상·기후 분야 실무진 역량 강화 등이 포함된다.

APCC는 본 사업을 통해 현지 여건을 고려한 기후정보서비스가 안정적으로 정착될 수 있도록 지원하는 한편, 페루 기상청과 지역사회가 사업 종료 이후에도 자립적으로 기후정보를 생산·활용할 수 있는 기반을 마련하는 데 주력할 방침이다. 이러한 협력 경험은 향후 다른 국가 및 지역으로 국제협력 외연을 확장하기 위한 참고 사례로 활용될 것으로 기대된다.





2025년도
APCC
주요뉴스
03

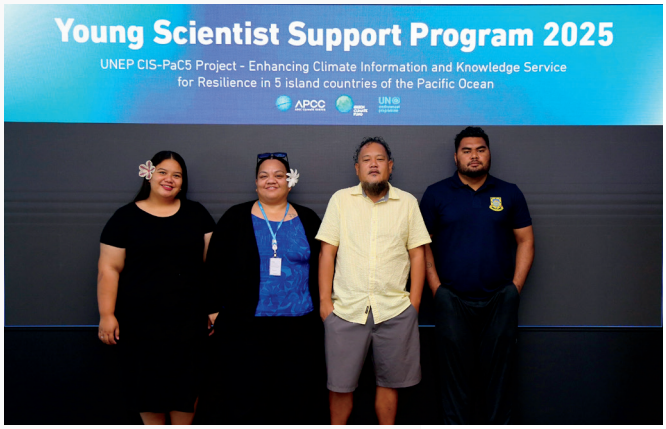
APCC, 2025년도 태평양 도서국 젊은 과학자 지원 사업 심화과정 성료

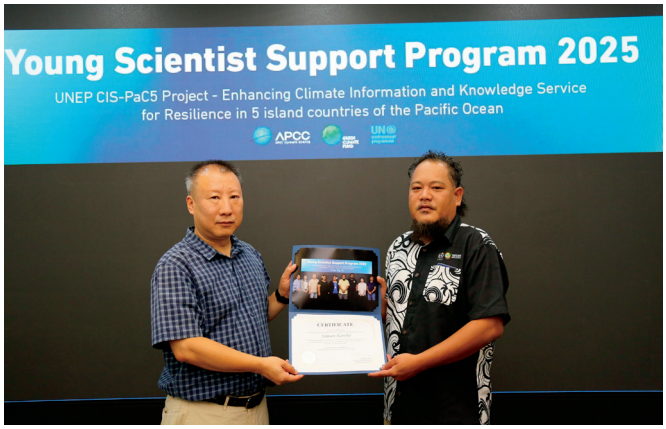
아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 기후변화 취약성이 매우 높은 태평양 도서국의 자체적인 기후분석 및 대응 역량을 강화하기 위해 지난 2025년 9월, '2025년도 젊은 과학자 지원사업(YSSP)'을 성공적으로 개최했다. 유엔환경계획(UNEP)의 'CIS-Pac5 프로젝트'의 일환이자 녹색기후기금(GCF)의 지원으로 수행된 이번 사업은, 태평양 도서국 내 4개국(쿡제도, 마셜제도, 투발루, 니우에) 기상청 실무진이 복잡한 기후정보를 스스로 해석하고 이를 자국의 조기경보 및 적응전략에 활용할 수 있도록 지원하는 데 그 목적을 두었다.

올해 프로그램의 가장 큰 변화는 '교육의 연속성' 확보이다. APCC는 지난 2년간(2023~2024년) 운영된 기초 과정 수료자들을 대상으로 교육생을 선발하여, 기존의 단순 기초 지식 및 기술 습득 단계를 넘어선 '심화과정'을 기획하였다. 태평양 4개국 기상청의 숙련된 실무진들이 APCC에 모여 4주간의 이론과 실습으로 구성된 합숙 교육을 통해 단기 교육의 한계를 극복하고, 참가자들을 자국의 기후 문제를 주도적으로 해결할 수 있는 전문가로 육성하기 위한 전략의 일환이었다.

교육 커리큘럼은 현업에서의 즉각적인 활용을 목표로 구성되었다. 참가자들은 단순한 파이썬 기초 문법을 넘어 전지구 재분석 자료와 같은 방대한 기후 데이터를 직접 수집하고 가공하는 기술을 습득하였다. 또한, 엘니뇨-라니냐 같은 대규모 기후 드라이버가 자국의 지역 기후에 미치는 영향을 규명하기 위해 상관분석 및 회귀분석 등 심도 깊은 기후 통계 기법을 집중적으로 배웠다. 이러한 과정은 부경대학교 등 외부 전문가 초청강의와 APCC 내부 연구진의 세심한 멘토링이 결합되어 교육의 질을 극대화했다.

참가자 전원은 교육 기간 습득한 분석 기술을 적용하여 자국의 강수 패턴 및 기후 변동성을 분석한 독립적인 연구 보고서를 완성하였으며, 이러한 경험이 향후 각국 기상청의 예보 정확도 향상 및 정책 활용에 기여할 것으로 기대된다. 높은 참가자 만족도 조사 결과로 그 실효성을 입증한 APCC는 앞으로도 기초 과정과 심화 과정을 체계적으로 연계 운영할 계획이다. 이를 통해 태평양 지역 내에 기후데이터 분석 능력을 갖춘 기후 전문가 네트워크를 지속적으로 확대하고 기후위기 대응을 위한 과학 기반 파트너십을 더욱 공고히 해나갈 예정이다.





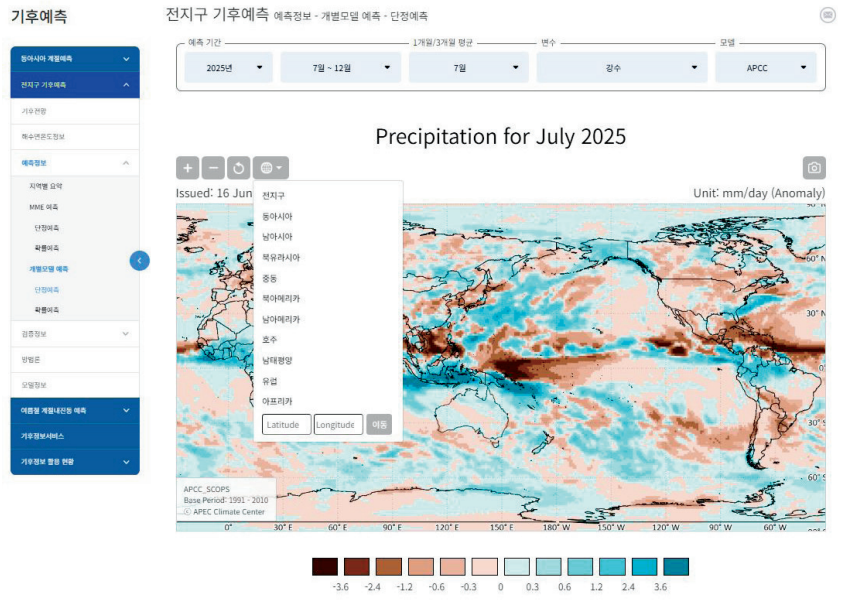
2025년도 APCC 주요뉴스

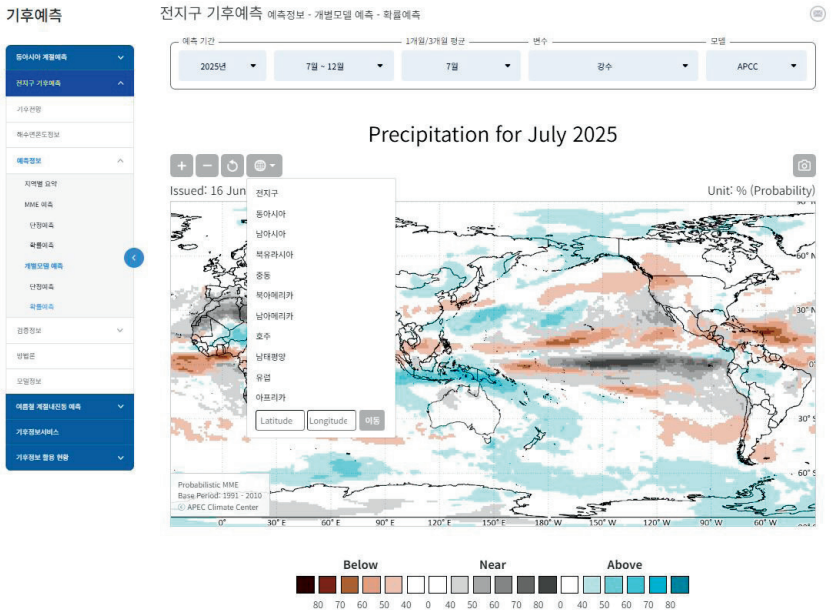
04

APCC, 계절예측정보 서비스 내 수요자 맞춤형 상세 지역 기후정보 제공 시작

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 센터의 홈페이지를 통해 전지구를 기반으로 제공되는 APCC의 계절예측정보 서비스에 지역의 상세화 신규 서비스를 개발·개시하였다.

기관의 홈페이지에서 계절예측 정보 제공 페이지 내 MME 단정예측과 확률예측 페이지에서 사용자가 지역을 선택할 수 있는 기능을 구축하였다. 이를 통해 APCC는 수요자 맞춤형의 지역 기후정보를 제공할 수 있게 하여 계절예측 정보의 활용성 및 편의성을 한층 높였다.





<해당 서비스 위치>

APCC 국문 홈페이지 (www.apcc.21.org) :

- 기후예측 > 전지구 기후예측 > 예측정보 > MME 예측 > 단정예측
- 기후예측 > 전지구 기후예측 > 예측정보 > MME 예측 > 확률예측

2025년도
APCC
주요뉴스

05

APCC 전종안 기후변화분석과장, COP30 사이드 이벤트에서 바누아투 농업 기후 정보 서비스 플랫폼(OSCAR) 소개

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC) 전종안 기후변화분석과장은 2025년 11월 19일(수), 브라질에서 개최된 제30차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP30)의 '모아나 블루 퍼시픽 파빌리온 사이드 이벤트(Moana Blue Pacific Pavilion Side Events)'에 참여했다. 바누아투 정부의 요청으로 성사된 이번 세션에서 전 과장은 농업 기후 정보 서비스 플랫폼인 OSCAR(tailOred System of Climate Services for AgRiculture)를 상세히 소개하였다.

이번 행사에서 APCC는 바누아투의 사례를 중심으로, 녹색기후기금(GCF) 지원 사업인 'Van-KIRAP'을 통해 개발한 OSCAR 시스템이 기후 스마트 농업(Climate-Smart Agriculture)으로의 전환에 기여한 실질적인 성과를 공유하였다.

센터는 태평양지역환경계획사무국(SPREP) 및 현지 농업 유관기관과의 협력을 통해 태평양 도서국 지역 내 OSCAR 기반 서비스의 확산을 추진할 방침이다. 이를 통해 역내 더 많은 국가가 지역별 맞춤형 기후 정보를 농업 정책 및 영농 전략에 실질적으로 활용할 수 있도록 지원을 강화할 계획이다.

한편, '모아나 블루 퍼시픽 파빌리온 사이드 이벤트'는 COP 기간 중 운영되는 별도의 세션으로, 태평양 도서국들이 주도하거나 NGO, 학계, 유엔 기구 등 다양한 이해관계자가 참여하여 기후 위기 대응 방안을 논의하는 장이다.

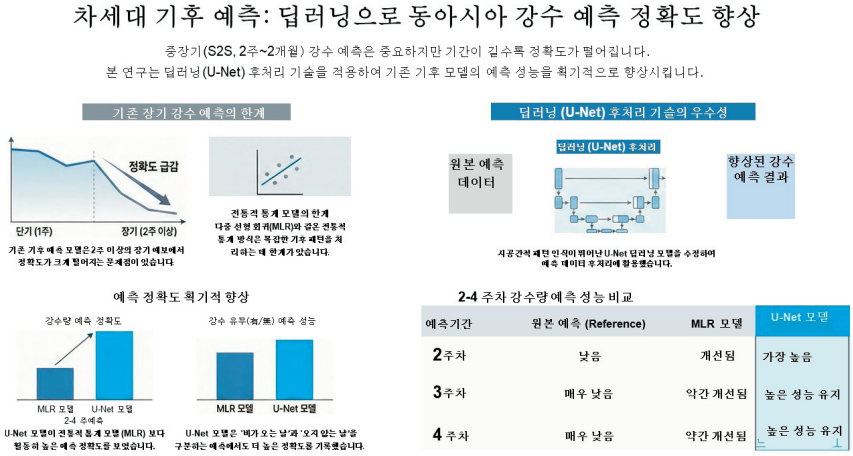


2025년도
APCC
주요뉴스
06

APCC 연구팀, 인공지능 기법 도입을 통한 동아시아 기후 재해 예측 성능 제고

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC) 연구팀의 *논문(정유란 선임연구원 등)인 "동아시아에서의 계절내(S2S, Sub-seasonal to Seasonal) 다중모델앙상블 강수 예측 향상: 딥러닝 기반의 후처리를 통한 정확도 향상"이 국제 저명 학술지인 '헬리온(Heliyon)'에 온라인 게재되었다.

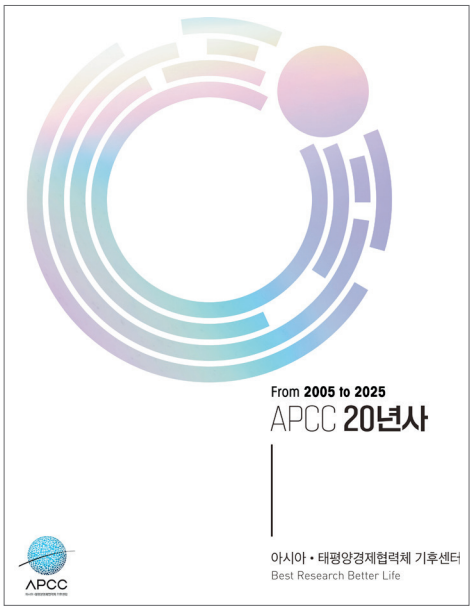
* 영문 논문 제목(온라인 논문): Advancing Sub-seasonal to Seasonal Multi-model Ensemble Precipitation Prediction in East Asia: Deep Learning-based Post-processing for Improved Accuracy
(온라인판 논문 주소: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024119640)



2025년도
APCC
주요뉴스
07

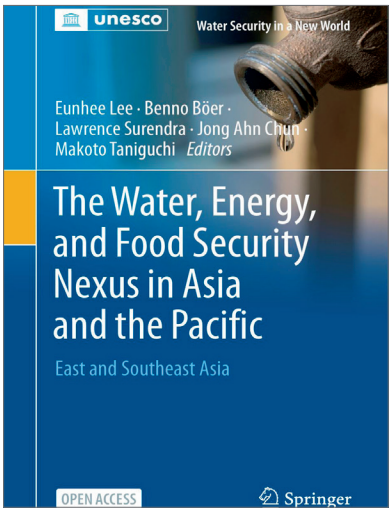
아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC) 20년사 발간

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 기관 설립 20주년을 맞이하여 지난 20년간 수행해 온 APCC의 역할과 성과 등을 사사(社史) 형태로 정리하여 발간하였다. 이번 20년사는 대내적으로 기관의 발자취를 되돌아보며 정체성을 되새기고, 그간의 연구 및 사업 활동 실적 수록을 통해 기관의 대외적 위상을 제고하고자 제작되었다.



2025년도
APCC
주요뉴스
08

APCC 전종안 기후변화분석과장, 유네스코 발간 저서 '아태 지역에서의 물·에너지·식량안보 넥서스(Nexus) 접근 방식' 편집위원(Editor) 참여



아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC) 전종안 기후변화분석과장은 유네스코가 발간한 '신세계 물안보(Water Security in New World)' 시리즈 저서인 '아시아·태평양 지역 (아태지역)의 물·에너지·식량안보 넥서스(Nexus) 접근 방식'에 편집위원(Editor)으로 참여하였다.

최근 물-에너지-식량 간의 넥서스 접근방식은 지속 가능한 발전을 위한 중요한 핵심 요소로 상당한 주목을 받아 왔다. 성공적인 정책 결정 및 거버넌스(Governance) 차원의 접근을 실행하기 위해서는 이들 요소 간의 긴밀한 상호 연계성에 대한 이해가 선행되어야 한다.

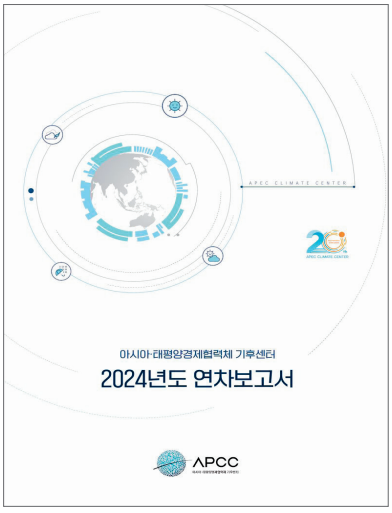
또한, 기후변화에 취약한 동아시아와 동남아시아를 포함하는 아태지역에서의 경제적 통합으로 인해, 지역 규모의 넥서스 분석을 통한 자원 안보 확보와 관련 문제에 대한 해결책을 제시하는 것이 더욱 중요해지고 있다.
*보고서 내려받기: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-12495-2

2025년도
APCC
주요뉴스
09

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC), 2024년도 연차보고서 발간

APCC는 2024년 한 해 동안 센터의 직원들이 수행했던 업무 성과를 이번 2024년도 연차보고서에 요약해 발간했다.

2024년도 APCC 연차보고서는 센터 홈페이지에서 PDF파일 형태로 누구나 다운로드할 수 있다.



2025년도 APCC 주요뉴스 10

2025년 부산기후변화협의체 주관 세미나 개최, 기후변화 시대 우리가 살아가는 방법 모색

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 지난 2025년 9월 19일, 부산 지역의 기후변화 현상을 파악하고 지역사회의 실질적인 대응 방안을 논의하기 위해 “2025년 부산기후변화협의체 주관 세미나”를 개최하였다.

APCC는 부산광역시, 부산지방기상청, 부산연구원과 함께 2021년부터 다양한 활동을 수행하고 있으며, 이번 세미나는 ‘부산기후변화협의체’ 활동의 일환으로 진행되었다.

부산은 해양도시로서 기후변화에 따른 해수면 상승, 폭염, 집중호우 등 복합적인 기후 재난 위험에 노출되어 있다. 이에 따라 이번 세미나는 “기후변화 시대, 우리가 살아가는 법”이라는 주제로, 과학적 근거에 기반한 정책 수립과 시민 체감형 대응책 마련을 위한 심도 있는 논의를 진행하였다.

전문가 발표를 통해 부산 지역의 상세 기후변화 시나리오를 공유하고, 해양도시로서 해양기후변화 현황과 위험성을 검토하였으며, 부산광역시가 진행하고 있는 다양한 탄소중립 프로그램과 탄소중립 실천 우수사례로서 부산환경공단의 활동을 살펴보았다.

특히 이번 세미나에는 APCC 등 17개 기관이 소속된 ‘센텀ESG협의체’ 관계자 등 150여 명이 참여하여 지역사회가 마주하게 될 기후변화 현상을 함께 파악하고 지역사회의 대응 방안에 대해 논의하였다.

APCC를 포함한 부산기후변화협의체는 매년 다양한 활동을 전개하며 지역사회가 직면한 기후 문제를 공동 과제로 삼아 협력을 통해 해결책을 모색하고자 노력하고 있다.





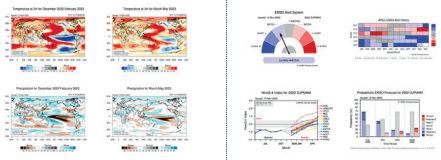
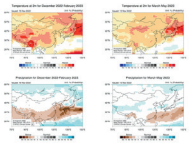
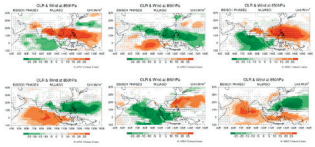
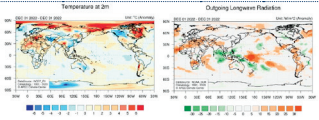
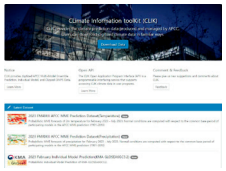
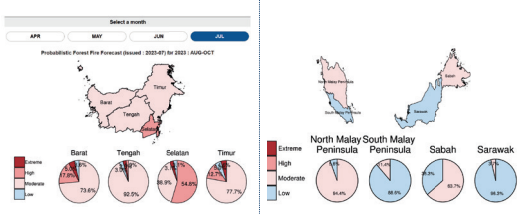
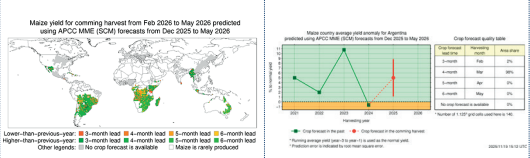
06

아시아·태평양경제협력체 기후센터

부록

부록 1
APCC 기후정보서비스

APCC에서 생산·수집·가공된 기후자료를 사용자가 더욱 효율적으로 활용할 수 있도록 다양한 기후정보서비스를 운영하고 있습니다.

분류	서비스명	서비스 화면	설명
기후정보 제공 서비스	전지구 계절예측		• 매월 15일 동아시아와 전 세계를 대상으로 향후 6개월의 기후예측정보를 생산하여 국내외 APEC회원국의 기후관련 기관에 제공 (https://apcc21.org/ser/global/outlookSummary.do?lang=ko)
	동아시아 계절예측		• 국내 기후정보 사용자의 활용도를 제고하고 센터의 국내 기여도를 강화하고자 동아시아 지역에 특화된 향후 6개월의 계절예측 정보 제공 (https://apcc21.org/ser/eastasia/outlook.do?lang=ko)
	여름철 계절내 진동 (BSISO)예측		• 아시아 지역의 여름철 몬순 시기와 강도에 지대한 영향을 미치는 정보로, 15일~2개월 동안의 모니터링 지수를 실시간으로 제공 (https://apcc21.org/ser/meth.do?lang=ko)
	기후현황		• 전지구 가뭄, 홍수 모니터링 정보 등 실시간 기후현상 정보 제공 (https://apcc21.org/ser/high.do?lang=ko)
맞춤형지후정보 서비스	APCC 기후서비스 통합 플랫폼 (https://apcc21.org/clik) 	기후 정보 제공 서비스	**APCC의 다양한 기후 정보 서비스를 하나의 통합플랫폼에서 제공** · 기후정보 제공 서비스 : APCC 기후정보를 다양한 방법으로 내려받을 수 있는 플랫폼 기반 서비스 · 기후정보 생산 서비스 : 다양한 모델 조합을 통한 MME 예측정보와 지점별 상세화 예측정보를 사용자 맞춤형으로 생산 · 기후정보 처리 서비스 : 사용자가 설정한 지역, 변수, 기간에 대해 필요한 자료만 추출 가능
		기후 정보 생산 서비스	
		기후 정보 처리 서비스	
기후정보 활용	동남아시아 산불·연무 조기경보 예측 서비스 (인도네시아)		• 해당 지역의 6개월 강우량 예측 정보를 활용하여 건기 산불로 인한 화재 및 연무 발생 가능성 정보를 생산·제공 - 인도네시아: 매년 4~7월 제공 (https://www.apcc21.org/prediction/fhewsid) - 말레이시아: 매년 10월~익년 3월 제공 (https://www.apcc21.org/prediction/fhewsmy)
	전지구 작물 수확량 변동 예측 서비스		• 매월 20일 APCC MME 계절예측 정보를 이용하여 전 세계 4대 주요 작물(옥수수, 쌀, 밀, 콩)에 대한 주요 생산국별 수확량 변동 예측 정보를 제공 (https://www.apcc21.org/prediction/naro_methodology?lang=en)

부록 2
APCC 다중모델 앙상블 소개

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC, APEC Climate Center)는 전 세계 11개국 16개 기관의 기후예측 모델 자료를 수집하여 앙상블 기법을 적용한 고품질 기후예측정보를 매월 15일경 생산·보급하고 있다. 이러한 실시간 예측정보는 APCC 홈페이지를 통해 매달 제공되고 있다 (https://www.apcc21.org).

1. 참여 모델 신규 도입 및 개선

부경대학교(PKNU)의 CGCMv1.0 모델이 2024년 신규 MME 제공기관으로 등록되어 2025년 2월부터 MME 예측에 공식 참여하였다. 또한 2025년에는 CWA, METFR, CMCC 모델이 개선됨에 따라 MME 모델 구성이 강화되었다.

2. 과거예측(Hindcast) 기준 기간 확장

세계기상기구(WMO) 권고사항을 충족하고 최근 기후 변동성을 반영하기 위해, MME 과거예측 기준 기간을 기존 1991–2010년(20년)에서 1993–2016년(24년)으로 확대 적용하였다 (2025년 8월 예측부터).

3. ENSO 경보 시스템 개선

ENSO의 발달 및 소멸 단계를 명확히 구분하기 위해 해양 니뇨 지수(Oceanic Niño Index, ONI)의 기울기 조건을 새롭게 도입하였다. 이러한 기준에 따라 ENSO 소멸 단계에서는 기존의 'Watch' 또는 'Alert' 대신 'Final' 경보가 발령되도록 개선하였으며, 해당 기준은 2025년 10월 예측부터 적용되었다.

4. 고해상도 검증 정보 제공

예측 성능 평가의 신뢰도를 높이기 위해 검증 해상도를 기존 2.5°에서 1.0°로 상향 전환하고, SST를 제외한 관측 및 재분석자료는 ERA5로 통일하여 물리적·역학적 일관성을 확보하였다. 이와 같은 고해상도 검증 결과는 2025년 12월부터 대외적으로 제공되고 있다.



부록 3
여름철 계절내 진동(BSISO) 소개

APCC는 아시아 지역의 여름철 계절내 진동(Boreal Summer IntraSeasonal Oscillation, BSISO) 지수의 감시 및 예측 정보를 5월부터 10월까지 매일 제공하고 있다.

◎ **현상 정의 :** BSISO는 15~60일 주기로 열대 인도양에서 발생하여 점진적으로 북상하며, 아시아 지역의 여름 몬순과 대기 순환, 날씨에 중대한 영향을 미치는 대규모 대류 현상

◎ **분류:** BSISO 지수는 30~60일 주기로 북상하는 'BSISO1'모드와 10~30일 주기로 북상 또는 북서진하는 'BSISO2' 모드로 구분되며, 주요 대류 활동 위치에 따라 각각 8개의 위상으로 분류할 수 있음.

◎ **운영체계:** 현재 [1]NCEP, [2]ECMWF, [3]CWA, [4]BOM 등 4개 기관의 5개 모델로 운영

1. CWA 모델 개선

대만 기상청(CWA)의 참여 모델이 2025년 5월 TCWB1T1.1에서 CWACFSv2로 업그레이드 됨에 따라 수평 및 연직 해상도가 향상되었다.

2. BSISO 입력자료 처리체계 구축

2025년부터 APCC는 BSISO 입력자료를 직접 수집·가공하는 자체 전처리 체계를 구축하였다. 이를 통해 보다 많은 예측 모델이 최소한의 추가 공정만으로도 BSISO 예측 시스템에 참여할 수 있는 기반을 마련하였다.



용어 해설

1) NCEP (National Centers for Environmental Prediction) :
미국 대기해양 관리청

2) ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) :
유럽중기예보센터

3) CWA (Central Weather Administration) :
대만 기상청

4) BOM (Bureau of Meteorology) :
호주 기상청

부록 4
논문

1. *Yoo-Rim Jung, Woo-Seop Lee, 09 January 2025:*

   Influence of the boreal summer intraseasonal oscillation on temperature and precipitation in South Korea, Atmospheric Science Letters Volume 26 Issue 1, https://doi.org/10.1002/asl.1282

2. *Soo-Jin Sohn, Hae-Jeong Kim, Sun-hee Shin, Jin Ho Yoo, Johan Lee, Kyung-On Boo, and Yu-Kyung Hyun, 01 February 2025:*

   Sharing Small Resources and Making Joint Efforts for the Improvement of a Climate Prediction Model in South Korea, Bulletin of the American Meteorological Society, PP. 79–83
   https://doi.org/10.1175/BAMS-D-23-0150.1

3. *Yoo-Bin Yhang, Chang-Mook Lim & Daeun Jeong, 20 February 2025:*

   APEC climate center multi-model ensemble dataset for seasonal climate prediction, Scientific Data 12, 303(2025),
   https://doi.org/10.1038/s41597-025-04643-3

4. *Yooju Jeon, Sunyong Kim, Soo-Jin Sohn, Suhee Han, and Sangwon Moon, 01 April 2025:*

   Toward a Sustainable and Resilient Society through Enhanced ENSO Response and Preparedness, Bulletin of the American Meteorological Society, E571–E575,
   https://doi.org/10.1175/BAMS-D-25-0024.1

5. *Sinil Yang, Hyo-Jun Bae, Mark Bourassa, Chaehyeon Chelsea Nam, Steven Cocke, DW Shin, Benjamin W Barr, Hyodae Seo, Dong-Hyun Cha, Min-Ho Kwon, 11 April 2025:*

   Sea spray effects on typhoon prediction in the Yellow and East China Seas: case studies using a coupled atmosphere-ocean-wave model for Lingling (2019) and Maysak (2020), Bulletin of the American Meteorological Society, Environmental Research Letters, Volume 20, Number 5,
   https://doi.org/10.1088/1748-9326/adc616

6. *F. Vitart, A. W. Robertson, A. Brookshaw, N. Caltabiano, C. A. S. Coelho, E. de Coning, P. A. Dirmeyer, D. I. V. Domeisen, L. Hirons, H. J. Kim, H. Lin, A. Kumar, A. Molod, J. Robbins, Z. Segele, C. M. Spillman, C. Stan, Y. Takaya, S. Woolnough, C. J. White, and T. Wu, 01 May 2025:*

   The WWRP/WCRP S2S project and its achievements, Bulletin of the American Meteorological Society, E791–E808,
   https://doi.org/10.1038/s41597-025-04643-3

7. *Seon Tae Kim, Woo-Seop Lee, Eun-Jeong Lee, Young-Hwa Byun & Jin-Uk Kim, 19 June 2025:*

Impact of future climate change on the photovoltaic power generation potential over South Korea, Theoretical and Applied Climatology, Volume 156, article number 379 (2025),
https://doi.org/10.1007/s00704-025-05611-y

8. *Yoojin Kim, Chang-Mook Lim, Bong-Geun Song, Jin Ho Yoo, February 2025:*
Long-term Trend Correction of Seasonal Forecast of East Asian Air Temperature in APCC MME, Atmosphere-Korea, Volume 35 Issue 1, Pages.147-161,
https://koreascience.or.kr/article/JAKO202506454003815.page

9. *Suyeon Moon, Seul-Hee Im, OkYeon Kim and Woo-Seop Lee, 8 July 2025:*

Recent Changes in the Subseasonal Influence of the Western pacific Pattern on Winter Temperature over South Korea, Environmental Research Letters, Volume 20, Number 8, https://doi.org/10.1088/1748-9326/ade897

10. *OkYeon Kim, Woo-Seop Lee, 10 July 2025:*

Enhancing Seasonal Predictability of the East Asian Summer Monsoon via Optimized Multi-Model Ensembles, Scientific Reports volume 15, Article number: 24912 (2025),
https://doi.org/10.1038/s41598-025-08794-6

11. *Sunyong Kim, Jin Ho Yoo, 30 August 2025:*

Delayed impacts of North Pacific Oscillation on wintertime surface air temperature in East Asia, Climate Dynamics, Volume 63 article number 344 (2025),
https://doi.org/10.1007/s00382-025-07828-z

12. *Young - Mi Min, Chang - Mook Lim, Jin - Ho Yoo, Hyung - Jin Kim, Vladimir N. Kryjov ,Daeun Jeong, A - Young Lim, Suryun Ham, Mingyue Chen , Yi Xiao , Normand Gagnon, Ryan Muncaster, Pang - Yen Liu, Andrea Borrelli, Hee - Sook Ji, Johan Lee, Sera Jo, Dmitry Kiktev, Mikhail Tolstykh, Vadim Matyugin, Peter McLean, and Andrea M. Molod, 03 September 2025:*

A Diachronic Assessment of Advances in Seasonal Forecasting: Evolution of the APCC Multi-Model Ensemble Prediction System Over the Last Two Decades, Geophysical Research Letters, Volume 52 Issue 17,
https://doi.org/10.1029/2025GL116416

APCC
아시아·태평양경제협력체 기후센터

아시아·태평양경제협력체 기후센터

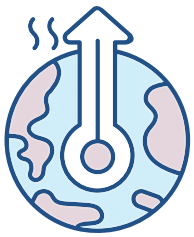
2025년도 연차보고서

아시아·태평양경제협력체 기후센터 2025년도 연차보고서의 제작을 위해 물심양면으로 노력과 지원을 아끼지 않으신 센터의 모든 직원과 국내외 협력기관들에게 감사드립니다.

발행처 아시아·태평양경제협력체 기후센터 | **기획·제작** 대외협력과(APCC)

35
9 772799 964009
ISSN 2799-9645

아시아·태평양경제협력체 기후센터의 허가 없이는 이 책에 수록된 내용을 무단으로 전재 및 복제할 수 없습니다.이 책의 전부 또는 일부를 이용하려면 반드시 아시아·태평양경제협력체 기후센터의 서면동의를 받아야 합니다.



APEC CLIMATE CENTER

아시아·태평양경제협력체 기후센터

48058 부산 해운대구 센텀7로 12
TEL. 051-745-3900 FAX. 051-745-3949

www.apcc21.org