



APEC 기후 센터

2023년도
연차보고서

APEC기후센터

2023년도 연차보고서

Contents

05	발간사
06	2023년 전 지구 기후특성
12	2023년도 APCC 대표성과 1. 사용자 수요를 반영한 APCC 기후예측시스템 확장·개선 및 기후정보 품질 향상 2. 장기예보를 위한 예측정보 최적 활용방안은? 3. 미래 기후변화에서 재생에너지와 가뭄 전망 4. 기상청 기후예측모델 테스트베드의 구축과 활용: 기후예측모델링 시장에서의 NFT 5. 기후예측모델 통합 평가 시스템 개발 및 활용
28	2023년도 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. 태평양 환경계획(SPREP) 제안 사업 2-2. 유엔환경계획(UNEP) 제안 사업
52	APCC 소개
56	2023년도 APCC 주요뉴스
72	부록 1. APCC 기후정보서비스 2. APCC 다중모델 앙상블 참여기관 소개 3. 여름철 계절내 진동(BSISO) 참여기관 소개 4. 연구논문 목록

발간사



우리나라를 비롯한 아시아·태평양(아·태) 지역에서 최근 심각해지는 기후재난에 대처하기 위해서 각국에서는 한층 더 신뢰성 있는 기후예측 정보를 활용하는 것이 중요합니다.

이러한 시점에서 APEC기후센터(이하 센터)는 APEC회원국 간의 기후네트워크를 구축하여 최적의 기후예측 정보를 생산·공유하고 있습니다. 이와 함께 아·태지역의 이상기후 공동대처 방안을 꾸준히 모색해 나가고 있습니다.

2023년은 아·태지역 기후예측의 발전을 선도하는 다양한 연구 활동을 통해 소기의 성과를 거두는 뜻깊은 한 해였습니다. 센터는 전 세계 기후모델 자료를 활용하여 다중 모델 앙상블(MME) 계절예측의 정확도 및 신뢰도를 개선하고, 최신의 인공지능기술 적용을 통해서 이의 활용성 및 경쟁력을 강화하였습니다. 이와 함께 기후정보의 품질을 향상해 사용자의 수요에 대응하는 한편 더 편리하고 유용한 정보를 제공할 수 있도록 하였습니다. 기후정보 수요자가 원하는 더 상세한 고해상도의 계절예측 정보를 신속하게 제공해 전 세계 여러 국가의 장기예보 생산 및 의사결정에 이바지하였습니다.

한편, 센터는 기상청과의 협력 시스템 구축 및 지원체계 정립·강화를 통해 1개월 및 3개월 전망의 개선을 위해 노력해 왔습니다. 또한, 학계에서 개발된 기후예측 기술을 기상청 현업 환경과 동일 조건에서 평가해 기후모델 연구개발 성과의 현업화를 앞당기고, 이상 기후 감시 및 예측 정보의 품질 향상과 기후변동에 대한 감시·분석체계를 구축·운영하여 센터의 이상기후 조기탐지 역량을 강화하였습니다. 향후 수자원 관리 및 재생에너지 관련 정책 수립 시 고려해야 할 미래의 기후변화에 관한 전망을 분석하고, 기존 동남아 산불 및 연무 발생에 관한 조기경보 예측 서비스 대상 지역을 기존 인도네시아 보르네오섬에서 말레이시아로 확대하였습니다.

2023년에는 유엔 녹색기후기금(GCF) 지원 사업을 통해 개발한 ‘바누아투 농업분야 기후서비스 시스템(OSCAR)’을 바누아투 정부에 성공적으로 이양하였습니다. 또한, 태평양 도서국가 기상청의 기후예측 담당자를 대상으로 국내와 국외 현지에서 기후 예측·정보 활용 역량 강화 교육을 수행함으로써 이들 국가의 기후위기 대응 역량 향상에 기여하였습니다.

APEC기후센터는 세계 최고 수준의 기후예측 전문 기관으로 도약하고자 합니다. 이를 위해 APEC기후센터는 기후예측을 위한 센터의 핵심기술을 더욱 발전시키고 국제 사회 뿐만 아니라 기상청을 포함한 정부와 국내 유관기관들과도 기후분야에서의 협력을 더욱 강화하겠습니다.

2023년 한 해 동안 APEC기후센터가 값진 성과를 이룰 수 있도록 수고하신 센터의 임직원과 아·태 사업을 적극 지원해 주신 기상청과 협력기관의 관계자분께 깊은 감사를 드립니다.



01

APEC 기후센터

The background image is a lush landscape. On the left, a river flows through a dense forest of green trees. A large, semi-circular graphic overlay, colored in a gradient of blue and green, dominates the right side of the image. The text is positioned within this overlay.

2023년 전 지구 기후특성

2023년 전 지구 기후특성

연평균 기온

2023년에는 전 지구 평균기온이 평년(1991~2020년)에 비해 약 0.52°C 높았으며, 북반구 대부분 대륙 지역에서 평년보다 높은 기온을 기록했다[⇒ 그림1]. 특히 6월 이후에 전례 없이 전 지구적으로 기온이 상승해 2023년은 이전에 가장 더웠던 한해인 2016년보다 0.08°C 높아져 기록상 가장 더웠던 한해로 기록되었다. 2023년 6월부터 12월까지 각 달은 이전 연도보다 높은 기온을 기록했으며, 7월과 8월은 기록상 가장 더운 두 달로, 북반구 여름(6~8월) 또한 기록상 가장 더운 계절로 기록되었다.

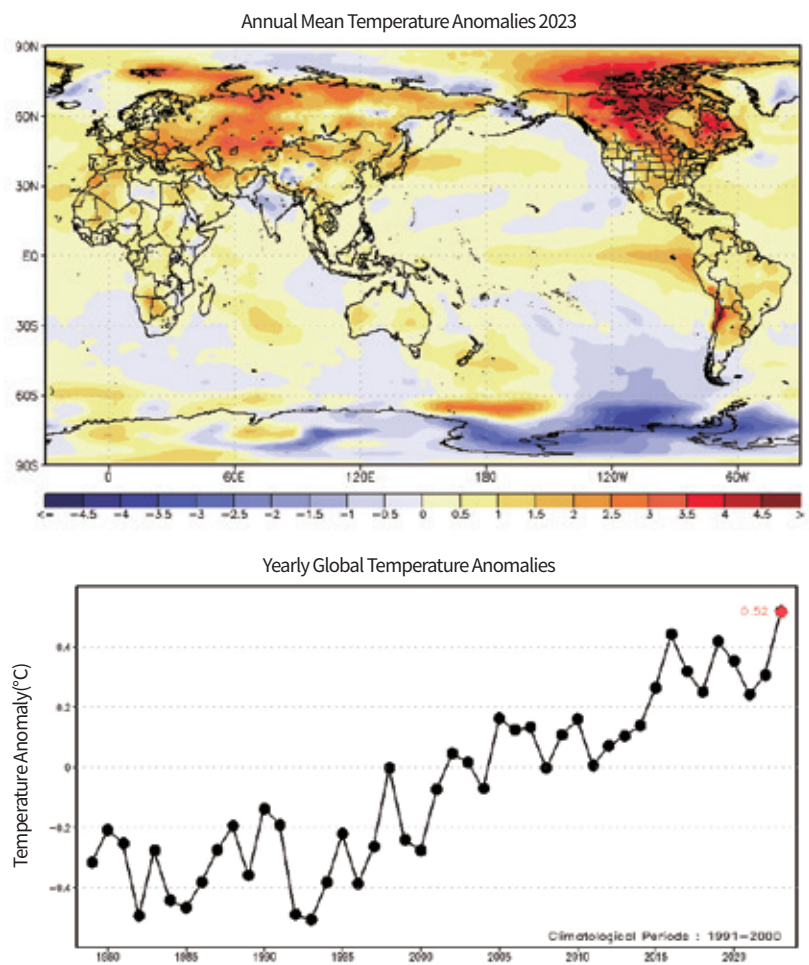


그림 1 2023년 연평균 기온 편차(위)와 1979년부터 2023년까지 전지구 연평균 기온 편차 시계열(아래)(기후값: 1991~2020, 자료:NCEP/NCAR Reanalysis 2)

전 세계적으로 폭염, 홍수, 가뭄 및 산불을 포함한 다양한 극한 현상들이 기록되었다. 아프리카 북동부 지역과 중동에서는 극심한 가뭄, 유럽과 미국, 중국 등에서는 전례 없는 폭염이 관측되었으며, 캐나다에서는 대규모 산불이 발생하였다. 또한 호주와 남아메리카에서는 기록적인 겨울 최고기온이 관측되었다.

2023년 전 지구 기후특성

2023년 4월 중순부터 시작된 동남아시아 지역의 이상고온 현상으로 인도, 방글라데시, 중국, 태국, 베트남에서 기록적인 폭염이 발생하였다. 인도의 6개 도시에서 44°C 이상의 기온이 기록되었고, 태국 서부지역에서는 45.4°C까지 기온이 급작스럽게 올라, 관측 사상 봄철에 가장 높은 기온을 기록하였다.

연평균 강수량

2023년 연 강수량은 평년(1991~2020년) 강수량에 비해 해양에서 감소하고 육지에서 증가하는 모습을 보였다. 동아시아, 북아시아, 인도, 동부 아프리카, 유럽 남동부, 지중해 지역에서 평년보다 많은 강수량을 기록하였으며, 남아메리카, 북아메리카 남부, 캐나다지역은 평년보다 건조하였다[⇒ 그림 2]. 전 세계적으로 극한 강수와 가뭄 현상이 발생하였다.

2023년은 갑작스럽게 짧은 시간 동안 한 지역에 많은 비가 내리는 ‘돌발홍수(flash flood)’ 현상이 증가하였다. 사이클론 다니엘은 역사상 가장 강력한 지중해 폭풍으로 2023년 발생한 기상 현상 중 가장 많은 사상자를 기록하였다. 2023년 9월 4일 지중해에서 저기압으로 형성된 이 폭풍은 불가리아, 그리스, 튀르키예에서 광범위한 홍수 피해를 가져왔다. 그리스의 자고라 마을에서는 24시간 강수량이 1,092mm(9월 평균강수량의 55배)를 기록했으며, 불가리아 차보레에서는 20시간에 330mm(연평균 강수량의 40%)의 최대 강수량을 경신하였다. 2023년 7월 미국 북동부 지역의 폭우로 펜실베이니아주 벅스카운티에서는 45분 동안에 약 180mm의 집중호우가 내려 7명이 사망하였다.

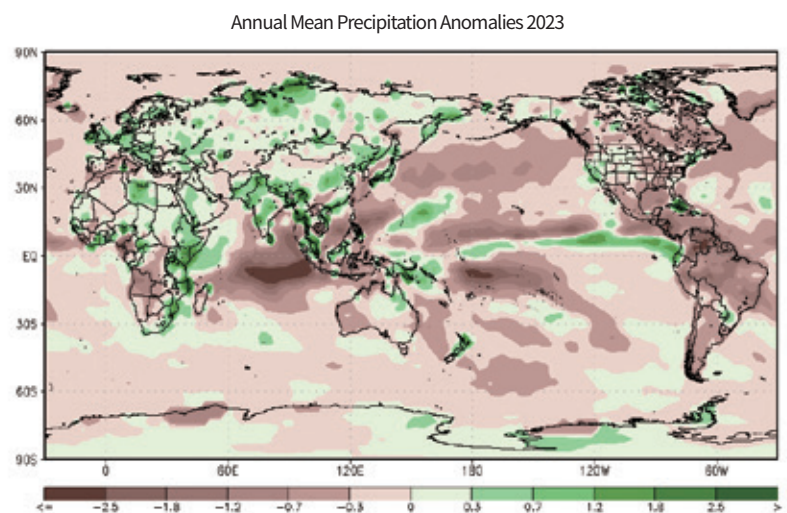


그림 2 2023년 연평균 강수 편차(mm/day)(기후값: 1991~2020, 자료: CAMS_OPI)

2023년 전 지구 기후특성

1) 엘니뇨(라니냐)

열대 중-동태평양지역에서의 해수면온도가 평년보다 높은(낮은) 상태로 지속되는 현상, 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino 3.4 지역: 5°S~5°N, 170°W~120°W)에서 3개월 이동 평균한 해수면 온도의 편차가 0.5°C 이상(-0.5°C 이하) 나타나는 달이 5개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨(라니냐) 발달의 시작으로 정의함.

해수면 온도(Sea Surface Temperature, SST)

2023년 전 세계 평균 해수면 온도는 지속해서 상승해 4월부터 12월까지 평년보다 높게 기록되었다[⇒ 그림 3]. 대부분의 해양 지역에서, 특히 지중해, 멕시코만, 카리브해, 인도양, 북태평양과 북대서양 지역에서 해양열파로 인해 높은 해수면 온도가 관측되었다.

2023년 봄에는 라니냐가 종료되고 엘니뇨¹⁾가 발달하기 시작했으며, 세계기상기구(WMO)는 7월 초에 엘니뇨 시작을 선언하였다. Nino3.4지수에 의하면, 열대 태평양의 해수면 온도는 2020년 8월부터 2022년 12월까지 라니냐 상태가 유지되었다. 2023년 1월에도 여전히 라니냐 상태였으며, Nino3.4지수는 약 -0.70이었다. 이어지는 몇 달 동안 급격한 온도상승으로 4월에는 양의 지수로 전환되었으며, 12월에는 지수가 +1.94까지 도달하였다[⇒ 그림 3].

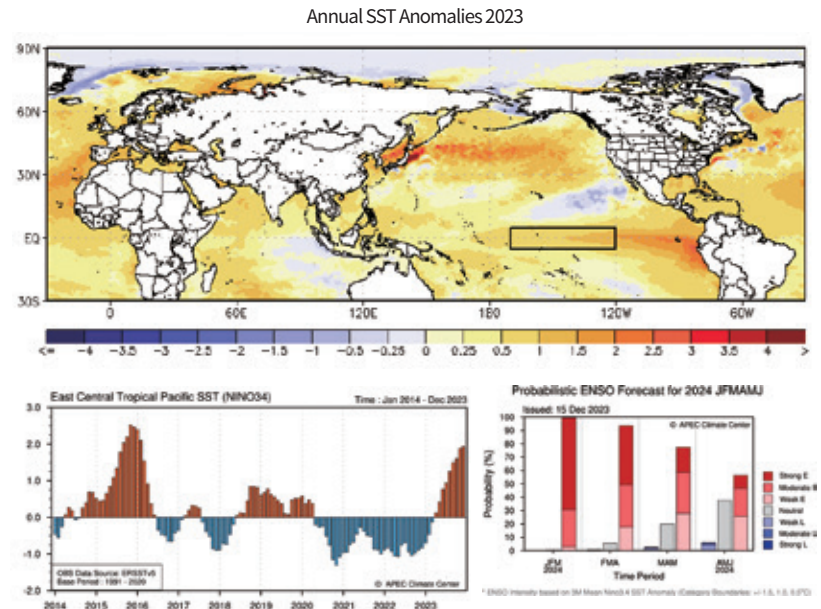


그림 3 (위) 2023년 전지구 해수면온도 평년편차 분포도(위쪽)와 Nino3.4 지수의 월별 분포(왼쪽 아래), 박스: 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino 3.4)(자료: NOAA Optimum Interpolation SST V2)(오른쪽 아래) APCC ENSO 강도에 대한 확률 전망

APCC 엘니뇨 전망에 따르면, 엘니뇨는 2024년 전반기까지 지속되며, 4~6월에는 엘니뇨 확률이 50% 이상 될 것으로 예측된다. 2023년의 기후변화에 따른 온도상승 외에도, 엘니뇨 현상이 전 세계 기온을 높이는 데 이바지하였다.



02

APEC 기후 센터

2023년도
APCC
대표성과

2023년도 APCC 대표성과

1) MME(Multi-Model Ensemble, 다중모델앙상블)

APEC기후센터는 전 세계 11개국 15개의 우수한 기후예측기관이 제공하는 각 기후예측모델의 예측정보를 다중모델 앙상블(MME) 기법을 활용하여 신뢰성 있는 장기기후(계절) 예측정보를 아시아태평양 지역에 제공하고 있음. 다중모델 앙상블(MME) 기법은 기후예측기관이 제공하는 각 기후예측모델의 예측정보를 통합하여 오차를 제거함으로써 기후예측의 정확도를 높이는 기법임

1. 사용자 수요를 반영한 APCC 기후예측시스템 확장·개선 및 기후정보 품질 향상

김유진 선임연구원 yoojin.kim@apcc21.org

송봉근 선임연구원 songbg@apcc21.org

임아영 연구원 limay@apcc21.org

정다운 연구원 downy@apcc21.org

최재원 연구원 jwchoi@apcc21.org

민영미 선임연구원 ymmin@apcc21.org

이현주 연구원 asteria1104@apcc21.org

임창묵 연구원 cmlim@apcc21.org

정임국 연구원 igjung@apcc21.org

김형진 예측운영과장 hyungjin@apcc21.org

APCC는 MME¹⁾(Multi-Model Ensemble)를 활용한 장기 기후예측기술 개발 및 개선에 큰 노력을 기울여왔으며 그 결과 세계 유수현업 및 연구기관의 다양한 전지구모델을 활용한 기후예측시스템을 구축하여 매일 홈페이지를 통해 기후감시와 장기 계절예측 및 검증정보, 계절내예측정보를 제공하고 있다. 그동안 APCC 기후예측정보에 대한 사용자 및 APCC 회원국실무단과 모델제공기관으로부터의 여러 요청 사항을 검토해 지속적인 예측시스템의 개선과 개발이 추진됐다. 여러 사용자의 수요를 반영하고 사용자가 더 쉽게 기후정보를 이해하고 활용할 수 있도록 APCC의 기후예측시스템 개선과 함께 기후정보 서비스 품질 향상을 위해 노력하였다.

APCC 홈페이지 개편(동적 기후정보 웹 서비스)

2024년 2월부터 새롭게 개편된 APCC 홈페이지를 통해 기후정보를 제공한다. 모든 웹페이지는 최신의 웹서비스 기술과 새로운 디자인을 사용하여 개편되었으며, MME 및 개별모델 기후예측, 기후현황, 기후지수에 대해 동적 웹 콘텐츠를 제공한다. 기존 그림 또는 텍스트 기반의 콘텐츠는 새롭게 개편된 웹사이트로 이관·통합돼 서비스된다.

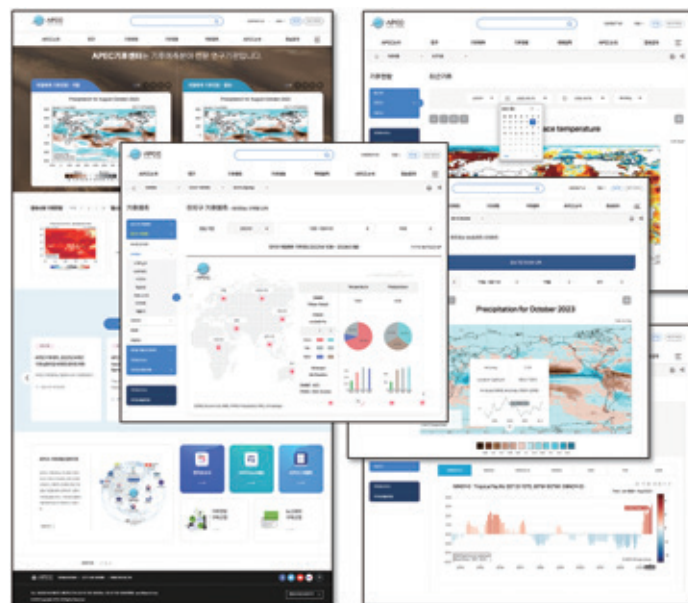


그림 4 새롭게 개편된 APCC 웹사이트와 MME 및 기후예측, 기후현황, 기후지수에 대한 동적 웹 콘텐츠 서비스

2023년도 APCC 대표성과

APCC 기후전망 개편

2023년 11월부터 APCC 기후전망을 사용자가 더욱 쉽게 이해할 수 있도록 그 형식을 새롭게 디자인하여 제공하고 있다. 주요 개선 사항은 그림과 텍스트를 함께 배치하여 사용자가 편하게 읽고 이해할 수 있도록 했다. 특히 기온과 강수에 대한 MME 확률예측 그림에서 해당 지역의 확률 카테고리에 대한 색깔을 텍스트에도 동일하게 적용해 기술된 기후전망에서 지역 구분을 쉽게 할 수 있도록 했다.

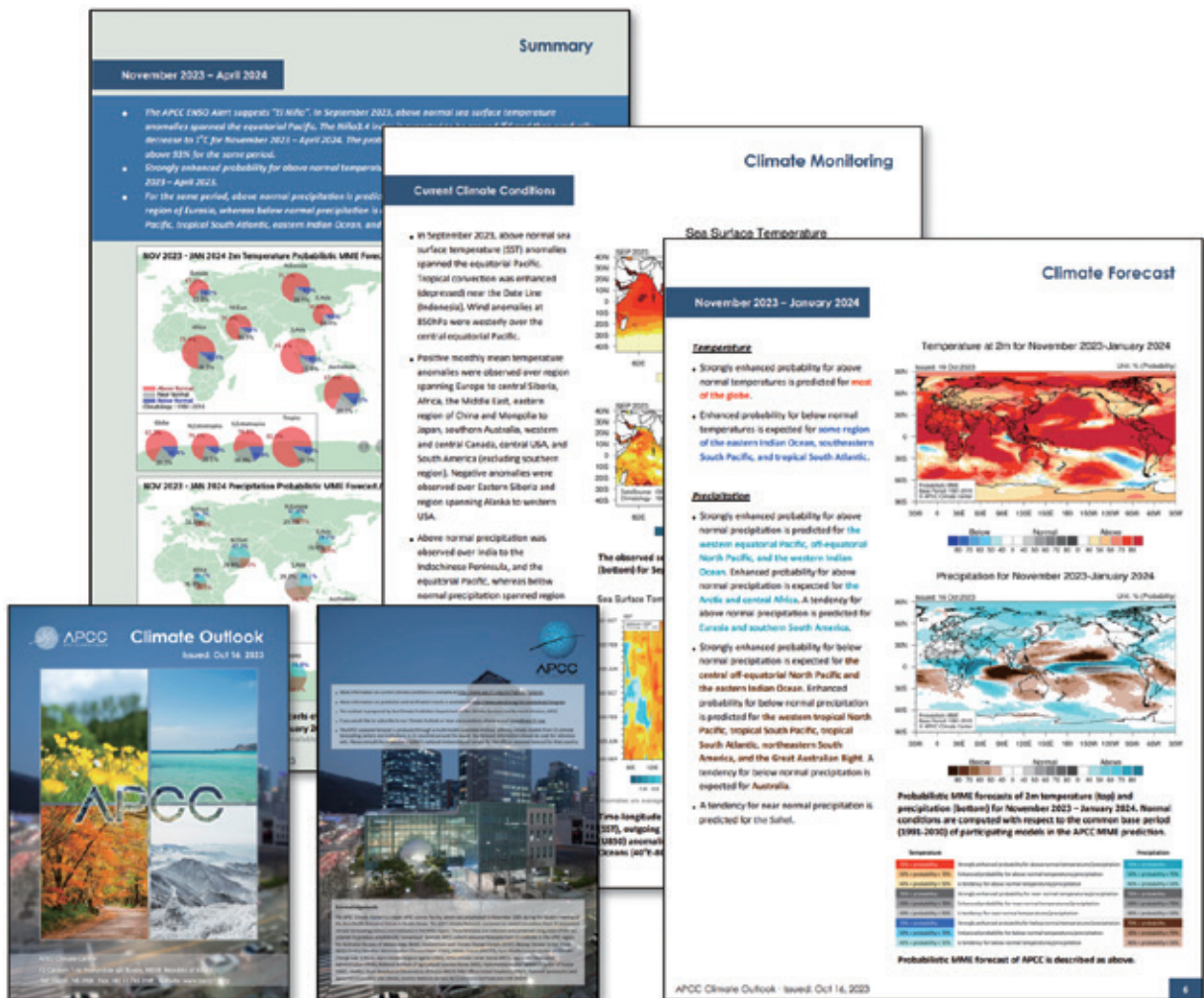


그림 5 새롭게 개편된 APCC 기후전망

2023년도 APCC 대표성과

2) BSISO(Boreal Summer Intraseasonal Oscillation, 여름철 계절내진동)

15일에서 60일의 주기로 인도양에서 발생하여 점진적으로 동진함과 동시에 다양한 구조를 갖고 북진하여 아시아지역의 여름 몬순 시작과 대기순환, 날씨에 영향을 주는 대류현상

APCC BSISO 예측정보 개선

한반도에 미치는 BSISO²⁾의 영향을 더 명확하게 나타내기 위해 영향장 계산 영역을 기존 10S~40N, 40E~160E에서 10S~50N, 40E~160E로 위도를 북쪽으로 10도 확장하였고, 예측기간을 기존 3주에서 4주 이상으로 확대하였다. 또한 BSISO 감시 지수의 입력자료로 사용되는 NOAA OLR 자료 제공 중단으로 인해 2024년 5월부터는 CPC blended OLR 자료를 사용하여 BSISO 감시 지수를 제공할 예정이다.

• BSISO Impact Anomaly

[TOP](#)

The BSISO impact anomaly shows the expected local impacts of the BSISO activity over the Asian monsoon region in 1-3 weeks. This is the reconstructed field based on composite of the historical BSISO index (1991-2020) for various variables such as temperature, precipitation, wind field, and other relevant variables.

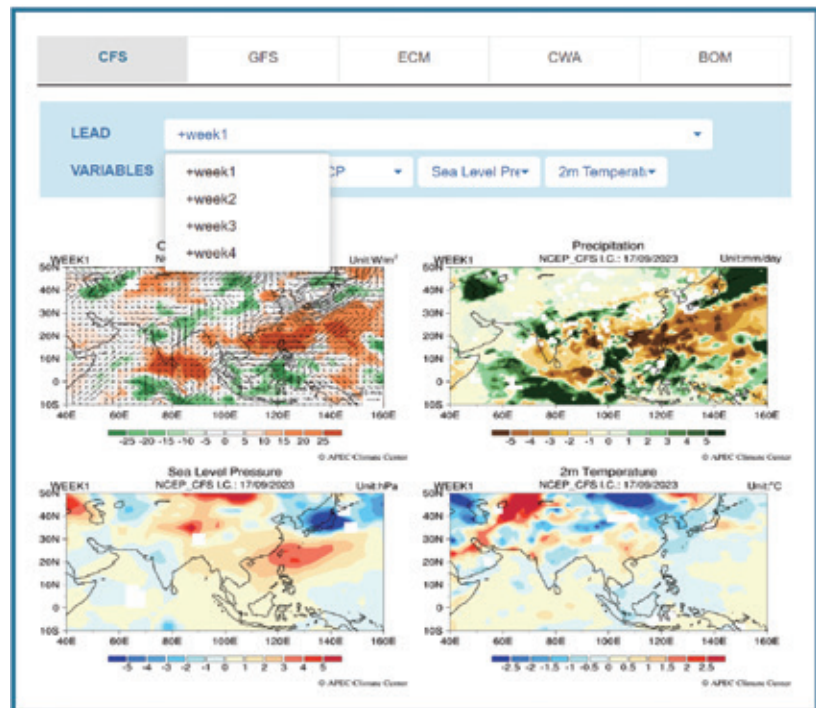


그림 6 APCC BSISO 영향장 영역 및 예측기간 확장 결과 예시

2023년도 APCC 대표성과

— 동남아시아 산불예측정보의 지역확장

2023년 10월부터 말레이시아 4개 지역에 대한 산불예측정보를 APCC 영문 홈페이지를 통해 확장 제공하고 있다(영문 홈페이지의 “Climate Information Services > Applied Forecast”). 예측기간은 말레이시아 건기에 해당하는 다음 해의 2월부터 4월까지로 APCC의 6개월 MME 예측에 맞추어 매년 10월부터 1월까지 매월 20일에 산불예측정보가 현행화(업데이트)된다.

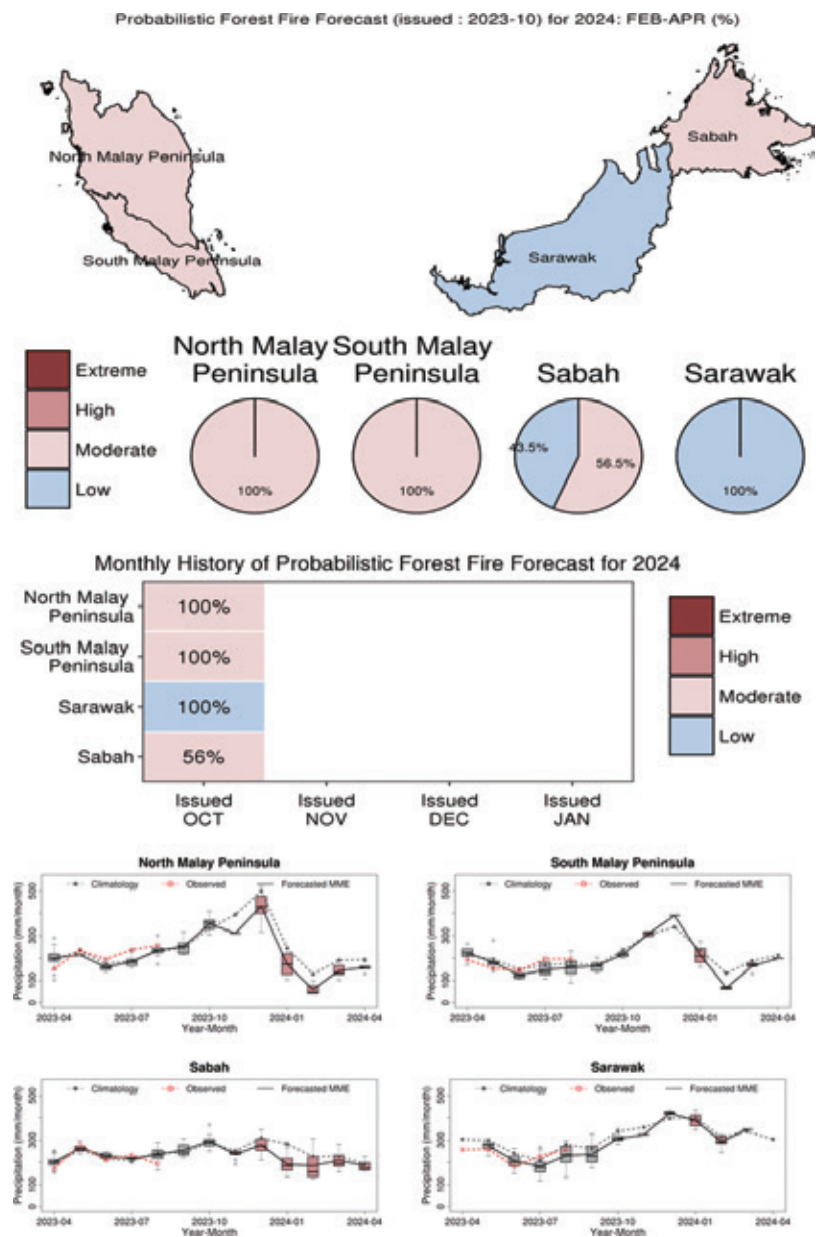


그림 7 말레이시아 지역 산불예측 결과(발행: 2023년 10월)

2023년도 APCC 대표성과

2. 장기예보를 위한 예측정보 최적 활용방안은?

김옥연 선임연구원 oykim@apcc21.org

임슬희 선임연구원 shim@apcc21.org

김가는 연구원 gkim@apcc21.org

APCC는 지난 수년에 걸쳐 기상청과의 협력시스템을 구축하고 지원체계를 강화하면서 기상청 장기예보 정확도 향상을 위해 노력해 왔다. 장기예보를 위해서는 예보를 생산하기 위한 자료생산 단계, 즉 “관측분석/기후모델운영/장기예보 기술개발”과 예보·정보생산 단계인 “예보관 종합분석/서비스, 홍보”로 크게 나눌 수 있는데, APCC는 이 두 단계를 연결하는 다리 역할을 해왔다. 따라서, 기존 APCC-기상청의 협력체계를 바탕으로 하되, 장기예보에 있어 APCC만의 역할 영역을 더욱 확대할 필요가 있으며, 이를 위해서는 현업 장기예보 실무 예측기술을 개선하고, 기 개발된 기술 또는 개선된 기후정보(예측성이 좋은 정보)를 선별·가공하여 객관화된 예측·정보의 생산을 위한 기반을 마련하고자 한다. 이는 장기예보 현업기관(기상청)을 위한 장기예보 기술개발에 맞춰 수행하는 여타의 R&D사업 과제들과는 차별화되며 지속적인 국내 장기예보 생산 및 실무 예측기술 개선·활용을 통해 국내 장기예보를 개선하는 데 이바지하고자 한다.

앞서 언급했듯이 장기예보를 위해서는 자료생산 단계 및 예보·정보 생산 단계에서의 기술 개발·개선이 필요하며, 이 둘의 연계를 통해 직접 실무에 적용하는 과정 또한 필요하다. 특히, 장기예보 생산을 위해서는 모델 예측정보가 필수적이며, 이를 실무에 활용하기 위한 장기예보 기술을 개선할 필요가 있다. 따라서 이 연구에서는 계절 및 계절내 장기예보 기술개선을 통한 정확도 향상과 함께, 그간의 장기예보 경험 및 기존 관측 및 모델 자료 기반의 산재된 정보를 통합하여, 우리나라 장기예보 시 활용할 수 있는 객관화된 예측정보 생산을 위한 기반을 마련하고자 하였다.

이 과제의 궁극적인 목적은 “추적·재현 가능하며 물리적으로 직관적인 예측”이며, 이는 객관적인 계절예측을 위해 노력하고 있는 WMO가 추구하는 목표와 같다. 객관적인 예측을 위해서는 모델 예측성 자체를 이해하고, 우리나라 장기예보를 위한 최적의 모델을 선별하는 것이 필요하며, 이를 바탕으로 관측 감시정보를 선별·통합할 필요가 있다. 최종적으로는 관측 및 모델 기반의 정보를 통합할 필요가 있다. 이를 위해서 ① 겨울철 우리나라 주요 기후감시 요소를 선별해 이의 활용성을 진단하였고, ② 겨울철 우리나라 주요 기후감시 요소와 모델 정보의 결합 방안을 제시하였다.

겨울철 ENSO와 열대 강수의 관련성이 높은 12월에는 ENSO와 관련된 열대 강수가 중위도에서 파동 전파와 한반도 주변 고기압성 편차를 유도하는 과정이 가장 잘 나타났고 모델에서도 잘 재현되었다. 그러나 1월에는 ENSO와 인도양 강수의 관련성은 12월보다 감소하고 ENSO와 높은 관련성을 갖는 서태평양과 중태평양 강수의 반응도 열대로부터의 파동 전파로는 나타나지 않았으나 모델은 12월과 유사하게 모의해 관측과 차이가 있었다. 2월도 1월과 유사했으나 서태평양 강수와 관련된 반응으로 열대로부터의 파동 전파가 일부 나타나는 차이가 있었다.

2023년도 APCC 대표성과

겨울철 우리나라 기온 예측에서 가을철 북극 해빙을 예측 인자로 활용하고 있지만, 해빙의 감소추세가 매우 강하기 때문에 예측 인자로 해빙을 사용하는 데 한계가 드러나고 있음을 확인하였다. 선형추세를 고려하지 않으면 겨울철 우리나라 월별 기온과 해빙의 상관성은 유의미하지 않고, 선형추세를 고려하더라도 우리나라 겨울철 기온과 상관성이 낮다. 따라서 대안으로 북극대기의 연직 분포의 활용을 제안하였다. 계절예측 모델은 북극 연직 이벤트의 발생 여부를 예측할 수 있으나 연관된 대기 반응은 이벤트의 형태와 관계없이 비슷하게 모의하는 특징이 있었다.

중위도 대륙의 중요 기후감시요소로서, 가을철 유라시아 대륙 눈덮임 속도를 겨울철 기온의 결정에 활용할 수 있는 방안에 대해 분석하였다. 가을철 유라시아 대륙 눈덮임 속도의 경우 그 경향성을 제거하여 감시인자로 활용하여야 하며, 초겨울에는 눈덮임 지표면 알베도에 의한 기온 변화를 비교적 잘 재현하기 때문에 눈덮임에 대한 반응으로 모델 재현성은 믿을 만하다. 반면, 늦겨울에는 지표면 열속에 따른 대기 중/상층 반응이 모델의 과거재현 기간에는 잘 재현되지 못하는 경향이 있으므로, 이 경우 장기간의 관측기반 감시인자의 중요성이 커진다.

이 연구에서는 계절 및 계절내 장기예보 기술개선을 통한 정확도 향상과 함께, 그간의 장기예보 경험 및 기존 관측 및 모델 자료 기반의 산재된 정보를 통합하여, 우리나라 장기예보 시 활용가능한 객관화된 예측정보 생산을 위한 기반을 마련하고자 하였다. 이를 통해 기상청 장기예보 예측성 향상에 이바지할 것으로 기대된다.

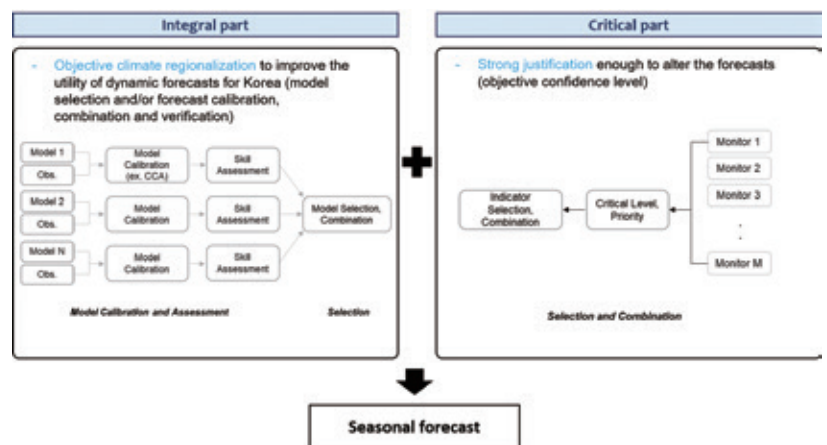


그림 8 객관적인 계절예측을 위한 핵심부분과 필수 부분의 연계를 보여주는 개념도

2023년도 APCC 대표성과

1) 에너지 발전 잠재량

이론적으로 자연원으로부터 생산될 수 있는 전력 추정치

2) 고탄소 시나리오

미래 온실가스 감축을 잘못된 시나리오

3) 저탄소 시나리오

미래 어느 정도 온실 가스 감축을 실현한 시나리오

3. 미래 기후변화에서 재생에너지와 가뭄 전망

김선태 선임연구원 seontae.kim@apcc21.org

이은정 연구원 ejlee8885@apcc21.org

인간의 무분별한 이산화탄소 배출로 지구온난화가 빠르게 진행되고 있으며, 이와 함께 폭염, 한파, 가뭄, 폭우 등 극한 기후 발생이 빈번해지고 더 강해지고 있다. 특히 지구온난화 때문에 전 세계적으로 가뭄이 더욱 심각해지고 있으며, 더군다나 우리나라의 기록적인 3개의 가뭄이 최근 10년 사이에 3번 발생하였다. 이렇게 심화되고 있는 가뭄에 선제적으로 대응하기 위해서는 미래 기후변화 시나리오 정보를 이용하여 다양한 기후 인자를 고려한 가뭄의 기후변화 영향을 분석할 필요가 있다.

이와 같은 극한 기후 발생의 원인이 되는 지구온난화를 완화하기 위해서 화석연료에 의존하는 에너지 시스템에서 태양광과 풍력 발전 같은 재생에너지 시스템으로 전환하려는 전 세계적인 노력이 진행 중이다. 하지만 기후 조건에 의존하는 풍력 및 태양광 에너지는 미래 기후변화에 취약할 수 있으며, 이와 같은 취약성은 미래 저탄소 에너지 공급 시스템 운영에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 기후변화에 따른 풍력 및 태양광 에너지가 어떻게 변하는지에 대한 분석이 필요하다.

미래 한반도 가뭄 전망은 고해상도(25km) 동아시아 기후변화 표준 시나리오를 이용하여 대기와 토양의 상호작용인 실제 증발산량을 고려한 표준 증발산 부족을 평가하는 농업적 가뭄지수(SED)의 근미래/먼미래 전망에 대하여 분석하였다. **고탄소 시나리오**²⁾에서는 현재 기후(1985~2014년) 대비 근미래(2021~2040년)보다 먼미래(2081~2100년)에 가뭄이 더욱 심화되며, 특히 봄철(3~5월)보다 가을철(9~11월) 가뭄이 더욱 심화할 것으로 전망되었다. 고탄소 시나리오에서 21세기 후반기에 봄철과 가을철 모두 가파르게 상승하는 기온에 따라 대기가 흡수할 수 있는 물의 양의 증가가 더욱 뚜렷해지기 때문에 가뭄이 심화되었으며, 특히 봄철에는 현재보다 강수량은 더 증가하지만, 가을철에는 다습한 남풍의 유입이 줄어들며 강수량이 감소하여, 봄철보다 가을철 가뭄이 심해지는 것으로 분석되었다. 가뭄 강도는 봄철에는 심각한 가뭄이 남부지역에서, 극심한 가뭄은 서울·경기 지역에서 더 빈번하며, 가을철에는 극심한 가뭄이 남부지역에서 매우 빈번할 것으로 전망되었다. 현재에는 거의 발생하지 않는 이례적으로 극심한 가뭄은 봄/가을철 모두 남부보다는 중·북부지역에서 발생할 것으로 전망되었다.

재생에너지 전망 분석을 위해서 고해상도(1km) 한반도 기후변화 표준 시나리오를 이용하여 **태양광 및 풍력 발전 잠재량 변화**³⁾를 분석하였다. 봄철 전국 평균 태양광 발전 잠재량은 현재 기후(2000~2019년) 대비 21세기 후반기(2081~2100년)로 갈수록 감소하며, 감소 경향 측면에서 21세기 후반기 이후에는 **저탄소 시나리오**³⁾에서 무시할 정도로 작지만, 고탄소 시나리오에서는 상당히 큰 감소가 전망되었다. 그리고 여름/가을철 전국 평균 태양광 발전 잠재량은 저탄소/고탄소 시나리오에서 모두 변화가 무시할 정도로 작을 것으로 전망되었다. 반면에 겨울철 두 시나리오 모두에서 중반기(2041~2080년) 이후에는 상당히 큰 감소가 있으며, 고탄소 시나리오에서는 감소 폭이 더 클 것으로 전망되었다. 이 같은 감소는 21세기 후반기의 저탄소 시나리오에 비해서 동 기간 고탄소 시나리오에서는 고온이

2023년도 APCC 대표성과

더욱 심해져서 태양광 셀의 에너지 발전 효율이 더 크게 저하되는 것과 관련된다. 또한, 겨울철에는 고온 현상이 심해지고, 고온 다습한 남풍의 영향이 강해져 한반도에 총 구름량이 증가해 지표에 도달하는 태양 복사 에너지가 적어지기 때문이다.

풍력 발전 잠재량은 봄/가을/겨울철에 미래 기후변화 중반기까지 고탄소/저탄소 시나리오 모두에서 무시할 정도로 작은 변화가 전망되었다. 미래 후반기에는 두 시나리오 모두에서 풍력 발전 잠재량이 상당히 많이 감소하고, 특히 고탄소 시나리오에서 더 많이 감소할 것으로 전망되었다. 이 같은 감소 이유는 지구온난화에 의한 미래의 기후변화로 인해 대기 대순환이 변화하여 21세기 후반기에 봄철에는 남서풍, 가을/겨울철에는 북동풍의 영향이 커지게 되는 것과 관련된다. 이는 현재 기후에서 한반도의 주풍(일정한 지역에 늘 부는 바람)인 북서풍이 감소해 풍속 감소로 이어지게 됨으로써 결국 풍력 발전 잠재량이 감소하게 된다.

그러므로 미래 물 관리 및 미래 재생에너지와 관련한 에너지 정책 계획 수립 단계에서 미래의 기후변화에 의한 영향을 고려할 필요가 있고, 이러한 기후변화로 인한 영향을 줄이기 위해서는 탄소중립 정책이 성공해야 함을 시사한다.

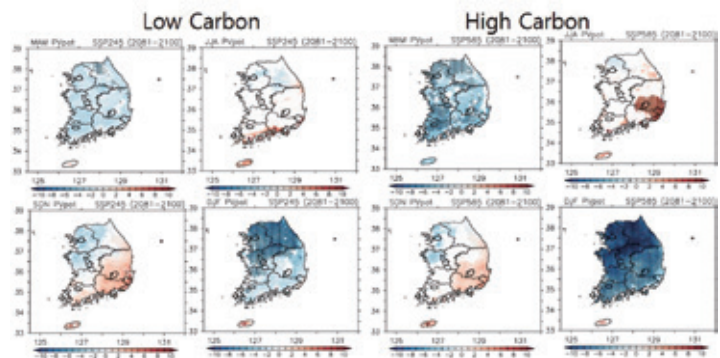


그림 9 현재기후 대비 고탄소와 저탄소 시나리오의 후반기에 계절평균 태양광 발전 잠재량 변화 분포

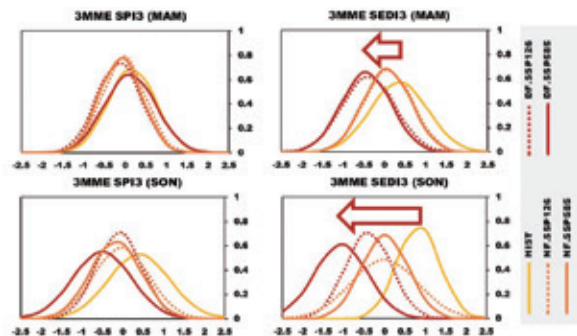


그림 10 현재기후와 미래 기후에서 봄철과 가을철 SPI와 SEDI의 확률 분포 함수 변화

미래 기후변화에 따른 재생에너지 발전 잠재량 변화의 지역별 상세 정보는 지역별 미래 재생에너지 정책 수립에 활용될 수 있을 것으로 보인다. 아울러 가뭄지수 또한 고탄소 시나리오에서 한반도 전 지역이 현재 대비 가뭄이 심화할 것이라는 결과를 보여준다. 따라서 수자원, 농업 등 타 분야와의 연계를 통해, 강도가 세질 가뭄의 피해를 최소화하기 위해 사전에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

2023년도 APCC 대표성과

1) 테스트베드(Testbed)

새로운 기술이나 제품 등의 효과를 시험할 수 있는 환경 혹은 시스템이라는 뜻으로 기상청 기후예측모델 공동개발 체계에서 테스트베드는 R&D에서 나온 결과를 평가하고 어떤 연구들이 현업화로 이관되기 좋을지 검증하며, 기술 통합 방향에 대한 코디네이터 기능을 수행한다.

2) NFT(Non-Fungible Testbed)

대체 불가능 토큰(non-fungible token, NFT)이라는 가상 자산을 지칭하는 경제 용어에서 착안한 개념으로 우리나라 기후 예측 모델링 시장에서의 테스트베드는 실험 환경과 연구 역량을 두루 갖춘 APCC만이 할 수 있는 대체 불가능한 고유 역할이라는 것을 의미한다.

4. 기상청 기후예측모델 테스트베드¹⁾의 구축과 활용: 기후예측모델링 시장에서의 NFT(Non-Fungible Testbed)²⁾

양유빈 선임연구원 ybyhang@apcc21.org

김해정 선임연구원 shout@apcc21.org

전 세계적으로 이상기후로 인한 자연재해·재난의 피해 규모가 커짐에 따라 사전에 이를 예측할 수 있는 기후예측 자료의 생산은 더욱 중요해지고 있다. 급변하는 기후를 보다 더 정확하게 예측하기 위해서는 이를 반영할 수 있는 최신 기술이 적용된 기후예측모델의 보유가 필수적이라 할 수 있다. 그러나, 국내 모델링 인프라 부족으로 학계에서 개발된 기술이 현업에 직접 적용되기에는 어려움이 있었다. 이에 기후예측 품질 향상에 학·연·관이 상호 협력할 필요가 있다는 공감대가 형성되어 기상청 기후예측모델(GloSea6)을 공동 개발하기로 뜻을 모았고 그 추진 전략 중 하나로 연구개발 현업 전환(R2O)을 위한 테스트베드 역할이 대두되었다. APCC는 예측 기술의 신속한 현업 가속화를 위한 징검다리인 테스트베드의 역할로 공동개발에 참여하고 있다.

개발된 예측 기술들이 실제 현업에 적용되기 위해서는 현업과 동일한 환경에서의 평가가 필요하다. 따라서 테스트베드에서의 현업화 평가는 현업 환경과 동일한 조건에서 수행되고 과학적 효과와 더불어 현업에서 안정적으로 운영될 수 있는지에 대한 기술적 능력도 확인한다. APCC는 대규모 준현업 예측 실험이 가능한 환경을 구축하였고 GloSea6를 이용한 다년간의 연구 체험·지식·방법(Know-how) 축적으로 전문성이 확보되어 있다. 즉, APCC의 테스트베드는 실험 환경과 연구 역량을 두루 갖춘으로써 기후 예측 모델링 시장에서 그 어느 조직도 할 수 없는 대체 불가능한 역할을 수행 중이다.

테스트베드를 통해 평가될 기술은 APCC-기상청-국립기상과학원의 논의를 통해 수립된 로드맵에 따라 결정된다. 올해 평가된 기술은 울산과학기술원에서 개발된 약결합 초기화 기술과 부산대학교에서 개발된 해빙물리과정에 의한 계절내 규모 기후예측기술이다. 이 기술들은 학계에서 개발이 완료된 후 APCC로 전수되어 현업 적용성이 평가되었다.

약결합 초기화 기술은 모델 초기장 간 불균형으로 인한 초기 오차 발생을 최소화하기 위한 대기-해양 결합초기화 기술로 여름철 강수에 영향을 미치는 기후 인자들을 개선하는 효과가 검증되었으며, 겨울철 열대 변동성과 관련된 현상의 모의 성능이 향상되는 효과가 있었다. 기술적인 측면에서는 약결합 초기화가 적용될 때 현업 소요 시간과 안정성이 검토되었다. 이 기술은 현업 적용에 적절한 것으로 판단된다.

해빙물리과정 최적화 평가에서는 해빙물리과정 내 매개변수들의 효과를 검증하고 최적화 방안을 제안하였다. 학계에서 수행된 연구 결과를 바탕으로 동아시아 겨울철 기온에 영향을 주는 것으로 분석된 매개변수들의 민감도 실험을 수행하여 예측성을 검증하고 북극과 동아시아 겨울 기온의 상관관계 개선을 확인하였다. 또한, 현업 효율성과 안정성을 평가하여 기술적 능력을 검토하였다. 테스트베드를 통해 도출된 결과들은 현업 기관으로 전달되었으며, 이 결과를 바탕으로 차년도에는 올해 평가된 기술들의 실제 현업 적용이 계획되어 있다.

2023년도 APCC 대표성과

이렇듯 APCC 테스트베드는 기술개발 주체와 현업기관과의 가교역할을 함으로써 “원천 기술 개발 → 현업화 평가 → 현업 적용을 통한 예측성 제고”의 선순환을 가속화해 기후모델 연구성과의 실용화를 촉진하는 국내 협력의 허브가 되고 있다. 연구개발과 현업 사이의 간극이 성공적으로 연결될 수 있도록 APCC 테스트베드 운영에 유관 기관 및 학계의 전폭적인 지지와 적극적 참여를 기대한다.

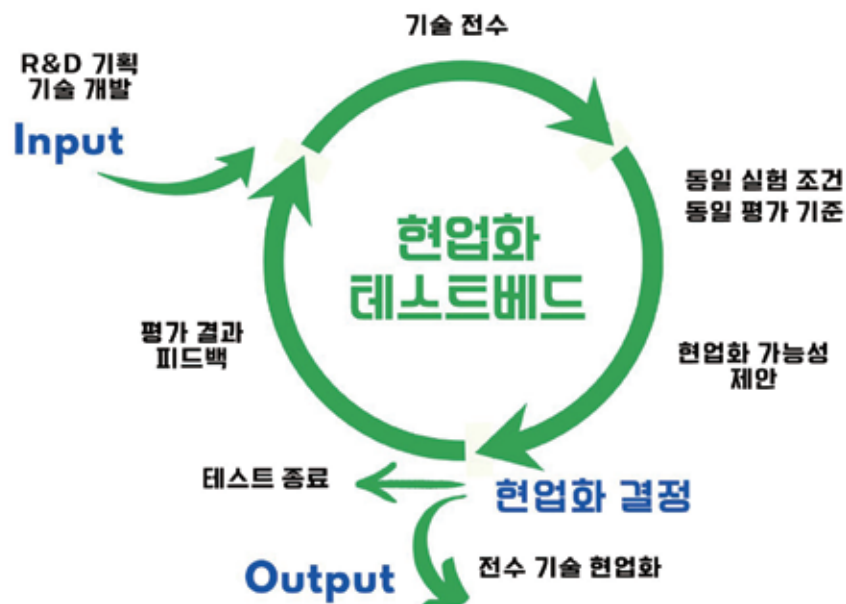


그림 11 기후예측모델 테스트베드의 개념

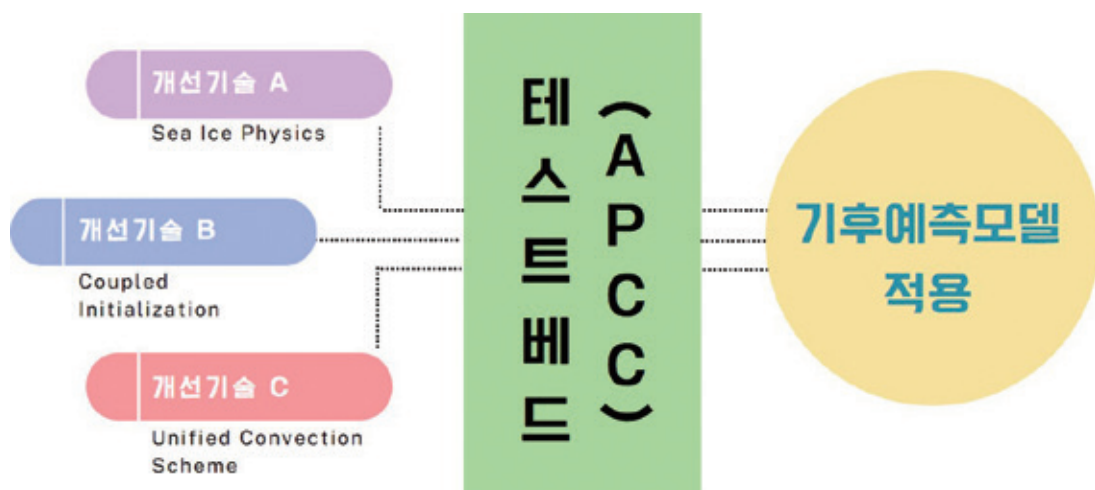


그림 12 테스트베드로서의 APCC 역할

2023년도 APCC 대표성과

5. 기후예측모델 통합 평가시스템 개발 및 활용

(CrEMA: Climate forecast model Evaluation & Management System)

신선희 선임연구원 ssh222@apcc21.org

김가영 연구원 chorong@apcc21.org

이강진 연구원 kjlee@apcc21.org

기상청은 영국 기상청과의 협력을 통해 2014년 GloSea5 기후예측시스템을 도입하였으며, 2021년부터 GloSea6를 현업 운영하고 있다. 기상청(KMA)은 더 나은 기후예측정보를 생산하기 위해 예측시스템을 발전시키고 있으며, 이는 학계와 APCC로 구성된 연구개발 허브에 의해 공동으로 이루어지고 있다. 다양한 연구자에 의해 개발된 기술의 성능을 객관적이고 통합적으로 평가하기 위한 표준 검증체계가 필요하며, 일관된 검증 잣대로 평가정보의 안정성을 확보할 필요가 있다. 이에 APCC는 기후예측모델 평가·관리 시스템(CrEMA: Climate forecast model Evaluation & Management system by APCC)을 구축하고 있으며, 주요 기후변수들에 대한 성능평가와 주요 기후변동성의 진단평가로 구조화하였다. 2022년 CrEMA의 성능평가 파트(part)가 구축되었고, 단정예보와 확률예보에 대한 성능을 정량적으로 제시하였다. 진단평가 파트는 주요 기후변동성의 재현성능을 진단하며, 2023년 열대 주요 기후모드인 엘니뇨-남방진동(ENSO: El Nino-Southern Oscillation)와 매든-줄리안 진동(MJO: Madden-Julian Oscillation), 동아시아 여름몬순(EASM: East Asia Summer Monsoon)에 대한 진단 메트릭(metric)이 개발되었다. 기후예측모델의 통합적 평가정보를 생산하기 위해서는 기후변동성 진단평가 영역의 확대가 요구되며, 2024년 북극 해빙, BSISO 그리고 동아시아 겨울몬순에 대한 진단 메트릭이 개발될 것이다.

올해 구축된 CrEMA 진단 메트릭은 CMIP과 같은 기후모델들의 기후변동성을 평가하는 평가체계(CLIVAR ENSO metrics, CLIVAR MJOWG diagnostics)를 참고하였으며, 기후예측정보 진단에 적합한 평가인자들로 재구성되었다. CrEMA 진단 메트릭은 기후인자의 예측성능(performance), 주요 메커니즘(process), 원격상관(teleconnection)으로 세분화하여 구성되었으며, 각 기후모드의 다각적 평가정보가 제공될 수 있도록 하고자 하였다. CrEMA 진단 메트릭 결과는 기준모델 대비 성능 개선정보인 스코어카드 형식으로 표출되며, 현업 기후예측모델의 예측 수준과 개발 기술의 실효성을 제시한다. CrEMA 진단시스템을 통해 모델 성능의 개선점 및 취약점을 한눈에 파악하고, 프로세스 기반의 원인 분석을 통해 모델 개선 방향을 제시하고자 하였다.

2023년도 APCC 대표성과

개발된 CrEMA 진단시스템을 GloSea6에 적용하여 GloSea6의 열대-중위도 주요 기후 변동성인 ENSO, MJO, EASM을 진단하였다. ENSO 진단 결과, 적도 SST 평균 및 연변화, ENSO 편향(강한 강도, 강한 계절성, 위상잠김 특성의 빠른 해제)이 개선되었다. 적도 태평양 양대기-해양 변수간 결합 오차를 확인하였으며, 라니냐 발달 기간에 Taux-SSH 결합 오차는 La Nina 예측성능 감소에 기여하며, 엘니뇨 쇠퇴 기간 급감하는 열유속은 El Nino 빠른 종료에 기여함을 제시하였다. ENSO duration을 제외한 ENSO 기본 속성은 전반적으로 향상되며, 이는 ENSO 평균 예측성능 및 원격상관 모의성능 개선에 영향을 준다. ENSO 변동과 관련된 기온 패턴은 전구나 동아시아 지역에서 개선된 결과를 보이나, 강수 패턴의 모의성능은 오히려 감소된 결과를 보였다. 이는 GloSea6가 적도 dry bias와 강한 Double ITCZ를 모의하기 때문이며, 적도 강수의 구조적 오차가 개선된다면 ENSO 원격 상관에 따른 강수 영향장 개선 또한 기대할 수 있다.

MJO 진단 결과, MJO 예측장벽으로 알려진 해양성 대륙에서 동진 성능이 개선되었다. 이는 해양성 대륙 하층 수분 dry bias가 개선되어 관련 상당온위의 cold bias와 연직 diabatic heating 개선이 이뤄졌기 때문으로 판단된다. 반면 인도양의 하층 수분 수렴 성능은 저하되었다. 이는 직접적으로 MJO 동진 성능에 영향을 미치지지는 않았으나, 인도양 SST의 warm bias와 관련된 것으로 미루어 보아 추후 개선이 필요할 것으로 생각된다. MJO 관련 상층 모의 성능은 전반적으로 감소하였으며, MJO 상층 발산 구조 모의 성능 저하와 태평양 아열대 제트의 동쪽 확장이 대표적이다. 동쪽으로 다소 확장된 제트는 원격상관에 영향을 미쳐 결과적으로 PNA 지역 또한 동쪽으로 이동시켰다. 이와 관련하여 추후 모델 개선시 상층 모의 성능 개선을 위한 노력이 필요할 것으로 생각된다.

EASM 진단결과, 북서태평양해역의 수온/기온 온난 편향과 고기압/남풍의 과소모의가 확인되었다. 이와 함께 중층 기압골의 과소모의와 제트의 북편향 등이 일부 개선되었다. 동아시아로 북상하는 여름철 강수밴드의 과소모의가 일부 개선되었으며, 북서태평양 고기압의 강도와 변동성은 개선되었으나, 북서태평양의 동서 확장과 동아시아 제트는 여전히 과소모의되고 있다. EASM과 열대/아열대 기후모드 간 원격상관 중 엘니뇨 원격상관 예측성은 개선됐지만, 라니냐 원격상관과 인도양 원격상관 등은 추가적인 개선이 필요한 것으로 분석된다. 또한 열대-중위도 원격상관에서 중요한 연결고리 역할을 하는 북서태평양 아열대 해역에서의 국지적 해양-대기 피드백은 관측에 비해 과대 모의 되는 것으로 분석된다.

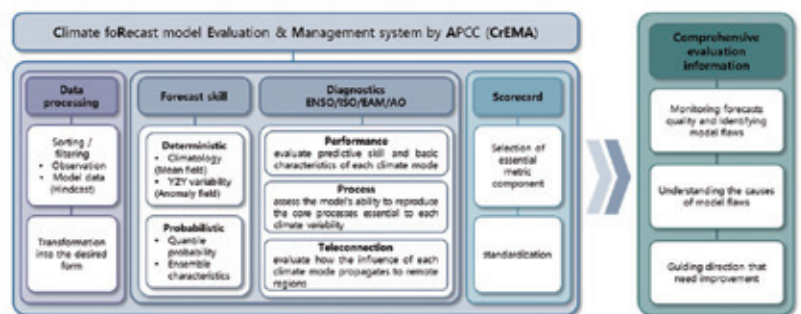


그림 13 CrEMA의 구조와 기능을 설명하는 도식도

2023년도 APCC 대표성과

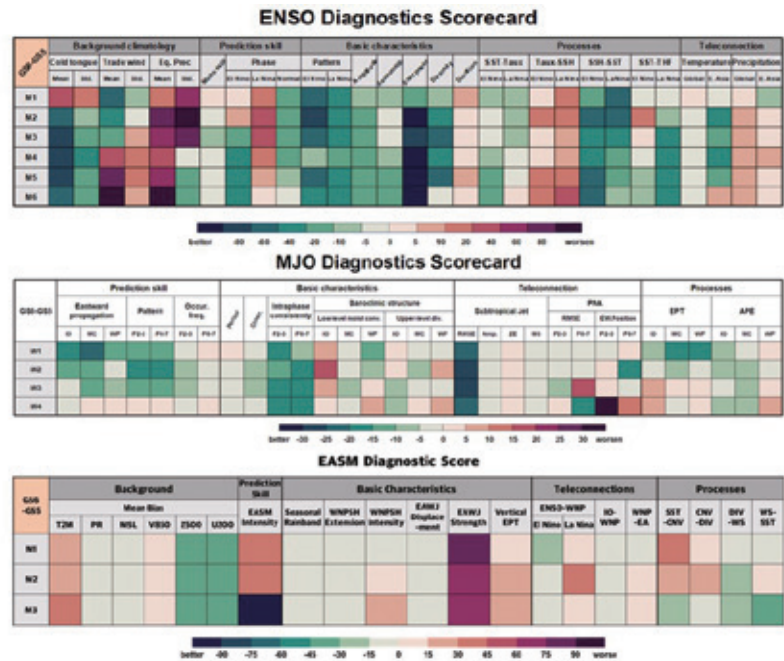


그림 14 ENSO, MJO, EASM 진단 스코어카드

CrEMA는 앙상블 예측자료 전처리, 통계분석 기반의 기후변수 성능평가, 다양한 기후변동성 진단, 평가정보 표출까지 평가활동 전체를 아우르는 통합시스템이다. CrEMA는 기상청 기후예측시스템의 통합적 평가정보를 생산하여 현재의 예측 수준을 제시하며, 모델개발에 따른 성능 개선정보(스코어카드)를 제공하여 연구개발 성과의 실효성을 제시한다. 이러한 결과는 개발된 기술의 현업화 선정을 위한 근거자료로 사용될 수 있으며, 지속적인 모델 개선에 따른 표준화된 평가정보는 기후예측시스템의 체계적인 이력관리 자료로 활용될 수 있을 것이다.

03

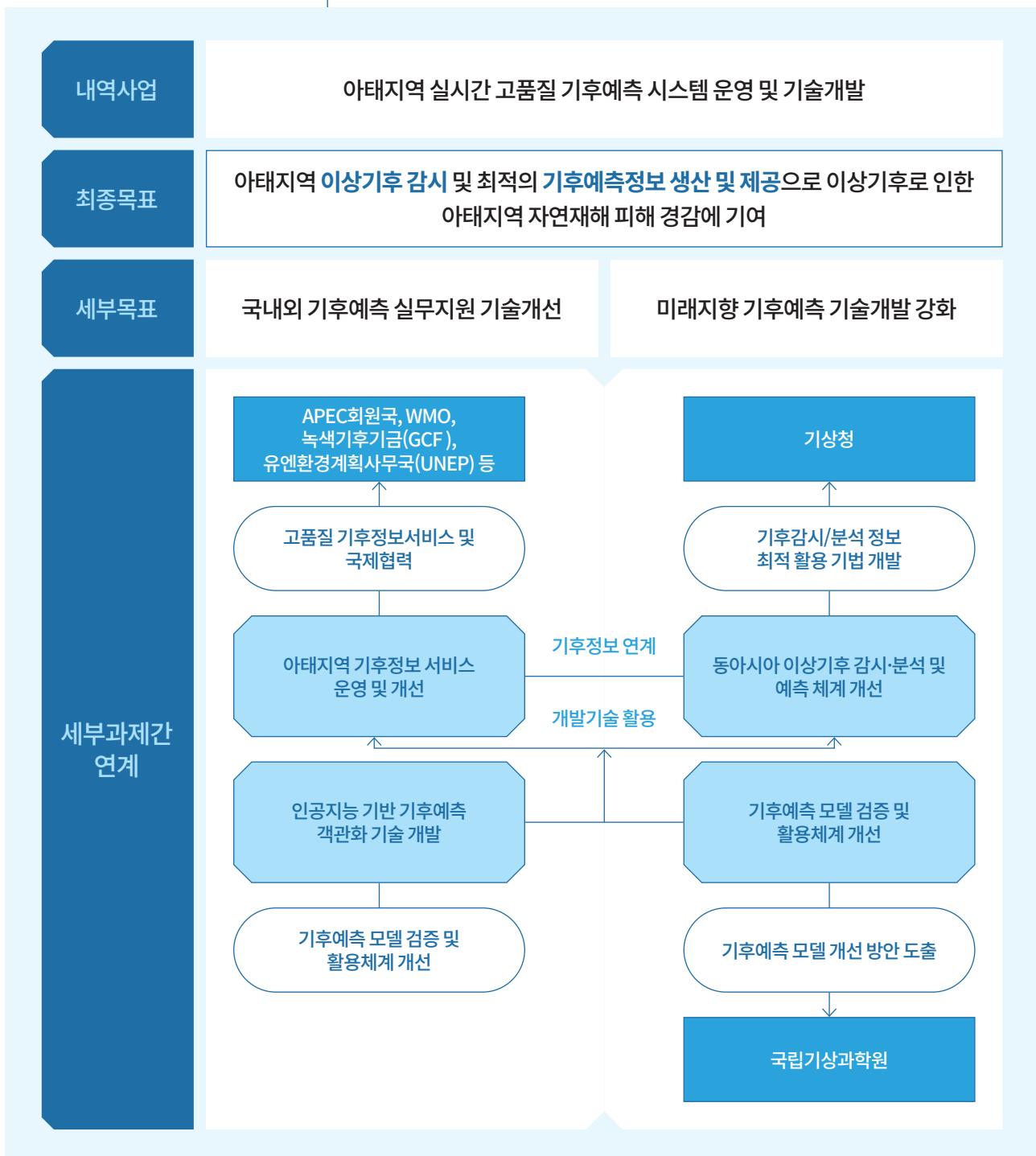
APEC 기후 센터



2023년도
APCC
연구·사업

2023년도 APCC 연구·사업

기후위기 대응 역량 강화를 위한 아태 지역 대상 기후정보
서비스 체질 개선 및 기후예측 기술 혁신 체계 구축



2023년도 APCC 연구·사업

1) MME(Multi-Model Ensemble, 다중모델앙상블)

APEC기후센터는 전 세계 11개국 15개의 우수한 기후예측기관이 제공하는 각 기후예측모델의 예측정보를 다중모델 앙상블(MME) 기법을 활용하여 신뢰성 있는 장기기후(계절) 예측정보를 아시아태평양 지역에 제공하고 있음. 다중모델 앙상블(MME) 기법은 기후예측기관이 제공하는 각 기후예측모델의 예측정보를 통합하여 오차를 제거함으로써 기후예측의 정확도를 높이는 기법임

2) BSISO(Boreal Summer Intraseasonal Oscillation, 여름철 계절내 진동)

15일에서 60일의 주기로 인도양에서 발생하여 점진적으로 동진함과 동시에 다양한 구조를 갖고 북진하여 아시아지역의 여름 몬순 시작과 대기순환, 날씨에 영향을 주는 대류현상

3) ENSO(El Nino-Southern Oscillation, 엘니뇨남방진동)

남방진동은 인도네시아를 중심으로 하는 지역과 남동 태평양간의 대규모 지상 기압의 시소현상으로 한쪽지역의 기압이 높으면 또 한쪽 기압의 낮은 관계, 동쪽의 기압이 낮으면 엘니뇨 현상이 생겨 엘니뇨와 남방진동을 합하여 ENSO라고 함

4) SCoPS(Seamless Coupled Prediction System)

APCC에서 자체 운영 중인 전구 계절예측모델

1. 아태지역 실시간 고품질 기후예측시스템 운영 및 기술개발

기후위기 대응 역량 강화를 위한 아태 기후서비스 체질 개선 및 기후예측 기술 혁신 체계 구축

1-1. 아태지역 기후정보 서비스 운영 및 개선

..... APCC MME 경쟁력 확보 및 기후정보서비스 사용자 지원 강화

사업 1 APCC 기후정보 활용성 강화를 위한 고해상도 MME 계절내-계절예측시스템 기반구축 및 웹 콘텐츠 다양화

송봉근 선임연구원 songbg@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- APCC 기후예측시스템의 안정적 운영과 개선을 통해 우리나라 및 아태지역에 고품질의 실시간 기후예측정보를 제공
- APCC 기후예측정보의 활용성 제고 및 MME¹⁾ 경쟁력 강화를 위해 기후정보 웹 콘텐츠 고도화와 함께 계절내-계절예측(S2S)으로의 예측시간 규모 확장을 위한 기반 시스템 구축

2) 주요내용

A APCC 기후예측시스템 운영 및 예측정보 제공

- MME 계절예측: 매월 15일경 전구/태평양 도서국 영문/국문 기후전망 발송
- 동아시아 지역 확률계절예측: 매월 15일경 홈페이지에 예측정보 제공
- BSISO²⁾ 계절내예측: BSISO 정보 생산 및 제공(5~10월)
- ENSO³⁾ 경보: 매월 15일과 말일에 2회 업데이트 정보제공
- SCoPS⁴⁾ 계절예측: 매월 정보 생산 및 MME 참여
- 산불예측 조기경보: 인도네시아(4~7월)와 말레이시아(10~1월)의 강수 및 산불예측 경보 생산 및 제공
- 기상청 예보토의를 위한 발표자료 생산(한반도 MME 계절예측 결과 포함)

B APCC 기후예측시스템 개선

- APCC 기후전망 개편
 - 사용자가 보다 쉽게 이해할 수 있도록 기후전망 구성과 형식 개편
- BSISO 계절내예측시스템 개선
 - BSISO 영향장 영역 확장(10S~40N, 40E~160E → 10S~50N, 40E~160E) 및 예측기간 확대(3주 → 4주)

2023년도 APCC 연구·사업

— 산불예측 조기경보시스템 개선

- 입력자료 개선(고해상도 APCC MME 참여 개별모델, 강수관측 자료), 말레이시아 지역 확장

— 동적 기후정보 웹 서비스

- APCC MME 및 개별모델 기후예측, 기후현황, 기후지수에 대한 동적 웹 콘텐츠 제공

Ⓒ APCC MME 기온 계절예측 보정

- 동아시아 MME 기온 계절예측과 관측 기온의 장기경향 비교 분석
- 기온 장기경향 분석에 기반한 실시간 계절예측 보정 방법 개발

Ⓓ APCC MME 계절내예측시스템 개발을 위한 기반체계 구축

- MME 계절내예측 운영 기반체계 구축
- SCoPS 계절내예측자료 생산을 위한 기반체계 마련

Ⓔ 기후분야 국제협력 및 정책지원

- WMO 장기예보 선도센터 운영 및 GSCU(Global Seasonal Climate Update) 발간 지원, 지역기후포럼(RCOF: Regional Climate Outlook Forums) 지원 및 참석
- WMO S2S(Subseasonal-to-Seasonal prediction) 국제조정사무소(ICO: International Co-ordination Office) 운영
- IPCC 제6차 평가보고서(AR6) 관련 제1실무그룹 전문위원회 참여

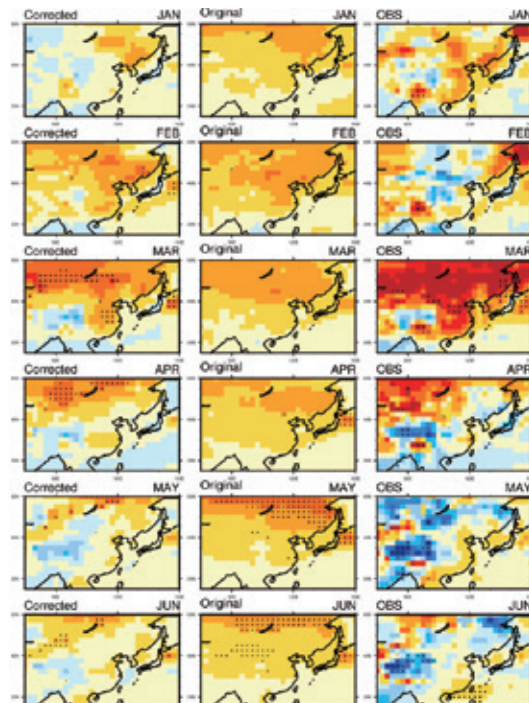


그림 15 2m 기온 MME 예측에 대한 보정 후(왼쪽), 보정 전(중간), 관측(오른쪽) 자료의 월별(1~6월) 공간 분포(기후값 기간: 2013~2022)

2023년도 APCC 연구·사업

1) 동적 기후정보서비스

기후정보를 정적인 그림, 그래프 등으로 제공하는 것이 아닌 사용자의 입력에 다양하게 반응할 수 있는 동적인 그림과 정확한 값을 표출 가능한 그래프 등을 동적인 애니메이션과 함께 제공하여 사용자의 기후정보 취득에 도움을 줄 수 있는 방식으로 해외 기후정보 제공 선도기관에서도 추진하고 있는 최신의 기후정보 제공 방안.

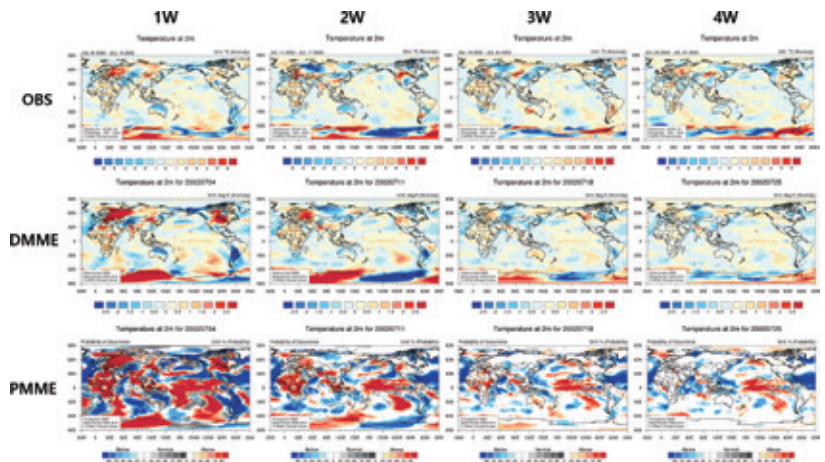


그림 16 2m 기온 MME 예측에 대한 보정 후(왼쪽), 보정 전(중간), 관측(오른쪽) 자료의 월별(1~6월) 공간 분포(기후값 기간: 2013~2022)

3) 기대효과

- 안정적인 현업 운영과 지속적인 시스템 개선을 통한 고품질 기후예측정보 생산 및 서비스
- 기후예측정보 고도화를 통한 APCC 기후예측정보 활용성 강화 및 국내외 장기예보 지원
- APCC MME 참여기관, WMO, IPCC 등과의 협력을 통한 국제 기후네트워크 강화

사업 2 APCC 동적 기후정보서비스 시스템 구축

이현록 선임연구원 tank@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 서비스 운영: 운영 계획을 기반으로 한 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영·개선을 도모하고자 함.
- 사용자 지원: 기후서비스 플랫폼 기반 Open API 및 온라인 튜토리얼 서비스 강화를 통한 APCC 기후정보서비스 사용자 지원을 확대하고자 함.
- 동적 기후정보서비스 구축¹⁾: 동적 표출 기술을 적용한 감시/예측/검증 정보 제공 홈페이지 구축, 홈페이지/기후서비스 플랫폼 통합 기반 마련, 사용자 맞춤형 고해상도 기후예측정보를 시범 제공하고자 함.

2) 주요내용

A APCC 기후정보 서비스 안정적 운영 및 개선

- 기후정보서비스의 안정적 운영
- APCC 기후정보서비스(홈페이지, 기후서비스 플랫폼 등) 안정적 운영(상시)

2023년도 APCC 연구·사업

2) EA(Enterprise Architecture)

일정한 기준과 절차에 따라 업무, 응용, 데이터, 기술, 보안 등 조직 전체의 구성 요소들을 통합적으로 분석한 뒤 이들 간의 관계를 구조적으로 정리한 체제 및 방법으로 전자정부법에 따라 도입 및 운영 되는 공공기관 업무

- 기후정보서비스의 효율적 관리를 위한 기후정보서비스 운영계획 수립 및 정기 점검 (월간)
 - 기후정보서비스 보안강화를 위한 보안취약점 개선
 - 기후정보서비스 모니터링 시스템을 통한 상시 모니터링
 - 기후정보서비스의 안정적 및 효율적 운영에 필요한 관련 업무 지원(EA², 품질관리, 공공데이터 등)
- 기후정보서비스 플랫폼을 통한 재분석자료 제공 서비스 확대
 - NCEP1/2 재분석자료 추가 제공
- 기후정보서비스 플랫폼 기반 기후자료처리 인터페이스 및 Open API 강화
 - 사용자 편의를 위한 기후자료처리 서비스 인터페이스 기능 강화
 - 기후정보동적표출 및 매시업 서비스 지원을 위한 Open API 설계 및 개발
 - 기후정보서비스 플랫폼 기반 동적 검증 정보 제공 서비스
- 기후정보서비스 온라인 튜토리얼 서비스 강화
 - 사용자 인터페이스 개선 개발을 통한 사용자 편의성 증대

B 동적 기후정보서비스 시스템 구축

- 동적 표출 기술을 적용한 감시/예측/검증 정보 제공 홈페이지 구축
 - 동적 기후정보서비스에서 제공할 정보, 표출 기능 등의 요구사항 수집 및 분석
 - 동적 표출 기술을 적용한 웹 애플리케이션 인터페이스, 전체 페이지 레이아웃 설계
 - 기관 홈페이지 연동 기후자료처리 모듈 개발 및 홈페이지 구축
- 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 기반 마련
 - 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 체계 설계
 - 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 원형 개발
- 사용자 맞춤형 고해상도 다중모델앙상블 예측정보 제공 서비스 개발 및 시범 서비스

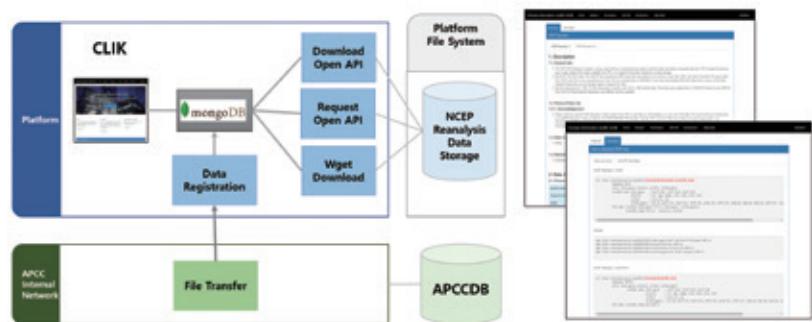


그림 17 APCC 기후서비스 플랫폼을 통한 NCEP1/2 재분석자료 제공

2023년도 APCC 연구·사업

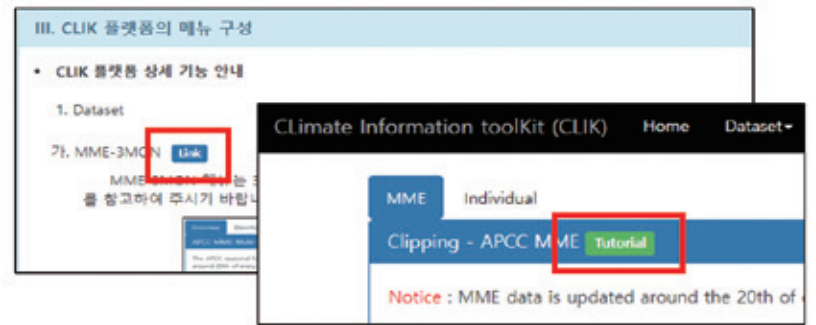


그림 18 사용자 온라인 튜토리얼 서비스 강화



그림 19 기후정보서비스 플랫폼 기반 동증 검증 정보제공

2023년도 APCC 연구·사업



그림 20 동적 표출 기술을 적용한 감시/예측/검증 정보 제공 APCC 홈페이지 구축

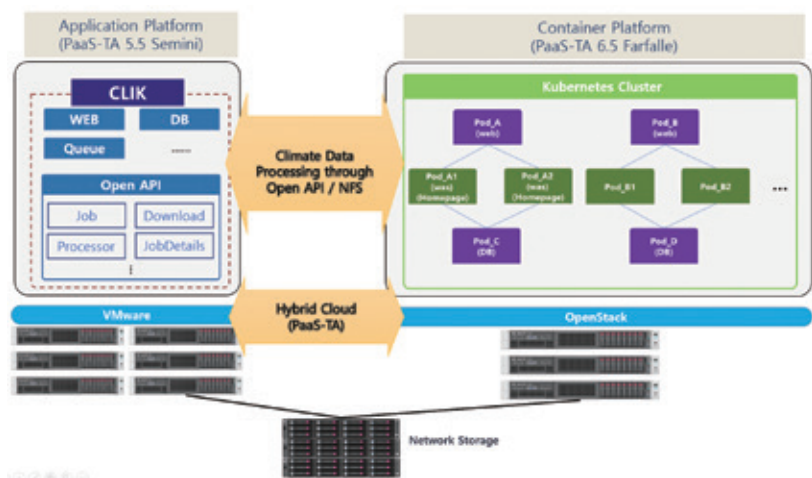


그림 21 APCC 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합

※ Pod는 쿠버네티스에서 가장 기본적인 배포 단위로, 컨테이너를 포함하는 단위

3) 기대효과

- 기후자료 확대, 동적기후정보 제공 및 일관된 기후정보 전달 채널 확보를 통한 사용자 접근 편의성 및 기후정보 제공 방안 강화
- 기후예측/검증자료의 생산/가공/제공 기후정보서비스 플랫폼을 통해 국내 민간/공공 기관 및 아태지역 지원
- 플랫폼 기술을 활용한 기후정보서비스를 통해 APCC 기후정보서비스 운영 안정성·확장성·예산 절감 기대

2023년도 APCC 연구·사업

1-2. 동아시아 이상기후 감시·분석 및 예측 체계 개선

..... 예측정보 및 감시/분석 정보 최적 활용기법 개발

사업 3 장기예보 개선을 위한 예측정보 통합 방안 개발

김옥연 선임연구원 oykim@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 기상청 장기예보 개선을 위한 지속적인 예측정보 활용기술 개발 필요
- 겨울철 감시인자의 변동성 및 영향에 대한 모델 재현성을 고려하여 모델예측 정보 선별 및 보정 필요
- 모델 예측 특성 분석을 통한 정량화 가능한 지표를 선정하여, 예보에 활용할 수 있는 방안 마련

2) 주요내용

A 장기예보를 위한 감시인자 정보 개선 및 통합

- 우리나라 겨울철 감시인자(열대해양, 북극해빙, 유라시아 눈덮임) 분석
 - 겨울철 열대지역 강수의 주요 변동 모드 및 관련된 대기 순환장 분석
 - 북극해빙의 활용성 분석 및 대체 감시인자로 북극대기 연직 구조 활용 제안
 - 가을철 유라시아 눈덮임에 따른 동아시아 대기 순환장 특성 및 활용성 분석
- 모델의 재현성을 고려한 감시인자 활용 방안 제시
 - 모델에서 강수 지역과 시기에 따른 반응이 구분되지 않으며, 유라시아 대륙 파동 모의에 한계
 - 모델에서는 북극온난화의 연직 깊이의 차이와 무관하게 유사한 대기 순환장 반응 모의
 - 모델은 눈덮임에 따른 유라시아 대륙의 대기 반응을 관측보다 약하게 모의하는 특성

B 기상청 1/3개월 장기예보 실무협력

- 예보관의 수요를 반영한 장기예보 콘텐츠 개발
 - 예측 3주 이후, 500hPa 지위고도 예측장의 경향성을 고려하는 데 있어 한계 확인
 - 앙상블 예측자료 선별 시 우리나라 기온 및 강수 확률예측의 성능 향상 기대
 - 한반도 겨울철 3주차 기온 예측을 위해 특정한 상(phase)의 MJO 정보 활용 가능성 확인

2023년도 APCC 연구·사업

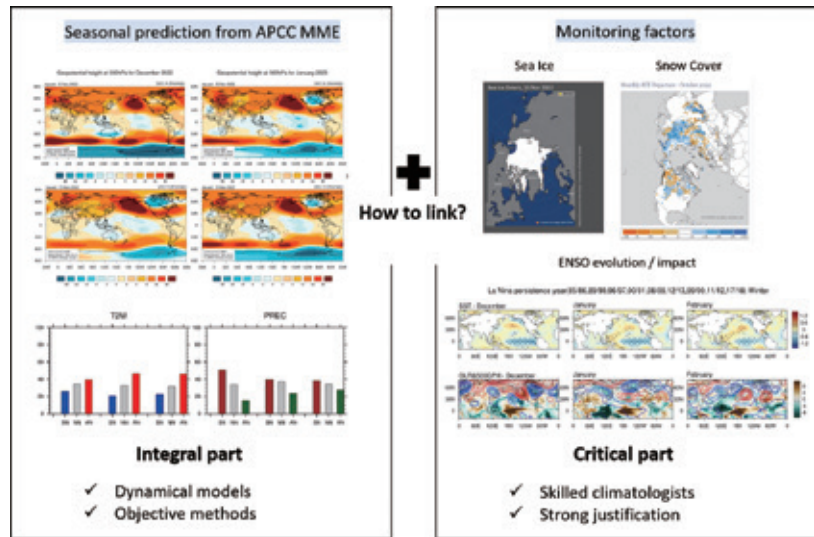


그림 22 APCC MME와 감시인자의 결합을 통한 3개월 장기예보

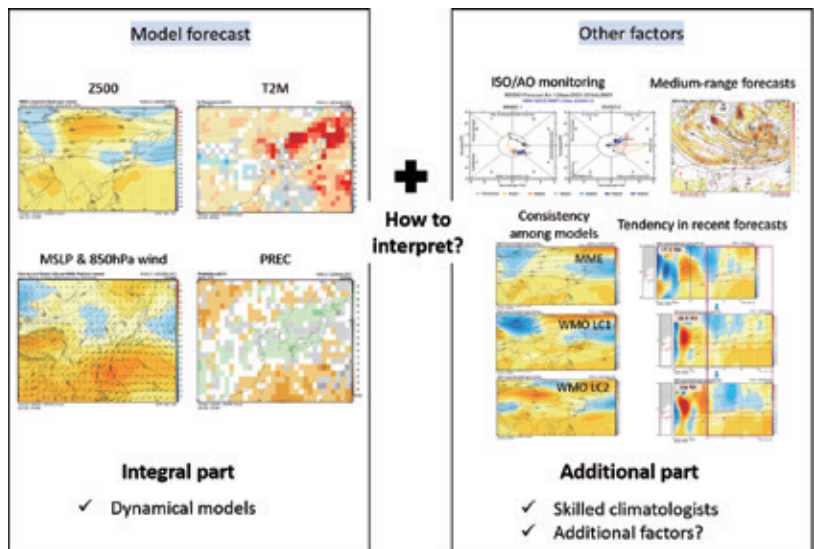


그림 23 모델 예보와 부가적인 예보 요소의 해석을 통한 1개월 장기예보

3) 기대효과

- 기상청 장기예보 생산업무와 관련된 지속적인 실무 지원
- 장기예보 생산 과정에 있어 객관적인 판단 근거 자료로 활용
- 기술개발에 따른 장기예보 콘텐츠 확대

2023년도 APCC 연구·사업

1) NPO(North Pacific Oscillation)

북태평양에서 나타나는 대기 원격상관 패턴 중의 하나. 북태평양에서 해면기압이 남북방향의 시소 형태로 진동함.

사업 4 이상기후 대응을 위한 기후 감시·분석 정보 개선 및 통합 시스템 구축

김선태 선임연구원 seontae.kim@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 지구온난화에 의한 기후변화의 영향으로 최근 빈번하고 강해지고 있는 전 세계 및 한반도의 이상기후(폭염, 한파, 가뭄, 집중호우 등)에 대한 신뢰성 있는 예측은 기후변화 대응 및 적응을 위해서 필수적임
- APCC는 우리나라 월별, 계절별 기온, 강수 변동성과 밀접한 관련성을 가지는 기후 인자들(엘니뇨-남방진동, 인도양, 해빙, 눈덮임, 북극 진동 등)을 발굴함으로써 신뢰도 높은 장기예보 생산에 이바지함
- 우리나라 기후와 예측인자와의 관계가 변하며, 단순한 상관관계를 기반으로 하는 예측인자 활용은 예측인자 기반 예측성 향상에는 한계가 있음
- 방대한 기후 예측인자들이 실질적으로 장기예보 향상과 이상기후 대비에 이바지하기 위해서는 예측 활용도 및 신뢰도의 향상을 위한 최적의 방안이 필요함
- 또한 급변하는 기후변화에 적응하고 대비하기 위해서 한반도 이상기후 현상과 재생에너지 생산성에 미치는 영향에 관한 연구가 필요함
- 이상기후 관련 신속한 분석 및 정보를 제공을 위한 기후 분석 시스템(CAS: Climate Analysis System)을 개발·개선이 필요함

2) 주요내용

A 분석기반 기후 감시/예측 정보 개선

- 여름철 기온 예측 인자의 역학과정 활용을 통한 예측성 개선 방안 제시
 - 양의 값을 가지는 3월 유럽 Z500 인자의 경우 6월의 강한 남아시아 몬순 지수를, 반면 음의 값을 가지는 경우 4월 중앙아시아에 많은 눈과 6월 멕시코만의 낮은 SST를 감시하는 것이 7월 한반도 기온 예측 신뢰도를 높이는 것으로 나타남
 - 4월 열대 SST 삼극자에서 양의 위상인 경우 6월의 강한 남아시아 몬순 지수를, 음의 위상의 경우에는 5월의 낮은 열대 SST 삼극자를 감시하여 7월 기온 예측 신뢰도를 높일 수 있는 것으로 나타남
 - 예측인자의 선행시간별 역학과정 감시를 통해서 예측 신뢰도가 향상됨을 확인함
- 우리나라의 겨울철 신규 예측인자 선정과 원격상관 제시를 통해 기후 감시·분석 정보를 개선
 - 대표적인 겨울철 예측인자인 ENSO는 우리나라의 12월에 관한 기온과 강수 예측성이 높지만, 1월에는 낮음
 - 12월 북태평양 진동(NPO: North Pacific Oscillation)¹⁾은 한 달 지연되어 우리나라의 1월 기온 변동에 영향을 줌
 - NPO의 영향으로 중위도 북태평양에 발생한 고기압성 순환은 북서태평양의 강수 감소를 유도하고, 상층 원격상관을 통해 1월까지 동아시아 고기압이 지속되게 함

2023년도 APCC 연구·사업

2) SPI(Standardized Precipitation Index)

기상학적 가뭄지수로서, 강수 부족량을 평가함.

3) SEDI(Standardized Evapotranspiration Deficit Index)

농업적 가뭄 지수로서 대기와 토양의 상호 작용인 실제 증발산량을 고려한 표준 증발산 부족 지수

- 아울러 NPO 관련 고기압의 남쪽에 위치한 동풍 편차는 평균 서풍인 중위도 제트를 약화시켜 바람-증발-해수면온도 피드백의 작동으로 우리나라 연근해의 해수면온도가 상승하는데, 이는 우리나라의 1월 기온의 상승에 유리한 조건으로 작용함
- 12월 NPO 지수활용을 통하여 예측인자인 ENSO 보다 예측성이 향상되는 결과를 제시함

B 미래 기후변화에 따른 한반도 재생에너지 및 가뭄 전망 분석

— 미래 기후변화에 따른 태양광 및 풍력 발전 잠재량 계절별 변화 분석

- 태양광 발전 잠재량은 저탄소 시나리오에서 봄/여름/가을철에 유의한 변화는 없지만 고탄소 시나리오에서 봄철과 겨울철에 유의한 감소 나타냄
- 고탄소 시나리오에서 현재 기후 대비 21세기 후반기에 봄철 태양광 발전 잠재량의 유의한 감소는 지구온난화에 의한 기온 증가 때문이며, 겨울철의 잠재량 감소 경향은 유의한 기온증가와 남서풍 영향 증가에 의한 구름 증가와 관련된 태양 복사량 감소 때문임
- 풍력 발전 잠재량은 저탄소 시나리오에서는 봄철과 여름철에 대하여 통계적으로 유의한 변화는 나타나지 않았으며, 가을철과 겨울철은 각각 남한의 서부 지역과 남부지역에서 21세기 후반기에 유의한 감소 보임. 이에 반해 고탄소 시나리오에서는 봄철/가을철에는 후반기에 거의 모든 지역에서 겨울철은 남한 남부 지역에서 유의한 감소를 보임
- 풍력에너지 발전 잠재량 감소는 21세기 후반기 봄/겨울철 남서풍, 가을철 북동풍의 영향이 더 커져서 현재 대비 풍속의 감소 및 결국 풍력 발전 잠재량의 감소로 이어짐

— 미래 기후변화에 따른 한반도 가뭄 전망 분석

- 표준 강수 지수(SPI)²⁾와 표준 증발산량 부족 지수(SEDI)³⁾를 이용하여, 우리나라 지역에 대한 가뭄 지수의 미래 변화를 분석함
- 미래 기간에 대해 SPI보다 SEDI가 더욱 우리나라 봄철 및 가을철 가뭄이 심화될 것으로 전망함. 이는 기온 상승 같은 지구온난화 영향을 후자의 지수가 더욱 잘 반영하기 때문임
- 봄철보다 가을철, 저탄소보다 고탄소 시나리오에서 가뭄이 더 크게 심화할 것으로 전망함
- 미래 기후변화에서 가파르게 상승하는 기온에 따라 대기 증발산량보다 요구량이 더욱 많아져 현재보다 가뭄이 더 심해짐
- 봄철은 현재 기후 대비 강수량이 증가하지만, 가을철은 우리나라로 불어 들어오는 남풍이 약화하며, 강수가 감소하여, 봄철보다는 가을철에 가뭄이 더 증가함

C 사용자 편의성 향상을 위한 기후 감시 시스템 개선 및 확대

— 예보도의 감시 분석 정보 제공 자동화 서비스

- 예보도의 기준 과거 3개월 관측 감시 정보 제공
- 최신 외부 감시 정보(여러가지 해양/대기 변동, 북극해빙, 눈덮임 등) 제공

— 관심 관측인자 추출 및 관련 합성장 분석 서비스

- 선택된 관측인자 관련 합성장 정보 제공

2023년도 APCC 연구·사업

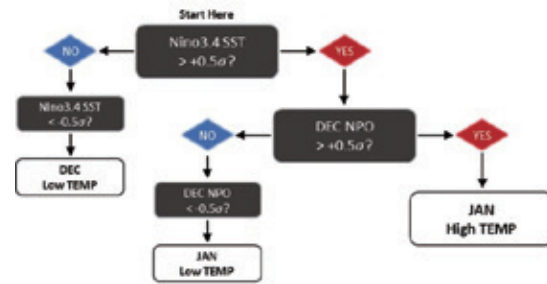


그림 24 겨울철 남한 기온을 예측하기 위해서 12월 NPO와 ENSO를 활용하는 결정 과정 순서도

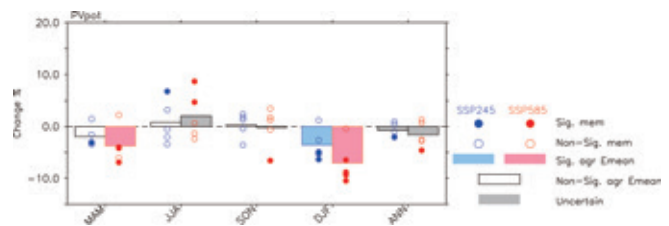


그림 25 현재 기후 대비 저탄소(파란색)와 고탄소(적색) 시나리오의 21세기 후반기에서 계절 및 연평균 태양광 발전 잠재량 변화

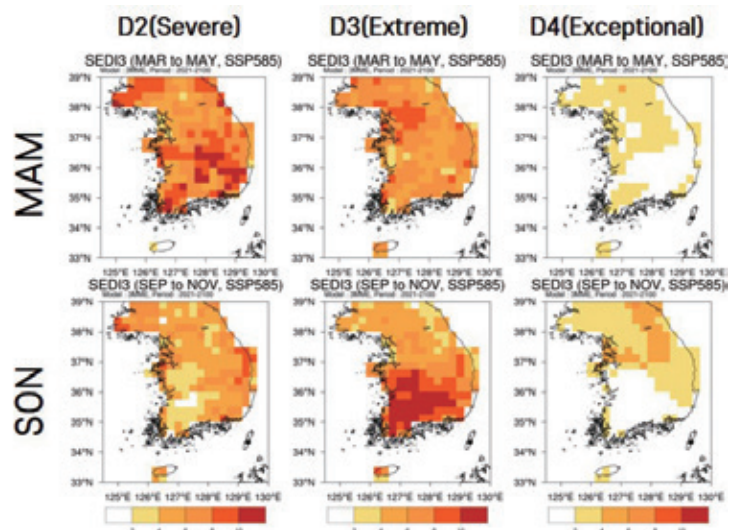


그림 26 고탄소 시나리오 후반기에서 봄철과 여름철심각한(D2), 극심한(D3), 예외적인(D4) 가뭄 분포

3) 기대효과

- 주요 예측인자의 역학과정 분석 결과를 예보토의에 활용
- 기후 모니터링의 자동화를 통하여 장기예보 생산 효율성 증대
- 월 기후분석 자료 및 시의성 있는 기후 이슈 분석 결과를 언론 대응 자료로 활용
- 기후감시 분석통합 시스템 구축을 통한 효율적 기후 분석 및 기후 이슈 대응 기여

2023년도 APCC 연구·사업

1) 인공지능

인간의 지능을 필요로 하는 일들을 컴퓨터나 컴퓨터에 의해 제어되는 로봇이 수행하는 능력

2) 계절 내 및 계절 시간규모(S2S)

2주에서 2개월 이내

3) 딥러닝

자료에서 표현을 학습하는 기계학습의 한 분야로 연속된 층에서 점진적으로 의미 있는 표현을 배우는 데 강점이 있음

4) 준지도학습

정답이 있거나 없는 자료를 포함한 다양한 훈련자료를 활용하여 모델의 안정성과 성능을 개선하는 기계학습의 한 방법

1-3. 인공지능 기반 기후예측 객관화 기술 개발

..... 기후예측에 적합한 인공지능 활용 기술개발

사업 5 객관적 기후예측에 적합한 인공지능¹⁾ 활용 기반 기술개발

이성규 선임연구원 geoslegend@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 글로벌 기업 및 유럽중기예보센터는 인공지능 기반 14일 이내의 날씨 예보 모델을 개발하고 시범운영 중이지만, 기후예측을 위한 인공지능 기술 적용 및 현업 활용은 아직 매우 초기 단계임
- 객관적 기후예측에 적합한 인공지능 활용 기반 기술의 개발을 통해 **계절내 및 계절 시간 규모²⁾**의 예측성을 높이는 연구가 필요함

2) 주요내용

A 자료 확장에 따른 모델 성능 민감도 분석

- 자료 샘플링 기법에 따른 민감도 분석
 - 샘플링 기법(Filter method, Wrapper method, Embedded method)에 따른 **딥러닝³⁾** 모델 입력자료 선택
 - 추출된 입력자료 활용 딥러닝 모델 테스트
 - 샘플링 기법별 모델의 입력자료에 대한 민감도 분석
 - 자료구성 및 샘플링 기법의 인공지능 학습 영향 도출

B 훈련기법, 초매개변수 조정, 불확실성 분석을 통한 아키텍처 개선

- U-NET 기반 실험 모델 구축
 - Residual U-Net, Attention U-Net, Residual과 Attention U-Net을 결합한 Residual+Attention U-Net
- ECMWF 최고기온(TMAX) 및 강수(PREC) 예측성 분석
 - Attention U-Net > Residual+Attention U-Net > Residual U-Net
- 초매개변수 최적화를 위한 알고리즘 적용 및 초매개변수 조합별 민감도 분석

C 준지도학습⁴⁾ 기법 적용 및 모델의 민감도 분석

- 이미지 기반 MJO 위상 분류 모델 구축 및 테스트
 - 과적합이 적은 Fully-connected(FC) layer 및 모델 선정
 - 독립 test 자료에 대한 모델 정확도 평가 및 오분류 파악
- 준지도학습 기법 모델 구축 및 적용 테스트
 - Self-training 알고리즘 중 Pseudo-Label, Mean teacher 알고리즘 구현 및 적용 테스트
 - 입력변수, 인공지능모델, 준지도학습 알고리즘별 분석

2023년도 APCC 연구·사업

5) 설명가능한 인공지능

모델의 판단에 대한 이유를 사람이 이해할 수 있는 방식으로 제시하는 방법

— 준지도학습 적용에 따른 기후예측 민감도 분석

- 준지도학습 적용 시 자료 조건에 따른 모델 실험
- 선행시간(Lead time)을 고려한 MJO 지수 예측 모델링 및 준지도학습 적용 테스트

④ 설명가능한 인공지능(XAI)⁵⁾, 모델 구조 분석 및 모델 개선

— 딥러닝 모델 구조 시각화 분석

- Loss surface 시각화 분석
- 딥러닝 모델의 피쳐(feature) 시각화 및 분석

— 딥러닝 모델 내부 구조 및 매개변수 분석

- 딥러닝 모델의 hyperparameter, parameter 정의 분석
- hyperparameter 조정 실험을 통한 모델의 예측성 분석

— 딥러닝 모델 구조 개선 및 예측성 테스트

- 어텐션 메카니즘, 데이터 확장, 레이어 필터 수 확장, 피쳐 붕괴 분석 등을 고려하여 실험 모델 설계
 - 모델의 피쳐 붕괴 발생 구간의 개선을 통한 모델 개선
 - 남한지역의 ASOS자료를 이용한 딥러닝 모델의 HSS 평가
- XAI 결과 비교를 통한 모델 개선
- Occlusion 기법을 이용한 MJO 위상 분류 모델의 준지도학습 전/후 분석

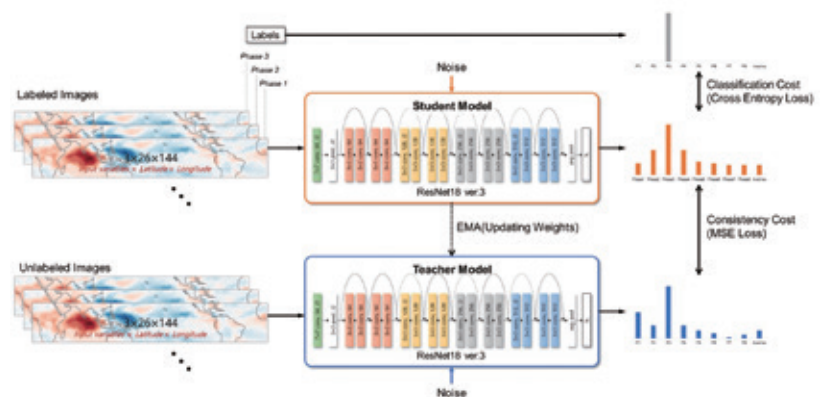


그림 27 준지도학습 기반 ResNet18 Ver.3 모델 모식도

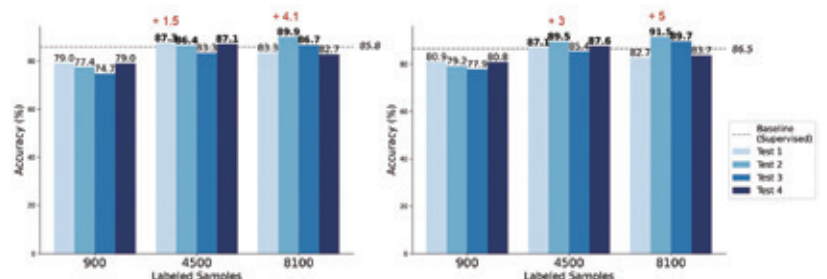


그림 28 준지도학습 적용에 따른 모델의 성능 비교: RMM(좌)와 VPM(우) 변수

2023년도 APCC 연구·사업

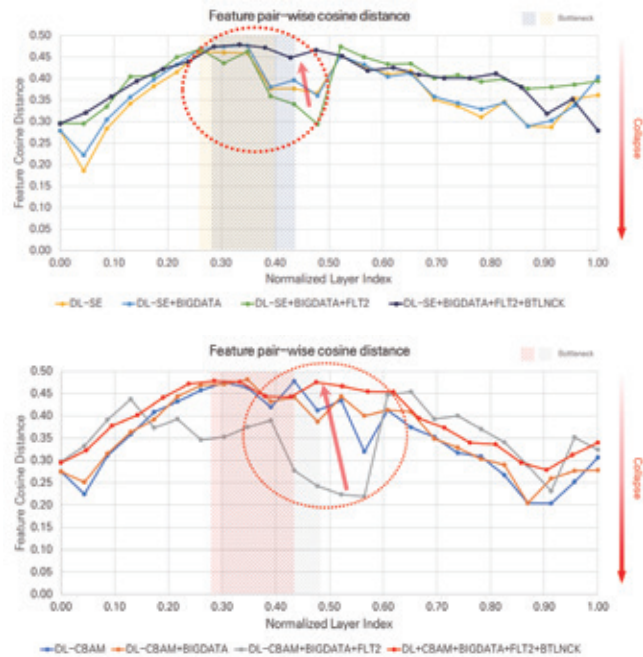


그림 29 U-NET 모델의 bottleneck block 개선 후 어텐션 메카니즘인 SE(위) 블록과 CBAM(아래) 블록을 이용한 딥러닝 모델의 피쳐 코사인 거리 분석 결과



그림 30 선행시간 F1(W+1)(위)와 선행시간 F2(W+2)(아래)의 실험 모델 8개의 HSS 평가 결과

3) 기대효과

- 개선된 인공지능 기반기술을 활용하여 S2S 예보자료의 예측성능 개선에 기여
- 개선된 인공지능 기반기술을 통해 S2S 기후예측분야의 기술 발전에 기여

2023년도 APCC 연구·사업

1-4. 기후예측 모델 검증 및 활용 체계 개선

..... 국가 기후예측 모델의 효과적인 개선체계 구축

사업 6 국가 기후예측모델 개선 테스트 베드 구축 및 활용 기술개발

신선희 선임연구원 SSh222@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 기상청 기후예측모델(GloSea6) 지면성분 개선을 통한 계절내 예측성능 향상 도모
- 기후예측모델 개선 기술의 실무 활용성 검증 및 현업 기후예측모델로의 적용성 평가
- 기후예측모델의 주요 기후변동성 진단평가 체계 구축을 통한 일관되고 체계화된 평가 기틀 마련

2) 주요내용

A 기상청 기후예측모델(GloSea6) 지면모델 특성 진단에 따른 모델 개선기술 개발

- GloSea6 하천유출모델(TRIP) 개선
 - GloSea6 하천유출모델의 특성 진단, 저해상도 하구로부터의 과도한 하천유출량 확인, 하천 해상도 개선안 제시
 - 고해상도 하천유출모델의 입·출력자료 수집, 접합 모듈 설계
 - 고해상도 하천유출모델 적용 효과 진단, 유량 및 방출량 오차 개선 확인, 대기-해양 상호 작용 개선 기대

B 공동개발 성과 현업화 테스트베드 역할 수행

- 해빙물리과정 내 매개변수 민감도 실험 및 최적화 평가, 과학적/기술적 효능 검토
 - 단일/다중 파라미터 조정 민감도 실험 수행
 - 눈알베도 10% 감소 제안, 현실적인 눈알베도 처방으로 과학적 근거 마련
 - 아이스 알베도 10% 증가 제안, 극 중위도 원격상관 개선 효과 확인
- 약결합초기화 기법을 기상청 현업 환경 적용성 실험, 과학적/기술적 효능 검토
 - 동아시아 여름철 강수의 계절내 예측성, 동아시아 여름 몬순 영향 인자들에 대한 예측성 개선 확인
 - 겨울철 열대 변동성의 계절내 예측성, 강수 및 하층 바람의 평균/변동성, MJO 동진 성능 개선 확인
 - 현업 적용 시 기술적 안정성 확인

2023년도 APCC 연구·사업

㉔ 기상청 기후예측모델의 주요 기후변동성 진단평가

- CrEMA(Climate forecast model Evaluation & Management system by APCC) 진단평가체계 구축
 - 주요 기후 예측인자 선정 및 표준 진단평가메트릭 구성
 - ENSO/MJO/EASM 진단 메트릭 구성에 따른 개별 메트릭 요소의 계산 모듈/그래픽 모듈 개발
 - ENSO/MJO/EASM 진단 메트릭 정량화에 따른 스코어카드(Scorecard) 개발
- CrEMA 적용을 통한 GloSea6 주요 기후 변동성의 통합적 진단평가
 - 적도 SST 평균 및 연변화 편향 및 ENSO 편향 개선, 적도 태평양 대기-해양 역학적 결합 오차 확인
 - 해양성 대륙 중·하층 연직 구조 개선에 따른 MJO 동진성능 개선 확인, 인도양 하층 수분수렴 개선 필요성 제시
 - 동아시아 몬순 강수의 계절/경년 변동 예측성 부분 개선, 북서태평양 아열대 고기압 변동 개선 확인, 아열대 제트 개선 필요성 제시



그림 31 기상청 기후예측모델 개선을 위한 지면모델 기술개발 및 공동개발 성과 진단 프레임

3) 기대효과

- 기상청 기후예측모델(KMA-GloSea6)의 고해상도 하천유출모델(TRIP)은 대기-해양 상호작용의 변화를 가져와 계절 예측 성능 향상을 가져올 수 있으며, 나아가 지역적 규모에서 수자원에 대한 응용 및 정책 연구에도 유용하게 사용될 수 있음
- 테스트베드를 통해 KMA-GloSea6에 결합 초기화 이행 및 해빙물리 최적화 방안을 제안 하였으며, 이는 기후예측모델 개선을 위한 현업화 효율성 강화에 기여할 것임
- CrEMA 진단 시스템을 통해 KMA-GloSea6에서의 주요 기후변동성인 ENSO, MJO, EASM에 대한 통합적 진단정보가 제공되었으며, 이는 모델의 취약점과 개선 방향을 제시하는 데 활용될 것임

2023년도 APCC 연구·사업

2. 녹색기후기금(GCF) 지원 사업

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

2-1. 태평양 환경계획(SPREP) 제안 사업

..... 기후정보 활용을 통해 기후변화와 이상기후로 발생 가능한 기상재해에 대한 위험 관리 의사 결정력 향상

사업 7 바누아투 기후변화 대응능력 향상을 위한 기후정보서비스 개발

전종안 선임연구원 jachun@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 기후변화로 인한 재해에 효과적으로 대응하고 바누아투의 기후회복력을 향상시키기 위하여 기후정보 활용이 필수적임
- 관광, 농업, 인프라, 수자원, 어업 등 5개 주요 영역에 걸쳐, 기후정보서비스를 강화하고 회복력 있는 개발을 추진함으로써 지역사회의 지속 가능한 발전을 도모함
- APCC는 국내에서 최초로 GCF사업의 집행기구로 참여(제15차 이사회)
- 웹 시스템을 기반으로 한 농업기후정보서비스는 의사결정 지원을 위한 중요한 도구임.

2) 주요내용

A 농업기후정보서비스 시스템 개발

- 3단계 tailored System of Climate services for Agriculture(OSCAR) 시스템을 개발하여, <https://oscar.gov.vu/>를 통해 접근 가능함. 이 시스템은 다음과 같은 주요 특징을 가짐
- 결측자료 메우기(Gap-filling) 기법을 적용하여 관측기상정보의 품질을 높임으로써, 더욱 정확하고 신뢰할 수 있는 기상 데이터 제공
- 기존의 종이 토양도 자료를 디지털화하고 전자 토양도를 구축하여, 토양 관련 정보의 접근성과 활용도를 향상
- 모바일 페이지를 통해 OSCAR 시스템에 대해 쉽고 편리한 접근을 가능하게 함. 이를 통해 농업 종사자들이 언제 어디서나 중요한 기후정보를 이용할 수 있도록 지원
- APCC의 다양한 계절예측자료 및 ENSO 경보정보를 제공하여 농업계획 및 관리에 중요한 정보를 제공
- 농업기후정보지(Agromet-Bulletin)를 자동으로 생산하여, 농업 관련 최신 기후정보를 신속하게 제공

2023년도 APCC 연구·사업

1) Van_KIRAP

Vanuatu Kiaemet Informesen blong Redy, Adapt mo Protekt(Van-KIRAP) in Bislama for Climate Information Services for Resilient Development Planing in Vanuatu(Van-CISRDP)

B 최적 작물재배 방안 위한 농업기상정보 수집

- 땅콩, 옥수수, 토마토 등 다양한 작물에 대한 재배 실험을 실시하고 토양분석을 추가적으로 수행함으로써, 작물의 최적 생육 조건을 파악
- 이러한 실험과 분석을 통해 농업 기상정보의 정확도를 높이고, 해당 지역에 최적화된 작물 재배 전략을 수립할 수 있는 기반을 마련

C 워크숍 개최 및 OSCAR 시스템의 공식 이양

- ToT(Train of Trainers) 프로그램을 활용하여 OSCAR 시스템의 지속적인 운영 및 효과적 인 관리 체계를 구축함
- 2023년 8월, OSCAR 시스템을 공식적으로 이양하여, 해당 시스템의 자율적인 관리 및 운영을 지원
- 바누아투의 주요 이해관계자들을 위한 초청연수 프로그램을 수행하여, 이들에게 OSCAR 시스템의 중요성과 활용 방법을 교육
- PMC, PICOF, COP28 등의 국제회의에 참석하고 부대행사를 진행함으로써, OSCAR 시스템의 국제적 인지도를 높임
- 바누아투 기후부 장관 및 기상청장 등과 고위급 회의를 통해 시스템의 중요성을 강조하고 Van-KIRAP¹⁾ 후속사업을 공동 추진하기로 합의함
- OSCAR 시스템의 기능 및 장점을 소개하고 현장에서 시연을 통해 그 효용성을 입증

D Crop-Climate Diary(CCD) 개발

- 컴퓨터비전 기법을 활용하여 작물 생산성 추정 모형을 개발함으로써, 농업 생산성 평가에 있어 더욱 정확하고 효율적인 방법을 제공
- Super resolution 기술을 이용하여 바누아투의 오프라인 지도를 구축함으로써, 농업 관련 데이터의 시각적 표현 및 분석을 강화하고, 지역 내 작물 생산의 최적화에 기여



그림 32 OSCAR 집중 교육·훈련 프로그램 수료식 개최(2023.7.20, APCC)

2023년도 APCC 연구·사업



그림 33 바누아투 농업부문 기후서비스 시스템(OSCAR)의 현장 공식 이양 행사(Official Handover Ceremony of the OSCAR) 개최(2023.8.11, 바누아투)

3) 기대효과

- 이 프로젝트를 통해 바누아투는 기후변화에 대한 보다 효과적인 대응 및 기후회복력 강화를 기대할 수 있음
- 각 영역에서 기후정보서비스의 강화를 통해 지역사회의 회복력 있는 발전을 촉진하며, 지속 가능한 발전을 위한 기반을 마련함
- APCC의 GCF사업 참여는 국내 연구기관의 국제적 역할과 기여도를 높이는 계기가 됨
- 농업기후정보서비스를 통해 농업 분야의 의사결정 지원을 강화하고, 이를 통한 농업 생산성 및 지속 가능성 향상을 기대함

2-2. 유엔환경계획(UNEP) 제안 사업

사업 8 태평양 5개 도서국가의 회복력 향상을 위한 기후 정보 및 지식 서비스 강화

유진호 선임연구원 jhyoo@apcc21.org

1) 성과의 추진 배경 및 필요성

- 태평양 지역 5개 도서국은 기후변화 및 이상기후에 가장 취약한 국가들이며 이에 대비하기 위한 기후예측 및 기후서비스의 가치는 매우 중요함
- APCC가 개발한 태평양 도서국 기후예측 시스템의 성능 개선 및 역량 향상 지원을 통해 태평양 5개 도서국의 기후서비스 활성화에 기여하고자 함

2023년도 APCC 연구·사업

2) 주요내용

A 5개 도서국 대상 태평양 도서국 기후예측 시스템 개선

- 최근 기후예측 모델 현황을 고려한 예측인자의 개선
 - 최근 기후변동 및 기후예측 모델 특성을 고려해 약 40%의 계절 강수 예측인자 변경
- 계절 평균을 넘어 월평균 강수예측을 위한 예측 인자 선정
 - 각 지점별 1, 2, 3개월 선행 시간에 대한 월별 강수예측 인자 선정(60% 완료)

B 기후예측 역량 향상 지원

- 기후예측 교육 2회 APCC 방문 연수 1회
 - 2월 및 12월, 기후예측 교육 워크숍 수행(33명): 기후예측도구 이해 및 실습
 - 10월 젊은 과학자지원 사업 실시(1개월, 4개국 각 1인): 파이썬 프로그래밍을 통한 기후자료 분석



그림 34 쿡제도 교육 워크숍(2023.12, 쿡제도)



그림 35 젊은 과학자 지원 사업(2023.10, APCC)

3) 기대효과

- 태평양 지역의 기후회복력 강화를 위한 도서국 기후예측 역량 개선
- APCC의 기후예측정보 활용성 확대 및 지역별 상세화 기술 향상



APEC기후센터



APCC 소개

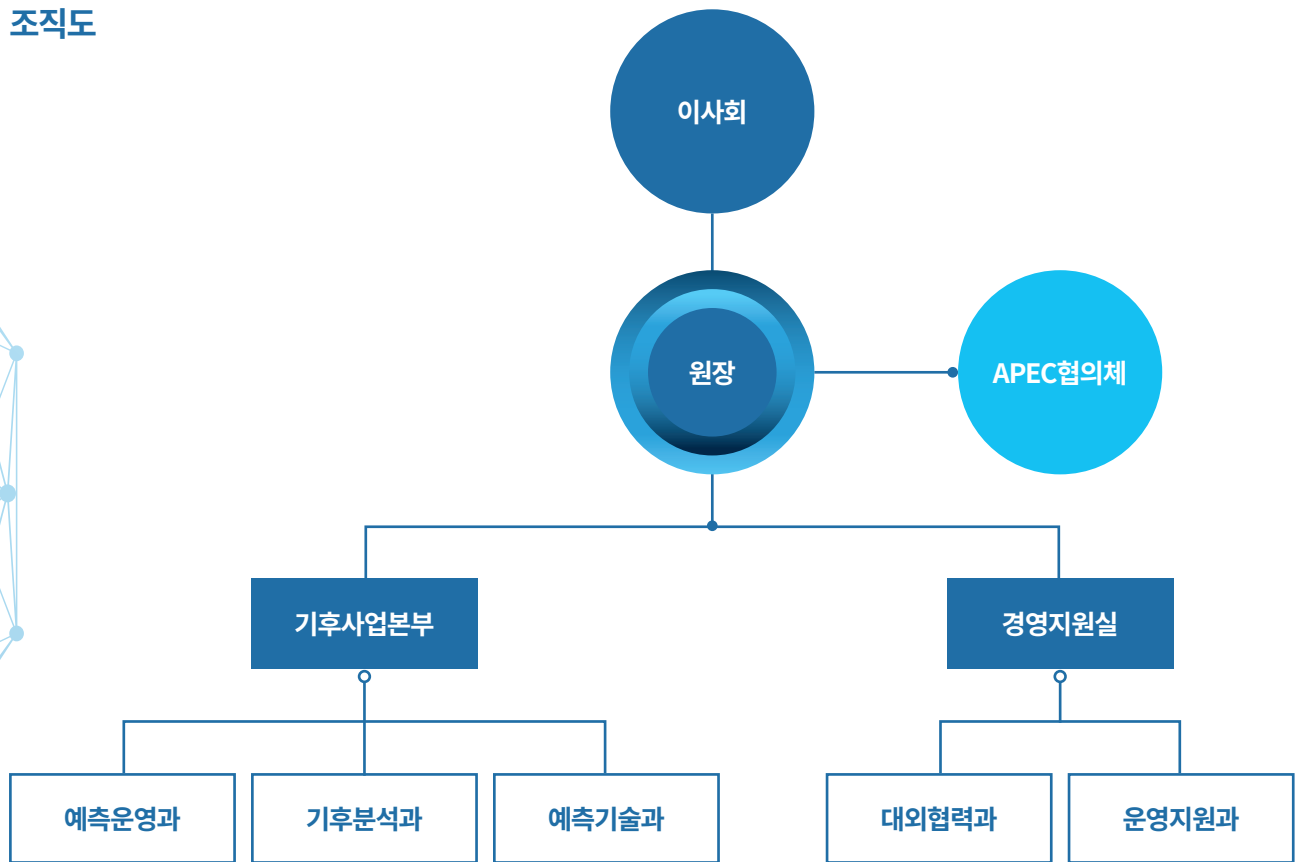
기관 소개



APEC기후센터

아·태지역의 이상기후를 감시하고
최적의 기후예측정보를 생산하여
경제적 손실의 경감, 인명과 재산의 보호를 통해
아·태지역의 지속가능한 성장을 지원합니다.

조직도



기후 사업 본부 목표	혁신적인 기술개발을 통한 기후예측서비스 향상에 기여		
	예측운영과	기후분석과	예측기술과
과별 기능	기후예측시스템 운영 및 서비스 제공	이상기후 감시·분석 및 장기예보 지원	기후예측 선도기술 개발
과별 목표	아태지역 실시간 고품질의 기후예측정보 생산 및 서비스 강화	기후변동 분석을 통한 이상기후 대응 및 장기예보 실무지원 확대	- 다중모델 지역특화 계절예측 기술개발 - 다중모델 기반 계절내 예측기술 및 계절내 예측활용기술 개발



05

APEC기후센터

2023년도
APCC
주요뉴스

1.

2023년도 APEC
기후심포지엄 개최

APEC기후센터는 대만기상청과 중화경제연구원, 국제기후개발원, 대만기후서비스파트너십과 함께 공동으로 2023년도 APEC 기후심포지엄을 개최하였다. 심포지엄은 2023년 10월 18일(수)부터 20일(금)까지 대만 타이베이에 위치한 대만 기상청 국제회의장에서 개최되었으며, 온라인 중계도 함께 진행하여 34개국 220여 명의 참가자들이 참석하였다.

회복력 있는 APEC을 위한 기후변화 대응 에너지 안보 강화(Enhancing Energy Security in a Changing Climate for a Resilient Future in APEC)를 주제로 한 이번 심포지엄에서는 아태지역을 대상으로 기후정보를 활용한 에너지 안보강화, 기후변화 적응을 위한 재생에너지, 에너지 안보 강화를 위한 모범사례 공유 등을 주제로 한 전문가 발표 세션과 함께 기후변화 적응과 에너지 시스템 변화 및 에너지 안보에 대한 정책제언을 위한 전문가 패널토론이 함께 진행되었다.

APEC기후센터 신도식 원장은 개회식에서 전지구 기온 상승으로 이례적인 이상기후 및 극한 현상들이 발생하고 있고, 특히 에너지 분야에 큰 피해를 주고 있다고 전하며, APEC 지역이 재생 에너지 및 저탄소 체제로 가기 위해서는 기후정보를 이해하고 적절히 활용하는 것이 중요하다고 하였다.

대만기상청의 Chia-Ping Cheng 청장은 2021년 대만기상청이 6개 비영리기관과 함께 대만기후서비스파트너십을 설립하여 국제적인 기후서비스 개발의 조정자 역할을 하고자 하였으며, 대만 기상산업 장려 및 커뮤니케이션 플랫폼 제공에 기여하고 있다고 전하였다. 또한 기후서비스 촉진을 위해 과학 및 연구 과정에 사용자를 참여시키고 많은 토론과 대담을 통해 기후 리스크에 대한 인식 증진이 필요함을 강조하였다.

기조연설에서 일본 기상산업협회장인 Noboru Koshizuka는 2050 탄소중립 목표달성 에너지 전환을 촉진하기 위한 기후서비스 과제와 기회를 주제로 탄소중립 사회를 위한 기후서비스의 과제를 공유하였다. 발표를 통해 Koshizuka 협회장은 기후변화는 산업과 경제의 문 제임을 강조하면서, 탄소중립 도시를 위해 전지구 온난화 측정이 중요하고, 완화 및 적응의

1.

2023년도 APEC
기후심포지엄 개최

모든 측면에서 디지털 기술이 중요하다고 전하였다. 또한 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 전 사회의 그린화가 중요하며, 이를 위한 스마트 시티 최적화 프로세스 구축 모델을 소개하였다.

기조연설 이후 3개의 세션에서는 각각 기후정보를 활용한 에너지 안보 강화, 기후변화 적응을 위한 재생에너지 활용, 에너지 안보 강화를 위한 정책적 노력을 주제로 다양한 전문가 발표가 이어졌다. 특히 이번 심포지엄에서는 기후 분야 발표 외에, 태양광 및 풍력 등 재생 에너지 분야의 민간기업 발표, 에너지 안보 강화를 위한 회원국 및 지역 기구의 발표 등 다양한 이해관계자의 발표로 구성되었다.

또한, 기후변화 적응에 있어 에너지 전환과 안보에 대한 정책 제언 및 논의를 주제로 한 패널토론에서는 에너지경제및재무분석연구소, 아시아태평양에너지연구센터와 같은 에너지 분야지역 연구소, 민간기업, 기후 컨설팅 회사, 대만 학계의 전문가들이 모여 에너지 안보 강화를 위한 우리의 당면과제와 기회에 대한 심도 있는 논의를 펼쳤다. 전문가들은 재생 및 청정에너지의 사회경제적 가치, 한국 재생에너지 정책 및 사업, 에너지 수요와 공급의 취약성 감소, 기후과학과 에너지 안보의 연계, 기업의 탄소중립 목표 달성을 위한 쟁점을 주제로 하여 다양한 의견을 제시하였다. 2023년도 APEC 기후심포지엄 발표 및 토론에 관한 보다 자세한 정보는 APEC기후센터 누리집에서 확인할 수 있다.

APEC기후센터는 APEC 기후심포지엄을 통하여 기후 정보의 사회·경제적 활용을 촉진하여 아태지역을 포함한 전세계 기후변화 대응을 위한 유관기관 전문가 네트워크를 강화하고자 한다. 특히 APEC의 승인을 받아 매년 개최되는 심포지엄인 만큼, APEC에서 매년 선정하고 있는 우선순위를 면밀히 검토하여 관련 내용을 APEC 기후심포지엄에 담고자 노력하고 있다. 2023년에는 APEC 의장국인 미국의 우선순위를 고려하여 에너지 안보 강화를 주제로 하였으며, 2024년에는 APEC 의장국인 페루의 우선순위를 고려하여 주제를 선정할 예정이다.

2.

2023년도 APCC
회원국실무단 회의 개최

2023년도 APCC 회원국실무단 회의가 2023년 10월 17일(화), 11개 회원국이 참석한 가운데 대만기상청 회의실에서 대면 및 비대면 혼용 방식으로 개최되었다.

APEC기후센터의 회원국실무단은 APCC의 기후정보서비스의 주요 고객이자 피드백을 제공하는 주요 이해관계자로서 APCC의 기후정보서비스 향상과 회원국 기후예측 및 서비스 현안 공유를 목적으로 연 1회 정례적으로 회의를 개최하고 있다. 2023년에는 APEC 기후심포지엄이 개최된 대만기상청의 지원을 받아 대면 및 비대면으로 병행 개최되었다.

APEC기후센터의 이진영 기후사업본부장이 주재한 이번 회의는 호주, 캐나다, 일본, 한국, 인도네시아, 말레이시아, 파푸아뉴기니, 필리핀, 태국, 베트남, 대만 등 11개 회원국 기상청에서 참여하여 각 국 이상기후 피해와 영향, 기후예측 정보를 활용한 대응 사례를 공유하였다. 또한, 각국 기상청에서의 APCC 기후정보 활용 현황도 공유하였다.

대만기상청의 Chin-Tzu Fong 차장은 환영사를 통하여 이상기후 현상이 심화하면서 기후예측 정보가 더욱 중요해지고 있다고 전하며, 특히 대만의 경우 최근 라니냐현상으로 3년 연속 심각한 가뭄을 겪으며 농업, 에너지 등 여러 분야에 영향을 받고 있다고 하였다. 그리고 APCC 회원국실무단 회의를 통해 지속가능한 APEC 지역 발전을 위한 다자 협력이 이루어지기를 희망한다고 전하였다.

APCC 이진영 기후사업본부장은 회의를 통해 APCC에서 지난 한 해 진행되었던 다양한 연구 및 사업활동을 소개하였으며, 특히, APCC 산불 및 연무 조기경보 시스템을 2023년 10월부터 말레이시아 지역으로 확장하여 제공하고 있고, BSISO 영향장이 40N에서 50N으로 확장되는 등의 개선 사항을 공유하였다. 또한 이진영 본부장은 APCC가 이음새 없는 MME 예측시스템을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 2025년부터 양자 및 다자 협력 연구 수행을 희망하고, 회원국실무단의 적극적인 노력과 참여를 기대한다고 전했다.

3.

2023년도 제5차 APCC MME 모델제공기관 회의 개최



APCC MME 기후예측시스템은 APCC 설립과 함께 운영되어 온 기관의 대표적인 업무로써, 현재 전 세계 11개국 15개 기관이 기후예측 자료를 제공해 주고 있다. APCC는 2014년부터 APCC MME 모델제공기관 회의를 격년에 한 번 개최해 오고 있다. 이 시스템에 참여하는 개별 참여기관들은 자료 생산 및 제공 현황과 검증 결과, 그리고 개별 모델의 개선 계획을 공유하고, APCC MME 기후예측시스템의 향후 개선 방향성을 함께 논의하고 있다.

올해에는 제5차 APCC MME 모델제공기관회의가 2023년 8월 29일(화)부터 31일(목)까지 3일간 APCC 국제회의장에서 개최되었다. 호주기상청, 미국기상청, 러시아기상청, 캐나다기상청, 이탈리아 유럽지중해기후변화센터, 일본기상청, 대만기상청, 한국기상청, 한국 국립농업과학원 등 9개 기관에서 9명의 위원이 참석하여 APCC MME 참여모델들의 최근 개선 사항과 향후 계획을 공유하였다. 또한 이번 회의를 통해 APCC MME 계절내예측시스템의 구축 계획을 공유하고, 자료 제공에 대한 적극적인 참여를 독려하는 등 APCC MME 예측시스템 개선에 관한 다양한 논의를 진행하였다.

이튿날 진행된 토론 세션에서는 APCC 기후사업본부 이진영 본부장의 주재하에 APCC MME 예측시스템 개선방안에 대한 심도 있는 논의가 이루어졌다. 이 세션에서 APCC의 MME 기후예측시스템의 고도화를 위한 방안으로 APCC MME 계절내 및 계절예측 시스템의 구축이 소개되었다. APCC는 현재 MME 계절예측 시스템을 현업으로 운영하는 점과 계절내예측 분야에 참여한 경험을 바탕으로 계절내 및 계절예측 MME 시스템 구축을 통해 이음새 없는 예측자료를 생산·제공하고자 한다고 밝히며, 회원기관에 의견과 동의를 구하고 계절내 자료 제공의 검토를 요청하였다. 또한, 회원기관에서 개별기관 자료의 공개 정책 채택을 검토해 달라고 요청하였다. 이는 WMO를 포함한 전 세계 기관이 자료 공개 정책을 채택하는 추세를 반영한 사안으로 공공의 이익을 위한 공개뿐만 아니라 상업적 사용도 포함하는 자료 공개 정책을 검토해 달라고 요청하였다. 계절내 자료 제공 및 자료 공개에 관한 사안은 향후 APCC에서 개별기관에 서한을 통해 공식적으로 요청할 계획이다.

마지막으로 이번 회의에서 차기 공동부의장 선출이 진행되었으며 제6차 APCC MME 모델제공기관회의 개최의 공동부의장은 미국기상청 기후예측센터 Mingyue Chen 박사가 임명되었다.

4.

바누아투 농업부문 기후서비스 시스템(OSCAR)의 현장 공식 이양 행사 개최



APCC는 지난 2023년 8월 11일(금) 바누아투 현지에서 ‘바누아투 농업부문 기후서비스 시스템(OSCAR)의 현장 공식 이양 행사(이하 공식 이양 행사, Official Handover Ceremony of the OSCAR System)’를 가졌다. 이날 공식 이양 행사에는 바누아투 기후변화부(MOCCA) 장관을 포함해 농업·기상/기후 관련 현지 정부 부처 내 고위 각료 및 실무 주요 관계자 등 50여 명의 인사가 참석했다.

APCC는 바누아투 농업부문 기후서비스 시스템(OSCAR)을 바누아투 정부(바누아투 기상청: VMGD)에 공식적으로 이양함으로써 바누아투 내 지속가능한 서비스의 제공·운영을 위한 발판을 마련하였다. 이를 바탕으로 후속 사업의 추진도 도모함으로써 바누아투 농업부문 기후서비스 시스템(OSCAR)의 현장 활용성을 꾸준히 높일 예정이다.

5.

APCC-UNEP 기후정보서비스 강화와 선제적 재해 대비·대응 위한 현지 교육 워크숍 개최

APEC기후센터(APCC)는 유엔환경계획(UNEP)과 공동으로 태평양 도서 국가인 쿡제도의 라로통가에서 5개 태평양 도서국가의 기상청 내 기후예측 담당자 등이 참석한 가운데 2023년 12월 4일(월)부터 8일(금)까지 5일 동안 “APCC-UNEP 기후정보서비스 강화와 선제적 재해 대비·대응 위한 현지 교육 워크숍(이하 교육 워크숍)”을 개최하였다. 5개 태평양 도서국가는 쿡제도, 니우에, 팔라우, 마셜제도 공화국, 투발루이다. 이번 교육 워크숍은 ‘태평양 5개 도서국가 기후정보·지식 서비스 강화 사업’의 일환으로 열렸다.

이번 교육 워크숍은 태평양 5개 도서국가 기상청의 기후예측 및 기후정보 활용 역량을 키워 기후변화에 대한 이들 지역의 회복역량(Resilience: 문제 발생의 악순환 고리를 끊어 위험요인을 구조적으로 저감할 수 있는 역량)을 높이고자 열렸다. 이번 워크숍에서 APCC의 사업 참여 연구진들이 현지에서 기후예측에 관한 강의를 하고, 태평양 도서국가 맞춤형 기후예측 시스템에 관한 활용과 장기 기후전망의 생산방법에 관해 교육했다. 반면에 UNEP은 이렇게 생산된 기후예측정보를 바탕으로 이들 국가가 홍수·가뭄 등 자연재해에 선제적으로 대비·대응할 수 있는 방안을 교육 워크숍 참가자들과 공유·논의하는 시간을 가졌다.

6.

APCC 연구진, COP28 기간 중 바누아투 농업 분야 기후위기 대응 사업성과 공유



APEC기후센터의 신도식 원장과 전종안 선임연구원을 비롯한 4명의 연구진 일행은 지난 2023년 12월 4일(월)부터 10일(일)까지 태평양도서국의 기후변화 사업을 총괄하는 태평양환경계획(SPREP)의 요청으로 아랍에미리트 두바이에서 열린 제28차 UN기후변화협약 당사국 총회(COP28)에 참석하였다.

SPREP은 COP28 기간 중인 2023년 12월 8일(금)에 “기후정보서비스 활용: 바누아투 농업기후정보서비스 시스템(이하 OSCAR 시스템)과 Agromet Bulletin 성공 사례”를 주제로 Moana Blue Pacific Pavilion에서 부대행사를 운영하였다. 이번 부대행사는 APCC 신도식 원장의 개회사를 시작으로 전종안 선임연구원이 APCC가 녹색기후기금(GCF) 지원사업을 통해 개발한 OSCAR 시스템의 현지 적용·활용 성공 사례를 소개하였다. 이어서 바누아투 기상청장과 농업청 관계자 등과 함께 바누아투에서의 OSCAR 시스템 운영·활용을 주제로 토론하였다.

한편 APCC 신도식 원장은 SPREP 사무총장 등 여러 태평양 도서국의 고위급 관계자와 만나 APCC의 바누아투 농업기후정보서비스 사업성과를 바탕으로 한 기후정보 서비스 분야에서의 후속 사업 발굴 등을 논의했다.

7.

APEC기후센터, 2023년도 태평양 도서국 젊은 과학자 지원 사업 실시



APEC 기후센터(APCC)는 4개 태평양 도서국(마셜제도 공화국, 쿡제도, 니우에, 투발루) 기상청 직원 4명을 부산 해운대에 있는 APCC로 초청해 기후연구·실무 관련 교육·실습 기회를 제공하는 “2023년도 태평양 도서국 젊은 과학자 지원 사업”을 2023년 10월 4일(수)부터 31일(화)까지 28일간 실시하였다. 이번 사업은 유엔환경계획(UNEP)이 제안해 APEC 기후센터가 참여하고 있는 ‘태평양 5개 도서국가 기후정보·지식 서비스 강화 사업’의 일환으로 열렸다.

APCC의 젊은 과학자 지원사업은 단기적인 기술교육에서 탈피해 자체적인 기후연구·예측 역량이 부족한 태평양 도서국 내 기후 분야 젊은 과학자 또는 기상청의 연구·실무 인력들이 선진 기후예측 기술과 기후정보 활용 방법 등에 관한 훈련을 장기적으로 받을 수 있도록 한 사업이다.

특히 올해 사업은 ‘태평양 지역 기후특성 및 변동의 이해 및 분석’을 주제로 태평양 도서국 내 이상기후 대응 및 기후예측 서비스 제공에 필요한 각국의 기후자료의 분석 역량을 배양하고, 열대 기후 특성에 관한 이해도를 높일 목적으로 열렸다.



8.

APEC기후센터, 포항공대 그리고 태평양환경계획, 제1차 태평양 도서국 기후정보서비스 사용자 역량강화 교육 워크숍 공동 개최



APCC는 포항공대(POSTECH)와 태평양환경계획(SPREP)과 공동으로 태평양 도서국가인 피지 난디(Nadi)에서 14개 태평양 도서 국가의 기상청 내 기후예측 담당자 등 40여 명이 참석한 가운데 2023년 2월 28일(화)부터 3월 2일(목) 3일 동안 “제1차 태평양 도서국 기후정보서비스 사용자 역량 강화 교육 워크숍”을 개최하였다.

제1차 태평양 도서국 기후정보서비스 사용자 역량 강화 교육 워크숍은 세계유엔환경계획(UNEP)이 제안해 APEC기후센터가 참여하고 있는 ‘태평양 5개 도서국가 기후정보·지식 서비스 강화 사업’의 일환으로 열렸다.

이번 교육 워크숍은 APEC기후센터를 비롯한 3개 기관의 사업 참여 연구진들이 태평양 도서국가 맞춤형 기후예측시스템(PICASO)의 기능 개선을 도모하고 태평양 5개 도서국가 기상청의 기후예측 및 기후정보 활용 역량을 키워 기후변화에 대한 이들 지역의 회복역량(Resilience: 문제 발생의 악순환 고리를 끊어 위험요인을 구조적으로 저감 할 수 있는 역량)을 높이고자 열렸다.

2023년 2월 28일 개최된 1일차 교육 워크숍에서는 기후예측에 관한 강의와 태평양 도서국가 맞춤형 기후예측 시스템(PICASO)에 관한 활용 교육이 있었다. 3월 1일에 개최된 2일차 교육에는 태평양 도서국가 맞춤형 기후예측 시스템(PICASO)에서 확장된 기능을 소개하고 이를 활용하는 방법을 알려주는 교육이 있었다. 3월 2일의 마지막 날 교육에는 실습시간과 태평양 도서국가 맞춤형 기후예측 시스템(PICASO)을 활용해 장기 기후전망(Climate Outlook)을 생산하는 법을 알려주는 교육이 있었다.

9.

APEC기후센터, 2023년도 기후예측워크숍 개최



APEC기후센터는 2023년 6월 26일(월)과 27일(화) 양일간 「이상기후 예측기술 개발 현황 및 활용 방안」을 주제로 “2023년도 제4차 APEC기후센터 기후예측워크숍”을 개최하였다. 국내 기관 및 학계 등 150여 명이 참석한 이 워크숍은 부산 해운대 벅스코에서 총 5개의 전문가 발표 세션과 패널토론으로 진행되었다.

APEC기후센터는 2020년부터 국내 기후예측 기술개발 및 성과 창출에 기여하고자 기후예측워크숍을 정례화하여 운영하고 있다. 올해로 제4차를 맞이한 APCC 기후예측워크숍에서는 기후변화와 관련된 최근 이상기후의 발생 특성에 대한 이해도를 높이고, 신기술을 포함한 이상기후 예측기술 개발의 현황과 전망을 바탕으로 이상기후 예측기술 개발과 관련된 연구를 선도하고자 하였다. 또한, 부문별 이상기후 예측정보 활용성 및 기상 관련 재해 위기관리 방안 논의 등으로 예측정보의 가치를 제고하고자 하였다.

워크숍의 직후에는 IPCC 제6차 종합보고서 발간을 기념하여 제6대 IPCC 의장단의 주요 결과를 직접 공유하는 기상청 주관 특별세션이 함께 개최되었다.

II 2023년도 제4차 APCC 기후예측워크숍 내용

구분	주요내용
기조연설	기후위기 시대 이상기후 예측정보의 가치
세션 1	최근 국내외 이상기후 감시 및 분석
세션 2	이상기후 예측기술 개발 및 활용
세션 3	부문별 이상기후 예측정보 활용 방안
패널토론	이상기후 예측정보의 가치 및 활용 확대

9.

APEC기후센터,
2023년도
기후예측워크숍 개최

제4차 기후예측워크숍의 기조연설 세션은 **기후위기 시대 이상기후 예측정보의 가치**를 주제로, 전 국립기상과학원장인 조천호 박사와 한국정밀농업연구소 남재작 소장의 발표로 이루어졌다. 기조연설을 통해 조천호 박사는 인간활동에 기인한 온실기체 증가로 지구가 위험한계에 다다랐으며, 기후변화 뿐만 아니라 생물다양성, 신물질, 생지화학, 식량안보 등 다양한 면에서 지구가 위험에 처해 있음을 강조하였다. 남재작 소장은 발표를 통해 농업 및 산업 등의 분야에서 적극적 대응을 한다면 기후변화 완화 및 적응 가능성이 충분히 있다고 전하며, 특히 기후위기 상황에서 상세화된 기후정보는 식량 산업의 재구조화와 농업재해보험 설계 등에 활용될 수 있고 세계 농업생산량 변화 추정과 식량안보 정책 수립에 중요한 정보를 제공할 수 있음을 강조하였다. 또한 이러한 가능성에 대한 긍정적인 메시지로 일반 국민의 관심과 변화를 독려해야 한다고 전하였다.

「**세션 1. 최근 국내외 이상기후 감시 및 분석**」은 전 세계 및 한반도의 이상기후 발생 현황 및 영향, 관측기반 이상기후 특성 및 원인 분석, 기후변화 관련 이상기후 특성 분석을 주요 내용으로 하여 5개의 발표가 있었다. APEC기후센터 기후분석과 김선태 선임연구원은 2022년도 전세계 기후현황을 소개하면서 전 세계적으로 유럽 폭염과 파키스탄의 기록적인 호우 등 심각한 이상기후가 발생하였다고 전했다. 기상청 기후변화감시과 황호성 주무관은 2022년 우리나라 이상기후 현황과 특성에 대해 발표하면서 2022년 남부에 최악의 가뭄이 발생하였고 초강력 태풍 힌남노가 발생하면서 한반도에 큰 위협이 되었다고 전했다.

「**세션 2. 이상기후 예측기술 개발 및 활용**」에서는 기후모델 및 통계기법을 활용한 이상기후 예측기술, 다중예측정보의 통합, AI를 활용한 이상기후 예측기술, 이상기후 조기탐지 기술의 개발 및 활용에 대하여 5개의 발표가 있었다. 딥러닝, 인공지능과 같은 신기술을 이용한 이상기후 예측 기술 개발 현황, 기후예측분야에 딥러닝 기술 적용시 한계점 및 적용가능 범위, 연구 현황 등에 대한 발표가 있었고, 계절 규모에서 홍수 및 가뭄 등 기후서비스 체계를 구축하기 위한 연구 사례도 공유되었다.

「**세션 3. 부문별 이상기후 예측정보 활용 방안**」에서는 농업과 수자원, 수산 분야에서 이상기후 예측 정보의 활용성, 그리고 부문별 기상 관련 재해 위기 관리 방안을 주요 내용으로 하여 유관기관에서 3개의 발표가 있었다. 국립재난안전연구원에서는 자연재해 적응대책 마련을 위한 홍수 예측기술 개발 및 활용, 국립농업과학원에서는 기상위험관리를 위한 농가 맞춤형 조기경보 서비스, 그리고 국립수산과학원에서는 기후변화에 기인한 이상수온에 따른 수산업 영향과 감시-예측 인프라 구축에 관한 발표가 이어졌다.

워크숍의 마지막 세션인 패널토론에서는 유관기관 전문가 6명이 참여하여 이상기후 예측정보의 가치 및 활용 확대를 주제로 전문가 토론을 진행하였다. APEC기후센터 기후사업 본부의 이진영 본부장은 기후위기와 이상기후 예측 기술 개발의 필요성 및 핵심 요소에 관한 주제 발표를 하였다. 주제 발표에서 이진영 본부장은 ‘이름새 없는 기후예측 정보, 지역 맞춤형 이상기후 감시 예측, 이상기후 예측정보 부문별 적용 기술, 이상기후 예측정보 제공 시스템 개발’을 이상기후 예측에 필요한 핵심요소로 제시하였다.

9.

APEC기후센터,
2023년도
기후예측워크숍 개최

패널토론 전문가들은 이상기후 예측에서 거시적 및 평균적인 측면에서의 이상기후 예측과 미시적·이벤트성 측면에서의 이상기후 예측이 함께 고려되어야 하며, 이상기후 예측을 위해서 예측 시스템의 고도화, 이상기후 감시체계 개선, 이상기후 현상 자체에 대한 이해, AI를 이용한 예측 기법 개발을 제시하였다. 또한, 기후변화로 인해 극한 현상 발생이 증가해 간 하지만 지역별로 극한 강도는 자연변동성의 영향도 중요하기 때문에 이에 대한 과학적 이해와 예측성 향상이 필요하다고 지적하였다. 따라서 기관차원에서 체계적으로 예측성 향상 및 예측정보의 활용도 향상을 주도하여야 한다고 전하였다. 기상·기후 예측정보는 재난관리에서 중요한 정보이기는 하지만 활용도가 떨어진다. 그리고 실질적으로 재난관리를 담당하는 지자체에서는 기후정보에 대한 이해도와 관심이 낮아서 서비스 제공자와 사용자 간을 연결해 주는 부분이 중요하다고 강조하였다. 마지막으로 예측정보의 활용도를 높이기 위해서 개발 단계부터 유관 기관들과의 긴밀한 소통과 협업이 필요하다는 것에 모두 공감하였다.

APEC기후센터는 매년 기후예측워크숍을 통해 기후예측 분야의 현안에 관한 최신 연구 성과와 전문지식을 공유하고, 기후예측 기술의 발전 방향에 대한 전문가들의 심도 있는 토론을 주재하여 기후예측 발전에 기여할 예정이다.

10.

부산기후변화협의체,
2023년도
부산기후변화협의체
세미나 개최

APCC는 2021년부터 부산시와 부산지방기상청, 부산연구원, APEC기후센터가 함께 부산기후변화협의체를 구성하여 지역 기후변화 관련 민관학연에 기후변화 과학과 정책을 공유하고 부산의 2050 탄소중립 이행과 기후변화 문제에 공동 대응하고자 노력하고 있다. 부산기후변화협의체 공동주관으로 2023년 기후산업국제박람회와 연계하여 기후산업, 기후테크, 기후정보 활용사례 소개 및 네트워크 강화를 목적으로 2023년 부산기후변화협의체 세미나를 5월 26일(금) 벅스코 제2전시장에서 개최하였다.

기후테크 관련 산업체와 학계, 협의체 관계자를 포함하여 총 115명이 참석한 이번 세미나는 기후위기 시대, 기후산업의 대응을 주제로 하여, 최근 기후변화의 과학적 의미와 산업계에 미치는 영향에 대한 기초연결과, 이산화탄소 포집 및 저장 기술 활용 사례, 기후위기에 따른 농촌의 대응, 탄소중립을 위한 해운산업의 전망에 관한 3개 발표가 진행되었다.

11.

2023년도 APCC
기후정보 생산·활용
사용자 워크숍 개최

APEC기후센터는 센터가 생산·제공하는 다양한 기후정보와 서비스의 활용성 확대 및 국내 기여도 강화를 위해 2023년 7월 12일(수)부터 14일(금)까지 3일간 2023년도 APCC 기후정보 생산 및 활용 사용자 워크숍을 개최하였다. 국내 기후관련학과 대학생 및 대학원생 15명이 참가한 이번 워크숍에서는 기후예측 자료에 대한 이해, 기후변화 및 분석에 대한 이론 강의와 APCC 기후정보서비스 통합플랫폼(CLIK) 종합 실습이 이루어졌다.

APEC기후센터는 기후예측 및 기후정보서비스 활용 교육을 통한 신규사용자 확보 및 수요에 부응하는 서비스 제공을 위해 이와 같은 사용자 참여형 프로그램을 지속적으로 운영할 예정이다.

12.

**APEC기후센터
신도식 원장,
국회정책토론회에서
‘미래사회에 대비한
기후예측 정보의
가치확산’을 주제로 발표**

APEC기후센터 신도식 원장은 7월 18일(화) 국회 의원회관 간담회실에서 개최된 ‘SI 기술 활용’ 기후예측 및 대응을 위한 토론회에서 ‘미래사회에 대비한 기후예측 정보의 가치확산’을 주제로 전 세계 유례없는 이상기후 현상의 증폭에 대한 심각성과 이를 대응하기 위한 기후예측 정보의 효과적인 활용에 대해 발표하였다.

이주환 국회의원과 홍석준 국회의원이 공동 주최한 이번 국회토론회에는 이주환 의원 등의 정책입안자와 관계부처 담당자, 유관기관 전문가 및 관계자 등 40여 명이 참석하여, 기후예측과 SI 기술의 현주소를 점검하고 더 나은 기후예측 정보의 생산과 이상기후에 대한 대응 기술력을 높이는 방안을 논의하였다.

13.

**APEC기후센터,
이주환 의원 초청
기후현안 정책간담회
개최**

APCC는 2023년 3월 31일(금)에 국회환경노동위원회(한노위) 소속 이주환 의원(국민의힘, 부산 연제구)을 초청해 부산지역 기후 현안과 관련된 정책간담회를 개최했다.

이날 개최된 정책간담회에서는 최근 태풍 및 폭우 등 기후변화에 의한 이상기후로 인해 발생하는 도심 침수와 같은 부산지역의 재난 현황과 함께 폭염·열대야에 따른 지역 산업체와 시민의 피해 심각성을 공유했다. 또한, 국회·기상청·APEC기후센터가 지역사회의 재난 예방과 피해 저감을 목표로 기후위기 대응 역량을 강화하기 위한 향후 협력 방안을 논의했다.

14.

**2023년 농업분야
탄소중립 목표이행
국회 토론회 개최**

정부의 2030 국가온실가스감축목표(NDC) 설정에 따라 농업분야의 탄소 중립 이행현황과 정부대책을 공유하고 실효성 있는 목표 이행방안 논의를 통해 정책 방향성을 도출하기 위해 농림축산식품해양수산위원회 정희용의원이 주최하고 농림축산식품부가 주관, APEC 기후센터와 그린랩스가 후원하는 국회 토론회를 3월 16일(목)에 국회 의원회관에서 개최하였다.

정희용 의원과 송언석 의원이 개회식에 참석하였고, 한국농촌경제연구원 김창길 원장의 주재로 그린랩스 파이낸셜의 김찬호 대표, 한국농업기술진흥원의 이길재 기후변화대응팀장, 국립축산과학원 이유경 연구사, 한국농촌경제연구원 정학균 선임연구위원, 국회입법조사처 김규호 입법조사관이 토론에 참여하여 열띤 토론을 펼쳤다.

15.

APCC-서울대학교 아시아연구소 업무협약 체결

APEC기후센터와 서울대학교 아시아연구소는 2023년 5월 12일(금) APCC에서 기후정보 활용을 극대화하여 한국을 포함한 아시아 지역 기후변화 대응과 지속가능한 발전에 기여함을 목적으로 하는 업무협력 협약을 체결하였다.

APCC 신도식 원장과 서울대학교 아시아연구소 박수진 소장이 양 기관을 대표하여 협약을 체결하였으며, 기후분석·예측 정보의 농림업 및 수자원 분야 활용을 통한 식량안보, 수자원 확보 및 탄소저감 사업 협력, 건강하고 지속가능한 생태·사회시스템 모니터링 및 기후변화 대응 분야 국내·외 공동 사업 협력 등에 협력할 예정이다.

16.

APCC-한국전력거래소 업무협약 체결

APCC와 한국전력거래소는 2023년 6월 14일(수), 한국전력거래소 회의실에서 국가기간 산업인 전력의 안정적 생산 및 공급관리에 기후정보가 중요한 영향을 미친다는 공동의 인식하에 상호 간 업무협력을 강화하는 협약을 체결하였다.

양 기관장이 참석하고 체결한 이번 협약을 통해 앞으로 기후예측정보 활용을 통한 에너지 안보대응, 기후변화 대응관련 국내·외 정보 교류 및 공동 사업 추진을 위해 협력할 예정이다.

17.

APCC-일본국립농식품 연구원 공동연구에 따른 시스템 운영을 위한 현업 협력 동의 체결

APCC는 2017년부터 2023년까지 일본국립농식품연구원(National Agriculture and Food Research Organization) 산하 농업환경변동연구센터(Institute for Agro-Environmental Science)와 계절예측 기반 전지구 작물수확량 변동 예측 모형 및 작물수확량 예측 정보서비스 시스템 구축에 관한 공동연구를 추진하였다.

공동연구로 구축된 시스템을 활용하여 APCC는 앞으로 수확 3개월 전 국가별 주요 작물에 대한 수확량 변동에 관한 예측정보를 제공할 예정이며, 이를 위하여 APEC기후센터와 일본국립농식품연구원 간 공동연구에 따른 시스템 운영을 위한 현업 협력 동의를 서면으로 체결하였다. 이 협약은 2023년 4월부터 2027년 12월까지 유효하다.

06

APEC기후센터

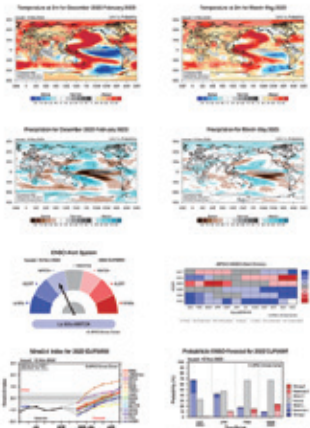
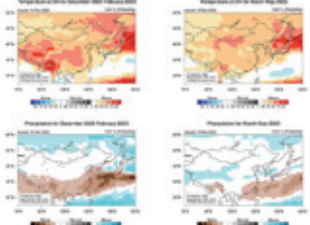
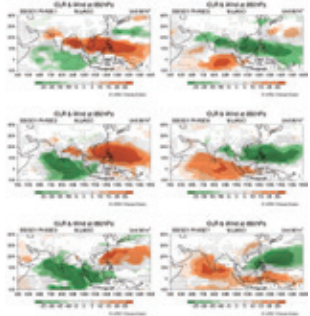
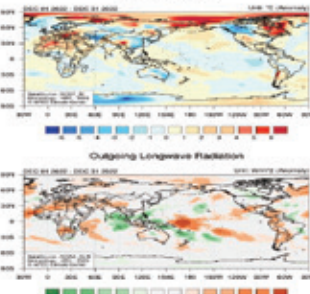


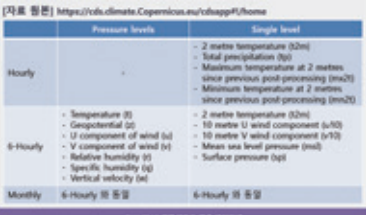
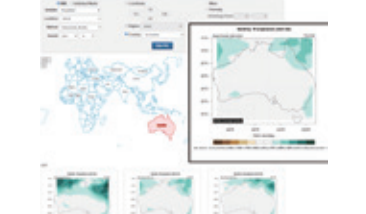
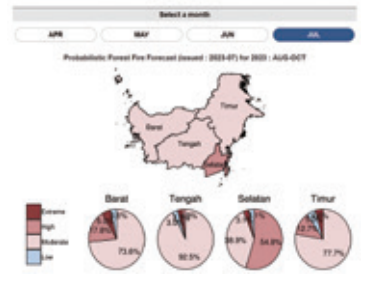
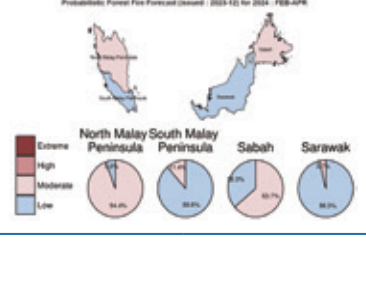
부록

부록 1.

APCC 기후정보 서비스

APCC에서 생산/수집/가공된 기후자료를 사용자가 더 효과적으로 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 APEC 회원국의 기후관련 기관에 제공 https://apcc21.org/ser/global/outlookSummary.do?lang=ko
	동아시아 계절예측		향후 6개월 기후정보에 대한 국내 기후정보사용자의 활용을 높이고 센터의 국내 기여를 강화하고자 동아시아 계절예측정보 제공 https://apcc21.org/ser/eastasia/outlook.do?lang=ko
	여름철 계절내 진동 예측		아시아지역의 여름철 몬순의 시기와 강도에 큰영향을 미치는 정보로, 15일~2개월 동안의 여름철 계절내 진동 모니터링 지수를 실시간으로 제공 https://apcc21.org/ser/meth.do?lang=ko
	기후현황		전지구 가뭄, 홍수 모니터링 정보와 같은 현재 기후현상 정보 제공 https://apcc21.org/ser/high.do?lang=ko

분류	서비스명	서비스 화면	설명
맞춤형 기후정보 서비스	APCC 기후서비스 통합 플랫폼 (CLIK: CLimate Information toolKit) https://cliks.apcc21.org	기후정보제공 서비스  기후정보 생산서비스  기후정보 처리 서비스 	APCC의 다양한 기후 정보 서비스를 하나의 통합플랫폼에서 제공 • 기후정보제공 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
	동남아시아 산불·연무 조기경보 예측 서비스 (인도네시아) 동남아시아 산불·연무 조기경보 예측 서비스 (말레이시아)	 	해당지역 6개월 강수량 예측 정보를 이용해 건기 (1년 중 강수량이 매우 적은 기간)인 8월부터 10월 기간 사이의 산불로 인한 화재·연무 발생 가능성과 관련된 예측정보를 매년 4월부터 7월 사이에 매월 20일 생산·제공 https://www.apcc21.org/prediction/fhewsid?lang=en 해당지역 6개월 강수량 예측 정보를 이용해 건기 (1년 중 강수량이 매우 적은 기간)인 2월부터 4월 기간 사이의 산불로 인한 화재·연무 발생 가능성과 관련된 예측정보를 매년 10월부터 1월 사이에 매월 20일 생산·제공 https://www.apcc21.org/prediction/fhewsm?lang=en

부록 2.

APCC 다중모델 양상블 참여기관 소개

1) ECCC(Environnement et Changement climatique Canada)

캐나다 기상청

2) HMC(Hydrometeorological Centre of Russia)

러시아 기상청

3) JMA(Japan Meteorological Agency)

일본 기상청

4) KMA(Korea Meteorological Administration)

한국기상청

APEC 기후센터는 전 세계 11개국 15개 기관의 기후예측 모델 자료를 수집하여 앙상블 기법을 적용한 고품질 기후예측정보를 매월 15일경 생산하고 있다. 이러한 실시간 예측정보는 APEC 기후센터 홈페이지를 통해 매달 제공되고 있다(<https://www.apcc21.org>).

다중모델 앙상블 예측 및 감시 정보 개선

2023년 11월부터는 APCC 기후전망을 사용자가 더 쉽게 이해할 수 있게 그림과 텍스트를 함께 배치하고, 특히 기온과 강수에 대한 MME 확률예측 그림 내 해당 지역에 대한 확률 카테고리 색깔을 텍스트와 함께 적용함으로써 기술된 전망의 지역 구분을 쉽게 할 수 있게 했다.

또한, 2024년 2월부터 새롭게 개편된 APCC 홈페이지를 통해 기후정보를 제공한다. 모든 웹페이지는 최신의 웹서비스 기술과 새로운 디자인을 사용하여 개편되었으며, MME 및 개별모델 기후예측, 기후현황, 기후지수에 대해 동적 웹 콘텐츠를 제공한다.

다중모델 앙상블 참여모델 개선

2022년에는 4개 기관의 모델(ECCC¹⁾, HMC²⁾, JMA³⁾, KMA⁴⁾)이 개선되었다. 개선된 모델들의 예측력을 평가한 후 MME(다중모델앙상블: Multi-Model Ensemble)에 적용하였으며 이들이 MME예측력 향상에 긍정적 영향을 주는 것으로 나타났다.



<APCC 다중모델 앙상블 참여기관>

부록 3.

여름철 계절내 진동(BSISO) 참여기관 소개

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

APCC는 아시아지역의 여름철 계절내 진동(BSISO: Boreal Summer IntraSeasonal Oscillation) 지수의 감시 및 예측정보를 5월부터 10월까지 매일 제공하고 있다. BSISO는 15-60 일 주기로 열대 인도양에서 발생하여 점진적으로 주로 북진하며 아시아 지역의 여름 몬순과 대기 순환, 날씨에 영향을 주는 대규모 대류현상이다. BSISO 지수는 30-60일 주기로 북진하는 모드 BSISO1과 10-30일의 주기로 북진/북서진하는 모드 BSISO2로 표현되며 주요 대류활동 위치에 따라 각각 8개의 위상으로 분리할 수 있다. 현재는 4개 기관 (NCEP¹⁾, ECMWF²⁾, CWA³⁾, BOM⁴⁾) 모델 5개로 운영되고 있다.

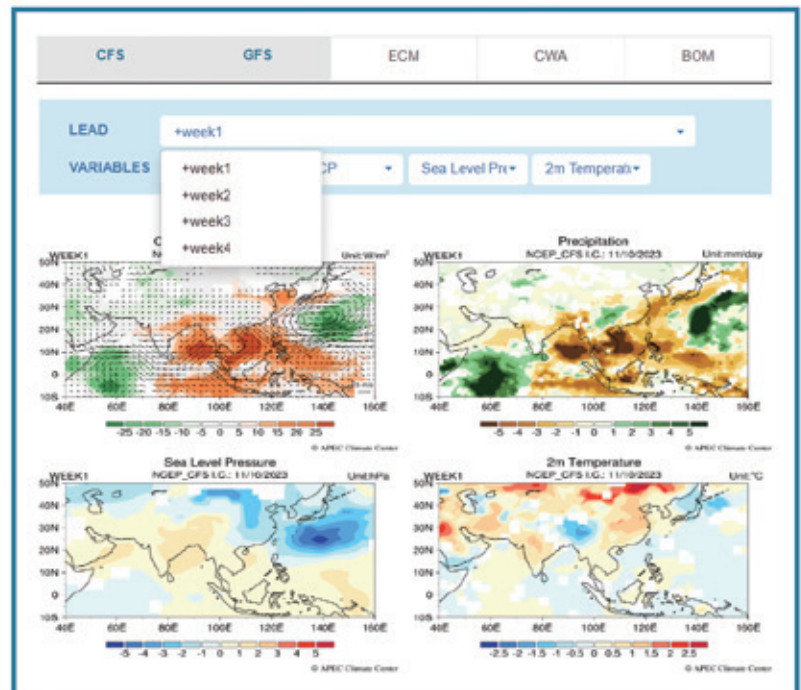
2022년부터 WMO(World Meteorological Organization)의 기후 평년값 권고 기준에 따라 APCC의 BSISO(BSISO: Boreal Summer Intra-Seasonal Oscillation) 계절예측시스템의 평년 기간을 1981~2010년에서 1991~2020년의 30년으로 변경하여 BSISO 정보를 생산하여 제공하였고, 이와 함께 홈페이지를 통해 제공되는 그림의 가독성과 가시성을 높였다.

2023년에는 한반도에 미치는 BSISO의 영향을 보다 명확하게 나타내기 위해 영향장 계산 영역을 기존 10S~40N, 40E~160E에서 10S~50N, 40E~160E로 위도를 북쪽으로 10도 확장하였고 예측기간을 기존 3주에서 4주 이상으로 확대하였다.

• BSISO Impact Anomaly

TOP

The BSISO impact anomaly shows the expected local impacts of the BSISO activity over the Asian monsoon region in 1-3 weeks. This is the reconstructed field based on composite of the historical BSISO index (1991-2020) for various variables such as temperature, precipitation, wind field, and other relevant variables.



<APCC BSISO 영향장 영역 및 예측기간 확장 결과예시>

부록 4.

논문

1. OkYeon Kim, Chang-Mook Lim, 16 June 2023

Predictability of the Western North Pacific Subtropical High and associated East Asian monsoon rainfall in APCC Multi-models, JGR Atmospheres Volume 128 Issue 13,
<https://doi.org/10.1029/2023JD038476>

2. Suryun Ham, Yeomin Jeong, Jin Ho Yoo, Somin Lim, Heesook Ji & Yu-Kyung Hyun, 30 October 2023

What is the effect of atmospheric initial condition inconsistency between the hindcasts and real-time forecasts?, Climate Dynamics, Online First,
<https://doi.org/10.1007/s00382-023-06972-8>

3. Jung, Imgook, Hwang, Syewoon, Cho, Jaepil, 30 January 2023

Comparative Evaluation of Reproducibility for Spatio-temporal Rainfall Distribution Downscaled Using Different Statistical Methods, Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers (한국농공학회논문집) Volume 65 Issue 1, PP. 1-13,
<https://doi.org/10.5389/KSAE.2023.65.1.001>

4. Kim, Seon Tae, Lee, Woo-Seop, Jung, Il-Won, Han, Jeong-Min, Byun, Young-Hwa, Kim, Jin-Uk, 14 Apr 2023

Change in Extreme Precipitation by Watersheds of South Korea Under Future Shared Socio-Economic Pathway (SSP) Scenarios, Journal of Climate Change Research 2-23, Volume 14, No. 2, PP.83-93(11 pages),
<https://doi.org/10.15531/KSCCR.2023.14.2.083>

5. Uran Chung, Jinyoung Rhee, Miae Kim, Soo-Jin Sohn, 30 June 2023

Investigating Data Preprocessing Algorithms of a Deep Learning Postprocessing Model for the Improvement of Sub-Seasonal to Seasonal Climate Predictions, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, Volume 25 Issue 2, PP. 80-98,
<https://doi.org/10.5532/KJAFM.2023.25.2.80>



APEC기후센터 2023년도 연차보고서

APEC기후센터 2023년도 연차보고서의 제작을 위해
물심양면으로 노력과 지원을 아끼지 않으신
센터의 모든 직원과 국내외 협력기관들에게 감사드립니다.

발행처 (재)APEC기후센터
기획·제작 대외협력과(APCC)

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





APEC기후센터

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

www.apcc21.org