

기후 분과 / 기후 4-1

동아시아 기후변화 추세와 한반도 기상재해 변화 평가

민승기¹, 김연희¹, 이명인², 국종성³, 손석우³, 정지훈⁴

¹포항공과대학교 환경공학부

²울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

³서울대학교 지구환경과학부

⁴세종대학교 환경융합공학과

동아시아 장기 기후변화 추세와 한반도 기상재해 변화를 종합적으로 평가하여 최근 발간된 한국 기후위기 평가보고서(2025)에 수록하였다. 동아시아 장기간의 기후변화 추세와 극한지수의 변화에 대한 최근 연구 방법론과 결과를 정리하였으며, 열대 및 북극기원 기후변동성과 여름과 겨울몬순이 한반도에 미치는 영향과 그 변화를 평가하였다. 또한 한반도에서 발생한 최근 기상재해의 변동성과 원인규명 연구들을 기온관련 재해와 강수관련 재해로 나누어 정리하였다. 동아시아 극한 고온 지수의 뚜렷한 증가 추세와 한반도 극한 고온 발생 확률의 증가는 인위적 온실가스 증가에 의해 설명되었다. 동아시아 극한 강수에 대한 탐지 연구가 수행되어 시도되었고 온실가스 강제력이 주요 원인으로 규명되었다. 엘니뇨의 한반도 기후 영향은 계절 내에서도 매우 다양하게 나타나며, 열대 지역 강수, 아열대 지역의 해수면온도, 북대서양과 인도양의 변동성과 연관되어 있다. 동아시아 전역에 걸쳐 집중호우가 뚜렷하게 증가하고 있으며, 이는 동아시아 여름몬순의 장기 변동성과 연동되어 한반도 7-8월 강수 증가로 이어졌다. 한반도를 포함한 동아시아 지역에서 한파와 극한 고온이 교차하는 계절내 변동성이 증가하고 있다. 한반도 폭염과 열대야 발생 빈도와 강도가 더욱 뚜렷해졌으며, 한파 발생 빈도는 감소하는 경향을 보인다. 여름철 집중호우의 증가 추세가 뚜렷해졌으며, 경년변동성이 크게 증가하였다. 북서태평양 해양상층의 온난화로 태풍 최대강도 위도가 북쪽으로 이동하고, 동아시아 해안지역의 태풍 극한강수가 증가하였다. 봄, 가을, 겨울철의 습도 변동성이 커지면서 가뭄발생의 위험성이 높아졌고, 여름철에는 폭염형 급성 가뭄이 뚜렷하게 증가하였다.

Keywords: 기후변화 추세, 원인규명, 기후변동성, 한반도 기상재해

기후 분과 / 기후 4-2

2025년 8월 강릉 가뭄 상황 진단과 전망

이광훈, 감종훈

포항공과대학교 환경공학부

강릉시 생활용수는 오봉저수지가 약 85%를 책임진다. 2025년 8월 오봉저수지 저수율이 15%까지 내려가면서 정부는 재난 및 안전 관리 기본법 제 60조를 자연재해로는 처음으로 재난 사태 선포를 하였다. 특별재난지역 지정은 피해복구와 주민 지원을 재정적/행정적 조치인 반면, 재난 사태 선포는 현장의 긴급 대응을 위해 법적/행정적 강제력을 부여하는 조치이다. 강릉 가뭄 재난 사태 선포 이후, 75%에 달하는 수도 계량기 잠금 방식의 제한 급수 조치가 시행되고 있으며, 소방차를 동원한 하루 약 1만톤의 물을 공급하고 있다. 본 발표에서는 기상청에서 제공하는 1990년 1월부터 2025년 8월까지의 일별 강수량 데이터를 이용하여 계산한 강원도 지역들의 자가보정가뭄유효지수를 통해 다른 지역의 가뭄 상황과 강릉지역의 과거 가뭄 사례들을 비교하여 2025년 강릉시 가뭄의 심각성을 진단하고 저수지 저수율의 변화와 발생원인에 대해서 알아보려고 한다. 더 나아가 자가보정가뭄유효지수를 통해 강릉 가뭄 해갈에 필요한 9월의 강수량을 산정하고 유럽중기예보센터에서 제공하는 계절내-계절 예보 데이터를 이용한 9월의 강릉 가뭄 전망을 알아보려고 한다.

Keywords: 가뭄, 재난 사태 선포, 강릉, 오봉저수지, 자가보정가뭄유효지수

기후 분과 / 기후 4-3

남한지역 주요 5개 도시의 여름 더위 현상 일수의 변화 경향

현종훈, 이세영

주식회사 투씨솔루션

여름의 길이 증가와 폭염 심화는 대표적인 지구 온난화로 인한 기후변화로 인지되고 있으며, 일반인들도 여름이 더 더워지고 더 길어졌다고 체감하고 있으나 과거에 비해 어느 정도 여름이 더 길어지고 더 더워졌는지에 대한 분석은 충분하지 않다. 특히 선행 연구들은 기상청 특보 기준을 활용하여 폭염을 정의하고 분석한 경우가 많으며, 이로 인해 열 관련 질환 발생률 증가나 일반 대중들이 체감하는 더위 수준을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 따라서, 열 질환 발생의 지표인 일 최고 기온 30°C 이상 사례에 대한 발생 경향을 남한지역의 주요 5개 도시에 대해 수행하였다.

조사방법은 남한지역 주요 5개 도시인 서울, 대전, 광주, 대구, 부산의 1973년부터 2025년까지 5월부터 9월까지의 최고, 최저 기온 자료를 대상으로 하였고, 자료 분석을 통해 여름 계절 길이가 계속해서 증가하고 있고, 조사기간의 여름길이는 10년에 4.8일 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 일반인이 더위를 체감하는 30도 이상 발생 일수도 계속 증가하는 것으로 분석되었으며, 최근 10년에 그 증가율이 급증함을 확인하였고 이는 여름 더위의 강도도 더 심화되고 있음을 의미한다.

Keywords: 폭염, 여름 길이, 더위 경향, 5대 도시 여름 기온 관측 분석

기후 분과 / 기후 4-4

남극 세종·장보고기지 극한기상 발생 변동성의 과거 분석과 CMIP6 기반 미래 전망

이지연, 최태진, 박상중

극지연구소 해양대기연구본부

남극은 지구 평균보다 빠르게 기후변화가 진행되는 지역으로, 작은 기후 변화가 극한기상으로 증폭되어 나타난다. 이러한 극한 현상은 기후 시스템에서 나타나는 초기 변화를 감지할 수 있는 중요한 지표이며, 전 지구 기후위험 평가에도 큰 의미를 가진다. 따라서 남극에서의 극한기상 변동성을 정량적으로 평가하는 것은 기후변화 대응을 위한 필수라 할 수 있다.

본 연구에서는 ERA-20C 재분석자료(1900-2010)와 CMIP6 EC-Earth3 모형 SSP2-4.5 실험(2021-2100)의 일평균 기온 및 풍속 자료를 활용하여, 남극 세종기지와 장보고기지 인근에서 발생하는 고온·저온·강풍 사례의 변동성을 과거와 미래로 구분해 분석하였다. ERA-20C 재분석 결과, 세종기지에서는 1980년대 이후 고온 사례 빈도가 급격히 증가하고 저온 사례는 감소하는 경향을 보였으며, 장보고기지에서는 고온 사례가 비교적 일정하게 발생한 반면, 저온 사례는 최근 수십 년간 뚜렷한 감소 추세를 보였다. CMIP6 기반 미래 전망에서는 세종기지에서도 최고 기온이 9.5°C, 최저 기온 -20.3°C, 최대 풍속 24.0 m/s로 나타나 과거 대비 각각 +6.3°C, +8.3°C, +2.0 m/s 상승하였다. 장보고기지에서는 최고 기온 5.2°C, 최저 기온 -33.0°C, 최대 풍속 15.8 m/s로 예측되었으며, 이는 과거보다 각각 +8.7°C, +13.0°C, +2.3 m/s 증가한 값이다. 두 기지 모두에서 2060년 이전에는 저온 사례가, 이후에는 고온 사례가 집중되는 공통된 특징이 나타났으며, 10년 단위로 상위 10% 고온·저온 평균을 분석한 결과 2100년까지 지속적인 증가 경향이 확인되었다.

이러한 결과는 과거 재분석과 미래 전망을 통합하여 남극 기지 인근의 극한기상이 온난화에 따라 뚜렷한 변화 추세를 보이고 있음을 제시하였다. 이러한 결과는 남극이 기후변화에 민감하게 반응하는 지역임을 실증적으로 보여주며, 전 지구적 기후위험 대응 전략 마련에 중요한 과학적 토대를 제공할 것으로 기대된다.

Keywords: 남극세종기지, 남극장보고기지, 극한기상, CMIP6, SSP2-4.5

※ 이 연구는 극지연구소 기관고유사업(PE25030, 남극 기후 환경 변화 이해와 전지구 영향 평가)의 지원으로 수행되었습니다.

기후 분과 / 기후 4-5

다중위성 토양수분 자료동화 기반 지면초기조건 개선을 통한 2022년 남중국 폭염-가뭄 사례 예측성능 평가

탁선래¹, 서은교², 이준리¹, 이명인¹

¹울산과학기술원 지구환경도시건설공학부
²부경대학교 환경대기학과

폭염은 막대한 사회·경제적 피해를 유발하며, 피해 예방과 대응을 위해 예측 성능의 향상이 필수적이다. 특히 계절내 예측 성능은 지면 초기조건에 크게 좌우된다. 본 연구는 2022년 남중국 폭염-가뭄 사례를 대상으로, 지면 초기화와 다중 위성 토양수분 자료동화를 통해 지면 초기조건을 개선했을 때의 예측 성능 향상을 평가하였다. 이를 위해 (1) 기후값 처방(Clim), (2) 지면모델 분석장 기반 초기화(noDA), (3) 다중 위성 토양수분 자료동화 기반 초기화(DA)의 세 가지 실험을 수행하였다. 초기화 이후 선행시간 3-4주 구간에서 지면 초기화 및 위성 DA의 효과로 토양수분과 일최고기온 예측 성능이 유의하게 개선되었으며, 폭염 발생 유무와 강도 예측도 향상되었다. 건조한 지면 초기조건 처방에 따라 토양수분-최고기온 민감도가 증가하는 hyper-sensitive regime의 모의가 강화되고, 지면-대기 결합도가 개선되면서 지표면 관련 예측성이 높아졌다. 특히 noDA 대비 DA 실험에서 위성 기반 동화가 water-limited 및 energy-limited regime의 표현을 개선하여 폭염 예측 성능 향상에 기여함을 확인하였다. 본 연구의 결과는 현실적인 지면 초기조건을 통한 지면-대기 상호작용의 정밀 모의가 토양수분뿐 아니라 복합 재난의 예측 성능 제고에도 핵심적임을 시사한다. 따라서 지면 초기조건 개선을 위한 위성 기반 지면 자료동화 기술의 고도화가 필수적이다.

Keywords: 토양수분, 폭염-가뭄, 지면 초기화, 위성 자료동화

※ This work was funded by the Korea Meteorological Administration Research and Development Program “Operating and Developing Global Seasonal Forecast System” (KMA2018-00322).

Human contribution to hot-wet compound extremes in East Asia quantified using large-ensemble RCM simulations

Chae-Yeon Shim¹, Seung-Ki Min^{*1}, Donghyun Lee², Sarah Sparrow³, Myles R. Allen⁴

¹Division of Environmental Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology

²Department of Physics, Imperial College London

³Oxford e-Research Centre, Department of Engineering Science, University of Oxford

⁴Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics, Department of Physics, University of Oxford

During the summer of 2020, East Asia experienced significant disruptions due to hot-wet compound extremes (HWCEs). The human-induced factors contributing to these events and their future patterns are not well understood. This research uses extensive regional climate simulations from the Weather@Home framework to pinpoint HWCEs hotspots in subregions such as the Korean Peninsula (KP), southern Japan (JS), and the southern Yangtze River Basin (YS). It also assesses the impact of greenhouse gases (GHG), aerosols, and natural variability on the risk of HWCEs. Unlike earlier studies that focused on individual nations or single-variable extremes, this research adopts a multivariate compound-event approach tailored for East Asia's most susceptible subregions. Attribution experiments indicate that GHG forcing is the primary driver of elevated HWCE risk over all subregions, while in JS both the ALL and GHG-forced ensembles show higher HWCE risk with only small differences between ALL and GHG. Projections suggest rising HWCE risk under additional warming: KP already exhibits a clear increase at 1.5 °C of global warming, whereas JS and YS show significant increases at 2 °C, with further intensification at higher warming levels. These results underscore the urgent need for effective GHG mitigation strategies and improved high-resolution modeling to address HWCEs risks. Crucially, a robust climate policy is vital to reduce the escalating social and economic losses that HWCEs pose to East Asia's densely populated areas.

Keywords: Hot-wet compound event, Risk Assessment, Regional climate simulations, EastAsia