

# “대규모 대기 흐름이 이처럼 강력해진 이유는?” GIST, 한-미 공동연구 이끌어 겨울철 북반구 이상기후 현상의 발생 요인 규명

- 윤진호 교수팀이 주도한 한-미 공동연구팀, 과거 70년 기후자료 및 모델전망자료 분석 통해 '지구온난화'가 북미 겨울철 대기 흐름 변화의 주요인임을 밝히고 발생 기작 확인
- 온실가스 배출이 전지구기후시스템에 미치는 영향 보다 명확히 밝혀... 기상학 분야 저명 국제학술지 <npj Climate and Atmospheric Science> 게재



▲ (왼쪽부터) 지구·환경공학부 이주은 박사과정생, 윤진호 교수

지구온난화로 지구촌 곳곳에서 이상기후 현상이 발생하고 있는 가운데 **중위도 지역에서 가뭄, 폭우 등 극한기상 현상이 점점 더 빈번하게 발생하고 있다**는 연구 결과가 나왔다.

한-미 공동연구팀은 특히 캘리포니아를 포함한 북미 서부 지역에 최근 들어 극한의 폭우와 가뭄이 번갈아 발생하고 있는데, 이러한 현상이 **대기의 대규모 흐름, 그리고 그 변화와 밀접한 연관이 있는 것으로** 확인됐다고 밝혔다.

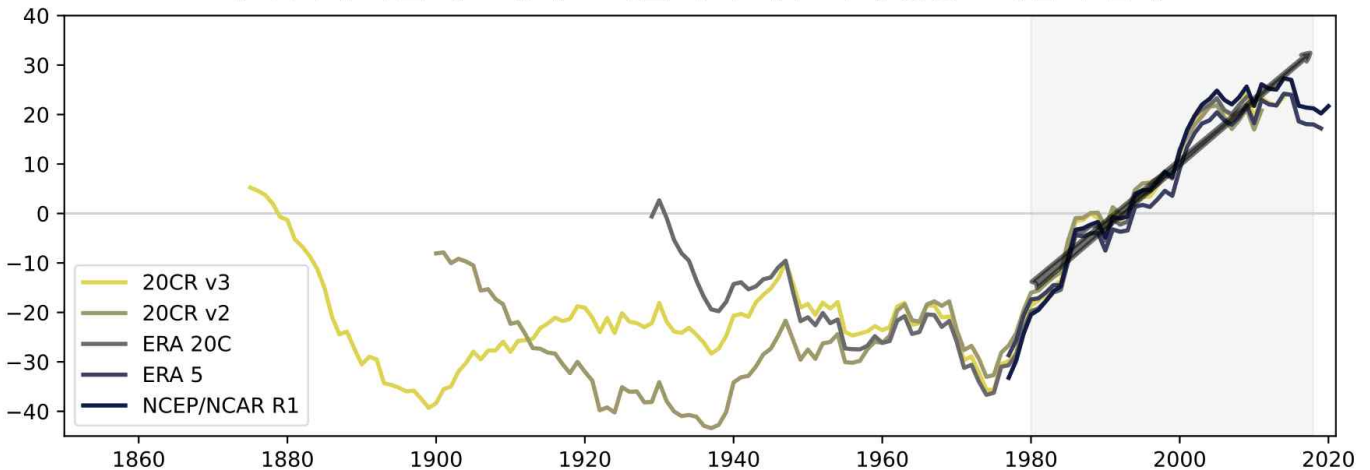
광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 지구·환경공학부 윤진호 교수가 주도한 국제공동연구팀이 지난 70년간(1951-2020년)의 다양한 기후자료와 온실가스 및 에어로졸 강제력에 의한 기후모델 모의결과를 종합적으로 분석한 결과\*, **인간이 유발한 지구온난화가 겨울철 대기의 대규모 흐름을 더욱 증폭시키며, 이는 널리 알려진 원격상관 패턴\*들 간에도 유의미한 관계의 변화를 유도한다고** 분석했다.

\* 연구팀은 과거 기후변화를 분석하기 위해 미국 국립해양대기청(NOAA), 환경과학협력연구소(CIRES), 에너지부(DOE)가 공동으로 제공하는 'NOAA/CIRES/DOE 20<sup>th</sup> Century Reanalysis'의 버전2와 버전3 자료, 유럽 중기 기상 예보센터(ECMWF)의 'ERA 20세기 재분석' 및 'ERA5' 재분석 자료, 미국 국립환경예측센터(NCEP)와 국립대기연구센터(NCAR)가 제공하는 'NCEP-NCAR 재분석' 자료를 사용하였다. 온실가스 및 에어로졸 강제력 기후 전망 자료로는 미국 국립대기연구센터의 'Community Earth System Model version 1(CESM1) Large Ensemble Community Project(LENS)' 자료를 활용하였다.

\* **원격상관 패턴:** 기후학에서 '원격상관 패턴'은 한 지역의 기후 변화가 먼 다른 지역의 기후 변화와 연결되어 있는 현상을 말하며, 이러한 현상은 대기 파동 변화 및 대기-해양 상호작용 등 기후 시스템의 동적 과정을 통해 발생하는 현상을 말한다.

또한 겨울철 북반구 날씨를 좌우하는 대기의 대규모 흐름(행성파, Planetary Wave)은 미국 서부에는 고기압을, 동부에는 기압골(trough)을 발달시키는데 최근 들어 이들의 변화가 갖는 연관성이 점점 더 깊어지는 한편 세력이 서로 강화되면서 북미 쌍극자 패턴(North American Winter Dipole; NAWD)으로 변화하며 북미 지역 겨울철 기후에 큰 영향을 미치는 것으로 알려졌다. 뿐만 아니라 북미 서부 지역의 겨울철 강수 패턴과 그 변화에도 영향을 미치는 것으로 확인됐다.

과거 관측 기반 자료에서 보이는 북미 서부 지역 상층고기압의 변화



▲ 북반구 겨울(12월-1월-2월) 북미 서부 대류권 상층부(200-hPa) 고기압 강화 시계열 그림. 여러 과거 기후 자료로 계산된 북미 서부의 고기압 강화 시계열 그림. 최근으로 오면서 북미 서쪽의 고기압이 강화되며 이는 겨울철 대규모 대기 파동의 증폭 및 정체로 이어짐.

연구팀은 이러한 현상들이 온실가스의 증가로 인한 지구온난화로 인해 태평양 지역의 제트기류가 북쪽으로 이동하는 현상에 기인하고 있다고 분석했다.

특히 이러한 제트기류가 북쪽으로 이동하면서 알래스카 지역의 산악지역으로 더 많은 남풍이 불어오게 함으로써 궁극적으로 더욱 센 상승 기류를 일으키는 점에 주목하여, 그 지역에 형성되는 고기압 강화의 주요 요인으로 지구온난화를 지목했다.

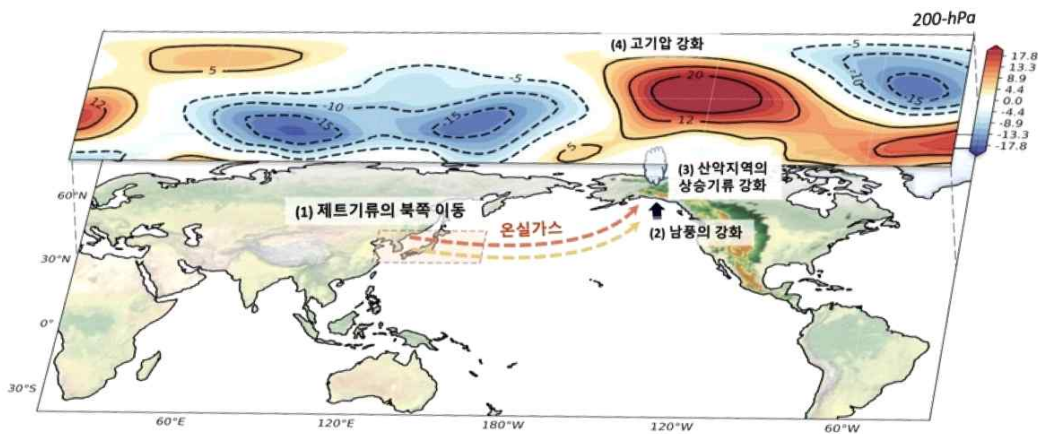
많은 선행연구에서는 뚜렷한 연관성을 찾지 못했던 ▲ 제트기류의 북쪽 이동과 ▲ 미국 서부 지역의 고기압 강화, 그리고 ▲ 대규모 대기 흐름의 강화 모두가 인간의 활동에서 기인한 온실가스 배출로 인해 발생할 수 있다는 사실을 더욱 명확하게 뒷받침하는 것이라고 연구팀은 설명했다.

또한, 이번 연구 결과로 더욱 온난화된 미래의 기후 상황에서 대기의 대규모 흐름은 지속적으로 강화할 것이며, 북미 서부 지역의 예측 불가능한 극단적 수문기후\* 현상의 증가와 강화된 행성파\*가 지역적 기후변화에 미치는 영향을 더욱 강조할 것이라고 전망했다.

\* **수문기후:** 장기간에 걸친 대기과 지표면 사이의 물순환과 물수지 변화를 감시하고, 이들이 가뭄, 홍수, 물관리 등에 미치는 영향을 예측·평가하는 분야를 말한다.

\* **행성파:** 행성 대기 가운데에서 공통으로 관측되는, 띠 모양의 바람과 같은 대규모적인 풍계(風系). 중위도에서 주로 대류권 상층에 일어나는 편서풍대의 파장이 긴 파동 같은 것이다.

윤진호 교수는 "이번 연구는 지구온난화로 인한 전지구기후시스템의 변화를 더욱 깊이 이해하는 데 도움이 될 것"이라고 설명하며, "이러한 현상이 전적으로 인간의 활동에서 기인한 온실가스 배출의 영향에 의해 발생할 수 있다는 사실을 더욱 명확하게 제시하며, 미래 기후예측 모델링에 있어 연구팀이 제시한 기작을 중요한 고려 요소로 적용할 수 있다"고 말했다.



▲ **인간활동에 의한 강제력에 따른 태평양 제트기류의 변화와 그에 따른 미국 서부의 고기압 강화 발생 기작에 대한 모식도 (1), 기후전망 모델 온실가스 강제력 실험에서의 태평양 제트의 북쪽 이동 (2), 그에 따른 제트 출구에서 유입되는 남풍의 강화 (3), 유입된 바람이 알래스카 산악 지형에 의해 강한 상승기류의 형성 (4), 결과적으로 대류권 상층부의 강한 고기압 발생.**

한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이번 연구는 GIST 지구·환경공학부 윤진호 교수와 이주은 박사과정생이 주도했으며, 유타주립대학교 Shih-Yu(Simon) Wang 교수, 서울대학교 손석우 교수, 김대현 교수, 전남대학교 정지훈 교수, KAIST 김형준 교수가 참여했다.

연구 결과는 기상학 분야의 국제 저명학술지인 **네이처(Nature) 자매지 '기후와 대기 과학(npj Climate and Atmospheric Science)**'에 2024년 3월 7일 온라인으로 게재되었다.

## 논문의 주요 정보

## 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : npj Climate and Atmospheric Science\* (Impact Factor: 9)  
\* 기상학 분야 저명한 국제학술지로 상위 10% 이내 (5/94) 학술지
- 논문명 : Evolving winter atmospheric teleconnection patterns and their potential triggers across western North America
- 저자 정보 : Jueun Lee (제1저자, GIST 박사과정생), Shih-Yu (Simon) Wang, Seok-Woo Son, Daehyun Kim, Jee-Hoon Jeong, Hyungjun Kim, Jin-Ho Yoon (교신저자, GIST 교수)