

지구 메타버스 기술을 이용한 지구온난화와 태풍 호우 빈도의 상관관계 증명

Attributing Typhoon Heavy Rainfall to Global Warming Using Meta-Earth Technology

연구책임자 | 김형준 소속학과 | 문술미래전략대학원

연구실 홈페이지 | <http://hklab.org>

태풍은 우리 사회에 막대한 피해를 주는 자연재해 중 하나로, 태풍 유래의 호우 빈도에 인간 활동에 의한 온난화가 어느 정도 영향을 미치는지 연구하였다. 본 연구에서는 과거 약 50년간 중국 남동부의 연안 지역부터 한반도 그리고 일본에 걸친 지역에서 태풍 호우의 빈도가 증가하고 동아시아의 남쪽 지역에서는 감소한 사실을 발견했다. 인간 활동에 의한 온실가스의 배출이 있는 지구와 그렇지 않은 지구를 시뮬레이션 한 지구 메타버스 실험을 이용한 결과 이와 같은 변화가 인간 활동에 의한 온난화의 영향이 지배적이었음을 세계 최초로 증명했다.

연구배경

태풍에 의한 호우는 홍수나 산사태 등 인간 사회에 커다란 위협이다. 따라서 태풍이 초래하는 호우(이하, 태풍호우)는 방재, 보험, 농업, 관광업 등, 다양한 분야에서 중요한 정보이다. 기후모델을 이용한 미래 시뮬레이션에 따르면, 온난화에 의해 미래 태풍의 변화가 예측되고 있으며, 관측의 결과 태풍호우의 빈도가 과거 몇십년 동안 변화되어왔음이 세계 각지에서 보고되고 있다. 하지만 태풍의 활동은 우연성이나 기후 시스템의 자연변동성에 의해 크게 영향을 받으므로 과거에 관측된 변화가 자연변동에 의한 것인지, 인간활동에 의한 온난화의 영향인지는 명확하게 밝혀진 바가 없다.

연구내용

본 연구에서는 한반도와 일본을 포함하는 북서태평양 영역 태풍호우의 빈도가 과거 50년간 유의미하게 변했음을 확인했다. 나아가 기후모델에 의한 지구 메타버스 시뮬레이션 데이터를 이용함으로써 관측된 변화는 인간활동에 의한 온난화의 영향임을 밝혔다.

그림1(좌)는 북서태평양 영역의 관측 데이터에 근거한 과거 약 50년간(1961년~2015년)의 태풍호우 빈도변화이다. 동아시아의 연안 지역은 태풍호우의 빈도가 증가하는 한편 북위 22도 남쪽은 태풍호우 빈도가 감소한 지역을 많이 볼 수 있으며 이는 북서태평양 영역 내에서도 태풍호우의 변화는 균일하지 않음을 알 수 있다. 기후모델은 서로 다른 가상의 지구(즉, 온난화와 비온난화 지구)에서 태풍호우 빈도를 비교함으로써 인간활동에 의한 온난화가 태풍호우에 주는 영향을 조사했다(즉, 지구 메타버스 실험). 그림1(우)는 지구 메타버스 실험을 이용해 추산한 태풍호우의 빈도변화이다. 온난화의 영향은 동아시아 연안 지역에서 태풍호우의 빈도를 증가시키나 저위도의 넓은 영역에서는 감소시키는 것을 알 수 있다. 이런 지리적 분포는 그림1(좌)에서 보이는 특징과 일치하며, 관측된 태풍호우의 빈도 변화는 인간 활동에 의한 온난화가 영향을 주고 있다는 점을 시사한다.

관측과 시뮬레이션의 공간 패턴이 일치하는 것이 우연성 혹은 자연변동성이 아닌 인류세적 기후변화에 의한 필연적

결과임을 확인하기 위해 지구 메타버스 실험과 핑거프린트 분석을 이용했다. 그림2는 관측 데이터와 비온난화실험 각각에 대해 인간에 의한 기후변동 지문(이하 인류세 지문)의 신호를 보인다. 비온난화 지구에서 인류세 지문은 신호가 대체로 0부근에 머무르나 관측 데이터에서 나타나는 인류세 지문의 신호는 1970년대 이후 강한 증가를 보인다. 관측 데이터와 비온난화 지구에 대한 인류세 지문의 시간변화율(그림2 각각의 선의 기울기)을 서로 비교하고 전자가 후자보다 우연으로는 설명하기 힘들 만큼 클 때 온난화의 영향에 대한 가설을 검증할 수 있으며, 그림3으로 인간활동에 의한 온난화의 영향이 태풍호우의 빈도변화에 명백함을 증명하였다.

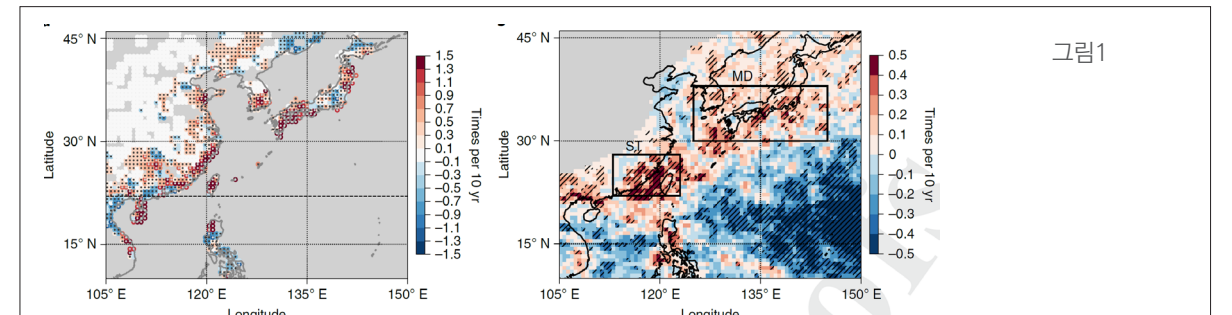


그림1

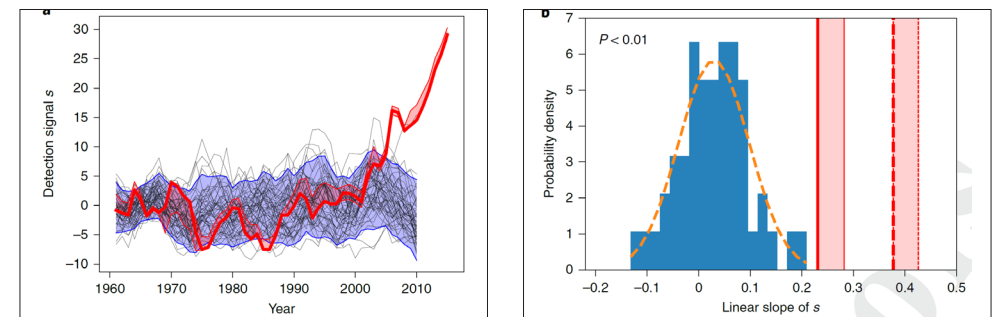


그림2 그림3

기대효과

본 연구는 북서태평양 지역 태풍호우의 빈도변화에서 인간 활동에 의한 온난화의 영향이 이미 뚜렷하게 나타나 있음을 밝혔다. 북서태평양 지역은 전 세계적으로 태풍의 활동이 가장 활발한 지역중 하나이며, 특히 태풍의 영향이 큰 연안 지역에는 많은 인구가 집중되어 있고 경제 규모가 큰 메가시티(Mega-city)가 다수 존재한다. 기후변화 대책에 있어서 투자 비용과 효과를 최적화하기 위해서는 정확한 기후변화 영향평가가 필수적이다. 본 연구는 최근 일어난 그리고 가까운 미래에 일어날 기후변화가 극단적인 기상현상 중 특히 동아시아 지역 태풍에 주는 영향을 이해하고 평가하는데 매우 중요한 정보를 제공한다.

연구성과

- [논문 1] Utsumi, N. and H. Kim (2022) Observed influence of anthropogenic climate change on typhoon heavy rainfall, *Nature Climate Change*, 12, 436–440 [Impact Factor = 28.862]
- [논문 2] Shiogama, H., M. Watanabe, H. Kim and N. Hirota (2022) Emergent constraints on future precipitation changes, *Nature*, 602, 612–616 [Impact Factor = 69.504]

연구비 지원

- 한국연구재단 해외우수과학자유치사업(BP+), 인류세연구센터