

대기 중 이산화탄소 농도에 따른 태풍 최대풍속 변화 시뮬레이션 연구

2026.05.27.

31104 박강민, 3**** A, 3**** B

국문요약

본 연구는 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 해수면 온도 상승을 유발하고, 그 결과 태풍의 최대풍속이 강화될 수 있다는 가설을 검증하기 위해 수행되었다. 연구 대상 태풍으로는 2022년 발생한 제11호 태풍 힌남노를 선정하였으며, 한국형 지구과학 시뮬레이터(KES)에 태풍 시뮬레이터를 구현하여 이산화탄소 농도 변화에 따른 최대풍속 변화를 분석하였다. 2022년 평균 이산화탄소 농도 417ppm 조건과 미래 예상 농도인 500ppm 조건을 비교한 결과, 시뮬레이션상 최대풍속은 약 6m/s 증가하였다. 이는 해수면 온도 상승이 태풍 강도 증가에 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 다만 본 연구는 기압계 구현의 한계와 변수 통제의 단순화라는 제한점을 가지므로, 후속 연구에서는 해수면 온도, 기압, 수직시어, 습도 등 다양한 기상 변수를 함께 고려할 필요가 있다.

주요어: 이산화탄소, 지구 온난화, 해수면 온도, 태풍, 최대풍속, 시뮬레이션

1. 서론

1-1. 연구 동기 및 목적

지구 온난화로 인해 폭염, 집중호우, 가뭄, 태풍 등 다양한 자연재해의 발생 양상과 강도가 변화하고 있다. 지구 온난화를 유발하는 대표적인 온실가스 중 하나는 이산화탄소이며, 대기 중 이산화탄소 농도의 증가는 지구 평균 기온 상승과 밀접한 관련이 있다. 또한 태풍은 따뜻한 해수면으로부터 에너지를 공급받아 발달하는 열대 저기압이므로, 해수면 온도 상승은 태풍의 강도 변화에 영향을 줄 수 있다. 이에 본 연구에서는 “대기 중 이산화탄소 농도가 증가하면 해수면 온도가 상승하고, 그 결과 태풍의 최대풍속이 증가할 것이다”라는 가설을 설정하였다. 이를 검증하기 위해 태풍 시뮬레이터를 제작하고, 실제 태풍 사례를 바탕으로 이산화탄소 농도 변화에 따른 태풍 최대풍속 변화를 분석하고자 한다.

1-2. 역할 분담

본 연구는 총 3인의 연구자가 참여하였다. 31104 박강민 학생은 시뮬레이터 개발을 담당하였고, 3**** A 학생은 발표 자료 제작 및 발표를 담당하였다. 3**** B 학생은 관련 자료 검색과 정리를 수행하였다. 시뮬레이터는 ‘한국형 지구과학 시뮬레이터(KES)’ 내에 태풍 시뮬레이터를 제작하는 방식으로 구현하였다.

1-3. 이론적 배경

NOAA의 대기 중 이산화탄소 농도 자료에 따르면, 1970년대의 평균 이산화탄소

농도는 약 330ppm 수준이었으며, 2010년대에는 약 400~410ppm 수준까지 증가하였다. 또한 NOAA의 IBTrACS 국제 태풍 데이터베이스를 참고하면, 1970년대의 슈퍼태풍 수는 총 31개였고, 2010년대에는 총 51개로 증가하였다. 이는 1970년대와 비교하여 2010년대의 슈퍼태풍 수가 약 64% 증가했음을 의미한다.

물론 슈퍼태풍 수의 증가는 이산화탄소 농도 증가만으로 설명할 수 없으며, 관측 기술의 발달, 해양 조건, 대기 순환, 수직시어 등 다양한 요인의 영향을 받는다. 그러나 대기 중 이산화탄소 농도 증가와 해수면 온도 상승, 그리고 태풍 강도 변화 사이의 관계를 탐구하는 것은 기후 변화에 따른 기상 재해 변화를 이해하는 데 의미가 있다.

2. 연구 및 실험

2-1. 태풍 선정

시뮬레이션 대상 태풍으로는 국내에서 비교적 잘 알려진 태풍인 루사, 매미, 힌남노를 후보로 선정하였다. 이 중 태풍 루사와 태풍 매미는 당시의 상세 기압장 자료를 확보하는 데 어려움이 있었기 때문에, 비교적 최근에 발생하여 자료 접근성이 높은 2022년 제11호 태풍 힌남노를 최종 연구 대상으로 선정하였다.

2-2. 공식 수집

본 연구에서는 대기 중 이산화탄소 농도와 해수면 온도의 관계를 단순화하여 식 (1)과 같이 설정하였다.

$$SST \approx 27.9 + 2.1 \log_2 \left(\frac{C}{280} \right)$$

식 (1)

식 (1)에서 SST 는 해수의 평균 온도를 말하며, C 는 대기중 이산화탄소의 농도(ppm)으로 정의하였다. 또한 해수면 온도가 1°C 상승할 때 태풍의 최대풍속이 약 3~8% 증가할 수 있다는 기존 연구 경향을 바탕으로, 본 연구에서는 해수면 온도 1°C 상승 시 태풍 최대풍속이 5% 증가한다고 가정하였다. 이를 식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$V = V_0 \times 1.05^{T - T_0}$$

식 (2)

여기서 상승한 해수면 온도, 기존 해수면 온도, 변화 후 최대풍속, 기존 조건에서의 최대풍속을 각각 변수로 설정하였다. 마지막으로 식 (1)과 식 (2)를 결합하여, 대기 중 이산화탄소 농도 변화에 따른 태풍 최대풍속 변화를 식 (3)과 같이 표현하였다.

$$V = V_0 \times \left[1 + 0.105 \times \log_2 \left(\frac{C}{280} \right) \right]$$

식 (3)

다만 본 연구의 관계식은 실제 대기-해양 상호작용을 완전히 반영한 물리 모델이

아니라, 시뮬레이션을 위한 단순화된 경험적 관계식이다.

2-3. 목표 이산화탄소 농도 설정

대기 중 평균 이산화탄소 농도는 약 40~50년 동안 약 70ppm 증가하였다. 또한 2024년 평균 이산화탄소 농도는 전년도보다 약 3.75ppm 증가한 422.7ppm 수준으로 보고되었다. 본 연구에서는 향후 이산화탄소 농도 증가량이 연평균 약 3.5ppm 수준으로 유지된다고 가정하였다.

이에 따라 2047년경 전 세계 평균 이산화탄소 농도가 약 500ppm에 도달할 것으로 예상하고, 목표 이산화탄소 농도를 500ppm으로 설정하였다.

3. 연구 결과

3-1. 기준 조건 시뮬레이션

먼저 2022년 평균 이산화탄소 농도인 417ppm과 해수면 온도 29.8°C 조건에서 태풍 힌남노를 시뮬레이션하였다. 그 결과, 기준 조건에서의 태풍 경로와 최대풍속이 산출되었다.



그림 (1)

3-2. 미래 조건 시뮬레이션

다음으로 약 2047년의 예상 이산화탄소 농도인 500ppm과 해수면 온도 30.3°C 조건을 적용하여 동일한 태풍에 대한 시뮬레이션을 진행하였다.



그림 (2)

시뮬레이션 결과, 미래 조건에서 태풍의 최대풍속은 기준 조건보다 약 6m/s 증가하였다. 이는 약 10% 수준의 증가에 해당한다. 본 연구에서 가정한 "해수면 온도 1°C 상승 시 최대풍속 5% 증가"라는 단순 관계와는 완전히 일치하지 않았지만, 이산화탄소 농도 증가와 해수면 온도 상승이 태풍 최대풍속 증가와 같은 방향성을 가진다는 점은 확인할 수 있었다.

4. 논의

본 연구 결과는 대기 중 이산화탄소 농도 증가가 해수면 온도 상승을 통해 태풍 강도 증가에 영향을 줄 가능성을 보여준다. 특히 동일한 태풍 사례에 대해 이산화탄소 농도와 해수면 온도 조건을 변화시켰을 때, 최대풍속이 증가하는 결과가 나타났다. 그러나 본 연구는 몇 가지 한계를 가진다. 첫째, 정확한 기압계 구현에 어려움이 있었다. 기상청에서 제공하는 자료는 주로 한반도와 인근 지역에 한정되어 있어, 북태평양 전체의 기압장을 정밀하게 구현하는 데 한계가 있었다. 둘째, 본 연구에서는 대기 중 이산화탄소 농도와 해수면 온도를 중심으로 변수를 단순화하였다. 실제 태풍의 발달에는 해수면 온도뿐만 아니라 대기 중 수증기량, 수직시어, 주변 기압 배치, 해양 열용량, 지형 효과 등 다양한 요인이 복합적으로 작용한다. 따라서 본 연구 결과를 실제 미래 태풍의 강도 변화로 직접 일반화하기에는 한계가 있다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 이산화탄소 농도 증가가 해수면 온도 상승을 유발하고, 그 결과 태풍 최대풍속 증가에 영향을 줄 수 있다는 가설을 시뮬레이션을 통해 탐구하였다. 2022년 태풍 힌남노를 대상으로 한 시뮬레이션에서, 이산화탄소 농도를 417ppm에서 500ppm으로 증가시킨 조건에서는 최대풍속이 약 6m/s 증가하였다.

이를 통해 대기 중 이산화탄소 농도 증가와 태풍 강도 증가 사이에 일정한 관련성이 있을 가능성을 확인하였다. 다만 본 연구는 단순화된 관계식과 제한된 기상 자료를 바탕으로 수행되었기 때문에, 후속 연구에서는 보다 정밀한 기압장 자료와 다양한 기상 변수를 반영할 필요가 있다. 특히 해수면 온도, 수직시어, 대기 안정도, 상대습도, 해양 열용량 등을 함께 고려한다면 태풍 강도 변화에 대한 더욱 신뢰도 높은 분석이 가능할 것이다.

6. 참고 문헌

1. NOAA, Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide.
2. NOAA, IBTrACS: International Best Track Archive for Climate Stewardship.