

기후 분과 [P-009]

Fourier Transform을 이용한 토양수분 직접 관측자료의 일주기 변동 오차 개선

한준녕, 서은교, 배성준, 우현민

국립부경대학교 환경대기과학전공

토양수분(SM)의 일변동(Diurnal cycle)은 일반적으로 주간 증발산에 따라 대기 중으로 수분이 이동하면서 감소하는 특성을 보여야 한다. 그러나 현장 관측에서는 주간에 오히려 토양수분이 증가하는 현상이 빈번하게 나타나며, 이는 실제 물리 과정과 상충한다. 이러한 불일치는 토양수분 센서가 유전율 변화를 이용해 간접적으로 토양수분을 추정하는 과정에서 발생하며, 유전율이 온도에 민감하게 반응함으로써 낮 동안 인위적인 토양수분 증가와 토양 온도와의 비현실적인 양(+)의 상관관계를 만들어낸다. 그 결과, 일변동 규모에서 토양수분과 대기 간의 상호작용을 해석하는 데 본질적인 한계가 존재한다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 푸리에 변환(Fourier Transform)에 기반한 시간 필터링 방법을 제안하였다. ISMN (International Soil Moisture Network)의 장기 관측 시계열을 지면모델(LSMs)의 물리 기반 시계열과 결합하여 보정을 수행하였다. 보정 절차는 두 단계로 이루어졌다. 먼저, 낮 시간대 온도 민감도에 의해 왜곡된 위상(phase)을 보정하기 위해 Fourier Transform을 적용하였으며, 이어 야간의 상대적으로 안정된 관측을 참값 기준으로 활용하여 추가적인 평균 보정을 수행하였다. 분석 결과, 이러한 인위적 오차는 일교차(Diurnal temperature range, DTR)가 크고 건조한 지역일수록 뚜렷하게 나타났으며, 특히 미국 서부 지역에서 뚜렷하게 관찰되었다. 또한 궤펜 기후 구분을 적용하여 건조 기후대에서 이러한 오류 패턴이 현저함을 뒷받침하였다. 이는 토양수분 센서의 한계가 기후적 맥락과 밀접히 연관되어 있음을 보여준다. 제안된 보정 방법을 적용한 후, 토양수분 관측의 정확도가 향상되었고 일변동 규모의 토양수분-대기 상호작용 해석이 물리적으로 일관성을 가지게 되었다. 특히 Fluxtower 관측을 활용한 검증에서 토양수분과 잠열 플럭스(LH) 간의 상관관계가 보정 전 양(+)에서 보정 후 음(-)으로 전환되었는데, 이는 주간에 증발산으로 인한 토양수분 감소라는 실제 물리과정과 잘 부합하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법은 단순한 관측 보정에 그치지 않고, 일변동 규모에서의 토양수분-대기 상호작용 연구의 신뢰도를 높이며, 향후 위성 기반 토양수분 산출물 및 지면모델 검증에도 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 토양수분, 일변동(diurnal cycle), 현장 관측(In-situ observation), 푸리에 변환(Fourier Transform)