

환경 및 응용기상 분과 [P-196]

동아시아 고해상도 이산화탄소 농도 자료동화-예측 시스템 개발 및 관측시스템 모의실험을 통한 성능 평가

서민경, 김현미

연세대학교 대기과학과 대기예측성 및 자료동화 연구실

본 연구에서는 동아시아 지역의 이산화탄소 농도 모의 정확도를 향상시키기 위해, 대기 화학 수송 모델인 Weather Research and Forecasting model coupled with Chemistry (WRF-Chem)와 자료동화 시스템인 Data Assimilation Research Testbed (DART)를 결합한 고해상도 이산화탄소 농도 자료동화-예측 시스템을 개발했다. 본 시스템은 DART의 ensemble adjustment Kalman filter (EAKF) 방법을 이용하여 지상 이산화탄소 농도를 동화하며, 이를 위해 이산화탄소 농도의 관측 연산자를 개발했다. 실험 기간인 2019년 1월과 7월에 대해 개발된 시스템의 성능을 평가한 결과, 이산화탄소 농도의 root mean square error (RMSE)와 양상불 스프레드의 비율이 각각 1.00과 0.97로, RMSE와 양상불 스프레드 크기가 매우 유사했다. 지상 이산화탄소 관측을 동화한 후 이산화탄소 농도의 bias는 1월에 1.23 ppm (50%), 7월에 1.41 ppm (66%) 감소했으며, RMSE는 1월에 1.24 ppm (39%), 7월에 1.84 ppm (47%) 감소해 본 연구에서 개발된 고해상도 이산화탄소 농도 자료동화-예측 시스템이 안정적으로 작동하였음을 확인했다. 관측망 분포의 영향을 분석하기 위해, 네 가지 서로 다른 관측네트워크 시나리오를 가정한 관측 시스템 모의실험 (observing system simulation experiment: OSSE)을 수행했다. 네 가지 관측망을 이용한 실험 결과, 균일하게 분포된 관측망을 사용하였을 때 지상 이산화탄소 농도의 root mean square error (RMSE)가 가장 작았다. 현존하는 지상 이산화탄소 관측망을 이용한 실험은 균일하게 분포한 관측망 실험에 비해 이산화탄소 농도의 RMSE가 다소 컸으나, 자료동화를 수행하지 않은 실험보다는 이산화탄소 농도의 모의 성능이 크게 향상되었다. 이를 통해 동아시아 지역의 이산화탄소 농도를 모의할 때 균일한 분포의 관측망을 활용하는 것이 가장 효과적이며, 현존하는 지상 이산화탄소 관측망에서의 이산화탄소 농도 관측을 동화하는 것으로도 이산화탄소 농도 모의 정확도를 향상시킬 수 있음을 확인했다.

Keywords: WRF-Chem, DART, 자료동화-예측 시스템, 관측시스템 모의실험, 이산화탄소

※ 이 연구는 연세 시그니처 연구클러스터 사업 (2024-22-0162, 2025-22-0242)의 지원으로 수행되었습니다.