

환경 및 응용기상 분과 [P-218]

드론 기반 플릭스 경도법을 이용한 도시 규모 연직 CO₂ 플릭스 추정

김수연¹, 김연욱², 최동원³, 고원석¹, 박찬호⁴, 김용찬¹, 전예지¹, 최민서³,
김지민¹, 이현서⁴, 곽경환¹

¹강원대학교 환경학과

²강원대학교 환경연구소

³강원대학교 미세먼지통합관리학과

⁴강원대학교 환경융합학부

CO₂ 플릭스는 대기 중 이산화탄소의 이동과 분포를 나타내며, 도시 지역에서는 교통, 산업, 기상 조건에 따라 시·공간적 변동성이 크다. 지표면 부근의 연직 CO₂ 플릭스는 난류의 혼합 과정의 영향을 받는다. 따라서 이를 정량화하기 위해 대기 중 난류 확산 특성에 대한 이해가 필요하다. 대표적 측정 기법인 에디 공분산(EC)은 균질한 지면을 전제로 하여 시·공간적인 대표성에 한계가 있다. 반면, 드론을 이용한 플릭스 경도법(FG)은 다양한 고도와 위치에서 풍속과 농도 등 자료 수집이 가능하여 효율적이고 신뢰성 있는 대안으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 복잡한 도시 지역에서 드론으로 측정된 바람 자료를 이용하여 난류 확산계수를 계산하고, FG 방법을 적용하여 도시 규모의 연직 CO₂ 플릭스를 산출하고자 한다. 대상 지역은 강원도 춘천시 강원대학교 동문 운동장이다. 일출 후 3시간, 일몰 전 3시간 동안 지상 0 m에서 상층 250 m까지 50 m 간격으로 비행하여 관측을 수행하였다. 헬리콥터형 회전익 드론에 초음파 풍향·풍속계(FT-742), CO₂ 측정 센서(GMP252), 온도·압력 센서(lmet-X4)를 탑재하여 자료를 수집하였다. 수집된 바람 데이터와 von Kármán 상수(k)를 사용하여 난류 확산계수를 계산하였다. 또한, 대기 안정도를 정량화하기 위해 Bulk Richardson 수를 계산하여 각 관측 시간대의 대기 상태를 평가하였으며, 이를 통해 산출 결과의 신뢰성을 높였다. 연구 결과, 시간대에 따른 CO₂ 플릭스의 일변동을 관측하였으며, 이를 통해 도시 지역에서의 지표면 CO₂ 배출 특성을 확인하였다. 이러한 결과는 드론 기반 FG 방법이 복잡한 도심 지역에서도 대기 중 CO₂ 플릭스를 효과적으로 정량화할 수 있음을 제시한다.

Keywords: 난류 확산계수, 드론, 리차드슨 수, 연직 분포, 플릭스 경도법, CO₂ 플릭스

※ 본 연구는 “기상청 한국형 도심항공교통(K-UAM) 안전운용체계 핵심기술 개발(RS-2024-00404042)”과 “한국환경산업기술원의 관측기반 온실가스 공간정보지도 구축 기술개발사업(RS-2023-00232066)”의 지원을 받아 수행되었습니다.