

낙동강 중하류에서 이산화탄소 과포화 및 순배출 특성 분석

Characterizing CO₂ Supersaturation and Net Atmospheric Flux in the Middle and Lower Nakdong River

이은주*, 정세웅**, 박형석***
Eun Ju Lee, Se Woong Chung, Hyung Seok Park

요 지

육상 담수는 대기중 이산화탄소(CO₂) 배출의 중요한 발생원으로 주목되고 있다. 하천 및 강에서 대기중으로 배출되는 CO₂는 전 세계 탄소순환의 핵심요소이며, 대부분의 하천과 강은 CO₂로 과포화 되어있다. 세계적으로 하천 및 강의 CO₂ 배출량은 호수 및 저수지의 배출량보다 약 5배 많은 것으로 보고되고 있으나, 국내연구에서는 연구사례가 드물다. 따라서 본 연구의 목적은 낙동강 중하류에 위치해있는 강정고령보(GGW), 달성보(DSW), 합천창녕보(HCW), 창녕함안보(CHW)에서 발생하는 순 대기 배출 플럭스(Net Atmospheric Flux, NAF)의 동적 변동 특성을 분석하고, 데이터마이닝 기법을 적용하여 쉽게 수집할 수 있는 물리적 및 수질 변수로 CO₂ NAF를 추정하는데 사용할 수 있는 간략한 예측 모델을 개발하는데 있다.

CO₂ NAF는 대기-수면 경계면에서의 CO₂ 부분압(pCO₂)의 차에 기체전달속도를 곱하여 산정하였으며, 기체전달속도는 Cole and Caraco(1998)가 제안한 식을 사용하였다. 담수와 해수의 탄산염 시스템에서 열역학적 화학평형을 모두 고려한 CO₂SYS 프로그램을 사용하여 수중의 pCO₂를 산정하였고, CO₂ NAF는 Henry의 법칙과 Fick의 1차 확산법칙을 사용하여 계산하였다. CO₂ NAF의 시간적 변동성에 영향을 미치는 환경요인을 평가하기 위해서 상관분석, 주성분분석(Principal Component Analysis; PCA), 단계적다중회귀모델(Step-wise Multiple Linear Regression; SMLR), 랜덤포레스트(Random Forest; RF)방법을 사용하였다. SMLR 모델은 R package인 olsrr, RF 모델은 R package인 caret, randomForest를 이용하여 분석하였다.

연구 결과, 4개 보 상류 하천구간은 조류의 성장이 활발한 일부 구간을 제외한 대부분의 구간에서 CO₂를 대기중으로 배출하는 종속영양시스템(Heterotrophic system)을 보였다. CO₂ NAF의 중위값은 HCW에서 최소 391.5 mg-CO₂/m²day, DSW에서 최대 1472.7 mg-CO₂/m²day였다. 모든 보에서 NAF는 pH와 강한 음의 상관관계를 보였으며, pCO₂와 Chl-a도 음의 상관관계를 보였다. 이는 조류가 수중에서 CO₂를 소비하고 pH를 증가시키기 때문이다. PCA 분석 결과, NAF와 pCO₂가 높은 공분산을 보였으며, pH와 Chl-a는 반대 방향으로 군집되어 상관분석과 동일한 결과를 보였다. 이 연구를 통해 개발된 SMLR 모델과 RF 모델의 Adj. R² 값은 모든 보에서 0.77 이상으로 나왔으며, pCO₂ 측정 데이터가 없더라도 하천의 CO₂ NAF를 추정하는 방법으로 사용될 수 있을 것으로 평가된다.

핵심용어 : CO₂ emission, Data mining, Nakdong river, Net atmospheric flux, River pCO₂

감사의 글

본 연구는 환경부/한국환경산업기술원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RE201901083)

* 정회원 · 충북대학교 환경공학과 석사과정 · E-mail : dmswn534@gmail.com

** 정회원 · 충북대학교 환경공학과 교수 · E-mail : chung@chungbuk.ac.kr

*** 정회원 · 충북대학교 환경공학과 박사수료 · E-mail : qwrs07@gmail.com