

하천에 유입된 유해화학물질 혼합해석을 위한 저장대모형 개발 및 적용

Development of one-dimensional river storage model for mixing analysis of hazardous chemicals in rivers

김병욱*, 서일원**

Byunguk Kim, Il Won Seo

요 지

산업의 고도화가 진행됨에 따라 화학원료의 사용이 증가하고 있고 독성을 가진 화학물질이 하천으로 유입되는 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 수환경으로 유입되는 유해화학물질은 주로 무색 무취의 물질들로 사고가 발생하더라도 초기 발견이 어려워 어류폐사를 유발하거나 취수시설에서 용수로 취수되는 경우가 발생하기 때문에 이에 대한 대응책 마련이 필수적이다. 하천에 유입된 오염물질의 거동을 신속하게 예측하기 위해 1차원 오염물질 추적 모형이 활용되는데, Fickian 이송-분산 모형(Fickian Advection-dispersion equation model; FADE)이 주로 사용되고 있다. 하지만 FADE는 오염물질이 하천 저장대에서 지체되는 현상을 반영하지 못하기 때문에 농도곡선의 왜곡도를 구현하지 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 하천저장대모형(River Storage Model; RSM)을 개발하고 이를 국가하천인 감천에 적용하였다. 본 연구에서 개발한 RSM은 분산계수, 본류대 면적, 저장대 면적, 저장대 교환계수의 네 가지 매개변수를 통해서 하천의 물질 저장 및 교환 특성을 구현한 non-Fickian 모형으로서, 생화학반응, 휘발, 흡·탈착항을 추가하여 유해화학물질의 혼합 거동을 정확하게 모의할 수 있도록 개발하였다. 저장대 모형의 매개변수를 산정하기 위해서 하천 유량과 지형자료를 기반으로 HEC-RAS를 모의하여 계산된 수리특성을 입력변수로 사용하였다. 저수기, 평수기, 풍수기 유량을 기준으로 세 경우의 시나리오 모의를 수행하였는데, 5ton의 톨루엔이 김천산업단지에서 감천으로 유입된 경우 약 20km 하류에 위치한 취수장에서 톨루엔의 농도변화를 예측했다. 보존성 물질에 대한 모의 결과, 풍수기의 경우 저수기에 비해 유속이 크기 때문에 취수장에서 20.56시간 먼저 기준농도에 도달하고, 7.21시간 더 짧게 머무는 것으로 나타났다. 유해화학물질의 반응특성에 대한 민감도 분석을 시행한 결과, 생화학적 반감기가 18.98시간보다 길고, 옥탄올-물 분배계수가 2.267 이하인 물질은 생분해 및 흡·탈착 반응에 둔감한 것으로 나타났다. 1m 수심 기준 0.114m/s 이하 유속에서의 하천 수리조건에서는 화학물질의 휘발성을 무시할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

핵심용어 : 유해화학물질, 하천 혼합 거동, 저장대모형, 매개변수, 시간-농도곡선, 반응항, 민감도분석

감사의 글

이 연구는 환경부 화학사고 대응 환경기술개발사업(2018001960001)의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.*

*정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 석사과정 · E-mail : kim.byunguk@snu.ac.kr
** 교신저자. 정회원 · 서울대학교 토목공학과 교수 · E-mail : seoilwon@snu.ac.kr