

사) 한국지하수토양환경학회
춘계학술대회 2001. 4.13-14
한양 대학교 신소재공학과

하수처리장 방류수에 용존된 무기화학종의 연속계측자료를 이용한 하천유량, 유속 및 방류량 추적

김강주, 한찬*

군산대학교 환경공학과 (kangjoo@kunsan.ac.kr)

*서울대학교 지구환경과학부

요약문

Various parameters such as stream velocities, discharges, and dispersion coefficients of dissolved solutes were estimated by fitting 1-D nonreactive solute transport model to the time-series chemistry data. This study was done for the reaches of Mankyung River lower than the Jeonju Wastewater Treatment Plant (Jeonju WTP), Korea. Concentrations of inorganic chemicals in the stream waters are strongly influenced by mixing with the chemically distinct effluent from Jeonju WTP. Sulfate, EC, and the total major cation were proved to be nearly conservative in the study area from their relationships with chloride, the conservative chemical species. The solute transport model was constrained to the time-series concentrations for these 4 conservative species. The variations of concentration and discharge of Jeonju WTP were used as input parameters, and the stream velocities, dispersion coefficients, and concentrations and discharges of some inflows were optimized. The differences between the observed and simulated values for alkalinities and nitrates are inversely correlated and show diurnal fluctuations, indicating the photosynthesis. The parameters obtained from this model range from 550 to 774 kcmd (stream discharge at the outlet of the study area), from 0.06 to 0.10 m/sec (flow velocity), and from 0.7 to 6.4 m²/sec (dispersion coefficient). The history of Jeonju WTP discharge was well predicted when optimized, indicating the validity of the model results.

Key Word: Effluent-dominated stream, Mankyung River, chloride, streamflow

1. 서론

본 연구는 전주하수처리장(Jeonju WTP) 방류수와 이에 영향을 받게 되는 만경강 및 그 지류들을 대상으로 수행되었으며, 전주처리장 방류수에 용존된 보존성 화학종들을 추적자로 이용하였다. 본 연구에서는 처리장하류에서의 시간별 수질계측결과를 1차원 보존성 advective-dispersive 모델에 적용, 하천의 유량, 유속, 그리고 용질확산계수를 계산하고 하천수질에 영향을 주는 화학반응을 평가하였다.

2. 연구방법

연구지역

본 연구의 대상은 전주 하수처리장 방류지점에서 만경강이 익산천과 합류되는 곳의 하류지점까지 약 15km구간을 포함하는 지역으로써, 연구지역에는 만경강과 그

지류인 전주천, 고산천, 익산천, 그리고 이에 방류되는 소규모 배수로 등이 포함된다(Fig. 1). 전주하수처리장은 Fig. 1의 K지점에서 약 310 kcmd ($10^3 \text{ m}^3/\text{day}$)의 처리수를 전주천으로 방류하고 있다. 전주천과 고산천의 합류지점에서는 약 2km정도 되는 제방과 보를 축적하여 고산천 물을 저수하고 있었으며, 본 제방을 통하여 고산천물이 쏟아지듯이 전주천쪽으로 스며나오고 있었다.

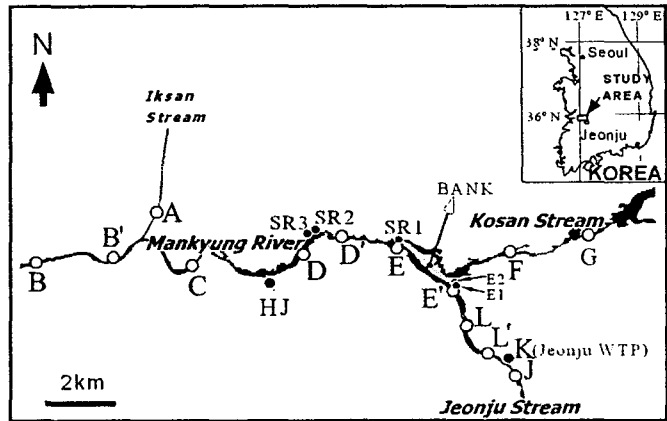


Fig. 1. Study area and sampling stations. Open circles represent the point where stream waters were sampled, and solid circles are the water spouts and gates.

현장조사 및 화학분석

전주처리장 방류수 (K지점)과 그 하류의 3개 지점(E, D, L지점)에 대하여는 3시간 간격으로 총 90시간 동안 연속적인 수질측정을 수행하였다. 수질분석은 주요음이온(Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , alkalinity), 주요양이온(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), 전기전도도(EC), pH 등에 대하여 수행되었다. 하천수 시료 채취는 각 지점별로 하천을 가로질러 3개에서 최대 5개의 시료를 채취, 같은 비율로 혼합하는 방법으로 수행되었다.

하천유량, 유속, 용질확산계수 측정

하천의 유량, 유속 및 용질확산계수(본 논문에서는 이들 변수들을 편의상 '하천계수'라 칭함)는 보존성이 있는 화학종들의 전주처리장 하류 3개 지점(E, D, B)에서의 시계열 농도자료와 다음 1차원 nonreactive ADE (advective-dispersive equation)의 solution을 일치시키는 방법으로 수행되었다. 본 연구에서는 Van Genuchten and Alves (1982)의 analytic solution이 근간으로 이용되었으며, multivariate optimization method(polytope optimization algorithm; Press et al., 1992)를 이용하여 여러 가지 변수들이 준자동적으로 계산, 산출되도록 하였다.

3. 결과 및 토의

수질분석 결과

연속계측결과, 본 지역에서 보존성을 보이는 것으로 확인된 화학종들(Cl^- , SO_4^{2-} , EC, total cation; 김강주 외, 2000)은 전주처리장의 수질변화 양상이 하류지점에서 그대로 관찰되었다. 그러나, 비보존성 화학종들(NO_3^- , alkalinity)은 여러 가지 화학반응(예, 광합성, 유기물 부패)에 의하여 불규칙한 변화양상이 관찰되었다.

최적화 결과

연속계측으로 수집된 이들 보존성 화학종들의 농도가 식(1)의 analytic solution과 일치될 때까지 하천계수들을 최적화 하였다(Fig. 2). 이 같은 방법으로

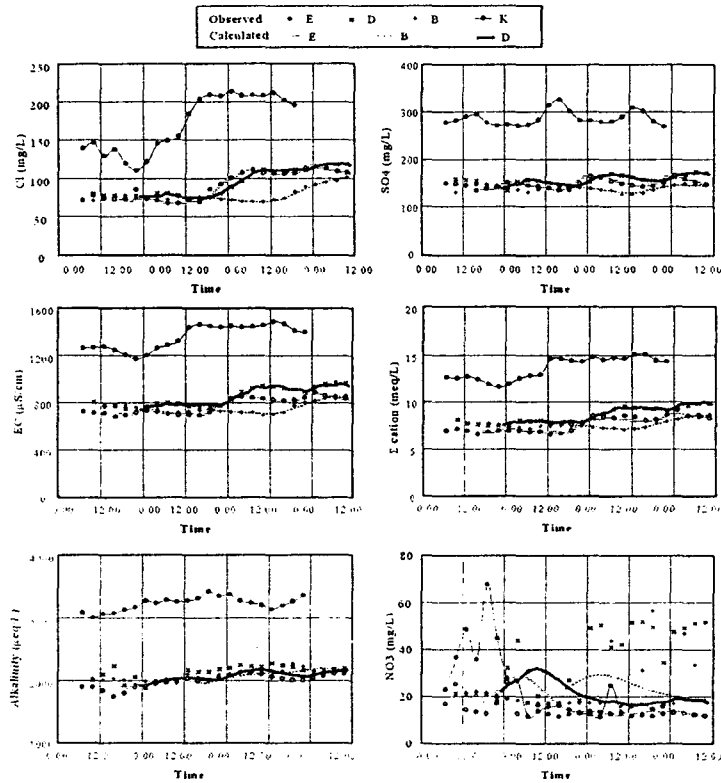


Fig. 2. Observed and simulated concentrations.

Table 1. Velocities and dispersion coefficients estimated from this study

Segment	Length (m)	Velocity (m/h)	Dispersion Coeff. (m ² /h)
K-E1,E2	2000	313	2513
E1,E2-E	1300	213.6	7086
E-SR2,SR3	1900	360.9	8673
SR2,SR3-HJ	850	360.9	23160
HJ-1	2950	248.6	4398
I-B	2250	368.1	4380

계산된 각 시간별 관찰지점과 주요 유입수들의 시간별 유량은 Fig. 3에 제시되었다. 본 모델링 연구에서 계산된 구간별 유속 및 용질확산계수는 Table 1에 제시되었다.

전주처리장의 방류역사 추적 및 모델 검증

본 모델의 결과를 검증하기 위하여 전주처리장의 처리수 방류량을 최적화 변수로 설정하고 처리장의 시간별 방류량을 계산하여 보았다. 본 계산의 경우에는 전주처리장의 방류수질과 처리장상류지점에서의 수질을 입력 변수로 하여 모든 보존성항목에 대한 시간별 농도 계산결과가 E지점에서의 수질관측 값과 일치될 때까지 전주처리장의 방류량을 최적화하였다. 최적화 결과, 모델을 이용하여 계산된 전주처리장의 방류량은 전주처리장에서 자체적으로 계측하는 시간별 방류량과 상당히 일치하는 결과를 보이고 있었다(Fig. 3d).

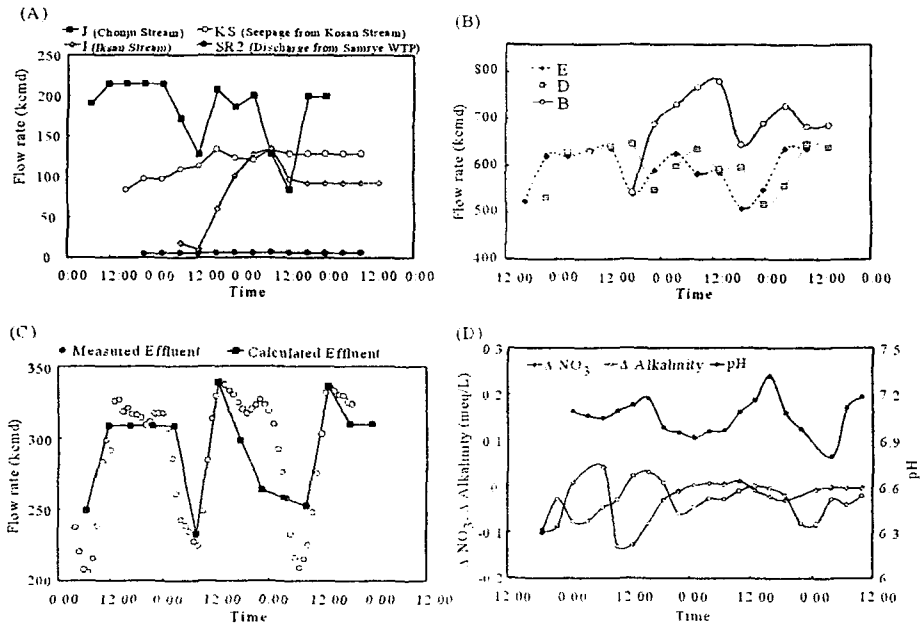


Fig. 3. Simulated inflows from major water sources (A), estimated streamflows at Stations, E, D, and B (B), the measured and simulated discharges of Jeonju WTP (C), and diurnal fluctuations of the differences between the measured and the simulated concentrations for NO₃ and alkalinity at Station E (D).

4. 결론

본 연구에서는 1-D nonreactive advective dispersive 모델을 이용하여 전주처리장 하류지점에서의 시간별 수질을 재현하는 방법으로 하천의 유량, 유속, 용질확산계수 등을 구하고, 비보존성 화학종들의 거동을 제어하는 화학반응을 평가하여 보았다. 연구결과 방류수에 용존된 보존성 무기화학종들은 하천의 유량, 유속, 확산계수, 화학반응 등을 지시할 수 있는 중요한 추적자가 될 수 있음이 확인되었다. 또한, 이같은 연구에서는 몇 가지 화학종들을 동시에 이용할 수 있어 높은 결과의 신뢰도를 기대할 수 있을 것으로 생각되어진다.

5. 참고문헌

- 김강주 외 (1999) 하수처리장 방류수에 영향을 받고 있는 하천에 대한 수문지화학적 연구, 지질학회지 35(2), 137-152.
- 김강주 외 (2000) 하수처리장 처리수를 이용한 하천 유량측정 가능성 연구, 한국물환경학회지, 17(1), 75-86.
- Press et al. (1992) Numerical Recipes in FORTRAN, Cambridge University Press, Cambridge, 963p.
- Van Genuchten et al. (1982) Analytical solutions of the one-dimensional convective-dispersive solute transport equation, U.S. Dep. of Agri. Tech. Bull. 1661, 149p.