하천의 수문조건에 따른 오염물질 유달율 산정에 관한 연구

The research about the estimate of concentration ratio by the hydrologic condition of river watershed

안승섭*, 서명준**, 정도준***

Seung Seop Ahn, Myung Joon Seo, Do Joon Jung

요 약

본 연구에서는 유역과 점오염원, 비점오염원을 종합하고, 방대한 자료를 쉽게 적용할 수 있으며 유역의 지형적인 특성과 수리·수문학적인 특성 및 오염원의 공간적인 분포 특성을 반영하여 유달부하량의 모의가 가능한 SWAT 모형을 이용하여 낙동강 유역의 주요 지류에 대한 유달율산정에 관하여 검토하고자 한다. 본 연구의 대상지역은 낙동강 유역 중 본류가 시작되는 곳으로부터 금호강지류와 합류하는 지점까지로 선정하였으며 SWAT 모형에 적용되는 자료는 2005년 1월~12월의 실측 자료를 이용하였다. 유달율 산정 항목으로는 BOD, T-N, T-P를 선정하였다. 분석 결과 전반적으로 강수의 영향을 많이 받는 계절에 유달율이 높게 산정되었으며 또한 유역면적 보다 유량과의 상관성이 유달율에 많은 영향을 미치는 것으로 검토되었다. 이러한 연구결과를 토대로 정확한 배출부하량의 산정을 위하여 강우의 영향과 발생부하 원단위에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

핵심용어 : 오염부하량, 유달부하량, 유달율

1. 서 론

최근의 우리나라는 급속한 산업발달로 인한 인구증가·도시화로 인한 물 수요를 충족시키기 위하여 수자원의 확보에 치중하여 왔으나 산업발달로 인한 오염원의 증가와 지역별 집중화로 인하여 하천의 자정능력을 초과한 수질오염물의 종류가 다양해지고 또한 국민의 환경에 대한 관심이 대두됨에 따라 다양한 오염원으로부터 안전한 수질을 확보하는 것에 대한 문제가 제기되고 있다. 우리나라는 최근에 오염관리제의 시행으로 인하여 유역에서 발생하고 또 수체로 전달되는 오염물질 부하량의 정확한 산정이 강조되고 있으며 유달율은 유역의 매우 다양하고 복잡한 변수들에 의해 결정되기 때문에 수학적 해법으로 계산하기 어렵다. 따라서 일반적인 유달율 산정방법으로 유달부하량을 배출부하량으로 나누는 단순부하량비 기법이 널리 사용되어져 왔다. 그러나 이와 같은 산정방법은 수질실측 지점에서는 유용하게 사용될 수 있지만 수질 미측정 유역에 대해서는 유역의 자정능력과 수리·수문학적 특성을 반영하지 못하기 때문에 유달율의 산정에 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 유역과 점오염원, 비점오염원을 종합하고, 방대한 자료를 쉽게 적용할 수 있으며 유역의 지형적인 특성과 수리·수문학적인 특성 및 오염원의 공간적인 분포 특성을 반영하여 유달부하량의 모의가 가능한 SWAT 모형을 이용하여 낙동강 유역의

* 정회원·경일대학교 건설정보공학과 교수·E-mail: ahnsso@kiu.ac.kr
** 정회원·경일대학교 도시정보·측지지적공학과 석사과정·E-mail: kaseid@naver.com
*** 정회원·국립방재연구소 연구원·E-mail: fasv96@naver.com

주요 지류에 대한 유달율산정에 관하여 검토하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 SWAT 모형의 기본이론

SWAT 모형은 1994년 최초로 개발되었으며 이후 현재 2000년도 까지 꾸준히 발전하였고, 현재 Arc View를 이용하는 AVSWAT로 발전되었다. SWAT 모형에서는 토지부분의 수문순환을 정확하게 예측하기 위하여 물수지 방정식에 근거를 두고 강수, 증발산, 지표 유출, 기저 유출, 지하수 등에 대한 모의를 각 수문반응단위별로 계산할 수 있으며 한 유역에서 여러 다양한 물리적 과정이 모의될 수 있다. SWAT 모형의 입력자료는 토지이용도, 수치고도모델(DEM), 토양도, 기후자료, 유역도 및 하천도, 유량 및 수질측정자료, 오염원 자료 등이 있다.

2.2 연구내용 및 방법

본 연구의 대상지역은 낙동강 유역 중 본류가 시작되는 곳으로부터 금호강지류와 합류하는 지점으로 유역면적 980.41㎢, 유로연장 59.98㎞ 이며, 수질 및 유량등의 실측자료의 적용 지점은 내성천, 영강, 병성천, 위천, 감천, 구미공단, 왜관대교, 백천, 금호강 등의 10개 지점을 선정하였다.

본 연구에서 유량과 수질자료는 환경부에서 제공하는 2005년 1월~12월의 실측 자료를 이용하였으며, 유달율 산정 항목으로는 BOD, T-N, T-P를 선정하였다. 보고서에 의하면 수질오염도 조사를 위한 수질 분석은 수질오염공정시험방법 및 Standard Methods에 준하여 실시하였으며 조사항목으로는 유량, 수온, pH, DO, Conductivity, SS, BOD, COD, TN, TP 등의 21개 항목에 대하여 실시하였다. 또한 유량의 측정은 중간단면적법을 이용하여 유속과 단면적의 곱으로 유량을 측정하였다.

본 연구에서 실시한 유달율 산정공식은 다음과 같다.

$$\text{유달율}(\%) = \frac{\text{각지점의측정농도}(mg/l) \times \text{유량}(Q)}{\text{오염원으로부터배출유량}(kg/day)}$$

유달율 산정은 2005 년의 오염원 자료로부터 산정된 배출부하량과 SWAT 모형에서 주요 수계의 말단지점으로부터 산정된 유달부하량을 사용하였다. SWAT 모형의 구동을 위하여 사용한 입력자료의 생성으로 소유역의 구분을 위하여 1:25000 축척의 수치고도모델(DEM) 을 이용하였으며 대상유역의 CN 값 및 토양특성을 정의하기 위하여 환경부에서 제공하는 토지피복도와 토양도를 사용하였다. 또한 SWAT 모형에서는 강우, 풍속, 기온, 태양복사량, 상대습도 등의 기상자료를 입력하여 유출 및 증발산 등의 수문성분을 계산하게 된다. 기상자료는 본 연구 대상유역 인근의 기상관측소 및 강우관측소에서 관측된 일별 기상자료를 사용하였다. 또한, 각 소유역별로 점오염원에 대한 자료를 입력하기 위하여 기 조사된 오염원으로부터 산정된 오폐수발생량과 배출부하량 자료를 일단위로 구축하여 사용하였다.

3. 결 론

본 연구의 대상유역인 낙동강 본류에 대한 BOD 의 월별 유달부하량의 변동은 상류에서 하류로 진행됨에 따라 유달부하량이 증가하는 경향을 보였으며, 전체적으로 우리나라의 대규모 산업단지

가 위치해있는 구미공단의 하류에 위치해 있는 왜관대교 지점, 성서공단의 하류에 위치해 있는 고령교 지점에서 높은 유달부하량을 나타내었다. BOD 유달부하량의 경우 유량이 비교적 적은 4~6월 낮은 유달부하량을 나타내었으며 유량이 풍부한 7~10월 높은 유달부하량을 나타내었다. T-N의 유달부하량의 경우 특히 7~11월 높은값을 나타내었으며 T-P 의 경우 유량이 적은 4~6 월 뿐만 아니라 7~10 월에도 높은 유달부하량을 나타내었다. 그림 1. 은 연구의 대상유역에서의 지점 및 월별 유달부하량 변화를 평균하여 나타낸 것이며 그림 1.에서 알 수 있는 바와 같이 상류에서 하류로 진행됨에 따라 항목별 유달부하량이 증가하였으며, 왜관대교, 금호강, 성서공단 등의 지점에서 높은 유달부하량을 나타내었다. BOD 의 평균 유달부하량의 경우 고령교, 금호강, 성서공단 순으로 높았으며 각각 8314kg/day, 8149kg/day, 6686 kg/day 로 산정되었다. T-N 의 경우 고령교, 금호강, 성서공단 순으로 13338kg/day, 9065kg/day, 7793 kg/day 로 산정되었으며, T-P 의 경우 고령교, 금호강, 성서공단 순으로 1137.9kg/day, 729.5,kg/day 522.4 kg/day 로 산정되었다.

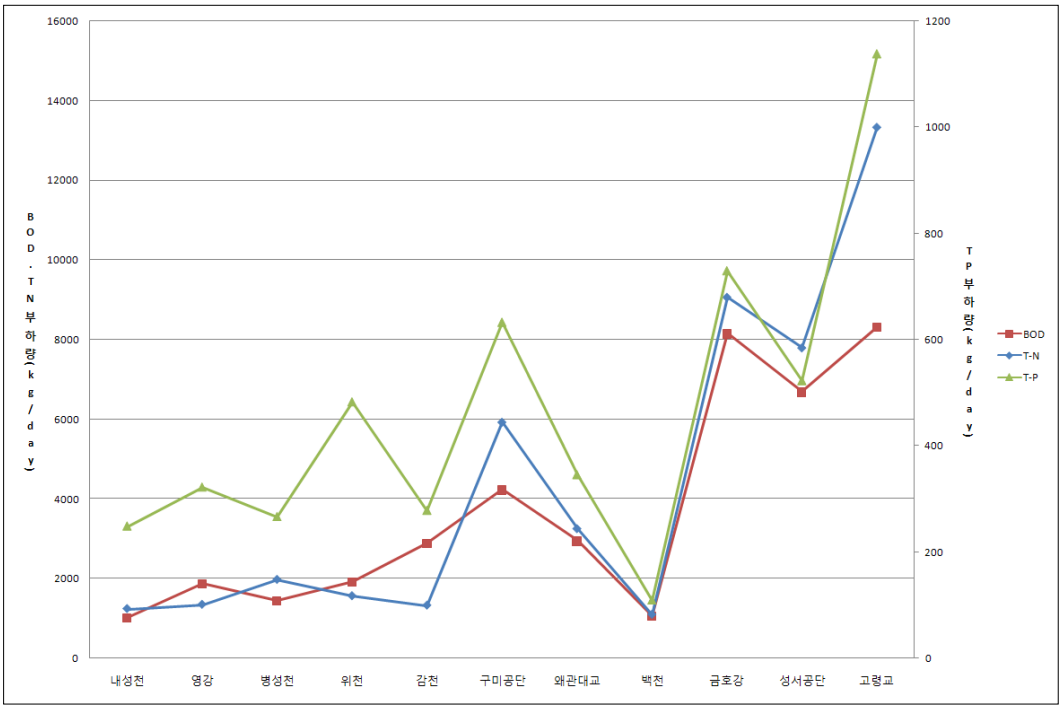

그림 1. 지점별 연평균 BOD, T-N, T-P 유달부하량

또한 유역면적과 유달율과의 관계를 분석한 결과, 본류 및 지천 등 소유역에 대한 유달율과 유역면적과의 관계를 월 평균하여 BOD, T-N, T-P 항목에 대하여 표 1. 에 나타내었다.

유달율은 유역면적이 넓을수록 유역에서 발생된 오염물질이 하천으로 이동하는데 있어 토양침투, 자정작용 등의 자연적인 요인에 의하여 감소될 시간적 여유을 갖게 되어 유달율이 낮을 것으로 예상하였으나 산정결과 특별한 상관관계를 가지는 것은 아닌 것으로 분석되었다. 또한, 유량과 유달부하량의 관계에서 유량-유달부하량의 상관계수인 R 값은 BOD 0.95, T-N 0.97, T-P 0.95 로 대단히 높은 상관관계를 나타내었다. 이상의 결과로 유달율 산정에 관하여 검토한 결과 전반적으로 강수의 영향을 많이 받는 계절에 유달율이 높게 산정되었으며 또한 유역면적 보다 유량과의 상관성이 유달율에 많은 영향을 미치는 것으로 검토되었다. 이러한 연구결과를 토대로 정확한 배출부하량의 산정을 위하여 강우의 영향과 발생부하 원단위에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

표 1. 유역면적별 월평균 유달부하량 및 유달율 상관관계

지점	유역면적 (㎢)	유달부하량			유달율		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
		(kg/day·㎢)			(%)		
내성천	1838.4	0.18	0.75	0.018	1.71	26.32	4.41
영강	890.5	0.39	0.68	0.015	3.29	28.97	4.49
병성천	423.5	0.43	0.97	0.064	2.37	27.86	13.25
위천	1467.9	0.17	0.41	0.003	1.90	17.53	0.94
감천	1015.2	0.33	1.07	0.037	2.75	37.95	8.63
왜관	11163.1	1.12	1.50	0.058	9.33	58.48	15.29
백천	298.2	0.44	0.59	0.026	3.59	20.08	5.06
금호강	2147.9	4.12	6.59	0.541	12.35	65.40	36.20

참고문헌

1. 유혜은(2007). SWAT 모형을 이용한 대청호 유역의 오염물질 유달율 산정, 석사학위논문, 청주대학교.
2. 이창원(2007). 함평천 유역에서 SWAT 모형을 이용한 비점오염 예측, 석사학위논문, 호남대학교.
3. 김보경(2006). SWAT 모형 매개변수의 불확실성을 고려한 임하호의 부유사량 추정 , 석사학위논문, 인하대학교.
4. 신현석, 강두기, 김상단(2007). 낙동강유역 SWAT 모형 구축 및 물수지 시나리오에 따른 유황분석 , 한국수자원학회, 40, pp.251-263