

SWAT 모형을 이용한 농촌 소하천 유역의 오염부하량 유달율 산정

Calculation of delivery ratio in Agricultural Catchment using SWAT

김만식*·정승권**

Man Sik Kim·Seung Kwon Jung

요 지

현재 우리나라의 경우는 국가하천이나 주요 지방하천에 대해서는 환경부 등 지방자치단체에서 측정망을 통해서 꾸준히 수질자료가 축적되고 있으나 농촌유역의 소하천 수질개선 사업을 위해 필요한 수질관련 자료는 거의 없다.

최근에 와서 수질 정보 시스템의 개발 및 수질 오염 모니터링을 위한 측정망의 확충 등과 같은 관리체계의 개선에 대한 노력이 활발히 진행되고 있으나 이에 소요되는 재원문제 등으로 채취빈도나 분석항목이 크게 미흡하다.

특히 조사가 유역이 크고 복잡한 복합유역을 대상으로 하기 때문에 자연히 오염물질 유출에 미치는 변수가 너무 많이 개입되므로 해석자체가 특정유역에 제한되기 마련이다.

따라서 본 과업에서는 농촌 소하천 유역을 대상으로 실측 수질-유량 상관분석을 통한 수문모형을 구축하였고 국립환경과학원에서 수계오염총량관리기술지침(2004)에서 제시한 토지계의 발생부하 원단위를 이용하여 SWAT 모형을 보정하였다.

보정된 모형을 이용하여 소유역별 1년(12개월) 오염물질 부하량 및 강우유출량을 산정하였으며, 현장실측을 통해 산정된 유달부하량과 모의 부하량과의 비를 이용한 유달율을 산정하였다.

핵심용어 : 유달율, 농촌 소하천, SWAT, 오염 부하량

1. 연구의 개요

현재 우리나라의 경우는 국가하천이나 주요 지방하천에 대해서는 환경부 등 지방자치단체에서 측정망을 통해서 꾸준히 수질자료가 축적되고 있으나 농촌유역의 소하천 수질개선 사업을 위해 필요한 수질관련 자료는 거의 없다. 최근에 와서 수질 정보 시스템의 개발 및 수질 오염 모니터링을 위한 측정망의 확충 등과 같은 관리체계의 개선에 대한 노력이 활발히 진행되고 있으나 이에 소요되는 재원문제 등으로 채취빈도나 분석항목이 크게 미흡하다. 이러한 문제로 인해 농촌지역에서 발생하는 오염부하량은 원단위 방법을 주로 이용하여 산정한다. 그러나 원단위 방법은 유역에서 각각의 토지이용에 따른 면적과 그에 해당하는 원 단위 값을 곱하여 산정하는 방법으로 발생량에 적절한 유달률을 추정하여 부하량을 산출하는 방법이다. 이 방법은 적용하고자 하는 원 단위 값이 충분한 보편성을 갖고 있다면 매우 쉽게 현장에 적용할 수 있는 장점을 갖는 반면에 부하량이 강우 유출수량 또는 강우 폐단과 관계없이 낸 단위로 계산되므로 농촌 하천이나 농업용 저수지와 같은 소규모 수계의 단기적 또는 계절적 수질변화를 평가하는 데에 있어 대표 유달율을 적용하는데 많은 한계점을 갖게 된다.

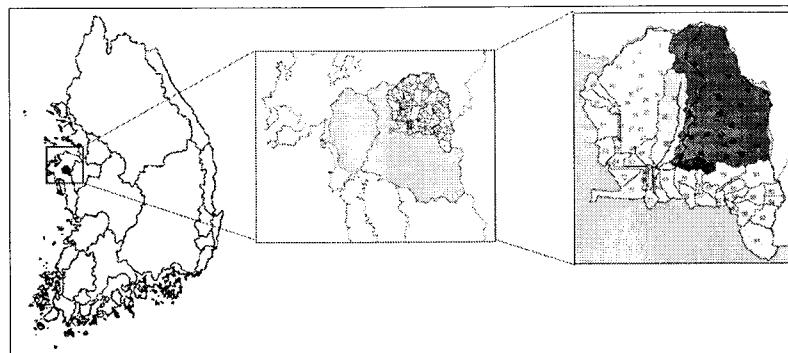
따라서 본 과업에서는 농촌 소하천 유역에 적용가능한 유달율을 산정하고자 시험유역을 대상으로 실측 수질-유량 상관분석을 통한 수문모형을 구축하고, 보정된 모형을 이용하여 소유역별 1년(12개월) 발생 오염부하량을 산정하였다. 또한 현장실측을 통해 유달부하량을 측정하여 이를 이용한 시험유역의 유달율을 산정하였다.

* 정회원·신성대학 도시건설과 교수 E-mail : kmshi@shinsung.ac.kr
**** 정회원·(주)웹솔루스 시스템사업부 과장 E-mail : jsk@websolus.co.kr

2. 대상유역

본 과업의 대상유역은 수면면적 28.76㎢로, 서산·홍성 일대의 천수만 일부를 막는 간월부남지구 간척사업으로 인해 조성된 서산 A지구인 간월호 유역이다. 긴 방조제를 사이에 두고 오른쪽이 담수호인 간월호, 왼쪽이 바다인 천수만으로 이루어져 있으며, 1984년 바닷물의 유입을 막는 물막이 공사가 끝난 뒤 호수의 염분이 빠져나가 담수호로 바뀌었다.

본 과업에서는 <그림 1>과 같이 서산 A지구 중 상류에 위치한 도당천유역을 연구대상유역으로 선정하였다.

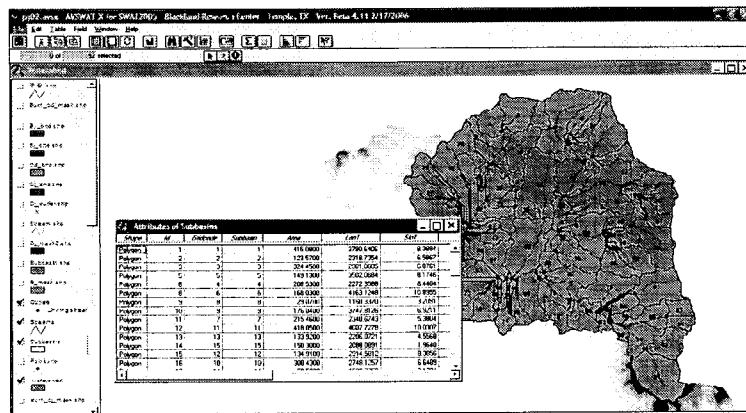


<그림 1> 대상유역도

3. 공간매개변수 구축

3.1 소유역 분할

Arcview 기반의 SWAT 모형의 특징은 대상유역의 수치고도도와 하천수계망을 이용하여 유역을 분할한다는 것이다. 본 연구에서는 산정한 소유역은 그림 2와 같다.



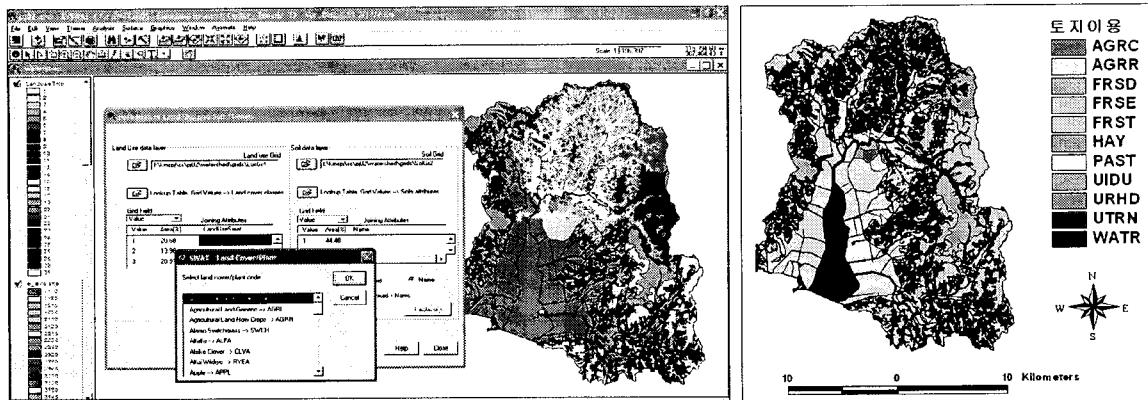
<그림 2> 유역분할에 따른 92개의 소유역 및 속성테이블

3.2 토지이용계수 적용

소유역을 분할하게 되면 다음 과정으로 해당 유역의 토지이용계수와 토양계수를 설정하여야 한다. 계수의 설정은 설정창을 통해 이루어지는데 이를 위해서는 기 구축된 같은 격자크기를 갖는 토지이용도와 토양도를 이용하여야 한다. <그림 3>은 SWAT에서 제공하는 토지이용계수 설정창으로 본 과업에서 활용한 토지이용도(국립지리원 1:25,000 자료)의 토지이용계수와 동기화 작업을 해야한다.

유역의 토지이용현황은 유출 및 토사발생에 매우 중요한 요소이다. 최근 도시화에 따른 불투수층의 증가로 강우에 의한 침투현상이 저하되어 지하수위를 확보하지 못해 하천이 건천화 되는 것은 하천재해에 큰 부

분을 차지한다. 뿐만 아니라 토지이용특성의 변화에 따라 유출발생량 및 토사발생량이 변화되기 때문에 사업지구의 개발에 가장 민감하게 고려하여야 하는 사항이기도 하다. <표 1>은 토지이용계수별 면적비를 나타낸 것이다.



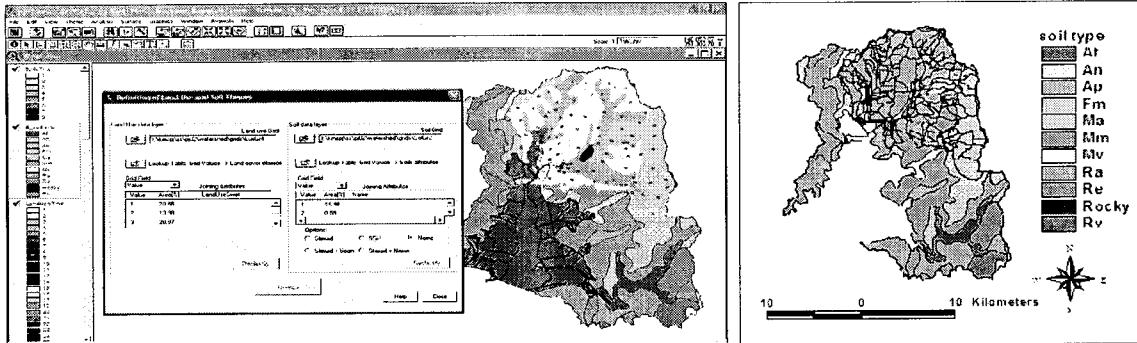
<그림 3> 토지이용계수 설정 화면

<표 1> 소유역별 토지이용 면적비

토지이용	유역면적 (㎢)	면적비 (%)
AGRC	76.13	15.47
AGRR	196.98	40.02
FRSD	25.39	5.16
FRSE	73.11	14.85
FRST	33.71	6.85
HAY	14.03	2.85
PAST	0.87	0.18
UIDU	9.35	1.90
URHD	16.10	3.27
UTRN	4.99	1.01
WATR	41.51	8.43
합 계	492.16	100.00

3.3 토양계수 적용

토지이용특성과 더불어 토양의 특성 또한 지표면 유출에 영향을 끼치는 주요 인자로 작용하기 때문에 유역내의 수문특성을 분석하기 위해서는 반드시 고려되어야 하는 인자이다. <그림 4>는 시범유역내의 토양현황을 도시한 것으로써 개략토양도(1:250,000)으로부터 추출된 토양형을 제시하였다. 그러나 이러한 소규모의 유역에 대해서는 정밀토양도(1:50,000 이상)의 자료를 활용하는 것이 바람직하다.

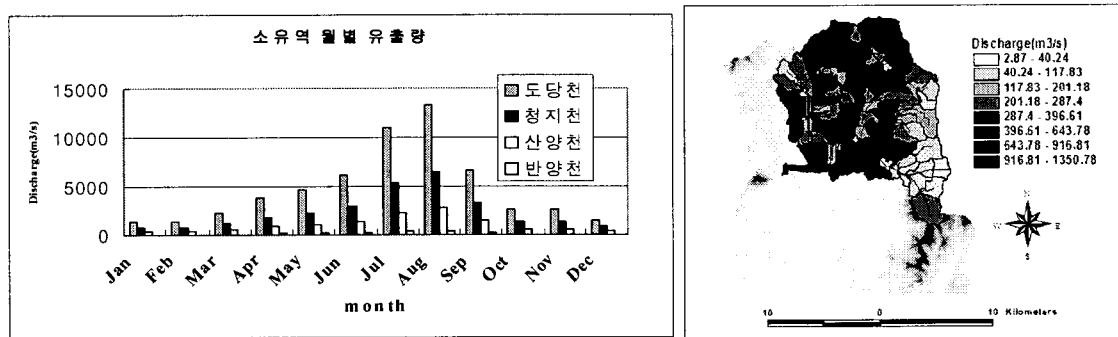


<그림 4> 토양계수 설정 화면

4. 연구결과

4.1 월 발생유출량

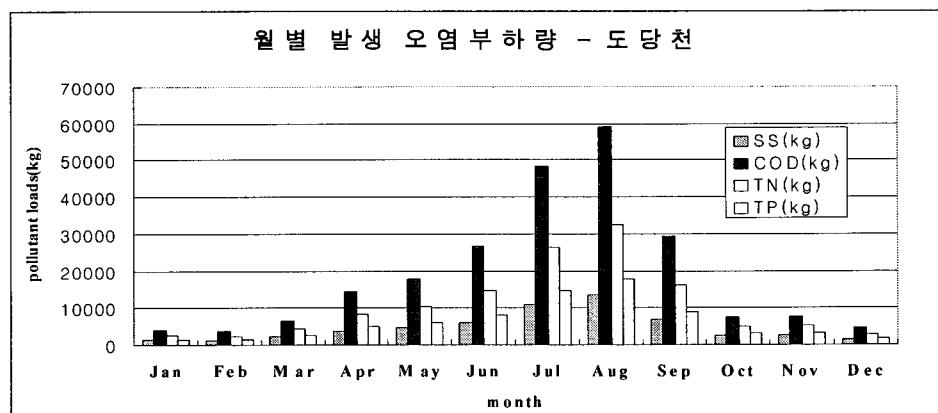
강우분석과정을 통해 산정된 월별 평균 강우강도값을 바탕으로 월별 유역발생 유출량을 산정하였으며, 산정된 결과는 <그림 5>와 같이 92개의 소유역에 대한 분포형 자료와 평균 자료로 산정, 제시하였다. 분포형 자료는 8월의 자료만 대표로 제시한다.



<그림 5> 도당천유역 월 발생유출량

4.2 월 발생오염부하량

<그림 5>에서 산정한 유역의 월별 발생 유출량을 이용하여 산정한 각 수질항목별 월 발생 오염부하량을 <그림 6>에서와 같이 도출하였다.



<그림 6> 도당천유역 월 발생오염부하량

4.3 소유역별 유달율 산정

유달율은 일반적으로 오염원으로부터 배출된 오염물질이 수체의 특정지점에 도달하는 비율을 의미하는데, 소유역별 또는 오염원별로 산정한다. 유달율은 수립년도 기준으로 배출량 산정방법을 통해 산출된 월 또는 일별 배출부하량의 평균치, 즉 '일평균배출부하량'과 해당 시기에 대하여 수계 수질조사를 통해 산출된 유달부하량(=유량×수질)으로부터 산출한다.

본 연구에서는 도당천에서 현장측정한 오염물질 부하량의 결과자료와 해당 월에서의 발생부하량 모의결과자료를 이용하여 유달율을 산정하고 이를 월별 일자로 나누어 <표 2>와 같이 일 유달부하량을 산정하였다.

<표 2> 월별 유달율 및 일 유달부하량

	SS		COD		TN		TP	
	(kg/d)	%	(kg/d)	%	(kg/d)	%	(kg/d)	%
Jan	48.66	0.90	107.09	1.18	63.44	1.30	44.37	1.15
Feb	45.66	0.85	100.44	1.20	59.50	1.32	41.62	1.16
Mar	81.70	0.83	180.20	1.01	106.76	1.35	74.67	1.14
Apr	137.04	0.81	397.17	0.98	210.19	1.28	136.93	1.10
May	168.74	0.91	489.43	1.28	259.02	1.27	168.74	1.12
Jun	221.75	0.93	734.80	1.32	366.11	1.35	229.05	1.22
Jul	396.95	0.99	1325.12	1.11	660.22	1.42	413.06	1.31
Aug	483.21	1.02	1615.79	1.05	805.04	1.26	503.66	1.28
Sep	243.27	1.11	807.32	0.97	402.24	1.33	251.65	1.01
Oct	93.71	0.87	206.79	0.91	122.51	1.29	85.69	0.98
Nov	96.55	0.83	213.07	1.10	126.23	1.24	88.29	0.99
Dec	56.00	0.82	123.34	1.03	73.07	1.27	51.11	1.02

5. 결론 및 고찰

<표 2>에서 제시한 바와 같이 수질항목별로 산정된 각 월별 유달율을 살펴보면, 대체적으로 높은 유달율을 보이고 있다. 특히 호우기때의 유달율은 110%을 웃도는 값을 보이고 있는데, 우선 전반적으로 유달율이 높게 산정된 이유는 현장에서 유달부하량을 여름철 호우기 때 측정하여 이를 대푯값으로 적용하였기 때문인 것으로 판단되며, 호우기 때 더 큰 유달율을 보이는 이유는 봄 가뭄 때 땅속에 축적되어 있던 높은 농도의 유기인들이 강우-유출현상에 의해 유출되었기 때문인 것으로 판단된다. 오염 부하량의 가장 정확한 산정방법은 실측이다. 그러나 실측의 경우 선행강우의 여부, 수체의 정체현상, 하천유지유량의 확보현황 등 수변환경에 따라 수질측정에 있어 많은 변수가 작용하며, 동일지점, 동일시기의 유량과 수질의 동시 측정이 기본적으로 이루어져야 하는 어려움이 있기 때문에 현장자료의 측정에는 해결해야 할 많은 문제점들이 수반된다. 그러나 이러한 문제점을 극복하고 최적의 값을 도출하기 위해 지속적인 모니터링과 수문모델링을 수행하여 농촌 소하천 유역에 대한 유달율을 산정하고, 이를 이용하여 적용가능한 원단위를 제시하여야 할 것이다.