대청호 상류유역의 직접유출 및 비점오염배출부하 적용성 평가를 위한 L-THIA 모델

Evaluation of Estimated Direct Runoff and Non-point Pollutant Discharge from Upper Watershed of Daecheong Reservoir Using L-THIA Model

최재완*, 신민환**, 심인근***, 이재안****, 임경재*****
Jae Wan Choi, Min Hwan Shin, In Keun Shim, Jae An Lee, Kyoung Jae Lim

요 지

대청호 수질관리를 위한 대책 수립시 상류유역의 유출 및 오염부하배출 특성을 평가하는 것이 중요하다. 유역의 수환경 영향을 평가하기 위해서 복잡한 수문·수질 모델을 이용하는데 사용자 편의성을 고려한 모델 개발과 이용이 필요하다. L-THIA ArcView GIS 모형은 토지이용도, 토양도, 일강우 자료만으로 직접유출의 모의가 가능하여 전 세계적으로 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 L-THIA ArcView GIS 모형을 이용하여 대청호 상류유역인 안내천, 월외천 유역의 직접유출 및 비점오염 배출부하 특성을 평가하였다. 직접 유출량 평가 결과, 결정계수(R^2)와 유효지수(EI)가 월외천 유역 및 안내천 유역에서 각각 0.95, 0.93 및 0.81, 0.71로 나타나, L-THIA ArcView GIS 모형이 실측치를 잘 재현하는 것으로 나타났다. 강우유출수에 포함된 SS 및 T-P 오염부하량 평가결과, 결정계수(R^2)가 월외천 유역과 안내천 유역에서 각각 0.53, 0.95 및 0.89, 0.89로 평가되었다. 또한 유효지수(EI)가 월외천 유역과 안내천 유역에서 각각 0.44, 0.95 및 0.98, 0.99로 평가되었다. SS 부하량 평가 결과에서 월외천 유역이 안내천 유역보다 정확성이 낮은 것은 지역특성에 따라 SS 부하량 차이가 크기 때문이다. 따라서 L-THIA ArcView GIS 모형의 지속적인 개선이 이루어진다면 대청호 만입부 상류유역에서의 각종 수질관리대책 평가에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 대청호, 비점오염, 오염부하량, 직접유출, L-THIA Arcview GIS

1. 서론

대청호에서 유입 유량 변동과 수질 및 조류증식의 관계, 정체수역에서의 조류발생의 영향 등은 상류유역에 내리는 강우의 크기와 강도, 산림, 대지 등 토지이용형태와 토양특성의 영향을 받아 하천을 따라 유입되는 강우유출수의 양과 이에 포함된 영양물질의 지배를 받는다(신재기 등, 2003). 이러한 이유로 대청호 수질관리를 위한 대책 수립시 상류유역의 유출 및 오염부하배출 특성을 평가하는 것이 중요하다. 유역의 수환경 영향을 평가하기 위해서 복잡한 수문·수질 모델을 이용하는데 이러한 복잡한 모델을 운영하기에는 전문적인 지식이 있어야 하며, 입력자료 구축 문제로 인하여 일반 사용자가 이용하기에는 어려움이 많았다. 이러한 단점을 보안하기 위해 입력자

* 정회원·금강물환경연구소·E-mail : chlwodhk@korea.kr
** 정회원·금강물환경연구소·E-mail : uv2000wind@korea.kr
*** 비회원·금강물환경연구소·E-mail : inkeun77@korea.kr
**** 비회원·금강물환경연구소·E-mail : leejanier@korea.kr
***** 정회원·강원대학교 지역건설공학과·E-mail : kjlim@kangwon.ac.kr

료 구축이 용이하도록 모델을 개선·개발하려는 연구가 진행되고 있다. L-THIA(Long-Term Hydrologic Impact Assessment) ArcView GIS 모형은 U.S. EPA와 Purdue 대학교 연구진의 공동연구에 의해 개발되었으며, 토지이용도, 토양도, 일강우 자료만으로 직접유출의 모의가 가능한 장점이 있고, 어느 정도의 높은 예측 정확성으로 인하여 현재 전 세계적으로 널리 이용되고 있다(김종건 등, 2007). 따라서 본 연구에서는 L-THIA 모형을 이용하여 대청호 상류유역인 안내천, 월외천 유역의 직접유출 및 비점오염 배출부하 특성을 평가하였다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상 지역

연구대상 유역은 충청북도 옥천군 안내면 일대로서 월외천 및 안내천 유역이다. 월외천의 유역면적은 9.884 Km^2로 유역의 80.5%정도가 산림이며, 안내천의 유역면적은 16.5 Km^2로 유역의 69.4%정도가 산림이다. 두 유역의 토양은 주로 대산통이 분포되어 있으며, 수문학적 토양군은 미국 USDA SCS(현재 NRCS) 기준으로 주로 A그룹(침투속도 7.6 mm/hr 이상)으로 분류되며, 토양이 완전히 포화되어도 침투능이 높아 유출률이 낮다.

2.2 L-THIA ArcView GIS 입력 자료 구축

L-THIA ArcView GIS 시스템의 입력자료는 토지이용현황, 수문학적 토양그룹, 그리고 장기 일강우량자료이다. 따라서 본 연구에서는 월외천과 안내천 유역의 토지이용도와 토양도, 그리고 2009년 1월 1일부터 2009년 9월 1일까지의 일강우량 자료를 모형의 입력자료로 구축하였다.

2.3. 토지이용도

연구대상지역내 토지이용현황은 환경부 환경지리정보(EGIS)에서 배포하는 2000년 1/25,000의 대분류 수치 토지피복도 자료를 이용하였다. 월외천 유역의 토지이용분류는 산림(Forest)이 80.51%를 차지하며, 농업지역(Agricultural) 17.09%, 고밀도 주거지역(HD Residential) 0.81%, 저밀도 주거지역(LD Residential) 0.64%, 공업지역(Industrial) 0.048%를 각각 차지하고 있다(그림. 6). 안내천 유역의 토지이용분류는 산림(Forest)이 69.45%를 차지하며, 수역(Water)이 0.92%, 상업지역(Commercial) 0.55%, 농업지역(Agricultural) 25.72%, 고밀도 주거지역(HD Residential) 2.58%, 저밀도 주거지역(LD Residential) 0.74%, 공업지역(Industrial) 0.03% 각각 차지하고 있다(그림. 1, 2).

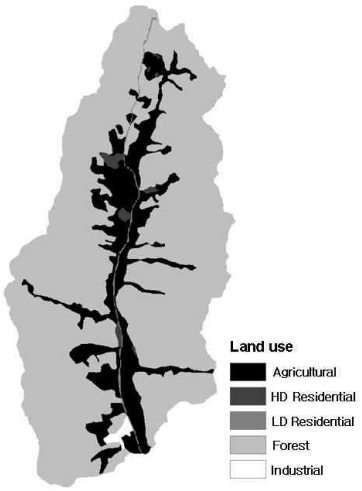


그림 1. 월외천 유역 토지이용도

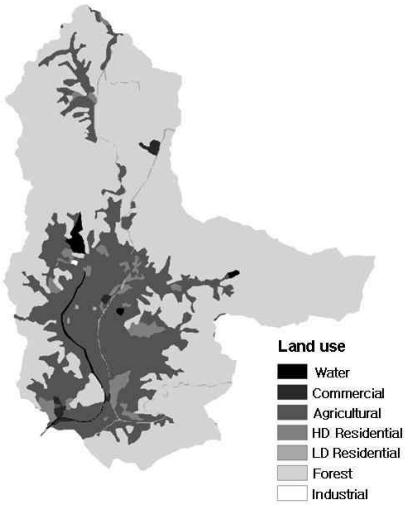


그림 2. 안내천 유역 토지이용도

2.3. 토양도

월외천 및 안내천 유역내 토양속성은 농업과학기술원의 정밀토양도(1:25,000)를 사용하였으며, 대부분 대산통이 분포되어있다. 대산통은 미사식양질계 적황생토로서 미농무성(USGS)의 새로운 분류방법에 의하면 fine silty, mixed, mesic family of Typic Dystrudepts에 속한다. 대산통은 옥천계내에 천매암 또는 잔적층을 모재로 한 토양으로 저구릉지 내지 산악지에 분포하며 경사범위는 7~33%이나 주로 15~30%이다. 토양배수는 양호하고 투수성은 느리며 유거는 보통이거나 빠르다.

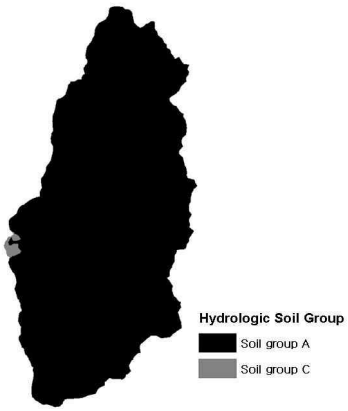


그림 3. 월외천 유역 수문학적 토양그룹

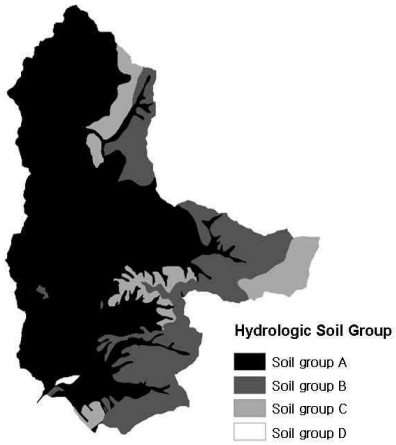


그림 4. 안내천 유역 수문학적 토양그룹

3. L-THIA GIS 모형 평가

3.1 유출 정확성 평가

월외천 유역과 안내천 유역의 유출 정확성을 평가한 결과(그림 5 및 그림 6), 결정계수(R^2)와 유효지수(EI)는 월외천 유역에서 0.95, 0.93이고, 안내천 유역에서 0.81, 0.71로 나타나, L-THIA GIS 모형의 유출량 예측치가 실측치를 잘 반영하는 것으로 나타났다.

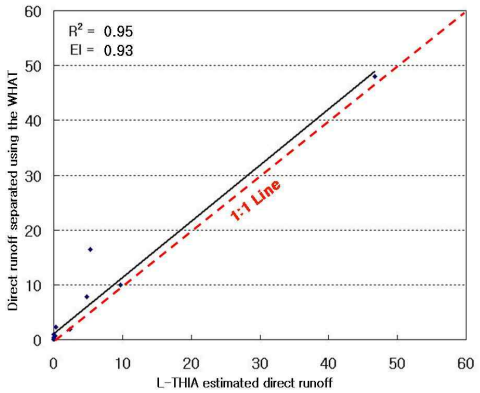


그림 5. 월외천 유역 정확성 평가

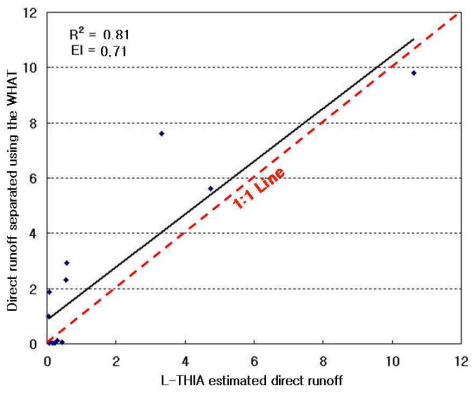
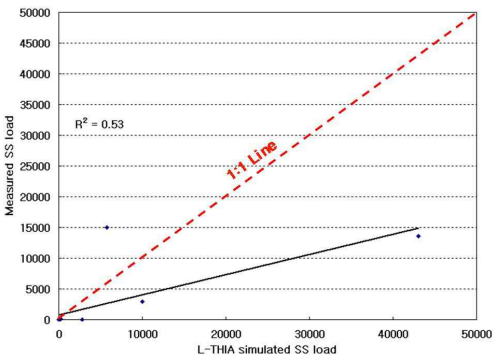


그림 6. 안내천 유역 정확성 평가

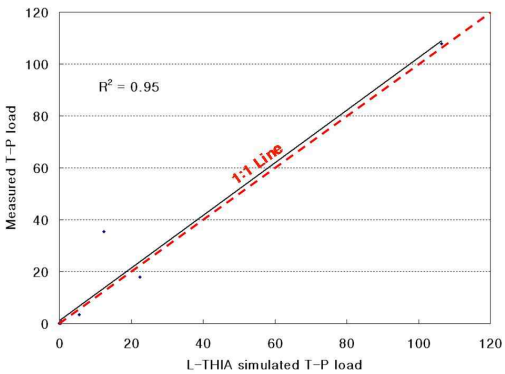
3.2. 오염부하 정확성 평가

3.2.1 월외천 유역

월외천 유역의 SS, T-P 실측 오염부하량과 L-THIA ArcView GIS 모형 결과의 결정계수(R^2)는 각각 0.53, 0.95로 평가되어 T-P 오염부하 산정은 잘 재현하는 것으로 나타났으나, SS 부하량 산정의 경우 45°선에서 상대적으로 밀집해있지 않아 부하량 산정에 한계가 있는 것으로 나타났다(그림. 7). 또한 유효지수(EI) 산정 결과 SS가 0.44, T-P가 0.95로 나타났다. 평가 결과 SS보다 T-P가 부하량 산정에 더 적용성이 있는 것으로 나타났다.



(a) SS



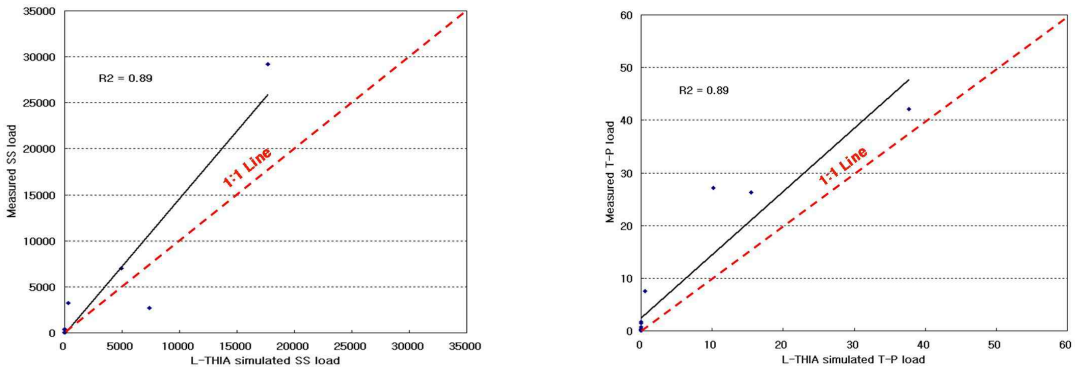
(b) T-P

그림 7. 월외천 유역 오염부하 정확성 평가

3.2.2 안내천 유역

안내천 유역의 SS, T-P 실측 오염부하량과 L-THIA ArcView GIS 모형 결과의 결정계수(R^2)

는 각각 0.89, 0.89로 평가되어 오염부하 경향을 비교적 잘 재현하는 것으로 나타났다(그림. 8). 또한 EI 산정 결과 SS가 0.98, T-P가 0.99로 나타났다. 평가 결과 월외천 유역과 같이 SS보다 T-P가 부하량 산정에 더 적용성이 있는 것으로 나타났다.



(a) SS (b) T-P

그림 8. 안내천 유역 오염부하 정확성 평가

4. 결 론

본 연구에서는 2단계 총량관리 대상물질이며 부영양화 원인물질인 T-P와 차기 총량관리대상물질로 지정될 가능성이 큰 SS를 대상으로 대청호 만입부 유역중 안내천, 월외천 유역의 강우유출 특성을 조사·분석하고, L-THIA ArcView GIS 모형을 이용하여 대청호 만입부 유역의 직접유출 및 비점오염 배출부하량의 산정 가능성을 평가한 결과는 다음과 같다.

1. 직접 유출량 평가 결과, 결정계수(R^2)와 유효지수(EI)가 월외천 유역 및 안내천 유역에서 각각 0.95, 0.93 및 0.81, 0.71로 나타나, L-THIA ArcView GIS 모형이 실측치를 잘 재현하는 것으로 나타났다.
2. 강우유출수에 포함된 SS 및 T-P 오염부하량 평가결과, 결정계수(R^2)가 월외천 유역과 안내천 유역에서 각각 0.53, 0.95 및 0.89, 0.89로 평가되었다. 또한 유효지수(EI)가 월외천 유역과 안내천 유역에서 각각 0.44, 0.95 및 0.98, 0.99로 평가되었다. 안내천 유역에서 T-P의 결정계수와 유효지수(EI)는 모두 높게 나타나 모형의 부하량 산정에 적용성이 있으나, 월외천 유역에서 SS의 유효지수가 낮게 나타나고, 결정계수(R^2) 또한 상대적으로 45° 선에 밀집하지 않아 L-THIA ArcView GIS 모형이 지역에 따라 단일강우사상에 대한 T-P 부하량 산정이 SS 부하량 산정보다 정확성이 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 신재기, 김동섭, 이혜근, 맹승진, 황순진(2003). 옥천천(만) 유역 하천과 만입부의 수환경 평가. *한국하천호수학회지*, **36**(2), pp. 181-190.
2. 김종건, 임경재, 박윤식, 허성구, 박준호, 안재훈, 김기성, 최중대(2007). 경사도에 따른 CN보정에 의한 L-THIA 직접유출 모의 영향 평가. *한국수질보전학회지*, **23**(6), pp. 897-905