

GSSHA 모형을 이용한 경안천 유역의 물순환 해석

The water cycle analysis of Kyeongancheon-watershed by using GSSHA

장철희*, 김현준**, 노성진*** 김철겸****

Cheol Hee Jang, Hyeon Jun Kim, Seong Jin Noh, Chul Gyum Kim

요 지

GSSHA(Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis) 모형은 미 공병단 연구개발센터(USACE ERDC; US Army Corps of Engineers Engineering Research and Development Center)에서 개발된 물리적인 개념의 공간 분포형(PBSD; Physically Based Spatially Distributed) 수문모형으로, CASC2D 모형(Ogden 와 Julien, 2002; Downer 등, 2002)을 개선, 확장한 모형이다.

GSSHA 모형의 실행에는 Brigham Young 대학의 컴퓨터그래픽공학연구실에 의해 개발된 미 국방성 WMS(Watershed Modeling System) 인터페이스를 사용하며, 이를 통해 많은 입력과 출력조건을 가지는 분포형 모형의 복잡한 모의 과정을 효과적으로 처리할 수 있다.

본 연구에서는 GSSHA 모형을 이용하여 경안천 유역의 물순환 양상을 분석하였다. GSSHA 모형은 유역을 균일한 유한 차분 격자로 나누어 각각의 격자를 기본 단위로 모의한다. 모형의 주요 모의 모듈은 강우 분포, 용설, 차단, 침투, 증발산, 지표면 저류, 2차원 표면류 추적, 1차원 하도 추적, 불포화 층 모의, 2차원 포화 지하 대수층 흐름, 지표면 유사 침식, 하천 유사 추적 등이 포함된다.

핵심용어 : GSSHA, 분포형 수문모형, 물순환, CASC2D

1. 서론

유역의 물순환을 평가하기 위해서는 유역내의 수문성분의 기작에 대한 정확한 모의가 선행되어야 한다. 유출모형은 이러한 유역내의 수문순환을 모의해주는 도구로서, 최근에는 분포형 유출모형의 개발 및 적용에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다 (김성준, 2001). 분포형 유출모형은 유역을 수문학적으로 균일한 소유역 또는 격자망으로 구분하여 적용하는 것으로, 도시화 등 토지이용의 변화나 기타 유역내의 물리적인 특성의 변화가 수문기작에 미치는 영향을 잘 모의할 수 있다. 또한, 모형의 매개변수를 유역의 물리적 특성이나 실측된 자료로부터 구하기 때문에 미계측 유역에도 적용할 수 있는 반면에 입력자료의 구축에 많은 시간과 노력이 필요하며, 모형의 구동에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다 (박종민, 2003).

대표적인 분포형 유출모형은 AGNPS (Young et al., 1989), ANSWERS (Beasley et al., 1980), Mike SHE (DHI, 2002), GSSHA (Downer et al., 2002) 등이 있다. GSSHA(Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis) 모형은 미 공병단 연구개발센터(USACE ERDC; US Army Corps of Engineers Engineering Research and Development Center)에서 개발된 물리적인 개념의 공간 분포형(PBSD; Physically Based Spatially Distributed) 수문모형으로, CASC2D 모형(Ogden와 Julien, 2002; Downer 등, 2002)을 개선, 확장한 모형이다.

CASC2D 모형이 건조 지역 및 준건조 지역의 표면 유출 해석을 위해 개발되어 hortonian 유출에 대해서

* 정회원.한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원.E-mail : chjang@kict.re.kr
** 정회원.한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원.E-mail : hjkim@kict.re.kr
*** 정회원.한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원.E-mail : sjnoh@kict.re.kr
****정회원.한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원.E-mail : cgkim@kict.re.kr

만 해석이 가능하지만, GSSHA 모형은 hortonian과 비 hortonian 유출에 대한 해석이 모두 가능하여 다양한 기후의 유역에 대해 적용이 가능하다. 또한, 비포화 흐름 및 포화 지하 대수층 해석에 대한 모듈이 추가되었고 이 외에도 모형의 안정성과 효율성이 현저하게 개선되었다.(Downer와 Ogden, 2002).

GSSHA 모형은 유역을 균일한 유한 차분 격자로 나누어 각각의 격자를 기본 단위로 모의한다. 모형의 주요 모의 모듈은 강우 분포, 응설, 차단, 침투, 증발산, 지표면 저류, 2차원 표면류 추적, 1차원 하도 추적, 불포화 층 모의, 2차원 포화 지하 대수층 흐름, 지표면 유사 침식, 하천 유사 추적 등이 포함된다.

GSSHA 모형은 전체 모형과 개별 수문 모듈의 모의 시간간격을 별도로 설정하며, 전체 모형의 시간간격으로 계산을 진행하다가 개별 모듈의 시간간격 마다 계산을 업데이트하고 그 결과를 다른 연관된 모듈로 전달한다. 이러한 방법은 표면류 흐름, 증발산, 지하수 흐름 등 서로 다른 반응시간을 가진 수문과정을 모의하는데 있어 계산효율을 향상시킨다. 일반적으로 시간간격은 전체 모형은 1초~5분, 증발산 모듈은 1시간, 강우/차단은 1분~1일, 침투는 1초~5분 정도의 값이 권장된다.

본 연구에서는 유역의 물순환평가를 위하여 분포형 유출모형의 하나인 GSSHA 모형을 선정하여 경안천 상류 유역에 적용하여 그 적용성 평가를 실시하였다. 경안천은 동경 12710' 47"~12714' 40", 북위 37 11' 8"~3721' 1" 사이에 위치하고 있는 한강의 제1지류로서 경기도 용인시에서 발원하여 광주군 퇴촌면에서 팔당호로 유입된다. 경안천의 총 유로연장은 49.5 km이며, 유역면적은 560 km²이며, 크게 경안천 유역과 곧지암천 유역으로 이루어져 있다. 본 연구에서는 광주시 (구)경안교에 위치하고 있는 경안수위관측소 지점을 유역 출구점으로 하는 경안천 상류유역을 대상유역으로 선정하였다. 선정된 유역의 전체 면적은 260 km²이다.

GSSHA 모형과 같은 분포형 모형은 자료의 보유정도, 계산시간, 연구의 목적 등을 고려하여 격자의 크기를 결정한다. 격자의 크기가 작을수록 토지이용이나 토양, 지형자료의 영향을 모형에서 정확하게 모의할 수 있으나, 자료의 구축과 입력자료의 작성에 많은 시간과 노력이 요구되며, 계산시간이 길어지는 단점이 있다. 반면에 격자의 크기가 커질수록 다양한 정보가 하나의 격자안에서 평균화되어 나타나므로 분포형모형의 특성을 정확하게 반영하지 못하는 단점이 있지만 계산시간이 빠르며 입력자료의 구축이 상대적으로 용이하다. 본 연구에서는 200x200 m 격자를 지표면 격자로 이용하였다.

2. 입력자료 구축

2.1 기상자료

GSSHA 모형의 구동을 위한 기상자료는 강우량과 증발량 자료 등이 있다. 경안천 대상유역에는 광주, 모현, 포곡, 용인, 운학 등 5개의 우량관측소가 위치하고 있으며, 자기우량계를 이용하여 시간별 강우량 자료를 수집하고 있다. GSSHA 모형을 적용하기 위하여 5개의 우량관측소에서 측정된 일별 강우량 자료를 이용하였으며, Thiessen 망을 작성하여 강우량의 공간적 분포를 고려하였다.

2.2. 지형자료

지표류의 흐름 방향 및 유속은 지표면의 지형특성에 의해 결정된다. 경안천 유역의 유역 경계 및 지형자료는 환경부에서 구축한 30 m의 DEM으로부터 추출하였으며, 200x200 m의 계산격자를 이용하여 구축하였다. 경안천 유역의 DEM 및 경사도는 그림 1, 2와 같다.

2.3. 토지이용자료

토지이용 자료는 NGIS사업으로 구축된 토지이용현황도를 이용하여, 그림 3과 같이 임야, 논, 밭, 도시 등 4개로 구분하였으며, 임야는 활엽수림, 침엽수림 및 혼요림으로 다시 세분하였다. 토지이용자료는 차단량이나 증발산량의 추정에 이용되며, 토지이용에 따라 필요한 매개변수의 값은 문헌조사를 통하여 선정하였다.

2.4. 토양자료

토양자료는 농촌진흥청의 정밀토양도를 이용하여 그림 4와 같이 구축하였다. 토양자료는 토양층의 수분흐름을 모의하기 위하여 필요한 투수계수, 포장용수량 등을 정의하는 데 이용되며, 각 토양별 현장 조사나 문

헌 조사를 통하여 적절한 매개변수를 선정하여야 한다.

2.5. 하천자료

GSSHA 모형에서 하도 추적은 1차원 하천 흐름에 대한 확산파 방정식(diffusive wave equation)을 Preissmann 하천 추적 루틴(Cunge 등, 1980)을 이용하여 모의하며, 사류(supercritical flow), 상류(subcritical flow), 천이류(transcritical) 조건에 대한 모의가 가능하다. 경안천에 대한 하도 추적을 위하여 하천망의 구성, 하천구간별 하천단면, 상·하류 경계지점의 수위 (혹은 유량) 자료 등이 필요하다. 경안천 수계에는 경안천 본류 구간과 상류의 양지천 등 모두 20여개의 지천으로 구성되어 있으며, 이들 각 하천에 대한 하천망을 구성하였다. 하천망의 구성을 위해서는 각 하천의 상·하류 연결 정보, 하천 길이 등이 필요하며, 이들 자료는 “경안천수계하천정비기본계획 (경기도, 2001)”을 이용하여 보완하였다. 하천망 자료뿐만 아니라 주요구간에 대한 하천 단면 자료도 필요하다. 하천 단면 자료는 “경안천수계하천정비기본계획 (경기도, 2001)”의 주요 단면에 대한 측량자료를 이용하여 각각 구성하였다. 주요 구간의 선정은 하천의 합류점이나 구조물의 설치 지점, 하천 개·보수 등으로 인하여 단면의 급격한 변화가 있는 곳 등을 기준으로 하여 선정하였다. 또한, GSSHA 모형의 수치계산을 위하여 경계조건 등이 필요하며, 이를 위하여 경안수위표 지점의 수위자료를 하부 경계 자료로 이용하였다.

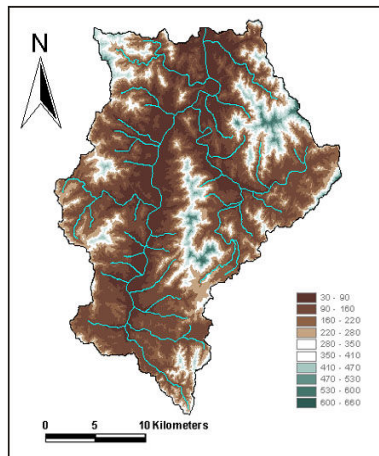


그림 1. 수치고도모형

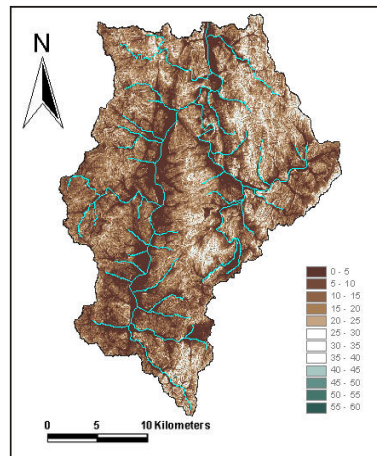


그림 2. 경사도

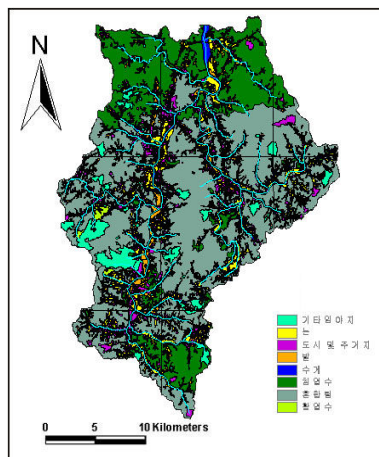


그림 3. 토지이용현황도

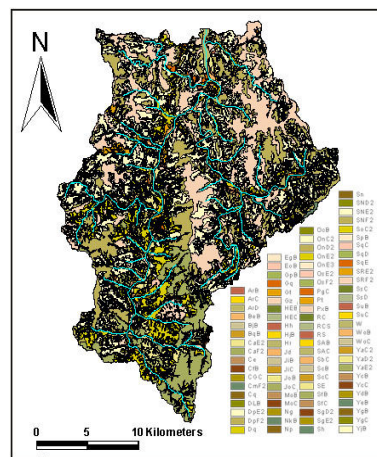


그림 4. 정밀토양도

3. 모형의 적용

GSSHA 모형과 같은 분포형 모형은 유역의 물리적 특성으로부터 매개변수를 추정하기 때문에 모형의 보정이 필요하지 않다. 그러나 유역에서 실측하거나 관련 자료로부터 얻을 수 있는 매개변수의 값이 제한적이거나, 또는 획득 가능한 자료가 없는 경우에는 유역 출구점에서 조사된 하천 유량 자료를 이용하여 모형의 매개변수 보정을 실시한다. 매개변수 보정은 유량 관측자료가 양호한 1988년부터 1991년까지의 일별 하천 유량 자료를 이용하여 실시하였으며, 모형의 초기화를 위해 1987년부터 GSSHA 모형을 구동하였다. 매개변수의 정확한 추정을 위해 관련 자료를 계속적으로 수집, 검토하고 있으며, 이러한 연구 결과를 바탕으로 앞으로 더욱 개선될 것으로 기대된다.

한편, GSSHA 모형은 특정지점에 대한 유출량의 시간적 변화뿐만 아니라 전체 유역에 대한 공간적인 분포를 제시하여 준다. 이들 결과는 도시화 등으로 인한 토지이용 변화가 유역의 수문순환에 미치는 영향을 계량적으로 파악할 수 있게 해준다.

4. 모형의 적용결과

분포형 수문모형인 GSSHA 모형의 적용가능성을 평가하기 위하여 유역면적 260km²인 경안천 상류유역을 대상유역으로 선정하여 공간자료와 시계열 자료로부터 입력자료를 구축하였으며, 유역의 출구점 (경안수위표)에서 실측된 하천 유량 자료를 이용하여 매개변수 보정을 실시하였다. 실측 유량과 모형에 의해 추정된 유량을 비교한 결과, 서로 잘 일치하고 있었으며, 앞으로 지속적인 자료 수집과 매개변수 보정을 통해 추정 결과의 정확도를 높일 계획이다.

이상의 연구를 통해 GSSHA 모형은 경안천 유역과 같이 복잡한 토지이용 특성을 가지고 있는 중규모 유역의 유출 및 수문특성을 잘 모의해주고 있음을 알 수 있었으며, 이들 결과를 이용하여 도시화 등으로 인한 토지이용 변화가 유역내의 유출기작에 미치는 영향을 분석하는 데 활용 가능할 것으로 판단되었다.

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 유역의 물순환을 평가하기 위하여 경안천 유역을 대상유역으로 선정하였으며, GSSHA 모형을 이용하여 입력자료를 구축하고, 모형을 적용하여 물순환 성분을 평가하였다. 모형의 보정 및 검증은 경안수위표의 일별 하천 유량 자료를 이용하여 실시하였다. 모형의 적용 결과, 실측 유량과 모의 유량이 일치하고 있으며, 실제 하천 유량의 장기적인 분포를 잘 모의하고 있었다. 앞으로 자료의 수집과 보완을 통하여 보다 정확한 유출 특성을 모의할 수 있도록 지속적인 연구를 실시할 계획이다.

감 사 의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 기관고유사업인 “건강한 물순환체계 구축을 위한 유역진단기법 개발연구” 과제의 연구비지원(과제번호: 건기연 2004-031)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 서울지방국토관리청, 1998, 경안천 하천 환경 정비사업 기본설계 보고서.
2. 건설교통부, 서울지방국토관리청, 2000, 경안천 하천 환경 정비사업 실시설계 보고서.
3. 건설교통부, 한강홍수통제소, 2002, 한강유역유량측정조사 보고서 (부록), p. 311.
4. 경기도, 2001, 경안천수계하천정비기본계획, 수원.
5. 김성준, 2001, 분포형 수문·수질 모델링의 최근 동향과 활용방안, 한국수자원학회지, 제36권, 6호, pp. 33-45.

6. 김철겸, 김현준, 2003, SWAT 모형을 이용한 경안천 유역의 유출 및 유사량 추정, 한국농공학회 학술발표논문집, 제주, pp. 527-530.
7. 임상준, 김현준, 장철희, 2003, 경안천 유역에 대한 Mike SHE 모형의 적용, 한국농공학회 학술발표논문집, 제주, pp. 463-466.
8. Downer, C. W., and F. L. Ogden. 2002. GSSHA user's manual, Gridded Surface subsurface hydrologic analysis version 1.43 for WMS 6.1. ERDC Technical Report, Engineering Research and Development Center, Vicksburg, MS.