

지형정보 미구축 유역에 대한 유출모의 방안

Study on Spatially Runoff Simulation without Geological Information

김남원*, 이정은**, 이병주***

Nam Won Kim, Jeong Eun Lee, Byong Ju Lee

요 지

국외의 경우 과거에 개발된 개념형 모형을 준분포형 모형으로 확장하고 GIS와 연계하여 모형을 적용하고 있으며, 이러한 경향은 이미 보편화되어 있다. 최근 국내 수자원 분야에서도 GIS를 이용한 모형의 적용이 많이 시도되어지고 있다. GIS와 연계된 모형을 이용할 경우, 기본입력자료로 DEM, 토지피복도, 토양도 등과 같은 수치주제도를 필요로 한다. 이러한 수치주제도는 전국 대부분 유역에 구축되어 있으나, 토양도의 경우 한강유역 휴전선 이북지역에 관한 정보가 아직 구축되어 있지 못한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 토양도의 공간적인 정보와 그 속성정보가 준분포형 모형인 SWAT-K 모형에서 유출량에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 대상유역으로는 충주댐 유역을 선정하였으며, 토양도의 속성정보는 3가지 시나리오(유역면적평균, 전국평균A, B)를 가정하였다. 대상유역을 10개의 소유역으로 구분하여, 토양도 미구축 유역이 증가함에 따라 3가지 속성정보 시나리오에 따른 연유출량의 오차를 검토하였다. 그 결과, 대상유역의 토양도 속성정보를 면적평균하여 적용한 경우 가장 작은 오차를 보임을 확인하였으며, 미구축 유역이 약 30, 60 %일 경우에 각각 1.4, 3.5 mm의 RMSE값을 나타내었다.

핵심용어 : 수치주제도, GIS, 토양도, SWAT-K

1. 서론

최근 국내 수자원 분야에서는 GIS와 연계된 모형의 적용이 많이 이루어지고 있으며, 이러한 모형은 기초 입력자료로 수치주제도를 요구하고 있다. 국내의 경우, 국립지리원, 한국수자원공사, 환경부, 농업과학기술원 등에서 수치고도모형(DEM), 토지이용도, 토지피복도, 토양도 등을 수치화하여 제공하고 있다. 이중 토양도의 경우에는 현장조사를 토대로 자료가 구축되어지는 관계로 북한지역에 대한 자료구축은 전무한 실정이다. 한강유역 중 북한강 상류의 화천댐 유역, 평화의댐 상류유역은 북한지역을 포함하고 있어, 분포형 모형에서 요구하는 지형정보의 부재로 유출모의에 어려움이 있다. 기존 지형정보에 관한 연구들은 기구축된 정보의 민감도 분석에 국한되어 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 지형정보 자체에 포함되어 있는 민감도 및 불확실성은 무시하고, 지형정보의 유무에 따른 유출량의 오차에 관하여 연구하고자 하였다. 이를 위해 대상유역으로 충주댐 상류유역을 선정하였으며, 해석모형으로는 SWAT-K 모형을 이용하였다. 먼저, 충주댐 유역에 분포하는 토양도를 분포면적에 대하여 면적평균한 속성정보와 전국 토양도를 평균한 속성정보로 구축하였다. 전국 토양도를 평균한 값은 토양의 수문학적 그룹을 국내 분포면적이 가장 큰 A그룹과 충주댐 유역에서의 분포면적이 가장 큰 B그룹으로 구분하였다. 이 3가지 속성정보에 따라 토양도의 미구축 유역이 증가함에 따라 발생하는 연유출량의 오차를 고찰하였다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원 · E-mail : nwkim@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : jeus22@kict.re.kr

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : bjlee@kict.re.kr

2. SWAT-K 모형에서의 토양도 정보활용

SWAT-K 모형의 기본입력자료로 요구되는 토양도 자료는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 제공하고 있는 정밀토양도(축척 1:25,000)를 기준으로 하고 있다. 그 이유는 SWAT-K 모형의 토양속성정보로 요구되는 자료가 토양분류 중 토양통(series name)으로 분류되어 조사되어 있기 때문이다. 토양통으로 분류된 정밀토양도는 토지이용도 혹은 토지피복도와의 중첩과정을 통해 모형내에서 공간적인 정보를 제공함으로써 HRU(Hydrologic Response Unit)를 생성하게 된다. 이후 각 HRU에서의 토양 속성정보는 토양통별로 구축된 토양 데이터베이스에서 그 정보를 불러오게 된다. 여기에서는 수치토양도의 공간정보와 속성정보에 관하여 간단히 기술하였다.

2.1 토양도 공간정보

농업과학기술원에서는 전국을 대상으로 정밀토양도(축척 1:25,000)를 구축하였으며, 일정한 절차를 거쳐 무상으로 배포하고 있다(<http://asis.rda.go.kr>). 국내 토양의 수문학적 그룹에 따른 토양통의 분포면적은 토양통의 수와는 달리 A군이 41.3%, B군이 28.2%, C군이 18.2%, D군이 7.3% 등의 순이다(정정화 등, 1995).

표 1. 토양통의 수문학적 그룹

토양의 수문학적 그룹	국내		충주댐 유역	
	토양통수	면적비(%)	토양통수	면적비(%)
A	83	41.3	39	26.0
B	102	28.2	38	33.3
C	77	18.2	26	23.8
D	116	7.3	23	16.9

2.2 토양도 속성정보

모형에서 수치화된 토양도는 토양특성별 공간적인 분포에 관한 정보만을 제공하며, 토양특성별 속성정보를 모형에 적용하기 위해서는 토양 데이터베이스를 구축하여야 한다(표 2). 농업과학기술원에서는 전국의 토양을 토양통(series name)으로 분류하여 각 토양통(약 380여개)에 대한 물리적인 자료를 구축하고 있다. SWAT-K 모형에서는 토양 데이터베이스 자료로 토양의 수문학적 그룹(A, B, C, D), 토양층 개수, 층별 자갈, 모래, 실트, 점토 비율, 습윤용적밀도, 토양층의 유효수분량, 포화수리전도도 등이 요구된다. 이러한 속성정보를 구축하기 위해 기구축된 토양자료인 토양의 수문학적 그룹(A, B, C, D), 토양층 개수, 층별 자갈, 모래, 실트, 점토 비율 등을 이용하여, USDA ARS에서 제공하는 Soil water characteristics에서 유사토양을 검색하여 습윤용적밀도, 토양층의 유효수분량, 포화수리전도도를 유추하였다. 이러한 방법으로 모형에서 요구하는 토양 속성정보를 정의한 후, 국내 실정에 적합한 토양 데이터베이스를 구축하여, 이를 모형에 적용하였다.

표 2. 토양데이터베이스 변수명과 정의

Variable	Definition	Variable	Definition
HYDGRP	Soil hydrologic group	CLAY	Clay content
SOL_ZMX	Maximum rooting depth of soil profile	SILT	Silt content
SOL_Z	Depth from soil surface to bottom of layer	SAND	Sand content
SOL_BD	Moist bulk density	ROCK	Rock fragment content
SOL_AWC	Available water capacity of the soil layer	SOL_ALB	Moist soil albedo
SOL_K	Saturated hydraulic conductivity	USLE_K	USLE equation soil erodibility factor
SOL_CBN	Organic carbon content	SOL_EC	Electrical conductivity

3. SWAT-K 모형의 적용 및 결과분석

3.1 대상유역 현황 및 모형의 적용

본 연구의 대상유역은 충주댐 상류유역으로 선정하였으며, 그림 1에서 나타난 바와 같이 10개의 소유역으로 구분하였다. 소유역 면적은 458~939 km²이다. 10개의 기상청 관측소에서 수문기상자료로 강우량, 상대습도, 태양복사량, 풍속, 최고/최저 기온을 수집하였다. DEM, 토지피복도, 토양도 격자크기는 500×500m를 이용하였으며, 토지피복도(환경부 중분류)는 15개로 분류되었으며, 토양도(농업과학기술원 토양통 분류)는 160개로 분류되었다. 생성된 HRU 개수는 2814개로 나타났으며, 토양데이터베이스는 앞서 기술한 방법으로 구축하였다. 모형구동기간은 1999~2004년으로 1999년은 모형 warm-up 기간으로 분석에서 제외하였다.

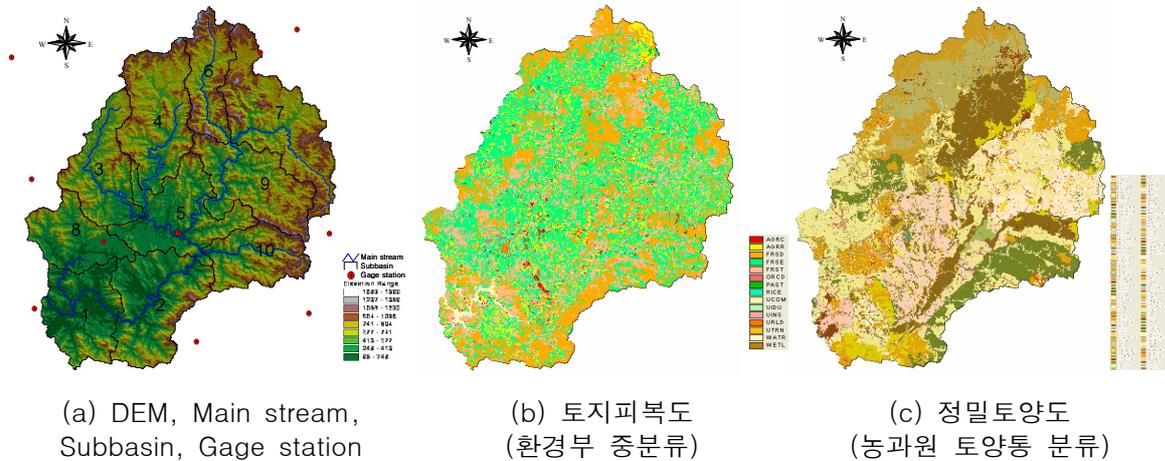


그림 1. 대상유역 현황

3.2 지형정보 미구축 유역의 시나리오별 유출량 분석

지형정보 미구축 유역의 연유출량의 변화를 분석하기 위해 아래 3가지의 토양속성정보를 구축하여 모형에 적용하였다. 먼저, 충주댐 유역에 분포하는 토양도를 분포면적에 대하여 표 2의 속성정보를 면적평균한 속성정보와 전국 토양도를 평균한 속성정보로 구축하였다. 전국 토양도를 평균한 값은 다시 토양의 수문학적 그룹을 국내 분포면적이 가장 큰 A그룹과 충주댐 유역에서의 분포면적이 가장 큰 B그룹으로 구분하였다. 대상유역의 소유역 7, 6, 9, 4, 3, 10, 5, 2, 8, 1번 유역의 순으로 토양도 미구축 유역이라 가정하여, soil과 관련된 각 해당 소유역의 각 HRU의 2가지 파일(.sol과 .mgt)에 구축된 3가지 속성정보를 적용하여 그 결과를 분석하였다.

- (1) 유역면적평균 : 충주댐 유역 토양도의 면적평균값, 토양의 수문학적 그룹 B로 분류
- (2) 전국평균 A : 전국 토양도의 평균값, 토양의 수문학적 그룹 A로 분류
- (3) 전국평균 B : 전국 토양도의 평균값, 토양의 수문학적 그룹 B로 분류

비선형 유출모형의 수행능력을 평가하기 위해 수문곡선 비교의 기준으로 RMSE(평균제곱근오차)를 채택하였다. 이 통계치는 모형수행 결과 평균적으로 어느 정도의 유량만큼 오차가 발생하는지를 나타내는 지표로 일종의 평균치라고 할 수 있다. RMSE는 자료의 개수에 무관하고 차원이 해석하고자 하는 변량과 같은 차원을 갖는 지표이다. 그림 2에서 나타난 바와 같이 지표면 유출을 살펴보면, (1)(3)의 경우, 미구축 유역면적비에 따른 RMSE의 거동은 똑같이 나타났다. 이는 지표면 유출이 SCS 방법으로 모의되지만, 그 차이는 저류매개변수 S를 산정하는데 필요한 포장용수량(Field capacity)과 토양층이 완전히 포화되었을 경우의 수분함량의 차이로 인한 것이다. 수문학적 그룹이 A로 분류된 경우(2), 미구축 유역이 증가함에 따라 지표면 유출이 계속 증가함을 확인할 수 있다. 대상유역의 출구점에서의 연유출량을 분석한 결과를 살펴보면, 실제 대상유

역의 토양속성에 가까운 (1)의 경우가 (2)(3)의 경우에 비해 오차가 훨씬 적게 나타남을 확인할 수 있다. 따라서, 분석하고자 하는 대상구역의 일부 유역에 지형정보의 미구축 유역이 존재할 경우, 수문학적으로 동질한 유역의 속성정보를 이용하는 것이 타당하며, 본 연구의 대상유역인 충주댐 유역의 경우, 미구축 유역이 약 30, 60 %일 경우에 각각 1.4, 3.5 mm의 RMSE값을 나타내었다.

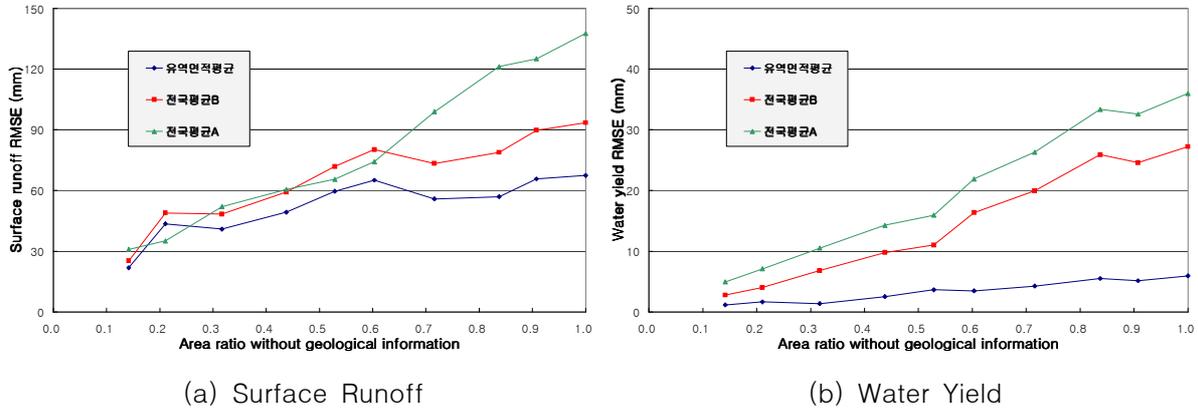


그림 2. 미구축 유역면적비에 대한 RMSE

4. 결론

국내에서 분포형 모형 적용시 더욱이 지형정보가 없을 경우, 유출모의 오차는 알려져 있지 않다. 따라서, 본 연구는 기본입력자료로 요구되는 지형정보가 없는 지역이 존재하며, 유출모의가 이루어져야 하는 상황이 발생할 경우 반드시 수행되어야 한다. 본 연구에서는 대상유역의 면적평균, 전국평균(토양의 수문학적 그룹 A, B)의 방법으로 작성한 토양속성정보를 적용하여, 토양도의 미구축 유역이 증가함에 따라 연유출량의 오차를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 향후 계절별, 월별 유출량에 관한 연구가 추가적으로 수행되어야 한다.

- (1) 지표면 유출의 결과는 SCS 방법으로 모의되므로, 충주댐 유역 면적평균과 전국평균(토양의 수문학적 그룹 B)의 토양속성을 적용한 경우, RMSE의 거동은 똑같이 나타나지만, 저류 매개변수 S를 산정하는데 있어 포장용수량(Field capacity)과 토양층이 완전히 포화되었을 경우의 수분함량의 차이만큼 값의 차이를 나타내고 있다.
- (2) 토양속성정보 중 토양의 수문학적 그룹이 A로 분류된 경우, 미구축 유역이 증가함에 따라 지표면 유출이 계속 증가함을 확인할 수 있다.
- (3) 충주댐 유역의 출구점에서의 유출량을 분석한 결과, 실제 대상유역의 토양속성에 가까운 유역의 면적 평균 속성정보를 적용한 경우가 다른 경우에 비해 오차가 훨씬 적게 나타났다. 미구축 유역이 약 30, 60 %일 경우에 각각 1.4, 3.5mm의 RMSE값을 나타내었다. 따라서, 분석하고자 하는 대상유역의 일부 유역에 지형정보의 미구축 유역이 존재할 경우, 수문학적으로 동질한 유역의 속성정보를 이용하는 것이 타당함을 확인하였다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-2-2)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 허기술, 박호 (1995). 유출율 추정을 위한 토양 수문군의 분류, 한국농공학회지, 제 37권, 제 6호, pp 12~33.