

# 적설 및 용설의 영향을 고려한 SWAT모형의 적용

## Application of SWAT model in consideration of Snow pack and Snow melt

정재웅<sup>\*</sup>·김대근<sup>\*\*</sup>·박재현<sup>\*\*\*</sup>·박창근<sup>\*\*\*\*</sup>

Jeong, Jae Ung·Kim, Dae Geun·Park, Jae Hyun·Park, Chang Geun

### 요 지

우리나라의 경우 약 70%가 산악지형이며, 특히 북동부 산악지대의 경우 겨울철에 내린 눈이 봄철까지 쌓여있는 경우가 많기 때문에 수자원의 양적측면의 평가는 겨울철 적설과 용설을 고려하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 대표적인 장기유출모형인 SWAT모형을 이용하여 강원도 쌍천유역을 대상으로 적설 및 용설의 영향을 검토하였다. 용설모형을 고려하지 않는 경우에는 강수가 발생하면 그 즉시 유출이 발생하나, 용설모형을 적용하는 경우에는 강설 이후 기온이 상승하여 용설이 된 이후에 유출이 발생하게 된다. 즉, 강원도의 산악지역에서는 적설 및 용설모형의 적용여부에 따라 봄철 가뭄시기에 차이가 발생할 수도 있다. 실측 유량과 모의를 통해 얻어진 유량을 비교한 결과, 적설 및 용설의 영향을 고려하지 않을 때 보다 고려할 경우가 실측유량과 더 유사한 패턴을 보였다. 유황분석 결과, 적설 및 용설의 영향을 고려하지 않을 때보다 고려할 경우에 하천의 유황이 다소 증가하였다.

**핵심용어 : 쌍천유역, 적설, 용설, SWAT**

### 1. 서 론

우리나라의 경우 약 70%가 산악지형이며, 특히 북동부 산악지대의 경우 겨울철에 내린 눈이 봄철까지 쌓여 있는 경우가 많기 때문에 수자원의 양적 측면의 평가는 겨울철의 적설과 용설의 영향을 고려하는 것이 필요하다. 이른 봄 쌓여있던 눈이 녹아 하천유량에 미치는 영향은 홍수기 하천유량에 비해 상대적으로 적어 적설 및 용설에 관한 국내연구는 미미하나, 수자원의 계획, 갈수량 분석 및 가뭄 연구 등 여러 가지 이슈 목적으로 이용될 수 있는 수년 혹은 수십년의 장기간에 걸친 연속적인 유출 해석을 하기 위해서는 적설 및 용설의 영향에 관한 연구가 필요하다. 적설에 의한 유출은 강우와는 달리 용설이 발생하는 시점에 발생하기 때문에 지하수와 지표유출 특성에 영향을 미치게 된다. 이상호 등(2003)은 적설과 용설을 고려한 탱크모형을 소양강댐과 충주댐 유역에 적용하고 적설과 용설의 고려가 유출특성에 미치는 영향을 분석한 바 있다.

본 연구에서는 대표적인 장기유출모형인 SWAT(Soil and Water Assessment Tool, Neitsch 등, 2002)모형을 이용하여 적설 및 용설의 영향을 검토하였다. 대상유역은 강원도 속초시에 위치하는 쌍천유역으로 속초시의 상수원이며 행정구역의 남단부를 경계로 양양군과 접하고 있으며, 설악산 대청봉에서 발원하여 동해안으로 유입하는 하천의 유역이다.

### 2. 쌍천유역의 수문 및 지형자료

기상자료는 속초기상대의 최근 30년간 (1975년 ~ 2004년)의 일강우량, 일최대 및 일최저기온, 일평균복사에너지, 일평균풍속, 일평균상대습도 등의 자료를 수집하여 모형의 입력자료로 사용하였다. 지형자료는

\* 목포대학교 건설공학부 토목공학과 석사과정·공학사E-mail: vhfkdqnl@nate.com - 발표자

\*\* 정회원·목포대학교 건설공학부 토목공학과 전임강사·공학박사E-mail: kdq05@mokpo.ac.kr

\*\*\* 정회원·인제대학교 공과대학 토목공학과 조교수·공학박사E-mail: jh-park@ijnc.inje.ac.kr

\*\*\*\* 정회원·관동대학교 공과대학 토목공학과 부교수·공학박사E-mail: ckpark@kwandong.ac.kr

1:25,000 수치지도를 이용하였다. 그림 1. (a) ~ (d)는 유역의 지형특성을 나타낸 그림이다.

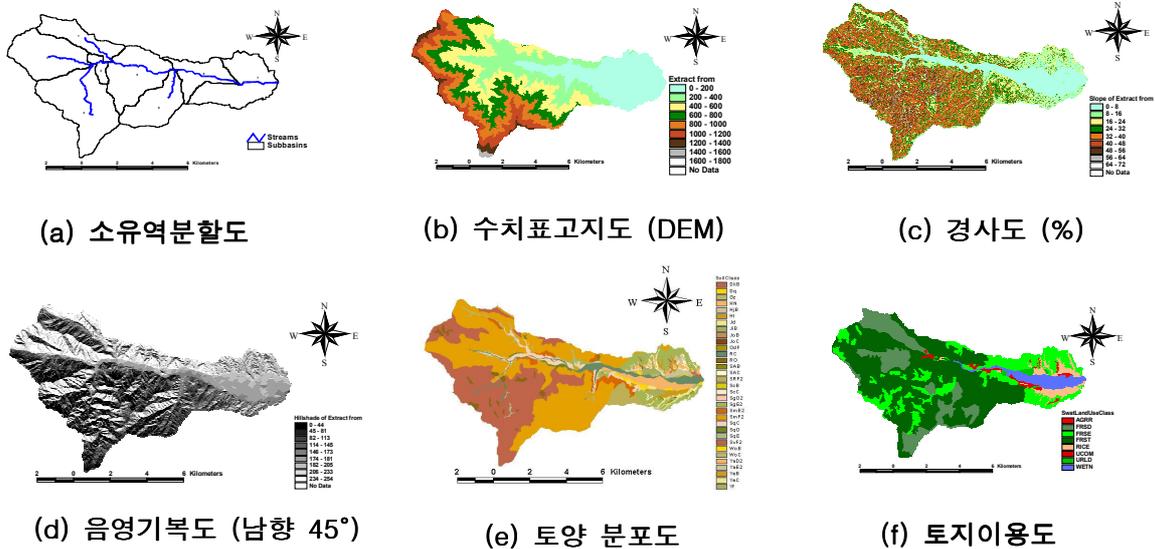


그림 1. 쌍천유역의 지형특성 및 토양, 토지이용도

유역의 토양분포는 농업과학기술원의 1:25,000 정밀토양도를 이용하였다. 정밀토양도에서 분류하고 있는 토양을 수문학적 토양군으로 분류하는 방법은 농촌진흥청에서 제시하고 있는 분류기준을 따랐다. 그림 1(e)는 정밀토양도의 토양분류기호를 따랐을 때의 유역의 토양분포를 도시한 것이다. 환경부의 토지이용도는 환경부의 환경지리정보에서 제공하고 있는 토지피복도를 이용하였는데 토지피복은 대, 중, 소분류의 체계로 분류하도록 되어있으나, 본 연구에서는 중분류에 맞추어 분류하였다. 그림 1(f)는 환경지리정보에서 분류하고 있는 중분류에 맞추어 유역의 토지이용상태를 나타낸 것이다. 토지피복에 따른 각종 자료는 SWAT모형에서 제공하는 데이터베이스 중에서 가장 적절하다고 판단되는 자료를 선택하여 사용하였다. 또한 모형의 적용을 위하여 유역을 8개의 소유역과 85개의 수문반응단위로 분류하였다.

### 3. 쌍천유역의 SWAT모형의 적용 및 결과

#### 3.1 강설모형의 적용에 따른 수문곡선

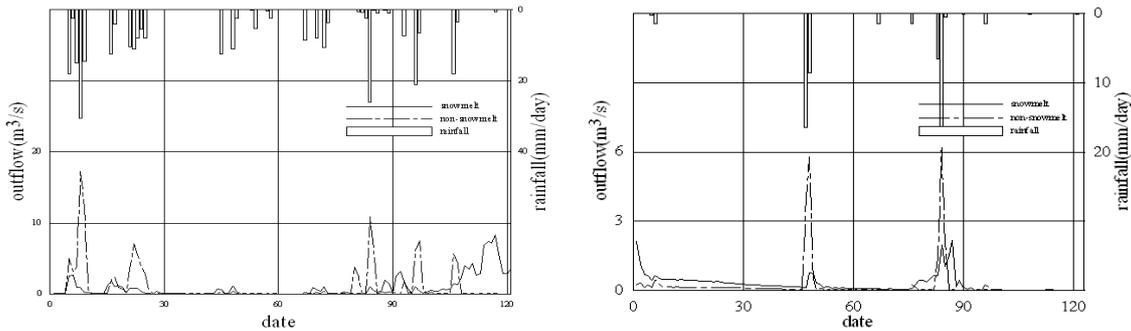
SWAT모형에는 융설 및 적설에 관여하는 기온관련 변수로 강수의 형태(강우 또는 강설)를 결정하는 SFTMP와 융설의 기준 온도인 SMTMP가 있는데, 본 연구에서는 각각 1.0°C와 0.5°C를 사용하였다.

강설모형 적용시 지형의 특성에 따른 영향을 표 1과 같이 고려하였다.

표 1. 융설 및 적설의 영향을 고려하기 위해 조정한 지형특성 변수

변수	조정 가능한 매개변수 범위	적용값(°C)
ELEV_B	소유역 별 최대 10Band로 분류	소유역을 200m band별로 분류하고 그 band의 중간 표고를 입력
ELEV_B_FR	소유역 별 최대 10Band로 분류	소유역의 총면적에 대한 ELEV_B에서 분류한 band별 면적의 비율로 입력
TLAPS	표고 1km 증가시 -6°C 감소	표고별 온도 변화율을 나타내는 것으로 유역의 특성에 따름

쌍천유역은 산악지형으로 겨울철에는 강설의 형태로 강수가 발생하고 이는 기온이 낮으면 유출을 발생시키지 않는다. 이에 강설모형의 적용 여부에 따른 겨울철의 유출형태를 비교해 보았다. 우선 10년간(1995 ~ 2004)의 기상자료를 입력하여 모의를 실시하였다. 처음 8년간은 워밍업단계로 자료의 분석에서는 사용하지 않았으며 2003년과 2004년의 유출량만을 분석하였다. 기온이 낮은 겨울철의 유출현상을 검토하는 것이 목표이므로 그래프에는 겨울철인 12, 1, 2, 3월만을 도시하였다. 그림 2(a)는 2002년 12월부터 2003년 3월 31일까지



(a) 2002년 12월 ~ 2003년 3월

(b) 2003년 12월 ~ 2004년 3월

그림 2. 용설모형 고려 여부에 따른 유출수문곡선 비교

의 유출수문곡선을 도시한 그래프이고 그림 2(b)는 2003년 12월 1일부터 2004년 3월 31일까지의 유출수문곡선을 그래프에 도시한 그림이다. 용설모형을 고려하지 않는 경우에는 강설이든 강우이든 강수가 발생하면 그 즉시 유출이 발생하나, 용설모형을 적용하는 경우에는 기온이 낮을 경우, 강설 이후 용설이 된 이후에 유출이 발생한다. 특히 2003년의 경우에는 1월에 기온이 낮은 관계로 적설 및 용설모형 적용여부에 따라 유출수문곡선의 첨두의 크기 및 발생시기가 변하고 있음을 알 수가 있다. 따라서 강원도와 같은 산악지역에서는 용설모형의 적용여부에 따라 가뭄시기에 차이가 발생할 수도 있음을 알 수 있다.

유출 모의와 쌍천유역에서 실시한 실측 유량(속초시, 2003)과 그 패턴을 비교하였다. 유출 및 증발산에 주요하게 영향을 미치는 매개변수 7개를 조정하였는데, 표 2는 유출 및 증발산에 영향을 미치는 모형의 매개변수와 매개변수의 범위 및 모의시 적용치를 나타낸 것이다.

표 2 유출 및 증발산에 영향을 미치는 매개변수 및 적용범위

매개변수	조절 가능한 변수 범위	기준치 (Default variable)	적용치
ALPHA_BF	0.000 ~ 1.000	0.500	0.98
GWQMN	0 ~ 5000	2500	2900
GW_REVAP	0.020 ~ 0.200	0.10	0.02
REVAPMN	0 ~ 500	250	480
ESCO	0.000 ~ 1.000	0.50	0.90
CN2	35 ~ 98	HRU 초기값	조정하지 않음
SOL_AWC	0.000 ~ 1.000	HRU 초기값	0.10
SMTMP	-5.0 ~ 5.0	0.5	0.0
SMFMX/MN	1.4 ~ 6.9	4.5	3.0

그림 3은 적설 및 용설의 영향을 고려하고 또한 유출 및 증발산에 영향을 주는 매개변수를 조절하여 모의한 뒤 적설 및 용설의 영향을 고려하지 않았을 때와 실측 유량을 비교하여 도시한 그래프이다. 모의 기간은 1975년부터 2004년까지 30년 기상자료를 입력하여 모의하였으며, 모의 검정을 위하여 대상유역에서 유량 관측을 실시한 2003년 한 해의 유출수문곡선을 그래프에 도시 하였다. 실선은 적설 및 용설의 영향을 고려한

그래프이고, 점선은 적설 및 용설의 영향을 고려하지 않은 그래프이다. 겨울철(1 ~ 90일)처럼 온도가 낮을 때는 강우사상에 의한 유출이 바로 나타나지 않고 기온이 상승하고 있는 봄철부터 유출이 발생하는 것을 알 수가 있다.

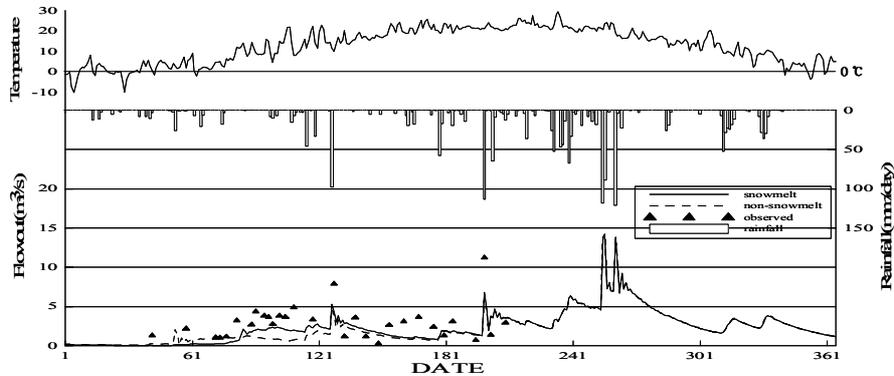


그림 3. 적설 및 용설 적용시 모의 결과와 실측유량의 비교(2003년)

### 3.2 쌍천유역의 유황분석

쌍천유역의 유황분석을 실시하였다. 1975년부터 2004년까지 30년간 모의하였으며, 이 중 처음 10년간은 위밍업 단계로 자료에서 제외된 후 1985년부터 2004년 총 20년간의 자료를 사용하여 유황곡선을 작성하였다. 표3는 유역의 적설 및 용설의 영향을 고려할 때와 고려하지 않았 때의 유황을 비교한 것이다. 유황분석 결과, 적설 및 용설의 영향을 고려하지 않을 때보다 고려할 경우에 평수량등 하천의 유황이 다소 증가하는 것으로 분석되었다.

표 3 이중지하댐 위치에서의 유황분석

유 량	적설 및 용설의 영향 고려시	적설 및 용설의 영향 미고려시
풍수량(Q <sub>95</sub> )	2.341	2.268
평수량(Q <sub>185</sub> )	1.114	1.009
저수량(Q <sub>275</sub> )	0.335	0.294
갈수량(Q <sub>355</sub> )	0.019	0.012

### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 3-6-2)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- 이상호, 안태진, 윤병만, 심명필(2003). “적설 및 용설모의를 포함한 탱크모형의 소양강댐 및 충주댐에 대한 적용.” 한국수자원학회논문집, 제36권, 제5호, pp. 851-861.
- 과학기술부, 한국건설기술연구원 (2004), 지표수 수문성분 해석기술 개발, 21세기 프론티어 연구개발사업 (과제관리번호 2-2-1) 1단계 결과보고서
- 속초시 (2003), 쌍천수계 수자원 이용방안 및 가용수량 조사용역
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., King, K.W. (2002), Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation, Grassland, Soil & Water Research Lab., Temple, Texas, GSWRL Report 02-01