

# 적설 및 용설을 고려한 장기유출분석에 관한 연구

## Long Terms Runoff Analysis with Snow Accumulation and Snow Melt

문영일\* / 김종석\*\* / 오태석\*\*\* / 차영일\*\*\*\*

Moon, Young-II / Kim, Jong Suk / Oh, Tae Suk / Cha, Young Il

---

### 요 지

수자원 개발과 계획 및 최적의 관리를 위해서는 댐지점의 수자원부존량 평가가 선행되어야 하며, 이를 위해서는 장기간의 유출량(저수지 유입량) 자료계열의 획득이 필요하다. 장기유출은 저수지의 저수용량결정, 저수지관개용수의 이용, 갈수기의 이수계획수립, 하천유지용수량결정 등에 이용되며, 장기 수자원 계획을 수립하기 위해서는 장기유출량의 정확한 추정이 매우 중요한 사항이다. 특히 동절기에 보다 정확한 유출해석을 하기 위해서는 용설에 관한 사항을 고려가 필수적이다. 그러나 국내에서는 아직 용설에 관한 실험이나 수치모형에 대한 연구가 거의 없는 실정이며 모형의 매개변수 추정 및 검증을 위한 용설 자료를 측정하기에는 매우 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 비교적 지역적 영향을 적게 받는 개념적 용설모형과 유출모형을 결합하여 안동댐 유역에 적용하였다. 용설을 고려한 경우 용설 고려전보다 3월과 4월 사이의 유출 모의 결과가 크게 개선된 것으로 나타났다. 향후 수자원 계획 수립시 겨울철의 적설과 용설을 고려한 유출분석을 적용한다면 기후변화에 따른 수자원 확보의 불확실성이 크게 줄어들 것으로 기대한다.

**핵심용어 : 용설모형, 장기유출해석, 용설-유출 결합모형**

---

### 1. 서 론

국내에서는 용설에 관한 연구는 최근에 이루어지고 있는 실정이며, 배덕효 등(1998)과 이상호 등(2003)에 의해 발표가 되었으나 아직도 미비한 상태이다. 배덕효와 오재호(1998)의 연구에서는 미국 국립기상청의 온도지수 용설모형(temperature index snowmelt model)을 사용하고 강우-유출모형으로 Sacramento 모형을 사용하여 우리나라 북부산간 지역인 내린천 유역에 적용하였다. 이와 같이 구성된 모형에 의해 계산된 강설의 지역적 분포에 대한 시간적 변동성은 인제 기상관측소에서 관측된 강설량의 변동성과 잘 일치하는 것으로 나타났고, 계산된 토양수분 및 하천유량은 용설 모형의 존재유무에 따라 매우 다른 거동을 나타내었다. 이상호 등(2003)의 연구에서는 소양강댐과 충주댐 유역에 대해서 용설모의를 수행하여 그 적용성을 입증한 바 있다.

---

\* 정회원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 부교수E-mail : ymoon@uos.ac.kr

\*\* 정회원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정E-mail : jongsuk@uos.ac.kr

\*\*\* 정회원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정E-mail : taesuk79@uos.ac.kr

\*\*\*\* 정회원·공학박사·한국종합기술개발공사 수자원부E-mail : ycha@uos.ac.kr

본 연구에서는 안동댐유역에 대하여 적설 및 용설 모의를 포함한 유역 유출모의를 수행하여 용설-유출모형의 적용성을 검토해 보았다.

## 2. 용설-유출 모형

### 2.1 용설모형

용설을 모의하는 모형의 기본 개념은 에너지수지모형(energy mass balance model)을 기본으로 하여 세가지 방법으로 구분된다. ① 온도자료로부터 경험적으로 용설 요소를 도출한 모형, ② 열변환 관계를 표현하기 위한 지수(index)를 사용한 모형, ③ 실제 열수지를 고려한 모형으로 나눌 수 있다(Day, 1990). 본 연구에서는 일평균기온으로부터 유역의 평균 적설, 용설량을 추정하였고 추정식은 다음과 같다.

$$SMELT \times T(t) + (1/80)P(t) \times T(t) \quad (1)$$

여기서, SMELT는 용설 매개변수 ( $mm/day/^\circ C$ ), P(t)는 강수량 ( $mm$ ), T(t)는 온도( $^\circ C$ )이다.

### 2.2 유출모형

TANK모형은 유역에서 일어나는 지표면 유출, 중간유출, 기저유출 등의 유출과정을 각각 하나의 TANK로 생각하여 구성한 모형이다. TANK의 유출과정을 살펴보면 맨 위의 1단 TANK는 지표면 유출을 계산하는 모형으로 강우량과 증발산량을 입력치로 하여 2단 탱크로 침투되는 양을 계산하고, 지표면으로 유출되는 양을 2개의 유출공에 의해 산정한다. 2단 TANK에서는 1단 TANK에서 침투된 양을 입력치로 하여 3단 TANK로 침투량을 계산하고, 유출을 계산하는 중간유출을 담당한다. 3단 TANK와 4단 TANK는 기저유출을 계산하며 방법은 2단 TANK와 동일하다. 그러나 4단 TANK에서는 더 이상 침투가 일어나지 않는다.

본 연구에서 각 분할지대별 용설량을 분할지대의 면적비와 곱하고 최상단 탱크에 유입하여 유출을 모의하였다.

## 3. 모형의 적용

### 3.1 용설 모의를 위한 입력자료 구성

강수는 대기온도에 따라 강우와 강설로 구분되며 이중 겨울철에 발생한 강설이 쌓여 적설이 발생하게 된다. 적설 분포된 지역에서 지형 및 대기온도의 상태에 따라 적설이 용해되어 눈과 얼음의 결정들이 액체상태의 물로 변환하게 되어 유출되는 현상을 '용설(snowmelt)'이라 하고 이는 수문학적으로 하천유출에 지대한 영향을 미치게 된다. 일반적으로 세계 대부분의 지역에서 하천 유출량은 용설에 의해 발생하는 수자원의 양이 대부분을 차지하고 있다(chow, 1984).

본 연구에서는 유역의 평균 적설, 용설량 산정을 위해서 개념적 용설모형을 적용하였다. 이를 위해 안동댐 유역을 유역고도에 따라 4개의 존(zone)으로 분할하였고(그림 1) 해발고도에 따른 온도저감률은 100m당  $0.6^\circ C$ 로 하여 존(zone)별 온도저감률을 계산하였다(표 1).

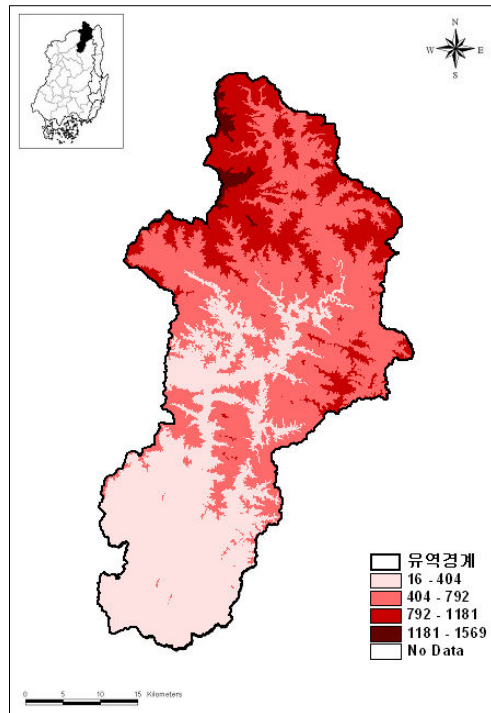


그림 1. 유역의 고도별 분할

표 1. 유역 분할영역에 대한 기온저감률

유역	분할영역	평균고도 (m)	기온저감 양(℃) 0.60℃/100m	비 고
안동댐	1	210	0.421	
	2	598	2.749	
	3	987	5.080	
	4	1375	7.411	

### 3.2 용설을 결합한 유출모의

안동댐 유역의 장기 유출량을 추정하기 위해서는 강우량, 증발산량 등이 필요하다. 본 연구에서는 1983년 ~ 2004년까지 기상청 안동관측소의 강우자료를 적용하였고 증발산량은 Penman - Monteith법을 사용하였다. 이를 계산하기 위한 입력자료로는 최고기온, 최저기온, 이슬점온도, 평균풍속, 일조시간이다. 이 자료들을 기상청에서 수집하여 일별 잠재증발산량을 계산하여 안동댐 유역의 실제증발산량을 추정하였다.

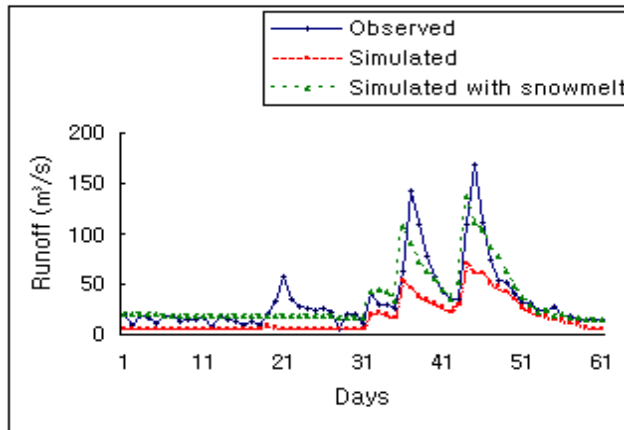


그림 2. 유출분석결과 비교 (1998년)

표 2. 관측유량과 모의유량의 평가통계량 (1998.03.01 ~ 04.30)

적용유역	모의 조건	상관계수	평균제곱근오차	용적오차	비 교
안동댐	용설 고려전	0.8511	26.5870	97.8717	
	용설 고려후	0.8751	15.8808	0.0785	

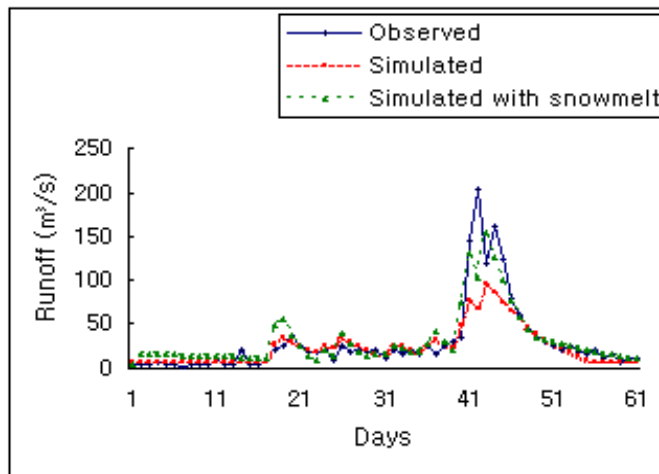


그림 3. 유출분석결과 비교 (1999년)

표 3. 관측유량과 모의유량의 평가통계량(1999.03.01 ~ 04.30)

적용유역	모의 조건	상관계수	평균제곱근오차	용적오차	비 교
안동댐	용설 고려전	0.8769	23.8797	22.0259	
	용설 고려후	0.9021	17.9922	-8.3712	

위의 그림 2와 그림 3에서는 용설고려 전과 후의 유출모의 결과를 도시하고 있으며 표 2와 표 3에서는 관측유량과 모의 유량의 통계적 평가량을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 용설모의가 없

는 경우에는 3월과 4월의 유출이 과소하게 나타났다. 그러나 용설을 고려한 경우에는 관측유량과의 상관성이 크며 용적오차 또한 작게 나타나는 등 3월과 4월의 유출이 매우 크게 개선된 것으로 분석되었다.

#### 4. 결 론

국내에서는 아직 용설에 관한 실험이나 수치모형에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 또한 모형의 매개변수 추정 및 검증에 위한 용설 자료를 측정하기에는 매우 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 비교적 지역적 영향을 적게 받는 개념적 용설모형과 유출모형을 결합하여 안동댐 유역에 적용하였다. 용설을 고려한 경우 용설 고려전보다 3월~4월 사이의 유출 모의 결과가 크게 개선된 것으로 나타났다. 향후 수자원 계획 수립시 겨울철의 적설과 용설을 고려한 유출분석을 적용한다면 기후변화에 따른 수자원 확보의 불확실성이 크게 줄어들 것으로 기대한다.

#### 참고문헌

1. 김남원, 김현준, 박선호(2005). “PRMS의 HRU크기에 따른 장기유출특성.” 한국수자원학회논문집, 제38권, 제2호. pp.167-177.
2. 정일원, 배덕효, 오운근, 이환기(2004). “ 장기유출모형의 모의능력에 관한 연구.” 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 1-5.
3. 김석규, 김철(2003). “ 지형자료의 특성을 이용한 장기유출모형의 매개변수 최적화.” 한국지리정보학회 추계학술대회 발표논문집, pp. 1-11.
4. 장석환, 김민규, 구본웅(2003). “ 지리정보시스템을 이용한 용암천 유역의 장기유출분석.” 대한토목학회 정기 학술대회 논문집, pp. 2342-2347.
5. 이상호, 안태진, 윤병만, 심명필(2003). “적설 및 용설 모의를 포함한 탱크모형의 소양강댐 및 충주댐에 대한 적용.” 한국수자원학회논문집, 제 36권, 제5호, pp.851-861.
6. 조홍제, 김정식, 이근배(2000). “TOPMODEL을 이용한 장기유출 해석.” 한국수자원학회논문집, 제33권, 제4호. pp.393-405.
7. 윤용남, 강병석, 김웅태, 김재형(1998). “댐 건설전후 유역의 장기유출특성변화의 분석Ⅱ.” 대한토목학회 논문집, Vol.. 18 No. II-, pp. 461-468.
8. 배덕효, 오재호(1998). “장기 유출해석에서의 용설영향에 관한 기초연구.” 한국수자원학회논문집, 제31권, 제6호. pp.833-844.
9. Sugawara, M., Watanabe, I., Ozaki, E., and Katsuyama, Y, (1984). Tank model with snow component. Research Note of the National Research Centers for Disaster Prevention No. 65, batuibak Researcg Center for Disaster Prevention, Japan.