

토양수분량과 지하수량변화 측정에 의한 유역증발산량 추정

Eatimation of the Quantity of Watershed

Evapotranspiration considering soil moisture contents

*서승필(충남대) · 한영민(충남대) · 김태철(충남대)

Seo, Soung Pill · Han, Young Min · Kim, Tai Cheol

Abstract

A formula of watershed evapotranspiration by Penman or Thonthwaite or Lowry-Johnson was used to measure its quantity of evapotranspiration until now. These formula were derived for Foreign country and, it is rather difficult to apply the above formulas to the Korean watershed. These measuring methods are merely used to measure the monthly quantities of evapotranspiration. At the research CE of a coefficient of evapotranspiration for a watershed were newly presented, which was utilized for the calculation of Beken's formula in the DAWAST model.

I. 서론

1.1 연구의 필요성

수문순환 해석기술의 중요한 부분을 차지하는 것이 침투량 및 증발산량 산정 기술이며 장기유출모형에 있어서 침투량 및 증발산량의 산정은 매우 중요한 요소이다.

수자원의 종합적인 계획에서는 유역 물순환 메커니즘의 규명이 필수적이며, 이를 위해서는 유역 수준에서의 증발산량 산정 방법의 확립이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 기존의 강우량-유출량만을 고려하던 증발산량 산정방법에서 토양수분량-지하수량을 이용하여 유역 증발산량을 추정하고, 제반특징과 문제점을 분석한 다음 지역적 특성을 고려한 합리적인 유역 증발산계수를 제시하고자 한다.

1.2 기존의 증발산량 추정방법

특정 유역에서 가용수자원을 조사할 경우에는 물의 손실로서 증발과 증산을 합한 증발산(evapotranspiration)을 고려한다. 증발산량을 산정하는 방법에는 증발산계를 이용한 방법, 물수지 방법, 에너지수지 방법, 기상자료에 의한 잠재 증발산량 산정법 등이 있다.

II. 자료 및 방법

충북 청원군 북일면과 북이면을 대상으로 각종 수문, 기상자료를 수집하여, 물수지법을 이용 증발산량을 산정하였다.

2.1 유역 및 분석자료

2.1.1 유역 및 지류현황

시험유역은 충북 청원군 북일면, 북이면일대이다. 금강상류 미호천 지류이며, 유역면적 28.3km², 주하천장 6.75km, 주변장 25.25km 유역경사 0.0806 이다.

2.1.2 분석자료

대상지역 내에 AWS(Automation Weather Station), 자동수위계, 토양수분측정기, 자유면 지하수위측정기를 설치하여 시간별 자료를 취득하였다. 또한 정기적인 유량측정으로 하천의 유출량과 수위의 관계를 분석하였다.

2.2 유역 증발산량 산정

2.2.1 기존의 물수지법

어느 유역내의 저류량, 유입량, 유출량을 측정하여 일정기간동안 보통,연간의 유역 평균증발량 ET를 추정할 수 있다는 이론을 토대로 증발산량을 추정하는 방법이다.

$$ET (\text{증발산량}) = P (\text{강우량}) - Q (\text{유출량})$$

2.2.2 토양수분량과 지하수위를 고려한 물수지법

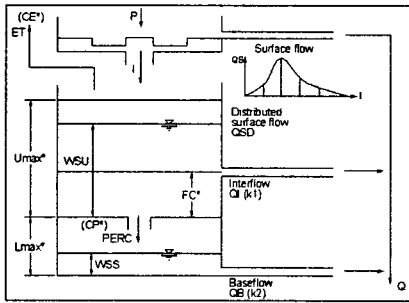
$$ET(\text{유역평균증발량}) = P(\text{강우량}) - Q(\text{유출량}) - G(\text{토양수분량}) \pm \Delta S(\text{지하수위})$$

본 연구에서는 유역내의 저류량을 고려한 물수지법을 사용하였고, 식의 적용에는 특정 유역이 수밀성을 가지고 있으며, 유역을 넘어 횡단하는 지하수 이동은 발생하지 않는다고 가정한다.

2.3 유역 증발산량 추정

2.3.1 DAWAST(Daily Watershed Streamflow model)모형에 의한 유역 증발산량 추정

DAWAST 모형은 우리 나라의 기상과 지형특성을 고려하여 일 강우량과 증발량을 입력하여 일 유출량을 모의 발생하는 모형이다(김등, 1992).



DAWAST 모형에서는 Fig. 1 와 같이 지표면, 불포화층, 포화층의 3개 저수층으로 단순화하여 강우-유출의 유역 수문반응을 개념화하였다.

DAWAST모형은 Beken식(1979, A monthly water balance model applied to two different watersheds, Beken)의 기본개념을 적용하여 식(1)과 같이 연간 유역증발산계수 CE를 일률적으로 적용하고 있다. 이 방법은 연 단위의 CE계수로 나타나며, 각 월별로 유역피복상태가 고려되지 않아 증발산량이 부정확하고 불합리하여 식(2)와 같이 CE 계수를 월별로 제시하고자 한다.

Fig. 1 Schematic representation of the basic model

$$ET_i = EO_i(1 - e^{-CE \times S_i})$$

$$EO_i = C \times EP_i \quad \dots \dots \text{식(1)}$$

$$ET_i = EO_i(1 - e^{-CE_i \times WSU_i})$$

$$EO_i = C \times EP_i \quad \dots \dots \text{식(2)}$$

- EO_i : i일의 잠재증발산량 mm
- EP_i : i일의 증발점시증발량 mm
- C : 유역피복계수
- CE : 연간유역증발산계수
- CE_i : 월별유역증발산계수
- S : 토양수분량 mm
- WSU_i : 월별 불포화층의 토양수분량 mm

III. 결과 및 고찰

3.1 관측자료 분석

사용관측장비 : AWS, 자동수위계, 토양수분측정기, 지하수위계 등
 미계측자료 : 인터넷 기상청 방재 시스템, 기상월보(기상청)

3.1.1 유량측정성과

유량측정지점은 서당교로 유량측정의 성과로서 수위-유량곡선식을 얻었다. 그 결과는 아래의 식과 같으며 S=0.287, r=0.990이다.

$$Q = 12.451(h - 0.307)^{2.306}$$

3월 14일부터 9월 30일까지 관측된 강우량을 바탕으로 증발점시 증발량(Fig.2)과 일별강우량(Fig.3)을, 수위 유량곡선식을 토대로 1시간별수위로 1시간별 유량(Fig.4)을 구하였다.

또, 토양수분측정기를 이용하여 토양수분을 측정하였고, 계측된 자료는 토양함수비(%v)로 나타나므로 이를 Beken식에 적용하기 위해서 mm단위인 WSU값으로 변환하였으며, 관계식을 이용하여 일별 WSU 변화량을 구할수 있다.

$$SMC(\%v) = 1.162 + 0.116 \times WSU (mm) \text{에서, } WSU = \frac{SMC - 1.162}{0.116}$$

자유수면지하수위는 공동연구중인 농업기반공사와 원자력연구소에서 측정한 자유수면 지하수공의 측정 자료를 사용하였다.

3월14일부터 9월 30일까지의 수문 자료를 이용하여 토양수분량과 지하수량을 고려한 물수지식에 의해 유역증발산량을 산정하였다.

$$ET(\text{유역증발산량})=P(\text{강우량})-Q(\text{유출량})-G(\text{토양수분변화량})\pm\Delta S(\text{지하수위변화량})$$

$$=464.0 - 228.5 - (-35.60) - 0.17 = 271.8 \text{ (mm)}$$

물수지식을 이용하여 일별로 증발산량을 계산하였을 때 Fig.5와 같은 결과가 나오며, 5일, 10일, 15일, 20일, 순별로 나누어 증발산량을 계산하였다. 이를 각 기간별로 평균을 취하여 Beken식을 이용하여 증발산량을 계산하고 CE(Fig.6)를 계산하였다. 기간별 계산결과중, 증발산량이 음의 값이 나올 경우 CE 역시 음의 값으로 나오는 경우는 강우량이 매우 큰 경우로 이를 방지키 위하여 기간별 계산은 15일별, 20일별, 월별로 계산하는 것이 가장 안정적값을 나타내어, 본 연구에서는 월별 물수지식을 이용하여 CE값을 추정하였다.

월별 강우량, 유출심, 토양수분변화량, 지하수위변화량을 가지고, 증발산량 ET를 계산하였고, 계산된 ET값으로 월별 증발산 계수 CE(Fig.7)값을 추정하였다.

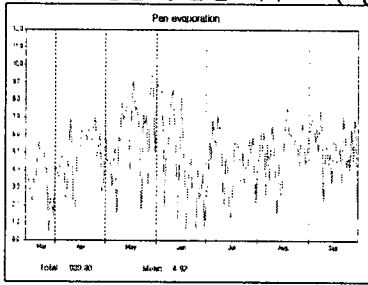


Fig. 2 Pan evaporation

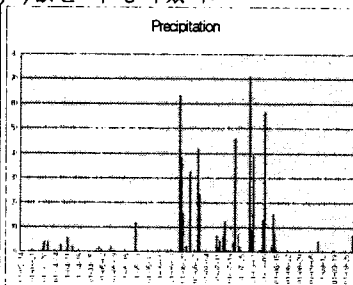


Fig. 3 The amount of rainfall

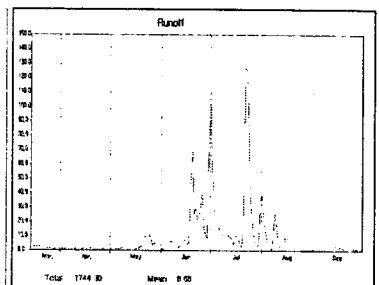


Fig. 4 Water quantity of Cho-Jung

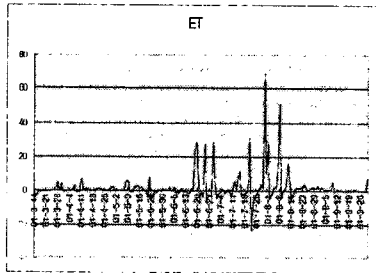


Fig. 5 Evapotranspiration of water balance method

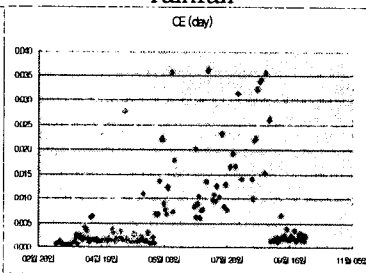


Fig. 6 Daily value of CE

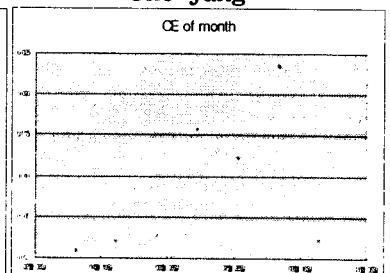


Fig. 7 Monthly value of CE

Dawast모형에 의해 유역증발산량을 추정하였다. 시험기간내, 측정수문자료로부터 물수지 매개변수를 구하였고, Dawast 최적화 모형의 결과로 CE값이 0.005로 추정되었다. 시험기간동안 DAWAST model에서 추정된 증발산 총량은 223.8mm로 실제 산정된 증발산량 271.8mm보다 다소 작게 나타났다.

3.2 유역 증발산량의 검정

Dawast에서 추정된 유역증발산계수 0.005와 본 연구에서 산정된 CE계수를 이용하여 시험유역의 증발 접시 증발량과 WSU값으로 Beken식을 사용하여 월별증발산량을 추정하였다. 그 결과는 Table 1과 Fig. 8과 같다.

Table 1 Comparison of monthly evapotranspiration (unit:mm)

	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep	Total
Actual survey	4.11	14.59	2.19	127.06	48.08	60.49	15.31	271.8
By CE of DAWAST	15.7	35.4	37.6	24.8	37.5	42.8	30.0	223.8
	382%	243%	1717%	20%	78%	71%	196%	82%
By CE of proposed	4.54	17.26	20.09	71.72	40.63	49.67	16.50	220.4
	113%	118%	917%	56%	85%	82%	108%	81%

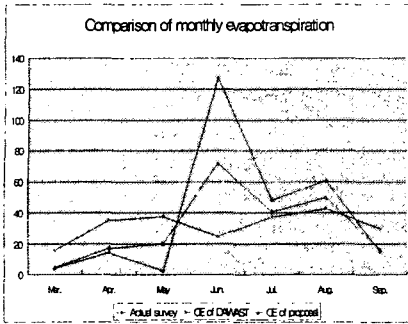


Fig. 20 Comparison of the amount of monthly evapotranspiration

비교 결과 새로이 제안한 월별 CE 값을 적용한 증발산량은 실제로 산정한 유역 증발산량 271.8mm보다는 적은 220.4mm로 계산되었고, 기왕의 단일 CE값으로 DAWAST모형으로 산정한 증발산량보다 전체 값은 다소 적게 계산되었으나, Fig. 20 과 같이 DAWAST로 계산한 증발산량 보다 그 경향과 실제 값에 보다 많이 접근을 하였다.

IV. 결론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 유역 증발산량은 연구 기간중 강수량 464 mm에서 271.8mm로 약 58.6%로 나타났으며, 2001년에는 홍수나 태풍 피해가 없는 해이므로 평년의 경우 유역 증발산량은 이보다 적을 것으로 예상된다.
2. 관행적으로 유역 증발산량 산정시 강수량-유출량 관계만을 고려하고 토양수분량과 지하수위량을 무시하지만 시험 유역의 경우 1년 단위로 증발산량을 산정 할 경우 지하수위변화량은 0.2mm로 무시할 수 있지만, 토양수분 변화량의 경우 -35.6mm로 무시할 수 없을 정도의 큰 값을 나타내었다.
3. 물수지 식으로 기간별 증발산량 값을 추정할 경우 5일, 10일 간격보다는 15일, 한달 간격으로 계산하는 것이 안정된 값을 나타내었다.
4. 유역 증발산 계수 CE 값은 충청북도 청원군 북이면, 북이면의 경우 각 월별로 다른 값을 나타냈으며 3월에는 0.00077, 4월에는 0.00135, 5월에는 0.00144, 6월에는 0.01153, 7월에는 0.00372, 8월에는 0.00431, 9월에는 0.00151으로 추정할 수 있으며, 토양수분량과 토양 피복 상태의 영향으로 6, 7, 8월에 비교적 큰 값을 나타냈다.
5. DAWAST모형에서 추정된 CE값으로 얻은 증발산량 223.8mm(82%)를 얻었으며 새롭게 제시한 CE값으로 증발산량을 산정하여 실제 증발량보다는 적은 값이지만 220.4mm(81.0%)의 값은 DAWAST로 계산한 증발산량보다 그 경향과 실제 값에 보다 많이 접근을 하였다.

참 고 문 헌

1. 기상연구소, 1998, 우리나라의 증발산량 분포 특성
2. 기상연구소, 1997, 우리나라의 증발량 분포 특성
3. 박성우 외, 1985, 응용수문학, 향문사
4. 노섭, 2000, 응용수문학, 도서출판 청호
5. 이원환 1991, 수문학, 문운당
6. 김남형, 1998, 지하수 수문학, 원기술
7. 이길영 외, 1998, 하천공학, 기보당
8. 서울대학교 공학연구소, 2001, 수자원의 지속적 확보기술 개발 사업 p.22-25
9. 김태철, 2000, 금강수계에 대한 일 유출량 모형 개발
10. 김태철 외, 1981, 월 평균 유역증발산량 추정에 관한 연구