

# 유역 토양 수분량을 고려한 초기손실 추정

Estimation of initial abstraction to calculate effective rainfall  
by considering soil moisture content in watershed

\*이 정 선 · 이 동 현 · 김 태 철(충남대)

\*Lee, Jung-Sun · Lee, Dong-Hyun · Kim, Tai-Cheol

## Abstract

The Soil Conservation Service (SCS) developed a unique procedure for estimating direct runoff from storm rainfall. But, It is very difficult to estimate accurately flood hydrograph by SCS method, because the initial abstraction of  $I_a(0.2S_a)$  itself has lots of systematic errors and there is no investigation on  $I_a$  in the Korean watershed.

The maximum storage capacity of  $U_{max}$  is calibrated in the DAWAST model and is related to the present ability of rainfall to be infiltrated into the unsaturated soil. Effective rainfall for design and real-time flood hydrograph can be estimate more reasonably by introducing new  $I_a$  relationship made from the rainfall-runoff data observed in the Korean watersheds

## I. 서론

유효우량을 산정 시에 美 농무성 토양보전국(SCS)에서 발표한 유효우량 추정공식을 사용한다. SCS방법은 총 강우량 자료만 있는 유역에서 총 유출량을 예측하도록 개발되었고 강우의 시간별 분포는 고려하지 않는다. 우리 나라의 피복상태와 토양수분상태 등의 여러 인자는 미국과는 다르다. SCS에서는 초기손실( $I_a$ )은 선행강우와 강우강도에 따라 계수가 변동될 것이나 경험치 0.2로 고정을 하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 DAWAST모형을 이용해 대상유역특성 가운데 불포화 토양층의 최대잠재저류능  $U_{max}$ 로부터  $S_a$ 를 추정하는 새로운 방법을 제시하고 이로부터 보다 정확하게 초기손실( $I_a$ )을 구하고자 하였다.

## II. 자료 및 방법

### 2.1 초기손실 $I_a = 0.2S_a$ 에 대한 연구사

초기손실  $I_a = 0.2S_a$ 로 취하는 것은 강우규모가 80-200mm의 경우에는 적합하였으나, 강우규모가 큰 경우에는 유효우량이 작게 추정되고, 작은 경우에는 크게 추정되는 경향을 보이고 있어 초기 손실계수를 조정하였다. 즉 30mm이하는 0.2S, 30-80mm는 0.23, 80-200mm는 0.2 그리고 200mm이상은 0.1로 보정한 결과 유효우량 추정의 정확도가 크게 향상되었다고 보고되었다.

### 2.2 DAWAST모형의 개념화

이 모형은 개념화모형을 기본모형으로 최적화모형, 일반화모형 및 수계화모형 등 3개의 부모모형으로 구성되어 있다. DAWAST모형은 Fig.1과 같이 지표면, 불포화층과 포화층

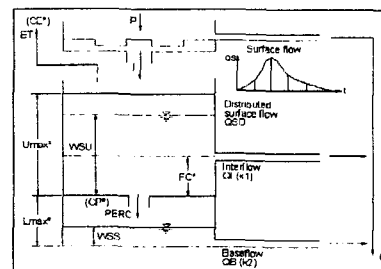


Fig.1 Structure of the DAWAST model

의 3개 저수층으로 단순화하여 강우 - 유출의 유역 수문반응을 개념화하였다. 이 모형은 강우시에는 표면유출, 중간유출과 기저유출을, 무강우시에는 기저유출량을 계산하여 총 유출량을 모의발생 시작일부터 종료일까지 연속적으로 일 단위로 계산할 수 있도록 구성하였다.

### 2.3 SCS 유효우량 공식

강우량과 유효우량과의 관계를 잠재 저류능 개념을 도입하여 (실제저류능/잠재저류능) = (유출량/강우량) 이라는 식 (1)에서 개발되었지만, 잠재저류능 S값에 따라 같은 강우라도 다른 유출을 발생시키기 때문에 이 S값을 유역특성과 건습상태를 나타내는 종합적인 지수로 정의하고 정확하게 추정한다면 표면유출을 추정할 수 있다.

$$\frac{(P-Q)}{S} = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

여기에 강우초기의 손실 Ia를 고려하여

$$QS = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S) \quad (2)$$

$$S = 25,400 / CN - 254$$

여기서, QS : 표면 유출량(mm), P : 일 강우량(mm)  
S : 최대 잠재저류능(mm), CN : Curve Number

### 2.4 DAWAST 모형의 유효저류능(Sa) 개념

유역토양수분의 연속처리와 모형의 연속적 모의 발생에 적합하도록 SCS의 S를 최대 저류능 개념에서 불포화층의 유효저류능 Sa 개념으로 변형하여 식 (3)과 같이 최대 저류능과 현재의 유역토양수분량의 차이로 새로 정의하였다.

$$S = 25,400 / CN - 254 \text{ (SCS)}$$

$$S_a = U_{MAX} - WSU, U_{MAX} > WSU \text{ (DAWAST)} \quad (3)$$

여기서 Sa : 유효 저류능(mm) UMAX : 불포화층의 최대 토양 수분량(mm),  
WSU : 불포화층의 현재 토양 수분량(mm)

### 2.5 실험대상유역

#### 가. 수촌 유역개황

본 지점의 유역면적은 214.0km<sup>2</sup>으로 삼교천 전 유역면적의 12.8%에 해당되며 수원으로부터 22.50km지점에 위치하고 있다.

#### 나. 논양 유역개황

논양지구의 유역면적은 138.8km<sup>2</sup>, 유로연장 30.79km, 유역평균폭 5.35km, 유역형상계수 0.174 인 수지상(樹枝狀) 하천으로 논산천 전체유역의 약 30%을 차지하고 있다.

#### 다. 우성 유역개황

유역면적은 265.4km<sup>2</sup>이고 유로연장은 28km이다. 지질은 편상화강암 및 화강암으로 구성되어 있고 해발 600m의 산지지형을 이룬다.

## III. 결과 및 고찰

### 3.1 DAWAST 모형의 적용

본 연구에서 1999년, 2000년 2년간의 강우-수위자료로부터 논양, 수촌 및 우성지점을 DAWAST 최적화 방법으로 매개변수를 구한 결과 table.1 와 같이 나타났다.

Table 1 Yearly water balance results of Woo-Sung Point (unit: mm)

Point	Year	Precipitation (P)	Observed runoff(Q)	Estimate runoff	%
Woo-Sung	1999	1310.3	744.5	764.8	102.73
Woo-Sung	2000	1523.0	1074.8	1000.4	93.08

3.2. 우성지점의 초기손실계수(K) 산정

우성지점의 유효저류능(Sa) 값이 크면 같은 호우사상이 있어도 유효유량이 작어지고 유효저류능(Sa) 값이 작아지면 유효유량이 커지는 것으로 나타났다. 수촌지점의 실측치와 DAWAST추정치를 비교해서 Table.2에 나타내었다.

Table. 2 Parameter of DAWAST model

Name of station	Water budget parameter				
	Umax (mm)	Lmax (mm)	FC (mm)	CP	CE
Non-Yang	351	35	165	0.0117	0.0078
Su-Chon	360	20	160	0.014	0.006
Woo-Sung	378	34	131	0.0169	0.0064

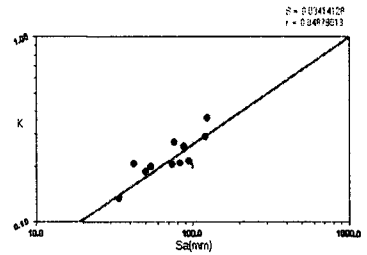
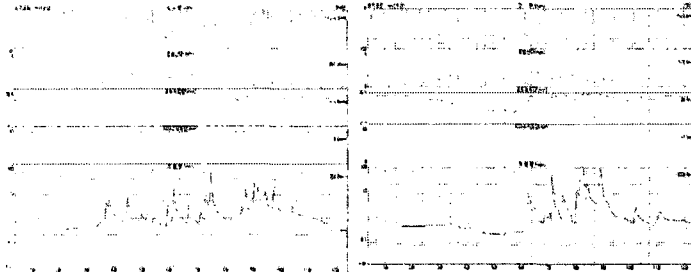


Fig. 2 Daily runoff hydrologic reaction curves comparing observed data & calculated data (1999 Woo-Sung)

Fig. 3 Daily runoff hydrologic reaction curves comparing observed data & calculated data (2000 Woo-Sung)

Fig. 4 Relationship of K to Sa in the Woo-Sung point

Table. 3 Water Balance Parameters of Woo-Sung for DAWAST Model

Event	DAWA ST(Sa) (mm)	Q (mm)	P (mm)	K	Event	DAWA ST(Sa) (mm)	Q (mm)	P (mm)	K
99.4.12	42.3	6.0	28.0	0.207	99.9.10	34.0	30.1	55.0	0.135
99.5.23	63.3	1.5	20.0	0.150	99.9.18	54.0	4.9	30.0	0.200
99.6.16	124.5	4.63	72.0	0.365	99.10.1	76.5	15.4	64.0	0.270
99.6.23	121	31.0	114.0	0.290	00.6.27	74.0	21.3	67.0	0.206
99.7. 9	83	5.1	41.0	0.210	00.7.23	97.0	63.4	145.0	0.200
99.7.28	88.7	14.7	67.0	0.257	00.8. 4	50.0	13.5	43.0	0.188
99.9. 5	94	3.1	39.0	0.216					

Table.3의 관계로 부터 분석을 한 결과 Fig. 4에서 나타나는 듯이  $K = 0.0199Sa^{0.568}$  같은 결과를 얻을 수 있었다.

토양수분상태에 따른 초기손실계수에 의하여 DAWAST모형을 실행시킨 결과 Table.4에서 나타나는 것처럼 결과값이 향상되었다. Fig 5~6은 초기손실을 0.2Sa가 아닌 K\*Sa로 수행한 결과를 보여준다.

Table 4 Yearly water balance results of Su-chon, Non-Yang & Woo-Sung Point from K\*Sa & R.E. (mm)

Point	Year	Precipitation(P)	Observed runoff (Q)	0.2*Sa		K*Sa	
				Estimate runoff	R.E. (%)	Estimate runoff	R.E. (%)
Non-Yang	1999	1326.2	671.1	706.1	5.21	727.4	8.3
Non-Yang	2000	1738	1104.5	1153.6	4.4	1095.6	0.8
Su-Chon	1999	1495	886.1	801.8	9.5	826.8	6.7
Su-Chon	2000	1354	799.0	759.5	4.9	792.6	0.8
Woo-Sung	1999	1310.3	744.5	764.8	2.7	753.7	1.2
Woo-Sung	2000	1523	1074.8	1000.4	6.9	1035.4	3.6

Table.4에서 1999년 논양지점에서 초기손실을 0.2Sa가 아닌 K\*Sa로 수행하여서 상대오차가 더 커진 이유는 1999년 관측자료가 1년간의 자료가 아닌 6~10월까지의 관측자료만 있어서 DAWAST모형에서 일

반화모형으로 보정하여 최적화방법으로 수행하여서 커진 것으로 사료된다.

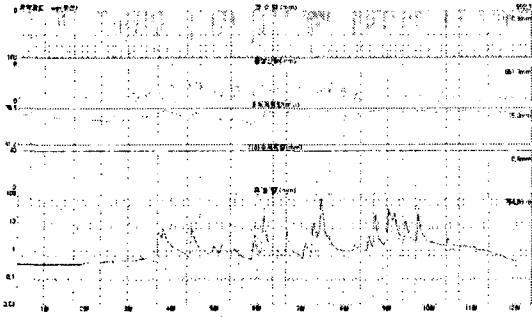


Fig. 5 Daily runoff hydrologic reaction curves comparing observed & calculated data (1999 Woo-Sung)

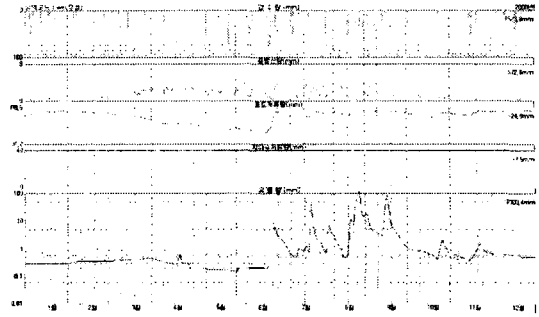


Fig. 6 Daily runoff hydrologic reaction curves comparing observed & calculated data (2000 Woo-Sung)

### 3.3 중·소유역에서의 초기손실계수(K) 산정

우리나라처럼 중·소규모의 하천이 많은곳에서의 초기손실계수를 산정하기에는 보다 많은 지점을 대상으로 삼아서 꾸준한 실험과 연구가 필요하다. 유역면적이 비슷한 규모의 금강유역 실험유역으로 선정된 상기 3개지점을 가지고 초기손실계수를 산정한 결과 Fig.5과 같이 나타났으며 이를 회귀분석하여  $K=0.053Sa^{0.34}$  이란 지수식을 얻을 수 있었다.

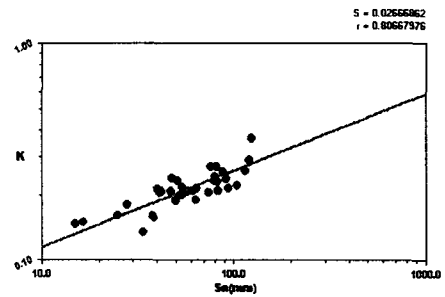


Fig 7 Relationship of K to Sa in the Su-Chon, Non-Yang Woo-Sung point

## VI. 결론

SCS방법에 의하여 정확한 수문곡선 해석은 매우 어렵다. 그 이유는 초기손실(Ia) 자체에서 오는 구조적인 에러를 가지고 있고, 한국 유역에서 조사한 Ia가 없기 때문이다. 초기손실(Ia)는 선행강우와 토양수분상태에 따라 달라진다.

DAWAST모형은 최대잠재저류능(Umax)라는 개념으로 유역을 수문분석한다. DAWAST 모형은 한국유역에서 실측한 강우-유출자료로 만들어진 초기손실(Ia)로부터 좀더 정확한 유효우량을 산정할 수 있었다.

유역면적이 비슷한 규모의 금강유역 실험유역으로 선정된 상기 3개지점을 가지고 초기손실계수(K)를 구한결과  $K=0.053Sa^{0.34}$  이란 지수식을 얻을 수 있었으며 초기손실계수(K)는 유효저류능(Sa) 값과 밀접한 관계를 가지며 Sa값이 크면 K의 값이 커지고 Sa값이 적으면 K의 값도 작아지는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. 김태철, 노재경, 박승기, 1991, 유역토양수분 추적에 의한 유출모형, 한국농공학회지 33
2. 선우중호, 1977, SCS방법 및 회귀분석에 의한 유효강우량결정, 한국수문학회지 1
3. 김태철, 1992, 한국 하천의 일 유출량 추정을 위한 지역화 모형, 충남대학교 농업과학연구소
4. 김태철, 2000, 응용 수문학, 향문사
5. 김병규, 1992, 우리나라 유역에 적합한 CN과 설계홍수량 모형,
6. 중소하천유역에 있어서 유효강우량 및 설계수문곡선의 결정에 관한 연구, 1982, 한국수문학회지