

농촌유역의 강우-유출분석

Rainfall-Runoff Analysis of a Rural Watershed

김지용* · 박기중 · 정상옥(경북대)
Kim, Ji Yong · Park, Ki Jung · Chung, Sang Ok

Abstract

This study was performed to analyse the rainfall and the rainfall-runoff characteristics of a rural watershed. The Sangwha basin(105.9km²) in the Geum river system was selected for this study. The arithmetic mean method, the Thiessen's weighing method, and the isohyetal method were used to analyse areal rainfall distribution and the Huff's quartile method was used to analyse temporal rainfall distribution. In addition, daily runoff analyses were performed using the DAWAST and tank model.

In the model calibration, the data from June through November, 1999 were used. In the model calibration, the observed runoff depth was 513.7mm and runoff rate was 45.2%, and the DAWAST model simulated runoff depth was 608.6mm and runoff rate was 53.5%, and the tank model runoff depth was 596.5mm and runoff rate was 52.5%, respectively. In the model test, the data from June through November, 2000 were used. In the model test, the observed runoff depth was 1032.3mm and runoff rate was 72.5%, and the DAWAST model simulated runoff depth was 871.6mm and runoff rate was 61.3%, and the tank model runoff depth was 825.4mm and runoff rate was 58%, respectively. The DAWAST and tank model's R² and RMSE were 0.85, 3.61mm, and 0.85, 2.77mm in 1999, and 0.83, 5.73mm, and 0.87, 5.39mm in 2000, respectively.

Both models predicted low flow runoff better than flood runoff.

1. 서론

장기 유출은 일 단위 이상의 연속적인 수문 현상이며, 장기 유출량을 정확하게 예측하는 일은 이수 측면에서 대단히 중요하다. 특히, 일 단위의 장기 유출 해석은 저수지의 저수 용량 결정과 저수지 관개용수의 다목적 이용, 담수호 부영양화 현상의 해석을 위한 일 유입량의 추정, 유사량 계산, 하천 유지 용수량 결정 등 합리적인 수자원의 개발, 관리와 계획 수립에 이용된다. 따라서, 일 단위 정도의 장기 유출량을 정확하게 추정할 수 있는 유출 해석이 필요하다.^{2,3,10)}

본 연구의 목적은 농촌유역의 강우 특성을 분석하고, 유출모형을 이용하여 유출특성을 분석

하며 사용한 모형들의 농촌유역에서의 적용가능성을 확인하고, 이들 모형의 비교·분석을 통해 연구대상유역에 보다 적합한 유출모형을 선택하는 것이다.

본 연구에서는 중소하천 유역의 일별 유출량 모의발생에 많이 사용되는 tank모형과 충남대학교에서 개발한 DAWAST모형을 이용하여 모형의 매개변수들을 결정하였으며, 검정 기간에 대하여 강우 및 증발량자료를 이용한 모형 추정치를 관측치와 비교함으로써 모형을 검정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 대상유역

연구 대상유역은 금강 수계의 상화지구로 경상북도 상주군 화서면, 화동면, 모서면 일대를 포함하며, 동경 127° 53' 00" ~ 128° 02' 00", 북위 36° 19' 00" ~ 36° 28' 00" 에 위치한다. 유역면적은 105.9km²이며 이 중 논이 16.38%, 밭이 12.70%, 산림이 66.56%, 기타가 4.36%이다. 표 1은 대상지역의 토지이용현황을 나타내며, 그림 1은 대상지역의 유역경계와 유량 측정 지점을 보여주고 있다.

상화지구의 주하천인 금계천은 상주시 화서면 신봉리와 상현리 일대에서 시작하여 남쪽으로 흘러 화동면과 모서면을 거쳐 유량관측지점인 터골교를 지나며, 상판저수지에서 시작하는 반계천과 상주시 모동면 금천리에서 만나 석천을 이루어 남서방향으로 흘러 영동군 황간면 신흥리에서 추풍령천과 만나 초강천을 이루어 서쪽으로 흘러 영동군 심천면 심천리에서 금강에 합류한다.

표 1. 토지이용현황

(단위 : km²)

유역면적	논	밭	산림	기 타				
				소계	도시	농가	도로	수면
105.9	17.35	13.45	70.50	4.62	0.55	3.32	0.57	0.18

2. 강우자료

강우자료는 상주시청의 자료(1997-2000년)와 유역내의 상주시 화동면, 화서면, 모동면, 모서면사무소의 자동 우량계의 자료를 이용하였다. 우량관측소의 위치는 그림 1에 나타나 있다.

상주시청의 강우자료에 의하면 상주지역의 연평균 강우량은 1,380.7mm로서 전국 연평균 1,274mm(수자원공사, 1990)보다는 비교적 많은 강우량을 나타냈으며, 2000년에는 예년의 강우량보다 약 18%가 많은 1,633.5mm를 기록하였다.

관측된 강우자료는 지점강우량을 나타내므로 그 자료로부터 면적을 대표할 수 있는 면적우량을 구할 필요가 있다.⁷⁾ 평균면적우량의 근사치를 구하는 방법에는 여러 가지가 있지만, 본 연구에서는 산술평균법, Thiessen 가중법, 그리고 등우선법을 사용하여 계산한 바, 세 방법 모두 거의 같은 값인 1,598mm를 나타내었다.

총강우량의 시간적 분포를 보다 상세히 분석하기 위해서 본 분석에서는 Huff에 의한 4분위법에 의해 강우를 분류하였다. Huff의 4분위법에 사용된 강우자료는 상주지역에서 4년(1997~2000)동안에 관측된 강우 중에서 총강우량이 20mm 이상되는 강우만을 추출하였다.

표 2는 이들 자료의 특성을 분석하여 각 Quartile별 강우의 지속시간에 대한 빈도백분율을

나타낸 것이다. 표 2에서 보는 바와 같이 상주지역에서는 Third-Quartile형 강우의 빈도가 가장 높은 것으로 나타났다.

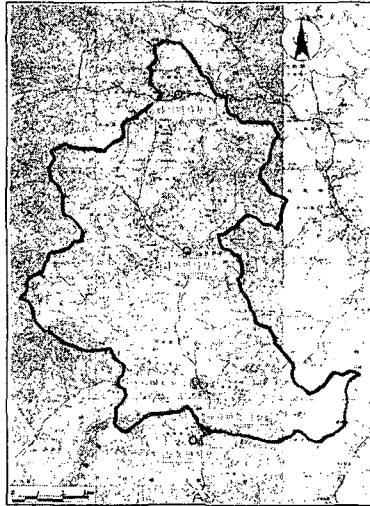


그림 1. 연구 대상유역도

표 2. 지속시간에 대한 Quartile별 강우의 빈도백분율

Quartile	Percentage for Given Duration (hours)				Quartile (%)
	<6	6~12	12~24	>24	
1	22	17	61	0	23
2	4	25	58	13	30
3	19	19	46	16	33
4	27	27	27	19	14
All Storms	16	22	51	11	100

3. 유출해석

가. 사용자료

1999년과 2000년의 강우량과 증발량 및 일유출량 자료를 이용하였으며, 강우와 증발량자료는 기상청에서 발간된 기상월보를 참고하였고, 일 유출자료는 관측지점에서 자기 수위계를 이용하여 관측한 시간단위의 유량자료를 유출심으로 환산하여 적용하였다.

나. 모형의 보정과 검정

1) tank모형

tank모형의 매개변수를 결정하는 정량적 방법은 없으며 여러 번의 시행착오를 반복하여 각 tank의 침투계수와 유출공 유출계수 및 높이를 결정할 수밖에 없다. 이때 tank모형의 매개변수 결정을 위한 초기계산은 근사 유역에서 기왕에 개발된 변수를 이용하거나 그렇지 않을 경우 대체로 표 3의 경험치를 사용한다.^{4,5)}

1999년 6월부터 11월까지의 수문자료를 이용하여 여러 번의 시행착오를 반복한 결과, 보정된

매개변수 값들이 표 3에 나타나 있으며, 이 값들을 이용하여 상화지구에서 모의 발생한 결과는 그림 2(a)와 같다. 또한 모형의 검정을 위하여 2000년 6월부터 11월까지의 검정기간에 대해서 모의 발생한 결과는 그림 2(b)와 같다.

2) DAWAST모형

1999년 6월부터 11월까지의 보정 기간에 대해서 DAWAST모형의 최적화모형을 이용하여 구한 물수지 매개변수의 최적치는 표 4와 같다. 결정된 매개변수의 최적치를 이용하여 보정기간에 모의 발생시킨 결과는 그림 2(a)와 같으며, 검정기간(2000년 6월~11월)에 대해서 모의 발생한 결과는 그림 2(b)와 같다.

다. 결과 및 고찰

보정기간에 대해서 관측된 유출량의 합은 513.7mm, 유출율은 45.2%였으며, DAWAST모형이 모의발생한 유출량은 608.6mm, 유출율은 53.5%, tank모형은 유출량 596.5mm, 유출율 52.5%를 나타내었다. 또한, 검정기간에 대해서 관측된 유출량은 1032.3mm, 유출율은 72.5%였으며, DAWAST모형이 모의발생한 유출량은 871.6mm, 유출율은 61.3%, tank모형은 유출량 825.4mm, 유출율 58%를 나타내었다.

표 3. tank모형 매개변수의 경험치와 보정값

구 분	경험치의 범위	보정값(1999년)
a11	0.10~0.20	0.10
a12	0.10~0.30	0.30
a2	0.02~0.01	0.01
a3	0.001~0.01	0.002
b1	0.05~0.15	0.10
b2	0.02~0.10	0.055
b3	0.005~0.02	0.009
h11	10~20 mm	10.8
h12	30~50 mm	35.9
h2	10~20 mm	16.3
h3	0.0 mm	0.0

표 4. DAWAST모형의 매개변수 최적치

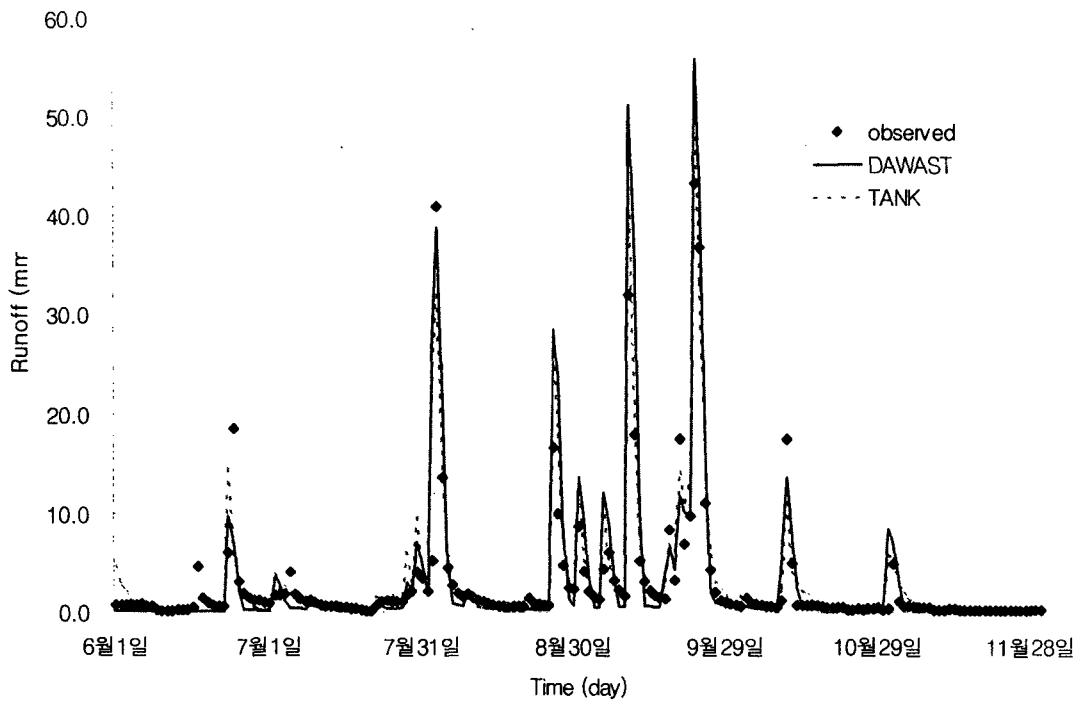
Calibration	Verification	UMAX (mm)	LMAX (mm)	FC	CP	CE
1999년	2000년	279.8	28.0	172.5	0.0136	0.0081

표 5. 일별 유출량 분석 결과

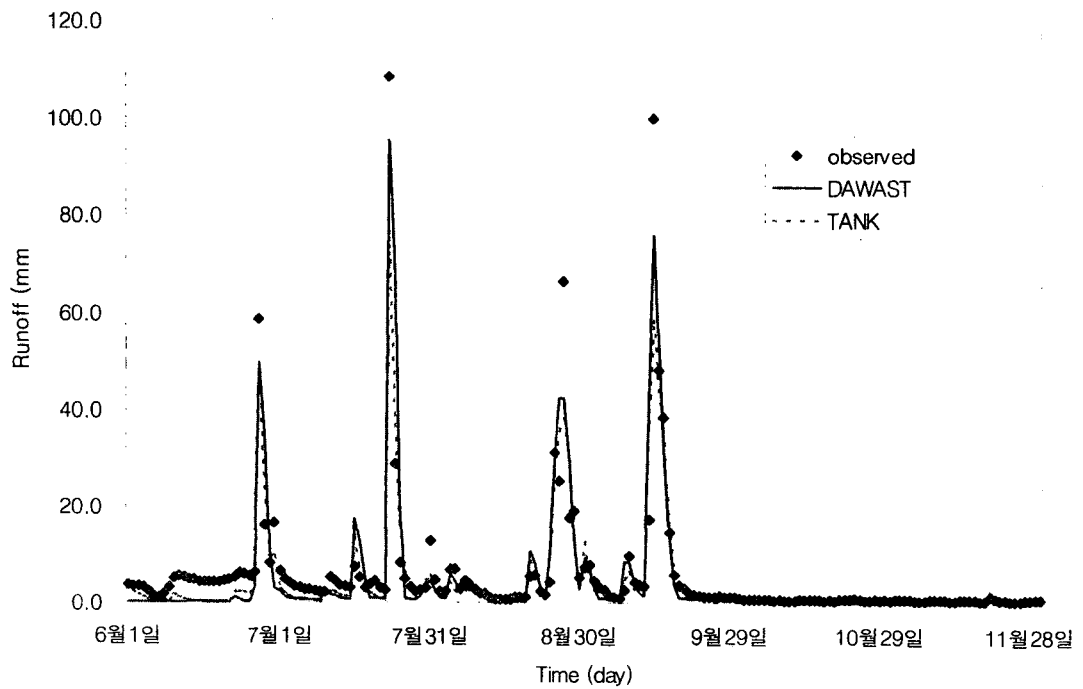
구 분	보정기간(1999. 6~11)		검정기간(2000. 6~11)	
	R ²	RMSE (mm)	R ²	RMSE (mm)
DAWAST모형	0.85	3.61	0.83	5.73
tank모형	0.85	2.77	0.87	5.39

보정기간과 검정기간에 대한 일별 유출량 추정치와 실측치를 비교 분석한 결과 결정계수 R²과 RMSE는 표 5와 같다.

또한, 사용한 모형들의 거동을 분석하기 위하여 대상구역의 1999, 2000년도 일별 실측치와



(a) 1999년도



(b) 2000년도

그림 2. 각 모형으로 구한 계산 수문곡선과 관측 수문곡선의 비교

추정치를 그림 2(a), (b)와 같이 도식적으로 비교한 결과 대부분의 폭우사상에 대하여는 추정치가 관측치보다 적게 나타나는 경향을 보이고 있어 홍수부분의 유출해석에는 적합도가 약하나 저수시에는 추정치와 실측치의 일치도가 높게 나타나고 있으므로 이수측면의 수자원 이용 계획수립을 위한 장기유출분석에는 좋은 성과를 보이고 있음을 알 수 있었다.

III. 요약 및 결론

대상유역의 강우특성을 분석하고, 직렬 3단으로 배열한 tank모형과 DAWAST모형을 이용하여 장기유출해석을 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 1997년부터 2000년까지의 강우자료를 가지고 Huff의 4분위법에 의해 분석을 실시한 결과, 대상유역 강우의 시간적 분포는 Third-Quartile형 강우의 빈도가 가장 높게 나타났다.
- 2) 보정기간에 대해서 1999년 6월부터 11월까지 관측된 유출량의 합은 513.7mm, 유출율은 45.2%였으며, DAWAST모형이 모의발생한 유출량은 608.6mm, 유출율은 53.5%, tank모형은 유출량 596.5mm, 유출율 52.5%를 나타내었다. 또한, 검정기간에 대해서 2000년 6월부터 11월까지 관측된 유출량은 1032.3mm, 유출율은 72.5%였으며, DAWAST모형이 모의발생한 유출량은 871.6mm, 유출율은 61.3%, tank모형은 유출량 825.4mm, 유출율 58%를 나타내었다.
- 3) 보정기간의 일별 유출량 분석결과 DAWAST모형의 결정계수 R^2 은 0.85, RMSE는 3.61mm였으며, tank모형은 0.85, 2.77mm를 나타내었다. 또한 검정기간의 일별 유출량 분석결과 DAWAST모형의 결정계수 R^2 은 0.83, RMSE는 5.73mm였으며, tank모형은 0.87, 5.39mm를 나타내었다.
- 4) 사용된 모형들의 일별 유출량 추정치는 저수유출에 대하여 비교적 관측치와 잘 맞는 결과를 보여 이수자원의 장기 유출해석에는 적용성이 인정되었으나, 모형의 우열을 판단하기는 어려웠다.

참 고 문 헌

1. 김승, 김규호, 1989, "한국 연평균강수량의 추정, 수공학논총, 제31권, pp. 5~9.
2. 김태철 외, 1996, "한국 하천의 일 유출량 모형", 한국수자원학회지, 제29권 제5호, pp. 223~233.
3. 김태철, 1992, "MANUAL of the DAWAST MODEL", 충남대학교 농업과학연구소, pp. 3-18.
4. 김석용, 1985, "TANK MODEL에 의한 유출해석에 관한 연구", 석사학위논문, 동국대학교.
5. 변반연, 1984, "영산강 유역의 유출해석에 관한 연구", 석사학위논문, 조선대학교.
6. 박찬영 외, 1981, "소유역의 설계우량 산정을 위한 강우형상분석에 관한 연구", 한국수문학회지, Vol. 14, No. 4, pp. 13~18.
7. 서승덕 외, 1992, 응용수문학, 향문사, pp. 40~71.
8. 윤용남, 1989, 공업수문학, 청문각, pp. 246.
9. 허유만, 1992, "중소유역의 일별 용수수급해석을 위한 하천망 모형의 개발", 박사학위논문, 서울대학교.
10. 노재경, 1991, "토양 수분 저류에 의한 일 유출량 유역 모형", 박사학위논문, 서울대학교.