

유역 분할을 고려한 유출량 산정 Runoff Estimation Considering Dividing Watershed

이 종 형* / 윤 석 환**

Lee, Jong Hyeong / Yoon, Seok Hwan

Abstract

The purpose of this study is both the variation of hydrologic topographical informations extracted by using WMS and the quantitative effect of rainfall-runoff simulation due to dividing watershed. Miho stream basin in Geum river was selected by this study. Watershed dividing method are determined by area, channel slope and channel length. Hydrological response of divided watershed using Clark method, SCS method and Snyder method was compared with actual measured flood hydrograph. As a results, area-based watershed dividing method are particularly suitable the hydrologic applications using SCS method. This study can be used as basic data for the phase of the runoff variation in Miho stream basin.

key words : Watershed division, Runoff analysis, WMS

요 지

본 연구에서는 WMS를 이용하여 소유역 분할에 따른 수문지형정보의 변화와 강우-유출모의를 통한 효과적인 분할방법을 제공하는데 있다. 대상유역은 금강수계의 미호천 유역으로 선정하였으며 유역의 분할 방법은 유역면적, 하천경사, 하천연장에 대하여 분할하였다. 소유역 분할 방법에 대한 유역의 수문학적 적용은 Clark 단위도법, SCS 무차원단위도법, Snyder 단위도법으로 실제 관측수문곡선과 비교하였다. 적용결과 유역면적에 의해 5개의 소유역으로 분할할 경우에 SCS 단위도법이 가장 좋은 결과를 나타냈으며, 본 연구는 미호천유역의 유출변동에 대한 기초 자료로 활용될 수 있다.

핵심용어 : 유역분할, 유출해석, WMS 모형

1. 서 론

최근 몇 년간 집중호우로 인한 홍수피해가 심각한 수준으로 발생하였고, 하천 유역의 유출을 해석하고 예측하기 위해서는 유역 내에서 발생하는 수문기상학적 요소와 유역의 특성인자들의 정확한 상호 연관성의 규명과 수문변수의 공간적 변동성에 대한 해석은 수자원 계획 및 관리를 위해 중요한 관심사가 되고 있다.

유역에서의 유출에 대한 해석시 유역의 특성인자들의 정확한 상호연관을 위해 유역을 분할함으로써 어느 정도로 자세하게 유출현상을 모형화 할 것인가에 대한 정보가 필요하며 이러한 정보를 통해 유역의 실제 지형 특성을 반영한 모형을 구축하여야 한다. 지금까지 유출해석을 위한 국내외의 많은 연구가 진행되어 있으나 최근에는 GIS(geographical information system)의 발달로 하천유역의 공간적 특성자료를 이용한 유출해석이 활발히 진행되고 있는 실정이다.

* 정희원 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 (e-mail: jhlee@kongju.ac.kr)

** 충북대학교 공과대학 토목공학과 강사, 공학박사

강우-유출해석에서 GIS를 이용하는 경우에는 과거에 비해 많은 노력을 들이지 않고도 수치고도자료(Digital Elevation Model)를 이용하여 유역을 자유롭게 분리하고 해당 소유역의 지형인자를 산정하여 모형의 매개변수를 결정할 수 있다. 유역을 여러 개의 소유역으로 분리함으로써 유역의 공간적 변화특성을 반영할 수 있다는 것이다.

Band(1986)는 DEM자료로부터 유역분할과 하천망도를 추출하는 방법을 제시하였으며, Jones 등(1990)은 TIN에 의하여 지형 모형상의 임의의 주어진 점에서 시작하여 최급 강하의 경로를 추적하여 하천망도를 구성하는 알고리즘을 개발하였다. Mayer 등(1993)은 Arc/Info의 Tin module을 이용하여 HEC-1 모형의 공간 및 지형인자를 산정하였으며, Ferdinand 등(1999)은 Arc/Info를 이용하여 유역분할에 관한 연구를 수행하였다. 조홍제(1986)는 유역분할에 따른 형상계수의 변화를 비교·분석함으로써, 우리나라 유역의 형태학적 특성에 대한 연구를 통해 유역의 형상계수는 유역분할에 따라 거의 유사한 값을 나타내었으며 이는 서로 유사한 유출특성을 가지는 것이라고 기술한 바 있다. 김경탁 등(2003)은 유역의 분할 개수가 증가함에 따라 침투유량은 증가하고 침투 시간은 짧아진다는 연구결과를 도출 한바 있다. 최종인 등(2005)은 수치지도로부터 전체유역을 하천차수를 고려한 소유역으로 세분하여 수문모형에 필요한 유출인자를 도출, 소유역별 유출 모형의 집중화를 통하여 강우-유출량의 정량적 산정을 하였다.

본 연구에서는 유역의 분할 방법에 따라 소유역의 면적이나 형상이 달라지고 유출을 조절할 수 있는 수문인자의 공간적 분포를 경우마다 다르게 해석할 수 있기 때문에 유출계산에 반영되는 유역면적, 하천경사 그리고 하천연장을 이용하여 소유역으로 분할할 경우에 대하여 각 분할 방법에 따른 유출 특성을 분석하고자 한다.

2. 모형의 개요

2.1 WMS(Watershed Modeling System)

미육군 공병단(U.S Army Corps of Engineers)과 Brigham Young 대학의 공학컴퓨터 그래픽 연구실(Engineering Computer Graphics Laboratory)에 의해 개발된 WMS는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽 사용자 환경을 제공해 주는 프로그램이다. WMS는 수치고도데이터를 이용하여 형성된 불규칙 삼각망으로부터 유역도 및 소유역 경계선 등을 자동으로 구

려주고 강우-유출 프로그램인 HEC-1, TR-20, 합리식(Rational Method) 및 NFF(National Flood Frequency Program)에 대한 그래픽 사용자 환경을 제공하였다. 유역의 위상 관계를 자동으로 나타내주고 강우-유출 모형의 매개변수를 사용하기 편리한 대화형 박스를 통해 입력 가능하며 제공된 모든 강우-유출 모형은 WMS 안에서 직접 실행할 수 있고 결과값 및 수문곡선 또한 같은 환경내에서 출력된다.

본 연구에서는 조사된 GIS와 결합된 상태에서 모의 가능한 강우유출 프로그램 중에서 운영성, 신뢰도, 적합도, 호환성 및 적용사례 등을 고려하여 WMS를 분석모델로서 선정하였으며 이 외에도 GIS ArcView 등의 프로그램을 사용하여 연구를 수행하였다.

2.2 HEC-1 모형

HEC-1 모형은 유역을 수문학적, 수리학적 구성요소로 이루어지는 시스템으로 나타내어, 유역에 발생한 강우사상으로부터 유출을 모의하는 단일사상 강우유출모형이다. 수문학적, 수리학적 구성요소들로는 유역의 유출, 하도 홍수추적과 저수지 홍수추적 등을 포함하고 있다.

본 연구에서는 유효강우를 계산하기 위하여 강우손실량 계산에는 SCS의 curve number, 유출변환에는 SCS, Clark 및 Snyder 방법, 홍수추적을 위해 Muskingum-Cunge 방법을 그리고 강우분석은 유역분할 방법에 따른 Thiessen 가중치를 계산하는 방법을 택하였다.

3. 대상유역 및 소유역 분할

3.1 대상유역 및 수문자료 구축

본 연구의 대상인 미호천은 금강의 지류인 미호천(지방 1급)과 합류하는 유로연장 50.07km의 지방 2급 하천이며 본 유역의 수위·유량 관측지점인 오창 수위관측소 지점의 유역면적은 552.73km²이다. 연구에서는 금강홍수통제소의 홍수예경보 주요지점인 석화, 복일, 오창 등 미호천 관련 수위관측소 중에 오창 수위관측소 지배유역을 적용대상유역으로 선정하였다. 그림 1은 대상유역의 우량관측소와 수위관측소를 나타내고 있다. 그림 2는 ArcView에서 수치고도모형을 이용하여 추출한 불규칙 삼각망(TIN)이고, 그림 3은 DEM 자료를 ASCII file로 변환하고, WMS에서 ASCII file을 이용하여 나타낸 등고선도이다. 그림 4는 대상유역의 하천망을 추출하고, 오창 수위관측소를



그림 5. 면적에 의한 소유역 분할

표 2. 소유역 분할에 따른 유역 특성인자(유역면적)

소유역	특성인자	A (km ²)	BS (m/m)	AOFD (m)	MFD (m)	MFDS (m/m)
1	1B	552.73	0.1876	406.81	44,179	0.0070
3	1B	151.83	0.2708	369.41	44,179	0.0072
	2B	219.64	0.1790	497.52	25,887	0.0172
	3B	181.26	0.1282	417.57	28,476	0.0088
5	1B	134.98	0.1464	469.15	28,453	0.0061
	2B	96.76	0.2961	376.58	20,174	0.0221
	3B	103.93	0.2856	364.22	20,371	0.0116
	4B	76.71	0.0712	389.11	21,328	0.0056
	5B	140.36	0.1435	408.93	18,707	0.0127
7	1B	64.18	0.1699	440.57	20,990	0.0026
	2B	91.21	0.2901	363.16	25,089	0.0109
	3B	60.09	0.1417	471.75	24,219	0.0158
	4B	63.99	0.2804	364.85	17,239	0.0151
	5B	76.02	0.0717	387.70	17,633	0.0068
	6B	96.63	0.2965	376.69	19,659	0.0226
	7B	100.61	0.1074	419.45	16,617	0.0141
10	1B	47.64	0.1657	544.38	18,361	0.0068
	2B	55.42	0.2885	365.44	24,353	0.0112
	3B	55.10	0.2826	362.66	18,922	0.0160
	4B	53.57	0.1745	431.77	17,859	0.0272
	5B	76.20	0.0716	387.95	17,918	0.0067
	6B	56.22	0.0761	418.90	14,086	0.0123
	7B	67.21	0.3176	362.21	15,034	0.0260
	8B	39.47	0.2356	383.75	12,344	0.0300
	9B	46.25	0.1549	380.45	16,425	0.0235
	10B	56.65	0.0700	448.65	14,297	0.0162

3.2.2 하천경사에 의한 소유역 분할

소유역의 분할은 침투유량에 미치는 영향이 매우 큰 인자이며, 소유역의 분할은 곧 도달시간의 차이를 나타낸다. 도달시간은 경사에 매우 큰 영향을 받는데 전체구간을 하나의 구간으로 인식한 1개의 소유역 분할일 경우와 1개 이상의 소유역으로 분할하여 적용하는 경우의 경사는 매우 다른 양상을 나타낸다. 유역의 하천 경사상 소유역의 분할 과정은 WMS 모형의

DEM 모듈에서 DEM Contour를 이용하여 지형 및 경사를 추출하였다. DEM Contour에 따라 경사의 범위를 $140 < H < 210$ (m), $70 < H < 140$ (m)의 범위로 유역 분할을 한 결과를 그림 6에 나타냈고, 표 3은 이들 소유역의 지형학적 인자들을 나타내고 있다. 하천 경사를 $140 < H < 210$, $70 < H < 140$ 의 범위로 분할한 이유는 유역의 분할 정도가 좋고, DEM Contour를 이용하여 쉽게 추출할 수 있기 때문이다.

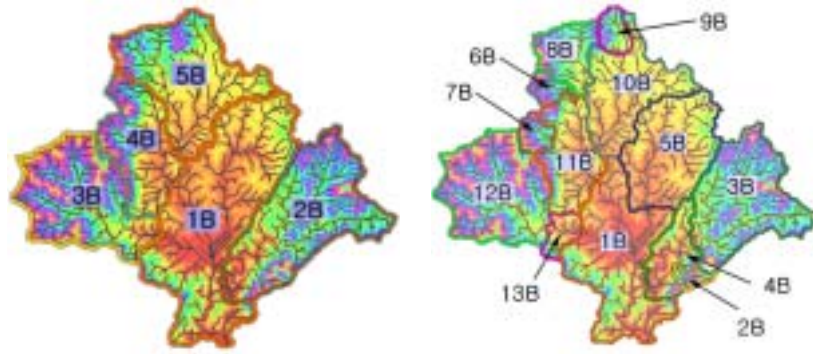


그림 6. 하천경사에 의한 소유역 분할

표 3. 소유역 분할에 따른 유역 특성인자(하천경사)

소유역	특성인자	A (km ²)	BS (m/m)	AOFD (m)	MFD (m)	MFDS (m/m)
5	1B	173.01	0.1051	449.73	33,486	0.0036
	2B	119.12	0.2866	364.86	32,477	0.0098
	3B	96.41	0.2971	376.49	19,524	0.0228
	4B	63.34	0.1877	395.26	15,377	0.0241
	5B	100.85	0.1074	418.99	17,067	0.0139
13	1B	99.10	0.1291	497.70	24,514	0.0024
	2B	5.16	0.4641	343.89	5,277	0.0792
	3B	86.62	0.2928	359.12	21,598	0.0140
	4B	27.34	0.2335	387.01	14,989	0.0077
	5B	73.91	0.0730	385.42	16,492	0.0068
	6B	8.74	0.3187	355.93	5,882	0.0583
	7B	9.31	0.3407	353.04	4,256	0.0590
	8B	27.48	0.2190	362.73	8,957	0.0402
	9B	10.42	0.1690	391.64	5,725	0.0431
	10B	62.94	0.0484	448.08	17,067	0.0139
	11B	45.29	0.1310	411.52	11,268	0.0237
	12B	85.73	0.3170	363.86	16,168	0.0264
	13B	10.68	0.1375	477.79	5,800	0.0588

3.2.3 하천연장에 의한 소유역 분할

하천에 대한 분할에 따른 유출의 특성을 파악하기 위하여 미호천 유역을 구성하고 있는 각 지류 하천의 연장에 대하여 유역을 분할하였다. 하천 연장에 따라

20km 이상의 하천인 경우(4개소유역)와 20km 이하의 하천(8개의 소유역)으로 구분하여 유역을 분할하였고 그림 7은 하천연장에 따른 유역의 분할을 나타낸 것이다.



그림 7. 하천연장에 의한 소유역 분할

4. 분석 및 고찰

4.1 강우사상의 선정

본 연구에서는 2002. 8. 5 호우사상, 2002. 8. 31 호우사상, 2003. 6. 27 호우사상으로 총 3개 홍수사상을 선정하여 모의를 수행하였다. 표 4는 적용 호우사상별 5일 선행강우량, 평균강우량, 총강우량, 침투유량을 나타냈다.

4.2 유출모의

4.2.1 소유역 분할에 따른 유출 모의

모형의 적용에 있어 대상유역에 가장 적합한 합성 단위도법을 알아보려고 GIS를 이용한 유출해석시 주로 사용되는 SCS방법을 포함하여 Clark 단위도법 및 Snyder 단위도법을 적용하였다. 단위도법의 매개변수에 대한 계산에 대하여 WMS에서 지원이 가능한 것을 선택하였다.

모형에 의한 모의 결과가 실측자료와 어떻게 비교되며 얼마나 적합한 것인가 하는 유출모형의 타당성 문제에 적용되고 있는 통계적 검증방법으로 모의된 결과를 분석하여 모형의 적합도 및 정확도를 판단하였다. 본 연구에서 사용한 통계분석 방법은 표 5에 나타났다.

그림 8~그림 10은 Clark 단위도법, Snyder 단위

도법, SCS 무차원단위도법에 의하여 3개 호우사상에 대하여 면적에 따른 소유역별 분할에 따른 각각의 수문곡선을 산정한 결과를 실측치와 비교한 것이다. 호우사상에 대하여 소유역 분할을 많이 한 경우가 적게 한 경우에 비하여 침투유량은 커지고 침투유량 발생 시간은 빨라지는 경향을 보이고 있다. 홍수사상에 대한 통계분석 결과 5개 유역에서 SCS 무차원단위도법의 경우 2002년 8월 5일 사상에서 $RMSE$ 는 $100.51 m^3/sec$, PEP 는 0.05 %, CC 는 0.98, R^2 는 0.97로 나타났고, 2002년 8월 31일 사상에서 $RMSE$ 는 $27.65 m^3/sec$, PEP 는 0.53 %, CC 는 0.98, R^2 는 0.96으로 나타났으며, 2003년 6월 27일 사상에서는 $RMSE$ 는 $33.46 m^3/sec$, PEP 는 0.48 %, CC 는 0.96, R^2 는 0.87로 나타났다.

그림 11은 Clark 단위도법, Snyder 단위도법, SCS 무차원단위도법에 의하여 3개 호우사상에 대하여 하천경사에 따른 소유역별 분할에 따른 각각의 수문곡선을 산정한 결과를 실측치와 비교한 것이다. 홍수사상에 대한 통계분석 결과 2002년 8월 5일 사상에서는 Clark 단위도법이 소유역이 13개인 경우 CC 가 0.98로 가장 잘 일치하였고, 2002년 8월 31일 사상에서는 5개인 경우 Clark 단위도법이 CC 가 0.98로 가장 잘 일치하였으며, 2003년 6월 27일 사상에서는 소유역이 5개인 경우 SCS 무차원단위도법이 CC 가 0.95로 가장 양호하게 모의되었다.

표 4. 적용사상의 개요

하천	호우사상	5일선행강우량 (mm)	평균강우량 (mm)	총강우량 (mm)	침투유량 (m^3/sec)
미호천	2002. 8. 5	48.13	35.63	374.38	2090.80
	2002. 8.31	88.60	8.75	99.75	538.80
	2003. 6.27	41.36	12.63	123.25	369.00

표 5. 통계분석 방법

구분	기호	관계식	구분	기호	관계식
1	CC	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{X_i - X_m}{\sigma_X} \right) \left(\frac{Y_i - Y_m}{\sigma_Y} \right)$	2	R^2	$1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - X_m)^2}$
3	RMSE	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}$	4	PEP	$\frac{Y_p - X_p}{X_p} \times 100$

여기서, X_i : 실측치, Y_i : 계산치, X_m : 실측치의 평균, Y_m : 계산치의 평균, σ_X : 실측치의 표준편차, σ_Y : 계산치의 표준편차, X_p : 실측치의 침투유량, Y_p : 계산치의 침투유량

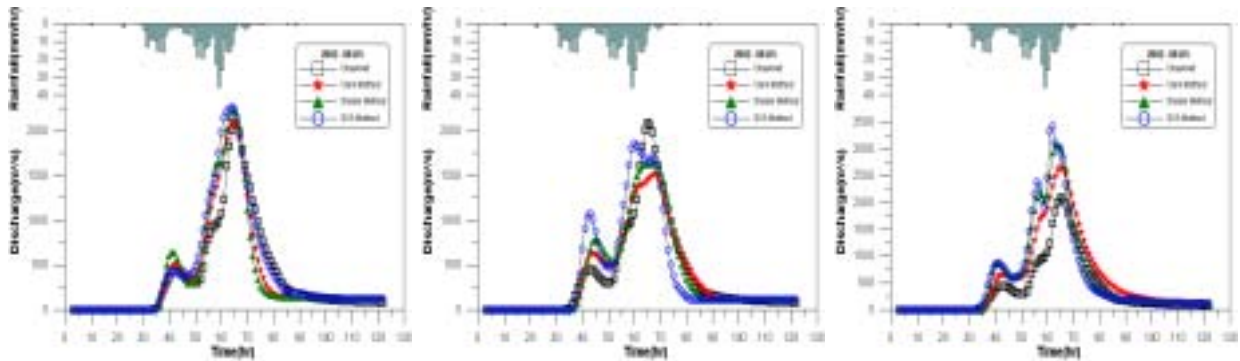


그림 8. 소유역 분할에 따른 유출 모의결과(1, 5, 10개 소유역) - 2002년 8월 5일

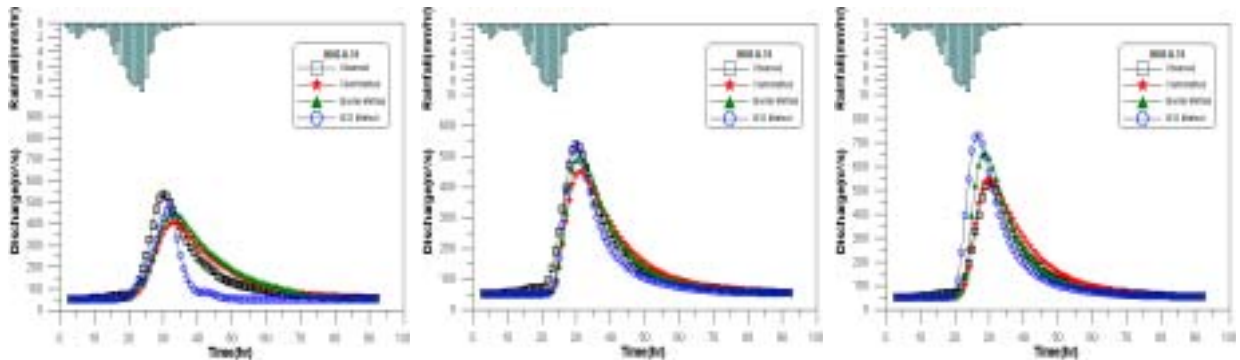


그림 9. 소유역 분할에 따른 유출 모의결과(1, 5, 10개 소유역) - 2002년 8월 31일

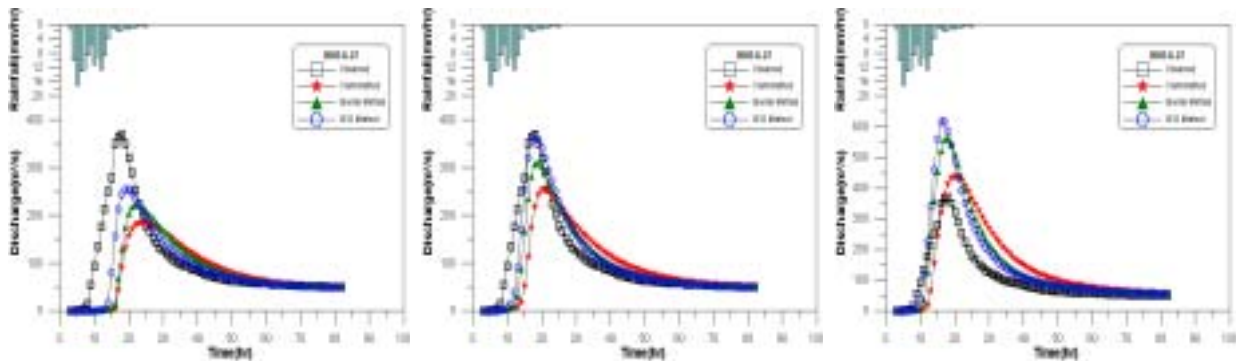


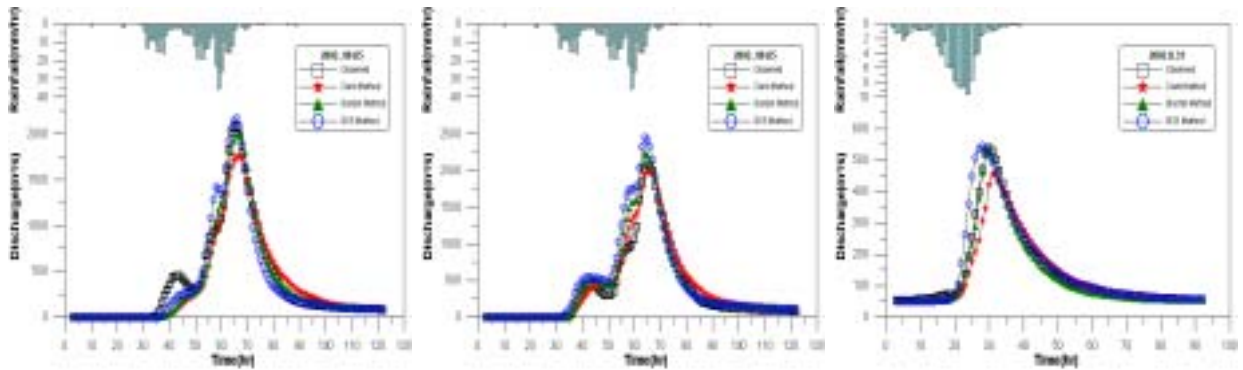
그림 10. 소유역 분할에 따른 유출 모의결과(1, 5, 10개 소유역) - 2003년 6월 27일

그림 12는 Clark 단위도법, Snyder 단위도법, SCS 무차원단위도법에 의하여 3개 호우사상에 대하여 하천연장에 따른 소유역별 분할에 따른 각각의 수문곡선을 산정한 결과를 실측치와 비교한 것이다. 홍수사상에 대한 통계분석 결과 8개 소유역에서 Snyder 단위도법의 경우 2002년 8월 5일 사상에서 $RMSE$ 는 $141.12 \text{ m}^3/\text{sec}$, PEP 는 0.02% , CC 는 0.98 , R^2 는 0.96 으로 나타났고, 2002년 8월 31일 사상에서 $RMSE$ 는 $26.66 \text{ m}^3/\text{sec}$, PEP 는 2.48% , CC 는 0.98 , R^2 는 0.96 으로 나타났으며, 2003년 6월 27일 사상에서는 $RMSE$ 는 $32.92 \text{ m}^3/\text{sec}$, PEP 는 3.52% , CC 는 0.96 , R^2 는 0.93 으로 나타났다. 이러한 사항들을 종합해 볼 때 하천연장에 의한 소유역의

분할을 이용한 미호천 유역의 유출해석을 수행할 경우 적용할 수 있는 합성단위도법으로는 8개의 소유역에 대한 Snyder 단위도법이 비교적 적합한 것으로 나타났다.

4.2.2 적정 소유역 분할 방법

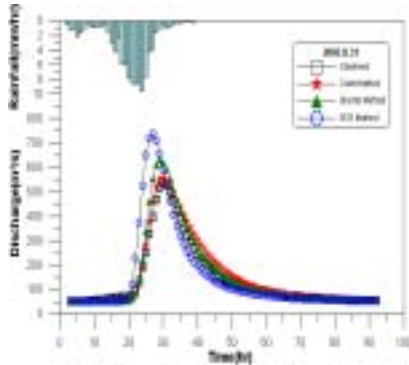
본 연구에서는 소유역의 분할 방법에 따라 각각의 합성단위도법에 대한 통계분석을 실시하였고, 통계 분석 결과 소유역 분할 방법에 따라 다양한 결과를 알 수 있었다. 본 고찰에서는 유출용적 퍼센트 오차 (VEP)와 통계분석의 PEP 와 R^2 를 이용하여 각각의 소유역 분할 방법을 수행한 경우에 대한 결과를 분석하여 모형의 적합도 및 정확도를 판단하여 가장 적합한 소유역 분할 해석법에 대하여 판단하였다.



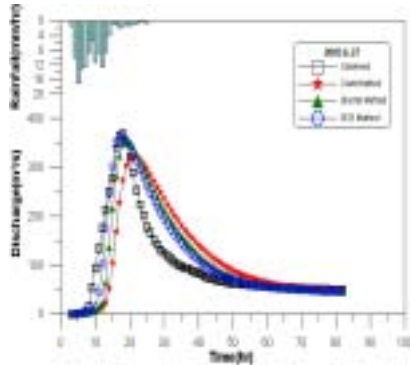
5개소유역

13개소유역

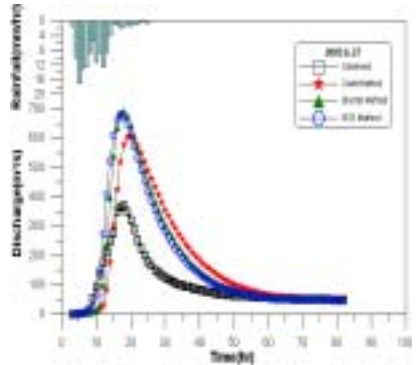
5개소유역



13개소유역

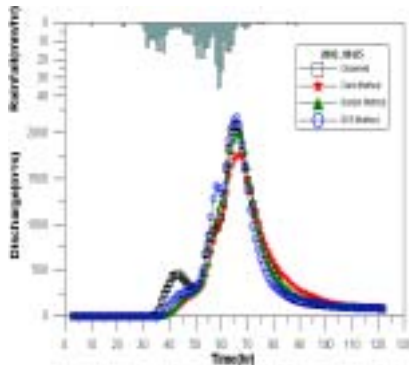


5개소유역

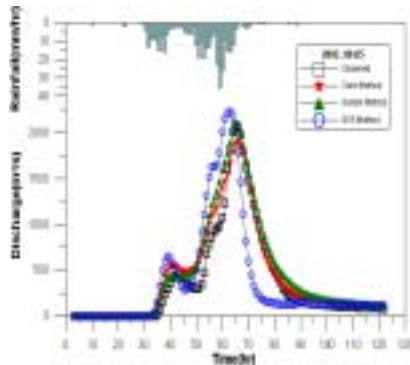


13개소유역

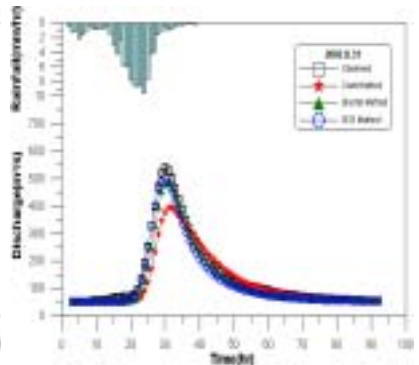
그림 11. 소유역 분할에 따른 유출 모의 결과(하천경사)



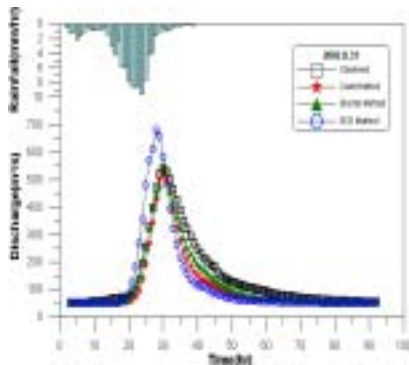
4개소유역



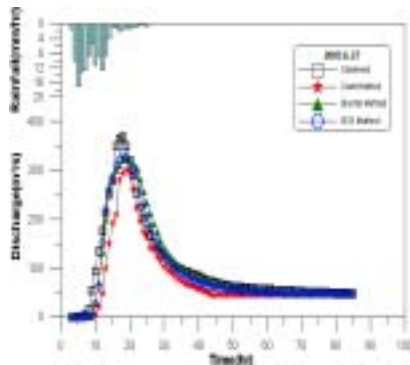
8개소유역



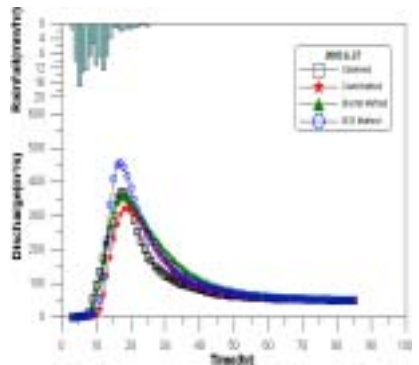
4개소유역



8개소유역



4개소유역



8개소유역

그림 12. 소유역 분할에 따른 유출 모의 결과(하천연장)

표 6. 통계 분석 결과

구 분		2002. 8. 5 사상				2002.8.31 사상				2003.6.27 사상				
		RMSE	PEP	R ²	CC	RMSE	PEP	R ²	CC	RMSE	PEP	R ²	CC	
유역 면적	1개	Clark	139.59	-27.32	0.97	0.93	55.42	-24.22	0.91	0.83	91.16	-49.51	0.32	0.10
		Snyder	140.80	-21.81	0.96	0.93	54.41	-16.64	0.91	0.83	84.78	-39.78	0.45	0.20
		SCS	242.43	-10.79	0.92	0.85	67.93	-9.85	0.93	0.87	60.75	-30.82	0.76	0.57
	3개	Clark	129.63	-22.52	0.97	0.94	54.53	-21.56	0.93	0.87	86.56	-43.01	0.54	0.29
		Snyder	107.67	-12.08	0.98	0.96	54.89	-11.87	0.93	0.87	60.81	-29.08	0.81	0.66
		SCS	146.50	-5.42	0.97	0.94	32.11	-6.06	0.96	0.90	27.63	-10.79	0.97	0.93
	5개	Clark	147.06	-17.72	0.96	0.93	36.44	-16.55	0.96	0.93	68.84	-30.75	0.65	0.42
		Snyder	109.64	-7.87	0.96	0.93	28.57	-7.64	0.98	0.95	46.78	-15.66	0.85	0.73
		SCS	100.51	0.05	0.98	0.97	27.65	-0.53	0.98	0.96	33.46	-0.48	0.96	0.87
	7개	Clark	163.67	0.79	0.96	0.93	48.09	-21.32	0.95	0.90	69.10	-5.03	0.74	0.55
		Snyder	226.71	6.91	0.92	0.86	39.72	-3.67	0.96	0.93	70.07	14.94	0.79	0.62
		SCS	198.76	8.77	0.95	0.91	41.16	10.56	0.96	0.92	39.87	23.73	0.97	0.95
	10개	Clark	282.05	26.92	0.97	0.94	23.86	0.97	0.99	0.98	82.14	19.56	0.83	0.69
		Snyder	406.27	47.69	0.94	0.90	44.91	22.20	0.98	0.96	78.65	52.15	0.97	0.94
		SCS	481.18	63.63	0.92	0.86	92.99	35.62	0.85	0.73	81.68	67.34	0.97	0.95
하천 경사	5개	Clark	97.06	-13.28	0.96	0.95	39.85	-16.21	0.95	0.91	72.04	-12.21	0.70	0.34
		Snyder	115.74	-5.21	0.97	0.96	14.00	-1.71	0.98	0.96	52.59	-4.25	0.86	0.65
		SCS	176.67	-2.11	0.95	0.89	41.48	0.97	0.96	0.90	35.42	-1.89	0.95	0.84
	13개	Clark	86.36	-4.44	0.98	0.97	25.14	3.23	0.98	0.96	133.59	64.34	0.84	0.71
		Snyder	123.73	6.68	0.97	0.94	34.89	17.19	0.97	0.93	133.18	87.26	0.95	0.90
		SCS	201.37	17.25	0.96	0.85	91.20	37.24	0.87	0.51	129.04	84.47	0.98	0.96
하천 길이	4개	Clark	132.60	-15.90	0.97	0.94	49.63	-26.83	0.95	0.85	39.55	-18.64	0.95	0.80
		Snyder	103.67	-4.80	0.98	0.96	24.20	-10.30	0.97	0.96	22.51	-11.92	0.94	0.88
		SCS	119.16	3.65	0.98	0.95	21.69	-7.33	0.97	0.96	18.06	-8.67	0.95	0.90
	8개	Clark	114.72	-9.15	0.96	0.92	43.95	-3.89	0.97	0.96	34.66	-12.74	0.92	0.85
		Snyder	141.12	0.02	0.98	0.96	26.66	2.48	0.98	0.96	32.92	-3.52	0.96	0.93
		SCS	340.84	6.91	0.81	0.66	80.79	26.53	0.85	0.72	37.73	23.94	0.94	0.88

통계분석 결과 5개의 유역면적으로 유역을 분할한 경우에 대해서 각 호우사상별로 PEP는 -0.48~0.05, VEP는 0.83~13.35의 범위를 나타낸 SCS 단위도법이 적합하게 모의되었으며, 하천경사로 5개의 유역으로 분할한 경우에 대해서 각 호우사상별로 PEP는 -2.11~0.97, VEP는 11.51~12.07의 범위를 나타낸 SCS 단위도법이 적합하게 모의되었으며, 하천길이로

유역을 분할한 경우에 대해서 각 호우사상별로 PEP는 -3.52~2.48, VEP는 12.61~23.71의 범위를 나타낸 Snyder법으로 모의되었다.

PEP와 VEP를 병행 분석한 결과 미호천 유역의 유역 분할에서 가장 적합한 유역 분할방법은 면적에 의한 방법이고, 합성단위도법은 SCS 단위도법이 적합한 것으로 나타났다.

표 7. 통계 분석 결과

호우사상	분석방법	소유역	단위도법	PEP (%)	R ²	VEP (%)
2002. 8. 5	유역면적	5	SCS	0.05	0.98	1.78
	하천경사	5	SCS	-2.11	0.95	11.51
	하천길이	8	Snyder	0.02	0.98	23.71
2002. 8.31	유역면적	5	SCS	-0.53	0.98	13.35
	하천경사	5	SCS	0.97	0.96	12.07
	하천길이	8	Snyder	2.48	0.98	12.61
2003. 6.27	유역면적	5	SCS	-0.48	0.96	0.83
	하천경사	5	SCS	-1.89	0.95	11.60
	하천길이	8	Snyder	-3.52	0.96	18.66

5. 결 론

본 연구에서는 지방 2급 하천 미호천 유역의 552.73 km²의 지배면적을 갖는 오창 수위관측소 지점을 적용대상으로 선정하고 GIS 분석툴과 HEC-1 모형이 연동된 WMS 모형을 이용하여 지형인자를 추출하였다. 유역을 소유역으로 분할한 뒤 사전에 추출된 지형인자를 매개변수로 하여 유역의 분할 방법에 따라 소유역의 면적이나 형상이 달라지고 유출을 조절할 수 있는 수문인자의 공간적 분포를 경우마다 다르게 해석할 수 있기 때문에 유출계산에 반영되는 유역 면적, 하천경사, 하천연장을 이용하여 소유역으로 분할할 경우에 대하여 각 분할 방법에 따른 유출 특성을 분석하였다.

- (1) 미호천 유역에 대해서는 유역의 경사에 따른 분할에 대한 분석 결과 경사를 $140 < H < 210$ (m)의 범위로 분할한 경우의 SCS 단위도가 적합한 것으로 모의되었으며, 하천 연장에 따른 소유역의 분할에 대한 통계분석 결과 8개 유역의 Snyder 단위도법이 적합한 것으로 모의되었다.
- (2) 채택한 호우사상에 대하여 유역 면적에 따라, 하천 경사에 따라, 그리고 하천연장에 따라서 분할을 수행한 경우에 대한 결과를 PEP와 VEP를 병행 분석한 결과 미호천 유역의 유역 분할에서 가장 적합한 유역 분할방법은 면적에 의한 방법이고, 합성단위도법은 SCS 단위도법이 적합한 것으로 나타났다. 5개의 유역면적으로 유역을 분할한 경우에 대해서 각 호우사상별로 PEP는 $-0.48 \sim 0.05$, VEP는 $0.83 \sim 13.35$ 의 범위를 나타낸 SCS단위도법이 적합하게 모의되었으며, 하천경사로 5개의 유역으로 분할한 경우에 대해서 각 호우사상별로 PEP는 $-2.11 \sim 0.97$, VEP는 $11.51 \sim 12.07$ 의 범위를 나타낸 SCS단위도법이 적합하게 모의되었으며, 하천길이를 유역을 분할한 경우에 대해서 각 호우사상별로 PEP는 $-3.52 \sim 2.48$, VEP는 $12.61 \sim 23.71$ 의 범위를 나타낸 Snyder법으로 모의되었다.
- (3) 모든 호우사상에 대하여 소유역 분할을 많이 한 경우가 적게한 경우에 비하여 첨두유량은 커지고 첨두유량 발생시간은 빨라지는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향성은 GIS를 이용한 유출모의에서 적정 유역분할 수를 결정하는데

확정론적인 모형을 사용한 유출해석에서 적정 소유역 분할이 중요한 인자임을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 공주대학교 2005년도 하반기 자체학술연구비 지원으로 수행되었으며 대학의 연구지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- 김경탁, 최윤석 (2003). 유역분할에 따른 유출응답에 관한 연구. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제36권, 제6호, pp. 911-924.
- 조홍제 (1986). 소유역의 홍수도달시간과 사면길이의 분포특성을 고려한 홍수유출해석, 한국수문학회지, 한국수자원학회, 제19권, 제2호, pp. 139-148.
- 최종인, 강상혁 (2005). 하천차수를 고려한 유출량 산정에 관한 연구, 한국방재학회논문집, 한국방재학회, 제5권, 제4호, pp. 17-27.
- Band, L.E. (1986). Topographic partition of watersheds with Digital Elevation Models, *W.R.R.*, Vol. 22, pp. 15-24.
- Brigham Young University-Engineering Computer Graphics Laboratory (1999). *WMS 6.0 Reference Manual & Toturials*.
- Ferdinand, L. H., and David, R. M. (1999). Definition and Connection of Hydrologic Elements using Geographic Data, *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 4, No. 1, pp. 10-18.
- Jones, N.L., Wright, S.G. and Maidment, D.R. (1990). Watershed delineation with triangle-based terrian models, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 116, No. 10, pp. 1232-1251.
- Mayer, S.P., Salem, T.H. and Labadie, J.W. (1993). Geographic information system in urban storm water management, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 119, No. 2, pp. 206-398.

- © 논문접수일 : 2007년 01월 05일
- © 심사의뢰일 : 2007년 01월 29일
- © 심사완료일 : 2007년 03월 26일