

ORIGINAL ARTICLE

## 제주도 도심하천 유역의 유출특성 해석

정우열 · 양성기\* · 이준호

제주대학교 토목공학과

### Characteristics of Runoff on Urban Watershed in Jeju island, Korea

Woo-Yul Jung, Sung-Kee Yang\*, Jun-Ho Lee

Department of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

#### Abstract

Jeju Island, the heaviest raining area in Korea, is a volcanic Island located at the southernmost of Korea, but most streams are of the dry due to its hydrological/geological characteristics different from those of inland areas. Therefore, there are limitations in applying the results from the mainland to the studies on stream run-off characteristics analysis and water resource analysis of Jeju Island. In this study, the SWAT(soil & water assessment tool) model is used for the Hwabuk stream watershed located east of the downtown to calculate the long-term stream run-off rate, and WMS(watershed modeling system) and HEC-HMS(hydrologic modeling system) models are used to figure out the stream run-off characteristics due to short-term heavy rainfall. As the result of SWAT modelling for the long-term rainfall-runoff model for Hwabuk stream watershed in 2008, 5.66% of the average precipitation of the entire basin was run off, with 3.47% in 2009, 8.12% in 2010, and root mean square error(RMSE) and determination coefficient( $R^2$ ) was 496.9 and 0.87, respectively, with model efficient(ME) of 0.72. From the results of WMS and HEC-HMS models which are short-term rainfall-runoff models, unless there was a preceding rainfall, the runoff occurred only for rainfall of 40mm or greater, and the run-off duration averaged 10~14 hours.

**Key words** : SWAT model, HEC-HMS, Jeju Island, RMSE, Runoff

#### 1. 서론

국내 최다우 지역인 제주도는 해양성기후와 한라산에 의한 지형성 강우의 영향으로 연 평균 강우량이 약 2,000 mm에 달하지만 투수성이 좋은 다공질 화산암류 및 화산회토로 이루어져 있어 총 강우량의 48.5%에 이르는 강우량이 지하로 침투하여 평상시 대부분의 하천들은 건천을 이루고 있다(Jung과 Yang, 2009).

제주도 하천은 한라산 정상부를 중심으로 남북방

향으로 발산하는 형태로 분포하고 있으나, 서부지역은 한라산 능선의 말단부에 위치하면서 사면경사가 완만할 뿐만 아니라 비교적 평탄한 용암대지로 이루어져 있어 상대적으로 하천의 발달이 미약한 편이다(Yang, 2007). 투수성이 높은 지질학적 특성과 급한 하상 경사, 짧은 유하거리 등의 수문학적 특성으로 인해 특정한 강우강도 이상에만 강우에 의한 유출이 발생한 후 1~2일 정도만 지속되어 하천유출 측정이 매우 난해한 지역이다. 이러한 특성으로 인해 제주도민의 생활 및 산업 활동에 필요한 용수는 전적으로 지하

Received 8 November, 2012; Revised 25 February, 2013;

Accepted 4 April, 2013

\*Corresponding author : Sung-Kee Yang, Department of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea  
Phone: +82-64-754-3451  
E-mail: skyang@jeju.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수에 의존하고 있다. 그동안 제주도 수자원 관련 연구는 지하수를 중심으로 진행되어 왔으며 물수지 방정식에 의한 지하수 함양량을 산정하기 위해 일부 하천에 대한 홍수 시 유출량 관측이 이루어져 왔을 뿐이다 (Yang, 2007). 최근 들어 기후변화로 인하여 강우일수는 줄어들고 강우강도는 증가하는 현상이 나타나고 있으며 (Park과 Moon, 2010), 하천의 하류부 해안지대에서는 도시화 면적의 확대와 도로개설 및 개발로 인한 인근지역의 불투수 면적의 증가로 인해 직접유출량이 증가되어 제주도 수자원에 많은 변화가 발생하고 있다.

제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(Jeju Province과 K-Water, 2003)에서는 홍수 발생 시 하천을 통한 유출량과 유출특성을 파악하기 위하여 강정천, 외도천, 한천, 중문천 등 4개 하천을 대상으로 봉부자를 이용하여 홍수 시 유량 측정을 실시하고 유출특성을 분석하였다. Moon 등(2004)은 제주도에 조사된 주요하천에 대한 수위-유량관계식을 정리하고 상시 유출되는 6개 하천에 대하여 수위 변화곡선을 도출하였다. Moon 등(2005)은 제주도 주요 4개 하천(외도천, 강정천, 연외천, 옹포천)을 대상으로 수위관측 및 기저유출 성분에 대한 유속측정 자료를 기초로 기저유출특성과 기저유출량을 산정하였다. Park과 Moon (2010)은 제주특별자치도 수자원본부에서 운영하고 있는 OTT Hydrometric사 Kalesto 레이더식 수위-유속계를 이용하여 한천, 화북천, 효례천을 중심으로 유출특성을 분석하였다. Jung과 Yang(2009)은 제주도 주요하천(천미천, 외도천, 옹포천, 연외천)에 SWAT (soil & water assessment tool) 모델을 적용하여 장기간 일 유출량을 모의하였으며, Han과 Yang(2009)은 SWAT 모델을 이용하여 제주도 외도천 유역의 토지 이용변화에 따른 유출량을 산정하였다. Kim 등(2009)은 SWAT-MODFLOW 결합모형을 이용하여 제주 표선유역에 대하여 지표수-지하수 연계 해석을 수행하였다. 향후 기후변화에 대비하고 안정적인 수자원 확보와 기술개발을 위해서는 현재까지 부분적으로 조사된 수문 관측자료를 이용하여 보다 정밀한 수문 모델링과 유출특성 해석이 필요하며, 또한 제주도의 침수·재해 예방을 위해서 도심부의 하천을 대상으로 유출특성을 해석하는 연구는 매우 필요한 실정이다.

SWAT 모형은 미국 농무성의 농업연구소(USDA, agricultural research service, ARS)에서 개발된 유역 모형으로 장기간에 걸친 다양한 종류의 토양과 토지 이용 및 토지관리 상태에 따른 물과 유사 및 농업화학 물질의 거동에 대한 토지관리 방법의 영향을 예측하기 위하여 개발된 일 단위의 모형이며(Jung과 Yang, 2008), HEC-HMS 모형은 미국 육군공병단 수문연구소 (US army corps of engineers, hydrologic engineering center, HEC)에서 개발된 강우-유출 모형으로 단위도 계산 및 수문학적 홍수추적이 가능한 모형이다(Choi 등, 2002).

본 연구에서는 제주지 도심부에 위치한 화북천 유역을 대상으로 SWAT 모형으로 일 단위의 하천유출량을 산정하여 건천인 제주도 하천에서 유출이 발생하는 특성에 대하여 분석하였으며, 연간 물순환 해석을 위한 장기간의 하천유출을 분석하여 제주도 수자원확보의 기초자료로서 활용하고자 한다. 또한 WMS (watershed modeling system) 및 HEC-HMS(hydrologic modeling system) 모델을 이용하여 분 단위의 하천유출량을 산정하고 단기간의 하천유출 특성을 규명하여 제주도의 홍수재해 예방을 위한 기초자료로서 활용하려고 한다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1. 연구방법

제주도 도심하천 유역의 유출특성을 해석하기 위하여 제주시 동부에 위치한 화북천 유역을 연구 대상유역으로 선정하였다. 유역의 물리적 특성을 반영하여 모델의 효율성을 높이기 위해서는 GIS(geographical information system)와 연계된 자료의 구축이 매우 필요하며, 유역특성인자를 분석하기 위하여 1/5,000 수치지형도와 GIS 프로그램을 이용하였다. SWAT 모형에 필요한 GIS 입력 자료는 크게 5가지(DEM(digital elevation model), 토지피복도, 토양도, 유역의 경계, 하천의 형태) 나누어진다. 유역의 경계와 하천의 형태는 모형 내부에서도 모의되기 때문에 유역별로 DEM, 토지피복도, 토양도 자료를 구축하여 사용하였다(Jung과 Yang, 2008).

SWAT 모형의 유출량 산정에 사용되는 기본적인

**Table 1.** Watershed characteristic factor

Station	Watershed Area( $km^2$ )	Stream length( $km$ )	Watershed mean width ( $km$ )	Watershed mean elevation(m)	Shape factor ( $A/L^2$ )
Hwabuk	48.56	19.64	2.473	503	0.126

수문·기상자료는 강우, 최고·최저기온, 태양복사량, 풍속, 습도 등이 있으며 이외에도 관측소의 위치정보를 나타내는 입력자료 및 관측 유출량 자료 등을 필요로 한다. SWAT 모형은 소유역 각각에 대한 수문자료와 기상자료가 입력 자료로서 사용되지만, 대상유역의 소유역에 대한 각각의 입력 자료는 존재하지 않는다. 이런 경우 SWAT 모형에서는 각 소유역의 출구 지점에서 인접한 기상관측소의 자료를 각 소유역별 수문·기상자료로 산정한다. 각 수문·기상자료는 기상청 관할 AWS 및 기상관측지점 자료를 연구대상기간(2008.1.1~2010.12.31) 동안 수집하고 분석하여 사용하였다.

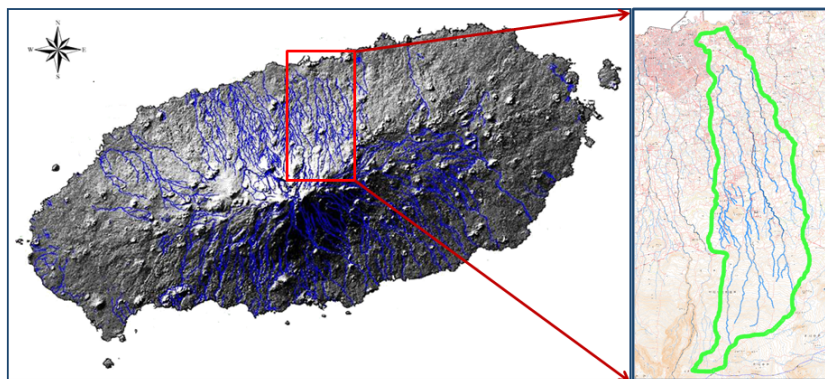
Park과 Moon(2010) 연구결과를 이용하여 모델을 SWAT 모델을 보정하였으며, 목적함수로 평균제곱근오차(root mean square error, RMSE)와 모형 효율성계수(model efficiency, ME)를 사용하였다.

WMS 모형은 강우-유출해석에 요구되는 수문모형을 위한 포괄적인 그래픽사용자 환경을 제공하는 프로그램이며 특히 GIS에 구축되어 있는 유역의 지형 자료를 수문해석에 최대한 활용할 수 있도록 GIS와 수문모형이 연계되어 있는 대표적인 모형이다. 본 연구에서는 SWAT 모형의 GIS 입력자료를 활용하고

WMS 모형을 이용하여 TIN, DEM, Map 등의 다양한 기초자료를 확보하여 HEC-HMS 모형에 적용하였다.

HEC-HMS 모형은 유역의 홍수유출 해석을 위해 개발된 프로그램으로 격자형 강우자료(레이더)를 이용한 선형 분포형 모형이며 강우로 인한 유역의 지표면 유출을 모의하는 단일사상(single event) 유출 모형이다. 연구대상기간동안의 유출 사상 중에서 대표적인 3가지 사상에 대한 AWS 및 기상관측지점 시강우량 자료를 이용하여 HEC-HMS 모형의 강우자료로서 사용하였다.

강우사상에 따른 유출특성을 분석하기 위하여 HEC-HMS 모형의 단위도법을 이용하였으며, Clark 방법을 적용하여 유출특성을 분석하였다. Clark 방법은 순간단위도 개념을 이용하여 하나의 유역에 대하여 단 하나의 단위도를 유도한다. Clark 방법의 기본 개념은 유역을 대표하는 시간-면적주상도의 추적에 의하여 지속기간이 영인 단위유효강우량을 유출수문곡선으로 변환하는 것이다. 이와 같이 유도된 수문곡선은 지속기간이 0이고 단위강우량(1 cm 또는 1 mm)이므로 순간단위도(IUH)이다(Lee, 2008). Clark 방법을 이용하여 대표적인 3가지 사상에 대하여 수문곡선을 도출하였으나 실측 수문곡선 자료를 확보하지 못



**Fig. 1.** Watershed for the study.

하여 Park과 Moon(2010) 이 제시한 강우사상별 유출 총량 및 유출률과 비교하였다.

2.2. 연구대상 유역

연구대상유역은 제주도 제주시 도심부의 동부에 위치한 화북천 유역(Fig. 1)으로 설정하였으며 유역특성인자를 분석하기 위하여 1/5000 수치지형도와 Arcview GIS 프로그램을 이용하여 계산하였다(Table 1). 화북천 유역의 면적은 48.56 km<sup>2</sup>, 유로연장은 19.64 km이며, 유역 평균폭은 2.47 km이다. 유역의 평균 고도는 503 m, 형상계수는 0.126 이다.

2.3. 입력자료 구축

2.3.1. 유역의 수문·기상 자료

제주도에는 기상청 관할 7개 지점 기상대 관측 자료와 20개의 자동기상관측기(automatic weather system, AWS)가 운영 중에 있다. 대상유역에 속해있는 AWS 관측지점의 기간별 일강우량 자료를 수집·분석하여 SWAT 모형의 입력자료로 사용하였으며, 대표적인 3가지 사상에 대한 시강우량자료를 이용해 시간대별 면적강우량을 산정하여 HEC-HMS 모형의 입력자료로 사용하였다. 또한 제주 기상대의 기상자료(강우량, 최고기온, 최저기온, 태양복사량, 풍속, 습도 등)를 수집·분석하여 SWAT 모형의 입력자료로 사용하였다(Fig. 2).

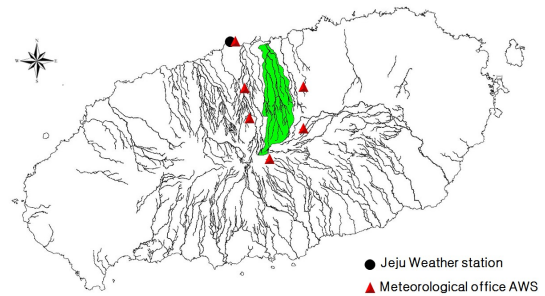


Fig. 2. Status of meteorological post of the study basins.

2.3.2. 유역의 GIS 입력자료

DEM은 수치지도에서 추출한 등고선을 이용하여, 1초(30 m) 간격의 격자단위로 표고값을 표현한 자료로서 USGS(united states geological survey, 미국 지질조사국)에서 전 세계를 대상으로 구축한 수치고도 자료이다. 대상유역의 DEM은 환경부에서 제공하는 30 m × 30 m 해상도의 DEM을 arcInfo를 이용해 가공하여 사용하였다(Fig. 3). DEM 분석결과 화북천 유역은 0~1,584 m의 표고를 보이며, 유역평균 표고는 503 m로 나타났다.

토지피복도는 2000년 Landset 위성영상을 이용하여 피복 분류된 자료를 이용하여 연구대상유역의 토지피복도(landuse map)자료를 Arcview 프로그램을 이용하여 구축하여 사용할 것이며, 토양도(soil type map) 자료는 농업과학기술원의 농업토양정보시스템(asis) 제공하는 1:25000 정밀 토양도를 토양통별로

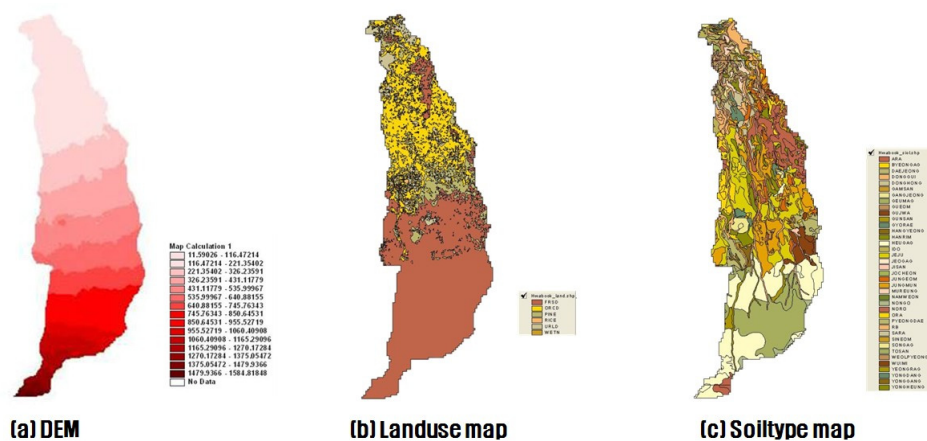


Fig. 3. DEM & Landuse map & soiltype map of Hwabuk stream watershed.

구분하여 입력자료로 구축하여 사용하였다(Fig. 3). 화북천 유역의 토지피복상태는 전체 유역면적 중 산림지역이 22.34  $km^2$ 로 46%를 차지하고 있으며, 초지가 11.51  $km^2$ 로 23.7% 밭이 6.90  $km^2$ 로 14.2%, 주거 및 도심지가 3.16  $km^2$ 으로 6.5%로 분석되었으며 (Table 2), 토양통은 총 39개의 토양통이 분포하고 있으며, 흑악통이 16.27%를 차지하고 있으며, 중문, 토산, 제주, 아라 통의 순서로 많은 분포를 보이고 있다 (Table 3).

**Table 2.** Landuse state at the watershed

Landuse	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio (%)
Forest	22.34	46.0
Grassland	11.51	23.7
Field	6.90	14.2
City	3.16	6.5
The others	4.66	9.6

**Table 3.** Soiltype state at the watershed

Soil series	Area(km <sup>2</sup> )	Ratio(%)	Soil series	Area(km <sup>2</sup> )	Ratio(%)
HEUGAG	8.074	16.274	SARA	0.359	0.723
JUNGMUN	6.288	12.673	YONGDANG	0.314	0.632
TOSAN	6.088	12.271	NONGO	0.309	0.623
JEJU	5.070	10.219	HANGYEONG	0.280	0.564
ARA	4.002	8.065	SINEOM	0.249	0.502
RB	2.151	4.336	YONGHEUNG	0.241	0.486
DONGGUI	2.068	4.168	GAMSAN	0.139	0.280
ORA	1.807	3.642	YONGGANG	0.133	0.269
HANRIM	1.699	3.425	JOCHEON	0.126	0.255
PYEONGDAE	1.456	2.936	GANGJEONG	0.109	0.219
IDO	1.335	2.690	BYEONGAG	0.106	0.215
GUEOM	1.200	2.419	JISAN	0.068	0.138
WUIMI	1.171	2.361	GEUMAG	0.068	0.137
JUNGEOM	1.090	2.196	YEONGRAG	0.025	0.051
GUNSAN	0.875	1.763	GUJWA	0.024	0.049
DONGHONG	0.790	1.593	JEOGAG	0.016	0.032
SONGAG	0.552	1.113	WEOLPYEONG	0.014	0.027
MUREUNG	0.509	1.026	DAEJEONG	0.011	0.023
GYORAE	0.408	0.822	NAMWEON	0.004	0.008
NORO	0.386	0.778			

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. SWAT 모형

##### 3.1.1. 매개변수 보정

일반적으로 모형의 보정은 매개변수를 비교적 독립적인 특성을 가진 소그룹으로 분할하여 각 그룹에서 주요한 매개변수를 선정하여 보정하게 되며, 오차가 크지 않은 매개변수 값을 상수로 하여 오차범위가 큰 매개변수를 오차범위가 작은 값으로 변동해가며 모든 매개변수의 오차가 더 이상 감소하지 않을 때까지 보정하게 된다(Jang, 2003).

본 연구에서는 Jung과 Yang(2008)이 제주도 건천 유역에 대하여 SWAT 모형에서 제시한 매개변수 중에서 유출에 관련된 수문학적 매개변수 13개를 추정하여 민감도 분석을 수행한 결과와 Park과 Moon (2010)의 연구결과를 이용하여 매개변수 보정을 실시하였다. 모형의 보정 순서는 먼저 유역 출구 지점에서

의 총 유출량을 보정한 후 CN2(AMC-II 에서의 SCS 유출곡선지수), SOL\_AWC(토양층 유효수분량), ESCO(토양중발 보상계수)를 보정하였다. 보정 결과 결정계수  $R^2$ 는 0.79, RMSE 7.83, ME는 0.65로 나타났다 (Fig. 4).

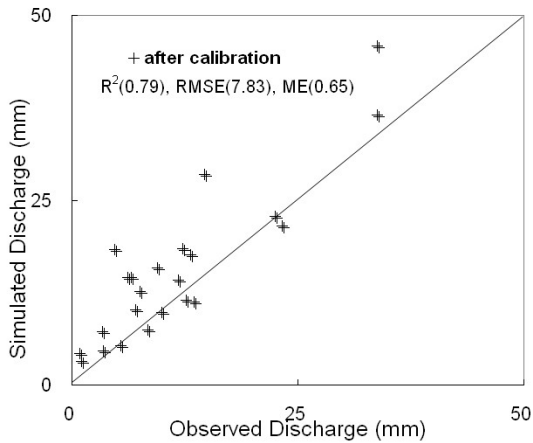


Fig. 4. Result of calibration.

SWAT 모형에서 제시하는 매개변수 조정 범위 (CN2  $\pm 8\%$ ) 내에서 적용하였으나 보정 결과 실제 모의값이 관측값보다 전체적으로 크게 모의되었다. 이는 SWAT에서 제시하는 매개변수 조정 범위 값만으로는 한계가 있으며, 향후 제주도에 적합하도록 모형을 개선할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

3.1.2. 유출량 산정 결과

SWAT 모형을 이용하여 연구대상기간(2008.1.1 ~ 2010.12.31) 동안의 직접유출량을 산정한 결과는 Fig. 5와 같다. 2008년에는 전체 유역 평균 강우량 중에서 5.66%가 유출되었으며, 2009년에는 3.47%, 2010년에는 8.12%가 유출되는 것으로 분석되었다(Table 4).

Table 4. Surface runoff calculation result in years

Year	Rainfall (mm)	Surface runoff (mm)	Runoff percent (%)
2008	1,834	103.8	5.66
2009	2,453	85.1	3.47
2010	2,790	226.6	8.12

Table 5는 SWAT 모형의 결과를 이용하여 대표적인 화북천 유역의 강우-지표유출 관계를 나타낸 것이다. 선행강우가 존재하지 않거나 매우 작을 경우에는 50 mm 미만의 강우에는 유출이 발생하지 않으며, 50 mm 이상일 경우에만 유출이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 선행강우가 50 mm 이상 발생한 경우에는 20 ~ 40 mm 강우에도 유출이 발생하는 것으로 분석되었다. 향후 SWAT 모형을 개선하고 관측 자료를 확보한다면 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

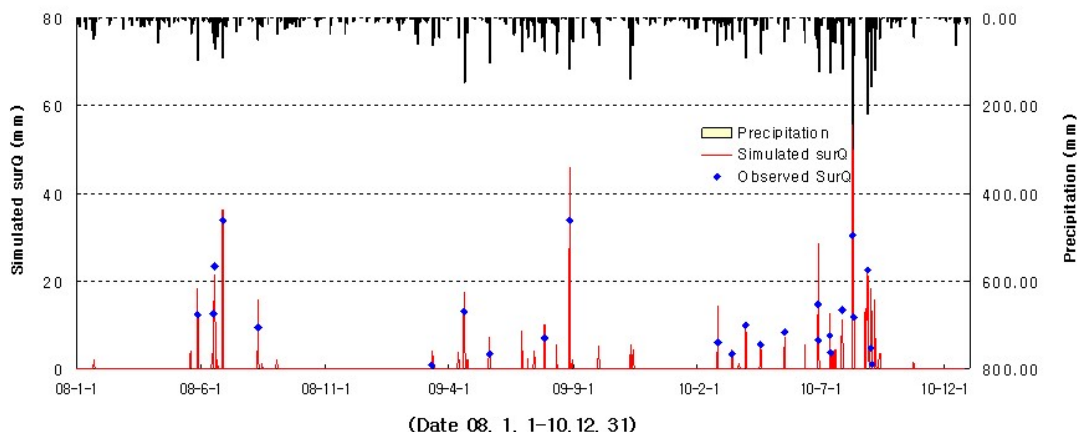


Fig. 5. Surface runoff calculation result of Hwabuk stream watershed.

**Table 5.** Rainfall-surface runoff relationship in Hwabuk stream watershed

Date	Precedent rainfall (mm)	Rainfall (mm)	Surface runoff (mm)	Date	Precedent rainfall (mm)	Rainfall (mm)	Surface runoff (mm)
2010-03-06	6	49.5	0	2010-08-25	0	93.0	13.9
2010-06-26	9	47.0	0	2010-04-19	0	82.5	5.3
2009-07-24	8	45.5	0	2009-03-12	0	62.5	4.3
2009-09-12	0	45.0	0	2010-02-25	0	62.5	14.5
2009-03-21	0	44.0	0	2010-07-27	0	60.5	4.9
2009-06-20	0	40.5	0	2010-07-20	0	59.0	4.6
2010-06-25	0	39.0	0	2010-08-30	24.5	32.5	2.4
2009-02-19	2	38.0	0	2010-09-02	176	41.5	3.2
2008-11-24	0	35.5	0	2008-01-22	76	40.0	1.3
2009-04-20	0	147.5	17.6	2009-08-29	26.5	34.5	2.6
2009-08-27	0	117.5	45.8	2010-09-07	144.5	25.0	1.4
2008-05-28	0	98.0	18.4	2010-08-29	81	24.5	1.6
2008-06-28	0	93.0	36.5	2008-08-15	58	21.0	1.2

**3.2. HEC-HMS 모형**

HEC-HMS 모형을 이용하여 화북천 유역의 대표적인 강우사상에 대하여 적용하였다. Park과 Moon (2010)의 연구결과를 이용하여 유출 발생 전 80 mm 이상의 선행강우 발생한 유출사상, 유출 발생 전 20 mm 미만의 선행강우가 2회에 걸쳐 발생한 유출사상, 유출 발생 전 장기간 무강우 상태가 진행된 유출사상에 대하여 모형을 적용하였으며 그 결과는 Table 6과 같다.

2008년 6월 18일 유출사상 발생 전(6월 17일)에 81 mm의 면적강우량이 발생하였으며 적용 결과 30 mm 이내의 강우에도 유출이 발생하였으며 50 mm 초과 후에는 유출량이 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 2008년 6월 28일 유출사상 발생 전 20 mm 미만의 선행강우가 5일에 걸쳐 2회 발생하였으며 적용 결과 40 mm의 강우 발생 시에도 유출은 발생하지 않았으나 60 mm 초과 후에는 유출량이 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 2009년 7월 28일 유출사상 발생 전

장기간동안 무강우 상태가 진행되었으며 모델링 결과 38%의 유출율을 보였으나 실제 관측자료를 7.9%의 유출율을 보였다. 선행강우가 존재하는 2가지 사상에 대하여 HEC-HMS 모형에서 잘 모의하는 것으로 나타났다으며, 장기간 무강우 상태가 진행된 사상에 대하여는 모형에서 모의하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 투수성이 매우 좋은 제주도 하천에서 기존 강우사상별 강우-유출 모형을 그대로 적용하기에는 한계가 있으며, 향후 실측 수문곡선 자료를 확보하여 HEC-HMS 모형의 매개변수에 관한 추가적인 연구 및 모형을 개선하여 제주도에 적합하도록 보완하여야 할 것으로 판단된다.

**4. 결론**

평상 시에 건천을 유지하고 하천유역별로 일정규모 이상의 강우 발생 시에만 간헐적으로 유출이 발생하는 제주도 도심하천 유역에 SWAT 모형과 HEC-HMS

**Table 6.** Application result by HEC-HMS

Date	Rainfall (mm)	Observed runoff		Simulated runoff	
		Surface runoff (mm)	Runoff percent (%)	Surface runoff (mm)	Runoff percent (%)
2008.6.18	59	23.60	40.0	23.31	39.5
2008.6.28	95	34.01	35.8	36.67	38.6
2009.7.28	90	7.11	7.9	34.20	38.0

모형을 이용하여 유출특성을 해석한 결과는 다음과 같다.

연구대상기간(2008년~2010년) 동안 기상·수문 자료 및 GIS 자료를 구축하여 SWAT 모형을 적용하였으며 그 결과  $R^2$ 는 0.79, RMSE 7.83, ME는 0.65로 나타났다. 연도별 유출율을 산정한 결과 3.47%~8.12%로 나타났으며, 강우-지표유출 관계를 분석한 결과 50 mm 미만의 강우에는 유출이 발생하지 않고 50 mm 이상일 경우에만 유출이 발생하였다. 선행강우가 발생한 경우에는 20~40 mm의 강우에도 유출이 발생하는 것으로 분석되었으며 향후 SWAT 모델링을 개선하고 더욱 많은 관측 자료를 확보한다면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

레이더식 수위-유속 관측결과를 이용하여 화북천 유역의 대표적인 강우사상에 대하여 HEC-HMS 모형을 적용한 결과 선행강우가 존재하는 강우사상에 대하여는 비교적 우수한 결과를 보이지만 장기간 무강우 상태가 진행된 유출사상에 대하여는 모의하지 못하는 것으로 나타났다. 향후 실측 수문곡선 자료를 구축하여 모형의 매개변수에 관한 연구를 진행하고 모형을 개선하고 제주도에도 적합하도록 보완한다면 보다 정밀한 결과를 도출할 것으로 기대된다.

장단기 유출모형을 통하여 건천유역의 강우에 따른 유출발생 특성을 분석하고, 선행강우에 따른 사상별 유출특성 결과를 도출할 수 있었다. 그러나 하천의 관측 자료가 부족한 제주도와 같은 지역에서는 모델의 검정을 수행하기에 한계가 있다.

이상의 결과들로부터 장단기 유출모형을 이용하여 제주도 하천에 대한 유출특성을 분석한 결과 전체적으로 우수한 결과를 보이고 있다. 그러나 현재까지 제주도 하천의 관측 자료가 부족하고 관측 지점이 한정되어 있어 이에 대한 제고가 필요하다. 향후 보다 많은 실측자료를 확보하고 제주도 하천에 대한 다양한 모델링 기법을 도입하여 적용한다면 보다 정밀한 유출 특성을 분석할 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설교통기술지역특성화사업의 연구비 지원(10지역기술혁신B02, 제주수자원연구

구단)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- Choi, H. K., Baek, H. S., Jeong, B. H., 2002, A study on application of HEC-HMS model to the Naerinchon basin, J. Ind. Technol., Kangwon national university, 22(A), 211-218.
- Han, W. K., Yang, S. K., 2009, A runoff simulated using SWAT model depending on changes to land use in Jeju island, J. Environ. Sci., 18(9), 1057-1063.
- Jang, J. S., 2003, Introduction of hydrologic models and parameters, KCID J., 10(1), 95-102.
- Jung, W. Y., Yang, S. K., 2008, Application of SWAT model on rivers in Jeju island, J. Environ. Sci., 17(9), 1039-1052.
- Jung, W. Y., Yang, S. K., 2009, Simulation of runoff of rivers in Jeju island using SWAT model, J. Environ. Sci., 18(9), 1045-1055.
- Jeju province, K-water, 2003, Report of hydrogeology and groundwater resources comprehensive survey III.
- Kim, N. W., Chung, I. M., Yoo, S. Y., Lee, J. W., Yang, S. K., 2009, Integrated surface-groundwater analysis in Jeju island, J. Environ. Sci., 18(9), 1017-1026.
- Lee, J. S., 2008, Hydrology, Goomibook, 396-399.
- Moon, D. C., Ha, G. C., Koh, K. W., Park, G. H., 2004, Study on the variation attributes of water level-discharge in Jeju island, Proceedings of the Korean Society of Soil and Groundwater Environmental Conference, 422-425.
- Moon, D. C., Yang, S. K., Koh, K. W., Park, W. B., 2005, Estimation of baseflow discharge through several streams in Jeju island, Korea, J. Environ. Sci., 14(4), 405-412.
- Park, W. B., Moon, D. C., 2010, Basic research of hydrological and water quality characteristics for utilization of stream runoff, Jeju Development Institute, 2010-3.
- Yang, S. K., 2007, River management and improvement measures of Jeju island, River & Culture, Korea River Assoc., 3(4), 104-115.