

# GIS와 NRCS방법을 이용한 호우형태에 따른 빈도별 유출 분석\*

연규방<sup>1\*</sup> · 정승권<sup>2</sup> · 김주훈<sup>3</sup>

## Frequency Runoff Analysis by Storm Type using GIS and NRCS Method\*

Gyu-Bang YEON<sup>1\*</sup> · Seung-Kwon JUNG<sup>2</sup> · Joo-Hun KIM<sup>3</sup>

### 요 약

강우-유출과정은 시간적, 공간적 다변성을 지닌 수문학적 인자에 좌우되기 때문에 수문모의를 위해서는 많은 매개변수와 다양한 정보들이 필요하다. 본 연구에서는 지형자료를 활용하기 위한 GIS 기법과 유출분석을 위한 NRCS(Natural Resources Conservation Service) 방법을 이용하여 빈도별 유출양상을 분석하는 것을 목적으로 하였다. FARD 2002 프로그램을 이용하여 확률강우량을 분석하였으며, 대상유역인 보청천 산성유역에 대한 확률강우량은 Log-Pearson Type III가 가장 적합한 분포형으로 나타났다. 유역의 지형학적 특성을 규명하기 위한 DEM 자료의 분석은 TOPAZ 프로그램을 이용하였다. 유역 내 유효우량 산정을 위해 토지이용도와 토양도를 이용하여 NRCS curve number를 산정하였다. NRCS 방법의 적용을 위한 호우형태는 Type II와 Type III를 적용하였다. 적용 결과, 재현기간이 80년 빈도 이상인 호우에 대해서는 Type II, Type III에 상관없이 비슷한 양상으로 나타났다. 또한 대상유역의 하천정비기본계획보고서에서 제시한 빈도별 홍수량과 비교한 결과 재현기간 80년과 100년 빈도 홍수량에 대하여 상대오차가 각각 7.65%와 5.33%로서 비슷한 유출량을 나타내었다.

주요어: 강우-유출, DEM, GIS, NRCS 방법, TOPAZ

### ABSTRACT

Rainfall-runoff process is under the control of hydrologic parameters having temporal and spatial variety. Accordingly, it is difficult to efficiently deal them since many parameters and various information are required to perform hydrologic simulation. So the purposes of this study is to estimate the runoff volume by frequency using GIS techniques and NRCS method. The analysis of frequency rainfall is analyzed using FARD 2002 program and the result of goodness of fit test show that

2003년 2월 27일 접수 Received on February 27, 2003 / 2003년 3월 25일 심사완료 Accepted on March 25, 2003

\* 이 논문은 충청대학 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음

1 충청대학 건설환경시스템과 Department of Construction and Environmental System, Chungcheong College

2 한국교육대학교 자연과학교육연구소 Native Science Institute, Korea National University of Education

3 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 Water Resources & Environmental Research Division, KICT

\* 연락처 E-mail: gbyeon@ok.ac.kr

Log-pearson type III is suitable distribute type for the applied area. TOPAZ program used for the analysis of DEM data examining into geological characteristic. NRCS curve numbers estimated using landuse map and soil map for the estimation of effective rain fall in the basin. The storm Type II and Type III were used as the type for the application of NRCS. The result of application show that the runoff volumes above 80 years frequency in return period have similar patterns regardless of Type II and Type III. In addition, the results of comparison with runoff volumes by frequency in the report of river improvement master plan show that it have similar volumes as the relative errors for them of 80, 100 years frequency are each 7.65%, 5.33%

**KEYWORDS:** Rainfall-Runoff, DEM, GIS, NRCS-Method, TOPAZ

## 서 론

강우시 유역 내에서 발생하는 수문특성을 구명하고자 하는 연구는 지속적으로 진행되고 있다. 특히 최근 몇 년간 집중호우로 인한 홍수피해가 매우 심각한 수준으로 발생하였고, 이에 지방 소하천을 포함한 전국의 하천정비 사업이 새로운 설계홍수빈도를 토대로 진행되고 있다. 우리나라의 강우특성은 여름철에 편중되는 특성을 지니고 있어 홍수시의 홍수방어 대책 등 치수에 많은 어려움이 있는 것이 현실이다.

집중호우로 인한 피해는 전 세계적인 문제로 제기되고 있으며, 이에 강우-유출 관계를 구명하고자 하는 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 강우-유출과정은 시간적, 공간적 다변성을 지닌 수문학적 인자에 의해 좌우되기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해 다년간의 강우-유출 자료를 바탕으로 알고리즘을 생성하고, 이를 바탕으로 정확한 모의가 가능한 수문 모형 및 시스템들을 개발하는데 노력을 기울이고 있다(심순보와 감주훈, 1998, 신사철 등, 2002).

그러나 이러한 모형들은 많은 매개변수와 다양한 정보들을 필요로 하게 되어 이들을 처리하는데 많은 어려움이 따른다. 따라서 최근에는 GIS(geographical information system)를 활용하여 유역과 분수계를 결정하고 하천형태학적인 특성인자를 추출하는 자동화된 유역정

보 추출기술 개발에 대한 관심이 집중되고 있다(Bhaskar 등, 1992; Olivera 등, 1996; Yeon과 Cho, 1999).

본 연구에서는 GIS기법을 이용하여 하천연장, 배수면적, 지체시간, 도달시간 등 지형에 따른 흐름특성을 분석하고, 과거의 강우자료를 이용하여 빈도별 홍수특성을 분석하여 호우 형태별로 빈도별 유출량을 분석하였다. 유출분석은 USDA NRCS(Natural Resources Conservation Service)에서 표준형으로 규정한 4가지 호우형태 중 국내 강우특성에 해당하는 Type II의 경우와 최근 국지적인 호우특성에 해당하는 Type III에 대한 빈도별 유출양상을 분석하였다(Mays, 2001). 유역의 지형학적 특성을 밝히기 위해 TOPAZ 프로그램(Garbrecht 등, 2000)을 이용하여 DEM 자료를 분석하였으며, 유역내 유효우량 산정을 위해 토지이용도와 토양도를 이용하여 유역의 유출능력을 나타내는 CN(curve number)를 산정하여 적용하였다.

## 대상유역 및 공간자료

### 1. 대상유역

본 연구에서 적용대상유역은 국제수문개발계획(IHP)의 대표유역으로 선정되어 있는 보청천 유역 중 산성유역이다. 그림 1의 산성유역은 보청천 유역 상류에 위치하고 있으며, 유역면적은 44.19km<sup>2</sup>, 하천연장 17.95km의 소유역이다.

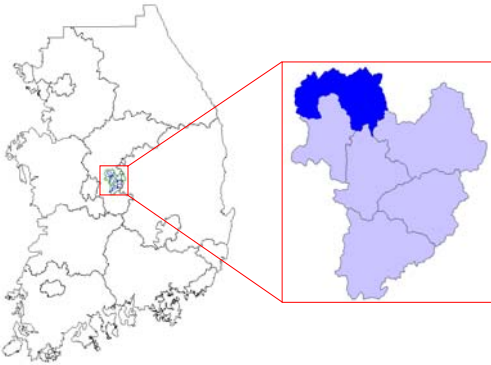


FIGURE 1. Location of study area

## 2. 공간자료

### 1) DEM(digital elevation model)

본 연구에서 적용한 DEM은 1/5,000 수치 지도를 이용하여 30m 해상도를 갖는 자료를 구축하였다. DEM의 오류가 되는 sink, peak 등의 보정은 TOPAZ 프로그램을 이용하여 처리하였다.

### 2) 토지이용현황도

토지이용현황도는 건설교통부 / 한국건설기술연구원에서 구축한 1/25,000 자료를 이용하였다.

### 3) 토양도

토양도는 농업과학기술원에서 구축한 한국 개략토양도 1/250,000 자료를 이용하였다. 구축된 토양도 및 토지이용현황도는 NRCS의 CN값을 산정하는 자료로 이용되었다. 정밀한 CN값 산정을 위해서는 토지이용도와 토양도의 축적을 통일시켜 적용하여야 하나, 적용 대상유역에 대한 정밀 토양도 자료 입수에 있어 많은 제약이 있었기에 부득이 개략토양도를 사용하여 적용하였음을 밝혀둔다.

## NRCS 방법에 의한 유출 분석

NRCS에서는 호우형태별로 초기손실율에

대한 적용상수를 구분하여 침투유량 산정식 (1)에서와 같이 이를 적용하도록 하였다. NRCS에서 분류한 호우형태는 습윤한 겨울과 건조한 여름 특성을 갖는 태평양 해안지역의 호우형태 Type I, IV와 멕시코연안 및 애틀란타 해안지역과 같이 열대성 기후를 갖는 호우형태 III, 그리고 기타 호우형태를 모두 포함하는 Type II 등 4가지로 나누어 진다.

$$Q_p = 2.778 \cdot 10^{-3} \cdot P_{24} \cdot D_a \cdot$$

$$\left[ \frac{a + (c \cdot T_c) + (e \cdot T_c^2)}{1 + (b \cdot T_c) + (d \cdot T_c^2) + (f \cdot T_c^3)} \right] \quad (1)$$

여기서

$Q_p$ : 침투유량( $m^3/s$ ),  $D_a$ : 배수면적(ha),

$P_{24}$ : 유효우량(mm),  $T_c$ : 도달시간(hr),

a, b, c, d, e, f: 강우초기손실( $I_a/P_{24}$ ) 및 호우형태에 따른 단위침투유량 회귀계수

여기서 배수면적, 도달시간 등은 GIS 기법을 통한 유역내 흐름특성을 분석하여 그 값을 산정하였으며, 도달시간의 경우는 기 산정된 지체시간에 강우지속시간을 더하여 산정된 값이다. 이와 관련된 자세한 사항은 "흐름특성 분석"에 언급하였으며, 강우초기손실을 및 호우형태에 따른 단위침투유량 회귀계수는 NRCS에서 정한 값을 적용하였다.

### 1. 유효우량(effective rainfall) 산정

본 연구에서는 식 (1)의 유효우량(effective rainfall)  $P_{24}$ 를 산정하기 위하여 USDA NRCS 방법을 이용하였다. NRCS 방법은 CN(curve number)식에 의하여 유역의 토양특성과 식생피복상태 등의 자료를 통해 총 우량으로부터 초과 강우량을 산정할 수 있는 방법으로, 토양의 종류, 토지이용 혹은 식생피복의 종류, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등을 고려하여 이들 인자간에 미치는 복합적인 영향을 양적으로 표시하고, 강우가 있기 이전의 선행토양함수조건을 고려하여 유효우량을 산정한다.

TABLE 1. NRCS curve number

토지피복상태	토양형태				토지피복상태	토양형태			
	A	B	C	D		A	B	C	D
경지정리답	67	78	85	89	상업지	89	92	94	95
미경지정리답	65	75	82	86	인공녹지	39	61	74	80
특수작물	58	72	81	85	도로	98	98	98	98
과수원	56	75	89	91	공업시설	81	88	91	93
자연초지	30	58	71	78	공업나지	81	88	91	93
인공초지	30	58	71	78	발전시설	81	88	91	93
침엽수림	45	66	77	88	처리장	81	88	91	93
활엽수림	25	55	70	77	교육·군사시설	89	92	94	95
혼효림	36	60	73	79	공공용지	83	89	92	93
유원지	49	69	79	84	채광지역	81	88	91	93
일반주택지	77	85	90	92	가축사육시설	49	69	79	84
고층주택지	46	65	77	82					

대상구역의 GIS 자료인 토지이용도와 토양도를 이용하여 토지이용계수와 토양형을 분류하고 이를 표 1과 같이 적용함으로써 대상구역의 유출곡선지수(curve number)값을 산정하였다. CN값의 분류는 NRCS에서의 토지이용 분류 항목과 1:25,000 수치지도의 토지이용 레이어를 연계하여 적합한 값을 적용하였다. 예를 들면 경지정리답인 경우는 NRCS의 straight row 항목값을, 미경지정리답의 경우는 contoured row 항목을 적용하였다. 산정된 CN값은 식 (4), (5)에 의해 강우에 따른 유효우량 산정에 이용된다.

NRCS에서 정의한 총우량과 유효우량과의 관계식은 식 (2)와 같다.

$$Q_d = \frac{(P_t - I_a)^2}{(P_t - I_a) + S_{\max}} \quad (2)$$

여기서,

$Q_d$ : 직접유출량에 해당하는 유효우량(mm),

$P_t$ : 호우별 총우량(mm),

$I_a$ : 강우초기의 손실(mm),

$S_{\max}$ : 구역의 최대잠재보유수량(mm)

식 (2)에서의 초기손실,  $I_a$ 는 유출이 시작

되기 전에 생기는 차단, 침투, 지면저류 등을 포함하며, S와는 식 (3)과 같은 관계를 갖는다고 가정한다.

$$I_a = 0.2S_{\max} \quad (3)$$

식 (3)을 식 (2)에 대입하며 식 (4)와 같다.

$$Q_d = \frac{(P_t - 0.2S_{\max})^2}{P_t + 0.8S_{\max}} \quad (4)$$

식 (4)에서의 최대잠재보유수량 산정공식은 다음 식 (5)와 같다

$$S_{\max} = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (5)$$

여기서, CN: 유출곡선지수

## 2. 도달시간 산정

NRCS에서는 지체시간  $t_g$ 를 결정하기 위한 식 (6)을 제안하고 있다.

$$t_g = L^{0.8} \left( S + \frac{1}{1,900 Y^{0.5}} \right)^{0.7} \quad (6)$$

여기서,  $t_g$ : 지체시간(hr),  $L$ : 하천의 연장(ft),

$Y$ : 구역의 평균경사(%),  $S$ : 최대

잠재보유수량(mm)

여기에 NRCS는 강우의 지속기간인  $t_r$ 을 이용하여 식 (7)과 같이 도달시간(time of concentration)  $t_c$ 를 산정하도록 하였다.

$$t_c = \frac{1}{2} t_r + t_g \quad (7)$$

여기서,  $t_c$ : 도달시간(hr),  $t_r$ : 강우지속시간(hr),  $t_g$ : 지체시간(hr)

### 흐름 특성 분석

본 연구에서는 DEM 자료를 통해 지역의 지형특성을 분석하고자 TOPAZ(topographic parameterization) 프로그램(USDA ARS, 1999)을 이용하였다. TOPAZ 프로그램은 수치고도 자료를 이용하여 지형표고, 배수특성, 유역분할 등의 분석을 위한 도구로써 수문모의 및

분석 등의 기초작업을 수행한다. 흐름분석과정은 각 격자를 중심으로 주위 8개의 격자 표고값을 비교하여 경사가 가장 급한 곳으로 흐름이 발생한다는 가정 하에 이루어진다.

TOPAZ 프로그램은 DEDNM(digital elevation drainage network model), RASPRO(raster properties), RASFOR(raster formatting)의 3개의 프로그램으로 구성되어 있다. DEDNM은 DEM 자료를 이용하여 수문유역 분할을 수행하고, 배수망을 정의하는 역할을 한다. RASPRO는 DEDNM에서 생성된 래스터 자료를 이용하여 추가적인 지형공간정보와 매개변수를 이끌어낸다. RASFOR는 래스터 파일의 포맷을 변환시키는 역할을 한다.

그림 2는 산성유역에 대해 TOPAZ 프로그램을 이용해 유출에 영향을 미치는 유역경계를 재산정하여 나타낸 것이다. 식 (6)에서 유

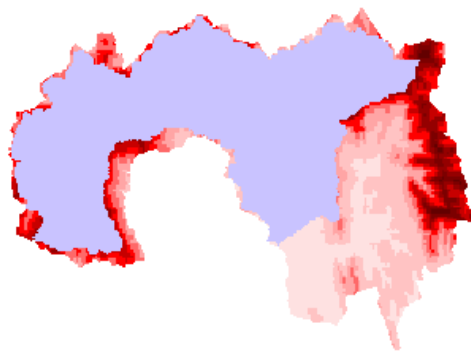


FIGURE 2. Re-estimated sub-basin

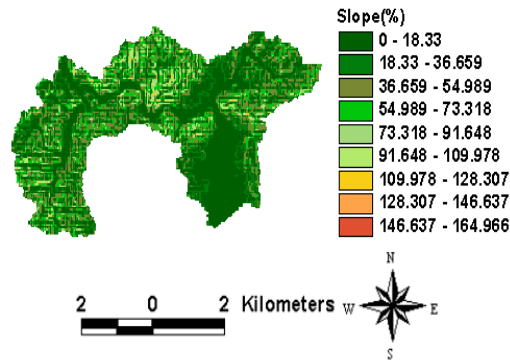


FIGURE 3. Mean slope of basin

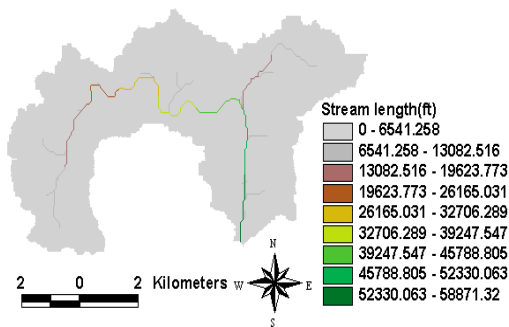


FIGURE 4. Stream length

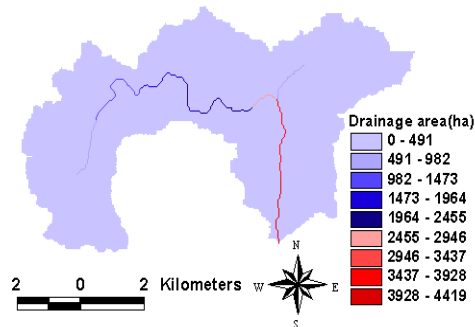


FIGURE 5. Drainage area

역의 평균경사를 적용하기 위해 그림 3과 같이 경사도를 생성하였으며, 그림 4 및 그림 5는 DEM 자료의 분석을 통해 산정된 산성유역의 각 격자지점별 하천연장과 배수면적을 나타낸 것이다.

### 강우-유출 모의

#### 1. 적용강우사상

호우형태에 따른 빈도별 강우-유출을 모의하기 위해 본 연구에서는 대상유역에 대한 빈도별 확률강우량을 산정하였다. 강우빈도분석은 국립방재연구소에서 개발한 FARD 2002 프로그램을 이용하였으며(국립방재연구소, 2002),

확률강우량 산정을 위한 기본 자료는 대상유역에 대한 1983년~2000년의 과거 18년 강우자료를 이용하였다(건설교통부, 2001).

확률강우량 산정방법은 확률가중 모멘트법을 이용하였다. 이 확률가중 모멘트법은 자료에 가중치를 부여하여 매개변수를 추정하는 방법으로 모멘트법이나 최우도법과는 달리 표본크기가 작거나 왜곡된 자료일 때 비교적 안정적인 결과를 나타낸다.

본 연구에서는 확률가중 모멘트법에 의해 추정된 분포형 중 Log-Pearson Type III 분포에 의해 추정된 값을 적용하였으며, Thiessen 망(그림 6)을 통해 산정된 표 2의 Thiessen 가중인자를 적용하여 빈도별 평균 확률강우량을 표 3과 같이 산정하였다.

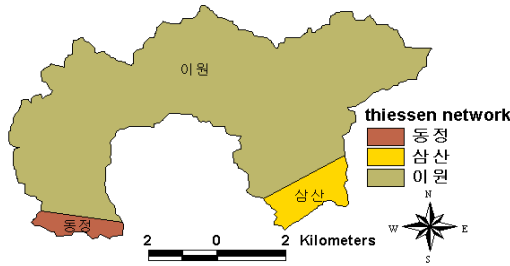


FIGURE 6. Thiessen Network

TABLE 2. Thiessen weight factor

강우관측소	지배면적(km <sup>2</sup> )	Thiessen 계수
삼 산	2.56	0.06
동 정	1.36	0.03
이 원	40.26	0.91
합 계	44.18	1.00

TABLE 3. Mean probability rainfall for each frequency

재현기간	GAM2	GAM3	GEV	GUM	LGU2	LN2	LN3	LPT3	WBU2	WBU3	WBK4	WBK5
2년	112.90	92.55	103.77	111.33	103.52	102.31	102.67	103.08	117.28	92.64	101.60	101.88
3년	134.14	111.29	121.79	131.81	120.82	118.88	121.24	121.57	138.67	111.11	120.29	120.39
5년	156.72	135.77	145.18	154.68	143.58	137.25	146.08	146.33	159.31	135.32	145.48	145.25
10년	183.50	169.90	180.39	183.43	178.52	160.12	183.52	184.05	181.57	169.35	183.15	182.60
20년	207.83	204.57	221.66	210.95	220.03	181.85	226.12	228.25	199.85	204.39	225.34	224.54
30년	221.19	225.04	249.26	226.78	248.14	194.34	253.69	257.73	209.43	225.23	252.47	251.72
50년	237.42	250.98	288.48	246.64	288.47	209.97	291.52	299.43	220.35	251.89	289.57	289.01
70년	247.85	268.18	317.38	259.58	318.48	220.14	318.44	329.97	227.11	269.63	316.02	315.75
80년	251.87	275.00	329.57	264.75	331.19	224.19	329.62	342.80	229.78	276.64	326.96	326.82
100년	258.62	286.38	350.91	273.33	353.56	231.04	348.80	365.26	233.98	288.56	345.88	346.17
200년	279.01	321.96	426.33	300.01	433.25	252.18	413.38	443.78	246.27	325.78	410.59	412.55
300년	290.65	342.89	477.53	315.54	487.95	264.60	454.80	496.31	253.06	347.71	453.02	456.55
500년	305.05	369.19	550.82	335.10	566.83	280.40	511.21	571.03	261.17	375.65	512.14	518.75

GAM: Gamma Distribution, GUM: Gumbel Distribution. LN: Log-Normal Distribution  
 LPT3: Log-Pearson Type III Distribution, WBU: Weibull Distribution

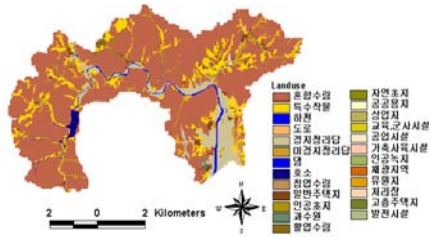


FIGURE 7. Landuse map

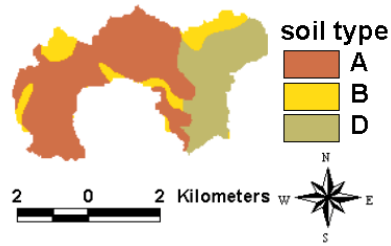


FIGURE 8. Soil Type map

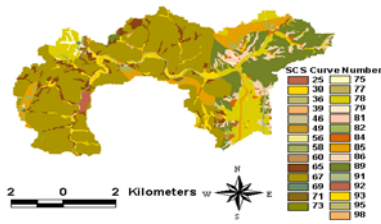


FIGURE 9. NRCS CN

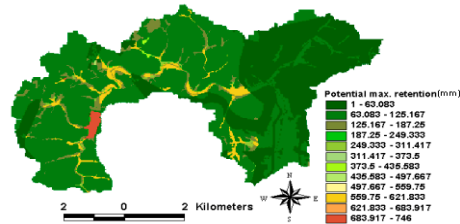
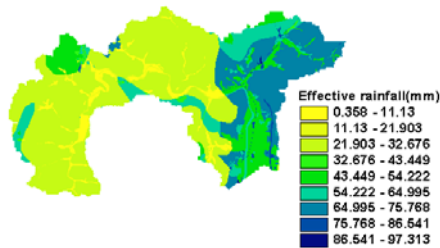
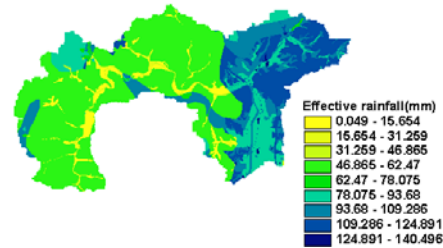


FIGURE 10. Potential maximum retention

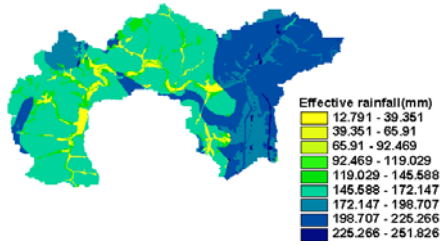
2yr



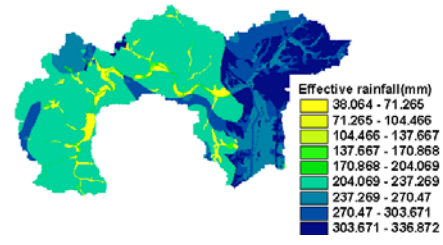
5yr



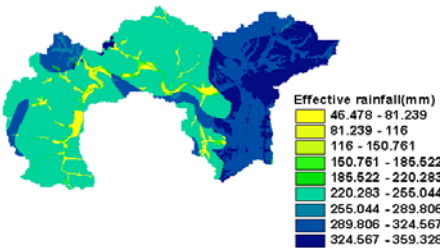
30yr



80yr



100yr



200yr

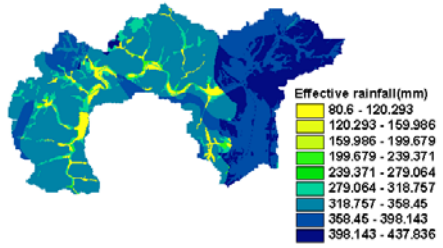


FIGURE 11. Effective rainfall for each frequency

2. 빈도별 유효우량 산정

식 (2)에서 나타낸 바와 같이 본 연구에서는 NRCS 방법에 의해 유효우량을 산정하였다. 먼저 식(5)의 최대잠재보유수량 산정 매개변수인 CN값을 산정하기 위하여 그림 7 및 그림 8과 같이 대상구역의 토지이용도 및 토양형태도를 구축하였고, NRCS에서 규정한 토지이용계수와 토양형에 따라 그림 9과 같이 CN값을 산정하였다. CN값을 통해 산정된 구역의 최대잠재보유수량(그림 10)은 표 3의 빈도별 확률강우량과 함께 식 (2)에 적용하여 그림 11과 같이 구역내의 빈도별 유효우량 분포도를 작성하였다.

3. 도달시간 산정

지체시간  $t_g$ 는 식 (6)에 나타낸 바와 같이 그림 3의 구역 평균경사(%)와 그림 4의 하천

연장, 그리고 그림 10의 최대잠재보유수량에 의해 산정하였다. 그림 12와 같이 산정된 지체시간( $t_g$ )을 이용하여 식 (7)에 의해 도달시간  $t_c$ 를 산정하였고, 본 연구에서는 빈도별 확률강우량을 적용하였기 때문에 강우지속기간을 일률적으로 24시간을 적용하여 산정하였다. 산정된 그림 13의 도달시간은 첨두유량 산정을 위한 식 (1)의 매개변수로 적용된다.

4. 첨두유량 산정

빈도별 확률강우량에 따른 구역내 유출현상을 모의하고자 NRCS방법을 적용하였다. 식 (1)에서 나타낸 바와 같이 NRCS에서는 첨두유량 산정을 위해 구역내 배수면적과 유효우량 등을 이용하며 여기에 도달시간과 호우형태에 따른 단위첨두유량 회귀계수를 연계·적용한다.

유출분석은 다음과 같이 NRCS에서 규정한

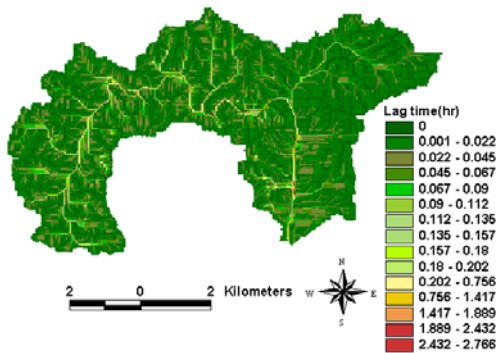


FIGURE 12. Lag time( $t_g$ )

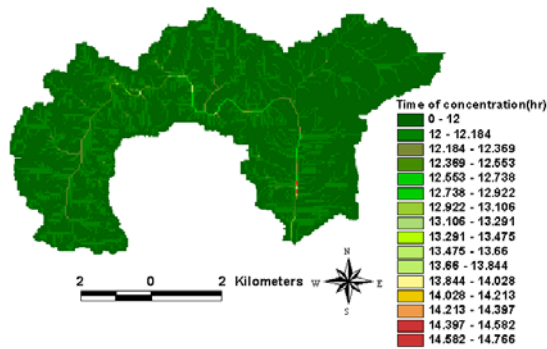


FIGURE 13. Concentration time( $t_c$ )

TABLE 4. Unit peak discharge regression factor for each return period

재현 기간	단위첨두유량 회귀계수(TYPE II)						단위첨두유량 회귀계수(TYPE III)					
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f
2년	0.396589	2.892446	0.019575	0.043692	0.002305	0.008452	0.241765	1.940402	0.031321	0.081464	0.000673	0.002708
5년	0.668789	2.523586	0.017162	0.019544	0.002909	0.006678	0.41298	1.675525	0.034513	0.05586	0.00089	0.002211
30년	1.084275	2.309563	0.032147	0.029289	0.004187	0.005914	0.668333	1.50804	0.049652	0.053916	0.001854	0.002703
80년	1.338024	2.177418	0.044627	0.038916	0.006774	0.007266	0.825348	1.413947	0.058415	0.054002	0.004031	0.004353
100년	1.338024	2.177418	0.044627	0.038916	0.006774	0.007266	0.825348	1.413947	0.058415	0.054002	0.004031	0.004353
200년	1.338024	2.177418	0.044627	0.038916	0.006774	0.007266	0.825348	1.413947	0.058415	0.054002	0.004031	0.004353



표준형 호우형태 중 국내 호우특성에 맞는 Type II와 최근 국지적인 게릴라성 호우특성에 적용

가능한 Type III에 대한 매개변수를 적용하여 빈도별에 따른 유출특성을 분석하였다. 재현기간별

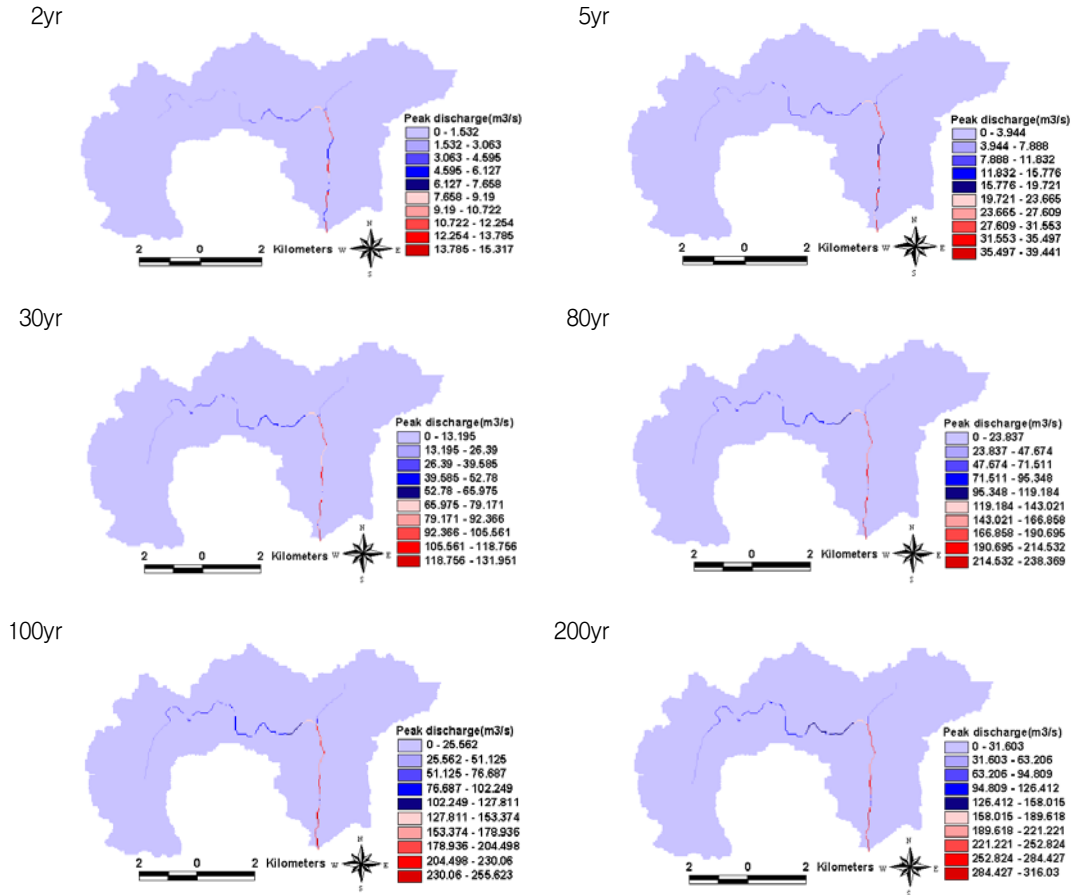


FIGURE 14. Peak discharge for rainfall type II

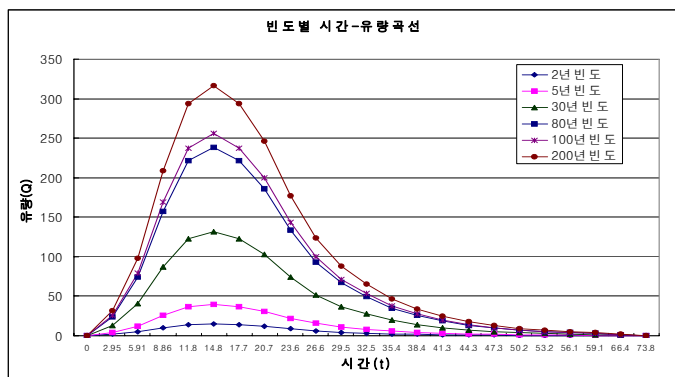


FIGURE 15. Dimensionless unit hydrograph for rainfall type II

적용된 단위침투유량 회귀계수는 표 4와 같다.

그림 14는 호우특성 Type II에 대해 각 매개변수들을 적용하여 산정한 빈도별 침투유량을 나타낸 것이고, 이를 이용하여 NRCS 방법

에 의한 무차원 단위유량도 곡선을 그림 15와 같이 나타내었다.

그림 16과 그림 17은 각각 호우특성 Type III에 대한 빈도별 침투유량과 무차원 단위유

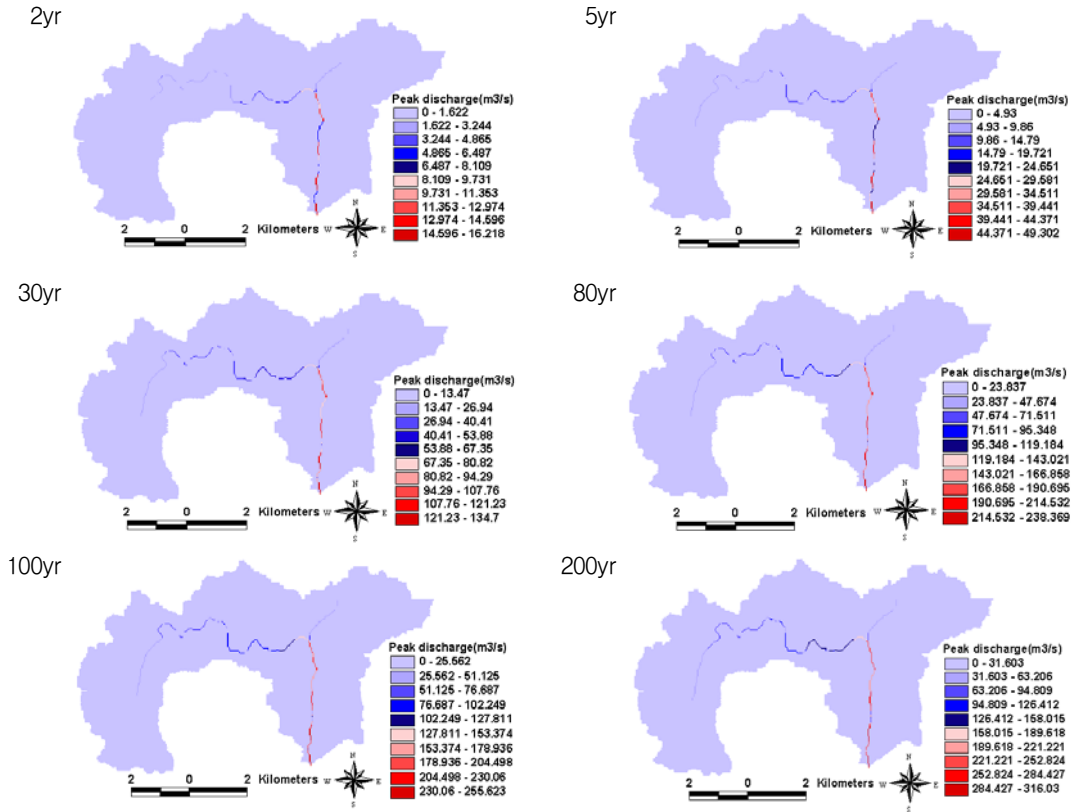


FIGURE 16. Peak discharge for rainfall type III

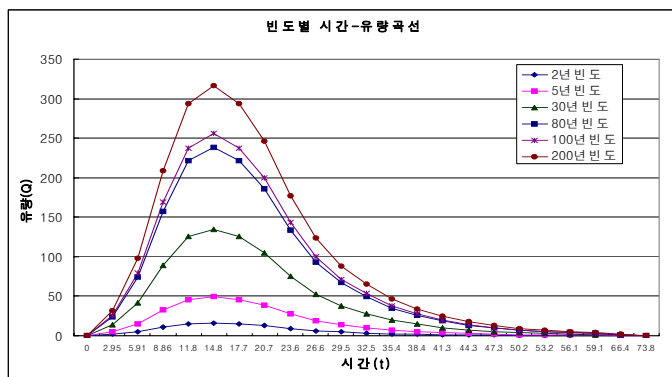


FIGURE 17. Dimensionless unit hydrograph for rainfall type III

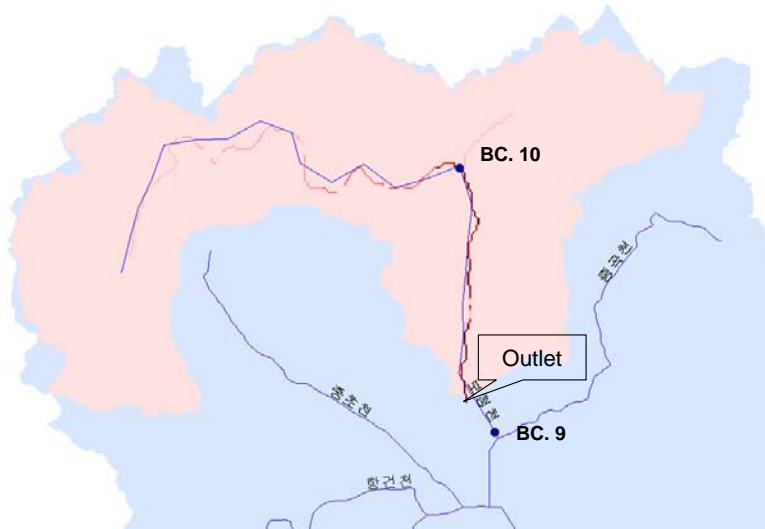


FIGURE 18. Flood estimation site and basin outlet

TABLE 5. Comparison of peak discharge for each frequency

지 점	위 치	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유로연장 (km)	빈도별 홍수량(m <sup>3</sup> /s)		
				30	80	100
BC. 9	중곡천 합류전	59.53	18.80	247	306	320
BC. 10	봉황리 지천 합류전	34.81	13.6	154	192	201
Outlet	임의 선정된 출구점	44.19	17.95	<b>207.94</b>	<b>258.12</b>	<b>270.02</b>
	Type II			<b>131.95(36.5%)</b>	<b>238.37(7.65%)</b>	<b>255.62(5.33%)</b>
	Type III			<b>134.70(35.2%)</b>	<b>238.37(7.65%)</b>	<b>255.62(5.33%)</b>

( )는 상대오차%

량도 곡선이다.

그림 18은 1993년 충청북도에서 수행한 보청천 유역 하천정비기본계획 용역에서 선정된 홍수량 산정 지점 중 본 연구의 대상유역인 산성유역과 연관된 지점을 나타낸 것이다.

그림 18에서 보는 바와 같이 용공리 지천 합류전 지점인 BC. 10 지점과 중곡천 합류전 지점인 BC. 9 지점 사이에 산성유역에 대한 출구점(outlet)이 위치한다. 따라서 본 연구에서는 보청천 하천정비기본계획 보고서(충청북

도, 1993)에 수록된 BC. 9 지점과 BC. 10 지점에서의 빈도별 홍수량 자료를 이용하여 출구점에 해당되는 홍수량을 추정하고, 이를 모의결과와 비교하였다(표 5).

결과 비교를 위한 출구점에서의 빈도별 홍수량 추정방법은 유역면적이 유출에 많은 부분 좌우된다는 전제 하에 BC. 9 지점과 BC. 10 지점의 유역면적값과 본 연구의 대상유역인 산성유역의 유역면적 비율을 빈도별 홍수량 자료에 적용하여 산정하였다.

## 결과 및 고찰

본 연구에서는 GIS 기법을 이용하여 지형 특성을 고려한 매개변수를 산정하고, 산정된 매개변수를 NRCS방법에 적용하여 유역내 각 지점에서 발생하는 빈도별 침투유량을 산정하였다.

GIS 기법을 이용한 유역내의 흐름특성 및 유역특성 매개변수를 산정한 것은 유역의 평균값을 이용하던 기존의 방법을 탈피한 것으로 유역을 균등한 격자망으로 구성하여 유역 각 지점에서의 유역 및 흐름특성 매개변수를 산정하여 적용하기 때문에 매우 정밀한 자료를 얻을 수 있으며, 유출량 산정에 있어서 하천 하류에서 뿐만 아니라 임의 어느 위치에서의 유출량을 동시에 산정할 수 있는 장점이 있다.

빈도분석은 1983년~2000년의 과거 18년간의 강우자료를 이용하였고, 빈도분석 결과 Log-Pearson Type III 분포가 적합한 것으로 추정되었다.

빈도별에 따른 유효우량 산정방법은 USDA NRCS에서 제시한 방법을 적용하였으며, 침투유량 산정은 NRCS에서 규정한 표준형 호우형태 중 Type II와 Type III에 대한 재현기간에 따른 단위침투유량 회귀계수를 적용하여 산정하였다.

이러한 매개변수들과 호우형태에 따른 단위침투유량 회귀계수를 적용하여 빈도별 침투유량을 산정한 결과 재현기간이 80년 빈도 이상이 되는 시점부터는 호우형태 Type II와 Type III 간에 결과값이 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 단위침투유량 회귀계수와 도달시간을 조합하여 적용한 매개변수값의 차이가 크게 나타나지 않은 이유이며, 재현기간이 커질수록 호우형태와 상관없이 비슷한 확률 강우량이 발생하기 때문이라 사료된다.

또한 1993년도에 작성된 동일 대상유역에 대한 하천정비기본계획 보고서에서 산정한 빈도별 홍수량을 본 연구에서 모의결과 산정된

침투유량값과 비교한 결과, 30년 빈도 홍수량에 대해서는 36.5%의 비교적 큰 오차가 발생하였으나, 80년 빈도와 100년 빈도 홍수량에 대해서는 각각 7.65%와 5.33%로 큰 차이를 나타내지 않았다.

## 결론

본 연구는 지형자료 등의 방대한 자료를 활용하기 위한 GIS 기법의 적용과 유출특성을 분석하기 위한 방법으로 호우특성별로 적용매개변수를 선정·적용하는 NRCS 방법을 이용하여 유역의 빈도별에 따른 유출 특성 분석을 목적으로 하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.


- 1) 유역내 흐름특성을 분석하기 위해 TOPAZ 프로그램을 이용하여 DEM 자료를 분석하였다. 분석된 자료를 이용하여 침투유량 산정 매개변수인 하천연장, 배수면적, 유역 평균경사 등을 산정하였다.
- 2) 단위침투유량 회귀계수 산정을 위해 적용된 강우특성은 NRCS에서 표준형으로 규정한 4가지 호우형태 중 일반적인 호우형태를 나타내는 Type II와 최근 국지적인 호우특성에 해당하는 Type III로 선정하였다.
- 3) 침투유량 산정을 위한 매개변수 중 유효우량은 지형자료 중 토지이용도와 토양도로부터 토지특성계수와 토양형태계수를 추출, 조합하여 NRCS의 유출곡선지수(CN)를 산정하였고, 이를 이용하여 빈도별 확률강우량에 따른 유효우량을 산정하였다.
- 4) 분석결과 재현기간이 80년 빈도이상인 시점부터는 호우형태 Type II와 Type III 간에 결과값이 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 단위침투유량 회귀계수와 도달시간을 조합하여 적용한 매개변수값의 차이가 크게 나타나지 않은

이유이며, 재현기간이 커질수록 호우형태와 상관없이 비슷한 확률강우량이 발생하기 때문이라 사료된다.

- 5) 모의 결과에 대한 분석을 위해 동일 대상유역에 대한 하천정비기본계획 보고서(1993)의 빈도별 홍수량 자료와 본 연구에서 모의, 산정한 침투유량값을 비교하였고, 그 결과 재현기간 30년 빈도 홍수량을 제외하고 비교적 유사한 유출양상을 나타냈다.

따라서 본 연구에서 GIS기법과 NRCS방법을 이용하여 유역흐름특성을 분석하고, 이를 통해 유역 각 지점에서 발생하는 침투유량을 산정하는 방법은 소유역의 지형특성을 세분화하여 적용할 수 있는 효과적인 방법이라고 사료된다.

## 감사의 글

본 논문은 충청대학 교내 연구비 지원에 의하여 이루어졌습니다. 

## 참고문헌

- 건설교통부. 2001. 한국수문조사연보.
- 국립방재연구소. 2002. FARD 2002 프로그램 사용자 메뉴얼.
- 신사철, 김성준, 채효석, 권기량, 이윤아. 2002. 공간정보를 이용한 유역 관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 5(3):33-44.
- 심순보, 김주훈. 1998. GIS를 이용한 수자원 시스템 분석. 한국수자원학회지 31(1):36-48.
- 충청북도. 1993. 보청천 하천정비기본계획.
- Bhaskar N.R., W.P. James and R.S. Devulapalli. 1992. Hydrologic parameter estimation using Geographic Information System. Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE. 118(5):492-512.
- Garbrecht, J., L.W. Martz and R.L. Binger. 2000. TOPAGNPS USER MANUAL.
- Lawrence, E.B. 1993. Topographic partition of watershed with digital elevation model. Water Resources Research 22(1):15-24.
- Mays, L.W. 2001. Water Resources Engineering. John Wiley & Sons, Inc. 768pp.
- Olivera, F., D.R. Maidment and R.J. Charbeneau. 1996. Spatially distributed modeling of storm runoff and non-point source pollution using geographic information systems(GIS).
- Yeon, G.B. and H. S. Cho. 1999. Distributed rainfall-runoff model applied Bo-Cheong stream basin. IAHR, Proceedings of Theme C3 of the 28th Congress, Graz, Austria. 