

## 하천유역의 유출해석을 위한 적정소유역 분할수에 관한 연구

안승섭 · 정도준<sup>\*</sup> · 이효정<sup>\*</sup> · 이종석<sup>\*\*</sup>

경일대학교 건설정보공학과, <sup>\*</sup>경일대학교 대학원, <sup>\*\*</sup>경일대학교 토목공학과  
(2007년 12월 3일 접수; 2007년 12월 21일 채택)

### Study on the Dividing Capacity of Appropriate Sub-basin for Runoff Analysis

Seung-Seop Ahn, Do-Joon Jung<sup>\*</sup>, Hyo-Jung Lee<sup>\*</sup> and Jeung-Seok Lee<sup>\*\*</sup>

Department of Construction and Geoinformatics Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

<sup>\*</sup>Graduate School, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

<sup>\*\*</sup>Department of Civil Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

(Manuscript received 3 December, 2007; accepted 21 December, 2007)

#### Abstract

The purpose of this study is to examine appropriate sub-basin division numbers that best reflect the hydrological characteristics of the basin so as to propose the criterion for dividing the sub-basin in analyzing flood runoff in the future. The characteristics of flood runoff variations were based on the WMS HEC-1 model, and the area in the upstream of the Dongbyeon water level observatory and the Geum-ho water level observatory was chosen for analysis, and examined the characteristics of the changes in flood runoff. First of all, in the targeted basin, if the sub-basin division number was 4 (that is, the area of the divided sub-basin was about 25% of the total area). Next, as the sub-basin division number gradually increased, the peak rate of runoff increased as well, and in case the sub-basin was not divided, the peak rate of runoff occurred at the earliest time. Given these results, the spatial change characteristics will be best reflected when the sub-basin is divided for analysis of flood runoff in such a way that the area of the divided sub-basin is about 25% of the total area of the basin. However, as these results are based on a limited number (4) of storms, more storm events and other basins need to be included in the review of the sub-basin division methodology.

**Key Words :** Sub-basin Division, WMS HEC-1, Peak Rate of Runoff, Storm Event

#### 1. 서 론

최근 10년간 우리나라를 비롯한 세계 전역에 자연재해는 이미 기상이변이라는 표현을 쓰기에는 절하지 못한 연이은 대규모 홍수피해와 홍수방어능력의 부족한 실태가 되풀이 되고 있다. 최근에 발생

하는 자연 재해의 형태는 점차로 대형화, 다양화되고 있는 추세이며 이러한 환경의 변화에 맞추어 유출해석의 새로운 접근으로 하천유역 내에서 발생하는 강우와 유출관계를 GIS를 활용하여 활성화 되고 있으며 하천 형태학적인 특성인자를 추출하는 자동화된 유역정보 처리기술 및 GIS 분석툴과 HEC-1 모형 등의 홍수 유출 해석 모형이 연계되어 모형의 매개변수를 객관적인 방법으로 산정할 수 있게 되었다. 유역에서의 유출해석을 위하여 지금까지 여러

Corresponding Author : Do-Joon Jung, Graduate School, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea  
Phone: +82-53-850-7316  
E-mail : fasv96@naver.com

가지 유출모형과 해석방법이 적용되어 왔다. 최근 들어 GIS (Geo-graphic Information System)를 적용하는 사례가 늘어가면서 모형의 매개변수를 손쉽고 객관적인 방법으로 산정할 수 있게 되었다. 강우유출해석에서 GIS를 이용할 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.

또한 유출응답 해석시 소유역을 분할함으로서 유역의 공간적 변화특성을 잘 반영할 수 있고 평균 강우량 산정을 분할된 소유역별로 수행함으로 인해 강우의 공간분포를 반영할 수 있는 장점이 있다. 유역분할이 유출모의에 영향을 미칠 것이라는 것은 오래전부터 많은 학자들 사이에서 인식되어 오고 있으며 유역분할시 유역의 수문학적 지형특성 값의 변화에 대한 연구가 수행된 바 있으나 유역의 수문학적 특성을 가장 잘 반영할 수 있는 적정 소유역 면적을 결정하기 위한 충분한 연구가 아직 이루어지지 않은 상태이다. 조<sup>1)</sup>는 유역분할에 따른 형상계수의 변화를 비교 분석함으로써, 우리나라 유역의 형태학적 특성에 대하여 연구를 통해 유역의 형상계수는 유역분할에 따라 거의 유사한 값을 나타내었으며 이는 서로 유사한 유출특성을 가지는 것이라고 기술한 바 있다. 이 등<sup>2)</sup>은 도시 내 약 10 km<sup>2</sup>이내의 면적을 가지는 유역을 대상으로 유역분할이 유출특성에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 이 연구에서는 유역분할이 유출해석에 미치는 영향이 유역의 지형학적 특성에 따라 다양하며, 유역경사가 완만할 경우 급경사의 유역보다 그 영향이 민감하게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 또한 소유역의 면적비가 전체 유역의 약 35%이내(유역분할 개수 3개 이상)가 되게 분할하는 것을 제안한 바 있다.

한편, 안<sup>3~5)</sup>은 GIS의 발달과 함께 분포형 모형(distributed model)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 분포형 모형의 적용에서는 유역분할보다는 유역의 지형학적 특성을 모의하기 위한 격자크기의 결정이 중요한 요소로 적용된다고 제안하였다.

그러나 이러한 분포형 모형은 실무에서 적용하기에는 보다 많은 연구가 선행되어야 하므로 현실적으로 집중형 모형을 이용하되 GIS를 활용하여 모형

의 매개변수를 산정하는 방법이 활성화 되고 있다.

특히, 미계측 유역에서의 홍수량을 산정하기 위해서는 실측데이터에 의한 모형 매개변수의 검정이 불가하므로 분포형 모형보다는 미계측 유역에 적용 가능한 집중형 모형이 이용되고 있는 실정이다. 그러나 집중형 모형을 적용한다고 하더라도 유역을 어떤 크기로 분할하느냐에 따라 모의결과가 달라질 수 있다.

본 연구에서는 금호강 유역의 2개의 유역을 대상으로 소유역 분할 크기에 따른 유출변화특성을 분석 검토함으로서 향후 유역의 홍수 유출 해석시 적정 소유역 분할 기준을 제시하는데 목적을 두었다.

## 2. 기본이론

### 2.1. WMS 모형

미 육군 공병단(US Army Corps of Engineers)과 Brigham Young 대학의 공학 컴퓨터 그래픽 연구실에 의해 개발된 WMS(Watershed Modeling System)는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽 사용자 환경을 제공해주는 프로그램이다. 일반 GIS 프로그램을 이용할 경우에는 별도의 산정식을 사용하여 각각의 값을 계산하여야하는 단점이 있지만 본 연구에 사용되는 WMS는 추출가능한 수문지형정보를 손쉽게 구할 수 있도록 설계되어 있으며 GIS와 수문모델링이 연계되어 있는 대표적인 모형이다.

본 연구에서는 WMS 모형을 이용하여 수문해석 모델에 필요한 유역의 지형인자를 포함한 수문인자들을 계산하며, 유출 모형에서 필요로 하는 여러 가지 매개변수를 구하게 된다.

### 2.2. 홍수유출모형

본 연구에서는 WMS 모형을 이용하여 수문해석 모델에 필요한 유역의 지형인자를 포함한 수문인자들을 계산하며, 유출 모형에서 필요로 하는 여러 가지 매개변수를 구하게 된다. 유출해석을 위한 모형으로는 WMS에서 제공한 HEC-1 모형을 사용하였다. HEC-1 모형은 하천유역에서 홍수를 유발시키는 호우사상이 발생하였을 때 강우-유출 과정을 모의하는 단일사상유출 Model이다. 유출해석시 유효강우량의 산정은 HEC-1 모형에서 제공하는 SCS 방법을 사용하였다. SCS방법의 경우 CN값 산정시 필요

**Table 1.** Coordinates of study area.(Kum-ho water level observation)

	Left-Top	Left-Bottom	Right-Top	Right-Bottom
Latitude	36° 14' 12"	35° 49' 43"	36° 14' 12"	35° 49' 43"
Longitude	128° 41' 52"	128° 41' 52"	129° 12' 15"	129° 12' 15"

**Table 2.** Coordinates of study area.(Dong-byun water level observation)

	Left-Top	Left-Bottom	Right-Top	Right-Bottom
Latitude	35° 59' 00"	35° 56' 46"	35° 57' 57"	35° 56' 00"
Longitude	128° 36' 09"	128° 35' 52"	128° 40' 14"	128° 39' 33"

로 하는 자료로서 토양도, 토지피복도 및 지형자료로 구성되어 있어 WMS를 이용하여 유효우량을 계산할 때 용이하게 적용될 수 있다. WMS 모형을 이용할 경우 많은 지형인자들이 자동으로 계산되므로 효율성과 정확성을 향상시킬 수 있다. 또한 HEC-1 모형에서 유역 유출 해석방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 SCS방법을 이용하여 홍수량을 산정하였으며, 하도의 홍수 추적은 Muskingum법을 사용하였다.

### 3. 공간 DB 구축 및 홍수유출 모형의 적용

#### 3.1. 대상유역 및 적용호우의 선정

본 연구는 WMS를 이용한 하천유역의 홍수유출 해석을 위하여 먼저 금호강 최상류로부터 금호수위 관측소까지와 대구시 북구 동변수위관측소 유역을 대상으로 선정하였다.

금호수위관측소 상류는 유역면적 920.93 km<sup>2</sup>이며 유로연장은 64.454 km이며 동변수위관측소 상류는 유역면적 81.38 km<sup>2</sup>이며 유로연장은 10.809 km이다. 유역의 위치는 Table 1 및 Table 2와 같다.

본 연구에서는 유역분할에 따른 유출응답특성을 검토하기 위하여 국내에서 홍수유출해석으로 많이 사용되고 있는 WMS HEC-1 모형을 이용하여 유출 응답특성에 대한 분석을 수행하였다. 유효강우량 산정방법으로는 강우손실 또는 유효강우량 산정이 가장 유효한 NRCS 유출곡선방법을 사용하였다.

모형의 적용성을 검토하기 위해서는 계산된 소유역별 수문지형학적 특성인자를 이용하여 WMS HEC-1의 입력자료를 구성하였으며, 모형의 적용에 있어서는 Table 3 및 Table 4와 같이 1999년부터

**Table 3.** Rainfall of study area. (Kum-ho water level observation)

No.	Day	Duration (hrs)	Rainfall (mm)
1	99. 9. 22. 03:00~9. 25. 00:00	70	152
2	00. 9. 9. 17:00~9. 13. 19:00	99	245
3	02. 8. 7. 19:00~8. 11. 23:00	99	214
4	04. 8. 18. 00:00~8. 22. 06:00	79	81

**Table 4.** Rainfall of study area. (Dong-byun water level observation)

No.	Day	Duration (hrs)	Rainfall (mm)
1	02. 8. 7. 19:00~8. 9. 21:00	50	259
2	03. 7. 6. 11:00~7. 9. 08:00	70	295
3	04. 8. 19. 00:00~8. 22. 13:00	85	126
4	06. 7. 9. 15:00~7. 12. 09:00	75	96

2006년까지 유역 내에서 발생한 4개의 주요호우 사상을 이용하였다.

#### 3.2. WMS모형을 이용한 유역의 특성인자 추출 및 유출매개변수의 산정

대상유역이 포함된 각 유역의 도엽들은 1:25,000 수치지도를 기본으로 ArcView 3.2a 모형을 이용하여 수치고도자료(DEM)을 구축하였다. 벡터형식(Vector Type)의 데이터를 래스터형식(Gird Type)의 데이터로 변환하는 작업은 ArcView GIS Software를 이용하였으며 생성된 래스터 형식의 Grid File은 래스터 형식의 ASC II File로 Export 시킨 후 저장하여 WMS에서 Import하는 방식을 취하였다. WMS 모형에서는 격자의 흐름방향을 결정하기 위하여 TOPAZ (TOpographic PArameteriZation) 프로그램을 이용하

**Table 5.** Topographic characteristic factor from WMS

Topographic factor	Unit	Abbreviation
Basin Area	km <sup>2</sup>	A
Basin Slope	m/m	BS
Average Overland Flow Distance	km	AOFD
Basin Length	km	L
Basin Perimeter	km	P
Basin Shape Factor	mi <sup>2</sup> /mi <sup>2</sup>	Shape
Basin Average Elevation	m	AVEL
Maximum Flow Distance	km	MFD
Maximum Flow Slope	m/m	MFS
Maximum Stream Length	km	MSL
Maximum Stream Slope	m/m	MSS
Centroid Stream Distance	km	CSD
Centroid Stream Slope	m/m	CSS

고 있다. TOPAZ 프로그램은 DEM에서 오류를 수정하기 위해 3×3의 격자를 포함하는 Window를 움직

이면서 9개 격자의 값을 이용한 내삽법에 의해 격자 하나의 새로운 값을 얻게 된다. 유역경계의 추출은 작성된 하천망으로부터 연구대상 하천망을 설정하여 출구점을 하천망에 지정하면 출구점을 기준으로 한 유역의 경계가 자동으로 추출된다. WMS 모형에서 추출되는 지형학적 특성인자는 Table 5.와 같으며 그 결과는 Fig. 1, 2 및 Table 6과 같다.

다음으로 유역의 홍수량 추정을 위해 NRCS의 유출곡선지수(CN)을 이용하였다. CN방법은 유역의 토양특성과 식생피복상태 및 토지이용과 처리상태에 관한 자료를 이용하여 총강우량으로부터 유효강우량 또는 초과강우량의 산정이 가능하도록 한 것으로 호우로 인한 유출량 자료가 없는 경우인 강우유출 관계 설정이 불가능한 미계측 유역으로부터 총강우량에 대한 유효강우량을 산정할 수 있다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 CN을 산정하기 위해서는

**Table 6.** Result of topographic characteristic factor from WMS

Sub-basin	A(km <sup>2</sup> )	BS(m/m)	L(m)	Shape	AVEL	MFD	Sub-basin	A(km <sup>2</sup> )	BS(m/m)	L(m)	Shape	AVEL	MFD
1	920.94	0.1268	43.11	2.02	275.06	52.14	1	81.38	0.2913	10808.91	1.44	389.44	13711.45
2(1)	467.09	0.1132	28.99	1.80	251.12	39.97	2(1)	33.15	0.2883	7969.00	1.92	273.93	9207.28
2(2)	453.86	0.1407	39.03	3.36	299.69	46.81	2(2)	48.23	0.2934	7036.51	1.03	468.84	8643.33
3(3)	253.86	0.0729	22.25	1.95	162.31	33.54	3(1)	25.39	0.3106	7969.00	2.50	294.91	9207.30
3(2)	348.87	0.1241	22.75	1.48	282.68	31.75	3(2)	26.86	0.2606	7573.80	2.14	409.86	9581.00
3(3)	318.22	0.1726	31.89	3.20	356.64	38.38	3(3)	29.13	0.3028	6718.60	1.55	453.02	7742.10
4(1)	282.51	0.0985	24.25	2.08	219.16	38.53	4(1)	18.85	0.3019	7969.00	3.37	329.87	9207.30
4(2)	184.58	0.1358	22.05	2.74	300.03	31.37	4(2)	15.84	0.2974	6717.50	2.85	548.36	7810.50
4(3)	237.76	0.1964	25.09	2.65	401.49	30.06	4(3)	17.57	0.2551	6117.40	2.13	204.66	7598.10
4(4)	216.10	0.0793	22.72	2.39	187.69	28.46	4(4)	29.13	0.3028	6718.60	1.55	453.02	7747.50
5(1)	239.88	0.0748	22.25	2.06	165.54	33.54	5(1)	18.84	0.3021	7969.00	3.37	329.97	9207.30
5(2)	170.91	0.1091	23.01	3.10	257.04	33.20	5(2)	15.83	0.2975	6618.50	2.77	548.55	7736.40
5(3)	184.58	0.1358	22.05	2.74	300.03	31.38	5(3)	13.62	0.3441	6506.90	3.11	572.57	7452.30
5(4)	141.07	0.1300	17.89	2.27	257.94	23.15	5(4)	14.23	0.2705	4790.90	1.61	200.42	6717.80
5(5)	184.51	0.1991	19.84	2.13	422.23	23.94	5(5)	18.86	0.2526	6296.80	2.10	325.71	7397.30
6(1)	160.61	0.0729	19.09	2.27	153.58	23.69	6(1)	14.50	0.2821	4178.51	1.20	375.17	4823.24
6(2)	135.89	0.0657	18.78	2.60	165.90	28.11	6(2)	11.28	0.3181	5412.02	2.60	609.26	6131.78
6(3)	157.61	0.1137	18.77	2.24	269.02	28.16	6(3)	9.63	0.3683	4264.39	1.89	644.19	4894.33
6(4)	148.62	0.1566	17.25	2.00	337.64	25.72	6(4)	17.56	0.3006	5377.03	1.65	197.02	7797.23
6(5)	164.73	0.1549	17.88	1.94	291.63	25.32	6(5)	14.70	0.2319	6338.97	2.73	319.22	7749.33
6(6)	153.49	0.1715	16.91	1.86	426.42	20.97	6(6)	13.70	0.2769	4697.07	1.61	366.41	5508.43
7(1)	108.92	0.0834	13.92	1.78	163.10	23.69	7(1)	14.50	0.2821	4178.50	1.20	375.17	4804.70
7(2)	127.96	0.0406	16.15	2.04	132.43	18.79	7(2)	10.07	0.3336	4477.70	1.99	647.18	4901.10
7(3)	156.92	0.0877	18.01	2.07	203.01	23.37	7(3)	9.53	0.3687	4061.10	1.73	647.60	4669.80
7(4)	129.27	0.1279	18.44	2.63	296.80	27.66	7(4)	10.06	0.3507	4336.50	1.87	188.40	5010.20
7(5)	132.77	0.1699	14.86	1.66	361.25	19.41	7(5)	8.54	0.2263	4101.20	1.97	203.46	5138.60
7(6)	134.08	0.1771	22.12	3.65	317.62	26.37	7(6)	14.85	0.2333	5740.40	2.22	329.03	6821.70
7(7)	131.02	0.1920	14.95	1.70	441.35	18.50	7(7)	13.83	0.2763	4741.30	1.63	364.83	5553.20

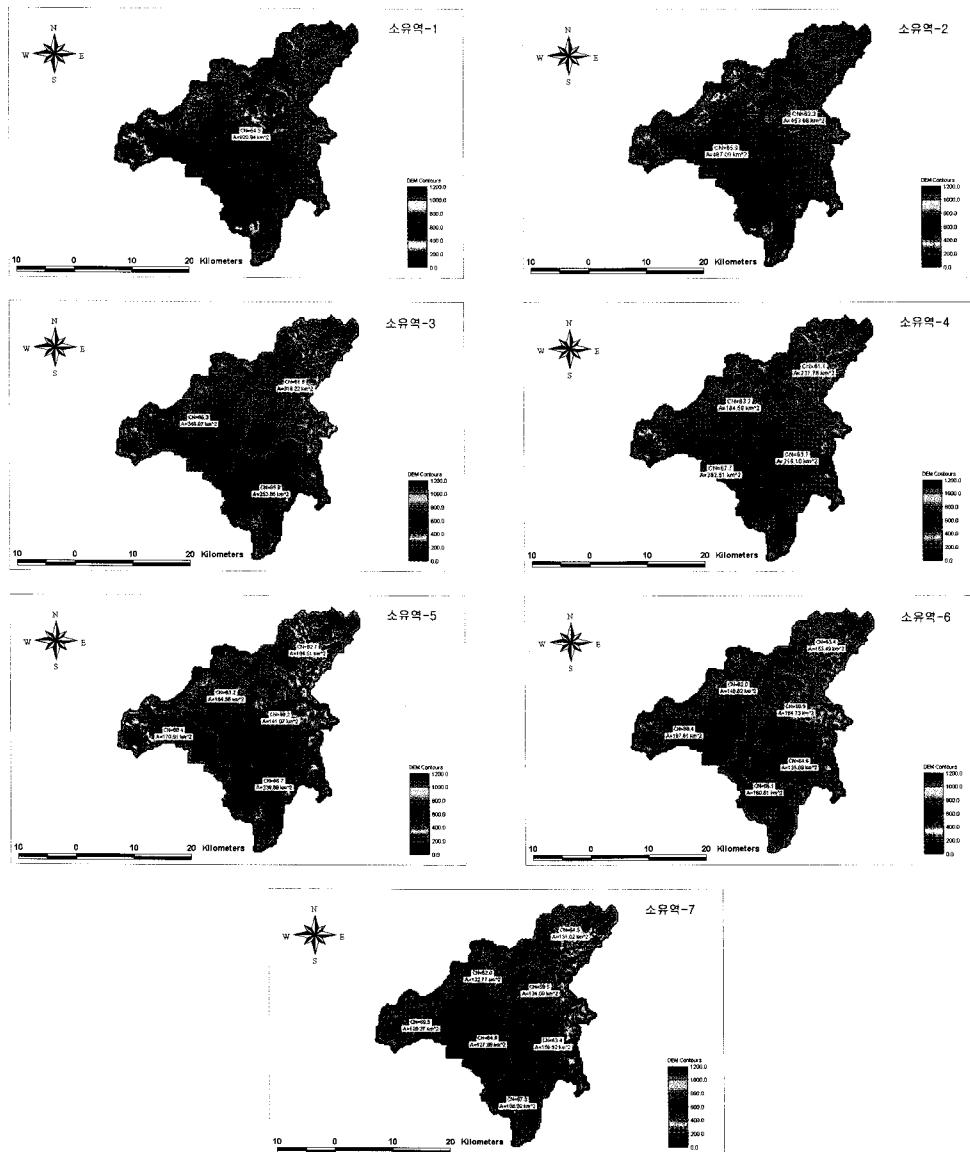


Fig. 1. Sub-basin from WMS(Kum-ho water level observation).

NRCS 분류기준에 의해 4개의 수문학적 토양군(A, B, C, D Type)으로 재분류한 토양도와 토지이용도가 필요하다.

유역의 토지피복상태를 나타내는 자료로는 토지이용현황도, 환경부 토지피복도 등을 들 수 있다. 다음 Fig. 4는 각 대상유역의 토지이용도를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 농촌진흥청 농업과학기술원에서

전산화 사업을 통해 구축된 Vector Type의 정밀토양도를 제공받았으며 한국 농촌진흥청의 토양분류방법은 미국 농림부(U.S. Department of Agriculture)의 Soil Survey Manual에 기초를 두고 있다. 따라서 NRCS의 수문토양군에 관한 분류기준은 한국에서도 그 기준설정이 가능하다. 농촌진흥청에서 분류한 한 국토양(통)을 수문토양군별로 배열(Soil Arrays)하는 방법으로 분류할 수 있다<sup>6</sup>. A, B, C, D 등 4개의 수문

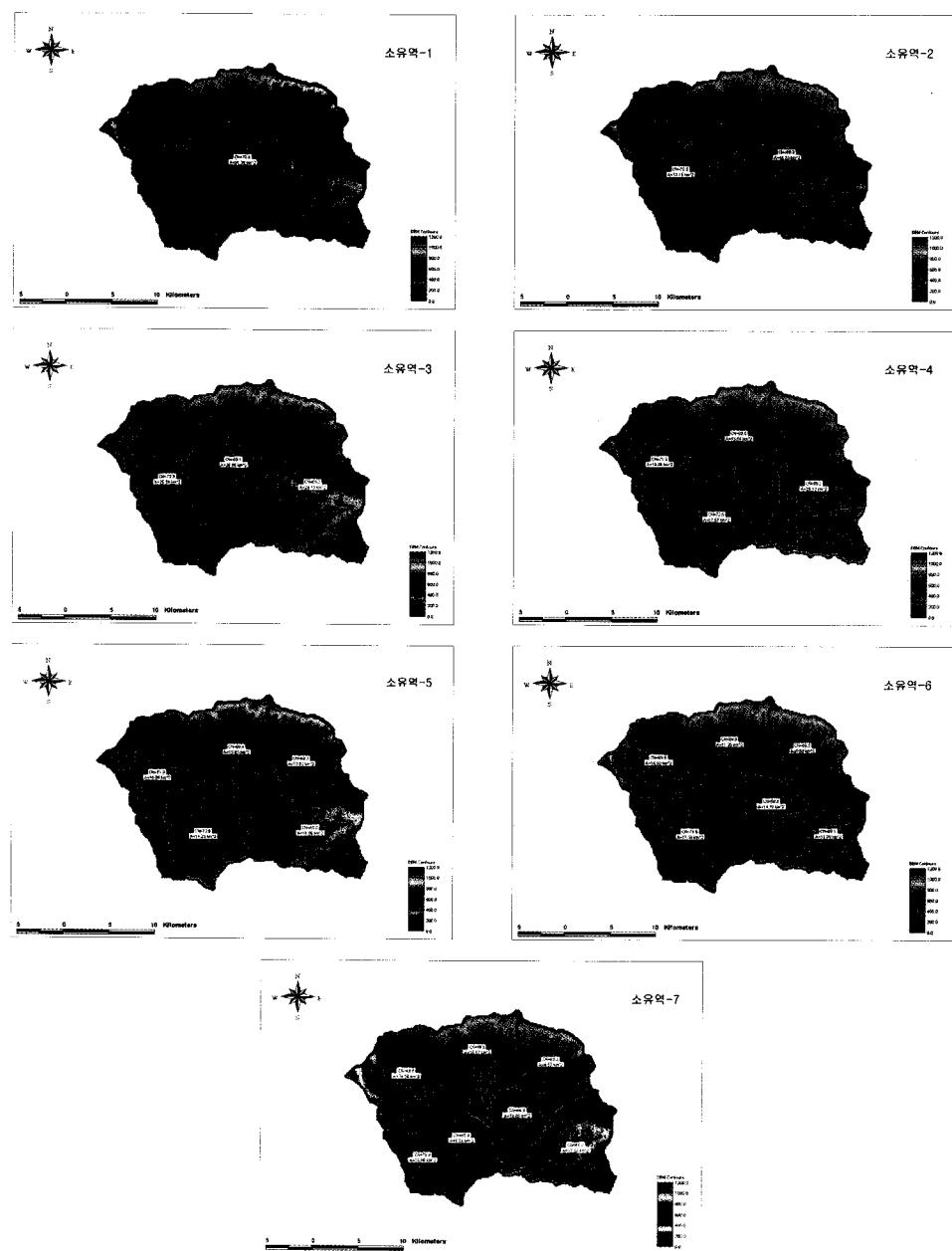


Fig. 2. Sub-basin from WMS(Dong-byun water level observation).

군으로 분류하였으며 그 결과는 Fig. 5와 같다.

### 3.3. 유출모형의 적용

본 연구에서는 유역분할에 따른 유출응답특성을 검토하기 위하여 WMS HEC-1 모형을 이용하여 유출응답특성에 대한 분석을 수행하였다. 유효강우량

산정방법으로는 강우손실 또는 유효강우량 산정이 가장 유효한 NRCS 유출곡선방법을 사용하였다. 모형의 적용성을 검토하기 위해서는 계산된 소유역별 수문지형학적 특성인자를 이용하여 WMS HEC-1의 입력자료를 구성하였으며, 모형의 적용에 있어서는

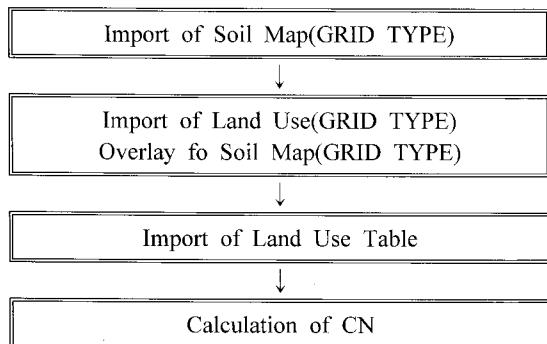


Fig. 3. Decision course of Curve Number.

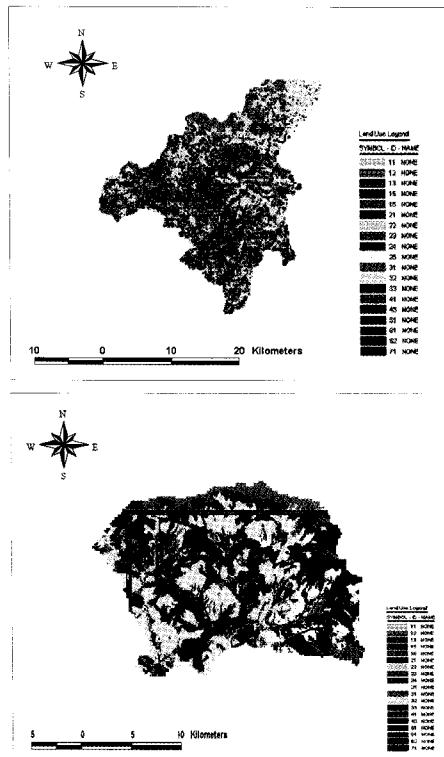


Fig. 4. Land use map.

Table 3 및 4와 같이 1999년부터 2006년까지 유역 내에서 발생한 4개의 주요 호우사상을 이용하여 Fig. 6 및 7과 같이 관측치와 각 소유역별 홍수량을 비교 분석하였다.

### 3.4. 모형의 통계적 검토

본 연구에서 선정된 WMS 모형의 검증결과는 실

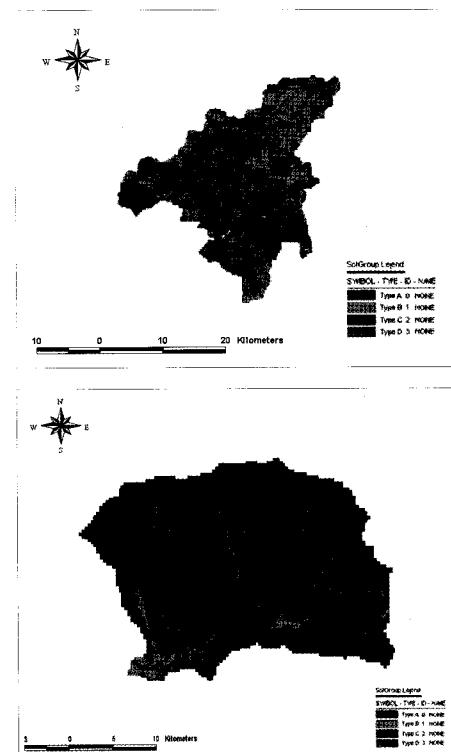


Fig. 5. Soil type map.

측 흙수유출량과 모형에 의해 예측된 하천유출량을 이용하여 평가하였고 수치적 기준으로는 통계적 기법을 고려하여 평가하였다.

본 연구에서 선정된 모형의 평가를 위한 통계지표는 Table 7에서 나타낸 바와 같이 평균제곱오차의 평방근(Root Mean Square Error, RMSE), 결정계수(Determination Coefficient,  $R^2$ )로서 WMS 모형의 검증결과를 평가하였다.

본 연구에서 WMS 모형을 이용하여 모의한 유출량에 대한 통계적 검증 결과를 볼 때, 설정된 방법에 대한 결정계수( $R^2$ )는 호우사상에 따라 상이하기는 하나 금호수위표 유역에서 0.503~0.984의 범위로서 분석 검토되었다. 또한 평균제곱오차평방근(RMSE)의 경우 172.097~495.758  $m^3/s$ 의 범위로서 분석 검토되었다. 동변수위표유역은 결정계수가 0.814~0.992의 범위로서 분석 검토되었다. 또한 평균제곱오차평방근(RMSE)의 경우 5.883~109.986  $m^3/s$ 의 범위로서 분석 검토되었다.

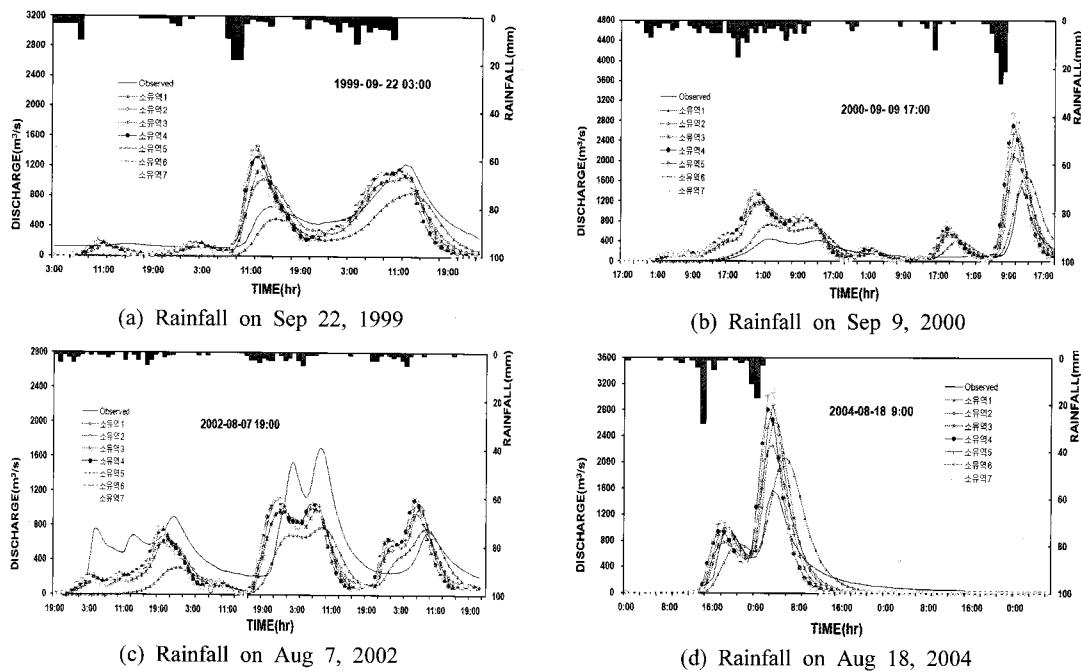


Fig. 6. The Analysis result according to dividing sub-basin on rainfall(Kum-ho water level observation).

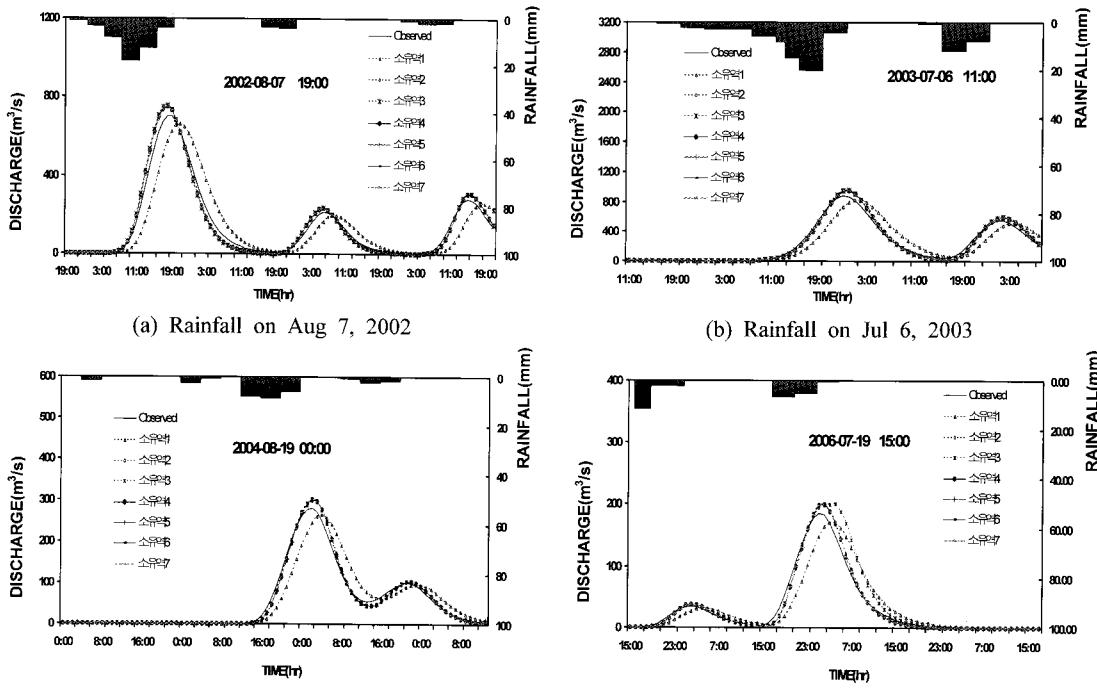


Fig. 7. The analysis result according to dividing sub-basin on rainfall(Dong-byun water level observation).

**Table 7.** Indices of statistical analysis

Index	Relation
Determination Coefficient( $R^2$ )	$1 - \frac{\sum_{t=1}^V [y_t(x) - \bar{y}_t(x)]^2}{\sum_{t=1}^V [y_t(x) - \mu_t(x)]^2}$
Root Mean Square Error(RMSE)	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^V [y_t(x) - \bar{y}_t(x)]^2}$

#### 4. 결 론

유역에서의 유출해석을 위하여 최근 들어 GIS를 적용하는 사례가 늘어가면서 모형의 매개변수를 손쉽고 객관적인 방법으로 산정할 수 있으며, GIS를 이용할 경우 과거에 비해 많은 노력을 들이지 않고

수치고도자료(Digital Elevation Model)를 이용하여 유역을 자유롭게 분리하고 해당 소유역의 지형인자를 산정하여 모형의 매개변수를 결정할 수 있게 되었다.

홍수유출변화 특성은 WMS HEC-1 모형을 이용하였으며 분석을 위해 금호수위관측소 상류유역과 동변수위관측소 상류유역을 선정하고 소유역을 1~7개까지 분할해 각에 따른 홍수유출변화 특성을 검토하였다.

소유역 분할수가 유출특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 2002년에서 2006년까지 유역내에서 발생한 4개의 주요 호우사상을 선정하였다. WMS HEC-1 모형을 이용한 홍수추적은 Muskingum방법을 사용하였으며, 분석 결과 Table 7 및 8과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

**Table 8.** Result of statistical analysis(Kum-ho water level observation)Table 7. Indices of statistical analysis(a)  $R^2$ 

Rainfall	Sub-basin(1)	Sub-basin(2)	Sub-basin(3)	Sub-basin(4)	Sub-basin(5)	Sub-basin(6)	Sub-basin(7)
On Sep 22, 1999	0.825	0.824	0.856	0.868	0.796	0.740	0.734
On Sep 9, 2000	0.840	0.800	0.850	0.868	0.782	0.687	0.650
On Aug 7, 2002	0.708	0.687	0.758	0.852	0.719	0.536	0.503
On Aug 18, 2004	0.885	0.946	0.964	0.984	0.948	0.905	0.883

(b) RMSE

Rainfall	Sub-basin(1)	Sub-basin(2)	Sub-basin(3)	Sub-basin(4)	Sub-basin(5)	Sub-basin(6)	Sub-basin(7)
On Sep 22, 1999	187.984	172.097	193.482	259.728	247.439	281.458	279.865
On Sep 9, 2000	198.037	384.593	357.233	478.477	446.809	492.381	495.758
On Aug 7, 2002	459.393	385.686	418.646	449.041	417.495	459.992	479.449
On Aug 18, 2004	273.609	231.045	268.015	341.940	303.850	368.033	396.955

**Table 9.** Result of Statistical analysis(Dong-byun water level observation)(a)  $R^2$ 

Rainfall	Sub-basin(1)	Sub-basin(2)	Sub-basin(3)	Sub-basin(4)	Sub-basin(5)	Sub-basin(6)	Sub-basin(7)
On Aug 7, 2002	0.814	0.986	0.978	0.982	0.982	0.982	0.982
On Jul 6, 2003	0.835	0.987	0.990	0.989	0.989	0.989	0.989
On Aug 19, 2004	0.854	0.988	0.991	0.992	0.992	0.992	0.992
On Jul 19, 2006	0.816	0.986	0.926	0.988	0.988	0.988	0.988

(b) RMSE

Rainfall	Sub-basin(1)	Sub-basin(2)	Sub-basin(3)	Sub-basin(4)	Sub-basin(5)	Sub-basin(6)	Sub-basin(7)
On Aug 7, 2002	76.343	22.952	28.964	26.530	26.576	26.576	26.576
On Jul 6, 2003	109.986	34.714	30.890	31.909	31.851	31.851	31.851
On Aug 19, 2004	28.631	8.690	7.791	8.096	8.100	8.100	8.100
On Jul 19, 2006	20.663	6.400	16.594	5.883	5.883	5.883	5.883

먼저, 본 연구대상유역의 경우 소유역 분할수를 4개(즉, 소유역 분할 면적이 전체면적의 약 25%)로 하였을 경우 관측치에 가장 근접한 것으로 분석되었다. 다음으로 본 연구에서 소유역 분할수를 4개 이상으로 하는 경우 유출에는 큰 변화가 없는 것으로 검토되었다. 마지막으로 소유역 분할수를 점차 증가 할수록 첨두유출량이 증가함을 보였으며, 소유역을 분할하지 않은 경우가 첨두유출량 발생 시간이 가장 빠른 것으로 분석되었다. 이상의 연구결과로 볼 때 홍수유출해석시 소유역의 분할은 소유역 분할 면적을 총 유역면적의 25% 수준으로 분할할 경우가 유역의 공간적 변화특성을 가장 잘 반영할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이 결과는 한정된 4개의 호우에 대한 연구결과이므로 앞으로 더 많은 호우사상과 타 유역을 대상으로 소유역 분할방법에 대한 검토가 필요한 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 조홍제, 1986, 소유역의 홍수도달시간과 사면길이의 분포특성을 고려한 홍수유출해석, 한국수문학회지 19(2), 139-148.
- 2) 이종태, 이상태, 1997, 도시유역에서의 강우 공간분포 및 소유역분할이 유출특성에 미치는 영향, 한국수자원학회논문집, 30(2), 177-191.
- 3) 안승섭, 조명희, 1999, 지리정보시스템을 이용한 하천유역의 지상학적 특성분석, 한국지리정보학회지, 2(3), 23-34.
- 4) 안승섭, 정도준, 이병철, 서명준, 2006, 유역분할수에 따른 유출특성응답 변화에 관한 연구, 한국환경과학회 학술발표회 논문집, 15(2), 192-197.
- 5) 안승섭, 정도준, 임동희, 최경창, 2006, 소유역 분할수가 홍수유출특성에 미치는 영향, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 1061-1064.
- 6) 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 혀기술, 박호, 1995, 유출률 추정을 위한 토양수목군의 분류, 한국농공학회지, 37(6), 12-32.
- 7) 윤용남, 김형수, 홍창선, 장수형, 1999, 유역모형의 평가를 위한 기준, 대한토목학회논문집, 19(6), 59-62.
- 8) 한건연, 이창희, 이수현, 2003, GIS자료를 이용한 수문모델링에서의 적정 해상도 도출, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 971-974.
- 9) Zhang W., Montgomery D. R., 1994, Digital elevation model grid size, landscape representation and hydrologic simulations, Water Resources Research, 30(4), 1019-1028.