

## 최소차 하천의 임계면적에 따른 유역 지형매개변수의 변화특성

안 승 섭·박 노 삼·김 종 호·임 기 석·송 시 훈\*\*  
경일대학교 도시정보지적공학과, \*경일대학교 토목공학부, \*\*환경부 국립환경연구원  
(2004년 11월 8일 접수; 2005년 1월 10일 채택)

### Change characteristic of basin topographical parameters according to the threshold area of minimum order stream

Seung-Seop Ahn, Ro-Sam Park\*, Jong-Ho Kim\*, Ki-Seok Lim and Si-Hoon Song\*\*

Dept. of Urban Information & Cadastral Engi., Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

\*School of Civil Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

\*\*National Institute of Environmental Research, Ministry of Environment, Incheon 404-170, Korea

(Manuscript received 8 November, 2004; accepted 10 January, 2005)

The size of minimum order stream has a very sensitive effect on runoff analysis model using the divergence characteristic of stream. Therefore, in this study, the threshold area of minimum order stream has been examined the change characteristic of topographical parameters. The subject basin of the research was the upper basin of the Kumho water gage station which is located in the middle of the Kumho river. The 1:25,000 numerical geography which was constructed 10×10m mesh was used. The range of investigation of topographical parameters are number of stream order, length, area, slope, basin relief, sinuosity ratio, drainage density and total stream length etc. It was found from the result of analysis that the threshold value of minimum order stream has a very big effect on topographical parameters of basin. It was found that the threshold area of minimum order stream revealed under 0.10km<sup>2</sup>. Furthermore, the parameters showed a serious change except for over 0.10km<sup>2</sup>.

Key Words : Minimum order stream, Threshold area, Topographical parameters

#### 1. 서 론

하천유역의 강우-유출현상에 근접한 해석 모형의 개선과 개발을 위해서는 유역의 지형공간특성자료와 수문특성 자료가 사용되며, 이들 자료의 정확한 추출과 모델 매개변수의 다양한 정보를 활용하기 위한 노력이 계속되고 있는 실정이다. 특히 최근에는 하천유역의 효율적인 관리와 해석을 위하여 유역의 지형공간정보체계를 이용한 지형인자 추출을 시도하여 이로부터 수문학적 해석을 위한 매개변수를 추정하므로써 수문해석과 수자원 관리에 있어서 많은 변화를 가져오고 있다<sup>1~3)</sup>.

하천유역은 하천망으로 구성되는 수계를 가지며 이 수계는 여러 가지 기상 및 강우 등의 자연적인

영향과 산업의 발달이나 유역의 개발 등으로 인한 인위적인 영향으로 인해 매우 빠르게 변화하고 있다. 특히, 강우-유출해석에 필요한 매개변수 추정을 위하여 하천형태학적 특성 즉, 하천형태의 차수이론에 근거한 지형법칙을 명확히 규명할 필요가 있다. 그러나 하천의 차수이론을 기초로 한 형태학적 특성분석시에 최소차하천의 누적 임계면적 설정에 따라서 유역의 지형특성은 달라지게 되므로 이를 이용한 유출분석의 결과도 상이해 지게 된다<sup>4~7)</sup>.

따라서 본 연구에서는 최소차하천의 임계값 설정에 따른 하천유역의 지형매개변수 변화특성을 검토함으로써 유출해석모형 구축에 필요한 지형인자 추출시 적합한 최소차하천의 적정 임계면적을 제안하고자 한다.

#### 2. 하천유역의 지형매개변수

유역관리에 중요한 인자인 유출현상은 유역특성

Corresponding Author : Seung-Seop Ahn, Dept. of Urban Information & Cadastral Engi., Kyungil University, Daegu 712-701, Korea  
Phone: +82-53-850-7314  
E-mail: ahnsso@kju.ac.kr

인자와 기후학적인자의 영향을 받게 되며, 하천형태학적 특성인자도 이들 인자와 밀접한 상관성을 가지고 있는 것으로 밝혀지고 있다<sup>8)</sup>. 특히 하천의 분기특성을 이용한 유출해석모형에서 최소차하천의 크기는 유역의 지형매개변수 결정에 매우 민감한 영향을 미치게 되므로 최소차하천의 임계면적을 제안할 필요가 있다.

2.1. 하천의 차수분류

유역내의 하천이 얼마나 많은 지천을 가지고 있는가를 나타내는 척도를 표시하는 방법으로 하천차수를 이용한다. 하천의 모든 길이는 그의 차수로 구분되며, 한 유역의 최상류에 위치한 하천은 하류로 유하하는 과정에서 다른 하천과 합류하고 이는 다시 하류에서 또 다른 하천과 합류한다. 일반적으로 자연하천유역의 구성과 하도망의 형태에 관한 정량적인 연구는 Horton<sup>9,10)</sup>이 제시한 하천 차수법칙을 적용하여 하도의 개수, 하도길이 등에 관한 지형법칙을 제안한 것에서 시작되었다. 그 후 Strahler<sup>11)</sup>는 Horton의 차수법칙을 수정하여 체계화시켰으며, Shreve<sup>12)</sup>는 이를 수학적으로 규명하였다. 또한 하천의 형태학에 관한 연구는 정성적으로 표시되어 오다가 Horton의 차수개념을 시점으로 정량적으로 분석이 가능해졌으며 Strahler에 의해 유역의 형태학적 성질을 분석할 수 있게 되었다<sup>13-15)</sup>.

하천의 차수를 부여하는 방법은 여러 가지 방법이 있으나 본 연구에서는 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 최상류 지천을 1차 하천으로 하여 하류로 내려가면서 하천차수를 부여하는 방법을 이용하였다.

Horton-Strahler개념에 의한 하천차수는 최상류단의 하천 즉, 지류를 갖지 않는 수원의 세류를 1차 하천이라고 하고 두 개의 1차 하천이 만나면 2차 하천, 다시 두 개의 2차 하천이 만나면 3차 하천이 된다. 그러나 u차 하천이 u차 보다 작은 차수의 하천과 만날 경우에는 u차 하천의 차수는 변하지 않는다.

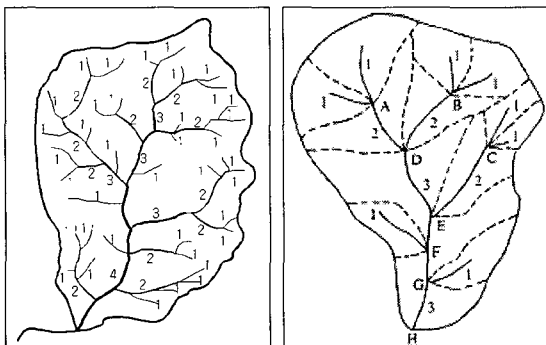


Fig. 1. Stream order of river basin(Horton-Strahler method).

하천차수는 다른 형태의 배수특성을 계산하는데 이용된다.

2.2. 유역의 지형매개변수 추출

유역은 강우가 지속되는 동안 유역의 유일한 유출구를 통과하는 유출에 기여하는 모든 지면으로 정의되며, 유역의 경계는 지형 분수계에 의하여 정의된다. 유출은 분수계의 높은 지점에서 시작하여 등고선에 대한 직각방향으로 낮은 지점을 통하여 이동하므로 유역면적이 크면 지표유출도 크게 된다. 하천 분기특성을 이용한 강우-유출 해석 모형에서 유출에 영향을 미치는 지형매개변수는 여러 가지가 있으나 일반적으로 하천의 차수분포, 차수별 유역면적, 유로연장, 유역형상, 유역 및 하도경사, 하천의 분기특성, 배수밀도 등이 있다.

DEM(Digital Elevation Model)을 이용한 하천차수의 결정과정은 Fig. 2(a)와 같이 DEM 격자로부터 작성된 하천차수 그리드를 하천차수 선형 Coverage로 변형시켜 차수별 정보를 추출하게 된다. 일반적으로 유역면적은 강우로부터 유발될 수 있는 유출의 잠재력을 나타내는 잠재유출체적(Potential runoff volume)의 척도이고 침투유량의 가장 중요한 인자이므로, 차수별 면적을 산정하기 위해서는 < Fig. 2(b)>와 같이 하천이 만나는 지점을 확인하여야 하며, 차수별 교차점이 확인되면 교차점 Grid를 생성하여 유역설정 모듈과 같은 방법으로 차수별 면적을 계산한다(Fig. 2(c)). 차수별 면적으로 계산된 Grid Coverage는 1차 하천 Grid 이외에는 하위 차수 Grid 면적을 포함하고 있으므로 Grid 연산에 의해 하위차수 면적에 해당하는 Grid를 제외시키고 계산하게 된다.

다음으로, 하천의 차수별 경사는 Fig. 2(d)와 같이 하천의 흐름을 따라 인접 셀의 높이를 확인하여 거리와 높이의 비로 경사를 구하고 차수별 하천에 해당하는 부분을 추출하여 평균경사를 계산하였다. 또한, 하천경사는 Fig. 2(e)와 같이 주 하천의 길이 중 최고지점과 최저지점을 각각 확인하여 상하 흐름에 의한 각각의 길이 값을 추출하여 결정하게 되므로, DEM 자료로부터 확인된 각 지점의 높이 값(최대표고차이 ΔH와 수평거리 L)을 추출하여 높이와 길이의 비로 계산하였다.

그리고 주 하천연장은 Fig. 2(f)와 같이 유출구에서 가장 먼 Grid에서 각 Grid까지의 거리 또는 유출구에서 모든 Grid Cell까지의 거리를 측정할 수 있는 Flow length 명령어를 이용한다. 하천 총 연장은 전처리에서 작성된 하천망 Coverage로부터 Arc/Info의 통계모듈인 통계함수를 사용하여 하천망 길이의 합을 계산하게 된다.

최소차 하천의 임계면적에 따른 유역 지형매개변수의 변화특성

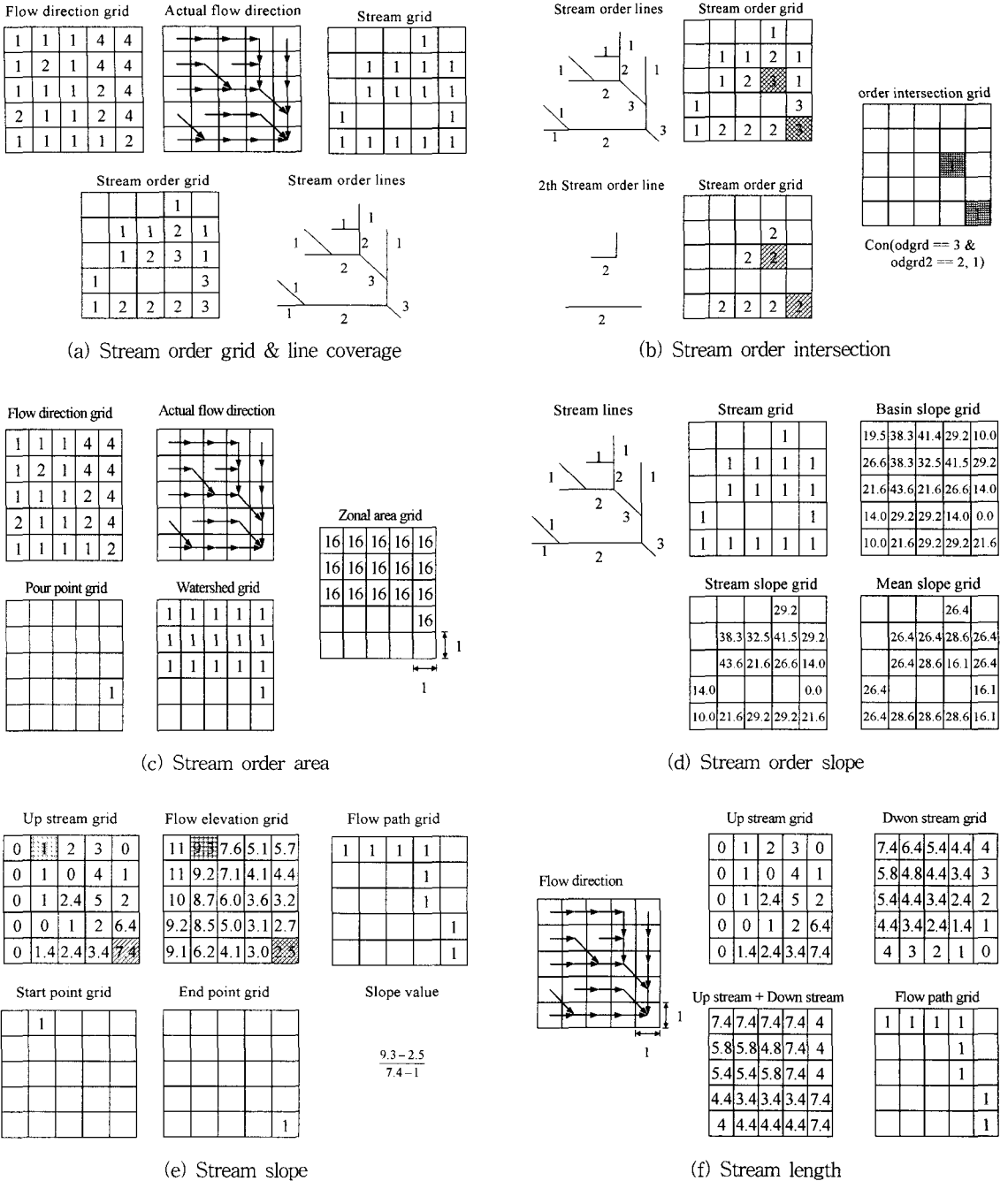


Fig. 2. Determination of stream topographical parameters using DEM(Kim & Shin, 2002).

마지막으로, 유역의 경사는 DEM 자료로부터 Slope Grid 함수를 이용하여 경사 Grid를 생성하고, 생성된 경사 Grid는 전처리에서 작성된 유역 Grid로 유역 범위의 경사 Grid를 추출한다. 또한, 하천밀도 또는 배수밀도 D는 유역내의 총 하천길이를 총 면적으로 나눈 값으로 정의되고 유역의 단위면적에 대

한 하천길이를 나타낸다. 따라서 D는  $[L^{-1}]$ 의 차원을 갖는다.

$$D = \frac{L_T}{A_k} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N \frac{L_{ji}}{A_k}$$

여기서,  $L_T$ 는 차수 k인 유역면적  $A_k$ 내 하천의 총

길이이다. 첨자  $j$ 는 차수를,  $i$ 는 하천의 수를 나타낸다. 높은 배수밀도는 상대적으로 높은 하천밀도와 신속한 호우응답을 나타낸다.

2.3. 유역의 하천 차수비 산정

Horton(1945)은 한 유역내에 차수가 동일한 하천의 개수는 식(1)과 같이 표현한 바 있다.

$$N_{\omega} = R_{\frac{\Omega}{B}}^{-\omega} \quad (1)$$

여기서,  $\omega$ 는 하천의 차수,  $N_{\omega}$ 는  $\omega$ 차 하천의 개수,  $\Omega$ 는 유역의 차수이며,  $R_B$ 는 하천 분기비로서, 하천차수별 하천의 개수를 산정하고 각각에 대수를 취하여 구한 직선의 기울기가  $\log R_B$ 로 나타낸다.

식(1)을 이용한 유역내 총 하천의 개수는 식(2)와 같이 분기비의 등비수열 형태로 나타낼 수 있다.

$$\sum_{\omega=1}^{\Omega} N_{\omega} = 1 + R_B + R_B^2 + \dots + R_B^{\Omega-1} = \frac{R_B^{\Omega} - 1}{R_B - 1} \quad (2)$$

따라서, 하천의 분기비는 다음 식(3)과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$R_B = \frac{N_{\omega-1}}{N_{\omega}} \quad (3)$$

하천길기와 유역면적에 관한 법칙도 하천개수의 법칙과 마찬가지로 면적비 ( $R_A$ )와 길이비 ( $R_L$ )를 이용하여 나타낼 수 있으며, 유역내에서 임의의 차수에 대한 하천의 평균길기와 평균면적은 다음 식(4) 및 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{L}_{\omega} = \frac{1}{N_{\omega}} \sum_{i=1}^{N_{\omega}} L_{\omega i} \quad (4)$$

$$\bar{A}_{\omega} = \frac{1}{N_{\omega}} \sum_{i=1}^{N_{\omega}} A_{\omega i} \quad (5)$$

여기서,  $L_{\omega i}$ 는  $\omega$ 차 하천의 길이,  $\bar{L}_{\omega}$ 는  $\omega$ 차 하천의 평균길이,  $A_{\omega i}$ 는  $\omega$ 차 하천의 유역면적,  $\bar{A}_{\omega}$ 는  $\omega$ 차 하천의 평균 유역면적이다.

따라서, Horton의 하천차수에 따른 법칙은 하천면적비( $R_A$ ), 하천분기비( $R_B$ ) 및 하천길이비( $R_L$ ) 및 에 대하여 식(6)~(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_A = \frac{A_{\omega}}{A_{\omega-1}} \quad (6)$$

$$R_B = \frac{N_{\omega-1}}{N_{\omega}} \quad (7)$$

$$R_L = \frac{L_{\omega}}{L_{\omega-1}} \quad (8)$$

경험적으로 보아 자연 하천유역에서 분기비는 3.0~5.0, 길이비는 1.5~3.5, 면적비는 3.0~6.0의 값을 갖는다. 특히, 분기비의 경우 이론적인 최소값은 2.0 이나 자연하천 유역에서는 거의 나타나지 않는다. 또한, 유역이 비교적 균일한 구조적 특성을 가지고 있다면 기하학적인 상사성을 보이는 경향이 있으므로 유역간 분기비는 큰 차이를 보이지 않는다.

3. 분석결과 및 고찰

3.1. 연구대상유역의 선정 및 자료

본 연구에서는 지형매개변수 추출을 위하여 금호강 최상류로부터 금호수위관측소까지의 유역을 대상으로 선정하였다(Fig. 3). 연구대상유역은 금호강의 일부로서 동경 128°41'~129°13', 북위 35°49'~36°15' 사이에 위치하고 있으며, 유역면적 920.834km<sup>2</sup>(금호강 전 유역면적 2,087.9km<sup>2</sup>의 약 44.1%), 유로연장은 64.454km(금호강 전 유로연장 114.6km의 약 56.4%)이다.

분석을 위하여 국립지리원에서 구축된 1/25,000

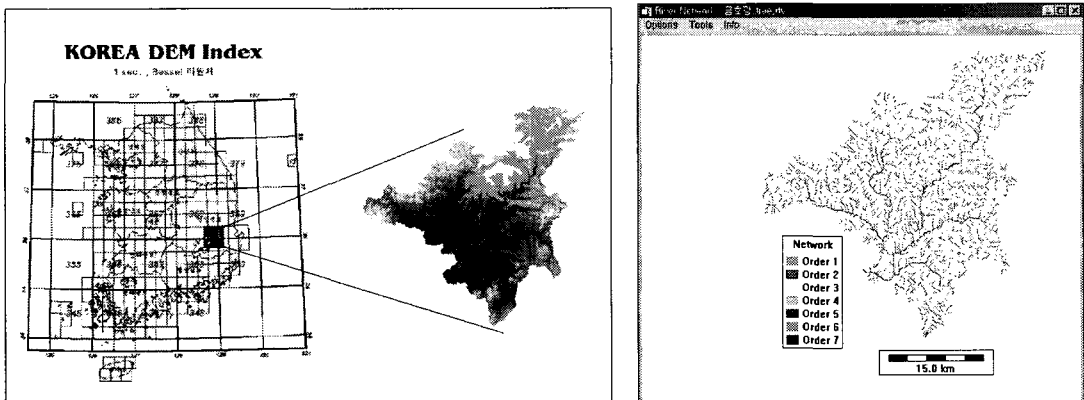


Fig. 3. Distribution characteristic of stream order & location of river basin.

수치지형도로부터 10m 주곡선 등고선 자료를 이용하여 DEM자료를 구축하였다. 이 등고선 표고자료를 이용하여 TIN을 생성한 다음 TIN자료를 이용하여 10×10m 격자 DEM을 구축하였다. 격자 DEM으로부터 연구대상유역을 결정하기 위하여 유역의 출구좌표를 입력하면 흐름방향 격자를 이용하여 각각의 격자 DEM으로부터 배수유역이 자동으로 추출되며, 이 자료를 이용하여 최소차 하천의 임계면적에 따른 유역의 지형매개변수를 추출하게 된다.

### 3.2. 분석결과 및 고찰

금호수위표지점 상류유역을 대상으로 최소차하천의 임계면적에 따른 지형매개변수의 변화특성을 검토한 결과 Table 1 및 Fig. 4와 같았다. 지형매개변수의 검토범위로는 하천차수별 개수, 유로연장, 면적, 경사, 기복도, 만곡도, 배수밀도 및 전 유역에 대한 유로연장, 총 하천의 길이 등을 검토하였다.

먼저, 하천차수별 개수에 대한 검토결과 Table 1에서 나타낸 바와 같이 본 연구대상유역의 경우 최소면적을 0.01km<sup>2</sup>으로 할 때 8차 하천, 0.05~0.1km<sup>2</sup>으로 할 때 7차 하천, 0.15km<sup>2</sup>이상으로 할 때 6차 하천 구분되었으며, Fig. 4(a)에서 분포특성을 검토한 바와 같이 전체적으로 볼 때 0.1km<sup>2</sup>를 기준으로 그 특성이 명확히 구분되고 있음을 알 수 있었다.

그리고 하천차수별 경사의 경우도 차수별 개수와 마찬가지로 Table 1 및 Fig. 4(a)에서 나타낸 바와 같이 본 연구대상유역의 경우 최소면적 0.1km<sup>2</sup>를 기준으로 그 특성이 명확히 구분되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 차수별 면적이나 경사, 기복도, 만곡비 및 배수밀도 등은 Table 1에서 나타낸 바와 같이 큰 차이가 없는 것으로 검토되었다.

다음으로, 최소면적을 기준으로 한 전체 유역의 지형특성은 Fig. 4(d)~(h)에서 나타낸 바와 같이 최소면적은 0.1~0.2km<sup>2</sup>를 기준으로 특성이 급격하게 변함을 알 수 있었다.

마지막으로, 하천유역의 지형학적 매개변수를 이용한 유출량 산정시에 중요한 매개변수로 사용되고 있는 하천 차수비를 분석한 결과 Table 2와 같이 검토되었다. Table 2에서 나타낸 바와 같이 하천면적비( $R_A$ )는 4.137~4.998까지 검토되었으며 최소임계면적 0.10~0.15km<sup>2</sup>에서 미소한 변동이 있었으나 전반적으로 최소차하천의 임계면적이 커질수록 감소하고 있었다. 또한 하천분기비( $R_B$ )는 3.571~4.504의 범위로서 최소차하천의 임계면적이 커질수록 감소하고 있었으나 면적비와 마찬가지로 최소임계면적 0.10~0.15km<sup>2</sup>에서 미소한 변동이 있었다. 그리고 하천길이비( $R_L$ ) 1.626~2.303으로 검토되었으나 임계면적과는 큰 관계가 없음을 알 수 있었다. 이러

한 결과로 볼 때 Horton의 차수법칙에 따른 3가지 요소는 임계면적에 따른 하천차수비는 임계면적이 커질수록 전반적으로 작아지고 있음을 알 수 있었으나 유출에 미치는 영향은 강우-유출모형의 적용을 통하여 검토할 필요가 있음을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 최소차하천의 임계면적에 따른 지형매개변수의 특성검토를 위하여 금호강 중류의 금호수위표지점 상류유역에 대한 1:25,000 수치지형도를 10×10m 격자망으로 구성하여 분석하였다.

- 1) 하천차수별 개수에 대한 검토결과 본 연구대상유역의 경우 최소면적을 0.01km<sup>2</sup>으로 할 때 8차 하천, 0.05~0.1km<sup>2</sup>으로 할 때 7차 하천, 0.15km<sup>2</sup>이상으로 할 때 6차 하천 구분되었으며, 차수별 분포특성을 검토한 바와 같이 전체적으로 볼 때 0.1km<sup>2</sup>를 기준으로 그 특성이 명확히 구분되고 있음을 알 수 있었다.
- 2) 하천차수별 경사의 경우도 차수별 개수와 마찬가지로 최소면적 0.1km<sup>2</sup>를 기준으로 그 특성이 명확히 구분되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 차수별 면적이나 경사, 기복도, 만곡비 및 배수밀도 등은 큰 차이가 없는 것으로 검토되었다.
- 3) 최소하천의 임계면적을 기준으로 한 전체 유역의 지형특성을 검토한 결과 최소면적은 0.1~0.2km<sup>2</sup>를 기준으로 특성이 급격하게 변함을 알 수 있었다.
- 4) 하천유역의 지형학적 매개변수를 이용한 유출량 산정시에 중요한 매개변수로 사용되고 있는 하천 차수비를 분석한 결과 최소임계면적이 커질수록 하천면적비( $R_A$ )와 하천분기비( $R_B$ ) 감소하고 있었으나 하천길이비( $R_L$ )는 임계면적과 큰 관계가 없음을 알 수 있었다.

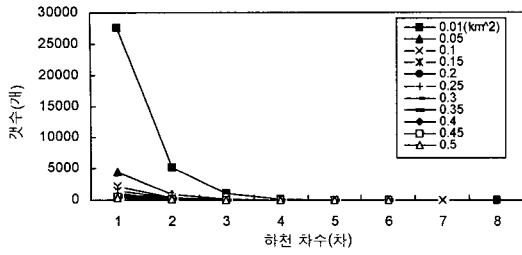
이러한 분석결과로 볼 때, 최소차하천의 임계면적 설정방법에 따라서 유역의 지형매개변수에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 또한, 최소하천의 임계면적에 따른 지형매개변수의 Horton의 차수법칙에 따른 3가지 요소는 임계면적에 따른 하천차수비는 임계면적이 커질수록 전반적으로 작아지고 있음을 알 수 있었으나 유출에 미치는 영향은 강우-유출모형의 적용을 통하여 검토할 필요가 있음을 알 수 있었다. 그러나 이러한 결과는 금호수위표 상류유역에 대한 지형특성이므로 계속되는 연구에서는 DEM격자크기에 따른 최소차하천의 임계면적 특성 및 유출특성을 검토하여 제 3의 유역에 대한 검증 실시함으로서, 향후 유출특성분석에 필요한 지

Table 1. Comparison between the topographical parameters according to the threshold value of minimum order stream

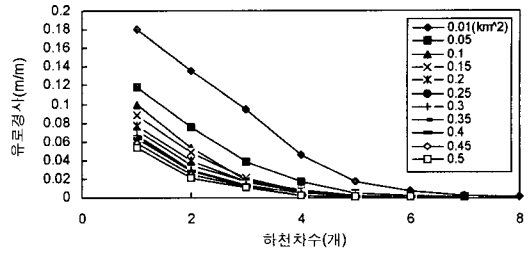
Parameters	Area(km <sup>2</sup> )	Stream Order							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Number	0.01	27,562	5,197	1,029	208	44	8	2	1
	0.05	4,448	869	175	40	7	2	1	-
	0.10	3,627	552	115	29	5	2	1	-
	0.15	1,252	291	68	12	3	1	-	-
	0.20	1,115	224	51	10	3	1	-	-
	0.25	895	185	44	10	3	1	-	-
	0.30	732	157	36	7	2	1	-	-
	0.35	615	130	28	6	2	1	-	-
	0.40	556	121	27	6	2	1	-	-
Length (L, km)	0.01	0.149	0.277	0.677	1.620	3.840	12.694	24.289	9.746
	0.05	0.317	0.726	1.682	4.239	16.036	16.874	9.746	-
	0.10	0.436	1.039	2.484	7.224	15.723	5.848	9.746	-
	0.15	0.528	1.278	2.761	11.881	19.851	11.902	-	-
	0.20	0.621	1.495	3.173	12.053	19.018	11.902	-	-
	0.25	0.707	1.580	3.203	11.675	19.018	11.902	-	-
	0.30	0.786	1.667	4.432	15.079	16.874	9.746	-	-
	0.35	0.881	1.912	5.396	18.316	5.848	9.746	-	-
	0.40	0.901	1.982	5.276	18.316	5.848	9.746	-	-
Area (A, km <sup>2</sup> )	0.01	0.021	0.096	0.483	2.531	12.491	81.932	400.596	920.834
	0.05	0.118	0.581	2.877	13.794	100.981	400.596	920.834	-
	0.10	0.223	1.782	3.996	33.813	158.216	401.796	920.834	-
	0.15	0.452	2.065	9.412	54.962	244.256	920.834	-	-
	0.20	0.471	2.301	12.653	61.256	253.654	920.834	-	-
	0.25	0.594	2.741	11.238	67.222	265.874	920.834	-	-
	0.30	0.720	3.193	15.698	100.981	400.596	920.834	-	-
	0.35	0.858	3.950	19.658	142.186	400.596	920.834	-	-
	0.40	0.943	4.292	19.854	142.186	400.596	920.834	-	-
Slope (m/m)	0.01	0.180	0.136	0.094	0.046	0.017	0.007	0.003	0.001
	0.05	0.118	0.076	0.038	0.017	0.005	0.002	0.001	-
	0.10	0.100	0.054	0.019	0.009	0.003	0.001	0.001	-
	0.15	0.088	0.048	0.021	0.008	0.003	0.001	-	-
	0.20	0.077	0.040	0.017	0.006	0.003	0.001	-	-
	0.25	0.072	0.035	0.017	0.006	0.003	0.001	-	-
	0.30	0.067	0.030	0.014	0.005	0.002	0.001	-	-
	0.35	0.065	0.029	0.013	0.003	0.001	0.001	-	-
	0.40	0.063	0.028	0.013	0.003	0.001	0.001	-	-
Drainage Density (1/km)	0.05	6.473	7.665	7.339	7.094	7.101	7.239	7.429	7.502
	0.05	2.529	2.871	2.810	2.747	2.883	2.885	2.891	-
	0.10	1.753	2.081	2.057	2.062	2.123	2.063	2.069	-
	0.15	1.406	1.715	1.684	1.679	1.720	1.710	-	-
	0.20	1.215	1.476	1.478	1.487	1.505	1.498	-	-
	0.25	1.106	1.339	1.321	1.349	1.369	1.36	-	-
	0.30	1.006	1.202	1.214	1.232	1.240	1.244	-	-
	0.35	0.963	1.124	1.149	1.186	1.161	1.165	-	-
	0.40	0.888	1.052	1.081	1.114	1.097	1.102	-	-

형태개변수를 GIS시스템을 이용하여 결정할 경우에 단된다.  
 매개변수의 추출 정확도를 높일 수 있을 것으로 판

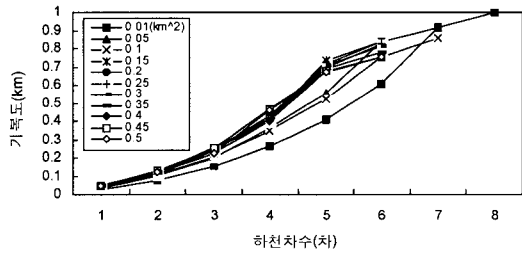
최소차 하천의 임계면적에 따른 유역 지형매개변수의 변화특성



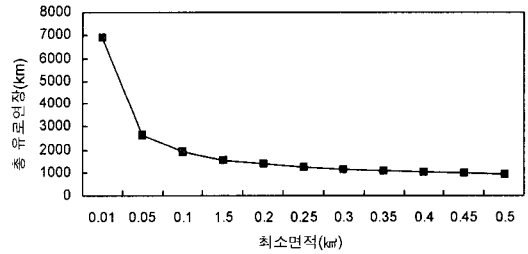
(a) Number of stream order



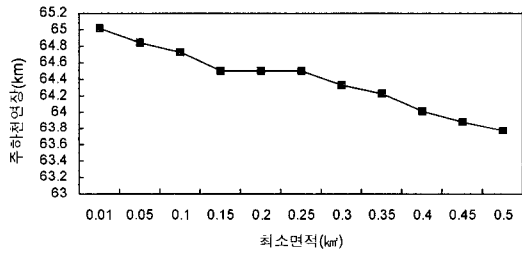
(b) Slope of stream order



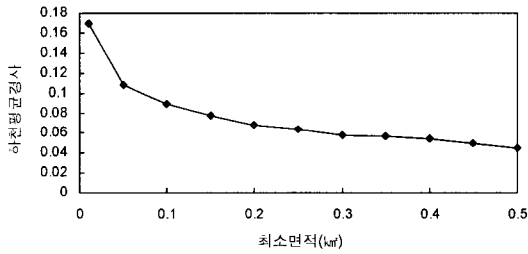
(c) Basin relief



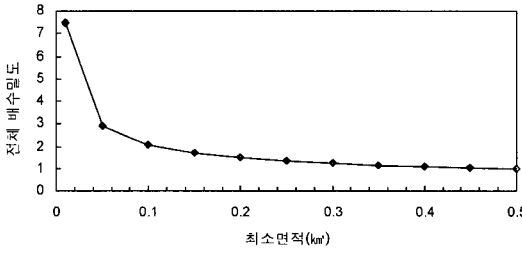
(d) Total stream length



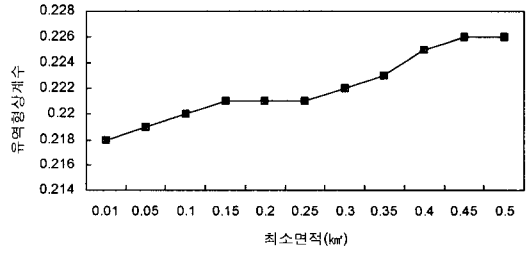
(e) Main stream length



(f) Stream mean slope



(g) Stream drainage density

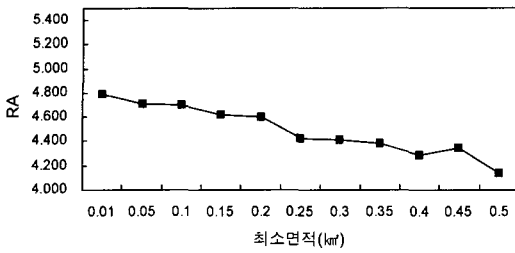


(h) Basin shape factor

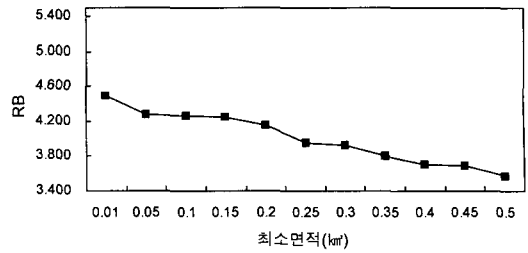
Fig. 4. Comparison between the topographical parameters according to the threshold value of minimum order stream.

Table 2. Comparison of Horton stream order ratios according to the threshold value of minimum order stream

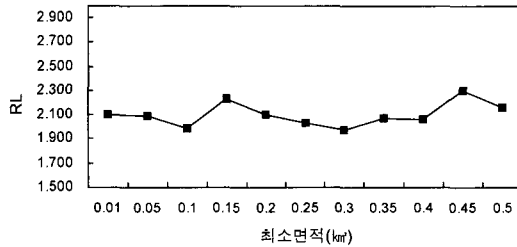
	Threshold Area(km <sup>2</sup> )										
	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
$R_A$	4.789	4.709	4.701	4.621	4.599	4.423	4.410	4.386	4.291	4.343	4.137
$R_B$	4.504	4.279	4.273	4.250	4.161	3.955	3.933	3.808	3.715	3.698	3.571
$R_L$	2.098	2.090	1.983	2.231	2.103	2.032	1.976	2.075	2.064	2.303	2.163



(a) Stream area ratio(  $R_A$  )



(b) Stream bifurcation ratio(  $R_B$  )



(c) Stream length ratio(  $R_L$  )

Fig. 5. Comparison of Horton stream order ratios according to the threshold value of minimum order stream.

참고 문헌

- 1) 양인태, 김연준, 1997, 수문해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도분석에서 격자 크기의 영향, 한국측지학회지, 15(2), 221-230.
- 2) 김연준, 1999, 지형공간정보체계를 이용한 유역 분석, 강원대학교 박사학위논문, 1-145pp.
- 3) 김연준, 신계중, 2002, DTED와 1:50,000 수치지형도에 의한 격자 DEM의 지형 매개변수 비교, 한국지리정보학회지, 5(3), 19-32.
- 4) 안승섭, 조명희, 이증석, 1995, 하천유역의 유역 특성인자 분석을 위한 위성영상과 GIS의 응용에 관한 연구, 대한토목학회 1995년도 학술발표회논문집(III), 149-152pp.
- 5) 안승섭, 조명희, 1998, 위성영상과 GIS를 이용한 하천유역의 유역특성인자 추출에 관한 연구, 한국지역지리학회지, 4(1), 121-134.
- 6) 이증석, 안승섭, 신성일, 김대형, 정순돌, 2002, 하천지형특성을 이용한 홍수유출해석, 한국지리정보학회 2002 추계학술발표대회 발표논문집, 85-91pp.
- 7) 안승섭, 이증석, 김종호, 여규동, 장병일, 2004, 지형매개변수를 이용한 유출해석에 있어서 최소차하천의 임계면적 결정에 관한 연구, 한국환경과학회 봄학술발표회 발표논문집, 13(1), 301-305.
- 8) 최철웅, 1999, 지형공간정보체계를 이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구, 부산대학교 대학원 박사학위논문, 1-211pp.
- 9) Horton, R. E., 1932, Drainage Basin Characteristics, Trans. Amer. Geophys. Union, 13, 350-361.
- 10) Horton, R. E., 1945, Erosional Development of Stream and Their Drainage Basins : Hydro-physical Approach to Quantitative Morphology, Bull. Geol. Soc. of Amer., 56, 275-375.
- 11) Strahler, A. N., 1954, Statistical Analysis in Geomorphic Research, Jour. Geology., 61, 1-25.
- 12) Shreve, R. L., 1966, Statistical Law of Stream Number, Jour. of Geology, 74(1), 17-37.
- 13) Carter, J. R., 1992, The effect of data precision on the calculation of slope and aspect using gridded DEMs, Cartographica, 29, 22-34.
- 14) Franklin, S. E., 1987, Geomorphometric processing of digital elevation models, Computers and Geosciences, 13, 603-609.
- 15) Mark, D. M., 1984, Automatic Detection of Drainage Networks from Digital Elevation Models, Cartographica, 21, 168-178.