

하천지형학 입문(I)

박 종 관

(건국대학교 이과대학 지리학과 조교수)

1. 머리말

과거 약 30년전부터 지금까지 하천치수를 목적으로 계속되어 온 하안·고수부지 정리 작업, 골재채취 및 하상 정리작업, 하천 직강화 등 인위적인 하천개수작업으로 말미암아 하천의 자연환경이 극도로 파괴되었다. 하천이란 옛부터 인간들에게 생명수뿐만 아니라 생활공간을 제공해주는 없어서는 안될 환경요소임에도 불구하고, 하천을 상대로 한 여러 건설공사가 결과적으로 지역주민으로부터 하천공간을 앗아가 버리고 만 것은 안타까운 일이다. 그나마 최근 '풍요로운 하천환경'에 대한 사회의 관심이 고조되면서, '하천이란 그 유역에 생활터전을 두고 있는 지역주민들이 더불어 삶을 영위할 수 있는 공간이어야 한다'는 하천에 대한 재인식은 21세기의 삶의 질을 추구하는 사회만들기를 위한 밑거름이 될 수 있을 것으로 생각된다.

그러나, 우리가 매일 보고 접하며 살고 있는 하천은 우리에게 일만큼 잘 알려진 대상물인지 한번쯤은 곰곰히 생각해 볼 필요가 있다. 우리는 하천의 생리를 어느 정도 잘 알고 있을까? 우리가 늘 보고 있는 하천은 하천의 가시적 공간에 불과해 지도상에서는 한개의 점으로도 표시할 수 없는 작은 공간이며, 상류와 하류의 공간적 개념을 상실해서는 하천을 올바르게 평가

할 수 없다는 점을 충분히 이해하고 있는가? 아니면 가시구간으로서의 하천만을 머리속에 고집한 채, 그래서 하천의 극히 일부의 모습만을 보고 하천유량 제어나 하천수질 정화 등의 하천개수 작업을 시행하고 있는 것은 아닌지 다시 한번 잘 생각해 볼 일이다.

이에 본고에서는 자연지형으로서의 하천의 특성 및 하상(河相)의 이해에 도움을 주기 위하여 배수시스템으로서의 하천특성, 하천에 관한 일반적인 법칙, 하천형성 과정, 하천의 퇴적지형과 침식지형, 유역과 하천환경, 그리고 하천과 인간간의 관계 등을 밝혀 바람직한 하천지형관에 대해 고찰해 보고자 한다.

2. 하천과 하천지형학

하천을 인간과 가까운 곳에 두게 하기 위해서는 하천에 관한 올바른 정의가 필요하다. 하(河), 천(川), 하천은 지금까지 동일한 뜻으로 사용되어 왔다. '하'의 어원은 원래 고대 중국에서 황하를 단순히 하로 불렀던 것에 기인하며, '천(stream)'은 일반적 의미로의 하천을 지칭해 '하'와 구별하였다. 고대 폐쇄사회 이후 인근 지역간의 교류가 시작되자 교류전의 자신의 지역 내에 흐르던 하천을 지칭했던 천이라는 말로는 어느 하천을 지칭하는지 알 수 없게 되어 강(江)이라는 말이 생겨났다. '강(river)'이란 말

도 원래는 장강(長江, 양자강을 뜻함)을 가리키던 것이다. 그러던 것이 최근에는 천과 강이라는 두가지 명칭으로 나뉘어졌으며 일반적으로 강은 천보다 큰 규모의 하천을 의미한다.

하천은 여러 학문분야에서 주된 관심대상이다. 지형학, 생물학, 환경학 등의 기초과학은 물론 토목공학, 환경공학, 농공학, 조경학 등의 응용과학에 이르기까지 하천은 다양한 속성만큼이나 많은 연구분야를 제공하고 있는 자연의 복합적 산물이다. 이렇듯 하천을 연구하는 다양한 학문분야 중에서도 지형학(地形學)은 하천의 지형형성 과정을 비롯한 제반특성에 대해 연구하는 학문이며, 지형학이 지리학의 일부이라는 점으로 볼 때 하천은 지리학의 고유 연구영역이라고 할 수 있다.

지형학은 하천, 해안, 화산, 빙하, 사막 등 다양한 지상의 지형발달과 지형형성 과정을 연구 테마로 삼고 있으며, 따라서 하천지형학(river geomorphology, fluvial geomorphology)은 한마디로 하천의 지형발달과 지형형성과정을 연구하는 학문이라고 정의할 수 있다. 그러나, 하천에 관한 자연현상의 해석만을 연구하는 것이 하천지형학의 주된 관심사는 아니다. 왜냐하면, 지형학 역시 자연환경 연구를 토대로 인문환경간의 관계를 연구하는 지리학의 한 분야이기 때문에 자연과 인간간의 관계, 즉 하천과 관련된 인간활동과의 상호관계에 대한 연구도 하천지형학의 주된 관심영역인 것이다.

3. 배수시스템으로서의 하천

3.1 하천유역

하천의 중요한 역할은 지상에 떨어진 강수를 모아서 배수시키는 일이다. 어떤 하천이라 하더라도 수원(水源)으로부터 유역의 하구(河口)까지 한개의 유로만으로 이루어져 있는 하천은 없다. 지형도를 펴보면 수원부터 하구까지 하천이 어떤 모습으로 발달되어 있는가를 쉽게 알 수

있다. 하구로부터 상류를 향해 하천을 거슬러 올라가면 유로는 점차 가늘어지며 점차 작은 하천을 지나 결국은 수원에 도달하게 된다. 흔히 하구는 나무뿌리와 비교되며 나무줄기에 해당하는 것이 본류 혹은 본천, 나뭇가지에 해당하는 것을 지류 혹은 지천이라고 한다. 이와 같이 하천은 공통의 출구를 갖는 지류의 집합체이며, 그 자체가 하나의 시스템으로 구성되어 있다. 이 시스템을 수계(水系) 또는 하계(河系)라고 한다. 각각의 수계는 일정한 권역을 갖고 있으며 그 권역내에 떨어진 강수는 한곳으로 모여져 하구를 통해 배수가 이루어진다. 이 권역을 유역(drainage basin(미), catchment(영))이라고 한다. 일반적으로 하천규모가 커질수록 유역면적이 커지고 본류의 길이도 길어진다. 본류의 유로길이(Lm : Km)와 하구까지의 유역면적(A : Km²) 사이에는

$$L_m = 1.89A^{0.6} \quad (1)$$

과 같은 관계가 있으며, Lm은 A에 비례하여 증가한다.

한편, 유역과 유역의 경계부를 분수계 또는 유역계라고 하며, 특이한 경우를 제외하고는 지표수뿐만 아니라 지하수 분수계도 보통 지형적 분수계를 경계로 구분된다.

3.2 수계도 작성

배수시스템으로서의 하천의 평면적인 배치를 파악하기 위하여 흔히 지형도나 항공사진으로부터 하천의 유로부분을 그려내는데 이를 수계도 혹은 하계도라 한다. 손쉽게 구할 수 있는 것은 1/25,000 혹은 1/50,000 축척의 지형도이다. 지형도를 기본으로 수계도를 만들 때에는 지형도위에서 하천의 유로를 나타내는 청색의 하천줄기(이것을 수선(水線)기호라고 한다)만을 따라 그려서는 올바른 수계망도를 그렸다고 할 수 없다. 실제 현장에는 하천이 발달되어 있어 물

이 흐르고 있다 하더라도 하폭이 어느 정도 이하의 유로는 관례상 지형도상에 표현을 하지 않아도 되도록 되어 있기 때문이다. 예를 들어 1/50,000 축척의 지형도에서는 하폭이 1.5m이하의 유로는 기입되지 않고 있다. 따라서, 지형도에 그려져 있는 수선기호의 상류단은 수원이 아니기 때문에 등고선의 정렬상태에 따라 곡이라고 판단할 수 있는 최상한의 곳까지 수선기호를 연장하지 않으면 안된다. 영국의 지리조사소에서는 등고선의 정렬방법에 따라 수계를 기입할 경우 인접한 4개의 등고선 중 어느 한개가 상류측을 향해 구부러져 있으면 나머지 3개의 등고선이 확실한 굴곡이 없다 할지라도 골짜기로 간주해 수선기호를 그리는 것을 관례로 하고 있다. 그림 1은 이와 같은 방법에 따라 수계를 그려넣은 것이다. 그림 1(A)는 4번째 까지의 등고선이 상류측을 향해서 구부러져 있기 때문에 곡으로 간주해 수계를 기입한 예이며, 그림 1(B)에서는 도중에 등고선의 굴곡이 없어지는데

그 상류측에서 3번째, 4번째에 굴곡이 있기 때문에 수계로서 기입했다. 그림 1(C)는 인접한 4개의 등고선이 거의 평행으로 이루어져 있고 어느 것도 구부러져 있지 않기 때문에 수계가 그려져 있지 않다.

수계의 상단부를 어디까지 연장시켜야 하는가 하는 것은 어려운 문제이나, 일반적으로 작업시 사용하는 지형도의 축척에 따라 서로 다르게 나타난다. 같은 지역이라 하더라도 축척이 큰 지

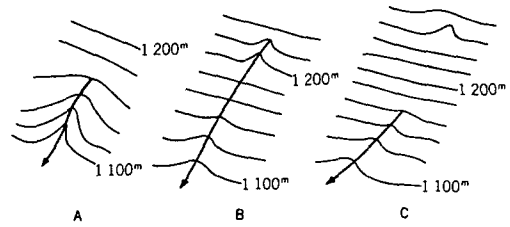


그림 1. 등고선의 배열에 따른 수계의 기입에 (Smith and stopp, 1978)

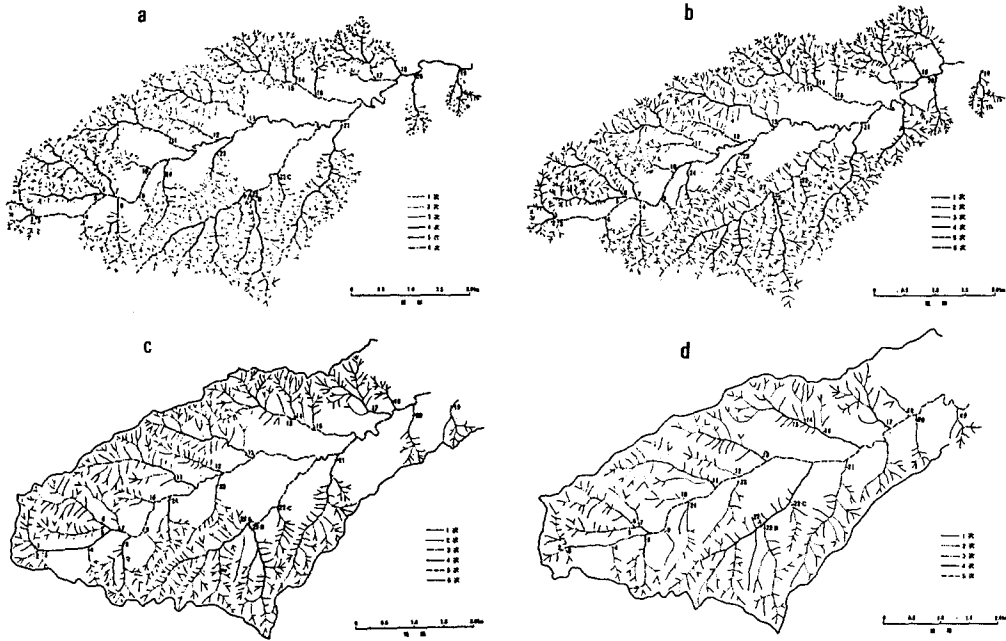


그림 2. 상이한 축척의 지형도를 사용해 수계도를 그렸을 경우의 예 (高山茂美, 1972)
(a: 1/3000, b: 1/10,000, c: 1/25,000, d: 1/50,000 지형도)

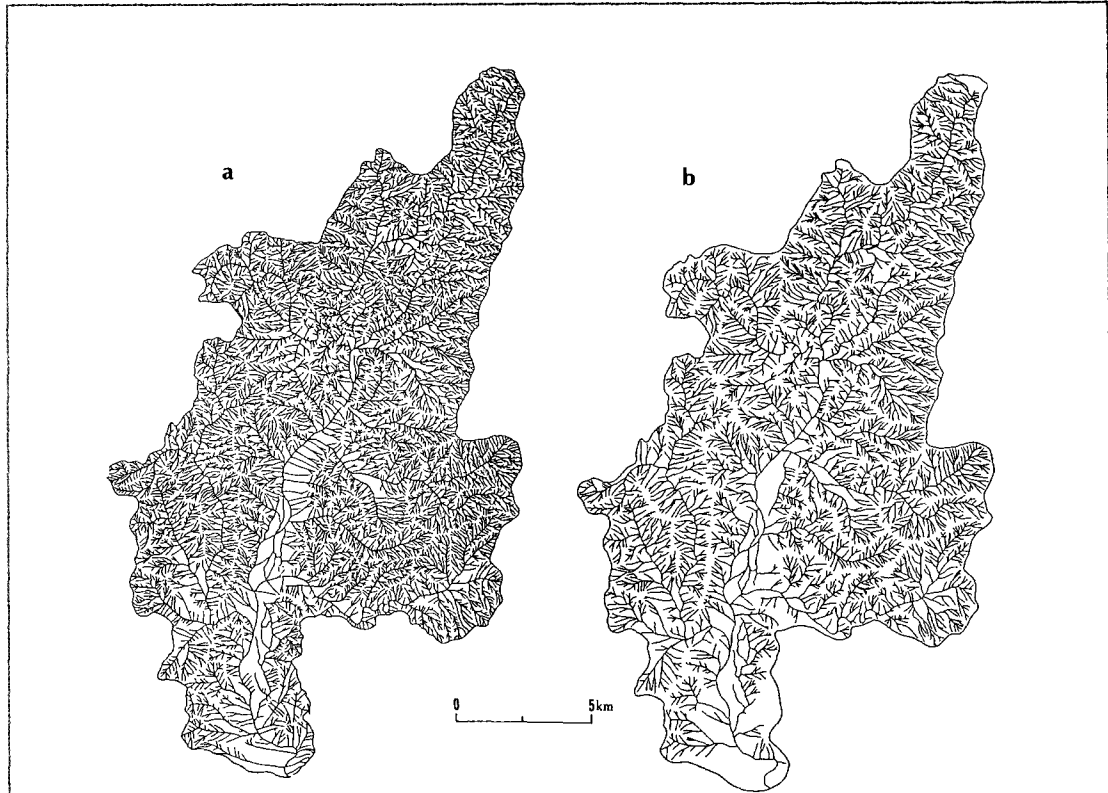


그림 3. 왕숙천유역의 수계도(1/50,000지형도 사용)

형도를 바탕으로 그린 수계도가 축척이 작은 지형도를 근거로 해 그린 수계도보다 자세하고 밀도가 높게 나타난다. 참고로 큰 축척이란 실제의 길이에 비해 줄어드는 비율이 작고 그림위에서의 길이가 큰 것을 의미한다. 따라서, 분모가 작은 것을 대축척이라고 한다. 그림 2는 지형도의 축척의 종류에 따라 수계도를 그린 예를 제시한 것이다.

한편, 동일한 축척의 지형도를 토대로 수계도를 작성하는 경우에도 작성자의 숙련도에 따라 서로 다른 수계밀도의 수계도가 그려질 수 있다. 그림 3은 학생들이 환경분석이라는 과목의 실습시간을 통해 5만분의 1지형도를 이용해 그린 왕숙천 유역의 수계도이다. 이 그림은 동일한 지형도를 사용했다하더라도 작성자의 야외조사 경력과 작업숙련도 등 하천에 대한 숙지도에

따라 서로 다른 수계도가 그려질 수 있다는 것을 단적으로 나타낸 것이다. 2만5천분의 1이나 5만분의 1 지형도를 이용해 수계도를 그릴 경우 등고선이 상류측을 향해 조금이라도 구부러져 있다면 골짜기로 인정해 수선기호를 연장시키는 것이 실제의 수계분포에 가깝다. 따라서, 그림 3의(a)가 (b)보다 더 실제의 하천수계에 가까운 수계도라고 할 수 있다.

4. 하천에 관한 일반적 법칙

4.1 하천의 차수

수계도를 그리는 목적은 수계망이 갖는 특성, 예를 들어 일련의 선분(유로)의 갯수, 길이, 분류되는 모양새 등을 알기 위해서이다. 만약 일

시하천을 포함한 하천의 최상류가 포함된 작은 하천이 표시되어 있는 수계망도가 있다고 하자. 이 중에서 하천의 최상류 부분을 1차 하천(first order stream)이라고 한다. 1차 하천 2개가 합류해 만든 하천을 2차 하천(second order stream), 2차 하천끼리 합류해 만든 하천을 3차 하천(third order stream)이라고 부른다. 이하, 마찬가지로 동일한 하천차수 방식이 적용된다.

한편, n차 하천끼리의 하천이 합류한 후의 하천차수를 (n+1)차 하천이라고 하는데, n차 하천보다 낮은 차수의 하천이 합류해도 합류 이후의 하천 차수는 변하지 않는다. 예를 들어 3차 하천이 2차 하천이나 1차 하천과 합류할 경우 합류 이후의 하천차수는 3차 하천 그대로 된다. 따라서, 이 수계의 본류의 하구부분은 최고의 차수의 하천부분으로 되어 최고차의 하천의 부분은 그 구역내에 1개밖에 없게 된다(그림 4 참조).

이와 같은 방법으로 하천에 차수를 붙인 것을 하천 차수(stream order)라고 한다. 이와 같은 하천 차수를 붙이는 수법은 Horton이 제창하고 Strahler가 개량, 보급하였다.

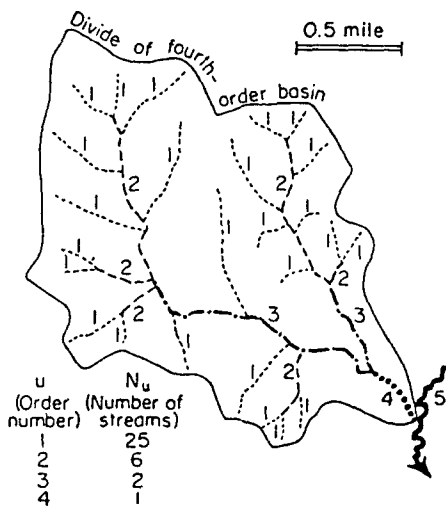


그림 4. 하천차수의 정의(Strahler, 1957)

지금, 차수 u, 및 u+1의 하천의 수를 N_u, N_{u+1}이라고 하면,

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (2)$$

을 분기율(bifurcation ratio)이라고 한다. 이 분기율은 인접한 차수별로 똑같은 값을 갖지는 않으나, 1개의 수계에 대해 살펴보면 거의 일정한 값을 갖는 것이 보통이다. 분기율의 값은 일반적으로 3.0에서 5.0 사이에 분포하고 이론적으로 그 최저값은 2.0이다.

그림 5와 같이 분기율 값이 극단적으로 큰 구역 A, 극단적으로 작고 이론 최저치에 가까운 구역 C, A와 C의 중간적인 구역 B가 있다고 했을 경우, 구역에 일정량의 비가 내린 후 구역 출구를 통과하는 유출량에 큰 차이가 발생할 것이라는 것을 쉽게 짐작할 수 있다. 이와 같이 서로 다른 크기를 지닌 구역으로부터의 유출량을 비교할 경우에는 일반적으로 유출량 Q를 구역 면적 A로 나누어 단위면적당의 유출량으로 환산한 값, 즉 비유량(specific discharge)을 사용하면 편리하다.

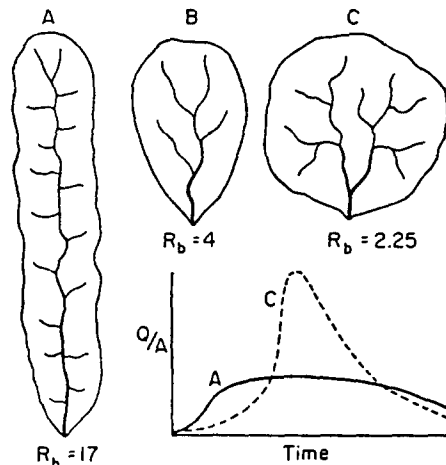


그림 5. 분기율이 극단으로 다른 구역에서의 유출량의 비교(Chow, 1964)

4.2 하천의 길이

하천 길이란 유역 하구로부터 최상류 끝까지의 본류의 총연장을 말한다. 수계의 어느 부분을 본류로 할지 판단이 어려울 때가 많으나, 이와 같은 경우에는 흔히 (1) 유역면적이 넓은 쪽, (2) 유로연장이 긴 쪽, (3) 홍수시 유출량이 큰 쪽 등 어느 하나를 기준으로 택해 본류로 선정, 그의 다른 것을 지류로 간주한다.

하천의 길이를 계산할 때 차수별로 그 하천의 평균길이를 생각하면 알기 쉽다. 즉, 차수가 u 인 각각의 하천 길이를 L_u , 그 수를 N_u , 평균길이를 \bar{L}_u 라고 하면 다음과 같다.

$$\bar{L}_u = \frac{\sum_{i=1}^u L_u}{N_u} \quad (3)$$

4.3 유역형상

유역형상(basin form)은 홍수시 유출량에 큰 영향을 미친다. 예를 들어 앞에서 이미 설명한 바와 같이 분기울 값이 큰 가늘고 긴 유역과 작고 둥근 유역은 극단적으로 유출량이 다르게 나타난다.

어떤 하천의 유역면적 A 를 유역길이 L_b 로 나눈 값을 유역의 평균폭(average basin width)이라고 한다.

$$B = \frac{A}{L_b} \quad (4)$$

B 가 L_b 와 비교해 작으면 유역의 형상은 가늘고 길게 되며, B 와 L_b 가 거의 일치하면 유역의 형태는 거의 원형에 가까운 것을 의미한다. 그래서 Horton은 유역형상을 정량적으로 표현하기 위해서 유역의 형상계수(form factor)라고 하는 지표를 제안했다. 즉,

$$R_f = \frac{B}{L_b} = \frac{A}{L_b^2} \quad (5)$$

4.4 하천밀도와 하도도달 거리

하천밀도(D , river density)란 단위면적내에 흐르는 하천의 평균길이를 다음과 같이 표현된다.

$$\text{하천밀도} = \frac{\text{본지류 길이의 총계}}{\text{유역면적}} \quad (6)$$

하천밀도는 유역의 지형, 지질, 피복상태와 깊은 관계가 있는데 치수의 관점에서 하천밀도는 매우 중요한 지형적 요소이다. 일반적으로 물이 침투하기 쉬운 지역의 하천밀도는 작은 반면, 불투수성 유역의 하천밀도는 큰 값을 지닌다. 또한, 강우량이 많은 지역에서는 하천밀도가 커지며, 고지의 하천밀도는 저지의 그것보다 작다. 경사지에서의 하천밀도는 극히 작은 값을 나타내는 것이 보통이다.

하천밀도의 역수를 하천유지정수(constant of channel maintenance)라고 한다. 즉,

$$C = 1/D \quad (7)$$

이것은 단위거리의 하도를 유지하기 위해 어느 정도의 유역면적이 필요한 가를 나타내는 값이다. 단위로서 미국의 경우 하도 1피트당의 평방피트수를 사용한다. Horton은 분수계위에 떨어진 강수가 지표면을 흘러 근방의 하천으로 흘러 들어가기까지의 수평거리를 하도도달거리(length of overland flow)라고 정의해 그 수문학적 중요성을 지적하고 있지만, 수평하도도달거리 \bar{L}_r 와 하천밀도 및 하도유지정수 사이에는 다음의 관계가 있다.

$$\bar{L}_r = 1/2D = C/2 \quad (8)$$

4.5 하천빈도

Horton은 유역단위 면적당의 어떤 차수를 갖는 하천의 수를 하천빈도(stream frequency

or channel frequency)라고 표시했다. 즉,

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k 1}{A_k} \quad (9)$$

여기서, 우변의 분자는 최고차수가 k인 수계망의 모든 차수 하천의 총수이다. 하천빈도와 하천밀도는 공히 수계망의 소밀상태를 나타내는 지표로 사용된다.

4.6 하천경사

하천경사(stream slope)는 하천에 있어서 그 성질을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 가령, 하천이 한개밖에 없는 경우에는 문제가 없으나, 실제로 자연하천에는 많은 수계가 발달되어 있어 그리 간단하게 하천경사를 구할 수는 없다. 유역의 하천경사를 구하는 방법으로서 (1) 본류의 경사를 유역의 하천경사로 하는 방법과 (2) 복합경사를 사용하는 방법 등 2가지를 들 수 있다. (1)을 유역의 하천경사로 삼을 경우, 유역의 하천경사에 대해서는 수계중에서 어느 것이 본류인가를 결정할 때 손쉽게 지형도로부터 구할 수 있다. 그러나, 본류와 뚜렷하게 성격을 달리하는 큰 지류가 있는 경우 그것이 수계를 대표하는 값이라고 말하기 어려울 때가 있다. (2)의 방법은 수계의 각 차수별로 하천의 평균수평거리와 평균낙차를 구해서 각 차수별 평균경사를 구하는 방법으로 이론적으로는 매우 합리적이다. 그러나, 일종의 가상하천의 경사이기 때문에 실제의 작업으로 연결시키기 어려운 단점이 있다.

4.7 유역내의 고도분포

하천유역은 상류에서 하류를 향해 경사가 진 유역 주변부가 높고 중앙부가 낮은 분지상의 지형을 이루고 있다. 일반적으로 연강우량의 경우 고도 1,000~1,500m까지는 해발고도에 따라 비

례해 증가한다. 또한, 눈의 경우는 내리는 양과 녹는 시기, 녹는 방법 등이 고도의 영향을 크게 받는다. 따라서, 유역으로부터의 유출량은 유역내의 고도분포에 크게 좌우되기 마련이다.

유역내의 고도분포를 나타내기 위해서는 면적고도곡선(hypsometric or elevation curve)을 만들면 좋다. 이것은 지형도상에서 일정한 고도 간격별로 면적을 측정해 종축에 해발고도를, 횡축에 임의의 해발고도보다 낮은 부분의 면적을 잡아 그린 그림이다. 또한, 고도와 면적이 다른 유역상호간의 비교에는 면적고도비곡선(percentage hypsometric curve)을 사용하면 편리하다.

유역내의 고도분포의 상황을 나타내는 지표로서 흔히 유역평균고도(mean elevation of basin)가 사용된다. 이를 구하기 위해서는 몇 가지의 방법이 있는데 여기서는 자주 사용되고 있는 다음의 3가지를 소개한다.

(1) 등고선 면적법(contour area method)

: 일정한 고도별의 등고선을 그린 지형도가 있는 경우에는 면적계로 각 등고선간의 대상(帶狀)면적 a를 측정해 그것에 양측의 등고선의 고도 h_i 과 h_{i+1} 의 평균치를 곱해서 누계해서 유역면적 A로 나누어 평균고도 E로 한다. 즉, 다음 식으로 계산한다.

$$E = \frac{1}{A} \sum (a \times \frac{h_i + h_{i+1}}{2}) \quad (10)$$

(2) 등고선 연장법(contour length method)

: 등간격의 등고선(고도 h_i)의 길이 l_i 를 축선계로 측정해 다음 식으로 계산한다.

$$E = \frac{\sum (l_i h_i)}{\sum l_i} \quad (11)$$

(3) 교점법(intersection method): 상기의 2가지 방법은 소유역에 대해서 행해지는 방법으로 대유역에 대해서는 간략법인 교

점법이 사용된다. 즉, 등고선이 그려진 지형도에 등 간격의 격자를 씌워 그 교점에서 고도를 측정, 각 교점의 고도를 누계해서 교점수로 나눈 뒤 평균고도로 한다.

4.8 기복량

기복(relief)이란 지형의 수직방향의 크기를 나타내는 개념이며, 기복량(relief energy, relative relief or available relief)이란 일정한 범위의 지표면상의 기복의 크기를 말한다. 기복량을 나타내는 방법에는 여러가지가 있으며, 따라서 일반적으로 사용되고 있는 기복량의 정의는 없으나, 보통 1개의 지역내에 있어서 최고점과 최저점의 단순한 표고차를 말한다. 이것을 구하는 경우 지형도에 일정간격의 격자를 만들어 격자안의 최고점과 최저점을 구해 기복량으로 한다. 혹은 먼저 격자를 그어 격자안의 최고점을 구해 그 점을 중심으로 격자로 둘러싸인 면적과 같은 면적을 갖는 원을 그어 그 원주상의 최저점을 구해 최고점과의 차이를 기복량으로 하는 방법이 사용되고 있다.

기복량을 구하는 경우, 일정의 범위, 즉 격자의 크기를 어느 정도로 할 것인가는 큰 문제가 된다. 격자로 둘러싸인 면적으로서는 0.25km²에서 25km² 정도까지 사용되며, 때로는 100km²라고 하는 큰 값이 사용되기도 한다.

비교적 합리적으로 격자가 둘러싸는 면적을 구하는 방법으로서 기복량의 성장곡선이라고 불리는 곡선을 사용하는 경우가 있다. 기복량의 성장곡선이란 기복량을 구하려고 하는 지역의 주요한 산정을 중심으로 여러가지 동심원을 그어 각각의 원의 면적과 그것에 대응하는 원내의 기복량(산정의 표고와 원내의 최저점과의 표고차)의 관계를 그래프로 표시한 것이다.

4.9 유역의 평균경사

유역은 사면의 집합체이다. 유역내에 급사면

이 많으면 강수의 일부가 하천으로 도달하는 시간이 빠르게 되어 유역경사는 유출의 문제로서 매우 중요한 요소가 된다.

유역내의 1지점의 경사를 구하는 것은 쉬운 일이지만 유역의 평균경사를 구하기란 그렇게 간단하지 않다. 유역평균경사(mean slope of basin)를 구하는 방법으로서 다음의 두가지 방법이 사용된다.

(1) 등고선 연장법(contour-length method)

: 유역내의 일정간격의 각 등고선의 길이 l의 총계인 $\sum l$ 로 유역면적 A를 나누면 각 등고선간의 수평평균거리 \bar{d} 가 구해진다. 유역평균경사 S_x 는 등고선의 일정간격을 Δh 라고 할 때 다음과 같다.

$$S_x = \frac{\Delta h}{\bar{d}} \quad (12)$$

(2) 교점법(intersection-line method):

등고선 연장법은 정확하지만 많은 노력을 필요로 하기 때문에 Horton은 대유역에 대한 간이법을 다음과 같이 제안했다. 우선 대상유역에 적당한 크기의 격자를 그어 그들 격자의 선과 등고선의 교점수 N을 센다. 인접한 등고선에 끼어있는 격자선의 길이를 l, 이것과 등고선이 만나는 각도를 α 로 한다면, 다음 식이 구해진다.

$$\bar{d} = \frac{\sum l \sin \alpha}{N} \quad (13)$$

N이 아주 많은 경우 등고선과 격자선이 만나는 각도 α 는 0부터 $\pi/2$ 까지 사이의 모든 값을 갖는다고 생각되어 $\sin \alpha$ 의 평균치로서,

$$\frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \sin \alpha d\alpha = \frac{2}{\pi} \quad (14)$$

를 사용하면 식 (13)은 다음과 같이 된다.

$$\bar{d} = \frac{2}{\pi} \frac{1}{N} \sum l \quad (15)$$

따라서, 등고선 간격을 h로 하면 유역평균경사 S_r 는

$$S_r = \frac{\Delta h}{\bar{d}} = 1.571 \frac{N \Delta h}{\sum l} \quad (16)$$

에 의해 구해진다. 즉, 격자선의 총연장 l과 격자선과 등고선의 교점수 N만 지형도로부터 구한다면 유역평균경사를 구할 수 있는 것이다.

5. 맺는말

하천지형은 유역수계의 지형적 발달의 이해로부터 시작된다. 본고에서는 하천지형학의 정의를 알아보고 배수시스템으로서의 하천의 중요성 및 하천의 일반적 법칙 등을 중심으로 하천의 외형적 지형특성에 관해 설명하였다. 상기한 바와 같이 하천수계는 유역의 속성을 파악하기 위해 중요한 단서를 제공해 주며 하천수계에 관한

역분석을 통해 유역 상호간의 특성파악이 쉽게 이루어진다. 다음 호에서는 하천형성과정과 그 지형적 특징에 대해 서술하기로 한다.

인 용 문 헌

1. Chow, V.T., 1964, Handbook of applied hydrology, McGraw-Hill.
2. Morisawa, M., 1985, Rivers, Longman, p. 222.
3. Smith, D. and Stopp, P., 1978, The river basin, Cambridge Univ. Press, P.51.
4. Strahler, A.N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology, Trans. Am. Geophys. Union, vol 38. pp.913-920.
5. 岡本芳美, 1985, 技術水文學, 日刊工業新聞社. p. 309.
6. 高山茂美, 1986, 川の博物誌, 丸善株式會社. p. 237.
7. 高山茂美, 1972, 地理學評論, vol.45, pp.112-119.
8. 西畑勇夫, 1984, 河川工學, 技報堂出版. p.379. ☞