

# 地圖縮尺의 影響에 따른 河川形態學의 特性研究

## A study on stream morphological characteristics according to effect of Map Scale

安 相 鎭\* · 趙 容 璉\*\*  
Sang Jin Ahn, Yong Jin Cho

### Summary

The stream morphological characteristics of watershed have important influence upon the analysis of runoff.

In this study, the effect of the map scale on the stream morphological characteristics was used on the data taken from 15'(1:50,000) and 7'30"(1:25,000) topographic maps which could cover the whole Miho River basin. This basin are the first tributary of the Geum River. Otherwise, the longitudinal stream bed profile was calculated by Yang's theoretical stream bed profile, equilibrium profile and actual profile.

In the result of this investigation the conclusion is that the resultant relationship obtained from different topographic maps in the scale on the same stream system has come upon the same result as the stream morphological characteristics.

Therefore, the great amount of time and effort can be saved in studing the stream morphological charecteristics by using the 15' instead of the 7'30"map system excluding the first order streams.

### 要 旨

河川의 形態學의 特性은 流域의 流出關係解析에 重要한 影響을 미친다. 本研究에서는 河川의 形態學의 特性이 地圖縮尺 變化에 따라 미치는 影響을 研究하기 위하여 錦江의 支流인 美湖川 全水系를 포함하는 1:50,000의 地形圖와 1:25,000의 地形圖로부터 획득한 資料를 利用하였으며, 한편, 河川縱斷을 Yang의 理論縱斷과 平衡縱斷 및 實測縱斷으로 計算하여 比較하였다.

그 結果 同一水系에 對하여 서로 縮尺이 다른 地形圖를 利用하더라도 河川의 形態學의 特性은 아무런 變化가 없으므로, 많은 時間과 努力을 省할 수 있는 1:50,000의 地形圖를 利用하는 것이 合理的

이며, 人工水路 등이 포함된 一次河川을 除外하는 것이 河川形態學의 特性研究에 타당성이 있는 것으로 思料된다.

### I. 序 論

地上에 내린 降水는 地形의 形狀에 따라 여러 樣相으로 流出되어 河川網을 形成하고, 分水界에 의해 流域의 大小가 定해진다.

한 流域의 流出現象에 影響을 미치는 因子<sup>1)</sup>는 地相學의 因子(physiographic factor)와 氣候學의 因子(climatic factor)로 크게 나눌 수 있으며 地相學의 因子는 流域特性(basin characteristic)과 流路特性(channel characteristic)으로 分類된다. 氣候學의 因子는 여러가지 形態 및 種類의 降水, 蒸發 및 蒸

\* 忠北大學校 工科大學

\*\* 忠州工業專門大學

散等を 들 수 있으며 季節의 影響을 받는다. 河川의 形態學의 特性은 위와 같은 因子들에 의해 끊임 없이 變化하며 서로 密接한 相關性을 가지고 있음을 알 수 있다.

自然河川의 形態學에 關한 研究는 1945年 Horton<sup>2)</sup>에 의해 河川形態學의 特性을 數學的 Model로 表示하게 된 것을 始點으로 하여 定量的 科學으로 發展해 왔다. Horton의 業績은 이때까지 單純히 記述의 表現에 지나지 않는 地形學을 概括的이나마 科學的 計量을 通하여 力學的 分野로 導入시킨 水文學의 開拓이라는 點에서 매우 뜻있는 것이다. Horton의 研究는 Langbein<sup>3)</sup>에 의해 補完되었고 Strahler<sup>4, 10)</sup>에 의해 流域의 形態學의 性質分析이 大的으로 行하여 졌다.

Horton-Strahler의 河川次數概念은 河川水路의 水理學의 特性이 空間的으로 어떻게 變化하는가를 說明하는데 貢獻했으며, Scheidegger<sup>6)</sup>는 地圖縮尺이 河川次數에 미치는 影響에 對하여 研究한바 있고 Yang과 Stall<sup>8)</sup>은 水系의 形態學의 特性資料를 얻기 위하여 使用하는 地圖縮尺이 河川形態學研究에 어떤 影響을 미치는가를 研究하였으며 Yang<sup>11)</sup>은 Horton法則의 常數들을 利用하여 理論的인 河川縱斷計算法을 提示하였다.

한편, 우리나라에서는 建設部<sup>12)</sup>에서 洛東江流域 調查事業의 一環으로 洛東江流域의 形態學의 特性分析을 위한 基礎資料를 調查한바 있으며, 崔博士<sup>13)</sup>가 洛東江水系의 地形因子와 比流量에 關한 研究에서 流域이 가지는 洪水流出에 미치는 效果를 分析하였고, 尹博士<sup>14)</sup>의 漢江水系의 河川形態學의 特性과 頻度流量과의 相關性研究에서 漢江水系組織의 構造가 一般的으로 規則性을 가지며 定量的으로 叙述할 수 있음을 밝힌바 있으며, 安<sup>14)</sup>外 二人의 小河川水系의 流域特性에 關한 研究에서 小河川水系組織도 Horton-Strahler의 河川法則에 따라 發達되었음을 밝힌바 있다.

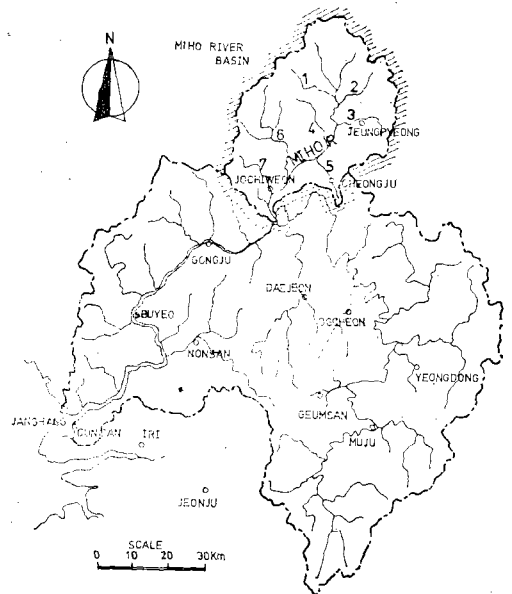
本 研究에서는 錦江의 第一支流인 美湖川 水系를 擇하였으며 (Fig. 1참조) 本水系에 對하여 各各 서로 다른 縮尺(1:50,000, 1:25,000)의 地形圖로부터 河川形態學의 特性을 나타내는 各種回歸常數 및 媒介變數들을 地圖縮尺別로 求하여 量的으로 叙述하고 同一水系에서 서로 다른 縮尺의 地形圖를 使用함으로써 河川形態學의 特性에 미치는 影響에 對하여 比較考察코져 한다.

한편, 서로 다른 縮尺의 地圖로부터 얻은 各種常數들 사이에는 어떤 關係가 있는지를 實例를 들어

밝히고 河川形態學의 特性研究에 어떤 縮尺의 地形圖를 使用하는 것이 有利한가를 調査하며, 一次河川이 各種回歸常數에 미치는 影響과 河道縱斷을 理論的으로 計算하여 地圖縮尺이 河道에 미치는 影響을 고려하고, 水系의 地質學의 發達상황을 考察하는데 그 目的이 있다.

## II. 使用 資料 및 用具

流域의 形態學의 特性資料는 國立地理院發行 縮尺 1:50,000과 1:25,000의 地形圖로부터 河川次數(stream order), 河川數(stream number), 各次數河川의 平均延長(average length) 및 平均傾斜



- | No | RIVER     |
|----|-----------|
| 1  | BACK GOK  |
| 2  | CHO PYANG |
| 3  | BO GANG   |
| 4  | SEOG WHA  |
| 5  | MU SHIM   |
| 6  | CHUN SU   |
| 7  | CHO       |

Fig. 1. Miho River Basin and Geum River Basin Map

(average slope)를 획득하였으며 河川延長을 測定하기 위하여 求長器(length meter)를 使用하였고 水系의 特性을 나타내는 回歸常數 및 媒介變數는 電子計算機(HP 3000)로부터 얻었다. 美湖川 全水系에 對하여 1:50,000의 地形圖 8枚와 1:25,000의 地形圖 21枚가 必要하였다.

### Ⅲ. 河川의 特性分析 및 結果

#### 1. Horton의 法則과 常數

Horton에 의하여 河川次數 決定法이 처음으로 提案된 후 이것을 약간 수정하여 發表된것이 Horton-Strahler의 方法이다. Strahler의 河川次數 決定法(stream ordering system)에 의하면 一次河川(first order stream)은 어떤 縮尺의 地圖에서나 支流를 가지지 않은 溪流(torrent)를 意味한다. 2個의 一次河川이 合流하여 二次河川이 되고, 2個의 二次河川이 合流하여 三次河川을 形成하며, U次河川이 U次河川을 만나면 U+1次 河川이 된다. 그러나, U次河川보다 작은 次數의 하천이 U次河川과 만나면 河川次數에는 變함이 없다.

Strahler의 河川次數 決定法을 인용한 Horton의 法則에 의하면 河川次數와 河川數, 各 河川의 平均 延長과 平均傾斜 사이에는 다음과 같은 關係가 있음이 發表되었다.

$$1_n N_u = A - B u \dots\dots\dots(1)$$

$$1_n L_u = C - D u \dots\dots\dots(2)$$

$$1_n S_u = E - F u \dots\dots\dots(3)$$

여기서, U : 河川次數  $N_u$  : u次河川의 數

$L_u$  : u次河川의 平均延長

$S_u$  : u次河川의 平均傾斜

A, B, C, D, E, F : 流域의 特性에 따라 決定되는 常數

式 (1), (2), (3)은 河川次數가 河川數, 各 次數河川의 平均延長 및 平均傾斜와 指數函數關係를 가짐을 뜻하며 各 河川數의 法則(law of stream number), 河川平均延長의 法則(law of average stream length), 河川平均傾斜의 法則(law of average stream slope)이라 한다.

式 (1), (2), (3)에 의하여 水系組織의 特性을 나타내는 媒介變數(parameters)를 決定할 수 있다. 即, 河川數의 分枝率(bifurcation ratio of stream number) :  $e^B = \frac{N_u}{N_{u+1}} \dots\dots\dots(4)$

河川延長比(stream length ratio) :

$$e^D = \frac{L_u}{L_{u+1}} \dots\dots\dots(5)$$

河川陷沒度(stream concavity) :

$$e^F = \frac{S_u}{S_{u+1}} = \frac{Y_u/L_u}{Y_{u+1}/L_{u+1}} \dots\dots\dots(6)$$

여기서,  $Y_u$  : u次河川의 平均標高落差量(average fall)

#### 2. 地圖縮尺이 河川形態學的 特性因子에 미치는 影響

地圖縮尺이 河川形態學的 特性에 어떤 影響을 미치는가를 究明하기 위하여 1 : 50,000의 地形圖와 1 : 25,000의 地形圖로부터 美湖川水系의 小支流別로 河川次數, 河川數, 河川延長 및 河川傾斜를 決定하여 表-1과 表-2에 수록하였다. 表-1과 表-2에 수록한 河川次數는 Horton-Strahler의 方法에 의하여 地圖上에서 푸른색으로 表示된 支流를 가지지 않은 河川을 一次河川으로 하였으며, 河川數는 各 支流의 流域別로 헤아려서 얻었으며, 河川平均延長은 地形圖에서 求長器로 測定하였다. 河川의 平均傾斜는 地形圖에서 各 次數河川의 始點으로부터 標高降下에 該當되는 流路의 圖上曲線距離로 나눈값을 總平均함으로써 該當次數의 河川平均 傾斜로 算定하였다.

表-1. 美湖川水系의 河川形態學的 特性資料

(1 : 50,000)

特性因子 支流域名		河川次數					
		1	2	3	4	5	6
백곡천	N	74	15	3	1		
	L	0.86	1.81	3.10	17.7		
	$S \times 10^2$	8.48	2.81	1.20	0.57		
초평천	N	81	16	5	1		
	L	0.90	1.91	2.78	35.0		
	$S \times 10^2$	6.30	3.30	0.54	0.28		
보강천	N	116	28	6	2	1	
	L	0.87	1.48	2.31	2.45	11.6	
	$S \times 10^2$	7.53	2.86	1.41	0.47	0.09	

地圖縮尺의 影響에 따른 河川形態學的 特性研究

석 화 천	N	47	12	4	9		
	L	0.99	1.89	1.90	9.25		
	$S \times 10^2$	6.32	2.40	0.50	0.32		
무 심 천	N	90	22	3	1		
	L	1.55	2.34	8.27	9.50		
	$S \times 10^2$	6.47	1.37	0.47	0.21		
천 수 천	N	212	41	8	3	1	
	L	0.87	1.73	5.96	6.57	26.5	
	$S \times 10^2$	6.68	1.53	1.51	0.32	0.18	
조 천	N	95	23	6	1		
	L	0.87	1.35	3.78	22.70		
	$S \times 10^2$	8.58	2.57	0.70	0.18		
미 호 천 (본 류)	N	319	71	21	5	1	1
	L	1.08	1.81	3.75	4.02	30.00	39.60
	$S \times 10^2$	7.75	2.05	0.85	0.50	0.16	0.12
미 호 천 (전 유 역)	N	1,034	228	56	15	3	1
	L	1.00	1.79	3.98	11.41	22.70	39.60
	$S \times 10^2$	7.26	2.36	0.90	0.36	0.14	0.12

註 N ; 河川數(本) L ; 河川平均延長(km) S ; 河川平均傾斜(m/m)

表-2. 美湖川水系的 河川形態學的 特性資料

(1 : 25,000)

支流域名	特性 因子	河川次數						
		1	2	3	4	5	6	7
백 곡 천	N	164	40	7	2	1		
	L	0.60	1.012	3.557	2.65	15.20		
	$S \times 10^2$	16.30	5.90	1.80	1.40	0.39		
초 평 천	N	167	37	6	1			
	L	0.718	1.35	3.33	33.20			
	$S \times 10^2$	12.27	3.76	1.20	0.39			
보 강 천	N	230	68	21	6	2	1	
	L	0.57	1.161	1.205	2.491	5.25	12.5	
	$S \times 10^2$	10.57	3.14	1.94	0.85	0.80	0.04	
석 화 천	N	67	18	5	1			
	L	0.926	1.394	2.25	9.75			
	$S \times 10^2$	7.70	2.00	0.74	0.15			
무 심 천	N	180	44	12	2	1		
	L	0.77	1.42	2.45	9.80	9.75		
	$S \times 10^2$	7.70	2.70	0.76	0.37	0.10		

천 수 천	N	459	115	26	6	1		
	L	0.666	0.973	1.980	9.51	32.4		
	S×10 <sup>2</sup>	10.40	4.80	1.37	0.90	0.10		
조 천	N	152	48	11	2	1		
	L	0.643	0.826	2.06	5.625	22.50		
	S×10 <sup>2</sup>	7.63	2.50	1.23	0.550	0.18		
미 호 천 (본 류)	N	695	165	74	10	1	1	1
	L	1.820	1.202	1.674	6.11	17.60	12.30	39.50
	S×10 <sup>2</sup>	9.758	3.165	0.598	0.57	0.17	0.041	0.038
미 호 천 (천 유 역)	N	2,114	535	162	30	7	2	1
	L	1.049	1.135	1.857	7.073	16.10	12.40	39.50
	S×10 <sup>2</sup>	10.284	3.62	1.028	0.733	0.249	0.04	0.038

註 N ; 河川數(本) L ; 河川平均延長(km) S ; 河川平均傾斜(m/m)

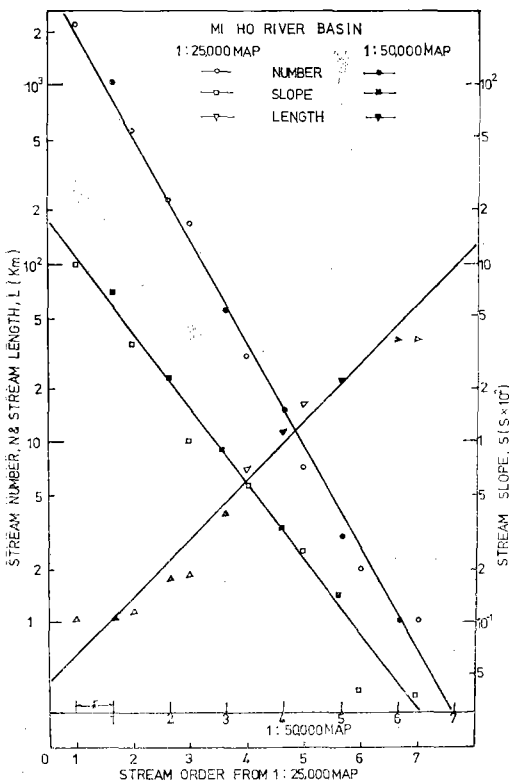


Fig. 2. Horton-strahler Relationships

表-1, 2의 자료를 半對數紙(semi-log paper)에 表示해 본 結果 Fig. 2와 같이 두 縮尺의 값이 거의 直線에 가깝게 表示되었다. 이것은 서로 다른 縮尺의 地形圖로부터 얻은 結果가 地圖縮尺에 關係없이 거의 一定하며 河川次數의 差인 δ만큼의 차이만을 보

여주고 있다. 여기서 δ는 0.625의 값으로 나타났다.

Horton의 河川數의 法則에 의하면

$$I_n N_u = A_1 - B_u \dots\dots\dots (7)$$

여기서,

A<sub>1</sub> : 1 : 50,000의 地圖로부터 얻은 河川數에 對한 回歸常數 A의 값

1 : 25,000의 地形圖로부터 얻은 同一한 河川數에 對하여는

$$I_n N_{u+\delta} = A_2 - B(u+\delta) \dots\dots\dots (8)$$

여기서,

A<sub>2</sub> : 1 : 25,000의 地形圖로부터 얻은 A의 값

δ : 河川次數의 差

式 (7)을 B<sub>u</sub>에 關하여 整理하여 式 (8)에 代入 하면

$$A_2 = A_1 + B\delta \dots\dots\dots (9)$$

위와 同一한 方法으로 式 (2)와 (3)은 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$E_2 = E_1 + F\delta \dots\dots\dots (10)$$

$$C_2 = C_1 + D\delta \dots\dots\dots (11)$$

여기서, C<sub>1</sub>, E<sub>1</sub> : 1 : 50,000의 地形圖에서 求한 C와 E의 값

C<sub>2</sub>, E<sub>2</sub> : 1 : 25,000의 地形圖에서 求한 C와 E의 값

式 (9), (10), (11)이 成立하는지 證明하기 위하여 回歸常數 A, B, C, D 및 F와 媒介變數를 最大自乘法 (method of least squares)에 의하여 計算하였고, 이들 常數間의 相關關係를 나타내는 相關係數(correlation coefficient) r를 求하였다. 이들의 實際 計算은 電子計算機에 의하였으며 그 結果를 表-3과 表-4에 수록하였다.

表-3. Horton의 法則에 依한 回歸常數 및 媒介變數

(1 : 50,000)

流域名	回歸常數						相關係數			河川 分岐率 (e <sup>B</sup> )	河川 延長比 (e <sup>D</sup> )	河川 陷沒度 (e <sup>F</sup> )
	A	B	C	D	E	F	N&u	L&u	S&u			
백곡천	5.658	1.452	-1.504	-1.003	5.237	2.276	0.993	0.988	0.821	4.272	0.367	8.708
초평천	5.780	1.434	-1.599	-1.135	5.376	2.496	0.996	0.853	0.848	4.195	0.221	12.134
보강천	5.757	1.214	-0.818	-0.568	5.089	1.986	0.981	0.862	0.770	3.069	0.566	7.286
석화천	5.092	1.264	-0.804	-0.671	5.153	2.433	0.998	0.829	0.866	3.540	1.560	11.393
무심천	6.045	1.549	-0.262	-0.670	5.107	2.516	0.989	0.913	0.866	4.707	0.512	12.379
천수천	6.448	1.332	-0.979	-0.817	4.456	1.800	0.986	0.756	0.796	3.789	0.442	6.050
조천	6.121	1.500	-1.550	-1.081	5.781	2.670	0.996	0.927	0.842	4.482	9.309	14.440
미호천 (본류)	6.751	1.229	-0.906	-0.757	4.096	1.487	0.968	0.921	0.833	3.418	0.469	4.424
미호천	6.268	1.400	-0.840	-0.773	4.130	1.512	0.998	1.992	0.857	4.055	0.462	4.536

表-4. Horton法則에 依한 回歸常數 및 媒介變數

(1 : 25,000)

流域名	回歸常數						相關係數			河川 分岐率	河川 延長比	河川 陷沒度
	A	B	C	D	E	F	N&u	L&u	S&u			
백곡천	6.244	1.320	-1.334	-0.725	3.581	0.890	0.9802	0.8843	0.9730	3.743	2.064	2.436
초평천	6.922	1.717	-1.993	-1.240	3.771	1.063	0.9982	0.9102	0.7190	5.568	3.456	2.895
보강천	6.433	1.115	-1.258	-0.591	3.375	0.938	0.9935	0.958	0.8692	3.050	1.806	2.554
석화천	5.650	1.389	-1.050	-0.754	3.319	1.276	0.9971	0.8984	0.9925	4.011	2.126	3.582
무심천	6.474	1.348	-0.997	-0.701	3.095	1.068	0.9875	0.9375	0.9943	3.840	2.016	2.91
천수천	7.748	1.521	-1.819	-1.005	3.652	1.096	0.9977	0.9480	0.9466	4.577	2.723	2.992
조천	6.365	1.323	-1.719	-0.902	2.876	0.902	0.9870	0.9508	0.9934	3.755	2.464	2.465
미호천 (본류)	7.486	1.220	-0.582	-0.578	2.959	0.949	0.9233	0.8684	0.9505	3.387	1.783	2.585
미호천	8.909	1.332	-0.872	-0.636	3.241	0.973	0.9923	0.9324	0.9729	3.789	1.889	2.645

위의 式 (9), (10), (11)의 關係를 證明하기 爲해 美湖川 水系의 小水系別로 實資料를 代入하여 이들 式의 左邊과 右邊의 差를 求하여 그 平均値를 表-5에 수록하였다.

表-5. 1 : 50,000과 1 : 25,000 地形圖에서 얻어진 常數의 比較

式	(9)式	(10)式	(11)式
左, 右邊의 平均差	0.139	0.18	0.16

式 (9)에 對한 左邊과 右邊의 差는 조천이 0.69로서 最大値이며 美湖川(本流)이 0.027로 最小値로 나타났으며 全水系에 對한 平均値는 0.139이었다. 또, 式 (10)에 對한 兩邊의 差는 백곡천이 0.70로 最大値이며 最小値는 보강천으로 0.085이었고 平均値는 0.18이었다.

Horton의 法則(式(1), (2), (3))은 어떤 河川에 對한 自然現象을 數學的 Model로 表示해 본 것으로서 常數 A, B, C, D 및 F를 各各의 式別로 同時에 만족

시킬 수 있는 正確한 값은 存在할 수 없으므로 가장 接近値를 取하여 各 常數의 값을 얻는 것이므로 式(9)와 (10)에서 兩邊이 正確하게 같을 수는 없는 것이다. 그러나, 이들의 差가 0.139와 0.18로 나타나 無視할 수 있으므로 만족할만한 結果라 할 수 있다.

한편 式(11)에 對하여는 兩邊의 差가 1.16으로서 비교적 큰 差를 보이고 있다. 그 理由로서 E 및 F는 河川의 平均傾斜에 對한 常數로서 1 : 25,000의 地形圖는 1 : 50,000의 地形圖에 比하여 河川最上部의 急傾斜를 이루고 있으며 또 人工水路等이 포함되는 一次河川의 數가 2배에 가까우므로 이 一次河川의 傾斜가 式(11)에 影響을 미친 것으로 思料된다. 그러므로 一次河川이 河川形態學의 特性에 어떤 影響을 미치는가를 考察하기 爲하여 各 地圖縮尺別로 一次河川을 除外하고 常數 A, B, C, D, E 및 F와 變數 및 相關關係를 計算하여 表-6과 7에 수록하였다.

表-6. Horton의 法則에 依한 一次河川次數를 除外한 回歸常數와 媒介變數 (1: 50, 000)

流域名	回歸常數						相關係數			河川分岐率 (e <sup>B</sup> )	河川延長比 (e <sup>D</sup> )	河川陷沒度 (e <sup>F</sup> )
	A	B	C	D	E	F	N&u	L&u	S&u			
백곡천	5.311	1.354	-1.888	-1.140	2.611	0.798	0.9883	0.9150	0.9985	3.873	3.127	2.220
초평천	5.20	1.386	-2.621	-1.454	3.469	1.233	0.9914	0.8450	0.9321	3.999	4.280	3.432
보강천	5.338	1.110	-1.038	-0.624	3.574	1.147	1.9717	0.8003	0.9670	3.034	1.866	3.149
석화천	5.018	1.242	-1.214	-0.794	2.703	1.007	0.9956	0.7525	0.9063	3.463	2.212	2.737
무심천	6.033	1.546	-0.364	-0.701	2.146	0.938	0.9729	0.8234	0.9934	4.693	2.215	2.554
천수천	5.965	1.212	-1.026	-0.829	2.286	0.798	0.9864	0.9175	0.8894	3.360	2.212	2.219
조천	6.346	1.568	-2.649	-1.411	3.612	1.329	0.9932	0.9762	0.9998	4.797	2.290	3.777
미호천 (분류)	6.411	1.157	-1.223	-0.825	2.120	0.735	0.9475	0.9602	0.9760	3.180	4.100	2.085
미호천	8.166	1.379	-0.934	-0.793	2.256	0.782	0.9976	0.9879	0.9611	3.971	1.530	2.186

表-7. Horton法則에 依한 一次河川次數를 除外한 回歸常數와 媒介變數 (1: 25, 000)

流域名	回歸常數						相關係數			河川分岐率 (e <sup>B</sup> )	河川延長比 (e <sup>D</sup> )	河川陷沒度 (e <sup>F</sup> )
	A	B	C	D	E	F	N&u	L&u	S&u			
백곡천	5.894	1.232	-1.498	-0.783	3.380	0.840	0.9649	0.8131	0.9477	3.428	2.819	2.317
초평천	7.217	1.805	-3.135	-1.601	3.893	1.264	1.000	0.9404	0.9969	6.08	4.958	3.533
보강천	6.266	1.079	-1.403	-0.623	3.485	0.961	0.9504	0.9412	0.8007	2.942	1.864	2.615
석화천	5.835	1.445	-1.838	-0.989	3.384	1.295	0.9957	0.9279	0.9823	4.242	2.688	3.651
무심천	6.341	1.314	-1.057	-0.717	3.068	1.061	0.9753	0.8877	0.9886	3.721	2.047	2.889
천수천	7.944	1.570	-2.633	-1.209	4.081	1.203	0.9976	0.9814	0.9278	4.807	3.35	3.330
조천	6.402	1.332	-2.478	-1.092	2.747	0.869	0.9748	0.9900	0.9885	3.789	2.98	2.386
미호천 (분류)	7.191	1.164	-1.223	-0.700	2.672	0.896	0.8773	0.9193	0.9464	3.203	2.014	2.45
미호천	8.822	1.316	-1.074	-0.693	3.174	0.960	0.9878	0.9259	0.9567	3.278	2.00831	2.612

表-6과 7에 수록된 常數들을 式 (9), (10), (10), (11)에 小水系別로 各各 代入하여 平均値를 求해본 結果 兩邊의 差는 表-8과 같다.

表-8. 1: 50, 000과 1: 25, 000地形圖에서 얻어진 常數의 比較

式	(9)式	(10)式	(11)式
左, 右邊의 平均差	0.059	0.237	0.0028

一次河川을 포함한 常數의 값들을 代入한 경우는 表-5에서 式(11)이 큰 편차를 보이고 있었으나 表-8과 같이 一次河川을 除外한 경우에는 無視할 수 있는 작은 差를 나타내고 있어서 이것은 一次河川의 影響으로 判斷된다.

以上的 計算結果 同一水系에 對하여 서로 다른 縮尺의 地形圖사이에 河川次數의 差인 δ만 알면 어떤 縮尺의 地圖에서 얻은 값에 式 (9), (10), (11)을 적용하여 다른 縮尺의 地圖로부터 얻은 變數 A, C 및 E의 값으로 變形시킬 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 河川形態學의 特性研究에 있어서 1: 25, 000의

地圖를 利用하는 대신 1: 50, 000의 地圖를 利用하는 것이 同一한 結果를 얻을 수 있으며 時間과 努力을 減소할 수 있는 經濟的인 方法일 것으로 判斷된다.

### 3. 河川形態學의 特性因子로부터 河川縱斷의 算定

#### 가. 河川縱斷理論

河川縱斷은 그 河川의 本流를 따라 測定한 水平距離에 對한 高度로 나타낸다. 河川縱斷에 關한 自然法則은 Hock<sup>1)</sup>와 Leopold<sup>4,5)</sup> Langbein<sup>8)</sup>等에 의해 研究된바 있다. 그러나, 1970年 Yang<sup>11)</sup>은 Horton의 河川平均延長의 法則과 平均傾斜의 法則에 의하여 水系에 對한 河床理論縱斷(theoretical longitudinal stream bed profile)을 紹介하였다.

式 (2)와 (3)으로부터

$$\left. \begin{aligned} L_u &= e^{C-DU} \\ S_u &= e^{E-EU} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{河川落下率(stream fall ratio)} = e^{De^F} = Y_u / Y_{u+1}$$

$$Y_u = L_u S_u = e^{(C-DU)(E-FU)}$$

$$\therefore Y_u = e^{(C+E)-(D+F)U} \dots\dots\dots(13)$$

一次河川의 始點으로부터 m次河川까지 測定한 總落下高  $Z_m$ 은

$$Z_m = \sum_{u=1}^m Y_u = e^{(C+E)} \sum_{u=1}^m e^{-(D+F)u} \dots\dots\dots(14)$$

또한, 一次河川부터 m次河川까지 測定한 水平距離의 總計  $X_m$ 은 式 (12)로부터

$$X_m = \sum_{u=1}^m L_u = e^C \sum_{u=1}^m e^{-uD} \dots\dots\dots(15)$$

河川次數를 媒介變數로하여 유도된 式(14)와 (15)를 理論縱斷이라 한다. 理論縱斷은 全水系의 特性을 나타내는 河川形態學의 特性因子로부터 유도된 식이므로 水系의 全般的인 特性의 表現뿐만 아니라 水系의 發達과 形狀等을 나타내는 方法을 제공할 수 있으므로 이제까지 使用했던 水系의 主流(main

stem)에 따라 測定한 實測縱斷(actual profile)에 비하여 타당성있는 計算이다. 또한 Yang의 理論에 의하면 次數가 서로 다른 두 河川사이의 平均標高 落下率은 水系의 動的平衡條件(condition of dynamic equilibrium)에서 一致함을 밝혔다. 이를 河川 平均標高 落下의 法則(law of stream fall)이라 한다.

이것을 式으로 表示하면

$$\frac{Y_u}{Y_{u+1}} = \frac{Y_u}{Y_{u+2}} = \frac{Y_u}{Y_{u+3}} = 1 \dots\dots\dots(16)$$

式 (5)와 (6)으로부터

$$\frac{Y_u}{Y_{u+1}} = \frac{Y_u}{Y_{u+2}} = e^{D+E} = 1 \dots\dots\dots(17)$$

式 (17)에서  $D+E=0$ 이다.

式 (14)에 式 (17)을 代入하면

$$Z_m = \sum_{u=1}^m e^{C+E} \dots\dots\dots(18)$$

表-9. Yang의 理論縱斷式을 利用한 小河川別 縱斷值

유역명	백곡천	초평천	보강천	석화천	무심천	천수천	조천	미호천 (분류)	미호천 (전유역)
$X_m$ (km)	19.80	32.67	21.25	12.54	23.5	42.04	28.34	77.38	79.94
$Z_m$ (m)	203.8	182.7	115.7	65.3	96.3	173.8	117.4	136.8	168.78

表-10. 地形圖에 얻은 主流를 따른 實測縱斷值

백곡천	$X_m$ (km)	5	10	15	20	21.5			
	$Z_m$ (m)	165	200	205	210	210			
초평천	$X_m$ (km)	5	10	15	20	25	30		
	$Z_m$ (m)	95	143	158	170	181	192		
보강천	$X_m$ (km)	5	10	15	19.8				
	$Z_m$ (m)	80	103	107	110				
석화천	$X_m$ (km)	5	10	14	14				
	$Z_m$ (m)	85	97	98	98				
무심천	$X_m$ (km)	5	10	15	20	25.5			
	$Z_m$ (m)	85	91	98	98	98			
천수천	$X_m$ (km)	5	10	15	20	25	30	35	42
	$Z_m$ (m)	85	120	135	145	150	160	168	175
조천	$X_m$ (km)	5	10	15	20	25	31		
	$Z_m$ (m)	85	97	107	112	112	122		
미호천 (분류)	$X_m$ (km)	5	10	15	20	25	35	50	70
	$Z_m$ (m)	70	85	90	95	102	112	122	135

註:  $X_m$ : 水平距離(km)  $Z_m$ : 標高落下(m)



式 (14)와 (15)가 理論縱斷(theoretical profile) 식이고 식 (15)와 (18)을 平衡縱斷(equilibrium profile)식이라 하며 主流에 따라 測定한 實測縱斷(actual profile)의 3가지 方法이 河川의 縱斷을 表示하는 方法이며 特히 平衡縱斷은 流域의 發達形狀을 測定할 수 있는 有用한 方法이다.

나. 河川 縱斷의 算定

Yang의 理論縱斷을 計算을 計算하기 위하여 1: 50,000의 地形圖로부터 求한 表-6의 回歸常數의 값

을 總落下高의 式(14)과 水平距離를 求하는 式(15)에 代入한 結果 表-9와 같다. 또 이것을 實測縱斷과 比較하기 위하여 各 支流別로 主流를 따라 地圖上에서 水平距離 5km마다 標高落下量을 等高線에 依해 읽어서 表-10에 수록하였고, 流域의 發達形態 및 河道別 特性을 調查하기 위하여 式 (18)에 表-6의 常數의 값(C,E)을 代入하여 計算한 平衡縱斷값을 表-11에 수록하였다.

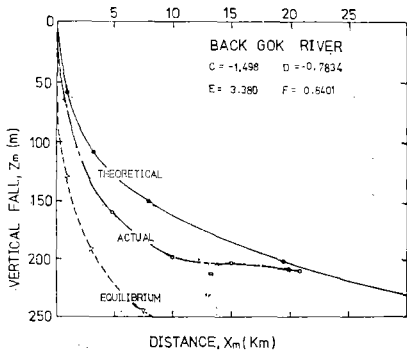


Fig. 3. Back Gok Stream bed profile

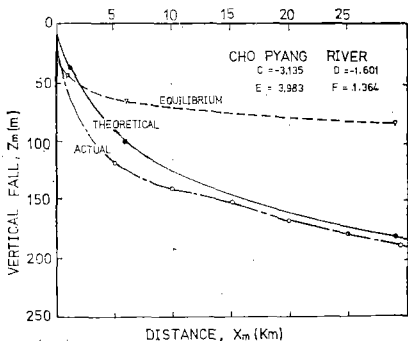


Fig. 4. cho pyang stream bed profile

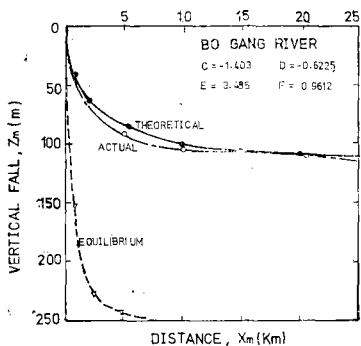


Fig. 5. Bo Gang stream bed profile

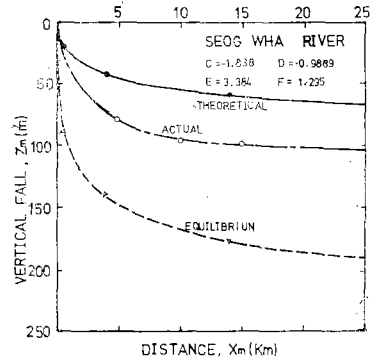


Fig. 6. Seog Wha Stram bed profile

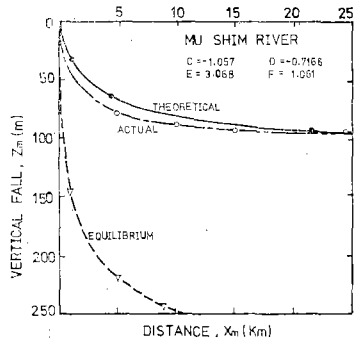


Fig. 7. Mu shim stream bed profile

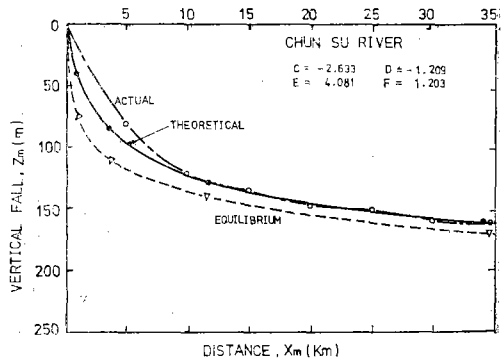


Fig. 8. Chun Su stream bed profile

表-11. Yang의 平衡縱斷式을 利用한 小河川別 縱斷值

유역명	백곡천	초평천	보강천	석화천	무심천	천수천	조천	미호천 (본류)	미호천 (전유역)
$X_m$ (km)	19.80	32.67	21.25	12.54	23.5	42.04	28.34	77.38	79.94
$Z_m$ (m)	328.3	71.3	481.2	187.7	373.5	181.4	65.4	298.1	517.2

註:  $X_m$ : 水平距離,  $Z_m$ : 標高落下

가 아니므로 平衡縱斷式으로 河川縱斷을 計算하기는 곤란한 상태에 있는 것으로 思料된다.

#### IV. 結 論

서로 다른 縮尺의 地形圖를 利用하여 河川形態學의 特性研究에 地圖縮尺이 미치는 影響을 考察해 보고 河川縱斷을 實測値와 Yang의 理論에 의해 算定하여 比較分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 同一水系에 對하여 서로 다른 縮尺(1:50,000과 1:25,000의 경우)의 地形圖를 利用하더라도 河川形態學의 特性에는 아무런 變化가 없으므로 많은 時間과 努力이 省감되는 1:50,000의 地形圖를 使用하는 것이 經濟인 것으로 判明된다.

2. Horton-Strahler의 河川次數決定法에 의한 河川次數는 人工水路 등이 포함된 一次河川次數를 除外한 二次河川次數부터 適用함이 河川形態學의 特性研究에 타당성이 있는 것으로 思料된다.

3. Fig.3~11에 의해 알 수 있듯이 美湖川水系內에서 河床發達様相은 全般的으로 Yang의 理論縱斷値와 實測縱斷値는 거의 一定한 값을 보이고 있으며, 動的 平衡縱斷値는 相當한 差異를 나타내고 있으나, 다만 천수천만이 理論縱斷値와 實測縱斷 및 平衡縱斷値가 거의 接近함을 알 수 있었다.

#### 參 考 文 獻

1. Hack, J.T., "Studies Longitudinal Stream Profile in Virginia and Maryland," U.S. Geo. Sur. Prof. paper 1957.
2. Horton, R.E., "Erosional Development of Stream and Their Drainage Basine-Hydrological Approach to Quantitative Morphology," Geol. Soc. of Amer., Vol. 3. 1945. pp. 275~370.
3. Langbein, W.B., "Geometry of River Channel," Jour. of Hydro. Div. ASCE, Vol. 3846, No. Hy2, pp.301~312.

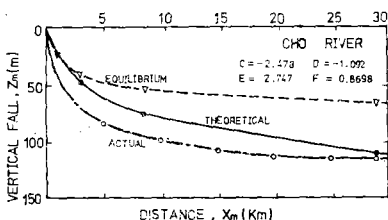


Fig. 9. Cho River stream bed profile.

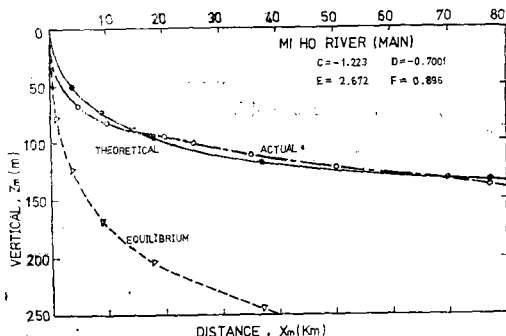


Fig. 10. Miho (main) stream bed profile

Yang의 理論縱斷과 平衡縱斷 및 實測縱斷의 關係를 表-9, 10 및 11의 資料로 小流域別로 表示하면 그림.3에서 그림.11까지 나타낼 수 있다.

以上の Fig.3에서 Fig.11까지에서 알 수 있듯이 美湖川의 小水系中 천수천만이 動的 平衡狀態에 도달한 것으로 判明되며, 다른 水系는 動的 平衡狀態

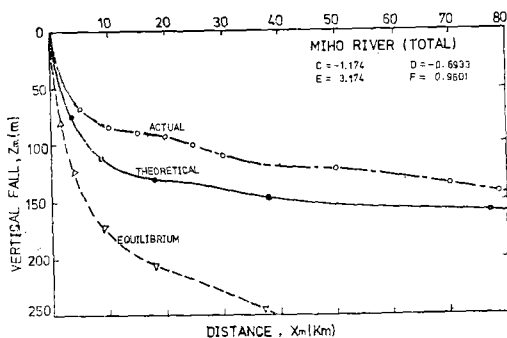


Fig. 11. Miho (Total) stream bed profile

4. Leopold, L.B., and Langbein, W.B., "The concept of Entropy in Landscape Evolution," U.S. Geo. Prof. paper, 1962.
5. Lepold, L.B. and Others, "Fluvial processes in Geomorphology," W.H. Freeman and Co., San-Francisco, 1954, pp.522~530.
6. Scheidegger, A.E., "Effect of map Scale on Stream Orders," Bull. Int. Ass. Sci. Hydrol., 11(3), pp.56~61, 1966.
7. Scheidegger, A.E., "The Algebra of Stream -Order Number," U.S. Geol. Survey Prof. paper, 525B, 1965, pp. 186~189.
8. Stall, J.B. and Yang, C.T., "Hydraulic Geometry of 12 Selected Stream Systems of the United States," Research Rept. No. 32, Water Resources Center. Univ. of Illinois, Urbana, 1970.
9. Strahler, A.N., "Dimensional Analysis in Geomorphology," Office of Nov. Res. Proj. NR 389~042, Tech. Rept. 7, Dept. of Geology, columbia Univ. New York, 1957.
10. Strahler, A.N., "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology," Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 38, No. 6, 1957.
11. Yang Tsung, "Potential Energy and stream Morphology," Illinois state Water Survey and Water Resources Center of Univ. of Illinois, 1970.
12. Yang, C.T. and Stall, J.B., "Note on the Map Scale Effect in the Study of stream Morphology," Water Resources Research, Vol. 7,3, 1971, pp. 709~712.
13. 建設部, 洛東江流域 水資源開發計劃, 第三卷 1968.
14. 安相鎭外二人, 小河川水系의 流域特性에 關한 研究, 韓國水文學會誌, 第10卷 第1號, 1977. 6, pp.71~77.
15. 尹龍男, 水文學, 淸文閣, 1976. pp.146.
16. 尹龍男, 漢江水系의 河川形態學의 特性과 頻度 流量과의 相關性, 大韓土木學會誌, 第21卷 第1號, 1973, 3, pp.46~59.
17. 崔榮博, 洛東江水系의 地形因子와 比流量에 關한 研究, 大韓土木學會 創立 20周年記念, 論文集, 1972, pp.136~147.
18. 崔榮博, 水文學·河川工學(I), 螢雪出版社, 1973, pp.373~414.

[接受: 1980.9.29]