

< 論 文 >

# 小河川 水系의 流域特性에 關한 研究

A Study on Basin Characteristics of Small Stream System

安	相	鎭*
Ahn,	Sang	Jin
尹	龍	男**
Yoon,	Yong	Nam
姜	瑄	沆***
Kang	Kwan	Won

## 要 旨

한 流域의 河川形態學의 特性은 流域의 降水-流出 關係解析에 重要한 影響을 미치며 이의 量的叙述은 流域의 物理特性 究明에 필수적인 것이라 하겠다. 本 研究에서는 錦江의 3大 支流中의 하나인 甲川水系에 對해 Horton-Strahler의 方法에 의해 形態學의 特性만을 考察하였으며 대체로 Horton의 法則에 따라 水系組織이 發達되어 있음이 判명되었다.

本 研究에서 다룬 主 內容은 Horton의 河川次數와 河川數, 平均河川延長 및 傾斜間의 關係와 累加河川延長-流域面積關係, 相對高度-相對面積關係, 比例河川次數-排水面積關係等으로서 이들 形態學의 特性變數와 流量間의 相關性은 甲川流域內에 流量測點이 전혀 없이 分析이 不可能하였다.

## Abstract

The stream morphological characteristics of a watershed play a significant role in the analysis of rainfall-runoff relations in a river basin and a quantitative description of these characteristics is essential for determining the appropriate values of physical parameters of a watershed which usually are input data for

rainfall-runoff simulation models. In this study the stream morphological characteristics of the Gab River basin, which is one of the three major tributaries of Geum River, was determined quantitatively by the Horton-Strahler's method. The result showed that the Gab River System was developed very closely to the patterns generally described by the laws of Horton.

The basic relations concerning the morphological characteristics derived in this study are the relations of stream order with the stream number, average stream length, and average stream slope, the stream length-drainage area relation, relative height-relative drainage area relation, and the relation between the proportional stream order and drainage area.

No correlation analysis was possible between the morphological parameters and the streamflow due to non-existence of the stage gauging stations on the Gab River System.

## I. 序 論

河川은 分水界에 依하여 水系가 결정되고 그 水系에 따라서 크고 작은 流域이 정해진다.

그러므로 河川網으로 構成된 水系는 그 流域의 地相學의 因子(physiographic factor)와 氣候學의 因子(Climatic factor)의 影響을 받아 形成된다. 地相學의 因子는 流域特性(basin characteristics)과 流路特性(channel

1977年 5月 16日 接受

\*正會員·忠北大學 工學部 助教授

\*\*本會理事·陸軍士官學校 工學部 副教授

\*\*\*本會理事·仁荷大 工大 教授

characteristics)으로 나누어지나 통상 流路特性은 流域特性에 포함시킨다. 氣候學의 因子로는 많은 種類의 降水, 蒸發 및 蒸散등을 들 수 있다.

本 研究를 위해서는 錦江流域의 小流域인 甲川水系를 擇하였다. 甲川水系는 海拔 878m인 大屯山에서 發源하여 北西流하여 伐谷川을 이루고 南東流하는 豆溪川과 合流하여 계속 北西流하여 柳等川과 大田川과 合流하는 流域面積 662.16km<sup>2</sup>인 小河川流域으로 우리나라 中部圈의 中心地 大田을 貫通하는 小河川으로 美湖川 및 論山川과 같이 錦江의 主要支流로 6次次數를 가지는 河川이다. (그림-1 참조)

河川研究史에서 河川形態學의 模型을 數學的으로 表示한것은 약 30여년전 1945年 Horton<sup>(4)</sup>이 河川地形學的으로 敘述하는 方法을 提案하였으며 그후 Strahler<sup>(4)</sup>에 의하여 河川形態學의 性質分析이 大的으로 行되어 왔다. Shreve<sup>(2)</sup>는 Horton의 河川數의 法則을 利用하여 河川網에 對한 統計學的 法則을 發表하였으며, Smart<sup>(3)</sup>는 河川길이의 統計的인 特性을 研究하였

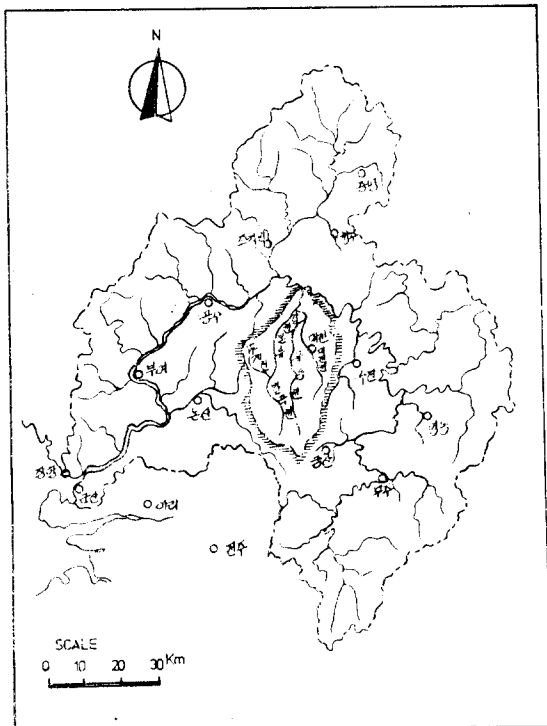


그림-1. 錦江流域 및 甲川流域圖

으며, Liao와 Scheidegger<sup>(5)</sup>는 Horton河川網의 變化次數에 對한 河川延長과 流域面積을 理論的으로 計算할 수 있는 數學的模型을 開發하였다. 또한 Leopold와

Maddock<sup>(6)</sup> 및 Langbein<sup>(6)</sup>은 河道의 水理學的 特性과 河川의 形態學的 特性을 流量과 相關시켜서 數學的模型으로 表示해본 결과 對數函數關係가 있음을 알았고, Horton-Strahler<sup>(4)(5)(15)</sup>의 河川次數概念은 河川水路의 水理學的 特性이 空間的으로 어떻게 變化하는가를 설명하는데 貢獻했다.

한편 우리나라의 河川形態學의 研究는 1968年 韓國水資源開發公社<sup>(17)</sup>에서 洛東江流域調查事業의 一環으로 洛東江流域의 形態學的 特性分析을 위한 基礎資料를 調查한바 있으며 또한 崔榮博博士<sup>(21)</sup>가 治水의 인 觀點에서 洛東江水系의 地形因子와 比流量(單位面積當 流量)의 關係를 연구한바 있으며, 그후 尹龍男博士<sup>(14)</sup>가 漢江水系에 對한 河川形態學的 特性과 頻度流量과의 相關性 研究에서 漢江水系도 河川形態學的 特性이 河道의 水理學特性과 密接한 關係가 있음을 證明하였으며 1975年 12月에 東京國際水文學講習會<sup>(16)</sup>에서 漢江의 形態學的 特性과 日流量 및 7日 10年 頻度의 低流量과의 相關性을 發表하여 漢江水系에 對한 特性因子를 利水計劃樹立에 必要한 資料로서 提供하였다.

그러나 錦江水系의 河川形態學的 特性에 關한 資料가 없는것하여 一次的으로 錦江의 3大支流인 甲川水系만 擇하여 河川形態學的 特性中 流域特性만을 研究하였다.

本研究의 目的은 甲川水系의 各種 形態學的 特性을 量的으로 表示하고, 이들 特性이 水系內에서 如何히 變動하는가를 밝힘으로서 流域의 特性을 正確하게 파악할 수 있으며, 河床의 長期的인 變動趨勢를 形態學的 理論에 依하여 分析할 수 있는 基礎를 마련함에 있다.

流域特性<sup>(18)</sup>을 表示하는 因子는 流域面積(drainage area), 流域의 傾斜(slope), 流域의 方向性(basin orientation), 流域의 形狀(basin shape), 流域의 高度(altitude) 및 水系組織의 構成樣相(stream pattern)등을 들 수 있다.

이와같은 流域特性에 對한 量的表現은 Horton-Strahler<sup>(15)</sup>方法에 의한 河川次數(stream order)에 對한 河川數, 河川의 平均延長과 平均傾斜 및 流域面積等을 河川次數에 相關시키고, 이들 相關關係로부터 水系의 特性을 나타내는 여러가지 變數들을 決定하였고, 河川의 累加延長과 流域面積間의 關係 및 相對高度別 相對面積曲線을 作成하였으며, 排水面積과 形態學的 特性因子關係에서 排水面積과 比例河川次數와의 關係만을 나타내 보았다. 그러나 水系特性을 河川次數概念에 의해 量的으로 表示할 수 있는 資料, 即, 流量과의 어떤 相關關係를 나타내는 方法은 本 水系內에 流量觀測點이 전혀없어 本研究에서는 試圖하지 못하였다.

IV. 資料 및 用具

II-1. 資料

流域의 形態學의 特性資料는 水系의 形態學의 特性資料인 河川次數(stream order), 河川數(stream number), 各 河川次數의 平均延長(average length), 流域面積等은 大韓民國 國立地理院에서 1975年 12月에 製作한 1:50,000地形圖로 부터 직접 얻었으며, 錦江流域全體를 포함하기 위해서는 31枚의 地形圖가 필요하나 甲川水系에서는 4枚가 소요되었다.

II-2. 用具

使用된 器具에는 河川延長을 測定하기 위하여 求長器(length meter or centimeter)를 利用하였고 流域面積測定에는 求積器(planimeter)를 사용하였다. 또한 各數學的 函數間의 媒介變數 및 相關係數를 얻기 위하여 仁荷大學校 電子計算機(IBM 1130)를 利用하였다.

III. 資料의 分析 및 結果

III-1. Horton-Strahler 法則과 各種 變數

Horton<sup>(4)</sup>이 처음 河川次數를 決定하는 方法을 提案하였고 그후 Strahler<sup>(4)</sup>가 Horton의 方法을 약간 수정하여 發表한 것이 Horton-Strahler 方法이다. 이 方法은 河川次數概念에 對한 理論으로 곧 Horton-Strahler의 河川次數決定法(stream ordering system)이며, Horton<sup>(4)(5)</sup>에 依하면 河川次數와 河川數, 各次數 河川의 平均延長 및 平均傾斜 사이에는 다음과 같은 關係가 있다

表一 甲川水系의 形態學의 特性因子表

特性因子		河川次數					
		1	2	3	4	5	6
支流流域名							
대 건 천	N L S×10 <sup>2</sup>	76 0.93 8.80	15 1.63 2.50	3 4.32 1.27	1 15 0.30		
유 등 천	N L S×10 <sup>2</sup>	197 0.73 11.06	48 1.36 2.92	13 2.04 1.25	4 3.40 0.95	1 35.50 0.30	
벌 곡 천	N L S×10 <sup>2</sup>	114 0.56 13.70	30 0.98 4.34	7 2.14 1.99	2 9.15 0.54	1 5.10 0.39	
두 계 천	N L S×10 <sup>2</sup>	58 0.94 7.71	12 2.15 1.90	2 5.80 0.44	1 8.00 0.25		
감 천 본 류	N L S×10 <sup>2</sup>	119 0.89 7.07	27 1.87 2.40	7 3.31 0.74	1 2.00 0.75	1 21.00 0.19	1 12.00 0.04
감 천 전 유 역	N L S×10 <sup>2</sup>	564 0.81 9.67	132 1.60 2.81	32 3.38 1.14	9 7.51 0.37	3 20.53 0.29	1 12.00 0.04

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

고 하였다.

$$\log_e N_u = A - B_u \quad (1)$$

$$\log_e L_u = C - D_u \quad (2)$$

$$\log_e S_u = E - F_u \quad (3)$$

여기서  $N_u$ 는 U次河川의 數,  $L_u$ 는 U次河川의 平均延長,  $S_u$ 는 U次河川의 平均傾斜이며, A, B, C, D, E 및 F는 流域의 特性에 따라 各各 결정되는 常數이다. 方程式(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 이를 各各 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 부른다.

小河川水系인 甲川水系에 對하여 方程式(1), (2), (3)이 成立하는가를 檢査하기 위하여 河川次數, 河川數, 河川延長 및 河川傾斜를 결정하였다. 河川次數는 Horton-Strahler 方法에 依하여 결정하였고, 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<sup>(2)</sup>는 地形圖의 各次數 河川의 始點으로부터 標高降下에 해당되는 流路의 圖上曲線距離를 測定하여 標高差를 距離로 나눈값을 總平均함으로서 該當 次數의 河川平均傾斜로 算定하였다. 이와같이 決定한 河川次數, 河川數, 河川平均延長 및 河川傾斜를 表一에 수록 하였다.

表一의 資料를 半對數紙에 表示해 본결과 그림一2

와 같이 直線에 가깝게 表示되었다. 方程式(1), (2), (3)에서 回歸常數(regression constants) A,B,C,D,E, 및 F는 最小自乘法(method of least Squares)으로 계산하였고, 이들 方程式 變數間의 相關關係를 나타내는 相關係數(correlation coefficient) r은 다음식 (4)<sup>(20)</sup>에 의해 계산 되었다. 이들의 實際 計算은 電子計算機를

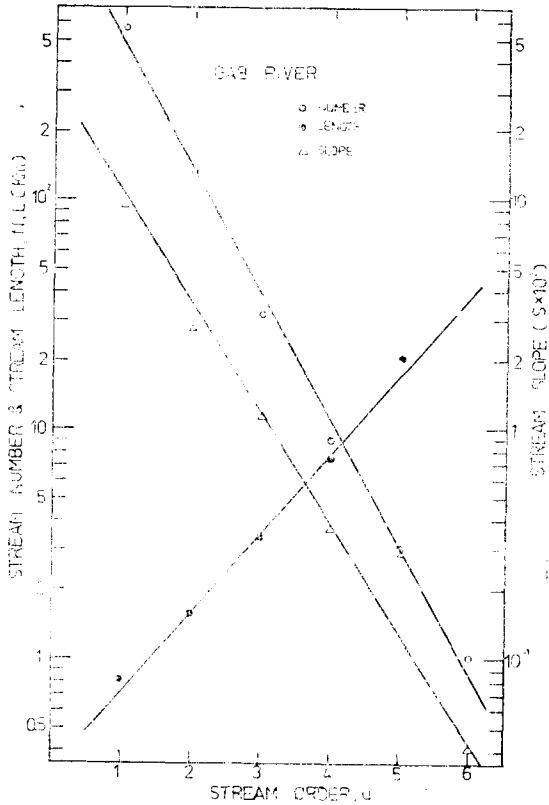


그림-2 河川形態學의 特性因子와 河川次數關係

$$r = \frac{N(\sum X_i U_i) - \sum U_i \sum X_i}{\sqrt{[N(\sum U_i^2) - (\sum U_i)^2][N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2]}} \quad (4)$$

利用하였으며 表-2와 함께 수록하였다. 式(4)에서 U는 式(1), (2), (3)에 있어서 河川次數이고 X는 河川數

表-2 Horton의 法則에 對한 回歸常數 및 媒介變數

流 域 名	回 歸 常 數						相 關 係 數			河川 分岐率 $e^B$	河川 延長比 $e^D$	河川 陷沒度 $e^F$
	A	B	C	D	E	F	N&U	L&U	S&U			
대 전 천	7.978	2.841	-1.182	-0.931	3.234	1.081	0.890	0.974	0.983	17.133	0.394	2.948
유 등 천	8.378	2.226	-1.505	-0.868	2.989	0.834	0.852	0.848	0.961	9.263	0.420	2.303
벌 목 천	7.651	2.139	-1.194	-0.665	3.403	0.920	0.882	0.841	0.976	8.491	0.514	2.509
두 계 천	7.605	2.778	-0.719	-0.742	3.056	1.174	0.906	0.965	0.969	16.087	0.476	3.235
감 천 (本流)	6.778	1.678	-0.654	-0.565	2.907	0.956	0.916	0.766	0.957	5.355	0.568	2.601
감 천 전 유역	8.961	1.923	-0.693	-0.627	3.201	1.010	0.882	0.902	0.970	6.841	0.534	2.746

平均延長 및 平均傾斜를 나타낸다. 이와같이 결정된 常數中 B,D,F의 값으로부터 水系組織의 特性<sup>(15)</sup>을 나타내는 媒介變數를 결정할 수 있다. 即,

$$\text{河川數의 分岐率(bifurcation ratio of stream number)} = \frac{N_u}{N_{u+1}} = e^B \quad (5)$$

$$\text{河川의 延長比(stream length ratio)} = \frac{L_u}{L_{u+1}} = e^D \quad (6)$$

$$\text{河川陷沒度(stream concavity)} = \frac{S_u}{S_{u+1}} = \frac{Y_u/L_u}{Y_{u+1}/L_{u+1}} = e^F \quad (7)$$

여기서  $Y_u$ 는 U次河川의 平均標高落下量(average fall)을 表示하며, 式(5), (6), (7)에 의해 계산된 媒介變數의 값은 表-2에 流域別로 表示되어 있다. 表-2에서 알 수 있듯이 甲川 全水系에 對한 分岐率은 6.841이며, 河川延長比와 陷沒度는 各各 0.534와 2.746이다 그림-2 및 表-2의 결과로부터 Horton의 3大法則이 우리나라 小河川水系에도 적용됨을 알 수 있으며 甲川水系와 같은 小河川流域의 形成構造도 規則性을 가지고 發達되었음을 암시해 주고 있다.

### III-2 河川延長과 流域面積間의 關係

Schumm<sup>(11)</sup>은 Horton의 河川延長의 法則을 基礎로 하여 排水面積의 法則(law of drainage area)을 처음으로 發表하였다. 이 法則은 Horton의 3大法則처럼 어떤 流域의 排水面積은 河川次數와 指數函數關係를 가진다는 것이다. 이것을 式으로 表示하면

$$\log_e A_d = m - nU \quad (8)$$

여기서  $A_d$ 는 流域面積이고  $m, n$ 은 流域에 따라 결정되는 常數이다. 즉 河川平均延長의 法則과 排水面積의 法則은 河川次數가 河川의 平均延長과 排水面積과 指數函數關係를 가짐을 뜻함으로 河川의 平均延長과 排水面積間에는 冪函數關係가 있음은 分明하다. 一般의 冪函數關係가 있음은 冪函數關係가 있음은 알았다. 即

$$L = aA_d^b \quad (9)$$

여기서  $a, b$ 는流域에 따라 결정되는 常數이다. 世界大河川<sup>(21)(22)</sup>에 있어서 河川延長(km)과 排水面積(km<sup>2</sup>)간의 相關關係는  $L = 1.89A_d^{0.6}$ 으로 表示했고 우리나라 洛東江<sup>(17)</sup>에서는  $L = 2.381A_d^{0.617}$ 로 表示되며 漢江<sup>(16)(19)</sup>에 있어서는  $L = 2.0905A_d^{0.5337}$ 로 表示되었다. 甲川水系에 있어서 河川延長과 流域面積關係는 水源地點으로부터 錦江本流의 合流點까지 河川延長과 排水面積을 測定하여 全對數紙에 表示해본 결과 그림-3과 같다. 이를 式으로 表示하기 위해 電子計算機로 回

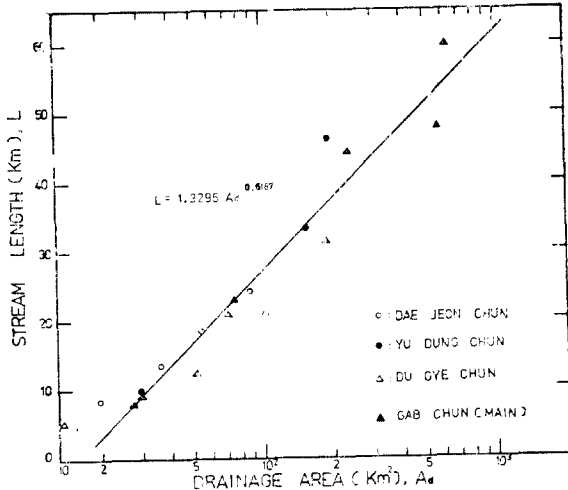


그림-3 河川延長-排水面積關係

歸分析하여 式(9)의 常數  $a, b$ 를 결정해본 결과 各各 1.3295와 0.6167로 나타났으며, 두 變數간의 相關係數는 0.9381로 나타나 높은 相關性을 나타내었다. 即 甲川 全流域에 對하여는 다음關係가 成立된다.

$$L = 1.3295A_d^{0.6167} \quad (10)$$

여기서  $L$ 는 水源地點으로부터 河川延長(km)이고  $A_d$ 는 水源地點으로부터 排水面積(km<sup>2</sup>)이다.

### III-3. 相對高度와 相對面積간의 關係

面積-高度關係曲線은 한 流域의 地形에 對한 洪水 效果나 地形侵蝕을 研究하는데 매우 有效한 方法으로서, 最近 Langbein등에 의하여 새로운 使用法이 開發 되었으며, 特히 Strahler<sup>(14)</sup>가 詳細한 研究를 하여 그 特性을 明確히 하고 있다.

相對高度-相對面積간의 關係分析은 어떤 流域의 任意 相對高度上部의 水平面積이 全流域面積의 몇%를 차지하는가를 표시하는 相對高度-相對面積曲線을 얻기 위한 方法으로서 全流域內의 山體積이 如何히 分布되어 있으며, 이들 分布狀態가 流域의 地質學的 發達程度와 어떠한 關係를 가지는가를 판단할 수 있는 方法이기도 하다. Strahler에 依하면 相對高度  $h/H$ 와 相對

面積  $a_d/A_d$ 사이에는 어떤 函數의 關係가 있는 것으로 알려져 있다. 即 式으로 表示하면

$$\frac{h}{H} = f\left(\frac{a_d}{A_d}\right) \quad (11)$$

여기서  $H$ 는 流域의 最下流點을 포함하는 水平面으로부터 流域의 頂點을 포함하는 水平面까지의 全高度 차이이며  $h$ 는 基底平面으로부터 측정한 高度이고  $A_d$ 는 地形圖上에서 측정한 流域面積 即 基底平面의 面積이다. 또한  $a_d$ 는 高度가  $h$ 인 等高線으로 둘러싸인 流域面積이다.

式(11)은 Strahler에 依하면 流域의 地質學的 發達段階을 分類하는 基準이 되는 式이며 이 分類法에 依하면 幼年期(inequilibrium or young stage), 壯年期(equilibrium or mature stage) 및 老年期(monodnock phase or old stage)로 分類한다. 尹博士<sup>(19)</sup>가 研究한 漢江流域은 地質學的으로 平衡狀態인 壯年期에 있다고 發表되고 있다.

本研究에서 測定한 高度別 流域面積으로부터 求한 相對高度-相對面積간의 曲線은 그림-4에 表示되어 있다. 그림-4에서 알 수 있듯이 小河川流域인 甲川水系에서 柳等川과 甲川本流는 두 水系 共히 Strahler分類

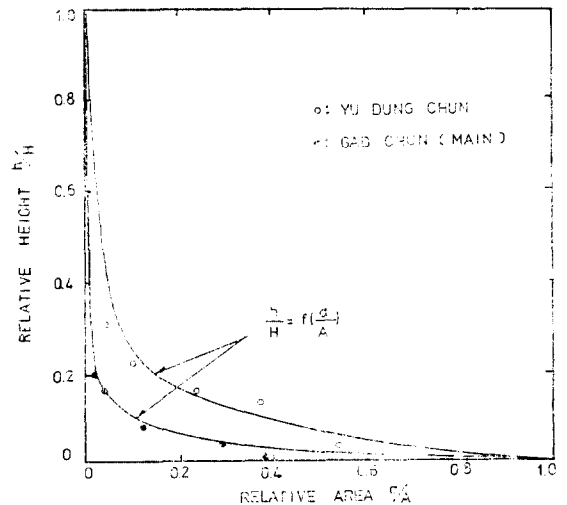


그림-4 相對高度-相對面積曲線(hysometric curve)

法에 依하면 老年期狀態로서 河川의 沿岸에는 土砂가 두껍게 퇴적되어 流水의 一部分가 스며드는 浸蝕殘丘의 相으로 判斷된다.

### III-4. 排水面積과 形態學의 特性因子와의 關係

河道의 水源으로부터 下流方向으로 갈수록 流域의 面積은 점차적으로 增加한다는것은 明確한 事實이다. Horton-Strahler 次數概念에 依하면 河川次數는 下流로 갈수록 증가한다. 여기서 流域의 排水面積과 河川次數

사이에는 어떤 相關이 있다는 것을 알 수 있다. Schumm<sup>(11)</sup>은 Horton의 三大法則을 연장하여 排水面積의 法則을 처음 提案하였다. 이것을 式으로 나타낸 것이 前述한 式(8)이다.

Horton-Strahler에 依하면 式(8)의 河川次數  $U$ 는 整數值(integer)를 가지게 되어있어, 이것은 河川의 두 合流點에서만 適用이 可能케 되어 있어서 合流點과 合流點間의 河川形態學의 特性的 變化를 서술하는데 불편한 약점이 있다. 따라서 Horton-Strahler의 河川次數 決定法을 다음과 같이 比例河川次數로 修正하면 水系網의 連續的인 表現이 可能하다, 即

$$U_p = U_i + \frac{N_{1x} - N_{1i}}{N_{1x} - N_{1e}} = U_i + U_x \quad (12)$$

여기서

$U_p$ : 比例河川次數(proportional stream order)

$U_i$ : Horton의 方法에 의한 河川次數

$N_{1x}$ : 水系中 任意點 X의 上流에 있는 1次河川의 數

$N_{1i}$ : X點이 위치한 河川의 次數  $U_i$ 가 始作되는 點의 上流에 있는 1次河川의 總數

$N_{1e}$ : X點이 位置한 河川의 次數  $U_i$ 가 끝나는 點의 上流에 있는 1次河川의 總數

式(12)에서  $N_{1e} > N_{1x} > N_{1i}$ 이므로  $U_x$ 의 값은 항상 1보다 작은 陽(+의 數)이다. 또한 이 式에서 定義되는 比例河川次數를 流域의 排水面積과 相關시키기 위하여 式(8)과 비슷한 關係를 가정해 본다. 即

$$\log_e A_d = p + qU_p \quad (13)$$

여기서  $p, q$ 는 地點別로 決定되는 常數이다. 本流域에 對하여 (12), (13)式의 關係를 얻기 위하여 表-3과 같이 試圖해 보았다. 表-3의 資料로 比例河川數와 排水面積과의 關係를 半對數紙에 表示해본결과 그림-5와 같이 直線에 가깝게 나타나므로 式(13)의 關係가

成立됨을 알 수 있다. 式(13)의 常數  $p, q$ 는 各各 -1.442와 1.167로 나타났으며 (13)式의 相關關係를 나타내는 相關係數( $r$ )은 0.950으로 높은 상관성을 보였다

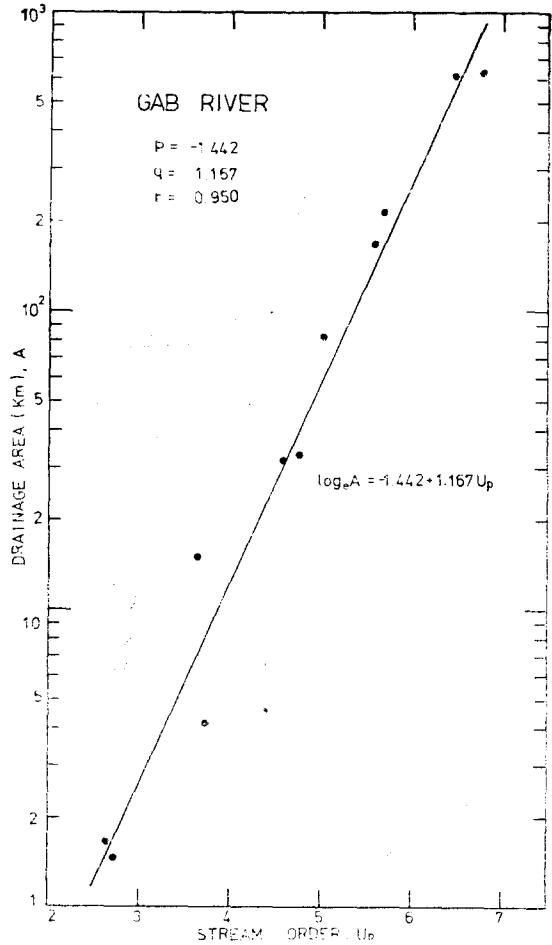


그림-5 排水面積—比例河川次數關係

表-3 甲川水系의 比例河川次數와 排水面積

No	$U_i$	$N_{1e}$	$N_{1x}$	$N_{1i}$	$U_x$	$U_p$	A (km <sup>2</sup> )
1	2	5	4	2	0.67	2.67	6.38
2	2	9	7	2	0.71	2.71	4.75
3	3	38	31	9	0.76	3.76	41.00
4	3	28	21	8	0.65	3.65	15.00
5	4	51	40	23	0.61	4.61	31.75
6	4	107	90	33	0.77	4.77	33.00
7	5	363	253	93	0.59	5.59	169.52
8	5	347	153	144	0.04	5.04	81.63
9	5	347	289	144	0.70	5.70	215.63
10	6	740	723	707	0.49	6.49	613.75
11	6	740	733	707	0.79	6.79	634.00

#### IV. 結論

錦江의 3大支流인 甲川水系의 流域特性을 分析해본 결과 水系組織이 一般的으로 規則性을 가지고 있고 定量的으로 途述할 수 있었다. 이들 資料가 小河川水系의 流域을 判斷하는 重要한 資料가 되리라 생각된다.

이상과 같이 分析한 資料로부터 大략 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 甲川水系를 통털어 볼때 水系의 形成構造는 대체로 Horton-Strahler의 河川3大法則에 따라 發達되어있다. 即, 大河川만이 Horton法則에 따라 發達된 것이 아니라 우리나라 小河川水系도 이 法則에 따라 發達된 것을 알았다.

2. 河川水路에 따른 累加延長과 排水面積사이에는  $L=1.3295A_1^{0.6167}$ 로 表示할 수 있어 역函數關係가 成立됨을 알았으며 이는 우리나라 漢江과 洛東江에서 얻은 결과와 비스함을 보였다.

3. 相對高度와 相對面積曲線의 解析에서 甲川水系는 地質學的 發達過程이 完全한 老年期에 도달되어 있어서 河谷은 浸蝕殘丘의 相으로 되어 있음을 알 수 있다

4. 排水面積과 形態學的特性因子와의 關係解析을 위하여는 Horton-Strahler의 河川次數決定法을 延長하여 도입한 比例河川次數의 概念이 形態學的特性을 水理學의 形狀에 相關시키는 架橋의 역할을 한다.

5. 本水系地點에 量水標地點이 전혀 없어 流量에 關한 資料分析과 流域特性因子間의 關係解析을 할 수 없었다.

끝으로 本論文이 完成되기까지 資料를 分析해준 大田工業專門學校 李大澈先生께 감사를드리며 Computer 처리를 맡아준 仁荷大學校 電子計算所 金경호선생과 기타 여러간무를 도와준 여러분께 감사를 드린다.

### 參 考 文 獻

1. Chow, V.T., "Hydrologic Determination of Waterway Area for the Design of Drainage Structure in Small Drainage Basins," Engineering Experiment Station Bulletin 462, University of Illinois, Urbana, 1962
2. Golding, B.L. and Low, D.E., "Physical Characteristics of Drainage Basin," Jour. of Hydr. Div., ASCE, proc. paper 2406, Vol. 86, No. Hy 3, 1960, pp.1~11
3. Grey, D.M., "Interrelationships of Watershed Characteristics," Jour. Geophys. Res., Vol. 66, No.4, 1169, pp. 1215~1223
4. Horton, R.E., "Erosional Development of Stream and Their Drainage Basins-Hydrological Approach to Quantitative Morphology," Geol. soc. of Amer., Vol. 56, No. 3, 1945, pp.275~370
5. Horton, R.E., "Drainage Basin Characteristics," Trans. Amer. Geophy. union, Vol. 13, 1932, pp. 350~361
6. Langbein, W.B., "Geometry of River Channel," Jour. of Hydr. Div. ASCE, Vol. 3846, No. Hy 2, 1964, pp. 301~312
7. Leopold, L.B. and Langbein, W.B., "The concept of Entropy in landscape Evolution, Geol. Surv. prof. paper 500-A, 1962
8. Leopold, L.B. and Maddock, T., "The Hydraulic

- Geometry of Stream Channels and Some physiographic Implication," U.S. Geol. surv. prof. paper No. 252, 1953
9. Liao, K.H. and Scheidegger, A.E., "Theoretical Stream length and Drainage Area in Horton Nets of Various Orders," Water Resource Reasearch, Vol. 5, No. 3, 1969, pp. 744~746
10. Morisawa, M.E., "Stream, Their Dynamics and Morphology, McGraw-Hill, New York, 1968
11. Schumm, S.A., "Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy," New Jersey, Bulletin, Geol. soc. of Amer, Vol. 67, 1956, pp. 597~646
12. Shreve, R.L. "Statistical Law of Stream Numbers," Jour. of Geol., Vol. 74, No. 1, 1966, pp. 17~37
13. Smart, J.S., "Statistical properties of Stream lengths," Water Resources Research, Vol. 4, No. 5, 1968, pp. 1001~1014
14. Strahler, A.N., "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology", Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 38, No. 6, 1957
15. Yang Tsung, "Potential Energy and Stream Morphology," Illinois state water Survey and Water Resources Center of University of Illinois, 1970
16. Yoon, Y.N., "Correlation of the Stream Morphological Characteristics of the Han River Basin with its Mean Daily and 7-Day 10-Year Low Flows," publication n 117de l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques Symposiumde Tokyo, Décembre, 1975
17. 建設部, 洛東江 流域水資源開發計劃,
18. 尹龍男, 水文學, 淸文閣, 1976
19. 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 1號, 1973, 3.
20. 鄭英鎮, 近代統計學의 理論과 實際, 寶晉齋, 1967
21. 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
22. 崔榮博 外 3人, 河川工學, 螢雪出版社, 1975