地理學, 第33號, pp. 13~25, 1986年 6月 30日

# 小流域盆地의 洪水特性과 地形變數와의 關係

孫 一*

≪目 次≫

1. 序 論
(1) 硏究目的
(2) 流域盆地의 槪觀
2. 單位流量圖와 洪水特性 變數
(1) 單位流量圖
(2) 洪水特性 變數의 체택
3. 地形變數
(1) 都市化에 영향을 받지 않는 地形變數
(2) 都市化에 영향을 받는 地形變數
4. 資料의 分析
(1) 遲滯時間과 地形變數
(2) 相對的 遲滯時間과 地形變數
(3) 洪水尖度와 地形變數
(4) λ-index
5. 要約 및 結論

## 1. 序 論

### (1) 硏究目的

오늘날 都市化가 진행됨에 따라 都市河川의 河川改修, 洪水防止, 水質汚染 등에 대한 관심이 증대되고 있다. 都市化가 진행되는 小流域盆地의 水文特性을 변화시키는 가장 중요한 要因중의 하나는, 都市化에 따른 流域盆地內 土地利用의 變化이며, 대개 尖頭流量 特性의 變化(changes in peak flow character), 全體 流量의 變化(changes in total runoff), 水質의 變化(changes in quality of water), 都市河川 景觀의 變化(changes in the hydrologic amenities) 등으로 나타난다.[1]

이와 같은 이유로 未計測 小流域盆地의 流出特性과 地形變數와의 관계를 밝히려는 硏究들[2]이 시도되었으며, 都市化에 따른 流出量의 變化[3]

* 慶尙大學校, 專任講師

1) Leopold, L.B., 1968, "Hydrology for urban land planning—a guidebook on the hydrologic effects of urban landuse," *U.S. Geol. Surv. Circular* 554, p. 1.

2) Leopold, L.B. & H.E. Skibitzke, 1967, "Observations of unmeasured rivers," *Geografiska Annaler*, 49A, 2-4, pp. 247~255.
Orsborn, J.F., 1974, "Determining streamflow from geomorphic parameters," *J. Irrig. Drain Div. ASCE.*, 100(IR4), pp. 455~475.
Patton, P.C. & V.C. Baker, 1976, "Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls," *Water Resources Research*, Vol.12, No.5, pp. 941~952.
Chang, M. & D.G. Boyer, 1977, "Estimation of low flows using watershed and climatic parameters," *Water Resources Research*, Vol.13, No.6, pp. 997-1001.

3) Kinosita, T. & T. Sonda, 1969, "Changes of runoff due to urbanization," *International Association of Scientific Hydrology Publication* 85, pp. 787-796.
Hollis, G.E., 1974, "The effect of urbanization on floods in the Canon's Brook, Harlow, Essex," *Institute of British Geographers Special Publication*, No.6, (ed. by Gregrery, K.J. & D.E. Walling), pp.123-139.
Hollis, G.E., 1975, "The effect of urbanization on floods of different recurrence interval," *Water Resource Research*, Vol.11, No. 3, pp. 431-435.

나아가 都市化에 따른 河道變化[4]에도 많은 관심이 기울여지고 있다.

이처럼 都市化에 따른 水文特性의 變化를 예측하기 위해서는, 都市化가 진행되는 小流域盆地에 대한 상당 기간 동안의 水文觀測資料가 필수적이나 우리나라의 경우 거의 전무한 실정이다. 또한, 都市化가 진행되지 않은 小流域盆地에 대해서도 사정은 거의 마찬가지이나, 最近 國際水文開發計劃(IHP)의 일환으로 1970年代初부터 일부 小流域盆地[5]에 대한 水文觀測이 시도되었다.

우선 本 硏究에서는 都市化가 진행되지 않은 小流域盆地내에서 都市化에 영향을 받는 地形變數와 都市化에 영향을 받지 않는 地形變數를 구분한 후, 多變因回歸分析(multiple regression analysis)를 통해 小流域盆地의 洪水特性과 이들 變數와의 關係를 밝히고자 한다. 나아가 未計測 小流域盆地에서 都市化에 따른 洪水特性의 變化를 예측하는데 필요한 地形變數를 추출하고자 한다.

### (2) 流域盆地의 槪觀

1983年에 간행된 IHP代表流域硏究調査報告書(建設部)에 따르면, 平昌江, 報靑川, 渭川 세 流域盆地를 〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 16개 小流域盆地로 구분하고 각 流域盆地 最下流에서 水位·流量 등을 측정하였다. 또한 이 報告書에서는 이들 流量資料와 流域盆地內 여러 곳에 설치된 雨量觀測資料를 이용하여 각 流量測定地點의 單位流量圖(unit hydrograph)를 제시하였다. 따라서 본 硏究에서는 이들 單位流量圖가 作成된 16개의 小流域盆地를 대상으로, 單位流量圖에서 추출한 洪水特性과 앞에서 언급한 地形變數와의 관계를 밝히려 한다.

각 代表流域別 自然環境의 特性은 다음과 같다.

① 平昌江 代表流域

본 平昌江 代表流域은 南漢江의 支流로서 總流域面積이 519.78km²이며, 平均高度가 600m 以上의 山岳地域이다. 본 流域의 北部와 南西部에는 선캠브리아기의 경기기저변성암복합체가 나타나며, 그 위를 오오도뷔스기의 상부대석회암층군과 트라이아스기의 녹암층이 덮고 있고 주로 南東部에 나타난다. 그리고 중생대 대보화강암이 流域盆地 中央을 北東에서 南西方向으로 貫入해 있으며, 이 貫入 화강암帶를 따라 영동고속도로가 달리고 있다. 桂芳山(1,577m), 自積山(1,103m), 泰岐山(1,261m), 靑玉山(1,256m)으로 둘러싸인 山間盆地로 流域形狀은 南北으로 길다. 興亭川과 東沙川이 南流하다 流域 中央에서 合流하여 平昌江을 이루며 계속 南流한다. 年平均氣溫은 10.3°C이고 年平均降水量은 1,082mm이다.

본 代表流域은 〈그림 1〉에서 보듯이 5개의 小流域盆地로 이루어져 있으며, 각각의 流量測定地點은 〈표 1〉에 나타나 있다.

② 報靑川 代表流域

본 報靑川 代表流域은 錦江 支流로서, 總流域面積이 475.60km²인 內陸山間盆地이다. 본 流域의 西部에는 선캠브리아기의 옥천층군이 나타나며, 그 위를 오오도뷔스기의 대석회암층군, 하부대석회암층군이 덮고 있다. 北東部와 南部의 대부분 지역은 중생대에 貫入한 대보화강암이 덮고 있고, 이를 다시 마산암류가 貫入하여 北東部에 俗離山 등 높은 山地를 이루고 있다. 본 流域은 俗離山(1,057m), 川澤山(683m), 國師峯(552m), 金積山(653m) 등으로 둘러싸여 있으며, 報靑川은 俗離山에서 發源한 三街川과 流域 中央에서 合流하여 盆地를 南北으로 貫流한다. 年平均氣溫은 11.2°C이며, 年平均降水量은 1,167mm

4) Hammer, T.R., 1972, "Stream channel enlargement due to urbanization," *Water Resources Research*, Vol. 8, No.6, pp. 1,530~1,540.
Leopold, L.B., 1973, "River channel changes with time; an example," *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol.84, pp. 1,845~1,860.
Gregory, K.J., 1977, "Channel and network metamorphosis in Northern New South Wales," *River Channel Changes*, (ed. by Gregory, K.J.), Chichester, John Wiley, pp. 389-410.

5) 國際水文開發計劃(IHP)에 의해 水文觀測이 시작된 소규모의 代表流域은 다음과 같다. 慶安川·無心川·新川·半月流域·平昌江·報靑川·渭川 代表流域

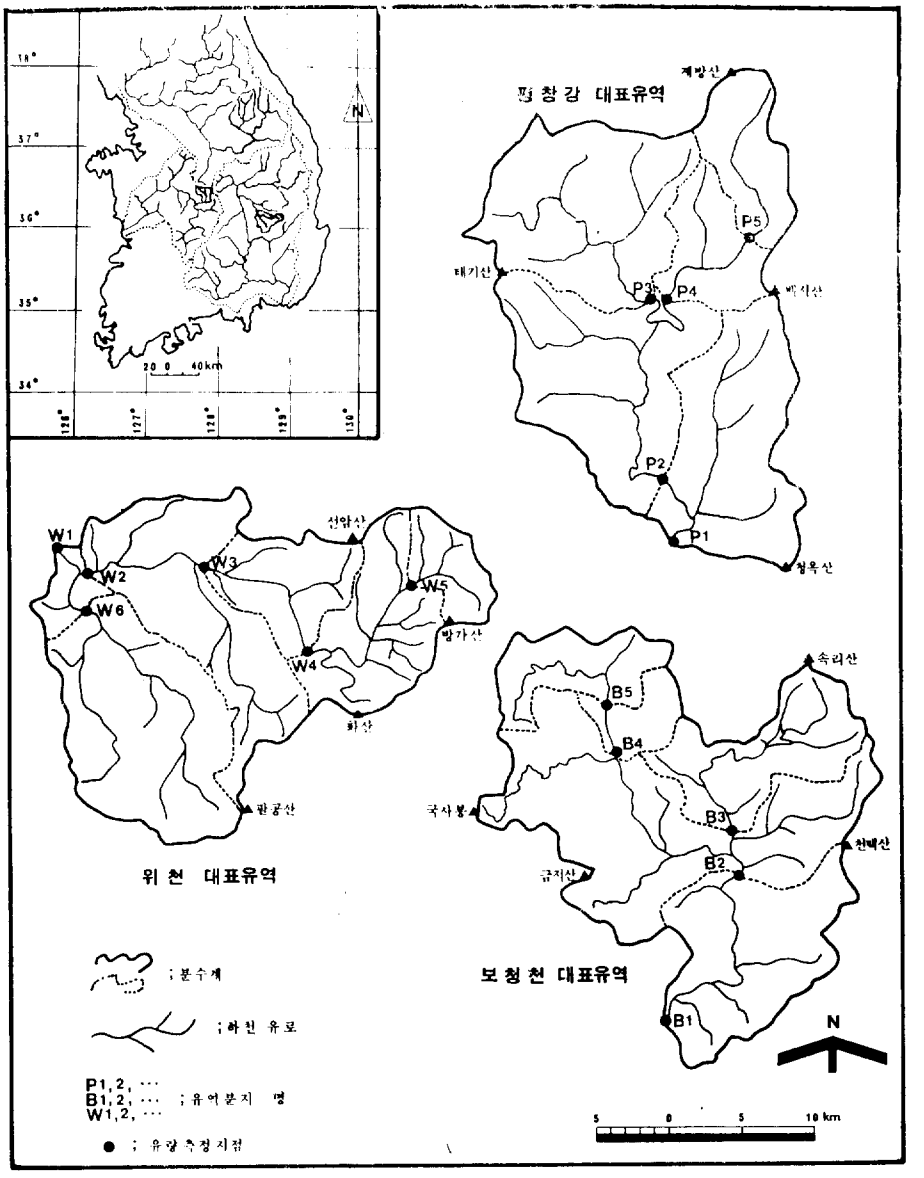


그림 1. 각 代表流域의 位置 및 小流域盆地의 區分

이다. 〈그림 1〉에서 처럼 본 流域은 5개의 小流域盆地로 구성되어 있으며, 각각의 流量測定地點은 〈표 1〉에 나타나 있다.

③ 渭川 代表流域

본 代表流域은 洛東江 支流로서, 總流域面積이 472.53km²인 內陸山間盆地이다. 중생대 퇴적암인 신동층군과 하양층군이 대부분 地域을 덮고 있으며, 北쪽 一部에 유천층군이 나타난다. 이 퇴적암을 貫入한 불국사화강암이 流域 南部에 八公山 등의 高山地를 이루고 있고, 유천층군을 마산암류가 貫入하였다. 南部와 東部는 八公山(1,192m), 華山(828m), 方可山(756m), 船岩山(878m)으로 둘러싸여 高地이나, 北西部로 갈수록 高度가 낮아진다. 方可山에서 發源한 渭川은 西流하다가 八公山에서 發源하여 北流하는 南川, 社創川과 盆地 北西部에서 合流하여 北流하면서 流域盆地를 빠져나간다. 年平均氣溫은 12.0°C이며 年降水量은 947mm이다. 〈그림 1〉에

표 1. 각 小流域盆地의 流量測定地點

| 流域名 | | 流域面積 (km²) | 測定地點 |
|---|---|---|---|
| 平昌江代表流域 | P1 | 519.78 | 平昌郡 芳林面 芳林里 上芳林橋 |
| | P2 | 382.05 | 平昌郡 大和面 上安味里 上安味橋 |
| | P3 | 140.05 | 平昌郡 蓬坪面 坪村里 五大川橋 |
| | P4 | 105.75 | 平昌郡 龍坪面 長平里 長平橋 |
| | P5 | 55.93 | 平昌郡 龍坪面 東沙里 東沙川橋 |
| 報青川代表流域 | B1 | 475.60 | 沃川郡 青城面 山桂里 山桂橋 |
| | B2 | 346.50 | 報恩郡 馬老面 箕大里 |
| | B3 | 72.50 | 報恩郡 馬老面 官基里 |
| | B4 | 79.50 | 報恩郡 梨坪邑 梨坪里 梨坪橋 |
| | B5 | 53.70 | 報恩郡 梨坪邑 新倉里 中東橋 |
| 涓川代表流域 | W1 | 472.53 | 軍威郡 軍威邑 龍山里 武城橋 |
| | W2 | 302.13 | 軍威郡 孝令面 並水洞 並川橋 |
| | W3 | 171.25 | 軍威郡 友保面 美城洞 美城橋 |
| | W4 | 109.73 | 軍威郡 古老面 華水洞 古老橋 |
| | W5 | 33.63 | 軍威郡 古老面 陽地洞 東谷橋 |
| | W6 | 151.05 | 軍威郡 孝令面 中九洞 孝令橋 |

서 보듯이, 본 流域盆地는 6개의 小流域盆地로 이루어져 있으며, 각각의 流量測定地點은 〈표 1〉과 같다.

## 2. 單位流量圖와 洪水特性 變數

### (1) 單位流量圖

본 硏究에 利用한 單位流量圖(unit hydrograph)란 "특정 單位時間동안 均一한 强度로 流域 전반에 걸쳐 均等하게 내리는 單位有效雨量(unit effective rainfall)으로 인하여 발생하는 直接流出水文曲線"을 의미한다.[6] 즉 〈그림 2〉는 報靑川 代表流域중 B3流域盆地의 單位流量圖로, 流域面積 72.5km²인 流域盆地에 2시간 동안 1cm의 有效雨量이 균등하게 내릴 경우를 나타낸 것이다. 이때 尖頭流量은 12.2m³/sec이고 遲滯時間은 6.2시간이며 基底時間은 66시간이다.

單位圖를 유도하는데는 特定單位時間과 單位有效雨量이 전제조건[7]이 되므로, 균일한 降雨强度를 유지하기 위해서는 비교적 짧은 豪雨事象

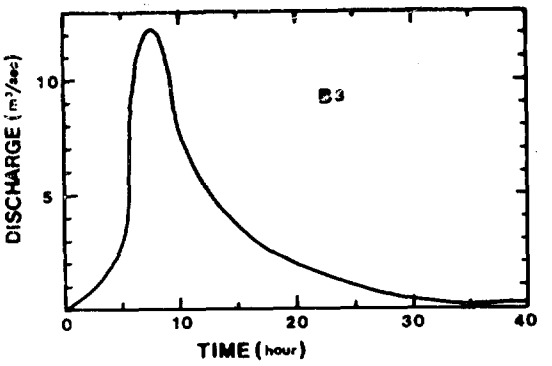


그림 2. 報靑川 代表流域내 B3 小流域盆地의 2時間 單位流量圖(建設部, 1983, IHP代表流域硏究調査報告書, p. 199에서 轉載)

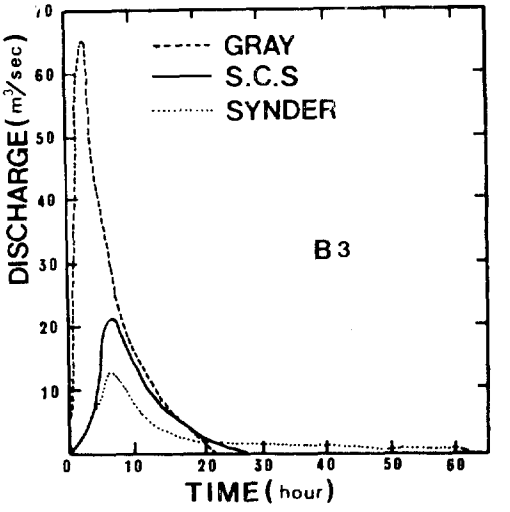


그림 3. 報靑川 代表流域내 B3 小流域盆地의 2時間 合成單位流量圖(建設部, 1983, IHP代表流域硏究調査報告書, p. 258. 에서 轉載)

을 택하는 것이 좋다. 또한 균등하게 비가 내린다는 假定을 위해서는 流域面積이 작은 流域에 대해 單位圖法을 적용하는 것이 좋다.

그리고 單位圖란 어떤 특정 豪雨로 인한 특정 기간의 水文曲線이므로, 관측오차와 豪雨의 공간인 分布差異 때문에 수개의 다른 豪雨로 부터 同一 지속기간의 單位圖라 할지라도 어느 정도 相異하다. 따라서 수개의 독립된 豪雨事象으로

6) 尹龍男, 1984, 水文學, 淸文閣, p. 197.

7) 尹龍男, 1984, 前揭書, p. 197~199.
2가지 전제조건외에, 一定基底時間假定(principle of equal base time), 比例假定(principle of proportionality), 重疊假定(principle of superposition) 등 3가지 假定이 單位圖 理論의 근저를 이루고 있다.

부터 지속기간을 일치시켜 수개의 單位圖를 平均하는 것이 바람직하다.[8] 하지만 본 小流域盆地에 대한 單位圖는, 平昌江의 경우 水位資料가 명확한 1번의, 報靑川의 경우 2번의, 渭川의 경우 1번의 豪雨事象만을 선택하여 作成한 것이다.

한편 본 硏究에 利用된 單位流量圖는 基底流出分離에 있어 N-day法을 使用하였으며, 實測水文曲線에서 유도된 것이다. 〈그림 2〉와 〈그림 3〉에서 보듯이, 實測値를 이용한 單位流量圖와 Gray Method, Synder Method, S.C.S. Method에 의한 合成單位流量圖(synthetic hydrograph)와는 상당한 차이를 나타낸다.

### (2) 洪水特性 變數의 채택

〈그림 2〉에서 보듯이 單位流量圖에서 특정 流域盆地에 대한 遲滯時間(lag time)과 尖頭流量 2가지의 洪水特性을 찾을 수 있으며, 이는 실제로 河川의 계획홍수량 算定 등에서 유용한 資料로 이용될 수 있다. 平均單位流量을 이용한 Hollis, G.E. (1974)의 硏究[9]에 의하면, 都市化가 진행됨에 따라 流域面積의 16.6%가 포장되어 尖頭洪水量은 4.6배로 늘어난 반면 遲滯時間은 4.8시간에서 2.1시간으로 줄어들었다. 하지만 이와 같은 硏究에서는 一般的으로 同一한 流域盆地에 대해 時系列的 變化를 추적하는 것이므로, 본 硏究에서처럼 流域面積이 相異할 경우 相異한 流域盆地間의 尖頭流量과 遲滯時間을 직접 비교할 수 없다.

따라서 遲滯時間 대신 相對的 遲滯時間, 尖頭流量 대신 比流量을 利用하였다.

① 遲滯時間($T_p$)

單位流量圖에서 지속기간이 tr시간인 有效雨量 柱狀圖의 중심(centroid)과 尖頭流量의 發生時間과의 差異를 말한다. 본 硏究에 이용된 單位圖의 지속시간은 2시간이다.

② 相對的 遲滯時間($R_t$)

〈표 3〉에서 보듯이 流域面積이 커짐에 따라 遲滯時間이 길어짐으로, 同一流域盆地에 대한 都市化의 영향을 一般化하는데는 부적합하다.

표 2. 洪水特性 變數간의 相關關係

| $n$ | variable | $r$ | $t$ |
|---|---|---|---|
| 16 | qpt with $K_u t$ | +0.41189 | 1.6913 |
| 16 | $R_t t$ with $K_u t$ | +0.16139 | 0.6119 |
| 16 | qpt with $R_t t$ | −0.69289 | 3.5956 |

* $qpt=\log_{10} qp$, $K_u t=\log_{10} K_u$, $R_t t=\log_{10} R_t$

** $t(16;0.01)=2.921$

따라서 본 硏究에서는 雨水가 流域의 最遠點에서 流域出口까지 흐르는데 소요되는 時間인 到達時間(time of concentration; $t_c$)과 실제 遲滯時과의 比를 이용하였는데, 이를 相對的 遲滯時間이라 하기로 한다.

$$R_t=\frac{T_p}{t_c}$$

$R_t$ ; 相對的 遲滯時間

$T_p$; 遲滯時間

$t_c$ ; 到達時間

到達時間을 나타내는 경험공식에는 몇가지 있으나, Kirpich의 公式[10]을 利用하였다.

$$t_c=0.06626\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$t_c$; 到達時間(hr)

$L$; 流路延長(km)

$S$; 流路의 平均傾斜

③ 比流量(specific discharge; $qp$)

본 變數는 洪水尖度를 나타내는 變數로 단위면적당 尖頭流量을 의미한다. $qp$ 대신 單位圖에 있어 尖頭洪水量의 75%에 해당하는 시간간격($T_{75}$)와 기저시간($T_{00}$)과의 比($K_u$) 역시 사용될 수 있을 것 같으나, 실제로 $qp$, $K_u$, $R_t$간의 상관관계를 분석한 결과가 〈표 2〉와 같으므로, $qp$만은 洪水尖度를 나타내는 變數로 채택하였다.

## 3. 地形變數

### (1) 都市化에 영향을 받지 않는 地形變數

流出에 영향을 미치는 流域盆地內 因子로 流域面積, 流域의 傾斜, 流域의 方向性, 流域形狀, 流域의 高度, 水系組織의 構成樣相, 流路特性

8) 建設部, 1983, IHP代表流域硏究調査報告書, pp. 193-194.

9) Hollis, G.E., 1974, *op. cit.*, p. 133.

10) Kirpich, Z., 1940, "Time of concentration of small agricultural watersheds," *Civil Engineering*, Vol.10, No.6, p. 132.

등을 들고 있다.[11] 이러한 變數들 중에서 都市化가 진행되어도 變하지 않는 變數로 판단된 流域面積, 本流의 平均流路傾斜, 本流의 流路延長, 流域形狀係數, 流域平均傾斜를 小流域盆地의 洪水特性을 설명하는 變數로 설정하였다.

① 流域面積($D_a$)

流域面積이란 流域의 分水界로 둘러싸인 면적($km^2$)을 의미하며, IHP代表流域研究調査報告書(建設部, 1983)[12]의 값을 그대로 이용하였다.

② 本流의 流路延長($ML$)

1 : 50,000地形圖에서 本流로 판단되는 河川의 總延長을 求長器(length meter)로 測定하고, 이를 本流의 流路延長의 값으로 사용하였다.

③ 本流의 平均流路傾斜($MS$)

앞에서 구한 本流의 流路延長과 本流 最上流와 最下流의 高度差와의 比를 本流의 平均流路傾斜 값으로 사용하였다.

$$MS = \frac{\Delta h}{ML}$$

$MS$; 本流의 平均流路傾斜

$ML$; 本流의 流路延長

$\Delta h$ ; 本流 最上流와 最下流의 高度差

④ 流域形狀係數($Rf$)

Miller(1953)의 圓形率, Schumm(1956)의 細長率, Chorley et al.(1957)의 $\rho$값 등 여러 種類가 있으나[13], 본 研究에서는 Horton의 $Rf$를 사용하였다.

$$Rf = \frac{D_a}{L_b^2}$$

$Rf$; 流域形狀係數

$D_a$ ; 流域面積

$L_b$ ; 流域의 最長徑

⑤ 流域의 平均傾斜($A_s$)

Horton의 交線法을 이용하여 1 : 50,000地形圖에서 測定한 IHP代表流域研究調査報告書(建設部, 1982)[14]의 값을 그대로 사용하였다.

(2) 都市化에 영향을 받는 地形變數

〈그림 4〉는 하나의 流域盆地에서 道路, 排水路, 下水道 등 人爲的인 河系網이 첨가됨에 따라 나타나는 河系網의 구조변환을 圖式化한 것이다(Graf, W.L., 1977),[15] 즉, 流域面積 등의 변화는 없으나 interior link와 exterior link[16]의 총길이, 하천차수, 유역밀도 등에서 상당한 변화를 예상할 수 있다.

물론, 이와 같은 변화를 나타내는데는 종래 一般的으로 이용되어온 Horton의 법칙(하천차수의 법칙, 하천길이의 법칙, 하천면적의 법칙)을 이용할 수 있으나, Schumm(1956)의 研究[17]에 의하면 地形的 特性이 相異한 流域盆地에서 Horton의 分岐率(bifurcation ratio), 길이比率(length ratio), 面積比率(area ratio)이 거의 일치하였다.

이처럼 流域盆地內 地形特性의 근본적인 差異를 이들 無次元 河系網變數(dimensionless network parameter)가 민감하게 반영하지 않는 이유에 대해 Shreve, R.L.(1969)[18]는 다음과 같은 2가지

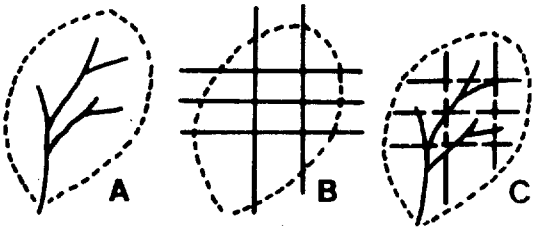


그림 4. 都市化에 따른 河系網 變化. (A) 旣存의 自然的인 河系網. (B) 都市化에 따른 人爲的인 河系網. (C) 自然的·人爲的 河系網이 결합된 河系網. (Graf, W.L.(1977), p. 460에서 轉載)

11) 尹龍男, 1984, 前揭書, pp. 146~149.
12) 建設部, 1983, 前揭書, p. 33, 50, 62.
13) 柳根培, 1981, "地形·氣候變數와 洪水量의 關係에 관한 研究." 서울大 碩士學位論文, pp. 11~12.
14) 建設部, 1982, IHP代表流域研究調査報告書, pp. 38-42.
15) Graf, W.L., 1977, "Network characteristics in suburbanizing stream," *Water Resources Research*, Vol. 13, No.2, pp. 460-461.
16) Shreve, R.L., 1969, "Stream lengths and basin areas in topologically random channel networks," *Journal of Geology*, Vol.77, p. 398.
17) Schumm, S.A., 1956, "Evolution of drainage systems and slopes in badland at Perth Amboy, New Jersey," *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol.67, pp. 603-605.
18) Shreve, R.L., 1969, *op. cit.*, pp. 413-414.

이유로 설명하였다. 첫째, 地質的인 제약을 무시할 경우 河系網 發達은 位相學的으로 거의 無作爲이다(topologically random). 둘째, Horton의 法則에 사용된 河川의 길이와 면적은 수많은 link와 그것의 流域面積을 합한 것이므로, 개개의 link 길이와 그것의 流域面積간의 差異가 평균치로 반영되었다.

따라서 Horton의 parameter들은 개개의 流域盆地를 설명하는데는 有用할지라도 相異한 流域간의 변화를 비교하는데는 부적합하다. 이에 따라 Smart, J.S. (1972)[19]는, 相異한 流域간의 河系網 特性을 比較하기 위해 exterior link와 interior link의 길이와 면적을 반영하는 $\lambda, \alpha, K_e, K_i, \lambda/\alpha, \lambda^2/\alpha$ 등의 無次元變數를 사용하였다.

한편, Graf, W.L. (1977)[20]는 都市化가 진행됨에 따라 道路, 下水路, 排水路 등의 증가로, 이들 變數들과 都市化 面積간에 相關關係가 있는 것으로 판정하였다.

$$V_x = a_0 + b_0 A_s$$

$A_s$; 都市化된 面積比(%)

$V_x$; $\lambda, \alpha, K_e$……등의 變數

$a_0$, $b_0$; 상수

따라서 본 硏究에서는 都市化에 영향을 받는 地形變數로서, interior link와 exterior link의 길이와 면적을 반영하는 變數를 이용하였으며, 구체적인 내용은 아래와 같다.

① $u_c$, $u_e$, $l_e$, $l_i$, $D$

3개의 代表流域에 해당하는 1 : 50,000地形圖에서 interior link와 exterior link를 구분하고, 구분된 총 2,600개 link의 길이와 각각의 流域面積을 求長器(length meter)와 求積器(linear digital planimeter)를 이용하여 측정하였다.

이때 $u_c$는 해당 流域盆地의 총 link의 數이며, 이는 exterior link의 數($u_e$)와 interior link의 數($u_i$)의 합이다. 원래 位相學的 정의에 의하면, $u_e = u_i - 1$의 관계가 있어야 하나, 3개의 link가 하나의 node에 합치거나 interior link의 길이가 측정할 수 없을 정도로 작은 경우가 나타나므로 $u_e > u_i - 1$의 경우가 대부분이다.

$l_e$는 exterior link의 총 길이이며, $l_i$는 interior link의 총 길이이다. 그리고 $D$는 河系密度로 $(l_i + l_e)/D_a$로 나타내었다.

② $\lambda$, $\alpha$, $K_e$, $K_i$, $D_e/D_i$

이들 變數는 interior link와 exterior link의 길이·면적의 관계를 나타내는 無次元 地形變數로 아래의 式으로 구하였다.[21]

$$\lambda = \overline{l_e}/\overline{l_i} = (l_e/u_e)/(l_i/u_i)$$

$$\alpha = \overline{a_e}/\overline{a_i} = (a_e/u_e)/(a_i/u_i)$$

$$K_e = \overline{l_e^2}/\overline{a_e}$$

$$K_i = \overline{l_i^2}/\overline{a_i}$$

$$D_e/D_i = (\overline{l_e}/\overline{a_e})/(\overline{l_i}/\overline{a_i}) = \lambda/\alpha$$

여기서 $a_e$는 流域盆地內 exterior link의 流域面積의 총 합계이며, $a_i$는 interior link의 합이다. 그리고 $\overline{l_e^2}$은 각 exterior link 길이의 제곱의 평균값이며, $\overline{l_i^2}$은 각 interior link 길이의 제곱을 평균한 값이다.

③ $Du_c$, $Du_e$, $Dl_e$, $Dl_i$, $\overline{l_e}$, $\overline{l_i}$

대상 流域盆地의 流域面積이 각기 달라서 실제 $u_c$, $u_e$, $l_e$, $l_i$를 地形變數로 이용하기에는 부적절할지 모른다는 판단에, 流域面積당 $u_c$, $u_e$, $l_e$, $l_i$를 $Du_c$, $Du_e$, $Dl_e$, $Dl_i$로 정의하고, 이들을 地形變數로 사용하였다. 마찬가지로 $l_e$, $l_i$ 역시 流域面積에 따라 증가하므로 $\overline{l_e}$, $\overline{l_i}$를 地形變數로 첨가하였다.

## 4. 資料 分析

이상에서 定義된 바에 따라 각종 變數를 구했으며, 16개의 각 流域盆地에 해당하는 각종 洪水特性 變數와 이들 變數의 설명에 이용된 地形變數들을 하나의 표로 정리하였다(표 3).

Thomas & Benson(1970)의 硏究[22]에 의하면 洪水水文曲線에 대한 河系網 變化의 영향을 설

19) Smart, J.S., 1972, "Quantitative characterization of channel network stream," *Water Resources Research* Vol.8, pp. 1, 487-1, 489.

20) Graf, W.L. 1977, *op. cit.*, p. 460, 462.

21) Smart, J.S., 1972, *op. cit.*, pp. 1, 490-1, 491.

22) Thomas, D.M. & M.A. Benson, 1970, "Generalization of stream flow characteristics from drainage basin characteristics," *U.S. Geol. Surv. Water Supply Paper*, 1975.

표 3. 洪水特性 變數와 地形變數

| | $T_p$ | $R_t$ | $qp$ | $K_u$ | $D_d$ | $ML$ | $MS$ | $Rf$ | $A_s$ | $u_c$ | $u_e$ | $l_e$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 26.724 | 3.5749 | 0.0519 | 0.1250 | 519.78 | 51.83 | 0.01254 | 0.4000 | 0.33291 | 778 | 401 | 262.80 |
| P2 | 15.935 | 6.1713 | 0.0785 | 0.1254 | 382.05 | 44.13 | 0.01382 | 0.3628 | 0.34786 | 587 | 302 | 189.60 |
| P3 | 5.328 | 1.6590 | 0.2207 | 0.1000 | 140.05 | 22.70 | 0.02159 | 0.4496 | 0.37123 | 192 | 99 | 61.25 |
| P4 | 6.174 | 2.1357 | 0.1986 | 0.1429 | 105.75 | 23.00 | 0.02913 | 0.3575 | 0.33470 | 183 | 95 | 55.50 |
| P5 | 4.631 | 2.6328 | 0.1788 | 0.1273 | 55.93 | 14.50 | 0.04207 | 0.3115 | 0.34401 | 98 | 51 | 28.00 |
| B1 | 9.200 | 0.8621 | 0.1330 | 0.0528 | 475.60 | 53.90 | 0.00538 | 0.4601 | 0.18281 | 740 | 382 | 280.05 |
| B2 | 4.800 | 0.7137 | 0.2810 | 0.0432 | 346.50 | 34.40 | 0.00727 | 0.3863 | 0.18286 | 553 | 286 | 203.15 |
| B3 | 6.200 | 1.9289 | 0.1680 | 0.0485 | 72.50 | 19.50 | 0.01590 | 0.3077 | 0.42040 | 68 | 30 | 28.00 |
| B4 | 4.900 | 1.3754 | 0.1610 | 0.0667 | 79.50 | 19.30 | 0.01192 | 0.4027 | 0.26268 | 143 | 74 | 48.40 |
| B5 | 4.800 | 1.6854 | 0.2320 | 0.0833 | 53.70 | 15.90 | 0.01447 | 0.1434 | 0.30733 | 111 | 58 | 37.70 |
| W1 | 8.210 | 1.1677 | 0.3925 | 0.1188 | 472.53 | 42.83 | 0.01004 | 0.4419 | 0.33681 | 1082 | 558 | 337.15 |
| W2 | 6.705 | 1.0130 | 0.3301 | 0.1206 | 302.13 | 40.65 | 0.01058 | 0.3630 | 0.31625 | 765 | 397 | 223.35 |
| W3 | 3.573 | 0.7275 | 0.3758 | 0.1538 | 171.25 | 30.90 | 0.01327 | 0.4156 | 0.35455 | 401 | 210 | 128.35 |
| W4 | 3.042 | 1.0505 | 0.5124 | 0.1550 | 109.73 | 18.90 | 0.01958 | 0.4030 | 0.41250 | 209 | 110 | 67.25 |
| W5 | 1.597 | 1.3905 | 0.6934 | 0.3874 | 33.63 | 8.00 | 0.03875 | 0.3806 | 0.45215 | 53 | 27 | 15.15 |
| W6 | 2.510 | 1.0077 | 0.4237 | 0.1354 | 151.05 | 21.80 | 0.03853 | 0.4251 | 0.37034 | 273 | 140 | 100.20 |

| | $l_i$ | $D$ | $\lambda$ | $\alpha$ | $K_e$ | $K_i$ | $\lambda/\alpha$ | $Du_c$ | $Dl_e$ | $Dl_i$ | $\overline{l_e}$ | $\overline{l_i}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 290.35 | 1.0642 | 0.8509 | 0.9252 | 1.0786 | 1.4326 | 0.9197 | 1.4968 | 0.5056 | 0.5586 | 0.6554 | 0.7702 |
| P2 | 225.70 | 1.0870 | 0.7928 | 0.8726 | 1.0694 | 1.4595 | 0.9085 | 1.5364 | 0.4963 | 0.4342 | 0.6278 | 0.7919 |
| P3 | 79.30 | 1.0036 | 0.7256 | 0.7472 | 0.8483 | 1.5180 | 0.9711 | 1.3709 | 0.4373 | 0.5662 | 0.6187 | 0.8527 |
| P4 | 59.45 | 1.0870 | 0.8648 | 1.0261 | 1.1376 | 0.8336 | 0.8428 | 1.7305 | 0.5246 | 0.5622 | 0.5842 | 0.6756 |
| P5 | 30.15 | 1.0397 | 0.8559 | 0.9856 | 1.2405 | 1.2485 | 0.8684 | 1.7522 | 0.5006 | 0.5391 | 0.5490 | 0.6415 |
| B1 | 254.95 | 1.1249 | 1.0294 | 1.0333 | 1.1774 | 1.4104 | 0.9962 | 1.5559 | 0.5888 | 0.5361 | 0.7331 | 0.7122 |
| B2 | 194.30 | 1.1470 | 0.9761 | 1.0291 | 1.0993 | 1.5173 | 0.9485 | 1.5960 | 0.5863 | 0.5608 | 0.7103 | 0.7277 |
| B3 | 37.80 | 0.9076 | 0.5848 | 0.7270 | 0.8910 | 1.6387 | 0.8044 | 0.9379 | 0.3862 | 0.5214 | 0.7368 | 1.2600 |
| B4 | 42.40 | 1.1421 | 1.0644 | 1.0406 | 0.9986 | 1.0307 | 1.0229 | 1.7987 | 0.6088 | 0.5333 | 0.6541 | 0.6145 |
| B5 | 31.05 | 1.2803 | 1.1096 | 1.2113 | 1.0084 | 1.0735 | 0.9160 | 2.0670 | 0.7020 | 0.5782 | 0.6500 | 0.5858 |
| W1 | 291.82 | 1.3311 | 1.0849 | 1.0633 | 1.3123 | 1.2765 | 1.0203 | 2.2898 | 0.7135 | 0.6176 | 0.6042 | 0.5569 |
| W2 | 193.17 | 1.3786 | 1.0718 | 1.0516 | 1.3295 | 1.2641 | 1.0192 | 2.5320 | 0.7393 | 0.6394 | 0.5626 | 0.5249 |
| W3 | 100.17 | 1.3344 | 1.1654 | 1.1474 | 1.4571 | 1.1637 | 1.0157 | 2.3416 | 0.7495 | 0.5849 | 0.6112 | 0.5245 |
| W4 | 57.15 | 1.1337 | 1.0591 | 1.2587 | 1.3505 | 1.2162 | 0.8414 | 1.9049 | 0.6129 | 0.5208 | 0.6114 | 0.5773 |
| W5 | 15.95 | 0.9248 | 0.9147 | 0.9405 | 0.8187 | 1.0371 | 0.9726 | 1.5760 | 0.4505 | 0.4743 | 0.5611 | 0.6135 |
| W6 | 87.05 | 1.2397 | 1.0935 | 1.1088 | 1.3033 | 1.4095 | 0.9862 | 1.8073 | 0.6634 | 0.5763 | 0.7157 | 0.6545 |

명하는데 있어 指數函數가 가장 적절한 것으로 지적한 바 있으며, 본 연구에서도 多變因回歸分析의 基本式으로 指數函數를 사용하였다. 따라서 〈표 5〉의 값을 전부 對數값으로 바꾸어 回歸式의 각 變數 값으로 이용하였다.

### (1) 遲滯時間과 地形變數

遲滯時間을 예측할 수 있는 地形變數를 추출하기 위해, 이미 선정된 都市化에 영향을 받지 않는 5개의 地形變數에 대해 먼저 段階追加法 多變因回歸分析을 실시한 후, 나머지 都市化에 영향을 받는 地形變數들을 段階追加法으로 回歸式에 추가하였다.

먼저 시행한 回歸分析에서 마지막으로 $MS$(本流의 流路延長)가 추가될 경우, $R$값은 0.83867에서 0.84265로 극히 일부 증가하나 F-test(유의수준 0.01)에서 accept되고 $MS$와 $A_s$(流域의 平均傾斜)간의 相關關係($\gamma$=0.72414)가 비교적 높기 때문에, $MS$를 都市化에 영향을 받지 않는 變數에서 제외하였다.

표 4. 遲滯時間과 地形變數간의 多變因回歸分析 結果

| variables | $R^2$ | SEE | simple $R$ |
|---|---|---|---|
| $D_a$ | — | — | 0.69788 |
| $ML$ | — | — | 0.77714 |
| $Rf$ | — | — | 0.05469 |
| $A_s$ | 0.70336 | 0.18703 | −0.28056 |
| $+\lambda$ | 0.88451 | 0.12240 | −0.50575 |
| $+\bar{l}_i$ | 0.92260 | 0.10562 | 0.32177 |
| $+Dl_i$ | 0.94520 | 0.09426 | −0.01842 |
| $+K_e$ | 0.94917 | 0.09705 | 0.03148 |
| $+K_i$ | 0.95132 | 0.10259 | 0.34482 |
| $+l_i$ | 0.95177 | 0.11069 | 0.69648 |

따라서 遲滯時間을 예측하는 回歸式에 都市化에 영향을 받지 않는 變數들($D_a$, $ML$, $Rf$, $A_s$)을 一括投入法으로 算入하고, 나머지 變數들을 段階追加法으로 回歸式에 추가하였다. 변수가 추가된 각 回歸式에 대해 F-test(유의수준 0.01)하여 reject되는 것까지만 〈표 4〉에 나타내었다.

〈표 4〉에서 보듯이 遲滯時間은 都市化에 영향을 받지 않는 變數로는 70%가량 설명할 수 있으며, 都市化에 영향을 받는 變數 $\lambda$를 추가함에 따라 설명력이 88%로 증가하였다. 그리고 나머지 변수들이 추가됨에 따라 설명력은 증가하나 小幅이다. 실제로 $R^2$ 증가분에 대한 F-test (유의수준 0.01)의 결과, $\lambda$를 추가했을 경우를 제외하고는 모든 回歸式이 accept되었다. $\lambda$를 제외한 대부분의 變數가 $l_i$(즉, interior link의 총길이)의 변화에 관계되는 變數들로서, 遲滯時間은 $\lambda$와 $l_i$의 變化에 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

따라서 同一 流域盆地에서 都市化에 따른 遲滯時間의 變化는, 〈표 4〉에 제시된 $\lambda$를 비롯한 나머지 變數들을 고려한다면, 예측되어질 수 있을 것이다.

여기서, $D_a$, $ML$, $Rf$, $A_s$, 그리고 $\lambda$가 추가된 回歸式은 아래와 같으며, 이 回歸式에서 예측된 값과 單位圖에서 추출된 값을 비교하면 〈그림 5〉와 같다.

$$T_p = 0.0775\ D_a^{-0.146}\ ML^{1.322}\ Rf^{-0.610}\ A_s^{0.003}\ \lambda^{-1.412} \quad \text{(회귀식 1)}$$

$$R = 0.94048 \quad R^2 = 0.88451$$

$$F = 15.31688 > F_0(5, 10; \alpha = 0.01) = 5.64$$

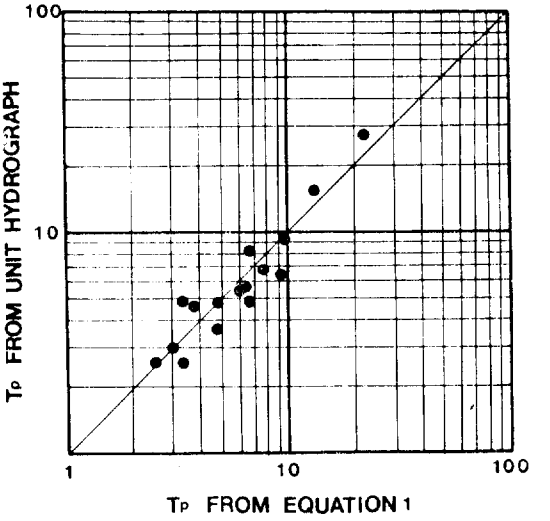


그림 5. 回歸式에서 예측된 $T_p$와 單位圖에서 추출된 $T_p$와의 비교

### (2) 相對的 遲滯時間과 地形變數

앞에서 언급했듯이 相對的 遲滯時間이란 遲滯時間과 到達時間의 比로서, 한 流域盆地의 洪水敏感度를 설명할 수 있는 index로 사용될 수 있을 것이다. 왜냐하면, 이 無次元 洪水特性 變數는 流域의 규모와는 무관한 變數여서 相異한 流域간의 洪水敏感度를 비교할 수 있으며, 同一 流域盆地에서 都市化에 따른 洪水特性의 變化를 추적하는데 이용할 수 있기 때문이다. 또한 相對的 遲滯時間은 比流量과는 逆相關關係($\gamma = -0.69289$)이므로, 이 값이 작아질수록 比流量이 증가하는 特性을 지니고 있다.

到達時間에 算入된 $ML$, $MS$, 그리고 $ML$과

표 5. 相對的 遲滯時間과 地形變數간의 多變因回歸分析 結果

| variables | $R^2$ | SEE | simple $R$ |
|---|---|---|---|
| $Rf$ | — | — | −0.23683 |
| $A_s$ | — | — | 0.34011 |
| $+\lambda$ | — | — | −0.66610 |
| $+Dl_i$ | — | — | −0.54061 |
| $+Du_e$ | 0.83371 | 0.12746 | −0.36396 |
| $Al_i$ | 0.87871 | 0.11475 | 0.41439 |
| $K_i$ | 0.89887 | 0.11113 | 0.05485 |
| $\lambda/\alpha$ | 0.90185 | 0.11704 | −0.47351 |

상관관계가 아주 높은($r=0.96779$) $D_a$(流域面積)를 제외하고 $A_s$(流域의 平均傾斜)와 $Rf$(流域形狀係數)만을 都市化에 영향을 받지 않는 地形變數로 가정하여, 一括投入法으로 回歸式에 算入하였다. 그리고 都市化에 영향을 받는 地形變數들은 段階追加法으로 回歸式에 추가하였다. 추가된 變數에 의해 $F$값이 reject되는(유의수준 0.01) 回歸式만을 〈표 5〉에 나타내었다.

$Al_i$의 追加時 $R^2$의 증가분에 대한 F-test 결과, 유의수준 0.01에서 accept되므로, $Rf$, $A_s$, $\lambda$, $Dl_i$, $Du_e$變數만의 回歸式은 다음과 같다. 또한 이 回歸式에서 예측된 값과 單位圖에서 추출된 값을 비교하면〈그림 6〉과 같다.

$$R_t=0.0904\ Rf^{-0.569}\ A_s^{-0.023}\ \lambda^{-3.066}Dl_i^{-3.614}\ Du_e^{1.831} \quad (\text{회귀식 } 2)$$

$R=0.91308$ $R^2=0.83371$

$F=10.02750>F_0(5, 10;\ \alpha=0.01)=5.64$

遲滯時間과 相對的 遲滯時間 모두 $\lambda$와 $l_i$의 變化에 크게 좌우됨을 알 수 있으며, 相對的 遲滯時間의 경우 $Du_e$가 추가된다. $Du_e$란 單位流域面積當 exterior link의 總數인데, exterior link의 總數($u_e$)는 Strahler의 1次河川의 數와 일치한다. Patton and Baker(1976)[23]는, basin magnitude 혹은 Shreve magnitude라 불리는 이 값을 洪水流量을 가장 잘 설명하는 變數로 제시한 바 있으며, Morisawa(1962), Blyth and Rodda (1973), Patton and Baker(1975) 등의 硏究[24]에서도 이 값이 流域盆地의 特性을 가장 민감하게 반영하는 척도로 인정하였다.

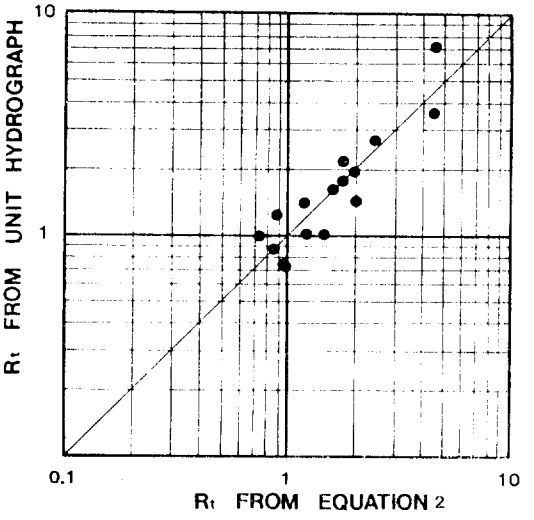


그림 6. 回歸式에서 예측된 $R_t$와 單位圖에서 추출된 $R_t$와의 비교

都市化가 진행되면 人爲的인 河道가 첨가되어 $u_e$가 늘어나고 $Du_e$와 相對的 遲滯時間과는 미약하나마 逆相關關係가 있으므로, 都市化가 진행되면 相對的 遲滯時間이 짧아짐을 예상할 수 있다.

### (3) 洪水尖度와 地形變數

본 연구에서는 洪水尖度를 나타내는 變數로 比流量(specific discharge)를 사용하였다. 比流量이란 단위면적당 尖頭流量으로, 相對的 遲滯時間과 함께 한 流域의 洪水敏感度를 나타내는 變數로 이용될 수 있다. 왜냐하면 이 값은 同一 面積에 一定 降水를 가정할 경우, 最下流 排水地點에서의 尖頭流量을 의미하는 것이기 때문이다.

우선 一定 流域盆地의 比流量을 예측하기 위해 都市化에 영향을 받지 않는 變數에서 $D_a$를 제외하고 나머지 變數들을 一括投入法으로 回歸式에 算入하였다. 그리고 都市化에 영향을 받는 地形變數들은 階段追加法으로 回歸式에 추가하였다. 추가된 變數에 의해 回歸式의 $F$ 값이 reject되는(유의수준 0.01) 것만을 〈표 6〉에 나타내었다.

$l_i$의추가時 $R^2$의 증가분에 대한 $F$-test의 결과 유의수준 0.01에서 accept되므로, $\lambda$만을 추가한 回歸式은 다음과 같다. 또한 이 回歸式에서 예

23) Patton, P.C. & V.R. Baker, 1976, "Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls," *Water Resources Research*, Vol.12, No.5, p.948.

24) Morisawa, M.E., 1962, "Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau," *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol.73, pp.1,025-1,046.
Blyth, K. & J.C. Rodda, 1973, "A stream length study," *Water Resources Research*, Vol.9, pp.1,454-1,461.
Patton, P.C. & V.R. Baker, 1975, "Low frequency high magnitude floods and their relation to the morphology of streams in central Texas Cabstract)," *Geol. Soc. Am. Abstr. Programs*, Vol.7(2), pp. 224-225.

표 6. 洪水尖度와 地形變數간의 多變因回歸分析 結果

| variables | $R^2$ | SEE | simple $R$ |
|---|---|---|---|
| $ML$ | — | — | −0.50901 |
| $MS$ | — | — | 0.31475 |
| $Rf$ | — | — | 0.06607 |
| $A_s$ | — | — | 0.28570 |
| $+\lambda$ | 0.76159 | 0.17666 | 0.62018 |
| $+l_i$ | 0.82932 | 0.15756 | −0.38229 |
| $+Dl_i$ | 0.88528 | 0.13701 | 0.25751 |
| $D$ | 0.92465 | 0.11871 | 0.24722 |
| $\overline{l_i}$ | 0.94067 | 0.11377 | −0.49502 |

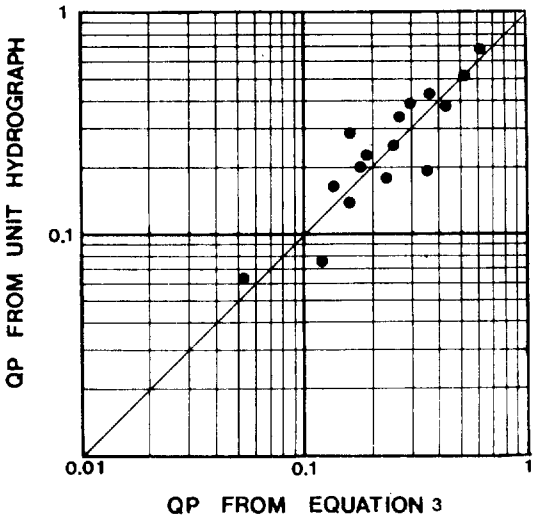


그림 7. 回歸式에서 예측된 $qp$와 單位圖에서 추출된 $qp$와의 비교

측된 값과 單位圖에서 추출된 값을 비교하면 〈그림 7〉과 같다.

$$qp=6.0534\ ML^{-0.766}\ MS^{-0.329}\ Rf^{0.756}\ A_s^{1.071}\ \lambda^{2.060}\quad (\text{회귀식 } 3)$$

$R=0.87269$ $R^2=0.76159$

$F=6.38890>F_0(5,10;\ \alpha=0.01)=5.64$

〈표 6〉에서 보듯이, 洪水尖度 역시 $\lambda$와 $l_i$의 變化에 크게 좌우됨을 알 수 있으며, 以上의 回歸分析 결과를 要約하면 다음과 같다.

① 遲滯時間, 相對的 遲滯時間, 그리고 比流量 모두 interior link와 exterior link의 평균 길이 比인 $\lambda$-index에 따라 크게 좌우된다.

② $\lambda$-index 以外에 回歸式에 算入된 都市化에 영향을 받는 變數들은, 거의 대부분 interior link의 길이와 유역면적의 變化에 관한 變數들이다.

③ 回歸式에 算入된 $\lambda$를 비롯한 대부분의 都市化에 영향을 받는 變數들이, 無次元 變數 혹은 單位流域面積에 해당하는 값이거나 전체 流域盆地의 平均値이다. 따라서 流域의 규모를 반영하지 않으므로, 同一 流域에서의 變化뿐만 아니라 相異한 流域간의 비교도 가능하다.

### (4) $\lambda$-index

$\lambda$-index는 都市化에 영향을 받는 無次元 地形變數로, $\lambda$-index가 1보다 클 경우 流域로地내에서 exterior link의 중요도가 상대적으로 높으며 1 보다 작을 경우 그 반대이다.

회귀식 1, 2, 3에서 보듯이, $\lambda$-index는 都市化에 영향을 받는 變數들중에서 洪水特性을 가장 잘 설명하는 變數임을 알 수 있다. Graf, W.L. (1977)[25] 역시 遲滯時間과 洪水尖度를 설명하는데 있어 $\lambda$-index의 중요성을 인정하면서, 遲滯時間과는 正相關關係($\gamma=0.98$) 洪水尖度와는 逆相關關係($\gamma=-0.64$)가 있다고 하였다. 즉, 都市化가 진행됨에 따라 $\lambda$-index는 줄어들고 그에 따라 遲滯時間은 짧아지고 洪水尖度는 증대된다는 것이다.

그러나 〈표 4, 5, 6〉에서 보듯이, $\lambda$-index와 遲滯時間($\gamma=-0.50575$), 相對的 遲滯時間($\gamma=-0.66610$), 그리고 比流量($\gamma=0.62018$)과의 相關關係는 Graf의 결과와는 대조적이다.

〈그림 8〉은 하계망에 人爲的인 河道가 첨가된 모식적인 例로서, 위의 상반된 결과를 설명할 수 있는 하나의 근거가 될 것이다. 즉, 流域 $A, B$에 6단위 길이의 人爲的 河道가 첨가될 경우 流域 $A$는 $\lambda$값이 0.4에서 0.7로 증가하나, 流域 $B$의 경우 2에서 0.9로 감소한다. 물론〈그림 8〉이 극단적인 例이므로 일반적인 결론에 이르지 못할지는 모르나, 都市化가 진행된다고 $\lambda$값이 항상 증가하는 것이 아니며 이에 따라 洪水特性 變數의 증감도 일정한 것이 아님을 알 수 있다.

따라서 洪水特性 變數는 流域盆地내에서 都市

25) Graf, W.L., 1977, *op. cit.*, pp. 462-463.

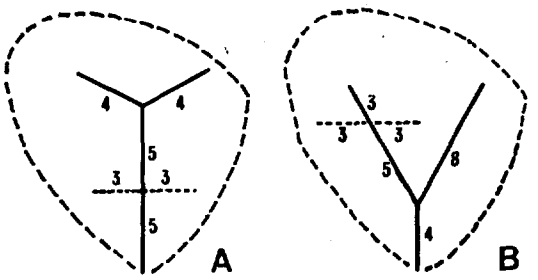


그림 8. 人爲的인 河道의 첨가와 λ-index의 變化를 설명하는 模式圖

化가 진행되는 위치에 따라 달라지며, 또한 旣存의 河系網의 特性에 따라 달라짐을 알 수 있다.

## 5. 要約 및 結論

本 硏究에서는 小流域盆地의 洪水特性을 설명하는 地形變數를 추출하고, 나아가 未計測 小流域盆地에서 都市化가 진행될 경우 洪水特性의 變化를 예측할 수 있는 地形變數를 추출하였다.

單位流量圖에 나타난 洪水特性 變數와 각종 地形變數간의 變因回歸分析 結果는 다음과 같다.

(1) 未計測 流域에 대해 예측된 相對的 遲滯時間과 比流量은 流域의 규모와는 無關한 變數로, 一定 流域盆地의 洪水敏感度를 설명할 수 있는 指標가 될 것이다.

(2) 遲滯時間, 相對的 遲滯時間, 比流量 모두 都市化에 영향을 받는 地形變數인 λ-index에 의해 크게 좌우된다.

(3) λ-index는 人爲的인 河道가 첨가됨에 따라 일정하게 변하는 것이 아니라, 流域特性 및 人爲的인 河道가 첨가되는 位置에 따라 다르다. 따라서 人爲的인 河道의 첨가가 항상 遲滯時間의 감소, 洪水尖度의 증가로 나타나지는 않는다.

(4) λ-index 以外에 洪水特性을 설명하는 地形變數들은 대부분 interior link의 길이와 유역면적의 變化에 관한 變數들이다. 또한 이들 변수들은 無次元變數이거나 單位流域面積에 해당하는 값, 혹은 전체 流域盆地의 平均値이다. 따라서 이들 變數는 流域의 규모를 반영하지 않으므로, 同一 流域에서 都市化의 영향을 예측할 수 있을 뿐 아니라, 相異한 流域간의 비교도 가능하다.

# The Effect of the Geomorphological Parameters affected by Urbanization on the Flood Characteristics of Small Drainage Basin

Ill Son*

Summary:

In this study, it is intended to extract the geomorphological parameters to explain the flood characteristics of small drainage basin, and to predict the changes of the flood characteristics when urbanization preceeds at small drainage basin. The parameters of the flood characteristics consist of lagtime, relative lagtime, and specific discharge. And the geomorphological parameters are divided into the parameters affected by urbanization and the parameters unaffected by urbanization.

The relationships between the flood characteristics from unit hydrograph and various geomorphological parameters are analyzed by means of multiple regression analysis, and the results are as follows.

(1) The parameters such as relative lagtime and specific discharge are irrelevant to the size of drainage basin, so those parameters from regression equations may be good index to explain the flood potential of the ungauged small drainage basin.

(2) Lagtime, relative lagtime, and specific discharge from unit hydrograph are significantly responsible to $\lambda$-index, which is affected by urbanization.

(3) $\lambda$-index does not change constantly according to the addition of artificial channel, but the change of $\lambda$-index is dependent upon the characteristics of network and the position where the artificial channels are added, So, the lagtime does not always decrease and specific discharge does not always increase due to the addition of the artificial channel.

(4) Except $\lambda$-index, the geomorphological parameters explaining the flood characteristics are concerned with the changes of interior link's length and drainage area.

(5) The parameters used in the regression equations are dimensionless ones, or the values per unit drainage area, or the mean value of each parameter. Those parameters do not reflect the size of drainage basin. Therefore, it is possible not only to predict the effect of urbanization at the same drainage basin but also to compare the flood potential and the effect of urbanization of different drainage basins.

*Geography*, Korean Geographical Society, No. 33, pp. 13~25, 1986.

* Full-time lecturer, Gyeongsang National University