

流域特性因子에 의한 홍수량의 결정

Determining Floodflows from Basin Characteristic Parameters

安 相 鎭*

Ahn, Sang Jin

柳 秉 釐**

Ryu, Byong Ro

Abstract

The purpose of this study is to provide a method of estimating the frequency of flood magnitudes in ungauged station. Six major station are selected for this study in the Geum River system. For each gauging station in the basin, T-year flood is determined by Weibull plotting position.

The derivation of the flood frequency formulae is performed on the basis of estimating method of floods with using the hydrological and geomorphical factors developed by U.S. Geological Survey.

It is found that the model in this study can be applied to flood flow estimation of ungauged station in the Geum River basin because the mean characteristics of flood flow is used for the basin.

要 旨

本 研究는 未計測地點의 洪수량을 推定하는 頻度洪수량 公式을 誘導하는데 目的이 있다.

錦江 水系의 主要水位標地點을 對象으로 하였으며, 여기서 얻은 洪수량의 資料는 Weibull-plotting position에 의한 分析으로 T年 頻度洪수량을 求하였다.

洪수량 分析基準은 美國地質調查所가 採擇하고 있는 水文 및 地形因子를 利用한 洪수량 合成 方法을 採擇하였다.

여기서 얻어진 Model은 流域의 平均의 洪수량特性을 把握하고 있기 때문에 流域內 未計測地點의 洪수량을 推定하는데 使用될 수 있다.

1. 序 論

河川水系上的 未計測地點에 있어서 洪수량의 推定은 治水의인 立場에서 볼 때 大端히 重要性을 가지므로 正確한 推定을 爲하여 많은 研究가

되어 왔다.

洪수량의 推定은 自然河川에서 橋梁의 높이, 堤防高, 道路 및 暗渠의 높이 등 水工構造物의 設計와 施工의 基準이 되기 때문에 이 分野에 對한 研究가 여러 方法으로 進行되고 있다. 洪수량의 推定을 爲해서는 確定論的 模型, 혹은 推計學的 模型에 依하여 流域을 1個의 system으로 보아 降雨와 流出資料를 分析하여 system의

* 正會員·忠北大學校 工科大學 土木工學科 副教授

** 韓國科學技術院 環境工學研究室 研究員

水文學의 特性을 分析함으로써 計劃降雨에 상응하는 流出量을 模擬發生시키는 이론에, simulation 技法을 使用하거나 혹은 比較的 長期間의 流出資料를 確率統計學的으로 分析하여 頻度解析에 依해 計劃洪水量을 決定하는 것이 오늘날의 趨勢이다.

또한 渴水量의 推定은 流域의 水文學的 條件이나 地形學的 特性에 크게 좌우되고 있지만 洪水量의 推定은 渴水量처럼 그렇게 많은 因子의 影響을 받지 않는 것으로 알려져 있다.

한편 이 分野의 研究動向을 보면 Benson, M.A.⁽²⁾는 美연방국의 頻度別 等洪水量을 流域 및 洪水터 管理 立場에서 推定하였으며, Halasi-kunon, G.J.⁽⁷⁾는 美國 New Jersey 洲를 10個 水文地域으로 나누어 湖水山林地, 들지 流域의 形狀 및 100年 尖頭流出에 對한 都市化等에 影響을 주는 地域的 因子와 相關하여 尖頭洪水量을 算定하였으며, Kuiper, A.⁽⁸⁾는 北美河川에서 年最大 洪水量의 100年 頻度曲線과 流域面積, 溫度, 土質의 狀態等의 關係를 研究한 바 있다.

Bock, P.⁽³⁾는 小農村流域에서 未計測地點의 尖頭流出率을 推定한 바 있으며, Cönturk, H.⁽⁹⁾는 年平均 流量을 利用하여 年平均 最大洪水量을 推定하는 式을 開發할 수 있다.

한편 우리나라에서는 高在雄⁽¹³⁾ 이 流域特性으로부터 確率洪水量의 유도에 關한 研究에서 流域의 地形因子와 確率洪水量과의 相關關係를 分析하여 確率洪水量公式을 유도한 바 있다.

따라서 洪水量解析은 流量資料를 頻度分析하여 各地點에 對한 洪水量頻度曲線을 얻은후 어떤 再現期間의 洪水量과 이보다 더 긴 再現期間을 가진 洪水量을 그 地點流域의 地形因子에 依해 相關시킨으로서 任意未計測地點에 對한 洪水量頻度曲線을 合成할 수 있을 것이다.

2. 資 料

本 解析을 爲하여 對象流域을 錦江水系로 擇하였으며 그 流域圖는 그림 1과 같다.

利用된 資料는 錦江水系內 6個 水位標地點의 16年내지 19年間의 日水位資料와 水位를 流量으로 換算하기 위한 rating curve 資料⁽¹⁴⁾이고 檢

證을 위한 水位標地點으로는 中流部에 位置한 松浦地點을 擇하였다.

또한 各 水位標地點別 主要河川形態學的 特性 變數를 利用하였다. 그러므로 表 1은 水位標地點別 水位의 資料年數를 表示하고 있으며 表 2는 各 小流域의 河川形態學的 特性을 表示하는 主要變數이다.

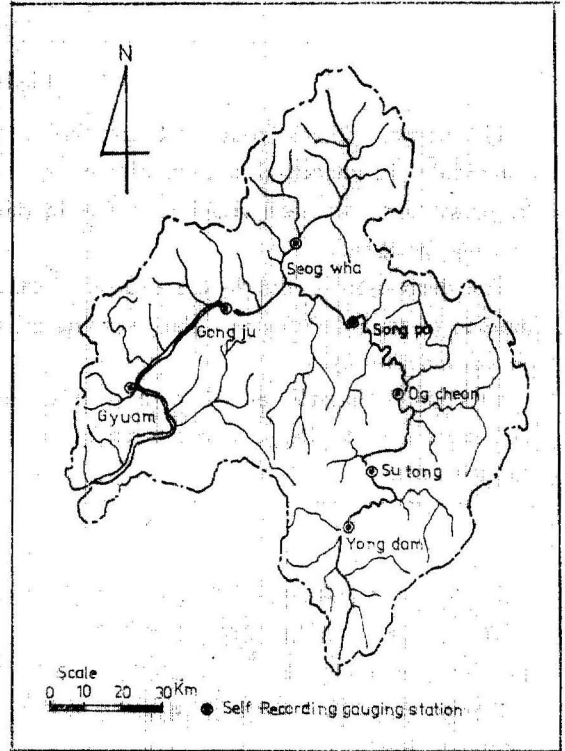


그림 1. Geum River basin map with the selected stage gauging station

表 1. 水位標地點別 日水位資料年數

水位標地點	資料年數	年數	備 考
龍 潭	1963~1980	18	
水 通	1965~1980	16	1971年缺測
沃 川	1962~1980	19	部分缺測
公 州	1962~1980	19	"
窺 岩	1962~1980	19	"
石 花	1962~1980	19	"

表 2. 小流域別 河川形態學의 特性變數

流 域 名	流域面積 A(km ²)	河川總延長 L _t (km)	流域延長比 E	形狀係數 T(L _B /W _B)	排水密度 D _d	起 伏 量 H _i
龍潭	909.50	1,061.87	697.607	1.075	1.168	1.292
水通	1,056.63	1,669.77	953.654	1.072	1.580	1.348
沃川	2,843.00	3,273.97	2,391.559	1.606	1.152	1.408
公州	6,836.92	7,787.73	4,128.560	0.952	1.139	1.496
窺岩	8,152.34	8,914.56	4,839.386	0.745	1.094	1.500
石花	1,178.96	1,611.20	939.542	1.162	1.367	0.492

(註) L_t: 1次 河川以上の 모든 길이를 合한 값(1 : 50,000地形圖이용)

$$E = d \cdot L_B, \quad d: \text{流域面積과 같은 面積을 갖는 圓의 半徑} \left(d = \sqrt{\frac{Ad}{\pi}} \right)$$

L_B: 河川流入方向과 一致하는 方向의 流域最長길이

T = L_B/W_B, W_B: 河川流入方向과 直角되는 方向의 流域最長길이

D_d = L_t/A 이며

H_i: 水位標流域의 가장 높은 標高와 水位標地點의 標高間의 差

3. 分析 및 結果

3.1 洪水量的 頻度曲線

洪水量은 渴水量과는 달리 持續期間의 概念을 가지는 것이 아니라 瞬間적인 意味를 가지며 降水 및 地形因子를 函數로 한 確率의 解析이 必要하다.

그래서 洪水量은 年最大日水位를 rating curve 에서 읽어서 年最大洪水量으로 삼았으며 이것을 各 地點의 洪水量으로 하였다. 每年의 洪水量의 最高値는 computer 에 의한 sorting 으로 處理하였다. 이와 같이 얻어진 水位標地點別 年最高値 系列의 plotting position 은 Chow⁽¹⁷⁾에 依하면 洪水量解析과 같은 年最高値系列의 解析은 Weibull 公式이 適合하다고하여 一般의 洪水量解析에 使用되는 weibull 公式을 使用하였다.

$$T_r = \frac{N+1}{m} \quad (1)$$

여기서 T_r는 再現期間(年), N는 記錄年數, m는 크기順으로 나열한 洪水量의 順序이다.

Weibull 公式에 依해 決定된 再現期間別 洪水量을 表示한 頻度曲線은 그림 2와 같다. 洪水量 頻度曲線은 weibull 確率紙에 表示하여 回歸直線의 式을 얻었다.

美國地質調查所⁽¹⁰⁾에 依하면 한 流域의 洪水量 特性을 把握하기 위하여 2年 洪水量을 基準으로 하고 있으므로 本 研究에서도 2年 洪水量(Q_{F,2})을 主要基準洪水量으로 채택했으며 50年 洪水量

(Q_{F,50})을 副次的 基準洪水量으로 擇하여 未計測 地點의 洪水量頻度曲線을 合成하기 위한 分析을 하였다. 洪水量頻度曲線(그림 2)에서 再現期間 2年과 50年을 連結한 直線으로부터 2年 洪水量과 50年 洪水量 및 2.33年 洪水量(Q_{F,2.33})을 觀測點別로 읽어 表 3에 表示하였다. 이들 資料는 水系의 地形因子와 相關關係解析에 使用될 것이다.

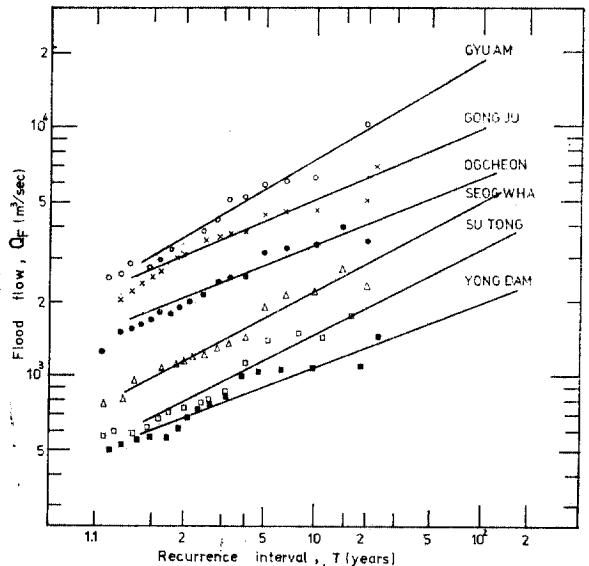


그림 2. Flood flow frequency curves

그림 2의 觀測點別 直線의 傾斜(P)는 流域의 洪水量의 再現期間別 變動性向을 表示할 뿐만 아니라 流域內 治水의 判斷의 基準을 줄 수 있어 觀測點別로 計算하여 表 3에 收錄하였다.

表 3. 水位標地點別 主要洪水量

		(m ³ /sec)						
地 點 名	$Q_{F,2}$	$Q_{F,2.33}$	$Q_{F,5}$	$Q_{F,10}$	$Q_{F,20}$	$Q_{F,50}$	$Q_{F,100}$	P (直線の傾斜)
龍 潭	685.0	719.0	917.0	1,100.0	1,325.0	1,650.0	1,950.0	0.418
水 通	800.0	850.0	1,170.0	1,470.0	1,890.0	2,250.0	3,250.0	0.518
沃 川	2,100.0	2,200.0	2,805.0	3,380.0	4,090.0	5,190.0	6,280.0	0.390
公 州	3,095.0	3,240.0	4,220.0	5,130.0	6,300.0	8,050.0	9,820.0	0.416
窺 岩	3,520.0	3,830.0	5,540.0	7,110.0	10,010.0	14,600.0	19,500.0	0.613
石 花	1,160.0	1,250.0	1,730.0	2,220.0	2,850.0	3,940.0	5,000.0	0.527

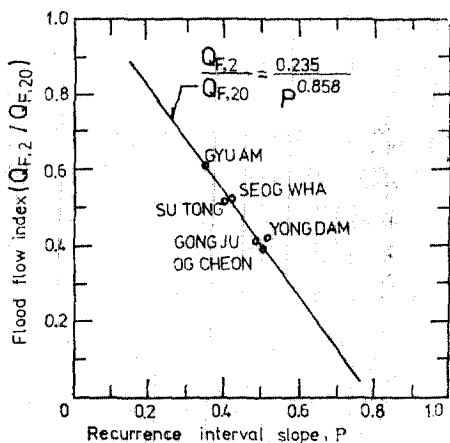


그림 3. Flood flow slope index VS recurrence interval slope

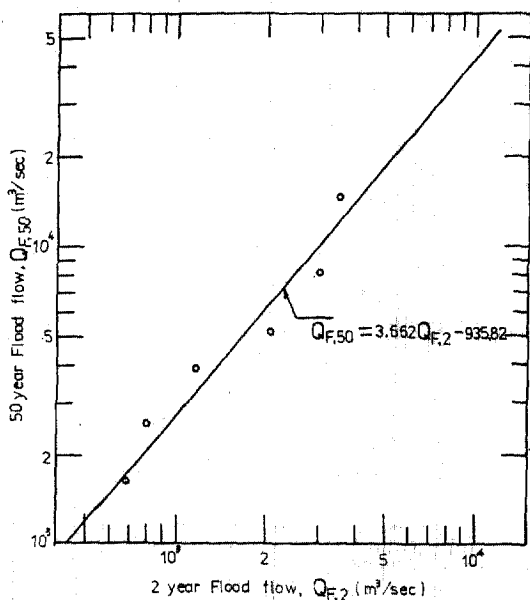


그림 4. Estimated $Q_{F,50}$ VS $Q_{F,2}$

또한 그림 2의 직선의 기울(P)와 頻度曲線の 傾斜指標(slope Index) 即 $Q_{F,2}/Q_{F,20}$ 間의 關係는 그림 3에 表示되어 있는 바와 같이 幕函數로 나타났으며 그림 4는 $Q_{F,50}$ 과 $Q_{F,2}$ 間의 關係를 表示하는 것으로서 錦江 全流域에 對하여 平均한 關係를 表示하므로 流域內 未計測地點의 洪水量 合成에 使用될 것이다.

3.2 2年 洪水量과 水文 및 地形因子와의 關係

한 流域의 洪水量을 河川形態學의 特性因子와 相關性을 究明하기 위하여 各種變量과 2年 洪水量과의 相關分析을 하였다. 그림 2의 直線을 觀測하면 未計測地點의 再現期間別 洪水量은 다음과 같은 式으로 表示될 수 있다.

$$Q_{F,T} = CT^P \quad (2)$$

(2)式에서 $Q_{F,T}$ 는 再現期間 T 年에 該當되는 洪水量이며, 常數 C 는 $T=1$ 年에 해당되는 $Q_{F,1}$ 이 된다. 따라서,

$$Q_{F,T} = Q_{F,1}(T)^P \quad (3)$$

(3)式에서 再現期間別 洪水量은 流域의 水文學的 因子를 代變하는 $Q_{F,1}$ 및 P 와 相關性을 가짐을 알 수 있으므로 $Q_{F,1}$ 代身에 副次的 基準洪水量 $Q_{F,50}$ 을 추가하여 流域의 地形因子와의 相關分析을 다음과 같은 關係로 假定하였다⁽¹⁰⁾.

$$Q_{F,2} = a \left[\frac{(A \cdot H_b)^{0.5} (L_b / W_b)^{0.5} H_{F,50}}{10,000P} \right]^b = a(A_1)^b \quad (4)$$

여기서

$$A_1 = \left[\frac{(A \cdot H_b)^{0.5} (L_b / W_b)^{0.5} Q_{F,50}}{10,000P} \right] \text{이다.}$$

한편 한 流域의 排水能力을 代變하는 各 次數 河川의 總延長(L_b)과 流域의 起伏量(H_b)을 地形因子로 선택하여 다음 關係로 假定하였다⁽¹⁰⁾.

$$Q_{F,2} = p \left[\frac{L_t \cdot (H_b)^{0.5} Q_{F,50}}{30,000P} \right]^d = p(B_1)^d \quad (5)$$

여기서

$$B_1 = \left[\frac{L_t \cdot (H_b)^{0.5} Q_{F,50}}{30,000P} \right] \text{이다.}$$

表 2와 表 3의 자료를 사용하여 錦江 全流域에 對한 式 (4)와 式 (5)의 關係를 表示한 結果가 그림 5와 그림 6이다. 이들 그림으로부터 알 수 있듯이 分析에 使用된 6個 觀測點의 資料가 式 (4)와 式 (5)의 關係로 表示해 보니 相關係數가 0.9 以上으로 나타나 大體적으로 잘 만족시키고 있다.

따라서 本流域에서는 6個 地點의 資料로서 모든 相關關係分析을 하였다.

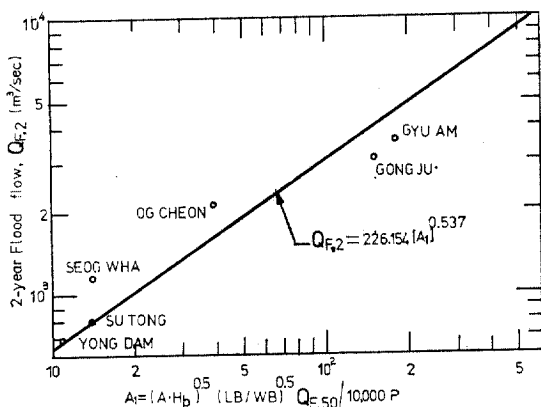


그림 5. $Q_{F,2}$ VS A_1 for flood flow estimation

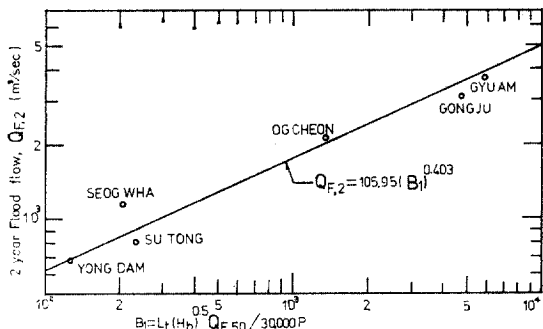


그림 6. $Q_{F,2}$ VS B_1 for flood flow estimation

그림 5와 그림 6에 表示된 바와같이 回歸分析에 依해 決定된 式 (4)의 常數 a, b 는 226.154와 0.537이고, 式 (5)의 常數 c, d 는 105.950과

0.403으로 나타났다.

3.3 2年 洪水量과 流域의 地形因子와의 關係

式 (4)와 式 (5)의 關係로부터 2年 洪水量은 流量記錄이 있는 水位標地點으로부터 유도된 流域의 平均의 關係이므로 未計測地點에 對하여는 直線의 傾斜로 나타내는 (P)와 50年 洪水量($Q_{F,50}$)의 資料가 없어, 2年 洪水量($Q_{F,2}$)의 直線推定이 不可能하다. 따라서, 2年 洪水量과 各種形態學的 因子들의 組合으로 形成되는 $[L_t \cdot H_b]$ $[L_t \cdot \sqrt{H_b}]$ $[E \cdot A]$ 및 $[A \cdot H_b]$ 등의 變量으로 相關關係를 分析하였다(記號는 表 2 參照). 이들 關係를 分析한 結果 相關係數는 0.878, 0.933, 0.982 및 0.886으로 分析되었다. 分析한 이들 變量中 2年 洪水量과 가장 높은 相關性을 보인 變量은 $[E \cdot A]$ 이고, 이들간의 關係는 그림 7에 表示하였다. 式 (6)은 同一한 方法으로 20年 洪水量과 $[E \cdot A]$ 간의 關係를 表示한 것이다.

또한 地形學的 變量인 $[L_t \cdot \sqrt{H_b}]$ 도 $Q_{F,2}$, $Q_{F,20}$ 과 比較的 良好한 相關性을 나타냈으며 그 回歸方程式은 다음과 같다.

$$Q_{F,20} = 7.634(E \cdot A)^{0.402} \quad (6)$$

$$Q_{F,2} = 79.60(L_t \cdot \sqrt{H_b})^{0.654} \quad (7)$$

$$Q_{F,20} = 13.211(L_t \cdot \sqrt{H_b})^{0.691} \quad (8)$$

4. 分析結果의 適用

4.1 適用節次

錦江流域內 任意未計測地點에 對한 洪水量頻度曲線을 $Q_{F,2}$ 와 $Q_{F,50}$ 의 決定에 依해 다음과 같은 各種關係를 合成하기 위한 適用節次는 다음과 같다.

(1) 錦江流域內의 任意未計測地點에 對한 2年 洪水量을 해당 小流域의 河川形態學的 特性因子로부터 計算한 그림 7의 橫軸值를 使用하여 直線關係로부터 求하거나 혹은 式 (7)의 關係로부터 求한다.

(2) 그림 4의 直線關係로부터 $Q_{F,50}$ 을 推定한다.

(3) 錦江流域全體에 對한 式 (4) 혹은 式 (5)로부터 頻度曲線의 傾斜 (P)를 計算한다.

(4) $Q_{F,20}$ 의 計算은 그림 3의 直線의 關係를

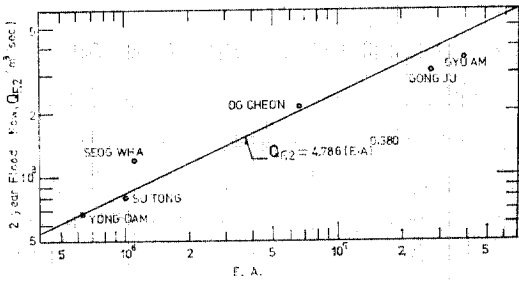


그림 7. Correlation between $Q_{F,2}$ and geomorphic parameter

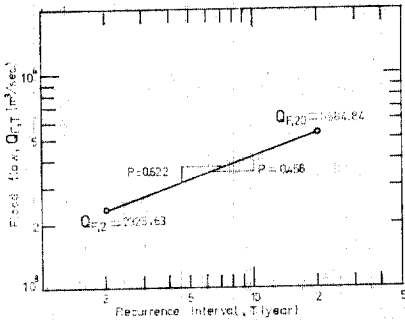


그림 8. Prediction of flood flow frequency curve for Song $P_{0.4}$ station

利用하거나 式 (6) 혹은 式 (8)의 關係를 使用하여 算定한다.

(5) 이와 같이 決定된 $Q_{F,2}$ 와 $Q_{F,20}$ 을 全對數紙에 plot하여 直線으로 연결한 후 이 直線의 傾斜가 式 (4) 혹은 式 (5)에서 計算한 P 값과 類似한가를 檢討한다. 만약 이들 두 값이 비슷하면 合成한 洪水量頻度曲線은 錦江流域의 一般의 洪水量特性과 一致한다고 볼 수 있다.

4.2 適用例 및 檢證

適用地點은 各種 關係式 誘導에 使用되지 않고 錦江中流部에 位置한 松浦水位標地點을 選擇하였으며 그 地點의 河川形態學의 特性因子는 다음과 같다.

$$A=3747.67\text{km}^2 \quad L_t=4325.13\text{km}$$

$$H_b=1.448\text{km} \quad E=3134.39 \quad L_b/W_b=1.729$$

(1) $Q_{F,2}$ 의 決定

a. 그림 7의 關係式으로부터

$$Q_{F,2}=4.786(E \cdot A)^{0.380}=2325.628\text{m}^3/\text{sec}$$

b. 式 (7)로부터

$$Q_{F,2}=7.960(L_t \cdot \sqrt{H_b})^{0.664}$$

$$=2141.442\text{m}^3/\text{sec}$$

c. $Q_{F,2}=2325.628\text{m}^3/\text{sec}$ 선택 (洪水量이 많은 쪽)

(2) 그림 4로부터 $Q_{F,50}=3.662Q_{F,2}-935.82$
 $=7579.465\text{m}^3/\text{sec}$

(3) 頻度曲線의 傾斜 (P)의 決定

a. 式 (4)로부터

$$Q_{F,2}=226.154$$

$$\left[\frac{(A \cdot H_b)^{0.5} (L_b/W_b)^{0.5} Q_{F,50}}{10,000P} \right]^{0.537}$$

$$P=0.9305$$

b. 式 (5)로부터

$$Q_{F,2}=105.950 \left[\frac{L_t(H_b)^{0.5} Q_{F,50}}{30,000P} \right]^{0.403}$$

$$P=0.622$$

$P=0.622$ 선택 (傾斜는 작은 쪽)

(4) $Q_{F,20}$ 의 決定

a. 그림 3의 관계로부터

$$\frac{Q_{F,2}}{Q_{F,20}} = \frac{0.235}{(P)^{0.858}} \quad Q_{F,20}=6584.84\text{m}^3/\text{sec}$$

b. 式 (6)으로부터

$$Q_{F,20}=7.634(E \cdot A)^{0.402}=5307.11\text{m}^3/\text{sec}$$

c. 式 (8)로부터

$$Q_{F,20}=13.211(L_t \cdot \sqrt{H_b})^{0.691}$$

$$=4886.04\text{m}^3/\text{sec}$$

d. $Q_{F,20}=6584.84\text{m}^3/\text{sec}$ 선택 (洪水量이 많은 쪽)

(5) 最終的으로 選擇된 松浦水位標地點의 $Q_{F,2}$ 와 $Q_{F,20}$ 을 全對數紙에 plot하여 直線으로 연결한 것이 그림 8에 表示한 것과 같이 圖式的으로 決定한 이 直線의 傾斜는 0.458로서 式 (5)로 計算한 0.622와 0.162程度 差異는 있지만 洪水量을 推定한다고 볼 때 別問題가 없다고 판단된다. 그러므로 이 頻度曲線은 錦江流域全體를 代表할 수 있는 좋은 model이 될 것으로 사료된다.

5. 結 論

(1) 錦江水系內 未計測地點에 對한 洪水量頻度曲線은 河川水系內에 位置한 水位標地點의 洪水量分析結果와 該當小流域의 河川地形學의 因子間에 頻度相關關係解析에 依하여 推定할 수 있

음을 입증하였다.

(2) 이와 같은 推定을 위해 誘導된 各種相關關係式中에서 2年 洪水量의 推定은 流域延長比 (E)와 流域面積 (A)의 곱에 依하는 것이 가장 正確하며, 洪水量頻度曲線의 傾斜는 圖式的으로 求한 값과 接近하므로 式 (5)를 사용하는 것이 좋다 또한 20年 洪水量의 推定은 그림 3의 關係式으로 表示된 指數函數關係로부터 計算한 것이 河川地形學的 因子와의 相關關係式으로부터 計算한 것보다 더 正確함을 알았다.

(3) 本 研究에서 얻어진 模型은 大河川流域의 平均的인 洪水量特性을 把握하므로써 未計測地點의 洪水量을 推定하는데 使用될 수 있으며 治水計劃 및 對策을 세우는 基準洪水量設定에 貢獻할 수 있으리라 믿는다.

謝 辭

本 研究는 韓國科學財團 '82年度 研究費 支援으로 完成된 論文으로서 研究費를 支援해준 同 財團에 謝意를 드리며 本 研究 수행에 수고를 해준 忠北大學校 大學院 土木工學科 李鍾衡, 李在敬에 感謝하는 바이다.

參 考 文 獻

1. Ear-Kochba, Y., and A.L., Simon, "Factors affecting floods from watersheds in humid regions of Northeastern Ohio," *Water Resources Bulletin American Water Resources Association*, Vol. 8, No. 6, Dec., 1972, pp. 1235~1245.
2. Benson, M.A., "Uniform flood-frequency estimating methods for federal agencies," *Water Resources Research*, Vol. 4, No. 5, Oct., 1968, pp. 891~908.
3. Bock, P., et al., "Estimating peak runoff rates from ungaged small rural watersheds," *National Cooperative Highway Research Program Report 136*, Highway Research Board, 1972.
4. Bodhaine, G.L., and D.M., Thomas, "Magnitude and frequency of floods in the United States, "Pacific Slope Basins in Washington and Upper Columbia River Basin, Part 12, Water Supply Paper 1987, U.S.G.S., Washington, D.C., 1964.
5. Carlston, C.W., "Drainage density and streamflow," *Professional Paper 422-c*, United States

- Geological Survey, Washington, D.C., 1963, pp. c1~8.
6. Cönturk, H., "Mean discharge as an index to mean maximum discharge," *Proceedings of the Leningrand Symposium on Floods and Their Computation*, International Association of Scientific Hydrology, United Nations Economic, Social, and Cultural Organization, World Meteorological Organization, Aug., 1967, pp. 826~833.
7. Halasi-Kun, G.J., "Computations of peak floods with inadequate hydrologic data," *Proceedings of the Second International Hydrology Symposium*, Water Resources Publications, Ft. Collins, Colo., Sept., 1972, pp. 57~73.
8. Kuiper, A., "100 frequency curves of North American rivers," *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, Vol. 83, No. HY5, Proc. Paper 1395, Oct., 1957. pp. 1395~1~1395~31.
9. Morisawa, Marie, "Measurement of drainage basin outline form," *Bryn Mawr College, Bryn Mawr, Pennsylvania*, Dec, 1957, pp. 587~591.
10. Orsborn, John F., "Determining streamflow from geomorphic parameters," *Journal of the Irrigation and Drainage Division, A.S.C.E.*, Dec., 1974, pp. 454~475.
11. Orsborn, J.F., "Drainage density in drift-covered basins," *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, Vol. 96, No. HY1, Proc. Paper 7033, Jan., 1970, pp. 183~192.
12. Snyder, F.F., "Synthetic flood frequency," *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, Vol. 84, No. HY5, Proc. Paper 1808, Oct., 1958, pp. 1808~1~1808~22.
13. 高在雄, "流域特性으로부터 確率洪水量의 誘導에 관한 研究", 韓國水文學會誌, 第14卷 第3號, 1981, pp. 37~54.
14. 安相鎭, "錦江水系의 河川形態學的 特性因子에 依한 渴水量算定", 韓國水文學會誌, 第14卷 第1號, 1981, pp. 31~37.
15. 尹龍男, "Output-Output 模型에 依한 渴水量 合成" 水工學研究會, 全南大學校, 光州, 1976. 7.
16. 建設部, 韓國水文調查年報 1962~1980.
17. 尹龍男, 水文學, 清文閣, 1976.

(授受: 1983. 1. 15)