

<論文>

錦江水系の 河川形態學的
特性因子에 依한 渴水量 算定

Low flow Calculation by Stream Morphological
Characteristic Parameters in Geum River System

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

—ABSTRACT—

It was possible to synthesize the low flow frequency curves for ungauged stations of Geum river system through a correlation analysis using the morphological parameters such as basin area, basin relief, total stream length of first-order stream and the 7-day, 10-year low flow.

要 旨

錦江水系の 未計測地點에 對한 渴水量頻度曲線의 合成은 河川形態學的 因子인 流域面積, 流域의 起伏量, 河川의 延長 및 國美聯邦州環境局의 河川水質基準인 10年 7月 平均渴水量을 利用한 相關關係를 分析함으로써 可能하였다.

1. 序 論

河川水系上の 未計測地點에 있어서의 渴水量 推定은 各種 利水目的 뿐만아니라 오늘날에 와서는 河川維持 用水量 및 河川의 營養(Eutrophication) 問題 등에서 大端한 重要性을 가지며, 正確한 推定을 위해 많은 研究가 계속되어 왔다¹⁾²⁾³⁾.

洪水量的 推定을 위해서는 確定論的 模型 혹은 推計學的 模型에 依하여 流域을 한개의 System으로 보아 降雨와 流出資料를 分析하여 System의 水文學的 特性을 分析한 후 計劃降雨에 상응하는 流出量을 模擬發生하는 이른바 Simulation 模型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하는

頻度解析에 依해 計劃洪水量을 決定하는 것이 오늘날의 趨勢이다.

한편 渴水量의 推定은 流域의 水文學的 條件뿐만 아니라 地形學的 特性에 크게 좌우되므로 洪水量的 推定처럼 降雨—流出間의 直接的인 關係解析에 依하여 決定할 수 없으며 一般的으로 洪水量에 影響을 미치는 因子보다 훨씬 많은 因子의 影響을 받는 것으로 알려져 있다.

따라서 지금까지는 水位標地點의 流量資料를 頻度解析으로 分析하여 計劃渴水量을 推定해 왔으며 未計測地點에 對한 渴水量推定은 한 課題로 되어 왔다.

따라서 渴水量解析은 流量資料를 頻度分析하여 各地點에 對한 渴水量頻度曲線을 얻은 후 어떤 再現期間의

*忠北大學校 工科大學 助教授(工博)

**陸軍士官學校 教授(工博)

***仁荷大學校 工科大學 教授(工博)

渴水量과 이보다 더 긴 再現期間을 가진 渴水量을 그 地點流域의 河川地形學의 特性因子에 依해 相關시킴으로서 任意未計劃地點에 對한 渴水量頻度曲線을 合成할 수 있을 것이다.

이 方法의 究明을 위하여 錦江流域을 對象으로 하였으며 流域內의 5個 水位標地點의 流量資料가 이 解析에 利用되었으며 錦江의 全流域圖와 利用된 水位標地點은 Fig. 1과 같다.

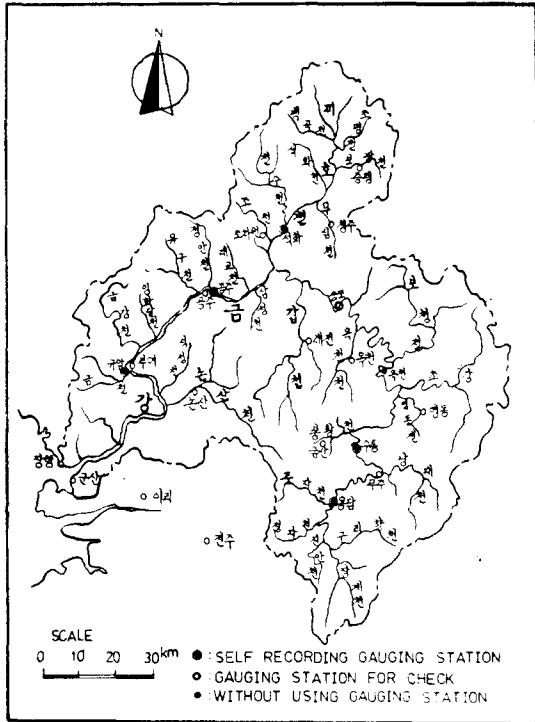


Fig. 1 Geum River basin map with the selected stage gauging station

2. 資 料

利用된 資料는 錦江流域內 5個水位標地點의 8年 내지 10年間의 日 水位資料⁷⁾와 水位를 流量으로 換算하기 위한 Rating Curve⁸⁾이며 各 水位標地點別 主要河川形態學의 特性變數이다. 表-1은 水位標地點別 資料

表-1. 水位標別 日平均水位 資料年數

水位標地點	資料期間	年數	備	考
龍潭	1966~1975	9	1974 缺測	
水通	1965~1974	8	1971 缺測, 1972 一部缺測	
公州	1966~1975	10		
窺岩	1966~1975	10		
石花	1966~1975	8	1970, 1971 部分缺測	

年數를 表示하고 있으며, 表-2는 各 小流域의 河川形態學의 特性을 表示하는 主要變數이다⁹⁾.

表-2. 水位標流域別 河川形態學의 特性變數

流域名	流域面積	河川總延長	1次 河川延長	起伏量	排水密度 D_d (km ² /km ²)
	A_d (km ²)	L_t (km)	L_1 (km)	H_b (km)	
龍潭	909.50	1,061.87	612.52	1.292	1.168
水通	1,056.63	1,669.77	934.77	1.348	1.580
公州	6,836.92	7,787.73	4,046.77	1.496	1.139
窺岩	8,152.34	8,914.56	4,624.75	1.500	1.094
石花	1,178.96	1,611.20	832.26	0.492	1.367
松浦	3,747.63	4,325.13	2,253.26	1.448	1.154

註, L_1 ; 1次 河川以上の 모든 길이를 合한 값 (1: 50,000 地形圖사용)
 L_t ; 1次 河川의 길이만을 合한 값
 H_b ; 水位標流域의 가장 높은 標高와 水位標地點의 標高間의 差
 D_d ; L_t/A_d

3. 分析 및 結果

3.1 7日 平均渴水量의 頻度曲線

渴水量은 洪水量과는 달리 순간적인 값의 意味를 가지는 것이 아니라 持續期間의 概念으로 表示하게 되어 河川水質管理나 河川영양의 立場에서 河川維持用水量 基準을 定하지 않으면 안 된다. 그러나 우리나라는 아직까지 基準値가 없으므로 美國의 연방주환경국의 基準値를 따라 10年 7日 平均値($Q_{7,10}$)를 採用하였다¹⁰⁾. 그래서 通常 7日 平均渴水量을 基準으로 하고 있다.

表-1에 表示된 各 水位標地點의 每年의 日平均流量을 7日間씩 연속으로 合하여 이를 平均한 값중에서 가장 적은 平均流量이 該當年の 最低 7日 渴水量이 되며 이들 最低值들을 全記錄年限에 걸쳐 얻으면 7日 渴水量의 年最低值系列(annual minimum series)이 된다. 每年의 平均 7日 渴水量의 最低值는 Computer에 依한 Sorting으로 처리하였다.

이와같이 얻어진 水位標地點別 年最低值系列의 plotting position은 一般的으로 渴水量解析에 使用되는 California公式을 使用하였다.

即
$$T = \frac{N}{m} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 T 는 再現期間(年), N 는 記錄年數, m 는 크기 逆順으로 나열한 渴水量의 順序이다.

California公式에 依해 決定된 再現期間別 7日 渴水量을 表示한 頻度曲線은 Fig. 2와 같다. 渴水量頻度曲線은 一般的으로 對數正規確率紙上에 表示하면 直線이 가깝게 나타나나 正規確率軸을 式으로 表示하기가 어려우므로 本 研究에서의 全對數紙上에 表示하여 回歸

直線의 式을 얻기 편리하도록 하였다.

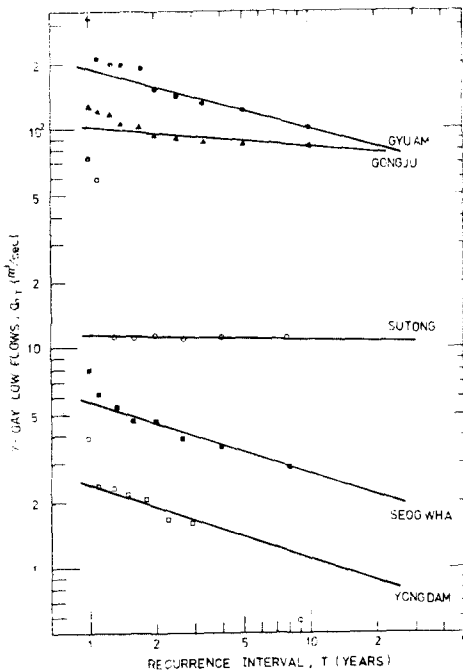


Fig. 2. 7day low flow frequency curves

美國地質調查局에 依하면²⁾³⁾ 한 流域의 渴水量特性을 把握하기 위하여 7日 2年 渴水量을 基準으로 하고 있으므로 本研究에서도 7日 2年 渴水量($Q_{7,2}$)을 主基準渴水量으로 채택했으며 7日 20年 渴水量($Q_{7,20}$)을 副次的 基準渴水量으로 택하여 未計測地點의 7日 渴水量 頻度曲線을 合成하기 위한 分析을 하였다. Fig. 2에서

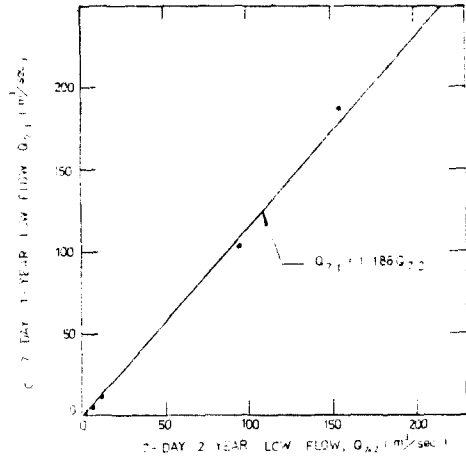


Fig. 4. Estimated $Q_{7,1}$ VS $Q_{7,2}$

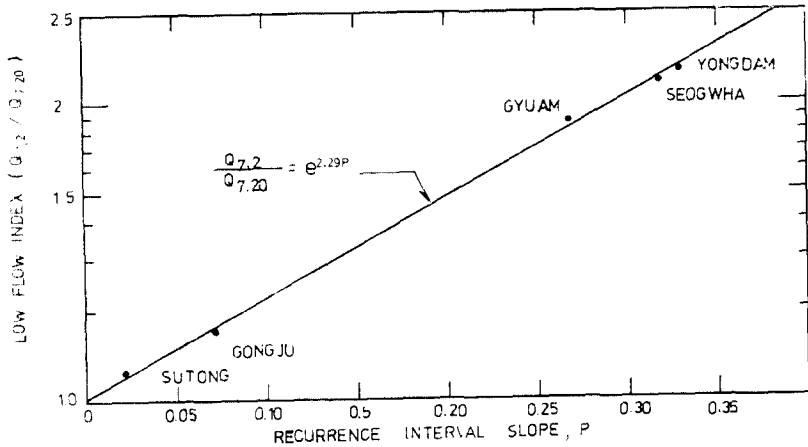


Fig. 3. Low flow slope index VS recurrence interval slope

볼수 있는 바와 같이 再現期間이 2年 以上인 渴水量은 全對數紙上에서 거의 直線에 가깝게 나타나므로 各 觀測點別로 適合한 直線을 그어, 이 直線으로부터 7日 2年 渴水量, 7日 20年 渴水量 및 7日 1年 渴水量($Q_{7,1}$)을 觀測點別로 읽어 表-3에 表示하였다. 이들 資料를 河川形態學의 因子와 相關關係解析에 使用할 것이다.

Fig. 2의 觀測點別 直線의 傾斜 P 는 流域의 渴水量의 年次的인 變動性向을 表示할 뿐만 아니라 流域의 地下水貯溜能力의 指標를 준다고 볼수 있어 觀測點別

表-3. 水位標地點別 主要渴水量

流域石	$Q_{7,1}$ (m^3/sec)	$Q_{7,2}$ (m^3/sec)	$Q_{7,20}$ (m^3/sec)	P (直線의 傾斜)
龍潭	2.44	1.95	0.91	0.329
水通	11.50	11.20	10.70	0.024
公州	103.00	95.00	83.00	0.072
窺岩	188.00	156.00	84.20	0.268
石花	5.70	4.60	2.20	0.318

로 計算하여 表-3에 收錄하였다.

또한 Fig. 2의 直線의 傾斜 P 와 頻度曲線의 傾斜指標(Slope Index) 即 $Q_{7.2}/Q_{7.20}$ 間的 關係는 Fig. 3에 表示되어 있는 바와 같이 指數函數關係로 나타났으며, Fig. 4는 $Q_{7.1}$ 과 $Q_{7.2}$ 간의 關係를 表示하는 것으로서 錦江全流域에 對한 平均한 關係를 表示하므로 流域內 未計測地點의 渴水量推定에 使用될 것이다.

3.2. 7日 2年 渴水量과 水文 및 地形因子와 關係

한 流域의 渴水量은 流域의 水文學的 因子와 河川形態學의 影響을 받으므로 이들간의 相關性을 규명하기 위해 各種變量과 7日 2年 渴水量間的 相關分析을 하였다.

Fig. 2의 直線을: 觀測하면 未計測地點의 再現期間別 7日 渴水量은 다음과 같은 式으로 表示될 수 있다.

$$Q_{7,T} = CT^{-P} \dots \dots \dots (2)$$

(2)式에서 $Q_{7,T}$ 는 再現期間 T 年에 該當하는 7日 渴水量이며, 常數 C 는 $T=1$ 年에 해당되는 $Q_{7.1}$ 이 된다. 따라서

$$Q_{7.2} = \frac{Q_{7.1}}{2^P} \dots \dots \dots (3)$$

(3)式에서 7日 2年 渴水量은 流域의 水文學的 因子를 代變하는 $Q_{7.1}$ 및 P 와 相關性을 가짐을 알 수 있으며 流域의 地形因子로서 流域의 體積을 表示하는 $(A_d H_b/3)$ 을 여기에 첨가하여 다음과 같은 關係를 假定하였다¹⁾²⁾.

$$Q_{7.2} = a \left[\frac{(A_d H_b)^{0.5} Q_{7.1}}{300P} \right]^b = a A^b \dots \dots \dots (4)$$

여기서 $A = \left[\frac{(A_d H_b)^{0.5} Q_{7.1}}{300P} \right]$ 이다.

뿐만 아니라 한 流域의 排水能力을 代變하는 各次數河川의 總延長(L_r)와 流域의 起伏量(H_b)를 地形因子로 선택하여 다음과 같이 假定하였다¹⁾.

$$Q_{7.2} = C \left[\frac{L_r (H_b)^{0.5} Q_{7.1}}{1000P} \right]^d = c B^d \dots \dots \dots (5)$$

여기서 $B = \left[\frac{L_r (H_b)^{0.5} Q_{7.1}}{1000P} \right]$ 이다.

表-2와 表-3의 資料를 使用하여 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. 그림으로 부터 알수 있듯이 分析에 使用된 5個 觀測點의 資料가 式(4)와 式(5)의 關係를 大體의 으로 잘 만족시키고 있다. 따라서 本 流域에서는 5個地點의 資料로서 모든 相關關係分析을 하였다.

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 1.64와 0.663이고 式(5)의 常數 c, d 는 0.450과 0.555로 나타났다.

3.3. 7日 2年 渴水量과 流域의 地形因子와의 關係

式(4)와 式(5)의 關係로 부터 7日 2年 渴水量은 流量記錄이 있는 水位標地點으로 부터 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 7日 1年 渴水量($Q_{7.1}$)의 資料가 없 어 7日 2年 渴水量($Q_{7.2}$)의 直線推定이 不可能하다. 따

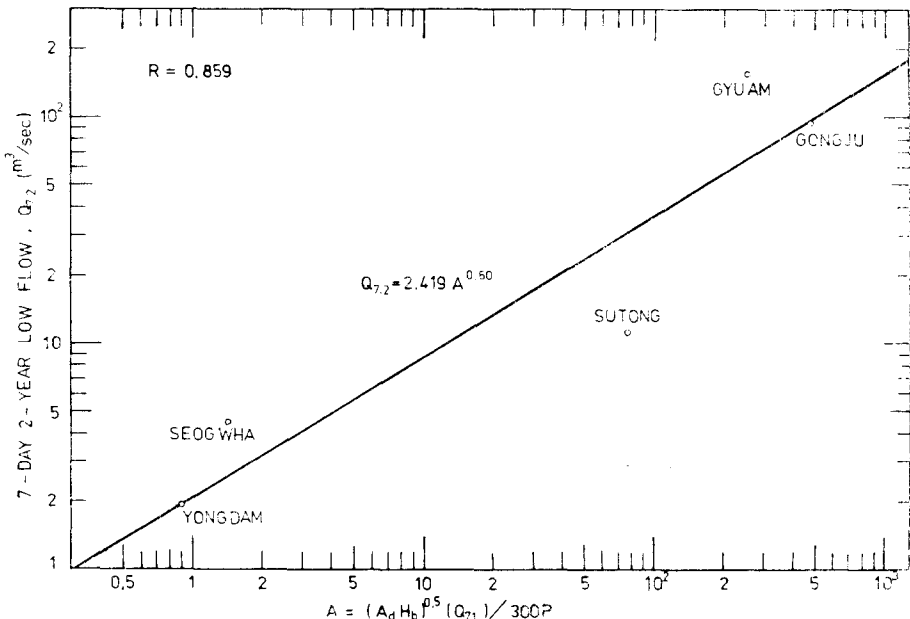


Fig. 5. $Q_{7.2}$ VS A for low flow estimation

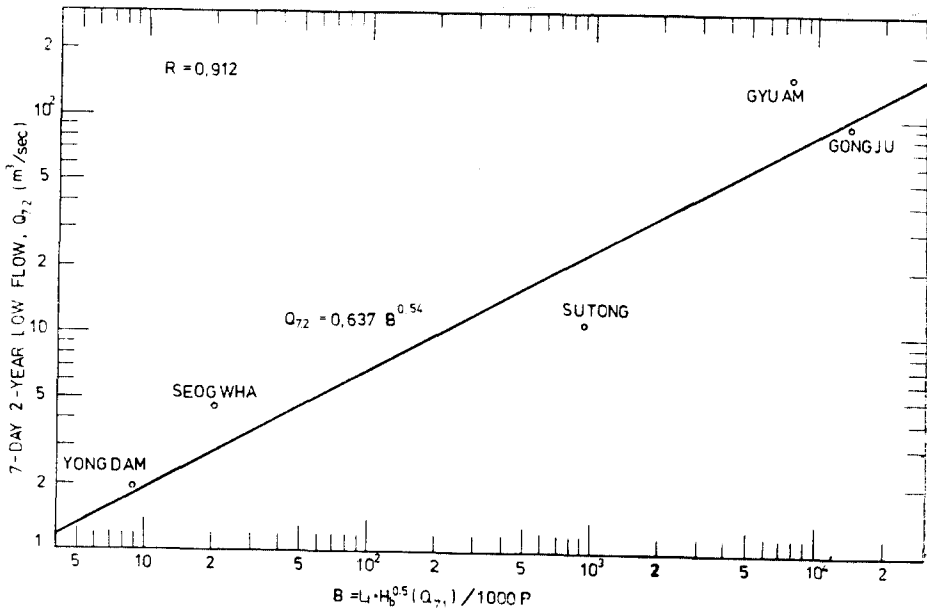


Fig. 6. $Q_{7.2}$ VS B for low flow estimation

라서 7日 2年 渴水量과 各種形態學的 因子들의 組合으로 形成되는 $[(L_1) \cdot H_b]$, $[(L_1) \cdot H_b]$, $[(L_1) \cdot \sqrt{H_b}]$ 및 $[\sqrt{D_d} \cdot L_1]$ 등의 變量으로 相關關係를 分析하였다. (記號는 表-2 참조) 分析한 結果 相關係數는 0.859, 0.912, 0.954 및 0.708로 分析되었다. 分析한 이들 變量中 7日 2年 渴水量과 가장 높은 相關性을 보인 變量은 $[L_1 \cdot \sqrt{H_b}]$ 이었고 이들간의 關係는 Fig. 7이다. Fig. 8은 同一한 方法으로 7日 20年 渴水量과 $[L_1 \cdot \sqrt{H_b}]$ 간의 關係를 表示한 것이다. 또한 地形學的 變量인 $[\sqrt{D_d} \cdot L_1]$ 도 $Q_{7.2}$, $Q_{7.20}$ 과 比較的 良好한 相關性을 나타냈으며 그 回歸方程式은 다음과 같다.

$$Q_{7.2} = 0.923 \times 10^{-5} [\sqrt{D_d} \cdot L_1]^{1.89} \dots\dots\dots (6)$$

$$Q_{7.20} = 0.396 \times 10^{-5} [\sqrt{D_d} \cdot L_1]^{1.93} \dots\dots\dots (7)$$

4. 分析結果의 適用

4.1. 適用節次

錦江流域內의 任意未計測地點에 對한 7日 渴水量頻度曲線을 $Q_{7.2}$ 와 $Q_{7.20}$ 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 7日 2年 渴水量을 해당 小流域의 河川形態學的 特性因子로부터 計算한 Fig. 7의 橫軸值를 使用하여 直線關係로부터 求하거나 혹은 式(6)의 關係로부터 求한다.

(2) Fig. 4의 直線關係로부터 $Q_{7.1}$ 을 推定한다.

(3) 錦江流域全體에 對한 式(4) 혹은 式(5)로부터

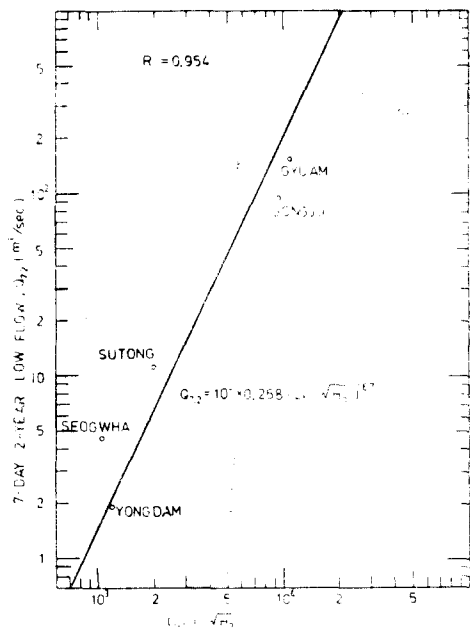


Fig. 7. Correlation between $Q_{7.2}$ and geomorphic parameter

頻度曲線의 傾斜 P를 計算한다.

(4) $Q_{7.20}$ 의 計算은 Fig. 3의 直線關係를 利用하거나 Fig. 8 혹은 式(7)의 關係를 使用하여 算定한다.

(5) 이와같이 결정된 $Q_{7.2}$ 와 $Q_{7.20}$ 을 全對數紙에 Plot 하여 直線으로 연결한 후 이 直線의 傾斜가 式(3)에서

計算한 P 값과 유사한가를 檢討한다. 만약 이들 두 값이 비슷하면 合成된 渴水量頻度曲線은 錦江流域의 一般的인 渴水量特性과 一致한다고 볼 수 있다.

4.2. 適用例

上記의 適用節次에 依한 未計測地點의 渴水量頻度曲線의 合成을 위해 지금까지 유도한 各種關係式에 다음과 같은 適用節次를 들어 본다. 여기서는 各種關係式 유도에 使用되지 않는 松浦水位標地點을 選擇하였으며 이 水位標地點에 對한 河川形態學의 特性因子는 表-2에 提示한 바와 같다.

即 $A_d = 3,747.67 \text{ km}^2$ $L_t = 4,325.13 \text{ km}$
 $L_1 = 2,253.26 \text{ km}$ $H_b = 1.448 \text{ km}$
 $D_d = 1.154 \text{ km/km}^2$

(1) $Q_{7,2}$ 의 決定

(a) Fig. 7의 關係式으로 부터

$$Q_{7,2} = 0.0000268 (L_t \cdot \sqrt{H_b})^{1.57}$$

$$= 0.0000268 (4325.13 \times \sqrt{1.448})^{1.57}$$

$$= 43.10 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(b) 式(6)으로 부터

$$Q_{7,2} = 0.00000923 (\sqrt{D_d} \cdot L_1)^{1.89}$$

$$= 0.00000923 (\sqrt{1.154} \times 2,253.26)^{1.89}$$

$$= 22.95 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(c) $Q_{7,2} = 43.10 \text{ m}^3/\text{sec}$ 선택

(2) Fig. 4로 부터 $Q_{7,1} = 1.186 Q_{7,2}$

$$= 1.186 \times 43.10 = 51.12 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(3) 頻度曲線의 傾斜 P 의 決定

(a) 式(4)으로 부터

$$Q_{7,2} = 1.64 \left[\frac{(A_d H_b)^{0.5} Q_{7,1}}{300P} \right]^{0.603}$$

$$43.10 = 1.64 \left[\frac{(3747.64 \times 1.448)^{0.5} \times 51.12}{300P} \right]^{0.603}$$

$$P = 0.091$$

(b) 式(5)로 부터

$$Q_{7,2} = 0.45 \left[\frac{(L_t \cdot H_b)^{0.5} Q_{7,1}}{1000P} \right]^{0.56}$$

$$43.10 = 0.45 \left[\frac{4325.13 \times 1.448^{0.5} \times 51.12}{1000P} \right]^{0.56}$$

$$P = 0.034$$

(c) $P = 0.034$ 선택

(4) $Q_{7,20}$ 의 決定

(a) Fig. 3의 關係式으로 부터

$$Q_{7,20} = \frac{Q_{7,2}}{e^{2.29P}} = \frac{43.10}{e^{2.29 \times 0.034}} = 39.87 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(b) Fig. 8의 關係式으로 부터

$$Q_{7,20} = 0.00000709 (L_t \cdot \sqrt{H_b})^{1.77}$$

$$= 0.00000709 (4325.13 \times \sqrt{1.448})^{1.77}$$

$$= 26.83 \text{ m}^3/\text{sec}$$

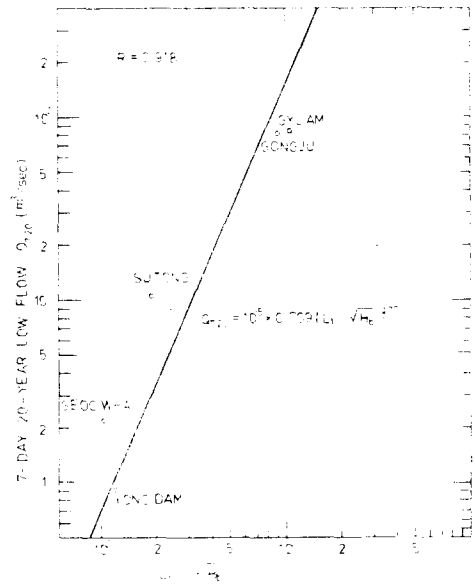


Fig. 8. Correlation between $Q_{7,20}$ and geomorphic parameter

(c) 式(7)로 부터

$$Q_{7,20} = 0.00000396 (\sqrt{D_d} \cdot L_1)^{1.94}$$

$$= 0.00000396 (\sqrt{1.154} \times 2,253.26)^{1.94}$$

$$= 14.54 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(d) $Q_{7,20} = 39.87 \text{ m}^3/\text{sec}$

(5) 最終的으로 選擇된 松浦水位標地點의 $Q_{7,2}$ 와 $Q_{7,20}$ 을 全對數紙에 Plot하여 直線으로 연결한 것이 Fig. 9에 表示한 것과 같이 圖式的으로 決定한 이 直線의 傾斜는 0.034(0.0338)로서 式(5)로 計算한 0.034와 비슷하게 나타났다.

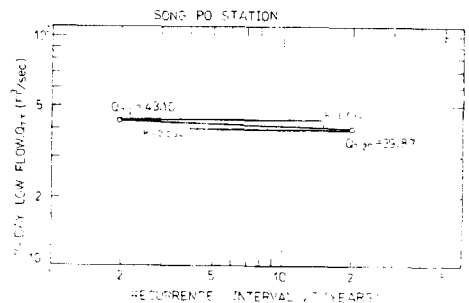


Fig. 9. Prediction of Low flow frequency curve for Song Po station

그러므로 이 頻度曲線은 錦江流域全體를 代表할 수 있는 좋은 Model이 될 것으로 사료 된다.

5. 結 論

1) 未計測地點에 對한 渴水量頻度曲線은 大河川水系內에 위치한 水位標地點의 渴水量類分析 결과와 해당 小流域의 河川地形學的 因子間의 頻度相關關係解析에 依하여 推定될 수 있음을 입증하였다.

2) 이와같은 推定을 위해 유도된 各種相關關係式中에서 7日 2年 渴水量的 推定은 $(L_i \cdot \sqrt{H_b})$ 에 依하는 것이 가장 正確하며 7日 渴水量頻度曲線의 傾斜는 $Q_{7,2} \sim B$ 간의 關係式을 使用하는 것이 좋다. 또한 7日 20年 渴水量은 流域全體에 適用될 수 있는 渴水量頻度曲線의 傾斜指標와 計算된 頻度曲線의 傾斜間의 指數函數關係로 부터 計算한 것이 河川地形學的 因子와의 相關關係式으로 부터 計算하는 것 보다 더 正確하다.

3) 本研究에서 얻어진 模型은 大河川流域의 平均的인 渴水量特性을 파악하므로써 流域內의 任意未計測地點의 渴水量을 推定하는데 使用될 수 있으며 水質管理나 渴水期의 河川生態學的 問題解決을 위한 基準渴水量設定에 貢獻할 수 있으리라 믿는다.

參 考 文 獻

1. Orsborn, J.F., "Determining stream flows from geomorphic parameters," Jour. of the irrigation and drainage Div. Proc. A.S.C.E., Vol. 100, No. IR4, Dec. 1974, pp.455~475.
 2. Orsborn, J.F., "Predicting ungaged low flows

in diverse hydrologic provinces using river", Publication N° 117 de l'association internationale des sciences hydrologiques symposium de Tokyo, D'ecember 1975.
 3. Singh, K.P. and stall, J.B., "Hydrology of 7-day 10-year, low flow," Johr. of Hydr. Div., Vol. 100, No. Hy12, A.S.C.E., Dec. 1974, pp. 1753~1771.
 4. Yong-Nom yoon "Correlation of the stream morphological charateristics of the HanRiver basin with its mean daily and 7-day 10-year low flows," Publication n° 117 de l'association internationale des sciences hydrologiques Symposium de Tokyo, D'ecember 1975.
 5. 尹龍男, "Output-Output模型에 依한 未計測地點의 渴水量 算定", 水工學 研究會, 全南大學校 光州, 1976. 7
 6. 尹龍男, "漢江水系의 河川形態學的 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
 7. 建設部, 韓國水文調查年報(1965~1975)
 8. 建設部, 流量臺帳(1965~1975)
 9. 安相鎭, "流域의 河川形態學的 特性因子와 流出量 水理幾何學間의 相關性", 仁荷大學校 大學院 工學博士 學位論文, 1980. 7
 10. 姜瑄沅外 2人, "錦江水系의 水理幾何學的 特性研究", 大韓土木學會誌, 第27卷 1號, 1979. 2