

<論 文>

# 未計測 中小河川の 計劃洪水量算定에 關한 研究

(A Study on the Evaluation for the Design Flood of Ungauged Small River Basins)

沈	淳	輔*
Shim	Soon	Bo
安	輔	勳**
Ahn	Bo	Hoon

### Abstract

This paper presents a hydrologic method of probabilistic design flood calculation for ungauged small river basins. It is based on the study and analysis of the physiographic characteristics of the river basin for which stream flow records may not be available. Rainfall data is used at nearby station which has the rainfall intensity-duration-frequency relations. Musim cheon, second tributary of the Guem river, is selected for the sample study.

Design floods for the stream reaches are computed by the Rational formula, the runoff coefficients being determined with the physiographic data such as soil type, land use and vegetal covers. Derived unit hydrograph at conneted main river basin is used to compute the peak flood discharge. Kajiyama formula and modified Kajiyama formula are used to calculated the most probable maximum flood discharge. The result of this study shows that synthesized unit hydrograph method is more accurate and applicable way to compute design flood for ungauged small river basins.

### 要 旨

本 論文은 未計測 中小河川の 再現期間別 計劃洪水量을 算定하는 水文學的 方法을 提示하고 있다. 水位 流量資料가 全無한 中小河川 流域의 地相學的 特性分析을 施行하여 諸相關關係로 부터 河川の 流出率을 決定하고 使用可能한 鄰近 降雨觀測所로 부터 頻度處理된 雨量資料를 使用하므로써 合理式的 安全한 使用을 示導하였으며 流域特性이 비슷한 鄰近流域의 既誘導된 單位圖의 關係式을 活用하므로써 尖頭流量을 算定 相互比較할 수 있도록 하였다. 이를 錦江의 第2支流이며 流域面積 192.2km<sup>2</sup>로써 流域의 綜合開發을 위한 基礎水文資料가 時急한 無心川을 選定하여 河川 小區間別로 再現期間別 計劃洪水量과 尖頭洪水量을 算定하

여 鄰近流域인 미호천流域의 實測資料로 求한 尖頭流出量과의 相關分析을 통하여 檢定해본 結果 相關係數  $r=0.93$ 을 나타내므로 計算한 計劃洪水量의 實用可能性을 立證하였다.

### 1. 序 論

河川流域의 効率的 活用과 河川の 保存및 水資源의 治·利水를 檢한 綜合開發을 위하여 現在 中小河川の 開發이 活發히 進行되고 있다. 이中 特히 새마을 小河川으로서 指定되거나 河川次數 3~4次 內外的 流域面積 200km<sup>2</sup> 以內인 2~3支流에는 水位및 流量等의 水文觀測施設이 되어 있지 않은 곳이 많다. 이러한 경우의 水文學的, 水理學的 河川の 諸 特性을 究明하기엔 큰 어려움이 있다. 이에 使用加能한 雨量資料만으로서 流域의 流出을 支配하는 地相學的 諸特性因子를 調査 分析하므로써 該 流域의 計劃洪水量을 算定하는 方法을 導出하여 實際 中小河川에서 實用可能토록 할 것

\* 正會員· 忠北大學· 專任講師· 技術士

\*\* 正會員· 忠北大學 工學部 土木工學科

이 要望되며 本研究에서는 測水資料가 없는 錦江의 第2支流인 無心川流域에 대하여 各再現期間別 計劃洪水量을 算定하는 合理的인 方法을 强求하였다.

2. 計劃洪水量 算定方法

自然狀態下에 있는 河川流域에 대한 計劃洪水量 決定方法은 대체로 合理式, 梶山式(Kajiyama)式, 單位圖法, 相關關係解析(Correlation analysis) 등으로 나누어 生覺할 수 있다.

2-1. 合理式.<sup>1)</sup>

流域內에 發生한 豪雨의 強度(rainfall intensity)와 尖頭流出量間의 關係를 나타내는 가장 代表的인 經驗公式으로 다음과 같이 表示된다.

$$Q=0.2778 CIA \dots\dots\dots(1)$$

여기서

Q: 洪水量(m<sup>3</sup>/sec)

I: 降雨強度(mm/hr)

A: 流域面積(km<sup>2</sup>)

C: 流域의 流出特性을 代表하는 流出係數이며 0.2778은 單位換算係數이다.

式(1)의 降雨強度 I는 해당流域의 流達時間 tc(min)를 降雨持續期間으로 잡았을 때의 確率降雨強度로서 流域에 따라 分析된 降雨強度-持續期間-再現期間의 關係로부터 決定되며 이로부터 決定된 洪水量은 降雨強度와 同一한 再現期間을 갖는 確率洪水量으로 취급된다.

C값은 流域의 土壤型, 植生被覆 및 土地利用狀態에 의해 決定되며 대체로 流域의 浸透率에 反比例하며 가장 決定하기 어려운 變數이다. 合理式은 큰 流域의 洪水量決定에는 適合하지 않으나 小流域의 洪水量決定을 위해 實務에 많이 利用되고 있다.

2-2. 梶山(Kajiyama)式<sup>2)</sup>

우리나라 河川流域에 適用하기 위한 다른 하나의 經驗公式인 Kajiyama式은 다음과 같이 表示된다.

$$Q=CA^{0.877-0.041\log A}\dots\dots\dots(2)$$

$$C=F(310+r) \left(4+\frac{A}{L^2}\right) \dots\dots\dots(3)$$

式(2) 및 (3)에서

Q: 最大洪水量(m<sup>3</sup>/sec)

A: 流域面積(km<sup>2</sup>)

r: 流域內의 日最大雨量의 平均值(mm)

L: 流路延長(km)

F: 流域의 傾斜 및 林野狀況에 의한 係數로서 流域의 流出率에 比例하여 커지며 0.0063~0.0079의 값을 가진다.

式(2)에 의해 計算된 洪水量은 最大洪水量이므로 確

率의 概念이 들어있지 않아 特定 再現期間을 부여할 수 없는 最大發生可能 洪水量이라 할 수 있으며 1922年 韓國 大, 小河川 12個所의 過去 最大洪水量을 流域面積, 林野狀況, 雨量, 旬配等과 연관시켜 發表한 公式이다. 한편 李舜鐸 博士는 “洛東江에 對한 梶山(Kajiyama)氏의 最大洪水量公式의 檢討”<sup>3)</sup>에서 다음과 같이 修正發表 하였다.

i) 流域面積이 25.89km<sup>2</sup> 以下일때.

$$Q=C \cdot A^{0.96-0.031\log A}\dots\dots\dots(2)-1$$

ii) 流域面積이 25.89km<sup>2</sup> 以上일때.

$$Q=0.786C \cdot A^{1.104-0.081\log A}\dots\dots\dots(2)-2$$

여기서

Q: 最大洪水量(m<sup>3</sup>/sec)

A: 流域面積(km<sup>2</sup>)

C: 常數(14~7)이다.

2-3. 單位圖法(unit hydrograph)<sup>5)</sup>

1932年 Sherman<sup>4)</sup>이 제창한 것으로 計測된 流域의 降雨와 流出關係를 確定論的으로 分析하여 이를 計劃降雨量의 時間의 分布에 適用하여 洪水量의 尖頭值 및 時間의 分布를 決定하는 方法으로 合理的인 方法이나 時間雨量 및 流量의 實測을 前提로 하는 方法이다. 單位圖 유도方法의 一般的인 節次는 어떤 流域에 내린 임의의 豪雨로 인한 總流出水文曲線으로부터 基底流量(base flow)을 分離하여 直接流出水文曲線(direct runoff hydrograph)을 얻은 後 直接流出容積을 等價有效降雨深으로 計算하여 이값으로서 直接流出水文曲線의 各 時間縱距를 나눔으로서 얻게된다. 이와같이 얻어진 單位圖, 持續時間은 計算된 等價有效降雨深과 同一한 有效雨量分을 總雨量 柱狀圖(total hyetograph)에서 취함으로써 얻을 수 있다. 그러나 上記한 一般的인 方法은 獨立豪雨와 그로 인한 實測水文曲線을 획득할 수 있는 경우에만 쉽게 適用할 수 있으나 보통의 경우 自然係의 豪雨事象은 더 複雜한 것이 통상이므로 上記方法을 實際資料에 適用하는 데는 여러가지 어려운 點이 많다

2-4 相關關係解析(correlation analysis).<sup>5)</sup>

비교적 廣範圍한 流域의 流出特性을 그 流域의 降雨特性과 流域特性에 포함되는 여러變數들과 相關시키는 方法이다.

이 方法은 한개의 方程式으로 表示하는 것이 아니라 流出에 영향을 미치는 降雨特性 및 各種 流域特性變數와 流出間의 關係를 代表하는 模型을 開發하는 것으로서 일련의 公式이나 圖表를 作成使用하는 것이 보통이며 代表的인 方法으로는 Cook's Method<sup>6)</sup>, BPR Method<sup>7)</sup>, SCS Method<sup>8)</sup>, Chow Method<sup>9)</sup> 등이 있다.

### 3. 對象流域의 選定 및 地相學的 特性分析

#### 3-1. 對象流域의 選定

本研究를 위하여 錦江의 第2支流인 無心川流域을 택하였다. 大淸湍 開發로 인한 最惠圈內에 있으면서 淸州市를 流域出口 부근에 포함하고 있는 流域面積 192.2km<sup>2</sup>, 流路延長 34.5km, 東西길이 約 18km, 南北길이 約 19km인 4次河川이나 아직까지 流域의 土地, 水資源, 河川保全, 都市下水道整備, 環境衛生등을 위한 가장 基本的인 各再現期間別 計劃洪水量이 決定되어 있지않은 實情이므로 이에 本流域을 研究對象流域으로 택하였다.

#### 3-2. 流域의 地相學的 特性分析

##### 3-2-1. 流域의 區分

無心川의 上流로부터 本流와 支流의 合流點을 出口(outlet)로 하는 小流域(#1~#21)을 區分하였으며 合流點은 #T1~#T20으로 그림-1과 같이 命名하였다.

##### 3-2-2. 流域의 形態學的 特性分析<sup>5,15)</sup>

河川形態學的 特性은 그 流域의 降雨-流出關係에

決定된 영향을 미친다. 따라서 無心川의 여러가지 形態學的 特性을 分析함으로써 降雨-流出關係 혹은 流出特性에 미치는 地相學的 影響을 고찰하고자 한다. 本 分析을 위해서 流域을 포괄하는 1:25,000地形圖를 使用하였으며 小流域別 特性因子는 表-1과 같다.

#### 1) 河川次數와 河川數, 河川平均延長, 河川平均傾斜 間의 關係<sup>15)</sup>

Horton의 河川次數 決定方法에 의하여 그림-1에 表示된 流域內의 水系에 대한 河川次數를 決定하였으며 各 次數河川의 數(Stream number), 河川平均延長(average Stream length) 및 河川平均傾斜(average stream slope)를 地形圖로부터 決定한 結果는 表-2에 要約되어 있다.

Horton에 의하면 水系의 河川次數와 河川數, 平均延長, 平均傾斜사이에는 指數函數關係, 即

$$\log_e Nu = A - Bu \dots\dots\dots(4)$$

$$\log_e Lu = C - Du \dots\dots\dots(5)$$

$$\log_e Su = E - Fu \dots\dots\dots(6)$$

이 成立되는 것으로 알려져 있다. 式(4)~(6)에서 Nu, Lu, Su는 各各 U次河川의 數, 平均延長 및 平均

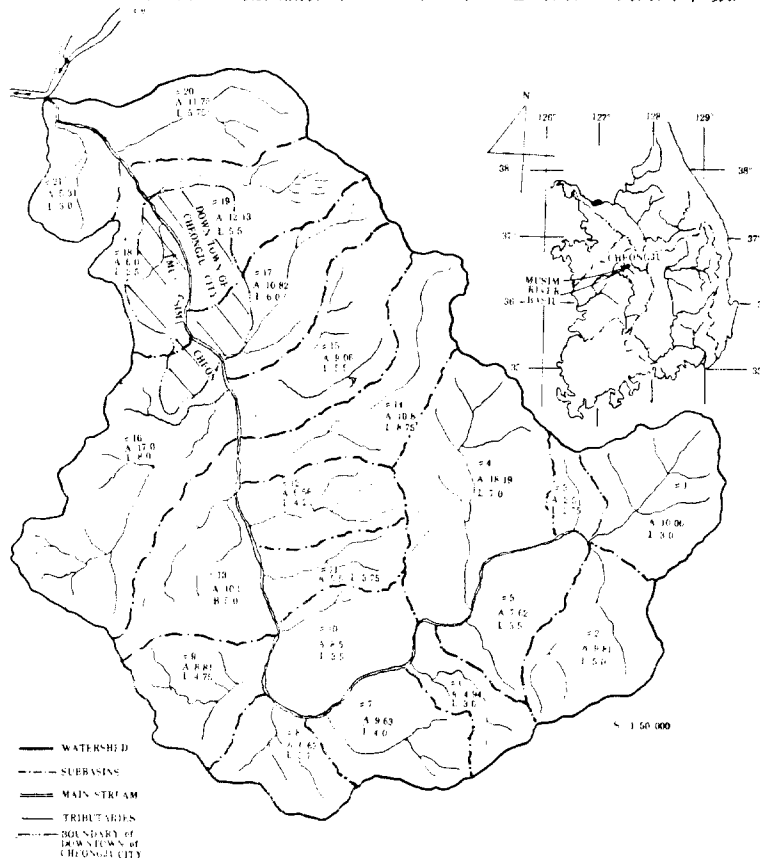


Fig 1. Location and Subbasins of Mu Sim River Basin

表-1 小流域別 特性因子

小流域	區分	流域面積 (km <sup>2</sup> )	合 流路延長(km)			最長流路 (km)	平均傾斜
			1 次	2 次	3 次		
#1		10.06	1.500	3.50	3.00	3.00	0.033
#2		9.81	11.70	5.70	3.75	5.00	0.056
#3		2.50	2.75	×	×	2.75	0.013
#4		18.19	14.70	2.75	4.25	7.00	0.049
#5		7.62	6.75	0.80	×	3.50	0.020
#6		4.94	2.00	3.50	×	3.00	0.053
#7		9.63	8.50	3.25	3.00	4.00	0.056
#8		6.63	5.75	2.70	2.35	3.70	0.011
#9		8.81	8.50	3.25	×	4.75	0.023
#10		8.50	9.50	2.25	1.00	3.50	0.060
#11		5.50	3.25	2.00	×	3.75	0.035
#12		6.56	7.50	3.00	×	4.20	0.057
#13		10.50	10.50	4.25	×	5.00	0.030
#14		10.88	7.00	5.20	2.50	8.75	0.040
#15		9.06	11.00	4.00	0.50	5.50	0.055
#16		17.00	14.50	7.25	6.00	8.00	0.013
#17		10.82	7.50	5.30	×	6.00	0.050
#18		6.00	1.75	2.00	×	2.50	0.008
#19		12.13	9.00	2.25	3.75	5.50	0.038
#20		11.75	8.00	3.50	3.50	5.75	0.019
#21		5.31	2.50	2.80	×	3.00	0.007
Total		192.20	167.65	69.25	33.60		0.039

傾斜를 나타내며 A, B, C, D, E 및 F는 回歸常數이다. 無心川流域이 Horton의 法則을 만족시키는 가를 검사하기 위하여 表-2의 資料를 그림-2 같이 表示한 後 最少自乘法으로 式(4)~(6)의 回歸常數를 各各 求하였으며 이들 常數를 使用하여 다음과 같이 表示되는 水系組織의 特性變數도 決定하였다. 即

$$\text{河川數의 分岐率} : \frac{Nu}{Nu+1} = e^B \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{河川 延長比} : \frac{Lu}{Lu+1} = e^D \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{河川 陷沒度} : \frac{Su}{Su+1} = e^F \dots\dots\dots(9)$$

이와같이 決定된 流域의 常數 및 特性變數의 값은 表-3과 같다.

表-2. 河川次數別 河川平均延長 및 平均傾斜

河川次數	河川數N(本)	平均延長L (km)	平均傾斜S
1	171	0.98	0.092
2	43	1.61	0.027
3	10	3.36	0.015
4	1	30.75	0.003

表-3. Horton 法則의 常數 및 其他 特性變數

A	B	C	D	E	F	e <sup>B</sup>	e <sup>D</sup>	e <sup>F</sup>
1.839	0.608	0.715	0.262	1.338	0.403	4.205	0.283	0.045

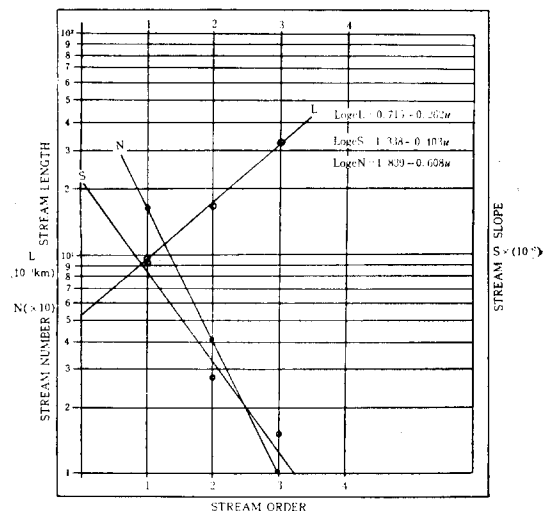


Fig 2. Stream Order vs Stream Number, Stream Length Stream Slope

2) 河川延長과 流域面積 關係

한 流域의 流域面積은 流路延長의 自乘과 同一한 次元을 가지며 流域으로 부터의 總 流出量 혹은 總 流砂量과 같은 主要 水文量에 지대한 영향을 미치는 因子로 알려져 있으며 流路의 延長과는 통상 다음과 같은 關係를 가지는 것으로 알려져 있다.

$$L = aA_d^b \dots \dots \dots (10)$$

여기서 L은 流路延長(km)이며 A<sub>d</sub>는 流域面積(km<sup>2</sup>)이고 a, b는 常數이다. 無心川 流域에 대한 河川延長—流域面積關係를 수립하기 위하여 流域의 地形圖上에서 水源點으로 부터의 本流를 따른 거리에 해당하는 流域面積을 求積器로 測定하였으며 그 結果는 表—4와 같다.

表—4. 河川延長과 流域面積間的 關係

河川延長(km)	流域面積(km <sup>2</sup> )
3	17.06
12	82.95
17	105.51
23	139.08
30	172.33
34.5	192.20

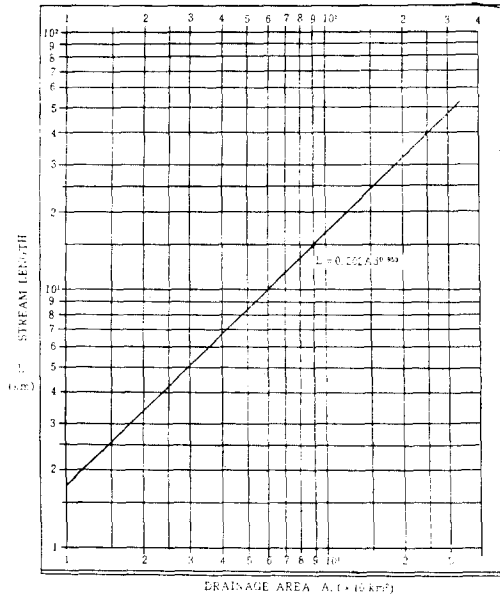


Fig 3. Stream Length vs Drainage Area

表—4의 資料를 全對數紙에 表示하면 그림—3과 같으며 流域의 河川延長은 流域面積과 式(10)에 表示한 바와 같은 冪函數 關係를 가짐을 입증해 주고 있으

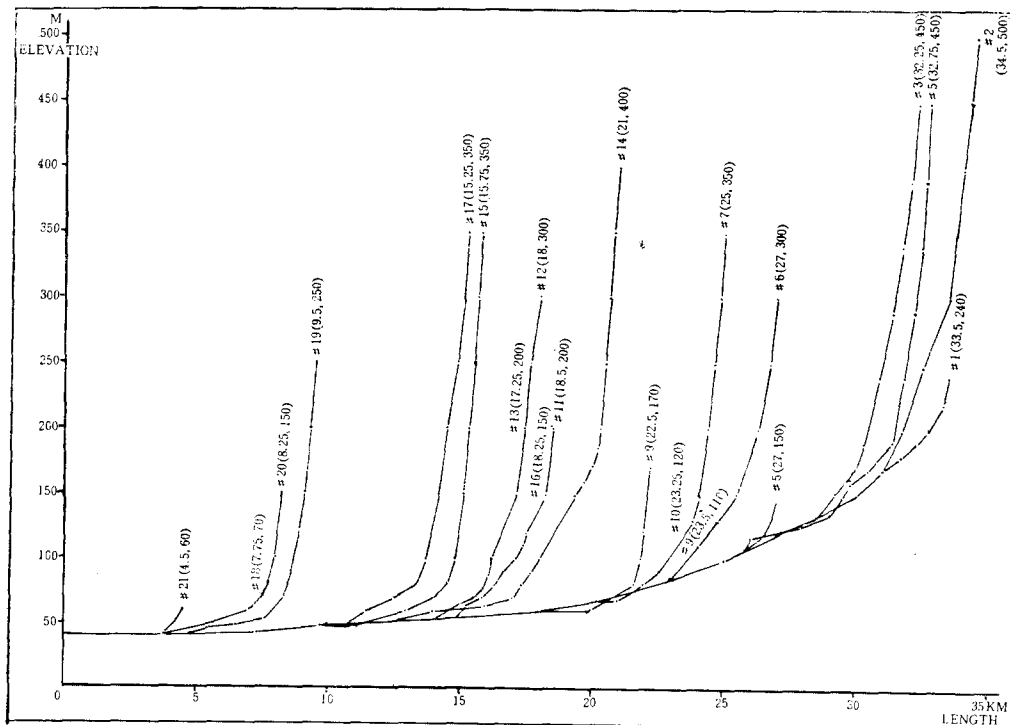


Fig 4. Mu Sim Cheon Profile

며 無心川 流域의 回歸分析 結果는 다음 式과 같다.

$$L=0.202A_d^{0.953} \dots\dots\dots(11)$$

3) 河床曲線

一般的으로 河川의 河床曲線은 河川流出의 特性에 큰 영향을 미치게 된다. 無心川 流域의 河床曲線은 1:25,000地形圖로부터 本流, 各 小流域의 主流路를 따라 實測한 河川延長(主 流心線의 延長)과 各 小流域의 出口와 水源部의 最上流路點間의 標高差로부터 平均傾斜를 求하여 그림-4와 같이 表示하였다.

3-2-3. 流域의 土地利用構造

流域의 土地利用構造는 洪水量에 큰 영향을 미치므로 無心川流域의 土地利用狀態를 開發地域(imperious surface), 숲및 기타 (forest), 밭 (row corps), 논 (fallow)으로 4個 種類로 區分하여 1/25,000 地形圖에서 求한 結果는 表-5와 같다.

表-5. 土地利用 構造別面積

土地 利用 狀態	面積 (km <sup>2</sup> )	構成比 (%)
논(Fallow)	28.83	15
밭(Row Corps)	13.47	7
숲및기타(Forest)	134.54	70
開發地域(Imperious Surface)	15.38	8

4. 計劃洪水量 算定

4-1. 合理式에 依한 計劃洪水量 算定

4-1-1. 流出關係

合理式의 適用에 있어서 가장 重要한 部分은 流出係數 C값의 決定이라 할 수 있다. 流出係數는 各流域의 流出特性에 좌우되는 것으로서 주로 流域의 土壤, 植生被覆程度, 土地利用狀態, 降雨持續期間 및 豪雨의 再現期間에 따라 변하는 降雨量의 有效雨量과의 比로서 나타내어지는 常數이다. 이 流出係數를 求하기 위해서는 實測에 의하는 方法이 가장 바람직하나 大部

表-6. 確率降雨強度式型別 常數值

T(年)	式型	Talbot, $I = \frac{a}{t+b}$		Sherman, $I = \frac{a}{t^n}$		Kuno, $I = \frac{a}{\sqrt{t+b}}$	
		a	b	a	n	a	b
5		3575	37.3	19.0	0.4	1310	0.9
10		4094	36.7	78	0.1	356	0.9
20		4902	37.6	89.6	0.09	407	1.0
30		5561	45.4	78	0.04	423	0.83
50		5236	35.3	292	0.419	543	1.75
80		5509	35.8	308	0.413	481	0.79
100		5720	35.4	303	0.418	496	0.78

分의 中小河川에서는 이 實測值를 기대할 수 없다.

美國 土壤保存局에서는 流出係數와 흡사한 流出指數를 土地利用狀態, 地面의 狀態, 土壤種類에 따라 使用하고 있으나 이를 그대로 他流域에 使用할 수는 없다.

그러므로 錦江流域의 本流와 支流의 實測資料(平均 流出係數 0.5)로부터 表-5의 無心川流域의 土地利用狀態別 面積構成比를 감안하여 平均流出係數를 0.48~0.50으로 定하였다.

4-1-2. 降雨強度

確率降雨強度를 算定하기 위하여 本流域 境界부근에 위치한 淸州측후소의 全 1日自記雨量 記錄紙를 分析하여 求한 再現期間別 確率降雨強度公式<sup>11)</sup>은 表-6과 같다.

表-6에서 Talbot型이 편차범위가 가장 적으므로<sup>11)</sup> 이를 本研究에서는 使用하였다.

4-1-3. 合理式에 의한 計劃洪水量 算定.

合理式에 의한 計劃洪水量 算定은 前述한 바와 같이 21個 小流域으로 區分하여 各再現期間別 計劃洪水量을 式(1)과 流域의 平均流出係數 및 再現期間別 確率降雨強度式을 適用하여 算定하였으며 그 結果 河川 小流域別 再現期間別 計劃洪水量은 表-7과 같고 河川 區間別 再現期間別 計劃洪水量은 表-8과 같다.

4-2. Kajiyama經驗公式에 의한 最大洪水量 算定

2-2에 記述한 바와 같이 Kajiyama 經驗公式에 의한 洪水量 計算은 確率概念이 들어있지 않아 再現期間別 計劃洪水量을 算定할 수는 없으나 該 流域에서의 發生 可能 最大洪水量을 算定할 수 있다. 따라서 式(2)(3)을 適用하여 各 小流域別, 河川區間別 發生可能 最大 洪水量을 算出하기 위해서는 式중의 變數인 C,A,F,r값들의 決定이 重要한 意味를 가진다. 우선 C값을 決定하기 위한 주된 係數인 F값은 流域狀況에 따라 다르므로 F값의 決定은 表-9와 같은 代表值을 參照하여 3-2-2에서 分析檢討한 流域의 地相學의 特性을 감안하여 決定하였다.

表一. 河川 小流域別 再現期間別 計劃洪水量

小流域 \ 確率年	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
#1	31.79	36.52	43.46	46.98	47.28	49.39	51.41
#2	31.00	35.61	42.38	45.81	46.11	48.17	50.13
#3	7.90	9.08	10.80	11.68	11.75	12.28	12.78
#4	57.48	16.03	78.58	84.95	85.49	89.31	92.95
#5	24.08	27.66	32.92	35.59	35.81	37.41	38.94
#6	15.61	17.93	21.34	23.07	23.22	24.26	25.24
#7	30.43	34.96	41.60	44.97	45.26	47.28	49.21
#8	20.95	24.07	28.64	30.96	31.16	32.55	33.88
#9	27.84	31.98	38.06	41.14	41.41	43.26	45.02
#10	26.86	30.86	36.72	39.70	39.95	41.74	43.44
#11	17.38	19.97	23.76	25.69	25.85	27.01	28.11
#12	20.73	23.81	28.34	30.64	30.83	32.21	33.52
#13	33.18	38.12	45.36	49.04	49.35	51.56	53.66
#14	34.38	39.49	47.00	50.81	51.14	53.42	55.60
#15	28.63	32.89	39.14	42.31	42.58	44.48	46.30
#16	53.72	61.71	3.447	79.39	79.90	83.47	86.87
#17	34.19	39.28	46.74	50.53	50.85	53.13	55.29
#18	18.96	21.78	25.92	28.02	28.26	29.46	30.66
#19	38.33	44.65	52.40	56.65	57.01	59.56	61.98
#20	37.13	42.65	50.76	54.87	55.23	57.69	60.04
#21	16.78	19.28	22.94	24.80	24.96	26.07	27.13

表一. 河川區域別 再現期間別 計劃洪水量

區 間 \ 確率年	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
#T1—#T2	62.79	72.13	85.84	92.79	93.39	97.56	101.54
#T2—#T3	70.69	81.21	96.64	104.47	105.14	109.84	114.32
#T3—#T4	128.17	147.24	175.22	189.42	190.63	199.15	207.27
#T4—#T5	152.25	174.90	208.14	225.01	226.44	236.56	246.21
#T5—#T6	167.41	192.83	229.48	248.08	249.66	260.82	271.45
#T6—#T7	197.84	227.79	271.08	293.05	294.92	308.10	320.66
#T7—#T8	218.79	251.86	299.72	324.01	326.08	340.65	354.54
#T8—#T9	246.63	283.84	337.78	365.15	367.49	383.91	399.56
#T9—#T10	273.49	314.70	374.50	404.85	407.44	425.65	443.00
#T10—#T11	290.87	334.67	398.26	430.54	433.29	452.66	471.11
#T11—#T12	311.60	358.48	426.60	461.18	464.12	484.87	504.63
#T12—#T13	344.78	396.60	471.96	510.22	513.47	536.43	558.29
#T13—#T14	379.16	436.09	518.96	561.03	564.61	589.85	613.89
#T14—#T15	407.79	468.98	558.10	603.34	607.19	634.33	660.19
#T15—#T16	461.51	530.69	631.54	682.73	687.09	717.80	747.06
#T16—#T17	495.70	569.97	678.28	733.26	737.94	770.93	802.35
#T17—#T18	514.66	591.75	704.20	761.28	766.14	800.39	833.01
#T18—#T19	552.99	634.40	756.60	817.93	283.15	859.95	894.99
#T19—#T20	590.12	677.05	807.36	872.80	878.38	917.64	955.03
Total	606.90	696.33	830.30	897.60	903.34	943.71	982.16

表-9. 流域狀況에 따른 F의 값

流域狀況	F
急傾斜, 林野가 적고 流出이 많은 流域	0.0079
비교적 流出이 많은 流域	0.0075
流出이 보통인 流域	0.0071
비교적 流出이 적은 流域	0.0067
가장 流出이 적은 流域	0.0063

該 流域內의 1日 最大雨量 平均値인 r값은 無心川이 貫通하여 흐르고 있는 淸州地方의 日最大平均降雨量 103.12mm를 採擇하였다. 이리하여 流域面積A와 流路延長L에 F와 r값을 適用하여 求한 C값을 式(2)에 의하여 各 小流域別 發生可能 最大洪水量을 算定하여 表-10에 나타냈으며 各 河川區間別로 逐차적으로 合算한 最大洪水量은 表-10의 마지막 欄에 表示하였으며 他方法과의 比較를 위한 資料로 하였다. 한편 李舜鐸 博士의 修正公式 (2)-1에 의하여 計算된 小流域別 最大洪水量은 表-10에 表示하였다.

4-3. 合成單位流量圖 및 流域洪水追跡法에 의한 尖頭流量의 算定

實際 流量記錄이 전혀없는 流域에서 單位圖法에 의한 尖頭流量은 다른 流域에서 求한 單位圖를 土臺로

하여 合成單位流量圖를 求하므로써 얻을 수 있다. 合成單位流量圖란 流域의 特性因子를 使用하여 各 流域內의 임의 小流域에 대한 單位圖를 그릴수 있는 方法으로서 尖頭洪水量의 推定을 위하여 효과적으로 使用할 수 있다. 이는 小流域別 單位圖의 特性因子( $t_p, q_p, Q_p, T, W_{75}, W_{50}$ )와 流域特性因子( $L, L_c, C_p, C_t$ )의 相互關係를 表示하는 Snyder모형<sup>1,5,11,17)</sup>과 흡사하게 錦江流域에서 既 誘導된 關係式<sup>5)</sup>들을 活用하므로써 可能하였으며 그 關係式은 式(12)~(17)과 같다.

$$t_p = 0.1141(L \cdot L_c)^{0.5155} \text{ (hr)} \dots\dots\dots(12)$$

$$q_p = \frac{1.0715}{t_p^{0.83}} \text{ (m}^3\text{/sec/km}^2\text{)} \dots\dots\dots(13)$$

$$Q_p = q_p \times A \text{ (m}^3\text{/sec)} \dots\dots\dots(14)$$

$$T = 0.483 + 5.101 \times \left(\frac{t_p}{24}\right) \dots\dots\dots(15)$$

$$W_{75} = \frac{1.409}{q_p^{0.96}} \dots\dots\dots(16)$$

$$W_{50} = \frac{2.245}{q_p^{1.0}} \dots\dots\dots(17)$$

여기서  $t_p$ 는 遲滯時間(hr), L은 該 小流域出口에서 부터 主流를 따라 流域境界線까지 測定한 거리(km)이고,  $L_c$ 는 流域出口에서 부터 主流를 따라 流域의 重心에 가까운 主流上의 點까지 測定한 거리(km)이며,

表-10. Kajiyama에 의한 小流域別 最大洪水量

小流域	區分	A(km <sup>2</sup> )	L(km)	A/L <sup>2</sup>	F	C	Q(m <sup>3</sup> /se)	ΣQ(m <sup>3</sup> /se)
#1		10.06	3.0	1.1178	0.0067	14.16	97.78	
#2		9.81	5.5	0.3243	0.0071	12.68	85.73	184.5
#3		2.50	2.75	0.3307	0.0071	12.70	27.95	212.46
#4		18.19	7.0	0.3712	0.0071	12.82	141.18	353.64
#5		7.62	1.5	3.3867	0.0071	21.66	119.75	473.39
#6		4.94	3.0	0.5489	0.0071	13.34	51.86	525.25
#7		9.63	4.0	0.6019	0.0067	12.73	84.94	610.19
#8		6.63	3.7	0.4843	0.0067	12.41	61.25	671.44
#9		8.81	4.75	0.3905	0.0071	12.87	79.88	751.32
#10		8.50	2.5	1.3600	0.0071	15.72	94.88	846.20
#11		5.50	3.75	0.3912	0.0075	13.60	57.63	903.83
#12		6.50	4.2	0.3719	0.0075	13.54	66.23	970.06
#13		10.50	5.0	0.4200	0.0075	13.69	97.75	1067.81
#14		10.88	8.75	0.1421	0.0075	12.83	94.37	1162.18
#15		9.06	5.5	0.2995	0.0075	13.32	84.63	1246.81
#16		17.00	8.0	0.2656	0.0071	12.51	130.64	1377.45
#17		10.82	6.0	0.3006	0.0079	14.03	102.72	1480.17
#18		6.00	2.5	0.9600	0.0079	15.36	69.94	1550.11
#19		12,13	5.5	0.4010	0.0079	14.36	115.11	1665.22
#20		11.75	5.75	0.3554	0.0075	13.49	105.30	1770.52
#21		5.31	3.0	0.5900	0.0075	14.22	58.78	1829.30



表-10-1. 李舜鐸 修正公式에 의한 小流域別最大洪水量

小流域	區分	A (km <sup>2</sup> )	logA	C	Q (m <sup>3</sup> /sec)	ΣQ (m <sup>3</sup> /sec)
#1		10.06	1.0026	7	59.91	
#2		9.81	0.9917	7	58.53	118.44
#3		2.50	0.3979	7	16.69	135.13
#4		18.19	1.2598	7	101.55	236.68
#5		7.62	0.8820	8	53.31	289.99
#6		4.94	0.6937	8	35.91	325.90
#7		9.63	0.9836	7	57.53	383.43
#8		6.63	0.8215	7	41.04	424.47
#9		8.81	0.9450	7	53.16	477.66
#10		8.50	0.9294	8	58.79	536.45
#11		5.50	0.7404	7	34.64	571.09
#12		6.56	0.8169	7	40.64	611.73
#13		10.50	1.0212	8	71.25	682.98
#14		10.88	1.0366	7	64.29	747.27
#15		9.06	0.9571	8	62.26	809.53
#16		17.00	1.2304	7	95.68	905.21
#17		10.82	1.0342	8	73.09	978.30
#18		6.00	0.7782	8	42.88	1021.18
#19		12.13	1.0839	8	80.88	1102.06
#20		11.75	1.0700	7	68.88	1170.94
#21		5.31	0.7490	8	38.30	1209.24

表-11. 單位圖法에 의한 小流域別 尖頭流量

小流域	區分	A (km <sup>2</sup> )	L (km)	L <sub>c</sub> (km)	t <sub>p</sub> (hrs)	q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s / ec/km <sup>2</sup> )	T (day)	基底流量 (m <sup>3</sup> /sec)	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /sec) <sup>1)</sup>	ΣQ <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /sec) <sup>2)</sup>
#1		10.06	3.0	2.1	0.295	2.954	0.546	4	33.72	
#2		9.81	5.0	2.05	0.378	2.402	0.585	4	27.56	61.28
#3		2.5	2.75	1.25	0.216	3.828	0.529	2	11.57	72.85
#4		18.19	7.0	3.25	0.571	1.705	0.604	5	36.02	108.87
#5		7.62	3.5	1.8	0.295	2.955	0.510	3	25.51	134.38
#6		4.94	3.0	2.2	0.302	2.896	0.547	2	16.31	150.09
#7		9.6	4.0	2.6	0.382	2.384	0.564	4	26.96	177.65
#8		6.63	3.7	1.9	0.312	2.819	0.549	2	21.69	199.34
#9		8.81	4.75	2.2	0.383	1.379	0.564	4	24.96	224.30
#10		8.5	3.5	1.8	0.295	2.955	0.524	4	29.11	253.41
#11		5.5	3.75	1.95	0.318	2.772	0.551	3	18.24	271.65
#12		6.56	4.2	2.35	0.371	2.438	0.562	3	18.99	290.64
#13		10.5	5.0	1.9	0.364	2.478	0.560	5	31.02	321.66
#14		10.88	8.75	4.15	0.727	1.396	0.638	5	20.19	341.85
#15		9.06	5.5	2.3	0.422	2.192	0.573	4	23.86	365.71
#16		17.0	8.0	4.3	0.707	1.429	0.633	5	29.29	395.00
#17		10.82	6.0	3.4	0.540	1.787	0.598	5	24.33	419.33
#18		6.0	2.5	1.2	0.201	4.058	0.526	3	27.35	446.68
#19		12.13	5.5	2.8	0.467	2.015	0.582	5	29.45	476.13
#20		11.75	5.75	2.3	0.432	2.151	0.575	5	30.27	506.40
#21		5.31	3.0	1.7	0.264	2.234	0.539	3	20.17	526.57

$q_p$ 는 單位圖의 單位面積當尖頭流量( $m^3/sec/km^2$ )이며  $Q_p$ 는 小區間別 全流域에 대한 總流量( $m^3/sec$ )을 나타내며 T는 單位圖의 基底時間(日),  $W_{75}$ ,  $W_{50}$ 은 各各 尖頭流量的 75%, 50%에 해당하는 單位圖의 時間幅(hrs)이다.

式(12)(13)(14)에 의하여 算定된 各 小流域別 尖頭流量은 表-11과 같다.

表-11에서 알 수 있는 바와 같이  $t_p$ 의 값은 流域面積의 크기와는 無關하고 流域의 形狀에 좌우되며  $q_p$ 는  $t_p$ 값에 直接영향을 받게 된다. 따라서  $Q_p$ 는 合理式이나 Kajiyama公式와는 달리 流域面積의 大小에는 크게 영향을 받지 않는다. 한편 各 小流域別  $Q_p$ 가 無心川의

表-12. 小流域別 流達時間( $t_c$ )과 遲滯時間( $t_p$ )比較

小流域	$t_c$ (hrs)	$t_p$ (hrs)	小流域	$t_c$ (hrs)	$t_p$ (hrs)	備考
#1	0.574	0.30	#12	0.73	0.37	全流域 $t_c=5.56hrs$ $t_p=2.8hrs$
#2	0.75	0.38	#13	0.88	0.36	
#3	0.44	0.22	#14	1.22	0.73	
#4	0.95	0.57	#15	0.75	0.42	
#5	0.41	0.29	#16	1.75	0.71	
#6	0.48	0.30	#17	0.83	0.54	
#7	0.58	0.38	#18	0.86	0.20	
#8	0.40	0.31	#19	0.87	0.47	
#9	1.03	0.38	#20	1.17	0.43	
#10	0.94	0.29	#21	1.04	0.26	
#11	0.67	0.32				

各 重要地點別 尖頭洪水量을 求하기 위하여는 表-12의 流達時間을 考慮하여 流域洪水追跡(Watershed outing)에 의해 當該 出口地點에서의 流出水文曲線을 얻을 수 있고 이 水文曲線의 面積을 求하므로써 總流出量을 求할 수 있다. 따라서 無心川 全流域을 本流를 따라 流域의 出口로 부터 流水의 到達時間이 同一한 點을 連結하는 等時間線(isochronos)을 그린 後 各 到達時間에 該當하는 累加面積을 決定하여 導達時間-集水面積間의 關係曲線(time-area curve)을 얻게 되고 여기에 여러 形態의 降雨強度 分布를 適用하여 各 小流域의 時間別 流出量을 遲滯 및 合算하므로써 本流의 重要 出口地點別 流出水文曲線을 얻게 된다. 또한 重要 河川出口 區間別로 尖頭流量과 總流出量을 式(12)~(17)을 使用하여 單位圖를 合成하므로써 求할 수 있으며 그 結果는 表-13~14에 나타내었다. 表-14의 (2)항에서 (6)항까지는 表-13의  $t_c=0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0hrs$ 別 等時間線 內의 合成水文曲線의 縱距를 나타내며 (7)항은 基底流出量의 推定值이고 (8)~(12)항은 各各 表-13의 No.1~5 本流 重要區間別  $t_c$ 에 따라 遲

出口까지 傳播하여 到達하는 時間  $t_c$ 는 Kirpich의 經驗式<sup>11)</sup>에 의하면 式(18)과 같다.

$$t_c = 0.06626 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \text{ (hrs)} \dots\dots\dots (18)$$

여기서 L은 流域內 流路延長(km), S는 流路의 平均傾斜를 나타낸다.

(0.06626은 환산상수이며  $t_c$ 를 分으로 표시할 때는 3.9756으로 된다.) 式(18)를 使用하여 無心川의 各 小流域別流達時間을 計算하여 表-11의 遲滯時間 $t_p$ 와 比較해 본 바 表-12와 같다.

表-11의 各 小流域別 尖頭流量  $Q_p$ 을 各 小流域 出區에서의 尖頭流量을 나타내며 이들로부터 無心川 本流의

滯시켜 表-14의 (2)~(6)항을 축차적으로 合算하므로써 求한 流域 洪水追跡結果의 總 流出水文曲線의 縱距이다.

이들을 綜合적으로 그림-5에 圖示하였으며 이 流出水文曲線의 各  $Q_p$ 點이 求하고자 하는 尖頭流量을 表示하며  $Q_{p1}=330.4m^3/sec$ ,  $Q_{p2}=262.4m^3/sec$ ,  $Q_{p3}=197.4m^3/sec$ ,  $Q_{p4}=124.4m^3/sec$ ,  $Q_{p5}=61.4m^3/sec$ 을 얻었다.

5. 算定 計劃洪水量의 評價

以上에서 各 方法에 의하여 算定한 計劃洪水量을 比較評價하기 위하여 表-15와 같이 各 小流域別 計劃洪水量을 集計 하였다.

1) 合理式 :

合理式에 의한 各 再現期間別 計劃洪水量은 流出係數(C)와 降雨強度(I)에 絶對적으로 左右되므로 計算값은 流出係數의 推定과 降雨強度의 選定에 따라 크게 달라질 수 있다. 그러나 未計測 中小河川에서 概略的인 計劃洪水量을 算定하기 위해서는 C 값과 I 값의

表-13. 等時間線에 따른 合成水文曲線의 要素(單位圖法)

No.	A(km <sup>2</sup> )	L(km)	L <sub>c</sub> (km)	t <sub>p</sub> (hrs)	q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /sec/km <sup>2</sup> )	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /sec)	T(hrs)	W <sub>75</sub> (hrs)	t <sub>75</sub> (hrs)	W <sub>50</sub> (hrs)	t <sub>50</sub> (hrs)	t <sub>c</sub> (hrs)
1	192.20	34.5	13.5	2.71	0.469	90.07	25.42	2.914	1.81	4.785	1.355	0.5
2	175.15	33	10.6	2.34	0.529	92.65	23.53	2.577	1.57	4.244	1.17	1.0
3	157.02	26	10.2	2.03	0.595	93.43	21.95	2.319	1.36	3.773	1.02	2.0
4	86.70	17.8	9	1.56	0.741	64.24	19.55	1.879	1.05	3.030	0.78	3.0
5	53.13	11.5	5	0.92	1.148	60.99	16.25	1.234	0.62	1.956	0.46	4.0

表-14. 流域 洪水追跡에 의한 重要出口地點別 尖頭流量

時 間	出 口 1 (1)(m <sup>3</sup> /s)	出 口 2 (2)(m <sup>3</sup> /s)	出 口 3 (3)(m <sup>3</sup> /s)	出 口 4 (4)(m <sup>3</sup> /s)	出 口 5 (5)(m <sup>3</sup> /s)	出 口 6 (6)(m <sup>3</sup> /s)	出 口 7 (7)(m <sup>3</sup> /s)	基底流量 (8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
0													
1	27							2	29	2			
2	70	47						2.1	119.1	49.1	2		
3	90	87	50					2.2	229.2	142.2	52.2	2	
4	82	85	93	42				2.3	304.3	222.3	137.3	44.3	2
5	68	65	73	63	59			2.4	330.4	262.4	197.4	124.4	61.4
6	46	50	57	50	45			2.5	250.5	204.5	154.5	97.5	47.5
7	39	42	45	35	30			2.6	193.6	154.6	112.6	67.6	32.6
8	33	35	38	27	23			2.7	158.7	125.7	90.7	52.7	25.2
9	30	31	32	23	19			2.8	137.8	107.8	76.8	44.8	21.8
10	27	27	28	19	15			2.9	118.9	91.9	64.9	36.9	17.9
11	25	24	23	16	13			3.0	104.0	79.	55.	32.	16.
12	22	21	21	14	11			3.0	92.0	70.	49.	28.	14.
13	20	18	18	12	9			3.0	80.0	60.	42.	24.	12.
14	18	16	15	11	7			3.0	70.0	52.	36.	21.	10.
15	16	14	13	9	6			3.0	61.0	45.	31.	18.	9.
16	15	12	12	8	5			3.0	55.0	40.	28.	16.	8.
17	14	10	10	7	3			2.9	46.9	32.9	22.9	12.9	5.9
18	13	8	8.5	2	2			2.8	27.3	19.3	10.8	4.8	4.8
19	12	7	7	5	1			2.7	34.7	22.7	15.7	8.7	3.7
20	10	6	7.5	4				2.6	28.1	12.1	6.6	2.6	2.6
21	8	5	4.5	3				2.5	23.0	15.	10.	5.5	2.5
22	6	4	3.5	2				2.4	17.9	11.9	7.9	4.4	2.4
23	5	3	2.5	1				2.3	13.8	8.8	5.8	3.3	2.3
24	4	2	1.5					2.2	9.7	5.7	3.7	2.2	2.2
25	2	1	1					2.1	6.1	4.9	3.1	2.1	2.1

表-15. 計劃洪水量 比較表

單位: m<sup>3</sup>/sec

區分 小流域	合 理 式							Kajiyama公式		單位圖法
	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年	Kajiyama 公 式	李舜鐸 修正式	
#1	31.79	36.52	43.46	46.98	47.28	49.39	51.41	97.78	59.91	33.72
#2	31.00	35.61	42.38	45.81	46.11	48.17	50.13	85.73	58.53	27.56
#3	7.90	9.08	10.80	11.68	11.75	12.28	12.78	27.95	16.69	11.57
#4	57.48	16.03	78.58	84.95	85.49	89.31	92.95	141.13	101.55	36.02
#5	24.08	27.66	32.92	35.59	35.81	37.41	38.94	119.75	53.31	25.51
#6	15.61	17.93	21.34	23.07	23.22	24.26	25.24	51.86	35.91	16.31
#7	30.43	34.96	41.60	44.97	45.26	47.28	49.21	84.94	57.53	26.96
#8	20.95	24.07	28.64	30.96	31.16	32.55	33.88	61.25	41.04	21.69
#9	27.84	31.98	38.06	41.14	41.41	43.26	45.02	79.88	53.19	24.96
#10	26.86	30.86	36.72	39.70	39.95	41.74	43.44	94.88	58.79	29.11
#11	17.38	19.97	23.76	25.69	25.85	27.01	28.11	57.63	34.64	18.24
#12	20.73	23.81	28.34	30.64	30.83	32.21	33.52	66.23	40.64	18.99
#13	33.18	38.12	45.36	49.04	49.35	51.56	53.66	97.75	71.25	31.02
#14	34.38	39.49	47.00	50.81	51.14	53.42	55.60	94.37	64.29	20.19
#15	28.63	32.89	39.14	42.31	42.58	44.48	46.30	84.63	62.26	23.86
#16	53.72	61.71	73.44	79.39	79.90	83.47	86.87	130.64	95.68	29.29
#17	34.19	39.28	49.74	50.53	50.85	53.13	55.29	102.72	73.09	24.33
#18	18.96	21.78	25.92	28.02	28.20	29.46	30.66	69.94	42.88	27.35
#19	38.33	44.65	52.40	56.65	57.01	59.56	61.98	115.11	80.88	29.45
#20	27.13	42.65	50.76	54.87	55.23	57.69	60.04	105.30	68.88	30.27
#21	16.78	19.28	22.94	24.80	24.96	26.07	27.13	58.78	38.30	20.17
合 計	606.90	696.33	830.30	897.60	903.34	943.71	982.16	1829.30	1209.24	526.57

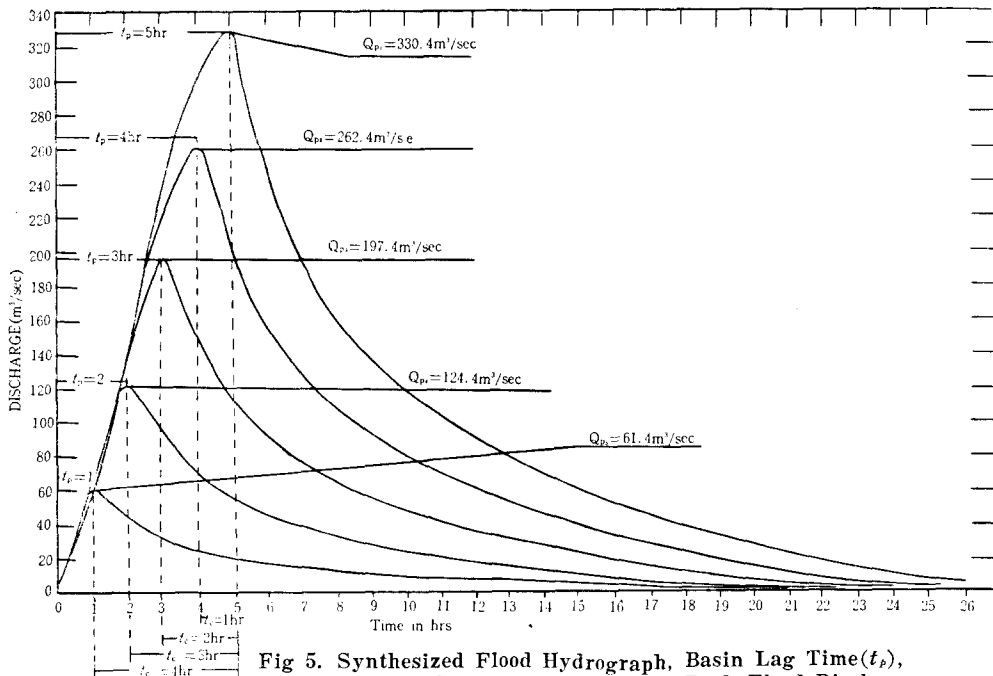


Fig 5. Synthesized Flood Hydrograph, Basin Lag Time(t<sub>p</sub>), Time of Concentration(t<sub>c</sub>), and Peak Flood Discharges.