

<論 文>

未計測 小河川水系의 合成單位圖 誘導

Derivation of the Synthetic Unit Hydrograph at Ungaged Small Watershed

安 相 鎭*

Ahn, Sang jin

李 億 漢**

Lee, Eok han

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the best representative synthetic unit hydrograph that is applicable to ungaged small watershed. A typical unit hydrograph was established with the actual data from a small watershed. Four currently well-known methods for analyzing ungaged small watershed, including Snyder's, Clark's S.C.S. and Nash methods, were evaluated with the data from the same small watershed.

The following observations were noted from the analysis of four methods.

The Snyder's method yielded the similar peak discharge value as the typical unit hydrograph. With co-ordinates of three discharge values, i.e. 25%, 50% and 75% of peak discharge, were not adequate for deriving a typical unit hydrograph in ungaged small watershed.

With Clark's method there shall be some way of obtaining the exact base length of time-area diagram and isochrone of each reach of the stream.

With Nash method peak discharge and base flow time are affected by the storage constant and gamma function argument; therefore, for deriving a more reliable and workable unit hydrograph one needs to select for the better estimation of storage constant and gamma function argument.

In S.C.S. method peak discharge is directly related to the watershed area and inversely related to the time of peak discharge. Therefore area with faster peak discharge yielded the higher peak discharge value. Although the peak discharge value obtained from the S.C.S. method higher than the value obtained from the unit hydrograph developed from the actual data, this method contains a number of advantageous factors. The peak discharge value and the time of peak discharge can be calculated easily from the morphological characteristics of the watershed, and in S.C.S. method co-ordinates of the unit hydrograph can be calculated easily from that of the dimensionless unit hydrograph.

When the four currently used methods were evaluated with a typical unit hydrograph obtained from the actual data, the S.C.S. method was show to be the best method in deriving a synthetic unit hydrograph for ungaged small watershed.

*忠北大學校 工科學 教授

**忠北大學校 大學院(碩士)卒

要 旨

未測測 小河川 流域에 적용할만한 合成單位圖를 찾아내기 위하여 代表流域의 觀測資料로부터 各 小河川의 實測單位圖를 유도하였다. 小河川 流域의 特性因子와 單位圖의 特性值를 분석하여 Snyder, S.C.S, Nash, Clark 에서 이용되는 식을 유도하였다. 이들 식을 이용하여 代表流域의 流域特性值로서 各 方法에 의한 合成單位圖를 유도하고 이들 合成單位圖와 實測單位圖를 비교 분석한 결과 다음과 같은 특성을 발견하였다.

Snyder 方法에 의한 尖頭流量은 代表單位圖의 尖頭流量과 근사하였으나 尖頭流量의 25, 50, 75% 되는 單位圖의 座標단으로는 單位圖의 型을 決定하기엔 미흡함이 남아있다.

Clark 方法에 의하여 合成單位圖를 정확하게 유도하기 위하여 그 流域의 時間一面積圖의 基底長과 等流達時間面積을 정확하게 구할 수 있는 方法이 모색되어야 한다고 생각한다.

Nash 方法에 의한 合成單位圖의 尖頭流量과 基底時間은 貯溜常數와 Gamma 函數因子만의 函數이기 때문에 정확한 貯溜常數와 Gamma 函數因子의 결정이 선행되어야만 신빙성있고 정도가 높은 單位圖 유도가 가능하리라 판단된다.

S.C.S 方法에서 尖頭流量은 流域面積에 비례하고 尖頭流量 發性時間에 반비례하기 때문에 尖頭流量 發性이 빠른 小流域에서는 다소 큰 尖頭流量 값을 갖음을 알았다.

1. 序 論

오늘날 急激한 물의 需要를 充足시키고 洪水被害에 대한 對策을 講究하기 위하여 여러 가지 方案으로 水資源開發事業이 進行되고 있다.

水資源 開發을 위한 計劃 및 設計는 水文量을 合理的으로 決定하는 것이 重要한 課題이므로 長期間 精密計測된 水文資料를 利用하여 設計水文量을 決定하는 것이 보통이나, 小河川水系에는 水文計測施設이 大部分 없으므로 未計測 小河川水系의 設計水文量을 얻기 위하여는 過去의 經驗을 토대로 다른 流域에서 얻은 單位圖를 合成하여 未計測地點에 대한 近似值로서 使用하여 왔다.

그러므로 이러한 目的을 위해 使用되는 單位圖가 合成單位圖(Synthetic unit Hydrograph)이며, 우리나라에서는 徐¹⁴⁾, 尹¹⁹⁾, 鮮于¹⁹⁾ 등이 大部分 大河川의 合成單位圖를 誘導한 바 있고, 李¹⁵⁾가 中小河川에서 線型 model 에 의해 合成單位圖를 誘導하였으며 最近에는 I.H.P 代表流域에서 얻은 資料에 의해 小河川 流域의 研究가 活發히 進行되고 있는 狀態이나 小河川 流域에 대한 研究는 아직 未洽한 실정으로서 小河川 開發에 필요한 正確한 水文資料를 얻기란 많은 어려움을 안고 있다.

따라서 本 研究에서는 流域의 地相學的 特性值를 分析하여 合成單位圖를 誘導하는 Snyder 方法¹⁾, 여러 流域으로부터 얻은 實際의 單位圖를 分析하여 無次元 單位圖를 使用토록한 S.C.S 方法²⁾, 瞬間單位圖로부터 流

域追跡에 의해서 合成單位圖를 求하는 clark 方法³⁾, 流域을 n 個의 線型貯水池로 區分하여 clark 理論과 같은 貯型貯水池에서의 連續方程式을 利用하여 瞬間單位圖를 誘導하는 Nash 方法¹³⁾으로 合成單位圖를 誘導한 후 各各의 特性을 比較分析함으로써 各 方法을 把握코져 한다,

2. 單位流量圖 誘導

2.1 使用資料

本 研究의 對象流域은 國際水開發計劃(I.H.P) 代表流域으로 選定된 錦江水系의 靑川流域을 決하였다. (Fig. 1 參照) 流域의 地相學的 因子인 流域面積, 流域延長, 流域重心長 및 河川傾斜는 1 : 50,000 地系圖와 現地踏査에 의하여 分析하였으며 이들 靑川 流域의 水位標 地點別 特性資料들은 表 1 과 같다.

各 小流域別 降雨量 및 水位資料는 1983~1985年中 發生한 主要豪雨中에서 比較的 單一豪雨로서 豪雨事象 良好한 것을 擇하였다. 分析用 水位—流量 關係曲線은 實測에 依한 資料를 回歸分析한 結果를 利用하였으며, 各 小流域에 대한 面積雨量 算定에 있어서 Thiessen 面積比를 利用하였다.

2.2 代表單位圖 理論

單位流量圖란 임의 流域에 일정시간동안 내린 單位有效雨量으로 인해서 그 流域의 流出口에서 發生하는 流量의 時間的 變化를 [표시하는 直接流出 水文曲線이

다. 이러한 單位圖를 誘導하기 위해서는 特定單位時間과 單位有效雨量이 一定條件이 되며 이 單位流量圖를 誘導하는데는 一定基底時間假定, 比例假定 및 重疊假定 등 3가지 基本假定이 成立되어야 한다.

實測水文曲線에 의한 單位圖의 유도에 있어서는 일반적으로 어떤 流域에 내린 豪雨로 인한 總流出水文曲線으로부터 基底流出을 分離하여 直接流出 水文曲線을 얻은 후, 直接流出容積을 等價 有效降雨深으로 計算하여 이 값으로서 直接流出水文曲線의 각 時間縱距를 나누어 單位圖縱距를 求하게 되고, 이렇게 구해진 縱距를 流量對 時間關係로 나타냄으로서 單位時間別 單位圖를 求하게 된다,

이와 같이 얻어진 單位圖의 持續時間은 계산된 等價 有效降雨深과 동일한 有效雨量分을 總雨量柱狀圖에서 취함으로서 얻을 수 있으며, 이 單位圖는 어떤 特定豪雨로 인한 特定期間의 單位圖이며, 일반적으로 實測洪水水文曲線의 構成에서 생기는 觀測誤差라든가 流域內의 豪雨의 空間的 分布特性이 각 豪雨別로 相異하기 때문에 同一流域에 대한 數個의 다른 豪雨로부터 誘導되는 同一持續期間의 單位圖일지라도 어느정도 다른 것이 보통이다.

따라서 비교적 일정한 降雨強度를 갖는 持續期間이 相異한 數個의 獨立된 豪雨事象으로부터 單位圖의 持續時間을 統一시켜 같은 持續期間에 대한 數個의 單位圖를 얻어 각 單位圖의 尖頭流量의 平均值와 尖頭流量點의 座標를 決定한 후 다른 單位圖들의 형에 비슷하게 流域의 代表單位流量圖를 作圖하게 된다.

2.3 代表單位圖 誘導

Fig. 1의 12개 地點의 降雨를 Thiessen 面積比를 利用하여 5개 小流域에 대한 雨量의 時間分布를 求하였으며 地下水減水曲線法으로 有效降雨에 의한 直接流出과 基底流出을 分離하고 ϕ -index法으로 損失雨量을 分離하여 單位圖를 誘導하였다. 이렇게 유도된 單位圖는 서로 다른 持續時間을 가지고 있으므로 S-curve 方法에 의하여 2시간 單位圖로 統一하였다.

이와 같은 方法으로 1983년부터 1985年中에 發生한 豪雨中 比較的 降雨가 一定하고 降雨持續期間이 짧은 豪雨 5개를 택하여 單位圖를 誘導한 후 각 單位圖의 尖頭流量의 平均值와 尖頭流量 發生時間의 平均值를 求하여 代表單位圖의 尖頭流量點의 座標를 決定한 후 다른 單位圖들의 형에 비슷하고 單位圖의 面積이 1과 같게 그려서 誘導하였다. 報青川 最下流山柱地點의 代表單位圖는 Fig. 2와 같다.

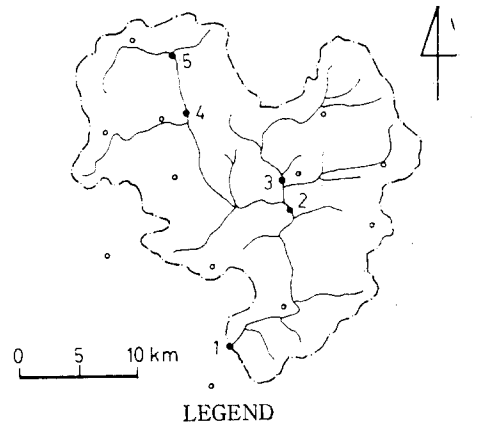


Fig. 1. Rainfall and Stage Station for Bocheong Stream.

Table 1. Watershed Characteristics for Small Basin at Bocheong Stream.

Sub-watershed	Area (km ²)	Length of main stream (km)	Slop of main stream (m/km)	L _{ca} * (km)
Sangye	475.6	49.0	3.2	22.5
Gidai	346.5	30.3	3.19	11.0
Tanbu	72.5	19.2	7.8	10.2
Yipyeong	79.5	16.8	4.69	6.5
Sanseong	53.7	13.0	5.55	5.5

* Stream Length from the Outlet to the Center of Granity of the Watershed.

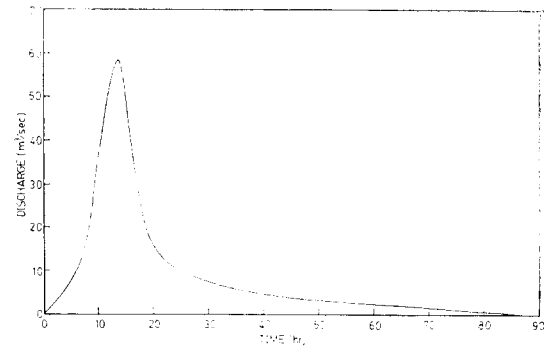


Fig. 2. 2-hrs Representative Unit Hydrograph at San Gye Station

2.4 合成單位圖 誘導

2.4.1 Snyder 方法

流域內的 實測水文曲線과 雨量資料로부터 誘導한 單位圖의 特性因子를 流域의 水文學의 特性을 代表하는 地形因子와 相關시켜 流域全般에 대한 平均的인 關係를 유도함으로써 임의의 小流域에 적용할 수 있는 單位圖를 合成하는 方法이다.

이 方法은 流域의 遲滯時間(basin lag time)을 流域의 地形因子인 流路延長 및 流路上의 流域重心點까지의 거리와 相關시켜서 單位圖의 單位面積當 尖頭流量(peak flow per square kilometer)과 基底時間을 遲滯時間과 같이 相關시킨다. 즉, 單位圖의 遲滯時間, 尖頭流量 및 基底時間 等 3個의 媒介變數로서 單位圖를 대략적으로 정의한다.

(1) 遲滯時間과 流域特性 因子關係

한 流域의 遲滯時間은 대체적으로 그 流域의 여러가지 特性因子들의 影響을 받는 것으로 알려져 있으나, 여기서는 流路延長(L) 및 流域重心點距離(Lca), 즉 流

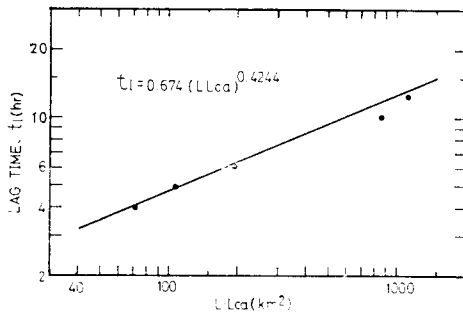


Fig. 3. Relationship between Lag Time and Watershed Characteristics

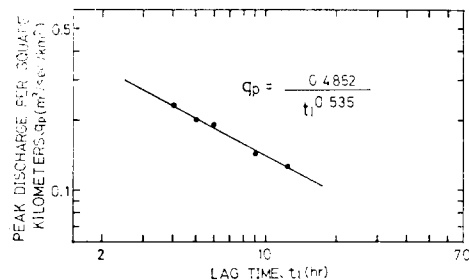


Fig. 4. Relationship between Lag Time and Peak Discharge per Square Kilometer.

域의 크기와 형상만을 고려하여 各 小流域別 遲滯時間(t1)과 L·Lca를 回歸分析하여 다음과 같은 式을 誘導하였다.

$$t_1 = 0.674 (L \cdot L_{ca})^{0.4244} \dots\dots\dots(1)$$

式(1)의 關係는 Fig. 3 과 같다.

(2) 單位面積當尖頭流量과 遲滯時間 關係

流域內的 各 小流域에 대해서 2時間 單位圖의 單位面積當尖頭流量과 流域의 遲滯時間사이에서 다음과 같은 式을 유도하였다.

$$q_p = \frac{0.4852}{t_1^{0.535}} \dots\dots\dots(2)$$

이들 式(2)의 關係는 Fig. 4 와 같다.

따라서 單位圖의 尖頭流量은 式(2)에서 算定되는 單位面積當 尖頭流量에 流域面積을 곱하여 다음과 같은 式을 얻는다.

$$Q_p = q_p \cdot A \dots\dots\dots(3)$$

여기서 qp는 單位面積當尖頭流量(m³/sec/km²)이고, Qp는 單位圖의 尖頭流量(m³/sec), A는 流域面積(km²)이다.

(3) 基底時間과 遲滯時間 關係

各 小流域別 2時間 單位圖의 基底時間과 遲滯時間사이에서 다음과 같은 式을 誘導하였다.

$$T = 10.544 + 5.8159 t_1 \dots\dots\dots(4)$$

式(4)의 關係는 Fig. 5 와 같다.

여기서 T는 基底時間으로 時間單位이다.

(4) 單位圖의 單位面積當 尖頭流量과 75%, 50% 및 25% 尖頭流量의 時間幅間의 關係

앞에서 誘導된 (1), (2) 및 (4)식의 3개 媒介變數만으로는 合成單位圖의 精確한 모양을 결정하기란 어려운 실정이므로 75%, 50% 및 25% 尖頭流量의 時間幅과 單位面積當 尖頭流量의 關係式을 誘導利用한다.

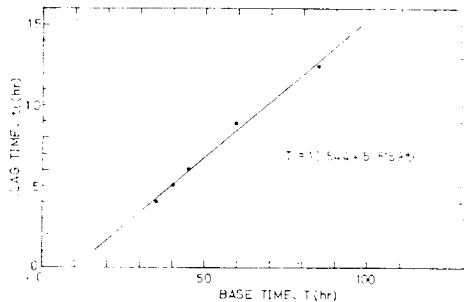


Fig. 5. Relationship between Base Time and Lag Time.

75%, 50% 및 25% 尖頭流量的 時間幅과 單位面積 當 尖頭流量 사이에서 다음과 같은 식을 유도하였다.

$$W_{25} = \frac{2.2245}{q_p^{0.8552}} \dots\dots\dots(5)$$

$$W_{50} = \frac{1.2228}{q_p^{0.8506}} \dots\dots\dots(6)$$

$$W_{75} = \frac{1.0646}{q_p^{0.6175}} \dots\dots\dots(7)$$

式 (5), (6) 및 (7)의 關係는 Fig. 6 과 같다.

여기서 W_{25} , W_{50} , W_{75} 는 각각 尖頭流量 q_p 의 25%, 50%, 75%에 대한 單位圖의 時間幅이다.

W_{25} , W_{50} , W_{75} 에 해당하는 時間幅 座標는 Table 3

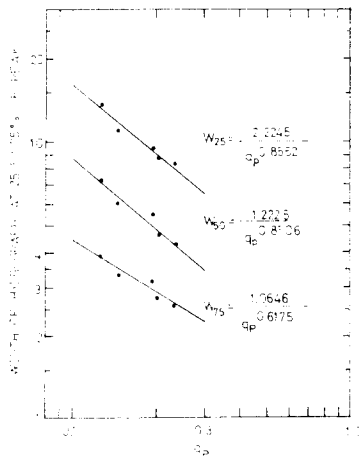


Fig. 6. Relationship between Peak Discharge and Width of Hydrograph at 25, 50 and 75% of Peak.

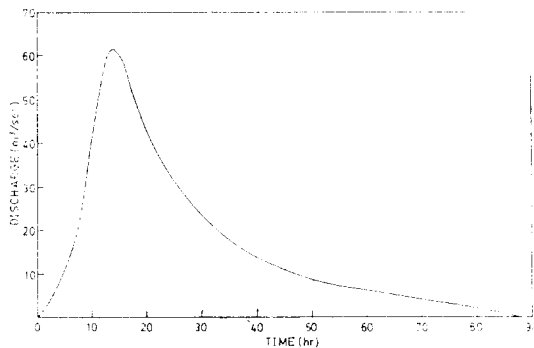


Fig. 7. 2hrs Synthetic Unit Hydrograph by Snyder Method.

에 나와 있는 無次元單位圖의 座標를 이용한다.

이상과 같은 $t_p, Q_p, T, W_{25}, W_{50}$ 및 W_{75} 로서 2時間 單位圖를 유도했으며 그 結果는 Fig. 7 과 같다.

2.4.2 S.C.S 方法

이 方法은 美國 農務省의 土壤保全局(Soil Conservation Service)에 의해서 제시된 方法으로서 水文曲線이 三角形의 형태를 갖게된다는 가정하에 單位圖의 合成을 다음과 같이 시도하였다. 單位圖下의 面積은 直接流出量의 總面積과 같으므로 三角形의 面積을 구하는 基本式인 (8)式과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = \frac{1}{2} q_p (t_p + t_r) \dots\dots\dots(8)$$

여기서 q_p 는 單位圖의 尖頭流量, t_p 는 尖頭流量 發生時間 t_r 은 基底時間 T 에서 t_p 를 뺀 값이다.

S.C.S는 여러 單位圖로부터 t_p 와 t_r 사이에 다음과 같은 關係가 있음을 발견했다.

$$t_r \cong 1.67 t_p$$

그래서 (8)식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_p = \frac{2Q}{2.67 t_p} = \frac{0.75 Q}{t_p}$$

또는

$$q_p = \frac{0.75 \times 10^6 \times A \times 10^{-2} \times P_n}{t_p \times 3600}$$

$$q_p = \frac{2.08 A P_n}{t_p} \text{ (m}^3/\text{sec)} \dots\dots\dots(9)$$

여기서 P_n 은 有效降雨이다.

尖頭流量到達時間 t_p 는

$$t_r = \frac{1}{2} t_p + t_1 \dots\dots\dots(10)$$

가 된다.

이로서 (9), (10)식에 의하여 有效降雨의 持續期間이 t_r 인 單位圖를 求할 수 있다.

前述한 (9), (10)式에 의해 임의의 有效降雨持續時間 (t_r)에 대한 單位圖를 作成하는데 도움이 되기위해 S. C.S는 美國內 여러 地方에 대한 大小流域으로부터 單位流量圖를 分析하여 流域의 크기나 형상 등의 流域特性에 關係없이 使用가능한 無次元單位圖를 제시하였다. 이는 橫座標가 t/t_p 로, 縱座標가 q/q_p 로 作成되었으며 上記한 식들로부터 q_p 와 t_p 가 구해지면 최종적으로 單位圖의 合成이 가능하게 된다.

(1) 無次元單位圖의 誘導

報青川 流域의 各 流量觀測地點別로 誘導한 여러 單位圖로부터 無次元單位圖의 橫座標(t/t_p)과 縱座標(q/q_p)를 만들었다.

(2) 代表流域의 合成單位圖 誘導

水文曲線의 上昇時點에서 尖頭流量까지의 時間 t_p 와

Table 2. Dimensionles unitgraph ordinate for Bocheong stream.

t/t _p	0.2	0.4	0.5	0.6	0.64	0.76	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
q/q _p	0.08	0.19	0.25	0.42	0.50	0.75	0.82	0.94	1.0	0.79	0.62	0.54	0.46
t/t _p	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
q/q _p	0.41	0.36	0.31	0.27	0.25	0.22	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04	0.02	0.0

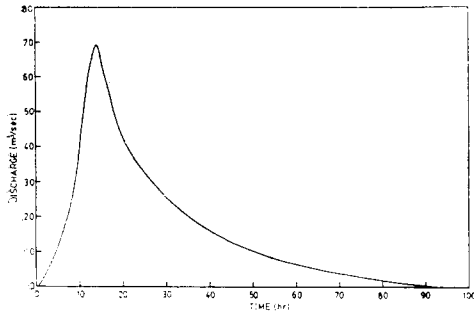


Fig. 8. 2hrs Synthetic Unit Hydrograph by S.C.S. Method.

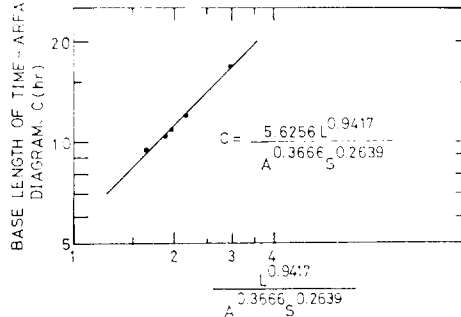


Fig. 9. Relationship between Base Length of Time Area Diagram and Watershed Characteristics.

尖頭流量 q_p 만 알면 Table 2 의 t/t_p , q/q_p 의 座標로부터 單位圖를 Fig. 8 과 같이 구할 수 있다.

즉, 遲滯時間(t_1)은

$$t_1 = 0.674(L \cdot Lca)^{0.4244}$$

$$= 0.674(1102.5)^{0.4244}$$

$$= 13.18 \text{ hrs}$$

頭流量到達時間(t_p)은

$$t_p = \frac{1}{2} t_r + t_1$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 + 3.18$$

$$= 14.18 \text{ hrs}$$

尖頭流量(Q_p)은

$$Q_p = \frac{2.08 A}{t_p}$$

$$= \frac{2.08 \times 475.6}{14.18}$$

$$= 69.76 \text{ m}^3/\text{sec}$$

2.4.3 Clark 方法

clark 單位流量圖를 瞬間單位流量圖로부터 流域追跡(watershed routing)에 의해서 구했다.⁷⁾

瞬間有效降雨에 의한 流量은 流域의 貯留效果(storage)와 平行移動(translation) 效果에 의하여 水文曲線이 變化되는 特性을 利用하여 流下時間—流域面積

關係로부터 각 구간별로 追跡을 실시하여 瞬間單位 流量圖를 구하고 이로부터 單位流量圖를 유도할 수 있다.

(1) 時間—面積圖의 基底長

流域의 實測流量圖에서 有效雨量的 중심으로부터 流量圖의 減水曲線上的 第一變曲點間의 時間으로서 C 값을 구하고 基底長(C, hrs)과 流域의 地形因子인 流路延長(L, km), 流域面積(A, km²) 및 流路傾斜(S, m/km) 間의 關係式은 式(11)과 같다.

$$C = 5.6256 A^{-0.3666} L^{0.9417} S^{0.2639} \dots\dots\dots(11)$$

式(11)의 關係는 Fig. 9 와 같다.

(2) 貯留常數

貯留常數(K, hrs)는 실측된 水文曲線으로부터 구할 수 있으며 第一變曲點에서의 流量 Q_{inf} 를 그 點(時間)에 있어서의 流量의 變化率 $(dQ/dt)_{inf}$ 로 나눔으로서 算定할 수 있다.

즉,

$$K = \frac{Q_{inf}}{(dQ/dt)_{inf}} \dots\dots\dots(12)$$

이상과 같은 方法으로서 실측값을 구하여 이들 값과 流域因子間의 回歸式을 유도한 結果는 式(13)과 같다.

$$K = 2.1834 A^{0.1822} L^{0.1167} S^{0.0983} \dots\dots\dots(13)$$

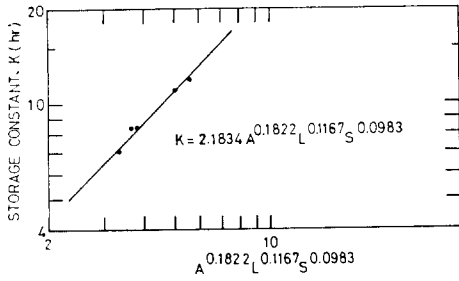


Fig. 10. Relationship between Storage Constant and Watershed Characteristics

(13)式的關係가 Fig. 10 과 같다.

(3) 等時流達時間(Isochrone)의 分割

時間-面積圖의 基底長 C 가 산정되었을 경우 等時間流達時間의 分割은 Laurenson^{6,15)}의 分割法에 의거하여 각 구간의 到達時間을 Fig. 11 과 같이하여 求하였다.

流域 각각의 流達時間이 河川의 延長과 傾斜에 關係가 있으므로 C 의 계산에 필요한 각각의 河川區間의 流達時間計算은 H 를 同高線의 同一間線으로 취하여

$$T_{\infty} \frac{L}{\sqrt{S}} = \frac{L}{\sqrt{\frac{L}{H}}} = L^{3/2}$$

의 結果가 나오며 각 구간의 到達時間은

$$T = \frac{L_1^{3/2} + L_2^{3/2} + \dots + L_n^{3/2}}{\sum L_i^{3/2}} \cdot C \dots\dots\dots(14)$$

의 식에 의하여 계산한다.¹⁰⁾

(4) 單位流量圖의 誘導

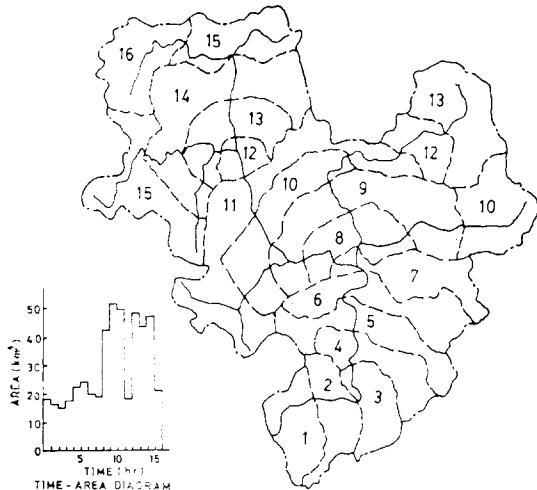


Fig. 11. Isochrone Pattern and Time-Area Diagram at San Gye Station

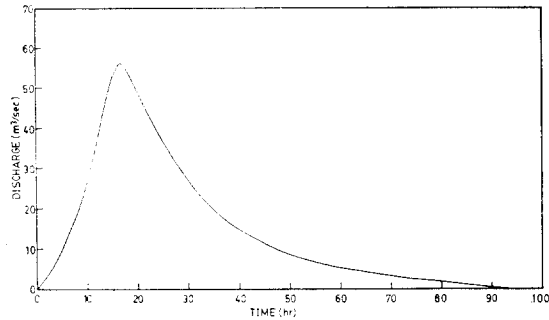


Fig. 12. 2hrs Synthetic Unit Hydrograph by Clark Method

代表流域의 地形因子를 式(11)과 (13)에 대입하여 C 와 K 가 決定되면 Macarthy⁹⁾의 洪水追跡法인 Muskingum 法을 도입하여 다음의 追跡公式에 의거 단계적으로 전개해 나간다.

$$O_2 = m_0 I_2 + m_1 I_1 + m_2 O_1 \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{여기에 } m_0 = \frac{0.5\Delta t}{k+0.5\Delta t}, \quad m_1 = \frac{0.5\Delta t}{k+0.5\Delta t}$$

$$m_2 = \frac{k-0.5\Delta t}{k+0.5\Delta t}, \quad m_0 + m_1 + m_2 = 1$$

瞬間單位圖를 구하고 이로부터 2 時間單位圖를 Fig. 12와 같이 유도했다.

2.4.4 Nash 方法

Nash 는 流域이 하나의 貯水池로 대표되기에는 流域의 구조가 너무 복잡하므로 流域전체가 일련의 貯水池로 구성되어 있다고 가정하여 流域을 n 개의 線型貯水池로 구분하고 Clark 理論과 같은 線型貯水池에서의 連續方程式을 이용하여 I.U.H 를 유도했다.^{13,15)}

이 model 에 의한 貯留量과 流出量의 線型關係追跡으로서

$$Q = \frac{V}{K\Gamma(N)} e^{-t/k} (t/k)^{N-1} \dots\dots\dots(16)$$

集水區에서의 單位流出量 V 에 대한 單位水深의 瞬間單位流量曲線에 있어 時間分布는

$$U(0, t) = \frac{1}{K\Gamma(N)} e^{-t/k} (t/k)^{N-1} \dots\dots\dots(17)$$

式에서 K 는 貯溜常數이고 $\Gamma(N)$ 는 Gamma 函數이다.

(17)式에서 볼 수 있는 바와 같이 瞬間單位流量圖는 Gamma 函數因子 N 와 貯溜常數 K 2 개의 係數와 時間 t 의 函數로 나타내고 K 와 N 이 瞬間單位流量圖의 形狀을 결정하게 한다. 線型模形에서의 貯溜常數 K 와 Gamma 函數因子 N 는 Moment 方法에 의하여 求할 수 있다.^{3,15)}

$$\text{즉, } NK = M_{IUH1} = M_{DRH1} - M_{ERH1} \dots\dots\dots(18)$$

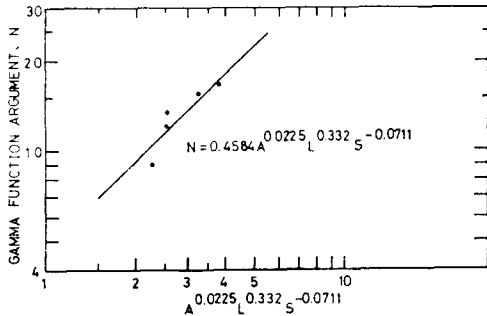


Fig. 13. Relationship Between Gamma Function Argument and Watershed Characteristics

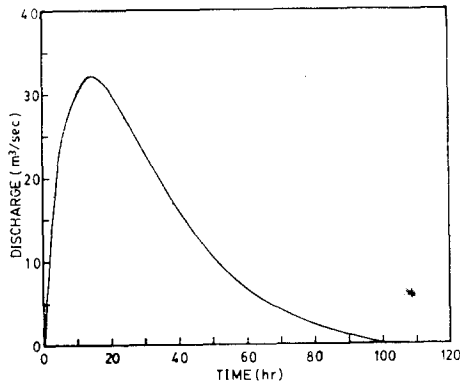


Fig. 14. 2hrs Synthetic Unit Hydrograph by Nash Method

$$(N+1)K^2 = M_{IUH2} = M_{DRH2} - M_{ERH2} - 2NKM_{ERH1} \dots\dots\dots(19)$$

식에서 M_{IUH1} , M_{IUH2} 는 원점에 대한 1, 2차 moment 이고, M_{DRH1} , M_{DRH2} 는 원점에 대한 直接流出曲線の 1, 2次 moment 이며, M_{ERH1} , M_{ERH2} 는 원점에 대한 有效雨量 柱狀圖의 1, 2차 moment 이다.

式(17)을 有效雨量이 10 mm 이고 流域面積이 km^2 單位로 하는 瞬間單位圖의 時間分布로 나타내면

$$u(0, t) = \frac{2.78A}{KT(N)} e^{-t/k} (t/k)^{N-1} (m^3/sec) \quad (20)$$

이며, 이 式은 全流域에 걸쳐서 瞬間的으로 내린 單位 有效雨量이 n 개의 線型貯水池를 통하여 流出되는 I.U.H의 縱距를 表示한다.

각 小流域에서 Gamma 函數因子 N 을 구하여 流域 因子間的 回歸式을 유도한 결과는 式(21)과 같다.

$$N = 0.4584 A^{0.0225} L^{0.332} S^{-0.0711} \dots\dots\dots(21)$$

式(2)의 關係가 Fig. 13과 같다.

(13)식과 (21)식에 의해 각각 K 와 N 을 구해 이 값

을 (20)식에 대입하여 瞬間單位圖를 구하고 이로부터 2時間 單位流量圖를 유도한다.

Nash 方法에 의한 代表流域의 合成單位流量圖는 Fig. 14와 같다.

3. 綜合考察

이상과 같은 方法으로 유도한 代表單位圖와 合成單位圖의 結果는 Fig. 15와 같으며 이들의 特性을 비교 고찰해 보기로 한다.

1. 代表單位圖의 尖頭流量發生時間은 基底時間의 0.16로 나타나, 大河水에 비하면 다소 빨리 발생함을 알 수 있다. 이는 對象流域인 報靑川이 小河川이고 山間部에 위치하고 있기 때문이라고 판단된다.

2. S.C.S 方法에서 尖頭流量은 流域面積에 비례하고 尖頭流量 發生時間에 반비례하기 때문에 尖頭流量 發生이 빠른 小流域에서는 다소 큰 尖頭流量 값을 갖음을 알았다.

3. Snyder 方法에 의한 尖頭流量은 代表單位圖의 尖頭流量과 근사하였다. 尖頭流量의 25%, 50%, 75% 되는 單位圖의 상승부에서의 좌표를 구하기 위하여 $q/q_p = 0.25, 0.5, 0.75$ 에 해당하는 時間을 無次元單位圖의 $q/q_p, t/t_p$ 관계를 이용하였으나 이들 좌표 만으로 單位圖의 형을 결정하기엔 미흡함이 많이 있다.

4. clark 方法에 의한 合成單位圖의 遲滯時間은 代表單位圖와 비교하여 약 3時間 遲滯되었고 尖頭流量은 다소 작게 나타났다. clark 方法으로 合成單位圖를 정확하게 유도하기 위하여 그 流域의 時間-面積圖의 基底長과 等流達時間面積을 정확하게 구할 수 있는 方法이 모색되어야 한다고 생각한다.

5. Nash 方法에 의한 合成單位圖의 遲滯時間은 代表

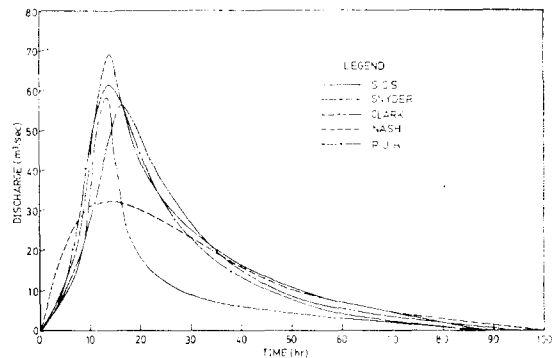


Fig. 15. Comparison of Synthetic Unit Hydrograph and Representative Unit Hydrograph

單位圖와 거의 一致하고 있으나 尖頭流量은 많은 차이가 있으며 基底時間도 약간의 차이가 있고 流出이 初期에 많이 發生하고 장기간 지속되는 양상을 보여주고 있다. Nash 方法에 의한 合成單位圖의 尖頭流量과 基底時間은 貯留常數와 Gamma 函數因子만의 函數이기 때문에 정확한 貯留常數와 Gamma 函數因子的 결정이 선행되어야만 신빙성있고 정도가 높은 單位圖 유도가 가능하리라 판단된다.

5. 結 論

實測單位流量圖를 유도한 후 이들 單位流量圖가 가지는 函數들이 流域의 地相學的 특성치인 流域面積, 流路延長, 河川傾斜 등과 어떠한 관계가 있는지를 조사 분석하여 이들간의 관계를 규명하고 代表流域에서 각 방법에 의해 合成單位圖를 유도한 바 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 각 合成單位圖의 遲滯時間은 代表單位圖와 比較하여 Snyder, S.C.S, Nash 方法에서 거의 일치하고 있으나 clark 方法에서 약 3시간 지체되었다.

2. 代表單位圖의 尖頭流量 發生時間은 基底時間의 0.16배로 다소 빨리 발생하였다.

3. 각 合成單位圖의 尖頭流量 값은 代表單位와 비교하여 S.C.S 方法이 다소 크게 나타났고 Nash, Snyder, Clark 方法에서 작게 나타났으나 Nash 方法을 제외하고는 근사한 값을 보여주고 있다.

4. 각각의 방법으로 얻어진 合成單位圖의 基底時間은 Nash 方法에서 다소 크게 나타났으나 代表單位圖와 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

5. S.C.S 方法은 代表單位圖와 比較하여 다소 많은 尖頭流量 값을 보여주고 있으나 流域의 地相學的 因子로부터 尖頭流量과 尖頭流量 發生時間을 구할 수 있고 無次元單位圖로부터 單位圖의 좌표를 쉽게 구할 수 있어 未計測 小河川 流域의 合成單位圖를 유도하는데 있어 쉽고 만족할만한 결과를 얻을 수 있으리라 생각된다.

參 考 文 獻

1. Snyder, "Synthetic Unit-graphs", Trans, Am. Geophys Union, 19, 1933.
2. S.C.S, "Hydrology", Section 4, National engineering handbook, Soil conservation service, U.S. Dept. of Agriculture 1957.
3. Nash, J.E., "The Form of the Instantaneous Unit

- Hydrograph", Intern. Assoc. Sci Hydrology, 45, 1957.
4. Viessman W.V. Introduction to Hydrology, 2nd ed. International Educational Publishers, New York, N.Y., 1977.
5. Chow, V.T., Handbook of Applied Hydrology, Mc. Grow-Hill, New York, N.Y., 1964.
6. Laurenson, E.M., "Synthetic Unitgraphs", Hydrology Notes, N.S.W. Univ. of Tech. School of civil Eng., 1958.
7. Linsley, R.K., Hydrology for Engineers. 2nd ed Mc. Graw-Hill Book Company, Inc., New York, 1975.
8. Gray, D.M., Handbook on the principle of the Hydrology, WIC Publication, 1973.
9. Dooge, J.C.I., "Synthetic Unit Hydrographs Based Triangular inflow", thesis presented to the state Univ. of Iowa city, Iowa in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of science 1956.
10. 安相鎭 外 1人, "流域特性因子에 의한 洪水量 決定", 大韓土木學會論文集, 3 (1), 1983.
11. 建設部, 國際水文開發計劃 代表流域研究調查報告書, 1982-1984.
12. 建設部, 洪水量 推定을 위한 合成單位圖 誘導의 研究調查報告書, 1974.
13. 李淳赫外 1人, "線形 model에 의한 小流域에 있어서의 無次元單位圖 誘導에 관한 研究", 韓國農工學會誌 23(3) 1981.
14. 徐承德, "流域特性에 의한 合成單位圖의 誘導에 관한 研究", 韓國農工學會誌, 17(1-2), 1975.
15. 李淳赫, "韓國主要水系의 小流域에 대한 瞬間單位圖誘導에 관한 研究", 韓國農工學會誌, 19(1), 1977.
16. 李蓁雨, "未計測 河川流域의 合成單位圖에 관한 研究", 嶺南大學校 大學院, 1979.
17. 尹龍男外 8人, "流域特性과 流出特性間的 相關關係 解析에 의한 單位流量圖의 合成", 韓國水文學會誌, (1), 1975.