

流域特性에 의한 合成單位圖의 誘導에 關한 研究

Derivation of the Synthetic Unit Hydrograph Based on the Watershed Characteristics

徐 承 德*
Seung Duk Suh

Summary

The purpose of this thesis is to derive a unit hydrograph which may be applied to the ungaged watershed area from the relations between directly measurable unitgraph properties such as peak discharge(q_p), time to peak discharge (T_p), and lag time (L_g) and watershed characteristics such as river length(L) from the given station to the upstream limits of the watershed area in km , river length from station to centroid of gravity of the watershed area in km (L_{ca}), and main stream slope in meter per km (S). Other procedure based on routing a time-area diagram through catchment storage named Instantaneous Unit Hydrograph(IUH). Dimensionless unitgraph also analysed in brief.

The basic data (1969 to 1973) used in these studies are 9 recording level gages and rating curves, 41 rain gages and pluviographs, and 40 observed unitgraphs through the 9 sub watersheds in Nak Dong River basin. The results summarized in these studies are as follows;

1. Time in hour from start of rise to peak rate (T_p) generally occurred at the position of $0.3T_b$ (time base of hydrograph) with some indication of higher values for larger watershed. The base flow is comparatively higher than the other small watershed area.
2. The losses from rainfall were divided into initial loss and continuing loss. Initial loss may be defined as that portion of storm rainfall which is intercepted by vegetation, held in depression storage or infiltrated at a high rate early in the storm and continuing loss is defined as the loss which continues at a constant rate throughout the duration of the storm after the initial loss has been satisfied. This continuing loss approximates the nearly constant rate of infiltration (ϕ -index method). The loss rate from this analysis was estimated 50 per cent to the rainfall excess approximately during the surface runoff occurred.
3. Stream slope seems approximate, as is usual, to consider the mainstream

*慶北大學校 農科大學

only, not giving any specific consideration to tributary. It is desirable to develop a single measure of slope that is representative of the whole stream. The mean slope of channel increment in 1 meter per 200 meters and 1 meter per 1400 meters were defined at Gazang and Jindong respectively. It is considered that the slopes are low slightly in the light of other river studies. Flood concentration rate might slightly be low in the Nak Dong river basin.

4. It found that the watershed lag (L_g , hrs) could be expressed by $L_g = 0.253 (L \cdot L_{ca})^{0.4171}$. The product $L \cdot L_{ca}$ is a measure of the size and shape of the watershed. For the logarithms, the correlation coefficient for L_g was 0.97 which defined that L_g is closely related with the watershed characteristics, L and L_{ca} .
5. Expression for basin might be expected to take form containing the slope as $L_g = 0.545 \left(\frac{L \cdot L_{ca}}{\sqrt{s}} \right)^{0.346}$. For the logarithms, the correlation coefficient for L_g was 0.97 which defined that L_g is closely related with the basin characteristics too. It should be needed to take care of analysis which relating to the mean slopes
6. Peak discharge per unit area of unitgraph for standard duration t_r , $m^3/sec/km^2$, was given by $q_p = 10^{-0.52 - 0.0184 L_g}$ with a indication of lower values for watershed contrary to the higher lag time. For the logarithms, the correlation coefficient q_p was 0.998 which defined high significance. The peak discharge of the unitgraph for an area could therefore be expected to take the form $Q_p = q_p \cdot A (m^3/sec)$.
7. Using the unitgraph parameter L_g , the base length of the unitgraph, in days, was adopted as $T_b = 0.73 + 2.073 \left(\frac{L_g}{24} \right)$ with high significant correlation coefficient, 0.92. The constant of the above equation are fixed by the procedure used to separate base flow from direct runoff.
8. The width W_{75} of the unitgraph at discharge equal to 75 per cent of the peak discharge, in hours and the width W_{50} at discharge equal to 50 per cent of the peak discharge in hours, can be estimated from $W_{75} = \frac{1.61}{q_p^{1.05}}$ and $W_{50} = \frac{2.5}{q_p^{1.05}}$ respectively. This provides supplementary guide for sketching the unitgraph.
9. Above equations define the three factors necessary to construct the unitgraph for duration t_r . For the duration t_R , the lag is $L_{gR} = L_g + 0.2(t_R - t_r)$ and this modified lag, L_{gR} is used in q_p and T_b . If the t_r happens to be equal to or close to t_R , further assume $q_{pR} = q_p$.
10. Triangular hydrograph is a dimensionless unitgraph prepared from the 40 unitgraphs. The equation is shown as $q_p = \frac{K \cdot A \cdot Q}{T_p}$ or $q_p = \frac{0.21 \cdot A \cdot Q}{T_p}$.

The constant 0.21 is defined to Nak Dong River basin.

11. The base length of the time-area diagram for the IUH routing is $C=0.9$

$\left(\frac{L \cdot L_{ca}}{s}\right)^{1/3}$. Correlation coefficient for C was 0.983 which defined a high significance. The base length of the T-AD was set to equal the time from the midpoint of rain fall excess to the point of contraflexure. The constant K, derived in this studies is $K=8.32+0.0213 \sqrt{\frac{L}{s}}$ with correlation coefficient, 0.964.

12. In the light of the results analysed in these studies, average errors in the peak discharge of the Synthetic unitgraph, Triangular unitgraph, and IUH were estimated as 2.2, 7.7 and 6.4 per cent respectively to the peak of observed average unitgraph. Each ordinate of the Synthetic unitgraph was approached closely to the observed one.

I. 摘要

洛東江流域 23,000km² 內에 存在하는 9個의 區分流域에서 5年間に 亘하여 9個所의 流域出口(Outlet)에 設置된 水位地點에서 觀測한 流量圖 및 水位-流量曲線과 41個所의 降雨量觀測所에서 觀測한 自己雨量記錄을 分析의 基本資料로 採擇하여 流域特性에 依한 合成單位圖의 誘導分析된 內容을 다음과 같이 要略한다.

1. 尖頭流量(Peak discharge)은 大體로 $0.3T_b$ 에서 發生하였고 流域이 커짐에 따라 이 계수도 커지는 傾向이 있고 基底流出이 比較的 많은 便이며 持續期間도 길었다.

2. 流出期間中の 損失雨量은 初期損失에 依하여 連續的으로 一定하게 일어나를 볼 수 있고 ϕ -Index 法에 依하여 損失量은 大略 50%內외의 結果를 얻었다.

3. 流域의 平均主河川傾斜는 $1/200 \sim 1/1400$ 의 範圍이었고 比較的 완만한 河川傾斜를 이루고있어 洪水의 완만한 發生이 나타났다.

4. 單位圖의 遲滯時間과 流域의 特性值와의 사이에서 $L_g=0.253(L \cdot L_{ca})^{0.4171}$ 의 關係가 이루어졌고, 相關率 0.97로써 지체시간과 河川長과는 密接한 關係가 있음이 立證되었다.

5. 河川傾斜를 考慮한 流域特性值와 遲滯時間 사이에서는 $L_g=0.545\left(\frac{L \cdot L_{ca}}{s}\right)^{0.846}$ 의 關係式이 이루어졌으며 相關率 0.97로써 高度의 有意性도 나타났지만 이를 採擇 使用할때에는 特別 河川傾斜의 決

定에서 細心한 注意를 要한다.

6. 單位圖의 尖頭流量은 지체시간과의 關係에서 $q_p=10^{-0.52-0.0184L_g}$ 가 이루어졌고 $r=-0.998$ 로써 高度의 相關率을 나타냈으며 지체시간의 正確한 算定에서 正確한 比流量(q_p)을 얻을 수 있으며 여기에 流域面積단 導入시킴으로써 單位圖의 尖頭流量(Q_p)이 決定되고 한편 比流量은 지체시간에 反比例함 나타났다.

7. 單位圖의 基底長(T_b)은 지체시간과의 關係에서 $T_b=0.73+2.073\left(\frac{L_g}{24}\right)$ (days)의 關係式이 그

리고 比流量과의 關係에서는 $W_b=\frac{11.0}{q_p^{0.71605}}$ (hrs)의 式이 各各 誘導되었고 相關率 0.92의 高度의 有意性을 나타냈다.

8. 단위도의 좌표형성에 利用하기 위하여 基底幅의 50%와 75%에 對하여 各各 $W_{50}=\frac{2.5}{q_p^{1.05}}$ 와 $W_{75}=\frac{1.61}{q_p^{1.06}}$ 의 關係式을 유도하였다.

9. 單位圖의 單位持續時間은 $t_r=\frac{L_g}{3}$ 및 $t_r=\frac{T_p}{5}$ 에 根據를 두었고, 實際降雨持續時間(t_R)이 t_r 과 다를 경우에는 수정하여

$$L_{gR}=L_g+0.2(t_R-t_r)$$

$$q_{pR}=10^{-0.52-0.0184L_{gR}}$$

$$T_{bR}=0.73+2.073\left(\frac{L_{gR}}{24}\right)$$

로 각각 수정함이 妥當하나 t_R 이 t_r 에 아주 가까울 경우에는 수정없이 그대로 지체시간 (L_g)을 使用함이 可하다.

10. 三角形單位圖(Triangular or Curvilinear

Unitgraph)의 誘導에서, 最大流出量 算定公式으로 $q_p = \frac{0.21A \cdot Q}{T_p}$ (m³/sec)가 유도되었으며 이는 合成式單位圖와 함께 그 結果가 良好하다.

11. 瞬間單位圖(IUH)의 時間面積圖의 基底長은 $C = 0.9 \left(\frac{L \cdot L_{ca}}{S} \right)^{1/3}$ 이 유도되었고 相關率 0.983으로

로써 高度의 有意性이 나타났으며 貯溜常數는 $K = 8.32 + 0.0212 \frac{L}{\sqrt{S}}$ 에서 $r = 0.964$ 의 相關率을 나타냈으며 時間-面積圖의 기저장(C)과 貯溜常數(K)간

에 成立되는 流出追跡公式(Routing equation)은 $O_2 = C_1 I_2 + C_k I_1 + C_0 O_1$ 에서 $C_0 + C_1$ 은 0.1~0.11, C_2 는 0.89~0.90의 계수가 산정되었다.

12. 以上の 分析結果를 綜合하면 實測平均單位圖의 尖頭流量에 대하여 合成單位圖는 2.2%, 三角形 단위도는 7.7%, 瞬間單位圖는 6.4%의 오차를 나타냈으며 이중 合成單位圖는 平均單位圖에 對하여 高度의 接近值를 나타내고 있어 流域特性에 依한 單位圖의 誘導는 優秀한 成果를 냈다고 解析할 수가 있다.

I. 緒 言

韓國의 水資源總量은 年平均降水量 1,159mm와 國土面積 98,477km²을 기준할때 年間 約 1,140억톤에 이르고있다. 그러나 蒸發散, 滲透, 遮斷等 損失率을 빼면 可用水資源量은 約 630억톤에 不過하다. 한편 우리나라는 氣候의 偏倚現象으로 因하여 年降水量의 50~70%가 雨期인 6~9月 사이에 集中的으로 降下하기 때문에 이 時期에는 많은 水災가 發生하여 人命과 財産을 크게 損傷시키고 있다. 이러한 特異한 氣候現象때문에 우리가 現在 實際的으로 利用하고 있는 水資源量은 630억톤의 13%에 不過한 81억톤 程度에 不過하여 事實上 每年 水資源의 平均 기준을 면치 못하고 있다. 이러한 一連의 水文現象이 복잡한 樣相을 띄고있는 現實與件에서 降雨와 流域의 여러 特性에따르는 洪水現象을 根本的으로 뒷받침할 수 있고 韓國流域의 獨特한 特性下에서 豫測과 推定의 基本이 될 수 있도록 單位流量圖를 分析研究하는 일은 時急하고 또한 必要한 일이다.

그러나 水文學自體가 단시간에 觀測한 資料로써는 信빙성있는 有用한 式등을 유도할 수 없기 때문에 그동안 多目的 水資源開發政策과 새마을 事業 등의 時代的 要求에 依하여 많은 일들을하여 왔지만

水理構造物의 設計와 施工에 앞서 基本計劃에 들어 가야할 水文設計에 있어서는 外國의 公式과 方法을 그대로 利用하는데 不過하였다. 特히 農業用水開發計劃의 貯水池設計에서는 梶山의 韓國河川의 最大洪水量公式이나 Francis公式을 金科玉條로 삼아왔으며 이 외에도 合理式(Rational method)에서 降雨強度(r_T) 계산은 時間降雨의 實測值 不足등을 理由로 하여 日本의 物部公式등을 그대로 사용하는 例라든가 美國의 流量圖法(Hydrograph method)에서 集水時間(T_c) 공식의 引用과 無次元單位圖(Dimensionless unitgraph)의 좌표 이용등 다소 韓國的인 與件과는 不合理한 境遇가 있음에도 그대로 使用하였고 實測值와의 比較分析등이 不可能한 狀態이었다. 한편 梶山의 受水量公式등은 現在 韓國의 水文전문가에 의해서 流出 계수등이 수정분석 되어가고 있음은 多幸한 일이라 하겠다.

事實上 洪水量推定과 流出量分析등이 降雨와 流出記錄의 時間的分布가 되어있지않은 狀態에서는 그 施行이 不可能하고 可能타 하더라도 도입된 응용방법의 活用에서 그치고 比較의 過程이 거의 없었다. 우리나라는 解放後 現在에 이르기까지 一般的인 기상現象을 위한 日降雨의 기록이나 日別水位記錄등은 地域에 따라서는 一部 되어있으나 時間降雨의 기록이나 水位 및 流量測定과 流出量記錄이 아주 不足하여 이 分野의 研究에 많은 고충을 받아왔다. 한편 水文과 關係있는 有數의 機關에서 用水計劃이나 施設物設計를 위하여 部分的이고 一定期間에 簡單한 施設을 하여 觀測하고 단편적인 分析으로 그친뒤 施設을 放置 또는 철거하는 事例가 많아 信빙성있는 長期的인 觀測이 거의 不可能하였다. 筆者는 이러한 現實에 直面하여 韓國的 與件에 맞고 또 信빙성 있게 流域의 特性을 代변하는 流量의 基本圖인 單位圖를 만들어 一定地域에서 어느곳에서나 강우나 流出의 기록이 없이도 쉽게 分析處理하고자 韓國의 水資源開發을 主體의이고 거국적으로 實施하고있는 產業基地開發公社 洛東江流域調查事務所에서 낙동강 流域綜合開發事業의 일환으로 約 10年間に 걸쳐 流域圈에 各種 水文觀測器具를 設置하여 觀測을 實施한바 있어 이를 觀測中에서 單位圖를 誘導할 수 있는 要素가 되는 時間別降雨量, 時間別水位 및 流出量과 水位-流量曲線圖 기타 有用한 資料가 約 5年間に 걸쳐 信빙성있게 調査된바 있음을 계기로 實測值에 依한 流量圖를 分析하고 또 流量圖와 密接한 函數關係가 있는 流域의 特性值 即 河川長, 重心長, 傾斜기타 地形 및 面積등을 精密히 分析하여 洛東江

流域圈 및 同性流域에서 充分히 利用할수 있는 合成單位圖를 誘導하였으며 이 外에도 流域特性을 加味하여 강우나 수위기록이 없어도 利用할수 있는 三角形單位圖와 瞬間單位圖등을 誘導하여 比較分析에 隨한바 그 結果가 자못 良好함을 볼 수 있었다. 以上 調査分析 및 研究考察된 結果를 報告하나이다.

II. 研究史

單位流量圖(Unit Hydrograph or Unitgraph)는 河川流量을 推定하는데 사용한다. 다시말하면 단위도는 單時間內에 集水區域上에 均等한 樣相으로 내린 單位有效降雨에 依하여 流域의 한點 流口에서의 流出量에 關한 流量圖(Hydrograph)를 말한다. ^{65,102,103}單位流量圖은 1932년에 최초로 L.K. Sherman ^{65,98,103}이 강우에서 流出을 求하는 方法으로 提唱하였으나 事實은 이보다 앞서 J.A. Folse (1922)⁶⁶가 강우와 流出과의 關係를 分析한바 있다. 그러나 正式으로 推定유량도로서 結論發表하지는 아니하였다. 한편 Sherman^{61,65,79}의 單位圖理論은 最初에는 大流域에서 有用한것으로 解析이 되었으나 E.F.Brater (1940)⁶⁸는 小流域에서도 誘導할수 있는 方法을 4에 카 ~10mile²의 試驗流域에서 分析하였다. 한편 單位圖法에 依한 方法을 發展시켜 全體 有效降雨에 대한 단위유효강우의 配分比를 利用하는 配分圖法(Distribution graph)을 M.Bernard(1935)⁶⁹가 考案했으며 이어 W.T.Collins(1939)^{77,100}가 分配法을 提唱하였는데 比較的 時間이 많이 可要되나 有用한 方法으로 採用되고 있다.

R.Morgan과 D.W. Hullinghorst(1939)^{61,51,65,105}는 計器 및 無計器流域을 對象으로하여 單位圖의 應用이나 降雨의 持續期間등을 變換하도록 응용하는데 利用할 수 있는 S-hydrograph를 考察하였다. 한편 本研究과 關聯이 큰 合成式에 대하여는 G.T. McCarthy(1938)^{65,77,79}가 單位圖의 最大流量, 遲滯時間 및 基底時間의 3個函數와 流域의 特性值로써 流域의 크기, 傾斜 및 流域의 主河川數와의 相關으로 合成式을 유도하였다. 그리고 同年 1938년에 F.F. Snyder^{61,65,77,79,99,100}가 Appalachian 山地流域에서 流域特性值로써 主河川延長, 河川重心長과 단위도의 特性值로써 지체시간, 지속시간, 最大比流量, 基底長등의 函數를 利用하여 流域의 지체시간을 求하는 公式을 誘導發表함으로써 合成單位圖의 선구자적인 位置에 群臨하게 되었다. 이 式에서 사용되는 계수로 1.8~2.2가 算出되었고, 그

뒤 A.B.Taylor, H.E. Schwarz(1952)^{65,79}는 다시 河川傾斜의 平方根을 加味해서 求하였으며 J.E. Nash (1960)⁶⁵는 地表面傾斜를 利用하여 지체시간을 求하였고, I-Pai Wu(1963)^{65,77,79}도 流域의 河川長과 傾斜를 利用하여 地체시간을 求하였다. 日本의 中安^{22,61}은 河川長을 15km를 境界로 區分하고 또 流路長과 流域幅을 利用하며 各各 地체시간을 算出하였다. 合成式에 의한 基底時間(T_b)을 Snyder는 遲滯時間에 對해서 誘導한데 對하여 日本의 畑武志(1970)⁴³는 강우량과 강우강도에 關聯된다고 發表했다.

한편 이 分野의 同研究者들로는 G. G. Common (1942), H.M.Williams(1945), Mitchell(1948)⁶²등이 있으며 美國 農務省 土壤保全處(1657)^{65,102,106}는 無次元單位圖 및 三角形單位圖 등을 提示하였다. D.M.Gray(1961, 1962)⁷³는 流域의 物理的性質을 利用하여 誘導하였고 特히 河川의 重心長은 河川長의 50%에 해당된다고 하였고 大體로 $L=1.40 A^{0.666}$ $L_{ca}=0.9 A^{0.66}$ 의 關係가 있다고 分析하였다. 白(1973)²³은 琴湖江에 對해서 $A=0.42L^{1.74}$ 로 分析하였다. Laden, Reilly, Minotte(1940)^{65,79}등은 Snyder 方法을 뒷받침하여 Upper Ohio river에서 115~1825 mile²의 流域에서 8시간 단위도를 誘導한바 있다. 時間一面積圖(Time-Area Diagram, T-AD)의 追跡에 基準을 둔 方法은 Snyder와 다른點으로 流域을 하나의 貯水池型으로하여 流入과 流出을 追跡하는 形式을 순간적으로 誘導해 내는데 그 特徵이 있다. 이는 Boston의 土木學會(1930)⁶⁹에서 流量圖가 순간적인 폭우에 依하여 形成된다는 Seminar 발표에서 그 始點이 되었는데 今後 C.O. Clark(1945)^{61,65,70,79,100}가 河川의 遠點에서부터 流出이 始作하여 出口에 이르기까지 순간적으로 流入과 流出의 형태가 이뤄진다고 봄으로써 誘導의 發端이 되었고 지체시간은 等時流達時間(Isocrone)의 面積과 關係가 있다고 하였다. 그후 Johnstone(1948)^{70,77,79}는 時間一面積圖를 區分하고 基底長C 값에 對하여 경험식을 얻었는데 이는 有效降雨의 重心에서부터 減水部の 凝縮點(Contraflexure)까지로 하였으며 E.M. Laursen(1952)⁷⁹은 各河川의 區間에 3/2 乘을 하여 流達時間을 求하였고 Eaton(1954)⁷⁰도 基底長C 값을 求하는 경험식에서 流域의 河川, 支流常數, 面積 등을 利用하여 誘導하였으며 이는 Horton의 流入曲線과 Clark의 時間一面積圖를 利用하여 考案한 것이다. O'Kelly(1955)^{65,79}는 英國의 流域에서 T-AD를 하나의 三角形等時流達時間으로하여 追跡

하는 것으로서 滿足한 結果를 얻었다. J. E. Nash (1957)^{41) 86) 87) 88) 89) 90) 91)}는 한 유역으로부터 流出은 流域의 貯水池와 河道의 貯溜作用을 받아 流域의 出口에서의 유출량으로 나타난다고 하였고, 하나의 線形貯水池의 模型을 만들었다. 그리고 V. Mockus (1957)^{85) 102) 103)}는 美國의 많은 流域으로부터 三角形單位圖를 이끌어 無次元合成單位圖를 만들어내어 尖頭流量을 流域特性으로 求하고 座標의 分布는 無次元單位圖에 依하여 配分하는 方法을 마련하였다. 一般적으로 單位流量圖를 發展시킨 過程을 보면 大概 3個部門으로 볼 수 있다.¹⁰⁾ 첫째, 實測值에 依한 一般적인 接近方法으로 Sherman(1932), Bernard(1935) McCarthy (1938), Collins(1939), Morgan and Hullinghorst(1939) 등의 方法을 代表的으로 들 수 있고 둘째, 時間-面積圖의 追跡에 依한 合成單位圖 方法으로는 Clark(1945), Johnstone(1948), Laurensen(1952), Eaton(1954), O'Kelly(1955), Nash (1957) 등을 들 수 있다. 셋째, 流域特性과 單位圖의 遲滯時間등을 函數로한 合成式單位圖의 誘導는 Snyder(1938), Laden, Reilly and Minotte(1940), Taylor and Schwarz(1952), Victor Mockus의 無次元單位圖(1957), USBR(1958), US. Corps of Engineers(1959) 그리고 Gray(1961) 등으로 크게 大別할 수 있다.

韓國은 아직 流域特性과 單位圖의 函數를 利用한 韓國의 流域에 맞는 合意單位圖가 誘導되지 아니하였다. 다만 美國 土壤保全處의 三角形單位圖와 無次元單位圖의 대표유도, 代表的 遲滯時間曲線(Typical lag curve)의 利用等 部分的인 利用과 極小한 資料의 活用뿐이며 流域을 對象으로한 독립된 채용방법이 이뤄지지 않고있는 狀態로써 오늘에 이르렀다.

Ⅲ. 使用資料 및 實測值分析

1. 使用資料

1) 流域 및 河川

本 研究에 使用한 9個流域은 모두 洛東江流域內에 存在하는 小流域들이다. 洛東江流域은 韓半島의 東南部에 位置하고 形狀은 거의 四邊形이다. 流域의 西쪽 分水嶺은 約 100km의 間隙으로 西海岸과 平行으로 달리고 있으며 東쪽 分水嶺은 不過 20~30 km의 間隙으로 東海岸과 平行線을 이루고 있으며 東經 127°30'~129°35'과 北緯 34°50'~37°26' 사이

에서 位置하고 流域의 東西幅은 100~130km, 南北의 길이는 200~240km이고 流域面積은 23,656km²이며 河川延長은 525.75km로써 國土面積의 約 24%에 해당하는 大流域으로써 行政上으로 보면 1개 直轄市와 5個道가 包容되는바 慶南北의 80%以上, 釜山直轄市의 1/3, 全南北 및 江原道의 一部分이 包容되고 있다.^{8) 9) 10)}

한편 河川의 傾斜는 比較的 완만한 편이며 地質構造는 화강편마암계층이 全流域의 40%가량, 堆積岩層이 45%가량 그리고 沖積地滯가 約 15%程度로 形成되고 있다.^{10) 42)} 氣溫은 全流域의 中心部인 大邱를 中心으로보면 年中 7~8月이 最高氣溫으로 13°~40°C의 分布를 보이며 1월에 年中 最低氣溫으로 -20°C를 나타낼때도 있다. 濕度는 年平均65%程度이며 雨期에는 75%, 乾期에는 59%程度를 示현하고 있다. 蒸發은 流域平均 1,491mm, 강수량은 流域平均 1,079mm로써 全國平均 1,159mm에 比하던 多少 下廻하는 地域에 속한다. 한편 계절강수량도 全國平均과 비슷하여 雨期인 6,7,8,9월에 年間 平均降水量의 60~70%가 되며 本流域의 最下 出口인 津洞地點을 기준한 年間 平均流出量은 54.5%

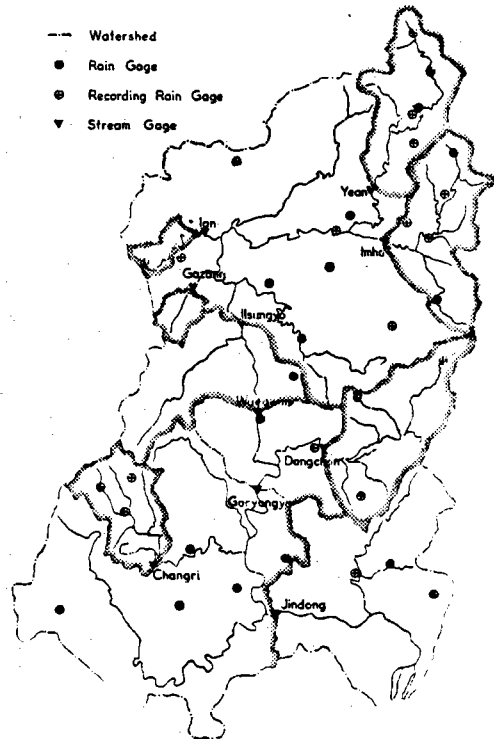


Fig. 1. Rainfall and River Observing Networks Nakdong River Basin

(1958~1968)로써 全國 平均과 大同小異한 값을 나타내고 있다. " " (Fig. 1 참조)

한편 分析에 있어서는 洛東江 全流域을 하나의 分析對象으로 하되, 本流域內의 많은 小流域中에서 流量圖를 分析 評價할 수 있는 即 水位對流量과 降雨量資料가 함께 갖춰진 小流域을 선별해서 分析에 臨

하였다. " " 本研究의 分析流域對象地域은 9個流域으로 그 가운데 3個所는 낙동강本流의 東쪽에 位置하고, 3個所는 西쪽에 그리고 比較的 큰 유역 3個所는 洛東江本流의 中心部에 位置하는 특징을 가지고 있다(Table 1).

Table 1. 流域 및 河川 現況

| No. | 流域名 | 流域面積 km ² | 形狀 | 平均幅 km | 河川延長 km | 形狀係數 | 標高 EL | 主河川傾斜 m/km | 河川名 | 위치상태 |
|-----|-----|-------------------------|-----|-----------|------------|------|-----------|---------------|-------|------|
| 1 | 예안 | 1329.2 | 樹枝形 | 10.0 | 132.5 | 0.08 | 110~1442 | 4.1 | 낙동강본류 | 東쪽 |
| 2 | 임하 | 1360.5 | 扇形 | 14.0 | 97.2 | 0.14 | 110~900 | 2.4 | 반변천 | " |
| 3 | 이안 | 189.9 | 수지형 | 4.2 | 45.3 | 0.09 | 60~480 | 4.4 | 이안천 | 西쪽 |
| 4 | 가장 | 149.4 | 扇形 | 7.1 | 21.1 | 0.34 | 50~680 | 5.5 | 남천 | " |
| 5 | 창리 | 924.6 | 放射形 | 13.8 | 66.9 | 0.21 | 100~1500 | 4.7 | 황강 | " |
| 6 | 동촌 | 1543.9 | 放射形 | 16.7 | 92.5 | 0.18 | 268~560 | 1.7 | 금호강 | 東쪽 |
| 7 | 일선교 | 9501.7 | 平行形 | 28.8 | 329.2 | 0.09 | 30~1442 | 0.8 | 낙동강본류 | 中部 |
| 8 | 왜관 | 11074.4 | 수지형 | 30.4 | 363.9 | 0.08 | 19.0~1442 | 0.9 | " | " |
| 9 | 진동 | 20311.3 | " | 42.6 | 476.9 | 0.09 | 2.1~1442 | 0.7 | " | " |

2) 降雨量

分析對象流域 9個所의 流量圖分析에 使用한 流域內의 강우량資料는 1969~1973(5년간)의 것으로서 産業基地開發公社 洛東江流域調查事務所分 15個所

와 建設部 嶺南局 所管 25個所, 大邱測候所分 1個所 등 도합 41個所分을 使用하였다. " " (Table. 2 참조)

Table 2. 유역 관측소 일람표(우량)

(1969~1973)

| No. | 관측소명 | 위 | 치 | 기종 | 관장부서 | 표고 | 비고 |
|-----|------|---------|--------------|----|----------|-----|---------|
| 1 | 황지 | 강원도 삼척군 | 황지국민학교 | 자기 | 낙동강유역사무소 | 640 | 예안 유역 |
| 2 | 재산 | 봉화군 | 재산면 사무소 | " | " | 370 | " |
| 3 | 안동 | 안동군 | 토목관구 사무소 | " | " | 100 | " |
| 4 | 진보 | 청송군 | 진보면 사무소 | " | " | 160 | 임하 유역 |
| 5 | 임동 | " | 임동면 " | " | " | 130 | " |
| 6 | 영양 | 영양군 | 영양군 교육청 | " | " | 230 | " |
| 7 | 이안 | 상주군 | 이안면 중촌리 | " | " | 80 | 이안및가장유역 |
| 8 | 화서 | " | 화서면 송계국민학교 | " | " | 230 | " |
| 9 | 외서 | " | 외서면 지서 | " | " | 140 | " |
| 10 | 갈계 | 경남 거창군 | 복상면 사무소 | " | " | 320 | 창리 유역 |
| 11 | 응양 | " | 응양면 " | " | " | 300 | " |
| 12 | 거창 | 거창군 | 농업고등학교 | " | " | 220 | " |
| 13 | 죽장 | 영일군 | 죽장면 사무소 | " | " | 210 | 동촌 유역 |
| 14 | 신령 | 영천군 | 신령면 사무소 | " | " | 140 | " |
| 15 | 자인 | 경산군 | 자인면 자인중학교 | " | " | 80 | " |
| 16 | 마천 | 경남 함양군 | 마천면 가흥리 | 간이 | 영남국토건설국 | 300 | |
| 17 | 석등 | 안동군 | 월곡면 석등1동 | " | " | | |
| 18 | 신반 | 경남 의령군 | 부림면 사무소 | " | " | 100 | |
| 19 | 군위 | 군위군 | 군위면 서부동 군위군청 | " | " | 100 | |
| 20 | 안동 | 안동읍 | 토목관구 사무소 | " | " | 92 | |
| 21 | 재산 | 봉화군 | 재산면 현등리 | " | " | 200 | |

| | | | | | |
|----|-----|------------------|----|------------|-----|
| 22 | 왜관읍 | 왜관읍 칠곡군청 | " | " | 30 |
| 23 | 창령읍 | 경남 창령읍 교동 | " | " | 98 |
| 24 | 일직면 | 안동군 일직면 운산리 | " | " | |
| 25 | 장천면 | 선산군 장천면 상장동 | " | " | 100 |
| 26 | 나동면 | 봉화군 소천면 현동리 | " | " | 500 |
| 27 | 길안면 | 안동군 길안면 천지동 면사무소 | " | " | 140 |
| 28 | 수비면 | 영양군 수비면 발리동 면사무소 | " | " | |
| 29 | 부남면 | 청송군 부남면 대전동 | " | " | 260 |
| 30 | 동로면 | 문경군 동로면 적성리 면사무소 | " | " | 340 |
| 31 | 신령면 | 영천군 신령면 화성동 면사무소 | " | " | 140 |
| 32 | 석포면 | 봉화군 소천면 석포국민학교 | " | " | |
| 33 | 삼가면 | 경남 합천군 삼가면 사무소 | 자기 | " | 70 |
| 34 | 외서면 | 상주군 외서면 주곡리 | 간이 | " | 200 |
| 35 | 안계면 | 의성군 안계면 용암리 면사무소 | " | " | 60 |
| 36 | 상북면 | 경남 양산군 상북면 석계리 | " | " | 300 |
| 37 | 합천읍 | 합천군 합천읍 합천동 | " | " | 40 |
| 38 | 산내면 | 밀양군 산내면 송백리 | " | " | 200 |
| 39 | 현서면 | 청송군 현서면 구산리 | 자기 | " | 337 |
| 40 | 밀양읍 | 경남 밀양읍 내일동 | " | " | 18 |
| 41 | 대구 | 경북 대구시 북구 신암동 | " | 중앙관상대대구측우소 | |

3) 水位-流量曲線 및 流量圖

洛東江의 水位記錄은 本流에 對해서는 그 觀測이 오래前부터 實施되었으나 洪水量推定, 堤의 設置, 水資源開發, 기타 用水의 利用等 本格的인 水文解析에 必要한 水文觀測 即 雨量, 水位 및 流量測定을 同時에 實施하기는 大略 1969年代 부터 이어서 本研究를 1969~1973년까지 5個年을 分析期間으로 設定하여 이 期間에 걸쳐 測定된 洪水量圖 100個를 第

一次로 選擇했으나 降雨와의 時間的 分析, 水位對 同時降雨의 有無, 洪水量圖自體의 결합등 流量圖分析으로써의 不適當한 것들을 삭제하고 가장 合理的인 分析上 妥當性이 있는 것으로 40個를 選擇하여 分析하였고 이에 앞서 9個所에 對한 水位-流量曲線도 5년간의 實測值를 종합하여 분석사용하였다. (Table 3. 부도 1 참조)

Table 3. 분석유역 水位 및 流量 觀測所一覽表

(관측기간: 1969~1973)

| No. | 유역명 | 수위 및 유량측정 위치 | 包容流域 | 器種 | 관장부서 | 비고 |
|-----|-----|----------------|------------------------|----|----------|----|
| 1 | 예안 | 경북 안동군 예안면 부포동 | 1329.2 km ² | 자기 | 낙동강유역사무소 | |
| 2 | 임하 | 안동군 임하면 망천동 | 1360.5 | " | " | |
| 3 | 이안 | 상주군 이안면 중촌(교상) | 189.9 | " | " | |
| 4 | 가장 | 상주읍 양촌 1구 (교상) | 149.4 | " | " | |
| 5 | 창리 | 경남 합천군 대병면 창리 | 924.6 | " | " | |
| 6 | 등촌 | 대구시 효목동 아양교상 | 1543.9 | " | " | |
| 7 | 일선교 | 선산군 도개면 신림동교상 | 9501.7 | " | " | |
| 8 | 왜관 | 칠곡군 왜관읍 석진동교상 | 11074.4 | " | " | |
| 9 | 진동 | 경남 함안군 칠서면 용서리 | 20311.3 | " | " | |

4) 流域降雨 및 流間降雨分布

流出을 誘發시키는 降雨量은 出口를 基點으로 包容된 流域內의 觀測所記錄이 가장 正確한 流量圖分析에 利用할 수 있기 때문에^{60) 61) 63)} 本分析에서는 9個의 分析流域가운데 自己流域內에 分析用觀測所가 設置되어있는 예안, 임하, 이안, 창리, 등촌 유

역에 대해서는 最大限 自己流域內의 降雨量記錄으로써 같은 分水嶺內에 存在함을 原則으로 珉선법 (Thiessen method)을 사용하였으며 가장유역은 인접된 이안유역의 강우량을 도입하여 사용하였고^{60) 61) 63)} 나머지 3個所 即 일선교, 왜관 및 진동유역의 강우량산정은 全流域에 散在된 강우량가운데 가장

기록이 신빙성 있고 時間의 分布가 잘 돼있는 것을 택 정 채용하였다. "1" "1" "1" 한편 이들 流出을 誘發시 하여 算術平均算定法에 의하여 流域降雨量으로 선 킨 各各의 豪雨들이 가치는 時間的 分布(Temporal

Table 4. Basic data available and Characteristics of Average Unitgraph

| Sub Watershed | Sub No. | Date | Area (km ²) | Hydrograph Q _p (m ³ /s) | Observed unitgraph | | | | | Remarks |
|---------------|---------|---------------|-------------------------|---|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---|
| | | | | | Q _p (m ³ /s) | T _p (hrs) | T _r (hrs) | T _b (hrs) | L _g (hrs) | |
| yeon | ① | 1969.7.17~18 | 1329.2 | 242.0 | 266.3 | 9 | 26 | 35 | 7.9 | omitted from the mean tr=3hrs |
| | ② | 1969.7.30~8.1 | | 462.0 | 291.5 | 12 | 18 | 30 | 10.9 | |
| | ③ | 1970.9.9~11 | | 488.0 | 228.1 | 9 | 22 | 31 | 6.7 | |
| | ④ | 1971.7.26~27 | | 408.0 | 282.0 | 10 | 20 | 30 | 6.5 | |
| | ⑤ | 1971.8.6~7 | | 492.0 | 336.3 | 10 | 20 | 30 | 6.6 | |
| | ⑥ | 1970.7.4~6 | | 820.0 | 158.2 | 16 | 35 | 51 | 8.6 | |
| | Mean | | | | | 281.0 | 10 | 21.2 | 31.2 | |
| Imha | ① | 1969.7.30~8.1 | 1360.5 | 1210.0 | 316.7 | 8 | 20 | 28 | 6.8 | omitted from the mean tr=3hrs |
| | ② | 1970.9.9~11 | | 1230.0 | 243.6 | 9 | 24 | 33 | 5.7 | |
| | ③ | 1972.4.19~21 | | 630.0 | 302.5 | 9 | 24 | 33 | 7.0 | |
| | ④ | 1972.8.19~20 | | 2466.0 | 312.2 | 10 | 23 | 33 | 7.4 | |
| | ⑤ | 1970.7.4~6 | | 2410.0 | 251.7 | 13 | 27 | 40 | 8.5 | |
| | Mean | | | | | 293.8 | 9 | 22.8 | 31.8 | |
| lan | ① | 1969.7.16~17 | 189.9 | 78.0 | 40.9 | 9 | 22 | 31 | 6.9 | tr=2hrs |
| | ② | 1969.7.30~8.1 | | 222.0 | 61.5 | 7 | 21 | 28 | 5.6 | |
| | ③ | 1969.9.24~25 | | 128.0 | 34.7 | 10 | 24 | 34 | 6.4 | |
| | ④ | 1970.9.9~11 | | 164.0 | 37.7 | 9 | 25 | 34 | 6.5 | |
| | ⑤ | 1971.6.27~29 | | 140.0 | 49.2 | 8 | 20 | 28 | 4.1 | |
| | ⑥ | 1971.8.30~7.1 | | 344.0 | 47.4 | 10 | 26 | 36 | 4.1 | |
| Mean | | | | 45.2 | 8.8 | 23.0 | 31.8 | 5.6 | | |
| Gazang | ① | 1969.7.30~31 | 149.4 | 92.0 | 48.4 | 7 | 18 | 25 | 6.3 | omitted from the mean Q _p tr=2hrs |
| | ② | 1970.5.10~12 | | 23.2 | 23.7 | 7 | 29 | 36 | 6.2 | |
| | ③ | 1971.8.5~7 | | 20.7 | 14.1 | 8 | 26 | 34 | 5.4 | |
| | Mean | | | | | 40.1 | 7.3 | 23 | 31.7 | |
| Changri | ① | 1969.7.8~9 | 924.6 | 599.0 | 206.3 | 10 | 19 | 29 | 6.1 | tr=2hrs |
| | ② | 1969.7.19~21 | | 530.0 | 203.3 | 10 | 20 | 30 | 6.6 | |
| | ③ | 1969.7.30~8.1 | | 1700.0 | 296.6 | 9 | 20 | 29 | 4.3 | |
| | ④ | 1970.6.29~30 | | 315.0 | 220.7 | 8 | 21 | 29 | 6.9 | |
| | ⑤ | 1970.7.4~5 | | 1400.0 | 207.2 | 7 | 20 | 27 | 3.4 | |
| | ⑥ | 1971.8.10~11 | | 1150.0 | 295.3 | 7 | 18 | 25 | 5.8 | |
| | ⑦ | 1973.4.24~25 | | 424.0 | 206.9 | 9 | 19 | 28 | 7.6 | |
| Mean | | | | 226.0 | 8.6 | 19.6 | 28.1 | 5.8 | | |
| Dongchon | ① | 1969.7.31~8.1 | 1543.9 | 810.0 | 389.6 | 10 | 23 | 33 | 9.4 | tr=3hrs |
| | ② | 1970.9.10~11 | | 841.0 | 306.6 | 13 | 26 | 39 | 9.7 | |
| | ③ | 1972.8.19~21 | | 1395.0 | 366.8 | 11 | 22 | 33 | 8.1 | |
| | ④ | 1972.9.14~15 | | 740.0 | 304.6 | 12 | 23 | 35 | 9.2 | |
| | ⑤ | 1973.8.3~4 | | 680.0 | 375.0 | 10 | 23 | 33 | 7.6 | |
| | ⑥ | 1973.9.9~11 | | 315.0 | 288.8 | 11 | 25 | 36 | 10.0 | |
| Mean | | | | 338.6 | 11.2 | 23.7 | 34.8 | 9.0 | | |
| Ilungyo | ① | 1969.7.31~8.2 | 9501.7 | 2756.0 | 1137.5 | 22 | 33 | 55.0 | 20.8 | tr=6hrs |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|------------------|---------|--------|-------|----|------|-------|------|----------|
| Weagwan | ① | 1970. 8. 6~10 | 11074.4 | 4184.0 | 754.0 | 36 | 55 | 91 | 32.7 | tr=12hrs |
| | ② | 1970. 9. 9~13 | | 3924.0 | 785.8 | 38 | 52 | 90 | 33.2 | |
| | ③ | 1972. 8. 19~23 | | 6300.0 | 851.8 | 34 | 49 | 83 | 32.4 | |
| | Mean | | | | 797.2 | 36 | 52.0 | 87 | 32.8 | |
| Jindong | ① | 1969. 9. 14~21 | 20311.3 | 5665.0 | 604.2 | 60 | 94 | 154 | 50.2 | tr=16hrs |
| | ② | 1972. 3. 30~4. 3 | | 4036.0 | 943.6 | 46 | 63 | 109 | 48.6 | |
| | ③ | 1972. 8. 19~24 | | 6465.0 | 951.1 | 50 | 76 | 125 | 46.0 | |
| | Mean | | | | 825.0 | 52 | 77.6 | 129.7 | 48.3 | |

pattern)를 分析하기 위하여 9개유역에 내린 모든 降雨를 강우총시간에 대한 단일시간의 比와 강우총량에 대한 단위 시간강우의 比로써 直角좌표상에 點化한 結果 附圖 2와 같이 강우의 強度分布가 시간에 따라 均一한 樣相을 示현하고 있음을 認볼 수 있다. (附圖 2, 참조)

2. 實測值分析

1) 流量圖의 選定

1969~1973년의 5년에 대한 본지구 9個 流域에서 測定한 流量圖는 相當數에 達하나 流域의 流出量現象을 代表시킬 수 있는 流量圖의 基本圖인 단위유량도의 분석유도에 사용하고자 함에 있어서는 많은 制限條件이 있다. 강우기록의 有無, 流量圖의 形狀 강우량分布와의 關係, 강우와 유출의 시간關係, 강우량과 流出容積과의 關係등을 모두 감안하여 分析하였고 그 채택유량도의 발생시기와 분석한 實測단위도의 結果值를 同一表上에 정리한바 Table 4와 같다. (Table 4, 부표 1-1, 1-2 참조)

2) 基底流出(Base flow) 및 減水定數(Recession ratio)

豪雨에 依해서 발생된 流量圖에서 基底流出을 分離하기란 쉽지않은 일이다. 한편 本 研究는 많은 使用方法中에서 勾配急變點法을 利用하여 有效降雨에 依한 直接流出과 基底流出을 分離시켰다.

한편 減水定數는 $q_t = q_0 k^t$, $k = \sqrt[n]{\frac{q_t}{q_0}}$ 에 의하여 해석하였다. 본지구의 경우 9개지역 40개 유량도에서 0.927~0.981의 범위로서 평균 감수정수(k)는 0.947이었다 (Fig. 2) 참조)

3) 有效流出(Direct runoff) 및 損失量(Loss rate)

有效流出은 $Q_e = \Sigma R_e \cdot \frac{1}{10^8} \cdot A \times 10^6$ 와 有效雨量 $\Sigma R_e = \frac{\Sigma Q_e}{10^6 A}$ 로 나타낼 수 있으며 損失量계산에는 一定比損失法, 一定損失法, 浸透能法, 損失雨量曲線法 등이 있으나 大槪의 값들이 大同小異한 結果를 가져오며 地表의 濕潤狀態與何에 크게 영향을 받고 있다. 本 研究에서는 一定比損失法 ($R_e = f_R, \phi$ -Index 유사법)에 依據 連續損失量을 계산하고 初期損失은 流量圖의 上昇始點 以前の 것

Table 5. Selected Rainfall Event at Imha.

| Hour | July 30 to 31, 1969 | |
|-------|---------------------|----------------|
| | Hourly(mm) | Cumulative(mm) |
| 0 - 1 | 0.6 | 0.6 |
| 2 | 12.6 | 13.2 |
| 3 | 27.4 | 40.6 |
| 4 | 4.6 | 45.2 |
| 5 | 8.5 | 53.7 |
| 6 | 19.4 | 73.1 |
| 7 | 26.3 | 99.4 |
| 8 | 9.9 | 109.3 |
| 9 | 4.7 | 114.0 |
| 10 | 4.4 | 118.4 |
| 11 | 4.5 | 122.9 |
| 12 | 0.4 | 123.3 |
| Sum | 123.3 | |

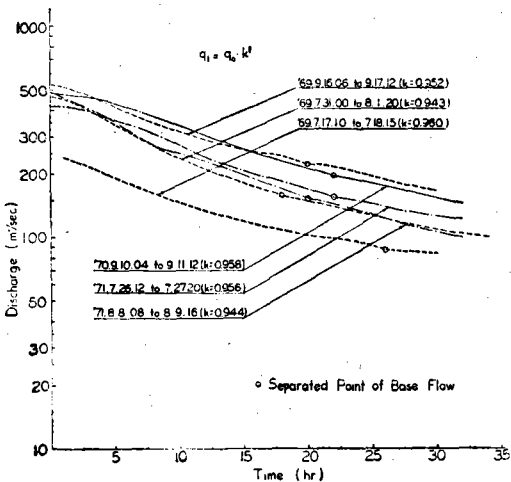


Fig. 2. Semilogarithmic Plotting of Recession Analysis at Year

으로分離하여 有効降雨에 의한 有効流出을 算定하였다. ^{25.05.08.07.03.77.102)}

4) 遲滯時間(Lag time)

지체시간(Lg)은 流量圖의 有効降雨의 重心(Center mass of effective rainfall)으로부터 流量圖의 尖頭까지의 時間으로 決定하였다. ^{65.77.105.108)}(Table 4 참조) 실측단위도를 分析誘導하기 위하여 사용한 時間降雨量, 누가우량, 流出量, 강우량 분포도 및 유량도의 標本例(입하)는 Table 5, 6과 Fig 3 및 附圖 1과 같다.

Table 6. Selected Runoff Event at Imha

| Date | Hour | Total flow (m ³ /sec) | Base flow (m ³ /sec) | Direct Runoff (m ³ /sec) | Unitgraph Ordinate (m ³ /sec) | Hours after Start |
|-------------|------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------|
| July 1969 | 21 | 6 | 6 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| | 22 | 40 | 10 | 30 | 8.1 | 1 |
| | 23 | 100 | 12 | 88 | 23.8 | 2 |
| | 24 | 225 | 15 | 210 | 56.8 | 3 |
| | 1 | 580 | 20 | 560 | 151.6 | 4 |
| | 2 | 920 | 25 | 895 | 242.3 | 5 |
| | 3 | 1130 | 30 | 1100 | 297.8 | 6 |
| | 4 | 1200 | 35 | 1165 | 315.4 | 7 |
| | 5 | 1210 | 40 | 1170 | 316.7 | 8 |
| | 6 | 1190 | 50 | 1140 | 308.6 | 9 |
| | 7 | 1130 | 56 | 1074 | 290.7 | 10 |
| | 8 | 1030 | 62 | 968 | 262.0 | 11 |
| | 9 | 942 | 70 | 872 | 236.0 | 12 |
| | 10 | 862 | 80 | 782 | 211.7 | 13 |
| | 11 | 782 | 90 | 692 | 187.3 | 14 |
| | 12 | 702 | 100 | 602 | 162.9 | 15 |
| 13 | 623 | 110 | 513 | 138.8 | 16 | |
| 14 | 560 | 120 | 440 | 119.1 | 17 | |
| 15 | 500 | 127 | 373 | 100.9 | 18 | |
| 16 | 437 | 135 | 302 | 81.7 | 19 | |
| 17 | 395 | 144 | 251 | 67.9 | 20 | |
| 18 | 355 | 152 | 203 | 54.9 | 21 | |
| 19 | 325 | 160 | 165 | 44.6 | 22 | |
| 20 | 300 | 170 | 130 | 35.2 | 23 | |
| 21 | 275 | 175 | 100 | 27.1 | 24 | |
| 22 | 250 | 180 | 70 | 18.9 | 25 | |
| 23 | 232 | 187 | 47 | 12.7 | 26 | |
| 24 | 212 | 190 | 22 | 5.9 | 27 | |
| Aug. 1 1969 | 1 | 200 | 200 | 0.0 | 0.0 | 28 |

5) 平均單位圖 및 無次元單位圖

以上の 分析을 通하여 얻는 實測單位圖로부터 各流域의 個別單位圖의 尖頭流量과 尖頭時間을 各各

統一平均해서 單位圖의 尖頭流量과 尖頭時間을 定하였고 流域全體에 對해서 單位圖의 形態를 쉽게 定할 수 있는 좌표를 설정하기 위하여 분석된 전 단 위도에서 각각의 좌표를 尖頭流量과 尖頭時間에 對해서 그 比를 만들어 無次元單位圖의 좌표인 Q/Q_p, T/T_p를 만들었다. ^{75.76.84.92)}(Table 7, Fig 4 참조)

Table 7. Dimensionless Unitgraph Ordinates of Nakdong River basin

| $\frac{T}{T_p}$ | $\frac{Q}{Q_p}$ | $\frac{T}{T_p}$ | $\frac{Q}{Q_p}$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.0 | 0 | 2.1 | 0.260 |
| 0.1 | 0.022 | 2.2 | 0.219 |
| 0.2 | 0.063 | 2.3 | 0.181 |
| 0.3 | 0.123 | 2.4 | 0.149 |
| 0.4 | 0.216 | 2.5 | 0.122 |
| 0.5 | 0.358 | 2.6 | 0.099 |
| 0.6 | 0.535 | 2.7 | 0.080 |
| 0.7 | 0.731 | 2.8 | 0.064 |
| 0.8 | 0.884 | 2.9 | 0.048 |
| 0.9 | 0.973 | 3.0 | 0.035 |
| 1.0 | 1.000 | 3.1 | 0.026 |
| 1.1 | 0.968 | 3.2 | 0.019 |
| 1.2 | 0.895 | 3.3 | 0.014 |
| 1.3 | 0.805 | 3.4 | 0.009 |
| 1.4 | 0.715 | 3.5 | 0.006 |
| 1.5 | 0.630 | 3.6 | 0.003 |
| 1.6 | 0.555 | 3.7 | 0.001 |
| 1.7 | 0.485 | 3.8 | 0.001 |
| 1.8 | 0.421 | 3.9 | 0.000 |
| 1.9 | 0.363 | 4.0 | |
| 2.0 | 0.308 | | |

以上の 分析에서 볼때 流量圖의 形成은 亦是 兩期인 6,7,8,9月의 期間에 發生한 것이 大部分(40개중 36個)으로 이는 單位圖의 利用이 洪水量推定 및 水文設計에서 많이 使用됨을 감안할때 좋은 結果라고 볼 수 있다. 基底流出은 大體로 上昇部에 比해서 減水部에서 높은 點을 示顯하고 있음이 普通이며 이는 分析流域이 極히 적은 流域이 아니고 韓國의인 流域規模로 볼때 比較的 中型의 것들로서 150km²(15,000ha) 以上이며 강우후에 流域의 地表 또는 地下에 강우가 浸透되어 有効降雨에 依한 流出이 流下한 뒤에 發生하는 것으로 미루어보아 많은 量의 基底流出發生이 오래 계속된다고 볼 수 있다. 한편 損失雨量은 大體의 境遇有効流出과 對比해서 約 50% 綫을 기준으로 上廻 또는 下廻하는 分布임을 엿볼 수 있다. 遲滯時間은 1,000km²內외의 比較的 적은

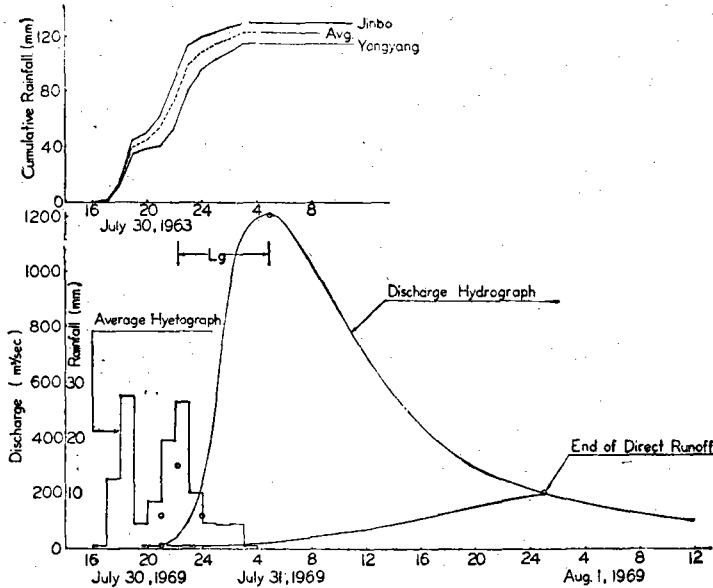


Fig. 3. Hydrograph, Avg. Hyetograph, Mass Curve of Rainfall, July 30 to Aug. 1 1969 at Imha

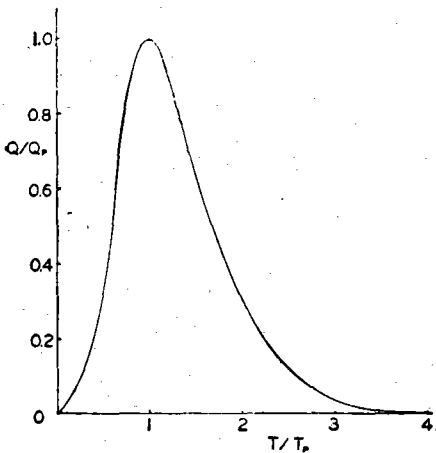


Fig. 4. Dimensionless Unit Hydrograph for Nakdong River Basin.

流域에서는 大略 6~10시간 程度로 分布되었으며 流域이 畵에 따라 漸增하고 같은 流域이라도 河川延長이 長므로써 遲滯시간이 커지는 傾向을 볼수 있다. 일선교, 왜관, 진동등 (9,000~20,000km²) 큰 유역에서는 각기 평균 遲滯시간이 20시간~50시간을 나타냄을 볼수 있었다.

美國의 Corps of Engineers에서는 Saluda river의 유역 2,100km²에서 34시간의 遲滯시간이 계산된 것으로 보아¹⁰⁵⁾ 낙동강유역보다는 다소 긴 傾向을 볼수 있다. 분석의 結果에 依하면 遲滯시간이 長면 그

만큼 洪水의 尖頭到達이 늦어짐으로 全體洪水量容積에 比해서 尖頭部分이 낮은 結果를 시현하게 된다.^{80,102)} 한편 尖頭流量만 계산되면 쉽게 分布형태를 그릴 수 있는 無次元單位圖의 資料를 Q/Q_p , T/T_p 의 比로 만들어 단위도 이용에 便利하게 하였다. 實測된 單位圖를 볼때 $T_b = \frac{1}{3}T_b$ 가 됨을 볼수 있어 流量圖의 모양이 이상형을 이루고 있음도 볼수 있고 美國 土壤保全處의 $T_b = 2.67T^{1.027,104)}$ 와는 近似한 結果를 시현하고 있음이 分析되었다.^{81,12,18)}

IV. 合成單位圖의 分析 및 考察

1. 流域特性에 依한 單位圖

1) 分析方法

(1) 流域河川의 平均傾斜

流域의 主河川 平均傾斜는 洪水時 흐름의 傳播에 크게 영향을 준다.^{11,117)} 傾斜가 急하면 洪水波는 빨리 지고 늦으면 洪水波는 늦어져 結局에 傾斜의 緩急이 洪水 尖頭에도 영향을 준다고 보겠으며 流域의 特性은 결국 이 河川의 傾斜가 河川長이나 流域의 重心까지의 距離등과 함께 重要한 位置를 나타내고 있다.^{78,77)}

流域의 出口에서부터 分水嶺에 이르는 傾斜의 平均的인 값을 代變하는 것으로써 다음式을 使用하였다.^{24,78,79,100,106)}

$$S = \left[\frac{\sum li}{\sum \left(\frac{li}{\sqrt{S}} \right)} \right]^2$$

한편 li 를 細分함으로써 보다 正確한 平均傾斜를 求할 수 있다. 本分析에서는 各區分流域에서 大體로 10~15個의 하천구간(Reach)을 定하여 平均傾斜를 算定하였고 예안지구의 平均傾斜標本圖는 Fig 5와 같다. (Fig 5 참조)

(2) 流域特性值(河川長, 河川重心長)

유역 特性을 代表하는 값中 제일 중요한 것이 河川의 延長이다. 降水에 依하여 이뤄진 流出量이 河道에 따라 흐를 수 있게 하는 이 河川長은 流域面積이 큰데 比하여 河川長은 짧은 境遇가 있고 反對로 流域面積은 적은데 河川 延長은 긴 것이 있기에 문에 面積과는 絶對的인 關聯을 갖고 있지는 않다. 한편 河川長과 함께 重要한 流域常數로 河川流域의 重心點에서 主河川에 直角으로 交換되는 地點

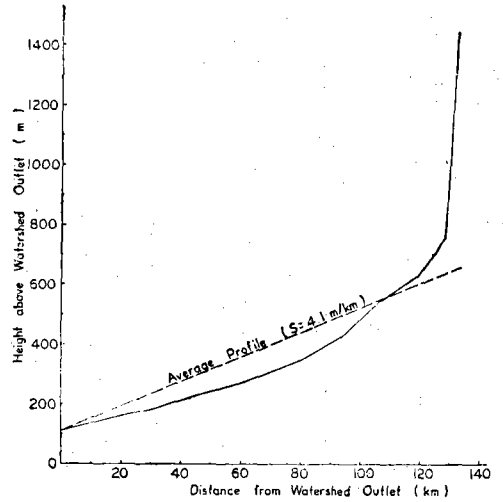


Fig. 5. Determination of Average Slope of Stream at Year

알 림

當學會 會員으로서 多年間 教育界에 從事하여 오던중 今年에 名譽로운 博士學位를 받은 이 會員에게 全會員과 더불어 祝賀하는 바입니다. 앞으로 農工分野에 보다 깊은 研究가 있으시기를 바랍니다.

所 屬; 慶北大學校 農科大學 農工學科

姓 名; 徐 承 德

授與年月日; 1975. 2. 26

最終出身學校; 서울大學校 大學院 修了

學位授與處; 서울大學校

生 年 月 日; 1937. 3. 12

學 位 論 文; 流域特性에 依한 合成 單位 圖

의 誘導에 關한 研究

