

〈論文〉

單位流量圖法에 의한 小流域의 計劃洪水量 決定

A Determination of Design Flood for a Small Basin
by Unit Hydrograph Method

尹	龍	男*
Yoon,	Yong	Nam
沈	淳	輔**
Shim,	Soon	Bo

Abstract

The 30-year design flood hydrograph for the Musim Representative Basin, one of the study basins of the International Hydrological Program, is synthesized by the method of unit hydrograph. The theory of unit hydrograph has been well known for a long time. However, the synthesis of flood hydrograph by this method for a basin with insufficient hydrologic data is not an easy task and hence, assumptions and engineering judgement must be exercised. In this paper, the problems often encountered in applying the unit hydrograph method are exposed and solved in detail based on the theory and rational judgement.

The probability rainfall for Cheonju Station is transposed to the Musim Basin since it has not been analyzed due to short period of rainfall record. The duration of design rainfall was estimated based on the time of concentration for the watershed. The effective rainfall was determined from the design rainfall using the SCS method which is commonly used for a small basin. The spatial distribution of significant storms was expressed as a dimensionless rainfall mass curve and hence, it was possible to determine the hyetograph of effective design storm. To synthesize the direct runoff hydrograph the 15-min. unit hydrograph was derived by the S-Curve method from the 1-hr unit hydrograph which was obtained from the observed rainfall and runoff data, and then it was applied to the design hyetograph. The existing maximum groundwater depletion curve was derived by the base flow separation. Hence, the design flood hydrograph was obtained by superimposing the groundwater depletion curve to the computed direct runoff hydrograph resulting from the design storm.

1. 序 論

小流域에 計劃되는 小規模 水工構造物의 計劃洪水量은 몇가지 相異한 方法에 의해 決定될 수 있다.

本 研究에서는 國際水文開發計劃(International Hydrological Decade, IHP)의 일환으로 進行되고 있는 錦江水系內의 無心川 代表流域(Musim Representative Basin)의 實測資料를 사용하여 單位流量圖法에 의해 計劃洪水量을 결정 해 보았다. 일반적으로 한 流域의

單位圖를 유도하고 確率降雨量에 이를 적용하여 計劃洪水量을 결정하는 節次는 잘 알려져 있으나 실제로 資料處理를 함에 있어서는 各 段階에서 當면하게 되는 여러가지 問題點들이 많다. 即, 制限된 水文資料와 其他情報를 가지고 工學的 判斷에 의해 各 段階를 해결 해 나가야 하며 本 研究에서는 水文記錄이 비교적 미흡한 無心川 代表流域에 대해 既存 理論에 의거 計劃洪水量을 결정하는 過程을 詳述하고 있다.

특히 水文統計學的으로 결정된 한 流域의 確率降雨量으로 부터 有効雨量을 산정하는 方法이라든지, 算定된 有効雨量의 時間的 分布가 直接流出量의 時間的 分

* 本會理事·陸士副教授·工博

** 正會員·忠北大學專任講師·技術士

布에 미치는 영향, 미흡한 資料로 부터 한 流域의 地下水減水特性曲線을 얻는 方法 및 直接流出水文曲線에 地下水 減水曲線을 追加하여 總流出水文曲線을 作成함으로써 特定 再現期間의 計劃洪水量을 결정하는 實質的인 問題를 本研究에서는 主題로 삼고 있다.

2. 計劃洪水量의 決定方法

小流計의 計劃洪水量 決定方法은 대체로 다음과 같은 네가지로 分類할 수 있다.

經驗的 方法(Empirical method)은 한 流域의 尖頭洪水量을 流域의 面積이라든지 傾斜, 流路延長等の 地相學的 因子와 降雨特性 因子等間의 函數關係로 표시하는 公式이나 曲線, 表等를 사용하는 方法으로 Meyer 公式³⁾이라든지 Talbot公式¹³⁾, 合理式¹⁰⁾ 등이 이에 속하는데 이 方法은 복잡한 水文循環過程中的 降雨一流出關係를 지나치게 단순화 하는 弱點이 있으며 아주 작은 流域이 아닌 경우에는 適用을 삼가 해야 한다.

統計學的 類度解析方法(Statistical frequency analysis)은 비교적 長期間의 洪水量 資料를 確率概念에 의해 統計學的으로 分析하여 再現期間別 洪水量의 크기를 결정하는 方法^{7), 18)}으로 資料期間이 길어야 하므로 통상 小流域의 計劃洪水量 決定方法으로는 적합하지 못하다

相關關係解析方法(Correlation analysis method)은 한 流域으로 부터의 流出에 영향을 미치는 地相學的 因子 및 氣候學的 因子와 流出間의 關係를 相關解析에 의해 量的으로 分析한다는 點에서는 前述한 經驗的 方法과 흡사하지만 이 方法에서는 經驗的 方法에서 통상 고려되는 流域面積, 傾斜, 流路延長以外에 流水의 到達時間이라든지 流域內의 土壤 및 植生被覆狀態, 先行降水條件, 降雨強度 및 持續期間等 流出에 영향을 미치는 광범위한 因子를 포괄하여 복합적인 相關關係分析에 의해 一聯의 曲線이나 表등을 만들어 降雨一流出一流域特性因子間의 關係를 수립하는 方法으로 正確한 解析만 한다면 小流域에 가장 적합하고 精確한 方法이 되는 것으로 알려져 있다. 이 類型的 方法에는 美國에서 地域別로 開發된 美國道路局方法(U.S. Bureau of Public Road Method, BPR Method)¹⁴⁾, California 方法⁴⁾, Cook方法⁵⁾, 美國土壤保存局方法(U.S. Soil Conservation Method, SCS Method)¹⁵⁾, Chow方法²⁾ 등이 있으나 우리나라에 적합하게 開發된 方法은 아직 없다.

마지막으로 單位流量圖 方法은 Sherman¹²⁾이 1932년에 제안한 單位流量圖 理論을 計劃雨量柱狀圖(design rainfall hyetograph)에 적용하여 計劃洪水量을 결정하는 方法으로 우선 水工構造物의 重要性에 따라 設計 頻度 即, 計劃降雨의 再現期間을 선택하고 난 다음 設計

頻度와 降雨持續期間에 해당하는 計劃降雨量을 確率降雨量 解析結果로 부터 구하며 計劃降雨量으로 부터 損失雨量을 제외한 有効雨量을 算定하게 된다. 다음으로 流域의 代表單位流量圖를 雨量과 流量實測值로 부터 유도하고 計劃有効雨量의 時間的 分布型을 결정하여 重疊假定에 의해 個個 時間區間別 有効雨量에 해당하는 直接流出水文曲線을 重疊시킴으로서 計劃有効雨量이 해당 流域에 내렸을 경우의 直接流出量의 時間的 分布를 표시하는 水文曲線을 얻기 된다.

以上과 같은 節次에 의해 획득된 直接流出水文曲線에 流域의 地下水 減水特性을 표시하는 基底流出水文曲線을 追加함으로써 總流出水文曲線을 作成하였을 때의 尖頭洪水量이 計劃洪水量이 되는 것이다.

本 研究의 對象流域인 無心川 代表流域은 流域面積이 비교적 작은 小流域이며 單位圖法의 適用에 필요한 水文資料가 어느 정도 具備되어 있으므로 單位流量圖法에 의해 流域의 計劃洪水量을 결정키로 하였다.

3. 無心川 代表流域의 地相 및 水文資料

3.1 流域의 地相資料

無心川 代表流域은 그림 1에 표시된 바와 같이 錦江流域內의 主要 支流인 美湖川의 中流部에서 合流하는 無心川의 水原部에 位置하고 있는 流域으로서 1975년 IHP 報告書²⁰⁾ 調査에 의하면 流域面積은 19.86km², 最長流路延長은 5.18km, 流域內 本流의 河床標高는 最低 139m로 부터 最高 420m에 이르고 있어 標高差는 約 281m 임으로 流路의 平均傾斜는 約 0.0543이다. 其他의 상세한 地相因子 및 河川形態學的 特性因子는 1975年度 IHP 報告書에 수록되어 있으나 本 研究와 直接的인 聯關性이 없으므로 생략키로 한다.

3.2 流域의 水文資料

無心川 代表流域은 1971년에 建設部가 IHD(International Hydrological Decade)事業의 일환으로 代表流域으로 선정하여 同年 9月부터 水文觀測을 실시해 왔으며 水文計測網은 그림 1에 표시한 바와 같다. 即, 流域內의 雨量觀測點은 普通 4個, 自記 3個, 그리고 流域境界밖에 普通 1個가 1975年末까지 運用되어 왔으나 1977년에 들어와서 普通 2, 3號는 自記雨量計로 代置되었다. 雨量觀測地點에는 小型蒸發皿씨가 병설되어 運用되어 왔으며 水位觀測點은 그림 1에 표시되어 있듯이 普通水位計(staff gauge)가 5個, 浮子式 自記水位計가 流域의 出口地點에 1個 運營되어 왔다.

本 研究에 사용된 水文資料는 自記雨量計 1, 3號의 自記雨量資料와 自記水位計에 의한 水位水文曲線資料

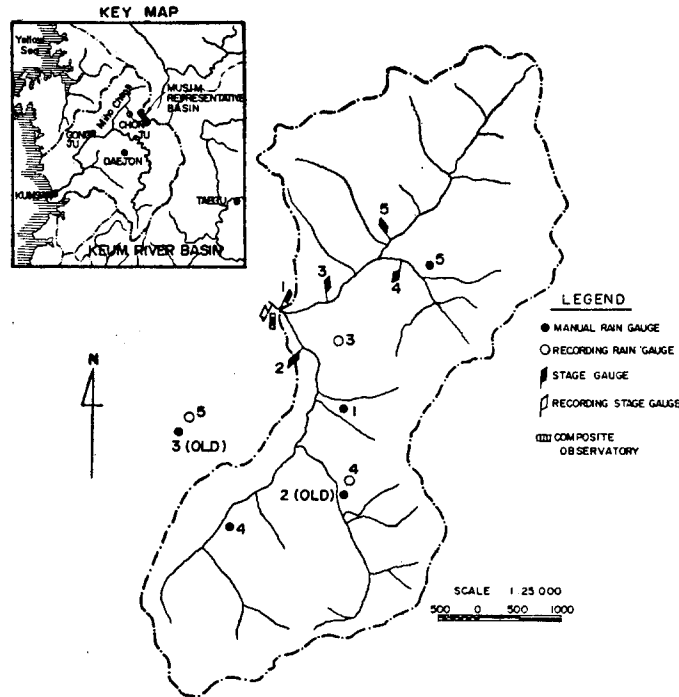


FIG. 1. HYDROLOGIC GAUGING NETWORKS IN MUSIM REPRESENTATIVE BASIN.

및 流量實測에 의한 水位—流量關係 資料이며 이는 後述하는 各 段階에서 如何히 선택 사용 되었는가가 설명될 것이다.

4. 資料分析 및 結果

4.1 再現期間別 計劃降雨量

再現期間別 計劃降雨量은 원래 長期間동안의 雨量資料의 年 最高值系列을 작성하여 頻度解析에 의해 결정하는 것이나 本 無心川 代表流域의 資料는 1971年 9月 ~1976年까지의 短期間 資料밖에 없으므로 統計學的 決定이 不可能하였다. 따라서 本 流域에 가장 가까우면서 確率降雨量의 分析이 되어 있는 淸州雨量觀測所의 確率降雨量을 그대로 轉移하여 사용키로 하였다. 表 1은 淸州雨量觀測所의 10年間に 걸친 自記雨量記錄中 日降雨量 80mm 以上の 豪雨를 對象으로 降雨持

續期間 5, 10, 30, 40, 60, 80 및 120分인 再現期間別 最大降雨量을 결정한 結果¹⁹⁾를 要約한 것이다. 勿論 10年間의 比較的 짧은 自記雨量資料를 分析했다는 弱點은 있으나 現在로서는 確率降雨量에 대한 더 以上の 資料가 없으므로 이를 그대로 사용하였다.

表 1의 無表川 代心流域에 적용할 持續期間別 確率降雨量中 어느 再現期間의 降雨量을 選擇할 것인가는 前述한 바와 같이 計劃코져 하는 水工構造物의 重要性에 依하므로 本研究에서는 無心川 代表流域이 小流域임을 감안하여 任意로 再現期間 30年을 擇하였다. 또한 計劃降雨의 持續期間은 通常 流域의 流達時間과 비슷하게 選擇하므로 流達時間의 決定이 많이 사용되는 Kirpich公式⁸⁾을 적용하여 다음과 같이 計算하였다.

$$t_c = 0.06626 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = 0.06626 \times \frac{(5.180)^{0.77}}{(0.0543)^{0.385}} = 0.721hr \quad (1)$$

表 1. 淸州雨量觀測所의 確率降雨量

(單位: mm)

持續期間(分) 再現期間(年)	10	20	30	40	60	80	120
10	14.8	24.5	30.7	33.5	40.3	47.3	55.4
30	17.8	29.9	37.3	40.2	48.0	57.3	66.2
50	19.1	32.3	40.2	43.1	51.4	61.7	71.0
100	20.9	35.6	44.3	47.2	56.1	67.9	77.4

式1의 L은 最長流路延長(km)을 표시하며 S는 流路의 平均傾斜로서 各各5.18km와 0.0543의 값을 가짐을 第3.1節에서 언급한 바 있으므로 이들 값을 사용하여 계산한 流達時間 $t_c=0.721hr$ 이다. 따라서 無心川 代表流域에 대한 再現期間別 計劃降雨量으로는 表1의 持續期間 60분에 해당하는 값을 선택키로 하였다. 따라서 本 無心川 代表流域의 30年洪水量的 결정에 사용될 計劃降雨量은 表1의 再現期間 30年과 持續期間 60분에 해당하는 48mm이다.

4.2 計劃有效雨量의 決定

第4.1節에서 결정한 無心川 代表流域의 30年計劃降雨量은 全部 河川流出로 流下하게 되는 것이 아니라 一部는 浸透 및 蒸發, 地面貯溜等에 의해 損失된다. 따라서 總雨量中 直接 河川으로 流出되는 總雨量의 一部分인 有效雨量을 결정해야만 後述할 單位圖에 의해 直接 流出水文曲線을 合成하게 된다.

總雨量으로 부터 有效雨量을 결정하는 方法에는 Horton의 浸透能曲線法⁶⁾, ϕ -index¹¹⁾, Coaxial Method⁹⁾等 여러가지 方法이 있으나 本 研究에 적용한 方法은 SCS 方法¹⁵⁾이다.

SCS方法에서는 總雨量과 有效雨量間의 關係를 다음과 같은 式으로 표시하였다.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (2)$$

여기서 P는 豪雨別 總雨量(mm)이며 I_a 는 降雨初期

의 損失(mm), S는 流域의 最大潛在保留水量(potential maximum retention)과 初期損失의 合이고 P는 直接流出量에 해당하는 有效雨量(mm)이다. 式2의 初期損失 I_a 는 流出이 시작되기 전에 생기는 遮斷이라고 浸透, 地面保留等을 포함하며 S와는 다음과 같은 關係를 가진다고 가정하였다.

$$I_a = 0.2S \quad (3)$$

式3을 式2에 代入하면

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4)$$

式4가 바로 SCS에서 사용하고 있는 總雨量-有效雨量 關係이다.

式4의 S값은 流域의 先行土壤含水條件(Antecedent Soil Moisture Condition, AMC)에 따라 상이한 값을 가질 것이므로 SCS에서는 先行降雨量의 크기에 따라 土壤의 含水程度를 表2에서와 같이 定性的 및 定量的으로 分類하였다. 表2에서의 定量的 分類는 5日 先行降雨量을 기준으로 삼고 있는데 이는 分析코져하는 豪雨以前의 5日 總雨量을 의미한다. 따라서 S값은 AMC-I, AMC-II, AMC-III의 順으로 감소할 것임은 틀림없는 사실이며, 또한 S는 한 流域의 土壤이나 土地利用 및 處理狀態等의 이른바 水文學의 土壤被覆型(hydrologic soil-cover complexes)의 성질을 대변하는 것으로서 한 流域의 流出能力을 표시한다고도 볼 수 있다.

表 2. 先行 土壤含水條件의 定性的 및 定量的 分類(SCS)

AMC Group	定性的 分類	定量的 分類, 5日 先行降雨量, P_5 (mm)	
		非盛水期	盛水期
AMC-I	流域의 土壤이 대체로 건조상태에 있어서 流出率이 대단히 낮은 狀態	$P_5 < 12.70$	$P_5 < 35.56$
AMC-II	流出率이 보통인 狀態	$12.70 < P_5 < 27.94$	$35.56 < P_5 < 53.34$
AMC-III	流域의 土壤이 水分으로 거의 포화되어 있어서 流出率이 대단히 높은 狀態	$P_5 > 27.94$	$P_5 > 53.34$

SCS는 總雨量中의 直接流出分(即, 有效雨量)에 미치는 S의 영향을 간접적으로 표시하는 AMC-II條件下의 流出數(runoff number), CN,을 다음과 같이 定義하였다.

$$CN = \frac{1000}{0.0394S + 10} \quad (5)$$

式5는 AMC-II條件下의 流域의 流出數를 표시하는 것이나 AMC-I 및 AMC-III條件에 해당하는 CN값은 서로 환산이 가능하도록 表가 作成되어 있다.

만약 한 流域의 平均流出數를 알면 式5의 관계로부터 流域의 最大潛在保留水量 S를 구할수 있고 이를 式4에 대입하면 任意的 總雨量 P에 대응하는 有效

量 P_e 를 구할수 있게 되어 있다.

그런데 流域의 平均流出數는 流域의 土壤型 構成과 土地利用 및 處理狀態에 영향을 받을 뿐만 아니라 土壤의 先行土壤含水條件에 따라서도 큰 영향을 받는다. 本 流域에 대한 平均流出數는 1976年度 IHP 報告書²¹⁾에서 1:37,500 항공사진을 實體視하여 土地利用 및 處理狀態를 分類하고 概略土壤圖¹⁷⁾에 의해 土壤型을 分類하여 SCS 基準에 의거 AMC別로 流域平均 流出數를 구하였을뿐 아니라 實測한 總雨量과 有效雨量을 사용하여 式4로부터 S를 구한 후 이를 式5에 대입하여 個個 豪雨에 대한 流域의 流出數(AMC-II條件下)를 구한 후 이들 流出數를 平均하여 流域의 平均流出

數로 삼았다. SCS의 水文學的 土壤被覆型에 의해 算定된 AMC別 流域平均流出數와 實測值로 부터 구한 값을 比較해 보면 表3과 같다.

表 3. AMC別 流域平均 流出數 比較

適用된 方法	AMC別	AMC- I	AMC- II	AMC- III
水文學的 土壤一被覆型에 의한 平均流出數		43.1	63.1	80.1
實測值 分析에 의한 平均流出數		56.4	74.7	88.0

表3의 流域平均 流出數는 복잡한 節次를 거쳐 나온 값으로서 상세한 절차는 1976年度 IHP 報告書에 서술되어 있다. 表3으로 부터 알 수 있는 바는 SCS의 土壤被覆型에 의한 平均流出數는 實測值 分析에 의한 값보다 AMC- I, II, III의 경우 共히 작음을 알 수 있다 따라서 水文計測이 되지 않은 流域에 대한 流域平均流出數를 결정하기 위해서는 流域의 土壤一被覆型에 의해 결정된 流出數를 表3의 比率만큼 크게 하여 使用하는 것이 좋으며 本研究를 위해서는 實測值 分析에 의해 결정된 값을 사용키로 하였다.

本 無心川 代表流域의 30年 頻度의 60分 計劃降雨量인 P=48mm로 부터 有効雨量을 결정하기 위해서는 流域의 流出能力을 最大로 보아 AMC- III 條件下의 流域平均 流出數인 CN=88.0(表3 參照)을 式5에 代入하여 S를 구한후 이 값과 P=48mm를 式4에 代入하여 P_e=22.3mm를 구하였으며 이것이 바로 直接流出의 근원이 되는 有効雨量分인 것이다.

4.3 豪雨의 時間的 分布型 決定

有効雨量을 追後 유도된 單位圖에 적용하여 直接流出 水文曲線을 作成하기 위해서는 雨量의 時間的 分布를 표시하는 雨量柱狀圖(rainfall hyetograph)를 그려야 한다. 이를 위해서 自記記錄이 비교적 精確한 1976年의 主要豪雨에 대한 流域平均累加雨量曲線을 Thiessen 法으로 계산하여 그림 2~4에 표시하였다. 그림 2~4의 累加曲線은 豪雨에 따라 豪雨持續期間과 總雨量이 相異하므로 豪雨가 계속된 總時間과 總雨量을 사용하여 無次元累加雨量曲線을 그림 5와 같이 작성하였다. 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 無次元累加雨量曲線은 상당한 分散을 보이고 있어서 單一曲線으로 표시할 수는 없으며 일반적으로 豪雨의 發生確率에 따라 그림 5에 그린 바와 같은 一聯의 曲線群으로 표시하는 것이 통상이다. 勿論 自記雨量記錄이 풍부하다면 豪雨의 發生確率別로 分析이 가능하겠으나 資料의 미흡으로 本 研究에서는 그림 5의 全資料點을 包絡하는 A,B,C, D,E의 5個 曲線型으로 分類하였으며 時間區間別,

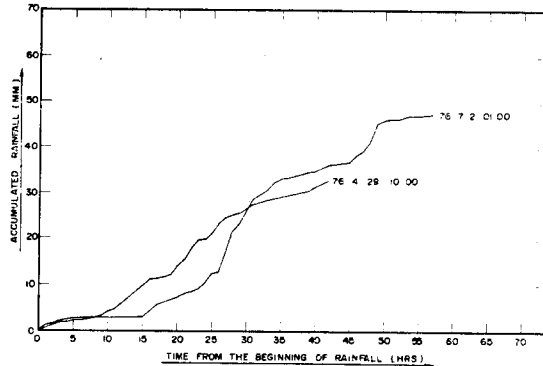


FIG 2 AVERAGED RAINFALL MASS CURVES FOR SIGNIFICANT STORMS IN 1976

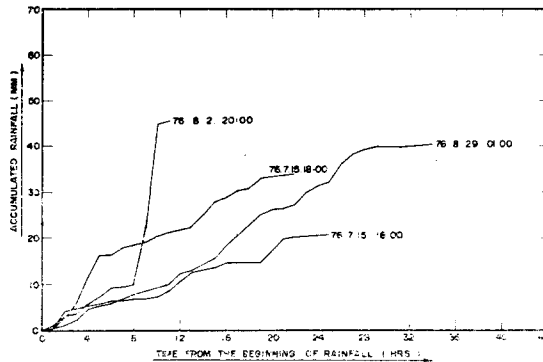


FIG 3 AVERAGED RAINFALL MASS CURVES FOR SIGNIFICANT STORMS IN 1977

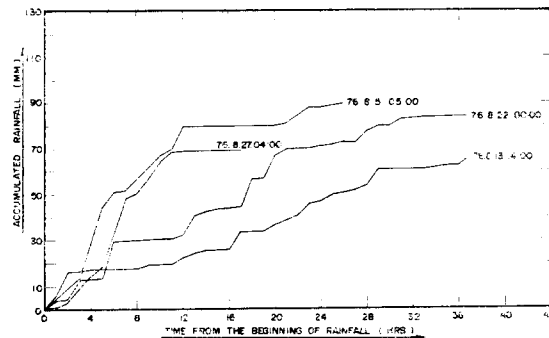


FIG 4 AVERAGED RAINFALL MASS CURVES FOR SIGNIFICANT STORMS IN 1976

雨量分布百分率을 그림 5로 부터 읽은 값이 表4에 수록되어 있다.

表 4. 時間區間別 雨量分布 百分率

(單位: %)

降雨分布型	A	B	C	D	E
時間百分率(%)					
0~25	58	41	27	11	7
25~50	31	38	40	40	25
50~75	10	16	23	30	39
75~100	1	5	10	19	29

表 4 에서는 時間百分率의 區間을 25%로 잡았다. 이 는 計劃降雨의 持續期間을 60分으로 잡았으므로 15分 間隔을 의미하는 것으로서 本流域이 비교적 작은 流域 이므로 가능한 限 雨量柱狀圖의 時間區間을 짧게 잡기 위한 것이었다.

表 4 의 時間區間別 雨量分布百分率을 사용하여 無心 川 代表流域의 30年 頻度의 60分 有効雨量 $P_0=22.3\text{mm}$ 를 降雨分布型別로 15分間隔으로 配分한 結果가 表 5 에 수록되어 있다.

表 5. 降雨分型別 15分間隔 有効雨量
(再現期間: 30) (單位: mm)

時間區間(分)	分布型別 A	B	C	D	E
0~15	13.0	9.1	6.0	2.5	1.5
15~30	6.9	8.5	8.9	8.9	5.6
30~45	2.2	3.6	5.2	6.7	8.7
45~60	0.2	1.1	2.2	4.2	6.5
總有効雨量(mm)	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3

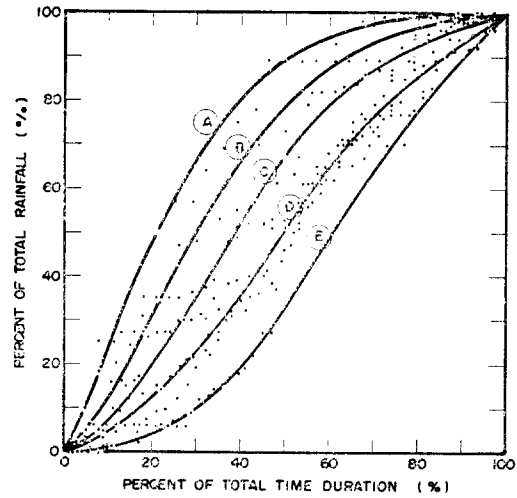


FIG. 5. DIMENSIONLESS RAINFALL MASS CURVES (MUSIM)

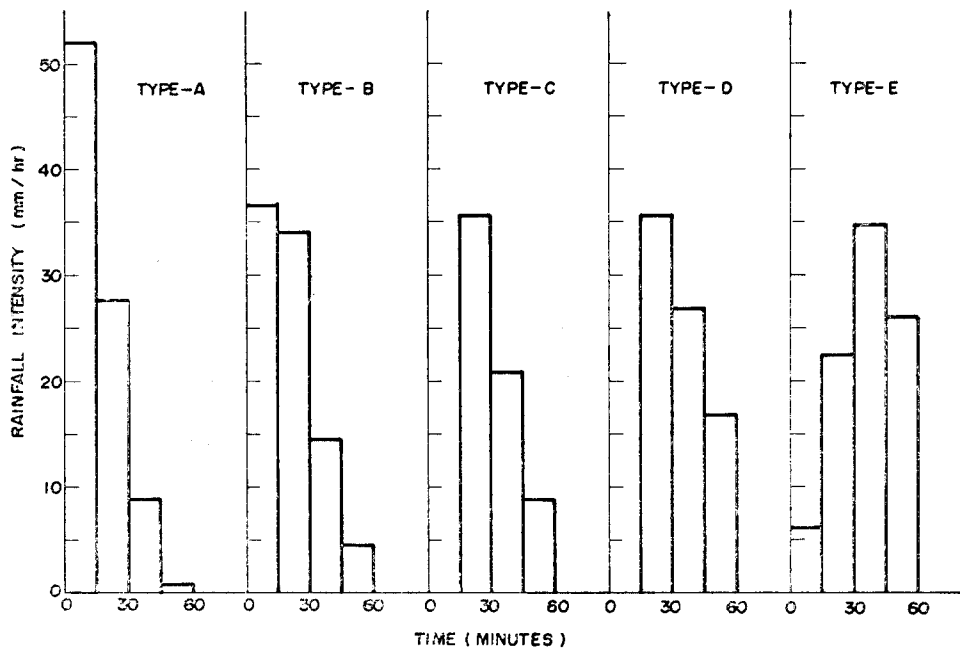


FIG. 6. EFFECTIVE RAINFALL HYETOGRAPHS (30 YEAR RETURN PERIOD)

그림 6 은 表 5 의 降雨分布型別 15分間隔 有効雨量 柱狀圖를 표시하고 있으며 이는 추후 15分單位流量圖를 적용하여 計劃直接流出 水文曲線을 合成하는데 사용될 것이다.

그림 6 으로 부터 알 수 있는 바와 같이 降雨分布型 A,B의 경우는 雨量이 주로 降雨初期에 집중되어 있는

反面에 分布型 D,E의 경우는 降雨後期에 집중되어 있으며 分布型 C의 경우에는 降雨中期에 집중되어 있다. 일반적으로 降雨分布型 A,B는 Advanced Type이라 부르고 D,E는 Delayed Type이라 부르며 Advanced Type 이 Delayed Type 보다는 더 큰 尖頭洪水量을 유발시키는 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. 이는 다음 節에서 單位圖

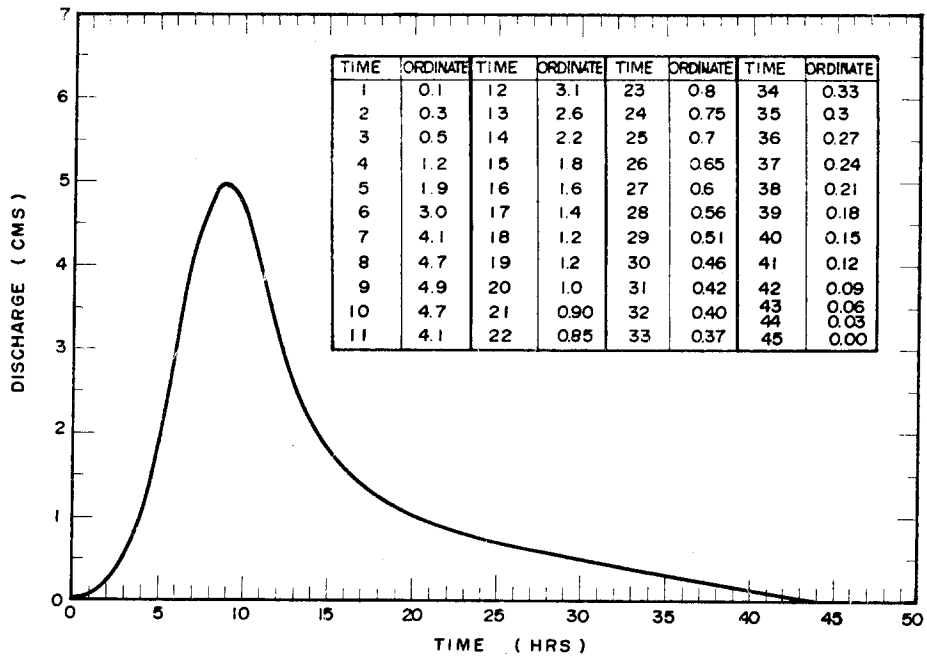


FIG. 7. 1-HOUR UNIT HYDROGRAPH OF MUSIM RIVER BASIN.

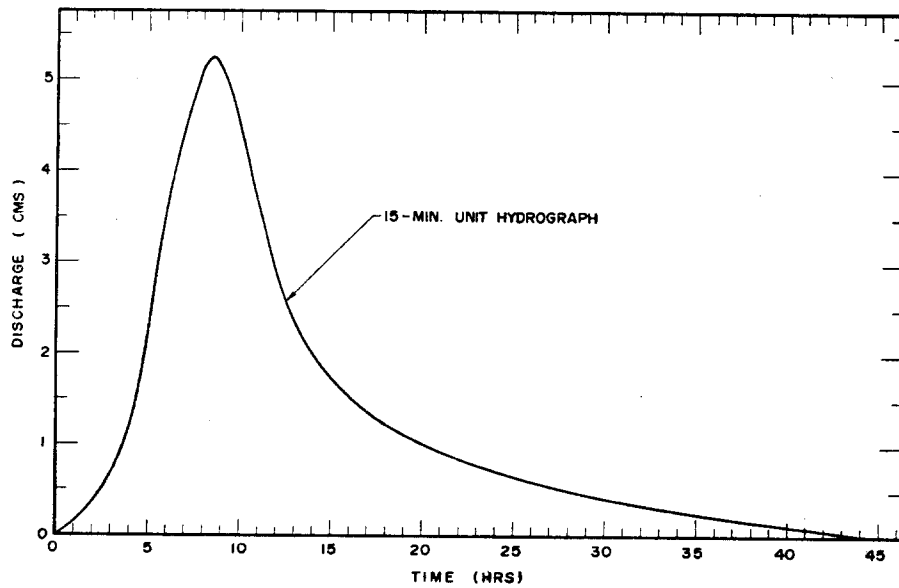


FIG. 8. 15-MIN. UNIT HYDROGRAPH (MUSIM)

의 直接適用에 의해 計劃洪水水文曲線을 合成함으로써 檢定될 것이다.

4.4 單位流量圖의 作成

그림 6의 再現期間 30年인 有効雨量柱狀圖에 적용하여 計劃洪水의 直接流出水文曲線을 合成하는데 사용될 單位流量圖은 雨量柱狀圖의 時間間隔을 15分으로 잡았으므로 持續期間 15分인 單位圖가 필요하다. 그런데 無心川 代表流域의 資料期間中의 主要 豪雨와 해당 流出水文曲線으로 부터 1時間 代表單位圖를 1976年度 IHP 研究調查事業¹⁹⁾의 일환으로 유도한 바 있으며 그 결과는 그림 7에 표시되어 있다.

따라서 그림 7의 1時間 單位圖를 S-Curve 方法¹¹⁾에 의해 持續期間을 변경시켜 15分 單位圖를 그림 8과 같이 구하였다.

4.5 計劃洪水의 直接流出水文曲線 作成

計劃洪水의 直接流出水文曲線은 그림 6의 有効雨量 柱狀圖에 그림 8의 15分 單位圖를 比例假定 및 重疊 假定¹⁸⁾을 사용하여 적용함으로써 作成할 수 있다. 即 그림 6의 降雨分布型別 15分間隔 有効雨量과 그림 8의 15分 單位圖의 縱距를 15分間隔으로 읽어 比例 및 重疊 假定을 적용하였으며 計算量이 많았으므로 電算機

(FACOM 230/25)를 사용하여 計算하였으며 其 結果 是 그림 9에 표시되어 있다.

그림 9의 降雨分布型別 直接流出水文曲線에서 알 수 있는 것은 降雨分布型이 尖頭流量의 크기에 미치는 영향이 豫想과는 달리 극히 작다는 點이다. 勿論 Type-A 分布型에 의한 尖頭洪水量이 약간 큰 것으로 나타났으나 實質的인 面에서 볼 때 A,B,C,D,E型 分布 共히 尖頭 流量의 크기는 11.60-11.68m³/sec 사이의 값으로서 大同小異하다. 이는 計劃降雨의 持續期間이 비교적 짧은 1時間인데다 15分單位圖의 적용을 위해 15分間隔의 雨量柱狀圖를 만든데 緣由하는 것으로 생각된다. 따라서 일반적으로 小流域의 경우에는 大流域의 경우와 는 달리 計劃降雨의 持續期間이 짧아지므로 降雨의 時間的 分布가 尖頭洪水量의 크기에 미치는 영향은 근 소하다고 결론 지을 수 있겠다.

그러나 그림 9의 補助曲線에서 명백하게 볼 수 있는 바와 같이 Advanced Type(A,B型)의 雨量分布는 Delayed Type (D,E型)의 雨量分布보다 早期에 流出을 집중시키고 있으며 이는 一般的인 理論에 合致한다.

上述한 바와 같이 無心川 代表流域의 降雨의 時間的 分布는 計劃洪水量의 크기에 큰 影響을 미치지 않는

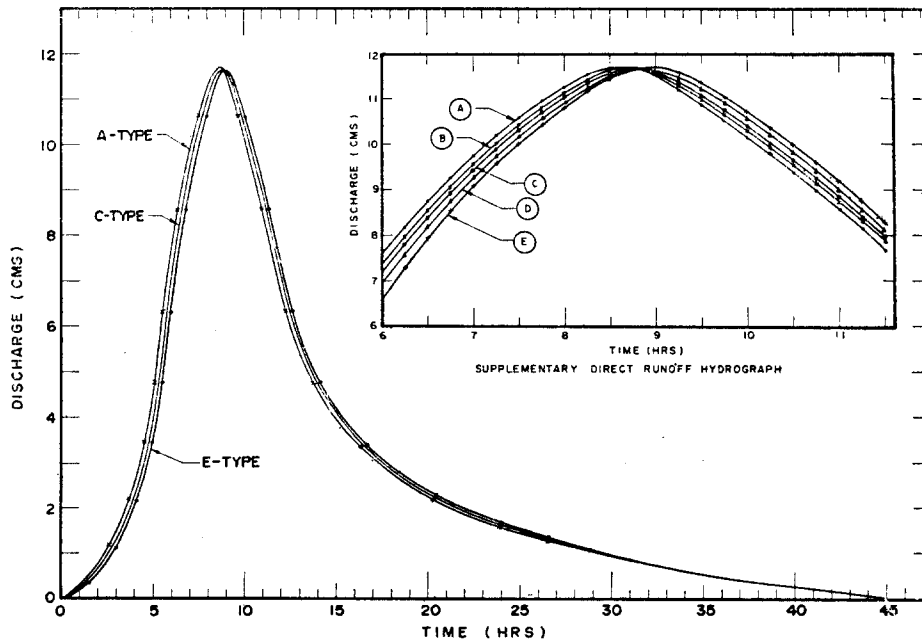


FIG. 9. 30-YEAR DIRECT FLOOD RUNOFF HYDROGRAPHS FOR RAINFALL DISTRIBUTION TYPES.

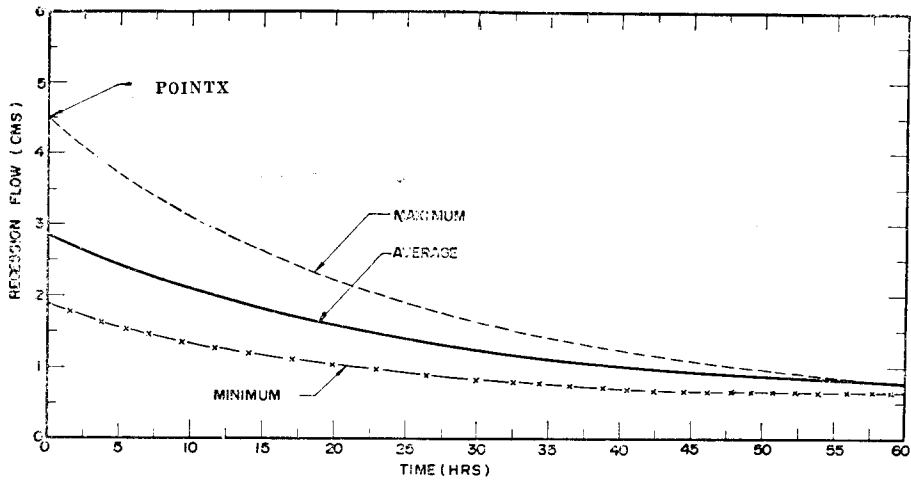


FIG. 10. MASTER GROUNDWATER DEPLETION CURVE.

것으로 나타났으므로 A 降雨分布型에 해당하는 그림 9의 直接流出水文曲線을 30年 洪水의 直接流出水文曲線으로 채택하였다.

4.6 計劃洪水水文曲線의 作成과 30年 洪水量의 決定
無心川 代表流域의 30年 洪水水文曲線은 第4.5節에서 구한 直接流出水文曲線(그림 9의 A-型曲線)에 基底流量의 減水特性을 代表하는 地下水減水曲線을 追加함으로써 얻어진다.

本 流域의 地下水減水特性에 關係서도 1976年度 IHP 報告書²¹⁾에 詳述되어 있으며 實測된 主要 洪水水文曲線을 N-Day法, 水平直線分離法 및 地下水減水曲線法¹⁸⁾等

으로 分離하여 얻은 減水曲線과 이들을 平均적으로 代表하는 平均地下水 減水曲線은 그림10과 같다.

그런데 計劃洪水量을 결정하는 立場에서는 最大流出條件을 고려해야 하는 것이므로 그림10의 地下水減水曲線中 流量值가 가장 큰 地下水減水曲線을 택하여 그림 9의 A-型 直接流出水文曲線에 추가하였다. 即, 그림10의 X點을 그림 9의 直接流出이 끝나는 點(45.25時)에 맞추어 추가 했으며 0~45.25時의 基底流量은 水平直線分離法의 逆節次를 적용하여 最大基底流量인 4.5m³/sec로 一定하다고 假定하였다. 이와같이 作成된 無心川 代表流域의 30年 洪水水文曲線은 그림11과 같

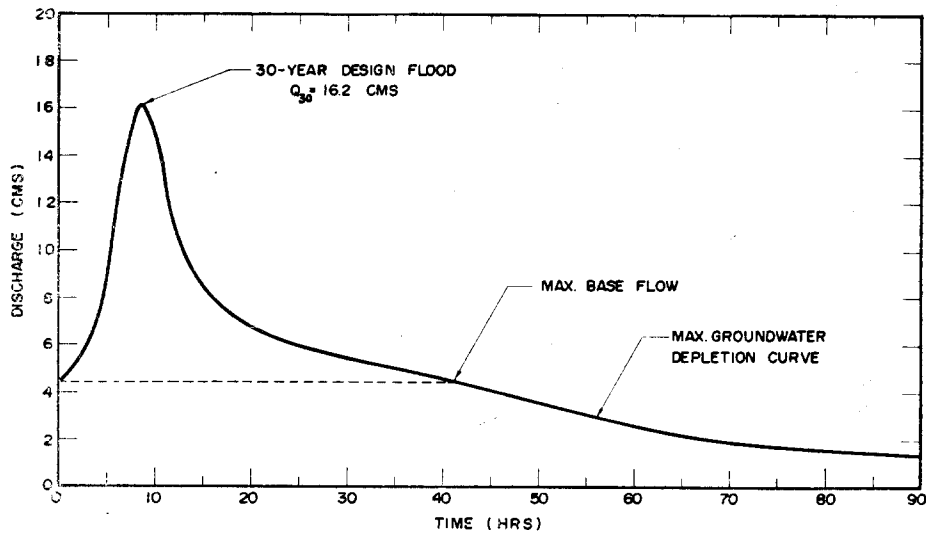


FIG. 11. 30-YEAR DESIGN FLOOD HYDROGRAPH.

으며 30年 計劃洪水량은 約 16.2m³/sec로 결정되었다.

5. 結 論

單位圖法에 의한 小流域의 計劃洪水량의 결정은 雨量 및 流出量 資料가 풍부할 경우에는 질서정연한 單位圖 理論에 의해 결정될 수 있으나 資料가 미흡할 경우에는 여러가지 假定과 工學的 判斷에 의하지 않고서는 解析이 곤란하다. 本 研究에서는 制限된 水文資料를 가지고 單位圖理論에서 前提로 하고 있는 假定에 크게 위배 되지 않는 小流域面積을 가진 無心川 代表流域의 30年 計劃洪水량을 單位圖法으로 결정하였으며 本 研究를 통해 얻은 몇가지 水文學的 意義와 結論을 要約하면 다음과 같다.

1) 對象流域에 確率降雨量에 대한 分析이 되어 있지 않은 경우에는 인접 觀測點의 分析結果를 轉移하여 그때로 사용하거나 短時間 降雨相關에 의해 修正한 후 사용할 수 있다.

2) 計劃降雨量으로부터 有効雨量을 결정하기 위하여 SCS方法을 적용해 본 결과 水文學的 土壤-被覆型의 分析에 의해 얻은 流域平均流出數는 降雨와 流出實測值를 사용하여 SCS 模型에서 구한 값보다 約 10~30%(再現期間에 따라 相異) 정도 작은 값을 주었다. 따라서 流出計測이 되지 않은 流域에서 어떤 計劃洪水量에 해당하는 有効雨量을 결정코저 할 경우에는 SCS 基準에 의한 水文學的 土壤-被覆型에 의해 平均 流出數를 구한 다음 이를 10~30% 정도 크게하여 有効雨量을 求해야 한다.

3) 豪雨의 時間的 分布는 主要 豪雨의 持續時間과 期間中의 總雨量에 대한 百分率로 표시하여 無次元累加雨量으로 표시할 수 있으며 이로 부터 Advanced Type과 Delayed Type의 雨量柱狀圖를 作成할 수 있다.

4) 小流域의 計劃雨量의 持續期間은 流域의 流達時間을 Kirpich公式으로 계산하여 이와 근사한 時間長徑을 잡아 주는 것이 合理的이다.

5) 降雨의 時間的 分布가 洪水流出水文曲線의 形狀과 尖頭洪水量의 크기에 미치는 영향을 파악하기 위해 Advanced Type에서 Delayed Type에 이르는 5個分布型을 비교해 본 결과 Advanced Type이 Delayed Type보다 流出을 早期에 集中시켰으나 尖頭流出量의 크기는 降雨分布型에 의해 크게 좌우되지 않았다. 이는 流域面積이 큰 경우의 現象과는 상이한 것으로 本 代表流域과 같은 小流域에 있어서는 計劃雨量의 持續期間이 大流域의 경우보다 훨씬 짧으므로 雨量柱狀圖의 時間區間別 水文曲線의 重疊과정에서 降雨分布型에 따른 큰 差異가 없기 때문인 것으로 판단된다.

6) 計劃洪水水文曲線은 單位圖를 有効雨量柱狀圖에 적용하여 直接流出水文曲線을 合成한 후 基底流出分을 추가해 주어야 하는데 통상적인 流域의 主 地下水減水曲線보다는 觀測된 最大 地下水減水曲線을 고려하는 것이 合當하다고 思料된다. 이는 計劃의 立場에서는 항상 最惡의 流出條件을 고려하여 計劃洪水量을 결정해야 하기 때문이다.

參 考 文 獻

- 1) Butler, S.S., *Engineering Hydrology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1957
- 2) Chow, V.T., "Hydrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins," Univ. of Illinois Engineering Experiment Station, Bulletin No, 462, Urbana, Ill., 1962
- 3) Cleemann, T.M., "Proper Amount of Water Way for Culverts," Proc., Engineers' Club of Philadelphia, Vol. 1, 1879, pp.146-149
- 4) Division of Highways, "California Culvert Practice," Dept. of Public Works, State of Calif., 1st Ed., 1944, 2nd Ed., 1953
- 5) Hamilton, C.L. and Jepson, H.G., "Stock-Water Development: Wells, Springs, and Ponds," Farmer's Bulletin No. 1859, U.S. Dept. of Agriculture, 1940, p.39
- 6) Horton, R.E., "Determination of Infiltration Capacity for Large Drainage Basins," Trans., A.G.U., Vol. 18, 1937
- 7) Hydrologic Engineering Center, "Hydrologic Frequency Analysis," Vol. 3 of Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development, Corps of Engineers, U.S. Army. Davis, Calif., 1975.
- 8) Kirpich, Z.P., "Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds," Civil Engineering, Vol. 10, No. 6, 1940
- 9) Kohler, M.A. and Linsley, R.K., "Predicting the Runoff from Storm Rainfall," U.S. Weather Bureau Research Paper, No. 34, 1951
- 10) Kuichling, E., "The Relation between the Rainfall and the Discharge of Sewers in Populous Districts," Trans., ASCE, Vol. 20, 1889, pp.1-56
- 11) Linsley, R.K., Jr., Kohler, M.A., and Paulhus,

- J.L.H., *Hydrology for Engineers*, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1975
- 12) Sherman, L.K., "Streamflow from Rainfall by the Unit-Graph Method," *Engineering News Records*, Vol. 108, 1932, pp.501-505
- 13) Talbot, A. N., "The Determination of Waterway for Bridges and Culverts," *Selected Papers of the Civil Engineers' Club*, Technograph No. 2, Univ. of Illinois, 1887-8, pp.14-22
- 14) U.S. Bureau of Public Roads, "Basic Principles of Highway Drianage," *Hydraulic Information Circular No. 1*, 1951
- 15) U.S. Soil Conservation Service, "Hydrology," Supplement A, Section 4 of *Engineering Handbook*, Dept of Agriculture, 1957
- 16) Viesman, W.V., Jr., Harbough, T.E., and Knapp, J.W., *Introduction to Hodrology*, Intext Education Publisher, New York, 1972
- 17) 農村振興廳 植物環境研究所, "概略土壤圖" 서울特別市 및 京畿圖, 忠清北圖編, 韓國土壤調查事業機構, 1971年
- 18) 尹龍男, 水文學, 清文閣, 1975
- 19) 李淳赫, "再現期間別 降雨強度式 算定에 關한 水文統計學的 考察, 一清州地方을 中心으로一," 韓國農工學會誌, Vol. 17-3, 1975, pp.54-65
- 20) 建設部, "國際水文開發計劃(IHP) 代表試驗流域 研究調查報告書", 1975年 12月
- 21) 建設部, "國際水文開發計劃(IHP) 代表流域研究 調查報告書", 1976年 12月

正會員入會要領

水文 또는 이와 關聯있는 知識이 있거나 또는 識見이 높은 분, 水文을 應用하는 事業에 從事하는 분으로써 本學會 事業趣旨에 踴躍하여 入會를 願하시는 분은 既加入한 會員의 推薦을 받아 本學會 所定樣式에 의한 入會願을 提出하여 주시기 바랍니다.

提出處：韓國水文學會事務局

電話 (23) 0491 • 0492