長期間連續受水量推定模型의 實用化 硏究

－우리나라 中小流域을 對象으로－

A Generalized Model on the Estimation of the Long - term Run - off Volume

－with Special Reference to small and Medium Sized Catchment Areas－

嚴　　柄　　鉉*

Um, Byung Hyun

Summary

This study aimed at developing a generalized model on the estimation of the long - term run - off volume for practical purpose.

During the research period of last 3 years(1986－1988), 3 types of estimation model on the long - term run - off volume(Effective rainfall model, unit hydrograph model and barne's model for dry season) had been developed by the author.

In this study, through regressional analysis between determinant factors (bi of effective rainfall model, ai of unit hydrograph model and wi of barne's model) and catchment characteristics(catchment area, distance round the catchment area, massing degree coefficient, river - extension, river - slope, river - density, infiltration of watershed) of 11 test case areas by multiple regressional method, a new methodology on the derivation of determinant factors from catchment characteristics in the watershed areas having no hydrological station was developed. Therefore, in the resulting step, estimation equations on run - off volume for practical purpose of which input facor is only rainfall were developed.

In the next stage, the derived equations were applied on the Kang - and Namgye - river catchment areas for checking of their goodness. The test results were as follows ;

*全南大學校 農科大學

키워드 : 長期流出解析法, 單位回法, Berns法, 中小流域, 流域特性因子, 有效雨量, 損失雨量, 數値解析(統計) 2次回歸方程式, 多重回歸方程式, 最少自乘法.

1. In Kang - river area, average relative estimation errors of 72 hydrographs and of continuous daily run - off volume for 245 days(1/5/1982－31/12) were calculated as 6.09%, 9.58% respectively.

2. In Namgye - river area, average relative estimation errors of 65 hydrographs and of continuous daily run - off volume for 271 days(5/4/1980－31/12) were 5.68%, 10.5% respectively.

In both cases, relative estimation error was averaged as 7.96%, and so, the methodology in this study might be better organized than Kaziyama's formula when comparing with the relative error of the latter, 24～54%.

However, two case studies cannot be the base materials enough for the full generalization of the model. So, in the future studies, many test case studies of this model should be carries out in the various catchment areas for making its generalization.

I. 緖　論

1. 研究의 必要性

本 研究에서 取扱하는 長期間連續受水量이란 流出의 尖頭時間뿐만 아니고 任意의 連續된 長期日間에 걸쳐 流入되는 모든 流量을 總稱한 것이다. 그러므로 受水量 推定은 水資源開發計劃을 樹立할 때 事前에 必須的으로 處理되어야 할 重要先行作業의 하나이다. 그러나 이와 같은 長期流出動態 및 受水可能量의 時間的 또는 日別 流況을 任意 設計基準年을 通하여 持續的으로 追跡豫測할 수 있는 韓國流域에 適合한 方法이 없는 것이 오늘의 實情이다. 勿論 只今까지 水源工(貯水池, 揚水場 取入伏) 受水量 計算에서 使用되고 있는 楣山式(1929)[15]이 있으나 이것은 前述(Vol. 29(4) p. 60)[29]한 바와 같이 여러가지 問題点이 提起되고 있다. 따라서 現行方法의 問題点을 解決하기 爲해서는 반드시 이에 對應할 수 있는 새로운 模型의 導出이 있어야 하며 아울러 導出된 新模型이 現實的으로 活用될 수 있도록 實用化 研究도 積極 推進되어야 할 것이다.

2. 研究目的

脫 楣山公式을 目標로 지난 1986年부터 1988年까지 3個年에 걸쳐 農林水産部 및 農業振興公社의 主管下에 受水量 推定方法 再定立에 關한 研究課題로[26,27,28] 全南大學校 附設 農漁村開發研究所가 研究用役을 맡고 筆者의 責任으로 우리나라 7大水系(漢江・洛東江・錦江・榮山江・蟾津江・萬頃江・東津江)內 11個所의 中小河川流域을 對象으로 單位圖法[7,8]과 Barnes法[1,5,20]을 適用하여 새로운 長期間 連續受水量推定模型(單位圖와 Barne's model 合成)[28]을 示範流域別로 導出한 바 있었다. 그러나 新模型의 實用化 計劃은 매듭을 짓지 못했었다.

여기서 本 研究는 그때 얻은 11個의 流域別 公式에서 相互相異한 有效雨量(損失雨量)推定式의 二次回歸係數 및 單位圖의 流出量 配分率値 및 Barne's의 地下水減水曲線係數等과 該當 各流域特性因子와의 相關關係를 多重回歸法[6]으로 分析 定立하여 우리나라 어떠한 無計測 任意 中小流域에도 共히 適用될 수 있는 一般型의 模型을 導出 實用化 함으로서 只今까지 農・工業用水 및 排水改善事業에서 많이 使用되고 있는 楣山公式의 月單位 또는 旬單位의 非連續的인 受水量推定方法을 止揚하고 日單位로 持續的이고도 精度높게 推定할 것이며 結果的으로는 農工業 및 諸産業의 基本이 되는 水資源開發의 技術的 向上을 圖謀함과 同時에 諸水源工의 適

正規模設計에 寄與함을 目的으로 한다.

3. 硏究의 範圍

가. 對象試驗流域：(1) 模型導出 示範流域：11個中小流域(Ⅱ의 1. 가項 參照), (2) 模型實用化 試驗流域：2個流域(Ⅱ의 2.項 參照).

나. 試驗期間：(1) 模型導出試驗期間：1973年~1975年 3個年(既設水文資料), 1987年~1988年 2個年間(新設 水文資料), (2) 模型實用化 試驗期間：1980年 1年間(南溪), 1982年 1年間(康川)

다. 水文資料：(1) 流域別 特性因子(11個 流域)：面積, 周辺長, 密集度, 河道長, 勾配. 密度, 流域浸透量, (2) 日單位流出量 降水量(實用化 檢定用 2個流域) (3) 月單位 地下水減水曲線係數(11個流域), (4) 有效雨量(損失雨量) 推定模型 2次回歸係數(11個流域), (5)長期受水量 日單位流量 配分率(11個流域)

라. 分析範圍：(1) 有效雨量(損失雨量)推定模型의 相關回歸係數의 一般化 (2) 無降水期 受水量推定模型(Barnes 模型)의 地下水 標準減水 相關回歸係數의 一般化 (3) 單位圖模型의 流出配分比의 相關回歸係數의 一般化 (4) 長期連續受水量推定模型의 一般化電算프로그램化 (5) 實用化 試驗結果分析.

Ⅱ. 材料 및 方法

1. 試驗流域 槪要

가. 模型導出用 示範流域槪況[28,29]

水系	流域	位置 東經 度 分 秒	位置 北緯 度 分 秒	流域 面積 A(km²)	流域 周辺長 G(km)	流域 密集度 C(·)	河川 延長 L(·)	河川 傾斜 S(·)	河川 河幅 B(m)	河川 密度 D(·)	滲透 (K) mm/day	研究年度 年
漢江	半月	127° 16′ 00″	37° 00′ 00″	254.0	96.2	0.61	30.5	1/120	10.5	0.11	4.5	'88
		127° 35′ 00″	37° 13′ 00″									
	梅山	127° 13′ 00″	36° 54′ 30″	122.5	54.5	0.72	19.4	1/87	6.7	0.16	3.8	'87
		127° 41′ 00″	37° 13′ 30″									
錦江	清州	127° 28′ 00″	36° 31′ 15″	80.0	49.0	0.67	17.8	1/50	5.2	0.20	4.6	'86
		127° 38′ 00″	36° 37′ 20″									
洛東江	水平	128° 13′ 20″	36° 42′ 40″	85.8	46.5	0.71	16.6	1/120	5.8	0.74	5.9	'86
		128° 22′ 20″	36° 49′ 20″									
榮山江	和順	126° 57′ 30″	34° 59′ 00″	97.5	45.0	0.78	17.3	1/100	5.3	0.78	4.2	'86
		127° 06′ 20″	35° 06′ 00″									
	笠橋	126° 54′ 28″	34° 49′ 17″	134.4	58.0	0.71	18.5	1/100	6.3	0.14	3.5	'87
		127° 05′ 27″	34° 57′ 00″									
蟾津江	契樹	127° 20′ 16″	35° 33′ 40″	50.9	41.0	0.62	12.5	1/30	4.2	0.25	5.3	'88
		127° 27′ 28″	35° 37′ 40″									
	赤城	127° 09′ 20″	35° 23′ 10″	17.5	25.5	0.58	9.3	1/44	3.5	0.53	6.0	'88
		127° 12′ 32″	35° 30′ 00″									
萬頃江	三川	127° 16′ 00″	35° 36′ 56″	119.7	60.3	0.61	23.1	1/86	7.2	0.64	5.2	'87
		127° 11′ 03″	35° 47′ 03″									
東津江	七宝	127° 01′ 39″	35° 34′ 52″	44.6	38.1	0.62	7.5	1/30	3.8	0.17	5.0	'88
		127° 06′ 25″	35° 40′ 29″									
高興川	高興	127° 18′ 52″	34° 35′ 44″	3.8	8.0	0.86	2.9	1/60	1.5	0.76	5.5	'87
		127° 20′ 15″	34° 37′ 18″									

註：上記 流域槪況에서 前報(Vol. 29, No. 4 p60)에서 1次 記載한 流域(梅山·清州·水平·和順)等을 再記載한 것은 今回 硏究의 主要內容인 模型의 實用化 計劃에서 電算入力資料로 使用코저 실은것임.

나. 模型 實用化 試驗流域概況

水系	流域	位置 東經	位置 北緯	流域 面積	流域 周辺長	流域 密集度	河川 延長	河川 傾斜	河川 河幅	河川 密度	流域 透水量	研究 年度
		度 分 秒	度 分 秒	km^2	km		km		m		mm/day	
蟾津江	康川	127° 01′ 40″ 127° 07′ 42″	35° 21′ 45″ 35° 25′ 20″	38.2	30.5	0.62	10.5	1/53	3.9	0.27	5.3	'88
榮山江	南溪	127° 02′ 41″ 127° 05′ 36″	35° 18′ 40″ 35° 20′ 12″	9.7	13.0	0.64	5.0	1/125	3.2	0.23	6.0	'88

2. 水文 觀測概要(模型實用化 試驗流域 2個所)

流域	雨量觀測狀況 觀測所	測種	所管	測定時間	水位·流量觀測狀況 觀測所	計器種	測種	所管	測定時間
康川	淳昌	普通	M.O.C	午前10時	淳昌	FLY 3號	自記	M.O.C	日千回平均値
南溪	南溪	普通	M.O.C	午前10時	南溪	FLY 3號	自記	M.O.C	〃

3. 水文資料 蒐集(模型實用化 試驗流域 2個所)

流域	降水記錄 期間		降水記錄 單位	流量記錄 期間		流量記錄 單位
康川	1982. 1. 1 1982. 12. 31	365日間	mm/day	1982. 5. 1 1982. 12. 31	245日間	m^3/sec
南溪	1980. 1. 1 1980. 12. 31	365日間	mm/day	1980. 4. 1 1980. 12. 31	275日間	m^3/sec

4. 有效雨量(損失雨量)推定模型의 實用化 方法

一般的으로 同一降雨強度에서 有效雨量의 量的 出水狀態를 크게 左右하는 것은 降雨前의 流域의 乾湿條件이며 重要 Parameter는 (1)基底流量(q_b)指標,[19,20] (2)先行降雨(API)指標[4] (3)流域諸特性因子 等이다. 그러나 流量記錄이 없는 無計測任意流域에서는 q_b指標는 얻을 수 없으며 API역시 그 流域의 流出率 實測에서 얻어지는 經驗係數(減水常數K値[4])를 모르면 適用할 수 없다. 따라서 現實的으로 可能한 實用化 方案으로서는 任意無計測流域에서도 調査取得할 수 있는 流域特性因子만으로 그 流域에 알맞은 模型의 回歸係數를 얻을 수 있도록 一般式을 創出해야 할 것이다. 本研究에서는 3個年('86~'88)間에 導出한 水系別 11個示範流域의 有效雨量(損失雨量) 推定模型의 2次回歸係數 33個(1個流域 b_0, b_1, b_2, 3個×11)[28]와 流域特性因子(流域面積 A, 周辺長G_i, 密集度C_i, 河道長L_i, 勾配S_i, 河道密度D_i, 流域浸透値K_i) 77個(7×11)[28]와의 相關關係를 多重一次回歸方法과 最小自乘法을 適用하여 電算으로 分析處理하고 模型의 一般型을 導出코자 한다.

가. 有效雨量推定模型(基本型 : 2次回歸方程式)

$$\left.\begin{aligned} R_e &= P - L_d \\ L_d &= b_0 + b_1 \cdot P + b_2 \cdot P^2 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (1)$$

여기서 R_e : 推定有效雨量(mm).

L_d : 推定損失雨量(mm)

P : 降雨量(mm)

b_0, b_1, b_2 : 各項回歸係數 이중 b_0 : 切

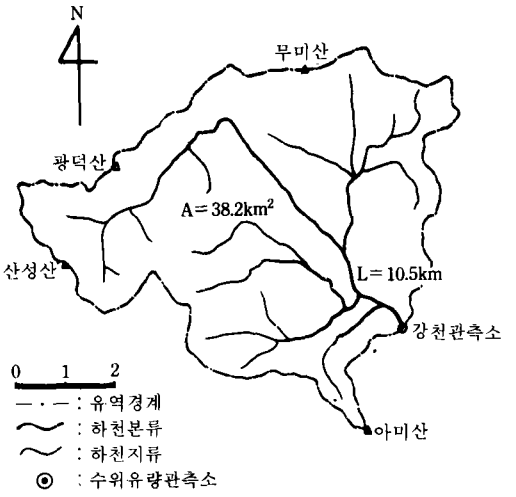

Fig. 1. Schematic map of Gang - cheon cutchmetn area.

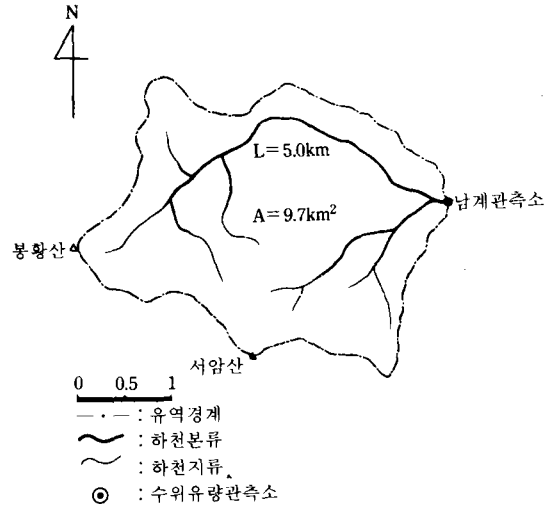

Fig. 2. Schematic map of Nam - gye catchment area.

辺係數, b_1, b_2 : 方向係數.

나. 多重回歸法(最小自乘法)[6]에 의한 有效雨量(損失雨量)推定模型의 回歸係數 一般化

流域諸特性因子를 Parameter로한 多重回歸一次方程式은 다음과 같다.

$$b_i = a_0 + a_1 A_i + a_2 \cdot G_i + a_3 \cdot C_i + a_4 \cdot L_i + a_5 S_i + a_6 \cdot D_i + a_7 \cdot K_i \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

여기서 $b_i(b_0, b_1, b_2)$: 求하고자 하는 有效雨量(損失雨量)推定 一般公式의 回歸係數, A_i, G_i, C_i, L_i, S_i, D_i, K_i : 流域特性因子(各記號 1, 가項 參照). $a_0 \sim a_7$: 流域特性因子에 의하여 変하는 多重回歸係數이며 上記(2)式에서 b_i의 推定値와 實測値間의 殘差의 二乘和를 最小가 되도록 $a_0 \sim a_7$를 決定하는 것이 가장 바람직할 것이다. 따라서 上記(2)式에 least square method를 適用하고 電算으로 處理하여 이 값들을 算定코자 한다(電算人力資料 : Table-1 및 1(가)項의 流域特性差).

Table-1. Input data in the development of generalized equation for estimation of effective rainfall (regression coefficients of 11 case area)[26,27,28]

Classification	Regression coefficeint		
	b_0	b_1	b_2
Ban - Ueol	−0.36676	0.46529	−0.00118
Mae - San	−0.21498	0.55143	−0.00800
Cheong - Ju	−3.64840	0.66000	−0.00012
Su - Pyeong	−1.59686	0.51925	−0.00010
Hwa - Sun	2.88859	0.42317	0.00093
Ib - Gyo	−2.41050	0.67172	−0.00136
O - Su	−0.70144	0.50294	−0.00117
Jeog - Seong	−1.62670	0.47107	−0.000401
Sam - Cheon	−0.16438	0.56908	−0.00099
Chil - Bo	−0.08853	0.44643	−0.00107
Go - Heung	−0.56459	0.45817	−0.00062

※ A_i, G_i, C_i, L_i, S_i, D_i, K_i 入力資料 : 11個示範流域概況값(II. 1. 가項 參照)을 사용함

※ 上記 Table-1에서 b_0(切辺係數)의 11個 流域의 平均値 $\overline{b_0} = 0.77223$

5. 長期單位圖模型의 實用化의 方法

가. 單位時間決定方法

洪水(尖頭)流量이 아닌 長期間 連續流出量을 對象으로 할 경우는 單位圖의 單位時間 決定基

準은 없으며 現行 外國(美日)[18,19,20]의 準例는 大体로 1日單位로 하고 있다. 本 硏究에서도 이에 準하여 1日單位로 況定한다.

나. 基底長 定立方法

單位圖의 基底長은 그 流域의 減水所要時間에 의하여 決定된다.[7] 그러나 無計測 任意流域에서는 出水의 減水所要時間의 觀測記錄은 蒐集할 수 없다. 本硏究에서는 流域의 最遠河道長과 河床의 傾斜를 알면 降水의 出水遲滯(流水到達)時間을 算定할 수 있는 Rziha式(3式)[2]과 遲滯時間만 주면 單位圖의 基底時間(基底長조)을 算定할 수 있는 Snyder의 經驗式(4式)[8]을 適用하여 實用化를 위한 無計測流域의 基底長을 決定코자 한다.

$$t_p = L/W_1 = L/W_2$$
$$W_1 = 72(H/L)^{0.6},\quad W_2 = 20(h/l)^{0.6} \qquad \cdots\cdots(3)$$

여기서 t_p : Rziha式의 洪水到達(出水遲滯)時門(hrs), W_1, W_2 : 洪水傳播速度(W_1 : km/hr, W_2 : m/sec), 72,20 : 係數,

H, h : 河川의 始終点 標高差(km, m),

L.l : 常時 河谷을 形成하고 있는 最遠上流地点(始点)에서 計算地点까지의 河道原狀長(km, m)

$$T = 3 + 3\frac{tp}{24} \qquad \cdots\cdots(4)$$

여기서 T = 基低長(days),

t_p : 出水遲滯時間(hrs), 即 (3)式에서 얻은값,

3 : 常數, 1/24 : t_p(hr)를 日單位로 換算하는 係數

다. 流出配分率(日別)의 一般化 方法

既往에 取得한 11個示範地域別 單位圖從距値 α_i(流出配分率) 132個(α_1, α_2, α_3, 3個×4期×11)[28]와 流域特性因子 77個(A_i, G_i, L_i, S_i, D_i, K_i, 7個×11)[28]와의 相關關係를 (6)式에 의하여 分析 定立하고 無計測流域에서도 이 값 α_i(α_1, α_2, α_3)을 計算해 낼 수 있는 一般式을 導出코자 한다.

$$Q_i = q_0(K) + \alpha_1 \cdot \gamma(i) + \alpha_2 \cdot \gamma(i) + \cdots\cdots \cdots\cdots \alpha_n \cdot \gamma(i) \cdots\cdots(5)$$

여기서 Q_i : /長期型 單位圖法에 의하여 算定되는 i時点에서의 推定流出量(mm/day) q_0 : 計算期間內의 基底流量(mm/day), r(i) : i日 째의 有效雨量(mm/day), K : 基底長(day), α_1, α_2 …… α_n : 長期型 單位圖의 流出配分率

$$\alpha_i = a_0 + a_i \cdot A_i + a_2 \cdot G_i + a_3 \cdot C_i + a_4 \cdot L_i + a_5 \cdot S_i + a_6 \cdot D_i + a_7 \cdot K_i \qquad \cdots\cdots(6)$$

여기서 α_i(α_i, α_2, α_3) : 求하고저 하는 長期型 單位圖의 一般型 流出 配分率値, A_i~K_i : 流域特性因子(2式의 記號와 같음), a_0~a_7 : 多重回歸係數2式과 같으며 係數導出은 Table 2-1(가)項 A_i~K_i 값을 入力資料로 하여 電算處理에 의하여 算出한다.

6. 無降水期間 受水量推定模型(Barnes model)의 實用化方法

本 硏究에서는 有效雨量分의 直接流出이 끝나고 地下水流出 即, 基底流出의 흐르는 期間을 無降雨期間으로 定하고 이때의 基底流出量 即, 受水量推定은 Barnes의 地下水 減水曲線法[1]에 의하여 算出하며 이 Barnes模型과 單位圖를 合成하여 年間 連續的으로 受水量을 推定토록 한 것이다.[28] Barnes模型의 一般化는 11個示範流域의 月別標準地下水 減水曲線係數 W_i(W_1~W_{12})와 이와 相關性에 가장 큰 (相關係數 0.9以上) 流域因子(面積 A_i, 河道長L_i, 河川勾配S_i, 流域浸透量K_i)와의 相關關係를 8式에 의하여 分析處理(電算)하고 無計測流域에도 適用할 수 있는 一般型의 模型을 道出코저 한다.

가. 無降水期間의 受水量推定模型(Barnes model)[1]

$$q_1 = q_0 \cdot e^{-wi \cdot t}$$
$$W_i = L_n \cdot q_0 - L_n \cdot q_1 \qquad \cdots\cdots(7\text{-}a)$$

Table-2. Input data in the development of generalized equation for runoff distribution ratio, $\alpha_i(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$[26,27,28]

Classification	Runoff distribution ratio of unit hydrograph for 4 season respectively(11 catchment area)											
	Standard			Dry - season			Semi - dry season			Rainy - season		
	1day	2day	3day	1day	2day	3day	1day	2day	3day	1day	2day	3day
	α_1	α_2	α_3	α_1	α_2	α_3	α_1	α_2	α_3	α_1	α_2	α_3
Ban - Ueol	0.59	0.28	0.12	0.60	0.28	0.12	0.58	0.30	0.12	0.60	0.28	0.12
Mae - San	0.65	0.26	0.09	0.65	0.27	0.08	0.66	0.28	0.09	0.65	0.26	0.09
Cheong - Ju	0.62	0.29	0.11	0.59	0.32	0.14	0.58	0.30	0.14	0.64	0.20	0.16
Su - Pyeong	0.51	0.30	0.19	0.52	0.30	0.18	0.51	0.30	0.19	0.52	0.30	0.18
Hwa - Sun	0.62	0.25	0.13	0.69	0.29	0.07	0.59	0.27	0.13	0.62	0.24	0.13
Ib - Gyo	0.67	0.23	0.11	0.68	0.23	0.10	0.74	0.21	0.09	0.64	0.25	0.12
O - Su	0.53	0.30	0.17	0.50	0.31	0.18	0.53	0.30	0.17	0.53	0.30	0.17
Jeog - Seong	0.52	0.29	0.19	0.52	0.29	0.19	0.52	0.29	0.19	0.52	0.29	0.19
Sam - Cheon	0.56	0.30	0.15	0.56	0.29	0.15	0.57	0.29	0.15	0.55	0.30	0.16
Chil - Bo	0.56	0.30	0.14	0.55	0.30	0.15	0.55	0.30	0.15	0.56	0.30	0.14
Go - Heung	0.58	0.27	0.15	0.54	0.31	0.15	0.56	0.29	0.15	0.60	0.26	0.14

※ A_i, G_i, C_i, L_i, S_i, D_i, K_i, 入力資料 : Ⅱ. 1. 가項 11個示範 流域槪況 特性値 使用함

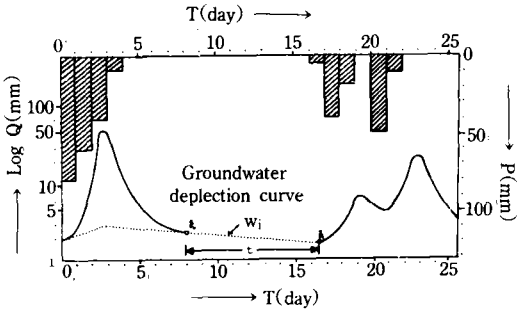

Fig. 3. Estimated runoff results during the dry season by barnes model.

$$q_1' = q_0' \cdot e^{-wi \cdot (0.5 \cdot t)}$$
$$q_0' = Q_E \cdot C \quad \cdots(7-b)$$
$$C = \alpha_3 - (K \cdot 0.5t),\ K = (\alpha_2 - \alpha_3)/24$$

上式에서 (7-a)式은 無降水期間 2日째부터 사용하는 공식으로서 q_i : t時間(day) 經過后의 地下水流出量(mm), q_0 : 初期受水量(mm), t : 經過時間(day), e : 自然對數, W_i : 地下水 減水曲線係數(W_1~W_{12} : 1月~12月까지) 보통 W_i의 實測係數算定은 Barnes의 月別標準曲線法[1] (Fig. 4 參照)에 의하여 計算한다. 다음 (7-b)

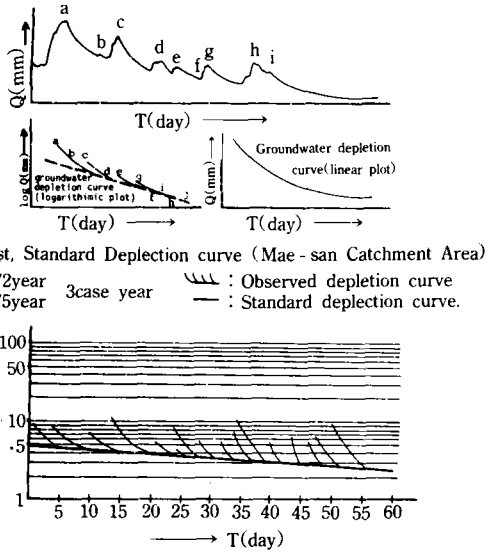

Fig. 4. Drawing examples of monthly standard depletion curve.

式은 無降雨期間 1日째 사용하는 공식으로써 여기서 q_1' : 無降水期間 첫날의 地下水流出量(mm), q_0' : 單位図 最終日의 最終時間의 流出量(mm) Q_E : 單位圖法에 의하여 算定된 單位圖

Table-3. Input data in the development of generalized equation for estimation of ground water depletion curve coefficients $w_i(w_1 \sim w_{12})$[26,27,28].

(Observed $w_1 \sim w_{12}$ of 11 case Areas)

	Classification	Ban - Ueol	Mae - san	Cheong - Ju	Su - Pyeong	Hwo - Sun	Ib - Gyo
1	January	0.024355	0.027454	0.024226	0.16123	0.018735	0.028781
2	Februry	0.026701	0.030099	0.026881	0.018937	0.021456	0.031001
3	March	0.034543	0.038939	0.033991	0.019913	0.023354	0.039711
4	April	0.039000	0.043960	0.039800	0.029846	0.032478	0.043970
5	May	0.042363	0.047751	0.042461	0.033218	0.035415	0.0478851
6	June	0.045567	0.051366	0.045331	0.032132	0.034528	0.052116
7	July	0.051588	0.058153	0.051662	0.035654	0.039112	0.059151
8	August	0.052783	0.059501	0.052818	0.041009	0.043167	0.060152
9	September	0.050829	0.057298	0.051000	0.040899	0.041587	0.057338
10	October	0.038522	0.043424	0.037991	0.022111	0.023974	0.044332
11	November	0.034212	0.038566	0.034113	0.019249	0.022378	0.039166
12	December	0.025883	0.029177	0.025531	0.017621	0.019723	0.030000

	Classification	O - Su	Jeon - Seong	Sam - Cheon	Chil - Bo	Go - Heung	Mean(w_i)
1	January	0.016944	–	0.017335	0.017345	0.018501	0.020979
2	Februry	0.021128	–	0.019901	0.020013	0.019997	0.023611
3	March	0.022144	–	0.020112	0.020113	0.020011	0.027283
4	April	0.032162	–	0.031123	0.031213	0.030119	0.035367
5	May	0.034377	0.031158	0.032991	0.033100	0.032268	0.037544
6	June	0.034212	0.030913	0.033551	0.033481	0.030807	0.038545
7	July	0.038825	0.035857	0.038713	0.037812	0.034871	0.043763
8	August	0.041100	0.041087	0.041512	0.042126	0.040819	0.051607
9	September	0.039266	0.039776	0.039981	0.039881	0.038798	0.045150
10	October	0.020128	0.021132	0.020138	0.020128	0.020129	0.028367
11	November	0.018825	–	0.018985	0.018825	0.019912	0.022506
12	December	0.018700	–	0.018655	0.018700	0.018921	0.022291

※ A_i, L_i, S_i, K_i, 入力資料 : Ⅱ. 1. 가項 11個示範 流域概要 特性値 使用함.

最終日의 日平均流出量(mm), C : 流出量 減少率, α_3 : 單位圖 最終日의 流出配分率(%) α_2 : 單位圖 最終日 前日의 流出配分率(%) K : α_2에서 α_3까지의 時間当(hr) 流出配分率의 変化量(%), t, W_i, e : 7-a式과 같음.

나. 地下水減水曲線係數(wi)의 一般化 方法

上述한바와 같이 相關性이 높은 流域 特性因子 4個만을 指摘函數로 한 W_i의 算定式은 다음과 같다.

$$W_i = a_0 + a_1 \cdot A_i + a_2 \cdot L_i + a_3 \cdot S_i + a_4 \cdot K_i \cdots (8)$$

여기서 $W_i(W_1 \sim W_{12})$: 求하고자하는 月別標準地下水減水曲線係數(1月부터 12月까지 12個月) A_i, L_i, S_i, K_i : (1 가項 參照), $a_0 \sim a_4$: 多重回歸係數로서 이 값 역시 (2)式에서와 같이 最小自乘法을 適用하고 Table-3의 값과 A_i, L_i, S_i, K_i의 11個流域값을 入力資料로하여 電算處理로 導出한다.

Ⅲ. 結果·및 考察

1. 有效雨量(損失雨量)推定模型의 一般化 導出

가. 模型의 一般化

1) 基本型(各記號. 1式과 같음)

$R_e = P - L_d$, $L_d = b_0 + b_1 \cdot P + b_2 \cdot P^2$

2) 2次回歸 係數算定 一般化(Table-4 參照)

註 : 아래표(Table-4)에서 2次回歸係數算定 一般式 (b_0) 값은 統計的인 切辺係數임으로 이 表에 記載된 (b_0)算定式을 使用하지 않고 Table-1의 註書에 提示한 實測한 11個流域b_0平均値 $\bar{b_0}$ =0.77223 을 그대로 導入해도 可함.

2. 長期單位圖模型의 一般化 導出

가. 模型의 一般式

1) 基本型(各記號 說明 5式과 같음)

$Q_i = q_0 \cdot (\dot{K}) + \alpha_1 \cdot R_{e(i)} + \alpha_2 \cdot R_{e(i)} + \alpha_3 \cdot R_{e(i)}$

2) 流出配分率(α_1, α_2, α_3) 算定 一般式(Table-5 參照)

나. 流域特性因子에 의한 多重回歸係數 導出 (Table-5. 參照)

3. 無降水期間 受水量推定模型의 一般化 導出

1) 基本型(Barne's model)

$q_1 = q_0 \cdot e^{-wi \cdot t}$

$wi = L_n q_0 - L_n q_1$ } (7式과 같음)

$wi = w^1 \sim w_2$

2) 地下水 減水曲線係數(wi) 算定 一般式 (Table-6 參照)

4. 長期連續受水量 推定模型(合成模型)의 實用化 結果

가. 주어진 特性因子(Table-8)를 利用한 2個流域의 各種模型導出

1) 有效雨量(損失雨量) 推定模型($R_e = P - L_d$, $L_d = b_0 + b_1 \cdot P + b_2 \cdot P^2$)

康川流域 : $L_d = -3.6357 + 0.5959 \cdot P - 0.0011 \cdot P^2$ ……(9)

南溪流域 : $L_d = -8.0117 + 0.6876 \cdot P - 0.0018 \cdot P^2$ ……(10)

2) 單位圖流出配分率 α_i(α_i, α_2, α_3)

Table-4. Multiple regression coefficients for catchment characteristic factor a standard model (furmula) : $b_i = a_0 + a_1 \cdot A_i + a_2 \cdot G_i + a_3 \cdot C_i + a_4 \cdot L_i + a_5 \cdot S_i + a_6 \cdot D_i + a_7 \cdot K_i$

Catchment area Cheracteristic factor			Mark of multiple regression	Multiple regression coefficient (generalization value)			contri-bution ratio(R^2)
factor	mark	unit		eq · b_0	eq · b_1	eq · b_2	
Constant(number)	·	·	a_0	+6.58723	+0.326201	−0.002271	·
Watershed area	A_i	km^2	a_1	+0.04418	−0.003509	−0.000003	0.80
Distance round the catchment area	G_i	km	a_2	−0.01960	+0.004166	−0.000012	0.70
Massing degree coefficent	C_i	·	a_3	−6.92253	+0.393580	+0.001694	0.87
River - extension	L_i	km	a_4	−0.18606	+0.014730	+0.000086	0.70
River - slope	S_i	·	a_5	+210.36974	−9.165930	+0.025431	0.88
River - density	D_i	·	a_6	+11.43578	−0.415101	+0.001791	0.86
Infiltration of watershed	K_i	mm/day	a_7	−2.28753	+0.030751	−0.0000241	0.99
Correlation coefficient(R)				0.89	0.87	0.86	·

Table-5. Multiple regression coefficients in runoff distribution ratio(α_i) of unit hydrograph (a standard furmula : $\alpha_i = a_0 . a_1 . A_i . a_2 . G_i . a_3 . C_i . a_s . L_i . a_6 . D_i . a_7 . S_i$)

Catchment area Cheracteristica factors			Mark of multiple regression	Multiple regression coefficient (generalization value)			contri-bution ratio(R^2)
factor	mark	unit		1day ratio eq · α_1	2day ratio eq · α_2	3day ratio eq · α_3	
Constant(number)	·	·	a_0	0.8893754	0.1748449	−0.0642205	·
Watershed area	A_i	km^2	a_1	−0.0003081	−0.0000502	0.0003511	0.80
Distance round the catchment area	G_i	km	a_2	0.0004299	−0.0005812	0.0001513	0.70
Massing degree coefficent	C_i	·	a_3	0.0142571	−0.0669359	0.0526788	0.83
River - extension	L_i	km	a_4	0.0016772	0.0025810	−0.0042582	0.71
River - slope	S_i	·	a_5	−1.0792649	0.559751	1.023289	0.87
River - density	D_i	·	a_6	−0.0151923	−0.0229467	0.038139	0.85
Infiltration of watershed	K_i	mm/day	a_7	−0.0661444	0.0308549	0.035289	0.95
Correlation coefficient(R)				0.998	0.979	0.981	·

Table-6. List of multiple regression coefficients in ground water deplection curve coefficients of baren's model.

(a standard furmula : $w_i = a_0 + a_1 \cdot A_i + a_2 \cdot L_i + a_3 \cdot S_i + a_4 \cdot K_i$)

Classification of monthly		Mark of Ground water deplection curve-coefficient	Constant (number)	Watershed area	River extension	River slope	Infiltration of watershed	Correlation coefficient
			·	A_i	L_i	S_i	K_i	(R)
			a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	
1	January	eq · w_1	−0.037718	0.000213	−0.001426	0.246708	0.009925	0.92
2	Februry	eq · w_2	−0.051857	0.000296	−0.001714	0.368269	0.012386	0.96
3	March	eq · w_3	−0.068021	0.000298	−0.00169	0.442234	0.015091	0.94
4	April	eq · w_4	−0.026870	0.000192	−0.001096	0.328599	0.009663	0.95
5	May	eq · w_5	0.061448	−0.000023	0.000381	−0.090743	−0.005285	0.99
6	June	eq · w_6	0.030931	0.000078	−0.000209	0.099342	−0.000356	0.99
7	July	eq · w_7	0.011895	0.000151	−0.000653	0.232857	0.003568	0.98
8	August	eq · w_8	−0.002345	0.000202	−0.001181	0.222601	0.00757	0.99
9	September	eq · w_9	−0.001882	0.000172	−0.000931	0.166148	0.007214	0.99
10	October	eq · w_{10}	−0.018594	0.000193	−0.000915	0.158224	0.006723	0.98
11	November	eq · w_{11}	−0.081318	0.000353	−0.002145	0.436559	0.017713	0.95
12	December	eq · w_{12}	−0.040935	0.000215	−0.001391	0.277147	0.010503	0.95
Contribution ratio (R^2)			·	0.86	0.85	0.89	0.97	·

康川流域 : $\alpha_1 = 0.542, \alpha_2 = 0.299, \alpha_3 = 0.159$ ……(11)

南溪流域 : $\alpha_1 = 0.501, \alpha_2 = 0.317, \alpha_3 = 0.182$ ……(12)

Table-8. Catchment area characteristic factor of Nam - gye and Gang - cheon.

Catchment area cheracteristic factor	Watershed area	Distance round the catchment area	Massing degree coefficeint	Rever extension	Rever - slope	Rever - density	Infiltration water shed
Mark	A_i	G_i	C_i	L_i	S_i	D_i	K_i
Unit	km^2	km	·	km	·	·	mm/day
Gang - cheon watershed	38.2	30.5	0.62	10.5	0.018867	0.27	5.3
Nam - gye water - shed	9.7	13.0	0.64	5.0	0.008	0.23	6.0

Table-9. Calculated values of w_i(w_1~w_{12}).

Classification of monthly		w_i	Gang - cheon watershed w_i value	Nam - gye watershed w_i value	Classification of monthly		w_i	Gang - cheon watershed w_i value	Nam - gye watershed w_i value
1	January	w_1	0.012704	0.018742	7	July	w_7	0.034072	0.033356
2	February	w_2	0.014048	0.019706	8	August	w_8	0.037313	0.040927
3	March	w_3	0.013945	0.020504	9	September	w_9	0.036292	0.039749
4	April	w_4	0.026371	0.030119	10	October	w_{10}	0.017789	0.020307
5	May	w_5	0.034836	0.030689	11	November	w_{11}	0.011761	0.021151
6	June	w_6	0.031702	0.029301	12	December	w_{12}	0.013567	0.019431

나. 長期間 連續受水量 推定結果(總括)

流域別	比較區分	試驗個數	推定精度 (相對誤差 E_0(%))	參考表	摘要
康川	Hydrograph 別	72 個	6.09	Table 10	
	連續日日別	245 個	9.58	電算別表	1982. 5. 1 ~ 1982. 12. 31 245日間
南溪	Hydrograph 別	65 個	5.68	Table 12	
	連續日日別	271 個	10.50	電算別表	1980. 4. 5 ~ 1980. 12. 31 271日間

註 : 1. 相對誤差 $E_0(\%) = \{(實測値 - 推定値) \div 實測値\} \times 100$

2. 日日別 推定內容 : 電算處理된것이며 Table-11, 13은 그 一部를 例示한 것임.

3) 無降水基間 受水量 推定模型($q_1 = q_0 \cdot e^{-wi \cdot t}$)

康川流域, 南溪流域 : w_i(w_1~w_{12})값 : Table-9 參照

5. 考 察

가. 實用化模型의 一般式에 對하여

有效雨量(損失雨量)模型의 2次回歸係數 算定一般式(9式, 10式, 11式)에서 b_0, b_1, b_2를 決定짓는데 가장 相關性(R)이 높고 그 決定係數(R^2)가 큰 Parameter는 流域浸透量 K_i値(Table-4에 K_i의 相關係數 R : 0.99, 流定係數 R^2 : 0.98)였다. 다음 長期單位圖模型의 流出配分率 α_i(α_1, α_2, α_3)算定 一般式(Table-5)에서의 α_1, α_2, α_3를 決定짓는 경우에도 가장 相關性(R)이 높고 決定係數(R^2)가 큰 것은 S_i와 K_i値였다(Table-5). 다음 無降水期間의 Barnes 模型의 地下水 減水

Table-10. Comparism results between observed and estimated values by hydrograph (No. 1~No. 72) respectively.

(Gang - cheon catchment area) 1982 year

Hydro - graph number No.	Runoff of observed (mm)	Runoff of estimated (mm)	Relative error E_0 (%)	No	Runoff of observed (mm)	Runoff of estimated (mm)	Relative error E_0 (%)	No	Runoff of observed (mm)	Runoff of estimated (mm)	Relative error E_0 (%)
1	11.74	10.95	6.7	26	13.53	12.07	10.8	51	13.45	16.28	21.1
2	25.14	9.28	46.5	27	14.30	12.84	10.2	52	16.50	17.42	5.6
3	19.49	22.29	14.3	28	18.28	16.02	12.4	53	18.94	19.83	4.7
4	17.89	16.73	6.5	29	31.25	30.89	1.2	54	29.07	30.77	5.8
5	26.48	26.45	0.1	30	17.95	16.50	8.1	55	140.87	125.76	10.7
6	16.79	15.23	9.3	31	12.68	11.19	11.7	56	34.73	31.01	10.7
7	36.97	34.73	6.1	32	14.17	14.43	1.8	57	21.55	21.45	0.5
8	24.59	24.77	0.7	33	15.83	15.36	3.0	58	13.15	13.08	0.5
9	19.33	19.24	0.5	34	17.52	16.86	3.8	59	24.20	24.11	0.4
10	74.36	75.72	1.8	35	10.39	10.17	2.1	60	33.18	33.12	0.2
11	47.00	48.00	2.1	36	23.79	22.88	3.8	61	68.19	77.94	14.3
12	16.50	17.47	5.9	37	18.67	18.97	1.6	62	63.51	63.19	0.5
13	18.46	19.10	3.5	38	12.22	11.74	3.9	63	18.67	16.60	11.1
14	9.20	9.86	7.1	39	23.35	23.27	0.3	64	16.46	15.75	4.3
15	53.45	59.24	10.8	40	18.93	17.92	5.3	65	41.67	41.62	0.1
16	76.22	76.82	7.9	41	26.70	26.88	0.7	66	19.18	18.84	1.8
17	30.71	30.80	0.3	42	17.99	15.68	12.9	67	9.84	10.44	6.1
18	40.85	39.70	2.8	43	13.13	15.54	18.3	68	9.36	9.89	5.7
19	20.19	19.24	4.7	44	36.73	36.27	1.3	69	18.67	19.06	2.1
20	10.99	11.82	7.6	45	27.12	27.06	0.2	70	31.93	32.37	1.4
21	10.59	10.46	1.2	46	16.66	19.80	18.9	71	23.58	23.66	0.3
22	12.19	13.07	7.2	47	9.93	9.25	6.9	72	16.85	15.93	5.4
23	19.90	21.29	7.0	48	44.26	43.98	0.6				
24	16.88	17.51	3.7	49	19.65	20.07	2.1	Mean			6.09
25	23.10	25.58	10.8	50	28.56	26.09	8.6				

E_0 = (Relative error %) = {(observed - estimated) ÷ observed} ÷ 100

Table-11. Comparism results between daily observed(Q) and estimated(Q') values (Run - off) (May 1 through June 25).

(Gang - cheon catchment area) 1982 year

H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q'(mm)	E_0(%)	H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q'(mm)	E_0(%)
No. 1	5	1	14.0	5.53	5.15 5.16	6.8 6.6		5	28	5.0	3.51	3.50 3.51	0.0 0.0
		2	·	3.05	2.84 2.85	6.8 6.5			29	7.9	4.07	3.98 3.98	2.2 2.2
		3	·	1.62	1.51 1.50	6.8 2.4			30	10.0	4.61	4.64 4.64	3.0 3.0
		4	·	1.54	1.45 1.45	5.8 5.8			31	·	2.30	2.30 2.30	0.0 0.0
		Total		11.74	10.95 10.96	6.7 6.6		6	1	·	0.86	0.85 0.85	1.1 1.1

H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q'(mm)	E_0(%)	H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q'(mm)	E_0(%)
No.2		5	30.8	17.86	9.28 19.27	46.5 7.8			2	·	0.83	0.83 0.83	0.0 0.0
		6	·	4.76	5.12 5.12	7.6 7.6			3	·	0.81	0.80 0.86	1.2 1.2
		7	·	2.52	2.72 2.71	7.9 7.5			4	·	0.78	0.79 0.79	1.2 1.2
		Total		25.14	17.12 27.10	31.9 7.8			5	·	0.76	0.75 0.75	1.3 1.3
No. 3		8	0.90	0.34	0.26 0.22 0.02	23.5 35.2			6	·	0.73	0.74 0.74	1.4 1.4
		9	5.90	2.35	1.90 1.32	19.1 43.0			7	·	0.71	0.71 0.71	0.0 0.0
		10	26.70	6.66	9.00 6.84	2.3 2.7			8	·	0.69	0.68 0.68	1.5 1.5
		11	·	3.68	4.90 3.75	33.0 1.9			9	·	0.67	0.66 0.66	1.5 1.5
		12	·	1.96	2.33 1.78	18.8 9.1			Total	·	24.48	26.45 26.45	1.0 1.0
		13	·	1.89	1.03 1.72	45.5 8.9	No. 6		10	6.9	2.65	2.43 2.43	8.3 8.3
		14	·	1.13	0.99 1.01	12.3 10.6			11	8.9	4.95	4.49 4.49	9.3 9.3
		15	·	0.77	0.96 0.70	24.6 9.1			12	·	2.68	2.45 2.45	8.5 8.5
		16	·	0.71	0.92 0.68	29.5 2.8			13	·	1.02	0.92 0.92	9.8 9.8
		Total	·	19.49	22.29 17.82	14.3 8.6			14	·	0.99	0.89 0.89	10.1 10.1
No. 4		17	13.0	5.25	4.92 4.92	6.2 6.2			15	·	0.96	0.86 0.86	10.4 10.4
		18	·	2.91	2.71 2.71	6.8 6.8			16	·	0.93	0.83 0.83	10.7 10.7
		19	·	1.54	1.43 1.43	7.1 7.1			17	·	0.90	0.83 0.83	7.7 7.7
		20	·	1.49	1.39 1.39	6.7 6.7			18	·	0.87	0.78 0.78	10.3 10.3
		21	·	1.44	1.34 1.34	10.1 10.1			19	·	0.84	0.75 0.75	10.7 10.7
		22	·	1.39	1.29 1.29	7.1 7.1			Total	·	16.79	15.23 15.23	9.31 9.31
		23	·	1.33	1.25 1.25	6.0 6.0	No. 7		20	58.8	18.20	16.99	6.6 6.6
		24	·	1.29	1.20 1.20	6.9 6.9			21	5.0	11.50	10.8	6.1
									22	·	0.40	0.42	5.0
		25	·	1.25	1.20 1.20	4.0 4.0			23	·	6.10	5.75	5.7
									24	·	0.39	0.39	0.0
		Total		17.89	16.73 16.73	6.5 6.5			25	·	0.38	0.38	0.0
									Total		36.97	34.73	6.05
No. 5		26	5.0	1.46	1.46 1.46	0.0 0.0							
		27	9.9	3.69	3.17 3.77	2.1 2.1							

※ H.G. No. : Hydrograph number, R(mm) : Rainfall, Q(mm) : Observed, Q'(mm) : Estimated, E_0 : Relative error.

Table-12. Comparism results between observed and estimated values by hydrograph (No. 1~No. 65) respectively.

Gang - cheon catchment area) 1980 year

Hydro -graph number No.	Runoff of observed (mm)	Runoff of estimated (mm)	Relative error E_0 (%)	No	Runoff of observed (mm)	Runoff of estimated (mm)	Relative error E_0 (%)	No	Runoff of observed (mm)	Runoff of estimaedd (mm)	Relative error E_0 (%)
1	96.30	109.34	13.5	26	20.20	20.68	2.4	51	11.60	13.02	12.2
2	35.50	30.95	12.8	27	17.57	18.06	2.8	52	16.90	17.14	1.4
3	24.76	23.74	4.1	28	20.00	20.20	1.0	53	22.10	25.84	16.9
4	23.97	24.25	1.2	29	22.06	24.71	12.0	54	42.70	47.21	10.6
5	16.47	18.52	12.5	30	85.30	85.49	0.2	55	94.03	94.84	0.9
6	21.80	24.34	11.6	31	20.71	20.67	0.2	56	36.87	36.56	0.8
7	35.00	31.25	10.7	32	27.34	27.48	0.5	57	35.43	35.20	0.6
8	17.84	16.66	6.6	33	34.83	34.21	1.8	58	24.08	23.67	1.7
9	29.00	32.44	11.9	34	12.20	12.59	3.2	59	16.81	16.72	0.6
10	52.76	53.39	1.2	35	32.70	32.52	0.6	60	18.53	18.68	0.8
11	29.80	29.76	0.1	36	36.60	36.87	0.7	61	56.18	56.75	1.0
12	28.17	33.49	18.9	37	20.34	22.70	9.5	62	24.24	25.52	5.3
13	55.15	51.75	6.2	38	16.88	18.32	8.5	63	16.62	18.09	8.9
14	53.61	50.75	5.3	39	20.91	22.88	9.4	64	22.72	23.65	4.1
15	42.00	45.03	7.2	40	24.46	24.71	1.0	65	29.69	32.35	9.0
16	132.70	142.18	7.1	41	42.27	42.11	0.4				
17	69.03	69.45	0.6	42	36.18	36.31	0.4	Mean			5.68
18	119.30	124.54	4.4	43	27.55	27.28	1.0				
19	119.90	136.51	13.9	44	51.90	56.66	9.2				
20	28.32	29.96	5.8	45	17.60	18.56	5.5				
21	25.34	25.19	0.6	46	104.90	115.02	9.7				
22	23.34	27.22	16.6	47	27.00	28.79	6.6				
23	24.93	26.31	5.5	48	178.17	179.06	0.5				
24	20.11	20.80	3.4	49	70.11	77.44	10.5				
25	34.26	34.77	1.5	50	16.29	18.45	13.3				

Table-13. Comparism results between daily observed(Q) and estimated(Q′) values (Run - off) (April 5, through May 29).

(Nam - Gye catchment area) 1980 year

H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q′(mm)	E_0(%)	H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q′(mm)	E_0(%)
No. 1	4	5	122.4	34.42	39.06 39.06	13.50		5	3	·	2.31	2.33 2.33	0.9
		6	32.4	30.90	35.09 35.09	13.50			Total		23.97	24.25 24.25	1.2
		7	·	18.27	20.77 20.77	13.6	No. 5		4	22.0	7.02	7.87 7.87	12.1
		8	·	3.31	3.76 3.76	13.6			5	·	4.43	4.99 4.99	12.6
		9	·	3.21	3.68 3.68	14.6			6	·	2.55	2.88 2.88	12.9

H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q'(mm)	E_0(%)	H. G No.	Month	Day	R(mm)	Q(mm)	Q'(mm)	E_0(%)
		10	·	3.17	3.54 3.54	11.7			7	·	2.47	2.78 2.78	12 6
		11	·	3.02	3.44 3.44	13.9			Total		16.47	18.52 18.52	12.5
		Total		96.30	109.34 109.34	13.5	No. 6		8	30	7.77	8.65 8.65	11.3
No. 2		12	24.8	7.91	6.88 6.88	13.0			9	12.2	8.07	9.01 9.01	11.6
		13	4.2	6.37	5.53 5.53	13.1			10	·	4.81	5.40 5.40	12.3
		14	15.1	8.53	7.4 7.4	13.3			11	·	1.15	1.28 1.28	11.3
		15	2.8	4.43	3.85 3.85	13.0			Total		21.80 12.07	24.34 24.34	11.6
		16	8.9	5.12	4.48 4.48	12.5	No. 7		12	38.8	12.07	10.76 10.76	10.8
		17	·	2.12	1.84 1.84	13.2			13	·	7.64	6.81 6.81	10.9
		18	·	1.02	0.90 0.90	11.7			14	13.5	8.60	7.66 7.66	10.9
		Total		35.50	30.95 30.95	12.8			15	4.1	3.91	3.50 3.50	10.5
No. 3		19	14.6	6.76	6.48 6.48	4.1			16	·	2.32	2.08 2.08	10.3
		20	·	4.28	4.10 4.10	4.2			17	·	0.46	0.44 0.44	4.3
		21	·	2.46	2.36 2.36	4.0			Total		35.00	31.25 31.25	10.7
		22	·	2.39	2.29 2.29	4.1	No. 8		18	2.5	1.12	1.00 1.00	10.7
		23	·	2.32	2.22 2.22	4.3			19	5.3	2.99	2.76 2.76	7.7
		24	·	2.25	2.15 2.15	4.4			20	9.6	5.96	5.57 5.57	6.5
		25	·	2.18	2.09 2.09	4.1			21	·	3.44	3.22 3.22	6.4
		26	·	2.12	2.05 2.05	7.0			22	·	1.49	1.43 1.43	4.0
		Total		24.76	23.74 23.74	4.1			23	·	1.44	1.36 1.36	5.6
No. 4		27	18.7	7.16	7.24 7.24	1.1			24	·	1.40	1.32 1.32	5.7
		28	·	4.53	4.58 4.58	0.7			Total		17.84	16.66 16.66	6.6
		29	·	2.61	2.63 2.63	0.7	No. 9		25	9.0	2.23	2.48	11.2
									26	40.4	11.41	12.75	11.7
		30	·	2.53	2.55 2.55	0.7			27	9.3	9.44	10.56	11.9
									28	·	5.09	5.72	12.3
	5	1	·	2.45	2.48 2.48	1.2			29		0.83	0.93	12.1
									Total		29.00	32.44	11.9
		2	·	2.38	2.44 2.44	2.5							

曲線係數 w_i(w_1～w_{12})算定 一般式(Table-6)에서도 w_i値를 決定짓는데 相關性(R) 및 決定係數(R^2)가 가장 큰 Parameter는 그 流域의 滲透量(K_i)이었다(Table-6)

나. 實地 實用化 結果에 對하여

2個地區에 對한 實地 受水量推定結果總括(5－나項) 및 Table-9～12에서 提示하고 있는 바와 같이 康川 南溪 2個流域을 Hydrograph個個別로

實測値와 推定値을 比較한 結果 相對誤差(E_0)가 康川은 6.09%, 南溪는 5.68%로서 推定精度가 比較的 높으며 이것을 每日 連續的(康川245日間, 南溪271日間連續)으로 實測値와 推定値를 比較하면 日日平均 9.58%～10.5%의 相對誤差率로서 Hydrograph個個別보다는 4～5% 推定程度가 低下됨을 알 수 있다. 그러나 現在 우리나라에서 많이 使用하고 있는 梶山의 月別受水量公式에 의한 推定精度는 1年 全期間 旬平均 24%～54%(農振公社報告)[26,27,28]의 相對誤差로서 이에 比하여 이번 實用化流域의 推定精度는 大端히 높은 것으로 볼 수 있다. 그러나 本 硏究의 結果만으로 全國的인 實用化의 可能性을 敢히 斷定할 수는 없다.

Ⅳ. 摘 要

現行 梶山公式(問題点)의 補完對策으로 지난 3個年間(1986～1988) 農林水産部 및 農業振興公社의 主管下에 筆者가 責任硏究者가 되어 우리나라 7大水系 11個所의 中小流域(半月·梅山·淸州·水平·和順·笠橋·契樹·赤域·三川·七宝·高興)을 對象으로 長期間 連續受水量推定模型을 導出한 바 있었다. 本 硏究는 그때 얻은 11個의 流域別 各模型(有效雨量模型·單位圖模型·無降水期間 Barne's 模型)과 流域特性因子와의 相關關係를 定立하여 將次 우리나라의 任意의 中小無計測(流出量)流域에 降雨만 주면 受水量을 連續的으로 推定할 수 있는 一般化된 實用型 公式을 開發하고 이것을 實地로 康川 및 南溪等地의 試驗流域에 使用하여 現實的으로 有用性 可能與否를 點檢하였다.

먼저 有效雨量(損失雨量)推定模型의 一般化는 旣往에 導出한 11個示範流域의 2次回歸係數 33個(Table-1)와 流域特性因子 77個(Ⅱ. 1-가項)와의 相關關係를 設定하고 多量回歸式(2式)과 最少自乘法을 使用하여 電産處理分析한 結果 9式～11式과 같이 2次回歸係數算定用 一般式을 導出하였다.

다음 單位圖模型의 一般化는 單位時間은 1日로 定하고 基底長은 Rziha(3式)와 Snyder(4式)의 經驗式에 의하여 決定했으며 流出配分率 α_i(α_1, α_2, α_3)의 一般式 導出은 旣往에 取得한 流出配分率 α_i값 132個(Table-2)와 流域特性値 77個와의 相關關性를 設定하고 6式과 最少自乘法(電算)을 使用하여 Table-5와 같이 流出配分率 α_i의 一般式을 導出하였다.

다음 無降水期間 受水量推定模型(Barnes model)의 一般化는 地下水 減水曲線係數(w_i)와 相關性이 높은 流域特性因子 4個(A_i, L_i, S_i, K_i)만을 Parameter로 하여 이 값과 11個地區 12個月間의 標準減水曲線係數(w_i) 132個(Table-3)와의 相關性을 (8)式에 의하여 分析하고 w_i의 一般式을 Table-6과 같이 導出하였다.

以上에서 導出한 單位圖一般型과 Barnes 一般型을 合成하여 새로운 一般型의 長期間 連續受水量推定模型(合成模型)을 Table-7과 같이 電算 program化하였다. 그리하여 實地로 2個 實用化 試驗流域인 康川, 및 南溪地區(Fig. 1, 2)에서 얻은 流域特性因子 諸元(Table-7)을 各各 Table-4, 5, 6에 代入하여 이 2個地區의 長期連續受水量推定模型의 一般式(9式～12式) 및 Table-8의 값을 導出하고 이 一般式을 合成模型電算program(Table-7)에 入力하여 Ⅲ. 5 (나)項 및 Table-9～12와 같은 受水量推定結果를 얻었다. 여기서 總括하여 考察하면 推定精度는 2個流域 共히 Hydrograph個個別로는 6.09%～5.68%內外의 相對誤差率을 보였으며 日次別로는 9.58～10.5%內外의 多少 큰 相對誤差를 보였다. 그러나 梶山式에 의한 1年 全期間 旬平均相對誤差 24～54%에 比較하면 처음으로 試圖한 本 硏究의 實用化 結果는 어느 程度 좋게 評價할 수 있다. 그러나 實用化 硏究는 이제부터 始作이며 앞으로 많은 水系에 많은 여러 類刑의 河川流域에 繼續的인 硏究가 實施되어야 할 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. BARNES. B. S. (1940) Discussion of Analysis of Runoff.
2. Chow, V. T. 1964 Handbook of applied hydrology Mcgraw - hill book co.
3. Hydrologic Annual Report in KOREA (1966 －1972) Minstry of Construction.
4. Kohler, M. A. and R. K. Linsley, 1951. predicting the runoff from ston rainfall. U. S. Weather Bur. Res. Pap 34.
5. R. K. Linsley, M. A. Koher J. L. H Paulhus : Applied Hydrology, Mc Hill Co Inc Ny(1949).
6. SEIKO 8500 : Computer program §3 Multiple Regression Analysis Method.
7. Sherman, L. K. : Streamflow from Rain fall by Unitgraph method. Enginners Record, Vol. 108. pp 501～505(1932).
8. Snyder, FF : Synthetic Unit Hydrographs Trans AGU. Vol. 19(1938).
9. USDA SCS 1956, Hydrology Guide for use in Watershed planning National Engineering Hand book Sectiong Hydrology Supplement A : 3,20. 1 - 6.
10. 金泰喆 1980. 多重回歸分析에 依한 河川月流出量의 推計學的 推定에 關한 硏究 韓國農工學會誌 22(3) : 75～87.
11. _____ 1984, 日流出量 推定을 위한 單位圖模型 韓國農工學會誌 28(1) : 33～40.
12. _____ 1984, 韓國河川의 月流出量 推定을 위한 地域化 回歸模型 學位論文.
13. 農水産部 : 1975, 受水量公式補完 示範事業報告書(綜合編)
14. 徐承德 : 流域特性에 의한 合成單位圖의 誘導에 關한 硏究 韓國農工學會誌 16(2) : 78～93(1974).
15. 朝鮮總督府 : 朝鮮河川調査書(1929).
16. 嚴柄鉉 : 韓國河川の 長期的 低水 流出 流況に 關する 硏究 日本 農業土木學會誌(京都支論誌 Sss pp 80～96(1980).
17. _____ : 韓國河川の 基底流量の 季節的 受動に 關する 硏究 日本土木誌(京都支論誌 Sss pp. 86～94(1981).
18. 嚴柄鉉 : 長期流出解析における 單位圖の 性格檢討 : 日本 京大農工誌 90卷 (pp. 75～80) 1980.
19. _____ : 降雨前の 低水流量を 指標として 有效雨量分離 日本 農業土木學會論文集 第91號 pp. 26～33 JSIDRE Feb(1981).
20. _____ : 韓國錦江流域における 流域蒸發散量と 有效雨量びに 單位圖法による 長期間流出解析(京都大學 學位論文) 日本 國會國書博士論文(京大編) pp. 80～140(1981).
21. _____ : 長期流出解析에서의 有效雨量分離에 關한 檢討(韓國流域 : 全南大學校 農漁村開發硏究 第17卷 2號 (pp. 114～123)(1982)
22. _____ : 물收支法에 依한 우리나라 河川流域의 蒸發散量推定에 關한 硏究 韓國農工學會 第25卷 2號(pp. 42～25)(1983).
23. _____ : 單位圖模型을 利用한 大流域의 長期流出解析(忠州流域) 農業用水開發試驗硏究報告書(農水産部) pp. 109～157(1983).
24. _____ : 長期流出의 水文學的 模型開發을 위한 主要水系別 單位圖誘導 韓國農工學會誌 18(1) : 85～94(1984).
25. _____ : 韓國河川의 月別受水量 推定에 關한 硏究(梶山의 月別 旬別 受水量 推定 Model을 中心으로) 全南大 農漁村開發硏究 第20輯 pp. 35～47(1985).
26. _____ : 受水量 推定方法 再定立에 關한 硏究(I) 農水産部(1986).
27. _____ : 〃 〃 II 農水産部(1987).
28. _____ : 〃 〃 綜合III 農水産部(1988).
29. _____ : 諸水源工 設計를 위한 長期間 連續受水量 推定模型의 開發 : 韓國農工學會誌 29(4) pp. 59～72(1987).