

未計測 中小流域의 月流出量 算定을 위한 多重回歸模型 研究

A Multiple Regression Model for the Estimation of
Monthly Runoff from Ungaged Watersheds

尹 龍 男 元 錫 淵 金 元 碩

要 旨

장기 수자원 개발계획의 수립에 필요한 月流出量의 推定을 위해, 水位計測地點의 流出資料를 사용하여 多重回歸分析으로 回歸模型을 수립함으로써 未計測地點의 月流出量 推定을 가능토록 하였다.

사용한 자료는 총 48개 水位觀測所의 月流出量 및 氣象·地相因子이며 이중 43개지점은 模型의 開發에 나머지 5개 지점은 模型의 檢證에 이용하였다. 또한 모형을 流域別模型과 全體模型, 平均值模型과 個別資料模型으로 구분하여 模型-1, 模型-2, 模型-3 그리고 模型-4의 4개 모형을 수립하였으며, 검증결과 模型-2가 가장 적절한 모형으로 판단 되었다. 선정된 回歸模型과 기존의 가지야마公式의 適用性을 統計의 方法에 의해 비교한 결과, 本 多重回歸模型이 年流出量 뿐만아니라 月別流出量의 변화성향을 매우 잘 나타내고 있으며, 적용 또한 용이함이 입증되었다.

1. 序 論

河川上의 어떤 지점에 水工構造物을 設計하기 위해 가장 먼저 실시 되어야할 것은 그 지점에서의 水資源賦存量의 評價이며 그를 위해서는 장기간의 月流出量 資料系列의 獲得이 필요하다. 실제지점이 流出資料를 보유하고 있는 경우는 그 實測資料를 이용하면 되겠으나, 대부분의 경우 설계지점의 유출량이 계속되지 않은 것이 보통이므로 月流出量 推定方法이 사용된다.

* 高麗大學校 工科大學 土木工學科 教授

** 高麗大學校 大學院 土木工學科 博士過程

*** 高麗大學校 大學院 土木工學科 碩士過程

우리나라의 경우 현재까지 적절한 月流出量 推定方法이 거의 없는 실정이다. 그러므로 본연구에서는 국내의 유량이 계측되어 있는 지점의 水文·氣象 그리고 地形因子들로부터 多重回歸分析을 실시하여 實務에 적용할수 있는 模型을 提案하고자 한다.

2. 既存模型의 考察

미계측 지점의 月流出量 推定方法은 크게 물取支概念을 이용한 方法과 回歸式에 의한 方法, 그리고 經驗式에 의한 方法으로 분류될수 있다.

물取支概念을 이용한 방법으로는 US SCS方法(1972) 과 Alley方法(1984) 등이 있다. 이 방법들은 물取支概念에 입각하여 시간에 따른 月別 土壤含水量을 순차적으로 구한후 月降雨量과 月蒸發散量을 계산함으로써 流出量을 推算하는 방법이다. 국내에서도 유사한 방법으로 KRIHS模型(1987)이 있다.

回歸式에 의한 대표적인 방법으로 USGS 方法(Thomas and Benson, 1975)을 들수 있다. 이 방법은 유역의 氣象·地形因子들로부터 流出量을 추정하는 방법이며, 月流出量 推定의 경우 이방법은 계산이 간편하다는 장점을 가지고 있다.

經驗公式은 流出特性을 대표하는 변수들을 媒介變數로하여 降雨量으로부터 流出量을 계산하는 방법으로 국내에서 가장 많이 이용된 가지야마의 月平均流出高 公式(1929)을 들수 있으며, 댐의 貯水容量 및 用水量 산정에 많이 이용된바 있다. 이식은 많은 문제점을 가지고 있는것으로 알려져 있으나(박성우, 1959, 1969: IHD, 1974: 홍영하, 1983) 현재까지는 가장 많이 사용되고있는 것이 사실이다.

이상의 방법 이외에도 水文學的 同質性이 있다고 생각되는 인접 유역의 實測資料로부터 面積比를 계산하여 대상유역에 그대로 적용하는 面積比方法(건설부, 1984: 산업기지개발공사, 1984)과 동일한 大流域에 속하는 여러 小流域의 實測된 月別流出量과 月別降雨量을 구한후 그 比를 계산하여 平均流出率을 결정하는 流域平均 流出高 方法(건설부, 1986)등이 있다.

3. 對象 流域의 選定

多重回歸模型의 개발에 필요한 對象流域은 水位觀測所가 설치되어 있고 水位-流量關係曲線이 작성되어 있는 지점이어야 한다. 현재 水位-流量關係曲線이 작성되어있는 수위관측소는 총117개 지점이나, 대하천의 본류에 위치하지 않고 댐 지점등 人工的인 操作이 이루어지지 않는 지점중 水位資料가 양호하고 水位-流量 關係曲線의 적용이 가능한 지점을 조사하여 총 48개 지점을 선정하였다. 河川流域別 對象流域은 漢江流域이 12개, 洛東江流域이 18개, 錦江流域이 9개, 榮山江流域이 4개, 蟾津江流域이 2개 그리고 기타유역이 3개지점 이며 그림-1에 대상 水位觀測所의 位置를 나타내었다.

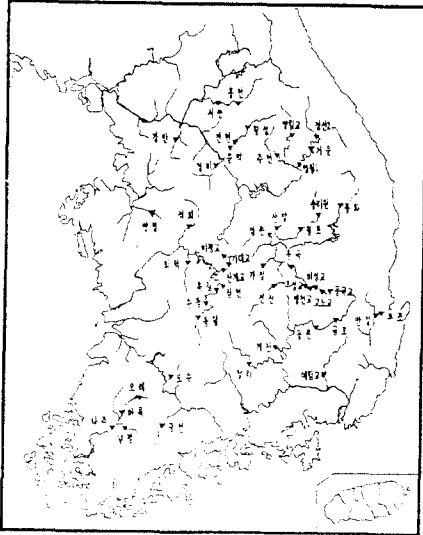


그림-1 對象 水位觀測所 位置圖

4. 資料의 獲得

多重回歸分析에 사용할 從屬變數로는 月流出量을, 獨立變數로는 月降雨量, 先行月降雨量, 月蒸發散量등의 氣象因子와 流域面積, 流路延長, 流域傾斜 그리고 流域標高差등의 地相因子를 우선적으로 선정하여, 48개유역에 대하여 韓國水文調查年報(建設部) 및 氣象月報(氣象廳)와 地形圖를 이용하여 그 값을 결정하였다.

表-1 對象流域別 地形特性因子

수계명	관측소명	유역면적 (ka2)	유로연장 (ka)	유역경사	고도차 (E.L.m)	수계명	관측소명	유역면적 (ka2)	유로연장 (ka)	유역경사	고도차 (E.L.m)	
한강	경안	264.2	34.5	0.0030	113.9	낙동강	산양	215.0	36.7	0.0006	22.0	
	서면	1174.0	116.3	0.0007	81.4		월포	1134.5	79.9	0.0006	47.3	
	홍천	874.3	78.5	0.0007	55.0		송이원	482.0	48.4	0.0018	87.1	
	청마	523.8	68.0	0.0012	81.6		봉좌	712.5	101.5	0.0019	192.3	
	문막	1336.0	90.5	0.0023	208.2		금강	서회	1590.4	72.6	0.0007	50.6
	간현	1173.7	82.1	0.0033	270.9			회덕	562.0	43.0	0.0077	33.1
	청성	445.2	49.1	0.0004	19.6	산계교		475.6	49.0	0.0032	156.8	
	주천	528.8	72.0	0.0015	108.0	기대교		346.5	30.3	0.0032	97.03	
	법림교	519.8	51.8	0.0162	839.2	이평교		79.5	16.8	0.0047	79.0	
	영월 1	2450.6	186.5	0.0004	74.6	심천		674.9	23.3	0.0028	65.2	
	거문	2272.1	167.4	0.0030	502.2	강	옥길	2948.9	154.5	0.0018	278.1	
	영선 2	1682.1	108.6	0.0037	401.8		수룡	1599.3	46.4	0.0089	273.8	
낙동강	여원교	1330.6	66.2	0.0017	112.5		웅담	989.5	60.3	0.0009	54.3	
	창리	925.0	58.2	0.0056	325.9		영산강	남평	2058.7	75.1	0.0006	45.1
	기전	856.0	58.7	0.0067	393.3			오래	36.4	12.0	0.0008	9.6
	동촌	1544.0	89.4	0.0008	71.5			바록	683.9	56.0	0.0008	44.8
	금호	1002.0	61.8	0.0012	74.1	섬진강		광천	1019.3	38.5	0.0020	197.0
	선산	977.3	67.0	0.0009	60.3			오수	350.9	35.7	0.0015	53.6
용곡	1318.3	91.8	0.0004	36.7	안성강			양령	380	24.7	0.0105	259.4
무성교	472.5	42.8	0.0189	806.9			영산강	부조	1058.6	51.5	0.0080	412.0
영인교	302.1	40.7	0.0197	801.8				안강	907.5	50.5	0.0081	409.1
리성교	171.3	30.9	0.0252	778.7								
고노교	109.7	18.9	0.0355	671.0								
동주교	33.6	8.6	0.0775	566.5								
가장	151.8	17.8	0.0014	24.9								
강	검촌	608.0	57.3	0.0004	22.9							

- 月流出容積 : 日平均 水位資料를 획득하여 水位-流量 關係曲線에 의해 日平均流量으로 환산하고 이를 日流出容積으로 바꾼후 월별로 합산한 값을 月流出容積으로 하였다.

- 月降雨量 : 建設部 및 氣象廳 傘下 雨量觀測所 중 176개 지점의 月降雨量資料를 이용하였으며 적용의 편의상 算術平均法에 의해 流域平均 降雨量을 계산하였다.

- 月潛在蒸發散量 : 본연구에서는 氣象測候所 및 觀測所의 計器蒸發量을 月蒸發散量으로 하였으며, 그 값을 Penman方法과 Thornthwaite方法에 의해 계산된 潛在蒸發散量과 비교하여 보았다. 계산결과 대체적으로 蒸發散量의 크기는 計器蒸發量, Penman方法, Thornthwaite方法의 순으로 나타났다. 특히 Penman方法에 의한 추정치는 計器蒸發量과 매우 근접한 값을 보여주었다.

- 地相因子 : 流域面積, 流路延長, 流域傾斜 및 流域高度差등을 地相因子로 선정하였고 각 對象流域別 地形特性因子는 1: 50,000 地形圖上에서

圖上作業에 의해 산정하였으며 表-1에 그 값을 수록 하였다.

5. 多重回歸模型의 開發

- 模型의 設定

월유출량 추정을 위한 回歸模型의 設定에 필요한 獨立變數로 月降雨量, 月蒸發散量, 先行月降雨量등의 氣象因子와 流域面積, 流路延長, 流域傾斜 및 流域의 高度差등의 地相因子를 一次로 선정하였으며, 이 獨立變數들 상호간에 部分相關解析을 실시하여 모형에 포함될 獨立變數를 試行錯誤的으로 결정하였다. 이들 獨立變數를 모두 포함할 경우 多重回歸模型의 식은 다음과 같은 형태를 가진다.

$$R = b_0 \cdot P^{b1} \cdot P_{t-1}^{b2} \cdot E^{b3} \cdot A^{b4} \cdot L^{b5} \cdot S^{b6} \cdot \Delta H^{b7} \quad \text{--- (1)}$$

여기서 R : 月流出量 (m³)
 P : 月降雨量 (mm)
 P_{t-1}: 先行 月降雨量 (mm)
 E : 月蒸發散量 (mm)
 A : 流域面積 (km²)
 L : 流路延長 (km)
 S : 流域傾斜
 ΔH : 流域의 高度差(m)
 b₀, b₁, b₂ ... b₇ : 回歸常數

- 獨立變數의 決定

模型의 獨立變數를 결정하기 위해서는 獨立變數와 從屬變數間 그리고 獨立變數 相互間의 部分相關係數(partial correlation coefficient)를 구하여, 部分相關分析을 행하여야 한다. 두변수 X, Y 사이의 部分相關係數 ρ_{x,y}는 다음의 식에 의하여 계산한다.

$$\rho_{x,y} = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{VAR(X) VAR(Y)}} \quad \text{--- (2)}$$

여기서 VAR(X)와 VAR(Y)는 X,Y의 分散이고 COV(X,Y)는 X와 Y의 共分散을 표시한다. 48개 對象流域중 模型의 檢正에 사용할 5개 流域을 제외한 나머지 43개 流域의 月流出量과 氣象 및 地相因子의 月平均値를 구하

여 상호간의 部分相關係數를 구한 결과를 表-2에 單純相關係數行列 (simple correlation coefficient matrix)의 형태로 나타내었다.

表-2 變數 相互간의 部分相關係數

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Y	1.000	0.538	0.407	0.328	0.570	0.507	-0.183	0.082
X1	0.538	1.000	0.482	0.474	0.003	-0.015	-0.031	-0.045
X2	0.407	0.482	1.000	0.406	0.003	-0.015	-0.031	-0.045
X3	0.328	0.474	0.406	1.000	0.020	-0.005	-0.020	-0.015
X4	0.570	0.003	0.003	0.020	1.000	0.858	-0.244	0.202
X5	0.507	-0.015	-0.015	-0.005	0.858	1.000	-0.290	0.240
X6	-0.183	-0.031	-0.031	-0.020	-0.244	-0.290	1.000	0.808
X7	0.082	-0.045	-0.045	-0.015	0.202	0.240	0.808	1.000

여기서: Y=log(R), X1=log(P), X2=log(P_{t-1}), X3=log(E),
X4=log(A), X5=log(L), X6=log(S), X7=log(ΔH)

모형에 포함할 獨立變數들은 獨立變數 상호간에 독립적이어야 하며, 또 한 從屬變數와 높은 상관성을 가져야하므로, 本 模型에 포함할 獨立變數로 月降雨量, 先行月降雨量, 蒸發散量 및 流域面積을 최종적으로 택하였으며 多重回歸分析을 위한 回歸方程式은 식(1)의 簡略型으로 다음과 같이 표시된다.

$$R = b_0 \cdot P^{b_1} \cdot P_{t-1}^{b_2} \cdot E^{b_3} \cdot A^{b_4} \quad (3)$$

- 模型의 種類

多重回歸分析에 사용된 月流出量 및 月氣象資料(月降雨量, 先行月降雨量, 月蒸發散量)의 종류에 따라 다음과 같은 4가지 類型을 설정하고 해당 資料를 분석하여 回歸常數를 계산함으로써 模型을 수립하였다.

模型-1 : 全 對象流域(43개)의 全資料期間동안의 個個月資料 전부를 사용하여 回歸分析한 模型

模型-2 : 全 對象流域(43개)의 個個 流域別 資料期間 동안의 月別 平均値를 구하여 回歸分析한 模型

模型-3 : 模型-1의 경우와 동일한 月資料를 사용하나 主要 河川流域別(漢江, 洛東江, 錦江, 其他流域)로 回歸分析한 模型

模型-4 : 模型-2의 경우와 동일한 月資料를 사용하나 主要 河川流域別로

回歸分析한 模型

- 回歸分析의 結果

위에서 설명한 4개 資料群을 각각 사용하여 월별로 多重回歸分析을 통해 결정한 각 모형의 月別 回歸常數는 表-3 과 같으며 回歸模型에 의한 월별 추정치와 월별 실측치간의 單純相關係數(r)도 표에 수록하였다. 模型-3의 경우는 4개 流域에 대해 각각 回歸常數를 구하였으나 여기서는 漢江流域의 값만 수록하였다.

6. 最適模型의 選定 및 評價

- 最適模型의 選定

本 研究에서 수립한 4가지의 多重回歸模型의 상대적인 평가는 모형의 개발에 사용되지 않은 한강유역의 거운, 낙동강유역의 선산, 점촌, 금강유역의 수통 및 영산강유역의 마륙동 5개 대상유역의 實測月流出量 및 年流出量을 기준으로 시행하였다. 즉 모형에 의해 산정된 月流出量이 그에 상응하는 實測月流出量에 가까운 값으로 계산되어야 할뿐 아니라 산정된 12개월 流出量의 合인 年流出量 역시 실측된 年流出量에 가까운 결과를 줄 때 그 모형은 우수한 모형으로 평가될 수 있다.

검정유역별 實測 流出高에 對比하여 모형에 의한 算定值의 相對的인 正確度를 評價 하기 위한 기준치로 流出高의 平均值와 分散을 사용하였다. 즉, 平均值는 2集團 t-Test(Two sample t-test)에 의해, 分散은 F-Test에 의해 검정하기로 하였다(Miller and Freund, 1965).

流出高의 平均值의 경우 實測值(X_1)와 모형 算定值(X_2)로 구성되는 資料集團의 媒介變數인 t는 다음과 같이 표시되며 이는 t-分布를 가지게 된다.

$$t = \frac{(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) \sqrt{n}}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \quad (4)$$

여기서 n은 資料數이며 S_1, S_2 는 X_1 과 X_2 의 標準偏差이다.

t-分布의 경우 $(1-\alpha)$ 信賴度에 해당하는 限界 t值는 自由度($2n-2$)와 α 값에 따라 결정되며 95% 신뢰도를 基準으로 할 때의 限界 $t_{\alpha/2, 2n-2}$ 值를 5개 유역에 대해 표시하면 表-4와 같다.

表-3 模型의 回歸係數 및 相關係數

구분	1971-1												
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
회귀	b0	0.138	0.071	0.122	0.085	0.103	0.080	0.104	0.100	0.120	0.091	0.125	0.095
	b1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	b2	0.014	0.016	0.020	0.023	0.025	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.033
	b3	-0.040	-0.038	-0.035	-0.032	-0.029	-0.026	-0.023	-0.020	-0.017	-0.014	-0.011	-0.008
	b4	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052
	r	0.621	0.583	0.561	0.550	0.549	0.548	0.547	0.546	0.545	0.544	0.543	0.542
구분	1972-1												
	b0	0.220	0.140	0.220	0.160	0.220	0.160	0.220	0.160	0.220	0.160	0.220	0.160
	b1	0.073	0.041	0.073	0.041	0.073	0.041	0.073	0.041	0.073	0.041	0.073	0.041
	b2	-0.042	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033
	b3	0.044	0.079	0.100	0.032	0.037	0.039	0.042	0.045	0.048	0.051	0.054	0.057
	b4	0.120	0.100	0.120	0.090	0.120	0.090	0.120	0.090	0.120	0.090	0.120	0.090
	r	0.481	0.524	0.571	0.615	0.645	0.652	0.652	0.652	0.652	0.652	0.652	0.652
구분	1973-1												
	b0	0.197	0.108	0.197	0.108	0.197	0.108	0.197	0.108	0.197	0.108	0.197	0.108
	b1	-0.019	0.019	-0.019	0.019	-0.019	0.019	-0.019	0.019	-0.019	0.019	-0.019	0.019
	b2	0.026	0.022	0.026	0.022	0.026	0.022	0.026	0.022	0.026	0.022	0.026	0.022
	b3	-0.037	0.037	-0.037	0.037	-0.037	0.037	-0.037	0.037	-0.037	0.037	-0.037	0.037
	b4	0.042	0.041	0.042	0.041	0.042	0.041	0.042	0.041	0.042	0.041	0.042	0.041
	r	0.702	0.581	0.672	0.672	0.672	0.672	0.672	0.672	0.672	0.672	0.672	0.672

구분	1971-1											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
회귀	b0	-0.422	0.029	-0.094	0.162	-0.022	0.048	0.102	0.137	0.157	0.167	-0.179
	b1	-0.046	-0.015	-0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
	b2	0.104	0.117	0.126	0.131	0.134	0.137	0.138	0.139	0.140	0.141	0.142
	b3	-0.044	0.114	0.103	0.092	0.081	-0.042	-0.100	-0.160	-0.220	-0.280	-0.340
	b4	0.261	0.185	0.105	0.024	0.141	0.171	0.197	0.221	0.241	0.258	0.273
	r	0.665	0.629	0.598	0.572	0.623	0.656	0.677	0.684	0.684	0.684	0.684
구분	1972-1											
	b0	0.704	0.333	0.222	0.163	-0.108	0.197	0.694	0.121	0.277	0.610	0.222
	b1	0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	b2	-0.027	0.024	-0.024	-0.024	0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
	b3	0.018	0.018	-0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	b4	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
	r	0.661	0.658	0.673	0.676	0.681	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682
구분	1973-1											
	b0	0.071	-0.477	-0.335	-0.377	-0.476	-0.538	-0.588	-0.638	-0.688	-0.738	-0.788
	b1	0.163	0.078	0.108	0.138	0.168	0.198	0.228	0.258	0.288	0.318	0.348
	b2	-0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
	b3	-0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
	b4	0.121	0.032	0.044	0.056	0.068	0.080	0.092	0.104	0.116	0.128	0.140
	r	0.561	0.613	0.625	0.636	0.647	0.658	0.669	0.680	0.691	0.702	0.713
구분	1974-1											
	b0	-0.251	0.067	-0.132	-0.197	0.022	-0.104	-0.076	-0.163	-0.135	-0.070	0.005
	b1	-0.046	0.033	-0.071	0.030	0.061	0.092	0.123	0.154	0.185	0.216	0.247
	b2	0.134	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054	-0.054
	b3	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112
	b4	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134
	r	0.592	0.613	0.625	0.636	0.647	0.658	0.669	0.680	0.691	0.702	0.713

表-4 檢正流域別 t-test 및 F-test의 限界値 (信賴度 1-α = 95%)

유역	자료년(n,n)	$t_{\alpha/2, 2, n-2}$	$F_{\alpha/2, (n-1, n-1)}$
거선	12	2.07	3.48
운산	15	2.05	2.92
선검	11	2.09	3.72
수봉	5	2.31	9.60
마북	9	2.12	4.03

表-5 對象流域別 月流出高의 t-値 比較

유역	월별		Annual											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual	
거운	모형-2	0.484	-1.053	-0.098	0.360	1.217	0.124	-0.173	1.748	0.166	1.405	-1.514	0.186	0.912
	모형-4	0.138	0.220	1.907	1.366	1.151	0.357	-0.612	2.130	1.306	0.536	-0.227	0.045	2.060
선산	모형-2	-0.427	-0.362	0.470	0.382	0.425	-0.151	0.183	-0.246	-0.149	0.660	-1.081	-1.241	-0.197
	모형-4	-0.028	0.063	0.136	0.024	0.899	2.014	0.459	0.040	0.232	0.086	0.125	-1.085	1.422
점촌	모형-2	-1.594	-0.942	-0.912	-0.256	1.112	0.108	-0.613	-0.713	0.207	0.995	-0.219	-0.925	-0.624
	모형-4	-0.341	1.297	1.551	-0.405	0.938	0.583	-0.356	-0.123	0.733	1.362	0.330	-0.220	1.097
수봉	모형-2	-1.177	-1.189	2.659	1.556	1.456	1.264	0.097	-0.056	-0.220	1.375	-1.996	-1.960	0.583
	모형-4	0.207	0.753	2.759	1.192	0.779	1.487	-0.118	1.238	-0.483	2.532	-0.876	-1.565	2.889
마북	모형-2	0.471	0.369	-0.525	-2.216	-0.925	-0.728	0.136	0.437	0.334	0.335	-1.915	-2.173	-0.805
	모형-4	3.450	2.732	3.300	0.791	-0.297	0.021	0.425	-1.208	1.494	1.180	0.483	1.980	2.097

表-6 對象流域別 月流出高의 F-値 比較

유역	월별		Annual											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual	
거운	모형-2	1.155	0.130	0.034	0.750	7.863	0.287	0.470	1.351	0.960	3.071	0.214	0.174	0.897
	모형-4	5.997	1.566	12.596	40.838	2.781	2.499	0.354	0.679	10.433	17.308	12.882	1.130	5.885
선산	모형-2	0.020	0.912	0.152	1.010	0.920	0.471	0.568	0.629	1.374	3.962	0.027	0.004	1.226
	모형-4	0.153	2.753	13.569	2.144	0.785	48.203	0.553	3.875	3.494	2.181	0.649	0.023	4.013
점촌	모형-2	0.341	0.163	0.082	1.029	1.914	0.512	0.525	0.598	0.690	0.592	0.029	0.022	0.700
	모형-4	2.975	1.634	0.656	1.052	1.941	1.344	0.325	0.705	0.727	26.351	0.184	0.184	0.787
수봉	모형-2	1.052	0.692	1.533	4.456	3.143	1.026	0.328	0.593	0.681	2.507	0.065	0.483	0.504
	모형-4	12.301	31.837	5.333	4.566	2.614	7.024	0.301	7.054	0.477	25.394	0.228	0.790	0.974
마북	모형-2	7.048	0.255	0.153	1.040	1.751	0.263	0.729	1.418	1.126	1.198	0.048	0.408	0.976
	모형-4	21.159	4.346	9.741	14.241	0.385	1.056	6.782	0.166	17.46	15.652	4.412	64.597	77.888

한편, 流出高의 分散의 경우 두 資料集團의 分散比로 표시되는 媒介變數 F는 다음과 같이 표시되며 이는 F-分佈를 가지게 된다.

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (5)$$

(1- α)信賴度에 해당하는 限界 F-値는 自由度(n_1-1, n_2-1)와 α 값에 따라 결정되며 5개 檢正流域에 대한 限界値를 表-4에 수록하였다.

表-3의 模型別 月流出量 算定値와 實測値간의 相關係數 比較에서 언급한 바와 같이 模型-1 과 模型-3의 경우는 相關도가 낮았으므로 t-및 F-test는 模型-2와 模型-4에 국한하였으며, 表-5와 表-6에 수록된 模型-2와 模型-4의 t值및 F值를 比較해보면 模型-2는 模型-4 보다 實測 年 및

表-7 回歸模型과 가지야마 公式의 標準誤差 比較

구역	방법별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual	
거 운	모형-2	16.1	14.9	15.1	64.8	36.4	18.5	62.6	61.7	57.6	16.8	27.7	12.9	76.9	
	가(f=0.6)	23.4	21.5	26.6	59.4	35.8	37.4	110.9	94.5	54.0	19.9	21.2	15.4	117.1	
	지(f=0.8)	20.7	18.3	26.8	64.4	40.0	31.1	99.3	82.3	56.5	24.3	22.9	15.8	129.1	
	야(f=1.0)	18.7	16.4	27.3	68.6	43.7	27.4	90.5	72.8	57.0	27.9	24.8	16.1	170.1	
	마(f=1.2)	17.2	15.3	27.8	72.1	46.9	25.5	84.4	65.7	54.8	30.9	26.7	16.3	213.6	
선 산	모형-2	17.5	10.9	12.1	41.1	34.7	33.5	82.3	76.1	67.8	36.8	14.6	11.4	107.1	
	가(f=0.6)	19.1	11.8	10.0	25.8	27.1	74.6	87.3	77.4	72.2	19.8	12.9	11.7	160.0	
	지(f=0.8)	16.2	9.9	10.0	19.3	24.5	63.1	81.1	73.8	73.9	20.8	14.4	12.2	135.1	
	야(f=1.0)	17.7	9.3	10.3	15.3	23.3	53.6	78.5	73.3	76.4	21.9	15.5	12.5	143.7	
	마(f=1.2)	17.4	9.5	10.7	13.5	22.8	45.8	78.7	74.7	79.1	22.9	16.4	12.8	167.9	
점 촌	모형-2	20.5	21.4	23.8	82.6	48.7	35.2	92.8	56.1	69.5	24.8	21.6	30.7	155.7	
	가(f=0.6)	16.7	21.9	27.4	52.6	34.3	57.4	100.7	65.9	65.8	15.7	22.7	31.5	122.9	
	지(f=0.8)	17.5	22.3	27.3	57.9	33.5	47.8	100.8	67.9	65.8	14.1	21.4	31.6	154.2	
	야(f=1.0)	18.3	22.6	27.5	62.6	34.5	41.2	103.5	71.7	67.5	14.0	20.9	31.7	201.8	
	마(f=1.2)	19.0	22.8	27.9	66.8	36.3	37.3	107.7	76.4	69.9	14.4	20.7	31.8	247.8	
수 봉	모형-2	26.7	32.7	14.8	20.4	30.9	44.0	54.4	32.8	22.7	70.6	37.9	53.0	159.9	
	가(f=0.6)	20.7	30.6	9.9	27.4	26.2	85.4	73.6	26.8	34.6	33.4	28.6	56.3	157.5	
	지(f=0.8)	29.0	32.2	12.6	26.2	24.2	74.9	57.4	24.0	39.6	34.0	29.8	57.2	150.1	
	야(f=1.0)	29.2	33.3	14.6	27.7	23.4	66.8	47.9	29.5	45.7	34.6	31.2	57.8	177.2	
	마(f=1.2)	29.3	34.1	16.1	30.3	23.3	60.6	45.9	37.6	51.9	35.2	32.5	58.2	214.1	
마 목	모형-2	18.0	21.6	28.0	30.0	77.3	43.8	55.5	67.5	37.1	32.0	13.5	10.2	194.3	
	가(f=0.6)	22.6	18.4	26.5	26.6	44.1	50.2	53.2	79.1	45.2	16.9	21.6	13.1	245.2	
	지(f=0.8)	20.4	20.1	23.9	22.7	40.0	45.6	42.9	64.6	41.1	15.6	19.1	13.4	243.6	
	야(f=1.0)	19.0	21.9	26.3	23.9	37.6	43.3	38.5	53.3	40.3	15.1	17.9	13.7	230.5	
	마(f=1.2)	18.1	23.5	27.1	27.5	36.3	42.6	39.5	45.2	42.0	14.9	17.4	14.0	235.7	

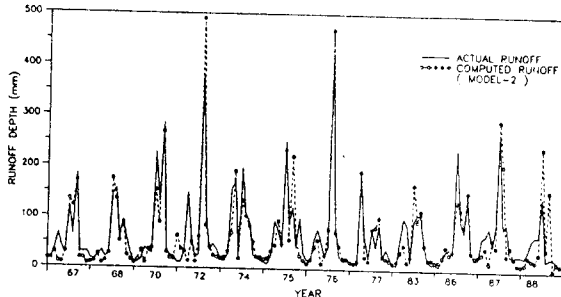


그림-2 實測月流出高와 模型-2에 의한 算定月流出高의 比較(거운)

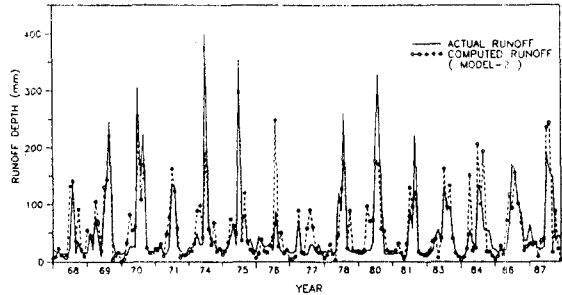


그림-3 實測月流出高와 模型-2에 의한 算定月流出高의 比較(선산)

月流出量の 平均値와 分散에 더 가까운 결과를 주고 있음을 알 수 있으므로 최종적으로 模型-2를 最適模型으로 선정하였다.

- 가지야마 月流出高 公式과의 比較

本 研究 結果 최종적으로 선택된 多重回歸模型(模型-2)을 국내에서 가장 많이 사용된 방법인 가지야마 月流出高公式과 實測値를 기준으로 하여 비교 하였다. 두 방법의 적용성을 평가하기 위하여 각 방법에 의한 推定値의 實測値에 대한 標準誤差(Standard Error of Estimates)를 구하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$S_e = \sqrt{\frac{1}{(n-2)} \sum (X_i - \hat{X}_i)^2} \quad (6)$$

여기서 X_i 는 실측치, \hat{X}_i 는 추정치이다.

가지야마公式은 流域의 流出特性을 대표하는 變數인 f 값에 의해 計算月流出高가 큰 영향을 받는다. 본연구에서는 f 값을 0.6, 0.8, 1.0 그리고 1.2로 각각 가정하여 그 f 값에 따른 月流出高를 각각 계산하여 回歸模型과 비교하였으며, 表-7에 月別 標準誤差 및 年流出高의 標準誤差를 유역별로 나타내었다.

表-7의 年流出高를 기준으로 볼 때 가지야마公式은 f 값에 따라 다소간의 차이는 있으나 回歸模型보다 標準誤差가 큼을 알 수 있으며, 月別流出高의 標準誤差 또한 回歸模型의 경우가 가지야마公式보다 전반적으로 작음을 알 수 있었다.

이상의 고찰에서 선정된 回歸模型이 가지야마公式보다 좋은 결과를 주었을 뿐 아니라, 가지야마公式의 경우 f 값 선택에 따라 推定值의 偏差가 크게 발생하는 것을 고려할때, 본연구에 의한 多重回歸模型이 좀더 일관성 있고 신뢰도 높은 결과를 나타낸 것으로 평가된다.

참고로 그림-2~3에 모형의 평가를 위해 선정된 5개 유역중 거운과 산유역의 자료기간동안의 月別 實測流出高와 模型-2에 의한 月別 計算流出高를 비교하였다.

7. 結 論

本研究에서는 未計測된 中小河川 유역에 貯水用 水工構造物을 건설하고자 할때 構造物의 容量決定등 水'資源計劃 혹은 運營을 하고자 할때 水文分析에 필요한 月流出量의 推定方法을 開發하기 위하여 多重回歸分析 方法을 적용 하였다.

本 研究에 사용된 計測流域은 48個로 최초에는 훨씬 더많은 水位觀測地點을 대상으로 하였으나 Rating Curve 및 日水位資料에 문제점이 많아서 결국 48個 流域에 국한할 수밖에 없었다. 본연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 本 多重回歸模型에서는 月流出容積을 月降雨量, 先行月降雨量, 月蒸發散量 및 流域面積과 相關시켜 回歸分析하여 $|$ 函數(power function)關係로 표시하였다.

2) 回歸分析에 사용된 資料의 類型과 流域의 範圍에 따라 4가지 模型을 설정하여 해당 資料의 分析에 의해 多重回歸方程式을 導出하였다. 이중 43個 全流域에 걸쳐 流域別 資料期間 동안의 月別 流出容積의 平均值와 그에 상응하는 氣象 및 地相因子를 사용하여 구한 回歸模型(模型-2)이 最適模型인 것으로 판명되었다.

3) 현재까지 未計測地點의 月流出高算定에 사용되어온 가지야마公式은 流域의 流出特性을 내변하는 f 값의 크기에 따라 算定되는 月流出高의 量的 振幅이 상당히 커서 f 값의 선택에 따라 큰 誤差를 유발시킬수 있다. 즉, 가지야마公式을 어떤 未計測 流域에 적용코져 할때 f 값의 客觀的인 선택방법이 없어 적용에 큰 어려움이 있다는 것이다. 그러나, 本 研究

에서 제안된 最適模型인 模型-2는 回歸方程式에 算定코져 하는 月의 獨立變數를 대입함으로써 客觀性和 一貫성을 유지하면서 月流出容積을 추정할수 있을뿐 아니라 實測資料로 評價分析을 실시한 결과 만족할 만한 결과를 얻었다.

Agriculture

1. 建設部(1965-1986), 韓國 水文調查年報
2. 建設部(1974), IHP 代表試驗流域 調查報告書
3. 建設部(1983-1988), 國際 水文開發計劃(IHP) 代表流域 研究調查 報告書
4. 建設部(1984), 住岩댐 最終 設計報告書
5. 建設部(1986), 中規模 多目的댐 豫備 妥當性 調查 最終報告書
6. 國土開發研究院(1987), 中小水系的 河川流出量 推定모형 開發研究 報告書, 87-6
7. 農業振興公社(1989), 消費水量 算定方法 實用化 研究
8. 김태철, 박성우(1984), 韓國河川의 月流出量 推定을 위한 地域化 回歸模型, 韓國 農工學會誌, 2권, 2호
9. 박성우(1959), 우리나라에 現存하는 몇개의 水文學的 公式에 대한 批判, 韓國 農工學會誌, 2권, 2호
10. 박성우(1969), 우리나라 可用水資源에 대하여, 물의 科學, 1권, 2호
11. 產業基地 開發公社(1984), 洪川 多目的댐 基本計劃 報告書
12. 尹龍男(1986), 水文學, p454
13. 朝鮮總督府(1929), 朝鮮 河川調查報告書, 朝鮮河川의 月流出量 公式
14. 中央氣象臺(1962-1988), 氣象月報
15. 홍영하(1983), 貯水地 容量決定을 위한 가지야마 月流出高公式의 適用에 있어서의 問題點에 關하여, 韓國 水文學會誌, 16권, 1호
16. Alley, W.M.(1984), Treatment of Evapotranspiration, Soil Moisture Accounting and Aquifer Recharge in Monthly Water Balance Models, Water Resources Research, Vol. 20, No. 8
17. Criddle, W.D.(1958), Method of Computing Consumptive Use of Water, Proc. ASCE, J. Irrigation and Drainage Div., 84, No. 191 (Jan.)
18. Miller, I. and Freund, J.E.(1965), Probability and Statistics for

Engineers, Prentice-Hall, N.J., USA

19. Morton, F.I. (1983), Operational Estimates of Areal Evapotranspiration and Their Significance to the Science and Practice of Hydrology, *Journal of Hydrology*, 66
20. Penman, H.L. (1956), Estimating Evaporation, *Trans. AGU*, 37, No.1
21. Stephenie, P.J. (1985). SAS/STAT Guide for PC, Ver. 6 Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
22. Thomas, D.M. and Benson, M.A. (1970), Generalization of Streamflow Characteristics from Drainage-Basin Characteristics, *Water Supply Paper 1975*, U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
23. Thornthwaite, C.W. and Holtzman, B. (1939), The determination of evaporation from land and water surfaces, *Monthly Weather Rev.*, Vol.67, pp.4-11
24. US SCS (1972), SCS National Engineering Handbook .Section 4, Hydrology, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture