

年流出量の推計學的模擬發生에 관한 研究

A study on the stochastic generation of annual runoff

李 淳 赫*·朴 明 根**·孟 昇 辰***
Lee, Soon Hyuk · Park, Myeong Keun · Maeng, Sung Jin

Summary

This study was conducted to get best fitting frequency distribution for the annual runoff and to simulate long series of annual flows by single-season first order Markov Model with comparison of statistical parameters which were derived from observed and synthetic flows at four watersheds in Seom Jin and Yeong San river systems. The results summarized through this study are as follows.

1. Hydrologic persistence of observed flows was acknowledged by the correlogram analysis.
2. A normal distribution of the annual runoff for the applied watersheds was confirmed as the best one among others by Kolmogorov-Smirnov test.
3. Statistical parameters were calculated from synthetic flows simulated by normal distribution. It was confirmed that mean and standard deviation of simulated flows are much closer to those of observed data than except coefficient of skewness.
4. Hydrologic persistence between observed flows and synthetic flows simulated was also confirmed by the correlogram analysis.
5. It is to be desired that generation technique of synthetic flow in this study would be compared with other simulation techniques for the objective time series.

I. 緒 論

近年 우리나라의 農業用水는 매년 그 使用量이 增加 一路에 놓여 있음은 周知의 사실이며 이의 解決을 위해서는 大單位 水利構造物의 設計 및 施工이 중요한 課題로 提示되고 있다. 그러나, 우리나라는 아직까지도 各種 水工構造物의 安定性 있는 設計計劃에 絕對的으

로 必須不可決한 長期連續流出量資料가 確保되어 있지 못한 實情으로서 短期間 觀測資料만에 의한 設計施工은 恒常 水工構造物의 破壞危機度가 뒤따르게 되었으며 豪雨나 暴風の 來襲에 의해 쉽게 堤防이나 貯水池를 비롯한 各種 水工構造物의 범람 붕괴를 가져왔고 이로 인해 莫大한 財産과 人命의 崩괴를 年例行事처럼 겪어 오고 있는 實情에 놓여 있다.^{3,13)}

* 忠北大學校 農科大學

** 忠北大學校 農業科學研究所

*** 忠北大學校 大學院

키워드: 水文學의 持續性, 統計特性值, K-S檢定, 單一季節 1次 Markov模型, 模擬發生 年流出量, 系列相關

따라서 이와같은 問題를 解決하는 方法으로 短期間의 觀測資料를 推計學的으로 模型化하여 長期連續流出量을 模擬發生^{13,16)}시키는 農業水利構造物의 適正模型設定과 最適運榮의 合理化를 꾀하는데 매우 重要한 일이 아닐 수 없다.

이에 本 研究에서는 우선적으로 蟾津江의 3개 流域과 榮山江의 1개 流域을 對象流域으로 하여 各 流域의 年流出量을 水文資料로하고 流量系列의 分析型에 따른 適合度 檢定과 함께 單一季節 1次 Markov 模型으로 分析 考察을 수행하므로써 各 流域에 대한 合成流量을 模擬發生 시키고 이로서 水資源開發을 위한 計劃과 設計에 필요한 基本資料를 提供하고자 하는데 그 目的이 있다.

II. Markov模型 異論

自己回歸 模型은 觀測資料 系列이 水文學的 持續性을 가질 경우 模擬發生하는 方法으로 Markov 模型은 河川 流量 系列의 模擬發生에 널리 使用되며 一般의인 方程式은 식 (1)과 같다.

$$Q_t = d_t + e_t \dots\dots\dots (1)$$

Q_t ; 合成流量

d_t ; 推計學的 成分

e_t ; 無作爲 成分 (推計學的 成分)

連續되는 流量간의 持續性을 표시하는 推定論的 成分은 식 (2)와 같은 線形自己回歸式으로 표시될 수 있다.

$$d_t = \beta_0 + \beta_1 Q_{t-1} + \beta_2 Q_{t-2} + \dots\dots + \beta_m Q_{t-m} \dots\dots (2)$$

d_t 는 m 개의 先行流量의 線形組合으로 가장 간단한 경우는 $m=1$ 일때의 식(3)과 같은 1次 Markov 線形이다.

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 Q_{t-1} + e_t \dots\dots\dots (3)$$

위 模型에서는 現時點에서의 流量이 바로 前時點에서의 流量에 의해서만 影響을 받는다 고 假定하는 것으로서 實際와는 어느 정도 차이가 있으나 連續되는 流量간의 獨立性을 假定하는 線形보다는 精確한 結果를 줄 뿐 아니라 水資源計劃을 위한 流量의 模型發生에 가장 많이 使用되어 왔다.

1. 單一季節 1次 Markov 模型

流量系列이 年流量처럼 單一季節 동안의 流量으로 構成되어 季節의 平均值, 分散 및 系列相關係數 등이 單一值를 가지는 경우에 대해 適用하는 1次 Markov 模型으로서 流量系列의 分布型에 따라 다음과 같이 分類된다.

가. 正規分布를 갖는 流量系列

正規分析의 일반식은 식 (4)와 같다.

$$Q_t = \mu + \rho_1(Q_{t-1} - \mu) + e_t \dots\dots\dots (4)$$

μ ; 流量 母集團의 平均值

ρ_1 ; 流量 母集團의 1次 系列相關係數

平均值, μ 를 가지는 식 (4)의 Q_t 의 分散은 식 (5)와 같은 關係를 가진다.

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= E[(Q_t - \mu)^2] = E\{\mu + \rho_1(Q_{t-1} - \mu) + e_t - \mu\}^2 \\ &= \rho_1^2 \sigma^2 + \sigma_e^2 \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

E ; 期待值

σ_e^2 ; e_t 의 分散

식 (5)을 整理하면 다음의 식 (6)이 된다.

$$\sigma^2 = \sigma^2(1 - \rho_1^2) \dots\dots\dots (6)$$

Z_t 의 平均值가 0이고 標準偏差가 1이며 系列相關性이 전혀 없는 正規分布를 가지는 變量이라고 假定한다면 $e_t = Z_t \cdot \sigma \sqrt{1 - \rho_1^2}$ 은

平均值가 0이며, 標準偏差가 $\sigma_e = \sigma\sqrt{1-\rho_1^2}$ 인 正規分布가 되고 模擬發生 方程式은 식(7)과 같이 된다.

$$Q_t = \mu + \sigma_1(Q_{t-1} - \mu) + Z_t\sigma\sqrt{1-\rho_1^2} \quad \dots\dots (7)$$

Z_t ; 標準正規亂數

여기서, 식 (7)에 觀測流量系列의 平均值 \bar{Q}_t , 標準偏差 S_Q 및 1次 系列相關係數 r_1 을 계산한 후 식 (7)에 觀測流量系列의 統計值를 대입하면 다음의 식 (8)에 의하여 模擬發生 流量을 구하게 된다.

$$\begin{aligned} Q_t &= \bar{Q}_t + r_1(Q_0 - \bar{Q}_t) + Z_t S_Q \sqrt{1-r_1^2} \\ &= \bar{Q}_t + (1-r_1) + r_1 Q_0 + Z_t S_Q \sqrt{1-r_1^2} \\ &\quad \vdots \\ &\quad \vdots \\ &\quad \vdots \\ Q_t &+ \bar{Q}_t(1-r_1) + r_1 Q_{t-1} + Z_t S_Q \sqrt{1-r_1^2} \end{aligned}$$

Q_0 ; 流量의 初期值(\bar{Q}_t)

S_Q ; 標準偏差

r_1 ; 流量系列의 1次 相關係數

Z_t ; $N(0,1)$ 인 標準正規亂數

나. 2變數 對數正規分布를 갖는 流量系列

Markov의 模擬發生技法을 使用하여 2變數 對數正規分布를 가지는 流量을 發生하고자 할 경우에는 標準流量系列의 對數值의 平均值, 標準偏差, 系列相關係數 및 歪曲度係數와 동일한 값을 가지도록 流量系列을 發生해야 하므로 地点流量의 하한치에 가까운 값을 a 라 하고 Q 를 特定流量이라 할때 $y = \log_e(Q-a)$ 가 正規分布를 가진다고 假定하였으며 Q 의 統計值들은 y 의 統計值와 다음과 같은 식 (9), (10), (11), (12)의 관계를 가진다.

$$\mu_Q = a + \exp\left(\frac{\sigma_y^2}{2} + \mu_y\right) \quad \dots\dots (9)$$

$$\sigma_Q^2 = \exp[2(\sigma_y^2 + \mu_y)] - \exp(\sigma_y^2 + 2\mu_y) \quad \dots\dots (10)$$

$$\gamma_Q = \frac{\exp(3\sigma_y^2) - 3\exp(\sigma_y^2) + 2}{[\exp(\sigma_y^2) - 1]^{3/2}} \quad \dots\dots (11)$$

$$\rho_Q = \frac{\exp(\sigma_y^2 \rho_{1y}) - 1}{\exp(\sigma_y^2) - 1} \quad \dots\dots (12)$$

Matalas^{8,13)}는 觀測流量系列의 對數值의 統計值 보다 流量資料의 자체의 統計值를 재연할 수 있도록 標本流量의 統計值인, \bar{Q}_t, S_Q^2, g_Q 그리고 r_{1Q} 를 計算하여 식 (9)~(12)에 대입하므로써 $\mu_y, \sigma_y^2, \rho_{1y}$ 및 a 를 決定하도록 勸奨하였다. 合成流量의 對數值인 流量系列 h_1, \dots, h_n 을 模擬發生 시키는데 이용되는 統計值는 觀測資料의 對數值에 대한 값이 아닌 $\mu_y, \sigma_y^2, \rho_{1y}$ 및 a 가 되고 실제로 發生되는 流量의 값은 식 (13)에 의해 구하게 된다.

$$Q_t = \exp(h_t) + a \quad \dots\dots (13)$$

h_t ; 合成流量의 對數值

다. 2變數 Gamma分布를 갖는 流量系列

Markov 模型은 平均值(μ), 分散(σ^2) 및 歪曲度係數(γ_Q)인 2變數 Gamma 分布를 가지는 流量의 模擬發生에도 사용된다.

2變數 Gamma分布를 갖는 歪曲度係數는 식(14)로 구한다.

$$\gamma_g = \frac{1-r_1^3}{(1-r_1^2)^{3/2}} \gamma_Q \quad \dots\dots (14)$$

r_1 ; 流量系列의 1次 系列相關係數

γ_Q ; 流量系列의 歪曲度係數

$N(0,1)$ 인 2變數 Gamma 分布를 갖는 亂數는 식 (15)로 變換된다.

$$g_t = \frac{2}{\gamma_g} \left(1 + \frac{\gamma_g}{6} Z_t - \frac{\gamma_g^2}{36}\right)^3 - \frac{2}{\gamma_g} \quad \dots\dots (15)$$

γ_g ; 2變數 Gamma 分布를 갖는 歪曲度 係數

模擬發生 方程式은 식 (16)과 같으며 正規分布를 갖는 식 (7)과 비슷한 形態를 가지게 된다.

$$Q_t = \mu + \rho_1(Q_{t-1} - \mu) + g_t \sigma \sqrt{1 - \rho_1^2} \quad (16)$$

g_t ; 2變數 Gamma 分布를 갖는 亂數

2. 電算프로그램의 構成

正規分布에 대한 單一季節 1次 Markov 模型의 電算프로그램은 實測年流出量의 水文資料와 전술한 正規分布型의 年流出量 模擬發生式을 근간으로 하여 開發 되었으며, 프로그램의 構成은 主프로그램과 3개의 子프로그램으로 構成하였고 이에 관한 흐름도는 Fig. 1과 같다.

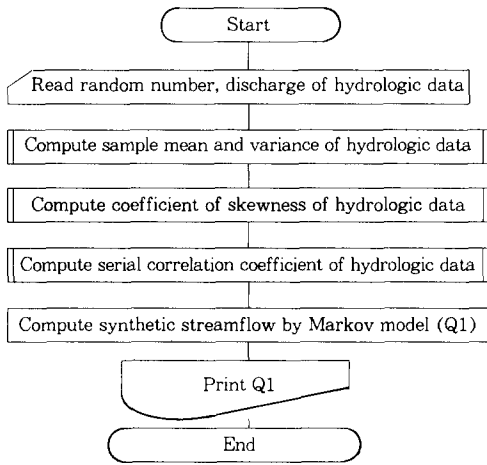


Fig. 1. Flow Chart of Single-Season First-Order Markov Model for Annual Streamflow Generation

III. 基本水文資料 및 分析方法

1. 基本水文資料

本 分析에 사용된 對象流域은 蟾津江 水系의 송정, 압록 및 적성의 3개 流域과 榮山江 水系의 남평 1개 流域을 選定하였으며 이들 流域에 대한 年流出量을 使用 하였다.(Fig. 2. 參照)

本 分析 對象流域의 流域特性은 Table-1과 같으며²²⁾ 여기에서 流域面積은 576.2~4255.7 Km²의 範圍를 나타내고 있으며 主河川長은 29.0~188.3Km에 이르고 平均幅은 10.33~22.6Km이며 形狀係數는 0.079~0.685의 範圍를 나타내고 있다.

2. 分析方法

가. 水文學的 持續性 判斷

各 流域에 대한 實測年流出量의 水文學的 持

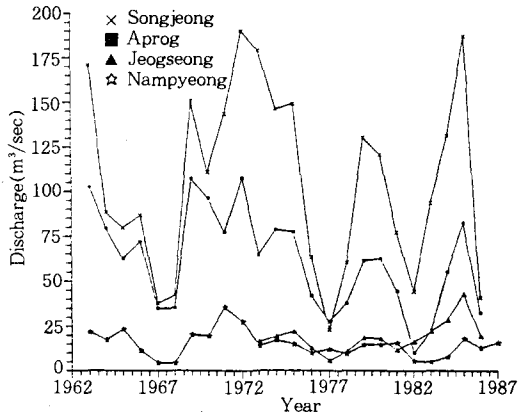


Fig. 2. Historic sequences for the applied watersheds

Table-1. Physical Characteristics of watersheds

River system	Watershed	Area (Km ²)	Length of Main stream(Km)	Average basin width(Km)	Shape factor	Observed duration	Location
Seom Jin River	Songjeong	4255.7	188.3	22.6	0.12	1963~1986 (24 years)	Long.127° 34' Lat. 35° 10'
	Aprog	2447.5	162.3	15.08	0.093	1963~1986 (24 years)	Long.127° 22' Lat. 35° 11'
	Jeogseong	1350.8	130.8	10.33	0.079	1973~1986 (14 years)	Long.127° 34' Lat. 35° 10'
Yeong San River	Nampyeong	576.2	29.0	19.87	0.685	1963~1987 (25 years)	Long.126° 51' Lat. 35° 03'

續性を 判斷하기 위해 1次 系列相關係數, r_1 가 식 (17)로 표시되는 95%의 信賴區間 밖에 위치하면 持續성이 있는 계열로 취급한다는

$$r_1 = \left\{ -\frac{1}{n-1} - 1.96 \frac{n-2}{(n-1)^{3/2}} \right\}, \left\{ -\frac{1}{n-1} + 1.96 \frac{n-2}{(n-1)^{3/2}} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} Q_t Q_{t+k} - \frac{1}{n-k} \left(\sum_{t=1}^{n-k} Q_t \right) \left(\sum_{t=k+1}^n Q_t \right)}{\left[\sum_{t=1}^{n-k} Q_t^2 - \frac{1}{n-k} \left(\sum_{t=1}^{n-k} Q_t \right)^2 \right]^{1/2} \left[\sum_{t=k+1}^n Q_t^2 - \frac{1}{n-k} \left(\sum_{t=k+1}^n Q_t \right)^2 \right]^{1/2}} \dots\dots\dots (18)$$

나. 適合度 檢定

年流量系列의 確率分布型으로는 일반적으로 사용되는 正規分布, 2變數 對數正規分布 및 2變數 Gamma分布를 對象으로 하였으며 流域別 適正確率分布型의 檢定을 위해 本 研究에서는 非媒介變數의 方法인 Kolmogorov-Smirnov Test에 의해 適合度を 判定하였다.

다. 實測年流出量과 模擬發生된 年流出量의 基本統計特性值 比較

單一季節 1次 Markov 模型을 使用하여 年流出量의 模擬發生을 시도하는데 基本的으로 필요한 基本統計值로서 平均值(\bar{Q}_t), 標準偏差(S_q) 및 歪曲度係數(C_s)을 다음의 식 (19), (20) 및 (21)에 의해 流域별로 구하였다.

$$\bar{Q}_t = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Q_t \dots\dots\dots (19)$$

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{t=1}^n Q_t - \bar{Q}_t \right)^2} \dots\dots\dots (20)$$

$$C_s = \frac{\frac{n}{(1-1)(n-2)} \left(\sum_{t=1}^n Q_t - \bar{Q}_t \right)^3}{S_q^3} \dots\dots\dots (21)$$

라. 實測年流出量과 模擬發生된 年流出量의 系列相關圖 分析

各 流域의 觀測值 및 合成流出量의 系列相

關係數 및 系列相關圖를 作成하기 위한 K次 系列相關係數의 一般식은 식 (18)과 같다.

關圖를 作成하여 比較하였으며 二 系列의 水文學的 持續性 與否를 判別하였다.

VI. 結果 및 考察

1. 水文學的 持續性 判定

各 流域의 水文學的 持續性은 資料의 系列相關圖를 作成 觀察 하므로서 判斷할 수 있으며, 이에 대한 各 流域의 系列相關圖는 Fig. 3과 같고 持續性 判斷은 Table-2와 같이 나타났다.

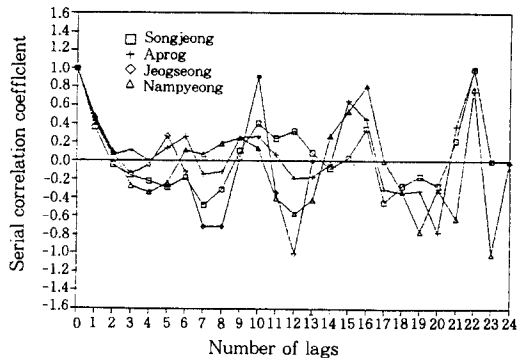


Fig. 3. Correlograms for the applied watersheds

이상의 結果에서 보는 바와 같이 全 流域에 걸쳐 1次 系列相關係數가 95% 信賴區間 밖에 위치하므로 水文學的 持續性이 認定된다. 이로서 自己回歸發生 方法 중 單一季節 1次 Markov 模型의 適用이 可能하였다.

Table-2. Persistence test for applied watersheds

River system	Watershed	Lag-one serial correlation coefficient	Confidence limit		Persistence
			Min	Max	
Seom Jin River	Songjeong	0.36	-0.4344	0.3474	0
	Aprog	0.42	-0.4344	0.3474	0
	Jeogseong	0.45	-0.5787	0.4249	0
Yeong San River	Nampyeong	0.48	-0.4251	0.3417	0

0; Persistence can be acknowledged

2. 正規分布의 適合度 檢定

Kolmogorov-Smirnov 檢定法^{6),12)}에 의해 正規分布型의 適合度 與否를 判斷 하였으며 그 結果値는 Table-3과 같다.

以上の K-S檢定 結果를 보건데 2變數 對數 正規分布에서는 蟾津江水系의 압록流域, Gamma 分布型에서는 蟾津江水系의 송정, 압록流

域과 榮山江水系의 남평流域에서 適合度과 認定되지 않은 반면 正規分布에서는 2개 水系의 全 流域에 걸쳐 適合度가 認定 되었다. 따라서 본 分析에서는 K-S檢定에 의해 全 流域에 걸쳐 適合性이 認定된 正規分布를 適正分布型으로 選定하여 이에 의한 合成年流出量을 模擬發生하고 統計特性値를 구하므로써 實測值의 統計特性値와 比較 分析을 遂行키로 한다.

Table-3. K-S Test for the applied watersheds

River system	Watershed	Dn(Max)			Dn(5%)	Test		
		N.D.	2 P.L.N.	2.P.G.		N.D.	2 P. L. N.	2 P.G.
Seom Jin River	Songjeong	0.095	0.174	0.292	0.27	○	○	×
	Aprog	0.107	0.286	0.279	0.27	○	×	×
	Jeogseong	0.213	0.243	0.295	0.349	○	○	○
Yeong San River	Nampyeong	0.105	0.108	0.278	0.264	○	○	×

Dn; Maximum deviation, N.D. ; Normal distribution

2 P. L. N. ; Two parameter lognormal distribution, 2 P. G. ; Two parameter gamma distribution

○ ; Significance level can't be acknowledged, × ; Significance level can be acknowledged

3. 模擬發生 方程式의 誘導

正規分布型에 따른 單一季節 1次 Markov

模型의 對象流域별 模擬發生 t年度 方程式을 나타낸 結果는 Table-4와 같다.

Table-4. Simulated equations for the applied watersheds

River system	Watershed	Simulated equation
Seom Jin River	Songjeong	$Q_t = 106.06 \times (1 - 0.36) + (0.36 \times Q_{t-1}) + (Z_t \times 51.58) \times \sqrt{(1 - 0.36^2)}$
	Aprog	$Q_t = 61.42 \times (1 - 0.42) + (0.42 \times Q_{t-1}) + (Z_t \times 27.69) \times \sqrt{(1 - 0.42^2)}$
	Jeogseong	$Q_t = 18.90 \times (1 - 0.45) + (0.45 \times Q_{t-1}) + (Z_t \times 8.85) \times \sqrt{(1 - 0.45^2)}$
Yeong San River	Nampyeong	$Q_t = 14.97 \times (1 - 0.48) + (0.48 \times Q_{t-1}) + (Z_t \times 7.40) \times \sqrt{(1 - 0.48^2)}$

4. 實測年流出量과 模擬發生된 年流出量의 基本統計值 比較

實測 年流出量과 模擬發生된 年流出量에 대한 統計特性值를 각 流域별로 比較 分析한 結果는 Table-5와 같다.

分析된 統計特性值 중 우선 平均值, \bar{X} 의 結果를 보면 積성流域의 14年 模擬發生에서 相對誤差가 17.09%로 가장 크고 송정流域의

200年 模擬發生에서 相對誤差가 3.74%로 가장 작게 나타났으며, 標準誤差 S_q 의 結果를 보면 송정流域의 24年 模擬發生에서 相對誤差가 17.43% 가장 크고 同流域의 100年 模擬發生에서 相對誤差가 6.49%로 가장 작게 나타났다. 끝으로 歪曲度係數는 압록流域의 24年 模擬發生에서 相對誤差가 633.33%로 가장 크고 송정流域의 200年 模擬發生에서 相對誤差가 1.21%로 가장 작게 나타났다.

Table-5. Comparison between simulated and observed basic statistics in the applied watersheds

River system	Basic statistics Watershed & flows		Mean		Standard deviation		Coefficient of skewness	
	Watershed	Historical & simulated flows	\bar{X}	R.E(%)	S_q	R.E(%)	C_s	R.E(%)
Seom Jin River	Songjeong	Hist.	106.06		51.58		0.066	
		Sim. (24)	101.07	4.70	60.57	17.43	0.243	268.18
		Sim. (100)	98.29	7.33	48.23	6.49	0.199	201.52
		Sim. (200)	102.09	3.74	47.21	8.47	0.068	1.21
	Aprog	Sim. (300)	100.87	4.89	47.52	7.87	0.107	62.12
		Hist.	61.42		27.69		0.045	
		Sim.(24)	58.43	4.87	32.23	16.40	0.330	633.33
		Sim.(100)	56.79	7.54	25.59	7.58	0.199	342.22
	Jeogseong	Sim.(200)	59.03	3.89	25.11	9.32	0.088	95.56
		Sim.(300)	58.31	5.06	25.25	8.81	0.120	166.67
		Hist.	18.90		8.85		1.438	
		Sim. (14)	15.67	17.09	8.03	9.27	0.40	72.18
Yeong San River	Nampyeong	Sim. (100)	17.37	8.10	8.08	8.70	0.234	83.73
		Sim. (200)	18.11	4.18	7.97	9.94	0.116	91.93
		Sim. (300)	17.87	5.45	7.99	9.72	0.150	89.57
		Hist.	14.97		7.40		0.813	
Yeong San River	Nampyeong	Sim.(25)	13.97	6.68	8.23	11.22	0.530	34.80
		Sim.(100)	13.66	8.75	6.64	10.27	0.292	64.08
		Sim.(200)	14.29	4.54	6.59	10.95	0.156	80.81
		Sim.(300)	14.09	5.88	6.60	10.81	0.195	76.01

Hist ; Historical flows, Sim. (n) ; Synthetic streamflow sequences for n years
R. E ; Relative error

以上の 結果에서 보건데 平均值와 標準偏差는 全流域에 걸쳐 相對誤差가 3.74~17.43%의 낮은 範圍를 나타낸 反面 歪曲度係數는 相對誤差가 1.21~633.33%까지 나타나므로써 그 차이가 매우 크게 나타났다. 한편, 蟾津江의 積성流域과 榮山江의 南平流域을 제외한 蟾津江

의 송정, 압록 流域에서는 模擬發生을 200年으로 하므로써 相對誤差를 크게 줄일 수 있었다. 一般的으로 歪曲度係數를 除外한 模擬發生 100年 以上の 統計特性值인 平均值와 標準偏差가 比較的 적은 相對誤差를 나타내고 있음을 볼 수 있다.

5. 實測年流出量과 模擬發生된 年流出量의 系列相關 分析

單一季節 1次 Markov 模型을 利用하여 模

擬發生 시킨 合成年流出量과 實測年流出量과의 系列相關度를 각 流域별로 圖示한 結果는 Fig. 4~7과 같다.

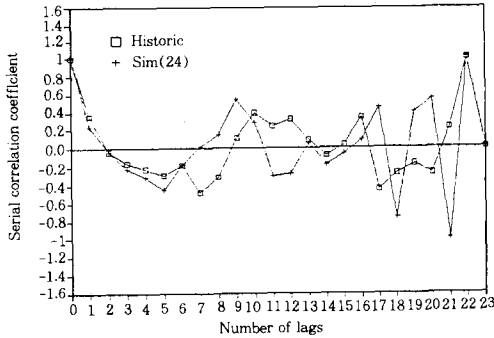


Fig. 4. Correlograms between Historic and synthetic stream flow sequences at Songjeong watershed of Seom Jin river

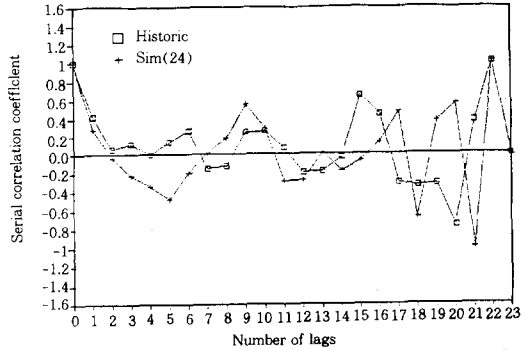


Fig. 5. Correlograms between Historic and synthetic stream flow sequences at Aprog watershed of Seom Jin river

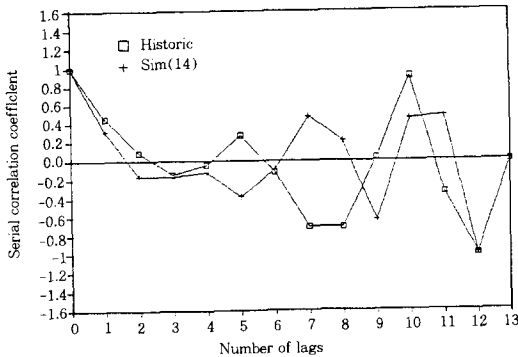


Fig. 6. Correlograms between Historic and synthetic stream flow sequences at Jeogseong watershed of Seom Jin river

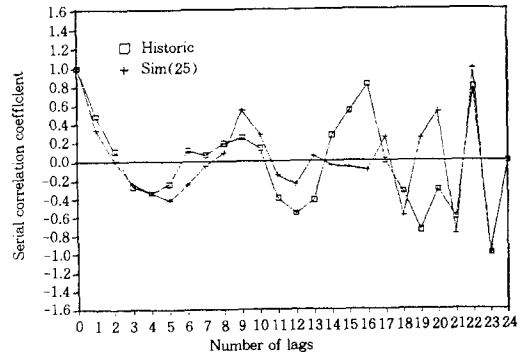


Fig. 7. Correlograms between Historic and synthetic stream flow sequences at Nampyeong watershed of Seom Yeong San river

이상의 結果로 부터 模擬發生된 合成年流出量과 實測年流出量과의 系列相關 關係를 보건데 全 流域에 걸쳐 系列相關度가 認定되므로서 水文學의 持續性이 역시 認定되었다.

V. 結 論

우리나라는 水工構造物의 安定性 있는 設計

計劃에 絶對的으로 필요한 長期連續流出量 資料의 缺乏으로 인하여 貯水池를 비롯한 各種 水工構造物의 높은 破壞危險度를 가져왔고 이로 인한 水工構造物의 범람 崩壞로서 막대한 人命과 財産의 被害를 年例行事처럼 겪어왔음은 周知의 事實이다. 따라서 이와 같은 問題를 解決하기 위한 일환으로 本 研究에서는 蟾 津江의 3개 流域과 榮山江의 1개 流域을 對象

으로 實測年流出量을 單一季節 1次 Markov 模型의 適用과 함께 系列相關圖 및 實測年流出量과 模擬發生된 年流出量의 基本統計值를 比較 分析 하였으며 이에 대한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 全 流域의 年流量系列에 대한 持續性 判斷 結果 4개 流域 모두 持續性이 認定되므로서 自己回歸型 發生方法 중 單一季節 1次 Markov 模型의 適用이 가능하였다.

2. Kolmogorov-Smirnov Test결과 全 流域에 걸쳐 正規分布型의 適合度가 認定되었다.

3. 模擬發生된 年流出量과 實測值간의 統計特性值를 比較 分析한 結果 歪曲度係數를 除外하고는 實測年流出量의 統計特性值에 比較의 接近되는 좋은 結果를 보여 주고 있다.

4. 模擬發生된 年流出量과 實測值의 系列相關 分析에서 模擬發生된 年流出量 역시 水文學的 持續性이 있는 것으로 判斷 되었다.

5. 앞으로 本 研究에서 使用된 合成流量 發生技法과 他 水文時系列 模擬發生 技法과의 比較 分析에 관한 계속 研究가 要望視 된다.

參 考 文 獻

1. Beard, L.R. ; Use of interrelated Records to Simulate Streamflow, J. Hy. Div. ASCE, Vol. 91, HY5, pp. 13~22, Sept. 1965.
2. Beard, L. R. ; Streamflow Synthetic for Ungaged Rivers, Proc. IASH, 1967.
3. Chow, V.T.,(ed.); Sequential Generation of Hydrology Information, Handbook of Applied Hydrology, Chap. 8-IV, pp. 8-91-8-96, McGraw-Hill, N. Y., 1964.
4. Fiering, M. B.; Streamflow Synthetic, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1967.
5. Fiering, M. B. and Jackson, B.B; Synthetic Streamflow, American Geophysical Union, Water Resources Monograph, 1, 1971.
6. Haan, C. T.; Statistical Method in Hydrology, Iowa State University Press, Ames, pp. 97~158, 1977.
7. Kottegoda, N. T.; Stochastic Five Daily Stream Flow Model, J. Hy. Div., ASEC, Vol. 98, HY9, Sept. 1972.
8. Matalas, N. C.; Mathematical Assessment of Synthetic Hydrology, Water Resources Research, Vol. 3, No.4, 1967.
9. McMahon, T. A., et al; Stochastic Generation of Streamflow Data, Civil Engineering Research Reports, No. 2, Monash University, Aust., Mar. 1972.
10. Mc Mahon, T. A. and A. J. Miller ; Application of Thomas-Fiering Model to Skewed Hydrologic Data, Water Resources Research, Vol. 7, No. 5, 1971.
11. Meyer, H. A. (ed); Symposium on Monte Carlo Methods, John Wiley & Sons Inc., N. Y., 1956.
12. Yevjevich, V. ; Stochastic Processes in Hydrology, Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, pp. 249~259, 1972.
13. 尹龍男; 工業水文學. 清文閣, pp. 495~530, 1988.
14. 李舜鐸; 河川流量의 模擬發生에 관한 推計學的 研究, 博士學位論文, 高麗大學校, 大學院, 土木工學科, 1974.
15. 李舜鐸, 安慶洙, 李義洛 ; Simulation Technique에 의한 水資源의 變動樣相 및 그 模擬發生 모델에 관한 研究, 韓國水文學會誌, Vol. 9, No. 2, pp. 87~100, Dec. 1976.
16. 李淳赫外; 應用水文學, 鄉文社, pp.302~324, 1984.

17. 李淳赫, 洪聖杓; Markov 模型에 의한 月流出量의 模擬發生에 관한 研究, 韓國農工學會誌, Vol. 32 No. 4, pp. 31~49, Dec. 1989.
 18. 李淳赫, 孟昇辰, 朴明根; 年流出量의 模擬發生에 관한 研究, 忠北大 農業科學研究, Vol. 10, No. 2, pp. 167~177, Feb. 1993.
 19. 李淳赫, 朴鐘國; 長期流出量의 推計學的 模擬發生에 관한 研究(I), 韓國農工學會誌, Vol. 35, No. 3, pp.100~116, Sep. 1993.
 20. 李淳赫; 長期流出量의 推計學的 模擬發生에 관한 研究(II), 韓國農工學會誌, Vol.35 No. 3, pp. 117~129, Sep. 1993.
 21. 千德鎮, 崔榮博; 水文學的 模擬技法에 대한 研究, 韓國水文學會誌, Vol. 13, No. 1, pp. 49~56, Mar. 1980.
 22. 韓國水資源公社; 榮山江流域調查 報告書, 1988. 12.
- (접수일자 : 1995년 2월 17일)