

長期流出量の推計學的模擬發生에 관한 研究 (I)

Studies on the Stochastic Generation of Long Term Runoff (I)

李 淳 赫* · 孟 昇 辰** · 朴 鍾 國**
Lee, Soon Hyuk · Maeng, Sung Jin · Park, Jong Kuk

Summary

It is experienced fact that unreasonable design criterion and unsuitable operation management for the agricultural structures including reservoirs based on short terms data of monthly flows have been brought about not only loss of lives, but also enormous property damage.

For the solution of this point at issue, this study was conducted to simulate long series of synthetic monthly flows by multi-season first order Markov model with selection of best fitting frequency distribution and to make a comparison of statistical parameters between observed and synthetic flows of six watersheds in Yeong San and Seom Jin river systems.

The results obtained through this study can be summarized as follows.

1. Both Gamma and two parameter lognormal distribution were found to be suitable ones for monthly flows in all watersheds by Kolmogorov-Smirnov test while those distributions were judged to be unfit in Nam Pyeong of Yeong San and Song Jeong and Ab Rog watersheds of Seom Jin river systems in the χ^2 goodness of fit test.

2. Most of the arithmetic mean values for synthetic monthly flows simulated by Gamma distribution are much closer to the results of the observed data than those of two parameter lognormal distribution in the applied watersheds.

3. Fluctuation for the coefficient of variation derived by Gamma distribution was shown in general as better agreement with the results of the observed data than that of two parameter lognormal distribution in the applied watersheds both in Yeong San and Seom Jin river systems. Especially, coefficients of variation calculated by Gamma distribution are seemed to be much closer to those of the observed data during July and August.

* 忠北大學校 農科大學

** 忠北大學校 大學院

키워드: χ^2 및 K-S 테스트, 變動係數, 2變數 對數正規 및 Gamma分布, 多季節 1次 Markov 模擬發生模型, 模擬發生 月流出量.

4. It can be concluded that synthetic monthly flows simulated by Gamma distribution are seemed to be much closer to the observed data than those by two parameter lognormal distribution in the applied watersheds.

5. It is to be desired that multi-season first order Markov model based on Gamma distribution which is confirmed as a good fitting one in this study would be compared with Harmonic synthetic model as a continuation follows.

I. 緒 論

近年 우리나라는 農業用水를 비롯한 各種 産業用水의 需要가 每年 急增하고 있음은 周知의 사실이다. 이와 같은 폭발적인 需要에 對處하기 위해서는 水資源開發과 함께 大單位 水利構造物의 設計 및 施工이 先課題로 登場하고 있다. 그러나 우리나라는 아직까지도 各種 水利構造物의 安定性 있는 設計計劃에 絕對的으로 必須 不可缺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에 의한 設計 施工은 恆常 水利構造物의 破壞危險도가 뒤따르게 되었으며 豪雨나 颱風의 來襲에 의해 쉽사리 堤防이나 貯水池를 비롯한 各種 水利構造物의 범람 崩壞를 가져왔고 이로인해 莫大한 財産과 人命의 被害를 年例行事처럼 겪어 오고 있는 實情에 놓여 있다.^{6,29)}

따라서 이와같은 問題를 解決하기 위해서는 推計學的인 模擬發生技法에 의해 長期連續流出量을 模擬發生시키고 合成된 月流出量의 實測值와의 比較 分析으로서 適正模擬發生技法을 提示하는 것이야 말로 무엇보다도 先行되어야 할 重大한 課題임에 틀림없다. 이와같은 適正模擬發生技法의 誘導에 의해 長期連續流出量 資料의 確保가 可能하게 되므로써 貯水池를 包含한 各種 水利構造物의 適正規模 決定은 勿論 合理的인 運營管理를 期할 수 있게 되고 나아가 水利構造物의 破壞危險도로 부터 完全解放될 수 있는 기틀을 마련할 수 있을 것으로 기대 되어진다.

이에 本 研究의 第I報에서는 優先的으로 榮

山江과 蟾津江의 6個 流域의 月流出量을 水文 資料로 하여 2變數對數正規分布와 Gamma分布型의 適合度檢定에 의한 適正確率分布型을 設定하고 이들 適正分布型에 따라 多季節 1次 Markov 模型의 分析追求로서 各 流域별 合成 月流出量을 模擬發生시키며 第II報에서는 實測值에 보다 接近되게 模擬發生 시킬 수 있는 適正分布型에 따른 多季節 1次 Markov 模型과 調和合成模型에 의해 合成된 模擬發生值와의 比較 分析을 遂行하므로써 流域에 대한 適正 合成模擬模型의 判定과 함께 合理的인 月流出量의 豊富한 模擬發生이 可能하게 되고 이로서 將次 水資源의 綜合的인 開發과 管理에 萬全을 期할 수 있음이 確實視 된다.

II. 多季節 1次 Markov 模型의 理論 的 分析

月流出量과 같이 1年을 몇 個의 時間間隔으로 나누어 流量資料를 分析할 경우 統計值가 單一 값을 가지지 않을 경우에 適用하는 一次 Markov 模型을 多季節 一次 Markov 模型이라 하며 1年을 m 個의 相異한 季節로 구분하였을 경우 各 季節 流量에 Markov 模型을 適用할 때 2個의 指數를 使用해서 特定流量 q_{ij} 를 표시하는데 첫 번째 指數 i 는 年流出量 系列中の 어떤 年에 속하는 流量인가를 表示하며 두 번째 指數, j 는 1부터 m 까지 값을 가지는 季節中 어떤 季節에 該當하는 流量인가를 표시하는 季節번호이다. 季節流量과 $(j-1)$ 季節流量간에 一次系列 相關 係數 ρ_j 는 式(1)과 같이 定義된다.^{8,11,27)}

$$\rho_j = \{E[(X_{i,j} - \mu_j)(X_{i,j-1} - \mu_{j-1})]\} / (\sigma_j \sigma_{j-1}) \dots\dots\dots(1)$$

여기서 μ_j : 各季節流量的 平均值
 σ_j : j季節流量的 標準偏差

따라서 多季節 一次 Markov 模型의 模擬發生 一般式은 式(2)와 같다.

$$q_{i,j} = \mu_j + \frac{\rho_j \sigma_j}{\sigma_{j-1}} (q_{i,j-1} - \mu_{j-1}) + t_{i,j} \sigma_j \sqrt{1 - \rho_j^2} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 $t_{i,j}$: 標準正規亂數

實際로 어떤 地點에 對한 月流出量을 가지고 多季節 月流出量을 模擬發生할 경우에는 實測된 月流出量이 어떤 確率分布型을 갖느냐에 따라 標準正規亂數 $t_{i,j}$ 의 推定方法이 다르게 되므로 우선적으로 適正確率分布型을 選定해야 한다.

따라서 本 分析에서는 月流量系列의 分析에 사용할 수 있는 對數正規分布와 Gamma分布에 따른 考察을 遂行키로 한다.

1. 2變數對數正規分布를 갖는 流量系列

實測 月流出量 系列 $Q_{i,j}$ 가 2變數 對數正規 分布에 의해 正規化되는 경우에는 $q_{i,j} = \log_e Q_{i,j}$ 로서 模擬發生式에 包含되는 모든 變數를 對數變換된 流量系列인 $q_{i,j}$ 를 사용하여 計算한 후 式(3)과 같은 模擬發生式에 의해 長期間의 時系列 發生이 可能하게 된다.

$$q_{i,j} = \bar{q}_j + \frac{\gamma_j S_{qj}}{S_{q,j-1}} (q_{i,j-1} - \bar{q}_{j-1}) + t_{i,j} S_{qj} \sqrt{1 - \gamma_j^2} \dots\dots\dots(3)$$

여기서 \bar{q}_j, S_{qj} : j月的 $q_{i,j}$ 의 平均值와 標準偏差
 γ_j : j月과 (j-1)月的 $q_{i,j}$ 간의 1次 系列相關係數
 $t_{i,j}$: 標準正規亂數

따라서 合成流量系列로서 最終인 變換은 다음의 式(4)에 의해 구해질 수 있다.

$$Q_{i,j} = \exp(q_{i,j}) \dots\dots\dots(4)$$

2. Gamma分布를 갖는 流量系列

實測 月流出量系列이 Gamma分布를 가질 경우의 平均值 \bar{Q}_j , 分散 S_j^2 및 1次 系列相關係數, γ_j 는 各各式(5)~式(7)에 의해 定義될 수 있다.

$$\bar{Q}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{ij} \dots\dots\dots(5)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{ij} - \bar{Q}_j)^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i,j} Q_{i,j-1} - n \bar{Q}_j \bar{Q}_{j-1}}{(n-1) S_j S_{j-1}} \dots\dots\dots(7)$$

여기서 n : 流量時系列의 年數

$Q_{i,j}$: i年 j月的 流出量

또한 實測 月流出量의 歪曲度係數, g_j 는 다음의 式(8)로부터 구해진다.

$$g_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{i,j}^3 - 3 S_j^2 \bar{Q}_j + Q_j^3}{S_j^3} \dots\dots\dots(8)$$

그리고 j月分 無作爲變量의 歪曲度係數, $g_{t,j}$ 는 式(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$g_{t,j} = \frac{g_j - \gamma_{(j-1)}^3 g_{j-1}}{[1 - \gamma_j^2]^{1.5}} \dots\dots\dots(9)$$

여기서 Gamma分布의 亂數, $t_{i,r,j}$ 는 標準正規 亂數를 $t_{i,j}$ 로 할 때 다음의 式(10)으로 구해질 수 있다.

$$t_{i,r,j} = \frac{2}{g_{t,j}} \left[\left(1 + \frac{g_{t,j} t_{i,j}}{6} - \frac{g_{t,j}^2 t_{i,j}^2}{36} \right)^3 - 1 \right] \dots\dots(10)$$

따라서, Gamma分布를 갖는 月流出量의 模擬發生을 위한 一般式은 다음의 式(11)과 같이

誘導된다.

$$Q_{i,j} = \bar{Q}_j + \frac{Y_j S_{qj}}{S_{q,j-1}} (Q_{i,j-1} - \bar{Q}_{j-1}) + t_{i,r,j} S_{qj} \sqrt{1 - \gamma_j^2} \dots\dots\dots(11)$$

3. 電算 프로그램의 構成

2變數 對數正規分布 및 Gamma分布에 대한 多季節 1次 Markov模型의 電算 프로그램은 實測 月流出量의 水文資料와 前述한 各 分布型의 月流出量 模擬發生式을 근간으로 하여 開發되었으며, 프로그램의 構成은 各各 主프로그램과 1개의 子프로그램으로 構成하였다.

이에 관한 2變數 對數正規分布 및 Gamma分布의 흐름도는 Fig. 1과 같으며 이에 대한 프로그램 構成과 役割은 Table-1과 같다.

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 榮山江水系의 羅州, 馬勒 및 南坪의 3個 流域과 蟾津江水系의 赤城, 鴨錄 및 松亭의 3個 流域 포함 6個 流域을 選定^{9,25)} 하였으며 月流出量 計算은 該當流域에

對應하는 水位-流量曲線(Stage-Discharge Curve)에 의해 計算되었다.

本 分析對象 流域의 流域特性은 Table-2와 같으며 여기에서 流域面積은 576.2~4255.7km²

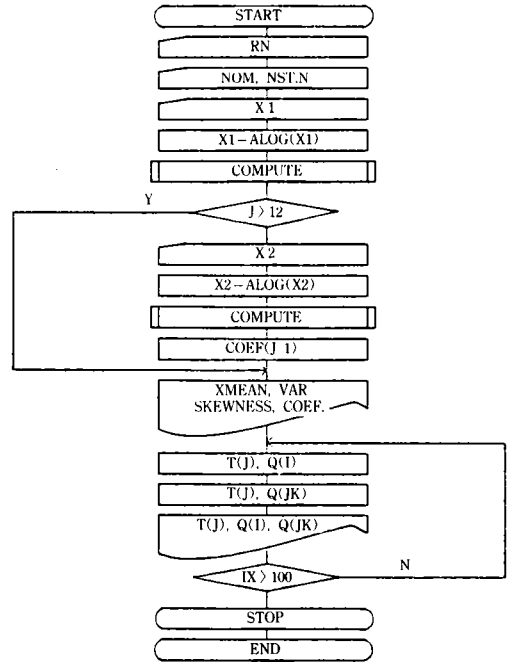


Fig. 1. Flow chart of multi-season first-order Markov Model with two parameter lognormal and Gamma distribution

Table-1. Main and subroutine program and their functions

RN	Random numbers
NOM	Number of river basin
NST	Number of gauging stations
N	Number of observed years
T(J)	Transformed random sampling deviate of month J
COMPUTE	Subroutine for the calculation of Mean, Variance, Skewness and Serial Correlation of hydrologic data
Q(I), Q(JK)	Synthetic streamflows generated by Markov Model
COEF.(J)	Correlation coefficient for the river discharges of month J.
X1, X2	Hydrologic data of each month
XMEAN	Sample mean of hydrologic data
VAR	Variance of hydrologic data
SKEWNESS	Coefficient of skewness of hydrologic data

Table-2. Watershed physical characteristics for the applied watersheds

River	Watershed	Area (km ²)	Length of main stream (km)	Average basin width(km)	Shape factor	Observed duration (yr)	Location
Yeong	Na Ju	2058.72	75.1	27.41	0.365	25	Long. 126°44' Lati. 35°01'
	Ma Reug	683.96	56.0	12.21	0.218	25	Long. 126°50' Lati. 35°09'
San	Nam Pyeong	576.20	29.0	19.87	0.685	25	Long. 126°51' Lati. 35°02'
Seom	Song Jeong	4255.70	188.3	22.60	0.120	24	Long. 127°34' Lati. 35°10'
	Ap Rog	2447.50	162.3	15.08	0.093	24	Long. 127°22' Lati. 35°11'
Jin	Jeog Seong	1350.80	130.8	10.33	0.079	14	Long. 127°34' Lati. 35°10'

의 範圍를 나타내고 있으며 主河川長은 29.0~188.3km에 이르고 平均幅은 10.33~27.41km이며 形狀係數는 0.079~0.685의 範圍를 나타내고 있다.

2. 分析方法

가. 對象流域別 月流出量 資料의 基本統計值 分析

多季節 1次 Markov 模型을 사용하여 月流出量의 模擬發生을 試圖하는데 基本的으로 必要한 基本統計值로서 平均值(\bar{Q}_j), 標準偏差(S_j), 歪曲度係數(C_s) 및 變動係數(C_v)을 다음의 式 (12), (13), (14) 및 (15)에 의해 流域별로 求하였다.

$$\bar{Q}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{i,j} \dots\dots\dots(12)$$

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{i,j} - \bar{Q}_j)^2} \dots\dots\dots(13)$$

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (Q_{i,j} - \bar{Q}_j)^3}{S_j^3} \dots\dots(14)$$

$$C_v = \frac{\bar{Q}_j}{S_j} \dots\dots\dots(15)$$

나. 確率分布型의 適合度 檢定

月流出量資料의 確率分布型으로는 一般的으로 使用되는 Gamma分布와 對數正規分布의 2개 分布型을 對象으로 하였다. 流域別 適正確率分布型의 檢定을 위해 本 分析에서는 χ^2 (Chi-Square) Test와 非媒介變數의 方法인 K-S(Kolmogorov-Smirnov) Test에 의해 適合度を 判定하였다.¹⁵⁾

다. 統計特性值 및 模擬發生流出量의 比較

模擬發生方程式에 의해 發生된 合成流出量과 實測值와의 統計特性值로서 平均值, 標準偏差, 變動係數 및 歪曲度係數 등을 比較하였으며, 또한 流域別 模擬發生 月流出量과 實測值를 比較 分析하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 月流出量 資料의 基本統計值 分析

榮山江 및 蟾津江 水系에 대한 平均值, 標準偏差, 歪曲度係數 및 變動係數 등의 基本統

Table-3. Basic statistics of historic streamflow in Yeong San River

Watershed	Month statistics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Na Ju	\bar{Q}_j	15.02	19.81	25.27	40.31	45.43	74.87	176.78	102.12	91.58	26.40
S_j	8.00		12.26	25.19	30.98	39.71	110.8	124.89	76.77	75.26	17.61	15.91	9.27
C_s	0.92		0.81	2.55	1.63	1.20	3.16	0.47	1.17	1.39	1.76	2.37	1.35
C_v	0.53		0.62	1.00	0.77	0.87	1.48	0.71	0.75	0.82	0.67	0.78	0.60
Ma Reug	\bar{Q}_j	9.60	10.35	11.09	17.80	16.53	26.53	46.25	31.82	29.44	11.96	9.65	8.21
	S_j	8.32	8.46	9.65	13.05	15.91	31.09	31.63	28.35	31.30	12.88	10.06	8.98
	C_s	1.38	1.30	1.62	0.95	2.40	1.97	0.51	1.70	1.98	2.52	2.77	2.27
	C_v	0.87	0.82	0.87	0.73	0.96	1.17	0.68	0.89	1.06	1.08	1.04	1.09
Nam Pyeong	\bar{Q}_j	1.23	3.80	6.03	11.83	16.57	22.76	45.41	33.89	30.00	4.33	2.90	0.67
	S_j	2.87	10.14	12.80	10.05	15.61	29.58	31.45	21.23	25.30	4.63	4.78	0.49
	C_s	4.79	4.44	3.69	1.58	1.09	2.25	0.63	0.44	0.88	1.64	3.05	3.12
	C_v	2.33	2.67	2.12	0.85	0.94	1.30	0.69	0.63	0.84	1.07	1.65	0.73

\bar{Q}_j ; Mean

S_j ; Standard deviation

C_s ; Coefficient of skewness

C_v ; Coefficient of variation

Table-4. Basic statistics of historic streamflow in Seom Jin River

Watershed	Month statistics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Song Jeong	\bar{Q}_j	19.81	28.84	35.23	87.38	91.71	121.1	287.43	245.60	163.6	51.51
S_j	12.56		21.89	38.25	75.00	101.7	150.1	202.22	185.78	152.0	46.43	26.20	19.02
C_s	0.99		0.81	2.22	1.22	1.76	2.27	0.17	1.43	1.02	1.61	1.85	1.17
C_v	0.63		0.76	1.09	0.86	1.11	1.24	0.70	0.76	0.93	0.90	0.84	0.78
Ap Rog	\bar{Q}_j	18.57	27.06	32.31	54.48	50.79	79.15	190.88	118.74	94.18	29.48	22.49	18.07
	S_j	18.10	18.92	28.65	42.06	48.79	112.5	133.43	88.81	97.46	20.70	19.05	12.60
	C_s	1.85	0.29	2.36	1.05	1.18	2.79	0.17	0.84	1.88	0.95	1.77	1.36
	C_v	0.97	0.70	0.89	0.77	0.96	1.42	0.70	0.75	1.03	0.70	0.85	0.70
Jeog seong	\bar{Q}_j	7.34	8.20	10.18	16.61	14.86	26.67	47.98	35.57	31.13	10.52	7.98	8.01
	S_j	5.02	4.94	7.65	9.34	13.45	29.57	37.22	21.85	37.01	7.41	6.00	6.30
	C_s	1.95	0.98	1.16	-0.41	1.16	2.12	0.72	0.38	2.52	0.67	0.93	1.24
	C_v	0.68	0.60	0.75	0.56	0.90	1.11	0.78	0.61	1.19	0.70	0.75	0.79

\bar{Q}_j ; Mean

S_j ; Standard deviation

C_s ; Coefficient of skewness

C_v ; Coefficient of variation

計值를 各 流域별로 구한 結果는 Table-3 및 Table-4와 같다. Table-3에서 보는 바와 같이 榮山江의 3個 流域 全體에 걸쳐 標準偏差, S_j 는

0.49~124.89, 歪曲度係數, C_s 와 變動係數, C_v 는 各各 0.44~4.79 및 0.53~2.67의 範圍를 나타내고 있으며 蟾津江의 松亭, 鴨錄, 赤城

3個 流域에 걸친 標準偏差는 Table-4에서 보는 바와 같이 4.94~202.22, 그리고 歪曲度係數와 變動係數는 各各 -0.41~2.79 및 0.56~1.42의 範圍를 나타내고 있다.

以上の 結果를 綜合해 보건데 榮山江 및 蟾津江 流域 共히 平均値와 標準偏差가 年中 6月~9月 사이에 크게 나타났음을 읽을 수 있으며 統計特性値 中 河川流量變化를 나타내는 變動係數의 結果는 Table-3 및 Table-4와 같다.

2. 確率分布型의 適合度 檢定

分布型에 대한 適合度 檢定은 χ^2 과 K-S方法을 利用하였으며 各 流域에 대한 結果는 Table-5 및 Table-6과 같다.

以上の 結果를 보건데 χ^2 檢定에서는 對數正規分布型에서 榮山江 水系의 南坪 流域, Gamma分布型에서 榮山江 水系의 南坪 流域과

蟾津江 水系의 松亭 및 鴨綠 流域에서 適合度가 認定되지 않은 반면 K-S檢定에서는 Table-5 및 Table-6에서 보는 바와 같이 對象流域 全體에 걸쳐 對數正規分布 및 Gamma分布의 適合度가 認定되었다. 따라서 本 分析에서는 K-S 檢定에 의해 適合性이 認定된 對數正規分布와 Gamma分布에 의한 合成月流出量을 模擬發生하여 各各에 의한 統計特性値의 比較 分析을 遂行키로 한다.

3. 適正確率分布型에 따른 模擬發生 方程式의 誘導

適正確率分布型으로 檢定된 對數正規分布와 Gamma分布型에 따른 多季節 1次 Markov 模型의 對象流域別 模擬發生 初年度 2月分 方程式만을 標本例로 나타낸 結果는 Table-7과 같다.

Table-5. χ^2 and Kolmogorov-Smirnov test for the two-parameter lognormal distribution

River	Watershed	χ^2			K-S		
		χ^2	$\chi^2_{0.05}$	Test	D_n	$D_{0.05}$	Test
Yeong San	Na Ju	14.08	14.1	0	0.0653	0.079	0
	Ma Reug	9.98	14.1	0	0.0621	0.079	0
	Nam Pyeong	29.51	14.1	X	0.0783	0.079	0
Seom Jin	Song Jeong	5.80	14.1	0	0.0793	0.080	0
	Ap Rog	5.05	14.1	0	0.0796	0.080	0
	Jeog Seong	3.52	12.6	0	0.0300	0.105	0

0 : Significance level can't be acknowledged

X : Significance level can be acknowledged

Table-6. χ^2 and Kolmogorov-Smirnov test for the Gamma distribution

River	Watershed	χ^2			K-S		
		χ^2	$\chi^2_{0.05}$	Test	D_n	$D_{0.05}$	Test
Yeong San	Na Ju	11.37	12.6	0	0.0486	0.079	0
	Ma Reug	8.94	12.6	0	0.0584	0.079	0
	Nam Pyeong	31.47	12.6	X	0.0780	0.079	0
Seom Jin	Song Jeong	34.89	12.6	X	0.0789	0.080	0
	Ap Rog	27.84	12.6	0	0.0782	0.080	0
	Jeog Seong	4.62	11.1	X	0.0417	0.105	0

0 : Significance level can't be acknowledged

X : Significance level can be acknowledged

Table-7. Simulated equations of February for the first year in the applied watersheds

Model	River	Watershed	Simulated equations
Sim(LN)	Yeong San	Na Ju	$q_{1,2} = 2.78 + (0.36 \times 0.71 / 0.61) \times (1.61 - 2.56) + t_{1,2} \times 0.71 \sqrt{1 - 0.36^2}$
		Ma Reug	$q_{1,2} = 2.01 + (0.83 \times 0.85 / 0.89) \times (2.44 - 1.90) + t_{1,2} \times 0.85 \sqrt{1 - 0.83^2}$
		Nam Pyeong	$q_{1,2} = 0.16 + (0.42 \times 0.96 / 1.07) \times (0.47 - 2.39) + t_{1,2} \times 0.96 \sqrt{1 - 0.42^2}$
	Seom Jin	Song Jeong	$q_{1,2} = 2.95 + (0.83 \times 1.21 / 1.03) \times (2.94 - 2.68) + t_{1,2} \times 1.21 \sqrt{1 - 0.83^2}$
		Ap Rog	$q_{1,2} = 2.68 + (1.90 \times 1.60 / 1.64) \times (2.97 - 2.16) + t_{1,2} \times 1.60 \sqrt{1 - 0.90^2}$
		Jeog Seong	$q_{1,2} = 1.93 + (0.51 \times 0.62 / 0.72) \times (3.09 - 1.78) + t_{1,2} \times 0.62 \sqrt{1 - 0.51^2}$
Sim(G)	Yeong San	Na Ju	$Q_{1,2} = 19.81 + (0.48 \times 12.26 / 8.00) \times (5.01 - 15.02) + t_{1,r,2} \times 12.26 \sqrt{1 - 0.48^2}$
		Ma Reug	$Q_{1,2} = 10.35 + (0.88 \times 8.46 / 8.32) \times (11.46 - 9.60) + t_{1,r,2} \times 8.46 \sqrt{1 - 0.88^2}$
		Nam Pyeong	$Q_{1,2} = 3.8 + (0.95 \times 10.14 / 2.87) \times (1.6 - 1.23) + t_{1,r,2} \times 10.14 \sqrt{1 - 0.95^2}$
	Seom Jin	Song Jeong	$Q_{1,2} = 28.84 + (0.56 \times 21.89 / 12.56) \times (18.83 - 19.81) + t_{1,r,2} \times 21.89 \sqrt{1 - 0.56^2}$
		Ap Rog	$Q_{1,2} = 27.06 + (0.62 \times 18.92 / 18.1) \times (19.41 - 18.57) + t_{1,r,2} \times 18.92 \sqrt{1 - 0.62^2}$
		Jeog Seong	$Q_{1,2} = 8.20 + (0.47 \times 4.94 / 5.02) \times (22.0 - 5.02) + t_{1,r,2} \times 4.94 \sqrt{1 - 0.47^2}$

Sim(LN) : Simulated equations derived by multi-season first-order markov model with two parameter lognormal distribution.

Sim(G) : Simulated equations derived by multi-season first-order markov model with Gamma distribution.

$q_{i,j}$: $q_{i,j}$ should be transformed in to $Q_{i,j}$ which is equalized to $\exp(q_{i,j})$

4. 統計特性値의 比較

實測 月流出量 資料와 2變數 對數正規分布 및 Gamma分布型에 따른 多季節 1次 Markov 模型에 의해 模擬發生된 月流出量의 統計特性 值를 各 流域별로 分析 比較 하였으며 標本例 로서 榮山江 水系的 羅州, 南坪 流域과 蟾津江 水系的 松亭 및 鴨錄 流域의 結果는 各各 Table-8, 9, 10 및 Table-11과 같다.

分析된 統計特性值 中 우선 平均値의 結果를 보면 榮山江 水系的 南坪 流域에서는 10月の 相對誤差가 5.31~6.00%로 가장 작고 南坪 流域의 3月 相對誤差가 17.25~141.79%로 가장 크며 蟾津江 水系的 鴨錄 流域에서는 10月の 相對誤差가 0.27~5.83%로 가장 작고, 또한 鴨錄 流域에서 6月の 相對誤差가 6.25~60.82%로 가장 크게 나타났다. 河川流量의 變化 樣相을 나타내는 變動係數의 結果를 보면 榮山江 水系的 羅州流域에서 2月の 相對誤差가 2個 分布型 모두 9.68%로 가장 작게 나타난 반면 6月の 相對誤差가 6.08~97.30%로 가장 크게 나타났다.

으며 蟾津江 水系的 松亭 流域에서 8月の 相對誤差가 3.95~9.21%로 가장 작고 鴨錄流域에서 12月の 相對誤差가 70.00~180.00%로 가장 크게 나타났다. 끝으로 歪曲度 係數는 榮山江 水系的 羅州 流域에서 9月の 相對誤差가 0~18.71%로 가장 작고 南坪 流域에서 5月の 相對誤差가 63.30~223.85%로 가장 크게 나타났으며 蟾津江 水系에서는 松亭 流域에서 10月の 相對誤差가 10.56~27.33%로 가장 작았고 鴨錄 流域에서 2月の 相對誤差가 158.62~772.41%로 가장 크게 나타났다. 全流域에 걸쳐 對數正規 分布 및 Gamma分布型에 따른 模擬發生値와 實測値의 平均値를 比較해 보면 榮山江 水系에서는 對數正規分布型에서 1.03~58.61% Gamma分布型에서 1.00~141.79%의 相對誤差를, 蟾津江 水系에서는 對數正規分布型에서 4.29~60.82%, Gamma分布型에서 0.27~38.69%의 相對誤差를 보여주고 있다.

또한, 對數正規分布 및 Gamma分布型별 多 季節 1次 Markov模型에 의해 模擬發生된 各 月の 平均値를 標本例로서 榮山江 水系的 羅州

Table-8. Relative error for the statistics of historic and synthetic streamflow sequences at Na Ju watershed in Yeong San River

Basic Statistics		\bar{Q}_j		S_j		C_v		C_s	
M	H & Sim	AV	RE	AV	RE	AV	RE	AV	RE
1	hist	15.02		8.00		0.53		0.92	
	sim(ln)	17.32	15.31	8.42	5.25	0.49	7.55	0.60	34.78
	sim(g)	13.94	7.19	6.58	17.75	0.47	11.32	1.22	32.61
2	hist	19.81		12.26		0.62		0.81	
	sim(ln)	17.28	12.77	9.75	20.47	0.56	9.68	1.24	53.09
	sim(g)	19.29	2.62	10.84	11.58	0.56	9.68	1.85	128.40
3	hist	25.27		25.19		1.00		2.55	
	sim(ln)	30.21	19.15	30.39	20.64	1.01	1.00	2.82	10.59
	sim(g)	28.65	13.38	22.88	9.17	0.80	20.00	1.10	56.86
4	hist	40.31		30.98		0.77		1.63	
	sim(ln)	37.01	8.19	23.28	24.85	0.63	18.18	0.80	50.92
	sim(g)	33.77	16.22	24.13	22.11	0.71	7.79	1.43	12.27
5	hist	45.43		39.71		0.87		1.20	
	sim(ln)	32.86	27.67	24.56	38.15	0.75	13.79	0.93	22.50
	sim(g)	42.09	7.35	25.48	35.83	0.61	29.89	0.79	19.17
6	hist	74.87		110.8		1.48		3.16	
	sim(ln)	32.17	57.03	1.42	98.72	0.04	97.30	-0.86	127.22
	sim(g)	71.44	4.58	111.89	0.89	1.57	6.08	3.11	1.58
7	hist	176.78		124.89		0.71		0.47	
	sim(ln)	183.42	3.76	108.96	12.76	0.59	16.90	-0.23	148.94
	sim(g)	218.93	23.84	126.86	1.58	0.58	18.31	-0.15	131.91
8	hist	102.12		76.77		0.75		1.17	
	sim(ln)	84.57	17.19	60.92	20.65	0.72	4.00	0.88	24.79
	sim(g)	85.74	16.04	53.58	32.21	0.62	17.33	0.21	82.05
9	hist	91.58		75.26		0.82		1.39	
	sim(ln)	63.27	30.91	47.99	36.23	0.76	7.32	1.13	18.71
	sim(g)	82.72	9.69	76.30	1.38	0.92	12.20	1.39	0.00
10	hist	26.40		17.61		0.67		1.76	
	sim(ln)	23.50	10.98	14.10	19.93	0.60	10.45	1.93	9.66
	sim(g)	28.23	6.93	15.40	12.55	0.55	17.91	1.43	18.75
11	hist	20.34		15.91		0.78		2.37	
	sim(ln)	19.63	3.49	17.01	6.91	0.87	11.54	2.64	11.39
	sim(g)	18.57	8.70	10.16	36.14	0.55	29.49	0.64	73.00
12	hist	15.33		9.27		0.60		1.35	
	sim(ln)	16.52	7.76	17.16	85.11	1.04	73.33	3.04	125.19
	sim(g)	11.63	24.14	4.98	46.28	0.43	28.33	2.24	65.93

H & Sim ; Historical & simulated flows.

hist ; Historical flows.

sim(ln) ; Simulated by lognormal distribution.

sim(g) ; Simulated by Gamma distribution.

AV ; Absolute value RE ; Relative error

Table-9. Relative error for the statistics of historic and synthetic streamflow sequences at Nam Pyeong watershed in Yeong San River

Basic Statistics		\bar{Q}_j		S_j		C_v		C_s	
M	H & Sim	AV	RE	AV	RE	AV	RE	AV	RE
1	hist	1.23		2.87		2.23		4.79	
	sim(ln)	0.77	37.40	0.50	82.58	0.65	72.10	0.93	80.58
	sim(g)	2.62	113.01	2.10	26.83	0.80	65.67	1.03	78.50
2	hist	3.80		10.14		2.67		4.44	
	sim(ln)	2.22	41.58	3.47	65.78	1.56	41.57	3.61	18.69
	sim(g)	4.25	11.84	2.76	72.78	0.65	75.66	0.66	85.14
3	hist	6.03		12.80		2.12		3.69	
	sim(ln)	7.07	17.25	10.49	18.05	1.48	30.19	3.49	5.42
	sim(g)	14.58	141.79	8.40	34.38	0.58	72.64	0.40	89.16
4	hist	11.83		10.05		0.85		1.58	
	sim(ln)	9.50	19.70	7.59	24.48	0.80	5.88	0.91	42.41
	sim(g)	11.68	1.27	7.41	26.27	0.63	25.88	-0.08	105.49
5	hist	16.57		15.61		0.94		1.09	
	sim(ln)	12.74	23.11	21.29	36.39	1.67	77.66	3.53	223.85
	sim(g)	19.17	15.69	13.09	16.14	0.68	27.66	0.40	63.30
6	hist	22.76		29.58		1.30		2.25	
	sim(ln)	9.42	58.61	4.64	84.31	0.49	62.31	1.11	50.67
	sim(g)	26.88	18.10	27.52	6.96	1.02	21.53	0.75	66.67
7	hist	45.41		31.45		0.69		0.63	
	sim(ln)	39.89	12.16	29.85	5.09	0.75	8.70	0.75	19.05
	sim(g)	47.75	5.15	23.97	23.78	0.50	27.54	-0.29	146.03
8	hist	33.89		21.23		0.63		0.44	
	sim(ln)	21.27	37.23	16.07	24.31	0.76	20.63	1.38	213.64
	sim(g)	26.72	21.15	13.64	35.75	0.51	19.05	0.50	13.64
9	hist	30.00		25.30		0.84		0.88	
	sim(ln)	18.64	37.87	18.80	25.69	1.01	20.24	2.52	186.36
	sim(g)	29.70	1.00	17.38	31.30	0.59	29.76	1.07	21.59
10	hist	4.33		4.63		1.07		1.64	
	sim(ln)	4.59	6.00	7.49	61.77	1.63	52.34	3.52	114.63
	sim(g)	4.56	5.31	3.62	21.81	0.79	26.17	1.29	21.34
11	hist	2.90		4.78		1.65		3.05	
	sim(ln)	2.87	1.03	2.46	48.54	0.86	47.88	1.02	66.56
	sim(g)	5.59	92.76	2.91	39.12	0.52	68.48	0.10	96.72
12	hist	0.67		0.49		0.73		3.12	
	sim(ln)	0.48	28.36	0.45	8.16	0.94	28.77	1.49	52.24
	sim(g)	0.63	5.97	0.42	14.29	0.67	8.22	0.86	72.44

H & Sim : Historical & simulated flows.

hist : Historical flows.

sim(ln) : Simulated by lognormal distribution.

sim(g) : Simulated by Gamma distribution.

AV : Absolute value RE : Relative error

Table-10. Relative error for the statistics of historic and synthetic streamflow sequences at Song Jeong watershed in Seom Jin River

Basic Statistics		\bar{Q}_i		S_j		C_v		C_s	
M	H & Sim	AV	RE	AV	RE	AV	RE	AV	RE
1	hist	19.81		12.56		0.63		0.99	
	sim(ln)	16.28	17.82	7.69	38.77	0.47	25.40	1.12	13.13
	sim(g)	19.95	0.71	11.45	8.84	0.57	9.52	0.43	56.57
2	hist	28.84		21.89		0.76		0.81	
	sim(ln)	24.56	14.84	19.59	10.51	0.80	5.26	2.14	164.20
	sim(g)	29.04	0.69	18.37	16.08	0.63	17.11	1.28	58.02
3	hist	35.23		38.25		1.09		2.22	
	sim(ln)	38.16	8.32	30.91	19.19	0.81	25.69	1.80	18.92
	sim(g)	46.95	33.27	37.24	2.64	0.79	27.52	0.84	62.16
4	hist	87.38		75.00		0.86		1.22	
	sim(ln)	137.33	57.16	182.49	143.32	1.33	54.65	1.78	45.90
	sim(g)	71.60	18.06	53.03	29.27	0.74	13.95	0.43	64.75
5	hist	91.71		101.7		1.11		1.76	
	sim(ln)	72.10	21.38	128.46	26.31	1.78	60.36	3.27	85.80
	sim(g)	77.81	15.16	71.56	29.64	0.92	17.12	3.39	92.61
6	hist	121.1		150.1		1.24		2.27	
	sim(ln)	60.99	49.64	1.40	99.07	0.02	98.39	0.25	88.99
	sim(g)	122.47	1.13	133.96	10.75	1.09	12.10	1.81	20.26
7	hist	287.43		202.22		0.70		0.17	
	sim(ln)	299.75	4.29	238.06	17.72	0.79	12.86	0.65	282.35
	sim(g)	314.48	9.41	185.42	8.31	0.59	15.71	-0.23	235.29
8	hist	245.60		185.78		0.76		1.43	
	sim(ln)	179.90	26.75	124.66	32.90	0.69	9.21	1.11	22.38
	sim(g)	150.57	38.69	110.22	40.67	0.73	3.95	2.38	66.43
9	hist	163.6		152.0		0.93		1.02	
	sim(ln)	100.21	38.75	89.09	41.39	0.89	4.30	1.78	74.51
	sim(g)	156.79	4.16	111.23	26.82	0.71	23.66	2.05	100.98
10	hist	51.51		46.43		0.90		1.61	
	sim(ln)	64.50	25.22	141.53	204.82	2.19	143.33	4.06	10.56
	sim(g)	49.71	3.49	40.23	13.35	0.81	10.00	2.90	27.33
11	hist	31.12		26.20		0.84		1.85	
	sim(ln)	47.46	52.51	94.51	260.73	1.99	136.90	3.09	67.03
	sim(g)	38.04	22.24	27.96	6.72	0.74	11.90	0.80	56.76
12	hist	24.43		19.02		0.78		1.17	
	sim(ln)	19.82	18.87	26.08	37.12	1.32	69.23	2.85	143.59
	sim(g)	20.74	15.10	5.86	69.19	0.28	64.10	-0.72	161.54

H & Sim ; Historical & simulated flows.

hist ; Historical flows.

sim(ln) ; Simulated by lognormal distribution.

sim(g) ; Simulated by Gamma distribution.

AV ; Absolute value RE ; Relative error

Table-11. Relative error for the statistics of historic and synthetic streamflow sequences at Ap Rog watershed in Seom Jin River

Basic Statistics		\bar{Q}_j		S_j		C_v		C_s	
M	H & Sim	AV	RE	AV	RE	AV	RE	AV	RE
1	hist	18.57		18.10		0.97		1.85	
	sim(ln)	16.78	9.64	23.07	27.46	1.37	41.24	2.35	176.47
	sim(g)	18.34	1.24	13.43	25.80	0.73	24.74	0.68	20.00
2	hist	27.60		18.92		0.70		0.29	
	sim(ln)	19.07	29.53	15.60	17.55	0.82	17.14	2.53	772.41
	sim(g)	27.30	0.89	15.01	20.67	0.55	21.43	0.75	158.62
3	hist	32.31		28.65		0.89		2.36	
	sim(ln)	38.52	19.22	26.09	8.94	0.68	23.60	0.59	75.00
	sim(g)	39.68	22.81	25.38	11.41	0.64	28.09	1.31	44.49
4	hist	54.48		42.06		0.77		1.05	
	sim(ln)	49.68	8.81	43.30	2.95	0.87	12.99	1.10	4.76
	sim(g)	45.53	16.43	31.63	24.80	0.69	10.39	0.24	77.14
5	hist	50.79		48.78		0.96		1.18	
	sim(ln)	30.67	39.61	42.54	12.79	1.39	44.79	2.46	108.47
	sim(g)	45.53	10.36	41.04	15.87	0.90	6.25	2.01	70.34
6	hist	79.15		112.5		1.42		2.79	
	sim(ln)	31.01	60.82	10.64	90.54	0.34	76.06	0.92	67.03
	sim(g)	84.10	6.25	98.53	12.42	1.17	17.61	1.81	35.13
7	hist	190.88		133.43		0.70		0.17	
	sim(ln)	178.67	6.40	141.53	6.07	0.79	12.86	0.64	276.47
	sim(g)	193.14	1.18	112.97	15.33	0.58	17.14	-0.16	194.12
8	hist	118.74		88.81		0.75		0.84	
	sim(ln)	74.20	37.51	63.96	27.98	0.86	14.67	2.18	159.52
	sim(g)	83.28	29.86	58.70	33.90	0.70	6.67	1.47	75.00
9	hist	94.18		97.46		1.03		1.88	
	sim(ln)	73.96	21.47	103.83	6.54	1.40	35.92	3.45	30.32
	sim(g)	75.98	19.32	77.74	20.23	1.02	0.97	2.65	40.96
10	hist	29.48		20.70		0.70		0.95	
	sim(ln)	27.76	5.83	28.25	36.47	1.02	45.71	2.70	184.21
	sim(g)	29.40	0.27	19.28	6.86	0.66	5.71	1.73	82.11
11	hist	22.49		19.05		0.85		1.77	
	sim(ln)	25.97	15.47	33.61	76.43	1.29	51.76	2.56	44.63
	sim(g)	24.13	7.27	13.08	31.34	0.54	36.47	1.57	11.30
12	hist	18.07		12.60		0.70		1.36	
	sim(ln)	28.31	56.67	55.60	341.27	1.96	180.00	3.01	121.32
	sim(g)	14.88	17.65	3.16	74.92	0.21	70.00	-0.03	102.21

H & Sim ; Historical & simulated flows.

hist ; Historical flows.

sim(ln) ; Simulated by lognormal distribution.

sim(g) ; Simulated by Gamma distribution.

AV ; Absolute value RE ; Relative error

流域과 蟾津江 水系的 鴨錄 流域의 結果를 圖示한 結果는 各各 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

여기서 장마기인 6, 7월의 對數正規分布型과 Gamma分布型別 模擬發生된 平均月流出量을 實測值의 同期間 平均值와 水系별로 比較한 結果 榮山江 水系에서는 對數正規分布型과 Gamma分布型이 各各 3.76~58.61% 및 4.58~23.84%로 그리고 蟾津江 水系的 對數正規分布型과 Gamma分布型이 各各 4.29~60.82% 및 1.13~9.41%의 相對誤差를 나타냈다.

以上の 上記한 結果는 곧 Fig. 2 및 Fig. 3에서도 볼 수 있는 바와 같이 榮山江과 蟾津江 水系에서 共히 Gamma分布型에 의해 模擬發生시킨 月流出量이 對數正規分布型의 模擬發生值에 비해 實測月流出量에 보다 더 接近하고 있음을 보여주고 있다. 특히, 이들 統計特性值 중에서 河川 流量變化의 特性을 糾明하기 위하여 各 流域의 實測된 月流出量과 模擬發生된 月流出量의 變動係數의 變化를 標本例로서 榮山江 水系의 羅州 및 南坪 流域과 蟾津江 水系的 松亭 및 鴨錄 流域에 대해 圖示한 結果는 各各 Fig. 4, 5, 6 및 Fig. 7과 같다.

對數正規分布 및 Gamma分布型에 의한 模擬

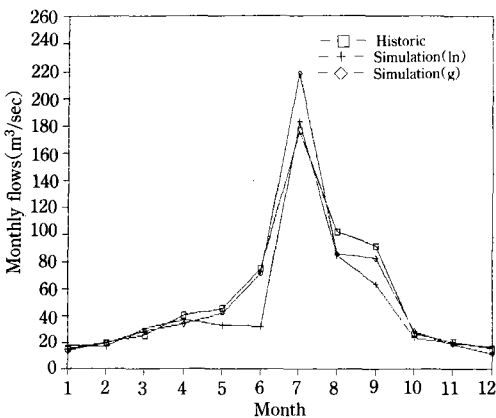


Fig. 2. Comparison between the mean of historic and synthetic streamflow sequences at Na Ju watershed in Yeong San River

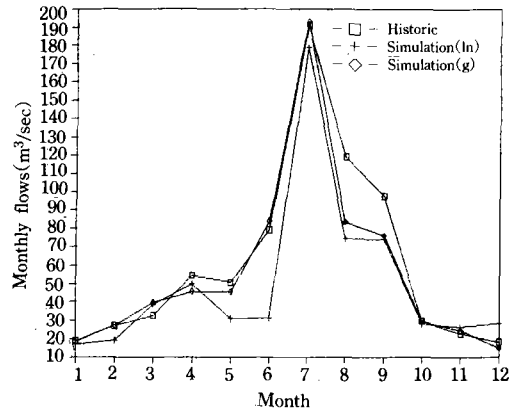


Fig. 3. Comparison between the mean of historic and synthetic streamflow sequences at Ap Rog watershed in Seom Jin River

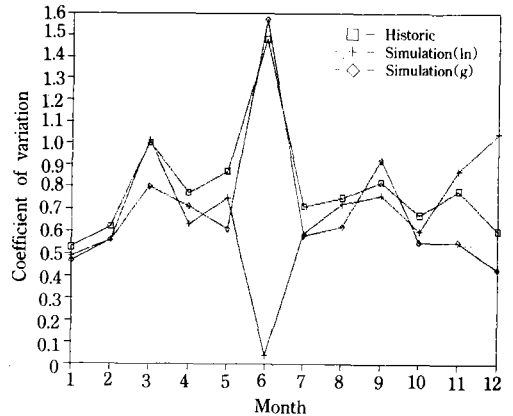


Fig. 4. Comparison between variation of historic and synthetic streamflow sequences at Na Ju watershed in Yeong San River

發生值의 變動係數를 實測值의 것과 流域별로 比較한 結果 榮山江 水系의 羅州 流域은 1.00~97.30%, 南坪 流域은 5.88~77.66%의 相對誤差를 나타냈으며, 蟾津江 水系的 松亭 流域은 3.95~143.33%로 그리고 鴨錄流域은 0.97~180.00% 範圍의 相對誤差를 나타냈다.

특히, 장마기인 6, 7월의 對數正規分布型과 Gamma分布型의 模擬發生值에 대한 變動係數를

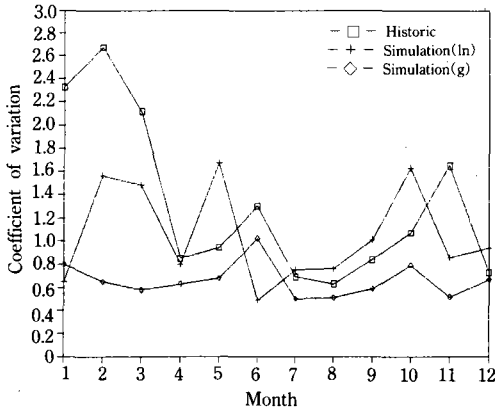


Fig. 5. Comparison between variation of historic and synthetic streamflow sequences at Nam Pyeong watershed in Yeong San River

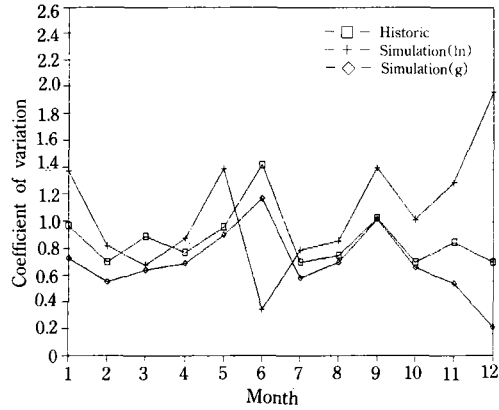


Fig. 7. Comparison between variation of historic and synthetic streamflow sequences at Ap Rog watershed in Seom Jin River

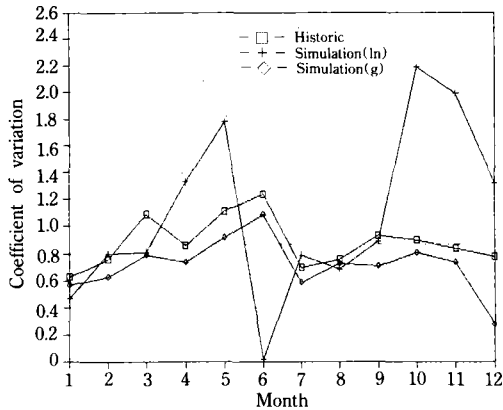


Fig. 6. Comparison between variation of historic and synthetic streamflow sequences at Song Jeong watershed in Seom Jin River

實測値의 것과 水系별로 比較하면 榮山江 水系의 對數正規分布型은 8.70~97.30%, Gamma分布型은 6.08~27.54%의 相對誤差를 나타내며, 蟾津江 水系의 對數正規分布型은 12.86~98.39%, Gamma分布型은 12.10~17.61%의 相對誤差를 나타냈다.

以上の 結果를 보건데 榮山江과 蟾津江 水系에서 一般的으로 Gamma分布型의 平均値 및

變動係數가 對數正規分布型에 비해 實測値의 것에 接近되는 좋은 結果를 나타내 주고 있다. 특히 對數正規分布型에 있어서는 對象流域 全般에 걸쳐 6月의 平均値 및 變動係數가 實測値와 相當한 差異를 나타내 주고 있음을 볼 수 있다.

4. 模擬發生 月流出量의 比較

實測月流出量의 適正確率分布型으로 檢證된 Gamma分布와 對數正規分布에 의한 各流域別 月流出量 模擬發生式을 多季節 1次 Markov模型에 의해 誘導하였고 이들 流域의 合成 月流出量을 模擬發生시켰으며 實測値와 上記한 2個 分布型에 의해 模擬發生된 月流出量을 標本例로 榮山江의 羅州, 南坪 流域과 蟾津江의 松亭 및 鴨綠 流域에 대해 圖示한 結果는 Fig. 8, 9, 10 및 Fig. 11과 같다.

이를 流域별로 살펴보면 大體的으로 全流域의 流量變化 傾向에 類似함을 읽을 수 있으며 Gamma分布型에 의해 模擬發生된 月流出量이 對數正規分布에 의한 것보다 全流域에 걸쳐 實測値에 接近되는 結果를 나타내었다. 또한 月별로 살펴보면 7, 8월의 尖頭流量에 있어서는 Gamma分布에 의한 模擬發生値가 實測値에 보다

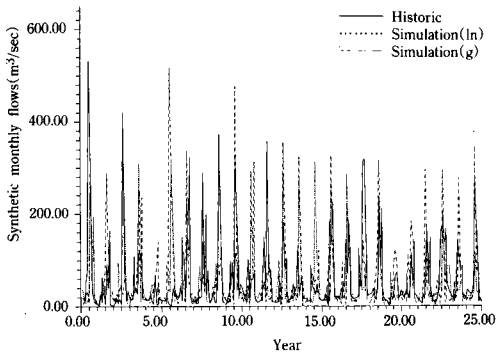


Fig. 8. Comparison between historic and synthetic streamflow sequences at Na Ju watershed in Yeong San River

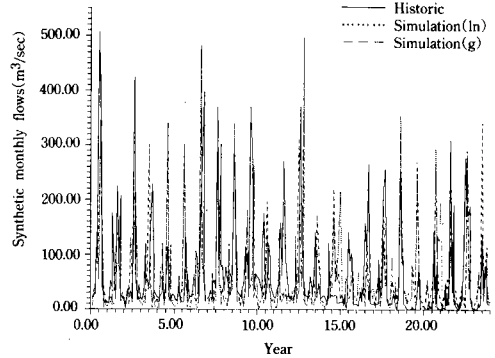


Fig. 11. Comparison between historic and synthetic streamflow sequences at Ap Rog watershed in Seom Jin River

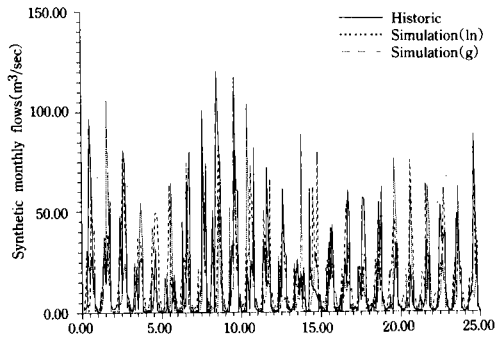


Fig. 9. Comparison between historic and synthetic streamflow sequences at Nam Pyeong watershed in Yeong San River

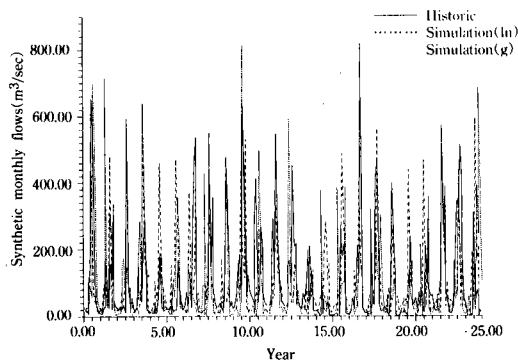


Fig. 10. Comparison between historic and synthetic streamflow sequences at Song Jeong watershed in Seom Jin River

接近되어 있는 反面 對數正規分布에 의한 것은 實測值에 비해 모두 작게 나타났음이 特徵의이며 특히 6月の 模擬發生値는 實測值와 큰 差異를 보이고 있다.

以上과 같은 結果를 綜合的으로 볼 때 榮山江과 蟾津江 水系의 6個 流域에서는 一般的으로 Gamma分布에 따른 多季節 1次 Markov模型에 의한 模擬發生値가 對數正規分布에 의한 것보다 實測值에 더욱 接近되는 좋은 結果를 나타내고 있다.

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 財產의 被害를 年例行事처럼 격어왔음은 周知의 事實이다. 따라서 이와 같은 問題를 解決하기 위한 一環으로 本 研究에서는 榮山江과 蟾津江 水系의 6個 流域을 對象으로 月流出量에 관한 適正分布型을 찾아내고 適正分布型에 따른 統計特性值간의 比較 分析과 함께 각 分布型에 대한 多季節 1次 Markov模型의 適用으로 模擬

發生시킨 合成月流出量を 實測値와 比較 檢討 하였으며 이에 대한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 月流出量 資料의 適正確率分布型 設定을 위해 χ^2 및 K-S 檢定 結果 χ^2 檢定에서는 對數正規分布型에서 榮山江 水系的 南坪流域, Gamma分布型에서 榮山江 水系的 南坪流域과 蟾津江 水系에서 松亭 및 鴨綠에서 適合度가 認定되지 않은 반면 K-S 檢定에서는 全 流域에 걸쳐 Gamma分布 및 對數正規分布型的 適合度가 認定되었다.

2. 模擬發生된 月流出量과 實測値간의 統計特性值인 平均値를 比較 分析한 結果 榮山江 및 蟾津江 水系는 Gamma分布型에 의해 模擬發生된 月流出量이 一般的으로 實測値의 月流出量 統計特性値를 잘 再現해 주고 있음을 보여주고 있다.

3. 模擬發生된 月流出量과 實測値에 대한 變動係數의 變化를 보면 全流域에 걸쳐 Gamma分布型이 對數正規分布型에 비해 實測値의 變動係數에 全般的으로 接近되는 樣相을 나타내며 특히 Gamma分布에 의한 7, 8月の 變動係數가 實測値에 매우 近接된 結果를 보여주고 있다.

4. 實測月流出量の 適正確率分布型으로 檢證된 Gamma分布 및 對數正規分布에 의해 模擬發生된 月流出量を 實測月流出量과 比較 檢討한 結果 榮山江 및 蟾津江 水系 共히 Gamma分布에 의한 模擬發生 月流出量이 對數正規分布型的 것에 비해 實測値에 接近되는 좋은 結果를 나타내었다.

5. 本 分析에서 適正模擬發生模型으로 判定된 Gamma分布에 따른 多季節 1次 Markov 模型과 뒤이어 研究될 調和合成模型에 의한 模擬發生值간의 比較 分析이 要望 되어진다.

本 論文은 1992年度 教育部 支援 韓國學術振興財團의 自由公募(地方大學 育成) 課題 學術研究造成費에 의하여 研究되었음.

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. _____; Streamflow Synthetic for Ungaged Rivers, Proc. IASH, 1967.
3. 千德鎮, 崔榮博; 水文學의 模擬技法에 대한 研究, 韓國水文學會誌, Vol. 13, No. 1, pp. 49-56, Mar. 1980.
4. 崔漢圭, 崔榮博, 金治弘; 河川流量의 水文學의 模擬技法에 관한 研究 (I), 韓國水文學會誌, Vol. 15, No. 2, pp. 33-39, June, 1982.
5. _____; 推計學的 貯水容量 決定에 관한 研究, 韓國水文學會誌, Vol. 19, No. 2, pp. 149-155, June, 1986.
6. Chow, V. T.,(ed.); Sequential Generation of Hydrologic Information, Handbook of Applied Hydrology, Chap. 8-IV, pp. 8-91-8-96, McGraw-Hill, N. Y., 1964.
7. Fiering, M. B.; Multivariate Technique for Synthetic Hydrology, J. Hy. Div. ASCE, Vol. 90, HY5, pp. 43-60, 1964.
8. _____; Streamflow Synthetic, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1967.
9. 韓國水資源公社; 榮山江流域調査 報告書, 1988. 12.
10. Harzen, A.; Storage to be provided in Impounding Reservoirs for Municipal Water Supply, Trans. ASCE. Vol. 77, p. 1539, 1914.
11. Klenmes, V. and L. Boruvka; Simulation of Gamma-Distribution First-Order Markov Chain, Water Resources Research, Vol. 10, No. 1, pp. 87-91, Feb. 1974.
12. 李種南; 南漢江水系의 月強雨量과 月流出量의 時系列 算術模型, 韓國水文學會誌, Vol. 14, No. 2, pp. 71-79, June, 1981.
13. 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.
14. _____, 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.
 15. 李淳赫 外; 應用水文學, 鄉文社, pp. 302-324, 1984.
 16. _____, 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.
 17. Maass, A., et al.; Design of Water Resources Systems, Harvard University Press, 1962.
 18. Matalas, N. C.; Statistics of a Runoff-Precipitation Relation, U. S. Geological Survey, Professional Paper 434-D, 1963.
 19. Mckerchar, A. I. and J. W. Delleur; Application of Seasonal Parametric Linear Stochastic Models to Monthly Flow Data, Water Resources Research Vol. 10, No. 2, Apr., 1974.
 20. McMahon and A. J. Miller; Application of Thomas-Fiering Model to Skewed Hydrologic Data, Water Resources Research, Vol. 7, No. 5, 1971.
 21. Murota, A. and T. Kanda; A Stochastic Model to Simulate Monthly River Flow Sequences, Proc. 13th Cong. IAHR, Vol. 1, pp. 163-170, 1969.
 22. 朴贊寧, 徐炳夏; Dissagregation模型에 의한 月流量의 推計學的 模擬發生, 韓國水文學會誌, Vol. 19, No. 2, pp. 167-179, June, 1986.
 23. Quimpo, R. G.; Stochastic Analysis of Daily River Flows, J. Hy. Div., ASCE, Vol. 94, HY1, pp. 43-57, 1968.
 24. _____ and V. Yevjevich; Stochastic Description of Daily River Flows, Proc. Intern. Hydrol. Symposium, Vol. 1, pp. 290-297, Fort. Collins, Colorado, 1967.
 25. 産業基地開發公社; 蟾津江流域調查 報告書, 1987. 12.
 26. 徐炳夏, 尹龍男, 姜瑄沅; BIBARIATE AN ANALYSIS에 의한 月流量의 模擬發生에 관한 研究, 韓國水文學會誌, Vol. 12, No. 2, pp. 63-69, Dec. 1979.
 27. Wang, Ru Yih; A Study on the Simulation of Monthly Streamflows of Watersheds in Taiwan, Journal of Chinese Agricultural Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 1-17, 1974.
 28. Yevjevich, V.; Stochastic Processes in Hydrology, Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, pp. 249-259, 1972.
 29. 尹龍男; 工業水文學, 淸文閣, pp.495-530, 1988.