

<論 文>

月流出量에 대한 Run-Length 의 解析

Analysis of Surplus and Deficit-using Runs for Monthly Streamflow

姜 瑄 沅*
Kwan Won Kang

安 慶 洙**
Kyung Soo Ahn

金 陽 洙***
Yang Su Kim

ABSTRACT

In the analysis, monthly streamflow records at the main gauging station in Nakdong, Han and Geum river were used. Also, the fitness of monthly streamflow to Gamma and Log-normal distribution was tested by Kolmogorov-Smirnov test.

The results obtained in this study can be summarized as follows

- (1) The fitness of monthly streamflow to two-parameter Gamma distribution was tested by Kolmogorov-Smirnov test, which fits well to this Gamma distribution
- (2) The Run-length and Run-sum were simulated by the Gamma model. In this result, Run-length and Run-sum of monthly streamflow were fit for Gamma model
- (3) The mean decreases (increases) the expected surplus (deficit) Run-Sum of the monthly streamflow. The higher the truncation level of negative Run-length and Run-sum the larger is the effect of mean.

要 旨

本 研究에서는 洛東江, 漢江 및 錦江의 重要觀測地點의 月平均 流出量을 分析에 使用하였으며, 一定流量(Truncation level) 別로 Run-length 와 Run-sum 에 대한 2-變數 Gamma 分布 및 對數正規分布의 適合性 여부를 檢討하였던 바 Gamma 모델이 適合한 것으로 判明된 資料와 實測值과 比較하였다. 그리고 Run-length 및 Run-sum 에 대한 一定流量別로 平均值의 變化에 대한 性質을 究明하였다.

1. 序 論

經濟開發計劃에 의한 高度成長으로 工業用水와 生活用水 및 농업用水의 증가로 水資源利用을 極大化 하여야 한다. 그러나 우리나라의 可用水資源인 河川流出量

662억 톤中 約 61%(405억 톤)는 洪水로 流出되어 버리므로 약 39%인 257억 톤이 平常時 流出量이다. 또한 降雨量의 계절적 變動이 심하여 渴水年이나 혹은 초여름의 乾季에는 河川流出量이 적어 水力發電이라든가 灌溉 및 生活用水와 工業用水의 供給에 큰 蹉跌을 빚

* 仁荷大學校 工科大學 教授
 ** 仁川大學 土木工學科 助教授
 *** 仁荷大學校 大學院 博士過程

기도 한다.

全國的으로 볼 때 河川流出量의 時間的 變動性이 甚심하므로 年中平準化된 取水를 保障하기 위해서는 댐과 貯水池 등의 적절한 水利用 手段을 강구하지 않을 수 없다.

이러한 観点에서 볼때 水資源 開發計劃에 있어서 重要한 課題중의 하나인 貯水池 用量 決定과 維持 用水量 확보를 위한 計劃을 위해 장래에 發生할 乾期(Dry period)와 雨期(Wet period) 또한 不足量(Deficit)과 잉여량(Surplus)의 예측이 重要한 因子이다.

이와 같은 예측은 長期間의 水文資料를 使用하여 適切한 一定流量(Truncation level)을 利用한Run-Length 解析으로 가능하다. 1967年 Yevjevich⁹⁾에 의해 대륙의 水文學的 旱魃에 대한 調査와 定義의 接近에 관한 研究가 發表된 以後 Runs 的 理論으로 水文資料에 대한 乾期와 雨期의 特性에 대한 解析이 가능케 되었으며, 그 後에도 Yevjevich⁹⁾는 Runs 에 대한 많은 研究 結果를 發表한 바 있으며, 또한 Llamas & Siddigui¹⁰⁾는 강우량에 대해 Runs 的 理論을 적용 발전시켰으며, 그외 Millan⁹⁾, Zetäisen⁹⁾, Bayazit⁷⁾ 등의 많은 學者들의 研究가 있었다. 그리고 Kambo⁸⁾ 등에 의해서는 Runs 的 解析으로 不足量(Deficit)과 잉여량(Surplus)에 대한 Runs 的 解析에 關한 研究를 한 바 있다. 한편 우리나라에서는 李舜鐸⁹⁾, 池洪基¹⁰⁾에 의한 研究가 있을 뿐이다.

本 研究에서는 月平均流出量 資料를 使用하여 各 一定流量(Truncation level)別로 月平均流出量을 豫測하고 또한 月平均流出量에 대한 Run-Length 및 Run-Sum 的 特性을 把握하여 이들의 分布型을 設定하고 設定된 適合分布型에 근거한 模擬發生모형을 利用 模擬發生시켜 實測值와 比較 檢討코저 하였으며 分析에 使用된 資料는 漢江流域의 여주(46年)地點과 錦江流域의 규양(48年), 沃川(50年), 洛東江流域의 洛東(43年), 왜관(38年) 등 5 個地點이며 이들 資料들은 댐에 의해 영향을 받지않는 地點의 資料이거나 또는 댐 設置 以前年度의 資料를 選定하였다.

2. Run-Length와 Run-sum의 定義

河川流量의 현상을 時間的으로 살펴보면 임의의 水位보다 낮은 水位가 얼마동안 계속되다 높은 水位가 계속되는 現象이 연속적으로 反復된다. 이와 같이 一定量 지속되는 期間을 Run-Length라 하고 Run-Length 期間동안 流量의 合을 Run-sum 이라고 한다.

Fig. 1에서 검정색으로 칠한 部分의 面積은 Run-

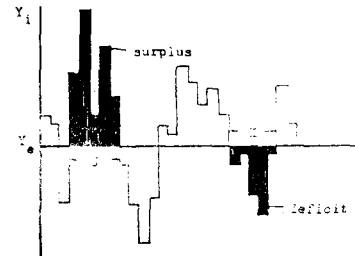


Fig. 1. Definitions of positive run-length, J, positive run-sum, surplus, negative run-length, K, and negative run-sum, deficit for a discrete series, Y_i.

sum을 나타낸 것이고, 一定流量(切斷流量; Truncation level) Y_j보다 큰 部分의 面積을 (+)Run-Sum(剩餘量; Surplus)이라 하고 작은 部分의 面積을 (-)Run-Sum(不足量; Deficit)이라 한다. 이때 이것의 지속기간 J를 (+)Run-Length, 지속기간 K를 (-)Run-Length라 정의하며 이들 期間의 合, 즉 J+K=r를 Total Run-Length라 부른다.¹¹⁾

3. 分布型 解析 및 檢定

河川 月流出量에 대한 Run-Length와 Run-Sum 資料의 適正分布型을 設定키 위해 現在까지 水文量 資料에 適合한 것으로 알려진 2 個의 分布型, 즉 對數正規分布과 Gamma 分布를 選定하여 적용시켰으며 이들 分布型의 理論式은 다음과 같다.

3.1 2-變數 對數正規分布(LND)

이 分布는 任意變量의 對數值가 正規分布를 이룰 때를 말하며 左의 方向으로 歪曲된 連續分布를 하고 있다.

즉, 變量 x의 自然對數值 y의 確率密度函數 f(y)는

$$f(y) = \frac{1}{\sigma y \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu y}{\sigma y} \right)^2 \right] \dots (1)$$

가 되며, 여기서 變數가 μy (Y의 平均) 및 σy (y의 標準偏差) 두개이므로 이것을 2-變數 對數正規分布라고 한다.

또한 (1)식을 變量 x의 관계로 나타내면

$$f(x) = \frac{1}{x \sigma y \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu y}{\sigma y} \right)^2 \right] \dots (2)$$

와 같다.^{9,14)}

3.2 2-變數 GAMMA 分布

Gamma 分布란 K. Pearson의 Type-III 分布라고도

하며 一般의 母數 α 의 Gamma 函數는 다음과 같이 表示된다.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad \dots\dots\dots(3)$$

連續變量 x 에 대한 Gamma 確率密度函數는

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x} \quad \dots\dots\dots(4)$$

이며 分析에서 2-變數 Gamma 分布에 대하여 檢討키로 하였다.

(4)식에서 x 代身 x/β 를 代入하면

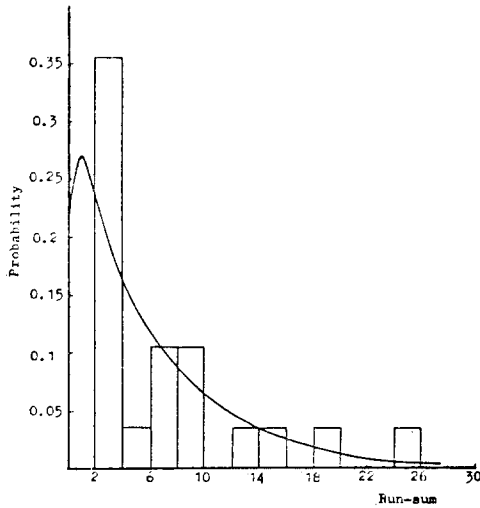


Fig. 2. Fit of Gamma Distribution to observed Monthly Streamflow at Yeju (—Run-sum of 15 T.L.)

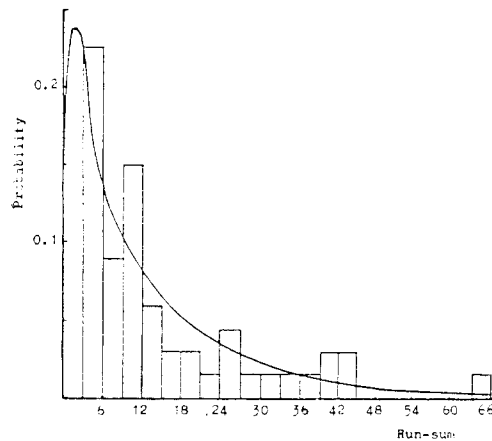


Fig. 3. Fit of Gamma Distribution to observed Monthly Streamflow at Yeju ((-) Run-sum of 62.5 T.L.)

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \dots\dots\dots(5)$$

와 같이 되며, 이 식에서는 變數가 α, β 두개이므로 2-變數 Gamma 分布의 確率密度函數라 하며 여기서 變量 x 는 $0 \leq x < \infty$ 이며, $x < 0$ 에 대해서 $f(x) = 0$ 이다. 또한 α 는 形狀變數(Shape parameter), β 는 스케일 變數(Scale parameter)이며 α 와 β 는 μ (平均値), V_x (分散)와 다음과 같은 관계가 있다.^{12,13)}

$$\mu = \alpha\beta, \quad V_x = \alpha\beta^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

Fig. 1과 Fig. 2에서는 여주地點의 記錄值의 (-) Run-Sum 대한 度數分布와 Gamma 分布의 理論曲線을 그림에서 비교한 것으로 兩者의 適合性を 잘 보여주고 있다.

3.3 分布型的 適合性 檢定

分布型 檢定方法으로 χ^2 -Test와 Smirnov-Kolmogorov (S.K.) Test方法이 있으나 本 研究에서는 S.K. Test方法을 使用토록 하였다.

Fig. 4는 여주地點의 月流量에 대해 對數正規分布와 Gamma 分布의 適合性 檢定을 圖示한 것으로서 實測值는 California 公式($P = m - 1/n$)에 의해 累加頻度曲線을 얻었다. Fig. 2에서 對數正規分布의 最大偏差 $D_N = 0.669$ 이고, Gamma 分布에서 最大偏差값 D_N 은 0.104이다. 여기서 D_N 은

$$D_N = \max |F_N(x) - F(x)| \quad \dots\dots\dots(7)$$

로 定義되며,

$$L(z) = \lim_{N \rightarrow \infty} \{Pr(N^{1/2} D_N \leq z)\} \quad \dots\dots\dots(8)$$

이다.¹⁵⁾ 그러므로 分布型的 有意水準값 $N^{1/2} D_{N,0.10} = 1.63$, $N^{1/2} D_{N,0.05} = 1.36$ 이므로 對數正規分布의 $N^{1/2} D_N = (61)^{1/2} \times 0.669 = 5.2$ 이며 Gamma 分布의 경우는

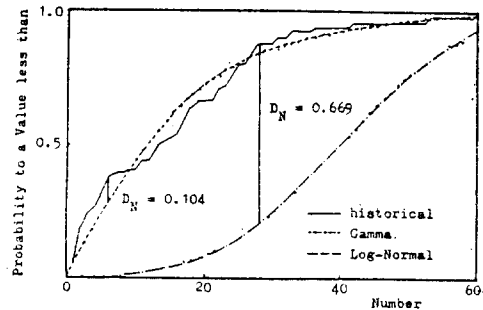


Fig. 4. Monthly Data of Yeju for period 45 tested for Gamma Distribution and Log-Normal Distribution by S-K [(-) Run-sum of 188.5 T.L.]

$N^{1/2}D_N(61)^{1/2} \times 0.104 = 0.81$ 이다. 따라서 95% 有意水準內 Gamma 分布만이 포함되고 對數正規分布는 棄却된다.

Table. 1은 洛東池點의 Run-length와 Run-sum에 대한 實測値와 各 分布型간의 最大偏差, 즉 D_N 의 값을 나타낸 것이다. 이 表에서도 Gamma 分布가 適合함을 보여 주고 있다.

이와 같은 方法으로 다른 4 個地點에 適用시켜 보았

Table 1. Gootness of fit test by Smirnov-Kormogorov test at Nak Dong

Distribution	D _N value	Log-Normal	Gamma
		M.X. Deviation of N.L.F.	M.X. Deviation of N.L.F.
Run Length(+)	15	0.35	0.66
	30	0.67	0.29
	60	0.68	0.30
	120	0.44	0.32
	197.4	0.51	0.35
	250	0.48	0.43
	300	0.50	0.47
	Sum(+)	15	0.81
	30	0.89	0.23
	60	0.87	0.11
	120	0.68	0.13
	197.4	0.81	0.10
	250	0.75	0.12
	300	0.75	0.10
Run Sum(-)	15	0.78	0.18
	30	0.74	0.14
	60	0.68	0.10
	120	0.65	0.15
	197.4	0.66	0.12
	250	0.86	0.14
	300	0.76	0.15
	Run Length(-)	15	0.62
30		0.52	0.45
60		0.43	0.28
120		0.48	0.27
197.4		0.49	0.17
250		0.49	0.19
320		0.60	0.18

다. 그 結果 Run-Length나 Run-Sum의 分布形態는 一定流量(T.L.)에 따라 大體적으로 Gamma 分布가 適合성을 나타내 주었다.

4. Run-Length와 Run-Sum의 模擬發生 및 結果의 檢討

4.1 模擬發生

앞에서 檢討된 月流出量의 Run-Length 및 Run-Sum에 대한 2-變數 Gamma 分布에의 適合性으로부터 月流出量에 대한 Run-Length 및 Run-Sum의 模擬發生을 위한 Gamma 모델을 設定코져 한다. 여기서는 Gamma 分布의 變量을 직접 模擬發生하는 Monte Carlo 技法에 의한 Gamma 모델을 設定토록 하였으며, 模擬發生에 사용된 식은

$$x = \sum_{i=1}^{\alpha} x_i = -\beta \sum_{i=1}^{\alpha} \log \gamma_i \dots\dots\dots(9)$$

와 같으며, 윗 식을 FORTAN PROGRAM으로 使用토 록고쳐 쓰면

$$x = -\beta(\log \prod_{i=1}^{\alpha} \gamma_i) \dots\dots\dots(10)$$

와 같다.^{13,16)} 여기서 $x=Gamma$ 分布의 變量, $\gamma_i=(0.1)$ 의 均等分布의 亂數이며, (10)式을 使用하여 Run-Length 및 Run-Sum에 대하여 各各 150年間의 資料를 模擬發生시켰다.

4.2 分析 結果의 檢討

發生된 資料의 신빙성을 檢査하기 위하여 各 地點의 實測値에 대한 Run-Length와 Run-Sum의 Correlogram과 各種 統計特性値를 구하여 이를 模擬發生된 資料의 Correlogram 및 統計特性値와 比較 檢討하였다.

4.2.1 統計特性値의 比較

우선 模擬發生模型의 適正如否를 平均值, 分散, 歪度係數를 基準으로 比較檢討키로 하여 各 地點에 一定流量에 대한 統計特性値를 구하였으며, Table. 2는 洛東池點에 대한 統計特性値를 구하여 수록한 것이다.

Table. 2에서 Gamma 模型에 의한 資料의 統計特性値와 實測値에 의한 Run-length와 Run-Sum의 一定流量(T.L.)別로 統計値에 對比한 相對誤差를 보면 平均值는 0%~36%의 相對誤差를 보이고, 分散은 3%~651%, 歪度係數는 1%~63%의 相對誤差를 나타내고 있으나 (+)Run-Sum의 一定流量(T.L. 250)의 경우를 제외하면 分散의 경우 相對誤差가 3%~97% 이내가 되므로 大體적으로 보아 Gamma 모델이 잘 模擬해 주고 있다고 할 수 있다.

Table 2. Statistics of Historical and Synthetic Runs (Nakdong)

Runs	T.L.	Statistics		Mean		Variance		Skewness	
		Models							
Length(+)	15	Historical	12.0	%	305.9	%	2.77	%	
		Gamma	9.7	19	284.2	7	2.57	7	
	30	Historical	6.5	%	50.8	%	2.86	%	
		Gamma	5.6	14	30.1	41	2.03	29	
	60	Historical	4.6	%	22.5	%	3.85	%	
		Gamma	4.0	13	8.1	64	1.60	58	
	120	Historical	2.8	%	3.8	%	1.20	%	
		Gamma	2.5	11	3.7	3	1.22	2	
	197.4	Historical	2.3	%	2.0	%	1.30	%	
		Gamma	2.3	0	2.2	10	0.64	51	
	250	Historical	2.0	%	1.1	%	1.40	%	
		Gamma	2.0	0	1.2	9	1.64	17	
	300	Historical	1.8	%	1.0	%	1.23	%	
		Gamma	1.6	11	0.8	20	1.01	18	
Sum(+)	15	Historical	2646.6	%	22024500.0	%	3.14	%	
		Gamma	3605.7	36	43383100.0	97	3.26	4	
	30	Historical	1616.8	%	6110840.0	%	2.83	%	
		Gamma	1296.6	20	3427730.0	44	1.96	31	
	60	Historical	1304.3	%	2900550.0	%	2.60	%	
		Gamma	945.6	28	1470790.0	49	2.00	23	
	120	Historical	965.5	%	1326320.0	%	1.79	%	
		Gamma	825.9	14	26983895.0	26	2.42	25	
	197.4	Historical	856.4	%	1079100.0	%	1.87	%	
		Gamma	800.2	7	809631.0	25	1.45	22	
	250	Historical	746.0	%	86671.0	%	1.88	%	
		Gamma	696.9	7	651014.0	651	2.04	9	
	300	Historical	727.8	%	817380.0	%	1.82	%	
		Gamma	999.6	32	1461300.0	79	2.44	34	
Sum(-)	15	Historical	19.4	%	682.4	%	3.07	%	
		Gamma	23.2	20	611.5	10	1.56	49	
	30	Historical	43.4	%	3454.9	%	2.50	%	
		Gamma	45.4	5	4669.4	35	3.58	43	
	60	Historical	137.4	%	18814.3	%	1.50	%	
		Gamma	113.4	17	6212.8	67	0.56	63	
	120	Historical	372.0	%	143359.0	%	2.02	%	
		Gamma	334.1	10	191646.0	34	2.61	29	
	197.4	Historical	839.9	%	485810.0	%	1.42	%	
		Gamma	932.8	11	448531.0	8	0.95	33	
	250	Historical	1160.3	%	846967.0	%	1.18	%	
		Gamma	1223.8	5	980783.0	16	1.91	62	
	300	Historical	1635.7	%	1563040.0	%	1.25	%	
		Gamma	1989.0	22	2248480.0	44	1.66	33	
Length(-)	15	Historical	2.4	%	5.5	%	2.47	%	
		Gamma	2.3	4	2.3	58	1.21	51	
	30	Historical	2.8	%	6.5	%	1.55	%	
		Gamma	2.5	11	5.0	23	1.50	3	
	60	Historical	3.8	%	7.9	%	0.84	%	
		Gamma	3.6	5	5.7	28	0.85	1	
	120	Historical	4.7	%	14.8	%	1.40	%	
		Gamma	3.9	17	11.6	22	1.21	14	
	197.4	Historical	5.0	%	16.5	%	0.85	%	
		Gamma	6.1	3	14.3	13	1.13	33	
	250	Historical	6.3	%	17.3	%	0.61	%	
		Gamma	6.2	2	19.5	13	0.73	20	
	320	Historical	7.7	%	27.4	%	1.24	%	
		Gamma	8.0	4	31.0	13	1.65	33	

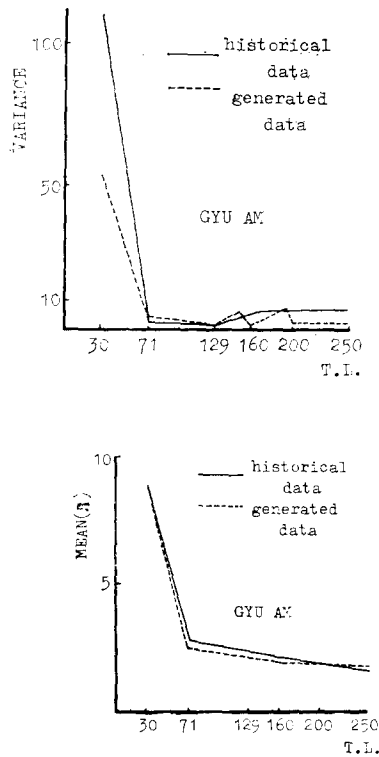
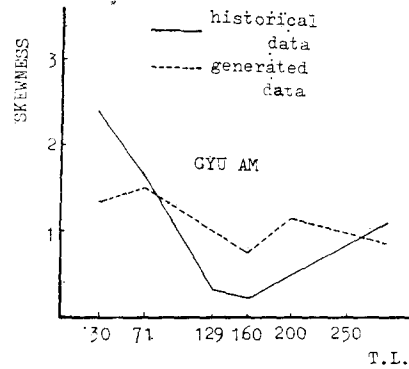


Fig. 5. Comparison of Basic Statistics for Gamma Model.



그리고 Fig. 5에서는 규암地點에 대해 一定流量別로 統計特性値의 一致 여부를 판단코자 圖示하여 본 結果 平均値 및 分散의 경우는 잘 일치 하고 있으며 歪度係數의 경우는 그렇지 못하다. 이는 分布型的 分散度와 歪曲度가 잘 반영되지 않았음을 보여 주고 있다.

4.2.2 Correlogram의 比較

Correlogram이란 系列相關係數 ρ_k 를 次數(Lag) K 에 대하여 푸롯트(plot)한 것으로서 時系列內 結果論的成分이나 推計學的 成分의 把握에 매우 便利한 方法이며 次數 K 의 系列相關係數 ρ_k 는 다음과 같이 정의 되며^{9,11)}

$$\rho_k = \frac{Cov(X_i, X_{i+k})}{[Var X_i \cdot Var X_{i+K}]^{1/2}} \dots \dots \dots (11)$$

윗식에 分散(Var) 및 共分散(Cov)을 대입하면

$$\rho_k = \frac{\frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} X_i \cdot X_{i+k} - \frac{1}{(N-K)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_i \right) \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_{i+k} \right)}{\left[\frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} X_i^2 - \frac{1}{(N-K)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_i \right)^2 \right]^{1/2} \left[\frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} X_{i+k}^2 - \frac{1}{(N-K)^2} \left(\sum_{i=1}^{N-K} X_{i+k} \right)^2 \right]^{1/2}} \dots \dots \dots (12)$$

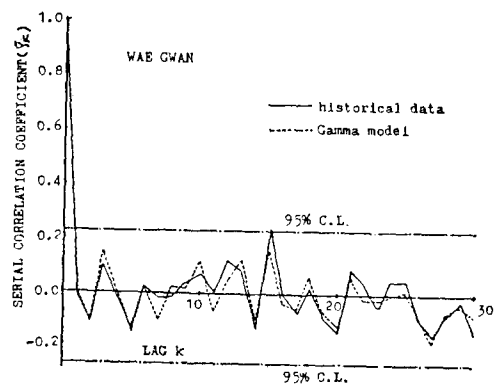
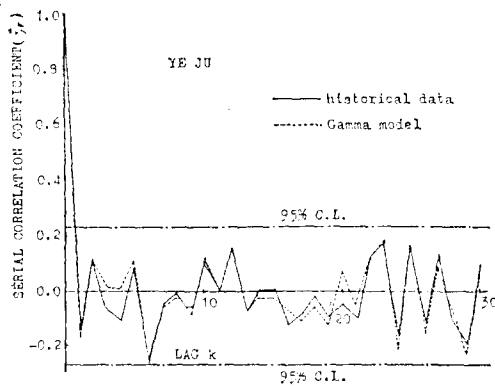


Fig. 6. Correlograms for Negative Run-sum at Waegwan (T.L. 1987.5). and Yeju (T.L. 164.5)

와 같이 되며 Fig. 6은 왜관및여주 地點에 대한 實測値와 模擬發生된 (-)Run-Sum에 대한 Correlogram을 나타낸 것이다. 그리고 Correlogram에 의한 時系

列의 水文學的 持續性 存在如否를 파악하기 위하여 正解法(Exat Test)을 使用하여 信賴限界(Confidence limit, C.L.)를 구하였으며 그 식은¹²⁾

$$-\frac{1}{N-1} - 1.96 \frac{(N-2)}{(N-2)^{3/2}} < r_1 < -\frac{1}{N-1} + 1.96 \frac{(N-2)}{(N-1)^{3/2}} \dots\dots\dots(13)$$

와 같다. (13)식을 利用한 C.L.의 값을 구하여 Fig. 6에 함께 圖示하였으며, 이 그림에서 ρ_k 의 값이 거의 信賴限界(C.L.)內에 位置하므로 月平均流出量에 대한 Run-Length 및 Run-Sum은 水文學的 持續性을 가지는 定常時系列이라 判斷된다. 또한 季節成分 혹은 周期成分은 發見할 수 없으며, 持續性과 偶然成分만으로 構成되어 있음을 볼 수 있다.

5. Run-Length 및 Run-Sum의 特性

月平均流出量에 대한 Run-Length 및 Run-Sum의 特性을 把握하기 위해서 앞절 4.2.1의 Table 2. (洛東地點의 統計特性值)를 보면 平均值(Mean)의 경우 一定流量(切斷流量; Truncation Level, C.L.)의 增加에 따라 (+)Run-Length 및 Run-Sum은 減少하고 (-)Run-Length 및 Run-Sum은 反對로 增加한다.

이와 같은 特性을 正確하게 把握기 위해 5個地點에 대하여 Fig. 7, 8과 같이 圖示하였으며, 또한 一定流量(T.L.)과 平均值와의 關係를 幾何曲線式으로 表示하기 위하여 回歸分析을 實施하였으며, 그 結果는 Table. 3과 같다. 여기서 a, b는 $y=ax^b$ 에서의 回歸常數이며, 分散變動係數는 0.9~2.0, 歪度變動係數는 0.27~1.09의 값을 나타내고 있다.

Fig. 7(a)의 그림은 地點別로 一定流量(T.L.) 이상 超過 流出되는 持續期間(月)을 알 수 있으며 Fig. 7(b)에서는 一定流量이상 超過流出되는 地點別 月河川流量의 合, 즉 剩餘量(Surplus)을 또한 Fig. 8(a)는 地點別 一定流量 以下로 流出케되는 期間, 즉 不足量이 持續되는 期間을 나타내고 있고, Fig. (b)에서는 一定流量 以下로 流出되는 地點別 月河川流量의 合, 즉 不足量(Deficit)이 圖示되어 있다. 그러므로 Fig. 7, 8의 그림으로 各 地點別 一定流量에 대한 剩餘量 및 그 持續期

Table. 3. Resultes of Parameter Estimation for Run-Sum, and Run-Length

Station	Statistics Runs	Regression Coefficient		Variation Coeff. for Variance	Variation Coeff. for Skewness
		A	B		
Ye ju	Run length(+)	89.0727	-0.6782	1.09542	0.67043
	Run length(-)	0.5902	0.4355	1.09544	0.80895
	Run sum(+)	11561.90	-0.5321	2.01093	0.59747
	Run sum(-)	0.32758	1.4618	1.49435	0.26545
Waegwan	Run length(+)	157.064	-0.8576	1.09543	0.96740
	Run length(-)	0.6679	0.4166	1.09544	0.96665
	Run sum(+)	10450.80	-0.5454	0.95545	0.95560
Ogcheon	Run length(+)	28.664	-0.5820	1.06904	0.95786
	Run length(-)	0.29637	0.7200	1.08012	0.97011
	Run sum(+)	1251.07	-0.3279	1.06870	0.95992
	Run sum(-)	0.0279	2.1361	0.99774	0.92514
Nakdong	Run length(+)	57.2582	-0.6128	1.08012	0.97311
	Run length(-)	0.8232	0.3740	1.08012	1.02757
	Run sum(+)	7235.46	-0.4105	0.90026	0.96985
	Run sum(-)	0.3004	1.4978	1.05862	0.99851
Gyuam	Run length(+)	96.4079	-0.7568	1.09544	1.06269
	Run length(-)	0.19948	0.7192	1.11803	1.06590
	Run sum(+)	5186.34	-0.4502	1.09278	1.08824
	Run sum(-)	0.00545	2.3395	1.10310	1.05966

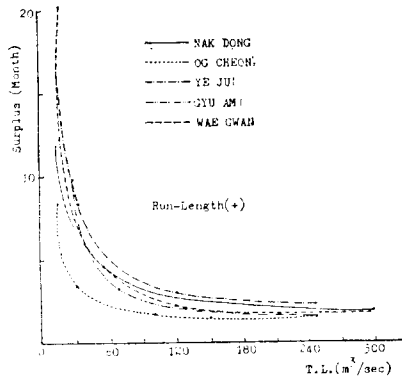


Fig. 7(a). Variation of Positive Run-Length for each Truncation Level with each Gauging Stations

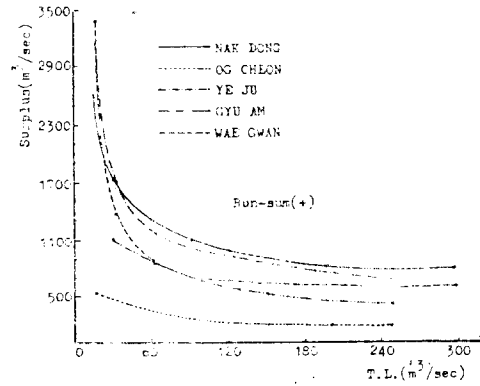


Fig. 7(b). Variation of Positive Run-Sum for each Truncation Level with each Gauging Stations

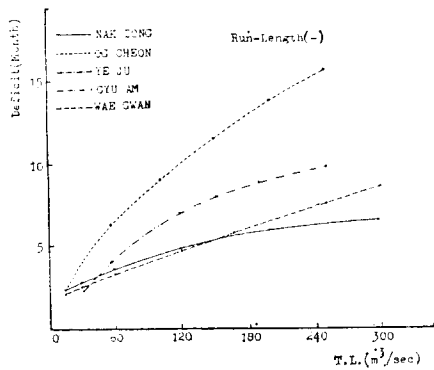


Fig. 8(a). Variation of Negative Run-Length for each Truncation Level with each Gauging Stations

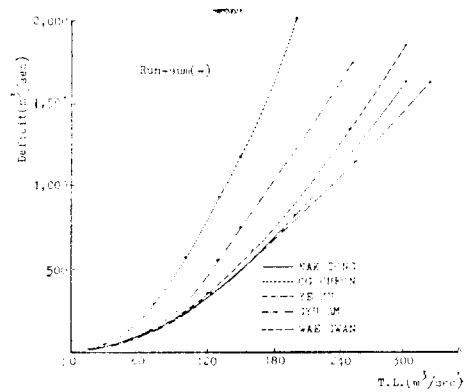


Fig. 8(b). Variation of Negative Run-Sum for each Truncation Level with each Gauging Stations

間과 不足量 및 그 持續期間을 豫測할 수 있을 것으로 判斷된다.

6. 結 論

月流出量의 5個地點(沃川, 규암, 洛東, 왜관, 여주)에 대한 Run-Length 및 Run-Sum을 分析하고 模擬發生시켜 統計學의 特性值를 比較 檢討한 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1) 月流出量의 Run-length 및 Run-Sum에 대한 分布型은 Gamma 分布가 適合한 것으로 밝혀졌다.

2) 月流出量에 대한 Run-length 및 Run-Sum의 模擬發生 모델은 Gamma 모델의 適用이 可能한 것으로

思料된다.

3) 月流出量의 Run-length 및 Run-Sum 系列의 Correlogram이 水文學的 持續性을 가지는 定常時系列임을 알 수 있었다.

4) 月流出量의 一定流量(切斷流量; Truncation Level, T.L.)에 대한 剩餘量[Surplus; (+)Run-Sum] 및 그 持續期間[(+)Run-Length)과 不足量[Deficit; (-)Run-Sum] 및 그 持續期間[(-)Run-Length]을 豫測할 수 있을 것으로 判斷된다.

謝 辭

本 研究는 1985年度 仁荷大學校 産業科學 技術研究

所 研究費에 의하여 遂行되어 졌으며, 이에 謝意를 表한다.

參 考 文 獻

1. 鮮于仲皓, 水文學, 東明社, pp.25~28.
2. Yevjevich, V., Downer, R.N., & Siddiqui, M.M., "Application of Runs to Hydrologic Droughts," International Hyd. Sympo., Fort Collins, Colo., pp.497-505, 1967.
3. Yevjevich, V., & Saldarriaga, J., Application of Run-Lengths to Hydrologic Series, Hydrology Paper No. 40, Colo. State university, Fort Collins, Colo., 1970.
4. Llamas, J. & M.M. Siddigui, Runs of Precipitation Series, Hydrology Paper No.33, Colorado State University, Fort Collins, Colo., 1969.
5. Millan, J., Statistical Properties of Runs as Applied to Hydrologic Droughts, Colorado State University, Fort Collins, Colo., pp.627-636.
6. Zekâisen, "Run-Sums of Annual Flow Series," Journal of Hydrlogy, 35, pp.311-324, 1977.
7. Bayazit, "Distribution of Joint Run-Lengths of Bivariate Markov Procesres," Journal of Hydrology, 50, pp.35-43, 1981.
8. Kambo N.S., Spolia & Chander S., "Analysis of Surplus-and Deficit-Using Runs," Journal of Hydrology, 49, pp. 193-208, 1971.
9. 李舜鐸, 河川流量의 模擬發生에 關한 推計學的 研究, 博士學位 論文, 高麗大學校 大學院, 土木工程科 1974.
10. 池洪基, 月水文量의 Run-Length 및 Run-Sum의 Simulation, 碩士學位論文, 嶺南大學校 大學院, 土木工程學, 1976.
11. Yevjevich, V., Stochastic Processes in Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, pp.174-176, pp.32-35, 1972.
12. Yevjevich, V., Probability and Statistics in Hydrology, water Reso. Pub. Fort Coll., pp.143-149, 1972.
13. 李曾錫, 李舜鐸, Gamma 分布모델에 의한 河川流量의 Simulation에 關한 研究, 韓國水文學會誌, Vol.13, No.4, pp.41-50, 1980.
14. Kite G.W., Frequency and Risk Analyses in Hydrology, Water Resou. Publ., Fort Collins, Colorado, pp.143-149, 1977.
15. Kottegoda, N.T., Stochastic Water Resources Technology, The MacMillan Prers Ltd, London, pp.89-95, 1980.
16. Clarke, R.T., Mathematical in Hydrology, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1973.
17. 尹龍男, 全時永, ARMA (1,1) 多季節模型에 의한 河川流量의 模擬發生, 韓國水文學會誌, Vol. 18, No.1, pp.75-83, 1985.
18. Kreyszing, E., Interoductory Mathematical Statistics, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1970.
19. Haan, C.T., Statistical Methods in Hydrology, Iowa State University Press, 1979.