

河川流出量の推計學的模擬發生技法에 關한 研究

- A Study on Stochastic Generation of Streamflow Data

중앙대학교 교수 : 이 배호

중앙대학교 석사졸업 : 김 형성

I. 序 論

I - 1 研究의 目的

水資源 開發을 위한 長短期 計劃은 對象地點에서 長期間의 정도 높은 수문자료를 使用하는 것이 合理的이지만 일반적으로 얻을 수 있는 수문자료의 기록치는 대개 단기간에 불과하기 때문에 수자원 계획에서 시스템의 경제적 수명기간 중에 일어날 정확한 상태를 알 수 없으며, 장애 발생가능한 현상에 맞지않는 시스템의 설계나 계획이 수립될 수 있는 위험이 따르게 된다.⁽¹⁾

이와같은 단기간의 수문자료에서 오는 위험을 최소화하기 위하여 수문자료의 simulation technique 이⁽¹⁾ 많이 사용되고 있으며, 특히 Thomas - Fiering 은 多季節流量을 발생시키는 모델을 개발하였다.

이 技法에 의하여 模擬發生된 流出量資料는 水資源計劃이나 設計에 있어서 가장 有用한 道具로 이용될 수 있다. 본 논문은 연구목적은 이 技法에 대한 computer simulation 과 推計學的인 시스템 設計를 可能하게 하는데 필요하다고 생각되는 流出量資料의 處理方法이 分析結果에 주는 영향을 검토하는데 있다.⁽²⁾

I - 2 研究方法 및 範圍

本 研究은 한강유역의 본류중 남한강 유역인 충주지점과 낙동강유역의 본류인 왜관지점의 流出量에 대해 推計學的으로 分析하고 있으며 여기서 採擇하고 있는 분석 과정을 computer program화 하여

流出量資料에 대한 scattergram을 그리고 표준편차의 2배 즉, 95% 신뢰구간을 벗어나는 자료들을 regression analysis와 Z-Score를 통해서 2차까지 각각 제거하면서 각각의 잔차(residual)에 대하여, Kolmogorov-Smirnov의 goodness of fit test(적합성 검정)와 histogram analysis를 해서 분포를 결정하고 Thomas-Fiering model을 normal distribution, Gamma distribution, Gamma 2 distribution, log-normal distribution, log-Gamma distribution 등으로 simulation을 2차 outlier 제거까지 시행해서 모의발생된 자료의 통계치와 관측치의 통계치를 비교하여 分析方法의 有用性を 定性的으로 검토하였다.

Ⅱ. 資料調查 및 理論的 考察

Ⅱ-1 資料調查

本 研究에 使用된 資料는 우리나라 主要河川인 漢江과 洛東江 유역에서 比較的 長期間의 流量資料를 얻을 수 있는 충주와 왜관의 2 個 地點에서 觀測된 각각 38年, 44年間の 記錄值를 사용하였다. 流出量資料는 建設부에서 발행한 한강유역 조사보고서와 韓國水文調查年報의 水位와 水位-流量曲線(stage-discharge rating curve)을 사용하여 구하였다.

각 지점의 유역특성과 사용된 자료의 기록기간은 다음과 같다.

忠州地點(漢江流域)⁽¹³⁾

관측소 위치 : 忠北 中原郡 東良面 龍橋里 東經127°55' 北緯37°01'

流域面積 : 6,648 km²

수위기록기간 : 1917 ~ 1977年

倭館地點(洛東江流域)⁽¹⁴⁾

관측소 위치 : 慶北 漆谷郡 倭館邑 倭館洞 東經128°24' 北緯36°06'

流域面積 : 11,074.4 km²

수위기록기간 : 1925 ~ 1982年

II - 2 基本 統計值

流出量資料의 模擬發生을 위한 첫 단계는 流出量資料를 檢査調整하여 各種 統計學的 特性母數를 계산하는 것이다.

본 연구에서는 subroutine STATFL에 의해서 각종 통계치를 계산하였다.

II - 3 模擬發生 模型의 理論的 考察

流出量標本의 統計學的 特性母數를 계산하고 適合한 分布型이 選定되면 各 分布型에 적절한 모의발생 방법을 선택하게 되는데 본 논문에서는 平均值와 分散이 非定常時系列 (nonstationarity) 이므로 이것을 허용하는 Thomas-Fiering model 을 사용한다.

이 모델은 비정상시계열을 위한 一般的인 多季節 모델이며 n년간의 기록치가 12개월로 구분되고 12개의 線型回歸方程式 (linear regression equation) 을 사용한다.

즉 30年 동안의 관측유출량이 있다면 30개의 1月 流出量과 30개의 12月 流出量으로 구분되고, 2月 유출량은 1月 유출량과 3月 유출량은 2月 유출량과……, 1月 유출량은 12月 유출량과 回歸分析 된다.

일반적으로 Thomas-Fiering model 은 다음과 같이 표시된다.

$$Q_{i,j} = \bar{Q}_j + b_{j-1} (Q_{i,j-1} - \bar{Q}_{j-1}) + \varepsilon_{i,j-1} \sigma_j \sqrt{1 - r_{j-1}^2} \quad (1)$$

여기서 j 는 1~12月이고 $Q_{i,j}$ 는 i 년 j 月의 모의발생의 유출량이며, \bar{Q}_j 는 j 月의 평균유출량, r_{j-1} 은 j 및 $(j-1)$ 月의 유출량간의 시계열상관계수 $b_{j-1} = r_{j-1} \sigma_j / \sigma_{j-1}$ 로 相關式的 경사이다. 또 σ_{j-1} 과 σ_j 는 각각 $j-1$ 번째와 j 번째 月流出量의 標準偏差이다. 난수 $\varepsilon_{i,j-1}$ 은 모의발생시마다 pseudo-random number 로 發生시킨다.

i) 殘差가 正規分布 (normal distribution) 인 경우

이 경우는 式 (1) 에서, ϵ_i 값이 平均이 0 이고 分散이 1 인 正規分布로 變換된 $N(0, 1)$ 의 random number 에 따라서 發生된다.

ii) 殘差가 對數正規分布인 경우

잔차가 對數正規分布이면 流出量의 對數值로 標示된 것이므로 發生되는 流出量은 이를 逆對數로 變換하여 얻는다.

$$Q_{i,j} = 10^{Q_{i,j}} \quad (2)$$

iii) 殘差가 Gamma 分布인 경우

歪曲된 수문자료에 대해서는 正規 分布인 변수를 대략적으로 Gamma 分布에 일치하게 변형시킨다.

가) Gamma 1

$$g_{j-1} = \frac{2 \sigma_j \sqrt{1 - r_{j-1}^2}}{Q_j R_j - b_{j-1} \bar{Q}_{j-1} R_{j-1}} \quad (3)$$

$$g_{j-1}' = 8 / g_{j-1}^2 \quad (4)$$

$$t_{i,j-1} = \frac{Z_{i,j-1} - g_{j-1}'}{\sqrt{2 \cdot g_{j-1}}} \quad (5)$$

여기서

g_{j-1} : $Q_{i,j}$ 의 $j-1$ 월에 대한 歪度係數

$$R_{j-1} / R_{j-1} = 1 - \frac{Q_{min,j-1}}{\bar{Q}_{j-1}}$$

$Q_{min,j-1}$: $Q_{i,j}$ 의 $j-1$ 월에 최소유량

g_{j-1}' : $j-1$ 월에 대한 變換외도계수

$t_{i,j-1}$: 歪曲된 資料에 대하여 變換된 亂數

$$Z_{i,j-1}: Z_{i,j} = \varepsilon_{i,j-1}^2$$

그 외는 앞 식과 同一하다.

따라서 發生方程式은 다음과 같다.

$$Q_{i,j} = \bar{Q}_j + b_{j-1} (Q_{i,j-1} - \bar{Q}_{j-1}) + t_{i,j-1} \sigma_j \sqrt{1 - r_{j-1}^2} \quad (6)$$

나) Gamma 2

$$g'_{j-1} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Q_{i,j}^3 - 3 \sigma_{j-1}^2 \bar{Q}_{j-1} + \bar{Q}_{j-1}^3}{\sigma_{j-1}^3} \quad (7)$$

$$g'_{j-1} = \frac{g_{j-1} - r_{j-1}^3 g_j}{(1 - r_{j-1}^2)^{1.5}} \quad (8)$$

$$t_{i,j-1} = \frac{2}{g'_{j-1}} \left(1 + \frac{g'_{j-1} \varepsilon_{i,j-1}}{6} - \frac{g'_{j-1}}{36} \right) - \frac{2}{g'_{j-1}} \quad (9)$$

여기서 n은 流出量時系列의 年數이며 그 밖에는 Gamma 1 과 같다.

Ⅲ. 分析 및 結果에 대한 討議

자료의 相關關係을 알기 위해서 散布圖 (scatter diagram) 를 그리고 異常點 (outlier) 을 제거하기 위해 殘差 (residual) 에 대한 回歸分析을 해서 標準偏差의 2倍 (2σ) 범위를 벗어나는 이상점들을 찾고 Z-Score 를 구해서 computer program 으로 missing 처리를 하고 각 분포형식에 대하여 모의발생을 한다음 위의 전과정을 2차까지 수행해 보았다. 이상점을 제거하기 위해서 이와같은 과정은 더 이상 반복수행하는 것은 회귀분석의 잔차가 변하므로 통계학적으로 의미가 없어진다.

Ⅲ - 1 分析節次

1) 相關分析 (correlation analysis) 의 첫 단계는 觀測資料의 散布圖 (scatter diagram) 를 그리는 것이다. 산포도를 그린후에 검토할 사항은 다음과 같다.

가) 점들이 산재해 있는 모양으로부터 두 變數사이의 선형관계가 있는가를 검토한다.

나) 이상한 자료가 없나를 확인한다. 산포도상에서 異常點 (outlier) 의 발생은 측정이나 계산이 잘못 되었거나 자료의 착오가 있는 것이다. 이와같은 이상점이 발견되면 원인을 규명하여 수정해야 하며 본 논문에서는 2σ (σ : 표준편차) 즉, 95% 신뢰구간을 벗어나는 것을 2차에 걸쳐서 차례로 제거시켜 보았다.

충주지점의 1월과 2월에 대한 1, 2차 outlier가 제거된 산포도는 그림 1 ~ 3 와 같다. 그림에서 보는바와 같이 1, 2월의 경우 2차에 걸쳐서 이상점이 제거되면 상관계수가 0.75082에서 0.90627로 좋아지며 決定係數 (coefficient of determination) R^2 값도 유의수준 5%에서 양호하다. 6, 7월의 경우는 相關係數값이 0.27291에서 0.45779로 좋아지며 R^2 의 유의수준도 5%에서 양호해진다. 왜관지점의 1, 2월에 대한 2차까지의 이상점이 제거되면 1, 2월의 경우 상관계수가 0.35835에서 0.75024로 매우 양호해지며 R^2 의 유의수준도 5%이내에 든다. 7, 8월의 경우는 0.20213에서 0.41017로 되며 R^2 의 유의수준이 0.00387이므로 5%이내에 든다.

2) 회귀분석 (regression analysis)

앞 장에서 변수들간의 상관관계를 살펴보았는데 더 나아가서 변수들

간의 상호관련과 2σ 를 벗어나는 異常點을 찾기 위해서 SPSS를 이용했다. 충주와 왜관지점의 2차까지의 outlier를 제거한 결과 2차 이상은 잔차가 변하므로 통계학적 의미가 없어진다.

3) 殘差 (residual)의 分布 檢定 (goodness of fit)

殘差의 分布型에 대한 檢定方法으로는 Chi-Square 方法⁽⁵⁾과 Kolmogorov - Smirnov 方法⁽⁶⁾이 있으나 본 연구에서는 K-S test만 사용한다.

$$D_n = \text{Max} \left| F(x) - F_n(x) \right| \quad (10)$$

여기서 $F(x)$ 는 理論累加確率分布函數

$F_n(x)$ 는 資料에 대한 累積確率이다.

구해진 D_n 의 값이 정해진 유의수준의 값보다 작은 경우에는 가정된 이론 분포가 채택되고 반대로 큰 경우에는 기각된다. 본 논문에서는 표 1에서의 2-tailed p 값이 有意水準 5%인 0.05보다 작으면 分布가 기각되고 크면 分布가 유의수준 5%에서 채택된다. 충주의 경우 관측자료에서 正規分布보다는 대수 정규분포가 더 2-tailed p 값이 크며 異常點이 2σ 범위에서 제거되면 2-tailed p 값이 더 커져서 더욱 分布가 적합해진다. 왜관 정규분포의 경우는 기록자료에서 1, 2, 3, 6, 9, 12월이 유의수준 5%에서 기각되나 이상점을 1차 제거해보면 1, 2, 9, 12월의 分布가 유의수준 5%에서 채택되며 다시 2차 소거를 해보면 모두 채택된다.

4) 柱狀分布圖 (Histogram)

관측자료가 회귀선 (regression line) 주위에 분포되어 있는 상태를 도식적으로 보기 위해서 잔차에 대하여 2차까지 이상점 (outlier)

을 제거시켜가면서 주상분포도를 그려보면 그림 4 ~ 6 와 같다. 2月 8月의 총주의 경우를 보면 2月의 경우는 관측자료가 양호해서 처음부터 분포가 regression line 주위에 正規分布하고 있으나 8月의 경우는 이상점을 2차까지 제거해보면 점점 正規 분포함을 알 수 있다. 2月, 8月의 왜관의 경우는 관측자료를 2차까지 이상점을 제거해보면 분포의 변화가 총주와 동일하게 변함을 알 수 있다.

5) Z - Score

2σ (σ : 표준편차)를 벗어나는 이상점 (outlier)을 제거하는 불편과 부정확을 제거하기 위해서 표준화된 잔차를 구해서 95%를 벗어나는 점들을 읽어서 기록자료의 이상점을 제거하도록 했다. 표준화된 잔차란 평균 0, 표준편차 1의 값을 가지며 다음 식으로 표시된다.

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (11)$$

여기서

σ : 표준편차

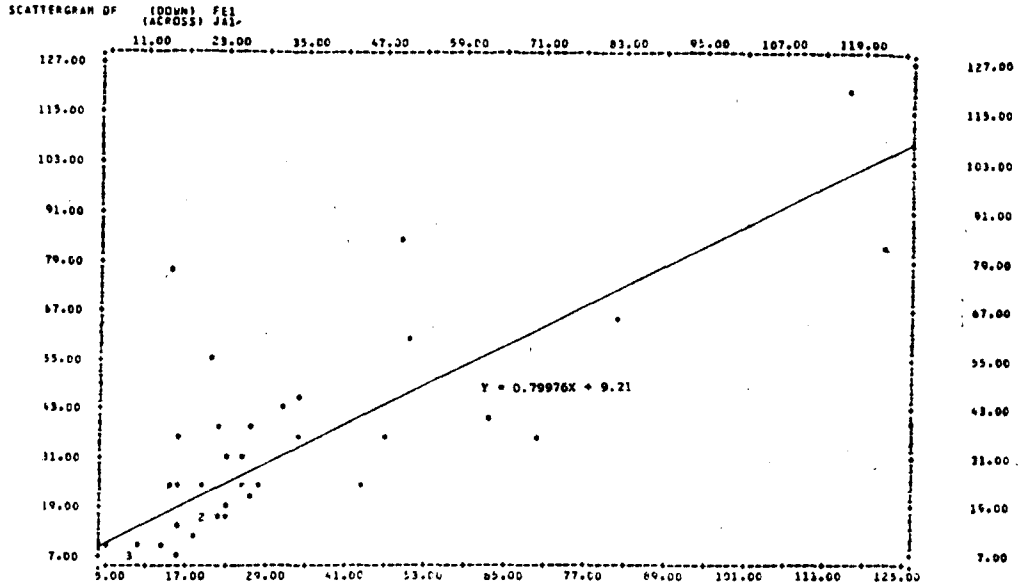
x_i : 변수값

\bar{x} : 평균

III - 2 模擬發生 및 結果에 대한 討論

앞 절에서 설명한 과정을 거쳐 처리한 자료를 II - 3에서 설명된 Thomas-Fiering model을 이용해서 각각 정규, 대수정규, Gamma 1, 대수감마 분포에 대해서 2차까지 이상점을 제거시키면서 모의발생을 했다. 모의발생 모형의 適合을 판단하는 基本은 모의발생된 유출량 시계열의 統計學的 特性値를 實測流出量時系列의 값과 比較검토하는 것이다. 따라서 유출량시계열의 1, 2차 모멘트인 평균치와 표준편차를 기준으로 비교 검토하였다.

각 模型에 의한 流出量의 發生期間은 600년과 500년으로 하였으며



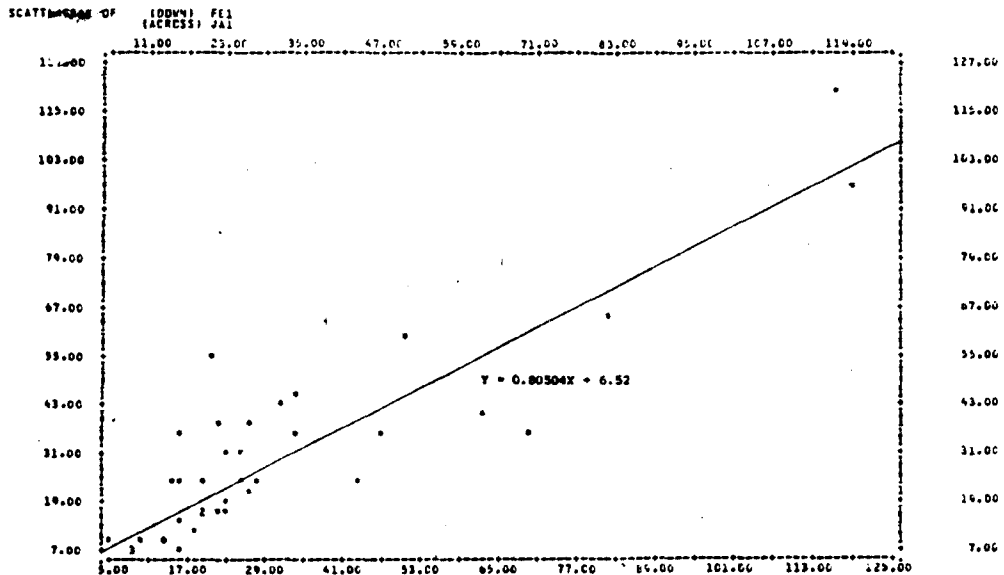
STATISTICS..

CORRELATION (R) = .73051 P-SQUARED (A) = .00273 SIGNIFICANCE F = .00001
 SLOPE OF EST = 16.73051 INTERCEPT (B) = 9.21273 STD ERROR OF F = 4.00001
 SIGNIFICANCE B = .00001 SLOPE (B) = 0.96676 STD ERROR OF B = 1.19922

PLOTTED VALUES = 36 EXCLUDED VALUES = 0 MISSING VALUES = 0

***** IS PRINTED IF A COEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED.

그림 1 총주지점의 관측유출량 산포도



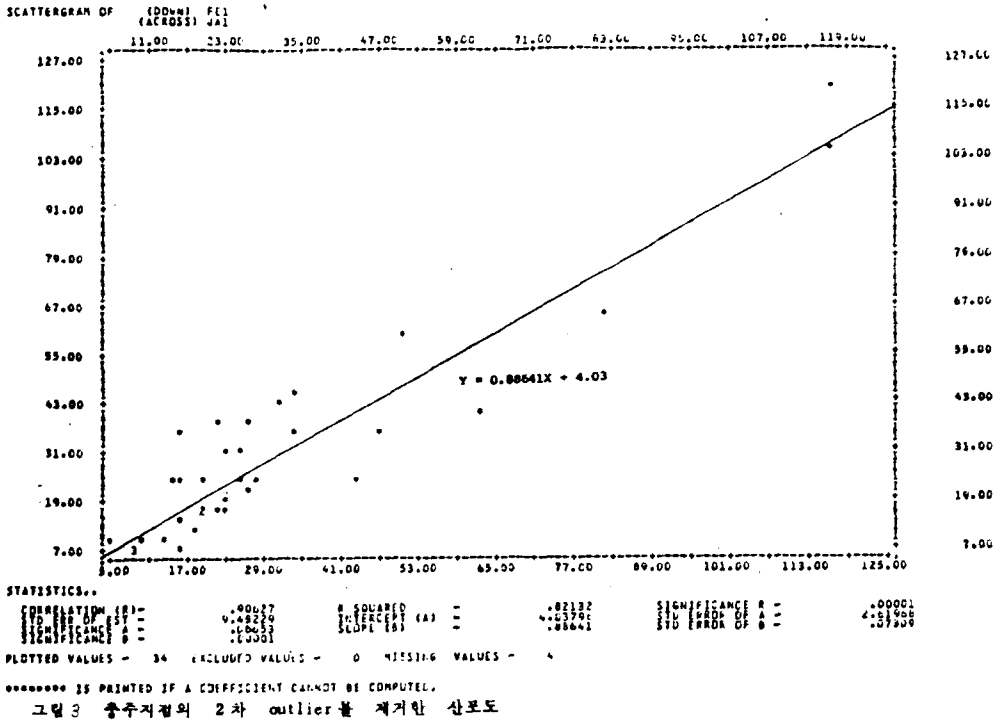
STATISTICS..

CORRELATION (R) = .73052 P-SQUARED (A) = .00273 SIGNIFICANCE F = .00001
 SLOPE OF EST = 11.73052 INTERCEPT (B) = 6.52273 STD ERROR OF F = 1.00001
 SIGNIFICANCE B = .00001 SLOPE (B) = 0.96676 STD ERROR OF B = 1.19922

PLOTTED VALUES = 36 EXCLUDED VALUES = 0 MISSING VALUES = 2

***** IS PRINTED IF A COEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED.

그림 2 총주지점의 1차 outlier를 제거한 산포도



MONTHLY DISCHARGE AT CHUNGJU DAMSITE IN SOUTH-MAN RIVER

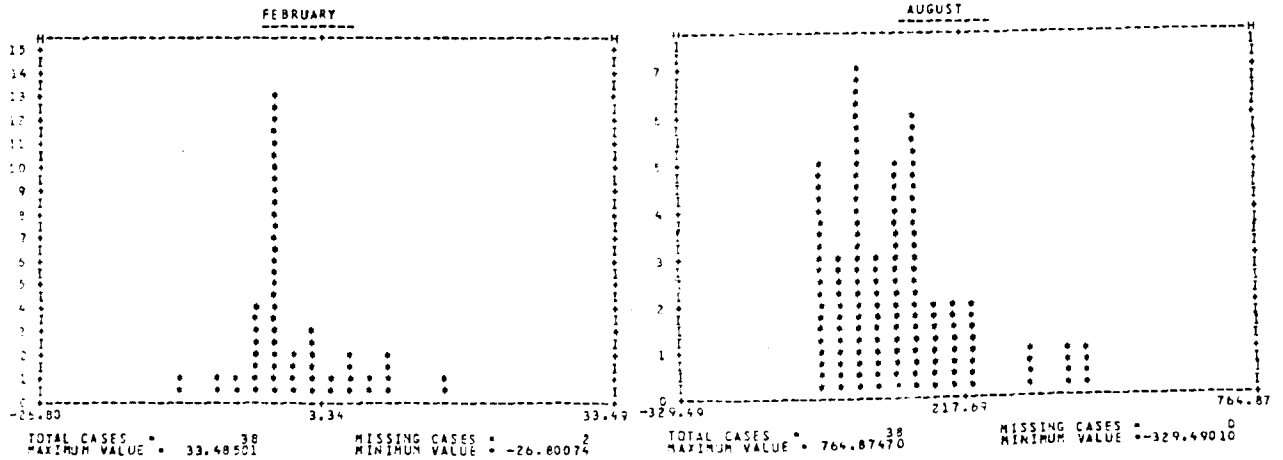


그림 4 충주지점의 2월과 8월의 관측유출량의 관차에 대한 도표

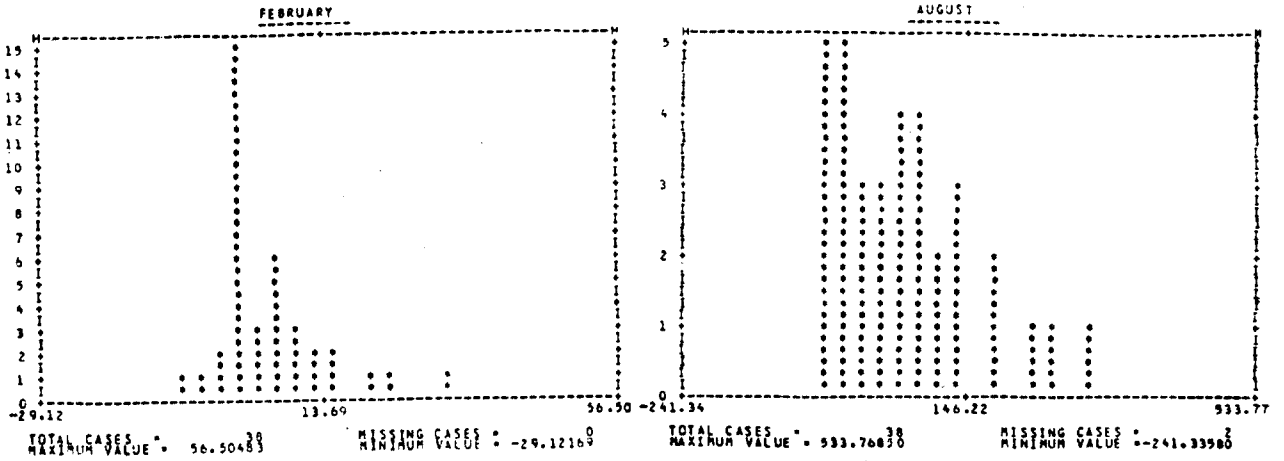


그림 5 충주지점의 2月和 8月の 1차 outlier를 제거한 관차의 막대도표

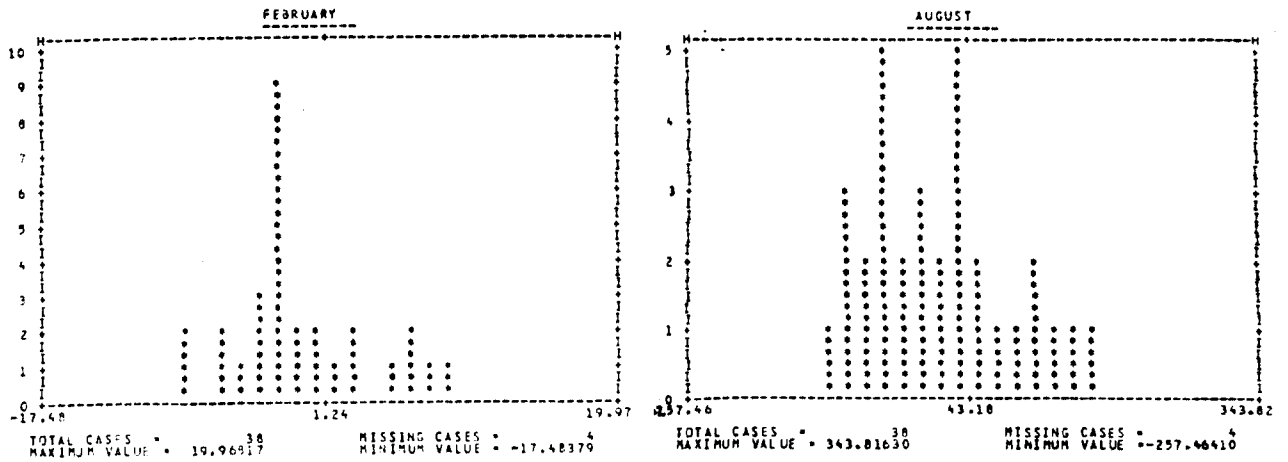


그림 6 충주지점의 2月和 8月の 2차 outlier를 제거한 막대도표

初期에 發生되는 流出量의 初期 편기 (bias) 을 제거하기 위해서 처음 100 년치를 제거시킨 통계치를 비교하였고 충주지점의 1차 outlier 를 제거한 500 년간의 통계치는 표 1 과 같다.

1) 모의발생에서 (-)유출량대신에 $Q = 0$ 을 대입한 경우

충주의 경우 1차 outlier 를 제거한 경우가 2 차까지 이상점을 제거한 경우보다 결과가 양호하며 Gamma 2 분포가 실측치보다 표준편차도 상당히 작고 평균치도 실측치와 가장 근사했으며 log-normal 과 log-Gamma 분포도 실측치와 근사했으나 7 月の 평균치가 실측치보다 적게 나왔다.

왜관의 경우는 1차 outlier 를 제거한 결과 5, 7, 8 月을 제외하면 Gamma 1 분포가 실측치에 가장 근사했으며 7 月の 경우는 Gamma 1 보다 Gamma 2 분포가 실측치에 유사함을 알 수 있었다. 2차 outlier 의 제거도 1차 outlier 제거와 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

2) 모의발생에서 (-)유출량 대신에 Q_{min} 대입한 경우

충주의 경우 1차 outlier 를 제거한 경우가 2 차까지 outlier 를 제거한 경우보다 실측치에 근사하며 1~7 月까지는 Gamma 1 분포가 8~12 月까지는 Gamma 2 분포가 실측치와 가장 근사함을 알 수 있으며 Gamma 2 분포의 경우 표준편차도 실측치보다 양호하다. 왜관의 경우는 1차 outlier 를 제거한 결과 1~6 月, 9~12 月은 Gamma 1 분포가 7~8 月은 Gamma 2 분포와 정규분포의 평균치가 실측치에 근사함을 알 수 있다.

-Q (유출량) 대신에 0 을 대입한 경우보다 Q_{min} 을 대입한 경우가 대체적으로 실측치에 가까왔으며 7, 8, 9 月の 경우는 정규분포와 Gamma 2 분포의 평균치가 거의 실측유량에 접근함을 알 수 있었다.

표 1 상주지점의 1차 outlier를 제거한 통계치 비교표

M/N	Statistics Distribution	Mean	Min	Standard Deviation	Skewness	Regression Coefficient	Correlation Coefficient
Jan.	Historical	29.16	5.60	22.04	2.12642	.66525	.72204
	Normal	32.37	.20	17.30	.23589	.44590	.36846
	Log-Normal	23.63	3.30	1.78	.98878	.82501	.76300
	Gamma 1	26.18	7.80	16.46	1.99060	.44471	.34282
	Gamma 2	26.94	5.70	12.06	1.86090	.37066	.31889
Log-Gamma	27.49	2.40	1.42	.03556	.83495	.76429	
Feb.	Historical	31.90	7.70	25.00	1.75065	.79570	.84125
	Normal	36.15	1.60	19.23	.28411	.61105	.54960
	Log-Normal	26.28	4.00	1.35	.79366	.74988	.70362
	Gamma 1	30.56	9.90	16.00	1.38408	.62940	.64767
	Gamma 2	26.38	6.80	13.51	3.91426	.61406	.54802
Log-Gamma	26.34	5.60	1.54	37.48970	.78867	.64798	
Mar.	Historical	86.10	14.40	63.21	1.14618	.90315	.50814
	Normal	90.85	3.00	37.28	.05830	.87840	.45311
	Log-Normal	69.93	7.00	1.97	.84760	.83919	.76559
	Gamma 1	73.53	21.90	31.02	1.28062	.83367	.43000
	Gamma 2	71.17	14.40	19.83	2.09297	.80145	.54605
Log-Gamma	69.63	18.30	1.60	8.32776	.83263	.75922	
Apr.	Historical	157.69	21.40	115.21	1.33104	.71761	.40243
	Normal	166.48	1.60	94.34	.20629	.69639	.29515
	Log-Normal	132.90	11.40	2.13	1.39811	.62090	.56534
	Gamma 1	147.46	30.40	96.11	1.69177	.87516	.28250
	Gamma 2	149.34	21.40	69.31	.57426	1.08734	.31115
Log-Gamma	132.16	25.50	1.61	83346	.57269	.56325	
May.	Historical	125.51	17.80	101.96	2.12645	.41440	.68445
	Normal	147.47	.30	101.51	.54548	.61217	.56893
	Log-Normal	112.35	17.00	2.10	1.08061	.53081	.53900
	Gamma 1	119.18	33.90	70.64	1.59390	.71666	.97498
	Gamma 2	110.31	9.90	60.65	1.48512	.67823	.58291
Log-Gamma	104.33	16.50	1.63	.30898	.50688	.497325	
Jun.	Historical	90.13	16.60	80.78	2.74199	.12167	.26271
	Normal	105.70	.30	65.76	.56175	.38516	.59457
	Log-Normal	77.59	11.50	2.05	1.38452	.62194	.64268
	Gamma 1	86.72	25.80	50.48	1.93080	.42535	.59526
	Gamma 2	71.69	10.70	50.99	2.11711	.43607	.68977
Log-Gamma	68.66	16.40	1.61	1.00467	.57013	.58519	
July.	Historical	494.56	65.40	291.49	.66747	1.03694	.33202
	Normal	517.05	2.80	268.74	.20998	.08324	.02037
	Log-Normal	430.65	51.70	2.01	.79325	.11826	.32795
	Gamma 1	445.04	83.70	264.89	1.58306	.00598	.00114
	Gamma 2	444.42	241.90	195.67	4.30449	.16766	.04108
Log-Gamma	422.06	73.40	1.59	.76083	.30643	.31156	
Aug.	Historical	363.45	48.80	261.42	1.30478	.10919	.16197
	Normal	430.23	.40	314.12	.60825	.86314	.73845
	Log-Normal	276.38	22.70	2.21	.96992	.19753	.17357
	Gamma 1	313.54	.20	308.05	1.93391	.97976	.84250
	Gamma 2	308.09	7.00	248.84	2.34192	.99193	.77996
Log-Gamma	297.93	41.50	1.59	.18375	.10210	.10229	
Sept.	Historical	252.24	41.20	187.64	1.58701	.24993	.47894
	Normal	276.15	.20	50.81	.53999	.22591	.76717
	Log-Normal	210.21	25.50	2.19	1.43469	.34459	.34866
	Gamma 1	173.43	36.80	145.34	2.05923	.13610	.28847
	Gamma 2	230.22	28.10	110.53	1.43805	.10220	.23009
Log-Gamma	211.29	38.80	1.59	.42370	.27663	.27781	
Oct.	Historical	70.69	18.90	43.46	1.32422	.11002	.62765
	Normal	82.43	.20	50.81	.53999	.22591	.76717
	Log-Normal	59.89	9.30	1.88	.85395	.37034	.46083
	Gamma 1	50.96	16.30	36.34	2.05601	.24987	.99366
	Gamma 2	60.93	1.90	39.85	1.53174	.24924	.69124
Log-Gamma	64.49	14.30	1.51	.63165	.36211	.40655	
Nov.	Historical	49.29	12.00	25.25	.76844	.25619	.53892
	Normal	51.60	.30	19.69	.05191	.08799	.22098
	Log-Normal	41.63	12.30	1.65	1.50174	.49413	.62140
	Gamma 1	44.81	16.60	16.98	.98178	.09372	.20055
	Gamma 2	44.38	26.90	13.19	2.20418	.10482	.31680
Log-Gamma	44.92	14.90	1.37	.82615	.47247	.61586	
Dec.	Historical	33.10	7.30	16.56	.69928	.44488	.68160
	Normal	35.24	.70	14.30	.04061	.25499	.35122
	Log-Normal	29.69	5.40	1.71	1.14337	.59887	.56191
	Gamma 1	27.79	9.90	12.63	1.55626	.21077	.28336
	Gamma 2	31.11	5.40	10.35	.97606	.32644	.41568
Log-Gamma	31.76	8.80	1.36	.29214	.59083	.58030	

IV . 結 論

月 流出量의 模擬發生模型으로 일반화되어 있는 Thomas-Fiering 모델
을 이용하여 정규, 대수정규, 감마 1, 감마 2, 대수감마에 대하여 월 유
출량을 模擬發生시키고 그 결과를 觀測値와 比較한 결과 다음과 같
은 결론을 얻었다.

가. Thomas - Fiering model 을 이용한 河川流出量의 模擬發生을

위한 多季節 模型으로서 Thomas-Fiering 모델의 경우

Gamma 1 분포와 Gamma 2 분포가 最適分布型인 것으로 판명되었다.

나. 異常點 (outlier) 의 제거는 2 차 이상은 잔차 (residual) 의
값이 변하므로 의미가 없어진다.

다. Kolmogorov-Smirnov test 에 의한 분포형식의 검정결과 2 차까
지의 이상점 제거로 유의수준 5 % 즉, 95 % 신뢰구간을 만족시키며
대수정규 분포의 경우가 정규분포보다 적합했다.

라. 통계치 비교결과 模型의 종류에 상관없이 각각의 分布에 대하
여 모두 발생시켜 觀測値와 比較한 후 적절한 分布을 선택하는 것이
실용적이다.

参 考 文 献

1. Fiering, M.B. and Jackson, B.B ; synthetic Streamflows, American Geophysical union, Washing. D. C. 1971.
2. Chow, VEN. TE ; Sequential Generation of Hydrologic, Hand book of applied Hydrology, Chap 8-iv.
3. Raudkiv, A.J.; An advanced introduction to hydrological processes modeling, HYDROLOGY, pergamon Press, 1979.
4. McMahan, T.A. and Miller, A.J ; Application of the Thomas and Fiering model to skewed hydrologic data, water resources research, Vol 7, No5, 1971.
5. Kottegoda, N.T ; Stochastic Water Resources Technology, the macmillan Press, 1980.
6. Yevjevich, Vujica ; Stochastic processes in hydrology, Water Resources Publications, 1972.
7. Yevjevich, vujica ; Probability and statistics in hydrology, Water Resources Publications, 1972.
8. Hufschmidt, M.M. and Fiering, M.B; Simulation techniques for design of water resource systems, Havard univesity press, 1966.
9. Norman, H. NiE ; Statistical Package for the Social Sciences, mcgraw-hill book company.
10. 李舜鐸 ; 河川 流量의 模擬發生에 관한 推計學的研究, 高麗大學校 大學院 工博學位 論文, 1944.
11. 金海植 ; SPSS 컴퓨터 분석기법, 博英社, 1985.
12. 朴聖炫 ; 許文烈, 電算統計, 經文社, 1984.
13. 건설부 ; 한강유역 조사 보고서, 1971.
14. 건설부 ; 낙동강유역 개발지원 보고서, 1972.