

# 河川의 渴水 特性分析에 關한 研究

한 재호\* 이 은태\*\* 이 종남\*\*

## 1. 序 論

水資源 開發計劃에 있어서 중요한 과제중의 하나인 貯水池 容量 決定과 維持用水量 確保 計劃을 위해 장래에 발생할 乾期와 雨期 또는 不足量과 剩餘量의 예측이 중요하다. 본 論文에서는 乾期時 不足量(Negative Run Sum)과 持續期間(Negative Run Length)등을 예측하기 위하여 낙동강유역의 진동지점의 日流量 資料를 사용하여 一定流量(또는 切斷流量)  $Q_r$ 을 各各 總 資料期間 동안의 平均日流量에서 渴水量( $Q_{10}$ ), 日流量 流出持續期間의 90%에 해당하는 流量( $Q_{36}$ ), 低流量( $Q_{90}$ )으로 하여  $Q_r$ 보다 작은 下限值 部分에 속한 流量만을 總 資料期間의 流出水文曲線에서 구하여 분석하였다. 진동지점의 日流量 資料를 사용하여 各各의  $Q_r$ 에 대한 渴水 數, 不足量, 持續期間, 渴水 發生時間, 最大 渴水 不足量과 最大 渴水 持續期間등의 統計의 特性을 파악하여 適正確率分布 型을 설정하고 再現期間別 不足量과 持續期間등의 여러가지 渴水特性을 분석하였다.

## 2. 理論的 背景

### 2.1 渴水理論의 定義

河川流量은 그림 1과 같이 임의의 流量  $Q_r$  (切斷流量 ; truncation level)보다 낮거나 높은 流量이 계속되는 현상이 연속적으로 반복되며 각 渴水 事像은 다음의 媒介 變數로 구성된다.

(1) 不足量  $D$  : 渴水 持續期間동안 累加 不足量 또는 總 不足量

(2) 持續期間  $T$  : 流出이 切斷流量  $Q_r$ 보다 작은 日數

(3) 渴水 初期時間  $\tau_b$ , 渴水 終期時間  $\tau_e$ .

(4) 渴水 發生時間  $\tau = \frac{1}{2} (\tau_b + \tau_e)$

(5) 渴水의 次數  $V = 1, 2, 3, \dots, \dots$

---

\* 재일엔지니어링

\*\*경희 대학교 토목공학과 교수

## 2-2 單純化된 가정

(1) 관측 最大 不足量을  $\max D_{rec}$ 라 하면  $D_i < 0.01\max D_{rec}$  (or  $0.005 \max D_{rec}$ ),  $i=1, 2, 3, \dots$ 를 만족하는 微小 不足量  $D_i$  (그림 2에서  $D_1, D_2, D_3$ )들은 무시한다.

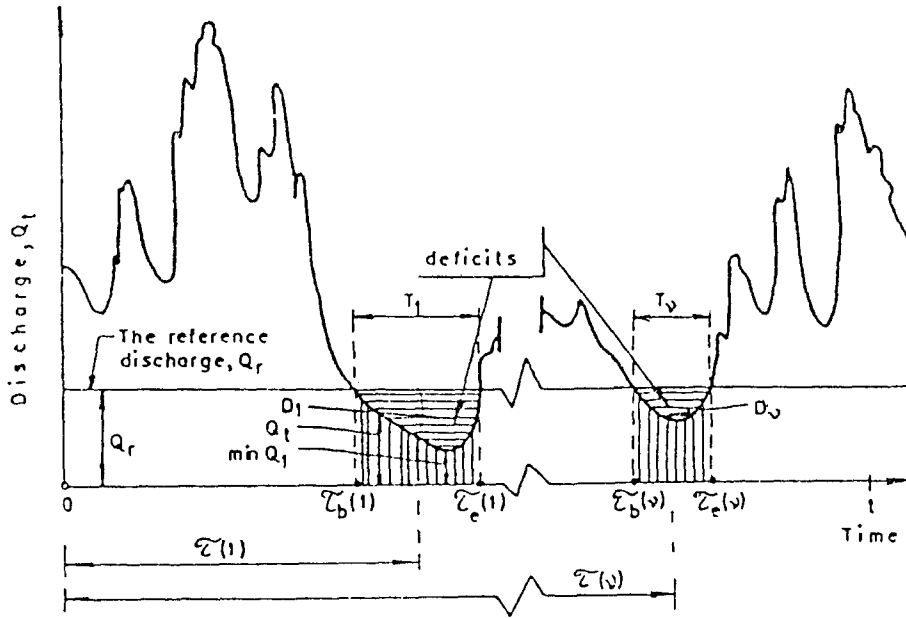


그림 1 임의의 지점에서의 유출수문곡선

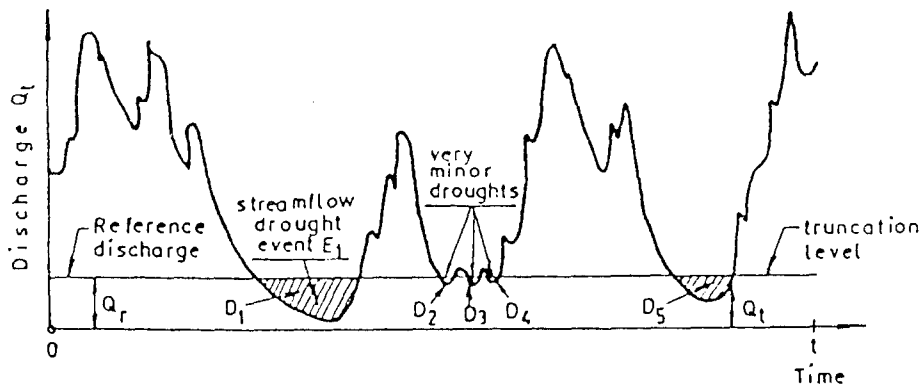


그림 2 미소 갈수를 포함하는 유출수문곡선

(2) 그림 3에서 流量  $Q_t$ 는 극히 짧은 時間 ( $\Delta T_{v, v+1}$ )에  $Q_r$ 을 超過하기 때문에  $\Delta V_{v, v+1}$ 이 不足量  $D_{v+1}$ 과 비교하여 매우 작다면 湧水 事像  $E_v$ 와  $E_{v+1}$ 은 실제로 하나의 湧水 事像으로 재 표현할 수 있다. 따라서 부족량  $D_{v'} = D_v + D_{v+1}$ , 持續期間  $T_{v'} = T_v + T_{v+1}$  과 같다.

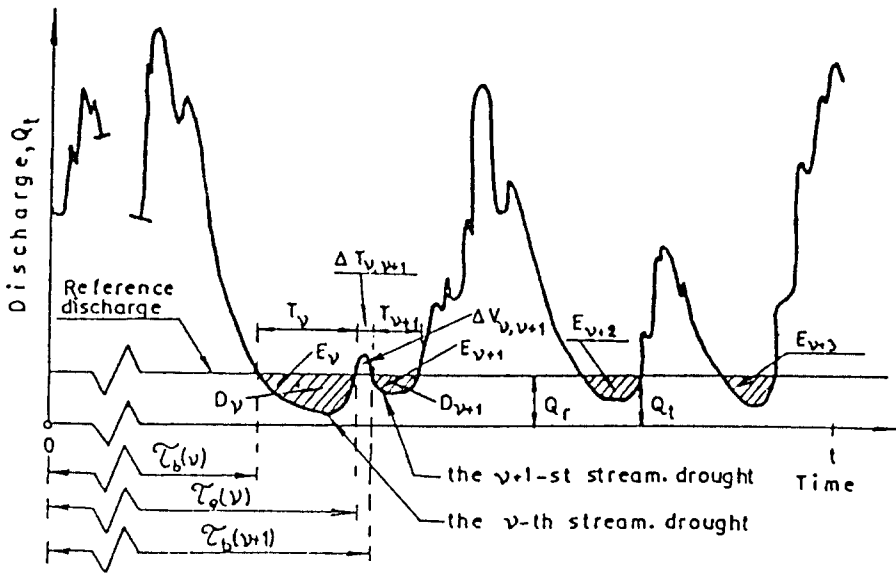


그림 3 짧은 간섭시간을 가지는 유출수문곡선

(3) 만일 渴水事像이 2년에 걸쳐 발생하는 경우에 渴水 發生 時間  $\tau$ 는 다음과 같다.

$$\tau = \frac{1}{2} (\tau_b + \tau_e)$$

따라서 渴水를 분리하지 않고 不足量 D를 渴水 發生時間  $\tau$ 의 위치에 놓는다.

### 2-3 渴水成分의 統計的 變動特性

#### (1) 渴水 數의 分布

일정시간, 또는 일정크기의 공간에서 사건이 無作爲로 발생할 때, 그 사건이 일어날 횟수와 이에 대응하는 確率을 나타내는 離散型(discrete) 確率分布인 포아송 分布(Poisson distribution)으로 나타낼 수 있으며 確率密度函數는 다음과 같다.

$$f(x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!} \quad (x = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

여기서  $m$ 는 渴水 數의 平均値를 말하며 變數  $Q_r$ 에 의존한다.

#### (2) 不足量과 持續期間의 分布

사건 발생 횟수가 포아송 分布를 따르면 연속적인 사건발생의 시간 간격은 單純指數分布(simple exponential distribution)으로 나타낼 수 있으며 累加確率密度函數는 다음과 같다.

$$F(x) = 1 - \exp(-\lambda x), \quad x \geq 0$$

여기서  $\lambda$ 는 不足量과 持續期間의 平均値의 逆數이다.

또한 水文學分野에서 널리 사용되는 2變數 對數正規分布(two-parameter lognormal distribution)도 고려하여 보기로 하며 確率密度函數는 다음과 같다.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \frac{1}{x} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 \right]$$

여기서  $y = \ln x$ 이고  $\mu_y$ 와  $\sigma_y$ 는 각각  $y$ 의 平均值 및 標準偏差이다.

### (3) 最大 渴水 不足量과 最大 渴水 持續期間의 分布

Zelenhasic에 의하면 二重指數分布(double exponential distribution)을 가진다고 하며 累加確率密度函數는 다음과 같으며 2變數 對數正規分布도 고려하여 보기로 한다.

$$F(x) = \exp [-m \exp (-\lambda x)], \quad x \geq 0$$

## 3. 適用 및 解析

### 3-1 分析資料

本 研究의 適用地點은 낙동강의 진동지점을 택하였으며 切斷流量  $Q_r$ 는 各各 總資料期間동안의 平均日流量에서 渴水量( $Q_{10}$ ), 日流量 流出持續期間의 90%에 해당하는 流量( $Q_{36}$ ), 低流量( $Q_{90}$ )값을 택하였다.

표 1 각 지점별 절단유량( $m^3/sec$ )

지 점	$Q_{10}$	$Q_{36}$	$Q_{90}$
진 동	40.21	53.39	75.38

### 3-2 渴水成分의 特性值 算出

渴水 不足量과 渴水 持續期間이 독립적이고 均등분포된 無作爲變數라는 것을 증명하기 위해 5%有意水準에서의 系列相關圖를 그림 4에 나타내었으며 그림 5~9는 渴水數, 不足量 및 持續期間등의 渴水成分의 觀測 및 理論分布를 나타내었고, 표 2와 3은 渴水成分의 統計特性值를 산출한 것이다.

그림으로부터 渴水 數는 포아송 分布, 不足量과 持續期間은 2變數 對數正規分布가 관측치와 좋은 적합성을 나타냄을 볼 수 있다.

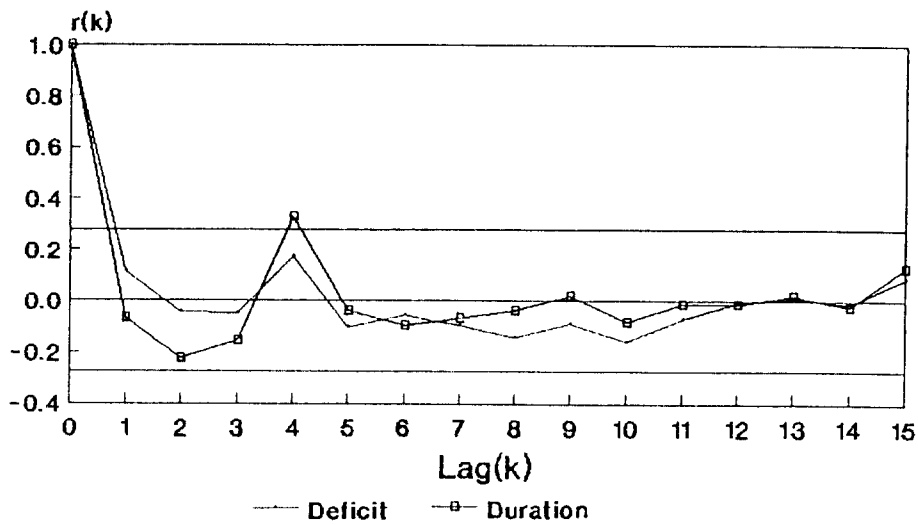


그림 4 계열상관도(Q<sub>10</sub>)

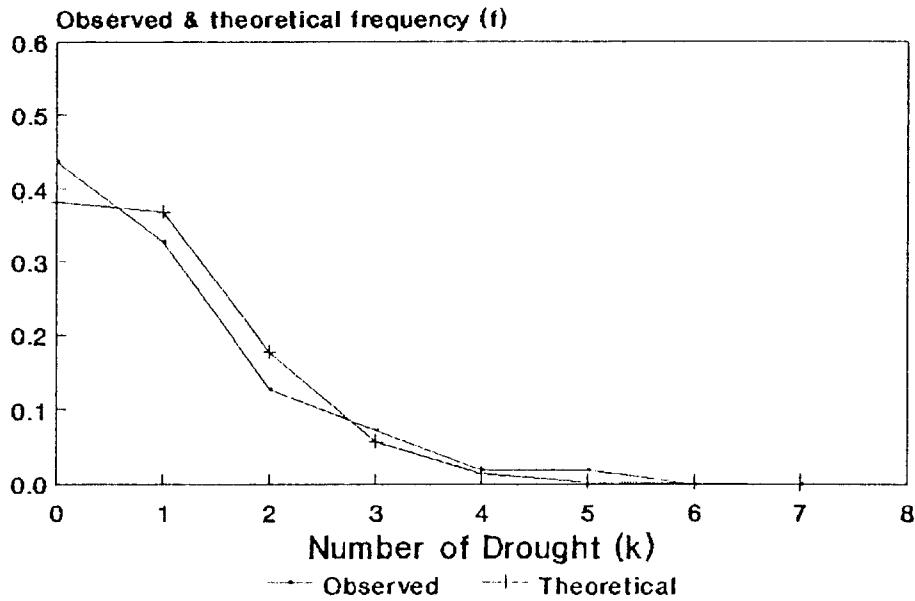


그림 5 갈수 수의 관측 및 이론분포(Q<sub>10</sub>)

표 2 부족량(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)과 지속기간(日)의 통계특성치 비교

지 점	Q <sub>r</sub>	갈 수	평균	표준편차	최대치
진 동	40.21	부 족 량	37.216	54.714	327.500
		지속기간	31.94	35.30	200.00
	53.39	부 족 량	59.063	95.599	717.276
		지속기간	35.56	39.69	254.00
	75.38	부 족 량	90.414	150.891	1210.241
		지속기간	36.02	42.51	264.00

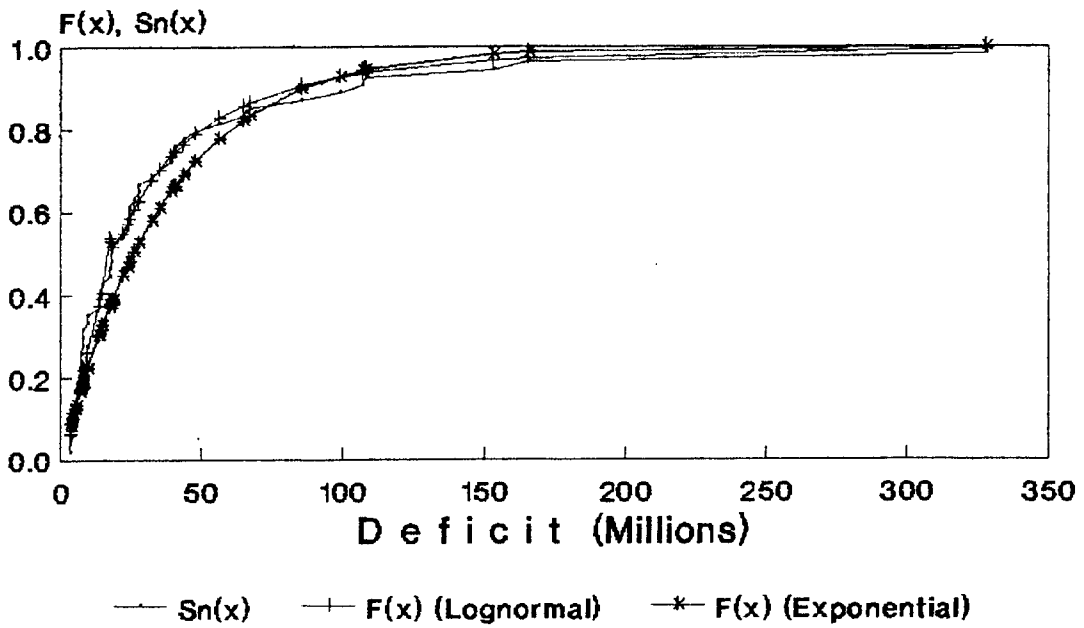


그림 6 부족량의 관측 및 이론분포( $Q_{10}$ )

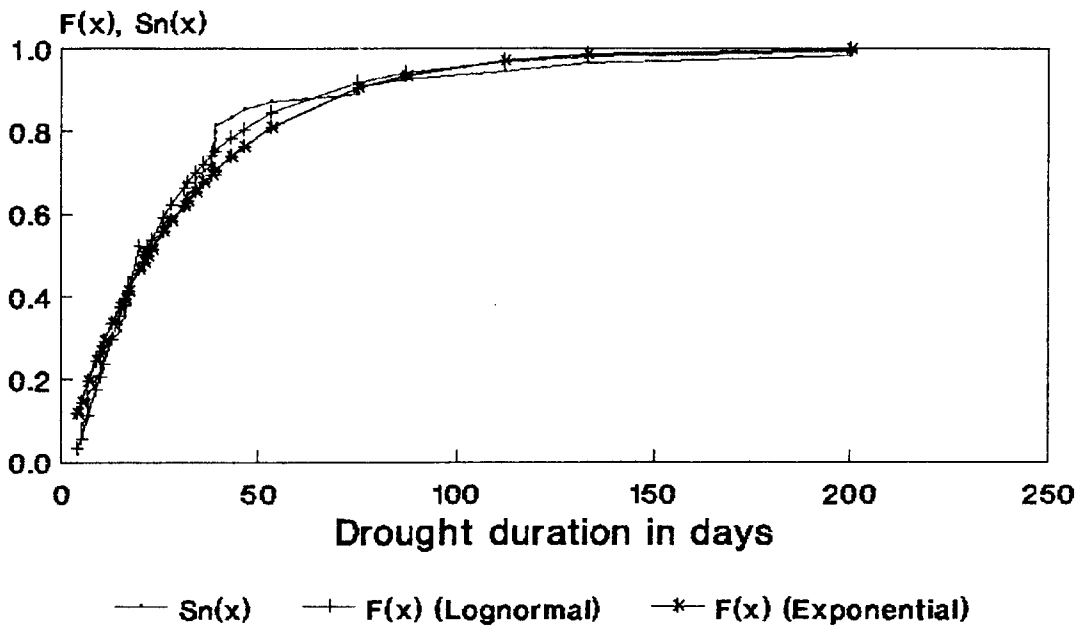


그림 7 지속기간의 관측 및 이론분포( $Q_{10}$ )

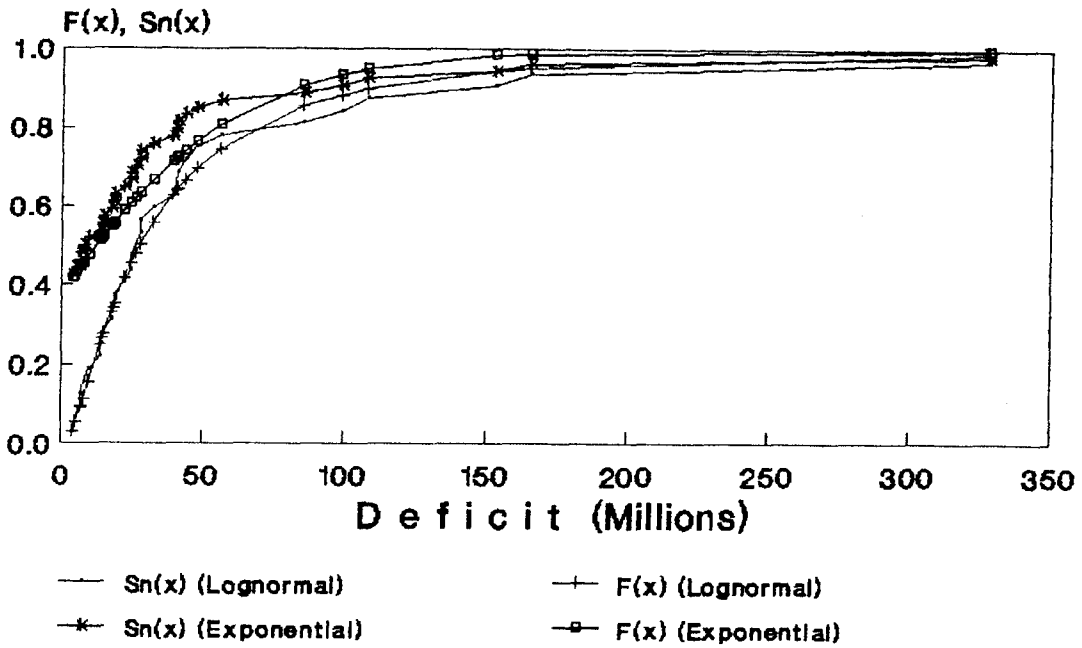


그림 8 최대부족량의 관측 및 이론분포( $Q_{10}$ )

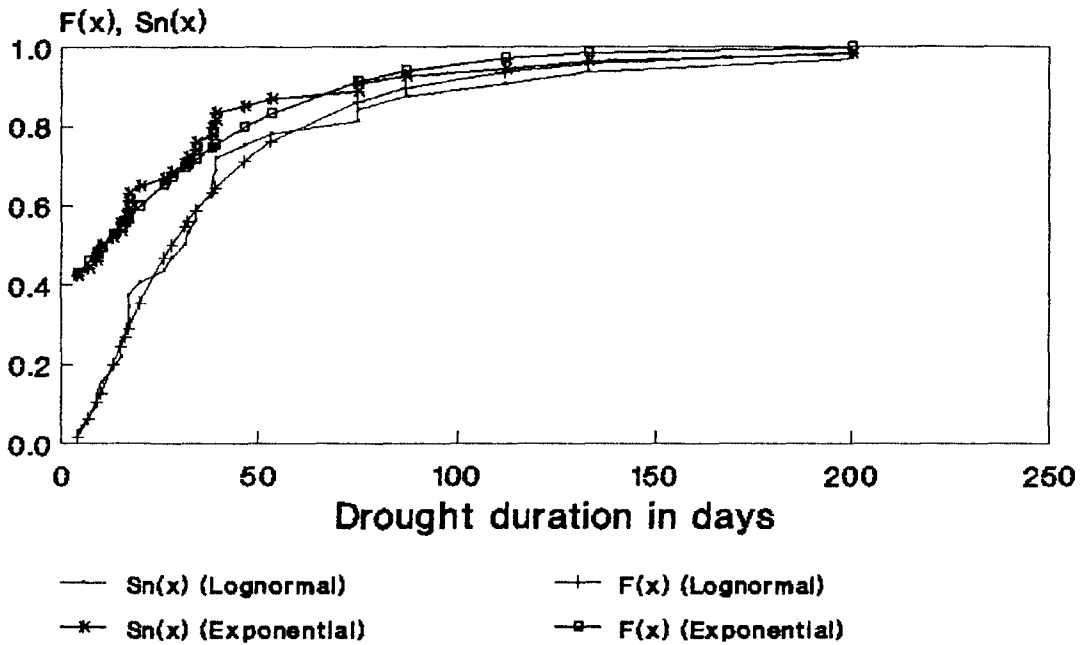


그림 9 최대지속기간의 관측 및 이론분포( $Q_{10}$ )

표 3 최대부족량( $10^6\text{m}^3$ )과 최대지속기간(日)의 통계특성치 비교

지 점	$Q_r$	갈 수	평 균	표준편차	$\tau(lar)$ (日)
진 동	40.21	부 족 량	49.162	65.936	120.39
		지 속 기 간	41.58	42.64	
	53.39	부 족 량	94.571	128.895	146.09
		지 속 기 간	53.53	51.00	
	75.38	부 족 량	187.726	223.552	133.34
		지 속 기 간	68.57	57.40	

여기서  $\tau(lar)$ 은 日로 표시되는 最大 不足量 發生時間의 平均値이다. 이 값에 의하여 最大 不足量이 1年中 어느 시기에 발생하는가를 추정할 수 있다.

### 3-3 再現期間別 不足量 및 持續期間 算出

日流出量에 대한 一定流量別 不足量과 持續期間을 2變數 對數正規分布로 確率年別 10년, 20년, 50년, 80년, 100년에 대해 모의발생시킨 결과를 표 3-4에 나타내었다.

표 4 재현기간별 부족량( $10^6\text{m}^3$ )과 지속기간(日)

지점	$Q_r$	갈 수	10년	20년	50년	80년	100년
진동	$Q_{10}$	부족량	128.564	180.046	273.987	328.777	355.293
		지속기간	101.19	127.89	171.24	194.37	205.14
	$Q_{36}$	부족량	237.721	326.278	484.212	574.745	618.224
		지속기간	158.54	205.82	284.99	328.24	348.58
	$Q_{90}$	부족량	489.263	682.106	1032.200	1235.604	1333.870
		지속기간	193.51	246.89	334.52	381.68	403.71

## 4. 結 論

本 研究에서는 낙동강 진동지점의 日流量資料를 사용하여 渴水 數, 不足量과 持續期間등의 여러 統計的인 결과를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 日流出量의 渴水 數의 分布는 Poisson 分布가 적합한 것으로 판명되었다.
- (2) 日流出量의 渴水 不足量과 渴水 持續期間에 대한 分布型은 2變數 對數正規分布가



적합한 것으로 판명되었다.

(3) 年 最大 不足量 發生時間의 平均値와 最大 不足量의 平均値에 의하여 最大不足量이 1年중 어느 시기에 얼마만큼 발생하는가를 추정할 수 있다.

(4) 再現期間別 渴水 不足量과 持續期間을 추정할 수 있다.

#### 4. 參考文獻

1) Clarke, R.T., "Mathematical models in hydrology", Irrigation and Drainage Paper, 1973.

2) Kite, G.W., "Frequency and risk analyses in hydrology", Water Resources Publications, 1977.

3) Sen, Z., "Statistical Analysis of hydrologic critical droughts", Journal of Hydraulics Division, ASCE, 106(HY1), 99-115, 1980.

4) Todorovic, P., and Woolhiser, D.A., "On the time when the extreme flood occurs", Water Resources Research, 8(6), 1433-1438, 1972.

5) Todorovic, P., and V. Yevjevich, "Stochastic process of precipitation", Hydrology Papers 35, Colorado State University, Fort Collins, 1969.

6) Todorovic, P., and E. Zelenhasic, "A stochastic model for flood analysis", Water Resources Research, 6(6), 1641-1648, 1970.

7) Yevjevich, V., "An objective approach to definitions and investigation of continental hydrologic droughts", Hydrology Papers 23, Colorado State University, Fort Collins, 1967.

8) Yevjevich, V., "Probability and statistics in hydrology", Water Resources Publications, 1972.

9) Zelenhasic, E., "Theoretical probability distributions for flood peaks", Hydrology Papers 23, Colorado State University, Fort Collins, 1970.

10) 姜瑄沅, 安慶洙, 金陽洙, "月流出量에 대한 Run-Length의 解析", 韓國水文學會誌, 第18卷, 第4號, 1985.

11) 姜瑄沅, 安慶洙, "Runs의 特性에 의한 持續期間別 貯水不足量의 推定", 韓國水文學會誌, 第19卷, 第4號, 1986.

12) 尹龍男, "工業水文學", 淸文閣, 1986.

13) 이외숙, 임용빈, 성내경, 소병수, "統計學", 京文社, 1992.