

SMEMAX變換에 의한 渴水頻度分析에 關한 研究

忠北大學校 農科大學 教授 李 淳 赫

忠北大學校 大 學 院 朴 明 根

I. 緒 論

河川의 流量記錄으로부터 利水를 위한 各種 水利構造物의 設計基準이 되는 設計渴水量을 計算하는 것은 매우 重要한 일이 아닐 수 없다. 만일 充分한 水文資料가 있어 設計再現期間에 해당하는 값을 直接 資料로 부터 구할 수 있다면 큰 問題가 없겠으나 대부분의 경우 資料의 期間은 設計再現期間보다 훨씬 적은 것들이어서 資料로 부터 직접 원하는 값을 구하기는 불가능한 경우가 많다. 따라서 過去 水文觀測值로 부터 水文資料系列을 選定한 후, 그 系列에 관한 流域別 適正確率分布型의 決定과 함께 該當 確率分布에 의한 將次의 發生頻度別 渴水量을 豫測함은 무엇보다도 중요하다.

年極值渴水量이나 年最大洪水量 등과 같은 水文現象의 觀測值들은 頻度分布樣相이 正規分布로 되지 않고 非對稱인 경우가 許多하다. 그러나 때로는 이들 水文變量들에 대한 對數變換과 平方根變換等의 方法으로 正規分布化가 가능하기도 하나 大部分의 경우에는 이들 變換에 의해서 正規分布로 되지 않는 경우도 많다.

이에 本 研究에서는 錦江의 5個 流域에 對한 年極值渴水量을 對象으로 SMEMAX (Small, Median, Maximum)變換에 의한 歪曲度係數를 零에 接近시키므로 正規分布化를 追求하고 他變換과의 比較와 함께 誘導되는 變換方程式에 의거한 頻度分析을 遂行하므로서 求해진 確率渴水量을 適正確率分布型에 의해서 求해진 發生頻度別 渴水量과의 比較分析을 遂行하고자 한다.

II. 使用基本水文資料

分析을 위한 資料는 錦江流域의 5 個觀測地點인 窺岩, 公州, 松浦, 沃川, 龍潭 流域을 對象으로 하여 每年 極值渴水量을 選定하였으며, 分析對象流域의 流域圖 및 流域特性은 Fig.-1 및 Table-1 과 같다.

Table-1. Gauging stations

Station	Area(km ²)	Observed durations(yrs)	Remarks
Gyu Am	8,273	1950-1977(28)	Long: 126°03'36" Lat.: 36°16'17"
Gong Ju	7,126	1950-1977(28)	Long: 127°07'38" Lat.: 36°27'43"
Song Po	3,882	1963-1978(16)	Long: 127°34' Lat.: 36°24'
Og Cheon	2,943	1929-1970(42)	Long: 127°39'08" Lat.: 36°16'16"
Yong Dam	937	1963-1977(15)	Long: 127°32' Lat.: 35°58'

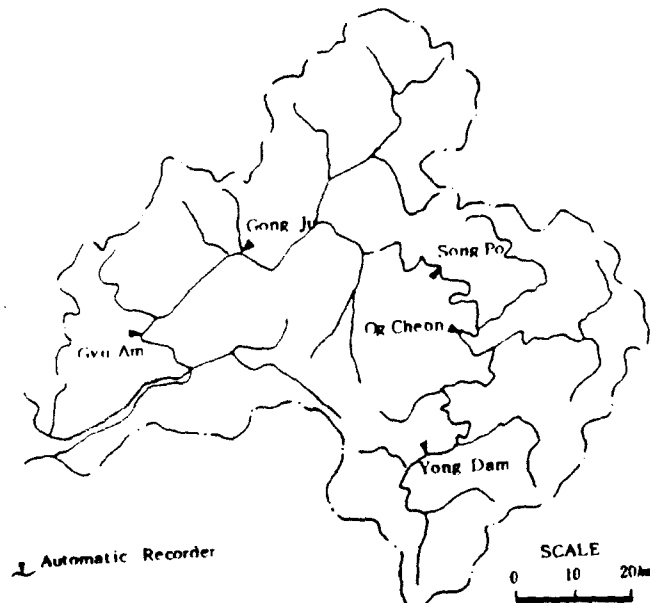


Fig.-1. Location of stream gauges in the Geum River basin

III. SMEMAX 變換의 理論的 分析

SMEMAX 變換은 資料의 歪曲度를 減少시키고, 一般적으로 分布를 正規化 시키기 위한 것으로 資料의 最少值(X_s), 中央值(X_m) 및 最大值(X_L)가 각각 꼭지점이 되는 直角三角形에 근거를 두고 있으며 그 作圖는 Fig.-2에서 보는 바와 같다.

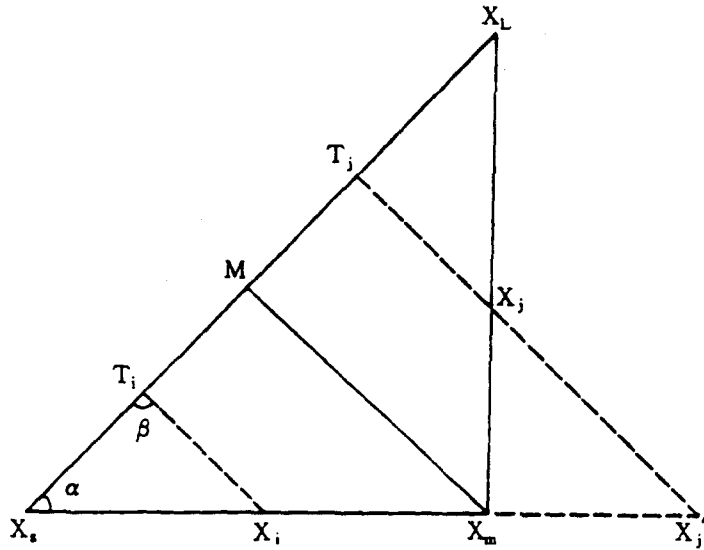


Fig.-2 SMEMAX Transformation

Fig.-1 에서의 α 와 β 의 2個角은 매우 重要하다.

$$\text{即 } \alpha = \tan^{-1} \left\{ \frac{X_L - X_m}{X_m - X_s} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha \dots \dots \dots (2)$$

觀測值, X_j 가 X_m 보다 작거나 같으면 Sine 法則에 의해서 斜邊에 따른 $\overline{T_i X_s}$ 의 길이는

$$\overline{T_i X_s} = (X_i - X_s) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{(X_i - X_s)}{2 \cos \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

한편 觀測值, X_j 가 X_m 보다 크다면 直角三角形 밑변의 延長에 대한 $\overline{X_j' X_m}$ 의 投影은

$$\overline{X_j' X_m} = (X_j - X_m) \cos \alpha \dots \dots \dots (4)$$

또한 sine 法則에 의해서 斜邊에 연한 線分 $\overline{T_j X_s}$ 의 길이는

$$\overline{T_j X_s} = [(X_m - X_s) + (X_j - X_m) \cot \alpha] \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \dots \dots \dots (5)$$

혹은

$$\overline{T_j X_s} = \frac{(X_m - X_s) + (X_j - X_m) \cot \alpha}{2 \cos \alpha} \dots \dots \dots (6)$$

式(3)과 (6)은 X_i 와 X_j 의 變換된 對應值들이 구해졌을 때 X_i 와 X_j 에 대해 쉽게 계산될 수 있다.

$$X_i = T_i \cdot 2 \cos \alpha + X_s \dots \dots \dots (7)$$

$$X_j = (T_j \cdot 2 \cos \alpha + X_s - X_m) \tan \alpha + X_m \dots \dots \dots (8)$$

式(7)은 湧水量의 中央值인 $\frac{(X_m - X_s)}{2 \cos \alpha}$ 의 變換值보다 T_i 의 값이 적게 될 때 사용되고, 其外의 경우에는 式(8)을 사용하게 된다.

IV. 分析結果 및 考察

1. 歪曲度係數의 比較

無變換, 對數變換, 平方根變換 및 SMEMAX變換에 의한 歪曲度係數, C_s 의 結果는 Table-2 와 같다.

Table-2. Evaluation of Coefficients of Skewness by four Methods

Stations	Transformation			
	None	Ln	Square root	SMEMAX
Gyu Am	0.442	-0.319	0.271	-0.217
Gong Ju	1.235	0.223	0.732	0.157
Song Po	1.495	0.587	1.062	0.452
Og Cheon	-0.239	-1.251	-0.770	-0.488
Yong Dam	-0.362	-0.921	-0.634	-0.205

Table-2의 結果에서 보건데, 歪曲度係數는 全對象流域에 걸쳐 SMEMAX에 變換이 對數 및 平方根 變換에 比해 훨씬 零에 接近되는 낮은 歪曲度係數를 나타냄으로서 本 研究에서 主眼點을 두고 있는 正規分布化가 可能함이 立證되었고 또는 水文資料值가 적기 때문에 유발되는 歪曲度係數의 影響이 저하될 때 이 方法이 有用하며, Median Value에 基本을 두게 되므로서 偶然的 outlier에 의한 影響을 별로 받지 않는 안정된 값을 유지할 수 있다는 長점을 발견할 수 있다.

2. SMEMAX變換에 의한 確率渴水量

가. 基本統計值

Table-3. Basic Statistics

Stations	None			SMEMAX		
	\bar{x}	S ²	S	\bar{x}	S ²	S
Gyu Am	21.052	64.705	8.044	11.398	35.565	5.947
Gong Ju	16.705	161.246	12.698	19.311	113.636	10.660
Song Po	7.708	10.740	3.277	4.222	5.842	2.417
Og Cheon	10.146	5.808	2.410	4.100	3.046	1.745
Yong Dam	1.995	0.111	0.333	0.499	0.057	0.238

나. 再現期間別 確率渴水量

再現期間別 渴水頻度係數, K의 값은 Table-4 와 같으며 이에 따른 流域別 再現期間別 確率渴水量的 結果는 Table-5 와 같다.

Table-4. Frequency factors according to return Periods

Return period	2	5	10	20	50	100
Frequency factor	0	-0.8416	-1.2816	-1.6449	-2.0538	-2.3264

Table-5. Probable minimum flow by SMEMAX Transformation method for each Watershed (CMS)

Stations	Return Periods, T(yrs)					
	2	5	10	20	50	100
Gyu Am	19.16	14.00	11.98	9.99	7.75	6.25
Gong Ju	10.09	6.97	5.34	4.00	2.48	1.47
Song Po	7.20	5.66	4.85	4.19	3.44	2.94
Og Cheon	10.04	8.13	7.13	6.30	5.37	4.75
Yong Dam	2.01	1.72	1.56	1.43	1.28	1.19

다. 適正確率滯水量과의 比較

該當流域들의 適正確率分布型으로 擇한 Type III Extremal 分布型和 SMEMAX 變換에 의해서 구해진 流域別 再現期間別 確率滯水量과를 比較한 結果 Table -6 과 같고 이들 流域들에 대해 極值對數確率紙上에 그린 結果는 Fig.-3 ~ Fig.-7 과 같다.

Table-6. Comparison of Probable minimum flows calculated by Type III extremal and SMEMAX transformation method

Stations	Distribution & Relative Error	Return Period, T(yrs)					
		2	5	10	20	50	100
Gyu Am	Type III Extremal	19.96	13.62	11.09	9.44	8.07	7.41
	SMEMAX	19.16	14.40	11.98	9.99	7.75	6.25
	R.E.	0.040	0.057	0.080	0.055	0.040	0.155
Gong Ju	Type III Extremal	13.67	6.62	4.69	3.72	3.10	2.87
	SMEMAX	10.09	6.97	5.34	4.00	2.48	1.47
	R.E.	0.262	0.053	0.139	0.075	0.200	0.488
Song Po	Type III Extremal	7.13	5.01	4.35	3.99	3.75	3.65
	SMEMAX	7.20	5.66	4.85	4.19	3.44	2.94
	R.E.	0.009	0.130	0.115	0.050	0.083	0.195
Og Cheon	Type III Extremal	10.26	8.11	6.95	5.99	4.95	4.29
	SMEMAX	10.04	8.13	7.13	6.30	5.37	4.75
	R.E.	0.021	0.002	0.026	0.052	0.085	0.107
Yong Dam	Type III Extremal	2.16	1.86	1.66	1.47	1.23	1.05
	SMEMAX	2.01	1.73	1.56	1.43	1.28	1.19
	R.E.	0.069	0.075	0.060	0.027	0.041	0.133

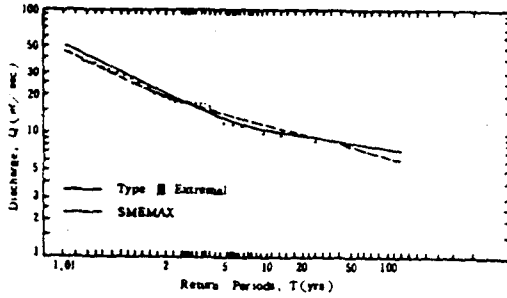


Fig. 3 Comparison of probable minimum flow by Type III Extremal and SMEMAX transformation method at Gyu An

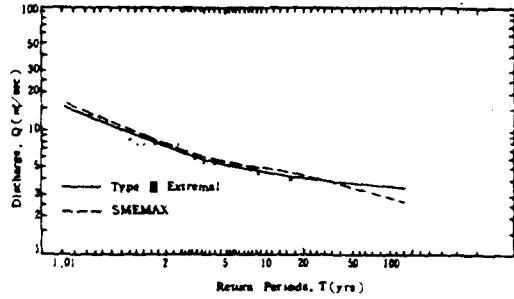


Fig. 5 Comparison of probable minimum flow by Type III Extremal and SMEMAX transformation method at Song Po

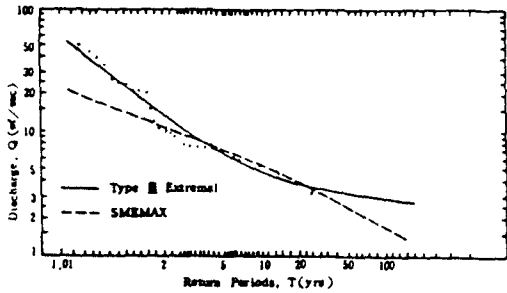


Fig. 4 Comparison of probable minimum flow by Type III Extremal and SMEMAX transformation method at Gong Ju

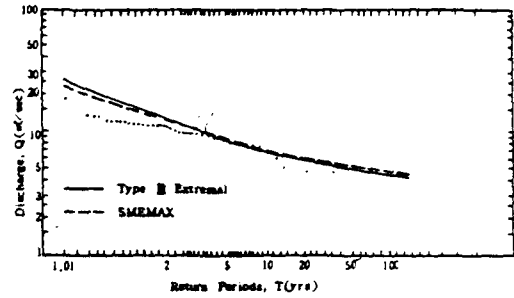


Fig. 6 Comparison of probable minimum flow by Type III Extremal and SMEMAX transformation method at Ogcheon

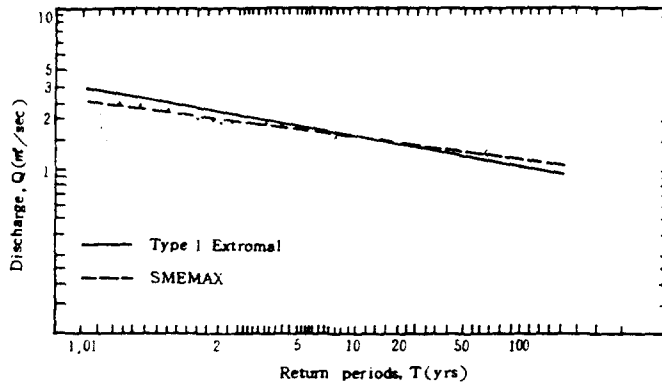


Fig. 7 Comparison of probable minimum flow by Type III Extremal and SMEMAX transformation method at Yong Dam.

SMEMAX 變換에 의한 確率濺水量은 Type III 極值分布에 의한 것보다 一般
 的으로 再現期間 5 年에서 20 年사이는 다소 높게 나타난 반면 再現期間 5 年
 미만과 50 年 이상에서는 낮은 결과를 나타냄을 얻을 수 있고 또한 SMEMAX
 變換의 Type III 極值分布에 대한 相對誤差는 再現期間 100 年을 除外하고는

一般的으로 全 流域에 걸쳐 10% 内外의 許容誤差를 나타내고 있다.

V. 結 論

錦江水系の 5 個流域에 대한 年渴水流量値를 對象으로 하여 SMEMAX 變換에 의한 歪曲度係數를 零에 近接시키고 正規分布化를 追求하므로써 誘導된 變換方程式에 따라 利水計劃을 위한 渴水頻度分析을 遂行하여 求해진 確率渴水量을 適正渴水確率分布型으로 檢定된 Type III 極值分布에 의한 再現期間別 渴水量과 比較分析을 試圖하므로써 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. SMEMAX 變換은 Median 値에 基本을 두게 되어 우연한 Outlier 에 의한 影響을 받지 않으며 資料年數가 적어서 歪曲度係數의 影響도가 低下될때 매우 有用함이 立證되었다.
2. 各 流域別 年渴水量系列의 SMEMAX 變換은 對數 및 平方根 變換에 비해 零에 더욱 近接하는 歪曲度係數를 나타내었다.
3. SMEMAX의 變換式에 의한 再現期間別 渴水量을 誘導하였다.
4. SMEMAX에 의한 確率渴水量은 Type III 極值分布에 의한 것보다 일반적으로 再現期間 5 年에서 20 年 사이는 다소 높게 나타난 반면 再現期間 50 年에서는 낮은 結果를 가져왔다.
5. Type III 極值分布에 의한 確率渴水量에 對한 SMEMAX 變換에 의한 結果值들과의 相對誤差는 再現期間 100 年을 除外하고는 일반적으로 全 流域에 걸쳐 10% 内外의 許容誤差를 나타내고 있다.