大邱地方의 蒸發量에 對한 統計學的硏究

A Statistical Study Evaporation in DAEGU Area

金 永 琪※, 羅 仁 燁※
Yung Ki Kim , In Yup Na

SUMMARY

Rainfall, evaporation, and permeability of water are the most important factors in determining the demand of water. The Daegu area has only a meteorologi observatory and there is not sufficient data for adapting the advanced method for derivation of the estimated of evaporation in the Daegu area. However, by using available data, the writer devoted his great effort in deriving the most reasonable formula applicable to the Daegu area and it is adaptable for various purposes such as industry and estimation of groundwater etc.

The data used in this study was the monthly amount of evaporation of the Daegu area for the past 13 years (1960 to1970). A year can be divided into two groups by relative degrees of evaporation in this area: the first group (less evaporation) is January, February, March, October, November, and December, and the second (more evaporation) is April, May, June, July, August, and Septem ber.

The amount of evaporation of the two groups were statistically treated by the theory of probability for derivation of estimated formula of evaporation.

The formula derved is believed to fully consider. The characteristic hydrological environment of this area as the following shows:

$\log(x+3)=0.8963+0.1125\xi$ ············ (4, 5, 6, 7, 8, 9 month)

$\log(x-0.7)=0.2051+0.3023\xi$ ············ (1, 2, 3, 10, 11, 12 month)

This study obtained the above formula of probability of the monthly evaporation of this area by using the relation: $F_{(x)}=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\xi}e^{-\xi^2}d\xi$ $\quad \xi=a\log_a\left(\frac{x_0+b'}{x_0+b}\right)$ $\quad (-b<x<\infty)$

$\log(x_0+b)=0.80961$

$\frac{1}{a}=\sqrt{\frac{2N}{N-1}}\quad Sx=0.1125$

$b=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}b_i=3.14$

$S_x=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\{\log(x_i+b)\}^2-\{\log(x_i+b)\}^2}=0.0791$

(4, 5, 6, 7, 8, 9 month)

This formula may be advantageously applied to estimation of evaporation in the Daegu area. Notation for general terms has been denoted by following: $W_{(x)}$: probability of occurance.

$W_{(x)}=\int_x^{\infty}f(x)dx$

P: probability $P=\frac{N!}{t!(N-t)}F_i^{N-x}(1-F_i)^t$

F_n: Thomas plot $F_n=\left(1-\frac{n}{N+1}\right)$

X_1, X_j: maximun, minimum value of total number of sample size (Other notation for general terms was used as needed)

I. 緖 論

水文學的 순환기구인 降雨量 증발량 滲透量은 용수량의 장래의 수요량 추정에 있어 가장 중요한 要素가 되는것으로 이중에서 降雨量에 대하여는 이미 大

※ 慶北大學校

邱地方의 확률日雨量에 관한 연구에서 算定式을 발표한 바 있어 本 硏究는 윗 연구의 一環으로 大邱地方의 증발량에 대한 水文統計學的인 방법에 의한 가장 合理的인 地域特性에 맞는 大邱地方의 代表算定式을 推定하고 나아가 地域的인 氣象 水文 水理 地質學的 연구에 기초가 되어 물收支등에 의한 水資源量의 推定에 이바지 하는 것을 目的으로 한다.

水容量推定에 있어 가장 重要한 要素가 되는 증발량은 증발면의 種類와 상태에 따라 많이 틀리며 우리나라의 현실로서 各種水文量의 觀測期間이 比較的 짧을뿐 아니라 기상이나 우량의 관측소 數가 부족하며 기타 여러가지 사정으로 進涉된 水文學的 方法을 적용하기 어려운 상태이다. 그런데 이곳의 資料는 Pen method 에서 얻은것을 택하였으며 지역특성에 알맞는 증발량을 各種要度에 따라 채택할수 있는 算定式을 求하기 위해서 全國에서 가장 降雨量이 적고 반면 증발량이 많은(表-1, 2 참조)대구지방의 특성을 고려하여 式을 推定하였다. 大邱 釜山 秋風嶺측후소에서 사용하는 Pen method 를 사용하고 타방법에 의하여 얻은 Penman equation 의 수치를 비교해보면 기온 습도 풍속 일조및 雲量의 함수로서 증발량의 차이점을 갖고오는 것이다.

그러나 대구지방의 1960년~1972년도 까지의 年증발량을 月別로 평균한 자료를 증발이 적은 1, 2, 3, 10, 11, 12월과 비교적 증발량이 많은 4, 5, 6, 7, 8, 9월의 2期로 구분하여 조사하였다.

表-1 평 균 증 발 량(1931~1960) (단위 ; mm)

지명 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL (YEAR)
강 릉	75. 5	71. 2	98. 5	147. 2	172. 8	134. 8	127. 5	129. 2	107. 6	105. 6	83. 1	77. 8	1, 331. 0
서 울	42. 0	48. 9	80. 2	121. 9	155. 8	147. 2	130. 2	140. 8	114. 8	92. 8	59. 5	42. 0	1, 176. 0
인 천	49. 3	56. 4	83. 2	119. 1	147. 0	138. 8	137. 7	151. 9	125. 7	104. 6	68. 1	52. 0	1, 233. 6
울 릉 도	58. 3	63. 0	96. 1	150. 0	180. 0	153. 7	145. 0	160. 4	124. 5	120. 3	89. 3	67. 8	1, 408. 2
추 풍 령	57. 3	64. 4	103. 2	147. 9	188. 6	167. 1	160. 1	160. 4	120. 8	107. 0	70. 1	55. 2	1, 402. 2
포 항	92. 1	89. 0	118. 1	152. 4	181. 8	163. 2	155. 8	179. 9	131. 0	132. 7	102. 1	94. 2	1, 592. 4
대 구	65. 3	71. 3	107. 8	143. 9	181. 0	179. 6	174. 3	178. 8	118. 9	103. 7	70. 5	62. 3	1, 457. 3
전 주	38. 6	46. 9	78. 9	116. 7	153. 3	156. 9	158. 7	157. 4	110. 2	89. 2	53. 9	38. 4	1, 199. 2
울 산	77. 1	77. 2	106. 6	129. 1	154. 7	142. 7	150. 6	163. 1	117. 2	110. 1	78. 0	71. 2	1, 377. 6
광 주	52. 1	60. 2	94. 6	131. 1	163. 2	164. 6	162. 6	173. 6	119. 0	105. 5	68. 4	50. 8	1, 345. 7
부 산	79. 9	80. 2	106. 6	125. 0	143. 3	129. 3	134. 3	164. 6	123. 5	119. 6	91. 2	81. 4	1, 379. 0
목 포	44. 0	52. 5	83. 3	111. 8	136. 2	134. 7	140. 6	159. 9	116. 4	124. 3	67. 7	47. 7	1, 219. 1
여 수	91. 3	93. 6	116. 2	136. 1	147. 8	135. 2	127. 3	165. 7	119. 3	129. 8	102. 9	86. 2	1, 451. 6
제 주	61. 8	66. 1	100. 7	126. 9	151. 5	159. 6	187. 1	192. 4	138. 8	124. 6	85. 0	68. 2	1, 457. 7

表-2 평 균 강 수 량(1931~1960) (단위 ; mm)

지명 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL (YEAR)
강 릉	36. 9	73. 4	73. 1	70. 4	64. 1	134. 9	212. 1	190. 7	197. 5	87. 8	88. 0	53. 2	1, 282. 2
서 울	17. 1	21. 0	55. 6	68. 1	86. 3	169. 3	358. 0	224. 2	142. 3	49. 2	36. 0	32. 0	1, 259. 2
인 천	15. 8	17. 9	49. 9	66. 3	72. 5	139. 4	303. 8	180. 4	136. 7	45. 0	35. 1	30. 0	1, 092. 8
울 릉 도	177. 4	107. 0	89. 4	80. 1	69. 9	128. 8	146. 0	98. 2	189. 7	112. 2	120. 5	166. 1	1, 485. 2
추 풍 령	25. 4	30. 1	56. 5	71. 9	75. 4	167. 4	267. 6	190. 8	154. 9	40. 4	36. 5	29. 9	1, 146. 7
포 항	29. 5	40. 5	57. 4	67. 3	74. 5	139. 3	157. 7	134. 1	173. 0	59. 2	59. 7	35. 6	1, 027. 9
대 구	15. 8	27. 1	45. 5	64. 4	67. 4	132. 7	200. 2	165. 5	161. 8	44. 0	30. 1	24. 8	979. 3
전 주	26. 6	32. 8	61. 0	76. 4	84. 7	154. 6	279. 7	239. 6	156. 4	51. 5	41. 7	35. 5	1, 240. 7
울 산	24. 2	46. 3	68. 0	88. 4	106. 3	154. 1	203. 7	166. 9	208. 7	65. 0	46. 3	39. 8	1, 217. 6
광 주	31. 5	34. 4	69. 1	82. 2	92. 0	168. 8	222. 6	201. 2	189. 5	51. 9	42. 9	36. 8	1, 222. 8
부 산	25. 3	44. 1	88. 5	113. 5	139. 3	197. 5	247. 6	165. 0	205. 1	73. 1	43. 9	38. 5	1, 381. 6
목 포	37. 4	40. 2	58. 4	82. 9	101. 6	136. 0	182. 8	187. 8	156. 0	55. 4	44. 2	43. 3	1, 125. 9
여 수	17. 1	40. 2	80. 2	124. 2	149. 7	179. 9	262. 6	157. 0	188. 3	45. 3	39. 1	30. 0	1, 313. 7
제 주	59. 2	75. 6	80. 2	82. 3	88. 8	158. 1	209. 8	226. 6	249. 5	87. 5	69. 2	60. 2	1, 439. 9

Ⅱ. 확률理論에 따른 증발량계산

1. 관계식의 유도

水文事象에 따른 수문학적 계획의 규모를 결정하려면 어떤 변량이 일어나는 확률보다 그 변량 이상 일어나는 확률이 문제가 되는 것이다. 이같은 초과확률을 水文統計에서 가장 유용한 片側有限分布의 특색인 하한치 b를 갖는 것이다. 이 b의 값이 +, −, 0를 취함에 따라 확률지상에서 곡선형상이 변화해서 타의 방법에서 볼수없는 最適合性을 갖는 원인으로 되고있다. (Iwai method) 이 計算式을 유도하면

正規分布曲線; $\phi(x)=\frac{h}{\sqrt{\pi}}e^{-h^2x^2}$ 에서 $X=x-m$ 라 두면 $f(x)=\frac{h}{\sqrt{\pi}}e^{-h^2(x-m)^2}$ 여기서 $h=\frac{1}{\sqrt{2}\,\sigma}$, $\xi=h(x-m)$라두고 微分하면 $d\xi=hdx$ 로되고 $f(x)$는 다음 式으로 표시된다. 즉 $f(x)=\frac{1}{\sqrt{\pi}}e^{-\xi^2}\frac{d\xi}{dx}=\frac{1}{2}f(\xi)\frac{d\xi}{dx}$

단 $f(\xi)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{-\xi^2}$ 임

확률변량 x를 對數變換하여 $f(x)=f(\log x)\frac{d(\log x)}{dx}$
$=f(\log x)\frac{\log e}{x}=\frac{h}{x}\frac{\log e}{\sqrt{\pi}}e^{-h'^2(\log x-m')^2}$ 여기서 $\xi'=h'(\log x-m')$라두고 微分하면 $d\xi'=(h'\log e\,dx)/x$. 따라서 $f(x)=\frac{1}{\sqrt{\pi}}e^{-\xi'^2}\frac{d\xi'}{dx}=\frac{1}{2}f(\xi')\frac{d\xi'}{dx}$ (단 $h=\frac{1}{\sqrt{2}\,\sigma'}$ $m'=\overline{\log x}$ $f(\xi')=\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{-\xi'^2}$)

이 式은 x의 原點O를 하한으로하고 상한이 ∞의 非對稱分布曲線이다. 일반으로 水文諸量에는 어떤 下限値가 있으니 이 x의 原點을 $-b$에 옮기면

$$f(x)=f[\log(x+b)]\frac{d[\log(x+b)]}{dx}=\frac{f[\log(x+b)]\log e}{x+b}=\frac{c\log e}{\sqrt{\pi}(x+b)}e^{-c^2[\log(x+b)-m'']^2}$$

지금 $\xi''=c[\log(x+b)-m'']$라놓고 미분하면 $d\xi''=\frac{C}{x+b}dx$로 된다. 따라서 $f(x)=\frac{1}{\sqrt{\pi}}e^{-\xi^2}\frac{d\xi}{dy}=\frac{1}{2}(\xi'')\frac{d\xi''}{dx}$

단 $c=h''=\frac{1}{\sqrt{2}\,\sigma''}$, $m''=\log(x_0+b)$,

$f(\xi'')=\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{-\xi''^2}$

이식은 x의 下限値가 $-b$이고 上限∞의 非對稱分布曲線을 표시한다.

여기서 $m'\fallingdotseq\overline{\log x}=\log x_0=\frac{\sum_{i=1}^{N}\log x_i}{N}$

$m'\fallingdotseq\log(x_0+b)$

$$\sigma''\fallingdotseq u''=\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}[\log(x_i+b)-\log(x_0+b)}}{N-1}$$

여기서 나타 낸것과 같이 가장 特徵的인 것은 下限値 b를 갖고 있다는 點이라 하겠다.

사용하는 기호를 간추려보면

$\phi(x)$: 正規分布曲線

b: 任意의 下限値

x_t: 변량을 크기의 順으로 배열했을 때 큰것에서 부터 약 1/10되는 크기

x_s: 변량을 크기의 順으로 배열했을 때 끝에서 부터 약 1/10되는 크기(表-5참조)

2. 下限値 b의 推定法

繼續曲線 w(超過確率)의 中央値 x_0에 關해 w軸上의 左右對稱이 되도록 하나의 變量 x_s 및 x_t를 택해서 이것에 대응하는 媒介變數를 ξ'' 및 ξ''_t 라하면 x_s와 x_t는 x_0에 대해서 左右對稱이되니 그中 하나에 대하는 超過確率과 他의 하나에 대하는 非超過確率은 같다.

즉 $W(x_s)=S(x_t)$ $\frac{1}{2}\{1-\phi(\xi''_s)\}=\frac{1}{2}\{1+\phi(\xi''_t)\}$

$\phi(\xi''_s)=-\phi(\xi''_t)$ $\xi''_s=-\xi''_t$

$\xi''_s=C\log\left(\frac{x_s+b}{x_0+b}\right)$, $\xi_t=C\log\left(\frac{x_t+b}{x_0+b}\right)$

$(x_0+b)^2=(x_s+b)(x_t+b)$

$\therefore b=\frac{x_sx_t-x_0^2}{2x_0-(x_s+x_t)}$

이式으로 하한정수 b를 사용하므로써 분포곡선을 표본치에 접근토록한다. 더욱 적합성을 갖도록 표본치 x_s:x_t의 하나 하나를 b에 상당하는 b_s를 구해 이것은 b_s의 평균치를 가지고 b로 하였다. 특히 水文諸量에서 사용하는 초과확률 또는 비적합도를 조정토록 $m\fallingdotseq N/10$의 관측치의 組를 잡아 b_s의 산술평균을 구해 b로 하였다. 즉 $b=\sum_{i=1}^{m}b_s/m$를 하한정수로서 구하였다.

3. x_0의 결정

관측기간을 n개월로 해서 그의 관측치의 매년최대치를 크기 순으로 하여 $x_i(i=1,2,3\cdots\cdots n)$라 하면 그의 변수에서 다음 式의 x_0를 구하였다.

$$\log x_0=\frac{\sum_{i=1}^{n}\log x_i}{n}$$

4. b의 결정

계속곡선상의 양측의 초과확률이 갈도록 임의의 점 x_s와 x_t 사이의 관계에서 다음의 b를 算定함.

表-3 확률년에 대한 일반 분류

N (year)	ξ	N (year)	ξ	N (year)	ξ	N (year)	ξ	N (year)	ξ	N (year)	ζ.	N (yeer)	ξ
2	0.0000	27	1.2639	52	1.4634	77	1.5742	102	1.6502	155	1.7582	360	1.9606
3	0.3045	28	1.2749	53	1.4693	78	1.5784	103	1.6528	160	1.7662	370	1.9672
4	0.4769	29	1.2816	54	1.4746	79	1.5815	104	1.6554	165	1.7739	380	1.9733
5	0.5951	30	1.2967	55	1.4798	80	1.5849	105	1.6579	170	1.7814	390	1.9792
6	0.6858	31	1.3069	56	1.4849	81	1.5883	106	1.6607	175	1.7885	400	1.9850
7	0.7547	32	1.3170	57	1.4901	82	1.5917	107	1.6629	180	1.7955	410	1.9906
8	0.8134	33	1.3270	58	1.4952	83	1.5950	108	1.6654	185	1.8023	420	1.9961
9	0.8634	34	1.3359	59	1.4999	84	1.5982	109	1.6678	190	1.8089	430	2.0014
10	0.9062	35	1.3453	60	1.5047	85	1.6014	110	1.9701	195	1.8153	440	2.0067
11	0.9442	36	1.3537	61	1.5094	86	1.6046	111	1.6725	200	1.8215	450	2.0118
12	0.9780	37	1.3622	62	1.5141	87	1.6077	112	1.6749	210	1.8335	460	2.0166
13	1.0084	38	1.3702	63	1.5180	88	1.6108	113	1.6772	220	1.8446	470	2.0213
14	1.0361	39	1.3782	64	1.5231	89	1.6138	114	1.6795	230	1.8554	480	2.0260
15	1.0614	40	1.3860	65	1.5274	90	1.6168	115	1.6818	240	1.8656	490	2.0305
16	1.0848	41	1.3932	66	1.5317	91	1.6198	116	1.6841	250	1.8753	500	2.0350
17	1.1065	42	1.4008	67	1.5359	92	1.6228	117	1.6863	260	1.8847	550	2.0565
18	1.1263	43	1.4079	68	1.5400	93	1.6257	118	1.6885	270	1.8936	600	2.0757
19	1.1455	44	1.4145	69	1.5441	94	1.6285	119	1.6907	280	1.9022	650	2.0931
20	1.1630	45	1.4213	70	1.5481	95	1.6314	120	1.6929	290	1.9105	700	2.1094
21	1.1798	46	1.4276	71	1.5521	96	1.6342	125	1.7034	300	1.9184	750	2.1242
22	1.1955	47	1.4342	72	1.5560	97	1.6369	130	1.7135	310	1.9260	800	2.1375
23	1.2102	48	1.4404	73	1.5597	98	1.6396	135	1.7232	320	1.9335	850	2.1506
24	1.2246	49	1.4464	74	1.5634	99	1.6423	140	1.7324	330	1.9407	900	2.1630
25	1.2380	50	1.4520	75	1.5672	100	1.6450	145	1.7414	340	1.9476	950	2.1750
26	1.2509	51	1.4578	76	1.5709	101	1.6476	150	1.7499	350	1.9542	1000	2.1850

$$b=\frac{\sum_{i=1}^{m} b_s}{m} \qquad b_s=\frac{x_s.\, x_t-x_o{}^2}{2x_o-(x_s+x_t)}$$

$m=$(N/10에 가장가까운 정수) $t=m-(s-1)$

$s.t$ 는 자료를 크기 順으로한 측정치의 순위에 대한 대칭인 순위이며 처음과 끝의 m 組만의 x 를 잡아 b_s 를 구해 그의 평균치로서 b 를 추정하였음. 그런데 하한치 $-b$ 를 갖는 片側有限分布에서 $+b$ 가 나타나고 또 $b<x_{min}$ 를 만족하지 않은 경우가 있는데 이때의 b 값은 물리적으로 最少水文量을 추정하는 것으로 그대로 계산을 하는 것이나 $-b$ 가 x_{min} 보다 클 때는 minus 의 대수(對數)가 되니 계산불능으로 된다. 이때는 $b=0$ 로 계산한다. 최근 수문통계학상의 모든 체계와 형을 가다듬어서 Iwai method 는 다음 式으로 나타낸다.

$$F(x)=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\xi} e^{-\xi^2}d\xi \qquad \xi=a\log_{10}\frac{x+b}{x_o+b}\ (-b<x<\infty)$$

$$\log_{10}(x+b)=\log_{10}(x_o+b)+\frac{1}{a}\xi$$

a, b, x: Constant

$$x_g : \log_{10}x_g=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \log_{10}t_i$$

$$b_s\doteqdot\frac{x_e.\, x_s-x_g{}^2}{2x_g-(x_e+x_s)} \quad (b=N-i+1)$$

$$\log_{10}(x_o+b)=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \log_{10}(x_i+b)$$

$$\frac{1}{a}=\sqrt{\frac{2}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(\log_{10}\frac{x_i+b}{x_o+b}\right)^2}=\sqrt{\frac{2N}{N-1}}\ s_x$$

$$S_x=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\{\log_{10}(x_i+b)\}^2-\{\log_{10}(x_o+b)\}^2}=\sqrt{\bar{y}^2-\bar{y}^2}$$

5. 확률계산 : 대구지방의 156개월간의 월평균 증발량을 전조기의 1, 2, 3, 10, 11, 12월과 호우기인 4, 5, 6, 7, 8, 9월로 1년을 2期로 구분해서 확률日증발량을 表4에서 구하였다.

①란은 크기의 순위로 나란히 해놓은 순위

②란은 평균日우량 x(1個月의 총증발량을 30, 31 28, 29로 나눈것임)

③란은 Thomas plot 에 따른 F(%)값(② ③을 組

슴해서 대수확률지에 Plot 한다)

④란은 x_g 을 구하기 위한 대수치표(V)는 係數 b 의 계산표로서 그때의 총자료수는 $N=78$이므로 $m=78/10 \fallingdotseq 8$로서 최대치와 최소치로 부터 각각 8개를 가지고 b_s를 계산하고 그 평균치로 b를 얻었다.

⑤란은 x_i+b

⑥란은 그 대수치이며 그 평균치가 $\bar{Y}$이다.

⑦란의 $\bar{Y}^2$, 계산임

表-4 **추정량 X에 대한 계산** (4, 5, 6, 7, 8, 9 month)

No.	Evapo. mm /day x_i	$F_x(\%)=\left(1-\frac{n}{N+1}\right)\times 100$	$\log_{10} x_i$	x_i+b	$Y=\log(x_i+b)$	Y^2
1	8.0	98.7	0.90309	11.0	1.04139	1.08449
2	7.7	97.5	0.88649	10.7	1.02938	1.05962
3	7.3	96.2	0.86332	10.3	1.01284	1.035972
4	7.1	95.0	0.85126	10.1	1.00432	1.008659
5	6.9	93.7	0.83885	9.9	0.99564	0.99130
6	6.8	92.4	0.83251	9.8	0.99123	0.982537
7	6.8	91.2	0.83251	9.8	0.99123	0.982537
8	6.7	89.9	0.82607	9.7	0.98667	0.973518
9	6.6	88.7	0.81954	9.6	0.98227	0.96485
10	6.5	87.4	0.81291	9.5	0.97772	0.95593
11	6.5	86.1	0.81291	9.5	0.97772	0.95543
12	6.3	84.8	0.79934	9.3	0.96848	0.9379
13	6.1	83.4	0.78533	9.1	0.95904	0.9172
14	6.1	82.3	0.78533	9.1	0.95904	0.9197
15	5.9	81.1	0.77085	8.9	0.94939	0.9013
16	5.7	79.8	0.75587	8.7	0.93952	0.8772
17	5.7	78.5	0.75587	8.7	0.93952	0.8827
18	5.6	77.3	0.74819	8.6	0.93450	0.8733
19	5.6	75.9	0.74819	8.6	0.93450	0.8733
20	5.5	74.7	0.74036	8.5	0.92942	0.8634
21	5.5	73.5	0.74036	8.5	0.92942	0.8634
22	5.4	72.2	0.73239	8.4	0.92428	0.8543
23	5.4	70.9	0.73239	8.4	0.92428	0.8543
24	5.3	69.6	0.72428	8.3	0.91908	0.8447
25	5.3	68.4	0.72428	8.3	0.91908	0.8447
26	5.3	67.1	0.72428	8.3	0.91908	0.8447
27	5.2	65.8	0.71600	8.2	0.91381	0.8350
28	5.2	64.6	0.71600	8.2	0.91381	0.8350
29	5.1	63.3	0.70757	8.1	0.90849	0.8254
30	5.1	62.1	0.70757	8.1	0.90849	0.8254
31	5.1	60.7	0.70757	8.1	0.90849	0.8254
32	5.0	59.5	0.69897	8.0	0.90309	0.8156
33	5.0	58.3	0.69897	8.0	0.90309	0.8156
34	5.0	57.0	0.69897	8.0	0.90309	0.8156
35	5.0	55.7	0.69897	8.0	0.90309	0.8156
36	5.0	54.5	0.69897	8.0	0.90309	0.8156
37	5.0	54.2	0.69897	8.0	0.90309	0.8156
38	4.9	51.9	0.69020	7.9	0.89763	0.8057
39	4.9	50.7	0.69020	7.9	0.89763	0.8057
40	4.9	49.5	0.69020	7.9	0.89763	0.8057
41	4.9	48.2	0.69020	7.9	0.89763	0.8057

No.	Evapo mm /day x_i	$F_n(\%)=\left(1-\frac{n}{N+1}\right)\times 100$	$\log_{10} x_i$	x_i+b	$Y=\log(x_i+b)$	Y^2
42	4.8	46.9	0.68124	7.8	0.89209	0.7958
43	4.8	45.6	0.68124	7.8	0.89209	0.7958
44	4.8	44.4	0.68124	7.8	0.89209	0.7958
45	4.7	43.1	0.67210	7.7	0.88649	0.7859
46	4.7	41.8	0.67210	7.7	0.88649	0.7859
47	4.6	40.5	0.66276	7.6	0.88081	0.7758
48	4.6	39.2	0.66276	7.6	0.88081	0.7758
49	4.6	38.	0.66276	7.6	0.88081	0.7758
50	4.6	36.7	0.66276	7.6	0.88081	0.7758
51	4.5	35.5	0.65321	7.5	0.87506	0.7657
52	4.5	34.2	0.65321	7.5	0.87506	0.7657
53	4.4	32.9	0.64345	7.4	0.86923	0.7556
54	4.4	31.7	0.64345	7.4	0.86923	0.7556
55	4.3	30.5	0.63347	7.3	0.86332	0.7451
56	4.3	29.1	0.63347	7.3	0.86332	0.7451
57	4.3	27.9	0.63347	7.3	0.86332	0.7451
58	4.2	26.6	0.62325	7.2	0.85733	0.7350
59	4.2	25.3	0.62325	7.2	0.85733	0.7850
60	4.1	24.1	0.61278	7.1	0.85126	0.7247
61	4.1	22.7	0.61278	7.1	0.85126	0.7247
62	4.0	21.5	0.60206	7.0	0.84510	0.7150
63	4.0	20.3	0.60206	7.0	0.84510	0.7150
64	4.0	19.0	0.60206	7.0	0.84510	0.7150
65	3.9	17.8	0.59106	6.9	0.83885	0.7037
66	3.8	16.6	0.57978	6.8	0.83251	0.6931
67	3.8	15.2	0.57978	6.8	0.83251	0.6931
68	3.8	14.	0.57978	6.8	0.83251	0.6931
69	3.7	2.7	0.56820	6.7	0.82607	0.6824
70	3.7	11.4	0.56820	6.7	0.82609	0.6824
71	3.3	10.1	0.51851	6.3	0.79934	0.6387
72	3.2	8.9	0.51851	6.3	0.79934	0.6387
73	3.3	7.6	0.51851	6.3	0.79934	0.6387
74	3.2	6.5	0.50515	6.2	0.79239	0.7279
75	3.2	4.9	0.50515	6.2	0.79239	0.7279
76	3.2	3.8	0.50515	6.2	0.79239	0.6279
77	3.0	2.6	0.47712	6.0	0.77815	0.6055
78	2.8	1.5	0.44716	5.8	0.76343	0.5828

표-5 **b 값의 계산**

x_e	x_s	$x_e \cdot x_s$	$x_e \cdot x_s - x_g^2$	x_e+x_s	$2x_g-(x_e+x_s)$	b_s
8.0	2.8	22.40	−0.89992	10.8	−0.1146	7.853
7.7	3.0	23.10	−0.2	10.7	−0.1046	1.912
7.3	3.2	23.36	0.06	10.5	−0.0846	0.071
7.1	3.2	22.72	−0.58	10.4	−0.0746	7.775
6.9	3.2	22.08	−0.122	10.1	−0.446	0.274
6.8	3.3	22.44	−0.86	10.1	−0.446	1.928
6.8	3.3	22.44	−0.86	10.1	−0.446	1.928
6.7	3.3	22.11	−1.19	10.	−0.346	3.439

表-6 추정량 X의 계산

T (YEAR)	ξ	0.1125ξ	$0.8963+0.1125\xi$	$x+3$	x
500	2.0350	0.229	1.1253	13.34	10.34
300	1.9184	0.216	1.1123	12.95	9.95
200	1.8215	0.2049	1.1012	12.63	9.63
100	1.6450	0.1851	1.0814	12.06	9.06
75	1.5672	0.1763	1.0726	11.82	8.82
50	1.4520	0.1637	1.0600	11.48	8.48
30	1.2967	0.1459	1.0422	11.07	8.07
20	1.1630	0.1308	1.0271	10.64	7.64
10	1.9062	0.1019	0.9982	9.959	6.959
7	0.7547	0.0849	0.9812	9.577	6.577
5	0.5951	0.0669	0.9532	8.979	5.979
3	0.3045	0.0343	0.9306	8.523	5.523
2	0.0000	0.0000	0.8963	7.876	4.876

表-7 추정량 X의 계산 (1, 2, 3, 10, 11, 12, month)

No.	evapo. mm /day x_i	$F_n(\%)=\left(1-\frac{n}{N+1}\right)\times 100$	$\log_{10} x_i$	x_i+b	$Y=\log(x_i+b)$	Y^2
1	4.5	98.87	0.65321	3.8	0.57978	0.33614
2	4.3	97.5	0.63347	3.6	0.55630	0.30947
3	4.3	96.2	0.63347	3.6	0.55630	0.30947
4	3.8	95.	0.57978	3.1	0.49136	0.24143
5	3.8	93.7	0.57978	3.1	0.49136	0.24143
6	3.8	92.4	0.57978	3.1	0.49136	0.24143
7	3.6	91.2	0.55630	2.9	0.45240	0.20567
8	3.6	89.9	0.55630	2.9	0.45240	0.20567
9	3.5	88.7	0.54407	2.8	0.44716	0.19995
10	3.5	87.4	0.54407	2.8	0.44716	0.19995
11	3.3	86.1	0.51851	2.6	0.41497	0.17218
12	3.3	84.8	0.51851	2.6	0.41497	0.17218
13	3.3	83.4	0.51851	2.6	0.41497	0.17218
14	3.1	82.3	0.49136	2.4	0.38021	0.14456
15	3.1	81.1	0.49136	2.4	0.38021	0.14456
16	3.0	79.8	0.47712	2.3	0.36173	0.13085
17	3.0	78.5	0.47712	2.3	0.36173	0.13085
18	2.9	77.3	0.46240	2.2	0.34242	0.11727
19	2.9	75.9	0.46240	2.2	0.34242	0.11727
20	2.9	74.7	0.46240	2.2	0.34242	0.11727
21	2.9	73.5	0.46240	2.2	0.34242	0.11727
22	2.9	72.2	0.46240	2.2	0.34242	0.11727
23	2.9	70.9	0.46240	2.2	0.34242	0.11727
24	2.8	69.6	0.44716	2.1	0.32222	0.10383
25	2.7	68.4	0.43136	2.0	0.30103	0.09062
26	2.7	67.1	0.43136	2.0	0.30103	0.09062
27	2.7	65.8	0.43136	2.0	0.30103	0.09062
28	2.6	64.6	0.41497	1.9	0.27875	0.07330

No.	Evapo mm /day x_i	$F_n(\%)=\left(1-\frac{n}{N+1}\right)\times 100$	$\log_{10} x_i$	x_i+b	$Y=\log(x_i+b)$	Y_i^2
29	2.6	63.3	0.41497	1.9	0.27875	0.07730
30	2.6	62.1	0.41497	1.9	0.27875	0.07730
31	2.6	60.7	0.41497	1.9	0.27875	0.07730
32	2.6	59.5	0.41497	1.9	0.27875	0.07730
33	2.5	58.3	0.39794	1.8	0.25527	0.06516
34	2.5	57.0	0.39794	1.8	0.25527	0.06516
35	2.5	55.7	0.39794	1.8	0.25527	0.06516
36	2.5	54.5	0.39794	1.8	0.25527	0.06516
37	2.4	53.2	0.38021	1.7	0.23045	0.05312
38	2.4	51.9	0.38021	1.7	0.23045	0.05312
39	2.4	50.7	0.38021	1.7	0.23045	0.05312
40	2.4	49.5	0.38021	1.7	0.23045	0.05312
41	2.4	48.2	0.38021	1.7	0.23045	0.05312
42	2.3	46.9	0.36713	1.6	0.20412	0.04166
43	2.3	45.6	0.36713	1.6	0.20412	0.04166
44	2.3	44.4	0.36713	1.6	0.20412	0.04166
45	2.3	43.1	0.36713	1.6	0.20412	0.04166
46	2.2	41.8	0.34242	1.5	0.17609	0.03101
47	2.2	40.5	0.34242	1.5	0.17609	0.03101
48	2.2	39.2	0.34242	1.5	0.17609	0.03101
49	2.2	38.	0.34242	1.5	0.17609	0.03101
50	2.2	36.7	0.34242	1.5	0.17609	0.03101
51	2.1	35.5	0.32222	1.4	0.14613	0.02135
52	2.1	34.2	0.32222	1.4	0.14613	0.02135
53	2.1	32.9	0.32222	1.4	0.14613	0.02135
54	2.1	31.7	0.32222	1.4	0.14613	0.02135
55	2.1	30.5	0.32222	1.4	0.14613	0.02135
56	2.1	29.1	0.32222	1.4	0.14613	0.02135
76	1.4	3.8	0.7	0.7	−0.15490	0.024
77	1.4	2.6	0.7	0.7	−0.15490	0.024
78	1.4	1.5	0.7	0.7	−0.15490	0.024

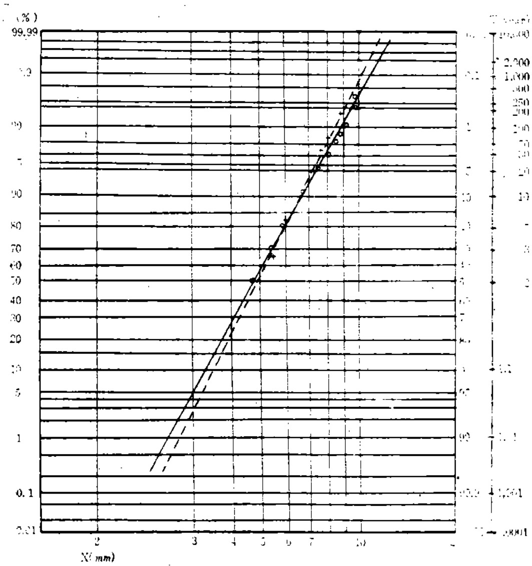
表-8 b 값의 계산

x_e	x_s	$x_e. x_s$	$x_e. x_s - x_g$	x_e+x_s	$2x_g-(x_e+x_s)$	b_s
4.5	1.4	6.30	0.54	5.9	−1.1	−0.499
4.3	1.4	6.02	0.26	5.7	−0.9	−0.289
4.3	1.4	6.02	0.26	5.7	−0.9	−0.289
3.8	1.4	5.32	−0.44	5.2	−0.4	1.00
3.8	1.5	5.70	−0.06	5.3	−0.5	0.012
3.8	1.5	5.70	−0.06	5.3	−0.5	0.012
3.6	1.5	5.40	−0.36	5.1	−0.3	1.2
3.6	1.6	6.48	0.72	5.2	−0.4	−1.8

$\log(x-0.7)=0.205+0.3023\xi$

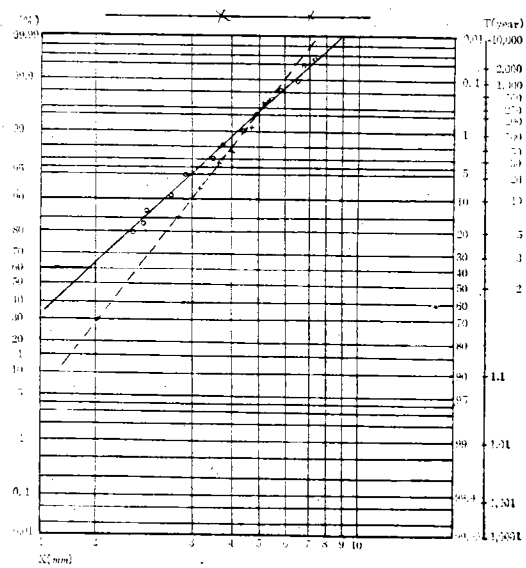
表-9 추정량 X에 對한 계산

T (YEAR)	ξ	0.3023ξ	$0.2051+0.3023\xi$	$x+0.7$	x
500	2.0350	0.61518	0.82028	6.611	5.911
300	1.9184	0.57993	0.78503	6.096	5.396
200	1.8215	0.55064	0.75574	5.698	4.998
100	1.6450	0.49728	0.70238	5.039	4.339
75	1.5672	0.47376	0.67886	4.774	4.074
50	1.4520	0.43894	0.64404	4.406	3.706
30	1.2967	0.39199	0.59709	3.954	3.254
20	1.1630	0.35157	0.55667	3.603	2.903
10	0.9062	0.27384	0.47894	3.013	2.313
7	0.7547	0.22815	0.43325	2.712	2.012
5	0.5951	0.17990	0.38500	2.427	1.727
3	0.3045	0.09205	0.29715	1.982	1.282
2	0.0000	0.0000	0.2051	1.604	0.904



(1) Calcartion of evaporation in DAEGU AREA according to the theory of probability (4, 5, 6, 7, 8, 9 menth)
(2) Thomasplot

Fig. 1. on plotted probability graph pager



(1) Calanration of evaporation in DAEGU AREA according to the theory of probability(1, 2, 3, 10, 11, 12 month)
(2) Thomas plot

Fig. 2. on plotted probability groph paper

$\therefore\ \bar{Y}^2=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\{\log_{10}(x_i+b)\}^2=0.80961$

$\bar{Y}=\log(x_o+b)=0.8963$

$S_x=0.0791$

$\frac{1}{a}=\sqrt{\frac{2N}{N-1}}\cdot S_x=0.1125$

따라서 기본추정식 $\log(x+3)=0.8963+0.1125\xi$

(4, 5, 6, 7, 8, 9, 10월)의 임의의 확률$N(F_n\%)$에 대응

한 ;의 값을 表3에서 구하여 x를 계산하여 表4를 얻어 500年 확률로 10.34mm 300年 확률 9.950mm 100年 확률로 6.959mm의 값을 얻고 Probability grapb paper에 Thomas plot와 I.M Curve를 figl로 표시 하였고 1월, 2월, 3월, 10월, 11월, 12월도 같은 방법의 계산으로 얻어진것을 도표로 표시한것이 fig Ⅱ이다.

結 論

위에서 얻은 대표 산정식 $\log(x+3)=0.8963+0.1125\xi$ 와 $\log(x-0.7)=0.2051+0.3023\xi$ 을 수문통계학적 방법에 의하여 확률 년별로 추정함에 있어 Thomas plot는 계산은 간편하나 신뢰도가 확률지의 중앙부 즉 W=0.5 부근에서는 높으나 100年 300年 500年등 초과확률이 작은 부분은 신뢰도가 낮은 결점이 있으며 특히 관측치의 범위에서 부분적인 초과확률을 추정하는데 단점이 있다.

그런데 본 논문에서 주어진 관측치 뿐 아니라 관측치가 대표하고 있다고 보는 통계적 모집단을 넓게 보아서 통계분포를 대수정규분포로 해서 빈도 분포를 추정하여 적분곡선으로 초과 확률을 구하여 유한분포로 생각하고 하한치 b를 산정하여 확률치의 곡선形狀을 변화하여 계산하였으므로 他의 어떤 방법보다 적합하다고 보겠다. 그래서 대구지방과 같이 水文學的 환경이 상이한 경우에 특정을 표시하는데 매우 객관적이며 合理的인 代表算定式이다.

Reference

1. CW. Sherman: Frequency and Intensity of excessive rainfall at BOSTON MASSACHUSETTS Thomas, ASCE VOL. 95, 1931.
2. Linsley & Kohler: Applied Hydrology 1949
3. B. F Kimball: sufficient statstical estimation Function for the parameters of he distribution of maximum value, AMS. 1949.
4. Iwai: Duration Curves of logarithmic normal
5. Ven Te Chow: Determination of Hydrologic frequency Faclor proc. ASCE. Vol. 8 No. HY 1959
6. 石原藤次郎, 岩井重次, 水文學, 水文圖學, 水文統計學, 土木技術 1946
7. 농업용수개발 사업총람 농림부, 1969
8. 高瀨信忠：對數正規分布に關する順序統計學的考察 1957
9. 角屋睦：農業利水計劃における水文量の統計的方法に關する硏究 1960