

# 순별증발량 자료의 적정 확률분포형 선정

## Selection of Appropriate Probability Distribution Types for Ten Days Evaporation Data

김 선 주(건국대) · 박 재 흥(농진공) · 강 상 진<sup>\*</sup>(건국대)  
Kim, Sun Joo · Park Jae Heung · Kang, Sang Jin

### Abstract

This study is to select appropriate probability distributions for ten days evaporation data for the purpose of representing statistical characteristics of real evaporation data in Korea. Nine probability distribution functions were assumed to be underlying distributions for ten days evaporation data of 20 stations with the duration of 20 years. The parameter of each probability distribution function were estimated by the maximum likelihood approach, and appropriate probability distributions were selected from the goodness of fit test. Log Pearson type III model was selected as an appropriate probability distribution for ten days evaporation data in Korea.

### I. 서론

작물의 생육에 필요한 수분을 강우만으로 항상 보충될 수 없으므로, 관개는 농작물의 정상적인 작물 생육을 돕기 위하여 토양 속에 알맞는 양의 수분을 인위적으로 공급하는 것을 말한다. 때문에 그 필요한 시기와 필요수량을 정확히 파악하는 것은 농업용수개발과 물의 효과적인 관리계획수립에 있어 대단히 중요한 사업이다.

필요수량은 침투량과 증발산량으로 구성되어 있으며, 침투량은 토양의 종류, 지하수위 등에 영향을 받는 반면 증발산량은 작물의 종류 및 매일의 기상조건에 의해 변화하므로 침투량에 비해 그 변화율이 매우 크므로 적정 필요수량을 산정한다는 것은 매우 어려운 일이다.

필요수량 산정에 기본 요소가 되는 증발산량 공식에는 Blaney & Criddle, Thornthwaite, Hargreaves, Radiation 및 Penman식등이 있으며, 우리나라에서는 초기에 Blaney & Criddle공식을 이용하다가 80년 이후 기상인자를 이용한 Pammen

---

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

식을 사용하고 있는 실정이다. 이처럼 기상인자를 이용한 증발산량 산정에 대한 연구는 활발한 반면 작물계수와 증발량을 고려한 증발산량 산정에 대한 연구는 아직 미비한 상태이며, 우리나라 증발량의 통계학적 특성에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않는 실정이다.

본 연구는 우리나라 증발량의 통계학적 특성을 규명하기 위한 기본 단계로 전국 측후소의 순별증발량 자료를 가지고, 최우도법을 이용한 매개변수 추정과, Kolmogorov-Smirnov 검정 및 Cramer von Mises 검정을 이용하여 우리나라 순별 증발량에 대한 적정 분포함수를 선정하고자 한다.

## II. 기본자료의 분석 방법

### 1. 기상관측자료 선정

관측자료는 기상청에서 관할하는 전국 33개의 측후소 중 '71년 이후의 자료가 수록되어 있는 측후소를 대상으로, 33개중 총 20개의 측후소를 선정하였다. 관측자료는 1971~1990년까지 20년동안의 순별증발량 자료이며, 각 해당 측후소에 대한 제원은 Table. 1과 같다

Table. 1 기상청 관할 측후소(20개 측후소)

Number	Station	River	Latitude	Longitude	Number	Station	River	Latitude	Longitude
101	춘천	한강	38° 15'	128° 34'	140	군산	금강	35° 59'	126° 42'
105	강릉	한강	37° 45'	128° 54'	143	대구	낙동강	35° 53'	128° 34'
108	서울	한강	37° 34'	126° 58'	145	전주	만경강	35° 49'	127° 09'
112	인천	한강	37° 29'	126° 38'	152	울산	태화강	35° 11'	129° 19'
119	수원	안성천	37° 16'	126° 59'	156	광주	영산강	35° 10'	126° 53'
129	서산	-	36° 46'	126° 28'	159	부산	-	35° 06'	129° 02'
131	청주	금강	36° 38'	127° 26'	165	목포	-	34° 47'	126° 23'
133	대전	금강	36° 18'	127° 24'	168	여수	-	34° 44'	127° 44'
135	추풍령	금강	36° 13'	128° 00'	184	제주	-	33° 31'	126° 32'
138	포항	영산강	36° 02'	129° 23'	192	진주	낙동강	35° 12'	128° 06'

### 2. 매개변수 추정 방법

적정 확률분포형을 선정하기 위한 매개변수 추정방법에는 직접모멘트법(Direct Method of Moments), 최우도법(Maximum Likelihood), 혼합모멘트법(Method of Mixed Moment), 간접모멘트법(Indirect Method of Moment)이 있다. 최우도법의 특징은 표본크기가 충분히 클 때 가장 효율적인 방법으로 평가되는(Lowery & Nash. 1970; Samuelson. 1972; Matalas & Wallis. 1973) 반면 수치해석으로 어려움과, 표본크기가 작을 때 일반적으로 잘 일치하지 않는 결과를 보일 수 있다(Bobee & Robitaille. 1975). 본 연구에서는 증발자료의 개수(720개)가 충분히 크기 때문에 4가지 방법중 최우도법만을 이용하여 매개변수를 추정하였다.

최우도법의 공식은 다음과 같으며, 식에서 보는 바와 같이 우도 함수(L)를 각각의 매개변수( $\alpha, \beta, \dots$ )에 대해 편미분한 뒤 0으로 놓고 각각의 매개변수를 추정하는

방법이다.

$$L = \prod_{i=0}^n p(x_i; \alpha, \beta, \dots)$$

여기서 L ; 우도 함수(Likelihood function), p : 확률밀도 함수 n : 자료갯수

### 3. 적용 확률분포함수

순별증발량 자료의 통계적 특성을 가장 잘 나타내는 확률분포형을 선정하기 위해 수자원, 수문학 분야에서 널리 이용되고 있는 9가지 확률분포형을 적용시켰고, 각각의 대한 확률밀도함수는 Table. 2와 같다.

Table. 2 적용 확률밀도함수

적용 확률분포형	확률밀도함수
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$
Log-Normal-2	$f(x) = \frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \ln \mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right]$
Log-Normal-3	$f(x) = \frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x-x_0} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0) - \ln \mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right]$
Gamma	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(\beta)} \left(\frac{x}{a}\right)^{\beta-1} e^{-\frac{x}{a}}$
Pearson type III	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-x_0}{a}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x-x_0}{a}\right)$
Log-Pearson type III	$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(\beta)} \frac{1}{x} \left(\frac{\ln x - y_0}{a}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{\ln x - y_0}{a}\right)$
Gumbel	$f(x) = \frac{1}{a} \exp\left[-\frac{x-x_0}{a} - \exp\left(-\frac{x-x_0}{a}\right)\right]$
Weibul	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \exp\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right]$
Beta	$f(x) = \frac{1}{B(q,r)} (x-a)^{q-1} \frac{(b-x)^{r-1}}{(b-a)^{q+r-1}}$

$$\Gamma(\beta) = \int_0^\infty z^{\beta-1} e^{-z} dz : \text{gamma함수} \quad B(q,r) = \int_0^1 x^{q-1} (1-x)^{r-1} dx : \text{beta함수}$$

### 4. 적합도 검정 방법

적합도 검정(Goodness of Fit Test)은 대상자료로부터 얻어지는 경험적 빈도분포와 가정한 확률분포가 얼마나 잘 일치하는가를 판단하는 방법으로 도시적인 방법과 통계적인 방법에 의해 이루어진다. 본 연구에서는 Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정방법을 이용하여 적정 확률분포형을 선정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 증발자료의 기본 통계치 및 매개변수 추정

본 연구는 매개변수 추정에 있어서 최우도법을 이용하였다. Table. 3은 9가지 적용 확률분포형중 Log Pearson type III에 대한 매개변수 추정치와 각 해당 측후소에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도 계수, 변동계수에 대한 기본 통계치를 보여주고 있다. 20개 측후소에 대한 평균치 및 표준편차 범위는 각각 2.832~3.588 및 0.999~1.629를 나타내고 있다. 전주 측후소가 낮은 증발량을 보인 반면 대구 측후소가 가장 높은 값을 나타내었다.

Table. 3 Log Pearson type III에 대한 기본 통계치 및 매개변수 추정값

Number	Station	Mean (mm)	Standard deviation	Coefficient of skewness	Coefficient of variation	Scale parameter	Shape parameter	Location parameter
101	춘천	2.952	1.509	0.477	0.511	-0.312	3.984	2.165
105	강릉	3.426	1.417	0.845	0.413	-0.077	31.010	3.524
108	서울	2.957	1.384	0.349	0.468	-0.293	3.767	2.051
112	인천	3.279	1.425	0.291	0.432	-0.259	4.000	2.109
119	수원	3.015	1.469	0.322	0.487	-0.342	3.156	2.035
129	서산	2.920	1.407	0.388	0.481	-0.300	3.809	2.072
131	청주	2.900	1.488	0.343	0.513	-0.388	2.870	2.001
133	대전	3.019	1.521	0.362	0.503	-0.357	3.164	2.070
135	추풍령	3.548	1.505	0.454	0.424	-0.186	6.620	2.398
138	포항	3.420	1.436	0.758	0.419	-0.100	19.540	3.105
140	군산	3.151	1.380	0.342	0.437	-0.245	4.448	2.122
143	대구	3.588	1.629	0.543	0.454	-0.196	6.879	2.509
145	전주	2.832	1.473	0.372	0.520	-0.388	2.968	2.011
152	울산	3.378	1.334	0.683	0.202	-0.096	19.106	2.968
156	광주	3.244	1.593	0.552	0.491	-0.245	5.454	2.374
159	부산	3.301	0.999	0.679	0.302	-0.033	85.956	3.984
165	목포	3.232	1.346	0.463	0.416	-0.174	7.218	2.330
168	여수	2.899	1.489	0.344	0.513	-0.389	2.871	2.001
184	제주	3.456	1.431	0.590	0.414	-0.136	10.998	2.643
192	진주	3.000	1.200	0.388	0.400	-0.175	6.582	2.162

#### 2. 적합도 검정

최우도법을 이용한 매개변수 추정후, 적용된 9가지 확률분포형에 대해 적합도 검정을 실시하였다. 적합도 검정방법은 앞에서 언급했듯이 Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정을 이용하여 최적의 확률분포형을 선정하였고, Table. 4는 1%의 유의수준에 대한 적합도 검정결과를 보여주고 있으며, 이에 대한 Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정 한계치는 각각  $D_{720}^{0.01} = 0.061$  및  $W_{0.99}(720) = 0.74$ 이다. K-S 검정결과 Log-Pearson type III이 청주, 대전, 여수 측후소를 제외한 모든 측후소에서 채택되었던 반면, Cramer von Mises 검정에서는 모든 측후소에 대해 채택되었다. 이에 반해 Normal 확률분포형은 전 측후소에서 유의하지 않는 특성을 보여주고 있다. 따라서 적용된 10가지 확률분포형중 Log-Pearson type III이 최적의 확률분포형으로 선정되었다.

Table. 4 적합도 검정

(a) Kolmogorov-Smirnov 검정

Number	Station	Normal		L-N-2		L-N-3		Gamma		P-TIII		L-P-T III		Gumbel		Weibul		Beta	
		D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T
101	춘천	0.093	N	0.078	N	0.107	N	0.071	N	0.075	N	0.054	S	0.093	N	0.070	N	0.042	S
105	강릉	0.103	N	0.040	S	0.038	S	0.058	S	0.032	S	0.048	S	0.051	S	0.051	S	0.081	N
108	서울	0.089	N	0.079	N	0.117	N	0.063	N	0.077	N	0.055	S	0.088	N	0.451	N	0.048	S
112	인천	0.086	N	0.098	N	0.073	N	0.079	N	0.095	N	0.058	S	0.060	S	0.087	N	0.050	S
119	수원	0.085	N	0.101	N	0.107	N	0.078	N	0.089	N	0.058	S	0.086	N	0.097	N	0.049	S
129	서산	0.085	N	0.098	N	0.120	N	0.073	N	0.099	N	0.060	S	0.099	N	0.086	N	0.044	S
131	청주	0.191	N	0.102	N	0.122	N	0.088	N	0.098	N	0.069	N	0.116	N	0.088	N	0.064	N
133	대전	0.096	N	0.103	N	0.094	N	0.085	N	0.090	N	0.069	N	0.113	N	0.092	N	0.059	S
135	추풍령	0.075	N	0.061	S	0.062	N	0.057	S	0.020	S	0.052	S	0.066	N	0.062	N	0.031	S
138	포항	0.099	N	0.045	S	0.072	N	0.063	N	0.033	S	0.056	S	0.058	S	0.088	N	0.069	N
140	군산	0.073	N	0.081	N	0.121	N	0.059	S	0.087	N	0.050	S	0.071	N	0.447	N	0.034	S
143	대구	0.079	N	0.060	S	0.068	N	0.065	N	0.058	S	0.056	S	0.066	N	0.062	N	0.039	S
145	전주	0.095	N	0.100	N	0.086	N	0.077	N	0.092	N	0.060	S	0.105	N	0.110	N	0.049	S
152	울산	0.082	N	0.039	S	0.085	N	0.047	S	0.034	S	0.042	S	0.055	S	0.083	N	0.043	S
156	광주	0.089	N	0.084	N	0.116	N	0.067	N	0.080	N	0.060	S	0.088	N	0.103	N	0.049	S
159	부산	0.072	N	0.032	S	0.033	S	0.042	S	0.024	S	0.035	S	0.044	S	0.512	N	0.050	S
165	목포	0.074	N	0.069	N	0.102	N	0.059	S	0.073	N	0.052	S	0.060	S	0.074	N	0.034	S
168	여수	0.096	N	0.102	N	0.122	N	0.088	N	0.098	N	0.069	N	0.116	N	0.088	N	0.064	N
184	제주	0.067	N	0.064	N	0.053	S	0.047	S	0.059	S	0.038	S	0.113	N	0.092	N	0.028	S
192	진주	0.078	N	0.066	N	0.104	N	0.056	S	0.075	N	0.048	S	0.056	S	0.076	N	0.034	S

D : Maximum value, T : Goodness of fit test, N : Non significant, S : Significant

(b) Cramer von Mises 검정

Number	Station	Normal		L-N-2		L-N-3		Gamma		P-TIII		L-P-T III		Gumbel		Weibul		Beta	
		D	T	D	T	D	T	DI	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T
101	춘천	1.51	N	1.41	N	2.52	N	1.65	N	1.96	N	0.64	S	2.67	N	1.34	N	0.21	S
105	강릉	2.43	N	0.29	S	0.26	S	0.70	S	0.17	S	0.49	S	88.82	N	1.45	N	1.34	N
108	서울	1.09	N	1.65	N	2.81	N	0.12	S	1.42	N	0.41	S	2.01	N	75.11	N	0.25	S
112	인천	1.10	N	1.72	N	1.16	N	1.20	N	1.51	N	0.51	S	0.73	S	1.05	N	0.40	S
119	수원	1.19	N	2.04	N	2.50	N	1.37	N	1.50	N	0.50	S	1.40	N	1.68	N	0.36	S
129	서산	1.34	N	1.78	N	2.92	N	1.26	N	1.54	N	0.57	S	2.19	N	1.79	N	0.30	S
131	청주	1.50	N	2.35	N	3.33	N	1.65	N	1.96	N	0.64	S	2.67	N	1.34	N	0.61	S
133	대전	1.46	N	2.24	N	1.59	N	1.58	N	1.69	N	0.66	S	2.59	N	1.39	N	0.47	S
135	추풍령	1.10	N	0.85	N	0.71	S	0.61	N	0.68	S	0.36	S	0.76	N	0.59	S	0.09	S
138	포항	2.11	N	0.32	S	1.13	N	0.66	S	0.92	N	0.35	S	0.88	N	0.99	N	0.95	N
140	군산	0.78	N	1.45	N	3.59	N	0.87	N	1.52	N	0.31	S	0.91	N	0.74	S	0.18	S
143	대구	1.31	N	0.91	N	0.76	N	0.64	S	0.63	S	0.40	S	0.84	N	0.92	N	0.18	S
145	전주	1.45	N	2.19	N	0.17	S	1.51	N	1.66	N	0.58	S	2.46	N	2.07	N	0.40	S
152	울산	1.41	N	0.34	S	1.73	N	0.41	S	0.17	S	0.30	S	0.60	S	1.30	N	0.24	S
156	광주	1.06	N	1.61	N	2.53	N	1.01	N	1.27	N	0.51	S	1.68	N	1.74	N	0.48	S
159	부산	1.03	N	0.11	S	0.12	S	0.02	S	0.06	S	0.14	S	0.27	S	90.38	N	0.47	S
165	목포	0.86	N	1.04	N	2.27	N	0.66	S	0.92	N	0.35	S	0.88	N	0.99	N	0.15	S
168	여수	1.50	N	2.35	N	3.33	N	1.65	N	1.96	N	0.64	S	2.67	N	1.34	N	0.61	S
184	제주	0.81	N	0.98	N	0.52	S	0.62	S	0.95	N	0.31	S	0.94	N	0.52	S	0.11	S
192	진주	0.81	N	0.98	N	2.45	N	0.42	S	0.53	S	0.26	S	0.94	N	0.52	S	0.11	S

D : Maximum value, T : Goodness of fit test, N : Non significant, S : Significant

#### IV. 결 론

본 연구는 우리나라 증발량의 통계학적 특성을 규명하기 위한 기본 단계로 기상청이 관할하는 전국 측후소 중 1971~1990년까지 순별증발량을 기본자료로 이용하였다. 최우도법을 이용한 매개변수 추정과, Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정을 이용하여 우리나라 순별증발량에 대한 적정 확률분포형을 선정하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 증발자료의 기본 통계치 분석 결과 20개 측후소에 대한 평균치 및 표준편차 범위는 각각 2.832~3.588(mm) 및 0.999~1.629를 나타내었으며, 측후소별로는 전주 측후소가 가장 낮은 값을 기록한 반면, 대구 측후소가 가장 높은 값을 나타내었다.
2. 매개변수 추정방법에는 크게 직접모멘트법, 최우도법, 혼합모멘트법, 간접모멘트법있다. 최우도법의 특징은 표본크기가 충분히 클 때 가장 효율적인 방법으로 평가되므로서, 본 연구에서는 증발자료의 개수(720개)가 충분히 크기 때문에 전술한 4가지 방법 중 최우도법만을 이용하였다.
3. Log-Pearson type III에 대해 Kolmogorov-Smirnov 검정에서는 청주, 대전, 여주 측후소만을 제외한 모든 측후소에 채택된 반면, Cramer von Mises 검정에서는 모든 측후소에서 채택되므로서 우리나라의 순별증발량의 적정 확률분포형은 Log-Pearson type III 분포로 판단된다.

#### - 참 고 문 헌 -

1. 김경덕, 허준행, 조원철, 1996. 연최대 강우자료의 적정 확률분포형의 선정에 관한연구, 한국토목학회논문집, 제16권 제II-4호, pp. 335~344.
2. 윤용남, 1989. 공업수문학, 청문각, pp. 420~494.
3. 이순혁, 정연수, 맴승진, 유경식, 1997. Log Pearson Type III 분포 모형에 의한 매개변수 유도방법별 설계홍수량의 비교 고찰, 한국관개배수, 제4권 제1호, pp. 34~50
4. 조권상, 1987. 증발산량 산정공식들에 대한 유효기간의 분석, 석사학위논문, 서울대학교 대학원
5. 허준행, 수문통계학 기초(I~V), 한국수자원학회지 제29권 2호, 3호, 5호, 6호, 제 30권 1호
6. Alfredo H-s. Ang, Wilson H.Tang 1975, Probability concepts in engineering planning and design, John Wiley & Sons, Inc, pp. 80~218.
7. G. W. Kite, 1978. Frequency and Risk Analyses in Hydrology, Water Resource Publications, pp. 40~168.