

高知市雨量の分布形について

近 森 邦 英

(農学部利水工学研究室)

On the type of probability distribution of the rainfall on Kochi City

Kunihide CHIKAMORI

Laboratory of Water-Utilization Engineering, Faculty of Agriculture

Abstract

The characteristics of the probability distributions of annual, monthly, and jun (one third of a month) rainfalls observed by Kochi Local Meteorological Observatory from 1886 through 1970 are examined. And that to what type of Pearson distribution they belong is studied. As the results, the following conclusions were obtained.

1) Annual rainfall: The distribution of it belongs to Pearson Type VII, namely, normal distribution.

2) Monthly rainfall: The distribution of rainfalls of August, November, and December belong to Pearson Type III, and the other months to Type I.

3) Jun rainfall: The distribution of rainfalls of the middle ten days of May belongs to Pearson Type III, and the others to Type I.

1. ま え が き

近年、水資源に対する需要はますます増大し、降雨量の大きいわが国でも水不足の事態がしばしば起っている。これを解決するためには広域利水システムを確立するとともに深い見通しをもってち密な水利用計画を立てることが必要である。

本報文では、水利計画および水文量シミュレーションのための基礎資料として、高知市の年、月および旬、各雨量の分布形を求め、それらが Pearson の分類の何れの型に属するかを調べた。

2. 研究の目的と方法

本研究は高知市の雨量をシミュレーションするための基礎資料を得ようとしたものである。高知市雨量の時系列的性格は既報¹⁾のとおりであり、本研究では各期間を独立して取扱いかい、その分布形が Pearson の分類の何型に該当するかを求めた。

資料は高知地方気象台の1886~1970年の85年間の資料を用いた。高知地方気象台は1940年に高知城の高台から約 1.8 km 東の低地に移動しているが、両観測地のデータが同一母集団に属することは既報文²⁾において検定されている。

各期間の Pearson type への分類はデータを標準化した後行なった。

Pearson 系の度数曲線 $y=F(x)$ は周知のように次の微分方程式で表わされる³⁾。

$$\frac{1}{y} \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{x+a}{px^2+qx+r} \dots\dots\dots (1)$$

①式の積分は分母の二次式の根の性質に支配される。すなわち

$$px^2+qx+r=p\left\{\left(x+\frac{q}{2p}\right)^2-\frac{4r^2}{q^2}\kappa(\kappa-1)\right\} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{ここに } \kappa = \frac{q^2}{4pr}$$

と書くと、

- (i) $\kappa < 0$ のときは、異符号の実根
- (ii) $0 < \kappa < 1$ のときは、虚根
- (iii) $\kappa > 1$ のときは、同符号の実根

をそれぞれ有す。

実際の計算に当っては、まず、平均値 \bar{x} のまわりの二次～四次のモーメント μ_2, μ_3, μ_4 を計算し、これらを用いて $\beta_1 = \mu_3/\mu_2^3, \beta_2 = \mu_4/\mu_2^2$ を計算する。さらにこれらを用いて、

$$K = \frac{\beta_1(\beta_2+3)^2}{4(4\beta_2-3\beta_1)(2\beta_2-3\beta_1-6)} \dots\dots\dots(3)$$

を計算し、佐藤⁹⁾により与えられた表-1の判定規準により分類した。

表-1 Pearson type 度数曲線一覧表 (佐藤)

Pearson type	限 界	モード	κ	β_1	β_2
I	両端がある (非対称)	原 点	< 0
II	両端がある (対称)	原 点	$= 0$	$= 0$	$\neq 3$
III	一端あるのみ (非対称)	原 点	∞	$(2\beta_2-3\beta_1-6=0)$	
IV	両端なし (非対称)	$-\frac{\nu a}{2m}$	$0 < \kappa < 1$
V	一端あるのみ (非対称)	$\frac{\gamma}{p}$	< 1
VI	一端あるのみ (非対称)	$\frac{a q_1}{q_1 - q_2}$	$1 < \kappa < \infty$
VII	両端なし (対称)	原 点	$= 0$	$= 0$	$= 3$

3. 単位期間長別の分布形

(1)年

年雨量は一般に正規分布 (Pearson type VII型) を示すと言われている。また、時系列として見た場合はデータの少いせいもあるが、一般にランダム変動と見なして差支えない。高知市雨量についても、既報⁵⁾のように弱い38年周期が存在するようであるが、データが過少なため確言はできず、ほぼランダム変動のようである。

高知市年雨量を 200 mm ごとに区切ってヒストグラムに書くと図 1 のようになる。このデータにより計算すると、 $\beta_1=0.100$, $\beta_2=3.163$, $\kappa=2.96$ となる。これらの数値を表 1 の判定期準に当てはめると、ほぼ VII 型に当てはまることがわかる。したがって、VII 型に基づき曲線式を計算すると、

$$y=14.1 \exp\left\{-\frac{(\kappa-2665.2)^2}{2 \times 235,176}\right\} \dots\dots\dots(4)$$

となり、図 1 に曲線で示すような正規分布が当てはまる。図に見られるように、ピークにやや大きいずれが見られるが、この原因として①データ数が少ない。②弱い周期性の影響などが考えられる。

(2)月

一般に単位期間が短くなるにつれて、分布形は次第に上方に尾をひくと言われている。高知市の月雨量もこの傾向を示している。図 2 に各月の雨量分布を 20 mm きざみのヒストグラムにして示す。図 2 では雨量を(月雨量-平均値)の形で示した。

次に、各月の分布形の比較に便利のように、各月雨量を⑤式により標準化して求めた分布形を図 3 に示す。ただし、 $X_{i,j} \geq 0$ の条件があるので、下尾は $X_{i,j}=0$ の位置で切った。

$$x_{i,j} = \frac{X_{i,j} - \mu_i}{\sigma_i} \dots\dots\dots(5)$$

- ここに $x_{i,j}$: i 月 j 番目標準化月雨量
- $X_{i,j}$: i 月 j 番目月雨量
- μ_i : i 月月雨量平均値
- σ_i : i 月月雨量標準偏差

分布型分類のための諸パラメータの計算値を表 2 に示す。

図 3 に示すように各月ともモードを原点の下側にもつ上方にひずんだ分布形を示している。Pearson type に当てはめると 8 月、11 月および 12 月が III 型に当てはまり、他の 9 個の月はいずれも I 型に当てはまるようである。

表 2 高知市月雨量分布のパラメータ

月	μ	σ	x	β_1	β_2	Pearson type
1	63.79 ^{mm}	47.24 ^{mm}	-1.10	1.43	4.48	I
2	95.55	68.63	-0.44	1.20	3.42	I
3	176.13	87.23	-0.30	0.46	3.05	I
4	274.81	111.77	-0.26	0.41	2.96	I
5	276.83	117.25	-1.00	1.12	4.14	I
6	354.55	151.57	-0.20	0.36	2.81	I
7	335.13	197.67	-0.64	0.81	3.64	I
8	321.96	200.52	4.84	1.93	6.11	III
9	377.09	197.48	-0.33	0.46	3.11	I
10	199.32	117.03	-0.62	0.97	3.71	I
11	144.01	69.80	1.42	1.63	6.06	III
12	75.08	62.28	139.47	3.66	8.52	III

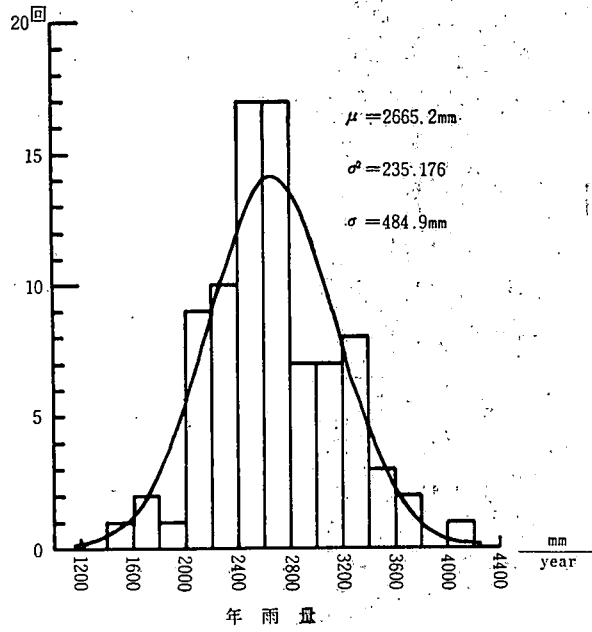


图1 高知年雨量分布 (1886~1970)

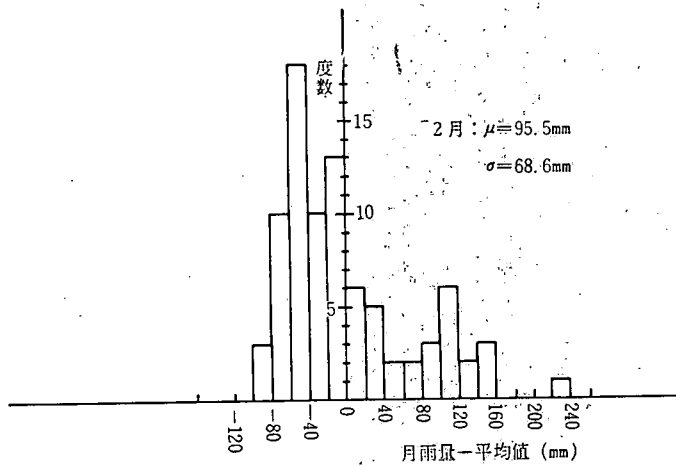
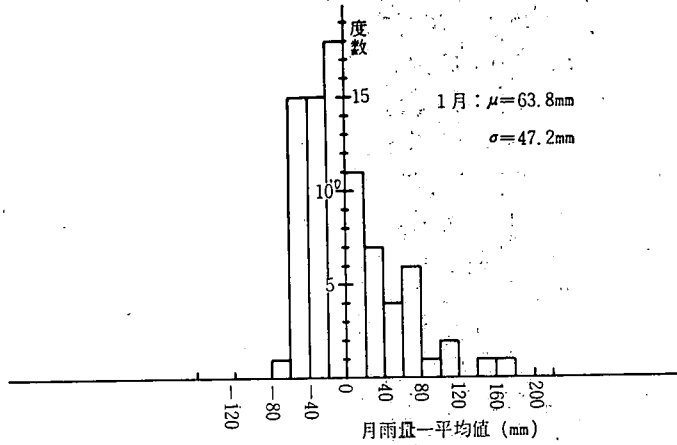


图2-1 高知市月雨

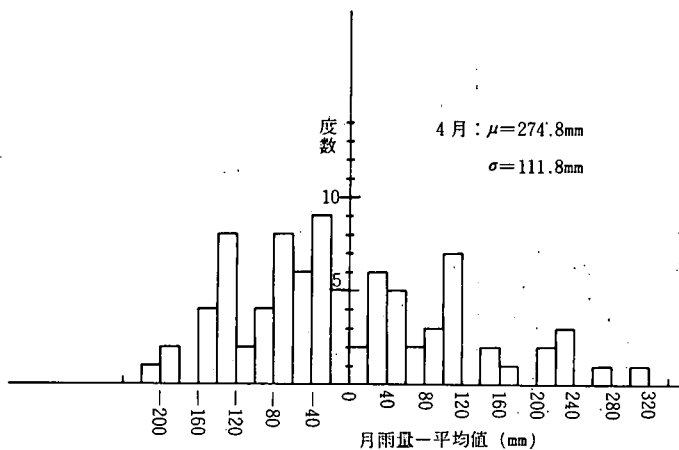
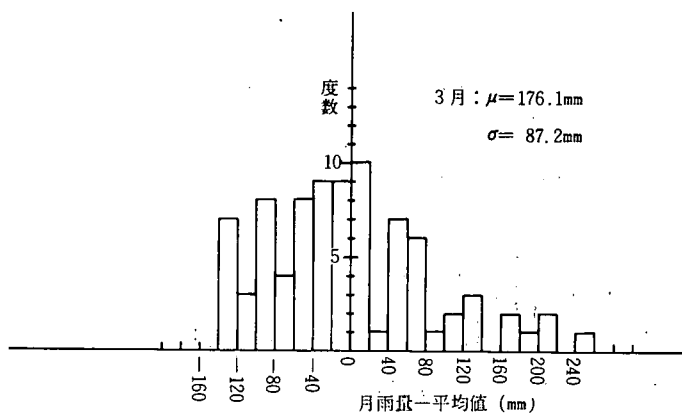


図2-2 高知市月雨量分布 (その2)

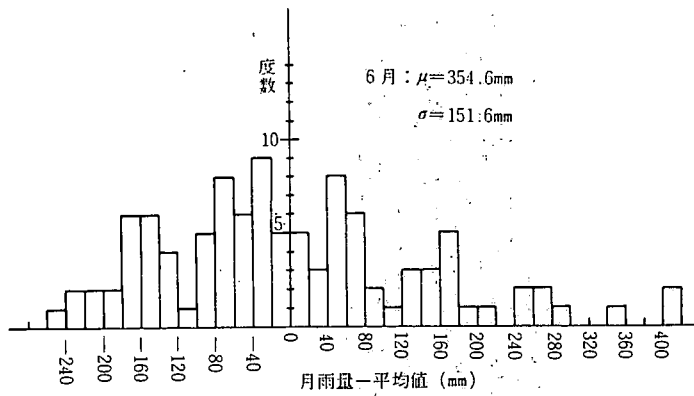
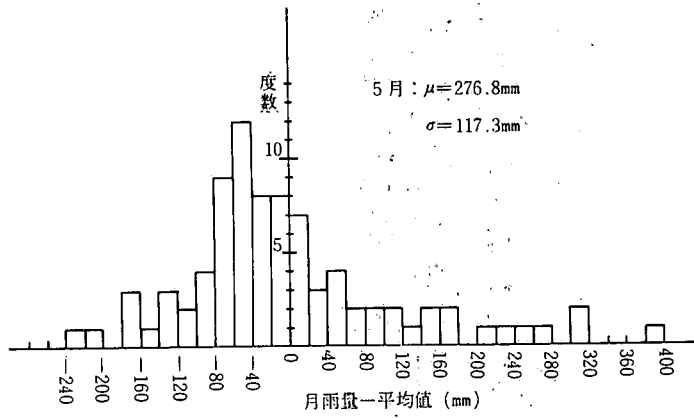


図2-3 高知市月雨量分布 (その3)

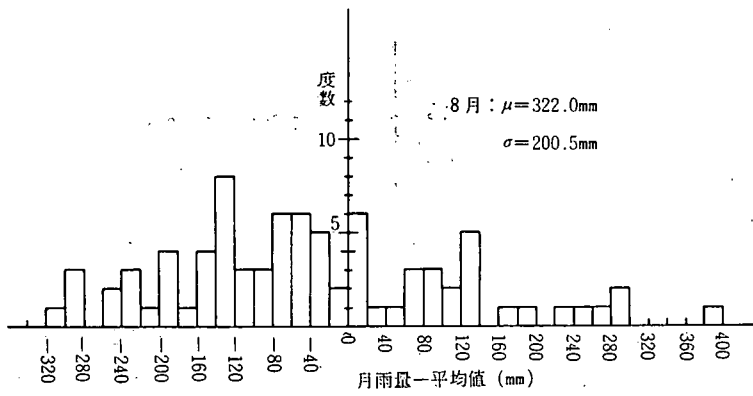
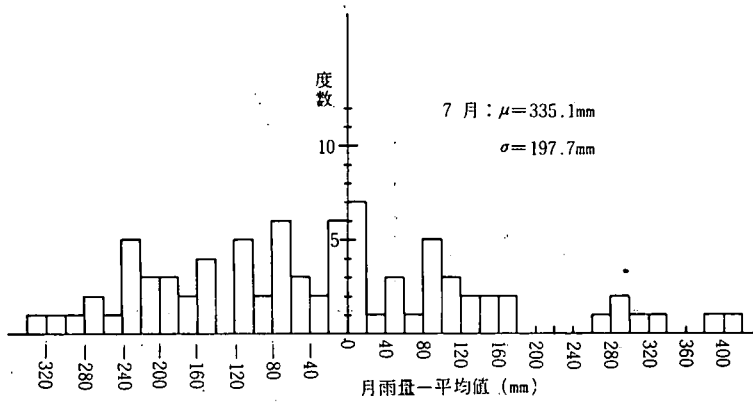


図2-4 高知市月雨量分布 (その4)

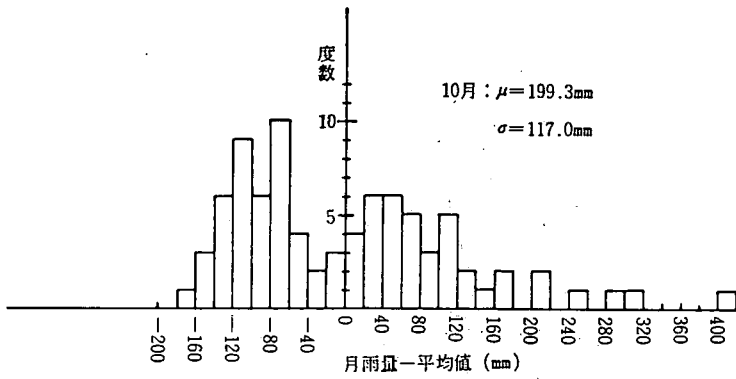
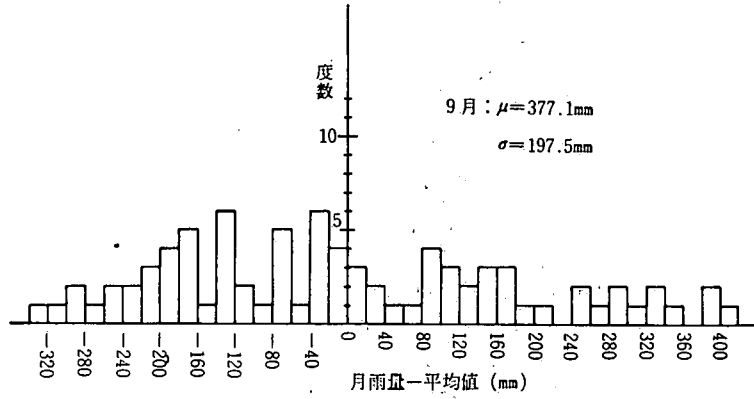


図2-5 高知市月雨量分布 (その5)

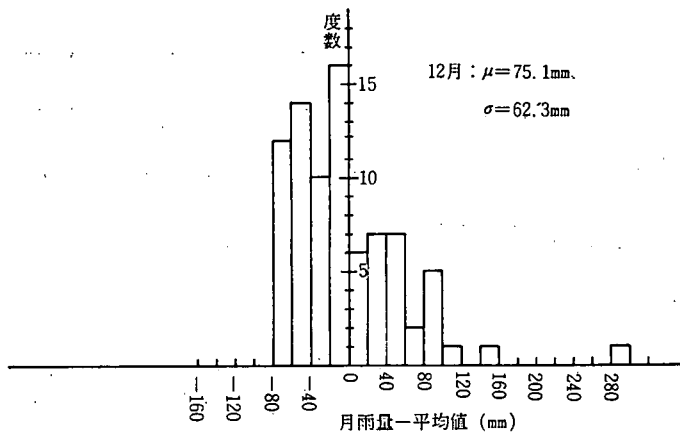
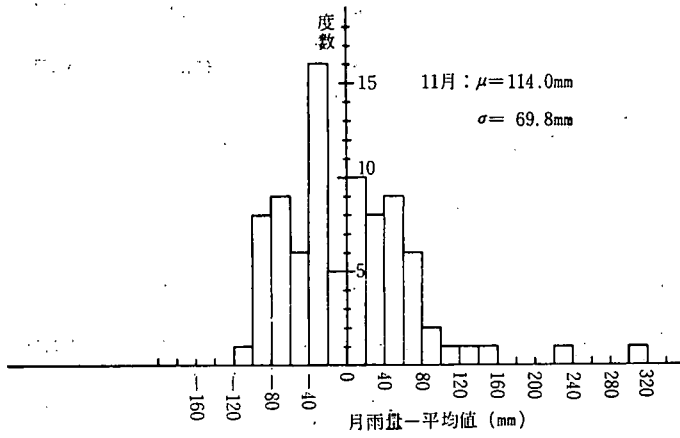


図2-6 高知市月雨量分布 (その6)

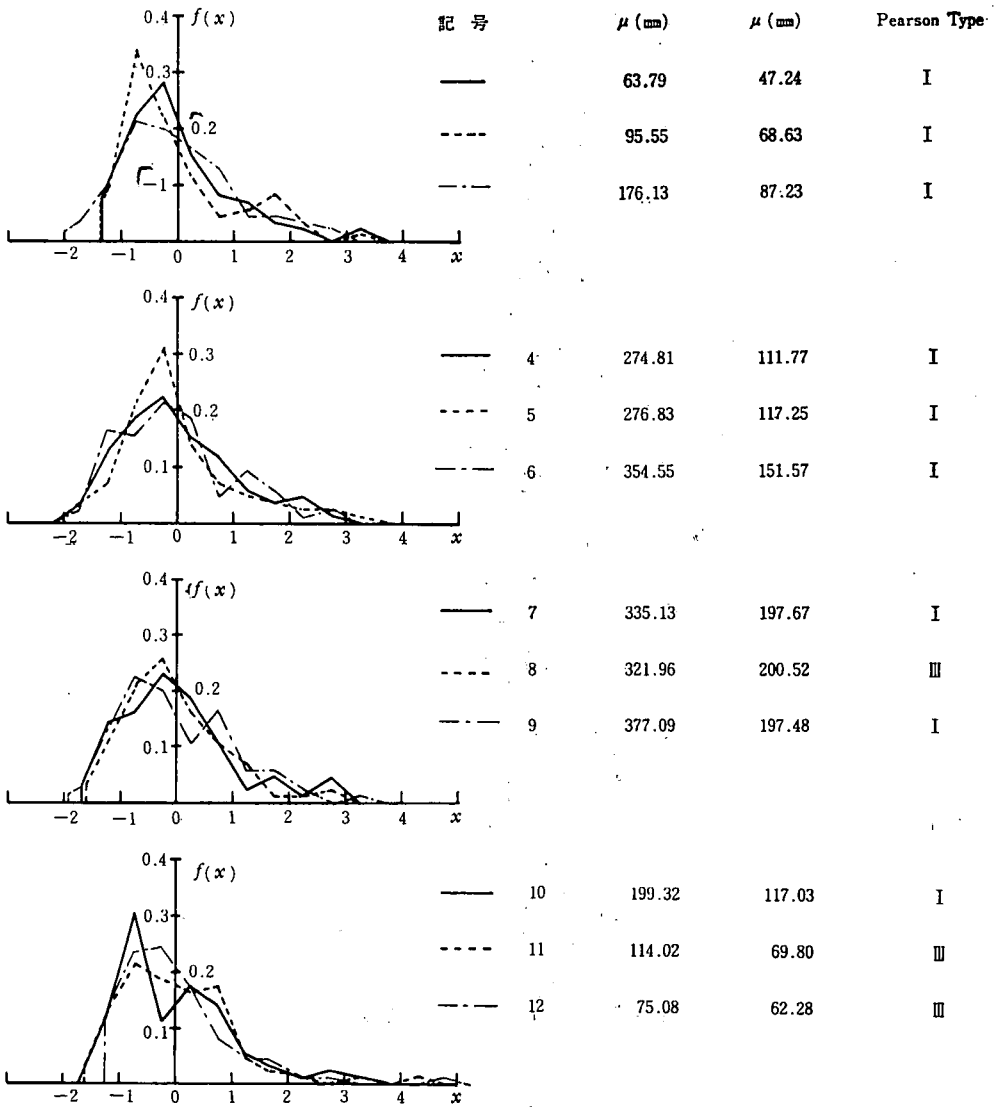


图3 高知市標準化月雨量分布 (1886~1970)

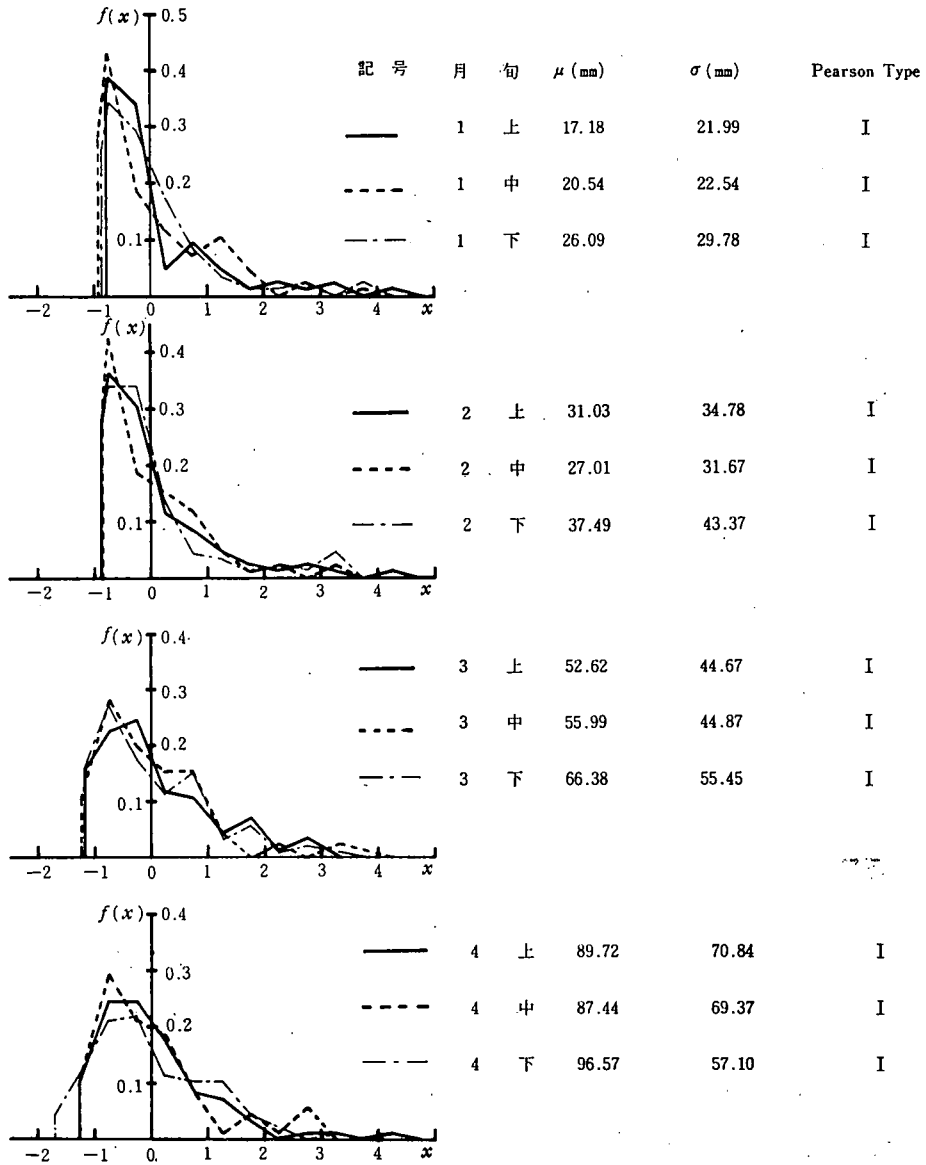


図4-1 高知市標準化旬雨量分布(その1) (1886~1970)

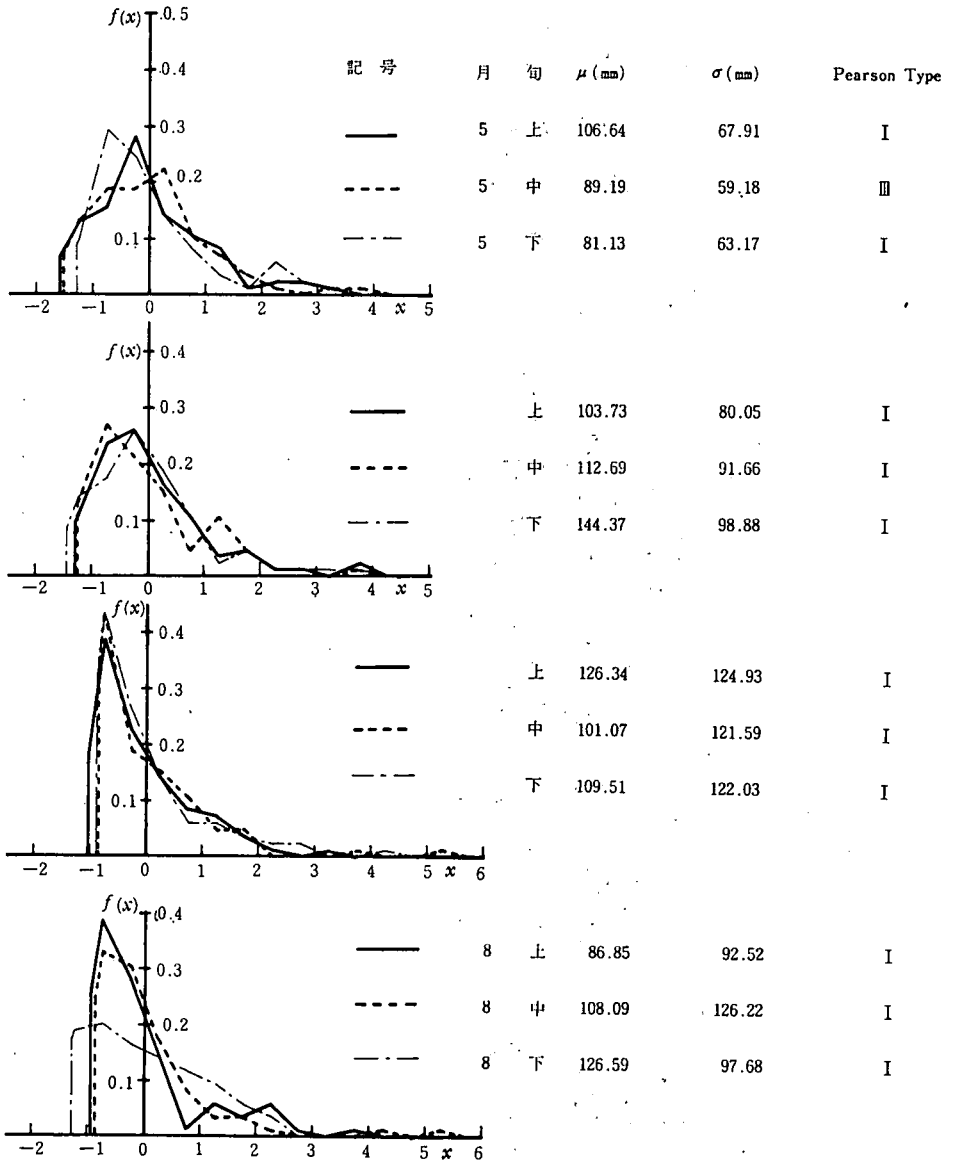


図4-2 高知市標準化旬雨量分布 (その2) (1886~1970)

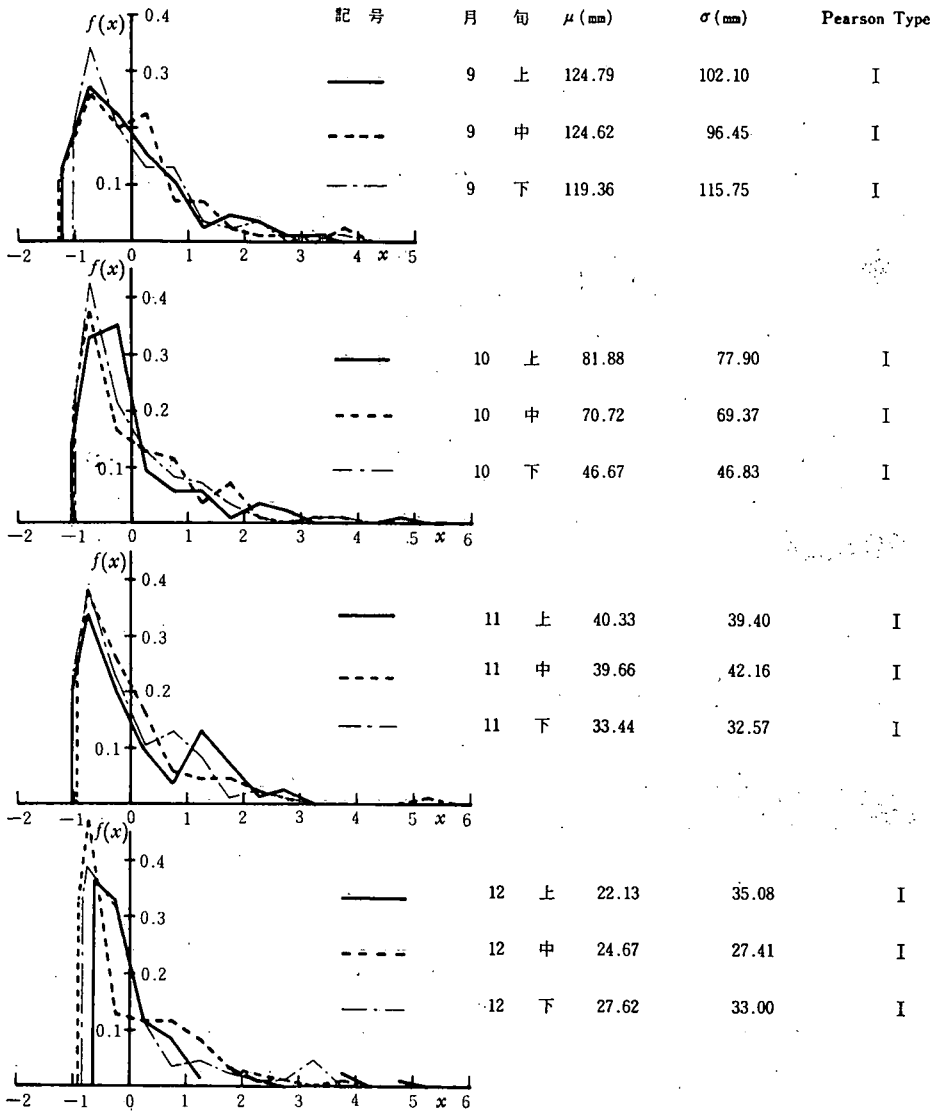


図4-3 高知市標準化旬雨量分布 (その3) (1886~1970)

表-3

月一旬	μ	σ	κ	β_1	β_2	Pearson type
1-上	17.18 ^{mm}	21.99 ^{mm}	-1.55	4.12	7.06	I
中	20.54	22.54	-0.94	2.00	4.77	I
下	26.09	29.78	-1.89	4.20	7.54	I
2-上	31.03	34.78	-1.76	3.89	7.15	I
中	27.01	31.67	-1.98	3.60	7.09	I
下	37.49	43.37	-1.16	3.63	6.04	I
3-上	52.62	44.66	-0.38	0.85	3.22	I
中	55.99	44.87	-2.23	2.15	5.67	I
下	66.38	55.45	-0.51	0.97	3.54	I
4-上	89.72	70.84	-6.74	2.43	6.43	I
中	87.44	69.37	-0.65	1.57	4.05	I
下	96.57	57.10	-0.35	0.54	3.15	I
5-上	106.64	67.91	-1.03	0.77	3.82	I
中	89.19	59.18	4.59	1.13	4.81	III
下	81.13	63.17	-0.66	1.65	4.10	I
6-上	103.73	80.05	-2.13	2.17	5.66	I
中	112.69	91.66	-1.00	1.31	4.31	I
下	144.37	98.88	-2.32	1.77	5.24	I
7-上	126.34	124.93	-2.99	3.22	7.10	I
中	101.07	121.59	-4.25	2.72	6.68	I
下	109.51	122.03	-1.59	3.18	6.40	I
8-上	86.85	92.52	-0.87	2.53	4.91	I
中	108.09	126.22	-68.60	4.73	10.04	I
下	126.59	97.68	-0.10	0.26	2.26	I
9-上	124.79	102.10	-0.68	1.30	3.98	I
中	124.62	96.45	-2.95	2.20	5.86	I
下	119.36	115.75	-1.42	2.10	5.29	I
10-上	81.88	77.90	-2.63	4.29	8.15	I
中	70.72	69.37	-1.13	1.82	4.84	I
下	46.67	46.83	-1.22	2.67	5.60	I
11-上	40.33	39.40	-0.27	0.79	2.78	I
中	39.66	42.16	-0.71	1.88	4.29	I
下	33.44	32.57	-0.83	1.38	4.22	I
12-上	22.13	35.08	-2.74	6.47	10.30	I
中	24.67	27.41	-0.89	1.81	4.58	I
下	27.62	33.00	-1.15	3.63	6.02	I

(3)旬

標準化した旬雨量の分布形を図4に示す。図に見られるように、月の場合よりもさらに上方にひずんだ分布形を示している。分布形分類のための諸パラメータの計算値を表-3に示す。図および表に見られるように、5月中旬がⅢ型である以外は全てⅠ型とみなすことができる。

4. 考 察

以上述べてきたように、高知市の雨量は、単位期間が短くなるにつれて正規分布から次第に上方にひずんだ分布形を示すという一般的傾向と同じ傾向を示している。

年雨量はピーク付近で、正規分布からのずれが大きいが、これはデータ数が大きくなるにつれて次第に近似度はよくなっていくであろう。

月雨量の場合は Pearson type のⅠ型とⅢ型とで表わされ、分布型は上方にひずんでいる。このことは最頻値より大きい値が小さい値よりも起り易いことを示しているが一般に、雨量の多い月の方が少ない月よりもひずみは小さい。

旬雨量の場合は5月中旬がⅢ型であり、8月下旬のパラメータが標準とかなり離れているが、他は全てⅠ型である。このことから前述の一般論も参考にして、1ヶ月～半旬程度の単位期間をとった場合、その分布形をシミュレーションするには Pearson type のⅠ型で十分であると言える。なお、異常に大きな値の出現も考慮に入れる場合は、Pearson type Ⅲ型が適当であろう。また、日雨量を対象にした場合は、ほぼ指数分布で表わされると言われ、高知市の最近の30ヶ年間の日雨量をとった場合もほぼ適合するが、これについてはそのシミュレーションと共に他で報告する。なお、Ⅰ型の曲線は図5に示すようにモードを原点にもち、 $x = -\alpha$ と $x = \beta$ との間に横はる非対称曲線である。また、Ⅲ型は図6に示すようにモードを原点にもち、下方が、 $x = -\alpha$ で限られ上方は無遠く延びる非対称曲線である⁶⁾。

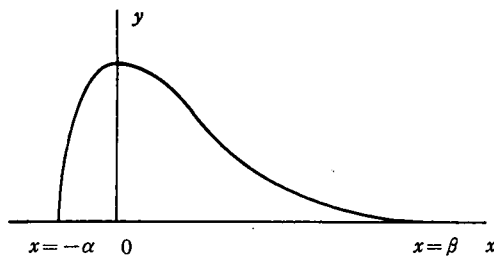


図5 Pearson type I

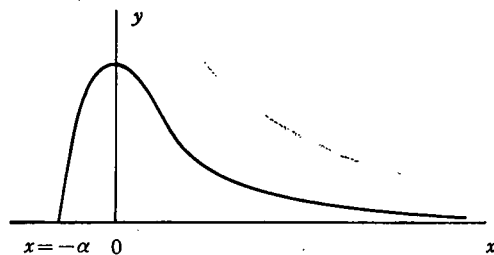


図6 Pearson type III

水文量をシミュレーションする場合、一般に Pearson type のⅢ型がよく用いられる。これは下限が0であり、上限は、物理的な制約を考慮しなければ、確率論的に無限大にとり得る

水文量の性格にこのⅢ型が適合しているためであるが、物理的な制約条件あるいは実用面を重視すれば、下限とともに上限も存在するⅠ型がより適当と思われる。これは、水文量のシミュレーションに際して過大なデータが発生するとこれを除外して後の計算を進めることの多いことから実用上妥当と言えるであろう。

5. む す び

高知市の1886年～1970年の85年間の雨量を対象にして、その年、月、および旬の各雨量の分布形を調べ Pearson の分類のどの type に属するかを検討した。その結果、年雨量は Pearson type のⅦ型すなわち正規分布に、月雨量はⅠ型とⅢ型に、旬雨量もⅠ型とⅢ型に属するが、Ⅲ型は1個だけであることなどがわかった。Ⅰ型とⅢ型は分布型から見れば上限があるのと無いのとの差だけであるが、月、旬雨量分布ともにⅠ型が多かった。これはデータ数が少ないためであろうが、シミュレーションをするには実用面から見てⅠ型で十分であろう。ただし、対数正規分布と見なされる場合はⅢ型を用いねばならない。

なお、本研究の計算には高知大学計算センターを利用した。

引 用 文 献

- 1) 近森邦英「高知市の雨量時系列に関する研究」高知大学学術研究報告第20巻自然科学第9号。
- 2) 1) に同じ。
- 3) 佐藤良一郎「数理統計学」p. 139, 培風館, 東京 (昭18)
- 4) 3) の p. 167.
- 5) 1) に同じ。
- 6) 3) の p. 142, 146.

(昭和48年9月29日受理)