

山梨大学 工学部 正員 萩原 能男
 山梨大学 工学部 正員 砂田 憲吾
 山梨大学 大学院 学生員 〇貞 弘 丈佳

1. まえがき

昭和41年9月25日の台風26号により山梨県下は集中豪雨にみまわれ、土石流災害により多数の死傷者を出し、家屋、田畑、道路などにも甚大な被害を被った。本年も九州、四国、中国をはじめ、この種の災害の発生していることは周知のとおりである。この時、本研究室では山梨県南都留郡足和田村根場の本沢川の災害調査を行い、その流域面積 0.806 km^2 に対して、洪水痕跡より最大流量 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ を推定した。このように小流域よりの大流出量は降雨よりの直接推定値より一桁も大きく、従来の方法で流出解析をすることの他に、小流域の基本的調査が必要であると考えられた。そこで、本研究室では、昭和43年より甲府市下積翠寺町の梓川流域(図-1)を試験流域に選定し、降雨と流量の観測を今日まで継続している。この流域は約 0.40 km^2 で、南南東に面し、本川の平均勾配は $1/4.7$ 、流路延長が約 770 m である。また地質および植生は図-2、3に各々示されるように、比較的水もちの良い流域で、下流部落の簡易上水道の水源地になっている。今日までの資料を佐藤、吉川、木村の流出関数法と貯留関数法とによって整理したので、その一部を報告することにした。

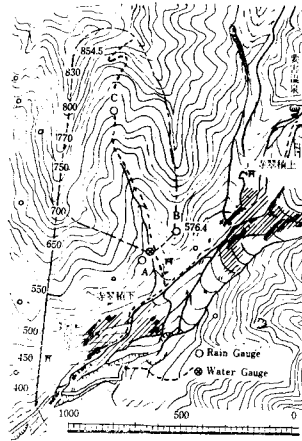


図-1

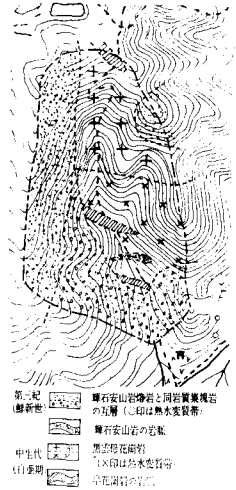


図-2

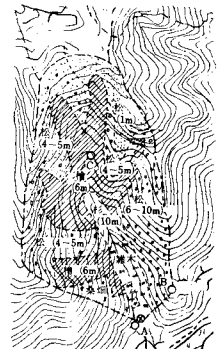


図-3

2. 観測方法と資料

雨量観測

については、
 図-1に示
 すA、B、
 C3点に1

週間巻を各
 1台、本学
 屋上に1日
 巻を1台、

表-1 月別総雨量 (mm)

年\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
43	69.0	91.5	75.5	129.0	278.5	24.5	77.5	9.5	100.0	55.5	86.5	85.5	1138.0
44	65.0	65.0	161.5	122.0	175.0	94.5	61.0	25.5	11.5	54.5	32.0	49.0	917.0
45	53.0	104.0	248.5	22.0	73.5	86.5	68.0	37.0	10.5	8.5	16.0	61.5	923.0
46	79.5	53.0	75.5	108.8	140.5	134.0	109.0	70.8	33.0	52.6	106.0	47.7	950.4
47	92.0	89.5	155.2										336.7

表-2 月別総流出量 (m³)

年\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
43	4009.8	3754.7	212.9	4002.3	22662.9	2152.9	272.2	45.6	2716.3	603.7	10538.7	11528.2	62500.2
44	7053.7	310.6	3957.6	10239.8	11077.5	249.9	400.0	77.0	65.1	1187.4	706.7	2225.2	37550.5
45	44.5	1643.0	45788.5	1131.9	335.9	168.9	561.4	177.1	199.3	196.0	181.2	443.0	50870.7
46	2260.5	852.4	213.1	3351.3	1191.6	9807.1	11839.7	240.5	359.2	2902.2	15410.3	2434.8	50862.7
47	11155.7	4932.7	14572.9										30661.3

計4台を設置した。降雨量の観測精度は約1/10、流域面積の測量精度は約1/1000と考えられる。流量観測は図-1に示す梓川本流下流端に直角三角堰（幅205.0cm、高さ50.0cm）を設け、その越流水深をリチャール自記水位計（1週間巻）を使用し記録した。流量の測定精度は約1/50である。昭和43年より現在までの月別降雨量および流量は表-1、表-2のとおりである。

3. 流況曲線

前述した4年間の流量観測資料のうち、時間流量について対数をとリ、各年毎の観測度数の分布を示せば図-4のようになる。4々年間の合計に対して、その密度分布も合せて棒グラフ中に示してある。この4々年間の合計が対数正規分布をなすものとし、岩井法により、流量の下限値 b を有する場合と有しない場合の二種類について密度分布曲線を求めれば、

$$\varphi(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi^2}{2}} \quad \text{-----(1)}$$

$$\xi = 0.876 \log \frac{Q - 0.952}{Q_0 - 0.952} \quad \text{-----(2)}$$

$$\xi = 1.39 \log \frac{Q}{Q_0} \quad \text{-----(3)}$$

となり、これも合わせて図-4に示されている。これらの曲線のうち大流量に対しては式(2)、小流量に対しては式(3)が適合度が高い。

4. 流出の解析

梓川のような小流域においては、洪水流出が短時間に生ずるため短時間雨量をもとにして計算、解析をしなければならないので、1時間単位で計算することにした。

2), 佐藤、吉川、木村の流出関数法による解析、この方法による直接流出量は次式で与えられる q_i を1時間ごとに洪水終了時まで各毎時降雨ごとに求め、それを加え合わせて流出量 Q とした。

$$q_i = \frac{A}{1000} f r_i \alpha^2 (t - t_i) e^{-\alpha(t - t_i)} \quad (m^3/hr) \quad \text{-----(4)}$$

ここに、 A は流域面積で $395600 m^2$ 、 r_i は降雨強度(mm/hr)、 t_i は降雨 r_i のあった時刻、 t は q_i の流出する時刻である。係数 f (流出係数)は(全直接流出量)/(全降水量)とし洪水中一定とした。また α (洪水の到達時間 t_g のほぼ逆数)の決定は、TRY and ERRORにより、実験ハイドログラフと計算ハイドログラフとがもっとも良く一致するように電子計算機により繰返し計算をさせながら α の収束値を求めた。昭和43年3月より昭和47年6月までに流量 $36 m^3/s$ 以上の流出は23回あって、その各々に対して前述の方法で f 、 α を決定した結果を表-3に示した。季節や降雨

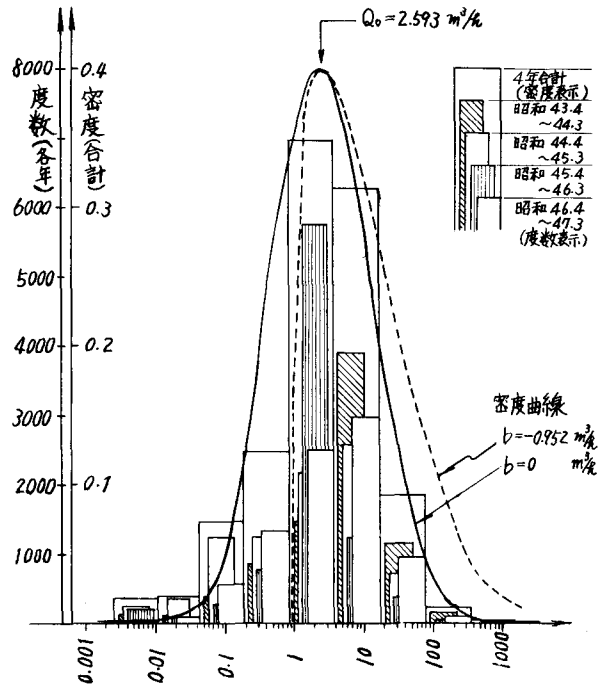


図-4. 時間流量度数分布

の形式により、これらの値にはばらつきが認められ、これについては納函の関係で省略するが、別に筆者らの報告があるので参考にされたい。¹⁾

b). 貯留関数法による解析、貯留関数法は、降雨と流出との関係を連続の条件に主点を置いて、流出現象を流域の貯留量と流出の関数関係によって表わしたものでその基本式は次式による。

$$I - O_L = \frac{dS_L}{dt} \quad \text{--- (5)} \qquad S = S(O, I) \quad \text{--- (6)}$$

ここに、I は流入量で $fA \bar{P}$ 、 O は流出量、 S は貯留量、 t は時間であり、 $O_L = O(t + T_L)$ 、 $S_L = S(t + T_L)$ 、 T_L は遅滞時間である。

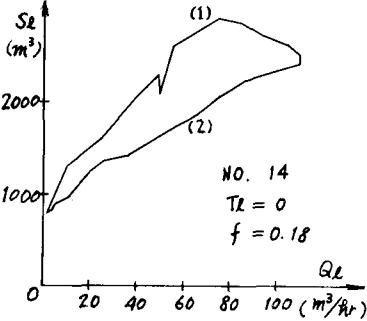


図 - 5

(6) 式の関数関係を実測資料より定めて (5) 式を差分化し (7) 式のようにして、既知量 O_{L1} 、 S_{L1} より dt 時間後の O_{L2} 、 S_{L2} を順次電子計算機により計算した。

$$S_{L2} + \frac{O_{L2}}{2} dt = S_{L1} - \frac{O_{L1}}{2} dt + f \cdot A \cdot \bar{P} \quad \text{--- (7)}$$

ここに、 f は流入係数、 $\bar{P}$ は時間 1, 2 の平均降雨量である。
 さて、(6) 式の貯留方程式は図一とようになり、一般に S_L を O_L の一価関数で表わすことができないため、本流域では各流出ごとに、 O_L が増加しつつある場合の曲線 (1) と O_L が減少しつつある場合の曲線 (2) とを別に次のような関数形に近似して上記の計算を行った。

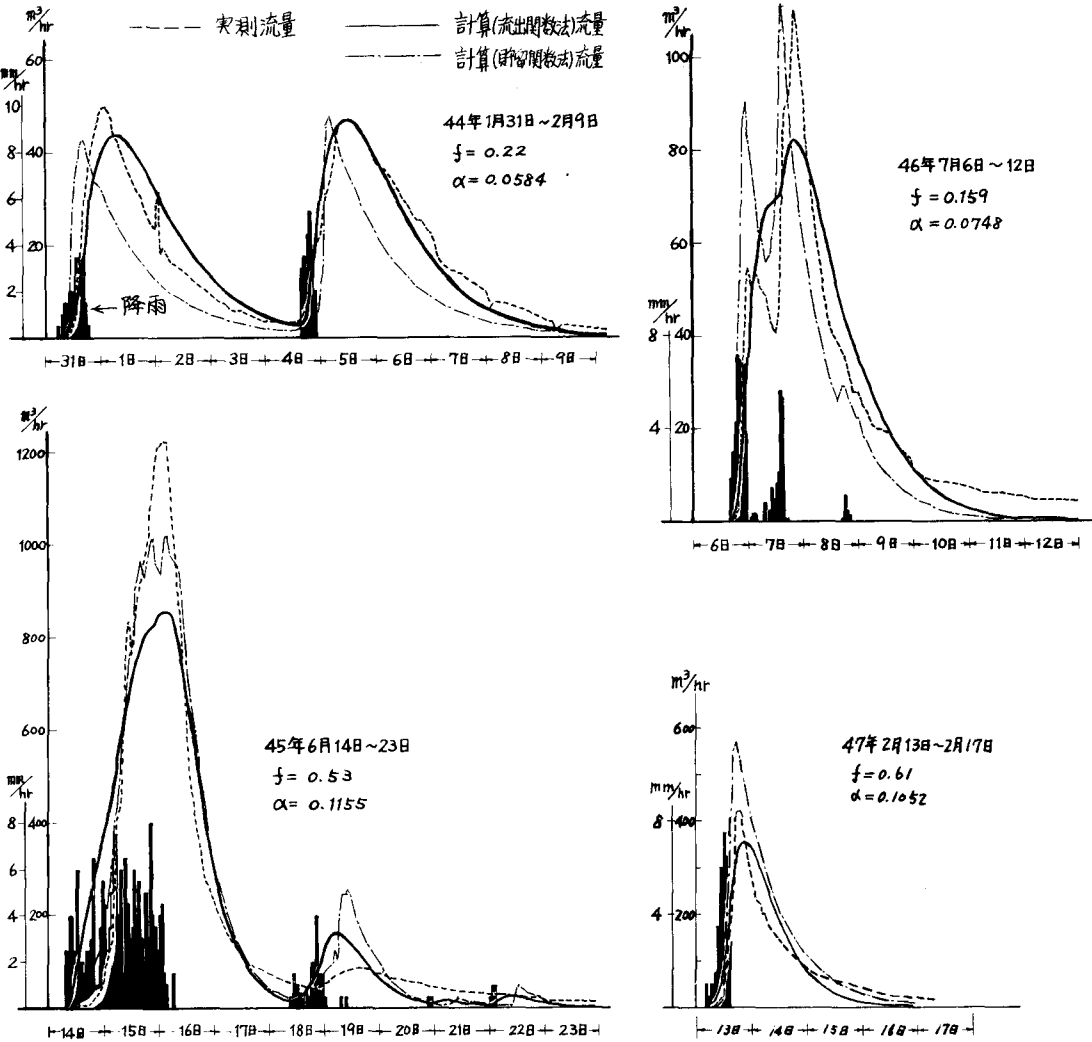
曲線 (1) に対して $S_L = K O_L^P \quad \text{--- (8)}$

 曲線 (2) に対して $S_L = A O_L + B \quad \text{--- (9)}$

表-3 各流出に関する諸量					流出関数法			貯留関数法						
洪水番号	期間 (年.月.日)	総雨量 (mm)	継続時間 数	最大流量 実測値	α	f	最大流量 計算値	T_L	f	K	P	A	B	最大流量 計算値
1	43.4.28-5.3	34.5	21	51.57	0.047	0.18	42.63	3	0.22	469	0.446	38.6	136.1	53.05
2	7.5-7.12	48.0	70	105.27	0.085	0.18	98.10	0	0.28	590	0.411	20.6	1088.8	144.65
3.1	8.9-8.17	121.0	155	171.29	0.047	0.23	110.84	2	0.20	891	0.308	20.3	270.8	412.50
3.2								0	0.36	738	0.314	2.48	1451.0	166.49
4	8.25-9.6	101.0	138	162.56	0.041	0.29	91.28	0	0.33	1524	0.343	33.2	1485.1	129.98
5	12.11-12.17	31.5	75	50.06	0.092	0.12	38.93	0	0.15	272	0.444	13.7	207.7	49.31
6.1	44.1.31-2.9	48.0	113	49.95	0.058	0.22	47.01	1	0.20	208	0.561	25.8	14.2	42.56
6.2								0	0.29	746	0.376	25.6	811.5	47.61
7	6.25-7.1	47.5	40	54.86	0.065	0.13	44.35	2	0.22	498	0.386	23.1	840.6	105.83
8	7.4-7.15	83.0	149	6 155.48	0.044	0.26	59.39	0	0.34	381	0.482	23.4	569.2	140.93
9	8.3-8.7	95.0	41	3 507.38	0.113	0.26	292.97	0	0.30	991	0.386	13.8	1304.2	365.58
10	45.1.30-2.3	54.5	11	1 66.22	0.085	0.08	50.64	0	0.11	424	0.344	28.1	367.0	57.81
11	5.20-5.25	33.0	11	1 44.40	0.082	0.11	41.15	0	0.20	393	0.440	22.1	613.9	83.98
12	6.14-6.23	205.5	183	4 1221.85	0.116	0.52	853.66	0	0.61	1570	0.369	11.2	3876.7	1019.59
13	46.3.30-4.9	37.5	39	2 37.69	0.064	0.09	26.95	0	0.07	308	0.274	18.6	183.5	37.85
14	7.6-7.12	61.0	52	3 110.97	0.075	0.16	82.13	0	0.18	456	0.406	16.7	804.7	111.27
15	8.30-9.1	73.5	33	1 44.81	0.110	0.05	45.53	0	0.05	14	1.100	12.9	34.1	44.12
16	9.26-10.1	67.0	31	2 373.45	0.130	0.29	355.03	0	0.30	732	0.397	14.9	1134.0	338.78
17	10.4-10.6	29.5	20	1 67.58	0.073	0.17	49.49	0	0.25	288	0.498	30.4	-506.1	82.65
18	10.13-10.17	16.8	25	1 123.09	0.079	0.61	105.26	0	0.69	467	0.472	21.2	101.0	87.98
19	47.2.13-2.17	38.5	11	1 420.15	0.105	0.62	354.02	0	1.00	1610	0.339	18.5	2956.8	571.18
20	4.7-4.15	51.8	120	4 90.95	0.038	0.38	67.23	0	0.44	887	0.415	30.1	1070.8	69.12
21	5.4-5.8	31.0	13	1 57.73	0.064	0.19	53.37	1	0.27	852	0.262	9.75	1263.0	197.84
22	6.3-6.7	48.9	33	2 122.02	0.064	0.22	90.67	1	0.27	529	0.480	26.8	490.7	106.33
23	6.7-6.11	37.3	16	2 184.72	0.089	0.33	148.99	0	0.98	1227	0.359	16.6	3291.6	561.71
平均値					0.077	0.25			0.33	683	0.425	20.74	954.4	
標準偏差					0.005	0.03			0.05	86	0.032	1.63	210.5	

K, P, A, Bは各流出ごとに定まる定係数で表一3に示すような値である。

以上の流出関数法と貯留関数法の2つの方法により流出解析をした結果の中より4例を示すと図一6のようになり、ハイドログラフの形状、最大流量ともに実測値と計算値との間に完全な一致をみることはできない。



図一6 洪水解析例

5. まとめ

観測をはじめてから今日までの約4ヶ年間の資料とその解析結果を紹介した。少い資料からの判断は危険であるが、流況曲線より諸流出の発生確率が推定され、流出解析より流出の特性を判断することができ、紙面の都合から資料の細かい部分や解析結果の全体にあたっての紹介をすることができなかった。今後継続して山梨大学工学部研究報告などに詳細を報告し、本研究に御協力頂いた方々に謝意を表すことにします。

1) 萩原、砂田、小林；甲府市下積翠寺梓川における流出について、山梨大学工学部研究報告 第22号、昭46.12