北海道開発局
土木試験所月報
第 37 號

ニセチヤロマツプ川 (石狩川支流) における流出函数について

水工研究室　河　川　班

I. 緒　　言

降雨から河川の流出量を推定することは最近盛んに研究されてをり unit graph method, index area method 等種々の方法が行われているが，我国の地勢等を考慮するとき，それぞれ或種の難点が生じてくる。
こゝに取り上げた方法も，降雨流出の複雑性を考えるとき，すべての河川に適応性のある絶対的な方法であると言うことは言い難いが，降雨流出推定の一方法として貴重なものであると思う。この方法は先年建設省土木研究所技官吉川氏が，関東地方の狩野川に対して行つたものであるが，以下その概要を述べ，これを使つてニセチヤロマツプ川の流出函数の算出をする。

II. 概　　要

この方法は，降雨による流出を表面流出，地下流出等に区分することを止め，流域の条件に変化の起らぬ限り，或る単位時間降雨に対して一定の流出の仕方があるものとして，流出函数なるものを設ける。

この流出函数は微小時間降雨による流出を経過時間について peak のある簡単な函数を用い，これによる単位時間の降雨による流出函数を求め，そのような形成の函数の無限級数により，任意の降雨流出を表わそうとするものである。

III. 流 出 函 數

一般的に流出量は (1) 式より表わされる。

$$q=ate^{-\alpha t} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに　t: 降雨開始よりの経過時間
q: 時刻 t における流量
a, α: 常　数

今降雨量と流出量との間に損失がないと仮定すると

$$\int_0^\infty qdt=\int_0^\infty a\alpha t^{-\alpha t}=1.\ d\tau$$

$$\therefore \quad a=\alpha^2. d\tau \quad \cdots\cdots (2)$$

また f を流出係数とし，単位をそれぞれ比流量； $m^3/sec/km^2$，降雨量；mm/hr とすると，

$$a=0.2778\,\alpha^2 f\, d\tau \quad \cdots\cdots (3)$$

また流出量は流出係数と定数 α で表わされるから

$$q=0.2778\,\alpha^2 f\, te^{-\alpha t}\,d\tau \quad \cdots\cdots (4)$$

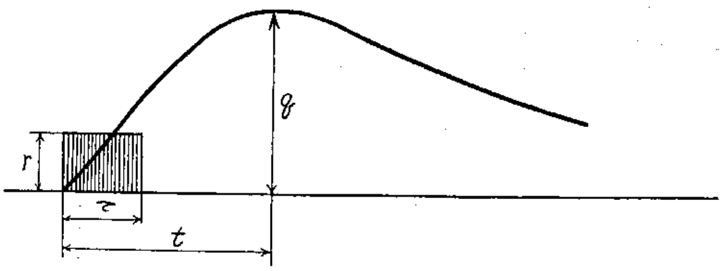
次に式(1)を t で微分すると，

$$\frac{dq}{dt}=\alpha e^{-\alpha t}(1-\alpha t) \quad \cdots\cdots (5)$$

$$\frac{d^2q}{dt^2}=\alpha\alpha e^{-\alpha t}(\alpha t-2) \quad \cdots\cdots (6)$$

(1)式より $t>0$ のすべての値に対し $q>0$，$t=0$ および $t=\infty$ において $q=0$，また $dq/dt=0$ とすれば $t=1/\alpha$ 或は $t=\infty$，この $t=1/\alpha$ は q の最大値に対するものであり，実測資料から到達時間を知ることにより α を決定することができる。

(6)式から $\frac{d^2q}{dt^2}=0$ となるのは $t=2/\alpha$ 或は $t=\infty$ のときであり，到達時間の2倍の所に変曲点があることになる。



圖—1

今 τ 時間連続して r なる一様強度の雨が降つた場合，任意時刻 t における流出量 q は，$t>\tau$ においては，(4)式を積分することにより次式のようになる。（図—1）

$$q=0.2778\,f\,r\left\{e^{-\alpha t}(\alpha t+1)-e^{-\alpha t'}(\alpha t'+1)\right\} \quad \cdots\cdots (7)$$

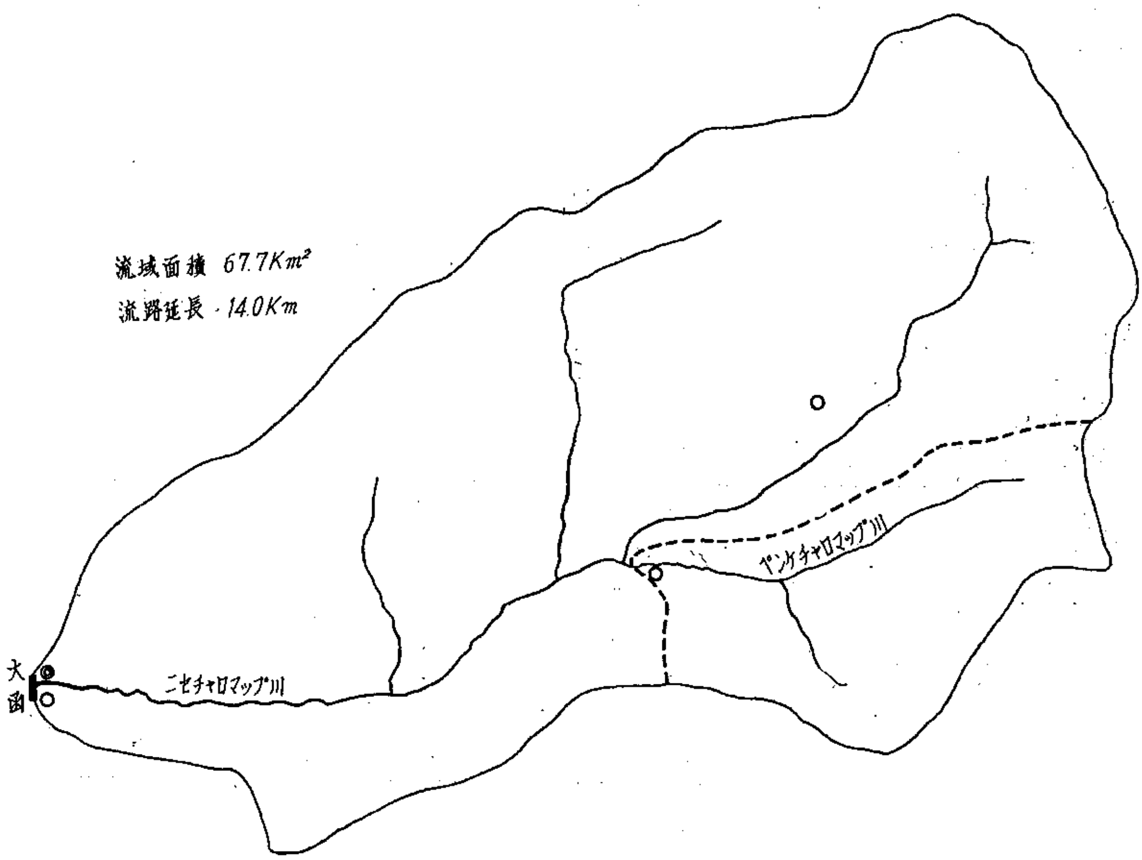
ここに $t'=t-\tau$

(7)式において各常数を観測資料に基づいて決定することにより，目的河川の流出函数を得ることができる。

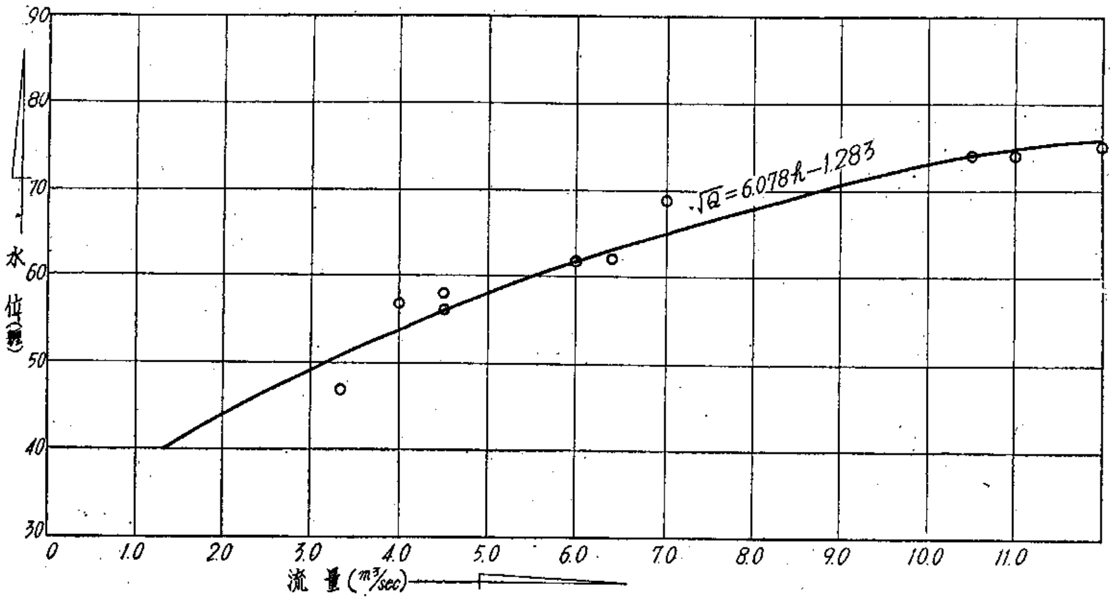
以上が流出函数についての概要であるが，以下ニセチャロマツプ川について行つた本計算法につき述べる。

IV. ニセチヤロマツプ川について

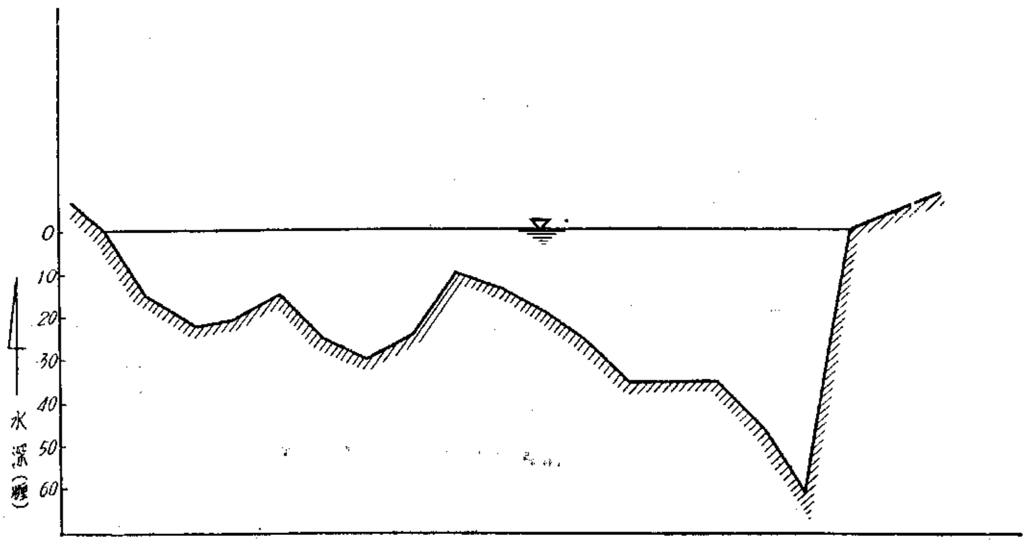
ニセチャロマツプ川は石狩川上流層雲峡大函地区にて合流する石狩川の一支流であつて，図—2にみられるよう



圖—2　ニセチャロマップ流域面積



圖—3　ニセチャロマップ川水位流量曲線



圖—4　ニセチャロマップ川流量測定断面図

に流域はほぼ長方形状をなし，流域面積 67.7 km，流路延長約 14.0 km，標高 700～1.800 m で比較的高地域に属する。本川は流域のほぼ中央を流れ，河岸より左右 50～200 m の平坦地があるのみで以後は各分水嶺に急傾斜で連なつている。図中の○印は雨量計設置個所，◎印は水位計設置個所であり，流出函数の決定個所である。参考までに水位測定個所における水位流量曲線と同断面図をあげる。(図—3)，(図—4)

V. 定數の決定

(5)式より α は到達時間との間に $T=1/\alpha$ なる関係があるから，資料さえ完備すれば直ちに計算できるが，一般的にこの到達時間そのものは，いづれの場合にも一定値をとるものではなく，流量および降雨強度に支配されるものでこれらの函数として表すことができると思われるが，降雨初期においてはそのときの気象条件により必ずしもこの函数形を満足するものではない。特に本流域のように細長い地域においては，降雨の通過経路もその重要な因子となつてくる。しかしそのいづれにおいても或一定値以上になるとこの到達時間も大体安定した比例的数値に収斂し，流量・降雨強度等との函数形を満足するものと思われる。

次にここで言う流出係数は(7)式の f なる常数のことであり，従来の降雨と最大流出量との比ではなく，降雨とそれに対応する流出量とを考慮して決定される比である。

この f は勿論降雨ごとに変動すると考えられるが，或程度以上の降雨に対しては殆んど一定値と考えてもよいと思われる。

VI. ニセチヤロマツプ川の流出函数

昭和30年5月より10月までに観測した出水の記録をあげると（表—1）のごとくであるが，このうち降雨と流量曲線の完備しているのは，9月7日，10月8日，10月15日の3回の出水である。流出函数を決定するのにはいささか少い資料であり，なお今後の観測資料をまち正確な函数を定めなければならないので，今後の調査，観測の基礎資料のために，本文においてはその個々の出水につき流出函数を算出する。

表—1

No.	年 月 日	Q_1 m³/sec	r_p mm/hr	R mm	Q_p m³/sec	備　考
1	昭 30. 7. 4	3.05	1.7	15.6	11.2	
2	7. 12	3.70			7.1	
3	7. 30	1.30			4.4	
4	8. 10	1.30			4.8	
5	8. 28	2.45	8.5	3.0	6.5	
6	8. 30	3.50			9.9	
7	9. 7	3.05	5.5	15.5	9.9	
8	10. 7	1.95	3.5	15.0	4.5	
9	10. 15	4.50	3.0	6.0	11.2	

凡例 Q_1 降雨初期流量　　r_p 最大雨量強度
R 最大雨量以前の総雨量　　Q_p peak の流量

a. α の 假 定

今3回の出水の場合の到達時間を調べるとそれぞれ6時間，18時間，18時間となる。この到達時間群と流量或いは降雨強度等との相関関係を見出さなければならないのであるが，それにはなお多くの資料をもつて論ぜられるべきものであるから，ここではあくまで個々の出水につき独立して計算を進める。すなわち，各1/6, 1/18, 1/18 を α とする。

b. 定数 f の假定

今取り上げた出水記録および降雨は図—5に示してある。この実測の降雨に対し前に仮定した α を用い，(7)式の $f=1$ として，すなわち流出の際の損失が全然ないとした場合の流量 Q_0 を求める。もし f が一定であれば，$Q/Q_0=f_0$ は横軸に平行とならなければならないが図—5にみられるようにこの f_0 の値はかなりの変動を示している。なかでも peak 附近以後の f_0 の増加は余り急激であり，$f_0>1$ となる場合もあり，実際と大分食違つている。

しかしその時間的変化の状態が各出水の場合大体において類似しており，何かほかの原因があるものと思われる。しかしこの函数形を使用しての操作では，この点を整正することは困難であり，根本的に是正しなければならぬと思われる。

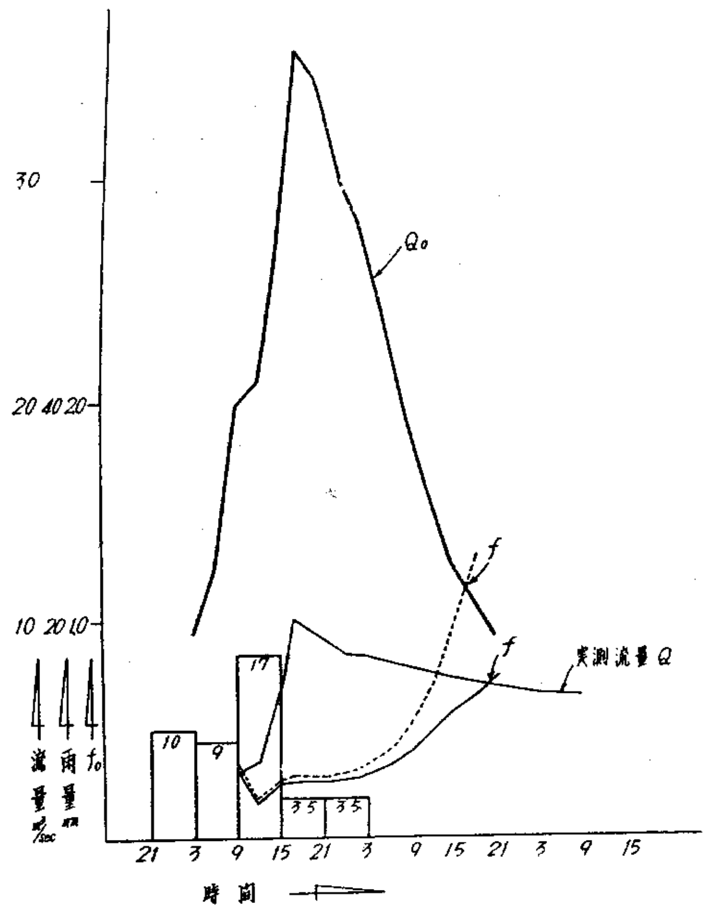
ニセチヤロマツプ川の流出函数を次のように考える。

$$q=F_1(t)+F_2(t)+F_3(t)+\cdots\cdots$$
$$=0.2778f_1r\left\{e^{-\alpha_1t}(\alpha_1t+1)-e^{-\alpha_1t'}(\alpha_1t'+1)\right\}+0.2778f_2r\left\{e^{-\alpha_2t}(\alpha_2t+1)-e^{-\alpha_2t'}(\alpha_2t'+1)\right\}$$
$$+\cdots\cdots\cdots$$

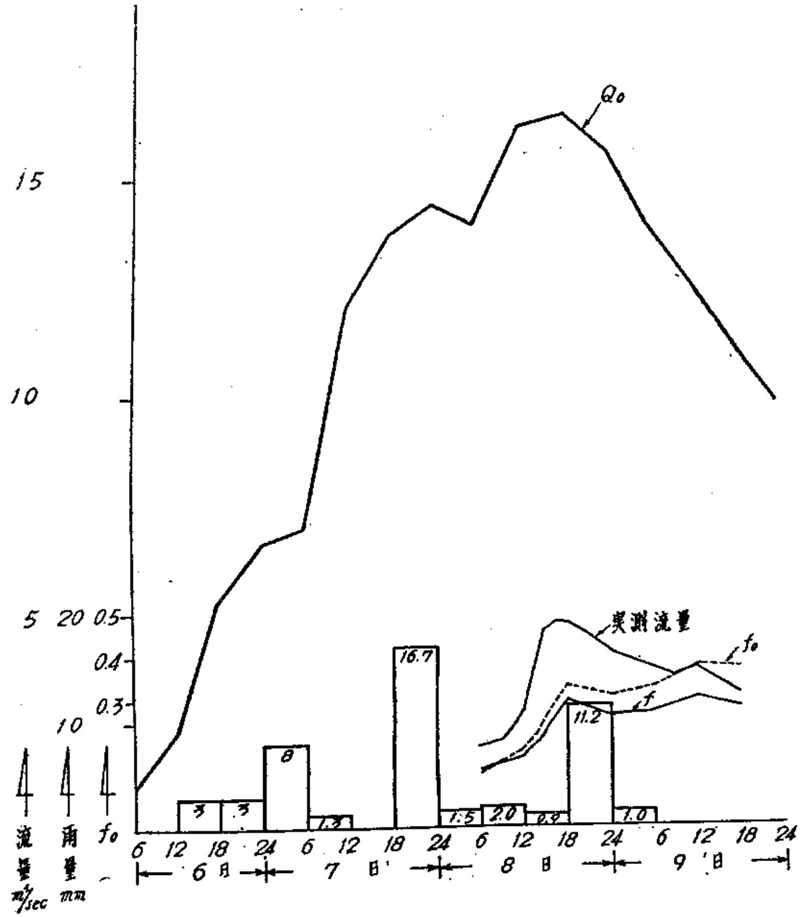
項数を多くすることはこの計算式の精度を高めるが，今の場合先づ最初の2項を取て計算を行つても良いと思われる。

即

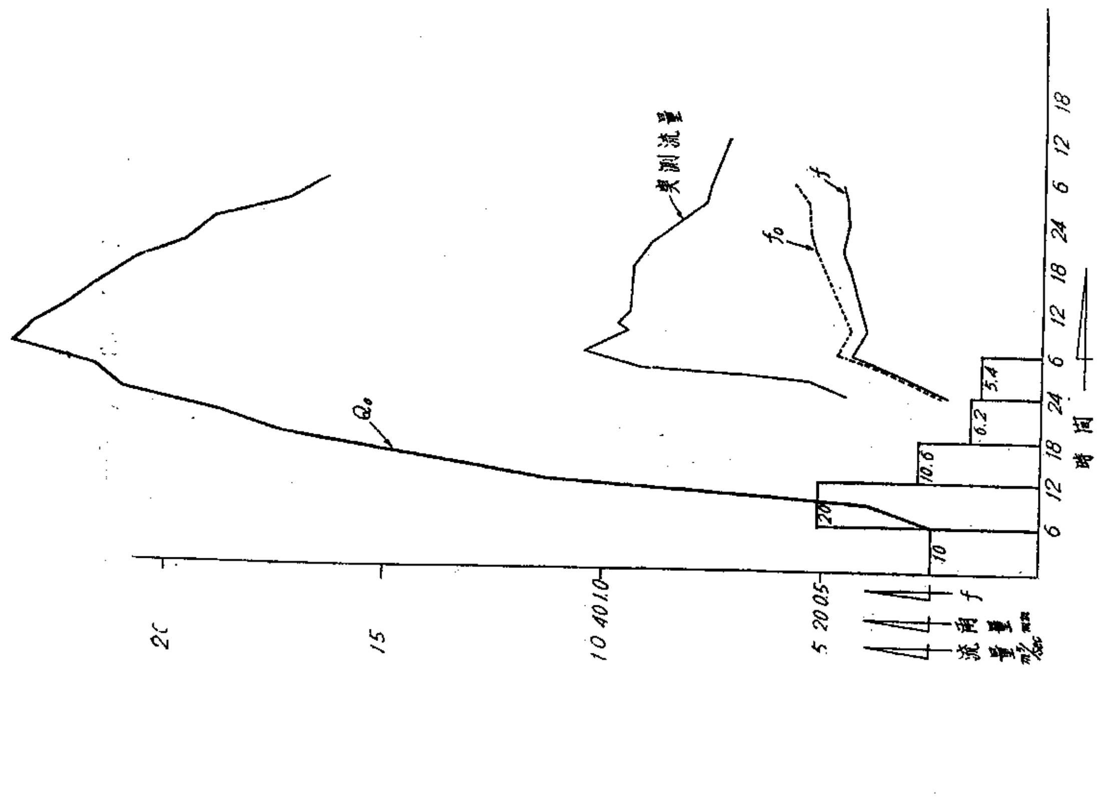
$$q=0.2778f_0r\left\{e^{-\alpha t}(\alpha t+1)-e^{-\alpha t'}(\alpha t'+1)\right\}$$
$$+0.2778f_br\left\{e^{-\alpha' t}(\alpha' t+1)-e^{-\alpha' t'}(\alpha' t'+1)\right\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\quad(8)$$



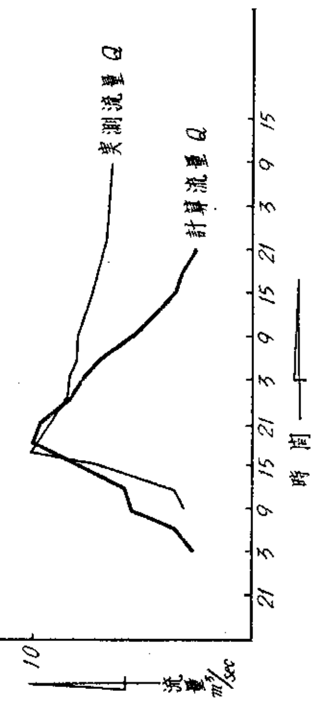
圖—5 (1)　30年9月7日



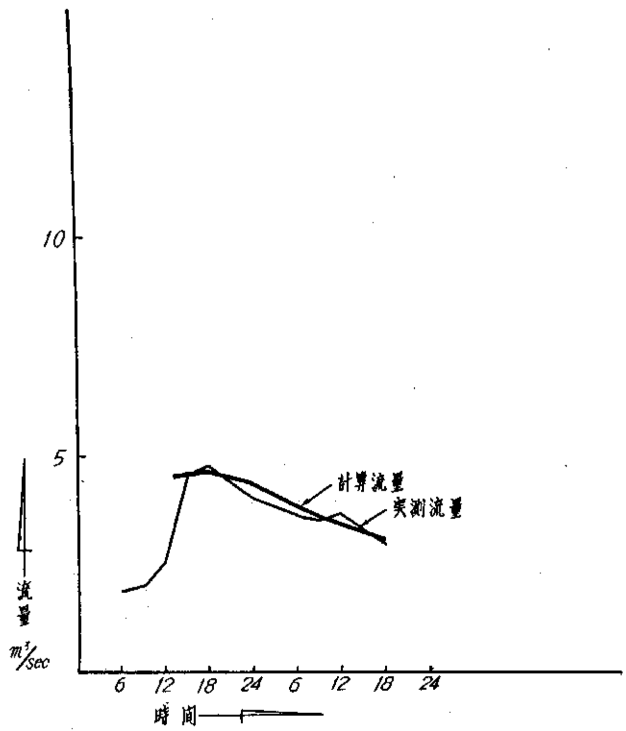
圖—5 (2)　30年10月8日



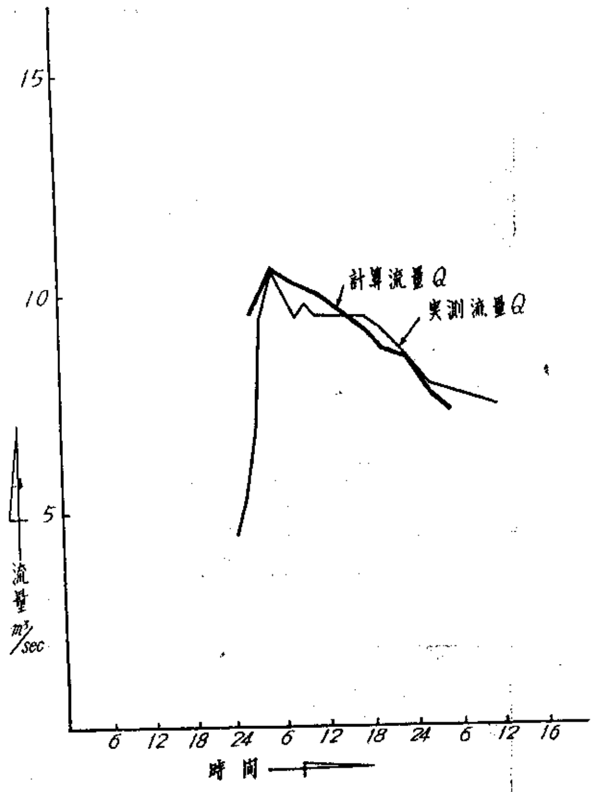
圖—5 (3)　30年10月15日



圖—6 (1)



圖—6 (2)　30年10月8日



圖—6 (3)

(8)式を使つて計算を進める場合，f_0 と f_b は幾分かの違いがあると思われるが．今の場合計算の繁雑さを避けるため $f_0=f_b$ とした。また α は前に求めた2種の値をとることにした。α' についてはこれの大小が前式の f_0 の誤差の整正の大小に関係するので，整正を要する点までの時間（図—5参照）を取つた。

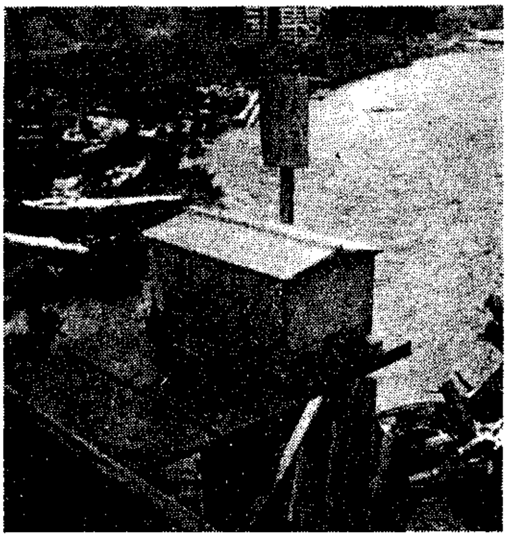
以上のように計算した各出水の係数を表—2にあげる。またこれを使用する函数形は次のようになる。

$$q=0.2778\,f\,r\left[\left\{e^{-\alpha t}(\alpha t+1)-e^{-\alpha t'}(\alpha t'+1)\right\}+\left\{e^{-\alpha' t}(\alpha' t+1)-e^{-\alpha' t'}(\alpha' t'+1)\right\}\right] \quad \cdots\cdots (9)$$

表—2

出水年月日	f	α	α'
30. 9. 7	0.28	$0.1\dot{3}$	0. 02
30. 10. 8	0.28	$0.0\dot{5}$	0.009
30. 10. 15	0.44	$0.0\dot{5}$	0. 01

以上で大体の傾向をつかむことができたが，まだまだ不備な点があり，理論と合致しないもの整正を要する点等多い，これは今後の資料にまつことにし本稿を終る。　(森技官記)



1. 水位計設置状況

2. 水位計設置状況

3. 記録用紙の附替

4. 記録用紙の附替

5. 長期式雨量計 (上流地点)

6. 長期式雨量計 (下流地点)