

12 大小流域における流出特性の比較

北大工学部	正員	工博	○岸 力
北大工学部	正員		中尾 欣四郎
大成建設 K.K.	正員		猪俣 通
静岡県土木部	正員		増本 秀二

1. 降雨流出の機構 降雨流出の解析は流域内の任意の地点における降雨が、観測点まで流下するに要する時間を求めることである。雨水の流下経路は山腹斜面と流路とに大別され、それぞれ勾配と粗度が著しく異なっている。

流路における流下時間については、洪水追跡法としていくつかの解析方法が提案されている。また斜面における流下時間については、岩垣・末石、石原・高樺らによる特性曲線法が利用できる。大流域では流路の流下時間が無視できないから、河道の貯溜効果と斜面における降雨の流下時間を組合はせた解析方式が有効であり、小流域では流路を無視して斜面の流下時間のみに流出解析を行うこともできよう。

2. 石狩川伊納の流出（大流域の例）

2.1. 解析方法の検討 伊納は旭川の下流約8 kmにある流量観測所でその集水面積は3,310 km²あり、大流域の例と考へられる。伊納に用いる貯溜関数を選定するため流出の逓減部をしらべた。その代表例を図-1に示す。図で明らかを通り減水が始ってから4~5時間を至達し、いわゆる表面流出が終了した後では逓減部は1本の指数曲線であらわされ貯溜関数として流量の一次型式が適していることがわかる。しかも逓減係数の値が殆んど一定である。この事を更に確かめるため、昭和28年~33年の間における15の洪水について逓減係数を求め各洪水の頂点流量との相関をしらべた処、逓減係数は頂点流量に関係しないと判断され、その平均値は $C = 0.145 (hr^{-1})$ となった。

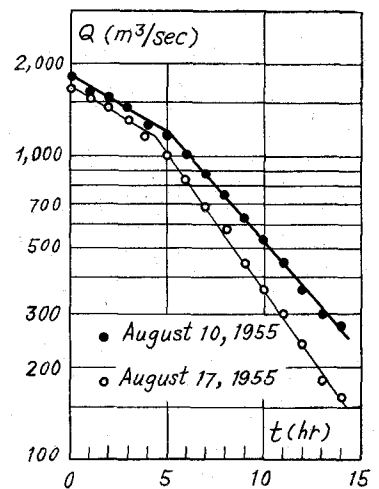


図 - 1

斜面における流下時間は降雨継続時間の長短に関係する。

北海道の降雨は強度、継続時間ともに比較的小さいから、伊納の流出では降雨終了後に頂点流量があらわれる例が多い。このような場合における斜面の流下時間は石原・高樺によれば

$$t_L = C L Re^{(1-1/p)} + (1-p) t_d \quad (1)$$

こゝに t_L = 長さ L の斜面を流下するに要する時間

Re = 総有効雨量

C = 係数, p = 流速公式に関係する指数

指数 p の値を見積るため、流出の上昇時間、 t_g 、すなわち流出の始発から頂点流量までの時間と降雨との関係をしらべた。 t_g は河道貯溜によるおくれの時間も含まれるから、(1) 式の t_L と t_g とは等しくない。そこで資料を Re の大小によって 2 グループに分け、各グループの中では河道貯溜の効果に大差がないものと考え、(1) 式の t_L の代りに実測の t_g を用いた。(1) 式によれば t_g は総有効雨量とその継続時間に関係する。Manning の式が成立せば $p=0.6$ のはずであるから、先づ $p=0.6$ と仮定し $(t_g - 0.4 t_d)$ と Re との関係をしらべ図-2 に示した。図-2 では大略 $(t_g - 0.4 t_d) \propto Re^{-0.63}$ であり、 $p=0.6$ という仮定が成立していると認められる。 $p=0.6$ とすれば伊納では $t_L = C L Re^{-0.66} + 0.4 t_d$ となる。しかし図に示す通り係数 C の値は Re によって異なり、 t_g と t_L とは同一ではない。したがってこの関係から直ちに伊納における t_L を求めることは難しいが、 t_L に洪水到達時間の実験式、例へば $t_L = \alpha L^m$ の形式を用いれば、 α は常数ではなく降雨条件によって変化するものであることがわかる。

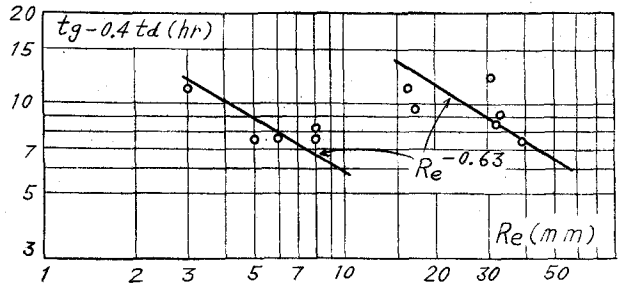


図 - 2

2.2. 解析結果 前述の河道貯溜の性質と降雨の流下時間の特長とから、伊納の流出にはいわゆる立神の方法が適していることがわかる。たゞし頂点流量のおくれが一変値になるとは期待できないから、単位図として数種のものを用意する必要がある。流出が完全には線型でない為これも止むを得ない。

計算の結果、伊納では昭和 28 年～33 年の間の 15 洪水に対して頂点流量のおくれが 7, 8, 9, 10 および 11 時間の 5 種の単位図を用意すればよいことが判った。図-3 は実測値と計算値とを比較した 1 例である。伊納では総雨量が大きくなるにつれて、頂点流量のおくれの大きな単位図が適する傾向が認められた。

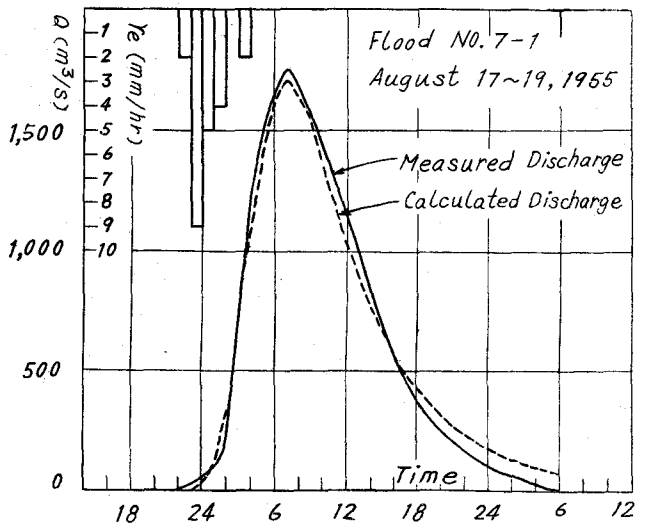


図 - 3

3. 豊平川藤舞の流出 (小流域の例)

3.1. 解析方法の検討。藤舞(みすまい)は札幌市の上流約 14 km にある豊平川本流の流量観測所でその集水面積 460 km²、流路延長 32 km である。流域は大部分勾配 1/5 ~ 1/10 の山地で小流域の例と考えられる。

河道野溜の効果とみるため、流出の逓減部をしるべし。図-4に示した。図-4にみる通り流出の逓減部は、伊納り例とは異なり1本の指数曲線ではあらわし得ない。この事から蘆舞の流出では河道野溜の効果が小さく、流出曲線は主として降雨が山腹斜面を流下する時間に支配されていると判断した。このような場所では木村の貯留関数法を用いるのも一案であるが、資料数が少ないのでここでは特性曲線法を用いることにした。

蘆舞上流域を4流域に区分し、矩形流域に直すと表-1のようになる。

表-1によれば、

蘆舞上流域は豊平川本流流域Ⅰと小樽内川流域Ⅱとが流域の大部分を占め、しかもこの2流域は面積、勾配、斜面中ともよく似た値をもっている。

したがって蘆舞の流出解析では、全流域を一括して考へることができよう。

特性曲線法では斜面の等価粗度係数をきめるのが計算上の要となる。全流域を一括して考へれば、流出の始発から頂点流量までの流出の上昇時間 t_g に注目して粗度係数 N の近似値を求めることができる。蘆舞の流出曲線をしるべると、頂点流量が降雨終了直後に生じている例が多かった。このような場合には、石原・高樺によれば t_g は

$$t_g = \left(\frac{N}{\sqrt{i}} \right)^{1/p} \cdot B^p \cdot r_m^{(p-1)} \quad (2)$$

こゝに t_g = 流出の上昇時間

N = 等価粗度係数

i = 斜面勾配, B = 斜面中

r_m = 平均雨量強度

蘆舞の実測値で t_g と r_m との関係をしるべると図-5の結果が得られた。図-5では頂点流量の大きさによって t_g と r_m との関係が分かれるようであり、この性質は図-2に示した伊納り例に似ている。

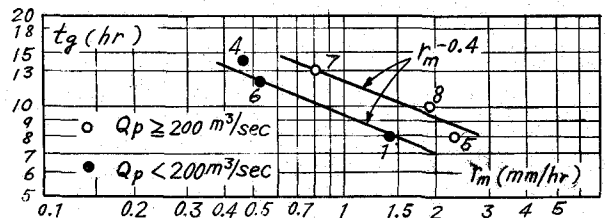


図-5

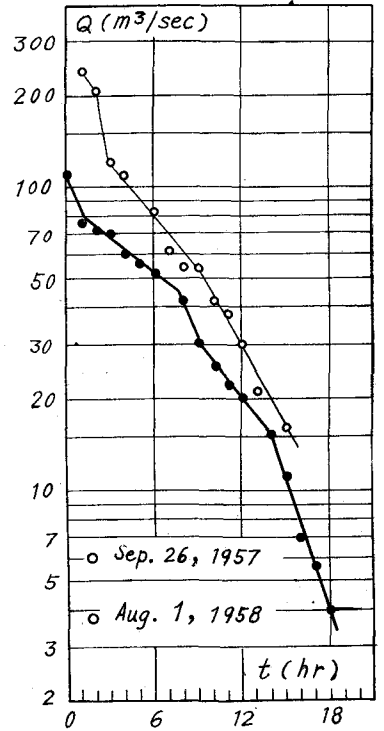


図-4

図には頂奥流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ で分けて、流量の大きい場合と小さい場合との2本の線を記入してある。しかしスッの場合とも t_g は $r_m^{-0.4}$ に比例し、したがって $p=0.6$ である。(3)式から I, II ス流域の平均値で N を計算すれば、 $B=2500 \text{ m}$, $i=0.185$ および $p=0.6$ 、 $Q_p \geq 200 \text{ m}^3/\text{sec}$ の線と組合はせて $N=0.41 (\text{m-sec単位})$ が得られる。

3.2. 解析結果

単価粗度係数 N の第一近似値として $N=0.41$ を用い、表-1 に示した4流域の流出量を合成し、実測値と比較しながら N の値を修正した。 N の最終値は頂奥流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の場合には $N=0.30$ となった。図-6 に実測値と計算値とを比較して示した。

また図-5 によれば斜面のみを考へる今の解析法では、流量によ

って単価粗度係数 N を多少小変へればよい結果が得られることがわかる。頂奥流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下のときは、図-5 から求めた第一近似値 $N=0.31$ に対し最終値は $N=0.20$ となった。流量と単価粗度係数との関係については、さらに検討したい。

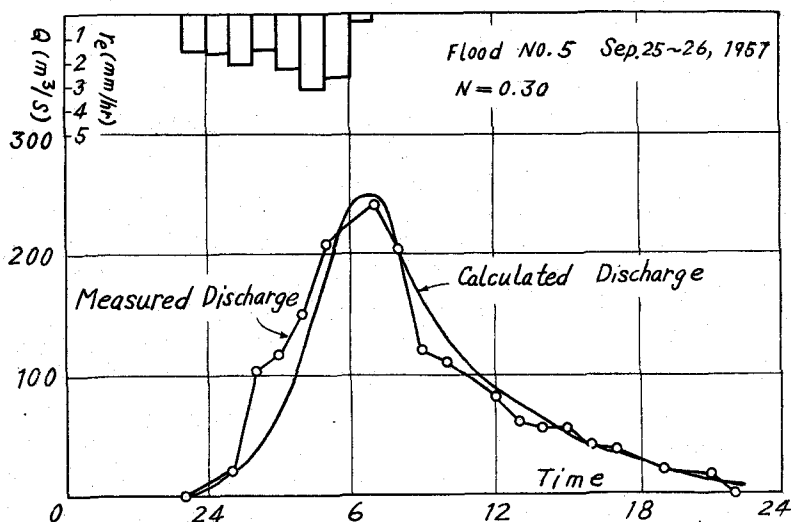


図 - 6

参 考 文 献

- 1) 岩垣雄一, 高樺琢馬; 降雨および流域特性が流出関係に及ぼす効果について, 京大防災研論文集, 昭31. 11.
- 2) 末石 富太郎; 特性曲線法による出水解析について, 土木学会論文集, 29号, 昭31. 2.
- 3) 石原藤次郎, 高樺琢馬; 単位図法とその適用に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 60号(34. 3-3), 昭34. 3.
- 4) 篠原謹爾, 上田 年比古; 筑後川上流部の出水解析, 1, 2報, 九州大学応力研究所所報 12, 13号.
- 5) 立神 弘洋; 洪水流出の新解析法, 昭30. 3.
- 6) 木村 俊晃; 洪水流出解析の一方, 建設省沼津工事事務所, 昭31. 10.
- 7) 木村 俊晃; 洪水流出の推定法に関する研究(1), 建設省土木研究所報告, 102号, 昭33. 12.
- 8) 岸 力, 中尾 欣四郎; 石狩川 伊納の流出について, 土木学会北海道支部技術資料, 昭35. 2.