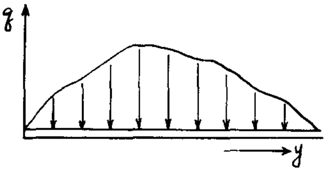
III—34　小流域からの雨水流出に関する二，三の考察

金沢大学工学部　正員　金丸昭治

流出に関する研究は，対象が任意性に富む雨量と河川流域であるために，それらを総括的に取り扱った実証的研究から発展してきたのも当然であろう。しかしながら，これらの研究成果にもとづいた実用的な解析方法は普遍性に乏しい難点があるので，最近においては，その内部機構を解明して，考えられる各要素の役割を明らかにするとともにそれら相互の関係を把握して流出算定法に普遍性をもたせるという方向に重点がおかれるようになった。この研究でも，流出現象をできるだけくわしく解析する目的で，まず山腹斜面上の雨水流について，斜面の複雑な形を考慮した場合を解析し，区分された個々の斜面を矩形におきかえて計算を簡単にする方法を提案したが，ここでは，雨水が斜面から一本の流路に流入して，ある地点まで流下する場合を対象として二，三検討した結果を述べることにする。一般の河川流域を対象とするときは，ここで取り上げたような小流域（1 km^2 前後）が基礎単位として取り扱われるわけであって，この小流域での現象が河川の出水に重大な影響を与え，したがって，これをできるだけくわしく検討する必要がある。



まず，流路への流入量を q，流路における流下方向を y であらわし，斜面，流路とも勾配，粗度は平均をとったものとして一様であると考える。また，解析を容易にするために Manning の抵抗法則が適用できるものとし，流路の断面はV型断面とする。一般に斜面からの流入量 q は時間 t と位置 y の関数 $q(t,y)$ であるが，このままでは解析できないのでどちらか一つの関数として取り扱わなければならない。そこで，流入量に時間的変化がないものとして，$q=q(y)$ であらわされる場合を考えてみる。この場合には，流路の下流端 y_L における流量 Q とその発生時刻 t はつぎの式で与えられる。

$$Q=\int_{\eta}^{y_L} q(s)\,ds + Q_{\tau}(\eta),$$

$$t = M\int_{\eta}^{y_L}\left[\int_{\eta}^{s} q(s)\,ds + Q_{\tau}(\eta)\right]^{-1/4} ds + \tau .$$

ここに，τ は流入量 $q(y)$ が開始された時刻であって，$Q_{\tau}(\eta)$ は $t=\tau$，$y=\eta$ における流量である。M は流路の勾配，粗度および断面によって定まる定数である。この式は，流入量が時間的に変化しないとして求めたものであるが，いま流入量が Δt 時間々隔で階段状に変化し，Δt 時間で区切った時刻の流量を求めることにすると，$t=\tau+n\cdot\Delta t$ における下流端 y_L での流量 $Q_{y_L;\,\tau+n\cdot\Delta t}$ はつぎのようになる。

$$Q_{y_L,\tau+n\cdot\Delta t}=\int_{\eta_{n,\tau+(n-1)\Delta t}}^{y_L} q_n(s)\,ds+\int_{\eta_{n,\tau+(n-2)\Delta t}}^{\eta_{n,\tau+(n-1)\Delta t}} q_{n-1}(s)\,ds+\cdots\cdots+\int_{\eta_{n,\tau}}^{\eta_{n,\tau+\Delta t}} q_1(s)\,ds+Q_\tau(\eta_{n,\tau}).$$

上式中のnケのηはつぎのnケの條件からこれを決定する。

$$\Delta t=M\int_{\eta_{n,\tau}}^{\eta_{n,\tau+\Delta t}}\left[\int_{\eta_{n,\tau}}^{s} q_1(s)\,ds+Q_\tau(\eta_{n,\tau})\right]^{-1/4}\cdot ds,$$

$$\vdots$$

$$\Delta t=M\int_{\eta_{n,\tau+(n-1)\Delta t}}^{y_L}\left[\int_{\eta_{n,\tau+(n-1)\Delta t}}^{s} q_n(s)\,ds+\cdots\cdots+\int_{\eta_{n,\tau}}^{\eta_{n,\tau+\Delta t}} q_1(s)\,ds+Q_\tau(\eta_{n,\tau})\right]^{-1/4}\cdot ds$$

ここに，$q_n(y)$ は $t=\tau+(n-1)\Delta t$ から $t=\tau+n\cdot\Delta t$ まで時間的に変化しないとした流入量であり，$\eta_{n,m}$ は $t=\tau+n\cdot\Delta t$ にちょうど y_L に達する特性曲線の上で $t=m$ における y の値をあらわす。ηの数と条件式の数が同じであるから理論上は一つづつ求めていくことができるが，実際の計算にあたっては Δt 時間ごとに $Q\sim y$ 曲線を求めて計算する方が好都合である。この計算法ではいろいろな現象を解析的に説明することは困難であるが，例えば，流入量の場所的，時間的分布がある組合せの状態にあるときは，同時刻の流量がかならずしも下流程大きくなるとは限らないことも説明され，また同じような思考によって特定な位置における最大流量とその発生時刻についても要求に応じて検討することができる。この計算は，一つの小流域からの流出を問題とするときは効果的であるが，一般の河川流域を対象とするときは小流域からの流出を基礎単位として計算するわけであるから，個々の小流域からの流出に対してはできるだけ簡易な計算法を採用することが望ましい。その要求を満す一つの方法として考えられるのは，流路を含む場合にも斜面形を矩形におきかえて，流入量の場所的変化がないものとして計算することである。すなわち，$q=q(t)$ として計算すれば非常に簡単になり，例えば前と同様な記号を使ってあらわすとつぎのようになる。

$$ah^2=\int_\tau^t q(s)\,ds+a\,h_\tau(\eta)^2,$$

$$y_L=N\int_\tau^t\left[\frac{1}{a}\int_\tau^s q(s)\,ds+a\,h_\tau(\eta)^2\right]^{1/3}ds+\eta.$$

ここに，$h_\tau(\eta)$ は $t=\tau$, $y=\eta$ における水深をあらわし，a は水面巾 $b=ah$ としたときの係数，N は勾配，粗度および断面形によって定まる定数である。

ここでは，小流域だけを対象として，とくに流入量の場所的変化の影響，ひいては流域の形の影響を考慮した場合の結果と，それにもとづいた計算法の簡易化，つまり流路を含む小流域における斜面形の矩形化を合理的に行なうにはどうすればよいかという点などについて述べることにする。この成果は一般河川流域からの流出を総合的に定式化する場合に非常に有効なものであって，できれば総合単位図との関係についても述べる予定である。