

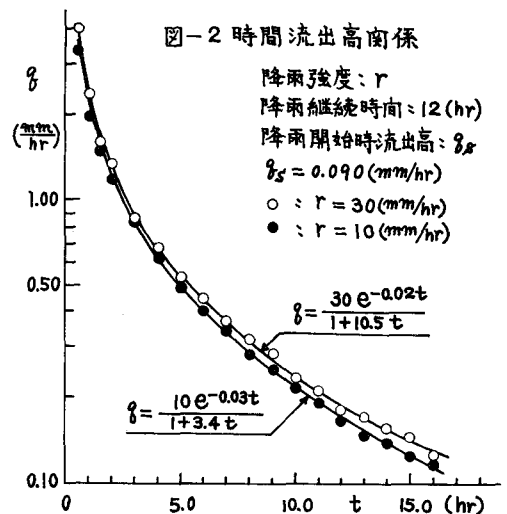
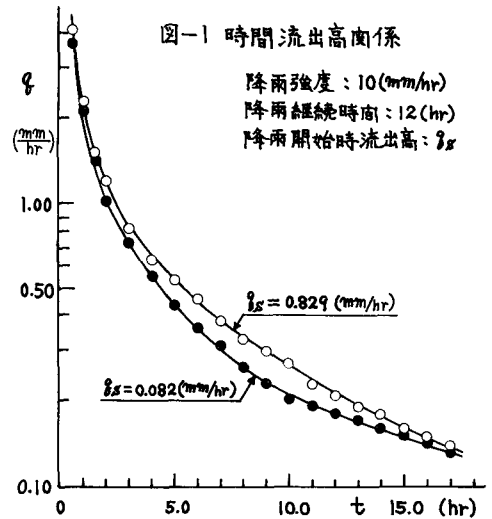
II-55 流量減衰部の特性に関する一考察

広島大学工学部 正員 金丸昭治

〃 〃 〇 三島隆明

雨水の流出機構を究明する場合、定常到達後の流量減衰部を対象とするのが容易であり、特に保水能力に関してはいり減特性にもとづいて検討するのが便利である。従来の研究においては、ことに、実河川の流量記録を用いた解析においては、流量減衰部を指数関数型あるいは指数関数の複合された型とみなして、そのてり減係数を用いた流域の評価が行なわれてきた。また、実験的な研究においては、流出の場である山腹斜面を均質な単一層と仮定した解析が行なわれてきたことは周知の通りである。これらの解析法は、いずれもかなりの適合度は示しているが、流出機構の解明という観点からすると不十分である。筆者らは、山腹から採取した試料を用いて屋内模型実験を継続しているが、不攪乱状態で採取した長さ2.40(m)、幅0.07(m)、層厚0.35(m)の試料に人工降雨を供給して、降雨条件一定のもとで、初期条件を変化させて行なった実験の流量減衰部における表面流消失後の時間流出高曲線は図-1のようになる。この図からも初期条件によって流出曲線ひいてはてり減係数が変化することが理解されよう。次に初期条件を一定にして、降雨条件の一部である降雨強度を変化させて行なった実験結果を図-2に示す。また、この曲線を指数曲線の複合型で表示した場合の式と、後述の(4)式を考慮して求めた試算式との比較を表-1に示す。図-2に見るようにこれらの試算式もかなり良い近似を示している。このように、実測記録から得られたてり減係数は斜面(流域)に固有な定数ではないし、この実験のような単位の斜面(流域)でしかも表面流消失後の時間流出高関係を表示した指数関数複合型の式において、その項数が3以上の式になると、従来行なわれているような解釈では各流出成分についての説明がでなくなる。

そこで、この研究においては、初期条件の影響や各種の要素の役割を一層明確なものとする目的で、流出の生起する場である山腹斜面が比較的透水性の大きい上層と、透水性の小さい下層との二層によって構成されているものと考えて、流量減衰部の流出過程を改め



り、斜面として、図-3に示すような二層を考え、層内の流れがDarcy則にしたがい、下方への浸透は、 h のものと考えると、流動に関する基礎方程式は、

$$\begin{cases} r_1 \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 & \text{--- (1)} \\ Q = \{k_1(h - C_2) + k_2 C_2\}(\sin \theta - \cos \theta) & \text{--- (2)} \end{cases}$$

となり、(1)、(2)式を解いた近似解は、

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{k_1 \sin \theta}{n} \cdot \frac{\partial h}{\partial x} = \alpha k_2 C_2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad \text{--- (3)}$$

となる。ここに、 β_1 : 上層の有効空隙率、 h : 水深、 Q : 単位幅流量、 C_2 : 下層厚、 k_1 : 上層の透水係数、 k_2 : 下層の透水係数、 τ : 時間、 x : 斜面方向に測った距離、 θ : 斜面の傾斜角、また $\alpha = \frac{1}{\beta_1} \left(1 + \frac{k_1(h-C_2)}{k_2 C_2} \right)$ 、 $\equiv \text{const.}$ である。さらに、 $X = x - \frac{k_1 \sin \theta}{\beta_1} T$ 、 $T = \tau$ の変数変換を行なうことにより、(3) 式は

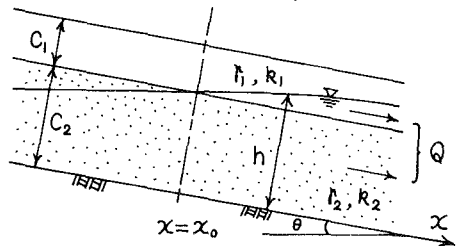
のようになる。

この拡散方程式の解については周知の通りであり、また、ラプラス変換を用いたこの種の解については、京大、高樺琢馬氏によって、“出水現象の生起場とその変化過程”(防災研年報第6号、昭38.3)に詳しく述べられているので、ここでは省略するが、解析の対象として、流量減衰部のうち変化の大きい中間流出のある部分を取れば、下層は飽和状態で流れ、上層では水位変化がある状態を考察することになる。すなわち、非擾乱領域を対象にすることになる。一方、地下水流出のみとなった場合は、擾乱領域を対象にすることになるが、この領域については、従来の指数曲線の増減を示すと考えるのが妥当であると思われる。上記のような考え方にしたがった二、三の検討結果からは中間流出のある期間における地下水流出は必ずしも地下水流出のみの部分を指数曲線として逆に延長したようなものでは無いということになる。このことは、中間流出成分と地下水流出成分が合成されている部分の増減係数とその変化、ひいては流域の一時的保水能力とその変化を考察するに当たってその基礎となる問題であり、流出成分の分離の問題をも含めて再検討すべき事柄であることを示している。この問題について、模型による屋内実験を継続中であり、今のところ具体的な成果を得るに至っていないが、実験条件に適合する解と実験結果を比較した結果については講演時に述べる予定である。

表-1 流出高表示式の係数

		$g = \sum_{i=1}^n A_i e^{-k_i t} \quad (n=3)$			$g = \frac{re^{-ct}}{1+Bt}$	
r	i	1	2	3	B	C
10	A _i	0.490	1.82	4.90	B	3.40
	k _i	0.0877	0.473	2.045	C	0.030
30	A _i	0.540	1.72	6.60	B	10.5
	k _i	0.090	0.461	1.870	C	0.020
r: 降雨強度 ($\frac{mm}{hr}$), g: 流出高 ($\frac{cm}{hr}$), t: 時間 (hr)						

圖-3 斜面模型



$$\frac{\partial h}{\partial T} = \alpha k_2 C_2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \text{----- (4)}$$