

II-46 降雨域およびその移動が流出に及ぼす影響 (II)

東京大学工学部 正会員 高橋 裕
 東京大学工学部 正会員 ○虫明 功臣
 建設省土木研究所 正会員 橋本 健

1. まえがき

前年度の報告では、神流川流域における雨量資料を解析して、降雨域の諸特性について調べ、一斜面一水路よりなる単純な流域モデル上で、降雨域の移動が流出に及ぼす影響について初歩的な検討を行なった。今回は、より実際の流域に近い流域モデルを設定し、このモデルに含まれるパラメーターが流出に及ぼすウエイトをも、て影響するかを考察し、降雨域の移動速度と移動方向の違いによって、ハイドログラフにどのような差異を生ずるのかについて比較検討を行なった。現在、神流川流域において同様の検証を進めており、講演時には発表の予定である。

2. 流域モデルと流出計算法

流域モデルは、図-1に示すように、10個のV字形の単位流域(向い合った斜面と水路)と本川によって構成されている。モデルの形状寸法は、神流川流域を頭において決められた。

流出の計算には、「横流入をともなう兩水路の不定流」という水理学的なモデルを採用する。降雨の空間的分布を考慮する方法としては、この他に、たとえば、並列のタンクモデルを用いて、各々のタンクで入力を変化させるとか、流域を適当に分割して、その各々に単位図法を適用するなどの方法が考えられる。しかし、現実的な立場からみて、分割された流域ごとに雨量と流量が観測されていることはほとんどないので、タンクモデルについては、それぞれの流出孔の係数、単位図法では各分割流域の単位図を決めることが困難である。ここで用いるモデルは、流域上の降雨分布と比較的忠実に考慮でき、流れの非線形性を内包し、かつ、洪水波の追跡が容易であるという利点をもつ。いっぽう、流域斜面に適用された場合の粗度係数の見積り方については、いまだ確定的な方法はないが、流域特性との関連においてこれをさらに追究できる可能性があると考えられる。

基本式としては、運動方程式に等流式を用い、連続方程式で非定常性を考慮する準定常的な扱いをとる。斜面に対しては、単位幅当たりを考慮して、

$$\left\{ \partial h / \partial t + \partial g / \partial x = r \right. \quad (1)$$

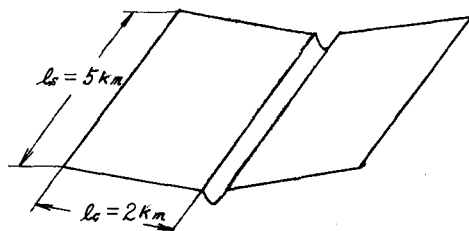
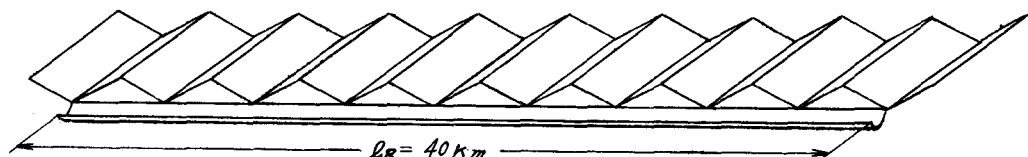


図-1. 流域モデル



$$\left\{ \begin{aligned} q &= 1/n_c \cdot h^{5/3} S_c^{1/2} \end{aligned} \right. \quad (2)$$

これを差分化した。

$$\left\{ \begin{aligned} h(i, \tau) &= h(i, \tau-1) - \{ q(i, \tau-1) - q(i-1, \tau-1) - r(i, \tau) \cdot \Delta x \} \Delta t / \Delta x \end{aligned} \right. \quad (1')$$

$$\left\{ \begin{aligned} q(i, \tau) &= 1/n_c \cdot h^{5/3}(i, \tau) S_c^{1/2} \end{aligned} \right. \quad (2')$$

ここに、 r は降雨量 (m/s)、 i 、 τ はそれぞれ場所および時間を表わす添字である。

支川と本川にっしては、流水断面を $ph = b^2$ (h は水深、 b は流水表面幅) なる放物線形断面として、

$$\left\{ \begin{aligned} \partial A / \partial t + \partial Q / \partial x &= q_e \end{aligned} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} Q &= A / n \cdot R^{2/3} S^{1/2} \end{aligned} \right. \quad (4)$$

ここに、 q_e は斜面下流端の単位幅当り流出量、あるいは、支川下流端の流出量である。径深 R と流水断面積 A の関係は、

$$\text{支川} : R = \frac{2}{3} \left(\frac{3}{4} \frac{A}{\sqrt{p}} \right)^{2/3} / \left\{ 1 + \frac{2}{3p} \left(\frac{3A}{4\sqrt{p}} \right)^{2/3} \right\}$$

$$\text{本川} : R = \frac{2}{3} \left(\frac{3}{4} \frac{A}{\sqrt{p}} \right)^{2/3}$$

(3)、(4) 式を斜面の場合と同様に差分化して計算を行なう。

3. この流域モデルの特性

この流域モデルに含まれるパラメーターは、流域の形状寸法が決まるとすれば、右表の8個である。

	斜面	支川	本川
勾配	S_c	S_s	S_R
相度係数	n_c	n_s	n_R
断面形状を表わす係数		p_s	p_R

これらのうち斜面と支川のパラメーターの変化が流

出に及ぼす影響を及ぼすかを調べる

ために、各パラメーターの値を変化させて、降雨強度 20 mm/hr 、継続時間1時間の一樣降雨に対する支川下流端のハイドログラフと比較検討した。

<斜面勾配の影響> $S_s = 1/20$ 、

$n_c = 0.2$ 、 $n_s = 0.04$ 、 $p_s = 10$ として、

$S_c = 1/10$ 、 $2/10$ 、 $3/10$ の3種の斜面

勾配に対する支川下流端のハイドログラフを求めると図-2のようになり、

斜面勾配は流出形に及ぼす影響

を及ぼすことがわかる。

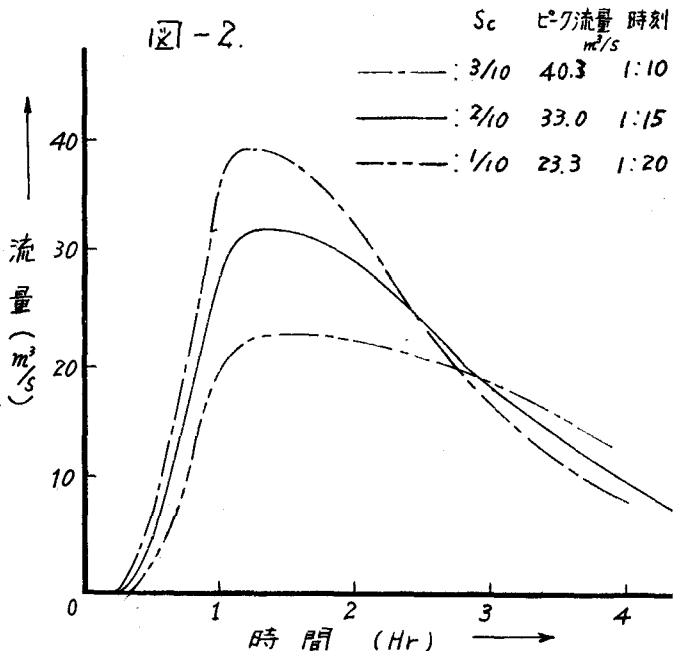
<斜面の等価相度係数の影響> S_c

$= 1/5$ 、 $S_s = 1/20$ 、 $n_s = 0.04$ 、 p_s

$= 10$ として、斜面の等価相度係数 0.1 、

0.2 、 0.5 、 1.0 、 1.5 の5種に対し

図-2.



て同様の検討を行なった結果が図-3である。当然のことながら、 N_c が小さいほどピーク流量は大きく、その発現時刻は早い。 N_c の違いによる流出形の変化はきわめて大きいと言える。

〈支川分配の影響〉 $S_c = 1/5$, $N_c = 0.2$, $N_s = 0.04$, $P_s = 10$ といて、 $S_s = 1/15$, $1/20$ によって検討した。 $S_s = 1/15$ の場合、1時15分にピーク流量 $33.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1/20$ の場合には、1時25分でピーク流量 $33.2 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、ハイドログラフの形状にはほとんど差を主になら。

〈支川の相度係数の影響〉 $S_c = 1/5$, $S_s = 1/20$, $N_c = 0.2$, $P_s = 10$ といて、 $N_s = 0.04$, 0.05 , 0.07 によってハイドログラフを求めると、 $N_s = 0.04$ の場合、1時15分でピーク流量が $32.98 \text{ m}^3/\text{s}$ 、

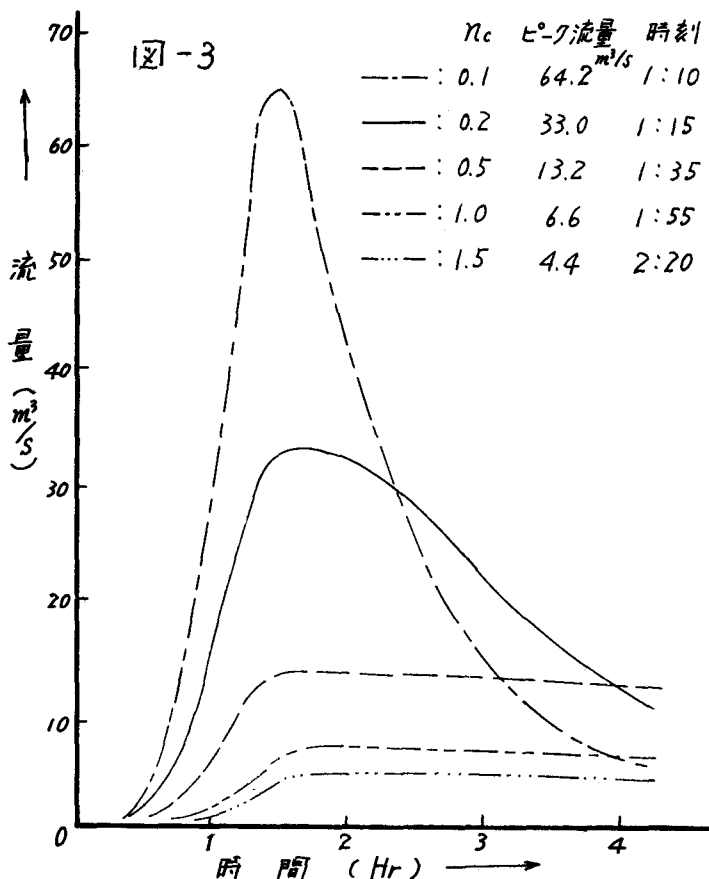
0.05 の場合、1時20分で $32.93 \text{ m}^3/\text{s}$ 、および、 0.07 の場合には、1時25分で $32.85 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。支川の相度係数の違いは、ピーク発現時刻、ピーク流量などにハイドログラフの形状に大いなる効果をもたない。

〈 P_s の影響〉 $S_c = 1/5$, $S_s = 1/20$, $N_c = 0.2$, $N_s = 0.04$ といて、10、20、30の3種の P_s によって検討を行なった。 $P_s = 10$ の場合、1時15分にピーク流量 $33.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、20の場合、1時15分に $32.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 、および、30の場合には、1時20分に $32.9 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、 P_s の変化がハイドログラフに及ぼす影響はきわめて小さい。

結局、単位流域に含まれる5個のパラメーターのうち、支川下流端のハイドログラフに支配的な影響を及ぼすのは、斜面のパラメーター S_c と N_c である。

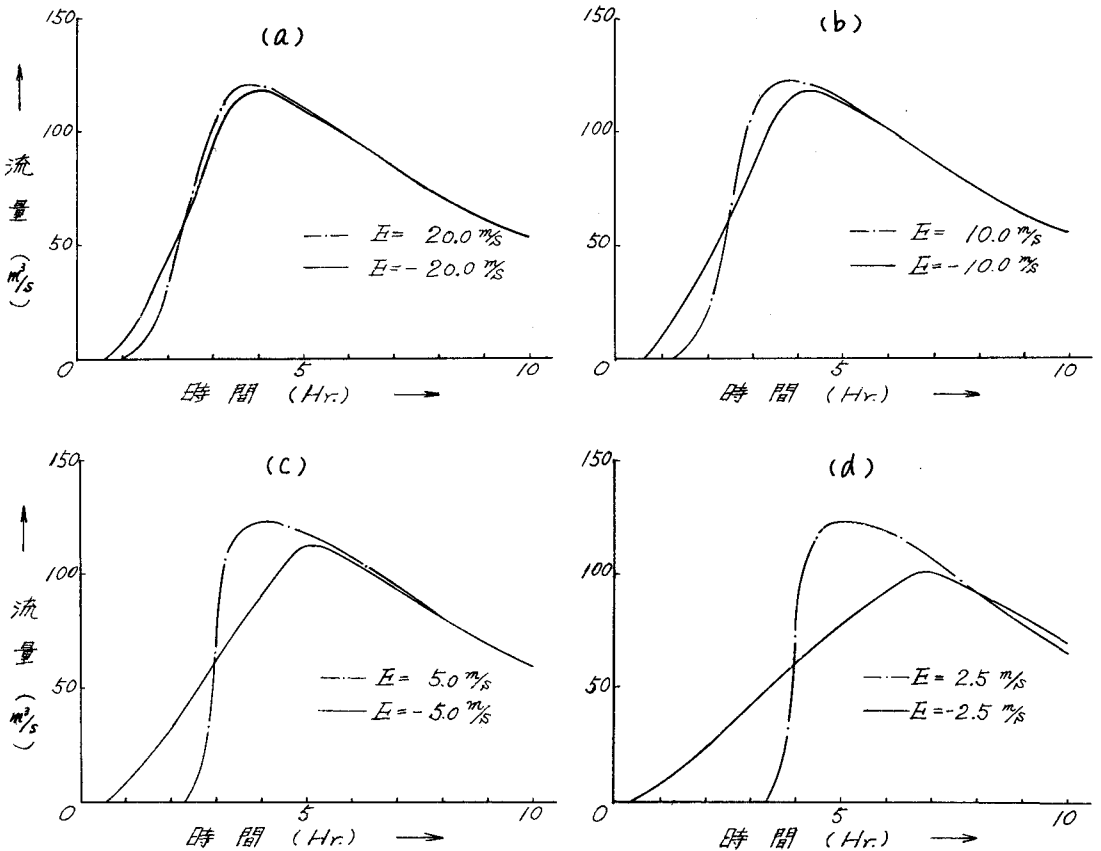
4. 降雨域の移動と流域下流端ハイドログラフ

降雨域は本川方向にだけ分布をもち三角形分布、中心の降雨強度 100 mm/hr 、一地点の降雨継続時間は1時間といて、4種の移動速度 20 m/s (72 km/hr)、 10 m/s (36 km/hr)、 5 m/s (18 km/hr)、 2.5 m/s (9 km/hr) のそれぞれが、本川方向に上流から下流側へ移動する場合と、下



流から上流側へ移動する場合についてハイドログラフの比較を行なった。流域のパラメーターの値は、 $S_c = 1/5$, $S_s = 1/20$, $S_R = 1/100$, $N_c = 0.5$, $N_s = 0.04$, $N_R = 0.035$, $P_s = 10$, $P_R = 30$ である。結果を図-4 (a) ~ (d) に挙げる。図中、 E は移動速度を表わし、上流から下流方向を正と17ある。

図-4. 降雨域移動によるハイドログラフの変化



ピーク発現時刻とピーク流量は次表の通りである。

	(a)		差	(b)		差	(c)		差	(d)		差
移動速度(km/hr)	72	-72		36	-36		18	-18		9	-9	
ピーク発現時刻(時分)	3:45	3:55	10 ^分	3:55	4:15	20 ^分	4:25	5:05	40 ^分	4:40	6:50	130 ^分
ピーク流量(m³/s)	120.2	118.2	2.0	122.2	117.6	3.6	123.3	112.9	10.4	123.5	101.8	21.7

これらの結果を要約すると、

- (i) 降雨域が上流から下流へ移動するとその分、ピーク流量は大きくなり、その発現時刻は早くなる。また、ハイドログラフの上昇部は急激になる。
- (ii) 移動速度が遅いほど、移動方向によるハイドログラフの差異が顕著に表われる。