

II-31

単位図から見た洪水流出の変化

北海学園大学 学 生 中 根 賢 志

正 員 山 口 甲

中山組 山 口 宗一郎

まえがき

洪水流出の大きさを構成する要因として①外力として降雨の面的・時間的な大きさ、②洪水の流下過程に影響を与える土地利用の変化などが考えられるので、長年にわたる洪水災害の分析や将来流出形態等を考えるときは、両面からの分析を行なう必要がある。

本研究は石狩川水系で大きな災害をもたらした洪水を例にして、流出の変化を単位図(U.G)を用いて表わし、その変化量を地表及び河道の粗度の大きさとして試算する。

1. 洪水流出

洪水流出量は一般に直接観測される河川水位と洪水時に観測する流量観測値を基にして、水位から流量を求めている。河川水位は河道条件に左右され、河床低下があれば同一流量であっても水位は下がり、また洪水氾濫が起きた場合は上流からの流入量が大きくなっても水位は余り大きくならないことがある。また流量は河道条件の変化に影響されるところは少ないが大きな氾濫が上流側で起きると河道流量はそれ程大きくならない。また降雨条件が同じであったとしても、流域内で土地利用条件などが変化して流下過程が変化し流出量の変化が起きている。

従って土地利用の変化が洪水流出に及ぼす影響を研究するに当っては、氾濫量が少ない水源地河川を撰ぶことになり、また土地利用の大きな変化を対象とすることが洪水流出過程の大きな変化として評定できるので、洪水発生年がへだたった洪水例を対象とする。

このような観点から水源地流域において洪水流量が揃っているものは図-1・表-1のとおりのとおりであり、4流域と4つの洪水を解析対象としている。

表-1 解析地点別洪水例

洪水	神居古譚 伊 納	小 藤 雨 竜 橋	芦 別 赤 平	クッタリ 清 幌
明治 37 年	○	○	○	○
昭和 37 年	—	—	○	○
50	○	○	○	○
56	○	○	○	○

明治37年洪水は流域内の土地利用や堤防など氾濫防止対策は全く皆無状態であった時の洪水であって、原始河川でのHydrographといえる。従って山林からの流出形態を示すものと考えてよい。昭和37年洪水は流域内の土地利用・氾濫防止対策共に完成ではなく進展途上に起きた洪水であるから、洪水流の流下過程はより複雑になっている。

昭和50・56年洪水は土地利用が現状に近くその現況把握が容易である。また両洪水とも河川氾濫はほとんど防止され、起きた氾濫は小河川による内水氾濫による洪水である。

Changed Unit Graphs of Flood Run-offs

by Satoshi NAKANE, Hajime YAMAGUCHI and Soichiro YAMAGUCHI

2. 単位図の変化

流域内の地被状況の変化に伴って起こる洪水流出の変化を見るのに、単位時間雨量で発生する単位図 (Unit Graph, U. G) に変化が生じているので、この U. G を比較する。

U. G の作成方法として、第 1 近似値として Snyder などの研究による、U. G の最大流量 q_P は流域面積に比例する考えを用いる。

$$q_P = c \cdot A \quad (1)$$

c : 定数

流域が異なる他地域の U. G は次式で近似できることは岸氏¹⁾らによって実証されている。

$$\left. \begin{aligned} q_2(t') &= \left(\frac{A_2}{A_1}\right) q_1(t) \cdot \left(\frac{t g_1}{t g_2}\right) \\ t' &= \left(\frac{t g_2}{t g_1}\right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここに q_1, q_2 : U. G が既知, 又は未知流域の U. G

A_1, A_2 : U. G が既知, 又は未知流域の流域面積

$t g_1, t g_2$: U. G が既知, 又は未知流域の遅れ時間

t : 時間 (t = 時間)

式 (2) は同一流域の場合の遅れ時間 $t g_1$ が判っている洪水の U. G から、遅れ時間 $t g_2$ の洪水の U. G を推定する場合にも適用できるので、第 1 近似の U. G を推定するのに便利であり、最終的には実測 Hydrograph に最も適合する U. G に修正する。この場合微調整でよい。

この方法で Hydrograph を再現した結果の一部を図-2 に示していて、その時用いた U. G を図-3 に示す。図-3 からわかるようにいつれの流域とも経年的に出水は早くなり、最大流量 q_P は順次大きくなっており、石狩川の洪水流出は大きく変化していることが解明された。

これらの洪水流出の変化をもたらした主要因は流域内の土地利用が進み地被及び雨水流路の変化が考えられるが、その物理的解明には複雑であり、未だ研究例も少ない。

本文では地被・雨水流路の変化を山腹斜面及び河道の粗度の変化に置き換えて考え、それを単位図の変化との関係を考える。

山口は流域を同一斜面勾配・同一河道勾配をした矩形流域とモデル化して特性曲線法で単位図因子 ϕ を計算している。²⁾

$$q(t) = A \cdot r \cdot \phi(t) \quad (3)$$

$q(t)$: 単位図, A : 流域面積, r : 降雨量 (U. G では 1 mm/hr)

$\phi(t)$: 単位図因子 (無次元量)

この $\phi(t)$ は t, τ_s, τ_r を構成因子として、その関数形が得られているので、 τ_s, τ_r の数値を与えて $\phi(t)$ が得られている。

式 (3) にて、今 $q(t)$ が得られたので、次式から洪水毎の単位図因子 $\phi(t)$ が得られる。

$$\phi(t) = \frac{3.6 q}{A} \quad (4)$$

$r = 1 \text{ mm/hr}, A (\text{KM}^2)$

これから、今回得られた U. G から、それを構成する τ_s, τ_r の組合せが 1 つ選ばれるがその τ_s, τ_r の構成因子は次のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} \tau_s &= [T r^{2/5}] \left[\frac{(\tan \theta_1)^{1/2}}{B \cdot n} \right]^{3/5} \\ \tau_r &= [T r^{1/3}] \left[\frac{B^{1/3} \{K (\tan \theta_2)^{1/2}\}^{2/3}}{2 N L} \right] \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

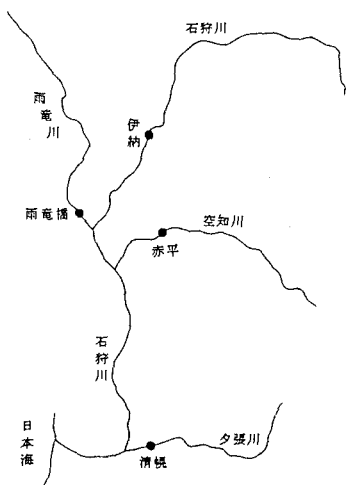


図-1. 流量観測所

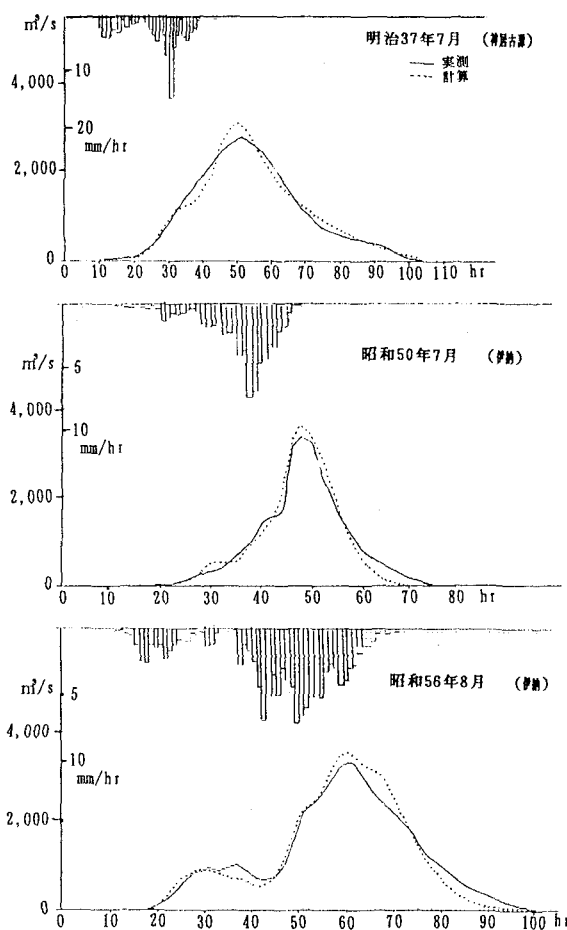


図-2 神居古譚 (3,453km) ・伊納(3,380km)の再現図

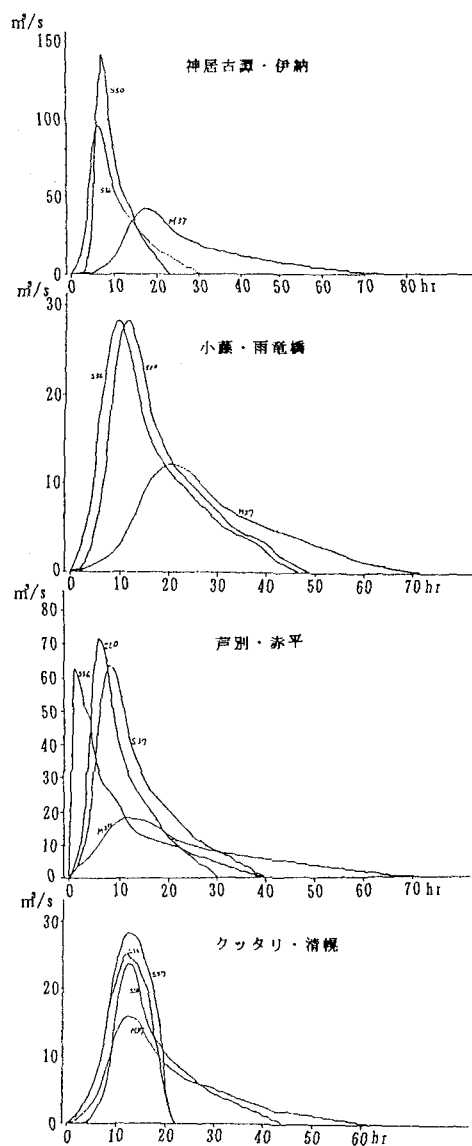


図-3 単位図の変化

今流域形状・河道形状は変化なく、 $T = 1 \text{ hr}$ 、 $r = 1 \text{ mm/hr}$ の降雨を対象とすれば、 T 、 r 、 $\tan \theta_1$ 、 B 、 L 、 K 、 $\tan \theta_2$ は流域毎に変らないと考えてよい。

従って洪水Ⅰ、と洪水ⅡのU.Gが別に求められて、その時の τ_s 、 τ_r をそれぞれ τ_{sI} 、 τ_{sII} 、 τ_{rI} 、 τ_{rII} とすると、上式から次の関係が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\tau_{sII}}{\tau_{sI}} &= \left(\frac{nI}{nII} \right)^{3/5} & \therefore nII &= \left(\frac{\tau_{sI}}{\tau_{sII}} \right)^{5/3} \cdot nI \\ \frac{\tau_{rII}}{\tau_{rI}} &= \frac{NI}{NII} & \therefore NII &= \left(\frac{\tau_{rI}}{\tau_{rII}} \right) NI \end{aligned} \right\} (6)$$

上式は流域の土地利用の変化等によって生ずるU.Gの変化を斜面・河道の粗度 n 、 N に置き換えて論じている。今回解析した流域毎の粗度 n 、 N の変化を表-2に示す。

表-2 粗度の経年変化

洪水例	斜面粗度 n ，河道粗度 N の変化							
	明治37年洪水		昭和37年洪水		昭和50年洪水		昭和56年洪水	
	n	N	n	N	n	N	n	N
伊 納	nI	NI	—	—	$0.41nI$	$0.23NI$	$0.59nI$	$0.46NI$
小 藤	nI	NI	—	—	$0.44nI$	$0.46NI$	$0.44nI$	$0.46NI$
赤 平	nI	NI	$0.51nI$	$0.72NI$	$0.31nI$	$0.72NI$	$0.51nI$	$0.72NI$
清 幌	nI	NI	$0.37nI$	$0.72NI$	$0.62nI$	$0.72NI$	$0.54nI$	$0.72NI$

各流域において流域の B 、 L 、 $\tan \theta_1$ 、 $\tan \theta_2$ 及び河道の K を与えることで各洪水の n 、 N 値を求めうるが、流域を矩形流域に置き換える手法が未だ解明できていないので、ここでは仮想の矩形流域を考えた場合の明治37年洪水時の粗度と、その後の洪水時の粗度との相対的關係を示すにとどめている。このように n 、 N とも経年的に減少していて、これがU.Gの q_F を大きくする原因となっていることを示している。

n 、 N がそれぞれ q_F の大きさを形成する現論的關係は未だ明らかでないが、斜面相当粗度 n の影響度が大きいことを示している。

むすび

石狩川流域の原始河川以来の洪水流出の変化を単位図の形状変化として表わし、その変化度を斜面・河道の粗度の大きさに置き換えた。この手法では流域からの雨水流の集合モデルとして均一な斜面・河道勾配を持つ矩形流域としているが、このモデルの適合性が確認できれば、定量的な粗度値として適用が可能となる。

参 考 文 献

1) 石狩川治水事務所	昭和36年洪水氾濫解析	昭和37年	北海道開発局
2) 山 口 甲	モデル流出系における総合単位図の基礎的研究		
	土木試験所報告第58号	昭和47年3月	