

京都大学農学部	○福寫義宏
建設省越美砂防工事事務所	稲葉勝一
建設省豊橋工事事務所	冨増弘一

### 1. はじめに

砂防や治山の現場では土砂害の発生時期やその場所、規模の予知が期待されている。その前には、それぞれの場所での土砂移動の再現 (simulation) が試みられ、現今の自然科学の知識の上に乗っ取った事象であるかどうか、或いは定量的法則化に対して、問題の所在は何かなどの解析が必要となる。その解析に対して、直接、降雨記録が入力となる場合もあるが、山腹斜面土層中の貯留水量や流路部分での流出水量の時系列が入力として重要な局面も多い。例えば、災害後に土石流の氾濫現場をみても、後続流によって、再浸食が進んでいる例が少なくないが、流路上での土砂移動の量を規定しているのは流量時系列である。その入力となる流量時系列を、降雨記録と同様に合理的にかつ、手軽に推定できるに越したことはない。

筆者の内、福寫らは雨水流法に基づいて、山地小流域の出水ハイドログラフ推定に必要な雨水流定数群を同定し<sup>1)</sup>、また、直接流出の分離を要しない、貯留関数法による長・短両用流出解析法を提案してきた<sup>2)</sup>。今回、1960年に土砂災害の発生した上記能郷谷で、災害時の土砂移動simulationが必要となり、その際に用いた手法を紹介する。

### 2. 対象流域の概況

揖斐川源流域の地質はおおむね古生層である。能郷白山のような山頂部では花崗岩が分布しており、変成岩も局所的にみられる。図-1は揖斐川源流域を示す。黒く塗った箇所が能郷谷である。根尾谷では、中部電力により能郷谷下流部の長嶺地点において1965年以前より流出量が観測されており、また能郷谷の西、揖斐川本川では横山ダムにおいて、これも1965年以前より流量が観測されている。さらに、横山ダム管理事務所によって流域内数地点で雨量観測もなされている。一方、能郷谷内では水位観測が近年始められたが、1965年のような大出水の観測例はない。かつ、水位時系列の精度は良いが、流量に変換するところに問題が残る。

### 3. 解析方法

長嶺地点と横山ダム地点の流量記録を援用し、かつ能郷谷での観測期間中の最大出水例を用いて、能郷谷における任意ハイドログラフを推定することにする。なお、能郷谷の流域面積は14.9km<sup>2</sup>であるのに対して、長嶺でのそれは153km<sup>2</sup>、横山ダムでは471km<sup>2</sup>と1桁オーダーが上である。

表-1は1965年から1984年の20年間から選ばれた、横山ダム地点のA～Dの4出水例について流域平均雨量と流量の諸元を示している。なお、表-1には長嶺地点の日流量も示している。出水Aは能郷谷で大規模な土砂移動の発生した時の例であり、出水Cは横山ダム流域内で土砂害の発生した時の例である。いずれも20年間の中では最大規模の出水例である。それに比して、出水Bは中規模であり、能郷谷でも降雨・流量記録の得られている出水Dはピーク流量強度からみれば小規模出水例である。横山と長嶺の最大日流量

を較べると、出水Aではほぼ同じ、出水B、Cでは横山が多いが、出水Dでは長嶺が多い。出水Bでは横山流域の西部で雨量が多いという、降雨分布の問題もあり、ここで得られた日流量で見る限り特に両流域の差異は認められない。

解析の手順は、出水A～Dの1時間間隔の雨量流量記録を用いて横山ダムの流出解析をすることにより出水時の有効降雨分離特性と基底流出特性を抽出する。この特性は能郷谷についても成立するとみなして、出水Dと同じ時期の能郷谷の出水例より、雨水移動の運動特性を同定する。これらの解析を経て能郷谷流域の出水ハイドログラフ計算に必要なすべての条件がそろふことになる。得られる能郷谷の定数群に適切な降雨時系列を与えれば、直接流出の分離をすることなく出水ハイドログラフが得られる。

なお、横山ダムの雨量流量時系列より能郷谷における流出成分分離定数群を定めるために「水循環モデル」<sup>2)</sup>が、また能郷谷流域内の雨水移動の定数を求めるために「並列斜面雨水流モデル」<sup>1)</sup>が用いられた。

#### 4. 適用結果

##### 4. 1 横山ダム流域に対する適用結果

図-2から図-6は横山ダム記録に対する水循環モデルの適用結果である。出水Aでは、ピーク時の適合が良くないので、杉原地点雨量を入力に用いると図-3に見られるように、過大な結果となった。すなわち、この出水に対する時間単位の適合の悪さは、モデル定数にあるのではなく、入力となる降雨の平均化の過程でもたらされたものと推測される。その論拠は出水B～Dの計算では、いずれも大変良好に観測ハイドログラフと合致しているからである。計算に用いた各定数群(表-2)は、揖斐川源流と同じ古生層よりなる、琵琶湖西岸の安曇川支流針畑川の小溪流、梁ヶ谷(0.7km<sup>2</sup>)の値である。横山ダム流域に対しても、定数群を特に変更する必要がない程度に観測流量に合致している。流域面積については3オーダーの開きがあるが、横山流域では流域平均雨量を用いたので入力自体が平坦化されたのであろう。なお、用いられた8、9月の月蒸発量は梁ヶ谷と同じく65.1、54.6mmである。

##### 4. 2 能郷谷の雨水流定数決定

能郷谷流域地形は、雨水流法適用のために、図-7のようにモデル化された。土砂移動量計算のために、能郷2号堰堤と能郷1号堰堤での流量が算定できるように考慮している。既に、領域1の等価粗度は、 $N_1=1.0$ 、領域2の等価粗度は、 $N_2=5.0$ と算定されており<sup>1)</sup>、また、流路系の運動定数、 $K=1.0$ 、 $P=0.7$ も山地流路用の値である<sup>2)</sup>。以上の定数値を用いて、黒津雨量に対し能郷流量を計算した結果が図-8である。初期流量は横山流量で初めており、能郷流量はその洪水波形の時間変化情報のみ注目している。計算波形は観測波形を良く再現している。

#### 5. 引用文献

- 1) 福寫・武居(1981)：山地小流域の短期流出に対するモデル、土木学会水理講論集、25
- 2) 福寫・鈴木(1986)：山地流域を対象とした水循環モデルの提示と桐生流域の10年連続日・時間記録への適用、京大演報、57

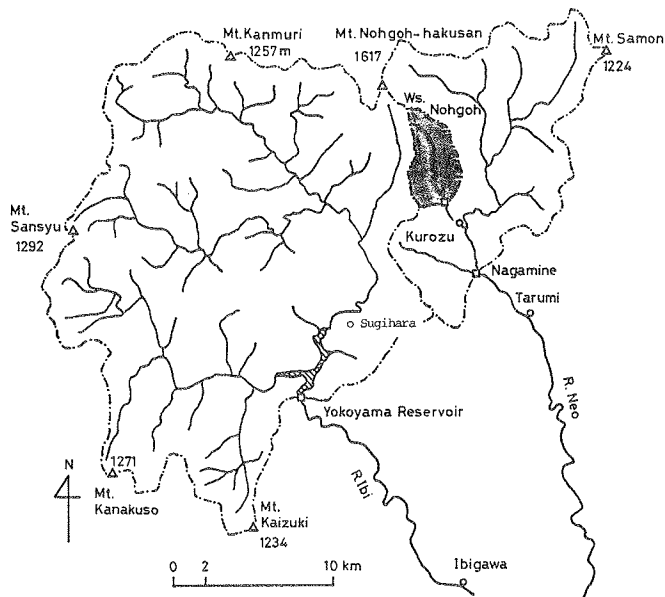


図-1 揖斐川源流水系図

表-1 選ばれた横山ダム流域の出水例

出水名	出水A	出水B	出水C	出水D
生起年月	1965年9月	1972年9月	1975年8月	1983年9月
期間	14日3時-16日11時	16日10時-18日19時	22日10時-24日19時	26日10時-30日9時
総雨量	437.0mm	275.3mm	467.3mm	213.0mm
最大時間雨量	44.0mm/hr	49.2mm/hr	36.0mm/hr	23.0mm/hr
総流入量	280.5mm	154.3mm	325.6mm	107.1mm
ピーク流量強度	17.2mm/hr	11.3mm/hr	17.9mm/hr	4.4mm/hr
最大日流量	191.2mm	101.1mm	186.2mm	58.7mm
その生起日	15日	17日	23日	28日
長瀬地点の日流量	186.9mm	68.3mm	131.6mm	73.4mm

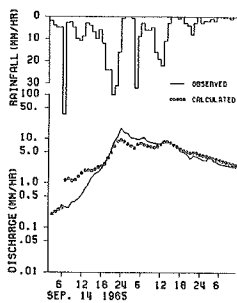


図-2 出水A

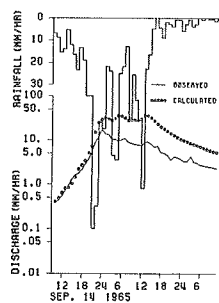


図-3 出水A  
(杉原地反雨量)

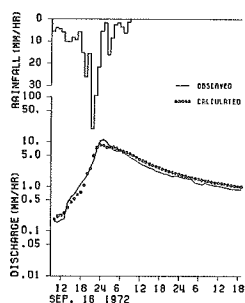


図-4 出水B

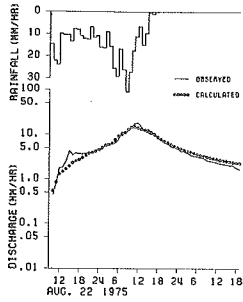


図-5 出水 C

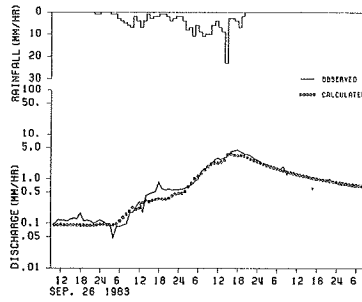


図-6 出水 D

表-2 水循環モデルに用いられた定数群

項目	値
流路系の面積率, C	0.015
流路系の蒸発率, J	2
有効土層厚, $D_{10}$ (mm)	10
$D_{50}$ (mm)	40
運動定数, $K_c$ ( $\text{mm}^2/5\text{hr}^{3/5}$ )	2
$K_n$ ( $\text{mm}^2/5\text{hr}^{3/5}$ )	30
$K_{in}$ (hr)	21.5
$P_b$	0.1
$K_b$ ( $\text{mm}^9/10\text{hr}^{1/10}$ )	808

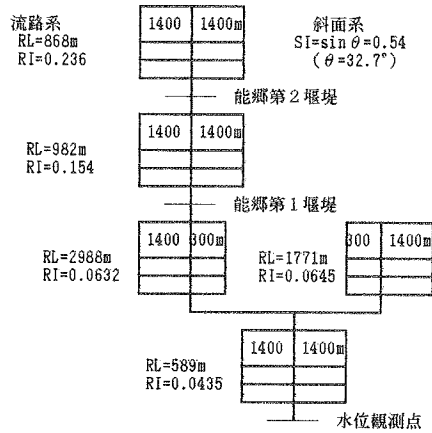


図-7 能郷谷地形のモデル化

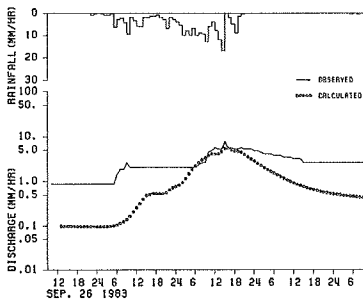


図-8 能郷谷の出水 D への適用結果