

## 6 土砂生産の想定と土砂流出予測

建設省土木研究所 ○水山高久  
 建設省天竜川上流工事事務所 網木亮介  
 国際航業(株) 今村遼平 西口哲夫

### 1. 緒言

砂防計画において、土砂生産は、これまでかなり広い流域の総量としてとらえることが多かった。これは現在の砂防計画で必要とされている量であり、災害調査でもどこで、どのような土砂生産が発生しているかよりも、総生産土砂量や総流出土砂量が求められる。総生産土砂量に対して砂防施設計画を立てると、必然的に下流河道に比較的大きな砂防ダムを建設する方が有利となり、その位置や規模について必然性は無い。土砂生産を抑制する工法などの砂防施設の合理的な配置を議論するためには、土砂生産について、(1)形態(山腹崩壊、土石流、溪岸侵食、地すべり、<sup>大規模崩壊</sup>土石流)、(2)位置、(3)形状(規模)、(4)粒度分布、(5)発生条件(とくに発生時刻)の5項目を与える必要がある。ここで、(4)粒度分布は崩壊の位置が決まれば現地調査で求めることができる。(1),(2),(3),(5)のそれぞれについて、最近理論的な研究も著発になりつつあるが、また実用に供するにはかなり時間がかかりそうである。そこで、既往の災害調査時の経験を基礎として、地形図、地質図、空中写真の判読および現地調査を行い、そこに砂防技術者の現地観察眼を加えて土砂生産の上記の要素がどこまで予想できるかを四国吉野川の南大王川流域(流域面積30.3km<sup>2</sup>)において試行的に作業してみた。その作業手順と結果を以下に述べるが、情報不足の点や研究不足の点が明らかになった。土砂生産想定の実用例として、想定した土砂生産を入力して河床変動計算を行い、砂防施設の効果を検討した。ここで作成したような土砂生産予想図は、具体的な砂防施設配置を可能にする他に、災害後の砂防計画の見直し等の基礎となる。

### 2. 土砂生産の予想

#### 2.1 土砂生産予想作業の手順

土砂生産の5要素の内(1)形態、(2)位置、(3)形状、について、図-1の手順で予想作業を行った。

#### 2.2 各土砂生産形態毎の抽出基準(主に空中写真による作業)

##### (1) 地すべり

地形、地質、植生の条件について表-1のような点に着目して、地すべり地の判定およびすべり易さのランク区分を行なった。ただし、全ての地すべりブロックがこのような基準で単純に判定できるわけではなく、定性的、感覚的に判定されるものも多かった。

##### (2) 大規模崩壊

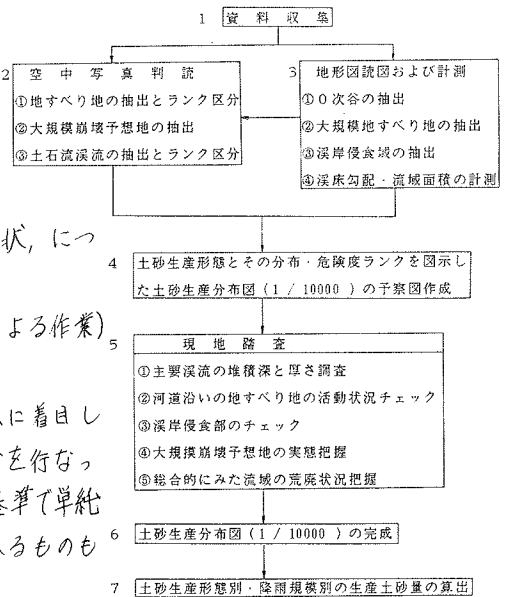


図-1 土砂生産予想作業手順

ここで言う大規模崩壊は、数十万 $m^3$ 程度の崩壊で、図-2に示すような、(i)斜面の中腹ないし裾部が急崖になっていて、しかもその部分が平面的にも少し出っばっているところ。とくにその下が崖錐になっている。(ii)斜面の中途が盛り上がり、その部分が水平的にも数十 $m$ ~数百 $m$ 続く。(iii)(ii)の変形で、斜面の一部が鼻状にまわりから突出している。(iv)面の一部が凹地をなしそこに厚い崖錐がたまっている。(v)隣接した斜面に過去に大規模崩壊がある。などに着目して抽出した。

### (3) 土石流

全ての溪流について、(i)流域面積、(ii)溪床勾配、(iii)溪床堆積物の厚さなどを空中写真より読みとり、沢口における土石流堆積の有無を調査して、図-3の流況に従い、表-2の組み合わせを基礎に、土石流発生の危険度を次のようにランク区分した。A：非常に発生し易い(危険度大)、B：発生し易い(危険度中)、C：発生しにくい、発生することもありうる(危険度小)

### (4) 山腹崩壊

山腹崩壊の多くはいわゆるO次谷で発生するとして、地形図より全てのO次谷を抽出し、崩壊発生危険度のランク分けは行わず、発生率で生産土砂量を算定することにした。

### (5) 溪岸侵食

河道幅が大きく、また未固結層、地すべり土塊、破碎された岩盤など脆弱な溪岸の地区で、攻撃斜面(水衝部)と

表-1 地すべり地のすべり易さのランク区分基準

条 件		すべり易さのランク区分				
		A	B	C	D	
地 形	要す 素べり 易い	1) 明瞭な地すべり地形 2) 舌状の平面形 3) 急傾斜地にある 4) 攻撃斜面にある 5) 周辺に新しい崩壊地	○ ◎ ○ ○	○ ○		
	いす 要べ 素り にく	1) 不明瞭な地すべり地形 2) 紡錘状の平面形 3) 緩傾斜面にある 4) 隆起斜面にある 5) 周辺に崩壊地なし			○ ○	◎ ◎ ○ ○
	地 質	1) 流れ盤にある	○			
	いす 要べ 素り にく	2) 断層や風化変質帯がある	◎			
	1) 受け盤にある				○	
地 質	2) 断層や風化変質帯は認められない				○	
植 生	要す 素べり 易い	1) 植生が不均一	◎	○		
	いす 要べ 素り にく	2) 水田など人工改変されている	○			
植 生	要す 素べり 易い	1) 均一な植生			○	◎
	いす 要べ 素り にく	2) 人工改変されていない				○

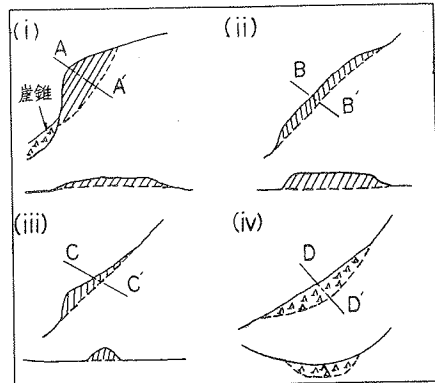


図-2 大規模崩壊をおこし易い箇所地形的特徴

表-2 溪流の土石流発生に対する危険度

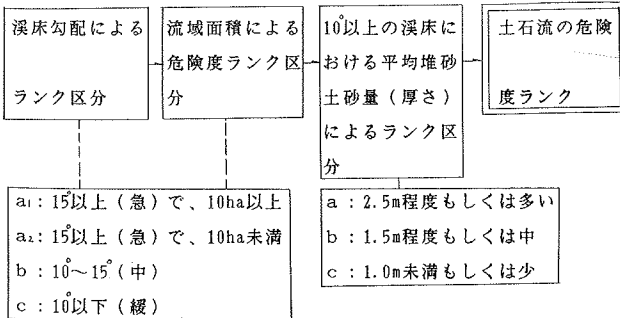


図-3 溪流の土石流発生危険度の判定手順

	要因の組合わせ		危険度
	溪床勾配と流域面積	堆積土砂量	
①	a <sub>1</sub>	a	A
②	a <sub>2</sub>	a	A
③	a <sub>1</sub>	b	A
④	a <sub>2</sub>	b	B
⑤	a <sub>1</sub>	c	B
⑥	a <sub>2</sub>	c	B
⑦	b	a	B
⑧	b	b	B
⑨	b	c	C

なる部分を地形図から抽出した。

### 2.3 現地踏査

前節の写真判読や読図結果をまじめて1/10,000基図上に初写し、土砂生産分布図予察図を作成し、主に次の点に着目して現地踏査を行い土砂生産分布図を完成させた。

- (i) 主要溪流の堆積深と厚さの把握, (ii) 河道沿いに分布する地すべり地の活動状況のチェック,
- (iii) 溪岸侵食部のチェック, (iv) 大規模崩壊予想地の更態把握, (v) 総合的に見た流域の荒廃状況の把握

表-3 生産形態別土砂生産源一覧表(箇所数)

生産形態	ランク				合計
	A	B	C	D	
山腹崩壊 (0次谷)	1,071				1,071
土石流溪流	22	33	—	—	53
地すべり	5	14	—	—	19
大規模崩壊	9				9
溪岸侵食	35				35

### 2.4 土砂生産予想作業の結果

前節で抽出された土砂生産源の形態別箇所数は、表-3のようになった。ここに、表-4の降雨を想定し、表-5のような関係をあてはめて生産土砂量を推定すると表-6のようになった。ちなみに、昭和55年に作成されたこの流域の基本計画では、生産土砂量は山腹より $658.5 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、溪岸より $439.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、溪床 $147.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、河道 $5070 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、地すべり $1035.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、合計 $2787.9 \times 10^3 \text{ m}^3$ となっている。

表-4 規模別雨量

雨量規模	30年確率	50年確率	100年確率
連続雨量	586.9mm	658.7mm	719.3mm
最大時間雨量	99.8	112.0	122.3

### 3. 土砂生産予想図の利用例

作成した土砂生産予想図に基づき、図-4のハイドログラフに対して、山腹崩壊は、計算開始後10時間目～30時間目の間、土石流、溪岸侵食は22～30時間目の間、地すべりは20～30時間目の間に発生すると仮定して、砂防施設の無い場合、現在の施設、計画中の施設完成後について、河床変動計算を実施した。図-5, 6, 7に各出水規模の累加通過土砂量を示す。なお、流砂量式は芦田、高橋水山の掃流砂量式を用いた。

表-5 土砂生産形態別みた降雨量と生産土砂量の関係

確率降雨生産形態	30年確率降雨	50年確率降雨	100年確率降雨	備考
地すべり	(ほとんど移動しない。)	A: (河道に接するAランクの地すべり地でのみ土砂生産があると設定) ( $V = \text{隣接長} \times \text{生産土砂量}$ (単位幅))	A,B: (河道に接するA, Bランクの地すべり地でのみ土砂生産があると設定) ( $V = \text{隣接長} \times \text{生産土砂量}$ (単位幅))	1) 河川に隣接しないものでは、多少のすべりが発生しても、それは流出土砂量とはならないと考える。
大規模崩壊	(発生しない)	—	大規模崩壊発生危険地の約30%が崩壊すると設定	1) 30%が崩壊するという明確な根拠がある訳ではない
山腹崩壊	0次谷数の10%が崩壊 流出率: 60%	0次谷数の30%が崩壊 流出率: 60%	0次谷数の60%が崩壊 流出率: 60%	1) 溪岸沿いのものは100%流出するものと設定
土石流	(発生しない)	A: (Aランクの溪流でのみ土石流が発生すると設定) ( $V = \text{渓流長} \times \text{渓床幅} \times \text{堆積厚}$ )	A,B: (A, Bランクの溪流で土石流が発生すると設定) A: 堆積層2.5m B: 堆積層1.5m	1) Cランクの深流では、上流側で崩れて流入する土砂量と、溪床から流入する土砂量がほぼ同じと仮定
溪岸侵食	(発生しない)	水衝部で平均0.5m侵食 ( $V = 0.5 \text{ m} \times \text{水衝部長} \times \text{溪岸高}$ )	水衝部で平均2.0m侵食 ( $V = 2.0 \text{ m} \times \text{水衝部長} \times \text{溪岸高}$ )	—

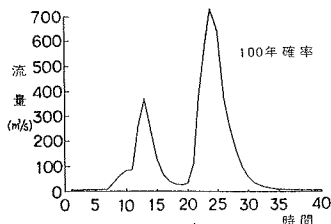


図-4 流域下流端のハイドログラフ

表-6 各降雨規模別生産土砂量

降雨規模生産形態	30年確率	50年確率	100年確率
豪雨型崩壊	$160000 \text{ m}^3$	$480000 \text{ m}^3$	$960000 \text{ m}^3$
地すべり	—	78000	243750
大規模崩壊	—	—	264600
土石流	—	211000	402000
溪岸侵食	—	7950	31800
合計	160000	776950	1902150

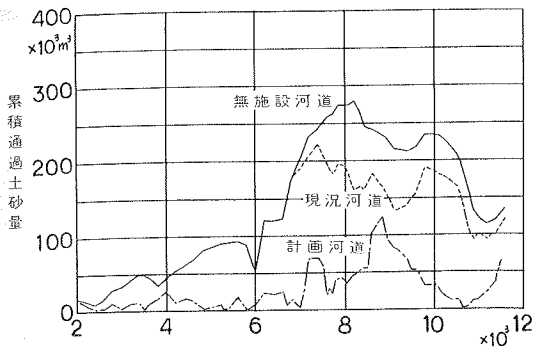


図-5 累積通過土砂量の比較(30年確率降雨)

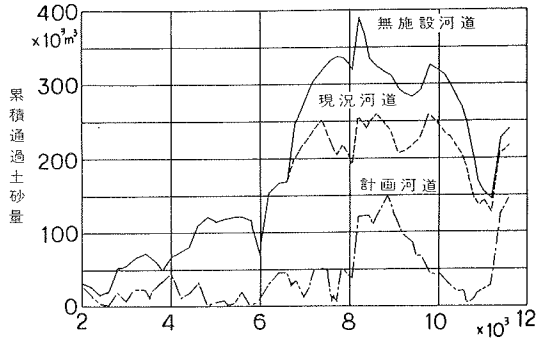


図-6 累積通過土砂量の比較(50年確率降雨)

#### 4 土砂生産予想作業上の問題点

土砂生産予想作業で明らかになった問題点(不明確な点)を表-7にまとめて示す。

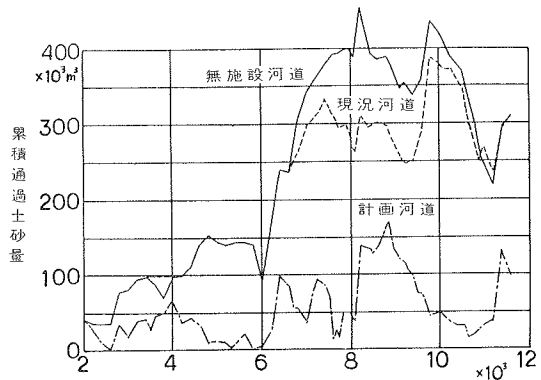


図-7 累積通過土砂量の比較(100年確率降雨)

表-7 土砂生産予想作業上の問題点

明、不明	明かとなっている点	不明確な点
生産形態		
地すべり	地すべり地のすべり易さのランク区分については、その判定に若干経緯的側面を有するが、相対的なすべり易さの判定は可能である。 (即ち、地すべり発生地点についてはある程度の信頼性がある。)	本調査では、地すべり地のランク区分を、A、B、C、Dの4種類としているが、これらの地すべりが、どの様な降雨のあった時、いつすべり出すか、また、その生産土砂量はどれだけと考えたらよいかについては明かではない。但し、地すべり地についての基礎データ(C、φ、地すべり面の深さ、地下水位等)があれば、適当な安定解析モデルを介して計算することは可能である。
大規模崩壊	大規模崩壊については、その地形的特徴から、崩壊発生可能地点の抽出は可能である。	崩壊発生可能地点の相互間の発生し易さの判定基準は現在のところない。(即ち、ランク区分できない。) また、これ等の発生可能地点が、どの様な降雨のとき、いつ、崩壊を起こすかについても現在のところ、推定するに足りるだけの基礎資料がない。 生産土砂量についても同様である。
土石流	空中写真判読、地形計測等の結果をもとに、土石流発生危険渓流のランク区分は可能である。	今回の調査で区分したA、Bランクの渓流と、高橋の土石流発生判定指標(X)とを比較すると、両者の間に相関は認められず(後出)どちらを用いればよいかは不明である。 各ランクの土石流危険渓流が、どの様な降雨のとき、いつ土石流を起こすかについての根拠付けはなされていない。
山腹崩壊	豪雨時の崩壊(大規模崩壊を除く)は、0次谷に集中的(70~80%)に発生することはわかっている。(即ち、崩壊発生可能地点はある程度明確におかえる。) 0次谷の崩壊深は比較的浅く、これは現地調査によりある程度の目安は付く。	どの様な降雨のあった時、0次谷の何%位が、いつ崩壊するかについては、現在のところ不明である。(基礎データの蓄積がない。)
渓岸侵食	渓岸侵食は、未開削層、地すべり地末端、破砕された岩盤などが河岸に露出している地点、特に攻撃斜面(水衝部)で発生し易いことはわかっている。	どの様な洪水の時に、どれ位侵食されるかについては、現段階では不明である。