

1、緒言

砂防ダム、山腹工などの砂防設備の効果を適正に評価し、それらを合理的に配置する手法を開発することがこの研究の終局的な目的である。先の研究¹⁾では、常願寺川を対象として砂防ダム群の土砂調節効果を検討した。ここでは、粒径別に土砂を追跡して土砂流出の量だけでなく質的な調節について考える。また、まだ未完ではあるが土砂生産と給砂のモデルについても検討した。

2、モデルの概要

2.1、水理計算

疑似等流としてマンニングの式を用いる。湛水池の背水区間では、水面形を水平と仮定する。

2.2、流砂量の計算

河床勾配がある勾配以上では土石流として、それ以下では掃流砂と浮遊砂として土砂が輸送されるとして計算する。土石流は高橋の式 $Cd = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \alpha - \tan \theta)}$ を用いて計算する。掃流砂量は芦田、高橋

水山の式 $\frac{q_{Bi}}{f_a(di)u_{*ci}} = 12 \tau_{*i} (1 - \alpha^2 \frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*c}}) (1 - \alpha \sqrt{\frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*c}}})$ の粒径別限界掃流力 τ_{*ci} に修正エギア

ザロフ式による値を与えて粒径別に追跡する。浮遊砂量は、芦田、道上の式による。

2.3、土砂生産と給砂

土砂の生産形態は、(a)裸地斜面侵食、(b)山腹崩壊、(c)溪床不安定土砂の侵食、(d)溪岸侵食を考える。溪岸侵食は芦田、江頭、加本の側岸侵食量式²⁾を用いることとし、(a)～(c)は次のようなモデル化を行う。

本川沿いの土砂の侵食、堆積は河床変動計算で追跡するが、これに含まれない主要支溪を、1次的に土砂が堆積する河道と土砂を供給する斜面に分ける(図-1)。支溪河道部には崩壊や斜面侵食によって生産された土砂が堆積する。堆積量の変化は支溪勾配で表され、支溪からは、支溪の流送能力によって土砂が本川に供給される。

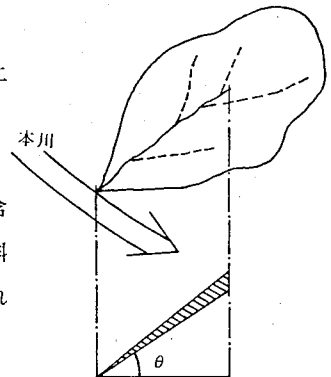


図-1 土砂生産モデル

崩壊発生は限界流量 Q_L 以上の時に生じ、流量に比例した土砂 $\Delta V_x = C_v$

$\cdot Q \cdot \frac{\Delta t}{C_*}$ が生産されたとする。裸地斜面

からの侵食は、1 ha 当たり 1 本のガリーが形成され、その河幅はレジーム則で決まるとする。また係数 αg の割合だけ支溪の堆積河道に供給されたとする。

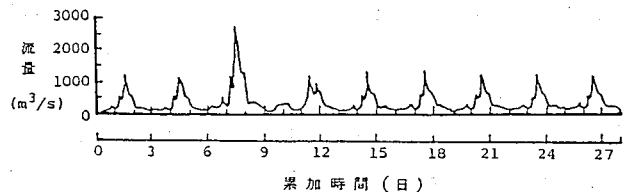


図-2 対象洪水ハイドログラフ

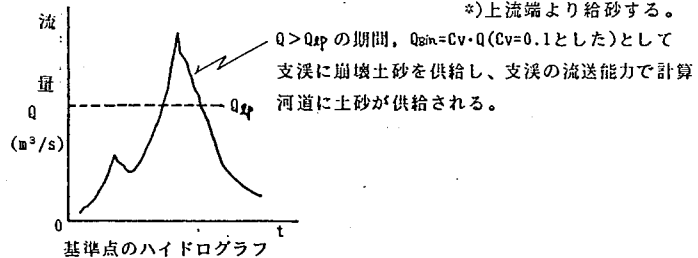
3、図-2に示す過去30年間の主要9洪水を対象とする。崩壊土砂は流量の10%とする。支溪およびガリーの粗度係数はそれぞれ0.04, 0.06とする。粒度分布は現地試験結果による。側岸侵食に用いる粘着力による限界掃流力の増分は $\Delta \tau_{*c} = 0.05$ とする。

表-1 計算条件

CASE	給砂粒度 平均粒径	限界流量 Q (m³/s)	側岸侵食 の有無	壊地侵食 の係数 α	砂防施設 の現状	総給砂量 (千m³)
1	51.6	500	無	0.01	現 況	18,273
2	"	750	"	"	"	13,506
3	"	1000	"	"	"	9,059
4	"	1250	"	"	"	5,129
5	"	1000	有	"	無 施 設	16,048
6	11.8	500	無	"	現 況	19,817
7	150.7	"	"	"	"	17,283
8	51.6	"	"	0.1	"	11,927

*)上流端より給砂する。

表-1に計算条件を示す。各ケースとも現況砂防施設と無施設について計算した。



4、計算結果

4.1、土砂収支

砂防区域の最下点(横江砂防ダム)を9洪水終了時点で通過した流砂量を表-2に示す。結果の主なもの、①生産土砂量が小さくなるほど横江砂防ダム地点の流砂量は減少する。②砂防施設の効果量を通過土砂量の差で表すと、生産土砂量の増加と共に増加する。③その量を無施設時の通過量で除したものを効果率とすると、生産土砂量500～2000万m³の範囲で約20%で一定である。④給砂の粒度分布が粗いと砂防施設の効果量は小さいが効果率は大きい。⑤最上流端に土砂生産が集中した場合、砂防ダムの効果量は大きくなる。

表-2 横江砂防ダム地点の流砂量 (単位:10³m³)

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7	CASE-8
現況砂防施設 ①	7,679	6,930	6,003	5,078	6,315	10,665	3,682	5,839
無 施 設 ②	9,582	8,589	7,509	6,496	7,980	12,713	4,926	7,921
砂防施設効果量③	1,903	1,659	1,506	1,418	2,079	2,048	1,244	2,082
③/②×100(%)	19.9	19.3	20.1	21.8	24.8	16.1	25.3	26.3

4.2、流砂の平均粒径の変化

粒径別に計算した結果、下流に向かって平均粒径が減少する傾向、砂防ダム上下流での変動が説明されている。とくに11km以下で粒径が急に小さくなるのが特徴的である。(図-3)

4.3、砂防施設の効果

一樣砂として計算した前報¹⁾に比べて、混合砂とした方が下流への流出土砂量は大きくなる。扇状地の勾配変化点の河床変動を見ると、施設の効果は図-4に示すように最大粒径程度とわずかである。

4.4、溪岸侵食を考慮した計算

溪岸侵食による断面の変化を考慮しなかったこともあり非現実的な大きな侵食量が計算されてしまった。限界侵食幅の導入などを検討する必要がある。

4.5、浮遊砂量と掃流砂量の割合

図-5にCASE-1（現況）の浮遊砂量と掃流砂量の縦断変化を示す。上流部では掃流砂量中に占める浮遊砂量の割合は30％程度であるが下流部では50～90％を占める。

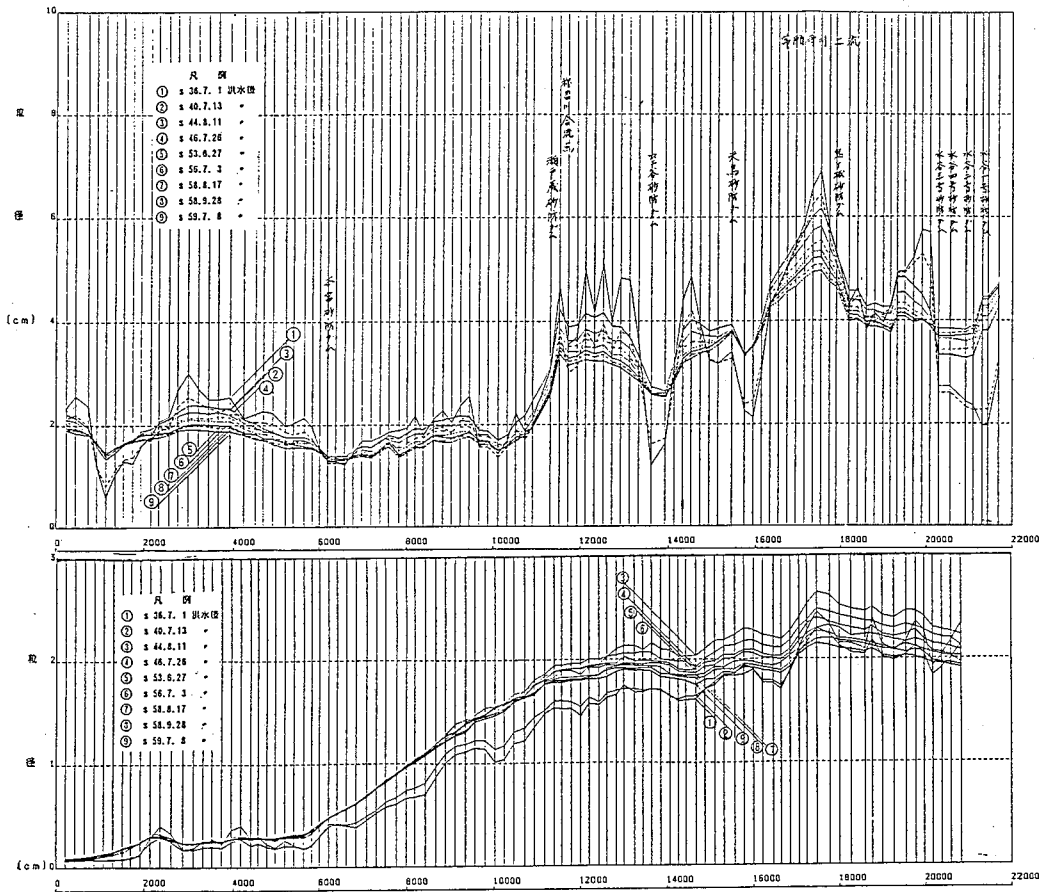


図-3 流砂の平均粒径の縦断変化

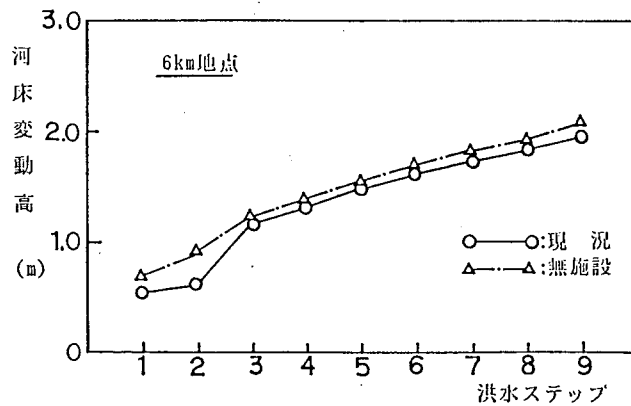


図-4 河床変動高の経時変化(6K0地点, CASE-1)

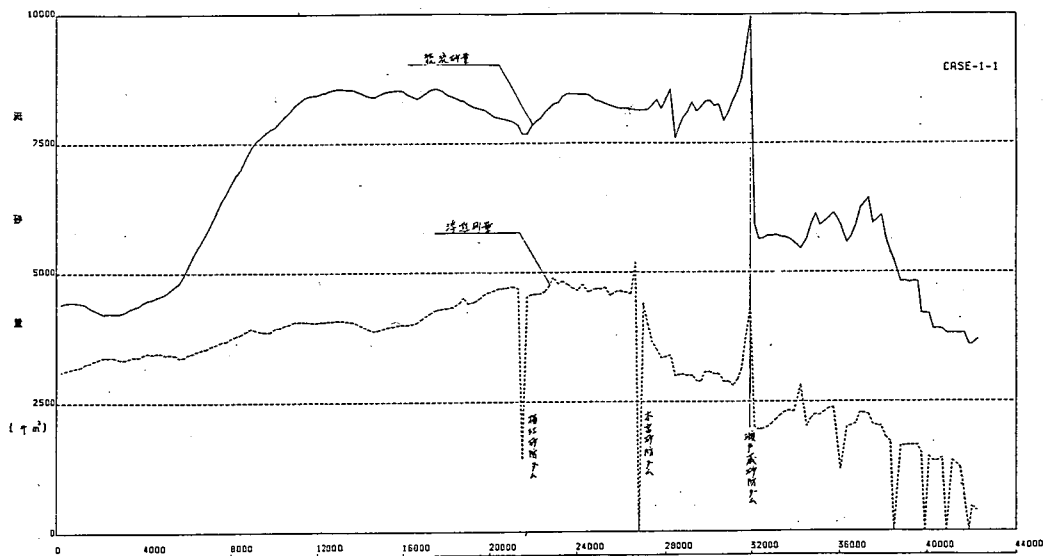


図-5 浮遊砂量と掃流砂量の割合 (CASE-1(1))

5、あとがき

混合粒径として流砂量を計算し、土砂生産の量と発生場の影響、砂防設備（ここでは砂防ダム）の効果を調べた。下流河道（河川区域）への影響を議論するには浮遊砂を考慮しなければならないことが示された。土砂生産についての検討はまだ不十分で、崩壊、山腹工、護岸等の砂防設備の効果評価についても研究が必要である。

参考文献

- 1) 下東久巳ほか；砂防ダム群の土砂調節効果，昭和62年度砂防学会研究発表会概要集，昭和62年5月
- 2) 芦田和男ほか；山地流域における侵食と流路変動に関する研究(2)，京大防災研年報 26-B-2（昭和58.4），pp.353～361