

# 山地域における面的な土砂生産特性の分析

## ANALYSIS OF SEDIMENT PRODUCTION CHARACTERISTICS FROM EACH TRIBUTARY RIVER BASIN IN MOUNTAIN AREAS

笠井 賢治<sup>1</sup>・入星 亮介<sup>2</sup>・森 友佑<sup>1</sup>・永谷 直昌<sup>1</sup>

Kenji KASAI, Ryosuke IRIHOSHI, Yusuke MORI, Naomasa NAGATANI

<sup>1</sup>いであ株式会社 大阪支社 (〒559-8519 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目24番22号)

E-mail: kasaik@ideacon.co.jp

<sup>2</sup>国土交通省 四国地方整備局 那賀川河川事務所 (〒774-0011 徳島県阿南市領家町室ノ内390番地)

**Key Words:** sediment production, dam sedimentation, surface collapse, slope erosion, erosion control

### 1. はじめに

長安口ダム流域は急峻かつ地質が脆い四国山地に位置し、ダム機能の確保に向けた対策が必要<sup>1)</sup>である。そこで著者らは、貯水池内の堆砂除去のみならず、ダム上流域の面的な土砂流出抑制策が可能となるように、各支流流域からの降雨量に応じた土砂生産量を把握可能な手法を検討した。

大規模豪雨時の表層崩壊に伴う土砂生産予測にあたっては、セル分布型降雨流出モデルにより斜面セル内の水深を解析するとともに、間隙水圧の増大を考慮した斜面安全率の算定を行うモデルとした。また、崩壊が発生していない期間においても累計堆砂量が増加し続けている実情を踏まえ、崩壊非発生年(平常年)の土砂生産現象についても簡易なモデルを作成した。これらの土砂生産現象を踏まえた河床変動モデルを適用することで長安口ダムの長期的堆砂量を再現できたことから、研究成果を述べる。

### 2. 長安口ダム上流域の土砂生産の実態

長安口ダムは、四国山地の那賀川上流域に位置する昭和31年1月に竣工した多目的ダムである。上流の小見野々ダム流域を除く長安口ダムの直接流入域は227km<sup>2</sup>である。図-1に流域の地質を示す。北部の秩父帯は破碎帯を形成しやすく地すべり発生の危険性がある地質的構造をしており起伏に富む。南部の四万十帯は新しく柔らかい堆積岩が表面を覆っ

ており豪雨時に土石流が発生しやすい<sup>2)</sup>。図-2は長安口ダムの堆砂量<sup>1)</sup>であり、令和4年時点では16,754千m<sup>3</sup>が堆積している。これは当初の計画堆砂容量の約3倍、改造事業後の計画堆砂容量の96%に達する。特に、大規模な斜面崩壊が発生した昭和36年9月、昭和51年9月、平成16年8月の堆砂が顕著である。また、崩壊が発生していない期間においても200千m<sup>3</sup>/年程度の土砂が堆積<sup>2)</sup>しており、土砂管理上の課

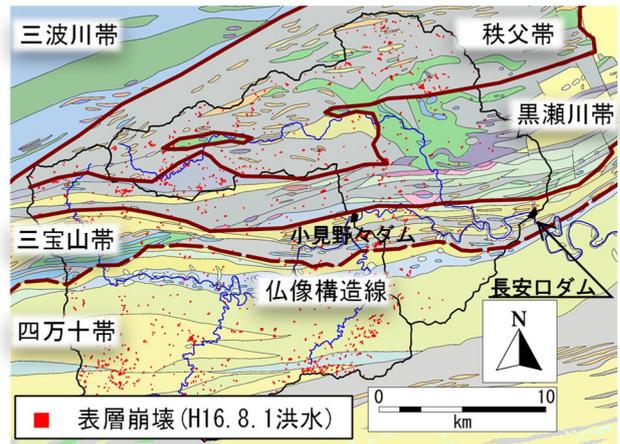


図-1 長安口ダム上流域の地質



図-2 長安口ダムの堆砂量 (各年・累積)

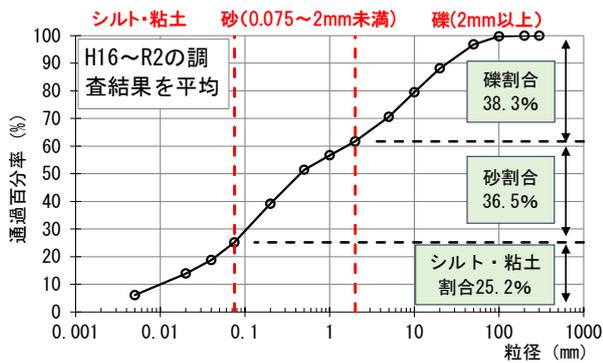


図-3 長安口ダム貯水池 堆積土砂の粒度分布

題の一つとなっている。図-3には堆積土砂の粒径成分を示す。砂礫が75%、ウォッシュロードとして運搬されるシルト・粘土が25%程度堆積している。

### 3. 土砂生産モデルの開発

#### (1) 既往モデルのレビュー

表層崩壊を対象とした既往モデルとして、田村ら<sup>3)</sup>、永谷ら<sup>4)</sup>、梶川ら<sup>5)</sup>が無限長斜面を想定した安全率解析法を用いている。斜面安全率  $F_s$  は式(1)で求められ、 $\sigma'$ および $\tau$ に土層内の水分量を考慮することで降雨時の安全率低下が表現される。

$$F_s = \frac{c + \sigma' \tan \phi}{\tau} \quad (1)$$

ここに、 $c$ :粘着力、 $\sigma'$ :垂直応力、 $\tau$ :せん断応力、 $\phi$ :内部摩擦角である。

田村ら(土木研究所 H-SLIDER 法)は、小規模流域を対象として 10m 程度のメッシュ分解能で表層崩壊発生危険度を評価している。永谷ら、梶川らは数百 km<sup>2</sup>規模の流域において 100~250m のメッシュ分解能でセル分布型降雨流出解析モデルを構築し、メッシュの水深を用いて斜面安全率解析を行っている。いずれの文献も  $F_s < 1.0$  を表層崩壊の基準としているものの、実績崩壊地の再現精度に課題がある。

#### (2) 表層崩壊による新たな土砂生産予測法

##### a) 降雨流出解析による斜面安全率解析

永谷ら、梶川らと同様に、本研究においてもセル分布型降雨流出解析によってメッシュ水深を推定し、斜面安全率解析を行うこととした。降雨流出解析モデルは土壤調査結果を直接的に表現できるよう、斜面上の表面流(等流計算)および地下水流(ダルシー則、浸透能)を用いるモデル<sup>6)</sup>を採用し、流域を平行四辺形で近似したモデルからセル分布型への改

良と、基底流を表現するためC層流の追加を施した。河道部では kinematic wave 法によって斜面からの横流入量の追跡計算を行った。

斜面安全率  $F_s$  は式(1)を変形し、降雨流出解析モデルの変数を用いて式(2)~(6)により算定した。

$$F_s = \frac{c + (\sigma'_A + \sigma'_B) \tan \phi}{\tau_A + \tau_B} \quad (2)$$

$$\sigma'_A = (\rho_s D_A - \rho_w h_A)(1 - \lambda_A)g \cos^2 \theta \quad (3)$$

$$\sigma'_B = (\rho_s D_B - \rho_w h_B)(1 - \lambda_B)g \cos^2 \theta \quad (4)$$

$$\tau_A = \{\rho_w h_A \lambda_A + \rho_s D_A (1 - \lambda_A)\}g \cos \theta \sin \theta \quad (5)$$

$$\tau_B = \{\rho_w h_B \lambda_B + \rho_s D_B (1 - \lambda_B)\}g \cos \theta \sin \theta \quad (6)$$

ここに、 $D$ :土層厚、 $h$ :水深、 $\lambda$ :空隙率、 $g$ :重力加速度、 $\theta$ :斜面勾配、 $\rho_s$ :土粒子の密度、 $\rho_w$ :水の密度である。添字 A・B は A 層と B 層の値を示す。(計算メッシュサイズ: 100m×100m)

##### b) 解析条件設定のための土壤調査

解析条件となる土層厚、透水係数、空隙率などについては、ダム上流域の流出特性が表現できるように異なる地形勾配、地質帯、植生域となる調査箇所を図-4に示す30地点で設定し、A層、B層それぞれについて計測した。土壤鉛直方向の浸透能は、代表的な5地点で計測した。表-1に土壤調査結果を示す。降雨流出モデルには、図-4に示す5区分のエリア毎で集計した土壤調査結果の中央値を採用した。この5区分は地質帯を基本とするが、秩父帯エリアが極端に大きくなることから坂州木頭川の北岸・南岸でも区分した。

##### c) 流出解析モデルの妥当性検証

実績流量ハイドログが得られる長安口ダム地点において、平成16年8月洪水のダム流入量を対象に検証を実施した。なお、基底流量を実態に応じて表現するため、平成16年1月から連続で計算している。また、現地計測による透水係数をそのまま設定すると、洪水の立ち上がり部などで実績流量に比べて計

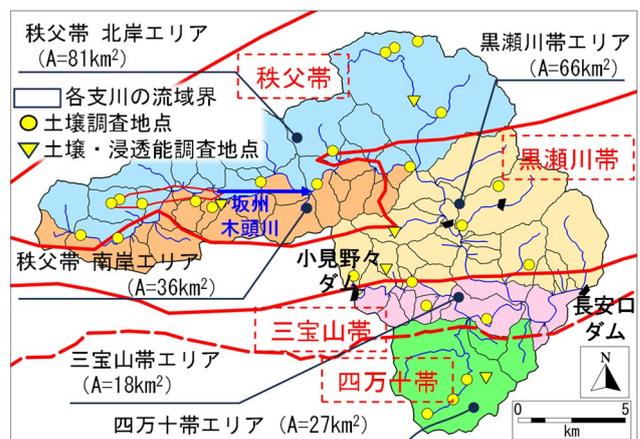


図-4 長安口ダム直接流入域の地形・地質区分

表-1 現地調査による土壌調査結果

エリア名	区分	土層厚 (cm)		透水係数 (m/s)		空隙率 (%)		浸透能 (mm/hr)
		A層	B層	A層	B層	A層	B層	
秩父帯北岸エリア	75%値	13.8	56.2	6.43E-4	5.40E-4	75.9	72.5	300以上
	中央値	10.2	43.8	4.38E-4	2.55E-4	68.2	66.3	
	25%値	8.0	29.2	1.43E-4	1.55E-4	60.8	58.2	
秩父帯南岸エリア	75%値	18.0	66.5	2.50E-4	6.30E-4	77.9	76.3	144
	中央値	16.3	58.6	8.93E-5	4.63E-4	61.1	58.9	
	25%値	16.0	40.3	3.50E-5	1.80E-4	57.8	51.9	
黒瀬川帯エリア	75%値	18.3	51.1	4.10E-4	3.25E-4	75.7	72.9	288
	中央値	13.2	33.9	2.13E-4	2.00E-4	69.6	68.3	
	25%値	9.3	23.6	9.55E-5	5.55E-5	65.2	65.3	
三宝山帯エリア	75%値	12.0	67.6	1.10E-4	2.00E-4	76.8	74.4	291*
	中央値	7.7	53.0	1.34E-4	6.97E-5	73.2	72.7	
	25%値	6.0	35.1	4.90E-5	5.40E-5	66.4	63.2	
四万十帯エリア	75%値	14.3	67.7	8.50E-4	5.68E-4	77.4	74.1	267
	中央値	10.5	47.0	5.78E-4	3.89E-4	72.7	71.0	
	25%値	6.0	36.4	7.60E-5	1.05E-4	68.6	65.8	

\*三宝山帯近傍ではあるが黒瀬川帯エリアで計測

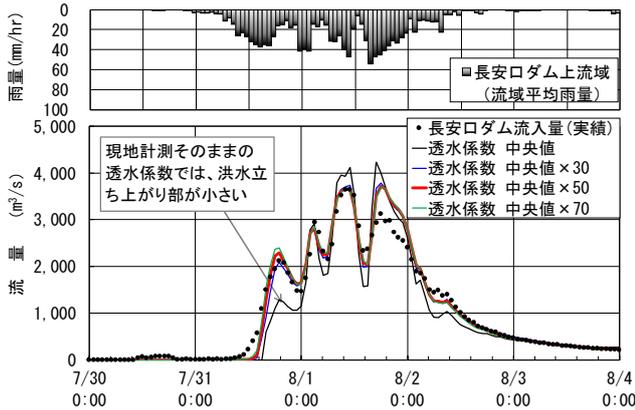


図-5 流出解析モデル検証結果「H16.8.1洪水」

算値が不足する結果となったため、土壌調査結果に倍率を乗じて再現性を確保した。感度分析の結果、図-5 に示す再現結果のとおり透水係数を 50 倍にしたケースの適合度が最も良好であると判断した。このときの倍率は、土壌内のパイプ流や団粒構造による中間流の流れを表現するために設定した。

d) 斜面安全率の算出結果

流出解析で得た土壌内の水位などをもとに式(2)~(6)により斜面安全率を算出した。このとき、内部摩擦角 $\phi$ は一般的な砂礫の $35^\circ$ とし、粘着力 $c$ を崩壊発生箇所での斜面安全率が概ね 1.0 以下となるように感度分析することによって $1.5\text{kN/m}^2$ と設定した。斜面安全率は、値が小さいほど崩壊しやすいことを示し、土壌中の水深が大きくなると小さくなる。洪水期間中、時系列で算出した斜面安全率の最小値の平面的な分布と実績降雨の等雨量線を対比(図-6)すると、例えば総雨量が $1,000\sim 1,200\text{mm}$ の斜面安全率は、ダム貯水池の近傍よりも中流部付近の地形勾配が急峻となっている箇所の数値が小さくなっており、急峻な斜面で豪雨が生じた際には崩壊が発生しやすいという現象が表現できている。一方、崩壊地が含まれる計算メッシュの約40%が $F_s \geq 1.0$ (図-7)となっており、斜面安全率のみでは崩壊発生の判断が難しいことが再確認できた。



図-6 崩壊発生箇所「H16.8.1洪水」と斜面安全率 $F_s$

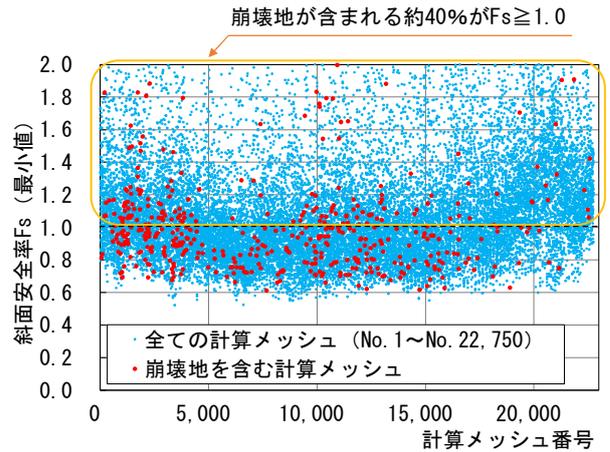


図-7 各計算メッシュの斜面安全率「洪水期間の最小値」

e) 斜面安全率-崩壊発生確率関係の導入

既往研究<sup>3)4)5)</sup>においては、 $F_s=1.0$ を崩壊発生基準とすることに実績土砂量の再現上の課題があった。一方、高橋<sup>7)</sup>は斜面安全率と崩壊発生確率の関係を整理し、土砂生産量を推定する手法を提案している。この手法は $F_s \geq 1.0$ でも低確率で崩壊が発生することを表現したものであり、本研究ではこれを参考に、式(7)により土砂生産量 $V1$ を算定することとした。

$$V1 = \Sigma(P(F_s) \times a \times h) \quad (7)$$

ここに、 $P(F_s)$ :斜面安全率に応じた崩壊発生確率、 $a$ :計算メッシュ面積(100m×100m)、 $h$ :平均崩壊深である。

崩壊発生確率 $P$ は、平成16年8月洪水時の実績崩壊地面積 $A_c$ と、流出解析で得られる降雨期間中の最小斜面安全率を用い、以下の(8)式で算定する。

$$P(F_s) = \Sigma A_c(F_s) / \Sigma a(F_s) \quad (8)$$

ここに、 $\Sigma A_c(F_s)$ :各斜面安全率ランクに含まれる実績の表層崩壊地面積の合計、 $\Sigma a(F_s)$ :各斜面安全率ランクの計算メッシュ面積合計である。図-8に示すように、各計算メッシュで崩壊領域の土量を算定し、式(7)のように面的に積算することで山地域全体の土砂生産量が推定される。

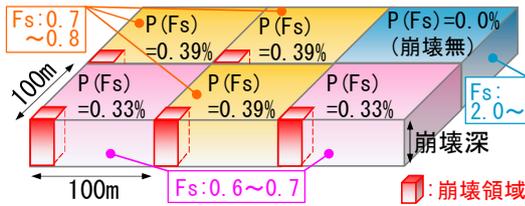


図-8 崩壊発生確率による計算メッシュ内の崩壊領域

平均崩壊深は、平成 21 年航空レーザ測量結果から崩壊地付近の窪地の土量を集計して得た実績崩壊土砂量を崩壊地面積で除して設定した。なお崩壊発生箇所の地形特性が考慮できるように、表-2 のように山地斜面の勾配区分毎に設定し、(7)式では計算メッシュの地形勾配に応じて平均崩壊深を与えた。

長安口ダム直接流入域全体の崩壊発生確率は表-3 のとおりであり、斜面安全率を 0.1 間隔でランク分けして(8)式により設定した。ただし、 $1.7 < Fs \leq 1.8$  のように斜面安全率に比例せず崩壊発生確率が大きい  $Fs$  ランクがある。これは、計算メッシュを演算時間等を勘案して 100m としたため、表層崩壊の平均的な面積に対して大きいことが要因と考えられる。本研究では、これらの考え方をもとに図-4 に示す 5 つのエリア毎で崩壊発生確率を設定した。式(7)にこの崩壊発生確率と平均崩壊深を与えると、図-9 に示す表層崩壊による土砂生産量の推定値が得られた。各小流域の実績値(平成 21 年レーザ測量結果から崩壊地付近の窪地の土量を集計)と計算結果の傾向が類似しており、再現精度は概ね良好であると判断した。

### (3) 小規模降雨時の裸地侵食による土砂生産予測法

#### a) 土砂生産量算出の考え方

斜面崩壊が多発した平成 16 年以降、大きな崩壊現象は生じていないものの、長安口ダムの堆砂量は徐々に増加している。これは、溪流に貯留されていた崩壊土砂が遅れて流入しているほか、裸地侵食による恒常的な土砂生産が影響していると考えられる。そこで、実績裸地面積と実績ダム堆砂量から裸地侵食による土砂生産量を推計する手法を崩壊非発生年(平常年)の土砂量と位置付けて検討した。

実績データの各年のダム堆砂量は、年総降雨量と一定の相関があることを前提とした。生産場は、裸地などの荒廃した斜面と仮定し、各年のダム堆砂量を裸地面積で除すことによって推定した年あたりの平均侵食深をもとに、降雨量に応じて土砂が生産される近似式を本研究において作成した。この近似式を作成する期間は、図-2 から判読できるように各年のダム堆砂量が大规模的な斜面崩壊などの影響を受けておらず、平常年の土砂生産によるものと考え

表-2 平均崩壊深 (H21 航空レーザ測量から設定)

エリア名	中央値 (m)	地形勾配「i:度」別の中央値 (m) ( ):崩壊地個数				
		$0 < i \leq 10$	$10 < i \leq 20$	$20 < i \leq 30$	$30 < i \leq 40$	$40 < i \leq 50$
秩父帯北岸	0.77	0.31 (0)	0.31 (3)	0.51 (25)	0.76 (175)	1.18 (31)
秩父帯南岸	0.63	0.19 (0)	0.19 (1)	0.31 (18)	0.65 (74)	0.68 (20)
黒瀬川帯	0.73	0.71 (0)	0.71 (4)	0.73 (12)	0.67 (52)	0.88 (13)
三宝山帯	0.63	0.86 (0)	0.86 (0)	0.86 (2)	0.56 (31)	0.87 (3)
四万十帯	0.48	0.48 (0)	0.48 (0)	0.48 (0)	0.48 (24)	0.85 (2)

□: 該当する崩壊地が存在しないため右隣の地形勾配の結果を採用

表-3 斜面安全率ランクに応じた崩壊発生確率

$Fs$ ランク	$Fs$ ランク別の計算メッシュ面積 (km <sup>2</sup> )	実績の表層崩壊面積 (km <sup>2</sup> )	崩壊発生確率 P (Fs)
①	②	③	③/②
$0.0 \leq Fs \leq 0.5$		0.0	0.00%
$0.5 < Fs \leq 0.6$		0.6	0.00%
$0.6 < Fs \leq 0.7$		7.7	0.33%
$0.7 < Fs \leq 0.8$		23.0	0.39%
$0.8 < Fs \leq 0.9$		34.5	0.21%
$0.9 < Fs \leq 1.0$		37.7	0.23%
$1.0 < Fs \leq 1.1$		31.3	0.21%
$1.1 < Fs \leq 1.2$		22.8	0.12%
$1.2 < Fs \leq 1.3$		16.3	0.07%
$1.3 < Fs \leq 1.4$		11.3	0.05%
$1.4 < Fs \leq 1.5$		8.1	0.03%
$1.5 < Fs \leq 1.6$		5.4	0.03%
$1.6 < Fs \leq 1.7$		4.2	0.09%
$1.7 < Fs \leq 1.8$		3.7	0.20%
$1.8 < Fs \leq 1.9$		2.5	0.11%
$1.9 < Fs \leq 2.0$		2.0	0.14%
$2.0 < Fs \leq 2.1$		1.9	0.00%
$2.1 < Fs \leq 2.2$		1.3	0.00%
合計	227.5	0.408	0.18%

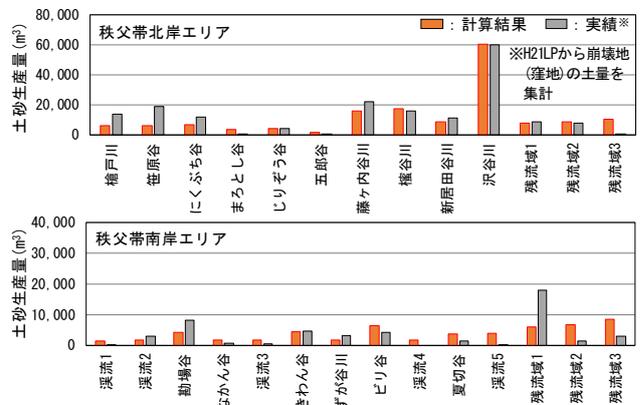


図-9 表層崩壊土砂量の再現結果「H16. 8. 1 洪水」

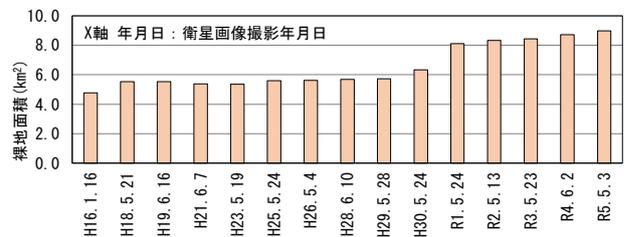


図-10 裸地面積の経年変化

られる平成 24 年から令和 4 年までとした。

#### b) 裸地面積の経年変化

裸地の状況は年々変化するため、光学衛星画像を基に裸地の経年的な面積や分布を把握した(図-10)。

本研究で設定した裸地の妥当性を確認するため、検討時点と最も近傍の令和5年の光学衛星画像を基に、判定した裸地の代表的な数カ所を対象に現地のドローン観測によって裸地の範囲、形状など検証した。

### c) ダム堆砂量と相関がある雨量指標

任意の降雨量によって平常年の土砂生産量が算出可能な数値モデルとするため、各年のダム堆砂量と相関がある降雨量を分析した上で近似式を作成する方針とした。裸地の表土が降雨を外力として流出することが前提で、降り始めから一定規模までの累加雨量は損失と考えた。表土が流出すると仮定した降り始めからの累加雨量は  $R_c$  と設定した(図-11)。以降に示す年総雨量は、一雨雨量からこの  $R_c$  を除外して集計した。図-12には、3 ケース ( $R_c=0\text{mm}$ ,  $R_c=30\text{mm}$ ,  $R_c=60\text{mm}$ ) の年総雨量と年ダム堆砂量との相関を示した。これより、一雨雨量から  $R_c=30\text{mm}$  を除外した場合、各年のダム堆砂量と年総雨量の相関が最も良好であることが確認できた。

### d) 平常年土砂生産量の近似式作成

近似式を作成する平成24年から令和4年の各年において、ダム堆砂量を裸地面積で除すことによって裸地における年あたりの平均侵食深を算出した。図-12の総雨量 ( $R_c=30\text{mm}$ ) と年ダム堆砂量の関係において、Y軸で示す年ダム堆砂量を年あたりの平均侵食深に置き換えた関係を図-13に示した。なお、同図には参考までに他の調査事例<sup>7)</sup>による平均侵食深も示した。この平均侵食深と年総雨量により、平常年の土砂生産量  $V2$  の近似式(9)を作成した。

$$V2 = dh \times Ab \quad (9)$$

$$dh = 0.0000209 \times R \quad (10)$$

ここに、 $dh$ : 年あたりの平均侵食深、 $Ab$ : 図-10に示す裸地面積、 $R$ : 年総雨量(一雨雨量から  $R_c=30\text{mm}$  を除外) である。

### e) 平常年土砂生産量の算出結果

近似式(9)をもとに、平成16年以降に恒常的に生産されるとした平常年の土砂生産量を算出した(図-14)。ただし、山地域から生産される平常年の土砂量の実績値は存在しないため、簡便的に各年のダム堆砂量と比較を行った(平成16年は表層および深層崩壊による土砂生産量を含む)。この結果より、本研究による近似式で算出した平常年の土砂生産量は、実績値の傾向を概ね再現できていると判断した。

## 4. 土砂生産モデルの検証(ダム堆砂量の再現)

本研究では、各支川流域からの土砂生産量が実績のダム堆砂量を再現可能なレベルで把握できること

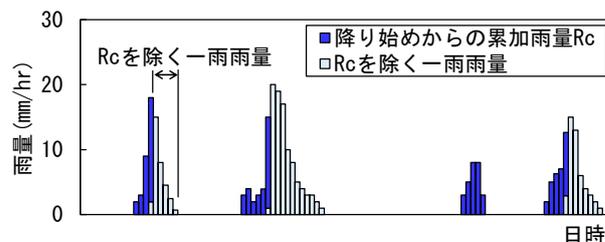


図-11 累加雨量  $R_c$  を除外した一雨雨量の設定イメージ

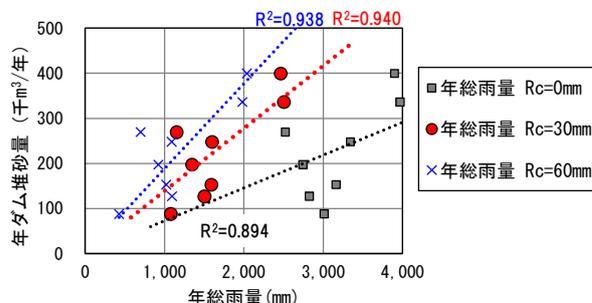


図-12 年ダム堆砂量と年総雨量の相関図

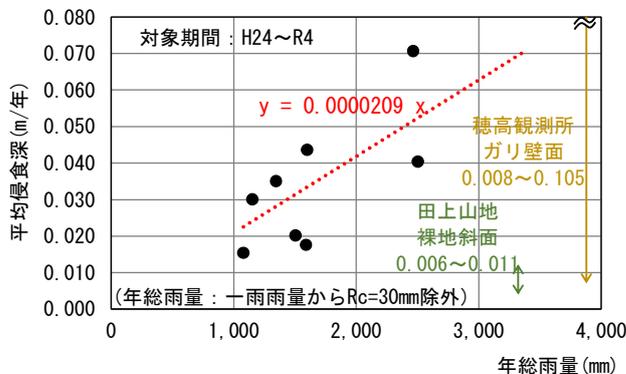


図-13 年あたりの平均侵食深と年総雨量の相関図

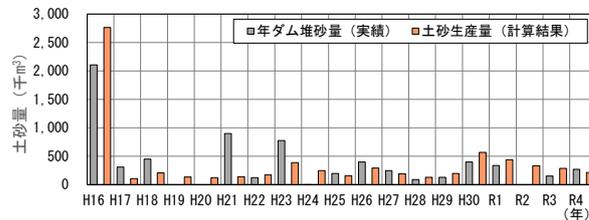


図-14 近似式による土砂生産量とダム堆砂量の比較図

を課題としている。その中で、例えば多量の土砂生産があったとしても、流量が少なければダムへ到達する土量が少ない、あるいは遅れるといった現象が予想される。そこで、3.に述べた土砂生産量の推定結果をもとに、山地溪流を網羅した次元河床変動計算モデルを構築し、長安口ダムの堆砂再現を行うとともに、土砂生産量の多い支川流域の特定を試みた。

山地溪流からダム貯水池までの土砂移動は、貯水池周辺の背水を考慮でき、また全流域の長期的な計算が可能な加藤<sup>6)</sup>の河床変動モデルを採用した。流砂量式は、土石流区間(勾配 1/30 以上)では高橋の土石流の侵食速度・堆積速度を考慮できるよう改良した。3.で推定した土砂生産量は、溪床に移動可能な土砂として設定した。表層崩壊による土砂量は地点

上流の流域面積比，平常年の土砂量は裸地の近傍，深層崩壊による土砂量は崩壊発生箇所近傍の溪流に設定した．その他の解析条件は表-4 に示した．

長安ロダムの堆砂量の再現結果(図-15)より，大規模な斜面崩壊が発生した平成16年を含む令和4年までの19年間の堆砂量が概ね再現できていることが確認できた．また，堆積土砂の粒径成分も実績値と計算値がほぼ一致している．これらの結果より，本研究による土砂生産モデルは，近年の長安ロダム上流域の土砂動態を概ね表現できていると判断した．

図-16には各支川流域からの土砂流出量を示す．槍戸川，笹原谷，沢谷川では平成16年洪水で深層崩壊が少なかった(図-6)にも関わらず，土砂流出量が多い結果となっている．土砂流出の抑制対策を検討する際には，これらの情報を活用することによって効果的な対策が可能になるものと考えられる．なお，大用地谷川の土砂流出量が多いのは多量の深層崩壊の影響であり，本研究による土砂生産モデルの対象外であることに留意されたい．

## 5. 結論

本研究は，詳細な土砂生産に関わる調査結果が存在しない中で構築したため，例えば平常年土砂生産量は，近似式の作成，計算結果の検証ともに年ダム堆砂量を基本とするなどの課題はある．しかしながら，実績の崩壊地やダム堆砂量，裸地分布などの基礎的な情報があれば，山地域からの土砂生産量を面的(各支川流域)に算出可能な実務レベルの手法であり，土砂生産量の傾向分析には適用できると考えられる．この手法では，降雨量のほか，土壌や裸地などの与条件をメッシュごとに任意に設定でき，土砂量の発生規模(上限～下限)を把握できるため，ダム堆砂対策に柔軟に対応することが可能と考えられる．

**謝辞：**本研究は，国土交通省 那賀川河川事務所からの委託業務成果を使用しており，那賀川河川事務所には多大な協力を頂いた．また，降雨流出解析や土砂生産量の考え方や条件設定について徳島大学大学院 社会産業理工学研究部の武藤裕則教授，田村隆雄准教授にご助言頂いた．記して謝意を表します．

### 参考文献

- 1) 国土交通省 那賀川総合土砂管理検討協議会：那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 更新内容について 令和6年3月，4章 pp.13-16，2024.
- 2) 国土交通省 那賀川総合土砂管理検討協議会：那賀川

表-4 河床変動モデルの解析条件

項目	設定条件
計算手法	一次元河床変動解析
流砂量式	土石流：高橋の式(水面勾配が1/30より急な場合) 掃流砂：芦田・道上式，浮遊砂・wash load：板倉・岸式
初期河床形状	河道域：H21レーザ測量から断面形状*を設定(ΔX=300m) ※横断方向に15区分(内，中央5区分が河床変動領域) 長安ロダム：平成15年深淺測量(ΔX=100~500m)
初期河床材料	令和3年度の山地斜面における粒度分布調査結果
粗度係数	既往痕跡の逆算又は美しい山河を守る災害復旧基本方針
出発水位	長安ロダム・大美谷ダム：貯水位ハイドログラフ(実績)
生産土砂粒度	14粒径(粘土0.005mm-礫300mm)割合を設定(図-3参照)
流量ハイドロ	河道測線に地点上流域の流量ハイドロ(解析結果)を設定
小見野々ダムからの流砂	実績放流量，ダム濁度(月一調査結果)によるQ-Qsを設定

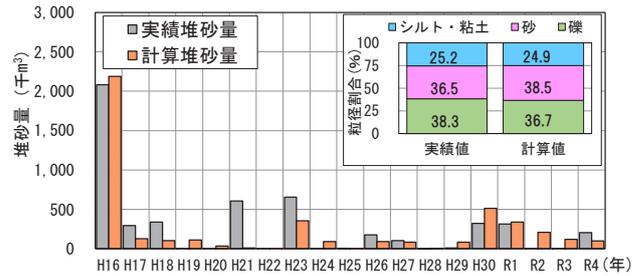


図-15 ダム貯水池までの土砂移動を考慮した検証結果

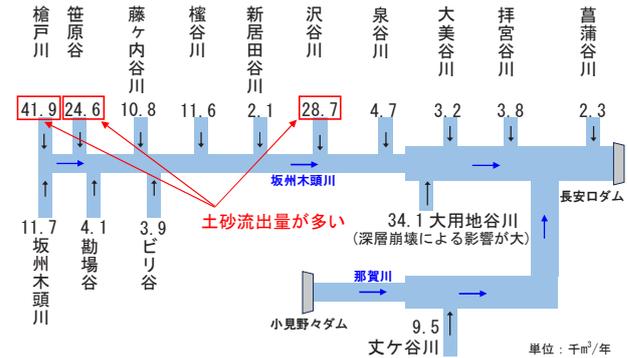


図-16 各支川流域からの土砂流出量 (H16~R4 の年平均)

の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 平成30年3月，2章 pp.2-30，2018.

- 3) 土木研究所資料 第4129号 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル(案)，pp.1-19，2009.
- 4) 永谷言，水野直弥，石田裕哉，小澤和也，實馨：分布型流出モデルの斜面崩壊予測への応用，土木学会論文集 F5，Vol.68，No.1，pp.16-26，2012.
- 5) 梶川勇樹，宮崎雅大，大石瑞穂，河野勝宣，黒岩正光：地すべり危険度得点と地下水分布情報を用いたセル分布型流出解析に基づく表層崩壊予測，第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集，2020年9月，pp.55-60，2020.
- 6) 加藤陽平：透過型砂防堰堤を有する流域の土砂流出予測に関する研究，鳥取大学博士学位論文，2014.
- 7) 高橋保：土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，pp.61-89，2006.

(2024.5.31 受付)