

流域の土砂生産の評価に関する研究

北海道大学工学部 学生員 細川仁志
 北海道大学工学部 正員 黒木幹男
 佐藤工業 正員 山本徹
 北海道大学工学部 正員 板倉忠興

1 はじめに

土砂生産を予測することは、その現象が複雑なため、非常に重要な分野であるにも関わらず、未だ十分に解明されるまでには至っていない。本論ではこれまでに構築されてきた、安定縦断形状における流砂量の理論を用いて、実流域への適用を行った。なお、本解析では、流量に支配流量を用いており、流砂量は流域の平面的な土砂生産量に対応する。

本研究では、安定縦断形状における流域内の流砂量、すなわち流域の平面的な土砂生産量を、地形図等から推量することを目的としている。具体例として、豊平川・豊平峡ダム流域をあげ、その他に9つのダム流域、合計10カ所のダム流域を扱った。

2 安定縦断形状からの流砂量

流域の土砂生産量の解析方法として、まずその流域の代表的な支川をいくつか選び出し、5万分の1地形図より各河川の縦断形状を求め、それより安定縦断形状における流砂量を求める。

1) 基本式

黒木らは、安定河道縦断形状を判定する支配流量を式(1)の指数分布と仮定した上で、安定河道形状を、式(2)のように与えている。

$$Q = Q_0 \text{EXP}(qx) \dots\dots\dots (1)$$

$$z' = \frac{cL}{a} [\text{EXP}(-a\xi) - \text{EXP}(-a)] Q_0^{6/7} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

$$c = \left[\frac{6.9\sqrt{g}(s\tau_*)^{5/3}Q_0}{a_0\sqrt{sg}(\tau_* - \tau_{*c})^{3/2}} \right]^{6/7} \dots\dots\dots (3)$$

z ; 上流端と下流端との標高差, L ; 河川の長さ, $a = (6/7) qL$, $\xi = x/L$, x = 上流端からの距離, s = 河床砂礫の水中比重, τ_* ; 無次元せん断力である。

安定縦断形状では $\tau_* = 1.23\tau_{*c}$, τ_{*c} ; 無次元限界せん断力, Q_0 ; 単位時間当たりの流砂量である。

式(2)中の流砂量 Q_0 を流域内の河川についてそれぞれ求める。境界条件 ($z' = z$; $x = 0$, $z' = 0$; $x = L$) を用いて、式(2)を無次元化すると式(4)を得る。

$$\frac{z'}{z} = \frac{\text{EXP}(-a\xi) - \text{EXP}(-a)}{1 - \text{EXP}(-a)} \dots\dots\dots (4)$$

A Study on Evaluation of Sediment Production at Baisin
 by Hitoshi HOSOKAWA, Mikio KUROKI, Toru YAMAMOTO and Tadaoki ITAKURA

式(3)より次式を得る。

$$Q_0 = \frac{a_0 \sqrt{s} (\tau_* - \tau_{*c})^{3/2}}{6.9 (s \tau_*)^{2/3}} Q_0 \left[\frac{az}{L \{1 - \text{EXP}(-a)\}} \right]^{2/6} \dots \dots \dots (5)$$

$a_0 = 8$, $s = 1.65$, $\tau_* = 1.23 \tau_{*c}$, $\tau_{*c} = 0.05$ とすることによって流砂量 Q_B は z , a , L , Q_0 の関数となる。ただし、本研究では単位河道の横流入量をゼロとして扱っている。横流入を理論的に組み込むことは簡単であるが、未知数を増やすことになるため、今回は無視した。

2) 流砂量の算出

実際に流砂量を求めるために、式(5)中の変数 z , a , L , Q_0 を求める。

まず、 a であるが、これは式(4)の a の値を変化させたグラフを作成し、その曲線が実際の河川の縦断形状に近い値を選び、そのときの値を a とした。例を挙げると、図-1のようになる。これは豊平峽ダムに流入する川のひとつである。実点で描かれているのが実際の縦断形状であり、実線が式(4)より導かれた値である。ただし、縦軸を z'/z 、横軸を x/L としている。この場合は、 $a = 1.4$ の時の曲線が、最も実際の縦断形状に近いので、これを a の値とした。

次に、 z と L であるが、これは前述したように5万分の1地形図により計測した。

最後に、 Q_0 (川の始点の流量)であるが、本研究ではこの Q_0 を $Q_0 = A_0 * Y$ と仮定した。ここで、 A_0 は、 Q_0 に関わる初期の流域面積であり、 Y は、著者が仮定したその流域特有の係数である。(図-2参照)ただし、 Y は同一流域内では一定である。

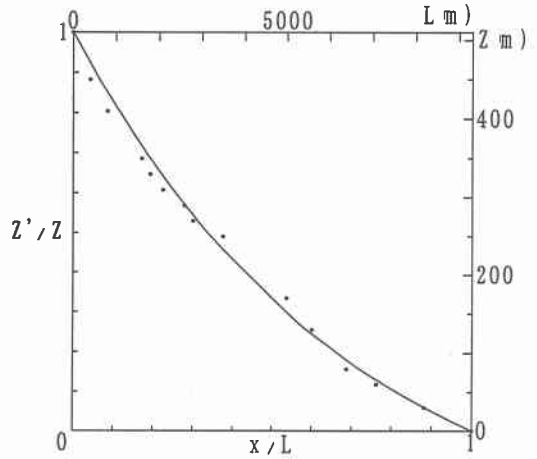


図-1 縦断形状と $a = 1.4$ のときのグラフ

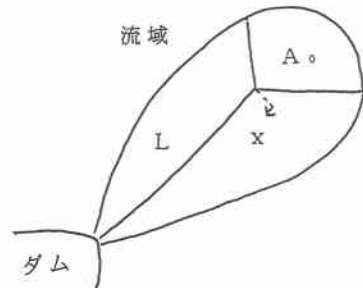


図-2 河川と係数との関係

3 Yを求める。～豊平峽ダムを例に～

1) Q_E (ダムへの平均年最大流入量)から推量する。

式(1)より、

$$Q_E = Q_0 \text{EXP}(qL) \dots \dots \dots (6)$$

となる。ここで、 $a = (7/6) qL$ であるから、式(6)は以下のようなになる。

$$Q_E = A_0 * Y * \text{EXP}\left(\frac{7}{6} a\right) \dots \dots \dots (7)$$

となる。いま、 $Q_E = 195.10 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、(S48～H6までの平均)であるから表-1を用いて式(7)に代入

すると、 $Y=1.52 \times 10^{-5}$ となる。

2) V (平均年ダム堆砂量) から推量する。

式(5)より、 $Q_B=8.78 \times 10^3 * Y$ (m^3/sec)となる。一方、図-4に示すような、実際のダム堆砂量から、平均年ダム堆砂量 V を求めると、 $V=36.72 \times 10^3$ ($m^3/年$)となる。ここで、 Q_B と V の単位の相違により、単位を補正する係数が必要となる。本研究ではこの係数を T (sec/year)としている。係数 T を導入することによって見掛けの継続時間が分かるようになる。したがって、 V は次式で表せるようになる。

$$V=Q_B * T=8.78 \times 10^3 * Y * T \dots\dots\dots (8)$$

式(8)に先ほど求めた Y を代入すると、

$$\begin{aligned} T &= 2.7443 \times 10^5 \text{ (sec/year)} \\ &= 76.23 \text{ (h/year)} \\ &= 3.176 \text{ (日/year)} \text{となる。} \end{aligned}$$

4 考察

本研究では、1. 豊平峡ダム 2. 定山溪ダム 3. 奥新冠ダム 4. 富村ダム 5. 春別ダム 6. 桂沢ダム 7. 漁川ダム 8. 鹿ノ子ダム 9. 岩知志ダム 10. 金山ダムの合計10カ所のダム流域について、計算を行った(番号は図中の数字を表す)。ここで、 $T-A_0$ 、 $Y-A_0$ のグラフを図-5、6に示す。本研究で T 、 Y とおいた値はその地域の地質や降雨量に深く関係があると考えられる。よって、それぞれのダムの位置図、地質図を図-7、8に示す。そして、それらの関係をまとめると表-2のようになる。なお、表-2に示す雨量については、ティーセン法を用いて、観測所を決定した。

表-2を見ても分かる通り、今回の計算結果が必ずしも現状に即していないことが分かる。その原因として、第1に、ダム流域内の河川の「代表的な支川の選び方」が考えられる。本研究では著者の独断で決めていたが、「どの程度までを支川として捉えるか」という問題が残ることになった。第2に、土砂の流出とはその地域の地質、雨量等様々な要因が関わっており、単純に比較することができず、それらの重みがどのくらいかを考えなければならない。すなわち、本研究で「 Y 」という係数の吟味が必要となってくるのである。

以上2つの点については、今後の課題としておく。

表-1 豊平峡ダムデータ

支川番号	a	L (m)	Z (m)	A_0 (m^2)
1	1.4	16200	400	1625000
2	1.4	9300	510	875000

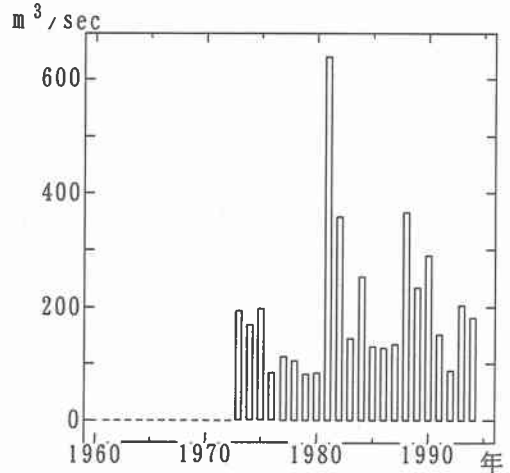


図-3 豊平峡ダムの年最大流入量

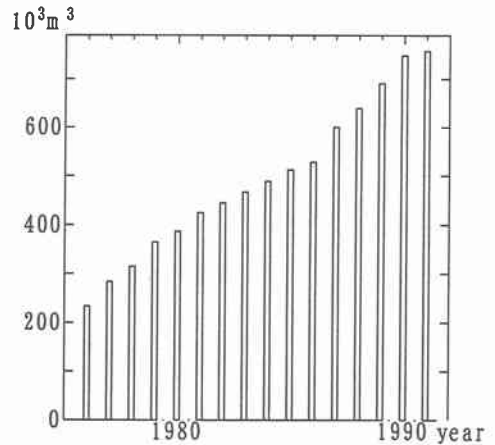


図-4 豊平峡ダムのダム堆砂量

表-2 ダムとの関係(雨量はS59~H5までの平均値)

ダム名	地質分類	(日/year)	月最大雨量(A)	日最大雨量(B)	A/B(日/year)	雨量観測地点
1 豊平峡	C	3.176	212.4	94.6	2.25	滝野
2 定山溪	C	2.412	195.6	73.9	2.65	福井
3 奥新冠	A	0.132	412.8	144.8	2.85	西川岳
4 富村	B	10.728	263.0	72.3	3.37	カミホロ
5 春別	A	4.987	412.8	144.8	2.85	西川岳
6 桂沢	D	17.384	191.0	55.3	3.45	美流渡
7 漁川	C	9.968	212.4	94.6	2.25	滝野
8 鹿ノ子	B	27.264	161.0	63.1	2.55	上芭露
9 岩知志	A	7.116	220.3	92.9	2.37	厚幌ダム
10 金山	A	26.208	195.0	54.0	3.61	上トナム

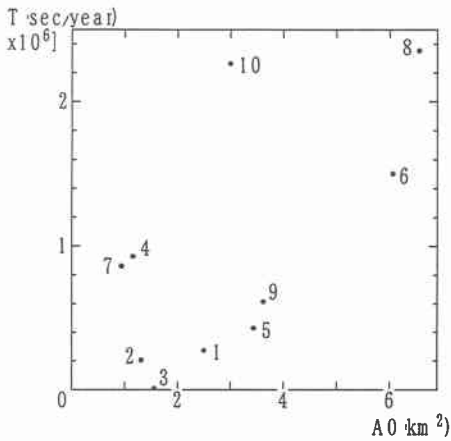


図-5 T-A₀のグラフ

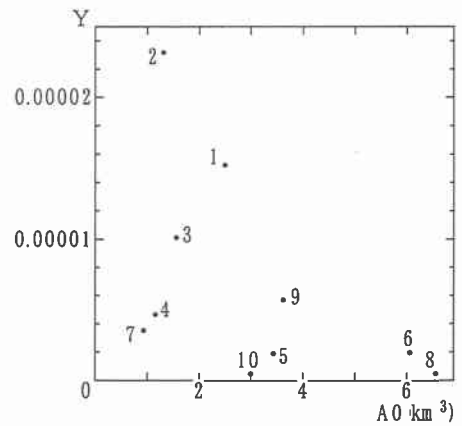


図-6 Y-A₀のグラフ



図-7 ダム位置図



図-8 地質図

参考文献

- 1) 黒木・板倉; 安定河道形状に関する研究、水工学論文集 第39巻 1995
- 2) 黒木・山本・板倉; 河道網を考慮した平衡河道縦断形状と流域土砂生産、水工学論文集 第40巻 1996
- 3) 上村・黒木・板倉; 流域の土砂生産の評価に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集 1994
- 4) 大いなる島~北海道の自然史~ 北海道大学放送教育委員会編