

貯水池の粒径別流出土砂量に関する研究

The research on respective grain size inflow sediment yield of the reservoirs.

北海学園大学教授 正員 山 口 甲 (hajime Yamaguchi)
(株)シン技術コンサル ○正員 東海林 勉 (tutomu toukairin)

1. はじめに

洪水時に流出する土砂は貯水池・河道での堆積、水辺環境の形成・変化、河口閉塞、海域への土砂拡散等の被害を与えている。河川により輸送される土砂の大部分は山地流域の山腹斜面の崩壊地や地すべり地等で生産されており、その土砂は斜面勾配、河道勾配、流量規模等に応じて河道に堆積、移動を繰り返し不連続に移動するため、土砂動態の実態を把握することを困難にしてきた。そこで本研究ではまず比較的に土砂の発生源に近くて、粒度構成の面で分級が十分に進んでいない山地流域を主体とするダム流域において、ダム貯水池に堆積した土砂量、粒度分布を用いて粒径別の流出土砂量を考究する。

2. ダムの堆砂量と粒度分布

石狩川流域には多数のダムが建設されている。そのダムの中で比較的土砂の発生源に近い山地流域を主体とし、ダムに堆積する土量が実測されている大雪、鷹泊、金山、桂沢、漁川の5つのダムを研究対象(図-1)とし、このダム貯水池での堆砂量¹⁾、粒度分布²⁾を用いる。

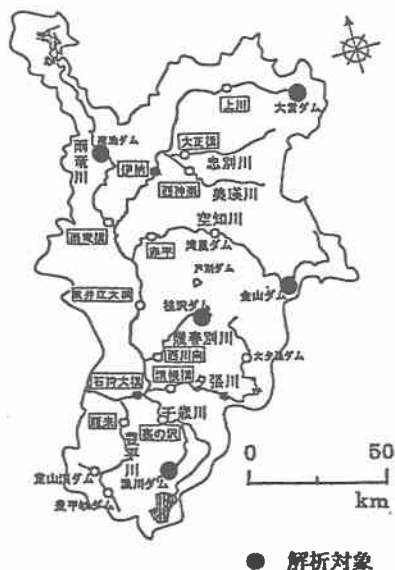


图-1 位置图

3 粒径 index と粒度分布を用いる方法

研究対象各ダムでの粒度分布(図-2)は堆砂期間中に起こる大小様々な降雨量に起因する洪水流量でもたらされた粒径別土量の合成値である。そのため、外力の大きさに応じて流出土砂量の粒径を知る必要がある。

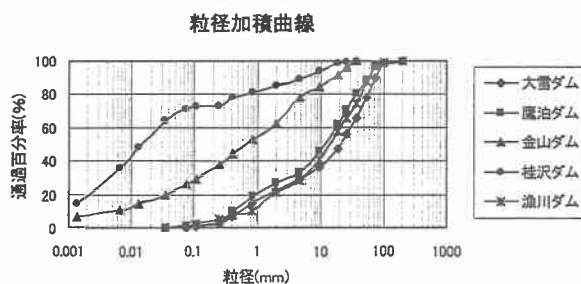


図-2 粒度分布(実測)

そこで降雨量でもたらされる流出土砂の平均粒径 d_{rm} を考え、その関係式を「粒径 index」と呼び、式(1)で表す。

$$\text{drm} = \alpha \cdot \text{Re}^n \quad (1)$$

drn: 平均粒径(mm)、Re: 有效雨量(mm)、 $\alpha \cdot n$: 系数

一方、降雨量でもたらされる流出土砂量の予測³⁾⁴⁾は式(2)で推定できる。その大きさは流域面積、斜面勾配、河道勾配、降雨量、それ以外の要因として任意のパラメータを K として求められる。

$$V = K \cdot [A^{3/10} \cdot (\tan \theta_1)^{9/20} \cdot (\tan \theta_2)^{3/10}] \cdot Re^{9/5} \quad (2)$$

$$K = 0.028 \cdot [(Af + Ar) \cdot \frac{W}{a}]^{0.60}$$

V: 流出土砂量(m²)、A: 流域面積(km²)

 θ_1 : 斜面平均勾配(度)、 θ_2 : 河道平均勾配(度)

Re: 日有效雨量(mm)、K: 流出土砂係数

A_f :崩壊地面積(m^2)、 A_r :河道面積(m^2)

w : 表層地質の吸水率(%), σ : 1 軸圧縮強度(kg/cm²)

任意の降雨量 R_e で大小様々な粒径の土砂が流出していることは、河川で観測した浮遊砂、掃流砂の粒径分布を見ても明らかである。従って降雨量規模に応じた粒度分布 $P(d)$ が解明できれば、長い期間に堆砂した堆砂量の粒度分布が正確に推計できるであろう。

式(1)粒径 index の係数 α 、 n の求め方は、堆砂土の平均粒径 d_m が堆砂期間中の平均有効雨量 Re で構成されるものと仮定し、係数 α は式(3)で与えられ未定指数 n の関数で表されることになる。そこで任意に n を与えて α を推定する。

$$\alpha = \frac{dm}{\text{Reave}^n} \quad - (3)$$

$$d_m$$
: 寒測平均粒径(mm)、 $Reave$: 平均有効雨量(mm)

任意に n を与えると式(3)から α が求まり、研究対象ダムの粒径 index は図-3 の通り表される。

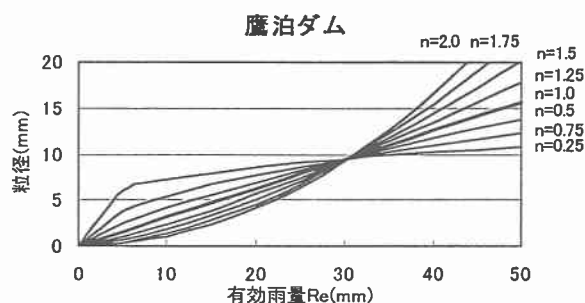


図-3 粒径 index

粒径 index のこの特性からみて、 n を大きく仮定すると粒径を過大に推計することになり、逆に n を小さくすると粒径を過小に推計することになるので最適な n 値がある範囲内に見出せることが期待できる。

次にダムの堆砂土について調査した粒度分布は大小様々な降雨量でもたらされた堆砂量の粒度分布形であって次の様に表される。

$$P = f(d) \quad (4)$$

d : 篩目(粒径)の大きさ(mm)

P : 全採取土量に対する篩目 d を通過した重量割合(%)

式(4)で表した分布を平均粒径 dm で無次元化した値 t を横軸にして分布形を式(5)で示す。

$$P = f(t) \quad , \quad t = \left(\frac{dobs}{dm} \right) \quad (5)$$

$dobs$: 実測粒径(mm)、 dm : 平均粒径(mm)

そして式(5)の dm の代わりに drm を用いると、式(6)になる。

$$P = f(t) \quad , \quad t = \left(\frac{d}{drm} \right) \quad (6)$$

実測値の分布式(5)に対して、式(6)で得られる d の分布

形は式(5)の分布形を d 軸方向に $\left(\frac{drm}{dm} \cdot dobs \right)$ だけ平行

移動した分布形状として表される。図-4 は $n = 0.25$ 時の分布形状を示す。

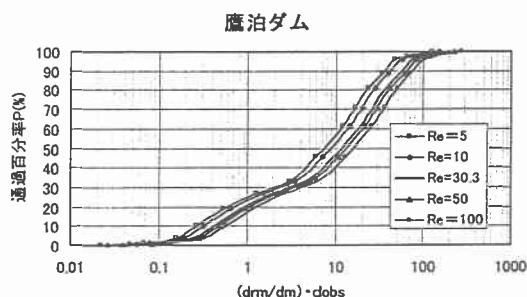


図-4 降雨量と粒度分布

そこで、実測した粒度分布 $P(d)$ を用いると $dobs$ に対応する $P(dobs)$ は、式(7)に示す $dcal$ に対応する $P(dcal)$ と置き換えることができるので、 $dcal$ 毎の粒径別構成率 ΔP を求めることができる。

$$dcal = \left(\frac{drm}{dm} \right) \cdot dobs \quad (7)$$

$dcal$: 計算粒径(mm)

式(2)により降雨量 Re 毎の流出土砂量が計算されるので、計算した粒径別構成率 ΔP を用いることで降雨量 Re 毎に粒径別土量が算定される。粒径 index 係数 $n = 0.25 \sim 2.0$ で計算した粒径別土量と実測の粒径別土量を標準偏差で比較して、最も良いものを最適係数とした。その結果5つのダムの最適係数は $n = 0.25$ であった。その最適係数を用いた粒径別土量は図-5 の通りであり、再現計算は良い結果となった。

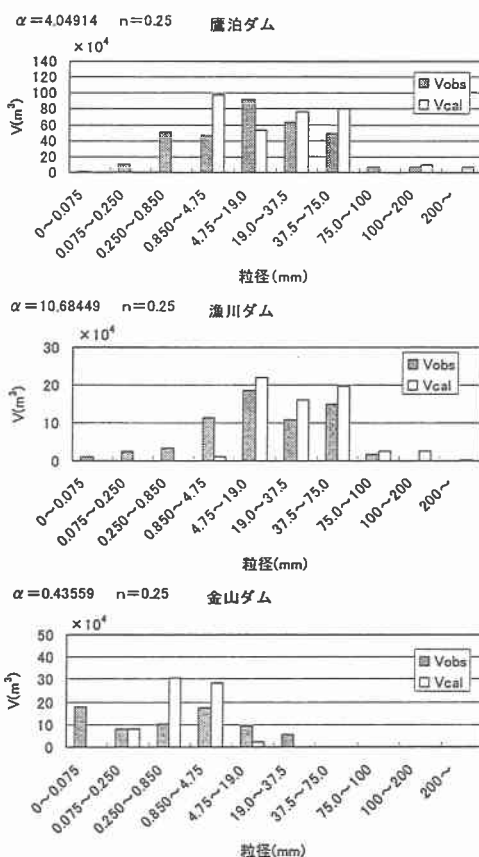


図-5 再現値

4 まとめ

研究対象各ダムに流出してきた堆砂土についてこれまで年間堆砂量が研究されているが、新たにその堆砂量の粒度分布を用いて、任意の降雨量の粒径 index と流出土砂量の予測式により、降雨量毎の粒径別土砂量が推定できる。

参考文献

- 1) 旭川開発建設部：石狩川上流土砂管理計画検討業務報告書 平成 12 年 3 月
- 2) 石狩川開発建設部：石狩川下流土砂管理計画検討業務報告書 平成 12 年 3 月
- 3) 山口 甲：山地河川の土砂生産に関する研究 北海学園大学工学部研究報告第 23 号平成 8 年 2 月
- 4) 上野順也：土砂生産量の支配因子に関する研究 北海学園大学大学院修士論文 平成 10 年 3 月