

土砂輸送関数と粒径 index による粒径別流出・輸送量の予測

The prediction of respective grain diameter runoff and sediment transport function

北海学園大学工学部 正会員 山口 甲 (Haime Yamaguti)
(株) シン技術コンサルタント 正会員 東海林 勉 (Tutomu Toukairin)
北海学園大学工学部 ○学生員 上西 孝博 (Takahiro Jounisi)

1. まえがき

河川において山地流域で生産され輸送される土砂量の推定は、治水、利水、河川・海域環境の保全等を検討する上で極めて重要である。特に洪水時における生産土砂量は圧倒的に多く、人間の生活と生産活動の場は河川の流域であり、その土砂害のほとんどが河川氾濫区域であるため非常に大きな災害を起こす。

本研究は現在まで研究された土砂輸送関数¹⁾の第2項の指数 n_2 を検討し、さらに洪水規模毎に最適な係数を算定する方法を究明し、その再現性を検討することを目的としている。さらに、粒径別に土砂移動の実態を明らかにしておく必要があり、河道に流入する粒径別流出土砂量と河道を輸送される粒径別輸送土砂量を推定する方法を提唱する。なお、研究対象流域は石狩川水系(図-1)とし、上・下流域河道基準点を上流域では伊納大橋地点、下流域では石狩大橋地点を選んだ。研究対象洪水として最大流量順に表-1に示すが、石狩大橋地点に合せて伊納大橋地点の番号を符している。

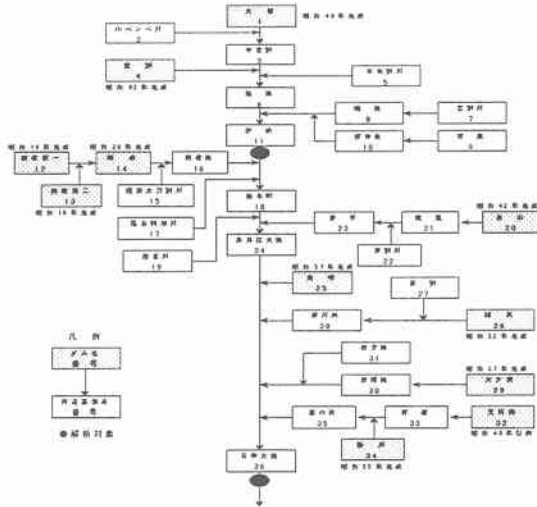


図-1 石狩川区分流域

表-1 研究対象洪水

No	洪水期間	最大流量(m ³ /s)	
		伊納大橋	石狩大橋
1	平成元年08月21~25日	1,363	1,443
2	平成元年09月01~06日	543	2,569
3	昭和54年10月17~25日	655	3,139
4	昭和63年08月24~28日	1,007	5,759
5	昭和50年08月21~26日	3,884	7,289
6	昭和56年08月03~09日	4,025	11,330

2. 時間輸送量のシミュレーション

土砂輸送関数の検討は次の基礎式を用いる。

連続式 $S' = \Sigma (f \cdot I - Q_T) \Delta t$ —(1)

$$S = \frac{S'}{\Delta t} = \Sigma (f \cdot I - Q_T) \quad \text{---(2)}$$

輸送関数 $S = m_1 \cdot Q_T^{n_1} + m_2 \cdot \frac{dQ_T^{n_2}}{dt}$ —(3)

$$S_1 = m_1 \cdot Q_T^{n_1} \quad \text{---(4)}$$

$$S_2 = m_2 \cdot \frac{dQ_T^{n_2}}{dt} \quad \text{---(5)}$$

ここに S: 貯砂量(m³/s), S': 貯砂量(m³),
I: 流入土砂量(m³/s), Q_T: 土砂輸送量(m³/s),
f: 到達率 (f = Σ Q_T / Σ I),
m₁, n₁, m₂, n₂: 係数, dt: 単位時間(1hr=3600sec)

ここで定義した到達率 f は洪水で河道に流出した土砂量のうち観測地点まで洪水期間中に到達した土砂量の割合を示す。式(2)で S を算出しておき、第1次近似値として式(4)と等しいとおき、n₁を仮定(0.1, 0.2, ~1.0)して係数m₁を算出し式(4)に代入して、式(2)との誤差が最小の係数m₁, n₁を求める。式(3)の第2項は算定したm₁, n₁を用いてm₂, n₂を算定するが、n₁と同様にn₂を仮定し係数m₂を算出して誤差が最小のm₂, n₂の組合せを求める。この算出方法を6洪水それぞれにあてはめ洪水毎の係数を算出し、その結果を表-2に示す。

表-2 輸送関数の径数値

伊納大橋				
No	m ₁	n ₁	m ₂	n ₂
1	2.38	0.5	15,603	0.5
2	6.98	0.8	173,961	0.1
3	4.92	0.7	6,671	0.1
4	4.69	0.9	15,000	0.1
5	7.14	0.5	343,871	0.1
6	9.46	0.8	239,498	0.3

石狩大橋				
No	m ₁	n ₁	m ₂	n ₂
1	4.17	0.3	192,000	0.7
2	21.66	0.9	648,000	1.0
3	19.89	0.7	226,000	0.4
4	30.36	0.1	2,292,000	0.2
5	62.75	0.4	2,462,000	0.6
6	103.3	0.5	8,533,000	0.4

算定した係数を用いて伊納大橋、石狩大橋ともに土砂

輸送量を再現計算し濁度関数を用いて計算されている実測土砂輸送量²⁾と比較する。その再現結果を図-2に示す。

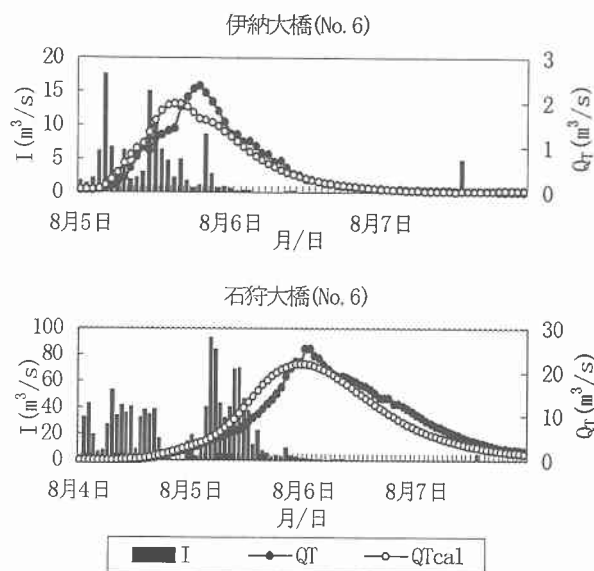


図-2 土砂輸送量の再現(昭和56年)

さらに、総土量で検討すると量的にも非常に良い再現結果が得られた。これを図-3に示す。

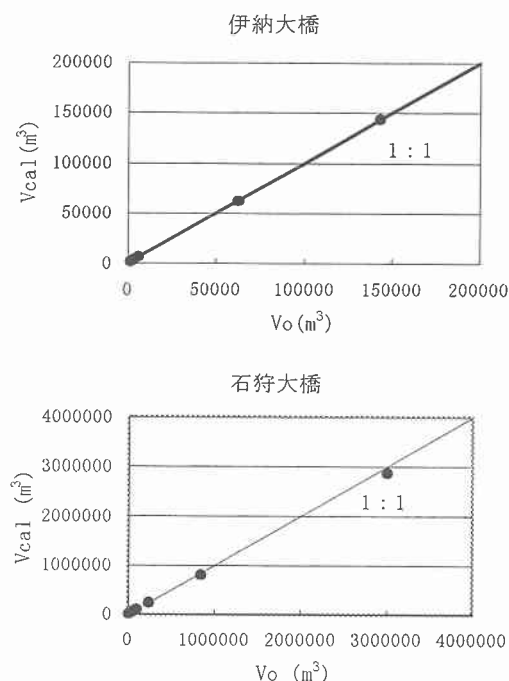


図-3 総土量の再現精度

3. 粒径別流出・輸送土砂量

区分流域毎の流出土砂の粒径別土量を5ダムの粒径別土砂量の推定方法³⁾を用いて算定する。その時土砂の粒度分布、粒径indexの実測値が無い区分流域についてはその流域を構成する主たる地質に着目し、5ダム流域の各々に最も類似した流域の粒度分布、粒径indexを用いて粒径別流出土砂量を算定する。また、輸送土砂は岩垣の式から最大粒径を計算する。1洪水期間の総流入土砂量と総輸送土砂量が得られているので総堆積量が計算で

きる。河床を構成する土砂の粒度分布は河道内に堆積する土砂の粒度分布でもあるため、河道全体の粒度分布を粒径毎に平均し、先に岩垣の式⁴⁾から得られた洪水毎の最大粒径以下についての粒度分布を求める。その粒度分布で粒径別堆積量を求め流出土砂量との差を粒径別輸送土砂量とする。粒度構成率については流出・輸送土砂を対比して図-4に示す。

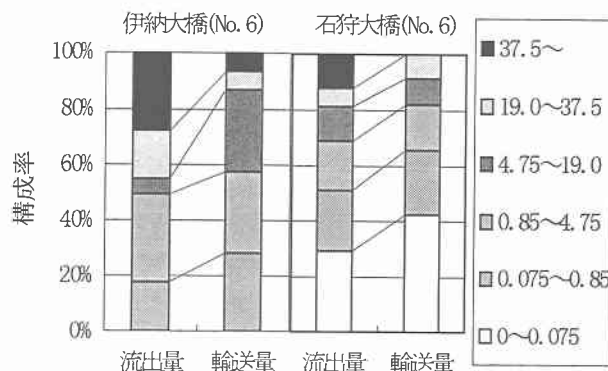


図-4 輸送土砂の粒度構成(昭和56年)

4. あとがき

本研究は現在まで研究された土砂輸送関数の第2項の指数 n_2 を検討し洪水規模毎に最適な係数を求め、その再現を行ったものであり、洪水毎の係数は表-2のとうりであるが、 n_1 、 n_2 については洪水規模と相関性はなかった。これらの係数を用い時間輸送土砂量を算定した結果、良い再現結果が得られた。また、総土量では非常に精度の良いものになった。そして粒径indexによる粒径別流出・輸送土砂量の予測により、山地流域で河道に流出した土砂は大小様々な粒径が存在するのだが、河道基準点では大粒径よりも小さい粒径の占める割合が大きい。これは河道を輸送される時に河床に大粒径が堆積していると推測できる。しかし、基準点における限界粒径よりも小さい粒径の土砂も河道区間に堆積しているので、今後は小粒径の流出・堆積・輸送の土砂動態を検討しなければならないと考える。

参考文献

- 1) 山口 甲、三田村一弘、伊藤和人：石狩川流域における土砂輸送関数の推定 土木学会北海道支部論文報告書 No56 2000.2
- 2) 山口 甲、三田村和人、渡辺浩司：大河川における濁度観測地による土砂輸送量の計算 土木学会水工論文集第44巻
- 3) 山口 甲、東海林勉：貯水池の粒径別流出土砂量に関する研究 土木学会北海道支部論文報告書 No57 2001.2
- 4) 岩垣の式：水理公式集 1985年版