

## 上流端からの流入土砂特性が阿武隈川下流域の土砂動態に及ぼす影響

東北大学 工学部建築・社会環境工学科 学生会員 ○鈴木 志門  
 東北大学 工学研究科土木工学専攻 正会員 有働 恵子

## 1. 背景と目的

阿武隈川では、河口部周辺の砂浜侵食や河道の土砂侵食・堆積の問題が生じている<sup>1)</sup>。これらの課題に対して、河口からの土砂流出量の定量的な把握と侵食・堆積傾向にある区間を特定するために、河床変動解析モデルを用いた解析が行われる。山地部での斜面崩壊の影響を想定した解析事例<sup>2)</sup>は数多く報告されているが、長期スケールかつ流域内の土砂動態を粒径毎に評価した研究は少ない。本研究では、上流端から異なる土砂流入量と粒度分布を与えることで、山地部での斜面崩壊の影響を想定した様々なケースを設定し、阿武隈川下流域の土砂動態に及ぼす長期的影響を評価した。

## 2. 解析方法

## 2. 1 基礎方程式

本研究では、竹林・藤田<sup>3)</sup>の1次元混合粒径河床変動解析モデルを用いた。掃流砂量は芦田・道上式<sup>4)5)6)</sup>を、 $k$ 粒径階に対する無次元掃流力は修正 Egiazaroff 式<sup>4)</sup>を、基準点高さにおける  $k$  粒径階の平衡浮遊砂濃度は Lane and Kalinske の式<sup>7)</sup>を、浮遊砂の沈降速度は Rubey の式<sup>8)</sup>を用いて解析を行なった。

## 2. 2 対象領域と計算条件

阿武隈川は、幹川流路延長約 239km、流域面積約 5,400km<sup>2</sup>の一級河川である。本研究の解析区間は、阿武隈川下流域の丸森から荒浜までの 36.4km で、2000 年から 2019 年の 20 年間において流量が 1,000m<sup>3</sup>/s を超える 53 出水を対象とした。初期条件の河床位及び河床材料の粒度分布は、国土交通省提供の 1999 年実測値を与えた。解析区間の上流端流量と下流端水位は、それぞれ丸森水位観測所と荒浜水位観測所の流量データを用いた。

平衡流砂量 (Case0) の計算結果を元に、本研究では上流端からの流入土砂特性に関して 3 つのケースに分けて感度分析を行なった (表-1)。Case1 は流入土砂の土砂量を、Case2 は流入土砂の粒度分布を、Case3 は土砂供給のタイミングをそれぞれ変えて計算した。ただし、流砂の大部分は浮遊状態で運ばれるため浮遊砂のみ条件を変え、掃流砂は Case0 の条件のままとした。

## 3. 結果と考察

## 3. 1 Case0 : 平衡流砂量

表-1 より年平均土砂流入量は 24.8 万 m<sup>3</sup>/年、年平均土砂流出量は 15.9 万 m<sup>3</sup>/年である。流入土砂の粒度分布は細砂が約 8 割を占め、流砂量のピークは流量ピークと同時刻である。2000 年から 2019 年における河床変動高の実測値と計算値の RMSE は 0.349m であった。

## 3. 2 Case1 : 流入土砂の土砂量

図-1 に 1999 年から 2019 年の河床変動高を示す。流入量を増やしたケースでは堆積傾向にある区間で堆積作用を強め、特に河口から 35~37km 付近において顕著である。大量の砂が流入するため、河床材料の砂の割合が大きくなり区間全体で細粒化が進行した。表-1 より流入量に対して流出量の変化が小さいことから、流入量を増やすほど多くの土砂が河道に堆積する可能性がある。

## 3. 3 Case2 : 流入土砂の粒度分布

流入土砂の 8 割を細砂が占めるケースが最も土砂流出量が多くなった (表-1)。流入土砂の粒度分布によらず、細砂 (0.075~0.25mm) が土砂流出量の 6~8 割程度を占めることから、土砂流出量は細砂に大きく依存すると考えられ

キーワード 土砂の境界条件, 土砂動態, 河床変動, 土砂流出量, 阿武隈川

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学 水環境情報学研究分野 TEL 022-795-7451

表-1 各ケースの年平均土砂流入量，土砂流出量，河床変動高の RMSE（括弧内の数字は細砂の流出量）

Case	流入土砂の条件			土砂流入量 (万 m <sup>3</sup> /年)	土砂流出量 (万 m <sup>3</sup> /年)	河床変動高 RMSE (m)
	流入量	粒度分布	タイミング			
Case0	平衡流砂量	細砂 8 割	流量ピークと同時刻	24.8	15.9 (12.1)	0.349
Case1	a	0.5 倍	Case0	13.3	12.8 (9.0)	0.348
	b	2 倍		47.7	22.0 (18.3)	0.352
	c	5 倍		116.3	40.1 (36.5)	0.369
Case2	a	Case0	中砂 8 割	24.8	10.4 (6.4)	0.359
	b		粗砂 8 割	24.8	9.8 (6.0)	0.358
	c		粒径範囲が広い	24.8	12.7 (8.8)	0.354
Case3	a	Case0	Case0	24.8	16.3 (12.5)	0.349
	b		4 時間前	24.8	16.1 (12.3)	0.349
	c		2 時間前	24.8	15.7 (11.9)	0.349
	d		2 時間後	24.8	15.6 (11.8)	0.349

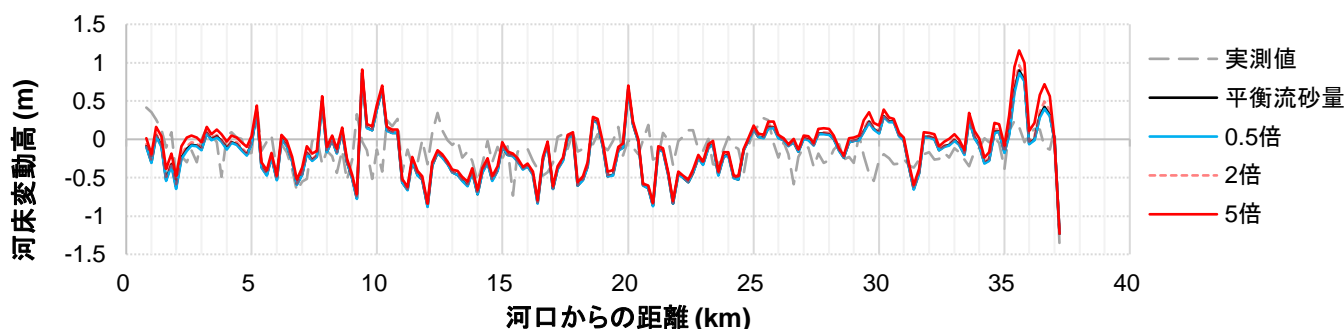


図-1 1999 年から 2019 年の河床変動高 (Case1)

る。大量に流入した中砂や粗砂は，河口から 35~37km 付近に堆積した。

### 3. 4 Case3 : 土砂供給のタイミング

流砂量ピークを早めるほど，細砂の流出量が増加した。これは大量の土砂が流入した後も流量が増加し続けるため，より多くの細砂が流出する。一方，流砂量ピークを遅らせるケースでは，流量が次第に減少し，掃流力が小さくなることから流出量も減少すると考えられる。また，いずれのケースも地形変化は小さいことが確認された。

### 4. 結論

本研究では，斜面崩壊の影響を想定した様々なケースを設定して阿武隈川下流域の土砂動態を評価した。土砂流入量が増加するほど河道への堆積量が増加し，区間全体で細粒化の傾向が見られた。特に上流端付近での反応が顕著に表れた。河口からの土砂流出量は，上流端から流入する土砂量，粒度分布，タイミングに関わらず，細砂が 6 割以上を占めることが明らかとなった。

**謝辞：**国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所より，阿武隈川横断測量データ及び河床材料実測データを提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：阿武隈川水系河川整備基本方針 阿武隈川水系の流域及び河川の概要，2022。
- 2) 例えば，岡山士郎，内藤ゆう子，福岡捷二：洪水後の河道堆積土砂量分布に基づく上流端境界条件としての流入土砂量ハイドログラフの推算，河川技術論文集，Vol.27, p.481-486, 2021。
- 3) 竹林洋史，藤田正治：粘性・非粘性土混在場における一般断面による一次元河床変動解析，砂防学会誌，Vol.64, No.2, p.3-14, 2011。
- 4) 芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，Vol.206, p.59-69, 1972。
- 5) Kovacs, A. and Parker, G. : A new vectorial bed load formulation and its application to the time evolution of straight river channels, J. Fluid Mech. Vol. 267, pp. 153-183, 1994。
- 6) B. Y. Liu : Study on Sediment Transport and Bed Evolution in Compound Channels., 京都大学学位論文, 1991。
- 7) E. W. Lane and A. A. Kalinske : Engineering calculation of suspended sediment, Transactions A.G.U., Vol.22, 1941。
- 8) W. W. Rubey : Setting velocities of gravel, sand, and silt particles, American Journal of Science, Vol.25, p.5-25, 1933。