

II - 62

阿武隈川の洪水時における微細土砂の輸送

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○富樫 昇
東北大学大学院工学研究科 正会員 真野 明

1. はじめに

仙台北岸の砂浜を構成する土砂の主要な供給源の一つとして阿武隈川がある。近年、阿武隈川の河口に隣接する沿岸漂砂下手側の海岸において侵食する傾向にあり、阿武隈川からの土砂供給が減少していると考えられる。またここ20年間で、数十年に一度の規模の洪水が数回おこっており、上流部から下流部へ多量の土砂が輸送されたと考えられる。これらのことは、土砂供給源としての阿武隈川の特性が変化してきていることを示唆している。

大きく3つに分類される流送土砂のうち、出水時には浮遊状態で輸送される浮遊砂とウォッシュロードが大部分を占める。特にウォッシュロードは沈降速度が小さいため、出水時には流水の流れに保持されたまま流下することが指摘されている。このため、その濃度は生産源となる河床やダムなどの存在に大きく影響される。そこで本研究では、微細土砂の洪水時の挙動に注目し、実際の出水時に観測を行って試料を採取・分析し、浮遊砂量推定式から浮遊砂量を推定することで、土砂の生産源となるダム周辺での土砂の移動、堆積に関して定量評価を行うことを目的としている。

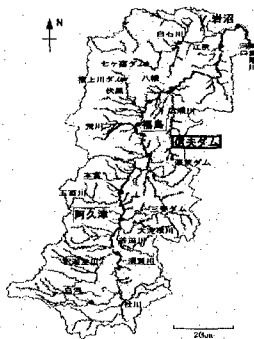


図-1 阿武隈川流域

2. 研究概要

対象流域は、一級河川である阿武隈川流域（図-1）で、流域面積は5405km²、幹線流路延長239.2km（東北地方第2位、日本第6位）である。

出水概要は、昨年、東北地方を縦断した速度の速い

台風21号の影響により、阿武隈川流域では9月30日夕方から10月2日の明け方まで降雨を観測した。降り始めからの総雨量は、阿武隈川上流に位置する真船で136mmだった。

台風実測は、日本大学と共同で行った。採水地点は福島（蓬莱橋）と阿久津（阿久津橋）と岩沼（阿武隈橋）で3時間おきに採水を行った。採取した試料を分析し、粒度分布と浮遊砂濃度を得た（図-2、図-3）。

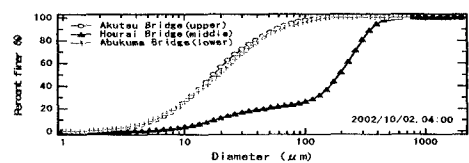


図-2 粒度分布（10/02 4:00、福島ピーク水位付近時）

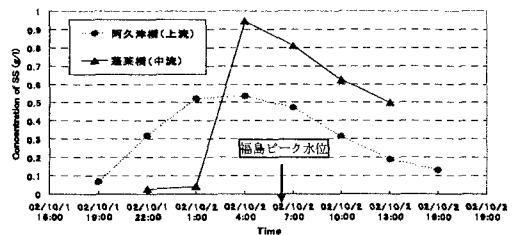


図-3 浮遊砂濃度の時間分布

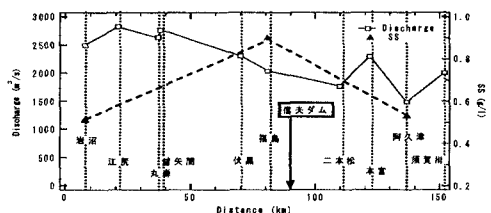


図-4 浮遊砂濃度の空間分布（ピーク流量時）

3. 観測結果と考察

図-2、3 から阿武隈川中流部の福島で水位がピーク付近の時に粒度が粗くなり、上流部に比べて浮遊砂濃度が急増している。また図-4 から本川の流下方向の濃度変動を見てみると、流量が流下方向にほぼ連続的に増加しているのに対して、浮遊砂濃度は福島で増加している。これらのことは福島から約5km上流にある信夫ダムが土砂の供給源となり、ダムの巻き上げにより浮遊砂濃度が増加したと考えられる。

4. 通過土砂量の推定と評価

信夫ダム下流部での土砂濃度変動を考える上で、信夫ダムから流出する土砂量の評価が重要となる。

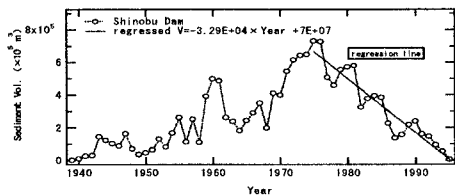


図-5 信夫ダムの年間堆砂量

図-5 から信夫ダムの堆砂量が減少傾向にある 1976 年以降の堆砂量を一年当りの減少量で評価すると、約 $3.29 \times 10^4 \text{ m}^3$ で表せる。信夫ダムでは、1986 年から砂利採取実績量が平均で一年当り約 $2.70 \times 10^3 \text{ m}^3$ あるが、評価した減少量には影響しない程度の小さな値である。

上記のことを考慮した上で、出水期間中の通過土砂量の推定を行う。浮遊状態で輸送される土砂は、流水の影響を受けるため、その輸送量は流量との相関が高いことが従来指摘されている。その関係の最も基本的なモデルを(1)式で示す。実測値から、浮遊砂量 Q_s (kg/s) を土砂濃度 C と流量 Q の積として算出する¹⁾。積分区間は、10 月 1 日 19 時から 24 時間とした。

$$Q_s = C \cdot Q \quad (1)$$

次に、浮遊砂量の推定として定常 2 次元等流における単位時間当りの浮遊砂量 Q_c は(2)式で与えられる。

$$Q_c = B \int_a^h u(z) \cdot c(z) \cdot dz \quad (2)$$

ここに、 B は代表川幅、 h は水深、 $u(z)$ は河床から z の高さにおける平均流速、 $c(z)$ は河床から z の高さにおける濃度、 a は濃度の河床からの基準点高さであり $a = 0.05h$ と定めた。板倉・岸²⁾は $u(z)$ には(3)式、 $c(z)$ には(4)式を用いた。

$$\frac{u}{u_*} = 8.5 + \frac{1}{\kappa_0} \left[\ln \frac{z}{k_s} + \phi_1 \frac{z}{k_s} \right] \quad (3)$$

ここに、 $\phi_1 = 7k_s / L_2$ 、 $1/L_2 = \kappa_0 s g \omega_{0i} \bar{C} / u_*^3$ 、 k_s は相当粗度、カルマン定数は $\kappa_0 = 0.4$ 、 s は土粒子の水中比重、 ω_{0i} は沈降速度で Rubey の式²⁾により求め、 $\bar{C}$ は断面平均の体積濃度、 u_* は摩擦速度である。

$$\frac{C_i}{C_{ai}} = \left\{ \left(\frac{h-z}{h-a} \right)^{(1+\phi_2)} \left(\frac{a}{z} \right) \right\}^{D_i} \quad (4)$$

ここに、 $\phi_2 = \alpha_3 \kappa_0 s g h \omega_{0i} \bar{C} / u_*^3$ 、 $\alpha_3 = 7$ 、 $D_i = \omega_{0i} / \kappa_0 u_*$ である。

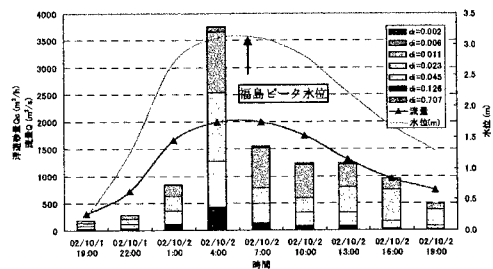


図-6 浮遊砂粒径毎の推定浮遊砂量 (福島)

式(2)により、福島における浮遊砂粒径毎の推定浮遊砂量を求めた結果が図-6 である。図中の推定浮遊砂量のピークは、ほぼ水位・流量のピーク付近になった。また同図において、推定浮遊砂量のうち $d_i = 0.1 \text{ mm}$ 以下が大半を占めていることから、浮遊砂はそのほとんどが微細な土粒子によって構成されていることがわかる。図-6 中の浮遊砂量を合計した値を対象洪水における総浮遊砂量とすると、福島で約 $3.15 \times 10^4 \text{ m}^3$ となる。また上流部の阿久津も同様に評価し、まとめたものを表-1 に示す。

表-1 出水期間中の通過土砂量 (m^3)

	阿久津	福島	差
(1)式	1.13×10^4	2.30×10^4	1.17×10^4
(2)式	1.83×10^4	3.15×10^4	1.32×10^4

信夫ダムでは 1998 年以降、砂利採取を行っていないことから、阿久津と福島の通過土砂量の差をダムからの流出土砂量として評価する。推定浮遊砂量が多く評価されたが、流出土砂量としては約 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ となった。この値は、上記で評価した信夫ダム堆砂の年減少量の約 1/3 を占めることになり、ダムからの流出土砂量は出水時に多く運ばれることが確認できた。

5. まとめ

- 阿武隈川本川において、出水時には福島上流の信夫ダムが土砂供給源となっていることがわかった。
- 対象洪水の信夫ダム流出土砂量を推定した結果、その量は約 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ となった。

参考文献

- 杉木基泰：阿武隈川における流送土砂の観測と解析，東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文，pp. 2-67，1997。
- 河村三郎：土砂水理学 1，森北出版，pp. 3-8，23，269-311，1982。
- 市毛輝和：阿武隈川全流域の分布型浮遊砂輸送モデル，東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文，pp. 21-25，41-80，1999。