

支川からの土砂供給に対する本川の応答

株式会社ニュージェック：○栗田昌博、大本雄二、乾 哲也、三浦信一、江頭進治
 奈良県高田土木事務所工務課：石川 悟、奈良県土木部：大光弘哲

1. はじめに

支川からの土砂供給に対する本川のインパクトは、支川からの土砂供給が異常に増加した場合、あるいは無くなるような条件下で顕著になるばかりでなく、本川における洪水流量が急減するような場合にも顕著に現れる。この種のインパクトは、直接的には河床変動や河床材料の変化のような形で現れる。特に、本川の洪水流量が急減するような場合には、支川からの土砂供給が続く限り、中小洪水であっても、本川の河床上昇や河床材料の変化が顕著に起こるはずである。このような現象が、土砂処理計画における鍵となるような流域が存在している。

本研究は、このような流域の土砂処理計画に関する情報を得ることを目的として行っているものであって、ここでは、その一環として、奈良県北山川とその支川池郷川を対象として、本川に対する池郷川からの土砂供給の影響を調べている。

2. 本川流量の急減に伴う土砂輸送特性

図-1 は、今回対象としている河道の模式図である。ここに、M は本川北山川、B は支川池郷川である。

Mold は、池原ダム建設以前の河道であり、それまでの流水と流砂によって形成された河道特性を有していたはずである。ダム建設後、洪水は余水吐を通じて Mold の下流に流されるようになった。そのため、現在、Mnew は、支川 B からの流水と流砂のみを流す流路になっている。そこで、まず、もともと Mold の河道特性を持っていた河道が、本川からの洪水と流砂が停止された結果、どんな変化を示すのか、簡単な解析によって調べてみる。

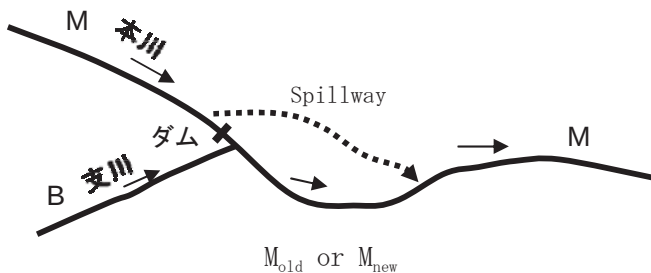


図-1 対象河道の模式図

ダム建設以前の Mold の流量は

$$Q_{old} = Q_{br}(1 + Q_m / Q_{br}) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 Q_{old} : Mold の流量、 Q_{br} : 支川の流量、 Q_m : 本川ダム地点の流量。流量比を流域面積比で表し、更に式 (1) を単位幅流量に変換すると

$$q_{old} = [(1 + A_m / A_{br}) / B_m] Q_{br} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 A_m : ダム地点の流域面積、 A_{br} : 支川の流域面積、 B_m : Mold あるいは Mnew の川幅。式 (2) はダム建設後においては $A_m = 0$ であるから、

$$q_{new} = Q_{br} / B_m \dots\dots\dots (3)$$

単位幅流砂量として $q_{b*} \sim \tau_*^\alpha$ のものを採用すると、

$$q_b \sim \sqrt{sgd^3} \tau_*^\alpha \sim \sqrt{sgd^3} \left(\frac{hi}{sd} \right)^\alpha \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 q_b : 単位幅流砂量、 $s = \sigma / \rho - 1$: 水中比重、 g : 重力加速度、 d : 粒径、 h : 水深、 i : 勾配。式 (4) を単位幅流量を用いて示せば、

$$q_b \sim \sqrt{sgd^3} (sd)^{-\alpha} n^{3\alpha/5} i^{7\alpha/10} q^{3\alpha/5} \dots\dots\dots (5)$$

式 (2) , (3) , (5) より Mold と Mnew における流砂能力の比は、河床材料の粒径や勾配が変わらないとすれば、次式で表される。

$$q_{bnew} / q_{bold} = [1 / (1 + A_m / A_{br})]^{3\alpha/5} \dots\dots\dots (6)$$

Mnew においては、支川の洪水と流砂のみが供給されるが、これを Mnew で輸送するための勾配の条件は、式 (3) , 式 (5) および $B_r q_{br} = B_m q_{bm}$ などの条件より、次式のようになる。

$$i_{new} / i_{br} = (B_m / B_{br})^{2(3\alpha-5)/7\alpha} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 i_{new} : Mnew の平衡勾配、 i_{br} : 合流点近傍の支川の勾配、 B_r : 合流点近傍の支川の川幅である。

上述の式 (6) および (7) を用いて、ダムによる洪水流量がカットされたことによって、本川の流砂能力や河床勾配がどのようになるか見てみる。計算に必要な支川池郷川および本川の諸量は次のとおりで

ある。

$i_{br} = 0.01$, $B_{br} = 30$ m, $A_{br} = 32\text{km}^2$, $A_m = 354\text{km}^2$, $B_m = 150$ m。江頭・宮本・伊藤の流砂量式¹⁾を参考に, $\alpha = 5/2$ として, これらを式(6), (7)に代入すると, 次のような結果が得られる。

$$q_{bnew}/q_{bold} = 0.022 \quad \text{及び} \quad i_{new}/i_{br} = 1.58$$

これらは, 現在の本川河道の土砂輸送能力が元の河道の 2 パーセント程度であって, 支川から供給される土砂を平衡状態で輸送するためには支川の 1.58 倍の勾配が必要であることを示している。事実, 次章で示すように Mnew においては急激な土砂堆積が起こっている。

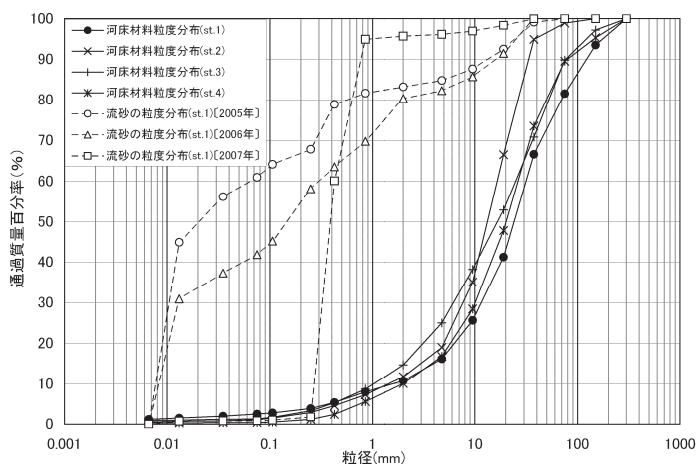
3. 土砂供給に対する本川の応答

上述の解析によって, 本川の流量がカットされた時, 本川に対する支川からの土砂供給の影響は, 本支川の流域面積比及び川幅比に依存するものの, かなり顕著に現れることが示された。そこで, 実際の流量時系列, 河道特性及び河床材料に関するデータを用いて, 混合砂を対象とした一次元の流砂・河床変動モデルによるシミュレーションを行い, 支川からの土砂供給に対する本川の応答を調べてみる。

計算領域は図-1 に示す本支川の合流点を上流端とする 3.1km の区間である。河道形状は, 2004 年 12 月および 2007 年 12 月に実測されている。古い方のデータを初期条件として用い, 2007 年 12 月の河床高を予測している。この時, 流砂量, 流砂及び河床材料の粒度分布も予測している。図-2 は, 河床材料の粒度分布の初期条件である。

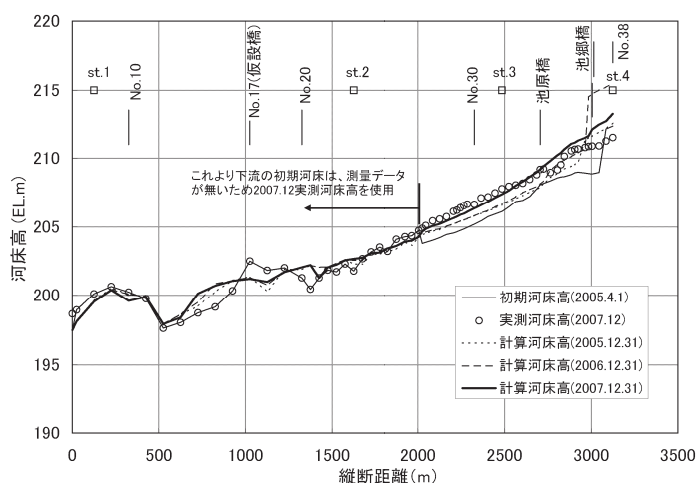
St. 4 のものは計算上流端近傍のもので, St. 1 は下流端近傍のものである。図には後述する流砂の粒度分布に関する計算結果も示されている。

図-3 は, 河床高に関する計算結果である。図には, 計算期間における総供給土砂量とその流出土砂量も示されており, 支川から供給される土砂のほとんどは計算区間に堆積していることがわかる。このことを念頭に, 河床変動の結果をみると, 河床上昇は上流域で顕著にみられるが, それ以外の領域では河床はあまり動いていないことがわかる。これらのことより, 計算領域から流出している流砂は, 河床材料の中の小さいものが選択的に輸送されているものと推察される。このことをみるため, 図-2 には St. 1 近傍の流砂の粒度分布を掲載している。これより, 流砂は河床材料の細かいものからなっていることがわかる。



(St. No は図-3 を参照, 流砂の粒度分布は計算値)

図-2 初期河床材料および流砂の粒度分布



(供給土砂の総量: 掃流砂=118,300m³, 浮遊砂=17,400m³、流出土砂の総量: 掃流砂=3,800m³, 浮遊砂=17,000m³, ウォッシュロード=4,700m³)

図-3 支川の土砂供給による本川の河床変動計算結果

4. おわりに

本川の流量が急減するとき, 流砂・河床変動に対する土砂供給の影響を理論的に予測し, これを数値シミュレーションによって確かめた。今後, 本報告で示したような簡単な解析法と数値解析を併用することによって, 土砂処理計画に対する有用な情報をいかに得ていくか検討を深める所存である。

参考文献

- 1) 芦田・江頭・中川 (2008) : 21 世紀の河川学, 5 章, 京都大学出版会。