

砂礫の流下に伴う破碎・磨耗現象と微細粒子の土砂生産

国土防災技術株式会社 ○小菅尉多
京都大学大学院農学研究科 水山高久

1 はじめに

河床砂礫が上流から下流に向かって小径化していることに対しては、砂礫の破碎・磨耗現象が卓越しているという考え方と砂礫の選択的輸送が卓越しているという両者の考えがあり、古くから議論されてきた。河川・砂防の分野では、砂礫の粒径は変化しないとして、扱われる場合が多い。実現象は両者が作用しており、問題はどちらがどの程度卓越しているか、砂礫の粒径は変化しないものとして取り扱っても実質上、問題はないのかということである。実際、河床砂礫は下流に向かうに従って小径化しているとともに円磨化されている。これは磨耗現象が作用している証拠であり、この程度を明らかにしたいと考え研究している（小菅ほか、2007、以下前報と称す）。

本報告は、河床砂礫の基礎的なデータを収集するとともに、2007年9月出水時に短時間ではあるが浮遊砂観測を実施した。その結果について報告する。

2 研究方法

2.1 調査対象地

調査対象地は、利根川水系烏川支川神流川の下久保ダム上流域（ $A=323.79\text{km}^2$ ）であり、前報の調査区間を上流側に約14km延長し約18kmとした（図1）。河床勾配は1/150～1/110程度であり、流域の地質は、中・古生層（砂岩・頁岩・チャート・石灰岩・緑色岩等）で多くの断層が分布し、岩質は脆弱と考えられる。

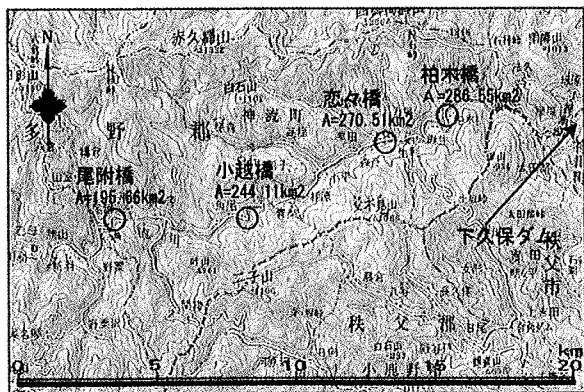


図1 調査・観測地点位置図

2.2 調査・観測方法

調査は、基礎資料として、1. 浮遊砂観測を実施した地点の河床砂礫の粒度分布と当該流域の最下流部の粒度分布、2. 河床に分布する10cm程度の岩種毎の礫のコンクリー

トミキサーによる破碎・磨耗による濁度の発生予備実験を実施するとともに、3. 前報と同様の方法で2007年9月洪水時の浮遊砂観測を実施した。

3 調査・観測結果

3.1 神流川流域の礫径分布

浮遊砂観測地点および神流川最下流地点の粒度分析結果は、図2のとおりである。

表層はアーマ・コートが形成され、0.1mm以下の土砂の占める割合は各地点とも1%以下である。

平均粒径の縦断的变化は図3のとおりであり、明瞭ではないが、下流に向かうに従い小径化している。

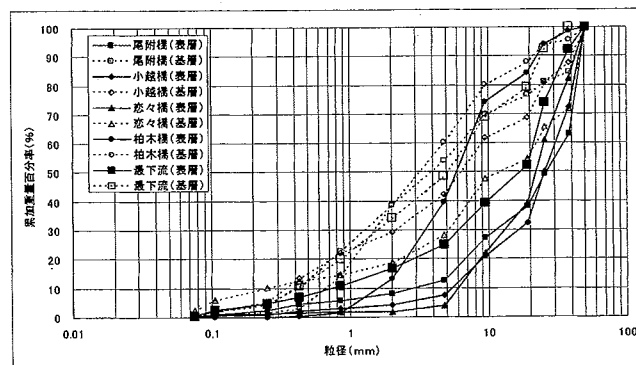


図2 粒径加積曲線

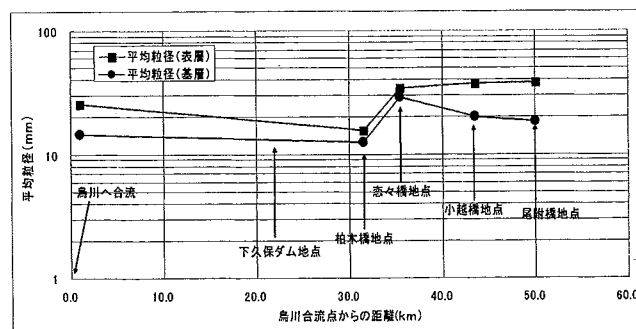


図3 平均粒径の縦断的变化

3.1 小型コンクリートミキサーによる磨耗予備実験

実際、神流川に分布する礫がどの程度転がると、どのくらい磨耗して濁度が発生するかを見るために小型コンクリートミキサーによる磨耗予備実験を行った。

コンクリートミキサーは、1分間に15回転し、外周1.9mである。これを10分間回転させると、外周分270m移動することに相当する。このコンクリートミキサーに頁岩、砂岩、チャート、緑色岩、石灰岩の平均10cm（重量1.5kg）の礫を岩種毎に10個と水20ℓ投入し、10分間回転させ、

回転後 2ℓ の濁水を採取して浮遊砂の量を計測した。

回転させて数分で濁水となり、結果として、緑色岩>石灰岩>頁岩>砂岩>チャートの順で浮遊砂の量は多く生産されたが、大差はなく概ね 2.0g/ℓ であった。すなわち 10 分間回転 (270m 流下相当) させることによって、おおよそ $2\text{g}/\ell \times 20\ell = 40\text{g}$ 浮遊砂が生産されたことになり、礫 1 個から 4g 生産させたことになる。

3.2 2007 年 9 月洪水の実態

2007 年 9 月洪水は台風 9 号によるものであり、下久保ダム上流域で流域平均連続雨量 420mm、流域平均最大時間雨量 41mm を記録し、下久保ダムへの最大流入量は $1474\text{m}^3/\text{s}$ であった。この洪水は前報の洪水の雨量で 4 倍、ピーク流量で約 10 倍の洪水であった。この下久保ダム地点の流量を用い、面積積分して各観測地点の流量を推定した。その結果は、図 4 のとおりである。この洪水の 14 時～18 時にかけて浮遊砂観測を行った。なお、14 時地点では上流から 4 点で流下とともに浮遊砂を観測したが、15 時時点で道路は閉鎖され観測が不可能になった。その後は 18 時まで前報と同様に 2 地点で浮遊砂観測を実施したが、18 時 30 分ごろからがけ崩れが発生し、観測することが不可能となった。

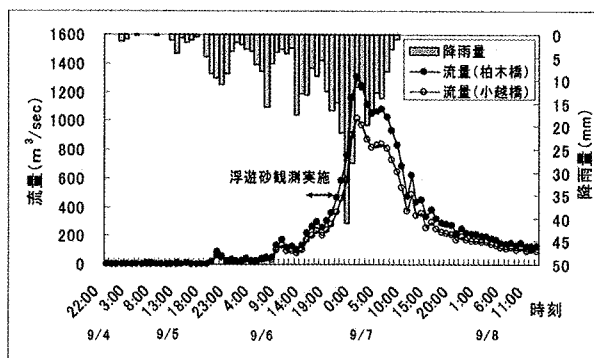


図 4 2007 年 9 月 4～8 日にかけての洪水

3.3 流下に伴う浮遊砂濃度の変化

観測された各地点の流量と浮遊砂濃度の関係を図 5 のとおりである。同図より、多少ばらつきはあるものの流量と浮遊砂濃度は比例関係にあり、2005 年 8 月洪水と同様の関係を示していることがわかる。

次に、流下に伴う観測地点の浮遊砂濃度の変動を見ると図 6 のとおりである。同図に示すように 14 時に観測を開始した上流から 4 地点の浮遊砂濃度は、流下するに従って高くなっている。この状態がその後も続いたかどうかは不明であるが、16 時～17 時にかけての下流 2 地点間での浮遊砂濃度はやはり流下に伴い浮遊砂濃度が高くなっているが、18 時にはそれが逆転していることがわかる。

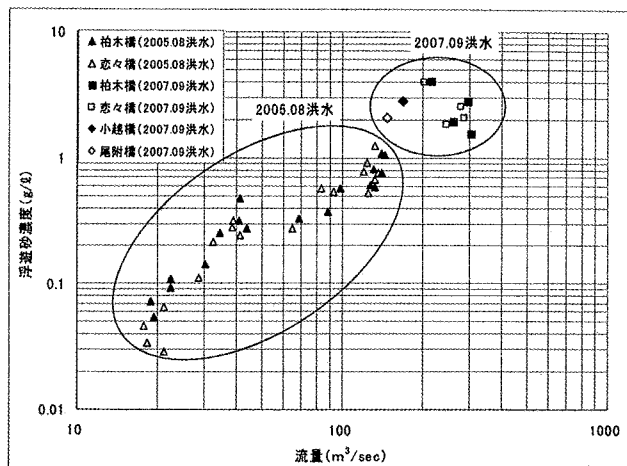


図 5 流量と浮遊砂濃度の関係 縦軸は水 1000g=1ℓ に対して含まれる浮遊砂の重さ g

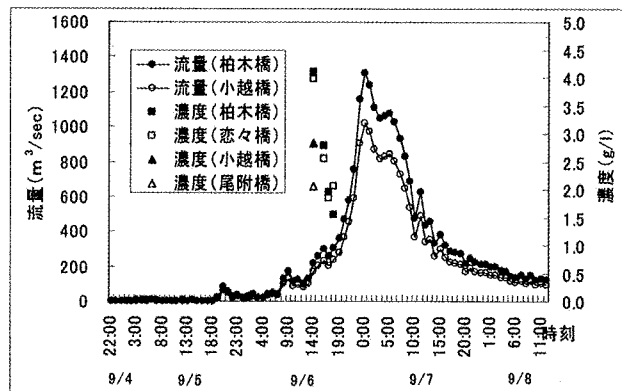


図 6 流下に伴う浮遊砂濃度の変動

4 まとめ

粒度分析結果より、表層内には 0.1mm 以下の細粒土砂が 0.2%程度、基層には 1.0%存在する。また、簡易な磨耗予備実験では、岩種毎に大きな差異はなく概ね 270m程度流下するに伴い礫径 10cm 程度の礫 1 個から 4g の浮遊砂成分が生産されと考えられた。一方、流下に伴う浮遊砂濃度の変動は、増水初期では、下流側ほど浮遊砂濃度は高くなっているが、前報と同様、増水するに従って、浮遊砂濃度が逆転する場合も出現することがわかった。

結論的なことはいえないが、アーマ・コート層が破壊されない状態では、砂礫の流下に伴う細粒成分の生産が卓越し、アーマ・コートが破壊され出すと河床から巻上げられる量が卓越し、さらに、崩壊・土石流が発生するとそれにより生産される微細粒子の量が卓越すると予想される。

5 おわりに

今後は、定量的な評価が可能な砂礫の破碎・磨耗実験を行う予定であり、また、浮遊砂観測も観測区間を長くし、かつ支川流域での観測を検討し実施して行くつもりである。

【参考文献】：小菅・水山 (2007)：浮遊砂観測による砂礫の流下に伴う微細粒子の土砂生産に関する考察、H19 砂防学会研究発表会概要集、p.80-81