布目ダム上流におけるハイドロフォン観測による流砂の洪水履歴の検討

○冨阪和秀・山崎友也・米田格・小林草平・竹門康弘・角哲也・堤大三　（京都大学防災研究所）

本研究では山地からダムへと繋がる土砂移動の過程において、観測事例の少ない河川の中下流域にハイドロフォンを設置し、流砂量の定量的な観測を実施した。これまでに、現地で実施した土砂投入実験の結果から、流砂量は流量と深い関係性を示し、ハイドロフォンが検知する流砂の径が2mm以上であることを明らかにした。また、土砂投入実験から策定した土砂量の検量線を用いて算出した、ダム貯水池への土砂流入量の推定値がダムの年間堆砂量と概ね一致することを示した。　本発表では観測記録から短期的な出水によって発生する流砂量に着目し、流砂量と流量の関係、年間を通して見た時の流砂量の変動、大きな出水前後の変化特性を把握することを試みた。

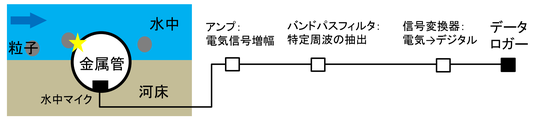
観測手法

調査地：奈良県木津川上流布目川流域



川底が平坦な地点の流心部にハイドロフォンを設置
2011年4月から観測を開始

ハイドロフォン（pipe hydrophone）



データロガーで得られるデータ

音響波形mV（音圧）　Acoustic energy
・・・衝突音の強さ

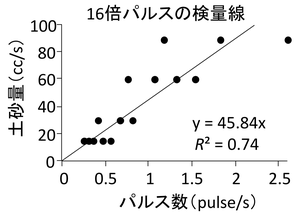
パルス数　Pulse count
・・・音圧が閾値を越えた回数
6つの信号増幅率ごとに計数
（1024倍，256倍，64倍，16倍，4倍，2倍）
より小さい電圧を検知

検量線の作成

土砂量、土砂粒度の推定

実際の土砂量観測
土砂投入実験

流砂量の計算



土砂投入実験で回帰決定係数の最も高かった増幅率16倍パルスで直線回帰したものを検量線として用い、川幅換算して流砂量を算出

流砂量S_B（m³/s）の算出式

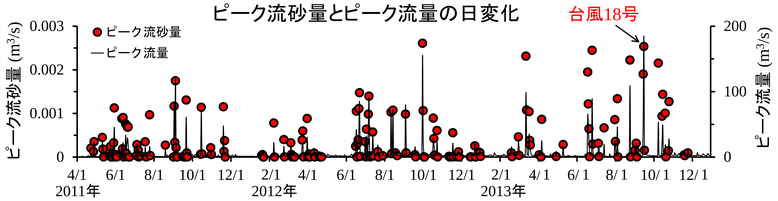
$$S_B = \alpha \times p_{16} \times 10^{-6} \times \beta \div L \times W$$

α：回帰係数（45.84）、P_{16}：単位時間あたりの16倍パルス計測値、β：土砂に含まれる2mm以上の粒子の割合（0.7）、L：ハイドロフォン長（2.25m）、W：現地の川幅（18.3m）

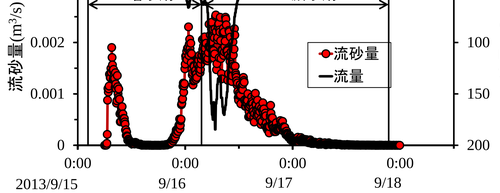
対象とした出水イベント

ピーク時の流量が5m³/s以上を記録したものを出水イベントと定義
→ 2011年4月から2013年12月までの期間に合計84回のイベントを観測

ピーク流砂量とピーク流量の日変化



出水イベントの例（2013年9月15～17日の台風18号通過に伴う出水）

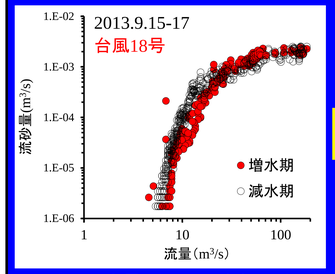


各出水イベントで、流量がピークに達するまでを増水期、ピーク後を減水期とする

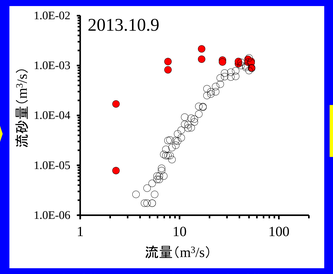
左図は観測期間中最大のピーク流量185m³/sを記録した出水

出水の流量規模と流砂の洪水履歴のかたち

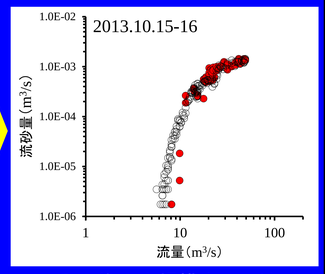
出水イベントごとの流砂量の履歴効果（ヒステリシスループ）



ピーク流量が50m³/sを超えるような大規模出水では、同じ流量でも増水期より減水期の方が流砂量が多くなるループとなる

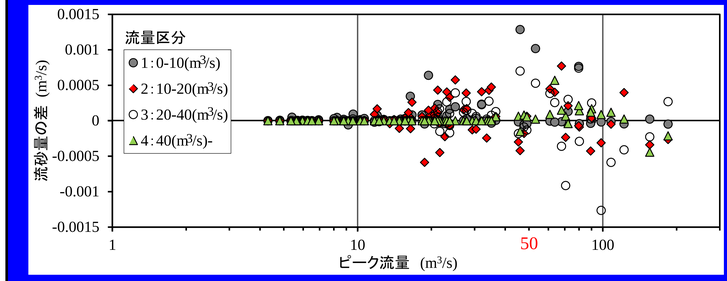


大規模出水直後の小規模出水では増水期の方が流砂量が多くなるループとなる



その後の小規模出水では明瞭なループは見られない

各出水のピーク流量と流砂量差（増水期－減水期）の関係



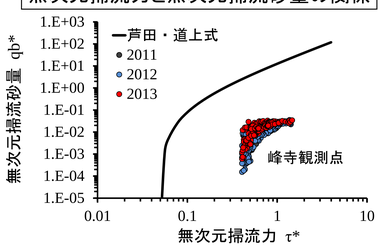
各出水のピーク流量に対し、それぞれの流量区分における流砂量差が増水期に多い場合を正、減水期に多い場合は負の値をとる

ピーク流量が40m³/s以下の出水では、正（増水期に流砂量が多い）や0付近の値が多い

ピーク流量が50m³/s以上の大規模な出水では、流量区分2や3で減水期に流砂量が高くなる

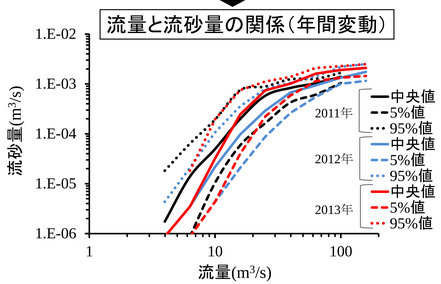
流量との関係で見た流砂量の大きさ

無次元掃流力と無次元掃流砂量の関係



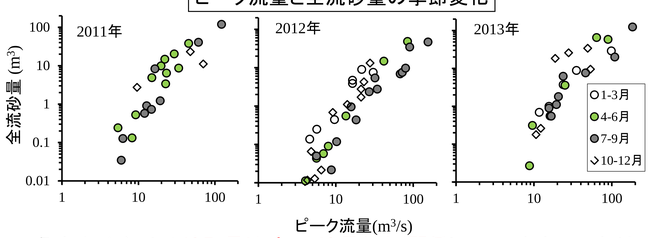
布目川は、芦田・道上式から得られる無次元掃流砂量を3オーダー以上下回る
→掃流力に対して流砂量が少ない
→布目川流域は裸地斜面がすくなく岩盤の河床も目立つことから、土砂の供給量も河川内の蓄積量も少ない

流量と流砂量の関係（年間変動）

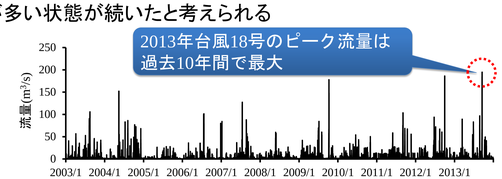


・どの年も流砂量が1×10^{-3} m³/sを超えたあたりから傾きが緩やかになる
・流量が10m³/s以下のとき2011年の流砂量が多く、10m³/s以上では2013年が多い
・2012年は全体を通して流砂量が少ない

ピーク流量と全流砂量の季節変化

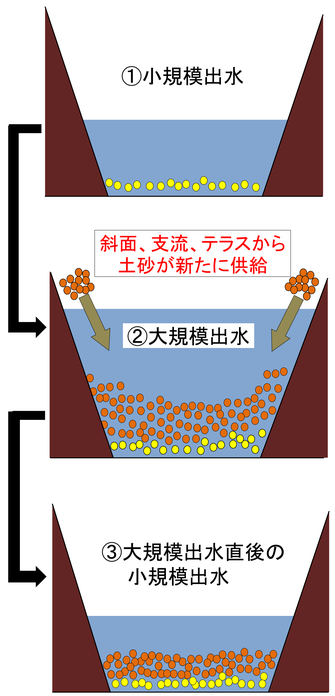


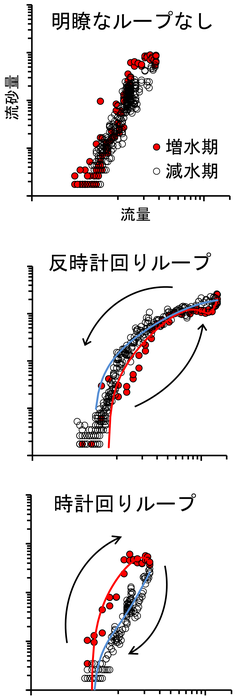
各出水イベントの流砂量はピーク流量と強く関係し、2012年と2013年は、台風が集中する7-9月は全流砂量が他の季節よりも低く、10-12月は高い
→台風による大規模な出水で河道内に土砂が供給され、その後しばらくの間は土砂が多い状態が続いたと考えられる



2013年の流砂量が多いのは台風18号の影響が大きい

布目川（峰寺観測地点）における流砂動態の特徴





①小規模の出水が続くと河道内の土砂が少なく、増水期と減水期の流砂量に差は生じない

②大規模な出水（50m³/s以上）のピーク流量時に、斜面、支流、高いテラス上の蓄積から土砂が供給され、減水期に河道内の土砂が増大する

③直後の小規模出水では増水期に土砂の多い状態から始まるが、新たな土砂の供給がないため土砂が動き切る減水期に流砂は減少する

③の状態が続くと①の状態に変わる

上流から河川への土砂供給は、大規模な洪水に依存する布目川の特徴が明らかとなる