

舞鶴工業高等専門学校専攻科 学生員○竹下洋平
 舞鶴工業高等専門学校 正会員 三輪 浩
 舞鶴工業高等専門学校 村上榮作
 舞鶴工業高等専門学校 山田達也

1. まえがき ダム貯水池の堆砂やダム下流の治水・環境問題に対して、置き土砂による人工的土砂供給が全国約20のダム・河川で試行されている¹⁾。しかし、置き土砂を効率的に流下させる条件、河床低下に対する置き土砂の効果、環境への影響評価の方法など検討はされている^{1), 2)}ものの不明な点も多い。本文では、固定化した水みちにおける置き土砂の侵食・流送と河床低下の改善効果に及ぼす置き土砂の配置と土砂の粒度構成の影響について検討している。

2. 実験概要 実験は長さ12m、幅0.2mの直線水路を用いて行った。河床砂には平均粒径 $d_m=0.110\text{cm}$ 、幾何標準偏差 $\sigma_g=1.22$ のほぼ一様な砂を用い、置き土砂には河床砂と同じ一様砂と $d_m=0.116\text{cm}$ 、 $\sigma_g=2.15$ の混合砂を用いた。なお、比重はいずれも2.65である。これらの粒度分布を図-1に示す。実験はまず、初期河床勾配を $I_s=1/60$ 、流量を $Q_w=800\text{cm}^3/\text{s}$ に設定し、平坦河床から給砂を行いながらほぼ平衡状態の交互砂州を形成させた。ついで、流量を $Q_w=300\text{cm}^3/\text{s}$ に減少させ、給砂を行わずに約3時間通水して水みちを発達させた。これをラッカーズプレーとニスで固定し、初期河床($t=0$)とした。置き土砂は、図-2に示すような2種類の位置(白い部分)を設定した。Type-Aは主流線に近く、流れが比較的速い場所への設置を想定したものであり、Type-Bは流れが比較的遅い場所への設置を想定したものである。本実験では置き土砂の長さ L は水みちの蛇行波長の1/4、幅 W は水みち幅の1/2を基本とし、置き土砂の上面は浮州のそれに一致させた。置き土砂設置後の通水流量は、水みち発達時よりも多くかつ置き土砂が水没しないことを考慮した $Q_w=400\text{cm}^3/\text{s}$ とし、約30分間通水した。通水中に流れ場のスケッチ(置き土砂の形状、侵食土砂の流送・堆積状況、等)と水路下流端での土砂採取を5分間隔で行った。なお、停水直前に水面を測定、停水後に河床面を測定した。

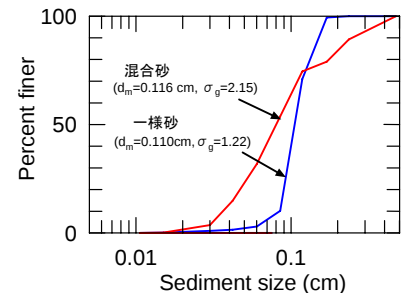


図-1 使用砂の粒度分布

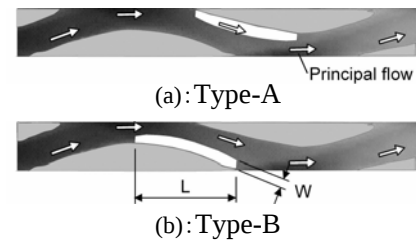


図-2 置き土砂の設置位置

3. 置き土砂の侵食・流送性状 図-3は置き土砂の侵食・流送状況の推移を示した

もので、 $t=0\text{min}$ は置き土砂設置時点の河床形状である。全ての河床形状は最初に発達させた交互砂州の平均河床面を基準として、そこからの偏差で表されており、淡色ほど高位である。実線で囲まれた部分は浮州、白い部分は置き土砂を示す。また、矢線は通水中のスケッチから得られた置き土砂の流送方向を示している。まず、一様砂の場合をみると、流れの速い場所に設置されたType-Aでは通水開始後22min時点でほとんどの置き土砂が侵食されている。一方、流れが緩やかな場所に設置されたType-Bでは侵食の進行は比較的遅く、下流への緩やかな土砂供給が継続的に行われている。置き土砂の侵食形態は、Type-Aでは置き土砂上流面の侵食と側岸侵食に加え、置き土砂の対岸で反射した流れによる置き土砂下流部の侵食が初期段階(~11min)で見られ、迅速な侵食に寄与している。なお、侵食土砂は流下するにつれて水みち幅に分散することが確認されている。Type-Bの置き土砂の侵食形態は主として側岸侵食である。侵食された置き土砂は置き土砂沿いから置き

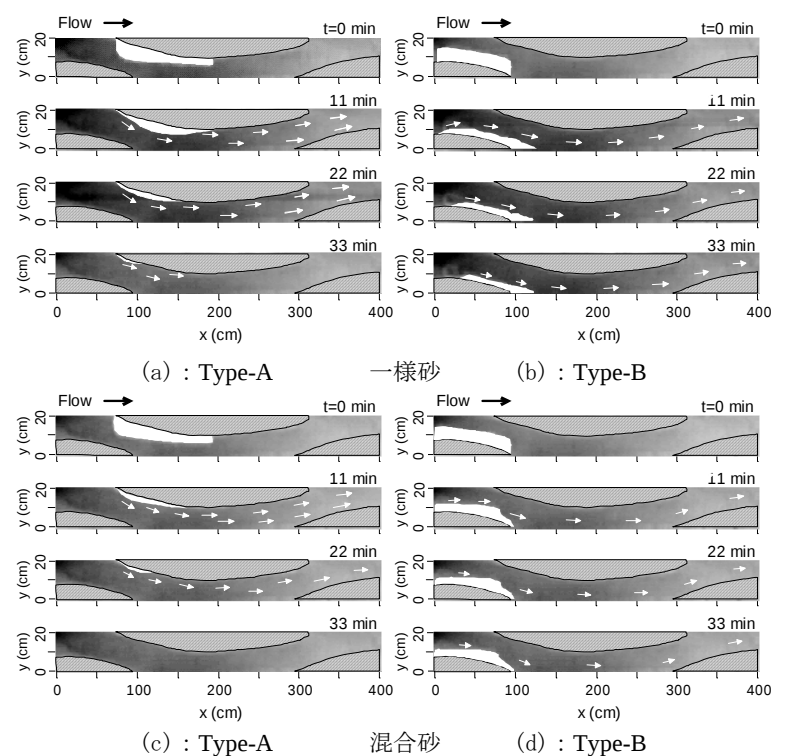


図-3 置き土砂の侵食・流送状態の時間変化

土砂側の側壁に沿って流送されるが、一部は流下せずに浮州の下流側に堆積している。つぎに、混合砂の場合をみると、Type-Aの侵食形態は一樣砂と同様であるが、粗砂・細砂とも容易に移動を開始したため一樣砂よりも侵食は活発である。また、土砂の流送も活発であり、水路下流端での土砂量は混合砂の方が多いことが確認されている。しかし、Type-Bでは置き土砂の侵食はかなり緩慢であり、土砂の流送量も少ない。これは流れが緩やかなため、通水初期を除いて移動を開始する粗砂が少なく、これに伴って細砂の移動も抑制されたことによる。Type-Aの一樣砂と混合砂の状況から、通水流量をより大きくすれば土砂侵食は活発化すると考えられるが、置き土砂の侵食と粒度構成・流量条件の関係については今後検討する必要がある。

4. 置き土砂の流送・堆積性状と河床低下改善効果

土砂の流送・堆積状況を見るため、置き土砂下流端から下流側7m区間の土砂堆積厚さ（平均粒径で基準化）の時間変化を図-4に示す。堆積厚さは各時刻における横断平均河床高と $t=0$ における横断平均河床高との差として求めた。まず、一樣砂の場合をみると、Type-Aでは11min時点で2～3m区間に堆積厚のピークがあり、22min時点ではこれが5～6m区間に移動、33min時点では全体に均等な堆積状態に近づいている。なお、この過程で水みち

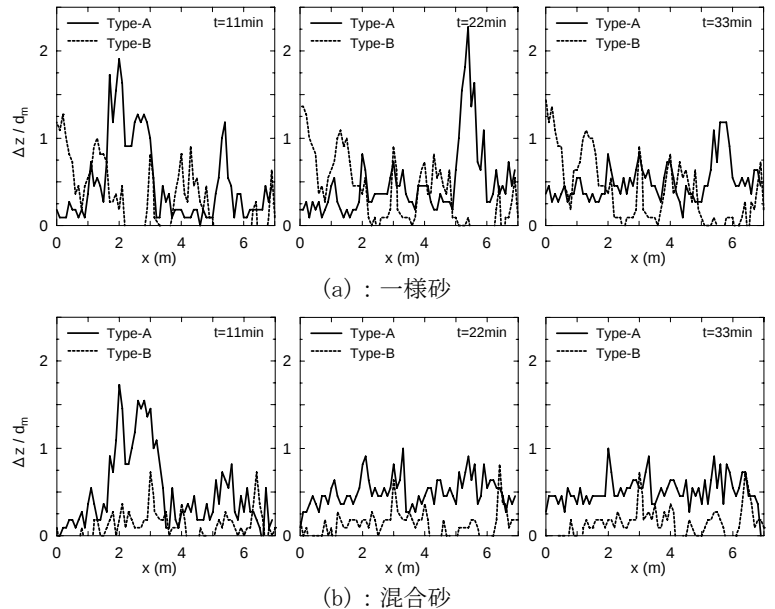


図-4 土砂堆積厚さの時空間変化

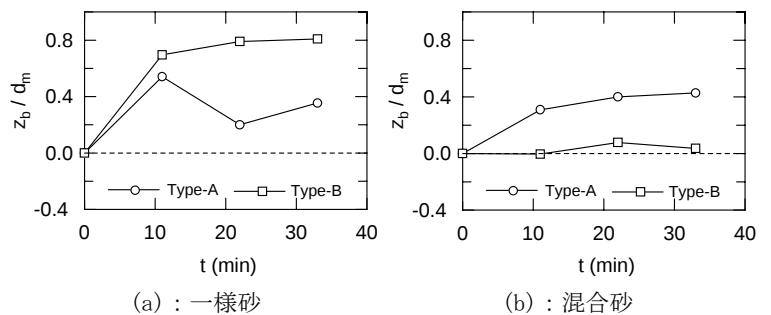


図-5 河床上昇量の時間変化

の埋め戻しが行われている。一方、Type-Bでは全通水期間を通して置き土砂下流約2mの範囲に比較的厚い堆積が見られ、これより下流は相対的に堆積が抑えられている。置き土砂直下流の堆積は、置き土砂が浮州の下流側に延伸しながら侵食・流送が進むことに起因している。これらのことから、下流への土砂供給能力はType-Aの方がType-Bよりも高いといえる。混合砂については、Type-Aでは11min時点で2～3m区間に顕著な堆積が認められるが、22min以降では全体に均等な堆積に移行している。これと一樣砂のType-Aの結果から、初期段階の土砂侵食が顕著な堆積域を形成させるがその位置は時間的に変化すること、また、現象の推移は混合砂の方が相対的に速いことがわかる。一方、Type-BではType-Aに比べて堆積厚さは薄い。これは、置き土砂の侵食が進まず下流への土砂供給量が少ないことと、侵食された土砂はType-Aよりも少量であるため比較的速く流送されることに起因していると推察される。

置き土砂の質(粒度)と位置による河床低下の改善効果を比較するため、置き土砂直下流2m区間の河床上昇量の平均値（平均粒径で基準化）の時間変化を図-5に示す。まず、一樣砂ではType-A、Type-Bとも河床上昇が見られ、河床低下の改善に寄与していることがわかる。ただし、Type-Aは相対的に効果が低い。これは、Type-Aでは置き土砂が効率的に侵食・流送され、多くの土砂がここで対象としている2m区間よりも下流に流送されたためである。なお、Type-Bの河床上昇は、侵食・流送効率が相対的に低く、結果として置き土砂直下流域への堆積が持続したためであると考えられる。一方、混合砂ではType-Aにおいて河床上昇が見られるが、Type-Bではほとんど見られない。これは、上述したように、Type-Bでは置き土砂の侵食が進まず下流への土砂供給が少ないためである。

以上のことから、置き土砂の侵食・流送の観点ではType-Aの方が高効率で、流れの速い位置への置き土砂の設置は効果的であるといえる。一方、河床上昇効果の観点ではType-Bの方が狭い範囲での河床上昇は期待できる。ただし、混合砂の場合は全粒径階の土砂が移動可能な流量条件が必要であると考えられる。

5. あとがき 固定床水みちにおける置き土砂の侵食・流送と河床上昇に及ぼす置き土砂の設置位置と質(粒度)の影響について検討した。今後さらに検討を深め、高効率な置き土砂の侵食条件と河床上昇条件を明確にして行く予定である。本研究は科学研究費(課題番号:19560521)の補助を受けて行われた。記して謝意を表します。

参考文献 1) 土木学会水工学委員会環境水理部会：置き土シンポジウム資料，2008。2) 三輪ら：置き土砂の侵食・流送と水みち変動への影響，水工学論文集，第53巻，2009。