

愛媛大学大学院 学生員○小坂英司
愛媛大学工学部 正会員 鈴木幸一
愛媛大学工学部 正会員 門田章宏

1.はじめに

山地河川は、一般に急勾配であり階段状河床形といった山地特有の河床形態が存在し、河床は、細砂から石礫まで広範囲の粒径から成る混合石礫より構成されているので、様々な混合効果が起こり、その効果が混合砂礫の流砂現象に影響を与えている。ここでは、山地河道の流砂特性を明らかにするために、洪水時の山地河道の流量変化を想定し、砂と砂礫の三粒径混合砂礫急勾配河床を用いて、動的平衡河床における礫集合部の形成・破壊に伴う流砂量の時間的変動特性及び流砂機構を実験的に検討している。

2.実験装置と実験方法

実験に使用した水路は、図-1 に示す水路幅 15cm、全長 10m の循環式可変勾配水路である。側壁は透明ガラスでできており、流砂の動きをみることができるようになっている。使用した河床材料は、平均粒径 1.48, 0.71, 0.14cm の三粒径砂礫であり、体積比 1:1:1 で混合したものを水路全長にわたり 15cm の厚さで平坦に敷き詰めた。実験方法としては、表-1 に示す水理条件で通水し、水路下流端に設けた捕砂箱により一分毎の流出流砂量を測定した。なお、実際の山地河川において出水時に河道内に土砂が流入している状況を想定し、実験中は水路上流端より水路に敷いた河床材料と同じ混合砂礫を上流側の基準面で河床が一定になるように手動で給砂しながら行った。

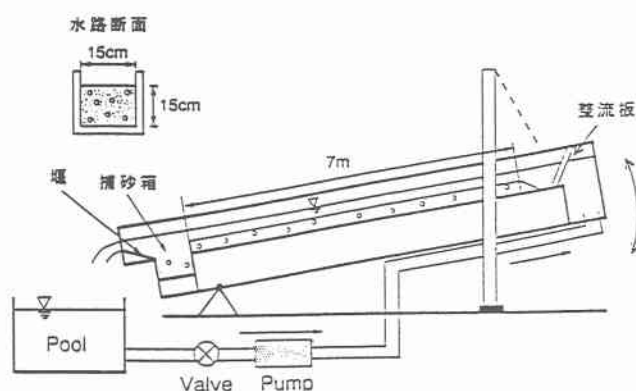


図-1 実験装置

3.実験結果

図-2(a),(b)は、水路下流端での単位幅流砂量 q_b の時間変化を示したものである。図より流量が大きいとき、礫・砂ともに時間的に大きく変動していることが認められた。一方、流量が減少すると礫が停止して、砂のみが選択的に輸送され、時間変動がほとんどないことが認められた。

4.粒径別流砂量の推定

本研究では、表-2 に示すように、均一砂の流砂量式である Meyer-Peter&Muller¹⁾式である(1)式を(2)式のように、 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ を用いて補正することにより混合砂礫中の礫・砂それぞれの流砂量を求めようとするものである。

表-1 実験条件と実験結果

Run. No.	砂礫径 $d_L, d_M, d_S(\text{cm})$	混合体積比 i_L, i_M, i_S	河床勾配 i	単位幅流量 $q (\text{cm}^2/\text{s})$	平均水深 $h (\text{cm})$
Run B-1	0.14, 0.71, 1.48 ($d_m=0.78$)	1/3, 1/3, 1/3	1/20	267	3.16
Run B-2				200	2.79
Run B-2'				200	2.27
Run B-3				133	2.33
Run B-4	0.14, 0.71, 1.48 ($d_m=0.78$)	1/3, 1/3, 1/3	1/60	67	1.01
Run B-5				667	9.61
Run B-6				533	5.11
Run B-7				400	4.11
Run B-8				267	3.23

(注) i_L, i_M, i_S : それぞれ粒径 d_L, d_M, d_S 砂礫の河床での割合

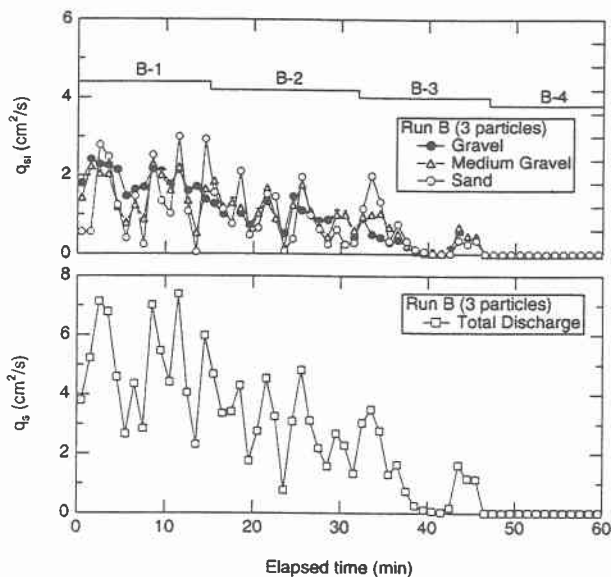


図-2(a) Run-B(1)~(4)流砂量の時間変動

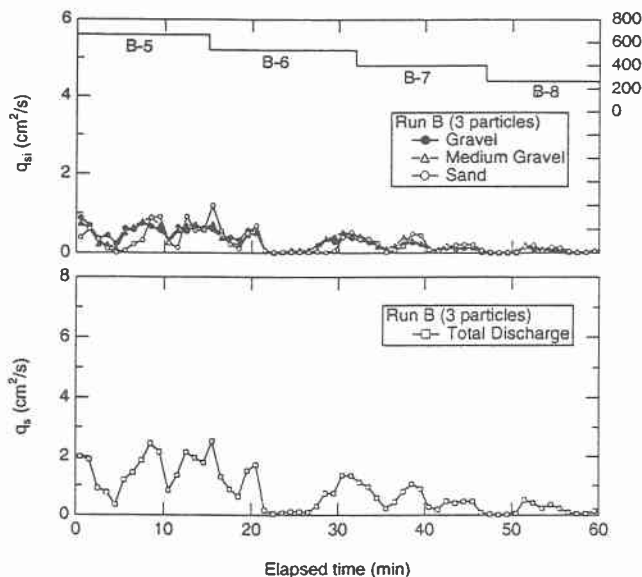


図-2(b) Run-B(1)~(4)流砂量の時間変動

掃流力補正係数である ε_1 について $d_i/d_m > 1$ の礫においては、流速分布として Egiazaroff²⁾ 相当粗度を平均粒径 d_m とする対数則を用い、各粒径砂礫の高さに比例すると考え、砂においては、揚力によって平均的河床に浮上した後流送されると考え補正した。限界掃流力補正係数 ε_2 について、 $d_i/d_m > 1$ の礫においては静止摩擦角 ϕ の減少が礫の限界掃流力の変化を支配すると考え、 $d_i/d_m < 1$ の砂については、砂の移動限界状態において揚力と粒子の水中重量とが釣り合っていると考え補正した。

5. 粒径別流砂量の妥当性

図-4 は、それぞれ観測された砂礫を粒径別無次元流砂量と無次元掃流力との関係で示している。図中の実線は、均一砂における Meyer-Peter&Muller 式を礫・砂それぞれについての補正係数 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ で補正を行ったものを表している。この図より実測値と推定値との関係を見ると、補正を行った式において実測値と推定値が良く適合していることが確認された。

6. 結論

1) 水路下流端での単位幅流砂量の時間変化は、流量が大きいとき、礫・砂ともに大きく変動し、流量が減少すると礫が停止して、砂のみが選択的に輸送され、時間変動がほとんどないことが確認された。2) 粒径別流砂量を求める上で均一砂の流砂量式である Meyer-Peter&Muller 式を礫・砂それぞれについて掃流力と限界掃流力に補正を行った。この結果、実測値と良く適合することが確認された。

参考文献 1) Meyer-Peter&Muller : Formulas for bed-load transport, Proc. 2nd LAHR Meeting, Stockholm

表-2 流砂量式

Meyer-Peter & Müller 式	$q_{s,i} = K(\mu\tau_{*i} - \tau_{*c})^m \quad (1)$
粒径別流砂量式	$q_{s,i} = K(\varepsilon_i\mu\tau_{*i} - \varepsilon_2\tau_{*c})^m \quad (2)$
掃流力補正係数 ε_1	$\frac{d_i}{d_m} \geq 1 : \varepsilon_1 = \left[\frac{\log_{10} 19(d_i/d_m)}{\log_{10} 19} \right]^2$ $\frac{d_i}{d_m} < 1 : \varepsilon_1 = 1$
限界掃流力補正係数 ε_2	$\frac{d_i}{d_m} \geq 1 : \varepsilon_2 = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{(d_i/d_m + 1)^2 - 1}}$ $\frac{d_i}{d_m} < 1 : \varepsilon_2 = \left[\frac{\log(30.2)}{\log(30.2d_i/d_m)} \right]^2$

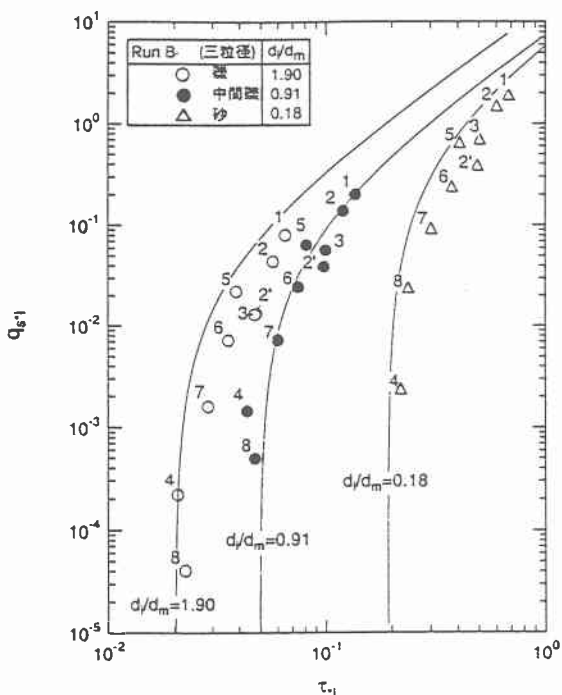


図-4 Run-A での τ_{*} と q_{b*} の関係