

広島県庁 正員 幸野 潔
早稲田大学 正員 吉川秀夫
東京工業大学 正員 角田 学

1. はじめに 流れの掃流力 τ が河床材料の限界掃流力 τ_c よりも格段に大きい大洪水時の場合には、河床にある砂礫はすべて流送される。一方、 τ が τ_c に近い低流量時の場合には、流送されない砂礫が河床に存在することになり非定常な流砂現象を生ずる。この現象は実際河川においてよく指摘されていることであるが、複雑な機構のため十分に明らかにされていないのが現状である。本研究では、その現象解明へのひとつのアプローチとして、急勾配水路における非定常な流砂と河床の変動について実験を通して検討し、具体的な考察を加えた。

2. 実験装置および方法 本研究では主に山地河川を対象としている。従って、実河川を考慮して直角三角形断面を有する水路(全長9m, 水路勾配 $1/7$)を用いた。また、流れは一般に礫床上の流れであるため、河床材料として主に混合粒径を用いた。流量の測定は長方形堰により算定した。流量は水路下流端にあるダムを越流する流砂量をレーン付採砂カゴにより連続的に測定した。この測定方法により非定常な流砂量を充分な精度で測定することが可能である。また、水路上方からの写真撮影により非定常な水深、河床高の変化を水路全区間にわたって測定し、エネルギー勾配等を算定した。なお、ダムの種類として4通り行っている。ダムⅠ・Ⅳは袖なしの全幅堰の場合であり、ダムⅡ・Ⅲは袖ありで水通し幅が異なる場合である。

3. 実験結果とその考察

3.1 非定常な流砂量について

ダム越流砂量の累加重量の時間的変化を図-1に示す。各線はRun 1からRun 10まで流量 Q の大きさの順に分かれており、各線の傾きが流砂量 Q_{B2} になる。同図より次のことがわかる。Run 1の場合 Q_{B2} はほぼ一様化されているが、Run 9, 10のように流量が小さくなると、流量および給砂量が一定であるにもかかわらず、 Q_{B2} は時間的に変化するようになる。同図には参考として一様粒径(相馬砂, $\sigma = 2.66$

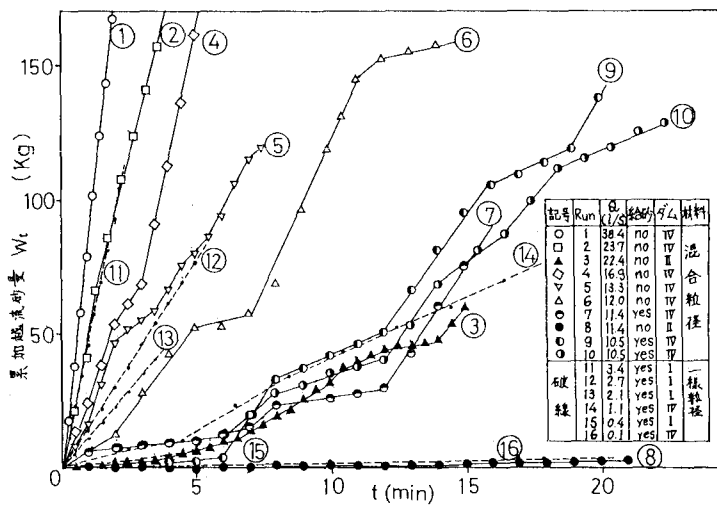


図-1 ダム越流砂量の時間的変化

$\%m^3, d_m = 0.85 \text{ mm}$) の場合を破線(Run 11~16)で併記しており、一様粒径河床でも同様の現象が生ずるのがわかる。

3.2 流砂量の頻度分布について

図-1のダム越流砂量について更に詳細に検討する。各Runの流砂量は図-2のような頻度分布を示す。同図は無次元掃流力 τ/τ_{cmax} (τ_{cmax} :最大粒径の限界掃流力)を用いると、以下のように説明される。掃流力の大きいRun 1($\tau/\tau_{cmax} = 1.60$)の場合には Q_{B2} は他のRunと比し大きい領域に集まっているが、Run 2($\tau/\tau_{cmax} = 1.27$), Run 4($\tau/\tau_{cmax} = 1.08$)のようになると流砂量のとりうる領域 ΔQ_B は次第に大きくなり、例えばRun 4の ΔQ_B はRun 1の約2.5倍になっている。さらに、Run 5, Run 6のようになると ΔQ_B が二つに分かれる現象を示すようになる。Run 7, 9, 10は流量がほぼ同じで、 $\tau/\tau_{cmax} \approx 0.85$ となっており、この現象

はさらに顕著になる。その詳細図を図-2に併記している。本実験によると、この原因は河床に形成された洲の発達・崩壊と密接に関係があることが明らかになった。即ち、洲の発達時が左側 (Q_{B2} :小)、洲の崩壊時が右側 (Q_{B2} :大)の領域に対応していることが確認された。以上のように、流量・給砂量が一定であるにもかかわらず、流砂量がいろいろ変化する非定常な現象は実河川では非常に多いと思われる。これは、流れ、河床の形、粒径の不均一性などに原因があり、これらの要因を含めたさらに詳細な研究が必要と思われる。

3.3 流砂量の粒度分布について

次に、流砂量の粒度分布構成を検討する。一例として Run10 の場合を図-3に示す。同図において、(1) 洲の発達しつつある時期を $t=t_1$ 、(2) 洲の崩壊しつつある時期を $t=t_2$ とする。図より(1)、(2)の粒度分布曲線はそれぞれ河床全層、河床表層のそれとほぼ同じであることがわかる。これは Armour coat 化された河床表層の大粒径砂礫(大礫)が洲の崩壊時に一気に流送されることが多いためである。このように混合粒径において生じる非定常な流砂現象は流砂の粒度分布構成も異なることが指摘できる。

3.4 洲について

非定常な流砂現象の重要な

要因である洲について考察する。洲の発達・崩壊は図-4のように行われる。同図の左内部は水面にあらわれた洲を示しており、ダムのはずれの洲の発達を促進する効果があることがわかる。また、洲の発達としては大礫が支配的であることが実験により確認されている。さらに大礫はArmouring現象により洲の表層を構成しており、洲が崩壊し大礫が一旦動き出すと停止しにくくなる現象を生じていることも注目すべき事実である。また、洲の発達には限界がある。洲の形成につれて洲存在地点の主流線が偏り、河床幅が狭くなる。結果的に掃流力が大きくなり洲の側岸は流水により侵食され始め、まず小礫が移動し、次に不安定になった大礫が動き出し、洲が一気に崩壊することになる。また本実験を通して明確な *Shoals & Pools* は形成されておらず、小さな *Pools* が上流へ伝播する河床変動が認められた。

4. 結語

以下に要約して示す。

(1) 流れの掃流力が河床材料の限界掃流力に近い場合(本実験では $0.65 < \tau/\tau_{max} < 1.27$) には非定常な流砂現象を生じる。(2) 非定常な流砂現象は洲などの河床形態と密接な関係にある。(3) 山地河川に存在する大礫は流れの境界条件となりうる。本研究は文部省科学研究費総合Aの補助を受けた。また早稲田大学遠山正人(現建設技術研究所)の協力を得た。ここに謝意を表します。〈参考文献〉1)角田ら:第25回水誌,1981,2)尾崎ら:第25回水誌,1981,3)芦田ら:新砂防107,1978

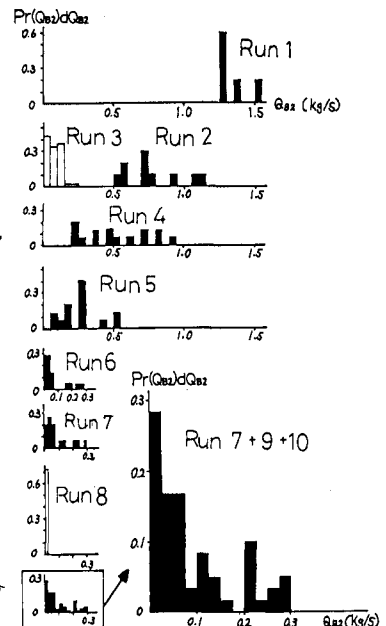


図-2 流砂量の頻度分布

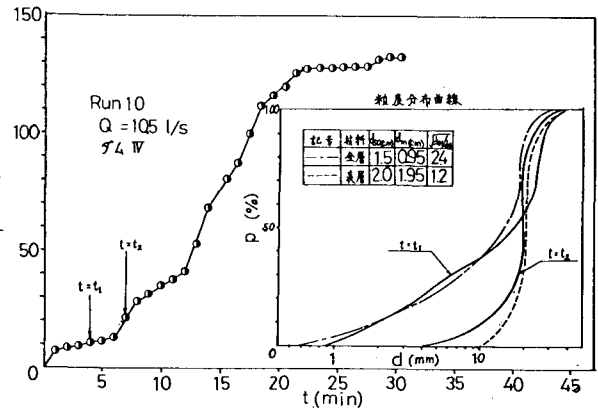


図-3 流砂量の時間的変化と粒度分布曲線

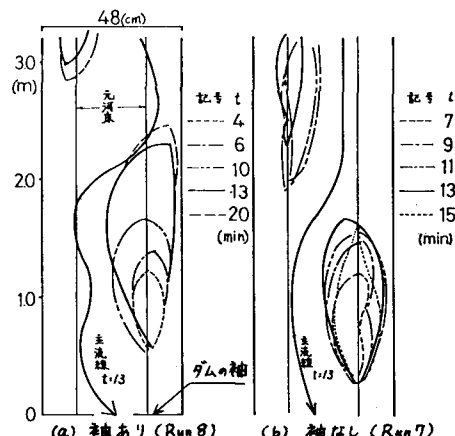


図-4 洲の発達と主流線