

京都大学防災研究所 正員 澤井 健二  
 京都大学防災研究所 正員 今本 博 健  
 京都大学 大学院 学生員 小久保 鉄也

1. まえがき 掃流砂礫の運動機構はきわめて不規則なものであり、その流下過程において顕著な分散現象が生じる。また、河床の粒度構成が広い場合には 粒径階ごとにその分散特性が異なり、分級現象が現れる。本研究は、そのような混合砂礫床の粒度分布の変化をも含めた河床変動機構をより合理的に解明するための基礎として、比較的平坦な河床で全粒径階の粒子が活発に移動するような水理条件のもとでの砂礫の分散過程について、若干の実験を行うとともに、その機構をモデル化した確率シミュレーション法について検討したものである。

2. 掃流砂の分散過程に関する実験 図-1に示すような粒度構成をもつ、平坦に敷き均らした砂礫床の上流端表層に、粒径階ごとに100~200個の着色トレーサーをできるだけ自然な状態に配置し、所定の流量と給砂量を一定時間与えたのち、トレーサーの分布状況を計測した。実験条件は表-1に示す通りで、適度な流砂がある、としても顕著な河床変動が生じないよう、遷移領域をやや上回るように設定した。移動床区間の下流端には砂止めを設けて河床高を固定し、上流からの給砂量を変化させることによって洗掘・平衡・堆積の状態を作り出している。

図-2は、Exp.Aにおける河床形状の変化を示したもので、波高の小さな反砂堤が形成されている。

図-3は、各実験ケースにおけるトレーサーの分散状況を示したもので、いずれの場合もトレーサーはきわめて広範囲に分散するが、堆積過程においては原点付近に残留(埋没)するものがかかり見られる。また、本実験においては、混合砂の粗粒分太粗粒分よりも速く流下する傾向にあるが、その一般性については検討を要する。

表-1 実験条件

|       | $d_m$ (mm) | I     | B(cm) | L(m) | Q(l/s) | h(cm) | $Q_{B1}$ (g/min) | $Q_{B0}$ (g/min) | $Re_*$ | $\tau_*$ | Fr   |
|-------|------------|-------|-------|------|--------|-------|------------------|------------------|--------|----------|------|
| Exp.A | 4.65       | 1/100 | 20    | 10   | 10.0   | 6.4   | 0,175, 780       | 170              | 450    | 0.083    | 0.99 |
| Exp.B | 3.10       | 1/100 | 20    | 10   | 4.9    | 4.2   | 0,170, 1000      | 100              | 170    | 0.082    | 0.91 |
| Exp.C | 3.20       | 1/125 | 50    | 16   | 15.1   | 4.6   | 0,920, 4720      | 850              | 150    | 0.070    | 0.98 |

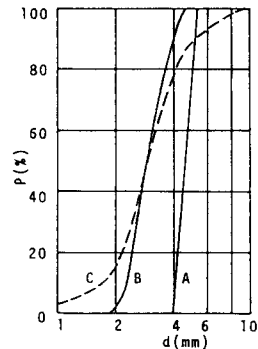


図-1 粒度分布

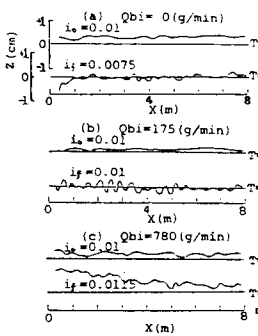


図-2 河床形状

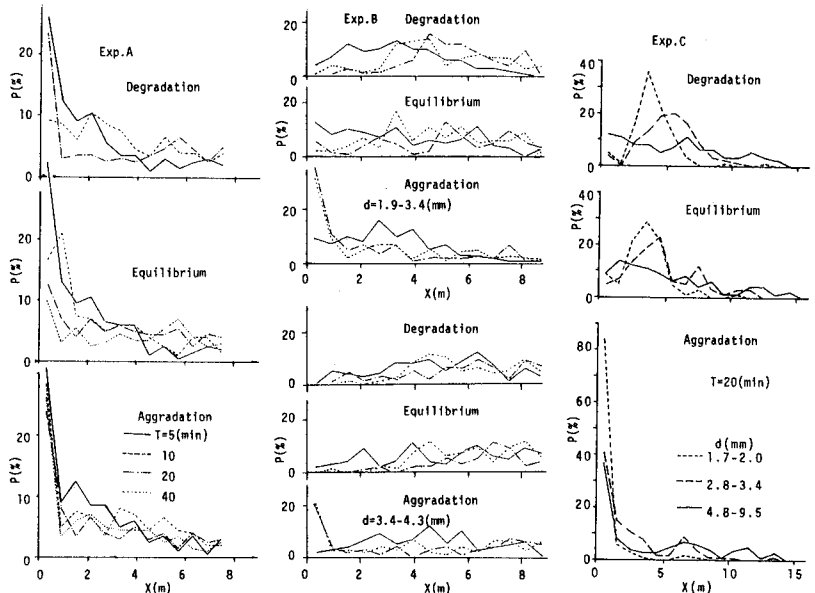
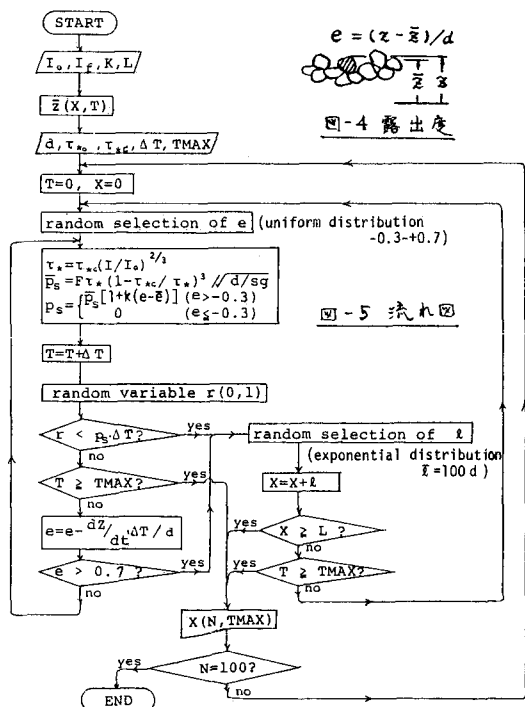
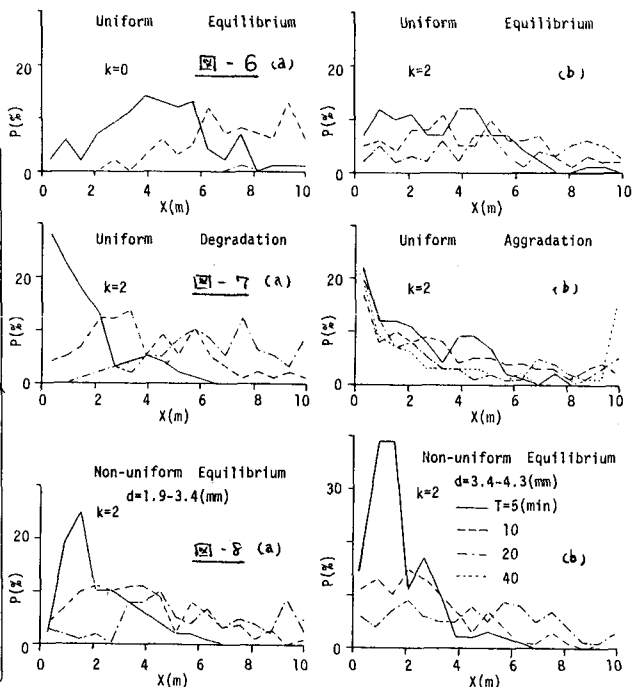


図-3 トレーサーの分散状況



$$e = (z - \bar{z}) / d$$

図-4 露出度



3. 掃流砂の分散過程に関するモデル化 掃流砂の運動機構は不規則な step の繰り返しで特徴づけられ、pick up rate と step length の確率分布が与えられれば、その分散過程を確率的に模擬することができる。これら2つの要素のうち、河床変動の影響を強く受けるのは前者であり、それは図-4 に示されるような露出度の概念を用いることによって定量化される。すなわち、粒子が step を終えた時点では、ある確率分布に従って露出度が分布するが、それらは rest period の間に周囲の粒子の動きによって変化し、洗掘過程では平均的に露出度が増加し、堆積過程では減少する。一般に露出度が大きいほど pick up rate は増加し、 $e$  がある値以上の状態では粒子は静止状態を保ち得ない。一方、 $e$  がある値よりも小さくなると粒子はもはや離脱し得ず、埋没状態となる。その中間の露出度では、大きな流体力が作用した時に離脱が生じる。そのような  $e$  の範囲を厳密に定めることは困難であるが、若干の  $e$  の計算結果から、一応  $-0.3 \sim +0.7$  の範囲にあるものと仮定する。露出度と pick up rate の関係は、 $P_s = \bar{P}_s \{1 + k(e - \bar{e})\}$  のように表す。ここに、 $\bar{e}$  は移動層粒子の平均露出度、 $\bar{P}_s$  は平均の pick up rate で、中川・辻本の式より算定する。step length は、平均値が  $100d$  の指数分布で与える。

以上の考え方に基いて図-5 に示すようなシミュレーションモデルを構成し、実験結果との対比を行った。図-6 は均一砂 (A) の平衡状態に対して、露出度効果係数  $k$  を変化させたもので、 $k=2$  が比較的よく適合する。図-7 は河床変動がある場合のもので、洗掘と堆積による分散特性の差がよく模擬できている。ここに、河床変動については、拡散型の方程式を用いた道上の方法により求めた。図-8 は、混合砂 (B) の平衡状態に対するものであるが、実験で見出された細粒分よりも粗粒分の方が速く流下するという傾向は見られない。これは、実験においては細粒分が粗粒分の間隙に落下して露出度が小さくなる傾向にあったのに対し、シミュレーションでは step の終了時の露出度を粒径階によらずに  $-0.3 \sim +0.7$  の範囲に一樣に分布させた点に、最大の問題があるように思われる。

4. あとがき 以上、粒子の露出度に着目して掃流砂の分散機構に関する考察を行った。今後、さらに一般的条件下で、河床の粒度構成の変化をより的確にとり入れた検討が必要である。

参考文献 1) 今本・澤井・小久保・三宅：掃流砂の分散過程 (1)，昭和58年度土木学会関西支部年報概要