

# 急勾配溪流における礫の流動プロセスに関する実験的研究

渡部 真\*・池田 宏\*\*

## I 実験方法

砂礫の流動プロセスは水の影響の程度によって異なる。本研究では勾配を、流動する砂礫と水の量に支配される従属変数と考えた。このような観点から勾配の決定要因を考察するためには、砂礫を長時間連続的・定常的に供給でき、水路床勾配を広範囲に変えられる実験水路が必要である。そこで、チェーン・ブロックによって勾配を連続的に変えられる透明アクリル製水路(長さ6 m, 幅20cm, 深さ30cm)を作成し、砂礫供給は、水理実験センター大型水路の砂礫供給装置を用いることによって前述の条件を満たした(第1図)。

この装置を用いて礫供給量と給水量を変化させて実験を行なった。実験は侵食傾向(水路底面が流れにさらされる状態)も堆積傾向(礫が水路から溢れ出す状態)も示さない状態、すなわち平衡状態で行い、その流動勾配(平衡勾配)を求め、そのときの礫の流動プロセスを観察し、礫の流動速度や流動する層の厚さ、水位などを測定した。

供給礫としては、5-13mmの礫を用いた。実験は2通りの条件で行った。第1に、流動する礫の絶対量の効果を調べるために、給水量を0にして礫の供給量を変化させる(0.25-4 kg/s)実験を行なった(乾燥岩屑流実験)。第2に、礫と水の比率の効果を調べるために、礫の供給量を一定(2 kg/s)にして給水量を変化させる(0.2-3.0ℓ/s)実験を行なった(含水岩屑流実験)。実験水路側面に50cm毎に測点を設け、流動する礫の層の厚さ、水位などを計測した。また、側面と上面にはビデオカメラを設置し、その

画像から礫の速度を計測した。水の流速は色素流下法によって計測した。

## II 実験結果

乾燥岩屑流実験では、礫の供給量が少ない場合、供給された礫の流動は断続的で脈動段波となったが、礫の供給量が多い場合は連続的に流動した。流動時の流動様式は、礫同士が接触したまま互いに転動・滑動していた。側面での礫の垂直速度分布は直線的ではなく、上部ほど速度勾配が大きくなっていった。乾燥岩屑流実験では礫の供給量にかかわらず、平衡勾配が約33°でほぼ一定となった。

含水岩屑流実験では、流動層内の礫は乾燥岩屑流実験の場合と同様に互いに接触しながら滑動・転動した。垂直方向の礫の速度分布は、礫の流動層表面に対する水面の相対的位置によって異なる(第2図)。これによって礫の流動プロセスをI, II, IIIの3タイプに分類した。

タイプIは流動層内に水で飽和された部分を持たない。給水量がきわめて小さいときは、水は停止層中を流下するのみで流動層には影響を及ぼさず、タイプIとなり、乾燥岩屑流実験の場合と同じ流動様式をとった。この場合も平衡勾配は約33°となった(第3図)。

タイプIIは流動層中に水で飽和された部分を持つが、表面水流はない。タイプIIの流れでは、礫の速度はタイプIより小さく、流動層の垂直速度勾配は上層部ではほとんど0で下層ほど大きくなっていった。このような速度分布を持つ礫の流動では、流動が生じている限り常に水路床が流れにさらされ、逆に、

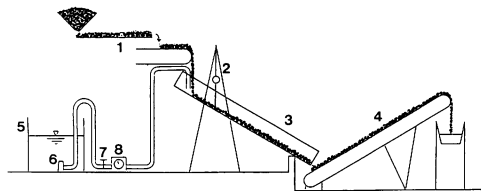
\*筑波大学大学院地球科学研究科 \*\*筑波大学地球科学系

水路床勾配をある程度まで減少させて水路床付近の流動を止めると、全層が停止して埋積が進む。したがって、タイプIIでは侵食傾向から直接堆積傾向へ移行し、平衡状態は出現しない。実験は堆積傾向との境界状態に近い侵食傾向の状態で行なった。この状態でも礫は層を成して定常的に流れた。この勾配を疑似平衡勾配と呼ぶことにする。タイプIIの疑似平衡勾配は、給水量の増加に伴って $29^\circ$  から $17^\circ$  まで急激に減少した(第3図)。

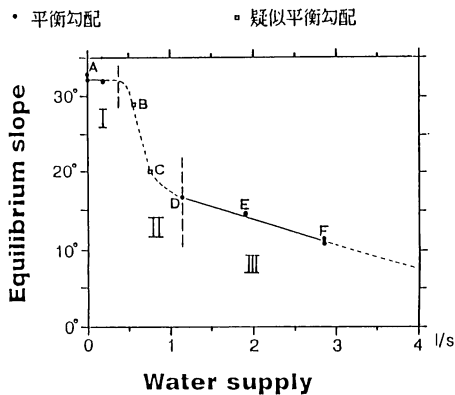
タイプIIIは流動層が完全に水で飽和され、表面水流がある。タイプIIIの流れでは、流動層とは別に表

面水流中で個別に躍動する礫がある。礫の垂直速度勾配は上層ほど大きく、躍動礫は流動層中の礫と比べて極端に移動速度が大きかった。タイプIIIの平衡勾配は $17^\circ$  以下で、給水量の増加に伴ってゆるやかに減少した(第3図)。

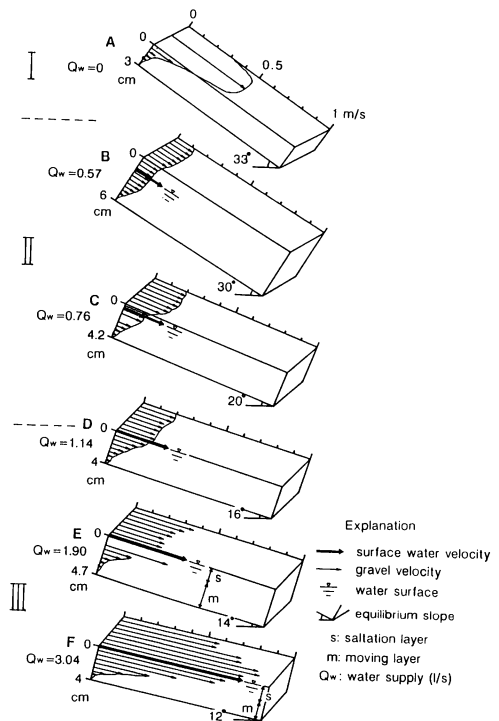
結論として以下のことがいえる。乾燥した礫の流れと、表面に水流がある礫の流れとは、平衡勾配が著しく異なる。そして、それらの中間の領域である一部水で飽和された礫の流れは、平衡状態が生じにくく、含水量の僅かな差に対応して流動勾配が急激に変化する不安定な領域である。(第3図)



第1図 実験装置概要図  
 1: 砂礫供給装置 2: チェーン・ブロック  
 3: 実験水路 4: 排砂用ベルトコンベア  
 5: 水槽 6: ポンプ 7: バルブ  
 8: 流量計



第3図 平衡勾配と給水量の関係  
 A—Fは第2図に対応



第2図 礫供給量一定で給水量を変化させたときの流動層及び躍動層内における礫と水の速度分布