

京都大学防災研究所 正会員 芦田和男

同 道正規

1. はしがき：河床砂の分級過程は、ある粒度構成を持つ生産土砂が流水と粒との特性との関係において節分けられる過程と解することができ、河川の実態を把握する上に重要な問題である。こうした問題に対する実態的研究は非常に重要であるが、粒度構成は局所的な効果によってかなり変動すること、支川からの流入土砂が分級の過程に与える影響がかなり大きいことなどのために、その実態の解明は非常に困難であつて、こうした問題に対する実験的研究も非常に重要になつてくる。分級作用は、粒の移動限界流速の相異、運動型の相異および沈降速度の相異によるものに分けられるが、後者の二者については漂流砂が重要な役割を演ずることは明らかである。そこで本論文においては、漂流砂がかなり多い場合を対象として、上流から supply される一定の粒度構成を持つ砂が水路幅の変化に応じてどのように節分けられるかについて実験的研究を行い、平衡状態の場合における粒度分布についての理論式を提案し、これにもとづいて上の実験結果について考察を加え漂流砂による分級作用を明らかにしようとするものである。

2. 漂流砂を伴う場合の河床砂の粒度変化に関する実験：実験は、上流区間 20m は幅 40cm、下流区間 30m は幅 80cm の水路において、上流から河床砂と同一の粒度分布を持つ砂を 33.3% の割合で与え、流量 10%、初期河床こう配 1/300 の条件で行なった。水面こう配、濃度分布、河床砂の粒度分布が時間的にどのように変化していくかを測定するとともに、水路下流端において生産砂量を測定した。水面こう配の時間的变化は、図-1 のとおりであつて、水路幅の広い下流側の方が水面こう配は急になるが、 $T=8$ hr. 程度ではほぼ平衡状態に到達しているものと思われる。下流端における採取量は $T=4$ hr. において 23.3%、 $T=8$ hr. において 33.3% でこの点からもほぼ平衡状態であることが知られる。一方、 $T=8$ hr. における河床砂、砂筋および下流端において採取される粒度分布が、給砂のそれに比べて小さいことから、見かけ上は平衡状態に達しているように見えるが、実はこの水路の中において粒度の交換が進行していることが知られる。河床砂の w_m および w_{50} についての距離 ($T=8$ hr.) および時間的変化を示すとそれぞれ図-3 および、図-4 のとおりであり、下流側の水路幅の広い方においては、粒度構成が急変化しており、粒の交換が進行しているものと思われる。

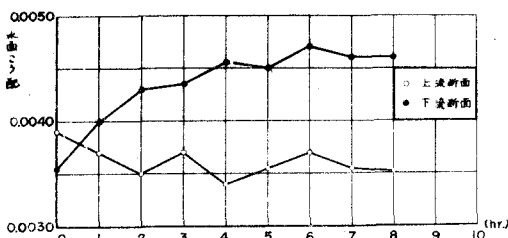


図-1 こう配の時間的变化

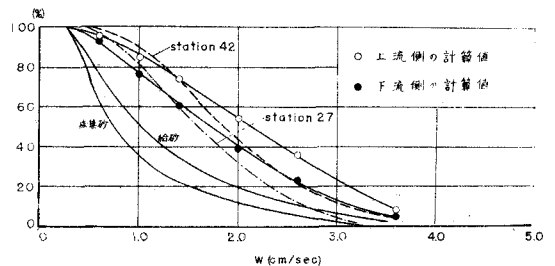


図-2 河床砂、給砂、下流端流砂の粒度分布および粒度分布の算定値

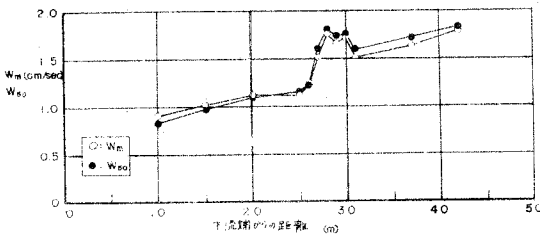


図-3 河床砂の W_m および W_{so} の距離的变化

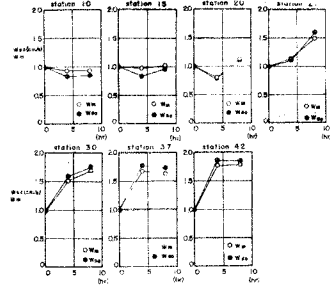


図-4 河床砂の W_m および W_{so} の時間的变化

3. 粒度変化に関する考察：上述のごとく粒度構成の時間的变化がなくなるまでには非常に長時間を要し、実際問題として重要なはその過渡的な状態であるが、ここでは極限状態すなわち粒度構成も河床高も変化しない平衡状態を想定して、幅の変化に応じて粒度構成がどのようになるかを検討する。この際、砂流量式が重要となるが、現在検討中である。しかし著者の今までの実験結果によれば、

$$l_s q_s / l_b q_b = f(W_o / u_*) \quad (1)$$

の形で表わされる。ここに q_b は佐藤-吉川-芦田式を用いて計算したものである。さらに一般的には、 K , $n\sqrt{g}/k$, d/k などの Parameter を導入する必要があると考えられ、とくに wash load を多く含む実際の河川の場合には、 K の減少によって、図-5 の関係とは異なってくることも予想されるが、ここでは図-5 の関係を使用する。平衡状態においては、各粒径範囲ごとに、流砂の連続性が保たなければならない。いま粒度の分割を r 個とすれば、

$$\sum_{i=1}^r l_{bi} = 1 \quad (2)$$

$$Bl_{bi} \frac{u_*^3}{(\frac{r}{s}-1)g} F(\frac{\tau_o}{\tau_c}) [f(\frac{W_{oi}}{u_*}) + 1] = l_{oi} Q_{To} \quad (3)$$

となる。ここに l_s , l_b , l_{bi} , l_{oi} はそれぞれ漂砂、掃底砂、河床砂および給砂において、粒径 d (或粒径 W_o) の砂の占める割合を示す。ここでは $l_b = l_{bi} = 1$ とした。上式より、

$$u_* = \left\{ \frac{Q_{To}}{B g F(\frac{\tau_o}{\tau_c}) (\frac{r}{s}-1)} \right\}^{\frac{1}{3}} \left\{ \sum_{i=1}^r \frac{l_{oi}}{f(\frac{W_{oi}}{u_*}) + 1} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

となる。したがって l_{bi} は

$$l_{bi} = \frac{l_{oi} / [f(\frac{W_{oi}}{u_*}) + 1]}{\sum_{i=1}^r l_{oi} / [f(\frac{W_{oi}}{u_*}) + 1]} \quad (5)$$

となる。(4), (5) 式より幅の変化に応じて河床の粒度分布がどのように変化するかを知る事ができる。計算結果と実測値の比較は図-2 に示したとおりであって、その一致は十分とはいえないが、給砂の粒度構成が幅の変化に応じて篩分けられる過程をかなりよく説明している。

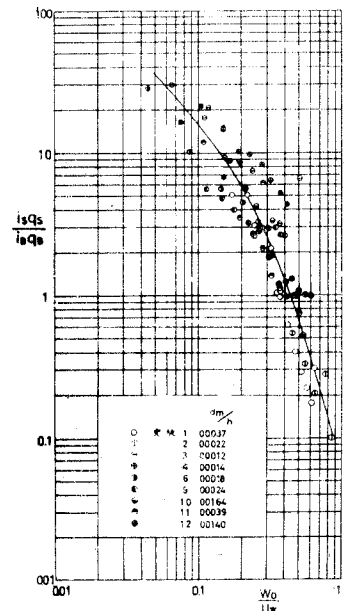


図-5 $l_s q_s / l_b q_b \sim W_o / u_*$ の関係