

1. 長良川の浮流砂の実測

建設省が長良川墨俣地突(河口より39.2km)において行なった浮流砂実測のうち、昭和38年8月より昭和40年7月までの間の、20日、55回の実測資料にもとづいて解析を試みた。

実測時の流量は35~3500 m³/secの範囲であって、簡易B型採水器、プライス電音式流速計を用い、4測線を選定し、各測線での測長は、水深の0, 2, 4, 6, 8割長を選び、細心の管理の下に実施されている。観測値の整理方法は下記により計算した。

$$\text{垂直方向平均流速} \quad V_m = \frac{1}{5} \left\{ V_{0.2} + V_{0.4} + V_{0.6} + V_{0.8} + \frac{1}{2}(V_{0.2} + V_{0.8}) \right\}$$

$$\text{垂直方向平均含砂率} \quad C_m = \left(\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 C_i V_i \right) / V_m \quad (\text{g/cm}^3)$$

$$\text{全断面平均含砂率} \quad C_A = \left(\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 C_m V_m \right) / V_m \quad (\text{g/cm}^3) \quad ; V_m : \text{全断面平均流速}$$

$$\text{全断面浮流砂量} \quad Q_s = C_A \cdot V_m \cdot A \quad (\text{g/sec}) \quad ; A : \text{全断面積}$$

2. 観測値に対する考察

(a). 流速分布: 第4測線と第2測線につき、実測値の一部を半対数紙にプロットしたものが図-1・図-2である。なお、第4測線での河床高は、第2測線での河床高より1.70m低く、第4測線は河川横断面のほぼ最深部にあたる。

図より、実測流速は対数分布則

$$\frac{U}{U_*} = \frac{1}{K} \log \frac{z}{z_0}$$

に、水路底面の粗さに支配される積分常数、

に従うと考えられる。ただし、第2測線では、点のばらつきが大きく、上式のK値が大幅に変動することを示し、また両測線とも高水時のK値が低水時の場合と同等か或いはやや大きくなったことは断面形状および実測の精度に関係することも考えられ、今後検討することになる。

両測線とも実測値から推定すると、流速の与えるる値がLane-KalinskeあるいはEinstein式で仮定する流速分布式でのZ値よりかなり大きい値をとることが指摘される。

(b). 浮流砂の濃度分布: 第4測線における濃度分布の実測値は図-3のようになり不規則な分布を示す。実測値のうちかなり集中するものを選んで比較した

図-1 (測線 4)

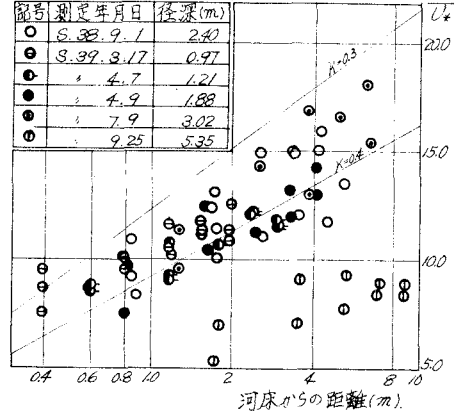


図-2 (測線 2)

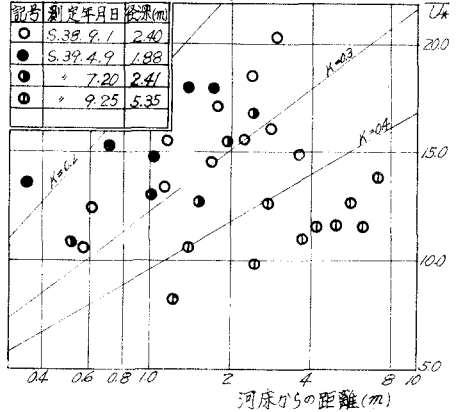


図-3 浮流砂濃度の鉛直分布

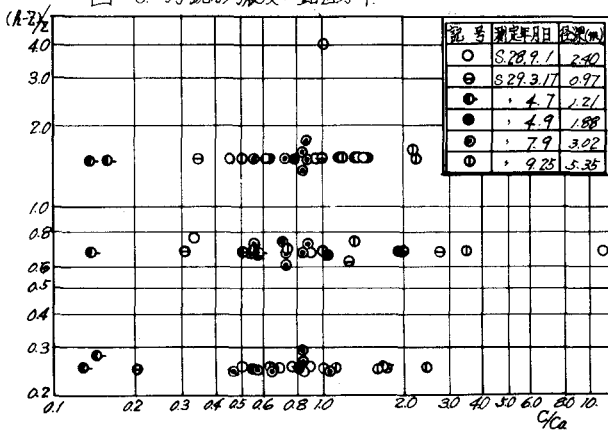
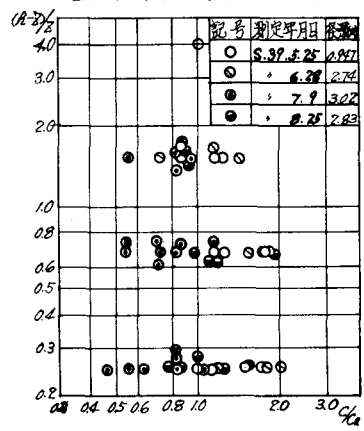


図-4 浮流砂濃度の鉛直分布



のが図-4であるが、結果として垂直濃度に均一性がみられ、また河床よりの距離が増す程濃度が増す場合もかなり多い。

実測値は Lane-Kalinske および Einstein 公式による濃度分布よりかなり大きい濃度分布を与え、河床より遠ざかる程その差が甚だしい。実測値の不規則性については、その採水法にも関係があると思われる。

資料採取の時間は容器が満水するまでの時間とし、およそ 23~33 秒で実施されている。これを乱流理論から考察すれば、渦の平均波長 L は、 $\kappa=0.4$ とし昭和 28 年 9 月 1 日実測の才 4 割線資料を用いると、水深 $h=4.50$ m、 $u=0.97$ m/sec、 $U_* = 0.072$ m/sec、

$$\text{混合時間 } t = 0.5 \kappa h / U_* = 12.5 \text{ sec}, \quad L = 0.5 \kappa h u / U_* = 12 \text{ m}$$

が得られ、上の採取時間では 2~3 波長が含まれることになる。一方、河床と自由水面をもつ流れの間の乱流境界層の乱れの最大粒の長さは水深の約 10 倍といわれるので、この場合通過時間は約 46 秒である。前者において幾波長分を取るべきか、或は後者に基づくべきかは問題であるが、実測値のばらつきと考えると採用法を検討することが必要であろう。またこの濃度分布を長良川の特性とすれば、Lane-Kalinske、または Einstein 公式における濃度分布の適用は適当でないといえる。

(C). 河床附近の浮流砂濃度：実測された水深 8 割位の浮流砂濃度を Q_s とし、河床セシ断力 (RI) との関係を検討した。この場合 (RI) とある間隔、

に区切り、この区間の Q_s の平均値を対応させて一連の関係を求めると、 $Q_s \propto (RI)^{1.5}$ の関係が推定された。これは佐藤らの一般河川における実用掃流砂公式 $g = \omega g^{1/2} (HI)^{3/2}$ と類似する。

3. 実測値より得た浮流砂量と流量との関係。

図-5 より、長良川墨俣では、 $Q_s = \alpha Q^{2.0}$ の関係があると推定される。

4. 理論式による流量～浮流砂量の関係。

図-5 浮流砂量の実測値と流量の関係。

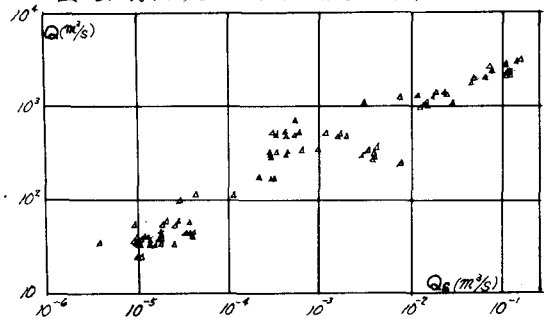


表-1 Lane-Kalinske公式に対する粒径分布

粒径範囲	平均粒径 $\bar{d}$ (cm)	Q_s
$0.0088 < d \leq 0.0115$	0.0105	3
$0.0115 < d \leq 0.0155$	0.0134	3
$0.0155 < d \leq 0.0220$	0.0159	3.5
$0.0220 < d \leq 0.0280$	0.0248	2.5
$0.0280 < d \leq 0.0375$	0.0324	3
$0.0375 < d \leq 0.0510$	0.0437	2.5
$0.0510 < d \leq 0.0690$	0.0594	3
$0.0690 < d \leq 0.0920$	0.0797	2.5
$0.0920 < d \leq 0.1230$	0.106	3.6
$0.1230 < d \leq 0.1650$	0.143	5.6

(1). Lane-Kalinske 公式: 実測の結果, 粒径 $d \geq 0.165 \text{ cm}$ では $Q_s = 0$ なることが判明したので, $0.0088 \text{ cm} \leq d \leq 0.1650 \text{ cm}$ を 10 区分しその分布率を求めた。(表-1)

公式より算定した結果を図-6に示す。これから $Q_s \propto Q^2$ と推定される。

(2). Einstein 公式: この場合は実測値より $d_{65} = 0.60 \text{ cm}$ とする。また C_a としては分布粒径区分に1区分がって, 52.(C) で求めた濃度と C_a' とし, それにその区分粒径の分布率を乗じて求めた濃度をもって, その区分粒径に対する C_a とすることとした。

以上により算定した結果を図-7に示した。

(3). 実測浮流砂と理論公式算定値との関係:
結果としては, 実測値に対して Lane-Kalinske, Einstein 両公式とも大体 $1/10$ 程度の値を示へ, 実測値より大きな値を示すものが多い。(図-8)
5. おすび。

以上実測資料により, 長良川墨俣地先の浮流砂量に関し, 流速分布, 浮流砂濃度分布に関する考察と Lane-Kalinske, Einstein の理論式による算定値との比較を行なった。実測の精度になお疑問もあり, 観測の方法にもその測線数, 採水時間のとり方, あるいは理論式適用のさいの粒径の区分方法など, その基準を確立することが必要と思われるうえに, 流速分布, 浮流砂濃度分布と浮流砂量の関係は, さらに今後検討すべき問題であると考えらる。

図-6 Lane-Kalinske 公式による浮流砂量と流量の関係。

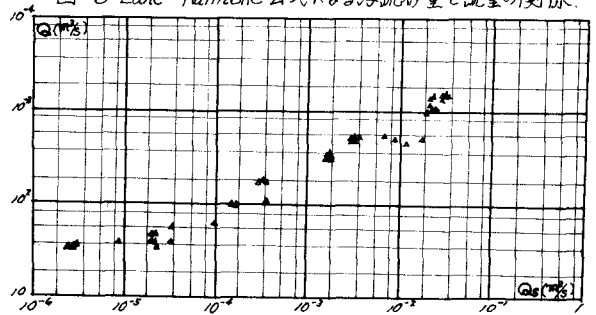


図-7 Einstein 公式による浮流砂量と流量の関係。

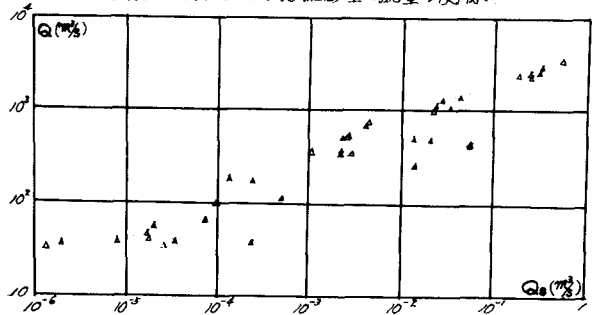


図-8 実測値と推算値の関係。

