

大阪大学工学部 正員 ○ 村岡浩爾

同 大学院 学員 三浦健志

序 いわゆる市街地河川ではほぼ全域にわたって汚泥が河床に堆積している。この底質汚泥は流れによって極く日常的に洗堀、浮上、流送、堆積といった現象が繰り返されているにもかかわらずその方面の研究は至って少ない。著者らは二年果、これに因する水路実験を実際の汚泥を用いて行ない一部について成果を上げると同時に、寝屋川の実測についても資料を得たのでこれらを報告する。水質の指標は汚泥のSS濃度を対象としているので、結果は直接流送汚泥等の量的把握に適用することができ、また今後の水質保全問題のための基礎資料としても活用できると考えられる。

1 水路実験の結果の要約

この詳細については既報¹⁾²⁾であるが、流れによる底質汚泥の初期移動状況を要約すれば以下の通りである。

a) 表層上面に遊離して接触している微細粒子は低流速で(流れの存在と同時に)掃流される。しかしこの掃流量は微量で、量的には全く無視して差しつかえない。

b) 表層は低流速では粘着性被膜によって全く掃流されず、細砂(粒径 $0.02 \sim 0.005 \text{ cm}$)ばかりの河床砂より流されにくい。

c) 流速がある限界値に達すると表面が斑状に剥れ、連鎖的に短時間でほぼ全面剥れてしまう。剥れた汚泥は泥雪のごとく流水中に拡散して浮遊流となり、掃流は起らない。

d) その後の底質は流速の時間的变化とともにほぼ連続的に洗堀されるが、底質の堆積状態が下方ほど重い粒子でしめられるので、流速を一定に固定すると洗堀量は peak を経て減少する傾向を示す。

さて、上述の限界時の掃流力を実験した結果が図-1である。用いた汚泥は神崎川三島幹線排水路の合流点付近のもので、図-2に示す汚泥特性を有している。汚泥は昭和46年1, 3, 5, 7, 9月の5回にわたって採泥した資料を用いている。図-1の横軸は、汚泥の堆積を実河川のそれと似通わせるため、水路に汚泥を挿入して水中で混合した後堆積させるものとし、実験開始までの経過時間を示すものである。この実験結果より、堆積経過時間によって多少の傾向はあるが、底質の限界掃流力は

$$\tau_c / \rho = 3 \sim 5 \text{ cm}^2 / \text{sec}^2$$

で与えられるとみられ、これが汚泥流送の基本値となる。

2. 寝屋川における実測

2.1 観測の概要 — 実際河川での底質の流送挙動を調べるため、寝屋川での実測結果を報告する。

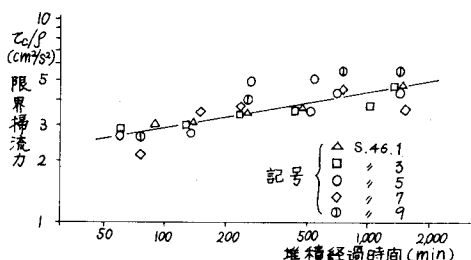


図-1 汚泥表層の限界掃流力

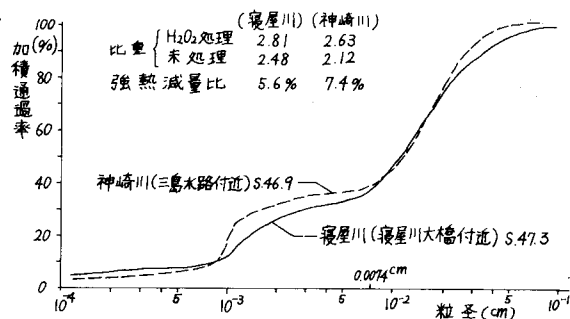


図-2 汚泥の粒度分布

観測地は図-3に示すように、ヤ-寝屋川の放出大橋と寝屋川大橋の区間で、区間長はほぼ400mである。この付近の河道は改修が終った直線区間であり、観測区間内で下水等の流入はない。また放出大橋の上流約400mの右岸より西三荘水路が合流し、ポンプおよびゲート操作によって大量の排水が落潮時に排出されるが、予めの交渉により観測開始前1~2時間前から観測継続時間を通じて排水操作を停止している。したがって上流からの河川水は濃度的に安定したものと考えられる。観測はオ1回(昭和47年3月10日)、オ2回(同5月14日)、オ3回(同6月11日)の3回にわたり、オ1回調査では潮差の少ない、したがって低流速の流れを対象とし、オ2回、オ3回調査では、満潮から干潮に至る、したがって低流速から高流速になる時期を対象とした。観測作業は二観測地点の流量と水位の測定と採水作業であり、全て20分間隔で6~8時間

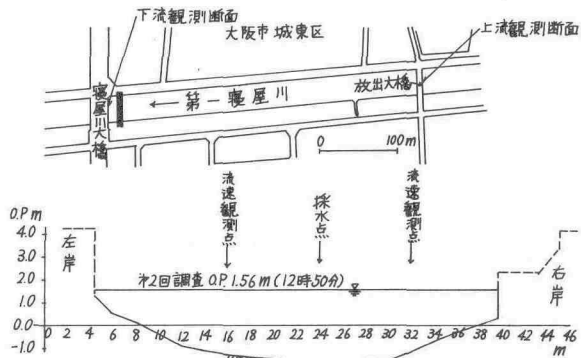


図-3 観測地点平面図と横断面図(寝屋川大橋)

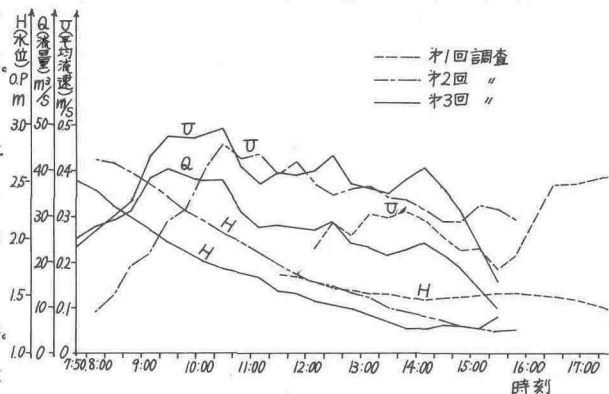


図-4 寝屋川大橋 水理量 観測曲線

観測を継続した。特に採水に当っては、この調査のために作製した深さ方向に20cm間隔で16点(3m区間)各30mlのサンプルが同時採水できる採水器を使用してあり、その一部を写真に示す。採水資料の濃度計測は、観測日の翌日から2日間以内で行なう。計測器は透過光受光式の濁度計(東京光電製)を用い、予め観測地点の汚泥によって検量線を得ている。図-4は観測時間中の水位、流速、流量の変化を下流断面(寝屋川大橋)について示したものである。上流断面(放出大橋)については水位、流量の値は下流断面とほとんど変わらず、流速についても両断面の横断形状が似通っているので大きな差異はない。

なお、オ2回調査までの調査資料の詳細は別に報告した資料がある。³⁾

2.2 掃流力と平均濃度——下流断面で観測した掃流力と水深方向の平均濃度の時間変化を図-5に示す。図中、限界掃流力の範囲は、寝屋川の底質が図-2に併記したように神崎川底質の特性と大差がないため、水路実験の結果を適用して描いたものである。これより判断すると、オ1回調査では掃流力が限界を越すことはないのみられ、オ2回、オ3回では観測開始後数時間以後限界を上回る掃流力が生じていると考えられる。これと対応してこのグラフをみると、オ1回調査では明らかに際立った濃度の増加はなく、観測時間中底質の流堀浮上はないと判断されよう。一方、オ2回では10時頃から、オ3回では9時頃からの上昇がみられ、これは限界掃流の起時と(多少遅れた形で)対応



することから、底質の浮上が生じ始めたことが予想される。しかしながら、濃度の増加は必ずしも底質の浮上によるだけでなく、上流から高濃度の河川水が流入することによって起因する場合もあるから、これを検討するには鉛直方向の濃度分布などを参考にしなければならない。

2.3 鉛直方向濃度分布——図-6は下流断面における水深方向の濃度分布を1時間毎に示したものである。オ1回調査では水深方向に濃度分布が一様で、底質の浮上は考えられない。オ2回では10時頃まで濃度分布が一様、またオ3回では9時頃まで濃度分布が一様であったのが以後の観測では水深の方向に急激に濃度が増加している。これによってこの場合には底質の洗堀が関係することは確定的であるが、実際には浮遊物質の沈降によっても水深方向の濃度分布は変り得るから、この点も検討しなければならない。例えばオ2回調査の11時の濃度が水面方向にも上昇し、12時にはそれが減少しているがこれはこの向で沈降が卓越したために濃度減少が生じたのか、たまたま上流から汚濁水塊が流れ込んだあとの現象であるのかは不明である。

しかし、オ3回の濃度分布のように、水中の上層で濃度がほぼ一様、下方に行くにしたがって濃度増加がある場合には、明らかに水中の下層で底質の浮上によって濃度が決定されていると言える。

なお、どの濃度分布においても、水面付近である有限値の濃度を有しているが、浮遊物質にはこのように沈降速度と乱れの上昇混合とがバランスする、言い換えればみかけの沈降速度が無視し得る材料が多く含まれていることがわかる。

2.4 底質の浮上量——河床からの底質浮上量は上流・下流の二観測断面での平均濃度の時向変化より、その区間の平均的な浮上量が推定できる。オ2回観測では上流側資料に一部欠測があり、オ3回調査では観測後半に舟航があるなどのアフシデントがあったため、それらの影響のないオ3回調査の8時～12時の観測値を対象とした。この平均濃度の時向変化グラフはいくらかばらついているので、3観測時点(時間間隔にして40分)の移動平均でグラフを軽く smoothing したときの濃度曲線が、図-7である。これより、上流・下流断面間で濃度の変化があることがわかる。物質の連続式：

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \bar{C} A) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \bar{C} Q) = B_m \cdot \bar{g}_B$$

ここに、 A 、 Q 、 B_m はそれぞれ流水断面積、流量、河床の平均幅で、 $\bar{g}_B$ が求めるべき河床の単位

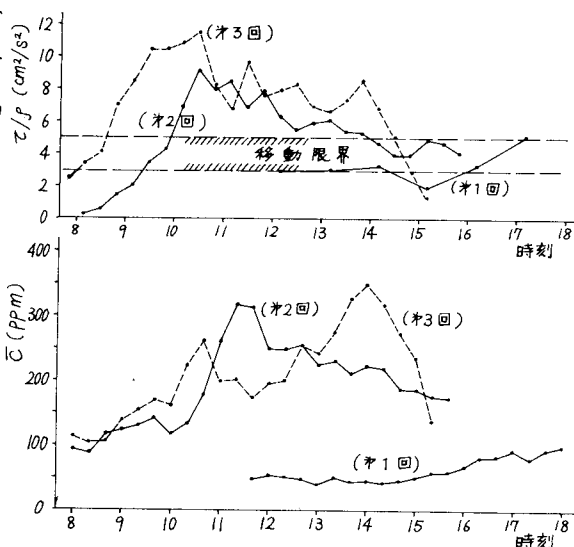


図-5 流量と平均濃度の時向変化(寝屋川大橋)

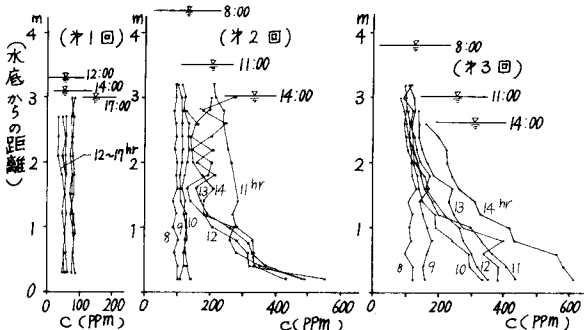


図-6 寝屋川大橋における鉛直方向濃度分布

幅、単位時間当りの平均底質浮上量である。なおこの $\bar{g}_B$ は厳密には洗堀浮上量と沈降堆積量との差と解すべきであろう。前記連続式を差分化するに当たっては、 Δx は観測区間長にとり、 Δt は平均流速でこの Δx を物質が移送されるときにの流達時間(15~20分)をとる。また $\bar{c}$ は図-7から読みとれる値の時間的もしくは空間的平均をとる。これによって求めた $\bar{g}_B$ の分布を図-8に示す。

図より、浮上量は一部の data を除いて掃流力の増加にしたがって増加する傾向にあることがわかる。この傾向

から外れる二つの data (10時40分, 11時00分)はこれなりに意味のある

値であって、図-5からわかるごとく10時30分から11時10分の間で掃流力が急激に減少している時の中での値である。すなわち、掃流力が限界値を越えていてもそれが減少しているような時間帯では、洗堀浮上量が減少するか、沈降堆積が増加しつつあるかの現象が生じていると考えられる。これは水路実験で限界を越えた一定の掃流力の場合で洗堀量が減少するのを観測したことと関係があり、常に掃流力が増加する場合とその増加率が負になる場合とで洗堀速度が変わるという複雑な現象を有していることがわかる。

3. 結 論

河川底質の流送挙動は、いわゆる河川漂砂のような砂質材料の場合と異なった特性のあることがわかる。その限界掃流力は水路実験で得た値が実際河川でも適用することができ、それを越えた流れでは底質の洗堀があるものと判断される。しかし洗堀浮上量は掃流力の増加に一義的に対応するものではなく、掃流力の増加率に関係があるものと予想される。このようなことから今後は、浮遊物質の流れの場合での沈降現象を水路実験で基礎的に研究する必要がある。実際河川の実測では高流速から低流速そして逆流に至るような流れの場合で浮遊物質の濃度を観測する必要がある。

終りに、本研究に関して適切な助言を賜った室田明教授、ならびに実測の便宜を種々計って頂いた大阪府土木部都市河川課の諸氏に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 村岡・赤井・大木：有機性底質汚泥の流送特性に関する実験的研究 第26回年講(第2部) 昭46.10
- 2) 村岡・島生：流水中における底質汚泥の水理特性：昭和47年度 関西支部年講 昭47.6
- 3) 室田・村岡：都市河川における水質汚濁の水理解析：災害科学研究所 研究報告 昭47.3

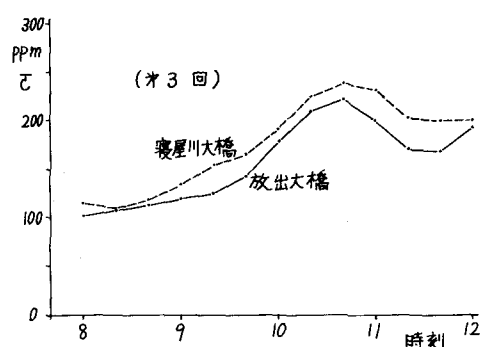


図-7 両観測点の平均濃度

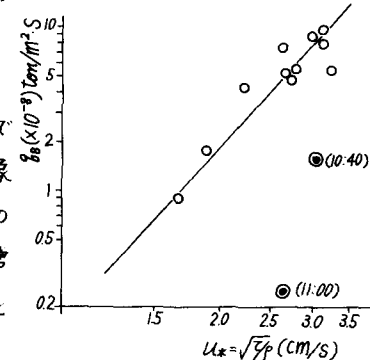


図-8 底質汚泥浮上量(第3回調査)