

多摩川感潮域における平常時および出水時の土砂移動量

建設省土木研究所 正会員 横山勝英
建設省土木研究所 正会員 藤田光一
建設省土木研究所 正会員 諏訪義雄

1. 序論

河川感潮域は河床・水面勾配が水平に近く流速が遅いため、上流では堆積し得なかったシルトや粘土といった微細土砂が堆積しやすい環境にある。このような土砂環境は豊かな生物相をもたらす漁業や自然環境の面で重要であるが、一方、河積を維持するために拡幅や堆積土砂の浚渫が必要になることもある。したがって、感潮域の河道を適正に管理してゆくにあたり、微細土砂の供給・堆積メカニズムを明らかにする必要がある。本研究はその前段階として、多摩川感潮域において数週間にわたり洪水時と平常時の微細土砂の流動を観測し、土砂移動量について検討したのでここに報告する。

2. 現地観測の概要

観測は多摩川の河口より 5.5km の地点で実施した。図 1 に観測対象地の低水路平均河床・最深河床縦断面図を示す。図から 1~4km 付近の河床は浅く、5~7km は窪地状に深くなっていることが分かる。昭和 47 年の河床材料調査によれば、河口 0km 付近は細砂、2km~10km はシルトもしくは粘土質である。5.5km 地点の底質は、観測時にアンカー等に付着した試料や過去の河床材料調査から判断すると、粘土質が柔らかく堆積していると推測される。

現地観測では、断面を通過する土砂量を測定する目的で流速と濁度の鉛直分布を、また感潮域の基本項目として塩分と水温の鉛直分布をそれぞれ計測した。

流速は有線式超音波ドップラー流速計（NORTEK 社,ADP）を河床に設置して計測した。センサー周波数は 3.0MHz、層厚は 0.4m の設定で 5 分間の平均流速を計測した。

濁度、塩分、水温の計測にはそれぞれ小型メモリー式センサー（アレック電子製）を用い、これらをアンカー、ロープ、ブイを用いて河床より 1m、3m、5m の位置に固定した。塩分と水温の計測間隔は 10 分、濁度の計測間隔は 5 分である。

3. 観測結果

観測期間は平成 11 年 10 月 15 日から 11 月 12 日までの約 1 ヶ月間である。図 2 に上流地点(28km)における流量と河口水位（潮位）を示す。図の横軸は年間通算日であり 288 日は 10 月 15 日、304 日は 10 月 31 日を表している。流量図によれば 301 日に最大流量 400(m³/s)の洪水が発生している。多摩川の年最大流量は概ね 1,000(m³/s)であるため、この出水は中規模と言える。河口水位（潮位）より、292 日前後に小潮に、300 日前後に大潮になっている。

図 3 に底層（河床より 1m）の濁度時系列を示す。図 2 との比較より次のことが分かる。小潮時には濁度は 5ppm 程度で安定しているが、潮位変動が大きくなるにつれ濁度の上昇も大きくなり、300 日には最大で 30ppm に達している。これは、潮位変動に伴う河道の順流逆流運動によって底質が巻き上げられていると推測される。一方、301 日に発生した洪水では約 1000ppm の濁度が発生しており、洪水時の土砂濃度は巻き上

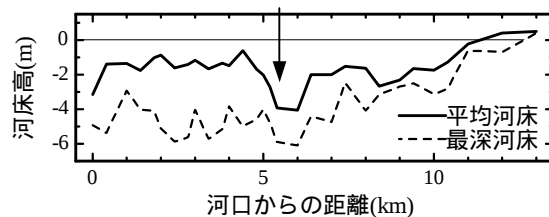


図 1 観測対象地の河床縦断面図

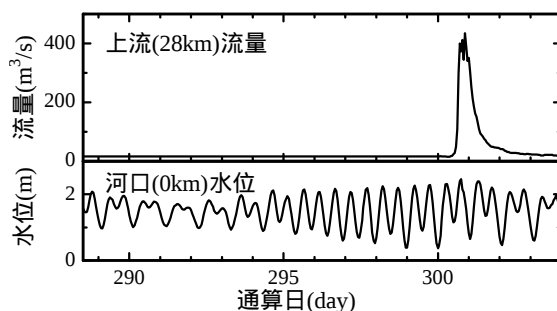


図 2 上流流量と河口水位(潮位)

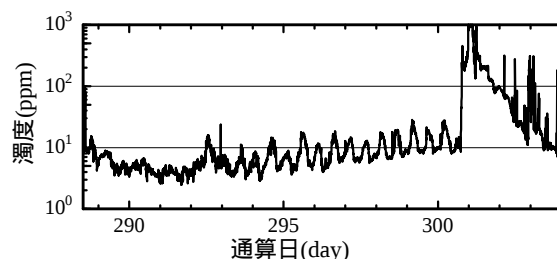


図 3 濁度の観測結果(底層)

がりの濃度よりもはるかに大きいことが分かる。

4．音響信号による濁度計測の可能性

感潮域は塩淡混合現象によって流動が複雑なため、土砂動態を時空間的に把握するためには鉛直濃度分布の計測が必要となる。しかし、多数の濁度計による計測は労力と洪水時の危険性を考えると最良ではなく、簡易に濃度分布を計測する方法が望ましい。

超音波ドップラー流速計では、音波の反射状態（ドップラーシフト）の解析により流速を算出しているが、一方、音波の反射強度を解析することで水中の粒子濃度を推定できると考えられている¹⁾。

図4に同一水深での濁度と音響強度の時系列の一例を、図5に濁度と音響強度の対応関係を示す。このように、音響強度と濁度の間には相関が見られ、また音響強度には上限と下限（しきい値）がある。次に、水深と音響強度の関係を見るために、他の水深について図5と同様の整理をしてx軸の切片を求めると、図6のようになった。すなわち、音響強度は距離に比例して減衰する。以上を定式化すると次のようになる。

$$\log B = 2.03 - \frac{Z}{6.7} \quad (1)$$

$$40 \log Tb = I - B \quad (2)$$

ここで、 B は音響強度のしきい値、 Z はセンサーからの距離、 Tb は濁度、 I は音響強度である。

この式を用いて超音波流速計の音響強度を濁度に換算すると図7が得られた。この時は大潮であり、河床から中層にかけて比較的高い濁度が発生している様子が分かる。

5．断面土砂通過量の算定

前章で濁度の鉛直分布時系列が求まったので、水深ごとに流速と断面積を掛け合わせて断面通過土砂量を計算する。ここで土砂濃度は濁度に等しいと仮定している²⁾。図8に断面通過土砂量の順流と逆流成分および合計を示す。図2の河口水位と比較すると、小潮の頃は順流が卓越し、潮位変動の増大に伴い逆流成分が大きくなり、大潮（298～300日）では逆流が卓越していることが分かる。全累積値は、後半で逆流成分が大きくなることが影響して、10日で150(ton)にとどまった。

一方、301日の洪水時通過土砂量を濁度（濁度計の観測値）と上流流量から計算すると7300(ton)となり、断面通過土砂量は平常時よりも洪水時の方がかなり多いことが分かる。ただし、洪水時の通過量のうちどの程度が河道に堆積して底質を形成するかは現段階では不明である。平常時についてみると、全累積の波形の変動幅は最大で60(ton)程度あり、これが流動によって観測地点で巻き上げ沈降している土砂の自生量と考えられる。こういった土砂の平常時の運動は、水質や生態などに影響を及ぼすと推測される。

6．まとめ

超音波流速計の音響強度から濁度分布を推定した。これより約10日間の通過土砂量を計算し洪水時の土砂量と比較したところ、洪水時の通過土砂量は平常時の数十倍大きいことが明らかになった。

参考文献：(1)川西澄・山本洋久・余越正一郎:超音波流速計と散乱光式濁度計を用いた懸濁粒子の濃度、粒径、フラックスの測定,水工学論文集,

第42巻,pp559-564,1998 (2)横山勝英・梅田信・石川忠晴:七ヶ宿貯水池への濁質輸送,第53回年次学術講演会概要集,pp750-751,1998

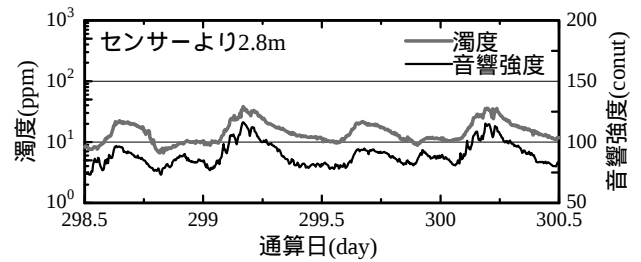


図4 濁度と音響強度の対応(中層)

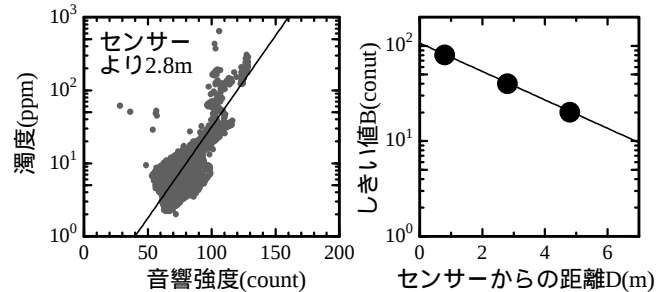


図5 音響強度と濁度

図6 音響強度と距離

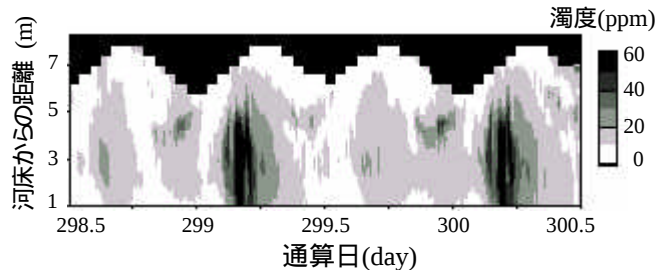


図7 濁度鉛直分布の時系列(コンター図)

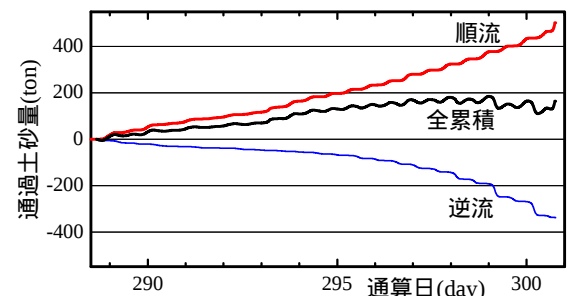


図8 断面通過土砂量(累積)