

酒沼川における河畔堆積物調査

Field Survey of Sediment Deposit on Flood Plain on the Hinuma River

平林桂*・山本晃一**

By Katsura HIRABAYASHI and Ko-ichi YAMAMOTO

Field survey of sediment deposit on high water channel(flood plain) of the Hinuma river has been done to understand the deposit condition of sediment, which is suspended in low water channel at flood time, on high water channel.

Through the study, the place where sediment deposit occurs is able to be estimated by using the ratio of frictional velocity to fall velocity of sand for both both high and low water channels.

KEY WORDS : field survey, sedimentation, flood plain, suspended load

1. 研究目的

近年、河川流域の都市化に伴いオープンスペースが急激に減少しつつある。これに伴い、河川の高水敷が都市空間、自然空間、親水空間として認識されるようになり、河川公園、グラウンド、ゴルフ場などのリクリエーション施設や防災空間など、多方面に利用されている。平水時には高水敷はこのように人間活動の場としての一面を見せるが、ひとたび洪水となれば氾濫原に姿を変える。高水敷に流水が乗るような規模の洪水の場合、低水路で巻上げられた砂の一部は高水敷上へ運搬され、掃流力の低下に伴い河岸近傍に堆積する。近年では高水敷上に設置された河川公園などが土砂に埋没したり汚される被災事例が増加している。このような問題があるにも拘らず、現時点においては高水敷の利用計画策定の際土砂の堆積は考慮に入れられておらず、高水敷上の土砂堆積の予測手法の早急な確立が望まれている。

建設省土木研究所河川研究室は、建設省各地方建設局および北海道開発局の援助のもとに、昭和61年度より酒沼川を対象に洪水観測および現地調査を行っており、洪水後の高水敷上への土砂堆積に関する多くの資料を有している。本研究は、これらの現地資料をもとに高水敷上への土砂堆積機構を推定するとともに、土砂堆積発生位置等の予測法について検討を行ったものである。

*正会員 建設省土木研究所河川研究室研究員 **正会員 工博 同研究室長

(共に 〒305 茨城県つくば市大字旭1番地)

2. 調査地点の概要

酒沼川は酒沼を介して那珂川に合流する流域面積446km²、流路延長65kmの一級河川である。流域の概要

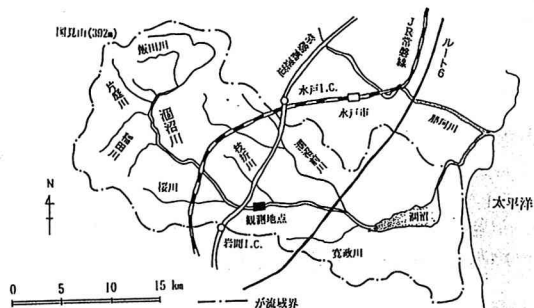


図-1 酒沼川流域の概要

を図-1に示す。調査対象区間は27.90~28.50 kmである。この区間の河床勾配は約1/1000である。図-2に代表地点の横断面図を示す。河道横断面形は複断面を成しており、堤間距離は約100 m、低水路幅が約25m、低水路深さは約3.5mである。図-3に観測区間の代表的な河床材料の粒径加積曲線を示す。河床材料はおおまかにはマサ土からなる粒径1mm~5mmの集団、粒径5~20mmの頁岩・砂岩からなる大きな粒径の集団、1mm以下の小さな粒径の集団に分けられる。

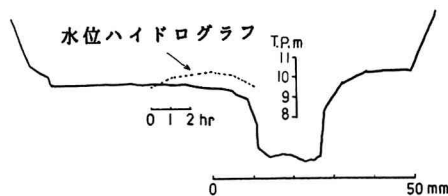


図-2 28.1km地点の横断面形状と水位ハイドログラフ

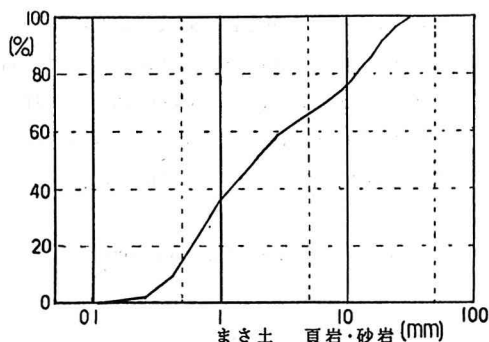


図-3 観測区間の河床材料の粒径加積曲線

3. 調査対象とした河畔堆積物の位置づけ

今回の洪水で、高水敷には0.25mm程度の粒径のものからシルト・粘土までが堆積した。今回の調査では河畔堆積物と称される粒径の粗い堆積物を対象とした。河畔堆積物の一例を写真-1に示す。河畔堆積物を調査の対象に選んだのは以下の理由による。河畔堆積物は河岸近傍に集中的にかつ厚く堆積するのに対し、シルト・粘土等の微細粒径のものは高水敷全体に薄く広く堆積することから、高水敷上の施設にとって害的であるのは河畔堆積物であるからである。なお、微細粒径からなる堆積物は、長い年月の間には河畔堆積物と合わせて自然堤防、ひいては高水敷を形成するものであること、高水敷の土質が粘性性を帯びているのはこれらの微細粒径のものの影響であることからして、河川の形成過程においては非常に大きな役割を果たしていることを付記しておく。



写真-1 河畔堆積物の一例

4. 調査内容

今回行った調査は、洪水観測、洪水後の河畔堆積物調査、洪水流向調査の3つである。調査内容は以下の

とおりである。

1) 洪水観測

今回調査の対象とした洪水は、1988年7月洪水である。この洪水は梅雨前線の影響によりもたらされたものである。測定項目は水位縦断と流量の時間変化である。水位縦断は、河道縦断的に100mピッチに設置した水位標を用いて測定した。測定水位は摩擦速度の算定に用いた。

図-2に28.1km地点における水位ハイドログラフを示す。これよりわかるように、調査対象洪水はピーク水位時で高水敷上の水深が1m弱程度の比較的小規模な洪水であった。

2) 河畔堆積物調査

調査方法は以下の通りである。洪水後、現地高水敷を踏査し、河畔堆積物の存在位置をスケッチ・測量した。引き続いて堆積厚さを測定した。堆積厚さの測定はトレンチを掘り、層構造を判読することにより推定したが、その判定は以下のように行った。酒沼川は写真-1からもわかるように、植生がかなり繁茂した河川であるため、層構造を観察すると新鮮な植生の層があることがある。この植生は洪水前には地表にあったものであると考えられるので、それより上の層厚を当該洪水での堆積厚とした。草の層が見られなかった場合はつぎのように判定した。通常、堆積物の最上層にはシルト・粘土からなる薄い層が乗っているので、この層を見つけてそれより上の層厚を当該洪水の堆積厚とした。ただし、全般的に堆積物の厚さの測定は難しく、多少の誤差があるのは否めない状況にある。堆積物の粒径については、材料を採取しふるい分け試験によって求めた。

調査結果は以下の通りである。図-4は調査区間の河畔堆積物の堆積厚さ、図-

5は河畔堆積物の粒径を示したものである。堆積位置について言及すると、図-4より河畔堆積物は高水敷のあらゆるところに存在するのではなく、特定の場所に点在していることがわかる。つぎに堆積厚さの分布に注目する。図-6は堆積厚の横断分布の典型例として、28.18km地点の堆積状況を示したものである。こ

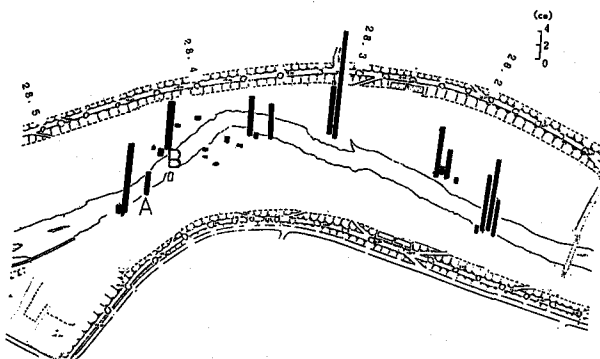


図-4 河畔堆積物の厚さ

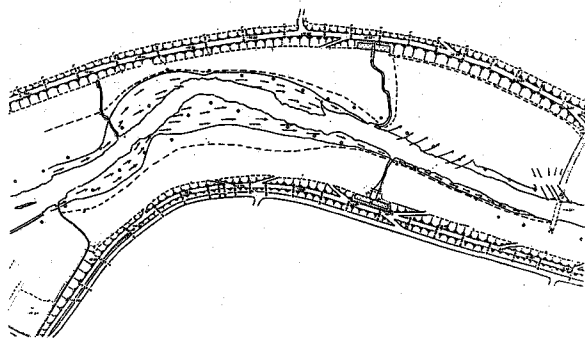


図-5 河畔堆積物の粒径

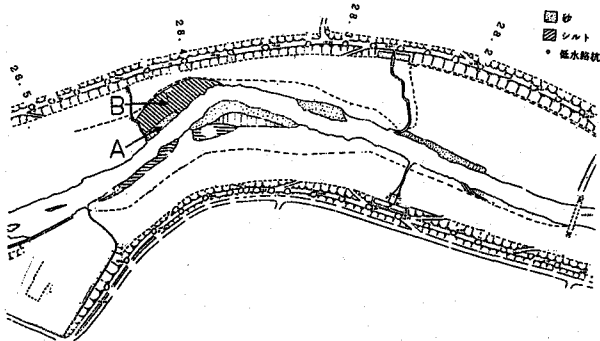


図-8 高水敷の流向推定図

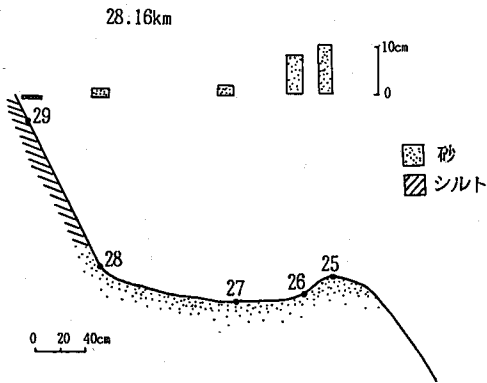


図-6 堆積物の厚さ (28.16km)

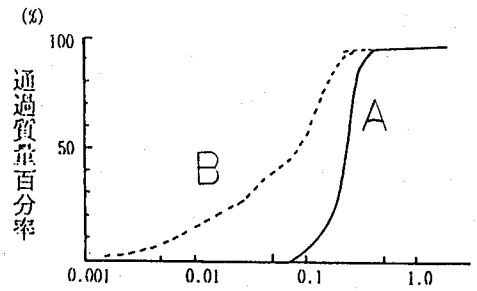


図-7 粒径加積曲線

れによると、堆積厚は河岸付近で厚く、河岸から離れるに従って薄くなっている。つぎに粒径の分布に注目する。図-5によれば、28.4km左岸・28.4km～28.5km右岸など標高の高いところには細かな砂が堆積し、28.3km左岸など標高の低いところには粗い砂が堆積している。一般に、河岸付近で粒径が大きく、河岸付近から離れるに従い細くなる傾向にある。その一例として28.4km付近で採取した堆積物の粒径加積曲線を図-7に示す。これによれば、河岸近傍の点であるA点では平均粒径0.25mmくらいで均一砂に近い状態であるのが、河岸から離れたB点では0.1mm以下のものが全体に占める割合がA点に比べ急増していることがわかる。

3) 洪水流向調査

洪水流向観測として最も一般的なのは洪水時の航空写真撮影である。しかし、今回は以下のような方法で洪水流向を推定した。酒沼川の高水敷には多くの植生が繁茂しており、洪水中これらは流勢により倒された。植生の倒れた方向を追跡すれば高水敷上の概略の洪水流向が推定できると考え、洪水後の現場踏査および洪水後に撮影した航空写真によって植生の倒れ方を推定した。このような手順で求めた流向推定図を図-8に示す。これより、低水路の流れが高水敷へ乗り上げた箇所は湾曲部の外岸および高水敷高が低い地点であることがわかる。

5. 堆積条件の推定

以上の調査結果をもとに、河畔堆積物の形成条件について検討してみる。形成条件としては、1) 堆積物発生位置に関する条件、2) 低水路から高水敷への浮遊砂の供給条件、3) 高水敷への沈降条件、の3つについて考える必要があると考えられる。

1) 堆積物の発生位置に関する条件

図-4の堆積厚分布図と図-8の高水敷流向推定図を比較すると、低水路の流れが高水敷へ乗り上げるところで顕著な堆積が発生しているようである。

2) 堆積物の供給条件

ここでは洪水時における低水路内での浮遊砂の濃度分布に着目してみる。図-9は洪水観測により得た洪水ピーク時の摩擦速度をもとに、Rouse分布を粒径表示したものである。なお、図中には濃度基準点高さ a を0.05hとおいた場合の高水敷の高さが合

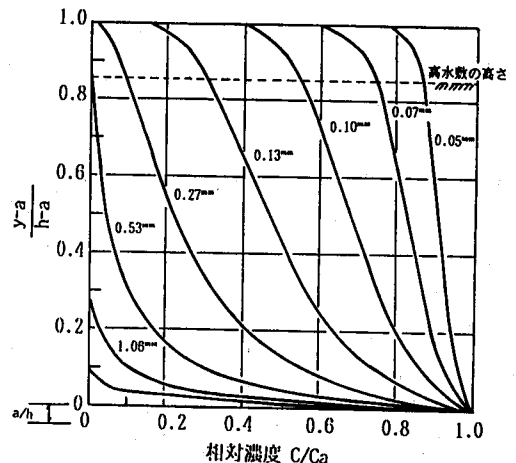


図-9 低水路内の浮遊砂濃度分布 (Rouse分布)

わせて記入されている。これによれば、ある程度の量の浮遊砂が高水数の高さまで舞上られる粒径はおおよそ0.3mmよりも小さな粒径であることがわかる。今回の河畔堆積物調査の結果、河岸近傍における堆積物の粒径はおおよそ0.25mm程度であった。このことは高水数へ供給される浮遊砂の粒径はRouse分布を用いれば概ね知ることができることを表わしている。この0.25mm～0.3mmの砂に対する低水路の摩擦速度 u_* と浮遊砂の沈降速度 w_0 の比はおおむね $u_*/w_0 \geq 2.5 \sim 3$ となることから、低水路から高水数への供給条件はおおむね $u_*/w_0 \geq 2.5 \sim 3$ といえることができる。

3) 高水数への沈降条件

河畔堆積物は浮遊砂が堆積して形成されたものであるため、沈降条件は浮遊砂の挙動に密接な関係のある無次元量である摩擦速度と堆積物の沈降速度の比 u_*/w_0 の値により評価できるものと考えられる。そこで、 u_*/w_0 の値をもとに堆積物の発生条件の推定を試みた。無次元量は河畔堆積物の有無に関わらず、100mピッチの断面ごとに求めた。 w_0 は原則的には河畔堆積物の粒径により推定したが、河畔堆積物のなかった地点では粒径を0.25mmと仮定した。これは、調査区間で見られた河畔堆積物の多くが粒径約0.25mmであったからである。 u_* は堆積発生地点における水深 h と水面勾配 I_w を用い、次式により求めた。

$$u_* = \sqrt{g \cdot h \cdot I_w} \dots\dots\dots \text{①}$$

ここに、 g ：重力加速度、である。

図-10は調査区間の100mピッチの断面における高水数上および低水路の u_*/w_0 の値をそれぞれ横軸、

縦軸とし、河畔堆積物がある場合には○、ない場合には×をプロットしたものである。図-10より、河畔堆積物のある地点は高水数で $u_*/w_0 \leq 1$ の条件を示した地点であることがわかる。この条件は多くの研究者が唱える浮遊砂の沈降条件とほぼ一致する。なお、この条件の範囲内においても河畔堆積物のない地点は低水路の流れが乗り上げなかった地点である。

4) 堆積発生条件のまとめ

上記の検討をもとに、堆積物の発生条件をまとめると以下になる。

- ①低水路内で $u_*/w_0 \geq 2.5 \sim 3$ となる粒径がある程度の量存在すること。
- ②低水路の流れが高水数に乗り上げるところが存在し、かつ乗り上げたところでの高水数上で $u_*/w_0 \leq 1.0$ となること。

5) 河畔堆積物の形成に与える植生の影響

涸沼川の高水数には植生が多量に繁茂している。植生群は流速低減効果があるので植生群内は砂が堆積しやすい状態になっているものと考えられる。そこで、植生の堆砂効果について検討してみる。前記の検討結果によれば、堆積発生条件は $u_*/w_0 \leq 1$ で表わされることから、ここでは植生の影響についても上記の場合と同様 u_*/w_0 の値を用いて浮遊砂の堆積条件の推定を試みた。植生群内部の摩擦速度は以下の考えにもとづき評価した。流れは等流でありかつ植生内の流れは周辺の流れの影響を受けないものと仮定し、図-11に示すように検査区間を定める。検査区間内の流体塊に作用する重力の流下方向成分と植生に働く抗力、底面摩擦力、植生上の流れが植生内の流れと混合することにより生じる付加的なせん断力 τ のつりあいを考えると次式が成り立つ。

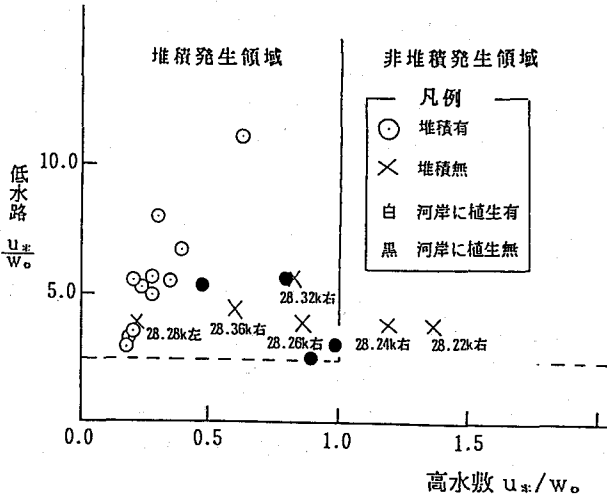


図-10 河畔堆積物の発生条件

$$\rho \cdot g \cdot h \cdot l w \cdot B \cdot L - N \cdot C_D \cdot \rho \cdot h \cdot d \cdot V^2 / 2 - \rho \cdot g \cdot h \cdot (n^2 \cdot V^2 / h^{4/3}) \cdot B \cdot L + \tau \cdot B \cdot L = 0 \quad \text{..... ②}$$

ここに、 ρ ：流体の密度、 N ：検査区間の植生の本数、 C_D ：抗力係数、 d ：植生の直径、 V ：植生内の流速、 B ：検査区間の植生の幅、 L ：検査区間の植生の長さ、 h ：検査区間の植生の高さ、である。 d 、 N 、 h については、現地の植生の繁茂状況を考慮し、 $d = 1 \text{ cm}$ 、 $N = 100 \text{ 本}/\text{m}^2$ （ 10 cm ピッチに対応）、 $h = 1 \text{ m}$ とした。 n は植生内の底面が砂であったので 0.025 を与えた。なお、今回は植生天端から水面までの水深が小さかったために流速が小さかったこと、植生天端上の

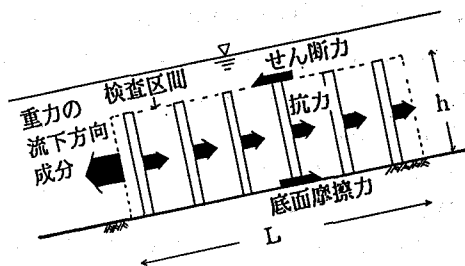


図-11 植生内の力のつりあい

流れと植生内の流れの混合距離は今回調査の対象とした植生の背の高さに比べ十分小さかったことから、②式中の第4項は無視した。②式より、植生内の流速を求め、③式に代入して植生内の摩擦速度 u_* を求めた。

$$u_* = \sqrt{g \cdot h \cdot (n^2 \cdot V^2 / h^{4/3})} \quad \text{..... ③}$$

計算値を図-10にプロットしたが、いずれも $u_*/w \leq 0.5$ 程度であった。このことから、植生の堆砂作用について、以下のような特徴があることが推定される。すなわち、植生群と周辺の流れとの接点近傍では周辺の早い流れに連行されて植生群内の流れが増加しているの、こでの u_*/w は 0.5 よりも大きい。よってこの範囲内に先に述べた堆積発生条件 $u_*/w \leq 1$ を満たす領域があるものと考えられる。とすれば、河岸近傍に植生があると、本来は広い範囲に堆積するはずの浮遊砂が植生のために河岸近傍に集中的に堆積することになる。現地調査の結果、植生の繁茂したところでは低水路との接点近傍に堆積が発生しているのが確認され、上記考察が妥当なものであることが明らかとなった。

6. 今後の課題

本研究では、沼沼川での現地観測結果をもとに高水敷に河畔堆積物が形成される条件を示した。この条件は実用化を考えおおまかなものに留めたが、実際のところ、浮遊砂の堆積現象にはボイル、2次流、低水路と高水敷の流れの干渉などの影響が密接に関与しており、場合によってはこれらの影響を無視できないこともあると考えられる。今後はより多くの河川の浮遊砂の堆積状況を調べ、本条件の適用限界について検討したい。また、このような調査を自然堤防帯に属する河川以外にも広げて行きたいと考えている。

<謝辞>

本研究には土木研究所河川研究室の高橋晃、渡辺明英、林正男、諏訪義雄、長谷川賢市、西尾正博、鈴木一孝、小池康雄、佐藤英治が関わった。ここに記して謝意を示します。

<参考文献>

- ①伊勢屋：砂床河川における自然堤防の形成，地理予，1980
- ②山本：河道特性論，土研資料第2662号，1988
- ③福岡，藤田：洪水流に及ぼす河道樹木群の水理的影響，土木研究所報告第180-3，1989