

取水堰付近の堆砂問題とその対策

Accumulated Sand Problems in Relation to Diversion Dams

岩手大学農学部 正 員 三 輪 式

はじめに

取入口前面の堆砂や取水堰近傍の堆砂は、取水機能の上で大きな支障を生じるため、昔も今もきわめて重要な問題である。これらの堆砂は従来は主として河床に形成される砂レキ堆の形状やその移動によって生じていた。ところが近年新設あるいは改築された頭首工[※]においては、河川管理施設等構造令（以下「河川構造令」という）の施行に伴う新たな堆砂問題を生じている。

そこで本論では、はじめに従来からの砂レキ堆形成による堆砂が、取水施設の相違（例えば堰の有無や堰の構造のちがいなど）によって、どのような様相を呈するかを述べるとともにその対策について考察を加える。ついで最も今日的な課題である、河川構造令の施行に伴って発生した堆砂問題を分析し、この問題の解決方法の一つである取水堰の上下流の河床掘削について検討を加えた。

1. 取水施設の時代的変遷

取水施設の時代的変遷に関しては、牧のすぐれた研究¹⁾がある。それを参考にして、変遷の概略を述べる。

(1) 扇状地河川における自然取入れ

河川からの農業用水取水のはじまりは、扇状地河川においてであると思われる。用水路としては、旧流路跡を使い、低水時の網目状、流路の1本と用水路をつなぐ連絡水路を掘削して取水をはじめたのではなかろうか。

以前は扇状地河川には多数の自然取入の取入口が並んでいたが、現在ではほとんどの河川において扇頂部に設けられた合口堰に統合されてしまい、あまり残っていない。

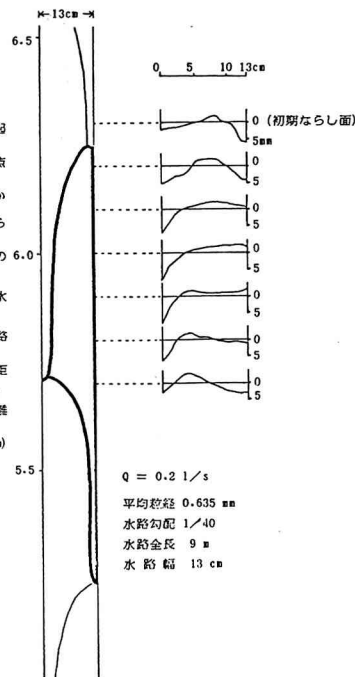
(2) 木杵石詰め、竹蛇籠などによる堰

河川の流水を堰止めて取水しはじめてから、コンクリート工法が普及するまでの数百年間は、木杵を組んだなかへ石を詰めたものや竹蛇籠に礫を詰めたものなどが使われていた。水利慣行上の制約からごく最近まで、昔からの作り方を守っていた堰も多い。

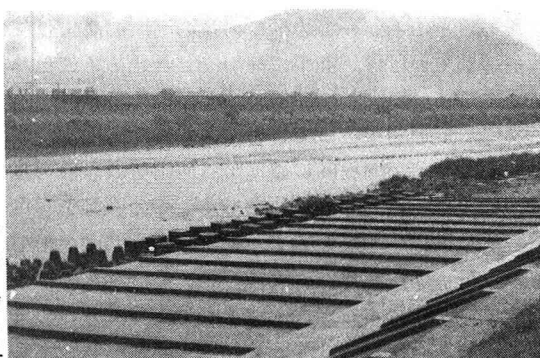
このような古い堰の大半は河川を斜めに横断する「わん曲斜め堰」であった。その理由は後述のとおり、河床に形成される砂レキ堆の形状にある。

(3) 旧堰をほぼそのままコンクリート被覆した堰

コンクリート工法が普及しはじめると、だんだん旧堰をそのままコンクリートで被覆して固めた堰が増えてくる。また洪水によって破壊されたのを機会に改造されたものも多いが、初期のものは旧堰に近
※農業土木の分野では、取水堰とその付属施設（取水口、沈砂池など）をまとめて頭首工とよぶ。



図—1 砂レキ堆の形状



写真—1 揖斐川のやな

い形状であり、全面固定堰である。

(4) 土砂吐・洪水吐を持った堰

ゲートの普及に伴い、今度は取入口に近い方に土砂吐や洪水吐を備えた堰が多くなる。当初はゲート幅も狭く、全面固定堰に近いものであったが、徐々にゲート幅が広がってくるとともに固定堰部分が短くなる。

河川構造令の施行後（実際にはその数年前から適用を受けている）は、ゲートの径間をできるだけ大きくとるとともに固定堰を設けない方針になってきている。

以上のようないろんなタイプの取水施設のうち、現在ふつうにみられるものにおける堆砂の様相について以下に説明を加えるが、その前に堆砂の原因となる砂レキ堆の形状を見ておきたい。

2. 砂レキ堆の形状

我国で取水堰を必要とする平野部の河川においては、河口付近のデルタ地域を除けば、河床に砂レキ堆が形成されていることが多い。周知のとおり砂レキ堆は洪水時の水流によって形成され、図-1のような細長い半扇状をしている。また各横断面での形状は図のとおりである。一見複雑な形状に見えるが、一つの砂レキ堆が河床の基本単位になって、河道と河床を構成しているのであるから、一つの砂レキ堆の形状特性をよく把握しておくことが、河川全体の理解を深めることになる。

河川から取水するために堰を設ける場合に、1. (2) で述べた木杵石詰めや竹蛇籠などの技術しかなかった段階では、河川を直角に横断することはかなり困難であった。図-1の各横断面図を見てわかるとおり、どの横断面をとっても必ず河床の低いつまり水深の深い場所があり、施行が容易でないからである。ところが一つの砂レキ堆の河床の高まり部分を連ねていけば、簡単に河川をせき止めることができる。これが「わん曲斜め堰」がつくられた理由である。その結果として、わん曲斜め堰は洪水時に破壊されにくいなどの数多くの利点をもつ²⁾。

わん曲斜め堰と同じ原理から河川を斜めにせき止めることが多いのが、あゆなどの魚をつかまえるために設けられる「やな」である。その一例を写真-1に示した。

また砂レキ堆を形成する洪水時の水流は、集中・発散を伴って蛇行するので、河床での洗掘・堆積がおこり、砂レキ堆は下流へ移動する。洪水の前後で砂レキ堆の位置が変化すれば、ミオ筋が変化し、州の位置が変化する。洪水前には取入口前にあったミオ筋が、洪水後には対岸の方へ移り、取入口前に州がついて取水できなくなったという経験をもつ堰も数多いが、これはほとんどの場合、砂レキ堆が移動したために生じたものである。

しかし古くからの堰で、取入口の前に常にミオ筋があり、堆砂に悩まされたことがない堰が多いこと

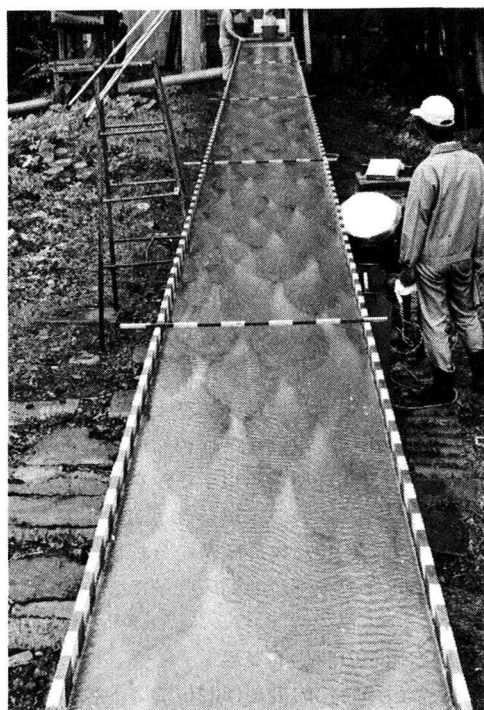


写真-2 実験水路の複列砂レキ堆



写真-3 豊平川 (札幌市)

もまた事実である。つまり砂レキ堆の移動しない場合があるということである。砂レキ堆の位置が安定化するのには、ある限度以上に河道が強く曲っている蛇曲河道においてであることが現在では明らかにされている³⁾が、堰の創設当時は経験的知識によってミオ筋の安定した地点を選んだのであろう。今日でも堰の位置選定の基本は、砂レキ堆の位置が安定した地点を選ぶことである。

3. 自然取入れの場合の堆砂

図-1のような単列砂レキ堆が形成されている河川において、堰なしで取水する場合の堆砂問題は、2. で述べたように、砂レキ堆の河床の高い部分が取入口前に来ることによって発生する。この堆砂を防ぐには、砂レキ堆の位置が安定した地点を選ぶしか方法がない。現在、河道の蛇行によって砂レキ堆の位置が安定化している地点において、河川改修工事によって河道が直線的にされてしまうと、砂レキ堆が移動して不都合が生じるようになるので、注意が必要である。

1.(1) で述べたように、しばらく前まで扇状地河川には多数の自然取入れがあった。小規模な扇状地河川では、単列砂レキ堆が形成されている場合もあるが、少し規模が大きくなると、図-1の砂レキ堆が上下流方向にだけでなく、横断方向に連なった複列砂レキ堆あるいはウロコ状砂レキ堆が形成される。実験水路上に形成された複列砂レキ堆の一例を写真-2に示した。水に白色絵具をとかしてあるので、白黒の濃淡で水深のちがいがわかる。洪水時の状態に相当し、洪水減水後はいくらか変形を起しながらも、砂レキ堆の形状に従って州とミオ筋になる。数本あるミオ筋のうち岸に近いものから取水していたのである。

単列砂レキ堆の場合には、ある程度以上曲りの大きな蛇曲河道になれば、移動がとめられるけれども、複列砂レキ堆の場合は、その列数が多くなればなるほど、砂レキ堆の位置を安定化させることは困難になる。しかも扇状地河川の河道はどうしても直線的になりやすいので、よけいに砂レキ堆は移動しやすい。したがって扇状地河川における自然取入れの取入れ口では、洪水のたびにミオ筋が移動して州がついてしまい、取入れの位置を変更したり砂州に導水路を掘削したりする必要があった。このミオ筋の変動による取水の不安定性を解消するためには、砂レキ堆位置の安定した地点に建設された統合堰へ合口するのがよい。

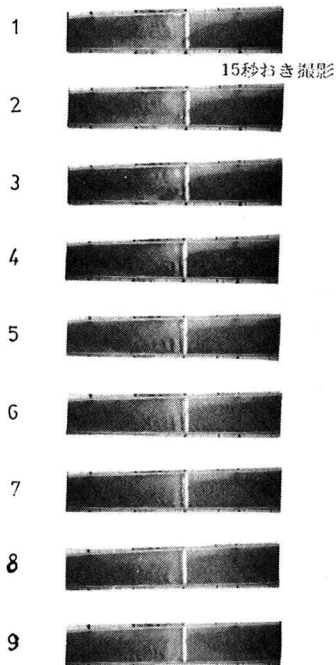


写真-4 敷高が高い堰の実験

4. 全面固定堰あるいは一部可動堰の場合の堆砂

堰や床止めがあっても砂レキ堆は継続して形成され、移動も継続することはよく知られている。写真-3は札幌市街を流れる豊平川において、床止めの上下流で砂レキ堆形状が完全につながっている状態を示す。この場合、床止めの高さは平均河床高にほぼ等しいと思われるが、砂レキ堆の形成によって床止めの半分くらいが砂に埋もれている。

全面固定堰あるいは可動堰があっても一部分にすぎない堰では、取水位をある高さに維持するため、堰の高さが平均河床高よりも高いのが普通である。



写真-5 忠別川第4頭首工土砂吐
水路上の堆砂 (S.55,9)

この場合にもやはり砂レキ堆は連続し、移動も継続する⁴⁾。写真-4は平均砂床高より堰の高さを少し高くして通水した実験結果である。堰の直下流での局所洗掘を除き、上下流でつながって形成されており、しかも下流へ移動していることがわかる。また堰直下流の局所洗掘の大きさも砂レキ堆の形状に密接に関係している。

したがって河川を横断する堰が設けられている場合でも、河床形は砂レキ堆の形状によって決まり、砂レキ堆が移動したために取入口前に州がつついて取水不能になる場合もある。取入口前に可動堰をもった土砂吐があれば、上流側水たき部への堆砂は生じないように思えるが、砂レキ堆の高まり部分が水たき部の上に来た時には、写真-5にみられるように、完全な排砂はむづかしい。堰高が高いので、土砂吐水路の勾配は大きくとれるけれども、水たき部に州が来るような場合には、洪水減水時の水流が固定堰部の方へも逃げてしまい、所定の水位が得られないために排砂しきれないと考えられる。しかし土砂吐などがついていない写真-4の堰においても、堰の敷上への堆砂は一番大きくても(2)程度であり、堆砂しにくいことは事実である。したがって堰の敷高が高くとれてしかも土砂吐水路がうまく設計されていれば、砂レキ堆が移動する地点でも、堆砂を防ぐことができる可能性がある。ただし堰直下流の局所洗掘を生じるほか、水位を高めるなど治水上の問題も多いので、あまりよい方法ではない。

5. 土砂吐・洪水吐などの可動堰部分が大きい堰の場合の堆砂

堰の固定部はどうしても洪水時の水流の疎通を悪くするので、最近の堰は固定堰部分をできるだけ小さくし、洪水時にはゲートを開けてしまえる可動堰部分を大きくしている。しかもゲート支柱の数もできるだけ減らす方向にある。こうなると減水時のゲート操作を抜きにすれば、4.の全面固定堰の場合とはほぼ同じになる。そして実際に建

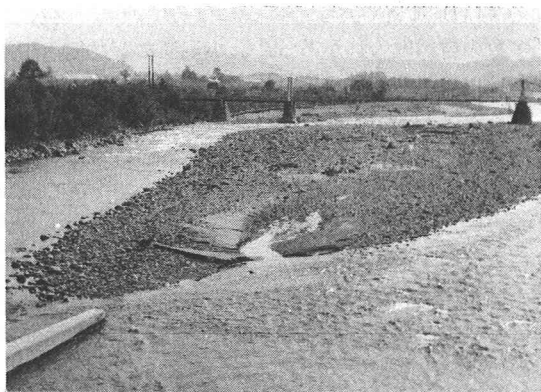
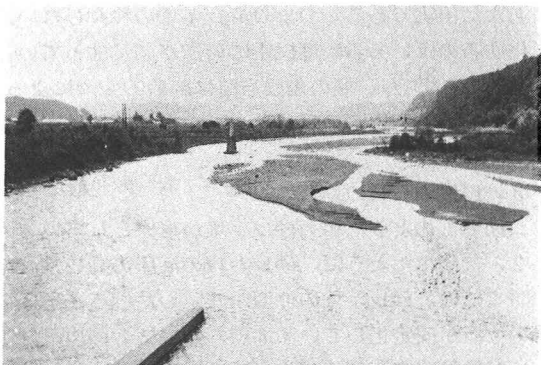


写真-6 忠別川第2頭首工上流の砂

レキ堆移動 (上: S.55.9, 下S.56.9)

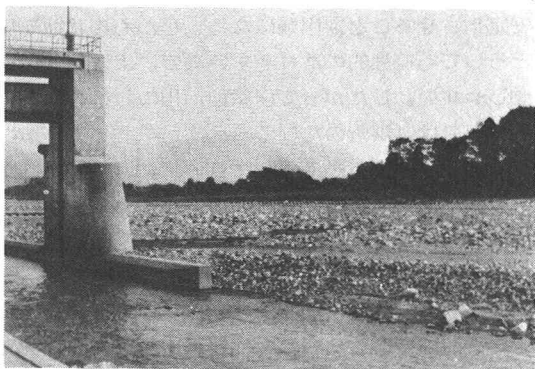


写真-7 愛知川頭首工 (滋賀県愛知川
土地改良事務所提供、S.50撮影)

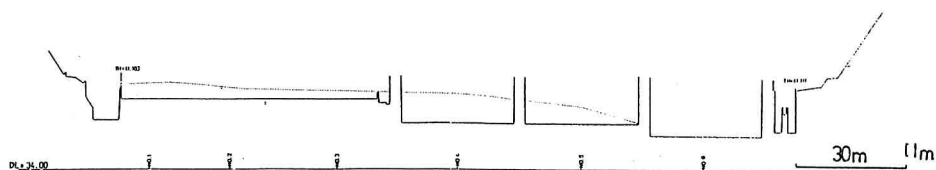


図-2 岡島頭首工の正面形状と現地の河床横断面

設される最近の堰は、河川構造令の規制を受けて、
6. でくわしく述べるように、現況河床より低く定められた計画河床に堰の敷高を合わせて設置されることが多いけれども、ここではまず現況河床と同等の敷高をもった堰の場合を考える。

砂レキ堆の位置が安定化している地点においては、現況の河床横断形に合わせて堰の正面形状を決めておけば、ミオ筋も安定し取入口前の堆砂も生じないばかりか、堰直下流の局所洗掘も起りにくいので、理想的な堰である。砂レキ堆の位置が安定化している場合でも現地の砂レキ堆形状を無視して取水の都合だけから堰の正面形状を決めると、取入口前に州がついたり、ゲートの敷上に堆砂を生じたりする失配をおかす。

砂レキ堆が移動する場合には、当初は現地の河床を合わせてうまく堰の形状を決めてあっても、洪水が何度か出るに従い、砂レキ堆が移動し、河床形と堰のズレが大きくなってくる。写真-6はその実例である。昭和56年8月の台風12号による大出水で、砂レキ堆が大きく移動し、堰上流の堆砂が下流へ大きく張り出してきている。次の出水では、ゲートの敷上へ堆砂が進み、ゲートを閉めることができなくなる心配がある。堰の上下流で州がつながってしまうような場合には、ゲートの操作によって、ミオ筋を誘導したり、堆砂を防いだりすることは不可能である。したがって堆砂を防ぐためには、6. と同様に堰上流の河床を掘削して、砂レキ堆が形成されにくいようにするしか方法はなさそうである。

6. 河川構造令の施行に伴って発生した新たな堆砂問題

昭和40年に施行された新河川法にもとづき、河川管理施設等構造令が昭和50年7月に制定され、同年10月に施行されることになったが、その第37条に、

「可動堰の可動部以外の部分及び固定堰は、流下断面内に設けてはならない。」という規定がある。この流下断面には、計画横断形に係る流下断面も含まれている。河川改修計画によって決められている将来の計画河床は、計画洪水流量が現在の流下断面では流し切れない河川が多いためや現在の河床低下傾向が将来もしばらく続くという見通しがあるために、現状の河床より低くなっているのが一般的である。したがって可動堰の敷高を計画河床に合わせて決めた場合、堰の敷高は現況の河床より低くなり、土砂に埋もれてしまう。図-2は昭和50年に完成した揖斐川の岡島頭首工の場合である。河川構造令施行前であるが、同趣旨の設計がなされている。点線が昭和44年の設計時の河床形である。右岸側の河床は図にないが、淵になっていて、堰の敷高より深い。最も右岸よりが土砂吐、2、3門目が洪水吐であり、左岸よりが固定堰である。洪水吐部分と固定堰部分が1～2 m も低くなっている。また写真-7は同様に現河床より低い敷高で建設された洪水吐（この場合は転倒堰）が一度の洪水ですっかり埋もれてしまった例である。

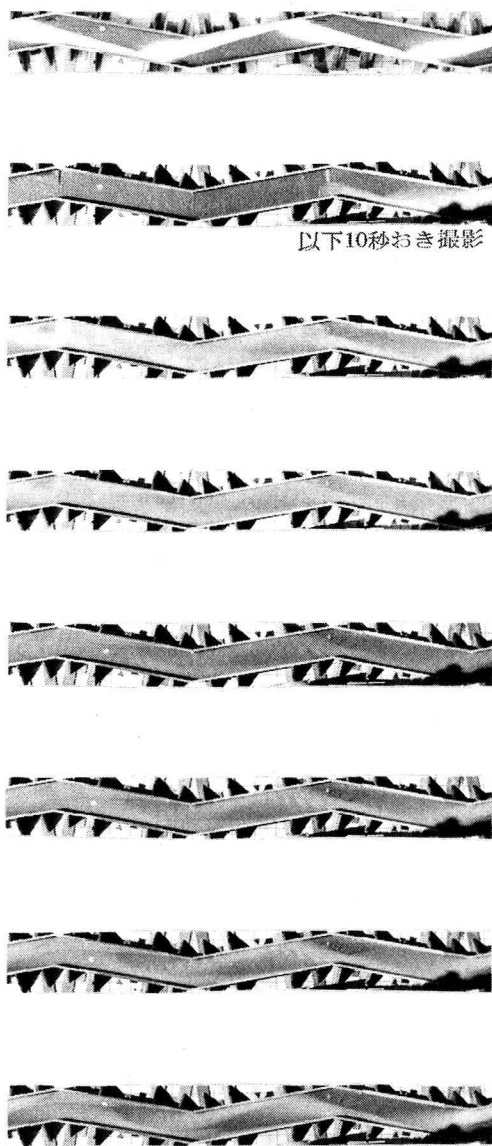


写真-8 掘り下げ河床の埋め戻し過程
の実験

このように最近建設された頭首工は程度の差はあっても、ほとんどが現況河床より低い敷高にさせられており、ゲート敷上への堆砂に悩まされている。堰の建設時に上下流の河床をいくらか掘削するため、大きな洪水がないうちは堆砂も大きくなり、支障を生じていない堰もある。しかしそのまま放置すれば、いずれは土砂に埋もれてしまうので、早めに手を打つ必要がある。

この堆砂を防ぐための現実的な方法は、堰の上下流とくに上流側の河床を掘削することである。掘削必要量の検討結果については、別稿⁵⁾にてくわしく説明したので、ここでは結論だけ述べる。

河道の一部区間の河床を掘り下げた時に、洪水によって元の河床に戻っていく過程は、写真-8のとおりである。上流側から砂レキ堆の形状に対応する堆砂が徐々に進行していく。岡島頭首工の場合、堰の建設時に砂レキ堆半波長くらいの区間を約2 mの深さで掘り下げてあったけれども、洪水（昭和50年8月）が出てすっかり埋められてしまった。それゆえ岡島頭首工の場合は、砂レキ堆半波長の区間の掘り下げでは完全に不足しており、少なくとも砂レキ堆1波長、できれば2波長区間くらいを掘り下げる必要があることがわかった。

また最近になって建設される例がでてきた扇状地河道における頭首工⁶⁾を含め、砂レキ堆が移動する地点にある頭首工の場合にも、堰の上流側の河床を掘削して砂レキ堆が形成されにくくするのが堆砂による不都合を除く現実的な対策であると考えられる。今のところ現地の実測データがきわめて乏しく、掘削必要量を定める一般的な方式はまだないので、どちらの場合も、試行錯誤でやるしかないが、河床掘削量と出水後の埋め戻し量の測量をキチンと行って、データを蓄積していくことが望まれる。

「謝辞」 本研究の遂行にあたって、いつもながら自由学園最高学部木下良作博士に御教示賜ったことが多い。記して改めて心からお礼申しあげる。また河川構造令に伴う堆砂問題の重要性については、岩手大学農学部岡本雅美先生から御指摘を受け、その後もいろいろ御助言を頂いた。お礼申しあげる。また現地調査や資料収集においては、関係機関の方々に一方ならぬお世話になった。水路実験では多くの卒論専攻生たちの協力を得た。深く感謝申しあげる。

なお本研究は文部省科学研究費（一般研究 C）の補助を受けて行ったものである。

「参考文献」

- 1) 牧 隆泰：日本水利施設進展の研究、土木雑誌社、1958
- 2) 三輪 弑：砂レキ堆からみたわん曲斜めゼキの合法則性、農業土木学会論文集（76）、1978
- 3) 木下良作・三輪 弑：砂レキ堆の位置が安定化する流路形状、新砂防（94）、1974
- 4) 三輪 弑：床固工が砂レキ堆の形成と移動に及ぼす影響、新砂防（112）、1979
- 5) 三輪 弑：将来計画河床に合わせた頭首工の上下流必要掘削量について、水と土（投稿中）
- 6) 三輪 弑：扇状地河道の複列砂レキ堆と頭首工の設置位置、農業土木学会論文集（90）、1980