

取水堰における堆砂・洗掘問題

三 輪 式

1. はじめに

農業用水等を河川から取水する堰では、取水位を確保するために、固定堰はもちろん、ゲートのある可動堰でも堰柱などが、河道内に設置されるから、洪水の疎通を阻害することにならざるをえず、治水上は好ましくない。（ただ、全体的に河床低下傾向にある河川においては、取水堰はその地点の河床高を固定化し、堰上流の河床をある程度維持するという床止めの効果をもつ場合がある。）

取水堰自体の問題としても、河床が洪水によって変動するさい、堆砂が取入れ口前を塞いだり、堰上への堆砂でゲートが閉鎖不能になったりする堆砂によるトラブルや、反対に、堰の下流河床の洗掘によるトラブルが発生する。以下に、このような堆砂と洗掘によるトラブルの発生メカニズムと、対応策について説明する。

2. 取水堰における堆砂問題

2.1 河道洲の移動による堆砂

(1) 河道洲の形状と低渇水時のみお筋

山間部の岩盤が露出している河道や、下流デルタ地域のきわめて緩勾配の河道などを除くと、日本の河川では、ほとんどの河道区間において、河道洲*が形成されている。最も基本的な直線水路における河道洲形状の1例を、図-1に示した。1個の河道洲は、狭く深い部分から対岸に向かって広がり高まる3次元的形状をしており、半波長ずつ重なりながら上下流に連続している。実河川においては、河床勾配の緩急や、河床構成粒子の大小、河道幅の広狭、河道の法線形状、寄洲や中洲上の植性などの影響により、河道洲は多種多様の形態をとっているが、基本的には、図-1の河道洲が、各種の変形を受けながら上下流に（河道幅の広い場合は、横断方向にも）連なった状態と見ることができる。（*本質的には

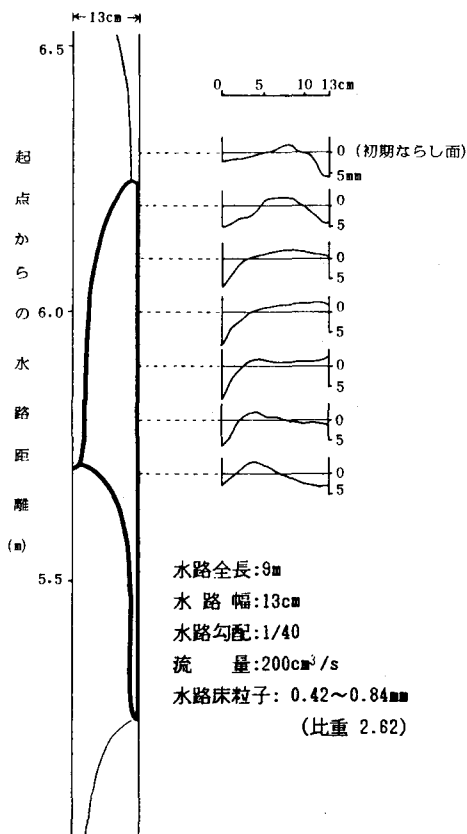


図-1 河道洲の平面・横断形状

同じものでありながら、河床構成粒子により、砂洲・砂礫洲あるいは、砂洲・砂礫堆と呼び分けていた河床形状を、ここでは統一して『河道洲』と呼ぶことにする。）

河道洲は、洪水時・低水時を問わず共通して存在している河床形状であり、どちらの場合にも、河道洲の形状とそのつながり方によって、水流の状態が決まってくる。

洪水時には、図-2にみられる通り、河道洲の後縁と河岸との間の狭い範囲に集中した水流が、下流

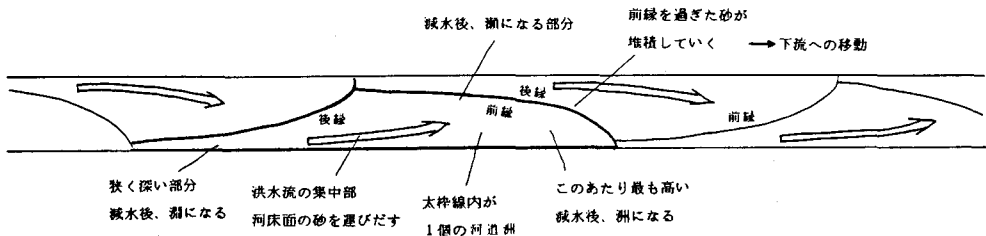


図-2 河道洲上の水流と河床砂礫の動き

前縁に向かって拡散していくというパターンが河道洲毎にくりかえし現われる。したがって、直線的な河道でありながら、水流の集中部が左右岸交互に現われ、主流部が大きく蛇行することになる¹⁾。

洪水減水期にはいっても、洪水時の河道洲の形態はほぼそのまま保たれたままで、減水してくるから、河床の高まり部分がまず水面上に姿を現わし、寄洲となる。最終的な低水時のみお筋は、左右岸交互にみられる寄洲の間をぬって一つの淵から対岸下流の淵へと瀬を経てつながっていき、やはり左右岸交互に蛇行する形態となる。

(2) 河道洲の移動による取入れ口前への堆砂

洪水時の水流集中部においては、河床面粒子が盛んに運び出され、河床が洗掘されていく。下流へ運ばれた河床粒子は、水流の拡散とともに速度を落とし、河道洲の前縁付近に停留し堆積していく。この結果、河道洲はその形状を温存しながら、下流へずれ動いていくことになる。河道洲が下流へ移動しようとする性質は、きわめて根強いものがあり、水制や床止めの存在にも構わず、下流へ移動していくし、1ヶ所の湾曲であれば、たとえ90°に曲がっていても、すりぬけるように移動していく。ところが、適切な波長をもつ蛇行河道においては、河道の各曲がりの角度が20°程度のゆるい曲がりであっても、河道洲の位置は安定化し²⁾、鮮やかなコントラストをみせる。

河道洲の移動は、洪水時の水流集中部の移動（河岸での水当たりの移動）と低渇水時のみお筋の移動を意味し、治水・利水のどちらの面においても、河道洲の移動の有無を正確に判断することは、非常に重要な問題である。

河道を横断する堰をもたない自然取入れの場合や、固定堰タイプの堰の場合には、取入れ口の前に堆砂が発生すれば、直ちに取水不能になってしまうから、河道洲の位置の安定した地点を選定することが、最も基本的な位置選定基準である。

古くからの取入れ口・取水堰において、昔から変わらず同じ位置で安定して取水している場合も多いが、これらの堰は、河道の湾曲によって、河道洲の移動しない地点をうまく選んで取入れ口を設けているのである。

しかし、洪水のたび毎にみお筋が変化し、取入れ口前に堆砂が生じて、取水に苦労してきた経験をもっている堰も少なくない。特に、扇状地河道区間にある取入れ口には、本節(4)において取り上げる渡良瀬川の待堰を始め、その例は多い。扇状地河道は、直線的に人工改修される場合が多いから、単列河道洲であっても下流へ移動しやすい上、水深に比して河道幅が数十倍以上と非常に広くて、単列河道洲が横断方向にも並列した複列河道洲が形成される³⁾ 場合が多いから、なおさら移動しやすいのである。

(3) 堰上への堆砂と河道洲との関係

平均値として、堰敷高と河床高が同等であっても、河道洲が形成されると、河道洲の横断形の凹凸に従って、堰が露出する部分と砂に埋れる部分とに別れ、部分的に堰上に堆砂が生じる。河道洲が下流へ移動していく場合には、堰の存在にはかわりなく、形状を温存しながら下流へ移動していくので、堰地点の横断形状の変化に伴って、写真-1にみられるとおり、堰上への堆砂の形態が変化する。

堰敷高が現地河床高より高い場合には、簡単にいえば、堰上流は堰の敷高まで堆砂が進み、堰の下流河床は洗掘を受け、下流水叩きが露出する状態になる。それでもなお、河道洲の形状は上下流で連続し、堰上への堆砂形状は、河道洲形状との関係によって、写真-1と同様の変化を示す。

ただし、堰の落差部において発生する段落ち流によって、堰上へ最も堆砂しやすい場合でも、落差の直上流部には、写真-2にみられるように、局所的な非堆砂域が生じる⁴⁾。

河道全面あるいは低水路全面が開閉自在なゲートをもった可動堰である場合には、堰の天端は可動堰のゲート戸当たり部にあたり、このような局所的な非堆砂域であっても、戸当たり部に堆砂がなければ、ゲートを自由に閉鎖することができる。ゲートさえ閉めることができれば、十分な水位が得られるから、仮に取入れ口前に寄洲がつく状態になっていても、取水は可能である。

例えば、北海道石狩川の大雪頭首工*において、S.56年洪水後に、河道洲の最も高い部分が堰上に

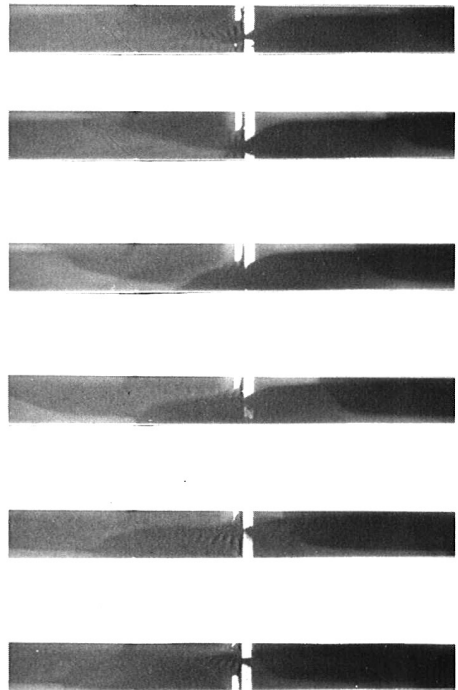


写真-1 河道洲の移動に伴う堰天端への堆砂形状の変化

20cm 幅, 1/70, 300cm³/s, 0.06~0.1cm 砂
(比重1.93), 堰は、水路起点から6.0m
地点に設置されている。

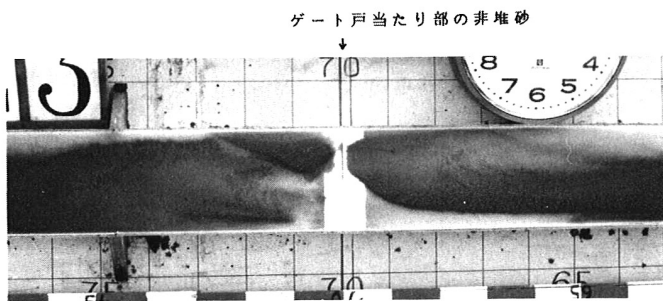


写真-2 ゲート戸当たり部の非堆砂
写真-1と同条件、ただし停水後

乗ってくる状態になっているにもかかわらず、ゲート敷上に堆砂が発生していないのは、上のような理由による。（*農業土木の分野では、取水堰とその附属施設たとえば、取水口や沈砂池などをまとめて頭首工と呼ぶ。）

(4) 待堰（渡良瀬川）における取水上のトラブル

待堰は、渡良瀬川扇状地河道の上流部、桐生市昭和橋の下流に設けられていた堰であり、太田頭首工の建設によって、廃止された。図-3の通り、典型的な2列の複列河道洲が形成され、下流へ移動していく区間の起点付近に位置していた。この図に記した期間においては、堰地点の河道洲はほとんど変化しておらず、取入れ口前におお筋が寄る状態が継続している。しかし、調査期間を前後に広げ、航空写真の判読を中心として、河道洲形状とみお筋の状態を検討したところ、河道洲の移動などによる取入れ口前への堆砂や、みお筋が2～3本に別れることのために、大方の年次において、取水上のトラブルが生じていたことが分かった。

待堰付近のみお筋変化とそれへの対応の詳細については、別の機会に報告することにし、ここでは、写真-3に、S.50年1月撮影の航空写真を示し、トラブルの一端を紹介する。以前は、取入れ口前のみお筋のみを堰止める形式の堰であったが、S.41年洪水によって旧来の堰が破壊された後、災害復旧によって河道を全面的に締切る堰が設置されている。この当時は、取入れ口付近において、右岸から左岸へ向かう流路が3本あり、

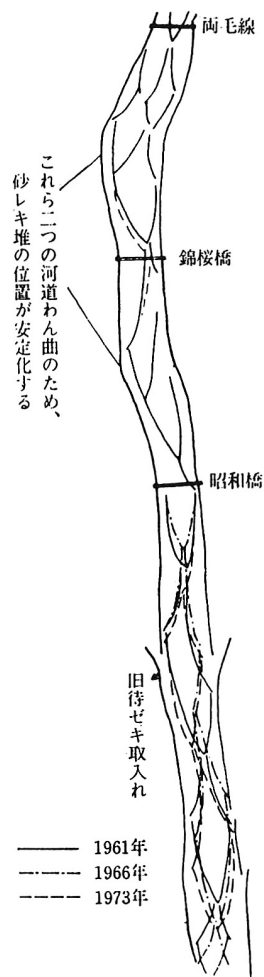
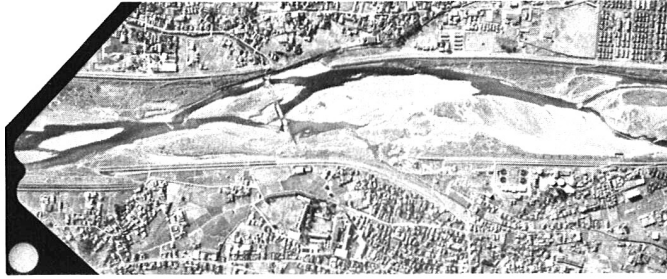


図-3 渡良瀬川の河道洲の変化
（待堰上下流部）⁵⁾



写真－３ 待堰付近の河状
(S. 50 年 1 月撮影, 地理院・CKT- 74 - 19, C 4 - 14)

そのうちの 1 本は、取入れ口前に寄っているが、他の 2 本は対岸側に落ちていっており、取水できない状態である。

河道を全面的に締切る堰が設けられていても、固定堰である限り、取入れ口前に寄ってきているみお筋からしか取水できない。したがって、渇水時に表流水の全量を取水するためには、石積みなどによって、他のみお筋をも堰止めて取水する必要がある。複列河道洲が形成されている河道での共通した取水上の難点である。

しかも、取入れ口前には、狭い範囲ではあるが、寄洲がついている。固定堰の場合には、この程度の堆砂でも取水不能になってしまう。灌漑期に入る前に、この堆砂を取り除く必要がある。

2.2 河川構造令に関係する堆砂

(1) 河川構造令に従った堰敷高設定の問題点

S. 51 年に河川管理施設等構造令（以下、河川構造令）が制定・施行されたため、取水堰の新築又は改築にあたっては、河川構造令に定められた基準を満たすような構造とする必要がある。

堰に関する条項のうち、流下断面との関係については、第 37 条に「可動堰の可動部以外の部分および固定堰は、流下断面（計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る流下断面を含む。）内に設けてはならない。」と定められている。

一般に、河川管理者（建設省など）は、自己の河川改修計画に基づいて、洪水時の河積を現況より大きくするため、計画河床高（目標としての将来計画値）を実際の河床より通常 2 m 程度低く定めている。そのため、河川構造令の適用を受けて、近年新築された取水堰においては、低い計画河床高に合わせて堰の敷高を設定している場合が多い。

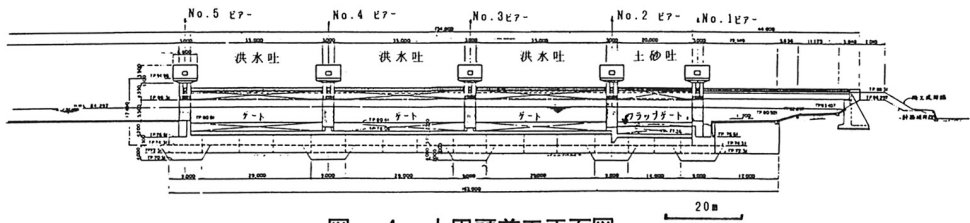
元のままの河床の状態では、堰が河床面下に埋れてしまうから、堰の建設工事が完了するさいには、堰の上下流の河床が掘削され、ゲートの開閉が自由に出来る状態にして使用が開始される。ところが、一般に河床掘削される範囲は堰の近くに限られるため、いったん洪水がでると簡単に埋め戻ってしまい、可動堰のゲートが閉められないといった事態が発生する。すでに詳細に検討した岡島頭首工⁶⁾（揖斐川）や本節で取り上げる太田頭首工（渡良瀬川）のほかにも、愛知川頭首工（滋賀県）、馬見ヶ崎川合同頭

首工（山形県）などその例はきわめて多く、今日の取水堰における最大の問題になっているといっている。

(2) 太田頭首工（渡良瀬川）における堆砂問題

a. 施設の概要と現地河床形状との関係

太田頭首工は、待堰の約100m下流に、待堰と下流の矢場堰、三栗谷堰との合口堰として建設された頭首工であり、S. 53年に完成している。待堰と同様に右岸から取水し、図－4のように、洪水吐3門・土砂吐1門をもつ全面可動堰である。



図－4 太田頭首工正面図
（渡良瀬川沿岸農業水利事業所で作成した図面から）

また、将来の河道計画では、渡良瀬川の扇状地河道においても、複断面化する計画になっているため、低水路のみを締切る形式になり、取入れ口対岸側に高水敷を配している。このような場合、従来は、S. 50年に完成した揖斐川岡島頭首工においてもみられる通り、高水敷に該当する部分は固定堰にされるのがふつうであったが、太田頭首工では、写真－4にみられるように、高水敷全体を固める方式になっている。この方式が採用されたのは、河川構造令の規定によって、低水路に堰や床止めが設置されたときに



写真－4 太田頭首工の設置と上下流の河況
（S. 55年10月撮影, 地理院・CKT- 80 - 1, C5B-11, C4 - 39）

は、高水敷保護工の施工が必要となったからである。（堰や床止めが取付けられる高水敷の保護の必要性は、S. 49年の多摩川宿河原堰での堤防決壊との関係から、強調されるようになった。この問題については、本論3.2.を参照のこと。）

洪水吐ゲートの敷高は、頭首工地点の計画河床高に合わせて、標高78.06mに設定されている。この計画河床高は、頭首工の計画・設計当時の実測最低河床高を参考にして決められているから、堰敷高は、それより高い河床高をもつ寄洲や中洲面から2m以上も低く設定されたことになる。写真－3は頭首工設置前、写真－4は設置後の航空写真である。両者を見比べると、左岸側の広い寄洲は、頭首工建設後

は高水敷部分になっていて、問題ないけれども、河道中央の中洲部分がちょうど堰敷上に乗ってくることがわかる。そのため、写真－5において読み取れるように、堰の上下流区間で河床掘削を実施し、ゲートの閉鎖が可能な状態にして、使用している。

洪水吐部の縦断面図は、図－5の通りであり、可動堰ゲートの敷高と下流水叩き高との間に、1.45 mの落差をもつ構造になっている。なお、下流水叩きと護床工は、水平面として施工されている。

太田頭首工地点は、待堰についての調査結果からわかるように、2列の河道洲が形成され移動する直線的な河道区間の起点部にあたり、2列の河道洲としての明確な移動は認められないものの、元来は、河道洲の形状が変化し、それに伴ってみお筋も変化する地点である。

ところが、写真－4にみられるように、近年は、頭首工上流部の寄洲や中洲の植性が進み、その位置・形状が安定化する傾向にある。昭和橋の上流区間は、河道の湾曲の影響で、従来から河道洲の位置・形状は安定化していたが、それに続く下流の形態として、植性の進展とともに、安定化してきたと考えられる。頭首工左岸の寄洲は、高水敷保護工によって固定化されているけれども、上流部の中洲・寄洲には、低水護岸や高水敷保護工は施工されていないから、大洪水があれば、河道洲形状が大きく変化する可能性は残されている。しかし、現在までのところでは、S. 54, 56, 57年と続けて中程度の洪水があったが、昭和橋から頭首工までの区間においても、S. 50年当時の状態が保たれている。

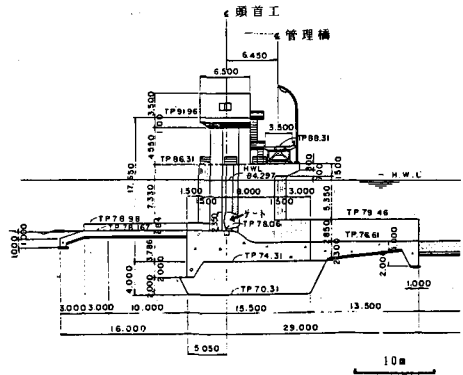
b. 堰の上下流掘削河床の埋め戻りの実態

S. 53年に頭首工が完成した時点では、堰の上流側約150 mと下流側約200 mの区間が河床掘削され、頭首工の使用が開始されたのであるが、S. 54年に洪水（上流部の高津戸流量観測所におけるピーク流量で、約 $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$ ）があり、堰の上下流に広く堆砂してしまった。そこで、堰の上下流河床がふたたび掘削された状態を示すのが、写真－4である。

そして、S. 56年と57年にも洪水があり、同様の埋め戻り現象が発生した。

S. 56年の洪水（高津戸ピーク流量約 $850 \text{ m}^3/\text{s}$ ）による埋め戻りの状態は、写真－5の通りである。堰上下流部の河床掘削区間において、上下流それぞれに堆砂域が発生しているのが読み取れる。

S. 57年には、高津戸ピーク流量で約 $1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ というかなり大きな洪水が8月にあったのち、9月にも約 $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水がでている。2回の洪水の間に河床掘削はなく、9月の洪水のあとには、洪水2回分の砂礫が堆積した。堰下流側の堆砂を右岸堤防上から撮影したのが、写真－6であり、広い範囲にうず高く堆積している様子がわかる。堰の上下流において堆砂域がつながってしまい、洪水吐ゲートの戸当たり部の上にも約1 mの堆砂が生じて、ゲートを閉鎖できなくなった。まだ灌漑期であったた



図－5 太田頭首工縦断面図
(渡良瀬川沿岸農業水利事業所で作成した図面から)



写真－5 S. 56 年洪水による太田頭首工上下流への堆砂
(S.56 年 10 月撮影, 地理院・KT-81-3Y, C2A-6)



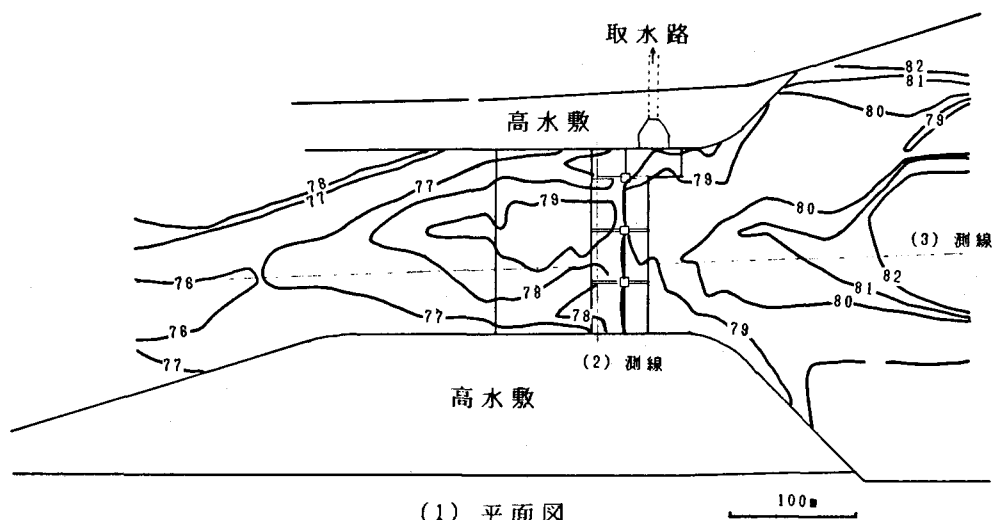
写真－6 太田頭首工下流の堆砂
(S.57 年洪水後, 三輪撮影)

め、緊急にブルドーザを入れてゲート敷付近のみ局部的に土砂を排除し、取水する態勢を整える必要に迫られた。

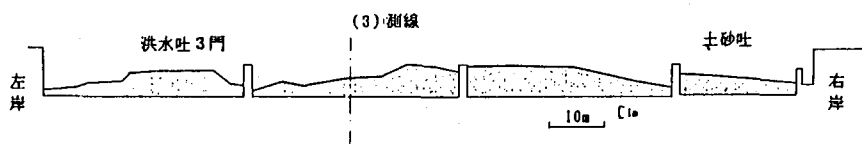
その後、非灌漑期になってから実施された河床縦横断測量の結果の一部が、図－6である。堆砂範囲は、堰上下流の河床掘削されていた範囲全域に及び、頭首工建設前に存在していた中洲がほぼ完全に復元されている。図－6 (3) の河道中央部の縦断測量図によれば、堰下流護床工の上には、3 m 以上もの堆砂がみられる。測量時には、すでにゲート敷上の堆砂が排除されていたから、堆砂面の形状が中くぼみになっているが、洪水直後は、上下流で連続した形態になっていた。同図 (2) は、堰下流側の導流堤部における横断面での堆砂形状である。導流堤の高さ 2.85 m に匹敵する高さの堆砂が、全体的に生じていたことがわかる。

c. 各出水による埋め戻り量の比較

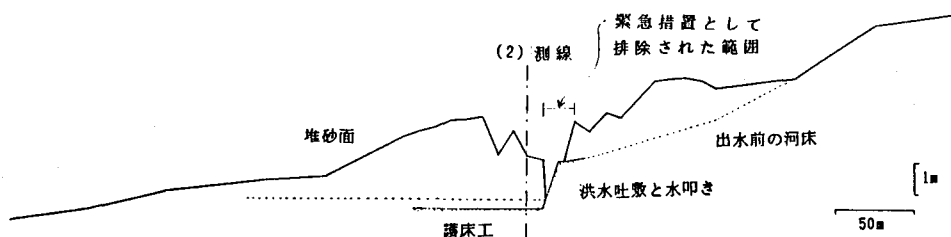
図－6 にはその一部しか掲げなかったが、出水によって埋め戻った河床の全域について縦横断測量がなされているので、埋め戻り量の計算が可能である。S.54, 56 年の出水による埋め戻り量も同様に計算でき、表－1 にそれらの結果をまとめて示した。S.57 年には 2 度の出水があり、しかも 8 月の出水



(1) 平面図



(2) 横断面図



(3) 縦断面図

図-6 S. 57年洪水による埋め戻り状態
(渡良瀬川沿岸農業水利事業所の縦横断面測量図から三輪作成)

はピーク流量 $1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ というこの期間では最大の洪水であったから、他の年に比べて、埋め戻り量は2倍以上になっている。

S.60年の航空写真によって、埋め戻り範囲の下流部の状態をみると、河床洗掘傾向にある流路特有の(流路幅が狭くなり、河道洲の形成

表-1 各出水による埋め戻り量

出水年	埋め戻り量	洪水ピーク流量*
S. 54	$15,000 \text{ m}^3$	$1,200 \text{ m}^3/\text{s}$
S. 56	$14,000 \text{ m}^3$	$850 \text{ m}^3/\text{s}$
S. 57	$38,000 \text{ m}^3$	$1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ **

* 高津戸地点の流量

** この後にも $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の出水があった。

がみられないなどの)形態を示している。このことは、この期間で最大の洪水があった S.57 年の場合でも、上流から流送されてきた砂礫の大半が、頭首工の上下流範囲に堆積したことを意味する。すなわち、表-1 の埋め戻り量は、各洪水によって上流から流送されてきた全砂礫量とほぼ同量である。上流から流送されてくる砂礫量の大小は、各洪水の流出特性(ピーク流量、継続時間、時系列パターンなど)に大きく支配されるが、河床面の状態にも関係があり、表-1 にみられる埋め戻り量は、現在のように、植性の進んだ寄洲や中洲が広い範囲を占めている場合にのみあてはまるということに注意しておく必要がある。植性がなく、河床が一面に砂礫で覆われている状態になれば、洪水時の流送砂礫量はもっと多くなるであろう。

d. 当面の対策としての河床掘削計画

現在の堆砂問題が根本的に解決されるためには、河川改修計画に基づいて、堰上下流の十分に広い区間において、河道掘削を伴った護岸・根固めなどの河川工事が進められる必要がある。

しかし、河川工事が進展するまでの期間は、頭首工上下流の比較的狭い区間の河床掘削によって、対処するしか方法はない。

S.57 年出水によって生じた堆砂を排除するにあたって、建設省から許可された範囲は、従来までの掘削範囲(上流 150 m、下流 200 m)と同じである。さいわい、S.57 年以降は洪水がでていないので、堆砂被害は生じていないが、S.57 年と同程度の出水があれば、堰はまた、堆積した砂礫に埋れてしまうであろう。S.57 年程度の出水(計画洪水流量 $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して、 $1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の 2 回の洪水)があっても、ゲート敷上への堆砂が生じないようにするためには、現在の河床掘削許可範囲では狭すぎるのである。S.57 年規模の出水があった場合には、前回同様、 $40,000 \text{ m}^3$ 程度の堆砂が予想されるけれども、掘削範囲を現在の 3 倍程度にまで広げることができれば、堆砂高が低くなり、写真-5 の S.56 年の場合のように、堰の上下流への堆砂はみられても、ゲート敷上には堆砂しない状態にすることができるであろう。そうなれば、可動堰ゲートを閉鎖することができ、当面の取水には支障を生じなくなる。

ただし、出水によって発生した堆砂を、そのまま放置すれば、その後の出水のたびに堆砂面上へさらに堆砂していき、ゲート敷上への堆砂につながるから、掘削河床が埋め戻された場合には、必ず元通りの河床に掘削しておかなければならない。

なお、同じく渡良瀬川の邑楽頭首工や淀川大堰などの緩流河川にある堰においては、洪水後に堰がやはり 1 m 以上の堆砂に埋れてしまいながら、何とかゲートを閉鎖できた場合がある。これは、ゲート閉鎖時の上下流水位差によって生じるゲート下端からの流出で、ゲート敷付近の堆砂がフラッシュされてしまうからである。緩流部で河床構成粒子の粒径が小さいためにフラッシュ可能になるものと考えられるが、フラッシュ可能な粒径の限界や、ゲートに与える影響などの検討は今後の課題である。

3. 取水堰下流の河床洗掘による問題

3.1 堰下流の局所洗掘

(1) 河道洲の形状と洗掘範囲との関係

河道洲が形成されている場合には、図-1に示したように、どの横断面をとっても河床の凹凸がみられる。河道に直角に取水堰を設ける場合、固定堰であれば、みお筋部つまり河床横断面の低位部を締切って、取水位を堰上げる形で設けられるから、堰下流の河床は堰の天端高より低くなる。しかも、河床低位部は、簡単にいえば、洪水時に水流が集中する側にあたるから、堰を越流し落下してきた水流により、大きく洗掘を受けることになる。堰の敷高が現地の河床高より高ければ高い程、堰下流の洗掘ははなはだしくなるが、堰の敷高が河床高の平均値と同等であっても、河道洲が形成されている限り、直角固定堰では必ず堰下流河床に局所洗掘を生じてしまうのである。

直線的な河道では河道洲が下流へ移動していく場合には、写真-1でみたように、堰や床止めなどの横断構造物があってもかまわず移動していくから、河道洲の移動に従って、堰と河道洲形状との関係が変化し、堰下流洗掘の深さや範囲が変化していく。なお、写真-1は、位置の安定化した河道洲に対して、いろいろな位置関係に配した堰の下流河床の洗掘状態を示しているとみることでもある。

河道を直角に横断する堰の場合には、どうしても河床の低位部を堰止める形になり、下流河床の洗掘は避けられないが、『わん曲斜め堰⁷⁾』であれば、洗掘を小さくすることができる。わん曲斜め堰は、河道洲の前縁に並行して河道洲の河床の高まり部分を連ねるように設けられた堰であるから、低い堰高で必要な取水位を確保できる。また、洪水時の水流が分散する付近に堰が設けられていることになり、洪水によって破壊されにくいという利点ももっている。

今日では、施工機械の進歩やコンクリートの使用により、どのような河道洲との位置関係においても、堰の建設が可能になっているが、石積みや木枠石詰めなどの簡単な構造の堰しか造れなかった時代において、簡単な工事で、洪水によって壊されにくい堰として、河道洲の形状の特徴をうまく利用したわん曲斜め堰が考案されたのであろう。

(2) 全川的な河床低下に伴う堰下流河床の洗掘

日本の大半の河川において、S.30～40年代には、急速な河床低下が続いていた。その原因の一つは、戦後に数多く建設された山間上流部の貯水ダムや砂防ダムによって、山地から流出した土砂が捕捉され、平野部河川に流送されてくる土砂量が減少したことである。峡谷部から平野部への出口に近い地点にダムが建設された場合には特に影響が大きい。

しかし、河川中下流部における河床低下については、上流からの土砂供給減よりも、治水上の必要から実施された河道掘削や建設資材としての砂利採取にその原因を求めるべきであろう。

S.20年代に頻発した洪水により、多くの河川で破堤・越流などの被害がでて、河川改修計画が全面的に見直され、計画洪水流量が以前より大きな流量に改訂されている。しかも洪水が頻発した結果、中下流部河道の河床面に上流から流送されてきた土砂が堆積して、河床上昇をきたした河川が多かった。

そこで、洪水流の流下断面を確保する方法として、河川改修工事と合わせて、河道掘削が実施された場合が多い。

河川改修工事との関連で河道掘削を兼ねて、砂利採取をしているうちは問題は生じないけれども、大規模な土木・建築工事のために、コンクリート骨材としての需要が急増して、大量に砂利採取されるようになると、堤防護岸の根が洗われたり、橋脚の土台が浮いてきたりする被害がでてきた。堰や床止めなどの河道を横断する構造物の下流においては、河床が局所洗掘を受け、堰体あるいは護床工の根が洗われる被害が発生してきた。そのため、大きな問題となり、S.40年代になると、全国各地の河川において、次々に砂利採取規制あるいは禁止措置がとられるに至った。

石積みや、木杵石詰め、蛇籠などの従来の堰の場合には、大きな洪水があれば、堰体そのものが災害を受けるから、堰下流の局所洗掘として、問題になることは少ない。

しかし、河床低下が進んできたS.30年代には、頑丈なコンクリート製の堰に改築されていた堰も多い。そうすると、大きな出水があっても、堰本体は破壊されにくいから、河床が低下傾向にある河川においては、堰の上流部は、堰の天端高まで堆砂し、床止めと同様に河床高が維持されるのに対し、下流の河床は、堰を落下する水流によって局所的な洗掘を受けることになるのである。

(3) 北空知頭首工（石狩川）における下流河床の洗掘

北空知頭首工*は、北海道深川市の近くの石狩川に設置されており、右岸大正用水と左岸空知用水の取水堰である。図-7のように、かなりきつい湾曲部の下流にあって、河道洲も低水時のみお筋も一定し

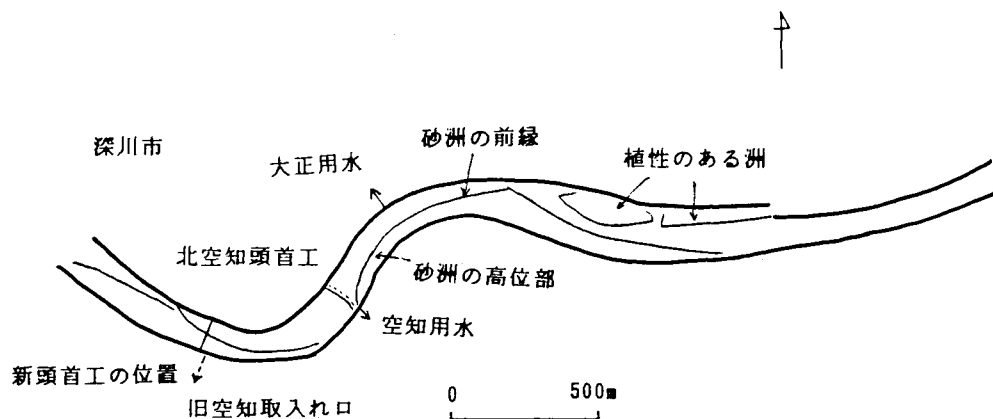


図-7 北空知頭首工と河道洲との関係

ている適切な取水位置に設置されている。（*下流に新北空知頭首工が完成しているが、ここでは、旧来の堰を、北空知頭首工と呼ぶ。）

北空知頭首工から下流の石狩川は、自然流路のはげしい蛇行とその変遷でよく知られていた河道区間である。しかし、相次ぐ大規模な捷水路工事や直線的河道への整正、護岸・堤防の設置などにより、現在では、人工改修河道に改められている。流路距離の短縮や河道掘削の結果、石狩川は全体として、著

しい河床低下傾向を示しており、旧来の堰の下流河床において、はげしい局所洗掘を引き起こしている。

なお、以前の空知用水取入口は、図－7に示すように、堰の下流の湾曲部凹岸側にあった。ところが、河床低下により、河川水位が低下したため、所要の流量が取水できなくなり、北空知頭首工地点に移動された経緯がある。

北空知頭首工は、S.6年に高さ0.9mのコンクリート固定堰として建設され、S.34年には、堰天端を0.5m嵩上げする改築工事が実施されている。計1.4mの堰高によっても、堰の下流は河床洗掘を受ける上、改築工事の頃には、河床低下もかなり進行していたから、その後、ますます堰下流の河床洗掘がひどくなっていった。

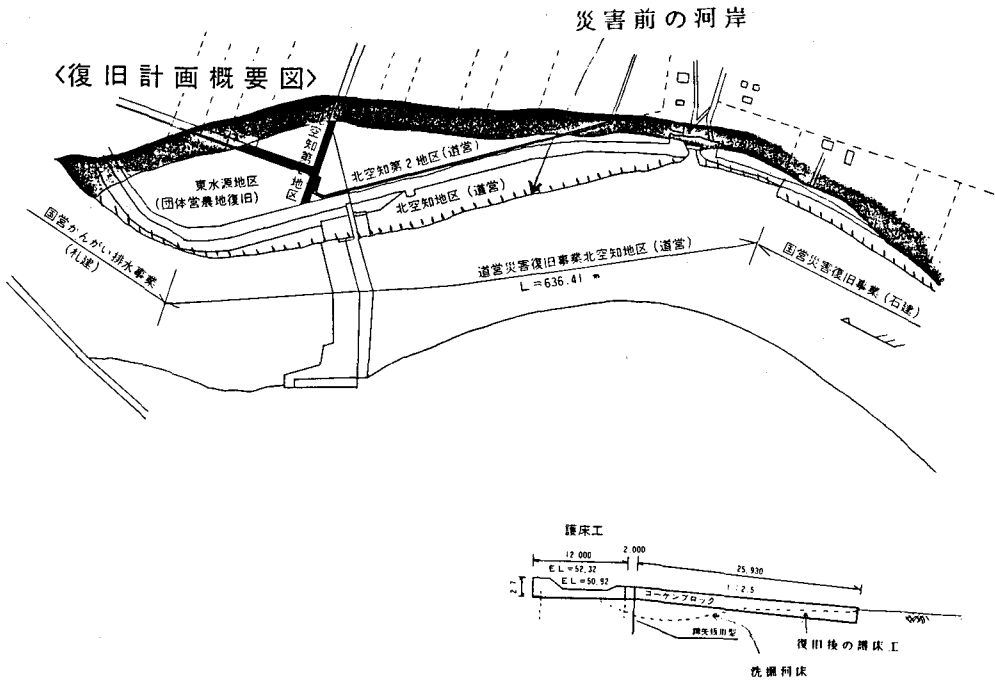
S.50年に続いて、S.56年にも大きな洪水があり、北空知頭首工地点においては3.2において述べるように、堰右岸側河岸の大きな浸食を被るとともに、堰下流の護床工が被災した。堰下流の河床がはげしい局所洗掘を受け、写真－7にみられるように、護床工地盤の河床砂礫が吸い出され、護床工および堰下流端が、転倒・流亡してしまった。



写真－7 北空知頭首工下流の護床工の損壊
(S.56年豪雨災・災害復旧事業概要書⁸⁾から)

災害復旧によって、図－8のとおり、下流護床工がすっかり造りかえられた。下流河床が低いので、堰直下流の護床工だけでは不十分であり、長さを延長するとともに、下流側を下げていって、現地の河床になじませている。

他の多くの堰においても、堰本体はコンクリート製で、きわめて頑丈に造られているため、本体が破壊されることは少なく、下流護床工が沈下・破損するが多い。下流側の河床は、災害前よりさらに低下しているから、災害復旧に際しては、護床工を下流にかつ天端高を下げて延長していく必要がある。順次天端高を下げていく方法としては、この北空知頭首工や川東頭首工（北海道鵲川）のように、傾斜



図－８ 北空知頭首工のS.56年災害とその後の復旧工事
(S.56年豪雨災・災害復旧事業概要書⁸⁾から)

をつけて、現地河床まで接続する場合と、北楯大堰（山形県谷沢川）などにみられるように、階段式に下げていく場合がある。いずれの場合も、護床工を流れる間に、できるだけエネルギーを消耗させ、流速を落して現地河床へつなげる工夫が必要である。

今日では、河床の砂利採取は強く規制され、あるいは禁止されており、堰下流においても、以前ほどのはげしい河床洗掘は生じないと予想されるから、下流護床工を、低い下流河床になじませるように、順次天端高を下げて十分の長さで設けておけば、堰体に関しては、大きな災害を受けることはないと思われる。

3.2 堰取付け河岸の浸食

(1) 堰下流護岸の損壊

堰の下流河床が局所洗掘を受けている場合には、堰下流護岸の前面の河床も洗掘を受けていることになる。したがって、洪水によって、護岸の根が洗われ、損壊する場合がある。

3.1 (1) で述べた通り、堰下流の局所洗掘範囲は、堰上下流の河道洲の接続状態に関係し、洪水時水当たり側の堰下流の方が、洗掘程度ははなはだしいのであるが、河床低下が著しい場合には、非水当たり側の下流においても、かなりの局所洗掘を受けている。水当たり側には、それなりに護岸根固めなどの手当を講じられているが、非水当たり側は、どうしても洗掘対策が不十分であることが多く、かえって非水当たり側の下流護岸が災害を受けやすい。

北空知頭首工においても、S.56年洪水のさい、左岸側の堰下流の護岸工が65mにわたり破損流失している。河道洲の形成状態からみて、非水当たり側にあたる取付け河岸であり、高水敷河岸への取付けになっている。高水敷に取付けられた場合には、堰を越える流れと高水敷から低水路へ戻る流れが合わり、よけいに護岸根入れ部の河床を洗掘するものと考えられる。

S.49年の多摩川の洪水においては、宿河原堰左岸下流の護岸が洪水の初期に損壊に受け、引き続いて高水敷が下流から徐々に浸食されていった。高水敷面の浸食流路が上下流つながってしまうと、堰上下流の河床面の落差によって、流路の縦断勾配が局所的にきつくなり、高流速となるため、さらに側方にも浸食範囲が拡大していき、ついには堤防が決壊する大災害になった。

北空知頭首工の場合は、左岸取付部の空知幹線用水の取入れ口に続いて、コンクリート製の用水路（暗渠）があり、高水敷が大きく浸食されるのを防いだため、護岸だけの被害ですんだのであろう。

(2) 北空知頭首工（石狩川）の右岸取付け河岸の浸食

S.56年の洪水によって、北空知頭首工地点の右岸側河岸が、長さ約1km、浸食最大幅130mにもおよぶ大規模な浸食を受けた。

頭首工地点より上流側の河道区間は、天然の河岸でありながら、河岸が浸食を受けにくく、河道の変遷のほとんどない区間である。それでも河道湾曲部においては、凹岸下流側が洪水の水衝部になるので、長期間をとってみれば、徐々に浸食を受けていた。北空知頭首工の上流部河道区間においても、S.50年の洪水によって、大正用水取入れ口の上流河岸が小さな浸食を受け、対岸上流の河岸もかなり大きく浸食されている。

続くS.56年の洪水において、図-8にみられるように、大正用水取入れ口付近から下流部が大きく浸食を受けたのである。

長さ約1kmにも及ぶ浸食のうち、上流側については、河道湾曲部の凹岸側下流への洪水時の水流集中によって生じたものである。この場合の河岸浸食は上流から徐々に下流へ進行・拡大していったと考えられる。

しかし下流側の幅広い浸食は、堰の存在と深い関係をもつ。

堰上流部の河岸浸食が進行してきて、堰右岸の取付け部河岸が浸食されたのか、(1)のように堰下流取付け護岸の損壊がキッカケとなって浸食が始まったのか、あるいはその他の理由によるのか、不明であるけれども、一旦上下流がつながってしまった後は、約5時間で浸食範囲を拡大してしまったといわれている。

このような短時間で大きな河岸浸食をおこした理由は、堰による水位の堰上げと、堰下流のはなはだしい河床低下である。堰の取付部の裏に上下流つながった浸食流路が形成された場合、多摩川宿河原堰の場合と同様に、浸食流路の勾配は、堰上下流の河床面落差によって、非常に急勾配になる。そのため、浸食流路の水流は高流速になり、河岸地盤と河岸沿いの上流河床を徐々に浸食していく。堰下流の護床工は損壊したけれども、堰本体は破壊されておらず、堰の天端高は維持されている。一方、浸食流路の

河床面は、3 m も低い状態になっており、堰を越流するよりも、こちらの方が、流れやすくなってきて、さらに河岸浸食が進んでいくことになる。

洪水時の非水当たり側であれば、宿河原堰の場合のように、浸食流路は弧を描くように形成される。北空知頭首工の場合は、前述の通り、洪水時の水当たり側であり、取付け河岸の上流部も既にかかなり大きく浸食されていた時点で、取付け部の浸食が始まったと考えられるから、堰取付け部河岸の局所的な浸食にとどまらず、洪水主流部による浸食が合成されて、よけいに浸食範囲が広がったのであろう。

以上のような多摩川災害や、石狩川災害の経験から、① 堰の上下流河床面に段差がついている場合に、② 堰取付け部上下流の護岸が損壊して、取付け部の裏をまわる流路が形成されると、③ 高水敷あるいは堤内地盤が大きく浸食され、大災害につながる事がわかる。したがって、河川構造令において、① 堰の敷高を極力低く設定し、② 堰取付け護岸を強化し、③ 高水敷保護工を設けることが強調されていることには、それなりの根拠があるのである。

しかし、写真-1 においてみられるように、堰敷高が現地河床高に比べて、高くない場合には、非水当たり側の寄洲部では、堰下流の局所洗掘は起きないから、取付け護岸の損壊が生じる可能性は少なく、取付け河岸の浸食の危険もほとんどないと言ってよい。このような場合に、一律に、太田頭首工方式の高水敷保護工を要求する必要はまったくない。治水上の配慮が優先されるのは当然としても、利水側に過剰の負担を強いることがないように、各頭首工の実情に応じた計画・設計が望まれるところである。

〔謝辞〕 本稿の執筆を進めることができたのは、自由学園最高学部・木下良作博士から賜った多年にわたる御指導のお陰である。改めて心からの謝意を表する次第である。また、岩手大学農学部・岡本雅美教授から頂いた御助言に対しても御礼申し上げる。なお、太田頭首工の調査にあたっては、農林水産省・渡良瀬川沿岸農業水利事業所（当時）から、北空知頭首工の調査にあたっては、北海道開発局・深川農業開発事業所および深川土地改良区からそれぞれ御援助を得、かつ資料の御提供を受けた。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 木下良作：洪水流航測の河道計画への応用，写真測量とリモートセンシング，Vol. 14，No. 2，1975.
- 2) 木下良作・三輪 弼：砂レキ堆の位置が安定化する流路形状，新砂防，94，1974.
- 3) 三輪 弼：単列砂レキ堆と複列砂レキ堆の関係，第28回水理講演会論文集，1984.
- 4) 三輪 弼：取水堰のゲート敷上への堆砂を防ぐための下流落差の効果，昭和61年度農業土木学会講演要旨集，1986.
- 5) 三輪 弼：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.
- 6) 三輪 弼：将来計画河床高に敷高を合わせた頭首工の河床掘削計画－S用水O頭首工の事例－，水

と土, 48, 1982.

7) 三輪 弼: 砂レキ堆とわん曲斜め堰, 水利科学, 85, 1972.

8) 空知支庁北部耕地出張所: 昭和 56 年 8 月豪雨災農用施設災害復旧事業概要書 (北空知地区・北空地第 2 地区).