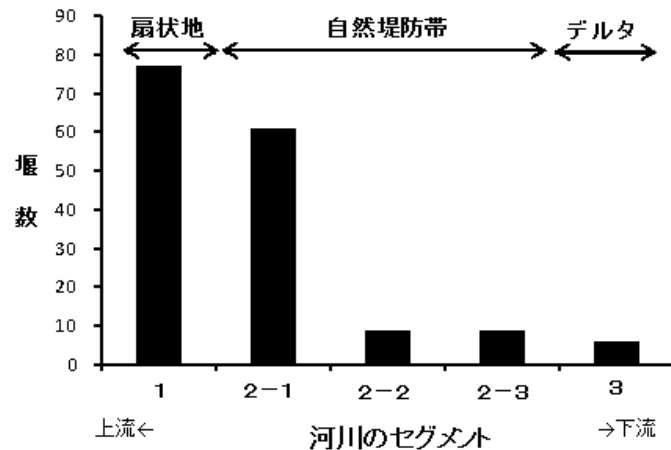


取水堰下流の河床低下対策に関する一考察

農研機構農村工学研究所 ○常住直人、高木強治

1. はじめに

取水堰では、セキ上げに伴う堰直上流堆砂によって、堰下流に一定の河床低下を生じる。また、堰放流によって、堰直下流での局所洗掘も生じうる。前者は、堰高が高い固定堰で顕著になり、後者はセキ上げ水深が大きい可動堰で顕著になる。ただし、固定堰であっても、ミオ側は土砂吐で可動堰化されており、かつミオ側が河床標高最低であって、局所洗掘深も深くなりやすい。ゆえに、固定堰も含め、局所洗掘で中心的問題になりやすいのは、可動部直下の局所洗掘である。とりわけ、堰下



※文献5)より著者作成(連珠堰は除く)

図1 取水堰の河川内分布

流水位が低い、増水初期の可動堰半開操作時(洪水予備放流時)の局所洗掘は問題になりやすい。このような局所洗掘の問題に対しては、早くから様々な検討が加えられており¹⁾²⁾、それにより1970年代以降、護床設計手法³⁾が確立されてきた経緯がある。したがって、基準に則した護床工の設計、改修を行えば、堰直下の局所洗掘は一定以下に抑えられるはずであり、局所洗掘が生じて、(河床全体が洗掘傾向、低下傾向の上流域でなければ)それはあくまで堰放流が減勢される範囲の局所的なものに止まるはずである。この場合、局所洗掘が生じて、堰下流の河川水位は不変なので、パイピング等の構造問題や、魚道機能の低下等、環境上の問題は起きにくい。

しかし、実際には、1980～90年代以降、これらの問題が頻発している。これは、問題の中身が、堰付近だけの局所洗掘から、広範囲な(全川的な)河床低下にシフトしてきたためと考えられる。すなわち、河床低下により、護床工下流の河川水位が低下し、護床工下流水位が設計水位を下回るようになって、護床工の減勢機能が失われ、下流洗掘が著しくなったのだと考えられる。この場合、河床低下により、堰下流の河川水位自体が低下するのであるから、局所洗掘がさほどでなくとも、パイピングや魚道機能喪失が起きやすくなる。護床機能云々は、問題解決の中心的課題でなくなり、河床低下に応じた堰改修工法を構築することが問題解決の中心となる。本報文はこの点についての緒論である。

2. 河床低下の要因

河床低下を引き起こす要因としては、自然浸食、上流ダム堆砂、人為的河床掘削の3つが考えられる。

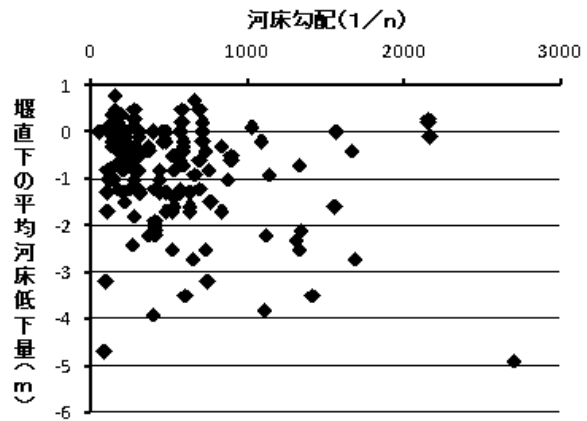
このうち、自然浸食の要因(河道形成要因)として重要なのは、河床勾配、河床粒径、河

川水深（もしくは河川流量、特に低水路満杯流量）だが、粒径、低水路満杯流量とも勾配に応じて変化する傾向があるので⁴⁾、河床勾配が最も支配的な因子である。一般的に、自然浸食は、河床勾配が急な河川上流域では経年的に進むが、中流域では大出水により変動しつつも経年平均では河床安定となり、下流域では逆に経年的に堆積傾向になる。河川狭窄部等、洗掘しやすいカ所であっても、中流域以下であれば、その深掘れが一方的に増大していくとは考えにくい。地質的に特段脆いわけではなければ、農業取水堰が多く存する河川中流域

（図1）、すなわち、扇状地（セグメント1）や自然堤防帯上流部（セグメント2-1）では、自然浸食による河床低下が一方的に進む、とは考えにくいのである。実際、河床勾配やセグメント毎に河床低下量を整理した図2、図3では、河床勾配、セグメントと河床低下量に明確な傾向は見られない。これより近年の河床低下が、自然浸食要因主体では起きていないことが分かる。

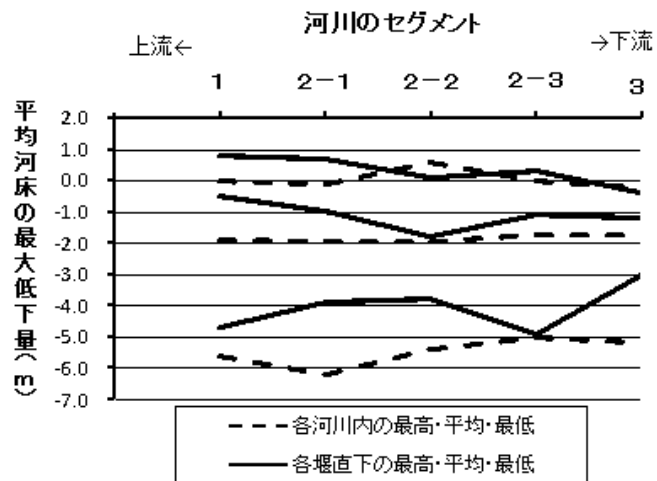
一方、上流ダム堆砂により堰付近の河床低下が進む場合、河床形成に重要な砂礫堆が堰上流河川で縮小し、それが堰付近にまで及んでいなければならない。しかし、砂礫堆の進行は緩慢なものであり、我が国におけるダム建設の急増がそれほど昔でないことからすれば、ダム堆砂が河床低下の主因とも考えにくい。ダム建設が主因であれば、上流ほど河床低下量が著しいはずだが、図2、図3ではそのような傾向は見られない。

以上に対し、河床土砂採取量と河床低下の間には図4に示す



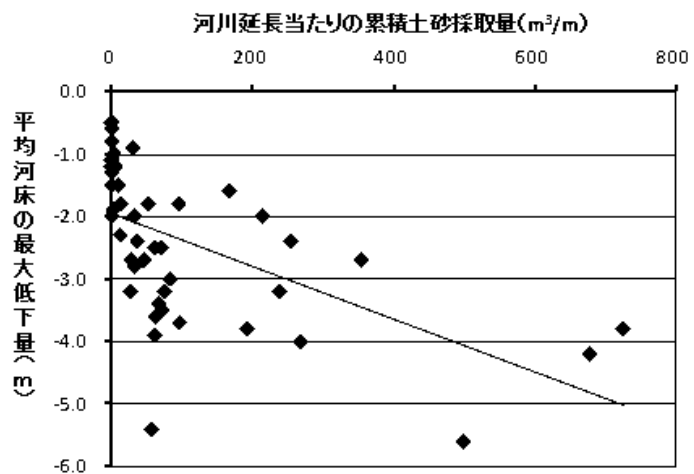
※文献5)より著者作成（連珠堰は除く）

図2 河床勾配と堰直下の河床低下量



※文献5)より著者作成（連珠堰は除く）

図3 河川セグメントと河床低下量



※土砂採取量データのある河川についてのみ表示。

※文献5)より著者作成

図4 河床土砂採取量と河床低下量

如く、一定の傾向が見られる。図3のように、全川の河床低下が進んだ背景には、全川の河床掘削があったと考えられる。

3. 河床低下対策の設計条件

人為的河床掘削が全川的にあった場合、堰直上流では堰頂標高程度の従来河床標高が維持されるため、河床掘削量に応じて堰地点での河床段差が大きくなる。堰地点での段差は、下流の河床掘削の影響が堰地点に及ぶのにタイムラグがあるため、当初はそれほどでもないが、最終的には下流の掘削による河床低下量と同程度になっていくと考えられる。

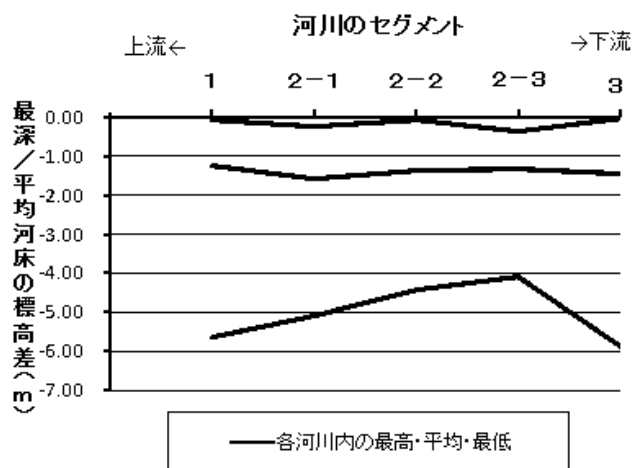
例えば、図3では河川内と堰直下で河床低下量に差異があるが（（河川内の河床低下量）>（堰直下の河床低下量）なので、現状は、堰放流での局所洗掘よりも河床掘削での低下量が多いことが分かる）、最終的にはこの差異が無くなる方向に収束していくと考えられるのである。堰での段差により落水を生じることを鑑みれば、将来的には堰直下の河床低下量が下流河川のそれより大きくなる場合もありうる。したがって、図3中の、河川内の最大河床低下量（約6m）を、堰段差（＝堰頂標高-堰直下河床標高）の最大値として、設計上想定する必要がある。

ただし、この値は平均河床に対するものであり、ミオ側（最深河床）では、更に大きな落差を生じる（図5）。設計上はミオ側の最深標高を基準にするのが望ましく、その場合は、上記の堰段差想定最大値に平均、最深間の標高差（約1.5m）を加味する必要がある。ゆえに見込むべき堰段差想定最大値は、最大12m、平均7.5m程度となる。局所的な最深河床の深掘れがあっても、河川水位自体は、平均的な最深河床標高に追従するであろうから、堰段差想定最大値としては概ね7.5mを見込めば良いだろう。

一方、河床低下時に堰下流減勢の設計で考慮すべき、最大単位幅流量は、低水路満杯流量を基準にすれば良いと考えられる。これは、堰段差があっても、堰上下流間で高水敷標高は大抵連続しており、低水路満杯時には、下流河川水位が減勢の最悪条件とならない程度に高まるからである。低水路満杯流量時の単位幅流量は従前 $10\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 程度となる河川が多かったので⁴⁾、これ以上を堰段差に対する減勢設計上の最大単位幅流量値と見る必要があり、概ね $20\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 程度は見込む必要がある。

4. 河床低下への対策工法

前節での想定最大落差、想定最大単位幅流量は、小規模ダム（ため池）の減勢工の設計条件と類似であり、ダムの減勢工設計手法が準用可能である。ただし、河川内では土砂流下があるので、減勢施設としてピア、ブロック等は適用困難で、適用しても経年的な摩耗、破損により減勢機能を維持出来ない。また、構造令の縛りがあるので、流木閉塞を来すような構造や河床より飛び出る構造物も使えない。したがって、減勢工法は、階段式減勢工や段上がり跳水と組み合わせたドロップ式減勢工⁶⁾に概ね絞られる。これらで堰段差部の一次減勢を



※東海地区の7河川データより著者作成

図5 最深河床と平均河床の標高差

行っただうえで、その下流の水平床部で通常の護床ブロックによる二次減勢を行う方式が考えられる。

5. おわりに

近年の河床掘削は主として、高度成長期～1990年代の骨材需要や都市化に対する治水計画（計画河道への擦りつけ）の必要に応じて行われた。国内河川での骨材採取は、建設需要の低下や海外（中国等）からの輸入もあり、かつてほど大きくならないと思われるが、計画河道掘削の必要性は、脱ダムの状況下では、むしろ高まりうる。ダム以外の治水には上流域の植林、遊水池、堤防嵩上げ、河道拡幅（掘削）等の方策が考えられるが、現状、上流植林の余地は小さく、遊水池や堤防嵩上げには敷地の制約があるからである（都市域で建設されている貯水トンネル型の遊水池を除き）。

河道掘削に伴い河床低下が更に進んだ場合、堰での対応策は、本論で掲げたような部分的改修での長寿命化か、低下した河床標高（計画河道標高）に合わせた堰の全面改修か、の二者択一となる。前者の場合、LCCの低減や現状の管理体制を継続出来る利点があり得るものの、堰が治水上のネックとなるリスクも高まる（堰地点付近での堤防決壊リスクが高まる）。このような場合、魚道や沈砂池を迂回放水路として活用することも、併せて考える必要があるが、これらは高水管理を煩雑化させ、かつLCCを悪化させる方向に作用しうる。したがって、個々の河川、個々の堰で対応策を最適化させる必要があり、本論で掲げた部分改修工法を含め、多様な研究が必要になるだろう。今後もこの点に即し研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 齊藤隆(1978) : 水平噴流による洗掘に関する研究, 土木学会論文報告集, 282, 53-63
- 2) Laursen, E.M. (1952) : Observations on the nature of scour, *Proc. 5th Hyd. Conf., State Univ. of Iowa, Bull. 34*, 179-197
- 3) 農水省構造改善局 (1978) : 護床工, 土地改良事業計画設計基準 設計 頭首工, 104-145
- 4) 土木研究所河川研究室 (1988) : 河道特性論, 土木研究所資料, 2662, 16-49
- 5) 国土交通省河川局 (2009) : 河川整備基本方針
- 6) 農水省農村振興局 (2006) : 減勢工, 土地改良事業設計指針「ため池整備」, 77-87