

河道形状が河原水際の物理環境に及ぼす影響

東京大学大学院 学生会員 ○鈴木 高
東京大学大学院 正会員 知花 武佳

1 背景と目的

河川中流域に見られる「河原の水際」には、場所によって様々な姿を見ることができ、またこの姿の違いが河川景観・生態環境の特性を大きく左右している^{1,2}。しかし、「どのような条件下の川／区間で、どのような物理環境をもった河原水際が創出されるのか」については十分研究されていない。こうした影響やそのメカニズムを明らかにすることは、景観や生態系に配慮した河川管理を志向する上で有用であると考え、本研究では、河道形状が河原水際の物理環境に及ぼす影響について、**2**と**3**に示す2つのステップで検討を行った。

2 河原全体と河原水際の物理環境の関係——現地観測から

まず、浅川（#1）、多摩川（#2）、入間川（#3a・#3b）、越辺川（#4）の各河原を選定した。そして、「河原水際」と、それを直接的に規定すると考えられる「河原（全体）」を対象に、地形形状と底質について現地観測を実施した。具体的には、河原の地形測量、河原水際の横断平均勾配測定等を行い、この結果、断面形状の特徴に基づき5つの河原を図-1のように2つのタイプに分類できた。すなわち、河原の中ほどから下流寄りにかけて、「20%を超える切り立ち」が存在する断面が多くみられ、河原上部はほぼ平坦であるものをType 2とし、そのような断面は見られず、横断方向にほぼ一定のなだらかな勾配を有する断面ばかりで、より厳密には、上流寄りから下流寄りにかけて、緩・急・中といった横断勾配変化³をみせているものをType 1とした。この違いを平面的に示したのが図-2である。

Type 1には#2と#3a、Type 2には#1と#3bと#4が分類された。また河原の底質にも、水際に切り立ちがあるType 2の方が、Type 1よりも分級が悪い（つまり多様な礫径が混在している）という傾向が見られた。このように、現地観測から、河原全体と河原水際の物理環境に関係性を見出せた。

3 河道形状が河原（水際）の物理環境に及ぼす影響——理論の整理と現地踏査から

2の結果から、「洪水ピーク後比較的早い段階で流れが砂州の前縁線に沿い、水際を侵食し切り立たせる」か「洪水ピーク後もしばらく流れが砂州上で前縁線を乗り越えながら徐々に前縁線に近づいていき、そこで底質の分級が起こる」かが、上述した河原（水際）の状態を規定している可能性が高いと考えた。そこでこうした違いが見られる理由を探るため、理論の整理と現地踏査によって、より大きなスケールから検討した。

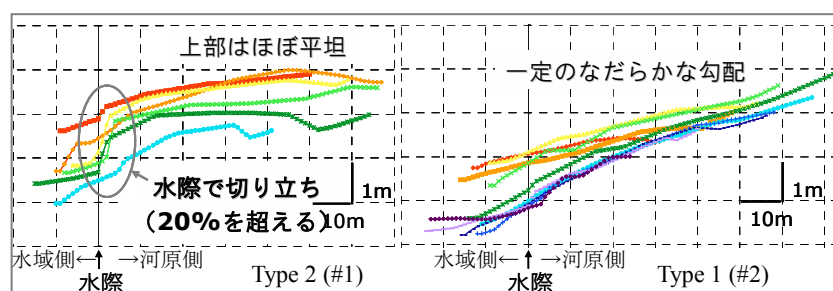


図-1 河原横断形状に見る Type 分類（#1と#2を例に）[各折れ線は、同一河原内でほぼ等間隔に数本～10本程度設定した横断面での、地形形状]

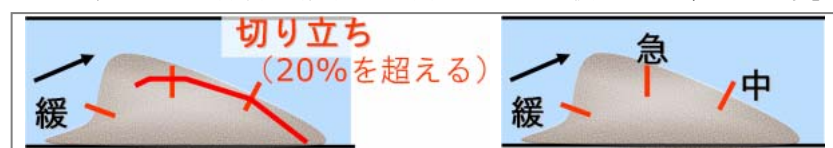


図-2 河原水際の横断勾配分布（平面図。左：Type 2，右：Type 1）

[Type 2では中ほどから切り立つが、Type 1ではほぼなだらかな]

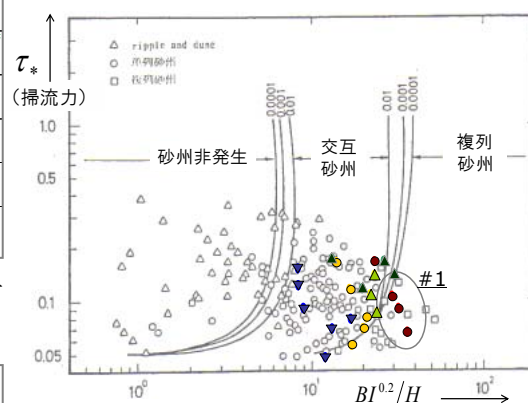


図-3 各サイトの洪水時想定水理条件を、黒木・岸による区分図にプロットしたもの
●#1, ●#2, ▲#3a, ▲#3b, ▼#4

キーワード 河原水際、河原の横断形状、底質分級、交互砂州の形成条件、洪水後の主流線変遷、河道の湾曲
連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学工学部 1 号館（河川／流域環境研究室） Tel. 03-5841-6107

3-1 洪水時の水理条件と河原（水際）の物理環境

まず2での結果のうちType 1（水際がなだらかなタイプ）については、洪水時の主流線の位置が平水時の主流線の位置からずれており、減水期に徐々にシフトするという従来から言われている典型的な交互砂州の形成過程で説明が付く。一方Type 2（切り立つタイプ）については、渡邊ら⁴による直線水路での実験が興味深い。すなわち、通水（洪水）初期に複列砂州であったのちにモード減少して交互砂州となるケースでは、洪水ピーク後比較的早い段階で流れが砂州の前縁線に沿うことが観察されている。このとき、減水期以降継続して主流路が前縁線沿いとなり、この過程で河原水際（前縁線沿い）が大いに侵食され切り立つものと考えれば、Type 2についても説明がつく。

以上のように、(1) 洪水時（初期）に交互砂州条件の場合は、減水期徐々に流れが前縁線を乗り越えることで、底質の分級がなされつつ、水際も越流によってならされて全体的になだらかなる一方、(2) 洪水時（初期）に複列砂州条件の場合は、洪水ピーク後比較的早く一気に流れが砂州の前縁線に沿うことで、水際が侵食され切り立つとともに、河原の底質はあまりふるいわけられず分級が悪くなる、というメカニズムが提案できた。そこで、洪水時に想定される水理条件を各サイト数パターンずつ計算し、黒木・岸⁵の区分図にプロットした結果、#1のみが際立って複列砂州条件になりやすいことがわかった（図-3）。こうして#1がType 2となったことは説明できたが、#3bと#4がType 2となったことをこれだけでは説明できなかった。そこで次に、河道の湾曲を考慮してみることにした。

3-2 河道の湾曲と河原（水際）の物理環境

湾曲の内岸側の砂州と外岸側の砂州について、洪水時の砂州上流れの違いを永納ら⁶が指摘している。すなわち、内岸砂州においては、その中程で砂州の前縁線を横切るような流れが強くなるのに対し、外岸砂州上では、外壁に沿いながら外岸砂州先端に向かう流れと河床形状のため分流して内岸へ向かう流れとの分合流が見られ、（複列砂州における）中州の様相を見せる。これから、(a) 直線河道の場合に加えて、(b) 内岸の河原の場合は、水流が前縁線を比較的長く（徐々に）横切ることで水際はなだらかなりやすいこと（Type 1）、(c) 外岸では中州的になり、先ほどの(2)同様に水際が侵食されて切り立ちやすいこと（Type 2）が示唆される。さらに、洪水時は河道湾曲箇所直下流に、流れが外岸側に収束するため、洪水ピークから減水して低水に至るまでの流路が固定される場所が生じると考えられる。これから、(d) 湾曲直下では固定された流路にそって水際が侵食され、切り立った水際（Type 2）が形成されることが示唆された。このように区分すると、#3bと#4は(d)に該当しており、水際が切り立ったと考えられる。いずれの場所でも、河原の上流側が比較的なだらかで下流側が切り立っていることもこれを裏付けている。

3-3 現地踏査（多摩川川歩き調査）による、以上の議論の検証

以上の議論を検討するべく、多摩川の羽村堰から睦橋まで約3kmの区間の9つの河原を対象に、現地踏査を行った。9つの河原を上流側から順に1,2,...と命名し、曲尺などを用いて水際勾配を測り、いずれのTypeかを判別した。

その結果（表-1）、川幅が広がる6以降では、発達途上と考えられた7と8を除きType 2となった。またそれ以前では外岸側の河原のみType 2となった。これらより上記の議論をおおよそ検証できた。

表-1 多摩川川歩き調査の結果

河原	1	2	3	4	5	6	7	8	9
湾曲	直線	直線	内岸	外岸	外岸	→川幅増大			
Type	1	1	1	2	2	2	1	1	2

4 まとめ

本研究では、水際の切り立ちに着目し河原のType分類を行った（図-1）。そして、Typeの規定因について理論を構築した。すなわち、(2) 洪水時に複列砂州条件の場合と、(1c,1d) 交互砂州条件であっても外岸または湾曲下の場合、Type 2となり、(1a,1b) 洪水時に交互砂州条件で直線河道または内岸の場合はType 1となる。今後は、水路実験で現象を詳細に理解すると同時に、現地踏査を積み重ね、川／区間ごとの傾向（個性）を議論したい。

参考文献 1) 中村良夫：風景学入門，中公新書，1982，108-112. 2) 萱場祐一・吉田桂治・田村秀夫・剣持浩高・高木茂知・林尚：水際における生息場所タイプと魚類の生息分布—砂鉄川における現地調査結果から—，河川技術論文集，第11巻，31-34，2005. 3) 佐々木学・知花武佳・辻本哲郎：砂州水際に形成される生息場の物理特性に関する研究，河川技術論文集，第9巻，469-474，2003. 4) 渡邊康玄・桑村貴志：複列砂州のモード減少過程に関する水理実験，水工学論文集，第48巻，997-1002，2004. 5) 黒木幹男・岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文報告集，第342号，87-96，1984. 6) 永納栄一・福岡捷二・山坂昌成・竹内聡：湾曲水路の交互砂州，土木学会第37回年次学術講演会講演概要集（第2部），551-552，1982.