

ワンド周辺の植生が土砂堆積に及ぼす影響

指導教員 富永晃宏

本間 友貴

1. はじめに 木曾川に生息する天然記念物のイタセンパラや二枚貝類にはワンド内の穏やかな流れが不可欠な条件とされる。しかし、近年、イタセンパラや二枚貝は徐々に個体数が減少している。その原因のひとつとして、本川の流量の増加に対する越流によりワンド内に土砂が溜まり、ワンド内の水質が悪化しワンドが埋没することである。ワンドが維持されるには、出水時におけるワンド周辺のせん断応力の大きさがある程度以下であることが要求されると考えられている。しかし、自然河川のワンド周辺に植生が存在しており、植生がワンド環境に及ぼす影響を調べる必要がある。本研究では、基本的に長方形において、ワンドの上流部と開口部に植生の代替となる模型を配置することで、高水敷を越流するような出水において、周辺植生がワンド内の土砂堆積にどのような影響を及ぼすかを PIV 計測、土砂堆積実験によって検討を行った。

2. 実験方法 土砂堆積実験水路は、長さ 6m、幅 $B=0.3\text{m}$ のアクリル製長方形断面水路を使用し、水路勾配 $I=1/1000$ とした。水路左岸に幅 15cm、高さ 4cm の塩ビ版を設置し高水敷とし、上流から 3m の位置に開放域を設け、幅 30cm、奥行き 15cm の長方形ワンド域を設定した。水深は 6cm となるように流量及び下流の堰で調節をした。実験条件については表-1 に示す。また、貯水槽に 250L の水と 8 号砂 6kg を入れ、攪拌した状態でポンプにより 1 時間循環させた。8 号砂は掃流・浮遊砂が混在する条件になっている。植生は、直径 5mm、高さ 4cm の円柱樹脂棒を用いて植生代わりとし、横断方向に 5mm で長さ 15cm、流下方向に 5mm 間隔で 2 列、3 列の 2 種類の模型を用意しこれらは、ワンドの上流部の高水敷上及びワンド閉口部に設置した。ワンド形状としては、これらの形状を図-1 に示す。ワンド上流部に植生を配置する条件を R0(植生無し)、R2(2 列) R3(3 列)とし、さらにワンド開口部に植生を配置する条件を L0, L2, L3 というケース名にした。開口部の下流部に植生を配置するは、L2(3)の後に b をつける。実験ケースは表-3 に示す。

PIV 実験水路は、長さ 7.5m、全幅 0.3m の可変勾配開水路を用いた。側面はガラス張り、レーザーによる光の反射を防ぐために、全水路底及び設置構造物に黒く塗装した塩化ビニル板を使用している。PIV 計測の流れの可視化には、直径 80 ミクロン、比重 1.02 のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約 3mm のシート状にしたグリーンレーザー光を開水路水平断面および鉛直断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、水平断面に

表-1 土砂堆積実験条件

discharge Q (L/s)	water depth h (cm)	flood plain height h_f (cm)	mean velocity U_m (cm/s)	Froude number Fr	Slope I
2.91	6.0	4.0	16.2	0.21	1/1000

表-2 PIV 実験条件

discharge Q (L/s)	water depth h (cm)	flood plain height h_f (cm)	mean velocity U_m (cm/s)	Froude number Fr	Slope I
2.18	6.0	4.0	12.1	0.16	1/1000

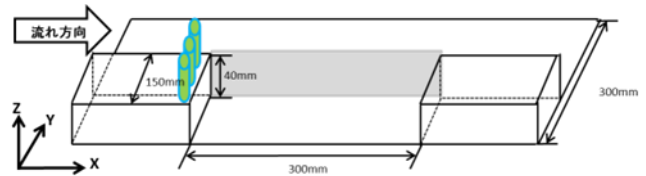


図-1 実験概要図

表-3 実験ケース

case	越流部植生列数	開口部植生列数
R0L0	non	0
R0L2		2, 2b
R0L3		3, 3b
R2L0	2	0
R2L2		2, 2b
R2L3		3, 3b
R3L0	3	0
R3L2		2, 2b
R3L3		3, 3b

10mm 間隔 6 断面($z=0.5\sim 5.5\text{cm}$)設定した。この可視化画像は高速度カメラを用いて 1024×1024(pixel)の画像を 1/200s で撮影した。FlowExpert(カトウ光研)PIV 解析ソフトを用いて検査領域 24×24(pixel)で相互相関法により解析し、3200 データ 16 秒間平均値の流速ベクトルデータを得た。実験結果の全ての図は上流を左側とする。

3. 土砂堆積実験結果 今回、ワンド開口部に植生を配置した場合、配置した箇所は空欄にした。図-3 に各ケースの土砂堆積形状を表した。何も設置していない R0L0 とワンド上流端に植生模型を配置した R0L0, R0L2, R0L2b について比較検討をする。R0L0 では、高水敷から流れ落ちた土砂が、ワンド上流部に堆積するとともに、開口部のやや内側に沿って下流部まで堆積がみられ、中央部から側岸部にかけて堆積をしていない領域が存在する。ワンド下流部から開口部にかけて流出されるはずが、薄く広く堆積しており、さらに上流部に向かうにつれ、段々と土砂堆積高が高くなっていった。また、植生付近にも土砂が溜まっており、

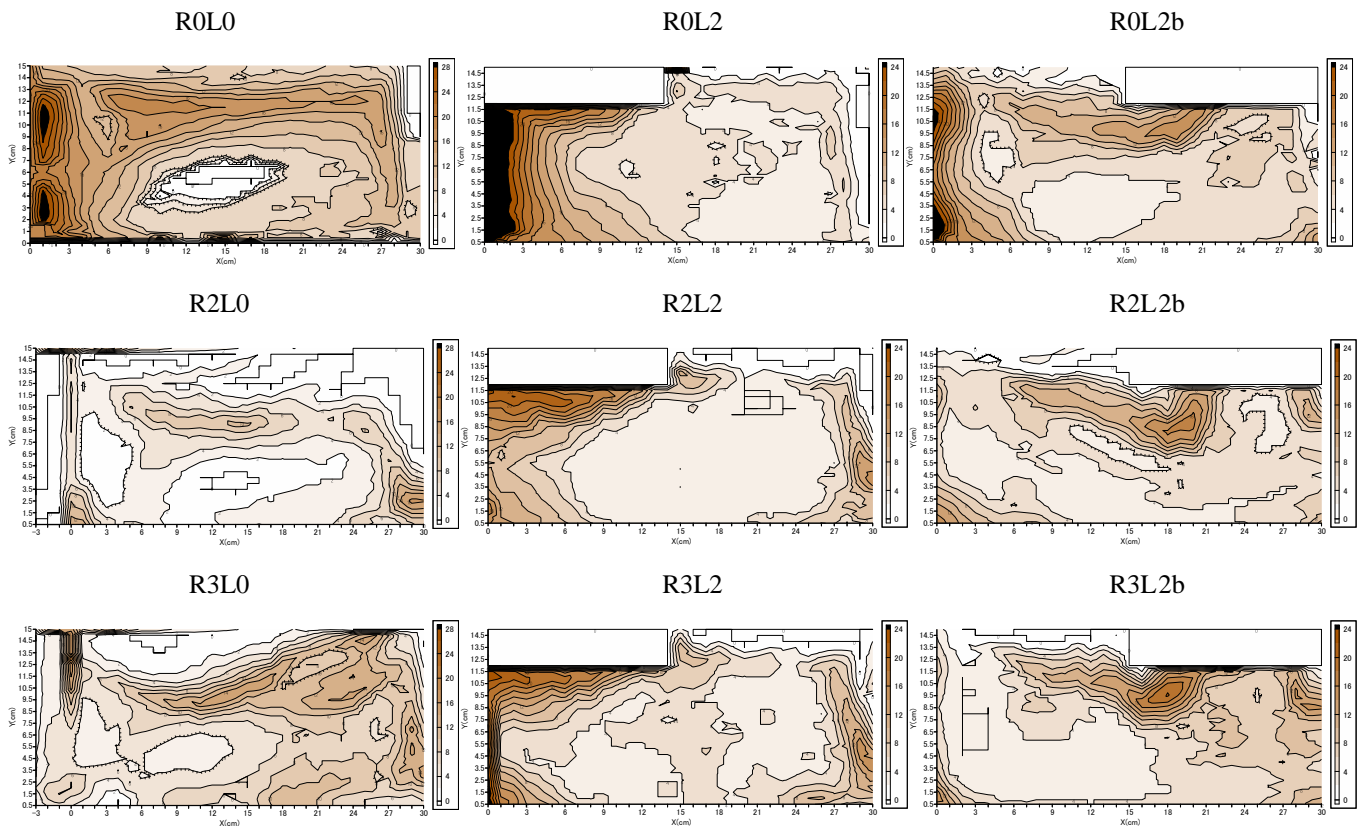


図-2 土砂堆積形状

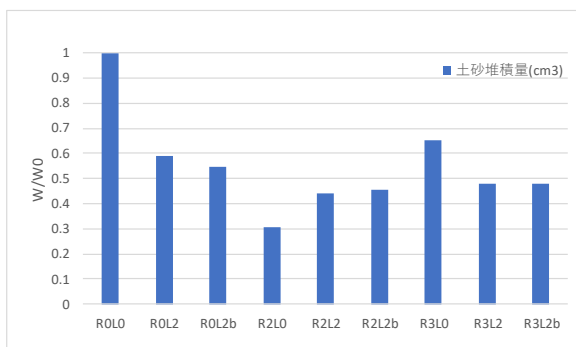


図-3 土砂堆積量グラフ

これは土砂の流出入の際、減速したことが影響したために溜まりやすくなっていると思われる。開口部の下流域に植生を配置した R0L2b については、開口部付近に植生はやや溜まっていたが、R0L2 と比べると上流部での高い堆積は見られなかった。これは底面においては比較的強い流れが発生しており、これが水交換による土砂堆積輸送が発生していると思われる。ただ、R0L2 と R0L2b は R0L0 と違い、無堆積領域存在していなかった。

次に越流部に 2 列柵の植生を配置したケース(R2)について示す。越流部に植生を置くことで、R0 と比べると、R2L2 と R2L2b は共に、上流付近の段々の土砂堆積形状はなくなり、植生付近は他ケースと同様に堆積高は高かったが、比較的堆積高は低くなっていた。特に、R2L2 ではワンド中央部で堆積が低くなっており、R2L2b では上流部で堆積が低くなっている。越流部の植生の影響により、越流部からの土砂の流入が抑

えられていることが考えられる。しかし、R2 の中では、開口部に植生を配置していない R2L0 の方が最も堆積量が少なくなることが挙げられる。これは植生付近の堆積高がみられないことと、開口部に植生が何もないために、水交換が活発に行われる影響だと考えられる。

次に越流部に 3 列柵の植生を配置したケース(R3)について示す。R3L0 の開口部については主流のせん断力により無堆積領域が発生していると思われる。ただ、そのせん断力が、ワンドの側岸部に向かっていているために、ワンド内の中央部と側岸部に向かって土砂が堆積していることが考えられる。また、越流部からの流入は植生によって妨げられ、せん断力に影響を受けづらくなることが考えられる。開口部の上流に植生を配置した R3L2 については、R3L2 については、植生の影響が大きく、段落ち部が上流側に向かっていている。その分、ワンド中央部ではやや高い堆積がみられた。また、側岸部でやや堆積が高い範囲がみられたのは、開口部の植生の抵抗により、側岸部まで大きな流れが発生していなかったために土砂が溜まることが考えられる。また、植生を下流部に配置した R3L2b については、R2L2b と同様に植生背後で土砂が溜まっていることがわかる。その一方、上流部では比較的、土砂は薄く堆積していることがわかった。これは越流部からの流入が少ないために、上流部に段落ちした土砂はワンド内の流速の影響を受けやすいために土砂の輸送が挙げられる。

図-4 に各ケースの土砂堆積量を示す。土砂堆積量については R0L0 を 1 とし、他ケースの土砂堆積量は

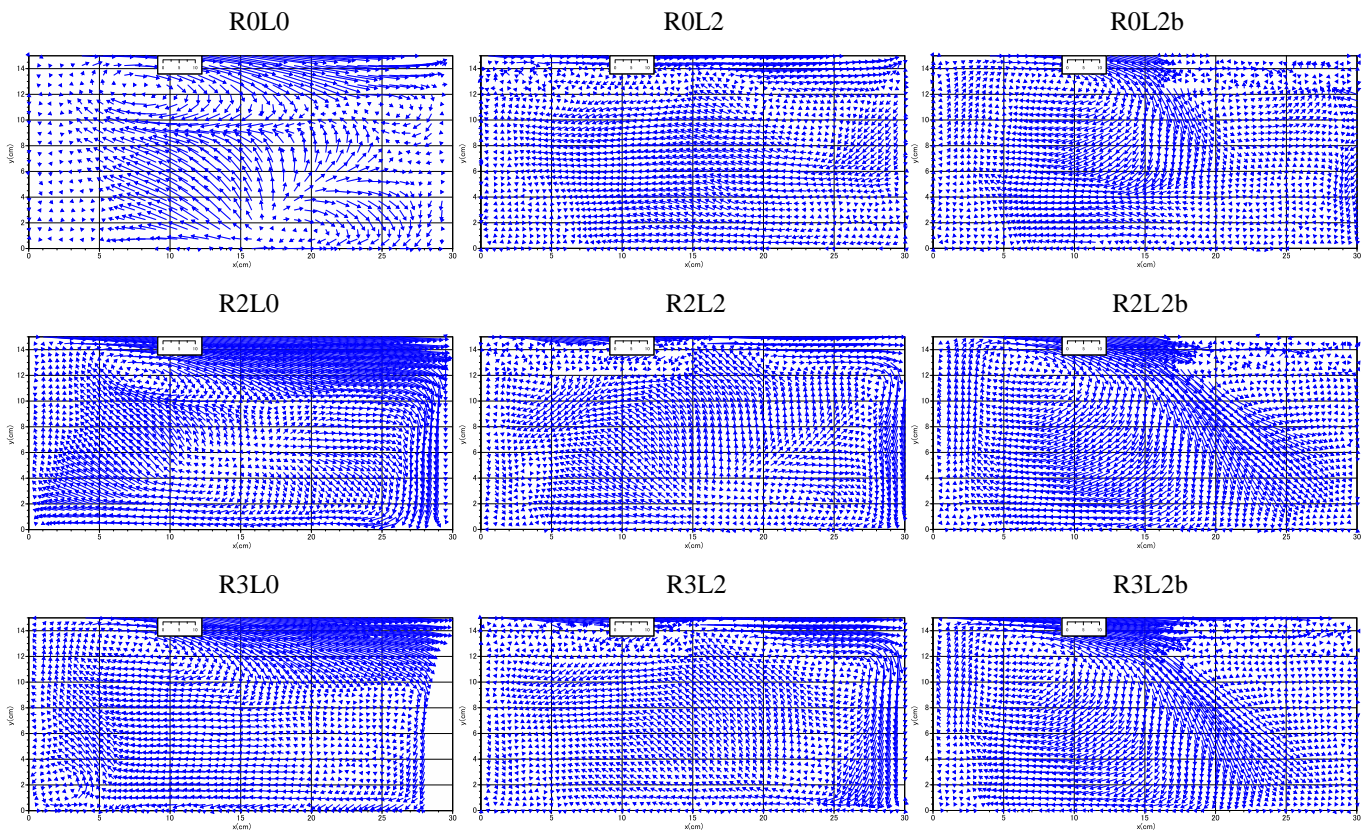


図-4 横断面による時間平均流速ベクトル($z=0.5\text{cm}$)

R0L0での量を除して表す。R0については開口部の植生の影響が顕著に表れた。しかしR0L2とR0L2bについては大きな違いは見られなかった。次に越流部に2列植生を配置したR2については、ワンド開口部に植生を配置していないR2L0が最も堆積量が小さかった。これは水交換が活発に行われたことと、越流部からの流入が小さくなったからであると思われる。またR2L2とR2L2bで大きな差はなかったが、ややR2L2bの方が大きいのは、下流部に配置することで、底面からの流出より流入が大きいためだと思われる。次に越流部に3列植生を配置したケースについて考察をする。このケースでは開口部の植生の影響が顕著に表れていることが確認された。R3L2、R3L2bでは土砂堆積高が高い値がさほど変わらず、薄く堆積している範囲も大きな差がないために堆積量が類似していると思われる。

4. PIV 実験結果 ($z=0.5\text{cm}$)

$z=0.5\text{cm}$ における流速ベクトルを図-5に示した。まず、越流部に植生を配置していないケース(R0)については、3ケースともに、上流部で流れがみられなかった。これは越流部からの流入と開口部からの流入がワンド中央部以降に強く働いたために、上流端では大きな流速が発生しなかった。これにより輸送する力が働かなくなるために土砂が溜まりやすくなると考えられる。また、R0L2とR0L2bでワンド中央部に逆流する大きなベクトルが観測される。その一方で越流部から主流方向のベクトルが発生しているが、それが相殺されたために、上流

部で流速が小さくなり土砂が溜まりやすくなると考えられる。次に越流部に2列植生を配置した(R2)について考察する。開口部の上流部に植生を配置したR2L2については、R0程ではないが、上流端の流速は小さいことが観測される。これにより土砂もその範囲で溜まりやすくなることが考えられる。また、ワンドの側岸部で放射状のベクトルが発生しており、この放射が影響している範囲では、土砂は比較的薄く堆積していた。次に開口部の下流部に植生を配置したR2L2bについて、上流端では、主流方向に流れるベクトルが観測された。これはR2L2とは異なり、流速が発生することで、高い堆積がなくなったことが考えられる。また、植生付近からワンドの側岸部にかけて強く流入するベクトルが観測された。これが側岸部に土砂が堆積している原因だと思われる。また、開口部には大きく渦上のベクトルが観測された。これは、先ほどの強い流入ベクトルに加えて、越流部からの流入ベクトルにより発生していると思われる。この渦の中心部は流速が小さいため、土砂が高い箇所と類似している。その一方で、ワンド中央部から側岸部にかけては強いベクトルが観測され、これにより土砂が輸送されて、高い堆積を生み出さないことが考えられる。次に、越流部に3列植生を配置した(R3)ケースについて考察をする。R3L2については、上流部ではR3L2と同様に流速が小さいベクトルが観測された。これにより土砂の輸送があまり発生せずに堆積していくと考えられる。また、開口部付近で、植生

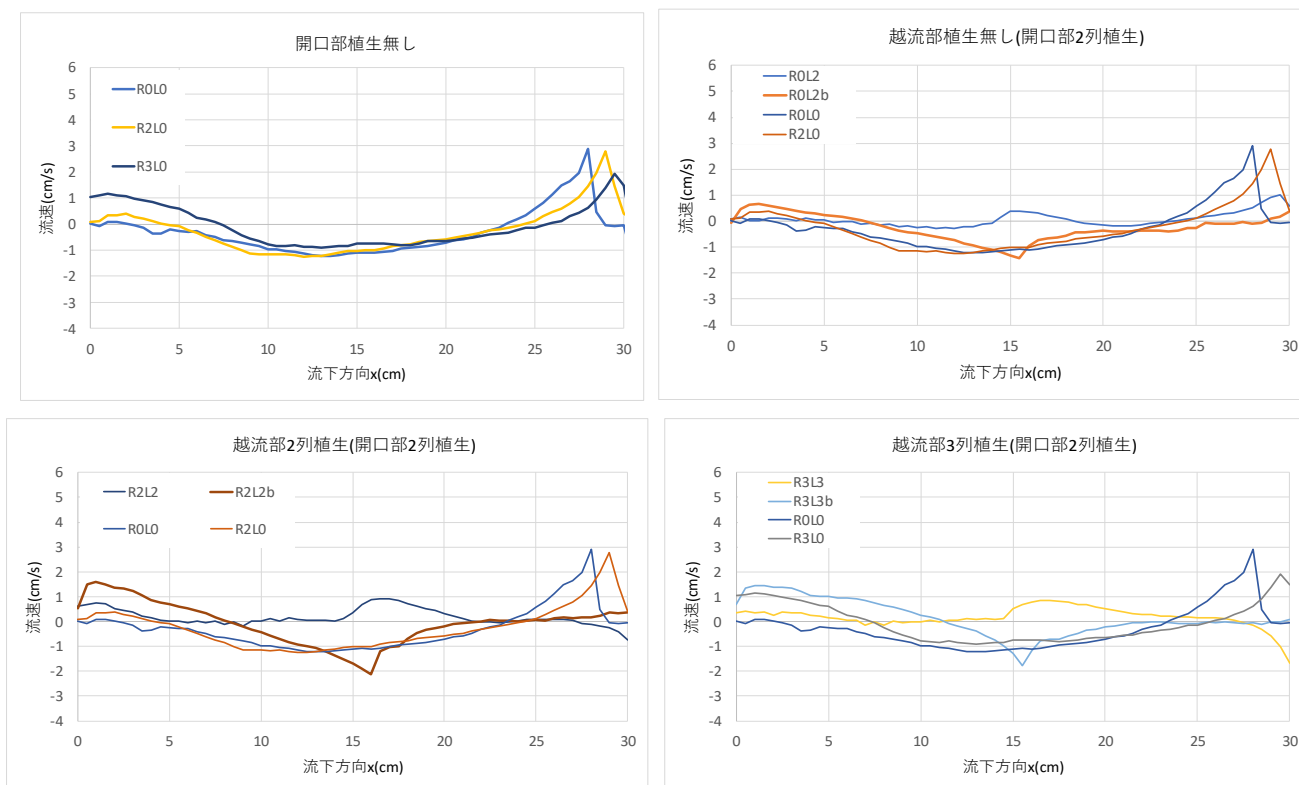


図-5 ワンド内の流出入グラフ

方向に流速ベクトルが発生し、さらに植生付近では流速が小さいベクトルが観測された。これにより土砂の輸送がこの付近で滞留し、堆積しやすくなると思われる。開口部の下流部に植生を配置した R3L2b については、越流部からの流入がより減速するために、より強い渦上のベクトルが発生していると考えられる。

図-6 に、ワンド内の開口部付近での y 方向の流速をグラフに表した。y 方向が正の場合は流出である。まず、開口部に植生を配置していないケースについて考察をする。上流部付近では植生を配置したほうが流速は大きい。これは植生の影響で横断方向の流れが小さくなるために、流出する速度が大きくなると思われる。また、ワンド中央部付近で流入するベクトルが発生しているのは、非越流部分で上流部から流入していき、ワンド中央部でそれが最大値となると考えられる。次に越流部に植生が無いケースについては、R0L2b でとても大きい流入が観測された。これは流速ベクトル図をみても明らかである。また R0L2 では、下流部に大きな流出が見られたが、これは下流部に植生を配置していないために、そこから流出し、水交換が活発になっていると思われる。次に越流部に 2 列植生を配置したケースについては、R2L2 については、ほとんどの範囲で流出していた。これは越流部の植生の影響で流入がそこまで大きくならないために流出が大きくなったと考えられる。また R2L2b で上流部が流出するのは、こちらも越流部植生の影響で上流付近が相対的に速くなり、開口部から流出すると思われる。越流部に 3 列植生を

配置したケースについて、2 列植生とグラフの形状は類似していた。全体的に 2 列植生のグラフより流速が小さいのは、越流部からの影響を受けにくいからだと思われる。

5. おわりに

本研究において、植生模型を置いた状態でのワンド内の流れ構造、土砂堆積の違いを把握し、越流部、ワンド開口部の植生がワンドに与える影響を PIV 計測、土砂堆積実験によって検討した。得られた主な結果を以下に示す。

- (1) 越流部に植生を配置することでワンド上流部での高い堆積を抑えることができた。
- (2) 植生の配置方法によっては土砂が溜まる。
- (3) 流速が速い箇所の背後には滞留し土砂が溜まる。
- (4) 流速が比較的小さい範囲では、土砂の輸送が困難となり、堆積していく傾向がある。
- (5) L2b では流出入が活発になるために水交換に良い影響がある。

今回は PIV 実験によるため、植生の影響を高速度カメラで捉えきれなかった箇所がある。今後はこの付近でも綿密に流速ベクトルを捉えることや、開口部付近や植生付近で乱れについて調べ、さらなる流れ構造の解析と土砂堆積形状の関係を調べていく。また現地スケールに合わせた数値計算を行っていき、より精度の高い考察を行うことも必要である。